

NOT  
MEASUREMENT  
SENSITIVE

MIL-STD-810F

2000.01.01

MIL-STD-810E

1989.07.14를 대체

# 환경 공학적 고찰 및 시험소 시험을 위한 미 국방성 시험 표준



AMSC N/A

AREA ENVR

배포 승인서 A: 공용으로 승인, 배포 무제한.

## 서문

이 시험 표준은 미 국방성(Department of Defense, DoD)의 모든 부서 및 기관(Departments and Agencies)에서 사용할 수 있도록 승인되었다. 이 표준은 특히 DoD 용도로 제정되었으나 상업적 용도로도 사용할 수 있다. MIL-STD-810F는 MIL-STD-810E의 많은 부분을 개정하였다. 내용을 좀더 명확하게 표시하기 위하여 표준의 상당 부분을 완전히 다시 작성하였다. 군수품목의 설계 및 시험과 관련한 환경적 제한 사항을 특정 군수품이 실제로 사용되면서 접하는 조건에 적합화 하는 것(tailoring)과, 환경 자체의 모방이 아니라 군수품에 대한 환경적 영향을 재현하는 시험소 시험법의 확립은 여전히 중요하게 강조하였다. "F" 개정본은 군수품 획득 주기 전반에 걸쳐 환경 적합화 과정을 구현하는 방법까지 대폭적으로 확대 설명하였다.

이 개정본은 설계 및 시험의 환경 적합화 과정이 광범위한 관리적, 기술적 측면까지 확대되는 것을 인정한다. 따라서 이 개정본은 주안점이 서로 관련 있으나 뚜렷하게 구분되는, 세 가지 기본 사용자 유형을 대상으로 한 설계 및 시험의 환경적 지침을 지향한다. 세 가지 사용자 유형은 여러 가지 책임 중 계획된 운영 환경 내에서 제안된 개념 및 체계의 유효성과 기능성을 보장하는 프로그램 관리자(program manager), 획득 과정 초기에 개입, 수명 주기 환경 개요를 마련하고 설계 기준과 시험 프로그램의 편조 초안을 작성함으로써 전투 개발자 및 군수품 개발자의 적합화 작업을 지원하는 환경 공학 전문가(environmental engineering specialist, EES), 사용자 요구에 따라 적합화된 설계 및 시험을 이용하는 분석자, 기술자, 설비 운영자로 구성되는 설계시험평가 그룹(design, test, and evaluation community)를 가리킨다.

"F" 개정본에서 가장 눈에 띄는 변화는 전체를 2개의 부로 나눈 점이다.

**제1부**에서는 설계 및 시험의 환경 적합화 과정에서 관리, 엔지니어링, 기술적 역할을 설명한다. 군수품 설계 및 시험 기준을 특정 군수품목이 실제로 사용되면서 접할 수 있는 조건에 맞춰 조정하는 과정을 중점적으로 다룬다. 부록을 새로이 추가하여 제1부 본문에서 간단히 다룬 내용을 보충한다. 부록 A에서는 환경 공학 과업을 상세히 기술한다. 이들 과업은 부록 B의 관리 정보 및 부록 C의 EES 지침과 함께, 규정을 준수하면서도 국방성 5000-시리즈 문서(DoD 5000.1, A.4)에서 요구하는 군수품 획득에 융통성을 가지며 설계 및 시험의 환경 적합화 과정을 구현, 문서화하는 데 사용될 것이다. 이 표준에서 사용하는 군수품 획득 과정 관련 용어는 DoD 5000시리즈 문서에서 사용하는 용어로 제한한다. 이는 혼동을 피하고 단순화하기 위함이며 특정 서비스에 한정되는 용어/과정은 사용하지 않는다.

**제2부**에서는 제1부에서 기술한 일반, 특정 시험 적합화 지침에 따라 적용되는 시험소 환경 시험법을 다룬다. 이들 시험법은 일괄적으로 또는 불변의 절차로 적용되지 아니하며, 가능한 가장 관련성 있는 시험 자료를 생성할 수 있도록 선택, 조정될 수 있다.

제1부에서 설명한 적합화 과정을 지원하기 위하여, 제2부의 각 시험법에서는 환경 자료와 기준을 다루고 구체적인 방법별로 적합화 기회를 식별한다. 일부 방법은 적합화의 범위가 광범위하다. 일부는 설정된 한계까지 적합화가 가능하고 어떤 방법은 적합화 선택 사항이

상대적으로 적다. 가능하다면 각 방법마다 적정 적합화 수준을 결정하는 데 도움이 될 배경 원리를 수록한다. 각 시험법은 선호되는 시험소 시험 설비와 방법론을 기술함으로써 시험 기술자와 시험 설비 운영자를 지원한다. 시험법에서 다루는 적합화 정보와 수치는 가능하다면 최신 정보 또는 프로그램 전용 정보로 대체해야 한다.

이 표준에서 기술하는 환경 관리 및 엔지니어링 과정이 적절히 적용된다면 환경적 가치와 군수품 체계 설계의 전반적인 내구성에 있어 신뢰도를 확립하는 데 상당히 유용할 것이다. 그러나 시험소 시험에는 본질적인 한계가 있으므로, 시험소 시험 결과를 실제 운영 조건 하에서 얻은 결과에 적용할 때는 반드시 적절한 주의와 공학적 판단이 필요함을 인식하는 것이 중요하다. 대부분의 경우 (단독의 또는 복수의) 실제 환경 응력은 시험소에서 실제 조건 처럼 신뢰성 있게 재현할 수 없다. 그러므로 사용자는 이 표준의 시험소 시험을 통과했다고 해서 현장 검증 시험도 통과할 것으로 가정해서는 안 된다.

미 국방성은 MIL-STD-810F를 개발하고 간행하는 데 공헌한 분들에게 사의를 표한다.

Anderson, Andy - United Defense	Merritt, Ron - US Navy, Naval Air Warfare Center
Bair, Jim - US Air Force, Wright-Patterson AFB	Moriceau, Jacques - LRBA, France
Bell, Dwayne - US Air Force, Eglin AFB	Moss, Ron - Ordnance Board, United Kingdom
Caruso, Hank - G's and Degrees	Sullivan, Jamie - US Army, Redstone Technical Test Center
Connon, Skip - US Army, Aberdeen Test Center	Tanner, Steve - US Navy, Naval Air Warfare Center
Egbert, Herb - US Army Developmental Test Command	Walton, Scott - US Army, Aberdeen Test Center
Galloway, Judy - US Army, Aberdeen Test Center	Weaver, Earl - US Air Force, Wright-Patterson AFB
Henry, Connie - US Air Force, Wright-Patterson AFB	Williamson, Roger - US Army Test and Evaluation Command
MacMartin, Dave - National Defence Headquarters, Canada	

아울러 이 표준의 개정 작업에서 지도력, 헌신, 인내를 보여준 MIL-STD-810 개정위원장 Herb Egbert에게도 감사를 표한다.

이 표준은 새로운 개념, 기술, 방법론을 지속적으로 수용하는 “현존 표준(living document)”이 되고자 한다. 이 자료의 개선에 도움이 될 유익한 의견(권고 사항, 추가 내용, 삭제 내용)이 있으면 명확한 근본 원리 및 관계 자료와 함께 ASC/ENOI, Bldg. 560, 2530 Loop Road West, Wright-Patterson AFB OH 45433-7101로 건의하기 바란다. 본 문서 말미의 표준화

MIL-STD-810F

2000.1.1

문서 개선 제안서(DD Form 1426)를 이용하거나 서신에 항/쪽 번호, 권고 내용, 권고의 이유/원리 등을 적어 보내도 된다.

기술 문의는 아래 사무소에 문의하기 바람.

Aeronautical Systems Center, ATTN: ASC/ENFS, 2530 Loop Road West,  
Wright-Patterson AFB OH 45433-7101; Commercial Tel: (937) 255-8357/8596; DSN  
785-8357/8596; Fax: (937) 476-4546.

Naval Air Warfare Center, Weapons Division, ATTN: Code 476400D, China Lake CA  
93555-6100; Commercial Tel: (619) 939-4667; DSN 437-4667; Fax: (619) 939-1065.

US Army Developmental Test Command, 314 Longs Corner Road, ATTN:  
CSTE-DTC-TT-M, Aberdeen Proving Ground MD 21005-5055; Commercial Tel: (410)  
278-1476; DSN 298-1476; Fax: (410) 278-4243/1475.

공백

제1부 - 환경 공학 프로그램 지침

목차

항	쪽
<b>1. 적용범위.</b> .....	<b>1</b>
1.1 목적. ....	1
1.2 용도. ....	1
1.3 제한사항. ....	2
<b>2. 적용 가능한 문서.</b> .....	<b>3</b>
2.1 일반사항. ....	3
2.2 정부 문서. ....	3
2.2.1 표준. ....	3
2.2.2 기타 정부 문서. ....	3
2.3 비정부 문서. ....	4
2.4 우선순위. ....	5
<b>3. 용어.</b> .....	<b>5</b>
<b>4. 프로그램 일반지침.</b> .....	<b>8</b>
4.1 프로그램 관리자. ....	8
4.1.1 프로그램 관리자의 역할. ....	8
4.1.2 프로그램 관리자 지침. ....	9
4.1.2.1 임무소용 진술서(MNS). ....	10
4.1.2.2 운영요건서(ORD). ....	10
4.1.2.3 시스템엔지니어링 관리계획(SEMP). ....	10
4.1.2.4 시험평가 종합기본계획(TEMP). ....	10
4.1.2.5 비용 및 운영 효율성 분석(COEA). ....	11
4.2 환경 공학 전문가(EES). ....	11
4.2.1 환경 공학 전문가의 역할. ....	11
4.2.2 환경 공학 적합화 과업. ....	12
4.2.2.1 일반사항. ....	12
4.2.2.2 환경 공학 관리계획(EEMP)의 작성, 과업 401. ....	12
4.2.2.3 환경시험평가 종합기본계획(ETEMP)의 개발. ....	12
4.2.2.3.1 수명주기 환경 프로파일(LCEP)의 정의, 과업 402. ....	12
4.2.2.3.2 작동환경문서(OED)의 개발, 과업 403. ....	13
4.2.2.3.3 환경 주제/기준 목록(EICL)의 개발, 과업 404. ....	13
4.2.2.4 세부환경시험계획(DETP)의 작성, 과업 405. ....	13

4.2.2.5 환경시험보고서(ETR)의 작성, 과업 406. ....	13
4.3 설계 및 시험 기술자와 설비 운영자. ....	13
4.3.1 설계 기술자의 역할. ....	13
4.3.2 시험 기술자/설비 운영자의 역할. ....	13
4.3.3 설계 및 시험 기술자와 설비 운영자 지침. ....	14
4.3.3.1 자연환경 (육상/해상) 시험. ....	14
4.3.3.2 시험소 시험. ....	14
<b>5. 시험소 시험법 일반지침. ....</b>	<b>17</b>
5.1 표준 주위 시험조건. ....	17
5.2 시험조건 허용차. ....	17
5.3 시험계장. ....	18
5.3.1 환경 적합성. ....	18
5.3.2 교정. ....	18
5.4 시험온도의 안정화. ....	18
5.4.1 시험 품목 작동. ....	18
5.4.2 시험 품목 비작동. ....	18
5.5 시험 순서. ....	19
5.6 시험수준 유도. ....	19
5.7 설비 운영자를 위한 예비시험 정보. ....	19
5.8 시험 기구. ....	19
5.8.1 시험설비에 시험 품목 설치. ....	19
5.8.2 시험 품목 작동. ....	20
.....	20
5.10 시험 중 정보. ....	20
5.11 시험 중단. ....	21
5.11.1 허용차내 중단. ....	21
5.11.2 시험법 503, 506, 510, 511, 514, 515, 516, 517, 519, 522, 523에서의 허용차외 중단. .	21
5.11.3 시험법 500, 501, 502, 504, 505, 507, 508, 509, 512, 513, 518, 520, 521에서의 허용차외 중단. ....	21
5.12 시험조합. ....	22
5.13 사후시험 자료. ....	22
5.14 환경 영향 및 불합격 기준. ....	24
5.15 환경시험보고서. ....	24
5.16 물의 순도. ....	24
5.17 결과분석. ....	24
5.18 감시. ....	25
5.18.1 시험 챔버 파라미터의 감시. ....	25
5.18.2 피시험 품목의 감시. ....	25

**6. 참고.** ..... 26

6.1 사용의도. .... 26

6.2 DoDISS 발행호수. .... 26

6.3 주제어(핵심어) 목록. (주제별 색인, 63쪽 또한 참조) ..... 26

6.4 국제표준화협정. .... 27

6.5 이전 판에서의 변경 사항. .... 27

**그림**

그림 1-1. 환경 공학 프로그램 지침 ..... X

그림 1-2. 설계/시험의 환경 적합화 과정에서 획득요원의 역할 ..... 2

그림 4-1. 환경 시험 프로그램 적합화 과정. .... 10

그림 4-2a. 군장비의 일반화된 수명주기 이력. .... 15

그림 4-2b. 군장비의 일반화된 수명주기 이력. .... 16

그림 5-1. 시험 주기 중단 논리도, 시험법 503, 506, 510, 511, 514, 516, 517, 519, 522, 523.23

부록 A ..... A-1

부록 B ..... B-1

부록 C ..... C-1

부록 D ..... D-1

**부록 그림**

C-1 기후 범주 분포도 ..... C-5

**부록 표**

표 C-1. 기후 조건 및 온도, 일사량, 상대습도 일주기 요약. .... 6

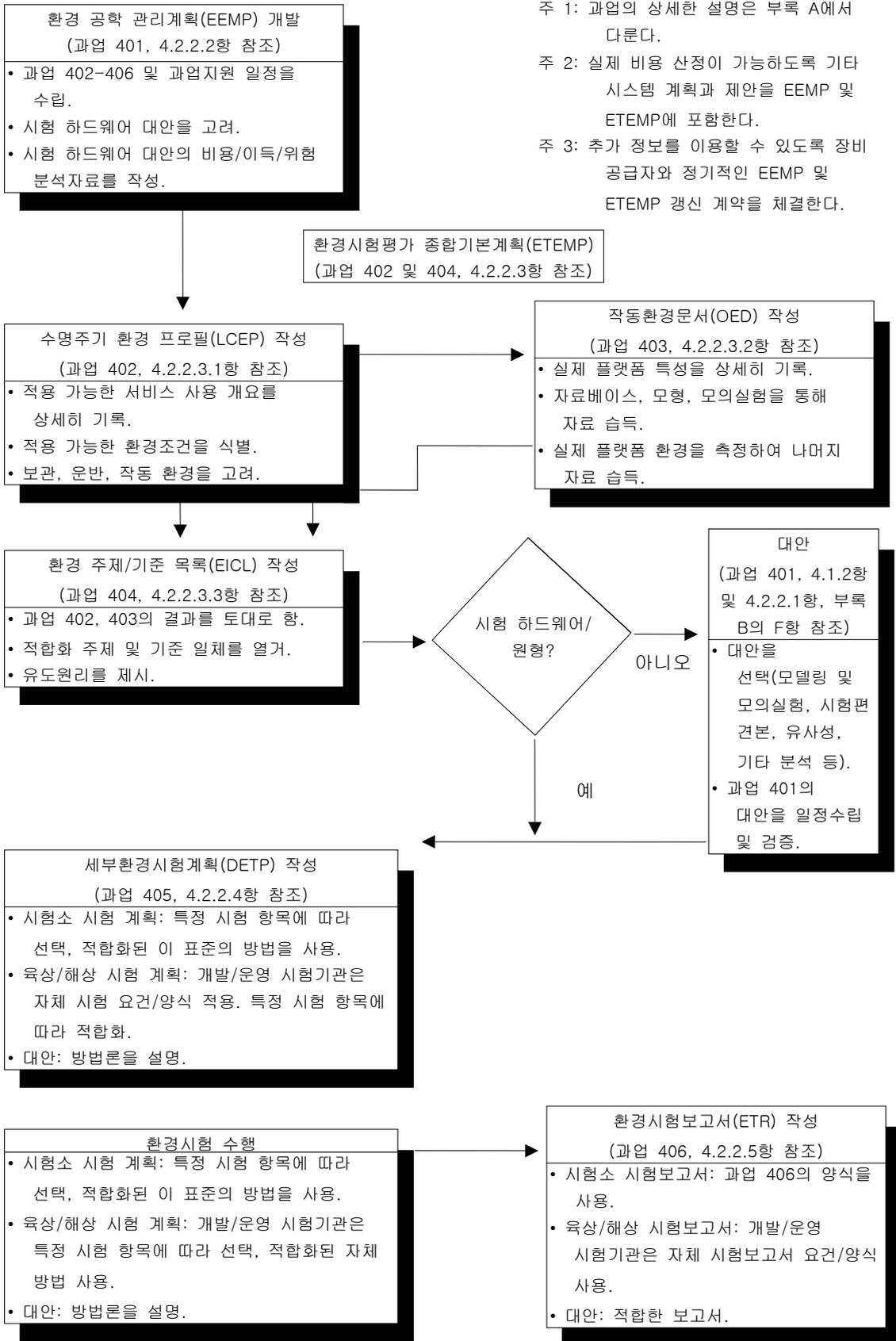
(제1부) 주제별 색인 ..... 1

**제2부 - 시험소 시험법**

제2부-1

500.4	저압 (고도) . . . . .	500.4-1 - 500.4-9
501.4	고온 . . . . .	501.4-1 - 501.4-15
502.4	저온 . . . . .	502.4-1 - 502.4-12
503.4	온도 충격 . . . . .	503.4-1 - 503.4-11
504	유체에 의한 오염 . . . . .	504-1 - 504A-2
505.4	일사 (일조) . . . . .	505.4-1 - 505.4A-9
506.4	강우 . . . . .	506.4-1 - 506.4-15
507.4	습도 . . . . .	507.4-1 - 707.4A-2
508.5	곰팡이 . . . . .	508.5-1 - 508.5-14
509.4	염무 . . . . .	509.4-1 - 509.4-12
510.4	모래 및 먼지 . . . . .	510.4-1 - 510.4-15
511.4	폭발성 대기 . . . . .	511.4-1 - 511.4-7
512.4	침수 . . . . .	512.4-1 - 512.4-10
513.5	가속도 . . . . .	513.5-1 - 513.5-16

514.5	진동 . . . . .	514.5-1 - 514.5C-16
515.5	소음 . . . . .	515.5-1 - 515.5B-2
516.5	충격 . . . . .	516.5-1 - 516.5C-4
517	열충격 . . . . .	517-1 - 517-30
518	산성 대기 . . . . .	518-1 - 518-9
519.5	발포 진동 . . . . .	519.5-1 - 519.5D-12
520.2	온도, 습도, 진동 및 고도 . . . . .	520.2-1 - 520.2A-11
521.2	결빙/동결 강우 . . . . .	521.2-1 - 521.2-8
522	탄도 충격 . . . . .	522-1 - 522-18
523.2	진동-음향/온도 . . . . .	523.2-1 - 523.2A-10



주 1: 과업의 상세한 설명은 부록 A에서 다룬다.

주 2: 실제 비용 산정이 가능하도록 기타 시스템 계획과 제안을 EEMP 및 ETEMP에 포함한다.

주 3: 추가 정보를 이용할 수 있도록 장비 공급자와 정기적인 EEMP 및 ETEMP 갱신 계약을 체결한다.

그림 1-1: 환경 공학 프로그램 지침

## 제1부 - 환경 공학 프로그램 지침

### 1. 적용범위.

#### 1.1 목적.

- a. 이 표준은 사용 수명의 전 단계에서 환경적 응력이 군수품에 미치는 영향을 고려한, 군수품 획득 프로그램의 계획 및 엔지니어링 관련 지시사항을 다룬다. 이 문서는 설계 또는 시험 규격이 아님에 유의한다. 오히려 군수품 체계 성능 요건을 토대로, 실제 군수품 설계 및 시험법으로 귀착되는 환경 적합화 과정을 기술한다. 그림 1-1에서 이러한 지시사항을 요약하였다.
- b. 이 문서는 군수품 획득 과정에 개입하는 서로 다른 세 인적 그룹의 기능을 지원한다. 각각의 그룹은 환경적 고찰과 군수품 설계, 시험, 평가의 성공적 통합이라는 목표 달성에 중요한 역할을 한다. 각 그룹은 서로 다른 과업을 수행하나, 성공적인 획득 프로그램을 위해서는 각 과업을 떼어놓고 생각할 수 없다. 그림 1-2에서 보듯이, 이 정보가 의도하는 바는 다음과 같다.
  - (1) 군수품 획득 프로그램 관리자는 군수품이 의도된 작동환경에서 요구대로 기능하도록 보장하는 역할을 한다. (아래 4.1항 참조.)
  - (2) 환경 공학 전문가(EES)는 획득 과정에서 전투 및 군수품 개발자가 군수품의 사용 주기 동안 예상되는 환경 응력/제약에 따라 군수품 설계와 시험 설계를 적합화하는 일을 지원한다. (아래 4.2항 참조.)
  - (3) 설계시험평가 기구의 분석자, 기술자, 설비 운영자는 적합화된 설계, 시험에 초점을 맞추으로써 사용자 필요성을 충족시킨다. (아래 4.3항, 이 표준 제2부 참조.)

#### 1.2 용도.

이 표준에서 기술하는 적합화 과정(사용 수명 동안 각종 환경 요소가 특정 군수품 체계에 미치는 부정적 영향을 체계적으로 고찰하는 것)은 군수품 획득 주기 전반에 걸쳐, 해외 및 비개발품목(NDI) 조달을 비롯하여 군용, 상용으로 개발된 모든 군수품에 적용한다.

- a. 제1부는 사용 수명 동안 예상되는 기후, 충격, 진동 환경의 응력을 견딜 수 있는 체계를 획득하기 위한, 규정에 따라 적합화된 접근방법을 설계한다. 이러한 환경 공학적 관점에서 사용자의 요구를 만족시키는 군수품 획득의 기본 과정은 그림 1-1에 나타내었다.
- b. 제2부 또한 환경 적합화 과정에서 중요한 부분을 이룬다. 제2부에서는 적합화 정보, 환경 응력 자료, 시험소 시험법을 다룬다. 시험법에 포함된 환경 자료는 군수품이 사용 수명 동안 접하는 환경 응력을 정의하는 데 유용하나 배타적으로 적용되어서는 안 된다. 제2부는 기술자가 특정 군수품과 한정된 수명주기에 맞춰 분석 및 시험을 적합화하는 데 유용할 것이다. 어떤 체계에 대하여 이 표준의 모든 시험법을

전면적으로 적용하거나, 적합하다고 결정한 어떤 시험법의 환경 응력 자료, 시험 기준, 절차를 불변의 것으로 간주하는 것은 타당하지 않다.

c. 이 표준의 지침 및 시험법이 의도하는 바는 다음과 같다.

- (1) 환경 응력 순서, 지속시간, 군수품 수명주기 수준을 정의한다.
- (2) 군수품과 환경 수명주기에 적합화된 분석 및 시험 기준 개발에 사용된다.
- (3) 환경 응력의 수명 주기에 노출된 군수품의 성능을 평가한다.
- (4) 군수품 설계, 자재, 제조 과정, 포장 기법, 정비 방법의 불완전함, 단점, 결함을 식별한다.
- (5) 계약 요건에 대한 적합성을 증명한다.

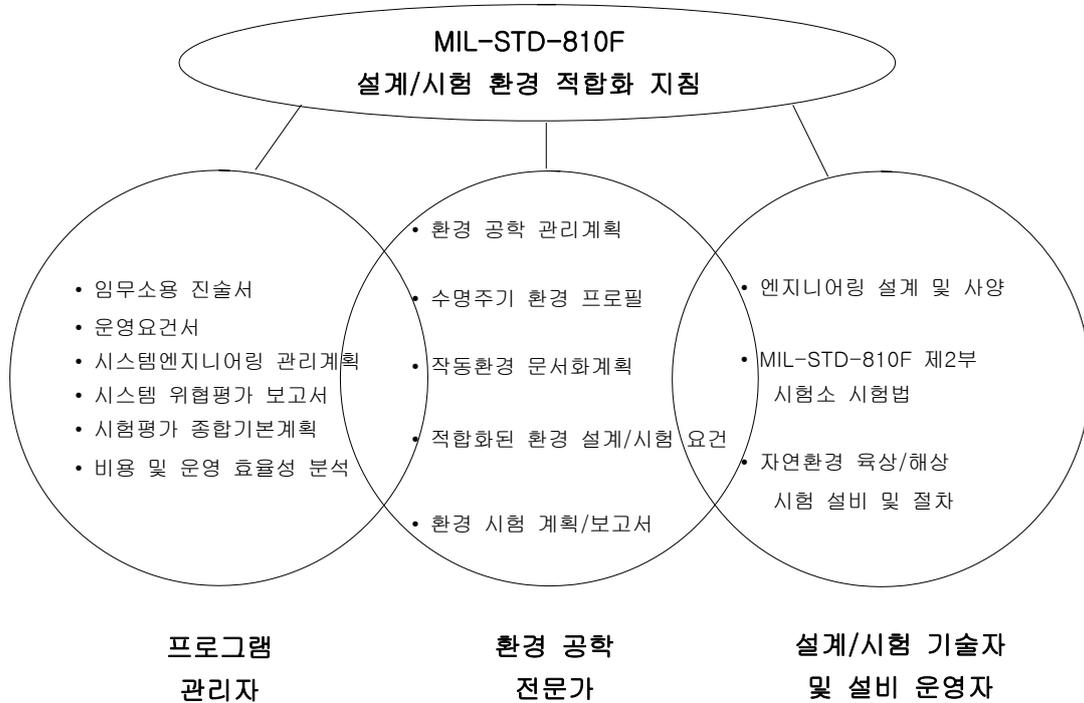


그림 1-2. 설계/시험의 환경 적합화 과정에서 획득요원의 역할

1.3 제한사항.

군수품 획득 과정에 있어 환경 분석, 설계 분석, 시험소 시험은 가치 있는 도구이나, 분석과 시험소 시험 기법은 본질적으로 제한이 있음을 인식해야 한다. 이 표준 제2부의 시험법에는 군수품의 성능이나 작동시 무결성에 영향을 줄 수 있는 각종 자연발생적 강제 기능이 포함되지 아니한다. 또한 분석 및 시험소 시험법은 상승적 또는 대립적 응력 조합, 동적 (시간 연속적) 응력 적용, 노화, 기타 자연적인 육상/해상 작동 환경에 존재하는 상당히 중요한 응력 조합을 모의실험하는 능력에 있어 제한을 받는다. 분석, 시험 기준, 결과를 정의, 적용하는 경우에는 주의를 요한다. 제2부 시험법에서는 의도적으로 다음 항목을 다루지 않으나, 경우에 따라서는 적용할 수 있다.

- a. 전자기간섭(EMI).
- b. 낙뢰 및 자기적 영향.
- c. 핵, 생화학 무기 및 그 영향.
- d. 탄약, 화공품 안전 시험의 일정 측면.
- e. 볼트, 와이어, 트랜지스터, 집적회로 등의 부품.
- f. 포장 성능 또는 설계.
- g. 특정 사양에서 기술한 의류 또는 섬유 품목의 적합성.
- h. 환경 응력 선별(ESS) 방법 및 절차.
- i. 신뢰성 시험.
- j. 안전 시험.

## 2. 적용 가능한 문서.

### 2.1 일반사항.

이 항에 열거한 문서는 이 표준 제2부에서 언급한다. 이 표준 제2부에서 인용한 기타 문서는 추가 정보 또는 실례로서 권장한다. 본 열거 사항에 만전을 기하기 위해 모든 노력을 다했으나, 문서 사용자는 이 표준 4항에 인용된 규정요건서와 과업을 모두 고려해야 함에 유의한다.

### 2.2 정부 문서.

#### 2.2.1 표준.

다음 표준은 이 문서에 규정된 한도 내에서 이 문서의 일부를 구성한다. 이들 참고자료 중 하나를 포함한 이 표준의 일부를 적용하는 경우, 현행 국방성 규격 및 표준 색인(DoDISS) 또는 공급자 유치 당시에 유효했던 DoDISS에 등재된 구체적인 문서 판수를 인용한다. 달리 규정하지 않는 경우, 이들 문서의 발행호수는 공급자 유치시에 인용한 DoDISS 발행호수 및 이에 대한 증보판에 등재된 발행호수이다. (6.2항 참조)

표준

MIL-STD-882                      System Safety Program Requirements

핸드북

MIL-HDBK-310                    Global Climatic Data for Developing Military Products

(상기 문서 사본은 Defense Automated Printing Service, Building 4/Section D, 700 Robbins Avenue, Philadelphia PA 19111-5098에서 입수할 수 있다.)

#### 2.2.2 기타 정부 문서.

다음 기타 정부 문서 및 간행물은 이 문서에 규정된 한도 내에서 이 문서의 일부를 구성한다. 달리 규정하지 아니한 경우, 발행호수는 공급자 유치시에 인용한 발행호수이다.

MIL-STD-810E

2000.1.1

지침, 명령, 매뉴얼

DODD 5000.1	Defense Acquisition
DODD 5000.2	Mandatory Procedures for Major Defense Acquisition Programs (MDAP's) and Major Automated Information System (MAIS) Acquisition Programs
DODD 5000.2M	Defense Acquisition Management Documentation and Reports

(상기 문서사본은 Washington HQ Services 웹사이트 "<http://web7.whs.osd.mil/corres.htm>"에서 내려받을 수 있다.)

간행물

AR 70-38	Research, Development, Test and Evaluation of Materiel for Extreme Climatic Conditions
----------	--

(상기 문서 사본은 U.S. Army Publications Distribution Center, 1655 Woodson Rd., St Louis, MO 65104에서 입수할 수 있다.)

**2.3 비정부 문서.**

다음 문서는 이 문서에 규정된 한도 내에서 이 문서의 일부를 구성한다. 달리 규정하지 아니한 경우, DoD가 채택한 문서 발행호수는 공급자 유치시에 인용한 DODISS 발행호수에 등재된 발행호수이다. 달리 규정하지 아니한 경우, DoDISS에 등재되지 아니한 문서 발행호수는 공급자 유치시에 인용한 문서 발행호수이다. (6.2항 참조)

STANAG 2895	Extreme Climatic Conditions and Derived Conditions for Use in Defining Design Test Criteria for NATO Forces Materiel
STANAG 4242	Vibration Tests for Munitions Carried in Tracked Vehicles
STANAG 4370	Environmental Testing
QSTAG 360	Climatic Environmental Conditions Affecting the Design of Military Materiel
AECTP 100	Allied Environmental Conditions and Test Publication (AECTP) 100, Environmental Guidelines for Defence Materiel (under STANAG 4370)
AECTP 200	Allied Environmental Conditions and Test Publication (AECTP) 200, Environmental Conditions (under STANAG 4370)
AECTP 300	Allied Environmental Conditions and Test Publication (AECTP) 300, Climatic Environmental Tests (under STANAG 4370)
AECTP 400	Allied Environmental Conditions and Test Publication (AECTP) 400, Mechanical Environmental Tests (under STANAG 4370)

(상기 문서 사본은 Defense Automated Printing Service, Building 4 / Section D, 700 Robbins Avenue, Philadelphia PA 19111-5098에서 입수할 수 있다.)

미 표준협회 (ANSI)  
ANSI NCSL Z540-1      General Requirements for Calibration Laboratories and  
Measuring and Test Equipment

국제표준화기구 (ISO) 표준  
ISO 10012-1      Quality Assurance Requirements for Measuring Equipment -  
Part I: Meteorological Confirmation System for Measuring  
Equipment First Edition

(상기 문서 사본은 American National Standards Institute (ANSI), 11 West 42<sup>nd</sup> Street,  
New York NY 10036-8002에서 입수할 수 있다.)

## 2.4 우선순위.

이 문서의 내용과 여기서 인용한 참고자료의 내용이 상충하는 경우, 이 문서를 우선으로 한다. 그러나, 특수한 예외가 아닌 경우에는 이 문서의 어떠한 내용도 적용 가능한 법령과 규정을 대체하지 아니한다.

## 3. 용어.

이 용어 편에서는 이 표준에 사용되는 일반 용어를 정의한다. 어떤 경우, 용어의 용법이 일반 공학 분야에서의 용법과 다소 차이가 날 수 있다. 용어의 총망라가 목적은 아니므로, 용어의 범위는 이 표준에서 사용되고 표준의 적용에 중요한 경우로 제한한다. 특정 시험법에만 적용되는 독특한 용어는 해당 시험법에서 적절히 정의한다.

주: 이 용어 편에서 진동, 충격, 발포진동 등의 동적 (기계적) 시험법과 밀접하게 관계되는 용어는 부록 D에서 계속하여 다룬다.

- a. 가속 시험(Accelerated test). 실제 사용시 일어날 것으로 예상되는 환경 응력의 발생 빈도, 크기, 지속시간을 각각 또는 동시에 증가시킴으로써, 실제 사용 시간에 대하여 통제된 환경 시험 시간을 단축시키도록 설계된 시험.
- b. 가중 시험(Aggravated test). 하나 이상의 조건을 군수품 실제 사용시의 수준보다 높은 응력 단계로 설정한 시험.
- c. 주변 환경(Ambient environment). 군수품을 둘러싼 공기나 기타 매질의 특징을 규정하는 외적 또는 한정적 (온도, 습도 등) 조건.
- d. 기후 범주(Climatic categories). 군수품이 작동, 보관, 운송 시 견딜 수 있는 세계 기후별 유형. 제1부, 부록 C, 표 C-I, 그림 C-1 참조.
- e. 전투 개발자(Combat developer). 훈련, 교리, 군수품 소용 문서화에 관여하는 군사 전문가.

## MIL-STD-810E

### 2000.1.1

- f. 임계값(Critical threshold value). 군수품의 성능이 현저하게 저하되거나 성능 저하 예방 조치가 필요한 환경 수준.
- g. 누적 영향(Cumulative effects). 군수품 수명주기 동안 환경 응력의 종합적인 결과.
- h. 공학적 판단(Engineering judgement). 특히 판단이 이루어지는 영역에서, 공학적 교육과 전문성에 기초한 전문가 의견.
- i. 환경 분석(Environmental analysis). 다양한 환경이 군수품, 하위체계, 구성요소의 효율성에 미치는 영향을 분석적으로 기술하기 위한 기술적 활동.
- j. 환경 조건(Environmental conditions). (강제기능(환경) : Forcing function (environment) 참조.)
- k. 환경 공학(Environmental engineering). 다양한 환경이 군수품의 효율성에 미치는 영향에 대하여 공학적 사례를 적용하는 학문.
- l. 환경 공학 전문가(Environmental engineering specialist, EES). 하나 이상의 환경 공학 영역에 정통한 개인이나 단체. 이 영역은 자연 환경, 유도 환경 및 군수품에 미치는 영향; 실제 환경 조건의 전문적인 측정, 분석; 환경 시험 기준의 공식화; 환경 시험소 시험의 적절한 시기 및 실제 자연 환경 시험을 위한 유효한 대응품 결정; 군수품에 대하여 특정 환경이 미치는 영향 평가를 포함하되, 이에 국한되지 아니한다. (4.2항 참조.)
- m. 환경 시험(Environment test). 자연 환경이나 유도 환경이 군수품에 미치는 영향을 측정하기 위한 체계적인 절차.
- n. 환경 가치(Environmental worthiness). 의도된 환경에서 의도된 기능을 충분히 발휘하는 군수품, 하위체계, 구성요소의 능력.
- o. 장비(Equipment). 이 표준에서 장비에는 시험의 진행과 감시에 사용되는 계장, 설비, 보조 기구가 포함된다. 시험 품목 자체와 시험 품목이 견본이나 일부가 되는 군수품은 장비에 넣지 아니한다.
- p. 강제 기능 (환경): Forcing function (environment). 군수품이 의도대로 기능하거나 유효 수명 동안 운반, 보관시 견디는 능력에 영향을 미칠 수 있는 자연적인 또는 유도된 물리적 환경 응력 조건. (환경 조건 또는 환경 응력라고도 함.)
- q. 밀봉(Hermetic seal). 영구적인 기밀 밀봉.
- r. 유도 환경(Induced environment). 주로 인공적으로 군수품 플랫폼에 의해 생성되는

환경 조건. 또는 자연 환경적 강제 기능과 군수품 자체의 물리/화학적 특성의 결합으로 조성된 군수품 내적 조건을 말하기도 한다.

- s. 실제 사용(In-service use). 의도된 실제 사용 주기 동안 예상되는 군수품 사용.
- t. 통합제품팀(Integrated Product Team, IPT). 각 전문 분야와 조직(정부 및 기업)의 개인으로 구성되어, 개념 단계에서 생산 단계에 이르기까지 제품 관련 작업을 공동으로 수행하는 단체. 한 분야를 담당하는 개인은 단계마다 다를 수 있다. 그러나 담당 분야와 그 분야에 관계되는 정보는 해당 분야의 후임 팀 구성원에게 인계되어야 한다.
- u. 수명주기 프로파일(Life cycle profile). 군수품의 제조에서 비군용화를 포함한 퇴역에 이르기까지, 출시 시점으로부터 군수품과 관련된 사건과 조건의 이력. 수명주기에는 군수품의 수명이 다하기 전에 거치는 단계 즉, 사용전 포장, 취급, 선적, 보관; 사용중 임무 프로파일; 대기, 보관, 수리소 및 다른 위치 간의 운반과 같은 임무간 단계; 배치 예상 지점의 지리적 위치가 포함되어야 한다.
- v. 군수품(Materiel). 상품 또는 일련의 상품군. 특정 기능을 수행하기 위해 고안된 하드웨어 품목.
- w. 군수품 개발자(Materiel developer). 개발자 성능 요건에 맞춰 군수품의 설계, 시험, 평가에 관여하는 기관 또는 단체.
- x. 임무 프로파일(Mission profile). 수명주기 프로파일에서 특정 운영 임무와 관련되는 부분.
- y. 운영 가치(Operational worthiness). 의도된 기능을 충분히 발휘하는 군수품, 하위체계, 구성요소의 능력.
- z. 파라미터(Parameter). 특정 시간에 어떤 값을 갖는 시스템의 특징적인 물성을 기술적으로 일반화하여 나타낸 양.
- aa. 파라미터 수준(Parameter level). 주어진 위치, 주어진 시점에 존재하는 파라미터의 정도, 범위, 수준을 기록한 물성값. 또는 가변적인 시험 제어 상태에서의 설정값. (시험 수준(Test level) 참조.)
- bb. 플랫폼(Platform). 군수품을 품고 있는 모든 차량, 표면, 매체. 예를 들면, 항공기는 설치된 항공전자 장비나 수송, 외장된 용품의 이동 플랫폼이라 할 수 있다. 지면은 지상 레이더 장치의 플랫폼이며, 사람은 휴대용 라디오의 플랫폼이다.
- cc. 플랫폼 환경(Platform environment). 어떤 군수품이 플랫폼에 부착, 적재된 결과 나

타나는 환경 조건. 플랫폼 환경은 플랫폼과 플랫폼 환경 제어 체계에 의해 유도, 조정된 강제 기능의 영향을 받는다.

- dd. 프로그램 관리자(Program manager). 군수품의 획득 과정을 책임지는 (정부) 관리.
- ee. 유효 수명(Service life). 군수품의 제조에서 퇴역, 최종 처분에 이르기까지, 출시 시점으로부터의 기간.
- ff. 적합화(Tailoring). 정상적인 수명주기 동안 군수품에 가해질 특정 환경 강제 기능을 고려하여, 설계 특성/허용차, 시험 환경, 방법, 절차, 연계, 조건을 선택하고 중요 설계 및 시험값, 불합격 조건 등을 변경하는 과정. 적합화 과정에는 또한 획득 주기에서 실제 기상, 기후, 기타 물리적 환경 조건을 적절히 고찰하기 위한 공학 과업, 계획, 시험, 평가 문서의 작성, 심사가 포함된다.
- gg. 시험 품목(Test item). 개발 대상 군수품을 대표하는, 용기 및 포장재를 포함한 특정 피시험 군수품, 하위체계, 구성요소. 시험 목적으로 사용되는 군수품 대표 견본.
- hh. 시험 수준(Test level). 시험 조건이 설정, 기록된 값. (파라미터 수준(parameter level) 참조.)
- ii. 시험법(Test method). 환경 시험을 공식화하는 데 사용되는 기준과 절차. 시험소 시험법은 이 문서 제2부의 환경(또는 환경의 조합)으로 확인한다.
- jj. 시험 계획(Test plan). 시험 절차 및 수준, 불합격 기준, 시험 일정, 작동(운영) 및 보관 요건을 담은 문서.
- kk. 시험 절차(Test procedure). 특정 환경 강제 기능 또는 환경 강제 기능의 조합에 대한 시험 품목의 노출, 검사, 가능한 조작상 점검 등을 정하는 일련의 조치.
- ll. 실질 입증 근거(Virtual proving ground). 시험자가 체계, 모의실험기, 모형을 종합적인 근거 진리 해석에 노출시킴으로써 체계, 모의실험기, 모형을 증명, 검증, 시험, 평가하는 데 사용되는 일련의 도구, 기법, 절차. “근거 진리 자료”란 실제 시험이나 경험을 통해 수집된 자료이다.

#### 4. 프로그램 일반지침.

##### 4.1 프로그램 관리자.

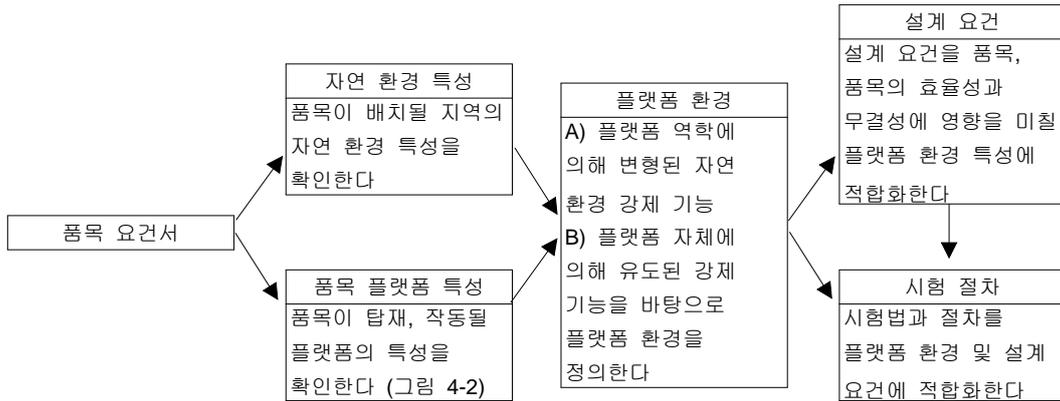
###### 4.1.1 프로그램 관리자의 역할.

이 표준에서 프로그램 관리자의 주된 역할은, 군수품 획득 과정에서 적시에 체계적이면서 철저하고 효과적인 환경공학적 고찰을 보장하는 것이다. 이를 달성하기 위한 과정을 그림

1-1에 도시하였다. 부수적인 역할은 환경 영향 정보를 문서화하여 각각의 프로그램 단계에서 활용, 교환할 수 있게 하는 것이다.

#### 4.1.2 프로그램 관리자 지침.

- a. DoD 5000 시리즈 문서는 예를 들면 기후, 지형, 해양학적 요소를 고려한 실제 환경에서의 보관, 운송, 작동을 비롯하여 모든 수명주기 소용을 고려한 시스템 엔지니어링 과정을 요구한다. (DoDD 5000.2-R, 4.3항) 그림 4-1의 환경 적합화 과정은 군수품 획득 주기 전반에서 발생하며, 군수품이 조작될 환경 조건에 따라 시스템 설계와 시험 기준을 적합화하는 데 도움을 준다.
- b. 그림 1-1에 나타냈듯이, 시험소, 개발, 작동 시험 시 프로그램 관리자가 유효한 실제 하드웨어, 하드웨어 원형 시험 대안을 취해야 하는 경우가 있다. 이 대안은 하드웨어 원형의 제작, 시험 관련 비용을 절감하기 위한 모의실험 활용, 특정 군수품이 주요 획득 품목인 경우 전체 시스템 대신 시편 사용, 이미 시험 및 승인을 거친 시스템과의 유사성을 고려한 검증과 같은 분석 절차 활용을 포함하되 이에 국한되지 아니한다. 환경 공학 전문가(EES)가 대안 선택을 위한 프로그램 관리자의 공학적 기반 확립 작업을 지원할 수 있다. 대안이 선택되면 과업 401, 환경 공학 관리계획에는 예상 비용 절감, 기타 시스템의 효율성/안전 상의 이점과 위험 해설을 비롯하여, 대안 선택의 근거가 제시되어야 한다. (제1부 부록 A의 과업 401, 부록 B의 F항 참조.)
- c. 대다수 획득 문서에 편성되는 다음 항목들은 프로그램 관리자를 위한 환경 영향 정보를 요약하는 한편, 설계 기술자, 시험 기술자, 환경 공학 전문가를 위한 배경 정보의 역할을 한다. 부록 B에서 프로그램 관리자에 대한 세부 지시를 다룬다.



1. 해당 군용 하드웨어에서는 전통적인 방법론적 자료가 수집되지 않는다. 사용된 방법론적 자료가 시험 대상인 특정 군수품과 연관되도록 세심한 주의를 요한다.

2. 여기서 플랫폼이란 군수품을 품고 있는 차량, 표면, 매체를 말한다. 예를 들면, 항공기는 항공전자 장비의 이동 플랫폼, 지면 자체는 지상 레이더의 플랫폼, 사람은 휴대용 라디오의 플랫폼이 된다.

그림 4-1. 환경 시험 프로그램 적합화 과정.

4.1.2.1 임무소용 진술서(MNS).

MNS는 임무를 수행할 자연 환경, 유도 환경(운송시의 온도, 진동 등), 특수한 작동 위협 환경(전투시 전자파 방출 등)을 비롯하여, 군수품의 작동이나 생존성을 제약하는 환경을 확인한다. MNS는 이러한 환경에서 임무 능력의 바람직한 수준을 정의한다. EES는 프로그램 관리자가 이러한 환경 영향을 공식화하여 MNS에 입력하는 작업을 지원할 수 있다.

4.1.2.2 운영요건서(ORD).

ORD는 MNS에서 기술한 필요성을 충족시킬 군수품 성능 파라미터를 확인한다. 요구되는 능력과 중요 시스템 특성을 확인함에 있어서, ORD는 그림 4-2와 같이 유효 수명 동안 군수품의 임무, 보관, 취급, 운송 시나리오를 기술한다. 이를 통해 광범위한 성능 요건(세계 전역 배치를 위한 설계 등)과 적합화된 주제의 상충을 피할 수 있다. 자연적, 인공적 환경과 이러한 환경에서 예상되는 임무 능력을 다루는 ORD 입력은 수명주기 환경 프로파일(LCEP)의 기본 측면으로부터 유도된다. 부록 A의 과업 402에서 기술한대로 EES의 지원을 받아 작성되는 LCEP는 ORD뿐 아니라, 아래 기술한대로 시험평가 종합기본계획(TEMP)과 비용 및 운영 효율성 분석(COEA), 시스템 위협 분석 보고서(STAR)의 개발도 지원한다.

4.1.2.3 시스템엔지니어링 관리계획(SEMP).

프로그램 관리자는 환경적 기술 고찰사항(시스템 성능과 신뢰성에 대한 각종 환경의 영향)을 SEMP로 통합한다. 이 통합 작업을 수행하는 메커니즘은 과업 401에서 EES의 지원으로 작성되는 환경 공학 관리계획(EEMP) 형태로 제공된다. EEMP는 기본적으로 나머지 환경 공학 과업인 과업 402 - 406의 구현 일정을 수립한다.

4.1.2.4 시험평가 종합기본계획(TEMP).

TEMP에는 자연(육상/해상) 환경, 모의실험(시험소) 환경, 실질 입증 근거(종합적) 환경에서의 시험 계획이 포함된다. EES는 환경시험평가 종합기본계획(ETEMP)을 개발함으로써 프로그램 관리자의 TEMP 작성을 지원한다. ETEMP는 통합 시험프로그램 일정(Integrated Test Program Schedule)으로 통합될 수 있다. 부록 C에서는 육상/해상 시험, 시험소 시험, 모형화/모의실험 간의 균형에 관한 정보와, 설계 기준이나 시험 기준으로 선택된 값에 대한 정보를 제공한다. 이 표준의 제2부에서는 시험소 시험 절차의 개발을 자세히 다룬다. 과업 402 - 404가 ETEMP의 일부를 구성한다. 따라서 ETEMP에는 다음이 포함되어야 한다.

- a. 수명주기 환경 프로파일(LCEP). 일련의 사건과, 제조 출시로부터 유효 수명이 다할 때까지 군수품에 발생할 것으로 예상되는 이러한 사건에서 파생되는 환경 조건을 표시한다. TEMP에는 시스템 설명이 포함된다. (과업 402 참조.)
- b. 작동환경 문서화계획(OEDP). 적합화된 환경 시험 기준 개발에 사용되는 특정 자연 환경 또는 플랫폼 환경 자료를 얻기 위한 계획을 수립한다. OEDP는 TEMP에 포함될 필요는 없으나, 환경 시험 기준의 유효한 토대를 생성하기 위한 필수적인 ETEMP 하위 과업이다. (과업 403 참조.)
- c. 환경 주제 및 기준 목록(EICL). 적합화 과정에서 파생된 기본적인 환경 설계 및 시험 기준을 내용으로 한다. TEMP의 기술적, 운영적 요구 특성 내의 기준을 포함한다. TEMP의 TT&E, OT&E 개요 내의 관련 중요 주제를 포함한다. (과업 404 참조.)

#### 4.1.2.5 비용 및 운영 효율성 분석(COEA).

작동 환경 평가는 COEA에서 중요한 부분이다. 자연 환경 및 위협 환경 요소는 군수품이 배치 예상 지역에서 얼마나 원활하게 작동할지 평가하는 데 있어 중요하다. 그러므로, 환경 요소와 관계된 적절한 군수품 설계 및 시험 기준값을 확인하는 것이 중요하다. EES는 LCEP를 작성하고, 환경 관련 주제 및 기준에 따른 실제 환경 파라미터와 군수품별 파라미터 수준을 확인함으로써 COEA 작성을 지원한다.

## 4.2 환경 공학 전문가(EES).

EES는 획득 과정에서 부록 A의 과업 수행을 도움으로써 프로그램 관리자를 지원하는, 경험이 풍부한 정부, 기업의 전문가이다. EES들의 배경은 다양한 과학/공학 분야를 망라하기도 한다. EES는 이미 획득 과정에 관여하는 정부, 계약자 기관에 존재한다. (설계, 시험, 신뢰성 기술자/과학자 등) 서로 다른 배경을 가진 EES가 서비스 기관과 적절한 채용 계약을 맺어 일회적으로 또는 프로그램 기간 동안 통합제품팀(IPT)을 구성하기도 한다. EES의 작업은 문서화되어 각 연속 과업의 생산물을 거친다.

### 4.2.1 환경 공학 전문가의 역할.

정부 기관과 계약 관계에 있는 기관의 EES는 획득 주기 동안 프로그램 관리자를 지원한다. 그림 1-1에서 개요하고 제1부 부록 A에서 상세히 해설한 과업의 수행 책임이 있는 기관이 EES를 선임한다. EES는 획득 과정 초기에 투입되어 IPT의 일원으로서 환경 영향 전문 지식의 주요 원천과 전체 획득 과정에서의 기술 촉진자 역할을 해야 한다. 그림 1-2에서 보듯이, EES는 프로그램 관리자의 설계 및 시험 요구와 시험자들이 이용하는 기술적 절차 사이

에서 촉진적 가교 역할을 한다. 환경공학적 목표를 달성하는 주된 메커니즘은 아래 기술하는 적합화 과업이다.

#### 4.2.2 환경 공학 적합화 과업.

##### 4.2.2.1 일반사항.

- a. 환경공학 적합화 과업은 환경적 고찰사항을 획득 프로그램에 통합하기 위한 기본 전략이자 구조이다. 그림 1-1에서 개요한 과업 순서는 DoD 5000 시리즈 문서에서 요구되는 환경 영향 통합을 충족하도록 고안되었다. 이러한 통합을 달성하기 위하여, 획득 과정에서 정부 또는 계약자측 직원을 위해 일하는 EES 요원은 이러한 환경공학 과업의 수행 지원을 통해 환경 영향 측면에서 과학적으로 타당하고 비용 효율적인 설계 및 시험 프로그램 수립을 지원한다. 그림 1-1의 하드웨어 시험 대안을 포함한 이 과정은 군용, 산업용으로 개발되거나 사용 목적을 가진 모든 군수품에 적용한다. 과업의 상세한 기술은 부록 A에서 다룬다.
- b. 상기 4.1항에 나타난 대로, 이러한 과업을 수행하는데 있어 주된 이점은 과업 수행에 의해 MNS, ORD, SEMP, TEMP, COEA에 제공되는 기술 정보 및 구조에 기인한다. 이 정보에는 자연 환경, 유도 환경 조건이 포함된다. 구조는 잠재적 중요성을 가지는, 실전 배치 군수품에 대한 환경 관련 보관, 운반, 작동 영향을 밝히는 정연한 수단을 제공한다.

##### 4.2.2.2 환경 공학 관리계획(EEMP)의 작성, 과업 401.

EEMP는 환경 영향 고찰사항을 SEMP에 통합하기 위해 사용되는 기본 관리 일정이다. 이 통합은 군수품이 수명주기 동안 접하게 될 모든 환경 조건을 고려하여 군수품을 마련하는데 유용하다. EEMP는 나머지 과업(402 - 406)을 완료하는 데 필요한 인력, 비용 견적, 시기 선정, 접촉점을 확인한다. 그림 1-1, 4.1.2항, 부록 B의 F항에서 나타난 대로, 프로그램 관리자가 실제 군수품 시험과 원형 작동에 대하여 모형화나 모의실험, 기타 분석 기법 등 유효한 대안을 취해야 하는 시기가 있다. 이러한 대안은 EEMP에서 일정을 수립하고 타당성을 검증한다. EEMP는 제1부 부록 A의 과업 401에서 설명한다.

##### 4.2.2.3 환경시험평가 종합기본계획(ETEMP)의 개발.

이 계획은 공식 문서는 아니나, 별도의 세 과업(과업 402, 403, 404)의 생산물로 구성된다. 획득 과정 초기에 이 세 과업을 사전 작업하면 군수품이 조작성 기본 환경과 획득 과정의 나머지 부분에서 다루어져야 할 기본 주제를 확인함으로써, 군수품 소용 및 성능 요건서를 작성하는 데 유용하다. 이 세 과업은 완료시 TEMP에 기여한다. 그림 1-1 참조. ETEMP는 과업 405에서 해설하는 자세한 시험 계획서와 혼동되지 아니하는 기본 지침/배경 정보를 내용으로 한다.

##### 4.2.2.3.1 수명주기 환경 프로파일(LCEP)의 정의, 과업 402.

LCEP는 제조 시부터 유효 수명 종료 시까지, 출시부터 군수품에 발생하는 작동 관련 사건과 환경 조건을 기술한다. 그림 4-2에 적용범위와 구조를 나타내었다. MNS와 ORD에 영향을 주기 위해, 획득 과정 초기에 이 작업을 진행해야 한다. 완성된 LCEP는 후에 시스템 설계자와 평가자의 TEMP 수립을 지원하는 과정에서 필요하다. LCEP는 설계, 시험 요건을 규정하지 아니함에 유의한다. 오히려 LCEP는 성능 요건을 토대로 과업 403과 404를 통해 군수품 설계 및 시험 파라미터를 유도하기 위한 적합화된 지침 역할을 한다.

**4.2.2.3.2 작동환경문서(OED)의 개발, 과업 403.**

OED 과업에는 두 가지 문서의 생산이 필요하다. 하나는 설계 및 시험 기준 개발의 바탕이 될 자료 습득 계획이고 다른 하나는 이 계획과 결과 자료를 내용으로 한 보고서이다. 이 작동환경 문서화계획(OEDP)은 두 가지 자료 유형을 지원한다. OEDP에는 우선, 이전에 수집되어 군수품의 설계 및 시험 기준 개발에 대하여 여전히 유효한 자료를 보호하기 위한 계획이 포함된다. 둘째, 현재는 가용하지 아니하나, 밀접하게 관계되는 실제 시스템/플랫폼을 이용하여 실제 작동, 현장 조건 하에서 환경 자료를 습득하는 방법을 기술한 계획이 포함된다. OEDP와 결과 자료(기존, 신규 자료)는 작동환경 문서화 보고서(OEDR)를 구성한다.

**4.2.2.3.3 환경 주제/기준 목록(EICL)의 개발, 과업 404.**

EICL은 LCEP와 OEDR에서 파생된다. EICL에는 획득 군수품의 적절한 기준 수준으로 완결되는 적합화된 주제 및 기준 목록이 포함된다. 또한 EICL에는 환경 영향 주제 및 기준의 유도 방법에 대한 원리와 가정이 포함된다. 이 원리는 군수품 배치 개념과 설계를 변경할 때, 설계자, 개발자, 심사원의 기준 개정을 돕는다.

**4.2.2.4 세부환경시험계획(DETP)의 작성, 과업 405.**

개발자, 평가자, 심사원, 시험자는 필요한 경우 해당 EES에 자문하여 다양한 세부 수준별로 세부환경시험평가계획을 작성한다. (즉, 세부시험계획을 통한 독립평가계획) 이 세부계획은 특정 시험소 시험 및 현장 시험, 시험 지역, 계장, 절차, 환경 시험의 기준 수준을 끌어내는 주된 수단이 된다. DETP는 독립적인 환경시험계획서가 되거나 더 규모가 큰 시험계획의 일부가 될 수 있다. 매우 빈번하게, 이 계획에서 가장 높은 세부 수준은 이 계획에 참조된 표준 시험 절차에 나타난다. 환경 시험소 시험의 세부적인 방법은 이 표준 제2부에서 다르다.

**4.2.2.5 환경시험보고서(ETR)의 작성, 과업 406.**

환경시험보고서는 획득 과정의 여러 지점에서 생산된다. 개발 및 운영 시험 수행을 위한 규격과 결과 보고서 형식은 개발 및 운영 시험 기관이 제공한다. 이 과업은 주로 환경 시험 시험소에서 수행되는 군수품 시험의 결과와 관계된다. ETR은 시험 목적을 정의하고, 시험 주제/기준을 열거하고, 시험 장비/설비/계장을 열거 또는 기술하고, 시험 설계/설치를 해설하고, 세부적인 시험 자료/기록을 포함하고, 불합격 분석을 제공하고, 시험 결과를 해석한다. 시험소 ETR은 설계 평가 시험, 운영 가치 시험, 자격 시험에 적합하다. 이러한 시험소 시험에서 얻은 자료는 성능 요건의 예기치 못한 오차를 조기에 경보하는 역할을 한다. 이 자료는 군수품이 특정 환경 조건을 견디는 능력과 관련하여, 불합격 분석 및 수정 조치를 지원한다. 이 시험소 시험 자료는 자연 육상/해상 환경에서 수행된 개발, 작동 시험을 대체하지 않는다.

**4.3 설계 및 시험 기술자와 설비 운영자.****4.3.1 설계 기술자의 역할.**

설계 기술자는 공학 분석을 수행하여 환경 수명 주기의 응력에 대한 군수품의 반응을 예측한다. 분석은 필요한 저항을 환경 응력에 통합한 군수 설계를 작성하고, 시험소 시험에서는 완전히 반영되지 않는 요소들을 반영하도록 시험 기준을 수정하고, 불합격 분석 및 재설계 과정에서 시험 결과를 해석하는 데 이용한다.

**4.3.2 시험 기술자/설비 운영자의 역할.**

시험 기술자는 다른 기술자나 설비 운영자에 의해 수행되는 시험 구현 계획/지시를 개발한다. 설비 운영자는 시스템 시험 계획 및 평가서에 확립된 지침과, 환경 적합화 과정에 절차적 기반을 둔 시험 기술자/과학자가 작성한 특정 지시에 따라 시험을 수행한다. 적합화 과정의 결과로, 시험소 시험자는 군수품이 유효 수명 동안 집할 것으로 예상되는 환경과 수준에 따라 확립되었기 때문에 너무 높거나 낮지 아니한 노출 수준을 이용하여, 적절한 시험만을 수행하게 된다. 마찬가지로 육상/해상 시험자는 군수품이 조작될 것으로 예상되는 자연 환경 내에서 시험을 수행하게 된다.

#### **4.3.3 설계 및 시험 기술자와 설비 운영자 지침.**

##### **4.3.3.1 자연환경 (육상/해상) 시험.**

자연 환경 육상/해상 시험을 계획, 수행하여 환경 적합화 정보의 원칙을 확립된 육상/해상 절차와 설비에 통합한다.

##### **4.3.3.2 시험소 시험.**

상기 적합화 정보, 아래 제1부의 특정 지침, 이 표준 제2부 각 시험법의 특정 지침에 따라 시험소 시험을 계획, 수행한다.

## 5. 시험소 시험법 일반지침.

주: 안전은 모든 시험 프로그램에서 근본적인 관심사이다. 적절한 시험법에서 특정한 관심이 요구된다. 군수품 안전 프로그램 수립을 위한 지침은 MIL-STD-882이다.

### 5.1 표준 주위 시험조건.

이 표준의 시험법에서 “표준 주위”란 용어가 규정되면 아래 값을 적용한다. 시험법이나 군수품 사양에서 “표준 주위”란 용어가 사용되지 아니하고, 특정 값이 요구되지 아니하는 경우, 표준 주위 조건에서 품목 시험(시험 전후, 도중 등)을 수행한다.

온도:	25°C ± 10°C (77°F ± 18°F)
상대 습도:	20 ~ 80%
주위 압력:	현장 압력

주: 이 문서에서는 가능한 한 미터법 단위를 사용하고자 하였다. 미국식 단위는 미터법 단위 뒤에 괄호 안에 표기한다. 그러나 이 문서에서는 모든 미국식 환산 단위를 표시하지는 아니하였다.

### 5.2 시험조건 허용차.

달리 규정하지 아니한 경우, 다음 파라미터에 대하여 아래의 시험조건 허용차를 고수한다. 허용차는 규정 값 뒤에 ± X로 표시하며, 규정 값이 의도된 값이나, 계장이나 측정이 부정확할 수 있으므로 X값 이내에서 약간의 오차는 허용함을 의미한다.

- a. 시험편 기온. 경계 영향을 고려하여 시험 품목을 공기 외막으로 완전히 둘러싼다. (필요한 지지점은 제외) 품목에 바로 근접한 곳에서 기온을 균일하게 유지한다. 시험 품목 주변이 요구되는 기온을 유지하는지 확인하기 위하여, 품목 주위 전체의 대표점에 가능한 한 시험 품목에 접근하여, 그러나 기류 온도가 시험 품목 온도에 영향을 받지 않도록 검증 센서를 설치한다. 이 온도는 요구되는 시험 온도에서 ± 2°C (3.6°F) 이내로 유지한다. 품목에 걸치는 기온의 기울기가 m당 1°C (2°F) 또는 총 2.2°C (4°F) (시험 품목 미작동)를 넘지 않도록 한다. 다음 상황에서는 더 큰 온도 허용차를 허용한다.

- (1) 부피가 5m<sup>3</sup>를 넘는 대형 품목의 경우 온도 허용차를 ± 3°C로 할 수 있다. 더 큰 허용차는 조달부대로부터 타당성 및 사용 승인을 취득한다.
- (6) 요구되는 온도가 100°C를 넘는 경우 온도 허용차를 ± 5°C로 할 수 있다. 실제로 얻어지는 허용차를 규정한다.

- b. 압력. ± 5% 또는 ± 200 Pa 중에서 큰 쪽.
- c. 습도. 챔버 제어 센서에서의 상대 습도를 규정 값의 ± 5% RH로 유지한다.
- d. 진폭.
 

사인 진동	± 10%
자유 진동	시험법 514.5 참조
- e. 진동 주파수. 25 Hz 이상인 경우 정확도는 ± 2%로 한다. 25 Hz 미만인 경우, ±

1/2 Hz를 적용한다.

- f. 가속도. 가속도(g)는 규정 값의 10% 이내로 측정한다.
- g. 시간. 시험의 속성상 정확성이 엄격하게 요구되지 않는다면, 제어 시간(시험 지속시간, 자료 수집 간격 등)은 총 시험 지속시간이 8시간을 넘는 경우 5분 이내, 지속시간이나 간격이 8시간 이하인 경우 규정 값의 1% 이내로 한다.
- h. 공기 속도. 규정 값의 10% 이내로 유지한다.
- i. 물의 순도. 5.16항 참조.

### 5.3 시험계기.

#### 5.3.1 환경 적합성.

환경 조건과 반응을 기록하는 데 사용되는 센서와 계기는 의도된 환경에 적합해야 한다. (예를 들어 고온/진동 조합 시험 환경에서 고온용이 아닌 가속도계를 사용한다면 오차가 발생할 수 있다.)

#### 5.3.2 교정.

각 시험 전후에 시험 파라미터의 제어, 감시에 사용된 계기와 시험 장비의 정확성을 검증한다. 교정 간격은 조달부대가 만족할 수 있도록 ANSI NCSL Z540-1 또는 ISO 10012-1의 지침을 따라야 한다. 이 문서의 시험 수행에 사용되는 모든 계장과 시험 장비는,

- a. 주요 표준을 통하여 국가 표준까지 추적 가능한 시험소 표준에 따라 교정되어야 한다.
- b. 정확도가 적어도 측정 변수 허용차의 1/3은 되어야 한다. 이 정확도와 이 표준에서 다루는 시험법의 정확도 지침이 상충하는 경우는 후자를 따른다.

### 5.4 시험온도의 안정화.

온도 안정화는 일반적으로 시험 조건의 재현성을 보장하기 위해 중요하다. 보통 운영 요건을 위해 중요한 시험 품목 요소(구성요소, 하위조립품 등)를 안정화하는 것이 구조적 구성요소의 온도를 안정화하는 것보다 중요하다. 다음 정보는 이러한 의도를 바탕으로 한다.

#### 5.4.1 시험 품목 작동.

달리 규정하지 아니한 경우, 작동 온도 안정화는 최장 열 지연을 갖는 것으로 간주되는 시험 품목의 기능부 온도가 시간당 2.0°C (3.6°F) 이하의 속도로 변할 때 달성된다.

#### 5.4.2 시험 품목 비작동.

달리 규정하지 아니한 경우, 비작동 온도 안정화는 최장 열 지연을 갖는 것으로 간주되는 시험 품목의 기능부 온도가 공기로 둘러싸인 시험 품목의 온도 허용차 이내의 온도에 도달했을 때 달성된다. 구조적 또는 수동적 구성요소는 일반적으로 안정화를 고려하지 않는다. 온도를 조정할 때, 확장된 온도에 시험 품목의 온도 한계를 넘어서는 반응 온도가 포함되지

않는다면 챔버 공기의 온도를 시험 조건 한계 이상으로 조정하여 안정화 시간을 단축할 수 있다.

### 5.5 시험 순서.

품목상의 특정 순서, 의도된 상황 종속적 사용, 가용한 프로그램 자산, 개별 시험 환경의 예상되는 상승 효과를 토대로 한다. 노출의 수명주기 순서를 정의함에 있어서, 실제 사용 도중 합당하게 발생할 수 있는 반복적 노출을 고려한다. 대부분의 경우 단독으로 정의되는 순서는 없다. 부가 정보는 제1부의 부록 C를 참조한다.

- a. 사건의 예상되는 수명주기 순서를 일반 순서 지침으로 이용한다. 그러나 경험상 다른 시험의 직전이나 직후 또는 동시에 시험을 수행하면 분명히 장점이 있다. 시험법의 정보에서 이러한 장점이 확인되었다면 그 시험 순서를 따른다. 획득 기관의 허가를 얻은 모범 적합화 관행에 일치하는 기타 순서 및 조합을 이용한다. 개별 시험법에서 정보가 제공된 경우를 제외하고는 시험의 영향을 제거하기 위해 시험 순서를 변경하지 말 것.
- b. 군수품목의 성능과 내구성에 대한 누적 영향을 임무 프로파일(제1부 그림 4-2를 예로 참조)에 따라 올바른 순서로 군수품에 응력을 가하는 시험 순서와 결부시킨다. 이러한 시험 순서를 개발하려면 시험 후원자, 시험자, 평가자, 최종 사용자가 조기에, 수시로 의견을 교환하여 추적 가능하고 신뢰성 있으며, 현실적인 시험이 되도록 노력해야 한다.

### 5.6 시험수준 유도.

유사한 자연 환경 조건 하의 플랫폼에 위치한 동일 또는 거의 유사한 군수품에서 발생하는 자료를 바탕으로 특정 시험 수준, 범위, 속도, 지속시간을 유도한다. (부록 A 과업 403, 403.2.1항 참조) 실제 상황에서의 자료를 이용, 습득할 수 없거나 예상이 용이하지 아니한 경우, 특정 시험법에서 발견되는 정보를 이용하여 시험 특성을 적합화한다.

### 5.7 설비 운영자를 위한 예비시험 정보.

(개별 시험법에서 요구되는 정보에 추가하여) 다음 정보를 제공한다.

- a. 시험 설비 및 계장.
- b. 요구되는 시험 절차.
- c. 해당되는 경우, 중요 구성요소.
- d. 시험 지속시간.
- e. 시험 품목 배치.
- f. 시험 수준, 지속시간, 응력 인가 방법.
- g. 계장/센서 즉, 열전대, 변환기의 위치.
- h. 시험 품목 설치 세목 (실장 준비, 방향, 상호연결 등 포함)
- i. 필요한 경우, 냉각 준비.

### 5.8 시험 기구.

#### 5.8.1 시험설비에 시험 품목 설치.

달리 규정하지 아니한 경우, 실제 사용 상태를 최대한 재현하고 필요한 시험 연결과 계장 부착이 이루어진 상태에서 시험 설비에 시험 품목을 설치한다.

- a. 보호 장치의 유효성을 시험하기 위해 사용되는 플러그, 덮개, 검사관은 시험에 적당한 위치에, 작동 중의 정상 (보호 또는 비보호) 모드로 배치한다.
- b. 전기적, 기계적 연결은 정상적인 사용 상태로 구성하나, 시험(작동하지 아니하는 품목의 시험) 수행에 요구되지 아니하는 부분은 의사 커넥터를 설치하여 (육상/해상 사용시처럼 연결, 보호) 시험 품목의 모든 부분에 대하여 실제와 같은 시험이 이루어지도록 한다.
- c. 피시험 품목이 개별 단위로 구성된 경우, 기능 측면이 요건서에서 정의된 대로 유지된다면 각각의 단위별로 시험을 수행할 수 있다. 단위들을 함께 시험하고 기계적, 전기적, RF 간섭이 허용되는 경우, 단위 사이의 거리 또는 단위와 시험 챔버 표면의 거리를 15 cm (6") 이상으로 실제와 같은 공기 순환이 이루어지도록 한다.
- d. 시험 품목을 관계없는 환경 오염물질로부터 보호한다.

### 5.8.2 시험 품목 작동.

시험 품목을 실제 사용을 대표하는 사용률과 지속시간에서 가장 대표적인 작동 모드(성능 및 열적 측면에서)로 조작한다.

### 5.9 예비시험 기준선 자료.

환경 노출 전에 표준 주위 조건(5.1항 참조) 하에서 시험 품목을 조작하여 시험 품목이 올바르게 작동하는지 확인하고 기준선 성능 자료를 얻는다. 예비시험 문서에는 다음 정보가 포함된다.

- a. 각 품목의 배경 자료
  - (1) 품목 명칭, 모델, 일련 번호, 제조자 등.
  - (2) 일반 외관/상태.
  - (3) 특정 물리적 이형.
  - (4) 특정 품목의 환경 시험 이력.
- b. 각 환경 시험 도중과 이후에 감시해야 할 기능 파라미터에 관한 예비시험 자료를 수집한다. 군수품 규격 또는 요건서에서 규정한 기능 파라미터와 작동 한도를 이용한다. 규격이 제공되지 않는 경우, 예비시험, 본시험, 사후시험별로 적당한 파라미터/한도를 설정, 적용한다.

### 5.10 시험 중 정보.

- a. 성능 전검. 노출 도중 시험 품목을 작동해야 할 사유가 있는 경우, 적절한 시험/분석을 실시하여 시험 노출이 예비시험 자료와 비교하여 성능의 변화를 유발하는지 여부를 측정한다.

- b. 시험 설비. 시험 품목에 적용되는 환경 조건의 기록을 유지한다.
- c. 시험 품목 반응. 적용된 환경 강제 기능에 대한 시험 품목의 반응 기록을 유지한다.

### 5.11 시험 중단.

표준화와 시험의 유효성을 위해, 개별 방법에서 달리 규정하지 않은 경우, 시험이 중단되면 다음 절차를 적용한다. 시험 보고서에서 시험중단을 설명하고, 다음 정보와의 차이를 설명한다.

#### 5.11.1 허용차내 중단.

규정된 시험 조건이 허용차를 벗어나지 않는 중단 기간(정전이 일어나도 챔버 온도에는 영향을 미치지 아니하는 경우 등)은 시험중단을 성립시키지 아니한다. 따라서 부수적 중단 기간 동안 올바른 시험 수준의 노출이 유지된다면 시험 지속시간을 수정하지 아니한다.

#### 5.11.2 시험법 503, 506, 510, 511, 514, 515, 516, 517, 519, 522, 523에서의 허용차의 중단.

이들 시험법의 논리도를 그림 5-1에 나타내었다.

- a. 과소시험. 시험 조건 허용차가 최소 허용값 아래로 떨어져 (즉, 환경 응력의 엄격도가 규정보다 낮아져) 과소시험 조건이 된 경우, (개별 시험법에서 명시한 경우를 제외하고 조건을 다시 규정한 후에) 시험 조건이 허용차 수준 아래로 떨어진 시점부터 시험을 다시 시작할 수 있다. 규정된 시험 주기 지속시간에 도달할 때까지 시험을 연장한다.
- b. 과도시험. 과도시험 조건이 발생하면 시험을 중단하고 새 시험 품목에 대하여 시험을 시작하는 조치가 바람직하다. 그러나 그림 5-1에 보인 바와 같이, 시험 품목이 손상되지 않았다면 시험을 계속한다. 품목이 이 시점에서 시험에 불합격하거나 뒤이은 시험에 불합격하는 경우, 과도시험 조건이 시험 품목에 아무런 영향을 미치지 아니하였음을 보이지 못하면 “시험 무효(NO TEST)”가 됨에 유의한다. 과도시험 조건은 시험 품목에 손상을 가하여 정상 조건에서라면 발생하지 않을 뒤이은 불합격을 유발, 무효한 시험에 의한 시험 품목의 불합격을 야기할 수 있다. 그러나 과도시험에 의한 직접적인 손상이 자료 수집에 절대로 영향을 주지 아니하는 시험 품목 구성요소에서 발생하였고, 그러한 손상이 순전히 과도시험에 의한 것으로 간주되는 경우, (예를 들어 시험 품목 바닥의 고무 받침이 고온으로 녹았으나 시험 품목의 성능에는 영향을 주지 아니하는 경우) 시험 품목을 수리하여 과소시험 조건에서와 같이 시험을 재개, 연장할 수 있다. 과도시험 조건 이후에 품목의 수리와 시험 재개는 고객과 협의한다. 이 협의 과정은 시험 프로그램의 나머지 부분에서 시험 품목이 불합격하였을 때 고객의 이익(과도시험 조건이 중요 구성요소에 미발견된 손상을 가했기 때문에 과도시험 이후의 시험은 무효라는 주장)를 방지하기 위함이다.

#### 5.11.3 시험법 500, 501, 502, 504, 505, 507, 508, 509, 512, 513, 518, 520, 521에서의 허용차의 중단.

각 시험법에는 허용차의 시험중단을 처리하기 위한 정보가 포함된다. 중단이 발생하면 주의

깊게 분석한다. 중단 시점에서부터 시험 지속, 성공적으로 완료된 마지막 시험 주기의 재시작, 동일한 시험 품목에 대한 전체 시험 재시작을 결정하고 불합격이 발생한 경우, 반드시 시험 중단이나 연장의 영향을 측정해야 한다.

### 5.12 시험조합.

시험의 조합은 일련의 단독 시험보다 환경 영향을 실제적으로 재현할 수 있다. 작동 환경에서 이러한 조건이 예상될 때 환경 시험의 조합을 권장한다.

### 5.13 사후시험 자료.

각 환경 시험을 마친 후 군수품 규격에 따라 시험 품목을 검사한다. 사후시험 자료를 습득하기 위해 필요한 경우 시험 품목을 조작한다. 결과를 5.8, 5.10항에 따라 습득한 예비시험 자료와 비교한다. 사후시험 기록에는 다음 정보가 포함된다.

- a. 시험 품목 식별. (제조업자, 모델/일련 번호 등)
- b. 부속물을 비롯한 시험 장비 식별.
- c. 적용된 실제 시험 순서 (프로그램).
- d. 계획된 시험 프로그램과의 편차. (해설 포함)
- e. 동일한 작동 수준에서 동일한 파라미터에 대하여 예비시험 자료로서 수집된 성능 자료. (가시적인 검사 결과와 해당되는 경우 사진 포함)
- f. 시험 품목 식별. (제조업자, 모델/일련 번호 등)
- g. 시험 기간 중 주기적으로 기록된 실내 주위 시험 조건.
- h. 개별 시험법이나 요건서에서 규정한 기타 자료.
- i. 해당되는 경우 초기 불합격 분석.
- j. 시험 기술자의 시험 자료 확인을 위한 서명, 일자란.

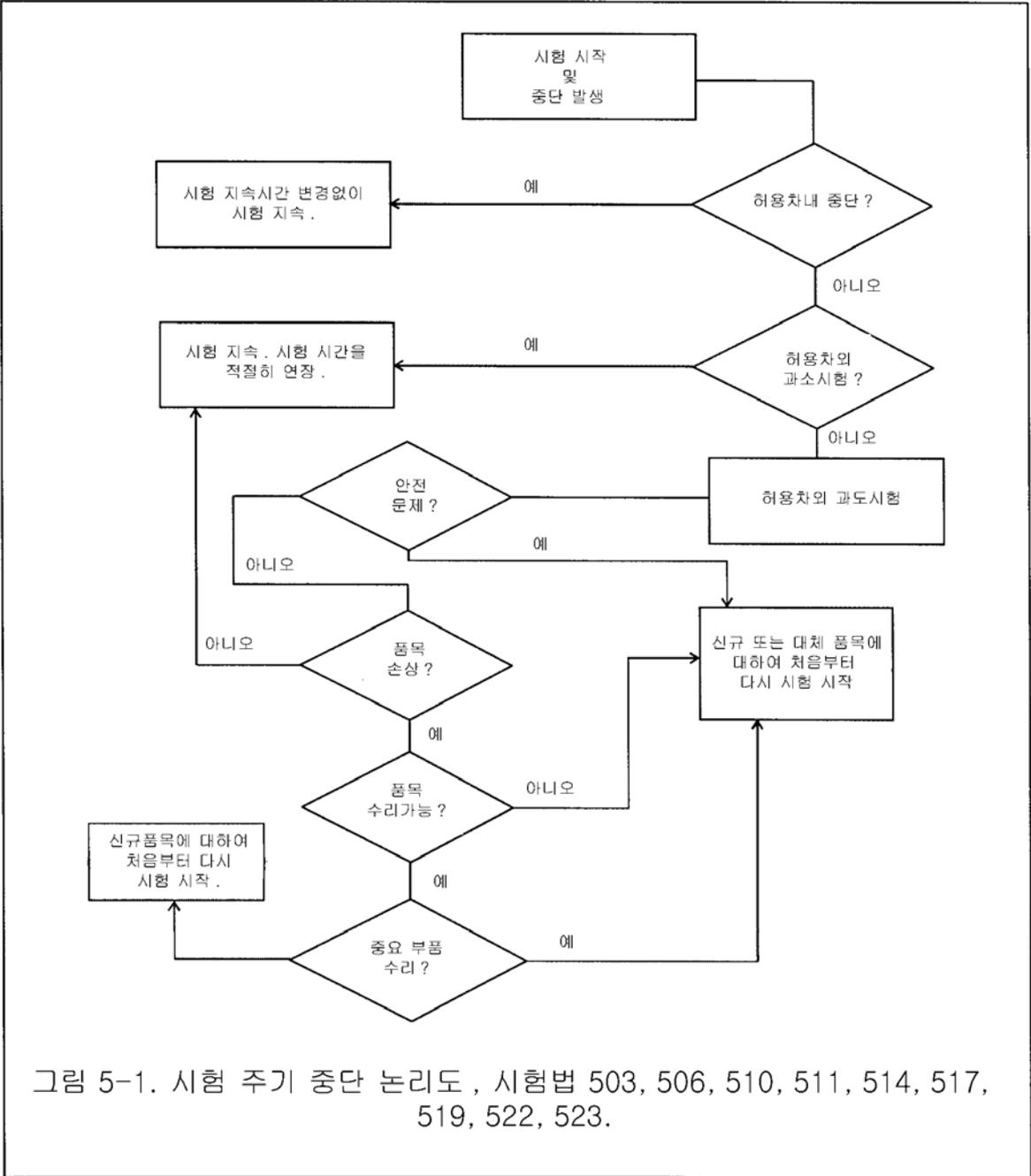


그림 5-1. 시험 주기 중단 논리도 , 시험법 503, 506, 510, 511, 514, 517, 519, 522, 523.

#### 5.14 환경 영향 및 불합격 기준.

환경 시험의 영향 해석은 특정 획득 프로그램에서 시험이 갖는 목적에 따라 달라진다. 구조적 열화와 성능 이상은 공학 개발 시험에서는 유용한 정보로 간주되는 반면, 계약 적합성을 검사하는 공식 시험에서는 불합격으로 간주된다. 다음은 특정 계약 요건에 따라 군수품이 불합격되는 가장 보편적인 조건의 예이다.

- a. 예비시험 성능 기록에서 정하고 요건서에서 규정한 허용 한계를 벗어난 감시된 기능 파라미터 수준의 편차. 주: 특정 유형의 군수품(추진제, 전기구동장치 등)은 종종 극한 환경 특히, 저온에서 성능 저하를 보일 것으로 예상된다. 허용할 수 있는 이상으로 열화되거나 환경 응력을 제거한 이후에도 열화가 지속되는 경우에만 불합격으로 한다.
- b. 안전 요건 불비 또는 안전 위험 유발.
- c. 특정 군수품 요건 불비.
- d. 군수품이 의도된 유효수명이나 정비 요건을 충족시키지 못하는 원인이 될 수 있는 시험 품목 변경. (예를 들면 부식된 배유관 플러그는 규정된 도구로 제거할 수 없다.)
- e. 정해진 환경 충격 요건과의 오차. (예를 들면 정해진 한계 이상의 배기 방출 수준, 밀봉 이상에 의한 누유.)
- f. 군수품 규격에서 규정한 부가 불합격 기준.

#### 5.15 환경시험보고서.

제1부 부록 A, 과업 406에 따라 환경시험보고서를 작성한다.

#### 5.16 물의 순도.

습도(수증기 및 습구 소크), 염무, 곰팡이 번식(모든 측면) 시험에 사용되는 물은 시험 품목에 오염물, 의도하지 아니한 생성물을 부당하게 부과하거나 곰팡이 발생에 영향을 미쳐서는 안 된다. 염소 등 상용 상수도에 일반적으로 함유된 화학물은 의도하지 아니한 부식 효과를 유발할 수 있다. 탄산칼슘(석회)과 같은 가용성 물질이나 불용성 물질은 노즐 막힘이나 침전을 유발할 수 있다. pH가 중성이 아닌 물은 군수품에 의도하지 아니한 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 시험에 있어 비현실적인 물의 순도를 적용하기보다는 비교적 불순물과 화학물 함유가 적은, 시험 시 25°C에서 pH가 6.5 - 7.2인 물을 사용할 것을 권장한다. 주: 물의 저항성은 150,000Ωcm(실제로 시험 품목에 도달하는 물의 순도를 크게 증가시키는, 부가 증류기 역할을 하는 개방형 탱크 습도 발생기)에서 250,000Ωcm 범위를 권장한다. 이는 증류, 탈염, 역삼투, 탈이온화 방법으로 생성할 수 있다.

#### 5.17 결과분석.

- a. 시험 결과의 분석은 5.14항 및 제1부 부록 A의 과업 405와 406에서 제공하는 지침을 따라야 한다. 또한 결과분석은 일반적으로 DETP에서 요구하는 적절한 양식, (1) 시험 품목에 대한 측정된 입력 환경 (2) 시험 품목의 측정된 반응 환경 (3) 환경 응력 하에서 시험 품목의 기능 또는 작동 성능의 표현으로 구성될 것이다. (1)과 (2)에는 온도, 습도, 압력, 음향, 가속, 속도, 변위, 진동, 충격이 포함될 수 있다. (3)에는 환경 응력 하에서의 기계적, 전기적, 종합적인 기능 또는 안전 성능이 포함될 수 있다.

- b. 각 시험법에서 “결과분석”항의 목적은 상승적인 영향을 고려하여 측정된 반응 환경과 시험 품목의 기능 또는 작동 성능을 측정된 입력 환경과 연관시키는 것이다. 이상관 관계의 성능에는 시험 품목의 이상적인 모형에 대한 이해, 불합격의 물리적 과정에 대한 세심한 연구, 조합된 환경의 상승적 영향에 대한 다소 근본적인 이해가 필요할 수 있다. 지속시간이 연장된 환경 시험에서는 시험 품목의 일반적인 “피로” 응력 수용성에 대한 이해가 필요하다. 이 모든 것의 기반은 환경적 자격, 시험 분석 및 고정, 개발 시험 등 시험의 목적과 시험 목적에 대한 시험의 관계이다. 어떤 경우 시험은 실제 사용 환경을 모의실험하기 위해 고안될 것이다. 다른 경우에는 설계에 신중하게 여유를 두고자 환경을 포괄하도록 고안될 것이다. 또는 시험이 시험 준수품의 “취약성”을 검사하기 위한 예비적 성격을 가질 수도 있다..

## 5.18 감시.

### 5.18.1 시험 챔버 파라미터의 감시.

챔버 조건을 감시하여 챔버 설정의 정확성을 보장하고 시험 지속시간 동안 챔버 내의 환경 조건이 규정된 허용차 이내로 바람직하게 유지되도록 하는 것은 바람직한 과학적, 공학적 관행이다. 환경 공학 전문가는 고객과 협력하여 감시 요건을 고객의 요구에 적합화시켜야 한다. 고려할 사항은 다음과 같다.

- 감시 빈도는 자료 요건과 자료의 사용 방법에 따라 달라질 수 있다. 시험 중에 피 시험 품목에 대하여 중요한 의미가 있는 간격을 두고 시험 파라미터 수준을 감시하여 규정된 파라미터 수준을 유지하기 위한 결함을 시험의 유효성을 손상하지 않고 수정할 수 있도록 한다.
- 파라미터 수준이 허용 한계 이상으로 허용차를 벗어나면 작동하는 경보 장치를 마련한다.
- 파라미터 수준의 유지를 증명하기 위해, 수작업으로 또는 전기적으로 파라미터 수준의 기록을 유지한다. 정확한 파라미터 감시 간격과 정확한 파라미터 수준 기록 방법은 방법에 따라, 특정 방법을 이용하여 시험하는 품목에 따라 변할 수 있다. 어떤 경우, 긴 간격(15분 또는 몇 시간)을 두고 챔버 파라미터를 감시하는 것으로 족한 경우가 있다. 또 다른 경우에는 지속적으로 중단 없이 기록을 유지해야 할 수도 있다.
- 파라미터 수준 기록에 관계된 기술에는 규정된 간격으로 시행하는 육안 검사, 원도 표와 같은 실시간 연속 기록, 자료 기록기와 같은 장치 상의 주기적 기록, 계약에서 정하거나 시험자와 고객이 합의한 기타 기법 등이 있다.
- 품질 보증 관점에서, 감시 간격은 고객에게 얼마나 유의미한가에 따라 정해져야 하며 고객에게는 요구보다 길거나 짧지 아니한 간격의 감시 기록이 제공되어야 한다.

### 5.18.2 피시험 품목의 감시.

시험 품목 자체를 감시하여 피시험 품목의 물리적 조건이나 성능에 챔버 환경이 미치는 영향을 기록하는 일도 마찬가지로 중요하다. 피시험 품목을 감시하는 이유는 시험 지속시간 중에 관련 간격에서 피시험 품목의 관련 변화를 포착하여 중요한 시험 품목 불합격 분석을 수행하기 위함이다. 고려할 사항은 다음과 같다.

- a. 시험자는 계약 요건 또는 시험 자료 소용을 충족시키기 위하여 고객이 정한 기타 감시 요건을 만족시켜야 한다.
- b. 감시 빈도는 자료 요건과 자료의 사용 방법에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어 조건화 중에는 시험 품목의 조건 감시 빈도를 낮추는 것이 바람직하다. 이 시기에 수집되는 정보는 중요하나, 극도로 치명적이지는 아니하기 때문이다. 반면 주기적인 정적 시험이나 시스템 성능 시험에서는 시험 품목의 감시 빈도를 시험 초기부터 높게 정하여 초기 열화, 급속 열화를 포착할 수 있다. 기타 최소 간격을 설정하여 시험 중 언제라도 발생할 수 있는 과도 사건을 포착할 수 있다.

## 6. 참고.

(이 항은 유용한 일반적, 예비적 성격의 정보를 다룬다.)

### 6.1 사용의도.

이 표준은 군수품 획득 과정에서 환경 응력이 어떻게 군수품 설계, 시험, 평가에 영향을 미치는지 고찰하는 방식을 조직화, 표준화하기 위한 것이다. 이 표준은 군수품이 수명주기 동안 접하게 될 응력을 견디기 위한 군수품의 적합화와 이에 따른 군수품의 시험을 강조한다. 의도하는 결과는 환경 응력에 대하여 과도, 과소 설계/시험되는 군수품을 제거하고; 환경적 고찰을 체계적으로 다루고; 시험 계획을 실제로 철저히 적합화하고; 시험 실시는 적합화된 시험 계획을 철저히 따르고; 시험보고서가 완전하고 유의미해지도록 하는 것이다.

### 6.2 DoDISS 발행호수.

획득 과정에 이 표준을 사용할 때, 적용 가능한 DoDISS 발행호수를 공급자 유치시에 인용해야 한다. (2.2.1항 및 2.3항 참조)

### 6.3 주제어(핵심어) 목록. (주제별 색인, 63쪽 또한 참조)

- 가속도
- 소음
- 내후 환경
- 먼지
- 환경 공학
- 환경 수명주기
- 환경 시험절차
- 환경시험보고서
- 폭발성 대기
- 곰팡이
- 발포진동
- 습도
- 유도 환경
- 저압 (고도)
- 자연 환경
- 강우
- 염무
- 모래

기계적 충격  
 일사  
 온도  
 온도 충격  
 진동

#### 6.4 국제표준화협정.

이 표준의 일부 조항은 국제표준화협정 STANAG 2895, 4370의 주제이다. 제안에 따라 이 표준을 수정, 개정, 삭제하였을 때 관련 국제협정이 변경되는 경우, 작성부대는 부문별 표준화 사무국 등 국제표준화 경로를 통하여 협정을 변경하거나 다른 적절한 조정안을 마련하는 등 적절한 조치를 취한다.

#### 6.5 이전 판에서의 변경 사항.

이 문서는 MIL-STD-810E를 완전히 재작성한 것이다. 광범위한 수정이 이루어졌기 때문에 별표나 수직선으로 이전 판에서의 변경 사항을 표시하지 아니하였다. MIL-STD-810F의 변경 사항은 변경 고시(Change Notice)로 발행할 것이다.

보관:

육군 - TE

해군 - AS

공군 - 11

작성부대

공군 - 11

사업번호

ENVR-0045

감찰부대:

육군 - AR, AT, AV, CE, CR, GL, HD, MT, SM

해군 - CH, EC, MC, OS, SH, YD

공군 - 10, 13, 19, 69

국제 이해 (6.4항 참조)

## 부록 A

### 환경 관리 및 엔지니어링 과업

<u>과업</u>	<u>쪽</u>
과업 401 - 환경 공학 관리계획(EEMP) . . . . .	A-3
과업 402 - 수명주기 환경 프로파일(LCEP) . . . . .	A-5
과업 403 - 작동환경문서(OED) . . . . .	A-7
과업 404 - 환경 주제/기준 목록(EICL) . . . . .	A-9
과업 405 - 세부환경시험계획(DETP) . . . . .	A-11
과업 406 - 환경시험보고서(ETR) . . . . .	A-15

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

공백

## 과업 401

## 환경 공학 관리계획(EEMP)

401.1 목적. EEMP는 기본적으로 프로그램 관리자의 직원이나 프로그램 관리자에 대하여 책임이 있는 계약요원이 작성하는 행정 문서이다. EEMP는 과업 402 - 과업 406을 시스템엔지니어링 관리계획(SEMP)에 통합하는 일정을 제공한다. 이를 통해 EEMP는 군수품이 수명주기 동안 접하게 될 관련 환경 조건에 따라 군수품을 설계, 시험할 수 있는 실행 가능하고 비용효율적인 환경 영향 프로그램을 계획한다. EEMP는 또한 군수품 개발자와 조달부대 간의 주요 환경 공학적 기술과 의사소통 중개를 개괄한다.

401.2 과업 설명. 최소한 다음 하위과업을 수행하고 그 생산물을 EEMP에 포함시킨다.

- a. 환경 공학 과업의 조직화와 실행을 지원하는 EES 요원이 포함될 정부 기관이나 계약을 확인한다. 목록을 EEMP에 포함시킨다.
- b. 아래 열거한 환경 공학 과업을 EEMP에 포함시킨다. 과업 402, 403, 404는 MNS와 ORD에 기본 입력 자료를, TEMP에 세부 입력 자료를 제공하는 환경시험평가 종합기본계획(ETEMP)을 구성함에 유의한다. (제1부 그림 1-1, 4.1.2.4항 참조)
  - (1) 과업 402 - 수명주기 환경 프로파일(LCEP)
  - (2) 과업 403 - 작동환경문서(OED)
  - (3) 과업 404 - 환경 주제/기준 목록(EICL)
  - (4) 과업 405 - 세부환경시험계획(DETP)
  - (5) 과업 406 - 환경시험보고서(ETR)
  - (6) 기타 프로그램별로 적절한 과업
- c. 생략, 단축한 과업에 대한 위험 평가, 실제 하드웨어, 원형 시험 대안에 대한 위험 평가를 제공한다. 예를 들어 다른 시스템, 시험편 견본, 모의실험과의 유사성에 의해 허용되는 분석 절차를 실제 시스템이나 원형 시험 대신 이용하는 경우, 비용 절감 효과, 기타 장점, 시스템 효율성/안전에 대한 위험을 설명한다. EEMP는 살아있는 문서이기 때문에 언제라도 그러한 대안을 수용하도록 변경할 수 있다.
- d. 과업을 달성하는 데 필요한 일정, 단계별 소목표, 인력 요건을 개발한다.
- e. 특정 개발자와 환경 공학을 책임지는 획득 기관의 조직 요소 사이의 의사소통 계통을 확인한다.
- f. 정부와 계약자의 과업 진행에 대한 감시, 평가, 보고, 과업 생산물(프로파일, 계획 등)의 갱신, EEMP 개발 및 실행의 문제점에 대한 수정 조치 이행을 위한 방법/일정을 개발하고 이를 EEMP에 포함시킨다.

401.3 획득 기관이 제공해야 할 세목.

- a. 개발되는 군수품과 의도된 사용 용도와 관련한 시나리오에 대한 상세한 설명.
- b. EEMP 제출 일정 및 절차.
- c. 계약 과업 또는 제출로서의 증명서.
- d. 특수 조건 및 제한.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

공백

## 과업 402

## 수명주기 환경 프로파일(LCEP)

402.1 목적. LCEP는 환경 공학 전문가(전투/군수품 개발자 직원 또는 계약자)가 작성하며, 군수품이 유효 수명 동안 노출될 수 있는 환경 또는 환경의 조합을 확인, 특성화한다. LCEP는 군수품 개발 과정에서 설계 및 시험부대를 지원하는 기준선 문서로 이용한다.

402.2 과업 설명. 과업 402는 환경시험평가 종합기본계획(ETEMP)를 구성하는 세 가지 과업(과업 402, 403, 404) 중 하나이다. LCEP는 개발되는 군수품과 관계된 실제 환경 조건을 정확하게 기술한다. LCEP는 현실적으로 조상한 작동 환경 조건 하에서 군수품의 성능과 존속에 관하여 시험 및 설계 결정을 위한 일관된 기준선을 제공한다. 따라서 LCEP에 보수주의적 요소, 과장된 파라미터, 다른 과업에서 다른 시험 절차가 포함되어서는 안 된다. LCEP는 새로운 작동 환경 조건 정보의 가용성에 따라 주기적으로 검토, 갱신해야 하는 살아있는 문서이다.

402.2.1 LCEP의 내용. 최소한 다음 하위과업을 수행하고 그 생산물을 LCEP에 포함시킨다.

- a. 최종 공장 인수 시점에서 유효 수명이 끝날 때까지 군수품과 관계될 것으로 예상되는 병참 및 작동 사건을 기술한다. LCEP에 이 기술을 포함시킨다.
- b. “a”에서 기술한 각 사건에 관련된 중요한 자연, 유도 환경 또는 환경의 조합 목록을 개발하여 LCEP에 포함시킨다.
- c. 서술, 표, 그림, 통계수치로 실용적인 범위에서 “b”에서 확인한 환경 응력 조건의 특성을 정리한다. 이러한 특성은 현역 군수품 체계에 대한 분석적 계산, 시험 결과, 측정의 조합이 될 수 있다. LCEP에 이 특성을 포함시킨다.

402.2.2 특수 고찰사항. LCEP 개발에 적합하다면, 기타 해당 사항과 함께 다음 특수 고찰사항을 기술하고 LCEP에 포함시킨다.

- a. 제조, 취급, 수리/재작업, 환경 응력 선별(ESS), 운송 도중 예상되는 군수품 구성.
- b. 접하게 될 환경 및 연관되는 지리적, 물리적 위치.
- c. 포장/용기 설계/구성.
- d. 군수품이 탑재, 보관, 운반되는 플랫폼.
- e. 인접 군수품과의 구조적, 작동, 기타 인터페이스.
- f. 각 수명주기 단계 및 기타 발생 환경별 환경 조건에서의 절대, 상대 노출 지속시간.
- g. 각 수명주기 단계가 발생할 것으로 예상되는 횟수, 빈도, 발생 가능성.
- h. 군수품 설계나 자연 법칙(안개나 비가 적외선 센서의 효율성을 저해할 수 있다)으로 인해 환경이 군수품에 대하여 가질 것으로 예상되는 한계, 임계값.

402.2.3 획득 기관이 제공해야 할 세목. LCEP는 군수품 공급자와 획득 기관의 지식을 공유하여 작성해야 한다. 획득 기관은 최소한 다음을 제공하여야 한다.

- a. 최종 공장 인수 시점에서 최종 소모, 재고에서 삭제, 비군용화 시점까지 군수품과 관련될 것으로 예상되는 모든 병참 및 작동 사건에 대한 상세한 기술. 다음을 포함

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A  
한다.

- (1) 사용, 배치되는 지리적 영역.
- (2) 군수품이 탑재, 보관, 운반되는 플랫폼.
- (3) 동일 또는 유사한 군수품, 플랫폼과 관계된 환경 조건의 실제 측정.

- b. LCEP 제출 일정 및 절차.
- c. 계약 과업 또는 제출로서의 증명서.
- d. 특수 조건 및 제한.

## 과업 403

## 작동환경문서(OED)

403.1 목적. 과업 403은 한 명 이상의 환경 공학 전문가(전투/군수품 개발자 직원이나 계약자)가 수행하는 세 가지 과업(과업 402, 403, 404) 중의 하나이다. 환경 공학 전문가의 생산물은 환경시험평가 종합기본계획(ETEMP)을 구성한다. 과업 404에서 요구되는 환경 주제/기준 목록을 개발하기 위해서는 과업 402를 통해 수립한 수명주기 환경 프로파일의 환경 조건을 기술하는 특정 자료를 얻는 일이 필요할 수 있다. 이 자료인 OED는 설계 및 시험 기준 개발의 토대 역할을 할 자료를 얻기 위한 작동 환경 문서화 계획(OEDP), OEDP와 이 계획에서 요구하는 자료를 내용으로 하는 작동 환경 문서화 보고서(OEDR) 등의 계획과 보고서를 작성함으로써 생산된다.

403.2 OEDP 하위과업 설명. 작동 환경 문서화 계획(OEDP)은 두 유형의 자료를 규정한다. 첫째, OEDP에는 이미 존재하며, 군수품 설계 및 시험 기준의 개발에 유효한 자료를 얻기 위한 계획이 포함된다. 둘째, OEDP에는 현재는 가용하지 아니하며, 실제 또는 밀접하게 관련된 시스템/플랫폼을 이용하여 실제적인 작동, 현장 조건 하에서 이러한 환경 자료를 얻는 방법을 기술하는 자료를 수집하기 위한 계획이 포함된다. 최소한 다음 하위과업을 수행하여 그 생산물을 OEDP에 포함시킨다.

403.2.1 가용 육상/해상 자료의 습득. 환경 주제 및 기준 개발에 이용할 수 있는 군수품 또는 플랫폼 환경 조건의 육상/해상 자료 기술 목록을 작성하여 OEDP에 포함시킨다. 다음 지침을 철저히 고수한다.

- a. 군수품 유사성. 실제적이라면 언제나, 시험할 군수품을 운반할 동일한 플랫폼 유형의 동일한 군수품 유형에 관한 자료를 얻는다. 이 이상적인 상황은 신규 군수품 개발 초기에는 이루어지지 아니하는 경우가 흔하다. 그러므로 때로는 적당히 유사한 군수품이나 운반 플랫폼에서 자료를 유도하는 일이 필요하다. 이러한 상황에서는 정확한 등가가 예상되지도, 요구되지도 아니한다. 군수품이 기능적으로 다르다 하여도 환경 응력 조건의 문서화를 위해서는 비교가 가능한 것으로 간주함에 유의한다.
- b. 자료 품질. 사용에 적합한 현장 자료를 시험소 시험 절차의 기준값으로 간주하기 전에 다음 최소 기준을 만족해야 한다. 현장 자료를 습득, 분석, 정형화하여 이들 자료가 기준으로 간주되는 특정 시험 절차와 양립하도록 한다. 다음 지원 정보를 포함시킨다.
  - (1) 군수품 또는 운반 플랫폼에 대한 기술.
  - (2) 군수품이나 운반 플랫폼에서 측정을 실시한 위치.
  - (3) 측정을 실시한 주위 환경 조건 및 작동 조건.
  - (4) 자료 기록 및 분석 장비, 계장의 유형 및 교정 상태.
- c. 자료량. 자료가 충분해야 평가할 조건을 적절히 기술할 수 있다. 그러나 충분함의 정의는 환경 조건, 하드웨어 유형의 물리적, 성능적 특성, 프로그램 소용에 따라 달라질 것이다. 측정 지점의 개수와 위치에 제약이 있는 경우, 자료의 적용 가능성을 평가하기 위해서는 약간의 공학적 판단이 필요할 수 있다. 최소한 다음을 고려한다.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

- (1) 자료 지점의 개수 및 속성.
- (2) 시험 시도 횟수 및 적용범위.

403.2.2 신규 자료를 위한 계획 개발. (자료 베이스 또는 기타 자료 출처의) 육상/해상 자료를 특정 환경 조건 기술에 이용할 수 없는 경우, 실제 사용 조건 하에서 필요한 자료를 획득하기 위한 계획을 개발한다. 환경 주제 및 기준을 개발하는 데 이용할 수 있는 신규 자료 요건의 목록을 작성하고 이 신규 자료를 습득하기 위한 계획을 작성한다. 목록과 계획을 OEDP에 포함시킨다. 지침을 따르고 상기 403.2.1항에서 가용 자료에 대하여 요구되는 정보를 제공하는 것에 더하여 다음을 OEDP에 포함시킨다.

- a. 수집 대상 자료와 정확도에 대한 명확한 기술.
- b. 측정을 실시하는 군수품 위치의 기술.
- c. 측정에 사용되는 계장을 확인한다.
- d. 환경 측정을 실시하는 시험에 대하여 임무 프로파일 시간 이력, 지속시간, 시험 횟수를 제공한다.
- e. 차량, 설비, 정보 수집 및 처리 장비 등 필요한 자료를 얻기 위하여 조달부대가 제공하는 자산과 인력을 기술한다.
- f. 자료 획득 일정을 제공한다.
- g. 측정을 실시하는 지리적 위치를 확인한다.
- h. 조달부대와 계약자 환경 공학 조직 간의 접촉 창구, 의사소통 계열을 확인한다.

403.2.3 획득 기관이 제공해야 할 세목.

- a. 자료 획득을 위한 플랫폼 및 인력 가용성.
- b. 자료 획득에 사용 가능한 지리적 위치.
- c. 시험 현장에서 이용할 수 있는 자료 획득 계장 및 분석 장비.

403.3 작동 환경 문서화 보고서. OEDP를 이행한 결과 자료에 따라 작동 환경 문서화 보고서(OEDR)를 구성한다.

## 과업 404

## 환경 주제/기준 목록(EICL)

404.1 목적. 이 과업은 한 명 이상의 환경 공학 전문가(전투/군수품 개발자 직원이나 계약자)가 작성하며 각종 환경이 군수품의 성능과 신뢰성에 미치는 영향에 대한 주제 및 기준 목록을 제공한다. 이 목록에는 설계 및 시험 기준과 주제, 기반 원리 및 가정이 포함된다. 이 과업은 환경시험평가 종합기본계획(ETEMP)을 구성하는 세 가지 과업(과업 402, 403, 404) 중 하나이다. 중요 주제와 기본 기준은 MNS, ORD, TEMP에 나타날 수 있다. 환경 설계 및 시험 주제/기준은 LCEP, OED 자료에서 유도한다.

404.2 과업 설명. 군수품 설계/시험에서 고려해야 할 각 환경 응력 유형 또는 응력 유형의 조합에 대하여 최소한 다음 정보를 EICL에 포함시킨다. 가용한 설비를 가지고 실제적인 일정에 따라 시험 특히 시험소 시험을 수행하려면 어떤 형태의 시간 압축, 응력 과장, 기타 간략화 가정이 필요할 수 있으므로, 설계 및 시험 기준은 모든 경우에 동일하지 아니함에 유의한다. 그러나 시험 기준은 언제나 실제처럼 적합화되어야 한다.

- a. 특정 설계 및 시험 기준(특정 기준값 포함)과 관련 주요 주제를 개발한다. 이 주제와 기준을 EICL에 포함시킨다.
- b. 보수주의 요소를 비롯, 군수품의 성능과 내구성에 대하여 기준이 갖는 의미를 포함한, 특정 기준을 선택하기 위해 이용되는 원리와 가정을 개발하여 EICL에 포함시킨다.
- c. 시험 압축 알고리즘, 피로 가속 모형, 시험 설비 제한을 비롯하여 설계 및 시험 기준 간의 차이점을 해설한다.
- d. 시험소 시험 결과와 예상되는 사용 경험 간의 상관 관계 정도를 예상한다.

404.3 세목. 획득 기관이 제공해야 할 세목.

- a. 성능과 내구성과 가장 관련있는 사용 시나리오.
- b. 자료 분석 방법론. (선택사항)
- c. 시험 시간 압축 알고리즘 또는 응력 모형. (선택사항)

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

공백

## 과업 405

## 세부환경시험계획(DETP)

405.1 목적. 이 과업은 과업 404에서 개발된 환경 기준과 관련 주요 주제가 적합한지 결정하고, 시험 중 나타날 수 있는 시스템 효율성에 대한 주요 환경 임계값을 확인하는 데 필요한 환경 시험을 수행하기 위한 세부적인 계획을 요구한다. 환경시험계획은 획득 주기 동안 다양한 구체적 수준별로 군수품 개발자, 평가자, 심사원, 시험자가 작성한다. 개발 및 운영 시험자는 시험소와 자연 육상/해상 환경에서의 시험을 위한 계획을 작성한다.

- a. 시험소 시험계획. 이 과업은 주로 환경 시험소에서 수행되는 군수품 시험을 위한 계획에 관계된다. 시험소 DEPT는 획득부대에게 개발 주기 초기에 환경 시험소 시험을 위한 계획을 제공한다.
- b. 자연 환경 육상/해상 시험. 405.2항의 정보 및 다음을 일부 개발 및 운영 시험 계획을 위한 유용한 지침인 일부 환경 시험 절차의 유형 사례로 이용할 수 있다. 이 계획들은 자동으로 이전 환경 공학 과업의 영향을 받는다. 보통 기관 EES가 이 계획의 작성을 지원한다.

405.2 접근법. 시험소 시험의 필요성, 이 문서 제2부의 개별 환경 시험법에 대한 특정 기준값(설정), 자연 환경에서 개발 또는 운영 시험의 유형과 시기를 결정하는 적합화 과정을 통해 얻은 결과와 자료를 이용한다. 개발 및 운영 시험 기구와의 초기 조율은 DETP 작성을 촉진하고, 비용 누락이나 환경 시험 계획의 중복을 피하기 위해 중요하다. 다음을 고려한다.

- a. 단독 또는 조합적인 특정 환경 강제 기능의 발생 가능성.
- b. 하나 이상의 수명 프로파일 단계에서 유사한 환경 응력의 발생.
- c. 유사한 배치/시험을 거친 다른 군수품에서의 경험.
- d. 예상되는 환경 영향 및 군수품 불합격 방식.
- e. 하드웨어 성능 및 임무 성공에 대한 예상되는 영향.
- f. 특정 챔버 시험 순서/설정 또는 자연 환경 시험 위치/방법을 사용하는 특정 시험소 시험법에 의한 문제 유출 가능성.

405.3 내용. 다음을 DETP에 포함시킨다.

405.3.1 예비시험 정보. 다음을 환경 시험 수행에 앞서 요구되는 정보로서 시험 계획에 포함시킨다.

- a. 각 품목의 배경 자료
  - (1) 품목 명칭, 모델, 일련 번호, 제조자 등.
  - (2) 일반 외관/조건.
  - (3) 특정 물리적 이형.
  - (4) 특정 시험 품목의 환경 시험 이력.
- b. 본시험 도중과 이후에 감시될 기능 파라미터에 대한 예비시험 자료. 군수품 규격이나 요건서에서 규정한 기능 파라미터와 작동 한계를 이용한다. 그러한 규격이 제공

## MIL-STD-810F

### 2000.1.1

#### 부록 A

되지 아니하는 경우, 예비시험, 본시험, 사후시험별로 적절한 파라미터/한계를 설정, 적용한다.

- c. 설비 운영자를 위한 예비시험 정보. (MIL-STD-810F 제2부의 특정 시험법에는 부가 정보가 필요할 수 있다.)

(1) 계장을 포함한 시험 설비. (해당되는 경우)

- (a) 기구
- (b) 픽스처
- (c) 가열 또는 냉각 장치
- (d) 조합 환경에서의 요건

(2) 시험 품목 설치 세목.

- (a) 픽스처에 대한 시험 품목 구성을 비롯한 설치 절차
- (b) 방위
- (c) 상호연결

(3) 시험 계장, 감시, 기록.

- (a) 일정
- (b) 개별 시험 노출 지속시간
- (c) 방위 축
- (d) 수준 기준 및 허용차
- (e) 시험 응력 인가 방법
- (f) 중단 절차
- (g) 완료 기준
- (h) 예비시험, 본시험, 사후시험별 시험 품목 기능, 운영 요건

(4) 시험 절차.

- (a) 일정
- (b) 개별 시험 노출 지속시간
- (c) 방향 축
- (d) 수준 기준 및 허용차
- (e) 시험 응력 인가 방법
- (f) 중단 절차
- (g) 완료 기준
- (h) 예비시험, 본시험, 사후시험별 시험 품목 기능 및 작동 요건

405.3.2 본시험 정보. 다음을 시험 도중 수집해야 할 자료로서 시험 계획에 포함시킨다.

- a. 환경 설계 파라미터 및 시험 기준.
- b. 시험 구성 및 피시험 품목 수량.
- c. 시험을 수행하는 특정 기후 범주, 하위시험(초도 검사(포장 적합성 포함), 예비시험 자료(상기 405.3.1항 참조), 보관, 성능, 작동 모드, 인적 요소, 안전 등), 불합격 기준을 비롯한 수행될 시험에 대한 기술.
- d. 시험 절차 기준, 한계, 허용차.
- e. 시험 순서 및 일정.

- f. 다음과 같은 시험 계장. 단, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
  - (1) 특정 계장, 교정 기준 및 절차.
  - (2) 수집 대상 자료와 목표 정확도.
  - (3) 모든 자료 여과에 대한 기술.
- g. 현재 계약자가 이용할 수 있거나 특정 시험 프로그램 조달에 이용할 수 있는 시험 설치, 설비, 장비에 대한 설명.
- h. 정부가 요구하는 설비/장비 및 요구 일자.
- i. 자료 환원/분석 기법 및 통계 기준.

405.3.3 사후시험 정보. 다음을 본시험 수행 후에 요구되는 자료로서 시험 계획에 포함시킨다.

- a. 시험 품목 식별. (제조업자, 모델/일련 번호 등)
- b. 부속물을 비롯한 시험 장비 식별.
- c. 적용되는 실제 시험 순서(프로그램) 또는 절차적 이상.
- d. 계획된 시험 프로그램과의 편차. (해설 포함)
- e. 동일한 작동 수준에서 동일한 파라미터에 대하여 예비시험 자료로서 수집된 성능 자료. (해당되는 경우 외관 검사 및 사진 포함)
- f. 챔버에서 시험하지 아니하는 경우 (진동 시험 등) 시험 주기 동안 주기적으로 기록된 실내 주위 시험 조건.
- g. 개별 시험법이나 군수품 요건서에서 규정한 기타 자료.
- h. 초도 불합격 분석.
- i. 시험 기술자의 시험 자료 확인을 위한 서명, 일자란.
- j. 시험 품목, 시험 픽스처, 시험 기구의 적절한 사진 기록.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

공백

## 과업 406

## 환경시험보고서(ETR)

## 406.1 목적.

- a. 환경시험보고서는 획득 과정의 다양한 지점에서 개발 및 운영 시험자가 작성한다. 특정 환경에서의 개발 및 운영 시험 보고서 규격은 개발 및 운영 시험 기관이 작성하므로 여기에는 나타나지 아니한다. 그러나 406.2항의 정보를 개발 및 운영 시험보고서에 나타날 수 있는 일부 정보 유형의 사례로 이용할 수 있다.
- b. 이 과업은 주로 환경 시험소에서 수행된 군수품 시험의 결과와 관계된다. ETR은 개발 주기 초기에 획득부대에게 환경 시험소 시험 자료를 제공한다. 시험소 ETR은 설계 평가 시험, 운영 가치 시험, 자격 시험에 적합하다. 이 시험소 시험의 자료는 의도하지 아니한 성능 요건과의 편차를 조기 경보하는 역할을 한다. 이 자료는 불합격 분석 및 군수품목이 특정 환경 조건에서 존속하는 능력에 관계된 수정 조치를 지원한다. 이 시험소 시험보고서는 (단독 또는 누적되어) 자연 육상/해상 환경에서 수행된 개발 및 운영 시험의 보고서를 대체하지 않는다.

406.2 과업 설명. 수행되는 각 시험소 시험별로 다음을 제공한다.

## 406.2.1 일반 정보.

406.2.1.1 본문. 보고서 본문에 다음을 포함시킨다.

- a. 시험 품목 식별.
- b. 군수품의 불합격, 피영향 부분에 대한 기능적 설명.
- c. 밝혀진 경우, 불합격 원인.
- d. 결정 가능한 경우, 제안된 수정 조치.
- e. 시험 조건. (시험의 환경 파라미터에 대한 정량적, 정성적 자료)

406.2.1.2 첨부. 첨부에 다음을 포함시킨다.

- a. 증분 시험 기록. (불합격 사이의 시간과 사건 포함)
- b. 시험소 불합격 분석 보고서. (가능한 범위 내에서 불합격의 물리적 과정 확인)
- c. 동일한 부분이 불합격된 기타 개발 및 생산 활동 일체의 목록. 예를 들면 다음과 같다.
  - (1) 환경 시험
  - (2) 신뢰성 시험
  - (3) 스크리닝 시험
  - (4) 벤치 점검
  - (5) 합격 시험 절차

406.2.2 내용 요건.

406.2.2.1 중간 시험 보고. 달리 규정하지 아니한 경우, 이 보고는 서면으로 작성한다.

## MIL-STD-810F

### 2000.1.1

#### 부록 A

- a. 개요서. 개요서를 통해 환경 시험의 수행을 보고한다. 수행된 특정 시험, 두드러진 시험 파라미터 및 조건, 중요한 시험 결과, 불합격 발생, 제안된 수정 조치를 나타낸다.
- b. 시험 이상 통보. 시험 이상이 발생한 경우 시험 이상 서면을 작성, 조달부대에 제출한다. 시험 이상은 간략하게 요약하며 다음 정보를 포함시킨다.
  - (1) 군수품 일련 번호.
  - (2) 이상(시험 설비나 시험 장비 결함에 의한 시험중단 또는 군수품 결함) 설명.
  - (3) 이상이 발생한 환경 조건.
  - (4) 이상 서면 작성 시점에서 밝혀진 군수품 결함부 식별.
  - (5) 시험 이상 분석 및 수정 조치. 시험 이상의 원인 분석과 재발을 막기 위한 수정 조치를 포함시킨다. 단순한 성격에 수정 조치가 간단한 하나 이상의 시험 이상에 대하여는 약식 서면을 작성한다. 군수품 결함의 경우, 좀더 상세한 통보 서면을 작성한다.

406.2.2.2 최종시험보고서. 시험이 수행된 각 시험(단독 환경 또는 조합 환경 시험)별로 공학 개발 또는 자격 시험을 문서화한다. 각 시험별 최종보고서에 다음을 포함시킨다.

- a. 시험의 목적. (공학 개발, 자격, 환경 가치 등)
- b. 시험에 관련된 기준 및 주제 목록.
- c. 시험 하드웨어의 구성 식별 및 필요한 경우 사진을 비롯한 시험 품목 설명.
- d. 시험 파라미터, 시험 지속시간, 시험에 관계된 특수 조건에 대한 설명.
- e. 시험법, 설비, 시험 절차 설명. 시험 품목이 각각의 시험 및 통제된 조건에서 어떻게 운영되는지에 대한 상세한 설명을 포함시킨다.
- f. 시험 설치도/사진. 사용되는 시험 장비에 대한 시험 품목의 배열을 보인다.
- g. 시험에 사용되는 시험 장비 일체의 목록. 열거한 시험 장비별로 제조업자, 모델, 교정 상태, 일련 번호를 확인한다.
- h. 시험 품목에 대하여 가속도계, 마이크, 열전대 등 환경 센서의 위치. 그림과 사진을 적절하게 이용한다.
- i. 시험 계장 시스템에 대한 설명 및 센서 평균화에 대한 특별한 강조.
- j. 시험 결과. 변환표(미터법)를 삽입한다.
- k. 자료가 기준과 어떻게 연관되는지, 각 기준의 진술에 대한 만족/불만족 여부를 보이는 자료 환원 기법 및 절차를 비롯하여, 자료와 기준을 연관짓는 결과 분석.
- l. 임계값 기록. 환경 조건이 시스템 성능을 제한하거나 상당히 저하시키는 경우, (안개가 적외선 센서 시스템의 효율성을 제한하는 등) 그 한계를 기술하고 이를 주요 임계값으로 최종시험보고서에 나타낸다.

## 부록 B

## 세부 프로그램 관리 지침

A. 일반사항. 군수품은 사용 수명과 관련된 모든 환경 조건에서 적절하게 기능해야 하며, 운송 및 보관시 이러한 조건을 견디고, 환경적으로 혹독한 작동, 보관, 운송 후에도 바람직한 신뢰성 수준을 유지해야 한다. 이를 위해서는 제1부 그림 4-1과 4-2에서처럼, 환경 조건이 군수품의 효율성과 안전에 미치는 영향이 측정, 고려, 분석되어 획득 과정의 모든 측면에 통합되어야 한다. 여기서 제공하는 지침과 이 표준 전반에서 제공하는 지침은 환경 품질에 대한 시스템의 영향보다는 시스템에 대한 환경의 영향에 적용한다. 그러므로, 이 표준의 목표가 현역 요원, 군수품, 요원 활동으로부터 동식물을 어떻게 보존, 보호하느냐에 중점을 둔 환경 영향(Environmental Impact) 프로그램과 혼동되어서는 안 된다. 반대로 이 표준은 환경이 군수품 체계의 효율성에 미치는 영향과 관련된다.

B. 의도된 사용 환경.

1. 국방획득에 관한 DoD 시리즈 중 몇 편은 시스템이 의도된 모든 사용 환경에서 원활히 기능해야 함을 강조하면서 환경적 고찰을 다룬다. (DoDD 5000.2-R, 부록 III, 제III부, 제IV부) 다른 기술 영역(신뢰성, 전자기 환경 영향, 인적 요소, 환경 품질 등)과 달리, 해당 시리즈에서는 한 편을 할애하여 자연, 유도 환경 요소를 다루지 않는다. 그러므로 MIL-STD-810F의 제1부는 환경 요소를 군수품 획득 과정에 통합하기 위한 기본 프로그램 절차를 제공한다. 이 통합은 임무소용 진술서로부터 시험평가 종합기본계획을 거쳐 세부시험평가 계획 및 보고서에 이르기까지 획득 계획 문서에 대한 입력을 통해 달성된다.
2. 별도로 또는 다양한 조합을 이루어 작용하는 환경 요소는 군수품의 작동, 운송, 보관에 영향을 미치는 것으로 알려졌다. DoD 5000 시리즈 문서는 이러한 요소에 기후(온도, 습도, 일사, 비, 눈, 결빙 현상, 바람, 모래 바람, 먼지 및 눈, 오존, 동결-해동, 안개, 운저 고도, 가시도), 기상관련 대기 장애물(비, 눈, 안개, 구름 덮개), 지형 요소(경사, 토양, 식생), 유도 요소(충격, 진동), 육상/해상 조건(장애물, 암설, 용기부)이 포함된다고 지적하였다. 환경 공학 전문가(EES)는 획득 주기에서 획득 요원이 이러한 환경 관심사를 요건, 설계, 시험, 평가 문서 및 절차에 통합하는 작업을 지원하도록 훈련받는다. 이 문서의 부록 A를 참조한다.

C. 비용, 일정 및 성능 균형 고찰사항. 국방획득의 기본 준거 정책 중 하나에는 작동 요구를 안정적이고 비용을 감당할 수 있는 프로그램으로 변환할 필요성이 포함된다. 이와 관련한 핵심은 동시적인 시스템 엔지니어링 접근법을 이용하여 요구 시 모든 작동 환경에서 신뢰성 있는 성능의 보장을 지원하는 것이다. 여기에는 의도된 작동 환경에서 시간에 따라 할당된 임무를 수행하는 제품을 설계하고 동시에, 비작동 환경(보관 등)에서 존속하는 시스템을 설계하는 일이 필요하다.

D. 고찰사항의 안배. 비용, 기술적 가능성, 전술, 교리, 군수품 플랫폼 등 다른 요소 측면에서 극한 환경에서의 작동 필요성을 평가한다. 이처럼 환경적으로 엄격한 영역과 관련된 고비용, 병참 문제, 작동 어려움은 다음 중 하나의 선택으로 귀결될 수 있다.

1. 극한 환경 영역에서 작동이 가능한 특수 군수품.
2. 극한 환경 전용 특수 군수품.

부록 B

- 3. 새로운 표준 군수품이나 이전에 유형 분류된 군수품의 용도 변경을 위한 개조 키.
- 4. 작동 결함이 생명을 위협할 수 있는 군수품을 지원하는, 일반 적합화보다 극한적인 특수 설계값.
- 5. 1회 노출 후 무용 또는 위협해지는 군수품을 위한 특수 설계.

E. 환경 영향에 대한 군수품 시험. 개발 및 평가 계획은 수명주기 환경 프로파일에서 개요한 환경 영향을 고려해야 한다. 챔버 시험과 육상/해상 시험 모두 유용한 목적을 제공한다. 챔버 시험과 육상/해상 시험을 획득 주기의 적절한 시점에서 적용한다. 조합/유도 환경의 알려지지 아니한 상승적/대립적 효과를 챔버/시험소 시험법에서 재현할 수 없기 때문에, 안전상의 사유를 제외하고는 챔버 시험이 육상/해상 개발 시험을 대체할 수 없다. 챔버 시험이 육상/해상 시험을 대체할 수 있는 예는 시험 발표 전의 무장 조건화이다. 다음은 시험소 시험, 자연 육상/해상 개발 시험, 작동 시험에 대한 지침이다.

- 1. 시험소 시험. 개발 단계 초기에 시험소 시험을 수행하여 군수품, 성능, 신뢰성 저하를 야기할 수 있는 환경적 문제가 있는 군수품을 선별한다. 제1부의 일반 적합화 지침과 이 표준 제2부의 특정 시험 지침에 따라 시험소 시험을 수행한다.
- 2. 자연 육상/해상 개발 시험. 자연 환경 육상/해상 개발 시험을 수행하여 실제 환경의 진정한 영향을 측정한다. 이를 통해 인적 요소, 충격/진동, 연기/장애물, 전자기 간섭과 같은 유도 요소와 결합된 자연 환경 요소의 상승적/대립적 영향에 대한 시스템 평가가 가능하다. 설치된 자연 기후 시험 센터와 표준 시험 절차를 이용하여 이전/이후 시험 자료와 비교할 수 있는 자료를 습득하고 모의실험에 사용할 수 있는 자료 베이스를 개발한다.
- 3. 운영 시험. 가능한 한 현실적인 자연 환경에서 작동 시험을 수행한다. 작동 시험이 실제 작동, 보관, 운송 중 가해질 수 있는 적절한 범위의 환경 응력과 열화를 군수품에 가하지 못하는 경우, 개발 시험 환경 영향 자료로 작동 시험 환경 영향 자료를 대체할 수 있다.

F. 실제 하드웨어 시험에 대한 분석적 대안. 어떤 경우, 시험소이나 육상/해상 환경에서의 실제 시스템 또는 하드웨어 원형 시험에 대한 분석적 대안이 있을 수 있다. EES는 그러한 대안을 선택, 구현하기 위한 공학적 기반의 확립 작업을 지원할 수 있다. 실제 하드웨어나 원형 시험의 대안이 선택된 경우, 과업 401 환경 공학 종합기본계획에는 비용 절감 효과, 기타 이점, 시스템 효율성/안전에 대한 위험 해설을 비롯하여 대안의 선택 원리를 포함시켜야 한다. (제1부 4.1.2.b항, 부록 A 과업 401, 부록 B F항 참조) 분석적 대안은 다음을 포함하되 이에 국한되지 아니한다.

- 1. 모형화 및 모의실험. 자료 베이스가 가용하고 모의실험 기법의 예측 타당성이 검증된 한도 내에서, 하드웨어 시험 기법을 지양하고 환경 영향 자료/지식 기반, 모의 전투 기법, 실제 검증 기반을 이용하여 경합을 벌이는 개념과 설계의 성능, 신뢰성 특성을 예측한다. 모의실험은 하드웨어 원형을 제작, 시험하는 데 소요되는 고비용을 절감할 수 있다. 인공지능과 소프트웨어 모의실험이 모형의 중요한 부분이 될 수 있으나, 이러한 자료 유형과 챔버 시험 자료를 모형 검증에 사용해서는 아니된다. 가장 건설한 모형, 모의실험 개발 및 검증 기준은 실제 세계, 육상/해상 자료, 지식 기반에서 나온다. 이를 위해서 환경 영향의 전체 영역을 포괄하는 자료 기반, 지식 기반을 개발 또는 이에 기여함으로써, 과학과 공학 전 분야가 모의실험을 통한 비용 절감에 도움이 될 수 있다. (부록 C의 B항 참조)
- 2. 시험편 견본의 시험. 어떤 경우, 특히 시험소 시험과 자연 육상/해상 노출/감시 시험에서, 특정 군수품이 중심 획득 품목일 때 전체 시스템 대신 시험편 견본을 이용하여 상당한 비용을 절감할 수 있다.
- 3. 유사성에 의한 인수. 군수품에 대한 시험이 이미 다른 군수품에 대하여 수행한 시

험과 거의 동일한 것으로 간주되며, 두 시험의 차이점이 환경적인 유도 문제를 유발할 것으로 믿을 만한 사유가 없는 경우, 프로그램 관리자는 이미 인수한 유사 군수품과의 유사성에 의한 군수품 인수를 고려할 수 있다.

G. 유형 분류 과정. 환경적 고찰사항은 유형 분류 과정에 영향을 미친다. 전투 개발자가 전투 성공에 치명적인 것으로 지정한 군수품의 경우, 환경 시험에서 환경 영향이 적절히 고려되지 않았고 시스템의 설계에 통합되지 않았음이 밝혀진다면 유형 분류 및 편성에 장애가 된다. 또한 자연 환경에서의 성공적인 시스템 성능 및 신뢰성을 중요 주제로서 단계별 소목표 III (생산) 결정에 열거한다.

## 부록 C

## 환경 공학 전문가(EES)를 위한 환경 적합화 지침

A. 일반사항. 환경 적합화란 해당 군수품이 유효 수명 동안 접할 것으로 예상되는 각종 환경 요소와 수준의 영향 하에서 신뢰성 있게 조작될 수 있도록 군수품을 제조, 시험하기 위하여 군수품 설계 및 시험을 선택 또는 변경하는 과정을 말한다. 또한 광범위한 의미로는 공학 과업 및 계획 문서를 작성, 심사하여 획득 주기 동안 실제적인 환경을 적절히 고려할 수 있도록 지원하는 일이 포함된다.

1. 적합화의 목표. 적합화는 군수품이 유효 수명 동안 접할 것으로 예상되는 특정 환경에 대하여 군수품이 과소, 과도 설계되거나 과소, 과도 시험을 거치지 않도록 돕는다. 제1부 그림 4-1에서 개요한 적합화 과정을 보면, 자연 환경 자료(STANAG 2895, MIL-HDBK-310, AR 70-38, 기타 문서에서 찾을 수 있는 자연 환경 요소나 강제 기능에 대한 설명)로부터 직접 설계 및 시험 기준을 취할 것이 아니라 강제 기능이 플랫폼 환경(군수품 자체의 작동에 의한 유도 환경 변화를 비롯한 정적, 동적 군수품 플랫폼)과 상호작용하며 생성한 변형 자료로부터 취하는 것이 중요하다.
2. 적합화 과정. 적합화 과정의 기본은 일반 과학적/공학적 의미를 실제적인 군수품 설계 및 시험 기준에 초점을 둔 환경 수명주기 “과제”에 적용하는 능력이다. 품질 적합화 과정을 수행하려면 군수품의 수명주기 동안 발생하는 환경을 적절히 고려하는 일이 필요하다. 부록 A의 과업 401 - 406을 완료하면 프로그램 관리자와 환경 공학 관리자가 군수품 획득 주기 동안 적절한 환경적 고찰사항을 적용하는 데 유용할 것이다. 제1부 그림 1-1에서는 이 표준에서 요구되며, 따라서 프로그램 관리자, 설계 기술자, 환경 공학 전문가, 시험 기술자, 설비 운영자를 위한 지침 역할을 하는 환경 공학 과업(부록 A)과 관련하여 적합화 과정을 해설한다. 과업 401 환경 공학 관리계획(EEMP)과 과업 402 수명주기 환경 프로파일(LCEP)을 적합화의 주된 지침으로 활용한다. 각 과업을 신중하게 완료하면 시험을 위한 올바른 환경을 식별하고, 공학 개발 및 자격 시험을 군수품의 획득 프로그램에서 적절히 단계화하고, 환경 시험 조건을 실제로 접할 수명주기 조건에 따라 적절하고 추적 가능하게 하는 작업에 도움이 될 것이다.

B. 환경 시험 영역.

1. 획득요원. 획득요원은 EES의 지원을 받아, 제1부 그림 1-1과 4-1의 환경 적합화 과정에 따라 환경 개발 및 운영 시험계획을 도출해야 한다. 모든 유형의 환경을 다루어야 한다. 넓은 의미에서 환경적 고찰사항은 기본적인 기후 요소(온도, 습도 등)를 넘어 군수품 효율성에 상승적, 대립적 영향을 주는, 요소들의 복합적인 조합이나 연속(높은 습도에서의 급속한 가열과 냉각, 간헐적인 강우, 활발한 미생물 활동, 진동 조건 등)에까지 적용된다. 그러므로 환경 시험의 영역은 이 표준 제2부의 시험소 시험법을 넘어선다. 환경 영향 적합화의 좀더 포괄적인 목표는 다음과 같은 예상 환경 분류에 대하여 최적의 설계 및 시험 사양을 결정하는 것이다.
  - a. 자연 환경  
기후  
지형
  - b. 유도 환경  
충격/진동

- 소음
- 빛
- 전자기 복사
- c. 구조적 환경
  - 구성 영역
  - 운송 설비
  - 의사소통 설비
  - 에너지원
- d. 대립 환경
  - 영구 방비 시설
  - 영구 암설 및 용기부
  - 일시적 장애물/방출물

2. 시험소 시험 수행. 획득 과정의 초기에 환경적 원인에 의한 군수품 문제를 밝혀 문제 해결에 소요되는 비용을 줄일 수 있는 한도 내에서, 획득 주기 초기에 제2부의 시험소 시험을 수행한다. 시험소 시험법이 군수품 성능, 신뢰성, 안전, 기타 자연 육상/해상 환경에서 군수품 평가의 주요 측면을 측정하는 육상/해상 시험법을 대체할 수 없음을 유의한다. 그 까닭은 자연 상태, 육상/해상에서 작동되는 군수품 플랫폼 상에서 발생할 수 있는 여러 가지 조합적 영향에 내재한다. 정부, 기업의 EES는 부록 A의 과업을 수행함으로써 전투 개발자, 군수품 개발자, 프로그램 관리자 등이 각각의 환경 분류 내에서 요소를 선택하고 이를 특정 군수품 사양에 적합화하는 작업을 지원할 수 있다. 또 다른 EES를 획득 주기의 다른 단계(시스템 설계 및 시스템 평가 등)에 투입하여 각 기능의 독립성을 유지할 수 있다.

C. 기후 범주. 적합화 과정에서 중요한 과제 중 하나는 군수품 배치가 예상되는 세계 기후 범주에서 조작되는 군수품을 설계하는 일이다. 적합화와 관련하여 임무소용, 군수품 요건, 설계, 시험 문서에서는 기본(Basic), 고온(Hot), 냉한(Cold), 혹한(Severe Cold), 해안/해양(Coastal/Ocean) 등 다섯 가지 기후 범주를 상정한다. 기본 기후 범주는 대부분의 군수품이 작동, 보관, 운송되는 광범위한 기후 조건을 포괄한다. 해안/해양 기후 범주는 비교적 새로운 범주라서 기후를 기술하는 다른 문서에는 나타나지 않을 수도 있다. 아래에서 각 기후 범주를 설명한다. 각 기후 범주에는 주로 온도와 상대 습도 수준의 변동을 기준으로 하는 하나 이상의 “일주기”가 존재한다. 해안/해양 기후 범주를 제외한 모든 기후 범주를 그림 C-1에서 정의하고 그림 C-1에 지도로 나타낸다. 해안/해양 기후 범주와 기타 세계의 실외 주위 기후와 지역별 기후는 STANAG 2895, MIL-HDBK-310, AR 70-38을 참조한다.

1. 고온 기후 범주. 이 기후 범주에는 세계 고온건조 저위도 사막의 대부분이 포함된다. 이 지역은 여름 동안 실외 주위 공기 온도가 43°C (110°F) 이상 되는 경우가 빈번하다. 그러나 몇 곳의 특정 위치를 제외하면 실외 주위 공기 온도가 49°C (120°F) 이상 되는 곳은 거의 없다. 이에 따라 지면에서 약 1.5 ~ 2m (5 ~ 6 피트) 높이인 웅달(계장의 차양막)에서의 자유 대기 온도를 어렵한다. 일사 광선의 열적 영향이 직사광에 노출되는 군수품에 중요하나, 이는 노출 상황에 따라 크게 다를 것이다. 지면 온도는 지면의 토질/색상, 복사, 전도, 바람, 난류에 따라 자유 대기 온도보다 높은 17 - 33°C (30 - 60°F)에 달한다. 지면에 근접한 기층의 온도는 지면보다 약간 낮다. 그러나 지면에서 높아질수록 온도는 지속적으로 낮아진다. 약 0.5 ~ 1m (2 ~ 3 피트) 높이에서의 온도는 이 높이의 약 두 배인 계장 차양막에서 관측되는 온도보다 약간 높을 것이다.<sup>1)</sup> 겨울에는 온도 범위가 기본 기후 범주와 동일할 것이다. 군수품이 고온 기후 전용으로 설계된 경우, 특수하게 적합화된 낮은 실외 주위

공기 온도 설계값을 구한다. 고온 기후 범주에서 일부 지역은 때때로 매우 높은 절대 습도를 나타낸다. 그러나 이러한 고온다습 지역에서는 최고 실외 주위 공기 온도와 최고 이슬점이 동일하지 않다.

2. 기본 기후 범주. 기본 기후 범주에는 인구 밀도가 높고 고도의 산업화가 이루어진 지역 및 습윤열대 지역이 포함된다. 한 위치에서 모든 기본 설계 조건이 발생하는 것은 아니다. 각각이 단독 조건(고온, 저온, 다습)이 광범위하게 발생한다. 설계값은 일반적으로 전지역에서 사용되는 군수품에 대하여 유효해야 한다.
  - a. 습윤열대 지역. 습윤열대 지역은 온도가 온난하고 습도 수준이 때때로 다른 중위도 일부 지역과 동일하므로 극단적인 기후 범주로 간주되지 아니하고 기본 기후 범주에 속한다. 군수품 시스템 설계와 관련된 습윤열대 기후의 가장 중요한 특징은 일년 중 높은 습도와 적당히 높은 온도가 지속되는 점이다. 이 조합 환경 조건에서는 부식이 활성화되며 병충해와 미생물학적 손상이 크게 증가한다.
  - b. 중간대. 중간대는 일년 중 온도는 높으나 습도는 높지 아니한 중위도 지역으로서, 동시에 고온 기후 범주나 냉한 기후 범주에 속할 정도로 환경 조건이 극단적이지 아니하다. 중간대에는 표 C-1에 보인 일주기 및 상대 습도가 거의 포화 상태에 다다랐고 (100 ~ 95% RH) 일사량을 무시할 수 있을 때, 어는점 또는 어는점 주위(2 ~ -4°C (35 ~ 25°F)에서 온화한 냉한 일주기에 발생할 수 있는 “냉한다습”으로 알려진 조건이 포함된다.
3. 냉한 및 혹한 기후 범주. 냉한 기후 범주와 혹한 기후 범주에는 북미 북부, 그린란드, 북아시아, 티베트가 속한다. 냉한 기후 범주는 보통 일년 중 가장 추운 달의 온도가 기본 기후 범주의 최저 온도인 -32°C (-25°F)보다 낮다. 극한 기후 범주는 보통 일년 중 가장 추운 달의 온도가 냉한 기후 범주의 최저 온도인 -46°C (-50°F)보다 낮다. -51°C (-60°F)보다 낮은 온도는 극한 기후 범주 중 가장 추운 지역(북시베리아)의 가장 추운 달에 20% 이하로 발생한다. 북시베리아는 -68°C (-90°F)의 온도를 기록한 바 있다. 극저온은 태양 일주기의 영향을 받지 아니하기 때문에, 오랜 시간 지속되어 군수품 또한 극저온에 이르게 한다.
4. 해안/해양 기후 범주. 해안/해양 기후 범주에는 공해와 남위 60°위쪽의 해안 항구가 속한다. 남위 60°아래쪽의 남극권은 이 표준에서 다루는 조건/절차의 적용범위를 벗어나는 특수한 사례별 설계가 요구될 만큼 조건이 극도로 혹독하며, 국제 지역으로서 군사적 충돌의 발발 가능성이 거의 없으므로 이 기후 범주에서 제외한다. 일반적으로, 군수품은 해안/해양 기후 범주에서 해빙으로 항로가 폐쇄되는 약간의 시간을 제외하고 항시 조작될 수 있도록 설계되어야 한다. 자세한 내용은 STANAG 2895, MIL-HDBK-310, AR 70-38을 참조할 것.

#### D. 군수품 시스템을 위한 기후 범주 결정 시 고찰사항.

1. 일반 환경 고찰사항. 모든 전투 체계와 전투 지원 체계는 최소한 기본 기후 범주에 맞게 설계되어야 한다. 즉, 설계 온도는 -32°C ~ +43°C의 실외 주위 공기 온도 범위를 포함해야 한다. 그림 C-1 및 표 C-1 참조.

1) Synopsis of Background Material for MIL-STD-210B, Climatic Extremes for Military Equipment, Norman Sissenwine & Rene' V. Cormier, 24 January 1974.

## 부록 C

2. 극단 환경 고찰사항. 극단적인 기후 범주(고온, 냉한, 혹한), 극단적인 비열(non-thermal) 기상 조건(모래 바람과 먼지 등) 지역, 이동 제한적인 지형 조건(툰드라 토양, 울창한 삼림 지대 등) 지역에 배치, 사용하기 위한 군수품은 추가적인 계획, 설계, 시험 고려가 필요할 것이다. 기본 기후 범주에 맞춘 문서 작성에 더하여, 전 세계 극단적인 온도 지역에서의 작동, 보관, 운송 조건에 따라 대부분의 군수품을 설계, 개발, 시험, 평가해야 할 필요가 있다. STANAG 2895, MIL-HDBK-310, AR 70-38에 따르면, 극단적인 온도 지역은 다음 두 조건 중 하나를 만족해야 한다. (1) 가장 더운 달을 시간으로 환산하여 그중 1% 이상이 43°C 이상이다. (2) 가장 추운 달을 시간으로 환산하여 그중 1% 이상이 -32°C 이하이다. 이보다 온도가 극단적인 지역은 그림 C-1과 표 C-1의 고온, 냉한, 혹한 기후 범주이다.
3. 군수품의 특수 고려사항.
  - a. 보관 및 운송. 군수품의 임무 프로파일, 수명주기 환경 프로파일, ORD를 작성하는 경우, 군수품이 견디도록 요구되는 또는 견디는 데 필요한 보관 및 운송 환경과 환경 한계(온도, 습도, 진동 수준 등)를 확인한다. 비용이 많이 소요되는 엄격한 보관/운송 조건의 경우 보관/운송/플랫폼 조건/설계를 군수품 설계 요건에 따라 안내, 수정하는 일을 고려할 것. 보관 및 운송 모드의 환경 조건은 유도/조합 환경(열, 습도, 충격, 진동 등)이 발생할 수 있고, 일부 요소 수준이 높아질 수 있으며 (임시 실외 보관, 운송 모드 간의 지연에 의한 온도 상승) 군수품 노출 시간이 증가할 수 있으므로, 작동 모드의 환경 조건보다 엄격할 수 있다.
  - b. 방공호 군수품의 설계. 이 항은 방공호 내에 배치/사용하기 위한 군수품에 관한 항이다. 이 경우 방공호는 군수품 플랫폼이 되며, 방공호 군수품이 노출되는 환경 특성은 방공호의 위치와 설계에 따라 달라질 것이다. 방공호가 요건서에서 규정한 지역에서 운영되는 경우, 사용 위치로 운송하고 (방공호 조립품의 일부로서) 방공호 내에 존재하는 조건 하에서 사용할 수 있도록 방공호 군수품을 설계한다. 방공호 내 조건에는 환경적으로 통제할 수 없는 방공호 내 보관 조건 및 환경이 통제되는 작동 조건이 포함된다. 또한 방공호를 사용할 수 없는 경우 군수품을 재배치할 때 발생하는 환경 영향에 견딜 수 있도록 방공호 군수품을 설계한다. 군수품 개발자는,
    - (1) 의도된 환경 조건에서 군수품을 선적, 보관, 작동할 수 있도록 보호 장치 또는 필요하다면 개조 키트를 개발, 보급해야 한다.
    - (2) 군수품의 적절한 위치에 눈에 띄는 표시를 하거나 (표시가 가능한 크기인 경우) 기술 매뉴얼에 경고문을 실어 작동 및 비작동 모드에서 초과해서는 안 되는 실제 기후 응력 한도를 알려야 한다.
  - c. 병사/시스템 연동에 대한 환경 영향. 개발 및 운영 평가자는 군수품 획득 주기 동안 수행되는 각 군수품 분석의 일환으로, 병사/시스템 연동에 대한 환경 영향을 고려해야 한다. 이 고려사항은 또한 비개발 품목(NDI)과 군사용으로 획득한 수입 군수품에 적용할 수 있다.
  - d. 잠재적 위험 군수품에 대한 환경적 고찰사항. 잠재적 위험 군수품(탄약, 폭발 물질/군수품 등)을 설계하는 경우, 극단적인 온도에서 사용할 목적이 아니더라도 STANAG 2895, MIL-HDBK-310, AR 70-38에 상술된 장기 세계 온도 극한을 바탕으로 한 안전 요건을 포함시켜야 한다. 이를 통해 국제적 배치를 목적으로 개발된 것이 아닌 폭발성, 기타 위험성 군수품이 예상치 못한 극단적인 조건의 지역에서 부주의하게 운송, 보관, 사용되어 치명적인 결과가 발생하는 사태를 방지한다.

표 C-1. 기후 조건 및 온도, 일사량, 상대습도 일주기 요약.

기후 범주		일주기 <sup>1</sup>	실외 주위 조건		
			공기 온도 °C <sup>2</sup> (°F)	일사량 W/m <sup>2</sup> (BPH) <sup>3</sup>	상대습도 <sup>4</sup> %
고온		고온건조 (A1)	32 ~ 49 (90 ~ 120)	0 ~ 1120 (0 ~ 355)	8 ~ 3
		고온다습 (B3)	31 ~ 41 (88 ~ 105)	0 ~ 1080 (0 ~ 343)	88 ~ 59
기본	습윤열대	일정한 높은 습도 (B1)	거의 일정 24 (75)	경미함	95 ~ 100
		가변적 높은 습도 (B2)	26 ~ 35 (78 ~ 95)	0 ~ 970 (0 ~ 307)	100 ~ 74
	중간(온난)대	기본고온 (A2)	30 ~ 44 (86 ~ 111)	0 ~ 1120 (0 ~ 355)	44 ~ 14
		온화한 저온 (C0)	-19 ~ -6 (-2 ~ 21)	경미함	포화 근접
		기본 저온 (C1)	-32 ~ -21 (-25 ~ -5)	경미함	포화 근접
	저온	저온 (C2)	-46 ~ -37 (-50 ~ -35)	경미함	포화 근접
혹한	극한 (C3)	-51 (-60)	경미함	포화 근접	

<sup>1</sup> 괄호 안의 기호는 Quadripartite Standardization Agreement 360, "Climatic Environmental Conditions Affecting the Design of Military Materiel"과 NATO STANAG 2895, "Extreme Climatic Conditions and Derived Conditions for Use in Defining Design/Test Criteria for NATO Forces Materiel"의 해당 기후 범주를 나타낸다.

<sup>2</sup> °C 값(가장 가까운 정수를 취함)은 °F 단위로 습득/설정된 자료에서 유도하였다.

<sup>3</sup> BPH는 British Thermal Units per square foot per hour의 약자이다.

<sup>4</sup> RH의 순서는 공기 온도의 순서를 따른다. (고온건조 일주기의 경우, 8% RH는 32°C에서, 3% RH는 49°C에서 발생한다.)

## 부록 D1)

## 동적 (기계적) 시험법 관련용어

a. AC커플링(AC-coupling). 신호처리에서 AC커플링은 시간 이력 트레이스에서 제로 주파수 정보를 제거함을 의미한다. 신호를 디지털화할 때, 디지털화 과정에 고역 필터가 존재한다면 아날로그-디지털 변환기는 AC커플링 되었다고 한다. 일반적으로 압전 장치는 정전압에 응답할 능력이 없기 때문에 AC커플링된 상태이다.

b. 자기상관 함수(Autocorrelation function). 시간의 함수  $x(t)$ 에 대하여 자기상관 함수  $R_{xx}(\tau)$ 는 다음과 같이 평균화 시간  $T$  동안의 평균으로 정의한다.

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau)dt$$

평균  $R_{xx}(\tau)$ 가 또한 시간  $t$ 의 함수라면  $R_{xx}(\tau, t)$ 는 다음과 같다.

$$R_{xx}(\tau, t) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t+u)x(t+u+\tau)dt$$

이는 비정상(nonstationary) 자기상관 함수 형태를 갖는다.

c. 자기스펙트럼 밀도 함수(Autospectral density function). 정상 (에르고딕) 랜덤 프로세스  $\{x(t)\}$ 에 대하여  $x(t)$ 의 유한 푸리에 변환은 다음과 같이 주어진다.

$$X(f, T) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad -\infty < f < \infty$$

$x(t)$ 의 양방향 자기스펙트럼 밀도는 다음과 같이 정의된다.

$$S_{xx}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E[ |X(f, T)|^2 ] \quad -\infty < f < \infty$$

$E$ 는 기대값 연산자이다. 개별 레코드  $n_d$ , 각각의 길이  $T$ 에 대하여  $x(t)$ 의 자기스펙트럼 밀도 함수의 일-방향 추정값은 다음과 같이 유한 푸리에 변환의 평균으로 주어진다.

$$\hat{G}_{xx}(f) = \frac{2}{n_d T} \sum_{i=1}^{n_d} |X_i(f, T)|^2 \quad 0 \leq f < \infty$$

프로세싱에서, 길이  $T$ 인 개별 레코드를 시간 영역에서 윈도우하여 스펙트럼 누설을 줄일 수 있으며 프로세싱을 “중복”하여 윈도우 프로세싱에서 손실된 자유도를 회복할 수 있다. 기타 프로세싱 옵션에는 주파수 영역에서 정의된 선택된 창함수로 기본 주파수 영역 추정값을 컨볼빙(convolving)하는 주파수 영역에서의 추정 프로세싱이 있다.

d. 고전 펄스(Classical pulse).  $0 \leq t \leq T < \infty$ 에서  $p(t)$ 에 의해 정의되는 단기지속 과도시간 이력. 고전 펄스는 정현반파, 사각파, 삼각파, 말기 피크 진폭을 갖는 램프, 초기 피크 진폭을 갖는 램프, 일반 사다리꼴 파형의 형태를 갖는다.

1) 달리 규정하지 아니한 경우, 이 부록에서 기호 “T”는  $0 < T < \infty$  범위의 유한한 시간을, “F”는  $0 < F < \infty$  범위의 유한한 주파수를 의미한다.

## 부록 D

e. 조합 제어(Combination control). 실제의 과도시험이나 과소시험에 대비한 입력 없이도 측정, 규정된 시험 스펙트럼 수준을 만족시킬 수 있도록 응답 제어와 힘 한계 제어를 조합한 진동 시스템 제어 양식. 조합 제어는 측정된 현역 군수품 구성 응답과 시험소 시험 군수품 구성 응답에서 임피던스가 일치하지 아니할 때 요구된다. 응답 제어를 단독으로 사용하면 다양한 주파수에서 심각한 과도시험 스펙트럼 수준이나 과소시험 스펙트럼 수준이 발생할 수 있다.

f. 교차상관 함수(Cross-correlation function). 시간의 함수  $x(t)$ 와  $y(t)$ 에 대하여 교차상관 함수  $R_{xy}(\tau)$ 는 다음과 같이 평균화 시간  $T$  동안의 평균으로 정의한다.

$$R_{xy}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)y(t+\tau)dt$$

평균  $R_{xy}(\tau)$ 가 또한 시간  $t$ 의 함수라면  $R_{xy}(\tau, t)$ 는 다음과 같다.

$$R_{xy}(\tau, t) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t+u)y(t+u+\tau)dt$$

이는 비정상(nonstationary) 교차상관 함수 형태를 갖는다.

g. 교차스펙트럼 밀도 함수(Cross-spectral density function). 정상 (에르고딕) 랜덤 프로세스  $\{x(t)\}$ 와  $\{y(t)\}$ 에 대하여  $x(t)$ 와  $y(t)$ 의 유한 푸리에 변환은 각각 다음과 같다.

$$X(f, T) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad -\infty < f < \infty$$

$$Y(f, T) = \int_0^T y(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad -\infty < f < \infty$$

$x(t)$ 와  $y(t)$ 의 양방향 교차스펙트럼 밀도 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$S_{xy}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E\{|X^*(f, T)Y(f, T)|\} \quad -\infty < f < \infty$$

개별 레코드  $n_d$ , 각각의 길이  $T$ 에 대하여  $x(t)$ 와  $y(t)$ 의 일-방향 교차스펙트럼 밀도 함수의 추정값은 다음과 같이 유한 푸리에 변환의 평균으로 주어진다.

$$\hat{G}_{xy}(f) = \frac{2}{n_d T} \sum_{i=1}^{n_d} X_i^*(f, T)Y_i(f, T) \quad 0 \leq f < \infty$$

프로세싱에서, 길이  $T$ 인 개별 레코드를 시간 영역에서 윈도우하여 스펙트럼 누설을 줄일 수 있으며 프로세싱을 “중복”하여 윈도우 프로세스에서 손실된 자유도를 회복할 수 있다. 기타 프로세싱 옵션에는 주파수 영역에서 정의된 선택된 창함수로 기본 주파수 영역 추정값을 컨볼빙(convolving)하는 주파수 영역에서의 추정 프로세싱이 있다.

h. DC커플링(DC-coupling). 신호처리에서 DC커플링은 시간 이력 트레이스에서 모든 제로 주파수 정보를 보존함을 의미한다. 신호를 디지털화할 때, 디지털화 과정에 고역 필터가 없으면 아날로그-디지털 변환기는 DC커플링 되었다고 한다. 일반적으로 압저항 장치는 정전압의 크기를 유지할 능력이 없기 때문에 DC커플링된 상태이다.

i. 에너지 자기스펙트럼 밀도 함수(Energy autospectral density function).  $0 \leq t \leq T < \infty$ 에서 다음의 유한 푸리에 변환에 의해 정의되는 시간 제한적 이력  $x(t)$ 에 대하여,

$$X(f, T) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad -\infty < f < \infty$$

$x(t)$ 의 양방향 에너지 자기스펙트럼 밀도 함수는 다음과 같이 주어진다.

$$L_{xx}(f, T) = E[ |X(f, T)|^2 ] \quad -\infty < f < \infty$$

$E$ 는 가용한 단일 레코드  $n_d$ 에 대한 앙상블 평균이다. 이 함수의 일-방향 추정값은 다음과 같이 주어진다.

$$\hat{L}_{xx}(f, T) = 2 |X(f, T)|^2 \quad 0 \leq f < \infty$$

추정값  $\hat{L}_{xx}(f, T)$ 의 편차를 줄이기 위하여  $n_d$ 에 독립적인 “등가” 시간 제한 사건  $x(t)$ 의 직접 평균을 계산할 수도 있다. 사건은 일반적으로 주어진 실험의 재현일 것이며 시간 이력 앙상블로 간주될 것이다. 프로세싱에서,  $x(t)$ 는 시간 영역에서 윈도우되지 아니하나 실험의 모든 중요한 에너지를 포함한다.

- j. 에너지 교차스펙트럼 밀도 함수(Energy cross-spectral density function).  $0 \leq t \leq T < \infty$ 에서 다음의 유한 푸리에 변환에 의해 정의되는 시간, 대역 제한적 시간 이력  $x(t)$ 와  $y(t)$ 에 대하여,

$$X(f, T) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad -\infty < f < \infty$$

$$Y(f, T) = \int_0^T y(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad -\infty < f < \infty$$

$x(t)$ 와  $y(t)$ 의 양방향 에너지 교차스펙트럼 밀도 함수는 다음과 같이 주어진다.

$$L_{xy}(f, T) = E\{ |X^*(f, T)Y(f, T)| \} \quad -\infty < f < \infty$$

$E$ 는 가용한 단일 레코드  $n_d$ 에 대한 앙상블 평균이다. 이 함수의 한방향 추정값은 다음과 같이 주어진다.

$$\hat{L}_{xy}(f, T) = 2|X^*(f, T)Y(f, T)| \quad 0 \leq f < \infty$$

추정값  $\hat{L}_{xy}(f, T)$ 의 편차를 줄이기 위하여  $n_d$ 에 독립적인 “등가” 시간 제한 사건  $x(t)$ ,  $y(t)$ 의 직접 평균을 계산할 수도 있다. 사건은 일반적으로 주어진 실험의 재현일 것이며 시간 이력 앙상블로 간주될 것이다. 프로세싱에서,  $x(t)$ 와  $y(t)$ 는 시간 영역에서 윈도우되지 않는다.

- k. 에너지 주파수 응답 함수(Energy frequency response function).  $0 \leq t \leq T < \infty$ 에서 에너지 교차스펙트럼 밀도 함수  $L_{xy}(f, T)$ 와 에너지 자기스펙트럼 밀도 함수  $L_{xx}(f, T)$ 에 의해 정의되는 시간 제한적 이력  $x(t)$ 와  $y(t)$ 에 대하여, 에너지 주파수 응답 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$H_{xy}(f, T) = \frac{L_{xy}(f, T)}{L_{xx}(f, T)} \quad -\infty < f < \infty$$

이 함수의 한방향 추정값은 다음에 의해 주어진다.

$$\hat{H}_{xy}(f, T) = \frac{\hat{L}_{xy}(f, T)}{\hat{L}_{xx}(f, T)} \quad 0 \leq f < \infty$$

여기서  $\hat{L}_{xy}(f, T)$ 와  $\hat{L}_{xx}(f, T)$ 는  $n_d$ 에 독립적인 등가 시간 제한 사건  $x(t)$ 와  $y(t)$ 의 주어진 앙상블에 대한 평균을 나타낼 수도 있다. 평균화는 두 안정 평균  $\hat{L}_{xy}(f, T)$ 와  $\hat{L}_{xx}(f, T)$ 의 몫을 취한 추정값  $\hat{H}_{xy}(f, T)$ 의 편차를 줄일 수 있다.

주: 여기서 “주파수 응답 함수”라는 용어는 단위 임펄스 응답 함수의 라플라스 변환을 뜻하는 “전달 함수(transfer function)”라는 용어를 살리기 위해 사용하였다.

- l. 앙상블(Ensemble). 각각의 시간 이력 레코드가 동일한 지속 시간 간격에서 정의되는 단일 랜덤 프로세스에서 추출한 표본 시간 이력 레코드의 집합. 랜덤 프로세스  $x(t)$ 의 앙상블은  $\{x(t)\}$ 로 표기한다. 시간  $0 \leq t \leq T < \infty$ 에서 앙상블의 원소 수가  $N$  개라면  $\{x_i(t): 0 \leq t \leq T, i = 1, 2, \dots, N\}$ 으로 표기한다.
- m. 에르고딕 (논에르고딕) 프로세스(Ergodic (nonergodic) process). 앙상블에 속하는 어떤 시간 이력 레코드의 시간평균 파라미터가 시간 이력 레코드 앙상블의 시간평균 파라미터를 대표하는 시간 이력 레코드 앙상블로 표현되는 랜덤 프로세스. 에르고딕 랜덤 프로세스는 정상 랜덤 프로세스이다. 위의 정의를 만족하지 아니하는 랜덤 프로세스를 논에르고딕이라 한다. 랜덤 프로세스의 논에르고딕 성질을 결정하는 절차에는 다양한 형태가 있다. 정상 프로세스가 에르고딕일 수도 있는 반면, 에르고딕 프로세스는 항상 정상 프로세스이다.
- n. 필터(Filter). 원하는 효과를 생성하기 위한, 주어진 입력 시간 이력  $x(t)$ 의 푸리에 스펙트럼 변환. 필터링은 저역, 고역, 대역통과, 대역저지 필터링 형태로 시간 이력 스펙트럼을 제한하는 대역에 대하여 이루어질 수 있다. 필터링은 시간 영역이나 주파수 영역에서 동등하게 수행될 수 있다. 필터링 변환이 입력과 출력 주파수 성분의 위상 관계를 보존하는 경우, 이러한 필터를 선형 위상 필터라 한다. 필터링 변환이 입력과 출력 주파수 성분의 위상 관계를 왜곡하는 경우, 이러한 필터를 비선형 위상 필터라 한다. 필터링과 관련된 기타 용어는 시험법 516.5와 시험법 517에서 제공한다.
- o. 힘 한계 제어(Force limit control). 입력 인터페이스 시험 수준을 인터페이스에서 측정, 규정된 수준으로 제한하기 위한 진동 시스템 제어 형태. 일반적으로 인터페이스에서 측정, 규정되는 수준은 시험 품목 인터페이스나 시험 품목 인터페이스 마운트에 입력되는 힘과 관계된다.

- p. 푸리에 변환, 유한 푸리에 변환(Fourier transform and finite Fourier transform).  $-\infty < t < \infty$ 에서 정의되는 시간 이력  $x(t)$ 에 대하여,  $x(t)$ 의 푸리에 변환은 적분이 존재할 때, 주파수  $f$ 의 복소함수로 정의된다.  $X(f)$ 는  $x(t)$ 의 직접 푸리에 변환,  $x(t)$ 는  $X(f)$ 의 푸리에 역변환을 나타낸다.

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad -\infty < t < \infty$$

$0 \leq t \leq T < \infty$ 에서 정의되는 시간 이력  $x(t)$ 에 대하여,  $x(t)$ 의 유한 푸리에 변환은 주파수  $f$ 의 복소함수로 정의된다.

$$X(f, T) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad -\infty < t < \infty$$

$X(f, T)$ 는  $x(t)$ 의 직접 유한 푸리에 변환,  $x(t)$ 는  $X(f, T)$ 의 유한 푸리에 역변환을 나타낸다. 유한 푸리에 변환은 명확한  $x(t)$ ,  $0 \leq t \leq T < \infty$ 에 대하여 항상 존재한다. ( $X^*(f, T)$ 는  $X(f, T)$ 의 복소켈레를 나타낸다.)

- q. 가우시안 (비가우시안) 프로세스(Gaussian (non-Gaussian) process). 정상 랜덤 프로세스  $x(t)$ 가 상수  $\mu_x$ ,  $\sigma_x$  및 어떤 시간  $t$ 에서 다음의 확률 밀도 함수를 따르면

$$p(x) = (\sigma_x \sqrt{2\pi})^{-1} \exp\left[-\frac{(x - \mu_x)^2}{2\sigma_x^2}\right] \quad -\infty < x < \infty$$

$x(t)$ 는 가우시안 정상 랜덤 프로세스로 간주한다. 반대로 랜덤 프로세스  $x(t)$ 가 어떤 시간  $t$ 에서 이 확률 밀도 함수를 따르지 아니하면 비가우시안이라 한다. 이 정의는 에르고딕 랜덤 프로세스에도 적용된다.

- r. 푸리에 역변환, 유한 푸리에 역변환(Inverse Fourier transform and inverse finite Fourier transform).  $-\infty < f < \infty$ 에서 정의된 푸리에 변환  $X(f)$ 에 대하여  $X(f)$ 의 푸리에 역변환은 적분이 존재할 때, 시간  $t$ 의 실함수로 정의된다.

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j2\pi ft} dt \quad -\infty < t < \infty$$

$x(t)$ 는  $X(f)$ 의 푸리에 역변환,  $X(f)$ 는  $x(t)$ 의 푸리에 변환을 나타낸다.

$-F \leq f \leq F$ 의 주파수 대역에서 정의된 유한 푸리에 변환  $X(f, T)$ 에 대하여,  $X(f, T)$ 의 푸리에 역변환은 시간  $t$ 의 실함수로 정의된다.

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-F}^F X(f, T) e^{j2\pi ft} dt \quad -\infty < t < \infty$$

$0 \leq t \leq T < \infty$ 에서,  $x(t)$ 는  $X(f, T)$ 의 유한 푸리에 역변환,  $X(f, T)$ 는  $x(t)$ 의 유한 푸리에 변환을 나타낸다. 유한 푸리에 역변환은 명확한  $X(f, T)$ ,  $-F < f < F$ 에 대하여 항상 존재하며  $t$  만큼의 주기를 갖는다.

- s. 선형계(Linear system). 확대, 추가된 입력 비율만큼 출력이 확대, 추가되는 계. 즉, 선

MIL-STD-810E

2000.1.1

부록 D

형계 h는  $y=h(x)$ 로 나타내며 상수 c, a, 입력  $x_1, x_2, x_3$ 에 대하여 다음 입출력 관계가 정의된다.

계 동질성:  $cy = ch(x) = h(cx)$

계 중첩:  $y_1 + y_2 = h(x_1) + h(x_2) = h(x_1 + x_2)$

- t. 평균 앙상블(Mean (ensemble)).  $0 \leq t \leq T$ 에서 평균  $\mu(t)$ 를 가지는 N개의 시간 이력 레코드  $x_i(t)$ 의 앙상블  $\{x_i(t): 0 \leq t \leq T \leq \infty, i = 1, 2, \dots, N\}$ 에 대하여, 시간 t에서 평균 앙상블의 불편추정값은 다음에 의해 주어진다.

$$\hat{m}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t) \quad 0 \leq t \leq T$$

$\mu(t)$ 는 랜덤 프로세스  $\{x(t)\}$ 의 1차 모멘트이다.

- u. 제곱평균 앙상블(Mean-square (ensemble)).  $0 \leq t \leq T$ 에서 제곱평균  $p(t)$ 를 가지는 N개의 시간 이력 레코드의 앙상블  $\{x_i(t): 0 \leq t \leq T \leq \infty, i = 1, 2, \dots, N\}$ 에 대하여, 시간 t에서 제곱평균 앙상블의 불편추정값은 다음에 의해 주어진다.

$$\hat{p}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2(t)$$

$p(t)$ 는 랜덤 프로세스  $\{x(t)\}$ 의 2차 모멘트이다.

- v. 비선형계(Nonlinear system). 계 동질성이나 계 중첩에 있어 비선형성을 갖거나 둘 모두를 위반하는 계. 계 h를  $y=h(x)$ 로 나타냈을 때 상수 c, a, 입력  $x_1, x_2$ 에 대하여,

$$cy = ch(x) \neq h(cx)$$

$$y_1 + y_2 = h(x_1) + h(x_2) \neq h(x_1 + x_2)$$

중 하나 또는 둘 모두가 성립한다.

- w. 비정상 프로세스(Nonstationary process). 비정상 랜덤 프로세스라 함은 정상으로 정의될 수 없는 시간 이력 레코드의 앙상블을 말한다. 일반적으로 비정상 프로세스의 통계적 속성은 시간의 함수이며 시간 변환에 대하여 불변이다. 이 표준에서는 랜덤 프로세스 앙상블로부터의 평균 (1차 모멘트) 추정값이나 제곱평균 (2차 모멘트) 추정값이 시간에 따라 변하는 경우 그 랜덤 프로세스를 비정상으로 간주한다. 앙상블이 시간에 따라 변하는 결정론적 성분을 가지는 경우, 그 앙상블은 앙상블의 랜덤부가 비정상인지 정상인지에 따라 비정상 또는 정상으로 간주한다.

- x. 펄스(Pulse). 이 표준에서 펄스는 지속시간이 유한한 결정론적인 또는 랜덤한 시간 이력을 말한다. 펄스가 군수품 시험의 응답과 관계되는 경우, 일반적으로 지속시간은 해당 군수품의 최저 자연 주파수 주기의 5배 이하이며 실제로는 이보다 짧을 수 있다.

- y. 랜덤 프로세스(Random process). 랜덤 프로세스는 선택된 시간에서의 통계적 계산으로부터 추정된 파라미터로 기술되는 속성을 가진 시간 이력 레코드의 앙상블로 표현된다. 이 표준에서는 랜덤 프로세스에서 추출한 하나 이상의 표본 레코드가 해당 현상을 완전

하게 설명하는 재현 가능한 실험에 관계될 것으로 가정한다.

- z. 응답 제어(Response control). 한 지점 이상에서 군수품의 응답을 군수품 상의 한 지점 이상에서 측정, 규정된 진동 자료와 일치시키기 위한 진동 시스템 제어 형태. 진동 제어 시스템 운영 절차는 단일 접촉점, 다지점 제어, 평균 제어, 극단 제어 등 다양한 응답 일치 옵션에 대비한 것이다.

- aa. 유효 (양상블)(Root-mean-square (ensemble)).  $0 \leq t \leq T$ 에서 제곱평균  $\hat{p}(t)$ 에 의해 추정된  $\hat{p}(t)$ 를 가지는  $N$ 개의 시간 이력 레코드의 양상블  $\{x_i(t): 0 \leq t \leq T \leq \infty, i = 1, 2, \dots, N\}$ 에 대하여, 시간  $t$ 에서 유효 양상블의 추정값은 다음에 의해 주어진다.

$$\hat{r}(t) = \sqrt{\hat{p}(t)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2(t)}$$

- bb. 표본함수(Sample function). 랜덤 프로세스의 양상블 표현을 구성하는 데 사용될 수 있는 랜덤 프로세스의 구체적인 구현.

- cc. 스펙트럼(Spectrum). 시간 이력을 주파수의 함수로 표현한 것. 스펙트럼은 일반적으로 시간 이력을 푸리에 변환으로 분석하여 나타내며 실수나 복소수가 된다. (충격 응답 스펙트럼 공학 도구로 시간 이력 자료를 분석하는 경우, 스펙트럼은 실수 진폭과 단일 자유도계의 자연 주파수로 표현된다.)

- dd. 표준편차 (양상블)(Standard deviation (ensemble)).  $0 \leq t \leq T$ 에서  $\hat{m}(t)$ 에 의해 추정된 평균  $\mu(t)$ , 표준편차  $\sigma(t)$ 를 가지는  $N$ 개의 시간 이력 레코드의 양상블  $\{x_i(t): 0 \leq t \leq T \leq \infty, i = 1, 2, \dots, N\}$ 에 대하여, 시간  $t$ 에서 표준편차 양상블의 불편추정값은 다음에 의해 주어진다.

$$\hat{s}(t) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i(t) - \hat{m}(t))^2} \quad 0 \leq t \leq T$$

- ee. 정상 프로세스(Stationary process). 정상 랜덤 프로세스라 함은 통계적 속성이 시간의 함수가 아니며 따라서 시간 변환에 대하여 불변인 시간 이력 레코드의 양상블을 말한다. 정상 랜덤 프로세스는 에르고딕, 논에르고딕이 될 수 있다.

- ff. 과도 진동(Transient vibration).  $T < \infty$ 인 어떤 시간 주기에서, 0에서 시작하여 0에서 끝나는 양의 시변 포락선을 갖는 비정상 랜덤 진동 시간 이력 형태. 일반적으로, 정상 랜덤 진동 시간 이력  $x(t)$ 에서 중요 주파수 성분 아래의 주파수 성분을 갖는 시변 결정론적 포락선 함수  $0 \leq t \leq T$ 인  $a(t)$ 에 대하여, 과도 진동은 곱 모형으로 모형화될 수 있다.

$$y(t) = a(t)x(t) \quad 0 \leq t \leq T$$

이 모형을 랜덤 자료에 적용하기 위한 조건은 다음과 같다.

$$|A(f, T)| \ll |X(f, T)| \quad f_0 < f$$

MIL-STD-810E

2000.1.1

부록 D

일부  $f_0$ 와  $f_0 < f$ 에서  $f_0 \approx \frac{1}{T}$ 이다. 이 조건은  $a(t)$ 가  $x(t)$ 를 큰 폭으로 변조하지 아니하도록 하는 데 유용하다.

gg. 분산 (양상블)(Variance (ensemble)).  $0 \leq t \leq T$ 에서  $\hat{m}(t)$ 에 의해 추정된 평균  $\mu(t)$ , 분산  $\sigma^2(t)$ 를 가지는  $N$ 개의 시간 이력 레코드의 양상블  $\{x_i(t): 0 \leq t \leq T \leq \infty, i = 1, 2, \dots, N\}$ 에 대하여, 시간  $t$ 에서 분산 양상블의 불편추정값은 다음에 의해 주어진다.

$$\hat{v}(t) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i(t) - \hat{m}(t))^2 \quad 0 \leq t \leq T$$

hh. 파형 제어(Waveform control). 시스템이 개방 루프(무폐환) 제어 모드에서 보상된 시간 이력  $x(t)$ 를 올바르게 재현하는 진동 시스템 제어 형태. 이 표준에서 파형 제어는 진동 시스템에 적용되었을 때, 측정된 군수품 응답을 거의 정확하게 재현하는 진동 제어 시스템에 대한 입력 전압 시간 이력의 결정을 토대로 시험소 시험에서 측정된 군수품 응답의 재현을 말한다.

## (제1부) 주제별 색인

**A**

Absolute humidity (절대 습도) .....	C-3
Accelerated test (가속 시험) .....	4
Acceleration (가속도) .....	vii, 15, 21, 23, A-9
Aggravated test (가중 시험) .....	5
Air circulation (공기 순환) .....	17
Aircraft (항공기) .....	6, 13
Alternatives (대안) .....	viii, 7, 10, A-3, B-2
Ambient (환경, 주변) .....	5, 15, 18, 19, A-7, A-13, C-2, C-3, C-6
Ambient air(주변공기)	
Atmospheric pressure (대기압) .....	15

**B**

Baseline performance (기준선 성능) .....	18
-------------------------------------	----

**C**

Calibration (교정) .....	4, 16, A-7, A-12, A-16
Catastrophic failure (치명적 결함) .....	C-4
Climate (기후) .....	5, 6, B-1, C-1, C-2, C-3
Climatic categories (기후범주) .....	5, A-12, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6
Coastal (해안의) .....	C-2, C-3
COEA (비용 및 운영 효율성 분석) .....	2, 8, 9, 10
Cold-wet (저온다습) .....	C-3
Combat developer (전투 개발자) .....	5, B-2, C-2
Combined (조합) .....	16, 19, 22, A-12, A-16, B-2, C-2, C-3, C-4
Conditioning (조건화) .....	22, B-2
Conduction (수행) .....	C-2
Configuration (배치) .....	17, A-5, A-12, A-16
Contract requirements (계약 요건) .....	21
Contractor (계약자) .....	9, 10, A-3, A-5, A-7, A-8, A-9, A-12
Corrosion (부식) .....	C-3
Critical threshold value (중요 임계값) .....	5, A-16
Cumulative effects (누적 영향) .....	5, 17

**D**

Daily cycles (일주기) .....	C-3, C-6
Damage (손상) .....	18, 19, 20
Dangerous materiel (위험한 군수품) .....	C-4
Data base (자료 베이스) .....	A-8, B-2
Data requirements (자료 요건) .....	22, A-8

MIL-STD-810F

2000.1.1

INDEX

Delivery (인도) ..... 14

Deployment (배치) ..... 6, 8, 11, 14, A-6, C-4

Design criteria (설계 기준) ..... ii, 9

Design engineers (설계 기술자) ..... 2, 7, 11, C-1

Detailed Environmental Test Plan (세부환경시험계획) ..... 11, A-1, A-3, A-11

DETP (세부환경시험계획) ..... iii, 2, 11, 21, A-1, A-3, A-11

Development testing (개발 시험) ..... B-2

Deviation (편차) ..... 11, 15, 18, 19, 21, A-13, A-15, D-6

DoD 5000-series (DoD 5000 시리즈) ..... ii, 7, 10, B-1

Dummy connectors (의사 커넥터) ..... 17

Durations (지속시간) ..... 1, 15, 17, 18, A-5, A-8

**E**

EEMP (환경 공학 관리계획) ..... viii, 2, 9, 10, A-1, A-3, C-1

EICL (환경 주제/기준 목록) ..... viii, 9, 11, A-1, A-3, A-9

Engineering judgement (공학적 판단) ..... ii, 5

Environmental analysis (환경 분석) ..... 2, 5

Environmental class (환경 분류) ..... C-1, C-2

Environmental consideration (환경적 고려사항) ..... 1, 10, 23, B-1, B-2, C-1, C-4

Environmental Engineering Management Plan (환경 공학 관리계획)  
..... 7, 9, 10, A-1, A-3, C-1

Environmental engineering specialists (환경 공학 전문가) ..... ii, 1, 2, 7, 9, B-1, C-1

Environmental engineering tasks (환경 공학 과업) ..... ii, 9, 10, A-3

Environmental Issues/Criteria List (환경 주제/기준 목록) ..... 11, A-1, A-3, A-7, A-9

Environmental stress (환경적 응력)  
..... ii, 1, 2, 4, 5, 11,13, 18, 21, 23, A-5, A-7, A-11, B-2

Environmental Test and Evaluation Master Plan (환경시험평가 종합기본계획)  
..... 9, 10, A-3, A-5, A-7, A-9

Environmental Test Report (환경시험보고서) ..... 11, 21, 23, A-1, A-3, A-15

Environmental worthines (환경 가치) ..... ii, 5, A-16

Established limits (확립된 한계) ..... ii, 21

ETEMP (환경시험평가 종합기본계획) ..... 9, 10, A-3, A-5, A-7, A-9

ETR (환경시험보고서) ..... viii, 2, 11, A-1, A-3, A-15

Extreme conditions (극한 조건) ..... C-4

Extreme environment (극한 환경) ..... B-1, C-3

**F**

Facility operators (설비 운영자) ..... ii, 1, 2, 11, 12, 17, A-11, C-1

Failure analyses (고장 분석) ..... 11, 19, 22, A-13, A-15

Failure criteria (고장 기준) ..... 6, 21, A-12

Failure modes (고장 모드) ..... A-11

Field/fleet verification trials (육상/해상 검증 시험) ..... iii

Forcing functions (강제 기능) ..... 2, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 18, A-11, C-1

Foreign (외국) .....	1
Forested (삼림) .....	C-3
Freezing point (빙점) .....	C-3

**H**

Hot-dry (고온건조) .....	C-2, C-6
Hot-wet (고온다습) .....	C-3

**I**

Induced (유도) .....	5, 6, 8, 10, 13, 23, A-5, B-1, B-2, C-1, C-4
Instrumentation (계장) .....	5, 11, 15, 16, 17, A-7, A-8, A-12, A-16
Integrated Product Team (통합제품팀) .....	5, 9
International (국제) .....	4, 23, 24, C-3
Interrupted tests (시험 중단) .....	18, 20
Invalid test (무효한 시험) .....	19

**K**

Knowledge base (지식 기반) .....	C-2
------------------------------	-----

**L**

Laboratory standards (시험소 표준) .....	16
Laboratory testing (시험소 시험) .....	ii, viii, 2, 11, 12, B-2, D-6
LCEP (수명주기 환경 프로파일) .....	viii, 2, 8, 9, 10, 11, 13, 14, A-1, A-3, A-5, A-6, A-9, C-1
Levels (수준) .....	1, 6, 8, 9, 11, 17, 18, 19, 21, 22, A-11, A-13, C-1, C-2, C-3, C-4, D-1, D-4
Life Cycle Environmental Profile (수명주기 환경 프로파일) .....	ii, 8, 9, 10, A-1, A-3, A-5, A-7, B-2, C-1, C-4
Life cycle sequence (수명주기 순서) .....	16
Limitations (제한사항) .....	ii, 2, A-5, A-9
Living document (현존 문서) .....	iii, A-3, A-5
Logistic supply (병참) .....	13

**M**

Materiel developer (군수품 개발자) .....	ii, 1, 6, A-3, A-5, A-7, A-9, A-11, C-2, C-4
Microbiological (미생물학적) .....	C-3
Military (군용) .....	1, 3, 4, 5, 10, C-3, C-4, C-6
Mission profile (임무 프로파일) .....	6, 13, 17, A-8, C-4
MNS (임무소용 진술서) .....	2, 8, 10, A-3, A-9
Modification kits (개조 키트) .....	B-1, C-4

**N**

MIL-STD-810F

2000.1.1

INDEX

Natural (field/fleet) (자연 (육상/해상)) ..... 9  
 Natural environment (자연 환경) ..... 5, 7, 8, 11, 12, 13, 17, 23, A-11, B-2, C-1  
 Normal environment (정상 환경) ..... C-3

**O**

Objections (이의) ..... 19  
 Obscurants (장애물) ..... B-1, B-2  
 OED (작동환경문서) ..... iii, 2, 9, 10, 11, A-1, A-3, A-7, A-8, A-9  
 OEDP (작동환경 문서화계획) ..... 9, 10, 11, A-7, A-8  
 OEDR (작동환경 문서화보고서) ..... 11, A-7, A-8  
 Operation (운영, 작동) ..... 5, 6, 7, 8, 17, 18, B-1, C-4  
 Operational Environment Documentation Plan (작동환경 문서화계획) ..... 9, 10, A-7  
 Operational Environment Documentation Report (작동환경 문서화보고서) ..... 11, A-7, A-8  
 Operational testing (작동 시험) ..... B-2  
 Operational worthiness (운영 가치) ..... 6, 11, A-15  
 ORD (운영요건서) ..... 2, 8, 10, A-3, A-9, C-4  
 Outdoor ambient (실외 환경) ..... C-2, C-3  
 Overtest (과도시험) ..... 18, 19, 20, D-1

**P**

Performance data (성능 자료) ..... 18, 19, A-13  
 Platform environment (플랫폼 환경) ..... 6, 8, 9, A-7, C-1  
 Post test (사후시험) ..... 18, 19, A-11, A-12, A-13  
 Pretest (예비시험) ..... 17, 18, 19, 21, A-11, A-12, A-13  
 Primary (주요한) ..... ii, 7, 9, 10, 11, 16  
 Program Management Guidance (프로그램 관리 지침) ..... B-1  
 Program manager (프로그램 관리자) ..... ii, 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, A-3, B-2, C-1, C-2

**R**

Radiation (복사) ..... C-2  
 Rationale (원리) ..... ii, iii, 7, 11, A-9, B-2  
 Realistic test (현실적인 시험) ..... 17  
 Real-world (실-세계) ..... ii, 7, A-5  
 Relative humidity (상대 습도) ..... 15, C-2, C-3, C-6  
 Requirements documents (요건서) ..... 3, 8, 10, C-4  
 RF interfaces (RF 간섭) ..... 17

**S**

Safety (안전) ..... 2, 3, 7, 15, 20, 21, A-3, A-12, B-1, B-2, C-2, C-4  
 Saturation (포화) ..... C-3, C-6  
 SEMP (시스템엔지니어링 관리계획) ..... 9, 10, A-3  
 Service conditions (사용 조건) ..... ii, A-8

Service life (사용 수명) .....	ii, 1, 5, 6, 8, 11, 21, A-5, B-1, C-1
Service-specific (서비스별) .....	ii
Severe cold (혹한) .....	C-2, C-3, C-4, C-5, C-6
Sheltered materiel (실내 군수품) .....	13, C-4
Shipping (선적) .....	6, 13
Ships (선박) .....	13
Shock (충격) .....	1, 4, 21, 23, B-1, B-2, C-2, C-4, D-6
Shock/vibration (충격/진동) .....	B-2, C-2
Simulation (모의실험) .....	viii, 7, 9, 10, A-3, B-2
Smoke/obscurants (연기/장애물) .....	B-2
Solar radiation (일사) .....	23, B-1, C-3, C-6
Soldier/system interface (병사/시스템 인터페이스) .....	C-4
Specifications and Standards (규격 및 표준) .....	3
Specified value (규정값) .....	15, 16
Standardization (표준화) .....	iii, 4, 18, 23, C-6
STAR (시스템 위협 분석 보고서) .....	2, 8
Storage (보관) .....	5, 6, 7, 8, 10, 13, A-12, B-1, B-2, C-2, C-4
Stores (스토어) .....	6, 14
Synergetic (상승적) .....	16
Synergistic (상승적) .....	2, 21, 22, B-2
System assessment (시스템 평가) .....	B-2, C-2
System effectiveness (시스템 효율성) .....	7, A-3, A-11, A-16, B-1, B-2

## T

Tailoring (적합화) .....	ii, viii, 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 23, A-11, B-1, B-2, C-1, C-2
Technical manuals (기술 매뉴얼) .....	C-4
TEMP (시험평가 종합기본계획) .....	2, 8, 9, 10, A-3, A-9
Temperature gradient (온도 경사) .....	15
Temperature limits (온도 한도) .....	16
Terrain (지형) .....	7, B-1, C-1, C-3
Test chamber (시험 챔버) .....	17, 22
Test criteria (시험 기준) .....	4, 5, 7, 9, 10, 11, A-7, A-9, A-12, C-1, C-6
Test duration (시험 지속시간) .....	15, 17, 18, A-12, A-16
Test engineer (시험 기술자) .....	ii, 2, 7, 11, 12, 19, A-13, C-1
Test Engineer and Facility Operators (시험 기술자 및 설비 운영자) .....	11
Test facilities (시험 설비) .....	ii, 17, A-12
Test level (시험 수준) .....	6, 17, 18, D-4
Thermal effects (열적 영향) .....	C-2
Threat environmental factors (위협 환경 요소) .....	9
Tolerances (허용차) .....	6, 15, 18, 22, A-12
Transit (운송) .....	5, 10, B-1, B-2, C-2, C-4
Transport (운송) .....	7, 8, 13, A-5, C-4

MIL-STD-810F

2000.1.1

INDEX

Tundra (툰드라) ..... C-3

Turbulence (난류) ..... C-2

*U*

Undertest (과소시험) ..... 18, 19, 20, D-1

User needs (사용자 욕구) ..... ii, 1

*V*

Verification sensors (검증 센서) ..... 15

Vibration (진동)

..... 1, 4, 8, 15, 16, 21, 23, A-13, B-1, B-2, C-1, C-2, C-4, D-1, D-4, D-5, D-6

Virtual proving ground (실제 검증 근거) ..... 7, 9, C-2

*W*

Wind (바람) ..... 11

## 제2부 - 시험소 시험법

500	저압(고도)	500.4-1 - 500.4-8
501	고온	501.4-1 - 501.4-12
502	저온	502.4-1 - 502.4-10
503	온도 충격	503.4-1 - 503.4-10
504	유체 오염	504-1 - 504A-2
505	일사(일광)	505.4-1 - 505.4A-8
506	강우	506.4-1 - 506.4-12
507	습도	507.4-1 - 507.4A-2
508	공광이	508.5-1 - 508.5-12
509	염무	509.4-1 - 509.4-10
510	모래 및 먼지	510.4-1 - 510.4-14
511	폭발성 대기	511.4-1 - 511.4-6
512	침수	512.4-1 - 512.4-8
513	가속도	513.5-1 - 513.4-14
514	진동	514.5-i - 514.5C-16
515	소음	515.5-i - 515.5B-2
516	충격	516.5-i - 516.5C-4
517	열충격	517-1 - 517-24
518	산성 대기	518-1 - 518-6
519	발포 진동	519.5-i - 519.5D-10
520	온도, 습도, 진동 및 고도	520.2-1 - 520.2A-10
521	결빙/동격 강우	521.2-1 - 521.2-8
522	탄도 충격	522-1 - 522-14
523	진동-음향/온도	523.2-1 - 523.2A-8

## 시험법 500.4

### 저압(고도)

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

저압(고도)시험을 이용하여 군수품이 저압 환경을 견딜 수 있거나 이 환경에서 조작가능한지 또는 압력 급변에 견딜 수 있는지를 판단한다.

##### 1.2 용도.

이 시험법을 사용하여 다음과 같은 군수품을 평가한다:

- a. 고지 고각 위치에서 보관 및 조작.
- b. 대기압 또는 저기압 상태의 항공기 영역에서 수송 또는 조작  
(시험법 520.2를 참조할 것).
- c. 급속한 감압 또는 폭발성 감압에의 노출.  
이는 노출될 경우, 그로 인해 항공기가 손상되는지 또는 사람에게 위해한지를 판단하기 위한 것이다.
- d. 항공기에서 외부로 이동.

##### 1.3 제한사항.

이 시험법은 30,000m이상의 고도에서 비행하는 우주선, 항공기 또는 미사일에서 설치 및 조작되는 군수품을 시험할 때 사용하도록 고안된 것이 아니다.

#### 2. 적합화 지침.

##### 2.1 저압(고도)시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 저압이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부의 적합화 과정을 적용한 후, 다음 시험법을 선택하고 차례대로 다른 시험법을 활용하면 도움이 된다.

##### 2.1.1 저압 환경의 영향.

열 영향(시험법 501.4 참조)에 더하여, 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험

법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니므로 일부 예들은 해당 범주와 중복될 수 있다.

#### 2.1.1.1 물리/화학적 영향.

- a. 가스켓-밀봉 밀폐함에서 발생하는 기체 또는 유체 누출.
- b. 밀봉 컨테이너의 변형, 파열 또는 폭발.
- c. 저밀도 군수품의 물리 및 화학적 특성 변화.
- d. 감소된 열 방출로 인한 군수품의 과열.
- e. 윤활제의 증발.
- f. 엔진의 오시동 및 오작동.
- g. 밀봉실의 결함.

#### 2.1.1.2 전기적 영향.

아크 또는 코로나로 인한 군수품의 오작동 또는 고장.

#### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5 참조.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 통상적으로 이 시험법은 손상 가능성이 한정되어 있고 또한 수명 주기의 초반부에 주로 나타나기 때문에 시험 순서 초기에 수행된다. 그러나, 다른 시험은 시험 품목에 대한 저압 효과에 상당한 기여를 할 수 있으므로 (단락 2.1.1 참조), 이 시험법 이전에 수행되어야 할 수 있다. 예를 들면:
  - c. 저온 및 고온 시험은 밀봉에 영향을 미칠 수 있다.
  - d. 동적 시험은 시험 품목의 구조적 무결성에 영향을 미칠 수 있다.
  - e. 비금속 부품에 아크가 발생하면 부품 강도가 떨어질 수 있다.

### 2.2 절차 선택.

이 시험법에는 네 가지 저압 시험이 포함된다: 절차 I (보관); 절차 II (조작); 절차 III (급속 감압), 및 절차 IV (폭발성 감압). 시험 자료 요건을 기반으로 하여, 시험 절차 또는 이러한 절차들의 조합을 적용할 수 있는지를 결정하라.

#### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

저압 시험 절차 간 차이가 아래에 설명되어 있다. 예상되는 가장 가혹한 폭발을 나타내는 절차를 선택해야 한다. 절차를 선택할 때, 다음을 고려할 것:

- a. 군수품 배치.
- b. 군수품의 병참 및 조작 요건(목적).
- c. 군수품의 작동 요건
- d. 군수품의 작동 목적이 충족되었는지 판단하는데 필요한 시험 자료.
- e. 절차 순서.

#### 2.2.2 절차 간 차이.

- a. 절차 I - 보관/공수. 절차 I 은 군수품이 고지 고각에서 수송 또는 보관되는 경우 또는 선적/보관 구성 시 공수되는 경우 적합하다. 알려진 저압의 영향(단락 2.1.1)에 관하여 군수품 및 이 절차가 적합한지 결정하는 LCEP(제1부, 단락 4.2.2.3.1.)를 평가하라.
- b. 절차 II - 조작/항공기. 저압 조건하에서 군수품의 성능을 판단하기 위해서는 절차 II를 사용하도록 한다. 만일 저압 보관, 급속 또는 폭발성 감압 요건이 없다면, 이 절차가 가장 뛰어난 방법일 수 있다.
- c. 절차 III - 급속 감압. 주변 환경 압력의 급감소가 주위의 사람 또는 군수품이 담겨져 수송되고 있는 플랫폼(자동차 또는 항공기)에 위험을 가할 수 있는 군수품의 반응을 유발하는지 판단하기 위해서는 절차 III를 사용한다. 이 절차는 보관 또는 조작 시험에 선행할 수 있다.
- d. 절차 IV - 폭발성 감압. 절차 IV는 주변 환경 압력의 “순간적” 감소와 연관된다는 점을 제외하고 절차 III와 유사하다.

주: 감압 시험 후 분명하지는 않지만 잠재적인 안전 문제가 존재할 수 있다. 사후시험 조작상 점검 중 주의를 기울여라.

## 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 요건서 ‘수명 주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)’(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하여 이 절차들에 대한 특수 파라미터 수준 및 특별 시험 조건/기법, 이 절차에 제공되는 정보를 선택함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 이러한 정보원으로부터, 저압 환경 내에서 군수품에 의해 수행되는 기능을 결정한다. 시험 압력과 온도, 압력 변화율( 및 적당한 경우 온도), 노출 지속시간, 시험 품목 구성과 같은 시험 파라미터를 결정한다.

### 2.3.1 시험압력 및 온도.

시험항목의 예상 전개 또는 비행 프로필에 대하여 특수 시험 압력과 온도를 바탕으로 한다.

- a. 지상. 만일 측정 자료가 무효하다면, STANAG 2895로부터 적절한 지상 고각 및 지리학적 위치에 대한 온도를 얻을 수 있다. NATO 지상군 작전(군수품 조작 및 비조작)을 위해 현재 고려되는 최고 높이는 57kPa의 공기압에 상응하는 4,570m이다.
- b. 수송기 화물 격납고 압력 조건. 이 시험법의 네 가지 절차에 대해 사용되는 시험 절차는 각 시험 품목에 따라 크게 달라질 수 있다. 군수품을 운반할 수 있는 화물 수송기의 종류는 매우 다양하며 여압 시스템 종류 또한 매우 다양하다. 항공기는 각기 다른 실용 상승 한도(순항의 경우 “정상”고도)를 가지며 정상 실용 상승 한도는 초 중장비(very heavy)의 경우 달성될 수 없다. 대부분의 여압 시스템은 특

정 고도 이하까지 화물 격납고에 외부 대기압력을 제공하므로(항공기 내부와 외부 사이에 압력 차동없음), 해당 고도 이상에서 특수 압력을 유지한다. 화물구 내부의 압력을 “캐빈 고도”라 한다. 시험 품목을 가장 그럴듯할 것으로 예상되는 조건에 노출시킨다. 군수품이 독특한 캐빈 고도 요건을 가지는 특별 항공기에서 수송되도록 설계되지 않았다면, 다음 지침을 활용하라:

(1) 절차 I 및 II의 경우, 캐빈 고도에 대해 4,572m(15,000ft)를 사용할 것(표준 대기에서의 해당 압력: 57.2 또는 8.3psia)

(2) 절차 III 및 IV의 경우, 초기 캐빈 고도(75.2kPa 또는 10.9psia)에 대해 2,438m(8,000ft)를 사용하고, 감압 후 최종 캐빈 고도(18.8kPa 또는 2.73psia)에 대해서는 12,192m(40,000ft)를 사용할 것.

c. 수송기 화물 격납고 온도 조건. 다양한 저압 환경과 연관된 온도 범위는 크게 변할 수 있는데 주로 많은 항공기의 화물 격납고 내 환경 제어 시스템의 능력에 따라 변화하게 된다. 측정 자료 또는 적당한 국내자원에서 시험 온도를 얻어라.

### 2.3.2 고도변화율.

만일 특수 고도변화율(상승/하강율)이 요건서에 나와있거나 규정되어 있지 않은 경우, 다음 지침이 주어진다: 일반적으로, 폭발성 감압 시험을 제외하고, 10m/s를 초과하는 고도변화율을 사용해서는 안 된다. 단 예상 전개 플랫폼에 의해 정당화되지 않는다고 가정한다. 전 군 동력인출장치에서, 군 수송 항공기의 평균 고도변화율은 통상적으로 7.6m/s이다. 달리 규정되어 있지 않다면 지상 전개시험(표준화 목적)시 10m/s 값을 사용할 것.

### 2.3.3 감압율.

급속 감압율이 변할 수 있는 수많은 조건이 존재한다. 다음이 포함된다:

a. 항공기의 큰 손상, 단 항공기는 잔존하며 감압은 실질적으로 순간적이다(폭발성 감압 -- 0.1초 또는 그 이하 안에 이루어짐).

b. 감압이 상기보다 낮은 비율로 발생할 수 있는 이물체에 의한 비교적 경미한 손상(급속 감압 -- 최대 15초).

### 2.3.4 시험 지속시간.

절차 I의 경우, 예상 사용 환경을 대표하는 시험 지속시간을 사용할 것. 단 이 시간이 너무 광범위한 경우, 대부분의 군수품에 적합할 것으로 사료되는 한(1) 시간(최소)의 시험 지속시간을 사용하도록 한다. 일단 시험 압력에 도달하여 모든 필요한 기능을 수행하고 나면, 절차 II, III 및 IV는 시험 압력에서 주기를 연장할 필요가 없다.

### 2.3.5 시험 품목 배치.

수송, 보관 또는 조작에 있어 예상되는 군수품의 현실적인 배치를 기반으로 하여 시험 품목 배치를 결정하도록 한다. 최소한으로, 다음과 같은 배치를 고려할 것.

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스 내.
- b. 정상 조작 배치(현실적으로 또는 결박물을 이용. 예:일반적으로 포함되는 개구부 이용).

### 2.3.6 습도.

통상적으로 다양한 수준의 습도가 자연환경에 존재한다 하더라도, 온도, 공기압 및 상대습도들의 결합을 제어하는 것과 연관된 복잡성으로 인해 본 시험법에서 습도를 포함하는 요건은 없다. 시험법 520.2에서는 이 결합을 포함하고 있으며, MIL-HDBK-310에서는 고도에서의 습도 자료를 포함하고 있다.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락5.7 및 5.9, 부록A, 과업(Task)405에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 고도 및 이에 해당하는 압력.
  - (2) 고도변화율(또는 특수 항공기 및 비행 환경이 알려진 경우 여압 일정).
  - (3) 시험 온도(표준 주위가 아닌 경우)
  - (4) 시험 품목 배치.
  - (5) 시험 지속시간.

### 3.2 시험 중.

본 표준의 제1부, 단락 5.10 및 부록A, 과업406을 참조할 것.

### 3.3 사후시험.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 및 부록A, 과업406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 특수 시험 품목에 적용된 이전의 시험법.
  - (2) 시간 대 압력 자료.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

- a. 필요한 기구는 저압 및 온도의 필수 조건을 유지하고 감시할 수 있는 부속 계측기(제1부, 단락 5.18 참조) 및 챔버 또는 캐비닛으로 구성된다.

- b. 필요할 경우, 챔버 압력과 온도를 연속 기록할 것.

#### 4.2 제어.

- a. 고도변화율. 표준화 목적을 위해, 달리 규정되어 있지 않다면, 10m/s를 초과하는 고도변화율을 사용하지 말 것.(단락 2.3.2 참조)
- b. 차트. 표준화 목적을 위해, 실물 크기의 2% 이내 해상도로 읽을 수 있는 판독 차트를 사용할 것.

#### 4.3 시험 해석.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 원하는 효과를 달성하기 위해, 저압의 전체 지속 시간에 시험 품목을 중단없이 노출시킬 것.

#### 4.4 시험 기구.

제1부, 단락 5.8을 참조할 것.

#### 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 저압 환경 내 군수품과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다. 달리 규정되어 있지 않다면, 표준 주위에서 챔버 온도를 유지하라.

##### 4.5.1 시험 준비.

###### 4.5.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 시험 고도, 고도변화율, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다.

###### 4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

- 단계1. 필요하다면, 시험 계획에 설명된 시험 품목 내 또는 위에 온도 센서를 설치한다.
- 단계2. 표준 주위 조건에서 챔버 내(제1부, 단락 5.8.1)에 시험 품목을 설치한다(제부, 단락5.1).
- 단계3. 성형 케이스의 모서리와 같이, 응력 부분에 특별한 주의를 기울여 시험 품목을 육안 점검한다. 결과를 문서화 한다.
- 단계4. 계획에 설명된 바와 같이 조작상 점검(제1부, 단락 5.8.2)을 수행하고 결과를 기록한다.

단계5. 만일 시험 품목이 만족스럽게 작동한다면, 적당한 시험 절차를 시작한다. 그렇지 않다면, 문제를 해결하고 상기 단계4를 반복한다.

#### 4.5.2 절차 I - 보관/공수.

- 단계1. 시험 품목을 그 보관 또는 수송 배치로 배열하고 시험 챔버에 설치한다.
- 단계2. 적당하다면, 시험 품목을 필요 온도로 안정화 시킨다.
- 단계3. 챔버 공기압을 시험 계획에 규정된 바와 같은 고도변화율에서, 필요 시험 고도에 상응하는 값으로 조정한다.
- 단계4. 시험 계획에 달리 규정되어 있지 않다면, 최소 한 시간 동안 그 조건을 유지한다.
- 단계5. 시험 계획에 규정된 비율로 표준 주위 조건으로 챔버 공기를 조정한다.
- 단계6. 가능한 범위까지 시험 품목을 육안 점검하고 조작상 점검을 수행한다. 결과를 문서화 한다.

#### 4.5.3 절차 II - 조작/항공기.

- 단계1. 시험 품목이 그 작동 배치된 상태라면, 챔버 공기압( 및 적당하다면 온도)을 시험 계획에 규정된 값을 초과하지 않는 비율로 필요 조작 고도에 상응하는 값으로 조정한다.
- 단계2. 요건서에 따라 시험 품목에 대한 조작상 점검을 수행하고 결과를 문서화 한다.
- 단계3. 시험 계획에 규정된 비율로 표준 주위 조건으로 챔버 공기를 조정한다.
- 단계4. 가능한 범위까지 시험 품목을 육안 점검하고 조작상 점검을 수행한다. 결과를 문서화 한다.

#### 4.5.4 절차 III - 급속 감압.

- 단계1. 시험 품목이 그 보관 또는 운송 배치된 상태라면, 시험 계획에 규정된 비율에서 챔버 공기압( 및 적당하다면 온도)을 캐빈 고도(2,438m)로 조정한다(단락 2.3.1b 참조).
- 단계2. 챔버 공기압을 15초 안에, 12,192m(18.8kPa)의 필요 시험 고도에 해당하는 값으로 낮추거나, 최대 비행 고도에 대한 시험 계획에 달리 규정되어 있는 바와 같이 낮춘다. 이 안정화된 감소 압력을 최소 10분 동안 유지할 것.
- 단계3. 챔버 공기를 시험 계획에 규정된 비율에서 표준 주위 조건으로 조정한다.
- 단계4. 가능한 범위까지 시험 품목을 육안적으로 점검한다. 결과를 문서로 작성한다. 주: 잠재적인 안전 문제에 대해 주의를 기울여야 한다.

#### 4.5.5 절차 IV - 폭발성 감압.

- 단계1. 시험 품목이 그 보관 또는 운송 배치된 상태라면, 시험 계획에 규정된 비율에서 챔버 공기압( 및 적당하다면 온도)을 캐빈 고도(2,438m)로 조정한다(단락 2.3.1b 참조).
- 단계2. 챔버 공기압을 0.1초 안에, 12,192m(18.8kPa)의 필요 시험 고도에 해당하는 값으로 낮추거나, 시험 프로그램에 달리 규정되어 있는 바와 같이 낮춘다. 이 안정

화된 감소 압력을 최소 10분 동안 유지할 것.

단계3. 챔버 공기를 시험 계획에 규정된 비율에서 표준 주위 조건으로 조정한다.

단계4. 가능한 범위까지 시험 품목을 육안적으로 점검한다. 결과를 문서로 작성한다. 주: 잠재적인 안전 문제에 대해 주의를 기울여야 한다.

## 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14에 주어진 지침과 아울러, 다음 정보는 시험 결과를 평가하는데 도움을 준다. 시험 분석에 대한 군수품 규격의 요건을 충족하기 위하여 시험 품목의 고장과 관련된 모든 자료를 적용하도록 한다. 절차Ⅲ 및 Ⅳ의 경우, 시험 품목은 급속 또는 폭발성 감압이 항공기나 사람에 위해성을 유발하는 경우에만 고장난다; 달리 규정되어 있지 않는 한 시험 품목이 만족스러운 사후시험 성능을 반드시 보여줄 필요는 없다.

## 6. 참고규격/관련 문서.

a. STANAG4044, Adoption of a Standard Atmosphere, 10 April 1969,(ICAO Standard Atmosphere).

b. STANAG4370, Environmental Testing.

c. Allied Environmental Conditions and Test Publication 300, Climatic Environmental Testing(Edition 2)(under STANAG4370).

d. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.

e. Synopsis of Background Material for MIL-STD-210B, Climatic Extremes for Military Equipment. Bedford, MA. U.S. Air Force Cambridge Research Laboratories, 1974. DTIC number AD-780-508.

f. Handbook of Geophysics and Space Environments.. Bedford, MA. U.S. Air Force Cambridge Research Laboratories, Office of Aerospace Research, 1965.

g. U.S. Standard Atmosphere, 1976. NOAA/NASA/USAF, 1976.

공백

## 시험법 501.4

### 고온

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

고온 시험을 사용하여 군수품 안전, 무결성 및 성능에 대하여 고온 조건이 미칠 수 있는 영향을 평가하는 것을 지원한다.

##### 1.2 용도.

이 시험법을 사용하여 온도가 표준 주위 보다 높은 장소에 배치될 수 있는 군수품을 평가한다.

##### 1.3 제한사항.

시험 품목 전체에 걸쳐 열이 분포되더라도, 비교적 단기간(달, 년에 대립하는 것)의 영향을 평가하는데 있어 이 시험법의 사용을 제한하라. 이 시험법은 통상적으로 다음에는 적용할 수 없다:

- 공동작용 영향이 포함될 수 있는 경우 고온(보관 또는 작동 모드하에서)에의 일정한 장기 노출 중 발생하는 시간-의존적 성능 열화(노화) 평가. 이러한 고온 노화 영향의 경우, 자연환경에서 시험할 것.
- 일사가 군수품에서 상당한 열적 증감을 생성하는 고온 환경에서의 군수품 평가.
- 화학선(광화학) 영향(마지막 부는 시험법 505.4, 절차II를 사용) 평가.
- 공기역학적 가열의 영향 평가.

#### 2. 적합화 지침.

##### 2.1 이 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 저압이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법에 대한 필요성을 확인하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다.

##### 2.1.1 고온 환경의 영향.

고온은 군수품을 구성하는 재료의 물리적 특성 또는 치수를 변경시킴으로써 군수품 성능을 일시적 또는 영구적으로 손상시킬 수 있다. 다음은 시험될 군수품과 관련될 수 있는 고온 노출에서 발생할 수 있는 문제들의 예이다. 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

- a. 부품이 유사하지 않은 재료의 차동 팽창으로 인해 결합(접합)된다.
- b. 윤활제의 점착성이 떨어진다; 윤활제가 외부로 흘러가면서 조인트의 윤활이 없어진다.
- c. 군수품의 치수가 전체 또는 부분적으로 변한다.
- d. 포장, 가스켓, 실, 베어링 및 축이 비틀어지고, 묶이고 약해져 기계적 또는 무결성 결함이 발생한다.
- e. 카스킷이 영구적인 셋(permanent set)을 나타낸다.
- f. 폐합 및 밀봉띠가 열화된다.
- g. 고정-저항 저항기의 값이 변한다.
- h. 전자회로 안정성이 유사하지 않은 재료의 차동 팽창 및 온도 증감에 따라 변한다.
- i. 변압기 및 전자기 부품이 과열된다.
- j. 계전기 및 자기 또는 열활성 장치의 조작/방출 여유가 변한다.
- k. 작동 수명 단축.
- l. 고체 펠릿 또는 낱알이 분리된다.
- m. 밀봉 케이스 내에서 고압 생성(발사체, 폭탄 등).
- n. 폭발물 또는 추진체의 연소 가속화.
- o. 케이스 내 주철 폭발물의 팽창.
- p. 폭발물이 녹고 삼출된다.
- q. 유기재의 변색, 균열 또는 빙렬 생성.

r. 혼합재의 기체가 빠진다.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5 참조.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 시험 순서와 관련된 이론에는 최소 두 가지가 있다. 한 가지 접근법은 우선 환경에 가장 손상을 일으키지 않는 것으로 판단되는 것을 적용하여 시험 품목 수명을 유지하는 것이다. 이 접근법의 경우, 일반적으로 시험 순서 초기에 고온 시험에 적용하라. 또 다른 접근법은 공동작용 영향을 노출할 가능성을 최대화하는 환경에 적용한다. 이 접근법의 경우, 진동 및 충격과 같은 동적 시험을 한 후 고온 시험을 고찰할 것.

## 2.2 절차 선택.

이 시험법은 두 가지 시험 절차, 절차 I(보관) 및 절차 II(조작)를 포함한다. 어떤 절차를 사용할 것인지 결정하라.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

절차를 선택할 때, 다음을 고찰하라:

a. 군수품의 조작 목적.

b. 자연 노출 환경.

c. 군수품의 조작 목적이 충족되었는지를 결정하는데 필요한 시험 자료.

d. 절차 순서. 만일 보관 절차와 조작 절차가 모두 적용된다면, 절차 II에 앞서 절차 I를 수행할 것.

e. 모터, 엔진, 전원 또는 배기관과 같은 군수품에 영향을 줄 수 있는 기타 다른 주요 열원.

### 2.2.2 절차 간 차이.

두 가지 절차가 온도 처리 및 성능 시험과 관련있지만, 이는 성능 시험 전 및 중에 온도 부하를 기준으로 할 때 차이를 보인다. 보관 절차는 연이은 군수품 작동에 대해 고온 보관이 미치는 영향을 평가한다. 조작 절차는 작동 중 고온의 영향을 평가한다.

a. 절차 I - 보관. 보관 중 고온이 군수품(군수품의 무결성 및 안전/성능)에 얼마나 영향을 미치는지를 조사하기 위하여 절차 I을 사용하라. 이 시험 절차는 군수품의 보관 환경에서 발생할 수 있는 고온( 및 적용가능한 경우 저습)에 시험 품목을 노출시키는 것을 포함한다. 이후 표준 도는 고온 환경 조건에서 성능 시험을 한다.

b. 절차 II - 조작. 조작 중 높은 주변 온도가 군수품 성능에 얼마나 영향을 미치는지를 조사하기 위하여 절차 II를 사용하라. 절차 II를 수행하는데는 두 가지 시험법

이 있다:

(1) 연속적으로 또는 최대 응답 주기 중에 작동하는 시험 품목과 함께 주기적 챔버 조건에 시험 품목을 노출(최고온 품목).

(2) 시험 품목을 일정한 온도에 노출시키고 온도가 안정화되었을 때 시험 품목을 조작.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 적용가능한 시험 조건/기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하라. 시험 수준을 선택할 때 다음을 고찰할 것.

#### 2.3.1 기후 조건.

군수품이 조작되고 보관될 지리학적 장소에 적합한 기후 조건을 파악하도록 한다. 일반적으로 고온이 경험되는 두 가지 기후 범주가 있다: 고온건조 및 기본고온(제1부, 부록C, 그림 C-1). 이러한 장소에 대한 자료는 표 501.4- I, -II 및 -III에 주어지 있다. 다음에 관하여 고온 수준을 결정할 것.

a. 관련 기후 지역.

b. 일사예의 노출: 군수품, 선적 컨테이너, 보호 포장 방공호에 직접적으로 노출되는가?

c. 주변공기 및 일사로부터 군수품에 열을 전달하는 경로 분석.

#### 2.3.2 노출 조건.

시험 온도를 설정하기 위한 수준을 결정하기 전에, 군수품이 정상 보관 및 조작 환경에서 열에 노출되는 방식을 먼저 결정해야 한다. 적어도 다음 노출 조건을 고찰하라:

a. 배치 형태.

(1) 노출. 군수품이 보호덮개 또는 엄폐 수용구의 이득없이 세계의 모든 기후지역에서 배치될 때 경험할 수 있는 가장 가혹한 조건과 관련.

(2) 엄폐. 군수품이 덮개 밑 또는 엄폐 수용구 아래에 있을 때, 세계의 모든 기후지역에 배치될 때 군수품이 경험할 수 있는 가장 가혹한 조건과 관련. 유용한 환기의 양 및 인접한 그들의 존재는 엄폐된 군수품의 주변 공기 온도에 매우 큰 영향을 미칠 수 있다. 이러한 상황에 대한 예가 아래에 주어지 있다.(주: 만일 현장 자료를 사용할 수 없다면, MIL-HDBK-310 또는 NATO STANAG2895를 이용하여 이 노출 조건에 접근할 수 있다. 상기 참고문헌에 설명된 옥외 주변 공기 온도 및 습도 조건은 지상 1.2 - 1.8m(4 - 6ft)에 있는 표준 기상 엄폐호에서 측정된 것이다.)

- (a) 환기되지 않은 수용구 내부.
  - (b) 밀폐된 차량체 내부.
  - (c) 표면이 태양열에 노출된 항공기 단면 내부.
  - (d) 텐트 내부.
  - (e) 폐쇄된 방수천막 아래.
  - (f) 지표면, 지표면 위 또는 아래에 배치.
- b. 노출 지속시간. 군수품이 식별된 각 노출 조건에서 경험하게 될 노출 지속시간을 결정할 것. 노출은 일정하거나 또는 주기적일 수 있는데, 이런 경우 노출이 발생하는 시간들을 파악할 것.

c. 특수 조건. 고온 시험이 일반적으로 군수품 주위의 기낭 평균 온도를 기반으로 하지만, 특수 가열 조건으로 인해 상당한 집중 가열이 발생할 수 있다. 이 집중 가열은 평균 주변 공기를 보다 훨씬 높아질 수 있으므로 따라서 군수품의 열적 작용과 성능 평가에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 이러한 조건이 존재할 경우(아래에 설명된 바와 같이), 실질적인 범위까지 고온 시험 기구에서 이 조건을 모의시험하거나 포함한다.

(1) 가중 태양. 군수품이 유약이 칠해진 또는 투명한 패널 뒤에 배치되거나 또는 얇은 금속 표피 뒤 폐쇄되고 환기되지 않는 구획 내부에 배치되는 경우, 직사광선으로 인해 부분 공기 온도가 505.4-I 및 II에 나타난 값을 일시적으로 초과할 수 있다. 극한온도를 적용하는 경우 손상 가능성 증가로 인해 주의를 기울이도록 한다. 이러한 상황에서는 실제 현장 측정에 관한 시험에 기반을 둔다. (그러한 시험에 적용가능한 조건이란 이 시험법과는 독립적으로 또는 이 시험법과 연계하여 시험법 505.4를 사용하는 것을 의미할 수 있다.)

(2) 인공 근원. 인공 열-생성 장치(모터, 엔진, 전원, 고밀도 전자 패키지 등.)는 배기 공기의 방사, 대류 또는 충돌에 의해, 군수품 근처에서 부분 공기 온도를 크게 발생시킬 수 있다.

### 2.3.3 시험 지속시간.

일정한 온도 노출을 위해, 시험 품목의 온도가 안정화될 때까지 품목을 소크한 후 적어도 두 시간 시험 온도를 유지한다. 주기적 노출을 위해, 아래의 설계 요건 및 지침을 만족시키는데 필요한 주기 수 평가를 기반으로 하여 시험 지속시간을 결정한다. 고온 노출 지속시간은 그 자체가 온도만큼 중요할 수 있다. 절차 I 및 II에서는 해당 시험 품목을 주기적 온도에 노출시킬 수 있기 때문에, 주기의 수는 중요하다. (주기는 달리 규정되지 않는 한 24시간이 1주기이다.)

a. 절차 I - 보관. 보관 시험을 위한 주기의 수는 가장 가혹한 장소에서 평년 중 가장 가혹한 달(month) 중 극한 온도가 발생하는 시간의 빈도 1%와 일치하기 위해 최소 7로 설정된다. (최대 온도는 대략적으로 각 주기에서 한 시간 동안 발생한다.) 보관이 연장될 것으로 판단될 경우, 주요 군수품 또는 고온에 매우 민감할 것으로 사료되는 군수품은 설계 요건에 충족되는지 확인하기 위하여 주기의 수를

늘린다.

b. 절차 II - 조작. 조작 노출 시간의 최소 주기 수는 3이다. 이 수는 통상적으로 시험 품목이 그 최대 반응온도에 도달하기에 충분한 수이다. 반복된 온도 반응을 취하기 어려운 경우 최대 7 주기를 생각해 보는 것도 좋다.

주: 이 최대 반응온도는 본 표준의 기타 다른 시험법(예: 시험법603.4)에 언급되어 있다.

### 2.3.4 시험 품목 배치.

보관 및 조작에 있어 예상되는 군수품의 현실적인 배치를 기반으로 하여 시험 품목 배치를 결정하도록 한다. 최소한으로, 다음과 같은 배치를 고려할 것:

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스 내.
- b. 보호 또는 비보호 배치(천개 밑 또는 밑폐된).
- c. 정상 조작 배치(현실적으로 또는 결박물을 이용. 예:일반적으로 포함되는 개구부 이용).
- d. 특수용 키트로 개조.
- e. 쌓인 또는 화물 운반대에 실린 배치.

### 2.3.5 습도.

일반적으로, 고온 시험 중 상대습도(RH)를 꼭 제어할 필요는 없다. 특별한 경우, 매우 낮은 RH는 고온 시험 중 일부 군수품에 상당한 영향을 미치기도 한다. 군수품이 매우 낮은 RH에 의해 영향을 받을 수 있는 특수한 특성을 지녔다면, 표 501.4- I 및 II에 나타난 RH 값을 사용할 것.

### 2.4 시험 품목 조작.

시험 품목을 조작하는데 필요하다면, 시험 조작 절차를 수립하는데 대한 다음과 같은 지침을 사용하도록 한다:

- a. 일반사항. 제1부, 단락5.8.2를 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 대부분의 전력을 소비하는 작동 모드를 포함할 것(대부분의 열을 발생).
  - (2) 전압 변경이 시험 품목 열 소비 또는 반응에 영향을 미칠 수 있는 경우 입력전압 조건의 필요 범위를 포함할 것(예; 전력 발생 또는 팬 속도).
  - (3) 사용 중 일반적으로 적용될 수 있는 냉각매질(예: 강제공기 또는 액체 냉각제)

을 도입할 것. 냉각 매질 입구 온도 및 전형적이며 최악-조건 퇴화 온도와 흐름 조건을 나타내는 유량율의 사용을 고찰할 것.

(4) 정상상태 온도 시험에서, 중요 내부 작동 부품의 온도가 비교적 일정하다면 열 안정화가 달성된 것으로 간주할 것. (시험 품목 임무 순환 또는 작동 특성으로 인해, 일정한 작동온도는 절대 도달할 수 없을 수 있다.)

(5) 주기적 온도 시험의 경우 주기와 시험 품목의 특성에 따라, 열 안정화가 없을 수 있다. 이러한 경우, 시험 품목의 열 반응은 또한 주기적이다. 즉 피크 반응온도는 이전 주기의 온도 2°C 이내에 있다.

### 3. 필요한 정보.

#### 3.1 예비시험.

고온 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락5.7 및 5.9, 부록A, 과업405에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 상대 습도 제어 요건(필요할 경우). (이 시험법의 단락 2.3.5 참조)
- c. 열전대 위치. 열적 반응 및 온도 안정화 목적을 위해 사용되는 부품/조립체/구조물. (제1부, 단락 5.4 참조.)

#### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음 정보를 수집할 것:

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락5.10, 부록A, 과업406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 챔버 온도( 및 적용가능할 경우 습도) 대 시간 조건의 기록.
  - (2) 시험 지속시간 중 시험 품목 온도 대 시간 자료의 기록.

#### 3.3 사후시험.

제1부, 단락 5.13을 참조할 것.

### 4. 시험 과정.

#### 4.1 시험 설비.

- a. 필요한 기구는 시험 부품 주위 공기의 기낭 전체에 걸친 고온(필요하다면, 습도)의 필요 조건을 유지하고 감시할 수 있는 부속 계측기(제1부, 단락 5.18 참조) 및 챔버 또는 캐비닛으로 구성된다.

b. 군수품 플랫폼 환경에 의해 정당화되지 않은 경우 그리고 군수품 내의 비현실적 열 전달을 막기 위하여, 1.7m/s(335ft/min)를 초과하지 않기 위해 시험 품목의 근처에서 공기 속도를 유지하도록 한다.

c. 챔버 온도 측정 및 필요하다면, 시험 품목 온도를 연속적으로 기록하도록 한다.

#### 4.2 제어.

a. 온도. 시험 계획에 달리 규정되어 있지 않다면, 시험 품목 조작성 제외된 그 외 모든 작용으로 인하여 챔버 공기온도 또는 시험 품목 온도(2°C(3.6°F)이상)가 크게 변할 경우 시험을 계속하기 전에 필요 온도에서 시험 품목을 재안정화 시켜야 한다.

b. 온도변화율. 달리 규정되어 있지 않다면, 열 충격을 방지하기 위해 분당 3°C를 초과하지 않는 온도변화율을 사용하도록 한다.

표 501.4- I. 고온 주기, 기후범주 - 기본 고온.<sup>1/</sup>

일일 중 시간	주변 공기 조건		유도된 조건	
	온도 <sup>3/</sup> ℃(°F)	습도 <sup>2/</sup> %RH	온도 <sup>3/</sup> ℃(°F)	습도 <sup>2/</sup> %RH
0100	33(91)	36	33(91)	36
0200	32(90)	38	32(90)	38
0300	32(90)	41	32(90)	41
0400	31(88)	44	31(88)	44
0500	30(86)	44	30(86)	44
0600	30(86)	44	31(88)	43
0700	31(88)	41	34(93)	32
0800	34(93)	34	38(101)	30
0900	37(99)	29	42(107)	23
1000	39(102)	24	45(113)	17
1100	41(106)	21	51(124)	14
1200	42(107)	18	57(134)	8
1300	43(109)	16	61(142)	6
1400	43(110)	15	63(145)	5
1500	43(110)	14	63(145)	6
1600	43(110)	14	62(144)	6
1700	43(109)	14	60(140)	6
1800	42(107)	15	57(134)	10
1900	40(104)	17	50(122)	14
2000	38(100)	20	44(111)	19
2100	36(97)	22	38(101)	25
2200	35(95)	25	35(95)	28
2300	34(93)	28	34(93)	33
2400	33(91)	33	33(91)	33

<sup>1/</sup> 이러한 주기들은 AR 70-38, 1979년 8월부터 취하였으며, 이는 MIL-HDBK-310 및 NATO STANAG 2895에 포함된 주기와 본질적으로 일치한다. 이러한 값은 이 기후범주에서 대표적인 하루 동안의 대표적인 조건을 나타낸다. “유도된 조건”은 군수품이 태양 부하에 의해 강화된 보관 또는 운송 상황에 노출될 수 있는 공기 온도 수준이다.

<sup>2/</sup> 고온 시험 중 습도 제어는 일반적으로 꼭 필요한 것은 아니다. 특수한 경우에서만 이러한 값을 사용하도록 할 것.

<sup>3/</sup> 자료는 원래 °F로 기록되고 °C로 변환되었다. 따라서, 표의 자료 변환은 일정하지 않을 수 있다.

표 501.4-II. 고온 주기, 기후범주 - 고온.<sup>1/</sup>

시간(24h 기준)	주변 공기 조건		유도된 조건	
	온도 <sup>3/</sup> ℃(°F)	습도 <sup>2/</sup> %RH	온도 <sup>3/</sup> ℃(°F)	습도 <sup>2/</sup> %RH
0100	35(95)	6	35(95)	6
0200	34(94)	7	34(94)	7
0300	34(93)	7	34(94)	7
0400	33(92)	8	33(92)	7
0500	33(91)	8	33(92)	7
0600	32(90)	8	33(91)	7
0700	33(91)	8	36(97)	5
0800	35(95)	6	40(104)	4
0900	38(101)	6	44(111)	4
1000	41(106)	5	51(124)	3
1100	43(110)	4	56(133)	2
1200	44(112)	4	63(145)	2
1300	47(116)	3	69(156)	1
1400	48(118)	3	70(158)	1
1500	48(119)	3	71(160)	1
1600	49(120)	3	70(158)	1
1700	48(119)	3	67(153)	1
1800	48(118)	3	63(145)	2
1900	46(114)	3	55(131)	2
2000	42(108)	4	48(118)	3
2100	41(105)	5	41(105)	5
2200	39(102)	6	39(103)	6
2300	38(100)	6	37(99)	6
2400	37(98)	6	35(95)	6

<sup>1/</sup> 이러한 주기들은 AR 70-38, 1979년 8월로부터 취하였으며, 이는 MIL-HDBK-310 및 NATO STANAG 2895에 포함된 주기와 본질적으로 일치한다. 이러한 값은 이 기후범주에서 대표적인 하루 동안의 대표적인 조건을 나타낸다. “유도된 조건”은 군수품이 태양 부하에 의해 강화된 보관 또는 운송 상황에 노출될 수 있는 공기 온도 수준이다.

<sup>2/</sup> 고온 시험 중 습도 제어는 일반적으로 꼭 필요한 것은 아니다. 특수한 경우에서만 이러한 값을 사용하도록 할 것.

<sup>3/</sup> 자료는 원래 °F로 기록되고 °C로 변환되었다. 따라서, 표의 자료 변환은 일정하지 않을 수 있다.

표 501.4-III. 고온 낮 주기 범위<sup>1/</sup>의 요약.

설계 형식	위치	주변공기 ℃(°F)	유도 공기 <sup>2/</sup> ℃(°F)
기본 고온	미국, 멕시코, 아프리카, 아시아 및 호주, 남아프리카, 남아메리카, 남스페인 및 서남 아시아의 고온 범주로부터 확장되는 세계의 많은 부분.	30-43 (86-110)	30-63 (86-145)
고온	북아프리카, 중동, 파키스탄 및 인도, 미국 남동부와 멕시코 북부	32-49 (90-120)	33-71 (91-160)

<sup>1/</sup> 온도 및 습도의 낮 주기는 표501.4- I 및 II에 주어져 있다.

<sup>2/</sup> 군수품이 유도된 조건은 극단의 보관 또는 운송 환경에 노출될 수 있는 공기 온도이다.

#### 4.3 시험 중단.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험(undertest) 중단.

(a) 순환. 만일 주기적 고온 시험이 수행되고 있는데 예상치 못한 중단이 발생하여 시험 조건이 표준 주위 온도에 대한 허용가능한 공차 범위 밖으로 떨어지는 경우, 마지막으로 성공적으로 완성된 주기가 끝날 때 시험을 복구하도록 한다.

(b) 정상상태. 만일 정상상태(비주기적)시험인 수행되고 있는 예상치 못한 중단이 발생하여 시험 조건이 표준 주위 조건에 대한 허용가능한 공차 범위 밖으로 떨어지는 경우, 시험 품목을 필요온도로 재안정화시키고 시험 조건이 중단된 지점에서부터 시험을 계속한다. 초기 및 최종 시험 주기 지속시간을 기록한다.

(2) 과도시험(overtest) 중단(예: 챔버 제어 불가).

(a) 검사 및 성능 점검. 만일 군수품 규격에서 요구하는 것 보다 더 극단적인 시험 품목의 노출로 인해 주기적 또는 정상상태 시험이 중단된다면, 시험을 계속하기 전에 완전한 물리적 검사 및 조작상 점검(가능하다면)을 수행하도록 한다.

(b) 안전, 성능, 군수품 문제. 과도시험 후 이러한 유형의 문제가 발견된다면, 더 나은 조치를 통해 시험을 완료하고 새로운 시험 품목으로 시험을 재개한다. 시험을 완료하지 못한 상태에서 나머지 시험을 수행하는 중 시험 품목에 고장이 발생할 경우, 시험 결과는 과도시험 조건으로 인해 쓸모없는 것으로 간주할 수 있다. 만일 아무런 문제도 발생하지 않았다면, 사전-중단 조건을 재확립하고 시험 허용차가 초과된 부분부터 계속한다.

#### 4.4 시험 기구.

a. 일반사항. 제1부, 단락 5.8을 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 시험 기구에 모든 추가의 열원 또는 적당한 모의 시험을 포함할 것(단락 2.3.2c).

#### 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 저압 환경 내 군수품과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

##### 4.5.1 시험 준비.

###### 4.5.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다.

###### 4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

- 단계1. 시험 계획에 설명된 시험 품목 내 또는 위에 온도 센서를 설치한다.
- 단계2. 표준 주위 조건에서 챔버 내(제1부, 단락 5.8.1)에 시험 품목을 설치한다(제부, 단락5.1).
- 단계3. 성형 케이스의 모서리와 같이, 응력 부분에 특별한 주의를 기울여 시험 품목을 육안 점검한다. 결과를 문서화 한다.
- 단계4. 계획에 설명된 바와 같이 조작상 점검(제1부, 단락 5.8.2)을 수행하고 결과를 기록한다.
- 단계5. 만일 시험 품목이 만족스럽게 작동한다면, 4.5.2 또는 4.5.3을 시작한다. 그렇지 않다면, 문제를 해결하고 상기 단계4를 반복한다.

##### 4.5.2 절차 I - 보관.

- 단계1. 시험 품목을 그 보관 배치로 배열한다.
- 단계2. 시험 주기를 시작하기 위해 챔버 환경을 적당한 시험 조건으로 조정하고 규정된 시간 동안 시험 품목의 다음 온도 안정을 유지한다.
- 단계3. a. 주기적 보관의 경우, 시험 품목을 최소 7주기(만일 24시간 주기를 사용하면, 이는 총 168시간이 될 것이다) 동안 보관 주기의 온도 조건에 노출하거나 시험 계획에 규정된 대로 노출한다. 만일 시험 계획에 언급되었다면, 시험 품목의 열적 반응을 기록하도록 한다.  
b. 일정한 온도 보관의 경우, 최소 두 시간 시험 온도를 유지하고 시험 품목 온도를 안정화한다(제1부, 단락 5.4 참조). 추가 두 시간은 측정되지 않은 내부 부품이 실제로 안정화에 도달할 수 있는지를 확인하는데 도움이 된다. 만일 내부 부품을 계측하는 것이 불가능하다면, 시험 품목 전체의 온도 안정화를 보장하기 위해 열적 분석에 대해 추가 소크 시간을 기반으로 해야 한다.
- 단계4. 일정한 온도 소크의 완성 시 또는 마지막 주기에서, 챔버 공기 온도를 표준 주위 조건으로 조정하고 시험 품목이 안정화될 때까지 유지한다.
- 단계5. 시험 품목의 육안 점검 및 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록하여 사전시

험 자료와 비교한다.

#### 4.5.3 절차 II - 조작.

단계1. 시험 품목이 그 조작 배치로 챔버에 배열되어 있다면, 시험 품목의 최대 온도반응을 측정하는데 필요한 모든 추가 온도 센서를 설치하여 기능 부품이 포함되는지 확인한다.

단계2. 시험 계획에서, 군수품의 최대 작동온도를, 일정한지 주기적인지 식별한다. 만일 일정하다면, 단계3, 주기적이라면 단계8로 갈 것.

단계3. 일정한 온도 노출. 챔버 공기 조건을 군수품이 작동해야 하는 필요 정상상태 온도( 및 적용가능한 경우 습도)로 조정한다.

단계4. 최소 두 시간 챔버 조건을 유지하고 시험 품목 온도를 안정화 한다(제1부, 단락 5.4 참조). 만일 내부 부품을 계측하는 것이 불가능하다면, 시험 품목 전체의 온도 안정화를 보장하기 위해 열적 분석에 대해 추가 소크 시간을 기반으로 해야 한다.

단계5. 가능한 한, 챔버 접근 제한사항을 고려하여 시험 품목 외관을 철저히 점검하고 결과를 문서화하여 예비시험 자료와 비교한다.

단계6. 시험 품목을 조작하고 그 온도는 다시 안정화 시킨다. 시험 계획에 따라 시험 품목의 조작상 점검을 수행하고 결과를 문서화하여 예비시험 자료와 비교한다.

단계7. 단계10으로 갈 것.

단계8. 순환 온도 노출. 챔버 공기 온도( 및 적용가능한 경우 습도)를 군수품 배치에 알맞은 조작상 주기의 초기 조건으로 조정하고 시험 품목의 온도가 안정화 될 때까지 이를 유지한다.

단계9. 시험 품목을 최소 3주기 또는 반복된 시험 품목 반응을 확인하는데 필요한 주기 수에 노출하도록 한다. 가능한 한 챔버 접근 제한사항을 고려하여 시험 품목 외관을 철저히 점검한다. 결과를 기록한다.

단계10. 노출 주기의 최대 반응 기간 동안 시험 품목을 조작한다. 최대 반응 기간은 시험 품목의 열적 지연으로 인해 최대 온도 주기에 일치하지 않을 수 있음을 염두할 것. 승인된 시험 계획에 따라 시험 품목의 완벽한 조작상 점검이 수행되고 결과가 문서화 될 때까지 반복한다.

단계11. 시험 품목이 작동하지 않는 상태에서, 챔버 공기 온도를 표준 주위 조건으로 조정하고 시험 품목 온도가 안정화 될 때까지 유지한다.

단계12. 승인된 시험 계획에 따라 완벽한 육안 점검 및 조작상 점검을 수행하고 결과를 문서화 하여 예비시험 자료와 비교한다.

#### 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14에 주어진 지침과 아울러, 시험 결과의 평가를 지원하기 위해 다음 정보가 제시된다. 시험 분석에 대한 군수품 규격의 요건을 충족하지 못하는 시험 품목과 관련된 모든 자료를 적용하고, 다음과 같은 관련 정보를 고찰하도록 한다:

- a. 보관 시험이 극한온도에서 수행될 수 있는 다음 군수품의 비파괴 점검(가령 있다면) 결과.

- b. 높은 극한온도에서 허용되는 작동 특성의 퇴화 또는 변경.
- c. 고온 노출을 위한 특수 키트 또는 특수 작동절차 필요성.
- d. 부적절한 운할 증거 및 환경 조건에 대해 규정된 운할제가 사용되는지에 대한 확인.

**6. 참고규격/관련 문서.**

- a. AR 70-38, Research, Development, Test and Evaluation of Materiel for Extreme Climatic Conditions.
- b. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.
- c. Synopsis of Background Material for MIL-STD-210B, Climatic Extremes for Military Equipment. Bedford, MA: Air Force Cambridge Research Laboratories, 24 January 1974. DTIC umber AD-780-508.
- d. NATO STANAG 2895, Extreme Climatic Conditions and Derived Conditions for Use in Defining Design/Test Criteria for NATO Forces Materiel.
- e. NATO STANAG 4370, Environmental Testing.
- f. Allied Environmental Conditions and Test Procedure(AECTP)300, Climatic Environmental Tests(under STANAG 4370).

공백

## 시험법 502.4

### 저온

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

저온 시험을 이용하여 보관, 작동 및 조종 중 저온 조건이 군수품 안전, 무결성 및 성능에 얼마나 영향을 미치는지를 결정한다.

##### 1.2 용도.

군수품이 그 수명주기 중 저온 환경에 배치될 수 있고 저온 영향이 기타 다른 시험 중 평가되지 않았다면 이 시험법을 사용한다.

##### 1.3 제한사항.

이 시험법은 비여압 항공기에서 설치 및 조작되는 군수품을 시험하기 위해 고안된 것은 아니다. 그러한 군수품은 통상적으로 시험법520.2에 따라 시험될 수 있기 때문이다.

#### 2. 적합화 지침.

##### 2.1 저온시험법 선택.

요건서를 점검하고 시험 품목의 수명주기 중 어디서 저온이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다.

##### 2.1.1 저온 환경의 영향.

저온은 대부분 기본 재료에 역영향을 미친다. 결과적으로, 군수품을 저온에 노출시키면 군수품을 구성하는 재료의 물리적 특성이 변경되어 군수품의 조작성이 일시적 또는 영구적으로 손상될 수 있다. 군수품이 표준 주위 하에서 온도에 노출될 때 마다 저온 시험을 고찰하고, 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

a. 재료의 경화 및 연화.

b. 유사하지 않은 재료의 차동 수축으로 인한 부품의 결합(접합) 및 과도 온도에 반응하는 각기 다른 부품의 각기 다른 팽창율.

- c. 유효력이 점점 떨어지고 점도의 증대로 인한 유효제 범람.
- d. 전자부품 변화(저항기, 커패시터 등).
- e. 변압기 및 전자기 부품의 성능 변화.
- f. 충격판의 경직.
- g. 질산암모늄과 같은 폭발성 고체 펠릿 또는 난알의 균열.
- h. 균열 및 병렬, 연화, 충격 강도 변화 및 강도 감소.
- i. 억제 유리의 정적 피로
- j. 물의 응축 및 동결.
- k. 보호복을 입고 있는 사람의 민첩성, 청각 및 시야 저하.
- l. 연소율의 변화.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5를 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 시험 순서와 관련된 이론에는 최소 두 가지가 있다. 한 가지 접근법은 우선 환경에 가장 손상을 일으키지 않는 것으로 판단되는 것을 적용하여 시험 품목 수명을 유지하는 것이다. 이 접근법의 경우, 일반적으로 시험 순서 초기에 고온 시험에 적용하라. 또 다른 접근법은 공동작용 영향을 노출할 가능성을 최대화하는 환경에 적용한다. 이 접근법의 경우, 진동 및 충격과 같은 동적 시험을 한 다음 고온 시험을 고찰할 것. 이에 대해서는 기재되지 않았으나, 이 시험은 저온 재료에 동적 사건(예: 선적, 출하 및 충격)이 미치는 영향을 평가하기 위하여 충격 및 진동 시험과 연계하여 사용할 수 있다. 또한, 이 시험은 시험법 500.4의 저압 시험 중 실의 성능을 크게 변경시킬 수 있다.

## 2.2 절차 선택.

이 시험법은 두 가지 시험 절차, 절차 I(보관) 및 절차 II(조작)를 포함한다. 시험 데이터 요건을 기반으로 하여 시험 절차, 조합 또는 절차의 순서를 적용할 수 있는지 결정하도록 한다. 대부분의 경우, 세 가지 절차가 모두 적용될 것이다.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

절차를 선택할 때, 다음을 고찰하라:

- a. 군수품 조작 목적. 요건서로부터, 저온 환경 및 모든 한계조건에서 군수품이

수행해야 하는 기능을 결정할 것.

b. 자연 노출 상황.

c. 군수품의 조작 목적이 충족되었는지를 결정하는데 시험 데이터.

(1) 배치 장소의 예상 온도.

(2) 배치 장소의 예상 지속시간.

(3) 시험 품목 배치.

d. 절차 순서.

(1) 절차Ⅱ는 절차Ⅰ, 절차Ⅲ 또는 이 둘보다 우선할 수 있다. 만일 군수품을 사용하기 전 저온에 보관해야 한다면, 절차Ⅱ에 앞서 절차Ⅰ을 수행해야 한다. 조종 시험이 필요하다면, 절차Ⅲ이 조작 시험보다 우선할 수 있다. 만일 군수품이 저온에서 보관하거나 사용 전 조작되도록 고안된 것이 아니라면, 절차Ⅱ를 직접 수행해야 한다.

(2) 보관 시험, 조작 시험 또는 이 둘은 필요할 경우 조종 시험보다 우선할 수 있다.

### 2.2.2 절차 간 차이.

모든 절차는 저온과 관련되어있지만, 타이밍 및 성능 시험의 속성을 기준으로 할 때 차이를 보인다.

a. 절차Ⅰ - 보관. 저온이 보관 중 및 보관 후 군수품의 안전과 보관 후 성능에 얼마나 영향을 미치는지를 조사하기 위하여 절차Ⅰ을 사용하라.

b. 절차Ⅱ - 조작. 저온 환경에서 군수품이 얼마나 잘 작동하는지를 조사하기 위하여 절차Ⅱ를 사용하라. 본 서의 목적을 위하여, 조작은 사람의 최소한의 접촉을 통한 군수품 자극으로 정의된다. 여기에는 처리(조종)도 포함된다.

c. 절차Ⅲ - 조종. 군수품이 무거운 방한방습 피복을 착용한 사람에 의해 쉽게 설치 및 해체될 수 있는지 조사하기 위하여 절차Ⅲ을 사용하라.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 적용 가능한 시험조건/기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하라. 시험 수준을 선택할 때 다음을 고찰할 것.

### 2.3.1 기후 조건.

우선적으로 요건서에서 특수 시험온도를 선택하라. 만일 이 정보가 무효하다면, 모든 추가 고찰사항 및 군수품이 사용될 세계의 모든 장소를 기반으로 하여 시험 온도를 결정하도록 한다. 자연 저온 환경이 일반적으로 주기적이라 하더라도, 대부분 사례에서 일정한 저온 온도 시험을 사용하는 것이 허용가능하다. 설계 평가에서 다양한 저온에의 노출이 중요할 수 있음을 의미하는 상황에서만 권장된 STANAG 2895, MIL-HDBK-310 또는 AR 70-38으로부터 적당한 냉각 주기가이다. 아래의 정보는 선택된 지역(기후 범주), 보관기간의 연장(2년 이상)되지 않은 상태에서의 세계적인 사용 또는 보관기간이 연장된 상태에서의 세계적인 사용시험 온도를 선택하는데 있어 지침을 제공한다.

a. 선택된 지역. 이 시험법의 표 502.4 및 본 표준 제1부의 표 C-1와 그림 C-1을 이용하여 시험 품목이 특수 지역 내에서만 사용될 때의 시험 온도를 결정할 수 있다. 표502.4-II에 나타난 공기 온도 극한은 혹한의 경우를 제외한 기후 지역으로 둘러싸인 지리학적 장소 내의 가장 가혹한 장소에서 가장 가혹한 달 중 해당 시간 발생 빈도 1%를 기반으로 한다. 나타난 값은 낮 주기의 범위를 나타낸다. 이 시험법의 경우, 일반적으로 각 범위 내 최저 값이 고려된다.

b. 세계적인 사용. 군수품이 세계 전역에서 보관 또는 조작될 때, 온도 선택은 절대 저온의 고찰사항 뿐 아니라, 주어진 저온조건의 빈도 고찰사항을 포함해야 한다. 빈도가 고찰되지 않는다면, 과도시험 조건을 만드는 것이 가능하다. 빈도 측면에서, 아래에 주어진 발생-확률 값은, 세계에서 가장 극한의 달 및 장소에서 주어진 온도가 같거나 더 큰 동안, 전체 시간의 백분율을 말한다. 예를 들면,  $-51^{\circ}\text{C}$ 의 온도가 발생할 확률이 20%라는 것은 세계에서 가장 극저온의 장소(남극은 제외)에서의 시간 중  $-51^{\circ}\text{C}$  또는 그 이하의 온도가 발생할 시간이 20%인 것으로 예상할 수 있다는 것을 뜻한다. 20%의 발생 확률은 일반적으로 배치 비용이 고찰되는 대부분의 용도에서 사용된다 ; 그러나, 특수용도 또는 시험 요건을 충족하기 위해, 원한다면 기타 다른 값을 선택할 것.

표 502.4- I . 극저온 온도 발생 확률

저온	발생 확률
$-51^{\circ}\text{C}(-60^{\circ}\text{F})$	20%
$-54^{\circ}\text{C}(-65^{\circ}\text{F})$	10%
$-57^{\circ}\text{C}(-71^{\circ}\text{F})$	5%
$-61^{\circ}\text{C}(-78^{\circ}\text{F})$	1%

c. 보관 기간이 확장된 상태에서의 세계적인 사용. 만일 군수품이 동북 시베리아나 중앙 그린란드의 “냉극”과 같은 초 저온을 경험하게 되는 장소에서 엄폐호나 보호물 없이 연장된 기간 동안 보관되어야 한다면, 군수품이 훨씬 더 낮은 기온(거의  $-6$

5°C(-85°F))에 노출될 수 있는 기회가 그만큼 더 증대되는 것이다. 이렇게 극저온에 노출이 늘어나면 탄약 등의 군수품이나 수명지원 장비 등의 품목 안전에 영향을 미칠 수 있다.

### 2.3.2 저온 노출 지속시간.

저온 노출 지속시간은 군수품의 안전, 무결성 및 성능에 있어 하나의 요소가 될 수 있다.

a. 비위해성 또는 비-안전-관련(비-수명-지원형)군수품. 이 범주(비작동 모드)에 속하는 대부분의 군수품은, 유기 플라스틱을 제외하고, 저온에서 온도 안정화를 이룬 후 퇴화를 경험하지 않는다. 시험 품목의 온도 안정화 이후, 다른 값을 사용할 수 없을 경우 군수품을 네 시간 보관한다.

b. 폭발물, 군수품, 유기 플라스틱 등. 이러한 품목들은 온도 안정화된 다음 계속하여 퇴화될 수 있다; 결과적으로, 장시간 동안 저온에서 이 품목들을 시험할 필요가 있다. 시험 품목이 온도 안정화를 이룬 후 최소 72시간의 기간을 사용한다. 이 기간의 노출 지속시간이 이러한 유형의 품목에 가장 잘 맞기 때문이다.

c. 제한된 유리. 특수 위치에서 설치하거나 억제할 필요가 있는 유리, 세라믹 및 유리형 제품(예: 광학 시스템, 레이저 시스템 및 전자 시스템에서 사용되는 제품)은 정적인 피로를 경험할 수 있다. 이 피로 현상을 유도하려면 저온 기간을 더 연장해야 할 수 있다. 특별한 참고문헌이 없더라도, 보통 24시간 노출은 이러한 유형의 설계 결함을 포함하지 않을 87%확률을 제공한다는 사실이 이미 보고되어 있다.

### 2.3.3 시험 품목 배치.

군수품의 배치는 군수품이 온도에 의해 얼마나 영향을 받을 수 있는지에 있어 중요한 하나의 요소이다. 따라서, 보관 중 군수품의 예상 배치를 사용하거나 또는 시험 중 사용하도록 한다. 최소한으로, 다음과 같은 배치를 고찰할 것.

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스.
- b. 보호 또는 비보호.
- c. 전략적 전개(현실적으로 또는 결박물을 이용. 예:일반적으로 포함되는 개구부 이용).
- d. 특수용 키트로 개조.

### 2.3.4 추가 지침.

군수품 규격과 요건서를 검토하고 필요한 추가의 모든 지침을 적용하라.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

고온 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락5.7 및 5.9, 부록A, 과업405에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 보호 온도, 필요한 보호복 유형 및 모든 추가 지침.
- c. 온도 센서 위치. 열적 반응을 위해 사용되는 부품/조립체/구조물. (제1부, 단락 5.4 참조.)

### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음 정보를 수집할 것:

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락5.10, 부록A, 과업406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 챔버 온도 대 시간 조건의 기록.
  - (2) 조종 시험 중 사용되는 보호복.

### 3.3 사후시험.

다음과 같은 사후시험 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 각 성능 점검에 필요한 시간의 길이.
  - (2) 온도-시간 대 자료(시험 품목 및 챔버).
  - (3) 시험 품목을 설치 또는 해체하는데 사용되는 옷과 특수 장비.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

- a. 필요한 기구는 시험 부품 주위 공기의 기낭 전체에 걸친 저온의 필요 조건을 유지하고 감시할 수 있는 부속 계측기(제1부, 단락 5.18 참조) 및 챔버 또는 캐비닛으로 구성된다.
- b. 군수품 플랫폼 환경에 의해 정당화되지 않은 경우 그리고 군수품 내의 비현실적 열 전달을 막기 위하여, 1.7m/s(335ft/min)를 초과하지 않기 위해 시험 품목의 근처에서 공기 속도를 유지하도록 한다.

### 4.2 제어.

- a. 온도. 시험 계획에 달리 규정되어 있지 않다면, 시험 품목 조작용을 제외한 그 외 모든 작용(예: 챔버 문의 개방)으로 인하여 챔버 공기온도 또는 시험 품목 온도( $2^{\circ}\text{C}$  ( $3.6^{\circ}\text{F}$ )이상)가 크게 변할 경우 시험을 계속하기 전에 필요 온도에서 시험 품목을 재안정화 시켜야 한다. 조작상 점검이 15분 내에 완료되지 않는 경우, 계속하기 전에 시험 품목 온도 조건을 재확립 할 것.
- b. 온도변화율. 달리 규정되어 있지 않다면, 열 충격을 방지하기 위해 분당  $3^{\circ}\text{C}$ 를 초과하지 않는 온도변화율을 사용하도록 한다.
- c. 온도 측정. 온도 안정화 데이터를 측정하기 위하여 시험 품목 위 또는 안에 온도 센서 계측기를 설치하도록 한다(제1부, 단락5.4 참조).
- d. 온도 기록. 필요하다면, 챔버 및 시험 품목 온도를 연속적으로 기록하도록 한다.

#### 4.3 시험 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 과소시험(undertest) 중단. 시험 온도가 완전한 물리적 검사 및 조작상 점검(가능한 경우)에 의해 주변 조건에 대해 허용가능한 허용치를 벗어나 변동할 수 있게 하는 중단을 수행한다. 만일 문제가 발생하지 않는다면, 시험 온도에서 시험 품목을 다시 안정화시키고 중단된 지점부터 계속한다. 극한 조건이 발생하지 않았기 때문에, 모든 문제를 시험 품목 고장으로 간주해야 한다.
  - (2) 과도시험(overtest) 중단. 시험을 계속하기 전에 완전한 물리적 점검 및 조작상 점검(가능한 경우)에 의해 해당 군수품 규격에서 요구하는 것보다 더 극한 노출을 시험 품목에 가하는 모든 중단을 수행한다. 만일 문제가 발견되면, 더 나은 조치를 통해 시험을 완료하고 새로운 시험 품목으로 시험을 재개한다. 시험을 완료하지 못한 상태에서 나머지 시험을 수행하는 중 시험 품목에 고장이 발생할 경우, 시험 결과는 과도시험 조건으로 인해 쓸모없는 것으로 간주할 수 있다. 만일 아무런 문제도 발생하지 않았다면, 사전-중단 조건을 재확립하고 시험 허용차가 초과된 부분부터 계속한다.

#### 4.4 시험 기구.

제1부, 단락5.8을 참조할 것.

#### 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 저온 환경 내 군수품과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다. 두 절차가 성공적으로 완성되었다는 것을 검증하기 위해 보간 및 조종 후 조작상 점검을 수행하라.

#### 4.5.1 시험 준비.

##### 4.5.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다.

##### 4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라(대형 시험 품목의 경우 단계 순서를 변경해야 할 수도 있다):

단계1. 시험 품목 온도를 측정하는데 필요한 경우 시험 품목 내 또는 위에 온도 센서를 설치한다.

단계2: 시험 품목을 챔버로 삽입하고 이를 표준 주위 조건에서 안정화한다(제1부, 단락5.1 참조).

단계3: 성형 케이스의 모서리와 같이, 응력 부분에 특별한 주의를 기울여 시험 품목을 육안 점검한다.

단계4. 결과를 문서화 한다.

단계5. 제1부, 단락5.8.1에 따라 필요한 배치에서 시험 품목을 준비하고 필요한 만큼 시험 품목을 배열한다.

단계6. 승인된 시험 계획에 따라 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록한다.

단계7. 시험 품목이 만족스럽게 작동하면, 시험 계획에 결정된 바와 같이 첫 번째 시험 절차를 시작한다.

#### 4.5.2 절차 I - 보관.

단계1. 시험 품목을 그 보관 배치로 조정하고 시험 챔버에 설치한다.

단계2. 챔버 공기 온도를 보관에 대한 시험 계획에 규정된 값으로 조정한다.

단계3. 시험 품목의 온도 안정화를 이룬 후(제1부, 단락 5.4), 시험 계획에 규정된 바와 같은 기간 동안 보관 온도를 유지한다.

단계4. 시험 품목을 육안 점검하고 예비시험 데이터와 결과치를 비교한다. 모든 관련있는 물리적 변경 또는 명확한 변경이 없다는 사실을 기록한다.

단계5. 만일 저온 작동이 필요하다면, 단락 4.5.3, 단계4를 시작하고 그렇지 않으면, 아래의 단계6을 시작한다.

단계6. 챔버 공기 온도를 표준 주위로 조정한다. 시험 품목이 온도 안정화에 도달할 때까지 유지한다.

단계7. 시험 품목을 완벽하게 육안 점검하고 결과를 문서로 작성한다.

단계8. 적당하다면, 시험 품목의 조작상 점검을 수행하고 결과를 문서로 작성한다.

단계9. 예비시험 자료와 이 자료를 비교한다.

#### 4.5.3 절차 II - 조작.

단계1. 시험 품목이 시험 챔버에 있을 때, 챔버 공기 온도를 시험 계획에 규정된 바와 같이 시험 품목의 저 작동온도로 조정한다. 시험 품목이 온도 안정화를 달성한

후 적어도 두 시간 이를 유지한다.

단계2. 챔버 접근 제한이 허용할 때 시험 품목을 완전하게 육안 점검한다.

단계3. 결과를 문서화한다.

단계4. 단락 4.5.1.2. 단계6에서와 같이 시험 품목의 조작상 점검을 수행한다.

단계5. 결과를 문서화한다.

단계6. 시험 품목을 저온에서 조종해야 할 때, 단락 4.4.4의 단계4로 간다. 그렇지 않으면, 본 절차의 단계7로 넘어갈 것.

단계7. 챔버 공기 온도를 표준 주위로 조정하고 시험 품목의 온도 안정화가 달성 될 때까지 유지한다.

단계8. 시험 품목을 완전하게 육안 점검한다.

단계9. 결과를 문서화한다.

단계10. 적당하다면, 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록하여 단락 4.5.1.2, 단계6에서 취득한 자료와 비교한다.

#### 4.5.4 절차Ⅲ - 조종.

단계1. 시험 품목이 시험 챔버에 있을 때, 챔버 공기 온도를 시험 계획에 규정된 바와 같이 시험 품목의 저 작동온도로 조정한다. 시험 품목이 온도 안정화를 달성한 후 적어도 두 시간 이를 유지한다.

단계2. 저 작동온도를 유지하면서, 단계4의 선택사항을 이용하여 시험 품목을 그 정상 작동 배치로 배열한다.

단계3. 상기, 단계1에서 사용한 온도를 재수립한다.

단계4. 유용한 시험 챔버의 유형을 기반으로 하여, 다음 두 선택사항 중 하나를 선택할 것.

선택사항1 - “walk-in”형 챔버가 유용한 경우 사용: 사람이 옷을 입고 있거나 장비를 장착한 상태에서, 저온 전술상황에 처할 수 있을 때 야전에서 하던 것과 같이 시험 품목을 해체하고 일반 선적/보관 컨테이너, 운송 케이스 또는 기타 다른 모드 및 배치에서 재포장한다.

선택사항2 - 소형 챔버(non-walk-in형)를 사용할 때 사용: 선택사항1 절차를 수행한다. 챔버 접근 홀을 통해 도달하는 사람에 의해 해체 및 포장이 수행되거나 또는 사람이 자연 환경에서 필요한 것과 같은 무거운 장갑을 낀 상태에서 문을 개방하는 것은 제외한다. 주 - 챔버 문을 개방하면 시험 품목이 점차 뜨거워지면서 표면에 서리가 생길 수 있다. 15분 간격으로, 필요한 설치 또는 해체를 수행하는데 필요한 조종을 제한한다. 간격 사이에 상기 단계1의 온도가 재수립된다.

단계5. 시험 품목을 저온에서 조작해야 할 때, 상기 단계2를 반복하고, 단락 4.5.3의 단계1을 시작한다. 그렇지 않을 경우, 이 절차의 단계6으로 넘어갈 것.

단계6. 시험 품목을 완전하게 육안 점검한다.

단계7. 결과치를 문서화하여 예비시험 자료와 비교한다.

단계8. 챔버 공기 온도를 표준 주위로 조정하고 품목이 온도 안정화에 도달할 때까지 유지한다.

단계9. 시험 품목을 완전하게 육안 점검한다.

단계10. 결과를 문서화 한다.

단계11. 적당하다면, 시험 품목의 조작상 점검을 수행하고 결과치를 기록하여 단락 4.5.1.2, 단계6에서 취득한 자료와 비교한다.

## 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14에 주어진 지침과 아울러, 시험 결과의 평가를 지원하기 위해 다음 정보가 제시된다. 시험 분석에 대한 군수품 규격의 요건을 충족하지 못하는 시험 품목과 관련된 모든 자료를 적용하고, 다음과 같은 관련 정보를 고찰하도록 한다:

- a. 저온노출이 저 시험 온도에서 수행될 수 있는 다음 비파괴 시험/점검.
- b. 저온에 있을 때 작동 특성에 허용되는 퇴화.
- c. 특수 키트 또는 특수 저온 기후 절차의 필요성.
- d. 부적절한 윤활 흔적 및 환경 조건에 대해 규정된 윤활제가 사용되는지에 대한 확인.
- e. 내연기의 시동 고장의 경우, 적당한 연료 및 제빙장치의 존재 보장
- f. 전원 적합성 및 조건.

## 6. 참고규격/관련 문서.

- a. AR 70-38, Research, Development, Test and Evaluation of Materiel for Extreme Climatic Conditions.
- b. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.
- c. Synopses of Background Material for MIL-STD-210B, Climatic Extreme for Military Equipment.
- d. NATO STANAG 2895, Extreme Climatic-Conditions and Derived Conditions for Use in Defining Design/Test Criteria for NATO-Forces Materiel.
- e. STANAG 4370, Environmental Testing.
- f. Allied Environmental Conditions and Test Publication 300, Climatic Environmental Tests (under STANAG 4370).

표 502.4-II. 저온 주기 범위<sup>1/2)</sup>의 요약.

설계 유형	장소	온도	
		주변공기 ℃ (°F)	유도 공기 ℃ (°F)
온화한 저온(C0)	해안의 영향을 많이 받는 서유럽 연안, 호주 남동부, 뉴질랜드의 저지	-6 - -19 (21 - -2)	-10 - -21 (14 - -6)
기본 저온(C1)	대부분의 유럽; 미국과 인접한 북부; 남부 캐나다; 고위도 해안(예: 알래스카 남부 해안); 저 위도의 고 고각	-21 - -31 (-6 - -24)	-25 - -33 (-13 - -27)
저온(C2)	북부 캐나다, 알래스카(내지 제외); 그린란드 (“냉극”제외); 북부 스칸디나비아; 북아시아, 고 고각(북반구 및 남반구); 알프스; 히말라야; 안데스	-37 - -47 (-35 - -51)	-37 - -46 (-35 - -51)
혹한(C3)	알래스카 내부; 유콘(캐나다); 북 아이슬랜드 내부; 그린란드 만년설; 북 아시아	-51 (-60)	-51 (-60)

<sup>2/</sup> 이러한 주기들은 AR 70-38, 1979년 1월로부터 취하였으며, 이는 MIL-HDBK-310 및 NATO STANAG 2895에 포함된 주기와 본질적으로 일치한다. 유도된 조건은 군수품이 비환기 현장 보관 엄폐호 또는 철도차 내부와 같은 보관 또는 운송 상황에 노출될 수 있는 극한 수준이다. 이러한 수준을 사용하지 말 것, 단 이 수준을 예상되는 보관 또는 운송 상황으로 맞출 것.

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 시험법 503.4

### 온도 충격

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

온도 충격 시험을 이용하여 군수품이 물리적 손상이나 성능 열화를 경험하지 않고 주변 대기 온도의 갑작스러운 변화를 견딜 수 있는지를 판단하도록 한다. 본 서의 목적을 위해, “갑작스러운 변화”는 분당 10℃이상으로 정의된다.

##### 1.2 용도.

###### 1.2.1 일반 환경.

요건서에서 군수품이 갑작스러운 큰 공기 온도의 변화를 경험할 수 있는 곳에 배치될 수 있음을 규정하고 있는 경우 이 시험법을 사용하도록 한다. 이 시험법은 군수품의 외부 표면, 외부 표면에 실장된 품목 또는 외부표면 근처에 배치된 내부 품목의 갑작스러운 온도 변화의 영향을 평가하기 위해서만 고안된 것이다. 일반적으로, 다음을 설명한다:

- a. 가열된 장소와 저온 환경 사이에서 군수품 운반.
- b. 성능이 좋은 자동차를 통하여 고온 지표 환경에서 높은 고도까지 상승(고온에서 저온).
- c. 외부 재료(포장 또는 군수품 표면)만 사용해야 하는 경우 가열된 항공기 수용구로부터 높은 고도/저온에서 공기 강하.

###### 1.2.2 안전 및 스크리닝.

단락 1.3에 설명된 것을 제외하고, 이 시험법을 이용하여 다소 덜 극단적인 온도변화율(시험 조건이 군수품의 설계 한도를 초과하지 않는 한)에 정상적으로 노출된 군수품에서 안전 문제 및 잠재적인 결함을 밝히도록 한다. 적당한 엔지니어링을 갖춘 이 시험법은 환경적 응력 스크리닝(EES)에 대해 사용하도록 고안된 것은 아니지만 다소 덜 극한적인 온도 변화 조건에 노출된 군수품의 잠재적인 결함을 밝히기 위한 스크리닝 시험(보다 극한의 온도 충격 사용)으로 사용될 수 있다.

##### 1.3 제한사항.

이 시험법은 포장, 설치 장소로 인해 갑작스러운 극한 온도 변화를 경험하지 않는 군수품에

대해 고안된 것이 아니다. 이 시험법은 시험법 501.4 및 502.4와 같이, 오랜 극한 온도에서의 노출 후 성능 특성 평가를 대체하지는 않는다. 추가적으로, 이 시험법은 공기와 액체 또는 두 액체 사이에서 전송되는 군수품이 경험하는 온도 충격, 엔진 압축기 방출 공기나 공기역학적 부하에 의한 급속 과도 워밍업으로 발생하는 열 충격은 설명하지 않는다. ESS의 경우는 제외하고, 이 시험법은 사용 환경에서 실제 전송 시간이 상당한 열 충격을 생성하지 않는다면 부적합하다. 아울러, 이 시험법은 불의 열에 노출되었다가 이후 물로 냉각된 군수품에 대해 설명하지 않는다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 이 시험법 선택.

요건을 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 열 충격이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법에 대한 필요성을 확인하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다.

#### 2.1.1 열 충격 환경의 영향.

열 충격 영향은 일반적으로 군수품의 바깥 부분 근처에서 가장 가혹하다. 표면에서 멀어질수록(물론, 관련된 군수품의 특성에 따라 달라짐), 열적 변화를 더욱 느려지고 그 위력은 약해진다. 트랜시 케이스, 포장 등은 밀폐된 군수품에 열 충격 영향을 줄여줄 것이다. 갑작스러운 온도 변화는 군수품의 조작에 일시적으로 또는 영구적으로 영향을 미칠 수 있다. 다음은 시험될 군수품과 관련될 수 있는 열 충격 노출로 인해 발생할 수 있는 문제의 예들이다. 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

##### a. 물리적.

- (1) 유리병 및 광학 군수품의 분쇄.
- (2) 이동부의 결박 또는 약화.
- (3) 고체 펠릿 또는 폭발물의 난알 균열.
- (4) 차동 수축 또는 팽창을 또는 유사하지 않은 군수품의 유도된 변형을.
- (5) 부품의 변형 또는 파쇄.
- (6) 표면 코팅의 균열.
- (7) 밀봉된 구획의 누출(누설).
- (8) 절연 보호 결함.

##### b. 화학적.

- (1) 구성물의 분리.
- (2) 화학물질 보호 실패.

##### c. 전기적.

- (1) 전기 및 전자부품의 변화.
- (2) 급속한 물 또는 서리 형성으로 인한 전자 또는 기계적인 결함.
- (3) 과잉 정적 전기.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5를 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 이 절차에 대해 사용되어야 하는 시험 조건을 더 잘 정의하기 위하여 고온 및 저온 시험으로부터 취득한 시험 품목 반응 특성 및 성능 결정 정보를 이용할 것.

## 2.2 절차 선택.

이 시험법은 두 개의 시험 절차, 절차 I (정상상태) 및 절차 II (주기적)를 포함한다. 어느 절차를 사용해야 할 것인지를 결정하라.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

절차를 선택할 때, 다음을 고찰하라:

- a. 사용 중 예상되는 노출온도.
- b. 군수품의 병참 또는 전략적 배치 형태.
- c. 환경적 응력 스크리닝(ESS) 요건.

### 2.2.2 절차 간 차이.

두 가지 절차가 온도 처리 및 성능 시험과 관련있지만, 이는 충격 전 온도 안정화를 기준으로 할 때 차이를 보인다.

- a. 절차 I - 정상상태. 대부분의 경우에서, 열 충격 자체는 기타 다른 열 영향을 능가하여 시험을 두 개의 일정한 온도를 이용해 수행할 수 있게 하므로 절차 I은 각 극한의 충격 조건에서 일정한 온도를 사용한다. 이는 특히 안전 또는 초기 설계 평가를 위해 보다 가혹한 충격이 필요한 경우 및 극한값이 사용될 경우이다.
- b. 절차 II - 주기적. 실제 환경을 조심스럽게 모의시험해야 하는 경우, 최고 온도는 적당한 낮 주기의 일부분을 따르기 때문에 절차 II를 사용하도록 한다. 요건서로부터 군수품에 의해 수행되어야 하는 기능(조작 요건) 및 열 충격의 원인이 되는 환경의 정의를 결정하도록 한다.

## 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 적용가능한 시험 조건과 기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 요건서 '수명주기 환경 프로필, 조작성 환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조), 이 절차에 주어진 응력 스크리닝 요건 및 정보를 기반으로 하라. 시험의 취지가 사용 중 발견된 유도된 변형률을 재현하는 것이라면 알려진 극한 사용 온도를 맞추는 것을 고려해야 한다. 현실적인 경우 제안된 값 외의 다른 값을 사용하라. 시험 수준을 선택할 때 다음을 고찰할 것. 이 시험법은 여러 가지 노출 상황을 설명한다: 항공기 비행 노출, 공수 - 사막 및 지상 운송 또는

공수 - 북극. 예상된 배치를 기반으로 하여, 어떤 시험 변형을 적용할 수 있는지 결정할 것. 극한 노출 범위는 시험 조건을 결정해야 하는데, 단 설계 결함을 감지하는데 필요한 만큼 시험 수준을 확장하도록 한다.

- a. 항공기 비행 노출. 이는 군수품이 사막 또는 열대 지열 및 직사광선에 노출되고, 몇 분 후에 높은 고도와 연관된 극저온에 노출되는 경우 적합하다.
- b. 공수 - 사막. 이는 비가열, 고-고도 항공기로부터 사막 지역으로 배라되는 군수품에 적합하다. 단 주변 공기 온도를 사용할 것(태양 부하없음).
- c. 지상 운송 또는 공수 - 북극. 이는 가열된 보관, 유지보수로 또는 이들로부터의 이동 영향에 대하여 군수품을 시험하거나 또는 기타 다른 수용구, 저온 지역 내 가열된 화물 격납고를 시험하기 위해 고안되었다.
- d. 공학적 설계. 이는 한계 설계 문제를 감지하는데 사용된다.
- e. ESS. ESS는 기능 관행을 평가하는데 사용된다.

### 2.3.1 기후 조건.

군수품이 조작 및 보관될 지리학적 장소에 적합한 기후 조건을 식별하라. 군수품이 다양한 지상 기후 범주의 기후 조건에 노출될 때 도달되는 실제 반응온도는 조작 배치 또는 보관 배치에 대한 고온 및 저온 노출의 시험 결과(시험법 501.4, 502.4 및 505.4)로부터 얻을 수 있다. 후자의 가정은 다양한 기후에서 보관 및 운송되는 중 일사의 유도된 영향을 고려하여야 한다.

### 2.3.2 노출 조건.

적용가능한 경우, 요건서 또는 현장 자료에서 시험 온도를 선택하도록 한다. 만일 적용불가능한 경우, 예상되는 배치 용도 또는 군수품이 배치될 수 있는 세계의 지역이나 최극한 비작동 온도 요건으로부터 시험 온도를 결정하도록 한다. 응력 스크리닝 목적은 제외하고, 일부 임의의 극한 범위가 아닌 사용 중 예상되는 것을 반영하는 온도 범위를 사용할 것을 권한다.

- a. 배치 용도(항공기 비행 노출). 항공기 작동 환경에 노출되는 동안 군수품이 경험하게 되는 열 응력 및 비율은 주변 조건, 비행 조건 및 탑재된 환경 제어 시스템의 성능에 좌우된다. 다양한 고도에서 온도 및 습도는 MIL-HDBK-310에서 찾아볼 수 있다.
- b. 공수/공중 투하. 이 노출에 대한 시험 조건은 항공기의 화물 격납고(기타 운송 장소) 내의 가능한 조건 및 충격점 지표면을 기반으로 한다. 고도 8km(26,200ft)에서 항공기의 항공기 화물 격납고를 비가열, 비여압으로 가정하는 저온 극한을 사용한다. 이는 항공기 화물 격납고가 공중 투하 작동 직전 여압되지 않을 때 산소압 요건으로 인한 화물 항공기에 대한 제한 고도이다. 이 고도에서의 온도는 MUL-HDBK-310에서 찾아볼 수 있다. 시험법501.4의 적당한 표에서 고온 표면 극한을 결정할 것.  
주: 군수품 포장은 일반적으로 열 충격을 완화해 준다. 공수/공중 투하 시나리오는 군수품 자체에 대한 큰 영 충격을 포함하지 않을 수 있다.

c. 지상 운송/공수 -북극. 저온 지역에 배치된 가열된 수용구의 배치 조건은 21°C (70°F) 및 상대습도 25%이다. 이러한 조건은 대략 북극 및 항공기의 정상 가열 관행에 부합한다. 시험법 502.4의 표에 나열된 기후 범주 또는 장소에 대해서는 외부 주변 조건의 선택을 기반으로 할 것.

d. 공학 설계. 예상 극한 보관 조건을 반영하는 시험 조건을 사용한다.

### 2.3.3 시험 지속시간(충격 수).

아주 간혹 열 충격에 노출될 수 있는 군수품의 경우, 각각의 적당한 조건에 대한 1회의 충격을 시행한다. 이 보다 잦은 노출이 예상될 경우 특정한 충격의 수를 구체화하는데 유효한 자료는 거의 없다. 더 좋은 정보를 대신하여, 각 조건에서 3회 이상의 충격을 가한다. 이 때 횟수는 예상되는 사용 사건에 따라 달라질 수 있다. 이 시험의 목적은 군수품의 급속한 온도변화가 미치는 영향을 측정하는 것이다. 따라서, 시험 품목을 실제 작동(예: 실제 비행 시간) 또는 온도 안정화를 달성하는데 필요한 작동과 같은 지속시간 동안 온도 극한에 노출시켜야 한다.

### 2.3.4 극고온 노출.

군수품은 고온건조 및 기본 건조 기후 지역의 태양하에서 보관되는 동안 최고열을 경험할 수 있다. 따라서, 고 보관온도에서 안정화된 시험 품목을 고온에서 저온으로의 천이를 수행해야 한다. 적당한 주기의 최대 보관 온도에서 고온 설비의 공기 온도를 저온에서 고온으로의 천이를 수행해야 한다. 저온에서 고온 이동을 수행한 직후, 최대 공기 온도를 경험하게 되는 시간이 시작된 후부터 시험 품목 최대 조작 반응 온도에 도달될 때까지 적당한 낮 주기(시험법501.4)를 통하여 고온 설비를 순환시킨다(시험법501.4, 단락2.3.3b 참조). 응력 스크리닝과 같은 기타 다른 시험은 보다 더 극한의 온도를 필요로 할 수도 있다.

### 2.3.5 시험 품목 배치.

시험 품목 배치는 시험 결과에 아주 큰 영향을 미친다. 따라서, 보관, 선적 또는 사용 중 시험 품목의 예상 배치를 이용하도록 한다. 최소한으로, 다음 배치를 고찰할 것:

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스 내. 열적으로 처리된 품목을 다른 온도에서 처리된 컨테이너에 설치.
- b. 보호 또는 비보호.
- c. 전략적 배치(현실적으로 또는 결박물 이용).
- d. 특수용 키트로 개조.
- e. 공중 투하를 위해 포장.

### 2.3.6 온도 안정화.

적어도 시험 품목의 바깥 부분 전체에 걸쳐 균일한 온도를 보장하는데 필요한 경우 시험 품

목 온도(운반 이전)를 안정화해야 한다.

### 2.3.7 상대 습도.

대부분의 시험 프로그램의 경우, 상대 습도(RH)는 제어되지 않는다. 그러나, 열 충격 시험 중 이는 일부 균수품, 즉 통기성인 셀룰로직 재료로 되어 습기가 침투하면서 동결될 수 있는 균수품에 큰 영향을 미친다. 특별히 필요하지 않다면 상대 습도를 제어하려 하지 말 것.

### 2.3.8 운반 시간.

운반 시간이 수명주기 프로파일에서 실제 열 충격과 연관된 시간을 반영하는 것을 보장해야 한다. 가능한 한 신속해야 하지만, 이동에 1분 이상이 소요된다면, 초과 시간을 정당화할 것.

## 2.4 특수 고찰사항.

이 절차에 설명된 시험 조건은 본 서에 설명된 다른 극한과 전체적인 일치를 위해 고안되었다. 이러한 수준을 수립하는 주요 목적은 두 개의 온도 극한 사이의 통과에 대해 현실적인 조건을 제공하는 것이다. 따라서, 이동 전에, 시험 품목을 특수 작동 중 발생할 수 있는 가장 현실적인 온도, 또는 가장 극한의 시험 품목 안정화 온도(적절하다면)에서 안정화해야 한다. 시험의 취지가 사용 중 발견된 유도된 변형률을 재현하는 것이라면 알려진 극한 사용 온도를 맞추는 것을 고려해야 한다.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

온도 충격 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락5.7 및 5.9, 부록A, 과업405에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 품목 배치.
  - (2) 시험 온도 극한 또는 시험 품목 열 변화율.
  - (3) 각 온도에서 노출 지속시간.
  - (4) 시험 품목 반응온도(시험법501.4)
  - (5) 절차II의 경우, 고온 주기, 온도 순환을 위한 초기 온도.
  - (6) 열 반응에 사용해야 하는 부품/조립체/구조물 및 온도 안정화 목적(필요하다면)(제1부, 단락 5.4를 참조할 것).

### 3.2 시험 중.

시험 확인 목적을 위해, 계획된 또는 예비시험 절차 또는 파라미터 수준과의 편차를 기록한다. 발생할 수 있는 모든 절차상 이형 또한 포함해야 한다.

### 3.3 사후시험.

다음 사후시험 정보를 기록할 것.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 및 부록A, 과업406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 특정 시험 품목이 노출된 이전의 시험법.
- (2) 각 노출의 지속시간.
- (3) 각 육안 점검 중 시험 품목의 상태.
- (4) 시험 온도.
- (5) 조작상 점검의 결과.
- (6) 운반 시간(예: “개방된 문”에서 “폐쇄된 문”까지의 시간).

#### 4. 시험 과정.

##### 4.1 시험 설비.

###### 4.1.1 기구.

필요한 기구는 두 개의 챔버 또는 캐비닛, 또는 시험 조건이 수립되고 유지될 수 있는 방식이 두 개인 챔버로 구성된다. 달리 규정되어 있지 않다면, 시험 품목의 이동 후, 챔버 내 시험 조건이 5분 안에 안정화될 수 있도록 장착된 챔버를 사용하도록 한다. 필요할 경우, 챔버 사이에서 시험 품목을 운반할 때 군수품 취급 장비를 사용할 것.

###### 4.1.2 계측기.

시험 품목 주변의 공기 기낭 전체에 걸친 시험 조건을 감시할 수 있는 부속 계측기(제1부, 단락 5.18 참조)가 장착된 챔버를 사용할 것. (제1부, 단락 5.3 참조) 변화된 후 시험 품목 조건을 감시하기 위해 급속-차단 열전대가 필요할 수 있다.

##### 4.2 제어.

###### 4.2.1 온도.

시험 품목 조작을 제외한 그 외 모든 작용으로 인하여 챔버 공기온도 또는 시험 품목 온도 (2°C(3.6°F)이상)가 크게 변할 경우 시험을 계속하기 전에 필요 온도에서 시험 품목을 안정화 시켜야 한다.

###### 4.2.2 공기 속도.

군수품 플랫폼 환경에 의해 정당화되지 않은 경우 그리고 표준 시험 조건을 제공하기 위하여, 시험 품목 근처에서 1.7m/s(335ft/min)를 초과하지 않는 공기 속도를 사용할 것.

###### 4.2.3 운반 시간.

가능한 한 신속하게, 단 5분 이내에 두 환경(고온과 저온) 사이에서 시험 품을 운반하도록 한다(시험 품목이 크고 취급 장비를 필요로 하지 않는 경우). 운반 시 5분 이상의 시간이 필요하다면, 열 충격 시험에 대한 필요성을 재평가 해야한다.

### 4.3 시험 중단.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험 중단. 온도가 변하기 전, 예정되지 않은 시험 중단이 발생하여 시험 조건이 표준 주위 온도에 대한 허용가능한 허용차를 초과하게 된다면, 중단점에서 시험을 재개하고 시험 조건에서 시험 품목을 재수립해야 한다. 중단이 운반 중 발생한다면, 이전 온도에서 시험 품목을 다시 정하고 운반한다.

(2) 과도시험 중단. 시험을 계속하기 전에 완전한 물리적 점검 및 조작 상 점검(가능한 경우)에 의해 해당 군수품 규격에서 요구하는 것보다 더 극한 노출을 시험 품목에 가하는 모든 중단을 수행한다. 이는 군수품 안전 문제와 같은 안전 문제가 존재할 수 있는 경우에 더욱 그러하다. 문제가 발견되면, 더 나은 조치를 통해 시험을 중지하고 새로운 시험 품목으로 시험을 시작한다. 시험을 완료하지 못한 상태에서 나머지 시험을 수행하는 중 시험 품목에 고장이 발생할 경우, 시험 결과는 과도시험 조건으로 인해 쓸모없는 것으로 간주할 수 있다. 만일 아무런 문제도 발생하지 않았다면, 사전-중단 조건을 재확인하고 시험 허용차가 초과된 지점부터 계속한다.

### 4.4 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 온도 충격에 대한 군수품 민감성과 관련하여 필요한 정보를 수집하는데 있어 기준을 제공한다.

#### 4.4.1 시험 준비.

##### 4.4.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 주기, 온도 안정화 측정, 지속시간 등.)을 결정하도록 한다. (상기 단락 3.1 참조)

##### 4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 비파괴 점검법을 통해 군수품 및 다른 적당한 군수품을 점검할 것. 다음과 같이 점검을 수행하라:

단계1. 표준 주변조건에서 시험 품목을 안정화한다(제1부, 단락5.1).

단계2. 각기 다른 재료(예: 가시적인 전자부품의 구성요소 리드/세라믹 인터페이스) 간 인터페이스와 성형된 부분의 모서리와 같이, 응력 부분에 특별한 주의를 기울여 시험 품목을 육안 점검(단락2.1.1에 대한 평가)한다. 결과를 문서화 한다.

단계3. 승인된 계획에 설명된 바와 같이 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록한다.

단계4. 시험 품목이 만족스럽게 작동한다면, 다음 단계로 넘어갈 것. 그렇지 않다면, 그 문제를 해결하고 상기 단계1을 재시작한다.

단계5. 제1부, 단락 5.8에 따라 필수 시험 품목 배치로 시험 품목을 준비한다.

#### 4.4.2 절차.

다음 절차는 가혹한 온도 충격 환경에서 군수품과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기준을 제시해 준다. 그림 1과 2에 서술된 절차는 보다 낮은 온도로 시작하지만, 이 보다 높은 온도로 시작하는 것으로 바꿀 수도 있다. 단 이것이 보다 현실적이라는 가정이 전제된다. 그림1과 2(괄호 안)의 특수 지점은 다음 내용에서 언급된다.

##### 4.4.2.1 절차 I - 일정한 극한 온도로 인한 충격.(그림503.4-1.)

단계1. 시험 품목이 시험 챔버에 있을 때, 챔버 공기 온도를 시험 계획에 규정된 바와 같이 저온 극한으로 조정한다(a). 시험 계획에 결정된 기간 동안 이 온도를 유지할 것(a-b).

단계2. 시험 계획에 규정된 열 충격을 생성하는 온도 T2에서 1분 이내에 시험 품목을 대기로 운반하고(b-c), 이 온도를 시험 계획에 규정된 데로 유지한다(c-e).

단계3. 시험 계획에서 요구한다면, 실행가능한 범위까지 시험 품목에 열 충격이 미치는 영향을 평가한다.

단계4. 역방향에서 다른 주기가 필요한 경우, 시험 품목을 1분 이내에 T1 환경으로 운반하고(e-f) 시험 계획에서 요구한대로 안정화시킨다(f-b), 열 충격 영향을 평가하고(필요하다면) 상기 단계2와 3과 같이 계속한다. 만일 다른 1-방향 충격이 필요한 경우, 3°C/분 이하의 비율로 T1환경으로 시험 품목을 되돌린 후 단계1 - 3을 반복한다. 다른 충격이 필요하지 않다면, 단계5로 갈 것.

단계5. 시험 품목을 표준 주변 조건으로 되돌린다.

단계6. 시험 품목을 점검하고, 적당하다면, 작동시킨다. 결과를 기록하여 예비시험 자료와 비교한다.

##### 4.4.2.2 절차 II - 주기적인 고온에 대한/주기적인 고온으로 인한 충격.(그림503.4-2.)

단계1. 시험 품목이 시험 챔버에 있을 때, 3°C를 초과하지 않는 비율로 시험 계획에 규정된 저온 극한으로 챔버 공기 온도로 조정한다(a). 시험 계획에 결정된 기간 동안 이 온도를 유지할 것(a-b).

단계2. 1분 안에 시험 품목을 고온 주기의 최대 공기온도로 운반한다(c)(시험 계획에 규정된 바와 같이). 챔버 문이 폐쇄되고 챔버가 침투 온도로 회복된 직후, 챔버 공기 온도가 시험 품목 반응온도(시험법501.4, 단락 2.3.3b에서 취한)에 도달할 때까지 적당한 낮 주기의 일부분을 통하여 챔버를 순환시킨다(d). 시험 계획에 규정된 바와 같이 이 온도를 유지한다(d-e).

단계3. 다른 주기가 필요하지 않다면, 시험 품목을 표준 주변 조건으로 되돌린 후 단계7로 넘어갈 것.

단계4. 시험 품목을 1분 이내에 보다 저온 환경으로 운반하고(f) 시험 계획에서 요구한 데로 안정화한다(f-h). 다른 주기가 필요하다면, 단계6으로 갈 것.

단계5. 다른 주기가 필요하지 않다면, 시험 품목으로 표준 주변 조건으로 되돌린 후, 단계7로 갈 것.

주: 요건서에서 달리 표현하지 않는 한, 시험 절차가 작업 일정 등으로 인해 중단

되는 경우 필요한 시간 동안 시험 온도에서 시험 품목을 유지하는 것이 시험 재개 및 완료에 있어 용이할 것이다.

단계6. 시험 계획에 규정된 바와 같이 단계2, 3 및 4를 반복할 것.

단계7. 시험 품목을 점검하고, 적당하다면, 작동시킨다. 결과를 기록하여 예비시험 자료와 비교한다.

#### 5. 결과 분석.

시험 결과의 평가를 용이하게 하기 위해 제1부, 단락 5.14에 제시된 지침을 수행하도록 한다. 군수품 규격의 요건을 충족시키지 못하는 모든 시험 품목을 분석한다.

#### 6. 참고규격/관련 문서.

- a. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.
- b. NATO STANAG 2895, Extreme Climatic-Conditions and Derived Conditions for Use in Defining Design/Test Criteria for NATO-Forces Materiel.
- c. STANAG 4370, Environmental Testing.
- d. Allied Environmental Conditions and Test Publication 300, Climatic Testing(under STANAG 4370).

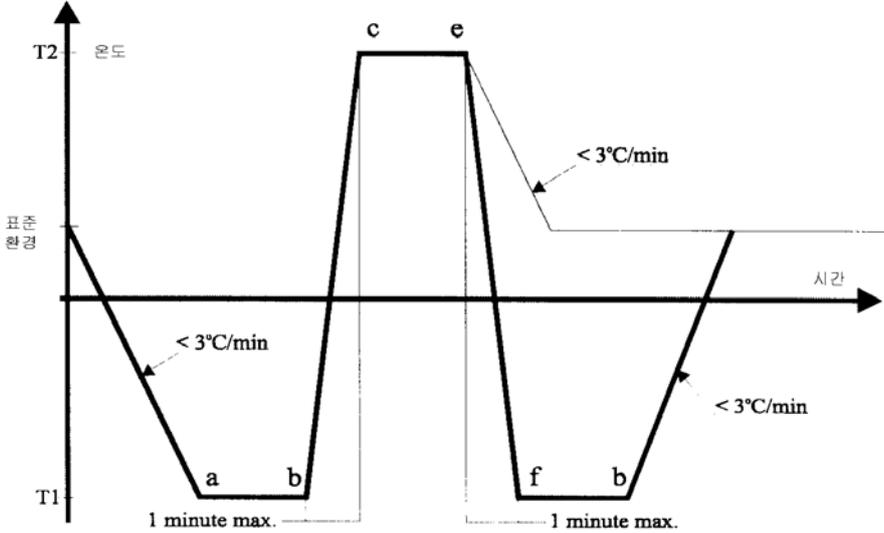


그림 503.4-1. 일정한 극한 온도로 인한 충격.

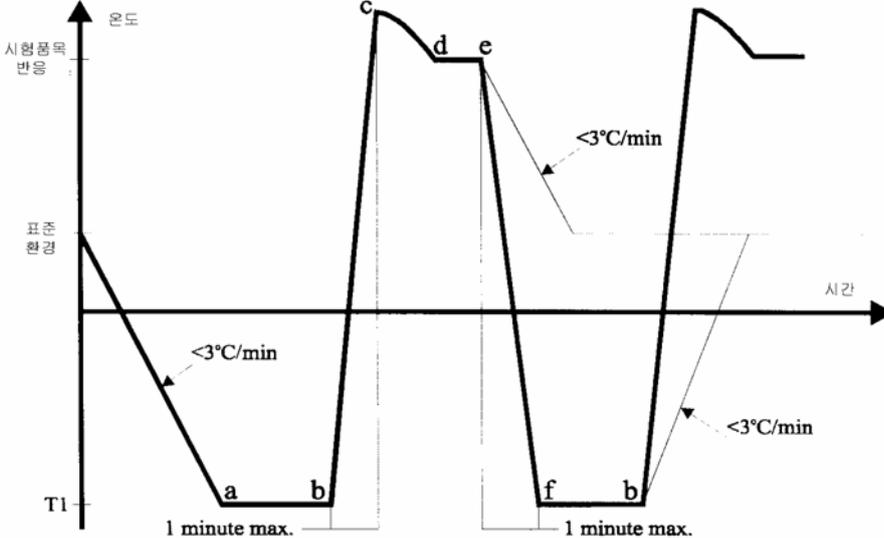


그림 503.4-2. 주기적 고온으로 인한 충격.

## 시험법 504

### 유체에 의한 오염

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

유체에 의한 오염 시험을 통하여 군수품이 수명주기 중에 이따금씩 또는 간헐적으로 경험할 수 있는 그러한 유체 오염에의 일시적 노출에 의해 수용할 수 없을 정도로 영향을 받는지를 판단한다.

##### 1.2 용도.

군수품의 수명주기 중 유체 오염 확률이 높을 경우 이 시험법에 설명된 시험을 선택하도록 한다. 오염은 유체, 액압 유체, 윤활유, 용제 및 세척 유체, 제빙 및 부동 유체, 활주로 제빙기, 살충제, 살균제, 냉각제 유전체 유체, 및 소화제에 노출됨으로써 발생할 수 있다.

**경고:** 적절한 주의가 취해지지 않는다면, 이 시험법에서는 환경에 영향을 미치거나 건강을 손상시킬 수 있는 물질 및 시험 절차의 사용을 요구하고 있다. 추가 정보가 부록A에 주어져 있다. 공급자의 물질 안전 자료(MSDS) 또는 사용되고 있는 다양한 화학물질에 대한 화학적 호환성 및 건강 위험 자료에 해당하는 것을 참조하고, 지역 환경 당국과 협력한다. 모든 사후시험 재료가 지역, 주 및 연방 규칙에 따라 폐기되는지를 확인해야 한다.

##### 1.3 제한사항.

이 시험은 침수된 연료펌프와 같은 유체와 연속으로 접촉하는 동안 수행하는데 있어 재료의 적합성을 실연하기 위해 고안된 것이 아니다. 또한 전해질 부식에 대한 저항성을 실연하는데 사용하기 위한 것도 아니다.

#### 2. 적합화 과정.

##### 2.1 유체 오염법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 유체 오염에의 노출이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법에 대한 필요성을 확인하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다. 소형 암 시스템(arm system)을 특별히 시험하는 경우, 시험 작동 절차(TOP)3-2-609를 사용할 것을 고려하도록 한다.

### 2.1.1 유체 오염 환경의 영향.

군수품은 수명 주기 동안, 군수품에 역영향을 미칠 수 있는 하나 이상의 유체에 사고로 인해 또는 의도적으로 노출될 수 있다. 결과적으로, 군수품의 유체 오염 노출은 군수품을 구성하고 있는 재료의 물리적 특성을 변경시킴으로써 군수품의 작동을 일시적으로 또는 영구히 손상시킬 수 있다. 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니므로 일부 예들은 해당 범주와 중복될 수 있다.

- a. 포장 결함.
- b. 플라스틱 및 고무의 팽창 또는 수축.
- c. 산화 방지제 및 기타 다른 용해 물질이 떨어지지 않음.
- d. 실 또는 가스킷 결함.
- e. 짐작 불량.
- f. 페인트/범례 제거.
- g. 부식.
- h. 용해 또는 부패(변질).

### 2.1.2 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5를 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 오염 또는 정화제에 의한 오염 제거의 잠재적인 영향으로 인하여 기타 기후 환경 시험 이전에 이 시험을 수행해서는 안 된다.

## 2.2 절차 변형 선택.

이 시험법에는 한 가지 절차가 있다. 가능한 변형이 아래에 설명되어 있다. 이 시험법에서 사용된 가장 중요한 파라미터는 사용된 유체, 온도 및 노출 지속시간이다. 또한 이 시험 절차에서 시험 품목의 조작 배치를 규정하고, 아울러 시험 품목이 작동 중 열을 손실하는지 그렇지 않은지를 규정하는 것 또한 중요하다.

### 2.2.1 노출 길이.

시험 절차에 세 가지 선택사항이 주어져 있다: 수시 오염, 간헐적 오염 및 확장된 오염(단락 1.1). 요건서로부터, 예상 수명주기 시나리오를 기반으로 하여, 하나 이상이 필요하다면 시험 유체의 응용 순서에 따라, 사용해야 할 선택사항을 결정하도록 한다.

### 2.2.2 유체 오염 균.(아래 단락 2.2.3 참조)

다음 유체 군은 표504-I 에 나열되어 있다.

#### 2.2.2.1 유체.

대부분 부품의 경우, 유체는 가솔린 또는 등유형이며, 여기서 가솔린형 유체는 급속히 증발하나 영구적으로 위대한 영향은 거의 미치지 않을 것으로 예상된다 - 등유형 유체의 경우 다소 오래가지만 특히 상승 온도에서 많은 엘라스토머에 손상을 미칠 수 있다. 페인트 및 대부분의 플라스틱은 일반적으로 유체에 의해 영향을 받지 않으나, 실리콘 수지로 접합된 판자는 장시간 노출 후 얇은 층으로 갈라지는 경향이 있다. 일부 유체에는 결빙을 방지하거나 정적 전하를 방산하기 위해 첨가제를 넣을 수 있다. 이러한 첨가제가 시험의 가혹도를 증대할 수 있다는 정당한 이유가 있는 경우, 시험 유체에 첨가를 넣도록 한다.

#### 2.2.2.2 액압 유체.

가장 일반적으로 사용되는 액압 유체는 광물유 및 에스테르-계열 합성 유체이다. 에스테르-계열 합성 유체의 경우 대부분의 엘라스토머와 플라스틱에 손상을 입힌다; 인 에스테르는 특히 이러한 물질과 마감용 페인트에 손상을 입힌다.

#### 2.2.2.3 윤활유.

광물 또는 합성-계열 윤활유는 작업 상태에서 상승 온도에 있다. 광물유는 천연 고무에 손상을 입히지만 폴리염화프로필렌, 클로로-가황 폴리프로필렌 및 실리콘 고무와 같은 합성물에는 적은 손상을 입힌다. 합성 윤활제는 많은 엘라스토머 및 PVC같은 플라스틱에 아주 큰 손상을 입힌다.

#### 2.2.2.4 용제 및 세척 유체.

항공기 또는 자동차의 대부분의 부품은 사용하기 전에 먼저 더러움이나 그리스를 제거해야 할 필요가 있다. 표 I 에 주어진 유체는 현재 사용되고 있는 대표적인 유체이다.

#### 2.2.2.5 제빙 및 부동 유체.

이러한 유체는 종종 상승 온도에서, 항공기의 앞쪽 언저리, 통풍구 등에 작용될 수 있으며 이 유체들이 부품이나 군수품을 오염시킬 수 있는 장소에 침투할 수 있다. 이러한 유체는 일반적으로, 금지된 에틸렌 클리콜 계열이다.

#### 2.2.2.6 활주로 제빙기.

이 유체들은 물의 빙점을 낮추기 위해 활주로 및 기타 다른 장소에서 사용된다. 이 유체는 항공기의 장비 격실 및 착륙장치에 미세한 안개처럼 침투할 수 있다.

#### 2.2.2.7 살충제.

회귀선에서 비행하거나 회귀선을 통과하는 항공기는 일상적인 예방조치로서 살충용 스프레이로 처리될 수 있다. 이 스프레이가 군수품에 직접적으로 역영향을 미칠 가능성은 거의 없지만, 전용 살충제를 이용하여 탐구 목적의 시험을 해야 한다.

#### 2.2.2.8 살균제.

주 오염 물질은 살균제일 수 있는데, 이는 포름알데히드/페놀 조제품일 수 있다. 물구멍이 물구멍 밑의 균수품 오염을 허용하는 경우, 이것은 캘리션 안 또는 캘리션에서 나오는 폐수 및 화장실 폐수에서 사용된다.

#### 2.2.2.9 냉각제 유전체 유체.

이 유체는 특정 장비의 냉각을 보조하기 위해 열 전달 액체로 사용된다. 이 유체는 일반적으로 규산염 에스테르 계열이며, 이것이 물질에 미치는 영향은 인 에스테르 액압 유체와 유사한 것으로 볼 수 있다.

#### 2.2.2.10 소화제.

할론(클로로 브로모 탄화수소) 또는 이와 유사한 혼합물이 항공기에서 사용될 수 있으며, 상대적으로 수명은 짧다. 지상 소화제는 플루오르 화합물 또는 플루오르 단백질에서 유도된 수성 기포이다. 이 유체의 영향은 주로 찌꺼기의 축적 또는 물에 의한 것이다. 이러한 제품을 통한 시험의 필요성은 소화제의 배출 후 기능하는 장비를 유지하는데 대한 필요성을 기반으로 한다.

#### 2.2.3 시험 유체.

수명 주기 중 흔하게 경험하게 되는 대표적인 유체를 나열한 표504- I 에서 시험 유체를 선택한다. 각 규정된 시험 유체는 유체 군 중 최악의 경우를 대표하는 유체로 균수품 성능에 영향을 미칠 수 있다. 요건서에서, 적합화 과정 중 식별된 다른 유체를 가능성 있는 오염물질로 나열해야 한다. 유체의 사용 등급은 개발 공식화 및 장비 수요에 따라 변경 또는 수정될 수 있다. 이 중 일부는 이후에 환경 또는 건강 및 안전 문제로 인해 바람직하지 못한 것으로 밝혀질 수 있다. 표504- I 은 향후 필요하다면 갱신될 수 있다.

#### 2.2.4 시험 유체의 결합<sup>4/</sup>.

하나 이상의 시험 유체가 적용되는 경우, 다음을 고찰할 것:

- a. 개별적으로, 결합하여 또는 연속적으로 유체의 영향을 평가할 필요성
- b. 사용 중 유체에 대한 노출 순서를 아는 경우, 또는 공동 영향을 가지는 것으로 알려진 유체에 대한 노출 순서를 알며 이것이 현실적인 경우, 이 순서를 규정해야 한다.
- c. 시험 품목을 시험 간 또는 시험 후 세척해야 하거나 또는 새로운 시험 품목이 각 시험 유체에 대해 사용되어야 하는 경우. 세척 유체의 선택은 더 심한 오염을 해서는 안 된다. 규정된 시험 유체 중 일부(항공기 연료, 용제 또는 세척 유체)는 세척 유체로 사용될 수 있으며, 그렇지 않을 경우, 일반 세척 절차에서 알려진 유체를 사용하도록 한다.

#### 2.2.5 시험 온도.

<sup>4/</sup> 두 개 이상의 유체를 혼합할 때, 이 유체들이 호환할 수 있는지 그리고 위해한 작용을 하지는 않는지 확인할 것.

유체 오염이 의도적으로 또는 사고로 인하여 발생할 수 있는 실제 조건을 대표하는 온도를 사용하도록 한다. 유체 오염 응용은 열 충격 및 오염 효과를 일으킬 수 있다.

### 2.2.5.1 시험 품목 온도.

군수품이 오염 유체에 노출될 때의 온도를 대표하는 시험 품목 온도를 사용하도록 한다. 예를 들면, 제빙처리 되어야 하는 군수품은 빙점에 있거나 또는 영하로 떨어질 가능성이 크다; 타액의 표면온도가 50°C 이상일 경우 군수품은 유압 누출에 노출된다.

### 2.2.5.2 시험 유체 온도.

대부분의 경우, 시험 유체 온도는, 가장 극한의 작동 조건에 있을 때 유체 온도와 같은 값을 사용하도록 한다. 설계 평가는 다른 온도가 보다 가혹한 환경을 제공하는 것을 입증할 수 있다. 즉, 늦어진 증발에 의해 보다 낮은 온도에서 보다 긴 시간 동안 노출된다. 표1은 최악-경우 시험 유체 온도를 포함한다.

### 2.2.5.3 소크 온도.

오염 효과가 성숙되는 순서에서, 오염 효과오염을 수반하는 시험 품목의 소크가 필요하다. 오염 유체와 군수품의 온도는 실제 오염 상황에서 변할 것이다. 사후-오염 소크가 노출 시나리오를 반드시 반영하지는 않으며, 오히려 최악-경우가 군수품에 미치는 영향을 반영할 것이다. 따라서, 소크온도의 경우, 예상 노출 상황에 대한 군수품의 최대 수명주기 온도를 사용할 것.

### 2.2.6 소크 지속시간.

달리 주장되지 않는 한, 오염된 시험 품목을 8시간 동안 필요 소크온도(단락 2.2.5.3)에 노출 시키도록 한다.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

유체 오염 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.7 및 5.9와 부록A, 과업 405에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 사용되는 시험 유체와 그 온도.
  - (2) 시험 유체 응용법.
  - (3) 소크(사후-습윤)온도와 지속시간.
  - (4) 세척/정화 유체.
  - (5) 시험 유체 응용 순서 및 사후시험 세척 지침.
  - (6) 노출 유형. 예: 가끔, 간헐적 또는 연장.
  - (7) 장기 감독 및 검사에 대한 모든 요건.
  - (8) 재료 속성. 예: 오염 유체의 영향을 받을 수 있는 재료의 인장 강도, 경도, 중량,

치수 등.

### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음 정보를 수집할 것:

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.10 및 부록A, 과업406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 챔버 온도 대 시간 조건 기록.
  - (2) 시험 유체 및 이에 해당하는 온도.
  - (3) 육안 점검 중 기록된 모든 악화.

### 3.3 사후시험.

다음의 사후시험 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 및 부록A, 과업406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 규정된 각 유체를 각각 노출시킨 후 기능 점검의 결과.
  - (2) 재료, 보호 마감재 등의 모든 악화.(단락 3.1b(8) 참조).
  - (3) 침수 시간 및 노출 유형.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

규정된 조건을 감시하는 도구 뿐 아니라, 규정된 온도에서 시험 품목을 유지하기 위해 설계된 온도 제어 기계류 및 수용구를 포함하는 시험 설비를 사용하도록 한다(제1부, 단락 5.18 참조). 오염 설비는 시험 품목이 침수, 분사, 튀김(splashing) 또는 솔질에 의해 선택된 오염체에 노출되는 시험 수용구 내부의 탱크를 말한다. 온도 제어 기계류는 규정 온도에서 시험 품목을 유지하도록 설계해야 한다. 시험 유체의 인화점이 시험 온도보다 낮을 경우, 화재 및 폭발 표준에 따라 시험 설비를 설계하도록 한다.

### 4.2 제어.

시험 및 세척(정화) 유체가 지역 환경 및 안전 요건에서 규정하는 대로 취급되고 처리되는지 확인하라. 일부 시험 유체 규격은 표 504-1에 언급되어 있다.

### 4.3 시험 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험 중단. 예상치 못한 시험 중단이 발생하여 시험 조건이 표준 주위 조건에 대한 허용가능한 허용차를 초과하는 경우, 시험 품목을 완전하게 육안 점검하고 중단이 시험 결과에 미치는 영향에 대한 기술적 평가를 해야한다. 중단점에서 시험을 재시작하고 시험 조건에서 시험 품목을 다시 안정화시킨다.

(2) 과도시험 중단. 예상치 못한 시험 중단이 발생하여 시험 조건이 표준 주위 조건으로부터 허용가능한 허용차를 훨씬 초과하는 경우, 시험 조건을 허용차 내로 안정화시키고 완전한 육안 점검과 기술적 평가가 수행되어 중단이 시험 결과에 미치는 영향을 판단할 때까지 이를 그 수준에서 유지하여야 한다. 만일 육안 점검 또는 기술적 평가 결과, 시험 중단이 최종 시험 결과에 역영향을 미치지 않았다고 밝혀지면 또는 중단의 영향을 믿음으로 무효화할 수 있다면, 사전-중단 조건을 다시 안정화하고 시험 허용차가 초과된 지점부터 시험을 계속한다.

#### 4.4 시험 기구.

a. 일반사항. 제1부, 단락 5.8을 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 수집 컨테이너가 각 시험 유체 및 폐기 유체에 유효한지 확인한다.

#### 4.5 시험 실행.

다음 시험 절차를 사용하여 오염 유체에 대한 군수품의 저항성을 판단할 수 있다. 규정된 각 유체를 각각 노출시킨 후 기능 점검을 수행할 것.

##### 4.5.1 시험 준비.

###### 4.5.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획으로부터 시험 세부사항(예: 절차, 변형, 시험 품목 배치, 유체 오염, 지속시간, 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다(상기 단락 3.1 참조).

###### 4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 비파괴 점검법을 통하여 탄약 및 기타 다른 적절한 군수품을 점검하도록 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

단계1. 표준 주위 조건에서 시험 품목을 안정화시킨다(제1부, 단락 5.1).

단계2. 성형된 부분의 모서리 및 각기 다른 재료(예: 육안으로 볼 수 있는 전자부품의 부품 리드/세라믹 인터페이스) 간 인터페이스와 같이, 응력 부분에 특별한 주의를 기울여 시험품목을 육안 점검한다(단락 2.1.1에 대한 평가). 결과를 문서화하여 사후시험 자료와 비교한다.

단계3. 승인된 시험 계획에 따라 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록한다.

단계4. 시험 품목이 만족스럽게 작동한다면, 다음 단계로 넘어갈 것. 그렇지 않을

경우, 문제를 해결하고 상기 단계1에서부터 다시 할 것.

단계5. 제1부, 단락 5.8에 따라 필요한 시험 품목 배치로 시험 품목을 준비한다.

#### 4.5.1.3 세척.

필요하다면 또는 달리 규정되어 있지 않다면, 시험 품목을 세척하여 필요없는 그리스 코팅 또는 침전물을 제거한다.

#### 4.5.1.4 복합 유체.

하나 이상의 오염 유체가 식별되었다면, 각 유체를 동시에 또는 순차적으로 평가할 것 인지를 결정하도록 한다. 순차적 시험이 필요한 경우, 다양한 오염체에 대한 시험 간에 필요한 모든 세척법을 요건서에 규정해야 한다. 화학적 호환성에 대하여 공급자의 물질 안전 자료를 점검할 것.

#### 4.5.2 절차.

단계1. 시험 품목이 그 필요 배치(조작, 보관 등)에 있다면, 이를 시험 설비 에 설치한다. 적당하다면, 배치는 적당한 전기 또는 기계적 연결을 포함할 수 있다.

단계2. 적당하다면, 조작상 점검을 수행하고 자료를 기록하여 사후시험 자료와 비교할 것.

단계3. 시험 품목을 식별된 오염 시나리오에 적당한 온도에서 안정화시킨다(단락 2.2.5 참조).

단계4. 규정된 유체의 온도를 단락 2.2.5.2에서 결정된 온도로 안정화한다. 만일 하나 이상의 유체를 동시에 응용해야 한다면, 우선 최고 응용온도를 유체에 적용한 다음, 이 다음으로 높은 온도를 적용한다. 모든 필요 유체에 다 적용할 때까지 계속한다.<sup>5/</sup> 순차적으로 응용할 경우, 첫 번째 유체에 대해 단계 4 - 9를 완성한다.

a. 가끔씩 오염되는 경우, 규정된 유체를 노출될 수 있는 시험 품목의 표면 전체에 적용한다(담그거나 분사).

b. 간헐적으로 오염되는 경우, 규정된 유체를 노출될 수 있는 시험 품목의 표면 전체에 적용한다(담그거나 분사). 요건서에 규정된 기간 동안 습윤한 조건에서 모든 시험 품목 표면을 유지하는데 필요할 경우 이 절차를 한 번 이상 반복한다. 이것이 규정되어 있지 않다면, 습윤한 조건에서 각 주기가 8시간으로 구성된 주기인 3주기 (24시간)를 시험 품목에 가하고, 단계3에 규정된 온도에서 16시간의 배수 기간을 가진다.

c. 연장된 오염의 경우, 시험 품목을 규정된 유체에 담그고 요건서에서 규정된 기간 동안 유지하도록 한다. 이것이 규정되어 있지 않다면, 표1에 주어진 유체 온도를 사용하여 최소 24시간 동안 시험 품목을 침수한다.

단계5. 시험 품목이 자연스럽게 배수될 수 있게 한다. 흔들거나 닦는 것은 허용되지 않으나, 단 사용 조건을 대표하는 경우, 다른 위치에서의 배수를 고려하여 모든 축에서 회전될 수 있다.

<sup>5/</sup> 두 개 이상의 유체를 혼합하기 전, 이들이 호환가능한지, 위해 작용을 하지 않는지를 확인할 것.

단계6. 시험 품목을 단락 2.2.5.3에서 결정된 온도에서 8시간 동안 유지한다(단락 2.2.6). 시험 품목을 육안으로 점검하여 재료가 열화되지 않았는지 본다. 특별히 언급된 경우, 시험을 중지하고 전체 노출의 완성의 장기간 영향을 평가하는 것을 고려하도록 한다.

단계7. 명백한 악화가 없다면, 16시간 동안 단계6을 계속한다.

단계8. 24시간 주기의 2회 이상 6 및 단계7을 반복한다. 재료 폐기 지침에 대하여 단락 1.2을 참조할 것.

단계9. 표준 주위 조건에서 시험 품목을 안정화시킨다.

단계10. 시험 품목을 육안으로 점검하여 재료, 보호 마감재의 열화 및 물리적 변화가 발생했는지를 본다. 결과를 기록하여 단락 3.1b(8)에서 취득한 자료와 비교한다.

단계11. 적당하다면, 상기 단계2의 것과 유사한 시험 품목에 대해 기능 점검을 수행하고 결과를 문서화하여 예비시험 자료와 비교한다.

단계12. 규정된 경우, 장기간 영향을 평가할 수 있도록 표준 주위 조건에서 시험 품목을 보관한다.

## 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14와 5.17에 주어진 지침에 더하여, 오염이 즉시 또는 잠재적으로(장기간) 시험 품목의 적절한 기능수행에 미치는 영향에 대하여 모든 오염 영향을 분석하여야 한다. 시험 품목이 이 시험을 수행한 직후 만족스럽게 기능을 수행한다고 하여 이것이 합격/불합격에 대한 전적인 기준이 될 수는 없다.

## 6. 참고규격/관련 문서.

- a. Defence Standard 42-40, Foam Liquids, Fire Extinguishing(Concentrates, Foam, Fire Extinguishing), (UK Ministry of Defence).
- b. Defence Standard 68-161, Dispensers, Insecticide Aerosol Flying Insect Killer, (UK Ministry of Defence).
- c. Test Operations Procedure 3-2-609, Chemical Compatibility of Non-metallic Materials Used in Small Arms Systems; USATECOM, APG, MD 21005-5055.
- d. BS 6580: 1992, Specification for Corrosion Inhibiting, Engine Coolant Concentrate('Antifreeze'), British Standards Institute.
- e. Defence Standard 79-17, Compound, Cleaning, Foaming, for Aircraft Surfaces, (UK Ministry of Defence).
- f. MIL-C-47220, Coolant Fluid, Dielectric Reviewer: 68 GS(U.S.),

표 504- I. 주요 오염 유체 군 및 시험 유체.

오염 유체군		시험 유체***	시험 유체 온도.(±2℃)
연료	등유	비행 터빈 연료(JP-4(NATO F-40), JP-5(NATO F-44), JP-8(NATO F-34), 등)	70
	디젤	DL-A, DL-1,DL-2(ASTM D975)	23
	가솔린(피스톤 엔진)	ISO 1817, 시험 유체B; ASTM 4814, 자동 스파크 점화 엔진	40*
수경유	광물유 계열	NATO H-520/NATO H-515; U.S. MIL-H-5606	70
	인 에스테르 계열 (합성)	ISO 1817, 시험 유체 103;U.S.:MIL-H-46170(FRH); NATO:H-544	70
	실리콘 계열	디메틸 실리콘(ZX42;NATO S1714)	70
윤활유	광물 계열	NATO 0-1176(OMD 80);NATO Stock#4210 99 224 8369	70
	내연기관	MIL-PRF-2104, 15W40(NATO D-1236)	70
	에스테르 계열(합성)	ISO 1817, 시험 유체 101	150
용제 및 세척 유체		프로판-2-올(이소프로필 알콜)	50*
		변성 알콜	23*
		항공기 표면용 세척 화합물	23
제빙 및 부동 유체		금지된 에틸렌 글리콜(BS6580)80% 및 수용액 50%(v/v); U.S. 부동액:AA52624(NATO S-750)	23
활주로 제빙기		25% 요소/25% 엘틸렌 글리콜액(v/v)**	23
살충제		살충제	23
살균제(헤비 듀티 석탄산)		깨끗한 수용성 석탄산, 예, 깨끗한 용액을 제공하기 위해 물에 희석되고 계면활성제에서 용해된 페놀 또는 그 유도체.	23
		흑색 유체, 예, 항공기 오일에서 용해되고 세정제와 유화된 정제 타르 부산물.	
		백색 유체, 예, 물 내 정제 콜타르 부산물의 아교질 유체. 일반적으로 적은 양의 계면활성제를 포함.	
냉각제 유전체 유체		PAO 유전체	70
소화제		단백질: NATO Stock #4210 99 224 6855	23
		플루오르단백질: NATO Stock #4210 99 224 6854	23

\* 임계 인화점 온도를 초과; 전문가 장치 취득.

\*\* 변할 수 있음; 환경적 위해성을 식별됨.

\*\*\* 추가 정보는 부록A를 참조할 것.

## 부록 A

### 환경 및 독물학적 고찰사항

#### 1. 가솔린 연료 및 광물/합성유.

- a. 개방된 상태에서의 연소는 환경 오염을 유발할 수 있다.
- b. 피부와의 접촉은 지방질 제거를 촉진할 수 있다.
- c. 특정 환경하에서의 점화는 폭발을 야기할 수 있다.
- d. 가솔린의 저 인화점(피스톤 엔진):  $-18^{\circ}\text{C}$ .
- e. 기름 등의 유출은 수로 및 지하수 공급로의 오염을 야기할 수 있다. 가솔린 300l 는 표면막이 잔잔한 물  $1\text{km}^2$  이상을 생성하는 용량을 가진다.
- f. 벤젠과 같은 발암성 화학물이 연료에 존재한다; 기름은 종종 기타 다른 독성 인자를 포함한다.
- g. 트라이 알킬 인산염은 대표적인 합성 수경유이다. 유출은 수로 및 지하수 공급로의 독성 오염을 야기할 수 있다.

#### 2. 용제 및 세척 유체.

- a. 프로판-2-올은 가연성이다.
- b. 1.1.1 트리클로로에탄은 오존과 반응할 때 환경에 영향을 미치기 때문에 현재는 그 사용이 금지되었다. 또한 1.1.1 트리클로로에탄은 돌연 변이 유발 특성을 가진 것으로 간주되고 있다.
- c. 변성 알콜은 독성이면서 가연성이다. 이 알콜은 약 95% 에틸 알콜, 5% 메틸 알콜 및 피리딘과 같은 약간의 인자를 포함하고 있는 혼합물이다.
- d. 생물 분해성 인산염 나트륨 황산염 및 나트륨 카르복시 메틸 섬유소로 만들어진 세정제는 전통적인 세탁물질이다. 수로로 처리되지 않은 물질을 방출해서는 안 된다.

#### 3. 제빙 및 부동 유체.

- a. 에틸렌 글리콜의 모든 수성 용액은 독성이며 25%의 요소를 함유한 물질은 조류의 성장을 촉진시킬 수 있다.

- b. 50%의 금지된 수성 칼륨 아세테이트 용액은 상업적으로 유통되고 있으며 에틸렌 글리콜에 대한 100% 안전한 신 대체물질로 평가되고 있다. 그러나, 알루미늄 합금과의 상호작용은 그다지 만족스럽지 못하다.

#### 4. 살균제.

포름알데히드 및 페놀 동족체(종종 콜타르 부산물에서 유도됨)를 포함하고 있는 공식 표시는 화학적 화장실, 화장실 시트의 살균, 싱크대 및 작업장 표면에서 광범위하게 사용된다. 살균제는 싱크대에 수포가 생기게 할 수 있다; 독성을 떨 경우, 피부를 통한 흡수 또는 증기의 흡입으로 인해 중독을 유발할 수 있다. 희석되지 않은 형태의 특정 살균제는 가연성일 수 있다. 전문적인 상업적 폐기 기업은 세정제의 처리를 관리하여야 한다. 소량의 세정제가 풍부한 양의 물과 함께 배수관 아래로 흘러갈 수 있다.

#### 5. 냉각제 유전체 유체.

- a. 쿨라놀(Coolanol) 25R은 규산염 에스테르로, 가연성 부산물을 생성하기 위하여 가수분해될 수 있다. U.S.는 그 사용을 금지하였다.
- b. 최신 냉각제는 중합 알파 올레핀 계열로, 비독성이면서 또한 일반적으로 불활성이다.

#### 6. 소화제.

거품을 생성하기 위해 현재 사용되는 추진 기체는 클로로 플루오르 탄화수소(CFC's)이다. 이 기체는 오존과 반응하며 따라서 환경적으로 파괴적인 성격을 띤다.

#### 7. 살충제.

대부분의 살충제는 사람에게 유독한 것으로 간주될 수 있다. 만일 살충제 전달 매체가 등유형(연료/기름) 물보라 또는 안개인 경우, 단락 1에서 식별된 많은 특성 또한 적용될 것이다.

## 시험법 505.4

### 일사(일조)

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 시험법은 두 가지 목적을 가진다:

- a. 군수품에 대한 직사광선의 열 영향을 판단한다.
- b. 직사광선의 화학선(빛분해) 영향을 쉽게 파악한다.

##### 1.2 용도.

이 시험법을 사용하여 고온 기후의 옥외에서 수명주기 중 및 열 또는 화학선 영향과 관련될 때, 일사에 노출될 수 있는 군수품을 평가한다. 이 시험법의 사용은 일광(해수면에서의 태양 스펙트럼 및 에너지 수준)에 대한 직접 노출의 영향을 평가하는 것으로 제한된다. 이를 위해 고안되지 않았더라도, 절차II를 사용하여 이러한 자연 일사 조건의 측정과 적당한 비교를 허용하는 다양한 방사원을 이용함으로써 각기 다른 장소 및 고도의 일사의 자외선 영향을 모의시험할 수 있다.

##### 1.3 제한사항.

- a. 이 시험법은 자연 환경과 관련된 모든 영향을 고려하지는 않는다(부록A, 단락 7.2 참조). 따라서 적당한 자연현장에서 군수품을 시험하는 것이 권장된다. 램프 बैं크의 스펙트럼을 측정한 후 표 505.4-I에 제시된 스펙트럼과 일치할 때 이 시험법을 사용하도록 한다. 이 표와의 편차는 시험 요건이 적합화 과정을 기반으로 하거나 또는 특수 주파수 대역이 관련된 경우 정당화될 수 있다.
- b. 이 시험법은 밀폐된 환경에서 발생하는 균일한 열 또는 응달이나 덮여진 보관 조건에서의 간접 열을 모의시험하지는 않는다(시험법 501.4, 고온 참조).
- c. 조사는 변할 수 있기 때문에, 이 시험법은 공간 응용에 대해 사용되도록 고안되지 않았다.

#### 2. 적합화 지침.

##### 2.1 이 시험법 선택.

요건서를 점검하고 시험 품목의 수명주기 중 어디서 일사 영향이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법에 대한 필요성을 확인하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다.

### 2.1.1 일사 환경의 영향.

#### 2.1.1.1 열 영향.

일사의 열 영향은 일사가 방향성 열 및 열 기울기를 생성한다는 점에서 높은 공기온도가 미치는 영향과는 다르다. 일사 시험에서, 흡수 또는 반사되는 열의 양은 주로 광선이 입사되는 표면의 거칠기 및 색깔에 따라 달라질 수 있다. 유약 장치가 시험 품목 배치의 일부이고 관련 부품을 유약 장치를 통과한 태양 에너지에 노출되고, 유약 장치가 스펙트럼의 적외선 부분을 감쇠하는 경우 전체 스펙트럼 원을 사용해야 한다. 유사하지 않은 재료 간 차동 팽창에 더하여, 일사의 강도 변화는 부품을 다른 비율로 팽창 또는 수축시킬 수 있다. 이는 가혹한 응력을 유발하고 구조적 무결성을 떨어뜨릴 수 있다. 시험법 501.4에 나타난 것에 더하여, 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

- a. 이동부의 마힘 또는 느슨해짐.
- b. 땀납 조인트 및 아교로 붙은 부품의 약화.
- c. 강도 및 신축성 변화.
- d. 연결 장치의 고장 또는 측정 손실.
- e. 실 무결성 감소.
- f. 전기 또는 전자부품 변화.
- g. 전기 접촉의 조기 발동.
- h. 엘라스토머 및 중합체의 특성 변화.
- i. 페인트, 합성물, 및 레이더 흡수제 물질(RAM)와 같은 접착제로 붙인 표면 적층의 수포 생성, 박리 및 갈라짐.
- j. 자기 합성물의 연화.
- k. 압력 변화.
- l. 혼합재 및 폭발물의 습기 발산.

m. 취급의 어려움.

### 2.1.1.2 화학선 영향.

단락 2.1.1.1의 열 영향에 더하여, 태양 에너지의 특정 퇴화는 스펙트럼, 특히 자외선의 기타 다른 부분에 의한 것일 수 있다. 이러한 반응이 발생할 수 있는 비율은 일반적으로 온도가 상승함에 따라 증가하므로, 일사의 화학선 영향을 적절하게 모의시험하기 위해 전체 스펙트럼을 사용하도록 한다. 다음은 화학선 영향에 의해 발생하는 열화의 예이다. 이 목록은 모든 것을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

a. 직물 및 플라스틱 색깔의 바램.

b. 페인트의 체킹, 초킹 및 바램.

c. 더 짧은 파장 방사에 의해 시작된 광화학 작용을 통한 천연 및 합성 엘라스토머, 중합체의 악화. (케블라 섬유와 같은 고강도 중합체는 가시 스펙트럼에 의해 큰 영향을 받는다. 악화는 광선 노출에 의한 상위단 본드(탄소 체인 중합체에 존재하는 파이(pi) 및 시그마(sigma) 본드)의 파손에 의해 유도될 수 있다.)

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5를 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 통상적으로, 시험 프로그램의 모든 단계에서 일사 시험을 적용할 것을 고려해야 한다. 그러나, 고온 또는 화학선 영향은 재료의 강도나 치수에 영향을 미쳐 연이어지는 시험의 결과에 진동과 같은 영향을 미칠 수 있다.

## 2.2 절차 선택.

이 시험법은 절차 I(순환(열 영향)) 및 절차 II(정상상태(화학선 영향))의 두 시험 절차를 포함한다. 어떤 절차를 사용할 것인지를 결정할 것. 이 중 한 절차를 사용해도 화학선 영향을 결정할 수 있다. 단 절차 II는 시험 지속시간을 감소시킨다.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

절차를 선택할 때, 다음을 고려할 것:

a. 시험 품목의 조작 목적. 노출 중에 발생하는 물리적 열화는 군수품 성능 또는 신뢰도에 역영향을 미칠 수 있다. 군수품의 용도를 기반으로 하여, 일사에의 노출 중 및 후에 시험 품목의 성능을 평가하는데 필요한 기능 모드 및 시험 자료를 결정하도록 한다.

b. 예상 배치 장소.

c. 시험 품목 배치.

- d. 예상 노출 환경(사용, 수송, 보관 등.).
- e. 일사예의 노출의 예상 지속시간.
- f. 시험 품목 내부의 예상 문제 부분.

### 2.2.2 절차 간 차이.

두 절차는 모의시험된 일사예의 시험 품목 노출과 관련있지만, 타이밍 및 태양 부하 수준을 기준으로 할 때, 그리고 절차의 초점(열 대 화학선 영향 분석) 관점에서 차이를 보인다. 절차 I(순환(열 영향))은 일사예 의해 생성되는 열의 영향에 초점을 두는데, 전 세계에 걸쳐 전형적인 현실적 최대 수준에서 모의시험된 일사(또는 열 부하)의 연속 24-시간 주기에 균수품을 노출시킨다. 절차II(정상상태(화학선 영향))는 일사예 의해 생성된 광 퇴화 영향을 가속화하도록 만들어 졌다. 이 절차는 정상 태양 부하 하에서 긴 시간 주기에 걸쳐 축적될 수 있는 화학선 영향을 가속화하기 위해 밤 주기에 산재되는 강해진 태양 부하(정상 수준의 약 2.5배)의 주기에 균수품을 노출한다. 실제 가속비는 재료 의존적이며, 자연 태양 노출의 2.5배는 동일한 가속을 제공하지 않는다. 그러나, 이는 보다 빠른 시험을 제공한다. 단 고장 메카니즘이 실제 환경에서 기대되는 경로를 따른다고 가정한다.

a. 절차 I - 순환(열 영향). 균수품이 현실적으로 높은 기후의 옥외에서 노출되고 노출 중 및 후에 악화없이 작동될 때 반응온도를 조사하기 위하여 절차 I 을 사용하라. 간단한 열-생성 램프를 사용하여 절차 I 을 수행할 수 있을지라도, 대신 절차II 램프를 사용하면 화학선 영향을 다소 제한적으로 평가할 수 있다. 균수품이 차동 가열에 의해 영향을 받을 수 있을 때(단락 2.1.1.1 참조) 또는 일사예 의해 유발된 가열 메카니즘 또는 수준을 알고 있을 때(이는 대부분의 균수품을 포함), 일사 시험을 사용할 것이 권장된다. 적외선 원을 이용하여 동일한 또는 유사한 색깔 및 구조를 가진 재료만을 분석해야 한다. 유약 장치가 균수품에 구현되는 경우, 적외선 원을 사용할 때 적외선 전달이 영향을 받지 않는지를 검정할 것. 그렇지 않을 경우, 전체 스펙트럼 원을 사용하라. 시험 품목에서 필요한 공기 온도를 제어하는데 필요한 최소 기류를 유지하는 것이 중요하다.

b. 절차II - 정상상태(화학선 영향). 장기간의 일조 노출에 대한 영향을 조사하기 위하여 절차II를 사용하라. 균수품 표면이 대량의 일광(열 및 습기)을 받지 않는 한 보통 화학선 영향은 발생하지 않는다. 따라서, 화학선 영향을 발생시키는데 있어 정상 일사 수준의 반복된 긴 주기를 사용하는 것은 효과가 없다. 이 목적을 위해 절차 I 을 사용하는 것은 몇 달이 걸릴 수 있다. 따라서, 접근법은 장기간 노출의 누적 영향을 재현하는 시간을 감소시키도록 설계된 가속 시험을 사용해야 한다.

(1) 절차II를 성공적으로 사용하는데 있어 주요한 키는 시험 품목이 자연조건하에서 감쇠될 수 있는 온도를 초과하는 것을 막기 위해 충분한 냉각 공기를 유지하는 것이다. 그러나, 너무 많은 냉각 공기를 사용하여 비현실적으로 냉각되는 것을 피해야 한다. 이는 이 시험을 수행하기 전에, 자연조건하에서 균수품이 경험할 수 있는

최대 온도반응(야전/함대 자료를 사용 또는 절차 I 사용에 의해 결정된)을 알아야 한다. 절차 I 을 이전에 수행하지 않아 자료를 사용할 수 없는 경우, 절차 I (완전한 1주기의 절대 최소)에 따라 예비 시험을 수행하여 시험 품목의 대략적인 최대 반응 온도를 측정하도록 한다. 만일 현실적이라면, 전체 시험 품목에 대해 이 예비 시험을 수행할 것: 그렇지 않다면, 시험 품목의 실제 색깔, 표면 거칠기, 절연 수준(내부 열이 모의시험될 필요가 있음)을 대표하는 쿠폰을 사용할 것. 절차 I 및 II를 대체하지 않기 위하여 이 예비 시험을 사용하여 시험 품목의 대략적인 최대 온도반응만을 측정한다. 이와 유사하게, 복합 또는 동일한 시험 품목을 시험해야 할 경우, 최대 온도반응을 결정하는 예비 시험에서 하나 이상의 품목을 사용할 것. 화학선 영향은 일사 스펙트럼(강도 및 지속시간)에 매우 크게 의존하므로, 스펙트럼은 천연 일광의 스펙트럼에 가능한 한 가까워야 한다. 온도 측정 기법은 연관된 당사자들의 합의를 거쳐야 한다.

(2) 24-시간 주기의 4-시간 “점화” 기간은 “정상”으로 돌리고 열 응력 수행의 일부 수준을 제공하기 위해 시험 품목 조건(물리적 및 화학적)을 고찰한다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차를 선택한 후(군수품 요건서와 적합화 과정을 기반으로 하여), 적절한 파라미터 수준, 특별 시험 조건 및 낮 주기, 시험 지속시간, 시험 품목 배치, 상대 습도, 그 외 적절한 추가 조건과 같은 절차에 대한 기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하도록 한다. 이 시험 파라미터 수준은 요건서 ‘수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)’(제1부, 그림1-1 참조)와 이 시험법에 주어진 정보를 기반으로 하라. 조작 목적 및 군수품의 수명 주기에 비추어 다음 사항을 고찰할 것.

#### 2.3.1 낮 주기.

절차 I 의 경우, 세 개의 기후 범주(MIL-HDBK-310의 A1, A2 및 A3)에서 최대 기상학적 조건에 해당하는 세 개의 고온 낮 주기가 있다. 일반적으로 중요하지 않을지라도, 이러한 기후 범주에 더하여, 주명주기 프로파일에서 적절한 경우 해양 환경(STANAG 2895의 M1 및 M2)을 고찰할 것. 그림 5-5.4-1에서는 절차 I 에 대한 범주 A1 - A3에 해당하는 온도 및 일사의 일일 주기를 나타내고 있다. 해당 군수품의 사용을 위해 계획된 기후 범주에 따라 시험 조건을 선택할 것:

- a. 세계적인 배치. 주기 A1은 1120W/m<sup>2</sup>(355 BTU/ft<sup>2</sup>/hr) 및 49°C(120°F)인 피크 조건을 가지며 고 수준의 일사에 동반되는 초고온을 경험하는 가장 가혹한 장소, 즉 고온건조한 북아프리카 사막, 중동 지역 및 인도 북부와 미국 서남부와 같은 지역에서 가장 극한의 달을 시간으로 환산하여 그 중 1% 이상 발생하는 최고온 조건을 대표한다.
- b. 주기 A2는 1120W/m<sup>2</sup> 및 44°C(111°F)인 피크 조건을 가지고 고 수준의 일사에 동반되는 고온을 경험하는 장소, 즉 유럽의 대부분의 남부 지역, 호주 대륙 거의 전

체, 중앙 아시아 남부, 북 및 동 아프리카, 북 아프리카 해안 지역, 미국의 남부 지역, 멕시코의 대부분 지역에서 비교적 덜 가혹한 조건을 대표한다. 범주 A2 또는 A3(A1 제외)에 설명된 지리학적 장소에서만 군수품을 사용하는 경우 이 주기를 사용할 것.

c. 주기 A3은 1120W/m<sup>2</sup> 및 39°C(102°F)인 피크 조건을 가지고 1년 중 최소 얼마 동안 적당한 고온 및 적당한 저습을 경험하는 장소만을 대표한다. 이 조건은 특히 대부분의 남부를 제외한 유럽, 캐나다, 북미 및 호주 남부의 조건을 대표한다. 그러나, 이 문서의 목적에 따라, 범주 A3은 A1 또는 A2로 지정된 것을 제외하고 모든 대륙에 적용되는 것으로 간주된다. 범주 A3(A1, A2 제외)에 설명된 지리학적 장소에서만 군수품을 사용하는 경우 이 주기를 사용할 것. 그림 505.4-2는 절차II에 대한 해당 온도 및 일사 수준을 나타내고 있다.

### 2.3.2 시험 지속시간.

a. 절차I. 그림 505.4-1에 나타난 또는 요건서에 설명된 바와 같이 제어된 모의 시험된 일사 및 건구식 온도의 연속 24-시간 주기에 시험 품목을 노출한다. 이 시험의 목적은 시험 품목이 반복된 주기 중에 도달하게 될 최고온을 규정하는 것이다. 적어도 3주기를 연속하여 수행할 것. 일사 에너지의 변화는 주기의 각 측면에 대해 최소 4 수준(가급적 8수준)으로, 연속 또는 증가하여 적용될 수 있다. 단 주기의 전체 에너지가 유지된다고 가정한다. 만일 3 주기 중에 최대온도에 도달하지 못하면(이전의 24-시간 주기 중 도달된 피크 반응온도의 2°C(3.6°F) 내), 4 - 7 주기를 수행할 것. 최대 시험 품목 온도가 규정될 때 또는 7번째 주기가 끝날 때 시험을 중지한다. 기타 다른 지침이 없을 경우, 7 주기의 최대 시험 지속시간을 권장한다. 왜냐하면 선택된 기후 지역의 피크 고온이 가장 극한의 달에 대략 7시간 발생하기 때문이다. 보다 정확한 모의시험이 필요하다면, 검토 중인 특별 지역에 대한 기상학적 자료를 참조하여야 한다. 적당할 경우, 이 자료에는 위도, 고도, 예상 노출 달, 또는 기타 다른 요소(예를 들면, 북부 지역에서만 사용되는 제품, 또는 겨울에만 사용되는 제품)를 설명하기 위해 태양 에너지의 조정이 포함될 수 있다. 표준 조건과의 편차를 자세하게 설명하고 정당화해야 한다.

b. 절차II. 절차II는 시험 품목이 받는 총 에너지가 관련되는 한 대략 2.5의 가속율을 생성한다. 즉 그림 505.4-2에 나타난 바와 같이 1회의 24-시간 주기는 교차 열 충격 및 흔히 “어둠”이라 하는 과정을 고려하기 위해 4-시간 점화 시간을 더한 1회 24-시간(자연적) 낮 주기에서 경험하는 태양 에너지의 약 2.5배를 제공한다. 예를 들면, 자연 노출 10일을 모의시험하기 위해, 그림 505.4-2에 나타난 바와 같이 24-시간 주기를 4회 수행할 것. 휴대용 시험 품목과 같이, 옥외에서 가끔 사용되는 군수품에 대하여 10회의 24-시간 주기 지속시간을 권장할 것. 옥외 조건에 연속적으로 노출되는 군수품의 경우, 56회의 24-시간 주기 또는 이 보다 긴 주기의 시험 지속시간을 권장할 것. 과열의 위험으로 인해 식별된 수준 이상으로 조사를 늘리지 말 것; 이 시험법에서 시험을 가속화 하고자하는 시도는 자연 일사 조건하에서 군수품 반응과 상관관계가 있는 결과를 제공한다.

### 2.3.3 습도.

다양한 수준의 상대습도가 자연스럽게 나타나는 동안, 대부분의 경우에서 온도 및 일사와 결합된 습도는 군수품에 해로운 영향을 미친다. 군수품이 RH에 민감하거나 또는 민감할 것으로 예상된다면, 절차 I 시험 요건에 이를 포함시킬 것. STANAG 2895 및 MIL-HDBK-310은 지상의 여러 지역에 대한 온도-습도 자료가 나와있다.

### 2.3.4 배치.

자연 일사에 노출되는 동안 동일한 시험 품목 배치를 사용한다. 방사의 방향과 관련된 시험 품목의 방위는 열 영향에 상당한 충격을 받는다. 다양한 시험 품목 부품이 태양 영향에 민감하다는 것을 이미 알고 있는 경우, 관련 시험 품목/일사원 방위를 조정하여 자연 낮 주기를 모의시험 할 것. 가능한 경우마다, 요건서에 제시된 바와 같이, 시험 품목을 설치하여 그 configuration이 실제 배치를 대표하도록 한다. 이 설치는 규정된 특성을 가지는 지지대 또는 기관(예: 규정된 두께로 된 콘크리트 층 또는 특정 반사력을 가진 모래판(sand bed))을 포함할 수 있다.

### 2.3.5 분광 분산 - 해수면 대 고지 고각.

고지 고각에서 일사는 해수면에서 보다 더 큰 UV 방사 피해 부분을 포함한다. 표 505.4- I 에 나타난 국제적으로 합의된 스펙트럼이 일반 시험에 대해 권장되지만, 이것은 해수면에서 4-5km 높은 실제 환경의 보다 가까운 표현이다. 해수면과 고지 고각에 대하여 이 표준 스펙트럼이 사용될 수 있다(기타 다른 자료를 사용할 수 없다면). 만일 표 505.4- I 의 자료를 사용하는 해수면 조건을 시험한다면, 시험 중 열화는 해수면에 적절한 스펙트럼을 사용하는 경우보다 더 빠른 비율로 진행될 것으로 예상된다. 따라서 시험소 시험 노출 기간을 수정하여야 한다.

### 2.3.6 온도.

이 시험법의 다른 부분에 주어진 온도 지침에 더하여, 시험 품목 근처의 공기 온도를 시험 영역 주변 공기 온도로 규정된 온도로 유지하는 것이 중요하다. 이렇게 유지하기 위해 시험 품목의 바로 근처에서 필수 기류 및 공기 온도를 측정해야 한다.

## 2.4 시험 품목 조작.

시험 품목을 조작해야 할 경우, 다음 지침을 활용하여 시험 작동 절차를 규정한다.

a. 일반사항. 제1부, 단락 5.8.2를 참조할 것/

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 대부분의 전력을 소비하는 작동모드 포함(대부분의 열을 발생).
- (2) 전압 변경이 시험 품목 열 손실 또는 반응(예, 전력생성 또는 팬 속도)에 영향을 미칠 수 있는 경우, 입력전압의 필요 범위를 포함.
- (3) 사용 중 정상적으로 적용되는 모든 냉각 매체(예, 강제공식 또는 액체 냉각제)를 도입. 대표적 및 최악-경우 떨어진 온도와 흐름 조건을 나타내는 냉각 매체 인렛 온도 및 유량율을 사용할 것으로 고찰할 것.

### 3. 필요한 정보.

#### 3.1 예비시험.

일사 시험을 잘 수행하려면 다음 정보가 필요하다.

c. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.7 및 5.9, 부록A, 과업 405에 나열된 정보.

d. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 적당한 경우 습도를 포함하는 적절한 낮 주기(절차 I 에 대한)
- (2) 시험 품목 조작요건.
- (3) 일사원이되는 조명의 분광 방사(예, 이전 시험의 조건을 재현)
- (4) 모든 추가 지침.
- (5) 온도 측정 기법.

#### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음 정보를 수집할 것:

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.10 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 챔버 온도 및 빛 강도 대 시간 조건의 기록.
- (2) 시험 지속시간 중 시험 품목 온도 대 시간 자료의 기록.

#### 3.3 사후시험.

다음 사후시험 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 시험 품목 상의 온도 센서 위치.
- (2) 시험 품목 온도 및 노출 기간.
- (3) 태양 램프뱅크 식별.
- (4) 필요한 모든 추가 자료.

### 4. 시험 과정.

#### 4.1 시험 설비.

a. 필요한 설비는 챔버나 캐비닛, 부속 계측기 및 태양 램프뱅크로 구성된다. 이 기구는 온도, 기류 또는 조사의 필요 조건을 유지하고 감시(제1부, 단락 5.18 참조) 할 수 있어야 한다.

b. 두 절차에서 시험 시편에 대하여 발생가능한 기류의 냉각효과를 고려할 것. 1m/s만큼 적은 기류는 온도상승을 20% 이상 감소시킬 수 있다. 달리 정당화되지

않은 경우, 가능한 한 낮아서 시험 품목에서 주변 공기 온도의 만족스러운 제어 달성  
과 일관되도록 시험 품목 근처의 기류율을 제어 및 측정해야 한다. 즉, 보통 0.25  
와 1.5m/s(50 - 300ft/min)사이이다.

c. 챔버 표면으로부터 재방사를 감소 또는 제거하는데 있어, 가장 좋은 시험법은 시  
험 챔버의 부피가 시험 품목의 외피의 부피보다 최소 10배일 때라는 것은 이미 경  
험으로 알려져 있다.(시험 챔버의 벽에 부딪히는 광원의 빔각을 고찰할 것.)

#### 4.1.1 하층.

시험 품목은 요건서에 제시된 바와 같이, 규정된 두께로 된 콘크리트 층 또는 실제 배치를  
대표하는 전도성 및 반사력을 가지는 모래판과 같은 규정된 특성을 가지는 하층이나 높여진  
지지대에 설치해야 한다.

#### 4.1.2 일사원.

a. 복사 열-생성 램프(절차 I 에 대한) 또는 태양 스펙트럼을 모의시험하는 램프(절  
차 II 또는 I 과 II 모두)의 일사원을 구성할 것. 광원 어레이의 방사 강도는 시험  
품목의 상부 표면에서 측정된 희망값에서 10%이상 변화해서는 안 된다.

b.  $1120\text{W/m}^2(\pm 47\text{W/m}^2)$ 의 최대 조사 강도를 사용하고 시험 품목 위의 방사가 희  
망값의 10% 내외와 같은지 확인한다. 화학선 영향을 평가할 때, 광원의 분광 분포가  
표 505.4- I 에 주어진 분포(주어진 허용차 내)를 따르는지 확인한다. 열 영향만을  
평가하는 경우, 표 505.4- I 에서와 같이 적어도 스펙트럼의 가시 및 적외선 부분을  
유지하는 것이 바람직하다. 그러나, 이것이 쉽지 않을 경우, 필요하다면 분광 분포  
(표 505.4- I)로부터 벗어날 것. 단 조사를 조정하여 동등한 열 영향을 제공한다.  
필요한 조정량을 결정하려면, 두 가지 시험법을 사용한다:

(1) 다음 정보를 사용하여 조정을 수학적으로 계산한다:

(a) 조사된 표면의 분광 반사율 또는 투과율 및

(b) 사용될 특별 램프의 분광 에너지 분포( 및 모든 연관된 반사경 또는 유리의 영  
향).

(2) 군수품을 대표하는 시료에 대해 예비시험을 수행함으로써 조정을 실증적으로  
결정한다(가장 중요한 특성은 색깔과 표면 거칠기). 자연 일사 조건하에서 시험 표  
본의 주변 공기 온도 이상인 온도 상승을 측정하고 모의시험된 일사하에서 시험 표  
본의 주변(챔버) 공기 온도 이상인 온도 상승과 결과를 비교하도록 한다.

시료(즉, 옥외 조건은 거의 0 바람을 제공하지 않는다)에 대한 기류의 냉각 영향을  
설명하기 위하여 시험의 자연 조건 일부하에서 충분한 자료를 수집하고, 챔버 시료  
의 결과와 비교가능하도록 0 바람 조건에서 온도 상승을 외삽한다.

표 505.4-I. 분광 에너지 분포 및 허용된 허용차

특성	분광 부분			
	자외선		가시광선	적외선
대역폭	0.28 $\mu m$ - 0.32 $\mu m$	0.32 $\mu m$ - 0.4 $\mu m$	0.40 - 0.78 $\mu m$	0.78 - 3.00 $\mu m$
조사	5W/m <sup>2</sup>	63W/m <sup>2</sup>	560W/m <sup>2</sup>	492W/m <sup>2</sup>
허용차	±35%	±25%	±10%	±20%

주: 지표면에 도달하는 0.30 $\mu m$ 보다 짧은 방사 파장의 양은 적지만 재료의 열화에 대한 영향은 크다. 300nm이하의 짧은 파장 에너지는 재료를 불필요하게 약해지게 할 수 있다(자연 노출에 존재하지 않는 경우). 역으로, 300nm이하의 에너지가 자연 환경에 존재하고 가속화된 노출에 존재하지 않는 경우, 약해지는 재료는 시험을 통과할 것이다. 이는 전적으로 재료 의존적이다. 왜냐하면 자연 노출에서의 최종 사용과 관련되어 있기 때문이다. (부록, A 2.2 참조)

a. 시험 품목에 방사를 가하고 일사원에 마주하는 시험 품목의 전체 표면을 비춘다. 측정에서 최고 수준의 신뢰를 제공하기 위해, 1120W/m<sup>2</sup>의 값은 이론적으로 시험 품목에 가해지는 모든 방사를 포함한다. 챔버 벽으로부터 반사되는 모든 방사 및 챔버 벽에서 방출되는 모든 장파(3 $\mu m$  이하) 적외선도 포함한다. 이를 수행하기 위해, 방사-측정 장치는 광원과 챔버 벽에 의해 방출되는 장파 적외선의 파장 범위를 모두 포함할 수 있을 정도로 넓은 파장 범위에서 측정되어야 한다. 그러나, 챔버 벽으로부터 반사된 또는 방출된 방사는 통상 본질적으로 광원으로부터 직접 방출된 방사보다 낮으므로, 285 - 2800nm의 측정 범위를 가지는 측정 장치는 직접 방사 또는 반사된 방사를 측정하는데 있어 충분해야 한다. 따라서, 시험의 취지가 화학선 영향을 측정하는 것이라면, 적어도 광원의 전 파장 범위에서 측정된 방사-측정 장치를 사용하도록 하라. 아울러, 이 시험의 취지가 열적 열 부하(단락 4.1e 참조)를 측정하는 것이라면, 적외선 에너지를 측정할 수 있는 기능이 있는 모든 방사 측정 장치를 사용하고 이 장치가 측정하도록 설계된 전체 파장 범위에서 방사 측정 장치를 측정하도록 한다.

b. 개별 전구로부터의 비의도적인 열과 같은 집중된 영향을 막기 위하여, 방사원을 시험 품목의 모든 표면으로부터 최소 76cm(30in) 떨어져서 배치하도록 한다. 집중 조명등(투광 조명등과 반대의 개념)은 비-균일 노출을 생성할 수 있다. 아래이 내에서 분광 분포는 노출 부분에 걸쳐 비균일할 수 있기 때문에 아래이 내에서 복합 램프 유형을 사용하지 말 것.

c. 광원. 다음 목록((1)절과 (2)절)은 선진 기술에 의해 이용되는 새로운 램프를 제

외하고자 고안된 것이 아니다. 스펙트럼이 표 505.4-I에 규정된 것과 일치하게 하기 위하여 필터를 사용할 필요가 있을 수 있다. 추가 지침은 부록A에 주어져 있다.

(1) 시험 품목 내의 열 증강 및 화학선 영향으로 인해 재료의 퇴화 및 악화에 대해 수행된 시험은 표 505.4-I의 전체 스펙트럼을 만족해야 하며 다음과 같은 수용가능한 방사원 중 하나를 사용할 수 있다:

- (a) 금속 할로겐 램프(전체 스펙트럼 응용을 위해 설계)
- (b) 적절한 반사경이 부착된 크세논 아크 또는 수은 크세논 아크(특별하게 사용됨)
- (c) 적절한 반사경이 부착된 수은 증기 및 고압 나트륨 증기의 혼합.
- (d) 고효율 다-증기, 수은 증기(적절한 반사경이 부착됨), 백열 집중 조명등.
- (e) 탄소 아크(적절한 반사경이 부착됨).

주: 표 505.4-I의 스펙트럼을 생성하는 것으로 증명되는 경우 아래의 단락 4.1h(2)와 상기에 나열된 램프의 기타 다른 결합을 사용할 것.

(2) 열 영향만(화학선 영향 제외)을 평가하게 위해 수행된 시험에 대해 다음 목록으로부터 적합한 램프를 사용할 것.

- (a) 수은 증기 램프(내부 반사경형만)
- (b) 외부 반사경이 부착된 백열 집중 조명등 및 관형 수은 증기 램프의 결합.
- (c) 내부 반사경이 부착된 백열 집중 조명등 및 수은 증기 램프의 결합.
- (d) 금속 할로겐.
- (e) 적절한 반사경이 부착된 크세논 아크 또는 수은 크세논 아크 램프
- (f) 적절한 반사경이 부착된 다-증기(깨끗한 또는 코팅된 전구).
- (g) 텅스텐 필라멘트 램프.
- (h) 기타 다른 열 생성 램프(단락 4.1e 참조).

#### 4.2 제어.

a. 온도. 제1부, 단락 5.2a에 따라 챔버 공기 온도(시험 계획에 규정된 바와 같이)를 유지하도록 한다. 시험 품목 주위의 공기 온도를 잘 측정하기 위해, 시험 품목의 상부 표면의 대략적인 고각에서 수평 기준면의 한 점 또는 다점에서 측정해야 한다(방사된 열을 적절하게 차폐할 것). 이 때 시험 품목에 가능한 한 가까워야 하며, 시험 품목에서 나오는 방사열의 영향으로부터 보호하기 위해 적절한 준비를 해야 한다. 이것은 시험 품목 주위의 공기 기량의 적당한 제어를 확인하는 한 시험법이다. 시험 품목의 열 반응을 측정하는데 사용되는 온도 센서는 또한 광원의 직접 방사에 의해 영향을 받을 수 있다. 실용적이라면, 이 센서를 시험 품목의 외부 케이스의 내부 표면(상부 표면)에 설치할 것.

b. 표면 오염. 먼지 및 기타 다른 표면 오염은 조사된 표면의 흡수 특성을 아주 크게 변형시킬 수 있다. 달리 규정되어 있지 않다면, 시험 품목을 시험할 때 품목이 깨끗한지 확인하도록 한다. 그러나, 표면 오염의 영향을 평가하는 경우, 관련 요건 문서에 표면 준비에 필요한 정보를 포함해야 한다.

c. 계측기. 시험 품목에 가해지는 총 방사 에너지를 측정하기 위해 전천일사계, 직달일사계 또는 기타 다른 적합한 장치를 사용할 것. 시험 품목에 가해지는 방사의 분광 분포를 측정하기 위해 적당한 필터 또는 분광복사계가 있는 전천일사계를 사용할 것. 그러나, 분광복사계는, 보다 섬세하다 하더라도, 분광 분포를 정확하게 측정할 수 있다. 필요한 규격을 만족할 수 있는 경우에만 기타 다른 측정 계측기를 사용할 것. 일반적으로 사용되는 이러한 계측기의 필수 측정 정확성에 대해서는 아래의 표를 참조할 것. 전천일사계의 경우, 다음이 적용된다:

분광 범위: 280 - 2,500(3,000이 더 나옴)nm

방향 오차(코사인 오차): <+/-1%

비선형성: <1.5%

기울기 영향(기울어진 표면에서 사용): <1.5%

작동온도: -40°C - +80°C

민감도의 온도 의존성: +/-2%(-10°C - +40°C)

**표 505.4-II. 계측기 정확성.**

측정 계측기	측정 파라미터	허용차
전천일사계/직달일사계	전체 일사 (직접 또는 산란)	±47W/m <sup>2</sup>
분광복사계 또는 여과된 전천일사계	분광 분포	판독값의 ±5%

주: 나타난 값은 + 또는 - 표준 편차를 나타낸다; 따라서, 20 중 1번 이상 측정에서 명시된 허용차를 초과해서는 안 된다. 전천일사계 또는 직달일사계로 일사 강도를 측정하도록 한다. 분광 복사계 또는 여과된 전천일사계로 파장의 함수로서의 분광 분포를 측정할 것.

d. 챔버의 측정. 허용가능한 다양한 램프 및 챔버 설계로 인하여, 열만이 중요할 때 방사된 적외선 에너지의 적절한 수준이 시험 영역에 충격을 주는지 확인하고, 화학선 영향이 중요할 때 일사의 적절한 강도 및 분광 분포가 시험 영역에 충격을 주는지 확인하기 위해 챔버를 측정하는 것은 특히 중요하다. 만일 챔버가 측정되고 있는 시간에 시험 품목을 사용할 수 없다면, 시험 품목의 상부 표면 위치의 대략적인 고각에서 수평인 기준면에서, 시험 품목에 의해 덮여진 영역에 걸쳐 방사 강도를 측정할 때 이 강도가 희망값의 10% 이내에 있는지 확인해야 한다. 만일 챔버가 측정되고 있는 시간에 시험 품목을 사용할 수 있다면, 시험 품목의 상부 표면에 걸쳐 방사 강도를 측정할 때 이 강도가 희망값의 10%이내에 있는지를 확인해야 한다. 대부분의 램프 노화 유형과 같이, 램프의 분광 출력은 변한다. 일사 챔버가 제정된 규격에 만족하는지를 확인하기 위해, 분광 분포, 강도 및 500시간을 초과하지 않는

작동 간격에서의 균일성에 대하여 철저한 검사를 수행하도록 한다. 이 값은 전구의 최소 수명에 대한 제조자 보증을 기반으로 한 것이다. 모든 시험 전 및 후에 전체 강도와 균일성을 점검한다.(훨씬 쉬운)

#### 4.3 시험 중단.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험 중단.

(a) 절차 I 과 II. 이 시험 원리는 태양 환경의 총 누적 영향을 기반으로 한다. 아래의 (b)에 설명된 것은 제외하고, 식별된 수준에서 재안정화하고 중단점에서 시험을 계속하여 모든 과소시험 중단을 수행한다.

(b) 절차 I. 절차 I의 마지막 주기의 19시간 후 중단이 발생한다면 이 시험은 완성된 것으로 간주된다. (적어도 시험의 92%가 완성되면, 고장 확률은 온도 및 일사의 잔존 저감 수준에서 낮다)

(2) 과도시험 중단. 과도시험의 영향을 검증하기 위해 시험 품목의 철저한 점검과 검사를 통하여 모든 과도시험 조건을 수행한다. 시험을 계속한 후 발생하는 모든 고장은 과도시험과 관련이 없으므로 방어하기가 어렵기 때문에, 새로운 시험 품목 사용하여 처음부터 시험을 다시 한다.

#### 4.4 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 일사 환경 내 시험 품목과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

##### 4.4.1 시험 준비.

###### 4.4.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다(상기 단락 3.1 참조).

a. 어떤 시험 절차가 필요한가.

b. 사용해야 하는 낮 주기.

c. 주기 수 등과 같은 기타 다른 변수.

d. 필요한 표면 오염 제거 정도(단락 4.2b 참조).

e. 비교 정보. 예비시험과 사후시험 품목 간의 궁극적인 비교를 위해, 시험 품목을

사진 찍고 재료 시료를 추출한다(필요하다면).

#### 4.4.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

단계1. 챔버에 시험 품목을 설치하고 보관 배치가 규정되지 않았다면, 사용을 모의 시험하는 방식으로 표준 주위 조건에서 안정화 시킨다(제1부, 단락 5.1a). 다음에 따라 시험 품목을 배치한다:

a. 실제와 같이 시험 챔버의 중앙 근처에, 방사원이 시험 중 나타날 가장 가까운 위치로 조정될 때 품목의 표면이 모든 벽과 0.3m(1ft) 또는 방사원과 0.76m(30in)이상 가깝지 않도록 한다.

b. 현실적인 한도 내에서, 일사에 가장 취약한 부분을 노출하도록 방향짓는다. 단 규정된 방위 순서를 따라야 하는 것이 아닌 경우.

c. 시험 품목의 현장 사용을 대표하지 않는다면, 기류의 상호 차단 또는 봉쇄가 없는지 확인하기 위하여, 동시적으로 시험되는 기타 다른 품목으로부터 분리시킨다.

단계2. 성형된 케이스의 모서리와 같은 응력 부분에 특별한 주의를 기울여 시험 품목을 육안 점검한다. 결과를 문서화한다.

단계3. 제1부, 단락 5.8에 따라 식별된 시험 품목 배치(단락 2.3.3 참조)에서 시험 품목을 준비한다. 시험 품목 반응을 결정하는데 필요한 모든 온도 센서를 이용한다.

단계4. 시험 계획에 따라 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록한다.

단계5. 시험 품목이 만족스럽게 작동한다면, 그 시험 배치에 품목을 놓는다. 만일 그렇지 않다면, 문제를 해결하고 단계1부터 다시 시작한다. 시험 품목을 단계1에서 규정된 위치로 되돌려 놓고 시험 계획에 규정된 바와 같이 첫 시험을 진행한다.

#### 4.4.2 절차 I.

단계1. 챔버 공기 온도를 방사가 존재하지 않는 온도 주기의 최소값으로 조정한다.

단계2. 그림 505.4-1에 나타난 또는 요건서에 설명된 바와 같이 제어된 모의시험된 일사 및 건구식 온도의 연속 24-시간 주기에 시험 품목을 노출하고 노출 기간 전체에 걸친 시험 품목 온도를 측정하고 기록한다. 편의를 위하여 그리고 시험 설비가 그림 505.4- I의 연속 곡선을 수행할 수 없다면, 곡선에 접근하기 위하여 최소 4수준(8 수준이 권장됨)에서 주기의 각 측면에 대해 일사 강도를 증가 및 감소한다. 단 주기의 총 에너지 및 분광 배전(표 505.4- I)이 유지된다고 가정한다. 다음과 같은 주기 수를 더 늘린다:

a. 1 주기 동안에 달성된 시험 품목의 가장 중요한 부분의 피크 반응 온도가 이전의 24-시간 주기 동안에 달성된 피크 반응온도의 2°C내에 속하는지 확인하는데 필요한 최소의 주기 수 또는

b. 3회 연속 주기, 또는

c. 요건서에서 설명한 주기 수(7 주기를 초과하지 말 것).

단계3. 시험 품목은 요건서의 선택에 따라, 시험 내내 작동할 수도, 하지 않을 수도 있다. 작동이 필요하다면, 피크 주기 온도가 발생할 때 시험 품목을 작동시킨다. 일부 1회-사용 품목(예: 로켓트)에 대하여, 시간 및 피크 온도 값을 결정하기 위해 시험 품목의 주요 부분에 부착된 열전대를 사용하도록 한다. 시험 품목을 피크 주기 온도에서 조작한다. 단락 4.4.1.2, 단계4에서와 같이 시험 품목에 대하여 조작상 점검을 수행한다. 결과를 문서화한다.

단계4. 챔버 공기 온도를 표준 주위 조건으로 조정하고 시험 품목의 온도 안정화가 달성될 때까지 이를 유지한다.

단계5. 시험 품목을 완전하게 육안 점검한다. 예비시험 및 사후시험 품목 간 비교를 위해, 시험 품목을 사진 찍고 재료 시료를 추출한다(필요하다면).

단계6. 단락 4.4.1.2, 단계4에서와 같이 시험 품목에 대하여 조작상 점검을 수행한다.

단계7. 예비시험 자료와 이 자료를 비교한다.

#### 4.4.3 절차 II.

단계1. 챔버 공기 온도를 49°C 또는 시험 계획에 규정된 온도로 조정한다.

단계2. 일사원을 1120±47W/m<sup>2</sup>의 방사 에너지율로 또는 군수품 규격에 규정된 바와 같이 조정한다.

단계3. 20시간 동안 이 조건을 유지하고, 시험 품목 온도를 측정 및 기록한다. 필요하다면, 시험 온도가 극대화될 때 각 20-시간 노출 중 마지막 4시간 동안 조작상 점검을 수행한다.

단계4. 4시간 동안 일사원을 끈다.

단계5. 시험 계획에 규정된 수의 주기 동안 단계1에서 4까지 반복한다.

단계6. 마지막 방사 주기가 끝날 때쯤, 시험 품목이 표준 주위 조건으로 되돌아갈 수 있게 한다.

단계7. 단락 4.4.1.2, 단계2에서와 같이 육안 점검 및 조작상 점검을 수행하고 결과를 문서화한다. 예비시험 및 사후시험 품목 비교를 위해 시험 품목과 재료 시료를 사진찍는다.

#### 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14와 5.17에 주어진 지침에 더하여, 시험 결과의 평가를 돕기 위해 다음 정보가 주어진다. 군수품 규격의 요건을 만족하지 못하는 시험 품목을 분석한다.

a. 절차 I. 피크 온도에서 또는 표준 주위 조건으로 되돌아 온 후 시험 품목이 그 요건을 충족시키지 못할 정도까지 성능 특성을 변경시키지 말 것. 성능, 내구성, 또는 필요한 특성에 영향을 미치지 않는 화학선 영향을 관찰한 그대로 기록할 것.

b. 절차 II. 시험 품목이 요건을 충족시키지 못할 정도까지 시험 품목의 성능과 특성(색깔 또는 기타 표면 조건)을 변경시키지 말 것. 성능, 내구성, 또는 필요한 특성에 영향을 미치지 않는 화학선 영향을 관찰한 그대로 기록할 것. 퇴색은 시험 품목

내부의 열 수준을 더 높게 한다.

## 6. 참고규격/관련 문서.

- a. AR 70-38, Research, Development, Test and Evaluation of Materiel for Extreme Climatic Conditions.
- b. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.
- c. Synopsis of Background Material for MIL-STD-210B, Climatic Extremes for Military Equipment. Bedford, MA: AF Cambridge Research Laboratories, January 1974. DTIC number AD-780-508.
- d. NATO STANAG 2895, Extreme Climatic Conditions and Derived Conditions for Use in Defining Design/Test Criteria for NATO Forces Materiel.
- e. NATO STANAG 4370, AECTP 300, Climatic Test Methods, Method 305, Solar Radiation.
- f. "Ultraviolet Spectral Energy Distribution of Natural Sunlight and Accelerated Test Light Sources"; R.C. Hirt, R.G.Schmitt, N.D. Searle and A.P. Sullivan; Journal of the Optical Society of America, July 1960, vol.50, p706.
- g. "Studies of Spectral Energy Distribution of Different Light Sources in Connection with Solar Simulation"; D.W.Gibson and J.Weinard; Institute of Environmental Sciences 1962 Proceedings, p.453.
- h. "Ultraviolet Radiation"; L.R. Koller; Wiley, 2nd Edition, 1965.
- i. "An Artificial Sunshine Solarium"; G.F. Prideaux, Illuminating Engineering, 1946, vol.12p, p.762.
- j. "Project Assess - a Report of a Long Term Solar Simulation Test"; R.Kruger, Institute of Environmental Sciences 1966 Proceedings, p.271.
- k. "Spectral Distribution of Typical Daylight as a Function of Correlated Color Temperature"; D.B.Judd, D.L. MacAdam and G.Wyszecki; Journal of the Optical Society of America, August 1964, vol.54, p.1031.
- l. "Simulating the Solar Spectrum with a Filtered High-pressure Xenon Lamp"; E.A.Boettner and L.J.Miedler, Applied Optics, 1963, vol.2, p.105.

- m. "Modular Xenon Solar Simulation of Large Area Application"; J.A.Castle, Institute of Environmental Sciences, 1976 Proceedings, p.687.
- n. "Four-foot Solar Simulation System"; R.N.Harmon, Institute of Environmental Sciences 1966 Proceedings p.531.
- o. "Radiation Instruments and Measurements"; International Geophysical Year Manual, Part VI, 1958, Pergamon Press.
- p. "Deterioration of Materials"; G.A. Greathouse and C.J.Wassel, Reinhold, New York, 1954.
- q. "The Simulation of Solar Radiant Energy"; P.W.Baker, Environmental Engineering Quarterly June 1963, p.17-19 and Sept 1963, p.14-17.
- r. "Measurement of Spectral Irradiance"; J.Arveson, Handbook of Solar Simulation for Thermal Vacuum Testing, Section 9B Institute of Environmental Sciences, 1968.
- s. "The Solar Constant and the Solar Spectrum Measured from a Research Aircraft"; M.P. Thekaekara, NASA TR R-351, Washington, DC, Oct 1970.

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 부록 A

### 일사 시험에 대한 세부 지침

#### 1. 서론.

본 부록에서는 군수품에 대한 일사 영향을 점검하기 위해 고안된 모의시험법을 설명한다. 모의시험해야 할 주요 양은 제어된 온도 조건과 결합하여, 지표면에서 관찰된 태양의 분광 에너지 분포 및 에너지의 강도이다. 그러나, 일사(하늘 방사 포함)를 습도나 공기 속도 등과 같은 기타 다른 환경과 결합하는 것을 고려할 필요가 있을 수 있다.

#### 2. 조사 및 분광 분포.

방사가 군수품에 미치는 영향은 주로 조사 수준과 그 분광 분포에 따라 달라질 수 있다.

##### 2.1 조사.

지구-태양 중간 거리에서 지구의 대기 외부의 일사 방사에 수직인 면에 대한 태양의 조사는 흔히 태양 상수 " $I_0$ "로 알려져 있다. 지표면에서의 조사는 태양 상수 및 감쇠와 대기에서의 방사 산란에 의해 영향을 받는다. 시험 목적에 따라, 태양으로부터 지구의 표면 및 천정에 해가 떴을 때 하늘에서 지구(총) 방사를 모의시험하기 위해  $1120\text{W/m}^2$ 의 최대 강도가 규정된다. 태양 상수  $I_0 = 1350\text{W/m}^2$ 을 기준으로 한다. 참 태양 상수는 약  $1365\text{--}1370\text{W/m}^2$ 으로 간주된다.

##### 2.2 분광 분포 - 해수면 대 높은 고도.

높은 고도에서, 일사는 해수면에서 보다 더 큰 UV 방사 손상 부분을 포함한다. 일반 시험에 대해 권장되는 국제적으로 합의된 스펙트럼(표 505.4A-1)은 4 - 5km에서 실제 환경을 나타낸다. 이 스펙트럼은 해수면과 높은 고도 모두에서 사용하도록 권장된다.

#### 3. 고찰해야 할 기타 환경적 요소.

군수품에 기류의 냉각 영향이 일어날 가능성에 주의를 기울이도록 한다. 이는 또한 방사 강도를 감시하기 위해 사용되는 개방형 열전도에서 오도 오류를 일으킬 수 있다. 유리돔을 서늘하게(저온으로) 유지하려면 전천일사계를 환기시켜야 한다. 초 당 1m 정도의 기류는 20% 이상의 온도상승 감소에 영향을 미칠 수 있다. 실제로, 높은 일사 조건은 바람이 전혀 없을 때 거의 나타나지 않는다. 따라서 시험 중 각기 다른 공기 속도가 미치는 영향을 평가할 필요가 있다. 군수품 규격에서는 이러한 측면에 대해 모든 특수 요건을 명시하여야 한다. 따라서, 시험 품목에서 필요한 공기 온도를 유지하기 위해 기류 비율을 측정하고 제어하는 것은 필수적이다.

#### 4. 방사원.

##### 4.1 일반사항.

방사원은 하나 이상의 램프와 그와 연관된 광학 부품(예: 반사경, 필터 등)을 포함하여 필요

한 분광 분포와 조사를 제공한다. 필터가 부착된 고압 크세논 아크 램프는 최고의 분광 매치를 제공할 수 있다. 수은 증기 및 크세논-수은 램프는 정합 시 오류를 야기할 수 있는 상당한 부족을 가진다. 특별히 불순물을 첨가한 전극이 있는, 탄소 아크는 광범위하게 사용되고 있으나 안정성과 유지보수 측면에서 볼 때 어려운 점이 있다. 따라서, 일반적으로 선호되지는 않는다. 이 소스의 특성, 필터의 특성, 광학 측정 등이 시험법에 포함되어 있지 않았다면, 다음 단락에서 다룬다. 여러 가지 광원에 대한 다음과 같은 일반 정보는 유용할 수 있다.

a. 크세논 램프. 사용된 램프의 배치와 크기는 필요한 시험에 따라 달라질 수 있다. 크세논 아크 방사의 상대 분광 분포는 램프 전력과 실질적으로 상관이 없는 것으로 알려져 있다. 그러나, 램프 전력의 변화는 전극 온도를 변화시키므로 따라서 그 방사의 분광 분포도 변하게 된다. 아크가 긴 램프는, 상대적으로 전극 방사를 드러내는 것이 간단하다. 아크가 짧은 램프의 구성 형태는 긴 아크에 비해 현저하게 광대한 제조상 변화를 유도한다. 교체가 필요한 경우 특히 중요하다. 방출은 수명을 지속적으로 변화시키고, 램프와 램프의 수명 특성은 매우 다르기 때문에, 램프 유형의 정기적인 교체가 필요하다.

b. 탄소 아크. 특정 조건하에서, 지표면에서 관찰된 바와 같이 태양의 분광 분포와 다소 유사한 분광 분포의 방사를 제공하기 위해 탄소 아크가 만들어질 수 있다. 그러나 특히 자외선 영역에서는 필터를 보정해야 한다. 소스의 연소성질은 정확한 위치 및 비영구성의 부족이라는 단점을 가진다. 탄소 아크의 가장 큰 단점은 계속해서 타는 성질일 것이다. 공급 기계류를 조심스럽게 배열하더라도, 연속 연소 시간은 13시간을 초과하지는 않는다.

c. 금속 할로겐(HMI). 이 램프는 자외선 범위 및 저 가시 범위에서 표 505.4-I에 규정된 것 보다 많은 에너지를 주지만, 추가 UV 에너지는 총 에너지의 1% 이하를 나타내고 열 영향에 대한 시험은 통상적으로 화학선 퇴화가 문제가 되지 않도록 지속시간에서 충분히 짧기 때문에, 이 램프는 열 영향에 대한 주의를 요구하는 시험에 대한 좋은 소스를 제공한다. 화학선 영향을 시험하기 위해, 열 범위의 에너지 수준은 UV 수준이 표 505.4A-I 수준으로 조정될 때 규정된 것 보다 낮을 것이다. 0.32와 0.40 $\mu\text{m}$  간 에너지 수준은 램프 전력 수준이 감소할 때 급격하게 증가하므로, 일단 바람직한 분포가 얻어졌다면 전체 에너지 수준을 조정하는데 있어 전력을 사용할 수 없다.

#### 4.2 필터.

액체 필터는 비등 확률, 분광 전달의 온도 계수, 분광 특성에서 장시간 표류와 같은 단점을 가진다. 현재로서는 유리 필터의 특성이 화학용액 필터만큼 정확하게 재현되지는 않지만, 유리 필터를 사용하는 것이 선호된다. 일부 시험 및 오류는 각기 다른 판 두께를 사용함으로써 각기 다른 광 밀도를 보상하는데 필요할 수 있다. 유리 필터는 독점적인 물품이므로 특수한 용도에 적합한 필터의 선택과 관련하여 제조자에게 조언을 구한다. 선택은 소스 및 그 사용법에 좌우될 것이다. 예를 들면, 크세논 소스는 적외선 흡수 필터와 자외선 흡수 필터를 조합함으로써 시험-보상될 수 있다. 일부 유리 적외선 필터는 과잉 자외선 방사에 노출될

때 분광 특성이 급속하게 변하는 경향이 있을 수 있다. 이러한 악화는 소스와 적외선 필터 사이의 자외선 필터를 삽입함으로써 상당히 예방할 수 있다. 불필요한 방사를 흡수하는 대신 반사시킴으로 기능하는(따라서 유리의 열을 감소시킴) 간섭형 필터는 통상적으로 흡수 필터보다 더 안정적이다.

#### 4.3 조사의 균일성.

지구로부터 태양까지의 거리로 인해, 일사는 지표면에서 본래 평행한 빔으로 보인다. 인조 소스는 비교적 작을 표면과 가깝기 때문에 규격 한도( $1120\text{W/m}^2(+10, -0\text{W/m}^2)$ ) 내 측정면에서 균일한 조사를 달성할 목적에 따라 빔을 가리키거나 빔에 초점을 맞추는 수단이 제공되어야 한다. 이것은, 램프 전극 및 지지대의 그림자로 인해 포물선 반사경이 부착된 단-아크 크세논 램프를 이용하여 달성하는 것은 어렵다. 또한, 애노드의 백열은 매우 낮은 색깔 온도에서 상당한 방사를 생성할 수 있다. 아크 자체가 반사경의 초점에 있는 경우에만 주 빔으로부터 약간 옮겨진다. 균일한 조사는 포물선 ‘홀통’형 반사경에 설치된 아크가 긴 램프를 통해 보다 쉽게 달성된다. 그러나, 매우 정교한 설치 기법을 사용하면, 완벽하게 균일하지 않더라도, 여러 개의 단-아크 크세논 램프를 통해 넓은 표면에 조사하는 것이 가능하다. 통상적으로 시험 수용구 또는 챔버 외부에 방사원을 배치하는 것이 권장된다. 왜냐하면 이것은 고습 조건이나 크세논 및 기타 다른 유형의 아크 램프에 의해 발생하는 시험 품목의 오존 오염 등과 같은 광 부품의 악화 확률을 막아주기 때문이다. 태양전지, 태양 추적장치 등과 같은 특수 군수품을 시험하는 경우를 제외하고, 일반적으로 방사 빔의 정교한 조준은 필요하지 않다. 그러나, 우주 연구 목적을 위해 개발된 일부 모의시험 기법을 지표면 일사 연구에도 적용할 수 있다.

### 5. 계측기.

#### 5.1 조사의 측정.

조사를 감시하는데 가장 적합한 것으로 간주되는 계측기 유형은 수평면에서 지구(태양과 하늘 결합)방사를 측정하는데 사용되는 전천일사계이다. 모의시험된 태양원으로부터 방사를 측정하는데는 두 가지 유형의 계측기가 적합하다.

##### 5.1.1 Moll-Gorcinski 전천일사계.

Moll-Gorcinski 전천일사계는 14개의 콘스탄탄-망가닌 띠( $10 \times 1 \times 0.005\text{m}$ )로 구성된다. 이 띠는 ‘고온’접합이 평면에 놓여 낮은 열 전도성을 가지는 흑색 바니시를 이용해 수평면으로 형성되도록 배열되어 있다. “저온” 접합 말단은 큰 열 용량을 가지는 구리판과 열 접합을 좋게 하기 위해 휘어진다. 민감한 부분은 두 개의 동심 유리 반구가 씌워진다.

##### 5.1.2 Eppley 정밀 분광 전천일사계.

센서는 동심인, 직경 30nm 및 50nm의 깨끗한-유리 반구에서 밀폐된, 원형 50-접합 전선이 감긴 도금(구리-콘스탄탄) 열전도이다. 외부 반구는 특별 파장 대역에서 흡수하는 유리 반구 또는 침전된 간섭형 필터가 있는 반구와 상호교환이 가능하다. 이는 방사를 잘 정의된 파장 간격으로 분리하게 해준다. 이러한 계측기는 시험 수용구 또는 시료에 의해 방출된 장파 IR 방사에 의해 큰 영향을 받지 않는다. 일반적으로 Kipp 태양계로 알려진

Moll-Gorcinski 전천일사계의 변경은 많은 국가에서 기상학적 용도로 사용되는 계측기이다. Eppley 전천일사계는 미국에서 가장 광범위하게 사용되는 계측기이다. 이 두 계측기에 사용되는 유리 덮개는 약 3mm이상 큰 파장에서 방사를 차단할 것이다; 이는 여과되지 않은 텅스텐 램프가 사용되고 보정율이 필요할 때만 의미가 있다.

## 5.2 분광 분포의 측정.

총 강도 점검은 쉽게 수행되나, 분광 특성에 대한 세부 점검은 다소 어렵다. 주요 분광 범위는 선택적 필터와 연계하여 전천일사계를 사용하여, 저렴한 정기 측정에 의해 점검될 수 있다. 설비의 세부적인 분광 분포 특성을 점검하기 위해, 정교한 분광복사계 계측기를 사용할 필요가 있을 수 있다. 그러나, 설비 제조자 또는 국가 측정 센터의 방문에 의한 서비스로 행해지는 이 측정을 방해하는 실제 계측기 장애물을 없는 것으로 본다. 정기적인 간격으로 필터/전천일사계와 분광복사계 시험법 간 상관관계가 달성되어야 한다. 허용된 허용차를 크게 벗어나는 분광 분포에서 일어날 수 있는 시간 기간에 걸쳐 램프, 반사경 및 필터의 분광 특성 변화가 발생할 수 있다. 제조 허용차는 램프 교체가 초기에 설정된 것과 비교했을 때 조사 및 분광 분포 수준에서 수용할 수 없는 변화를 일으킬 수 있음을 의미한다. 따라서 정기적인 감시가 필요하다. 단 시험 설비 내의 세부적인 분광 분포 감시는 품목이 시험되고 있는 중 일때는 불가능하다. 폴리술폰 필름의 노출을 기반으로 하며 시험 설비 내에서 이 파장의 감시를 허용하는 320nm이하의 방사 강도를 측정하는 시험법이 이제 규정되었다. (이 기법은 현재 ISO 시험법으로 검토되고 있는 중이다.)

## 5.3 온도 측정.

고수준 방사로 인하여, 온도 센서를 방사된 열 영향으로부터 적절하게 보호하는 것이 중요하다. 이는 시험 수용구 내부 공기온도 측정 및 시험 품목 온도 감시에 모두 적용된다. 공기 온도 측정 시, “응달 온도”의 기상학적 측정에 사용되는 표준 “Stevenson” 스크린을 사용하는 것은 불가능하다. 왜냐하면 이것이 너무 귀찮기 때문이다. 적합한 대체물로 간격이 띄어진 금속 후드로 덮이고, 내부 표면은 연마되었으며 외부 표면은 백색으로 페인트가 칠해진, 수직 구리-니켈관(직경 약 1.5cm, 길이 약 7cm)으로 구성된 방사 차폐물에 자유롭게 설치되는 열전대가 있다. 시험 품목 온도를 감시할 때, 센서나 열전대는 외부 케이스의 내부 표면에 배치되어야 하며 외부 표면에 부착되어서는 안 된다. 온도-표시 페인트 및 왁스는 조사된 표면의 온도를 감시하는데는 부적합하다. 그 흡수 특성이 동일하지 않기 때문이다.

## 6. 시험 중 시험 설비 및 준수품의 준비.

### 6.1 시험 설비.

설비의 광학 부품, 램프, 반사경 및 필터 등이 깨끗한지 확인할 것. 규정된 측정면에 걸친 조사 수준은 각 시험 직전에 측정하여야 한다. 시험 전체에 걸쳐 계속하여 주변 온도 및 공기 속도와 기타 다른 파라미터(규정되었다면)와 같은 보조 환경 조건을 감시해야 한다.

### 6.2 시험 중 준수품.

방사 방향과 관련된 시험 품목의 감시 시험법과 방위는 열 영향에 대한 영향을 표시할 것이다. 시험 품목은 규정된 두께로 된 콘크리트 층 또는 특정 전도성을 띄는 모래판과 같은 규

정된 특성을 가지는 하층이나 높여진 지지대에 설치해야 한다. 이 모든 것과 시험 품목의 속성이 관련 규격에 포함되어야 한다. 시험 품목의 마무리가 깨끗한지 또는 관련 요건에 따르는지는 보기 위해 시험 품목의 표면 조건에 각별한 주의를 기울여야 한다. 시험 품목에 대한 열 영향은 그 외부 표면조건에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 시험 품목을 취급할 때 주의를 기울여야 한다. 특히 기름막을 피하고 표면 마무리 및 그 밑갈래가 보호 생산 표준을 전체적으로 대표하는지 확인할 때 더욱 그러하다. 온도 센서는 요구된 대로 시험 품목에 부착하여야 한다(또한 본 부록의 단락 5.3을 참조할 것).

## 7. 결과의 해석.

군수품 규격은 시험 품목을 특정 지속시간 동안 필요한 수준의 조사에 노출시킨 후 그 성능과 외부 조건에서의 허용 변경을 나타내어야 한다. 아울러, 다음과 같은 해석 측면이 고찰될 수 있다:

### 7.1 현장 경험과의 비교.

재료를 일사에 노출시킴으로 인한 영향은 문서화된다(하기 단락 7.2 및 7.3 참조). 시험 조건 하에서의 예상 영향과 작용 간 모든 표시 차이점을 반드시 조사하고 그 기본 원인, 즉 시험 요건 또는 절차에 의한 것인지 또는 시험 품목의 일부 특성에 의한 것인지를 규정하여야 한다.

### 7.2 열 영향.

a. 군수품에 의해 도달된 최대 표면 온도와 내부 온도는 다음에 따라 달라질 수 있다:

(1) 주변공기 온도.

(2) 방사의 강도.

(3) 공기 속도.

(4) 노출 지속시간.

(5) 군수품 자체의 열적 특성. 예를 들면, 표면 반사율, 크기 및 형태, 열 정진용량 및 비열.

b. 35°C - 40°C의 주변온도에서 군수품을 일사에 완전 노출시킬 경우 군수품의 온도는 60°C를 초과할 수 있다. 대상물의 표면 반사율은 태양열에서 주요 범위에 이르기 까지 그 온도 상승에 영향을 미친다; 암색의 마무리 변화, 예를 들면 광택이 나는 백색은 상당한 온도 저하에 영향을 미칠 수 있다. 반대로, 온도를 저하시키기 위해 설계된 초기 마무리는 때가 되면 열화되어 온도를 상승시킬 것으로 예상할 수 있다. 대부분의 재료는 선택식 반사경이다. 즉, 그 분광 반사율은 파장과 함께 변화한다. 예를 들면, 일반적으로 페인트는 가시 범위에서 매우 효율적일 수 있으나 매우 취약한 적외선 반사경이다. 또한, 많은 재료의 분광 반사율은 가시광선(사람의

눈에 색채감을 생성) 및 가까운 적외선에서 매우 급격하게 변한다.

### 7.3 재료의 퇴화.

일사, 대기 가스, 온도, 습도 변화가 결합되어 미치는 영향은 종종 총체적으로 “풍화”라 칭해지며, 대부분의 유기 재료(예: 플라스틱, 고무, 페인트, 목재 등)를 “노화”시켜 궁극적으로는 파괴시킨다. 온화한 지역에서 만족스럽게 사용되는 많은 재료는 열대지방의 보다 불리한 조건에서는 사용하기에 부적합한 것으로 알려져 있다. 대표적인 영향으로는 페인트의 급속한 소모와 악화, 케이블 외장의 균열 및 붕괴, 그리고 안료의 퇴색 등이 있다. 풍화로 인한 재료의 악화는 보통 한 번의 풍화작용으로는 발생하지 않지만, 각기 다른 유형으로 동시다발적으로 발생하는 다양한 개별 작용으로 발생하게 된다. 이 때, 이러한 개별 작용의 상호작용으로 인한 영향을 동반하기도 한다. 빛분해를 일으키는 일사, 주로 자외선 부분은 종종 주요 요소이지만, 그 영향은 실제로 기타 다른 풍화요소의 영향과 분리되지 않을 수 있다. 일례로서, 자외선 방사의 외관상 영향은 작으나, 열 파괴 -주로 산소의 작용으로 인한- 에 대한 그 민감성이 현저하게 증가하는 경우, 자외선 방사가 염화폴리비닐에 미치는 영향을 들 수 있다. 불행하게도, 인위적인 시험은 이따금씩 풍화조건에서 발생하지 않는 비정상적 결함을 생성하기도 한다. 이는 다음 원인 중 하나 이상으로 인해 발생할 수 있다:

- a. 많은 시험소 자외선 방사원은 분광 에너지 분포에서 자연 일사와 상당히 다르다.
- b. 자외선 강도, 온도, 습도 등이 가속화된 영향을 얻기 위해 증가된다면, 개별 작용 (정상 노출 조건에서 발생하는)의 비율이 반드시 동일한 범위로 증가하지는 않는다. 어떤 경우, 즉 형광등, 원(source)의 적외선 에너지는 실제 태양 부하의 에너지보다 매우 작다. 이로 인해 표면 시험온도는 옥외에서 경험할 수 있는 것보다 낮다.
- c. 인위적인 시험은 통상적으로 모든 자연 풍화 요소를 모의시험 하지 않는다.

## 8. 위해성 및 사람의 안전.

### 8.1 일반사항.

일사 시험 목적을 위해 사용되는 복합 장비는 규정된 시험 성능을 보장하기 위하여, 그리고 고찰해야 할 다양한 건강 및 안전 위해성으로 인하여 반드시 숙련된 시험 요원이 조작해야 한다.

### 8.2 자외선 방사.

경계해야 할 가장 분명한 위험은 인접한 자외선 영역의 고강도 방사로 인한 위해한 영향과 연관되어 있다. 자연 일광에서, 눈은 두 가지 시험법으로 보호된다: 태양의 광도는 태양에서 거의 직접적으로 볼 수 없게 하고 자외선 방사를 대기에 의해 현저하게 감소하는 것이다. 이러한 보호는 인조의 원에는 적용할 수 없다. 눈은, 특히 장비를 설치할 때 여과된 고글이나 보기 기구를 통하여 반드시 보호해야 한다. 점원 및 이러한 원의 고UV 부품으로 인하여, 선글래스는 위험을 증대시킬 수 있다. 모든 시험 요원에게 아크-형 램프로부터의 비여과된 방사에 대한 단시간 노출만으로도 매우 심각한 눈 손상이 발생할 수 있음을 경고하여야 한다. 노출된 피부의 심각한 홍진(햇볕에 탐) 또한 발생할 수 있다. Koller(참고문헌 참

조)는 일광의 자외선 방사가 USA의 백인 피부에 암을 유발하는 주요 원인이라 명시하고 있다. 여과된 원에 의해 조사된 시험 수용구에서 작업할 때에도 머리와 손 보호를 비롯하여 적절한 보호복을 사용할 것을 적극 권장하는 바이다.

### 8.3 오존 및 위험한 연기.

크세논 및 기타 다른 아크 램프 사용으로 인해 발생할 수 있는 또 다른 심각한 건강 위해성은 시험 기간 중 오존의 부분적인 유독성 농축액이 축적될 수 있다는 것이다. 그러나, 오존의 최대 생산은 램프를 처음에 켤 때 발생하며, 그 이후 램프의 고온 외피가 오존을 산소로 변환하는 경향이 있다. 강제 공기식 냉각을 사용하는 경우, 이 냉각 공기를 흡수하여 건물 밖으로 배출하여야 하며 램프 외피로 날려보내서는 안 된다. 이러한 방식으로, 오존 위해성을 크게 감소시킬 수 있다. 적합한 감지 및 측정 장비를 상업적으로 사용할 수 있다. 열과 자외선 방사의 결합이 특정 플라스틱(예: 멜라민 적층)에 미치는 영향은 또한 유독성 연기를 생성할 수 있다. 따라서 시험 설비의 건설 시 사용되는 재료를 선택할 때 각별한 주의를 기울여야 한다.

### 8.4 램프 폭발 위험.

주요 방사원인 고압 크세논 방전등을 사용할 경우, 이러한 아크 방전관의 취급에 대하여 잘 계획된 관행 코드가 규정되어 있지 않거나 이것이 지지되지 않는다면 심각한 사고가 발생할 수 있다. 이러한 모든 램프(고온 또는 저온, 사용되었거나 새로운 램프)는 상당한 내부압으로 인하여 매우 위험하게 폭발하는 경향이 있다. 외피 상에 눈의 띄는 오물이나 기름이 있어서는 안 되는데, 이를 위해서는 세제 및 알콜을 이용하여 정기적으로 세척하여 한다. 이때 반드시 먼 장갑과 안면 보호구를 착용할 것. 저온 램프를 보관해야 할 때, 0.25mm 두께의 폴리탄산 에스테르 판 두 장을 사용하여 폭발의 영향을 제한할 수 있다. 멀티-램프 장비의 연쇄 고장 작용의 확산을 막기 위해 각별한 주의를 기울여야 한다. 램프 폭발의 보호 및 보정 필터의 두 가지 목적을 위해 외장 판유리를 사용할 수 있다. 개별 램프 기록을 정기적으로 유지하여 비정상인 전압/전류 동작을 감지할 수 있어야 한다.

### 8.5 전기 충격.

특히 아크 램프에서 고전압 점화 장치가 사용되는 경우, 물론 정상 전기 충격 예방 수단을 사용하여야 한다. 일부 크세논 램프에서, 아크 점화 펄스는 60kV를 초과하므로 연동 장치는 필수적이다.

표 505.4A-I. 전체 방사의 세부 분광 분포.

분광 구역	대역폭 ( $\mu\text{m}$ )	조사 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	조사 (%)
자외선*	0.29 - 0.36	32	2.9
	0.36 - 0.40	36	3.2
가시광선**	0.40 - 0.44	56	5.0
	0.44 - 0.48	73	6.5
	0.48 - 0.52	71	6.3
	0.52 - 0.56	65	5.8
	0.56 - 0.64	121	10.8
	0.64 - 0.68	55	4.9
	0.68 - 0.72	52	4.6
적외선	0.72 - 0.78	67	6.0
	.78 - 1.0	176	15.7
	1.0 - 1.2	108	9.7
	1.2 - 1.4	65	5.8
	1.4 - 1.6	44	3.9
	1.6 - 1.8	29	2.6
	1.8 - 2.0	20	1.8
	2.0 - 2.5	35	3.1
2.5 - 3.0	15	1.4	
	총	1120	100.0

\*주: 지표면에 도달하는  $0.30\mu\text{m}$ 보다 짧은 방사 파장의 양은 적으나 그것이 재료의 퇴화에 미치는 영향은 클 수 있다.  $300\text{nm}$ 이하의 단파장 에너지는 재료의 불필요한 고장을 유발할 수 있다(자연 노출에 있지 않는 경우). 역으로,  $300\text{nm}$ 이하의 에너지가 자연 환경에 나타나고 가속화된 노출에 나타나지 않는 경우, 고장이 날 재료는 시험을 통과할 수 있다. 이는 자연 노출에서 최종 사용과 관련이 있기 때문에 완전하게 재료 의존적이다.

\*\* 이 대역폭은 가시광선 또는 IR스펙트럼에 적용될 수 있다.

공백

## 시험법 506.4

### 강우

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 시험법의 목적은 강우, 물 분사 또는 낙수에 관하여 다음 사항을 판단하는 것이다:

- a. 군수품의 물 침투를 방지할 때 보호 덮개, 외장 및 밀봉의 효율성.
- b. 물에 노출되는 동안 또는 노출된 후 군수품이 성능 요건을 충족할 수 있는가.
- c. 강우에 의한 군수품의 모든 물리적 열화.
- d. 물 제거 장치의 효율성.
- e. 포장된 군수품에 대한 보호 효율성.

##### 1.2 용도.

이 시험법을 사용하여 보관, 수송 또는 작동 중 강우나 물 분사, 또는 낙수에 노출될 확률이 있는 군수품을 평가한다. 만일 군수품 배치가 동일하다면, 침수(누수)시험(시험법 512.4)은 일반적으로 물이 군수품에 침투할 것인가를 측정하는데 있어 보다 가혹한 시험으로 간주된다. 통상적으로 군수품이 이미 침수 시험을 통과하였거나 배치가 변하지 않는다면 강우 시험을 할 필요는 없다. 그러나, 침수 시험 중 차동압력으로 인하여 관찰되지 않는 문제점이 강우 시험에서 드러났다는 것이 문서화되어 있다. 또한, 군수품이 많은 양의 고정수와 함께 표면에 배치될 가능성이 있다면 침수 시험이 보다 적합할 수 있다. 대부분의 경우, 수명 주기 프로파일에서 적절하게 식별된 경우 두 시험 모두 수행해야 한다.

##### 1.3 제한사항.

레이돔, 원추형 두부, 신관 등에 강우 침식이 미치는 영향을 평가하기 위한 요건이 존재하는 경우, 로켓 썰매 시험 설비 또는 기타 이에 상응하는 설비를 이용하는 것을 고찰해 보아야 한다. 연관된 모든 시험 절차는 사용된 군수품 및 설비 특유의 요건에 의존적이기 때문에, 표준화된 강우 침식 시험 절차는 이 시험법에 포함되지 않는다. 시험 설비의 한정된 크기로 인하여, 전자기 방사 및 전파에 대한 영향과 같은 대기 강우 영향을 결정하는 것은 어려울 수 있다. 이 시험법은 항공기 바람막이 창의 강우 제거 설비의 적합성을 평가할 때 사용하도록 고안된 것이 아니며, 아울러 압력 세탁기 또는 정화 장치를 설명하기 위해 고안된 것

도 아니다. 추가로, 이 시험법은 강우에 대한 노출 기간이 연장됨으로 인해 미치는 영향을 판단하는 데에도 적합하지 않을 수 있다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 강우 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 강우가 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법에 대한 필요성을 확인하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다. “강우”라는 용어는 이 시험법에 포함된 “자유수(free water)” (폭풍우, 정상상태, 낙하) 시험의 전 범위를 포함하는 말이다.

#### 2.1.1 강우 환경의 영향.

강우(떨어질 때, 충격 시, 및 고여있는 물과 같이 침진된 강우)는 군수품에 다양한 영향을 미친다. 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니므로 일부 예들은 해당 범주와 중복될 수 있다.

##### 2.1.1.1 대기에서.

대기에서 이러한 환경에 대한 노출로 인해 발생하는 영향에는 다음과 같은 것들이 있다:

- a. 무선 통신의 간섭 또는 퇴화.
- b. 레이더 효율성의 제한.
- c. 시야의 제한 및 날개 표면의 리프트 감소(초과 강우율의 경우에만)로 인한 항공기 작동의 제한.
- d. 항공기의 비행
- e. 대포 및 미사일 발사에 영향을 미침.
- f. 광학 감시의 퇴화 또는 결여.
- g. 노출된 활동에서 직원의 효율성 감소.
- h. 일부 퓨즈의 조기 작동.
- i. 광학 장치를 통한 시야 제한.

##### 2.1.1.2 충격 시.

충격을 받을 경우 표면이 침식된다.

**2.1.1.3 침전 또는 침투 후.**

침전 또는 침투 후, 이러한 환경에 대한 노출로 인해 발생하는 영향에는 다음과 같은 것들이 있다:

- a. 일부 재료의 강도 저하/팽창.
- b. 부식, 침식 가능성 증가, 곰팡이의 성장.
- c. 중량의 증가.
- d. 전기 또는 전자기구가 작동하지 않거나 불안전해짐.
- e. 전기 군수품의 오작동.
- f. 부품의 팽창 또는 균열에 의한 오작동 및 악화 지연을 일으킬 수 있는 군수품의 결빙.
- g. 열 교환기의 변경.
- h. 추진체 연소의 속도 저하.

**2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.**

- a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5를 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 이 시험법은 시험 프로그램의 모든 단계에서 적용할 수 있다. 그러나, 수용구의 무결성을 결정할 때 그 효율성은 동적 시험 후 단계를 수행하는 경우 최대화된다.

**2.2 절차 선택.**

이 시험법은 세 가지 강우-관련 시험 절차를 포함한다: 절차 I (강우 및 폭풍우), 절차 II (방수) 및 절차 III (낙하). 시험을 수행하기 전, 어떤 시험 절차 및 시험 조건이 적합한지를 결정할 것.

**2.2.1 절차 선택 고찰사항.**

아래에 강우 시험 절차 간 차이점이 설명되어 있다. 크기가 적합한 군수품에 예상되는 가장 가혹한 노출을 나타내는 절차를 선택할 것. 절차를 선택할 때, 다음을 고려할 것.

- a. 군수품 배치.
- b. 군수품의 병참 및 조작상 요건(목적).
- c. 군수품의 조작상 목적 및 이 목적을 충족하였는지를 검증하는 자료.

d. 자연 노출 환경.

e. 절차 순서.

### 2.2.2 절차 간 차이.

a. 절차 I - 강우 및 폭풍우. 절차 I 은 옥외에 배치되거나 강우 또는 폭풍우로부터 보호되지 않을 군수품에 적용할 수 있다. 수반되는 풍속은 거의 잠잠하거나 극도로 높은 것에 이르기까지 다양하다. 크기(대형)로 인하여 이 절차를 통해 적절하게 시험될 수 없는 군수품의 경우 절차 II 또는 절차 III 중 하나를 사용할 것을 고찰해 보아야 한다.

b. 절차 II - 방수. 대형(방공호-크기)군수품을 시험해야 하고, 폭풍우 설비를 사용할 수 없거나 현실적으로 불가능한 경우 절차 II 를 고려할 것. 이 절차는 자연 강우를 모의시험하기 위해 고안된 것이 아니며, 높은 수준의 군수품 방수 신뢰도를 제공하기 위해 고안되었다.

c. 절차 III - 낙하. 군수품이 일반적으로 강우로부터 보호되지만 상부 표면으로부터의 누출 또는 응축으로부터의 물 낙하에 노출될 수 있는 경우 절차 III 이 적합하다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작성 환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하여 이 절차들에 대한 특정 파라미터 수준 및 특별 시험 조건/기법, 이 절차에 제공되는 정보를 선택함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 이러한 정보자로부터, 강우 환경에서 군수품에 의해 수행되는 기능 또는 이후 강우 환경에서의 보관을 결정할 것. 그런 다음, 군수품이 사용되도록 고안된 지리학적 영역 및 마이크로-환경의 강우 수준을 결정할 것. 각 시험 절차에서의 변수는 시험 품목 configuration, 강우율, 풍속, 시험 품목 노출 표면, 수압 및 요건서에 따른 모든 적합한 추가 지침을 포함한다.

#### 2.3.1 시험 품목 품목.

군수품이 그 수명주기 중 배치될 수 있는 모든 배치를 사용하여 시험을 수행할 것. 최소한으로, 다음 배치를 고려할 것:

a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스.

b. 보호 또는 비보호.

c. 조작 배치.

d. 특수 용도를 위한 도구들의 변경

주: 군수품에 대한 설계 규격에 의해 요구되는 것을 제외하고, 모든 밀봉, 테이핑, 누수 방치 등을 사용하지 말 것. 달리 규정되어 있지 않는 한, 기름, 그리스 또는 더러움과 등으로 표면 오염된 시험 품목을 사용해서는 안 된다. 이는 습윤을 막을 수 있다.

### 2.3.2 강우율.

절차 I 에서 사용되는 강우율은 예상 배치 장소 및 지속시간으로 맞출 수 있다. 대량의 강우 영역에서 다양한 강우 강도를 측정하였다라도, 1.7mm/min(4in/hr)의 최소율이 권장된다. 이 비율이 드물게 발생하는 것도 아니며 군수품의 합당한 신뢰 수준을 제공해 줄 수 있기 때문이다. MIL-HDBK-310은 추가 정보를 포함하고 있다.

### 2.3.3 작은 물방울 크기.

공칭 물방울-크기 스펙트럼은 순간 강우율에 존재하나 장기간 강우율에 존재하지 않는다. 이는 비율이 각기 다른 스펙트럼(참고규격 b)을 가지는 많은 다른 순간 비율로 구성되기 때문에 강우율이 의미가 없다. 절차 I 과 II의 경우, 작은 물방울 크기를 직경이 대략 0.5mm  $\frac{1}{2}$  범위에서 주로 사용할 것(강우라기 보다 안개 또는 이슬비로 간주되며(참고규격 e), 직경 4.5mm(참고규격 i)). 디스펜싱 관을 사용하는 낙하 시험의 경우(그림 506.4- I), 디스펜싱 관에 추가된 폴리에틸렌 관 슬리브는 작은 물방울 크기를 최대치까지 증가시킬 것이다.

주: 높은 속도의 공기 흐름으로 도입된 작은 물방울은 먼 거리에서 분해되는 경향이 있다는 것은 관찰을 통해 알려져 있다(참고규격 j 및 k). 따라서, 시험 품목과 충돌하기 전에 작은 물방울이 필요한 속도에 도달하는지 확인할 때 가능한 한 시험 품목에 가까이 작은 물방울을 도입하는 것을 권장할 것.

### 2.3.4 풍속.

18m/s(40mph)의 바람에 의해 동반되는 높은 강우 강도는 폭풍 중에는 그리 드문 것이 아니다. 달리 규정되어 있지 않다면 또는 정상상태 조건이 규정되어 있다면, 이 속도를 권장할 것. 설비 제한사항에서 바람의 사용을 배제하는 경우, 절차 II와 III을 사용할 것.

### 2.3.5 시험 품목 노출 표면(방위).

보통 비바람을 동반한 강우는 수평 표면에서 보다 수직 표면에 더 많은 영향을 미친다. 수직 또는 거의-수직 강우의 경우 이 반대이다. 강우가 시험 조건에 떨어질 수 있거나 날릴 수 있는 모든 표면을 노출시킨다. 모든 취약한 표면을 노출시키는데 필요한 만큼 품목을 회전시킬 것.

### 2.3.6 수압.

절차 II는 가압된 물에 의존한다. 요건서에 일치하는데 필요한 만큼 압력을 변경시킨다. 그러나 과거의 경험을 바탕으로 하여 최소값 276kPa(40psig)의 노출압력이 지침으로 주어진다. 이 값은 단락 4.1.2에 규정된 바와 같이 노즐을 사용할 경우 대략 64km/h에서 이동하는 작은 물방울을 생성할 것이다.

1/ 강한 강우 중 대략 직경이 0.5mm이하인 물방울은 없다는 것이 관찰을 통해 알려져 있다.

**2.3.7 예열 온도.**

경험상 시험 품목과 빗물 간 차동 온도는 강우 시험의 결과에 영향을 미칠 수 있다는 것이 알려져 있다. 명목상으로 밀봉된 품목에 대해 규정된 경우, 시험 품목 내부의 음압을 연이어서 생성시키는 각 노출 기간의 시작점에서 시험 품목 온도를 강우 온도 보다 약 10℃이상 높게 증가시키면 그 물품방수의 보다 신뢰할 수 있는 검증을 제공할 것이다. 가열 시간이 시험 품목 온도를 안정화시키는데 필요한 최소 시간인지, 노출 사이에서 개방되지 않을 때 시험 품목을 건조하는데 충분하지 않은지 확인할 것.

**2.3.8 노출 지속시간.**

수명 주기 프로파일에서 노출 지속시간을 결정할 것. 단 개별 절차에서 규정된 것 보다 짧은 지속시간을 사용하지 말 것. 습기를 흡수할 수 있는 재료로 구성된 품목의 경우, 실제 수명 주기 환경을 반영하기 위해 지속시간을 크게 연장해야 할 수 있다. 낙하 시험의 경우, 낙하율을 적절하게 감소되었다.

**3. 필요한 정보.****3.1 예비시험.**

강우 시험을 잘 수행하기 위해 다음 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.7 및 5.9 그리고 부록A, 과업405에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 강우율.
  - (2) 노출 표면/지속시간.
  - (3) 시험 품목 예열 온도.
  - (4) 초기 물 온도.
  - (5) 풍속.
  - (6) 수압(적당한 경우).

**3.2 시험 중.**

시험의 타당성 목적을 위해, 발생할 수 있는 모든 절차상의 예외를 비롯하여, 계획된 또는 예비시험 절차 또는 파라미터 수준과의 편차를 기록할 것.

**3.3 사후시험.**

다음과 같은 사후시험 정보를 기록할 것.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13과 부록A, 과업406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 강우에 노출된 시험 품목의 표면.
  - (2) 앞면 당 노출 지속시간.
  - (3) 물 침투 검사 결과(침투량 및 예상 침투지점).

- (4) 조작상 점검 결과.
- (5) 각 성능 점검의 시간 길이.

#### 4. 시험 과정.

##### 4.1 시험 설비.

###### 4.1.1 절차 I.

a. 본 서에 규정된 비율로 강우를 생성할 수 있는 강우 설비를 사용할 것. 강우를 생성하기 위해, 직경 범위가 대략 0.5mm와 4.5mm 사이인 작은 물방울을 생성하는 물 분배 장치를 사용할 것. 강우가 규정된 바람에 동반될 때 시험 품목 전체에 걸쳐 두루 퍼지는지를 확인하도록 한다. 누수 위치를 찾고 분석하는 것을 용이하게 하기 위해 플루오레세인과 같은 수용성 염료를 빗물에 첨가할 수 있다. 정상상태 강우의 경우, 분무 노즐 또는 그림 506.4- I 에 나타난 기구 중 하나를 사용하여, 물방울이 열 속도에 접근하는지 확인하는데 충분한 높이에서 디스펜서를 배치한다. 이 시험을 위해 이온제거수 또는 증류수를 사용할 필요는 없다.

b. 시험 품목에 관하여 풍원을 배치하여 강우가 수평선으로부터 45°C 이하의 변동량으로, 직접 및 시험 품목 한쪽 면에 대해 균일하게 부딪히도록 한다. 18m/s와 같은 또는 이를 초과하는 수평 풍속을 생성할 수 있는 풍원을 사용할 것. 설비에 시험 품목을 배치하기 전에 먼저 시험 품목의 위치에서 풍속을 측정한다. 시험 품목에 녹이나 부식성 오염체가 붙지 않도록 할 것.

###### 4.1.2 절차 II.

정사각형 스프레이 패턴 또는 기타 중복 패턴을 생성하고 대략 276kPa에서 0.5 - 4.5mm에서 주로 작은 물방울 크기를 갖는 노즐을 사용할 것. 표면 영역의 각 0.56m<sup>2</sup>(6ft<sup>2</sup>)에서 최소 하나의 노즐을 사용하여 시험 표면의 약 48cm에 배치할 것. 이 거리를 스프레이 패턴의 중복을 달성하는데 필요한 만큼 조정할 것. 빗물에 첨가된 플루오레세인과 같은 수용성 염료는 모든 누수의 위치를 찾고 분석하는 것을 용이하게 해 줄 수 있다. 절차 II의 경우, 시험 계획에서 요구하는 또는 그림 506.4-2에 나타난 바와 같이 노즐을 배치한다.

###### 4.1.3 절차 III.

##### 4.2 제어.

- a. 절차 I 및 II의 경우, 각 시험 직전에 강우율을 확인할 것.
- b. 절차 I의 경우, 각 시험 직전에 풍속을 확인할 것.
- c. 절차 I 및 II의 경우, 각 시험 전에 노즐 스프레이 패턴 및 압력을 확인할 것.
- d. 절차 III의 경우, 시험 직전에 유량을 확인하고 분리된(또는 불연속) 물방울만이

디스펜서에서 유출되는지를 확인할 것.

e. 달리 규정되지 않은 경우, 강우 시험에 사용되는 물이 특정한 장소의 물공급원에서 나올 수 있다.

#### 4.3 시험 중단.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 강우 시험의 중단은 역효과를 전혀 발생시키지 않을 것이다. 일반적으로, 중단지점에서 시험을 계속한다.

#### 4.4 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 군수품의 방수와 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

##### 4.4.1 시험 준비.

###### 4.4.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치/조작, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준, 강우율 및 풍속(절차 I의 경우), 등)을 결정하도록 한다.(상기 단락 3.1 참조).

###### 4.4.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

단계1. 가능하다면, 시험 챔버 내에서, 표준 주위 조건(제1부, 단락 5.1)에서 시험 품목을 안정화시킨다.

단계2. 완전한 예비시험 점검을 수행하고 결과를 문서화한다.

단계3. 제1부, 단락 5.8에 따라 필요한 시험 품목 configuration에서 시험 품목을 준비한다.

단계4. 기준선 자료를 규정하기 위하여, 시험 계획에 따라 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록할 것.

###### 4.4.2 절차 I - 강우 및 폭풍우.

단계1. 시험 품목이 설비 내에서 정상 작동 위치에 있을 때, 강우율을 시험 계획에 규정된 바와 같이 조정한다. 물과 시험 품목 간 차동 온도가 10°C이하인 경우, 시험 품목을 빗물보다 높은 온도로 가열(단락 2.3.7 참조)하여 시험 품목 온도가 각 노출 기간의 시작점(단락 2.3.7 참조)에서 빗물 온도보다 10±2°C 높은 온도에서 재안정화되도록 하거나, 또는 물을 냉각시킨다. 시험 품목을 시험 직전에 그 정상 작동 배치로 복구한다.

단계2. 시험 계획에 규정된 속도로 바람을 일으키고 최소 30분 동안 이를 유지한다.

- 단계3. 필요하다면, 30-분 강우 중 마지막 10분 동안 시험을 수행한다.
- 단계4. 시험 품목을 회전시켜 강우에 노출시키고 배치 주기에서 폭풍우에 노출될 수 있는 시험 품목의 다른 모든 측면에 대해 강풍원을 노출시킨다.
- 단계5. 모든 표면을 시험할 때까지 단계1에서 4를 반복한다.
- 단계6. 시험 챔버에서 시험 품목을 점검하고(가능하다면), 그렇지 않을 경우, 시험 설비에서 시험 품목을 제거한 후 육안 검사를 수행한다. 만일 물이 시험 품목에 침투했다면, 시험 품목을 조작하기 전에 판단을 내려야 한다. 안전 위해성을 예방하기 위해 시험 품목으로부터 물을 비워야 할 필요가 있을 수 있다.
- 단계7. 시험 품목의 보소 영역 내에서 발견된 모든 자유수를 측정하고 문서화한다.
- 단계8. 필요하다면, 요건서에 따라 시험 품목을 조작하고 결과를 문서화한다.

#### 4.4.3 절차Ⅲ - 방수.

- 단계1. 시험 품목을 시험 설비에 설치한다. 이 때 모든 문과 지붕창 등은 닫는다.
- 단계2. 시험 계획에서 규정한 대로 또는 506.4-2에 나타난 바와 같이 노즐을 배치한다.
- 단계3. 앞면 당 최소 40분 동안 시험 품목의 모든 노출 표면에 물을 분사한다.
- 단계4. 40분 분사 시간이 지난 후, 자유수의 흔적에 대해 시험 품목의 내부를 검사한다.
- 단계5. 시험 계획에 규정된 바와 같이 시험 품목의 조작상 점검을 수행하고 결과를 문서화한다.

#### 4.4.4 절차Ⅲ - 낙하.

- 단계1. 제1부, 단락 5.8에 따라 설비에 모든 커넥터 및 부속품이 있는 조작상 configuration에 시험 품목을 설치한다. 시험 품목과 물 간의 차동온도가 10°C 이상 인지 확인할 것. 필요할 경우, 시험 품목 온도를 높이던가 또는 물 온도를 낮추어 단락 2.3.7의 차동값에 도달하도록 하고, 시험 직전에 시험 품목을 그 정상 작동 배치로 복구한다.
- 단계2. 시험 품목이 작동 중일 때, 15분 동안 최소 비율에서 시험 품목의 상부 주 표면으로부터 측정된 바와 같이 또는 달리 규정된 바와 같이(그림 506.4-1 또는 그림 506.4-3) 이 품목을 규정된 높이(1미터(3feet))에서 떨어지는 물에 노출시킨다. 시험 기구를 이용하여 시험 중 잠시 동안 모든 상부 표면에 작은 물방울이 있는 지 확인한다. 유리로 덮인 계측기가 있는 시험 품목의 경우, 45°각으로 경사지게 하고 표시판을 올린다.
- 단계3. 15분 노출이 끝날 때쯤, 시험 설비로부터 시험 품목을 제거하고 내부가 보이도록 충분한 패널 또는 덮개를 제거하다.
- 단계4. 물 침투의 흔적이 있는지 시험 품목을 육안으로 검사한다.
- 단계5. 시험 품목 내부의 모든 자유수를 측정하고 문서화한다.
- 단계6. 시험 계획에 규정된 바와 같이 시험 품목에 대해 조작상 점검을 수행하고 결과를 문서화한다.

## 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14와 5.17에 주어진 지침과 아울러, 다음 정보는 시험 결과를 평가하는데 도움을 준다. 군수품 규격의 요건을 충족하지 못하는 모든 시험 품목을 분석하고 다음과 같은 관련 정보를 고찰할 것.

### 5.1 조작상 결함.

- a. 강우 노출로 인한 성능 특성에 허용된 퇴화.
- b. 특수 작동 절차에 대한 특수 키트의 필요성.
- c. 작동 안전.

### 5.2 물 침투.

개별 군수품 및 군수품의 물에 대한 비-노출 요건을 기반으로 하여, 다음 중 하나 이상이 적용가능한지를 결정할 것:

- a. 무조건적 고장. 강우 시험 후, 시험 품목 수용구로의 모든 물 침투 흔적.
- b. 수용가능한 물 침투. 주어진 시험 품목의  $28,000\text{cm}^3(1\text{ft}^3)$  당 최대  $4\text{cm}^3$  물 침투되었을 때 다음 조건이 만족되어야 한다:
  - (1) 군수품의 작동에 대해 물이 미치는 직접적인 영향이 없다.
  - (2) 조작상 configuration에 있는 시험 품목은 시험법 507.4의 악화된 온도/습도 절차를 성공적으로 완료할 수 있다.

## 6. 참고규격/관련 문서.

- a. AR 70-38, Research, Development, Test and Evaluation of Materiel for Extreme Climatic Conditions.
- b. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.
- c. Synopsis of Background Material for MIL-STD-210B, Climatic Extremes for Military Equipment. Bedford, MA: Air Force Cambridge Research Laboratories, 1974, DTIC number AD-780-508.
- d. Army Materiel Command Pamphlet AMCP-706-116, Engineering Design Handbook, Environmental Factors.
- e. Huschke, R.E.(ed.), Glossary of Meteorology. Boston: Meteorology. Boston: American Meteorological Society, 1970.
- f. RTCA/DO-160D, Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment.

g. Tattelman, P.I., and Sissenwine, N., Extremes of Hydrometers at Altitude for MIL-STD-210B: Supplement Drop Size Distributions(1973), AFCRL-TR-73-0008, AFSG-253.

h. R.M. Clayton et al, Rain Simulation for High-Intensity Acoustic Noise Cavities. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA, Report NPO-17237/6745.

i. Rogers, R.R., Short Course in Cloud Physics, Pergamon Press, Oxford; 1979.

j. STANAG 4370, Environmental Testing.

k. Allied Environmental Conditions and Test Publication 300, Climatic Environmental Testing(under STANAG 4370).

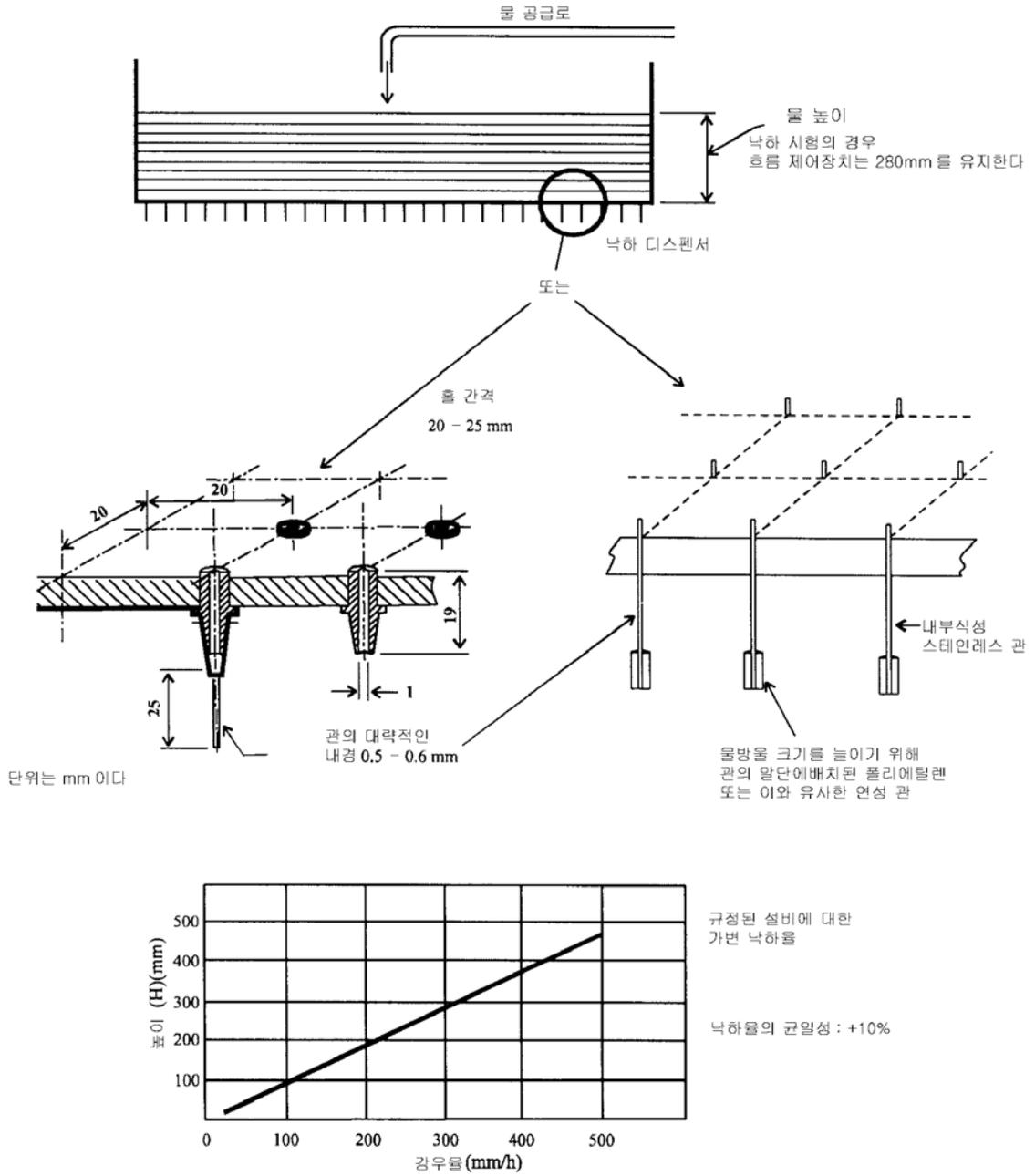
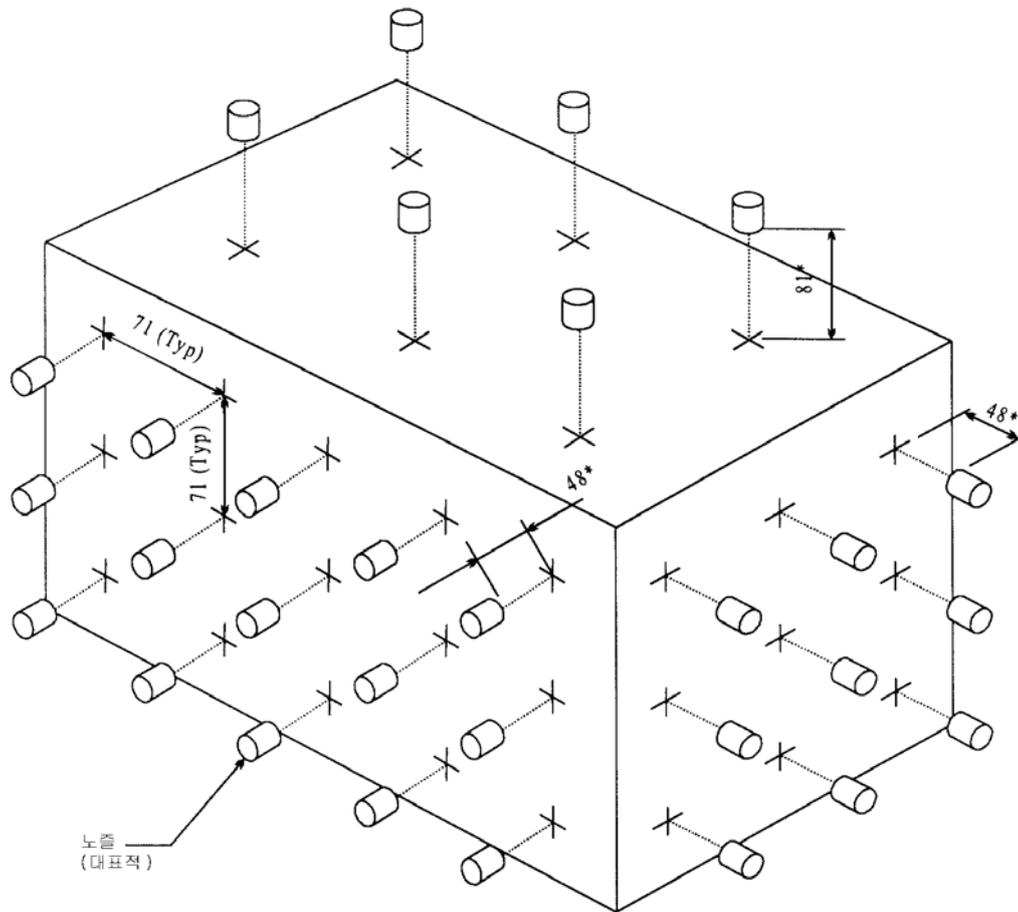


그림 506.4-1. 정상상태 강우 또는 낙하 시험용 표본 설비



\* 물보라 중첩을 얻는데 필요한 만큼 조정할 것.

주: 치수는 cm이다. 노즐이 표면에 수직인지 확인하고 각 표면(특히 취약한 부분)에 분사되도록 배치되었는지 확인할 것.

그림 506.4-2. 방수 시험(절차Ⅱ)을 위한 대표적인 노즐 설치

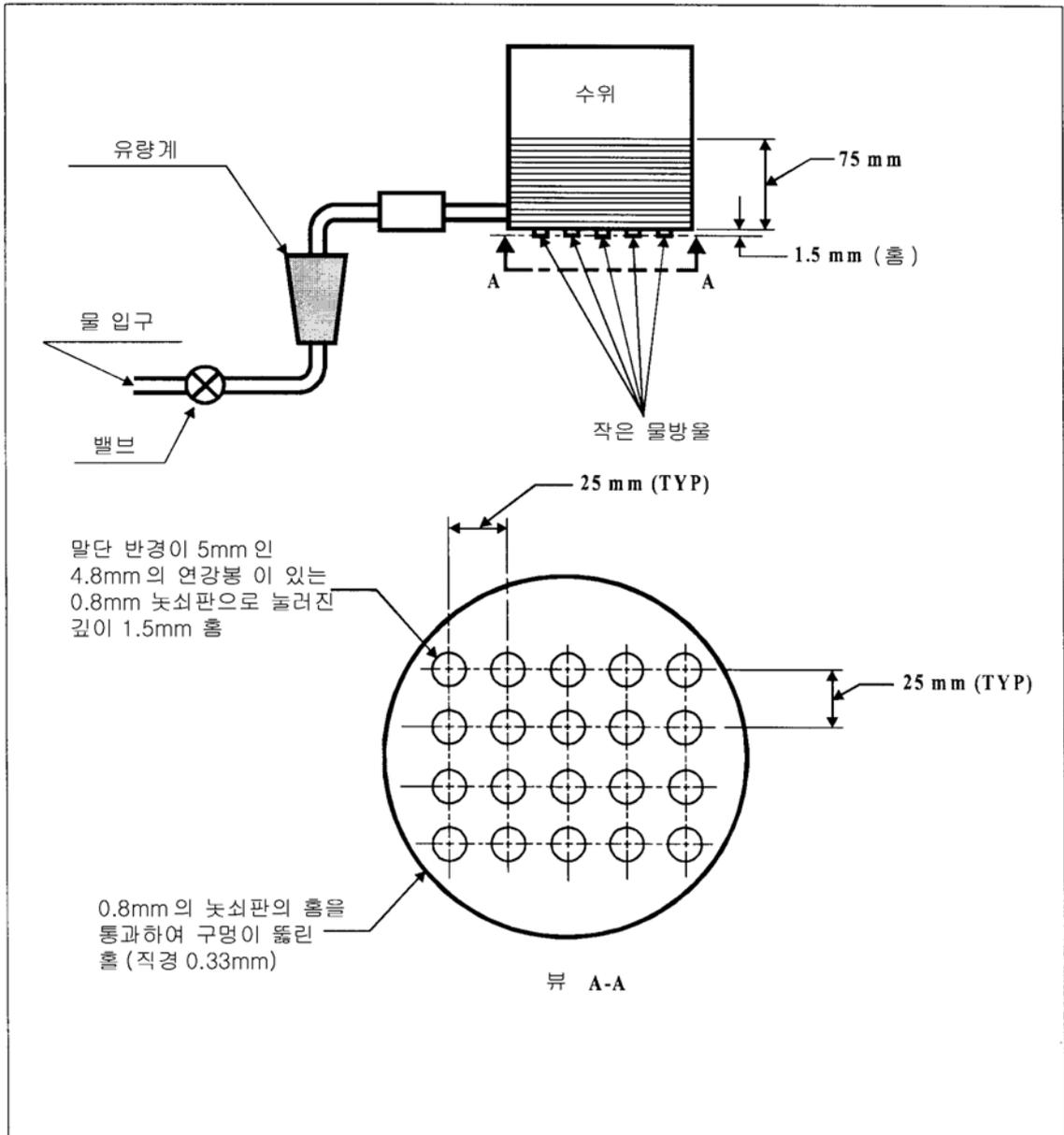


그림 506.4-3. 낙하 시험(절차Ⅲ)용 디스펜서의 세부도.

공백

## 시험법 507.4

### 습도

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 시험법의 목적은 따뜻하고, 습한 대기의 영향에 대한 군수품의 저항성을 결정하는 것이다.

##### 1.2 용도.

이 시험법은 따뜻하고 습한 환경 또는 고 수준의 습도가 발생하는 환경에 보관 및 배치될 수 있는 군수품에 적용된다. 적당한 자연 환경 현장에서 군수품을 시험하는 것이 바람직하지만, 병참, 비용 또는 일정 고찰사항으로 인하여 항상 실현이 가능한 것은 아니다. 따뜻하고 습한 조건은 열대지역에서 연중 나타나며, 중-위도에서는 주기적으로 나타나고, 압력, 온도 및 상대습도 변화의 조합에 노출되는 군수품에서 나타날 수 있다. 다른 고 수준의 습도는 전 세계적으로 존재할 수 있다.

##### 1.3 제한사항.

이 시험법은 장기 영향과 같은 자연 환경과 연관된 모든 습도 영향을 재현할 수 없으며, 아울러 저 습도 환경과 연관된 모든 습도 영향을 재현할 수도 없다. 이 시험법에서는 복잡한 온도/습도 환경을 그대로 복제하려 시도하지 않는다. 오히려, 군수품의 잠재적인 문제 영역을 드러내기 위한 일반적으로 강조되는 상황을 제시한다. 따라서, 이 시험법은 이전 판에서와 같은 자연 또는 유도된 온도/습도 주기를 포함하지 않는다. 특히, 이 시험법은 다음을 설명하지 않는다:

- a. 공수 또는 지상 군수품의 압력 및 온도 변화로 인한 응축.
- b. 흑체 방사로 인한 응축(예: 밤하늘 영향)
- c. 생물학 및 화학적 오염체와 결합된 습도 또는 응축의 시너지 효과.
- d. 군수품 또는 포장 내부에 트랩된 액체 및 상당한 기간 동안 유지된 액체.
- e. 이 시험법은 열적으로 밀봉된 조립체의 내부 요소를 평가하기 위해 고안된 것은 아니다. 이러한 군수품은 기밀성이기 때문이다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 습도 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 따뜻한 온도/습도 조건이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

#### 2.1.1 따뜻하고 습한 환경의 영향.

습도는 군수품에 물리적 및 화학적 영향을 미친다: 온도 및 습도 변화는 또한 군수품 내부에서 응축을 일으킬 수 있다. 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

##### a. 다음과 같은 표면 영향:

- (1) 금속의 산화 및 갈바닉 부식.
- (2) 화학적 작용의 증가.
- (3) 유기 및 무기 표면 코팅제의 전자 화학적 또는 화학적 파괴.
- (4) 부식성 막을 생성하기 위한 외부원으로부터의 침전물과 표면 습기의 상호작용.
- (5) 결함 또는 점착을 일으키는 마찰계수의 변화.

##### b. 다음과 같은 재료 속성의 변화:

- (1) 수축 효과로 인한 군수품의 팽창.
- (2) 기타 다른 속성 변화.
  - (a) 물리적 강도의 손실.
  - (b) 전기 및 열 절연 특성.
  - (c) 혼합 재료의 얇은 층으로 갈라지는 현상.
  - (d) 탄력성 또는 가소성의 저하.
  - (e) 흡습성 재료의 열화.
  - (f) 흡수에 의한 폭발물 및 추진체의 열화.
  - (g) 광학 소자 이미지 전송 품질의 열화.
  - (h) 윤활제의 열화.

##### c. 다음과 같은 응축 및 자유수:

- (1) 전지 단락.
- (2) 광학 표면에 안개가 끼는 현상.
- (3) 열 전송 특성의 변화.

#### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

##### a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5를 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 습도 시험은 역행되는 영향을 생성할 수 있다. 만일 이러한 영향이 동일한 품목에 대한 연이은 시험의 결과에 비현실적으로 영향을 미칠 수 있다면, 이 시험에 이어 습도 시험을 수행하도록 한다. 또한 환경 향의 잠재적인 비대표적

결합으로 인해, 염무, 모래 및 먼지, 또는 곰팡이 시험이 이미 수행된 동일한 시험 시료에 이 시험을 행하는 것은 통상적으로 적합하지 않다.

## 2.2 절차 변동 선택.

이 시험법은 한 가지 절차를 가진다. 가능한 변동이 아래에 설명되어 있다.

### 2.2.1 시험 지속시간.

이 시험에 대한 최소 48-시간 주기 수는 5회이다. 이는 역사적으로 대부분의 군수품에서 잠재적인 영향을 드러내는데 적합한 것으로 입증되었다. 시험 계획에 규정된 바와 같은 시험을 확장하여 군수품에 보다 높은 수준의 신뢰도를 부여함으로써 따뜻하고 습한 조건을 견딜 수 있도록 해야 한다.

### 2.2.2 온도/습도 수준.

60°C와 95%RH의 결합은 자연에서는 발생하지 않으나, 이러한 온도 및 상대습도 수준은 역사적으로 군수품 내 잠재적인 문제 영역의 징후를 제공하여 왔다.

## 2.3 시험 변동.

시험이 변경할 수 있는 가장 중요한 방법은 온도-습도 주기, 상대습도, 및 온도수준과 지속시간, 시험 품목 작동과 성능 감시, 및 시험 품목 환기의 수에 있다.

## 2.4 시험 이론.

이 시험법에 설명된 시험 절차의 목적은 군수품이 실제 사용 시 상승된 온도-습도 조건에 노출될 때 전형적으로 발생하는 대표적 영향을 생성하는 것이다. (이러한 효과의 범주와 예를 상기 단락 2.1.1을 참조) 따라서, 이 절차는 자연적으로 발생하거나 또는 사용-유도된 온도-습도 시간 내력을 재현하지 않으며 아울러 태양의 영향 보다 우선하는 습도 영향을 생성하기 위해 고안된 것이 아니다. 이는 장기 영향을 나타내는 문제를 유도할 수 있다. 시험 품목 고장이 반드시 실제 환경에서의 고장을 의미하는 것은 아니다.

## 2.5 대체 시험.

만일 군수품 규격 문서에서 시험소 시험 중 AR 70-38 또는 NATO STANAG 2895에서와 같이 자연 또는 유도된 주기를 사용할 것을 제안하는 경우, 이러한 주기를 적용할 때 그리고 시험 결과를 해석할 때 주의를 기울여야 한다. 미생물의 성장, 산성 대기 및 기타 다른 생물학적 요소 등의 연관된 상극적 요소를 가지는 복잡한 온도/습도 환경은 시험소에서 실제로 복재할 수 없는 시너지 효과를 산출한다. 이러한 시험 자료 해석 문제와 대부분의 경우, 너무 길어 시험소에서는 현실적으로 적용이 불가능한 실-세계 환경의 광범위한 지속시간은 서로 연결되어 있다.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

습도 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.7 및 5.9와 부록A, 과업 405에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 시험 중 개방되어야 하는 시험 품목의 모든 밀폐된 영역 또는 이 반대.
- (2) 육안 점검을 위한 군수품 작동 기간 또는 지정된 시간.
- (3) 적당한 경우, 시험 절차의 수행.

### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음과 같은 정보를 수집할 것:

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.10과 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 챔버 온도 및 습도 대 시간 조건 기록.
- (2) 시험 품목 성능 자료 및 점검 시간/지속시간.

### 3.3 사후시험.

다음과 같은 사후시험 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13과 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 시험 품목에 행해진 예비시험법.
- (2) 각 성능 점검(시험 전, 중 및 후) 및 육안 점검(적용가능한 경우, 사진찍기).
- (3) 각 성능 점검에 필요한 시간 길이.
- (4) 시험 주기의 수 및 노출 지속시간.
- (5) 시험 품목 배치 및 특수 시험 기구 설비.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

습도 시험을 수행하는데 사용되는 기구가 다음을 포함하는지를 확인할 것:

#### 4.1.1. 일반 설명.

필요한 기구는 챔버나 캐비닛 및 시험 품목 주위의 공기 기낭 전체에 걸쳐 온도와 상대습도의 필요 조건을 유지하고 감시할 수 있는 부속 계측기(단락 5.18, 제1부 참조)로 구성된다(단락 5, 제1부 참조).

#### 4.1.2 설비 설계.

달리 규정되어 있지 않다면, 응축액이 시험 품목에 물방울을 떨어뜨리는 것을 방지하는 방식으로 구성 및 배열된 부속품과 시험 볼륨을 가지는 시험 챔버 또는 캐비닛을 사용할 것. 총 압력의 축적을 막고 오염물이 진입하는 것을 막기 위하여 시험 볼륨을 대기고 배출한다.

#### 4.1.3 시험 센서 및 측정.

측정이 물 응축에 의해 영향을 받지 않는 고체상태 센서를 사용하거나, 또는 급속-반응 습구식/건구식 센서 또는 이슬점 표시기와 같은 동등한 방법을 통하여 상대습도를 측정하도록 한다. 염화리튬형과 같이, 응축에 민감한 센서는 높은 상대습도 수준 시험에는 권장되지 않는다. 적당한 기록장치를 비롯하여, 챔버 제어장치와 분리되는 자료 수집 장치는 시험 불륨 조건을 측정하는데 필수적이다. 차트를 사용하는 경우,  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$  이내에서 판독이 가능한 차트를 사용할 것. 습식-등심지 제어법 사용이 승인된 경우, 건구 및 탱크를 깨끗이 하고 각 시험 및 최소 매30일 전에 새로운 등심지를 설치하도록 한다. 등심지가 센서 주변의 젖은 표면을 유지하는 것에 일관되는 증발(대략 1/16" 두께)을 쉽게 하기 위하여 가능한 한 현실적으로 얇은지 확인할 것. 습도를 생성하기 위해 사용되는 것과 동일한 품질을 갖는 습식-등심지 장치에서 물을 사용할 것. 물리적으로 가능한 경우, 물병, 등심지, 센서 및 기타 장치가 원하는데로 작동하는지를 확인하는 시험 중 최소 1회 24시간 상대습도 측정 장치를 구성하는 부품을 육안으로 점검할 것.

#### 4.1.4 공기 속도.

최소 4.6m/s(900f/min)인 습구식 센서를 통과하여 흐르는 공기 속도를 사용하고, 습식 등심지가 팬 열의 영향을 제거하기 위해 팬의 흡입면에 있는지를 확인하라. 0.5와 1.7m/s(98 - 335f/min) 사이에서 시험 품목 주위의 공기 기낭 내 아무 지점에서나 공기의 흐름을 유지할 것.

#### 4.1.5 습도 발생.

시험 품목 주위의 공기 기낭 내 상대습도를 창출하기 위하여 증기 또는 물 주입을 이용하도록 한다. 제1부, 단락 5.16에 설명된 바와 같이 물을 이용할 것. 주기적인 간격(15일을 초과하지 않는 간격)으로 물 품질을 검증하여 수용성을 확인하도록 한다. 만일 공기의 기낭을 적시기 위하여 물 주입을 사용한다면, 주입하기 전에 시험 조건이 혼란스러워지는 것을 막기 위하여 온도-처리하고, 시험 부분으로 물을 직접 주입해서는 안 된다. 시험 불륨에서 시험 중 챔버 내에서 생성된 모든 응축액을 배수 및 폐기한다.

#### 4.1.6 오염 방지.

시험 품목이 악화되게 하거나 또는 시험결과에 영향을 미치게 할 수 있는 시험 품목과의 물리적 접촉으로 들어오는 물을 제외하고 어떠한 재료도 들이지 말 것. 녹 또는 부식성 오염체나 챔버 시험 불륨으로 들어오는 물을 제외한 모든 재료를 도입해서는 안 된다. 공기, 물 또는 공기의 불륨 내 물 증기의 화학적 구성을 변화시키지 않는 방법을 통해 시험 품목 주위의 공기 기낭의 탈습, 적심, 가열 및 냉각을 달성하도록 한다.

#### 4.2 제어.

- a. 시험 챔버가 챔버 제어장치와 독립적으로, 적당한 측정 및 기록장치를 포함하는지 확인할 것.
- b. 시험 파라미터. 달리 규정되지 않는다면, 시험 중 아날로그 온도 및 상대습도 측정을 지속한다. 디지털 측정은 15분 이하의 간격으로 수행해야 한다.

- c. 기준. 제1부, 단락 5.3의 정확도, 허용차에 부합하는 선택된 시험 챔버가 있는 계측기만을 사용할 것.

#### 4.3 시험 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.

- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험 중단. 예정되지 않은 시험 중단이 발생하여 시험 조건이 허용가능한 한도를 이하로 떨어진다면, 마지막으로 성공적으로 완료된 주기의 끝부분에서 시험을 재개하여야 한다.

(2) 과도시험 중단. 시험 품목이 허용가능한 한도를 초과하는 시험 조건에 노출되는 경우, 시험 품목에 대하여 적당한 물리적 점검을 수행하고 시험을 재개하기 전에 조작상 점검(실행가능한 경우)을 수행하도록 한다. 이는 특히 안전 조건이 존재할 수 있는 경우 그러하다. 안전 조건이 발견되는 경우 권장되는 작용은 시험을 종료하고 새로운 시험 품목으로 다시 시험을 재개하는 것이다. 만일 이렇게 하지 않고 따라서 시험 품목이 아직 남아있는 시험 중에 고장난다면, 시험 결과를 무용한 것으로 간주될 수 있다. 아무런 문제가 발생하지 않았다면, 사전-중단 조건을 재확인하고 시험 허용차가 초과된 지점부터 계속하도록 한다.

#### 4.4 시험 기구.

- a. 일반사항. 제1부, 단락 5.8을 참조할 것.

- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 환경 감시 및 측정 센서가 적당한 유형인지 그리고 필요한 시험 자료를 취득하기 위해 적절하게 배치되었는지를 검증할 것.

#### 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 따뜻하고 습한 환경 내의 시험 품목과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

##### 4.5.1 시험 준비.

###### 4.5.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획으로부터 시험 세부사항(예: 절차 변동, 시험 품목 배치, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다.

###### 4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 실내 주변조건에서의 예비시험 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행할 것:

- 단계1. 시험 챔버에 시험 품목을 설치하고 시험 계획에 따라 조작상 점검(적절하다

면)을 수행한다.

단계2. 제1부, 단락 5.8.1에 따라 필요한 배치로 시험 품목을 준비한다.

단계3. 연이어지는 시험 결과를 절충할 수 있는 조건을 찾기 위하여 시험 품목을 전체적으로 육안 점검하도록 한다.

단계4. 모든 중요한 결과를 문서화한다.

단계5. 시험 계획에 따라 조작상 점검(적당하다면)을 수행하고 결과를 기록한다.

#### 4.5.2 절차.

이 시험은 24-시간 처리 주기(모든 의도된 기후 시험 장소에서 모든 품목이 동일한 조건으로 시작하는지 확인하기 위해)로 구성된다. 이후 시험 계획에 규정된 주기 수 동안 반복 48-시간 온도 및 습도 주기를 수행한다.

단계1. 필요 배치에서 시험 챔버 내에 시험 품목이 설치되어 있는 상태에서, 온도는  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도는  $50\pm 5\%$ 로 각각 조정하고 이를 24시간 동안 유지한다.

단계2. 챔버 온도를  $30^{\circ}\text{C}$ , 상대습도를 95%로 조정한다.

단계3. 시험 품목을 단락 2.2.1에서 결정된 바와 같이 적절한 수의 시험 주기(그림 507.4-1)에 노출시킨다. 나타난 주기 중에 시험 품목 성능 점검을 수행하고 결과를 문서화한다.

단계4. 필요한 주기 수가 끝날 때, 온도 및 습도 조건을 표준 주위 조건으로 조정한다.

단계5. 비현실적인 건조를 막기 위하여, 단계3 후 15분 이내에 완성하고, 적용가능하다면 조작상 성능 점검을 수행하고 결과를 문서화한다. 점검이 30분 이내에 완료할 수 없다면, 한 시간 동안 온도  $30^{\circ}\text{C}$  및 상대습도 95%에서 시험 조건을 재처리한 다음 점검을 계속한다.

단계6. 시험 품목 전체에 걸쳐 육안 점검을 수행하고 습도 노출로 인한 모든 조건을 문서화한다.

#### 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14 및 5.17에 주어진 지침과 아울러, 다음 정보는 시험 결과를 평가하는데 도움을 준다.

- a. 작동 특성의 허용 또는 수용가능한 저하.
- b. 시험을 수행하는데 필요한 특수 작동 절차 또는 특수 시험 규정으로부터의 가능한 기여.
- c. 습도 영향으로부터 온도 영향을 분리하는데 적합한가.

#### 6. 참고규격/관련 문서.

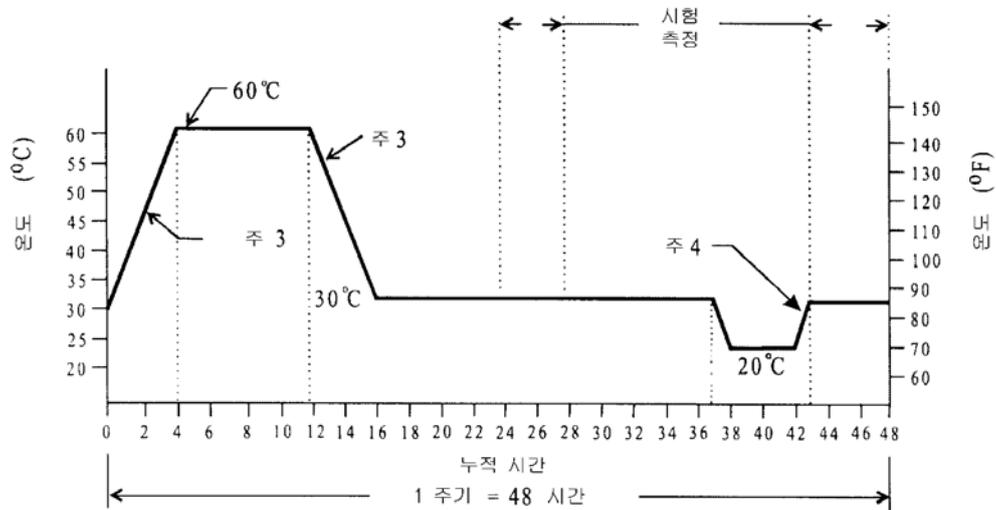
- a. AR 70-38, Research, Development, Test and Evaluation of Materiel for Extreme Climatic Conditions.
- b. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.

MIL-STD-810F

2000.1.1

c. Synopsis of Background Material for MIL-STD-210B, Climatic Extremes for Military Equipment, Bedford, MA: Air Force Cambridge Research Laboratories, 24 January 1974. DTIC number AD-780-508.

d. STANAG 2895, Climatic Environmental Conditions Affecting the Design of Materiel for Use of NATO Forces.



주:

1. 온도 변화 중, 3°C(5°F)를 넘지 않는 허용차를 사용할 것.
2. 하강 온도 기간 중 상대 습도가 85%까지 떨어질 수 있다는 것을 제외하고, 모든 시간에서 95±4%로 상대습도를 유지할 것.
3. 시간 당 최소 8°C의 30과 60°C 사이의 온도 변화율을 사용할 것.
4. 시간 당 10°C이하인 곡선의 이 지점에서 증가하는 온도를 사용하지 말 것.

그림 507.4-1. 가중 온도-습도 주기.

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 부록 A

### 습도와 연관된 물리적 현상

#### 1. 응축.

온도가 주변공기의 이슬점보다 낮은 표면상에서의 수증기 침적되는 것. 결과적으로, 물은 증기 상태에서 액체 상태로 변형된다.

이슬점은 공기 중 수증기의 양에 따라 달라진다. 이슬점, 절대 습도 및 증기압력은 직접적으로 상호의존적이다. 응축은 시험 챔버에 배치된 품목의 표면 온도가 챔버 내 공기의 이슬점보다 낮을 때 시험 품목에서 발생하는 현상이다. 결과적으로, 시험 품목을 예열하여 응축을 방지할 필요가 있을 수 있다.

일반적으로 말하면, 응축은 육안 검사를 통하여 확실하게 감지해 낼 수 있다. 그러나, 이것이 항상 가능한 것은 아니다. 특히, 표면이 거친 소형 대상물의 경우 더욱 그러하다. 만일 시험 품목이 낮은 열 상수를 가진다면, 응축은 공기 온도가 갑작스럽게 증가하는 경우, 또는 상대습도가 거의 100%인 경우에만 발생한다. 경미한 응축은 주변온도 감소로 인하여 상자 구조물 내부 표면에서 관찰할 수 있다.

#### 2. 흡착.

온도가 이슬점 보다 높은 표면에 물 증기 분자가 붙어있는 현상. 표면에 들러붙을 수 있는 습기의 양은 재료의 유형, 그 표면 조건 및 증기압력에 따라 달라진다. 오로지 흡착에 의한 영향의 추정은 그리 쉬운 문제가 아니다. 왜냐하면 동시에 발생하는 흡착의 영향은 일반적으로 많이 단언되기 때문이다.

#### 3. 흡수.

재료 내 물 분자의 축적. 흡수된 물의 양은 부분적으로, 주변공기의 물 함량에 따라 달라진다. 흡수 과정은 평형에 도달할 때까지 연속적으로 발생한다. 물 내 분자의 침투 속도는 온도 증가에 따라 증가한다.

#### 4. 확산.

부분압력의 차이로 인하여 재료를 통한 물 분자의 이동. 전자공학에서 경험하게 되는 확산의 한 예로 커패시터 또는 반도체 상에서와 같은 유지 코팅제를 통과하는, 또는 상자의 밀봉 혼합물을 통과하는 수증기의 침투가 있다.

#### 5. 호흡.

빈 공간과 그 주변 사이에서 온도의 변화로 인해 발생하는 공기 변화. 이는 일반적으로 빈 공간 내부의 응축을 포함한다.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

공백

## 시험법 508.5

### 곰팡이

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

본 곰팡이 시험의 목적은 군수품이 곰팡이의 성장을 어느 정도까지 촉진시킬 수 있는가, 그리고 곰팡이의 성장이 군수품의 성능 또는 사용에 얼마나 큰 영향을 미칠 수 있는가를 평가하는 것이다. 본 곰팡이 시험의 주 목적은 다음 사항을 판단하는 것이다:

- a. 군수품, 또는 군수품의 조립 결함을 구성하고 있는 재료가 곰팡이의 성장을 촉진하는가, 그렇다면 그 곰팡이의 종류는 무엇인가
- b. 곰팡이는 군수품에서 얼마나 빨리 성장하는가.
- c. 곰팡이는 군수품, 군수품의 임무, 및 군수품에서 곰팡이가 성장한 이후의 사용 안전에 어떠한 영향을 미치는가.
- d. 군수품은 야전 환경에서 효과적으로 보관될 수 있는가.
- e. 간단한 반전 과정이 있는가. 즉 곰팡이의 성장을 닦아 없애는 것.

##### 1.2 용도.

미생물에 의한 악화는 온도와 습도의 함수이므로 고온 다습한 열대지방과 중위도 지방에서 반드시 나타나는 조건이기 때문에, 모든 표준, 범용 군수품의 설계에서 이를 고찰해야 한다. 이 시험법은 곰팡이가 성장하는지, 만일 그렇다면 군수품의 사용에 어떻게 영향을 미치고 수준을 저하시킬 수 있는지를 판단하기 위하여 사용된다.

주: 이 시험 절차 및 동반되는 준비와 사후시험 분석은 특화된 기술과 잠재적으로 위해한 유기체와 상당한 연관이 있다. 시험을 수행하는데 있어 기술적인 자격을 갖춘 요원(예: 미생물학자)만을 고용할 것.

##### 1.3 제한사항.

이 시험은 군수품의 민감성에 관한 자료를 취득하기 위하여 고안되었다. 토양 매장식, 순수 배양, 혼합 배양 및 관 시험을 비롯한 기타 다른 다양한 시험 절차를 사용할 수 있기 때문에 기본 재료를 시험하는데 있어서는 이 시험을 사용하지 말 것.

주: 곰팡이 성장에 대한 재료의 기본(문서화된) 저항성은 새로운 군수품을 설계하는데 있어 매우 유용하지만, 재료의 결합, 결합된 재료의 물리적인 구조 및 제조 중 저항성을 띄는 재료의 오염 가능성으로 인하여 시험소 또는 자연 환경 시험을 수행함으로써 조립 군수품의 곰팡이 성장 저항성을 검증하여야 한다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 곰팡이 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 곰팡이 성장이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

#### 2.1.1 곰팡이 성장의 영향.

곰팡이 성장은 군수품의 물리적 특성을 변질시킴으로써 그 기능과 사용에 나쁜 영향을 미친다.

##### 2.1.1.1 해로운 영향.

곰팡이 성장이 미치는 해로운 영향은 다음과 같이 요약될 수 있다:

a. 재료에 대한 직접적인 공격. 비저항성 재료는 곰팡이가 재료를 공격하여 이 재료를 일종의 영양분으로써 사용할 때 직접 공격에 노출되게 된다. 이는 재료의 물리적 특성에 영향을 미치는 해로움을 가져온다. 비저항성 재료의 예는 다음과 같다:

(1) 천연 재료. 자연에 기원을 두는 제품은 이 공격에 가장 취약하다.

(a) 셀룰로직 재료(예: 목재, 종이, 천연섬유 직물 및 밧줄).

(b) 동물 및 식물성 접착제.

(c) 그리스, 기름 및 많은 탄화수소.

(d) 가죽.

(2) 인조 재료.

(a) PVC 형(예: 지방산 에스테스로 가소화된 것).

(b) 특정 폴리우레탄(예: 폴리에스테르 및 일부 폴리에테르).

(c) 적층 재료의 유기 충전재를 포함하는 플라스틱.

(d) 민감한 성분을 포함하는 페인트 및 바니시.

b. 재료에 대한 간접적인 공격. 다음과 같은 경우, 간접 공격으로 인하여 곰팡이-저항 재료에 대한 손상이 발생한다:

(1) 먼지, 그리스, 땀 및 기타 다른 오염체(제조 중 군수품으로 진입하는 경로를 찾거나 또는 사용 중 축적되는)의 표면 침전물에서의 곰팡이 성장은, 재료가 직접 공격에 대한 저항성을 띤다하더라도 기초 재료를 손상시킬 수 있다.

(2) 곰팡이에 의해 분비되는 대사 폐기 부산물(예: 유기산)은 금속의 부식, 유리의 에칭, 또는 플라스틱과 기타 다른 재료의 오염(얼룩) 및 퇴화의 원인이 된다.

(3) 직접 공격에 민감한 인접 재료 상의 곰팡이 부산물은 저항성 재료와 접촉하게 된다.

**2.1.1.2 물리적 방해.**

물리적 방해는 다음과 같이 발생할 수 있다:

- a. 전기 또는 전자 장치. 직접 또는 간접 공격으로 인하여 전기 또는 전자 장치에 대한 손상이 발생할 수 있다. 곰팡이는 절연 재료를 교차하여 바람직하지 못한 전기 전도 경로를 구성할 수 있는데 이는 임계적으로 조정된 전자회로의 전기 특성에 역영향을 끼칠 수 있다.
- b. 광학 장치. 간접 공격으로 인하여 광학 장치에 대한 손상이 발생할 수 있다. 곰팡이는 광학 장치를 통과하는 광 전송에 역영향을 미칠 수 있으며, 정교한 이동부를 차단하고, 비습윤 표면을 습윤 표면으로 전환하여 성능을 저하시킬 수 있다.

**2.1.1.3 건강 및 심미적 요소.**

군수품의 곰팡이는 생리학적 문제(예: 알레르기)를 유발하거나 외관상으로 보기가 좋지 않음으로써 사용자들이 군수품을 사용하기를 꺼려하게 만들 수 있다.

**2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.**

- a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5를 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 환경 영향의 잠재적인 비대표적 결합으로 인해, 염무, 모래 및 먼지, 또는 습도 시험이 이미 수행된 동일한 시험 시료에 이 시험을 행하는 것을 통상적으로 적합하지 않다. 그러나, 필요하다면, 염무 또는 모래 및 먼지 시험 전에 먼저 곰팡이 시험을 수행하도록 한다. 소금이 너무 많이 농축되어 있으면 발아하는 곰팡이 성장에 영향을 미칠 수 있으며, 모래 및 먼지는 영양분을 제공할 수 있으므로, 따라서 시험 품목의 생물학적 민감성의 잘못된 표시를 이끌 수 있다.

**2.2 절차 변동 선택.**

이 시험법은 한 가지 절차를 가진다. 온도와 습도의 결합은 미생물의 성장에 있어 중요한 요소이므로, 반드시 절차에 규정된 바와 같이 유지하여야 한다. 그러나, 기타 다른 가능한 변동이 아래에 설명되어 있다.

**2.2.1 시험 지속시간.**

곰팡이 발아, 탄소-함유 분자의 붕괴 및 재료의 열화를 고려하는데 있어 최소 시험 주기는 28일이다. 간접 영향 및 물리적 방해는 곰팡이 시험의 비교적 짧은 시간 틀에서 발생할 가능성이 없기 때문에, 존재 또는 곰팡이 성장의 영향을 판단할 때 더 높은 수준의 확실성(낮은 위험)이 필요한 경우에는 노출 기간을 84일로 연장할 것을 고려해 볼 것.

**2.2.2 곰팡이 선택.**

일반적으로 두 개의 곰팡이 군(group)(U.S. 및 유럽)이 사용되며 이는 표 508.5- I 에 나열되어 있다. 두 개 중 한 군 또는 다른 군을 사용하고, 필요할 경우 단락 2.2.2b에서와 같이 조정한다. 재료를 악화시킬 수 있는가, 전세계적으로 분포하는가 그리고 안정성을 고려하여 상

기 유기체가 선택되었다. 선택한 균을 보완하기 위한 종의 선택을 용이하게 하기 위해, 가능하다면, 유기체를 유기체가 공격할 것으로 알려진 재료에 관하여 식별하였으므로, 따라서

a. 시험 품목은 시험 전 무균상태가 아니므로, 기타 미생물이 표면에 존재할 수 있다. 시험 품목이 선택된 곰팡이 균과 섞어질 때, 이 둘 및 기타 유기체는 유용한 영양분과 맞서게 될 것이다. 시험이 끝날 때 시험 품목 상의 시험용 곰팡이 성장을 제외한 유기체가 눈에 띄는 것은 놀랄만한 일이 아니다.

b. 이 시험법에 필요한 곰팡이에 추가 곰팡이 종을 추가한다. 그러나, 추가 곰팡이를 사용할 경우, 특정 재료 약화의 사전 지식을 기반으로 하여 선택하도록 한다. 예를 들면, *aureobasidium pullulans*은 페인트를 열화시키는 특성으로 인하여 1회 사용되었다.

### 3. 필요한 정보.

#### 3.1 예비시험.

곰팡이 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.7 및 5.9와 부록A, 과업 405에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 어떤 곰팡이 집합을 사용할 것인가(U.S. 또는 유럽).
- (2) 추가해야 할 추가 종.

#### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음 정보를 수집할 것:

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.10 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 챔버 온도 및 RH 대 시간 조건의 기록.
- (2) 7-일 점검 시 면 제어 띠 위의 곰팡이 성장의 흔적.
- (3) 모든 곰팡이 성장 위치.

#### 3.3 사후시험.

다음과 같은 사후시험 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 시험 종료 시 곰팡이 성장 흔적. 만일 곰팡이가 발견되면, 그 종이 무엇인지 파악할 것.
- (2) 색깔, 포함 영역, 성장 패턴 및 성장 밀도( 및 가능한 경우 사진찍기)를 비롯한, 성장 설명(표 508.5-II 참조).
- (3) 성능 또는 사용에 곰팡이가 미치는 영향:

- (a) 챔버로부터 받은 대로.
- (b) 적당한 경우, 곰팡이 제거 후.
- (c) 생리학적 또는 심미적 고찰사항.
- (4) 고장 분석을 지원하는 관찰.

#### 4. 시험 과정.

##### 4.1 시험 설비.

시험 챔버에 대한 표준 요건에 더하여, 다음 내용이 곰팡이 시험에 사용하기 위한 챔버에 적용된다.

##### 4.1.1 시험 챔버.

응축물에서 시험 품목에 물이 떨어지는 것을 막는 방식으로 챔버와 부속품을 구성할 것. 챔버를 대기로 필터-환기시켜 압력의 축적 및 포자가 대기로 방출되는 것을 막는다.

##### 4.1.2 센서.

건습구식 장치를 사용하거나 응축에 영향을 받지 않는 센서를 이용해 시험 수용구 내부의 습도를 감시 및 제어한다(제1부, 단락 5.18 참조). 챔버 환경을 제어하는데 사용되는 센서와 분리된 센서를 사용하여 습도 및 온도를 기록할 것.

##### 4.1.3 공기 속도.

필요한 증발 및 센서응답을 달성하기 위하여 건습구식 센서를 통과하는 공기의 속도가 최소 4.5m/s인지 확인할 것. (탐침에 근접하여 이 속도를 얻는데 필요할 경우, 확산기를 사용할 것) 그러나, 시험 품목과 제어장치 근처에서 공기 속도를 0.5와 1.7m/s(98 - 335ft/min)사이로 제어할 것. 필요할 경우 시험 품목 주위에 변류기 또는 스크린을 설치할 것. 건습구 습도계 센서의 가열을 막기 위하여, 공기 속도를 생성하는데 사용되는 모든 팬의 상류에, 또는 팬 모터 열에 의해 영향을 받지 않는 충분히 먼 하류에 센서를 설치하도록 한다.

#### 4.2 제어.

제1부, 단락 5에 주어진 정보에 더하여, 다음이 이 시험에 적용된다.

##### 4.2.1 상대습도.

시험법 507.4(습도)에 적절한 요건에 더하여, 측정 시 물 응축의 영향을 받지 않는 고체상태 센서를 이용하거나 또는 급속-반응 습구식/건구식 전구 센서와 같은 승인된 동등 시험법을 통하여 제1부, 단락 5.16에 설명된 바와 같이 물 순도와 상대습도를 측정할 것. 염화리튬 센서는 응축에 민감하므로 사용하지 말 것.

- a. 습구 제어법을 사용할 때, 습구 조립체를 깨끗이 하고 각 시험에 대해 새로운 등심지를 설치한다.
- b. 습구 온도의 센서 측정에 필요한 증발을 생성하기 위해, 습구를 통과하는 공기 속도가 초당 최소 4.5m인지를 확인할 것.

c. 팬 모터의 열이 온도 관독에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 단락 4.2.1b의 요건을 만드는데 사용되는 모든 국부 팬 또는 송풍기의 방전면 가까이에는 습구 및 건구 센서를 설치해서는 안 된다.

#### 4.2.2 순환.

시험 품목 주위의 공기의 자유순환을 유지하고 시험 품목을 지지하는 고정물의 접촉부분을 최소한으로 지탱한다.

#### 4.2.3 증기.

증기는 시험 품목 및 미생물 활동에 역영향을 미칠 수 있기 때문에 시험 챔버 작업공간으로 직접 증기를 주입해서는 안 된다.

#### 4.2.4 달리 규정되어 있지 않다면:

- a. Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society의 규격에 일치하는 시약만을 사용할 것. 단 전술한 규격을 사용할 수 있는 경우에 한한다.
- b. 물은 증류수 또는 그와 동등한 순도를 가지는 물을 뜻한다. (제1부, 단락 5.16을 참조.)

#### 4.3 시험 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 기타 다른 환경 시험과는 달리, 곰팡이 시험은 생 유기체와 관련된 시험이다. 시험이 중단된다면, 살아있는 유기체가 연관된다는 사실을 반드시 고찰해야 한다.
  - (1) 시험의 첫 10일 중 중단이 발생한다면, 새로운 시험 품목 또는 깨끗한 시험 품목으로 처음부터 시험을 재시작한다.
  - (2) 시험 주기 마지막 단계에서 중단이 발생한다면, 곰팡이 성장 흔적이 있는지 시험 품목을 점검하도록 한다. 시험 품목이 생물학적-민감성을 띤다면, 재시험할 필요가 없다. 제어장치가 생존가능한 성장을 보이긴 하지만 시험 품목에서 곰팡이가 성장한 흔적이 없다면, 아래에 주어진 지침을 따를 것.
    - (a) 하강온도. 일반적으로 시험 챔버 온도의 하락은 곰팡이 성장을 저지한다. 상대 습도가 유지되었다면, 시험 조건을 재확립하고 온도가 규정된 허용차 아래로 떨어진 그 지점부터 시험을 계속한다. 만일 그렇지 않을 경우, 아래의 단락 4.3c)를 참조할 것.
    - (b) 상승온도. 상승온도는 곰팡이 성장에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 다음 중 한 가지 사항이 발생한다면 시험을 완전히 재시작해야 한다. 이렇게 하지 않을 경우, 시험 조건을 재확립하고 중단된 지점부터 시험을 계속한다.

- 온도 40℃ 초과
- 4시간 이상 동안 31℃ 초과
- 제어 띠 상에서 곰팡이 성장으로 인한 악화 흔적이 있음.

(c) 하강습도. 다음 중 한 가지 사항이 발생한다면 시험을 처음부터 다시 해야 한다. 이렇게 하지 않을 경우, 시험 조건을 재확립하고 중단 지점부터 시험을 계속한다.

- 상대습도가 50%이하로 떨어짐
- 4시간 이상 동안 상대습도가 70%이하로 떨어짐
- 제어 띠 상에서 곰팡이 균체로 인한 악화 흔적이 있음.

#### 4.4 실행.

##### 4.4.1 세척.

새로운 시험 품목을 사용하는 것이 바람직하지만, 다른 시험에서 동일한 시험 품목을 사용해도 된다. 세척을 해야 하는 경우, 시험을 시작하기 최소 72시간 전에 세척을 수행하여 모든 휘발성 물질이 증발할 수 있도록 한다. 일반적인 생산 세척법을 사용하여 세척하도록 한다. 단락 4.5.1에 따라 시험 품목을 준비할 것. 새로운 면 제어 띠를 시험 챔버에 설치하고 시험 품목 및 제어장치에 시험 곰팡이를 섞는다.

##### 4.4.2 기타.

a. 이 시험법은 최적의 기후 조건 및 시험에 사용되는 곰팡이 종의 성장에 필요한 모든 기본 무기질을 제공하기 위하여 고안되었다. 곰팡이 종의 균은 균수품의 구성에 흔히 사용되는 매우 다양한 재료에 대한 공격 능력에 따라 선택되었다. 필요하다면, 접종물에 다른 종(선택에 따라)을 추가할 수 있다(단락 2.2.2 참조).

b. 이 시험은 미생물학적 작업을 위해 특수 설비가 설치된 시험소에서 훈련된 요원에 의해 수행되어야 한다.

c. 습기는 종자 발아 및 성장에 있어 필수적이다. 통상적으로, 발아와 성장은 주변 공기의 상대습도가 70%이상일 때 시작된다. 습도가 이 값(70%)을 초과하여 상대습도 범위가 최대 90 - 100%가 되면, 성장은 급속도로 빨라진다.

d. 규정된 온도  $30\pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $86\pm 2^{\circ}\text{F}$ )은 시험 곰팡이의 성장에 최적이다.

e. 단락 4.4.3.3에 규정된 제어 품목은 다음을 위해 고안되었다:

- (1) 접종물에 사용되는 곰팡이 종자의 생존력 검증.
- (2) 곰팡이 성장을 지원하기 위한 챔버 환경의 적합성 확립.

f. 이 절차는 곰팡이 성장에 대한 재료의 민감성에 대한 정보를 제공해 줄 수 있지만, 재료 및 재료편의 시험은 균수품 내 곰팡이 성장 확률을 나타내지 않는다. 이는

집단과 연관된 복잡성으로 인한 결이다. 코팅 및 보호 포장, 이중-금속 반응으로 인한 보호 코팅제의 열화에 의한 조건, 및 기타 부품 시험에서 발생하지 않는 다른 조건 등이 예이다.

#### 4.4.3 시험 준비.

##### 4.4.3.1 광물염 용액의 준비.

a. 깨끗한 기구를 사용하여, 광물염 용액을 준비하여 다음을 함유한다:

칼륨 2-수소 정-인산염(KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	0.7g
칼륨 1-수소 정-인산염(K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> )	0.7g
황산 마그네슘 7-수산화물(MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O)	0.7g
질산암모늄(NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	1.0g
염화나트륨(NaCl)	0.005g
황산 제1철 7-수산화물(FeSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O)	0.002g
황산 아연 7-수산화물(MnSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O)	0.001g
증류수	1000ml

b. 광물염 용액의 pH는 6.0과 6.5 사이이어야 한다.

##### 4.4.3.2 혼합 종자 현탁액 준비.

주 - 주의: 이 시험에 대해 규정된 곰팡이의 특성은 일반적으로 인간에게 심각한 위해성을 미치는 것으로 간주되지는 않지만, 일부 사람의 경우 알레르기나 기타 다른 반응을 보일 수 있다. 따라서, 안전을 위해 준비 작업 절차를 사용할 것. 또한, 시험을 수행하기 위해 미생물학적 기술 훈련을 받은 요원만을 고용할 것.

a. 무균 기법을 사용하여 단락 2.2.2에서 결정된 시험 곰팡이를 함유하고 있는 종자 현탁액 준비한다.

b. 감자 포도당 한천과 같은 적당한 매질에서 따로따로 곰팡이의 순수 배양균을 유지할 것. 단 광물염 한천의 표면에 놓인 여과지의 띠에 배양균 *Chaetomium globosum*. 단락 4.4.3.1에 설명된 광물염 용액 1리터에 한천 15.0g을 용해시켜 광물염 한천을 준비한다.

주: 6±4°C에서 4개월 이상 동안 스탁 배양균을 보유하지 말 것; 이 시간이 지난 후, 2차 배양균을 준비하고 새로운 스탁에 이 배양균을 사용하도록 한다.

c. 시험 전에 곰팡이 배양균의 순도를 확인한다.

d. 순수한 스탁 배양균에서 2차 배양균을 만들고 10 - 21일 동안 30±1°C에서 배양한다.

e. sodium dioctyl sulfosuccinate 또는 sodium lauryl sulfate와 같은 비독성 침윤제

리터당 0.05g 함유한 수성 용액의 곰팡이 10ml의 1 이차배양균에 쏟아 부어 필요한 시험 곰팡이의 종자 현탁액을 준비한다.

f. 원형 유리봉 또는 살균된 백금 및 니켈 크롬 전선을 사용하여 시험 유기체의 배양균으로부터 표면 성장을 부드럽게 벗겨낸다.

g. 직경이 5mm인 50 - 75개의 고체 유리알과 물 45ml를 함유한 마개달린 125ml Erlenmeyer 플라스크로 종자 투입량을 붓는다.

h. 플라스크를 세게 흔들어 자실체로부터 종자를 떼어 내고 종자 덩어리를 부순다.

i. 유리 깔때기에 포함된 6mm의 유리 슝 층을 통하여 플라스크로 분산된 곰팡이 종자 현탁액을 여과시킨다.

주: 이 과정에서 한천 덩어리 및 큰 균사체 파편을 제거해야 한다.

j. 여과된 종자 현탁액을 원심 분리하고 상청액은 버린다.

k. 물 50ml 내에 남아있는 잔여물을 다시 부유시킨 후 원심분리한다. 이러한 방식으로 최소 3회 정도 각 곰팡이로부터 취한 종자를 씻는다.

l. 결과로 생긴 종자 현탁액이 계수 챔버로 측정된 바와 같이 ml 당 1,000,000±20% 종자를 함유하도록 광물염 용액과 세척된 최종 잔여물을 희석한다.

m. 시험에 사용된 각 유기체에 대해 이 작업을 반복한다.

n. 단락 4.4.3.3에 따라 각 유기체에 대해 생존력 점검을 수행한다.

o. 최종 혼합 종자 현탁액을 얻기 위해 결과로 생긴 종자 현탁액의 동일한 양을 섞는다.

주: 새롭게 준비된 종자 현탁액을 사용할 것. 새롭게 준비되지 않았다면, 최대 14일 동안 6±4°C에서 이를 보관해야 한다.

#### 4.4.3.3 제어 품목.

두 가지 유형의 제어 시험이 필요하다. 다음과 같은 절차를 사용하여, 종자 현탁액 생존력 및 그 준비, 챔버 환경의 적합성을 검증한다.

a. 종자 현탁액의 생존력

(1) 혼합 종자 현탁액을 준비하기 전에, 무균접목 감자 포도당 또는 각 개별 곰팡이

중 의 종자 현탁액 0.2 - 0.3ml이 있는 다른 영양 한천판에 접목한다. 각 종에 대하여 별도로 한천판을 사용할 것.

(2) 판의 전체 표면에 걸쳐 접종물을 퍼트린다.

(3) 7 - 10일 동안  $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 접목된 감자 포도당 한천판을 배양한다.

(4) 배양 기간 후, 곰팡이 성장을 점검한다.

주: 각 컨테이너의 전체 표면에 걸쳐 시험 유기체가 풍부하게 성장하지 않으면 이 종자를 사용하는 모든 시험 결과는 무효가 될 것이다.

#### b. 시험 챔버 환경

(1) 다음 용액을 준비할 것:

글리세롤 10.0g

칼륨 2-수소 정-인산염( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 0.1g.

질산 암모늄( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 0.1g.

황산마그네슘 7-수산화물( $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 0.025g.

이스트 추출물 0.05g.

총 량 100ml의 증류수.

sodium dioctyl sulfosuccinate 또는 sodium lauryl sulfate와 같은 비독성 침윤제 0.005g.

최종 용액 pH를 5.3으로 조정할 HCl 및 NaOH.

(2) 너비 약 3cm의 띠로 절단한 또는 찢은 표백되지 않은 평직의 100% 면 천에서 제어 띠를 준비한다. 살균제, 액체 방충제 및 사이징 첨가제가 없는 띠만을 사용할 것. 모든 가능한 처리 재료를 쉽게 제거하기 위하여, 증류수에서 끓이는 것을 권장할 것. 띠를 상기 용액에 담근다. 담근 후, 띠에서 과잉 액체를 제거하고 매달아 챔버에 배치 및 미생물을 넣기 전에 건조시킨다. 띠가 전체적으로 젖어있는지 확인할 것.

(3) 챔버 내에, 시험 띠 및 시험 품목이 동일한 시험 환경하에 있는지를 확인하기 위해 시험 품목과 수직으로 밀접한 띠 또는 시험 품목에 까치발로 받쳐진 띠를 배치할 것. 적어도 시험 품목의 높이만큼 긴 띠를 사용할 것.

(4) 곰팡이 성장을 촉진하기 위해 배양 챔버 안의 조건이 적절한지를 확인하기 위하여, 이 띠를 설치하고 시험 품목에 곰팡이를 섞는다.

#### 4.5 시험 절차.

#### 4.5.1 배양 준비.

단계1. 시험이 시행된 품목의 조건이 사용 제조자 또는 고객에 의해 배달되는 조건 또는 달리 규정된 바와 같은 조건과 유사한지를 확인할 것. 휘발성 물질의 증발을 고려하기 위해 곰팡이 시험을 시작하기 최소 72시간 전 시험 품목 세척을 완전히 끝내도록 한다.

단계2. 적합한 고정물 상의 챔버나 캐비닛에 시험 품목을 설치하거나, 또는 행거에 매단다.

단계3. 작동 챔버( $30\pm 1^{\circ}\text{C}$  및 RH 90%이상 100%이하)에 시험 품목을 최소 접촉 직전 4시간 동안 보유한다.

단계4. 분무기 또는 네블라이저에서 나오는 미세한 안개 형태로, 시험 품목 위 또는 안, 제어 품목 위에 현탁액을 분사하여 혼합된 곰팡이 종자 현탁액으로 시험 품목 및 면직물 챔버 제어 품목에 미생물을 섞는다. 접촉을 위해 품목의 내부 표면을 노출할 수 있는 시험 품목에 대하여 적절한 기술을 가진 요원이 있는지 확인할 것.

주: 시험 및 제어 품목에 혼합 종자 현탁액을 분사할 때, 사용 또는 유지보수 중 노출되는 모든 외부 및 내부 표면을 덮을 것. 표면이 습윤해지지 않으면, 표면에 물방형이 형성되기 시작할 때까지 분사할 것.

단계5. 침투를 용이하게 하기 위해, 패스너로 죄지 말고 시험 품목의 덮개를 교체한다.

단계6. 접촉한 후 바로 배양을 시작한다.

#### 4.5.2 시험 품목의 배양.

단계7. 아래 단계2에 언급된 바를 제외하고, 시험 품목을 각각 온도  $30\pm 1^{\circ}\text{C}$  및 상대습도 90%이상 100%이하의 일정한 온도 및 습도 조건에서 시험 지속시간(최소, 28일) 동안 배양한다.

단계8. 7일 후, 제어 면 띠 상의 성장을 검사하여 챔버 내 환경 조건이 성장에 적합한지를 확인할 것. 이 때 최소한, 시험 품목의 수준에서 배치된 각 시험 띠 표면 일부의 90%를 곰팡이로 덮어야 한다. 그렇지 않을 경우, 성장에 적합한 조건을 생성하는데 필요한 챔버를 조정하여 전체 시험을 반복한다. 시험 지속시간 동안 챔버 내 제어 띠를 남겨둔다.

단계9. 7일 후 면 띠가 만족스러운 곰팡이 성장을 보인다면, 시험 계획에 규정된 바와 같이 접촉 시간으로부터 필요한 기간 동안 시험을 계속한다. 7일 결과와 비교하였을 때 시험이 끝날 때쯤 면 띠에서의 곰팡이 성장이 증가하지 않았다면, 시험은 무효한 것이 된다.

#### 4.5.3 검사.

배양 기간이 끝날 때, 시험 품목을 즉시 검사한다. 가능하다면, 챔버 안에서 품목을 검사하도록 한다. 만일 챔버 밖에서 검사를 수행하여 8시간 안에 완료하지 못한다면, 12시간 동안 시험 품목을 시험 챔버로 다시 들여놓거나 또는 챔버와 유사한 다습한 환경에 놓아둔다. 밀봉된 군수품의 경우는 제외하고, 시험 품목 수용구를 열고 품목의 안팎을 모두 점검한다. 검사 결과를 기록한다.

#### 4.5.4 조작/사용.

(필요한 경우에만 수행할 것) 시험 품목을 조작해야 하는 경우(예: 전기 군수품), 단락 4.5.3에 규정된 바와 같은 기간 안에 작동을 수행해야 한다. 검사를 위한 내부 표면의 노출 및 조작과 사용 의사결정을 행할 수 있는 시험 품목에 대한 적절한 지식을 갖춘 요원이 있는지 확인할 것. 곰팡이 성장의 방해원은 조작상 점검 중 최소한으로 유지해야 한다.

#### 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14 및 5.17에 주어진 지침과 아울러, 다음 정보는 시험 결과를 평가하는데 도움을 준다.

- a. 시험 품목 상의 곰팡이 성장은 그 중 및, 성장이 시험 품목 재료 위 또는 오염체 위에서 일어나는지를 판단하기 위해 분석되어야 한다.
- b. 시험 품목 재료 상의 곰팡이 성장은, 접종물 또는 기타 다른 원천에 상관없이, 다음에 대하여 자격을 갖춘 요원에 의해 평가되어야 한다:
  - (1) 민감한 부품 또는 재료에서의 성장 정도. 표 508.5-II를 이 평가에 대한 지침으로써 활용할 것. 단 모든 성장은 완벽하게 설명되어야 한다.
  - (2) 성장이 군수품의 물리적 특성에 미치는 직접적인 영향.
  - (3) 성장이 군수품에 미칠 수 있는 광범위한 영향.
  - (4) 성장을 지원하는 특정 재료(영양분).
- c. 인간적 요소 영향(건강 위험 포함)을 평가한다.

#### 6. 참고규격/관련 문서.

없음.

표 508.5- I. 시험 곰팡이.

곰팡이	곰팡이 원 식별번호		표준	영향을 받는 재료
	USDA <sup>2/</sup>	ATCC <sup>3/</sup>		
<i>Aspergillus niger</i>	QM 458	ATCC 6275	유럽	매질 염무에 저항성을 띠는 직물, 비닐, 등각 코팅제, 절연체 등.
<i>Aspergillus terreus</i>	QM 82j	ATCC 10690	유럽	자루, 판지, 종이
<i>Paecilomyces varioti</i>		IAM 5001 <sup>4/</sup> ATCC 18502	유럽	플라스틱, 가죽
<i>Penicillium funiculosum</i>		IAM 7013 <sup>3/</sup> ATCC 36839	유럽	직물, 플라스틱, 면직물
<i>Penicillium ochro-chloron</i>	QM 477	ATCC 9112	유럽	플라스틱, 직물
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>		IAM 5146 <sup>3/</sup>	유럽	고무
<i>Trichoderme viride</i>		IAM 5061 <sup>3/</sup> ATCC 9645	유럽	플라스틱, 직물
<i>Aspergillus flavus</i>	QM 380	ATCC 9643	U.S.	가죽, 직물
<i>Aspergillus versicolor</i>	QM 432	ATCC 11730	U.S.	가죽
<i>Penicillium funiculosum</i>	QM 474	ATCC 11797	U.S.	직물, 플라스틱, 면직물
<i>Chaetomium globosum</i>	QM 459	ATCC 6205	U.S.	셀룰로우스
<i>Aspergillus niger</i>	QM 386	ATCC 9642	U.S.	매질 염무에 저항성을 띠는 직물, 비닐, 등각 코팅제, 절연체 등.

<sup>2/</sup> U.S. Department of Agriculture, Northern Regional Research Center, ARS Culture Collection, 1815 North University Street, Peoria, IL 61604. (곰팡이는 동결건조된 상태 또는 환천 경사에서 분포될 수 있다.)

<sup>3/</sup> American Type Culture Collection, 12301 Parklawn Drive, Rockville MD 20852.

<sup>4/</sup> Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo, Japan

표 508.5-II. 가시적 영향에 대한 평가 계획.<sup>1/</sup>

성장 정도	등급	비고
없음	0	배양기에 미생물 성장이 일어나지 않는다.
흔적	1	산란된 채로, 빈약하거나 매우 제한된 미생물 성장
가벼움	2	간헐적 만연 또는 배양기 표면에 느슨하게 퍼진 미생물 군체. 전체 표면에 걸쳐 확장하는 연속 섬질 성장을 포함한다. 맨 밑 표면은 여전히 볼 수 있는 상태.
중간	3	상당한 양의 미생물 성장. 배양기의 눈에 띄는 구조적 변경을 볼 수 있다.
대량	4	엄청난 양의 미생물 성장.

<sup>1/</sup> 이 계획을 지침으로써 활용할 것. 단 보다 특수한 설명이 필요한 경우 예외가 있을 수 있다.

## 시험법 509.4

### 염무

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

염무 시험법의 목적은 재료의 보호 코팅제 및 마무리의 효율성을 판단하기 위하여 수행된다. 또한 군수품의 물리 및 전기적 측면에서 염 침전물의 영향을 판단하기 위해 적용될 수도 있다.

##### 1.2 용도.

군수품의 보호 코팅제와 마무리 및 재료 쿠폰의 효율성과 품질을 평가하고, 잠재적인 문제 부분, 품질 제어 부족, 설계 결함 등을 비교적 짧은 시간 안에 찾기 위한 스크리닝 목적을 위해 이 시험법을 사용하도록 한다. 일반적으로, 대기 중 고 수준의 소금에의 상당한 노출(“거의 드물거나 비규칙적 인과 반대 개념”)을 경험하게 되는 군수품에 이 시험법을 적용할 것.

##### 1.3 제한사항.

- a. 이 시험은 다양한 해양 및 기타 부식성 환경의 화학적 구성과 농도의 변화로 인한 해양 대기의 영향을 복제하기 위해 고안된 것이 아니다.
- b. 기타 다른 매질에 의한 염무 부식과 부식 간에 직접적인 관계가 있다는 것은 아직 증명되지 않았다.
- c. 이 시험 보증 군수품의 영향에 견딜 수 있다고 하여 모든 부식성 조건에서도 견딜 수 있다는 것은 아직 증명되지 않았다.
- d. 이 시험은 일반적으로 각기 다른 재료 또는 코팅제의 사용 수명을 예상하는데 있어 신뢰할 수 없는 것으로 입증되었다.
- e. 이 시험은 습도 및 곰팡이에 의해 유발되는 부식을 평가하기 위한 대체시험이 아니다. 왜냐하면 습도나 곰팡이의 영향은 염무의 영향과는 다르므로 시험에 상호 교환성이 없기 때문이다.
- f. 이 시험은 집단 시험 대신에 샘플 또는 쿠폰 시험에 대해 사용되도록 고안된 것

이 아니다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 염무 시험법 선택.

요건을 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 대기 부식이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

#### 2.1.1 부식성 환경의 영향.

소금은 세계에서 가장 널리 퍼져있는 화학 혼합물 중 하나로 대양, 대기, 지표면 및 호수와 강에서 발견된다. 소금에의 노출을 피하는 것은 거의 불가능하다고 볼 수 있다. 통상적으로, 최악의 영향은 연안 지역에서 발생한다. 부식성 대기가 존재하는 환경에 대한 군수품의 노출 영향은 다음과 같이 세 개의 넓은 범주로 구분될 수 있다: 부식 영향, 전기적 영향 및 물리적 영향. 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

##### 2.1.1.1 부식 영향.

- a. 전자화학적 작용으로 인한 부식.
- b. 가속화된 응력 부식.
- c. 물에서 소금 이온화를 수반하는 산성/알카리성 용액의 형성.

##### 2.1.1.2 전기적 영향.

- a. 소금 침전물로 인한 전기 군수품의 손상.
- b. 코팅제에 전도성을 생성.
- c. 절연재 및 금속의 부식.

##### 2.1.1.3 물리적 영향.

- a. 기계적 부품 및 조립체의 이동부의 막힘 또는 속박.
- b. 전해 결과로 인한 페인트의 수포 형성.

### 2.1.2 기타 다른 방법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부, 단락 5.5를 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 한 번 이상의 기후 시험에 동일한 시험 품목 시료를 사용한다면, 대부분의 경우에서, 염무 시험은 기타 다른 기후 시험 후 수행할 것을 권장할 것. 일반적으로 염무, 곰팡이 및 습도 시험을 동일한 시험 시료에서 수행하는 것은 부적절하다. 왜냐하면 세 개의 환경으로부터의 영향 축적은 비현실적일 수 있기 때문이다. 그러나, 그렇게 하는 것이 필요하다면, 곰팡이 및 습도 시험을 행한 후 염무 시험을 수행할 것. 통상적으로 이것은 부적절하지만, 모래 및 먼지 시험이 동일한 시험 품목에서 필요하다면, 염무 시험을 행한 후 이를 수행할 것.

## 2.2 절차 변동 선택.

이 시험법은 한 가지 절차를 가진다. 가능한 변동이 아래에 설명되어 있다.

### 2.2.1 염용액.

달리 확인되지 않았다면,  $5\pm 1\%$ 의 염용액 농도를 사용할 것(참고규격 d). 제1부, 단락 5.16에 설명된 바와 같은 물을 사용할 것. 시험 결과에 영향을 미칠 수 있는 산성/알카리성 조건 또는 오염체를 도입하고자 하는 취지가 아니다.(단락 4.5.1.1.b 참조).

### 2.2.2 시험 품목 배치.

염무 시험의 노출 기간 중 시험 품목의 배치 및 방위는 시험 품목에 대한 환경의 영향을 결정하는데 있어 중요한 요소이다. 달리 규정되어 있지 않다면, 시험 품목을 배열하고 보관, 선적 또는 사용 중 예상될 수 있는 바와 같이 방향을 맞춘다. 아래의 목록에서는 군수품이 부식성 대기에 노출될 때 취할 수 있는 가장 개연성이 있는 배치를 제시하고 있다. 시험 목적에 따라, 가장 가혹/임계의 배치를 선택할 것.

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스 내.
- b. 선적/보관 컨테이너의 외부 단 염무 환경을 부분적으로 차단하는 효과적인 환경 제어 장치가 제공된다.
- c. 선적/보관 컨테이너의 외부 및 정상 작동 모드에서의 구성.
- d. 일반적으로 나타나지만, 이 특수 시험에서는 사용되지 않는 메이팅 부품을 보상하기 위해 또는 특수용으로 개조된 키트.

### 2.2.3 지속시간.

노출의 48시간 표준 노출 및 건조 48시간은 변경되지 않았다. 그러나, 경험을 통하여 염무 노출은 24-시간 주기, 건조조건은 4회의 24-시간 주기(건조 2 및 습윤 2)라는 대안이 염무 대기에의 노출을 계속할 때 보다 더 현실적인 노출 및 더 높은 손상 확률을 제공한다(참고규격 d). 부식율은 습윤에서 건조로의 천이 중 훨씬 더 높기 때문에, 시험과 시험의 부식 수준을 비교해야 하는 경우 건조율을 철저히 제어하는 것이 중요하다. 적절하다면, 주기를 늘릴 수 있다.

### 2.2.4 온도.

$35\pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $95\pm 4^{\circ}\text{F}$ )의 노출 구역에어 온도를 유지해야 한다. 이 온도는 역사적으로 수용되어 왔으며 실제 노출 상황을 모의시험 하기 위해 고안된 것은 아니다. 적합하다면, 기타 다른 온도를 사용해도 된다.

### 2.2.5 공기 순환.

시험 챔버 내 공기 속도가 최소인지 확인할 것(본질적으로는 0).

### 2.2.6 강하율.

80cm<sup>2</sup>의 각 수평 수집 면적(직경 10cm)에 대해 시간 당 1 - 3ml의 용액에서 각 리셉터클을 수집하는 식으로 염무 강하를 조정할 것.

### 3. 필요한 정보.

#### 3.1 예비시험.

염무 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.7 및 5.9 그리고 부록A, 과업 405에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 시험 품목의 면적을 육안 및 기능적으로 점검하고 그 포함 또는 배제를 설명.
- (2) 5%가 아닌 경우 소금 농도.
- (3) 초기 물의 저항력 및 물의 유형.

#### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음과 같은 정보를 수집할 것:

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.10 그리고 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 챔버 온도 대 시간 조건의 기록.
- (2) 시간 단위 당 염무 강하량(단락 4.1.4).
- (3) 염무 pH(단락 4.5.1.b).

#### 3.3 사후시험.

다음과 같은 사후시험 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 그리고 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 시험 품목의 면적을 육안 및 기능적으로 점검하고 그 포함 또는 배제를 설명.
- (2) 시험 변수:
  - (a) 염용액 pH.
  - (b) 염용액 강하율(ml/cm<sup>2</sup>/hr).
- (3) 부식, 전기 및 물리적 영향에 대한 점검 결과.
- (4) 고장 분석을 지원하는 분석.

### 4. 시험 과정.

#### 4.1 시험 설비.

염무 시험을 수행할 때 사용되는 기구가 다음을 포함하는지 확인할 것.

#### 4.1.1 시험 챔버.

염무 안개의 특성에 영향을 미치지 않는 지지력을 사용하도록 한다. 시험 품목과 접촉하는 시험 기구의 모든 부품이 전해 부식을 유발해서는 안 된다. 응축물이 시험 품목에 물방울을 떨어트리게 해서는 안 된다. 챔버 또는 시험 품목과 접촉하는 어떠한 액체라도 염용액 저장기로 보내서는 안 된다. 압력 축적을 막기 위해 노출 부분을 환기시킨다. 모든 폐기물이 처리 전에 시험될 수 있도록 시험 챔버에 폐기물 수집 장치가 있는지 확인할 것. 지역, 주 및 연방 법규에 따라 위해한 폐기물로 판정된 모든 물질을 폐기하도록 한다.

#### 4.1.2 염용액 저장기.

염용액 저장기가 염용액에 무-반응인 물질(예: 유리, 경성 고무 또는 플라스틱)로 구성되어 있는지를 확인하도록 한다.

#### 4.1.3 염용액 주입 장치.

염용액을 여과하여(그림 509.4-2 및 -3) 미세하게 분류된 젖은 조밀한 안개를 생성하는 분무기로 시험 챔버에 주입한다. 염용액에 무-반응인 물질로 구성된 분무 노즐 및 배관 장치를 사용할 것. 소금의 축적으로 인해 노즐이 막히지 않도록 할 것.

주: 적절한 분사는 다음과 같은 조건하에서,  $.34\text{m}^3(12\text{ft}^3)$ 이하의 부피를 가지는 챔버에서 얻어졌다:

- a. 필요한 비율로 안개를 생성하기 위해 실제와 같이 낮은 노즐 압력.
- b. 구멍의 직경은 0.5와 0.76mm(0.02와 0.03in) 사이.
- c. 24시간 당  $0.28\text{m}^3(10\text{ft}^3)$ 의 챔버 부피 당 약 2.8ℓ 염용액의 분사.

부피가  $0.34\text{m}^3(12\text{ft}^3)$ 를 훨씬 초과하는 챔버를 사용하는 경우, 규정된 조건을 변경해야 할 수도 있다.

#### 4.1.4 염무 수집 깔대기(리셉터클).

물 용액 시료를 수집할 때에는 최소 두 개의 염무 수집 깔대기를 사용하도록 한다. 하나는 노즐에 가장 인접한 시험 품목의 주변에 배치하고, 나머지 하나는 시험 품목의 주변에 배치하되 노즐에서 가장 멀리 떨어진 지점에 배치한다. 복합 노즐을 사용할 경우, 동일한 원리가 적용된다. 깔대기는 시험 품목에 의해 차폐되도록 배치하여 시험 품목 또는 기타 소스로부터 용액의 물방울을 수집하지 않게 한다.

#### 4.2 제어.

분사된 용액을 생성하는데 사용되는 무오일 및 무오염 압축공기를 예열하고(대기압에 대한 팽창의 냉각 효과를 상쇄하기 위해) 온도는  $35\pm 2^\circ\text{C}$ , 상대습도는 노즐에서 85% 이상하도록 사전-가습화 한다.

## 표 509.4- I. 35℃에서의 작동을 위한 공기압 및 예열 온도 요건

공기압(kPa)	83	96	110	124
예열온도(℃) (분사 전)	46	47	48	49

## 4.3 시험 중단.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.11을 참조할 것.

b. 이 시험법에 해당하는 내용.

(1) 과소시험 중단. 예상치 못한 시험 중단이 발생하여 시험 조건이 표준 주위 조건에 대하여 허용가능한 허용차를 초과하게 된다면, 시험 품목을 완전하게 육안 점검하고 시험 결과에 중단이 미치는 영향을 기술적으로 평가하도록 한다. 중단 지점에서 시험을 재개하고 시험 조건에서 시험 품목을 재안정화한다.

(2) 과도시험 중단. 예상치 못한 시험 중단이 발생하여 시험 조건이 표준 주위 조건에서 허용가능한 허용차를 훨씬 초과하게 된다면, 시험 조건을 허용차 내로 안정화시키고 완전한 육안 점검 및 기술적 평가가 이루어져 시험 결과에 중단이 미치는 영향이 결정될 때까지 이 수준에서 조건을 유지시킨다. 만일 육안 점검이나 기술적 평가 결과, 시험 중단이 최종 시험 결과에 역영향을 미치지 않은 것으로 나온다면, 또는 중단의 영향을 충분히 무시할 수 있는 것으로 나온다면, 사전-중단 조건을 재안정화하고 시험 허용차가 초과되는 지점으로부터 시험을 계속한다.

## 4.4 시험 기구.

a. 일반사항. 제1부, 단락 5.8을 참조할 것.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 강하 수집 컨테이너가 시험 품목으로부터 떨어지는 유체를 수집하지 않도록 챔버에 배치되었는지 확인할 것.

## 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 염무 환경 내 시험 품목과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

## 4.5.1 시험 준비.

## 4.5.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 시험 세부사항(예: 절차, 변동, 시험 품목 배치, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다. (상기 단락 3.1 참조)

a. 처리 및 배치.

(1) 가능한 한 거의 시험 품목을 처리하지 말 것. 노출 직전에 시험을 위하여 시험 품목을 준비해야 한다. 달리 규정되어 있지 않았다면, 시험 품목 표면은 기름, 그리스 또는 물 break의 원인이 될 수 있는 기타 더러움 등의 표면 오염으로부터 자유로워야 한다. 어떠한 세척법에서라도 부식성 용제, 부식성 또는 보호막, 또는 순수 마그네슘 산화물의 풀을 제외한 연마재를 침전시키는 용제를 사용하지 말 것.

(2) 시험 계획에 규정된 바와 같이 시험 품목을 배열하고 이를 시험 챔버에 삽입한다.

b. 염 용액의 준비. 이 시험의 경우, 나트륨 요오드와 총 불순물이 각각 0.1%, 0.5%를 넘지 않는 염화나트륨을 사용할 것(건조한 기초에서). 반-점결 약품을 함유하는 염화나트륨을 사용해서는 안 된다. 왜냐하면 이러한 약품은 부식 반응 억제제로써 작용할 수 있기 때문이다. 달리 규정되어 있지 않다면, 물 중량으로 95에 소금 중량으로 5를 용해하여  $5\pm 1\%$ 의 용액을 준비한다. 측정된 온도 및 염용액의 밀도를 사용하여 비중(그림 509.4-1)에서 용액을 조정하고 유지한다. 필요할 경우, 염용액 75ℓ에 0.7g을 초과하지 않는 나트륨 테트라붕산염의 비율로 된 pH 안정제와 같이 염용액에 나트륨 테트라붕산염을 첨가한다. 염용액의 pH를, 노출 챔버에서 강하할 때 수집된 바와 같이, 6.5와 7.2 사이에서 유지한다. 이 때 용액 온도는  $35\pm 2^\circ\text{C}$ 이다. pH로 조정하기 위해서는, 희석되어 화학적으로 순수한 염화수소 산 또는 화학적으로 순수한 수산화나트륨만을 사용해야 한다. 전기측정 또는 열량측정적으로 pH측정을 수행한다.

c. 챔버 작동 검증. 챔버를 5일 이내에 사용하였거나 시험 직전 및 노출 챔버가 빈 상태에서 노즐이 막힌 경우가 아니라면, 모든 시험 파라미터를 시험에 필요한 파라미터로 조정해야 한다. 최소 1회의 24-시간 주기 동안 또는 적당한 작동 및 염무 수집이 확인될 수 있을 때까지 이 조건을 유지할 것. 모든 시험 파라미터를 지속적으로 감시하여 시험 챔버가 올바르게 작동하는지 확인하여야 한다.

4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

단계1. 제1부, 단락 5.8.1에 따라 필요한 배치로 시험 품목을 준비한다.

단계2. 실내 주변 조건을 기록한다.

단계3. 다음에 주의를 기울여 시험 품목을 완전하게 육안 점검한다:

(1) 고응력 부분.

(2) 유사하지 않은 금속이 접촉하는 부분.

(3) 전기 및 전자부품 - 특히, 간격이 밀접하고, 페인트가 칠해져 있지 않거나 회로가 노출된 부품.

(4) 금속성 표면.

(5) 응축이 발생하였거나 또는 발생할 밀폐된 볼륨.

- (6) 코팅된 또는 표면 부식 보호 처리된 부품 및 표면.
- (7) 캐소드 보호 장치: 소금 침전물로 막히거나 덮여진 경우 오작동에 노출되는 기계 장치.
- (8) 전기 및 열 절연체.

주: 완전한 육안 점검이 필요하다면 시험 품목을 부분 또는 전체적으로 분해해 볼 것을 고찰 할 것, 이 때 어떠한 보호 코팅제도 손상되지 않도록 주의를 기울일 것.

단계4. 결과를 문서화 한다. (필요할 경우, 사진 활용.)

단계5. 시험 계획에 따라 조작상 점검을 수행하고 제1부, 단락 5.9에의 일치를 위해 결과를 기록한다.

단계6. 시험 품목이 시험 계획의 요건 또는 기타 적용가능한 문서를 충족한다면, 아래의 시험 절차의 단계1을 진행할 것. 그렇지 않다면, 모든 문제를 다 해결하고 상기에서 가장 합당한 단계에서부터 예비시험 표준 주위 점검을 재개한다.

#### 4.5.2 절차.

단계1. 시험 챔버 온도를 35°C로 조정하고 최소 염무를 도입하기 두 시간 전에 시험 품목을 처리한다.

단계2. 4.4.1.1b에 주어진 바와 같은 구성을 가진 염용액을 24시간 동안 또는 시험 계획에 규정된 대로 시험 챔버 안으로 연속 분사한다. 전체 노출 기간 중 최소 24-시간 간격  $\frac{1}{2}$ 으로 염무 강하율과 강하 용액의 pH를 측정할 것. 강하가 1과 3ml/80cm<sup>2</sup>/hr사이인지 확인하도록 한다.

단계3. 표준 주위 온도 및 상대습도 50%이하에서 24시간 동안 시험 품목을 건조시킨다. 건조 기간 중 시험 품목을 교란하거나 기계적 특성을 일체 조정하지 말 것.

단계4. 건조 기간이 끝날 때 또는 달리 규정되지 않았다면, 시험 품목을 염무 챔버에 배치하고 단계2와 3을 반복한다.

단계5. 단락 4.4.1.2에 주어진 지침에 따라 시험 품목을 육안 검사한다.

단계6. 물리 및 전기적 점검을 완료한 후, 결과를 문서화 한다(필요하다면, 사진 활용). 그 다음, 부식 점검을 행할 때 필요할 경우, 흐르는 물에 살짝 씻어낸다. 이 때 표준 주위 조건이어야 한다.

#### 5. 결과 분석.

제1부, 단락 5.14 및 5.17에 주어진 지침과 아울러, 다음 정보는 시험 결과를 평가하는데 도움을 준다.

a. 물리적. 염 침전물은 기계적 부품 및 조립체의 막힘이나 결박을 야기할 수 있다. 이 시험으로 인해 발생한 모든 침전물의 범위는 예상된 환경에 의해 유도된 것을 대표할 수 있다.

b. 전기적. 24-시간 건조 기간 후 남아있는 습기는 전기적 불량을 유발할 수 있다. 전기적 불량이 유발되는 경우, 사용 중 가능한 오작동과 연관시켜 보도록 한다.

<sup>1/2</sup> 보다 잦은 간격을 권장할 것. 강하량 요건에 충족하지 않는다면 간격을 반복할 것.

c. 부식. 시험 품목의 적절한 기능수행과 구조적 무결성에 대한 부식의 직접 또는 장기적 영향(잠재적인)에 대하여 모든 부식을 분석할 것.

**6. 참고규격/관련 문서.**

- a. AR 70-38, Research, Development, Test and Evaluation of Materiel for Extreme Climatic Conditions.
- b. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.
- c. Army Materiel Command Pamphlet AMCP-706-116, Engineering Design Handbook, Environmental Factors.
- d. Final Letter Report of Methodology Investigation on Evaluation of Test Procedures Used for Salt Fog Tests, TECOM Project 7-CO-PB7-API-018, Aberdeen Proving Ground, MD 21005; July 1979.

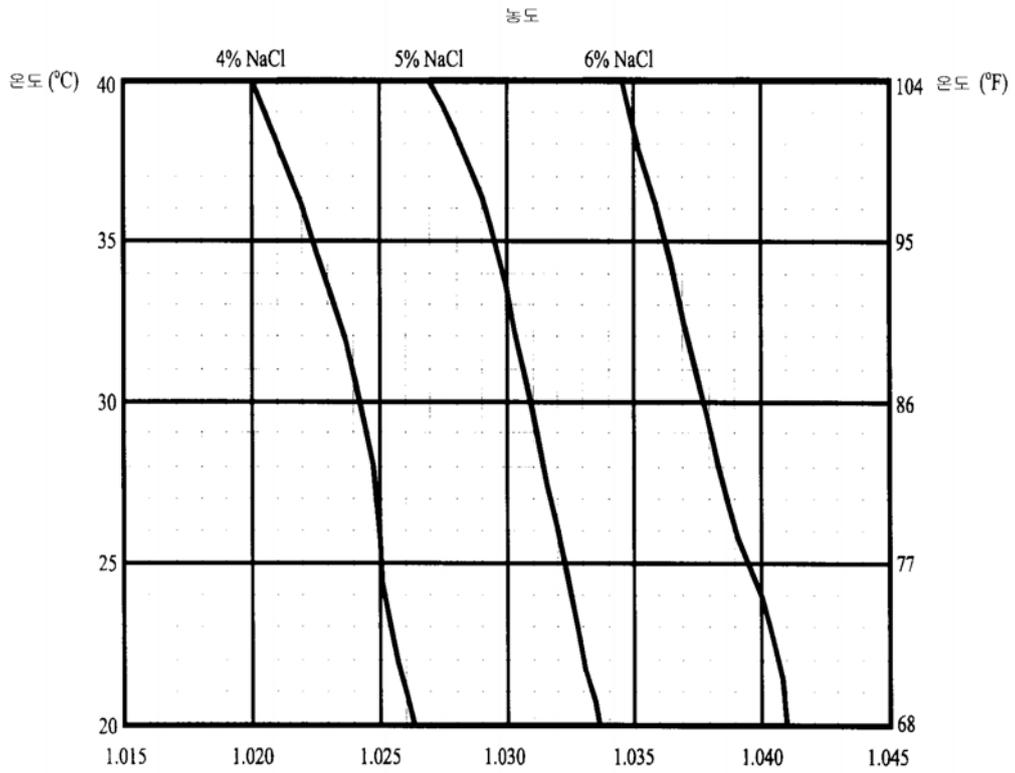


그림 509.4-1. °C 및 °F에서 염(NaCl)용액의 비중 변화.

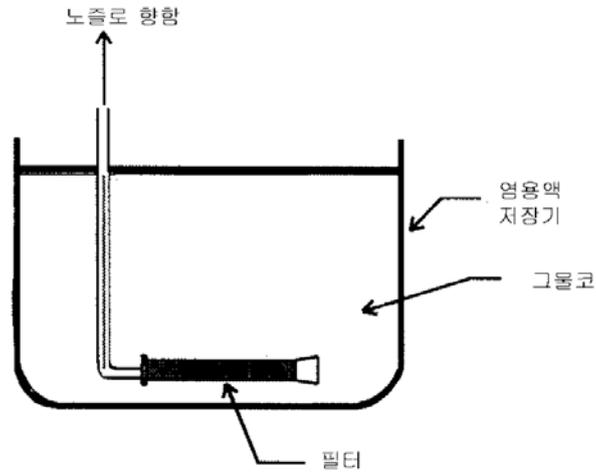


그림 509.4-2. 염용액 필터의 배치.

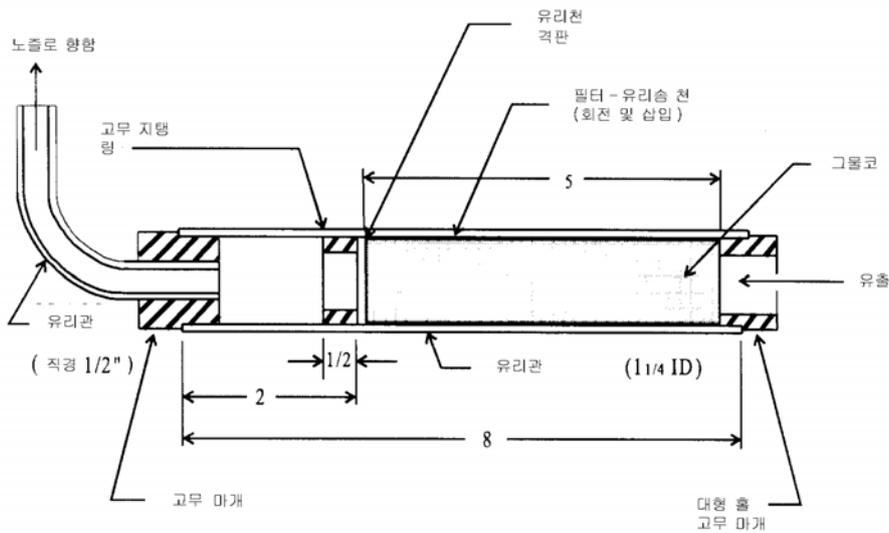


그림 509.4-3. 염용액 필터.

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 시험법 510.4

### 모래 및 먼지

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

a. 미립자 먼지( $\leq 149\mu\text{m}$ ) 절차. 본 시험은 개구부를 막고 금, 갈라진 틈, 베어링 및 이음매로 침투할 수 있는 먼지의 영향에 저항하는 군수품의 능력을 평가하고 필터의 효율성을 평가하기 위해 수행된다.

b. 날립 모래( $150 - 850\mu\text{m}$  입자 크기) 절차. 본 시험은 크고 날카로운 날이 있는 입자의 침식(부식)이나 막힘 효과로 인해 성능, 효율성, 신뢰성 및 유지보수성을 저하시키지 않고도 모래가 날리는 조건에서 군수품을 보관 및 사용할 수 있는지를 평가하기 위하여 수행된다.

##### 1.2 용도.

이 시험법을 사용하여 건조한 모래, 먼지 함유 대기 혹은 침전 먼지에 주로 노출되는 모든 기계적, 광학적, 전기전자 및 전자 기계적 장치 평가한다.

##### 1.3 제한사항

이 시험법은 입자 충격 속도로 인한 공수 군수품의 부식 측정 및 정전전하 축적 효과 측정 시에는 적합하지 않다. 그리고 제어 문제로 인하여, 본 시험법은 옥외 모래나 먼지 시험에 대해서는 상술하지 않는다.

#### 2. 적합화 과정.

##### 2.1 모래 및 먼지 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 모래 및 먼지환경이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

##### 2.1.1 모래 및 먼지 환경

날립 모래 및 먼지 환경은 주로 고온건조 지역과 관련되지만 대부분 다른 환경에서도 주기적으로 존재한다. 자연발생 풍진은 군수품 개발 시 중요한 요소이지만, 군 기계화로 인해 이러한 요소는 인적 활동과 관련된 모래와 먼지가 발생시키는 것보다 문제를 덜 발생시킨다.

다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

- a. 표면 침식 및 부식.
- b. 밀봉 침투.
- c. 전기 회로 열화.
- d. 개구부 및 필터 차단/막힘.
- e. 결합 부품에 대한 물리적 방해.
- f. 이동부의 오염/방해.
- g. 열 전도성 저하.
- h. 광특성에 대한 방해.
- i. 제한적 통기와 냉각으로 인한 과열 및 화재 위험.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부 단락 5.5를 참조할 것.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 본 시험법은 시험 품목의 먼지 코팅이나 가혹한 부식을 유발할 것이며 습도(시험법 507.4 참조), 곰팡이(시험법 508.5 참조) 및 염무(시험법 509.4)와 같이 기타 MIL-STD-810 시험법의 결과에 영향을 줄 수 있다. 따라서 시험 순서대로 본 시험법에 적용되는지를 결정할 때 판단하도록한다. 추가적으로 고온 시험법(501.4)으로 획득한 결과는 본 방법에서 사용한 온도 변수를 정의할 때 필요할 수 있다. 이와 반대로 기타 환경 변수와 결합된 먼지가 존재하는 것은 침식이나 곰팡이 성장을 유도할 수 있다. 온난 다습한 환경은 화학적으로 활성 먼지 환경에서 부식을 야기할 수 있다.

## 2.2 절차 선택.

본 시험법은 세 가지 시험 절차를 포함하며 다음과 같다. 절차 I(날림 먼지), 절차 2II(날림 모래) 및 절차 3III(침전 먼지)이 포함된다. 어떤 절차를 사용할 지를 결정할 것.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

절차를 선택할 때, 다음을 고려할 것:

- a. 군수품의 작동 목적. 요건서에 근거하여 모래와 먼지 환경 및 저장과 같은 모든 제한적 환경에서 군수품이 수행해야 할 기능을 결정한다.
- b. 자연 노출 환경.
- c. 군수품의 작동 목적을 충족 여부를 결정하는데 필요한 시험 자료.
- d. 절차 순서. 동일한 시험 품목에 모래와 먼지 절차 모두를 적용하는 경우에는 덜 손상을 가하는 것을 먼저 수행하는 것이 일반적으로 적절하다. 즉 침전 먼지, 날림 먼지 다음으로 날림 모래 순서로 수행한다.

### 2.2.2 절차 간 차이.

모든 절차들이 모래 및 먼지와 관련있지만, 이는 이동하는 입자 크기와 형태를 기준으로 할 때 차이를 보인다. 본 시험 절차는 사용자가 시험 온도, 먼지 성분, 시험 지속시간 및 공기 속도를 반드시 지정해야 하는 범위에서 조정이 가능하다.

- a. 절차 I - 날림 먼지. 민감한 군수품에 어떻게 날림 먼지가 집중( $<149\mu\text{m}$ )되는지를 조사하기 위해 절차 I 을 사용할 것.
- b. 절차 II - 날림 모래. 민감한 군수품에 대해 날리는 큰 입자 모래( $150\mu\text{m} - 850\mu\text{m}$ )가 어떤 영향을 미치는지 조사하기 위해 절차 II 를 사용할 것.
- c. 절차 III - 침전 먼지. 먼지가 장기간 누적되어 있는 방공호 혹은 밀폐된 구역(예를 들어, 사무실, 연구소, 보관소, 텐트)에 배치된 군수품에 대한 침전 먼지의 영향을 조사하기 위해 절차 III 을 사용할 것. 침전 먼지는 또한 최상위 면에 먼지가 누적된 군수품의 열 손실에 영향을 줄 수도 있다. 옥외용 공기 오염 견본추출 검사장치의 인입구에서 사용되는 공기 필터의 품질 검증 시에도 침전 먼지 시험을 활용하도록 한다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 요건서 '수명 주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하여 이 절차들에 대한 특수 파라미터 수준 및 특별 시험 조건/기법, 이 절차에 제공되는 정보를 선택함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 이러한 정보자료로부터, 모래 및 먼지 환경 내에서 군수품에 의해 수행되는 기능 또는 이후 이러한 환경에서의 보관을 결정한다. 이 후 군수품을 사용하도록 고안된 지리학적 장소 및 미세 환경의 모래와 먼지 수준을 측정한다. 이를 수행하기 위하여, 군수품 작동 목적과 수명 주기에 대해서 고찰한다.

#### 2.3.1 기후 조건 식별.

군수품 조작 및 보관하려는 지리적 장소에 대해 적절한 기후 조건을 식별하고 시험 품목이 시험 중에도 작동할 필요가 있는지를 식별한다.

#### 2.3.2 노출 조건 결정.

유용한 경우, 현장 자료에 따라 특수 시험 조건을 바탕으로 한다. 현장 자료가 없을 시에는 적용 가능한 요건서에 따라서 시험 조건을 결정한다. 본 정보 사용이 불가능한 경우에는 다음의 지침을 사용한다.

##### 2.3.2.1 시험 품목 배치.

보관 및 사용 중, 예상 군수품 배치를 가능한 한 근접하게 재현하는 시험 품목 배치를 사용한다. 다음과 같다:

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스 내.
- b. 보호 및 비보호.
- c. 현실적으로 또는 제한적 이용. 예:일반적으로 포함되는 개구부 이용.

### 2.3.2.2 온도.

달리 규정하지 않은 한 고온 시험(시험법 501.4)에서 시험 품목의 반응 온도로 획득된 높은 작동 혹은 보관 온도에서 시험 품목으로 날림 모래와 날림 먼지 시험을 수행한다. 달리 규정하지 않은 한 표준 주위 환경의 온도  $23\pm 12^{\circ}\text{C}$ 에서 침전 먼지 시험을 수행한다.

### 2.3.2.3 상대 습도.

고수준의 상대 습도(RH)는 먼지 입자의 균열을 야기하기도 한다. 결과적으로 분출과 침전 시험 중에는 시험실 RH가 30%가 초과하지 않도록 통제한다.

### 2.3.2.4 공기 속도.

- a. 날림 먼지. 분출 먼지(작은 입자) 시험 절차에서 사용되는 공기 속도는 시험 조건을 유지하기 위한 최소 공기 속도 1.5m/s(300ft/min) 및 사막 바람의 일반적인 형태로서 보다 높은 공기 속도 8.9m/s(1750ft/min)- 규정값이 없는 경우 사용됨 - 를 포함한다. 대표적인 자연 조건과 시험 챔버의 능력이 허락하는 한에서 기타 다른 공기 속도를 사용할 것.
- b. 날림 모래. 큰 입자의 모래를 날릴 수 있는 풍속 18m/s(3540ft/min)은 일반적인 반면에 최대 29m/s(5700ft/min)의 돌풍은 특수한 것은 아니다. 만일 현장 사용 시 균수품 주변의 유도 공기 유속이 이 범위를 초과하는 것으로 알려진 경우에는 공표된 속력을 사용한다. 그렇지 않을 경우, 날림 모래 입자를 유지하기 위하여 범위 18 - 29m/s인 공기 속도를 사용한다.

주: 속도 범위가 18-29m/s인 시험 품목과 모래 입자가 충돌하는지 검증한다. 입자가 이 속도에 도달하게 하기 위해, 모래 주입 지점에서 시험 품목까지 대략 3-m(10ft)의 거리를 유지한다. 충격 시 입자는 필요한 속도에 도달한다고 증명된 경우 보다 짧은 거리를 사용한다.

- c. 침전 먼지. 시험 품목 위의 공기에서 먼지를 분산시킬 정도로 충분한 공기 속도만을 사용하고 시험 품목에서 공기 속도 0.2m/s이상을 일으키지 않는지 확인한다.

### 2.3.2.5 모래와 먼지 성분.

- a. 날림 먼지. 다음 중 한 가지의 성분을 가진 미립자(날림 먼지) 절차를 수행한다.

(1) 황사는 가장 일반적이며 다음을 함유한다:

$\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$  등. 5%

산화철 ( $Fe_2O_3$ )	10±15%
산화 알루미늄 ( $Al_2O_3$ )	20±10%
산화 실리콘 ( $SiO_2$ )	나머지 백분율

(2) 규소 가루는 먼지 시험에 폭넓게 사용되며 이산화규소 97-99%(무게로)를 함유한다.

(3) 기타 다른 물질을 먼지 시험에서 사용할 수 있지만 그들의 입자 크기 분포는 아래의 2.3.2.5a(4)의 입자크기 아래에 있다. 사용될 군수품이 원래의 목적 및 모의 시험될 시계의 지역에 적합한지를 확인한다; 예를 들면, 먼지가 침투하는 경우 입자 크기가 해당 지역에서 식별된 것보다 크기 않은지 확인한다. 이러한 먼지 시험용 군수품은 활석(활성 가루)(수화물 마그네슘 실리케이트), F.E.(주로 탄화수소나트륨이나 탄화수소칼륨으로 구성된 소화제 가루이며 자유 운동을 지원하고 막힘을 방지하기 위하여 입자 표면에 부착된 소량의 마그네슘 스테아르산염을 함유하고 있다 - 부식 반응과 새로운 화학물질(참고규격 c) 형성을 예방하기 위하여 반드시 건조한 조건에서 사용해야 한다), 석영(자연발생하는 많은 먼지의 주요 성분) 및 비분해장석과 감람석(석영과 유사한 특성)을 포함한다.

**\*\*경고\*\*:** 공급자의 군수품 물질 안전 자료(MSDS) 및 건강 위해 자료의 해당사항을 참조한다; 기타 군수품은 건강에 대한 부작용을 야기하기도 한다.

(4) 달리 규정하지 않은 한, 150µm이하의 무게로 100% 입자 크기 분포 및 중앙 직경(무게로 50%) 20±5µm을 사용한다. 이러한 먼지는 140 망사 규소 가루(140 망사(108 마이크론)체에서 약 2% 유지)로 사용 가능하며 이전의 시험 요건과 비교할 만한 결과를 제공해야 한다. 국가 문서는 다른 더 특정분포를 포함할 수 있다.

b. 날립 모래. 달리 규정하지 않은 한, 큰 입자의 모래 시험에 대해서는 규소 모래( $SiO_2$  무게로 최소 95%)를 사용한다. 반-각도 구조를 가지며, 원형 및 구형의 경우 0.5 - 0.7의 중간 Krumbein 번호 및 7mhos의 경도 지수를 가지는 모래를 사용할 것. 반-각도 구조의 손실과 오염으로 인하여, 시험 모래 재사용은 일반적으로는 불가능하다. 가능하다면 군수품이 배치될 지리학적 장소에서부터 입자 크기 분포를 측정한다. 세계에는 90개의 사막이 있으며 각각 상이한 입자크기 분포를 가진다. 따라서 모든 지역을 포괄하여 입자 크기를 규정하는 것은 불가능하다. 큰 입자의 모래 시험 시 추천되는 입자 크기 분포는 150µm-850µm사이이며, 평균은 600µm 이하 149µm 이상의 무게로 90±5%이며, 600µm 이상의 무게로 최소 5%이다. 군수품이 특별한 모래 요건을 적용하는 것으로 알려진 지역에서 사용하도록 설계된 경우 시험에 사용되는 군수품의 분포를 측정하기 위하여 그러한 모래의 시료를 분석한다. 요건서에서 상세한 모래 성분에 대해 규정한다.

**\*\*경고\*\*:** 먼지에 대해 언급한 바와 같이 동일한 건강 위해 고찰사항을 적용한다. 공급자의 군수품 물질 안전 자료(MSDS) 및 건강 위해자료의 해당사항을 참조한다; 노출은 규폐증을

야기할 수 있다.

c. 침전 먼지. 침전 먼지는 석영, 규토, 염제, 비료, 유기 섬유 등을 포함하고 있는 수많은 혼합물일 수 있지만 대부분의 침전 먼지의 잠재적 영향을 평가하기 위해서는 상기 설명한 작은 입자의 먼지를 사용한다. 입자 크기 105 $\mu$ m 이상의 먼지는 사용하지 않는다.

**2.3.2.6 모래와 먼지 농도.**

a. 날립 먼지. 달리 규정하지 않은 한 날립 먼지 시험을 위한 먼지 농도는 10 $\pm$ 7g/m<sup>3</sup>(0.3 $\pm$ 0.2g/ft<sup>3</sup>)을 유지할 것. 이 수치는 비현실적이며 대부분의 시험서의 제한 요소 때문에 사용하지 않는다.

b. 날립 모래. 달리 규정하지 않은 한 모래 농도는 다음으로 유지한다(참고규격 a):

(1) 비포장 지면에서 운전하는 헬리콥터와 인접하여 사용할 수 있는 군수품: 2.2 $\pm$ 0.5g/m<sup>3</sup>(0.06 $\pm$ 0.015g/ft<sup>3</sup>).

(2) 가동 항공기 부근에서 사용되거나 노출된 적은 없지만 시동 지면 차량 가까이에서 보호되지 않은 채로 사용되거나 보관된 군수품: 1.1 $\pm$ 0.3g/m<sup>3</sup>(0.033 $\pm$ 0.00755g/ft<sup>3</sup>).

(3) 자연 조건에만 노출되는 군수품: 0.18g/m<sup>3</sup>, -0.0/+0.2g/m<sup>3</sup>(0.005g/ft<sup>3</sup>).(이러한 큰 허용차는 저수준의 농도를 측정하는데 있어서의 어려움 때문이다)

c. 침전 먼지. 침전 먼지 시험의 경우, 가혹도 간 관계(지속시간 및 농도)에 대한 측정이 다소 어렵다. 실제 조건은 상당히 다르며 본 시험은 군수품 생존을 증명하는 수단을 표준화하기 위하여 고안된 것이지, 반드시 조건을 복제하기 위한 것은 아니다. 따라서 시험의 가혹도 수준과 실제 조건의 몇 가지 값 사이의 관계에 대한 지침을 제공하는 유일한 지침이 주어져 있다. 달리 규정하지 않은 한, 먼지 침전율은 6g/m<sup>2</sup>/day를 사용한다. 표 510.4-1은 규정된 비율로써 가속도 지수에 비례하는 대략적 지침과 여러 지역에 대한 평균적인 먼지 침전율을 제공한다. 예를 들어 3일 시험은 시골과 소도시 환경에서 51일과 1800일(5년) 사이 및 산업적 환경에서 9일과 18일 사이에서 동등하다.

**표510.4-1. 침전 먼지량 및 가속도 지수**

지역	일일 먼지침전율(g/m <sup>2</sup> )	가속 지수(6g/m <sup>2</sup> /day)
시골과 소도시	0.01-0.36	600-17
도시	0.36-1.00	17-6
공업 환경	1.00-2.00	6-3

**2.3.2.7 방위.**

a. 날립 먼지 시험. 달리 규정하지 않은 한, 가장 취약한 표면이 날립 먼지에 직면하도록 시험 품목의 방향을 맞추어야 한다. 규정된 시험 지속시간을 적용하여 (필요한 경우) 시험 품목들 모두 취약한 표면이 노출되도록 동일한 간격으로 품목을 교체한다.

b. 날립 모래 시험. 시험 품목에서 최대 부식 효과를 경험할 수 있도록 날립 모래 방향에 대하여 시험 품목의 방위를 맞춘다.

c. 침전 먼지 시험. 사용 중에 예상 배치를 대표하는 방식으로 시험 챔버에 시험 품목을 설치한다.

### 2.3.2.8 지속시간.

a. 날립 먼지. 달리 규정하지 않은 한, 23.5°C에서 6시간 동안 날립 먼지 시험을 수행하고 추가 6시간은 높은 보관 혹은 작동 온도에서 수행한다. 요구되는 경우 시작하기 6시간 전에 시험 챔버 조건이 안정화된다는 조건하에서 첫 6-시간 후 시험을 중지한다.

b. 날립 모래. 각 취약한 면마다 최소 90분간 날립 모래 시험을 수행한다.

c. 침전 먼지. 기본 침전율 6g/m<sup>2</sup>/day을 사용한다. 표 510.4-1에서 제시한 값의 조합은 나타난 지역에 대한 가속도 지수에 대한 대략적 지침을 제공해 준다. 특수한 지역이 식별되지 않았다면, (표준화를 위하여) 정당한 가속도를 규정하기 위하여 3일간의 시험 지속시간을 사용한다.

### 2.3.2.9 시험 중 작동.

a. 사용 중에 예상되는 작동 요건에 따라 모래나 먼지 노출 중 시험 품목을 작동할 필요성을 판단한다. 예를 들어 극단적인 주변 환경에 노출되는 동안 가열/냉각 시험 품목을 조작한다. 그러나 가혹한 환경에 노출된 경우에도, 환경적으로 통제된 방공호(엄폐호)에서 특정 군수품을 조작한다. 만일 시험 중에 시험 품목을 작동시키는 경우 시험 계획 시 작동 시간과 기간을 규정한다. 시험 중 마지막 시간 동안 최소 10분간 1회 시험 품목을 연속 작동하는데, 이때 시험 품목은 가장 취약한 면이 날립 모래나 먼지에 접촉하게 된다.

b. 침전 먼지 시험에서는, 공기 냉각 시스템을 작동시켜 필터에 걸러지는 먼지의 영향 측정하기 위해 강제 공랭 방식을 사용하는 시험 품목을 처리해야 한다; 시험 중 대류 냉각용 환기구가 있는 열-생성 군수품을 조작한다; 열적 순환에 의한 호흡 효과를 생성하거나 또는 누적된 먼지의 절연 효과로 인한 열적 증대를 측정하기 위하여 간헐적으로 폐쇄된 구성을 가지는 열-생성 군수품을 작동한다.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

모래 및 먼지 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다..

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.7과 5.9 및 부록 A, 과업 405에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 온도
  - (2) 상대 습도
  - (3) 공기 속도
  - (4) 모래 혹은 먼지 성분
  - (5) 모래 혹은 먼지 농도
  - (6) 작동 요건
  - (7) 시험 품목 방위 및 방위 당 노출 시간
  - (8) 현재 사용되는 것으로써 모래와 먼지 제거 방법

### 3.2 시험 중

시험 수행 중 다음 정보를 수집할 것:

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.10 및 제1부 부록A, 과업 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 주기적인 먼지 농도
  - (2) 주기적인 상대습도 수준

### 3.3 사후시험.

다음과 같은 시험 후 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 품목의 최초 방위 및 시험 중 모든 방위 변화.
  - (2) 각 시험 선정 시 시험 값 변동(온도, 상대습도, 공기속도, 모래/먼지 농도 및 지속시간).
  - (3) 각각의 육안 검사 결과.

## 4 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

정전기 전하의 축적을 피하기 위하여 시험 품목 및 설비를 접지한다. 재료에 대해 적용 가능한 안전 요건에 따라서 저항/연속성을 확인한다. 시험 부피 조건을 측정하기 위하여 시험 챔버 자료 수집 시스템을 사용한다.(제1부 단락 5.18 참조) 온도 기록 시 0.6°C(1°F) 이내로 판독이 가능한 차트를 사용한다. 질소가스 ( $GN_2$ )를 제외하고, 시험 챔버 체적 공기 내의 대기, 먼지, 모래 및 수증기의 화학적 성분에 변화를 주지 않는 방법을 이용해 시험 품목 주위의 공기 기낭을 가열 냉각 및 탈습하도록 한다. 다음 정보도 적합하다.

a. 날림 먼지

(1) 먼지 농도, 속도, 온도 및 먼지 누적된(dust-laden) 공기 습도를 통제하는 챔버와 부속품으로 구성된 시험 설비를 사용해야 한다. 먼지 누적된 공기를 충분히 순환시키기 위하여 시험 챔버의 횡단면적(표준 기류)의 50%를 초과하지 않는 충분한 규모의 시험 챔버를 이용하고 시험 품목이 시험 챔버 부피의 30%를 차지하도록 한다. 연막 구경 측정계와 표준 경보 전원과 같은 적절한 계기를 사용하여 시험 챔버 내 먼지 순환 농도를 유지 및 확인한다. 가능한 한 공기가 박층에 가까워지도록 하는 방식으로 시험 장소로 먼지 누적된 공기를 유입한다. 그러나 적어도 먼지 누적된 공기의 흐름이 시험 품목에 충격을 가할 때 초과 난류를 방지하는 방식으로 할 것.

(2) 본 시험에서는 상기 2.3.2.4와 2.3.2.5에서 설명한 바와 같은 먼지를 사용한다.

b. 날림 모래. 시험 설비 설계 고찰사항.

(1) 모래 누적된 공기를 충분히 순환시키기 위하여 시험 챔버 횡단면적(표준 기류)의 50%를 초과하지 않는 충분한 규모의 시험 챔버를 이용하고 시험 품목이 시험 챔버 부피의 30%를 차지하도록 한다.

(2) 규정된 농도로 모래를 방출하기 위하여 모래 급송장치를 제어한다. 시험 챔버에서 나타나는 영향을 모의실험하기 위하여 모래가 시험 품목에 충격을 가할 때 모래는 기류에서 대략 균등하게 떠 있다는 것을 검증하기 위하여 급송장치를 배치시킨다.

주: 균일한 모래 분포는 모래-공기 혼합물이 아래로 하향하는 경우에 일반적으로 쉽게 얻어진다.

(3) 날림 모래의 극단적인 연마 특성 때문에 팬이나 공기 조절장치를 통하여 모래를 재순환해서는 안 된다.

c. 침전 먼지

(1) 경험에 따르면 수평면적이 시험 품목의 먼지 코팅의 균일성을 유지하는데 충분한 넓이를 가지는 시험 품목(그림 510.4-1 참조)의 최소 두 배인 시험 단면을 사용하는 것이 가장 이상적이다. 먼지 균일성은 먼지 주입 시스템을 통해 달성하기가 어렵다. 처리 중 시험 품목 주위 공기 속도가 대략 0(0.2m/s 이하)이 될 정도로 충분히 높은 시험 단면을 사용한다. 이를 이행하기 위해, 시험 단면 높이는 최장 수평 시험 품목 치수의 4.5배가 되어야 한다는 것은 경험으로 이미 알려져 있다.

(2) 시험 품목 위의 시험 단면으로 먼지를 주입한다.(시험 품목으로 직접 들어가지 않게 해야 함) 이 때 시간당  $0.25\text{g}/\text{m}^2(6\pm 1\text{g}/\text{m}^2/\text{day})$ 의 비율로 먼지를 확산시켜 시험 품목에 균일하게 침착되는데 충분한 최소의 기류를 사용할 것. 그러나 시험 품

목에서는 0.2m/s를 초과하지 않도록 한다. 먼지 밀도(팬 통풍구에서 멀리)를 확인하기 위하여 시험 품목에 근접한 수집 리셉터클을 배치한다. 주입 중 침전 먼지를 교란시키지 않도록 한다. 시험 품목이 수평면에서 중앙에 위치하도록 하고 적어도 모든 벽이나 기타 다른 시험 품목에서 적어도 150mm 떨어져야 한다. (시험 품목에 대해 팬 통풍구기 더 필요하지 않은 경우)

(3) 먼지량과 관련된 어려움 때문에 다음 시스템이 잘 작동된다:

주: 압축 공기가 급송되는 미세한 홀을 가진 분기관이 있는 뚜껑달린 유리 실린더에 먼지를 담는다. 기류에 따라 먼지가 순환되며 관을 따라 먼지 주입 시스템으로 먼지가 유도된다. 시간 당 압축 공기 부피, 홀 입구와 먼지 상부 사이의 거리 및 압축 공기의 시간 제어에 따라 주입 먼지량을 측정한다. 용기의 중량 손실에 따라 시험 챔버에 주입된 먼지량을 대략적으로 검사한다.

#### 4.2 제어장치.

- 먼지 시험의 경우, 시험 챔버는 먼지 입자의 점결을 막기 위하여 상대 습도를 30%이하로 유지한다. 조건이 바람직한 범위에 있도록 적어도 1회 1시간, 습도와 먼지 농도를 측정한다.
- 날림 모래와 먼지 시험의 경우, 시험 중 온도를 연속 측정한다. 조건이 바람직한 범위에 있도록 적어도 1회 1시간, 습도와 먼지 농도를 측정한다.
- 시험 전 시험 챔버 공기 속도 및 모래 농도를 측정한다. 다음 공식으로 시간 당 전달되는 모래양을 측정하고 모래 급송 비율을 계산하고 이를 검증한다.

$$\text{비율} = (\text{농도}) \times (\text{면적}) \times (\text{속력})$$

여기서:

비율(rate) = 설정 시간 간격으로 시험 챔버에 유입된 모래질량

농도(concentration) = 시험 계획에서 요구한 모래 농도

면적(area) = 시험 품목 위치에서 풍속의 횡단면적

속도(velocity) = 시험 품목 위치에서 평균 공기 속도

- 침전 먼지 시험의 경우, 시험 품목 근처의 공기 속도는 보다 미세한 먼지 입자의 침전을 허용할 수 있도록 0.2m/s이하를 유지한다. 시험 품목 근처 수집판을 사용한다.

#### 4.3 시험 중단.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.11을 참조한다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험 중단. 규정된 시험 조건을 다시 확립하여 모든 과소시험 중단을 이행하고 중단 지점부터 시험을 계속한다.

(2) 과도시험 중단. 과도한 먼지나 모래에의 노출 후, 가능한 한 많은 누적량을 제거하고 중단 지점부터 시험을 계속한다. 만일 부식이 관련된 경우에는 새 품목으로 다시 시험을 시작하거나 등가의 농도-시간을 적용하여 노출 기간을 줄인다.(과도시험 농도 비율을 알고 있다고 가정한다)

#### 4.4 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 모래 및 먼지 환경 내 시험 품목과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

##### 4.4.1 시험 준비

**\*\*경고\*\*:** 대류, 유기물 먼지 및 모래 입자와 결합한 상대적으로 건조한 시험 환경은 시험 품목에 영향을 줄 수 있는 정전기 에너지를 야기하기도 한다. 유기물 먼지를 사용한 경우, 시험 중 혹은 후속 시험 중 시험 품목과 접촉할 때 주의를 요하며 시험 품목 점검 중 정전기 방전에 의하여 발생하는 잠재적인 이형을 인지해야 한다.

##### 4.4.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 현재 승인된 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부 사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다. (단락 3.1 참조.)

a. 시험 절차를 요하는 시험 계획에서 결정한다.

b. 시험 계획에서 사용해야 할 구체적인 시험 변수를 결정한다.

c. 적절한 작동을 확인하기 위하여 시험 품목없이 시험 챔버를 작동한다.

(1) 시험 계획에 규정된 모래 농도로 모래 분사 시스템을 측정한다.

(2) 시험 품목에 규정된 공기 속도를 획득하기 위하여 공기 시스템이나 시험 품목 위치를 조정한다. 위 4.1c(2)를 참조한다.

(3) 침전 먼지 시험에서, 각 시간 당 1분간 주입 기간을 사용하여 2-시간 주기에 걸쳐 하강율을 검증한 후, 59분간 침전 기간을 수행한다.

##### 4.4.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

단계1. 가능한 한 시험 품목을 시험 챔버 중앙 및 모든 시험 품목으로부터 중앙(한 개 이상의 품목을 검사하는 경우)에 배치한다. 날림 모래나 먼지 절차에서 시험 품목의 가장 취약한 부분이 모래나 먼지에 노출되도록 방향을 맞춘다. 침전 먼지 시험은 작동 혹은 보관 중 표준 방향을 나타내도록 한다.

주: 시험 계획에서 요하는 경우 규정한 바대로 시험 중 품목의 방향을 변경한다.

- 단계2. 품목을 작동 배치로 또는 시험 계획에서 규정한 바와 같이 준비한다.
- 단계3. 시험 품목이 접지되었는지 확인한다.(시험 챔버와 직접 접촉 혹은 접지 끈을 사용한다)
- 단계4. 시험 품목의 온도를 표준 주위 조건으로 안정화 한다
- 단계5. 시험 품목에 대해 완전한 육안검사를 수행하고 밀봉된 부분과 작고 미세한 개구부에 대해서는 각별한 주의를 기울인다.
- 단계6. 결과를 작성한다.
- 단계7. 시험 계획에 따라서 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록한다.
- 단계8. 만일 시험 품목이 만족스럽게 작동한 경우 시험 절차의 단계1을 시작한다. 그렇지 않은 경우는 문제를 해결하고 예비시험 점검의 단계1부터 다시 시작한다.

#### 4.4.2 절차 I - 날립 먼지.

**\*\*경고\*\*:** 규토 가루(입자 크기가 유사한 다른 먼지)는 건강상 위험하다. 규토 가루를 사용하는 경우, 시험 챔버는 최적으로 기능해야 하며 누수되지 않도록 한다; 만일 구획의 고장에 대해 주지하고 시험 요원들이 노출된 경우, 공기 시료를 구하여 현재 국가 안전과 보건 규정의 한도 값과 비교한다. 챔버 사용을 계속하기 전 시험 챔버를 수리하고 기타 적합한 작업을 실시한다. 규토 가루에 인력들이 노출될 위험이 있는 장소의 경우 모든 단계에서 최대한의 주의를 기울이도록 한다. 그리고 미세한 규토 먼지는 농도 20g/m<sup>3</sup>을 초과할 때 폭발 가능성이 있다.

- 단계1. 시험 품목을 시험 챔버에 두고 시험 계획에 따라 결정된 시험 구역 온도를 표준 주위 조건으로 그리고 공기 속도를 요구 값으로 조정한다. 시험 구역을 상대 습도 30%이하로 조정하고 전체 시험에서 이를 유지한다.
- 단계2. 먼지 급송 제어를 먼지 농도 10±7g/m<sup>3</sup>으로 조정한다.
- 단계3. 달리 규정하지 않은 한, 최소 6시간 동안 1, 단계2 조건을 유지한다. 요구된 경우, 주기적으로 시험 품목을 먼지 흐름에 기타 취약한 부분들이 노출되도록 다시 방향을 정한다. **상기 5.4와 5.4.2의 경고를 참조한다.**
- 단계4. 먼지 급송을 정지한다. 시험 구역 공기 속도를 대략 1.5m/s로 줄이고 온도를 표준 주변 온도 또는 시험 계획에 따라 결정된 온도로 조정한다.
- 단계5. 1시간 후속 시험 온도 안정화를 위하여 단계4 조건을 유지한다.
- 단계6. 공기 속도를 단계1 속도로 조정하고 먼지 농도를 단계2와 같이 유지하기 위하여 먼지 급송을 다시 시작한다.
- 단계7. 적어도 6시간 동안 혹은 달리 규정된 시간 동안 노출을 지속한다. 요구된 경우 시험 계획에 따라 시험 품목을 작동시킨다.
- 단계8. 시험 품목을 표준 주위 조건으로 되돌리고, 먼지가 침전되도록 한다. **본 절차 착수 시 상기 4.4.1의 경고를 참조한다.**
- 단계9. 추가의 먼지 유입을 피하고 이미 들여놓은 시험 품목이 교란되는 것을 방지하기 위하여 시험 품목을 솔질이나, 문지름 혹은 흔들어서 먼지를 떨어낸다. 작동 중에 본 방법을 주로 사용하는 않는다면 공기 송풍기 혹은 진공 청소기를 사용하여 먼지를 제거하지는 않도록 한다.
- 단계10. 승인된 시험 계획에 따라서 조작상 검사를 실시하고 결과를 기록하여 예비

시험 자료와 비교한다.

단계11. 베어링, 그리스 실, 윤활제, 필터, 환기구 등에 대해 각별한 주의를 기울여 시험 품목의 먼지 침투를 검사하고 결과를 기록한다.

#### 4.4.3 절차II - 날림 모래.

단계1. 시험 품목을 모래 주입 지점부터 규정된 거리에 배치한다.

단계2. 고 작동온도에서 시험 품목을 안정화한다.

단계3. 예비시험 측정으로 결정된 모래 질량 흐름 비율에 도달하도록 모래 급송장치 조절한다.

단계4. 시험계획에서 규정한 지속시간 동안 1-단계3의 조건을 유지한다. 요구된 경우 날림 모래에 품목의 모든 취약한 부분이 노출되도록 90분 간격으로 시험 품목을 재배치하고 1-단계3을 반복한다.

단계5. 만일 시험 중 시험 품목의 작동이 필요한 경우 시험의 후반부에서 품목의 조작상 시험을 수행하고 결과를 기록한다.

**\*\*상기 4.4.2의 경고 참조\*\***

단계6. 시험 품목이 표준 주위 조건으로 복구되도록 한다. 작동 중 사용하기로 한 방법으로 시험 품목에서 누적된 모래를 제거한다. 솔질, 문지름 혹은 흔들어서 먼지를 떨어내고 시험 품목에 대한 추가의 먼지 유입을 피하기 위하여 주의한다.

단계7. 승인된 시험 계획에 따라서 시험 품목의 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록하여 예비시험 자료와 비교한다.

단계8. 침식, 막힘 및 모래 침투 등 모든 흔적을 찾도록 시험 품목에 대해 육안검사를 실시하고 결과를 기록한다.

#### 4.4.4 절차3 - 침전 먼지.

**\*\*상기 4.4.2항의 경고 참조\*\***

단계1. 시험 품목과 수집 판을 시험 챔버에 놓고, 시험 구역 온도를 23°C 또는 달리 규정된 온도로 조정하고 상대습도는 30%이하로 조정한다.(전체 시험에서 상대습도는 30%이하로 유지한다)

단계2. 시험 품목의 온도 안정화한 후, 요구된 먼지량을 시험 구역으로 60±5초간 주입한다.

단계3. 59분간 먼지가 침전되도록 한다.

단계4. 먼지의 강하율을 검증한다. 요구된 경우 승인된 시험 계획에 따라서 조작상 검사를 수행하고 결과를 기록하여 예비시험 자료와 비교한다.

단계5. 불필요하게 먼지 침전물을 교란시키지 않도록 하고 승인된 시험 계획에 따라서 조작상 검사를 수행하고 결과를 기록하여 예비시험 자료와 비교한다.

단계6. 베어링, 그리스 실, 윤활제, 필터, 환기구 등에 대해 각별한 주의를 기울여 시험 품목의 먼지 침투 검사하고 결과를 기록한다.

### 5 결과 분석.

제1부 5.14와 5.17에 주어진 지침과 아울러, 시험 결과의 평가를 지원하기 위해 다음 정보가 제시된다. 시험 분석에 대한 군수품 규격의 요건을 충족하지 못하는 시험 품목과 관련된 모

든 자료를 적용하고, 다음과 같은 관련 정보를 고찰하도록 한다:

### 5.1 날림 및 침전 먼지 시험.

다음을 판단할 것.

- a. 이동 부품, 비작동 접점이나 중계기의 바인딩(접합), 막힘, 발작 및 저지 현상을 야기하거나 혹은 단락을 일으키는 전기적으로 전도성인 브리지의 형성을 야기할 정도로 먼지가 시험 품목에 충분히 많은 양으로 침투하였는가.
- b. 기능적 성능이 규정된 요건/허용차 내에 있는가.
- c. 보호 코팅이 오염되었는가.
- d. 시험 품목의 침식이 규정 수준을 초과하는가.

### 5.2 큰 입자 모래 시험

다음을 판단할 것.

- a. 시험 품목의 침식이 규정된 요건을 초과하는가.
- b. 시험 품목이 요구한 바와 같이 작동하는가.
- c. 보호 코팅이 오염되었는가.

## 6 참고규격/관련 문서

- a. Synopsis of Background Material for MIL-STD-210, Clmatic Extremes for Military Equipment. Bedford, MA: Air Force Cambridge Research Laboratories, 1974, 1. DTIC number AD-780-508
- b. Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice. Committee on Industrial VEntilation, P.O. Box 16153, Lansing, MI 48901
- c. International Electrotechnical Commission Publication 68, Test L, Dust and Sand
- d. International Electrotechnical Commission Publication 721-2-5, Test L, Dust and Sand

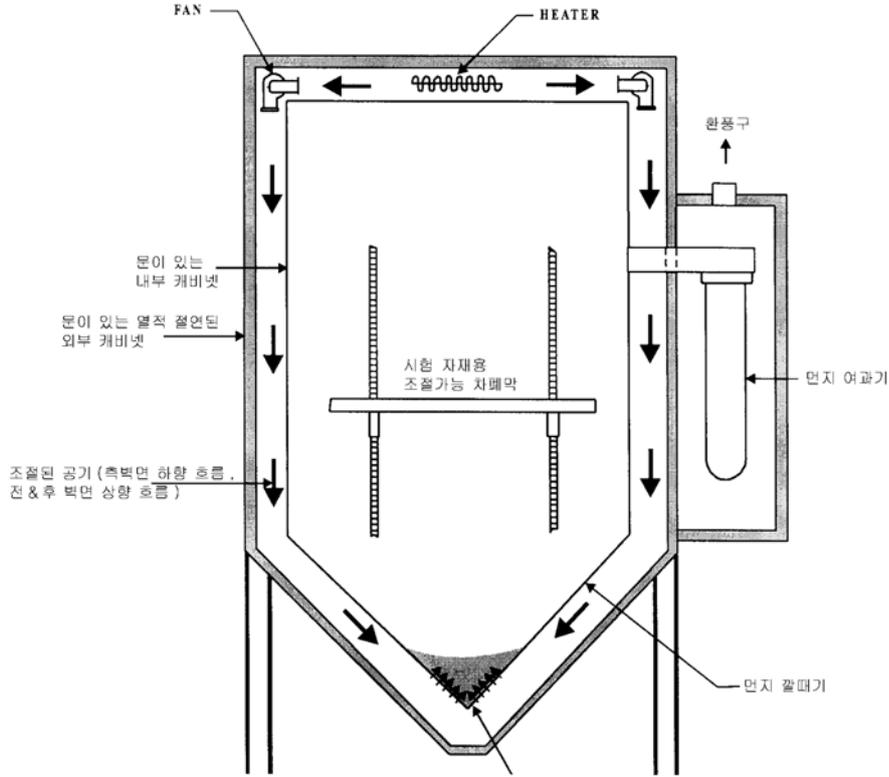


그림 510.4-1. 침전 먼지 시험 설비(예)

## 시험법 511.4

### 폭발성 대기

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1 적용범위.

##### 1.1 목적.

폭발성 대기 시험은 점화를 유발하지 않고 기화 폭발성 대기에서 작동할 수 있는 군수품의 능력을 증명하기 위해 수행된다.

##### 1.2 용도.

본 방법은 해수면 또는 해수면 위에서, 항공기, 자동차, 및 해양 함선연료와 연관된 연료-공기 폭발성 대기 근처에서 사용하기 위해 고안된 모든 군수품에 적용된다. 보다 적합한 경우에는 다른 폭발성 대기 안전 시험(전기 또는 탄광의 안전)을 사용한다.

##### 1.3 제한사항.

- a. 본 시험은 몇 가지 실제 연료공기나 에어로졸(부유 먼지와 같은) 혼합물을 대표하지 않는 비교적 낮은 인화점을 가지는 폭발성 혼합물을 사용한다.
- b. 폭발성 대기 시험은 보수적인 시험이다. 만일 시험 품목이 시험 연료공기 혼합물을 점화하지 않는 경우, 군수품이 사용 중 퍼진 연료 증기 혼합물을 점화시킬 가능성은 낮다. 역으로 시험 품목에 의한 시험 연료공기 혼합물의 점화가 군수품의 실사용 시 항상 연료 증기와 점화한다는 것을 의미하지는 않는다.
- c. 본 시험은 산소부족으로 점화가 억제되는 대략 16km 이상의 시험 고도에는 부적합하다.
- d. 본 방법은 폭발물을 함유한 밀봉 군수품의 가능성을 결정하는데는 부적합하다.

#### 2 적합화 과정.

##### 2.1 폭발성 대기 시험법 선택.

요건서를 점검하고 시험 품목의 수명주기 중 어디서 폭발성 대기가 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

### 2.1.1 폭발성 대기 환경의 영향.

포켓용 트랜지스터 라디오와 같은 장치에 의한 저수준의 전기 에너지 방전이나 전기 아크는 연료 증기와 공기 혼합물을 점화시킬 수 있다. 용접 밀봉한 상자, 즉 겉보기에 자동력을 상실한 군수품 상자 표면에 “과열점(hot spot)”은 연료 공기 혼합물을 점화시킬 수 있다. 제한된 공간의 연료 증기는 단락 섬광 셀, 스위치 접촉, 정전기 방전 등에서 나오는 스파크와 같은 저 에너지 방전에 의하여 점화될 수 있다.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

a. 일반사항. 제1부 단락 5.5를 참조.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 먼저 가장 손상을 일으키지 않는 환경으로 인지 된 것을 적용함으로써 시험 품목 수명을 보존하는 접근방식을 고려하는 것은 일반적으로 시험 순서 후반에 폭발성 대기 시험에 적용된다. 진동 및 온도 응력은 밀봉 상태를 손상시키고 밀봉 효능을 저하시킨다. 따라서 가연성 대기가 더 잘 점화된다. 먼저 시험 품목에 진동 및/혹은 온도 시험을 수행할 것을 권장한다.

## 2.2 절차 변동 선택.

본 시험법은 한 가지 절차를 포함한다. 그러나 시험 절차는 변하기도 한다. 이 시험 수행 전, 요건서 ‘수명주기 환경 프로필, 조작성 환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)’(제1부, 그림1-1 참조) 및 이 절차에 제공되는 정보를 기반으로 하여 특수 절차 변동(이 절차에 대한 특수 시험 조건/기법)을 선택함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 군수품의 작동 목적 및 수명주기에 비추어 다음을 고려할 것.

### 2.2.1 연료.

달리 규정하지 않은 한 시험 연료로는 n-헥산을 사용한다. 또는 시약 등급 혹은 기타 헥산 이성체가 5% 함유된 95% n-헥산을 사용한다. 가연성 대기에서 연료의 점화 특성은 100/130-옥탄 활성 가솔린, JP-4와 JP-8 제트 엔진 연료의 유사한 특성과 같거나 더 민감하기 때문에 이 연료가 사용된다. n-헥산과 공기의 최적의 혼합물은 223°C만큼 낮은 과열점에서 점화할 것이다. 반면에 최적의 JP-4 연료 공기 혼합물은 자동 점화 시 최소 온도 230°C를 요한다. 100/130옥탄 활성 가솔린 및 공기 혼합물은 과열점 점화의 경우 441°C를 요한다. 최적의 연료 증기와 공기 혼합물의 점화를 위한 최소 스파크 에너지 입력은 n-헥산과 100/130-옥탄 활성 가솔린에 대해 본질적으로 똑같다. 훨씬 더 높은 스파크 에너지 입력은 JP-4 혹은 JP-8 연료 및 공기 혼합물 점화를 위한 것이다. 헥산 이외 다른 연료를 사용은 권장되지 않는다.

### 2.2.2 연료 증기 혼합물.

폭발성 대기 시험을 위하여 정확한 연료 공기 비율로 동종의 연료 공기 혼합물을 사용한다. 시험 대기 부피에 따라 총 3.8%로 측정된 연료 무게는 대기 중 n-헥산 1.8 화학량론 등량을 나타내며, 점화 시 최소 에너지를 필요로 하는 혼합물을 제공한다. 이것은 무게로 8.33의 공기/증기 비율(AVR)을 산출한다(참고규격 f).

a. 연료 무게 측정 시 필요한 정보:

- (1) 시험 중 시험 챔버 공기 온도.
- (2) 연료 온도.
- (3) n-헥산의 비중(그림 511.4-1 참조).
- (4) 시험 고도: 주위 지면이나 별도로 규정된 고도
- (5) 시험 챔버의 순 부피: 단위가 리터인 시험 품목 전치보다 작은 자유 부피

b. 각 시험 고도에 대한 액체 n-헥산 연료 부피 산출:

(1) 미터 단위:

95% n-헥산 부피(ml)=

$$(4.27 \times 10^{-4}) \left[ \frac{(\text{챔버 순부피(리터)}) \times (\text{챔버 압력(파스칼)})}{(\text{챔버 온도}(K) \times (n\text{-헥산의 비중}))} \right]$$

(2) 영어 단위:

95퍼센트 n-헥산 부피(ml)=

$$(150.41) \left[ \frac{(\text{챔버 순부피}(ff^3)) \times (\text{챔버 압력}(\psi a))}{(\text{챔버 온도}(R) \times (n\text{-헥산의 비중}))} \right]$$

### 2.2.3 온도.

군수품이 배치 시 작동해야 하며 최대 점화 확률을 제공하는 최고 주변 공기 온도까지 연료 공기 혼합물을 가열한다. 이 최고 공기 온도에서 모든 시험을 수행한다. 강제 공랭식 군수품에 대해서는, 군수품이 작동할 수 있는 최고 온도를 시험 온도로 사용하고 냉기가 없을 때 평가된 성능을 사용한다.

### 2.2.4 가연성 대기에 대한 습도 영향.

주변 공기 이슬점 온도가 10°C 이하인 경우 연료 공기 성분에 대한 습도 영향은 시험에서 고려할 필요가 없다. 이는 수증기 농도만이 n-헥산 연료 농도를 본 시험 대기의 3.82 - 3.85% 까지 증가시키기 때문이다. 만일 대기압이 시험 수준 보다 1525미터 위 1525미터 아래의 등가에서 순환되는 경우(압력 34% 변동) n-헥산 부피는 4.61에서 3.08 %까지 감소할 것이다. 이러한 감소는 시험 공기 공급의 수증기 희석으로 인한 연료 강화를 보상할 것이다.

### 2.2.5 고도 모의시험.

연료 공기 혼합물 점화 시 필요한 에너지는 압력이 감소한 만큼 증가한다. 점화 에너지는 해수면 아래의 시험 고도에서 심하게 하강한다. 따라서 달리 규정하지 않은 한 적어도 두 가지 폭발성 대기 단계로 구성된 모든 시험을 수행한다. 한 단계는 군수품의 최고 예상 작동 고도(폭발 가능성이 발생하기 시작하는 곳에서 12,200m를 초과하지 않음)에서, 다음 단계는 대부분의 접지 주변 압력을 대표하는 78과 107kpa(11.3과 15.5psi)사이에서 수행한다. 1.3항에서 언급한 바와 같이 약 16km에서는 산소 부족 때문에 이 고도에서 혹은 그 이상에서 본 시험을 수행할 수 없다.

## 2.3 정의.

본 방법의 목적을 위하여 다음의 정의를 적용한다:

- a. 모의시험 고도. 시험 챔버에서 생성되는 모든 고도.
- b. 시험 고도. 시험 품목이 시험될 해수면 이상의 모의시험된 공칭 고도, 즉 2.2.5에서 식별된 최대 고도.

### 3 필요한 정보.

#### 3.1 예비시험.

폭발성 대기 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.7과 5.9 및 부록 A, 과업 405 에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 연료 부피 및/혹은 무게.
  - (2) 각 시험 지점에서 필요한 연료량.
  - (3) 시험 품목의 오프/온 순환 비율.
  - (4) 스파크 방출 장치 혹은 고온 부품의 위치에 관한 정보 .

#### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음 정보를 수집할 것:

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.10 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 고도 대 작동 주기(온/오프 지점)
  - (2) 각 시험 고도에서 주입하는 연료 량.

#### 3.3 사후시험.

- a. 일반사항. 제1부 단락 5.13을 참조한다.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 각 조작상 검사를 위한 시험 챔버 시험 고도 및 온도.
  - (2) 시험 품목에 의하여 발생하는 모든 폭발 발생.
  - (3) 모든 고장/문제의 초기 분석.

### 4 시험 과정.

#### 4.1 시험 설비.

필요한 기구는 규정된 시험 조건을 설정, 유지 및 감시(제1부 단락 5.18 참조)할 수 있는 보조 계측기를 구비한 시험 챔버나 캐비닛으로 구성된다. 스파크-갭 장치와 같은 연료 공기 혼합물 점화 도구, 및 3.82%의 핵산 혼합물을 점화할 정도로 충분한 에너지가 있는 스파크 갭 또는 글로우 플러그 점화원과 같이 혼합물 시료의 폭발성을 측정하는 도구가 장착된 챔버를 사용한다. 증기의 폭발성을 측정하는 대체 방법은 연료 공기 혼합물의 폭발성 및 농도

를 검증하는 측정된 폭발성 가스를 사용한다.

#### 4.2 제어장치.

각 시험 전, 중요한 파라미터를 확인하라. 스파크 장치가 잘 작동하는지, 원폭 연료 시스템은 그 기능을 방해하는 침전물로부터 자유로운지를 확인한다. 텅 빈 시험 챔버를 최대 시험 고도로 조정하고 진공 시스템을 끄고, 모든 공기 누수율을 측정한다. 누수로 인해 요구된 바와 같이 시험이 수행되지 못하는지를 확인한다. 즉 시험 연료를 주입하고, 여전히 시험 고도 1000m 높이에서 완전한 기화를 위하여 3분간 둔다.

#### 4.3 시험 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.11를 참조한다.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 예상치 못한 과소시험 중단이 발생한 경우, 시험 챔버 공기 압력을 지상 주변 압력으로 복구하고 시험 챔버에서 폭발성 대기를 제거하여 정화시킨다. 정해진 시험 고도로 맞추고, n-헥산의 요구 부피를 주입하고 동일한 시험 품목을 사용하여 시험을 다시 시작한다.

#### 4.4 시험 기구.

- a. 일반사항. 제1부 단락 5.8을 참조한다.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 품목 열적 안정성을 측정하기 위하여 품목 중 가장 육중한 기능 부품에 열전대를 설치하고 혼합물 연소로 인한 모든 온도 상승을 감지하기 위해 시험 챔버 내부에 두 개의 열전대를 부착시킨다.
  - (2) 밀폐 케이블 포트를 통하여 챔버 외부에서부터 조작 및 제어 가능한 방법으로 챔버에 시험 품목을 설치한다. 폭발성 혼합물 침투를 용이하게 하기 위하여 시험 품목의 외부덮개를 제거하거나 느슨하게 한다. 2개 이상의 장치 사이를 연결해야 하는 시험 품목은 크기 제한 때문에 독립적으로 시험하기도 한다. 이 때 모든 상호간 연결은 케이블 포트를 통하여 확장하도록 한다.
  - (3) 정확한 작동 여부를 판단하기 위하여 시험 품목을 작동시킨다. 가능하다면 폭발을 유발하는 모든 스파크나 고온 부품의 위치를 식별한다.
  - (4) 필요할 때, 구동 조립품 및 서보-기계 장치에 대한 사용 중 기계 부하, 및 스위치와 계전기에 대한 전기 부하를 모의시험한다; 이중 토크, 전압, 전류, 유도 리액턴스 등. 모든 거리에서, 실제 사용을 대표하는 방법으로 시험 품목을 작동시킨다.

#### 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 폭발성 대기 내 군수품과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있

어 기초를 제공한다.

#### 4.5.1 시험 준비.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 시험 온도, 시험 고도 등.)을 결정하도록 한다.

#### 4.5.2 절차 I - 폭발성 대기에서의 작동.

단계1. 시험 품목을 설치하고, 시험 챔버를 폐쇄하고 시험 품목과 시험 챔버 내부 벽을 시험 품목 작동 온도 보다 10°C 이하로 안정시킨다.

단계2. 2.2.2항에서 설명한 공기를 유입, 기화하고 공기와의 혼합을 참작하기 위해 2000m를 더한 최고 작동 고도(12,200m를 초과하지 않음)에서 시험 품목을 모의 실험하기 위해 시험 챔버 공기압을 조정한다.

단계3. n-헥산의 요구 부피를 시험 챔버로 천천히 주입한다.

단계4. 시험 대기를 순환하고 연료의 완전 기화 및 동종 혼합물 개발을 참작하기 위해 모의시험된 챔버 고도를 최소 3분 간 계속하여 낮춘다.

단계5. 시험 고도 1000m 상공에 해당하는 압력으로, 스파크 갭 장치 혹은 32%의 헥산 혼합물을 점화할 정도로 충분한 에너지의 글로우 플러그 발화원을 사용하여 시험 챔버에서 채취한 혼합물 시료의 점화를 시도함으로써 연료 공기 증기의 폭발 가능성을 검증한다. 만일 점화가 발생하지 않는다면 연료 증기 챔버를 깨끗이 하고 1-단계4를 반복한다. 증기 폭발성을 측정하기 위한 대체 측정법은 구경 폭발가스 측정계를 사용하여 연료 공기 혼합물의 폭발성 수준 및 농도를 검증한다.

단계6. 시험 품목을 작동시키고 이 단계부터 단계7을 완성할 때까지 계속 작동시킨다. 가능한 한 타당하면서도 빈번하게 전기 접촉하였다가 중단한다.

단계7. 연료와 공기를 충분히 혼합하기 위하여 시험 챔버에 공기를 주입하여 모의 시험된 시험 챔버 고도를 분당 100미터의 느린 비율로 천천히 감소시킨다.

단계8. 시험 고도 보다 1000m아래에서 고도 감소 작업을 중단한다. 최종 조작상 점검을 수행하고 시험 품목에 대한 전력을 차단한다.

단계9. 위 단계5와 같이 공기-증기 혼합물의 폭발 가능성을 검증한다. 만일 점화 발생이 없다면 연료 증기의 챔버 깨끗이 하고 단계1을 반복한다.

단계10. 2-단계7을 반복한다. 시험 챔버 압력에서 최종 조작상 점검을 수행하고 시험 품목에 대한 전력을 차단한다.

단계11. 위 단계5와 같이 공기-증기 혼합물의 폭발 가능성을 검증한다. 만일 점화가 발생하지 않는다면 연료 증기 챔버를 깨끗이 하고 단계10부터 다시 반복한다.

단계12. 시험 결과를 기록한다.

### 5 결과 분석.

제1부 단락 5.14와 5.17에 주어진 지침과 아울러, 시험 결과의 평가를 지원하기 위해 다음 정보가 제시된다. 시험 분석에 대한 군수품 규격의 요건을 충족하지 못하는 시험 품목과 관련된 모든 자료를 적용한다.

### 6 참고규격/관련 문서

- a. Has, W.L., Explosion-Proof Testing Techniques. 1963. ASD-TDR-62-1081. DTIC number AD-400-483
- b. Zabetakis, M.G., A.L. Furno, G.W. Jones. "Minimum Spontaneous Ignition Temperatures of Combustibles in Air," 46(1954), 2173-2178.
- c. Washburn, E.W. ed. International Critical Tables of Numerical Data. McGraw-Hill, 1928. Vol. 3 New York: National REsearch Council/McGraw-Hill, 1928. pp 27-29.
- d. Kuchta, J.M. Summary of Ignition Properties of Jet Fuels and Other. 1975. AFAPL-TR-75-70, pp 9-14. DTIC 번호 AD-A021-320.
- e. ASTM E380-79. Standard for Metric Practice.
- f. Combustion Fundamentals, Roger A. Strehlow, McGraw Hill Book Co.

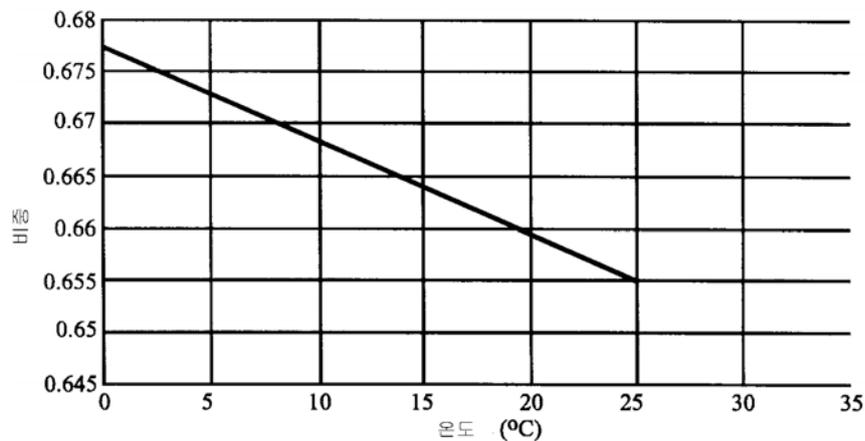


그림 511.4-1. n-헥산 비중

## 시험법 512.4

### 침수

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1 적용범위.

##### 1.1 목적.

침수 시험은 군수품이 침수 및 부분적인 침수(예를 들어 도섭성)을 견딜 수 있는지 여부 및 침수 중이나 침수 후에 요구되는 바와 같이 작동할 수 있는지를 측정하기 위하여 수행된다.

##### 1.2 용도.

본 방법은 작동에 관계없이, 일부 혹은 전체 침수에 노출되는 군수품에 사용해야 한다. 어떤 경우, 재료 배열이 두 환경 모두에 대해 동일하고 물 유입 방법을 잘 이해하고 있다고 가정하면, 강우 시험 대신에 방수성 검증 시 본 시험을 사용하기도 한다. 밀봉이 침수 시험의 정적압력으로 뒷 받침대에 단단하게 지탱되는 경우 발생하지 않는 강우 시험 중 강우 충격으로 인하여 밀봉 부분을 통과하는 물이 끌어올려지는 상황에 대한 증거를 제공한다.

##### 1.3 제한사항.

침수 시험은 수명 주기 프로파일에서 군수품을 수중에서 지탱할 수 있는 억제물(화물 운반대에 실려진 짐을 포함)과 같은 특수 용도를 식별하지 않는 경우 부력 품목에 대해 사용하기 위해 고안된 것이 아니다.

#### 2 적합화 지침.

##### 2.1 침수 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 침수 또는 도섭성이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

##### 2.1.1 침수 중 누수의 영향.

군수품이나 포장 외피 안으로 물이 침투하는 경우 문제가 발생할 수 있다. 다음과 같은 대표적인 문제점들을 고려하여 이 시험법이 시험될 군수품에 적합한지를 판단하도록 한다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 고안된 것이 아니다.

- a. 가동 부품 사이의 윤활제 오염.

- b. 전기 전자 장비의 기능 장애 또는 작동 시 불안전을 유발하는 경우 전도 경로 형성.
- c. 물 혹은 물에 의한 비교적 다습한 수준에의 직접 노출로 인한 부식.
- d. 폭발성, 추진체, 연료 등의 연소량 감소.
- e. 차량 엔진 작동 장애.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부 단락 5.5를 참조.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 순서에 관련하여 두 가지 접근방식이 있다. 첫 번째는 가장 손상을 일으키지 않는 환경으로 인지된 것을 적용함으로써 시험 품목 수명을 보존하는 것이다. 이 접근법의 경우, 대부분의 다른 기후 시험 전에 주로 침수 시험을 적용한다.
  - (2) 두 번째 접근법은 연이은 문제 발생 확률을 최대화하는 환경을 적용하는 것이다. 이 접근법에 대해서는 역학적 시험에 대한 시험 품목의 저항성 측정을 지원하기 위하여 쇼크 및 진동과 같은 구조적 시험 전과 후에 침수 시험을 고찰해 본다.

## 2.2 절차 선택.

이 방법은 두 가지의 시험 절차를 포함한다. 절차 I(침수) 및 절차 II(도습성)이다. 어떤 절차를 사용할 것인지를 결정할 것.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

절차를 선택할 때, 다음을 고찰하라:

- a. 군수품의 작동 목적. 요건서에 따라 일부 혹은 전체 수중 침수 시 군수품이 수행해야 할 기능을 결정한다.
- b. 자연 노출 환경.
- c. 군수품의 작동 목적을 충족하는지 여부 결정 시 필요한 시험 자료.

### 2.2.2 절차 간 차이.

두 절차 모두 침수의 일부 수준과 관련있지만, 절차 I(침수)은 주로 용기에 든 군수품의 침수 중 누수를 설명하는 반면, 절차 II(도습성)는 수중 차량 혹은 그러한 차량을 안전하게 하는 군수품을 이동하는 차량에 초점을 둔다.

## 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 요건서 '수명

주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조) 및 이 절차에 주어진 정보를 기반으로 하여 이 절차들에 대한 특수 파라미터 수준 및 특별 시험 조건/기법, 이 절차에 제공되는 정보를 선택함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 이러한 정보원으로부터, 침수 될 때 또는 침수에 연이어 노출될 때 군수품에 의해 수행되어야 하는 기능을 결정하도록 한다. 이를 수행하기 위하여 군수품 작동 목적과 수명 주기에 대해 고찰한다.

### 2.3.1 기후 조건 식별.

군수품을 작동 및 보관할 지리학적 장소의 적절한 기후 조건을 식별하고 시험 중 시험 품목을 작동할 필요가 있는지 여부를 확인한다.

### 2.3.2 노출 조건 측정.

유용하다면, 현장 자료에 기초하여 구체적인 시험 조건을 정한다. 현장 자료가 없을 시에는 적용 가능한 요건서에 따라서 시험 조건을 결정한다. 본 정보 사용이 불가능한 경우에는 다음의 지침을 사용한다.

#### 2.3.2.1 시험 품목 배치.

보관 및 사용 중, 예상 군수품 배치를 가능한 한 근접하게 재현하는 시험 품목 배치를 사용한다. 다음과 같다:

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스 내에 밀폐.
- b. 보호 및 비보호.
- c. 현실적 또는 제한적으로 이용. 예: 일반적으로 포함되는 개구부 이용.

#### 2.3.2.2 온도 조절.

시험 품목과 물의 온도 차이는 침수 시험 결과(누수)에 영향을 줄 수 있다는 것은 경험을 통해 이미 알려져 있다. 침수 시험(절차 I)의 경우 시험 품목 온도를 수온 이상으로 증가시키는 것은 상대적으로 낮은 차동압력에서 밀봉과 개스킷 누수가 있는지 결정하고 또한 군수품의 팽창/수축을 유도하기 위해 차동 압력(냉각 중)을 정하기 위한 시험 품목의 가열을 일반적으로 포함한다. 도섭성 시험의 경우, 바람직한 경우라 해도, 구체적인 온도차를 두는 것은 군수품의 크기 때문에 흔히 비실용적이다. 또한 엔진과 같은 열 방출 장비에 인접한 군수품을 고려하고 실제 노출을 나타내는 온도를 사용한다.

- a. 달리 규정하지 않은 한, 시험 품목 온도 조절을 위하여 세 가지가 제공된다:
  - (1) 수온보다 27°C 이상 - 침수 전 즉시 태양열에 노출한 것을 나타낸다.
  - (2) 수온보다 10°C 이상 - 군수품과 물 사이의 일반적인 온도차를 나타낸다.
  - (3) 수온과 같은 온도 - 온도차가 없거나 거의 없는 상황을 나타낸다. 이는 적당한 조절 설비를 사용할 수 없는 대형 품목에 사용될 수 있다.

- b. 침수 직전 권장 조절 지속시간은 침수 및 냉각 중 최대 열 손실을 보장하기 위하여 최소 2시간이다.

### 2.3.2.3 침수 깊이.

- a. 완전 침수. 시험 품목 무결성 시험 시, 표본 덮개 깊이(시험 품목 표면에서 수면까지 측정) 1m를 사용하거나 혹은 해당 압력을 적용한다. 관련 수심/압력 방정식은 다음과 같다.

$$P=9.8d$$

d = 수심(단위: m)

p = 압력(단위: kPa)

주: 해당 해수면은 같은 압력차의 담수면의 0.975배이다.

- b. 부분 침수. 군수품이 예상 수심 또는 그 부양력으로 인해 완전히 침수되지 않는 경우 및 제한되지 않는 경우, 부분적 침수 시험이 적절하다. 이 경우 2.4.2.1에서와 같이 군수품 상단 면에서 측정한 수심보다는 군수품의 바닥에서 측정한 수심을 규정한다.

### 2.3.2.4 도섭성 깊이.

도섭성 시험은 다음 수심을 규정하는 STANAG 2805(Minimum Fordability and Floatation Requirements for Tactical Vehicles and Guns, and Minimum Immersion Requirements for Combat Equipment Normally Installed or Carried in Open Vehicles or Trailers)의 요건을 다룰 때 사용한다.

- a. 여울 도섭성.

(1) 탱크 및 장갑차.

- 화염 탱크 및 장갑차 - 1m

- 기타 탱크(약간 더 지상 압축) - 1.05m

(2) 2톤 이하 차량 - 0.5m

(3) 기타 차량 - 0.75m

- b. 심해 도섭성. 모든 전투 차량과 총은 자체 방수처리되었거나 또는 방수 장비를 구비하였기 때문에 민물이나 바다에서 아래 명시한 수심(진입로 각도와 파도높이를 고려한 수심)까지 6분간 수역통과 능력이 있다.

(1) 완전 폐쇄된 장갑차는 포탑 꼭대기까지 수역 통과할 수 있다.(대신 이러한 차량은 부양 장비를 구비해야 한다)

(2) 모든 기타 주요 이동 장갑차 및 자기 추진식 또는 1.5m 심해를 통과할 수 있다. 견인되는 하물은 제외.

(3) 모든 트레일러 혹은 견인 또는 완전 침수할 수 있다.(대신 이러한 군수품은 부

양성이 있다)

### 2.3.2.5 군수품 도섭성.

개방 차량 및 트레일러(장비 트레일러)로 운송되도록 고안된 군수품은 도섭 시험 중 예상되는 바와 같은 부분 침수에 대한 저항력이 있어야 한다. 이러한 유형의 군수품에 대한 도섭 깊이의 예는 다음과 같다.

- a. S-280 방공호: 53cm
- b. S-250 방공호: 76cm

### 2.3.2.6 침수 또는 노출 시간.

사용 중 예상되는 시간 중에서 대표적인 침수 지속시간을 사용한다. 지속시간을 모른다면 30분의 침수 기간이 누수 발생 여부를 알아내기에 적합한 것으로 사료된다. 1시간의 도섭성 지속시간(2.3.2.2에 규정된 바를 제외)을 사용할 것. 이는 예상된 수명 주기 프로필에 의하여 정당화된 경우 연장될 수 있다.

## 3 필요한 정보/

### 3.1 예비시험.

침수/도섭성 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.7과 5.9 및 부록A, 과업 405 에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 품목 가열 시 온도(수온 이상) 및 지속시간.
  - (2) 도섭/침지 수심.
  - (3) 침수 시간.
  - (4) 고정용구 조치(비현실적 응력 방지).

### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음 정보를 수집할 것:

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.10 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 모든 기포 위치.
  - (2) 수온에서 15분간 후속 침수.

### 3.3 사후시험.

다음과 같은 사후시험 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.13 및 부록A, 과업 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 예비시험 온도 및 시험 품목의 온도.
- (2) 시험 품목 내 모든 자유수 및 예상 진입점
- (3) 실제 수심.
- (4) 침수 지속시간.

#### 4 시험 과정.

##### 4.1 시험 설비.

a. 침수 시험에서, 요구된 온도로 시험 품목을 조절할 수 있는 챔버나 캐비닛에 대하여, 시험 품목의 맨 윗면에서 1m 차폐 수심(기타 요구된 수심)에 도달할 수 있는 물 용기를 사용한다. 보다 큰 수심을 나타낼 때는 수면 공기압을 적용해야 한다.

b. 도섭 시험에서, 고정 능력을 구비한 설비를 사용하여 부양력이 있는 시험 품목이 뜨는 것을 방지한다.

c. 누수 위치 감지를 지원하기 위하여 플루오레세인과 같은 수용액 염료를 첨가할 수 있다.

##### 4.2 제어장치.

각 시험 전, 중요한 파라미터를 확인한다. 시험 폴다운/홀드다운 장치가 적절하게 기능하고 안전 이상이 없는지 확인할 것.

##### 4.3 시험 중단.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.11을 참조한다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험 중단. “시험 무효”라고 명시한 조건보다 보다 덜 가혹한 조건에서 야기되는 중단에 대해 다룬다. 시험 품목을 건조시키고 시작부터 전체 시험 절차를 반복한다. 과소시험 조건 중 발견되는 모든 고장을 일반 고장으로 간주할 것.

(2) 과도시험 중단. 만일 의도된 것보다 더 가혹한 조건을 적용하여 중단을 초래한 경우, 가능하다면 대체 시험 품목에서 다시 시작한다. 중단 발생이 없다면 시험을 반복할 필요는 없다.

##### 4.4 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 물에 부분 또는 완전히 침수된 시험 품목과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

##### 4.4.1 시험 준비.

#### 4.4.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 현재 승인된 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부 사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다. (단락 3.1 참조.)

주: 밀봉, 테이핑(taping), 균열방지 등을 사용하지 말 것. 단군수품 설계 규격에서 요구하는 경우는 제외한다.

a. 가능하다면, 시험 품목을 밀폐하지 않고 합선/보급품 컨테이너 또는 수송함을 시험할 때 누수를 방지할 수 있도록 물을 흡수하는 모든 수하물, 포장하물, 패딩 자재는 시험 전에 제거한다. 이 옵션은 내용물 부재로 인해 밀봉이 대표적으로 응력을 받지 않는 경우에는 컨테이너의 적합한 시험으로 제공되지 않는다.

b. 이동 플랫폼에 설치하여 고정된 상태에서 침수를 경험할 수 있는 품목을 보호한다. 만일 실제 표준 수명 환경을 대표한다면, 수중에서 품목을 억제하는 허용된 방법은 선회대피이다.

#### 4.4.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

단계1. 시험 품목 온도를 표준 주위 조건으로 안정시킨다.

단계2. 밀봉 부분, 개스킷/밀봉제, 및 구조적 무결성에 대해 각별한 주의를 기울여 시험 품목에 대해 완전한 육안 검사를 실시하고 결과를 기록한다. 적절하다면 사진을 찍는다. 자유수가 존재하지 않음을 검증한다; 만일 존재한다면 건조시킨다.

단계3. 시험 계획에 따라서 조작상 검사를 실시하고 결과를 기록한다

단계4. 만일 시험 품목이 만족스럽게 작동하고 밀봉제가 의도한 대로 기능한다면, 시험 절차 중 단계1로 간다. 그러하지 않은 경우 문제를 해결하고 예비시험 점검 중 단계1부터 다시 실시한다.

#### 4.4.2 절차 I - 침수.

단계1. 만일 중량 이득이 수용가능한 누수 측정법이라면, 시험 품목의 중량을 측정한다.

단계2. 시험 직전 모든 밀봉제가 정상적으로 기능하고 밀봉 표면에 붙어있지 않은지 확인하기 위하여 정상 사용 중 열릴 수 있는 모든 문, 덮개 등의 개폐(이동 및 교체)를 3회 실시한다.

단계3. 침수 온도를 측정하여 기록한다.

단계4. 2.3.2.2항에서와 같이 시험 품목을 조절하고 조절 온도 및 지속시간을 기록한다. 시험 품목의 밀봉 부위는 조절 주기 전체에 걸쳐 개방된 채로 둔다.(적합하다면) 또한 품목은 가끔 정상 사용 중 열리거나 열리지 않는 밸브나 환기 장치를 구현할 수 있다. 만일 시험 품목이 그러한 장치를 구비한 경우 시험 중 조절 부분을 통하여 그들을 개방한다.

단계5. 모든 밀봉 부분 및 밸브를 잠근다. 시험 품목을 그 시험 배치로 조립하고 가능한 한 빨리 시험 품목 맨 윗면이 수면 아래서  $1\pm 0.1m$ 가 되도록 물에 시험 품목을 담근다. 또는 시험 계획에서 달리 규정한 경우 이에 따라 담근다. 시험 품목 방위는 예상 사용중 방위를 나타내어야 한다. 몇 가지 방위가 가능하다면 가장 가혹한 방위를 선정한다.

단계6. 30분간 침수하고(또는 시험 계획에서 달리 규정한 대로), 물에서 시험 품목을 꺼낸다. 외부 표면을 건조시킨다.(밀봉 및 교체 밸브에 대해서는 각별히 주의한다) 그리고 적용 가능한 경우, 모든 수동 밸브를 가동시켜 내부 기압을 동등하게 한다. 수동 밸브 가동 중에는 시험 품목이 침수되지 않도록 주의한다.

단계7. 적절한 경우, 시험 품목의 중량을 재측정한다.

단계8. 시험 품목을 열고 내부 및 모든 누수 흔적 내용물과 누수량을 검사한다. 누수되었다면 침수 가능 범위를 검사한다.

단계9. 적절한 경우, 시험 품목에 대해 조작상 점검을 수행하고 결과를 기록한다.

#### 4.4.3 절차 II - 도섭성.

두 방법 중 한 가지의 도섭성 시험을 수행한다: 적당한 깊이에서 물을 통과하는 시험 품목을 견인하거나 운전. 또는 탱크에 시험 품목을 고정시키고 요구된 깊이로 탱크를 침수시킨다. 달리 규정하지 않은 한 2.3.2.2항과 같이 시험 품목을 처리한다.

단계1. 만일 중량 이득이 수용가능한 누수 측정법이라면, 시험 전 시험 품목의 중량을 측정한다.

단계2. 시험 품목을 도섭성 배치로 놓고, 배수 플러그 혹은 기구가 폐쇄되었는지 확인하고, 다음 또한 확인한다:

- a. 요구된 깊이에서 시험 품목을 견인하거나 운전한다.
- b. 시험 품목을 방수 탱크에 고정한다.

단계3. 만일 탱크 방법을 사용하는 경우 시험 품목 바닥 위 요구 높이까지 담근다.

단계4. 2.3.2.6항에서 측정한 소요 시간동안 시험 품목을 침수한다.

단계5. 물에서 시험 품목을 빼내거나, 설비의 물을 배수한다. 자유수 흔적이 없는지 시험 품목 내부를 검사한다.

단계6. 모든 자유수의 양 및 유입 가능한 지점에 대해 측정하고 기록한다. 적절한 경우 시험 품목의 무게를 재측정한다.

#### 5 결과 분석.

제1부, 단락 5.14와 5.17에서 규정한 지침에 더하여, 본 시험 수행 후 시험 품목에 대한 모든 물 침투 흔적은 단기 및 장기간 영향에 대하여 평가되어야 한다. 또한 시험 품목 규격 요건에 대해서도 평가되어야 한다. 시험 결과를 평가하기 위하여 자유수 영향력을 고찰하고 자유수 증발을 유발하는 폐쇄 용기의 상대습도 증가도 고려한다.

#### 6 참고규격/관련 문서

STANG 2805, "Minimum Fordability and Floatation Requirements for Tactical Vehicles and Guns, and Minimum Immersion Requirement for Combat Equipment Normally

Installed or Carried in Open Vehicles or Trailers for Mobile Equipment"

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 시험법 513.5

### 가속도

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1 적용범위.

##### 1.1 목적.

가속도 시험은 군수품이 사용 환경에서 플랫폼 가속, 감속, 및 궤도변경에 의하여 유도되는 정상 상태 관성 부하를 구조적으로 견딜 수 있는지와 이러한 가속 힘에의 노출 시 악화 않고 기능할 수 있는지 보증하기 위하여 수행된다. 가속도 시험은 군수품이 파손 관성 부하에 노출된 후에도 위협해지지 않음을 보장하기 위해서도 사용된다.

##### 1.2 용도.

본 시험법은 항공기, 헬리콥터, 유인 우주선, 공수품 및 지상-발사 미사일에 설치된 군수품에 적용할 수 있다.

##### 1.3 제한사항.

###### 1.3.1 가속도.

본 시험법에 설명된 바와 같이 가속도는 군수품이 결과적으로 생긴 관성부하를 전체적으로 분배하는데 있어 충분한 시간을 가질 수 있고, 그리고 군수품의 동적(공진)반응이 야기되지 않을 정도로 충분한 장시간 동안 충분히 천천히 적용되고 안정적으로 유지되는 부하 인자(관성 부하, 부하 "g")이다. 부하가 본 정의를 충족시키는 경우에 보다 상세한 분석, 설계 및 시험 방법이 필요하다.

###### 1.3.2 공기역학적 부하.

모든 표면이 플랫폼 작동 시 흐르는 공기 역학에 노출되도록 설치된 군수품은 관성부하 및 공기역학 부하에 노출된다. 본 시험법은 일반적으로 이러한 경우에 적용할 수 있는 것은 아니다. 공기역학 부하에 노출되는 군수품은 이러한 부하의 최악의 경우를 조합하여 설계 및 시험된다. 이는 흔히 기체 구조적 시험(정전 및 피로)과 주로 관련된 보다 섬세한 시험 방법을 요한다.

###### 1.3.3 충격 대 가속도

가속도 부하는 치수는 없지만 일반적으로 "g"라고 표시되는 부하 지수로 표현된다. 충격 환경(시험법 516.5와 517)에서도 "g"로 표기한다. 이는 가속도 요건이 충격 시험에 의하여 만족될 수 있다는 잘못된 추측을 유도하거나 혹은 이 반대이기도 한다. 충격은 군수품의 역학

적(공진) 반응을 자극하지만 전반적인 편차(응력)가 거의 없는 신속한 충격이다. 충격 시험 기준 및 시험 방법은 가속도 기준과 시험 방법으로 대체하거나 혹은 이 반대로 대체할 수 없다.

## 2 적합화 과정.

### 2.1 가속도 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 가속도 영향이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

#### 2.1.1 가속도 영향.

가속도는 설치된 병기에 부하 및 군수품 내의 내부 부하를 유발한다. 유동체를 포함한 군수품의 모든 군수품에는 부하가 가해짐을 유념할 것. 다음은 고 가속도 수준에 의한 불리한 영향을 나열한 부분 목록이다. 이들 중 어떤 것이 발생할 것이라는 예상에 따라 시험의 필요성을 확인한다.

- a. 군수품의 작동을 방해하는 구조적 감퇴.
- b. 군수품을 불능하게 하거나 파손하는 영구 변형 및 파열.
- c. 군수품의 부품을 헐거워지게 하는 패스너 및 지지부 파손.
- d. 플랫폼 내 군수품을 헐거워지게 하는 실장 병기 파손.
- e. 단락하는 전자회로 기관 및 회로 개방.
- f. 값을 변화시키는 인덕턴스 및 정전용량.
- g. 개폐 계전기.
- h. 구속된 발동기 및 기타 기계장치.
- i. 밀봉의 누설.
- j. 값을 변경시키는 압력 및 흐름 조절장치.
- k. 흠집이 난 펌프.
- l. 교체된 서브 밸브의 스펴로 인해 엉뚱하고 위험한 제어 시스템 응답 발생.

#### 2.1.2 기타 다른 방법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부 단락 5.5를 참조한다.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 가속 전 고온 시험(시험법 501.4)을 수행한다.

### 2.2 절차 선택.

본 방법은 세 가지의 시험 절차를 포함한다.

- a. 절차1 - 구조적 시험.
- b. 절차2 - 작동 시험.
- c. 절차3 - 파손 안전 시험.

#### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

달리 규정하지 않은 한, 절차 I 과 II 모두를 시험할 군수품에 적용한다. 점령지역 혹은 침입로와 탈출경로에 배치된 유인 항공기 군수품에는 절차III을 적용한다.

## 2.2.2 절차 간 차이.

### 2.2.1.1 절차 I - 구조적 시험.

절차 I 은 사용 중 가속도에 의해 유도된 부하를 군수품이 구조적으로 견딜 수 있는지를 증명하기 위하여 사용된다.

### 2.2.1.2 절차 II - 작동 시험.

절차 II 는 군수품이 사용 중 가속도에 의해 유도된 부하에 인가 중 및 후에 감퇴하지 않고 작동하는지를 증명하기 위하여 사용된다.

### 2.2.1.3 절차 III - 파손 안전 시험.

절차 III 은 군수품이 파손 가속도에 의해 그 장착이 느슨해져 분해되거나 파손되지 않음을 증명하기 위하여 사용된다.

## 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

시험은 가속도 수준, 가속도 축, 지속시간, 시험 기구 및 시험 품목의 온/오프 상태에 따라 다르다. 플랫폼 구조적 부하를 분석하여 개별 군수품목에 대한 가속도 값을 구한다. 적용가능한 플랫폼을 모른다면, 표 513.5-1, 513.5-2 및 513.5-3의 값과 다음 단락을 실제 설치 기준 정의를 고려할 때 임시 시험 기준으로 사용할 것.

### 2.3.1 시험 축.

본 시험의 목적을 위하여, 전진 가속 방향은 항상 플랫폼의 전진 가속 방향인 것으로 간주한다. 시험 품목은 각 시험 절차에 따라 직각을 이루는 각 세 방향에서 시험한다. 한 축은 플랫폼 전진 가속 방향으로 정렬하고(X 전후), 한 축은 플랫폼의 스펠와이즈(spanwise) 방향(Y 측면)으로 정렬한다. 그리고 마지막 축은 다른 두 개의 축에 대해 직각이다.(Z 상하). 그림 513.5-1은 세 직선 및 세 회전축은 일반적으로 차량 가속도로 정의되었음을 보여준다.

### 2.3.2 시험 수준 및 조건 - 일반사항.

표 513.5-1, 513.5-2 및 513.5-3은 각각 절차 I (구조적 시험), 절차II(작동 시험), 절차III(파손 안전 시험)을 열거한다. 작동 플랫폼에 대한 군수품목의 방향을 모르는 경우 표에 나열된 최대 적절한 수준을 모든 시험 축에 적용한다.

### 2.3.2 시험 수준 및 조건 - 전투기 및 공격기.

표 513.5-1과 513.5-2에서 측정한 바와 같이 시험 수준은 플랫폼의 중력 중심(CG) 가속도를 기초로 한다. 전투 및 공격기에 의 경우, 비행 중 회전, 피치 및 편요에 의하여 유도되는 부하를 평가하기 위하여 차량의 중력 중심에서 멀리 떨어져 위치한 품목에 대해서는 시험 수준을 반드시 상승시킨다. 특수 항공기에 대한 시험 기준 개발 시, 비행 사례를 고려하고 결과적인 추가 각도의 가속도는 직선 가속도 영향에 기인하여 추가하거나 공제한다. 다음의 관계(a-f)를 사용할 때, 항상 부하 지수를 더하는 것으로 가정한다. 따라서 방정식에서는 절

대값을 사용한다. 표 513.5-2의 작동 시험 수준(절차Ⅱ) 이하의 부하 지수를 추가한다. 1.5에 의하여 아래의 도출된 부하 지수를 곱하고 513.5-1의 구조적 시험 수준(절차Ⅰ)에 더한다. 이러한 값은 파손 안전 시험(절차Ⅲ)에는 추가하지 않는다.

- a. 회전 운동, 상하 시험 방향. 회전에 의한 추가 부하 지수 ( $\Delta N_z$ )를 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta N_z = (z/g)(d\phi/dt)^2 + (y/g)d^2\phi/dt^2$$

- b. 회전 운동, 좌우 측면 방향. 회전에 의한 추가 부하 지수 ( $\Delta N_y$ )를 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta N_y = (y/g)(d\phi/dt)^2 + (z/g)d^2\phi/dt^2$$

- c. 피치 운동, 상하 시험 방향. 피치 변화에 의한 추가 부하 지수 ( $\Delta N_z$ )를 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta N_z = (x/g)(d\theta/dt)^2 + (x/g)d^2\theta/dt^2$$

- d. 피치 운동, 전후 시험 방향. 피치 변화에 의한 추가 부하 지수 ( $\Delta N_x$ )를 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta N_x = (x/g)(d\theta/dt)^2 + (z/g)d^2\theta/dt^2$$

- e. 편요 이동, 좌우 측면 시험 방향. 편요에 의한 추가 부하 지수 ( $\Delta N_y$ )를 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta N_y = (y/g)(d\psi/dt)^2 + (x/g)d^2\psi/dt^2$$

- f. 편요 이동, 전후 시험 방향. 편요 변화에 의한 추가 부하 지수 ( $\Delta N_x$ )를 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta N_x = (x/g)(d\psi/dt)^2 + (y/g)d^2\psi/dt^2$$

x = 항공기 중력 중심에서 군수품의 전후방 거리, m(in)  
 y = 항공기 중력 중심에서 군수품의 측면 거리, m(in)  
 z = 항공기 중력 중심에서 군수품의 수직 거리, m(in)  
 g = 중력 가속도, 9.81m/sec<sup>2</sup>(386in/sec<sup>2</sup>)

$\phi = X$  축(회전)에 회전 각도, rad

$d\phi/dt$  = 최대 회전 속도, rad/sec(모르는 경우 5rad/sec 사용)

$d^2\phi/dt^2$  = 최대 회전 가속도, rad/sec<sup>2</sup>(모르는 경우 20rad/sec<sup>2</sup> 사용)

$\Theta = Y$  축 회전 각도(피치), rad

$d\Theta/dt$  = 최대 피치 속도, rad/sec(모르는 경우 2.5rad/sec 사용)

$d^2\phi/dt^2$  = 최대 피치 가속도, rad/sec<sup>2</sup>(모르는 경우 5rad/sec<sup>2</sup> 사용)

$\Psi = Z$ 축 회전 각도(편요), rad

$d\Psi/dt$  = 최대 편요 속도, rad/sec(모르는 경우 4rad/sec 사용)

$d^2\phi/dt^2$  = 최대 편요 가속도, rad/sec<sup>2</sup>(모르는 경우 3rad/sec<sup>2</sup> 사용)

## 2.4 특별 고찰사항.

a. 진동 공간 측정. 만일 군수 품목이 진동 절연체나 충격 흡수 장치에 설치된 경우 절연체나 충격 흡수 장치(shock mount)에 설치된 군수품으로 시험한다. 시험 품목이 시험 가속도에 노출된 동안 절연체/충격 흡수장치의 변형을 측정한다. 주변 군수품에 대한 방해 가능성을 명시하기 위하여 이 자료가 필요하다. (즉, 진동 공간 요건에 대해 정의한다)

b. 가속도 모의시험. 가속도 부하 산출법의 차이로 인하여 가속도 시험을 수행할 기구의 선택 시 시험 품목의 기능과 특성을 신중하게 평가해야 한다. 주로 사용되는 장치는 두 가지이다: 원심 분리기 및 트랙/로켓썰매 조립품.

c. 원심분리기. 원심분리기는 고정 축 주위를 회전함으로써 가속도 부하를 생성한다. 가속도 방향은 언제나 신속하게 원심분리기 회전 중심부를 향하는 반면 가속도에 의한 부하 방향은 언제나 회전 축에서 멀리 떨어진다. 시험 무기에 직접 설치된 경우, 시험 품목은 순환 및 병진 운동 모두 경험한다. 가속도 및 부하 방향은 주어진 회전 속도의 시험 품목에 대해서는 일정하다. 그러나 시험 품목은 무기의 각 회전 시 360° 회전한다. 어떤 원심분리기는 시험 품목의 회전을 보정하기 위하여 역회전 부품을 시험 품목에 설치한다. 이 준비에 따라, 시험 품목은 상공에서는 고정된 방향을 유지하지만 무기의 회전을 위한 가속도 방향과 유도 부하는 시험 품목 주위에서 360° 회전한다. 또 다른 특성은 가속도와 무기 부하가 회전 중심에서 거리까지 정비례한다는 것이다. 이것은 회전 중심부에서 최단 및 최장거리에 있는 시험 품목의 일부분이 각각 규정된 시험 수준의 90%이상 혹은 110% 이하가 되도록 충분한 크기의 원심분리기를 선정할 것을 요한다.

d. 트랙/로켓 충전 썰매. 트랙/로켓 충전 썰매 시험 장치는 썰매 가속도 방향에서 직선 가속 방향을 산출한다. 썰매에 설치된 시험 품목에 균등하게 동일한 가속도를 적용한다. 가속도 시험 수준과 소요 시간은 트랙 길이, 로켓 전력, 및 로켓 충전에 따라 다르다. 썰매 트랙은 일반적으로 트랙 부조화에 의하여 심각한 진동 환경을 산출할 수 있다. 일반적으로 이러한 진동은 정상 실제 사용 환경보다 더 가혹하다. 부착물 설계에 각별히 주의를 기울여 진동 환경으로부터 시험 품목을 절연시켜야

한다. 절차Ⅱ 시험 수행 시, 시험 품목을 작동해야 하는 지원 장비는 시험 품목과 함께 로켓 썰매와 트랙에 설치한다. 이는 트랙을 선회하는 동안에 시험 품목을 작동시키기 위하여 자체 내장된 전력 장치 및 원격 제어 시스템을 사용할 것 요한다. 원격 계측기 또는 요철이 심한 계측기는 시험 부하에의 노출 중 시험 품목의 성능을 측정해야 한다.

표 513.5-1. 절차 I 에 권장되는 g수준 - 구조적 시험

운송수단 종류 1/		전진가속도 A(g's) 2/	시험 수준					
			운송수단 가속도 방향(그림 513.5-3 참조)					
			전	후	상	하	측면	
좌	우							
항공기 3/, 4/		2.0	1.5A	4.5A	6.75A	2.25A	3.0A	3.0A
헬리콥터		5/	4.0	4.0	10.5	4.5	6.0	6.0
유인 우주선		6.0 - 12.0 6/	1.5A	0.5A	2.25A	0.75A	1.0A	1.0A
항공기 보관고 지속:	날개/포탑	2.0	7.5A	7.5A	9.0A	4.9A	5.6A	5.6A
	날개 끝	2.0	7.5A	7.5A	11.6A	6.75A	6.75A	6.75A
	기체	2.0	5.25A	6.0A	6.75A	4.1A	2.25A	2.25A
지상-발사 미사일		7/, 8/	1.2A	0.5A	1.2A'	1.2A'	1.2A'	1.2A'

1/ 개별 플랫폼 및 플랫폼 내/외 위치에 대해 규정된 수준을 사용할 것. 만일 플랫폼 기준 사용할 수 없다면 이 표의 값을 사용한다.

2/ 전진 가속도를 모르는 경우 이 표의 수준을 사용할 것. 차량의 전진 가속도를 알고 있는 경우 A를 그 값으로 사용한다.

3/ 함상기에 대해서 A의 최소 값으로 4를 사용한다. 이는 비행기사출기 발사와 관련된 기본 조건을 나타낸다.

4/ 적용 가능하다면 공격 및 전투기에 대해 피치, 편요 및 회전 가속도를 추가한다(2.3.2 참조).

5/ 헬리콥터의 경우, 전진 가속도는 다른 방향의 가속도와 관련이 없다. 시험 수준은 현재 및 가까운 미래의 헬리콥터 설계 요건에 기초한다.

6/ 전진 가속도를 모르는 경우 가속도 범위에서 높은 값을 사용한다.

7/ A는 최대 점화 온도의 추진 추력 곡선 자료에서 도출한다.

8/ 어떤 경우, 최대 운동(선회) 가속도 및 최대 수직 가속도가 같은 시간에 발생할 것이다. 발생 시 최대(수직) 가속도 방향과 수준을 적용하여 적절한 요소로 군수품을 시험한다.

9/ A가 최대 운동(선회) 가속도인 경우.

표513.5-2. 절차 II에 권장되는 g수준 - 작동 시험

운송수단 종류 1/		전진가속도 A(g's) 2/	시험 수준					
			운송수단 가속도 방향(그림 513.5-1 참조)					
			전	후	상	하	측면	
좌	우							
항공기 3/, 4/		2.0	1.0A	3.0A	4.5A	1.5A	2.0A	2.0A
헬리콥터		5/	2.0	2.0	7.0	3.0	4.0	4.0
유인 우주선		6.0-12.0 6/	1.0A	0.33A	1.5A	0.5A	0.66A	0.66A
항공기 보급품 지속:	날개/포탑	2.0	5.0A	5.0A	6.0A	3.25	3.75A	3.75A
	날개 끝	2.0	5.0A	5.0A	7.75A	4.5A	4.5A	4.5A
	기체	2.0	3.5A	4.0A	4.5A	2.7A	1.5A	1.5A
지상-발사 미사일		7/, 8/	1.1A	0.33A	1.1A' 9/	1.1A' 9/	1.1A' 9/	1.1A' 9/

1/ 개별 플랫폼 및 플랫폼 내/위 위치에 대해 규정된 수준을 사용할 것. 만일 플랫폼 기준사용할 수 없다면 이 표의 값을 사용한다.

2/ 전진 가속도를 모르는 경우 이 표의 수준을 사용할 것. 차량의 전진 가속도를 알고 있는 경우 A를 그 값으로 사용한다.

3/ 함상기에 대해서 A의 최소 값으로 4를 사용한다. 이는 비행기사출기 발사와 관련된 기본 조건을 나타낸다.

4/ 적용 가능하다면 공격 및 전투기에 대해 피치, 편요 및 회전 가속도를 추가한다(2.3.2 참조).

5/ 헬리콥터의 경우, 전진 가속도는 다른 방향의 가속도와 관련이 없다. 시험 수준은 현재 및 가까운 미래의 헬리콥터 설계 요건에 기초한다.

6/ 전진 가속도를 모르는 경우 가속도 범위에서 높은 값을 사용한다.

7/ A는 최대 접화 온도의 추진 추력 곡선 자료에서 도출한다.

8/ 어떤 경우, 최대 운동(선회) 가속도 및 최대 수직 가속도가 같은 시간에 발생할 것이다. 발생 시 최대(수직) 가속도 방향과 수준을 적용하여 적절한 요소로 군수품을 시험한다.

9/ A가 최대 운동(선회) 가속도인 경우.

표513.5-3. 절차 3에 권장되는 g수준 - 파손 안전 시험<sup>3</sup>.

운송수단/종류	시험 수준 1/					
	운송수단 가속도 방향(그림 513.5-1 참조)					
	전	후	상	하	좌	우
<b>모든 유인 항공기 화물운송제외</b>						
유인 캡슐	40	12	10	25	14	14
사출 좌석	40	7	10	25	14	14
기타 다른 품목 <sup>2/</sup>	40	20	10	20	14	14
<b>화물/운송</b>						
파일럿 및 승무원석	16	6	7.5	16	5.5	5.5
승객석	16	3	4	16	5.5	5.5
측면 접촉 부대 좌석	3	3	5	16	3	3
인적 제약	10	5	5	10	3	3
적제가능한 부대 좌석	10	5	5	10	10	10
기타 다른 품목 <sup>2/</sup>	20	10	10	20	10	10
<p>1/ 개별 플랫폼 및 플랫폼 내/위 위치에 대해 규정된 수준을 사용할 것. 만일 플랫폼 기준사용할 수 없다면 이 표의 값을 사용한다.</p> <p>2/ 본 시험은 파손 시 혹은 후에 사람에게 대한 상해 위험이 있는 군수품의 구조적 고장을 차단하려는 데 의의를 둔다. 본 시험은 군수품 설치 및 억제 장치가 고장나지 않도록 하고 부속품들이 파손 시 튕겨 나오지 않음을 보장하기 위한 것이다. 항공기 접거 지역에 설치되거나, 파손 후 승무원과 승객들의 출구를 막거나 입구를 열 수 있는 군수품에 대해 사용할 것.</p> <p>3/ 시험 품목 기능은 후속 시험을 요구하지 않는다. 따라서 기타 시험이나 전장용으로 적합하지 않은 시험 품목을 본 시험에서 사용할 수 있다. 시험 품목은 생산 설계에서 표준(강도, 단단함, 및 관성)이어야 하지만 기능적일 필요는 없다. 군수품 운반으로 고안된 모든 내용물(액체 포함)을 포함해야 한다.</p>						

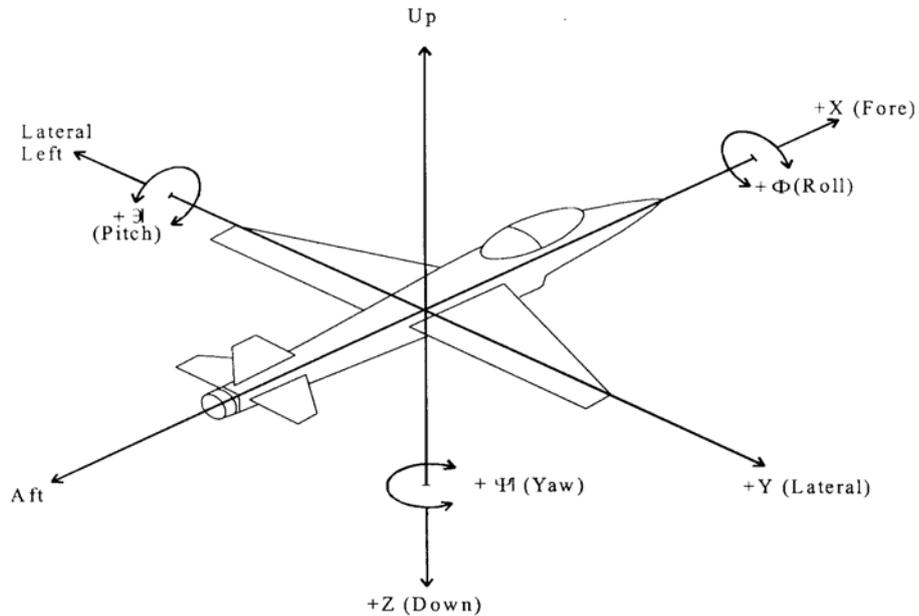


그림513.5-1. 항공기 가속도 방향

### 3 필요한 정보.

#### 3.1 예비시험.

가속도 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.7과 5.9 및 부록A, 과업 405 및 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 고정물에 관련된 시험 품목의 벡터 방위.
  - (2) 가속도 방향과 관련된 고정물의 벡터 방위.

#### 3.2 시험 중

시험 수행 중 다음과 같은 정보를 수집할 것:

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.10 및 부록A, 과업 405 및 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 선택된 절차 또는 절차의 가속도하에서 시험 군 수품에 대한 고장 기준 관련 정보. 모든 시험 품목 계측기 및 정보를 센서에 수신하는 방법에 세심한 주의를 기울인다. 예를 들어, 원심분리기 상의 시험 품목으로부터 센서 신호를 획득할 때에는 원심분리기를 통하여 센서 신호를 불러오는 방법, 또는 센서 신호나 센서 신호를 얻기 위해 센서 가까이에 위치한 원심분리기에 설치된 기록기에 대한 가속도 영향을 원격 계측기로 송신하는 방법을 고려하여야 한다.

### 3.3 사후시험.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.13 및 부록A, 과업 405 및 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 고정물에 관련된 시험 품목의 백터 방위.
  - (2) 가속도 방위와 관련된 고정물의 백터 방위.

## 4 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

필요한 기구는 충분한 크기의 원심분리기나 트랙/로켓 충전 썰매 시험 군수품으로 구성된다. 절차 I(구조적 시험), 절차III(파손 안전 시험) 모두와 절차 II(작동 시험)의 대부분을 평가하기 위하여 원심분리기를 권장한다. 절차II 평가를 위한 트랙/로켓 충전 썰매 시험 장치는 엄격한 선형 가속도가 필요할 때 사용한다. 일반적으로 가속 시험에는 기계를 설치하지 않는다. 만일 시험 기구 및 시험 고정물/시험 품목 계측기의 필요성이 없을 경우, 참고문헌 b에 상술된 규정 및 절차를 사용한다. 시험 품목에 대한 정확한 입력 가속도 검증은 시험 설비에 규정된 절차에 따라 수행할 것이다.

### 4.2 제어장치.

**4.2.1 측정.** 시험검증을 위하여 모든 가속도 측정은 측정 폭과 주파수대에서 적합하게 측정된 계측기에 의하여 실시한다.

**4.2.2 허용차.** 시험 품목의 전체 치수에 대해 규정된 수준의 90 - 110% 사이의 가속도 수준을 유지한다.

### 4.3 시험 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.11을 참조한다.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 만일 시험 품목이 규정된 시험 수준에서 있을 때 예상치 못한 중단이 발생하는 경우 전체 시험을 다시 시작한다. 만일 중단으로 인해 여러 번 새로 시동해야 한다면 시험 품목의 피로 손상을 평가한다.(각각의 가속도 적용은 단일 부하 주기이다. 부하 주기 지속시간은 시험의 가속도에는 영향을 주지 않는다)
  - (2) 만일 시험 품목이 시험에서 규정한 수준 이상의 가속도 부하를 받는다면 시험을 정지하고 시험 품목을 검사하고 기능상의 시험을 수행한다. 검사 및 기능상의 시험에 기초하여 동일한 품목이나 새로운 시험 품목으로 시험을 재시작할 것인가에 관하여 공학적 의사결정을 내린다.

#### 4.4 시험 실행.

##### 4.4.1 시험 준비.

###### 4.4.1.1 검사.

모든 품목은 시험 중 및 후에 기준선 자료와 추가 검사 및 성능 검사를 제공하는 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같은 검사를 수행할 것.

단계1. 시험 품목의 물리적 결함 등을 검사한다.

단계2. 작동 배치에서, 요구한 경우, 시험 계획에 규정한 바와 같이 시험 품목을 준비한다.

단계3. 시험 품목의 충분한 치수를 측정하여 시험 중 유도되는 물리적 손상 평가를 위한 기준 지침을 제공한다.

단계4. 시험 품목 및 시험 계획 요건에 적합한 시험 품목/고정물/원심분리기/셀매 조립품을 검사한다.

단계5. 적용 가능하다면 시험 계획에 따라서 조작상 점검을 실시하고 결과를 문서화한다.

단계6. 결과를 문서화한다.

###### 4.4.1.2 시험 품목 설치.

작동을 위해 시험 품목을 배치한다. 사용 설비에 군수품을 설치할 때 주로 사용되는 병기를 사용하여 시험 기구에 시험 품목을 설치한다.

###### a. 원심분리기 설치.

단계1. 원심분리기의 회전 중심부터 원심분리 arm 위치까지 측정하여 시험을 위해 설정된 g 수준을 제공할 시험 품목 위치를 결정한다. 무기 위치의 기하학적 중심에서 시험 부하 지수(g 수준)가 측정되도록 시험 품목을 설치한다. 다음과 같이 시험 수준을 계산한다:

$$N_T = K r n^2$$

$N_T$  = 시험 부하 지수(회전 원심분리기의 표준 부하 지수)

$K = 1.118 \times 10^{-3}$ , r 미터( $K=2.480 \times 10^{-5}$ , r 미터)

r = 회전 중심부터 원심분리 arm 설치 위치까지 원주 거리m(인치)

n = 분당 회전하는 원심분리 arm의 각속도(rpm)

단계2. 다음과 같은 6가지 시험 방향 기준에 따라 원심분리기 상에서 시험 품목의 방향을 조절한다:

- (a) 전방. 원심분리기와 마주하는 시험 품목의 앞 또는 전방 말단.
- (b) 후방. 전방 위치부터 시험 품목과 180도 반대 방향.
- (c) 상. 원심분리기 중심과 마주하는 시험 품목의 상단.
- (d) 하. 상위치와 180도 반대 방향.

(e) 좌측. 원심분리기 중심과 마주하는 시험 품목의 좌측면.

(f) 우측. 원심분리기 중심과 마주하는 시험 품목의 우측면.

단계3. 시험 품목의 방향을 적절하게 맞추고 원심분리기에 설치한 후, 원심분리기의 중앙에서 가장 가까운 시험 품목의 끝이 규정된 g 수준의 90% 이상이 되도록 하기 위하여 측정 및 계산한다. 만일 g 수준이 규정된 g 수준의 90% 이하로 나온다면 원심분리기에 더 멀리 설치하고 회전 속도를 조절한다. 또는 원심분리기의 중앙에서 가장 가까운 시험 품목 끝이 g 수준의 적어도 90%가 되도록 하기 위하여 보다 큰 원심분리기를 사용한다. 그러나 시험 품목의 정반대 끝(원심분리기 중앙에서 가장 먼 끝)에는 g 수준의 110%이상 적용되지 않는다. 큰 시험 품목의 경우, 상업용 또는 정부 시험 설비에서 큰 원심분리기의 기존의 가용성을 기초로하여 부하 증감의 예외사항을 고려한다.

b. 트랙/로켓 충전 썰매 설치. 트랙/로켓 충전 썰매 설치의 경우, 썰매의 제어된 가속도 방향에 따라 썰매 플랫폼에 시험 품목 및 이와 연관된 고정물 혹은 기구를 설치한다.(시험 고정물이나 기구는 시험 품목과 썰매 진동을 분리하도록 설계되었는지 확인할 것)썰매 및 시험 품목은 동일한 g 수준을 경험하기 때문에 썰매 위 시험 품목의 방위만이 중요하다. 그림 513.5-1에서 제시한 가속도 방향에 따라 썰매의 시험 품목 방향 및 6가지 시험 방향에 따라 썰매의 제어된 가속 방향을 조정한다.

#### 4.4.2 절차1 - 구조적 시험.

단계1. 4.4.1.2항에서와 같이 시험 품목 작동 모드 및 방향으로 시험 품목을 설치한다.

단계2. 특수 시험 품목 방향에 대해 2.3과 표 513.5-1따라 측정한 바와 같이 시험 품목에 규정된 g 수준을 유도하기 위하여 원심분리기를 요구된 속도로 조절한다. 원심 분리기의 rpm을 안정시킨 후 적어도 1분간 이 g 수준을 유지한다.

단계3. 4.4.1.1에서 규정한 바와 같이 시험 품목에 대해 기능적으로 시험한다.

단계4. 4.4.1.2.a와 단계2에서 명시한 5가지 시험 방향으로 본 시험 절차를 반복한다.

단계5. 6가지 시험 방향에서 시험을 완성하는 즉시, 4.4.1.1에서 규정한 바와 같이 시험 품목을 기능적으로 시험 및 검사한다.

#### 4.4.3 절차2 - 작동 시험.

##### 4.4.3.1 원심분리기.

단계1. 4.4.1.2에서와 같이 시험 품목 작동 모드 및 방향으로 시험 품목을 설치한다.

단계2. 4.4.1.1에서 규정한 바와 같이 시험 품목을 기능적으로 시험한다.

단계3. 시험 품목을 작동시키고 특수 시험 품목 방향에 대해 2.3과 표 513.5-2따라 측정한 바와 같이 시험 품목에 규정된 g 수준을 유도하기 위하여 원심분리기를 요구된 속도로 조절한다. 원심 분리기의 rpm을 안정시킨 후 적어도 1분간 이 g 수준을 유지한다. 성능을 검사하고 결과를 문서화한다.

- 단계4. 4.4.1.1에서 규정한 바와 같이 원심분리기를 정지하고 시험 품목을 검사한다.  
 단계5. 4.4.1.2.a와 단계2에서 명시한 5가지 시험 방향으로 1-단계3을 반복한다.  
 단계6. 6가지 시험 방향에서 시험을 완성하는 즉시, 4.4.1.1에서 규정한 바와 같이 시험 품목을 기능적으로 시험 및 검사한다.

#### 4.4.3.2 트랙/로켓 충전 쉘매

- 단계1. 4.4.1.2에서와 같이 시험 품목 작동 모드 및 방향으로 시험 품목을 설치한다.  
 단계2. 4.4.1.1에서 규정한 바와 같이 시험 품목에 대해 기능적으로 시험한다.  
 단계3. 시험 품목을 작동시키고 특수 시험 품목 방향에 대해 2.3과 표 513.5-2따라 측정된 바와 같이 시험 품목에 규정된 g 수준을 유도하기 위하여 원심분리기를 요구된 속도로 한다. 원심분리기를 규정된 g 수준에 둔 상태로 성능을 검사하고 결과를 문서화한다.  
 단계4. 시험 수행 파라미터를 측정하고 규정된 시험 가속도에 도달했는지 여부를 판단한다. 규정된 시험 가속도 하에서 시험 품목의 허용된 성능을 증명하기 위하여 필요하다고 판단되면 시험을 반복한다.  
 단계5. 4.4.1.2.a와 단계2에서 명시한 5가지 시험 방향으로 1-단계3을 반복한다. 6가지 시험 방향에서 시험을 완성하는 즉시 4.4.1.1에서 규정한 바와 같이 시험 품목을 기능적으로 시험한다.

#### 4.4.4 절차3 - 파손 안전 시험

- 단계1. 4.4.1.2항에서와 같이 시험 품목 작동 모드 및 방향으로 시험 품목을 설치한다.  
 단계2. 특수 시험 품목 방향에 대해 2.3항과 표 513.5-3따라 측정된 바와 같이 시험 품목에 규정된 g 수준을 유도하기 위하여 원심분리기를 요구한 속도로 조절한다. 원심 분리기의 rpm을 안정시킨 후 적어도 1분간 g 수준을 유지한다.  
 단계3. 4.4.1.1항에서 규정한 바와 같이 시험 품목을 시험한다.  
 단계4. 4.4.1.2.a와 단계2에서 명시한 5가지 시험 방향으로 본 시험 절차를 반복한다.  
 단계5. 6가지 시험 방향에서 시험을 완성하는 즉시 4.4.1.1항에서 규정한 바와 같이 시험 품목에 대해 기능적으로 시험한다.

### 5 결과 분석.

#### 5.1 일반사항.

제1부 단락 5.14와 5.17 및 제1부, 부록A, 과업 405 및 406의 지침을 참조한다.

#### 5.2 이 시험법에만 해당되는 내용.

시험 완료 시 시험 품목이 파손되지 않고 완벽하게 기능한다면 시험은 성공적이다.

##### 5.2.2 작동 시험.

시험 가속도에서 완벽하게 작동하고 시험 완료 시 시험 품목이 파손되지 않고 완벽하게 기능한다면 시험은 성공적이다.

### 5.2.3 파손 안전 시험.

시험 완료 시 시험 품목이 구조적으로 마운트에 그대로 고정된 채 있거나 부품, 조각이나 내용물이 품목에서 이탈하지 않았다면 시험은 성공적이다.

## 6 참고규격/관련 문서

a. Junker, V.J., The Evolution of USAF Environmental Testing. October 1965: AFFDL TR 65-197; DTIC No. AD 625543.

b. Hadbook for Dynamic Data Acquisition and Analysis, IES-RP-DTE012.1, Institute of Environmental Sciences, 940 East Northwest Highway, Mount Prospect, Illinois 60056.

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 시험법 514.5

## 진동

## 목차

항(단락)	페이지
<b>1. 적용범위.</b> .....	<b>1</b>
1.1 목적. ....	1
1.2 용도. ....	1
1.3 제한사항. ....	2
<b>2. 적합화 지침.</b> .....	<b>3</b>
2.1 시험법 선택. ....	3
2.1.1 환경의 영향. ....	4
2.1.2 순서. ....	4
2.2 절차 선택. ....	4
2.2.1 절차 선택 고찰사항. ....	5
2.2.2 절차 간 차이. ....	5
2.3 시험 수준 및 조건 결정. ....	6
2.3.1 기후 조건. ....	6
2.3.2 시험 품목 배치. ....	8
2.4 시험 품목 작동. ....	8
<b>3. 필요한 정보.</b> .....	<b>8</b>
3.1 예비시험. ....	8
3.2 시험 중. ....	9
3.3 사후시험. ....	9
<b>4. 시험 과정.</b> .....	<b>9</b>
4.1 시험 설비. ....	10
4.1.1 절차 I - 일반적 진동. ....	10
4.1.2 절차 II - 비포장 화물 수송. ....	10
4.1.3 절차 III - 대형 조립품 수송. ....	10
4.1.4 절차 IV - 조립 항공기 보급품 계류 차량 및 자유 비행. ....	11
4.2 제어장치. ....	11
4.2.1 제어 전략. ....	11

4.2.1.1 가속도 입력 제어 전략. .... 11

4.2.1.2 힘 제어 전략. .... 11

4.2.1.4 가속도 반응 제어 전략. .... 11

4.2.1.5 개방 루프 파형 제어 전략. .... 12

4.2.2 허용차. .... 12

4.2.2.1 가속도 분광 밀도. .... 12

4.2.2.2 피크 시누소이드 가속도. .... 13

4.2.2.3 주파수 측정. .... 13

4.2.2.4 횡단 축 가속도. .... 13

4.3 시험 중단. .... 13

4.4 시험 기구. .... 13

4.4.1 절차 I - 일반적 진동. .... 13

4.4.2 절차 II - 비포장 화물 수송. .... 14

4.4.3 절차 III - 대형 조립품 수송. .... 15

4.4.4 절차 IV - 항공기 보급품 계류 차량 및 자유 비행. .... 16

4.5 시험 실행. .... 17

4.5.1 시험 준비. .... 18

4.5.1.1 준비 단계. .... 18

4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검. .... 18

4.5.2 일반적 진동. .... 18

4.5.3 절차 II - 비포장 화물 수송. .... 19

4.5.4 절차 III - 대형 조립품 수송. .... 20

4.5.5 절차 IV - 항공기 보급품 계류 차량 및 자유 비행. .... 20

**5. 결과 분석. .... 22**

5.1 고장 물리학. .... 22

5.2 합격 시험. .... 22

5.3 기타 시험. .... 23

**6. 참고규격/관련 문서. .... 23**

**부록 A ..... 1**

**1 적용범위. .... 1**

1.1 목적. .... 1

1.2 용도. .... 1

**2 진동 환경. .... 1**

2.1 제조/유지보수. ....	1
2.1.1 범주1 - 제조/유지보수 공정. ....	1
2.1.2 범주2 - 선적 및 처리. ....	2
2.1.3 범주3 - 환경적 응력 스크리닝(ESS). ....	2
2.2 수송. ....	2
2.2.1 범주4 - 트럭/트레일러/트랙형 차량 - 포장된 하물. ....	3
2.2.2 범주5 - 트럭/트레일러/트랙형 차량 - 비포장 화물. ....	4
2.2.3 범주6 - 트럭/트레일러/트랙형 차량 - 대형 조립 화물. ....	5
2.2.4 범주7 - 항공기 - 제트기. ....	6
2.2.5 범주8 - 항공기 - 프로펠러. ....	6
2.2.6 범주9 - 항공기 - 헬리콥터. ....	7
2.2.7 범주10 - 함선 - 해상 함선. ....	8
2.2.8 범주11 - 철도 - 기차. ....	8
2.3 조작성 정비. ....	8
2.3.1 범주12 - 고정익 항공기 - 제트기. ....	8
2.3.2 범주 13 - 고정익 항공기 - 프로펠러 항공기. ....	10
2.3.3 범주14 - 회전 날개 항공기 - 헬리콥터. ....	11
2.3.4 범주15 - 항공기 보급품 - 조립 제트기. ....	13
2.3.5 범주16 - 항공기 보급품 - 군수품, 제트기. ....	16
2.3.6 범주17 - 항공기 보급품 - 조립/군수품, 프로펠러 항공기. ....	17
2.3.7 범주18 - 항공기 보급품 - 조립/군수품, 헬리콥터. ....	17
2.3.8 범주19 - 미사일 - 조립/군수품, 헬리콥터. ....	18
2.3.9 범주20 - 지상 차량 - 지상 이동. ....	18
2.3.10 범주21 - 선박 - 해상 함선. ....	19
2.3.11 범주22 - 엔진 - 터빈 엔진. ....	19
2.3.12 범주23 - 인력 - 사람에 의한 군수품 수송. ....	20
2.4 보완적 고찰사항. ....	21
2.4.1 범주24 - 모든 군수품 - 최소 무결성 시험. ....	21
2.4.2 범주25 - 모든 차량 - 외팔보 외부 군수품. ....	22
<b>부록 B</b> .....	<b>1</b>
<b>1. 적용범위.</b> .....	<b>1</b>
1.1 목적. ....	1
1.2 용도. ....	1
<b>2. 공학적 정보.</b> .....	<b>1</b>
2.1 진동 시험 유형. ....	1
2.1.1 개발 시험. ....	1
2.1.2 합격 시험. ....	2

2.1.3 기능 시험. .... 2

2.1.4 내구성 시험. .... 2

2.1.5 내구력 시험. .... 3

2.1.6 신뢰성 시험. .... 3

2.1.7 가치 시험. .... 3

2.1.8 환경적 응력 스크리닝(ESS). .... 4

2.2 피로 관계. .... 4

2.3 진동 특성. .... 4

2.3.1 난진동. .... 5

2.3.2 시누소이드 진동. .... 5

2.3.3 광대역과 협대역 혼합 진동. .... 5

2.3.4 과도 진동 . .... 6

2.3.5 시누소이드 진동 대 난진동 등가. .... 6

2.4 플랫폼/군수품 및 비품/시험품목 상호작용. .... 6

2.4.1 기계적 임피던스. .... 7

2.4.2 진동 흡수장치. .... 7

2.4.3 군수품 공진 주파수 편차. .... 8

2.5 형태 시험 및 분석. .... 8

2.5.1 형태 시험 기술. .... 8

2.5.2 군수품 비선형 동작. .... 9

2.6 공기역학적 영향. .... 9

2.6.1 동적 압력 . .... 9

2.6.2 공기 속도. .... 9

2.6.3 고도. .... 10

2.7 유사성. .... 10

2.7.1 무변경 군수품. .... 10

2.7.2 변경 군수품. .... 11

2.7.3 동등한 진동 환경 ..... 11

2.7.4 신뢰성 자료. .... 12

2.7.5 임계 공진 반응. .... 12

2.7.6 역학적 유사성. .... 12

**부록 C** ..... 1

**1. 적용범위.** ..... 1

1.1 목적. .... 1

**표**

표514.5-1. 진동 환경 범주 ..... 7

표 514.5C-I. 대표적인 임무/현장 수송 개요 ..... 1

표 514.5C-II. 프로펠러 항공기 진동 노출. ....	1
표514.5C-III. 제트기 진동 노출. ....	2
표514.5C-IV. 제트기 진동 노출. ....	3
표514.5C-V. 제트기 외부 보급품 진동 노출. ....	4
표514.5C-VI. 동적 압력 계산. ....	5
표514.5C-VII. 그림 514.5C-1 - 514.5C-3 곡선의 중지점. ....	6
표514.5C-VIII. 그림 514.5C-6의 중지점. ....	7

## 그림

그림 514.5C-1. 미국 고속도로 진동 노출. ....	8
그림 514.5C-1. 혼성 이륜 트레일러 진동 노출. ....	8
그림 514.5C-3. 혼성 바퀴 차량 진동 노출. ....	9
그림 514.5C-4. 트랙형 차량 대표적인 분광 양상. ....	9
그림514.5C-5. 비포장 화물 시험 기구. ....	10
그림514.5C-6. 제트기 하물 진동 노출. ....	10
그림514.5C-7. 철도 하물 진동 노출. ....	11
그림514.5C-8. 제트기 진동 노출. ....	11
그림514.5C-9. 프로펠러 항공기 진동 노출. ....	12
그림514.5C-8. 헬리콥터 진동 노출. ....	12
그림514.5C-11. 헬리콥터 진동 지역. ....	13
그림514.5C-12. 제트기 보급품 진동 노출. ....	13
그림514.5C-13. 제트기 보급품 타격 반응. ....	14
그림514.5C-14. 제트기 보급품 장비 진동 노출. ....	14
그림514.5C-15. 함선의 난진동 노출. ....	15
그림514.5C-16. 터빈 엔진 진동 노출. ....	15
그림514.5C-17. 일반적 최소 무결성 노출. ....	16
그림514.5C-18. 헬리콥터 최소 무결성 노출. ....	16

## 시험법 514.5

### 진동

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

구성. 본 시험법의 주요 부분은 MIL-STD-810F의 기타 다른 방법과 유사하게 적용되었다. 보완 정보의 상당 부분은 부록에서 다룬다. 표 514.5-1의 예외사항에 따라서 전체 시험법에 대한 모든 표와 그림은 부록 C에서 다룬다. 대외 문서에 대한 참고인용 문헌은 본 문서의 끝에서 상술한다(6 참조). 부록은 다음과 같다:

부록A - 진동 노출 정의에 대한 적합화 지침

부록B - 공학적 정보

부록C - 표 및 그림

#### 1 적용범위.

##### 1.1 목적.

진동시험은 다음을 개발하고 검증하기 위하여 수행된다:

a. 기타 많은 환경적 요소, 군수품 임무 주기 및 유지보수의 종합적 효과를 포함하여 수명주기 중 진동 노출 시 기능이 견딜 수 있는 장비를 개발한다. 환경 적 상호작용을 고려하고 제1부와 본 문서의 기타 시험법 지침과 본 시험법의 지침 을 결합한다.

b. 수명 주기 중 진동 노출 시에도 장비 기능이 견딜 수 있음을 검증한다.

##### 1.2 용도.

a. 일반사항. MIL-STD-810F의 제1부 1.3에서 명시하고 1.3의 소 항에 언급된 바와 같은 것을 제외하고 모든 유형의 장비에 대해 본 시험법을 적용한다. 결합된 환경 시험의 경우, 적용 가능한 시험 자료에 따라 시험을 수행한다. 그러나 시험수준, 지속시간, 자료 축소 및 시험 절차 세부사항의 판단을 위해서도 본 시험법을 사용한다.

b. 시험 목적. 본 문서의 시험 절차 및 지침은 개발, 신뢰성, 품질 등을 포함한 다양한 시험 목적에 적용가능 하다. 정의와 지침에 대해서는 부록 B를 참조한다.

c. 진동 수명 주기. 표 514.5-1은 관련된 예상 플랫폼에 따라, 어떤 유형의 진동에 노출되는 도중의 다양한 수명 주기 상태에 대한 개요를 제공한다. 부록 A는 진동 수준 및 지속시간을 평가하고 시험 절차를 선정하기 위한 지침을 제공한다. 부록 B

는 본 방법을 중단 및 적용할 때 유용한 정의 및 공학적 지침을 제공한다.

International Test Operations Procedure(ITOP) 1-2-601(참고문헌 d)는 특수 지상 차량 및 헬리콥터 진동 자료의 분류를 포함한다.

d. 제조. 군수품 제조 및 합격 시험은 진동 노출과 관계가 있다. 이러한 노출은 본 문서에 직접 나열하지 않는다. 환경시험을 받는 장치에 대해 완성된 제조 및 합격 공정은 배달 장치를 생산하는데 사용되는 공정과 동일한 것으로 가정한다. 따라서 환경 시험 장치는 시험 전에 배달 전 배달 장치가 축적하는 것과 동일한 손상을 축적시킬 것이다. 그리고 환경 시험은 배달 장치의 전장 수명을 검증한다. 진동 노출 증가와 관련된 제조 공정이 변화했을 때, 수반된 장치의 전장 수명이 단축되지 않도록 진동 노출 증가에 대해 평가한다. 하나의 건물로 완전 조립된 시작품 장치가 그 일례이다. 반면에 생산 장치는 한 현장에서 부분 조립된 다음 최종 조립하기 위하여 다른 현장으로 이송된다. 그러한 노출은 전처리와 같은 시험 프로그램으로 통합될 수 있다.

e. 환경적 응력 스크리닝(ESS). 많은 군수품들은 정부에 인도되기 전 혹은 유지보수 중에 ESS, 번인(burn-in), 및 기타 제조 합격 시험에 적용된다. 기본 생산 과정에서와 같이, 환경 시험 결과가 현장 장치에 대해 유효하도록 시험 장치와 현장 장치 모두 동일한 진동 노출을 받는 것으로 가정한다. 멀티플이 ESS를 통과하는 것과 같이, 장치가 반드시 동일한 노출 진동을 받지 않아도 되는 경우에는 환경 시험에 대한 전처리로서 환경 시험에 사용되는 장치에 허용 가능한 최대 노출을 적용한다. (부록A 2.1.3과 부록 B 2.1.8 참조)

### 1.3 제한사항.

a. 안전성 시험. 본 시험법은 안전 책임 기구와 함께 조정된 특수 안전 시험 요건의 적용 시 사용된다. 그러나, 특수한 안전 관련 문제에 대한 진동 수준이나 지속 시간은 제공되지 않으며 논의되지도 않는다.

b. 플랫폼/장비 상호작용. 본 시험법에서, 진동요건은 일반적으로 진동 여진기(플랫폼, 셰이커 등)에 관하여 강성 본체로 간주되는 장비의 입력으로 표현된다. 그러나 이것은 종종 맞지는 않지만 보다 작은 장비에는 수용가능한 방법이다. 큰 장비의 경우, 장비 및 여진기가 단일 유연 시스템으로 진동하는 것으로 인지할 필요가 있다. 이러한 가정의 효력을 결정할 간단한 규칙은 없다.(부록 B, 2.4참조) 더욱이, 주어진 장비의 적합한 처리는 플랫폼에 따라서 변한다. 한 예로 항공기에 설계된 요리실이 있다. 작동 환경에서, 요리실을 항공기 이차 구조로 간주하고 그에 따라 설계 및 시험한다. 부록 A 지침에 기초하여 절차 I에 따라서 시험된 진동 수준에 대해 요리실 내의 부속조립품(커피메이커)을 설계한다. 선적을 위하여 포장할 때 포장물품, 요리실, 및 부속품은 단일 군수품목으로 간주하여 시험한다. 또 다른 예로는, 사전 조립된 사무실, 실험실 등과 같은 현장으로 이송된 차폐물이다. 차폐물은 규모가 큰 장비로 간주하여 개발한다. 적합한 시험은 4.4.3의 대형 조립품 이송 시험이다. 플랫폼/장비와 시험소 진동 여진기/시험 품목 사이의 임피던스가 심각하게 차이가 날 경우에 비현실적으로 가혹한 진동을 피하기 위하여 힘을 제어

하거나 가속도 한도를 제어하는 전략이 필요하다. (4.2 참조) 제어 한도는 현장 및 시험소 측정을 기초로 한다. 특정 과보호 시험 이론을 적용해서는 안되는 민감한 재료에 대해서는 힘이나 가속도 한도 제어는 선택사항이다. 현장 측정 반응이 소형 부품에도 잘 정의되어 있는 특정한 경우에는 진동 지속시간은 짧으며 이때 현장 측정된 자료에 기초하여 개방 루프 파형 제어 상태에서 시험소 시험을 실행하는 것은 선택사항이다.

c. 제조 및 유지보수. 제조자 설비에서 공정 및 유지보수와 관련된 진동은 본 문서에서 설명하지 않는다. 운송 환경 관련 지침은 제조나 유지보수 공정의 운송수단에 적용한다.

d. 환경적 응력 스크리닝(ESS). ESS 노출 선택 지침은 본 문서에 포함되지 않았다. 일부 논의는 부록A 2.1.3에서 제시한다.

## 2 적합화 지침.

### 2.1 시험법 선택.

본질적으로 모든 장비는 제조, 운송, 유지보수 혹은 작동 사용 중이든 간에 진동을 경험하게 된다. 본 시험법 절차는 주로 진동을 경험하게 되는 대부분의 수명 주기에 대해 설명한다. 시험될 장비 및 모의시험된 환경에 가장 적합한 절차를 선정한다. 환경 수명 주기에 관련된 바와 같은 진동 노출 및 시험 절차의 전체 목록은 표 514.5-1을 참조한다. 진동 수준 및 지속시간 측정 지침에 대해서는 부록 A를 참조한다.

a. 수준 선택에서의 보수주의적 경향. 과거의 진동 시험 기준은 기준 변형에 포함될 수 없는 변화를 고려하기 위해 추가할 수 있는 여지를 덧붙인다. 이들은 정의하지 않은 최악의 조건(많은 다른 조건 사이의), 기타 환경 요소(온도, 가속도 등)와의 상호작용 및 세 가지 치수의 진동 대 직각의 세 축을 포함한다. 최소 비용 및 무게에 대한 강한 압력으로 인해, 이 여유는 흔히 포함되지 않는다. 여유가 포함되지 않은 경우, 무게나 비용면에서의 모든 개선은 장비의 수명과 기능과 함께 추가된 위험을 구매하게 된다는 것을 알아야 한다.

b. 측정된 자료의 보수주의적 경향. 본 문서의 지침은 진동 기준을 토대로 측정된 특수 장비를 사용하도록 장려한다. 변환기 개수 제한, 측정점 접근성, 극단적 조건에서의 자료 선형성 및 기타 원인으로 인하여, 측정 시 모든 극단적인 조건이 포함되는 것은 아니다. 더욱이, 여러 축에 대한 단일 축, 및 플랫폼 지지부 대 실제 비품과 같은 시험 제한사항들이 있다. 이러한 변이들을 고려하여 시험 기준 도출 시 측정된 자료에 차이를 적용한다. 충분한 측정된 자료를 사용할 수 있을 때 시험법 516.5에서 제시하는 통계적인 방법을 사용한다.

c. 예측된 자료의 보수주의적 경향. 본 방법의 부록 A 및 Mission Environmental Requirements Integration Technology(MERIT) 컴퓨터 프로그램과 같은 기타 자원

은 측정된 자료가 유용한 경우에 한해 대안적 기준 산출 시 사용되는 정보를 제공한다. 본 자료는 넓은 범위의 케이스의 기량을 토대로 한다. 추가적인 여유는 권장되지 않는다.

### 2.1.1 환경의 영향.

진동은 장비의 역학적 증감을 초래한다. 이러한 역학적 증감 및 관련 속도와 가속도는 구조적 피로도 및 기계 구조, 조립품 및 부품의 마모를 야기한다. 그리고 역학적 변형은 소자 충격 및 기능 장애 시 일어날 수 있다. 몇 가지 진동유도 문제의 전형적인 증상이 수반된다. 이 목록은 모든 내용을 망라하기 위해 포함된 것이 아니다:

- a. 전선 마찰이 벗겨짐
- b. 결박부가 헐거워짐/부품의 느슨해짐
- c. 간헐적 접기 접촉
- d. 전기 단락.
- e. 밀봉 변형.
- f. 부품 고장.
- g. 광학 및 기계적 비정렬.
- h. 금이 가거나 파손된 구조.
- i. 균열 및 고장난 부품 유입.
- j. 회로 소자 혹은 기계장치에 고정되는 입자 및 고장 부품.
- k. 과도한 전기 소음.
- l. 베어링의 부식의 증식.

### 2.1.2 순서.

특정 프로그램의 수명 주기 환경의 함수로 시험 순서를 조정한다.(제1부, 5.5 참조)

a. 일반사항. 진동 유도된 응력 누적으로 인한 영향은 온도, 고도, 습도, 누수 혹은 전자기 방해(EMI/EMC)와 같은 기타 환경에서 장비 성능에 영향을 준다. 점진적인 진동 환경과 기타 환경의 영향 평가 시 일반적으로 진동시험을 먼저 수행하고 모든 환경 조건에는 단일의 시험 품목을 노출한다. 만일 또 다른 환경(예를 들어, 온도 주기)이 장비를 진동에 더 민감하게 할 수 있는 손상을 생성하도록 되었다면, 진동 시험 전에 그러한 환경에 대한 시험을 수행해야 한다. 예를 들어, 열적 주기는 진동 상태에서 증가할 수 있는 피로 균열을 일으킨다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 일반적으로 수명 주기의 순서를 따르는 개별 진동 시험 순서에 시험 품목을 노출한다. 대부분의 시험에서, 이것은 시험 설비 계획 조절을 위해 또는 기타 다른 실제적인 이유에 의해 필요한 경우 변경할 수 있다. 그러나 일부 시험은 항상 수명 주기 순서로 시험해야 한다. 모든 제조 관련 전처리는 진동 시험 전 완료한다. 모든 유지 보수 관련 전처리(ESS 포함)는 임무 환경 시험 전 완료한다. 중요한 임무-끝 환경을 대표하는 시험을 수행한다.

## 2.2 절차 선택.

적합화 과정 중 제1부에서 설명한 바와 같이 장비 수명 주기의 환경을 식별한다. 표514.5-1

은 시험 절차 대 범주에 의해 진동 환경 목록을 제공한다. 본 표에 나열된 각 범주의 설명은 아래의 단락 4 시험 절차를 적합화 하기 위한 정보에 따라서 부록 A에 포함되었다. 측정 자료가 무용할 때는 시험 기준을 교체한다. 시험 목적(부록 B, 2.1 참조)을 최대한 달성하고 가능한 한 현실적(부록 A, 1.2 참조)으로 하기 위하여 시험 절차를 조정한다.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

상대 가속도에 따라 장비 시험 프로그램에 맞는 특수 수명 주기 요소를 대표하는 진동 시험을 삭제하는 것을 허용하기도 한다. 그러한 결정은 주파수대의 중요성에 맞먹는 진동 고도와 피로 손상의 고찰사항을 근거로 한다. 간단하고 잘 이해가 되는 장비의 모델에 대한 피로 손상 가능성에 대해 분석적인 평가를 실시한다.

a. 적용 환경보다 더 큰 수송 진동. 수송 진동 수준은 흔히 지상 기지 및 몇몇 갑판선측 장비에 적용하는 진동 수준보다 더 가속하다. 이러한 경우 일반적으로 수송 시험은 비작동 시험 품목으로 수행하고 플랫폼 시험은 작동 시험 품목으로 수행하기 때문에 수송 및 플랫폼 진동 시험 모두 필요하다.

b. 수송 진동보다 더 큰 적용 진동. 만일 적용한 진동 수준이 수송 진동보다 더 크다면 수송 시험을 삭제하는 것이 적합하다. 또한 적용 시험 분광 모양 혹은 지속시간이 단일 시험에 수송 요건에 포함되도록 변경하는 것도 가능하다. 항공기에서의 적용 시, 최소 무결성 시험(부록 A 2.4.1 참조)은 때로 수송 및 유지보수 요건으로 대체한다.

c. 적용 배치 대 수송 배치. 환경의 상대 가속도 평가 시 수송 배치(포장, 버팀목, 접기 등) 및 적용 배치(플랫폼, 업무용 모든 부품 등을 설치)의 차이점을 포함해야 한다. 그리고 수송 환경은 일반적으로 포장물에 대한 투입으로 정의된다. 반면에 적용 환경은 장비 설치 구조에 대한 투입 혹은 환경에 대한 장비의 반응으로 표현한다.

### 2.2.2 절차 간 차이.

a. 절차 I - 일반적 진동. 시험 품목이 진동 여진기에 고정되고 치구/시험 품목 경계면에서 시험 품목에 진동을 가하는 경우에 절차 II을 사용한다. 정상상태 혹은 과도 진동은 적절한 경우에 적용할 수 있다.

b. 절차 II - 비포장 화물 운송. 트럭, 트레일러, 혹은 견인 차량에 의하여 수송되는 장비에 본 절차를 적용하고 운송 차량에 안전하게 매어있지 않은 장비에 사 적용한다. 본 시험의 가속도는 조정 불가하며 거친 지형을 이동하는 군수차량의 포장되지 않은 화물 운송을 대표한다.

c. 절차 III - 대형 조립품 수송. 본 절차는 바퀴 혹은 트랙형 차량에 의하여 설치되어 수송되는 대형 장비조립품에 의하여 발생하는 진동과 충격 환경을 모사하기 위하여 고안되었다. 이 절차는 고중량 차량을 구성하는 대형 조립품과 계열품 및 그 내장 부품으로 구성되는 장비에 적용할 수 있다. 이 절차에서는 시험 장비에 기계적 자극을 제공하기 위하여 규정된 장비를 사용한다. 사용 조건 중 대표적인 표면에서 차량

을 운전한다. 이 때 현실적인 모의실험에서 진동 환경 및 환경에 대한 시험 품목의 역학적 반응에 도달하게 된다. 일반적으로, 본 시험을 정의하기 위하여 측정 진동 자료는 사용하지 않는다. 그러나 측정 자료는 흔히 시험 중 시험 품목 부품에 대한 진동 및 충격 기준의 현실성을 검증하기 위하여 취득된다.

d. 절차Ⅳ - 항공기 보급품 계류 차량 및 자유 비행. 본 절차는 모든 항공기 보급품 환경 수명 주기 중 안정된 비행 항공기 이동 및 자유 비행에 적용하고 지상이나 해상-발사 미사일의 자유 비행 단계에 적용한다. 적용이 가능하다면, 기타 다른 모든 보급품 수명 주기에 절차 I, II, III을 사용한다. 적절하다고 판단된 경우 정상 상태 혹은 과도 진동에도 적용하기도 한다. 절차 I은 고정익 항공기 수송 혹은 자유 비행 단계에는 적용하지 않는다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 한계.

가능한 한 정확하게 환경 수명 주기의 진동 노출을 모의시험하기 위하여 자극 수준, 제어 전략 및 시험소 조건으로부터 자극을 결정한다. 가능한 모든 경우에 본 파라미터에 대한 기초로 측정된 자료를 습득한다. 부록 A는 시험 파라미터를 개발하기 위하여 중요한 변수 및 지침을 논의하여 환경 수명 주기의 다양하고 일반적인 위상 등급을 포함한다. 부록 B는 기술 규격 해석 시 보다 상세한 지침을 제공한다.

#### 2.3.1 기후 조건.

많은 시험소 진동 시험은 제1부 5에서 논의한 바와 같이 표준 주위 시험 조건에서 수행한다. 그러나 모의시험할 수명 주기 사건이 표준 조건과 심각하게 다른 환경 조건에서 발생한다면 진동 시험 중 그러한 환경적 요소를 적용할 것을 고려해야 한다. 본 표준의 개별 기후 시험법은 기타 환경 부하 수준을 결정하기 위한 지침을 포함한다. 시험법 502.2 “온도, 습도, 진동, 고도” 및 523.2 “진동-소음/온도”는 결합된 환경 시험에 대한 지침을 포함한다.

표514.5-1. 진동 환경 범주

수명 단계	플랫폼	범주	군수품 설명	수준&지속시간 부록 A	시험 1/	
제조/유지보수	발전 설비/유지보수 설비	1 제조/유지보수 공정	군수품/조립품/부품	2.1.1	2/	
		2 선적, 처리	군수품/조립품/부품	2.1.2	2/	
		3 ESS	군수품/조립품/부품	2.1.3	3/	
수송	트럭/ 트레일러/ 견인차량	4 제한적 하물	포장 화물과 같은 군수품 <sup>4/</sup>	2.2.1	I	
		5 험거운 하물	비포장 화물과 같은 군수품 <sup>4/</sup>	2.2.2	II	
		6 대형 조립 하물	대형 조립품, 차폐물, 운반차 및 견인 차량 <sup>4/</sup>	2.2.3	III	
	항공기	7 제트기	화물 장비	2.2.4	I	
		8 프로펠러	화물 장비	2.2.5	I	
		9 헬리콥터	화물 장비	2.2.6	I	
		10 해상 함선	화물 장비	2.2.7	I	
	철도 선로	11 기차	화물 장비	2.2.8	I	
	작동	항공기	12 제트기	설치된 장비	2.3.1	I
			13 프로펠러	설치된 장비	2.3.2	I
14 헬리콥터			설치된 장비	2.3.3	I	
항공기 보관고		15 제트기	조립 보급품	2.3.4	IV	
		16 제트기	보관고에 설치	2.3.5	I	
		17 프로펠러	보관고에 조립/설치	2.3.6	IV/I	
		18 헬리콥터	보관고에 조립/설치	2.3.7	IV/I	
미사일		19 전술 미사일	미사일에 조립/설치(자유 비행)	2.3.8	IV/I	
지상		20 지상 차량	바퀴/트랙/트레일러에 설치	2.3.9	I/III	
함선		21 해상 차량	설치된 장비	2.3.10	I	
엔진		22 터빈 차량	설치된 장비	2.3.11	I	
인적요원	23 인적요원	사람이 운반하는 군수품	2.3.12	2/		
보충	모든	24 최소 무결성	정의하지 않은 절연체/수명주기	2.4.1	I	
	모든 차량	25 외부 외팔보	안테나, 날개, 마스트 등	2.4.2	2/	

1/ 시험 절차 - 4 참조.  
2/ 부록 A 참조.  
3/ 적용 가능한 ESS 절차 참조.  
4/ 2.3.2항 참조

### 2.3.2 시험 품목 배치.

각 시험 별 시험 품목은 해당 수명 주기 단계에 따라 배치한다. 대표적인 수송 시 모든 포장, 버팀목, 패딩 혹은 기타 다른 특수 선적 모드의 배치 변경을 포함한다. 수송 배치는 상이한 수송 모드에 대해서는 차이가 있기도 하다.

- a. 비포장 화물. 본 문서에서 다루는 시험법은 실험 및 측정을 기초로 하는 일반적인 표본이며 조정 불가능하다. (상세한 사항은 부록 A, 2.2.2 참조) 트럭, 트레일러, 또는 기타 지상 운송용 차량의 가장 현실적 대안은 절차Ⅲ을 사용하는 것이다. 절차Ⅲ은 운송 차량 및 전체 화물 적재를 필요로 한다.
- b. 포장 화물. 절차 I 은 차량 화물 갑판이나 화물칸과 하물 간 상대적인 이동을 가정한다. 본 절차는 진동, 충격 및 가속도 부하를 고려하여 상대적 이동이 없을 정도로 매어 있거나 제한된 군수품에 직접 적용된다. 억제물을 사용하거나 이동이 제한되었을 때는 시험 기구 및 이러한 이동을 고려하는 진동 자극 시스템에서 허용오차를 제공한다.
- c. 퇴적형 화물. 군수장비 계열품의 퇴적이나 묶음은 개별 품목으로 전송되는 진동에 영향을 줄 수 있다. 시험 품목 배치가 적절한 개수의 장비 및 계열품을 포함하는지 확인한다.

### 2.4 시험 품목 작동.

실제적용이 가능하다면, 진동 시험 중 시험 품목이 작동하고 기능하도록 보장한다. 획득한 성능을 감시하고 기록한다. 진동에 대한 군수품의 민감성을 정의하는 자료를 가능한 한 많이 확보한다. 환경에 노출 상태에서, 기능적 성능을 측정하기 위하여 시험을 수행하는 경우 시험 품목을 작동시킨다. 또한 기능적 배치가 임무 단계에 따라 바뀌는 경우도 있다. 또는 높은 진동 수준의 작동이 필요하거나 손상이 초래되는 경우도 있다.

## 3 필요한 정보.

다음 정보는 진동시험을 수행하여 기록하기 위하여 필요하다. 특수 환경에 따라서 다음을 조정하고 필요에 따라서 추가 및 삭제한다. 과거에는 필요하지 않았으나 실습 시 비품 및 장비의 형태를 조사하도록 한다. 본 자료는 시험 결과 평가 및 변경, 및 새로운 적용에 따른 군수 장비의 안정성 평가 시 유용하다. 본 자료는 새로 응용되는 기존의 군수품을 사용하는 것을 주로 강조하는 미래의 프로그램에서 매우 가치가 있다.(프로그램을 이유로 들어 형식 조사를 규칙화하였을 때, 유용한 정보로서 간단한 공진 조사를 제공할 수 있다)

### 3.1 예비시험.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.7과 5.9 및 부록A, 과업 405 및 406 에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 치구 요건.

- (2) 시험 치구 형식 조사 절차.
- (3) 시험 품목/치구 형식 조사 절차.
- (4) 진동 여진기 제어 전략.
- (5) 시험 허용차.
- (6) 결합 환경에 대한 요건.
- (7) 시험 계획 및 노출 지속시간.
- (8) 노출 기준축
- (9) 측정 계측기 배치.
- (10) 시험 장비 및 시험 품목 문제, 고장 등에 의한 시험 중단 절차.
- (11) 시험 중단 처리 절차.
- (12) 시험 완성 기준.

### c. 이 절차 규격

- (1) 절차II - 비포장 화물 진동. 시험 테이블의 투사 축 거리에 관하여 시험 품목 방위를 정의한다.
- (2) 절차III - 대형 조립품 수송. 시험 차량, 적재, 외형, 거리 및 속도에 대해 정의한다.

주: 시험 치구과 시험 품목의 형태 조사는 매우 가치가 있다. 대형 조립 비품 상의 시험 품목은 시험 범위 내에서의 비품 공진을 갖는 것이 거의 확실하다. 이러한 공진은 시험 품목 내의 특수 주파수 및 위치에서 큰 과도시험 또는 과소시험을 야기한다. 비품 및 시험 품목의 공진이 결합된 경우 결과는 과멸적일 수 있다. 2000Hz 이상의 최저 치구 공진 주파수를 달성하기는 매우 어렵고 비현실적이기 때문에 웨이커/치구 시스템이 잘 설계된 경우에도 소형 시험 품목에서 유사한 문제들이 흔히 일어난다. 치구 및 시험 품목의 공진 결합을 제거할 수 없는 경우에는 가속도나 힘 한도 제어와 같은 전문 진동 제어 기술에 대해 고찰할 것.

## 3.2 시험 중.

본 표준의 제1부, 단락 5.10 및 부록A 시험법 405 및 406에 나열된 정보를 수집한다.

## 3.3 사후시험.

- a. 일반사항. 제1부 단락 5.13 및 부록A(본 표준의 시험법 406) 에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 결과, 시험 장애 및 시험 고장의 요약 및 연대순.
  - (2) 시험 결과 논의 및 장애.
  - (3) 기능 검증 자료.
  - (4) 시험 품목 형태 분석 자료.
  - (5) 치구 형태 분석 자료.
  - (6) 모든 진동 측정 자료.

#### 4 시험 과정.

적절하다고 판단되는 경우 개별 계약 또는 프로그램에 대해 다음의 영역을 적합화한다. 만일 본 영역이 계약 시 직접 언급된 경우 이는 현재와 미래의 계약 용어 보호팀과 일반적으로 일치하지 않는다는 사실을 알아야 한다.

##### 4.1 시험 설비.

모든 보조 장비를 포함하여 규정된 진동 환경 및 4.2에서 논의된 제어 전략 및 허용차를 제공할 수 있는 시험 설비를 사용한다. 그리고 시험을 기록하고 요구한 추가 자료를 획득할 때 충분한 자료를 측정, 기록, 분석 및 전시할 수 있는 측정 변환기, 자료 기록 및 자료 축소 장비를 사용한다. 달리 규정하지 않은 한, 규정된 진동 시험을 수행하고 제1부 5.1에 규정된 바와 같이 표준 주위 조건에서 측정한다.

##### 4.1.1 절차 I - 일반적 진동.

본 절차는 표준 시험소 진동 여진기(셰이커), 슬립 테이블, 및 비품을 사용한다. 시험 품목 및 비품의 크기 및 질량, 요구 주파수대 및 저주파수 왕복 길이(이동)에 기초하여 사용하는 특수 여진기를 선택한다.

##### 4.1.2 절차 II - 비포장 화물 수송.

이 환경의 모의시험은 주파수 5Hz에서 테이블로 순환 이동하는 피크 대 피크 25.4m(1.0인치)로 나누는 포장시험 장치(그림 514.5C-5)를 사용해야 한다. 이러한 이동은 수직 관에서 실시한다. 그림은 필요한 설비를 보여 준다. 본 설치는 포장 시험장치의 베드에 시험 품목을 고정하지 않는다. 포장 시험 장치는 특수 시험 품목에 대해서 충분히 커야 한다.(치수 및 무게)

a. 시험 베드. 두께 5-10mm(0.2-0.4in)의 저온 압연 강철 판(각주 참조)을 사용하는 포장 시험 장치의 시험 베드에 대해 다루며 헤드 윗면이 지상보다 약간 아래 있는 볼트로 판을 단단히 조여준다. 강철판의 다이어프래밍을 방지하기 위하여 네 가장자리 주위 및 중심부를 통하여 충분한 간격으로 볼트 공간을 둔다.

b. 장벽. 수직적 충격에 대한 장벽은 충격 표면으로써 고안되었지만 떨어지는 시험 장치로부터 시험 품목을 보호하기 위하여 사용된다. 이러한 보호 장벽 거리는 지속적인 충격을 제한할 정도로 충분하지만 한 개 이상의 시험 품목이 나머지에서 멀리 이동(walking)하지 못하도록 해야 한다. 시험 인클로저의 고도는(사이드보드, 충격벽 및 보호 장벽)인클로저 상단에 있는 시험 품목의 비현실적인 충격을 예방하기 위하여 시험 품목의 고도보다 높은 최소 5cm이어야 한다.

주: 합판 베드 및 강철 베드 자료의 비교는 통계적 차이를 보여 준다. 그리고 강철 베드는 유지보수 필요성이 적으므로 미군 트럭은 강철 베드를 사용한다. 참고규격 a.를 참조.

##### 4.1.3 절차 III - 대형 조립품 수송.

본 시험법을 위한 시험 설비는 수송 및 환경적 수명 주기의 사용 주기를 대표하는 차량의

시험 표면이다. 시험 품목을 차량에 적재하고 수명 주기 사건을 나타내도록 억제하거나 고정시킨다. 그 다음 수송이나 사용 조건을 재현하는 방법으로 차량을 시험 표면 위에서 작동한다. 시험 표면은 시험 트랙(예를 들어 미군 Aberdeen Test Center의 시험 표면, 참고규격 b), 일반적인 고속도로 혹은 주어진 장소 사이의(제조 설비와 군 연대 본부간 규정된 진입로) 특수 고속도로를 포함한다. 잠정적으로, 그러한 시험은 차량 수송과 관련된 모든 환경적 요소를 포함한다.(진동, 충격, 온도, 습도, 압력 등)

#### 4.1.4 절차IV - 조립 항공기 외장품 고정 차량 및 자유 비행.

본 절차에서는 직접 또는 부분 비품을 통하여 시험 품목을 작동하는 표준 시험소 진동 여진기(셰이커)를 사용한다. 시험 품목은 진동 여진기와는 독립적인 시험 구조에 의하여 연결된다.(4.4.4 참조) 시험 품목과 설비의 크기와 질량, 주파수대 및 요구 저주파수 왕복 길이에 기초하여 구체적인 여진기를 선정한다.

#### 4.2 제어장치.

진동 환경 제공 및 측정 시 정확도는 시험 품목의 설비와 설치, 측정 시스템 및 여진기 제어 전략에 상당히 의존한다. 모든 계측 고찰사항은 이용 가능한 최선의 규정에 따라야 한다. (참조문헌 c 참조) 시험기구, 치구(또는 구조물), 변환기 설치 및 전선의 조심스러운 설계는 양호한 품질 제어와 함께 아래의 4.2.2의 오차를 충족시켜야 할 필요가 있다.

##### 4.2.1 제어 전략.

시험 품목의 요구 위치에서 규정된 진동을 제공하는 제어 전략을 선택해야 한다. 이 선택은 발생하는 진동 특성 및 플랫폼/장비 상호작용에 기초한다. (상기 1.3b, 및 부록 B 2.4 참조) 일반적으로 단일 전략이 적합하다. 여러 전략을 동시에 사용하는 경우도 있다.

##### 4.2.1.1 가속도 입력 제어 전략.

입력 제어는 진동 시험에 대한 전통적인 접근방식이다. 제어 가속도계는 시험 품목 설치 지점의 치구에 설치된다. 정의된 진동 수준을 제공하기 위하여 치구 및 시험 품목 경계면에서 제어 가속도계 피드백에 따라 여진기 이동을 제한한다. 적절하다고 판단된 경우 제어 신호는 한 개 이상의 시험 품목/치구 가속도계에 기인하는 신호의 표준이다. 이것은 장비에 대한 플랫폼 입력을 나타내며 장비가 플랫폼 진동에 영향을 주지 않는다고 가정한다.

##### 4.2.1.2 힘 제어 전략.

역학적 힘의 게이지는 여진기/비품 및 시험 품목 사이에 설치된다. 현장 측정된 경계면 힘을 재현하기 위하여 힘 게이지 피드백에 따라 여진기 이동을 제한한다. 이 전략은 현장(플랫폼/군수품)의 역학적 상호작용이 실험실(여진기/시험 품목)과 현저하게 다른 경우에 사용한다. 이러한 제어 입력은 실험실 진동 여진기와 시험 품목의 경계면에 정확한 현장 측정된 힘을 입력한다. 기타 제어 유형에서 달리 발생할 수 있는 최저 구조적 공진 상태에서 군수품 마운트의 과소시험 또는 과도시험을 방지하기 위하여 이러한 전략을 사용하기도 한다.

##### 4.2.1.4 가속도 반응 제어 전략.

진동 기준은 시험 품목 내 또는 상의 특수 지점에 대해 규정된다. 진동 여진기/치구(또는

구조물) 경계면에 제어 가속도계를 설치한다. 품목 내 규정된 지점에 감시 가속도계를 설치한다. 제어 가속도계의 피드백을 제한하는 정해지지 않은 낮은 진동을 시험 품목에 입력한다. 입력 진동은 감시 가속도계로 규정된 수준 달성할 때까지 실험적으로 조절한다. 이러한 전략은 역학적 환경에 대한 저장 반응이 측정 또는 추정되는 경우 조립 항공기 보급품에 주로 사용된다. 또한 현장 측정된 반응 자료를 활용할 수 있을 때 기타 장비에도 적용 가능하다.

#### 4.2.1.5 개방 루프 파형 제어 전략.

측정된 자료를 사용할 수 있는 시험 품목 위/내의 위치에 감시 가속도계를 설치한다. 현장 측정 자료 혹은 규정된 디지털화 파형으로부터 직접 획득한 적절하게 보상된 시간/진압 파형에 따라 여진기를 운전하고 모니터 가속도 반응을 측정한다. 일반적으로 보정된 진압 파형은 충격 시험, 즉 바람직한 시스템 자극 반응 함수를 가진 반응 파형 포선에 따라 측정된 방법과 같은 방법으로 측정된다. 이 전략은 일반적으로 시험법 514.5 절차에 적용하지 않는다. 이 전략은 시험법 516.5의 과도 또는 단시간, 시간-변동 무작위 진동을 제어하기 위하여 주로 더 많이 사용된다.

#### 4.2.2 오차.

달리 규정하지 않은 한, 다음의 오차를 사용한다. 이러한 오차를 충족시키지 않는다면 오차를 규정하여 시험 전 공학관련 당국과 고객 간에 합의해야 한다. 설치 표면 외에 다른 표면과의 접촉을 예방하기 위하여 측정 변환기를 보호한다.

##### 4.2.2.1 가속도 스펙트럼 밀도.

non-Gaussian 작동에 대한 현장 측정 반응 확률 정보를 검사하는데 주의를 기울인다. 특히 현장 측정 반응 자료와 시험소 시험에 도입될 수 있는 3 시그마 고도 제한과 관련되는 시험소 재현된 자료 간 관계를 결정할 것.

a. 진동 환경. 제어 변환기의 가속도 스펙트럼 밀도를 규정된 주파수대에 걸쳐 +2.0dB 또는 -1.0dB로 유지한다. 이 허용차는 소형 콤팩트 시험 품목(중소형 직사각 전기 물품), 잘 설계된 치구 및 현대적 제어 장비를 사용하여 일반적으로 쉽게 도달할 수 있다. 시험 품목이 크거나 무거울 때, 치구 공진을 제거할 수 없을 때, 가파른 경사도(>20dB/octive)가 분광에 발생할 때는 이 오차는 증가시킨다. 증가할 필요가 있는 경우에 선정된 허용차를 최소한으로 보유하고 보유 오차는 시험 목적과 상반되지 않도록 해야 한다. 어떤 경우의 허용차는 시험 주파수대 및  $+3$ ,  $-6$  및 500Hz 이상에서  $\pm 3$ dB을 초과하지 않아야 한다. 그렇지 않으면 시험, 치구, 및 설비를 변경해야 시험 목적을 충족시킬 수 있다. 절차IV의 경우 허용 가능한 편차는  $\pm 3$ dB이다.

b. 진동 측정. 요구 주파수대에서 변환기 설치 표면(혹은 변환기 원판 설치면)에서 진동수준  $\pm 5$ dB 이내로 가속도 스펙트럼 밀도 측정을 제공하는 진동 측정을 사용한다. 주파수 25Hz에서 2.5Hz를 초과하지 않거나 5Hz 이하의 측정 대역폭을 사용하지 말 것. 고속 Fourier 변형(FFT) 유형의 제어 및 분석 시스템의 경우, 최소

400 주파수 회선의 해상력을 사용한다. 보다 광범한 주파수대에서는 주파수 800의 회선을 사용할 것을 권장한다. 통계학적 자유 수치 수준은 120이상이다.

c. 실효값(RMS) "g". 진동 시험을 정의하거나 제어하는 경우 실효값 g를 사용하지 말 것. 실효값은 분광 정보를 포함하지 않기 때문이다. 실효값 수준은 실효값을 연속 감시해주기 때문에 진동 시험 감시 중에 유용하다. 반면에 측정 분광은 지연된 정기 원칙에 대해 유용하다. 그리고 실효값은 시험 분광 정의에서 오류 검출 시에 유용하다. 시누소이드 피크 g와 비교할 때 무작위 진동 실효값 g를 사용하지 않는다. 이 값은 관련이 없다.

#### 4.2.2.2 피크 시누소이드 가속도.

a. 진동 환경. 제어 변환기에서 피크 시누소이드 가속도가 규정된 주파수대에서  $\pm 10\%$  이상 규정된 가속도와 편차가 없도록 한다.

b. 진동 측정. 진동 측정 시스템은 변환기 설치면(변환기 원판 설치면)에서 요구 주파수대에 걸쳐 진동 수준  $\pm 5\%$  내에서 피크 시누소이드 가속도를 제공하도록 한다.

c. 실효값 g. 실효값 시누소이드는 피크 g의 0.707배와 같다. 무작위 분광( $g^2/Hz$ )의 실효값 g와는 관련이 없다; 사인 기준과 (g)를 무작위 기준( $g^2/Hz$ ) 비교를 위해 사용해서는 안 된다.

#### 4.2.2.3 주파수 측정.

진동 측정 시스템이 변환기 설치면(변환기 원판 설치면)에서 요구 주파수대에 걸쳐 진동 수준  $\pm 1.25\%$  내에서 주파수를 측정하도록 한다.

#### 4.2.2.4 교차 축 가속도.

두 축에서 서로 직각으로 그리고 운전 축에 대해 직각인 상태에서 진동 가속도는 모든 주파수에서의 운전 축 가속도(분광 밀도의 0.2배)의 0.45배 이하이다. 무작위 진동 시험에서 교차 축 가속도 분광 밀도는 종종 높지만 협대역인 피크를 가진다. 교차 축 오차 적합화에서 이를 고려한다.

### 4.3 시험 중단.

a. 일반사항. 제1부 5.11을 참조한다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 시험 품목의 고장으로 인하여 중단이 발생할 때 원인을 알아내기 위하여 고장을 분석한다. 이 정보를 가지고 고장 부품 교체, 수리 및 재배치 여부를 결정하고 시험을 재시작 및 완성할 것인지를 결정한다. 시험 및 시험 목적에 맞게 조정한다. 공통 시험 유형 및 시험 목적의 일반적 논의에 대해서는 부록 B, 2.1을 참조한다.

- (2) 만일 합격 시험이 고장 부품으로 인하여 중단되고 부품이 교체된 경우, 중단 발생 지점부터 시험을 계속한다해도 교체 부품의 정확성을 검증하지 못한다. 각 교체 부품은 합격 전 전체 진동시험을 반드시 실시해야 한다. 추가 지침은 5.2에서 제공한다.

#### 4.4 시험 기구.

제1부 단락 5.8을 참조한다.

##### 4.4.1 절차 I - 일반적 진동.

모의시험할 수명 주기 단계에 적절하게 시험 품목을 배치한다.

- a. 수송. 보호함, 장치 및/혹은 패키지를 포함한 선적용 시험 품목을 배열한다. 역학적으로 수명주기 수송 사건의 대표적인 억제물 및 고정물을 사용하여 시험 설비에 시험 품목을 설치한다.
- b. 작동 사용. 작동을 위해 시험 품목을 배치한다. 설치 지점에서 시험 치구에 시험 품목을 고정시키고 수명주기 작동 중 사용되는 동일한 설치 병기류를 사용한다. 모든 기계적, 전기적, 수력학적, 공기 및 기타 연결을 작동 용도에서 사용될 장비에 제공한다. 이러한 연결이 사용 연결을 동적으로 모의하는지 확인하고 달리 규정하지 않으면 전체적으로 기능하는지 확인한다.

##### 4.4.2 절차 II - 비포장 화물 수송.

시험 품목 유형에 따라 두 가지 상이한 장벽 설치가 필요하다. 두 유형은 시험면 혹은 “직각 교차면 품목”(일반 포장 품목)에서 미끄러지거나, 대부분 표면이나 “원형 교차면 품목”에서 회전하는 경향이 있다. (“복합 시험 품목”은 동일한 시험 품목으로 명명하며 미관련 품목의 혼합물로 명명하지 않음에 유념한다.)

- a. 직각 교차면 품목. 가장 적당한 선적 방위에서 포장된 시험장치 베드에 시험 품목을 고정시킨다. 만일 적당한 선적 방위를 결정할 수 없다면 테이블(동정 축)의 긴 축과 평행한 시험 품목의 가장 긴 축의 베드에 시험 품목을 배치한다. 목재 충격 벽 및 사이드보드를 고정시켜 한쪽 벽에만 충격을 가하도록 하고(반향없음) 시험 품목의 90° 회전을 방지한다. 사이드보드를 사용하여 복합 시험 품목을 분리하지 않는다. 첫째 시험의 절반은 이 방향에서 실시한다. 둘째, 나머지 절반은 품목의 90도 회전 방향에서 실시한다.
- b. 시험 품목이 4개 이상인 원형 교차면 품목. 투사 축에 대해 평행 및 직각인 벽을 가지는 사각 시험 영역이 형성되도록 충격 벽을 설치한다.  $R_T = L/D$ 를 통해 개별 시험 품목의 세장비를 추정한다: 여기서  $R_T$  = 품목 세장비;  $L$  = 품목 길이;  $D$  = 품목 직경. 다음과 같이 시험 영역을 정의하기 위해  $R_R$ 값을 산출할 것:

$$R_R = NL[0.767LN^{1/2} - 2S_W - (N-1)S_B]$$

여기서,

$S_W$  = 시험 품목과 측벽 사이 공간

$S_B$  = 시험 품목 사이 공간

( $S_W$ 와  $S_B$ 는 충격 벽과 시험 품목 사이에 현실적인 충격을 가하기 위하여 시험 품목 기하학에 근거하여 선택한다. 25mm는 모두의 일반 값이다)

$N = N > 3$  인 경우 시험 품목 수

만일  $R_T > R_R$ 라면 각 시험 영역의 길이는 다음과 같을 때 X로 주어진다.

$$X = 0.767LN^{1/2}$$

만일  $R_T \leq R_R$ 라면 각 시험 영역의 길이는 다음과 같을 때 W로 주어진다.

$$W = ND + 2S_W - (N-1)S_B$$

c. 시험 품목이 3개 이하인 원형 단면 품목.  $R_T = L/D$ 에 따라서 개별 시험 품목에 대한 세장비를 측정한다. 시험 면적 정의 시  $R_R$ 값을 계산한

$$R_R = NL / [1.5L - 2S_W - (N-1)S_B]$$

만일  $R_T > R_R$ 라면 각 시험 영역의 길이는 다음과 같을 때 X로 주어진다.

$$X = 1.5L$$

만일  $R_T \leq R_R$ 라면 각 시험 영역의 길이는 다음과 같을 때 W로 주어진다.

$$W = ND + 2S_W + (N-1)S_B$$

포장 시험 장치 위, 충격 벽 내부에 무작위 방식으로 시험 품목을 배치한다. 본 시험을 포함하여 손상을 입은 부품은 서로서로 충격을 받아 그러한 것이므로, 가능하다면 3개 이상의 품목을 사용한다.

#### 4.4.3 절차Ⅲ - 대형 조립품 수송.

의도된 수송 및 사용 배치에서 차량에 시험 품목을 설치한다. 만일 조립품이 차폐물 내에 설치되어야 한다면 혹은 기타 품목이 실제 사용 배치에서 군수 장비에 부착된 경우에도 그 설계 구성에 따라 시험 품목을 설치한다.

- a. 시험 표면. 시험을 구성할 때, 시험 표면은 특수 시험 장소에서 유용하다고 간주한다. 시험 표면, 시험 거리 및 시험 속도는 규정된 차량과 기타 예상된 운행에 적합하도록 선정한다.

b. 시험 하중. 시험지형에 대한 차량 반응은 차량에 대한 전체 부하 함수 및 부하 분포이다. 다소 거친 상태에서의 운행은 경부하에서 발생하는 반면 저주파수 대에서는 중부하가 발생한다. 부하에서 변하는 복합 시험은 최악의 경우, 평균 혹은 기타 다른 관련 경우를 포함한다.

c. 고정/설치 배열. 시험 중, 정상사용에서 일어날 수 있는 보다 불리한 배열을 재현하는 것은 중요하다. 예를 들어, 수송 중 고정 끈의 긴장 완화는 화물이 화물 판에서 떨어지도록 하고 반복된 충격 조건에 노출시킨다. 가죽끈을 심하게 죄는 것은 시험 품목의 이동을 예방할 수 있으며 따라서 그러한 충격을 감소 및 제거할 수 있다.

#### 4.4.4 절차IV - 조립형 항공기 외장품 고정 차량 및 자유 비행.

a. 고정 수송 차량 시험 치구. 작동상 보급품 현수 장비(폭탄 선반, 발사장치, 철탑 등)를 사용하여 구조 지지 프레임으로부터 시험 품목을 매단다. 지지 프레임의 유연 모드는 실제와 같이 높게 하는데 적어도 최초 유연 주파수의 2배로 하고 비품 모드와 일치하지 않도록 한다. 비행 시 고정 수송차량에 대해 요구되는 바와 같이, 고정 장비 및 수송 항공기용 고정 장비에 보급품을 고정해주는 진동 버팀대, 손잡이, 혹은 기타 잠금 및 적재물 운반 장치를 포함하고 적재한다.(토크, 클램프, 래치 등)구조 지지 프레임 및 시험 영역의 설계는 진동 여진기 및 시험 장비에 대한 충분한 접근이 있을 정도이어야 한다.

(1) 집결된 보급품을 고정 차량에 배치하고 구조 지지 프레임에 설치한다. 시험소내 구조 지지 프레임에 조심스럽게 매단다. 보급품, 고정 장비 및 구조 지지 프레임 조립의 강성체 모드는 5 - 20Hz 사이 및 보급품의 최저 유연 모드 주파수의 1/2보다 낮게 한다. 운송 차량 항공기의 역학적 반응 질량을 대략적으로 모의시험할 정도로 무겁고 충분한 피치 및 회전 관성을 가지는 구조 지지물을 사용한다. 만일 구조 지지물이 너무 무겁거나 또는 관성이 너무 크다면 보급품 고정 장비 및 보급품 뒷 판은 과응력을 받을 것이다. 이는 비현실적으로 높은 역학적 휨 모멘트가 가속도 분광 밀도를 맞출 필요가 있기 때문이다. 반대로 만일 구조 지지물이 너무 가볍거나 너무 낮다면 고정장비 및 보급품 뒷판이 과소시험 될 것이다.

(2) 보급품으로 진동이 전이되는 구조 지지물을 사용하지 말 것. 과거에는 보급품을 큰 셰이커에 단단하게 설치하였다. 이는 부적절한 것으로 증명되었으므로 이를 시도해서는 안 된다. F-15, F-16 및 F/A-18 보급품을 이용한 최근 시험 경험은 구조 지지/반응 질량은 특히 저주파수에서, 비행 측정 자료와 시험소 진동 사이의 조화를 향상시킨다는 것을 나타낸다

(3) (1)과 (2)의 주파수 요건을 충족시킬 수 없는 경우 힘 제어 전략을 고려한다.(4.2.1.2 참조)

b. 자유 비행 시험 치구. 집결된 시험 보급품을 배치하여 시험 챔버 내에 조심스럽게

게 고정시킨다. 고정 보급품의 강성체 모드는 5 - 20Hz 사이 및 보급품의 최저 선 회 모드 주파수의 1/2보다 낮게 한다.

c. 방위. 시험을 위하여 보급품을 매단 상태에서, 수직 축은 평면에 대해 평행한 축이며 보급품의 최대로 긴 치수를 통과한다. 수직 축은 평면과 수직 축에 대해 서로 직각이다. 측면 축은 수직 및 수평축에 서로 직각이다.

d. 진동 자극. 보급품 세로 진동은 일반적으로 수직 진동 및 측면 진동보다 더 작다. 보급품이 비교적 가는 경우(길이가 높이나 너비의 4배 이상) 보급품을 수직 및 측면 축으로 몰아 넣는다. 기타 다른 경우, 수직, 측면 및 세로 축으로 보급품을 몰아 넣는다. 만일 보급품이 진동시험 되지 않은 장비를 포함한 경우 또는 보급품에 세로진동에 민감한 부품을 내장한 경우에는 세로 자극을 포함할 것.

(1) 진동 여진기에서 보급품까지 이동하는 봉이나(스팅어) 혹은 기타 적절한 장치를 사용하여 보급품에 진동을 전달한다. 보급품의 각 끝의 개별 구동점이 권장된다. 보급품은 완료와 동시에 구동되는 것이 이상적이다. 그러나 각 완료 후 따로 구동될 수도 있다. 보급품 공기 역학 센터와 같이 정렬된 각 축의 단일 구동점은 합격이었다. 비교적 단단하고 진동 부하가 보급품 주요 구조로 분산되는 보급품 내부 구조 및 시험 비품(주로 구내 보급품 외부 링)에 의하여 구조적으로 지원되는 보급품 표면의 구동점을 사용한다.

(2) 본 시험은 매우 임의적이며, 관련이 거의 없는 진동 조건을 나타내기 위하여 고안되었다. 따라서 시험 진동 여진기를 동시에 사용할 때 두 구동 신호는 관련이 없다. 상관성이 없이 시작하고 두 개별 제어장치로부터 유발되는 두 구동 신호는 비상관성이 강요되지 않은 한 상호 관련이 있다. 일반적으로 두 진동 여진기를 사용하는 것은 분광 밀도 지형에 대한 진동 여진기의 규격을 포함하는 현재의 이중 구동 시험 능력에 관한 상당한 지식을 필요로 한다.

e. 계측기. 요건에 따라 적합한 진동 수준을 감시하고 진동 여진기를 제어하도록 피드백 신호를 제공하고, 군수품의 기능을 측정하기 위하여 보급품 및/또는 보급품 진동 장치에 변환기를 설치한다. 추가로, 보급품을 통과하는 구내 진동 환경을 측정하기 위하여 변환기를 추가하는 것은 전체적인 프로그램 목적에 매우 중요하다. 사용된 진동 여진기 제어 전략을 알아야 한다. 예를 들어 단일점 반응, 다지점 반응, 힘 한도, 파형 등이다. 위와 같은 경우여라도 현장 측정 자료와 시험소 측정 자료 간의 관계 또한 알아야 한다.

(1) 보급품의 주요 하중 전송 구조의 전방 및 후방 극단에서 진동 수준을 감시하는 가속도계를 설치한다. 유선형, 스킨 패널의 비지원 구역, 공기역학 표면, 혹은 기타 비교적 연질의 구조에 위에는 본 가속도계를 설치하지 않는다. 몇몇 경우에는(위 4.4.4c 참조) 수직 및 측면 방향에서 변환기를 필요로 한다. 기타 다른 경우에는 수직, 측면 및 종단 방향에서 변환기를 필요로 한다. 시험 감시 변환기로서 이 변환기를 지정한다.

(2) 대체 시험은 역학적 힘 모멘트를 측정하기 위하여 변형 게이지에 따라서 시험을 감시하는 것이다. 이는 보급품 주요 구조의 무결성이 주로 관련된 경우 성공적인 것으로 증명되었다. 비행 측정된 역학적 힘 모멘트 자료가 본 시험법에서 필요하다. 또한 일반적인 진동 수준이 규정된 바와 같은지를 검증하기 위하여 상기에서 논의한 가속도계를 사용한다.

(3) 피드백 제어 변환기와 같이, 보급품/진동 전이 장치/진동 여진기 경계면, 힘 변환기와 직렬인 보급품/진동 전이 장치/진동 여진기 위에 혹은 가까이에 가속도계 또는 역학적 힘 모멘트 변형 게이지를 사용한다.

#### 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 진동 환경 내 시험 품목과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

##### 4.5.1 시험 준비

###### 4.5.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 수준, 지속시간, 진동 여진기 제어 전략, 고장 기준, 품목 기능 요건, 계측기 요건, 설비 능력, 치구 등.)을 결정하도록 한다.

- a. 적절한 진동 여진기 및 치구를 선정한다.
- b. 적절한 자료 습득 시스템(예를 들어 계측기, 케이블, 신호 처리, 기록, 분석 장비)을 선택한다.
- c. 적절한 작동을 확인하기 위하여 시험 품목을 설치하지 않고서 진동 장비를 운행시킨다.
- d. 자료 습득 시스템이 요구된 바와 같이 기능하는지 검사한다.

###### 4.5.1.2 예비시험 표준 주위 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

- 단계1. 시험 품목의 물리적 결함 등에 관하여 검사하고 결과를 기록한다.
- 단계2. 시험 계획에 규정된 바와 같이, 규정된 경우, 작동 배치로 시험용 시험 품목을 준비 한다.
- 단계3. 시험 품목의 적합성 및 시험 계획 요건에 따라 시험 품목/치구/여진기 조립을 검사한다.
- 단계4. 적용 가능하다면, 시험 계획에 따라 조작상 점검을 실시하고, 결과를 기록하여 시험 후와 시험 중 취득한 자료와 비교한다.

##### 4.5.2 일반적 진동.

- 단계1. 시험 품목 육안 검사 및 조작상 점검을 실시한다. 고장을 알아냈다면 4.3과 같이 실시한다.
- 단계2. 치구 형태 조사를 실시하고 필요하다면, 치구가 요건을 충족시키는지 검증한다.
- 단계3. 시험 치구에 모의시험된 수명 주기 사고를 역학적으로 대표하는 방식으로 시험 품목을 설치한다.
- 단계4. 시험 품목/치구 경계면 진동을 측정하고 제어전략에 의하여 요구된 바와 같이 진동 여진기를 제어하고 기타 모든 규정 파라미터를 측정하기 위하여 시험 품목/설비/진동여진기 조립품 위에 혹은 가까이에 적합한 변환기를 설치한다. 가능한 시험 품목/치구 경계면 가까이 설치한다. 계측기 시스템의 전체 정확도가 진동 수준이 4.2.2의 오차 내에 있는지 검증하고 추가로 규정된 정확성 요건을 충족시키기에 충분한지를 확인한다.
- 단계5. 요구된 경우, 시험 품목의 형태 조사를 실시한다.
- 단계6. 시험 품목의 육안 검사를 실시하고 적용 가능한 경우 작동상 점검을 실시한다. 고장을 알아냈다면 4.3과 같이 실시한다.
- 단계7. 시험 품목/치구 경계면에 저수준 진동을 가한다. 요구되는 경우, 다른 환경적 응력을 포함한다.
- 단계8. 진동 여진기, 치구 및 계측기 시스템이 규정된 대로 기능하는지 검증한다.
- 단계9. 시험 품목/치구 경계면에 규정 진동 수준 및 기타 모든 요구한 환경적 응력을 가한다.
- 단계10. 시험 품목/설비 경계면의 진동 수준이 규정된 바와 같은지 검증한다. 진동 노출 지속시간이 30분 이하라면 먼저 전체 수준에 가한 직후와 예정된 정지 직전에 이 단계를 수행해야 한다. 그렇지 않으면 먼저 전체 수준에 적용한 직후, 매 30분마다, 그리고 예정된 정지 직전에 이 단계를 수행해야 한다.
- 단계11. 진동 수준을 감시하고 적용이 가능하다면, 시험 품목 성능은 노출하여 지속적으로 감시한다. 만일 수준 이동 혹은 고장이 발생하는 경우, 시험 중지 절차에 따라서 시험을 정지한다.(3.1b(10) 참조)이동 원인을 결정하고 시험 중단 복구 절차에 따라서 실행한다.(3.1b(11) 참조)
- 단계12. 요구 지속시간에 달한 경우, 시험을 정지한다. 시험 대상에 따라서 시험 계획은 정지 전 다양한 수준에서 추가 노출을 요하기도 한다. 만일 그러하다면 실행 전 시험 계획에서 요구하는 대로 6 - 단계12를 반복한다.
- 단계13. 시험 품목, 치구, 진동 여진기 및 계측기를 검사한다. 고장, 마모, 느슨함, 혹은 기타 변칙 사항이 발견되는 경우 시험 중단 복구 절차에 따라서 시험을 실시한다. (3.1b(11) 참조)
- 단계14. 계측기가 규정된 대로 기능하는지 검증하고 시험 품목의 작동성 점검을 실시한다. 고장을 알아냈다면 4.3과 같이 실시한다.
- 단계15. 요구된 각 여진 축에 대해서는 1 - 단계14를 반복한다.
- 단계16. 요구된 각 노출에 대해서는 1 - 단계15를 반복한다.
- 단계17. 치구에서 시험 품목을 떼어 내고 시험 품목, 설치 부품, 포장 등에 대해 검사한다. 고장이 있는 경우 4.3항을 참조한다.

**4.5.3 절차Ⅱ - 비포장 화물 수송.**

- 단계1. 시험 품목 육안 검사 및 작동성 점검을 실시한다.
- 단계2. 요구된 경우, 시험 품목의 설비 형태 조사를 실시한다.
- 단계3. 4.1.2 및 4.4.2에 따라서 제한 장벽 내 포장 시험장치에 시험 품목을 배치한다.
- 단계4. 규정된 변수를 측정하기에 적합한 계측기를 설치한다. 계측기 시스템의 전체 정확도가 규정된 정확성 요건을 충족시키기에 충분한지 확인할 것.
- 단계5. 요구된 경우, 시험 품목의 형태 조사를 실시한다.
- 단계6. 시험 품목의 육안 검사를 실시하고 적용 가능한 경우 조작상 점검을 실시한다. 고장을 알아냈다면 4.3과 같이 실시한다.
- 단계7. 4.4.2에 따라서 시험품목 및/혹은/ 충격면에 재배치 한다.
- 단계8. 30분의 규정된 지속시간 동안 포장 시험장치를 작동시킨다.
- 단계9. 시험 품목의 육안 검사를 실시하고 적용 가능한 경우 작동성 점검을 실시한다. 고장을 알아냈다면 4.3과 같이 실시한다.

**4.5.4 절차Ⅲ - 대형 조립품 수송.**

- 단계1. 시험 품목 육안 검사 및 작동성 점검을 실시한다. 고장을 알아냈다면 4.3과 같이 실시한다.
- 단계2. 시험 계획에서 요구한 바와 같이 시험 차량에 시험 품목을 설치한다.
- 단계3. 시험 품목/차량 경계면 진동을 측정하고 기타 모든 규정된 파라미터를 측정하기 위하여 시험 품목 위에 혹은 가까이에 변환기를 설치한다. 설치면 외 다른 표면과 접촉하는 것을 하는 것을 방지하기 위하여 변환기를 보호한다. 4.1.2 및 4.4.2에 따라서 제한 장벽 내 포장 시험장치에 시험 품목을 배치한다.
- 단계4. 규정된 시험조건에서 차량 적재 시험품목을 확인한다.
- 단계5. 시험 품목의 육안 검사 및 작동성 점검을 실시한다. 고장을 알아냈다면 4.3과 같이 실시한다.
- 단계6. 시험 계획에 규정된 바와 같이, 추가 시험 실시, 시험 하중 혹은 시험 차량에 대해서는 1 - 단계5를 반복한다.

**4.5.5 절차Ⅳ - 조립형 항공기 외장품 고정 차량 및 자유 비행.**

- 단계1. 시험 챔버 및 계측기 내에 보급품들이 매달린 상태에서, 보급품 고정 시스템이 일시 주파수 측정에 따라 요구된 바와 같은 보급품 현수 시스템이 기능하는지 검증한다.
- 단계2. 요구된 경우, 시험 형태 조사를 실시한다.
- 단계3. 시험 품목을 작동 모드로 위치시키고 적합하게 기능하는지 검증한다.
- 단계4. 진동 여진기 및 계측 시스템이 적합하게 작동하는지 검증하기 위하여 진동 여진기/보급품 경계면에 저수준 진동을 가한다. 가속도 피드백 제어를 위하여, 필요한 전진 시험 모니터 변환기 분광으로부터 9dB 이하의 초기 입력 수준을 사용한다. 힘 피드백 제어를 위하여, 시험 모니터 가속도계 반응이 모든 주파수에서 규정된 시험 모니터 값 보다 최소 9dB 이하일 경우 평평한 힘의 분광을 사용한다. 힘 모멘트 피드백 제어를 위하여, 규정된 시험 모니터 변환기 분광으로부터 9dB의

초기 입력 수준을 사용한다.

단계5. 진동 여진기를 조정하여 여진 축의 시험 모니터 변환기가 시험 요건을 충족 시키도록 한다. 가속도 제어를 위하여, 시험 모니터 변환기 분광 피크가 6dB 이 상 초과하는지 식별한다.(진 및 후 주파수는 상이하다.) 힘 피드백 제어를 위하여 모니터 가속도계 전달 기능을 점검하기 위하여 힘 측정에 기인하는 주요 피크를 식별하라. 결론적 입력 분광은 규정된 피크 반응을 달성하는 동안 가능한 한 매끄럽고 연속적이어야 한다.(시험 모니터 변환기 분광의 밸리(valley)를 반드시 채울 필요는 없다. 그러나 이러한 밸리에서 입력을 기록하는 것도 허용되지 않는다.) 휨 모멘트 제어를 위하여, 규정된 분광을 맞출 때까지 입력 분광을 상승하여 맞춘다.(피크 및 밸리)

단계6. 입력 진동을 조절하여 요구된 입력 반응(A1)에 도달할 때, 오프축 반응을 측정한다.(A2, A3) 오프축 반응 수준은 다음의 공식을 사용하여 요건 내에 있는지 확인한다. 만일 공식으로 얻은 결과가 공식에 지정된 값보다 크다면 입력 및 오프축 반응 수준이 공식과 조화를 이룰 때까지 입력 진동 수준을 줄인다. 각 피크에 이 공식을 달리 적용한다. 첫 번째 공식은 두 개의 상호 수직인 분리 축에서 진동 적용을 요하는 시험에 사용하고 두 번째 공식은 세 개의 상호 수직인 분리 축에서 진동 적용을 요하는 시험에 사용한다.

$$2=(R_1/A_1+R_2/A_2) \text{ 또는, } 3=(R_1/A_1+R_2/A_2 +R_3/A_3)$$

여기서

$R_i$  = 시험 요건 수준  $g^2/Hz$  혹은  $(N-m)^2/Hz$  혹은  $(in-1b)^2/Hz$ , 이 때  $i = 1 - 3$

$A_i$  = 반응 수준  $g^2/Hz$  혹은  $(N-m)^2/Hz$  혹은  $(in-1b)^2/Hz$ , 이 때  $i = 1 - 3$

예를 들어:

세 개의 상호 수직인 분리 축에서 진동 적용을 요하는 시험 및 수직 축에서 진동을 적용하는 경우에는 다음 공식을 사용한다.

$$3=(R_1/A_1+R_2/A_2 +R_3/A_3)$$

여기서

$R_1$  = 수직 축 시험 요건 수준

$A_1$  = 수직 축 반응 수준

$R_2$  = 수평 축 시험 요건 수준

$A_2$  = 수평 축 반응 수준

$R_3$  = 세로 축 시험 요건 수준

$A_3$  = 세로 축 반응 수준

수평 축에 진동을 가하는 경우 다음 공식을 사용한다.

$$3=(R_1/A_1+R_2/A_2 +R_3/A_3)$$

여기서;

$R_1$  = 수평 축 시험 요건 수준

$A_1$  = 수평 축 반응 수준

$R_2$  = 수직 축 시험 요건 수준

$A_2$  = 수직 축 반응 수준

$R_3$  = 세로 축 시험 요건 수준

$A_3$  = 세로 축 반응 수준

수평 축에 진동을 가하는 경우 다음 공식을 사용한다.

$$3=(R_1/A_1+R_2/A_2 +R_3/A_3)$$

여기서;

$R_1$  = 세로 축 시험 요건 수준

$A_1$  = 세로 축 반응 수준

$R_2$  = 수직 축 시험 요건 수준

$A_2$  = 수직 축 반응 수준

$R_3$  = 수평 축 시험 요건 수준

$A_3$  = 수평 축 반응 수준

단계7. 진동 수준이 규정된 바와 같은지 검증한다. 만일 노출 지속시간이 30분 이하 라면 먼저 전체 수준에 적용한 직후와 예정된 정지 직전에 이 단계를 수행해야 한다. 그렇지 않으면 먼저 전체 수준에 적용한 직후, 매 30분 마다 그리고 예정된 정지 직전에 이 단계를 수행해야 한다.

단계8. 진동 수준 및 시험 품목 성능을 노출하여 지속적으로 감시한다. 만일 수준 이동, 허용 한계 이상으로 성능 편차가 있거나 고장이 발생하는 경우, 시험 중지 절차에 따라서 시험을 정지한다.(3.1b(10) 참조) 변칙 이유에 대한 원인을 결정하고 시험 중단 복구 절차에 따라서 실행한다.(3.1b(11) 참조)

단계9. 요구 지속시간에 도달한 경우 진동을 정지한다. 시험 대상에 따라서 시험 계획은 정지 전 다양한 수준에서 추가 노출을 요하기도 한다. 만일 그러하다면 실행 전 시험 계획에서 규정하는 대로 6 - 단계9를 반복한다.

단계10. 시험 품목, 치구, 진동 여진기, 및 계측기를 검사한다. 고장, 마모, 느슨함, 혹은 기타 변칙 사항이 발견되는 경우 시험 중단 복구 절차에 따라서 시험을 실시한다. (3.1b(11) 참조)

단계11. 계측기가 규정된 대로 기능하는지 검증하고 4.5.1.2의 수집한 자료와 비교하기 위하여 시험 품목의 조작상 점검을 실시한다. 고장을 알아냈다면 4.3과 같이 실시한다.

단계12. 요구된 각 여진 축에 대해서는 단계1 - 단계11을 반복한다.

단계13. 요구된 각 진동 노출에 대해서는 단계1 - 단계12를 반복한다.

단계14. 치구에서 시험 품목을 떼어 내고 시험 품목 및 설치 부품에 대해 검사한다. 고장이 있는 경우 4.3을 참조한다.

## 5 결과 분석.

제1부, 5.14에 주어진 지침과 아울러, 다음 정보는 시험 결과를 평가하는데 도움을 준다.

### 5.1 고장 물리학.

진동 관련 고장 분석은 고장 품목의 역학과 고장 메커니즘을 관련지어야 한다. 이것은 고주기 피로 혹은 마모로 인하여 어떤 것이 파손되는지 결정하기에는 충분치 못하다. 동적 환경에 대한 시험 품목의 역학적 반응과 고장을 관련짓는 것은 필수적이다. 따라서 고장 분석 시 공진 모드 모양, 주파수, 감쇄 값, 및 역학적 변형 분포 및 일반적인 장비의 특성, 초기 균열 위치 등을 분석한다.(부록 B, 2.5 참조)

### 5.2 합격 시험.

계약 요건에 대한 공식적 일치를 증명하기 위하여 시험이 고안된 경우 다음 정의가 추천된다.

a. 고장 정의. “영구적인 변형이나 압축을 당하는 경우 장비가 고장난 것으로 간주한다; 모든 고정된 부품 및 조립품이 느슨해진 경우; 움직이거나 작동 가능한 조립품이 작동 시 맘대로 작동하거나 느리게 작동하는 경우; 시험 품목이 기능 수준 및 다음의 내구성 시험에 노출된 경우 시험 품목의 성능이 규격 요건을 충족시키지 못한 경우.” 이러한 설명이 적절한 규격, 설계 및 검사 방법에 대한 참조문헌에 동반 되도록 해야 한다.

b. 시험 완료. “진동 합격 시험은 시험 품목의 모든 요소가 성공적으로 전체 시험을 통과한 경우에 완료된다. 고장이 일어난 경우 시험을 중단하고 고장을 분석하여 시험 품목을 수리한다. 모든 설비가 전체 시험에 노출될 때까지 시험을 계속한다. 각 개별 요소가 전체 시험을 성공적으로 통과한 경우에는 합격한 것으로 간주한다. 확장 시험 중 고장나는 합격 품목들은 고장으로 간주하지 않으며 시험 완료를 허용하기 위하여 수리한다.”

### 5.3 기타 시험.

합격 시험 외 기타 다른 시험에 대하여, 시험 목적을 반영하는 시험 성공 및/또는 실패 기준과 시험 완료 기준을 마련한다.

## 6 참고규격/관련 문서.

a. Methodology Investigation, Final Report of the TECOM Package Tester Characterization, AD B217688, September 1996.

b. Test Operations Procedure(TOP) 1-1-011, Vehicle Test Facilities at Aberdeen Proving Groud, 6 July 1981; DTIC AC No. A103325.

- c. Handbook for Dynamic Data Acquisition and Analysis, IES-RP-DTE012.1, Institute of Environmental Sciences, 940 East orthwest Highway, Mount Prospect, IL 60056.
- d. International Test Operating Procedure(ITOP) 1-2-601, FR/GE/UK/US. Laboratory Vibration Schedules. 19 October 1992. DTIC AD No B 169566L
- e. International Test Operating Procedure(ITOP) 1-1-050. Development of Laboratory Vibration Test Schedules. 6 June 1997. DTIC AD No B227368.
- f. Tevelow, FrankL., The Military Logistical TransportationVibration Environment: Its Characterization and Relevance to MIL-STD Fuse Vibration Testing. Harry Diamond Laboratories, December 83. HDL-SR-83-11.
- g. Connon, William H(III). Methodology Investigation, Final Report, Ground Vehicle-Loose Cargo Vibration Schedules. January 1987. DTIC AD No B1114819L.
- h. White, Geoge O., Methodology Investigation, Final Report, Loose Cargo Testing of Unpackaged Separate Loading Projectiles. May 1990. DTIC AD No B144437.
- i. Wafford, J.H. and J.F. Dreher, Aircraft Equipment Vibration Test Criteria Based on Viration Induced by Jet and Fan Engine Exhaust Noise. Shock and Vibration Bulletin 43, Part3, 1973, pp. 141-151.
- j. Dreher, J.F., Aircraft Equipment Vibration Test Criteria Based on Viration Induced by Jet and Fan Engine Exhaust Noise. Shock and Vibration Bulletin 43, Part3, 1973, pp. 127-139.
- k. Hinegardner, W.D., et al., Vibration and Acoustics Measurements on the RF-4C Aircraft. Wright-Patterson AFB, OH: ASD Systems Engineering Group, 1967, TM-SEF-67-4.
- l. Bartel, H. W. and J. M. McAvoy, Cavity Oscillation in Cruise Missile Carrer Aircraft. Air Force Wright Aeronautical Laboratories, June 1981, AFWAL-TR-81-3036.
- m. Tipton, A. G., Weapon Bay Cavity Noise Environments Data Correlation and Prediction for the B-1 Aircraft. Air Force Wright Aeronautical Laboratories, June 1980, AFWAL-TR-80-3050.

- n. Thomas, C. E. Flight Surver of C-130A Aircraft. March 1972. ASD-TR-62-2167. DTIC No. AD-274-904.
- o. Bolds, P. G., Flight Vibration Survey C-133 Aircraft. April 1972. ASD-TDR-62-383. DTIC No. AD-277-128..
- p. Kuhn, D. L., Analysis of the Vibration Environment for Airborne Reconnaissance Integrated Electronics System(ARIES) Installed on EP-3EAircraft. Indianapolis: Naval Avionics Center 443, 1975. Document No. ESL -163.
- q. Kuhn, D. L., and R. M., Evaluation of the Vibration Environment for Doppler Ranging Information System System. Indianapolis: Naval Avionics Center 443, 1982. Document No. ESL -420.
- r. Analysis of the Vibration Environment for TACAMO IV B System Installed on ED-130 Aircraft. Indianapolis: Naval Avionics Center 443, 1975. Documet No. ESL -163.
- s. Kuhn, D. L., Analysis of Flight Data for the Big Look Antenna System OE-319/APS Installed on EP-3E Aircraft. Indianapolis: Naval Avionics Center 443, 1981. Document No. ESL -418.
- t. Kuhn, D. L., Analysis of Flight Data for the Deepwell System Installed on EP-3E Aircraft. Indianapolis: Naval Avionics Center 443, 1975. Document No. ESL -169.
- u. Dreher, J. F., E. D. Lakin, and E. A. Tolle, Vibracoustic Environment and Test Criteria for Aircraft Stores During Captive Flight. Shock and Vibration Bulletin 39, Supplement(1969). pp. 15-40.
- v. Dreher, J. F., Effects of Vibration and Acoustical Noise on Aircraft/Store Compatibility. Aircraft Store Symposium Proceedings, Vol. 6, November 1969.
- w. Pierso, A. G., Vibration and Acoustic Test Criteria for Captive Flight of Externally Carried Stores, December 1971. AFFDL-TR-71-158. DTIC No. AD-93-005L.
- x. Frost, W. G., P. B. Tucker, and G. R. Waymon, Captive Carriage Vibration of Air-to-Air Missiles on Fighter Aircraft. Journal of Environmental Sciences, 21:15,(September/October 1978), pp. 11-15.

- y. Mechanical Vibrations; Den Hartog, J. P., Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company. 1956.
- z. A Modern Course in Aeroelasticity. Dowell, E.H., et al, Second Edition, Kluwer Academic Publisher, 1989.
- aa. Shock and Vibration Handbook. Edited by Harris, Cyril M. and Charles E. Crede; McGraw-Hill Book Company.
- bb. Bendat, Julius S., and Piersol, Allan G., Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1993.
- cc. Allemang, Randall J. and David L. Brown, Experimental Modal Analysis and Dynamic Component Synthesis - Measurement Techniques for Experimental Modal Analysis. Vol II. December 1978. AFWAL-TR-87-3069.
- dd. Allemang, Randall J, and David L. Brown, Experimental Modal Analysis and Dynamic Component Synthesis-Modal Parameter Estimation. Vol III. December 1978, AFWAL-TR-87-3069.
- ee. Allemang, Randall J, and David L. Brown, Experimental Modal Analysis and Dynamic Component Synthesis-System Modeling Techniques. Vol III. December 1978, AFWAL-TR-87-3069.
- ff. Airplane Aerodynamics, Dommasch, Daniel O, Sidney S. Sherby and Thomas F. Connolly, Pitman Publishing Corporation, 1958.
- gg. U.S. Standard Atmosphere, 1962
- hh. MIL-HDBK-167, Mechanical Vibrations of Shipboard Equipment (Type I - Environmental and Type II - Internally Excited)
- ii. Mission Environmental Requirements Integration Technology(MERIT), Final Report(draft), 15 September 1996, McDonald Douglas Aerospace

## 부록 A

### 진동 노출 정의에 대한 적합화 지침

#### 1 적용범위.

##### 1.1 목적.

본 부록은 진동 수준 및 환경적 수명 주기를 결정하고 그러한 환경에서 작동 및 생존할 수 있는 군수품의 개발에 필요한 시험을 정의하는데 유용한 정보를 제공한다.

##### 1.2 용도.

가능한 모든 경우에 군수품 설계 및 시험 기준 개발 시 실제로 측정된 군수품의 수명 주기 지속시간을 사용할 것이 권장된다. 가끔 기존의 데이터베이스를 측정 대신에 사용하기도 한다. 여기서 제공하는 자료에 기초한 예비 환경 수명 주기는 계획용 도구로서 유용하다. 예비 수명 주기 정의는 제한된 자원을 군수품에 가장 중요한 진동 노출에 집중시키는데 사용할 수 있다. 설계와 시험 노출 값 설정 지침은 아래에 많은 일반적인 수명 주기 진동 환경에 대한 설명과 함께 제시되어 있다. 제안된 대체 기준(수준 및 지속시간) 혹은 기타 지침은 실제 환경을 정의하는 측정 자료가 무용할 때 권장된다. 표 514.5-1은 단락 번호에 대한 참조 문헌과 함께 후속 절에 대한 개요를 포함한다.

#### 2 진동 환경.

##### 2.1 제조/유지보수.

다음 부분은 일반적으로 환경 수명 주기의 일부분으로 간주되지 않는다. 그러나 이러한 활동은 군수품에 대한 진동 피로 손상을 야기하기도 한다. 이러한 환경을 평가하고 중요하다면 설계 및 환경 시험 전체조건으로 포함된다.

##### 2.1.1 범주1 - 제조/유지보수 공정.

모든 군수품은 제조 및 유지보수 중 몇 가지 진동을 경험하게 된다.

- a. 제조. 모든 군수 품목에 대한 제조 공정이 동일하다면(시험 품목 포함), 이 노출 시험은 공통적이며 추가 시험을 요하지 않는다. 그러나 이 환경을 평가하고 중요하다면 설계 측정 시 포함한다. 상이한 일련 번호의 품목(대량)이 제조 중 진동 노출 시 중요한 차이를 경험할 때 최대 진동 노출을 경험하는 품목에서 진동 시험 시료를 선정한다.
- b. 유지보수. 이러한 환경을 평가하고 중요하다면 설계 및 시험 노출 시 포함시킨다.
- c. 노출 수준. 노출수준을 측정한다. 수준이 일련번호 품목별 다를 경우, 최대 값을

사용한다.

d. 노출 지속시간. 제조 및/혹은 유지보수 공정으로부터 노출 시간을 측정한다. 시간이 일련 번호 품목마다 다를 경우 최대 값을 사용한다.

### 2.1.2 범주2 - 선적 및 처리.

부품, 부조립품 및 군수품은 제조와 유지보수 설비 간 및 처리 및 수송에 의한 진동에 노출된다. 만일 처리 및 수송이 모든 품목에 대해 동일하다면(시험 품목 포함) 이 노출은 공통되므로 시험이 필요하지 않다. 그러나 중요하다면 이 환경을 평가하고, 설계 시 포함한다. 상이한 일련 번호의 품목(대량)에 대한 노출 간 중요한 차이점이 있을 때 최대 진동 노출이될 품목으로부터 진동 시험 시료를 취한다.

a. 노출 수준. 표준 상업 수단으로 수송한다면 부록 A, 2.2의 적용 가능한 지침을 사용한다. 기타 조건에 대해 노출 수준을 측정한다.

b. 노출 지속시간. 표준 상업 수단으로 수송한다면 부록 A, 2.2의 적용 가능한 지침을 사용한다. 제조 및 유지보수 계획에 따라 노출 시간을 결정한다.

### 2.1.3 범주3 - 환경적 응력 스크리닝(ESS).

부품, 부조립품 및 군수품은 제조 및 유지보수 중 ESS 진동 노출을 흔히 경험한다. 노출 수준은 모든 품목에 대해 동일한 반면(시험 품목 포함) 노출 수준은 다르다. 시험 품목은 생산 인수 전 ESS의 복합 주기에 적용된다. 먼저 노출은 진동 피로와 관련하여 매우 중요하다. 설계 시 환경적 시험 전체 조건과 최대 허용 노출을 포함한다.

a. 노출 수준. 부품, 부조립품, 및 군수품 ESS에 대해 규정된 노출 수준을 사용한다.

b. 노출 지속시간. 부품, 부조립품 및 군수품 ESS에 대해 최대 허용 생산 및 유지보수 노출을 사용한다.

## 2.2 수송.

a. 시험 품목 배치. 모든 수송 노출에서, 특정 수송 단계 맞게 시험 품목을 적절하게 배치한다. 다음 기준은 포장된 군수품에 대한 입력으로 정의된다.(또는 배치된 수송)실제 포장에서 실제의 군수품인 시험 품목을 사용한다. 모의시험(더미)된 품목에 대해 진동 측정 실시 및 군수품 수명 주기의 기타 진동 노출과 이 측정을 비교하는 것은 일반적으로 적당하지 않다. 본 시험법의 전문에서 단락 1.3b 및 부록 B, 단락 2.4를 참조할 것.

b. 수송 단계에 따른 배치 변경. 포장은 상이한 수송 단계에서 재배치된다. 예를 들어, 선적 컨테이너는 적재 및 비적재 상태에서 낙하 및 충격을 보호하기 위해 저주파수 충격 차단 시스템을 가진다. 이러한 저주파수 충격 차단 시스템은 컨테이너가 수송 차량의 화물칸에 적재되는 경우 지탱하고 받쳐줌으로써 우회하기도 한다.

아래 규정된 지침은 다양한 차량으로 수송되는 동안 진동 환경에 대한 요건이다. 충격 환경에 대한 지침으로는 시험법 516.5를 참조한다.

c. 충격 또는 진동 차단. 선적용으로 포장된 군수품은 매우 낮은 공진 주파수를 가져서는 안 된다.(부록 B, 2.4.2 참조) 그렇지 않으면 고정 및 현수 요소의 충격 및 현수 요소의 과팽창에 의한 손상이 일어난다. 수송을 위하여 포장/배열하는 것은 현수 요소와 주변 구조물 사이에서 저 주파수 관련 운동을 방지하기 위하여 내부의 현수 군수품 부드럽게 차단하는 것을 포함해야 한다. 최소 현수 주파수는 입력 스펙트럼에서 모든 저주파수 스파이크 또는 해안돌출부의 주파수의 2배이어야 한다. 그리고 고정의 항공기에서 수송하기 위해 포장된 군수품의 최소 현수 주파수는 20Hz이어야 한다. (부록 A, 2.2.4 및 2.2.5 참조)

d. 군수품 방위. 포장된 군수품의 방위를 수송 차량에 비례하여 고정할 때 진동 노출은 차량 방위와 관계가 있다.(예를 들어, 수직, 종단 및 횡단) 차량 내 방위가 변할 수 있다면 진동 노출은 가능한 방향의 기항으로부터 도출한다(예를 들어, 종단 및 횡단 결합, 수직)

주: 지상 차량 수송 환경적 측정이나 시험의 높은 정확도를 요하는 경우 트럭, 트레일러 대형 조립 화물 차량에 대해 아래의 부록 A, 2.2.3은 모든 화물 크기 혹은 고정된 배치에 따라 조정된다.

#### 2.2.1 범주4 - 트럭/트레일러/트랙형 차량 - 포장된 하물.

이러한 수송 환경은 도로 및 표면 불연속성을 가진 차량 대기 및 구조의 상호작용으로부터 발생하는 광대역 진동에 의하여 특징 지워졌다. 제조 시부터 최종 사용까지 작동 군수품에 대해 실험하는 대표적인 조건을 제1부, 그림 4-2에서 묘사한다. 임무/현장 수송은 이를 트레일러/바퀴 차량 및 트랙형 차량 범주로 상세하게 분류된다.

a. 미 고속도로에서 트럭 수송. 이것은 제조자의 공장에서 모든 미 대륙의 보급소 및 사용자 설비로 이동하는 것과 관련이 있다.(자료는 미국 도로에서는 유용하나 다른 국가의 도로에는 부적합하다) 이러한 수송은 주로 대형 트럭 및/혹은 트랙터-트레일러 조합 차량으로 이루어진다. 이 수송을 위한 총 이동 거리는 포장 고속도로에서 일반적으로 3200-6400킬로미터이다.(2000-4000마일)

b. 임무/현장 수송. 플랫폼이 이를 트레일러, 2.5톤-10톤 트럭 및 반트레일러 및/또는 트랙형 차량 인 경우 화물과 같은 군수품의 이동과 관련이 있다. 이 수송에 대한 일반적 이동 거리는 500-800킬로미터(300-500마일)이다. 임무/현장 수송 지원의 도로 조건은 포장 고속도로에 더하여 차량이 비포장 도로 및 전투 환경 하의 비포장 지형(도로를 벗어남)을 횡단한다는 점에서 일반 수송차량과 다르다.

c. 노출 수준. 가능한 모든 경우에 군수품의 수명주기 환경 프로파일의 도로 조건(지상, 속도 및 작전적 행동)을 사용하는 수송 차량에 대해 진동을 측정한다. 현실적인 적재 배열을 포함한다.(무게에 따라 대략 75% 의 차량 적재 용량) 노출 수준 전개

시 본 자료를 사용한다. 대안으로는 노출 수준을 아래 논의한 바대로 도출한다.

(1) 미 고속도로에서 트럭 수송. 노출 수준은 부록 C, 그림 514.5C-1에서 도출한다. 이 그림은 트럭 및 반트레일러 조합의 7가지 상이한 배치의 화물 바닥에서 측정된 자료에 기초한다. 재래식 및 공기 쿠션 정지 장치 모두가 대표적이다. 자료는 데이터베이스의 일부분으로서 주를 횡단하는 고속도로로부터 수집되었다.

(2) 이륜 트레일러 및 바퀴 차량. 부록 C, 그림 514.5C-2와 514.5C-3에서 제시한다. 트럭과 이륜 트레일러 모두 전방보급소(FSP)간 및 사용 단위(USU) 모두에서 사용된다. 트레일러 진동 수준은 심각하게 더 높다; 바퀴 차량 환경을 나타내기 위하여 이들을 사용한다. 그러나 군수품이 이륜 트레일러에 비해 너무 클 때 복합 바퀴 차량을 사용한다.

(3) 트랙형 차량. 대표적인 트랙형 차량 분광 모양은 부록 C, 그림 514.5C-4에서 제시한다. 몇몇 트랙형 차량에 대해 상세한 기준을 설명하는 참조문헌 f에서 논의한 바와 같이 그림은 협대역 스파이크를 통과하는 소인을 기초한다는 점에 유의한다. 본 요건에 따른 시험은 협대역 난진동 여진기 제어 전략을 요할 것이다.

d. 노출 지속시간. 군수품 수명주기 환경 프로필에 따른 시간을 기본으로 한다. 부록 C, 표 514.5C-1은 가장 보편적인 차량을 사용하는 일반적 현장/임무 수송 시나리오를 제시한다.

(1) 미 고속도로에서 트럭 수송. 일반 수송차량/트럭에 대한 노출 시간은 도로 이동(축 단위) 시 1609킬로미터(100마일)당 60분이다(ITOP 1-1-050 지침(참고문헌 e) 참조).

(2) 이륜 트레일러 및 바퀴 차량. 이륜 트레일러에 대한 노출 시간은 도로 이동(축 단위) 시 51.5킬로미터(32마일)당 32분이다. 그리고 복합적 바퀴 차량에 대한 노출 시간은 도로 이동(축 단위) 시 804.6킬로미터(500마일)당 40분이다.

(3) 트랙형 차량. 환경적 수명 주기 노출 시간을 사용한다. 상세한 지침은 참조문헌 f를 참조한다.

**2.2.2 범주5 - 트럭/트레일러/트랙형 차량 - 비포장 화물.**

이 화물은 다른 화물 및 차량의 측면과의 통감, 마모 및 충돌에 대해 자유롭다. 비포장 화물 환경은 비포장 도로를 달리는 차량을 통해 수송되는 화물이 경험하는 조건을 포함한다. 본 시험은 이 조건 하에서 수송되는 화물에 의하여 반복되는 무작위 충격 환경을 묘사한다. 본 시험은 취급 혹은 사고 시 받는 일반적 화물 갑판 진동 및 개별 충격이나 충돌에 대해서는 설명하지 않는다.

a. 노출 수준. 이 환경은 포장의 기하학적 함수와 관성 특성, 차량 기하학 및 차

량 화물 원판의 복합 진동 운동의 작용이다. 이 환경을 모사하기 위한 입력 진동에 대한 데이터베이스는 없다. 그러나 아래 논의한 시험은 일반적으로 환경의 일 반적 모사를 제공한다.

(1) 두 가지 방법론 연구(참고문헌 g와 h)에서 표준 포장 시험장치(300rpm, 회전 동위 모드)(부록 C, 그림 514.5C-5)가 비포장 화물 수송 환경의 합리적인 모의시험 을 제공한다고 결정하였다. 포장 시험장치 원판의 운동은 5Hz에서 직경 궤도 경로 2.54cm(1.0 in)이다.(원판의 각 지점은 수평 판에 대해 평면 직각으로 순환 경로로 움직인다) 시험 품목은 규정된 시험 기구 제한사항과 상반되는 것을 허용한다.

(2) 본 시험은 군수품 설계 요건 측면에서 조정 불가하며 직접적으로 간섭받지 않는다.

b. 노출 지속시간. 지속시간 20분은 군대 보관 지역에서 사용 단위(Using Unit)까지 수송 시나리오에서 알 수 있는 다양한 도로 상태에 대해, 수송 시 이동거리 240킬 로미터(150마일)를 나타낸다. (부록 C, 표 514.5C-1 참조) 군수품 수명 주기 환경 프로파일의 시험 횟수는 노출 횟수를 정의하는 비율이다.

### 2.2.3 범주6 - 트럭/트레일러/트랙형 차량 - 대형 조립 화물.

대형 군수품의 경우, 군수품과 수송 차량이 유연한 구조로 진동한다는 것을 인지해야 한다. (부록 B, 2.4 참조) 그러한 경우, 진동 여진기로서 실제 수송 차량을 사용하여 수송 조건을 모사한다. 시험 집합물은 트럭, 트레일러, 트랙형 차량에 설치된 군수품 및 트럭, 트레일러, 또는 수레 위에 설치된 차폐막에 설치된 군수품으로 구성된다. 군수품이 실제 수송 시 사용 되는 수송차량에 안전하게 설치되도록 한다. 군수품의 설치대, 화물 바닥, 혹은 차폐물 바닥 의 수직 진동 측정용 계측기를 제공할 것. 군수품 및 중요한 조립품의 진동 결정 시 필요에 따라 추가의 계측기를 제공한다.

주: 본 절차는 모든 크기나 무게의 군수품 수송이나 지상 이동 환경에서 측정하거나 시험할 때 적합하다. 소형 화물 적재의 경우, 집합물은 수송용으로 적절하다고 판단된 경우 특수 설 계 화물 적재 또는 가장 중요한 화물 적재이어야 한다.

a. 노출 수준. 집합물은 전개 형상으로 설계 차량에 고정한다. 만일 집합물이 차폐 물에 포함된 경우, 전개 형상으로 차폐물 내에 설치해야 한다. 노출은 준비한 시험 코스로 차량을 이동시켜 실시한다. 시험 코스와 차량속도는 수명 주기 환경 프로파일 의 수송 지형/도로 조건을 나타낸다. 수송차량속도는 전체 특수 코스 수송 시 차량 의 안전 운행 속도로, 특수 코스에 대해서는 속도 제한을 조정함으로써 제한되기도 한다. 미군 Aberdeen Test Center(참고문헌 b)에서 사용하는 시험 지면에 기초한 한 사례는 다음과 같다. 다음의 시험 지면에서 시험 차량을 각각 운행한다. 이것 안 전 운행 조건을 초과하지 않는 경우에는 규정된 속도로 운행한다. 이러한 경우에는 환경적 요건에 대한 관할 당국과 최대 안전 운행 속도를 정의하고 조절한다.

(1) 거친 물결무늬 판(150mm 파장 개 별 2m) 8km/hr

부록 A

(2) 벨기에 블록	24km/hr
(3) 방사성 물결무늬 판(50mm-100mm 파장)	24km/hr
(4) 2인치 물결무늬 판(50mm)	16km/hr
(5) 3인치 물결무늬 판(75mm)	32km/hr

b. 노출 지속시간. 각 시험 구역/속도의 노출 시간은 수명 주기 환경 프로파일의 모의 시험에 따른다.

2.2.4 범주7 - 항공기 - 제트기.

제트기의 하물 진동 환경은 본질적으로 불규칙한 광대역이다. 최대 진동은 주로 엔진 개스 배출 노이즈 및 이륙 시 발생하는 엔진 소음이다. 수준은 발생된 경계층 소음인 수준보다 낮은 수준 순항으로 이륙한 후 신속하게 떨어진다. 이러한 원인은 부록 A, 2.3.1에서 논의한다.

a. 저주파수 진동. 진동 기준은 15Hz에서 시작한다. 15Hz 이하의 주파수에서는 화물이 동적으로 반응하지 않는 것으로 가정한다.(부록 B 2.4 참조) 기체 저주파수 진동은(돌풍 반응, 착륙 충격, 궤도수정 등) 연속적인 관성 부하(가속도)로 간주한다. 그러한 환경의 부품은 시험법 513.5에서 다룬다.

b. 대형 화물 품목. 기체에 비례하여 치수/질량이 큰 하물은 항공기 구조적 운동과 상호작용 한다.(부록 B 2.4 참조) 이것은 군수품이 20Hz 이하일 때 더욱 그러하다. 이러한 상호작용은 항공기 부하 및 항공기 불규칙적 진동과 관련하여 매우 심각한 결과를 초래하기도 한다. 수송 전 항공기 구조기술자들의 설명에 맞는지 군수품을 평가한다. 이러한 평가를 위하여 항공기 유형에 대한 책임지는 시스템 프로그램 사무국에 연락한다.

c. 노출 수준.

(1) 대부분의 제트기 화물 비행기의 진동 합격 기준은 항공기 유형에 대해 책임지는 시스템 프로그램 사무국을 통하여 사용할 수 있다. 이러한 기준은 항공기용으로 영구 설치하는 것으로 장비에 자격을 부여하기 위해 고안되었고 화물을 보호한다. 그러나 화물 갑판 구역에 위치한 장비의 기능 기준은 필요한 경우 화물용으로 사용된다. 부록 A 2.3.1의 지침은 특수 항공기 및 하물에 대한 일반적인 기준을 구성하기 위하여 고안되었다.

(2) 부록 C, 그림 514.5C-6은 C-5, C/KC-135, C-141, E-3, KC-10 및 T-43 항공기 화물칸의 기능적 합격 수준을 제시한다. 또한 그림에 제시된 것은 "일반 노출"로 표시된 곡선이다. 이 기준은 제트기 화물을 위하여 권장된 기준이다. 이 곡선은 가장 일반적 군대 제트기 수송 시 최악의 사태 구역의 요건에 기초하여 다양한 스펙트럼에서 모든 피크가 포함되지 않는다 해도 상이한 주파수 지수의 기타 제트기 수송을 포함한다. 곡선의 형상을 이륙 시 화물에 최악의 조건임을 나타낸다. 다른 비

행 조건 하에서 진동은 본질적으로 더 적다.

- d. 노출 지속시간. 부록 C, 그림 514.5C-6을 사용할 때 이륙 시 1분의 노출 시간을 선택한다. 수명 주기 환경 프로파일로부터 이륙 횟수를 결정하고 그렇지 않으면 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.2.5 범주8 - 항공기 - 프로펠러.

프로펠러 항공기에 대한 화물 진동 환경은 상대적으로 높은 진폭, 대략 프로펠러 통과 주파수 및 고조파에서 사인 스파이크에 의하여 좌우된다. 엔진 속도 변동으로 인하여 스파이크의 주파수는 대역폭에 따라서 변한다. 저수준 주파수에서는 넓은 대역폭 진동이 있다. 대역폭 진동은 주로 항공기위의 경계층 유동에 의한 것이다. 이러한 원인은 부록 A 2.3.2에서 논의한다.

- a. 저주파수 진동. 진동 기준은 15Hz에서 시작한다. 15Hz 이하의 주파수에서는 화물이 동적으로 반응하지 않은 것으로 가정한다.(부록 B 2.4 참조) 기체 저주파수 진동은(돌풍 반응, 착륙 충격, 궤도수정 등) 연속적인 관성 부하(가속도)로 간주한다. 그러한 환경의 부품은 시험법 513.5에서 다룬다.
- b. 대형 화물 품목. 기체에 비례하여 치수/질량이 큰 화물은 항공기 구조적 동력과 상호작용 한다.(부록 B 2.4 참조) 이것은 군수품이 20Hz 이하일 때 더욱 그러하다. 이러한 상호작용은 항공기 부하 및 항공기 불규칙적 진동과 관련하여 매우 심각한 결과를 초래하기도 한다. 수송 전 항공기 구조 기술자들에 의해 작성된 지침에 맞는 군수품을 평가한다. 이러한 평가를 위하여 항공기 유형에 대한 책임지는 시스템 프로그램 사무국에 연락한다.
- c. 노출 수준. 항공기의 진동 기준에 대해 책임지는 시스템 프로그램 사무국에 연락한다. 만일 기준을 사용하지 않는다면 항공기의 화물 감판 측정을 권장한다. 최후 수단으로 부록 A 2.3.2의 지침을 사용한다.
- d. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.2.6 범주9 - 항공기 - 헬리콥터.

- a. 환경적 특성. 헬리콥터로 수송하는 화물의 진동은 연속 광대역, 포개진 강한 협대역 피크의 저수준 배경에 의하여 특징 지워진다. 이러한 환경은 메인 및 테일 로터, 회전 기계장치에 기안한 사인파 요소 및 공기 역학 흐름에 의한 저 수준의 램덤 요소이다. 이러한 원인은 부록 A 2.3.3에서 논의한다.
- b. 투석기 적재. 헬리콥터 아래 투석기 적재물로 수송되는 화물은 헬리콥터 메인 로터 날개 통로에 의하여 협대역 피크 화물 주변 난류 흐름에 의하여 나타나는 저수준의 램덤진동에 주로 적용된다. 추가로 투석기 정지 모드에 의한 저주파수 운동

## 부록 A

이 있을 것이다.(진동 흡수장치 모드와 유사함, 부록 B 2.4.2 참조) 투석기의 강성 및 매달린 질량에 기초하여 투석기를 선택하므로 헬리콥터 주파수( $f_s$ )는 헬리콥터 메인로터 축진 주파수( $f_i$ )와 일치하지 않는다. 헬리콥터 주파수는 축진 주파수의 지수 2 이내가 아니다. ( $f_s < f_i/2$  또는  $F_s > 2f_i$ ) 부록 C 표 514.5C-IV로부터 여러 가지 헬리콥터에 대한 주요 로터 축진 주파수(이동 회전 주파수, 날개 통로 주파수 및 고조파 등)를 측정한다. 화물과 투석기의 부적합한 결합을 사용한 경우 치명적 진동이 일어난다. 화물은 헬리콥터를 보호하기 위하여 떨어뜨려야 한다.

c. 노출 수준.

(1) 헬리콥터 내부 화물 진동은 헬리콥터 화물칸 내부 위치의 및 헬리콥터 구조 강성과 화물의 질량의 상호작용이다. 특수 헬리콥터 화물의 진동 수준의 측정은 어떤 정확성을 가지고 진동을 결정하기 위하여 필요하다. 적합한 기준은 부록 A, 2.3.3에서 도출한다. 1998년 공개로 예정된 개정 참고문헌 f는 특수헬리콥터에 위하여 조정된 기준을 포함한다.

(2) 투석기 화물 진동 수준을 정의하기 위한 현 자료 출처는 없다. 그러나 이 수준은 낮아야 하며 타당한 수준의 정도로 설계된 군수품 설계 시 중요한 요소로 작용해서는 안 된다. 부록 A 2.4.1의 제안된 최소 무결성 시험과 같거나 초과하는 진동 수준 및 지속시간으로 설계된 군수품은 이러한 환경에 의하여 영향을 받지 않는다.

(3) 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일 혹은 참고문헌 f의 시간을 사용한다.

## 2.2.7 범주10 - 함선 - 해상 함선.

함선으로 수송되는 화물의 진동 환경은 기본적으로 함선에 설치된 군수품의 진동수준과 같다. 부록 A 2.3.10을 참조한다.

a. 노출 수준. 부록 A 2.3.10을 참조한다.

b. 노출 지속시간. 부록 A 2.3.10을 참조한다.

## 2.2.8 범주11 - 철도 - 기차.

철도 수송 시 진동수준은 일반적으로 저수준이고 광대역에서 적당하다. 수직 축 진동은 측면 및 세로 보다 일반적으로 더 가혹하다. ITOP 1-1-050(참고문헌 e)을 참조한다.

a. 노출 수준. 부록 C 그림 514.5C-7은 철도 차량의 진동의 일반적인 정의를 제공한다. 진동 수준은 대부분의 경우에 군수품 혹은 포장 모형에 영향을 주지 않을 정도이다. 부록 C 그림 514.5C-7의 수준이 군수품에 대해 중요한 경우에는 실제 환경을 결정하기 위하여 측정을 실시한다.

b. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

## 2.3 조작상 정비.

본 절은 차량, 항공기 보관소, 터빈 엔진에 설치된 군수품 혹은 사람에 의하여 수송되는 군수품에 적용한다. 그러한 군수품은 영구 설치되거나 떼어낼 수 있다.

### 2.3.1 범주12 - 고정익 항공기 - 제트기.

제트기(엔진 설치 및 포격 유도는 제외한다. 각각 부록 A 2.3.11 및 시험법 519.5 참조)에 설치된 군수품의 진동 환경은 네 가지 주요 장치로부터 유래한다. (1) 항공기 구조물에 부딪히는 엔진소음, (2) 항공기 구조물의 외부 돌풍 기체 흐름, (3) 외부 기체 흐름에 대해 열린 공동, 특히 열린 무기실 내의 돌풍 기체 흐름 및 청각적 공진 현상 및 (4) 기동, 공기 역학적 진동, 착륙, 지상 이동 등에 의하여 기체 구조적 운동이 있다. 진동은 또한 설치된 시험품목으로부터도 유발한다. 이러한 진동은 주로 단지 국한되어 혹은 근원지 가까이에서만 심각하며 그러한 국한된 지역에서는 중요하지 않기도 하다.

a. 기체 구조적 반응. 기체 구조적 운동은 과도적 결과에 대한 유연한 기체 구조의 반응이다. 그러한 결과의 사례는 무거운 비품을 발사하고 기류를 분리하거나 기동 중 비행면 소용돌이 장애를 줄 때 착륙 충격 착륙 저지, 비행기 사출기, 날개 및 비행기 파이런의 반동 등이다. 비행기 사출기 이륙 및 착륙 저지도 구조적 이동을 유발한다. 이들은 과도 진동으로서 시험법 516.5에서 다룬다. 기체 구조의 이동은 유연한 구조의 외부 지역에 있어서 매우 중요하다.(즉, 외부 날개의 1/2, 미부, 비행기 목표탑 등). 이러한 진동은 관련된 특수 기류의 특성이며 측정 자료를 통하여 평가되어야 한다. 기타 다른 기류 지역에서(동체, 함내 날개 등) 이러한 진동은 비교적 온건하며 일반적으로 아래 설명한 대체 기준 및 최소 무결성 기준에 의하여 다루어진다. (부록 A 2.4.1)

b. 제트기 소음 및 공기역학적으로 유도되는 진동. 진동을 유도하는 제트기 소음은 일반적으로 낮은 동적 압력으로 운행하는 제트기에서 지배적이다. 즉 낮은 고도에서는 음속이하의 속도로 높은 고도에서는 천속도로 제한된다. (참고문헌 i) 공기역학적으로 유도되는 진동은 일반적으로 낮은 고도에서 천음속 속도로 혹은 어떤 고도에서 음속 이상의 속도로 운행하는 제트기에서 주로 지배적이다. (참고문헌 j와 k)

c. 공동 소음으로 유도되는 진동. 개구부를 통과하는 기류가 있는 항공기 표면에 개구부가 있는 경우 항공기 내 해당 공동은 고수준의 공기역학적 및 소음 요동 압력에 노출된다. 이는 일반적인 공기 흐름 장애 및 특히 공동 여진으로 알려진 현상에 대한 장애로 인한 것이다. 요동압력은 분석적으로 예견할 수 있으며 풍속 터널 측정 시 다소 더 정확하게 측정될 수 있다. 비행 시험 측정은 이러한 압력 측정 시 사용하는 유일한 정확한 방법이다. 먼저, 압력을 제시하였다 해도 발생하는 진동을 예측하는 것은 매우 어려우므로 간단한 방법은 사용할 수 없다. 이러한 진동을 측정해야 한다. 이러한 진동은 소형 공동 주위의 화염 발사장치, 냉기 소모 개구부 등과 같은 국한된 지역에서 주로 중요하다. 큰 공동(특히 무기실)에서 유발하는 진동은 주로 전체적인 항공기 진동의 주된 원인이 된다. 시험법 515.5는 이 환경을 모의 시험하는 소음 시험을 포함한다. 그러한 절차는 공동 내부에 위치한 군수품에

## 부록 A

사용하기도 하지만 공동 주변 근처 지역의 진동 환경을 모의시험하기에는 부적합하다. 공동이 계속 열린 채로 있는 곳에서는 진동이 계속된다. 문이나 덮개를 열면 과도 진동이 있을 것이다. 문을 그대로 열어두면 문을 닫았을 때와 같이 또 다른 과도 진동을 수반하는 정상 상태의 진동이 있다. 문을 빠르게 열고 닫으면 때로는 단일 과도 진동과 같이 완전 사건이 특징지워 질 수 있다.

d. 군수품에서 유도된 진동. 추가로, 설치된 군수품은 심각한 진동을 유발할 수 있다. 기계적 이동과 관련된 모든 군수품은 진동을 유발한다. 이것은 특히 모터, 펌프, 및 기어함과 같은 부품을 회전시키는 군수품에서 더 그러하다. 설치된 군수품의 진동 출력은 광범위하게 변하고 설치대 및 군수품의 특성에 따라 매우 다르다. 군수품에 의한 국한된 지역을 예견하기 위한 원칙은 없다. 군수품은 개별적으로 평가해야 하며 상기 논의한 바와 같은 일반적 항공기 환경은 설치된 군수품의 진동 기여도를 평가하는 것으로 기대된다.

e. 노출 수준. 인증 시험 수준 형태의 진동 기준은(부록 B 2.1.2 참조) 군대용으로 개발된 대부분의 비행기에 대하여 규정되어 있다. 이 기준은 특수 비행기 프로그램 사무국을 통하여 취득가능 하다. 이것은 노출 수준을 전개하기 위하여 추천된 원칙이다. 만족스러운 기준을 사용하지 않은 경우 측정된 자료는 항공기 프로그램 사무국을 거쳐 사용하게 된다. 그렇지 않으면 실제의 진동을 측정하도록 권장한다.

(1) 최후 조치로는 노출 수준 전개를 위하여 부록 C 표 514.5C-III 과 그림 514.5C-8을 사용하기도 한다. 해당 품목의 각 비행 조건에 대해 제트기 소음으로 유도된 진동과 공기역학적 유도된 진동 모두를 정의한다. 그러한 조건의 비행 수준은 기량이 두 개이다.

(2) 이것은 지탱 구조에 비해 작은(가벼운) 군수품에 적용한다. 군수품이 더 무거울수록 지지 구조의 역학적 상호작용은 증가한다. 일반적인 실물크기의 유인 항공기에 대해 이러한 영향은 36kg(80lb)이하의 군수품에 대해서는 주로 무시한다. 무거운 재료에 대한 단순 질량 부하 지수는 부록 C 표 514.5C-III에 포함되어 있다. 그러나 무게 72kg(160lb) 이하의 군수품 설치 시 역학적 상호작용에 대해 평가한다. (부록 B 2.4 참조)

(3) 진동 흡수장치(충격 흡수장치)에 설치된 군수품은 지지 구조로부터 역학적으로 떨어진다. 만일 군수품이 지지 구조에 비해 너무 크거나 무겁다면(부록 B 2.4.2 참조) 지지 구조에 대한 진동에 대한 군수품의 영향은 최소가 될 것이며 상기 논의된 질량 하중 지수는 적용하지 않는다. 상기 논의된 노출 수준을 진동 흡수장치에 입력한다.

f. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.3.2 범주 13 - 고정익 항공기 - 프로펠러 항공기.

## 부록 A

프로펠러 항공기에 설치된 군수품에 대한 진동 환경은(엔진 설치 및 포격 유도는 제외한다. 각각 부록 A 2.3.11 및 시험법 519 참조) 주로 프로펠러에서 유도된 진동이다. 진동 주파수 분광은 협대역 스파이크가 포개진 광대역 배경으로 구성된다.(참고문헌 n-t 참조) 배경 분광은 터보프로펠러와 관련된 여러 가지 난요소(엔진, 기어함, 쉘프트 등)에 의하여 초래된다. 프로펠러 날개로 회전하는 압력 범위의 통로에 의하여 스파이크를 제작한다. 이는 주로 프로펠러 통로 주파수(프로펠러의 분당 회전 횟수(rpm)와 날개 수 곱하기) 및 고조파에 결합된 비교적 협대역에서 주로 발생한다.

- a. 불변 프로펠러 속도. 현재 대부분의 프로펠러 항공기는 일정한 속도 기계장치이다. 이것은 프로펠러 회전 횟수(rpm)는 일정하게 유지되며 연료 흐름 변화 및 변동 피치 날개, 풍차 및 프로펠러를 통하여 전력 변화가 있음을 의미한다. 이러한 기계는 부록 C 그림 514.5C-9의 안정된 주파수의 스파이크를 생성한다. 이러한 스파이크는 대역폭이며 최소 rpm 진행 때문에 진동은 순수 시누소이드가 아니며(부록 B 2.3.3) 항공기에 모델이거나 시험 또는 제조되어 설치와 같은 군수품의 공진 주파수 차이를 고려한다.
- b. 프로펠러 속도 변동. 프로펠러 속도가 운행 중 변할 때, 진동 수준을 정의하기 위하여 분광이나 부록 C 그림 514.5C-9와 유사한 일련의 범례가 필요하다. 이러한 분광의 스파이크는 작동의 프로펠러 속도 변화를 포함하는 대역폭을 가질 수 있다. 개별 임무 구획을 설명하기 위해 별도의 분광이 필요할 수 있다.
- c. 원인 존속 시험. 이러한 진동 환경은 부록 B 2.3.3에서 규정한 원인에 의하여 시험소에서 접근할 수 있다. 이러한 환경의 진동 문제는 일반적으로 군수품의 진동 모드와 여진 스파이크와 관련된다. 우수한 설계는 군수품 진동 모드에 대해 안전한 지역과 같은 스파이크 사이 노치를 사용한다. 진동 흡수 주파수는 스파이크 주파수와 일치하지 않다고 가정하는 것이 특히 중요하다. 원인 존속 시험은 군수품이 비표준 조건에서 과잉 응력을 받을 가능성을 최소화해 주며 합당한 설계 규정이 없어도 지지 않음을 보장해야 한다.
- d. 노출 수준. 가능한 모든 경우 비행 진동 측정은 진동 기준을 개발하기 위하여 사용한다. 비행 측정이 없다면 부록 C 표 514.5C-II의 수준과 부록 C 그림 514.5C-9의 범례를 사용할 수 있다. 이 수준은 C-130 및 P-3 항공기 측정에 기초한 것이며(참고문헌 p-t) 이러한 항공기의 환경을 공정하게 대표한다. 주파수에 따른 스파이크 가속도 분광 밀도의 쇠퇴는 분광 밀도 형식에서 분석한 자료에 기초한다.
- e. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.3.3 범주14 - 회전 날개 항공기 - 헬리콥터.

헬리콥터 진동은(엔진 설치 및 포격 유도는 제외한다. 각각 부록 A 2.3.11항 및 시험법 519.5 참조) 부록 C 그림 514.5C-10에서 묘사한 바와 같이 협대역 배경에 포개진 우세한 피

## 부록 A

크에 의하여 특징지어진다. 피크는 주요 회전 부품(주된 로터, 기미 로터, 엔진, 기어함, 축재 등)에 의하여 생산되는 시누소이드이다. 피크는 각 회전 부품(즉, 메인 로터 1P, 테일 로터 1T, 및 S가 부분적으로 지배적인 회전 부품이라고 지정한 경우 1S)의 회전속도(주파수) 및 이 속도의 고조파(예를 들어 2P, 3P, 4P)에서 발생한다. 광대역 배경은 공기역학적 소음과 같은 원인에 의한 저고도 시누소이드와 난 변수의 혼합이다.(부록 A 2.3.1 참조) 진동 주파수 및 분광 모양은 헬리콥터 유형 간 및 각각 헬리콥터를 거쳐 크게 변하며 원인의 강도와 위치 및 구조물의 기하학 및 단단함에 따라 다르다. 따라서 측정 자료의 요건은 정확해야 한다.

a. 광대역 배경. 광대역 배경은 설계 및 시험 목적을 위해 난 진동으로 표현된다. 설계 및 모든 시험 수준의 시누소이드 및 난 요소 시험에 대한 설계에서의 적용가 정의는 실체가 아니다.

b. 우세한 시누소이드. 우세한 시누소이드는 헬리콥터의 메인 로터, 테일 로터, 엔진, 운전 축 및 기어망과 같은 이러한 부품의 정상 운행 속도는 주로 일정하며 5% 이내로 편차가 있다. 그러나 최근의 설계는 공칭 로터 속도별 모의 정상 상태 로터 속도를 95-110퍼센트 사이로 야기하는 변동 로터속도 제어의 이점이 있다. 이것은 모든 회전 부품 속도를 모의 또는 달리 고려해야 하기 때문에 군수품 설계와 시험공정을 복잡하게 한다.

c. 변동 로터 속도. 헬리콥터가 회전 속도의 전 범위에 대해 고려한다면 변동 속도 헬리콥터도 가능하다. 0.975의 최소 속도에서 1.025의 최대 속도 범위를 추천한다.

d. 설계 규정. 명백한 헬리콥터 군수품 설계 요건은 군수품 공진 주파수와 우세한 시누소이드 사이의 조화에 가깝거나 조화를 피하기 위한 것이다. 운행 속도와 공진 주파수 사이의 최소 공간거리는 최소 5퍼센트로 추천한다. 헬리콥터 주파수와 고도가 개별 헬리콥터 유형별로, 주어진 유형의 각 모델의 몇 가지 수준에 따라 독특하다는 점에 유의하는 것이 중요하다.

e. 노출 수준.

(1) 상기 명시한 이유에 대해 헬리콥터에 설치한 군수품의 노출 수준을 현장 측정으로부터 도출한다.(1998년 공개 예정인 참고문헌 f 개정판은 특수 헬리콥터에 대한 기준을 포함한다.) 측정 자료가 무용할 때, 노출 수준은 부록 C, 그림 514.5C-10과 514.5C-11 및 표 514.5C-IV로부터 도출한다. 이들 수준은 내재된 최악의 환경을 포함하기 위하여 마련되었다. 또한 진동 감지 군수품이 규격을 수행할 것이라는 기대하의 환경을 대표하지는 않는다. 그러나 군수품은 시험완료 시 손상되지 않은 상태로 존재하며 규격에 맞게 기능할 것이라고 기대하지 않는다. 군수품의 비용은 흔히 진동 환경에서 요구하는 성능에 의하여 매우 큰 영향을 받는다. 결과적으로 진동 기준에 기초한 현장 측정은 매우 중요하다.

(2) 노출 수준을 측정하기 위하여 항공기를 부록 C, 그림 514.5C-11에서 제시한 대로 지역을 나눈다. 아래 정의한 것을 제외하고 모든 군수품 위치별 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> 및

A<sub>4</sub>(부록 C 표514.5C-IV)의 값 측정 시 메인 로터의 근원적 주파수를 사용한다. 테일 로터 디스크의 수평 투영도에 위치한 군수품에 대해 테일 로터의 근원적 주파수를 사용한다. 추가로 메인 로터 및 테일 로터의 오버랩으로 위치한 군수품에 대한 기준은 양 주파수 모두 포함한다고 보증한다. 여러 가지 헬리콥터의 기본적인 메인 로터 및 테일 로터 근원적 주파수는 부록 C 표514.5C-IV에서 제시한다. 기어함, 및 운전 축과 같은 운전 선회 부품과 근접하여 위치한 군수품에 대해 운전 선회 부품의 근원적 주파수를 사용한다.(즉, 기어 망사 주파수, 축재 회전 속도) 이들은 특수 헬리콥터에 대한 운전 선회 자료로부터 결정한다.

f. 노출 지속시간. 측정 자료를 노출 수준 규정 시 사용하지 않을 때 수명 주기 환경 프로파일의 노출 시간을 사용한다. 노출 수준을 부록 C 그림 514.5C-10 및 514.5C-11 및 표 514.5C-IV로부터 도출하는 경우 총 2시간의 시험 동안에 3개의 직각 축 각각에 4시간을 적용한다. 이것은 2600시간의 운행 수명을 나타낸다. 아래 제시한 피로도 관계는 노출 수준에 해당하는 시험 시간을 다루기 위하여 사용하기도 한다. 각 시누소이드 및 광대역 배경의 각 구획을 따로 계산한다.

$$t_f = 4.0(A_D/A_T)^M$$

$t_f$  = 축별 실제 시험 시간

$A_D$  = 디폴트 시험 고도

$A_T$  = 실제 시험 고도

$M$  = 6(시누소이드 진동에 노출된 군수품, 부록 B 2.2 참조)

#### 2.3.4 범주15 - 항공기 보급품 - 조립 제트기.

조립 제트기 보급품은 세 가지의 뚜렷한 진동 환경에 직면할 수 있다; 외부 계류 수송, 내부 계류 수송, 및 자유 비행이다.

주: 고주파수 진동(1000Hz이하에서 시작)은 실제 기계적으로 보급품에 전도될 수 없다. 보급품 진동 및 소음 시험(시험법 523.2)을 합성한다. 이들 합성 시험 진동은 훨씬 더 현실적인 진동 시험을 만들어낸다.

a. 계류 비행-외부 수송. 제트기에서 외부적으로 수송되는 보급품이 경험하는 진동(포격 유도 진동에 대해서는 시험법 519.5 참조)은 주로 네 가지 원인에 의하여 발생한다.

(1) 엔진 소음은 제트기 배기 기둥의 경계선에서 요동으로 발생한다. 이러한 요동은 이륙 시 최대이며 이때는 제트기와 주위 대기 간 속도 차이도 최대이다. 보급품을 순수 제트기와 최저 우회 엔진을 사용하는 항공기에서 수송할 때 이것은 일반적으로 매우 중요한 원인이다. 그 이유는 제트 엔진이 최고 배기 속력을 가지고 있기 때문이다. 그리고 아래 논의한 원인들이 더 낮은 주파수에서 우세한 관계로 더 높은 주파수에서도 중요하다.(참고문헌 u, v, w)

(2) 비행 중 보급품 진동은 보급품 표면 전체로 분산되는 공기 역학적 요동에 의하여 주로 일어난다.

(a) 단일 수송 시 진동 자극은 운반 항공기 및 항공기설치 위치와는 비교적 독립적이다. 비행기 파이런 항로와 같은 국한적 흐름 장애는 항공기와 주어진 항공기에 보급품 상태 사이에서 상당히 변할 것이다. 일반적으로 이들은 전체적인 보급품 진동에 크게 영향을 미치지 않는다. 그러나 꼬리 핀과 같이 보급품 진동의 수준이 교대로 증가하는 부분적 구조에 대해서는 크게 영향을 미친다. 부분적 흐름 장애 영향에 대해서는 부록 A 2.4.2항을 참조한다. 보급품을 서로 밀착하여 운반하는 경우 각 보급품 주변의 난기류 부분은 증가한다. 다른 품목 뒤로 이동된 품목은 앞의 보급품에 의하여 발생하는 난기류에 노출된다.

(b) 확장 프로그램의 측정 및 분석은 이러한 환경을 특징짓기 위하여 실시한다. (참고문헌 u, v, 및 w) 진동은 보급품 형태, 구조적 형상, 질량 밀도, 및 비행 동적 압력에 의하여 영향을 받는다. 야기된 진동의 고주파수 영역은 기계적 자극과 5.2.3.2의 음향 노이즈 노출에 의한 복합에 의하여 더 잘 설명된다. 중, 저주파수 환경 부분은 기계적인 자극에 의하여 잘 묘사되어진다. 상기 언급한 연구는 규정된 입력 진동보다 오히려 보급품의 진동 반응을 정의할 때 이루어야 하는 방법을 도출한다. 본 방법은 또한 수송 항공기로부터 전이되는 저주파수 진동을 포함한다는 점에 유의한다.

(3) 수송 항공기의 진동은 부착된 구조물을 통하여 보급품에 전달된다. 전체 진동 시스템(항공기, 비행기 목표탐, 폭탄 상자 및 비품) 저주파수 시스템이다. 즉, 시스템의 최저 자연 주파수는 일반적으로 20Hz 이하이며 보급품은 고주파수 항공기 진동과는 분리된다. 특수 환경에 따라서 이러한 진동은 과도 진동이라고 가장 잘 표현한다.(부록 B 2.3.4 참조)

(a) 보급품으로 전달되는 저주파수 기류 진동은 일반적인 경우에는 진동에 의한 저주파수 요동과 분리되지 않는다. 이러한 진동은 상기 “공기 역학적 요동”에서 논의된 방법으로 설명해야 한다.

(b) 여러 가지 외부 보급품을 가지고 F-15에서 비행 시험 측정은 (참고문헌 x)는 높은 각도의 공격 기동 변경 시 항공기 진동과 관련된 매우 낮은 주파수에 민감하다고 제시한다. F-14, F-16 및 F-18 혹은 차세대 전투기와 같은 기타 다른 항공기는 기동 변경 시 민감한 진동을 만들 가능성을 내재하고 있다.

(c) F-15 기동 변경 기량은 속도 0.7-1.0Mach 및 고도 약 3-10.7킬로미터 사 이로 (10,000-35,000마일)제한되어 있다. 비행 시험 측정은 F-15의 최대 진동이 비행 정체 0.8-0.9Mach, 고도 4.6-7.6km(15,000-25,000ft) 공격 각도 8-12° 및 동적 압력  $26.3\text{kN/m}^2(550\text{lb/ft}^2)$ 이하에서 발생한다고 제시한다. F-18에 대한 유사한 측정은

최대 파도의 궤도 수정 진동이 비행 정체 0.85-0.95Mach, 고도 1.5-4.6km(5,000-15,000ft) 공격 각도 8-10° 및 동적 압력 33.5kN/m<sup>2</sup>(700Ib/Ift<sup>2</sup>)이하에서 발생한다고 제시한다. 비록 고성능 궤도수정 중 진동 수준이 매우 민감하지만 이들은 일반적으로 10초 이상 지속되지 않는다. 일반적으로 F-15의 외부 보급품은 각 계류 수송 비행 시간동안 30초간 궤도 수정 진동을 경험할 것이다.

(d) 파도 진동은 일반적으로 10-50Hz 사이에서 집중된다. 보급품의 진동 반응은 구조적 공진에 따라 지배된다. 최저 보급품 자연 주파수 이하의 주파수에서 발생하는 보급품 하중은 사실상 정적 하중이다. 파도 수준은 주어진 항공기에 대하여 및 항공기 사이에서 넓은 범위에서 변한다. 따라서 파도 진동 요건은 가능한 때 비행 중 진동 측정으로부터 도출한다. 측정에 대한 대안으로는 최저 보급품 진동 모드를 보급품이 모든 당면한 진동에 대해 충분히 튼튼하다는 것을 보여주기 위하여 보존 수준에서 시험하는 것이다. 이것은 파도 진동과 관련된 정적 하중을 포함하지 않았는데 유의한다. 정적 하중을 포함하기 위하여 본 방법의 전문에서 옵션으로서 논의한 바와 같은 역학적 휨 모멘트를 측정할 비행을 재현한다.(4.2.1.2, 힘 제어 전략) 이것은 항공에 파도응답의 가장 낮은 주파수까지 주파수 다운이 고조되며 강도 및 하중 기술자와의 협력이 요구된다.

(4) 보급품은 또한 내부 균수품 및 부분 공기역학적 영향에 의하여 야기되는 진동에 영향을 받기 쉽다. 이러한 환경을 예측하는데 허용된 기준이나 방법은 없다. 그러나 이러한 환경은 유력한 진동 원인일수 있으며 무시해서는 안 된다. 이러한 환경은 재현 시 전개 시험 및 측정을 통하여 고려되어야 한다.

(a) 내부 균수품의 진동은 일반적으로 전기모터 또는 유압모터와 같은 회전 장치에 의하여 야기된다. 물리적 동작과 관련된 장치는 진동을 야기한다. 램 공기 터빈(RAT)은 전기전력이나 수력학적 전기를 발전을 위하여 가끔 사용하기도 한다. RAT는 회전 날개와 뒤에서 가혹한 공기역학적 요동에 더하여 고수준의 회전 부품 진동을 유발할 수 있다.

(b) 간단한 공동의 음향 공진은 음향 환경으로 일반적으로 취급한다.(방법 515.5 참조) 보급품 또는 보급품의 공동으로 기류를 허용하는 어떤 구멍, 개구부, 유입구 등은 고감도 소음 공진 반응을 만들어낼 수 있다.

b. 계류 비행-내부 수송. 폐쇄된 내부 항공기 실에서 수송되는 보급품에 대해 두 가지의 뚜렷한 진동 환경이 있다. 이러한 환경은 격실이 항공기 외부 환경과 차단 및 개방된 경우 모두 일어난다. 높은 각도로 기동 변경될 수 있는 항공기는 파도 진동에 영향을 받기 쉽다. 파도 진동이 기계적으로 보급품에 전달되는 경우 격실은 보급품을 보호할 수 없다. 따라서 상기 논의한 파도 진동방법을 적용한다.

(1) 폐쇄 격실 보급품의 일반적 진동 환경은 매우 잔잔하다. 보급품은 제트 엔진 소음 및 공기역학적 동요 환경으로부터 보호되고 항공기 진동과는 분리된다. 만일 보

## 부록 A

급품이 제트기 외부 수송에 대해서 인증되려면 이는 이러한 사례에 대한 설명이상의 그럴만한 이유이어야 한다. 일반적 사례를 위한 환경을 예측하는 알려진 방법은 없다. 측정된 자료는 규정된 항공기용으로 유용하지만 이 환경을 반드시 규정해야 한다면 일반적으로는 측정이 필연적일 것이다.

(2) 격실을 비행 중 열면 극적인 현상이 일어난다. 이 현상은 공동 공진과 같은 것으로 간주되며(참고문헌 i와 m) 격실 내 고수준 요동을 야기한다. 이는 광대역 요동이며 진압 장치를 격실 내에 설치되지 않으면 전체를 통하여 높은 스파이크가 발생된다. 저주파수 장애 구역은 보급품으로 이동시키지 않으며 이는 장애 과장이 보급품 치수와 크게 다르다. 고주파수 연속체 부분은 보급품에 심각하게 영향을 준다. 이러한 요동에 의해서 발생하는 보급품 진동은 적절히 예측되지 않는다. 고성능 항공기에 존재하는 요동의 소음 및 진동의 특징은 시험법 515.5의 청각적 소음 노출에 의하여 가장 잘 표현된다.

(a) 일반적으로 보급품 비행 지면은(통제면, 날개, 안정장치 등) 환경에 의하여 중대하게 동요되지 않을 정도로 매우 작으며 충분히 단단하다. 그러나 보급품의 통제면이 비교적 크거나 부드러운 경우에는 개방 격실 환경으로부터 영향을 받는다. 이러한 경우 보급품 반응은 비행 지면 장애, 고수준의 진동 또는 둘 다를 야기한다.

(b) 어떤 경우에는 보급품은 사용되어질 때까지 한 가지 형상이나 위치로 수송한다. 사용 직전에 형상이나 위치를 변경할 수 있다. 예를 들어 대형 폭탄 무기실 내부의 회전 발사장치에서 운반되는 무기. 발사장치의 다른 무기가 발사됨으로써 시계 위치에서 시계 위치까지 무기가 이동한다. 비교적 장기간 동안 혹은 여러 가지가 발사되는 동안에 또 다른 무기가 발사될 때마다 무기는 격실 개방 환경에 노출된다. 여기서 환경은 위치에 있어서 상당히 변할 것이다. 세 번째는 사례는 광 센서 포드이다. 이러한 형태의 보급품은 내부적으로 이동될 수 있으며 기류로 확장되거나 형상 변형(예를 들어, 채광 창의 덮개를 철회한다.), 운전, 형상 변형 후방 및 수명주기에서 여러 번 폐쇄된 격실로 들어간다. 그러한 환경 및 형상의 변화는 고려해야 한다.

주: 문 열림, 위치 변동, 형상 변동, 문 닫힘 등은 급격히 발생된다고 판단된다. 이러한 결과 및 연관된 결과는 급격히(돌발적) 때문에 정상 상태 진동보다는 오히려 일시적인 것으로 취급한다.(부록 B 2.3.4 및 시험법 516.5 참조)

c. 자유 비행. 진동은 항공기, 지상 차량, 혹은 해상 함선에 배치된 보급품에 의하여 경험될 것이다. 자유비행 환경에 대한 진동 원인은 엔진 배기 소음, 내부 장비에 의한 진동과 소음, 및 경계층 요동 때문이다.

(1) 일반적으로 엔진 배기 소음 수준은 보급품에서 심각한 진동을 야기하기에는 매우 낮을 것이다. 이는 주위 대기 속도에 대한 배기 속도 비율이 낮고 배기통이 보급품 뒤에 있는 경우(특수한 경우는 제외)에만 엔진이 작동되기 때문이다.

(2) 내장 군수품에 의한 진동은 특별한 경우에 매우 심하다. 예를 들면 램 공기 터빈, 엔진 및 프로펠러이다. 그러한 원인으로부터 보급품 진동을 예측하기 위한 일반적인 원칙은 없다. 각 사례는 개별적으로 평가하고 주로 측정을 요구할 것이다.

(3) 경계층 요동 유도된 진동은 계류 운송과 같아야 한다. 보급품 진동 모드 주파수를 이동하고 비행 동적 압력이 다르며 수송 항공기의 요동 및 그 부근에 보급이 없을 때는 제외한다.

d. 노출 수준. 부록 C, 표514.5C-V 및 그림 514.5C-12와 514.5C-13으로부터 세 가지 진동 환경, 계류 비행, 자유 비행 및 파도에 대한 시험 수준 및 분광을 선정한다. 이들 표와 그림의 사용은 만족스러운 비행 측정이 이루어지지 않은 경우에만 제안된다. 파도 지역을 제외하고 이 기준은 참고문헌 u, v, w에 밀접하게 기초한다. 이들은 확장 연구 결과를 기록하고 있으며 다량의 정보 및 식견을 포함한다. 파도 기준은 참고문헌 x에 기초하며 F-15기체 보급품 기지 진동 환경으로 추가 측정 및 실험은 최악의 진동 환경이라고 알려져 있다. F-15기체 보급품 기지 진동 환경은 일반적으로 보다 덜 가혹하다. 기타 환경에 대한 기준은 각 특정 경우에 따라 반드시 결정되어야 한다.

e. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.3.5 범주16 - 항공기 보급품 - 군수품, 제트기.

제트기 내에 설치된 군수품은 부록 A 2.3.4항에서 논의한 보급품 진동을 경험할 것이다. 격실 내 군수품 입력 노출 수준은 본질적으로 보급품 진동 반응과 동일하다. 포격, 공동 공진, 파도 궤도 수정 및 자유비행 조건이 보급품에서 발생한다면 군수품도 이 조건에 노출되는 것이다.

a. 노출 수준. 가능하다면 진동 기준은 비행 중 측정을 기초로 한다. 만족스러운 비행 측정을 쓸모 없다면 부록 C, 표514.5C-V 및 그림 514.5C-12와 514.5C-13으로부터 도출한다.

주: 이러한 군수품의 진동 시험을 위하여 반응 통제보다는 오히려 입력 통제를 이용한다.(4.2.1 참조)

b. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.3.6 범주17 - 항공기 보급품 - 조립/군수품, 프로펠러 항공기.

프로펠러 항공기 보급품(유도 발포는 제외, 시험법519.5 참조)의 진동에 관련된 일반 지침 및 측정된 자료의 알려진 출처는 없다. 그러나 진동 원인이 동일하기 때문에 보급품 진동은 수송 항공기의 진동과 거의 유사할 것이다. 이러한 진동에 대한 설명은 2,3,2항의 부록A, 2,3,3항의 부록B를 참조한다. 고기동 프로펠러 항공기의 보급품이 경험하는 선회 운동 타격

## 부록 A

진동은 제트기 보급품의 진동과 유사할 것이다. 부록 A 2.3.4의 과도 진동 부분을 참조한다.

a. 노출 수준. 자료의 알려진 출처는 없다. 프로펠러 항공기의 보급품 진동의 정확한 정의를 위해 실제 환경의 측정이 필수적이다. 일반적 진동의 예비 평가를 개발하기 위하여 부록 C 표514.5C-II과 그림 515.5C-9의 기준을 사용한다. 부록 C 그림 514.5C-13의 기준은 선회 운동 타격 진동에 적용하기도 한다.

b. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.3.7 범주18 - 항공기 보급품 - 조립/군수품, 헬리콥터.

복잡한 주기적 파형은 헬리콥터에서 외부적으로 수송되는 조립 보급품에 의하여 직면되는 운행 환경으로 특징지어진다. 고정익 항공기로 수송되는 보급품과는 달리 외부에 설치된 헬리콥터의 보급품은 로터 유도 진동과 비교할 때 적은 공기역학적 진동을 받는다. 따라서 대부분의 진동 에너지는 항공기와 보급품 사이의 접촉면을 통하여 보급품과 군수품에 전달된다. 그러나 어떤 진동 자극은 주기적인 로터 유도 압력 파동으로 인하여 전체 보급품 구조를 따라 더해진다. 그 결과는 복잡한 반응이며 특수 항공기 보급품 형상에 특히 한정된다. 따라서 현실적인 환경 정의는 거의 전적으로 비행 중 진동 환경에 달려있다. 포격에 노출된 보급품은 시험법 519.5를 참조한다.

a. 노출 수준. 현장 측정으로부터 헬리콥터 수송 보급품에 대한 노출 수준을 도출한다.(참고문헌 f는 특수 헬리콥터에 대한 기준을 포함한다) 측정 자료를 사용할 수 없다면 최초 평가 시 현장 측정 자료 습득 전 부록 C 그림514.5C-10과 515.5C-11 및 표 514.5C-IV의 기준을 사용한다. 이러한 수준은 최악의 환경으로써 고안되었으며 진동 감지 군수품을 전개하기 어려운 환경을 대표한다. 군수품의 비용은 진동 환경에서 요구하는 성능에 의하여 흔히 크게 영향을 받는다. 결과적으로 진동에 기초한 현장 측정은 매우 중요하다. 노출 수준을 측정하기 위하여 헬리콥터 지역에 관한 보급품을 부록 C 그림 514.5C-11에서 제시한 바와 같이 위치시킨다. 대부분의 보급품은 메인 로터 디스크의 수직 투영도 내에 있을 것이며 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>의 값 측정 시 주 로터의 전원 주파수를 사용해야 한다.(부록 C 표514.5C-IV 참조) 여러 가지 헬리콥터의 기본적인 메인 로터 전원 주파수는 표 514.5C-IV에서 제시한다.

b. 노출 지속시간. 측정 자료를 노출 수준 규정 시 사용하는 경우에, 수명 주기 환경 프로파일에서 시간을 사용한다. 부록 C 그림 514.5C-10과 515.5C-11 및 표 514.5C-IV로부터 노출 수준을 도출한 경우 총 12시간의 시험 동안에 세 개의 각 추에 4시간씩 노출 시간을 사용한다. 이것은 2500시간의 작동 수명을 나타낸다. 부록 2.2의 피로도 관계는 노출 수준 중 시험 시간을 다룰 때 사용한다. 각각의 대역폭 지상 배경의 시누소이드와 파편에 대해서는 따로 계산한다.

### 2.3.8 범주19 - 미사일 - 조립/군수품, 헬리콥터.

전술 미사일 수송이나 발사 진동 환경에 대한 일반 지침 및 측정 자료의 알려진 출처는 없다. 미사일을 수송하는 제트기 항공기, 프로펠러 항공기 및 헬리콥터에 대한 환경은 부록 A

단락 2.3.4 - 2.3.7에서 논의한다. 전술 차량 지상 환경은 부록 A, 2.3.9에서 논의한다. 자유 비행 환경은 항공기 수송 미사일 관련하여 부록 A 2.3.4와 2.3.5에서 논의한다. 이러한 환경은 주로 자유 비행 임무 중 전투 미사일 단편에 적용된다.

a. 노출 수준. 자료의 알려진 출처는 없다. 전술 미사일 군수품진동의 정확한 정의를 위하여 실제 환경을 측정하는 필수적이다. 자유 비행 진동의 예비 평가를 개발하기 위하여 부록 C 표 514.5C-V와 그림 515.5C-12와 515.5C-14의 기준을 사용한다.

b. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.3.9 범주20 - 지상 차량 - 지상 이동.

지상 이동 환경은 피크와 노치를 사용하는 광대역 난 진동으로 이루어져 있다. 이러한 피크와 노치는 평균 수준보다 상당히 높거나 낮다.(ITOP 1-2-601 참조) 지형, 도로 및 지상 불연속, 차량 속도, 하중, 구조적 특성 및 대기 시스템은 모든 진동에 영향을 미친다.

포격 기준은 지상 차량 기준과 심각하게 다른 항공기 유형 구조물의 반응에 기초하기 때문에 적용되지 않는다.

a. 바퀴 차량. 일반화된 적용에 대해 적합한 이러한 환경의 분석적 모델은 현재 없다. 부록 C 그림 514.5C-1 - 514.5C-3의 분광은 바퀴 차량과 트레일러의 화물 판 반응을 대표한다. 이것은 무겁게 지탱되는 화물 판 뒤 바퀴 차량구조를 고려하지 않기 때문에 설치된 군수품에 대해서는 비현실적이다. 부록 A 단락 2.2.3의 대형 조립품 화물 시험을 이러한 군수품에 대한 정확성이 높은 시험을 제공하기 위하여 적용할 수 있다.

b. 트랙설치 차량. 트랙 설치 차량 환경(부록 C 그림514.5C-4)은 트랙 설치 형식에 의한 중대한 영향에 의하여 특징지어진다. 선택한 주파수에서 광대역 난 기지에 걸쳐 협대역 난 진동(트랙 설치 부품)을 겹치게 함으로써 이러한 환경을 가장 잘 나타낼 수 있다.

c. 진동 노출. 상기 논의된 바와 같이 지상 차량 진동 수준을 평가하기 위하여 일반화된 방법론이 개발되지 않았다. 가능한 모든 경우에 실제 진동 환경이 측정되어야 하며 정확한 수준과 연속체 모양을 공식화하기 위하여 사용한다. 이것이 불가능하거나 바퀴 차량에 대해 예비 평가를 실시할 때 부록 A 단락 2.2.1과 2.2.2에서 제시한 정보, 수준 및 커브를 적용한다. 트랙형 차량의 시험 기준을 개발하기 위하여 다수의 측정을 실시하여 사용한다. 참고문헌 f는 직접 사용되거나 필요에 따라 적용하는 기준을 포함한다.

b. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다. 다양한 트랙형 차량의 노출 시간과 관련한 지침은 참고문헌 f에서 제시한다.

**2.3.10 범주21 - 선박 - 해상 함선.**

해상 진동 연속체는 순항 속도, 해수상태, 선회운동 등의 변화에 따라 유도되는 난 요소 및 프로펠러 웨프트 회전 및 선체 공진에 의하여 부과되는 주기적인 요소를 포함한다. 마스트에 설치된 군수품은 선체나 갑판에 설치된 군수품보다 더 높은 입력을 받는 것으로 기대된다. 전체적인 선적의 구조, 군수품 설치 및 군수품 전달성(확장성) 군수품 진동에 크게 영향을 끼친다. 함선 군수품의 개발은 환경적 입력 수준 및 군수품/설치 공진 및 입력 주파수의 일치 수준 모두를 설명해야 한다. 시험법 519.5에 의하여 해상 수송 함선과는 심각하게 다른 항공기 유형 구조물의 반응에 기초하기 때문에 포격 진동 기준은 적용하지 않는다.

**a. 노출 수준.**

(1) 함선/선박 진동은 매우 복잡한 자연 환경적 힘의 함수(파도, 풍향)이며, 유도 힘의 함수(프로펠러 웨프트 속도, 기타 장비 개방 등), 함선/선박 구조물, 군수품 설치 구조 및 군수품 반응이다. 대략적으로 정확한 일반적 진동 기준을 사용할수 없을 경우 이다. 노출 기준을 개발하기 위하여 실제 환경의 측정을 사용한다.

(2) 함선 군수품에 대한 임의의 인증 요구조건을 개발해야 한다. 이것은 전체 운보드 수명 노출의 개략적인 정의로 사용할 수 있다. 이것은 두 시간의 지속시간 동안 세계의 직각 축을 따라 부록 C, 그림 515.5C-15의 임의의 기준, 및 MIL-STD-167, Type I(참고규격 hh)의 시누소이드 요건(각 주파수에 대해 최고값을 포함하는 수준)으로 구성된다. 이 기준은 선박에는 적용하지만 기타 함선에는 적용하지 않는다. 기타 함선에 대해 적용하는 기준은 없다.

b. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

**2.3.11 범주22 - 엔진 - 터빈 엔진.**

터빈엔진에 직접 설치된 군수품에 대한 연속체지동은 협대역 스파이크가 포개진 광대역 배경으로 구성된다. 광대역 배경은 다양한 회전 기계 요소에 의하여 발생하는 난류의 요동 및 저수준의 준시누소이드 피크의 합계이다. 협대역 스파이크는 주 엔진 로터의 회전에 의한 것이며 주파수는 로터 회전 속도 및 고조파이다.

a. 불변 속도. 대부분의 터빈 엔진은 속도가 일정하다. 이것은 rpm가 일정하고 연료 흐름 변화와 변화 피치 날개, 풍차 및 프로펠러를 통하여 동력 변화가 일어남을 의미한다. 이러한 기계장치는 부록 C 그림 514.5C-16의 안정된 주파수의 스파이크를 만들어 낸다. 이러한 스파이크는 최소 rpm 변화이므로 대역폭과 관련되도록 있다. 진동은 준시누소이드이며(부록 B 2.3.3항 참조) 군수품 공진 주파수는 일련의 수와 설치 조건에 따라 변한다.

b. 가변 속도. 기타 터빈 엔진은 속도가 일정하지 않다. 이러한 엔진에 대해서는 rpm은 동력 설정에 따라 변한다. 이러한 엔진을 설명하고 엔진 rpm 범위를 포함하기 위하여 부록 C 그림 514.5C-15의 스파이크를 조정한다. 일반적으로 엔진의 rpm 범위는 전력 설정과 관련된다.(즉 공진, 순항, 최대 연속 등) 따라서 상이한 주파수를 가진 여러 가지 연속체는 엔진 수명 주기 중 모든 전력 조건을 나타내기 위하여

필요하다.

c. 다수 로터. 터보팬 엔진은 일반적으로 상이한 속도도 작동하는 기계적으로 독립된 2개 내지 3개의 로터를 가진다. 각 로터의 스파이크를 포함시키기 위하여 부록 C 그림 514.5C-16을 변경한다.

d. 설계 기준. 이러한 진동 환경은 부록 B 2.3항에서 설명한 광대역 무작위 시험에 대하여 협대역 무작위 시험을 통해 시험소에서 접근할 수 있다. 이러한 환경의 많은 진동 문제는 군수품의 공진 모드와 여진 스파이크의 일치성과 관련한다. 스파이크 사이의 홈은 우수한 설계에서 임계 진동 모드의 안전 지대로 사용된다. 원인 유무 시험은 군수품이 비표준 조건에서 과잉응력을 받을 가능성 및 합리적인 설계 규정을 위반할 가능성을 극소화 해준다.

e. 엔진 설치. 엔진 진동 수준은 엔진 설치 구조에 의하여 영향을 받는다. (부록 B 2.4 참조) 따라서 두 개의 상이한 플랫폼에 설치된 동일한 엔진은 상이한 수준을 만들어 낸다. 엔진 시험 대기 수준은 플랫폼수준과는 주로 크게 다르다. 연속진동체에서 주파수 피크의 위치는 운전되는 엔진이며 설비에 따라 변하지 않는다.

f. 노출 수준. 측정된 자료를 가능하다면 사용한다. 부록 C 그림 514.5-16 수준은 측정된 자료를 얻을 수 없을 때 사용할 수 있다. 이러한 노출 수준은 다양한 공군 항공기 엔진에서 측정된 험한 기낭이다.

g. 노출 지속시간. 수명 주기 환경 프로파일의 시간을 사용한다.

### 2.3.12 범주23 - 인력 - 사람에 의한 군수품 수송.

인간의 신체는 매우 잘 진동을 감쇠시키고, 저주파수 진동 모드를 가진다. 사람의 신체를 통해서 운반되는 군수품은 진동환경으로부터 보호된다. 군수품을 해칠 정도의 진동이 신체를 통하여 전달된다면 이는 허용될 수 없을 것이다. 사람이 군수품을 운송할 때 일반 진동 환경(선박, 수송, 등)을 견딜 수 있는 군수품을 개발한다.

a. 노출 수준. 개인용 군수품 진동 노출은 필요하지 않다.

b. 노출 지속시간. 개인용 군수품 진동 노출 시간은 필요하지 않다.

## 2.4 보완적 고찰사항.

### 2.4.1 범주24 - 모든 군수품 - 최소 무결성 시험.

많은 경우에서 군수품은 작동 시험 환경에 기초한 요건에 따라서만 설계하고 시험한다. 기타 환경적 수명 주기 단계는 보다 덜 엄격하거나 고려하지 않는다고 가정한다. 최소 무결성 시험은 현장 설치, 제거 및 수리를 포함하여 수송 및 취급을 견딜 수 있는지를 보증하기 위하여 고안되었다. 이것은 진동 흡수장치에 설치된 군수품에 대해 특히 중요하고 취급, 수송

- a. 수준에 대한 기초. 부록 C 그림 514.5C-17과 514.5C-18의 진동 수준과 진동 노출 시간은 응용 환경에 기초한 것이 아니다. 오히려, 현장에서 만족스럽게 작동하는 군수품이 이 노출을 견딜 수 있는 군수품이지 저 수준에서 시험된 군수품이 아니라는 것은 경험을 통해 이미 알려져 있다. 이러한 노출은 때로“폐기 수준(junk level)”이라고 부른다.
- b. 섬세한 군수품. 섬세한 군수품을 사용할 때는 주의를 기울인다. 본 시험이 군수품에 비해 수준이 너무 높다고 판단될 때는 사용하지 않는다. 오히려 전체 환경적 수명주기를 평가하고 군수품이 환경 수명 주기의 모든 단계에서 진동과 충격으로부터 적절하게 보호되는지를 보증하기 위한 규정을 마련해야 한다.
- c. 제한사항. 최소 무결성 시험은 모든 환경 수명주기에 따라 설계하여 시험하는 군수품 및 부록 B 2.2항의 진동 피로 관계에 의한 최소 무결성 시험에 상당하는 수준 및 지속시간으로 달리 시험하는 군수품에는 적용하지 않는다.
- d. 노출 수준. 일반 사용을 위한 시험 수준은 부록 C 그림 514.5C-17에서 제시한다. 헬리콥터 군수품에 대해서는 그림 514.5C-18에서 제시한다. 이러한 노출은 군수품 (단단하게 설치된) 진동 흡수장치를 통하여 직접 적용한다는 점을 유의한다. 이러한 노출 수준은 일반적인 전자 박스에 기초한다. 재료가 너무 클 때는 설치물 및 새시 구조에서 불필요하게 고부하가 유도된다. 반면 하위조립품에서 고주파수 진동은 매우 낮다. 이러한 경우에는 하위 조립품에는 최소 무결성 시험을 적용한다. 군수품 혹은 하위조립품의 최대 시험 무게는 대략 36kg(80lb)이다.
- e. 노출 지속시간. 일반적인 사용을 위한 시험 시간은 부록 C 그림 514.5C-17에서 제시하고 헬리콥터 군수품에 대해서는 그림 514.5C-18에서 제시한다.

#### 2.4.2 범주25 - 모든 차량 - 외팔보 외부 군수품.

플랫폼 외부에 설치된 외팔보 군수품으로 구성되거나 포함하는 군수품은 특별한 문제에 노출된다. 이 문제는 비교적 흔하지 않지만 일반적으로 발생한 경우에는 돌발적이고 완전한 고장을 야기한다. 유동체 흐름과 상호 작용하여 외팔보 휨이나 토션에서 외팔보 군수품가 진동하도록 자극을 받았을 때 이러한 문제가 일어난다.

- a. 진동 자극 장치. 유동체 흐름에 침적되는 외팔보 군수품은 여러 가지 자체 진동 및 압력 요동에 대한 강제 반응에 의하여 진동될 수 있다. 세 가지 주요 기계장치는 아래 소개한다. 자체 자극된 진동 및 이러한 기계장치에 대한 상세한 정보에 대해서는 참고문헌 y, 제7장 및 참고문헌 z 3.6절 과 제5장과 6장을 참조한다.

(1) 불규칙 진동은 “날개”의 진동흐름이 진동을 강화하고 증폭시키는 상승 힘과 순간을 만들어내도록 하는 과정이다. “날개”는 좁은 지역을 가로지르는 외팔보 빔이다.(즉, 기류에 평행한 치수는 기류에 수직인 치수보다 훨씬 더 크다) 불규칙 진동

은 환경 힘 함수에 의한 결과는 아니다. 이는 설계 시 계승되는 메카니즘이며 일단 시작하면 이동을 유지하고 증폭시키기 위한 보다 상세한 환경적 자극을 요하지는 않는다. 불규칙 진동은 각각의 공학적 전문 과정이므로 불규칙 진동 기술자가 다루어야 한다. 진동 전문가는 불규칙한 진동 및 불규칙 진동과 기타 진동 사이의 차이점을 인정해야 한다. 많은 인공적인 문제는 다른 유형의 진동이 불규칙 진동이라고 잘못 표기했을 때 발생한다. 역으로 불규칙 진동 문제는 전문가가 그러하다고 인정하고 처리할 때까지 해결하지 못할 것이다.

(a) 실속 또는 정지 신호 진동으로써 간단한 형태가 알려져 있다. 단일 중심 금속 기둥 위에 설치된 판이 바람 속에서 맹렬하게 날개를 칠 때 정지 신호 진동을 볼 수 있다. 이것은 바람이 대략 수평으로 불면서, 금속판의 수직 판에 대해 작은 각도로 불 때 발생한다. 압력 분산은 “날개”와 같은 금속판 위에서 형성한다. 이러한 압력은 기둥의 상위(1/4 중간 현)에 위치하는 상승 힘으로 결합된다. 이 오프 센터 힘은 금속판이 기둥을 꼬이도록 하여 금속판과 바람 사이의 각도(습격 각도)가 증가하도록 한다. 증가한 공격 각도는 증가된 상승, 기둥의 더 많은 꼬임 및 더 큰 공격 각도를 야기한다. 이것은 기둥 꼬임 강도가 더 많은 꼬임이 이루어지지 않을 때까지 혹은 금속판의 기류가 실속력이 될 때까지 계속한다. 실속이 발생할 때 금속판 중심에 대한 상승 이동 중심과 꼬임 순간은 사라진다. 주기를 반복함으로써 기둥은 (토션 스프링) 원래 표시 각도로 되돌아가고 흐름은 다시 지정하고 금속판을 다시 끈다. 이때 주기는 금속판/기둥 토션 모드의 주파수에서 반복한다. 도로 표지를 가지고 이 주기를 실행하는 것은 단순한 강철 기둥이 고장나지 않고 장기간 계속할 수 있다. 그러나 유사한 진동이 더 섬세한 구조에서 일어날 때는 일반적으로 고장이 신속하게 발생한다.

(b) 전형적인 불규칙 진동은 두 가지 이상의 모드와 관련된 과정이다. 일반적으로 이러한 모드는 최초 휨과 최초 토션 모드이다. 유속이 증가함에 따라 형태 주파수를 변화시키면서 유동체는 형태 질량과 및 단단함과 상호 작용한다. 형태 주파수가 집중하고 두 가지 모드의 작용이 유동체 흐름으로부터 에너지를 추출하는 과정에서 결부되는 경우 진동이 발생한다. 추가 정보에 대해서는 참고문헌 z 제7.10절이나 3.6절을 참조한다.

(2) 공기가 둔한 영역(심도 = 고도) 전반에 흐를 때 대신 한쪽 면으로부터 소용돌이가 일게 된다. 그리고 다른 면은 진동 힘을 발산한다. 이러한 소용돌이는 외팔보의 길이와 평행하며 신속하게 흩어지면서 개별 부품과 같은 하위로 전달시킨다. 유동체를 통하여 이동하는 플랫폼에 부착된 둔한 영역 외팔보는 이러한 힘에 적용된다. 진동 자극 주파수가 외팔보 공진 주파수와 비슷할 때 진동이 일어난다. 진동 모드가 낮을 때는 실질적으로 진동은 완충적이다. 이것은 환경에 의한 진동이라기 보다는 또 다른 자체 자극된 진동이다. 그러나 이런 경우는 불규칙한 진동과는 달리 진동 전문가가 문제를 주로 처리할 것으로 예상된다.

(a) 소용돌이 발산에 의한 진동은 자동차에 주로 사용되는 무선 안테나에서 흔히 볼 수 있다.(단일 파편 비관측형) 대강 시속 80-97km로 이동할 때와 안테나에 수분

## 부록 A

이 있을 때 쉽게 보이는 넓이에서 흔히 진동이 발생한다. 안테나 2차 휨 모드에서 진동으로 고장나지 않는다고 나타난다.(2노드 지점) 팽창 분산(모드 모양)은 역학적 휨 응력이 외팔보 원에서는 매우 높지 않은 정도이다.(또한 안테나는 다행히도 양호한 피로특성을 지닌 저항도 강철로 제작되었다.)

(b) 발산 주파수 및 힘은 대략 다음과 같이 계산한다.

$$f = 0.22 V/D$$

$$F = (1/\rho V^2 DL) \sin(2\pi ft)$$

f = 주파수

V = 속도

D = 외팔보 횡단면 직경

F = 힘

$\rho$  = 밀도

t = 시간

L = 노출 길이(단면에 수직)

(비원형 횡단면의 경우, D는 주파수 방정식에서 흐름에 대한 수직인 치수가 되고 또한 힘의 방정식에서는 흐름과 평행한 치수가 된다. 보다 상세한 정보는 참고문헌 y, 제7.6절을 참조한다.)

(3) 유동체 흐름에 의한 요동에 의한 외부 외팔보의 강제 진동은 주로 항공기의 요동 진원지가 되는 공기 역학적 요동에 의한 반응과 동일하다. 외팔보에 대해서 특별한 경우가 되는 요인은 외팔보의 역학적 특성 때문이다. 첫째 외팔보는 지지 구조의 단면에 비례하여 진동되는 넓은 표면 지역에 노출된다. 둘째, 외팔보는 높은 고도의 운동 및 지지 기반의 넓은 기저 응력과 반응하는 경향이 있다. 셋째 외팔보가 “날개”모양일 때 공기역학적 상승 및 요동 압력 하중으로 추가되는 끄는 힘이 발생될 수 있다. 진동이 흐름 방향과 흐름 속도에서 편차를 가지는 유동체의 텀블링이므로 이러한 공기 역학적 힘이 발생한다. 이러한 진동은 습격 및 유속의 다양한 각도에 따라서 “날개”에 영향을 준다.

(a) 두 가지의 진동 자극 유형이 중요하다. 하나는 모든 둔한 흐름 장애물 뒤에 혹은 실속력의 항공기 외장 뒤의 대역폭 난요동이다. 다른 것은 소용돌이이다. “날개”의 양 면의 압력이 서로 상이할 때 소용돌이가 형성된다. 고압면으로부터의 흐름은 저압 면 첨단 주위를 감싼다. 이것은 첨단의 하위로 조정되는 회전 흐름을 유발한다. 이러한 순환적 흐름 또는 소용돌이는 “날개”의 항로에 그대로 남아 있다. 매우 안정적이며 아래로 장거리 간 존속된다. 그러한 소용돌이는 날카로운 피크의 주파수를 가지고 매우 조직적이다.

(b) 소용돌이 발전기는(작은 날개)흔히 비행기 날개에서 볼 수 있다. 발전된 소용돌이는 바람직한 위치에서 날개의 상위 흐름을 안정시키도록 한다. 이러한 현상은 습한 대기에서 CFM 56(대형 직경)을 엔진을 장비한 보잉 337기의 이륙 시 매우 선명하게 볼 수 있다. 각각의 엔진 발동기 커버의 기내 면에서 대강 20센티미터씩(8인치씩) 소용돌이 발전기(작은 날개)가 있다. 항공기가 이륙 고도에서 회전할 때 날

개 위로 이동하여 비행기체에 수평으로 뒤로 확장하면서 소용돌이를 형성한다. 엔진 뒤와 날개 위에 창문에 승차한 승객들이 선명하게 볼 수 있도록 소용돌이 내 습도가 응축되어 있다.

#### b. 플랫폼 환경

##### (1) 안정된 날개 항공기 및 외부 보급품

(a) 모든 “날개”는 진동될 수 있다. 그러나 이것은 보급품에 날개 안테나나 날개, 통제 표면 및 핀을 사용하지 않는 경향이 있다. 이것은 최초 휨과 최소 토션 모드 주파수가 일반적으로 잘 분리되기 때문이다. 매우 밀접한 간격의 휨이나 토션 모드 주파수를 가진 “날개”는 진동 엔진에 의하여 계산되어야 한다.

(b) 고정익의 항공기 단면의 외부 외팔보가 둔감해지지 않는다. 성형 라인 외 부의 모든 것은 미끄러짐을 방지하기 위하여 주로 유선형이다.(즉 항공기 외모)그러나 만약 둔한 단면을 사용한다면 보급품 주파수와 외팔보 주파수가 잘 분리되도록 보장하기 위하여 주의를 기울인다.

(c) 많은 고정익 항공기는 요동에 의한 진동 때문에 여러 가지 문제가 있다. 일반적인 문제는 고장난 날개의 안테나, 외부 보급품의 고장난 핀, 및 고장난 날개 및 미사일 통제 표면 등이다. 날개 안테나 문제는 대기 흐름, 또는 항공기 표면의 공동으로 투입되는 레이돔 즉 조종석 원개와 같은 흐름 장애 아래로 안테나를 위치시킴으로써 주로 야기된다. 가혹한 광대역 흐름 요동은 장애 요소의 최대 횡단면 치수의 3-5배의 거리를 향하여 장애 요소 뒤로 이동한다.

(d) 외부 보급품의 핀은 일반적으로 수송 목표탑, 선반 혹은 주요 보관함 뒤의 요동에 노출되어 있다. 고속 조절판의 잔물결 시 엔진 유입구 코너에서 소용돌이가 형성되는 경우도 있다. 이러한 소용돌이는 뒤로 확장되면서 비행기 센터라인으로 하강 및 이동한다. 이러한 소용돌이가 후려치는 단일 기체 외부 보급품이 있다. 이러한 보급품에서 수송되는 특수 미사일은 날개의 신속한 고장을 유발하는 날개의 높은 진동 및 통제 표면을 시험한다. 미사일은 수송 차량을 허용하기 위하여 다시 설계되었다.

##### (2) 헬리콥터와 외부 보급품

(a) 헬리콥터 “날개”의 불규칙한 진동은 비교적 낮은 공기 속도에 의한 것이 아니다. 그러나 달리 설명하지 않은 고장이 “날개”에서 고장이 일어난다면 진동 전문가와 상담해야 한다.

(b) 헬리콥터의 비행속도는 안정된 날개의 항공기보다 더 낮고 유선형은 중요하지 않은 것으로 나타난다. 따라서, 둔한 단면적 외팔보를 더 잘 이용하는 경향이 있다. 둔한 횡단면을 사용하는 경우 소용돌이 보급품 주파수와 외팔보 주파수가 잘 분리

부록 A

되도록 보증하기 위하여 실험한다.

(c) 헬리콥터는 또한 요동에 노출된다. 그러나 진동 부하에 의하여 발생하는 요동은 유속에 비례하며 헬리콥터 속도는 비교적 불가능한 요동에 의하여 문제가 발생한다. 외팔보 군수품은 알려진 요동과 멀리 떨어져 위치시키는 것이 현명하다.

(3) 지상 차량.

(a) 개방 트럭의 섬유 덮개의 회전운동은 불규칙한 진동 형태이다. 본 유형의 구조는 “불규칙한 진동”이며 반드시 강성하다. 그러나 섬유 덮개를 강성 구조로 교체하는 것은 타당하지 않다. 지상 차량 속도의 불규칙한 진동 문제는 본 유형의 이러한 유형의 경우로 제한한다.

(b) 유선형은 지상 차량의 경우에는 일반적으로 중요한 요소는 아니다. 따라서 둔한 단면 외팔보 및 소용돌이 보급품은 비교적 가능하다. 소용돌이 보급품 주파수와 외팔보의 주파수가 분리되는지 확인하기 위하여 주의를 기울여야 한다.

(c) 낮은 유속으로 인한 강제 진동 문제는 극도로 드물다. 그러나 요동은 모든 유속에서 존재하며 넓은 저주파수 구조물에 영향을 줄 가능성이 있다. 대형 트럭에 의하여 생성되는 저주파수 요동은 부근의 소형 차량 취급 시 영향을 준다. 대형 트럭의 소용돌이 경로에서 도로 먼지의 방해로 보인다.

(4) 함선

(a) 수상 플랫폼의 기동에 대해 지상 차량의 논의를 적용한다. 수중 플랫폼 기동의 밀도는 높지만 유속은 낮으며 압력은 높다. 함선이 소용돌이의 경로는 수면에서는 매우 선명하다. “날개”자재는 불규칙한 진동에 적용되며 “날개”를 둔한 외팔보의 둔한 조정 가장자리는 소용돌이 보급함에 적용한다. 이러한 기술에서 여러 가지 원인 작업은 함선 문제를 다룬다.

(b) 선체와 외부 설치된 수중 군수품은 일반적으로 뱃머리에서 측면을 따라 매끄럽지만 “선미(boat tail)” 뒷부분은 직각으로 한 흐름을 위하여 설계되어 있다. 강제 진동에 의하여 작용되는 요동은 매끄러운 흐름 지역에서는 문제가 되지 않는다. 그러나 선미의 하향 흐름에 위치한 모든 것은 고수준의 요동 흐름에 적용될 것이다.

c. 노출 수준

(1) 노출 수준은 진동이나 기타 불안정성과는 관련이 없다. 이러한 과정은 진동이 발생하는 경우에 시스템이 고속 완전 고장나도록 운전되기도 하며 빠른 피로 또는 마모 고장을 유발하며 고수준에서 지속된다. 교정 절차는 군수품을 설계하고 이러한 과정이 일어나지 않도록 하기 위한 것이다. 불안정성을 발견한 경우에는 교정 절차는 불안정성을 이해하고 제거하기 위한 것이다. 이것은 모드 양상 및 불안정

시 예상되는 공진 주파수를 측정하여 취득한다. 그리고 가능한 경우에는 흐름 지역의 특성도 측정한다. 기계적 과정을 제거하는 것은 형태 주파수를 변경하여 달성해야 한다.(참고문헌 z 제6.1절) 역학적 흡수장치는 흔히 형태 특성 변경 시 유용하다.(참고문헌 y 1/3.2절과 1/3.3절).

(2) 진동에 의한 소용돌이 발산은 주로 빠른 피로와 마모 고장을 유발한다. 이러한 문제는 일반적으로 군수품의 단일 진동 모드와 관련이 있다. 가능하다면 문제는 보급품 주파수와 공진 주파수를 분리시켜 해결한다.(이상적으로 지수 2 사용) 만일 이것을 실행하기 힘든 경우, 우수한 설계와 함께 유용한 기간 동안 이 메커니즘을 지속시키는 것이 가능하다. 우수한 설계는 사용 우수한 피로성, 높은 응력 지점, 및 추가의 습윤으로 구성되었다. 노출 수준을 정의하기 위하여 운행 환경에서 플랫폼의 외팔보의 이동을 측정하는 것이 필요하다. 이러한 측정은 형태 반응을 정의할 때 필요하다. 실험실 시험을 요하는 경우에는 반응 통제는 필수이다. 이것은 주요 에너지 입력이 유동체 흐름으로부터 직접적으로 유래하기 때문이다. 이러한 입력에 대한 외팔보의 반응은 마운트에서 진동 환경에 대한 것보다 더 크다.

(3) 부분 요동은 아주 일반적 감지의 경우를 제외하고는 적용하지 않는다. 이러한 유형의 문제는 군수품을 알려진 요동 지역에서 멀리 배치함으로써 가능한 한 피해야 한다. 이를 제외하고는 조작 기량을 통과한 플랫폼을 운행시키고 문제 발생에 따라 문제를 평가한다. 문제를 발견한 경우에는 첫 번째 접근 방식은 문제를 야기하는 요동원을 측정하고 이러한 흔적으로부터 군수품을 이동시키기 위한 것이다. 만일 이것이 불가능하다면 소용돌이 발산 문제에 대해 논의한 바와 같이 진행한다.

d. 노출 지속시간. 상기 논의한 바와 같이 문제는 불안정성 메커니즘을 제거하고 군수품을 요동으로부터 멀리 이동시켜 해결한다. 만일 노출 지속시간을 정의하는 것이 필요하다면 수명주기 프로필에 기인하여 정의한다. 이러한 문제가 매우 특수한 운행 기량 지역에서 발생한다는 데 유의한다. 현실적인 시간을 정의하기 위하여 매우 상세한 하위 수준으로 임무를 분류해야 할 필요가 있다.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

공백

## 부록 B

### 공학적 정보

#### 1 적용범위.

##### 1.1 목적.

본 부록은 시험법 514.5의 주요 내용과 부록A를 이해할 때 사용하도록 고안되었다.

##### 1.2 용도.

다음의 논의는 기본 공학적 정보와 관련한다. 그들은 주제 논제에 대한 즉석 서론으로서 채택되었으며 상세한 설명, 수학 혹은 참고문헌 없이 제공되었다. 만일 상세한 정보 혹은 이해 사항을 요하는 경우에는 기술문서 및 공학 교과서를 참조한다. 참고문헌 aa는 개시 문서로 지정되었다.

#### 2 공학적 정보.

##### 2.1 진동 시험 유형.

다음은 일반적 진동 시험에 대한 논의이다. 학술명칭 및 설명은 미국 공군 항공기 규정에 따른다. 기타 다른 시험 유형, 정의 및 이름은 규정에서 알 수 있다. 이러한 시험 유형 모두를 주어진 군수품에 적용하지는 않는다. 일반적인 군수품 개발은 개발 시험 및 내구성 시험을 포함한다. 환경적 응력 스크리닝(ESS)는 대부분의 현재 DOD 취득물의 일부분이다. ESS를 포함한 모든 시험들은 진동 피로 수명을 소모한다. 품질시험, 내구성시험 혹은 신뢰성 시험을 한 적용한 제품에 대하여 야전 배치에는 적합하지 않다. 개발 시험 및 가치 시험은 규격 시험 목적에 따라서 전체 수명주기를 소멸시키기도 하고 그렇지 않기도 하다. ESS는 단지 알맞고, 바람직하게 무시한 총 수명의 일부분을 소멸시키고 이러한 부분은 진동 노출의 총 수명 주기를 고려한다고 보증하는 것이 중요하다. 모든 경우에 바람직한 결과를 달성하기 위하여 시험 방법론, 요건 및 합격이나 고장 기준을 조정하는 것이 중요하다.

##### 2.1.1 개발 시험.

개발 시험은 군수품의 특성 결정 및 설계 및 구성 결점 발견 및 정확한 작동을 평가하기 위해 사용한다. 개발 시 되도록 실용적이고 설계 신중성을 지속시키기 위하여 먼저 시작한다. 궁극적인 목적은 개발된 군수품이 환경적 수명 주기에 적합하고 정식 시험이 고장을 유발하지 않는다고 보증하는 것이다. 시험은 여러 가지 구체적인 목적을 가지고 있다. 따라서 시험 진동 수준, 진동 자극, 주파수대 및 지속시간 선정 시 상당한 면제를 부여한다. 일반적인 프로그램은 분석적 모드양상과 주파수 및 사인 휴지, 소멸 사인, 과도 또는 무작위 자극 과도 진동을 검증하고 기능, 피로 수명, 혹은 마모 수명을 평가하기 위하여 형태 분석을 포함한다. 시험 유형, 수준 및 주파수는 구체적인 시험 목적을 달성하기 위하여 선정되었다. 수준은 원형에 대한 손상을 피하기 위하여 수명 주기 환경보다 더 낮거나 구조적 무결성을 검증하기 위하여 더 높거나, 또는 성능 변화 및 허약성을 평가하기 위한 단계로 상승되기도 한

**2.1.2 품질 시험.**

품질 시험은 구체적인 환경 요건을 가지고 군수품의 적합성을 결정하기 위하여 수행한다. 이 시험은 환경적 수명 주기를 간편하고, 간략하게 표현하는데 유의한다. 대부분의 품목에 대해 이들은 기능성 시험 및 내구성 시험(때로는 결합)으로 구성된다. 기능성 시험은 환경 수명 주기 중 최악의 진동(또는 최악의 조건의 기낭)을 나타낸다. 내구성 시험은 완전한 수명주기를 나타내는 가속 피로 시험이다. 일반적으로 진동은 기타 환경적 응력과 결합하지 않지만 일부 진동 시험은 고온과 저온에서 결합하기도 한다. 예외사항은 생산 조립품이 시험환경을 실시하고 현장에 출시할 경우의 대형 조립품 수송이다.

**2.1.3 기능 시험.**

기능 시험은 최악-경우 작동 진동에 노출되는 동안에 군수품이 요구한 반대로 기능하는지를 검증하기 위하여 수행한다. 각 시험의 구획별 처음, 중간 및 끝에 기능을 완전히 입증한다. 각각의 시험 실시 중 모든 시점에서 기본적인 기능을 감시한다. 기능성 시험 수준은 주로 최대 작동 수준이다. 개별 기능 및 내구성 시험을 요할 때는 내구성 시험 전 달성한 30분과 내구성 시험 후 달성한 30분으로 기능성 시험에 분류시킨다.(각 축에서) 각 30분간 또는 30분 이상의(축별) 지속시간은 군수품의 기능을 완전히 입증하기에 충분하다. 이러한 배치는 군수품이 모든 면에서 내구성 시험을 견딜 수 있다는 것을 충분히 검증하는 좋은 방법이다. 일부 경우에는 가혹한 최악의 환경에서도 반드시 견디는 군수품은 기능할 필요가 없기도 하고 또는 최악의 조건 하에 있는 동안 규격 수준에서 기능할 필요가 없기도 하다. 일반적으로 “작동” 및 “비작동” 기능을 지정하고 기능성 시험을 조정하고 적절하다고 판단되는 경우 요구한 기능적 감시 요건을 수정하여 비작동 부분을 조정한다.

**2.1.4 내구성 시험.**

과거 내구성 시험은 주로 축마다 1시간 동안 시행하였다. 이러한 접근방법은 심각한 결점을 가지고 있다.

a. 전통적 접근방법. 과거에는 시험 수준을 정상적으로 해당 피로 손상을 고려하여 기능적 수준을 상승시켜 지정하였다. 또 다른 접근방법은 충분한 응력 주기(주로  $10^6$  주기로 가정한다)를 조정할 경우에라도 이 접근법은 응력이 군수품의 내구성 한도 아래에 있도록 조정한다고 가정한다. 이러한 각각의 접근방식은 심각한 결점을 가지고 있다. 첫째 시험 중 보이는 수준 이상의 적당한 진동 수준에서 시험하도록 요구한다. 이것은 군수품 특성 중 비직선성, 조인트 마찰, 진동 흡수 장치 성능, 열강화 등을 무시한다. 둘째 많은 군수품(특히 일반적인 전기전자 장치)이 내구성 한계를 드러내고  $10^6$ 의 응력 주기는 이러한 군수품에 대해서는 충분하지 않다.

b. 추천 접근방법. 아래의 간편한 피로 관계(부록 B 2.2 참조)를 사용하여 진동 수명(수준은 각 임무에 따라 변한다)에 상당하는 최대 시험 수준(기능적 수준)에서 시간을 측정한다. 기능 시험 지속시간에 따라 해당하는 시간을 사용하고 그에 따라 기능성 및 내구성 시험을 조합한다. 이러한 경우에는 실제와 같은 정도의 장시간을

사용하고 시험 수준을 정의하기 위하여 피로 관계를 사용한다. 이 접근방법은 비직선성의 문제를 완전히 제거하지 못하는 반면에 좀 더 현실적인 최고점으로 수준을 제한한다.

### 2.1.5 내구성 시험.

내구성 시험은 높은 정확도에서 환경 수명 주기를 모의 시험하는 것이다. 내구성 분석은 시험을 우선하고 현실적인 결과를 달성하기 위하여 반드시 환경적 요인(진동, 온도, 고도, 습도 등)을 포함시켜서 측정하기 위하여 사용된다. 비록 실시간 수명주기를 모의시험하기 위하여 시험을 고안하였지만 실행이 가능한 경우 절단에 의하여 단축될 수 있다. 절단은 내구력 분석에 의하여 군수품 기능 및 수명과 관련하여 양호한 정도로 보이도록 시험 시간을 잘라내는 것이다. 내구력 분석은 부록 2.2항의 간소화된 식보다는 오히려 각 군수품에 적용 가능한 피로와 파열 자료를 사용한다.

- a. 최악-경우 수준. 환경적 수명 주기의 임무는 임무 개요에 따라 내구성 시험에 설명한다. 임무 개요는 시험에 대한 환경적 응력 및 군수품의 듀티 주기를 통계적으로 정의한다. 임무 개요는 통계적으로 너무 드물어서 심각하게 직면하지 않기 때문에 흔히 최악의 환경적 응력을 포함하지 않는다. 그러나 군수품이 극단적인 조건에서도 견딜 수 있으며 기능한다고 입증하는 것은 중요하다. 따라서 내구성 시험에는 현실적인 방법으로 최대의 환경 수준을 주입한다. 예를 들어 전투 비행기의 경우 최대수준은 순항과 같은 온화한 조건보다는 오히려 적절한 전투 임무 조건으로 주입한다.
- b. 성공 기준. 내구성 시험에 대한 통과/고장 기준은 각별한 노력을 기울여 확립하였다. 기준은 고장, 최대 고장 횟수, 고장을 정비한 최대 유지보수 횟수, 일부의 고장 및 고장 결함을 포함하지 않는다.

### 2.1.6 신뢰성 시험.

신뢰성 시험은 군수품의 고장 시험을 통계적으로 정의하기 위하여 실시한다. 본 시험은 개발 시험 혹은 품질 시험이기도 하다. 결과 자료의 정확성은 환경적 모의 시험을 현실화하여 활용한다. 시험 요건은 군수품 신뢰성을 책임지는 기술자가 개발하였다. 다중 시험 품목은 전체 수명 주기에 노출 된 어떤 시험 품목보다는 오히려 한가지의 수명 주기 조건에 흔히 노출된다. 환경적 모의 시험은 이러한 요건을 정비하기 위하여 제정되었으며 상기 논의한 내구성 시험과 일반적으로 유사하다.

### 2.1.7 가치 시험.

불합격 군수품이 현장에서 평가할 때 군수품이 만족스럽게 작동하는지 검증하는 것은 안전 및/혹은 시험 효율적 이유를 들어 정상적으로 요구된다. 이 시험은 환경적 가치 시험으로 달성한다. 가치 시험은 합격 시험과 동일한데 반하여 본 시험이 다루는 현장 평가의 수명 주기는 예외이다. 일반적으로 안전이 관련되지 않은 한에서 수준을 일반적인 운행 수준으로 한다. 그리고 최대 운행 수준이 반드시 필요하다. 지속시간은 전체 시스템과 하위 시스템 시험을 충당하고 군수품의 기능을 점검할 정도로 충분히 길거나 혹은 독단적인 짧은 시간이

## 부록 B

다. 가치 시험 작업 시 안전을 위하여 시험 품목은 시험에 의하여 쇠할 것으로 간주한다.(시험 품목은 현장에서 사용하지 않는다)병기가 동일한 시험 품목은 현장 평가 시 사용된다. 진동 및 온도, 고도, 습도, 누설 혹은 EMI/EMC와 같은 환경 요인에 의한 환경적 영향에 대해 본 시험을 요구할 때 단일 시험 품목은 모든 환경적 조건에 노출시켜야 한다.

**2.1.8 환경적 응력 스크리닝(ESS).**

ESS는 환경 시험이 아니다. 이는 생산 또는 유지보수 합격 검사 기술이다. 그러나 환경적 수명 주기 사고는 아니다. 전처리 혹은 적합한 만큼 시험의 일부분을 포함시켜야 한다. 군수품은 복합적 ESS 주기에 적용될 것이며 유지보수 ESS 진동 노출은 생산 허용 노출과는 다르다. ESS는 시험 목표와 적합한 경우에만 개발 시험에 포함시킨다. 합격 시험은 최대 수명 주기 ESS 노출을 포함한다. 가치 안전 시험은 특수 군수품에 적합한 최대 ESS 노출을 포함한다. 군수품의 가치를 시험을 실시하고 현장에서 사용할 때 ESS를 가치 시험으로 대체하기도 한다. 본 시험은 현장 가치를 보여주는 동안에 군수품을 최소 진동에 적용한다. 내구성 시험은 수명주기 모의 시험에서 정확한 위치에 있는 최대 ESS 사고를 포함한다. 신뢰성 시험에 대하여 최소와 최대 사이의 ESS 노출을 변동시키는 것은 적합하다.

**2.2 피로 관계.**

진동 노출 사이의 진동의 피로 등량을 측정하고, 개별 진동 노출의 진동 피로 손상을 합산하고 진동 노출 시험에 대한 가속 시험 수준을 정의하기 위하여 다음의 관계를 사용한다.

$$(W_0/W_1) = (T_1/T_0)^{1/4} \text{ 또는 } (g_0/g_1) = (T_1/T_0)^{1/6}$$

W = 무작위 진동 수준(가속 분광 밀도,  $g^2/Hz$ )

g = 시누소이드 진동 수준(최대 가속, g)

T = 시간

이 관계는 직선 피로 손상 가속에 대한 간소화된 식이다. 멱지수는 군수품 상수이다.(log/log 피로 또는 S/N 곡선 기울기) 주어진 값은 공군 항공 전자공학에서 폭넓게 사용된다. 기타 다른 값은 다른 유형의 군수품에 사용한다. 예를 들어 미사일 프로그램은  $1/3.25 - 1/6.6$ 에 범위의 멱지수를 사용한다. 공간 프로그램은 때때로  $1/2$ 을 사용한다. 여러 가지 군수품은 멱지수  $1/6 - 1/6.5$  사이로 제시한다. 이러한 넓은 범위의 편차는 군수품 특성뿐만 아니라 바람직한 보존 수준에 기초한다. 특수 군수품의 피로 자료에 기초한 보다 정교한 분석은 실질적인 경우에 사용한다. 군수품의 S/N 커브 사용이 주어진 상이한 시험 품목의 상이한 부분에 대해서 상이한 증가성을 초래한다는 점에 유의한다. 시험 기준을 제정하기 위하여 사용할 어떤 증가성에 관하여 결정할 필요가 있다.

**2.3 진동 특성.**

작동 시 진동 군수품이 경험하는 대부분의 진동은 분광 용적 내 광대역이다. 즉, 진동은 비교적 넓은 주파수대에서 변동 세기의 모든 주파수에서 존재한다. 진동 고도는 무작위로, 주기적으로 혹은 둘의 혼합으로 변한다. 일반적으로 난진동은 이러한 환경으로 최상의 모의 시험이 된다. 시누소이드와 난진동이 결합 및 시누소이드 단독이 적합한 경우에 위험한 상황이 발생한다. 대부분의 진동 시험은 정상상태 자극을 주입한다. 정상 상태 진동은 일시적

사고를 모의 시험할 때 적합하다. 그러나 일시적 사고는 과도 진동 자극에 의해서만 만족스럽게 나타낼 수 있다.

### 2.3.1 무작위진동.

무작위진동은 가속 분광 밀도로 표현된다(또한 전력 분광 밀도, 또는 PSD로 말함)가속 주어진 주파수에서 분광 밀도는 측정 대역폭으로 나누어진 가속도의 평균 제곱 값(rms)의 제곱근이다. 이것은 주어진 주파수에 집중한 1Hz 대역폭 조건에서 표기하는 값을 제공한다. 분광 값의 정확성은 측정대역폭 및 분광 값의 물품 및 계산한 시간에 따라 다르다. 분광 평가를 위하여 표준화된 무작위 오류는 B가 분석 대역폭 Hz인 경우에  $1(BT)^{1/2}$ 로 주어진다. 그리고 T는 평균 시간(초)이다. 일반적으로 최소의 실질적인 대역폭 혹은 최소 주파수 분해 대역폭을 사용한다. 기타 진폭 분포는 특수 경우에 적합하다. 시험 및 분석 하드웨어와 소프트웨어는 비가우스 연산과 직면할 때 적절하다고 보장한다.

a. 주파수 범위. 가속 분광 밀도를 관련 주파수대에 정의한다. 이 범위는 기계적 진동에 의하여 군수품을 효율적으로 자극하는 최저와 최고 주파수 사이이다. 일반적으로 저주파수는 군수품의 최저 공진 주파수의 절반 또는 심각한 진동이 환경에 존재하는 최저 주파수이다. 고주파수는 군수품의 최고 공진 주파수의 2배 또는 심각한 진동이 환경에 존재하는 최고 주파수이다. 일반적으로 기계적으로 전이되는 진동의 최고 주파수는 2000Hz이지만 실질적으로는 자주 더 낮다.(2000Hz 주변 및 이상의 주파수를 요하는 경우에는 청각적 소음을 가지고 진동을 증가시키는 것이 필요하다 - 방법 523.2 참조)

b. rms 값. 난진동 규정 시 rms 값 사용은 유효하지 않다. 분광 rms 값은 전체 주파수 대에서 분광 밀도 커브 아래의 영역의 제곱근이다. 이 값은 주파수 정보를 포함하지는 않는다. rms 값은 진동 셰이커를 작동시킬 때 일반적인 오류 점검 및 필요한 전기 측정으로 유용하다. 진동 측정은 항상 주파수 분광을 포함한다.

### 2.3.2 시누소이드 진동.

사인 진동은 가속도 및 주파수로 표기한다. 사인 진동 환경은 기본파 주파수 및 그러한 기본파로 이루어진 고주파에 의하여 특징지어 진다. 자주 한 개 이상의 기본파 주파수가 있을 것이다. 각각 기본파는 고주파를 발산할 것이다. 몇몇 경우(저 성능 프로펠러 항공기 및 헬리콥터)의 항공기 진동 환경은 본질적으로 및 매우 낮은 대역폭 배경에서 기본적으로 시누소이드 진동 자극을 포함한다. 이러한 자극은 엔진 회전 속도, 프로펠러 및 터빈 날개 통로 주파수, 로터 날개 통로, 및 그들의 고조파에서 도출한다. 이들과 같은 환경 요인들은 시누소이드 시험에 의하여 최상으로 모의 시험한다. 시누소이드 노출 주파수대는 플랫폼 환경을 대표한다고 보증한다.

### 2.3.3 광대역과 협대역 혼합 진동.

어떤 경우에 진동 환경은 재생 또는 회전 구조 및 기계장치(예를 들어 로터 날개, 프로펠러, 피스톤, 포격)의 준 주기적 자극으로 특징지어 진다. 이러한 형태의 자극이 두드러지는 경우 근원적 일시적정지 진동이 적합하다. 근원적 일시적정지는 광대역 고수준 협대역 무작위성

## 부록 B

혹은 시누소이드 진동이 겹친 난진동에 의하여 특징지어 진다. 자료 정리 기술은 이러한 상이한 유형의 신호의 평행한 고도에 영향을 주기 때문에 측정 자료로부터 난진동 수준 및 시누소이드 진동 수준을 측정할 때 주의를 기울인다.

a. 광대역 무작위 진동 위 협대역 무작위 진동. 총 분광의 고도 및 주파수는 환경을 감싸고 있다는 점에 유의한다. 협대역 대역폭은 환경적 편차 및 **군수품**의 공진 주파수 편차의 대표적인 주파수를 통하여 포위되거나 순환한다고 보증한다.(부록 B 2.4.3참조)

b. 광대역 무작위 진동 배경 위 시누소이드 진동. 무작위 분광은 주파수대에 전체에 대하여 지속되며 시누소이드에 의하여 나타나는 고도를 제외한 모든 환경을 포위하도록 보증한다. 시누소이드 고도는 환경 내에 시누소이드를 동봉한다. 환경의 주파수 편차 및 군수품의 공진 주파수 편차를 나타내는 대역을 통과하는 시누소이드 주파수를 순환한다.(부록 B 2.4.3 참조)

## 2.3.4 과도 진동 .

과도 진동은 상당히 짧은 시간(0.5초 - 0.7초 간)의 난진동 중 시간 변화에 따라 노출되는 진동 부분이다. 현재 그러한 측정된 환경을 실험실의 개방 루프 과형 제어 상태의 진동 여진기에 재현한다. 실험 시험의 입증은 (1) 고도 시간 내력을 측정할 실험실을 진열, (2) 고도 시간 내력 시간-변화 평균 제곱의 최적으로 원활한 평가 및 (3) 에너지 분광 밀도 평가 혹은 상당히 짧은 환경(최소 자연 모드의 시험 품목의 기간 이하의 일시적 진동 시간)을 대한 충격 반응 분광(SRS)평가 또는 좀 더 긴 지속시간 환경에서 자율 분광 밀도 평가(예를 들어 2.5 - 7.5초간)에 의하여 규정된다. 일반적으로 개방 루프 과형 제어 상태에서 실험실에서 재현하기 때문에 시스템의 자극 기능 반응이 정확하게 측정되어 적용된다면 재생은 측정 환경과 거의 동일하다. 일시적 진동 환경은 임무 훈련 시 수명에 여러 번 그러한 환경에 노출되는 플랫폼 무기실에서 머무는 보급품에 대해서는 중요한 환경이다.(참고문헌 c, bb 및 시험법 516.5 참조)

## 2.3.5 시누소이드 진동 대 난진동 등가.

과거에는 대부분의 진동 환경이 시누소이드에 기초하여 특징지어 졌다. 현재는 대부분 진동이 자연에서 임의적인 것으로 이해되고 그와 같이 특징지어 진다. 이 점은 난진동과 사인 진동 사이의 등량을 측정하기 위하여 필요하다. 본 요구는 사인 요건에 따라 개발된 군수품을 사용하기 위하여 필요하다.

a. 일반 등가. 사인 및 무작위 진동 특성은 분명히 상이한 수학에 기초한다. 군수품에 대해 주어진 진동 수준을 비교하기 위하여 군수품의 역학적 반응의 상세한 사항을 알 필요가 있다. 일반적 등량의 정의는 불가능하다.

b.  $g_{rms}$ . 난진동의 rms가속도 대 사인 피크 가속도를 비교하기 위하여 흔히 시도된다. 둘 사이의 유일한 유사성은 일반적으로 표준 중력 단위(g) 가속도의 치수 단위이다.(부록 B 2.3.2 참조) 난진동 rms는 분광 밀도 커브 아래의 영역의 제곱근이

다.(부록 B 2.3.2 참조) 이들은 등량이 아니다.

## 2.4 플랫폼/군수품 및 치구/시험품목 상호작용.

일반적으로 군수품의 진동 환경은 군수품에 의하여 영향을 받지 않는다. 즉, 군수품이 부착된 지점의 플랫폼 진동은 군수품의 부착되는 안되는 동일하다. 전체 플랫폼 및 모든 군수품이 시스템에 따라 진동하기 때문에 가설은 타당한 정확성 내에서는 정확하다. 다음의 절은 본 가설의 제한사항에 대해 논의한다. 이러한 영향은 하위 부품 및 진동 자극 장치(셰이커, 슬립 테이블, 비품 등)를 사용하는 군수품의 상호작용에 적용한다.

### 2.4.1 기계적 임피던스.

a. 대중량 품목. 플랫폼 구조 반응이 높은 플랫폼 자연 주파수에서 군수품은 지지구조에 부하를 가할 것이다. 즉, 군수품 질량을 구조물의 질량에 추가하면 관성적으로 구조적 이동이 저지된다. 만일 군수품 질량이 플랫폼 질량과 비교된다면, 이는 자연 주파수를 낮추고 모드 형태를 변경시킴으로써 전체 시스템이 상이하게 진동하도록 한다. 군수품 관성이 부분 지지 구조의 견고함과 비교된다면, 이는 새로운 저주파수 부분 공진을 유입하여 부분 지지물이 유연해 지도록 한다. 이 새로운 부분 공진은 절연체 진동 역할을 한다(아래의 부록 B 2.3.2 참조).

b. 구조재 역할을 하는 품목. 플랫폼 구조 부품으로 활용하도록 군수품을 설치할 때 그러한 부품은 진동에 영향을 주고 구조적으로 하중 될 것이다. 이것은 특히 상대적으로 큰 군수품에서 중요하지만 모든 크기의 군수품에는 적용하지 않는다. 이러한 경우에 군수품 구조를 플랫폼의 단단함에 더하고 설계되지 않은 구조적 하중에 적용될 것이다. 한 예로 트럭의 하물 갑판에 단단히 고정한다. 빔은 갑판 구조의 일부가 된다. 갑판이 구부러지거나 꼬일 때 빔이 하중 되는 것이며 빔은 하중 경로를 변경한다. 이는 빔, 플랫폼 혹은 둘 다에 의하여 파손되기도 한다. 군수품이 구조부품으로 활용이 가능한지 보증하기 위하여 구조적 부품 설계 시 주의를 기울인다.

c. 지지구조와 관련된 대형 품목 질량. 실질적인 경우 군수품목이 전체 플랫폼에 비하여 상대적으로 작지만 지지구조에 비해서는 클 경우 부분 진동 시 변화를 고려한다. 이러한 영향은 체트기에 설치된 군수품에 대해서는 부록A 2.3.1항에서 논의한다. 환경 요인, 상대적 치수 및 구조적 방법의 차이점으로 인하여 부록C 표 514.5C-III에서 논의한 요소는 전체 크기의 체트기에 설치된 군수품에만 적용 가능하다.

d. 플랫폼과 관련된 대형 품목 크기. 군수품이 플랫폼에 비하여 크기 질량 상에서 클때는 항상 이러한 영향을 고려한다. 이것은 항공기 및 항공기 보급품에 대해 필수적이다. 항공기의 파손적 고장이 가능하다. 또한 진동 시험 설비의 설치 시 이러한 영향을 고려하는 것도 필수이다. 그렇지 않으면 시험 품목에 전이되는 진동은 의도한 진동보다 크게 다르다.

### 2.4.2 진동 흡수장치.

**부록 B**

진동 흡수장치(충격 마운트), 충격 흡수 선반 및 기타 진동 흡수 장치는 고주파수 진동을 군수품에 주입하는 역학적 시스템에 저주파수 공진을 추가한다. 흡수 주파수(군수품 6등급의 자유 강성체 모드)에서 진동 주입을 증폭시키면 충격 흡수 자재의 상당한 강성체 이동을 야기한다. 본 장치의 효과적인 성능은 군수품의 공진 주파수와 분리 주파수 사이의 완전한 주파수 분리(최소지수 2) 및 군수품 주변 및 구조를 사용하여 충격 흡수 자재의 충격을 피하기 위하여 충분한 동요 공간(충격 분리된 자재의 주변 공간)에 달려있다.

a. 평형 공간. 모든 설계 분석 시 평형 진폭 및 분리 특성(주파수에 대한 전달성)을 포함하고 모든 진동 시험 시 측정한다. 진동 흡수 장치는 진폭과 직선이 되지 않는다. 진동 수준에서 최소에서 최대까지 이러한 파라미터를 평가한다. 주: 이러한 내용은 또한 분리된 군수품 품목내의 하위 부품에 적용한다.

b. 최소 강건성. 모든 군수품은 최소 수준의 강건성을 가지고 있어야 한다. 따라서 군수품 개발은 군수품 수명 주기 중 모든 선적 및 취급 환경을 포함하지 않을 때 **군수품**에서 적절한 무결성 노출을 포함한다. (부록 A 2.4.1)

**2.4.3 군수품 공진 주파수 편차.**

군수품의 설치된 공진 주파수는 실험실 시험 주파수와 다르다. 한 가지 원인은 조립 공정에 따른 일련의 품목 사이의 작은 편차이다. 조인트의 고정도, 부품과 하위 부품사이의 약간의 차이 및 유사한 차이점은 공진 주파수와 다양한 모드의 시험 품목 감폭 모두에 영향을 준다. 두 번째 원인은 자재와 설치대 사이의 상호작용이다. 현장용으로 설치되었기 때문에 시험품목은 미정의 국한된 가요성을 가지고 그 모드로 플랫폼 구조와 같이 자유롭게 6등급로 각각의 다른 지점으로 이동하는 설치 지점에 단단히 매어 준다. 일반적으로 실험실 시험에서는 시험 품목을 육중하게 즉, 각 설치 지점에서 균등하게 단일 축 진동으로 전달시키기 위하여 고안된 매우 단단한 설비를 육중하게 매어둔다. 각각의 경우에 설치대가 시험품목의 진동 모드에 관여되며 영향은 상이하다. 시험 기준을 정의할 때 이러한 영향을 고려한다. 측정 자료와 단독 기준의 경우에 협대역 분광 지수에 오차를 허용한다. 부록 A 2.3.2항의 프로펠러 항공기 기준에 따라  $\pm 5\%$ 가 선정되었다. 이것은 타당한 수치이며 포함된 단위  $g^2/Hz$ 의 C-130 및 P-3 항공기 자료(참고문헌 p - t) 제시된 대략의 이 대역폭을 형성하기 때문이다.

**2.5 형태 시험 및 분석.**

형태 시험 및 분석은 군수품 및 시험 설비의 구조 역학적 특성을 측정하기 위한 기술이다. 형태 시험(참고문헌 cc)은 또한 지상 진동 시험(GVT) 및 지상 진동 조사로 알려져 있다. 시험 품목에 알고있는 역학적 정보를 적용하고 결론적인 반응을 측정하여 보관한다. 형태 분석은 추상적인 형태 파라미터(공진 주파수, 모드 양상, 형태 감폭 등)에 측정 자료를 적용한다. 형태의 파라미터는 분석적 형태를 검증하거나 생성하고, 문제를 연구하고 적절한 측정 장소를 결정하고 측정된 진동 자료, 설계 시험 비품 등을 평가하기 위하여 사용된다. 형태 분석법은 주파수 영역, 시간 영역에 대한 자유 방법 중 6등급, 자유 방법 중 복합 등급으로 분포한다.(참고문헌 dd 및 ee)

**2.5.1 형태 시험 기술.**

형태 분석은 다양한 방법으로 이루어진다. 가장 단순한 방법은 셰이커로 사인진동 주입, 구조적 모드를 자극하기 위한 셰이커의 주파수 및 진폭 출력 조정, 산만한 가속도계로 출력 측정 및 결과를 수동 제도하는 것으로 구성되었다. 이러한 공정은 관련된 각 구조의 모드에서 반복한다. 보다 정교한 접근방법은 멀티 셰이커의 대역폭 난진동, 가속도계 및 힘 게이지 배열에 의한 신호 동시 측정, 컴퓨터 계산 및 주파수 반응 기능 보관(FRF)을 사용할 것이다. 무작위 파열 및 계측 해머 자극과 같은 기술이 쓸만하다. 잘 이해하여 사용 가능한 자료를 생산하고 특수 시험 목적에 필요한 수준이나 상세 정보를 제공하는 방법론을 선정한다.

### 2.5.2 균수품 비선형 동작.

역학적 입력은 가능한 한 현실적인 수준이어야 하며 균수품의 반응이 일반적으로 진폭과 비선형이기 때문에 실질적 경우와 같은 많은 수준이어야 한다.

## 2.6 공기역학적 영향.

항공기의 및 항공기 보급품 진동의 일차 원은 차량 위의 공기역학적 흐름이다. 흐름 내 진동 압력은(요동) 기체 표면의 진동을 추진한다. 이러한 압력과 그에 따른 진동은 동적 압력의 선형 함수 및 마하수의 비선형 함수이다. 공기 흐름이 초음파일 때 흐름은 부드러워지고 요동은 하강한다. 그런데 속도가 증가함에 따라서 보다 심한 진동이 다시 일어날 수 있다. 이러한 현상은 참고문헌 k에 포함된 진동 자료에서 잘 설명한다. 부록 C 표514.5C-V에 주어진 마하 보정은 본 자료의 평균값에 기초한다. 다음 부록 C 표514.5C-VI 정의 및 값과 공식은 공기속력과 동적 압력 계산 시 사용하기 위하여 제공되었다. 공식은 다소 복잡하며 과거에는 간편한 도식의 등가량을 사용하는 것이 일반적이었다. 현대 컴퓨터와 프로그래머블 계산기를 사용하므로 이러한 단순화는 더 이상 정당화되지 않는다. 공식의 출처는 참고문헌 ff이며 대기 값의 출처는 참고문헌 gg이다.

### 2.6.1 동적 압력 .

압력을 통하여 이동하는 대상의 총 가스 활동의 압력은 동적 압력과 정적 압력을 더한 것으로 구성되었다. 비율은 가스를 통과하는 물체의 속도에 의하여 변한다. 동적 압력은  $p$ 가 가스 밀도이고  $V$ 가 가스를 통과하는 속력일 때  $q=1/2\rho V^2$  이다.

### 2.6.2 공기 속도.

대기를 통과하는 항공기의 속도는 공기 속도 혹은 마하수를 기초로 측정한다. 공기 속도 지정에는 여러 가지 방법이 있다. 이들은 아래에서 논의한다. 해상수준에서도 동일하지만 고도 증가에 따라 갈라진다. 공기 속도 및 동적 압력 계산 시 필요한 공식과 자료는 부록 C 표 514.5C-VI에서 제시한다. 이들은 참고문헌 ff와 gg에 기초한다.

- a. 측정된 공기속도. 공기속도는 일반적으로 측정된 공기속도로 규정 및 측정되었다. 측정된 공기속도는 일반적으로 시간 당(knots) 향해 마일로 표기하며 측정된 공기 속도는 knots로 지정한다. Kcas는 참 공기 속도가 아니다. 비행 중 직접 측정 가능한 양으로부터 도출한 것이다. 정확하지 않기 때문에 상기에서 q로 주어진 간단한 공식을 사용할 수 없다.
- b. 지시 공기속도. 공기속도 측정의 또 다른 형태는 지시 속도이다. 측정된 공기속

부록 B

도는 특수 항공기 설치 시 요인을 고려하기 위하여 경험상의 교정을 추가한 경우 지시 공기속도이다. 지시 속도는 여러 가지 단위(시간당 킬로미터, 마일 및 knots)로 표현하지만 군용 항공기에는 주로 knots 지시 공기 속도를 사용한다.(Kias)

c. 등가 공기속도. 등가 공기속도는 동적 압력과 직접적으로 관련된 형태이다. 항공기에 작용하는 다른 힘(상승, 끌기, 및 구조적 공기 하중)이 동적 압력에 일부분이기 때문에 때때로 공학적 계산 시 사용되기도 한다. 그러나 공기속도 측정 시스템이나 비행 설명서에는 사용되지 않는다. 등가 공기속도는 여러 가지 단위로 표기되지만 주로 knots 등가 공기 속도로 표현한다(Keas)

d. 실제 공기속도. 이것은 실제 공기속도이다. 항공기 공기 자료 시스템으로 실제 공기속도를 계산하기 위하여 부분 대기 특성은 반드시 정확하게 제시해야 한다. 이것은 최근 몇 년까지는 실용되지 않았으며 항공기는 주로 설명서에 참 공기속도를 사용하지 않았으며 항해 시에는 사용하지 않았다. 참 공기속도는 여러 가지 단위로 표기되지만 주로 knots 참 공기속도로 표현한다(Kts)

e. 마하수. 마하수는 음속에 대한 실제 공기속도 비율이다. 마하수를 항공기 공기 자료 시스템으로 측정할 때 실제 마하수이다.

2.6.3 고도.

항공기 자료 시스템은 국부 기압을 측정하고 이 값을 압력, 온도 및 밀도와 관련된 표준 대기 모델을 통과하는 압력 고도로 전환한다. 압력 고도는 공기 속도 및 동적 압력의 공식에 사용된다. 고도는 압력 고도라는 점을 보증하기 위하여 반드시 주의를 기울여 실험한다. 근대 군항공기의 저고도 값은 국한된 지형 위의 흔히 절대 고도로 주어진다. 이러한 값은 압력 고도 값에 따라 변한다. 임무 개요 개발과 친숙한 기술자들로부터의 얻은 지침에서는 이와 같은 조정을 요구한다.

2.7 유사성.

원래의 용도가 아닌 다른 용도로 사용되는 군수품을 적용하는 것이 때로는 바람직하다. 그리고 기존의 군수품을 변경하고 변화 적용한 군수품의 환경 노출을 변경한다. 유사성은 주로 “유사성에 의한 합격”이라는 공정을 통하여 달성된다. 공교롭게도 이 공정은 결코 일반적으로 허가된 정의가 아니다. 실제로 이 공정은 가끔 흔적을 남기지만 공학적 내용은 남기지 않는 종이 실험에 속한다. 다음은 공군 항공전자 공학 환경에 제공되는 일련의 기준을 적용한다. 진동 유사성 기준에 대한 원칙으로 제안되었다. 군수품 유형, 플랫폼 환경 및 프로그램 제지에 대한 기준을 조정한다. 군수품이 전자함이 아닐 때 회로 카드로부터의 중요성을 특수 임계요인으로 변경한다.

2.7.1 무변경 군수품.

다음 중 한가지를 충족시키는 기록된 증거에 의하여 무변경 군수품에 대해 자격을 부여한다:

- a. 군수품이 적용한 진동 요건과 동등하거나 초과하는 진동 시험 기준에 따라 성공적으로 자격을 부여받았다.

b. 군수품이 진동 환경 및 노출 지속시간이 적용한 진동 요건보다 더 엄중한 경우에 대한 적용에서 허용된 신뢰성이 증명되었다.

c. 군수품이 적용한 진동 요건에 의하여 최대 시험 수준 6dB이하 및 각 주파수에서 피로 손상 가능성이 50% 이하로 심해지는 진동 시험 기준에 따라 성공적으로 자격을 부여받았다. 추가로 임계 공진에서 진동 반응은 군수품 수명 및 기능이 사용 시 용인된다.

### 2.7.2 변경 군수품.

무변경 군수품이 분석 및 시험 자료에 의하여 보완된 사용에 대한 진동 요건을 충족시키고 변경된 군수품을 무변경 군수품과 유사하다고 증명하여 기록한 증거에 의하여 변경 군수품 (어떠한 방법으로도 변경되지 않음)에 대해 자격을 부여한다.

### 2.7.3 동등한 진동 환경

사전 시험이나 다른 진동 노출은 다음의 모든 요건을 충족시키는 경우 적용 요건과 동등하다고 간주한다.

a. 사전 노출은 적용 요건에 따라 동일한 진동 유형이다. 즉, 난진동은 난기준과 견주고 사인진동은 사인 진동 기준과 견준다.

b. 노출 주파수대는 적용 주파수대를 포함한다. 주파수대에서 적용 요건의 저주파수 한도 또는 최저 군수품 공진 주파수의 1/2 이상인 저주파수 한도를 사용한다. 주파수대의 고주파수 한도는 적용 요건의 고주파수 한도이다.

c. 노출 수준(가속도 분광 밀도 수준 혹은 적용 가능한 피크 시누소이드 가속도)은 모든 주파수에서 3.0dB 이하이며 전체 대역폭의 80%에서는 상기 요건의 수준이거나 그 이상이다.

d. 노출 시 피로 손상 가능성은 각 주파수에서 적용 피로 손상 가능성의 50%이상이다. 그리고 노출 시 피로 손상 가능성은 주파수대 80%대에서 적용한 피로손상 가능성을 초과한다. 합산한 등량 노출 횟수만큼 최대 적용 수준에서 피로 손상 가능성을 진술한다. 다음 값에 따라서 합계 및 등량을 기초로 한다.

$$W_1/W_2 = (T_2/T_1)^{1/4}$$

$W_1$  = 노출1의 가속도 분광 밀도(g<sup>2</sup>/Hz)

$W_2$  = 노출2의 가속도 분광 밀도(g<sup>2</sup>/Hz)

$T_1$  = 노출1의 지속시간(hours)

$T_2$  = 노출2의 지속시간(hours)

$$g_1/g_2 = (T_2/T_1)^{1/6}$$

$g_1$  = 노출1의 가속도 피크 시누소이드(g)

$g_2$  = 노출2의 가속도 피크 시누소이드(g)

$T_1$  = 노출1의 지속시간(hours)

$T_2$  = 노출2의 지속시간(hours)

#### 2.7.4 신뢰성 자료.

다음의 모든 기준을 충족시키는 현장 신뢰성 자료를 사용한다:

- a. 신뢰성 자료를 취득한 현장 군수품의 수는 특수 시험 품목을 통계적으로 나타내기  
에 충분하다.
- b. 자료로부터 취득한 군수품의 현장 사용은 설계 환경 수명 주기를 나타낸다.
- c. 현장 신뢰성 자료는 유지보수능력, 임무 관독, 임무 완성, 및 안전 요건을 만족시  
킨다.

#### 2.7.5 임계 공진 반응.

새시의 세 가지 최초 자연 주파수를 평가한다. 각 하위 조립품의 최초 자연 주파수 및 다음  
절차에 따른 각 회로 카드의 최초 자연 주파수를 평가한다:

- a. 시험을 통해 자연 주파수의 요구 집합(첫 집합)을 결정한다.
- b. 원래 자격과 적용 환경에 맞게 작동될 필요가 있는 최대 수준을 비교한다. 적용  
환경이 원래 주파수 수준을 초과하는 주파수(2차)를 측정한다.
- c. 최초 주파수의 공진이 2차 주파수와 일치하는지 측정한다. 이러한 공진이 적용  
환경의 최대 수준에 노출되었을 때 요구된 바와 같이 군수품이 기능할 것이라는 시  
험 또는 분석에 따라 제시한다.
- d. 원래 자격 및 적용 환경에 내재한 피로손상을 비교하기 위하여 상기의 부록 B  
2.7.3의 절차를 사용한다. 적용 피로 손상 가능성이 원래 기준의 피로 손상 가능성  
을 초과하는 주파수(3차)를 측정한다.
- e. 최초 주파수 공진이 3차 주파수 공진과 일치하는지 측정한다. 이러한 공진이 적  
용한 피로 손상 가능성에 노출되었을 때 요구된 바와 같이 군수품 수명이 획득될  
것이라는 시험 또는 분석에 따라 제시한다.

#### 2.7.6 역학적 유사성.

다음의 모든 요건을 적용할 때 변경 군수품은 기준신 군수품과 역학적으로 유사하다고 간주  
한다:

- a. 단위 질량 및 각 조립품의 질량상의 총 변동량은  $\pm 10\%$ 이내이다.
- b. 중력의 단위 중심은 모든 방향에서 원래 위치로부터  $\pm 10\%$ 이내이다.
- c. 설치 형상은 변하지 않는다.
- d. 회로카드의 설치 형상은 변하지 않는다.
- e. 새시의 최초 세 가지의 자연 주파수 및 각 조립품의 최초 자연 주파수는 원래 주파수의  $\pm 15\%$ 이내이다.
- f. 각 회로 기관의 최초 자연 주파수는 원래 주파수의  $\pm 15\%$ 이내이다.
- g. 각각의 변경된 회로 카드는 평판에 직각인 축에서 1시간 동안 진동한다. 2000Hz까지는 옥타브에 따라 6dB에서 회전하며 15 - 1000Hz사이에서  $0.04g^2/Hz$ 의 시험 노출을 사용한다. 시험 중과 후에 카드 전체에 전기 진동을 유지한다.(진동 수준 및 회로기관 수준에서 지속시간이 주어진 경우에는 주어진 노출로 대체한다.)
- h. 마운트, 새시, 내부 지지구조 및 회로 카드 자재에 대한 변형은 그와 동등하거나 더 큰 고주기 피로 강도와 비례한다.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 B

공백

## 부록 C

## 표와 그림

## 1 적용범위.

## 1.1 목적.

본 부록은 시험법 514의 주요 내용, 부록 A, 부록 B와 관련된 표와 그림을 제공한다.

## 2 표

표 514.5C-I. 대표적인 임무/현장 수송 개요

수송항 지역 (PSA)	군대 수송 지역 (CSA)	전방 공급 지점 (ESP)	사용 단위 (USU)	지출
600km (375마일)	200km (125마일)	26km (16마일)	26km (16마일)	이륜 트레일러 혹은 548 하물 차량
트럭, 세미트레일러		이륜 트레일러		

표 514.5C-II. 프로펠러 항공기 진동 노출.

군수품 위치 1/, 2/, 3/, 4/	진동 수준 $L_0$ ( $g^2/Hz$ )
동체내부 또는 프로펠러의 앞쪽 날개	0.10
프로펠러 통로 날개의 하나의 프로펠러 날개의 반경 내에서	1.20
동체내부 또는 프로펠러의 날개 뒤	0.30
엔진실, 미익, 꼬리날개 혹은 목표탑	0.60
1/ 외부 면에 설치된 군수품의 경우, 3dB까지 증가한다.	
2/ $f_0$ = 날개 통로 주파수(프로펠러 rpm과 날개의 곱)(Hz)	
$f_1 = 2 \times f_0$ $f_2 = 3 \times f_0$ $f_3 = 4 \times f_0$	
3/ 스파이크 대역폭 주파수는 중심 주파수의 $\pm 5\%$ 이다.	
4/ C-130 항공기	
3 날개 프로펠러 - $f_0 = 51Hz$	
4 날개 프로펠러 - $f_0 = 68Hz$	
6 날개 프로펠러 - $f_0 = 102Hz(C-130J)$	

표514.5C-III. 제트기 진동 노출.

$W_0 = W_A + \sum  i^n (W_j) $	
$W_0, W_A, W_j$ - 가속도 분광 밀도의 노출 수준( $g^2/Hz$ ) 공기 역학적으로 생기는 진동	
$W_A = a \times b \times c \times ( q )^2$ 제트 엔진 소음에 의해 생기는 진동	
$W_j = \{ [0.48 \times a \times d \times \cos^2(\Theta) / R] \times [D_c \times (V_c / V_r)^3 + D_f \times ( V_f / V_r ^3)] \}$	
a - 플랫폼/군수품 상호작용 지수(부록 B 2.4 참조). 이 지수는 $W_0$ 에는 적용하지만 그림 514.5C-14의 저주파수(고장 주파수 15Hz)에는 적용하지 않는다. = 진동 흡수 장치(충격 마운트)에 설치된 군수품 및 36kg 이하의 군수품에는 1.0 = 무게 36kg-72.12kg(W = 무게단위 kg) 사이의 군수품에는 $1.0 \times 10^{(0.6-W/60)}$ = 72.12kg이상의 군수품에는 0.25	
b - 진동 수준과 동적 압력 사이의 비례 지수.(SI 단위) = 조종석 계측기 패널에 설치된 군수품 및 36kg 이하의 군수품에는 $2.96 \times 10^{-6}$ = 매끄럽고 불연속 장애가 없는 외부 표면 근처에 구획에 있는 조종석 자재 및 군수품은 $1.17 \times 10^{-5}$ = 외부 표면의 불연속 자재(공동, 등성이, 날개 안테나, 속도 브레이크 등), 날개 조정 가장자리 뒤 동체, 날개, 미부 및 목표탑의 근처 및 바로 뒤 군수품은 $6.11 \times 10^{-5}$	$\sum  i^n$ - 제트기 소음 기여도는 각 엔진별 $W_j$ 값의 합계이다. d - 애프터버너 지수 = 애프터버너를 사용하지 않거나 없는 조건에서는 1.0 = 애프터버너를 사용하는 조건에서는 4.0 R - 엔진 배기관의 중앙에서 자재의 중력 중심까지의 백터 거리, m(ft) $\Theta$ = R백터와 엔진 배기관 백터(엔진 배기 센터 라인을 따라)의 사이 각도, 도. $70^\circ < \Theta < 180^\circ$ 사이에서는 70도를 사용한다.
c - 마하수 보정. 이 지수는 $W_0$ 에는 적용하고 그림514.5C-8의 저주파수(0.04g <sup>2</sup> /Hz에서 15-TBD Hz사이) 부분에는 적용하지 않는다는 점을 유의한다.(부록A 2.3.1항) = $0 \leq Mach \leq 1.0$ 일 때 1.0 = $0.9 \leq Mach \leq 1.0$ 일 때 $(-4.8M + 5.32)(M = \text{마하수})$ = 마하수가 1.0이상일 때 0.52	D <sub>c</sub> - 엔진 코어 배기관 직경, m(ft). D <sub>f</sub> - 엔진 팬 배기관 직경, m(ft). V <sub>r</sub> - 참조 배기관 속도, m/sec(ft/sec). = 564m/sec V <sub>c</sub> = 엔진 코어 배기관 속도(애프터버너 사용 안함), m/sec(ft/sec).
q - 비행 동적 압력, kN/m <sup>2</sup> (lb/ft <sup>2</sup> ) (부록B 2.6.1항 및 표514.5C-VI 참조)	V <sub>f</sub> = 엔진 팬 배기관 속도(애프터버너 사용 안함)m/sec(ft/sec).
치수가 ft와 lb로 되어있을때:	
a = 진동 흡수장치(충격 마운트)에 설치된 군수품 및 무게 80lb 이하의 군수품에는 1.0 = 무게 80-160lb 사이의 군수품에는 $1.0 \times 10^{(0.6-0.0075W)}$ = 무게 160lb이상의 군수품에는 0.25 b - 상기 나열된 순서에서 $6.78 \times 10^{-9}$ , $2.70 \times 10^{-8}$ , $1.40 \times 10^{-7}$ V <sub>r</sub> - 1850피트/sec	

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 C

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 C

표514.5C-IV. 헬리콥터 진동 노출

군수품 위치	난진동	근원 주파수 주파수( $f_x$ )대역(Hz)	근원 주파수 대역( $f_x$ )에서의 피크 가속도(A)(중력 단위(g))	
일반적	$W_0 = 0.0010g^2/Hz$ $W_1 = 0.010g^2/Hz$ $f_t = 500Hz$	3-10 10-25 25-40 40-50 50-500	$0.70/(10.70-f_x)$ $0.10 \times f_x$ 2.50 $6.50 - 0.10 \times f_x$ 1.50	
계측기 패널	$W_0 = 0.0010g^2/Hz$ $W_1 = 0.010g^2/Hz$ $f_t = 500Hz$	3-10 10-25 25-40 40-50 50-500	$0.70/(10.70-f_x)$ $0.070 \times f_x$ 1.750 $4.550 - 0.070 \times f_x$ 1.050	
외부 보급품	$W_0 = 0.0010g^2/Hz$ $W_1 = 0.010g^2/Hz$ $f_t = 500Hz$	3-10 10-25 25-40 40-50 50-500	$0.70/(10.70-f_x)$ $0.10 \times f_x$ 3.750 $9.750 - 0.150 \times f_x$ 2.250	
운전 시스템 부착/근처 부품	$W_0 = 0.0010g^2/Hz$ $W_1 = 0.020g^2/Hz$ $f_t = 2000Hz$	5-50 50-2000	$0.10 \times f_x$ $5.5 + 0.10 \times f_x$	
주요 혹은 꼬리 회전 날개 주파수(Hz)는 헬리콥터의 규정치나 표(아래)로부터 1P와 1T를 결정한다.		동력전달 계통 부품 회전 주파수는 헬리콥터의 규정치나 부품의 규정치로부터 S를 결정한다.		
$f = 1P$	$f = 1T$	기본파	$f = 1S$	기본파
$f = n \times 1P$	$f = n \times 1T$	날개 통로 주파수	$f = 2 \times 1S$	1차 고조파
$f = 2 \times n \times 1P$	$f = 2 \times m \times 1T$	1차 고조파	$f = 2 \times n \times 1S$	2차 고조파
$f = 3 \times n \times 1P$	$f = 3 \times m \times 1T$	2차 고조파	$f = 3 \times n \times 1S$	3차 고조파
헬리콥터	주 로터		꼬리 회전 날개	
	회전 속도 1P(Hz)	날개 수 n	회전 속도 1T(Hz)	날개 수 m
AH-1	5.40	2	27.7	2
AH-6J	7.80	5	47.5	2
AH-64(처음)	4.82	4	23.4	4
AH-64(나중)	4.86	4	23.6	4
CH-47D	3.75	3	2개의 주 회전날개 및 꼬리 회전날개 없음	
MH-6H	7.80	5	47.5	2
OH-6A	8.10	4	51.8	2
OH-58A/C	5.90	2	43.8	2
OH-58D	6.60	4	39.7	2
UH-1	5.40	2	27.7	2
UH-60	4.30	4	19.8	4

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 C

표514.5C-V. 제트기 외부 보급품 진동 노출

$W_1 = 5 \times 10^{-3} \times K \times A_2 \times B_2 \times C_2 \times D_2 \times E_2 ; (g^2/Hz)   1/$ $W_2 = H \times ( q/p )^2 \times K \times A_2 \times B_2 \times C_2 \times D_2 \times E_2 ; (g^2/Hz)   1/$ $M \leq 0.90, K = 1.0; 0.90 \leq M \leq 1.0, K = -4.8 \times M + 5.32; M \geq 1.0, K = 0.52 \underline{2/}$ $f_1 = C(t/R^2), (Hz) \underline{3/4/5/}; f_2 = f_1 + 1000, (Hz) \underline{3/}; f_0 = f_1 + 100, (Hz) \underline{6/7/}$																																																												
형상	지수		형상	지수																																																								
공기역학적으로 평탄한 형상	A1	A2		B1	B1																																																							
단일 보급품	1	1	강력 미사일, aft half	1	4																																																							
나란나한 보급품	1	2	기타 다른 보급품, aft half	1	2																																																							
다른 보급품 뒤에	2	4	모든 보급품, forward half	1	1																																																							
공기역학적 8/으로 비평탄한 형상	C1	C2		D1	D2																																																							
단일 및 나란히	2	4	현장 조립된 시트 금속																																																									
다른 보급품 뒤에	1	2	핀/테일콘	8	16																																																							
기타 다른 보급품	1	1	강력 미사일	1	1																																																							
	E1	E2	기타 다른 보급품	4	4																																																							
젤리 충전 소이탄	1/2	1/4																																																										
기타 다른 보급품	1	1																																																										
<p>M - 마하수</p> <p>H - 상수 = 5.59(미터단위)(=5 x 10<sup>-5</sup>영어 단위).</p> <p>C - 상수 = 2.54 x 10<sup>3</sup>(미터단위)(=1.0 x 10<sup>5</sup> 영어 단위)</p> <p>q - 비행 동적 압력(표514.5C-VI 참조)-kN/m<sup>2</sup>(lb/ft<sup>2</sup>)</p> <p>p - 보급품 무게 밀도(무게/부피)-kg/m<sup>3</sup>(lb/ft<sup>3</sup>)</p> <p style="padding-left: 20px;">p의 한세치 641 ≤ p ≤ 2403 kg/m<sup>3</sup>(4a ≤ p ≤ 150 lb/ft<sup>3</sup>)</p> <p>t - 구조(하중이동) 스킨의 평균 두께-m(in)</p> <p>R - 보급함 특성 반경(구조적)(길이에 대한 평균)</p> <p style="padding-left: 20px;">=원형 단면의 보급함 반경</p> <p style="padding-left: 20px;">=타원형 단면의 절반이나 최대 및 최소 직경.</p> <p style="padding-left: 20px;">=불규칙한 단면의 새겨진 절반이나 최대 길이.</p> <p>1/ - 보급품 파라미터가 주어진 한계를 벗어날 때 참고문헌을 참조한다.</p> <p>2/ - 마하수 보정(부록B 2.6항 참조)</p> <p>3/ - 한도 f<sub>1</sub> - 100100 ≤ f<sub>1</sub> ≤ 2000Hz.</p> <p>4/ - 테일 핀이 있는 자유 낙하 보급품, f<sub>1</sub> = 125Hz</p> <p>5/ - 다음에 대한 한도( t/R<sup>2</sup>)  ;</p> <p style="padding-left: 20px;">0.0010 ≤ (t/R<sup>2</sup>) ≤ 0.0020</p> <p>6/ - f<sub>0</sub> = 원형이나 타원형이 아닌 단면적에서 500Hz</p> <p>7/ 만일 f<sub>0</sub> &gt; 200Hz 라면 f<sub>0</sub> = 2000Hz를 사용한다.</p> <p>8/ - 보급품 길이 첫 1/4 이내에서 분리된 공기 역학적 흐름의 형상. 둔한 소음, 광플랫, 날카로운 코너 및 개방 공동은 분리되는 잠재적 원인이다. 매끄럽고, 둥글고 서서히 늘어지는 것 외의 노즈(nose)형상은 분리되는 것으로 여긴다.. 공기역학적 기술자들은 이를 판정해야 한다.</p> <p style="text-align: center;">대표적인 파라미터</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">보급품 유형</th> <th colspan="2">Mza q</th> <th colspan="2">p</th> <th>f<sub>1</sub></th> <th>f<sub>2</sub></th> </tr> <tr> <th>kN/m<sup>2</sup></th> <th>(lb/ft<sup>2</sup>)</th> <th>kg/m<sup>3</sup></th> <th>(lb/ft<sup>3</sup>)</th> <th>Hz</th> <th>Hz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>미사일, 공중-지상</td> <td>76.61</td> <td>(1600)</td> <td>1602</td> <td>(100)</td> <td>500</td> <td>1500</td> </tr> <tr> <td>미사일, 공중-공중</td> <td>76.61</td> <td>(1600)</td> <td>1602</td> <td>(100)</td> <td>500</td> <td>1500</td> </tr> <tr> <td>계측기 포드</td> <td>86.19</td> <td>(1800)</td> <td>801</td> <td>(150)</td> <td>500</td> <td>1500</td> </tr> <tr> <td>디스펜서(재사용)</td> <td>57.46</td> <td>(1200)</td> <td>801</td> <td>(50)</td> <td>200</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>파괴 폭탄</td> <td>57.46</td> <td>(1200)</td> <td>1922</td> <td>(20)</td> <td>125</td> <td>1100</td> </tr> <tr> <td>화염 폭탄</td> <td>57.46</td> <td>(1200)</td> <td>641</td> <td>(40)</td> <td>100</td> <td>1100</td> </tr> </tbody> </table>						보급품 유형	Mza q		p		f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	kN/m <sup>2</sup>	(lb/ft <sup>2</sup> )	kg/m <sup>3</sup>	(lb/ft <sup>3</sup> )	Hz	Hz	미사일, 공중-지상	76.61	(1600)	1602	(100)	500	1500	미사일, 공중-공중	76.61	(1600)	1602	(100)	500	1500	계측기 포드	86.19	(1800)	801	(150)	500	1500	디스펜서(재사용)	57.46	(1200)	801	(50)	200	1200	파괴 폭탄	57.46	(1200)	1922	(20)	125	1100	화염 폭탄	57.46	(1200)	641	(40)	100	1100
보급품 유형	Mza q		p		f <sub>1</sub>		f <sub>2</sub>																																																					
	kN/m <sup>2</sup>	(lb/ft <sup>2</sup> )	kg/m <sup>3</sup>	(lb/ft <sup>3</sup> )	Hz	Hz																																																						
미사일, 공중-지상	76.61	(1600)	1602	(100)	500	1500																																																						
미사일, 공중-공중	76.61	(1600)	1602	(100)	500	1500																																																						
계측기 포드	86.19	(1800)	801	(150)	500	1500																																																						
디스펜서(재사용)	57.46	(1200)	801	(50)	200	1200																																																						
파괴 폭탄	57.46	(1200)	1922	(20)	125	1100																																																						
화염 폭탄	57.46	(1200)	641	(40)	100	1100																																																						

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 C

표514.5C-VI. 동적 압력 계산.

<p>1 공기속도는 1 이하의 마하수로 사용한다.                  2 마하수는 모든 공기속도에서 사용된다.                  3 구체적으로 명시하지 않은 한 공기속도는 보정된 속도로 가정한다(<math>K_{cas}</math>)                  4 공기 속도 값이 지시 공기속도로 주어진 경우 <math>K_{ias}</math>와 <math>K_{cas}</math>와 같다고 가정한다.                  5 고도(h)는 압력고도이며 지상의 고도는 아니다.</p>				
$q = 2.5p_0\sigma V_a^2 [(1/\delta \{ [1 + 0.2(V_{cas}/V_{ao})^2]^{3.5} - 1 \} + 1)^{2/7} - 1]$				
$q=1/2 p_0 \sigma pV_a^2 M^2 \quad q=1/2 p_0 V_{eas}^2 \quad q=1/2 p_0 \sigma V_{tas}^2$				
	$h \leq 11000m$	$11000 \leq h \leq 20056m$	$(h \leq 36089 ft)$	$36089 \leq h \leq 65800ft$
$\theta$	$1-2.2556 \times 10^{-5}h$	0.75189	$1-6.8750 \times 10^{-6}h$	0.75189
$\delta$	$\theta^{5.2561}$	$0.2234 e^\Phi$	$\theta^{5.2561}$	$0.2234 e^\Phi$
$\sigma$	$\theta^{4.2561}$	$0.2971 e^\Phi$	$\theta^{4.2561}$	$0.2971 e^\Phi$
$V_a$	$V_{ao} \times \theta^{1/2}$	295.06	$V_{ao} \times \theta^{1/2}$	968.03
$\lambda$	-----	$(11000-h)/6342.0$	-----	$(36089-h)/20807$
$p_0$	$1.2251 \times 10^{-3}$	$1.2251 \times 10^{-3}$	$2.377 \times 10^{-3}$	$2.377 \times 10^{-3}$
$V_{ao}$	340.28	-----	1116.4	-----
$T_0$	288.16. K	-----	518.69. R	-----
<p><math>V_{cas}</math> - 보정된 공기속도, m/sec(ft/sec)  <math>V_{ias}</math> - 지시된 공기속도, m/sec(ft/sec)  <math>V_{eas}</math> - 등가 공기속도, m/sec(ft/sec)  <math>V_{tas}</math> - 실제 공기속도, m/sec(ft/sec)                      (해수면에서 <math>V_{tas} = V_{eas} = V_{cas} = V_{ias}</math>)  <math>V_{ao}</math> - 해수면 음속, m/sec(ft/sec)  <math>V_{ias}</math> - 국부 음속, m/sec(ft/sec)                      M - 마하수                      q - 동적 압력, kN/m<sup>2</sup>(lb/ft<sup>2</sup>)                      h - 압력 고도, m(ft), (표준 대기압)                      T<sub>0</sub> - 해수면 대기 온도 °K(°R)</p>		<p><math>p_0</math> - 해수면 대기 밀도 kg/m<sup>3</sup>(slugs /ft<sup>3</sup> 혹은 lb sec<sup>2</sup>/ft<sup>4</sup>)  <math>\delta</math> - 해수면 대기압에 대한 국부 대기압의 비  <math>\sigma</math> - 해수면 대기 밀도에 대한 국부 대기 밀도 (표준 대기의 비)  <math>\theta</math> - 해수면 온도에 대한 일정고도 온도의 비율 (표준 대기압)  <math>\lambda</math> - 성층권 고도 변화</p>		
<p>일반적으로 공기속도는 다음과 같이 knots로 표기한다.</p> <p><math>V_{kcas}</math> - knots 보정된 공기 속도  <math>V_{kias}</math> - knots 지시된 공기 속도  <math>V_{keas}</math> - knots 등가 공기 속도  <math>V_{ktas}</math> - knots 실제 공기 속도</p> <p>[knots=시간당 항해 마일(knots x 0.51478 = m/sec)(knots x 1.6889 = ft/sec)]</p>				
계산 점검 사례				
공기 속도	$h=3048m$	$(h=10000ft)$	$h=15240m$	$(h=50000ft)$
500 $V_{kcas}$	$q=38.5kN/m^2$	$(q=804lb/ft^2)$	$q=23.8kN/m^2$	$(q=497lb/ft^2)$
500 $V_{ktas}$	$q=30.0kN/m^2$	$(q=626lb/ft^2)$	$q=6.18kN/m^2$	$(q=129lb/ft^2)$
M=0.8	$q=31.2kN/m^2$	$(q=652lb/ft^2)$	$q=5.20kN/m^2$	$(q=109lb/ft^2)$
500 $V_{keas}$	$q=40.6kN/m^2$	$(q=848lb/ft^2)$	모든 고도에서	

표514.5C-VII. 그림 514.5C-1 - 514.5C-3 곡선의 변곡점.

미국 고속도로 트럭 진동 노출 그림 514.5C-1						복합 이륜 트레일러 진동 노출 그림 514.5C-2					
수직		횡단		종단		수직		횡단		종단	
Hz	g <sup>2</sup> /Hz	Hz	g <sup>2</sup> /Hz	Hz	g <sup>2</sup> /Hz	Hz	g <sup>2</sup> /Hz	Hz	g <sup>2</sup> /Hz	Hz	g <sup>2</sup> /Hz
10	0.01500	10	0.00013	10	0.00650	5	0.2252	5	0.0474	5	0.0563
40	0.01500	20	0.00065	20	0.00650	8	0.5508	6	0.0303	6	0.0563
500	0.00015	30	0.00065	120	0.00020	10	0.0437	7	0.0761	8	0.1102
1.04		78	0.00002	121	0.00300	13	0.0253	13	0.0130	13	0.0140
1.04g rms		79	0.00019	200	0.00300	15	0.0735	15	0.0335	16	0.0303
		120	0.00019	240	0.00150	19	0.0143	16	0.0137	20	0.0130
		500	0.00001	340	0.00003	23	0.0358	21	0.0120	23	0.0378
		0.204 g rms		500	0.00015	27	0.0123	23	0.0268	27	0.0079
		0.740g rms				30	0.0286	25	0.0090	30	0.0200
						34	0.0133	28	0.0090	33	0.0068
복합 이륜 트레일러 진동 노출 그림 514.5C-2						36	0.0416	30	0.0137	95	0.0019
						41	0.0103	34	0.0055	121	0.0214
수직		횡단		종단		45	0.0241	37	0.0081	146	0.0450
Hz	g <sup>2</sup> /Hz	Hz	g <sup>2</sup> /Hz	Hz	g <sup>2</sup> /Hz	51	0.0114	46	0.0039	153	0.0236
5	0.2308	5	0.1373	5	0.0605	95	0.0266	51	0.0068	158	0.0549
8	0.7041	9	0.0900	6	0.0577	111	0.0166	55	0.0042	164	0.0261
12	0.0527	12	0.0902	8	0.0455	136	0.0683	158	0.0029	185	0.0577
16	0.0300	14	0.0427	12	0.0351	147	0.0266	235	0.0013	314	0.0015
20	0.0235	16	0.0496	15	0.0241	185	0.0603	257	0.0027	353	0.0096
22	0.0109	18	0.0229	16	0.0350	262	0.0634	317	0.0016	398	0.0009
24	0.0109	119	0.0008	19	0.0092	330	0.0083	326	0.0057	444	0.0027
26	0.0154	146	0.0013	25	0.0159	360	0.0253	343	0.0009	500	0.0014
69	0.0018	166	0.0009	37	0.0041	500	0.0017	384	0.0018	2.40 g rms	
79	0.0048	201	0.0009	41	0.0060	3.85 g rms		410	0.0008		
87	0.0028	273	0.0053	49	0.0017			462	0.0020		
123	0.0063	289	0.0021	105	0.0006			500	0.0007		
161	0.0043	371	0.0104	125	0.0004			1.28 g rms			
209	0.0057	382	0.0019	143	0.0013						
224	0.0150	402	0.0077	187	0.0013						
247	0.0031	422	0.0027	219	0.0028						
278	0.0139	500	0.0016	221	0.0068						
293	0.0037	1.60 g rms		247	0.0325						
357	0.0028			249	0.0098						
375	0.0052			270	0.0026						
500	0.0011			293	0.0094						
2.18 g rms				336	0.0120						
				353	0.0247						
				379	0.0085						
				431	0.0224						
				433	0.0092						
				500	0.0014						
				1.96 g rms							

표514.5C-VIII. 그림 514.5C-6의 변곡점

C-5			KC-10			C/KC-135, E/KE-3			C-17		
Hz	$g^2/Hz$	dB/Oct	Hz	$g^2/Hz$	dB/Oct	Hz	$g^2/Hz$	dB/Oct	Hz	$g^2/Hz$	dB/Oct
15	0.003		15	0.0038		10	0.002		5	0.005	
1000	0.003		1000	0.0038		66.897	0.002		66.897	0.005	
		-6			-6			6			6
2000	7.5E-4		2000	9.5E-4		150	0.01		150	0.025	
rms=2.11g			rms=2.38g			500	0.01		500	0.025	
								-6			-6
						2000	6.3E-4				
						rms=2.80g			2000	1.6E-3	
									rms=4.43g		
C-141			T-43(737)			일반 노출			주: c-17 수준은 기본적인 화물칸 바닥에 적용한다. 이동통로 뒷면에 적재된 품목의 수준은 더 높다.		
Hz	$g^2/Hz$	dB/Oct	Hz	$g^2/Hz$	dB/Oct	Hz	$g^2/Hz$	dB/Oct			
15	0.002		10	0.015		15					
39.086	0.002		20	0.015		105.94	0.01				
		4			-9			6			
300	0.03		34.263	0.003		150	0.02				
700	0.03		46.698	0.003		500	0.02				
		-9			9			-6			
2000	0.0013		80	0.015		2000	1.3E-3				
rms=5.01g			500	0.015		rms=3.54g					
			2000	9.5E-4							
			rms=3.54g								

3. 그림

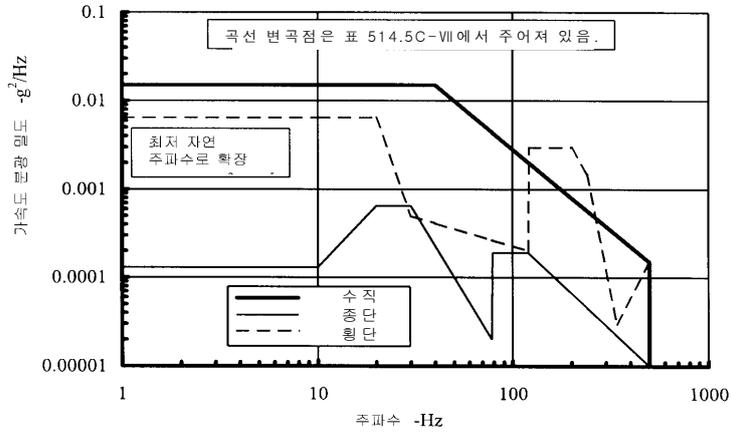


그림 514.5C-1. 미국 고속도로 진동 노출

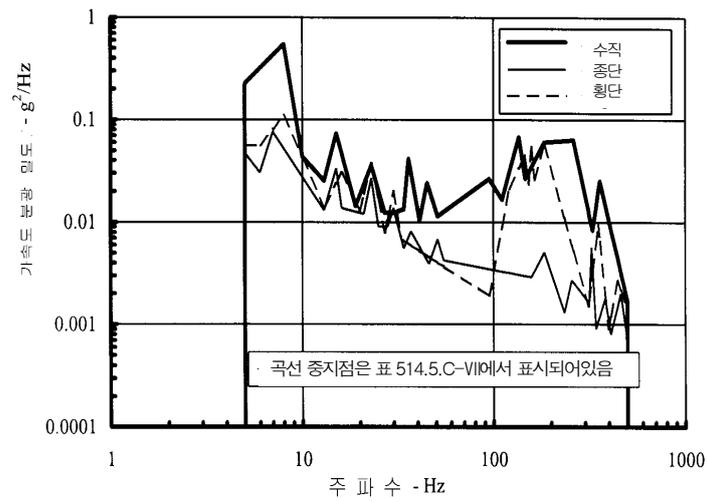


그림 514.5C-1. 복합 이륜 트레일러 진동 노출

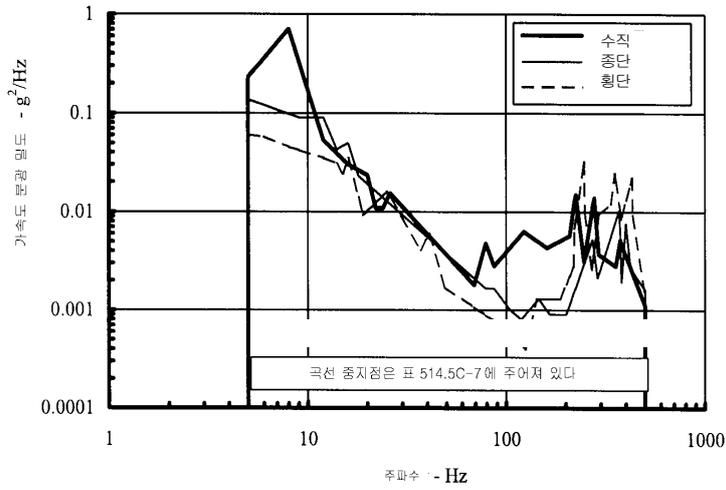


그림 514.5C-3. 복합 바퀴 차량 진동 노출

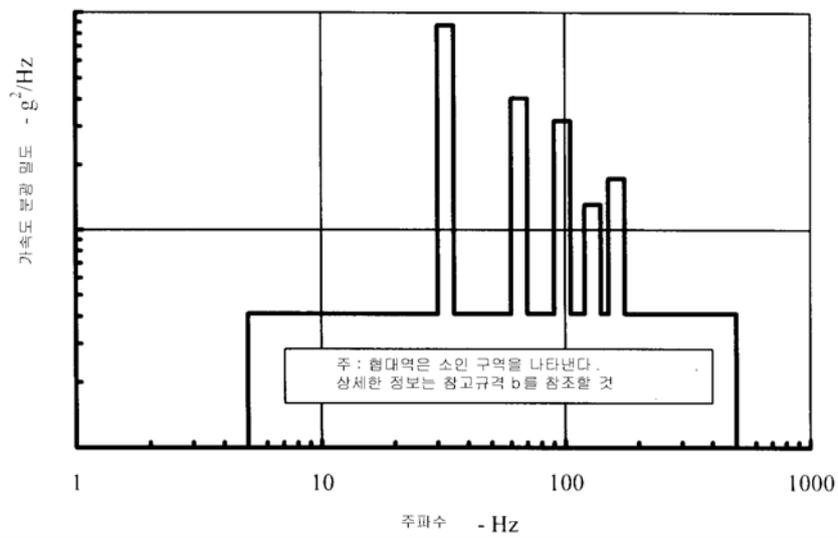


그림 514.5C-4. 궤도 차량의 대표적인 분광 양상

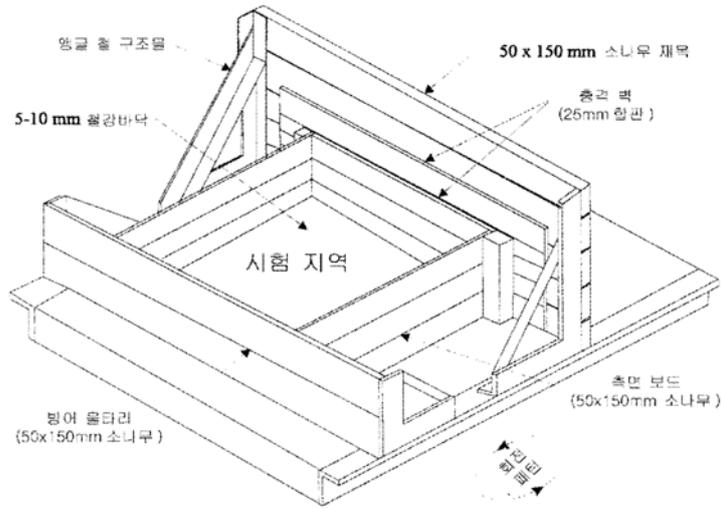


그림514.5C-5. 개략적의 화물 시험 기구

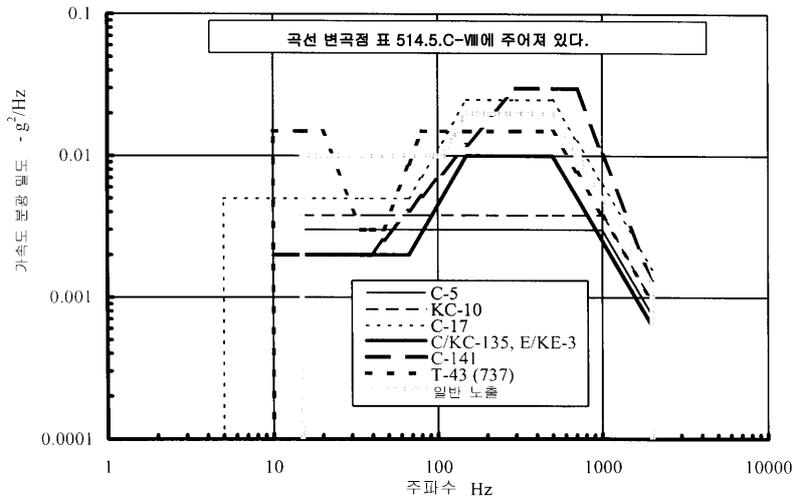


그림514.5C-6. 제트기 하물 진동 노출

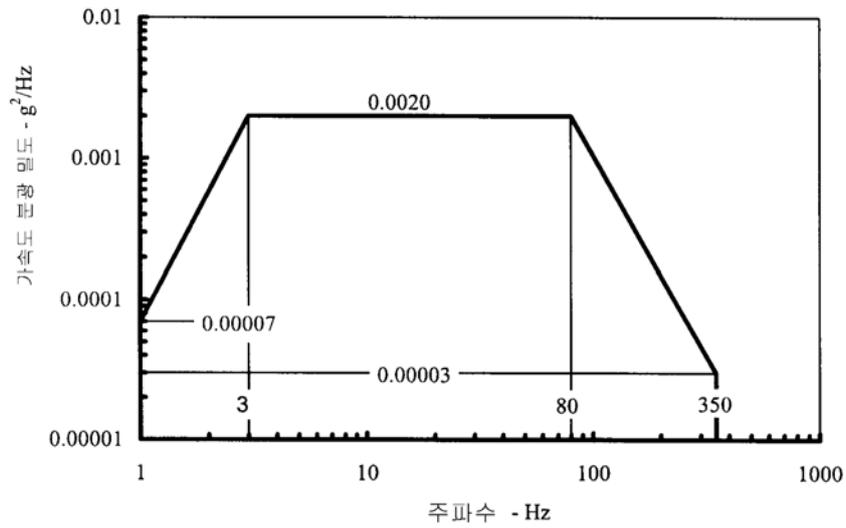


그림514.5C-7. 철도 하물 진동 노출

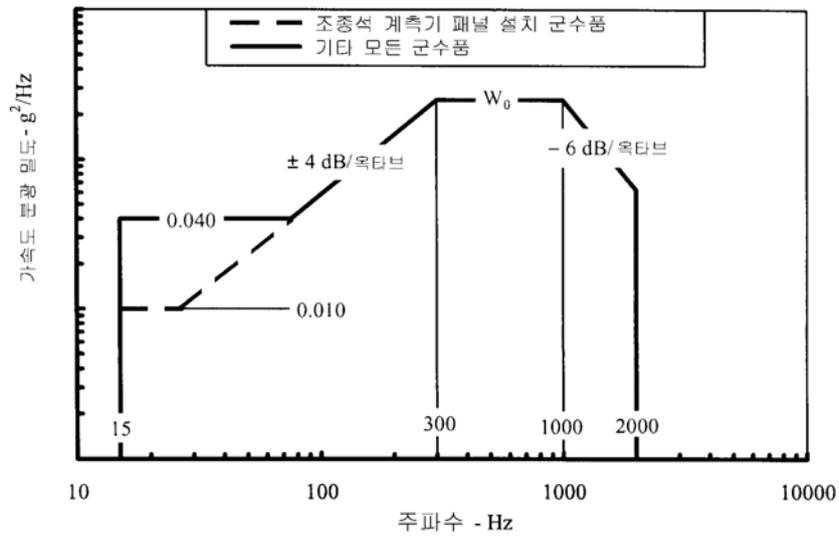


그림514.5C-8. 제트기 진동 노출

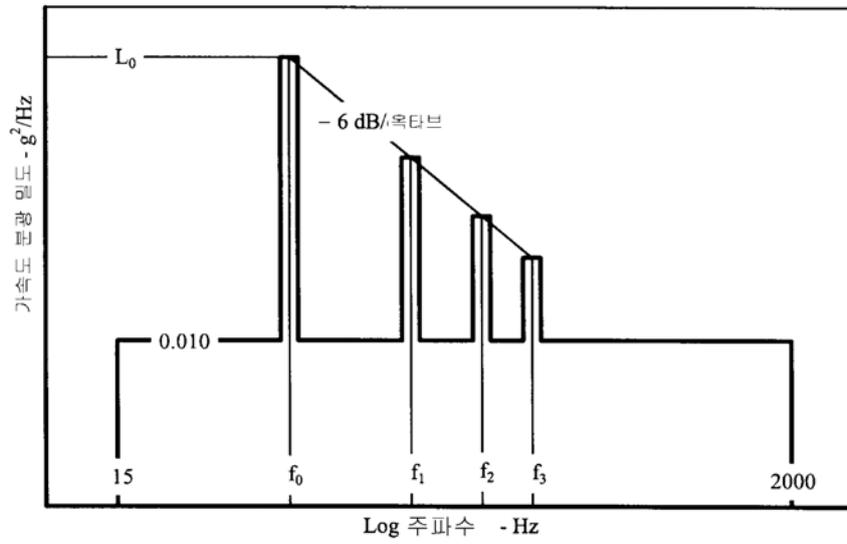


그림514.5C-9. 프로펠러 항공기 진동 노출

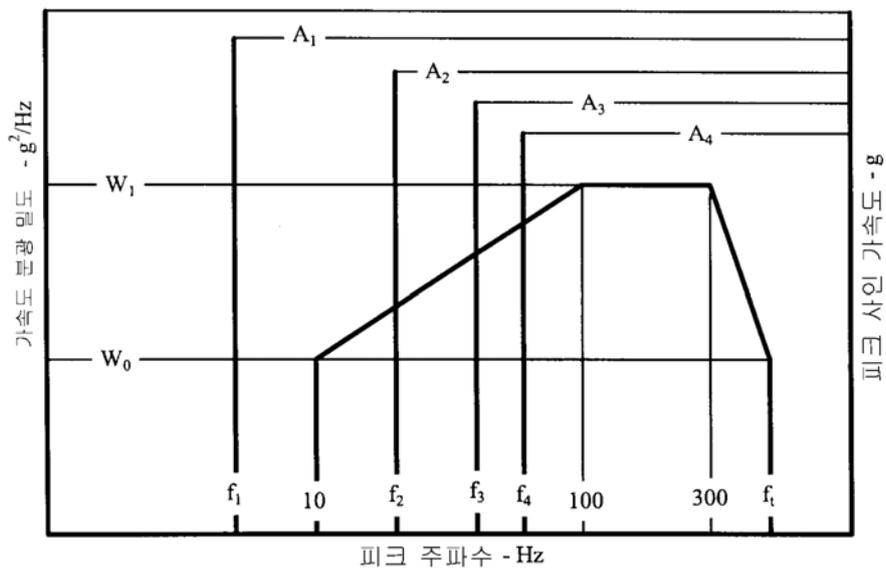


그림514.5C-8. 헬리콥터 진동 노출

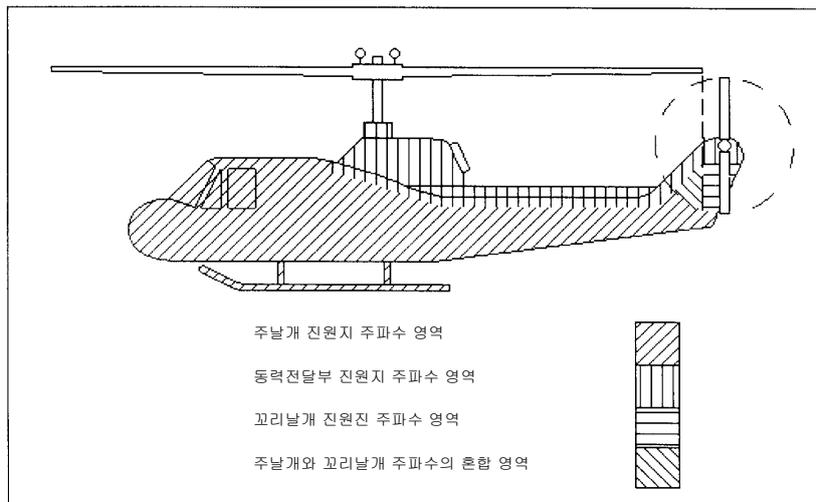


그림514.5C-11. 헬리콥터 진동 지역

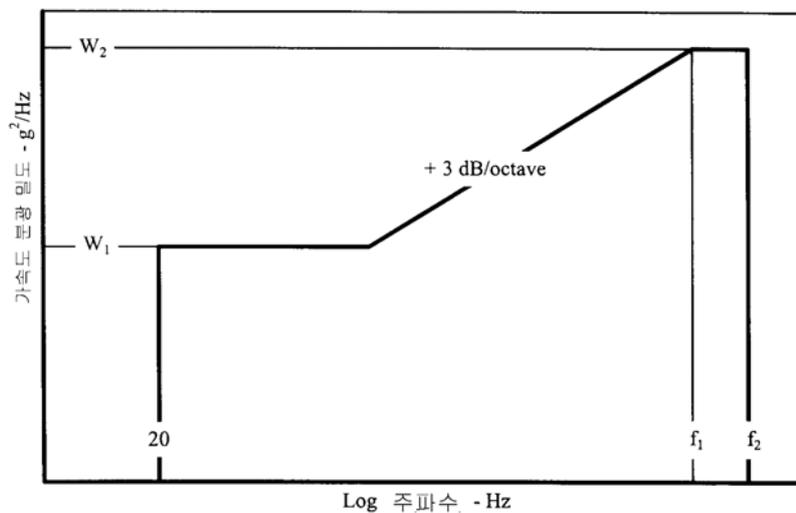


그림514.5C-12. 체트기 보급품 진동 노출

- 주날개 진원지 주파수 영역
- 동력전달부 진원지 주파수 영역
- 꼬리날개 진원지 주파수 영역
- 주날개와 꼬리날개 주파수의 혼합 영역

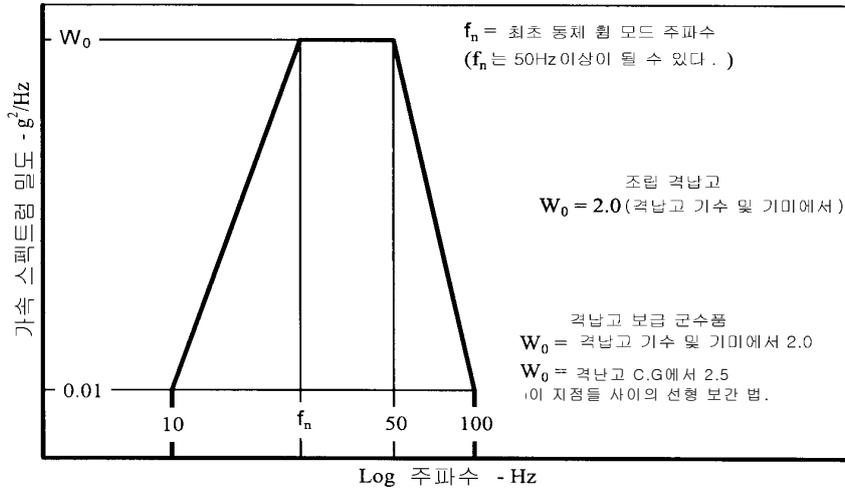


그림514.5C-13. 체트기 보급품 타격 반응

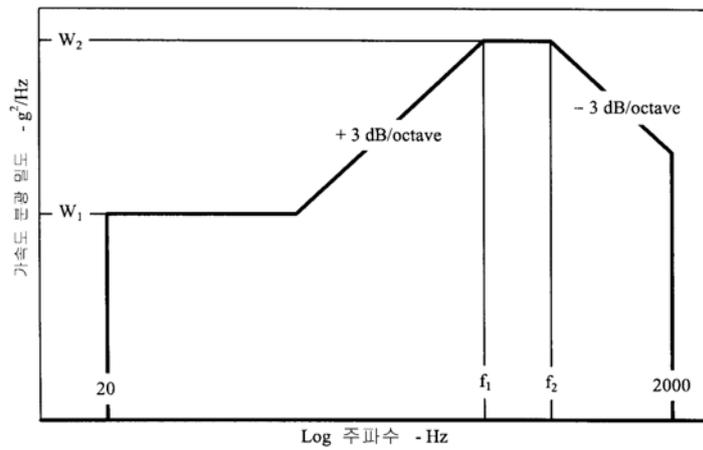


그림514.5C-14. 체트기 보급품 장비 진동 노출

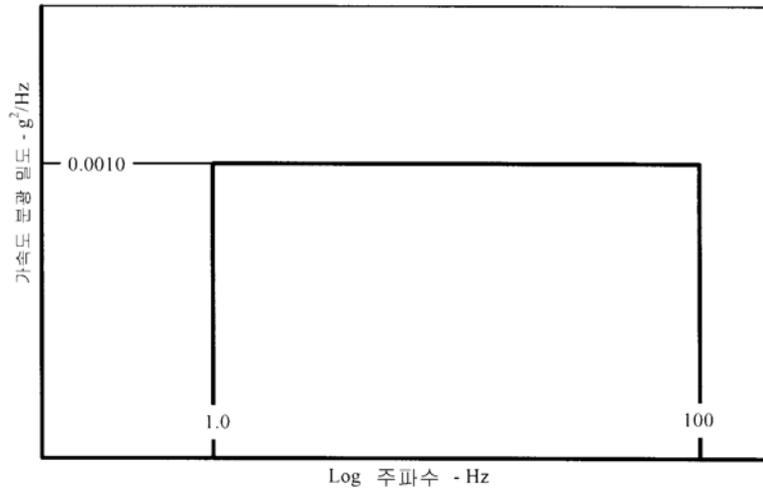


그림514.5C-15. 합선의 난진동 노출

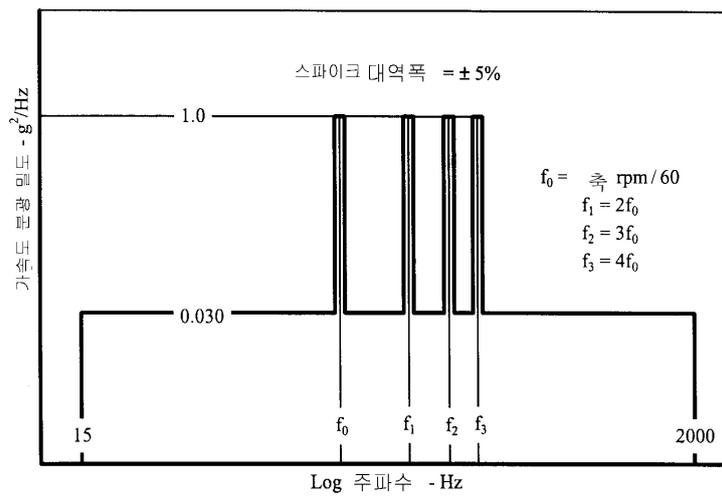


그림514.5C-16. 터빈 엔진 진동 노출

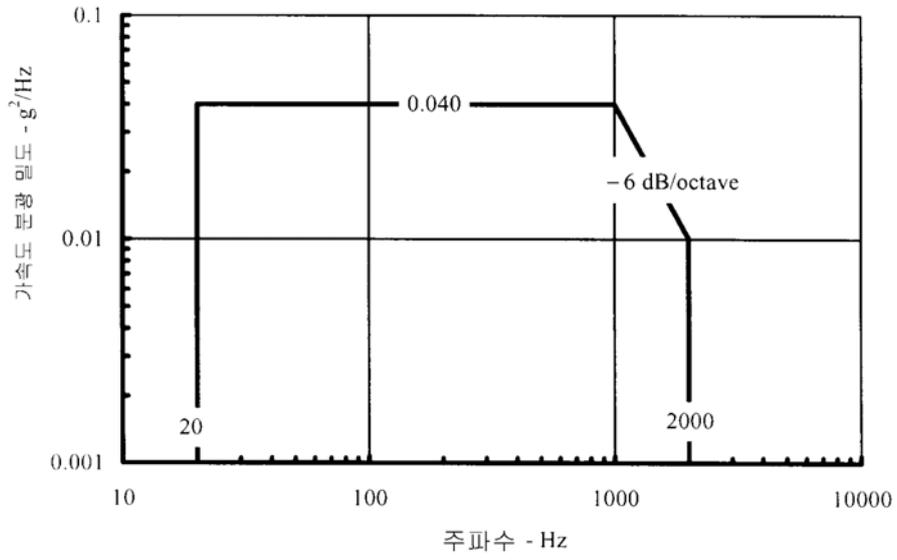


그림514.5C-17. 일반적 최소 무결성 노출

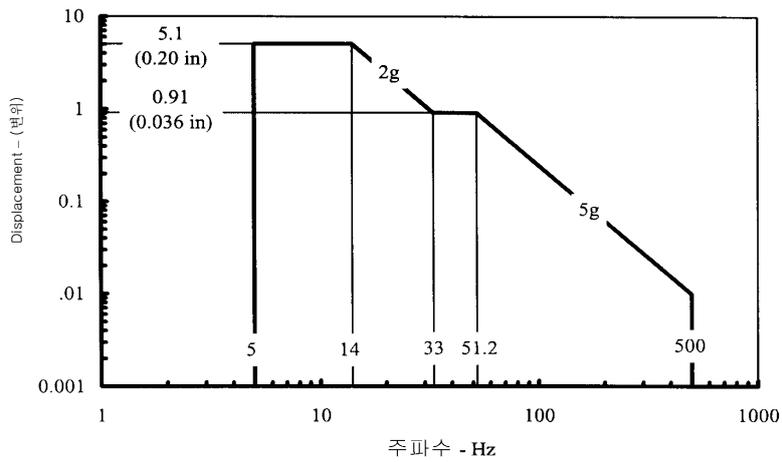


그림514.5C-18. 헬리콥터 최소 무결성 노출

## 시험법 515.5

### 소음

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1 적용범위.

##### 1.1 목적.

소음 시험은 군수품이 그 기능적 성능 및/또는 구조적 무결성의 수용할 수 없는 열화없이 규정된 청각 환경을 견딜 수 있는지를 증명하기 위해 수행된다.

##### 1.2 용도.

본 시험은 극심한 소음 환경에서 기능을하고 그 환경에서 끝까지 유지될 수 있어야 하는 시스템, 하위 시스템 및 장치(이하 군수품) 등에 적용한다. 본 시험은 청각 소음 진동이 공기 역학적 요동 모의시험을 위해 기계적 진동 자극과 결합하거나 보다 우선적으로 사용되는 장소에 위치한 군수품에도 적용한다.

##### 1.3 제한사항.

기술적 제한사항은 실험실 청각적 환경의 연출을 제한 및 통제한다. 따라서 실험실 청각적 환경은 “청각적”이라고 분류된 실제의 변동 압력 부하와는 많이 다르다. 이러한 제한사항은 시험 유형 및 시험 설비 선택 시 및 시험 결과 해석을 위하여 고려한다. 예를 들어 흡어진 시험소 측정 소음(2.3.3.1 참조)은 진동 구조에 의한 국한된 반향 및 재방사가 지배적인 내부 공동에서 소음상태를 더 잘 나타낸다. 공기 역학적 요동이나 체트기 소음에 노출된 외부 표피에 대해서는 착발 투사각 핑음(2.3.3.2 참조)은 표피 표면을 따라 흐름/음향 파장이 더 가까이 나타난다.

#### 2 적합화 과정/

##### 2.1 소음 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 소음이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

##### 2.1.1 소음 환경의 영향.

소음 환경은 대형 공중 압력 변동을 야기할 정도의 기계적 또는 전자기계적 장치에 의하여 생성된다. 일반적으로 이러한 압력 변동은 넓은 진폭 범위(5000Pa - 87000Pa) 및 주파수 대역폭 10-10000Hz에 걸쳐 완전히 임의적인 자연에 근거한다. 때로는 ‘tones’이라고 하는 매우

높은 불연속 주파수 압력 변동이 존재하기도 한다. 압력 변동이 군수품을 강타할 때 군수품 주변 대기 에너지 사이에서 응력 변형 에너지로의 이동이 발생한다. 이러한 에너지 이동은 군수품의 진동을 야기하고 어떤 경우에는 진동 군수품이 압력 에너지를 재방사하고 군수품 진동 감폭 시 에너지를 흡수하거나 에너지를 군수품 내의 구성요소나 내부 공동으로 전달시킨다. 이러한 넓은 진폭 및 요동 압력의 대역폭 주파수 때문에 군수품 반응을 측정하는 것은 매우 중요하다. 다음 목록은 총괄적으로 고안된 것은 아니지만 군수품이 **소음** 환경에 노출되었을 때 예시적 문제를 제공한다.

- a. 전선의 벗겨짐.
- b. 구성요소 청각 및 진동 피로.
- c. 구성요소 연결 전선 파열.
- d. 프린트 회로 기관 균열.
- e. 파장 유도 요소 고장.
- f. 간헐적 전기 접촉 작동.
- g. 작은 패널 부분 및 구조적 소자의 균열.
- h. 광학적 오정렬.
- i. 회로 및 기계장치에 기거하는 작은 소품의 느슨해짐.
- j. 심한 전기 소음.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부 단락 5.5를 참조한다.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 진동과 같이 청각적으로 유도되는 응력의 영향은 기타 다른 온도, 습도, 압력, 전자기 등과 같은 환경적 조건 하에서 군수품 성능에 영향을 끼친다. 다른 환경에서 소음의 영향을 평가하기 위하여 다른 시험을 요하거나 결합한 시험을 실행할 수 없을 때 모든 관련 환경적 조건에 단일 시험 품목을 교대로 노출시킨다. 시험 적용 순서는 수명 주기 환경 프로파일과 호환되는 것으로 간주한다.

## 2.2 절차 선택.

본 시험법은 3가지 소음 시험 절차를 포함한다. 다음 절차 중 어떤 것을 사용할 것인지 결정한다.

- a. 절차 I(확산 자계 소음).
- b. 절차 II(착발 투사 소음).
- c. 절차 III(공동 공진 소음).

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

시험 절차 선택은 적용 중인 청각 환경 및 시험 목적에 따라 지배를 받는다. 제1부 부록 A 과업 402에서 설명하는 수명 주기 환경 프로파일의 고찰사항으로부터 이러한 환경을 확인한다. 절차 선택 시 다음 사항을 고려한다:

- a. 군수품의 작동 목적. 요건서에 근거하여 청각 소음 환경에서 군수품이 수행할 기능을 결정하고 청각 소음 및 모든 제한 조건에 노출된 총 수명을 결정한다.
- b. 자연 노출 환경.
- c. 군수품의 운용상 목적을 충족시키는지 시험 데이터는 결정을 필요로 한다.
- d. 청각 소음 시험방법 내의 절차 순서. 포함된 절차 중 한가지 이상을 같은 시험 품목에 적용한다면 일반적으로 손상을 적게 주는 시험을 먼저 시행하는 것이 적합하다.

### 2.2.2 절차 간 차이.

모든 절차가 청각 소음과 관련된 반면 청각 소음 요동 유발하는 방법 및 군수품에 전달되는 원인은 다르다.

- a. 절차 I - 확산 자계 소음. 절차 I 은 군수품의 노출된 모든 면에 충격을 가하는 통일된 세기의 청각 소음 양상 분광을 이룬다.
- b. 절차 II - 착발 투사 소음. 절차 II 는 높은 세기를 포함한다. 빠르게 요동하며 특히 군수품 표면, 즉 일반적으로 군수품의 기다란 자재를 따르는 충격 양상 분광의 청각 소음을 포함한다.
- c. 절차 III - 공동 공진 소음. 절차 III 에서 청각 소음 분광의 세기 및 대역 주파수량은 공동의 기하학적 형상과 공동 내 군수품 사이의 관계에 따라 지배된다.

## 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

### 2.3.1 일반사항.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 요건서 '수명 주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하여 이 절차들에 대한 특수 파라미터 수준 및 특별 시험 조건/기법, 이 절차에 제공되는 정보를 선택함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 이러한 정보자료로부터, 시험 자극 파라미터 및 소음 환경 내에서 군수품에 의해 수행되는 기능을 결정한다.

### 2.3.2 측정 및 관련 자료 사용.

가능한 모든 경우 시험 자극 파라미터를 개발하고 보다 나은 실제 환경 모의 시험을 달성하기 위하여 구체적으로 측정된 자료를 사용한다. 군수품 위치 가급적이면 특수 플랫폼이나 그 대신으로는 동일한 플랫폼 장소유형에서 자료를 측정한다. 어떤 경우에는 마이크로폰 음압 수준만이 유용하며 다른 경우에 군수품 가속도 반응 측정이 유용하다.

### 2.3.3 청각적 진동 자극 유형.

#### 2.3.3.1 확산 자계 소음.

확산 자계는 반사 챔버에서 발생한다. 정상적으로는 대역폭 난자극을 제공하며 분광을 형성한다. 이 시험은 공수 차량, 전기 발전 엔진 및 기타 높은 세기의 소음원에 의하여 발생하는 소음 환경에서 기능하고 생존하는 군수품이나 구조물에 적용 가능하다. 이 시험은 진동 100Hz 이상을 유도하기에 효과적인 수단을 제공하므로 기계적 진동 시험을 보완하기 위하여 본 시험을 사용하며 내부 설치 군수품에서 기계적 반응을 유도하기 위하여 자극 장치를 사용한다. 이러한 임무와 관련된 본 시험은 고성능 항공기 외부에 설치된 공수 운반 보급품에 군수품과 같은 품목에 적용한다. 그러나 확산 자계에 의하여 유도되는 공기 자극 장치는 역학적 요동에 의하여 유도되는 진동과는 다르기 때문에 공수 임무 수행 시 본 시험이 청각 소음과 직접 접하는 얇은 셸 구조물의 구조적 무결성을 시험하기에 반드시 적합한 것은 아니다. 실질적인 지침은 군수품이 음압 수준 130dB(ref 20 $\mu$ Pascal)이하의 대역폭 난청 지역에 노출된 경우 및 군수품이 각각 한번씩 주파수대 노출한 군수품이 100dB(ref 20 $\mu$ Pascal) 이하인 경우에는 소음 시험을 요구하지 않는다. 확산 자계 소음 시험은 주로 아래의 파라미터에 따라 정의한다.

- a. 분광 수준.
- b. 주파수 범위.
- c. 전체 음압 수준.
- d. 시험 지속시간.

#### 2.3.3.2 착발 투사 소음.

착발 투사 소음은 특히 진행과 관으로 알려진 덕트에서 발생한다. 정상적으로는 대역폭 분광을 형성하는 난청은 덕트 방향을 따른다. 이 시험은 표면 전체에 공기 역학적 요동과 같은 압력 변동 소음 환경에서 작동 및 기능하는 조립 시스템에 적용한다. 이러한 조건은 공기역학적 요동이 한쪽 면에만 존재하고 외부 수송 보급품이 항공기의 전체 노출 표면에서 공기역학적 요동에 직면하는 경우에 특히 항공기 패널과 관련한다. 패널의 경우에는 시험 품목은 덕트의 벽에 설치되어 착발 투사각 진동을 한쪽 면에만 적용된다. 미사일과 같은 보급품 수송 항공기는 덕트 내에 동축으로 설치되어 진동 자극이 외부 표면에 전체적으로 적용된다. 착발 투사각 소음 시험은 주로 아래의 파라미터에 따라 정의된다:

- a. 분광 수준.
- b. 주파수 범위.
- c. 전체 음압 수준.
- d. 시험 지속시간.

#### 2.3.3.3 공동 공진.

공동 조건은 항공기의 개방된 무기실에서 나타나는 것과 같은 공동이 기류에 의하여 진동 자극을 받을 때 발생한다. 이 진동은 공동 치수 및 공기역학적 흐름 조건에 따라 다른 주파

수에서 공동 내에서 공기 동요를 야기한다. 이 진동은 공동안과 부근의 구조물 및 자재들의 진동을 교대로 포함한다. 공진 조건은 시누소이드 청각 소음을 적용하여 모의 시험하여 개방 공동을 정확한 주파수로 변경된다. 공진 조건은 소음 환경의 주파수대의 일정한 음압 수준에서 통제 마이크로폰 반응이 최대에 도달할 때 발생한다. 공동 공진 시험은 아래의 파라미터에 따라 정의된다:

- a. 분광 수준.
- b. 공동 내 전체 음압 수준.
- c. 시험 지속시간.

#### 2.3.3.4 추가 기술 지침.

추가 지침은 부록 B에서 제시한다.

#### 2.4 시험 품목 배치.

(제1부, 5.8 참조) 관련된 장소에서 시험 품목을 작동시키고 적용된 각 시험 위상 및/또는 각 소음 수준에서 성능 자료를 측정하고 기록한다.

### 3 필요한 정보.

소음 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

#### 3.1 예비시험.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 5.7, 5.8, 5.9, 5.11, 5.12 및 부록A, 과업 405 및 406에 나열된 정보를 참조한다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 수명 주기 환경 프로파일, 유효 자료 및 환경적 자료 수집 프로그램으로부터 직접으로 얻은 자료를 반영하여 사용하는 시험 수준 및 지속시간을 정한다. 이 시험 자료를 사용할 수 없는 경우에는 부록 A의 최초 시험 엄격성 개발 지침을 사용한다. 이러한 전체 음압 수준은(OASPL) 측정 자료를 획득하기 전까지는 초기 값으로 간주한다. 선정된 시험은 완전한 환경에서 반드시 완벽하게 모의시험할 필요는 없지만 결과적으로 지원 평가는 시험 결과를 보완하기 위하여 필요하다.

(2) 만일 시험 품목이 시험 중 운행해야 한다면 요구되는 운행 점검 사항을 시험 중과 시험 후에 미리 시험한다. 예비시험 및 사후시험을 위하여 점검사항은 시험설비에 설치된 품목으로 수행할 것인지를 규정한다. 시험 수행 시 필요한 상세한 사항을 정의한다. 시험 품목의 부착 및 매달기 방법, 중력 영향 및 모든 수반되는 예방조치를 포함한다. 통제 및 감시 지점이나 이러한 지점을 선택하기 위한 절차를 확인한다. 시험 중단, 시험 완성 및 고장 기준을 정의한다.

#### 3.2 시험 중.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.10 및 부록A, 과업 405 및 406에 나열된 정보

를 참조한다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 적합한 시험 품목에서 마이크로폰, 시험 통제 평균, 시험품목 작동 파라미터 및 기타 관련 변환기에 대한 결과를 수집한다.
- (2) 군수품 작동 파라미터의 로그 및 기록사항을 수집한다.
- (3) 입력 자극의 상호작용에 대해서는 각별한 주의를 기울인다.(확산 및 통일적, 방향 탐지 또는 음색)
- (4) 시험 이형을 나타내는 입력 시 과도적 동작을 기록한다.

### 3.3 사후시험.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 단락 5.13 및 부록A, 과업 405 및 406에 나열된 정보를 참조한다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 규정된 고장 기준 하의 모든 명시된 고장을 식별한다. 대형 군수품을 시험할 때 허용차 초과, 절차1의 동시 시험 품목의 개수 및 표준 실험실 조건 이외의 경우라도 시험을 수행하는 다른 환경 조건에 대해 설명한다.

## 4 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

청각적 시험 수행 시 사용하는 기구는 입력 요건을 적당하게 재현하기에 충분하다고 검증한다. 165dB 이상의 통일적 소음 환경을 연출하는 확산 소음 환경 기계는 드물다. 고수준의 소음 주입(165dB이상)을 위하여 시험 시 착발 투사각 소음을 사용한다고 간주한다. 음색 주입을 가리키는 측정 자료에 대해서는 설비가 공동 공진 조건을 연출할 수 있게 배치되도록 한다.

### 4.2 제어.

제어 전략은 시험 유형 및 군수품의 크기에 따라 다르다.

#### 4.2.1 제어 선택사항.

##### 4.2.1.1 단일점 소음 제어.

한 지점을 정의하고 챔버 또는 진행과 관에서 최적의 통제 취치를 제공한다.

##### 4.2.1.2 다점 소음 제어.

반사 챔버 내의 제한적 볼륨을 정의하기 위하여 통제 지점을 선정한다. 통제는 각 마이크로폰에서 평균 음성 분광 수준에 기초한다. 감시 위치의 측정 범위는 5dB(OASPL)을 초과하지 않는 경우 음성 분광 수준(dB)의 간단한 산술 평균을 사용하기도 한다. 5dB 이상의 범위에서 비대수 음성 분광 수준(즉,  $\mu\text{Pa}$  또는 microbar)의 평균을 사용하고 dB로 전환한다.

#### 4.2.1.3 진동 반응 제어.

시험 품목에서 주어진 진동을 달성해야 하는 경우 단일 지점에서 혹은 다중 감시 지점의 평균에 따라서 감시되는 요구된 반응을 달성하기 위하여 청각적 시험 분광을 조정한다. 상세한 지침은 방법 514.5를 참조한다.

#### 4.2.2 제어 방법.

개방 또는 폐쇄 루프를 사용하여 통제할 수 있다. 개방 루프 통제는 진행과 관 및 단일 소음 원인을 가진 챔버에 적합하다. 폐쇄 루프 통제는 상이한 시험 주파수 대역에 지배되는 다중 소음 원인을 가진 큰 챔버에 보다 더 효과적이다.

#### 4.2.3 종합적 제어 정확성.

통계적 오류를 포함한 전체 측정 시스템의 측정 불확실성은 종합 음압 수준의 규정된 수준의 1/3을 넘지 않는다.

#### 4.2.4 교정 및 허용차.

시험 허용차는 표 515.5-1에서 제시한다. 시험 통제를 위한 교정 및 시험 허용차 절차는 주로 제1부 5.3.2와 5.2에서 각각 제공한다.

#### 4.2.5 시험 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부, 5.11을 참조한다.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 청각 소음 시험의 중단은 어떠한 역효과도 생성하지 않는다. 정상적으로 중단 지점부터 시험을 계속한다.

### 4.3 계측기

모든 시험 통제를 위해 계측기 환경조건과 시험항목의 기능적 감시를 위한 검교정 및 시험 범위 절차는 주로 제 1부 5.3,2와 5.2에서 각각 제공한다.

### 4.4 자료분석

시험 품목에 입력 검증을 위한 상세한 자료 분석, 즉 시험 품목의 청각적 환경 및 반응 감시는 시험 계획을 따른다.

표515.5-I. 시험 허용차

파라미터	허용차
모든 통제 마이크로폰에 대해 평균이 되는 전체 음압 수준, 종합 음압 수준으로 규정된 기준	+3dB -1dB
모든 통제 마이크로폰에 대해 평균이 되는 전체 음압 수준, 종합 음압 수준으로 규정된 기준	+4dB -2dB
-15dB 이하 및 -25dB이상의 모든 통제 마이크로폰에서 기인하는 평균 시험 분광, 1/3 옥타브 대역 음압 수준으로 규정된 기준	±4dB
-15dB 이하 및 -25dB이상의 모든 통제 마이크로폰에서 기인하는 평균 시험 분광, 1/3 옥타브 대역 음압 수준으로 규정된 기준	±6dB
-25dB 수준에서 모든 통제 마이크로폰에서 기인하는 평균 시험 분광, 1/3 옥타브 대역 음압 수준으로 규정된 기준	±10dB
지속시간	±5% 또는 ±1min 이하 이 중 더 작은 값

#### 4.5 시험 조건.

##### 4.5.1 시험 품목 설치.

###### 4.5.1.1 확산 자계 소음.

모든 적절한 외부 표면을 청각 소음 환경에 노출하고 챔버 표면과 평행한 방법으로 반사 챔버의 탄성 시스템에 시험 품목을 (혹은 별도 설치)대기시킨다. 시료를 가진 설치 시스템의 공진 주파수는 25Hz 이하 혹은 최소 시험 주파수 1/4이다. 어느 것이든 중요하지 않다. 만일 케이블, 파이프 등이 시험 중 시험 품목을 연결하기 위하여 필요하다면 시험 시 비슷한 구속 및 질량을 제공하도록 설치한다. 각각의 주요 상이한 시험 품목의 표면에서 0.5미터 거리 부근에 또는 표면 중심과 챔버 벽 사이에 마이크로폰을 위치시킨다. 어느 위치든 중요하지 않다. 단일 통제 신호를 제공하기 위하여 이러한 마이크로폰 결과를 평균낸다. 챔버에 단일 소음 주입 지점을 제공하는 경우 시험 품목과 챔버 사이에서 소음원으로부터 가장 멀리 하나의 마이크로폰을 배치한다. 그러한 설비의 마이크로폰의 방향은 중요하지 않지만 모든 평면에 대한 마이크로폰 축은 정상적으로 구축되지 않는다. 무작위 투입소음에 대한 마이크로폰을 교정한다.

###### 4.5.1.2 착발 투사 소음.

덕트 벽 패널과 같은 시험 품목을 설치하여 요구한 시험 표면이 청각 소음에 자극에 노출되게 한다. 이 표면은 공동 공진 또는 부분 요동 영향의 유입을 방지하기 위하여 덕트 내부 표면과 같이 자극된다고 검증한다. 시험 품목을(항공기 외부 보급품) 덕트 내 중심으로 탄성 지지대에 매단다. 시험 품목을 방향 조정하여 적절한 표면이 진행방향의 청각 파장에 노출한다. 예를 들어, 항공기 외부 보급품은 덕트 센터라인과 평행하게 방향을 조정하고 청각 파장이 보급품을 강타하도록 한다. 시험 품목의 강성체 모드는 25Hz 또는 최저 시험 주파수의 1/4가 되도록 한다. 어느 것이든 중요하지 않다. 잡소음 또는 진동 입력이 시험 지원 시스템

또는 보조 구조에 의하여 유입되지 않도록 한다. 시험 패널과 상반되는 덕트 벽 안의 시험 조건을 통제 및 감시하기 위하여 마이크로폰을 설치한다. 마이크로폰이 위치하여 착발 투사 각 파장에만 반응하고 필요한 수정사항을 측정수준에 적용한다고 가정하고 덕트 내의 다른 위치를 선정한다. 착발 투사각용 마이크로폰을 측정한다.

#### 4.5.1.3 공동 공진 소음.

반사 챔버에서 시험 품목을 매달아 공동의 시험 부분만 청각적 에너지의 직접적인 적용하여 노출시킨다. 나머지 모든 표면은 보호하고 그의 청각적 자극 수준을 20dB로 줄인다. 구조에 어떤 추가 진동 감폭을 제공하는 보호 덮개는 사용하지 않는다. 시험 공동 내의 시험을 통제하기 위하여 마이크로폰을 설치하지 않는다.

#### 4.5.2 중력 영향.

시험은 시험 품목이 중력에 영향을 받는다고 달리 제시되지 않은 한 정확한 상태로 설치된 시험 품목을 가지고 시험한다.

#### 4.5.3 시험 준비.

##### 4.5.3.1 전처리.

달리 규정하지 않은 한 모든 시험 품목이 주변 조건에서 안정되도록 한다.

##### 4.5.3.2 검사 및 성능 점검.

검사 및 성능 점검은 시험 전 후에 실시한다. 시험 계획에는 이 점검을 위한 요건을 정의한다. 만일 이러한 점검을 시험 중에 요구된다면 요구되는 시간 간격을 규정한다.

#### 4.5.4 절차.

시험 계획에서는 시험 품목이 시험 중 운행 여부를 명시한다.

##### 4.5.4.1 절차 I - 확산 자계 소음 시험

단계1. 반사 챔버에서 시험 품목을 4.5.1.1에 따라 설치한다.

단계2. 4.5.1.1에 따라서 통제, 감시 및 제어 전략을 위한 마이크로폰 위치를 선정한다.

단계3. 개방 루프를 사용하여 시험 품목을 통제 및 떼어내고 규정된 종합 음압 수준을 입증하고 분광이 빈 챔버에서 달성될 수 있을 때 시험 품목을 챔버에 배치한다.

단계4. 시험 품목을 4.5.3.1에 따라서 미리 전처리한다.

단계5. 4.5.3.2에 따라 시작 점검을 수행한다.

단계6. 정해진 시간 동안 시험 분광을 적용한다. 요구한 경우 4.5.3.2에 따라 검사 및 성능 점검을 실시한다.

단계7. 각 마이크로폰의 시험 청각 소음 환경, 시험 통제 시 모든 표준 값 및 기타 적절한 변환기 결과를 기록한다. 각 시험 진행의 처음, 중간 및 끝에 결과를 작성한다. 시험 진행이 1시간 이상 지속될 때 30분마다 기록한다.

- 단계8. 최종 검사를 실시한다.
- 단계9. 챔버에서 시험 품목을 제거한다.
- 단계10. 모든 경우에서 필요한 정보를 기록한다.

#### 4.5.4.2 절차Ⅱ-착발 투사각 소음 시험

- 단계1. 시험 품목을 4.5.1.2에 따라 설치한다.
- 단계2. 4.5.1.2에 따라서 통제, 감시 및 제어 전략을 위한 마이크로폰 위치를 선정한다.
- 단계3. 시험 품목을 4.5.3.1에 따라서 미리 전처리한다.
- 단계4. 4.5.3.2에 따라 시작 점검을 수행한다.
- 단계5. 정해진 시간 동안 시험 분광을 적용한다. 요구한 경우 4.5.3.2에 따라 검사 및 성능 점검을 실시한다.
- 단계6. 각 마이크로폰의 시험 청각 소음 환경, 시험 통제 시 모든 표준 값 및 기타 적절한 변환기 결과를 기록한다. 각 시험 진행의 처음, 중간 및 끝에 결과를 작성한다. 시험 진행이 1시간 이상 지속될 때 30분마다 기록한다.
- 단계8. 최종 검사를 실시한다.
- 단계9. 덕트에서 시험 품목을 제거한다.
- 단계10. 모든 경우에서 필요한 정보를 기록한다.

#### 4.5.4.3 절차Ⅲ-공동 공진 소음 시험

- 단계1. 시험 품목을 4.5.1.1에 따라 챔버에 설치한다.
- 단계2. 4.5.1.1에 따라서 통제 마이크로폰 위치를 설치한다.
- 단계3. 시험품목을 4.5.3.1에 따라서 미리 조절한다.
- 단계4. 4.5.3.2에 따라 시작 점검을 수행한다.
- 단계5. 규정된 주파수에서 시누소이드 청각적 자극을 적용한다.(표 5.5.5A-Ⅲ 참조) 시험 파라미터를 규정된 수준으로 조정하고 정해진 시간동안 적용한다. 요구된 경우 4.5.3.2에 따라 검사 및 성능 점검을 실시한다.
- 단계6. 각 마이크로폰의 시험 청각 소음 환경, 시험 통제 시 모든 표준 값 및 기타 적절한 변환기 결과를 기록한다. 각 시험 진행의 처음, 중간 및 끝에 결과를 작성한다. 시험 진행이 1시간 이상 지속될 때 30분마다 기록한다.
- 단계7. 최종 검사를 실시한다.
- 단계8. 챔버에서 시험 품목을 제거한다.
- 단계9. 모든 경우에서 필요한 정보를 기록한다.

### 5 결과 분석.

제1부 5.14과 5.17, 제1부 부록 A, 과업 405 및 406을 참조한다.

### 6 참고규격/관련 문서

- a. NATO STANAG 4370, Environmental Testing.

b. NATO Allied Environmental Engineering and Test Publication(AECTP) 400,  
Mechanical Environmental Testing.

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 부록 A

### 초기 시험 가혹도에 관한 지침

#### 1 광대역 난소음 및 투사 소음 시험.

##### 1.1 종합 음압 수준(OASPL).

알려진 군수품 운행 지역으로부터 시험의 종합적 음압 수준 및 소요시간은 515.5A-I에서 획득한다.

##### 1.2 시험 분광.

이 수준과 관련하여 적용되는 시험 분광은 표 515.5A-III에서 정의한 중지점을 그림 515.5A-1에서 제시한다.

##### 1.3 공기역학적 요동의 모의시험.

광대역 소음 시험을 공기역학적 요동을 모의시험하기 위하여 요구되는 경우 보완적 기계 시험과 연관된 시험 수준 및 지속시간을 도출한다.

#### 2 공동 공진 시험.

공동 공진 시험을 위하여 음압 수준  $B_0$ , 주파수  $f_N$ , 소요시간 T는 표 515.5A-II에서 계산하거나 정의한 것과 같다.

#### 3 외부 보급품 시험.

##### 3.1 시험 분광.

일반 보급품 프로파일은 그림 515.5A-2에서 제시한다. 적용된 시험 분광은 그림 515.5A-3에서 제시한다.

##### 3.2 시험 파라미터

외부 보급품을 청각적 시험할 때 관련 수준 및 정의사항은 표 515.5A-IV에서 제시한다.

표515.5A-I. 저체 음압 수준 및 지속시간

일반적 적용	시험수준 (OASPL) dB	지속 시간 (Min)
제트 배기 장치에서 먼 위치에서 항공기를 수송한다.	130	30
제트 배기 장치에서 먼 내부 군수품실에서 항공기를 수송한다.	140	30
제트 배기 장치 먼 위치의 고성능 항공기	145	
제트 배기 장치와 가까운 내부 군수품실의 고성능 항공기	150	30
중성능 항공기의 공중 미사일 (즉 $q < 1200\text{psf}(57456\text{Pa})$ )	150	30
중성능 항공기의 공중 지상간 미사일 (즉 $q < 1200\text{psf}(57456\text{Pa})$ )	150	15
밀폐된 엔진 시동 지역의 지상 군수품	135	30
재연소 배기 장치 및 총구와 가까운 내부 군수품실 또는 원추형 두부의 고성능 항공기	160	30
부스터 또는 엔진실을 제외한 공주 로켓 최대 위치	140	8
고성능 항공기의 공중 미사일 (즉 $q < 1800\text{psf}(86184\text{Pa})$ )	165	30
고성능 항공기의 공중 지상간 미사일 (즉 $q < 1800\text{psf}(86184\text{Pa})$ )	165	15
공수 로켓 부스터 또는 엔진실	140	8

표515.5A-II. 공동 공진 시험 조건.

<p>시험 수준</p> $B_0 = 20 \log(q) + 76.4 \text{dB (ref } 20\mu\text{Pa)}$ $f_N = \frac{6.13[(N-0.25)] \left(2.4 - \frac{M^2}{2}\right)^{0.5}}{0.57(L)(C) + \left(2.4 - \frac{2}{M^2}\right)^{0.5}}$ <p>시험 지속시간: T = 공진 주파수별 1시간</p> <p>정의</p> <p><math>f_N = N^{\text{th}}</math> 모드(N=1,2,3.....)의 공진 주파수 500Hz 이하(<math>f_1 &gt; 500\text{Hz}</math>이 이 모드만을 사용하는 경우)</p> <p>N = 모드 번호</p> <p>C = 비행고도 음속(m/s)</p> <p>L = 기류에 노출된 공동의 길이/반경(m). 거리 변수 L을 사용하는 2차 공진 주파수를 공동의 길이로 간주한다.</p> <p>M = 마하수</p> <p>q = 공동이 개방된 경우 비행 동적 압력(Pa). ("q"를 정의에 관한 지침으로는 방법 514.5를 참조한다.)</p>
--

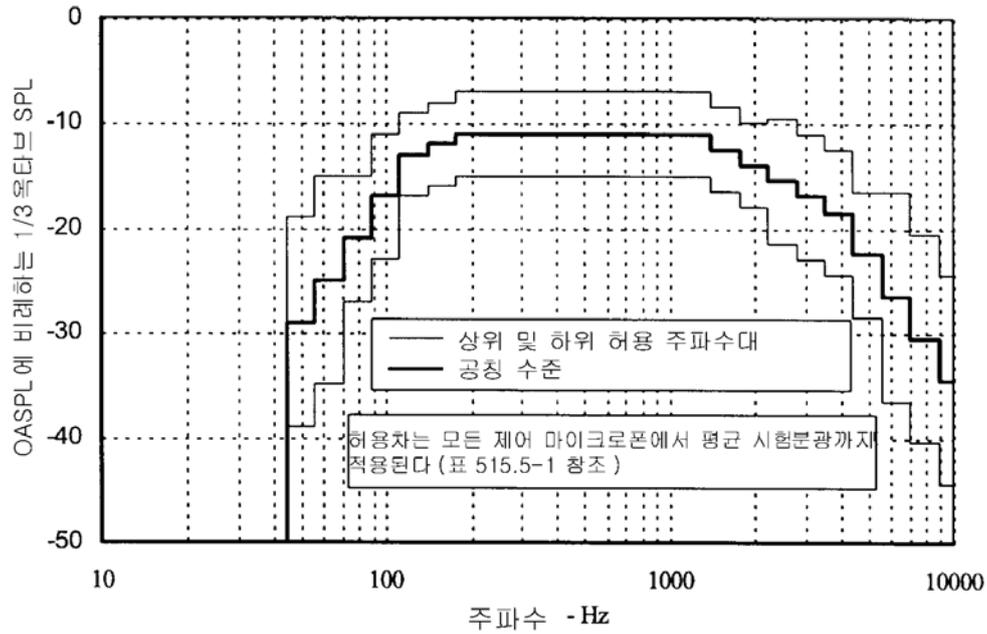


그림515.5A-1 적용된 시험 분광.

표515.5A-III. 그림 515.5A-1에 대한 1/3 옥타브 대역 수준

1/3 옥타브 중심 주파수 Hz	상위 허용차 한도 dB	공칭 수준 dB	하위 허용차 한도 dB	1/3 옥타브 중심 주파수 Hz	상위 허용차 한도 dB	공칭 수준 dB	하위 허용차 한도 dB
50	-19	-29	-39	800	-7	-11	-15
63	-15	-25	-35	1000	-7	-11	-15
80	-15	-21	-27	1260	-7	-11	-15
100	-11	-17	-23	1600	-8.5	-12.5	-16.5
125	-9	-13	-17	2000	-10	-14	-18
160	-8	-11	-16	2500	-9.5	-15.5	-21.5
200	-7	-11	-15	3150	-11	-17	-23
250	-7	-11	-15	4000	-12.5	-18.5	-24.5
315	-7	-11	-15	5000	-16.5	-22.5	-28.5
400	-7	-11	-15	6300	-16.5	-26.5	-36.5
500	-7	-11	-15	8000	-20.5	-30.5	-40.5
630	-7	-11	-15	10000	-24.5	-34.5	-44.5

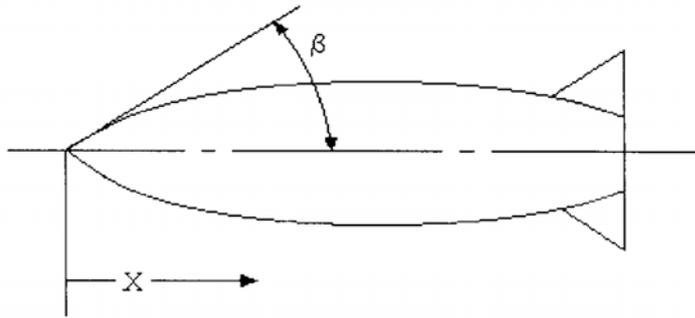


그림515.5A-2. 대표적 보급품 프로펠

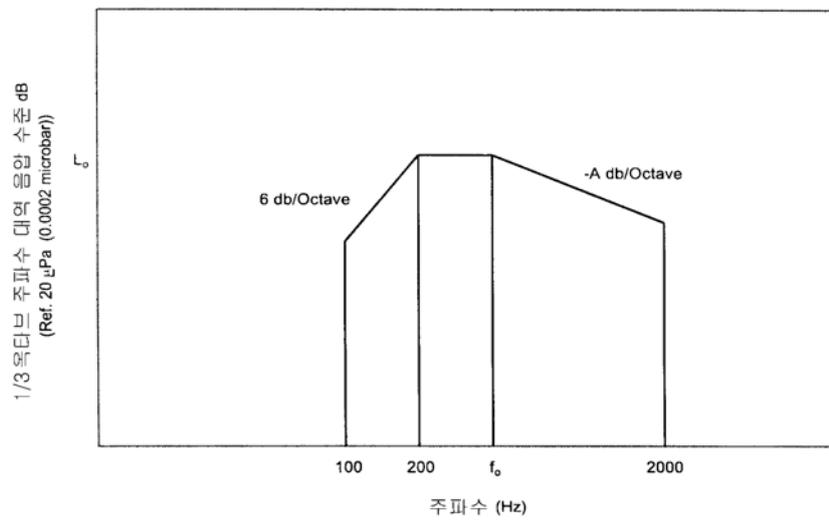


그림515.5A-3. 외부 수송되는 조립 항공기 보급품의 1/3 옥타브 대역 분광

## 표515.5a-IV. 외부 수송되는 조립 항공기 보급품에 대해 제안되는 소음 시험 수준

$f_0 > 400\text{Hz}$ 일 때 A = 6dB/옥타브 $f_0 \leq 400\text{Hz}$ 일 때 A = 2dB/옥타브
<p>기능 시험</p> $L_0 = 20 \log(q_1) + 11 \log(X) + 7 \log(1 - \cos\beta) + G + H$ (dB)(주 1, 5, 6, 7참조) $f_0 = 600 \log(X/R) + C$ (주 2, 3참조)
<p>내구성 시험</p> $L_0 = 20 \log(q_2/q_1) + 2.5 \log(N/3T) + \text{함수적 수준}$ (dB)(주 1, 5, 6, 7참조) $f_0 = 600 \log(X/R) + C$ (주 2, 3참조)
<p>정의</p> <p>q1 = 계류 비행 동적 압력(Ibs/ft) ≤ 1800  q2 = 1200psf 또는 최대 계류 비행 동적 압력(둘 중 더 낮은 값)(Ibs/ft<sup>2</sup>)  N = 예상 비행 임무의 최대 수(최소 = 3)  R = 보급품 기내 반경(in) (주4 참조)  X = 보급품 기수부터 보급품 축을 따르는 거리(in)  T = 시간당 시험 횟수(최소 T = 달리 규정하지 않은 한 1시간)  C = (1)보급품의 후부의 한 지점(D) 또는 흐름의 재돌입 지점 뒤의 한 지점 내의 위치 -200(주8 참조);  = 기타 모든 위치에는 400  D = 보급품 최대 직경(in) (주4 참조)  <math>\beta = 1/\tan\beta = (R/X)</math>와 같은 X에서 기수 원추형 두부 각도(그림 515.5A-2 참조)  G = 달리 제시하지 않은 한 72  E = 달리 제시하지 않은 한 96  F = 달리 제시하지 않은 한 84  H = <math>0.85 &lt; M &lt; 0.95</math>일 때 0;  = 다른 모든 M 값에서는 -3dB  M = 마하수</p>

표515.5a-IV. 외부 수송되는 조립 항공기 보급품에 대해 제안되는 소음 시험 수준  
(계속)

보급품 유형	N 내구성	기내 원추형기 수각도	최대 q	$f_0$ 기수 면적	$f_0$ 중간 면적	$f_0$ 기미면 적
공중 미사일	100	69	1600	500	1000	500
공중-지상간 미사일	3	12	1600	800	630	630
계측 포트	500	69	1800	500	1000	500
재활용 디스펜서	50	11	1200	630	1000	400
파괴 폭탄	3	24	1200	500	1000	630
평평한 기수 보급품	3	90	1200	400	630	315

주:

- 1 TER 클러스터 선반에서 수송되는 보급품에 대해 계산된 수준  $L_0$ 을 3dB까지 상승시킨다.
- 2 만일 계산된  $f_0$ 이 2000Hz를 이상이라면 2000Hz의 상위 한도 주파수를 사용한다. 만일 계산된  $f_0$ 이 200Hz를 이하라면 200Hz를 사용한다.
- 3  $f_0$  를 1/3옥타브 센터 대역폭 주파수로 상승 회전시킨다.
- 4 횡단면이 원형이 아닌 보급품에 대해서는 보급품의 횡단면을 외접 반경 원의 공식의 반경을 사용한다.
- 5  $X < 100$ 인 경우, 평평한 기수 보급품의 위치는:  
기능 시험:  $L_0 = 20 \log(q_1) - 6 \log(X) + E + H$   
내구성 시험:  $L_0 = 20 \log(q_2) - 6 \log(X) + E + 2.5 \log(N/3T) + H$
- 6 긴 원형 단면이 2D보다 클 때는 원형 단면 뒤에서 한 개 이상의 D를 사용한다.  
기능 시험:  $L_0 = 20 \log(q_1) + F + H$   
내구성 시험:  $L_0 = 20 \log(q_2) + F + 2.5 \log(N/3T) + H$
- 7 긴 원형 단면의 기미 혹은 평평한 기수 보급품에서  $X > 100$ 일 때 반경 단면을 변경하기 위해, X를 다시 정한다. 이 단면의 처음에서  $X = 1$ 이 된다.  
기능 시험:  $L_0 = 20 \log(q_1) + 11 \log(X) + F + H$   
내구성 시험:  $L_0 = 20 \log(q_2) + 11 \log(X) + F + 2.5 \log(N/3T) + H$
- 8 흐름 재유입 지점은 흐름 부품이 흐름과 반대방향인 보급품 중앙선으로 향하게 하거나 보급품 중앙선과 평행하도록 하는 보급품 횡단면 변경점의 가장 먼 상류(전방)를 말한다.

## 부록 B

### 추가 기술 지침

#### 1 반사 챔버.

1.1 반사 챔버는 기본적으로 딱딱한 셀이며 청각적으로 반사되는 벽을 사용한다. 소음이 이 실내에 발생하면 주요 실내 부피내의 다중 반사는 통일적 확산 소음장이 생성되도록 한다. 이러한 장의 통일성은 주요한 세 가지 영향에 의하여 방해된다.

a. 저주파수에서 정지 모드는 평행한 벽 사이에서 구축된다. 이러한 모드가 중요해진 하위 주파수는 챔버 치수와 관련한다. 부피 100세제곱 미터 이하의 소형 챔버를 일반적으로 건설한다. 그래서 벽 표면이 반사 효과를 최소화하기 위하여 상호간 평행하지 않다.

b. 벽으로부터 반사는 표면에서는 벽 표면에서는 더 높은 반사 수준을 만들어 낸다. 따라서 통일적 소음현장만 챔버의 중심 부피 내의 위치에 적용한다; 시험품목은 약 0.5m의 벽 내에는 설치하지 않는다.

c. 시험 품목의 크기는 품목이 챔버의 부피에 비하여 크다면 소음 현장을 왜곡시킨다. 정상적으로는 시험 품목의 부피는 챔버 부피의 10%를 넘지 않도록 권장한다.

1.2 소음은 정상적으로 대기 변조기를 사용하여 발산되며 연결 호른(horn)을 통하여 챔버로 주입한다. 시험 챔버 외부에 대한 고밀도 소음이 직접 전달되는 것을 방지하기 위하여 챔버 설계 시 변조기의 공기를 소음 감쇠기를 통하여 배출시키기 위한 설비가 제작되었다.

#### 2 진행과 관.

평행면의 덕트는 주로 그러한 진행 소음 설비의 운영 면적을 형성한다. 이 덕트는 시험 요건의 맞는 면적의 원통형이거나 직사각형이다. 패널을 시험하기 위하여 직사각형 면적이 더 적합한 반면 항공기 수송 보급품은 원형 면적의 덕트에서 더 간편하게 시험할 수 있다. 소음은 적당한 호른에 의하여 운영 면적의 한쪽 끝으로 결합된 공기 변조기에 의하여 발생한다. 진행과 관에서는 덕트의 정지 파장의 영향을 최소화하기 위하여 운용 주파수대의 최대 흡수를 요구한다. 이 때 소음은 덕트를 따라서 진행되며 시험 품목의 표면에 착발 입사각 파장을 적용한다. 시험 품목 외부 표면 전체에 착발 입사각 파장이 적용되는 경우에는 시험 품목 자체를 덕트 내에 설치하기도 한다. 대신에 덕트 내 즉 패널 한쪽 면 내의 표면에만 소음을 적용할 때는 시험 품목을 덕트 벽에 설치하기도 한다.

#### 3 소음 특성.

방사되는 높은 세기의 소음은 단열에 의하여 변형될 수 있다. 따라서 고압 피크열 및 희박한 기압골에 냉기에 의하여 이러한 압력의 기내 전달 속도는 변경된다. 단열은 피크열을 더 빠르게 이동시키고 기압골은 기내 전달 속도보다 더 느리게 이동시킨다. 따라서 단열 진원

## 부록 B

지 거리에서 시누소이드 파장은 최전선의 주요 충격을 가진 트라이앵글형이 된다. 이러한 파장은 고조파에서 더 많으며 따라서 에너지량은 고주파수대로 확장된다. 이것으로써 높은 세기의 소음에서 순수 시누소이드 파장을 연출하는 것은 불가능한 것으로 볼 수 있다. 동일한 영향으로 인하여 역학적 발동기 운전 밸브를 사용하여 기류를 변조함으로써 주로 연출되는 높은 세기의 난진동이 발생한다. 발동기 속도 및/또는 가속도 제한 때문에 1kHz 이상에서 기류를 변조하는 것은 불가능하다. 이 주파수 이상 즉 20kHz 이상까지 확장되는 소음 에너지는 저온 대기 제트기 소음과 저주파수 변조에 의하여 왜곡된 고조파의 결합에 의한 것이다.

## 4 제어 전략.

마이크로폰은 주로 시험 조건을 통제하고 감시하기 위하여 사용한다. 보급품 및 미사일을 시험할 때 시험 통제용으로 세 개 이상의 마이크로폰을 사용하도록 권장한다. 몇몇 시험 품목은 그들의 진동 반응을 더 효과적으로 감시된다: 어떤 경우에는 적절하다면 방법 514.5의 감시 요건을 따른다. 피크 난진동 rms 비율을 최대 3.0까지 측정할 수 있는 감시 시스템을 사용한다. 난진동 소음을 위하여 반사 챔버에서 사용된 압력 측정 마이크로폰을 보정하는 반면 자유 소음 현장 착발 입사각 소음을 위한 진행파 관에 사용된 마이크로폰을 보정한다. 표준화하기 위하여 통제용으로 공간의 평균 소음을 제공하는 마이크로폰의 결과를 제공한다.

## 5 정의.

## 5.1 음압 수준.

음압 수준(LP)은 음압 대수이다.

$$L_P = 10 \log \frac{1}{1_0} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

다음과 같은 경우에 위와 같이 표기한다.

$$1_0 = \text{기준 세기} = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$$

$$P_0 = \text{기준 압력} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$$

## 5.2 1/3 옥타브 필터.

1/3 옥타브 필터의 중심 주파수는  $f_0$ :

$$f_0 = (f_1 X f_2)^{1/2}$$

$f_1$  = 하위 -3dB 주파수

$f_2$  = 상위 -3dB 주파수

상위와 하위 -3dB 주파수의 관계는 다음과 같다:

$$\frac{(f_2 - f_1)}{f_0} = 0.23$$

$$f_2 = 2^{1/3} f_1$$

표준 1/3 옥타브 대역은 국제 표준 규격 ISO 266에서 정한다. 기타 난진동 및 자료 분석 관련 정의는 시험법 514.5 또는 NATO STANAG 4370, AECTP 400, 시험법 401을 참조한다.

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 시험법 516.5

### 충격

### 목차

항(단락)	페이지
<b>1. 적용범위.</b> .....	<b>1</b>
1.1 목적. ....	1
1.2 용도. ....	1
1.3 제한사항. ....	2
<b>2. 적합화 지침.</b> .....	<b>3</b>
2.1 충격 시험법 선택. ....	3
2.1.1 충격 영향. ....	3
2.1.2 기타 다른 방법의 순서. ....	3
2.2 절차 선택. ....	4
2.2.1 절차 선택 고찰사항. ....	4
2.2.2 절차 간 차이. ....	5
2.2.3 시험 중단. ....	6
2.3 시험 수준 및 조건 결정. ....	7
2.3.1 일반 고찰사항 - 복합 과도 펄스에 대한 용어 및 그림. ....	7
2.3.2 시험 조건. ....	13
2.3.3 시험 초과 충격 사건의 수 - 일반 고찰사항. ....	17
2.3.4 시험 초과 충격 사건의 수 - 복합 과도 펄스에만 해당하는 특수 고찰사항. ....	18
2.4 시험 품목 배치. ....	19
<b>3. 필요한 정보.</b> .....	<b>19</b>
3.1 예비시험. ....	19
3.2 시험 중. ....	19
3.3 사후시험. ....	20
<b>4. 시험 과정.</b> .....	<b>20</b>
4.1 시험 설비. ....	20
4.2 제어. ....	20
4.2.1 교정. ....	20
4.2.2 허용차. ....	21

4.2.2.1 기존의 펄스와 복합 과도 펄스-시간 영역. ....	21
4.2.2.2 복합 과도 펄스 SRS. ....	21
4.3 계측. ....	22
4.4 자료 분석. ....	23
4.5 시험 실행. ....	23
4.5.1 시험 준비. ....	23
4.5.1.1 예비 지침. ....	23
4.5.1.2 예비시험 확인. ....	23
4.5.1.3 절차 개요. ....	23
4.5.2 절차 I - 기능상의 충격. ....	24
4.5.2.1 제어. ....	24
4.5.2.2 시험 허용차. ....	25
4.5.2.3 절차 I. ....	25
4.5.2.4 결과 분석. ....	26
4.5.3 절차 II - 포장할 군수품. ....	26
4.5.3.1 제어. ....	26
4.5.3.2 시험 허용차. ....	27
4.5.3.3 절차 II. ....	28
4.5.3.4 결과 분석. ....	28
4.5.4 절차 III - 취약성. ....	28
4.5.4.1 제어. ....	29
4.5.4.2 시험 허용차. ....	30
4.5.4.3 절차 III. ....	30
4.5.4.4 결과 분석. ....	32
4.5.4 절차 IV - 수송 시 낙차. ....	32
4.5.5.1 제어. ....	33
4.5.5.2 시험 허용차. ....	33
4.5.5.3 절차 IV. ....	33
4.5.5.4 결과 분석. ....	33
4.5.6 절차 V - 충돌 위험. ....	33
4.5.6.1 제어. ....	34
4.5.6.2 시험 허용차. ....	36
4.5.6.3 절차 V. ....	36
4.5.6.4 결과 분석. ....	36
4.5.7 절차 VI - 벤치 처리. ....	36
4.5.7.1 제어. ....	36
.....	37
4.5.7.2 시험 허용차. ....	37
4.5.7.3 절차 VI. ....	37
4.5.7.4 결과 분석. ....	37
4.5.8 절차 VII - 선로 충격. ....	37

4.5.8.1 제어. ....	37
4.5.8.2 시험 허용차. ....	39
4.5.8.3 절차 VII. ....	39
4.5.8.4 결과 분석. ....	43
4.5.9 절차 VIII - 항공기 사출기 발진/착륙 제어. ....	43
4.5.9.1 제어. ....	43
4.5.9.2 시험 허용차. ....	46
4.5.9.3 절차 VIII. ....	47
4.5.9.4 결과 분석. ....	47
<b>5. 참고규격/관련 문서. ....</b>	<b>47</b>
<b>부록 A</b> .....	<b>1</b>
<b>1. 적용범위. ....</b>	<b>1</b>
1.1 목적. ....	1
1.2 용도. ....	1
<b>2. 개발. ....</b>	<b>1</b>
2.1 기본 추정 가정. ....	1
2.2 기본 추정 요약 사전 처리. ....	1
2.3 파라메트릭 통계적 상한값 추정 가정. ....	2
2.3.1 NTL - 표준 편향 허용차 상한값. ....	3
2.3.2 NPL - 표준 예측 상한값. ....	4
2.4 비파라메트릭 통계적 상한값 추정 가정. ....	4
2.4.1 ENV 상한값. ....	4
2.4.2 DFL 분포에 의존하지 않는 허용차 상한값. ....	5
2.4.3 ETL - 경험적 허용차 상한값. ....	5
<b>3. 예. ....</b>	<b>6</b>
3.1 입력 시험 자료 집합. ....	6
3.2 파라메트릭 상한값. ....	6
3.3 비파라메트릭 상한값. ....	7
3.4 관찰. ....	7
3.5 MATLAB m-함수 "ul". ....	8
<b>4. 권장 절차. ....</b>	<b>10</b>

4.1 상한 추정값용 권장 통계 절차. .... 10  
 4.2 불확실성 인수. .... 10

**부록 B** ..... 1

**1. 적용범위.** ..... 1

1.1 목적. .... 1  
 1.2 용도. .... 1

**2. 개발.** ..... 1

2.1 충격 포락선 개발에 대한 가정. .... 1  
 2.2 Te 대 TE. .... 2

**3. 합성 및 분석을 위한 권장 절차.** ..... 3

3.1 Te에 권장되는 합성 절차. .... 3  
 3.2 Te의 합성 불확실성 인수. .... 3  
 3.3 Te와의 분석 관계. .... 3

**부록 C** ..... 1

**1. 적용범위.** ..... 1

1.1 목적. .... 1  
 1.2 용도. .... 1

**2. 개발** ..... 1

2.1 ASD(Autospectral Density)에 대한 가정. .... 1  
 2.2 충격 응답 스펙트럼에 대한 가정. .... 1

**3. 권장 절차.** ..... 1

3.1 ASD용 권장 절차. .... 1  
 3.2 SRS용 권장 절차. .... 1

**표**

표 516.5-I. 측정된 자료를 사용할 수 없는 경우에 사용할 시험 충격 응답 스펙트럼. .... 15  
 표 516.5-II. 터미널 피크 톱니 펄스 시험 파라미터(그림 516.5-10 참조). .... 25

표 516.5-III. 사다리꼴 펄스 파라미터 (그림 516.5-11 참조). .....	27
표 516.5-IV. 절차 III에 제안된 낙차 높이 .....	27
표 516.5-V. 사다리꼴 펄스 시험 파라미터(그림 516.5-11 참조). .....	30
표 516.5-VI. 수송 낙차 시험 .....	35
표 516.5-VII. 터미널 피크 톱니 펄스 시험 파라미터(그림 516.5-10 참조). .....	36
표 516.5-VIII. 충격 시험 시간 속도(시간당 마일 - 22'0" 선로 기준) .....	42
.....	4
표 516.5A-I. 허용차 상한값의 표준 허용차 인수 .....	4
표 516.5A-II. 입력 시험 자료 집합. ....	10

## 그림

그림 516.5-1. 견본 충격 응답 가속도 시간 이력. ....	7
그림 516.5-2. 생략된 견본 충격 응답 가속도 시간 이력 유효 지속시간 TE와 Te. ....	8
그림 516.5-3. 생략된 견본 충격 가속도 시간 이력 단기 평균 RMS (평균 시간은 Te의 약 13%) .....	9
그림 516.5-4. 견본 충격 응답 가속도 극최대 SRS. ....	10
그림 516.5-5. 견본 충격 응답 의사 가속도 SRS. ....	11
그림 516.5-6. 견본 충격 응답 가속도 ESD 추정. ....	11
그림 516.5-7. 견본 충격 응답 가속도 FS 추정. ....	12
그림 516.5-8. 측정된 자료를 사용할 수 없는 경우에 사용할 시험 SRS .....	15
그림 516.5-9. 그림 515.5-8에 표시된 등가 시험 SRS 스펙트럼을 산출하는 무작위 시험 입력 ASD(절차 I - 기능상의 충격용). ....	16
그림 516.5-10. 터미널 피크 톱니 충격 펄스 구성 및 그 허용차 한도(충격 응답 스펙트럼 기능을 절차 I - 기능상의 충격과 절차 V - 충돌 위험에서 이용할 수 없는 경우 사용). ....	16
그림 516.5-11. 사다리꼴 충격 펄스 구성과 그 허용차 한도(충격 응답 스펙트럼 분석 기능을 절차 II - 포장할 군수품과 절차 III - 취약성에서 이용할 수 없는 경우 사용). ....	18
그림 516.5-12. 측정된 세 개의 견본 저장 축 항공기 사출기 발진 요소 응답 가속도 시간 이력 .....	46
그림 516.5-13. 측정된 세 개의 견본 저장 축 착륙 저지 요소 응답 가속도 시간 이력 .....	46
그림 516.5A-1. 입력 시험 자료 집합. ....	7
그림 516.5A-2. 파라메트릭 및 비파라메트릭 상한값 .....	7
그림 516-5A-3. 상한값 결정을 위한 MATLAB m-함수 "uI" .....	9
그림 516.5B-1a. TE와 Te 포락선을 갖는 전형적인 충격 시간 이력 .....	2
그림 516.5B-1b. 포락선과 Te를 갖는 전형적인 충격 시간 이력 RMS .....	2
그림 516.5B-2. 산란 플롯 TE와 Te .....	3
3.1 Te에 권장되는 합성 절차. ....	3
그림 516.5C-1a. 지상 군수품의 기능 시험용 견본 가우스 시간 이력 .....	2
그림 516.5C-1b. 비행 군수품의 기능 시험용 견본 가우스 시간 이력 .....	2
그림 516.5C-2a. 지상 군수품의 기능 시험용 SRS 비교 .....	3
그림 516.5C-2b. 비행 군수품의 기능 시험용 SRS 비교 .....	3

## 시험법 516.5

### 충격(Shock)

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

충격 검사는 다음 목적을 위해 수행된다.

- a. 군수품은 처리, 수송 및 서비스 환경에서 접하는 자주 발생되지 않는 비반복 충격을 물리적 및 기능적으로 견뎌낼 수 있는 신뢰 정도를 제공한다. 이 검사에는 전체 또는 하나의 처리, 수송 및 서비스 환경에서 안전을 목적으로 하는 전체 군수품 시스템 무결성의 평가도 포함될 수 있다.
- b. 설계된 포장에 군수품의 물리적 및 기능적 무결성을 보호할 수 있는 군수품의 연약도를 결정한다.
- c. 손상될 수 있는 플랫폼에 군수품을 부착하는 장치의 강도를 시험한다.

##### 1.2 용도.

수명 중에 기계적으로 발생된 충격에 노출될 가능성이 있는 군수품의 물리적 및 기능적 성능을 평가할 때 이 시험법을 사용한다. 그러한 기계적 충격 환경은 일반적으로 10,000Hz 이하의 주파수 범위와 1.0초 이하의 시간 지속시간으로 제한된다. (대부분의 기계적 충격의 경우 주요 군수품 반응 주파수는 2,000Hz를 초과할 수 없으며 군수품 반응 지속시간은 0.1초를 초과하지 않는다.)

기계적 충격 환경에 대한 기계적 반응은 일반적으로 충격 지속시간 동안 크게 진동될 것이며 실제 초기 상승 시간은 거의 동일한 진폭 순서에 대해 양수 및 음수 피크 진폭 값이 매우 크다.<sup>7)</sup> 일반적으로 기계적 충격에 대한 군수품의 피크 응답은 시간이 경과됨에 따라 지수 함수의 감소 형태로 포락된다. 일반적으로 복합 멀티-모달(multi-modal) 군수품 시스템의 기계적 충격으로 인해 외부 여기 환경으로부터의 군수품에 가해지는 (1) 강제 주파수에 응답하고 여기의 적용 중이나 적용 후에 (2) 재료의 공명 고유 주파수에 응답할 것이다. 이러한 응답은 다음이 원인이 될 수 있다.

---

<sup>7)</sup> 침투 충격과 같은 높은 충돌 속도 충격의 경우, 가속 응답 곡선의 실제 영역에서 작동은 진동이 매우 적거나 없을 수도 있다.

- a. 부품 간 증가된 마찰 또는 부품 간 일반 간섭의 결과로서 얻어지는 군수품 파손.
- b. 재료의 유전성 강도 변화, 절연 저항의 손실, 자기 및 전자기장 강도의 변동.
- c. 재료 전자 회로 카드 고장, 전자 회로 카드 손상 및 전자 커넥터 고장. (경우에 따라 누전을 일으킬 가능성이 있는 회로 카드 오염 물질이 충격에 대한 재료 응답 시에 제거될 수 있다.);
- d. 재료의 구조적 및 비구조적 요소에 대한 과도한 응력으로 인한 결과로서 재료의 영구적인 기계적 변형.
- e. 부품 최대 강도의 초과로 인한 결과로서 재료의 기계적 요소의 파손.
- f. 재료의 가속화된 약화(저 주기 약화);
- g. 재료의 잠재적 압전기 활동 및,
- h. 깨지기 쉬운 크리스탈, 세라믹, 에폭시 또는 유리 씌우개의 깨짐으로 인한 군수품 파손.

### 1.3 제한사항.

- a. 이 시험법에는 재료에서 꽃불 장치 시작의 결과로 접하게 되는 충격의 영향을 포함하지 않는다. 이러한 유형의 충격에 대해서는 시험법 517, 파이로 충격(Pyroshock)을 참조하기 바란다.
- b. 이 시험법은 탄도 충격과 같은 매우 높은 수준의 집중된 충돌 충격에 대해 군수품에서 접하는 영향을 포함하지 않는다. 이러한 유형의 충격에 대해서는 시험 자료에 기초한 전문 시험을 고안하고 시험법 522의 탄도 충격을 참조한다.
- c. 이 시험법은 선상의 재료에서 접하는 높은 충돌 충격 영향을 포함하지 않는다. MIL-S-901(참고규격 k)에 따른 합선 재료의 충격 시험 수행을 고려해야 한다.
- d. 이 시험법은 퓨즈 시스템에서 접하는 영향을 포함하지 않는다. MIL-STD-331(참고규격 l)에 따른 퓨즈 및 퓨즈 구성품의 안전 및 작동을 위한 충격 시험을 수행한다.
- e. 이 시험법은 포의 발사로 인한 군수품 표면 상의 압력 충격과 같은 고압 파동 충격에 영향을 받는 군수품에서 가해지는 영향을 포함하지 않는다. 이러한 유형의 충격과 실제 재료 응답에 대해서는 시험 자료에 기초한 전문 시험을 고안하고 시험법 519.5의 포격 진동을 참조한다.

f. 이 시험법은 군수품의 다양한 부품이 다양하고 관계가 없는 충격 사건에 대해 빌딩 파이프 분산 시스템과 같은 대규모 군수품에서 접하는 충돌 영향을 포함하지 않는다. 이러한 유형의 충격의 경우 시험 자료에 기초한 전문 시험을 고안해야 한다.

g. 이 시험법은 높거나 낮은 온도에서의 충격 시험 수행에 대한 특수 규정을 포함하지 않는다. 달리 지정된 사항이 없으면 실내 온도에서 시험을 수행한다. 그러나, 이 절의 지침 내용이 높거나 낮은 온도에서의 충격 시험 설정 및 수행에 도움이 될 것이다.

h. 이 시험법은 시험 장비 또는 다른 고장으로 인한 계획되지 않은 시험 실행 중단과 관련된 엔지니어링 지침을 포함하지 않는다. 일반적으로, 충격 펄스 입력 동안 중단이 발생하면 해당 충격 펄스 입력을 반복한다. 중단된 펄스에서 일으킨 응력이 실제 시험 결과를 무효로 만들지 않도록 신중히 수행해야 한다. 시험 절차를 진행하기 전에 그러한 중단으로부터 정보를 수집하는 모든 시험 기능을 기록 및 분석해야 한다. 또한, 충격 전 시험 재료 무결성을 유지하기 위해 재료의 전체 무결성을 검사해야 한다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 충격 시험법 선택.

요건서를 점검하고 시험 품목의 수명주기 중 어디서 기계적 충격 환경이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다.

#### 2.1.1 충격 영향.

기계적 충격은 모든 군수품의 물리적 및 기계적 무결성에 대해 역효과를 가져올 가능성이 있다. 일반적으로 역효과 수준은 충격 환경의 진폭 및 지속시간 모두를 증가시킨다. 군수품의 고유 주파수 기간에 해당하는 충격 지속시간과 군수품의 고유 주파수 기간에 해당하는 입력 충격 환경 파형에서 주요 주파수 구성품의 기간은 군수품의 전체 물리적 및 기능적 무결성에 대해 역효과를 확대할 것이다.

#### 2.1.2 기타 다른 방법의 순서.

a. 일반사항. 1부의 5.5 참조.

b. 이 시험법에 해당되는 내용. 이 방법의 시험 순서는 개발, 적격, 내구성 등의 시험 형식과 시험용 시험 품목의 일반 가용성에 좌우될 것이다. 일반적으로, 진동 시험 이후 시험 순서 초기에 충격 시험의 일정을 계획한다.

(1) 충격 환경이 특히 심하다고 판단되며 주요 구조적 또는 기능적 고장 없이 군수품이 유지될 수 있는 가능성이 적은 경우, 시험 순서에 충격 시험이 먼저 시행되어

야 한다.

이렇게 하면 잠재적으로 비용을 절감하면서 양호한 환경에서 시험하기 전에 충격 요구 사항을 충족할 군수품을 다시 설계할 수 있다.

(2) 충격 환경이 심각하다고 판단되지만 구조적 또는 기능적 고장없이 군수품이 유지될 수 있는 가능성이 높으면, 진동 및 온도 시험 다음에 충격 시험을 수행한다. 이렇게 하면 충격 시험 이전에 이 시험 품목에 압력을 가함으로써 진동, 온도 및 충격 환경이 결합된 상태에서의 파손이나 고장을 찾아낼 수 있다.

(3) 충격 시험 수준이 진동 시험 수준보다 덜 심각하다고 판단되는 경우, 충격 시험이 시험 순서에서 삭제될 수 있다.

(4) 이 순서가 실제 현장 상태를 표현한다고 가정할 때, 흔히 기후 시험 전에 충격 시험을 적용하면 몇 가지 이점을 얻을 수 있다. 시험은 흔히 기후에 영향을 받는 결합이 충격 환경의 적용 후에 보다 명확히 드러남을 증명하였다. 그러나, 내부 또는 외부의 온도 압박은 충격 시험이 기후 시험 전에 적용되는 경우 발견되지 못할 수도 있는 충격과 진동에 대한 군수품의 저항력을 영구적으로 약화시킬 수 있다.

## 2.2 절차 선택.

이 시험법은 8가지 시험 절차를 포함한다.

- a. 절차I - 기능상의 충격.
- b. 절차II - 포장할 군수품.
- c. 절차III - 취약성.
- d. 절차IV - 수송 시 낙차.
- e. 절차V - 충돌 위험.
- f. 절차VI - 벤치 처리.
- g. 절차VII - 선로 충격.
- h. 절차VIII - 항공기 사출기 발진/착륙 허용차.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

시험 자료 요건 기초하여 시험 절차, 절차의 결합 또는 일련의 절차들을 적용할 수 있는지 여부를 결정한다. 많은 경우에서 나 이상의 절차를 적용할 것이다. 병참 모드와 동작 모드 모두에서, 수명 주기 동안 군수품에 대해 예상되는 모든 충격 환경을 고려해야 한다.

- a. 군수품의 동작 목적. 요건서에서, 충격 환경 중과 이후에 군수품에서 수행될 작업 또는 기능을 결정한다.
- b. 자연 노출 환경. 절차 I - VII는 군수품 또는 군수품 지원 구조물과 다른 본체 간 운동량 교환에서 얻어지는 단일 충격을 명시한다. 절차 VIII (항공기 사출기 발진)에는 과도 진동과 같은 매우 짧은 지속시간의 진동에 의해 분리되는 일련의 두 개 충격을 제공한다. 절차 VII(캐터필드 발진/착륙 허용차)는 과도 진동이 따르는

단일 충격으로 고려될 수 있다.

c. 필요한 자료. 시험 환경을 문서화하고 시험 전/후 및 시험 동안 재료의 성능을 확인하는데 필요한 시험 자료.

d. 절차 순서. 2.1.2를 참조한다.

## 2.2.2 절차 간 차이.

a. 절차 I - 기능상의 충격. 절차 I는 기능 모드에서 재료(기계, 전기, 유압 및 전자 재료를 포함)를 시험하고 충격에 대한 군수품의 물리적 무결성, 연속성 및 기능성을 평가하기 위함이다. 일반적으로, 군수품은 충격 중에도 작동해야 하며 작전 현장에서 접할 수 있는 대표적인 충격에 대해 손상을 입지 않고 유지되어야 한다.

b. 절차 II - 포장할 군수품. 절차 II는 군수품을 선적 컨테이너에 넣어야 하는 경우에 사용되어야 한다. 이 절차는 처리 하락 높이에 대한 최소 임계 충격 저항 수준을 지정한다. 충격 정의는 포장 디자이너에게 설계 기준으로서 제공될 수 있다. 이 절차는 미사일 유도 시스템, 정밀하게 맞춰진 시험 장비, 회전, 관성 유도 플랫폼 등과 같은 매우 취약한 군수품에 사용하기 위한 것이 아니다. 충격 저항의 양화가 필요한 매우 취약한 군수품의 경우 절차 III을 고려해야 할 것이다. 충격 저항 기준을 표현하는 데 있어 유용한 처리 기술을 보려면 아래 2.3을 참조할 것.

c. 절차 III - 취약성. 절차 III은 군수품의 거침 또는 취약성을 결정하는 데 사용되므로, 해당 군수품에 맞는 포장을 설계할 수 있거나 수송 및 처리 요건을 만족하도록 군수품을 다시 설계할 수 있다. 이 절차는 구조적 및 기능적 시스템 저하의 가능성이 있는 임계 충격 상황을 결정하는 데 사용된다. 보다 실질적인 기준에 도달하려면 환경 온도 극한값에서 절차를 수행한다. 충격 취약성 기준을 표현하는 데 있어 유용한 처리 기술을 보려면 아래 2.3절 참조한다.

d. 절차 IV - 수송 시 낙차. 절차 IV는 수송 또는 결합 케이스의 내부 및 외부에 있는 군수품용 또는 야전 용도(사람, 트럭, 선로 등에 의한 전투 상황으로 수송되는)로 준비된 것이다. 이 절차는 군수품이 일반적으로 정기 정비 동안 랙에서 제거될 때 수송 케이블 등에 놓여지는 등 수송 또는 결합 케이스의 외부에 있을 때(1) 또는 수송 또는 결합 케이스의 내부에 있을 때 적재 및 출하로 인한 충격을 견뎌낼 수 있는지 여부를 결정하는 데 사용된다. 그러한 충격은 우발적이지만 군수품의 기능성을 손상시킬 수도 있다. 이 절차는 선적 컨테이너 내부에 있는 군수품에 의해 접하게 되며 군수품의 수명 주기 프로파일에 정의된 대로 정상적인 창 환경에서 접하게 되는 충격을 위한 것이 아니다.(절차 II의 포장할 군수품 참조).

e. 절차 V - 충돌 위험. 절차 V는 파손 중에 부착, 고정 또는 억제 구성에서 풀릴 수 있는 공중 또는 지상 수송 매체에 부착되는 군수품용으로서 수송 매체의 점유자

및 방관자에 대한 위험을 나타낸다. 이 절차는 모의시험된 파손 상황 중에 군수품의 부착, 고정 또는 억제 구성의 구조적 무결성을 확인하기 위함이다. 이 시험은 군수품의 부품이 충격으로 인해 배출되지 않는지 여부 등 군수품의 전체 구조적 무결성을 확인하는데 사용되어야 한다. 이 절차는 시험법 513.5 가속더 또는 시험법 514.5 진동이 적용될 수 있는 화물로서 수송되는 군수품을 위한 것은 아니다.

f. 절차 VI - 벤치 처리. 절차 VI는 대개 벤치 처리, 벤치 정비 또는 포장에 적용될 수 있는 군수품을 위한 것이다. 이 절차는 일반적인 벤치 처리, 벤치 정비 또는 포장 중에 접하게 되는 대표적인 충격 수준을 견뎌낼 수 있는 군수품의 능력을 평가하는 데 사용된다. 그러한 충격은 군수품 수리 중에 발생할 것이다. 이 절차에는 전체 군수품에 대한 전반적인 충격에 상관없이 쉽게 손상될 수 있는 돌출부가 있는 군수품에 대한 시험이 포함될 수 있다. 그러한 시험의 특성은 매우 전문화되어 있으며, 군수품 돌출부의 구성 및 벤치 처리, 정비 및 포장과 같은 활동 중 손상 사례 각본에 주의하여 개별적으로 수행되어야 한다. 이 절차는 약 23cm보다 큰 최대 치수를 가진 수송 또는 결합 케이스 외부에 있는 중간/대규모 시험 군수품에 적합하다. 일반적으로 소형 군수품 시스템은 절차 IV - 수송 시 낙차 중에 보다 높은 수준으로 시험될 것이다.

g. 절차 VII - 선로 충격. 절차 VII는 선로로 수송될 군수품을 시험하기 위한 것이다. 즉, 철도 선적 중에 발생하는 일반 철도 차량 충격의 영향을 판별하고, 군수품의 구조적 무결성을 확인하며, 고정 시스템의 정확성 및 고정 절차를 평가하기 위함이다. 모든 품목은 군수품의 수송력 요건에 달리 지정되어 있지 않은 경우 최대 총 중량(완전 적재됨)에서 시험되어야 한다. 이 절차는 팔레트 상에 부착되었을 때 일반적으로 선적 및 시험되나 대형 군수품의 일부가 되는 군수품의 개별적으로 포장된 작은 부분의 개별 시험용은 아니다. 그러한 시험의 경우, 참조는 특별히 적합화된 실험 시험에서 유용할 수 있는 선로 충격 중에 측정되는 환경에서 지침을 제공한다.

h. 절차 VIII - 항공기 사출기 발진/착륙 허용차. 절차 VIII는 항공기 사출기 발진 및 착륙 제어를 전제로 하는 고정익 항공기 안 또는 위에 부착되는 군수품을 위함이다. 항공기 사출기 발사의 경우, 군수품은 장착 플랫폼의 최저 주파수의 주변에 주파수 구성요소가 있는 특정 지속시간 동안 저 수준 과도 진동이 따르는 초기 충격과 항공기 사출기 사건 순서에 따른 최종 충격을 접할 수 있다. 착륙 제어의 경우, 재료는 장착 플랫폼의 최저 주파수의 주변에 주파수 구성요소가 있는 특정 지속시간 동안 저 수준 과도 진동이 따르는 초기 충격을 접할 수 있다.

### 2.2.3 시험 중단.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.11을 참조한다.

b. 이 시험법에 해당되는 내용. 충격 시험이 중단된다고 해도 역효과가 발생할 가능성은 희박하다. 일반적으로 중단점에서부터 시험을 계속한다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 적용가능한 시험 조건/기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 요건서 ‘수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)’(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하라. 시험 수준을 선택할 때 다음을 고찰할 것.

#### 2.3.1 일반 고찰사항 - 복합 과도 펄스에 대한 용어 및 그림.

a. **충격.** 충격은 매우 짧은 시간 동안 군수품에 가해지는 적당히 높은 수준의 에너지 임펄스 입력을 나타내는 용어이다. 이 방법의 경우 일반적으로 군수품 응답 가속도는 측정의 실험 변수일 것이다. 그러나, 재료 응답 등의 유효 주파수 범위 안에서의 측정과 같이 측정 변수의 해석이 명확하고 측정 계측 구성이 확인되는 경우 속도, 변위, 변형 또는 압력과 같은 재료 응답 측정의 다른 변수들이 아날로그 방식으로 사용 및 처리됨을 배제하지는 않는다. 그림 516.5-1은 몇 개의 독립적인 충격으로 적절히 분해되는 훈련된 분석가의 판단과 시험 목표에 기초하여 적당히 복잡화되고 측정된 충격 응답 가속화 시간 이력을 표시한다. 시간에 따라 변하는 재료의 응답 작동을 설명하기 위한 몇 개의 지속시간, 진폭 및 주파수의 유용한 측정 추정 값이 있다. 제1부의 부록 D(용어) 참고규격에는 유용하고 설명적인 추정 값 네 개가 정의되어 있으며, 여기서는 재료 응답 (1) 유효 과도 지속시간( $T_E$ ), (2) 충격 응답 스펙트럼 (SRS), (3) 에너지 스펙트럼 밀도 (ESD), (4) 푸리에스펙트럼 (FS)의 특성에 관해 간략히 설명할 것이다.

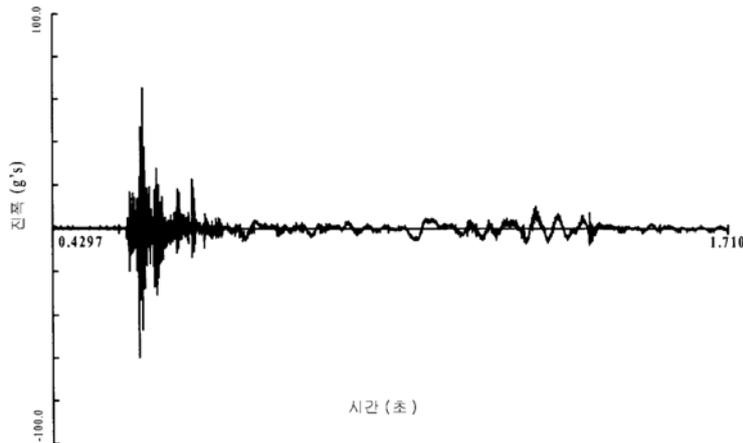


그림 516.5-1. 견본 충격 응답 가속도 시간 이력.

(1) **유효 충격 지속시간( $T_E/T_e$ ):** 절차 I와 V의 경우 유효 충격 지속시간  $T_E$ 는 충격 사건과 관련된 피크 진폭  $A_p$ 의 절대값의 1/3을 초과하는 모든 시간 이력 크기를 포함하는 최소 시간 길이로 정의된다. 유효 충격 지속시간  $T_e$ 의 추가 정의(아마도 처리되어야 하는 복잡하고 측정된 과도 펄스에 훨씬 더 유용할 것임)는 충격 사건

과 관련된 피크 RMS 진폭 값의 10%를 초과하는 실효값(RMS: root-mean-square) 시간 이력 진폭의 최소 90%를 포함하는 시간의 최소 길이일 것이다. 그림 516.5-2는 그림 516.5-1에 표시된 충격 시간 이력의 생략된 형태로 유효 충격 지속시간  $T_E$ 와  $T_e$ 를 보여준다. 충격이 복잡하고 확장되므로  $T_E$ 와  $T_e$ 는 거의 동일하다. 덜 복잡한 충격 시간 이력의 경우 일반적으로 이들 두 값은 동일하지 않다(이 시험법의 부록 B 참조).  $T_e$ 의 90%가 필요하다는 점이 피크 RMS 크기의 10%보다 더 큰 진폭의 잡음 스파이크를 포함하는 충격을 시간 상에서 확장함을 배제하는 것은 아니다. RMS 추정치 추정되는 레코드 길이에 대한 함수임에 유의해야 한다. 움직이는 평균 충격의 경우 평균의 길이는 항상 지수 평균에 해당하는 시간 상수 또는  $T_E$ 의 10%보다 커야 할 것이다. 그림 516.5-3은  $T_e$ (와 그림 516.5-2의  $T_E$ )와 함께 그림 516.5-2에 표시된 시간 이력에 대한 단기 평균 RMS의 추정값을 제공한다. 그림 516.5-3에서 단기 평균 시간은 약  $T_e$ 의 13%이다. 대부분의 경우, 유효 지속시간  $T_E$  또는  $T_e$ 를 결정할 때 엄격하게 적용된 분석 정의 대신에 숙련된 분석가의 판단이면 충분할 것이다. 유효 충격 지속시간  $T_e$ 의 결정을 위한 측정된 과도 시간 이력 자료의 모든 처리에 대해, (a) 복합 과도 펄스에서 파생되는 정보를 보존하고 (b) 계측 잡음과 관련된 정보를 최소화해야 한다.

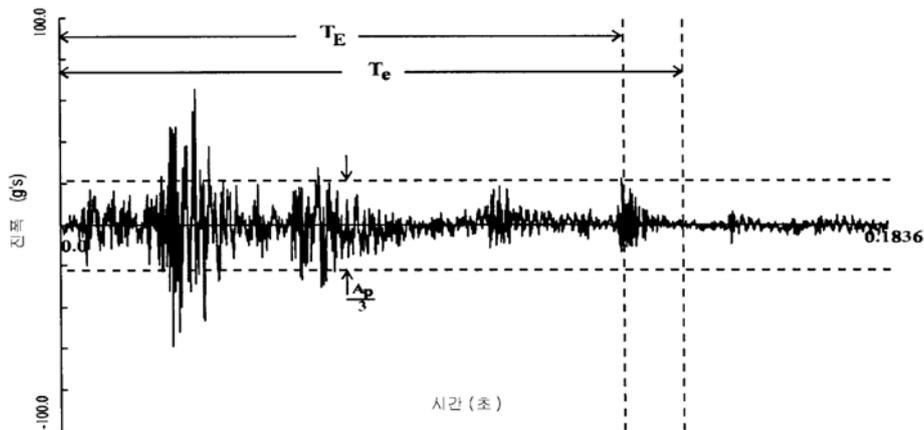


그림 516.5-2. 생략된 견본 충격 응답 가속도 시간 이력 유효 지속시간  $T_E$ 와  $T_e$ .

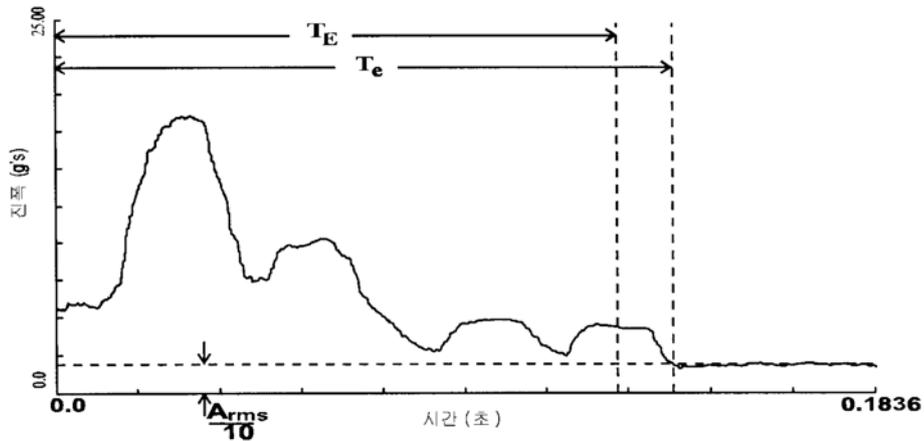


그림 516.5-3. 생략된 전본 충격 가속도 시간 이력 단기 평균 RMS (평균 시간은  $T_e$ 의 약 13%)

(2) 충격 응답 스펙트럼(Shock Response Spectrum: SRS): 진폭이 감소되지 않는 (undamped) 주어진 자연 발진기 주파수에서의 SRS 값  $f_n$ 은 지속시간  $T_e$ 의 충격 기반 입력 시간 이력에 대한 이 주파수에서 진폭이 감소된(damped) 단일 자유도 시스템(SDOF) 질량의 최대 응답을 설명한다. SDOF의 진폭 감소는 Q값(품질 요인) 50이 1% 임계 댐프를 나타내는 위치에서의 Q 값으로 표현된다. Q 값 10은 5% 임계 진폭 감소이고 Q값 5는 SDOF의 10% 임계 진폭 감소이다. 충격 응답 자료 처리의 경우, 절대 가속도 극최대 SRS는 1차 분석 기술자(descriptor)가 된다. 충격에 대한 이 측정 설명에서, 극최대 가속화 값은 가로 좌표를 기본 입력으로 할 때 세로 좌표를 SDOF의 진폭이 감소되지 않는 고유 주파수로 하여 표현된다. SRS가 계산되는 주파수 범위는 대상으로 하는 관련 최저주파수에서부터 스펙트럼의 수평 부분에 도달했던 주파수까지 확장된다. 이 후자 상위 주파수 요건은 스펙트럼의 고주파 콘텐츠가 무시되지 않도록 하는데 도움이 된다. 관련 최저 주파수는 시험 시군수품의 주파수 응답 특성에 의해 결정된다.  $f_{min}$ 의 경우, 관련 최저주파수 SRS는 충격의 첫 번째 진폭 상승에서 시작하여 시간 간격  $T_e$  또는  $1/2f_{min}$ (둘중 더 큰 값)에서 계산된다. 극최대 의사 속도 응답 스펙트럼을 결정하고 4좌표 용지(하나의 직교 축 쌍에서, 극최대 의사 속도 응답 스펙트럼은 세로 좌표로 표현되며, 감소되지 않는 고유 주파수는 가로 좌표로 표현되며, 또 하나의 직교 축 쌍에서, 가로 좌표의 점이 동일할 때 극최대 의사 변형과 함께 극극최대 절대 가속도가 세로 좌표로 표현됨) 상에서 스펙트럼을 그려보면 충격에 대한 보다 정확한 설명(광범위하게 사용되지 않는 않지만 충격 손상 평가에 훨씬 유용할 것임)을 얻을 수 있다. 단일 자유도 시스템 인수에 있어 응력과 스트레인이 상호 관련이 있으므로, 감소되지 않는 특정 SDOF 고유 주파수에서 극최대 의사 속도는 충격의 잠재 손상을 매우 잘 표현한다고 간주된다(참고규격 b). 시험을 시험소 모의시험용으로 사용해야 하는 경우 처리 시 Q값 10과 두 번째 Q값 50을 사용한다. 이 두 개의 Q 값을 사용하여 진

폭이 감소된 값과 가벼운 진폭 감소에 해당하는 값은 분석가에게 재료 응답의 잠재적인 범위에 대한 정보를 제공한다. 극최대 절대 가속화 SRS는 충격 표시의 기본 방법이어서 하며, 충격과 단순 시스템의 손상을 상호 연결할 수 있도록 하는데 바람직한 경우 의사 속도 SRS가 두 번째 표시 및 사용 방법이어서 한다고 권장한다. 그림 516.5-4는 그림 516.5-3에 표시된 유효 충격 지속시간  $T_e$  상에서 그림 516.5-2에 표시된 충격 시간 이력에 대해 극최대 가속도 SRS를 표시한다. 그림 5.16.5-5는 해당하는 극최대 의사 속도 SRS를 표시한다.

(3) 에너지 스펙트럼 밀도(Energy Spectral Density: ESD): 전체 충격의 푸리에 변형의 적절히 확대된 크기인 ESD 추정값은 일정한 주파수 집합에서 계산되고 진폭 대 주파수의 2차원 도면으로서 표시된다. 진폭 단위는 “units  $^2$ -sec/Hz”이다. ESD 추정값을 결정할 때, 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform) 블록 크기는 블록 내 모든 충격 사건이 포함되도록 선택되어야 한다. 그러나, 유효 지속시간을 벗어나는 충격의 초과 잡음  $T_e$  는 0에 의한 잡음 자료 값 대체와 같이 0으로 채워진 변환 블록에 의해 제거되어야 한다. ESD 설명은 몇 개 충격 사이에서 주파수 대역 안에 에너지의 분산을 비교하는 데 유용하다. 그림 516.5-6은 그림 516.5-2의 충격 시간 이력의 ESD 추정 값을 표시한다. ESD 추정값의 경우, 세로 좌표에서 표준화된 무작위 오류의 백분율은 100%이다. (1) n개의 인접 ESD 세로 좌표의 평균을 구하거나 (2) 개별적이지만 통계적으로 동등한 ESD n개의 추정값의 평균을 구하면 표준화된 무작위 오류의 백분율이  $1/n$ 만큼 감소될 수 있다.

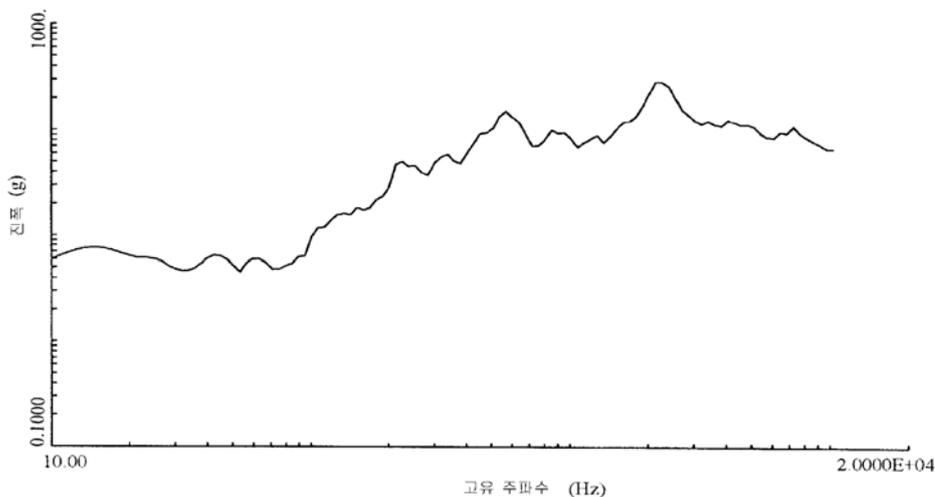


그림 516.5-4. 기본 충격 응답 가속도 극최대 SRS.

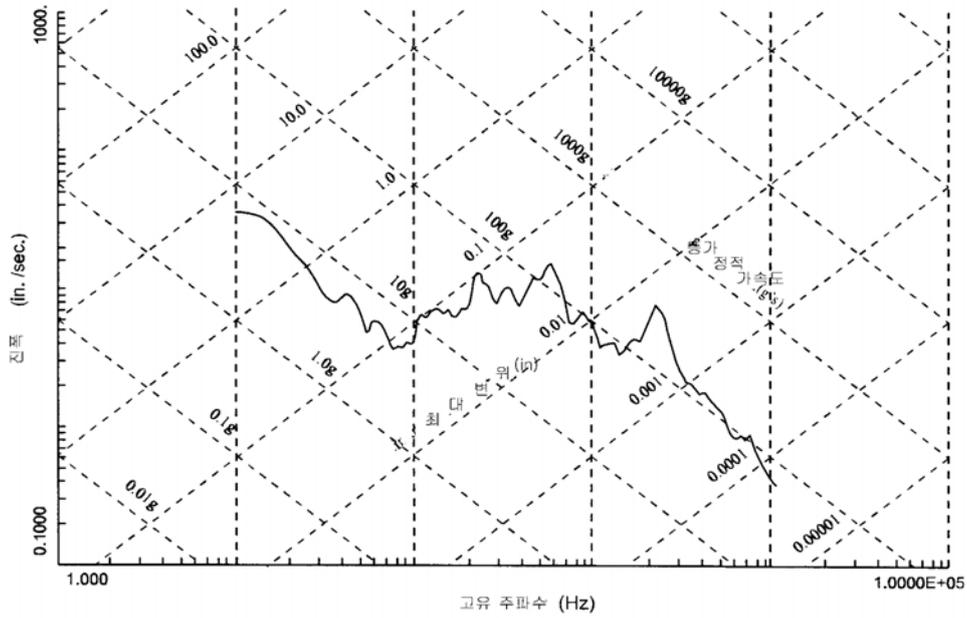


그림 516.5-5. 견본 충격 응답 의사 가속도 SRS.

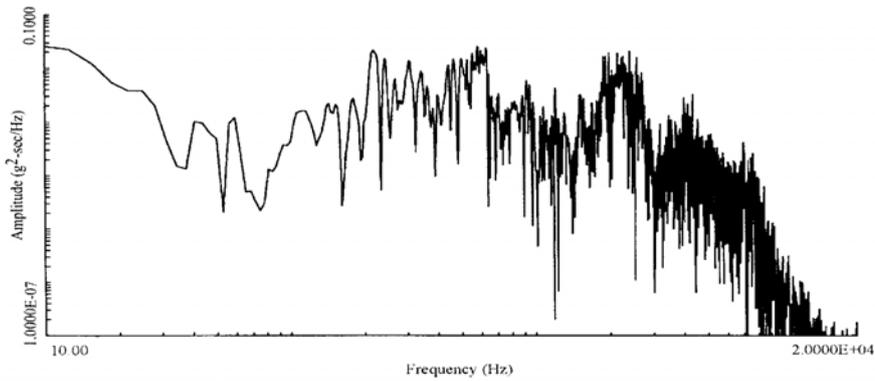


그림 516.5-6. 견본 충격 응답 가속도 ESD 추정.

(4) 푸리에 스펙트럼(FS): FS 추정값은 전체 충격의 푸리에 변환 크기의 적절히 확대된 평균값으로서 균일한 주파수 집합에서 계산되며 진폭 대 주파수의 2차원 도표로 표시된다. 진폭 단위는 “units-sec”이다. FS 추정값을 결정할 때, 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform) 블록 크기는 블록 내 모든 충격 사건이 포함되도록

선택되어야 한다. 그러나, 유효 지속시간을 벗어나는 충격의 초과 잡음  $T_e$ 는 0에 의한 잡음 자료 값 대체와 같이 0으로 채워진 변환 블록에 의해 제거되어야 한다. FS 설명은 충격 사이에서 전체 주파수 대역 내에서 두드러진 주파수 구성요소를 적을 때 유용하다. 그림 516.5-7은 그림516.5-2의 충격 시간 이력의 FS 추정값을 표시한다. FS 추정값의 경우, 세로 좌표에서 표준화된 무작위 오류의 백분율은 100%이다. (1) n개의 인접 ESD 세로 좌표의 평균을 구하거나 (2) 개별적이지만 통계적으로 동등한 ESD n개의 추정값의 평균을 구하면 표준화된 무작위 오류의 백분율이 1/n만큼 감소될 수 있다.

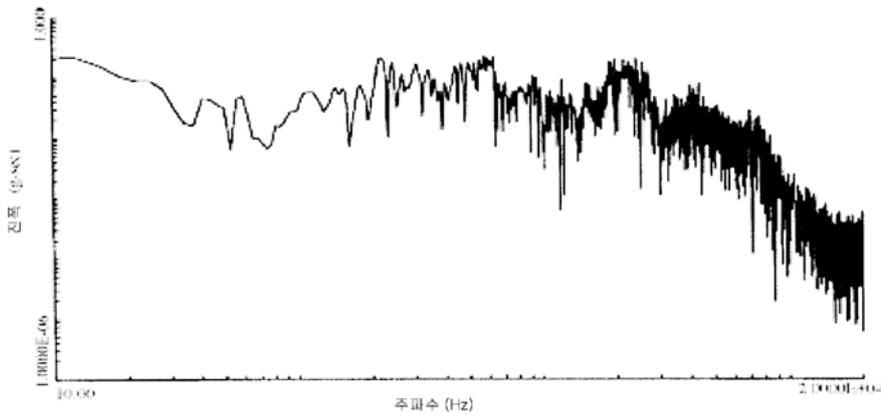


그림 516.5-7. 견본 충격 응답 가속도 FS 추정.

b. 충격/난진동. 일반적으로 시스템 무결성 요건이 어느 정도 충족된다고 가정할 때, 매우 심각한 난진동 시험 절차를 수행해야 하는 축에서 임의의 시험 절차를 수행할 필요는 없을 것이다. SDOF의 3시그마 가우스 가속도 응답에 기초한 신호의 짧은 지속시간 동안 충격 응답 스펙트럼이 고유 주파수의 지정된 범위 안에 속하는 모든 곳에서 충격 시험 응답 스펙트럼을 초과하는 경우에는 난진동 시험 가속도가 충분하다. 분석에 사용될 Q 값은 일반적으로는 10이 되는데, 이 값은 임계 점착성 진폭 감소의 5%에 해당한다.

$$A(f) = 3 \left[ \left( \frac{\pi}{2} \right) G(f) f Q \right]^{\frac{1}{2}}$$

$G(f)$ 가 주파수  $f$ 에서의 가속도 ASD일 때 무작위 시험용 3시그마 충격 응답 스펙트럼은 가속도 단위의 SDOF 고유 주파수 함수로서 제공된다(참고규격 a). 이 시험법의 부록 C는 저급 충격 시험을 고급 난진동 시험으로 대체하기 위한 목적으로 ASD 수준과 해당 SRS 수준의 관계를 설명한다.

c. 통계학적 추정 처리. 경우에 따라 특정 통계적 방식으로 균등하게 처리되는 응답

추정값을 결합하는 것이 편리하거나 그렇게 하지 않으면 안될 때가 있다. 참고규격 g는 일련의 시험에서 얻은 처리된 결과를 통계적으로 요약하는 데 있어 몇 가지 옵션을 설명한다. 가장 좋은 방법은 일반적으로 견본 크기에 좌우된다. SRS, ESD 또는 FS에서 처리된 결과는 대개 대수적으로 변환되어 보다 일반적으로 분포되는 추정값을 제공한다. 일련의 시험에서 흔히 매우 적은 추정값만을 얻을 수 있으며 변환되지 않은 추정값의 가능 분포를 일반적으로 분포된다고 가정할 수 없기 때문에 이 변환은 중요하다. 실질적으로 모든 경우에 있어, 처리된 결과를 조합하면 작은 견본 통계 범주 안에 속하게 되며 통계적 분석의 그다지 기능이 뛰어나지 않은 비파라메틱 방법이나 다른 파라메틱 방법의 사용을 고려해야 한다. 부록 516.5A는 견본의 크기 함수로서 처리된 시험 결과의 통계적 결합에 적합한 기술들을 설명한다.

d. 그 밖의 처리. 제품 모델, 영역 능력, 잔 파형 등 구성 부품으로 충격을 분해하는 경향이 있는 다른 서술적 작업들도 유용하겠지만 이 작업들은 본 문서의 범위를 벗어나므로 설명하지 않겠다.

### 2.3.2 시험 조건.

(1) 재료의 작동 환경의 시간 이력 측정의 통계적 처리에서, (2) 동적으로 유사한 환경의 신중하게 확대된 측정에서, (3) 예측에서, 또는 (4) 소스의 결합에서 시험 SRS 및  $T_e$ 를 끝낸다. 적합화를 위해서는 수명 주기 프로파일의 서비스 환경 조건과 유사한 조건에서 측정되는 자료를 얻기 위한 모든 시도가 있어야 할 것이다. 가장 적합한 것부터 가장 적합하지 않은 것까지 SRS와  $T_e$  파생 및 그 이후의 실행 등급은 다음과 같다.

- 셰이커(shaker) 파형 제어 하에서 측정되는 자료의 간접 복제 방법으로 요약되는 측정자료와 생성되는 충격.
- 측정된  $T_e$  값이 거의 시험  $T_e$  값이 진폭 및 제로(0) 교차 유사성과 같은 합성 파형과 비슷한지 확인하는 복합 과도 펄스를 통해 요약되는 측정 자료와 합성되는 충격.
- 측정된 자료는 없지만 이전 SRS 추정값을 사용할 수 있으며 재료의 고유 주파수 응답 특성을 고려한 적합한 방법으로 지정된  $T_e$ 를 사용하는 복합 과도 펄스를 통해 합성되는 충격.
- 측정된 자료는 없지만 충격을 복제하는 사용할 수 있는 기존의 인 펄스 충격 종류. (기존의 펄스 종류의 사용은 그러한 펄스의 사용을 분석에 기초하여 판단할 수 없는 경우 허용되지 않는다.)

a. 활용가능한 측정 자료. 시험에 필요한  $T_e$ 는 대표적인 시간 이력 측정값을 검토하여 결정될 것이다.  $T_e$ 의 범위는 첫 번째 유효 응답 시간 이력 지점에서 계측 시스템의 잡음 층 또는 분석적으로 파생된  $T_e$  중 더 짧은 쪽으로 확장될 것이다. 시

험에 필요한 SRS는 분석 계산을 통해 결정될 것이다.  $T_e < 1/2f_{\min}$ 이면 시험용  $T_e$ 는  $1/2f_{\min}$ 까지 확장될 것이다. SRS 분석은 1/12옥타브 간격 또는 보다 적은 간격으로 최소 5 - 2,000까지 걸쳐 있는 일련의 고유 주파수에서  $Q = 10$ 인 AC 결합 시간 이력에 대해 수행될 것이다.

(1) 충분한 양의 대표적인 충격 스펙트럼을 사용할 수 있다면 해당 통계적 포락 기술을 사용하여 필요한 시험 스펙트럼을 통계를 기초로 결정하여야 할 것이다(이 시험법의 부록 A를 참조한다). 시험용  $T_e$ 는 어느 것이 더 크든  $T_e$ 의 최대값 또는  $1/2f_{\min}$ 으로 사용되어야 한다.

(2) 충분하지 않은 측정된 자료를 통계 분석에 사용할 수 있는 경우 사용할 수 있는 스펙트럼 자료의 최대값을 사용하여 필요한 시험 스펙트럼을 설정해야 할 것이다. 이 점이 채택된 모든 예측 방법의 불확실성과 환경의 추계학적 변이성을 설명할 것이다. 증가도는 엔지니어링 판단에 기초하며 이론적 근거에 의해 지원되어야 한다. 이러한 경우, 흔히 SRS 추정값을 포함하므로, 바라는 시험 수준 보존성 정도에 따라 SRS에 3dB 또는 6dB 여백을 추가하기 시작한다(이 시험법의 부록 A에 나오는 A3.2절을 참조한다). 시험용  $T_e$ 는 어느 것이 더 크든  $T_e$ 의 최대값 또는  $1/2f_{\min}$ 으로 사용되어야 한다.

b. 활용불가능한 측정 자료. 측정된 데이터 베이스를 사용할 수 없는 경우 절차 I - 기능상의 충격 및 절차 V - 충돌 위험에 대해, 시험 충격 시간 이력의  $T_e$ 가 제품표(516.5-1)의 값들 사이에 든다고 가정할 때, 각 축의 시험 스펙트럼으로서 그림 516.5-8의 해당 SRS 스펙트럼을 사용한다. 이 스펙트럼은 완전 터미널 피크 톱니 펄스의 스펙트럼에 가깝다. 가급적이면 (1) 유한 개수의 지정된 주파수에서 선택한 속성을 갖는 진폭이 감소되는 사인 곡선의 극상 위치 또는 (2) 유한 개수의 지정된 주파수에서 선택한 속성을 갖는 진폭이 변조된 사인 곡선으로 구성되는 파형을 사용하여 시험을 수행한다. 이러한 파형은 파형의 지속시간이 표 516.5-1에 제공된  $T_e$ 의 최대값인 그림 516.5-1 상의 SRS 값에 가까운 하나의 SRS 값을 갖는다. 사실상, 모든 복합 시험 과도 펄스는 5 - 2000Hz의 주파수 범위 상에서의 이 스펙트럼 조건과 같거나 그 조건을 초과하며 지속시간 조건을 충족하는 경우에 적합하다. 기존의 터미널 피크 톱니 펄스와 기존의 사다리꼴 펄스의 사용은 사용할 수 있는 자료가 없는 경우에 있어 최소한의 허용 가능 시험법이다(2.3.2c참조). 충격 조건 외에 재료의 진동 조건이 있는 경우, 적합화 절차의 충격 시험 대신에 진동 시험을 수행할 수 있다. 절차 I - 기능상의 충격에서는 이러한 적합화 형태의 예를 보여준다. 그림 516.5-9는 난진동이 측정된 충격 수준 또는 지정된 충격 수준 대신에 사용될 수 있을 만큼 충분한 가혹도를 나타내는 지 확인하기 위해 지정된 ASD 시험 환경과 비교할 때 사용할 두 개의 ASD 곡선을 제공한다. 이러한 ASD 곡선에서 전개된 고정 무작위 환경용 SRS는 그림 516.5-8 상의 해당 SRS 스펙트럼을 포함한다. 경험에 의한 이러한 정당화는 이 시험법의 부록 C를 참조한다.

c. 기존의 충격 펄스. 기존의 충격 펄스를 사용해야 하는 절차가 아니라면, 측정

된 자료가 기존의 충격 펄스의 허용차 내에 속함을 증명할 수 없는 경우 그러한 펄스의 사용은 허용되지 않는다. 이 시험법의 시험에는 오직 두 개의 기존의 충격 펄스만 정의되는데, 터미널 피크 톱니 펄스와 사다리꼴 펄스뿐이다. 그림 516.5-10은 파라미터 및 허용차와 함께 터미널 피크 톱니 펄스를 보여준다. 이 펄스는 절차 I - 기능상의 충격과 절차 V - 충돌 위험에서의 시험법 중 하나이다.

표 516.5-I. 측정된 자료를 사용할 수 없는 경우에 사용할 시험 충격 응답 스펙트럼.

시험 범주	피크 가속도(g's)	T <sub>e</sub> (ms)	교차(cross-over) 주파수(Hz)
비행 장비용 기능 시험	20	15-23	45
지상 장비용 기능 시험	40	15-23	45
비행 장비용 충돌 위험 시험	40	15-23	45
지상 장비용 충돌 위험 시험	75	8-13	80

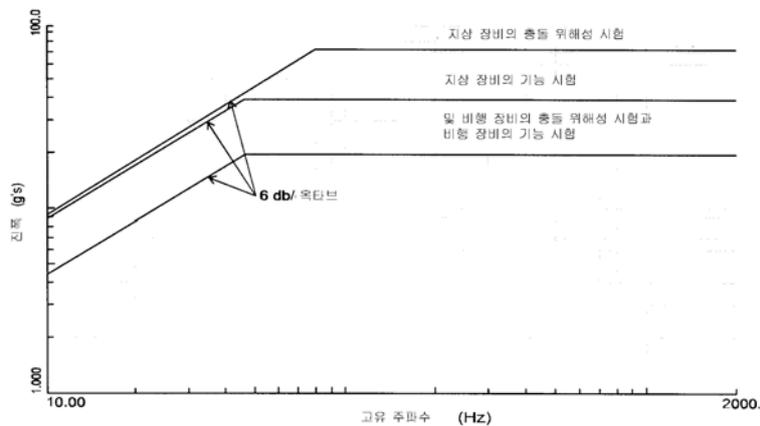


그림 516.5-8. 측정된 자료를 사용할 수 없는 경우에 사용할 시험 SRS (절차 I - 기능상의 충격 & 절차 V - 충돌 위험용).

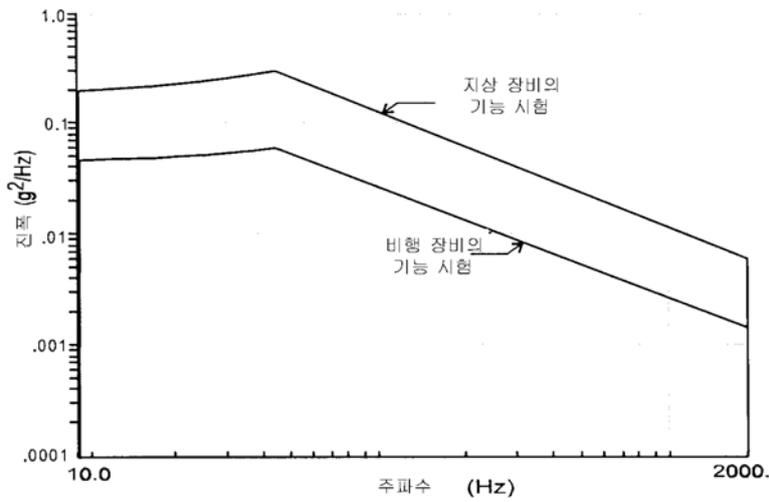
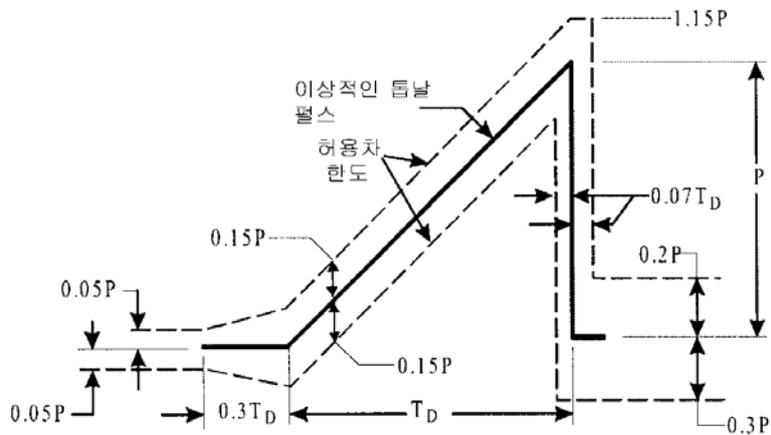


그림 516.5-9. 그림 515.5-8에 표시된 등가 시험 SRS 스펙트럼을 산출하는 무작위 시험 입력 ASD(절차 I - 기능상의 충격용).



주: 시간 이력 표시에서 거의 가운데 위치한 펄스와 약  $3T_D$  길이의 시간을 포함한다. 톱니 펄스의 피크 가속도 크기는  $P$ 이며 그 지속시간은  $T_D$ 이다. 측정된 가속도 펄스가 중단된 선 경계 사이에 포함되고 측정된 속도 변경값(가속도 펄스의 적분을 통해 얻을 수 있음)이 제한값  $v_i + 0.1v_i$  안에 포함되도록 해야 한다. 이 때,  $v_i$ 는  $0.5 TDP$ 에 해당하는 이상적인 펄스와 관련된 속도 변경값이다. 펄스 이전에  $0.4T_D$ 에서부터 펄스 이후  $0.1T_D$ 까지 속도 변경을 확인하기 위해 적분을 확장한다.

그림 516.5-10. 터미널 피크 톱니 충격 펄스 구성 및 그 허용차 한도(충격 응답 스펙트럼 기능을 절차 I - 기능상의 충격과 절차 V - 충돌 위험에서 이용할 수 없는

### 경우 사용).

그림 516.5-11은 파라미터 및 허용차와 함께 사다리꼴 펄스를 보여준다. 이 펄스는 절차 II - 포장할 군수품 및 절차 III - 취약성 시험법 중 하나이다.

#### 2.3.3 시험 축과 충격 사건의 수 - 일반 고찰사항.

시험 품목은 세 개의 직교 축을 따라 양방향에서 최소 세 번 지정된 시험 조건을 충족하는 충분한 개수의 적합한 충격을 필요로 한다. 각 축의 각 방향에 있어 적합한 시험 충격은 충격의 유효 지속시간이 지정된  $T_e$  값의 20퍼센트 안에 속할 때 지정된 주파수 범위에서 필요한 시험 스펙트럼의 허용차 안에 속하는 응답 스펙트럼을 산출하는 한 개의 기존의 충격 펄스 또는 복합 과도 펄스로 정의된다. 일반적으로  $Q = 10$ 일 때와 최소한 1/12-옥타브 주파수 간격에서 양수 및 음수 극최대 가속도(극최대 절대 또는 동등 정적)의 스펙트럼을 결정한다. 필요한 시험 스펙트럼이 하나의 축을 따라 양 방향에서 동시에 충족될 수 있는 경우 세 개의 반복된 충격이 해당 축의 요건을 만족할 것이다.

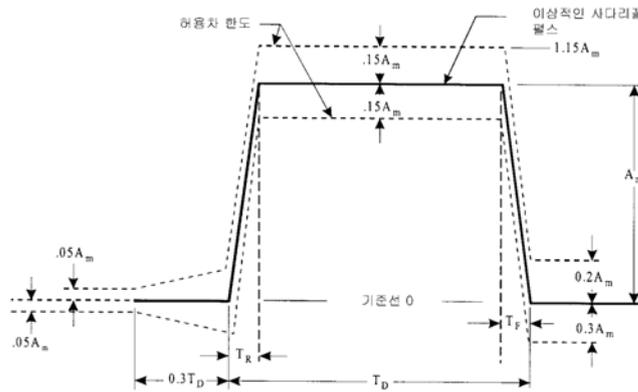
기존의 충격 입력의 극성 고찰사항과 같이 요건이 하나의 방향에서만 충족될 수 있는 경우 시험 설정을 변경할 수 있으며 다른 방향에서의 스펙트럼 요건을 만족하기 위해 별도로 세 개의 충격을 추가할 수 있다. 설치 변경은 (1) 시험 충격 시간 이력의 극성을 역으로 전환한 다거나 (2) 시험 품목 방향을 역으로 전환하는(일반적으로, 복합 과도 펄스의 경우, 시험 충격 시간 이력 극성을 역으로 전환해도 시험 수준에 많은 영향을 미치지 않을 것임) 경우를 들 수 있다. 또한 다음의 지침을 기존의 충격 펄스 또는 복합 과도 펄스에 적용할 수 있다.

- a. 제공된 충격 사건에만 드러날 가능성이 적은 군수품의 경우, 각 해당 환경 조건에 대해 하나의 충격을 수행한다. 축 당 두 개 충격 또는 극성 부담을 고려해야 하는 경우 축 최소값 당 한 개 충격 또는 수행한다. 대규모 속도 변경 충격 조건의 경우, 각 해당 환경 조건에 대해 하나의 충격을 수행한다.
- b. 군수품이 제공된 충격 사건에 대해 매우 자주 드러날 가능성이 있으며 충격들을 구체화하는데 사용할 수 있는 자료가 거의 없는 경우, 예상된 현재 사용에 기초하여 각 환경 조건에서 세 개 이상의 충격, 축 최소값 당 세 개 충격 또는 극성 변경을 고려해야 하는 경우 6개 충격을 적용한다.
- c. 시험 품목의 유효 저주파 모드의 응답이 없는 경우 고주파 위치가 시험 품목의 첫 번째 자연 모드 주파수 아래 최소 한 개의 옥타브에서 시작한다고 가정할 때 SRS의 고주파 위치를 만족하도록 SRS의 저주파 위치를 허용차 안에 포함되게 할 수 있다. 지속시간이 허용차 안에 속해야 한다.
- d. 시험 품목에 유효 저주파 모드의 응답이 있는 경우, 복합 과도 펄스의 지속시간이  $T_e + 1/2f_{\min}$ 을 초과하지 않는다고 가정할 때 SRS의 저주파 위치를 만족하도록 복합 과도 펄스의 지속시간이 허용차 안에 포함되게 할 수 있다. SRS의 저주파 부분이 허용차 안에 속하려면 복합 과도 펄스의 지속시간이  $T_e + 1/2f_{\min}$ 을 초과해야 하는 경우 새 충격 절차를 적용해야 한다.

2.3.4 시험 축과 충격 사건의 수 - 복합 과도 펄스에만 해당하는 특수 고찰사항.

제공된 SRS를 만족하는 고유의 합성된 복합 과도 펄스가 없다면 잘 설정된 것이다. 제공된 SRS에서 복합 과도 펄스를 합성할 때 이 복합 과도 펄스가 (1) 충격 적용 시스템의 능력 (보통은 변위 또는 속도 면에서)을 초과하거나 (2) 복합 과도 펄스의 지속시간이  $T_e$ 보다 20%이상 더 길다면, 스펙트럼이나 지속시간 허용차 간에 약간의 절충이 필요할 것이다. 충격 요건을 만족하기 위해 SRS를 저주파 구성요소(속도와 변위가 큼)와 고주파 구성요소로 분해할 수 없다. 흔히 숙련된 분석가라면 충격 적용 시스템 제조업체의 최적 솔루션이 아닌 요건을 만족하기 위해 입력 파라미터를 복합 과도 펄스 합성 알고리즘에 지정할 수 있을 것이다. 다음 지침을 적용할 수 있다.

- a. 시험 품목에 유효 저주파 모드의 응답이 없으면 고주파 위치가 시험 품목의 첫 번째 자연 모드 주파수 아래 최소 한 개의 옥타브에서 시작한다고 가정할 때 SRS의 고주파 위치를 만족하도록 SRS의 저주파 위치를 허용차 안에 포함되게 할 수 있다. 지속시간은 허용차 안에 속해야 한다.
- b. 시험 품목에 유효 저주파 모드의 응답이 있는 경우, 뒷부분 기간이 SRS 분석에서 해당 최저주파( $f_{min}$ )의 1.5배 기간인 경우 복합 과도 펄스의 지속시간이  $T_e + 1/2f_{min}$ 을 초과하지 않는다고 가정할 때, SRS의 저주파 위치를 만족하도록 복합 과도 펄스의 지속시간이 허용차 안에 포함되게 할 수 있다. SRS의 저주파 부분이 허용차 안에 속하려면 복합 과도 펄스의 지속시간이  $T_e + 1/2f_{min}$ 을 초과해야 하는 경우 새 충격 절차를 적용해야 한다.



주: 시간 이력 표시에서 거의 가운데 위치한 펄스와 약 3TD 길이의 시간을 포함한다. 톱니 펄스의 피크 가속도 크기는 P이며 그 지속시간은 tD이다. 측정된 가속도 펄스가 중단된 선 경계 사이에 포함되고 측정된 속도 변경값(가속도 펄스의 적분을 통해 얻을 수 있음)이 제한값  $v_i + 0.1v_i$  안에 포함되도록 해야 한다. 이 때,  $v_i$ 는 0.5 TDP에 해당하는 이상적인 펄스와 관련된 속도 변경값이다. 펄스 이전에 0.4TD에서부터 펄스 이후 0.1TD까지 속도 변경을 확인하기 위해 적분을 확장한다.

그림 516.5-11. 사다리꼴 충격 펄스 구성과 그 허용차 한도(충격 응답 스펙트럼 분석

기능을 절차 II - 포장할 군수품과 절차 III - 취약성에서 이용할 수 없는 경우 사용).

## 2.4 시험 품목 배치.

(1부의 5.8 참조). 시험 품목의 배치는 시험 결과에 큰 영향을 미친다. 수명 주기 프로파일에서 재료의 예상 구성을 사용한다. 최소한 다음 사항들을 고려해야 한다.

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 운송 케이스 내.
- b. 사용 환경에 배치.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

다음의 정보는 충격 시험을 시행하는데 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준 1부의 5.10과 부록 A의 작업 405와 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용
  - (1) 시험 설비 모드 검사 절차
  - (2) 시험 품목/설비 모드 검사 절차
  - (3) 다음 중 하나에 해당하는 충격 환경
    - (a) 스펙트럼 형태, 피크 스펙트럼 값, 스펙트럼 중단점 및 펄스 지속시간을 지정하는 예측된 SRS 또는 복합 충격 펄스 합성(진폭 감소된 사인 곡선, 진폭 변조된 사인 곡선 또는 기타 곡선의 극상 위치).
    - (b) 절차에 간략히 소개된 SRS 합성 기술과 함께 사용하기 위해 선택한 측정된 자료. (SRS 합성기술이 사용되는 경우 스펙트럼 형태와 합성된 충격 지속시간이 지정된 것과 같아야 한다.)
    - (c) 보정된 파형으로서 직접 파형 제어 하에서 셰이커/충격 시스템으로 입력되는 측정된 자료.
    - (d) 입력 및 응답 자료의 처리에 사용되는 기술.

### 3.2 시험 중.

시행을 실행하는 동안 다음 정보를 수집한다.

- a. 일반사항. 본 표준 제1부의 5.10과 부록 A의 작업 405와 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 선택한 절차(들)의 가속도 부족 시험 군수품의 실패 기준과 관련된 정보. 모든 시험 품목 계측 및 센서에서 정보가 수신되는 방식에

대해 각별히 주의해야 한다. 대규모 속도 충격의 경우, 계측 케이블 연결 시 케이블 이동의 결과로서 계측기에 잡음에 추가되지 않도록 해야 한다.

### 3.3 사후시험.

다음과 같은 사후시험 정보를 기록한다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.13절, 제1부의 부록 A 작업 405와 406에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용
  - (1) 각 노출의 지속시간 및 노출의 횟수.
  - (2) 각 육안 검사 후 시험 품목의 상태.
  - (3) 응답 시간 이력 및 이러한 시간 이력에서 처리되는 정보. 일반적으로, 처리가 덜된 절대 극최대 SRS와 의사 속도 SRS 정보는 진폭이 감소되지 않는 발진기 고유 주파수의 자유도 1의 함수로서 제공되어야 한다. 경우에 따라 ESD와 FS도 제공될 수도 있다.
  - (4) 시험 품목/설치 모드 분석 자료.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

이 시험법의 해당 단락 내용에 따라 결정한 대로 시험 조건을 충족할 수 있는 충격 발생 기구를 사용한다. 충격 기구는 지정된 시간, 진폭 및 주파수 범위에서 시험 품목 응답을 유도할 수 있는 자유 낙차, 탄력 반동, 비탄력 반동, 유압, 압축 가스, 전기 역학 셰이커, 전기 유압 셰이커, 철도 차량 또는 기타 활성화 유형 중 하나일 수 있다. 충격 발생 기구의 모든 유형에 대해, 기구가 충격 입력을 제공할 수 있는 시간, 진폭 및 주파수 범위에 각별히 주의해야 한다. 예를 들면, 전기 역학 셰이커는 5Hz - 3000Hz의 합성된 충격 레코드를 적절히 복제할 수 있다. 그러나, 전기 유압 셰이커는 Dc - 500Hz의 제어 가능한 주파수 복제 범위만을 갖게 될 것이다. 절차 II와 III에서는 시험 구성이 매우 큰 변위량을 생성할 수 있어야 한다. 절차 VII는 철도 차량을 이용한 특수한 시험 구성로서 매우 낮은 주파수 응답과 적당히 높은 응답 주파수 모두를 제공한다. 항공기 사출기 발진에 대한 절차 VIII는 두 개의 충격 펄스와 중간에 과도 펄스 진동을 적용할 때 최상으로 충족된다.

### 4.2 제어.

#### 4.2.1 교정.

충격 기구는 응답 측정값을 추적 가능한 실험 교정 측정 장치를 사용하여 연계 되는 선택한 절차에서 지정된 시험 요건에 부합되도록 사용자에게 의해 교정될 것이다. 일반적으로, 시험 규격과의 일치성을 위해 시험 구성에서 교정 로드를 사용할 것이다. 일반적으로 교정 로드는 시험 품목의 대량/강직 모조품일 것이다. 대량/강직 모조품은 시험 품목의 모드 동적 특성

(특히 설치 및 시험 장치의 모드 동적 구성과 상호적으로 작용할 수 있는 모드 동적 특성) 이 모조품에서 가능 범위로 복제됨을 암시한다. 교정을 위해, 절차 I, II, III, V, VI, 또는 VIII 에 소개된 시험 조건을 만족하는 교정 로드 에 대한 두 개의 연속 입력 적용을 산출한다. 절차 IV는 교정된 시험이 아니며 절차 VII에는 고유의 규정된 교정 절차들이 있다. 교정 로드의 측정된 응답 자료를 처리하고 시험 규격 허용차에 부합됨을 확인한 후, 교정 로드를 제거한 다음 시험 품목에 대해 충격 시험을 수행한다. 가급적이면 모든 경우에 있어 기구에 대해 교정 로드를 사용하기 바란다.

#### 4.2.2 허용차.

시험 확인을 위해, 아래 제공된 지침과 함께 각 개별 절차에 지정된 허용차를 사용한다. 그러한 허용차가 충족될 수 없는 경우, 시험을 시작하기 전에 인정받고 있는 엔지니어링 기관과 고객에게 승인을 받은 성취 가능한 허용차를 설정한다. 허용차가 아래 제공된 지침과는 별도로 설정되는 모든 경우에 있어, 지정된 치수 교정, 계측, 신호 처리 및 자료 분석 절차 안에 속하는 허용차를 설정한다.

##### 4.2.2.1 기존의 펄스와 복합 과도 펄스-시간 영역.

터미널 피크 톱니 펄스와 사다리꼴 펄스 형태의 기존의 펄스의 경우, 펄스의 대표적인 시간 영역 상에서의 허용차 한도값은 (진폭과 지속시간 모두에 대해) 그림 516.5-10과 그림 516.5-11에 지정된 것과 같다. 시간 영역에 지정된 복합 과도 펄스의 경우, 측정된 펄스의 주요 피크와 밸리, (각각 지정된 최대 피크와 밸리의 75% 이내 있는 피크와 밸리), 즉, 피크와 밸리 수준의 90%는 각각 지정된 피크와 밸리의  $\pm 10\%$  이내여야 한다. 이 허용차 한도값은 충격 시험 기기가 파형 제어 절차에서 지정된 충격을 정확히 복제할 수 있다고 가정한다. 이러한 시간 영역 사양은 측정된 자료로부터의 충격 복제와 전기 역학 또는 전기 유압 시험 기기를 사용하여 수행되는 취약성 시험에 유용하다. 본래 이 허용차 사양은 측정된 피크와 밸리 순서가 지정된 피크와 밸리 시간 이력의 피크와 밸리 순서와 같음 전제로 한다.

##### 4.2.2.2 복합 과도 펄스 SRS.

그림 516.5-8에 나와 있는 극최대 SRS를 사용하여 지정된 복합 과도 펄스와 측정된 자료에서 지정된 기타 복합 과도 펄스의 경우 허용차는 지정된 주파수 대역폭 상의 진폭과 펄스 지속시간 상의 허용차에 대해 지정된다. 이전에 측정된 자료를 사용할 수 있거나 일련의 충격들이 수행되는 경우, 1/12옥타브를 사용하여 계산된 모든 가속도 극최대 SRS는 10Hz - 2kHz에 이르는 전체 주파수 대역폭의 최소 90%에서 -1.5dB와 +3dB 안에 들어야 한다. 주파수 대역의 나머지 10% 부분에서 모든 SRS는 -3dB와 +6dB 이내여야 한다. 복합 과도 펄스의 지속시간은 측정된 펄스의 유효 지속시간  $T_e$ 의  $\pm 20\%$  안에 들어야 한다. 또한, 다음의 지침은 (1) 의사 속도 응답 스펙트럼의 사용과 (2) 충격 환경을 지정하기 위한 다수의 측정값 사용을 위해 제공된다. 모든 허용차는 극최대 가속도 SRS 상에서 지정된다. 의사 속도 응답 스펙트럼 위에 지정된 모든 허용차는 극최대 가속도 SRS의 허용차에서 파생되어야 하며 펄스 지속시간에서의 허용차를 포함하는 허용차와 일치해야 한다. 시험 허용차는 단일 측정 허용차로 명시된다. “영역” (참고규격 g) 진폭에 대해 정의된 측정값 배열의 경우 “영역” 내 측정값의 평균에 대해 허용차가 지정될 수 있다. 그러나, 이는 사실상 단일 측정 허용차를 완화시킨 것이며 평균이 허용차 안에 포함될 때 대체로 개별 측정값은 허용차를 벗

어날 수 있음에 유의해야 한다. 일반적으로, 하나의 영역 안에 두 개 이상의 측정값에 대한 평균 계산에 기초하여 허용차를 지정할 때 허용차 대역은 대수적으로 반환된 SRS 추정값이나 평균 - 1.5dB보다 작은 값에 대해 계산된 95.50 단면 일반 허용차의 상한값을 초과해서는 안될 것이다. “영역” 허용차의 모든 사용 및 평균 계산은 숙련된 분석가가 작성한 설명서를 참조해야 한다. 펄스의 지속시간에 대한 허용차가 측정 배열의 입력 펄스 지속시간에 적용될 것이다.

### 4.3 계측.

일반적으로 가속도는 사양과 일치시키기 위해 측정하는 양이다. 경우에 따라, 선형 변위/전압 변환기, 에너지 게이지, 레이저 속도계, 속도 자이로 등과 같은 다양한 장치들이 사용될 수 있다. 이러한 경우에 있어 교정, 측정 및 분석 요건을 충족시키기 위해 계측 사양에 특수한 고찰사항을 부여한다. 추적 가능한 자연 교정 표준(1부 5.3.2 참조)에 맞춰 모든 계측 장비를 교정한다. 또한 시험 품목 기능을 측정하기 위한 계측도 필요할 것이다. 이 경우, 적절한 교정 표준을 찾아서 그 표준을 준수한다.

#### a. 가속도계

(1) 5%미만의 횡감지도

(2) 시험에 필요한 피크 가속도 진폭의 5% - 100% 중 10%이내의 진폭 선형성.

(3) 절차I, II, III, IV, V, VI 및 VIII의 경우, 2Hz - 2000Hz의 주파수 범위 상에서  $\pm 10\%$ 이내의 수평 주파수 응답.

(4) 2Hz 이하의 응답이 필요한 경우, 측정 사양 대역폭 상에서  $\pm 10\%$  이내의 수평 주파수 응답을 사용한 압전 저항 가속계 측정이 필요하다.

(5) 측정 장치 및 그 장착물이 참고규격 f에 제공된 요건 및 지침과 호환될 수 있어야 한다.

b. 그 밖의 측정 장치. 자료 수집에 사용되는 그 밖의 모든 측정 장치는 시험 요건, 특히 4.2에 제공된 교정 및 허용차 정보와 일치함을 증명해야 한다.

c. 신호 처리. 시험에 대한 계측 요건과 호환될 수 있고 참고규격 f에 제공된 요건 및 지침과 호환될 수 있는 신호 처리만을 사용한다. 특히, 아날로그 전압 신호의 여과하는 시간 이력 응답 요건(일반적으로 응답의 주파수 영역에서 예증할 수 있는 위상의 선형성)와 일치될 것이며 클리핑으로 인한 변칙 가속도 자료가 응답 자료로서 오역되지 않도록 적절히 구성될 것이다. 특히, 증폭기 출력에서 가속도 신호를 여과할 때 각별히 주의한다. 증폭기로 입력되는 신호는 잘못된 측정 자료가 여과될 위험이 있고 잘못된 측정 자료를 검출할 수 없으므로 절대로 여과되지 않아야 할 것이다. 신호 처리에서의 신호는 디지털화하기 전에 안티 앨리어싱(anti-aliasing)으로 여과되어야 한다.

#### 4.4 자료 분석.

a. 아날로그 안티 앨리어싱 필터 구성은 다음과 같이 사용될 것이다.

- (1) 해당 주파수 대역으로 5% 이상의 측정 오류를 앨리어싱하지 않는다.
- (2) 자료 통과역에서 선형 위상 이동 특성이 있다.
- (3) 해당 주파수 대역의 1dB 안에서 통과역이 고유하다(4.3 참조).

b. 그 이후의 자료 처리에서, 안티 앨리어싱 아날로그 여과와 호환될 수 있는 추가 디지털 여과를 사용한다. 특히, 추가 디지털 여과는 충격 시간 이력 처리를 위한 위상 선형성을 유지해야 한다.

c. 분석 절차는 참고규격 f에 제공된 이러한 요건 및 지침을 따를 것이다. 특히, 참고규격f의 절차에 따라 충격 가속도 진폭 시간 이력을 확인한다. 응답 시간 이력을 처리하기 전에, 케이블 파손, 증폭기 회전 속도 초과, 자료 잘림, 알 수 없는 가속계 오프셋 등 측정 시스템에서 모든 예외 상황을 감지할 수 있도록 각 증폭 시간 이력을 통합한다. 예외 상황이 감지되면 올바르게 측정된 응답 시간 이력 자료를 무시한다.

#### 4.5 시험 실행.

##### 4.5.1 시험 준비.

###### 4.5.1.1 예비 지침.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 교정 로드, 시험 품목 배치, 측정 구성, 충격 수준, 충격 지속시간, 가해지는 충격 횟수.)을 결정하도록 한다. 다음과 같이 점검을 수행할 것:

###### 4.5.1.2 예비시험 확인

여기 입력 장치의 후와 시험 실행 전에, 기준선 자료를 제공할 표준 주위 환경에서 시험 환경에 대한 예비 확인을 수행한다. 다음과 같이 확인한다.

단계1. 특별히 손상되기 쉽다고 판단되는 응력 영역에 각별히 주의하여 시험에 대한 가시적 검토를 시행하고 결과를 문서화한다.

단계2. 해당되는 경우 시험 설비에 시험 품목을 설치한다.

단계3. 승인된 시험 계획에 따라 시험 품목의 작동 검사를 시행하고 1부의 5.15에 따라 결과를 문서화한다.

단계4. 시험 품목이 적절히 작동하는 경우 첫 번째 시험을 실행한다. 적절히 작동하지 않는 경우 문제를 해결하고 단계1을 다시 시작한다.

###### 4.5.1.3 절차 개요.

단락 4.5.2 - 4.5.9는 충격 하에서 시스템에 관한 필수 정보를 수집하기 위한 기초를 제공한다. 제1부의 5.14 외에도, 실패 분석을 목적으로 각 절차에는 시험 결과의 평가를 지원할 정

보가 수록되어 있다. 시스템 사양의 요건에 맞추기 위해 시험 품목의 모든 실패를 분석하고, 4.5.2 - 4.5.9에서와 같은 관련 정보를 고려한다.

#### 4.5.2 절차 I - 기능상의 충격.

이 시험의 용도는 야전에서 사용하는 동안 군수품에 가해지는 충격으로 인한 장비 고장을 찾아내기 위함이다. 군수품이 선적 또는 수송 충격 시험 중에 매우 많은 심각한 충격들을 잘 견뎌냈을 지라도, 이 시험을 필요로 하는 기능상의 검사와 지원 및 부착 방법에 차이가 있다. 자료를 사용할 수 있거나, 측정할 수 있거나, 혹은, 승인된 동적 크기 조정 기술을 사용하여 관련 자료에서 추정할 수 있는 경우 이 시험의 적합화가 필요하다. 측정된 현장 자료를 적합화에 사용할 수 없는 경우 그림 516.5-8과 함께 제공되는 표 516.5-1의 정보를 사용하여 충격 시험 시스템 입력 SRS를 정의한다. 교정 절차에서 교정 로드는 전기 역학 또는 전기 유압 충격 시험을 위해 위에서 설명한 SRS에 따라 올바르게 보정된 복합 파형을 필요로 할 것이다. 일반적으로, 반사인, 터미널 피크 톱니 펄스 등과 같은 기존의 펄스를 사용하는 시험은 펄드 충격 환경이 그러한 형태에 근접함을 적합화 작업 중에 증명할 수 없는 경우 허용되지 않는다. 다른 모든 시험 리소스가 소비된 경우 시험용 터미널 피크 톱니 펄스에 대해 그림 516.5-10의 정보를 사용할 수 있다. 그러나, 양의 방향과 음의 방향 모두에서 그림 516.5-8의 스펙트럼 요건이 반드시 충족되도록 하려면 그러한 시험은 양의 방향 및 음의 방향에서 수행되어야 한다. 충격 시험 전에 시험 품목이 난진동에 노출된 경우, 그림 516.5-9는 해당 시험 SRS를 제공하는 ASD 요건을 제공한다. 이전의 난진동 수준이 그림 516.5-8에 제공된 ASD 수준을 충족하거나 초과하는 경우 인정받는 시험 기관의 승인 아래 기능상의 충격 시험이 취소될 수도 있지만, 기능 시험 요건은 진동 및 제안된 충격 시험 간에 동일해야 한다.

##### 4.5.2.1 제어.

그림 516.5-8은 측정된 자료를 사용할 수 없는 경우와 시험 품목 구성이 지정된 두 개 범주, 즉, (1) 비행 장비 또는 (2) 지상 장비 중 하나에 속하는 경우에 사용할 기능 충격용 예측된 입력 SRS를 제공한다. 지속시간  $T_e$ 는 2.3.1절에서 정의하며 표 516.5-1에 명시되어 있다. 그림 516.5-9는 그림 516.5-8에 제공된 상응하는 SRS를 산출하는 예측된 난진동 시험 입력 ASD를 제공한다. 이전의 난진동 수준이 그림 516.5-8에 제공된 ASD 수준을 충족하거나 초과하는 경우 인정받는 시험 기관의 승인 아래 기능상의 충격 시험이 취소될 수도 있지만, 기능 시험 요건은 진동 및 제안된 충격 시험 간에 동일해야 한다.

표 516.5-II. 터미널 피크 톱니 펄스 시험 파라미터(그림 516.5-10 참조).

'시험	최소 피크값(P)g's		공칭 지속시간(T <sub>D</sub> )(초)	
	비행장비 <sup>1</sup> a	지상장비 b	비행장비 <sup>1</sup> c	지상장비 d
기능 테스트	20	40 <sup>2</sup>	11	11

<sup>1</sup> 충격 파라미터 a와 c: 충격이 가해지지 않으며 중량이 136kg(300lbs)보다 작은 군수품에는 적합하지 않다.

<sup>2</sup> 트럭 및 세미트레일러에만 부착되는 군수품에는 최고 20g을 사용한다.

#### 4.5.2.2 시험 허용차.

측정된 자료로부터의 복합 과도 펄스의 경우, 시험 허용차는 표 516.5-1 및 그림 516.5-8에 제공된 정보에 대해 4.2.2절에 제공된 일반 지침과 일치해야 한다. 상응하는 시험 SRS 스펙트럼을 산출하는 무작위 시험 입력 ASD의 경우, 그림 516.5-9의 ASD 상에서의 낮은 허용차는 높은 허용차 대역의 사양을 나타내지 않는 해당 전체 주파수 대역 상에서 1dB여야 한다.(일반적으로 등기성이 사용될 때 진동 요건이 대체로 그림 516.5-9의 ASD 스펙트럼에서 정의한 것보다 심각하기 때문이다.) 부록 C는 그림 5.16.5-9에서 Q가 5인 ASD 입력에 대해 경험상의 극최대 SRS 범위와 관련된 추가 정보를 제공한다. 기존의 펄스 시험의 경우, 시험 허용차는 표 516-511의 정보에 대해 그림 516.5-10에 명시되어 있다.

#### 4.5.2.3 절차 I.

단계1. 시험 조건을 선택한 후 다음과 같이 충격 시험 기구를 교정한다.

a. 참고규격 f의 4.3절에 소개된 기준을 충족하거나 초과하는 가속계 및 분석 기술을 선택 한다.

b. 시험 품목의 교정 로드와 유사한 구성에서 충격 시험 구성에 교정 로드를 올려 놓는다. 군수품이 진동/충격 절연체에 제대로 부착된 경우 시험하는 동안 해당 시험 해당 시험 품목 절연체가 작동되어야 한다. 파형 제어를 위해 입/출력 임펄스 응답 기능을 통해 충격 시험 구성 입력 파형을 보정해야 하는 경우 교정 구성 및 그 이후의 자료 처리의 세부 사항을 신중하게 살펴본다.

c. 교정 로드의 두 번 연속 충격 인가가 최소한 한 개 축의 시험 방향에 대해 4.5.2.2절의 시험 허용차와 일치하는 파생된 시험 조건들을 충족하거나 초과하는 파형을 산출할 때까지 충격 교정을 수행한다.

d. 교정 로드를 제거하고 충격 기구 위에 시험 품목을 설치한다.

단계2. 시험 품목의 충격 전 기능 검사를 수행한다.

단계3. 시험 충격 입력에 (작동 모드로) 시험 품목을 제시한다.

단계4. 충격이 4.5.2.2절에 명시되어 있는 지정된 허용차 내에서 바라는 시험 수준을 충족하거나 초과함을 증명하는 데 필요한 자료를 기록한다. 이 자료에는 시험

구성 사진, 시험 기록, 순간 레코더 또는 저장 발진기로부터의 실제 충격 사진 등이 포함된다. 시험 품목 안에서 본래부터 분리되어 있는 충격 및 진동 조립품의 경우, 이러한 조립품이 인접한 조립품에 영향을 주지 않도록 측정 및 검사한다. 필요하다면 충격 도중에 재료가 만족스럽게 작동함을 보여주는 데 필요한 자료를 기록한다.

단계5. 시험 품목에서 사후시험 기능 검사를 수행한다. 성능 자료를 기록한다.

단계6. SRC 형태의 사양이 사용되는 경우 각 직곡 시험 축에 대해 2 - 5단계를 세 번 반복한다. 기존의 충격 형태의 사양이 사용되는 경우 시험 품목을 양의 입력 펄스와 음의 입력 펄스 모두에 제시한다. SRS 파형이 펄스 시간 이력 허용차와 SRS 시험 허용차 HEN를 충족하는 경우, 극성 고찰사항 관련 시험(각 직교 축에서 총 6개의 충격)을 진행한다. 시험 펄스의 시간 이력 두 개 중 하나 또는 SRS가 펄스 시간 이력 허용차 또는 SRS 시험 허용차를 벗어나는 경우, 시험 허용차 두 개를 모두 충족할 때까지 펄스를 계속 적합화한다. 두 개 시험 허용차를 동시에 충족할 수 없는 경우 SRS 시험 허용차를 충족하도록 적합화한다.

단계7. 시험 순서를 문서화한다.

#### 4.5.2.4 결과 분석.

제1부 5.14의 지침과 아울러, 시험 결과의 평가를 보충하기 위해 다음 정보가 제시된다. 재료의 기능 시험 요건과 관련된 충격 도중 또는 이후에 재료 기능의 중단을 고려한다.

#### 4.5.3 절차 II - 포장할 군수품

이 시험의 목적은 포장 과정 도중이나 전/후에 실수로 군수품을 떨어뜨렸을 경우에도 군수품이 올바르게 작동하는지 확인하기 위함이다. 일반적으로 그러한 압력이 재료에 가해질 경우 큰 속도량을 산출하며 속도가 크게 변화된다. 이 절차를 위해, 큰 속도/속도 변화가 표준 전기 역학 및 전기 유압 시험 장비에서 사용할 수 있는 기준치를 초과하는 경우 적절히 교정된 낙차 시스템에서 기존의 사다리꼴 펄스를 사용할 수 있다. 그러나, 큰 속도/속도 변화가 전기 역학 또는 전기 유압 시험 장비의 기능과 호환될 수 있는 경우 전기 역학 또는 전기 유압 시험 장비 상의 애플리케이션용 복합 과도 펄스에 따른 충격 적합화 시 고찰사항을 지정해야 한다. 이 방법에 있어 응답 시간 이력 형태에 적합하지 않은 측정된 자료가 없다면 전기 역학 및 전기 유압 시험 장비 상에서 기존의 사다리꼴 펄스를 사용할 수 있다. 모든 경우에 있어, 자료를 이용할 수 있거나 측정할 수 있는 경우, 또는 관련 자료로부터 추정할 수 있는 경우 승인된 동적 스케일링(scaling) 기술을 사용하여 시험을 적합화한다.

##### 4.5.3.1 제어.

기존의 사다리꼴 펄스를 사용하는 경우, 표 516.5-III와 아래 방정식을 통해 시간 지속시간(초)을 결정하여  $A_m=30g$ 과 같은 연속된 사다리꼴 30g 충격 펄스에 비작동 모드의 포장되지 않은 시험 품목을 제시한다.

$$T_D \square \frac{2\sqrt{2-h}}{A_m/g} = \frac{2\sqrt{2gh}}{A_m}$$

이 식에서  $h$ 는 설계 낙차 높이이고  $g$ 가 중력 가속도이다.  $T_D$  방정식에서는 100% 탄성 반동이 있다고 가정한다.

표 516.5-III. 사다리꼴 펄스 파라미터 (그림 516.5-11 참조).

시험	피크값( $A_m$ )g's	공칭 지속시간( $T_D$ )(초)
포장 충격	30	$\frac{2\sqrt{2gh}}{A_m}$

표 516.5-IV. 절차 III에 제안된 낙차 높이

총 포장 중량, kg(lb)	취급 유형	설계 낙차 높이, cm(in)	시험 품목 최대 속도 변화* cm/s(in/s)
0-9.1(0-20)	수동	76(30)	772(304)
9.2-18.2(21-40)	수동	66(26)	719(283)
18.3-27.2(41-60)	수동	61(24)	691(272)
27.4-36.3(61-80)	수동	46(18)	600(236)
36.4-45.4(81-100)	수동	38(15)	546(215)
45.5-68.1(101-150)	자동	31(12)	488(192)
45.5-68.1(151-250)	자동	26(10)	447(176)
113.6- (251- )	자동	20(8)	399(157)

\* 100% 탄성 반동을 전제로 한 경우.

펄스는 그림 516.5-11과 일치할 것이다. 프로그래밍할 수 있는 충격 시스템 또는 긴 스트로크 충격 전기 유압 셰이커에서는 실재하는 변위 및 속도 요건으로 인해 이러한 시험 조건을 재현해야 할 가능성이 훨씬 높을 것이다. 다음과 같은 이유로 사다리꼴 펄스 형태를 선택하였다.

- (1) (설계 낙차 높이 비교를 위해) 일반적인 펄스에 허용되는 대부분의 충격 스펙트럼 합성 루틴보다 훨씬 더 잘 재현할 수 있고 발생하는 속도 변화량의 계산도 훨씬 쉽다.
- (2) 사다리꼴 펄스 형태는 기본 SRS가 펄스 지속시간에서만 SRS로 정의되는 제공된 피크 가속도 입력 수준에 대해 기본 및 극최대 SRS의 상한값을 제공한다.

SRS 충격 제어에서 복합 파형을 사용하는 적합화된 시험의 경우, 시험 품목의 입력이 지정된 시험 허용차 안에 속해야 한다.

#### 4.5.3.2 시험 허용차.

측정된 자료에서 얻은 복합 과도 펄스의 경우, 시험 허용차는 4.2.2절에 제공된 일반 지침과

일치해야 한다. 기존 펄스 시험의 경우, 표 516.5-III에 제공된 정보에 대해 그림 516.5-11에 지정된 시험 허용차를 만족해야 한다.

#### 4.5.3.3 절차 II.

단계1. 충격 시스템을 다음과 같이 교정한다.

a. 실제 시험 품목의 교정 로드와 유사한 구성에서 시험 구성에 교정 로드를 올려 놓는다. 선적 컨테이너에서 재료를 받칠 충격 감쇠 시스템과 모양 및 형태가 비슷한 설비 하나를 사용한다. 이 설비는 시험 품목의 충격 펄스 입력이 왜곡되지 않도록 가능한 한 견고해야 할 것이다. 입/출력 펄스 응답 기능을 통해 시험 구성 입력 파형을 보정해야 한다면 교정 구성 및 그 이후의 자료 처리의 세부 사항을 신중하게 살펴본다.

b. 교정 로드의 두 번 연속 충격 인가가 시험 허용차 사양 안에 속하는 파형을 산출할 때 까지 충격 교정을 수행한다.

단계2. 교정 로드를 제거하고 충격 기구에 실제 시험 품목을 설치한다.

단계3. 시험 품목의 충격 전 기능 시험을 수행한다.

단계4. 시험 펄스에 시험 품목을 제시한다.

단계5. 시험 구성 사진, 시험 기록, 순간 레코더 또는 저장 발진기로부터의 실제 충격 사진 등을 포함하여 필요한 시험 자료를 기록한다.

단계6. 시험 품목의 충격 후 기능 시험을 수행한다.

단계7. 기존의 사다리꼴 충격 파형의 경우 음 극성과 양 극성(총 6개의 충격)을 갖는 세 개의 직교 축에 대해 각 방향에서 한 번씩 3단계 - 6단계를 반복한다. 복합 펄스 파형의 경우 세 개 직교 축(총 3개 충격)에 대해 각 방향에서 한 번씩 3단계 - 6단계를 반복한다.

단계8. 측정된 시험 응답 파형 및 모든 충격 전/후 기능 변칙을 나타내는 도표를 포함하여 결과를 문서화한다.

#### 4.5.3.4 결과 분석.

제1부 5.14절의 지침 외에도, 시험 결과를 평가할 때 다음 정보를 이용할 수 있다. 평가할 때 갱신 또는 재설계에 참작할 작업의 오류 분석 과정 개발의 원인을 제공할 수 있는 시험 품목의 내부 구조적 구성 또는 충격 장착물에 대한 모든 손상을 고려한다.

#### 4.5.4 절차 III - 취약성.

이 시험의 목적은 (1) 재료가 노출될 수 있고 구성을 손상시키지 않으면서 작동 지침에서 요구하는 대로 계속 작동할 수 있는 최대 입력 수준을 결정하거나, (2) 보다 높은 입력 수준에 노출될 경우 기능상의 고장 또는 구성 손상을 가져올 가능성이 높은 최소 입력 수준을 결정하기 위함이다. 취약성 수준의 결정은 적당한 충격 수준에서 시작하여 다음의 상태가 될 때까지 시험 품목에 충격 수준을 계속 증가시키는 방법으로 수행된다.

a. 시험 품목의 고장이 발생한다.

b. 시험 품목의 고장 없이 사전 정의된 시험 목표에 도달한다.

c. 현재의 충격 수준에서 수준을 더 높일 경우 틀림없이 고장이 발생함을 나타내는 충격의 임계 수준에 도달한다.

(c.는 시험 전에 군수품을 분석하였으며, 임계 인수들이 “응력 임계값”으로 식별되었고, 충격 입력 수준에 대한 군수품의 고장 모델이 개발되었음을 암시한다. 또한, 시험 중에 이러한 임계 인수의 “응력 임계값”은 모니터할 수 있으며 제공된 충격 입력 수준에서의 고장을 예측하기 위한 고장 모델의 입력이 될 수 있다.) 일반적으로, 이러한 군수품에 대한 입력은 큰 속도량 및 속도 변화량을 산출한다. 이 절차를 위해, 큰 속도/속도 변화가 표준 전기 역학 및 전기 유압 시험 장비에서 사용할 수 있는 기준치를 초과하는 경우 적절히 교정된 낙차 시스템에서 기존의 사다리꼴 펄스를 사용할 수 있다. 그러나, 큰 속도/속도 변화가 전기 역학 또는 전기 유압 시험 장비의 기능과 호환될 수 있는 경우 전기 역학 또는 전기 유압 시험 장비 상의 적용용 복합 과도 펄스에 따른 충격 적합화 시 고찰사항을 지정해야 한다. 이 방법에 있어 응답 시간 이력 형태에 적합하지 않은 측정된 자료가 없다면 전기 역학 및 전기 유압 시험 장비 상에서 기존의 사다리꼴 펄스를 사용하여 복합 과도 펄스에 적합화할 수 있는 충격 입력 정보를 제공할 수 있다. 시험용으로 시험 충격의 최대 속도 변화량을 거의 일정하게 유지하는 취약성 수준을 정의하기 위한 단일 파라미터(충격 입력의 피크 진폭) 하나가 있다. SYS 합성의 경우, 최대 속도 변화가 정의되지도 않았지만 중요하지도 않으며, 기존 펄스에서처럼 쉽게 제어할 수도 없다. 모든 경우에 있어, 자료를 이용할 수 있거나 측정할 수 있는 경우, 또는 관련 자료로부터 추정할 수 있는 경우 승인된 동적 스케일링 (scaling) 기술을 사용하여 시험을 적합화해야 한다. 이 취약성 시험에서는 본래 손상 잠재 가능성이 입력 충격 수준에 대해 선형적으로 증가한다고 가정하고 있다. 이에 해당되지 않는 경우 다른 시험 절차를 사용하여 재료 취약성 수준을 설정해야 할 것이다.

#### 4.5.4.1 제어.

- a. 군수품의 선적 환경의 측정값이나 측정된 자료를 사용할 수 없는 경우 표 516.5-IV에 기초하여 설계 낙차 높이 h를 선택한다. (설계 낙차 높이는 선적 구성에서 군수품이 아래로 떨어진 후에도 존속될 것으로 기대되는 높이를 말한다.) 시험 품목의 최대 속도 변화는 표 516.5-IV에서 얻거나 다음 관계를 적용하여 결정할 수 있다.

$$\Delta V = 2\sqrt{2gh}$$

여기서,  $\Delta V$  = 최대 산출 속도 변화량 cm/s (in/s) (충격 속도 및 반동 속도의 합)

h = 설계 낙차 높이 cm (in)

g = 980.6 cm/s<sup>2</sup> (386 in/s<sup>2</sup>)

최대 시험 속도 변화에서는 100% 반동을 전제로 한다. 공기 스프링 이외의 프로그래밍 재료는 100%보다 반동이 적을 수도 있으므로 그만큼 최대 시험 속도도 감소되어야 한다. 지정된 최대 시험 속도가 공기 스프링 이외의 테이블 충격 기기 프로그래밍 재료를 떨어뜨리는 데 사용되는 경우, 기존의 보수적인 시험(과도한 시험)이 적용되고 최대 시험 품목 속도가 반동 요건이다.

- b. 충격 기기를 예측된 취약성 수준보다 훨씬 아래 있는 극최대 가속도 수준(A<sub>m</sub>)로 설정한다(표 516.5-V 참조). 4.5.3.1의 설계 낙차 높이 h와 TD식에서 적당한 펄

스 지속시간을 결정한다. AM의 초기값이 존재하지 않으면 15g를 사용한다. 손상이 발생되지 않으면 손상이 발생할 때까지 최대 시험 품목 속도가 일정하게 유지되는 동안(예를 들면, 펄스 지속시간을 감소시키는 경우) Am을 증분적으로 증가시킨다. 이렇게 하면 재료의 임계 가속화 취약성 수준이 설정될 것이다.

c. 이 절차에 사용되는 시험 수준은 현재 연구와 경험에서 얻을 수 있는 최고 정보들의 상관관계를 나타낸다. 적용성이 보다 뛰어난 시험 수준 자료를 이용할 수 있게 되면 그 자료를 사용해야 할 것이다(참고규격 c). 특히, 시험 장비의 변위 및 속도 제한값이 초과되지 않는다고 전제할 때, 자료가 재료 낙차 시에 수집되고 환경의 SRS가 계산되는 경우 SRS의 확장 버전을 사용하여 전기 역학 또는 전기 유압 시험 환경에서 측정된 환경에 대해 가속도 취약성 수준을 설정할 수 있으므로, 최대 속도 품목 변화는 거의 일정하게 유지될 수 있다. 또한 극최대 가속도 응답 스펙트럼 외에도, 의사 속도(pseudo-velocity) 응답 스펙트럼을 계산한다.

**4.5.4.2 시험 허용차.**

허용차가 설정될 수 있도록 계측 장비에서의 계측 잡음이 매우 낮다고 전제한다. 측정된 자료에서 얻어진 복합 과도 펄스의 경우, 시험 허용차는 4.2.2에 제공된 일반 지침과 일치해야 한다. 기존 펄스 시험의 경우, 표 515.5-V에 제공된 정보에 대해 그림 516.5-11에 지정된 시험 허용차가 충족되어야 한다.

**표 516.5-V. 사다리꼴 펄스 시험 파라미터(그림 516.5-11 참조).**

시험	최고값(A <sub>m</sub> ) g's	공칭 지속시간(T <sub>D</sub> )(초)
취약성	10 ~ 50	$\frac{2\sqrt{2gh}}{A_m}$

**4.5.4.3 절차 III.**

이 시험은 시험 품목 파손이 발생하거나 사전 지정된 목표에 도달할 때까지 가속도를 증가시키도록 설계되었다. 시험 전에 임계 축이 결정되지 않은 경우 각 충격 사건 간에 축을 전환해야 할 것이다. 일반적으로 다른 수준로 이동하기 전에 동일한 수준에서 모든 중요 축들을 시험할 것이다. 시험 계획 시 시험 활동의 순서와 각 시험 구성의 교정 요건을 명확히 설정해야 할 것이다. 또한 군수품 품목이나 시험 환경에 대한 지식에 기초하여 다양한 가속도 단계를 미리 선택하고 시험 계획에서 그 단계들을 문서화하는 것이 바람직할 것이다. 임계 낙차 임계값이 분석적으로 예측되고 증가되는 응력 임계값을 추적하는 데 계측이 사용되지 않는 경우 다음 충격 입력 수준에서 응력 임계값 초과 가능성을 추정할 적절한 방법은 없음을 알아두어야 한다. 다음의 기존 펄스용 절차 및 복합 과도 펄스용 절차는 시험이 한 개 축에서 단독으로 시행되는 경우처럼 작성된다. 대부분의 시험 축을 필요로 하는 경우, 절차를 그에 맞게 수정해야 할 것이다.

a. 기존 펄스. 이 절차 부분에서는 기존 펄스 방법을 사용하여 시험 품목의 낙차 높

이를 증가시키고 그로 인해  $\Delta V$ 를 직접 증가시킴으로써 취약성 수준을 설정한다고 가정한다. 취약성 수준은 기존 펄스의 측정 변수 피크 가속도에 대하여 제공된다.

단계1. 실제 시험 품목의 교정 로드와 유사한 구성에서 시험 구성에 교정 로드를 올려놓는다. 재료를 지지하는 충격 감쇠 시스템(있다면)의 인턴페이스와 구성이 비슷한 설비 하나를 사용한다. 이 설비는 시험 품목의 충격 펄스 입력이 왜곡되지 않도록 가능한 한 견고해야 할 것이다.

단계2. 교정 로드의 두 번 연속 충격 인가가 시험 허용차 사양 안에 속하는 파형을 재현할 때까지 충격 교정을 수행한다. 충격 입력 수준에 대해 교정 충격에 대한 응답이 직선 형태가 아닐 경우 다른 시험 절차를 적용하여 “응력 임계값”에 도달하기 전에 비선형성의 범위에 따라 재료 취약성 수준을 설정해야 할 것이다.

단계3. 손상이 발생하지 않도록 충분히 낮은 낙차 높이를 선택한다. 표 516.5-IV에 나와 있는 높이 이외의 낙차 높이의 경우 다음 식을 통해 최대 속도 변화를 구할 수 있다.

$$\Delta V = 2\sqrt{2gh}$$

여기서,

$\Delta V$  = 최대 시험 품목 속도 변화, cm/s (in/s)(시험 품목의 완전 탄성 반동을 전제로 한다).

h = 낙차 높이, cm (in)

g = 중력 가속도 981 cm/s<sup>2</sup> (386 in/s<sup>2</sup>)

단계4. 설비에 시험 품목을 올려놓는다. 품목을 검사한 후 기능적으로 시험하여 예비시험 조건을 문서화한다.

단계5. 선택한 수준에서 충격 시험을 수행한 다음 시험이 허용차 안에 드는지 확인하기 위해 기록 자료를 살펴본다.

단계6. 손상이 발생되었는지 확인하기 위해 재료를 육안으로 살펴본 후 재료를 기능적으로 시험한다. 손상이 발견되거나 사전 설정된 목표에 도달한 경우 10단계로 이동한다.

단계7. 두 개 이상의 축에서 시험 품목의 취약성을 확인해야 한다면 (낙차 높이를 변경하기 전에) 계속해서 다른 축에서 품목을 시험한다.

단계8. 시험 품목의 무결성이 보존되는 경우 다음 낙차 높이를 선택한다.

단계9. 시험 목표에 이를 때까지 5~8단계를 반복한다.

단계10. 취약성 수준을 정의하기 위해 선택한 측정 변수와 낙차 높이를 서로 연결하는 결과를 문서화한다. 시험 중에 시험 품목이 한 개 축에서 손상되면 그 시험 품목을 동일하게 구성된 다른 시험 품목으로 교체한 다음 4단계부터 시험을 계속 진행한다.

b. 합성 펄스 이 절차 부분에서는 취약성 수준이 복합 과도 펄스의 극최대 가속도 SRS에서 결정된 피크 가속도 수준의 특정 작용이라고 전제한다. 시간 영역에 지정된 복합 과도 펄스의 경우 이 절차는 시간 이력의 가속도를 사용하여 취약성 수준을 정의할 수 있다.

단계1. 실제 시험 품목의 교정 로드와 유사한 구성에서 시험 구성에 교정 로드를 올려놓는다. 재료를 지지하는 충격 감쇠 시스템(있다면)의 인턴페이스와 구성이 비슷한 설비 하나를 사용한다. 이 설비는 시험 품목의 충격 펄스 입력이 왜곡되지 않도록 가능한 한 견고해야 할 것이다.

단계2. 교정 로드의 두 번 연속 충격 인가가 시험 허용차 사양 안에 속하는 극최대 가속화 SRS를 재현할 때까지 충격 교정을 수행한다. 충격 입력 수준에 대해 교정 충격에 대한 응답이 직선 형태가 아닐 경우 다른 시험 절차를 적용하여 “응력 임계값”에 도달하기 전에 비선형성의 범위에 따라 재료 취약성 수준을 설정해야 할 것이다.

단계3. 손상이 발생하지 않도록 충분히 낮은 피크 극최대 가속도 SRS 수준을 선택한다.

단계4. 설비에 시험 품목을 올려놓는다. 품목을 검사한 후 기능적으로 시험하여 예비시험 조건을 문서화한다.

단계5. 선택한 수준에서 충격 시험을 수행한 다음 시험 극최대 가속도 SRS가 허용차 안에 드는지 확인하기 위해 기록된 자료를 살펴본다.

단계6. 손상이 발생되었는지 확인하기 위해 재료를 육안으로 살펴본 후 재료를 기능적으로 시험한다. 손상이 발견되거나 사전 설정된 목표에 도달한 경우 10단계로 이동한다.

단계7. 두 개 이상의 축에서 시험 품목의 취약성을 확인해야 한다면 (피크 극최대 가속도 SRS 수준을 변경하기 전에) 계속해서 다른 축에서 품목을 시험한다.

단계8. 시험 품목의 무결성이 보존되는 경우 사전 지정된 다음 번 피크 최고 가속도 SRS 수준을 선택한다.

단계9. 시험 목표에 이를 때까지 5 - 8단계를 반복한다.

단계10. 취약성 수준을 정의하기 위해 피크 최고 가속도 SRS를 기록하는 결과를 문서화한다. 시험 중에 시험 품목이 한 개 축에서 손상되면 그 시험 품목을 동일하게 구성된 다른 시험 품목으로 교체한 다음 4단계부터 시험을 계속 진행한다.

#### 4.5.4.4 결과 분석.

제1부 5.14의 지침에 더하여, 시험 결과의 평가를 지원하기 위해 다음 정보가 제시된다. 성공적으로 수행된 취약성 시험의 결과는 각 시험 축에 대한 한 개의 지정된 시험 품목 파손 측정 수준이다. 시험 품목이 기능적으로든 구조적으로든 시험의 최저 수준을 통과하지 못하며 최저 수준에서의 시험에 대한 규정이 없는 경우 시험 품목의 취약성 수준은 결정할 수 없다고 간주해야 한다.

#### 4.5.4 절차 IV - 수송 시 낙차.

이 시험의 목적은 수송 또는 결합 케이스에서 수송 시 낙차에 대한 구조적 및 기능적 무결성을 결정하기 위함이다. 빠른 해제 버튼이나 낙차 시험기를 사용하여 모든 시험을 수행한다. 일반적으로, 시험에 대한 계측 교정이 없고 계측 정보도 최소이지만, 측정이 수행되는 경우, 측정 진폭 시간 이력과 함께 극최대 가속도 SRS 및 의사 속도 SRS가 시험 결과를 정의할 것이다.

#### 4.5.5.1 제어.

표 516.5-VI에는 이 시험의 시험 수준이 나와 있다. 운송, 처리 또는 전투 상황에서 사용되는 동일한 구성에서 품목을 시험한다. 45kg(100파운드) 이하의 시험 품목의 경우, 26번의 낙차(표 516.5-VI)를 동일한 시험 품목에 대해 최대 5개 건본으로 결합하여 나눌 수 있다. 현장에서 낙차 충격으로 품목이 넘어지는 일이 발생할 것이므로, 초기 충격 이후에 시험 품목의 넘어짐은 시험 품목이 필요한 낙차 표면에 떨어지지 않는 경우 억제되어서는 안 될 것이다. 이 시험의 수준은 현장의 재료가 일반적으로 어떻게 떨어질지를 고려하여 설정되었다. (예를 들면, 한 사람이 가슴 위로 높이 들어서 운반할 수 있는 가벼운 품목의 경우, 122cm에서 떨어질 수 있다.) 현장 자료는 수명 주기 동안 4 - 6번 수행한 평균으로서 사람이 휴대할 수 있는 재료의 일반적인 부분이 최고 122cm 높이에서 떨어질 수 있음을 보여주었다. 26번 낙차한다는 요건은 일반적인 시험 품목의 각 취약 지점(표면, 모서리 및 코너)에 충격이 가해짐을 증명하기 위해 존재한다.

#### 4.5.5.2 시험 허용차.

낙차 시험 높이는 표 516.5-VI에 지정된 바와 같이 낙차 높이의 2.5% 안에 들어야 한다.

#### 4.5.5.3 절차 IV.

단계1. 육안 검사 및 기준 자료의 작동 검사를 수행한 후, 야전용으로 준비한 수송 또는 결합 케이스에 시험 품목을 설치한다.(측정 정보를 얻어야 하는 경우 이 단계에서 그러한 계측기를 설치 및 교정한다.)

단계2. 4.5.5.1절과 표 516.5-VI를 참조하여 낙차를 수행할 높이, 시험 품목당 낙차 횟수 및 낙차 표면을 결정한다.

단계3. 4.5.5.1절의 기구 및 요건과 표 516.5-VI 설명을 사용하여 필요한 낙차를 수행한다. 필요할 지 모를 후속 실패 평가를 간편화하기 위해 낙차 시험 중에 정기적으로 시험 품목에 대해 육안 검사 및 조작 검사를 수행하는 것이 바람직하다.

단계4. 각 낙차 및 눈으로 식별 가능한 손상에 대해 충격 지점 또는 표면을 문서에 기록한다.

단계5. 필요한 낙차를 수행한 후, 육안으로 시험 품목을 검사한다.

단계6. 결과를 문서에 기록한다.

단계7. 승인된 시험 계획에 따라 작동 검사를 시행한다.

단계8. 위의 1단계에서 얻은 자료와 비교하기 위해 결과를 문서에 기록한다.(낙차 중에 측정 정보를 얻은 경우 시간 이력 추적을 검사하고 시간 계획에 요약된 절차에 따라 이 단계에서 시간 이력 추적을 처리한다.)

#### 4.5.5.4 결과 분석.

시험 결과를 평가할 때 제1부의 5.14에 나와 있는 지침을 참조한다. 일반적으로, 결과 분석은 시험 전/후 육안 및 조작상의 비교로 구성될 것이다. 계측 및 그 이후의 가속도 시간 이력 정보의 처리는 충격 환경에서 시험 품목의 응답 특성 및 통계적 변동과 관련된 중요한 정보를 제공할 수 있다.

#### 4.5.6 절차 V - 충돌 위험.

이 절차의 목적은 차량 충돌 도중 또는 이후에 재료가 장착대에서 이탈하거나 고정 상태가 느슨해지는 경우 사람 또는 기타 재료에 위험을 가할 수 있는 비행 수송 매체 또는 지상 차량에서 재료의 장착 또는 재료의 구조적 고장을 찾아내기 위함이다. 이 절차의 시험은 재료를 부착하거나 고정하는 장치들이 올바르게 작동되며 부분 요소들이 충돌 상황 시에 밖으로 돌출되지 않음을 확인하기 위함이다. 사용 중인 장착대 또는 고정 도구 옆에 있는 충격 설비에 시험 품목을 부착한다.

#### 4.5.6.1 제어.

비행 재료에는 15 - 23밀리초, 지상 재료에는 8 - 13초 사이의 유효 충격 지속시간  $T_e$ 를 사용하여 시험 축의 시험 스펙트럼으로서 그림 516.5-8을 사용한다. 충격 스펙트럼 분석 기능을 사용할 수 없는 경우 그림 516.5-10의 기존 터미널 피크 톱니 펄스를 그림 516.5-8의 SRS에서 발생된 복합 과도 파형 대신 사용할 수 있다. 표 516.5-VII는 터미널 피크 톱니 펄스의 파라미터를 제공한다. 40g의 항공기 충돌 수준은 생존 가능한 충돌 중에 현지화된 g 수준이 40g에 도달할 수 있다는 가정에 기초한다. 지상 수송 차량은 보다 높은 안전 인수를 사용하여 설계되므로 그에 맞게 보다 높은 지정된 시험 수준을 사용하여 훨씬 더 높은 g 수준을 유지해야 한다.

표 516.5-VI. 수송 낙차 시험

시험 품목 & 케이스 중량(kg)	최대 크기(cm)	참고	낙차 높이(cm), h	낙차 횟수
45.4 이하 휴대 가능	91이하	<u>A/</u>	122	각 표면, 모서리 및 코너에서 낙차 수행. 총 26번 <u>D/</u>
	91이상	<u>A/</u>	76	
45.4-90.8 포함	91이하	<u>A/</u>	76	각 코너에서 낙차 수행. 총 8번.
	91이상	<u>A/</u>	61	
90.8-454 포함	91이하	<u>A/</u>	61	
	91-152	<u>B/</u>	61	
	152이상	<u>B/</u>	61	
454이상	무제한	<u>C/</u>	46	

주:

A/ 급속 해제(quick-release) 버튼 또는 낙차 시험기에서 낙차를 수행한다. 충격 시, 충돌 코너 또는 모서리에서 케이스 및 내용물의 중력 중심으로 이어지는 선이 충돌 표면과 수직이 되도록 시험 품목의 방향을 조정한다.

B/ 바닥과 수평이 되는 가장 긴 치수를 사용하여, 높이가 13cm인 블록 옆에 있는 한 쪽 끝 코너에서와 높이가 30cm인 블록 옆에 있는 동일한 끝 부분의 다른 코너 또는 모서리에서, 시험 품목이 수송 또는 결합 케이스를 지지하게 한다. 케이스의 반대쪽 끝을 지지되지 않는 최저 코너의 지정된 높이로 들어올려 마음대로 떨어뜨린다.

C/ 보통의 수송 위치에 있다면 다음과 같이 케이스 및 내용물을 모서리 부분의 낙차 시험에 제시한다(보통의 수송 위치를 모른다면 두 개의 최장 크기가 바닥과 수평이 되도록 케이스의 방향을 조정한다):

모서리 부분의 낙차 시험: 높이 13-15cm인 토대 위에 케이스 기반의 한 쪽 모서리를 지탱시킨다. 지정된 높이로 반대쪽 모서리를 올린 다음 마음대로 떨어뜨린다. 케이스 기반의 각 모서리에 대해 한 번씩 이 시험을 적용한다(총 4번의 낙차).

D/ 원한다면 26번의 낙차를 5개 이하의 시험 품목으로 나눈다(4.5.5.1절 참조).

표 516.5-VII. 터미널 피크 톱니 펄스 시험 파라미터(그림 516.5-10 참조).

시험	최소 피크 값		공칭 지속시간( $T_D$ )ms	
	공중 수송 장비 $1/a$	지상 장비 b	공중 수송 장비 $1/c$	지상 장비 d
충돌 위험	40	75	11	6

$1/a$  충격 파라미터 a와 c: 비충격-실장 및 136 kg(300lbs)이하 무게를 가지는 군수품에 권장됨.

#### 4.5.6.2 시험 허용차.

SRS에 기초한 복합 파형 복제의 경우, 시험 허용차가 4.2.2절에 명시된 SRS의 허용차 내에 포함되어야 한다. 표 516.5-VII에 나와 있는 기존 펄스 터미널 피크 톱니 펄스의 경우, 파형이 그림 516.5-10에 지정된 허용차 안에 포함되어야 한다.

#### 4.5.6.3 절차 V.

단계1. 사용 중인 탑재 구성물 옆에 있는 충격 기구에 시험 품목 장착대를 고정시킨다. 재료와 동적으로 비슷한 시험 품목이나 기계적으로 동일한 실물 크기 모형을 사용한다. 실물 크기 모형을 사용하는 경우 이 모형은 모의시험되고 있는 재료와 동일한 위험 가능성, 질량, 질량의 중심 및 부착점에 대한 질량 모멘트를 나타낸다.(측정 정보를 수집해야 한다면, 계측기를 장착한 후 교정한다.)

단계2. 최대 12번의 충격에 대해 시험 품목의 세 개 직교 축을 따라 (2.3.3절에서 지정한 대로) 각 방향에서 두 번의 충격을 수행한다.

단계3. 시험 구성을 물리적으로 검사한다. 시험 품목을 조작할 필요는 없다.

단계4. 군수품 파손 또는 구조적 변형 또는 두 가지 모두로 인해 생성된 잠재적 위험의 평가를 비롯하여 물리적 검사의 결과를 문서에 기록한다. 극최대 가속도 SRS 또는 의사 속도 SRS에 따라 모든 측정 자료를 처리한다.

#### 4.5.6.4 결과 분석.

시험 결과를 평가할 때 제1부의 5.14 및 5.17의 지침을 참조한다. 측정 정보를 얻은 경우 4.5.6.3의 4단계에 따라 이 작업을 처리한다.

#### 4.5.7 절차 VI - 벤치 처리.

이 시험의 목적은, 전형적인 벤치 유지보수 또는 후처리와 관련된 보통의 충격 수준을 견딜 수 있는 재료의 능력을 판단하기 위함이다. 벤치 또는 벤치 유형의 유지보수를 접할 수 있는 모든 재료에 대해 이 시험을 사용한다. 이 시험에서는 구조적 및 기능적 재료의 무결성을 모두 고려한다.

##### 4.5.7.1 제어.

시험 품목은 재료의 전체 기능을 나타내야 한다. 단단한 목재 벤치 상부 위에서 또는 어느 쪽이 더 작은 상관없이, 새시가 벤치 상부와 45°를 이루거나 균형점에 도달할 때까지 시험

품목의 한 쪽 모서리를 100mm만큼 들어올린다. (벤치 상부는 최소한 4.25cm 두께여야 한다.) 사양에 따라 연속 낙차 작업을 수행한다. 이 시험 중에 사용되는 높이는 일반적으로 벤치 기술자 및 조립 인력이 지정한 전형적인 낙차를 검사함으로써 정의된다.

#### 4.5.7.2 시험 허용차.

낙차의 시험 높이는 4.5.7.1에 지정된 바와 같이 낙차 높이의 2.5% 이내여야 한다.

#### 4.5.7.3 절차 VI.

단계1. 기능 및 물리적 검사를 수행한 후, 엔클로저에서 제거되는 새시 및 전면 조립품을 사용하는 등 수리할 때처럼 품목을 구성한다. 수리할 때처럼 시험 품목을 배치한다. 일반적으로 시험 중에는 시험 품목을 작동할 수 없을 것이다.

단계2. 한 개 모서리를 중심으로 사용하여 (어느 경우가 먼저 발생하든) 다음의 경우 중 하나가 발생할 때까지 새시의 반대 모서리를 들어올린다.

a. 들어올려지는 새시의 모서리는 수평 벤치 상부 위로 100mm만큼 올려졌다.

b. 새시는 수평 벤치 상부와 45°C 각도를 이룬다.

c. 들어올려진 새시 모서리는 완벽하게 균형이 유지되는 지점 바로 아래 있다. 새시를 다시 수평 벤치 상부 위로 마음껏 떨어뜨린다. 총 네 번의 낙차 동안 중심점과 동일한 수평면의 다른 실제 모서리를 사용하여 반복한다

단계3. 시험 품목이 수리 시에 실제로 놓여질 수 있는 각 표면에서 총 네 번 떨어질 때까지 다른 표면에 있는 시험 품목을 사용하여 2단계를 반복한다.

단계4. 육안으로 시험 품목을 검사한다.

단계5. 결과를 문서에 기록한다.

단계6. 승인된 시험 계획에 따라 시험 품목을 작동시킨다.

7단계. 위의 1단계에서 얻은 자료와 비교하기 위해 결과를 문서에 기록한다.

#### 4.5.7.4 결과 분석.

시험 결과를 평가할 때 제1부의 5.14의 지침을 참조한다. 일반적으로 4.5.7.3 1단계의 구성을 기능적 또는 물리적(기계적 또는 구조적)으로 변경할 경우 그 변경 사항을 기록 및 분석해야 한다.

#### 4.5.8 절차 VII - 선로 충격.

##### 4.5.8.1 제어.

국방부(DoD)는 이 시험을 사용하여 철도에 의한 선적 시 발생하는 일반 선로 충격의 영향을 판별하고, 재료의 구조적 무결성을 확인하며, 고정 시스템 및 고정 작업의 적절함을 평가한다.

a. 시험 설비/장비

(1) 완충기 철도 차량. 완충기 또는 충돌 차량으로 비어있는 차량을 사용하는 것이 좋다. 그러나, 적재된 차량도 MTMCTEA(Director, Military Traffic Management Command Transportation Engineering Agency), 담당: MTTE-DPE, 720 Thimble Shoals Blvd., Suite 130, Newport News, VA 23606-2574에서 사전 승인을 받아 사

용할 수 있다.(MTMCTEA는 육지 수송용으로 지정된 국방부 기관이다(AR 70-44).) 빈 차량을 사용하든 적재된 차량을 사용하든, 완충기 차량의 총 중량은 최소한 113,400kg이어야 한다. 첫 번째 완충기 차량은 표준 연결기 차량이어야 한다. 나머지 완충기 차량에도 가능한 한 표준 연결기어가 장착되어 있어야 할 것이다. 다음은 선로 충격 시험을 수행하는 데 필요하다.

(2) 다른 종류의 철도 차량들이 MTMCTEA의 승인을 받지 못한 경우 체인 고정 장치 및 차량 끝 완충 연결기어가 장착된 시험 철도 차량. 군수품 중에는 의도된 선적 방법을 표현하기 위해 시험용으로 다른 종류의 철도 차량을 필요로 하는 군수품도 있다.

주: 완충 연결기는 이전 장비 요건과 비교할 때 크게 변경된 부분이다.

(3) 이동물(locomotive) 1대

(4) 완충기 차량과 시험 차량 사이에는 이동물과 시험 차량이 지정된 충격 속도까지 가속 도를 낼 수 있도록 적당한 수준의 최소 61m의 길이로 된 직선 선로가 필요하다.

(5) 다른 절차(4.5.8.3b 참조)를 사용하여 시험을 수행하는 경우 이동물 대신에 조금 기울어진 직선 선로를 사용한다.

#### b. 시험 준비

(1) 실제 선로 수송을 할 때처럼 시험 품목을 적재한 후 고정시킨다. 안정 또는 기타 이유로 실제 군수품을 대표하는 시험 품목의 사용을 배제하는 경우 중량 및 일반 특성 면에서 군수품과 동일한 대체 시험 품목을 사용한다. 대체 시험 품목을 사용하기 전에 MTMCTEA에서 승인을 받아야 한다.

(2) 군수품 개발자는 선로 충격 시험 전에 수송 절차 및 지침을 개발하고 필요한 적합화 작업을 수행하며 MTMCTEA로부터 승인을 받을 책임이 있다. 실제 사용할 때처럼, 또한 Loading of Department of Defense Materiel on Open Top Cars를 규제하는 법규의 섹션6(Publications Department, Association of American Railroads, 50 F Street N. W., Washington, DC 20001-1530, (202) 639-2211에서 사본을 구할 수 있음)에 명시된 표준 적재 및 묶음 방법에 따라, 시험 품목을 설치한다. 네 개를 초과하는 고정 설비를 사용해 서는 안 된다. 일반적으로 시험 품목 각 끝에 각 두 개씩 사용한다. 각 고정 설비에서 첫 번째 고정 용구를 가능한 한 가까이 적용하되, (측면에서 볼 때) 평면에서 45도 각도를 초과해서는 안 된다. 무게 화차 위에서 사용할 수 있는 다음 번 고정점에 추가 고정 용구를 적용한다. 측면 가까이 있는 철도 차량에 체인을 돌린다(체인을 교차시켜서는 안됨). 시험 전에 MTMCTEA에서 모든 고정 절차를 승인받아야 한다. MTMCTEA에서 제안하거나 승인한 것과 동일한 시험 품목의 배치와 차단 및 고정 용구만을 사용하여 시험해야 한다.

(3) 군수품의 수송력 요건에 별다른 사항이 지정되지 않은 경우, 최대 총 중량(완전 적재) 등급의 시험 품목을 사용하여 시험을 수행한다.

c. 시험 설정

(1) 완충기 차량에는 공기 및 핸드 브레이크가 장착되어 있어야 한다. 이 경우 보다 철저한 시험을 제공할 것이다. 차량은 (있다면) 결합기에서 모든 처진 부분과 완충 부분을 압축할 수 있도록 다발로 모여져야 한다. 첫 번째 완충기에서 충돌되는 끝 부분에는 표준 연결기가 장착되어 있어야 한다.

(2) 완충기 차량과 이동물 사이에 시험 차량을 놓는다.

(3) 다음의 타이밍 장치(또는 이에 해당하는 장치) 중 하나를 설치하여 시험 차량의 충격 속도를 얻는다.

(a) 0.16 km/h (+0.1 mph) 이내에서 측정할 수 있는 전자 타이머: 제조업체의 지시에 따라 선로에 스위치 접촉 부분을 놓는다.

(b) 스톱워치와 신호 뇌관: 사용할 경우 신호 뇌관의 위치를 측정한다. 첫 번째 완충기 차량에서 너클 먼 너머로 첫 번째 신호 뇌관을 놓는다. 시험 차량에서 주된 축과 너클 먼 사이 거리보다 1피트 더 먼 위치에 놓여진다. 첫 번째 신호 뇌관의 선로를 따라 6.7m인 지점에 두 번째 신호 뇌관 6.7을 놓는다. 6.7m 거리를 왕복하는 시간 기간 대 속도의 관계는 표 516.5-VIII에 나와 있다.

(c) 레이더: 정확한 속도를 구하기 위해 충격 방향과 일직선이 되도록 또는 레이더 제조업체에서 권장하는 대로 레이더 오퍼레이터를 배치한다.

(4) 모든 고정 품목을 포함하여 시험 구성 사진을 찍는다. 이 사진은 차후에 고정 품목 중 하나에 이상이 있을 경우에 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

**4.5.8.2 시험 허용차.**

시험 허용차는 4.5.7.1과 시험 계획에 지정된 허용차와 부합되어야 한다.

**4.5.8.3 절차 VII.**

a. 주요 절차에 대한 일반적인 고찰사항.

(1) 철도 승무원에게 절차에 대해 간략히 설명한다. 이동해야 하는 경우 철도 승무원 중 적합한 사람에게 권고할 수 있는 한 사람을 파견한다. 신변 안전을 위해 조심하고 수송선 및 시험을 시행하는 회사의 안전 수칙을 준수하라고 모든 참여자 및 관찰자에게 지시한다. 원한다면, 속도의 정확도를 설정하기 위해 시험 품목에 충격을 가하지 않고 시험 운행을 수행한다.

(2) 시험 품목에 네 개의 충격을 가한다. 충격 중 처음 세 개는 각각 같은 방향에서 6.4, 9.7 및 13km/h(4, 6 및 8mph) 속도로 가해진다. 각 속도는 +0.8, -0.0km/h(0.5mph)의 허용차를 갖는다.

(3) 네 번째 충격은 13km/h(+0.8, -0.0km/h)에서 가해지며 처음 세 개 충격에서 시험 차량의 반대편 끝에 충격을 가한다. 선로 배치로 인해 시험 차량을 돌릴 수 없다면, 완충기 차량의 반대편 끝으로 시험 품목을 운행하고 위와 같이 충격을 가함으로써 시험을 수행할 수 있다.

(4) 시험 도중에 적재 또는 안전 품목들이 느슨해지거나 이상이 있는 경우 이러한 품목을 사진으로 촬영한 후 문서에 기록한다. 시험을 계속하기 위해 적재 품목이나 고정 품목을 적합화해야 한다면 묶음 상태를 교정하고 6.4km/h(4mph) 충격에서 시작하는 시험을 다시 시작한다.

(5) 완충기 차량으로부터 충분한 거리를 두고 시험 품목을 운반하는 선로 차량을 끌어당긴다. 그리고 나서, 원하는 속도에 이를 때까지 시험 적재 차량을 완충기 차량 쪽으로 민 다음, 너클이 연결되게 배치되어 있는 완충기 차량으로 마음껏 굴러가도록 시험 적재 차량을 풀어놓는다.

(6) 군수품(선로 차량에서 세로와 가로로)가 두 방향으로 선적될 수 있는 경우 각 방향에 대해 네 번의 충격을 반복한다.

#### b. 다른 절차에 대한 일반 고찰사항

(1) 선로 한 부분을 시험 차량과 레이더 또는 다른 속도 측정 장치를 사용하여 교정할 수 있다. 지정된 시작점에서 시험 차량을 놓고 경사진 선로를 따라 아래로 마음껏 굴러갈 수 있게 한다. 레이더의 경우, 시험 차량에 승차한 승무원은 레이더에서 차량 속도를 읽는 레이더 조작자와 무선으로 연락한다. 레이더 이외의 장치를 사용하는 경우 동일한 지침을 따른다. 승차한 사람은 원하는 속도에 도달하는 위치를 나타내도록 선로 측면에 마커를 떨어뜨린다. 8mph 표시를 확인한 후 핸드 브레이크를 사용하여 시험 차량을 정지시킨다. 교정 작업 중에는 시험 선로에 다른 차량이 놓여 있어서는 안된다. 정확한 속도 위치를 얻기 위해 이 교정 작업을 두 번 반복한다. 라이더가 마커를 안전하게 떨어뜨리고 핸드 브레이크를 사용하여 차량을 정지시키기가 어려운 경우 레이더가 표시한 8mph에 도달한 후에 가해지는 이동 장치의 브레이크와 함께 마커가 떨어질 때 초기 교정에 롤러식 이동 장치를 사용한다. 그런 다음 동일한 시점에서 시험 차량을 풀어놓고 충격 전에 필요할 경우 마커를 교정한다.

(2) 속도 위치를 확인한 후, 원하는 충격 속도에 적절한 위치에 완충기 차량을 놓고 지정된 시작점에서 시험 차량을 풀어놓는 방식으로 충격 시험을 수행한다. 이 경우 다른 속도가 필요할 때마다 완충기 차량을 이동시켜야 한다.

(3) 4.5.8.3.a절에서 설명한 대로 충격의 속도와 방향을 사용한다.

(4) 선로 상의 다양한 위치에 완충기 차량을 배치하는 대신에, 원하는 속도에 해당하는 기울어진 선로 상의 교정된 위치에서 시험 차량을 풀어놓는다.

(5) 시험 도중에 적재 또는 안전 품목들이 느슨해지거나 이상이 있는 경우 이러한 품목을 사진으로 촬영한 후 문서에 기록한다. 시험을 계속하기 위해 적재 품목이나 고정 품목을 적합화해야 한다면 묶음 상태를 교정하고 6.4km/h(4mph) 충격에서 시험을 다시 시작한다.

(5) 완충기 차량으로부터 충분한 거리를 두고 시험 품목을 운반하는 선로 차량을 끌어당긴다. 그리고 나서, 원하는 속도에 이를 때까지 시험 적재 차량을 완충기 차량 쪽으로 민 다음, 너클이 연결되게 배치되어 있는 완충기 차량으로 마음껏 굴러가도록 시험 적재 차량을 풀어놓는다.

c. 추가 요건

(1) 속도보다 낮은 충격을 모두 반복한다. 적재 품목을 재조정하거나 받침대 또는 안전 품목을 재조정해야 한다면, 문제를 교정한 다음 사진 촬영을 한 후 문서에 기록한다. 그런 다음 묶음 상태를 교정하고 나서 6.4hkm/h 충격에서 시작하는 전체 시험을 다시 시작한다. 시험 품목이 4.5.8.4절의 요건을 충족하는 필요한 시험 속도보다 높은 충격을 모두 수용한다.

(2) 시험 중에 고정 체인이나 초크 블록이 느슨해지면 문제를 사진 촬영한 후 문서에 기록한다. 시험 감독자는 필요한 수정 사항을 MTMCTEA에 통보한 다음, 재시험이 필요한 지 여부를 공동으로 결정한다.

표 516.5-VIII. 충격 시험 시간 속도(시간당 마일 - 22'0" 선로 기준)

| 시간 속도<br>초 - mph |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1.0-15.0         | 4.0-3.8          | 7.0-2.1          | 10.0-1.5         |
| 1.1-13.6         | 4.1-3.7          | 7.1-2.1          | 10.1-1.5         |
| 1.2-12.5         | 4.2-3.6          | 7.2-2.7          | 10.2-1.5         |
| 1.3-11.5         | 4.3-3.5          | 7.3-2.0          | 10.3-1.5         |
| 1.4-10.7         | 4.4-3.4          | 7.4-2.0          | 10.4-1.4         |
| 1.5-10.0         | 4.5-3.3          | 7.5-2.0          | 10.5-1.4         |
| 1.6-9.4          | 4.6-3.3          | 7.6-2.0          | 10.6-1.4         |
| 1.7-8.8          | 4.7-3.2          | 7.7-1.9          | 10.7-1.4         |
| 1.8-8.3          | 4.8-3.1          | 7.8-1.9          | 10.8-1.4         |
| 1.9-7.9          | 4.9-3.1          | 7.9-1.9          | 10.9-1.4         |
| 2.0-7.5          | 5.0-3.0          | 8.0-1.9          | 11.0-1.4         |
| 2.1-7.1          | 5.1-2.9          | 8.1-1.9          | 11.1-1.4         |
| 2.2-6.8          | 5.2-2.9          | 8.2-1.8          | 11.2-1.3         |
| 2.3-6.5          | 5.3-2.8          | 8.3-1.8          | 11.3-1.3         |
| 2.4-6.3          | 5.4-2.8          | 8.4-1.8          | 11.4-1.3         |
| 2.5-6.0          | 5.5-2.7          | 8.5-1.8          | 11.5-1.3         |
| 2.6-5.8          | 5.6-2.7          | 8.6-1.7          | 11.6-1.3         |
| 2.7-5.6          | 5.7-2.6          | 8.7-1.7          | 11.7-1.3         |
| 2.8-5.4          | 5.8-2.6          | 8.8-1.7          | 11.8-1.3         |
| 2.9-5.2          | 5.9-2.5          | 8.9-1.7          | 11.9-1.3         |
| 3.0-5.0          | 6.0-2.5          | 9.0-1.7          | 12.0-1.2         |
| 3.1-4.8          | 6.1-2.5          | 9.1-1.6          | 12.1-1.2         |
| 3.2-4.7          | 6.2-2.4          | 9.2-1.6          | 12.2-1.2         |
| 3.3-4.5          | 6.3-2.4          | 9.3-1.6          | 12.3-1.2         |
| 3.4-4.4          | 6.4-2.3          | 9.4-1.6          | 12.4-1.2         |
| 3.5-4.3          | 6.5-2.3          | 9.5-1.6          | 12.5-1.2         |
| 3.6-4.2          | 6.6-2.3          | 9.6-1.6          | 12.6-1.2         |
| 3.7-4.0          | 6.7-2.2          | 9.7-1.5          | 12.7-1.2         |
| 3.8-3.9          | 6.8-2.2          | 9.8-1.5          | 12.8-1.2         |
| 3.9-3.8          | 6.9-2.2          | 9.9-1.5          | 12.9-1.2         |

주: 핵물질, 고가품 또는 주요 군수재와 같은 각별한 주의를 요하는 화물은 시험 절차 및 기준을 변경해야 할 수도 있다. 개발자 또는 프로그램 관리자는 이러한 변경 사항을 식별해야 하며, Military MTMCTEA (Traffic Management Command Transportation Engineering Agency), 담당: MTTE-DPE, 720 Thimble Shoals Blvd., Suite 130, Newport News, VA 23606-2574 (또는 유럽에 이에 해당하는 기관)에서 승인을 받아야 한다.

#### 4.5.8.4 결과 분석.

시험 결과를 평가할 때 제1부 5.14과 5.17의 지침을 참조한다. 시험 품목 또는 그 품목에 연결되거나 그 품목의 통합 부품으로서 포함되는 모든 품목이 고장이거나 고정 상태가 느슨해지거나 아니면 사양에 명시된 허용차를 넘어 영구적으로 변형되었음을 나타내는 경우 이 시험 품목은 이 시험을 통과할 수 없다. 마찬가지로, 시험 품목 및 그 하위 조립품은 시험 후에 올바르게 작동해야 한다. 고정 안전 품목이 많이 파손되었거나 원래 있던 자리에서 크게 이탈된 경우 사용된 절차 및 군수품의 평가를 위해 문제 영역을 사진으로 촬영한 후 문서에 기록한다. 시험 감독자와 MTMCTEA는 시험에 통과하지 못한 모든 안전 품목을 다시 구성해야 하는지 여부와, 다시 구성해야 할 경우 완전 재시험을 시행하는지 여부를 공동으로 결정한다. 시험 품목이 시험을 통과하지 못한 경우 관계자와 협력하여 필요한 조치가 무엇인지 판단해야 할 것이다. 재시험의 경우, 추가 영향을 제거하기 위해 새 고정 재료를 사용하며, 가능하다면 새 시험 품목을 사용한다.

#### 4.5.9 절차 VIII - 항공기 사출기 발진/착륙 제어.

이 시험의 목적은 항공기 사출기 발진 및 착륙 제어를 전제로 하는 고정의 항공기 상부 또는 내부에 탑재되는 군수품의 기능 및 구조적 무결성을 확인하기 위함이다.

##### 4.5.9.1 제어.

a. 활용불가능한 측정 자료. 충격 응답에 날개 및 동체 휨 모드, 목표탑 인터페이스, 구조적 진폭 감소와 같은 지역적 영향이 가해질 수 있으므로, 가능할 때마다 해당 수송 항공기(제1부 6.5를 참조하고 야전/함대 자료 사용에 관한 정보를 보려면 부록 A의 제1부 끝부분에 언급된 작업도 참조하기 바람) 상에서 측정 자료로부터 시험 조건을 이끌어낸다. 이 환경과 관련된 펄스 진폭은 일반적으로 낮은 반면, 장기간의 사용 및 고주파 발생 가능성이 있어 부적절하게 설계된 군수품에서 상당한 동적 또는 저 주기 작업 손상을 가져올 수 있다. 전형적인 항공기의 경우 연간 200번의 단기 출력으로 비행할 수 있는데, 이 비행 횟수에서 2/3이상이 항공기 사출기 발진과 착륙 제어 방식으로 이루어진다. 그러나, 실험을 위해, 두 개 축(세로 축과 가로 축) 각각에서 30개의 모의시험된 항공기 사출기/착륙 제어 사건이 교정 작업을 위해 대다수의 심각한 결함을 식별할 수 있어야 할 것이다. 현장에서 측정된 허용 자료를 사용할 수 없는 경우 사인 곡선 버스트를 사용하여 각 항공기 사출기 또는 발사 사건을 모의시험하는 데 있어 다음 지침을 참조한다. 이 시간 이력은 모의 시험을 위해 2초 지속시간의 연속 진폭 사인 버스트로 단순화되었다. 4.5.9.1a(5)에서 측정된 자료를 참조하면 가로 방향의 응답과 세로 방향의 응답을 서로 비교할 수 있다. 시험을 위해, 가로 방향 최대 진폭을 세로 방향 최대 진폭의 75%로 감소시킬 수 있다.

(1) 파형: 진폭이 감소되는 사인파.

(2) 파동 주기: 특정 항공기의 구조적 분석 및 기본 모드의 주파수에 의해 결정된다.

(3) 버스트 진폭: 특정 항공기의 구조적 분석, 기본 모드의 주파수 및 기본 모드 형태와 관련하여 재료의 위치에 의해 결정된다.

(4) 파동 진폭 감소(품질 인수):  $Q = 20$ .

(5) 축: 가로, 세로, 경도

(6) 버스트 개수: 특정 용도(예를 들면, 3D 버스트. 각 버스트마다 10초의 정지 기간이 이어짐)에 의해 결정된다.

b. 활용불가능한 측정 자료, 현장에서 측정된 허용 자료를 사용할 수 있는 과도 진동으로 분리되는 두 개의 충격으로 항공기 사출기 사건을 모의시험하고 과도 진동이 이어지는 한 충격에 의해 착륙 제어 사건을 모의시험함에 있어 다음 지침을 참조한다. 항공기 사출기 발진/착륙 제어 충격 환경은 항공기 크기 및 착륙 기어 진폭 감소 특성에 의해 결정되는 매우 낮은 주파수에서 일정한 과도 진동(사인 곡선에 가까움)을 나타내는 전형적 다른 충격 사건과는 다르다. 전형적인 항공기 사출기 발진 충격 시간 이력은 그림 516.5-12에 나와 있다. 이 자료는 플랫폼의 목표탑에 탑재된 저장 컴포넌트의 세로, 가로, 경도 방향에서 측정된 가속도 응답을 나타낸다. 이 자료는 DC로 결합되며 70Hz에서 저역 여과된다. 세 개의 시간 이력은 초기 과도 펄스 다음에 과도 진동(약 2초 길이)이 이어지며, 그 뒤에 최종 과도 펄스가 이어짐을 보여준다. 경도 축은 DC 항공기 사출기 가속화의 윤곽을 제공한다. DC 항공기 사출기 가속도는 일반적으로 시험 시에는 중요하지 않으며 극최대 가속도 SRS 에서 최저 유효 주파수의 10% 이하인 주파수에서의 시간 이력을 고역 여과함으로써 제거할 수 있다. 이 필터링을 수행하기 위한 절차는 매우 높은 주파수에서 시작한 후 최고 유효 SRS 저주파가 식별될 때까지 감소되는 고역 여과를 사용하여 (푸리에 변형 정보가 사용되지 않을 경우) 반드시 반복될 것이다. 일반적으로, 발진 가속도 응답은 발진기 가속도에 의해 분리되는 항공기로부터 항공기와 발진에 대한 초기 발진 로드 적용에 해당하는 두 개 충격 사건을 표시할 것이다. 초기 및 최종 충격 사건 모두 뚜렷한 발진기 특성을 나타낸다. 이 점은 과도 진동이 입력될 수 있는 2초의 시간에 의해 분리되는 연속된 두 개 과도 펄스로서 실험이 실행되는 데 있어 필수적이다. 전형적인 착륙 제어 충격 시간 이력은 그림 516.5-13에 나와 있다. 이러한 자료는 플랫폼 목표탑에 탑재된 저장 요소의 세로, 가로, 경도 방향에서의 측정된 가속도 응답을 나타낸다. 이 자료는 DC 결합되며 70Hz에서 저역 여과된다. 세 개의 시간 이력은 초기 과도 펄스 다음에 과도 진동(약 2초 길이)이 이어지며, 그 뒤에 최종 과도 펄스가 이어짐을 보여준다. 경도 축 시간 이력에는 시험 사양 개발을 위해 여과될 수 있는 매우 큰 DC 요소가 있다. ‘과도 진동’이라는 용어는 전형적인 충격 사건과는 다른 이 사건의 지속시간 때문에 만들어진 용어이다.

주 : 과도 진동. 정밀한 실험 모의시험을 위해 절차 VIII에서는 측정된 자료의 시간 이력의 형태를 처리 및 복제하는 데 있어 과도 진동의 개념을 고려해야 할 것이다. 장기 과도 환경(1초 이상의 지속시간)의 경우, 포락선 함수  $a(t)$ 를 계산한 후 극최대 ASD(Autospectral Density Estimate)를 계산하기 위한 처리를 수행하고 나서 응답 시간 이력의 짧은 부분이 랜덤 불변 자료와 동일한 방식으로 작용한다고 가정함으로써 응답 시간 이력을 처리하는 편이 편리할 것이다. 이러한 형태의 추정치는 변동 시간 이력 처리 종류에 속하며 이 방법에서는 그 이상으로 고려하지 않을 것이다. 과도 진동의 정확한 정의는 1부의 부록 D를 참조하기 바란다. 과도 진동 현상이 중요한 이유는 (1) 충격의 형태(단기 및 시간에 따른 실제 진

폭)를 지니며, (2) 수학적으로 정밀하게 모델링할 수 있고, (3) 특정 충격 환경의 추계학적인 모의시험에서 사용할 수 있기 때문이다. 일반적으로 충격은 과도 진동보다 짧은 시간대에서 상당한 힘을 가지는 반면, 과도 진동에서는 지수 함수 포락선과는 다른 함수를 포락하는 시간 이력이 흔히 충격으로 퇴화되는 반향 응답의 결과로서 충격에 표시된 시간을 형성한다는 사실을 고려한다.

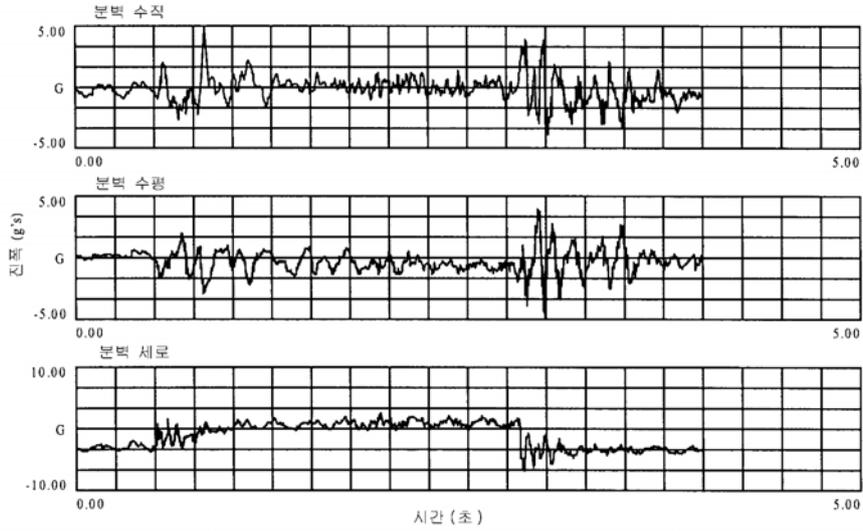


그림 516.5-12. 측정된 세 개의 건본 저장 축 항공기 사출기 발진 요소 응답 가속도 시간 이력

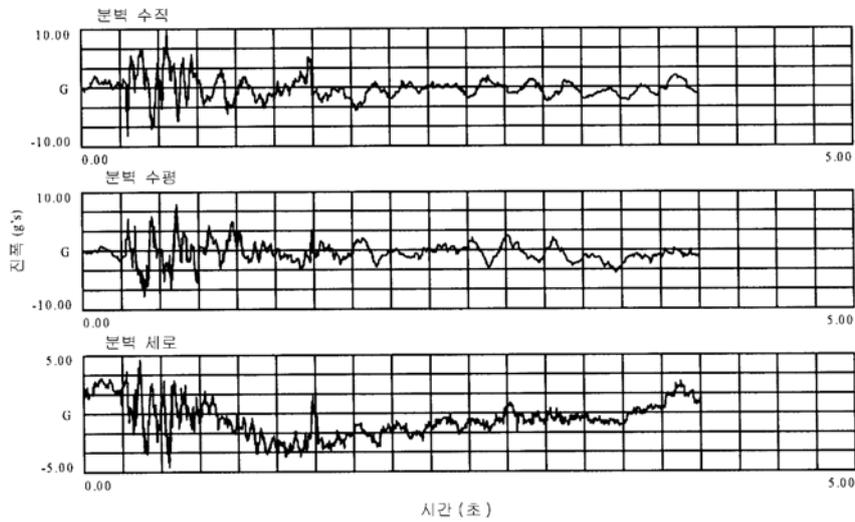


그림 516.5-13. 측정된 세 개의 건본 저장 축 착륙 저지 요소 응답 가속도 시간 이력

#### 4.5.9.2 시험 허용차.

측정된 자료를 사용할 수 없으며 파형이 동적 구성 분석에서 생성되는 경우, 파형 허용차는 4.2.2의 파형에 지정된 시간 이력 시험 허용차 안에 들어야 한다. 측정된 자료를 사용할 수

있는 경우, 시험 응답의 SRS는 4.2.2에 지정된 SRS 허용차 안에 들어야 한다. 과도 진동의 경우, 과형 피크 및 벨리는 4.2.2의 과형에 지정된 허용차 또는 시험 사양에 제공된 허용차 안에 들어야 한다.

#### 4.5.9.3 절차 VIII.

단계1. 첫 번째 시험 축에 대해 충격 장치 위에 있는 충격/진동 설치물에 시험 품목을 올려놓는다.

단계2. 승인된 시험 계획에서 필요로 하는 계측기를 연결한다.

단계3. 승인된 시험 계획에 따라 작동 검사 및 육안 검사를 시행한다.

단계4. a. 측정된 현장 자료를 사용할 수 없는 경우 몇 개 주기의 단기 과도 사인파를 첫 번째 시험 축의 시험 항목에 적용한다. (몇 개 주기의 각 단기 과도 사인파는 단일 항공기 사출기 또는 착륙 제어 사건을 나타낸다.) 특수한 영향을 막기 위해 각 버스트다음에 휴지 기간을 둔다. 버스트가 적용되는 동안 적절한 작동 모드에서 시험 품목을 작동시킨다.

b. 측정된 현장 자료를 사용할 수 없는 셰이커 시스템 과형 제어 하에서 측정된 응답 자료를 적용하거나(메소드 519.5의 부록 A 참조) 과도 진동으로 분리되는 두 번 충격으로 항공기 사출기를 처리하고 과도 진동이 이어지는 한 번 충격으로 착륙 제어를 처리한다.

단계5. 시험 중에 시험 품목이 제대로 작동한 경우 승인된 시험 계획에 따라 추가 검사(선택 사항) 및 육안 검사를 시행한다. 고장이 발생했다면, 추가 하드웨어 손상이 일어나지 않도록 작동 검사를 진행하기 전에 철저한 육안 검사를 수행하는 것이 바람직할 것이다. 고장이 발생하는 경우 시험을 다시 시작할 것인지 아니면 중단점에서부터 지속할 것인지를 결정하는 데 있어 고장의 특성 및 교정 작업과 시험의 목적(엔지니어링 정보 또는 계약 준수)을 고려한다.

단계6. 두 번째 시험 축에 대해 1-5단계를 반복한다.

단계7. 진폭 시간 이력 도표 및 모든 시험 품목의 기능상 또는 구조상의 저하에 대한 메모를 포함하여 시험에 대한 모든 사항을 문서에 기록한다.

#### 4.5.9.4 결과 분석.

제1부의 5.14와 5.17 외에, 제1부의 부록 A, 작업 405와 406에서도 평가할 때 군수품의 작동 이상에 직접적인 영향을 주지 않지만 실제로 사용되는 상황에서 고장을 일으킬 소지가 있는 시험 품목, 탑재품 또는 탑재기 발사기의 구조상의 구성에 대한 모든 고장을 고려한다.

#### 5. 참고규격/관련 문서.

a. Harris, C., and C. E. Crede, eds. Shock and Vibration Handbook, 2nd Edition, NY, McGraw-Hill, 1976.

b. Gaberson, H. A. and R. H. Chalmers. Model Velocity as a Criterion of Shock Severity, Shock and Vibration Bulletin 40, Pt. 2, (1969) 31-49.

- c. ANSI/ASTM D3332-77, Standard Methods for Fragility of Products Using Machines. 1977.
- d. Conover, W.J., Practical Nonparametric Statistics. New York; Wiley, 1971, Chapter 3.
- e. Piersol, A.G., Analysis of Harpoon Missile Structural Response to Aircraft Launches, Landings and Captive Flight and Gunfire. Naval Weapons Center Report #NWC TP 58890. January 1977.
- f. Handbook for Dynamic Data Acquisition and Analysis, IES-RP-DTE012.1, Institute of Environmental Sciences, 940 East Northwest Highway, Mount Prospect, Illinois 60056
- g. Piersol, Allan G., Determination of Maximum Structural Responses From Predictions or Measurements. at Selected Points, Proceedings of the 65th Shock and Vibration Symposium, Volume I, SAVIAC, 1994.
- h. Bendat, J. S. and A. G. Piersol, Random Data: Analysis and Measurement Procedures, John Wiley & Sons Inc., New York, 1986
- i. Schock, R. W. and W. E. Paulson, TRANSPORTATION A Survey of Shock and Vibration Environments in the Four Major Modes of Transportation, Shock and Vibration Bulletin #35, Part 5, February 1966.
- j. Ostrem, F. E., TRANSPORTATION AND PACKAGING A Survey of the Transportation Shock and Vibration Input to Cargo, Shock and Vibration Bulletin #42, Part 1, January 1972.
- k. MIL-S-901, "Shock Tests, H.I. (High Impact), Shipboard Machinery, Equipment and Systems, Requirements for"
- l. MIL-STD-331, "Fuze and Fuze Components, Environmental and Performance Tests for"

## 부록 A

### 예측 및 처리된 자료에 대한 제한사항 정의 시 통계적 고찰사항

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 부록은 통계적/개연적 고려사항과 관련된 자료 세트의 상한값을 정의하기 위한 목적으로 자료 세트의 통계적 특성에 관한 정보를 제공한다.

##### 1.2 용도.

이 부록의 정보는 처리가 ASD가 될 통계적 난진동, 처리가 SRS, ESD 또는 FS가 될 수 있는 매우 짧은 진동 등에 사용할 해당 기술에 따라 주파수 영역에서 처리되는 시간 영역 측정값이거나 제공된 정보를 기초로 예측되는 주파수 영역 추정값에 적용될 수 있다. 이 부록에 나와 있는 주파수 영역 정보의 제공된 추정값을 사용하면 올바른 통계적 방식으로 자료의 상한값을 설정할 수 있다.

#### 2. 개발.

##### 2.1 기본 추정 가정.

예측 추정치, 측정 추정치 또는 예측과 측정을 결합한 측정치를 동일하게 고려할 수 있다. 개별 측정값(처리 오류)의 불확실성은 제한 고찰사항에 영향을 미치지 않는다고 가정한다. 단일 견본 레코드에 대한 SRS, ESD, FS 또는 ASD의 추정값을 얻는 것과 같이, 디지털로 처리되는 측정된 현장 자료의 경우, 요약 통계 정보가 한 쪽으로 치우치지 않도록 하는 방법으로 선택한 “유사” 추정치의 전체적인 통계 정보를 검토한 후 요약하는 것이 유용할 것이다. 추정값이 한 쪽으로 치우치지 않도록 하기 위해 측정 위치는 랜덤으로 측정 목표와 일관된 위치가 선택될 것이다. 유사 추정치는 (1) 기본적으로 동일한 실험적 조건 하에서 반복된 시험을 통해 얻은 재료 상의 단일 위치에서의 추정값 또는 (2) 한 번의 시험에서 얻어진 시스템 상의 추정값으로 정의될 수 있다. 이 때 추정값은 (a) 응답 동질성 정도를 표시하는 몇 개의 인접한 위치 또는 (b) 다양한 위치에서의 비슷한 응답 지점과 같은 “영역”에서 얻어진다. 아니면 (3) (1)과 (2)가 결합된 형태로 정의될 수도 있다. 모든 경우에 있어, 해당 주파수 대역 상의 추정값들 사이에는 특정한 동질성 정도가 있다고 가정한다. 이 후자의 가정에서는 일반적으로 (1) 제공된 주파수의 추정값 세트에 대규모 견본 변동 추정값을 일으킬 수 있는 큰 외좌충이 없고 (2) 측정값이 얻어지는 시스템으 보다 큰 입력 자극이 보다 큰 추정값을 포함해야 한다.

##### 2.2 기본 추정 요약 사전 처리.

요약 정보를 얻는 방법에는 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 환경의 보존 추정값에 이르기 위해 기본 추정값과, 이 포락선과 관련하여 기본 추정값 범위의 질적 추정값에 대해 “포락” 방법을 사용하는 것이다. 이 절차는 분석가의 판단에 따라 좌우되며, 일반적으로 분석가들마

다 결과가 서로 다르다. 두 번째 방법은 통계적으로 적당한 방식으로 기본 추정치를 결합하여 확률 분포 이론에 기초하여 그 추정값의 통계적 중요성을 추론하는 방법이다. 참고규격  $g$ 는 이 방법에 관한 현재 연구 상태 및 이 방법과 자료 세트에 대한 상한값을 결정하는 작업과의 관계를 간략히 요약하였다. 일반적으로, 참조되는 추정값과 통계 정보는 처리가 발생하는 동일한 주파수 대역과 관련되어 있다. 안타깝게도, 제공된 주파수 대역에 대해, 전체 추정값 세트 이면의 통계 정보는 해당 주파수 대역의 진폭 분포 함수를 알 수 없으므로 쉽게 허용될 수 없다. 대부분의 경우, 추정값의 기수 10에 대한 대수를 계산하여 개별 추정값이 “표준화된” 형태로 변환된다고 전제할 때, 분포 함수는 일반적인 형태라고 가정할 수 있다. ESD와 FS 추정값의 경우, 인접 구성요소(통계적으로 독립되어 있다고 가정함)의 평균 계산은 추정값이 통계적으로 편향될 가능성이 있는 주파수 분해능은 감소시키는 반면, 측정값에서 자유도의 수는 증가시킨다.

ASD 추정값의 경우, 인접 구성요소의 평균 계산은 분해능 필터 대역폭이 전체 추정 대역폭의 매우 작은 부분에 해당하는 경우처럼 추정값의 편향 오류가 작을 때 유용할 수 있다. SRS 추정값의 경우, 고유 주파수가 변경될 때 단일 자유도 시스템의 최대 응답에 기초하므로, 인접 추정값은 통계적으로 의존하는 경향이 있으므로 SRS가 매우 좁은 주파수 간격에 대해 계산되는 경우가 아니라면 평균 계산 시 그다지 고르지 않을 것이다. 그러한 경우, 1/12번째 옥타브가 아닌 1/6번째 옥타브와 같은, 보다 넓은 고유 주파수 간격에서 원래의 시간 이력 자료를 다시 처리하면 SRS 추정값의 평탄화(smoothing) 작업을 훨씬 잘 수행할 수 있다. 재처리를 수행할 수 없는 경우 의존적인 SRS 추정값을 수학적으로 평탄화하는 뚜렷한 방법은 없으므로, 이 경우 대안으로서 추정값의 특정 포락 형태를 사용할 수 있다. 실험에서 측정값 선택 편향 오류가 없는 경우 견본 크기가 클수록 추정값의 대수 변환이 일반 분포에 보다 가까워질 것이다. 마지막으로, 적용 전에 일반적으로 다음 단락에서 얻은 상한값이 스펙트럼 중단점에서 교차하는 직선 선분에 의해 평탄화되어야 한다. 추정값이 잘려져야 하는 지 아니면 포락되어야 하는 지 여부 및 잘림 정도와 추정값의 대역폭과의 관계 등과 같은 포락 절차 또는 이 평탄화에 관한 지침은 제공되지 않지만, 그러한 평탄화는 경험 많은 분석가에 의해서만 수행되어야 할 것이다. 참고규격  $g$ 에서는 이에 관해 자세히 설명한다.

### 2.3 파라메트릭 통계적 상한값 추정 가정.

$N$  예측 또는 측정값 세트의 통계적 상한값 추정을 위한 모든 공식에서는,

$$\{x_1, x_2, \dots, x_N\},$$

(1) 추정값이 대수적으로 변환되어 일반 분포의 견본 형태에 보다 가까운 전체 측정값 세트를 가져올 것이며 (2) 측정값 선택 편향 오류를 무시할 수 있다고 가정할 것이다. 일반 및  $t$  분포가 대칭적이므로, 아래 공식은 평균과 표준 편차량 사이의 부호가 음수(-)로 변경됨으로써 보다 낮은 범위에 적용된다. 여기서는 모든 추정값이 단일 주파수 상에서 또는 단일 주파수에 대해 얻어지며, 고려되는 각 대역폭이 개별적으로 처리될 수 있도록 대역폭들 사이에서 추정값은 독립적이며, 결과는 전체 대역폭에 대해 하나의 도면 위에 주파수 함수로서 요약된다고 가정한다.

$$y_i = \log_{10}(x_i) \quad i=1,2,\dots,N$$

실제 평균의 평균 추정값을 나타내는  $\mu_y$ 는 다음과 같이 제공된다.

$$m_y = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N y_i$$

실제 표준 편차의 표준 편차에 대한 고른 추정값  $\sigma_y$ 는 다음과 같이 제공된다.

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (y_i - m_y)^2}{N-1}}$$

### 2.3.1 NTL - 표준 편향 허용차 상한값.

신뢰 계수  $\gamma$ 가 초과되는 모집단 값의 비율  $\beta$ 에 대한 표준 편향 허용차 상한값은  $NTL(N, \beta, \gamma)$ 로 제공된다.

$$NTL(N, \beta, \gamma) = 10^{m_y + s_{NTL, \beta, \gamma}}$$

여기서,

$k_{N, \beta, \gamma}$ 은 선택한  $N, \beta, \gamma$  값을 얻기 위한 표 516.5A-1에 제공된 편향 표준 허용차 인수이다. NTL은 (원래의 추정값 세트)의 상위 편향 표준 허용차 간격을 나타낸다. 이 때 값의 100 B%는 100r% 신뢰 제한값 아래 있다.  $\beta = 0.95$ 이고  $\gamma = 0.50$ 이면, 95/50 제한값을 나타낸다.

참고규격  $g$ 에서 발췌한 다음 표에는 선택한  $N, \beta, \gamma$ ,의  $k$  값이 들어 있다. 일반적으로 이 추정 방법은  $\beta$ 와  $\gamma$  값이 1에 가까운 작은  $N$ 에는 사용할 수 없다. 그 이유는 이러한  $N$  값의 경우 추정값의 대수 변환 표준화의 가정에 위배될 가능성이 높기 때문이다.

N	γ =0.50			γ =0.90			γ =0.95		
	β=0.09	β=0.95	β=0.99	β=0.09	β=0.95	β=0.99	β=0.09	β=0.95	β=0.99
3	1.50	1.94	2.76	4.26	5.31	7.34	6.16	7.66	10.55
4	1.42	1.83	2.60	3.19	3.96	5.44	4.16	5.15	7.04
5	1.38	1.78	2.53	2.74	3.40	4.67	3.41	4.20	5.74
6	1.36	1.75	2.48	2.49	3.09	4.24	3.01	3.71	5.06
7	1.35	1.73	2.46	2.33	2.89	3.97	2.76	3.40	4.64
8	1.34	1.72	2.44	2.22	2.76	3.78	2.58	3.19	4.35
9	1.33	1.71	2.42	2.13	2.65	3.64	2.45	3.03	4.14
10	1.32	1.70	2.41	2.06	2.57	3.53	2.36	2.91	3.98
12	1.32	1.69	2.40	1.97	2.45	3.37	2.21	2.74	3.75
14	1.31	1.68	2.39	1.90	2.36	3.26	2.11	2.61	3.58
16	1.31	1.68	2.38	1.84	2.30	3.17	2.03	2.52	3.46
18	1.30	1.67	2.37	1.80	2.25	3.11	1.97	2.45	3.37
20	1.30	1.67	2.37	1.76	2.21	3.05	1.93	2.40	3.30
25	1.30	1.67	2.36	1.70	2.13	2.95	1.84	2.29	3.16
30	1.29	1.66	2.35	1.66	2.08	2.88	1.78	2.22	3.06
35	1.29	1.66	2.35	1.62	2.04	2.83	1.73	2.17	2.99
40	1.29	1.66	2.35	1.60	2.01	2.79	1.70	2.13	2.94
50	1.29	1.65	2.34	1.56	1.96	2.74	1.65	2.06	2.86
∞	1.28	1.64	2.33	1.28	1.64	2.33	1.28	1.64	2.33

표 516.5A-I. 허용차 상한값의 표준 허용차 인수

2.3.2 NPL - 표준 예측 상한값.

표준 예측 상한값은 신뢰 계수 γ을 갖는 다음 번 예측 또는 측정된 값을 초과할 x 값(원래 자료 세트용)이며, 다음과 같이 제공된다.

$$NPL(N, \gamma) = 10^{m_y H S_y \sqrt{1 + \frac{1}{N}} t_{N-1, \infty}}$$

여기서,  $\alpha = 1 - \gamma$ ,  $t_{N-1, \alpha}$ 는 분모의  $100\alpha = 100(1 - \gamma)$  퍼센트 지점에서의 N-1 자유도를 갖는 학생 t 분포 변수이다. 편차 이면에 전제되어 있는 가정으로 인해 이 추정에서는 제공된 영역 또는 제공된 위치에서 얻은 측정값에 대해 신중한 해석이 필요하다(참고규격 g).

2.4 비파라메트릭 통계적 상한값 추정 가정.

대수 변환된 이후의 자료가 위에 정의된 파라메트릭 제한값을 적용할 만큼 충분히 정규 분포되지 않을 것이라는 확신할 만한 이유가 있다면, 추정값의 분포에 관한 가정에 의존하지 않는 제한값과 같은 비파라메트릭 제한값을 고려해야 한다. 이 경우, 자료 추정값을 변환할 필요는 없다. 선택한 추정값과 관련된 모든 가정은 비파라메트릭 추정값에 적용될 수 있다. 약간의 조작만으로 하한값을 계산할 수 있다.

2.4.1 ENV 상한값.

최대 상한값은 자료 세트에서 최대 추정값을 선택함으로써 결정된다.

$$ENV(N) = \max\{x_1, x_2, \dots, x_N\},$$

이 추정 방법의 주된 단점은 추정 세트의 분포 속성이 무시되므로 이 값의 초과 가능성이 명시되지 않는다는 점이다. 이 추정값 세트에서 외좌측의 경우, ENV(N)은 너무 멀리 있어 보존할 수 없을 것이다. 또한, ENV(N)은 추정값의 대역폭에도 민감하다.

#### 2.4.2 DFL 분포에 의존하지 않는 허용차 상한값.

원래의 변형되지 않은 견본값을 사용하는 분포에 의존하지 않는 허용차 제한값은 모든 견본값의 최소 분수 E가 신뢰 계수 J을 갖는 예측되거나 측정된 최대 값보다 작은 상한값으로 정의된다. 이 제한값은 순서의 통계적 고찰사항에 기초한다.

$$DRL(N, \beta, \gamma) = x_{\max}; \gamma = 1 - \beta^N$$

여기서  $x_{\max}$ 는 추정값 집합의 최대값이며,  $\beta$ 는  $x_{\max}$  아래 소수 부분이고,  $\gamma$ 는 신뢰 계수이다. N,  $\beta$ ,  $\gamma$ 는 개별적으로 선택할 수 없다. 즉 다음과 같다.

- (1) N이 주어지고  $\beta$  값을,  $0 \leq \beta \leq 1$ 라고 가정할 때, 신뢰 계수를 결정할 수 있다.
- (2) N과  $\gamma$ 이 주어진 경우 부분  $\beta$ 를 결정할 수 있다.
- (3)  $\beta$ 와  $\gamma$ 이 주어진 경우 (통계적 실험 설계용으로) 부분과 신뢰 값이 충족될 수 있을 때 견본의 수를 결정할 수 있다.

DFL(N,  $\beta$ ,  $\gamma$ )은 자료의 견본 집합이 작은 경우, 즉,  $N \leq 13$ 이고  $\beta$ 가 상대적으로 큰  $\beta > 0.95$ 인 예는 의미가 없다.

DFL(N,  $\beta$ ,  $\gamma$ )는 추정 대역폭에 영향을 받는다.

#### 2.4.3 ETL - 경험적 허용차 상한값.

경험적 허용차 제한값은 원래의 견본값을 사용하며 예측되거나 측정된 추정값 세트가 총 NM의 추정값에 대한 M개의 주파수 분해능 대역폭 상에서 N개의 측정 지점들로 구성된다 고 가정한다. 즉, 다음과 같다.

$$\{X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1M}; X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2M}; X_{N1}, X_{N2}, \dots, X_{NM}\}$$

여기서  $m_j$ 는 N개의 모든 측정 지점 상의 j번째 주파수 대역폭에서의 평균 추정값이다.

$$m_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, M.$$

$m_j$ 는 개별 주파수 분해능 대역폭 상에서 표준화되는 추정값 세트를 생성하는 데 사용된다. 즉, 다음과 같다.

$$\{u\} = \{u_{11}, u_{12}, \dots, u_{1M}, u_{21}, u_{22}, \dots, u_{2M}, u_{N1}, u_{N2}, \dots, u_{NM}\}$$

$$\text{여기서, } u_{ij} = \frac{x_{ij}}{m_j} \quad i = 1, 2, \dots, N, j=1, 2, \dots, M$$

표준화된 추정값 세트  $\{u\}$ 는 가장 작은값부터 큰 값 순으로 열거되며  $u_{\beta} = u_{(k)}$ 가 정의된다. 이 때  $u_{(k)}$ 는  $0 < \beta = \frac{k}{MN} \leq 1$ 인 경우  $\{u\}$ 의  $k$ 번째 요소이다. 그러므로, 각 분해능 주파수 대역폭의 경우, 다음과 같다.

$$\text{ETL}(\beta) = u_{\beta} m_j = x_{\beta j} \quad j = 1, 2, \dots, M$$

$m_j$ 를 사용한다는 것은  $j$ 에서의  $\text{ETL}(\beta)$ 가 신뢰값이 50%인 값의  $\beta$  %를 초과함을 암시한다.  $m_j$ 와는 다른 값이 선택되는 경우 신뢰 수준이 증가될 수 있다. 이 때, 추정값 세트가 이 제한값을 사용하는 것과 같다는 사실이 중요하다. 예를 들면, 모든 주파수 대역에서 거의 동일한 범위를 갖는다. 일반적으로 이 제한을 적용하려면 측정 지점의 수  $N$ 이 10보다 커야 할 것이다.

### 3. 예.

#### 3.1 입력 시험 자료 집합.

표 516.5A-II는 행의 개수  $N=14$ 이고 열의 개수  $M=5$ (행은 14개의 개별 시험 측정값을 나타내며 열은 5개의 개별 주파수 대역폭에서의 시험 값을 나타냄)인 3.5 평균값 주변에서 정규적으로 분포되는 단위 변동의 수들을 제공하는 동차표이다. 표 516.5A-II는 3.2와 3.3절의 상한값 결정에 사용된다.

#### 3.2 파라메트릭 상한값.

정규 편향 허용차 상한값(NTL)은 신뢰값이 50%인 95.50 제한값으로 계산된다. 이 때 값의 최소 95%는 표 516.5A-1의  $K_{N,\beta,\gamma} = 1.68$ 인 경우 이 제한값 아래 있다. 정규 예측 상한값(NPL)은  $t_{N-1;D} = t_{13;0.05} = 1.771$ 인 분포의 95% 지점에서의 신뢰 계수 95를 사용하여 계산된다. 그림 516.5A-1은 자료를 표시하며 그림 516.5A-2는 두 개의 파라메트릭 상한값을 표시한다. 정규 허용차 제한값에 대해 정규 예측 상한값의 보존도에 주목해야 할 것이다.

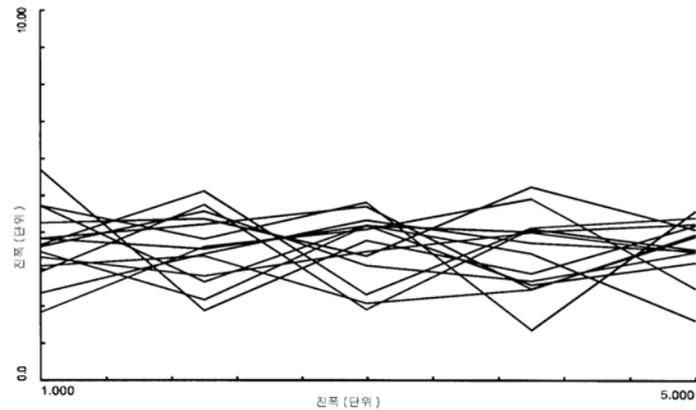


그림 516.5A-1. 입력 시험 자료 집합.

### 3.3 비파라메트릭 상한값.

그림 516.5A-2는 0.95에서의 모집단 집합이  $\beta$ 이고 견본 수  $N=14$ 에 대한 신뢰 계수  $\gamma$ 가 0.51일 때 분포에 의존하지 않는 허용차 상한값(DFL)과 함께 포락선 제한값을 표시한다. 이 그림은 두 가지 해석을 가진 한 개의 곡선을 나타낸다. 또한 95%의 경험적 허용차 상한값(ETL)도 그림 516.5A-2에 표시된다. 여기서 값의 최소 95%는 신뢰 계수가 50%인 이 제한값에 의해 초과될 것이다. 그림 516.5A-2는 비교를 위해 이 자료를 표시한다.

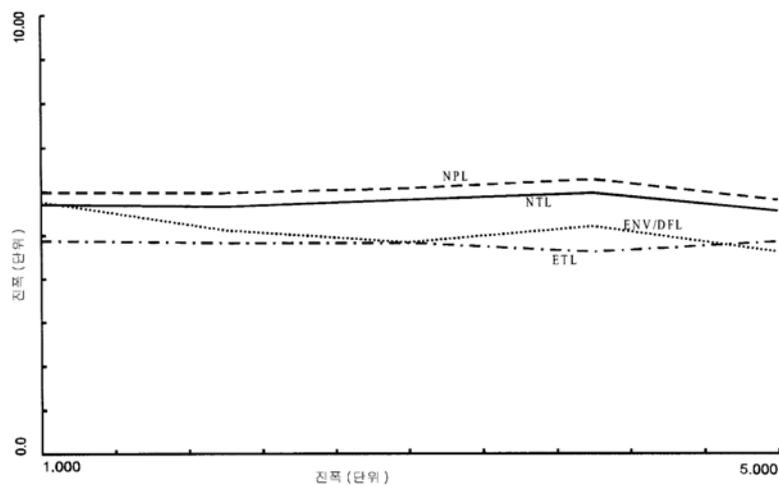


그림 516.5A-2. 파라메트릭 및 비파라메트릭 상한값

### 3.4 관찰.

그림 516.5A-2에서 상한값의 평탄도는 표 516.5A-II에서의 자료 동질성을 증명한다. 그림 516.5a-2를 보면 이 사실을 명확히 알 수 있다. 즉, 선택된 파라미터의 상한값은 통계적으로 같지 않다. 자료 세트의 대수적 변형이 거의 정규적으로 분포되는 경우에는 두 개의 상한 추정값에서 NTL이 더 적합하다. 또한, 비파라메트릭 포락선의 근접성도 표 516.5A-II의 자료 동질성을 증명한다. 이 경우 최소한 비파라메트릭 ENV, 통계적으로 기초가 되는 DFL과 ETL이 기본적으로 상한값 크기 면에서 일치함을 보여준다. 비동질 자료 세트의 경우 예측 상대 ETL은 ENV 또는 DFL과 일치하지 않을 것이다. 작은 자료 세트의 경우, ETL은 “K”가 위로 반올림되는 지 아래로 반올림되는 지에 따라 달라질 것이다.

### 3.5 MATLAB m-함수 “ul”.

다음은 지정된 상한값과 모든 관련 파라미터를 계산하기 위한 MATLAB 함수 ul이다. 원하는 상한값이 str\_in을 통해 입력되며 관련 파라미터는 par\_in을 통해 입력된다. 자료 값의 N x M 행렬은 N x M 행렬 X\_in에 입력된다. 출력 상한값은 X\_ul에 있으며 함수 안에서 계산되는 선택된 파라미터는 par\_out에 있다. 다음의 함수는 이 부록의 표 516.5A-2에 제공된 자료 행렬을 통해 확인되었다. 적용하기 전에 사용자는 입력을 명확히 이해하고 단순 예를 사용하여 m-함수를 확인해야 한다. 표 516.5A-II에 표시된 입력은 다음 MATLAB 명령을 사용하여 생성되었다.

$$X\_in = \text{randn}(14,5) + 3.5;$$

```

function [par_out, x_u] = ul(str_in, par_in, x_u, i)
% ul.m - MATLAB m-function for determining a data array upper limit
% 11-may-1999

% Input information
str_in - input string specifying the desired upper limit and transform
par_in - input parameters for desired upper limit
x_u - a N by M matrix of data values, N rows is k_u representing individual
measured points, M columns is k_m representing independently
processed values for specified logarithmic transform of x_u, all
elements in x_u must be positive, for the main value for a column
of x_u must not be zero.

% Normal tolerance upper limit with log transform of x_u
% str_in(1:4) = 'NTL' ... normal tolerance upper limit with log transform of x_u
% str_in(5:10) = 'NTL' ... normal tolerance upper limit of x_u
% par_in = [N M k_u k_m] ... N - rows, M - one sided normal
% tolerance interval, table value with beta portion and gamma confidence
% coefficient
% str_in(11:14) = 'NPL' ... normal prediction upper limit with log transform of x_u
% par_in = [N M k_u k_m] ... N - rows, M - one sided normal
% prediction coefficient
% par_out(1) = t_u_value ... value of t(u, alpha) * 1 - confidence coefficient
% str_in(15:18) = 'MPL' ... maximum upper limit
% par_in = [N M]
% str_in(19:24) = 'MPL' ... distribution free upper limit
% par_in = [N M k_u] ... for N = 0 or beta - portion of population
% par_out(1) = beta ... for 0 = gamma or 1 - confidence coefficient
% par_out(2) = gamma ... if par_in(1) = 0 and par_in(2) = gamma
% str_in(25:28) = 'EMPL' ... empirical tolerance upper limit
% par_in = [N M beta] ... 0 = beta = 1 where beta - portion of population
% less than the upper limit
% par_out(1) = u_beta ... ordered value corresponding to beta

% Output information
par_out - output parameters (if any)
x_u - a 1 by N data vector specifying the desired upper limit
N = par_in(1);
M = par_in(2);
K_u = par_in(3);
K_m = par_in(4);
if isequal(0, N)
    x_u = logspace(0, 1, N);
else
    x_u = x_u;
end
% If mean of N rows over M columns of x_u
% is standard deviation of N rows over M columns of x_u
% then zero par_out and x_u
par_out(1) = 0;
x_uzeros(1, M);
% If tolerance = 'EMPL'
% M = beta * gamma ... for i=1:M;
if str_in(15) == 'EMPL'

```

그림 516-5A-3. 상한값 결정을 위한 MATLAB m-함수 “uI”

표 516.5A-II. 입력 시험 자료 집합.

3.0674	3.3636	2.0590	2.4435	3.8803
1.8344	3.6139	4.0711	4.9151	2.4909
3.6253	4.5668	3.1001	2.6949	3.4805
3.7877	3.5593	4.1900	4.0287	3.4518
2.3535	3.4044	4.3156	3.7195	3.5000
4.6909	236677	4.2119	2.5781	3.1821
4.6892	3.7902	4.7902	1.3293	4.5950
3.4624	2.1638	4.1686	3.4408	1.6260
3.8273	4.2143	4.6908	2.4894	3.9282
3.6746	5.1236	2.2975	4.1145	4.3956
3.3133	2.8082	3.4802	4.0077	4.2310
4.2258	4.3580	3.3433	5.1924	4.0779
2.9117	4.7540	1.8959	4.0913	3.5403
5.6832	139063	3.7573	2.8564	4.1771

4. 권장 절차.

4.1 상한 추정값용 권장 통계 절차.

참고규격 g는 상한값 추정의 장점 및 단점에 대해 자세히 설명한다. 여기서는 이 참고규격의 지침을 권장하고 있다. 모든 경우에 있어 상한값 설정 방법의 명확한 표시 및 사용되는 방법 이면에 세워놓은 가정을 사용하여 조심스럽게 자료를 그린다.

- a. N이 N>7처럼 충분히 클 경우  $\bar{y} \geq 0.50$ 과 같이 선택한  $\beta \geq 0.90$ 에 대해 DFL 식을 사용하여 상한값을 설정한다.
- b. N이 (a)의 기준을 만족할 수 없을 만큼 크지 않을 경우 NTL 식을 사용하여 상한값을 설정한다.  $\beta$ 와  $\bar{y}$ 를 0.50로 선택한다.  $\beta$ 의 변동은 상한값의 보존도를 결정할 것이다.
- c. N > 10이고 신뢰 계수가 0.50인 경우, ETL에 기초하여 설정되는 상한값을 사용할 수 있으며 DFL이나 NTL에 의해 설정된 상한값 대신에 사용될 수 있다. 이 점은 ETL을 사용하여 주파수 대역 상에서 추정값의 동질성을 검사 및 확인할 때 중요하다.

4.2 불확실성 인수.

자료의 신뢰성이 낮거나 자료 세트가 작은 경우 결과로 얻은 상한값에 불확실성 인수가 부가될 수 있다. 3dB - 6dB 순서의 불확실성 인수가 추가될 수 있다. 참고규격 g에서는 항공기 수송 비행 측정 자료에서 5.8dB 불확실성 인수를 사용하여 표준 허용차 제한값을 사용하는 최대 예측 환경을 결정할 것을 권장하고 있다. 모든 불확실성은 명확히 정의되어야 하며

불확실성이 이미 고려된 추정값에 추가로 불확실성이 부가되어서는 안 된다.

## 부록 B

### 유효 충격 지속시간

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 부록은 유효 충격 지속시간  $T_E$ 의 정의를 선택하기 위한 기본 원리 및 선택 이유를 제공한다.

##### 1.2 용도.

이 부록은 측정된 자료를 기초로 하는 실험 시험용 유효 충격 지속시간을 선택하는 데 도움이 되는 정보를 제공한다. 셰이커 제어 시스템 상에서 합성된 복합 과도 펄스를 사용하여 현장에서 측정된 환경을 복제하는 경우 (1) 현장에서 측정된 SRS 진폭을 만족해야 하며, (2) 현장에서 측정된 과도 펄스의 지속시간과 실험실에서 합성된 과도 펄스의 지속시간이 서로 일치해야 한다. 특정 경우에 있어, 긴 지속시간 상에 있는 한 개의 진폭 변동 충격은 사실상 해당 지속시간 상에 있는 두 개 이상의 개별 충격이 될 수도 있다. 현장에서 측정된 자료가 단일 충격으로서 복제되어야 하는지 다중 충격으로서 복제되어야 하는지 결정하기 위해서는 (1) 시험 품목의 주파수 특성을 이해함은 물론 현장 측정 환경 이면에서의 물리적 현상을 이해해야 하며, (2) 경험이 있는 분석가에게 판단을 맡겨야 한다.

#### 2. 개발.

##### 2.1 충격 포락선 개발에 대한 가정.

충격 지속시간은 기본적으로 충격 시간 이력의 측정된 피크의 절대값을 포함하는 포락선 형태에 의해 결정된다. 이는 충격 시간 이력의 경우 충격 시간 이력의 양의 피크 및 음의 피크의 분포가 동일하다고 가정한다. 예를 들면, 충격 시간 이력은 극성에 대해 대칭적이라고 가정한다. 일반적으로 명백히 이러한 피크의 포락선은 단순 분석 표현이 필요 없는 복합 구분적 연속 함수일 것이다. 그림 516.5B-1a는 포락선과 두 개의 수직선 집합과 함께 전형적인 충격 시간 이력을 표시한다. 두 개 수직선 집합 중 하나는 지속시간  $T_E$ 를 나타내며 다른 하나는 지속시간  $T_e$ 를 나타낸다. 그림 516.5B-1b는  $T_E$  지속시간을 나타내는 한 개의 수직선 집합과 함께 단기 평균 RMS를 표시한다. 이 개발에서는 시간의 측정된 충격 과도 피크 분포의 초기 세그먼트가 상승 시간( $t_r$ )을 갖고 다음 세그먼트가 쇠퇴 시간( $t_d$ )을 가지며, 이 경우 일반적으로  $t_d > t_r$ 이라고 가정한다. 최대 피크 가속도  $A_p$ 의 절대값으로 표준화된 초기 피크 진폭 분포의 포락선은 3차 다항식 형태로 표현된다고 가정한다.

$$e_r(t) = a_1 \left( \frac{t}{t_r} \right) + a_2 \left( \frac{t}{t_r} \right)^2 + a_3 \left( \frac{t}{t_r} \right)^3 \quad 0 \leq t \leq t_r \quad \text{및} \quad a_1 + a_2 + a_3 = 1$$

또한, 다음 세그먼트의 포락선이  $A_p$ 로 표준화되는 단순 지수 함수 형태로 쇠퇴하는 함수라고 가정한다.

$$e_j(t) = e^{a\left(\frac{t}{t_r} - 1\right)} \quad t_r \leq t \leq t_r + t_j$$

초기 세그먼트는 세 개의 자유도를 가지지만 그 이후의 세그먼트에는 한 개의 자유도를 가진다. 이러한 세그먼트는 일반적으로 단순식  $e_r(t)$ 와  $e_j(t)$ 로 표현할 수 있는 것보다 훨씬 더 복잡한 형태로 되어 있다. 일반적으로, 고주파 영역의 SRS 진폭은 다음 세그먼트보다 초기 세그먼트에 더 민감한 반면, 저주파 SRS 진폭은 다음 세그먼트의 지속시간과 다음 세그먼트 형태에 모두 민감하다.

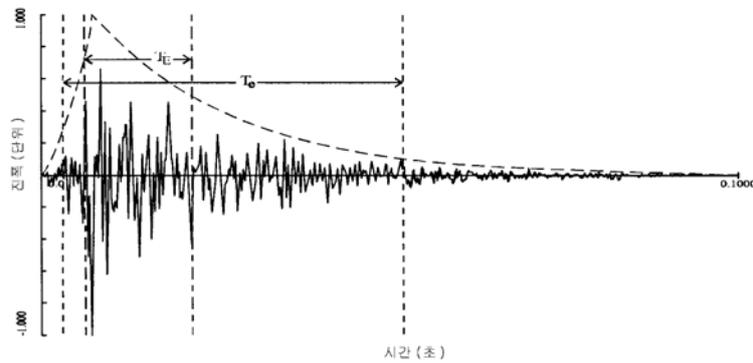


그림 516.5B-1a.  $T_E$ 와  $T_0$  포락선을 갖는 전형적인 충격 시간 이력

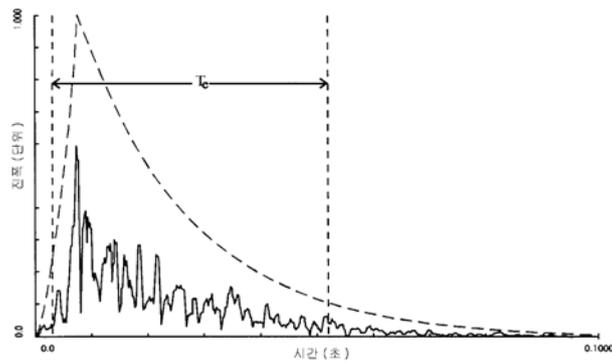


그림 516.5B-1b. 포락선과  $T_0$ 를 갖는 전형적인 충격 시간 이력 RMS

## 2.2 $T_0$ 대 $T_E$ .

MIL-STD-810E에서는  $T_E$ 를, 충격 사건과 관련된 피크 크기의 1/3을 초과하는 모든 자료 크기를 포함하는 최소 시간 길이이라고 정의하였다. 이 문서에서  $T_0$ 는 충격 사건과 관련된

피크 RMS(root-mean-square) 크기의 10%을 초과하는 RMS 시간 이력 진폭의 최소 90%을 포함하는 최소 시간 길이로 정의된다. 그림 516.5B-2는 위의 포락선 형태에 따라 모의시험되는 충격에 대해  $T_E$ 와  $T_e$ 의 산란 플롯을 제공하고 두 개의 지속시간 사이의 가시적 상관 관계를 보여준다. 이 통계적 모의시험의 이 특수하고 단순한 펄스 형태에서는  $T_e$ 와  $T_E$ 의 중간 비율이 2.64인 1.72과 5.43 사이 비율의 95%로 결정될 수 있다.

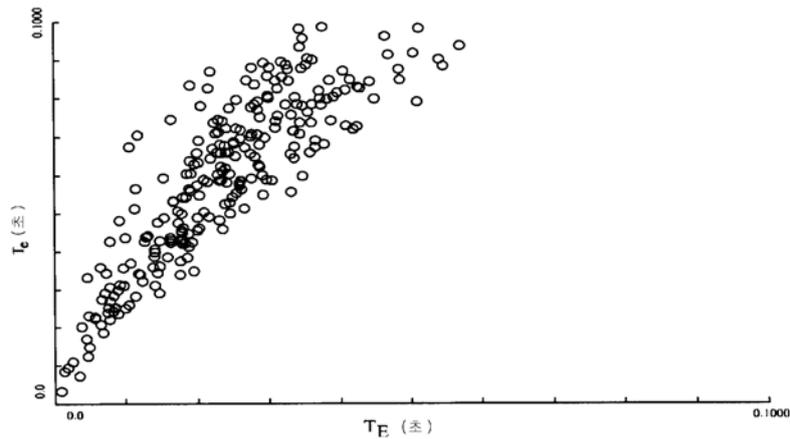


그림 516.5B-2. 산란 플롯  $T_E$ 와  $T_e$ .

주: 1.71과 5.43 사이 비율의 95%인 중간 비율  $T_e/T_E$  2.62

### 3. 합성 및 분석을 위한 권장 절차.

#### 3.1 $T_e$ 에 권장되는 합성 절차.

표 516.5-I은 MIL-STD-810 이전 판의  $T_E$  값을 대신하는  $T_e$  권장 값을 제공한다. 실험 시험용 합성된 복합 과도 펄스의 지속시간을 지정할 때 지시용으로 이러한  $T_e$  값을 사용한다. 일반적으로  $T_e$ 는 약  $2.5T_E$ 로 간주될 수 있다.

#### 3.2 $T_e$ 의 합성 불확실성 인수.

표 516.5-I은 유효 지속시간  $T_e$ 에서 불확실성 인수를 제공한다. 실험 시험용 합성된 복합 과도 펄스의 지속시간을 지정할 때 지시용으로 이러한  $T_e$  값을 사용한다.

#### 3.3 $T_e$ 와의 분석 관계.

( $f_{min}$ 이 해당 최소 SRS 주파수일 때  $T_e > 1/2f_{min}$ 인 지속시간에 대해) 충격 사건의 SRS를 계산하려면, 충격 사건의 시작과 끝을 0의 진폭으로 수렴하게 하고 이러한 수렴 부분에서의 계산 시간과 지속시간  $T_e$ 를 확장한다. 충격 사건의 ESD 또는 FT를 계산하려면 지속시간  $T_e$ 와 동일한 최소 길이 블록 크기가 있어야 하며 숙련된 분석가의 판단에 기초하여 추정값에서 초과 잡음을 제거하기 위해 0으로 채워야 한다.

MIL-STD-810F  
2000.1.1  
부록 B

공백

## 부록 C

### 등가 시험 충격 응답 스펙트럼을 사용한 ASD(AUTOSPECTRAL DENSITY)

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 부록은 측정되거나 예측된 고정 난진동 ASD가 현장에서 측정되거나 예측된 충격의 ASD를 초과하는 환경을 제공하는 지 여부를 판단하기 위한 정보를 제공한다.

##### 1.2 용도.

높은 수준의 고정 난진동에서 얻은 현장에서 측정되거나 예측된 ASD 자료의 경우, 자료 대표 시간 이력이 측정되거나 예측된 충격 환경 시간 이력을 초과한다면 난진동 시험은 충격 환경에 적합한 시험을 제공한다고 간주할 수 있다. 고정 난진동 시험만을 수행한다.

#### 2. 개발

##### 2.1 ASD(Autospectral Density)에 대한 가정.

그림 516.5-9는 지상 및 비행 재료의 기능 시험을 위한 두 개 ASD 플롯을 제공한다. 그림 516.5C-1a와 516.5C-1b는 각각 지상 재료와 비행 재료의 25ms 시간 이력 상에서 모의시험된 관련 가우디 고정 진폭 시간 이력 세그먼트를 제공한다.

##### 2.2 충격 응답 스펙트럼에 대한 가정.

그림 516.5C-2a와 516.5C-2b는 각각 그림 516.5C-1a와 516.5C-1b에 나와 있는 시간 이력의 250개 모의시험의 관련 SRS 플롯을 제공한다. 특히, SRS 플롯은 평균 SRS와 그림 516.5-8에 지정된 SRS 스펙트럼과 92% 신뢰 계수를 갖는 모집단의 98% 부분에 기초한 분포에 의존하지 않는 상위 및 하위 허용차 간격을 제공한다. SRS는 그림 516.5-9에 제공된 최저 주파수 기간의 10배와 같은 약 1초의 시간 이력 상에서  $Q=5$ 일 때 계산되었다.

#### 3. 권장 절차.

##### 3.1 ASD용 권장 절차.

측정된 고정 난진동 자료의 경우, ASD를 계산한 다음 그림 516.5-9의 ASD와 비교한다. 측정된 ASD가 최대 5Hz 분석 필터 대역폭을 갖는 모든 주파수에서 이 그림의 ASD를 초과한다면 장비의 난진동 시험만을 수행한다.

##### 3.2 SRS용 권장 절차.

측정된 고정 난진동 자료의 경우, ASD를 계산한 다음 그림 516.5-9의 ASD와 비교한다. 계속해서, 측정된 ASD가 최대 5Hz 분석 필터 대역폭을 갖는 모든 주파수에서 이 그림의

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 C

ASD를 초과하지 않는다면 측정된 난진동 자료를 샘플링한 다음 그림 516.5-9에 제공된 최저 주파수의 기간의 10배 이상이 되는 선택한 시간 기간 상에서 SRS를 계산한다. SRS가 모든 주파수에서 그림 516.5-8의 SRS를 초과한다면 난진동 시험이 적절하다고 간주한다. SRS가 모든 주파수에서 그림 516.5-8의 SRS를 초과하지 않으면 충격 장비를 시험하기 위해 현장에서 측정되거나 예측된 SRS 자료에서 복합 과도 펄스를 생성한다.

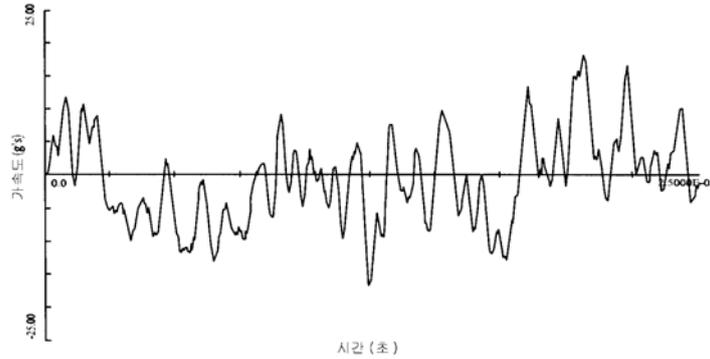


그림 516.5C-1a. 지상 균수품의 기능 시험용 견본 가우스 시간 이력

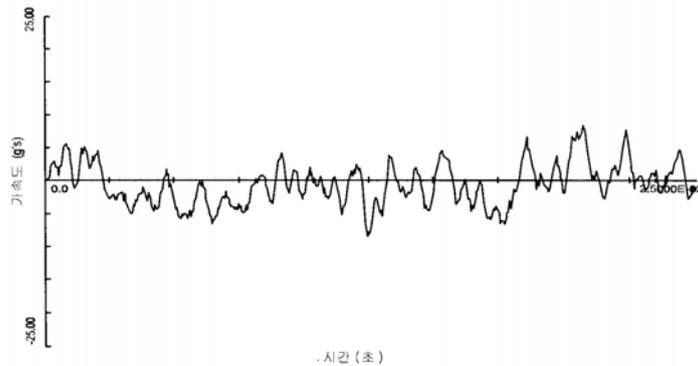


그림 516.5C-1b. 비행 균수품의 기능 시험용 견본 가우스 시간 이력

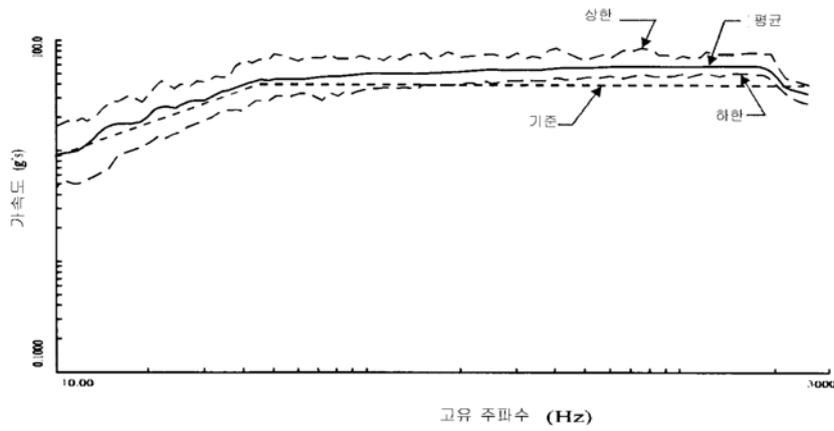


그림 516.5C-2a. 지상 군수품의 기능 시험용 SRS 비교

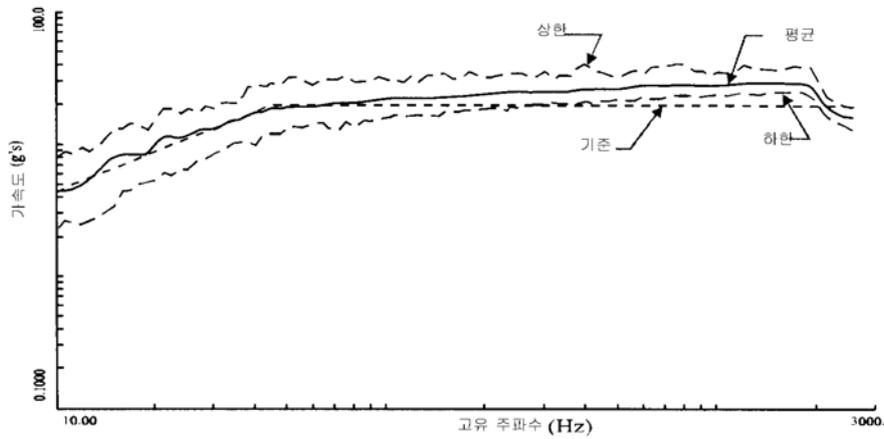


그림 516.5C-2b. 비행 군수품의 기능 시험용 SRS 비교

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 C

공백

## 시험법 517

### 열충격(PYROSHOCK)

주: 반드시 적합화를 수행해야 한다. 1부 4절과 부록 C에 설명된 적합화 작업에 기초하여 시험법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 1부 5절에 설명된 시험소 시험법의 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

다음의 목적을 위해 (폭발성 또는 추진체 활성화) 불꽃제조법(pyrotechnic) 장치와 관련된 열충격(Pyroshock) 시험을 수행한다.

- a. 탑재될 구조적 구성 상에서의 불꽃제조법 장치의 폭발로 인한 드문 충격 영향을 군수품이 구조적 및 기능적으로 견뎌낼 수 있다는 확신성을 제공하기 위함이다.
- b. 충격 완화 절차가 군수품의 구조적 및 기능적 무결성을 보호하는 데 사용될 수 있도록 열충격에 관한 군수품의 취약성 수준을 실험적으로 추정하기 위함이다.

##### 1.2 용도.

###### 1.2.1 열충격(Pyroshock).

열충격(Pyroshock)은 흔히 불꽃제조법 충격이라고도 한다. 이 문서의 목적에 따라, 불꽃제조법 장치가 시작되면 열충격이라고 하는 영향이 나타날 것이다. 열충격은 인접 구조 상에서 불꽃제조법 장치의 폭발로 인한 부분화된 재료의 강한 기계적 과도 응답을 나타낸다. 장치들은 군수품에 그러한 강한 과도 응답을 전송할 수 있다. 일반적으로, 소스는 공간적 분포 (점 소스, 선 소스 및 점과 선 소스의 결합) 대해 설명될 수 있다(참고규격 a). 점 소스에는 폭발적 볼트, 분리 너트, 핀 풀러 및 푸셔, 볼트와 케이블 커터 및 파이로 활성화된 작동 하드웨어가 있다. 라인 소스에는 유연성 있는 FLSC(flexible linear shape charge), MDF(mild detonating fuse) 및 폭발성 수송 라인 등이 있다. 점과 라인 소스의 결합형에는 V 대역(Marmon) 클램프가 있다. 불꽃제조법 장치의 로딩은 불꽃제조법 장치의 활성화의 결과로서 구조적 요소 간 구조적 사전 적재 또는 타격으로부터의 구조적 변형 에너지 방출을 동반할 것이다. 수명 중에 하나 이상의 열충격에 노출될 가능성이 높은 재료를 평가할 때 이 방법을 사용한다. 열충격은 일반적으로 100Hz - 1,000,000Hz의 주파수 범위와 50마이크로초 - 20밀리초의 시간 지속시간을 갖는다. 열충격에 대한 가속도 응답 진폭의 범위는 300g - 300,000g이다. 열충격의 가속도 응답 시간 이력은 매우 진동이 심하며 실제 상승 시간은 10 마이크로초에 가깝다. 일반적으로, 열충격은 재료가 마이크로 전자 칩 구성 크기 순서 상의 파형 길이를 갖는 고주파에 응답할 재료 강압 응력파를 생성한다. 불꽃제조법 장치의 발사 및 불꽃제조법 장치의 지역화된 특성에 의한 구조 면에서의 제한된 속도 변화로 인해, 500Hz 이하의 재료의 구조적 반향은 일반적으로 자극되지 않을 것이며 시스템은 약간의 전체 구조적/기계적 손상이 있는 매우 작은 변위를 경험하게 될 것이다. 재료 인근의 열충격 가속도 환경은 대개 재료의 구성 및 중간 구조에 크게 의존할 것이다. 재료 또는 재료의 부

품은 근거리가 매우 심각하고 원거리는 그다지 심각하지 않은 열충격 환경을 갖는 불꽃제조법 장치의 근거리나 원거리에 있을 것이다. 가까운 부분과 먼 부분의 특성에 따라 열충격 강도를 분류하는 데 있어 합의된 규정은 없다.

강도 분류에 세 개 필드의 사용이 제안되었다. 예를 들면, 열충격 강도에 있어 근거리와 원거리, 그리고 그 사이에서 중재 역할을 하는 ‘중간 지대’를 사용했다. 이 문서는 우주선 이외의 재료에 대해 현재의 여론을 반영하여 열충격 강도 분류를 1.2.3절에서 그 정의를 설명하고 있는 근거리와 원거리로 제한한다. 일반적으로 불꽃제조법 장치의 재료와 위치 사이에 특정 구조가 있다.

### 1.2.2 열충격 - 운동량 교환.

열충격에서는 일반적으로 두 개 본체 간에 운동량 교환이 없다 (단, 구조를 통해 장치에서 재료로 전달되는 응력파로부터의 응력 에너지의 전송의 경우에는 예외이다). 기본적으로 열충격 시 재료 지지 구조에서 속도 변화는 없다. 100Hz 이하의 주파수는 중요하지 않다. 무엇보다도, 불꽃제조법 소스로부터 상당히 떨어져 있는 해당 지점에서 열충격 응답의 크기는 불꽃제조법 변화 크기의 함수이다. 열충격은 변화점 또는 변화선을 제외하고는 구조의 큰 부분에 대한 플라스틱 변형 없이 지지 구조에서 재료로 전달하는 선형 탄성 재료 파형의 결과이다. 일반적으로 구조 불연속 지점을 나타내는 결합부와 볼트로 연결된 연결부는 열충격 진폭을 크게 감소시키는 경향이 있다. 계측 기술면에서 가속도계, 응력 게이지 및 레이저 속도계는 일반적으로 사용된 계측 장치이다. 열충격 자료를 처리할 때 변칙적인 부분들을 찾아낼 수 있어야 한다. 이 검출의 일부로서 고주파 속도 추적 정보의 특성을 가지고 있는지 여부를 판단하기 위한 가속도 진폭 시간 이력의 통합이 포함된다. 열충격은 특정 유틸리티의 열충격 장치를 배치함으로써 재료에 가해진다. 탄약(charge) 또는 활성화 장치와 기하학적 구성에 의해 열충격 환경이 명확히 정의되는 큰 범위로 인해, 현장에서 군수품의 열충격 응답은 군수품에 대해 적당히 예측할 수 있고 반복될 수 있을 것이다(참고규격 a).

### 1.2.3 열충격 - 물리적 현상.

열충격은 (a) 폭발 장치 또는 (b) 추진체 활성화 장치의 구조점에서 전체 군수품 및 기계적 응답을 특성으로 하는 물리적 현상이다. 그러한 장치는 점이나 선을 따라 극도의 지역 압력(아마도 열과 전자기 방출을 동반함)을 산출할 수 있다. 이 장치는 선 또는 점 소스로부터의 거리에서 고 가속도/저 속도 및 단기 지속시간을 산출하는 고진폭/고주파 재료 응력파의 전송 시 지역적 고진폭 비선형 응력 속도를 거의 즉각적으로 발생시킨다. 열충격의 특성은 다음과 같다.

- a. 고 재료 응력 속도(비선형 재료 영역)로 인한 구조에서의 소스에 근처에 있는 응력파가 근거리 및 그 외 지역으로 전파된다.
- b. 고주파(100 Hz-1,000,000 Hz) 및 매우 광범위한 주파수 입력.
- c. 높은 가속도(300g-300,000g). 그러면서도 낮은 구조적 속도와 변위 응답.
- d. 단기 지속시간(<20 msec);
- e. (사건 이후) 높은 잔여 구조 가속도 응답.
- f. 구조 안에 직접 결합된 (1) 폭발 장치 또는 (2) 추진체 활성화 장치(저장된 응력

에너지 방출)의 원인이 됨(설명을 위해, 추진체 활성화 장치에는 추진체 폭발에서 단독으로 얻은 것보다 더 큰 구조 응답을 일으키는 응력 에너지를 방출하는 클램프와 같은 품목들이 들어 있다).

g. 크게 지역화된 점 소스 입력 또는 선 소스 입력.

h. 매우 높은 구조적 구동점 임피던스( $P/v$ ,  $P$ 는 큰 폭발력 또는 압력, 구조적 속도  $v$ 는 매우 작음). 소스에서 재료 구동점 임피던스는 실질적으로 높은 재료 분자 속도의 경우 적을 수 있다.

i. 재료 구성 세부 사항에 대한 적은 반복성과 실제 의존성을 제공하는 본질적으로 규칙적이지 않은 응답 시간 이력.

j. 구조적 불연속 지점에 의해 크게 영향을 받는 구조 상의 점에서의 응답.

k. (폭발 중에 가스의 이온화에서) 실제 열 및 전자기 방출을 동반할 수 있는 균수 품 및 구조적 응답.

l. 재료 또는 컴포넌트가 불꽃제조법 장치의 근거리와 원거리에 있는 것으로 분류될 수 있음을 제시하는 열충격에 대한 응답의 특성. 근거리(near-field)와 원거리(far-field)라는 용어는 응답점에서의 충격 강도와 관련되어 있으며 그 강도는 소스와 응답점 사이의 구조적 구성과 소스로부터의 거리의 함수이다.

(1) 근거리. 근거리에서 불꽃제조법 장치의 구조적 재료 응력과 전달 영향은 응답을 제어한다. 근거리에서 강한 불꽃제조법 장치의 재료 또는 재료의 모든 부분은 장치의 폭발점과 (라인 차지의 경우) 장치의 한 부분에서 15cm 안에 놓여진다. 중간에 구조적 불연속 지점이 없는 경우 재료는 5000g을 초과하는 피크 가속도와 100,000Hz보다 높은 실제 스펙트럼 콘텐츠를 경험하게 될 것이다. 강도가 약한 불꽃제조법 장치의 근거리는 그 이후에 피크 가속도 수준 및 스펙트럼 수준이 감소되는 7.5cm 이내에 있다고 간주할 수 있다.

(2) 원거리. 원거리에서 불꽃제조법 장치의, 열충격 응답은 재료 응력과 전달 및 구조적반향 응답 영향의 결합에 의해 제어된다. 강한 불꽃제조법 장치의 경우, 재료 또는 재료의 모든 부분은 장치로부터 15cm 이상의 거리에 있다. 중간에 구조적 불연속 지점이 없는 경우 재료는 1000g - 5000g의 피크 가속도와 100,000Hz보다 높은 실제 스펙트럼 콘텐츠를 경험하게 될 것이다. 강도가 약한 불꽃제조법 장치의 경우, 피크 가속도 수준과 스펙트럼 수준이 감소되는 7.5cm 이상의 거리에 있다고 그 원거리를 간주할 수 있다.

### 1.3 제한사항.

열충격의 매우 전문화된 특성으로 인해, 참고규격 a, b, c, d에 포함된 정보를 신중히 고려한 후에만 열충격을 적용한다.

a. 이 방법에는 재료가 모든 기계적 충격/파도 진동, 선상 충격 또는 EMI 충격의 결과로서 받는 충격 영향이 포함되지 않는다. 이러한 유형의 충격들은 본 표준 또

는 다른 표준에서 해당 방법을 참조하기 바란다.

b. 이 방법에는 불꽃제조법 장치의 충격에 민감한 기폭 시스템이 받는 영향이 포함되지 않는다. MIL-STD-331에 따라 기폭 장치 및 기폭 장치 구성품의 전 및 작동을 위한 충격 시험을 수행할 수 있다.

c. 이 방법에는 고온 또는 저온에서 열충격 시험을 수행하기 위한 특수한 규정이 포함되지 않는다. 별다른 지정이 없거나 높거나 낮은 작동 온도가 열충격 환경에 가해질 수 있다고 판단할 만한 뚜렷한 이유가 있는 경우 실내 대기 온도에서 시험을 수행한다.

d. 이 방법에는 열충격이 기계적으로 모의시험되는 경우 열충격 장치 또는 기계적 시험 장비 고장의 결과로서 계획되지 않은 시험 중단과 관련된 지침이 포함되지 않는다. 일반적으로, 열충격 장치 고장 또는 중단이 기계적 충격 펄스 중에 발생하는 경우 해당 충격 펄스를 반복한다. 중단된 충격에서 발생된 응력이 그 이후의 시험 결과를 무효화하지 않도록 각별히 주의해야 한다. 충격 전 시험 재료 구조적 및 기능적 무결성을 확인하기 위해 재료의 전체 무결성을 검사한다. 시험 순서를 진행하기 전에 그러한 중단으로부터의 자료를 기록 및 분석한다.

e. 이 시험법은 유인 항공 수송 매체 시험에 적용하기 위함이 아니다(참고규격 a 참조).

f. 이 시험법은 유도 폭파, EMI 및 열 효과와 같은 2차 영향을 처리하지 않는다.

g. 이 시험법은 유해한 무기의 관통 또는 폭발로 인한 영향에 적용되지 않는다.

## 2. 적합화 지침

### 2.1 열충격 시험법 선택.

요건을 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 열 충격이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법에 대한 필요성을 확인하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다.

#### 2.1.1 열충격의 영향.

일반적으로, 열충격은 모든 전기 자재에 대한 역효과를 산출할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 역효과의 수준은 일반적으로 열충격의 수준 및 지속시간에 따라 증가되며 열충격의 소스(불꽃제조법 장치)로부터의 거리에 따라 감소된다. 재료 안에 있는 마이크로 전자 컴포넌트의 자연 주파수 파장에 해당하는 파장을 가진 재료 응력파를 산출하는 열충격의 지속시간은 역효과를 높일 것이다. 일반적으로, 구조적 구성은 단지 탄성파를 전송할 뿐 열충격에는 영향을 받지 않는다. 다음 목록은 열충격과 관련된 문제의 예를 제공할 뿐, 포괄적인 것은 아니다.

a. 마이크로 전자 칩의 구조적 무결성이 파괴된 결과로서 군수품 파손.

- b. 릴레이 소음 결과로서 군수품 파손.
- c. 회로 카드 고장, 회로 카드 손상 및 전자 커넥터 고장 결과로서 재료 결함. 경우에 따라, 회로 쇼트를 일으킬 수 있는 가능성을 지닌 회로 카드 오염 물질은 열충격 하에서 제거될 수 있다.
- d. 크리스탈, 세라믹, 에폭시 또는 유리의 갈라진 금 또는 부서짐의 결과로서 군수품 파손.

### 2.1.2 기타 다른 방법의 순서

- a. 일반사항. 제1부의 5.5절 참조.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 수명 주기 개요에 다른 언급이 없을 경우, 열충격은 일반적으로 수명 주기 끝에서 발생되므로, 시험 순서 후반에 열충격 시험 일정을 정한다. 일반적으로, 열충격 시험은 고유 특성으로 인해 다른 시험과는 독립적이라고 간주할 수 있다.

## 2.2 절차 선택.

이 시험법은 네 가지 열충격 시험 절차를 포함한다.

- a. 절차 I - 실제 구성이 갖춰진 근거리. 실제 군수품 및 관련 불꽃제조법 충격 시험 장비 구성을 사용하여 근거리 환경의 열충격 복제.
- b. 절차 II - 모의시험된 구성이 갖춰진 근거리. 실제 군수품을 사용하지만 평평한 스틸 판 뒷면에 탑재된 장치와 같이 시험 품목과는 분리된 관련 불꽃제조법 충격 시험 장치를 사용하여 근거리 환경의 열충격 복제. (이 경우 일반적으로 재료 구성 및 시험 품목과 관련된 플랫폼이 보다 적게 손상되므로 시험 비용이 절감된다. 이 방법은 다양한 열충격 수준에서의 반복된 시험에 사용할 수 있다.)
- c. 절차III - 기계적 시험 장치가 갖춰진 원거리. (전기 역학 셰이커의 주파수 제한 범위로 인해 전기 역학 셰이커 이외의) 열충격 피크 가속도 진폭 및 주파수 콘텐츠를 모의시험 하는 기계적 장치를 사용하여 원거리 환경의 열충격 복제.
- d. 절차IV - 전자역학적 셰이커가 갖춰진 원거리. 열충격에 대한 매우 낮은 주파수 구조적 반향 응답을 모의시험하기 위한 전기 역학 셰이커를 사용하여 원거리 환경의 열충격 복제.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

시험 자료 요건에 기초하여 적용할 수 있는 시험 절차를 결정한다. 대부분의 경우, 절차의 선택은 재료에 대한 열충격의 영향을 완화하는 데 사용할 수 있는 모든 구조적 불연속 지점들을 자세히 기록하여 실제 재료 구성을 통해 명시될 것이다. 어떤 경우, 절차의 선택은 시험 실용성에 의해 추진될 것이다. 군수 모드와 작전 모드에서 모두 수명 주기 동안 군수품에 예상되는 모든 열충격 환경을 고려한다. 절차를 선택할 때 다음 사항을 고려한다.

- a. 군수품의 작동 목적. 요건 문서에서 열충격 환경 중이나 이후에 군수품에 의해 수행되어야 하는 기능을 확인한다.
- b. 열충격의 자연 노출 상황. 군수품 또는 군수품의 일부가 불꽃제조법 장치의 근거리 또는 원거리에 있는지 확인한다. 군수품 또는 군수품의 일부가 불꽃제조법 장치의 근거리 또는 원거리에 있는 군수품의 특수한 절연은 존재하지 않으며 이전에 측정된 현장 자료가 없는 경우 절차 I 또는 II만을 적용한다. 군수품의 일부가 불꽃제조법 장치의 원거리에 없으며 측정된 현장 자료가 존재하는 경우, 처리된 현장 자료가 시험 장치의 가능 진폭 및 주파수 범위를 지원한다면 절차 III을 적용한다. 전체 군수품이 원거리에 있으며 구조적 응답에 영향을 받는 경우 처리된 자료가 전기 역학 셰이커의 매우 낮은 주파수 범위(3000Hz까지)를 지원한다면 절차 IV만 적용한다. 전체 군수품이 원거리에 있으며 처리된 자료가 전기 역학 셰이커의 매우 낮은 주파수 범위를 지원하지 않는 경우 절차 III을 적용한다. 모든 경우에 있어 군수품의 전체 진폭 및 노출 주파수 범위 상에서의 시험을 위해 하나의 시험이 충분히 고려될 것이다. 다양한 시험 절차를 다양한 주파수 범위에 적용하기 위한 목적으로 열충격에 대한 측정되거나 예측된 응답을 개별 주파수 범위로 나눠서는 안 된다.
- c. 필요한 자료. 재료가 유지되고 의도했던 대로 작동하는지 확인하는 데 필요한 시험 자료.
- d. 절차 순서. 2.1.2절을 참조한다.

## 2.2.2 절차 간 차이.

- a. 절차 I - 실제 구성을 갖춘 근거리. 절차 I는 작동 모드 및 실제 구성(군수품/불꽃제조법 장치의 물리적 구성)에서 (기계적, 전기적, 유압 및 전자적) 군수품을 시험하고, 의도했던 설치된 구성에서 실제 불꽃제조법 시험 장치를 사용하여 시험했을 경우 시험에서 요구하는 대로 유지되고 작동할 수 있는지 확인하기 위함이다. 절차 I에서는 군수품 또는 군수품의 일부가 불꽃제조법 장치의 근거리 안에 있다고 가정한다.
- b. 절차 II - 모의시험된 구성을 갖춘 근거리. 절차 I는 작동 모드 및 실제 구성(군수품/불꽃제조법 장치의 물리적 구성)에서 (기계적, 전기적, 유압 및 전자적) 군수품을 시험하고, 실제 군수품/불꽃제조법 장치의 물리적 구성에 있을 때 시험에서 요구하는 대로 유지되고 작동할 수 있는지 확인하기 위함이다. 이 절차에서는 군수품의 특정 부분이 강한 또는 조금 강한 불꽃제조법 장치의 근거리 안에 놓여 있다고 가정한다. 이 절차를 사용하여 전체 규모의 시험을 통해 실제 플랫폼/군수품의 구조적 구성을 복제하려 해야 한다. 이러한 시도가 많은 비용을 필요로 하거나 비현실적일 경우, 스케일링(scaling) 과정에서 중요한 구성 세부 사항이 생략되지 않고 전제할 때 확대된(scaled) 시험을 사용한다. 사실상, 구조의 나머지 부분이 군수품 응답에 영향을 주지 않는다고 어느 정도 가정할 수 있을 때, 군수품에 직접 영향을 주는 구조적 부분만 시험에 포함될 수 있다. 경우에 따라, 편의를 위해, 군수품이 탑재되고 불꽃제조법 차지가 연결되는 평평한 스틸판과 같은 재료를 시험하기 위해 특수한 불꽃제조법 시험 장치를 사용할 수 있다.

c. 절차 III - 기계적 시험 장치를 사용하는 원거리. 열충격은 기존의 고 가속도 진폭/주파수 시험 입력 장치를 사용하여 적용할 수 있다. 참고규격 c는 다른 시험 입력 장치, 장점 및 제한 사항을 찾아볼 수 있는 소스를 제공한다. 이 절차에서는 군수품의 모든 부분이 불꽃제조법 장치의 원거리에 있다고 가정한다. 그러한 시험을 위한 지침 및 고찰사항을 보려면 참고규격 c를 참조하기 바란다.

d. 절차 IV - 전기 역학 셰이커를 사용한 원거리. 경우에 따라, 열충격 응답은 기존의 전기 역학 셰이커를 사용하여 복제할 수 있다. 이 절차에서는 군수품의 모든 부분이 불꽃제조법 장치의 원거리에 있으며, 군수품의 구조적 플랫폼 반향 응답에 단독으로 영향을 받는다고 가정한다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

네 가지 열충격 절차 중 하나(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 적용가능한 시험 조건/기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작성 환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하라. 시험 수준을 선택할 때 다음을 고찰할 것.

#### 2.3.1 일반 고찰사항 - 용어.

a. 일반적으로 응답 가속도는 열충격 측정에 있어 실험적인 변수일 것이다. 그러나, 측정 변수 및 계측 시스템의 해석, 기능 및 제한과 계측 시스템이 잘 정의된 경우, 이 변수에 상관없이 속도, 변위 또는 응력과 같은 다른 측정 변수가 아날로그 방식으로 측정 및 처리될 수 있다. 군수품의 응답을 정확히 기록하려면 계측 시스템의 기능 및 불꽃제조법 장치가 생성하는 고주파 환경에 각별히 주의해야 한다. 참고규격 a와 b는 열충격 측정 기술 간의 장/단점을 자세히 설명한다. 모든 경우에 있어, 참고규격 b의 지침을 구현한다. 이 시험법의 목적을 위해, 다음의 용어는 열충격 시험을 통해 얻는 응답 측정값 분석에 관한 설명에서 도움이 될 것이다. 용어의 정의를 쉽게 하기 위해, 각 용어를 전형적인 열충격 측정에 대해 설명하고 있다. 그림 517-1은 충격 전 계측기 잡음층과 열충격 이후의 잡음층이 표시되는 측정된 원거리 열충격의 가속도 시간 이력 플롯을 제공한다. 열충격 전 잡음 측정값과 열충격 후 결합된 잡음 및 낮은 수준의 잔여 구조 응답 모두를 포함하는 측정 자료를 제공해야 한다. 세 개 개별 시간에서의 수직선은 "단기 지속시간"의 잘려진 열충격 응답과 "장기 지속시간"의 열충격 응답을 식별하는 데 사용된다. 첫 번째 수직선 앞에 있는 열충격 전 시간 간격은 계측 시스템 잡음층을 포함하며 측정 신호 참조 수준으로 사용된다. 열충격 시간 간격에는 사건의 중요한 모든 응답 에너지를 포함한다. 세 번째 수직선 이후에 있는 열충격 후 시간 간격은 열충격 전 시간 간격과 동일한 지속시간으로서 열충격의 응답 에너지에 맞지 않는 열충격의 일부 잔여 잡음 외에도 계측 시스템 잡음을 포함한다. 열충격 전과 열충격 후 진폭 수준이 실제로 열충격과 비교되는 경우에는 열충격을 식별하기가 어려울 것이며 열충격 사건의 시작 및 종결 부분을 결정하는 데 있어 엔지니어링 판단을 이용해야 한다. 모든 경우에 있어, 열충격 측정 정보과 함께 열충격 전 및 열충격 후 측정 정보를 분석하는 일은 반드시 필요하다. 열충격에서 수집한 모든 자료를 확인한다. 참고규격 b는 이를 위한 지침을 제공한다. 확인을 위한 가장 간단하면서도 매우 신중을 기해야

하는 기준 중 하나는 아마도 모든 작은 잔여 오프셋을 제거한 이후에 신호 시간 이력의 통합하는 일일 것이다. 통합된 신호가 제로 교차를 가지며 단조 형태로 증가하는 처럼 보이지 않는다면 열충격은 이 확인 시험을 통과한 것이다. 그림 517-2는 그림 517-1의 장기 지속시간 열충격의 속도 플롯을 제공한다.

(1) 유효 과도 지속시간: “유효 과도 지속시간”  $T_e$ 는 초기의 최대 유효 측정값 바로 전에 계측 시스템의 잡음층에서 시작하여, 진폭 시간 이력이 측정 잡음과 그 이후에 쇠퇴되는 구조적 응답의 결합이 되는 지점으로 진행되는, 모든 유효 진폭 시간 이력 크기를 포함하는 최소 시간 길이를 말한다. 일반적으로, 열충격 사건을 정의하기 위해서는 경험많은 분석가가 적절한 측정 정보를 결정해야 한다. 열충격의 지속시간이 길수록 낮은 주파수 정보가 더 많이 보존되는데, 이 정보는 열충격의 원거리 시험 고찰사항에서 중요시될 것이다. 근거리 시험 고찰사항의 경우, 일반적으로, 측정 시스템의 범위가 더 높기 때문에 유효 과도 지속시간이 훨씬 더 짧을 것이다. 진폭 기준에 따르면 열충격 후 진폭 시간 이력 포락선의 진폭이 열충격 전 진폭 시간 이력에 나타난 계측 시스템의 잡음층 보다 12db이상 높지 않아야 한다. 그림 517-1을 보려면 열충격의 지속시간에 대해 최소 두 개의 논리적 시간 간격이 있는 것처럼 보인다. 첫 번째 지속시간은 열충격 시작 부분 뒤에 약 3.5밀리초 지점에서 고주파 정보(그림 517-1에서의 두 번째 수직선)가 끝나자마자 이어진다. 두 번째 지속시간은 그림 517-1에서의 세 번째 수직선으로 표현되는데, 일부는 열충격 시작 후 약 6.6밀리초 지점에 있고 일부는 외견상으로 저주파 구조의 응답이 감쇠되었다(그림 517-1에서의 세 번째 수직선). 이러한 판단은 진폭 기준 및 저주파 기준을 사용한 진폭 시간 이력의 검사를 기초로 하였다. 그림 517-3은 dB와 시간 단위로 열충격의 절대값 진폭을 나타내는 플롯을 제공한다. 이 그림은 열충격의 유효 지속시간을 결정하기 위한 정밀한 기준을 제안하는 데 있어 어려움을 보여준다. 초기 잡음층 수준은 장기 지속시간 열충격 이후에는 결코 얻을 수 없다. 그림 517-4는 SRS를 사용하여 517-1의 서로 다른 두 개의 열충격 지속시간, 예를 들면, 단기 지속시간 열충격(3.5ms)와 장기 지속시간 열충격(6.6ms)에서 SRS 처리상의 차이점을 보여준다. 100Hz 부근에서 단 하나의 뚜렷한 차이점이 명확히 나타난다. 선택한 자연 주파수(특히 고주파)에서의 SRS의 크기는 유효 과도 지속시간과 아주 무관할 수 있다.

(2) 충격 응답 스펙트럼 분석: 참고규격 e에서는 절대 가속도 극최대 충격 응답 스펙트럼(SRS)을 정의하고 기존 펄스에 대해 계산되는 SRS의 예를 제공한다. 제공된 진폭이 감소되지 않는 발진기 자연 주파수  $f_n$ 의 SRS 값은 진폭이 감소되는 단일 자유도 시스템의 주어진 기준 입력의 크기에 대한 양과 음의 최대 가속도 응답의 절대값으로 정의된다. 기준 입력은 지정된 지속시간(지정된 지속시간은 유효 과도 지속시간  $T_e$ ) 상에서 측정되는 충격이다. 열충격 응답 자료의 처리를 위해, 절대 가속도 극최대 SRS를 기본 분석 기술자(descriptor)로 하였다. 이러한 열충격의 측정 지속시간에서 극최대 절대 가속도 값은 기준 입력이 가로 좌표를 따라 그려질 때 단일 자유도 시스템의 진폭이 감소되지 않는 자연 주파수를 갖는 세로좌표에 그려진다. 열충격에 대한 보다 정확하고 원거리에서 열충격 손상 비교에 매우 유용할 수 있는 설명은 극최대 의사 속도 응답 스펙트럼을 결정하고 그 스펙트럼을 4-좌표 용지에 그림으로써 얻을 수 있다. 4-좌표 용지에는 두 개의 직교 좌표 쌍이 있는데, 하나의 직교 좌표 쌍은 (1) 극최대 의사 속도 응답 스펙트럼이 세로 좌표로

표현되고 진폭이 감소되지 않는 자연 주파수가 가로 좌표로 표현되며, 다른 하나의 직교 좌표 쌍은 (2) 극최대 절대 가속도를 세로 좌표로 하고 극최대 의사 변위를 가로 좌표로 표현한다(참고규격 e). 특수 발전기의 진폭이 감소되지 않는 자연 주파수에서의 극최대 의사 속도는 충격의 손상 가능성을 보다 잘 표현 하다고 간주한다. 그 이유는 단일 자유도 시스템의 요소에서 응력 및 스트레인과 관련되어 있기 때문이다(참고규격 f, g, h). 극최대 의사 속도 응답 스펙트럼은 (1) 단일 자유도 시스템의 진폭이 감소되지 않는 자연 주파수로 극최대 절대 가속도 응답 스펙트럼을 나누거나, (2) 단일 자유도 시스템의 진폭이 감소되지 않는 자연 주파수를 극최대 상대 변위값에 곱하여 계산할 수 있다. 두 가지 계산 방법에서의 양 평균값은 모두 두 번째 계산 방법이 극최대 의사 속도 응답 스펙트럼의 정의에 있어 보다 기초적인 경우 보다 낮은 주파수 영역에서의 가능성을 제외하고는 기본적으로 동일한 스펙트럼을 제공한다. 그림 517-5는 그림 517-1의 열충격 기록에 대한 극최대 절대 가속도 SRS의 추정값을 제공한다. 그림 517-6은 4-좌표 용지 상의 이 기록에 대한 극최대 의사 속도 추정값을 제공한다. 100Hz 아래의 정보는 이러한 추정값의 처리에 유효하지 않은 것으로 간주한다. 일반적으로, 열충격 사건 지속시간에서의 SRS와 12분의 1 옥타브 간격을 가지며  $Q=10$ ( $Q=10$ 은 임계 진폭 감소가 5%인 단일 자유도 시스템에 해당됨)인 열충격 전 및 열충격 후에 대한 동일한 지속시간 상에서의 SRS를 계산한다. 이 시험이 시험소 모의시험에 사용하려는 경우 처리에서 두 번째  $Q$  값 50( $Q=50$ 은 임계 진폭 감소가 1%인 단일 자유도 시스템에 해당됨)을 사용한다. 극최대 절대 가속도 SRS를 열충격의 기본 표시 방법으로 하도록 권장한다. 충격과 단순 시스템 손상을 연관시키는 것이 바람직한 경우에는 극최대 의사 속도 SRS를 보조 표시 방법으로 하도록 권장하며, 또한 그렇게 하는 편이 유용하다.

(3) 에너지 스펙트럼 밀도(Energy Spectral Density): 참고규격 a는 지속시간  $T_e$  동안의 열충격에 대한 ESD(Energy Spectral Density) 추정값을 언급하고 있다. 이 설명에서, 총 열충격의 적절히 확대된 푸리에 변형 크기는 일정한 간격의 주파수 세트에서 계산되며 진폭과 주파수의 2차원 플롯으로 표시된다. 진폭 단위는  $(\text{units}^2\text{-sec}/\text{Hz})$ 이다. ESD 추정값을 결정할 때, 모든 열충격 사건이 블록 안에 포함되지만 열충격의 지속시간을 벗어나는 초과 잡음은 블록 안을 0으로 채움(zero-padding)으로써 제거하는 것과 같이, 고속 푸리에 변형 블록 크기가 선정되어야 한다. ESD 표현은 몇 개의 열충격에서 주파수 대역 내 에너지 분포를 비교할 때 유용하다. 그러나, 인접한 주파수 구성요소들이 평균화되지 않는 경우, 세로 좌표에서 표준화된 랜덤 오류의 퍼센트는 100%가 된다.  $n$ 개의 인접 세로 좌표의 평균을 구하면 표준화된 랜덤 오류의 퍼센트가 주파수 분해능이 감소된  $1/n$ 로 감소된다. 열충격 전 및 열충격 후의 ESD 추정값 계산은 열충격 전 잡음의 주파수 특성과 열충격 후 잡음 및 구조적 응답의 결합과 비교할 때 열충격의 개별 주파수 특성에 대한 유용한 정보를 제공한다. 그림 517-7은 그림 517-1의 열충격과 열충격 전 및 열충격 후 사건의 ESD 추정값을 제공한다.

(4) 푸리에 스펙트럼: 참조 a는 지속시간  $T_e$ 의 열충격에 대한 FS(Fourier Spectra) 추정값을 언급하고 있다. 이 설명에서, 총 열충격의 적절히 확대된 푸리에 변형 크기의 제공은 일정한 간격의 주파수 세트에서 계산되며 진폭과 주파수의 2차원 플롯으로 표시된다. 진폭 단위는  $(\text{units-sec})$ 이다. FS 추정값을 결정할 때, 모든 과도 펄스가 블록 안에 포함되지만 과도 펄스의 지속시간을 벗어나는 초과 잡음은 블록

안을 0으로 채움(zero-padding)으로써 제거하는 것과 같이, 고속 푸리에 변형 블록 크기가 선정되어야 한다. FS 추정값의 경우 이 표현은 몇 개의 열충격에서 전체 주파수 대역 내 눈에 띄는 주파수 구성요소를 찾아내는 데 유용하다. 인접한 주파수 구성요소들이 평균화되지 않는 경우, 세로 좌표에서 표준화된 랜덤 오류의 퍼센트는 100%가 된다. n개의 인접 세로 좌표의 평균을 구하면 표준화된 랜덤 오류의 퍼센트가 주파수 분해능이 감소된  $1/n$ 로 감소된다. 열충격 전 및 열충격 후의 ESD 추정값 계산은 열충격 전 잡음의 주파수 특성과 열충격 후 잡음 및 구조적 응답의 결합과 비교할 때 열충격의 개별 주파수 특성에 대한 유용한 정보를 제공한다. 그림 517-8은 그림 517-1의 열충격과 열충격 전 및 열충격 후 사건의 ESD 추정값을 제공한다. 이 플롯은 그림 517-7의 ESD 플롯에 해당한다.

(5) 기타 시험법: 지난 몇 년 동안 열충격 자료 처리에 유용할 것이라 생각되는 최소 두 가지의 다른 기술들이 제안되어 왔다. 참고규격 i에서는 다양한 주파수 대역 상에서 열충격의 특성을 비교하기 위한 시간 영역이나 임시 모멘트의 이용을 설명한다. 이 기술의 유용성은 열충격이 단순 가변 생산 모델로 표현될 수 있는 경우 시간 모멘트가 선택한 필터 대역폭 상에서 일정해야 한다는 사실에 존재한다. 그러므로, 열충격은 추계학 모의시험에 유용하게 사용할 수 있는 모델로 표현될 수 있다. 참고규격 j는 기계적 충격에 대한 이러한 근거를 탐구한다. 참고규격 k는 진동의 웨이브렛 사용을 설명한다. 이 자료에서는 특히 열충격이 다양한 주파수와 같은 다양한 시간 스케일의 충격 지속시간에서의 시간 간격에 있는 정보를 포함하는 경우 웨이브렛 처리가 열충격 설정에 유용할 수 있다고 제안하고 있다. 이러한 처리 형태는 과도 펄스의 검사 수준이 보다 복잡해지고 웨이브렛 처리가 실제 랜덤화 현상을 표현하는 데 보다 유용하다고 증명되는 경우 차후에 보다 널리 통용될 가능성이 높다.

b. 일반적으로, 열충격 시험의 경우, 단일 응답 기록을 얻게 된다. 경우에 따라, 적절한 통계적 방식으로 처리된 등가 응답들을 결합하는 것이 편리하거나 반드시 그렇게 해야 할 수도 있다. 참고규격 l과 본 표준의 시험법 516.5 및 부록 516.5A는 일련된 시험에서 처리된 결과들을 통계적으로 요약하는 데 있어 몇 가지 옵션을 설명한다. 일반적으로, SRS, ESD 또는 FS에서 처리된 결과는 보다 정규적으로 분포된 추정값을 제공하기 위해 대수적으로 변환된다. 이 점은 일련된 시험에서 자료를 거의 이용할 수 없어 변화되지 않은 추정값의 확률 분포가 정규적으로 분포되었다고 가정할 수 없기 때문에 중요하다. 일반적으로, 처리된 결과의 결합은 작은 견본 통계 정보 범주에 속하게 되며 신중하게 고려되어야 한다. 보통은 파라메트릭 또는 유용성이 조금 떨어지는 비파라메트릭 통계적 분석 방법이 효과적으로 적용될 수 있다.

### 2.3.2 시험 조건 - 충격 스펙트럼 과도 지속시간 및 스케일링.

군수품 환경의 측정값 또는, 이용할 수 있는 경우, 유사한 환경의 동적으로 확대된 측정값에서, SRS와 유효 과도 지속시간  $T_e$ 를 이끌어낸다. 고유의 높은 측정 랜덤화 정도와 열충격에 대한 응답과 관련된 제한된 응답 예측 방법론 때문에, 유사한 사건을 동적으로 스케일링할 때 각별히 주의하며 실행해야 한다. 열충격의 경우, 주의하여 사용할 경우 유용할 수 있는 열충격의 응답과 함께 사용할 두 개의 알려진 스케일링 방법이 있다(참고규격 a).

#### 2.3.2.1 열충격 소스 에너지 스케일링(Source Energy Scaling: SES).

첫 번째 스케일링 방법은 두 개의 서로 다른 장치의 에너지 방출량 비율에 의해 모든 주파수에서 SRS가 확대되는 소스 에너지 스케일링(SES) 방법이다.  $E_r$ 과  $E_n$ 은 두 개의 불꽃제조법 충격 장치에서의 총 에너지를 나타낼 때, 주어진 자연 주파수  $f_n$ 에서의 SRS 처리 수준의 관계와 거리  $d_1$ 은 다음 식으로 표현된다.

$$SRS(f_n | E_n, D_1) = SRS(f_n | E_r, D_1) \left( \sqrt{\frac{E_n}{E_r}} \right)$$

이 관계를 이용하는 경우, 불꽃제조법 충격 장치에서 총 에너지의 증가 또는 감소는 정확히 동일한 방법으로 구조 안에 결합될 것이다. 예를 들면, 장치로부터의 초과 에너지가 구조 안에 결합된다. 이와 반대로 공기를 통한 방법과 같은 다른 방법에서는 이러한 에너지가 방산된다.  $E_n$ 과  $E_r$ 은 시간 이력 측정값이 에너지 차이량을 나타낸다고 가정하는 경우 ESD 추정값에서(또는 Parseval 형태의 관계를 사용한 시간 이력에서) 계산되거나 불꽃제조법 장치와 관련된 물리적 고찰사항에서 얻어질 수 있다. 참고규격 a는 이 스케일링 방법이  $E_n < E_r$ 일 때 예측 이하 또는  $E_n > E_r$ 일 때 예측 이상의 값을 가져올 수 있는 상황들을 설명한다.

### 2.3.2.2 열충격 응답 위치 거리 스케일링(Response location distance scaling: RLDS).

두 번째 스케일링 방법은 SRS가 두 개 소스 사이 거리의 경험적으로 파생된 함수에 의한 모든 주파수에서 확대되는 응답 위치 거리 스케일링(RLDS) 방법이다.  $D_1$ 과  $D_2$ 가 불꽃제조법 충격 장치(점 소스)로부터의 거리일 때, 주어진 자연 주파수  $f_n$ 에서의 SRS 처리 수준 간 거리는 다음 식으로 표현된다.

$$SRS(D_2) = SRS(D_1) \exp \left\{ \left[ -8 \times 10^{-4} f_n^{(2.4 f_n - 0.105)} \right] (D_2 - D_1) \right\}$$

이 관계를 이용하는 경우, 불꽃제조법 점 소스 장치의 경우에서처럼  $D_1$ 과  $D_2$ 가 쉽게 정의될 수 있다고 가정한다. 참조 a에서 그림 517.5-9는 선택한  $D_2-D_1$ 의 값에 대해 자연주사  $f_n$  함수로서  $SRS(f_n|D_2)$  대  $SRS(f_n|D_1)$ 의 비를 표시한다. 이 그림을 보면 단일 자유도 자연 주파수가 증가할 때 고정된  $D_2-D_1 > 0$ 의 비율에서 현저한 감소가 있으며  $D_2-D_1$  증가할 때 감쇠가 나타나게 됨을 알 수 있다. 두 가지 구성 간 예측에 사용될 때 이 스케일링 관계는 구성의 유사성(1)과 (2) 동종의 불꽃제조법 장치에 크게 의존한다. 이 스케일링 관계를 적용하기 전에 참고규격 a를 참조하기 바란다.

### 2.3.2.3 열충격에서 사용할 수 있는 측정된 자료.

a. 측정된 자료를 사용할 수 있는 자료는 SRS, FS 또는 ESD를 사용하여 처리될 수 있다. 엔지니어링 및 기록을 위해 SRS를 측정된 자료 처리의 표준으로 하였다. 다음의 설명에서는 SRS를 처리 도구라고 가정할 것이다. 일반적으로 극최대 SRS 스펙트럼(절대 가속도 또는 가속도 의사 속도)이 주된 양(quantity)이 된다. 이러한 배경에서, 측정된 환경 가속도 시간 이력의 분석으로부터 시험에 필요한 충격 응답 스펙트럼을 결정한다. 자료를 신중히 선별한 후, 진폭 시간 이력에서 변칙이 없는지 확실히 확인하기 위해, 참고규격 v에 제공된 권장 설명에 따라 SRS를 계산한다. 100,000Hz를 초과하지 않고 최소 100 - 20,000Hz 범위에 걸쳐 1/12번째 옥타브보다 가늘지 않은 최소한 1/6 옥타브의 간격으로 된 연속 자연 주파수에서  $Q=10$ 일 때

분석이 수행될 것이다. 충분한 개수의 전형적인 충격 스펙트럼을 사용할 수 있는 경우 적절한 통계 기술(포락 기술)을 사용하여 필요한 시험 스펙트럼을 결정한다. 시험법 516.5의 부록 516.5A는 적당한 통계적 기술을 설명하고 있다. 자료가 가정된 기본 확률 분포에 잘 맞는 경우 파라메트릭 통계 방법을 사용할 수 있다. 정규 또는 정규 로그 분포가 적합한 경우, 부록 516.5A와 참고규격 1은 그러한 시험 수준을 추정하는 방법을 제공한다. 시험의 최소 50%에서 95% 값보다 더 크거나 같다고 정의된 최고 예측 환경에 기초한 시험 수준은 편향 허용차 간격 방법을 사용한다.

b. 통계적 분석에 사용할 수 있는 자료가 충분하지 않은 경우, 사용할 수 있는 최대 스펙트럼 자료 상에서의 증가를 사용하여 랜덤화와 고유한 환경의 변이성을 고려하기 위해 필요한 시험 스펙트럼을 설정한다. 증가의 정도는 엔지니어링 판단에 기초하며 그러한 판단의 근거에 의한 지원을 받는다. 이러한 경우, 기본 스펙트럼 상에서 극최대 스펙트럼을 계산하여 SRS를 포락하고, 계속해서 해당하는 전체 주파수 범위 상에서 SRS 극최대 포락선에 +6dB 여백을 추가하면 편리하다.

c. 열충격 시험법을 사용하는 경우, 2.3.1에 제시된 바와 같이 환경 자료의 측정 시간 이력에서 유효 과도 지속시간  $T_e$ 를 결정한다. 모든 절차에 대해, SRS 분석에 사용되는 열충격 진폭 시간 이력은 지속시간에서  $T_e$ 가 될 것이다. 또한, 차후 분석을 위해 열충격 바로 전 지속시간  $T_e$ 와 열충격 직후의 지속  $T_e$ 에 대해 측정 자료가 수집될 것이다. 일반적으로, 세 개의 직교 축의 각 개별 축은 절차 I와 절차 II에서 열충격의 전체 방향 속성의 결과로서 거의 동일한 시험 SRS와 평균 유효 지속 시간을 가질 것이다. 절차 III와 IV의 경우, 충격 시험 SRS의 형태는 축마다 다를 것이다. 절차 IV를 사용할 때 SRS 세이커 충격 복제 방법을 사용한다. 이 시험에서는 반사인, 터미널 피크 톱니 등과 같은 기존의 충격 펄스 형태를 사용해서는 안 된다.

#### 2.3.2.4 열충격에서 활용불가능한 측정된 자료.

특수한 구성에 대해 데이터 베이스를 사용할 수 없는 경우 열충격을 규정하기 위해 구성 유사성 및 모든 관련된 측정 자료를 사용한다. 열충격 측정값에서 고유의 변이성 및 폭넓은 랜덤화와 시스템 구성에 대한 열충격의 감도 때문에, 시험자는 시험 진행 시 각별히 조심해야 한다. 열충격 시험의 기본 지침으로서, 참고규격 p의 그림 517-10은 네 개의 전형적인 항공 우주 애플리케이션 불꽃제조법 점 소스 장치의 SRS 추정값을 제공한다. 참고규격 a의 그림 517-11은 SRS에서 피크의 감쇠와, 소스와의 거리를 두고 있는 그림 517-10에 나와 있는 점 소스의 SRS에서 램프의 감쇠에 대한 정보를 제공한다. 그림 517-10과 517-11의 정보는 참고규격에서 얻어진 것이다. 또한 참고규격 m에서는 연결부 상에서의 피크 SRS의 감쇠가 최대 세 개의 연결부에 대해 각 연결 부분당 40%를 차지하고, SRS의 램프 부분(log log 플롯 상의 주파수를 따라 선형으로 증가하는 부분)에 감쇠가 없도록 할 것을 권장하고 있다. 그림 517-12는 피크 진폭 시간 이력 응답의 감쇠도를 7개의 항공 우주 구조적 구성의 소스로부터의 충격 경로 거리 함수로서 제공한다. 이 정보는 참고규격 n의 내용을 요약한 것이다. SES 스케일링 방법 또는 RLDS 스케일링 방법이 안내를 제공할 수도 있다. 대부분의 경우, 절차 II 또는 절차 III는 실제로 부족한 시험이나 과도한 시험과 같은 위험이 가장 작은, 시험에 있어 최적 절차이지만, 절차 I는 이에 해당되지 않는다. 참고규격 c에 수록된

정보를 인식하며 각별한 주의 속에서 절차 II 또는 절차 III을 진행한다. 일반적으로, 과도 시험은 SRS가 100 - 20,000Hz의 최소 주파수 범위 상에서 주어진 SRS 요건과 같거나 초과하고 과도 시험의 유효 과도 지속시간( $T_e$ )본 표준 열충격 응답과도 지속시간( $T_e$ )에서 유효 과도 지속시간의 20% 안에 드는 경우 적합하다고 간주된다(시험 허용차는 4.2.2 참조).

### 2.3.3 시험 축, 지속시간 및 충격 사건의 수.

#### 2.3.3.1 일반사항.

각 축에 적합한 시험 충격은 시험 충격 시간 이력의 지정된 지속시간을 사용할 때와 충격의 유효 과도 지속시간( $T_e$ )가 지정된  $T_e$  값의 20% 안에 들 때, 지정된 주파수 범위 상에서 필요한 시험 SRS와 같거나 초과하는 SRS를 산출하는 충격이다. 절차 I의 경우,  $T_e$ 는 지정되지 않고 측정된다. 시험 자료를 적절히 확인한 다음  $Q=10$ 일 때와 최소한 1/12 옥타브 주파수 간격에서의 극최대 가속도 SRS를 결정한다. 다음 지침도 적용될 수 있다. 주어진 열충격 사건에 한 번 노출될 가능성이 많은 재료의 경우, 각 해당 환경 조건에 대해 한 개의 충격을 수행한다. 재료가 열충격에 자주 노출될 가능성이 많고 열충격의 수를 구체적으로 파악하는 사용할 수 있는 자료가 매우 적은 경우, 예상된 서비스 사용에 기초하여 각 환경 조건에서 세 개 이상의 충격을 가한다. 하나의 구성에서 세 개 이상의 충격을 가하는 것은 통계적 신뢰성을 높이기 위함이다.

#### 2.3.3.2 절차 I.

절차 I의 경우, 어느 쪽이 충격 수가 더 많은, 지정된 시험 조건과 일치하는 충분한 수의 적합한 충격 또는 최소 세 개의 충격을 시험 품목을 가한다. 이 시험의 목표는 불꽃제조법 장치 근거리에서 열충격을 사용할 때 군수품의 물리적 및 기능적 무결성을 시험하기 위함이다.

#### 2.3.3.3 절차 II.

절차 II의 경우, 어느 쪽이 충격 수가 더 많은, 지정된 시험 조건과 일치하는 충분한 수의 적합한 충격 또는 최소 세 개의 충격을 시험 품목을 가한다. 이 시험의 목표는 불꽃제조법 장치 근거리에서 열충격을 실제 사용할 때 군수품의 물리적 및 기능적 무결성을 시험하기 위함이다.

#### 2.3.3.4 절차 III.

절차 III의 경우, 어느 쪽이 충격 수가 더 많은, 지정된 시험 조건과 일치하는 충분한 수의 적합한 충격 또는 최소 세 개의 충격을 시험 품목을 가한다. 측정된 응답 시험 요건이 단일 시험 충격 구성을 사용하는 두 개 이상의 축에서 충족될 수 있다. 따라서, 세 개의 시험 충격의 최소 반복만으로 세 개의 모든 직교 축의 모든 방향에 대해 요건이 충족될 것이다. 한편, 각 충격이 하나의 축의 하나의 방향에서만 시험 요건을 충족하는 경우 총 9개의 충격이 필요하다. 이 시험의 목표는 불꽃제조법 장치 원거리에서 열충격을 실제 사용할 때 군수품의 물리적 및 기능적 무결성을 시험하기 위함이다.

#### 2.3.3.5 절차 IV.

절차 IV의 경우, 어느 쪽이 충격 수가 더 많은, 지정된 시험 조건과 일치하는 충분한 수의 적합한 충격 또는 최소 세 개의 충격을 시험 품목을 가한다. 측정된 응답은 일반적으로 전 방향이 아닐 것이다. 절차 IV의 경우, 단일 시험 충격 구성을 사용하여 두 개 이상의 축에

서 시험 요건을 동시에 충족할 가능성은 거의 없을 것이다. 그러므로, 세 개의 모든 직교 축의 모든 방향에 대해 요건이 충족될 수 있을 것이다. 한편, 각 충격이 하나의 축의 하나의 방향에서만 시험 요건을 충족하는 경우 총 9개의 충격이 필요하다. 이 시험의 목표는 불꽃제조법 장치 원거리에서 열충격을 실제 사용할 때 군수품의 물리적 및 기능적 무결성을 시험하기 위함이다.

## 2.4 시험 품목 배치.

제1부 5.8을 참조한다. 군수품을 플랫폼에 탑재하는 작업의 세부 작업에 각별히 주의하며 실제 사용하는 동안 군수품에 대해 예상되는, 열충격의 시험 품목을 배치한다. 절차 II의 경우, 시험 품목 배치의 선택을 위한 특수한 판단 근거를 제공한다. 열충격 변동은 군수품/플랫폼 구성의 세부 작업에 특히 많은 영향을 받는다.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

다음 정보는 열충격 시험을 적절히 시행하는 데 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.7 및 5.9와, 1부 부록 A의 작업 405에 나열된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용
  - (1) 시험 시스템(시험 품목/플랫폼 구성) 상세 구성. 다음을 포함한다.
    - (a) 열충격 장치의 위치.
    - (b) 군수품의 위치.
    - (c) 불꽃제조법 장치와 군수품 간 경로 및 구조적 연결 부분의 식별을 포함하는 군수품과 플랫폼 및 플랫폼과 불꽃제조법 장치의 모든 일반적인 연결 구성.
    - (d) 군수품의 가장 가까운 부분과 불꽃제조법 충격 장치의 거리.
  - (2) 열충격 환경. 다음을 포함한다.
    - (a) 불꽃제조법 장치의 종류.
    - (b) 차지 관련 - 불꽃제조법 장치 차지의 크기.
    - (c) 차지 영향 - 기본 장치에서의 저장된 스트레인 에너지.
    - (d) 불꽃제조법 장치의 시작 방법.
    - (e) 예상 EMI 또는 열 효과.
  - (3) 절차 III 또는 절차 IV가 사용되는 경우 열충격의 유효 지속시간, 혹은, 절차 I 또는 절차 II가 사용되는 경우 불꽃제조법 차지의 크기 및 분포.
  - (4) 군수품 상에서 또는 군수품 부근에서의 측정 지점들을 포함하는 일반 군수품 배치.

### 3.2 시험 중.

시험을 수행하는 동안 다음 정보를 수집한다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.10과 제1부의 부록 A 작업 405와 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 절차 I, II, III로 시험을 진행하기 전에 설치물/군수품 배치에 손상을 평가하는 시험법.
- (2) 분석을 위해 이전 충격 시간 이력 정보의 기록.
- (3) 지정된 열충격 수준이 절차 II, III, IV에 복제되고 있는 지를 확인하기 위한 SRS 분석 기능.

### 3.3 사후 시험

다음의 사후 시험 정보를 기록한다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.13과 제1부 부록 A의 작업 405와 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용

- (1) 설치된 시험 설치물 또는 시험 품목에 의해 기록될 때 각 노출의 지속시간 및 특정 노출의 수.
- (2) 높은 계측 잡음 수준, 센서 또는 시험 결과로서의 센서판의 손실 등 모든 자료 측정 변칙 사항.
- (3) 각 사후 시험 시험 품목/설치물의 상태.
- (4) 각 사후 시험 계측 시스템의 상태.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

열충격은 설계 구성 또는 모의시험된 구성의 실제 불꽃제조법 장치, 기존의 고 가속도 진폭/주파수 시험 입력 장치 또는 제한된 특정 환경에서의 전기 역학 셰이커를 사용할 때 가해질 수 있다. 열충격 기구에는 압축된 가스 충격 튜브, 금속 간 접촉, 병기에서 발생하는 열충격 시뮬레이터, 스케일 모델에 대한 실제 불꽃제조법 장치, 완전 스케일 모델에 대한 실제 불꽃제조법 장치 또는 열충격을 활성화하는 그 밖의 장치류가 모두 해당될 수 있다. 절차 I 또는 절차 II의 경우, 병기 장비와 관련된 참고규격을 참조해야 한다. 절차 III의 경우 참고규격 c는 대신 사용할 수 있는 시험 입력 장치 소스와 그 장점 및 단점(제한)을 제공한다. 절차 III의 경우, 재료의 모든 부분이 불꽃제조법 장치의 원거리에 있다고 가정한다. 그러한 시험에 대한 지침 및 고찰사항은 참고규격 c를 참조한다. 절차 IV의 경우, 재료의 모든 부분이 불꽃제조법 장치의 원거리에 있고 측정되거나 예측된 자료가 전기 역학 셰이커의 3000Hz 주파수 제한 및 가속도 진폭 제한을 따른다고 가정한다. 또한 대형 재료의 경우, 셰이커의 속도 입력이 실제 열충격 환경에서 재료의 속도를 초과할 수 있다는 사실도 반드시 염두에 두어야 한다. 속도에 민감한 재료의 경우, 이 점은 시험 초과 중단 상황을 가져올 수 있다. 다음의 내용부터는 열충격을 재료에 전달해야 하는 시험 설비 부분을 충격 기구라고 지칭할 것이다. 그러한 충격 기구에는 절차 I와 절차 II의 불꽃제조법 충격 장치 및 설치물 구성, 절차 III의 기계적 여자기 및 설치물 구성과, 절차 IV의 전기 역학 셰이커 및 설치물 구성이 포함된다.

### 4.2 제어.

#### 4.2.1 교정.

선택한 절차의 명시된 시험 조건과 일치하도록 충격 기구를 교정해야 한다. 절차 I의 경우, 구성이 시험 계획과 부합됨을 확인하기 위한 교정 이외의 충격 전 교정 작업은 없다. 절차 II의 경우, 시험 품목이 반향판에 부착되기 전에, 교정 로드를 부착하고 원하는 시험 응답과 비교할 시험 조건에서 측정된 자료를 얻어야 할 것이다. 예비 시험 충격이 반향판 구성을 저하시키지 않도록 주의하며 실행해야 한다. 절차 III의 경우, 교정이 매우 중요하다. 시험 품목이 충격 기구에 부착되기 전에, 교정 로드를 부착하고 원하는 시험 응답과 비교할 시험 조건에서 측정된 자료를 얻어야 할 것이다. 절차 IV의 경우, 유효 과도기간에 대한 적절한 제한을 가진 SRS 방법을 사용하여 교정해야 한다. 시험 품목이 충격 기구에 부착되기 전에, 교정 로드를 부착하고 원하는 시험 응답과 비교할 시험 조건에서 측정된 자료를 얻어야 할 것이다. 절차 II, 절차 III 및 절차 IV의 경우, 교정 로드를 떼어낸 후 실제 시험 품목에 대해 충격 시험을 수행한다. 추가 교정 절차는 제1부 5.3.2와 제1부 5.2에 각각 설명되어 있다.

#### 4.2.2 허용차.

다음은 네 가지 절차의 충격 허용차를 시험하기 위한 지침이다. 모든 허용차는 극최대 가속도 SRS 상에 지정된다. 의사 속도 SRS 상에 지정되는 모든 허용차는 극최대 가속도 SRS에 대한 허용차에서 파생되어야 하며 그 허용차와 일치해야 한다. “영역”(참고규격 e)으로 정의된 측정값 배열의 경우, 허용차는 “영역” 안에 있는 측정값들의 평균으로 지정할 수 있다. 그러나, 이러한 정의는 사실상 단일 측정 허용차를 전제로 했을 경우이며 평균이 허용차 안에 들지라도 개별 측정값은 실제로 허용차를 벗어날 수 있다. 일반적으로, 하나의 영역 안에 있는 두 개 이상의 측정값에 대한 평균 계산에 기초하여 시험 허용차를 지정할 때, 허용차 대역은 대수적으로 변환된 SRS 추정값에 대해 계산되는 95/50 편향 표준 허용차 상한값을 초과하지 않거나 평균 - 1.5dB보다 작아야 할 것이다. “영역” 허용차의 모든 사용 및 평균 계산은 전문 교육을 받은 분석가에 의해 준비된 설명서를 지원해야 한다. 추가 시험 허용차 절차는 제1부 5.3.2와 제1부 5.2에 각각 설명되어 있다.

##### 4.2.2.1 절차 I와 II.

이전에 측정된 자료를 사용할 수 있거나 일련된 열충격이 수행되는 경우 1/12 옥타브 주파수 분해능으로 계산된 모든 가속도 극최대 SRS는 100Hz - 20kHz의 전체 주파수 대역폭의 최소 80% 상에서 -3dB - +6dB 안에 포함되어야 한다. 이 주파수 대역의 나머지 20% 부분의 경우, 모든 SRS는 -6dB - +9dB 안에 포함되어야 한다. SRS 크기의 최소 50%가 공칭 시험 사양을 초과해야 한다.

##### 4.2.2.2 절차 III.

이전에 측정된 자료를 사용할 수 있거나 일련된 열충격이 수행되는 경우 1/12 옥타브 주파수 분해능으로 계산된 모든 가속도 극최대 SRS는 100Hz - 10kHz의 전체 주파수 대역폭의 최소 90% 상에서 -3dB - +6dB 안에 포함되어야 한다. 이 주파수 대역의 나머지 10% 부분의 경우, 모든 SRS는 -6dB - +9dB 안에 포함되어야 한다. SRS 크기의 최소 50%가 공칭 시험 사양을 초과해야 한다.

##### 4.2.2.3 절차 IV.

이전에 측정된 자료를 사용할 수 있거나 일련된 열충격이 수행되는 경우 1/12 옥타브 주파수 분해능으로 계산된 모든 가속도 극최대 SRS는 10Hz - 3kHz의 전체 주파수 대역폭의 최소 90% 상에서 -1.5dB - +3dB 안에 포함되어야 한다. 이 주파수 대역의 나머지 10% 부

분의 경우, 모든 SRS는  $-3\text{dB} - +6\text{dB}$  안에 포함되어야 한다. SRS 크기의 최소 50%가 공칭 시험 사양을 초과해야 한다.

#### 4.3 계측.

일반적으로, 가속도는 각별한 주의를 기울이며 가속도 측정에서 의미있는 자료를 얻기 위해 사양과 일치하도록 측정된 값일 것이다(참고규격 b). 원거리에서 또는 원거리 부근에서 열충격을 측정하는 경우, 보통은 측정 시스템의 무결성이 손실된다. 경우에 따라, 레이저 속도계와 같은 복잡한 장치를 사용할 수도 있다. 이러한 경우, 측정 및 분석 요건을 충족하기 위해 계측기 진폭 및 주파수 범위 사양에 각별한 주의를 기울여야 한다.

##### a. 가속계

- (1) 5% 이하의 가로 감도.
- (2) 시험에 필요한 피크 가속도 진폭의 5 - 100%에서 10% 이내의 진폭 선형성.
- (3) 모든 열충격 측정 절차의 경우 주파수 범위가 10 - 20,000Hz일 때 +10% 이내의 평면 주파수 응답. 장치는 압전기 형태이거나 압저항 형태일 수 있다. 참고규격 b에 제공된 요건, 지침 및 주의사항과 호환되는 측정 장치를 사용한다.

b. 신호 처리. 군수품에 대한 계측기 요건과 호환되는 신호 처리를 사용한다. 특히, 여과는 응답 시간 이력 요건과 일치해야 할 것이다. 참고규격 b에 제공된 요건 및 지침과 호환되는 신호 처리를 사용한다. 특히 (1) 부착점(예를 들면, 열충격과 관련된 매우 높은 주파수를 줄이기 위한 기계적 여과)에서 직접 또는 (2) 앰프 출력에서의 가속도 신호를 여과할 때는 각별히 주의해야 한다. 잘못된 측정 자료를 여과하지 못하게 하고 앰프 출력서의 잘못된 측정 자료를 검출하는 기능을 불능으로 하기 위해 절대로 앰프로 들어가는 신호를 여과해서는 안 된다. 신호 처리 또는 레코딩 장치의 신호는 해당 주파수 범위 상에서 선형 위상 이동 필터로 디지털화하기 전에 안티 앨리어싱으로 여과되어야 한다.

#### 4.4 자료 분석.

- a. 디지털화는 해당 주파수 대역(100Hz - 20kHz)의 5퍼센트 측정 오류 이상으로 앨리어싱되지 않아야 한다.
- b. 이전 요건을 충족시키는 데 사용되는 필터의 경우, 선형 위상 이동 특성을 가진 필터를 사용한다.
- c. 가속계에 지정되는 주파수 범위 상에서 1dB 이내의 통과 대역 평탄도를 가진 필터(사용되는 경우).
- d. 분석 절차는 참고규격 b에 제공된 요건 및 지침과 부합되어야 할 것이다. 특히, 열충격가속도 진폭 시간 이력은 참고규격 b의 절차에 따라 확인되어야 한다. 각 진폭 시간 이력들은 케이블 파손, 앰프의 회전 속도 초과, 자료 잘림, 설명되지 않은 가속계 오프셋 등과 같은 측정 시스템에서의 모든 변칙 상황들을 검출하기 위해 통합될 것이다. 통합된 진폭 시간 이력은 참고규격 b에 제공된 기준과 비교해야 한다. EMI와 같은 외부 소스로부터의 방출을 검출하기 위한 절차 I와 절차 II의 경우,

감지 요소 없이 가속계를 구성하고 다른 가속계 측정값에서와 동일한 방식으로 응답을 처리한다. 이 가속계가 매우 낮은 수준의 잡음 이외의 모든 특성을 나타내는 경우, 가속도 측정값이 참고규격 b의 지침에 따라 알 수 없는 잡음 소스에 의해 오염되었다고 간주해야 할 것이다.

#### 4.5 시험 실행.

##### 4.5.1 시험 준비.

###### 4.5.1.1 준비 단계.

모든 시험을 시작하기 전에, 시험 세부 사항(예를 들면, 절차, 시험 품목 배치, 열충격 수준, 열충격의 수)을 결정하기 위해 시험 계획의 예비 시험 정보를 검토한다.

a. 적절한 시험 절차를 선택한다.

b. 이전에 처리된 자료를 이용할 수 있는 경우 그 자료에서 절차 II, 절차 III 및 절차 IV용 교정 작업에 앞서 시험에 적당한 열충격 수준을 결정한다.

c. 열충격 신호 처리 및 레코딩 장치의 진폭 범위 및 주파수 대역이 적당한지 확인한다. 적절히 피크 신호를 추정하고 계측 범위를 결정하기가 어려울 수도 있다. 일반적으로, 잘려진 신호로부터 후처리되는 자료는 없지만, 범위가 초과된 신호 처리의 경우, 보통은 측정 시스템의 잡음층보다 20dB 높은 신호에 대해 의미있는 결과를 얻을 수 있다. 어떤 경우, 과도한 측정이 적합할 수도 있다. 즉, 하나의 측정은 범위를 초과하며 다른 하나의 측정은 피크 신호에 대한 최상의 추정값 부분을 범위로 할 수 있다. 최신 레코딩 장치의 주파수 대역폭은 일반적으로는 적당하지만 장치 입력 필터링이 신호 주파수 대역폭을 제한하지 않아야 한다.

###### 4.5.1.2 예비 시험 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다.

단계1. 마이크로전자 회로 부분에 특별히 주의하여 시험 품목에 대한 전체 육안 검사를 수행한다. 플랫폼 탑재 구성 및 잠재 응력과 전송 경로에 각별히 주의한다.

단계2. 결과를 문서에 기록한다.

단계3. 해당되는 경우 시험 설치물에 시험 품목을 설치한다.

4단계. 측정 시스템이 올바르게 응답하는지 확인하기 위한 단순 시험과 함께 승인된 시험에 따라 작동 검사를 시행한다.

단계5. 시험 중 및 시험 후 얻은 자료와 비교하기 위해 결과를 문서에 기록한다.

단계6. 시험 품목이 만족스럽게 작동하는 경우 첫 번째 시험을 계속한다. 그렇지 않으면 문제를 해결한 후 1단계를 다시 시작한다.

단계7. 시험 품목을 제거한 후 교정 작업을 계속 진행한다(절차 I 제외).

###### 4.5.1.3 절차.

다음 절차는 열충격 하에서 플랫폼 및 시험 품목에 관한 필수 정보를 수집하기 위한 원리를 제공한다.

a. 절차 I - 실제 구성을 갖춘 근거리

단계1. 참고규격 c의 지침대로 수행한 후, 시험 조건을 선택한 다음 시험 품목을 올려놓는다(일반적으로 실제 하드웨어가 이 절차에 사용되는 경우 교정 작업은 없다). 참고규격 b에 요약된 기준에 맞는 가속계 및 분석 기술을 선택한다.

단계2. 시험 품목에 대한 기능 검사를 수행한다.

단계3. 불꽃제조법 시험 장치를 사용하여 과도 시험에 시험 품목(작동 모드)을 제시한다.

단계4. SRS 알고리즘으로 처리되었을 때 지정된 허용차 안에 드는 과도 충격을 보여주는 필수 자료를 기록한다. 이 자료에는 시험 기구 사진, 시험 기록 및 실제 과도 충격의 플롯이 포함된다. 시험 품목 내 충격이 분리된 조립품의 경우, 이러한 조립품들이 열충격을 감쇄시켰는지 확인하기 위해 측정하거나 검사한다.

5단계5. 시험 품목에 대해 기능 검사를 수행한다. 성능 자료를 기록한다.

단계6. 시험 중에 시험 구성의 무결성이 유지될 수 있는 경우 통계적 신뢰성을 위해 최소 세 번 2 - 5단계를 반복한다.

단계7. 시행된 각 시험들을 문서에 기록한다.

b. 절차 II - 모의시험된 구성을 사용한 근거리 시험 절차

단계1. 참고규격 b의 지침에 따라 시험 조건을 선택한 후 다음과 같이 충격 기구를 교정한다.

(a) 참고규격 b에 요약된 기준과 일치하는 가속계와 분석 기술을 선택한다.

(b) 실제로 재료를 수리하기 위해 탑재할 때와 유사한 방식으로 교정 로드(실제 시험 품목, 거부된 품목 또는 정밀한 모집단)를 시험 기구에 올려놓는다. 일반적으로 재료가 열충격을 감쇄시키기 위해 충격 절연체 상에 탑재되는 경우 시험 중에 절연체가 작동해야 한다.

(c) SRS 알고리즘으로 처리되었을 때 교정 로드(가해진 두 개의 연속 충격이 한 개축의 최소 하나의 방향에 대해 지정된 허용차 안에 드는 과도 충격을 산출할 때까지 충격 교정을 수행한다.

(d) 교정 로드를 제거한 다음 탑재 세부 요소에 각별히 주의하며 충격 기구 위에 실제 시험 품목을 설치한다.

단계2. 시험 품목에 대해 기능 검사를 수행한다.

단계3. 시험 품목(작동 모드)에 시험 열충격을 가한다.

단계4. SRS 알고리즘으로 처리되었을 때 지정된 허용차 안에 드는 과도 충격을 보여주는 필수 자료를 기록한다. 두 개 이상의 축에 대한 요건이 제공된 경우, 시험 사양이 충족되었는지 확인하기 위해 다른 축에서의 응답을 검사한다. 여기에는 시험 기구 사진, 시험 기록 및 실제 과도 충격의 사진이 포함된다. 시험 품목 내 충격이 분리된 조립품의 경우, 이러한 조립품들이 열충격을 감쇄시켰는지 확인하기 위해 측정하거나 검사한다.

단계5. 시험 품목에 대해 기능 검사를 수행한다. 성능 자료를 기록한다.

단계6. 시험 충격이 다른 축에서의 시험 사양과 일치하지 않은 경우 시험할 각 직교 축에 대해 1 - 5단계를 세 번 반복한다.

단계7. 시행된 각 시험들을 문서에 기록한다.

c. 절차 III - 기계적 시험 장치를 사용한 원거리 시험 절차

단계1. 참고규격 b의 지침에 따라 시험 조건을 선택한 후 다음과 같이 충격 기구를 교정한다.

- (a) 참고규격 b에 요약된 기준과 일치하는 가속계와 분석 기술을 선택한다.
- (b) 실제로 재료를 수리하기 위해 탑재할 때와 유사한 방식으로 교정 로드(실제 시험 품목, 거부된 품목 또는 정밀한 모집단)를 시험 기구에 올려놓는다. 일반적으로 재료가 열충격을 감쇠시키기 위해 충격 절연체 상에 탑재되는 경우 시험 중에 절연체가 작동해야 한다.
- (c) SRS 알고리즘으로 처리되었을 때 교정 로드에서 가해진 두 개의 연속 충격이 한 개축의 최소 하나의 방향에 대해 지정된 허용차 안에 드는 과형을 산출할 때까지 충격 교정을 수행한다.
- (d) 교정 로드를 제거한 다음 탑재 세부 요소에 각별히 주의하며 충격 기구 위에 실제 시험 품목을 설치한다.

단계2. 시험 품목에 대해 기능 검사를 수행한다.

단계3. 시험 품목(작동 모드로)에 시험 열충격을 가한다.

단계4. SRS 알고리즘으로 처리되었을 때 지정된 허용차 안에 드는 과도 충격을 보여주는 필수 자료를 기록한다. 두 개 이상의 축에 대한 요건이 제공된 경우, 시험 사양이 충족되었는지 확인하기 위해 다른 축에서의 응답을 검사한다. 여기에는 시험 기구 사진, 시험 기록 및 실제 과도 충격의 사진이 포함된다. 시험 품목 내 충격이 분리된 조립품의 경우, 이러한 조립품들이 열충격을 감쇠시켰는지 확인하기 위해 측정하거나 검사한다.

단계5. 시험 품목에 대해 기능 검사를 수행한다. 성능 자료를 기록한다.

단계6. 시험 충격이 다른 축에서의 시험 사양과 일치하지 않은 경우 시험할 각 직교 축에 대해 1 - 5단계를 세 번 반복한다.

단계7. 시행된 각 시험들을 문서에 기록한다.

#### d. 절차 IV - 전기 역학 셰이커를 사용한 원거리 시험 절차

단계1. 참고규격 b의 지침에 따라 시험 조건을 선택한 후 다음과 같이 충격 기구를 교정한다.

- (a) 참고규격 b에 요약된 기준과 일치하는 가속계와 분석 기술을 선택한다.
- (b) 실제로 재료를 수리하기 위해 탑재할 때와 유사한 방식으로 교정 로드(실제 시험 품목, 거부된 품목 또는 정밀한 모집단)를 전기 역학 셰이커에 올려놓는다. 일반적으로 재료가 열충격을 감쇠시키기 위해 충격 절연체 상에 탑재되는 경우 시험 중에 절연체가 작동해야 한다.
- (c) 필요한 시험 SRS에 기초하여 진폭 시간 이력이 보정된 사인파 또는 SRS 웨이브렛을 전개한다.
- (d) 교정 로드를 제거한 다음 탑재 세부 요소에 각별히 주의하며 충격 기구 위에 실제 시험 품목을 설치한다.
- (d) SRS 알고리즘으로 처리되었을 때 교정 로드에서 가해진 두 개의 연속 충격이 한 개축의 최소 하나의 방향에 대해 지정된 허용차 안에 드는 과도 충격을 산출할 때까지 충격 교정을 수행한다.
- (e) 교정 로드를 제거한 다음 탑재 세부 요소에 각별히 주의하며 전기 역학 셰이커 위에 실제 시험 품목을 설치한다.

단계2. 시험 품목에 대해 기능 검사를 수행한다.

- 단계3. 시험 품목(작동 모드)에 시험 전기 역학 열충격 모의시험을 적용한다.
- 단계4. SRS 알고리즘으로 처리되었을 때 지정된 허용차 안에 드는 과도 충격을 보여주는 필수 자료를 기록한다. 두 개 이상의 축에 대한 요건이 제공된 경우, 시험 사양이 충족되었는지 확인하기 위해 다른 축에서의 응답을 검사한다. 여기에는 시험 기구 사진, 시험 기록 및 실제 과도 충격의 사진이 포함된다. 시험 품목 내 충격이 분리된 조립품의 경우, 이러한 조립품들이 열충격을 감쇄시켰는지 확인하기 위해 측정하거나 검사한다.
- 단계5. 시험 품목에 대해 기능 검사를 수행한다. 성능 자료를 기록한다.
- 단계6. 시험 충격이 다른 축에서의 시험 사양과 일치하지 않은 경우 시험할 각 직교 축에 대해 2 - 5단계를 세 번 반복한다.
- 단계7. 시행된 각 시험들을 문서에 기록한다.

## 5. 결과 분석.

제1부 5.14와 5.17과 제1부 부록 A의 작업 405와 406에 설명된 지침에 더하여, 시험 결과를 평가할 때 다음 정보를 유용하게 사용할 수 있다. 시스템 사양의 요건과 일치해야 할 시험 품목의 모든 고장을 자세히 분석한 후 다음과 같은 관련 정보를 고려한다.

### 5.1 절차 I - 실제 구성을 사용한 근거리 시험 절차.

약간의 회로판 손상과 같은 시험 품목의 구조적 구성에서 모든 고장을 신중하게 평가한다. 이러한 고장은 해당 재료가 기능 이상 면에서 직접적인 영향은 미치지 않겠지만 실제 사용 환경 조건에서는 고장을 일으킬 것이다.

### 5.2 절차 II - 모의시험된 구성을 사용한 근거리 시험 절차.

약간의 회로판 손상과 같은 시험 품목의 구조적 구성에서 모든 고장을 신중하게 평가한다. 이러한 고장은 해당 재료가 기능 이상 면에서 직접적인 영향은 미치지 않겠지만 실제 사용 환경 조건에서는 고장을 일으킬 것이다.

### 5.3 절차 III - 기계적 시험 장치를 사용한 원거리 시험 절차.

기계적 충격 모의시험은 일반적으로 실제 열충격 사건보다 훨씬 낮은 주파수 환경(상대적으로 속도는 매우 큼)을 제공할 것이다. 그러므로, 변형된 패스너 또는 부착대와 같은 모든 구조적 고장은 시험법 516.5에 설명된 SRS 규정 충격 시험에서 발견된 고장과 매우 유사할 수 있다. 구조적 고장이 이 경우에 해당되고 구조적 고장의 원인을 외관상으로 쉽게 파악할 수 없는 경우 또 다른 절차를 수행하여 시험 요건을 충족해야 할 것이다.

### 5.4 절차 IV - 전기 역학 셰이커를 사용한 원거리 시험 절차.

기계적 충격 모의시험은 일반적으로 실제 열충격 사건보다 훨씬 낮은 주파수 환경(상대적으로 속도는 매우 큼)을 제공할 것이다. 따라서 모든 구조적 고장은 시험법 516.5에 설명된 SRS 규정 충격 시험에서 발견된 고장과 매우 유사할 수 있다. 구조적 고장이 이 경우에 해당되고 구조적 고장의 원인을 외관상으로 쉽게 파악할 수 없는 경우 또 다른 절차를 수행하여 시험 요건을 충족해야 할 것이다.

## 6. 참고규격/관련 문서.

- a. Pyroshock Test Criteria, NASA Technical Standard, NASA-STD-7003, May

18, 1999.

b. Handbook for Dynamic Data Acquisition and Analysis, IES-RP-DTE012.1, Institute of Environmental Sciences, 940 East Northwest Highway, Mount Prospect, Illinois 60056.

c. Bateman, V. I. and N. T. Davie, Recommended Practice for Pyroshock, IES Proceedings of the 42nd ATM 1995, Institute of Environmental Sciences, Mount Prospect, Illinois.

d. Zimmerman, Roger M., Section 32, VII. Shock Test Techniques, 3) Pyroshock-Bibliography, Experimental Mechanics Division I, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, April 19,1991.

e. Kelly, Ronald D. and George Richman, Principles and Techniques of Shock Data Analysis, The Shock and Vibration Information Center, SVM-5, United States Department of Defense.

f. Harris, Cyril M., ed. Shock and Vibration Handbook, 3rd Edition, NY, McGraw-Hill, 1988.

g. Gaberson, H. A. and R. H. Chalmers. Modal Velocity as a Criterion of Shock Severity, Shock and Vibration Bulletin 40, Pt. 2, (1969) 31-49.

h. Gaberson, H. A. and R. H. Chalmers. Reasons for Presenting Shock Spectra with Velocity as the Ordinate, Proc. 66th Shock and Vibration Symp., Vol. II, pp 181-191, Oct/Nov. 1995.

i. Smallwood, David O., Characterization and Simulation of Transient Vibrations Using Band Limited Temporal Moments, Shock and Vibration Journal, Volume 1, Issue 6, 1994, pp 507-527.

j. Merritt, Ronald G., A Note on Transient Vibration Model Detection, IES Proceedings of the 42nd ATM 1995, Institute of Environmental Sciences, Mount Prospect, Illinois.

k. Newland, D. E., An Introduction to Random Vibrations, Spectral & Wavelet Analysis, John Wiley & Sons, Inc., New York 1995.

l. Piersol, Allan G., Procedures to Compute Maximum Structural Responses from Predictions or Measurements at Selected Points, Shock and Vibration Journal, Vol 3, Issue 3, 1996, pp 211-221.

m. Barrett, S., The Development of Pyro Shock Test Requirements for Viking

Lander Capsule Components, Proc. 21st ATM, Inst. Envir. SC., pp 5-10, Apr. 1975.

n. Kacena, W. J., McGrath, M. B., and Rader, W. P., Aerospace Systems Pyrotechnic Shock Data, NASACR-116437, -116450, -116401, -116402, -116403, -116406, and -116019, Vol. I-VII, 1970.

o. MIL-STD-331, Fuze and Fuze Components, Environmental and Performance Tests for.

p. Himmelblau, Harry, Dennis L. Kern, Allan G. Piersol, and Sheldon Rubin, Guidelines for Dynamic Environmental Criteria (Preliminary Draft), Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, March 1997.

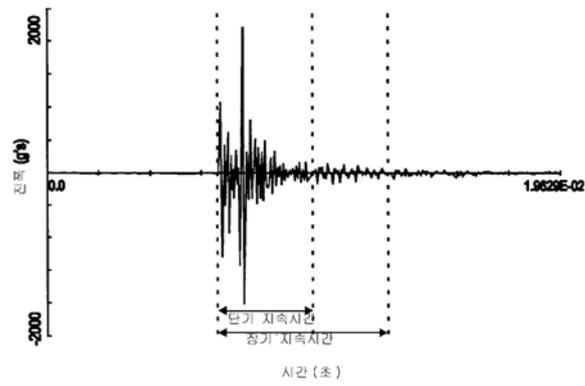


그림 517-1. 총 사건 열충격 시간 이력

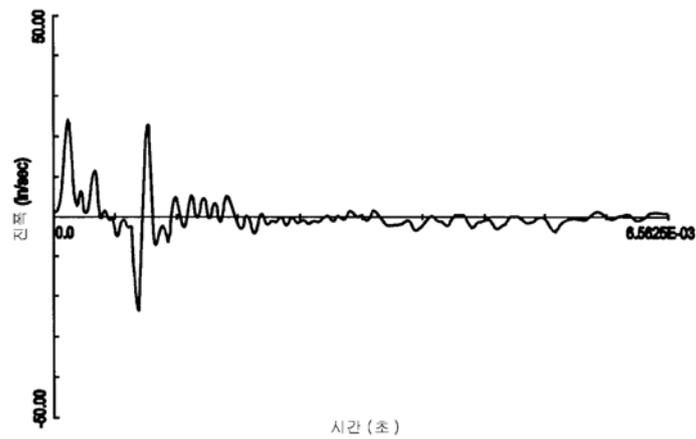


그림 517-2. 장기 지속시간 열충격 속도 시간 이력

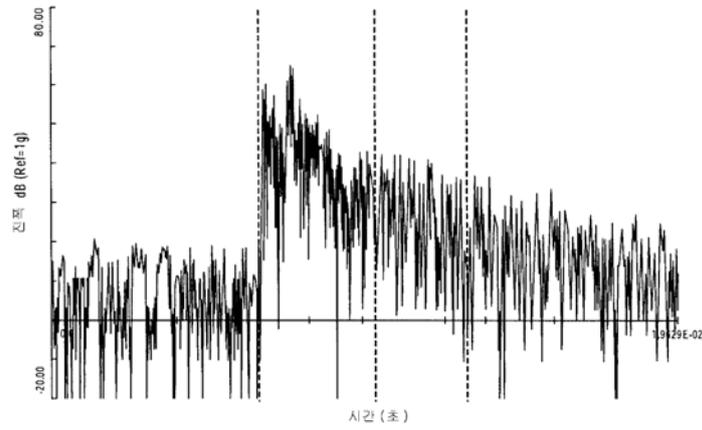


그림 517-3. 절대값 크기 시간 이력

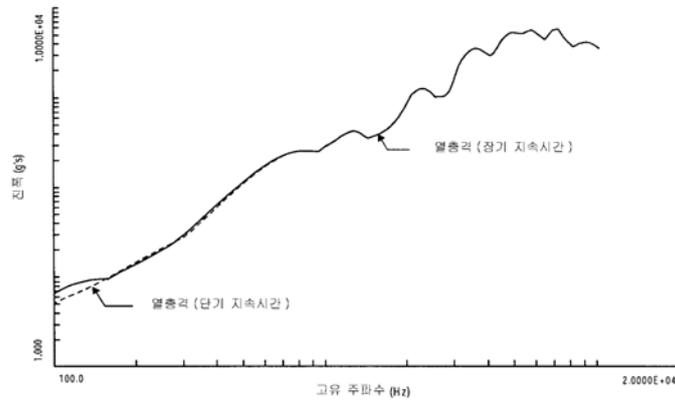


그림 517-4. 가속도 극최대(maximax) SRS -(장기 지속시간과 단기 지속시간)

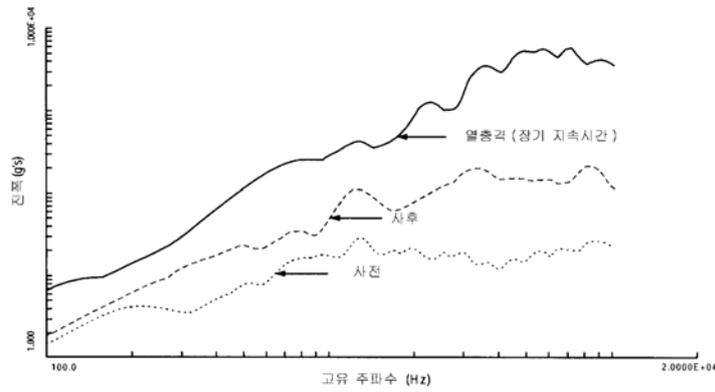


그림 517-5. 열충격, 열충격 전/후의 가속도 극최대 SRS

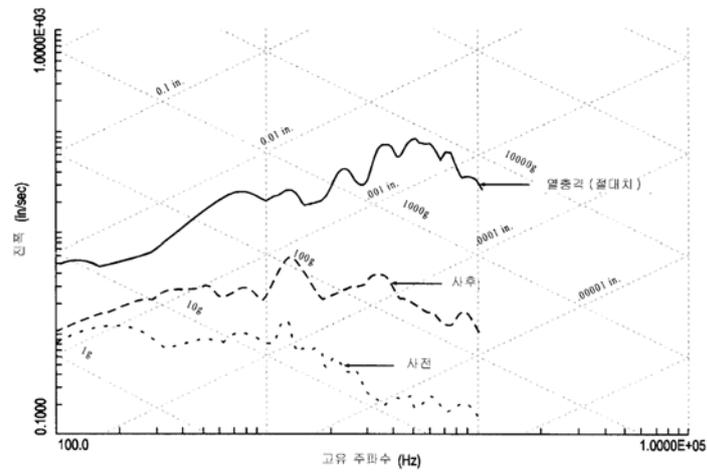


그림 517-6. 열충격, 열충격 전/후의 극최대 의사 속도 응답 스펙트럼

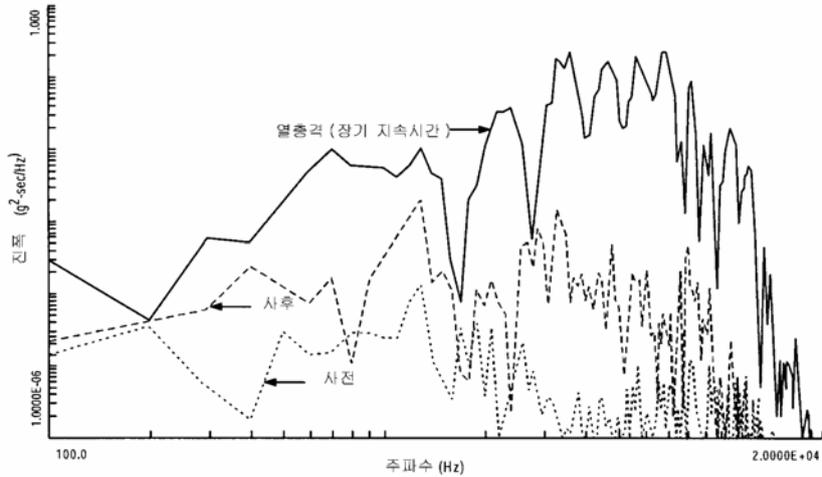


그림 517-7. 가속도 에너지 스펙트럼 밀도 추정값

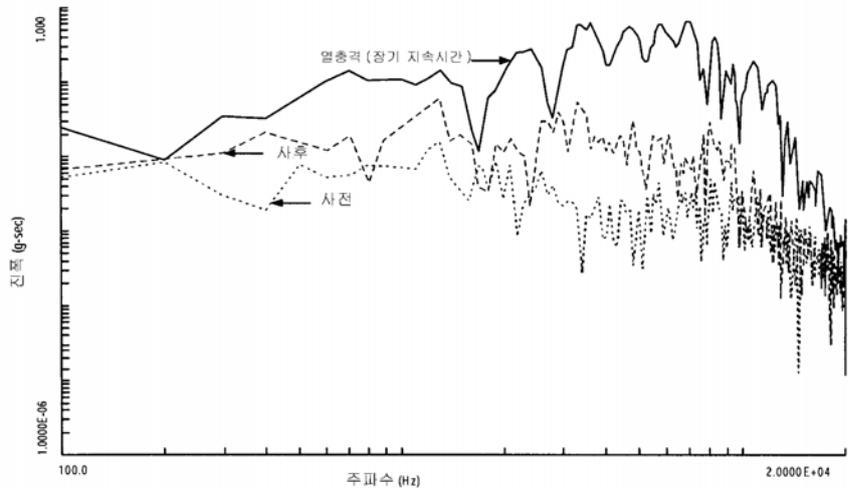


그림 517-8. 가속도 푸리에 변형 추정값

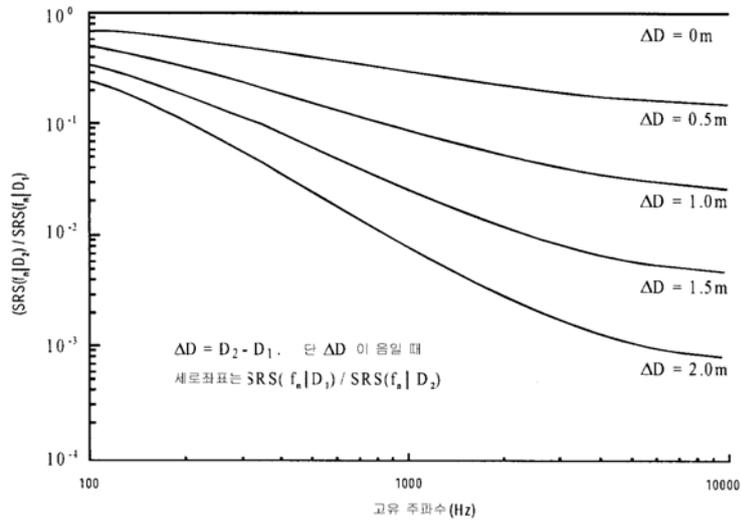


그림 517-9. 불꽃제조법 소스로부터의 거리에 대한 충격 응답 스펙트럼 교정

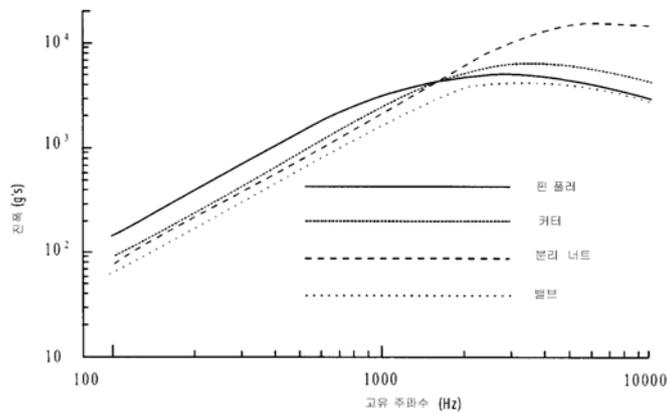


그림 517-10. 다양한 점 소스 불꽃제조법 장치에 대한 충격 응답 스펙트럼

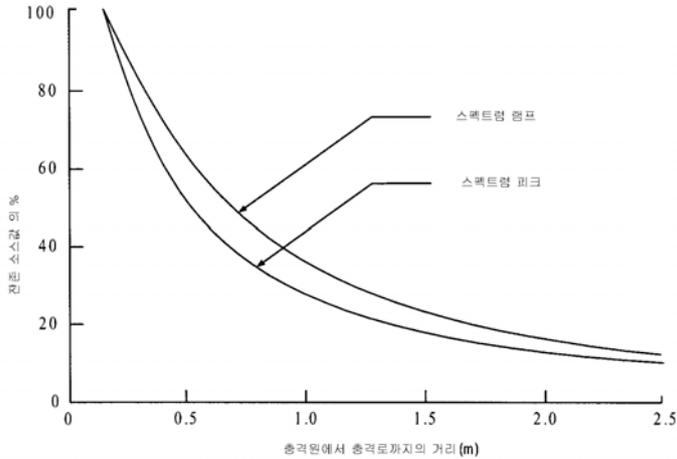


그림 517-11. 충격 응답 스펙트럼과 불꽃제조법 소스로부터의 거리

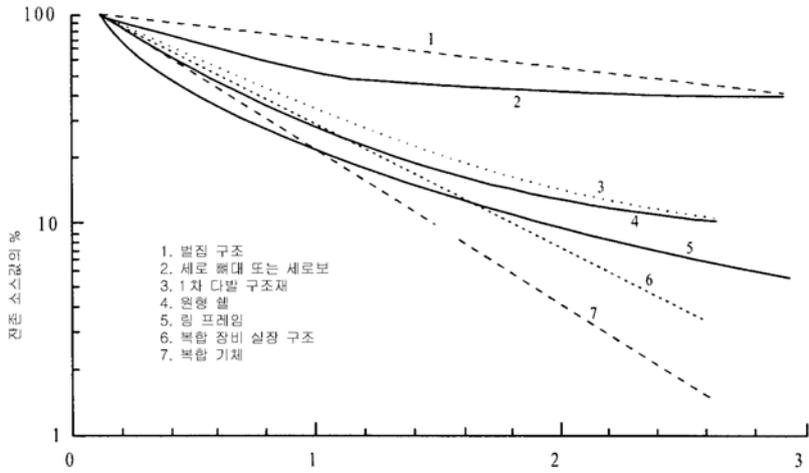


그림 517-12. 피크 열충격 응답과 불꽃제조법 소스로부터의 거리

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 시험법 518

### 산성 대기

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 산성 대기 시험을 사용하여 군수품의 저항력과 부식성 대기에 대한 보호 코팅을 결정한다.

##### 1.2 용도.

산업 지역 또는 모든 연료 연소 장치의 배기관 부근과 같은 산성 대기가 존재하는 지역에서 군수품이 보관되거나 작동될 가능성이 높음이 요건서에 명시된 경우 이 시험법을 사용한다.

##### 1.3 제한사항.

이 시험법은 염화 연무 방법을 대신하지 않으며, 유황 이산화물을 형성하는 시험 환경에서 쉽게 산화시키는 산성 유황의 효과를 평가하기에 적합하지 않다.

#### 2. 지침/요건

##### 2.1 환경의 영향.

산성 대기에 대한 관심이 증가하고 있으며, 특히 산업 지역 부근이나 연료 연소 장치의 배출 기관 부근에 있는 군수품의 경우 더욱 그러하다. 산성 대기의 노출 결과로서 발생할 수 있는 대표적인 문제들의 예를 보면 다음과 같다. 이 목록이 모든 경우를 포괄하지는 않으며 일부 예의 경우에는 범주가 같을 수도 있다. 참고규격 a는 자세한 정보를 제공한다.

- a. 표면 마무리 및 비금속 군수품에 대한 화학 작용.
- b. 금속 부식.
- c. 시멘트와 섬유재의 패임.

##### 2.2 시험 절차.

산성 대기 시험이 필요하다고 생각될 경우 대부분의 사용에 있어 이 시험법에 포함된 절차가 적합할 것이다. 적합화 옵션은 제한적이다.

##### 2.3 순서.

- a. 일반사항. 제1부의 단락 5.5를 참조한다.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 시험 순서에 관하여 적어도 두 가지 원리가 있다.

한 가지 방법은 처음에 최소 손상된 환경으로 인식되는 것을 적용하여 시험 품목 주기를 보존하는 것이다. 이 방법의 경우, 일반적으로 시험 순서의 마지막에 산소 대기 시험이 권장된다. 또 다른 방법은 상승 효과를 드러낼 가능성을 최대화하도록 환경을 적용하는 것이다. 이 방법의 경우, 진동 및 충격과 같은 동적 시험 후에 이어지는 산성 대기 시험을 생각해 보기 바란다. 모든 습도 또는 진균 시험 이후에, 또한 모래 및 먼지 시험 또는 보호재 코팅을 손상시키는 기타 시험 전에 산성 대기 시험을 수행한다. 이 시험이 가혹도면에서 염분 염무 시험과 비슷하기 때문에 각각에 개별 시험 품목을 사용하도록 권장된다.

- 모래 및 먼지 시험 침전물은 산성 효과를 억제시킬 수 있을 뿐만 아니라 보호재 코팅을 침식시킬 수 있다.
- 산성 침전물이 사상균/진균의 성장을 억제시킬 수도 있다.
- 잔여 침전물이 습도 시험 중에 화학 반응을 가속도할 수도 있다.

#### 2.4 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 적용가능한 시험 조건/기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하라. 노출 온도, 노출 시간(지속기간), 시험 품목 배치, 시험 대기의 화학 성분 및 시험 용액의 농도를 포함하는 산성 대기 시험을 정의하는 데 필수적인 파라미터를 고려한다.

##### 2.4.1 온도 가혹도.

이 절차에 사용되는 시험법과 노출 온도는 염분 염무 시험에 사용되는 것과 유사하다.

##### 2.4.2 시험 지속기간.

두 개 가혹도 수준이 정의되어 있다(참조 b). 자연적으로 부식 과정을 발생시키는 복잡성의 측면에서, 실제 노출과 정확하게 같은 경우는 있을 수 없다. 드문 노출 기간을 모의시험하거나 훨씬 더 낮은 산성 지역에서의 노출에는 가혹도 "a"를 사용한다. 습한 산업 지역에서의 약 10년 동안의 자연 노출을 표현하거나, 수송 매체 배기 시스템 가까이에서, 특히 산성 가능성이 조금 더 높은 선박 연료 배출 지역에서의 짧은 지속기간 동안 노출됨을 표현하려면 가혹도 "b"를 사용한다.

- a. 각 기간 이후에 22시간의 보관 시간을 있는 세 번의 2시간 분무기간.
- b. 각 기간 이후에 7일의 보관 시간이 있는 네 번의 2시간 분무기간.

##### 2.4.3 시험 품목 구성

재료의 구성은 산성 대기가 재료에 미치는 영향에 있어 중요한 인수이다. 그러므로, 시험하는 동안 보관 또는 사용 중인 재료의 예상된 구성을 사용한다. 최소한 다음 사항들을 고려한다.

- a. 선적/보관 컨테이너 또는 수송 케이스
- b. 보호되거나 보호되지 않음
- c. 배치됨(현실적으로 배치되거나 일반적으로 입구에 덮개가 씌워진 형태로 제한될 수 있음)
- d. 특수 용도의 키트로 변경됨.

#### 2.4.4 화학 성분 및 농도

분무를 위해, 증류수 또는 이온수에 11.9mg(6PI) 황산 용액 (95-95%)/4 리터와 8.8mg(6PI) 질산 용액 (68-71%)/4 리터가 함유된 시험 용액을 사용한다. 이 시험 용액은 미국 동부 및 산성 방출이 많은 산업 지역에서의 강우량 중에서 가장 나쁜 강우 PH로 기록된 4.17PH와 같은 용액이다. 참고규격 c는 재료에게 가해질 수 있는 부식의 형태와 함께 일반적인 화학 환경 물질에 관한 정보를 제공한다.

**경고:** 강한 산은 인체에 유해하며, 분무할 용액은 인체와 의류에 손상을 입힐 수 있다. 시험을 수행하는 조작자는 적절한 예방 조치를 취해야 한다.

**경고:** 공급자의 준수품 물질 안전 자료(MSDS) 또는 건강에 유해한 데이터를 참조한다.

- a. 분무 중에는 들어가는 안되며, 분무 후에 들어가기 전에는 현지 안전 요구사항을 충족하는 수준의 신선한 공기로 실험실을 환기시킨다. 유해한 연기의 농도가 매우 낮은 수준으로 유지되도록 하려면 일정한 간격마다 신선한 공기로 환기시킨다.
- b. 적절한 방독 마스크 및 보호 안경을 착용한다. 재료를 만질 때는 고무 장갑을 착용한다.
- c. 위험 폐기물 처리 정보를 보려면 4.1절을 참조한다.

#### 2.4.5 작동 고찰사항

일반적으로 시험 품목은 시험 중에 작동될 필요는 없겠지만, 시험 완료 후 또는 대표적인 일련의 환경 시험이 완료된 후에는 작동되어야 할 것이다.

### 3. 필요한 정보

#### 3.1 예비 시험

다음 정보는 산성 대기 시험을 적절히 수행하는 데 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.7 및 5.9절과 부록 A의 과업 405에 열거된 정보.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 가시적으로 또한 기능적으로 검사될 시험 품목의 영역과 그 영역에 포함되거나 예외가 되는 사항에 대한 설명.
  - (2) 시험이 성능을 나타내는지 존재를 나타내는지 여부.
  - (3) 요건이 안전, 안전 및 성능, 또는 시험 이후의 화학 작용 중에서 어느 것을 설명해야 하는지에 대한 정보.

(4) 기능적인 성능을 평가해야 하는 경우, 시험 품목이 작동되고 평가되어야 할 때 필요한 성능 수준.

### 3.2 시험 중.

시험 시행 중에 다음 정보를 수집한다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.10절과 부록 A 과업 406에 열거된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 실험실 온도와 시간 조건의 기록.
- (2) 시간 단위당 강하물의 양(4.1g절 참조).
- (3) pH.

### 3.3 사후시험.

다음의 사후 시험 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 1부 5.13절과 부록 A의 과업 406에 열거된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 가시적으로 또한 기능적으로 검사될 시험 품목의 영역과 포함 및 예외에 대한 설명.
- (2) 시험 변수:
  - (a) 시험 용액 pH.
  - (b) 시험 용액 강하 속도 (ml/cm<sup>2</sup>/hr).
  - (3) 부식, 전기 및 물리적 효과의 검사 결과.
  - (4) 불합격 분석 시 도움이 되는 관측.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

a. 시험실, 지지대 및 분무 장비 구성 시, 분무되는 산성 용액에 화학 작용을 일으키지 않는 재료를 사용한다. 그러면 접촉 시 재료에 대해 전해질 부식을 일으키지 않을 것이다.

b. 모든 폐기물 재료를 폐기 전에 시험할 수 있도록 시험실에 폐기물 수집 시스템이 있는 지 확인한다. 지역법, 주법 및 연방 규정에 따라 유해한 폐기물로 판단되는 모든 재료를 배치한다.

c. 시험실의 천장 및 벽과 시험 품목에서 떨어지는 산성 시험 용액을 다시 분무하지 않는다. 압력이 강화되지 않도록 하기 위해 노출실에 배출구를 만든다.

d. 노출 지역의 온도를 35 ±25°C에서 유지할 수 있는 실험실을 사용한다. 시험 중에 이 온도를 계속 제어한다. 노출 지역 내 온도를 유지하기 위한 목적으로 시험실 노출 지역 내 투입되는 히터를 사용해서는 안 된다.

- e. 유리, 경화 고무 또는 플라스틱과 같은 산성 용액에 반응하지 않는 재료로 만들어진 디스펜서와 산성 용액 저수통을 사용한다. 저수통은 산성 용액의 수준이 적절히 일정하게 유지되는 시험 부분 내부에 (필수적이지는 않지만) 일반적으로 놓여지는 탱크에 연속 공급을 제공한다. 분무기가 이 탱크에 연결된다.
- f. 노즐의 막힘을 최소화하기 위해 입력된 공기 습윤기와 시험실에 산성 용액을 주입하기 위한 방법을 갖춘 곳을 사용한다. 정교하게 배분되고 젖어있는 질은 연무를 생성하도록 적절하게 설계되고 구성된 분무기를 사용한다. 산성 용액에 반응하지 않는 재료로 구성된 분무 노즐과 배관 시스템을 사용한다. 필수 분무 분배 및 강하를 제공하도록 설계된 설비를 사용한다.
- g. 최소 두 개의 강하 수집 저장소를 포함하는 시험 구조를 사용한다. 하나는 노즐에 가장 근접한 시험 품목의 주변에 있어야 하며, 다른 하나는 시험 품목의 주변에 있지만 노즐에서 가장 먼 지점에 있어야 한다. 여러 개의 노즐을 사용하는 경우에도 동일한 원리가 적용된다. 시험 품목에 의해 가려지지 않고 시험 품목이나 다른 소스에서 떨어지는 용액을 모으지 않도록 배치한다.
- h. 압축된 공기를 공급하여 산성 용액의 균일하고 연속된 분무를 위한 일정한 공기 압력과, 수평 수집 지역의 각  $80\text{cm}^2$ (직경 10cm)에 대해 각 저장소에서 시간당 용액의 1 - 3ml을 수집하는 등 강하량을 산출한다.

#### 4.2 제어.

- a. 압축 공기. (대기 압력 팽창의 냉각 효과를 상쇄시키기 위해) 분무되는 용액을 생성하는 데 사용되는 기름과 먼지가 섞이지 않은 압축된 공기를 예열하고 노즐에서 온도가  $35\pm 2^\circ\text{C}$  이고 상대 습도가 85% 이상이 되도록 습기를 미리 가한다(표 518-I 참조).
- b. 예열. 시험 부분에 주입하기 전에 시험 부분 온도의  $\pm 6^\circ\text{C}$  이내로 산성 용액을 가열한다.
- c. 시험 부분의 공기 순환. 시험실에서는 최소의 공기 속도(기본적으로는 0)를 사용한다.

표 518-I.  $35^\circ\text{C}$ 에서의 작동을 위한 온도와 압력 요건

공기 압력(kPa)	83	96	110	124
예열 온도( $^\circ\text{C}$ ) (분무하기 전에)	46	47	48	49

#### 4.3 시험 실행 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.11을 참조할 것.

## b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험 중단. 시험 조건본 표준 대기 조건에 대한 허용차를 미달하게 되는 예정되지 않은 시험 실행 중단이 발생하는 경우 시험 품목을 육안으로 검사한 다음 시험 결과에서 중단된 원인에 대하여 기술적으로 평가한다. 중단 지점에서부터 시험을 다시 시작한 다음, 그 시험 조건에 시험 품목을 다시 적합화한다.

(2) 과도시험 중단. 시험 조건본 표준 대기 조건에 대한 허용차를 초과하게 되는 예정되지 않은 시험 실행 중단이 발생하는 경우 허용차 안에 들도록 시험 조건을 조정하는 다음, 시험 결과에 대한 중단의 영향을 판단할 수 있는 전체 육안 검사를 하고 더불어 기술 평가가 이루어질 수 있을 때까지 조건을 해당 수준으로 유지한다. 육안 검사 또는 기술 평가에서 시험 실행 중단이 최종 시험 결과에 안 좋은 영향을 미치지 않음이 밝혀지거나 중단 효과를 무시된다고 판단되는 경우 중단 전 조건을 다시 조정하는 다음 시험 허용 차가 초과된 지점에서부터 시험을 계속 진행한다.

## 4.4 절차.

다음 시험 절차는 산성 대기 환경에서 시험 품목의 안정성을 평가하기 위한 기초와 제한된 조정 능력을 제공한다.

## 4.4.1 예비 시험 정보.

단락 5와 6.1의 일반 지침 및 정보를 참조한다.

## 4.4.2 시험 준비.

a. 2.4.4절에 명시된 대로 시험 용액을 준비한다. 참고: 물에 산을 타는 방식으로 용액을 만든다. 절대로 산에 물을 타서는 안 된다.

**경고: 강한 산은 인체에 유해하다. 분무할 용액은 인체와 의류에 손상을 입힐 수 있다. 시험을 수행하는 조작자는 적절한 예방 조치를 취해야 한다.**

**경고: 공급자의 준수품 물질 안전 자료(MSDS) 또는 건강에 유해한 데이터에 대한 자료를 참조한다.**

(1) 분무 중에는 들어가는 안되며, 분무 후에 들어가기 전에 현지 안전 요건을 충족하는 수준의 신선한 공기로 실험실을 환기시킨다. 유해한 연기의 농도가 매우 낮은 수준으로 유지되도록 하려면 일정한 간격마다 신선한 공기로 계속 환기시킨다.

(2) 적절한 방독 마스크 및 보호 안경을 착용한다. 재료를 만질 때는 고무 장갑을 착용한다.

b. 시험실 성능 확인: 시험 바로 전에 비어 있는 노출실에서 시험에 필요한 수준으로 모든 시험 파라미터를 조정한다. 최소 하루 동안(또는 적절한 작동 및 강하 수집을 확인할 수 있을 때까지) 이러한 조건을 유지한다. 강하 속도를 제외하고는, 시험실이 올바르게 작동되고 있음을 확인하기 위해 모든 시험 파라미터를 계속 감시한다.

c. 시험 계획에 따라 작동 검사를 시행하고 1부 5.9절에 명시된 바와 같이 결과를 기록한다. 가급적이면 시험 품목은 만지지 말아야 한다. 특히, 눈에 드러나는 표면의 경우에는 더욱더 조심해야 한다. 또한 노출 바로 전에 시험 품목을 시험용으로 준비한다. 별다른 언급이 없는 경우, 표면에 기름, 윤활유 또는 먼지와 같은 오염 물질이 없는 시험 품목을 사용한다. 이러한 오염 물질은 건조(dewtting)를 일으킬 수 있다. 청소할 때 부식 용매, 부식제 또는 보호 필름을 침전시키는 용매 또는 순수 마그네슘 산화물이 아닌 연마재를 사용해서는 안 된다.

#### 4.4.3 산성 대기 시험 절차.

단계1. 저장소 구성(또는 요구사항 문서에 지정된 대로) 내 시험실에 시험 품목이 설치된 경우 시험실 온도를 35°C로 조정하고 산성 용액을 가하기 전에 최소 2시간 동안 시험 품목의 온도 조건을 조정한다.

단계2. 시험 계획에 명시된 대로 다음 두 가지 가혹도 중 하나에 시험 품목을 노출한다 (2.4.2절 참조).

- a. 각 기간 후에 7일 동안 보관하는 네 번의 2시간 분무기간.
- b. 각 기간 후에 22시간 동안 보관하는 세 번의 2시간 분무기간.

단계3. 2단계 완료 후에는 시험 품목을 표준 대기 조건에 맞춘다.

단계4. 실제로 시험 품목에 대해 육안 검사를 실시한다.

단계5. 필요할 경우, 작동 구성에 시험 품목을 배치한 다음 시험 품목의 작동 검사를 수행한다.

단계6. 필요할 경우, 시험 품목을 증류수/이온수에 행구어 씻어낸 다음 적정 열(최대 55°C)을 가하거나 다른 방법을 통해 건조시킬 수 있다. 행군 물을 모아서 폐기 전 위험 물질이 있는지 검사한다(4.1b절 참조).

단계7. 이 시험 끝 부분에서 요구사항 문서에 따라, 부품, 마무리 옷칠, 재료 및 구성품에서 부식 및 악화된 부분이 있는지 시험 품목을 검사한다.

#### 5. 결과 분석.

제1부의 5.14절 및 5.17절에 제공된 지침 외에도, 시험 결과를 평가할 때 다음의 정보가 유용할 것이다. 시험 품목의 만족스러운 작동에 대한 중간 결과를 위해 모든 부식을 분석한다. 이 시험 이후에 만족스럽게 작동하는 지 여부만이 시험의 합격/불합격을 평가하기 위한 유일한 기준은 아니다.

#### 6. 참고규격/관련 문서.

- a. DEF STAN 00-50, Guide to Chemical Environmental Contaminants and Corrosion Affecting the Design of Military Materiel. (UK).
- b. IEC 68-2-52, 1966, Test Kb, Salt Mist, Cyclic, NaCl solution.
- c. Acid Deposition in the United Kingdom, Warren Spring Laboratory, ISBN 085624 323X. (UK).
- d. NATO STANAG 4370, Environmental Testing.

MIL-STD-810F

2000.1.1

- e. NATO Allied Environmental Conditions and Test Publication (AECTP) 300, Climatic Environmental Tests, Method 319, "Acidic Atmosphere".

공백

## 시험법 519.5

### 발포 진동

#### 목차

<b>1. 적용범위.</b>	<b>3</b>
1.1 목적.	3
1.2 용도.	3
1.3 제한사항.	4
<b>2. 적합화 지침.</b>	<b>4</b>
2.1 발포 시험법 선택.	4
2.1.1 발포 영향.	5
2.1.2 기타 다른 방법의 순서.	5
2.2 절차 선택.	5
2.2.1 절차 선택 시 고찰사항.	6
2.2.2 절차 간 차이.	7
2.3 시험 수준 및 조건 결정.	7
2.3.1 일반 고찰사항.	8
2.3.2 시험 조건.	8
2.3.3 시험 축과 발포 사건의 수.	8
2.4 시험 품목 배치.	8
2.5 제어.	8
2.5.1 제어 선택.	8
2.5.1.1 개방 루프.	8
2.5.1.2 단일점 제어.	8
2.5.1.3 다중점 제어.	9
2.5.2 제어 방법.	9
2.5.2.1 과형 제어.	9
2.5.2.2 난진동 제어.	9
<b>3. 필요한 정보.</b>	<b>9</b>
3.1 예비시험.	9
3.2 시험 중.	10
3.3 사후시험.	10

<b>4. 시험 과정.</b>	<b>11</b>
4.1 시험 설비.	11
4.2 제어.	11
4.2.1 측정된 군수품 반응 자료의 직접 재현.	11
4.2.2 통계적으로 생성된 반복 펄스 - 평균(결정론적) + 잔여(확률적) 펄스.	12
4.2.3 반복 펄스 충격 반응 스펙트럼.	12
4.2.4 고 수준 난진동/sine-on-random 진동/협대역 random-on-random 진동.	12
4.3 계측기.	13
4.4 자료 분석.	13
4.5 시험 실행.	14
4.5.1 시험 준비.	14
4.5.1.1 예비 지침.	14
4.5.1.2 예비시험 점검.	14
4.5.1.3 절차 개요.	15
4.5.1.4 시험 품목 고찰사항.	15
4.5.2 절차 I - 측정된 군수품 반응 자료의 직접 재현.	16
4.5.2.1 제어.	16
4.5.2.2 시험 허용차.	16
4.5.2.3 절차 단계.	16
4.5.2.4 결과 분석.	16
4.5.3 절차 II - 통계적으로 생성된 반복 펄스 - 평균(결정론적) + 잔여(확률적) 펄스.	16
4.5.3.1 제어.	16
4.5.3.2 시험 허용차.	16
4.5.3.3 절차 단계.	16
4.5.3.4 결과 분석.	17
4.5.4 절차 III 반복 펄스 충격 반응 스펙트럼(SRS).	17
4.5.4.1 제어.	17
4.5.4.2 시험 허용차.	17
4.5.4.3 절차 단계.	17
4.5.4.4 결과 분석.	18
4.5.5 절차 IV - 고 수준 난진동/sine-on-random 진동/협대역 random-on-random 진동.	18
4.5.5.1 제어.	18
4.5.5.2 시험 허용차.	18
4.5.5.3 절차 단계.	18
4.5.5.4 결과 분석.	20
<b>5. 참고규격/관련 문서.</b>	<b>20</b>
<b>부록 A</b>	<b>1</b>

<b>1. 적용범위.</b>	<b>1</b>
1.1 목적.	1
1.2 용도.	1
<b>2. 개발.</b>	<b>1</b>
2.1 환경 결정을 위한 기본 고찰사항.	1
2.2 시험 배치.	1
2.3 발포 진동 군수품 반응의 디지털 파일 생성.	1
2.4 진동 여진기 드라이브 신호/시험 품목 역 주파수 반응 함수의 특성.	2
2.5 역 주파수 반응 함수 체감.	2
2.6 임펄스 반응 함수 계산.	2
2.7 보정된 진동 여진기 드라이브 신호 계산.	2
2.8 발포 군수품 반응 재현.	3
2.9 결론.	3
2.10 참고규격/관련문서.	3
<b>3. 권장 절차.</b>	<b>3</b>
3.1 권장 절차.	3
3.2 불확실성 인수.	3
<b>부록 B</b>	<b>1</b>
<b>1. 적용범위.</b>	<b>1</b>
1.1 목적.	1
1.2 용도.	1
<b>2. 개발.</b>	<b>1</b>
2.1 부록 B에 사용되는 학술 용어.	1
2.2 개요.	2
2.3 가정.	2
2.4 군수품 반응 시간 상관 무작위 과정을 설명하기 위한 모델링 및 통계	4
2.5 측정된 군수품 반응에 대한 특수한 모델 적용.	6
2.6 구현.	8
2.7 참고규격/관련문서.	8
<b>3. 권장 절차.</b>	<b>8</b>

3.1 권장 절차. .... 8  
 3.2 불확실성 인수. .... 9

**부록 C** ..... 1

**1. 적용범위.** ..... 1

1.1 목적. .... 1  
 1.2 용도. .... 1

**2. 개발.** ..... 1

2.1 개요. .... 1  
 2.1.1 본 과정의 장점은 ..... 1  
 2.1.2 본 과정의 단점은 ..... 2  
 2.2 시험 구성. .... 2  
 2.3 발포 균수품 반응 진동의 디지털 파일 생성. .... 2  
 2.4 충격 반응 스펙트럼 계산. .... 2  
 2.5 대표적인 발포 균수품 반응 펄스의 당량 반주기 (half-cycle) 면적 측정. .... 2  
 2.6 대표적인 발포 균수품 반응 펄스를 위한 SRS 과도 현상 생성. .... 3  
 2.7 발포 균수품 반응 모의시험. .... 3  
 2.8 참고규격/관련문서. .... 3

**3. 권장 절차.** ..... 3

3.1 권장 절차. .... 4  
 3.2 불확실성 인수. .... 4

**부록 D** ..... 1

**1. 적용범위.** ..... 1

1.1 목적. .... 1  
 1.2 용도. .... 1

**2. 개발.** ..... 1

2.1 개요. .... 1  
 2.2 발포 진동 스펙트럼 예측. .... 2  
 2.3 시험 지속시간. .... 3

2.4 스펙트럼 생성 기술. ....	3
2.5. 참고규격/관련문서. ....	4

### 3. 권장 절차. .... 4

3.1 권장 절차. ....	4
3.2 불확실성 인자. ....	4

#### 표

표 519.5C-1. SRS 발포 군수품 반응 펄스를 위한 진폭 변조 사인 파형 정의. ....	5
표 519.5D-1. 발포 유도 진동을 위해 제안되는 일반 파라미터 방정식. ....	5
표 519.5D-II 항공기 등급과 관련된 대표적인 총포 구성. ....	6
표 519.5D-III 총포 규격. ....	7

#### 그림

그림 519.5A-1. 디지털 비행 자료. ....	5
그림 519.5A-2. 결과로 인한 시험 품목 반응을 보이는 스위프 사인 진동 여진기 입력. ....	5
그림 519.5A-3. 역 주파수 반응 함수의 계수 및 위상. ....	6
그림 519.5A-4. 테이퍼 역 주파수 반응 함수의 계수 및 위상. ....	6
그림 519.5A-5. 임펄스 반응 함수. ....	7
그림 519.5A-6. 결과로 인한 시험 품목 반응에 따른 보정된 진동 여진기 추진 신호. ....	7
그림 519.5A-7. 시험소에서 모의시험된 발포 시험 품목 반응과 실제 측정된 발포 군수품 반응의 비교. ....	8
그림 519.5B-1. 50 라운드 30mm 발포 사건. ....	10
그림 519.5B-2. 전체 효과 견본 시간 이력 펄스 (펄스 37). ....	10
그림 519.5B-3. 전체 효과 잔여 견본 시간 이력 펄스 (펄스 37). ....	10
그림 519.5B-4. 전체 효과 시간 상관 평균 추정. ....	11
그림 519.5B-5. 전체 효과 시간 상관 표준 편차 추정. ....	11
그림 519.5B-6. 전체 효과 시간 상관 평균 제공근 추정. ....	11
그림 519.5B-7. 에너지 스펙트럼 밀도 함수 추정. ....	12
그림 519.5B-8. 단기 에너지 스펙트럼 밀도 함수 추정(자료). ....	12
그림 519.5B-9. 단기 에너지 스펙트럼 밀도 함수 추정(잔여). ....	12
그림 519.5B-10. 고정되지 않은 모델 결정론적 함수. ....	13
그림 519.5B-11. 단편화된 ESD 비. ....	13
그림 519.5B-12. 모의시험된 전체 효과 견본 크기 10, 25, 50에 대해 시간 상관 평균의 완만해진 모의시험 제공근 분산 추정값. 견본 시간 이력 최대 및 중간. ....	13
그림 519.5B-13. 모의시험된 전체 효과 견본 크기 10, 25, 50에 대해 시간 상관 표준 편차의 완만해진 모의시험 제공근 분산 추정값. 견본 시간 이력 최대 및 중간 $N_p = 10, 25, 50$ . ..	14
그림 519.5B-14. 모의시험된 전체 효과 견본 크기 10, 25, 50에 대해 시간 상관 평균 제공근의 완만해진 모의시험 제공근 분산 추정값. 견본 시간 이력 최대 및 중간. ....	14
그림 519.5C-1. 디지털 비행 자료. ....	6

그림 519.5C-2. Q가 10,25,50,100인 대표적인 발포율 비교 .....	6
그림 519.5C-3. 디지털 제어기를 사용하여 생성된 SRS 발포 펄스 .....	7
그림 519.5C-4. SRS 펄스 발포 모의실험-분석 펄스 연결 .....	7
그림 519.5D-1. 일반 발포로 유도된 진동 스펙트럼 모양 .....	8
그림 519.5D-2. 거리 변수 (D)와 깊이 변수 (RS) .....	8
그림 519.5D-3. 가깝게 모여있는 다중 건 .....	9
그림 519.5D-4. 총포의 원격 변수로 인한 시험 수준 감소 .....	9
그림 519.5D-5. 군수품 질량 장하로 인한 시험 수준 감소 .....	10
그림 519.5D-6. 깊이 변수로 인한 시험 수준 감소 .....	10
그림 519.5D-7. 총구로부터의 벡터 거리와 함께 감소하는 진동 수준 .....	11
그림 519.5D-8. 거리와 함께 감소하는 발포 고점 진동 .....	11

공백

## 시험법 519.5

### 발포 진동(Gunfire Vibration)

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

발포 진동 시험은 낮은 구경의 총을 발사하는 동안 작전 환경에서 접하게 되는 매우 드문 반복 충격 또는 과도 진동을 군수품이 물리적 및 기능적으로 견딜 수 있는지에 대한 신뢰도를 제공하기 위해 수행된다.

##### 1.2 용도.

이 시험법을 사용하여 수명 내에서 발포 환경에 노출될 가능성이 있는 군수품의 물리적 및 기능적 성능을 평가한다. 이 시험법은 군수품이 기능적 성능 및 구조적 무결성이 수용할 수 없을 정도로 저하되지 않으면서 군수품이 반복 발포 환경을 견딜 수 있다는 적합성을 증명해야 하는 경우에 사용할 수 있다. 일반적으로, 발포 환경은 (1) 군수품에 가해지는 총구 발파 압력, (2) 총기 메커니즘의 활성화로 인한 과도 진동이나 구조에 의한 반복 충격, 또는 (1)과 (2) 결합으로 인해 발생하는 반복 충격 또는 과도 진동으로 간주할 수 있다. 군수품 표면이 압력 펄스 노출부에 가까울수록, 측정된 환경이 더욱 더 반복 충격(높은 상승 시간 및 군수품 반응의 급속한 쇠퇴를 산출함)으로 보여지고, 전체 군수품 반응 환경에 대한 구조에 의한 진동의 영향은 적어진다. 군수품 표면이 압력 펄스 노출부로부터 멀어질수록, 측정된 환경은 더욱 더 구조에 의한 반복 충격이나 군수품과 총기 소스 가운데 있는 구조에 의해 여과된 과도 진동으로 보여진다. 일반적으로, 복합 다중-모달 군수품 시스템에 가해진 반복 충격 또는 과도 진동으로 인해 군수품은 (1) 외부 여기 환경으로부터 군수품에 가해지는 강제 주파수와 (2) 여기 적용 도중 또는 직후에 군수품의 반향 고유 주파수에 반응하게 될 것이다. 이러한 반응은 다음의 원인이 될 것이다.

- a. 부품 간 증가되거나 감소된 마찰 또는 부품 간 일반 간섭의 결과로서 군수품 파손.
- b. 군수품 유전체 강도에서의 변화, 절연 저항의 손실, 자기 및 정전기장 강도의 변동.
- c. 군수품의 전자 회로 카드 고장 전자 회로 카드 손상 및 전자 커넥터 고장.(경우에 따라, 회로 쇼트를 일으킬 가능성이 있는 회로 카드 오염 물질은 발포 환경에 대한 군수품 반응 하에서 제거될 수 있다.)
- d. 군수품의 구조적 및 비구조적 멤버의 과응력의 결과로서 군수품의 기계적 영구 변형.

- e. 초과되는 요소의 최대 강도의 결과로서 군수품의 기계적 요소 파괴.
- f. 군수품의 가속화된 약화(낮은 주기 약화);
- g. 군수품의 압전 작용의 가능성.
- h. 크리스탈, 세라믹, 에폭시 및 섬유재에서 갈라진 틈 또는 부서짐의 결과로서 군수품 파손.

### 1.3 제한사항.

임피던스 불일치로 인해 작동 발포 군수품 반응 환경을 복제하지 못할 수도 있다. 특히, 실험 설치물 제한 사항 또는 기타 물리적 제한으로 인해 시험소의 시험 품목에 발포로 인한 여기가 충분히 가해지지 못할 수도 있다. 또한, 다음과 같은 제한이 있다.

- a. 이 시험법에는 기체 구조 시스템과 같은 매우 큰 규모의 군수품에서 접하게 되는 과도 진동 효과 또는 반복 충격이 포함되지 않는다. 대규모 군수품의 경우 군수품의 다양한 부분이 다르고 서로 상관되지 않은 외부 여기를 받을 수 있다. 이러한 유형의 반복 충격 또는 과도 진동의 경우, 실험 자료에 기초한 전문 시험을 고안해야 한다.
- b. 이 시험법은 고온 또는 저온에서의 발포 진동 시험 수행에 대한 특수한 규정을 제공하지 않는다. 여기에는 발포 압력과 방출 및 군수품의 열 에너지 흡수와 직접 관련된 극한온도 환경이 포함된다. 별도의 언급이 없을 경우 대기 온도에서 시험을 수행한다. 그러나, 표준이 이 부분에 나와 있는 지침은 총기 압력과 온도에서가 아닌 고온 또는 저온에서의 발포 진동 시험을 설정 및 수행하는 데 있어 유용할 수 있다.
- c. 이 시험법은 발포 환경에 노출된 결과로서 발포 압력 또는 청각 효과를 모의 시험하기 위함이 아니다.
- d. 이 시험법은 시험 장비의 고장 또는 기타 고장의 결과로서 계획하지 않은 시험 실행 중단과 관련된 엔지니어링 지침을 제공하지 않는다. 일반적으로 중단이 발포 진동 시험 출력 중에 발생하는 경우 해당 발포 진동 입력을 반복한다. 중단된 발포 진동 시험으로 인한 응력이 그 이후의 시험 결과를 무효화하지 않도록 각별히 주의해야 한다. 시험 순서를 계속 진행하기 전에 모든 시험 설비 상에서 그러한 중단으로부터의 자료를 기록하고 분석해야 한다. 또한, 발포 전 진동 시험 군수품 무결성을 유지하는지 시험하기 전에 군수품을 검사해야 한다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 발포 진동 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 발포 환경이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

### 2.1.1 발포 환경의 영향.

발포 환경으로의 노출은 모든 재료의 물리적 및 기능적 무결성에 대한 역효과를 산출할 수 있다는 가능성을 가지고 있다. 일반적으로, 역효과의 수준은 총기의 구경, 총기와 재료의 근접성 및 발포 환경의 지속시간에 따라 증가한다. 재료의 고유 주파수(저조파 및 고조파와 함께)에 해당하는 발포 환경 노출의 지속시간과 발포 발사 속도는 재료의 전체 물리적 및 기능적 무결성에 대한 역효과를 확대할 것이다.

### 2.1.2 기타 다른 방법의 순서.

a. 일반사항. 1부 단락5.5 참조.

b. 본 시험법에만 해당되는 내용. 다른 방법들과 함께 수행될 때 전체 시험 일정에서 이 시험법의 순서를 정하는 일은 개발적, 적격, 내구성 등과 같은 시험 유형과 시험 품목의 일반 가용성에 좌우될 것이다. 일반적으로 시험 순서에서 발포 진동 시험의 일정을 계획하지만 모든 진동 및 충격 시험을 수행한 이후가 될 것이다.

(1) 발포 환경이 매우 심각하다 판단되고 주요 구조적 또는 기능적 고장 없이 군수품이 유지될 가능성이 매우 적은 경우, 시험 순서에서 첫 번째 시험으로 발포 진동 시험을 수행한다. 이렇게 하면 보다 양성인 환경에서 시험하기 전에 발포 진동 요건과 일치하도록 군수품을 재설계할 수 있다.

(2) 발포 환경이 매우 심각하다 판단되고 주요 구조적 또는 기능적 고장 없이 군수품이 유지될 가능성이 높은 경우, 진동, 열 및 충격 검사를 수행한 후 발포 진동 검사를 수행하여 발포 진동 시험 전에 시험 품목에 강압을 가해 진동, 온도 충격 및 발포 진동 환경에서의 결합된 결합을 찾아낼 수 있도록 한다.(이 순서가 실제 사용 조건을 나타낸다고 가정할 경우, 흔히 기후 시험 전에 발포 진동 시험을 적용하는 편이 이롭다.(흔히 기후에 민감한 결합이 심각한 발포 환경이 가해진 후에 명확히 드러나기 때문이다.) 그러나, 내부 또는 외부 열 강압으로 인해 진동, 충격 및 발포에 대한 군수품의 저항력이 영구적으로 약화되어 기후 시험 전에 발포 진동 시험을 수행할 경우 예상치 못한 결과를 얻을 수도 있다.)

(3) 발포 진동 시험 수준이 진동 시험 수준보다 덜 심각하다고 판단되는 경우, 전체 시험 순서에서 발포 진동 시험을 생략할 수도 있다.

(4) 군수품이 진동, 충격, 온도, 습도, 압력 등과 같은 다른 환경 조건에서 동시에 시험되는 경우 발포 환경은 군수품 성능에 영향을 줄 수 있다. 다양하게 결합된 환경에 영향을 많이 받는 군수품으로 알려져 있는 경우, 그러한 환경들에 대해 동시에 시험한다. 현실적으로 다양한 환경에 대해 동시에 시험하기가 불가능하며 다른 환경과 함께 존재할 때 발포 환경의 효과를 시험해야 하는 경우, 단일 시험 품목을 모든 관련 환경 조건에 번갈아 노출시킨다. 일반적으로, 발포가 지정된 작동 조건 중에 언제라도 발생할 것이므로 수명 주기 환경 개요에 대해 가급적 실제적으로 시험 순서를 정한다. 확실하지 않은 경우에는 진동 및 충격 시험을 수행한 바로 직후 발포 진동 시험을 시행한다.

## 2.2 절차 선택.

이 시험법은 세 가지 펄스 절차와 한 가지 진동 절차를 제공한다.

a. 펄스 절차

- (1) 절차 I: 측정된 군수품 반응 자료의 직접 재생
- (2) 절차 II: 통계적으로 발생된 반복 펄스 - 평균(결정론적) + 잔여(추계학적) 펄스
- (3) 절차 III: 반복 펄스 충격 반응 스펙트럼(SRS)

b. 진동 절차

절차IV: 높은 수준의 난진동/sine-on-random(sine-on-random) 진동/협대역 random-on-random(random-on-random) 진동.

### 2.2.1 절차 선택 시 고찰사항.

시험 자료 요건에 기초하여 적당한 시험 절차, 다수의 절차 또는 절차 순서를 결정한다. 여러 경우에 있어 하나 이상의 절차들이 적용될 것이다. 수명 주기 동안 병참 및 작전 모드에서 군수품에 예상되는 모든 발포 환경을 고려한다. 절차를 선택할 때 다음 사항을 고려한다.

a. 군수품 반응. 실제 발포 환경에 대한 군수품 반응은 높은 수준의 반복 충격 또는 과도 진동을 나타낸다. 그러한 환경은 총기의 발사 속도 및 고조파에서의 기본 주파수 성분들을 가지고 있다. 또한, DC - 2kHz의 다양한 주파수로 분산되는 매우 낮은 수준의 난진동 에너지가 존재한다. 발포 환경은 일반적으로 단기간 동안 대기 또는 항공기에 의한 환경적 진동 수준보다 상당히 높은, 시간에 따라 변하는 실효값(root-mean-square) 수준을 가지고 있으므로 고정되어 있지 않은 상태로 간주된다. 측정된 반응 자료의 특성 때문에, 대개 분석은 자동 스펙트럼 밀도 추정값과 같은 환경의 고정 측정값 또는 충격 반응 스펙트럼에 대한 환경의 과도 측정값으로 쉽게 해석되지 않는다. 이 경우 펄스 절차 중 하나를 선택한다. 양성 발포 환경에 대한 군수품 반응을 쉽게 구분할 수 없는 펄스 특성을 가지고 있지 않은 대기 진동 수준에서 조금 증가하는 특징이 있다. 이 시험을 명시할 때 고정 난진동 분석 기술을 사용할 수 있으므로 절차 IV를 사용할 수 있다. 또한 시험 절차의 선택은 현재의 발포 환경 및 측정된 자료의 가용성에 의해서도 좌우된다. 이러한 절차들을 적용할 때 군수품의 동적 요소, 특히 재료의 반향 및 발포 속도와 고조파에 대한 반향의 관계 등을 잘 알고 있다고 가정한다. 부적절한 시험 절차를 선택하면 비보존 군수품의 과소시험 또는 실제 군수품의 과도시험 결과를 초래할 수 있다. 이러한 절차들은 발포 환경에 노출되는 군수품과 관련된 전체 시험 범위에 적용될 수 있다. 요약하면 다음과 같다.

(1) 측정된 자료를 사용할 수 있는 발포 환경에 대한 심각한 군수품 반응의 경우 절차 I, II, III을 사용한다.

(2) 측정된 자료의 가용 여부에 상관없이 항공기 발포에 대한 양성 군수품 반응의 경우 절차 IV를 사용한다.

b. 군수품의 작동 목적. 요건서에서 발포 환경에 노출시키기 전/후와 노출시키는 동안 재료에 의해 수행될 작동 또는 기능을 확인한다.

c. 자연 노출 상황. 발포 환경에 대한 군수품 반응은 총기의 구경 및 총기와 재료

간 물리적 관계에 크게 의존한다.

d. 필요한 자료. 시험 환경을 문서화하고 시험 전/후 및 시험 중에 군수품의 성능을 확인하는 데 필요한 시험 자료.

e. 절차 순서. 단락 1.2.2를 참조한다.

### 2.2.2 절차 간 차이.

a. 절차 I - 측정된 군수품 반응 자료의 직접 재현. 측정된 발포 환경 군수품 반응 시간 이력이 거의 정확히 복제되도록 현재 발포 환경 군수품 반응이 실험실 여진기 파형 제어 하에서 재현된다. 부록 A의 지침을 사용한다.

b. 절차 II - 통계적으로 생성된 반복 펄스 - 평균(결정론적) + 잔여(확률적) 펄스. 이 절차는 현재 반응 자료에 대한 모델의 통계적 맞춤에 기초한다. 현재 발포 환경 군수품 반응의 통계적 특성이 모델링된다(대개는 펄스의 전체 효과를 생성한 후 고정되지 않은 자료 처리 기술을 통해 시간에 따라 변하는 평균 펄스 및 관련 잔여 펄스를 얻음으로써). 측정된 발포 환경 군수품 반응 시간 이력이 통계적으로 복제되도록 발포 환경 반응의 통계적 모델이 실험실 여진기 파형 제어 하에서 복제된다. 부록 B의 지침을 사용한다.

c. 절차 III. 반복 펄스 충격 반응 스펙트럼(SRS). 분석을 위해 측정된 사용 발포 환경 군수품 반응 시간 이력이 개별 펄스로 분해된다. SRS에 의한 발포 환경 재료 반응의 특성을 나타내기 위해 극최대 충격 반응 스펙트럼이 개별 펄스 상에서 계산된다. 개별 측정 발포 군수품 환경 반응 펄스에 해당하는 지속시간을 가지며 독특한 발포 SRS를 나타내도록 반응 시간 이력이 구성된다. 파생되는 발포 펄스는 발포 속도에서 반복된다. 부록 C의 지침을 사용한다.

d. 절차 IV: 고 수준 난진동/sine-on-random 진동/협대역 random-on-random 진동. 측정된 사용 발포 환경 군수품 반응 시간 이력을 통해(일반적으로 총기의 발사 속도는 현장에서 측정된 군수품 반응 시간 이력을 검사해도 알 수 없음) 펄스 형태가 나타나지 않는 경우, 또는 군수품이 총기로부터 떨어져 있으며 구조에 의한 고 수준 난진동만 나타나는 경우 절차 시험법 514.5의 (1) 진동, (2) sine-on-random 또는 협대역 random-on-random 진동 또는 (3) 시험법 516.5 절차 VIII의 단기 지속시간 과도 진동에 대한 지침을 사용한다. 측정된 자료가 없는 경우 부록 D의 지침을 사용한다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법과 관련 절차(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 적용가능한 시험 조건/기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하라. 시험 수준을 선택할 때 다음을 고찰할 것.

#### 2.3.1 일반 고찰사항.

사용할 수 있는 자료 또는 환경 자료 측정 프로그램에서 직접 얻은 자료를 사용하여 시험 심각도를 설정한다. 이러한 자료를 사용할 수 없는 경우 부록 D의 시험 가혹도 및 지시 사항을 참조할 수 있다. 부록 D는 항공기 발포 진동에만 사용되어야 한다. 부록 A - C의 시험 지시 사항은 측정 자료를 사용할 수 있으며 정밀한 복제를 필요로 하는 경우에 사용된다. 선택한 시험이 전체 환경의 적절한 모의시험을 반드시 제공해야 하는 것은 아니다. 그러므로, 지원 평가는 시험 결과에 대해 시행되어야 할 것이다.

### 2.3.2 시험 조건.

모든 경우에 있어 올바른 인터페이스 임피던스를 설정해야 할 측정된 환경 군수품 반응 자료를 복제할 때 각별히 주의해야 한다. 측정된 자료를 사용할 수 없는 경우 군수품 반응은 절차 IV의 정의와 부합되어야 한다.

### 2.3.3 시험 축과 발포 사건의 수.

시험 축은 현재 환경의 물리적 구성과 일치해야 할 것이다. 발포 압력 펄스에 대한 군수품 반응은 일반적으로 압력 방향과 수직인 축에서 시험될 것이다. 구조에 의한 진동에 대한 군수품의 반응은 일반적으로 모든 축에서 시험될 것이다. 발포 사건의 수는 환경 수명 주기 개요 문서와 일치해야 할 것이다.

## 2.4 시험 품목 배치.

(1부 단락 5.8 참조). 플랫폼에 군수품을 탑재하는 세부 작업 시 각별히 주의하며 현재 사용하는 동안 예상되는 바와 같이 발포 진동 시험에 대해 시험 품목을 구성한다. 발포 반응 진동은 군수품/플랫폼 구성 및 입력 임피던스 세부 요소에 민감할 수 있다.

## 2.5 제어.

동적 여기(excitation)는 특정 위치에서의 시험 품목의 동적 반응을 샘플링함으로써 지정된 범위 안에 들도록 제어된다. 이러한 위치들은 군수품의 고정점(제어된 입력 시험)이나 그 지점과 가까운 곳 또는 재료 상의 정의된 지점(제어된 반응 시험)이 될 수 있다. 동적 운동은 단일점 또는 몇 개의 위치(다중점)에서 샘플링될 수 있다.

a. 절차 I, II, III의 경우 전기 역학 또는 전기 유압 진동 여진기가 단일점에서의 재료 반응 복제를 사용하는 개방 루프 파형 제어 구성에서 작동된다.

b. 절차 IV의 경우, 단일 또는 다중점 제어를 사용할 수 있다.

### 2.5.1 제어 위치.

#### 2.5.1.1 개방 루프.

펄스 절차 시험은 아날로그 전압 입력 파형의 적절한 보정 이후 개방 루프 모드에서 단기 지속시간 동안 수행된다.

#### 2.5.1.2 단일점 제어.

단일점 제어는 절차 IV의 최소 요건이다. 예측에 기초가 되거나 현장에 측정된 자료가 얻어진 곳으로부터 군수품의 하드 지점을 나타낼 단일점을 가능한 한 가까이 선택한다.

#### 2.5.1.3 다중점 제어.

절차 IV에서는 군수품이 발포 입력 환경으로부터 떨어져 있으며 해당 하드 지점에서 측정된 반응 자료가 대기 조건보다 조금 높은 난진동 환경임을 나타내므로, 다중점 제어가 적합할 것이다. 다중점 제어는 선택한 제어점의 ASD 평균을 포함할 수 있는 지정된 제어 방법에 기초할 것이다.

## 2.5.2 제어 방법.

### 2.5.2.1 파형 제어.

절차 I, II, III의 기술 적용 시 일반적으로 여진기를 구동시키기 위해 보정된 아날로그 출력이 직접 전송되는 디지털-아날로그 인터페이스 및 아날로그-디지털 인터페이스를 갖춘 컴퓨터가 필요할 것이다. 이러한 제어 형태는 시간 이력의 실제 형태(고정되어 있지 않거나 고정되어 있음)이 실험실 복제에서 유지되는 경우 파형 제어라고 지칭된다. 결과적으로 얻어지는 적절히 보정된 진동 여진기 구동 신호가 디지털 신호로 저장될 경우 신호 처리를 오프라인으로 수행한다. 특정 최신 제어 시스템에서 파형 제어에 대한 특정한 규정을 지정한다.

### 2.5.2.2 난진동 제어.

제어 콘솔이 디지털인지 아날로그인지에 상관없이 폐쇄 루프 제어를 사용한다. 진동 절차의 루프 시간이 원하는 자유도 개수와 분석 및 전체 대역폭에 의존하므로, 시험 허용차 및 제어 정확도가 유지될 수 있도록 이러한 파라미터를 선택해야 한다.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

다음 정보는 발포 진동 시험을 시행하는 데 필요하다.

- a. 일반사항. 이 표준의 제1부 5.7 - 5.9, 511절 및 부록 A의 과업 405와 406에 나열된 정보.
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 시험 설치물, 시험 품목 및 다양한 시험 설치물/시험 품목 모드 주파수의 결합, 발포 속도와 관계의 관계를 알고 있어야 한다. 가급적이면 이 시험법은 시험 구성과 관련된 실험 모드의 조사로 구성되는 것이 바람직할 것이다. 이러한 구성이 불가능할 경우 전문 교육을 받은 분석가가 시험 구성의 모드 특성에 대한 지원 분석 평가를 제공해야 한다.

(2) 발포 환경. 다음 중 하나:

(a) 직접 파형 제어 하에서 여진기 시스템에 보정된 파형으로 입력되는 측정된 자료(절차 I).

(b) 통계적으로 처리된 측정 자료와 직접 파형 제어 하에서 여진기 시스템에 입력으로 전개되는 확률적으로 생성된 보정 파형(절차 II).

(c) 통계적으로 처리된 측정 자료와, 생성되고(진폭 감소된 사인 곡선의 최대 위치, 진폭 변조된 사인과 등) 보정된(피크 스펙트럼 값, 스펙트럼 중단점, 펄스 지속시간

및 발포 속도를 지정하는 SRS와 일치하도록) 시간 이력의 복합 충격 펄스 SRS 합성 형태(절차 III).

(d) 측정된 고 수준 랜덤 또는 과도 진동(시험법 514.5 또는 516.5의 절차 VIII), 예측된 sine-on-random 스펙트럼 또는 예측된 협대역 random-on-random(절차 IV).

(3) 입력 및 군수품 반응 자료 처리에 사용되는 기술.

### 3.2 시험 중.

시험을 시행하는 동안 다음 정보를 수집한다.

a. 일반사항. 이 표준의 제1부 단락 5.10과 제1부 부록 A의 과업 405 및 406에 나열된 정보.

b. 본 시험법에만 해당되는 내용. 실패 기준과 관련된 정보. 표준 이외의 시험소 조건에서 시험이 수행되어야 하는 기타 환경 조건과 시험 조립품(여진기, 설치물, 인터페이스 연결 등)의 특정 기능. 시험 확인 목적으로, 얻어낸 시험 파라미터, 파라미터 수준을 포함하는 예비 시험 절차에서 얻은 편차 및 모든 절차 상의 변칙 상황 및 시험 실패 사항들을 기록한다.

### 3.3 사후시험.

다음의 사후 시험 정보를 기록한다.

a. 일반사항. 이 표준의 제1부 단락 5.13과 부록 A의 과업 405 및 406에 나열된 정보.

b. 본 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 각 노출 지속시간 및 노출 횟수.

(2) 기능 시험 및 육안 검사에 기초한 각 시험 이후 시험 품목의 기능 및 물리적 무결성.

(3) 반응 시간 이력 및 이러한 시간 이력에서 처리되는 정보. 일반적으로, 처리된 정보는 다음과 같다.

(a) 절차 I. 측정된 자료에 대해 수행된 분석에 해당하는 자료. 매우 짧은 시간 이력에서 시간에 따라 변하는 스펙트럼을 사용한 고정되어 있지 않은 처리의 형태 또는 SRS 추정값을 기록하는 경우, 이 처리에는 자동 스펙트럼 밀도(ASD) 추정값, 평균 푸리에 스펙트럼(FS) 또는 에너지 스펙트럼 밀도(ESD) 추정값이 포함될 수 있다.

(b) 절차 II. 측정된 자료에 대해 수행된 분석에 해당하는 자료. 이 분석에서는 일반적으로 짧은 시간 이력 (펄스) 기록의 전체 효과를 생성해야 할 것이다. 이 처리에는 자동 스펙트럼 밀도(ASD) 추정값, 평균 푸리에 스펙트럼(FS), 평균 SRS 추정값 또는 수집된 전체 자료 상에서 시간에 따라 변하는 스펙트럼을 사용한 고정되어 있지 않은 처리의 형태가 포함될 수 있다.

(c) 절차 III. 일반적으로 짧은 시간 이력 (펄스) 기록의 전체 효과를 생성해야 하는 측정된 자료에 대해 수행된 분석에 해당하는 자료. 입력이 고정 파형의 반복이므로 FS, EDS 또는 SRS를 통한 한 개의 입력 펄스이면 입력을 정의하기에 충분할 것이다. 측정된 군수품 반응 출력의 경우, 이 처리에는 몇 개의 펄스에서 계산되는 평균 FS 또는 ESD 추정값, 평균 SRS 추정값 또는 단일 SRS 추정값이 포함될 것이다.

(d) 절차 IV. 자료는 사건을 정의하는 주파수 스펙트럼을 표시하도록 처리될 것이다. 일반적으로, 이 자료는 사건의 지속시간에서 여진기를 제어하는 데 사용되는 소프트웨어가 표시할 ASD 추정값일 것이다.

(4) 작동 검사의 결과.

(5) 시험 품목 및 설치물 모드 분석 자료.

#### 4. 시험 과정.

##### 4.1 시험 설비.

4.2절에 명시된 허용차 안에서 지정된 발포 군수품 반응 환경을 제공할 수 있는 모든 보조 장비를 포함하는 시험 설비를 사용한다. 또한, 시험을 문서화하고 필요한 추가 자료를 획득할 수 있도록 자료를 측정, 기록, 분석 및 표시할 수 있는 측정 변환기, 자료 기록 및 자료 축소 장비를 사용한다. 별도의 언급이 없으면, 지정된 발포 진동 검사를 수행한 다음 제1부 단락 5.1에 지정된 대로 표준 대기 조건에서 측정한다.

##### 4.2 제어.

모든 제어 장치는 표준 교정 절차에 따라 교정되어야 한다. 전체 시험 파라미터 제어 체인 (검사, 보정, 서버 제어, 기록 등)은 4.2.1 - 4.2.4절에 명시된 허용차의 1/3을 초과하는 불확실성을 산출해서는 안될 것이다. 발포 환경의 특성으로 인해, 절차의 처리 요건에 따라 허용차가 시간, 진폭 및 주파수 영역에서 제공될 수 있다. 절차 I, II, III에서는 수집된 시험 품목 반응 측정 자료가 실제 환경을 표현하는 것이지 4.2.1 - 4.2.4절의 허용차로 제어될 수 없는 지역적 반향과 같은 지역적 재료 구성의 기능은 아니라고 가정한다.<sup>8)</sup>

##### 4.2.1 측정된 군수품 반응 자료의 직접 재현.

a. 시간 영역. 한 개 펄스의 지속시간이 측정된 발포 속도에서 얻어진 지속시간의 2.5% 안에 들어야 한다.

b. 진폭 영역. 재료 시간 이력 주요 양과 음의 반응 피크가 측정된 발포 시간 이력 피크의  $\pm 10\%$  안에 들어야 한다.

c. 주파수 영역. 주파수 범위의 최소 90%에서의 측정 발포 시간 이력에서 생성된 전체 효과에 대해 계산된 평균 ESD 추정값의  $\pm 3\text{dB}$  안에 드는 재료 시간 이력 반응에서 생성되는 전체 효과에 대한 평균 ESD 추정값을 계산한다. 자료로부터의 양

---

1 시간, 진폭 또는 주파수 영역에서 측정되었을 때 다른 축의 시험 품목 반응이 시험 축에서 시험 품목 반응의 25%를 초과하지 않도록 할 시험 설치물을 사용한다.

상블을 생성할 수 없는 경우, 자료가 스펙트럼 누출을 줄이도록 적절히 나뉘어져 있다고 가정할 때 비교를 위해 시간 이력 기록의 ASD 추정값을 계산한다. ASD 분석의 허용차는 주파수 범위의 최소 90%에서  $\pm 3\text{dB}$ 이다.

#### 4.2.2 통계적으로 생성된 반복 펄스 - 평균(결정론적) + 잔여(확률적) 펄스.

a. 시간 영역. 한 개 펄스의 지속시간이 측정된 발포 속도에서 얻어진 지속시간의 2.5% 안에 들어야 한다.

b. 진폭 영역. 재료 시간 이력 주요 양과 음의 반응 피크가 측정된 발포 시간 이력 피크의  $\pm 10\%$  안에 들어야 한다.

c. 주파수 영역. 주파수 범위의 최소 90%에서의 측정 발포 시간 이력에서 생성된 전체 효과에 대해 계산된 평균 ESD 추정값의  $\pm 3\text{dB}$  안에 드는 재료 시간 이력 반응에서 생성되는 전체 효과에 대한 평균 ESD 추정값을 계산한다.

#### 4.2.3 반복 펄스 충격 반응 스펙트럼.

a. 시간 영역. 한 개 펄스의 지속시간이 측정된 발포 속도에서 얻어진 지속시간의 5% 안에 들어야 한다.

b. 진폭 영역. 재료 시간 이력 주요 양과 음의 반응 피크가 측정된 발포 시간 이력 피크의  $\pm 10\%$  안에 들어야 한다.

c. 주파수 영역. 모의시험된 발포 펄스에서의 재료 시간 이력 반응에 대해 계산되는 충격 반응 스펙트럼(SRS)이 주파수 범위의 최소 90%에서의 현장 측정 발포 재료 반응 자료의 전체 효과에 대해 계산된 평균 SRS의  $-1\text{dB} - +3\text{dB}$  안에 들어야 한다. 최소 1/6 옥타브 주파수 간격의 SRS 분석을 사용한다.

#### 4.2.4 고 수준 난진동/sine-on-random 진동/협대역 random-on-random 진동.

a. 시간 영역. 시험 축의 제어점에서 측정된 진폭의 RMS(root-mean-square) 값이 미리 설정된 RMS 값의  $\pm 5\%$  안에 들어야 한다. 이와 마찬가지로, 시험 축의 고정점에서의 RMS 값의 최대 변동이 미리 설정된 RMS 값의  $\pm 10\%$  안에 들어야 한다.

b. 진폭 영역. 제어점에서 측정되는 난진동의 순가값의 진폭 지속시간이 공칭 가우스 값이어야 한다. 최대 2.7까지 모든 표준 편차 발생을 포함하는 진폭 분포를 사용한다. 표준 3.5이상의 표준 편차 발생을 최소로 유지한다.

c. 주파수 영역. 재료 시간 이력 반응의 ASD 분석이 현장에서 측정된 발포 자료 또는 예측된 발포 환경에서 계산되는 ASD 분석의  $\pm 3\text{dB}$  안에 들어야 한다. 최대  $\pm 6\text{dB}$ 까지 지역적 초과가 500Hz를 넘을 수 있지만 모든 지역적 초과 누적량을 전체 시험 주파수 범위의 5%까지 제한한다. 5Hz의 최대 분석 필터 대역폭을 사용하고 100보다 큰 제어에 대해 독립적인 통계 자유도(DOF)의 수를 갖도록 시도한다.

### 4.3 계측기.

일반적으로, 가속화는 가속화 측정에서 의미있는 자료를 제공할 수 있도록 하기 위해 각별한 주의를 기울여 사양과 일치하도록 측정된 값일 것이다(참고규격 a). 측정 및 분석 요건을 충족하려면 특별히 계측기 진폭 및 주파수 범위 사양을 고려해야 한다. 모든 계측기는 기록 가능한 국립 교정 표준(제1부 단락 5.3.2 참조)에 따라 교정되어야 한다. 또한, 시험 품목의 기능을 측정하기 위한 계측기도 필요할 것이다. 이 경우, 적합한 교정 표준을 구하여 그 표준을 준수한다.

#### a. 가속계.

(1) 5% 이하의 횡단 감도.

(2) 시험에 필요한 피크 가속화 진폭 5% - 100%의 10% 안에 속하는 진폭 선형성.

(3) 모든 발포 진동 절차의 경우, 주파수 범위 5 - 2kHz에서  $\pm 10\%$  안에 속하는 평면 주파수 반응. 측정 장치는 압전 또는 압저항 형태가 될 수 있다.

(4) 2Hz 이하의 반응이 필요한 경우, 주파수 범위 DC - 2kHz에서 평면 주파수 반응이  $\pm 10\%$  안에 드는 압저항 가속계 측정값이 필요하다.

(5) 측정 장치 및 부착대는 참고규격 a에 제공된 요건 및 지침과 호환되어야 할 것이다.

b. 기타 측정 장치. 자료를 수집하는 데 사용되는 다른 모든 장치는 시험의 요건, 특히, 4.2에 명시된 교정 및 허용차와 부합됨을 증명해야 한다.

c. 신호 처리. 재료의 계측 요건과 호환되는 신호 처리를 사용한다. 특히, 여과는 반응 시간 이력 요건과 일치해야 할 것이다. 참고규격 a에 명시된 지침에 따라 신호 처리 요건을 사용한다. 앰프 출력에서 가속화 신호를 여과할 때 각별히 주의해야 한다. 잘못된 측정 자료를 검출할 수 없도록 하거나 잘못된 측정 자료가 여과되지 못하도록 하기 위해 앰프로 들어가는 신호를 여과해서는 안 된다. 신호 처리에서의 신호는 디지털화하기 전에 안티 앨리어싱(anti-aliasing)으로 여과되어야 한다.

### 4.4 자료 분석.

a. 아날로그 안티 앨리어싱 필터 구성은 다음의 목적으로 사용될 것이다.

(1) 해당 주파수 대역(1Hz - 2kHz)으로 5퍼센트 이상의 오류가 앨리어싱되지 않도록 한다.

(2) 자료 통과역에서 선형 위상 이동 특성을 제공한다.

(3) 해당 주파수 대역에서 통과역이 균일하게 1dB 안에 들도록 한다(4.3 참조).

b. 그 이후의 자료 처리에서는 안티 앨리어싱 아날로그 여과와 호환되는 추가 필터링을 사용한다. 특히, 추가 디지털 여과는 절차 I, II, III의 발포 시간 이력 처리를 위해 위상 선형성을 유지해야 한다.

c. 절차 I, II, III의 경우에는 시간 이력 자료를 10 인수로 초과 샘플링해야 한다. 2kHz 자료에 대해 20,480의 기본 속도(2.5kHz에서 설정된 선형 위상 안티 앨리어싱 필터를 사용)가 가장 적합할 것이다. 최대 5hz 분석 필터 대역폭을 권장한다.

d. 분석 절차는 참고규격 a에 제공된 요건 및 지침에 부합되어야 할 것이다. 특히 시험 품목 반응 가속화 시간 이력은 참고규격 a의 절차에 따라 제한될 것이다. 반응 가속화가 심각한 경우, 각 시간 이력을 통합하여 케이블 중단, 앰프 회전 속도 초과, 자료 잘림, 설명되지 않은 가속계 오프셋 등과 같은 측정 시스템에서의 변칙 상황들을 검출해야 할 것이다. 통합된 진폭 시간 이력은 참고규격 a에 명시된 기준과 비교될 것이다.

#### 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 발포 환경 내 시험 품목의 내구성과 기능에 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

##### 4.5.1 시험 준비.

###### 4.5.1.1 예비 지침.

모든 시험을 시작하기 전에, 시험 세부 사항(예를 들면, 절차, 교정 로드(있다면)), 시험 품목 구성, 측정 구성, 발포 수준, 발포 내구성, 적용할 발포 사건의 반복 횟수)을 결정하기 위해 시험 계획에서 예비 시험 정보를 검토한다. 특히 시험 확인 절차의 모든 세부 사항을 검토한다. 실제 탑재되어 있는 부착물(해당되는 경우 진동 절연체 및 패스너 토크 포함)을 모의 시험한 설치물을 사용한다. 사용할 때 접하게 되는 연결과 비슷하게 시험 품목에 응력과 스트레인을 부과하는 식으로 모든 연결(케이블, 파이프 등)을 설치한다. 특수한 경우, 측정된 재료 발포 반응 반향 주파수와 일치할 수 있는 복합 시험 설치물 반향을 피하기 위해 저주파에서 시험 품목을 일시적으로 중단시키는 것을 고려해보기 바란다.

###### 4.5.1.2 예비시험 점검.

여기 입력 장치를 적절히 보정한 후 시험을 수행하기 전, 모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하기 위해 예비시험 표준 주위 조건에서 시험 품목에 대해 예비시험 점검을 수행해야 한다. 다음과 같이 검사를 수행한다.

단계1. 특히 손상될 가능성이 있다고 식별되는 강압 영역에 각별히 주의하며 시험 품목의 육안 검사를 시행한 다음 그 결과를 문서에 기록한다.

단계2. 시험 설치물에 시험 품목을 설치한다.

단계3. 반응 측정 시스템이 올바르게 반응하는지 확인하기 위해 단순 시험과 함께 승인된 시험 계획에 따라 시험 품목의 작동 검사를 시행한다. 제1부 단락 5에 명시된 정보와 부합되는 지 확인하기 위해 결과를 문서에 기록한다.

단계4. 시험 품목 무결성을 확인했다면 첫 번째 시험을 진행한다. 그렇지 않으면, 문제를 해결한 다음 1단계를 다시 시작한다.

###### 4.5.1.3 절차 개요.

4.5.2 - 4.5.5절은 발포 진동 환경에서 시험 품목에 관해 필요한 정보를 수집하는 원리를 제공한다. 실패 분석 목적으로, 제1부의 단락 5.14에 명시된 지침 외에도, 각 절차는 시험 결과를 평가할 때 도움이 되는 정보를 제공한다. 제1부 단락 5.14의 지침에 기초하여 시스템 규

격 요건과 일치하도록 시험 품목의 모든 실패를 분석한다.

#### 4.5.1.4 시험 품목 고찰사항.

시험 품목은 개별 재료 품목부터 다양한 종류의 몇 개의 재료 품목을 포함하는 건축 조립품에 이르기까지 다양하다.

a. 일반사항. 개별 시험 계획에 별다른 언급이 없으면, 지정된 진동 조건을 전달할 수 있는 견고한 설치물을 통해 진동 여진기에 재료를 부착한다. 현재 재료에 전달되는 진동이 가능한 한 정확히 모의시험되도록 설치물은 랙, 패널 및 진동 절연체에 진동을 제공해야 한다. 필요하다면 랙, 패널 및 진동 절연체에 의한 진동으로부터 보호되는 재료가 해당 시험 요건을 설치물에 견고하게 탑재된 시험 품목에 전달하는지 확인한다.(현장/실험실 임피던스 불일치에 관한 자세한 지침은 시험법 516.4를 참조한다.)

b. 보급품. 실제의 경우, 일반 운반대 위치에서 운반대 러그를 사용하여 서로 수직을 이루는 세 개 축에서 시험을 수행한다. 작동 상의 탑재 기구를 모방한 일반 운반대 러그, 혹 및 진동 버팀대를 통해 구조 틀로부터 스토어를 중지시킨다. 저장/프레임/중지 시스템의 견고한 진동 본체 모드 (수평 이동 및 회전)가 5 - 20Hz인 시험 구조를 사용한다. 진동 여진기에서부터 스토어 상의 표면 위에 구조적으로 지탱되는 확실한 지점까지 이어지는 있는 로드 또는 기타 적합한 탑재 장치를 통해 스토어에 보정된 균수품 반응 여기를 적용한다. 아니면, 일반 운반대와 적합한 설치물을 사용하여 여진기에 스토어를 직접 단단히 설치한다. 가능한 한 높은 반향 주파수가 유도되고 스토어 반응을 방해하지 않을 정도로 탑재 설치물이 단단한지 확인한다. 두 가지 구성 모두에 대해 해당되는 경우 시험 구조의 부분으로서 발사기 선로를 사용한다. 현장/실험실 임피던스 불일치에 관한 자세한 지침을 보려면 시험법 514.5를 참조한다.

c. 하위 시스템 시험. 시험 계획에서 하위 시스템을 식별한 경우, 재료의 하위 시스템을 개별적으로 시험할 수 있다. 시험 계획에서 식별한 경우 재료의 하위 시스템을 개별적으로 시험할 수 있다. 하위 시스템은 다양한 발포 수준에 영향을 받을 수 있다. 이 경우, 시험 계획이 각 하위 시스템에 대해 특정한 발포 수준을 필요로 하는지 확인한다.

d. 시험 품목 작동. 시험 품목이 작동 중인지 작동되지 않고 있는지 확인하기 위해 시험 계획을 참조한다. 연속 발포 진동 시험으로 인해 시험 품목의 비현실적인 손상(예를 들면, 진동 절연체의 비현실적인 가열)이 일어날 수 있기 때문에, 시험 기간에서 정의한 잔여 기간에서 여기를 중단시킬 수 있다. 그 밖의 자세한 내용은 부록 A - D를 참조한다.

#### 4.5.2 절차 I - 측정된 균수품 반응 자료의 직접 재현.

##### 4.5.2.1 제어.

이 절차는 측정된 균수품 반응 자료를 디지털 형태로 사용할 수 있으며 이 반응 자료가 시험 품목에 대해 실험실에서 복제된다고 가정한다.

**4.5.2.2 시험 허용차.**

시험 허용차는 4.2에 명시된 기준과 일치해야 한다.

**4.5.2.3 절차 단계.**

단계1. 4.2과 4.5.1에 따라 시험 준비를 한다.

단계2. 2.5에 따라 제어 방법 및 제어점과 감시점을 선택한다.

단계3. 4.5.1에 따라 작동 검사를 수행한다.

단계4. 4.5.1에 따라 진동 여진기에 시험 품목을 올려놓거나 기타 현수(suspension) 방법을 사용한다.

단계5. 시험 품목에 대한 원하는 발포 재료 가속화 반응을 제공하는 데 필요한 진동 여진기 드라이브 신호의 시간 이력 표현을 결정한다(부록 A 참조).

단계6. 드라이브 신호를 입력 전압으로 적용한 다음 선택한 제어/감시점에서 시험 품목 가속화 반응을 측정한다.

단계7. 시험 품목이 4.2.1에 명시된 사용 가능한 허용차 안에 드는지 확인한다.

단계8. 시험 계획에 따라 온(on) 및 오프(off) 기간과 총 시험 지속시간 동안 발포 모의시험을 적용한다. 시험 계획에 따라 작동 및 기능 검사를 수행한다.

단계9. 각각의 다른 지정된 축을 따라 이전 단계들을 반복한다.

단계10. 모든 경우에 있어 필요한 정보를 기록한다.

**4.5.2.4 결과 분석.**

시험 결과를 평가할 때 제1부 5.14의 지침을 참조한다. 또한, 측정된 시험 품목 반응 시간 이력 결과의 표시와 4.2.1에서 시험 허용차를 충족시키기 위해 수행했던 분석도 유용할 것이다.

**4.5.3 절차 II - 통계적으로 생성된 반복 펄스 - 평균(결정론적) + 잔여(확률적) 펄스.****4.5.3.1 제어.**

이 절차에서는 측정된 반응 자료를 디지털 형태로 이용할 수 있으며, 이 자료가 통계적으로 모델링되었고, 생성된 건본 함수 반응 자료가 시험 품목에 대해 실험실에서 복제될 것이라고 가정한다.

**4.5.3.2 시험 허용차.**

시험 허용차는 단락 4.2에 명시된 기준과 일치해야 한다.

**4.5.3.3 절차 단계.**

단계1. 현장에서 측정된 군수품 반응 자료의 통계적 표현을 생성한다. 일반적으로 여기에는 진동 여진기의 입력용으로 측정된 자료에 기초하여 펄스의 전체 효과를 생성하기 위한 오프라인 절차가 포함될 것이다(부록 B 참조).

단계2. 4.2과 5.1에 따라 시험을 준비한다.

단계3. 2.5에 따라 제어 방법과 제어점 및 감시점을 선택한다.

단계4. 4.5.1에 따라 작동 검사를 수행한다.

단계5. 4.5.1에 따라 진동 여진기에 시험 품목을 올려놓거나 다른 현수법을 사용한다.

6단계. 시험 품목에 대한 원하는 발포 군수품 가속화 반응을 제공하는 데 필요한

- 진동 여진기 드라이브 신호의 시간 이력 표현을 결정한다(부록 B 참조).
- 단계7. 드라이브 신호를 입력 전압으로 적용한 다음 선택한 제어/감시점에서 시험 품목 가속화 반응을 측정한다.
- 단계8. 시험 품목 반응이 4.2.2에 명시된 사용 가능한 허용차 안에 드는지 확인한다.
- 단계9. 시험 계획에 따라 온(on) 및 오프(off) 기간과 총 시험 지속시간 동안 발포 모의시험을 적용한다. 시험 계획에 따라 작동 및 기능 검사를 수행한다.
- 단계10. 각각의 다른 지정된 축을 따라 이전 단계들을 반복한다.
- 단계11. 모든 경우에 있어 필요한 정보를 기록한다.

#### 4.5.3.4 결과 분석.

시험 결과를 평가할 때 제1부 5.14절의 지침을 참조한다. 또한, 측정된 시험 품목 반응 시간 이력 결과의 표시와 4.2.2에서 시험 허용차를 충족시키기 위해 수행했던 분석도 유용할 것이다.

### 4.5.4 절차 III 반복 펄스 충격 반응 스펙트럼(SRS).

#### 4.5.4.1 제어.

이 절차에서는 측정된 반응 자료를 펄스 및 관련 SRS의 디지털 형태로 사용할 수 있다고 가정한다. 시험 펄스는 SRS 충격 합성 시험의 경우에서처럼 생성되고 총기의 발사 속도에서 복제된다.

#### 4.5.4.2 시험 허용차.

시험 허용차는 4.2에 명시된 기준과 일치해야 한다.

#### 4.5.4.3 절차 단계.

- 단계1. 측정된 펄드 자료를 개별 펄스로 분해하여 진폭 감소 요소 5%, 2%, 1%, 0.5%(Q = 10, 25, 50, 100)를 사용하여 개별 펄스 상에서 충격 반응 스펙트럼을 계산한다(부록 C 참조).
- 단계2. 1단계에서 결정한 SRS 추정값에 기초하여, 주요 주파수를 결정하고 지속시간의 추정값과 개별 주요 주파수를 구성하는 반주기 콘텐츠를 얻기 위해 각각의 진폭 감소 인수에 대해 평균 충격 스펙트럼을 비교한다. 선택한 개별 펄스는 각각의 진폭 감소 인수에 대해 평균 SRS 대신에 사용될 수 있다(부록 C 참조)
- 단계3. 복합 과도 지속시간 사양에 대해 2단계의 결과를 사용하여 SRS 시간 이력을 표현하고, 진폭 표현을 위해 2단계에서의 평균 SRS 또는 개별 펄스를 선택한다.
- 단계4. 4.2와 4.5.1에 따라 시험을 준비한다.
- 단계5. 2.5에 따라 제어 방법과 제어점 및 감시점을 선택한다.
- 단계6. 4.5.1에 따라 작동 검사를 수행한다.
- 단계7. 4.5.1절에 따라 진동 여진기에 시험 품목을 올려놓거나 다른 현수 (suspension) 방법을 사용한다.
- 단계8. 적당한 진동 여진기 드라이브 신호 보정 후에, 총기의 발사 속도에서 여진기 제어 시스템을 통해 과도 SRS를 입력한 다음 선택한 제어 및 감시점에서 시험 품목 가속화 반응을 측정한다.
- 단계9. 시험 품목 반응이 4.2.3절에 명시된 사용 가능한 허용차 안에 드는지 확인한다.

단계10. 시험 계획에 따라 온(on) 및 오프(off) 기간과 총 시험 지속시간 동안 발포 모의시험을 적용한다. 시험 계획에 따라 작동 및 기능 검사를 수행한다.

단계11. 각각의 다른 지정된 축을 따라 이전 단계들을 반복한다.

단계12. 모든 경우에 있어 필요한 정보를 기록한다.

#### 4.5.4.4 결과 분석.

시험 결과를 평가할 때 제1부 5.14의 지침을 참조한다. 또한, 측정된 시험 품목 반응 시간 이력 결과의 표시와 4.2.3에서 시험 허용차를 충족시키기 위해 수행했던 SRS 분석도 유용할 것이다.

### 4.5.5 절차 IV - 고 수준 난진동/sine-on-random 진동/협대역 random-on-random 진동.

#### 4.5.5.1 제어.

이 절차에서는 발포 환경이 예측되거나 측정된 반응 자료를 ASD 추정값의 형태로 이용할 수 있다고 가정한다. 이 반응 자료는 발포 진동 시험용 진동 제어 또는 특수 소프트웨어를 통해 실험실에서 복제될 것이다.

#### 4.5.5.2 시험 허용차.

시험 허용차는 4.2에 명시된 기준과 일치해야 한다.

#### 4.5.5.3 절차 단계.

단계1. 적당한 처리 분석 대역폭에서 최소 2kHz의 전체 분석 대역폭(5Hz를 초과하지 않음)을 사용하여 측정된 발포 자료에 대한 자동 스펙트럼 밀도 분석값을 계산하거나, 결합된 불연속 사인 성분 및 2kHz 자동 스펙트럼 밀도 예측값을 계산한다 (부록 D 참조).

단계2. 아래 지침에 따라 다음 중 하나에 해당하는 시간 이력을 생성한다.

(1) 고 수준 시간 이력이 창으로 나뉜 난진동 시험 스펙트럼.

(2) sine-on-random 진동 시험 스펙트럼.

(3) 협대역 random-on-random 진동 시험 스펙트럼.

a. ASD 스펙트럼 추정값이 현장에서 측정된 군수품 반응 자료에서 계산되고 고조파에서 불연속 성분이 없는 연속 스펙트럼으로 표시되는 경우, 동일한 스펙트럼 콘텐츠를 갖는 고 수준 난진동 시간 이력을 생성한 다음, 화차 모양의 창으로 해당 시간 영역을 나눔으로써 과도 진동 시간 이력을 생성한다. 창 온/오프 지속시간은 현장 발포 일정의 역할을 한다.

b. ASD 스펙트럼 추정값이 현장에서 측정된 군수품 반응 자료에서 계산되고 고조파에서 불연속 성분이 없는 연속 스펙트럼으로 표시되는 경우, 현장 사용 정보에 따라 동일한 스펙트럼 콘텐츠를 갖는 sine-on-random 또는 협대역 random-on-random 진동 시간 이력을 생성한다. 현장 사용에서 고정 발사 속도 총기가 예상되는 경우 sine-on-random 시험법을 선택한다. 현장 사용에서 가변 발사

속도 총기 또는 고정 발사 속도(또는 가변 발사 속도)를 가진 몇 개 총기가 예상되는 경우 협대역 random-on-random 방법을 선택한다. 협대역 random-on-random (예를 들면, 스위프 속도와 스위프 대역폭)의 시험 파라미터의 선택은 현장 발포 일정을 사용하는 사양에 대해 숙련된 분석가의 판단에 맡긴다. 소프트웨어 시험 능력에 의해 시험이 제한되어서는 안 된다. 온/오프 발포 지속시간은 현장 발포 일정의 역할로서 선택된다.

주: 확실한 불연속 고조파 성분을 가진 ASD 추정값의 경우 불연속 고조파 성분의 진폭이 고정 무작위 시간 이력의 처리 방식에 영향을 받는다는 점을 알고 있어야 할 것이다. 불연속 고조파 성분의 진폭은 (1) “실제” 불연속 주파수(발포 속도 및 고조파)와 처리에서 선택된 분해능 분석의 관계와, (2) 처리에 사용된 창 분할 및 겹침의 형태에 영향을 받는다. 정확히 동일한 방법으로 (1) 측정된 현장 군수품 반응과 (2) 측정된 실험 시험 품목 반응에 대한 연속과 불연속이 결합된 스펙트럼 추정값의 시간 이력 자료를 처리하는 데 모든 노력을 기울여야 할 것이다.

c. ASD 스펙트럼 추정값이 군수품 반응에 대해 고조파에서 불연속 성분을 가진 연속 스펙트럼으로서 예측되는 경우, 현장 사용 정보와 분석의 경험에 따라 동일한 스펙트럼 콘텐츠를 가진 sine-on-random 또는 협대역 random-on-random 진동 시간 이력을 생성한다. 일반적으로, 협대역 random-on-random 방법은 고정 발사 속도를 가진 단일 총기 이외의 총기 구성에 사용될 것이다. 온/오프 발포 지속시간은 현장 발포 일정의 역할로서 선택된다.

단계3. 4.2와 4.5.1에 따라 시험을 준비한다.

단계4. 2.5에 따라 제어 방법과 제어점 및 감시점을 선택한다.

단계5. 4.5.1에 따라 작동 검사를 수행한다.

단계6. 4.5.1에 따라 진동 여진기에 시험 품목을 올려놓거나 다른 현수(suspension) 방법을 사용한다.

단계7. 여진기 제어 시스템을 통해 진동 프로파일을 입력한 다음, 선택한 제어 및 감시점에서 시험 품목 가속화 반응을 측정한다.

단계8. 시험 품목 반응이 4.2.4절에 명시된 사용 가능한 허용차 안에 드는지 확인한다.

단계9. 시험 계획에 따라 온(on) 및 오프(off) 기간과 총 시험 지속시간 동안 발포 모의시험을 적용한다. 시험 계획에 따라 작동 및 기능 검사를 수행한다.

단계10. 각각의 다른 지정된 축을 따라 이전 단계들을 반복한다.

단계11. 모든 경우에 있어 필요한 정보를 기록한다.

#### 4.5.5.4 결과 분석.

시험 결과를 평가할 때 제1부 5.14와 5.17 및 1부 부록 A의 과업 405와 406의 지침을 참조한다. 또한, 측정된 시험 품목 반응 시간 이력 결과의 표시와 4.2.4절에서 시험 허용차를 충족시키기 위해 수행했던 분석도 유용할 것이다.

### 5. 참고규격/관련 문서.

a. Handbook for Dynamic Data Acquisition and Analysis, IEST-RP-DTE012.1, Institute of Environmental Sciences and Technology, 940 East Northwest Highway, Mount Prospect, IL 60056.

b. Harris, C., and C. E. Crede, eds., Shock and Vibration Handbook, 2nd Edition, NY, McGraw-Hill, 1976.

c. Piersol, A.G., Analysis of Harpoon Missile Structural Response to Aircraft Launches, Landings and Captive Flight and Gunfire. Naval Weapons Center Report #NWC TP 58890. January 1977.

d. Piersol, Allan G., Determination of Maximum Structural Responses From Predictions or Measurements at Selected Points, Proceedings of the 65th Shock and Vibration Symposium, Volume I, SAVIAC, 1994.

e. Bendat, J. S. and A. G. Piersol, Random Data: Analysis and Measurement Procedures, John Wiley & Sons Inc., NY, 1986.

공백

## 부록 A

### 측정된 군수품 반응 자료의 직접 재현

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 부록은 개방 루프 모드의 과형 제어 하에 있는 진동 여진기에서 측정된 군수품 반응 자료의 직접 복제(실험 시험에서) 지침 및 원리를 제공한다.

##### 1.2 용도.

이 기술은 고정되지 않은 진동 또는 과도 진동으로서 나타날 수 있는 단일점 군수품 반응의 복제에 유용하다(제1부의 부록 D 참조). 측정된 군수품 반응의 동적 범위가 군수품 반응을 복제하기 위한 입력 장치로 사용되는 전기 역학 여진기의 동적 범위와 일치한다고 전제할 때, 다른 변수가 사용될 지라도 가속화는 다음 설명서의 측정 변수로 간주된다.

#### 2. 개발.

##### 2.1 환경 결정을 위한 기본 고찰사항.

재료의 사전 선택된 지점에서 측정이 수행되는 경우 올바르게 측정된 재료를 사용하여 현재 시험이 수행된다고 가정한다. 측정점은 최소의 지역적 반향을 나타내지만, 측정 위치에서 확실한 전체 재료 반향을 검출할 수 있을 것이다. 다양한 가속계 탑재 위치 및 설치물 구성(실험 시험에서 사용하는 것과 같은 구성)을 사용하여 재료에 대한 난진동 자료의 검사를 통해 현재 시험을 수행하기 전에 측정 위치를 결정할 수 있다. 처리 시, 현장에서 측정된 자료가 DC로 결합되어야 하며(고역 통과 필터로 여과되지 않음) 적절한 안티 앨리어싱 여과 기술을 사용하여 해당 최고 주파수에서 10번 샘플링되어야 한다. 잘림을 나타내는 표시 또는 제로(0) 이동과 같은 모든 가속계 성능 변칙이 있는지 측정된 자료 시간 이력 기록을 검사한다. 가속계 측정 변칙 표시가 있는 경우, 속도 및 변위 특성, 계산된 견본 확률 밀도 함수(PDF) 추정값을 살펴보기 위한 시간 이력 통합과 같은 불꽃제조법 충격 자료를 제한하는 데 있어 사용되는 절차에 따라 잠재적으로 손상된 가속화 시간 이력을 검사한다.(자세한 내용은 시험법 517 또는 5절의 참고규격 a를 참조한다.) 가속계 변칙의 표시가 없는 경우, 1Hz과 같은 매우 낮은 주파수에서 현재 측정된 자료를 고역 여과한 다음 조작을 위해 그 자료를 디지털 파일에 저장한다. 절차 I를 사용한 발포 모의시험의 예가 아래 설명되어 있다. 이 절차는 신호 처리 기능과 아날로그/디지털 및 디지털/아날로그 인터페이스가 장착된 개인 컴퓨터(PC)를 사용하여 수행된다.

##### 2.2 시험 배치.

특히 측정된 시험 품목을 실험 진동 설치물에 설치하고 전기 역학 여진기 위에 탑재한다. 실험 모의시험 동안 사용되는 시험 품목은 가속계 반응 측정 위치를 포함하여 현장 시험 중에 발포 진동 군수품 반응 자료를 수집할 때 사용하는 재료 구성이다.

##### 2.3 발포 진동 군수품 반응의 디지털 파일 생성.

환경 복제 프로세스의 첫 번째 단계는 군수품 반응 진폭 시간 이력을 얻기 위해 측정된 현

## 부록 A

장 자료를 디지털화하는 것이다(그림 519.5A-1). 아날로그 자료의 디지털 처리는 적절한 시간 이력 분해능을 얻기 위해 2,000Hz, 48dB/옥타브 선형 위상 안티 앨리어싱 필터와 초당 건본 20,480개의 샘플링 속도를 사용하여 수행된다.

#### 2.4 진동 여진기 드라이브 신호/시험 품목 역 주파수 반응 함수의 특성.

여진기 드라이브 신호와 여진기에 설치된 시험 품목의 가속화 반응 간 역 주파수 반응 함수의 정의는 시험 품목에 스위프(sweep) 사인 여기의 낮은 수준 버스트를 가함으로써 얻어진다. 스위프 사인 여기는 약 0.1초의 지속 기간 동안 초당 건본 20,480개의 샘플링 속도와 2,048점의 블록 크기를 사용하여 PC 상에서 발생된다. 스위프 사인 입력은 10Hz의 시작 주파수와 2,000Hz의 끝 주파수를 사용한다. 스위프 사인 여기는 PC의 디지털/아날로그 인터페이스를 사용하여 진동 여기 파워 앰프를 통해 입력된다. 그림 519.5A-2는 결과로 얻어지는 시험 품목 반응과 함께 스위프 사인 여기 입력을 제공한다. 그리고 나서, 스위프 사인 여기 입력 및 시험 품목 반응은 초당 건본 20,480개의 샘플링 속도 및 2,048점으로 된 블록 크기와 함께 PC 아날로그/디지털 인터페이스를 사용하여 디지털화된다. 역 주파수 반응 함수(IH(f))는 다음 식과 같다.

$$IH(f) = E_{dd}(f) / E_{dx}(f)$$

여기서,

$E_{dd}$  = 스위프 사인 여진기 드라이브 신호  $d(t)$ 의 입력 에너지 스펙트럼 밀도 - (volts-g-sec)/Hz 단위

$E_{dx}$  = 시험 품목의 가속화 반응  $x(t)$ 와 스위프 사인 여진기 드라이브 신호  $d(t)$  간 에너지 스펙트럼 밀도 교차 스펙트럼 - (volt-g-sec)/Hz 단위

그림 519.5A-3은 역 주파수 반응 함수의 계수 및 위상을 보여준다. IH(f)에서 잡음을 줄이기 위해 세 개 이상의 IH(f) 추정값의 평균을 구할 수 있다. 실험실 조건에서 대개 신호 대 잡음 비는 매우 높으므로 추정값에서 잡음 수준을 줄이기 위한 평균 계산은 필요하지 않다(아래 2.10절에서 참고규격 a와 b 참조).

#### 2.5 역 주파수 반응 함수 체감.

신호 처리 소프트웨어가 Nyquist 주파수로 출력되는 역 주파수 반응 함수를 계산하므로, 체감 함수가 역 주파수 반응 함수에 적용된다. Nyquist 주파수는 해당 주파수 범위보다 범위가 더 넓다. 체감 함수는 해당 주파수 대역(10 - 2000 Hz)을 초과하는 원치않는 주파수 콘텐츠(잡음)를 제거한다. 계수는 약 200Hz의 대역폭 상에서 2,000Hz부터는 0으로 감소된다. 그러나, 위상은 2,000Hz 이상에서도 일정하게 유지된다. 그림 519.5A-4는 체감 역 주파수 반응 함수의 계수 및 위상이 나타난다. 10 - 2000Hz 주파수 영역에 제공된 정보를 최적화하고 초과 잡음을 줄이기 위해 이 지점에서 테스트를 대신하여 체감 구성을 사용한 실험이 필요할 수도 있다.

#### 2.6 임펄스 반응 함수 계산.

임펄스 반응 함수는 체감 역 주파수 반응 함수 IH(f)를 계산함으로써 생성된다. 그림 519.5A-5를 참조한다.

#### 2.7 보정된 진동 여진기 드라이브 신호 계산.

보정된 진동 여진기 전압 드라이브 신호는 측정된 발포 군수품 반응(그림 519.5A-1)과 임펄스 반응 함수(그림 519.5A-5)의 회선을 통해 (g) 단위로 생성된다. 또한 이 신호는 주파수 영역에서 겹침 후 저장하거나 겹침 후 추가하는 절차를 사용하여 창으로 나뉘지지 않은 시간 이력 블록의 변형에  $IH(f)$ 와 같은 변형을 곱함으로써 얻을 수도 있다. 보정된 진동 여진기 전압 드라이브 신호는 그림 519.5A-6의 상단 부분에 그려진다.

## 2.8 발포 군수품 반응 재현.

보정된 진동 여진기 전압 드라이브 신호는 PC의 디지털/아날로그 인터페이스를 사용하여 시험 품목에서 원하는 발포 재료 반응을 얻기 위해 진동 여진기 파워 앰프를 통해 입력된다. 진동 여진기는 개방 루프 작동 모드에서 과형을 제어한다. 고정되지 않은 기록 또는 과도 진동의 단기 지속 기간 동안에는 이 모드가 적당한 진동 여진기 제어 모드이다. 그림 519.5A-6은 결과로 얻은 반응과 함께 보정된 여진기 전압 드라이브 신호를 보여준다. 그림 519.5A-7은 전체 현장 측정 발포 군수품 반응과 실험실에서 모의시험된 발포 시험 품목 반응을 비교한다.

## 2.9 결론.

매우 단순한 동적 재료 상에서 단일점 군수품 반응 측정값의 경우, 현장 측정 군수품 반응의 직접 복제 방법이 가장 적합할 것이다. 이 기술의 주된 장점은 가능할 경우 진동 여진기 제어 시스템의 입력용으로 완전하게 지정하고 합성하기 어려운 군수품 반응(고정되지 않은 진동 또는 과도 진동)을 복제할 수 있다는 점이다. 이 기술의 주된 단점은 기존 시험을 유지하기 위해 측정된 군수품 반응 자료를 통계적으로 조작할 수 있는 분명한 방법이 없다는 점이다. 그러나, 진동 여진기 파워 앰프의 감소된 수준에서 조작을 수행하고 나서 더 높은 이득에서 시험하면 시험에 보존성을 추가할 수 있다. 이 각본 이면에는 진동 여진기 입력에서 얻은 시험 품목 반응이 파워 앰프 이득의 선형 함수라는 가정이 깔려 있다.

## 2.10 참고규격/관련 문서.

a. Merritt, R.G. and S.R. Hertz, Aspects of Gunfire, Part 1- Analysis, Naval Weapons Center, China Lake, CA 93555-6100, NWC TM 6648, Part 1, October 1990.

b. Merritt, R.G. and S.R. Hertz, Aspects of Gunfire, Part 2- Simulation, Naval Weapons Center, China Lake, CA 93555-6100, NWC TM 6648, Part 2, September 1990.

## 3. 권장 절차.

### 3.1 권장 절차.

매우 단순한 동적 재료 상에서 단일점 군수품 반응 측정값의 경우, 발포 환경에서의 재료의 작동 및 구조적 무결성을 설정하는 데 있어 반응 환경의 실험실 복제가 절대적으로 필요하다면 이 절차가 사용되어야 한다.

### 3.2 불확실성 인수.

단지 이 절차의 불확실성으로 인해 측정된 환경이 실제 현장 환경과는 다소 차이가 있다. 대개 상상할 수 있는 모든 현장 조건에서 측정된 환경을 얻기란 불가능할 것이다.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

일반적인 측정 발포 군수품 반응

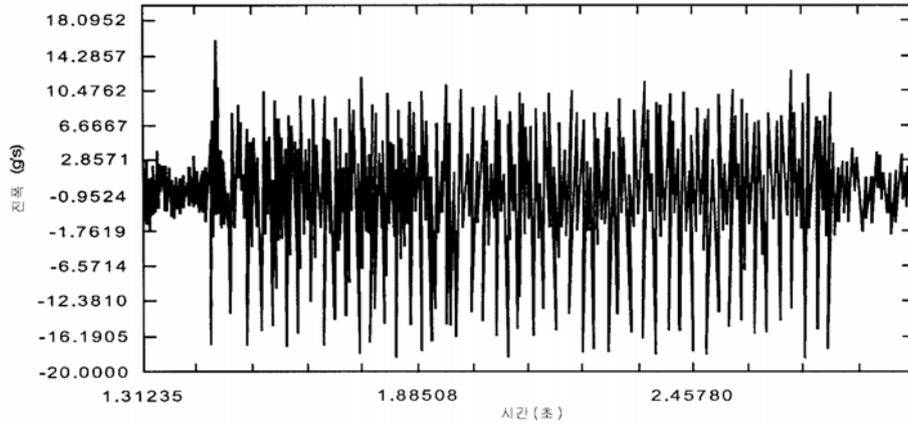


그림 519.5A-1. 디지털 비행 자료

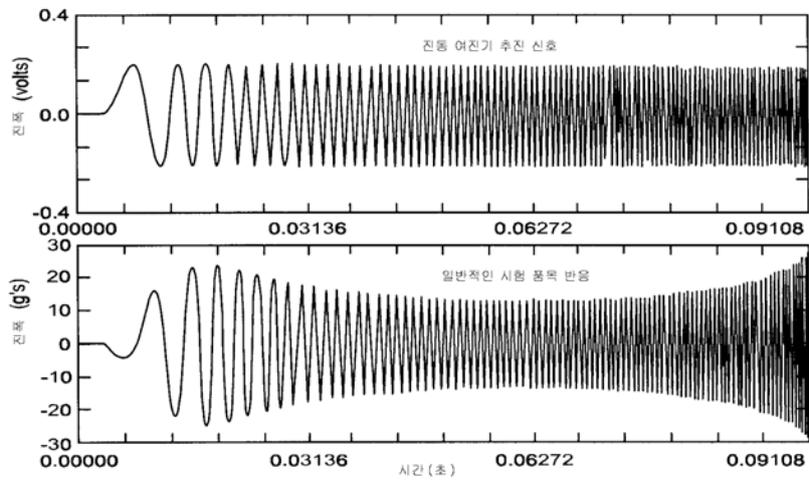


그림 519.5A-2. 결과로 인한 시험 품목 반응을 보이는 스위프 사인 진동 여진기 입력

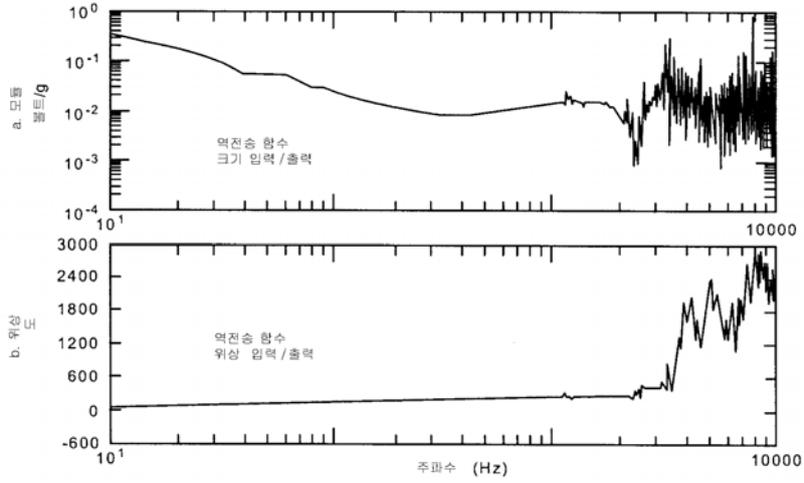


그림 519.5A-3. 역 주파수 반응 함수의 계수 및 위상

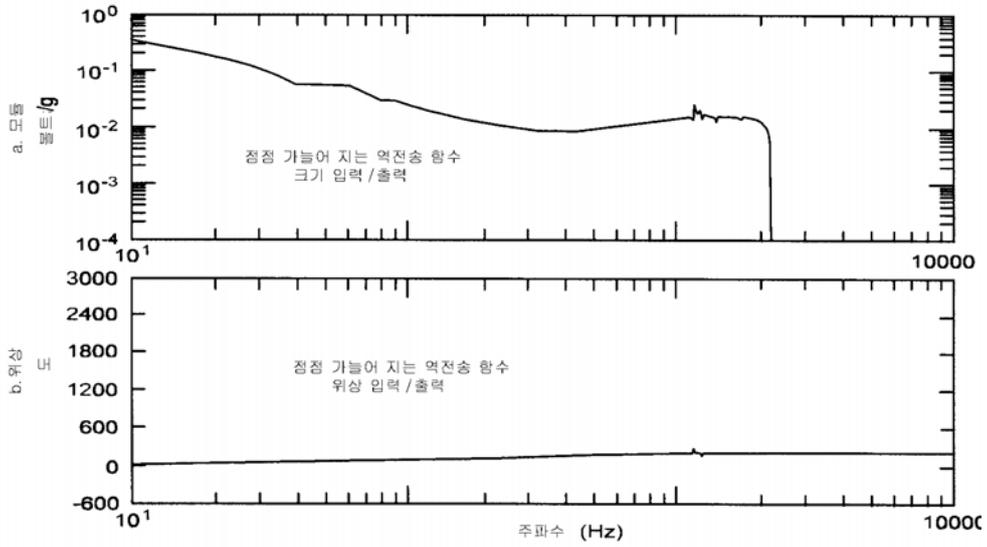


그림 519.5A-4. 테이퍼 역 주파수 반응 함수의 계수 및 위상

체감 역 주파수 반응 함수의 임펄스 반응함수

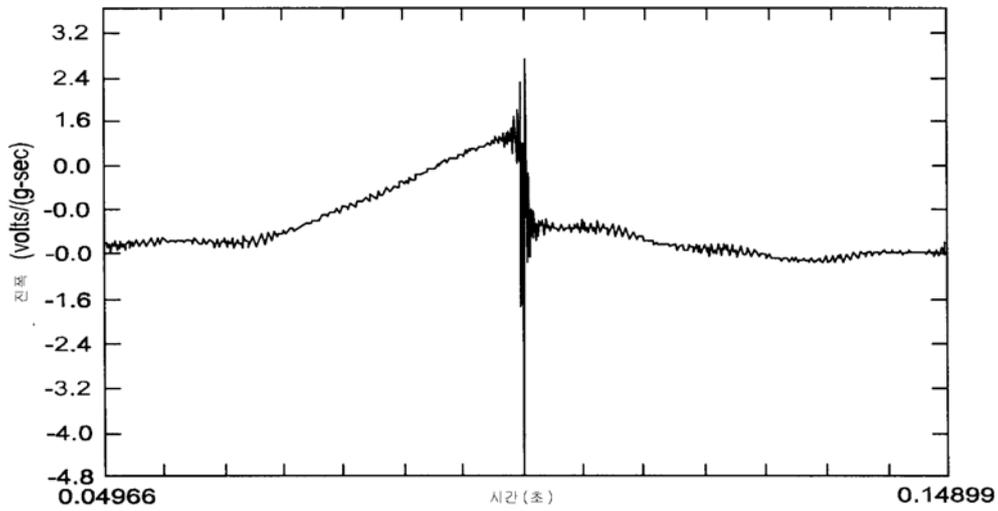


그림 519.5A-5. 임펄스 반응 함수

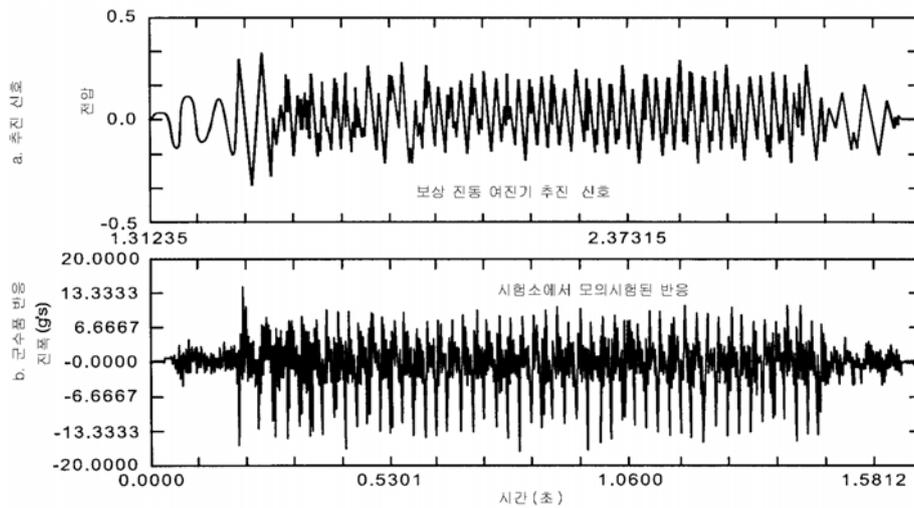


그림 519.5A-6. 결과로 인한 시험 품목 반응에 따른 보정된 진동 여진기 추진 신호

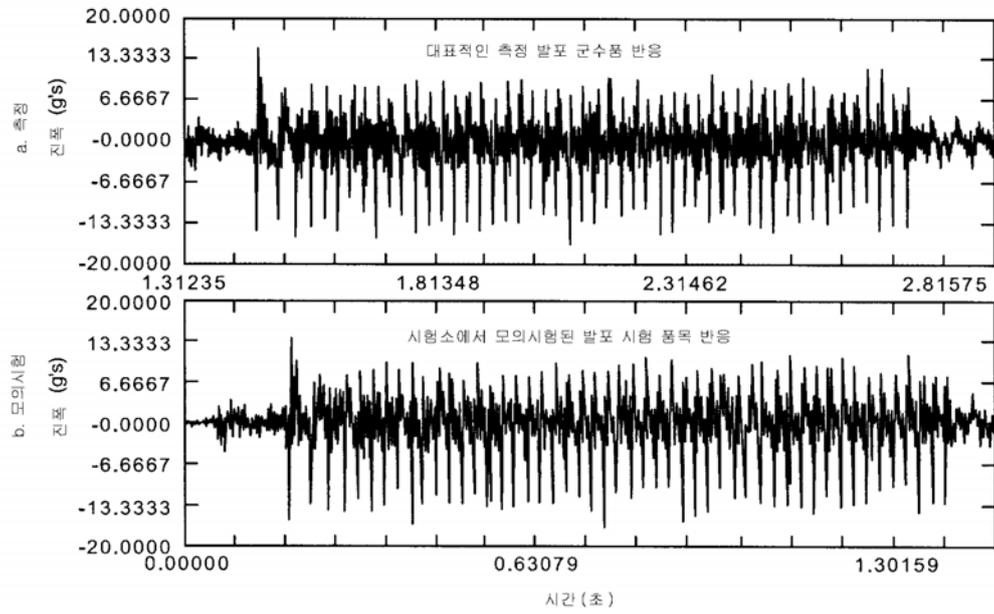


그림 519.5A-7. 시험소에서 모의시험된 발포 시험 품목 반응과 실제 측정된 발포  
군수품 반응의 비교

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

공백

## 부록 B

### 통계적으로 생성된 반복 펄스 - 평균(결정론적) + 잔여(확률적) 펄스

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

이 부록은 무작위 과정에서 시간 상관 특성을 설명하는 전체 효과 통계 정보를 생성하는 데 사용할 수 있는 무작위 과정의 견본 함수가 제공되었을 때, 시간 상관 무작위 과정의 모의 시험을 위한 기술에 대한 개요를 제공한다.

##### 1.2 용도.

이 기술에 대한 자세한 내용은 이 부록의 참고규격 a에 나와 있다. 이 기술에 대한 다른 측면은 참고규격 c와 d에 소개하며, 최신 개발 정보는 참고규격 f, g, h에 나와 있다. 여기서 설명할 확률적 모의시험 기술은 알려지지 않은 시간상의 단일 무작위 과정을 위한 것이다. 이 과정에서는 단일 견본 함수를 이용할 수 있다. 이 단일 견본 함수는 다른 구성에 대한 외삽법이 확인되지 않은 단일 발포 물리적 구성을 대표한다. 이 기술은 다음과 같은 장점을 제공한다.

- a. 진동 여진기 시스템을 제어하는 데 사용되는 PC에 구현하기가 편리하다.
- b. 자동 스펙트럼 밀도 추정값 사양에 기초하여 기존 고정 시간 이력 진동 여진기 모의시험의 기능과 유사한 많은 기능들을 제공한다.
- c. 현장에서 측정된 반응 환경의 실험실 시험 복제에 대해 생성할 수 있는 통계적으로 같은 기록의 길이 면에서 유연성이 매우 뛰어나다.
- d. 알려지지 않은 기본 무작위 과정에서 실제 통계적 변동을 해석하고 그러한 변동에 근접하기 쉬운 통계 정보를 제공한다.
- e. 전체 효과 표현을 갖춘 시간 상관 무작위 과정의 다양한 형태로 쉽게 표준화할 수 있다.
- f. 실험실 시험 품목 반응 모의시험 시험을 통해 기존의 현장에서 측정된 반응 자료 복제에 필수적이라고 생각되지 않는 측정된 반응 전체 효과 중 우선 순위가 낮은 몇 가지 특징을 제거한다.

다음 내용에서는 제한 사항과 함께 이 시험법의 시험 품목 반응 모의시험에 대한 개요를 제공한다.

#### 2. 개발.

##### 2.1 부록 B에 사용되는 학술 용어.

## 부록 B

$E [ ]$	중괄호 안에 지정되는 양의 예상값
$N, N_p$	전체 효과에서 펄스의 수
$P(x, t)$	고정되지 않은 무작위 과정의 확률 분포 함수
$P_{xx}(\omega, t)$	고정되지 않은 무작위 과정의 자동 교정 함수
$\{x_i(t)\}$	무작위 과정
$X_T(f)$	무작위 과정에서 $i$ 번째 견본 함수
$\mu_x(t)$	유한 시간 간격 $T$ 상에서 $x(t)$ 의 유한 푸리에 변형, $T$
$\mu_x'(t)$	실시간 가변 평균
$\pi_x(t)$	시간 상관 평균 추정값
$\pi_x'(t)$	시간상의 실제 표준 편차
$\pi_x''(t)$	시간상의 표준 편차 추정값
$\Psi_x^2(t)$	시간상의 실제 평균 제곱
$\Psi_x''(t)$	시간 상관 평균 제곱 추정값
$T_p$	고정 견본 기록의 기간(초)
$F_1=1/T_p$	고정 견본 기록의 기본 주파수(Hz)
$T$	샘플링 시간 간격
$F_c=1/(2T)$	Nyquist 샘플링 주파수

## 2.2 개요.

다음의 모든 내용에서, “전체 효과(ensemble)”이라는 용어는 지정된 시간 이력 상에서 정의되는 견본 시간 이력 모음을 의미한다. 고정되지 않은 환경의 경우, 환경을 나타내는 완전한 설명은 (1)  $P(x,t)$ 라는 진폭 및 시간의 함수로서 과정의 모든 확률적 모멘트에 대한 통계적 추정값 또는 (2)  $R(W, t)$ 라는 시간 상관 자동 교정 함수의 통계적 추정값을 통해서만 제공된다. 일반적으로,  $P(x,t)$ 와  $R(W,t)$ 은 제한된 현장 측정 반응 자료에 기초한 정확한 추정값을 통해서나 분석적 형태로 직접 사용할 수 없다. 실제 사용을 위해, (1) 시간 상관 평균, (2) 시간상의 표준 편차, (3) 시간상의 평균 제곱근, (4) 전체 평균 에너지 스펙트럼 밀도 및 (5) 시간상의 자동 교정을 추정하는 현장 측정 환경의 경우, 견본 전체 효과가 사용되는 고정되지 않은 무작위 과정의 표현을 지원한다. 모의시험 과정에서 최소 (1) - (4) 또는 이러한 모든 측정 전체 효과 추정값을 복제하면 현장 환경의 만족스러운 고정되지 않은 시험 모의시험을 사용할 수 있다.

## 2.3 가정.

이 부록에 설명된 절차가 특수 측정/시험 목표에 해당되는지 결정하는 데 도움이 되도록 다음과 같은 기본 가정이 제공된다.(다음의 내용에서는 가속화가 군수품 반응 측정 변수라고 가정한다. 그러나, 스트레인과 같은 다른 측정 변수들도 해당 특정 진폭/주파수 범위를 포착할 수 있다면 유용할 것이다.)

- 현장 측정 군수품 반응은 시험할 군수품 상의 “하드(hard) 지점”에서의 측정값으로부터 얻어진다. “하드 지점(hard point)”이라는 용어는 (a) 측정 계측기(구조적 비선형성을 포함하는) 위치에 대해 고유한 지역적 군수품 반응이 군수품 반응 측정에서 두드러지지 않으며, (b) 선택된 지점에서의 측정 군수품 반응이 전체 군수품 반

응을 대표함을 의미한다.

b. 측정된 현장 군수품 반응의 견본 시간 이력 기록은 총기의 발사 속도와 관련된 시간 이력에서 반복되는 시간상의 개별 가변량을 보여준다.

c. 측정 현장 군수품 반응의 견본 시간 이력은 보다 짧은 각 시간 이력 기록의 시작 부분으로부터의 동일한 시간 간격에서 유사한 시간 상관 특성을 가진 보다 짧은 시간 이력 기록(또는 펄스)의 전체 효과로 분해될 수 있다. (견본 시간 이력 기록을 분해하는 정확한 방법은 분석가의 판단에 맡기도록 한다. 이 분해 작업은 일반적으로 반복된 사건에 대해 측정된 “타이밍” 또는 “발사” 펄스를 검토하거나 견본 시간 이력에 적용될 때 교차 교정 방법을 통해 수행될 수 있다.)

d. 시험을 위해, 측정된 현장 군수품 반응 자료를 이용할 수 있는 해당 구성과 비슷한 구성 정보를 시험 품목에 사용한다.

e. 전기 역학 또는 전기 유압 진동 여진기의 시험 주파수 반응 함수 결정을 위한 측정된 군수품 반응 자료의 직접 복제 시에는 부록 A에 요약된 절차를 사용한다.

f. 모의시험된 진폭 시간 이력에 대한 시험 주파수 반응 함수의 적용은, 각 짧은 시간 이력이나 펄스가 시스템 임펄스 반응 함수를 사용한 펄스 시간 이력의 회선과, 디지털/아날로그 인터페이스 입력을 위한 하나의 긴 출력 전압 시간 이력으로 연결되는 펄스에 의해 개별적으로 보정되는 에너지 스펙트럼 밀도 함수 공식, 또는 (b) 보정되지 않은 긴 출력시간 이력이 먼저 생성되고 나서 시스템 임펄스 함수로 회선되어 디지털/아날로그 인터페이스의 입력을 위해 보정된 전압 드라이브 신호를 제공하는 장기 시간 이력 회전을 통해 수행될 수 있다. 이러한 두 가지 기술 모두 보정된 긴 전압 파형의 생성이 진동 여진기 시스템의 개방 루프 모드에서 실행될 것을 전제로 한다. 이러한 개방 루프 구성의 경우, 보정된 파형의 길이는 5초를 초과하지 않으며 진동 여진기 시스템에서 적절한 중지 제한이 활성화되는 것이 바람직하다. (진동 여진기 제어 시스템이 복잡해져감에 따라, 개별 펄스와 폐쇄 루프 제어에 대한 파형 보정을 제공하는 에너지 스펙트럼 밀도 공식이 작동의 표준이 될 것이다. 현재는 이 절차의 실용성이 진동 여진기 시스템의 입력 및 출력 면에서 프로세서의 속도에 의해 제한되어 있다. 또한, 시간 상관 통계 추정값에 기초하여 (1)실시간에 모의시험의 “적합성”을 양적으로 판단하기 위한 근거와 (2) “부적합한” 실시간 모의시험의 “실시간” 보정 방법이 개발되지 않았다.)

g. 측정된 현장 군수품 반응 통계 정보와 시험 모의시험으로부터의 측정된 시험 품목 반응 간 오류에 대한 기준과의 일치에 있어 모의시험의 적합성은 같은 견본 크기에 기초하거나 견본 크기 차이에 따른 오류 측정값 교정에 기초한다.

h. 요약하면, 이 설명서를 작성하는 시점에서, 측정된 현장 군수품 반응의 시험 모의시험은 다음 항목에 기초한다.

- (1) 보정되지 않은 시험 견본 시간 이력의 예비 시험 생성.
- (2) 시험 견본 시간 이력의 보정.

(3) 진동 여진기 시스템의 개방 루프 과형 제어.

(4) 측정된 현장 군수품 반응 견본 시간 이력과의 직접 비교를 위한 시험 품목 반응 견본 시간 이력의 오프라인 처리.

#### 2.4 군수품 반응 시간 상관 무작위 과정을 설명하기 위한 모델링 및 통계

시간 상관 무작위 과정을 모델링하기 위한 매우 일반적인 모델 중 하나는 “생산 모델”이다. 이 모델에서는 무작위 과정의 시간 상관 특성이 무작위 과정의 주파수 특성과 분리될 수 있다고 가정한다(참고규격 b 참조). 발포 환경에 대한 군수품 반응의 경우, 이 반응을 적절히 설명하는 데 생산 모델 형태가 사용될 수 있다. 모델을 구성하는 데 사용되는 절차를 수행하려면 어느 정도 경험이 있어야 할 것이다. 안타깝게도, 이 모델링은 다른 측정 자료 구성에서 군수품 반응의 파라미터화된 예측을 제공하지 않는다. 전체 효과 표현으로 측정된 반응 환경을 설명하는 데 사용할 기본 통계 정보는 다음과 같다.

- a. 시간 상관 평균값
- b. 시간 상관 표준 편차
- c. 시간상의 평균 제공근
- d. 평균 에너지 스펙트럼 밀도 함수(시간에 의존할 수도 있음).

이 모의시험의 오류 통계는 a - d의 오류식에 기초할 수 있다.

다음은 이 개발에 사용되는 생산 모델을 정의한 것이다. 불연속 시간 간격 상에서 시간 상관 주파수 특성을 고려해야 한다. 이 시간 이력은 고정되지 않은 자동 교정 함수를 통해 자세히 살펴볼 수 있다. 참고규격/관련 문서(2.7절)에서는 이 문제에 관해 자세히 다루고 있다. 참고규격 b의 표기 및 용어를 사용할 때,  $u(t)$ 는 고정 무작위 과정의 견본 시간 이력,  $\{u(t)\}$ , 결정론적 시간 이력  $a_1(t)$  및  $a_2(t)$ , 시간상의 일반 가변 무작위 과정  $\{x(t)\}$ 는 다음과 같이 모델링할 수 있다.

$$x(t) = a_1(t) + [a_2(t)u(t)]_f \quad (B-1)$$

$a_1(t)$ 은 시간 상관 현장 전체 효과 평균 추정값에 대해 정의된 결정론적 시간 이력이다.

$a_2(t)$ 는 시간 상관 현장 표준 편차 추정값에 대해 정의된 결정론적 시간 이력이다.

$a_2(t)$ 는(시간 영역에서)  $a_1(t)$ 가 현장 전체 효과에서 제거된 후 현장 전체 효과에서 잔여분의 평균 제공근 수준을 형성한다. 중괄호( $[\ ]$ ) 다음에 오는 “f”는 주파수 요소의 함수임을 나타내며 아래 설명에서 f는 네 개의 불연속 동일 길이 시간 간격에서 시간 상관 주파수 요소를 나타낸다. 이 모델의 경우,  $a_1(t)$  - 전체 효과의 시간 상관 평균은 ”신호“와  $[a_2(t)u(t)]_f$ -형태화된 잔여 또는 ”잡음“으로 지칭될 것이다. 시간 상관 무작위 과정이 결정론적 시간상의 평균이나 ”신호“에 크게 좌우되는 경우, 예를 들면, 잔여  $[a_2(t)u(t)]_f$ 와 비교할 때  $a_1(t)$ 의 진폭이 클 경우, 시간상의 평균, 표준 편차 및 평균 제공근에서 매우 작은 시간 영역 오류를 얻게 될 것이다. 또한 주파수 요소도 쉽게 복제될 것이다. 원래 전체 효과의 각 견본 시간 이력에서 시간 상관 평균을 빼서 얻어진 잔여 전체 효과는 현장 측정 전체 효과에 대해 다음과 같이 정의된다.

$$\{r(t)\} = \{x(t)\} - \hat{\mu}_x(t) \quad (B-2)$$

이 잔여 전체 효과는 다음과 같은 두 가지 속성이 있다.

- a.  $\{r(t)\}$ 의 시간 상관 평균이 0이다.
- b.  $\{r(t)\}$ 의 시간 상관 평균 제곱근은 전체 효과  $\{x(t)\}$ 의 시간 상관 표준 편차이다.

모의시험 유효성 시험을 위한 시험 영역 기준은 시간 상관 평균, 시간 상관 표준 편차 및 시간 상관 평균 제곱근의 시간 영역 평가자에 대한 분산으로 제공된다. 이러한 평가자 및 분산의 식은 수식 (B-3) ~ (B-8)에 나와 있다. 참고규격 b의 표기 및 용어가 사용된다. 각 지속시간  $T_p$ 에서 시간 이력 견본의 수  $N$ 의 전체 효과  $\{x(t)\}$ 에 대한 편향되지 않은 시간 상관 평균 추정값은 다음과 같다.

$$\hat{\mu}_x(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i(t) \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (B-3)$$

이 평가자의 분산은 다음과 같다.

$$E\left[\left(\hat{\mu}_x(t) - \mu_x(t)\right)^2\right] \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (B-4)$$

여기서  $\mu_x(t)$ 는 이 무작위 과정의 고정되지 않은 시간 상관 평균이다.

전체 효과  $\{x(t)\}$ 의 편향되지 않은 시간 상관 표준 편차 추정값은 다음과 같다.

$$\hat{\sigma}_x(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i(t) - \hat{\mu}_x(t))^2}{N-1}} \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (B-5)$$

이 평가자의 분산은 다음과 같이 이론적인 형태로 제공될 수 있다.

$$E\left[\left(\hat{\sigma}_x(t) - \sigma_x(t)\right)^2\right] \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (B-6)$$

여기서  $\sigma_x(t)$ 는 이 무작위 과정의 고정되지 않은 시간 상관 평균이다.

전체 효과  $\{x(t)\}$ 의 편향되지 않은 시간 상관 평균 제곱은 다음과 같다.

$$\hat{\Psi}_x^2(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2(t) \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (\text{B-7})$$

이 평가자의 분산은 다음과 같다.

$$E \left[ \left( \hat{\Psi}_x^2(t) - \Psi_x^2(t) \right)^2 \right] \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (\text{B-8})$$

여기서  $\Psi_x^2(t)$ 는 이 무작위 과정의 고정되지 않은 시간 상관 평균 제곱이다.

주파수 영역에서, 전체 효과  $\{x(t)\}$ 의 평균 에너지 스펙트럼 밀도 함수는 다음과 같다.

$$\hat{E}_{xx}(f) = 2E \left[ \left| X_{T_p}(f) \right|^2 \right] \quad 0 < f < f_c \quad (\text{B-9})$$

이 평가자의 분산은 다음과 같이 이론적인 형태로 제공된다.

$$V \left[ \hat{E}_{xx}(f) \right] = E \left[ \left( \hat{E}_{xx}(f) - E_{xx}(f) \right)^2 \right] \quad 0 < f < f_c \quad (\text{B-10})$$

또한 추정값  $E_{xx}(f)$ 에는 푸리에 분석 대역폭과 관련된 편향 오류가 포함될 것이다. 여기서는 푸리에 분석 대역폭의 올바른 선택을 통해 총 편향 오류를 최소화할 수 있다고 가정한다. 전체 효과의 시간 상관 주파수 특성을 설명하는 데 있어 보다 광범위한 분석 분해능 대역폭이 필요하다는 사실을 기억해야 할 것이다. 분석 분해능 대역폭이 넓을수록 편향 오류도 증가할 것이다. 이러한 오류 추정값을 계산할 때(또는 단지 시험 모의시험의 시험 품목 반응이 현장 군수품 반응과 얼마나 “근접”한지를 양적으로 측정할 때), “실제” 양은 알 수 없지만 처리된 현장 측정 군수품 반응으로서 사용할 수 없다.

## 2.5 측정된 군수품 반응에 대한 특수한 모델 적용.

이 부록 내용에서는 측정된 현장 군수품 반응 환경에 대한 성공적인 확률적 시험 품목 반응 모의시험을 수행하는 데 필요한 실제 처리를 간략히 요약하였다. 이 부록의 그림들은 참고 규격 a에 수록된 그림들을 그래픽적으로 개선한 것이다. 모델링할 현장 측정 군수품 반응은 그림 519.5B-1a에 표시된 50펄스( $N_0=50$ ) 라운드 30mm 발포 사건이다. 발포 속도는 초당 약 40라운드이며 사건은 약 1.25초 동안 지속된다. 이 기록은 2kHz에서 안티 앨리어싱 필터를 사용하여 초당 견본 20,480개의 속도로 디지털화된다. 진폭 시간 이력을 육안으로 검사해 보면 정기적 시간 상관 특성을 가지고 있음을 명확히 알 수 있다. 이 기록은 전체 효과 시

간 상관 통계적 기술이 적용되는 약 25밀리초의 각 길이마다 50개 펄스로 된 전체 효과로 조심스럽게 분해된다. 그림 519.5B-2a는 전체 효과(펄스 37)의 전형적인 펄스를 보여주며 그림 519.5B-3a는 그 잔여분을 보여주고 있다. 그림 519.5B-4a는 수식 (B-3)에 정의된 이 전체 효과의 평균 추정값을 보여준다. 수식 (B-5)에 정의된 NP개 기록의 전체 효과 표준 편차 추정값은 그림 519.5B-5a에 표시된다. 또한 이 값은 잔여 전체 효과의 평균 제곱근이기도 하다. 그림 519.5B-6a는 전체 효과의 평균 제곱근을 보여준다. 수식 (B-4)에 설명된 바와 같이 전체 효과의 각 멤버에서 평균을 빼면 잔여 전체 효과를 구할 수 있다. 이 잔여(나머지) 전체 효과는 0 평균을 가지며 원래 전체 효과의 표준 편차와 동일한 0이 아닌 시간 상관 평균 제곱근을 가지고 있다. 이 잔여 전체 효과의 특성을 반드시 알고 있어야 한다. 위의 그림을 보면 측정된 전체 효과가 시간 상관 평균, 시간 상관 평균 제곱근 및 시간 상관 주파수(기록의 시작 부분에서 주파수가 더 높음)를 가지고 있음을 명확히 알 수 있을 것이다. 원래 측정된 전체 효과와 측정된 잔여 전체 효과에 대해 계산된 에너지 스펙트럼 밀도는 원래 전체 효과에서 시간 상관 평균을 제거한 결과와 두 개 전체 효과의 서로 다른 주파수 특성을 나타낸다. 그림 519.5B-7a는 이러한 두 가지 ESD 추정값 모두의 최고 위치(superposition)을 제공한다. ESD 추정값의 푸리에 분석 필터 대역폭은 5Hz이다. 그림 519.5B-8a의 T1 - T4는 원래 전체 효과의 시간-주파수 특성을 보다 실제적으로 보여준다. 이 분석에서 펄스 길이는 각각 6.25초인 4개의 시간 세그먼트로 등분되며 20Hz 필터 대역폭을 유지하는 각 세그먼트에 대해 평균 ESD가 계산된다. 시간 영역 테이퍼가 적용되지 않은 전체 효과 상에서 추정값의 평균이 계산된다. 네 개의 모든 스펙트럼이 다른 하나 위에 포개지는 경우 원래의 전체 효과와 잔여 전체 효과 모두에 대해 시간상의 주파수의 변동이 분명히 존재할 것이다(그림 519.5B-9a). 잔여 전체 효과는 참고규격 a, c, d에서 차선책 또는 교정 속성으로 연구된다. 수식 (B-1)에 요약된 모델에 따라 모의시험을 수행하고 시간 상관 평균, 표준 편차, 평균 제곱근, 잔여 및 전체 에너지 스펙트럼 추정값의 오류를 추정하는 데 사용되는 실제 단계는 참고규격 a에 수록되어 있다. 그림 519.5B-10a와 10b는 추정된 결정론적 함수 각각  $a_1(t)$ 와  $a_2(t)$ 를 보여준다. 그림 519.5B-11a는 잔여분이 여과되기 이전의 잔여 정보를 표시하며, 그림 519.5B-11b는 여과가 적용된 이후의 잔여 정보를 보여준다. 참고규격 a와 b의 정보만을 사용할 때, 푸리에 방식의 처리(FFT 및 역 FFT)는 모의시험된 시험 전체 효과를 결정하는 데 사용된다. 전체 효과의 시간 상관 주파수 특성을 모의시험하기 위한 시간 단편화는 모의시험에서 시간 간격 경계에서의 약간의 불연속성을 제공했다. 참고규격 c를 보면 결과적으로 주파수 영역에서 약간의 불연속성을 가져오는 시간 상관 특성은 주파수 영역에서 단편화할 수도 있음을 알 수 있다. 모의시험의 일반적인 충실도를 보여주기 위해 아래 그림에서는 이 모의시험의 결과가 보여주고 있다. 그림 519.5B-1b는 모의시험의 전체 양적 평가를 제공하기 위한  $N_p$ 개의 펄스로 모의시험된 전체 효과를 나타낸다. 그림 519.5B-2b와 그림 519.5B-3b는 이 모의시험된 전체 효과의 전형적인 펄스(펄스 번호 37)와 그 잔여분을 각각 보여주고 있다. 그림 519.5B-4b는 전체 효과의 평균을 나타내며, 그림 519.5B-5b는 표준 편차를, 그림 519.5B-6b는 평균 제곱근을 나타낸다. 그림 519.5B-7 ~ 그림 519.5B-9는 모의시험된 해당 ESD 정보와 측정된 정보를 표시한다. 그림 519.5B-12는 10, 25, 50개 펄스의 견본 크기에 대해 시간 상관 평균의 최대 및 중간 시간 상관 제곱근 분산 추정값을 제공한다. 이 그림은 세 개의 전체 효과 크기에 대한 모의시험 결과로서 각 시간점에서 예상될 오류를 나타낸다. 시간 상관 표준 편차에 대한 정보는 그림 519.5B-12에 제공되며, 시간상의 평균 제곱근에 대한 정보는 그림 519.5B-13에 제공된다. 일반적으로  $N_p = 50$ 인 견본 시간 이력을 갖는 전체 효과의 경우, 최대 제곱근 분산은 일반적으로 2.5g보다 작으며, 일반적으로 중간값은 0.75g가 된다.

## 2.6 구현.

위에 요약된 기술은 자료를 전처리하고 메인프레임 컴퓨터 또는 PC에서 모의시험된 군수품 반응 전체 효과를 생성하여 구현할 수 있다. 어느 경우든, 모의시험된 디지털 파형은 진동 여진기의 아날로그 전압 신호가 출력되기 전에 부록 A에 설명된 절차에 따라 적절히 보정되어야 한다. 이 확률적 모의시험 기술은 세부적으로는 매우 정교하지만 측정된 현장 군수품 반응에 기초하여 군수품 반응의 실제 확률적 시간 상관 실험실 모의시험을 제공한다. 진동 여진기 컨트롤러가 개방 루프 파형 제어 모드에서 적절한 모의시험을 제공할 수 있는 시간 길이에 의해서만 제한되는 시험일 경우, 이 기술은 모두 조금씩 다른 무제한의 많은 펄스를 산출할 수 있다는 면에서 유연성이 뛰어나다. 진동 여진기 출력이 진동 여진기와 선형으로 비례한다고 가정하는 경우 확률적 모의시험에 시험 보존도가 도입될 수 있다.

## 2.7 참고규격/관련 문서.

- a. R. G. Merritt, Simulation of 전체 효과 Oriented Nonstationary Processes, Part 2 Proceedings of 1994 IES 40<sup>th</sup> Annual Technical Meeting, Chicago, IL, May 1994.
- b. J. S. Bendat and A. G. Piersol, Random Data: Analysis and Measurement Procedures, 2nd edition, John Wiley & Sons Inc., New York, 1986.
- c. D. O. Smallwood, Gunfire Characterization and Simulation Using Temporal Moments, Proceedings of the 65th Shock and Vibration Symposium, Volume 1, San Diego, CA, November 1994.
- d. R. G. Merritt, An Example of the Analysis of a Sample Nonstationary Time History, Proceedings of 1994 IES 40<sup>th</sup> Annual Technical Meeting, Chicago, IL, May 1994.
- e. C. Lanczos, Discourse on Fourier Series, Hafner Publishing Company, New York, 1966.
- f. D. O. Smallwood, Characterization and Simulation of Gunfire with Wavelets, Proceedings of the 69th Shock and Vibration Symposium, Minneapolis, MN, October 1998.
- g. R.G. Merritt, A Note on Prediction of Gunfire Environment using the Pulse Method, Proceedings of 1999 IEST 45<sup>th</sup> Annual Technical Meeting, Ontario, CA, May 1999.
- h. D. O. Smallwood, Characterization and Simulation of Gunfire with Wavelets, Shock and Vibration, Volume 6, November 2, 1998, IOS Press, The Netherlands.

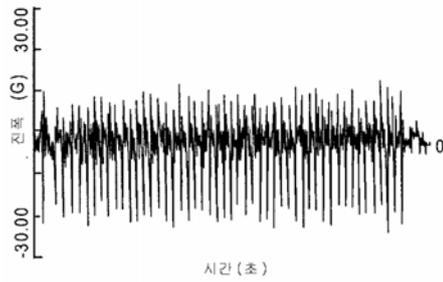
## 3. 권장 절차.

### 3.1 권장 절차.

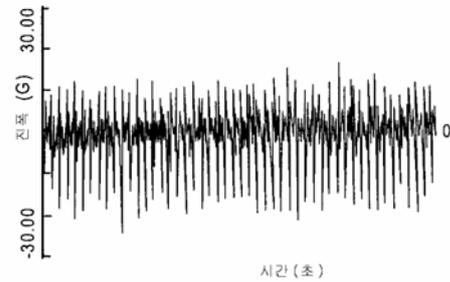
매우 단순한 동적 군수품에 대한 단일점 군수품 반응 측정을 위해, 통계적 변동의 가능성이 있는 반응 환경의 실험실 복제가 발포 환경에서 군수품의 작동 및 구조적 무결성을 설정하는 데 있어 절대로 필요한 경우 이 절차를 사용한다.

### 3.2 불확실성 인수.

이 절차는 측정된 환경이 현장 환경과 비교되는 정도 면에서의 불확실성 외에도 통계적 불확실성을 포함하고 있다. 이 절차에서는 다양한 현장 환경 구성에 관한 불확실성이 고려되지 않는다. 발포 환경 예측 오류를 결정할 때는 이 절차를 사용할 수 없다.

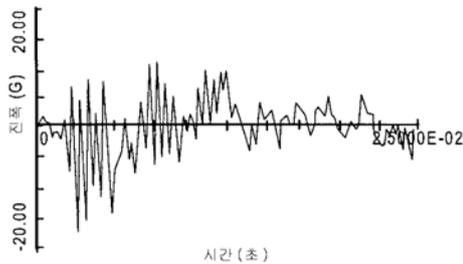


(a) 측정 자료

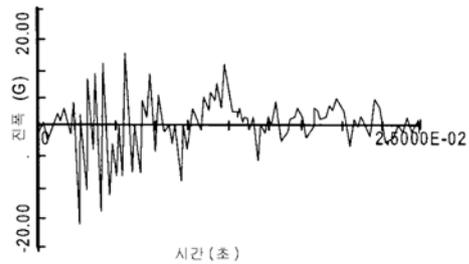


(b) 모의시험 자료

그림 519.5B-1. 50 라운드 30mm 발포 사건

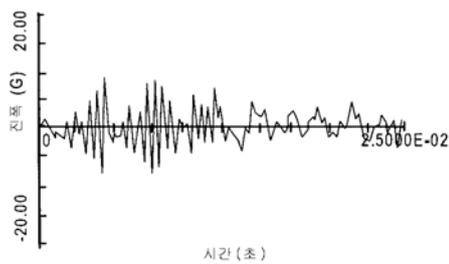


(a) 측정 자료

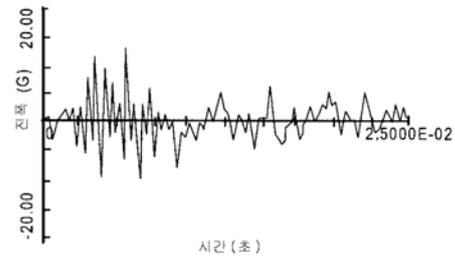


(b) 모의시험 자료

그림 519.5B-2. 전체 효과 견본 시간 이력 펄스 (펄스 37)

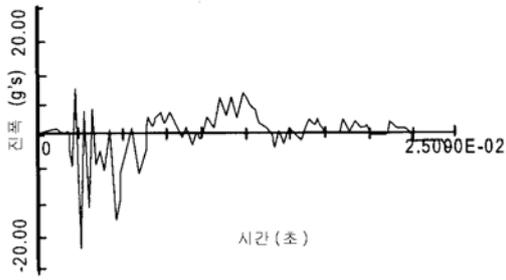


(a) 측정 자료

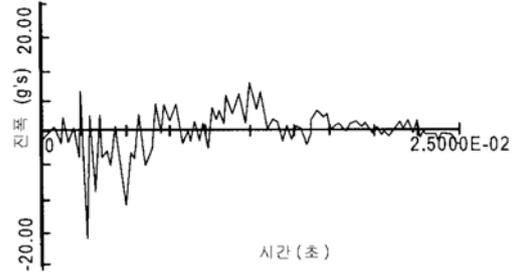


(b) 모의시험 자료

그림 519.5B-3. 전체 효과 잔여 견본 시간 이력 펄스 (펄스 37)

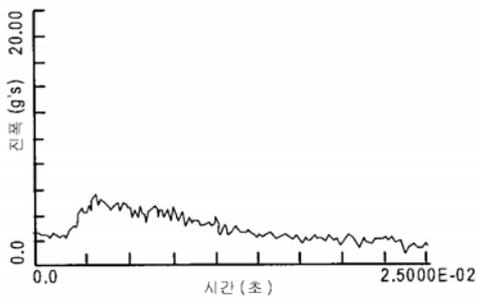


(a) 측정 자료

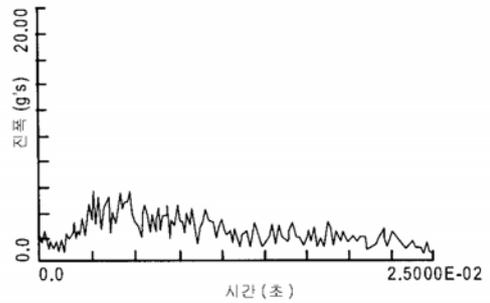


(b) 모의시험 자료

그림 519.5B-4. 전체 효과 시간 상관 평균 추정

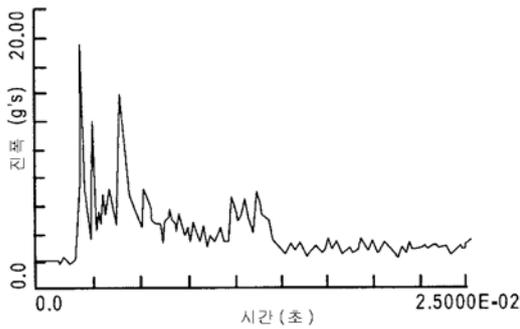


(a) 측정 자료

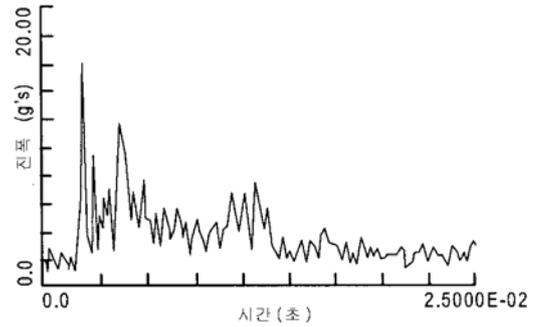


(b) 모의시험 자료

그림 519.5B-5. 전체 효과 시간 상관 표준 편차 추정

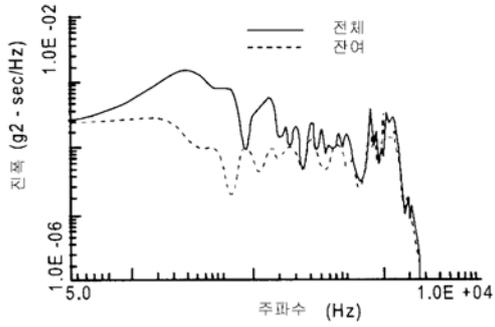


(a) 측정 자료

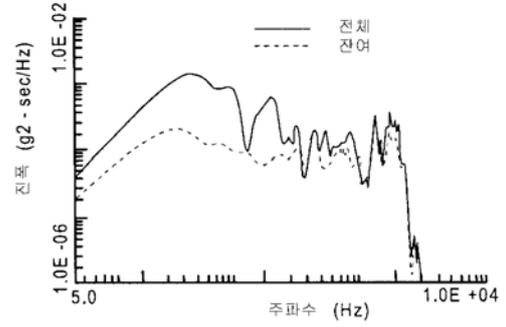


(b) 모의시험 자료

그림 519.5B-6. 전체 효과 시간 상관 평균 제곱근 추정

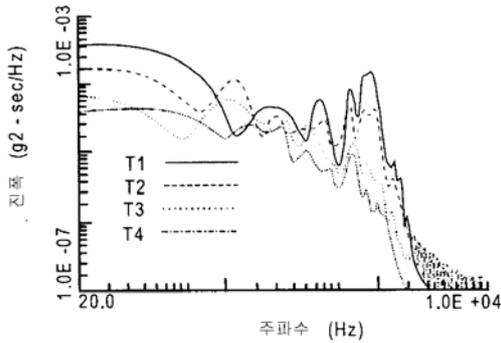


(a) 측정 자료 전체 효과

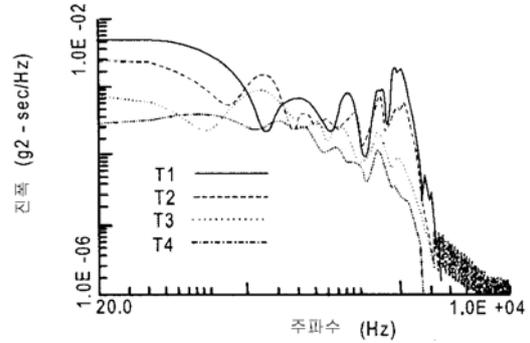


(b) 모의시험 자료 전체 효과

그림 519.5B-7. 에너지 스펙트럼 밀도 함수 추정

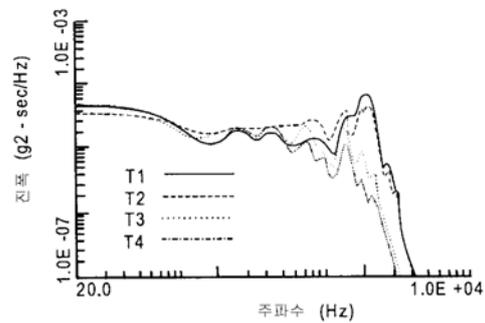


(a) 측정 자료 전체 효과

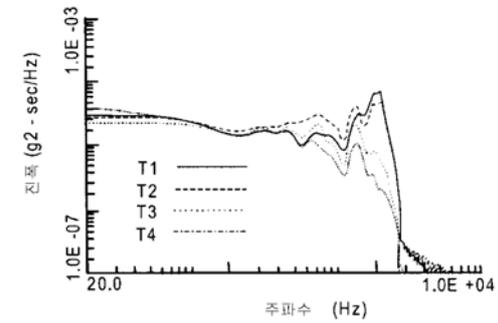


(b) 모의시험 자료 전체 효과

그림 519.5B-8. 단기 에너지 스펙트럼 밀도 함수 추정(자료)

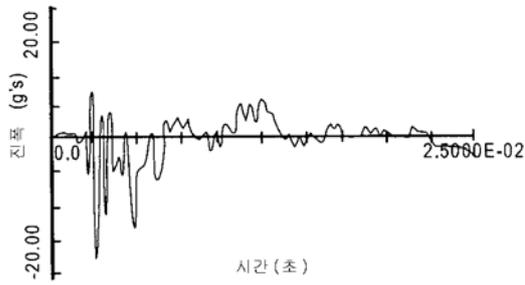


(a) 측정 잔여 전체 효과

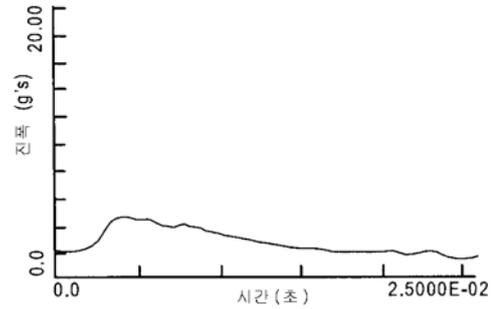


(b) 모의시험 잔여 전체 효과

그림 519.5B-9. 단기 에너지 스펙트럼 밀도 함수 추정(잔여)

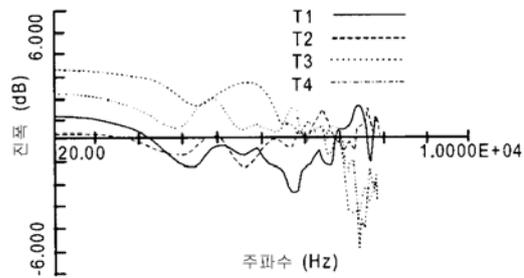


a.  $a_1(t)$  - 결정론적 신호

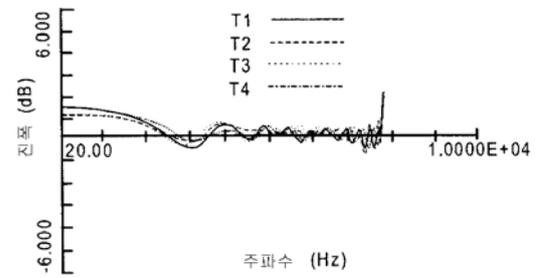


b.  $a_2(t)$  - 완전한 잔여 창 추정.

그림 519.5B-10. 고정되지 않은 모델 결정론적 함수



(a) 잔여 여과 전



(b) 잔여 여과 후

그림 519.5B-11. 단편화된 ESD 비

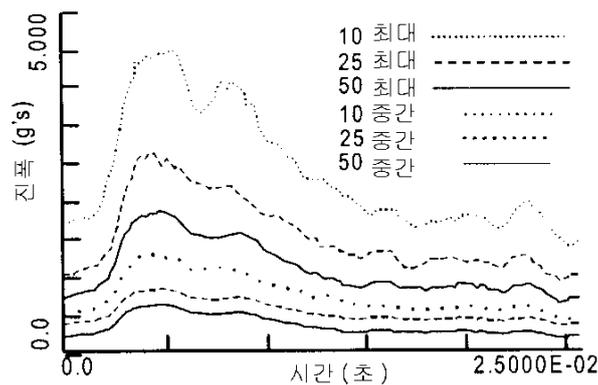


그림 519.5B-12. 모의시험된 전체 효과 견본 크기 10, 25, 50에 대해 시간 상관 평균의 완전해진 모의시험 제품군 분산 추정값. 견본 시간 이력 최대 및 중간.

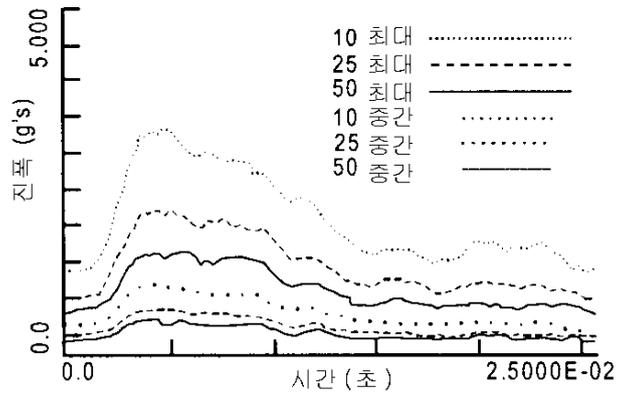


그림 519.5B-13. 모의시험된 전체 효과 견본 크기 10, 25, 50에 대해 시간 상관 표준 편차의 완만해진 모의시험 제공근 분산 추정값. 견본 시간 이력 최대 및 중간  $N_p = 10, 25, 50$ .

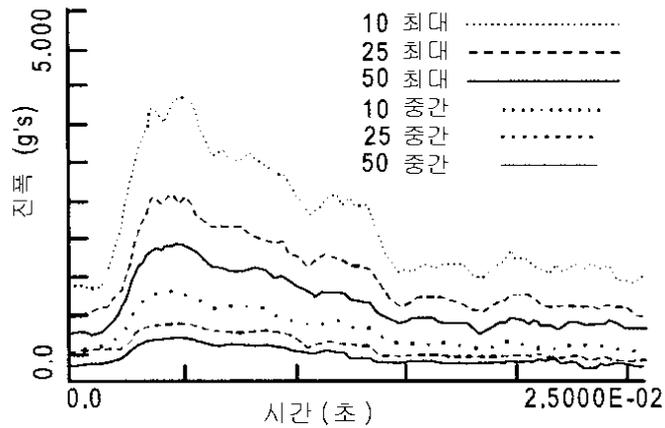


그림 519.5B-14. 모의시험된 전체 효과 견본 크기 10, 25, 50에 대해 시간 상관 평균 제공근의 완만해진 모의시험 제공근 분산 추정값. 견본 시간 이력 최대 및 중간.

## 부록 C

### 반복 펄스 충격 반응 스펙트럼(SRS)

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

본 부록은 발포 상태에서 측정된 군수품의 반응에 대한 실험실 모의시험 기술에 대한 지침과 기초를 설명한다. 본 기술은 MIL-STD-810E에서 기 식별된 “펄스법”의 형태이다.

##### 1.2 용도.

본 기술은 프로세스의 단일 표본 함수를 이용할 수 있는 미지의 단일 시변 무작위 프로세스를 위한 것이다. 단일 표본 함수는 다른 구성에 대한 외삽법이 확인되지 않은 단일 발포 물리적 구성을 대표한다. 본 기술은

- a. SRS 성능을 갖는 진동 가진 제어 시스템에서의 구현이 편리하다.
- b. SRS 측정 규격에 근거한 전통적인 SRS 충격 모의시험에 유사한 특성을 다수 갖는다.
- c. 군에서 측정된 반응 환경의 실험실 시험 복제를 생성할 수 있는 통계적으로 동등한 길이의 기록에 관해 매우 유동적이다.
- d. 한 가지 형태의 펄스에 제한적이지 않다.
- e. 시험소 시험 품목 반응 모의시험으로써 전통적인 군 측정 반응 자료 복제에 필수적인 것으로 간주되지 않는 측정 반응 전체의 높은 순번의 특성의 최소 숫자를 버린다.

다음 단락은 시험 품목 반응 한계와 방법에 대한 개요를 설명한다.

#### 2. 개발.

##### 2.1 개요.

SRS 방법은 측정된 군수품 반응 시간 이력이 개별 펄스의 조화를 분해할 수 있다는 것을 가정한다. SRS 최대치는 개별 펄스의 진동수 특성화를 위해 다양한 제동 인자를 사용하는 펄스의 전체에 걸쳐 측정된 것이다. SRS 평균치는 군수품 반응 펄스를 더 상세하게 특성화하기 위해 각각의 제동 인자에 대해 펄스 전체에 걸쳐 측정된 값이다. SRS의 정보를 사용하여, 진폭 변조 사인 성분 또는 감쇠 사인 곡선을 사용하는 시간 이력이 합성된다. SRS 시간 이력은 전형적인 발포 군수품 반응 펄스로 사용되며, 대포의 발포율 시험 품목의 입력 값으로 사용된다. (단락 2.8 의 참고규격 a와 b를 참조하라)

##### 2.1.1 본 과정의 장점은

- a. 표준 시험소 충격 시험 장비 사용.
- b. 측정된 군수품 반응 자료의 진동 특성을 재현하는 방법.
- c. SRS는 문서상에 쉽게 규정되며 다양한 시험 장비에서의 재현에 있다.

**2.1.2 본 과정의 단점은 다음과 같다.**

- a. 진폭 변조 사인 성분이나 감쇠 사인 곡선에 의해 생성된 시간 이력의 특성이 잘 제어되지 않거나 측정된 군수품 반응 펄스의 형태와 유사하게 나타나지 않을 수 있다.
- b. 통계적 변동을 모의시험에 도입하기 쉽지 않다.
- c. 대표 발포율에서의 펄스 시리즈 재생이 이러한 방식으로 설계되지 않은 진동을 가진 제어 시스템의 문제점도 설명한다.

반복 펄스 충격 반응 스펙트럼 (SRS) 기술을 사용하는 발포 군수품에 대한 특정 예제는 아래에서 설명한다. 다음 단락에서 설명하는 본 공정은 SRS 시험 성능을 갖는 디지털 진동 제어 시스템을 사용하여 수행된다. (2.8 단락의 참고규격 b를 참조해라)

**2.2 시험 구성.**

도구화된 시험 품목은 실험실 진동 설치물 또는 진동식 진동 가진기의 전자기에 설치된다. 실험실의 모의시험에 사용하는 시험 품목은 군수품 반응 자료 측정에 사용하는 군수품과 동일한 구성으로 되어 있다. 압전기 진동 가속계는 가속 반응 측정 목적으로 시험 품목에 내부적으로 설치된다.

**2.3 발포 환경 군수품 반응 진동의 디지털 파일 생성.**

본 모의시험 과정의 첫 번째 단계는 가속도 시간 이력을 구하기 위해 측정된 군수품 반응 자료를 계수화하는 것이다 (그림 519.5C-1). 2 kHz, 48 dB/octave의 저주파 통과 선상 안티-앨리어스(anti-alias) 필터와 만족할 만한 시간 이력 결과를 위한 초당 20,480의 표본율을 사용하여 아날로그 자료의 디지털 처리 (디지털 파일은 DC로 연결되며 고주파 통과 여과되지 않는다)가 수행된다.

**2.4 충격 반응 스펙트럼 계산.**

개별 측정된 반응 펄스 시험이 펄스간의 유사한 특성을 나타낸다면, 분석을 위한 대표 펄스가 선택될 것이다. SRS는 10,25,50,100으로 규정된 분석 Q를 사용하는 대표 펄스 전체를 계산한다. 결과에 대한 통계적 신뢰감을 향상시키기 위해 펄스 연쇄는 대표 펄스로 여겨지는 전체 효과의 평균치일 수 있으며, 상기 사항에 적용된다. 펄스 특성이 매우 상이할 경우, 노련한 분석가에 의한 분석을 여러 번 시행할 필요가 있을 것이다.

**2.5 대표적인 발포 환경 군수품 반응 펄스의 당량 반주기 (half-cycle) 면적 측정.**

그림 519.5C-2는 대표적인 발포 환경 군수품 반응 펄스는 80, 280, 440, 600, 760, 1,800 Hz에 가까운 일곱 개의 우세한 주파수를 포함한다. 일정 진폭의 사인 곡선의 (2Q) 반주기가

Q로 주어지는 최대 진폭의 95%에 가까운 값을 제공하기 때문에, 측정된 발포 군수품 반응에 포함된 주된 주파수를 구성하는 당량의 반주기 면적 측정은 안정한 상태가 되려는 SRS의 특정 주파수를 위한 최대 가속도인 Q의 식별로 측정할 수 있다. 그림 519.5C-2 상의 Q가 10이면 80 Hz 컴포넌트의 반주기 면적을 특성화한다. 1,800 Hz 컴포넌트를 제외한 다른 주된 주파수의 반주기 면적은 Q가 25인 것으로 대표된다. Q가 50이면 1,800 Hz 컴포넌트의 반주기 면적의 양을 정한다.

## 2.6 대표적인 발포 환경 군수품 반응 펄스를 위한 SRS 과도 현상 생성.

대표적인 발포 환경 군수품 반응 펄스의 주파수 면적 측정 후에, 디지털 진동 가진 제어 시스템을 사용하여 (독점 파동 합성 알고리즘으로부터) SRS 과도 시간 이력 펄스를 생성한다. SRS 과도 시간 이력 펄스는 1/12-옥타브 진폭 변조 사인 성분으로 구성되며, 가진 제어 시스템에서 허용하는 최소치인 1/12-옥타브 성분의 대부분이 3개의 반주기에 제한되어 있다. 7개의 주된 주파수는 발포 반응 펄스 (40 Hz 발포율)가 25-millisecond 지속 시간이나 부록 C의 단락 2.5에서 설명하는 반주기 측정 기술에 의한 반주기 면적을 위해 제한된다. Q가 10이면 80 Hz 컴포넌트를 식별하며, 25이면 280-, 440-, 600-, 760- 과 1,360-Hz 컴포넌트를, 50이면 1,800 Hz 컴포넌트를 식별한다. SRS 평균치는 SRS 진폭을 특성화하기 위해 각각의 감쇠 인자 (Q= 10, 25, 50, 100)에 대해 펄스의 전체 효과를 측정한다. Q가 50인 것을 사용하여 측정된 평균치 SRS는 모의시험한 군수품 반응 펄스의 각 주파수 컴포넌트에 대해 SRS 진폭을 정의하기 위해 선택된 것이다. 제로(zero) 시간 지연은 각 1/12-옥타브 진폭 변조 사인 성분을 위해 규정된다. 519.5C-I는 정의를, 519.5C-3는 진폭 변조 사인 성분 정의에 의해 생성된 SRS 발포 군수품 반응과도 현상을 설명한다.

## 2.7 발포 군수품 반응 모의시험.

발포 군수품 반응 모의시험의 마지막 단계는 40 Hz의 발포율에서의 SRS 반응과도 현상을 반복하는 것이다. 사용된 진동 가진 출력 펄스율의 한도 때문에, 40 Hz 발포율이 달성되지 않을 수 있다. 그림 519.5C-4는 진동 가진 제어기의 출력 펄스율 제한 없이 SRS 발포 환경 모의실험 방법의 반복적 성격을 설명하는 가속 시간 이력이다. 주: 그림 519.5C-4는 그림 519.5C-3 발포율에서의 SRS 군수품 반응과도 펄스를 디지털 방식으로 부가하여 예증 목적으로 생성된다. 진동 가진기 제어 시스템이 이러한 속도 반복을 허용하지 않는다면, 부록 A에서 정의한 파형 제어 절차는 디지털 방식의 모의실험을 하고, 진동 가진기로 보완되는 군수품 반응 펄스의 집합에 사용된다.

## 2.8 참고규격/관련 문서.

- a. Merritt,R.G and S.R.Hertz, Aspects of Gunfire, Part 1- Analysis, Naval Weapon Center, China Lake, CA 93555-6100, NWC TM 6648, Part 1, October 1990
- b. Merritt,R.G and S.R.Hertz, Aspects of Gunfire, Part 2- Simulation, Naval Weapon Center, China Lake, CA 93555-6100, NWC TM 6648, Part 2, September 1990

## 3. 권장 절차.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 C

### **3.1 권장 절차.**

비교적으로 단순한 동적 군수품 상에서의 단일 지점 군수품 반응 측정을 위해서, 본 절차를 사용하라. 본 절차는 반응 환경의 실험실 복제가 발포 환경 하에서 군수품의 운영 및 구조적 무결성 확립에 필수적인 경우에 사용하도록 한다.

### **3.2 불확실성 인수.**

본 절차는 측정된 환경을 군 환경과의 비교 시 불확실성 또는 통계적 불확실성을 포함하지 않는다.

표 519.5C-1. SRS 발포 균수품 반응 펄스를 위한 진폭 변조 사인 파형 정의.

주파수(Hz)	진폭 (g's)	반주기	주파수(Hz)	진폭 (g's)	반주기
78.75	11.995	3	445.45	34.995	
83.43	11.803	3	471.94	26.455	21
88.39	11.628	3	500.00	19.999	3
93.64	11.455	3	529.73	21.232	3
99.21	11.285	3	561.23	22.568	3
105.11	11.117	3	594.60	23.988	3
111.36	10.952	3	629.96	19.323	29
117.98	10.777	3	667.42	13.996	3
125.00	10.617	3	707.11	20.448	3
132.43	10.459	3	749.15	29.992	3
140.31	10.304	3	793.70	31.225	37
148.65	10.151	3	840.90	32.509	3
157.49	10.000	3	890.90	33.845	3
166.86	10.814	3	943.87	35.237	3
176.78	11.708	3	1,000.00	36.728	3
187.29	12.662	3	1,059.46	38.238	3
198.43	13.709	3	1,122.46	39.811	3
210.22	14.825	3	1,189.21	41.448	3
222.72	16.051	3	1,259.91	43.152	3
235.97	17.358	3	1,334.84	44.975	3
250.00	18.793	3	1,414.21	37.325	49
264.87	20.324	3	1,498.31	31.010	3
280.62	22.004	13	1,587.40	50.003	3
297.30	18.275	3	1,681.79	80.631	3
314.98	16.901	3	1,781.80	130.017	89
333.71	14.825	3		124.882	
353.55	13.002	3	1,887.75	119.950	3
374.58	16.653	3	2,000.00		3
396.85	21.330	3			
420.45	27.321	3			

<sup>1</sup> 정의는 독점 소프트웨어의 형식에 기초한다 (참고규격 b ).

일반적인 측정 발포 군수품 반응

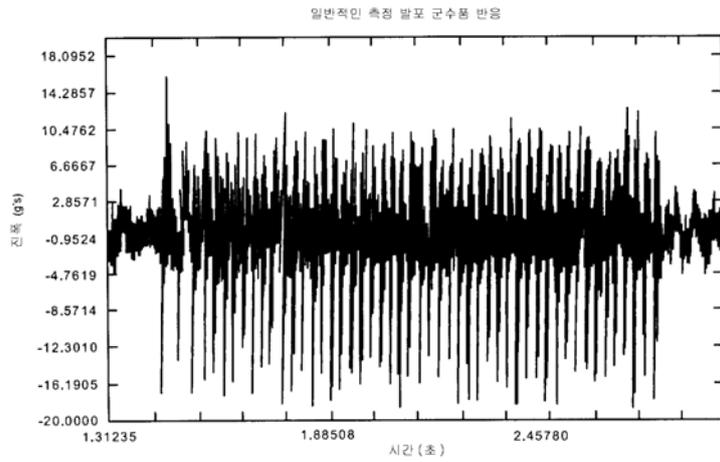
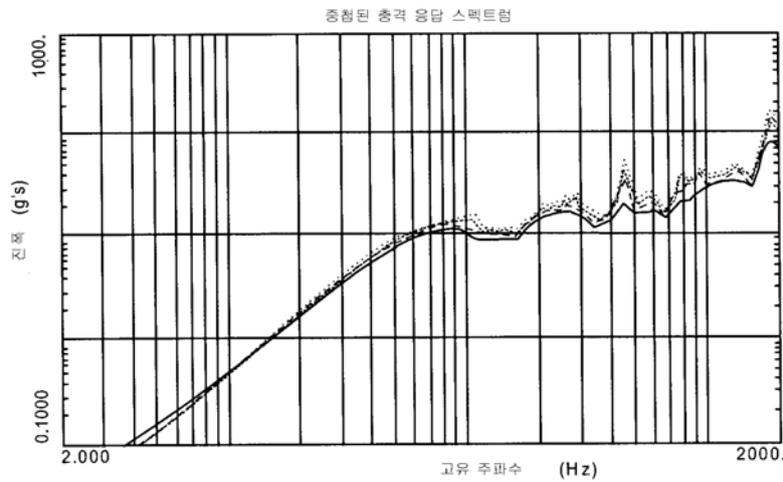


그림 519.5C-1. 디지털 비행 자료



- 측정 자료 펄스 #37, Q=10 (SOLID)
- 측정 자료 펄스 #37, Q=25 (긴 대시)
- 측정 자료 펄스 #37, Q=50 (짧은 대시)
- 측정 자료 펄스 #37, Q=100 (점)

그림 519.5C-2. Q가 10,25,50,100인 대표적인 발포율 비교

진폭 시간 이력

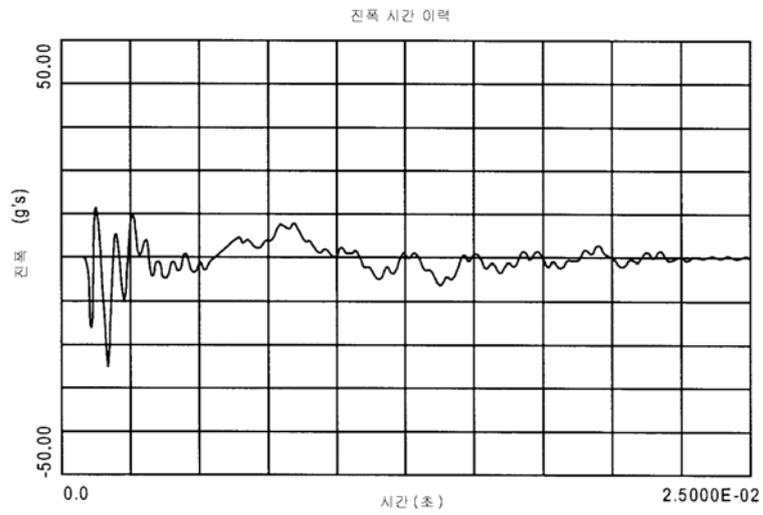


그림 519.5C-3. 디지털 제어기를 사용하여 생성된 SRS 발포 펄스

진폭 시간 이력

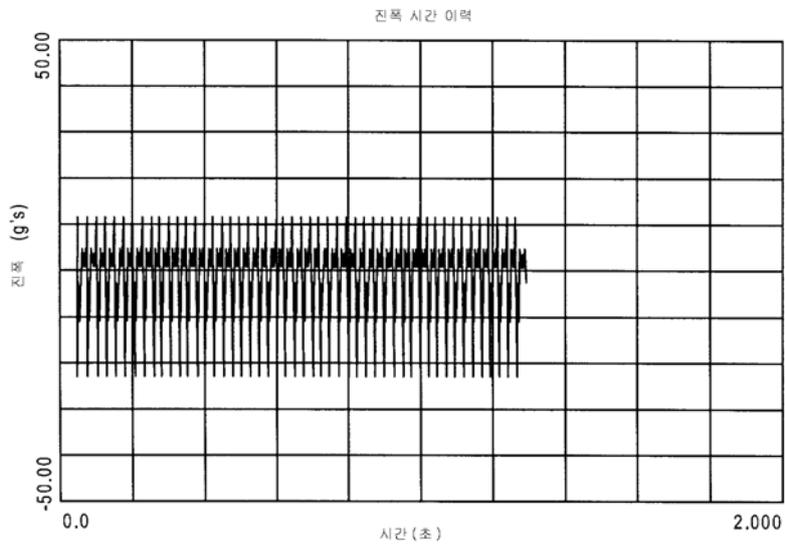


그림 519.5C-4. SRS 펄스 발포 모의실험-분석 펄스 연결

## 부록 D

### 고위 무작위 진동/sine-on-random 진동/협대역 random-on-random 진동

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

본 부록은 (측정 자료 이용 불가 시) 예측 발포 진동 자료를 사용하는 옵션을 제공함으로써, 총포가 내장된 항공기에 탑재된 군수품이 (1) 군수품 지원 구조물에 부딪쳐 총구에서 발사된 펄스 압력과 (2) 구조 진동에 의해 발생된 진동 수준을 견딜 수 있다는 것을 보증한다. (본 부록은 MIL-STD-810E의 시험법 519.4, 발포 진동, 항공기를 제한된 수의 개선점과 함께 재구성하였다). 본 부록은 측정된 자료 스펙트럼이 현저하게 다르지 않은 고조파 컴포넌트를 표시할 경우, (측정 자료를 이용할 수 있는) 고위 무작위 진동 사용을 위한 옵션을 제공한다.

##### 1.2 용도.

본 부록은 항공기 발포와 총포가 내장된 항공기에 탑재된 군수품에만 적용 가능하다. 본 부록에서의 지침은 군에서 측정된 군수품 반응 자료가 개발 프로그램의 초기 단계에서 사용 가능하지 않을 경우에만 사용될 수 있다. 본 부록은 측정 자료가 다른 주파수에서의 컴포넌트와 함께 광대역 스펙트럼을 표시하는 경우에 대한 sine-on-random 또는 협대역 random-on-random 사용을 정당화하기 위한 것은 아니다. 본 부록의 정보는 군수품의 설계에 절대적으로 필요한 경우에만 사용해야 한다. 군내 플랫폼에 탑재된 군수품 반응의 초기 측정치를 구할 수 있는 확률이 있다면, 본 부록의 정보를 사용하여 개발된 엄격성을 군내 측정에서의 군수품 반응에서 측정된 엄격성 또는 시험에 사용된 다른 절차로 대체한다. 특히, 군내 환경에서 측정된 군수품 반응이 절차 II 또는 절차 III의 응용 분야에 도움이 되지 않는 고위 광대역 무작위 진동의 특성을 갖는다면,

- a. 절차 I을 과도 진동 형태로 적용하거나,
- b. 군수품을 가속 시험 또는 시험 계획에서 규정한 (514.5 참조) 저주기 피로 가정에 일관된 일정 주기에 걸쳐 (군내 군수품 반응의 ASD 측정치에 근거한) 고위 광대역 무작위 진동의 규정 수준으로 제출한다.

#### 2. 개발.

##### 2.1 개요.

본 부록은 단락 2.5의 참고규격 a.에서 설명하는 정보에 지침을 추가한 개정판이다. 단락 1-4.4.의 참고규격 a.에서의 펄스법 언급은 포함되지 않았으나, 예측 원리와 함께 펄스법의 사용에 대한 통찰력을 제공하는 참조 b를 다룬다. 절차 IV는 비교적 작은 집합의 계측 발포 군수품 반응 자료의 분석에 기초하여 개발된 예측 절차의 결과인 다른 세 개의 절차와 다르다. 그러므로, 예측 스펙트럼은 특정 군수품의 군내 계측 진동 반응과 상당히 다를 수 있는 군수품 진동 반응의 견적을 제공한다. 특정 군수품 및 총포/군수품 구성을 위해, 발포에 대

## 부록 D

한 군수품 반응은 대체적으로 정확한 예측의 제제를 받지 않는다. 아래에서 제공되는 예측 방법론은 대체적으로 시험 수준에 대하여 큰 불확실성에 종속된다. 이 불확실성은 총포가 군수품으로부터 1 미터보다 작은 경우에 발포 구성에서 매우 명백히 나타난다.

## 2.2 발포 진동 스펙트럼 예측.

발포 진동 예측 스펙트럼은 4가지 조화 관련 사인 파형과 함께 고정된 무작위 진동에서의 ASD 견적을 대표하는 광대역 스펙트럼으로 구성된다. 그림 519.5D-1은 발포 환경에서의 군수품 예측 반응을 정의하는 발포 유도 진동용 일반 진동 스펙트럼을 설명한다. 진동의 최고점은 공칭 발포율과 발포율의 처음 세 개의 고조파에 일치하는 주파수에서의 값이다. 그림 519.5D-1에서 보여주는 각 파라미터의 특정 값은 표 519.5D-I, 표 519.5D-II, 표 519.5D-III 과 그림 519.5-2 - 8에서 결정될 수 있다. 광대역 무작위 진동,  $T_j$ 의 세 가지 수준에 대해 제안된 일반 파라미터 방정식은  $g^2/Hz$  ( $1 g^2/Hz$  참조)에 대해 다음과 같이 dB 로 주어진다.

$$10 \log_{10}(T_j) = 10 \log_{10}(N F_1 E) + H + M + W + J + B_j - 53dB \quad j=1,2,3 \quad (D-1)$$

파라미터는 표 519.5D-1에서 정의한다. 그림 519.5-D-1에서 스펙트럼을 정의하는 단일 주파수 (사인) 진동의 4가지 수준에 대해 제안된 일반 파라미터 방정식은  $g^2/Hz$  ( $1 g^2/Hz$  참조)에 대해 다음과 같이 dB로 주어진다.

$$10 \log_{10}(P_j) = 10 \log_{10}(T_3) + K_j + 17dB \quad j=1,2,3 \quad (D-2)$$

여기에서 파라미터는 표 519.5D-1에서 정의한다.

예측 진동 스펙트럼 측정에 사용되는 중요한 기하학적 관계는 다음과 같은 4가지 기하학적 인자이다.

- a. 벡터 거리 (D). 총포의 총구로부터의 벡터 거리에서 그림 519.5D-2에서처럼 군수품 지원 지점 사이의 평균 거리. 다중 총포 관련 구성을 위해, 벡터 D의 원점은 그림 519.5D-3에서처럼 총구의 중심점으로부터 측정한다. 그림 519.5D-7과 그림 519.5D-8은 무작위 스펙트럼과 불연속 스펙트럼을 위해 D와 관련된 스펙트럼 감소 요인을 설명한다.
- b. 총포 원격 거리 (h). 그림 519.5D-4에서 설명하는 항공기 표면까지의 표준 거리.
- c. 깊이 변수 (R<sub>s</sub>). 항공기 외장과 항공기 내부의 군수품 위치까지의 표준 거리. R 가 알려지지 않은 값이면, R = 7.6 cm를 사용하라 (그림 519.5D-2 참조). 그림 519.5D-6은 R와 관련된 스펙트럼 감소 인자를 설명한다.
- d. 총포 직경 (c). 표 519.5D-III은 총포 직경 변수 c를 밀리미터와 인치 단위로 정의한다.

본 과정을 위해, 군내에서 측정된 군수품 반응 자료에 창을 낸 Fourier 처리와 일관된 진동 최고점 대역폭을 기초로 한다. 만일 군내 자료를 이용할 수 없는 경우, 진동 최고점 대역폭

은

$BW_{3dB}$  = 고점 ASD 수준 미만의 3 dB 수준에서의 대역폭  
 $F$  = 기초 주파수 또는 고조파  $F_1, F_2, F_3, F_4$  중 하나인 경우

$$BW_{3dB} = (\pi F^{\frac{1}{2}}) / 4 \quad (D-3)$$

으로 계산한다.

프로그램 개발이 진행되는 동안 발포율이 변경되는 경우이거나, 급속한 속도로 발포할 수 있는 경우, (1) 기본과 각 고조파를 위해 제안된 대역폭 내에서 완전한 사인 곡선을 수행하거나, (2) 완전한 주파수 대역폭이 아주 크지 않다는 가정 하에 협대역 무작위 진동 수준을 적용한다. 본 기술은 부착 구조나 군수품 반응이 현저하게 비선형인 경우의 주파수를 과잉 예측할 수 있다. 마찬가지로, 부착 구조와 군수품 공명이 발포 환경의 주파수와 부합되는 경우, 군수품 반응은 예측할 수 없다. 실습자는 진동 제어 시스템 소프트웨어의 이용 가능한 옵션과 본래의 제한 범위를 명확하게 이해해야 한다.

### 2.3 시험 지속시간.

군내에서 군수품이 겪을 예상 총 시간과 등량인 세 개 축의 발포 진동 시험을 위한 지속 시간을 사용하라. 이 지속 시간은 각 출력기에서 발포하는 총 최대 시간에 의해 발포될 항공기 출력기 예상 대수를 배수로 계산하여야 한다. 발포가 일어날 출력기의 숫자는 계획된 항공기 훈련 및 전투 이용율과 관련이 있겠지만, 일반적으로 200에서 300 대 근처이다. 출력기당 발포 최대 시간은 항공기 당 총 회전을 발포율로 나눔으로써 표 519.5D-II에서 측정할 수 있다. 총포가 하나 이상의 발포율을 갖는다면 두 개의 발포율을 사용하여 시험을 수행하되 군내 사용을 위해 각 발포율에서의 예측 시간 비율에 기초한 각 발포율에서의 시험 시간도 함께 고려한다. 항공기로 운반되는 총포는 일반적으로 짧게 폭발하고 몇 초 지속하지 않는다. 발포 환경에서의 시험은 계획에 부합하여 사용되는 군내 사용 형식을 반영해야 한다. 예를 들어, 진동은 적용되지 않을 경우에, 진동은 2초간 적용되고 8초간 쉰다. 2초-on/8초-off 주기는 항공기 유형과 군내 사용을 위해 측정되는 총 진동 시간과 등량이 될 때까지 반복한다. 본 주기는 진동 절연체의 과열, 연속 진동에서 군수품 반응의 구축에 따라 비현실적인 고장 유형의 발생을 방지할 수 있다. 간헐적인 진동은 (1) 가진기 입력 신호 간섭과 (2) 부록 A에서 논의한 과도 진동을 위한 과형 복제 전략을 포함하는 여러 가지 수단에 의해 수행될 수 있다.

### 2.4 스펙트럼 생성 기술.

발포 군수품 반응 진동은 내장 총포의 발포율의 처음 세 개의 고조파와 기본 주파수에서 발생하는 4 개의 진동 고점과 함께 광대역 무작위 진동에 의해 특징지어진다. 사실상, 현대의 모든 진동 제어 시스템 소프트웨어 패키지는 예측 son-on-random 스펙트럼의 형태에 기초한 발포 진동 시험 수행에 대한 규정을 포함한다. 이러한 소프트웨어 패키지에 대한 상세한 설명은 일반적으로 독점적이지만, 실습자는 소프트웨어의 능력과 제한 범위에 대한 명백한 이해를 해야 한다. 규정된 발포 스펙트럼의 생산 및 관리를 위해 요구되는 동적 범위가 일부 이용 가능한 진동 가진기의 능력을 초과한다는 것을 기술해 왔다. 본 문제점의 해결 방안은 진동 고점과 함께 희망하는 광대역 무작위 스펙트럼인 진동 가진기에 들어간다. 강한 고점을 갖는 그러한 주파수에서는, 사인 파형이 진동 가진기 증폭기의 입력에 전자로 추가될 수

부록 D

있다. 그러한 주파수에서 생성된 진동 수준은 희망 스펙트럼 수준보다 약간 적다는 사인 파형의 고도를 확실히 한다. 진동 가진기가 필요 시험 수준에 달성되기 위해서는 최종 조정을 할 수 있다.  $g$ 's가 아니고  $g^2/Hz$ 와 관련한  $P_i$  을 주목해라 ( $g$ 's나  $g$  수준에 등량으로 부합하는 입력 전압에서 사인 파형의 고도 규정 연습을 주위 깊게 해야한다). 이는 환경 복제가 발포 진동 시험이 일반적인 실험실 장비와 제어 시스템 소프트웨어가 닫힌 루프에서 시행되는 것을 허용한다는 것을 의미한다.

2.5. 참고규격/관련 문서.

a. MIL-STD-S10E Method 519.4, 1989, July 14

b. Merritt, R.G, "A Note on Prediction of Gunfire Environment Using the Pulse Method", IEST, 40<sup>th</sup> ATM, Ontario, CA, May 1999.

3. 권장 절차.

3.1 권장 절차.

이용 가능한 자료 없이 항공기에 설치된 군수품에 대한 항공기 진동을 위해, 예측 방법론과 함께 본 절차를 사용해라. 이용 가능한 측정 자료가 “불연속성” 부품 없이 광대역 고위 진동에 대해서만 설명한다면, 본 방법을 사용해라.

3.2 불확실성 인자

본 절차는 발포 환경이 총포의 변수나 기하학적 구성에 민감하므로 일반 수준에서 상당한 불확실성을 포함한다. 시험에 등급을 추가하기 위해서 등급이나 지속 시간을 증가시키는 것이 적합해야 한다. 수준, 지속 시간 변경 또는 시험의 신중성을 증가시키기 위해 논리적인 사정 문서가 지원되어야 한다. 극단적인 스펙트럼의 예측 수준이 측정 자료와 관련된 시험 입력 사항을 제공하지 않아도 되기 때문에 (동일한 기하학적 구성에 대해서는), 손상 잠재성에의 불확실성은 수준에서 예상 스펙트럼이 증가함에 따라 상당히 증가된다. 본 절차에 따르는 시험은 상당히 신중하지 않을 수도 있다.

## 표 519.5D-1. 발포 유도 진동을 위해 제안되는 일반 파라미터 방정식.

$10 \log_{10} ( T_j ) = 10 \log_{10} ( N F_1 E ) + H + M + W + J + B_j - 53dB$
$10 \log_{10} ( P_i ) = 10 \log_{10} ( T_3 ) + K_i + 17dB$
<p>N 같이 발포하는 근접한 총포의 최대 숫자. 날개 뿌리나 총포의 포드와 같은 호스트 항공기상에서 분산되는 총포에 대해서는, 개별적인 진동 발포 시험 스펙트럼은 각 총포의 위치를 위해 측정된다. 시험 목적을 위한 진동 수준은 최대 진동 수준을 생성하는 총포를 위해 선택된다.</p> <p>E 총포의 에너지 폭발 (표 519.5D-4 참조)</p> <p>H 총포 원격 거리 h의 영향 (그림 519.5D-4 참조).</p> <p>M 항공기가 총신의 축에 표준이 아니면 총의 위치 영향은 M=0 이고, 항공기 구조와 교차되지 않는 총구가 위치한 경우, M= -6 dB이다.</p> <p>W 시험 대상 장비의 무게 영향 (그림 519.5D-5 사용). 군수품의 무게가 알려지지 않은 경우, W=4.5 킬로그램(10 lbs)를 사용하라.</p> <p>J 공중 차량의 기체와 관련된 군수품 위치의 영향 (그림 519.5D-2와 519.5D-6 사용).</p> <p>B 총구에서 군수품 위치까지의 벡터 거리 영향 (그림 519.5D-7 참조).</p> <p>F <math>F_1 =</math> 표 519.5D-II의 기본 주파수인 경우 (<math>F_2 = 2F_1, F_3 = 3F_1, F_4 = 4F_1</math>)</p> <p>T <math>g^2/Hz</math>에서의 시험 수준</p> <p>P <math>g^2/hz</math>(i=1에서 4)에서의 주파수 F을 위한 시험 수준</p> <p>K 각 진동 고점, <math>P_i</math> 에서의 벡터 거리 영향 (그림 519.5D-8).</p>

주 이러한 방정식은 미터법으로 표기된다. 결과 dB 값은  $1 g^2/Hz$ 와 관련이 있다.

표 519.5D-II 항공기 등급과 관련된 대표적인 총포 구성

항공기/포드	총포 (품질)	위치	발포율		성능
			Rnds/Min	Rnds/Sec	
A-4	MK12(2)	날개 밑둥	1000	16.6	100/Gun
A-7D	M61A1(1)	기수, 좌측	4000 & 6000	66.6 & 100	1020
A-10	GAU-8/A(1)	기수	2100 & 4200	35 & 70	1175
A-37	GAU-2B/A(1)	기수	6000	100	1500
F-4	M61A1(1)	기수	4000 & 6000	66.6 & 100	638
F-5E	M39(2)	기수	3000	50	300/Gun
F-5F	M39(1)	기수	3000	50	140
F-14	M61(1)	기수 좌측	4000 & 6000	66.6 & 100	676
F-15	M61(1)	우측 날개 밑둥	4000 & 6000	66.6 & 100	940
F-16	M61(1)	좌측 날개 밑둥	6000	100	510
F-18	M61(1)	기수의 중앙 위	4000 & 6000	66.6 & 100	570
F-11	M61(1)	동체 아래부분	5000	83.3	2084
GEPOD 30	GE430(1)	POD	2400	40	350
	(GAU-8/A)				
SUU-11/A	GAU-2B/A(1)	POD	3000 & 6000	50 & 100	1500
SUU-12/A	AN-M3(1)	POD	1200	19	750
SUU-16/A	M61A1(1)	POD	6000	100	1200
SUU-23/A	GAU-4/A(1)	POD	6000	100	1200

표 519.5D-III 총포 규격

총포	총포 구경		폭발 에너지, E (J)*
	mm	in	
GAU-2B/A	7.62	.30	6,700
GAU-4/A	20	.79	74,600
GAU-8/A	30	1.18	307,500
AN-M3	12.7	.50	26,000
M3	20	.79	83,000
M24	20	.79	80,500
M39	20	.79	74,600
M61A1	20	.79	74,600
MK11	20	.79	86,500
MK12	20	.79	86,500

\* joules(J) x 0.7376 = 피트파운드(foot-pound)

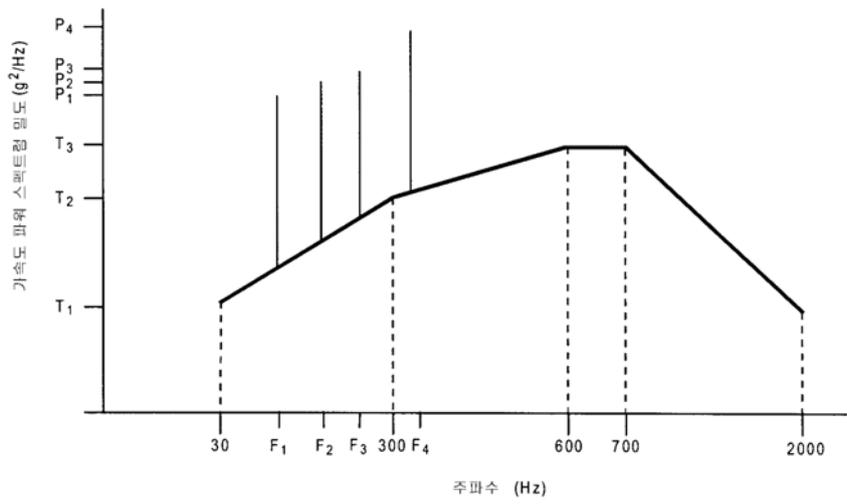


그림 519.5D-I. 일반 발포로 유도된 진동 스펙트럼 모양

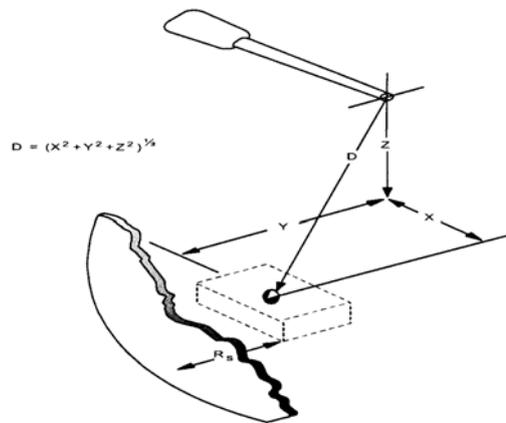


그림 519.5D-2. 거리 변수 (D)와 깊이 변수 (Rs)

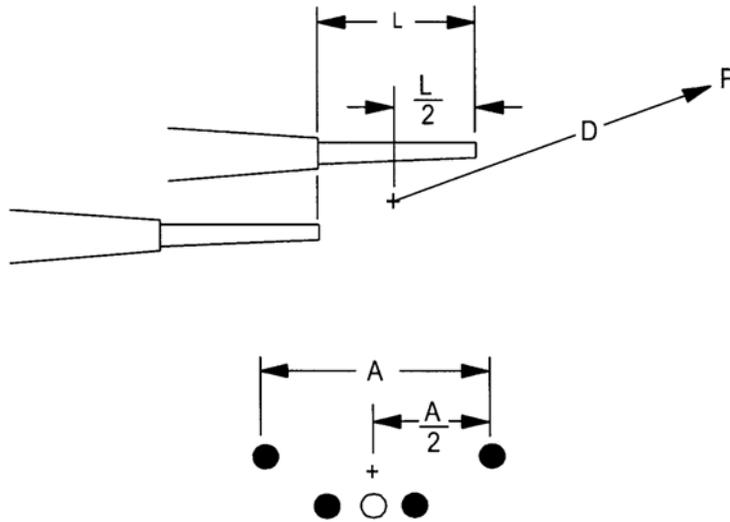


그림 519.5D-3. 가깝게 모여있는 다중 건

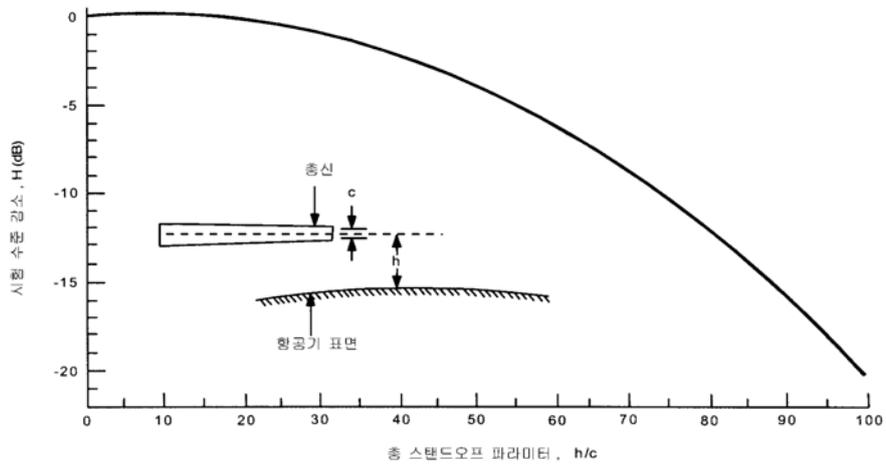


그림 519.5D-4. 총포의 원격 변수로 인한 시험 수준 감소

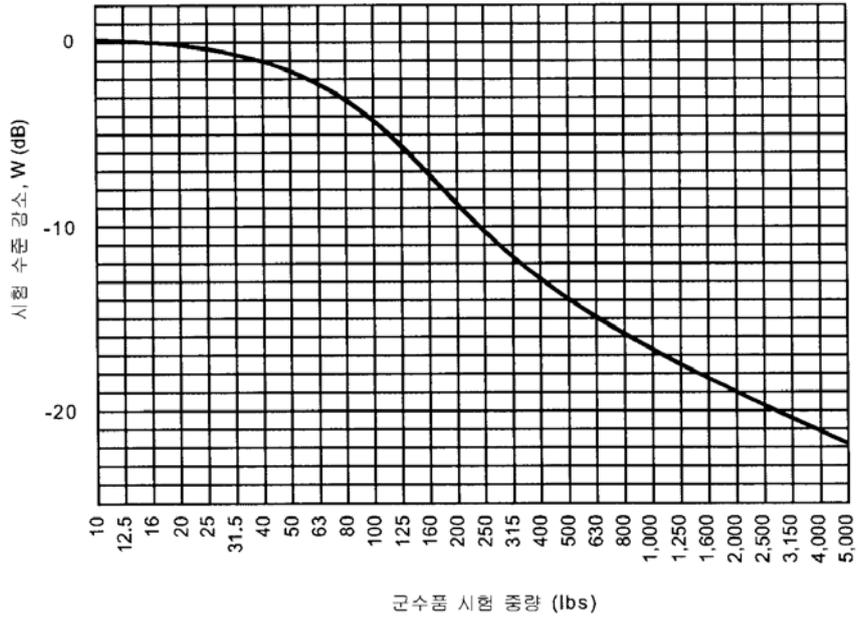


그림 519.5D-5. 군수품 질량 장하로 인한 시험 수준 감소

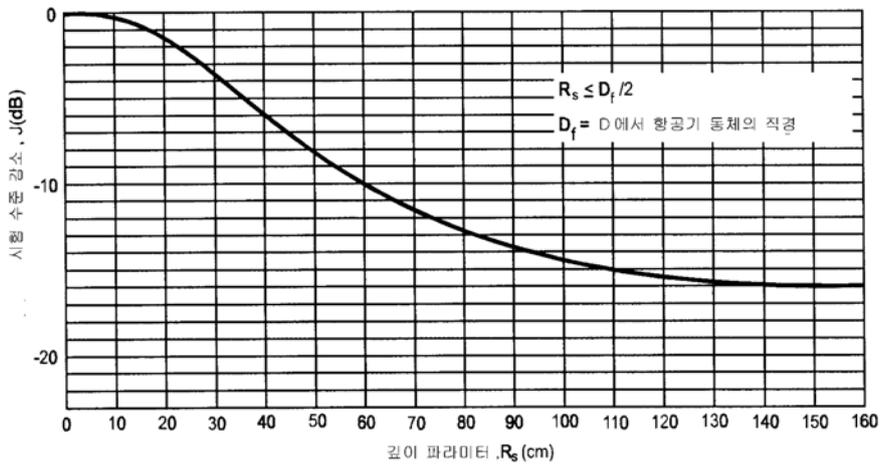


그림 519.5D-6. 깊이 변수로 인한 시험 수준 감소

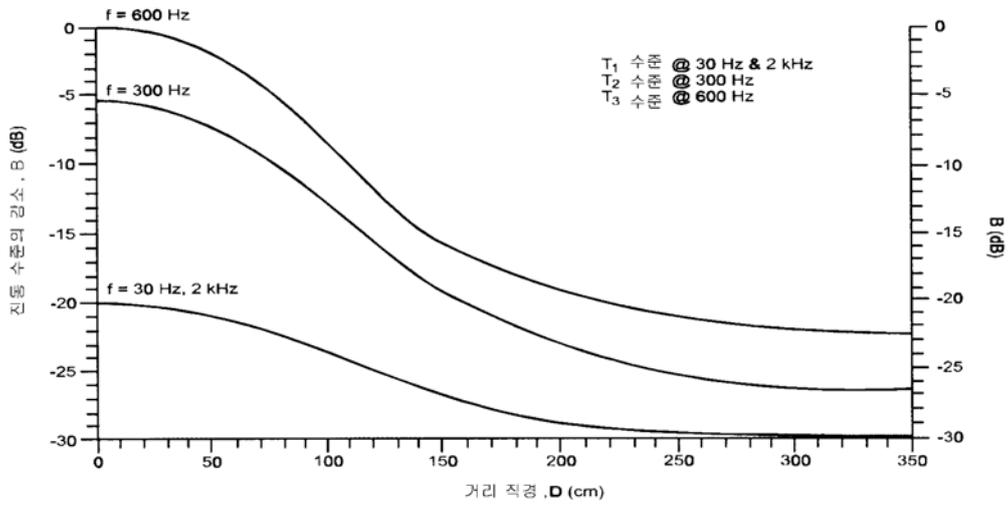


그림 519.5D-7. 총구로부터의 백터 거리와 함께 감소하는 진동 수준

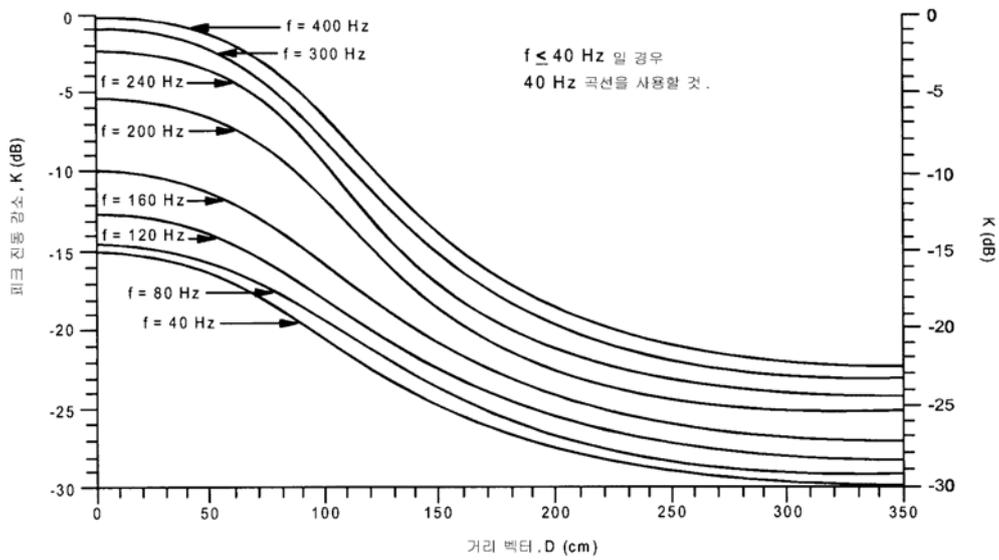


그림 519.5D-8. 거리와 함께 감소하는 발포 고점 진동

MIL-STD-810F  
2000.1.1  
부록 D

공백

## 시험법 520.2

### 온도, 습도, 진동 및 고도

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

본 시험의 목적은 지상 작동 및 비행 시 안전성, 무결성, 성능에 관해 항공 전자, 전기 기계 군수품의 온도, 습도, 진동, 고도의 복합적인 영향에 대한 측정을 돕는데 있다. 본 시험의 일부 부분은 지상 차량에도 적용할 수 있다. 이러한 경우, 고도에 대한 연구는 언급하지 않는다.

##### 1.2 용도.

- a. 고장을 유도하기 위해 온도, 습도, 진동을 결합할 수 있는 고도 지역(지상 위의)에서 사용하기에 적당한 군수품 평가에 본 시험법을 사용한다.
- b. 공학 개발, 작동 시험 지원, 인증 및 이와 유사한 용도에 본 시험법을 사용한다. 본 시험법은 우선적으로 항공기, 미사일 등과 같이 고도에서 작동되는 능동 동력 군수품을 위해 고안되었다.
- c. 기후 요소와 결합한 진동 사용 또는 서로 결합된 기후 시험 사용 옵션 제공 시 본 시험법을 사용한다. 이 시험법은 본문 전체에 걸쳐 자주 명시된다. 일반적으로, 결합된 환경 시험은 배치 수명 대부분에서 발생될 상승적인 환경 효과를 모의시험한다. 환경 압력은 520.2 시험법을 사용하거나 500.4, 501.4, 502.4, 507.4, 514.5를 단독으로 사용하여 시험할 수 있다.

##### 1.3 제한사항.

- a. 본 시험법의 사용은 고도, 온도, 습도 및 진동의 결합 효과 평가로 제한한다.
- b. 몇몇 절차는 한번에 하나의 강제 함수 효과나 실제 제한 범위를 초과하는 여압 군수품 항목에 대한 시험을 허용한다. 그럼으로써, 결합된 압력의 상승 효과 또는 대립 효과를 감소하거나 제거할 수 있으며, 실제 상황에서는 발생하지 않을 고장을 유도할 수도 있다.
- c. 본 시험법은 항공기 안의 화물과 같이 동력으로 수송되지 않는 군수품에 적용하지 않는다.
- d. 적합화 시험 주기는 단기 진동 사고나 시험 주기에서 드물게 발생하는 사고는 포함하지 않는다. 이러한 사고는 내장 총포의 발포, 항공기의 극단 작동, 경착륙으로 인한 충격을 포함한다. 이러한 사고에 대한 시험은 각각에 적합한 시험법을 사

용한다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 온도, 습도, 진동 및 고도 시험법 선택.

요건서를 점검하고 시험 품목의 수명주기 중 어디서 온도, 습도, 진동 및 고도의 결합된 힘의 함수가 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다.

#### 2.1.1 온도/습도/진동/고도가 결합된 환경의 영향.

온도, 습도, 진동 및 고도는 다음과 같은 고장을 유도하기 위해 상승적으로 결합할 수 있다. 예제가 모든 것을 총망라하는 것은 아니다.

- a. 유리병과 광학 군수품 분쇄.(온도/진동/고도)
- b. 이동 부품의 접합 또는 풀어짐.(온도/진동)
- c. 구성 요소 분리.(온도/습도/진동/고도)
- d. 파라미터 변환에 기인한 전자 부품의 성능 저하.(온도/습도)
- e. 급수나 서리 형성에 의한 전자의 광학적 (흐려짐) 또는 기계적 파손.(온도/습도)
- f. 폭약의 고형 탄약이나 결정의 균열.(온도/습도/진동)
- g. 서로 다른 재료의 차별적인 수축 또는 팽창.(온도/고도)
- h. 부품의 변형 또는 파쇄.(온도/진동/고도)
- i. 표면 도금의 갈라짐.(온도/습도/진동/고도)
- j. 밀봉된 구획의 누출.(온도/진동/고도)
- k. 부적절한 열분해로 인한 파손.(온도/진동/고도)

#### 2.1.2 기타 다른 방법의 순서.

- a. 일반사항. 제1부의 단락 5.5 참조
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용. 절차 I은 최종 군수품 설계가 결정되기 전에 사용하기 위한 것이다. 만일 따로 수행된다면, 남은 환경에 앞서 진동을 수행한다.

## 2.2 절차 선택.

본 시험법은 세 개의 온도, 습도, 진동, 그리고 고도 시험 절차를 포함한다.

- a. 절차 I (공학 개발);
- b. 절차 II (비행 및 작동 지원), 그리고
- c. 절차 III (합격).

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

시험 절차의 선택은 군내의 온도, 습도, 진동 및 고도 환경과 시험 목적에 의해 좌우된다. 일반적으로, 시험 목적이 시험 목적의 선택을 결정할 것이다.

### 2.2.2 절차 간 차이.

모든 절차가 동일한 힘 함수에 대해 설명하지만, 시험한 군수품 개발 단계를 기준으로 할

때 가속도에 기인한 시험의 가속도, 그리고 시험 유형을 포함하는 적용범위에서 차이를 보인다.

#### 2.2.2.1 절차 I - 공학 개발.

개발 단계에서 새로운 설계의 결점을 발견하고자 할 때 사용한다. 본 절차는 가속과 파손 중심이므로, 더 양호한 절차를 사용하여 비교된 설계 결점은 다루지 않을 것 같다. 결합 환경 시험은 본 시험법의 4가지 요소 중 가장 중요한 것에 대한 식별을 요구하지 않으며, 그에 따라 절차의 적합화를 허용하므로 본 목적에 알맞다. 본 절차에서의 단일 환경 시험은 설계 한계(margin)를 검증하기 위한 것이다. 본 절차는 더 양호한 조건을 제거하거나, 품목이 현장에서 경험하는 것보다 더 높은 응력 수준을 사용함으로써 가속될 수 있다. 본 시험의 지속 시간은 총 예측 동작 수명을 반영해야 한다. 본 시험은 단락 2.1.1에서 기술한 대로 특정 환경에 초점을 맞추며 관계가 적은 영향은 무시한다. 그렇지만, 단독 파라미터 사용과 실제 제한 범위를 초과하는 군수품목 여압은 결합 압력의 상승 효과 또는 대립 효과를 감소하거나 제거할 수 있으며, 실제 상황에서는 발생하지 않을 고장을 유도할 수도 있다. 이러한 주의와 함께, 단락 4.5.1.3, 시험 개발 시간표의 1,2 와 4-12 단계를 사용한다.

#### 2.2.2.2 절차 II - 비행 또는 작동 지원.

본 절차는 비행 또는 작동 시험의 준비 단계, 진행 단계 또는 그 이후 단계에서 수행된다. 본 절차의 목적은 비행 시험을 실험실 시험으로 대체하여 비행 시험에서 발견된 환경 문제를 보다 빠르게 평가하는데 있다. 그러므로, 개발 하드웨어는 시험소 시험, 비행 시험 또는 작동 시험간에 상호 교환될 수 있어야 한다. 비행 또는 작동 시험에서 보기 드문 문제가 발생했을 경우, 군수품을 시험소로 옮겨 관찰된 문제점에 기여한 환경 식별을 돕는다. 일반적으로, 단일 주기는 문제를 검증하기에 적합하다. 시험 지속 시간은 총 예측 하드웨어 수명보다 개발 하드웨어 성능을 식별하기에 충분하다. 단락 4.5.1.3, 시험 개발 시간표의 1,2,5 와 7-12 단계를 수행한다.

#### 2.2.2.3 절차 III - 인증.

인증 시험은 계약 요건에의 부합성을 설명하기 위한 것이다. 때때로, 인증 시험은 가장 중요한 환경 응력조건을 강조하는 가속 시험인 경우가 있다. 인증 시험은 각 압력의 최대 고도와 군수품의 공학 개발 시험에 중요하다고 발견된 응력유형의 유일한 결합을 포함한다. 총 예측 하드웨어 수명을 반영하는 시험 지속 시간을 사용한다. 4.5.1.3, 시험 개발 시간표의 모든 단계를 수행한다.

#### 2.2.3 결합 환경 선택.

시험은 모든 적합한 환경 압력을 결합하는 단일 시험이나 개별 결합 시험과 함께 수행될 수 있다. 개별 결합 시험을 채택하는 경우, 가장 일반적인 결합 시험은 추가적인 냉각과 함께 진동/온도, 온도/고도/습도, 그리고 습도/온도를 들 수 있다. 다음 지침을 적용한다.

##### 2.2.3.2 온도/고도/습도.

본 시험은 장비의 격실과 조종실에 존재하는 조건에 특히 유용하다. 군수품의 작동이 예측되는 전개 시의 최대 또는 최소 온도를 식별한다. 만일 가능하다면, 단락 2.3.4에서 요약 설명한 분석으로부터 온도를 구한다. 그렇지 않으면, 표 520.2A-II와 520.2A-III을 사용한다.

- a. 표 520.A-II와 520.2A-III의 값은 군수품 반응 온도를 반영하지 않아도 되는 측

정된 자연 자료에 기초한다.

b. 군수품이 경험할 수 있는 최대 고도를 측정한다. 대개, 조종실 또는 장비의 격실 내부 고도 (대기압)는 선실의 여압 때문에 항공기 외부와 다르다. 분석을 하지 않은 경우에는 최대 비행 고도를 사용하되, 최대 비행 고도가 알려지지 않은 경우에는 16 km (52,500 ft)를 사용한다.

c. 그림 520.2A-3의 응력 노출의 권장 지속시간은 예상하는 극단 노출 지속시간에 근거한다. 시험 품목을 강제적으로 열 안정성에 도달시키는 것은 권장되지 않는다. 실제 상황에서 발생할 수 있으므로, 시험 품목의 질량 및 동력 부하는 시험 품목이 주어진 온도에서의 근접 정도를 측정한다.

d. 습도 압력은 실제 사용에서 경험할 수 있는 합리적 수준에 근거한다. 분석 결과, 장비 격실이나 조종실 환경이 아주 많이 습하거나, 적게 습하다는 것이 설명되기 전에는, 표 520.2A-III에서 설명하는 수준을 권장한다.

e. 다음과 같은 군수품을 위한 고도 모의시험을 고려해 본다.

- (1) 용접 밀폐되지 않은 군수품.
- (2) 여압 냉각 경로를 이용해 열을 전달하는 군수품.
- (3) 진공 상태 포함 부품을 장착한 군수품.
- (4) 희박한 대기에서 호를 그릴 정도로 충분한 진압을 갖는 군수품.
- (5) 대류 또는 팬 냉각 또는 다른 적합한 경우가 요구되는 군수품. 냉각 기류는 냉각 매체로 보충 기류를 사용하는 모든 군수품에 요구된다.

### 2.2.3.3 보충 냉각 대기 습도, 질량 유속 및 온도.

본 시험 환경은 군수품 사이에 직접 흐르는 보충 냉각 기류로 사용된다. 가능하다면, 단락 2.3.5와 2.3.6에서 요약 설명한 분석에서 온도, 습도, 질량 유속을 측정한다. 그렇지 않으면, 표 520.2A-III의 수준과 단락 4.5.1.2에서 설명한 대로 결합된 것을 권장한다.

### 2.2.3.4 전기 응력.

정의되지 않은 경우, 단락 2.3.8에서 요약 설명하는 전기 조건을 사용한다.

### 2.2.3.5 시험 품목 작동.

시험 품목이 장비 격실 또는 조종실에서 발생하는 최대 또는 최소 온도에 노출되는 경우를 제외하고는 단락 4.5.1.2에서 지시하는 대로 각 시험의 처음부터 끝까지 따라 작동한다. 만일 시험을 개별적으로 진행한다면, 시험 환경이 모두 결합되었다는 가정 하에 동일한 시간표를 사용하여 시험 품목을 키거나 끈다.

## 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법(단락 2.2.1 참조)과 관련 절차((단락 2.2.1과 군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 특수 시험 조건/기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참

조) 그리고 본 절차에 주어진 정보를 기반으로 하라.

a. 결합된 온도, 습도, 진동 및 고도 환경에서의 군수품에 의해 수행되는 함수를 측정한다. 그 다음, 온도, 습도, 진동, 고도, 냉각 기류, 전기 압력, 변경 속도 및 응력 주기와 같이 군수품이 사용되도록 설계된 극소 환경의 파라미터 수준을 측정한다.

b. 시험 시간표를 개발하기 위해 본 절에 걸쳐 언급되는 단락 4.5.1.3을 사용한다.

### 2.3.1 시험 주기의 공식화.

시험 주기는 다른 기후 조건 하에서 모의시험한 다양한 임무 유형이 시간 단위로 정의된 것이다. 일반적으로, 시험 주기는 저온 건조한 구획, 온난 다습한 구획, 고온 건조한 구획으로 분리되는 온도/습도 구획을 갖는다. 시험 주기의 각 구획 내에서, 다양한 임무 프로필을 모의시험할 수 있다. 임무 프로필은 플랫폼의 성능-환경 조건-시간 이력으로 정의된다. 예를 들어, 전투기는 항공 통제권, 지상 지원 및 저지 폭격의 세 가지 임무로 비행한다. 그러므로, 본 항공기는 세 가지 임무 유형을 갖는다. 각 임무유형은 이륙, 답사, 전투, 저위 침공 등 (그림 520.2A-1과 -2)과 같은 비행 단계로 분리된다. 시험 주기 동안, 온도, 진동, 습도, 고도 및 냉각 기류가 적합하게 변화한다. 지상 차량도 화재 지원/모면 또는 접전을 위한 진격과 같은 유사한 임무를 받을 수 있다. 시험 주기의 공식화는 고도가 없는 것을 빼고는 항공기와 유사하다.

### 2.3.2 임무 프로필 선택.

사용할 임무 프로필을 선택한다 (그림 520.2A-1 참조). 개별 플랫폼은 규정된 작동 임무 봉투 (마하수/고도 상황)와 유형의 집합 내에서 작동되도록 설계되었다 (그림 520.2A-2 참조). 예를 들어, 항공기는 훈련, 항공 통제권, 저지 폭격, 지상 지원 등과 같이 다른 임무를 한다. 게다가, 항공기는 고위협 전투 환경을 모의시험하는 특수 조건 하에서 비행한다. 대개, 고위협 전투는 극단 환경을 생성한다.

a. 루틴 배치. 보통, 모든 임무가 시험 주기에 포함되어야 하는 것은 아니다. 모든 임무(저위협 전투 조건 포함)의 총 효과에 합리적으로 근접하는 가장 많이 사용되거나 그룹으로써 가장 엄격한 임무유형을 두 개 또는 세 개 정도 식별한다. 이것은 루틴 배치 수명을 적절하게 모의시험 할 것이다. 사용할 임무 유형 선택을 위해 다음과 같은 접근 시험법을 권장한다.

(1) 모든 플랫폼 임무와 각각에 대해 적합한 작동 수명의 백분율을 확인한다. 이 정보는 승무원이 사용하는 작동 명령이나 비행 매뉴얼에서 구할 수 있다. 개발 중인 시스템을 위해, 예측 설계 외피, 임무 유형 설계, 각 임무 설계 사용율을 사용한다.

(2) 전체 정기, 일일 임무 이용의 대부분 (가능하다면, 총 비행의 80%) 을 구성하는 임무를 정한다. 이를 수행하려면, 모든 임무유형에 대한 계획 이용률을 측정하고 높은 순서대로 정렬하여 등급을 매겨라. 대다수의 이용율을 수집하고 결합된 환경 시험을 위한 기초로써의 임무 유형과 함께 사용한다. 유사 함수와 비행 특성을 갖는 임무는 생성될 유형의 수를 최소화하기 위해서 합쳐질 수 있다. 표 520.2-I는 예로 전투기를 사용한 임무분배를 보여준다.

b. **고위협 배치.** 고위협 환경을 모의시험하기 위해, 전시 기술 훈련 시의 임무를 개별적으로 식별해야 한다. 작동 명령에서 환경 자료를 획득하거나 조달청에서 제공받는다. 한번 자료를 구하고 나면, 단락 2.3.1에 따라 두 개의 분리된 시험 주기를 구성한다. 정기 사용을 모의시험하기 위해 단락 2.3.2a의 임무유형을 사용하여 하나의 시험 주기를 개발하고, 전투 또는 전투 훈련 상황에서의 사용을 모의시험하기 위해 전시 기술 임무유형을 사용하여 다른 하나의 시험 주기를 개발한다. 이는 다른 플랫폼에 대해 정상 vs 엄격한 조건을 설명할 수 있다. 그림 520.2A-2에서 보여주는 선택된 각 임무유형에 대한 고도와 마하수-vs-시간을 구한다. 환경 응력 계산을 위해서는 임무의 이러한 파라미터를 사용한다. 그림 520.2A-4와 -5는 계산을 돕기 위해 포함된다.

2.3.3 환경 응력

- a. 진동, 온도, 보충 냉각, 습도, 고도와 진기 응력을 포함하는 환경 응력을 측정해라.
- b. 단락 2.3.4에서 2.3.8에 걸쳐 설명한 방식대로 임무정보에서 나온 각 압력에 대한 시험 수준을 측정한다. 플랫폼의 시스템 환경 제어 시스템 (ECS)의 엔진 rpm이나 자료와 같은 다른 정보도 필요할 것이다.

표 520.2-I 는 시험 주기를 개발하기 위해 임무유형을 사용하는 예제를 설명한다. 그룹으로써, 이용률의 80%인 처음 세 개의 임무 이후, 결합 환경 시험에 대한 세 개의 임무유형을 선택한다. 처음 세 개의 임무에 없는 극단 환경 조건 또는 일관된 환경 조건을 포함하는 다른 임무가 있을 경우에도, 시험 주기에 가장 다양한 조건을 추가할 수 있는 이러한 극단 조건이나 일관된 조건을 선택한다. 만일 선택한 첫 임무를 다른 두 개의 임무보다 두 배 이상 이용했다면, 주기 당 첫 임무를 두 배정도 진행한다.

**표 520.2-I. 임무유형의 이용률 예제**

임 무	이용 백분율
지상 공격, 훈련	40
지상 공격, 전투	20
방어 연습	20
수색 및 구조	10
기능 확인	5
훈련 주기	5
합계	100

2.3.4 진동 응력.

진동 압력은 사실상, 고도 또는 로켓 엔진 동력 플랫폼을 포함하는 모든 공중 및 지상 차량에 적용할 수 있다.

- a. 시험 주기를 위한 진동 압력은 차량의 외부 표면, 제트 엔진 소음, 프로펠러에서의 응력 펄스 또는 항공기의 헬리콥터 날을 따라 흐르는 수반 또는 분리된 공기 역학의 기류에 기인한 것이다. 측정 자료의 신중한 사용에 의해 각 임무 계획을 위

한 진동 스펙트럼과 수준을 측정한다. 그러한 경우에 아래에서 기술한 지침을 적용한다.

b. 대개의 경우에, 특정 항공기, 항공기의 군수품 위치 또는 비행 상태를 위한 현장/비행대 비행 자료는 이용할 수 없다. 이러한 경우에, 진동 시험 조건 결정에 사용할 수 있는 진동, 스펙트럼 및 수준 예측을 위한 다양한 분석 기술이 있다 (514.5 참조).

(1) 다른 군수품 위치에서 다른 플랫폼에서 구한 자료로부터 진동 시험 조건의 비례를 축소하거나, 관련된 많은 비선형 관계와 사용된 자료의 제한 수량 때문에 극단적인 신중함으로 비행 조건을 수행하기 위한 것이다. 예를 들어, 진동 조건을 유도하는 작진행동은 대체적으로 순항 진동 자료에서 예측할 수 없다. 더 신중한 접근은 시험법 514.4의 동적인 선형 응력모형을 사용하는 것이다.

(2) 모든 경우에, 1/3 옥타브 분석 또는 20 Hz 또는 더 좁은 대역폭 분석에 기초한 현장/비행대 비행 진동 자료는 가속화된 파워 스펙트럼 밀도(PSD) 형태로 있어야 한다. 경험은 514.5의 표준 진동 스펙트럼 모양과 변경 수준의 사용이 모양 지어진 진동 스펙트럼을 사용하는 것과 같이 군수품 결점에 관한 결과를 산출한다 (6 절, 참조 b). 바람직하거나 이용 가능한 모양 지어진 스펙트럼을 사용한다.

c. 진동 제어 장비의 본성 때문에, 진동 수준과 스펙트럼 모양을 연속적이고 부드러운 방식으로 변경하는 것은 어려울 수 있다. 그러므로, 임무유형은 진동 수준과 스펙트럼 모양은 시험용으로 불변한다고 가정할 수 있는 구획으로 나누어질 수 있다.

d. 제트 설비를 가리키는 모든 군수품목에 난진동을 가한다.

e. 프로펠라 항공기용으로 설계된 모든 군수품에 대한 난진동에 보충되는 난진동을 사용한다. Sine-on-random 또는 협대역 random-and-random 진동은 지상 차량에 적용된다.

f. 시험 주기에서 임무 중에 적합한 수준과 스펙트럼 모양의 진동에 연속적으로 적용한다.

g. 현장/비행대 자료가 존재하지 않는다면 시험법 514.5의 표와 그림은 표 520.2-II에서 변경한 것을 제외하고 진동 조건 측정에 사용된다.

h. 진동/고도 또는 진동/습도의 상승 효과가 거의 없는 관계로, 진동은 온도, 고도, 및 습도와 개별적으로 결합되어 진동 시험의 일부로써 적용될 수 있다 (시험법 514.5).

i. 시험 주기에서 드물게 발생하는 단기 진동이나 충격 사고는 포함하지 않는다. 이러한 사고에는 경착륙으로 인한 내재 총포의 발포, 차량의 선회 및 충격이 포함되며, 시험은 개별적으로 적합한 시험 시험법을 사용하여 진행한다.

## 표 520.2- II. 제트 항공기 진동 노출을 위해 제안된 난진동 시험 기준

514.5의 표 514.5C-III을 참조한다. b에 대한 그림은 미터법을 따른다.
$b=2.70 \times 10$ : 조종실 계기판 재료와 불연속성 없이 매끄러운 외부 표면에 근접한 구획의 구조물에 부착된 군수품에 적용.
$b=6.11 \times 10$ : (공동, 차인(chine), 블레이드 안테나, 스피드 브레이크 등)의 불연속성을 갖는 외부 표면의 후미에 근접한 구획의 구조물에 부착된 군수품이나, 날개, 목표탑(pylon), 스테빌라이저와 기체 후미의 군수품에 적용.
마하수 수정에 대해서는 514.5의 표 514.5C-III을 참조한다.
추진식 항공기와 헬리콥터에 대해서는 514.5의 적합한 표를 사용한다.

j. 유사한 진동 스펙트럼 모양을 갖는 구획을 위해, 진동 시험 수준의 수를 줄이기 위해 다음의 분석을 사용한다. 토론은 514.5의 제트 항공기, 회전 날개 항공기, 또는 추진식 항공기를 위해 제안된 스펙트럼 모양에 관한 것이다.

(1) 고도를 사용하는 각 임무 구획과 각 임무를 위한 마하수 기입을 위해, 진동 수준,  $W_0(g^2/Hz)$  을 측정한다. (주 : 시험 목적을 위해, 공기 역학 힘에 의해 더 큰  $W_0$ 나 제트 엔진 소음에 의한  $W_0$ 등을 임무중 아무 때나 활용할 수 있다). 각 임무에서 발생하는 최대  $W_0$ 를 구한다.

(2)  $W_{0\text{최대}}$ 의 상수 값  $W_0$ 를 갖는 것처럼, 최대 세 개의 dB 내에서  $W_0$ 를 갖는 임무 비행의 모든 구역을 고려한다.  $W_{0\text{최대}} -4.5\text{dB}$ 의 상수 값  $W_0$ 를 갖는 것처럼  $W_{0\text{최대}} -3\text{dB}$ 과  $W_{0\text{최대}} -6\text{dB}$  사이의 값을 갖는 임무의 모든 구획을 고려한다.  $W_0$ 를 상수로 간주하여 대역의 중심점의 동적 진동 값을 사용하여 측정된 동적 진동 값의 세 개의 dB 대역을 식별하는 이 과정은 계산된  $W_0$ 값이  $0.001 g^2/Hz$  보다 작아야 한다. 시험목적을 위해서,  $0.001 g^2/Hz$  보다 작은  $W$ 를 갖는 임무의 구획은 0.001에 같은 양이 되도록 설정될 수 있다. 각 구획은 T(MAX), T(-4.5)등을 생성하여 같이 추가된 임무에 관련한 개별적인 시간을 갖는다. 진동은 시험 진행 동안 개별적인 시간을 위해 적용된다. 단일 진동수준은 514.5의 시험 가속 공식을 적용하여 생성할 수 있지만, 온도와 결합한 상승 효과가 오용될지도 모른다,

## 2.3.5 열 용력.

임무동안 군수품이 받게 되는 열 압력은 핵심 장비 구획 또는 격실 (적절한 곳에는), 비행 조건, 동력 요건, 군수품에 대한 보조 냉각 성능 (적합한 곳에는)의 주변 조건에 달려 있다.

a. 온난, 온난 습윤, 냉한 환경을 위해 표 520.2A-I에서 설명하는 대기의 외부 조건을 사용한다. 표 520.2A-1의 고온 환경 또는 냉한 환경은 MIL-HDBK-310의 전세기 20%의 기후 극단 봉투에 기초한다. 온난 습윤 환경은 MIL-HDBK-310에서 설명하는 고온 환경에 기초한다. 이러한 온도 값은 임무유형 시험 조건의 개발을 위해 열역학 분석을 위한 대기의 조건으로 사용될 것이다. 각 임무의 지상 흡수 온도는 측정된 자료와 관련이 없을 수도 있으며, 대체적으로 상승적이지 않고 본 시험 시험법에 사용된다. 표 520.2A-II의 값들은 한 임무에서 다른 임무로의 이행 사이의 시간을 줄이고, 압력을 가속화하기 위해 기존의 프로그램에서 사용된 극단 조건을 나타낸다. 이러한 값은 다른 자료가 없는 경우, 인증 시험에 사용하기에 적합하

다.

b. 모든 시험 품목에 대한 특정 환경 시험 조건은 군수품이 위치할 구획의 냉각방식에 좌우된다 (냉방 장치, 램 냉방, 대류 냉방 등). 비행 군수 장치는 다른 환경에서 하나 이상의 블랙박스를 갖고 있다 (박스가 다른 항공기 구획에 있는 경우). 두 개의 블랙박스 장치를 갖는 일반적인 경우, 하나는 보충된 공기나 유체에 의해 차가워지며, 각 박스에 대한 적절한 대기 온도와 고도에 대한 모의시험을 할 수 있는 한, 하나의 실험실에서 두 박스를 모두 시험할 수 있다. 보충 냉방을 요구한 박스가 우선적으로 추가적인 냉방 기체나 유체에 반응하는 반면, 대기 냉방 박스는 대기 온도에 대한 모의시험에 반응하기 때문에, 열에 대한 모의시험은 실질적이다. 적합한 열 부하를 위해 시험실의 크기를 맞춘다.

c. 본 시험을 위해, 다음 유형의 열역학 분석이 적절하다. 원한다면, 더 상세한 분석을 사용해도 된다.

(1) 고도나 마하수 기입 경사가 변경되는 각 중지점(break point)을 식별하기 위해, 단락 2.3.2의 고도와 마하수의 임무 프로파일 시간 이력을 분석한다 (그림 520.2A-2 참조).

(2) 안정된 상태의 열역학 관계를 사용해서 각 중지점에서의 열역학 분석을 수행한다.

(3) 각 중지점 사이에서, 각 환경 압력에 대해 연속 유형을 구축하기 위해 각 압력에의 선형 보간법을 수행한다.

(4) 각각의 이러한 중지점에서, 단락 2.3.5.1에 따르는 시험을 위한 변경된 시스템의 열 압력을 측정한다.

### 2.3.5.1 격실 조건.

a. 램 난방 구획 또는 외부 설치 시스템. 본 절은 램-냉방되거나 대기 냉방되는 시스템의 구획 또는 항공기의 격실 온도를 측정하기 위한 것이다. 다음과 같은 관계에 의해 램-냉방 구획의 열 압력을 측정한다.

$$T = T[1+0.18M^2]$$

여기에서,

$T_{amb}$  = 비행 시 고도에서의 대기 온도 (K) (표 520.2A-1).

$T_{eff}$  = 속도 냉방 효과에 의해 변경되어 시험 주기에서 사용되는 온도.

$M$  = 비행하는 마하수

b. 보충 냉방 격실의 조절된 환경 제어 시스템 (ECS). 본 절은 ECS에서 냉방되는 격실에 위치한 항공기의 격실 온도를 측정한다. 임무 프로파일의 각 중지점을 위해 보충된 기체의 질량 유량과 온도를 측정한다. 응력조절기, 열 교환기, 터보 기계, 물 분리기 등과 같은 내장된 ECS와 첫 번째 구성 요소를 모델로 한다. 이러한 시스템에서 로드 된 열이 중요하다면, 격실에 주입된 질량 유량과 계측에서 다른 시스템의 위치를 포함한다. 다음의 간단한 열역학 가설을 이용해서 격실 온도 압력을 계산한다.

- (1) 안정된 열역학 관계가 유효하다고 가정한다.
- (2) 터보 기계류와 열 교환기를 위한 좋은 설계 실습에서 획득할 수 있는 공칭 또는 일반적인 효율성 상수를 가정한다.
- (3) ICS 컴포넌트에서 두 번째 효과를 간과한다 (열 교환기에서의 압력 손실, 도관에서의 온도 손실)

c. 군수품 추가 냉방 열 능력. 플랫폼으로부터 보충 냉방을 요구하는 시험 품목에 대한 효과를 측정할 때 본 절을 사용한다. 이 냉방은 기체나 액체가 군수품으로 냉방되어 들어오거나 냉판을 통한다. 본 접근 시험법은 한가지 추가를 제외하고는 군수품 격실 조건에서 생성되는 열 효과와 동일하다. 군수품에 직접 주입된 온도와 질량 유량을 측정하기 위해 열역학 분석을 계속한다.

### 2.3.6 습도 능력.

습도에 의해 시스템이 받는 능력은 대기 습도 조건 및 환경 제어 시스템의 물 분리기 성능에 달려 있다. (일부 플랫폼은 ECS 기체로 군수품을 식히지 않으므로 대기 습도 조건만 검토한다). 본 시험을 위해, 추운 날씨 환경을 모의시험할 때마다, 습도를 제어할 수 없겠지만 표 520.2A-1b의 이슬점 온도 이하이다. 고온 환경에 대해서, 이슬점 온도는 표 520.2A-1a의 값 이하이다. 온난 습윤한 날을 위해서는, 이슬점 온도가 520.2A-1c의 값 이상이며 최대 고도 10 km 일 것이다. 10 km 이상에서, 이슬점 온도는 520.2A-1b의 1값 미만이다. 플랫폼에 ECS가 있다면, 온난 습윤 날씨에 대한 설계 규격을 적용한다. ECS의 효율성이 알려지지 않았다면, 이전에 나온 접근 기술을 사용한다.

주 : 결합 환경 시험이 진행되는 동안, 시험 품목상의 서리나 유리수 형성은 정상적인 조건일 수 있다. 시험 품목의 온도가 ECS 또는 램 기류에 의해 공급된 기체의 이슬점 온도보다 낮을 때 일반적으로 발생할 것이다. 이것은 정상적이면 실제 상황이다. 일부 임무 프로파일 진행 동안, 동력 전달 부품의 결합, 밀봉 분해, 표면 크랙 악화를 일으키며 유리수가 재결빙될 수 있다. 차량에 탑재된 하드웨어에서 특별히 식별된다. 심한 서리나 얼음 축적에 대해 모의 시험하기 위해 차가운 부품에 분무된 물의 사용을 독려한다.

### 2.3.7 고도 능력.

시스템 성능이 대기압의 변화에 영향을 받을 수 있다는 것을 믿을만한 이유가 존재할 경우 고도에 대한 모의시험을 한다. 이러한 상황에 대한 예제는 다음과 같다. 충분한 열 전달을 유지하기 위해 압력이 가해진 냉방 부품을 사용하는 용접 밀봉 장치, 연결 냉방을 요구하는 비용접 밀봉 장치, 대기압에 의해 밀봉이 유지되는 진공 부품, 대기압의 변화가 부품 값의 아크나 변화를 일으킬 수 있다. 고도 영향을 시험할 때에는, 시험에 선택된 임무 프로파일 따라 고도 능력이나 감소된 대기압 변화를 적용한다. 압력의 변화율은 비행기가 다양한 비행 임무 단계를 수행하는 동안 항공기의 상승률 또는 하강률을 반영해야 한다. 시험 부지의 고도와 동등한 최대 압력을 사용한다.

### 2.3.8 전기 능력.

전기 능력은 군수품 터미널에서의 공칭 값으로부터 군수품 전기 공급 파라미터의 예상 편차를 가리킨다. 시험 절차는 요구 범위까지 모의시험을 해야 하며, 모든 전기 능력은 환경에 상승적으로 기여하는 서비스(임무 프로파일)의 정상 운영 도중에 발생한다. 게다가, 각 시험 조건에서 시험 군수품 기능의 운영을 적절하게 설명한다. 본 시험이 특별 상황에 대해 규정

된 극단 상황을 모의시험하기 위한 것이 아니며, 특정 전기 응력 시험을 대체하기 위한 것도 아니다. 전기/전자 장치 내에서 일정한 항공기 군수품의 응급 작동과 같은 특별 상황에 대한 모의시험은 요구 시에만 진행한다. 자료의 요건과 유용성에 의지하녀, 모의시험은 특정 임무 프로필을 위한 특별 항공기 내의 특정 전기 공급의 정확한 재생산으로부터 일반 적용을 위한 표준화된 간단한 유형까지 다룬다. 시험 대상 군수품의 신뢰성과 운영에의 영향력 여부를 측정하기 위해 다음의 조건과 영향을 고려한다.

- a. AC 시스템 표준 작동 응력.
- b. 군수품 작동의 정상적인 ON/OFF 주기.
- c. DC 시스템 표준 작동 응력.
- d. 전기 시스템 내의 임무 관련 과도현상에 의해 유도된 전기 응력.

### 2.3.8.1 AC & DC 시스템 표준 작동 응력.

전압 변화는 시험 주기로부터 시험 주기까지의 전압의 준정상 변화이다. 제안하는 입력 전압 시간표는 첫 번째 시험 주기를 위한 입력 전압을 공칭 110퍼센트에서 유지하며, 두 번째 시험 주기에 대해서는 공칭에서, 세 번째 주기에 대해서는 80퍼센트에서 유지한다. 그러므로, 만일 고장이 의심되는 경우, 입력 전압 상태의 반복을 위해 이 순서를 중단한다.

### 2.3.8.2 군수품 작동의 정상적인 ON/OFF 주기.

정상적인 사용에 대한 모의시험을 위해, 적절한 기술 매뉴얼에서 설명한 군수품 작동 절차에 따라 군수품을 켜고 끈다.

## 2.4 시험 품목 배치.

제1부의 단락 5.8을 참조한다.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

온도, 습도, 진동, 고도 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부의 단락 5.7, 5.9, 5.11과 5.12, 부록 A, 과업 405와 406에서 나열된 정보.
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 목적 - 공학 개발, 비행 또는 운행 지원, 인증 등.
  - (2) 동시에 적용하기 위한 온도, 습도, 진동 및 고도의 결합.

### 3.2 시험 중.

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부의 단락 5.10과 5.12, 부록 A, 과업 405와 406 참조.
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 순서와 함께 입력된 온도, 습도, 진동 및 고도 수준의 완성 자료.
  - (2) 입력 순서와 상호 관련된 군수품 기능의 완성 자료.

### 3.3 사후시험.

다음의 시험 사후 정보가 요구된다.

- a. 일반 내용. 본 표준의 제 1 부의 단락 5.13, 부록 A, 과업 405와 406에서 나열된 정보.
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용. 시험 결과의 성과 평과에 있어 입력 순서에 대한 모든 예외 사항.

## 4. 시험 과정

### 4.1 시험 설비.

요구되는 환경 요소를 결합할 수 있는 설비를 사용한다. 개별 요소 시험에 대해서는 시험법 500.4, 501.4, 502.4, 507.4, 514.5와 같은 시험 설비에 대한 지침을 참조한다. 설비가 제1부의 단락 5의 요건에 부합되는 것을 확인한다.

### 4.2 제어.

교정과 시험 허용차 절차는 각각 제 1 부의 단락 5.3.2와 5.2에서 설명하는 지침에 일치해야 한다.

### 4.3 시험 실행 중단.

- a. 일반사항. 본 표준의 제 1 부의 단락 5.11을 참조한다.
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 과소시험 중단. 온도, 습도, 저기압, 진동과 같은 개별 시험 요소에 대한 중단 지침을 참조한다.
  - (2) 과도시험 중단. 온도, 습도, 저기압, 진동과 같은 개별 시험 요소에 대한 중단 지침을 참조한다.

### 4.4 자료 분석.

시험 품목에 입력되는 값을 검증하고 감시에 대응하기 위한 상세한 자료 분석은 시험 계획에 따라야 한다.

### 4.5 시험 실행.

다음 단계(단독 또는 조합)는 진동, 온도, 습도, 및 고도가 조합된 환경 내 시험 품목과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다. 두 절차가 성공적으로 완성되었다는 것을 검증하기 위해 보관 및 조종 후 조작상 점검을 수행하라.

#### 4.5.1 시험 준비.

##### 4.5.1.1 준비 단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 품목 배치, 주기, 지속시간, 보관/조작에 대한 파라미터 수준 등.)을 결정하도록 한다.

(상기 단락 3.1 참조).

#### 4.5.1.2 합격 시험 주기(그림 520.2A-3.)

단계1. 냉한 건조로 낮춤 - 작동하지 않는 시험 품목에 대해, 시험실 온도를 실온에서 5°C/분 또는 ECS에서 제공하는 최대 속도에서 작동하지 않는 극한의 온도로 낮춘다.

단계2. 냉한 건조 흡수 - 시험 품목이 열 안정 상태에 도달할 때까지 또는 4 시간 중 긴 시간 동안 비작동 극한 온도에서 흡수되는 것을 허용한다. 만일 이 단계에서 진동을 수행하려 한다면, 낮은 고도, 높은 마하 비행 조건에서 유도한다 (결합된 온도/진동은 개별적으로 수행될 수 있다). 지상 차량은 엄격한 도로/현장의 총 진동 수준을 사용해야 한다.

단계3. 냉한 건조 예열 - 최소 작동 전압에서 시험 품목을 작동한다. 본 단계에서 추가적으로 냉각할 경우, 최소 열 제거를 위한 냉각 파라미터를 적합화한다 (예, 최소 작동 온도 이상에서 공기를 냉각시키기 위한 최소 온도와 최소 기류). 규정된 최소 예열 시간을 위해 본 상태를 유지한다.

단계4. 냉한 건조 성능 점검 - 시험 품목이 요구대로 작동하는 지 검증하기 위해서 단계 3을 따라 즉시 성능을 점검한다.

단계5. 냉한 건조 고도로 낮춤 - 작동하는 시험 품목에 대해, 시험실을 현장 압력에서 최대 순항 고도로 낮추어라 (그림 520.2A-5의 공식을 사용하여 고도에서 압력을 유도한다). 최대 설비 속도에서 압력을 낮추되, 예측 플랫폼 속도를 초과하지 않아야 한다. 지상 차량에는 적용할 수 없다.

단계6. 냉한 건조 고도 - 최대 순항 고도를 30분 동안 유지한다. 만일 이 단계에서 진동을 수행하려 한다면, 높은 고도, 높은 마하 비행 조건에서 유도한다. 지상 차량에는 적용할 수 없다.

단계 7. 온난 습윤으로 낮춤 - 단계 6의 시험실 조건과 제어하지 않은 습도를 32°C(90°F)와 현장 압력과 상대습도(RH) 95%로 낮추어라. 이 온도/습도/고도를 최대 설비 속도에서 낮추되 예측한 플랫폼 속도를 초과하지 않아야 한다. 본 단계는 높은 고도에서의 빠른 하강을 모의시험하고 고도 챔버(altitude chamber)에서 높은 고도에서 고온 습윤의 착륙 부지로의 하강에 대한 모의시험을 하는 것을 허용한다. 지상 차량에는 적용할 수 없다.

단계8. 온난 습윤 유지 - 32°C, 현장 압력과 95%의 상대 습도를 30분 동안 유지한다. 이 단계에서 진동을 수행하려 한다면, 낮은 고도, 높은 마하 비행 조건에서 유도한다. 지상 차량은 여러 가지 도로 사정에 근거한 총 진동 일정표를 사용한다.

단계9. 고온 건조로 낮춤 - 시험실 온도를 최대 작동 온도로 낮추고, 습도는 30%(상대습도) 보다 낮게 한다. 최대 작동 전압에서 시험 품목을 작동시킨다. 동시에, 최악의 열상태 (냉방을 위한 최대 온도와 최소 기류)에서 추가적인 냉방을 공급한다. 최대 설비 속도에서 온도/습도를 낮추되, 예측한 플랫폼 속도를 초과해서는 안 된다.

단계10. 고온 건조 흡수 - 시험 품목이 열 안정 상태에 도달할 때까지 또는 2시간 중 긴 시간 동안 최대 작동 온도에서 젖는 것을 허용한다. 이 단계에서 진동을 수행하려 한다면, 착륙/이륙의 최대 진동 수준이나 낮은 고도/높은 마하(적합할 경우)에서 유도한다. 지상 차량은 총 오프 로드 진동 수준을 사용한다.

단계11. 고온 건조 성능 점검 - 시험 품목을 작동하고 자료를 기록한 후 예비시험 자료와 비교한다.

단계12. 고온 건조 고도로 낮춤 - 시험 챔버의 현장 압력을 최대 순항 고도로 낮춘다(그림 520.A-5의 공식을 사용하여 고도로부터 압력을 유도한다). 최대 설비 속도에서 압력을 낮추되, 예측한 플랫폼 속도를 초과하지 않아야 한다. 지상 차량에는 적용할 수 없다.

단계13. 고온 건조 고도 - 시험 품목의 작동 상태에서, 시험 품목이 열 안정 상태에 도달할 때까지 또는 4시간 중 큰 값으로 최대 작동 온도를 유지한다. 이 단계에서 진동을 수행하려 한다면, 높은 (적용 가능하다면 또는 극단) 고도, 높은 마하 비행 조건에서 유도한다. 지상 차량에는 적용할 수 없다.

단계14. 고온/건조 고도 성능 점검 - 시험 품목이 요구대로 작동하는 지 검증하기 위해서 성능을 점검한다.

단계15. 온으로 낮춤 - 최대 작동 온도와 최대 순항 고도에서 시험실 실온, 현장 압력과 제어되지 않은 습도로 낮춘다. 최대 설비 속도에서 온도/압력을 낮추되, 예측한 플랫폼 속도를 초과하지 않아야 한다. 시험 품목을 비작동 상태로 되돌리고, 마지막으로 추가 냉방을 중지한다.

단계16. 시험 계획 지속 요건을 충족할 때 까지 또는 10 번 중에 더 긴 시간 동안 주기 (단계 1-15)를 반복한다.

#### 4.5.1.3 시험 개발 일정.

각 절차를 활용한다.

단계1. 플랫폼 임무와 시험 군수품 위치를 식별한다.

단계2. 임무 프로필을 식별한다.

단계3. 잠재 임무 프로필의 상위 80 %를 선택한다. (표 520.2-I) (절차 III 만 해당)

단계4. 가장 엄격한 잠재 임무 프로필을 선택한다. (예외사항 : 단기 및 일시 현상, 예 발포, 파괴 충격 등) (절차 I와 II).

단계5. 임무 프로필에 의한 진동 수준을 식별한다.

단계6. 높은 진동 활용 개요를 “표준화” 한다. (시험법 514.5의 절차 I와 III에서 사용한) 엄격한 임무 프로필 진동 수준을 사용한다. (단락 2.3.4 참조).

단계7. 마하/고도 표를 만들고, 고온 건조, 온난 습윤, 냉한 건조 조건을 위한 열/고도 환경 임무 프로필을 검토한다 (단락 2.3.2 참조).

단계8. 시험 품목을 위한 냉방 환경을 검토한다 (단락 2.3.5 참조).

단계9. 고온 건조, 온난 습윤, 냉한 건조 조건을 위한 가장 엄격한 예측 환경에 대한 열, 고도, 습도, 진동 개요를 적어라 (단락 2.3.3 참조). (열/진동은 따로 수행될 수 있다.)

단계10. 가장 엄격한 군수품 작동 조건을 검토하고 결합 환경 개요 안에 통합한다 (단락 2.3.4부터 2.3.8까지 참조).

단계11. 가장 엄격한 군수품 냉방 조건을 검토하고 결합 환경 개요 안에 통합한다 (단락 2.3.5.1부터 2.3.5.2까지 참조).

단계12. 개별 환경 또는 결합 환경에서의 시험 계획을 개발한다 (단락 2.2.2 참조).

단계13. 시험을 수행한다.

#### 5. 결과 분석.

제 1 부의 단락 5.14와 5.17, 제 1 부의 부록 A, 과업 405 와 406에서 제공하는 지침을 사용해서 시험 결과를 평가한다. 군수품 규격의 요건에 일치하도록 시험 품목의 파손에 대한 상

세 사항을 분석한다. 시험 품목이 불합격될 경우, 본 시험법의 결과를 분석하는 동안 다음 범주를 고려한다.

- a. 응력. 만일 파손된 경우, 직접적인 물리적 작용의 유형 (예, 피로, 미립자에 의한 단락 등)
- b. 부하 메커니즘. 파손을 일으킨 물리적 부하 메커니즘과 총 시간 또는 파손된 주기 수를 검토한다 (예, 구조적 동적 공진 모드, 모드 모양, 응력 분배; 온도 분배와 습도 침투 등으로 인한 정적 변형)
- c. 책임. 계약자 또는 정부가 제공한 부품 중 어디에서 파손이 발생했는지 여부; 시험이 잘 수행되었는지 또는 오류가 있었는지 여부 (파손을 발생시킨 시험 조건의 허용 오차 초과 등).
- d. 원인. 기술적 예리, 설계 결함, 결함이 있는 부품 등으로 인한 파손 여부. 뛰어난 기술력이나 고강도 부품은 설계 결함을 극복할 수 있고, 설계는 기술적 오류를 제거하거나 약한 부품으로 작업할 수 있도록 변경될 수 있으므로 적합한 정정 작업 결정은 반대로 진행된다.
- e. 임계상태. 파손으로 인해 안전 장교가 위협에 처하거나, 전술의 성공을 방해하거나 공급 전에 요청된 수리를 했는지 여부.

## 6. 참조규격/관련 문서.

- a. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.
- b. NATO STANAG 2895, Extreme Climatic Conditions and Derived Conditions for Use in Defining Design/Test Criteria for NATO Forces Materiel.
- c. Sevy, R.W. Computer Program for Vibration Prediction of Fighter Aircraft Equipment. AFFDL-TR-77-101. November 1977.
- d. Hall, P.S. Vibration Test Level Criteria for Aircraft Equipment. AFWAL-TR-80-3119. December 1980.
- e. Lloyd, A.J.P., G.S. Duleba, and J.P.Zeebenm. Environmental Control System (ECS) Transient Analysis. AFFDL-TR-77-102. October 1977.
- f. Dieckmann, A.C., et al. Development of Integrated Environmental Control Systems Design for Aircraft. AFFDL-TR-72-9. May 1972.
- g. Quartz, I., A.H. Samuels, and A.J. Curtis. A Study the Cost Benefits of Mission Profile Testing. AFWAL-TR-81-3028. 1981.

MIL-STD-810F

2000.1.1

h. Burkhard, A.H., et al. CERT Evaluation Program Final Report.  
AFWAL-TR-82-3085.

i. F-15 AFDT&E High-Temperature Desert Test and Climatic Laboratory  
Evaluation. AFFTC-TR-75-19. October 1975. DTIC Number AD B011345L.

### 부록 A

### 표와 그림

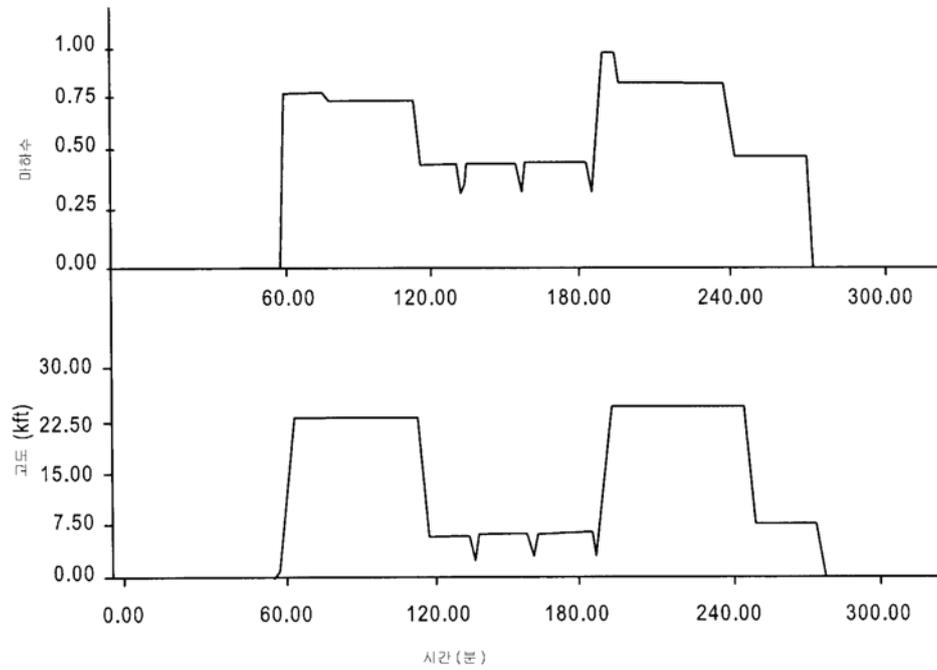
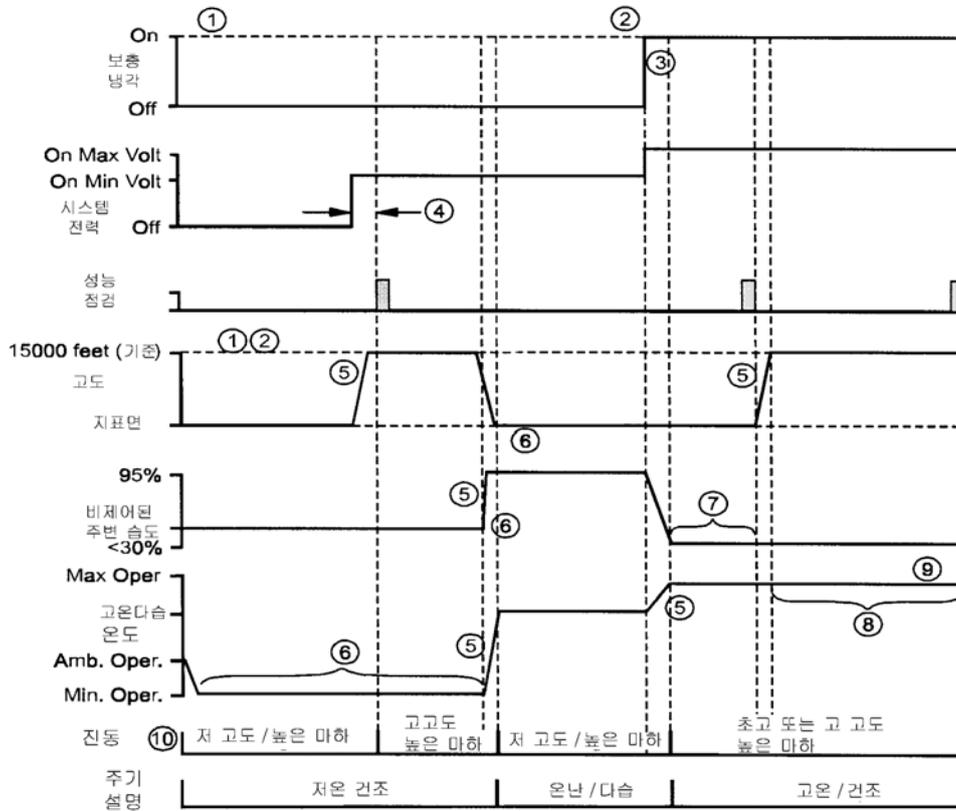


그림 520.2A-2. 도식적인 임무 프로파일, 고도와 마하수 (지상 공격 예제).



1. 최악의 열분해를 위한 추가 냉방의 온도 및 기류를 조정한다.
2. 플랫폼/제품 규격 인자를 신중하게 조정한다.
3. 최소 분당 20 °C.
4. 장비 예열 시간.
5. 설비의 최고 성능에서 변환한다.
6. 이상적으로, 고온 습윤 공기를 시험실 (단락 2.3.5b)에 주입하여 모든 온도, 고도, 습도 조건에서 최소로 흡수한다.
7. 시스템 열 안정성과 2 시간 중 긴 시간을 적용한다.
8. 시스템 열 안정성과 4 시간 중 긴 시간을 적용한다.
9. 신중하게 높은 고도 작동 온도를 조정한다.
10. 진동은 온도에 따라 각각 수행될 수 있다.

그림 520.2A-3. 합격 시험 주기.

고도 대비 압력 방정식	
고도	압력 방정식
$0\text{m} < h_p \leq 20\text{ km}$ ( $0\text{ft} < h_p \leq 65.62\text{kft}$ )	$P(\text{kPa}) = 101.33 \left( \frac{288 - [6.5H(\text{km})]}{288} \right)^{5.2558}$ $P(\text{kPa}) = 101.33 \left( \frac{945 - [6.5H(\text{ft}/1000)]}{945} \right)^{5.2558}$
$h_p > 20,000\text{m}$ ( $h_p > 65.62\text{ kft}$ )	$P(\text{kPa}) = 101.33 \left( \frac{304 - [6.5H(\text{km})]}{304} \right)^{5.2558}$ $P(\text{kPa}) = 101.33 \left( \frac{997.5 - [6.5H(\text{ft}/1000)]}{997.5} \right)^{5.2558}$

그림 520.2A-5. 고도 대 압력 방정식

표 520.2A-Ia. 공기 온도 밖의 주변 온도

## 고온 대기 모형

고도 (km)	고도 (kft)	전 세계 대기 작용		상대습도 (%)	이슬 온도	
		(°C)	(°F)		(°C)	(°F)
0	0.00	43	109	<10	4	40
1	3.28	34	93	<10	-2	29
2	6.56	27	81	<10	-6	21
4	13.10	12	54	<10	-17	2
6	19.70	0	32	<10	0	32
8	26.20	-11	12	<10	-11	12
10	32.80	-20	-4	<100 <sup>1/</sup>	-20	-4
12	39.40	-31	-24	<100	-31	-24
14	45.90	-40	-40	<100	-40	-40
16	52.50	-40	-40	<100	-40	-40
18	59.10	-40	-40	<100	-40	-40
20	65.60	-40	-40	<100	-40	-40
22	72.20	-39	-38	<100	-39	-38
24	78.70	-39	-38	<100	-39	-38
26	85.30	-39	-36	<100	-39	-36
28	91.90	-36	-33	<100	-36	-33
30	98.40	-33	-27	<100	-33	-27
고온 지상 흡수 <sup>2)</sup>		71	160	<10	26	78

표 520.2A-Ib. 공기 온도 밖의 주변 온도

저온 대기 모형

고도		전 세계 대기 작용		상대습도	이슬 온도	
(km)	(kft)	(°C)	(°F)	(%)	(°C)	(°F)
0	0.00	-51	-60	<100 <sup>1/</sup>	-51	-60
1	3.28	-49	-56	<100	-49	-56
2	6.56	-31	-24	<100	-31	-24
4	13.10	-40	-40	<100	-40	-40
6	19.70	-51	-60	<100	-52	-60
8	26.20	-61	-78	<100	-61	-78
10	32.80	-65	-85	<100	-65	-85
12	39.40	-67	-89	<100	-57	-89
14	45.90	-70	-94	<100	-70	-94
16	52.50	-82	-116	<100	-82	-116
18	59.10	-80	-114	<100	-80	-114
20	65.60	-79	-112	<100	-79	-112
22	72.20	-80	-114	<100	-80	-114
24	78.70	-80	-114	<100	-80	-114
26	65.30	-79	-112	<100	-79	-112
28	91.90	-77	-108	<100	-77	-108
30	98.40	-76	-105	<100	-76	-105
저온 지상 흡수 <sup>2)</sup>		-54	-65	<100	-54	-65

## 표 520.2A-Ic. 공기 온도 밖의 주변 온도

## 온난 다습 대기 모형

(km)	고도		전 세계 대기 작용		상대습도 (%)	이슬 온도	
	(kft)	(°C)	(°F)	(°C)		(°F)	
0	0.00	32.1	90	<85	29	85	
1	3.28	25.0	77	<85	22	72	
2	6.56	19.0	66	<85	17	62	
4	13.10	4.0	39	<85	2	35	
6	19.70	-11.0	13	<85	-13	9	
8	26.20	-23.0	-10	<85	-25	-13	
10	32.80	-38.0	-36	<100 <sup>1/</sup>	-38	-36	
12	39.40	-52.0	-62	<100	-52	-62	
14	45.90	-67.0	-88	<100	-67	-88	
16	52.50	-78.0	-108	<100	-78	-108	
18	59.10	-73.0	-100	<100	-73	-100	
20	65.60	-65.0	-85	<100	-65	-85	
22	72.20	-58.0	-72	<100	-58	-72	
24	78.70	-53.0	-63	<100	-53	-63	
26	85.30	-48.0	-54	<100	-48	-54	
28	91.90	-43.0	-45	<100	-43	-45	
30	98.40	-38.0	-36	<100	-38	-36	
지상	흡수 <sup>2/</sup>	43.0	109	<75	37		

1/ 비제어 습도 (가능한 건조)

2/ 지상 흡수 온도는 측정 자료에 연관될 필요는 없지만 지상 흡수 시간을 줄이기 위한 극한 수준은 연관될 필요가 있다.

표 520.2A-II. 예제: 결합 환경 시험 주기 구조.

시험 단계 정의	온도 (°C)	상도습도	진동	추가 냉각 공기(°C)	고도	시험 품목 동작/비동작	지속시간(초)
지상 저온일 임무 1	-54 *	<100% *	꺼짐 켜짐*	-54 *	주변 *	비동작 *	60 *
지상 저온일 임무 2	-54 *	<100% *	꺼짐 *	-54 *	주변 *	비동작 *	60 *
지상 저온일 임무 3	-54 *	<100% *	꺼짐 *	-54 *	주변 *	비동작 *	60 *
** 열전이							>20
지상 고온일 임무 1	71 *	<10% *	꺼짐 *	71 *	주변 *	비동작 *	60 *
지상 고온일 임무 2	71 *	<10% *	꺼짐 *	71 *	주변 *	비동작 *	60 *
지상 고온일 임무 3	71 *	<10% *	꺼짐 *	71 *	주변 *	비동작 *	60 *
** 습도전이							>20
지상 온난다습 일일 임무 1	43 *	<75% *	꺼짐 *	43 *	주변 *	비동작 *	60 *
지상 온난다습 일일 임무 2	43 *	<75% *	꺼짐 *	43 *	주변 *	비동작 *	60 *
지상 온난다습 일일 임무 3	43 *	<75% *	꺼짐 *	43 *	주변 *	비동작 *	60 *
** 냉전이							>20

\* 항공기 임무 프로필에서 결정한다.

\*\* 각 구획의 다른 임무 번호는 단락 2.3에 따라 결정된다.

표 520.2A-III. 대표적인 보충 냉방 온도 파라미터.

장비 격실	최소온도 (°C)	최소 작동 온도(°C)	최대온도 (°C)	최대 작동 온도(°C)	최대 습도 (RH)	질량 흐름속도 (KG/Min)
보충 냉방	-54	-40	60	54	43°C에서 75%	---
램 에어 냉방	-54	-40	60	54		---
무제한	-54	-40	60	54		---
승무원 기지						
개방된 구역 계기판 뒤	-54 -54	-40 -40	60 100	25 100	43°C에서 75%	--- ---
군수품에 대한 추가 냉방 기류	-51	-40	54	54	43°C에서 75%	설계의 +0% -80% 지점

표 520.2A-IV. 일반 시험 일정

단계	시간(1) (min)	온도	고도	습도 (%)	장비 냉방	장비 동력	성능 점검	진동 (5)
1	15	램프(3)	고저	대기	-	없음		저도
2	240(2)	최소 동작온도	고저	대기	-	없음		저도
3	15	최소 동작온도	고저	대기	(4)	최소		저도
4	5	최소 동작온도	고저	대기	(4)	최소	(4)	저도
5	10	최소 동작온도	경사	대기	(4)	최소		고도
6	30	최소 동작온도	최대	대기	(4)	최소		고도
7	10	램프	경사	ramp	(4)	최소		고도
8	30	최대 동작온도	고저	95	(4)	최소		저도
9	15	램프	고저	램프	최악의 경우	최대		저도
10	120(2)	최소 동작온도	고저	< 30	최악의 경우	최대		저도
11	5	최소 동작온도	고저	< 30	최악의 경우	최대	(4)	저도
12	10	최소 동작온도	경사	< 30	최악의 경우	최대		초고도
13	240(2)	최소 동작온도	최대	< 30	최악의 경우	최대		초고도
14	5	최소 동작온도	최대	< 30	최악의 경우	최대	(4)	초고도
15	10	램프	경사	ramp	최악의 경우	최대		초고도

(1) 이러한 시간은 일반적인 예제일 뿐이다. 실제 시험 시간은 적합화 작업과 설비 한도에 좌우된다.

(2) 제품 온도의 안정을 위해 충분한 시간을 허용한다.

(3) 하강 속도는 적합화 작업과 설비 한도에 좌우된다.

(4) 특정 제품과 플랫폼에 의지하여 적용할 수도 있다.

(5) 진동 수준은 높은 마하와 결합되어 표시된 조건을 위한 것이다 (단락 2.3.4 참조). 습도 응력은 실제 사용에서 나타날 수 있는 합리적 수준에 근거한 것이다. 단락 2.3.6에서 요약 설명한 분석 결과가 장비 격실 또는 조종실 환경의 습도가 현저하게 높거나 낮다는 것을 보일 경우, 표 520.2A-III에서 설명하는 수준을 사용할 것을 권장한다.

MIL-STD-810F

2000.1.1

부록 A

공백

## 시험법 521.2

### 결빙/동결 강우

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

결빙 시험은 군수품의 작동 성능에 대한 결빙 영향을 평가하기 위한 것이다. 본 시험법은 또한 현장에서 사용하기 위해 규정된 시험법을 포함하여 제빙 장비와 기술의 효율성을 평가하기 위한 시험 시험법도 제공한다.

##### 1.2 용도.

- a. 결빙성 비나 이슬비에 의해 생성되는 경우와 같이 결빙 상태에 노출될 수 있는 군수품 평가에 본 시험법을 사용한다. (아래의 단락 2.2.1.1 참조)
- b. 바다의 물보라나 물안개로부터 얼음 첨가물을 개발할 때 본 시험법을 사용하되, 더 낮은 얼음 농도를 반영하기 위해 얼음 두께가 필요할 수도 있다.

##### 1.3 제한사항.

본 시험법은 눈 상태나 냉각 구름을 통과 비행하는 항공기상의 얼음 축적에 대해 모의시험하지는 않는다. 자연적으로 발생하는 서리의 영향에 대해 별로 심각하게 고려하지 않으며, 본 시험법에서도 특별히 설명하지는 않는다. 본 시험법은 공중/안테나 성능 평가에 적합하지 않을 수도 있다 (예, 상당한 신호 반사를 일으키는 공기 속에 포화된 무빙 얼음). 눈, 젖은 눈 또는 녹은 눈의 낙하, 분출 또는 재순환으로 인한 결빙 영향은 고려하지 않는다. 단락 2.1.1에서보다 엄정하게 고려하지는 않는다.

#### 2. 적합화 지침.

##### 2.1 결빙성/동결성 강우 시험법 선택.

군수품의 수명 주기에서의 결빙성/동결성 강우를 측정하기 위해 본 표준 제1부의 요건서를 검토하고 적합화 과정을 적용한 후, 본 시험법을 검증하고 다른 시험법으로 대체하기 위해서는 다음 사항을 적용한다. 본 시험법은 군수품이 비, 이슬비, 안개, 물보라 또는 다른 요인으로 인해 얼음이 축적된 후의 군수품 작동 여부를 검사하기 위해 고안되었다. 작동 전에 얼음 제거가 요구되는 경우, 일체 구조의 제빙 장비를 사용하거나 현장의 사용자가 이용할 수 있는 방법을 사용한다. 성능을 저하시킬 수 있는 손상에 대한 영향이나 잠재력에 대해 평가하기 위한 제빙 장비나 방법을 평가한다.

##### 2.1.1 결빙성/동결성 강우의 영향.

얼음 형성은 군수품 작동과 수명에 악영향을 끼칠 수 있으며, 조작 인원의 안전성에 영향을

미친다. 본 시험법이 시험 대상인 군수품에 적합한지 여부를 검토하기 위해서는 다음의 일반적인 문제점을 고려해야 한다. 이 목록에 모든 것이 포함되지는 않는다.

- a. 동력 부품 결합.
- b. 레이더 안테나, 공기 역학 제어 표면, 헬리콥터 비행 날개 등에 무게 추가.
- c. 사람을 위한 발판 위해성 증가.
- d. 동력 부품 사이의 여유에 대한 간섭.
- e. 구조적 파손 유도.
- f. 냉각 시스템이나 필터에서의 기류 효율성 감소.
- g. 앞면 유리나 광학 장치를 통한 가시성 저하.
- h. 진자기 방사 전달에 악영향.
- I. 기계적, 화학적 또는 수동 얼음 제거 시험법 사용에서 발생하는 군수품의 잠재적 손상의 원인 제공.
- j. 공기 역학 수송 및 제어 표면의 효율성 감소.
- k. (항공기) 실속 한도 감소.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제 1 부의 단락 5.5 참조.
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 시험 순서와 관련해서 적어도 두 가지 철학이 존재한다. 한 가지 시험법은 우선적으로 최소의 피해 환경을 적용함으로써 시험 품목 수명을 보전하기 위한 것이다. 본 시험법을 위해, 일반적으로 염분 연무 (salt fog) 시험에 앞서 비 시험에 따라 결빙성/동결성 강우를 적용한다. 이는 잔여 염분이 얼음 형성을 방해할 수 있기 때문이다. 또한, 부품을 완화시킬 수 있는 동적 제동 시험에 앞서 적용한다.
  - (2) 다른 시험법은 노출된 상승 효과의 가능성을 최대화하기 위한 환경을 적용하는 것이다. 본 시험법을 위해, 결빙 시험을 고려하라.

### 2.2.1 얼음 형성.

#### 2.2.1.1. 주요 원인.

얼음의 축적은 4 가지 주요 원인으로 인해 발생한다.

- a. 온도가 빙점 온도 이하인 군수품으로 떨어지는 비, 이슬비 또는 안개.
- b. 승화물(sublimation).
- c. 빙점이나 그 근사 온도에서 군수품으로 떨어지는 결빙성 비나 이슬비.
- d. 군수품 온도가 결빙점 미만일 때 군수품을 덮는 바다 물보라나 물안개.

#### 2.2.1.2 얼음 유형(참고규격 b).

무빙 얼음 (불투명하고 까칠까칠한)과 우빙 얼음 (선명하고 매끄러움), 두 가지 유형의 얼음이 일반적이다. 얼음 부착을 위한 공인된 극단 상태는 설계와 구조 평가 추정에 사용될 수 있지만, 시험 자체가 설계 계산의 실용적인 기준을 제공하려고 고안된 것이 아니므로 큰 두

께에 따른 시험 조건 확립에 실용적이지는 않다.

a. 무빙 얼음 : 노출된 물체 위로 영향을 미치는 과냉 물방울의 급속 결빙에 의해 형성된 얼음의 백색 또는 유백색의 불투명하고 까칠까칠한 침전물. 무빙 얼음은 우빙 얼음보다 더 가볍고 부드러우며 덜 투명하다. 무빙 얼음은 불연속의 얼음 입자로 구성되어 있으며, 0.2 g/cm<sup>3</sup> (부드러운 무빙) 에서 거의 0.9 g/cm<sup>3</sup> (단단한 무빙)) 사이의 농도를 갖는다. 무빙 형성을 돕는 인자는 작은 물방울, 완만한 속도의 첨가, 높은 온도에서의 과냉과 용해물의 잠재된 열의 급속한 분해이다. 상반된 영향은 유빙 형성을 돕는다.

(1) 단단한 무빙: 짙은 농도의 과냉 안개에 의해 수직 표면에 우선적으로 침전하는 불투명하고 투명한 무빙 덩어리. 단단한 무빙은 부드러운 무빙보다 촘촘하고 형태가 불규칙하며, 유빙 원추나 작은 돌기와 같이 바람 속에 증축된다. 바다의 과냉 물보라에 의한 선박이나 해안가 구조물의 결빙은 보통 단단한 무빙의 성질을 갖는다.

(2) 부드러운 무빙: 일반적으로 과냉 안개에서, 우선적으로 수직 표면상에, 특히 물체의 끝이나 가장자리에 침전된 미세한 무빙의 불투명한 백색 코팅. 바람이 불어오는 쪽에서, 부드러운 무빙은 두꺼운 계층, 긴 돌기의 원추 (feathery cone), 또는 바람을 가리키는 바늘로 발전될 수 있으며 서리와 유사한 구조를 갖는다.

b. 유빙 얼음 : 과냉 수증기의 필름 결빙에 의해 노출된 물체에서 형성되며, 대체적으로 선명하고 부드럽지만, 공기 주머니를 갖는 얼음의 코팅. 유빙은 무빙보다 농도가 짙고 단단하며 더 투명하다. 농도의 최대치는 0.9 g/cm<sup>3</sup> 이다. 유빙 형성을 돕는 인자는, 큰 물방울, 급속한 속도의 첨가, 약간의 과냉과 용해물의 완만한 열 분해이다. 상반된 영향은 무빙 형성을 돕는다. 유빙은 물체에 비나 이슬비가 결빙했을 경우 발생하며, 선명하고 순수 얼음에 가까운 농도를 갖는다. 유빙 얼음 제거에 어려움이 더 따르므로, 구조적으로 더 중요한 인자로써 본 시험의 핵심이 될 것이다.

## 2.2.2 구성 및 위치.

다음 인자를 고려한다.

- 시험 품목이 모든 방향과 상단에서 착빙을 받는 지 여부.
- 시험 품목이 배치 구성에 존재하는 지 여부. 요구 시, 선박이나 외부 창고와 같은 다른 구성에서 시험을 수행한다.

## 2.2.3 시험 온도.

요구되는 환경 조건을 구성하는데 사용되는 시험 온도는 시험 절차에서 권장된다. 시험 챔버와 물의 권장 온도는 시험 품목과 접촉하기 전에, 작은 물방울의 조급한 결빙을 방지하기 위해 서로 다른 크기의 설비에 맞게 조정되어야 한다. 결빙 전에 (틈이나 균열 등) 물의 침투를 허용하기 위해서는 초기 시험 품목의 온도가 0°C 미만이 아닌 것을 사용하지 않아야 한다.

#### 2.2.4 물 공급 속도.

선명하고 균일한 유빙 얼음의 코팅을 생성하는 것이 목표이다. 유빙 얼음의 균일 코팅을 생성할 수 있는 공급 속도는 모두 허용할 수 있다. 기존의 시험 결과에 근거하여 시험 과정에 권장되는 물 공급 속도는 25 mm/h이다.

#### 2.2.5 물 공급 시험법.

물이 균일한 분무로 공급되는 한, 다음과 같은 물 공급 시스템이 사용될 수 있다.

- a. 시험 품목의 상부, 측면, 전면 그리고 후면에 직접 분무하는 노즐 어레이.
- b. 시험 품목 아래로 직접 분무하는 노즐 어레이. 측면 스프레이 적용 범위는 바람이나 추가적인 휴대용 노즐에 의해 수행된다. 균일한 얼음 첨가를 위해서는 바람을 최소화해야 한다.
- c. 시험 품목의 적절한 표면 위로 직접 분무하는 단일 노즐.

#### 2.2.6 물방울 크기.

물방울 크기의 범위는 서로 다른 크기의 설비에 맞게 조정되어야 한다. 공칭 물방울 크기가 직경 1.0mm에서 1.5mm인 미세한 분무기는 몇몇 설비에서 만족할 만한 착빙을 생성했다.

#### 2.2.7 얼음 두께.

예측된 상황을 위해 특별히 측정된 자료가 유용하지 않다면, 다음의 얼음 두께를 권장한다 (참고규격 c):

- a. 6 mm - 가벼운 로딩을 표시하는 일반 조건.
- b. 13 mm - 중간 로딩을 표시하는 일반 조건.
- c. 37 mm - 무거운 지상 로딩이나 해상 마스트 로딩 표시.
- d. 75 mm - 대단히 무거운 지상 로딩이나 해상 갑판 로딩 표시.

### 2.3 작동 시 고찰사항.

- a. 얼음으로 덮인 일부 군수품은 처음의 결정 과정 없이 바로 작동시켜야 하며, 다른 군수품은 제빙 작업을 하기 전에는 작동시키지 않아도 된다 (예, 항공기 보조 날개 (플랩)).
- b. 만일 요청에 의해 얼음을 제거하였다면, 내장 얼음 제거 시스템, 현장에서 사용 되도록 고안한 규정 시험법이나 이들의 결합된 시험법이 포함될 수 있다.
- c. 예열된 표면과 같은 방빙 장치의 바른 작동.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비 시험.

다음의 정보는 결빙성/동결성 경우에 대한 시험의 적절한 진행을 위해 요구된다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부의 단락 5.7과 5.9, 부록 A, 과업 405에서 나열된 정보.

b. 본 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 적용할 얼음 두께.
- (2) 얼음 제거 시험법 (사용되었을 경우).
- (3) 권장 시험 온도와 물방울 크기의 변화.
- (4) 얼음이 적용될 시험 품목의 표면.
- (5) 풍속.

### 3.2 시험 중.

시험을 진행하는 동안 다음의 정보를 수집한다.

a. 일반사항 본 표준의 제1부의 단락 5.10과, 부록 A, 과업 406에서 나열된 정보.

b. 본 시험법에만 해당되는 내용

- (1) 시험 챔버 온도 대비 시간 조건에 대한 기록.
- (2) 시험 지속 시간에 대한 시험 품목의 온도 대비 시간 자료 기록.

### 3.3 사후시험.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부의 단락 5.13에서 나열된 정보.

b. 본 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 실제 얼음 두께.
- (2) 요청한 얼음 제거 노력 결과.
- (3) 모든 파손/문제점의 초기 분석.
- (4) 유빙 또는 무빙과 같이 생성된 얼음 유형.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

요구하는 장치는 규정된 시험 조건을 수립하고 유지할 수 있는 보조 기구를 구비한 실험실 또는 캐비닛으로 구성된다. 설치된 장비를 이용함으로써 실험실 내부의 시험 조건은 시험 품목 설치 후 바로 고정될 수 있다. 실험실의 흠탕물/얼음을 최소화하기 위해 물 공급 장비를 배치한다. 시험 챔버 온도를 지속적으로 기록하되 시험 품목의 온도는 요구 시에만 기록한다.

### 4.2 제어.

각 시험 전에, 중요한 변수를 검증한다. 노즐 분무 유형이 모든 시험 풍속에 대해 균일하게 작용할 수 있을 정도로 넓은 것임을 확인한다. 시험 품목 작동 외에 어떠한 조치에 대해서도 규정하지 않은 경우 (예, 시험 챔버 문 개방), 계속 진행하기 전에 요구한 시험 조건에서 시험 품목을 재공정한다. 만일 작동 확인이 15분 안에 끝나지 않았다면, 계속 진행하기 전에 시험 품목 온도를 재설정한다.

**4.3 시험 실행 중단.**

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부의 단락 5.11 참조.
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 과소시험 중단. 결빙성/동결성 강우 시험의 중단이 역효과를 생성할 것 같지는 않다. 보통은 시험 조건을 재설정 후 중단 시점부터 시험을 진행한다.
  - (2) 과도시험 중단. 완벽한 작동 및 물리적 확인에 의해, 요건서에서 요구하는 것보다 시험 품목이 극단적으로 노출될 수 있는 중단을 따른다. 문제가 없다면, 시험 품목을 예비 시험 상태로 복구하고 다시 시작한다.

**4.4 시험 설정.**

- a. 일반사항. 본 표준의 제1부의 단락 5.8 참조.
- b. 본 시험법에만 해당되는 내용.
  - (1) 정상 작동 시에는 나타나지 않는 외부 표면의 모든 오염을 제거한다. 기름의 얇은 막일지라도 시험 품목에 부착해 얼음 생성을 방지함으로써 시험 결과를 변경한다.
  - (2) 얼음 두께의 측정을 용이하게 하기 위해서는, 시험 품목으로 동일한 일반 분무기를 받게 되는 적합한 크기의 구리 막대나 튜브와 같은 수심계를 장착한다. 다른 두께 측정 기술이 얼음 두께를 표시할 수 있다면 사용해도 된다.

주 : 인공적으로 생성된 결빙 속도는 시험 품목과 분무 장치 사이의 거리에 의해 좌우되므로, 안테나 기둥과 같이 높이 변화가 큰 구조를 위해서, 서로 다른 높이에 시험 막대를 설치한다.

- (3) 분무 장치의 냉각수 (0°C와 3°C 사이의)는 비냉각수보다 얼음 생성 속도가 빠르다.

**4.5 시험 실행.**

다음 단계(단독 또는 조합)는 결빙성/동결성 강우 환경 내 군수품과 관련된 필수 정보를 수집하는데 있어 기초를 제공한다.

**4.5.1 시험 준비.****4.5.1.1 준비 단계.**

시험을 시작하기 전에, 상세 사항 (절차, 품목 구성, 주기, 지속 시간, 보관/작동의 파라미터 수준, 얼음 두께 등)을 검토하기 위해 시험 계획의 예비 시험 정보를 검토한다.

**4.5.1.2 예비 시험 표준 주위 점검.**

모든 품목은 기준선 자료를 제공하기 위해 예비 시험 표준 주위 점검을 요구한다. 점검 작업은 다음과 같이 진행된다.

단계1. 시험 계획에서 설명한대로 품목 내/외부 또는 주변에 온도감지장치를 설치한다.

단계2. 시험 챔버 안에 ((제 1 부, 단락 5.8.1) 요구된 구성과 방향을 갖는 시험 품목을 표준 대기 조건에서 설치한다 (제 1 부, 단락 5.1).

단계3. 성형 케이스의 모서리와 같은 응력 영역에 대해 특별히 관심을 갖고 시험 품목의 육안 검사를 진행한다.

단계4. 기초 자료를 구하고 결과를 기록하기 위해 계획에서 설명한대로 운영에 대한 확인 작업(제 1 부, 단락 5.8.2)을 진행한다.

단계5. 시험 품목이 만족스럽게 작동한다면, 단락 4.5.2로 진행한다. 만족스럽지 않을 경우에는 문제점을 해결하고 상기의 단계 4를 반복한다.

#### 4.5.2 절차 I 유빙 얼음.

단계 1. 시험 품목을 0°C(-0/+2°C)에서 고정시킨다.

단계 2. 시험 품목의 틈/통로로 물을 침투시키기 위해 1 시간동안 예냉된 물을 균일하게 분무한다 (0 ~ 3°C의 온도가 이상적이지만 공급 속도가 25 mm/h이며 온도가 5°C인 물을 사용해도 된다).

단계 3. 얼음의 요구 두께가 적절한 표면에 쌓이기 전까지는 시험 챔버의 대기 온도를 10°C나 규정한 대로 조정하고, 분무 속도를 유지한다. 바람이나 측면 분무는 시험 품목의 측면에 얼음이 축적되는 것을 도울 때 사용한다.

주 : 만족할 만한 유빙 얼음 지층 생성이 어렵다면, 필요에 따라 하나 이상의 변수를 변경한다. 예를 들면, 물이나 시험 품목 온도, 분무 속도, 노즐과 시험 품목간의 거리등을 들 수 있다.

주 : 온도 조절을 용이하게 하고, 시험 챔버 냉각 코일의 서리 생성을 최소화하기 위해서 온도를 감소시키는 동안 분무를 중지하는 것이 쉬울 것이다.

단계 4. 얼음 경화를 위해 시험 챔버의 대기 온도를 최소한 4시간 정도 유지해야 한다. 안전 위해성에 대해 검사하고, 적합한 경우 시험 품목의 작동을 시도한다. 결과를 문서화한다(필요한 경우 사진도 첨부한다).

단계 5. 단계 4가 실패하는 경우, 또는 규격이 얼음 제거를 허용하는 경우에는 얼음을 제거한다. 얼음 제거 시험법은 3.1b에서 검토한 것으로 국한한다. 내장 얼음 제거 장치, 현장에서 사용할 수 있는 적절한 시험법이 여기에 해당된다. 사용된 얼음 제거 기술의 유효성을 기록한다.

단계 6. 안전 위해성에 대해 검사하고, 적합하다면 (가능하다면), 규정된 군수품의 낮은 작동 온도에서의 시험 품목 작동을 시도한다.

단계 7. 요구 시, 단계 3에서 6을 반복하여 다른 두께의 얼음을 생산한다.

단계 8. 표준 대기 상태에서 시험 품목을 고정시키고 시험 사후의 작동 상태를 점검한다.

단계 9. 예비시험 자료와 비교하기 위해 결과를 문서화한다 (필요한 경우 사진도 첨부한다).

#### 5. 결과 분석.

제1부의 단락 5.14와 5.17에서 설명한 지침에 더해서, 다음의 정보는 시험 결과의 평가를 돕기 위해 제공된다. 시험 품목의 오류 자료를 시험 분석에 적용하여 다음과 같은 관련 정보를 고려한다.

a. 얼음 제거 없이 작동하지 않는 군수품: 시험 품목의 성능이 요건서에서 규정 범위를 초과하여 저하된 경우.

- b. 작동 전에 얼음 제거를 요구하는 군수품 : 정규적인 얼음 제거 노력 후에, 규정 한도/요건 미만에서 시험 품목의 성능이 저하된 경우.
- c. 표준 얼음 제거 작업이 군수품을 손상시키는 경우.
- d. 의견상으로 드러나지 않는 위해 상황이 생성되었을 경우.

#### 6. 참고규격/관련 문서.

- a. AR 70-38, Research, Development, Test and Evaluation of Materiel for Extreme Climatic Conditions.
- b. Letter, Cold Resions Research and Engineering Laboratory, Corps of Engineers(U.S.), CECRL-RG, 22 October 1990, SUBJECT: Ice Accretion Rates(Glaze).
- c. Letter, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Corps of Engineers (U.S.), CECRL\_RG,22 October 1990, SUBJECT : Ice Accretion Rates (Glaze).
- d. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products.
- e. Synopsis if Background Material for MIL-STD-201B, Climatic Extremes for Military Equipment, Bedford, MA : Air Force Cambridge Research Laboratories, 24 January 1974. DTIC number AD-780-508.
- f. NATO STANAG 4370, Environmental Testing.
- g. Allied Environmental Conditions and Test Procedure (AECTP) 300, Climatic Environmental Tests (under STANAG 4370).

## 시험법 522

### 탄도 충격

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적

본 방법은 일반적으로 둘 또는 그 이상의 동체 간의 운동량 교환 혹은 다음 사항을 위해 수행되는 액체 또는 기체와 고체 간의 운동량 교환을 포함하는 일련의 탄도 충격 시험을 다룬다.

- a. 군수품이 설치되는 구조적 구성에서 고 수준의 운동량 교환에 의해 드물게 야기되는 충격효과를 구조적 및 기능적으로 견디는 신뢰도를 제공한다.
- b. 충격 완화 절차가 군수품의 구조적 및 기능적 완벽을 보존하기 위해 사용될 수 있도록 탄도 충격과 관련된 군수품의 안정도를 실험으로 측정한다.

##### 1.2 용도.

##### 1.2.1 탄도 충격의 정의.

탄도 충격은 일반적으로 기갑 전투차량에 대한 탄두 또는 병기 타격으로부터 초래되는 고수준 충격이다. 기갑 전투차량은 전투임무 능력을 계속 유지하면서, 대구경 비관통 탄두 타격, 기뢰 폭발, 두상 포 공격으로 발생하는 충격에서 살아 남아야 한다. 참고규격 d 는 기갑 전투차량에 대한 여러 가지 충격 환경들 (탄도 충격, 수송 충격, 철도 타격 충격, 등등) 간의 관계를 논한다. 실제 충격 수준은 차량의 종류, 사용되는 특수 무기, 타격 위치 또는 근접성, 및 차량의 충격이 측정된 위치에 따라 다양하다. 여기에서 특수 차량에 대한 실제 충격 환경을 정의하려는 취지는 없다. 또한, 탄도 충격 기술은 실제 충격 현상을 정의하고 양을 정하는 능력에 여전히 다소 제한적이라는 것을 주목해야 한다. 비록 측정 기술의 개발이 상당한 진보하였지만, 현재 이용되는 계장 (특히 충격 감지 계기)은 사용하기에 여전히 부피가 크고 다루기가 번거롭다. 충격 수준, 충격 전파, 및 완화를 결정하는 분석 (계산) 방법의 개발은 측정 기술에 뒤쳐진다. 현재 사용하는 분석 방법 및 개발 중인 분석 방법들은 이들의 결과가 시험 요구를 없애는 정도에 의존할 수 있는 수준으로 발전으로 발전되지 않았다. 즉, 일반적으로 탄도 충격에 대한 응답 예측은 불가능하나 가장 간단한 구성에서는 예외다. 장갑 차량은 비관통 대구경 무기 타격 또는 폭발에 영향을 받을 때, 그 구조는 매우 고강도의 힘 하중 및 상대적으로 단기간의 힘 하중을 위치적으로 겪는다. 힘 하중이 한 곳에 집중되더라도, 차량 전체는 그 구조를 통과하는 응력 파 및 표면 위를 운행하는 응력 파에 영향을

받기 쉽다. 어떤 경우에는, 신호탄 충격이 탄도 충격 모의시험에서 사용되어 왔다. 이런 시험에는 몇 가지 주의사항들이 있다. 탄도 충격의 특징은 다음 절에 약술한다.

### 1.2.2 탄도 충격 - 운동량 교환.

탄도 충격은 보통 액체와 고체 간 또는 두 동체 간의 운동량 교환을 나타낸다. 흔히 이것은 지원 군수품에서의 속도 변화를 낳는다. 탄도 충격은 100Hz 미만에서 특징 부분을 가지며, 탄도 충격원에서 상당히 떨어진 주어진 지점에서의 탄도 충격 반응 크기는 운동량 교환 크기의 함수이다. 탄도 충격은 군수품의 파의 전파 (아마도 실질적으로 비선형)를 함유할 것이다. 그러나 일반적으로 그 군수품은 변형되어 재료 본래의 감쇠가 아닌 구조적 감쇠를 수반한다. 탄도 충격에 대하여, 저 주파수 구조적 반응이 일반적으로 쉽게 접촉 위로 전달되기 때문에, 구조적 연결은 반드시 현저한 감쇠를 나타내지는 않는다. 탄도 충격 자료를 처리하는데 있어서의 이형(anomaly)을 탐지할 수 있다는 것은 중요하다. 측정 기술에 관하여, 가속계, 인장 계기, 및 충격 감지 계기가 사용될 수 있다 (참고규격 a를 참조). 실험실 상태에서는 레이저 가속계가 유용하다. 탄도 충격 저항은 일반적으로, 군수품으로 “설계되지” 않았다. 탄도 충격의 발생 및 일반 특질은 잘 정의된 계획안에 근거한 과거 경험으로부터 단지 경험적으로 결정될 수 있다. 야외에서 군수품의 탄도 충격 반응은 일반적으로 매우 예측 불가능하고 군수품사이에 반복이 불가능하다.

### 1.2.3 탄도 충격 - 물리질 현상.

탄도 충격은 탄성 타격 또는 비탄성 타격으로부터 구조 지점에서의 기계적 반응 및 전체 재료에 의해 특성화되는 물리 현상이다. 이런 타격은 대 영역 또는 한정된 소 영역의 한 지점에서 매우 높은 운동량 교환율을 산출한다. 고 운동량 교환율은 표면에 적용된 압력 파 또는 두 개의 탄성 동체의 충돌에 의해 야기될 수 있다. 탄도 충격 환경의 일반 특성은 다음과 같다:

- a. 근방 및 그 이상으로 전파되는 고 재료 인장율(비선형 재료 영역)로 생기는 구조에서의 근원 응력 파에 가깝다;
- b. 저 주파수 및 고 주파수 (10Hz - 1,000,000Hz) 그리고 상당한 광대역의 주파수 입력이 혼합되었다;
- c. 비교적 높은 구조속도 및 변위 반응을 지니는 고 가속도 (300g - 1,000,00g)
- d. 단기 지속시간 (<180 msec);
- e. (사건 후) 고 잔류구조 변위, 속도, 및 가속도 반응;
- f. 지점 근원 입력, 예, 충돌의 경우에서와 같이 입력이 상당히 한 곳에 집중되거나 또는 영역 근원 입력, 예, 압력 파의 경우에서와 같이 넓게 분산되는 입력을 가지고 (1) 두 탄성체의 비탄성 충돌, 또는 (2) 단기간 동안 구조에 직접 결합된 탄성체 표면에 적용된 극도로 높은 액체 압력으로 야기된다;

- g. 비교적 높은 구조적 구동점 임피던스( $P/v$ , 여기서  $P$ 는 충돌 힘 또는 압력이고,  $v$ 는 구조 속도이다). 근원에서, 만일 재료 입자 속도가 높다면, 임피던스는 충분히 낮을 수 있다;
- h. 사실상 아주 상당히 일정하지 않고 (예, 저 반복성) 형태세부에 매우 의존하는 측정 반응 시간 기록;
- i. 그 구조의 지점들에서 충격반응은 구조 불연속에 의해 다소 영향을 받는다;
- j. 구조 반응은 액체 폭발 과 또는 비탄성 타격으로 발생된 열을 동반할 수 있다;
- k. 탄도 충격의 구조적 반응 특질은, 군수품 또는 그 부품이 탄도 충격 장치의 “근방계” 또는 “원방계”에서와 같이 쉽게 분류될 수 있다는 것을 시사하지 않는다. 일반적으로 근원에 근접한 군수품은 고 주파수에서 고 가속도를 겪게 되는 반면, 근원으로부터 먼 군수품은 간접 구조 구성을 여과한 결과로써 저 주파수에서의 고 가속도를 경험한다.

### 1.3 제한사항.

고도로 전문화된 탄도 충격의 특질 및 구성에 대한 탄도 충격의 실질 감도 때문에 오직, 참고규격 c 및 d에 포함된 정보를 신중히 고찰한 후 적용할 것.

- a. 본 방법은 고온 도는 저온에서 탄도 충격 시험을 시행하기 위한 특별 규정들을 다루지 않는다. 만일 달리 규정하지 않거나, 또는 고 작용온도 혹은 저 작용온도가 탄도 충격 환경을 강화시킬 수 있다는 믿을 만한 이유가 있다면, 실내 주위온도에서 시험을 시행할 것.
- b. 본 방법은 폭발, 전자기장해(EMI), 및 상승온난기류 같은 이차 효과를 다루지 않는다.

## 2. 적합화 지침.

### 2.1 탄도 충격 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 탄도 충격 영향이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법에 대한 필요성을 확인하고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용하는데 도움이 된다.

#### 2.1.1 탄도 충격의 영향.

일반적으로, 탄도 충격은 모든 전자, 기계, 전기기계 재료에 대한 역영향을 산출하는 잠재력을 지닌다. 일반적으로, 역효과의 수준은 탄도 충격의 수준 및 지속기간에 따라 증가하고 탄도 충격원 (지점 또는 타격지점)에서의 거리에 따라 감소한다. 군수품 내의 마이크로 전자 부품의 고유 주파수 파장에 대응하는 파장을 지니는 재료 응력 파를 산출하는 탄도 충격에

대한 지속기간은 역효과를 강화시킬 것이다. 탄도 충격과 관련된 문제의 예들은 다음사항을 포함한다:

- a. 설치 구성을 포함하는 마이크로 전자 칩의 완벽 구조의 파괴결과로써 군수품 고장 .
- b. 중계기 기계잡음의 결과로써 군수품 고장.
- c. 회로 카드의 기능상실, 회로 카드 손상, 및 전자 연결기의 고장의 결과로써 군수품 고장. 때때로, 단락회로를 야기시키는 잠재력을 지닌 회로 카드 오염은 탄도 충격 하에서 제거될 수 있다. 회로 카드 탑재는 실제 속도 변화 및 대 변위로부터 손상받을 수 있다.
- d. 크리스탈, 세라믹, 에폭시 또는 유리 기낭에서 균열 및 파열의 결과로써 군수품 고장.
- e. 기계 혹은 전자-기계 군수품의 내부 구조적인 구성 또는 군수품의 구조적 지원의 갑작스런 속도 변호의 결과로써 군수품 고장.

### 2.1.2 기타 다른 시험법의 순서.

- a. 일반사항. 제 1부, 5.5 참조.
- b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 수명주기 프로파일에서 달리 확인되지 않는다면 그리고, 통상적으로 전투 및 잠재적으로 수명주기 종료 시에 탄도 충격을 경험하기 때문에, 탄도 충격 시험은 시험 일정의 후기로 계획하도록 한다. 일반적으로, 탄도 충격 시험은 규정된 독특한 성질로 인해 나머지 다른 시험들에 비의존적이라고 간주될 수 있다.

### 2.2 절차 선택.

본 방법은 다섯 가지의 탄도 충격 시험 절차를 다룬다. 현장 자료를 이용할 수 없을 때, 탄도 충격 시험에 대한 "디폴트(생략값, default)" 접근을 위해 2.3.4를 참조할 것.

- a. 절차 I - 탄도 선체 및 포탑 (BH&T), 전 스펙트럼, 탄도 충격 자격. 기갑 차량에 대한 탄도 타격과 관련된 충격 반향은 내부에 설치된 군수품을 가지고 "탄도 선체 및 포탑"(BH&T)에서 사격 탄두를 수반할 수 있다. 이 절차는 매우 비용이 많이 들고, 적절한 위협무기 뿐만 아니라 이용가능한 시제형 또는 실제 차량을 필요로 한다. 이런 제한요건 때문에, 다른 여러 가지 접근을 가끔 실행한다. 탄도 충격을 모의시험하는데 사용되는 여러 장치들은 참고규격 d에 서술되어 있다.
- b. 절차 II - 대규모 탄도 충격 시뮬레이터(LSBSS). 표 522-I 및 그림 522-I에 정의된 전 스펙트럼 (10Hz에서 100kHz)에 걸친 완성 부품의 탄도 충격 시험은 참고규격 d에 서술한 대규모 탄도 충격 시뮬레이터(LSBSS)와 같은 장치들을 사용하여

실행될 수 있다. 이 접근법은 500Kg (100 lbs)까지 무게가 나가는 부품들에 사용할 수 있고, 절차 I의 BH&T 접근보다 상당히 비용이 적게 든다.

c. 절차 III - 제한 스펙트럼, 저중량 충격 기계(LWSM). 113.6kg (250 lbs) 미만의 무게가 나가는 부품들 및 3kHz이상의 주파수에서의 감도를 제거하는 데 설치된 충격은, 15mm (0.59 인치)에 변위 제한에 조절된 MIL-S-901 저중량 충격 기계를 사용하여 표 522-I 및 그림 522-I의 10Hz에서부터 3Hz까지의 스펙트럼에 걸쳐서 시험할 수 있다. LWSM 사용은 전 스펙트럼 모의시험보다 비용이 덜 들며, 만일 시험 항목이 고주파수 충격에 반응하지 않는다면 적당할 것이고 투하 대 (臺) (절차 V)의 초과 저주파수 반응을 견딜 수 없다.

d. 절차 IV - 제한 스펙트럼, 중간 중량 충격 기계(MWSM). 2273kg (5000 lbs) 미만의 무게가 나가고 1kHz이상의 주파수에 민감한 부품들은, 15mm (0.59 인치)에 변위 제한에 조절된 MIL-S-901 중간 중량 충격 기계를 사용하여 표 522-I 및 그림 522-I의 10Hz에서부터 1Hz까지의 스펙트럼에 걸쳐서 시험할 수 있다. LWSM 사용은 설치 충격인 부분시스템 및 무거운 부품들에 적당하며, 그리고/또는 고주파수에 민감하지 않다.

e. 절차 V - 투하 대. 설치 충격인 저중량 부품들 (전형적으로 18kg (40lbs) 미만)은 때때로 투하대를 이용하여 500Hz까지의 주파수에서의 탄도 충격 감도를 위해 평가될 수 있다. 흔히 이 기술은 저주파수에서의 과도시험으로 귀착된다. 장갑 차량에 대한 충격 보호를 필요로 하는 대부분의 부품들은 쉽게 설치 충격이 될 수 있다. 흔히 이용가능한 투하 시험 기계는 가장 비용이 저렴하고 가장 접근하기 쉬운 시험 기법이다. 충격 표는 탄도 충격과는 현저하게 다른 반-싸인(sine) 가속도 펄스를 산출한다. 만일 저주파수에서의 과도 시험 및 고주파수에서의 과소시험이 허용된다면, 충격 설치에 대한 군수품의 반응은 반-싸인 가속도 펄스로 상당히 잘 포괄할 수 있다. 역사적으로 이런 단점들은 대부분의 탄도 충격 자격 시험을 위해 허용될 수 있었다.

### 2.2.1 절차 선택 고찰사항.

시험 자료 요건에 입각하여, 어떤 시험 절차가 적용가능한 지를 결정해야 한다. 대부분의 경우에, 절차의 선택은 실제 군수품 구성으로 지시될 것이며, 군수품에 대한 탄도 충격의 효과를 완화시키는 데 이용할 수 있는 총 구조 불연속을 주의깊게 주목해야 할 것이다. 어떤 경우에, 절차의 선택은 시험 실용성으로 진행될 것이다. 병참 모드 및 작동 모드 모두에서 수명주기 동안 군수품에 예상되는 모든 탄도 충격 환경을 고려할 것. 절차 선택 시, 다음 사항을 고려할 것:

a. 군수품의 작동 목적. 탄도 충격 환경에의 노출 동안 또는 그 후에, 요건서에서 군수품이 실행해야 하는 기능을 결정한다.

b. 탄도 충격에 대한 자연 노출 환경. 탄도 충격에 대한 자연 노출 환경은 과거 경험으로부터 잘 선택된 계획안 및 그런 계획안의 발생 기회에 입각한다. 예를 들어,

만일 장갑차가 기뢰 폭발에 영향을 받는다면, 탄도 충격 절차를 위한 적당한 시험을 선택하기 위하여 여러 가지 가정을 해야만 한다. 특히, 기뢰의 크기, 주요 압력파의 타격 위치, 타격 “지점”과 관련된 군수품의 위치, 등등. 만일 장갑차가 비관통 탄두 타격에 영향을 받기 쉽다면, 에너지 입력 구성은 기뢰의 것과는 다르고, 장갑차 내의 군수품에 대한 탄도 충격 효과가 될 것이다. 여하튼, 진폭 수준 및 주파수 내역의 기능으로써 군수품 반응을 평가하기 위해 각 계획을 조절하시오. 이후, 어떤 계획을 시험할지 그리고 어떤 시험이 가장 중요한 지를 결정하는 것이 필수적인 것이다. 몇몇 계획안 반응들은 다른 것을 “포괄할” 수 있고, 이것은 도로, 철도, 총포사격 등등과 같은 특정 시험에 대한 필요를 감소시킬 수 있다. 시험 계획에서, 한 가지 절차를 만족시키기 위해 여러 다른 시험들을 이용하여 독립 진폭 그리고/또는 주파수 범위로의 탄도 충격에 대한 모든 측정 반응 또는 예상 반응을 중지시키지 말 것.

c. 필요한 자료. 군수품의 작동 목적이 충족됐는지를 결정하기 위해 필요한 시험 자료.

d. 절차 순서. 2.1.2. 참조.

## 2.2.2 절차 간 차이.

### 2.2.2.1 절차 I - BH&T.

탄도 충격을 신탄 사격 시험을 사용하여 자연스런 형태로 적용한다. 시험 품목은 “설계된” 구성 및 위치로써 최대 크기의 차량을 모사하는 BH&T에 설치된다. 필요하다면, 적절한 동적 반응을 얻기 위하여 그 차량의 “중량을 증대할 것”. 적당한 위협들 (종류, 거리, 방위)을 선채 그리고/또는 포탑에서 연속적으로 사격한다. 이 절차는 실제 탄도 타격동안 여러 부품들간의 상호작용 또는 실제 부품의 작동을 평가하는 데 사용된다. 또한, 이 절차는 하나의 특별 교전을 위한 실제 충격 수준을 결정하는 데 사용되는데, 이것은 표 522-I에 규정된 ‘디폴트(생략값)’ 충격 수준이상 혹은 그 이하일 수 있다.

### 2.2.2.2 절차 II - LSBSS.

LSBSS는 신탄 사격 시험의 비용을 들이지 않고 탄도 충격의 스펙트럼을 산출하기 위한 저비용이 드는 선택사항이다. 이 절차는 표 5222-I에 규정된 ‘디폴트’ 충격 수준에서 단단하고 크기가 큰 설치부품들을 시험하는데 주로 사용된다. 이것은 전 스펙트럼 (10Hz에서 100,000 이상)에 걸쳐 충격을 산출하고, 알려지지 않은 충격 감도의 부품들을 평가하는데 유용하다.

### 2.2.2.3 절차 III - LWSM.

탄도충격을 공이치기 타격을 이용하여 모의시험 한다. 시험 품목의 전술적 설치를 이용하여 시험 품목을 충격 기계의 발화장치 표에 관하여 설치한다. 발화장치 대(臺)는 공이치기 직접 타격을 수용하는데, 이것은 선채 또는 포탑에의 일반적인 위협들의 저 주파수들을 모사한다. 이 절차는 충격 설치 부품(113.6kg (250 lbs)까지)을 시험하는 데 사용되며, 이 부품들은 탄도 충격의 고 주파수 내역에 둔감한 것으로 알려져 있다. 이 절차는 표 522-I에 규정된 ‘디

폴트'에서 '부분 스펙트럼' 시험 (3,000Hz 까지)를 산출한다.

#### 2.2.2.4 절차 IV - MWSM.

탄도충격을 공이치기 타격을 이용하여 모의시험 한다. 시험 품목의 전술적 설치를 이용하여 시험 품목을 충격 기계의 발화장치 대에 설치한다. 발화장치 대는 공이치기 직접 타격을 수용하는 데, 이것은 선체 또는 포탑에의 일반적인 위협들의 저 주파수들을 모사한다. 이 절차는 무게 2273kg (5000 lbs)까지의 충격 설치 부품을 시험하는 데 사용되며, 이 부품들은 탄도 충격의 고 주파수 내역에 둔감한 것으로 알려져 있다. 이 절차는 표 522-I에 규정된 '디폴트'에서 '부분 스펙트럼' 시험 (1,000Hz 까지)를 산출한다.

#### 2.2.2.5 절차 V - 투하 표.

탄도충격을 투하의 결과로 생기는 타격으로 모의시험 한다. 시험 품목의 전술적 설치를 이용하여, 시험 품목을 상업용 투하 기계의 대(臺)에 설치한다. 이 대와 시험 품목은 계산된 높이에서 투하된 것이다. 이 대는 타격 표면에서 직접 강타를 수용하는 데, 이것은 선체 또는 포탑에의 일반적인 위협들의 저 주파수들에 접근한다. 이 절차는 저 주파수에서 과도시험을 견딜 수 있는 충격 설치 부품들의 '부분 스펙트럼' 시험 (1,000Hz 까지)을 위해 사용된다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

다섯 가지 탄도 충격 절차 중 하나(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)를 선택한 후, 이 절차들에 적합한 파라미터 수준 및 적용가능한 시험 조건/기법을 파악함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 적합화 과정에서 세부사항을 고찰할 때 극도의 주의를 기울여야 한다. 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하라. 시험 수준을 선택할 때 다음의 기본 정보를 고찰할 것.

#### 2.3.1 일반 고찰사항 - 용어.

일반적으로, 반응 가속도는 탄도 충격에 대한 측정의 실험적 가변수가 될 것이다. 그러나, 이것은 해석, 능력, 및 측정 한계 가변수가 명확하다면, 유사한 방식으로 처리하고 측정된 속도, 변위, 또는 인장과 같은 다른 측정 가변수를 배제하지 않는다. 군수품의 반응을 정확히 기록하기 위해 측정 시스템의 능력 뿐만 아니라 탄도 충격으로 발생하는 고 주파수 환경에 특히 주의해야 한다. 본 방법을 위하여, 다음의 용어들은 탄도 충격의 반응 측정 분석과 관련된 논의에 유익할 것이다.

- a. 유효 과도 지속기간: "유효 과도 지속기간"이란, 초기 펄스 바로 이전의 계장 시스템의 잡음 층에서 시작하며 진폭 시간 기록이 측정 잡음과 실질적으로 붕괴된 구조반응의 혼합이 되는 지점까지 처리되는 모든 유효 진폭 시간 기록 크기를 함유하는 최소 시간 길이이다. 일반적으로, 탄도 충격 사건을 정의하기 위하여 적절한 측정 지속기간을 결정하는 데에는 숙련된 분석가가 필요하다. 탄도 충격의 지속기간이 길수록 저 주파수 정보는 보다 많이 보존된다. 만일, 전체 시간 기록 자취가 사건들간의 계장 시스템의 잡음 층에 근접하기 위해 붕괴가 존재하는 독립된 "충격

과 유사한” 사건들 몇 가지를 포함한다고 보여진다면, 진폭 시간 기록 크기는 여러 다른 유효 과도 지속시간으로 몇 가지 “충격들”로 분해될 수 있다. 각 사건은 독립 충격으로 간주될 수 있다.

b. 충격 반응 스펙트럼 분석: 참고규격 b는 등가 정지 가속도 맥시막스(maximax, 극대치 중 최대치) 충격반응 스펙트럼 (SRS)을 정의하고 전형적인 펄스를 위해 계산된 SRS의 예를 규정한다. 주어진 비감쇠 고유 발진기 주파수,  $f_0$ 에서 SRS 값은, 자유 시스템의 단일 감쇠 정도로 주어진 기본 입력에 대한 질량의 양 및 음 가속도 반응의 최대 절대값이 되도록 정의한다. 기본 입력은 규정 지속기간 동안 측정된 충격 진폭 시간 기록이다 (규정 지속기간은 유효 과도 지속기간이어야 한다). 탄도 충격 반응 자료의 처리를 위해, 어느 정도, 등가 정지 가속도 맥시막스 SRS는 주요 분석 기술어가 되어 왔다. 이 측정 표현법에서 맥시막스 등가 정지 가속도 값은, 횡축을 따라 작도된 기본 입력을 가지는 자유 시스템의 단일 정도에 대한 비감쇠 고유 주파수로 종좌표위에 작도된다. 오직, 격리 설치에 대한 단단한 저중량 부품만을 위해 “등가 정지 가속도”라는 구를 문자 그대로 해석할 것.

### 2.3.2 시험 조건 - 충격 스펙트럼 과도 지속시간 및 평가(scaling).

탄도 충격 환경에 대한 군수품의 반응 측정으로부터 또는, 만일 이용 가능하다면, 유사 환경을 역학적으로 평가된 측정으로부터 SRS 및 유효 과도 지속시간을 유도한다. 탄도 충격에 대한 반응과 관련된 매우 높은 고유 무작위 정도로 인해, 유사 환경을 역학적으로 평가하는데 극심한 주의를 하여야만 한다. 일반 구성 및 충격 크기에 대한 반응 감도 때문에, 탄도 충격에 대해서 알려진 평가법은 없다.

#### 2.3.2.1 탄도 충격에서 이용 가능한 측정 자료.

a. 만일 측정 자료를 이용할 수 있다면, 그 자료는 SRS를 이용하여 처리될 수 있다. 푸리에 분광 (스펙트럼) (FS) 또는 에너지 분광 밀도 (ESD)의 사용을 권장하지는 않지만, 특별한 경우에 관여할 수 있다. 공학 및 역사적 목적으로, SRS는 측정 자료 처리를 위한 표준이 되어 왔다. 다음에 서술될 논의에서, SRS는 처리 도구로 가정될 것이다. 일반적으로, 맥시막스 SRS 스펙트럼(등가 정지 가속도)은 이해관계의 주된 양이다. 이것을 바탕으로, 측정된 환경 가속도 시간 기록의 분석으로부터 시험에 필요한 충격 스펙트럼을 결정하시오. 그 자료를 주의깊게 한정시킨 후, 진폭 시간 기록에서 이상이 없는지를 확인하기 위해, 참고규격 a 에 규정된 권장사항에 따라 SRS를 계산한다. 절차의 목적에 부합하는 주파수 범위에 이르기 위해, 옥타브 간격잡기의 적어도 1/12의 간격으로 고유 주파수 순서에서의  $Q=10$ 에 대해 분석을 시행해야 할 것이다.

b. 통계분석을 위한 충분한 현장 자료를 거의 이용할 수 없기 때문에, 이용가능한 스펙트럼 자료의 포락선에 걸친 증가는 때때로 환경 가변성을 고려하기 위하여, 요구되는 시험 스펙트럼을 정립하는 데 사용된다. 증가 정도는 공학적 판단에 입각하고 그 판단을 위한 원리에 의해 뒷받침되어야 한다. 이 경우에, 단순 분광에 걸친 맥시막스 분광을 계산하여 SRS의 포락선을 그리는데 때때로 편리하며 SRS 맥시막스 포락선에  $a+6$  dB의 여유를 부가하도록 처리한다. 주: 이 접근법은 포 522-I의

디폴트 값에 적용하지 않는다.

### 2.3.2.2 탄도 충격에서 이용 불가능한 측정 자료.

만일 데이터 베이스를 특별한 구성에 대해 이용할 수 없다면, 구성 유사성 및 탄도 충격 시험을 규정하기 위한 모든 관련 측정 자료를 (주의깊게) 이용하십시오. 탄도 충격 측정에서 광범위의 고유 가변성 및 시스템 구성에 대한 탄도 충격에 대한 감도 때문에, 수준을 결정하는데 있어서 주의하십시오. 표 522-I 및 그림 522-I에서 현장 측정 결과를 이용할 수 없을 때 기대 탄도 충격 수준에 대한 '디폴트' 값이 주어진다.

### 2.3.3. 탄도 충격 자격 - 절차 I.

탄도 충격 자격 - 절차 I 은, 각 특별 사격(위협 무기, 공격 각도, 타격 지점, 장갑 구성, 등등.)이 발생되고 측정이 될 때까지 충격 수준이 알려지지 않는다는 점에서 나머지 다른 탄도 충격 방법과 다르다. 충격 수준은 차량의 구조 뿐만 아니라 장갑 및 위협무기의 상호작용에 의해 결정된다. 비록 그 수준들을 미리 규정할 수는 없지만, 이 기술은 가장 현실적인 충격 수준을 산출한다.

### 2.3.4 탄도 충격 자격 - 절차 II-IV.

탄도 충격 절차 II-IV의 경우, 시험 품목이 가장 큰 충격 감도의 방위 축에서(예, 가장 좋지 않은 방향), 시험 품목에 적절한 탄도 충격 수준을 최소 세 번 가한다. 각 시험 동안/후에 그 부품의 기능 검증을 실행한다. 주파수가 1 kHz이상인 경우, 많은 탄도 충격 사건들은 세 축 모두에서 유사한 충격을 산출한다. 만일 충격 수준을 이전 측정을 통해 알고 있다면, 그 충격 시험은 적절하게 조정될 수 있다. 만일 충격 측정을 이용할 수 없다면, 아래에 약속한 a-g 단계를 이용하십시오.

- a. 시험 품목이 제자리에 있는지를 그리고, 표 522-I에 규정된 평균 충격 수준에 또는 그 이하에 있는 충격 동안 및 그 이후에 계속 작용하는지를 확인한다. 최악의 사례 충격 동안 및 그 이후에 승무원 생존에 결정적인 군수품(예, 방화 진압 시스템)이 계속 작용하는 지를 확인한다.
- b. 구조물에서 충격을 측정하는데 사용되는 변환기를 구조설치에 가능한 가깝게 설치한다. 이 위치에서 삼축 측정을 하시오. 만일 삼축 측정이 실용적이지 않으면, 가능한 실용적이도록 단축 측정을 많이 하도록 한다.
- c. 주파수 영역 뿐만 아니라 시간 영역에서 충격 측정을 분석하십시오. 임계감쇠(Q=10)의 5 퍼센트 감쇠율을 이용하여 SRS를 계산하십시오; 10Hz부터 10kHz까지의 지역에서 비율적으로 간격을 잡은 옥타브 당 적어도 12 주파수들을 (예, 대략 10, 10.59, 11.22, 11.89, 12.59, ...8414, 8913, 9441, 10,1000Hz에서 간격을 잡은 120 주파수들) 이용하여 SRS를 계산하십시오.
- d. 요건의 허용 모의시험을 고려하기 위한 시험 충격에서, 10Hz부터 10kHz까지의 지역에서 지점들의 90퍼센트는 표 522-II에 나열된 경계 내에 들어가야 한다.

e. 만일 10Hz부터 10kHz까지의 지역에서 SRS 지점들의 10퍼센트 이상이 상위 경계 위에 있다면, 과도시험이 발생한 것이다(적색 코드). 만일 SRS 지점들의 90퍼센트 이상이 상위 경계와 하위 경계 사이에 놓인다면, 요구 자격 시험이 발생한 것이다(황색 코드). 만일 위의 어떤 것도 발생하지 않고 지점들의 10퍼센트 이상이 하위 경계 아래에 있다면, 과소시험이 발생한 것이다(녹색 코드).

f. 만일 황색 코드 또는 녹색 코드의 충격 시험 동안 시험 품목 및 이의 설치가 실패한다면, 군수품 그리고/또는 이의 설치를 재설계하여 결함을 정정한다.

g. 위의 절차에 따라 재설계된 군수품 그리고/또는 이의 설치를 재시험한다.

표 522-I. 탄도 충격 특성.

평균 충격				최악의 경우 충격		
최대 공진 주파수 (Hz) <sup>2</sup>	침투 변위 (mm)	침투 속도 (m/s)	SRS <sup>1</sup> 의 파고값 (g's)	침투 변위 (mm)	침투 속도 (m/s)	SRS <sup>1</sup> 의 파고값 (g's)
10	15	1.0	6.0	42	2.8	17
29.5	15	3.0	52.5	42	8.5	148
100	15	3.0	178	42	8.5	502
1,000	15	3.0	1,780	42	8.5	5,020
10,000	15	3.0	17,800	42	8.5	50,200
100,000	15	3.0	178,000	42	8.5	502,000

<sup>1</sup>SRS (충격 반응 스펙트럼)은 임계의 5%와 동등한 감쇠율에 대한 등가 정지 가속도이다.

<sup>2</sup>10Hz부터 지시된 최대 주파수까지의 모든 주파수들을 포함하는 시험.

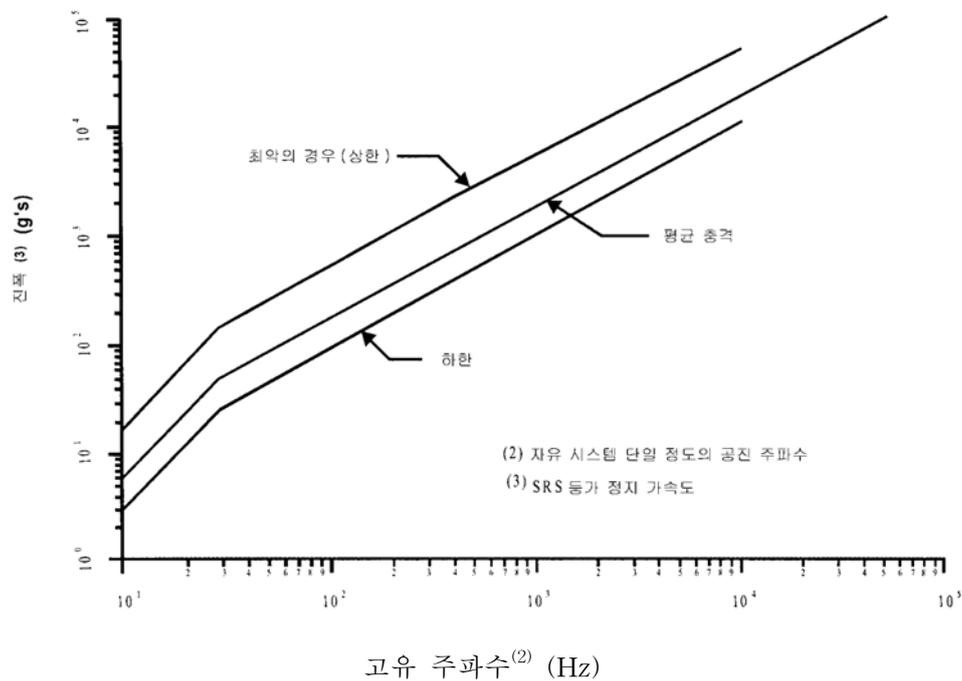


그림 522-I. "디폴트" 탄도 충격 한도의 충격 공진 스펙트럼(표 522-I&II).

표 522-II. 충격에 대한 SRS 함수.

경계층	고유 주파수	
	10부터 29.5 Hz까지	29.5부터 10kHz까지
상위 경계	SRS= 0.1702 f <sup>2</sup>	SRS= 5.020 f
하위 경계	SRS= 0.03026 f <sup>2</sup>	SRS= 0.89272 f

## 2.4 시험 품목 배치.

a. 일반사항. 제 1부 단락 5.8을 참조한다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 플랫폼에의 군수품 설치 세부사항에 대한 특별 주의를 포함하여 사용 중 예상할 수 있는 탄도 충격을 위한 시험 품목을 배치할 것.

## 3. 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

탄도 시험을 잘 수행하기 위해서는 다음과 같은 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.7 및 5.9 그리고 부록 A, 과업 405에 나열된

정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 탄도 충격 시험 장치의 종류.
- (2) 탄도 충격 시험 장치의 개시 수단.
- (3) 탄도 충격의 지속시간
- (4) 군수품에서 또는 군수품 가까이의 측정위치를 포함하는 일반 군수품 배치.
- (5) 다음 사항을 포함하는 시험 시스템 (시험 품목/플랫폼 구성) 세부 구성:
  - (a) 탄도 충격 시험 장치의 위치;
  - (b) 군수품의 위치;
  - (c) 탄도 충격 장치와 군수품 간의 구조적 경로, 및 플랫폼에의 탄도 충격 장치와 구조적 접속의 식별을 포함하는 군수품에의 플랫폼의 모든 일반 결합 구성.

### 3.2 시험 중.

a. 일반사항. 본 표준의 단락 제1부 5.10 및 제1부의 부록 A, 과업 405에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 시험 검증 목적을 위하여, 발생할 수 있는 절차상의 이상을 포함하면서, 계획된 절차 혹은 예비시험 절차 또는 파라미터 수준에서의 기록 편차
- (2) 입력 시험 수준의 변동이 생길 수 있고 대체되거나 수리될 때까지 또 다른 시험을 배제할 수 있는 시험 비품 또는 시험 장치의 손상.

### 3.3 사후시험.

다음 사후 시험 정보를 기록할 것.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.13 및 부록 A의 과업 405 및 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

- (1) 설치된 시험 비품 또는 시험 품목으로 기록된 각각의 노출 지속시간, 및 특정 노출횟수.
- (2) 모든 자료 측정 이상, 예, 계장 잡음 고수준, 감지 장치 손실 또는 시험 결과로써 감지 장치 설치의 손실 등등.

## 4. 시험 과정.

### 4.1 시험 설비.

참고규격 d는 탄도 충격 시험에 대한 네 가지의 유용한 장치를 서술한다. 가장 공통된 사항은 아마도, 소품목의 충격 시험에 이용되는 투하 표 충격 시험 기계이다. 고주파수 충격, 고주파수 내역에 민감하고 오직 제한 변위를 견딜 수 있는 대품목에 e의 경우, MIL-S-901에

규정된 저중량 충격 기계 (LWSM) 및 중간 중량 기계 (MWSM)는 탄도 충격 모의시험을 위한 유용한 도구가 될 수 있다. 대품목에 대해서, 대규모 탄도 충격 시뮬레이터(LSBS)는 군수품이 설치된 양극판을 움직이는 장약을 이용한다.

a. A BH&T장치는 철갑 포탄이다. 이것은 실제적이고 완전 기능의 차량 장갑이지만, 운영 엔진, 차체지지장치, 총, 궤도, 등등을 가지지 않을 수 있다. BH&T의 총 중량 및 기능 부품의 수는 각 개별 시험 수고의 요건을 충족시키도록 조정되어야 한다.

b. LSBS는 적의 탄두 타격에 기인한 장갑차량 부품 및 군수품 (500kg (1100lbs) 까지)으로 겪는 충격을 모의시험하기 위한 고성능 폭발물 및 수압을 이용하는 22,700kg (25톤)구조이다.

c. MIL-S-901 저중량 충격 기계는 시험 품목을 포함하는 발화장치 양극판에 타격을 가하는 182kg (400-lb) 공이치기를 사용한다. 만일 최악의 사례 축이 알려지지 않았다면, 1피트, 3피트, 5피트의 공이치기 투하는 세 축의 두 방향에서 사용된다. 만일 최악의 경우 축이 알려져서 동의되어진 것이라면, 최악의 사례 축에서 시험하는 것이 단지 필요할 뿐이다.

d. MIL-S-901 중간 중량 충격 기계는 시험 품목을 포함하는 발화장치 대에 타격을 가하는 182 kg (5000-lb) 공이치기를 사용한다. 공이치기 높이는 발화장치 대 (시험 품목 및 모든 비품)에 대한 중량의 함수이고, MIL-S-901의 표 I에 규정되어 있다.

e. 전형적으로 투하 대는 알려진 높이에서 투하되는 '발화장치'의 시험 품목을 위한 설치 표면을 가진다. 일부 기계의 경우, 발화장치는 요구되는 타격 속도에 도달하기 위해 탄성 받침, 수압 또는 기압에 의해 가속화된다. 타격 가속도 펄스의 지속시간 및 모양(반-싸인, 또는 톱니형)은 충격의 주파수 내역을 차례로 결정하는 '프로그램머' (탄성 패드, 수압기체식 장치)로 결정된다.

#### 4.2 제어.

a. 충격 설치 부품의 경우, 충격 설치 시스템의 전송 기능을 결정하는 것이 가끔 필요하다. 전형적으로, 중력 중심 및 고유 질량의 '모의 중량'은 시험 품목의 자리에 설치되고 최대 수준 충격에 따르게 된다. 입력 충격 및 시험품목 반응은 충격 설치의 실행을 검증하도록 측정된다. 일단 충격 설치 실행이 검증되었으면, 작동 시험 품목의 평가를 시작할 수 있다.

b. 시험품목이 최대 수준 충격에 속하기 전에, 전형적으로 여러 가지 '준비' 충격들이 실행된다. 절차 I (BH&T)에서, 저 수준 '계장 검사'의 탄약 1발은 보통, 실제 위협 탄약을 발사하기 전에 사격된다. 전형적인 '계장 검사'의 탄약 1발은 외부 장갑 표면으로부터 1인치- 18인치에서 폭발되는 폭발물의 4온스- 16 온스가 될 것이며, 대개 위협 무기에서 기대되는 충격의 10%보다 많지 않은 충격을 산출할 것이

다. 절차 III(MIL-S-901 LWSM)에서, 1피트 공이치기 강타는 보통 계장을 검사하는 데 사용되고, 모든 측정 문제는 3피트, 및 5피트 공이치기 투하전에 해결된다. 절차 IV(MIL-S-901 MWSM)에서, 계장 검사를 위한 '그룹 I' 공이치기 높이를 이용해야 한다. 유사한 접근법이 절차 V에 대해 사용되는데, 이로 인해 저수준 투하는 최대 수준 충격을 수행하기 전에 계장 검사를 하는데 사용된다.

c. 교정 및 시험 허용차 절차에 대해서, 제1부 5.3.2 및 5.2 각각에 규정된 지침을 할 것

#### 4.3 계장.

탄도 충격을 특징짓는 고주파수 충격, 고수준을 포함하는 충격 환경에서 비준된 가속도 또는 속도 측정 기술이 사용될 수 있다. 세부사항은 참고 e를 참조하십시오. 일반적으로, 탄도 충격 측정은 타당성을 위해 서로 비교 검토하도록 적어도 두 가지 다른 측정 기술의 사용이 필요하다. 게다가, 탄도 충격의 주파수 스펙트럼은 일반적으로 매우 폭이 넓어서 (10Hz에서 100,000 Hz이상), 어떠한 단일 변환기도 전 스펙트럼에 걸쳐 유효 측정을 할 수 없다. 이 광역시간 주파수 환경은 시험 계획에 규정된 허용차 및 측정 센터의 교정에 대한 문제를 제기한다.

#### 4.4 자료 분석.

탄도 충격 측정 특유의 문제의 평가를 위한 세부 분석 절차는 정립되지 않았다. 참고 a에 규정된 기술들 중 많은 (그러나 모두가 아닌) 기술들은 타당하다.

#### 4.5 시험 실행.

##### 4.5.1 시험 준비.

##### 4.5.1.1 준비단계.

시험을 시작하기 전에, 먼저 시험 계획의 예비시험 정보를 검토하여 시험 세부사항(예: 절차, 시험 품목 배치, 탄도 충격 수준, 탄도 충격 횟수.)을 결정하도록 한다:

- a. 알맞은 시험 절차를 선택한다.
- b. 만일 탄도 충격이 교정 시험이라면, 교정 전에 그 시험을 위한 적절한 탄도 충격 수준을 결정한다.
- c. 탄도 충격 신호 조절 장치 및 기록 장치가 충분한 진폭영역 및 주파수대역폭을 가지는지를 확인해야 한다. 파고 신호를 판단하고 계장을 적절히 조정하기가 어려울 수 있다. 일반적으로, 파형절단 신호에서 자료 복구는 없다. 그러나 과범위 신호 조건의 경우, 측정 시스템의 잡음 층 위의 신호 20데시벨을 위한 의미있는 결과를 얻는 것은 대체적으로 가능하다. 어떤 경우에, 중복 측정이 적절할 수 있다 - 파고 신호를 위한 최적 판단에서 한 측정은 과범위에 있고 한 측정은 범위내에 있으

면서. 대부분의 기록 장치의 주파수대역폭은 대개 쉽게 이용할 수 있으나, 기록 장치 입력 여파가 신호 주파수대역 폭을 제한하지 않는 지를 확인할 것.

#### 4.5.1.2 예비시험 점검.

모든 시험 품목은 기준선 자료를 제공하는데 있어 예비시험 표준 주위 점검을 필요로 한다. 다음과 같이 점검을 수행하라:

단계 1. 마이크로 전자 회로 영역에 대해 특별히 주의하면서 시험품목의 완벽한 육안 검사를 시행한다. 플랫폼 설치 구성 및 잠재적인 응력파의 전송 경로에 대해 특별히 주의할 것.

단계 2. 결과를 문서화 한다.

단계 3. 적용가능한 경우, 시험품목을 시험비품에 설치한다.

단계 4. 측정 시스템이 적절하게 반응하는 지를 확인하기 위한 단순 시험과 승인된 시험 계획에 부합하는 조작상 점검을 수행한다.

단계 5. 결과를 문서화 하여 시험 자료와 비교한다.

단계 6. 만일 시험 품목이 만족스럽게 작용된다면, 첫 번째 시험을 계속한다. 만일 그렇지 않으면, 문제를 해결하고 단계 1을 재시작 할 것.

단계 7. 시험 품목을 제거하고 교정을 시작한다.

#### 4.5.2 절차.

다음 절차들은 탄도 충격 하의 시험 품목 및 플랫폼과 관련된 필요 정보를 모으기 위한 토대를 규정한다. 네 가지 이상의 탄도 충격 장치 중 하나가 사용될 때, 아래의 지시사항은 선택된 탄도 충격 장치에 일치해야 한다.

##### 4.5.2.1 절차 I - BH&T.

단계 1. 탄도 선체 및 포탑(BH&T)에 있는 시험 조건을 선택하고 시험 품목을 설치한다. 적당한 동적 반응을 얻기 위하여 ‘중량 증대’를 필요로 할 수 있다. (일반적으로, 실제 병기가 이 절차에서 사용될 때, 교정은 없을 것이다. 탄도 충격 환경에서 비준된 측정 기술을 선택한다. 실례를 위해 참고규격 e를 참조할 것.

단계 2. 시험 품목에 대한 기능 검사를 시행한다.

단계 3. BH&T에서 위협 무기를 사격하고 필요 시, 시험 품목이 작용하는지를 검증한다. 대체로, 설치 위치 (‘입력 충격’)에서 그리고 시험 품목 (‘시험 품목 반응’)에 대한 충격 측정을 한다.

단계 4. 필요한 자료를 기록하여 예비시험 자료와 비교한다.

단계 5. 문서 손상에 필요하므로 시험 품목을 사진촬영 한다.

단계 6. 시험 품목에 대한 기능 검사를 한다. 성능 자료를 기록한다.

##### 4.5.2.2 절차 II - LSBSS.

단계 1. 실제 장갑 차량에 사용될 것과 동일한 설치 병기를 사용하여 LSBSS에 시험 품목을 설치한다. ‘최악의 경우’ 축에서 가장 큰 충격을 산출할 의도로 시험 품목의 방위를 선택한다.

주: 알맞은 폭발 ‘방법’ (예, 폭발물 무게, 이격거리, 및 수력 변위의 조합)이 그림

522-I 및 표 522-I에 규정된 충격 수준을 얻기 위해 결정되어졌는지를 측정을 통해 확인할 때까지, 전형적으로 ‘모의’ 시험 품목이 설치된다.

단계 2. LSBSS를 사격하고 발사 전, 발사 동안, 발사 후에 필요시, 시험 품목이 작용하는지를 검증할 것.

단계 3. 사후시험 자료와 비교하기 위해 초기 자료를 기록한다.

단계 4. 표 522-I에 규정된 충격 수준에서 세 번의 시험 발을 사격한다.

단계 5. 시험 품목을 조사한다; 주시되는 모든 손상을 사진촬영한다. 그리고 예비시험 료와 비교하기 위해 자료를 기록한다.

#### 4.5.2.3 절차 III - LWSM.

단계 1. 15mm (0.59)까지의 모든 운행(동적 양극판 변형을 포함)을 제한하도록 발화장치 양극판에 대한 설치를 수정한다. 실제 장갑차에 사용될 것과 동일한 설치 병기를 사용하여 LWSM에 시험품목을 설치한다. ‘최악의 경우’ 축에서 가장 큰 충격을 산출할 의도로 시험 품목의 방위를 선택하도록 한다.

단계 2. 예비시험 점검을 실행하고, 사후시험 자료와 비교하기 위해 자료를 기록할 것.

주: 대체로, 그림 522-I 및 표 522-I에 규정된 저주파수 충격 수준이 5피트 투하에 도달했는지를 확인하기 위해 ‘입력’ 위치에서 충격 측정을 할 것.

단계 3. 성능 검사에 이어 1피트 공이치기 투하를 실행한다; 자료를 기록한다.

단계 4. 성능 검사에 이어 3피트 공이치기 투하를 실행한다; 자료를 기록한다.

단계 5. 성능 검사에 이어 5피트 공이치기 투하를 실행한다; 자료를 기록한다.

단계 6. 단계 5를 두 번 더 반복한다.

단계 7. 만일 최악의 경우 축을 모른다면 (4.1c 참조), 총 18번의 5피트 공이치기 투하를 위한 각 축의 각 방향에 대해 단계 2-6을 반복하도록 한다.

#### 4.5.2.4 절차 IV - MWSM.

단계 1. 15mm (0.59)까지의 대의 모든 운행 (동적 양극판 변형을 포함)을 제한하도록(4개의 대 올림기를 틈에 박으면서) 발화장치 대를 위한 지지물을 수정한다.

단계 2. 실제 전투차량에 사용될 것과 동일한 설치 병기를 사용하여 LWSM에 시험 품목을 설치하도록 한다. ‘최악의 사례’ 축에서 가장 큰 충격을 산출할 의도로 시험 품목의 방위를 선택한다 (아래의 단계 7 참조).

단계 3. 예비시험 점검을 실행하고 사후시험 자료와 비교하기 위해 자료를 기록한다.

주: 대체로, 그림 522-I 및 표 522-I에 규정된 저주파수 충격 수준이 ‘그룹 III’ 투하 (MIL-S-901에서.)에 도달했는지를 확인하기 위해 ‘입력’ 위치에서 충격 측정을 한다.

단계 4. 성능 검사에 이어 ‘그룹 I 높이’ 공이치기 투하를 실행한다; 자료를 기록한다.

단계 5. 성능 검사에 이어 ‘그룹 III 높이’ 공이치기 투하를 실행한다; 자료를 기록한다.

단계 6. 단계 5를 두 번 더 반복한다.

단계 7. 만일 최악의 경우 축을 모른다면(4.1c 참조), 그룹 III 높이에서 총 18번의 공이치기 투하를 위한 각 축의 각 방향에 대해 단계 2-6을 반복할 것.

#### 4.5.2.5 절차 V - 투하 대.

단계 1. 충격 설치 시험 품목(또는 현장 시험의 측정이 사용될 수 있다)의 기대 반응을 계산하고 충격 반응 분광 (SRS)을 계산한다. 반-싸인 가속도 펄스를 선택할 것, 이 때 반-싸인 가속도 펄스의 SRS는 충격 설치 품목의 기대 반응을 '포괄한다'. 이 접근법은 전형적으로 저주파수에서 과도시험 결과를 낳는다.

단계 2. 투하 대에 시험 품목을 단단히 설치한다.

단계 3. 성능 검사를 수행하고 사후시험 자료와 비교하기 위해 자료를 기록한다.

단계 4. 세 개의 모든 축의 각 방향에서 알맞은 반 싸인 가속도 펄스를 세 번 사용하여 시험할 것(18번 투하).

단계 5. 성능 검사를 수행하고 예비시험 자료와 비교하기 위해 자료를 기록한다.

#### 5. 결과 분석.

제1부 5.14 및 5.17, 그리고 제 1부의 부록 A 과업405에 주어진 지침과 아울러, 시험 결과의 평가를 지원하기 위해 다음 정보가 제시된다. 시스템 규격의 요건을 충족하기 위해 시험품목의 모든 고장을 분석하고, 관련 정보를 고찰해야 한다. 군수품 기능의 고장에 직접적으로 영향을 미칠 수 없지만, 사용 환경 조건에서 고장을 야기시키는 시험 품목의 구조적 구성 (예 설치) 에서의 모든 고장을 주의깊게 평가하도록 한다.

#### 6. 참고규격/관련 문서.

a. Handbook for Dynamic Data Acquisition and Analysis, IES-RP-DTE012.1, Institute of Environmental Sciences, 940 East Northwest Highway, Mount Prospect, Illinois 60056

b. Kelly, Ronald D. and George Richman, "Principles and Techniques of Shock Data Analysis," The Shock and Vibration Information Center, SVM-5, United Department of Defense.

c. Walton, W. Scott, "Ballistic Shock Simulation Techniques for Armored Vehicle Components", Proceedings of the 64th, Shock and Vibration Symposium, Volume I October 1993, pp. 237-246.

e. Walton, W. Scott, "Pyroshock Evaluation of Ballistic Shock Measurement Techniques", Proceedings of the 62th Shock and Vibration Symposium, Volume 2 pp. 422-431, October 1991.

f. MIL-S-901, "Shock Tests, H.I. (High Impact), Shipboard Machinery, Equipment, and Systems, Requirements for."

MIL-STD-810F  
2000.1.1

공백

## 시험법 523.2

### 진동-음향/온도

주: 적합화(tailoring)는 필수적이다. 제1부, 단락 4.2.2 및 부록C에 설명된 적합화 과정을 기반으로 하여 방법, 절차 및 파라미터 수준을 선택한다. 본 표준의 제1부, 단락 5에 설명된 시험소 시험법에 대한 일반 지침을 적용한다.

#### 1 적용범위.

##### 1.1 목적.

진동-음향/온도 절차는 계류 수송 비행 시 항공기에 외부적으로 설치된 진동, 청각적 소음 및 온도의 상승 효과를 측정하기 위하여 수행한다. 그러한 결정은 유용하지만 아래의 용도로 제한한다:

- a. 설계의 결점을 드러내어 수정한다.(시험, 분석 및 정비(TAAF) 시험)
- b. 설계가 규정된 신뢰성 요건을 충족시키는지 결정한다.(신뢰성 증명 시험)
- c. 생산 자재가 조립소에서 출시되기 전 기량이나 부품의 결점을 드러낸다.(차폐 시험)
- d. 소형 시료 단위가 장애가 발생하는 데까지 시험 품목의 시간을 고려하여 여러 가지 단위별 고장 사이의 평균 시간을 평가한다.(로트 합격 시험)
- e. 소형 시료 단위가 장애가 발생하는 데까지 시험 품목의 시간을 고려하여 단위 사이의 상대적 신뢰성을 결정한다.(원인 비교 시험)

##### 1.2 용도.

계류 수송 보급품을 위하여 보급품 기능이 진동-음향/온도 환경 하에서 전자 및 기타 전자 기계적 조립품을 시험하기 위하여 일차적으로 고안되었다. 시험의 부수적인 부분으로 열적 진동이 보급품의 습도 노출 시 변화를 유발하고 그러한 변화의 영향은 시험 결과 자료 해석 시 반드시 유념해야 한다. 대표적 적용은 다음을 포함한다:

- a. 생산 전 보다 믿을 수 있는 보급품 설계 개발.
- b. 보급품의 신뢰성 요건을 충족시키기 위하여 가능한 평가.
- c. 믿을 수 있는 자재를 보증하기 위하여 생산 중 제조자의 자체 시험.

d. 배달 전 로트 합격 판단.

e. 생산 구매 비율을 확립하기 위하여 품질 상 두 가지 원인에 착안하여 상대적 차이점 측정.

### 1.3 제한사항.

본 방법은 다음에 대해 제공하기 위하여 고안된 것은 아니다:

a. 기능성을 위한 보급품 또는 기타 개별 부품의 환경적 설계 합격 시험(그러한 시험은 시험법 500.4, 고도; 시험법 501.4, 고온; 시험법 502.4, 저온; 시험법 503.4, 온도 충격; 시험법 507.4, 습도; 시험법 513.5, 가속도; 시험법 514.5, 진동; 시험법 515.5, 소음; 시험법 516.5, 충격; 시험법 517, 열충격; 및 시험법 520.2, 온도, 습도, 진동, 고도를 참조한다.)

b. 구조적 무결성을 위한 보급품 대기 구조 또는 기타 구조적 부품의 환경적 설계 합격 시험.

c. 수명주기 프로파일의 요건을 만족시키는 모든 시험, 단 신뢰성 시험과 관련되어 진동, 소음 및 온도를 결합한 환경 시험은 제외한다.

## 2 적합화 과정.

### 2.1 진동-음향/온도 시험법 선택.

요건서를 점검하고 군수품의 수명주기 중 어디서 진동-음향/온도 환경이 예상되는지를 판단하기 위해 본 표준의 제1부 내 적합화 과정을 적용한 후, 다음을 사용하면 이 시험법을 선택할 때 그리고 차례대로 기타 다른 시험법과 활용할 때 도움이 된다.

#### 2.1.1 진동-음향/온도 환경의 영향.

진동, 청각적 소음 및 온도의 결합 시 일어날 수 있는 영향은 이러한 환경 요소가 개별적으로 야기할 수 있는 모든 영향을 포함한다.(시험법 514.5, 515.5, 및 520.2 참조) 추가로 열적 변화로 인한 습도 때문에 증가되는 응력은 시험법 501.4, 502.4, 503.4, 507.4에서 보여주는 가능한 영향을 만들어낸다. 결합된 진동, 소음 및 온도 환경은 어떤 단일 환경이나 보다 적은 요인이 결합된 환경에서는 일어나지 않는 영향을 만들어 낸다. 요점을 수행하기 위한 논의에서 본 방법 적용이 가능한 심각한 영향의 기계장치를 품목별로 작성한다.

##### 2.1.1.1 환경적 응력의 상대적 중요도.

모든 환경적 응력은 군수품 퇴화나 고장에 똑같이 영향을 주는 것은 아니다. 항공기 환경 응력에 의하여 보급품에 가해지는 비행 응력 고장의 분석(참고규격 a)은 고장의 가장 중요한 다음의 네 가지로 식별된다:

a. 계류 수송을 통한 보급품의 하중.

- b. 온도.
- c. 진동.
- d. 습도.

#### 2.1.1.2 기타 다른 환경적 응력.

특수 군수품에 대해 매우 심각한 기타 환경적 응력의 포함을 고찰한다. 일반적으로 본 표준에서 설명한 그 밖의 단일 환경적 방법에서 더 나은 자격을 부여받은 상당히 드문 극단적 응력 수준 발생을 포함하는 것은 부적합하다. 개별 응력에 대한 이와 같은 결정에 관한 일반 지침은 응력 발생이 보급품의 MTBF에 대해 규정된 총 시간의 0.1% 이하인 “순식간적 발생”이라면 그 조건은 너무 드물기 때문에 본 방법에 포함하지 않는 것으로 간주한다. FTO 평가 시 모든 비행 중 응력 환경을 고찰하고 두 가지 중 보다 엄격한 것을 사용한다. 본 표준에서 FTO는 보다 더 전통적인 발생 개연성을 있는 장소에서 사용된다. FTO는 응력 수준을 보급품이 총 관찰 시간으로 나누어 응력 조건 하에 있는 시간의 비율(예를 들어 보급품 고장 사이의 평균 시간으로)로 정한다. 발생 가능성은 응력이 발생할 것이라는 가망과 관련되며 단일 특정 시간 수준과는 관련이 없다. FTO는 응력 수준의 분산 가능성 평가 시 제공하기 위하여 제시될 수 있으므로 더 정밀한 용어이다. 이러한 차이점의 단순한 사례는 다음과 같다: 만일 응력 조건이 보급품 지점에서 가속도 5g's가 절대값이라면 FTO는 정해진 시간 간격으로 자기 분광 밀도(ASD)를 추정하여 쉽게 정해진다. 이것은 0을 가진 고정된 가우스 시간 이력은 ASD 추정 지역의 제품근으로써 평균 및 표준 편차를 의미한다. 발생 가능성은 시간과 5g 수준을 초과하지 않는 횡수와 관련하지만 5g 이상의 총 횡수는 ASD 추정값의 차이 및 고정된 가우스 ASD 추정값의 각각 관련된 지속시간에 달려 있으므로 1회 발생부터 다음 번까지 다르다.

#### 2.1.1.3 작동.

군수품을 작동하는 것은 곧 고장을 야기하는 응력을 만들어낸다. 외부 항공기 보급품의 경우 주로 운행은 열적, 전자기적 및 전자화학적 응력을 만들어내는 전체적인 전기전력을 제공한다 의미한다. 임무 주기(온/오프), 저전압 및 고전압, 전력 맥동 및 전압은 또한 심각한 응력이다. 심지어 작동 시 응력을 무시한 경우에도 고장을 검출하기 위하여 시험 중 군수품을 반드시 운행해야 한다. 온도 및 몇몇 진동 유도 고장에 의하여 발생하는 많은 고장은 적어도 초기에서는 철회된다. 시험을 지속함에 따라 철회된 고장은 철회할 수 없게 된다. 따라서 환경적 응력이 존재하는 동안에 기능 시험을 수행하는 것이 중요하다.

#### 2.1.1.4 온도.

내장 부품에 가해지는 가장 가혹한 온도 충격이 저온일 때 전기 가동하는 군수품에 기인한다. 적당한 부분에서 온도 관련된 모든 응력을 유도하기 위하여 온도 임무 프로필의 가혹한 내부 위치의 온도 및 온도 변화율을 예측하기 위해서 열적 모형 보급품을 사용한다.

- a. 주변 온도. 주변 온도의 가장 큰 편차는 지구 대기면 근처에서 발생한다. 보급품은 많은 경우에 낮은 주변 온도 때문 바로 전술한 비행 시 낮은 주변 온도를 경험

하게 된다. 이것은 온도에 들어서기 위한 충분한 시간은 있는데 내부의 전력손실이나 공기역학적 열은 없기 때문이다. 따라서 비행기 내부의 계류 비행 온도 측정 시 지표의 온도를 고려하는 것이 중요하다. 시험 온도 주기는 다음 모의 시험 임무 단계를 위한 온도를 정상화하기 위하여 모의 시험하는 지표 구간을 포함할 필요가 있다; 그렇지 않으며 모의시험 임무 중 비장애 순서는 실제의 임무에 비례하여 평균 내부 온도가 상하로 이동하기도 한다. NATO STANAG 2895 및 MIL-HDBK-310은 지표 주변 온도 및 다양한 지역의 열 발생 가능성을 제공한다. 두 문서에서 인용된 온도는 기상학 용도로 측정되었으며 직접적인 태양열이나 밤하늘로 복사에 의한 냉각을 포함하지 않는다. 따라서 비행대비 온도 측정 시 복사 열 전송 영향을 고려하고 적용 시 발생 가능성을 FTO로 전환하는 것을 염두한다.

b. 공기역학적 열. 계류 비행 시 높은 대류 열 전환 비율은 외부 보급품의 표면 온도가 경계층 온도와 비슷하도록 한다. 경계층의 회복 대기 온도는 일차적으로 주변 온도 및 비행 속도에 달려 있다. 기능 의존도는 다음과 같다

$$T_r = T_0 \Theta \left( 1 + r(\gamma - 1) \frac{M^2}{2} \right)$$

$T_r$  = 경계층 회복 대기 온도, °K(°R)

$T_0$  = 해수면 대기 온도(표준 주간), 288.16°K(518.69°R)

$\Theta$  = 해수면 온도에 대한 고도의 온도 비율(표준 주간)

(두 고도 범위에서 고도는 변한다. 방법 514.5 표514.5C-VI 참조)

$r = 0.87$ , 경계층 온도 회복 지수

$\gamma = 1.4$ , 규정된 대기의 열 비율  $M$  = 비행 마하수

높은 고도에서 비행은 주변 온도가 최저일 때 주로 마하수(>0.80) 더 높다. 저온은 일반적으로 공기역학적 열에 의하여 완화된다. 경계층 열 전송의 지배적이므로 방사열 전송은 계류 비행 시에는 무시된다.

c. 전력 손실. 고열 전송 비율이 경계층 회복 온도에서 보급품을 보존해 주는 경향이 있지만 내부 온도는 전자 장비의 전력 손실 때문에 오히려 더 높다. 이러한 원인에 대해 시험 군수품의 임무 주기는 실제의 운영을 반영하는 것으로 조정되어야 하고 기대 온도를 적합하게 재현하기 위하여 외부 온도와 같이 조정되어야 한다.

d. 온도 증감. 강한 온도 증감은 주로 저온일 때 전기 가동하는 군수품과 관련되는 온도이다. 온도 증감은 비행 속도 및 고도 변화로 인하여 발생하므로 표면 온도는 내부 온도보다 훨씬 빨리 변한다.

### 2.1.1.5 진동.

진동은 부품의 기계적 피로 결함, 관련 작동에 의한 마찰, 전기 단락을 야기하는 느슨한 자재의 이동 및 마이크론과 마찰 전기 소음을 거치는 전자 기능 감퇴를 야기한다. 실험(참

고문헌 b)과 이론적 분석(참고규격 c)은 관련된 다양한 고장 모드의 가능성은 진동수준에 따라 변한다. 진동 고장 모드를 재현하기 위하여 여러 수준에서 시험할 필요가 있으며 시험 시 각 수준에서는 진동 시간 동안에 예견된 바와 같은 똑같이 마찰 시간을 유지한다. 진동 분광은 두 개의 부분으로 구성된다고 간주하기도 한다; 저주파수 부분은 보급함 부품을 통과하여 보급품으로 전달되는 항공기로부터 전달되는 주파수 진동을 포함한다. 이것이 유일한 저주파수 진동 원인은 아니지만 주요한 원인이다. 그리고 고주파수 부분은 보급함 표면에서 직접적으로 연출되는 경계층 압력 요동에 의하여 거의 전체가 이루어진다. 일반적으로 보급함 부품의 기계적 임피던스는 저주파수와 고주파수 사이의 분할이 100Hz와 200Hz 사이 정도이다.

a. 저주파수 진동. 저주파수 진동은 일차적으로 구조, 브래킷, 대형 회로기판 및 전자 기계적 장치(예를 들어, 자이로스코프, 계전기)에 응력을 가한다. 대부분의 경우 진동은 항공기로부터 전달에 의하여 유도된다. 따라서 주입 자극은 기계적 셰이커를 사용하는 표준 부품 지점을 통하여 최대한 저주파수 진동을 재현한다. 지침으로는 시험법 514.5를 사용한다. 변동하는 공기역학적 힘은 저주파수대에서 연출된다는 점을 유의한다. 통제 표면, 날개, 또는 기타 넓은 면적-질량비율을 가진 구조물에 대한 직접적인 공기 역학적 힘이 지배적이다. 이러한 이유 따라 시험 품목의 저주파수 진동은 날개, 핀 또는 그 부속 장치의 구조적 피로 수명을 시험하는 것이라고 간주될 수 없다. 일반적으로 구성 요소별 개별 시험은 이러한 구성 요소의 구조적 피로 수명을 측정하기 위하여 필요하다.

b. 고주파수 진동. 보급함 부속장치로 진동이 전달되는 주파수 이상에서 진동은 경계층 요동에 의하여 유도된다.(참고규격 d) 이러한 진동은 기초 구조의 고장에는 기여하지 않지만 자주 전자적으로 고장의 원인이 되고 있다. 경계층 변동 압력의 특성은 잘 알려져 있다.(참고규격 e) 외부 보급품의 중요한 측면은 다음과 같다:

(1) 압력 분광은 보급함의 구성 부품이 진동하는 최대 주파수의 밖에서 거의 평평하다.(-3dB점은 약 4,000Hz이다.) 따라서 외부 보급품의 진동 분광은 자연 주파수 반응에 의하여 거의 전체가 결정된다.

(2) 압력 변동 및 그에 따른 진동 RMS 수준은 대략적으로 비행 속도 및 고도의 함수인 동적 압력  $q$ 의 일부분이다.

$$q = \frac{1}{2} \rho_0 \sigma V_a^2 M^2$$

$q$  = 동적 압력, kN/m<sup>2</sup>(lb/ft<sup>2</sup>)

$\rho_0$  = 해수면 대기 밀도, 1.225 x 10<sup>-3</sup>kg/m<sup>3</sup>(2.3770x10<sup>-3</sup> lb sec<sup>2</sup>/ft<sup>2</sup>)

$\sigma$  = 해수면 대기 밀도에 국한된 대기 밀도 비율(표준 대기)

(두 가지 범위에서 고도에 따라 변한다)

$M$  = 비행 마하수

현대의 항공기 비행 속도는 일반적으로 측정된 대기 속도 또는 마하수를 조건으로 하여 측

정한다. 보다 상세한 설명 및 계산 방법에 대해서는 시험법 514.5 부록 B 단락 2.6 및 부록 C 표 514.5C-VI를 참조한다. 보급함의 특수한 지점의 진동 수준과 비행 측정에 의한 비행 동적 압력 사이의 비율을 측정한다. 비행 데이터를 획득할 수 없다면 기타 보급품(참고규격 f) 또는 시험법 514.5, 부록 C, 표 514.5C-V 및 그림 514.5C-12, 13, 14를 지침으로 사용한다.

#### 2.1.1.6 습기.

용해성 오염과 관련된 습기는 부식을 야기한다. 전기 전력과 관련되어 단락을 야기한다. 국한된 공간의 물의 냉동은 기계적 응력을 만든다. 수분 증발 확산 및 응축에 대한 시험 주기를 제공한다. 물의 양은 일반적으로 고장을 야기하는 데에는 중요하지 않다. 그래서 습기의 필요에 대해 본 시험에서는 통제하지 않는다. 본 시험은 시험법 509.4의 염무 시험과 같이 부식 시험으로 대체하지 않는다.

#### 2.1.1.7 충격.

충격은 진동에 의하여 유도되는 응력과 비슷한 기계적 응력에 의하여 고장을 야기한다. 항공기 사출기, 및 정지 착륙 충격과 같은 더 일시적인 진동에 가까운 충격이(많은 0의 교차) 본 시험에 포함된다. 보급품 또는 탄약 발사, 비행 표면 등과 관련된 하위 짧은 시간의 충격은 일반적으로 보급품 수준에서 재현하기 힘들다. 잠재적으로 전자공학을 파괴하는 이러한 사고는 기타 다른 분석 및 시험을 참작한다.(시험법517, 열적 충격 및 516.5 충격을 참조한다) 분석에 따르면 시험 진동은 충격을 지배하고 그러한 충격을 감지할 때 본 시험에서 다루는 것으로 간주되기도 한다.(시험법 516.5 충격 참조)

#### 2.1.1.8 고도.

기압계의 압력은 일반적으로 외부 보급품에 대한 응력은 아니다. 그러나 압력 편차는 습도에 의한 침투를 강화시킨다. 감소된 압력은 전력손실 감소에 따라 온도를 증가시키기도 하고 전기 아크가 증가하기도 한다. 아크 저항에 대해서는 개별적으로 시험한다. 습도 침투는 일반적으로 압력 편차없이도 발생한다. 대부분의 경우 동반되는 물의 양은 내부 응축을 제공하기에 충분하다면 중요하지 않다. 축소 열 전달은 주변 압력을 낮추는 것보다 오히려 대기 순환을 제한함으로써 실현한다. 일반적으로 고도 모의 시험은 본 시험에서 요구하지 않는다.

#### 2.1.1.9 기타 다른 환경.

본 방법은 일차적으로 외부 보급품의 계류 비행과 관련된 환경적 응력을 재현하기 고안되었지만 이 단계의 관련 소요시간이 계류 비행에 비례하는 전제에서 보급품 수명 주기의 다른 위상을 포함하기 위하여 확장되기도 한다. 예를 들어 수송과 취급 시 나타나는 충격 및 진동의 주기는 몇몇 시험에서 포함한다. 시간에 따라 무작위로 분산되는 고장을 유도한다고 기대하지 않는 본 시험에서는 환경 요소를 사용한다. 예를 들어 부식 대기 및 균의 성장은 만일 그럴 때는 상당한 시간이 경과한 후에만 발생한다. 보급품 발사 충격, 모래와 먼지 및 물 침수는 고장이 발생 또는 발생하지 않는 환경이다; 이 환경의 고장은 시간에 따라 분산되는 것보다 오히려 사고와 관련한다. 이러한 환경은 본 방법과는 적합하지 않다. 포함할 어떤 환경을 결정할 때 주의를 기한다. 예를 들어 탄약, 불꽃, 대포 또는 다른 품목을 발사하는 보급품 상자에 대해 고찰한다. 이러한 경우에는 일련의 충격 사건이 있으며 지속적인 운

용상의 보급품 환경 중 중요한 부분이기도 하다. 이것은 또한 장기간의 강도 높은 공동 소음을 초래되는 보급품의 외부 표면 개방 공동에서 일어난다.

### 2.1.2 기타 시험 방법의 순서

a. 일반사항. 제1부 단락 5.5를 참조한다.

b. 본 시험법에만 해당되는 내용. 본 방법은 보급품의 환경 수명 주기의 최종 단계에서 발생하는 환경적응력을 적용한다. 본 시험 및 본 표준의 기타 다른 환경 시험에 단일 시험 품목을 적용할 때 수명주기의 보다 용이한 단계를 나타내는 시험 후 이 시험을 수행한다. 그러나 보급품 사출/발사, 자유 비행, 대상 충격 등을 나타내는 시험 전에 수행한다.

### 2.2 절차 선택.

본 방법은 많은 시험 요건을 맞추어진 하나의 시험 절차를 포함한다.

### 2.3 시험 수준 및 조건 결정.

이 시험법(군수품의 요건서 및 적합화 과정을 기반)을 선택한 후, 요건서 '수명주기 환경 프로파일, 조작환경 문서화(Life Cycle Environmental Profile, Operational Environment Documentation)'(제1부, 그림1-1 참조)를 기반으로 하여 이 절차들에 대한 특수 파라미터 수준 및 특별 시험 조건/기법, 이 절차에 제공되는 정보를 선택함으로써 적합화 과정을 완성하여야 한다. 시험 수준을 선택할 때 다음을 고려할 것. 본 표준의 기타 시험법과는 달리 본 시험법은 시험 조건에 대한 모든 디폴트 값을 포함하지는 않는다. 진동, 소음, 온도 및 임무 주기 환경의 결합된 환경 요인은 매우 복잡하고 군수품의 적용 품목은 본 표준에 주어진 상세한 지침용으로는 매우 중대하다. 대신에, 본 시험법은 군수품 및 시험 품목에 대해 다소 유일한 시험 절차 작성 지침을 제공한다. 부록 A는 시험 수준 및 조건의 개발의 자세한 사례를 제공한다. 본 방법 적용을 시도하기 전, 부록의 예를 연구한다. 시험 수준 및 조건의 결정 시 다음을 확인한다.

a. 혼합 항공기/보급품 임무 프로필을 개발하는 비행 특성.

b. 다음을 개발하는 비행 분석;

- (1) 전 시간 비행 작전 온도 프로필을 개발하기 위한 비행 온도 분석;
- (2) 전 시간 비행 진동 프로필을 개발하기 위한 비행 진동 스펙트럼 증명<sup>9)</sup>;
- (3) 전 시간 보급품의 기능적 성능에 대한 비행 조작상의 임무 주기

9) 규정된 비행 진동 스펙트럼은 진동-음향 시험 중 스펙트럼으로 재현된다는 사실에 유의하는 것이 중요하다. 스펙트럼 재현 시 진동과 소음 지동 자극의 결합형을 사용한다. 비행 소음 스펙트럼의 규격은 비행 중 소음 환경은 직접적으로 재현되지 않기 때문에 명목상으로 중요하다.

## 2.4 시험 품목 배치.

a. 일반사항. 제1부 단락 5.8 참조

b. 이 시험법에만 해당되는 내용. 시험 품목의 형상은 시험 결과에 강하게 영향을 준다. 수명주기 프로파일에서 군수품의 예상된 형상을 사용한다. 최소한 보급품 계류 수송 비행 형상 환경에 대해 고찰한다.

## 3 필요한 정보.

### 3.1 예비시험.

다음의 정보는 진동-음향/온도 시험을 수행하기 위하여 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.7, 5.8, 5.9, 5.11, 5.12 및 제1부 부록 A, 과업405 및 406를 참조한다.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 시험 계획을 보완하도록 작성된 단계별 시험 수행 절차. 시험 사고 및 측정의 기록 및 문서를 포함한다. 본 방법은 참고문헌에서 다른 기존의 절차를 포함하기도 한다; 그러나 명백히 안전에 관한 모든 절차를 포함한다.

(2) 시험 품목 수량.

(3) 혼합 비행 프로파일. 상세한 환경 시험 계획(DETP)(직접적으로나 혹은 참고규격에 따라), 혼합 비행 프로파일 작성 시 사용한 정보에 포함되어 있다. 다음을 포함한다.

(a) 시험 시 통제되는 특수 환경 및 작동상의 변동사항(최소한의 사항에는 진동 수준, 진동 스펙트럼, 외관온도, 및 듀티 주기 등을 갖춘다.)

(b) 비행 프로파일. 항공기 유형, 보급품 하중 및 변위 비행 발생 비율을 포함한다.

(c) 운행 기후 지역 및 주변 온도 분포.

(d) 혼합 비행 프로파일 편차. 비행 진동 측정, 온도 측정 및 열적 모형을 포함한다.

(4) 시험 주기. 시험 주기에는 통제 및 감시하는 변동사항 및 기능성 시험의 성능의 내력을 정의한다. 환경적 시험 주기는 혼합 비행 주기와 기후 오프셋 주기의 결과이다.

(a) 혼합 비행 주기. 이것은 변위 오프셋의 기후 온도에서 반복적으로 부과되는 환경적 작동 능력의 시간적 내력이다. 모든 기능성 시험 및 기타 다른 충격 사고는 이번 내력에서 확인되어야 한다. 소요시간, 수준 및 기타 각 능력의 특성을 정의한다. 이 주기에는 기후 오프셋 사이의 온도를 정상화하기 위하여 과도기적 기간이 포함되어 있다.

(b) 환경적 프로파일 도표. 혼합 비행 주기 중에 변동사항 값을 제시하고 시험 중 통제 또는 감시되는 각각의 변동사항에 대한 차트를 사용한다. 이러한 차트는 표준

날의 주간 온도 조건을 위한 것이다.

(c) 기후 오프셋 표. 연속적인 혼합 비행 주기에 적용하는 기후 순서에서 온도 오프셋 표를 준비한다. 이러한 오프셋 및 적용범위의 출처는 DETP에서 설명한다.(예, 세계 90%) 또한 혼합 비행 주기 중에는 어떤 과도적 온도 조건화 구간을 포함한다.

(d) 시험 통제 방법. DETP에는 환경적 응력, 센서의 위치와 유형, 개방 루프 혹은 폐쇄 루프 통제 사용 및 변동사항의 허용차를 통제할 때 사용하는 방법을 포함하고 있다.

(5) 시험 완성 기준. 완전한 시험을 제정하는 구체적인 진술서(예를 들어, 고장 수 및 유형, 완료한 시험 주기 횟수 등).

(6) 시험일지. 기록된 정보 및 기록된 특수한 사고 및 변칙에 대한 시험일지를 사용한다. 최소한 다음을 포함한다:

(a) 시험 품목을 시험 설비에 설치하는 시간 및 그에 따른 최초 혼합 비행 주기;

(b) 계측기 및 기구 교정.

### 3.2 시험 중.

시험 수행 중 다음 정보를 수집한다:

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.10과 5.12 및 부록A 과업 405 및 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 연대적 사고 기록. 기타 모든 사고에 영향을 주며 시험이나 시험 결과 해석 시 영향을 주는 모든 사고를 기록한다.

(2) 환경 수준 연속 기록. 모든 주변 및 시험 환경 요인과 수준을 잇따라 기록한다. 예를 들어 실온과 습도, 소음과 셰이커 수준, 외판과 구성요소 온도, 진동 사고, 셰이커 충격 사고 등을 기록한다.

(3) 편차 기록. 시험 환경의 수준 및/또는 지속시간으로부터 모든 편차를 연대순으로 기록한다.

(4) 고장 해석/처리. 고장 발생 후 운행 절차, 정비, 수리 및 시험 재시작을 포함한다.

### 3.3 사후시험.

다음 정보가 필요하다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 단락 5.13 및 부록A 과업 405 및 406에 나열된 정보.

b. 이 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 시험 연표. 사고, 시험 장애, 및 시험 결함의 목록

(2) 고장 해석/처리. 고장과 고장 범주 정의. 고장 발생 후 운행 절차, 정비, 수리 및 시험 재시작을 포함한다.

(3) 시험 품목 처분. 시험 품목의 위치, 조건 및 계획된 용도(예를 들어 제조자에게 반납 및 다른 시험 적용 등)

#### 4 시험 과정.

같은 시간에 시험 기능을 작동 및 감시하는 동안에 “시험 품목”으로 언급한 보급품에 진동-음향/온도 시험을 수행하기 위하여 사용하는 기구는 요구된 온도와 진동 범위의 성능을 포함한다고 검증한다. 다음의 고찰 사항을 포함한다.

##### 4.1 시험 설비.

진동-음향/온도 시험을 수행하기 위하여 사용하는 기구는 다음을 포함한다고 검증한다.

###### 4.1.1 일반사항.

특성은 같은 시간에 시험 품목의 기능을 운용 및 감시하는 동안에 요구된 온도와 진동 범위를 유도한다.

###### 4.1.2 소음 챔버.

기계적 진동과 소음은 일반적으로 감시 장소에서 시험 품목의 규정된 진동 반응을 재현하기 위하여 결합하여 적용할 필요가 있다. 진동 셰이커 시스템을 통한 기계적 입력은 저주파수 에너지를 입력한다.(약 100Hz 이하) 소음 압력은 실제로 기계적 방법에 의하여 진동 에너지가 전달되는 곳에서는 100Hz 이하로 통제할 수 없다. 복합 기계적 연결장치를 통하여 기계적 진동 전달이 불가능한 곳에서는 감시 지점에 진동 에너지를 제공하는 소음 에너지가 고주파수 진동 에너지의 주요 원인이 된다. 이러한 주파수대는 진동과 소음의 혼합에 의하여 이루어진다. 상세한 지침으로는 시험법 514.5 및 515.5를 참조한다.

###### 4.1.2.1 소음 챔버 및 소음원.

주파수 150Hz에서는 챔버 모양 및 규모는 소음 현장에서 통일적 분포를 제공하도록 한다. 설비는 반드시 요구된 소음 에너지 수준을 150-2500Hz 사이에서 걸쳐 산출할 수 있어야 한다. 소음 수준 150dB는 때로는 충분한 반면에 때로는 훨씬 더 높은 수준을(최대 165dB) 요구하기도 한다. 이 수준은 시험 품목 및 기타 소음 챔버의 기타 다른 요구된 장비에 반드시 유지해야 한다. 이러한 규모의 소음 수준은 산출하기가 어렵기 때문에 소음 챔버에 요구한 환경을 연출하기 위하여 신중한 계획을 요구한다. 대표적인 기구는 소음 챔버에 지수 호른

(horns)에 의하여 결합된 전기 운전 공기 변조기로 구성된다.

#### 4.1.2.2 진동 장비.

저주파수 진동을 유도하고 역학적 사고를 모의시험하기 위하여 시험 품목은 한 개 이상의 전기역학 또는 전자 수력학 여진기를 사용하여 운전한다. 여진기의 부속품은 소음 현장을 방해하지 않거나 시험 품목의 자연 주파수를 심각하게 변화시키지 않는다. 시험 품목이(순항 미사일, 대응 보급품, 탄약 디스펜서 등) 크고 복잡한 양상 또는 불균형하면 막대와 고리 추력 연결부를 통하여 잘 매달린 보급품에 힘을 가할 때의 진동은 복합 여진기가 필요하다. 작은 가는 시험 품목(공중 미사일 등)에 대해서는 진동은 때로 항공기의 특수한 경계면을 통과하는 시험품목(발사장치)을 발동시켜 달성한다. 그러나 그러한 작고 가느다란 시험 품목에 대해서도 막대와 고리 장치를 통하여 운전되는 부동 시험품목이 필요하기도 하다. 일반적으로 전기역학적 여진기를 사용한다. 저주파수에서 필요한 고수준의 진동(풍파 진동)이 있는 경우에는 전기역학적 여진기는 요구한 진폭을 산출할 수 없다(특히 고속 및 변위 진폭) 이러한 경우에 전기역학적 여진기는 보다 나은 선택이다. 전기 역학적 여진기는 일반적인 항공전자공학 진동 시험에서 요구하는 고주파수를 산출할 수 없다.

#### 4.1.3 온도 장비.

시험 품목의 외관 온도 범위 및 온도 변화율은 시험 프로필을 달성하기에 충분하다. 대표적인 범위는  $-40^{\circ}\text{C}$ ~ $+85^{\circ}\text{C}$ 이다; 변화율은  $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$  높아진다. 시험 품목의 온도 조건은 소음 현장과 호환되어야 한다. 소음 챔버와 시험 챔버 벽에서 시험품목을 대기로부터 분리하기 위하여 시험 품목을 어떤 온도 조절된 대기가 수송되는 얇고, 유연한 장막에 밀폐한다. 이것은 열적 효과를 증가시키고 온도변화율이 높아지도록 한다. 장막 소음 현장에 대해 투명하다. 고정된 장막을 폐쇄하고 시험 품목의 주변 대기 속도를 증가시키기 위하여 열 전송율을 증대하도록 강화한다. 찢어지지 않는(rip-stop) 나일론 천은 군수품의 장막으로 적합하다고 증명되었다. 액체 질소 주입은 고비율 냉각 시 유용하다. 원하는 외관 온도보다 더 극한적인 대기 온도는 열 전송율을 증가시키기 위하여 사용하지만 표면을 따라 발생하는 심한 증감을 피하기 위하여 반드시 유의한다.

#### 4.1.4 전기 응력.

운영 듀티 주기 및 시험 품목의 기능적 시험은 기본적인 전기 응력을 제공할 것이다. 비행 모의시험에 의하여 규정된 바와 같이 시험 품목의 온/오프를 순환한다. 전압 진동 혹은 기타 다른 전기 매개변수는 온도와 상호관련이 있다. 시험 중 추가의 응력이 일어난다고 알려진 경우에는 전압 스파이크 및 낙후 및 물결 진동과 같은 추가의 전기 응력을 재현한다.

#### 4.2 계측기.

시험 환경 규격을 충족시키기 위하여 가속도, 음압 및 온도는 측정 변수일 것이다. 일차 반응 감시 변수로 가속도를 사용한다. 때로는 습기 또는 습도를 측정하기 위하여 기타 환경적 측정 변수를 사용한다. 이러한 경우 교정, 측정 및 분석 요건을 만족시키기 위하여 장비 규격에는 특별한 고찰사항을 제시할 필요가 있다. 모든 측정 계측기는 추정이 되는 국가 측정 표준에 따라서 구경 측정되어야 한다. (제1부 5.3.2항 참조) 그리고 시험 품목 기능에 대한 계측기를 요구하기도 한다. 이러한 경우에는 적당한 측정 표준을 구하여 고수한다.

a. 가속도계;

- (1) 5%이하의 횡단 감도.
- (2) 시험 시 필요한 피크 가속도 진폭의 5%-100% 범위에서 10%내 진폭의 선형성.
- (3) 압전기 가속도계는 2-2000Hz 주파수 대 또는 DC-2000Hz에서  $\pm 10\%$  이내의 평주파수반응.
- (4) 참고규격 n의 요건 및 지침과 양립되는 가속도계 및 그 설치

b. 마이크로폰;

- (1) 시험 시 요구되는 피크 압력 진폭 5%-100% 범위에서 10%내 진폭 선형성.
- (2) 주파수대 10-10000Hz를 거치는 평주파수 반응.
- (3) 참고규격 n의 요건 및 지침과 양립되는 가속도계 및 그 설치.

c. 온도계;

- (1) 시험 시 요구되는 피크 압력 진폭 5%-100% 범위에서 10%내 진폭 선형성.
- (2) 50°C/min에서 온도 비율을 검출할 수 있는 평주파수 반응.
- (3) 참고규격 n의 요건 및 지침과 양립되는 가속도계 및 그 설치.

d. 기타 측정 장치; 시험 요건과 일치한다.

e. 신호 처리기; 시험에 대한 계측 요건과 양립되며 참고규격 n에서 제공된 요건 및 지침과 양립되는 신호 처리기만 사용한다. 특히 아날로그 전압 신호 여과는 시간 내력 요건과 일치한다.(명백한 날카로운 여과기는 온도계에 대한 DC부터 여과기 컷오프까지 직선 위상의 가속도와 소음 압력을 위하여 대역 통과 여과기 컷오프를 회전시킨다) 그리고 여과기를 잘 배치하여 증폭기 클리핑(clipping)에 의하여 야기되는 변칙 데이터는 반응 데이터, 즉 증폭기 입력은 여과되지만 증폭기 출력은 여과되지 않은 데이터에 따라 오역하지 않도록 할 것이다. 충격데이터에 관련된 가속도에 대하여 여과는 DC부터 여과기 컷오프까지 직선 위상의 여과기를 필요로 한다.

f. 특수 감시 계측기; 시험을 통제하기 위하여 피드백 지구에서 모든 능동적인 계측의 정보를 적용하는 것이 바람직하다. 특히 허용차의 시험 능력(예를 들어 매우 높은 온도) 또는 허용차 외 시험 품목의 반응(과전류 유도)을 나타내는 정보는 시험을 중단하는 원인이 되고 원인 측정 연구에 착수한다. 4.3.2-4.3.6항은 시험 요건을 충족시키기 위하여 기능적, 진동(소음+기계적), 온도, 습도 및 전력 감시/통제 지침을 제공한다.

- (1) 기능적 감시
  - (2) 진동 감시/통제
    - (a) 공기 변조기
    - (b) 기계적 자극

(3) 온도 감시/통제

(4) 습도 감시

(5) 전력 감시

#### 4.3 제어.

a. 교정. 모든 환경 교정 장치(가속도계, 마이크로폰, 열적 계기)는 제1부 5.3.2에서 언급한 바와 같이 교정이 추적되어야 한다. 시험 절차 시작 전 교정 장치를 사용하여 시스템 교정을 검증한다. 만일 쓸모 없는 경우에는 적절한 반응을 검증하기에 적합한 방법을 제공한다. 교정 장치로부터 측정된 반응 자료를 처리하고 교정 사항이 규격과 일치하는지 검증한 다음 교정 장치를 떼어내고 지정된 시험 품목에서 시험을 수행한다. 시험 품목 성능 규격에 따라 시험품목의 기능을 기록하기 위하여 장비를 교정한다.

b. 허용차. 시험 확인 및 시험 통제를 위하여 시험 절차 및 제1부 5.2에 따라서 규정된 환경 측정 허용차를 사용한다. 허용차를 충족시키지 못하는 경우에는 획득 가능한 허용차를 규정 및 기록하고 시험 착수 전 알고 있는 공학 당국 및 고객에 의하여 그 허용차에 대해 동의를 받는다. 모든 경우에 규정된 측정 교정, 계측, 신호 처리 및 자료 분석 절차의 제한사항 내에서 허용차를 규정한다. 시험품목의 기능적 시험을 기록하기 위하여 시험품목 성능 규격에 따라서 장비의 허용차를 규정한다.

#### 4.3.1 시험 중단.

시험 규격의 목적을 충족시키는 반면 감시 혹은 통제가 시험 지속 여부에 대해서는 불리한 조건을 지시할 때 시험 중단이 있는 것이다.

a. 일반사항. 본 표준의 제1부 5.11을 참조한다.

b. 본 시험법에만 해당되는 내용.

(1) 과소시험 중단. 만일 예상치 못한 시험 중단으로 인하여 시험 조건이 허용한도 아래로 떨어지는 경우 즉각 시험 품목의 조건(온도 등) 및 혼합 비행 주기 지점을 알아보고 시험을 중지한다. 시험 중인 조건의 근본 원인을 결정한다.(예를 들어 보급품은 온도처리 장치 고장으로 인하여 적당한 외관 온도에 도달하지 못하거나 또는 소음 변조기 밸브 조립품이 고장나서 바람직한 진동 반응 수준에 도달하지 못한 경우)교정된 작동으로 모든 시험 장비들이 적절한 작업 조건에서 시험할 수 있도록 한다. 시험 중단이 발생하기 전 요구한 조건으로 시험 품목을 반환하고 그 지점에서 시험을 계속한다.

(2) 과도시험 중단. 만일 시험 품목이 허용된 한도를 초과하는 시험 조건에 노출되는 경우 시험을 다시 시작하기 전에 시험품목에 대해 적절한 물리적 검사 및 운용상의 점검을 실시한다.(실행 가능한 때) 이것은 안전 조건에 탄약과 같은 것들이 함

계 보관되어 있는 경우 특별히 중요하다. 안전성 문제가 관련된 경우 바람직한 행동은 시험을 종결하고 새로운 시험 품목으로 다시 시험하는 것이다.(만일 안전 문제가 잘 해결되지 않고 나머지 시험 중에 시험품목의 고장이 발생한다면 시험 결과는 무효로 간주한다) 만일 안전 문제가 식별되지 않았다면 예비 장애 조건을 다시 설정하고 시험 허용차를 초과하는 지점부터 계속한다.

#### 4.3.2 기능적 감시.

시험 중 시험품목의 기능을 지속적으로 감시한다. 이것은 종합적인 성능에 대한 간소화된 측정 감시기능이다. 만일 그렇다면 환경 주기마다 최소 한번은 전면적 시험 평가를 수행한다. 전면적 기능 평가는 고온과 저온 모두 및 최대 진동 환경에서 권장한다. 고장은 간헐적이며 환경 변화에 따라 해결 불가능 또는 가능하다. 명시한 고장을 처리하는 절차는 명확하게 정의되어야 한다. 짧은 간격을 두고 보급품을 떼어내어 시험하고 보급품의 기대된 MTBF에 비교한 바와 같이 환경적 시험실에서 검증될 수 있는 기능에 대해 검증한다. 모든 보급품의 통계적 신뢰성은 시험 간격을 참작한다.(참고문헌 k) MIL-HDBK-781의 계획과 같은 통계적 시험 계획은 주로 연속 감시를 가정한다.

#### 4.3.3 진동 감시 및 제어.

진동은 소음 현상 및 기계적 셰이커 모두에 의하여 유도된다. 실험에 따르면 요구한 보급품 반응을 제공하기 위하여 요구한 진동 및 소음 주입은 아래의 a와 b항에 따라서 측정한다. 요구한 진동을 구축하면 폐회로 자동 제어 시스템으로 이러한 측정된 신호까지 진동 여진기의 입력을 통제한다. 이 폐회로 자동 제어 시스템은 진동 제어 여진기를 반응 측정 여진기로부터 피드백하면서 진동 여진기 제어를 시도하는 것보다 더 나은 시험 일관성을 제공할 것이다. 반응을 감시하고 측정과 요구한 반응 사이의 중요한 차이점이 검출되면 시험을 중단하고 원인을 결정한다. 진동 입력 단련 시 헐거워짐 또는 마모, 감시 변환기 설치나 배선 문제 및 명목상의 같은 보급품의 반응 변위는 반응에 대해 심각하게 영향을 미친다.(참고문헌 l) 특히 가혹한 계류 비행 조건에서 많은 시간을 시험하고 진동 시험 측정 시 사용되는 계측 보급품은 새로운 시험 품목보다 상당히 적게 반응한다.

a. 공기 변조기. 저압력 239kPa - 446kPa(20-50 psig)에서 공급되는 공기 변조기에 의하여 소음 환경은 발생한다. 이러한 변조기는 지수 호른(horns)을 통과하는 반사 챔버에 연결되어 있다. 상당한 소음 전력을 요구하므로 가혹한 변조기는 한 챔버에 만 요구된다. 저조한 컷오프 주파수는 대략 200Hz를 사용한다. 변조기 가동 신호는 난소음 양상을 띤다; 여과 또는 녹화된 신호에 의하여 형성되는 소음 발전기 신호로부터 제공된다. 소음 스펙트럼 양상은 보급품의 계류 수송 시 측정된 진동 수준과 같이 계측 보급품에서도 동일한 진동 반응으로 연출되도록 조정하여 측정한다. 마이크로폰은 진동 수준 및 스펙트럼을 감시한다. 마이크로폰 교환, 시험수준허용차 및 상세한 지침은 시험법 515.5를 참조한다.

b. 기계적 자극. 전기역학적 및 전기수력학적 셰이커의 가동 신호는 난진동 양상을 띤다; 여과 또는 녹화된 신호에 의하여 형성되는 소음 발전기 신호로부터 제공된다. 진동 스펙트럼 양상은 보급품의 계류 수송 환경에서 측정된 진동 수준과 같이

계측 보급품에서도 동일한 진동 반응으로 연출되도록 조정하여 측정한다. 먼저 소음 입력을 조정하고 셰이커 가동 신호 보정 중 조정된 소음을 유지한다. 원하는 반응의 진동을 재현하기 위하여 셰이커 가동 신호를 보정한 다음 시험 중 사용되는 이차 표준과 같이 셰이커 연결장치의 진동 스펙트럼과 진동 수준을 기록한다. 시험 중 이러한 지점에서 가속도계를 사용하여 보급품 반응 제어 지점을 따라 진동 수준과 스펙트럼을 감시한다. 전체 시험에서 이 신호를 감시한다. 셰이커의 폐쇄 루프 통제를 위하여 셰이커/운전 시스템 경계면에서 측정된 진동을 사용한다. 진동스펙트럼의 저주파수부분을 제공할 때만 셰이커를 사용할 때는 폐쇄 루프 통제가 필수적인 것은 아니다. 시험 수준 허용차 및 상세한 지침에 대해서는 시험법514.5를 참조한다.

#### 4.3.4 온도 감시 및 제어.

온도 시험 주기를 정의하는 온도는 보급품 외관 온도는 시험 중 피드백 통제를 위하여 측정하여 사용하는 보급품 외관 온도이다. 대기 온도는 열 전송율을 증가시키기 위하여 더 극한적인 값으로 몰고 간다. 온도 주기를 전개 시 온도 분포도를 보장하기 위하여 여러 지점에서 보급품 외관 온도를 측정한다.

#### 4.3.5 습도 감시.

절차1에 따라서 습도 변수가 통제되지 않더라도 덕트의 기류는 습도량 또는 이슬점 또는 상대습도 검출에 의하여 감시된다. 비행 주기에서 온난 대기의 이슬점 이하의 저온 유지될 때 보급품 표면 습도를 수집할 수 있다. 이것은 표준이며 기대 조건이다.

#### 4.3.6 전력 감시

모든 전기 및 기타 전력 입력(예를 들어, 수력학, 압축 공기)은 모의 시험 비행 조건에 관계 없이 연속적으로 감시한다. 이러한 감시는 여러 가지 형태의 당면한 고장을 명시하고 자동 제어하여 이차적인 고장을 엄격히 제한한다.

### 4.4 자료 분석.

- a. 다음과 같은 모든 디지털 신호에 대해서는 아날로그식 안티에일리어스(anti-alias) 여과기형을 사용한다:
  - (1) 5%이하의 측정 오류가 해당 주파수대로 가는 에일리어스가 아닌 경우;
  - (2) 온도 계기의 및 가속도 충격의 DC에서 상위대 가장자리를 향한 직선 위상의 이동성일 경우;
  - (3) 해당 주파수대를 지나는 1dB 이내의 통일된 통과 대역일 경우;
- b. 데이터의 연속 처리 중 안티에일리어스 아날로그식 여과와 호환되는 모든 추가의 디지털식 여과를 사용한다. 특히 추가 디지털식 여과는 반드시 온도 계기 데이터 및 모든 가속도 충격 자료를 처리하기 위하여 위상의 직선성을 유지해야 한다.
- c. 분석 절차는 참고문헌 m에서 제공하는 요건 및 지침을 따른다. 만일 변칙사례가

검출된다면 잠재적으로 무효한 측정 반응 시간 이력 자료를 폐기한다.

#### 4.5 시험 실행.

##### 4.5.1 시험 준비.

- a. 일반사항. 제1부 단락 5.8 참조.
- b. 본 시험법에만 해당되는 사항. 환경 감시 및 측정 센서는 적합한 유형이며 요구한 시험 자료를 획득하기 위하여 적절하게 위치되었는지 검증한다.

##### 4.5.2 예비시험 점검.

다음의 단계는 상세한 예비시험 수립 및 주기 점검 절차에 대해 상술한다. 예비시험 수립은 시험 규격이 시험품목에 대해 충족되었는지 신뢰성의 수준을 제공한다. 일반적으로 예비시험 점검은 비행 중 진동을 최대한 재현하기 위하여 진동 진원지를 조정하도록 요구한다. 진동 반응은 다음의 세 가지 원인에 의한 오류에 지배된다; 공간적, 스펙트럼 및 진폭. 동시에 이러한 진동 오류를 최소화하는 것은 불가능하기 때문에 세 오류 절충은 기술적 분석과 판단에 기초하여야 한다. 오류 배후의 근본적인 원인을 보다 잘 정의하고 이해하기 위하여 오류를 감소하기 위하여 잠정적인 교정 측정을 따라서 각각의 오류를 간략하게 설명한다. 비행중 측정 및 실험 재현 진동-음향 환경 모두는 공간적으로 이종이며 고도의 난성을 띠는 점에 유의하는 것이 중요하다.

a. 관련 공간의 가속 진폭. 비행 중 소음 및 진동 환경은 실험실에 재현될 수 없는 많은 요인으로부터 출현한다. 시험 품목 내 상이한 위치의 관련 진동 수준은 비행 중 같은 위치에서 측정된 보급품의 관련 진동수준과 일치하지 않는다. 이러한 오류의 환원은 셰이커를 다시 연결해야 한다. 복합 셰이커, 소음 환경(진행성의 호른으로부터)과 관련된 방향 전환 또는 소음 감폭 군수품의 선별적인 적용을 사용한다. 추가로 진동 발생 시 소음 환경의 효율성은 시험 품목 주변의 장막 내의 대기 온도에 따라 변한다. 일반적으로 시험 수립은 비행 중 보급품에 무제한적 이용등급보다는 시험품목을 자극 시에는 그보다 작은 무제한 등급의 진동을 제공한다. 횡단 스펙트럼은 일반적으로 비행 중 측정된 데이터로부터 규정되지 않았으며 시험 통제 매개변수로 간주하지 않는다는 점을 유의한다. 일부 범위까지 다양한 진원지로부터의 입력 자극은 무관하다고 가정한다.

b. 스펙트럼 양상 오류. 비행 중 소음 및 진동 환경은 실험실에 재현될 수 없는 많은 요인으로부터 출현한다. 시험 품목 내 상이한 위치의 관련 진동 수준은 비행 중 같은 위치에서 측정된 보급품의 관련 진동수준과 일치하지 않는다. 이러한 오류는 소음 및/혹은 셰이커 가동 신호의 스펙트럼을 변경하여 수정할 수 있거나 시험 품목을 부지하는 방법을 변경할 필요가 있다. 횡단 스펙트럼은 일반적으로 비행 중 측정된 데이터로부터 규정되지 않았으며 시험 통제 매개변수로 간주하지 않는다는 점을 유의한다. 단지 한정된 교정만 가능하다.

c. 진폭 오류. 상비된 임의 데이터용으로 일반적으로 진폭 분포는 가우스 정수라고 가정한다. 그러나 비행 중 측정된 데이터의 분포는 비가우스 정수이며 특히 고수준 궤도수정 사고에서 그러하다. 시험 수립은 시험 품목 진폭 분포를 점검하고 비행 중 측정된 진폭 분포와 맞아떨어진다고 확인한다. 이것은 고유의 셰이커 제어 시스템 진폭 제한(예를 들어 시그마 3 클리핑) 시 각별한 주의를 기울여야 함을 의미한다. 주어진 자율 스펙트럼 밀도를 가우스정수 진폭 분포로 재현하기 위하여 셰이커 제어 시스템 절단은 RMS 수준의 3배 보다 더 큰 값이다.(장기 시험 시간 때문에 가속도는 RMS 수준의 3배를 초과하도록 한다) 일반적으로 자율스펙트럼 밀도 평가를 재현하기 위해서는 전문 셰이커 제어 시스템 소프트웨어가 필요하다.

#### 4.5.3 시험 수립 및 주기 점검 절차.

단계1. 계측 시험 품목(반드시 운행되는 것은 아님)을 사용하고 시험 품목 및 환경적 기구를 계획된 형상 내에 조립한다. 만일 계획된 시험이 비행 중 측정된 값에 기초한다면 센서 및 그 위치가 이러한 측정 시 사용한 것과 동일해야 하는 것은 중요하다. 비행 중 측정 시 사용한 동일하며 시험품목을 사용하며 계측 무작동인 채로 시험 측정 시 사용하는 것은 매우 중요하다.

단계2. 모든 센서 설치 및 교정한다. 현재는 모든 자동 경보 또는 중지 장치의 기능을 시험한다.

단계3. 소음 자극을 최소 수준으로 적용 및 조정한다. 수준 및 스펙트럼 양상을 검증한다. 요구한 최대 수준에 도달할 때까지 단계별 높은 수준을 적용한다. 각 수준에서 요구한 바와 같이 스펙트럼 양상을 조정한다.

단계4. 최저 요구수준에서 조정된 소음 자극을 적용한다. 단독 저수준 진동 자극을 적용한다. 진동 반응을 측정하고 요구한 반응을 달성하기 위하여 진동 가동 신호를 조정한다.

단계5. 소음 및 진동 자극 모두 최대 수준에서 적용한다. 진동 가동 수준을 조정하고 필요하다면 요구한 진동의 최고 수준을 달성할 때까지 소음 가동 신호를 조정한다.

단계6. 요구한 각각의 중간 수준까지 소음 및 진동 수준을 조정하고 반응을 측정한다. 만일 각 수준의 반응이 정당하게 요구한 수준과 비슷하다면 최대 반응 수준으로 교정 유지하고 가동 신호의 종합 수준을 변경시켜 다른 수준에 대해서도 반복한다.(모의 시험의 정확도는 높은 수준에서도 더 중요하다) 반응 진동이 자극 수준과 심하게 비직선일 경우 각 수준에 대해서는 교정사항을 확립한다.

단계7. 보급품에 최대 온도 자극을 적용한다. 원하는 외관 온도 및 변동율을 달성하기 위하여 온도 제어장치 및 덕트를 조정한다. 외관 전체 분포한 온도 값은 열적 모형으로부터 측정된 바와 같은 허용차 이내이어야 한다. 요구한 온도 변동율을 달성한다.

단계8. 혼합 비행 프로파일 주기를 수행하며 전기 온/오프 및 기능적 시험을 포함한다. 외관 온도를 측정하고 모든 문제를 교정한다. 온도 변동율 요건을 충족시킨다.

단계9. 최대 오프셋 및 최저 오프셋에서 혼합 비행 온도 주기 및 덕트 주기를 시험한다. 외관 온도를 측정하고 모든 문제를 교정한다. 필요하다면 반복한다.

단계10. 시험 수립 시 운행 가능한 시험 품목을 배치한다. 이 품목이 이전에 적용되

지 않았다면 단계1과 단계2를 반복한다.

단계11. 요구한 대로 시험품목에 전기를 제공하고 기능 시험을 수행한다.

단계12. 고온에서 진동 적용 후 저온에서 진동 적용하고 단계11을 반복한다.

#### 4.5.4 절차.

다음의 일반 절차는 523.2-I에서 제시하는 바와 같이 수행한 시험 유형에 따라 변한다.

단계1. 시험 형상에 시험품목을 4.5.3항에서 설명한 바와 같이 배치한다.

단계2. 시험 품목의 기능적 상태를 확인한다.

단계3. 시험 조정 지침으로부터 개발한 시험 계획에 규정된 조건에서 시험을 시작한다.

단계4. 시험을 수행하고 4.5.3항에 관한 시험품목의 기능적 상태를 감시한다.

단계5. 만일 시험 품목에 고장이 일어난다면 5항에 따라 시험결과를 분석하여 기록한다.

단계6. 만일 시험 장애가 발생하면 4.3.1항에서 수행한 절차에 따라 진행한다.

단계7. 시험은 3.1.b(5)항에서 수행한 절차에 따라 충족될 때까지 계속된다. 예비시험 데이터와 비교하기 위하여 결과를 작성해 둔다.

#### 5 결과 분석.

제1부, 5.14와 5.17 및 제1부 부록A, 과업405 및 406에서 제공된 지침에 주어진 지침과 아울러, 다음 정보는 시험 결과를 평가하는데 도움을 준다. 만일 시험을 실패한 시험 품목은 본 시험법의 결과 분석 시 다음 범주에 대해 고려해 본다:

a. 응력. 고장이 일어났다면 당면한 물리적 기계장의 고장이 있다. 예를 들어, 피로, 미립자에 의한 단락 등

b. 하중 장치. 고장에 이르는 물리적 하중 장치와 총 시간이나 고장 주기수(예를 들어 구조적 동적 공진 모드, 모드 양상, 응력 분포, 온도 분포에 의한 정적 변형, 습도 유입 등)를 측정한다.

c. 책임. 고장 발생 원인이 보급품을 공급해 준 계약자에게 있거나 정부가 보급품의 일부를 공급하였든 아니든 또는 고장을 유발하는 시험 오류(허용시험 조건을 벗어남)가 있든 없든 시험은 적절하게 수행한다.

d. 원인. 고장은 기량의 오류, 설계 결점, 고장부품 등 어느 쪽이든 이러한 원인 때문이다. 기량이나 고장도 부품은 설계의 결점을 극복하고 기량의 오류를 제거하고 약한 부품을 제공하도록 설계를 변경하기 때문에 이것은 실제로 어떤 교정 작업이 적합한지를 결정하는 반전 방법이다.

e. 긴요도. 고장은 군대, 방어 전술 성공 또는 보급품 배송 전 요구한 수리 어느 쪽이든 관계되어 위험해진다.

## 6 참고규격/관련 문서.

- a. A. Dantowitz, G. Hirshberger, and D. Pravidlo, "Analysis of Aeronautical Equipment Environmental Failures", Air Force Flight Dynamics Laboratory, TR-71-32, May 1971.
- b. D. B. Meeker and Allan G. Piersol, "Accelerated Reliability Testing Under Vibroacoustic Environments", in Reliability Design for Vibroacoustic Environment, American Society of Mechanical Engineers AMD Vol-9, New York, NY, 1974.
- c. R.G. Lambert, "Accelerated Fatigue Test Rationale", General Electric Co., NY, March 1980.
- d. David Alan Bies, "A Review of Flight and Wind Tunnel Measurement of Boundary Layer Pressure Fluctuations and Induced Structural Response", NASA CR-626, Bolt Beranek and Newman Inc., for NASA Langley Research Center, Oct 1996.
- e. Jack M. Graham, "Summary of Missile Vibration Levels During Straight and Level Flight on Various Aircraft", Pacific Missile Test Center, Point Mugu, CA, EM-1030-008, August 1984.
- f. Michael G. Hatcher and James R. Bautch, "PRAT Thermal and Vibration Profile Development", Sverdrup Technology Inc. for Aeronautical Systems Division, Eglin AFB, January 1992.
- g. U.S. Standard Atmosphere, 1976.
- h. D.F. Rexed. "World Survey of Climatology", Elsevier, NY, 1969.
- i. Sharon A. Ogden, "A Mathematical Method for Determining Laboratory Simulation of the Captive Flight Vibration Environment", Proceedings of the 48th Shock and Vibration Symposium, Huntsville, AL, 1977.
- j. Terry Elliott, "Design Parameters of Reverberant Acoustic Chambers for Testing Air-Carried Missiles", TM-81-15, Pacific Missile Test Center, Point Mugu, CA, March 1981.
- k. Terry Elliot, "Impact of Periodic Functional Testing on Sequential Test Plans", TP-82-25, Pacific Missile Test Center, Point Mugu, CA, June 1989.

- l. Michael. T. Bunij, "SIDEWINDER Manufacturer Dependent Vibration Respons Investigation", Pacific Missile Test Center, Point Mugu, CA, June 1989.
  
- m. Handbok for Dynamic Data Acquisition and Analysis, IES-RP-DTE012.1, Institute of Environmental Sciences and Technology, 940 East Northwest Highway, Mount Prospect, Illinois 60056
  
- n. MIL-HDBK-310, Global Climatic Data for Developing Military Products. 23 June 1997.
  
- o. NATO STANAG 2895, Extreme Climatic Conditions and Derived Conditions for Use in Defining Design/Test Criteria for NATO Forces Material.
  
- p. MIL-HDBK-781, Reliability Test Methods, Plans and Environments for Engineering, Development, Qualification, and Production, Handbook for, 1 April 1996.
  
- q. Mission Environmental Requirement Integration Technology(MERIT), Final Report(draft), 15 September 1996, MacDonald Douglas Aerospace

표 532.2-I. 대표적 적용

시험 유형	목적	적용	요구한 정보 유형	
			고장모드	고장 시간
시험, 분석 및 정비	설계의 결점을 밝혀 교정한다.	생산 전 보다 믿을 수 있는 설계 개발	잠재적인 비행 장애를 유도하는 본질이다.	중요하지 않음
신뢰성 증명	설계의 규정된 신뢰성 충족 여부를 제시한다.	생산 착수는 일반적으로 성공적인 신뢰성 증명에 기초한다.	증명이 비성공적일 경우에만 중요하다.	필수
디버깅 또는 스크리닝	생산 장비가 공장 출시되기 전에 기량이나 부품의 결함을 밝힌다.	생산 중 믿을 수 있는 장치 배급을 보증하기 위한 제조사의 자체 시험 중 일부.	방어 지역에서 고장을 유도하는 본질; 그런데 그러한 고장은 비행 중에는 나타나지 않는다.	중요하지 않음
로트 합격	소형 시료가 고장 시간으로부터 로트 단위의 MTBF를 평가한다.	로트의 합격 품질 여부에 관하여 측정한다.	로트가 불합격일 때만 중요하다.	연속 로트 측정은 통일성이 있고 비슷해야 한다. 비행 MTBF에 대한 기준선 유사성이 올바르다.
원인 비교	소형 시료가 고장 시간으로부터 장치의 관련된 신뢰성을 측정한다.	두 원인 중 어떤 것에 관한 측정은 생산 구매의 더 넓은 시장 점유율을 얻는다.	불충분한 원인으로 개선하려 하려 할 때 중요하다.	일관성 대조만 필수이다.

## 부록 A

### 시험, 진동-음향/온도 시험 프로파일(Vibro-acoustic/temperature test profile) 개발 이론

#### 1. 적용범위.

##### 1.1 목적.

본 부록은 진동-음향/온도 시험 프로파일의 개발에 대한 예를 제시한다.

##### 1.2 용도.

본 부록 내 정보는 진동-음향/온도 시험 프로파일 개발할 때 고려해야 하는 세부사항의 일부를 제공하기 위해 고안되었다. 본 서에 포함된 정보는 전문가들로 하여금 표 523.2-I에 주어진 모든 가능한 시험 형식에 대한 프로파일 개발할 수 있게 해주어야 한다.

#### 2. 개발.

##### 2.1 배경.

시험 중 발생하는 고장이 실제 사용 중 고장을 대표하는지 확인하기 위하여, 사용 응력 분포를 재현하는 것이 중요하다. 사용 응력 분포는 사용 중 임무에 의해 부과되는 결합, 수준 및 지속시간의 응력의 집합이다. 절차는 사용 중 임무와 동일한 상대 비율로 수준, 지속시간, 및 온도, 진동과 소음의 결합을 재현한다.

##### 2.2 일반사항.

군용 항공기 사용은 표 523.2A-I에 나타난 바와 같이 각 임무의 상대 발생 빈도와 임무 집합에 의해 설명될 수 있다. 각 임무는 운반된 보급품의 유형 및 임무 비행 프로파일(mission flight profile)에 의해 정의된다. 임무 비행 프로파일은 고도, 속도 및 다양한 사건(예: 공중전, 발포, 연료 보급)을 시간의 함수로 설명하는 이상적인 임무 내력을 말한다. 임무 프로파일 및 기후 자료로부터, 해당 임무 환경 프로파일을 유도하도록 한다. 유효하다면, 이 유도한 내용에서 계측된 비행의 자료를 사용한다. 임무 환경 프로파일을 일단 유도하고 나면, 이 프로파일을 혼합 임무 프로파일(composite mission profile)과 결합할 수 있다. 혼합 임무 프로파일은 다양한 응력 및 이들의 결합이 상대 발생 빈도에 따라 가중된 모든 임무 환경 프로파일에서와 동일한(대략 동일) 비율로 발생하는 환경의 순서이다. 혼합 임무 프로파일은 또한 상대 빈도에 따라 기후 온도의 영향을 포함한다. 그러나, 혼합 임무 프로파일은 시험될 보급품의 예상 시간-대-고장 내에서 수 차례(최소 5회가 권장됨) 반복될 수 있도록 충분히 짧아야 한다. 이는 극한 환경(특히 극한 온도)을 포함하지 말 것을 요구하는데, 왜냐하면 이 환경을 적절한 비율로 유지하면 혼합 임무가 너무 길어질 수 있기 때문이다. 일반적으로, 포함된 응력 범위는 5번 째와 95번째 백분위수 사이이다.

**2.3 임무 특성화.**

혼합 임무 프로파일 개발의 첫 단계는 보급품을 사용하게 될 임무 비행 프로파일 및 항공기의 유형을 결정하는 것이다. 임무 비행 프로파일은 사건의 설명과 함께 고도 및 마하 수 측면에서 설명될 수 있다. 표로 작성된 임무 단계 분석 또는 임무 프로파일 설명은 표 523.2A-II에 나타나 있다. 이 임무의 해당 그림은 그림 523.2A-I에 나타나 있다. 다양한 임무의 상대 발생 빈도 또한 결정해야 한다. 이는 표 523.2A-I에 나타난 바와 같이 표로 작성될 수 있다. 보급품이 다양한 임무에서 운송될 상대 빈도를 결정할 때, 교전 상태를 일부 고찰할 필요가 있다. 전투 시 첫 비행에서 사용될 수 있는 무기는 전투가 없는 높은 국제적 압력 중 많은 비행을 경험할 수 있다는 것이 경험을 통해 이미 알려져 있다. 일반적으로, 보급품이 그 사용 수명 동안 단 하나 또는 다른 임무를 경험하게 되는 경우, 비교적 양호한 임무와 상대적으로 긴장이 많이 들어가는 임무를 함께 평균내는 것은 바람직하지 않다. 각 항공기 유형 및 임무의 경우, 시험되어야 할 보급품의 운송 위치 및 그에 영향을 미칠 수 있는 다른 보급품의 위치를 결정하도록 한다. 가까운 보급품의 방출은 또한 동적 부하를 유도할 수 있다. 아울러, 임무에 영향을 미칠 수 있는 모든 지리학적 또는 기타 다른 조건을 염두하여야 한다(예, 함상발진 항공기에 의해서만 수송된 보급품은 지상 기지 소속 발진 항공기에 의해 수송된 보급품 만큼 방대한 범위의 비행 전 온도를 경험하지 못한다).

**2.4 임무 분석.**

임무 프로파일로부터 직접 발생하는 진동과 같이 과생 보급품 환경보다, 보급품에 직접 영향을 미칠 수 있으나 보급품의 반응에 좌우되지 않는 변수 측면에서 임무 프로파일을 먼저 개주해야 한다. 보급품 온도 및 진동은 이들의 1차 변수의 함수라 가정한다.

**2.4.1 임무 온도.**

표준-낮(standard day) 처리 공기 온도는 비행 속도와 압력고도(h)(표준 대기)가 주어졌을 때 단락 2.1.1.4 및 시험 514.5, 부록C, 표 514.5C-VI에 소개된 방정식을 이용하여 산출할 수 있다. 표 514.5C-VI는 또한 공기속도의 다양한 척도를 마하수로 변환하는데 사용할 수 있다. 단일 임무 유형에 대한 온도 프로파일은 그림 523.2A-2에 주어졌고 있다. 혼합 임무의 경우, 그림 523.2A-4에 표면 온도 대 경과 임무 시간이 나타나 있다.

**2.4.2 임무 진동.**

- a. 주파수 스펙트럼 형태와 계류 비행 시 보급품 진동의 공간적 분포는 거의 비행 조건과는 무관하다. 난타 운동 중 저주파수 진동이 증가하는 것은 예외이며, 어떤 경우, 초음파 비행에서 고주파수 진동이 증가하기도 한다. 통상적으로, 경계층 동요 압력은 비행 조건의 동적 압력(q)에 비례한다. 보급품 진동은 이러한 압력에 대한 보급품의 동적 반응으로 q에 비례한다. 진동 스펙트럼 실효값 수준(grms)은 q에 비례하며, 모든 주파수에서 가속 분광 밀도(G)는 q<sup>2</sup>에 비례한다. 만일 진동 수준 (grms<sub>ref</sub>, G<sub>ref</sub>)은 단일 비행 조건(q<sub>ref</sub>)에 대해 정의되었다면, 이 비례를 사용하여 비행 외피 전체의 진동 수준을 추산할 수 있다. 공식은 다음과 같다:

$$\frac{grms}{grms_{ref}} = \frac{q}{q_{ref}} \text{ 및 } \frac{G}{G_{ref}} = \left( \frac{q}{q_{ref}} \right)^2$$

여기서:

$q$  = 동적 압력,  $\text{kN/m}^2(\text{lb/ft}^2)$

grms = 스펙트럼 실효값 진동 수준, g

$G$  = 가속 분광 밀도,  $\text{g}^2/\text{Hz}$

$G(f)$  곡선 아래 부분은 grms 수준의 제곱이다.

b. 일반적으로 기준조건은 긴장 상태가 최소한인 비행장(날개 목표탐에 인접한 보급품이 없음)에서의 아음속 수송인 것으로 간주된다. 이 기준을 사용하여, 각 임무에 대한  $q$  대 시간 프로필을 결정하고 보관 시간이  $q$  수준에서 비례함을 보이는 막대그래프를 작도한다. 이것은 보급품의 예상 진동 경험을 요약한다. 측정된 진동 자료를 사용할 수 없는 보급품의 경우, 시험법 514.5에 주어진 적합화 기준 그리고 임무 환경 요건 통합 기술(Mission Environmental Requirements Integration Technology-MERIT)과 함께, 유사한 보급품을 고려함으로써 그 해당 수준을 추정할 수 있다. MERIT는 경비를 지출하여 제조로부터 항공기 외부 보관 환경 수명 주기를 정의하기 위해 개발된 군사력 소프트웨어 패키지이다. MERIT는 기후 및 유도 환경의 매우 광범위한 데이터베이스를 포함한다. 기준 e는 다양한 공중발사 미사일에 대한 일종의 요약이다.

c. 보급품이 긴장 상태가 최소한인 비행장을 제외한 다른 장소에서 운송되는 임무의 경우, 조정 요소가 필요할 수 있다. 이러한 요소들은 일반적으로, 다른 보급품 뒤 또는 다른 특수 배치에서, 보급품이 나란히 운송되는 경우에 대해 설명한다. 측정된 자료는 이러한 요소에 대한 최상의 출처이다. 시험법 514.5 및 MERIT 또한 지침을 제시한다.

d. 보급품의 진동은 요동압력 및 항공기 전달 환경에 대한 보급품의 동적 반응이다. 이는 보급품의 주요 구조적 점의 이동의 정의로 분류된다. 보급품 내에 배치된 군수품의 진동 환경은 부분 보급품 진동 반응이다. 시험은 진동 및 음향의 임의적인 수준으로 보급품에 진류를 일으키는 것, 그리고 정의된 보급품 반응을 달성하기 위해 이러한 투입을 적합화하는 것으로 구성된다.

e. 제외적인 경우(항공기 타격, 비행기 사출기 발사, 피랍으로 인한 착륙, 발포 등.), 진동/충격 수준, 스펙트럼 및 기타 다른 특성들을 측정해 보아야 한다. 지속시간과 임무 시간 측면에서 예외적인 진동/충격 조건의 발생을 정량화하여, 이것이 시험 주기 중 적당한 시간에 적당한 비율로 재현될 수 있도록 할 것. 측정된 자료는 본 서에서 매우 중요하지만, 시험법 514.5 및 MERIT에 필요할 때 측정된 자료를 해독하고 수준을 추정하는데 대한 지침이 포함되어 있다. 시험법 519.5에는 발포-유도 진동을 추정하는데 대한 지침이 포함되어 있다.

#### 2.4.3 시험 온도 프로필.

시험 온도 프로필은 두 부분으로 된 산출물일 수 있다: 하나는 임무로 인한 온도의 범위 및 변동을 모의시험하는 것이고, 다른 하나는 기후 영향을 모의시험하는 것.

## 부록 A

a. 임무 모의시험 부분을 결정하기 위해, 함께 연결된 가장 일반적인 임무 일부에 해당하는 표면온도의 순서로 시작한다. 보급품 MTBF의 최대 1/40인 순서를 사용할 것. 일반적으로 24시간의 요소(예, 6hrs 또는 8hrs)로 만드는 것이 편리하다. 왜냐하면, 시험이 24시간 동안 꼬박 진행될 것이기 때문이다. 이 표면온도를 보급품 열적 모델에 대한 입력으로 사용하여 내부 온도 막대 그래프를 결정한다. 이는 많은 주기 후의 반응이어야 한다(“정상상태”반응). 모든 임무에 대한 막대 그래프를 이것과 비교할 것. 표면 및 내부적으로, 시험 순서를 조정하여 온도 막대 그래프들을 대략 상호 일치시킨다. 이 조정에서, 실제 임무에서와 대략적으로 동일한 온도 변화율 및 수를 유지한다. 모의시험된 각 비행 주기가 적절한 균일 온도에서 보급품으로 시작될 수 있게 하기 위해서는 모의시험된 on-the-ground 시간 기간을 해당 주기로 도입할 필요가 있다. 모의시험된 on-the-ground 시간 중 온도를 상승 또는 하강시켜 내부 온도의 안정화를 보다 빠르게 할 수 있다. 이 초기 온도는 기 후 온도 변화의 영향을 모의시험하기 위하여 각 주기로 이동될 것이다.

b. 기후 영향은 1주기 이상 불변인, 단 이는 주기마다 차이를 보이는, 오프셋 값에 의해 위로 또는 아래로 이동하는 온도로 모의시험된 비행 주기를 반복함으로써 포함된다(표 523.2A-III). 연속 주기에서 온도는 표준 낮보다 낮거나 또는 높게 나타나는 양에 의해 상승되거나 하강된다. 각기 다른 오프셋 수가 적어도 8인지 확인할 것. 오프셋 수의 상한(upper bound)은 전체 주기가 MTBF의 1/5보다 짧아야 한다는 요건에 의해 결정된다. N 오프셋 값은 그림 523.2A-3에서 나타난 것과 같이 기 후 온도 분포의 동등한 확률 간격에서 중간점 정도가 되도록 선택된다. 세계적인 낮 및 밤 작동의 경우, 10km 아래의 기후 변화는 Gaussian분포에 의해 추정될 수 있다: 지표면에서, 평균은 12°C이고 표준편차는 15°C(참고 f). (이는 계절 및 장소의 변화를 포함한다.) 고도에서, 평균 온도는 더 낮으나 표준편차는 거의 지구 전체에 걸쳐 동일하다(참고 f 및 g). 극 및 적도 근처의 경우, 고도에서의 변화는 상당히 적다(참고 h). 8 오프셋의 경우, 온도는 표 523.2A-III에 나타난 바와 같다. 단계수에 의해 나타난 바와 같이 위 및 아래로 시험 주기에서 오프셋의 순서를 차례로 밟아간다. 그림 523.2A-5에서는 시험 품목 표면 온도가 경과 시험 시간의 함수인 경우 기후 설정 계획을 보여주고 있다. 이는 다음 오프셋에 대한 보급품 온도를 정상화하기 위해 오프셋 간에 필요한 지속시간을 줄인다. 이 지속시간은 보급품 MTBF를 측정할 때 계산하지 않기 때문에 따라서 시험 효율성을 감소시키므로 최소화하는 것이 바람직하다.

#### 2.4.4 시험 진동 프로파일.

시험 진동 프로파일은 임무 분석으로부터 유도된 것과 같이 보급품 반응 수준의 동일한 막대 그래프를 산출하는지 확인할 것. 전력 기능 피로 손상을 가정하는 분석은 보통 3 - 5 개의 각기 다른 진동 수준이 충분하다는 것을 나타낸다(참고 i). 진동 수준 시험 주기를 생성하기 위해 초기 온도 주기에 사용된 것과 동일한 임무 순서를 사용한다. 이 때 올바른 전체 막대 그래프를 달성하기 위해 이를 조정할 수 있다. 진동과 온도 간 상관관계(보통 높은 진동 수준은 고온을 동반한다)를 실제 임무에서와 같이 유지하도록 한다. 예외적인 진동 사건을 지속시간이 균형잡힌 시험 주기로 삽입한다. 여기서 온도와 직선 및 수준 진동을 현실적으로

조합한다. 일반적으로 시험 환경의 보다 가혹한 부분에서 보급품의 기능을 시험하는 것이 바람직하다. 보급품이 되돌릴 수 없는 고장을 드러낼 가능성이 크기 때문이다. 사용 중, 타격으로 인한 진동과 같은 고수준의 진동은 통상적으로 매우 짧은 시간 간격(초 단위)에 걸쳐 발생한다. 고 수준 진동 중 보급품 기능의 완벽한 시험을 위한 시간을 허용하기 위하여 일부 임무-시간에 해당하는 모든 고수준 진동을 단일 간격과 결합하는 것이 바람직할 수 있다. 그림 523.2A-6은 절대압력 $P_a$ 측면에서, 동적압력,  $q$  대 혼합 임무에 대한 경과 임무 시간을 나타내고 있다.

#### 2.4.5 작동 임무 주기.

전력손실은 곧 열원이므로 온도 시험 설계 시 보급품의 작동 임무 주기를 고려하도록 한다. 또한, 주기 중 긴장을 많이 받는 부분 및 양호한 부분 중에 보급품의 기능 시험이 가능하도록 주기를 배열한다. 가능하다면, 고 수준의 진동 중 또는 직후, 그리고 각 주기가 시작할 때 저온 및 고온의 극한에서 보급품을 시험한다.

### 3. 시험 구성.

그림 523.2A-7은 진동-음향/온도 시험을 수행하기 위한 대표적인 기구로 이루어진 장치의 도식이다. 이 장치는 음향실이라 명명해지는 하드웨어 시험 챔버와 멀리 떨어져 배치될 수 있는 제어실로 구성된다. 전기역학 또는 전기수력 웨이커(shaker)는 시험 품목 밑에 숨겨져 있다.

표 523.2A-I. 임무 주기의 상대 발생 빈도.

임무 유형	항공기 유형	출격 %
1. 순찰 임무 I	전투기 A	50
	전투기 B	30
2. 순찰 임무 II	전투기 A	20
	전투기 B	20
3. 공습 경호 임무	전투기 A	30
	전투기 B	30
4. 공습 임무	전투기 B	20

표 523.2A-II. 임무 단계 분석(전투기B, 공습 임무).

임무 단계	마하수	고도(km)	지속시간(min.)	추가 요소	보급품의 임무 주기
이륙 및 상승				비행기사출기 충격?	종료 준비
순항					준비
연료공급					준비
진입					시작 (사출)
공격				타격?	준비
복귀					준비
연료공급					준비
하강 및 착륙				착륙 충격?	종료

표 523.2A-III. 온도 오프셋.

단계	백분위수	오프셋	지상 온도
3	6.25	-30.8℃	-18.8℃
2	18.75	-13.3℃	-1.3℃
4	31.25	-7.2℃	4.8℃
1	43.75	-2.4℃	9.6℃
5	56.25	+2.4℃	14.4℃
8	68.75	+7.2℃	19.2℃
6	81.25	+13.3℃	25.5℃
7	93.75	+30.8℃	43.0℃

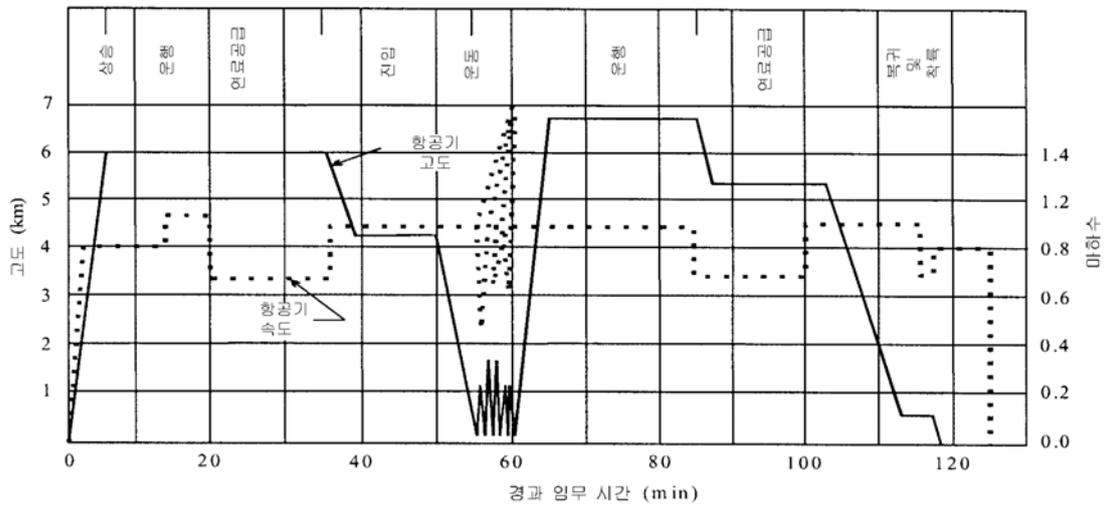


그림523.2A-1. 대표적인 항공기 작동 임무 프로파일.

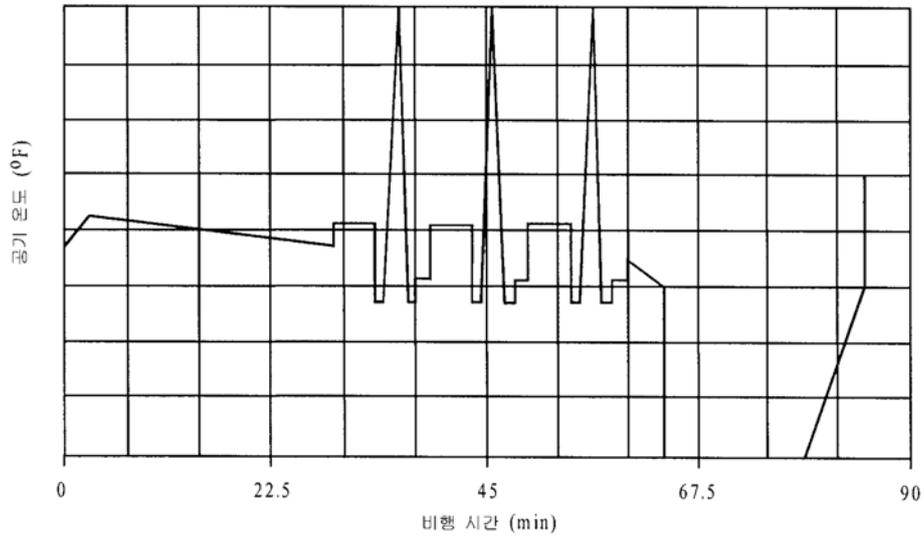


그림 523.2A-2. 단일 임무 유형의 온도 프로파일.

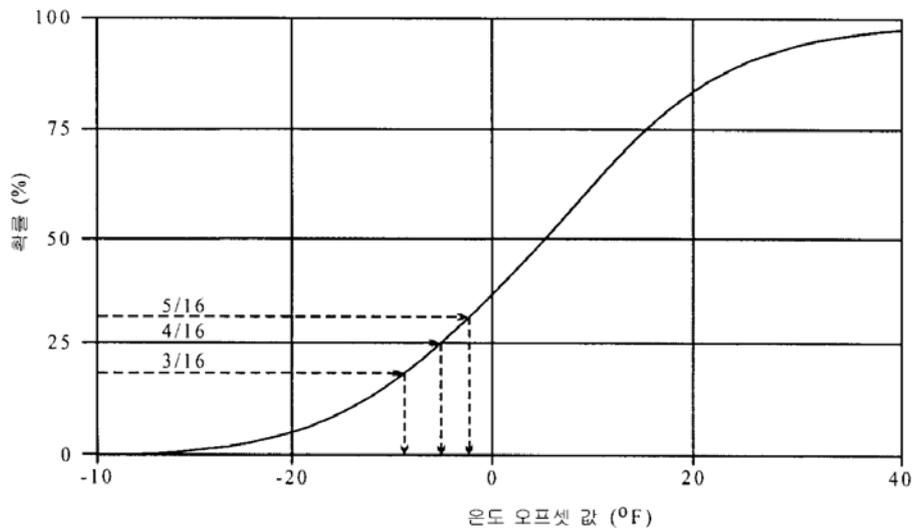


그림 523.2A-3. 기후 온도의 누적 분포에서 같은 확률을 가진 온도 선택.

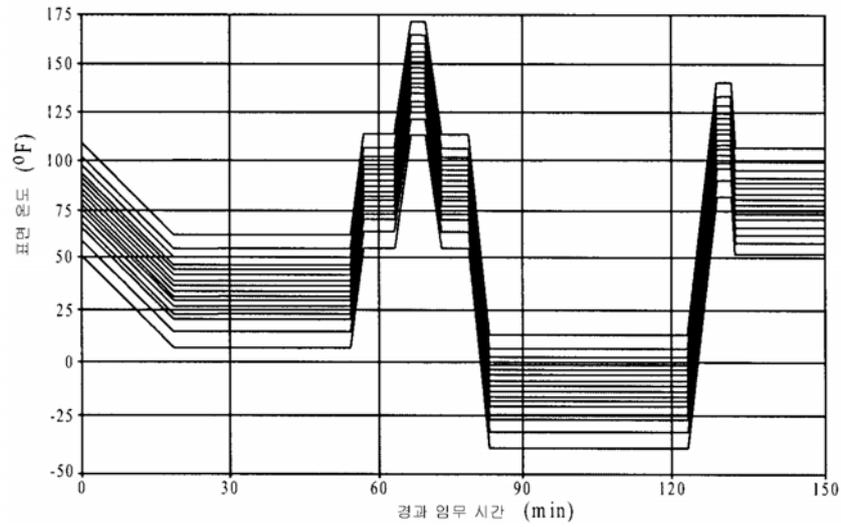


그림 523.2A-4. 혼합 임무에 대한 온도 프로파일의 기후 집합.

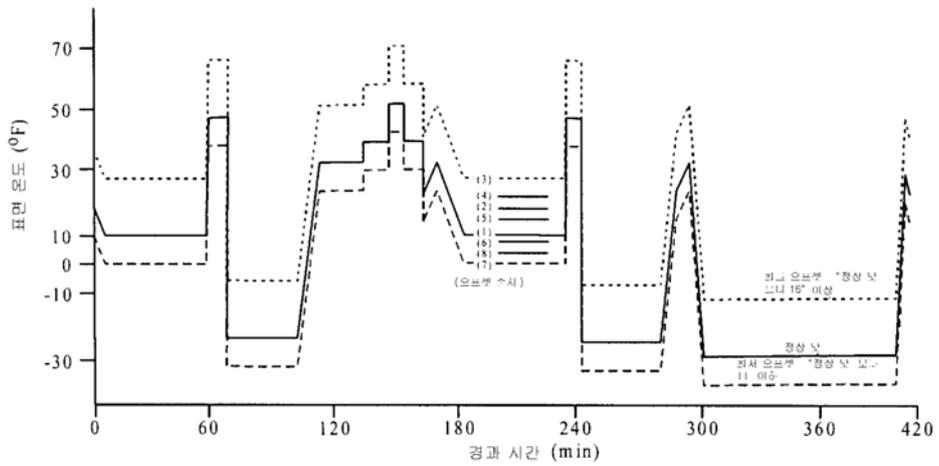


그림 523.2A-5. 오프셋 순서를 나타내는 기후 설정 계획.

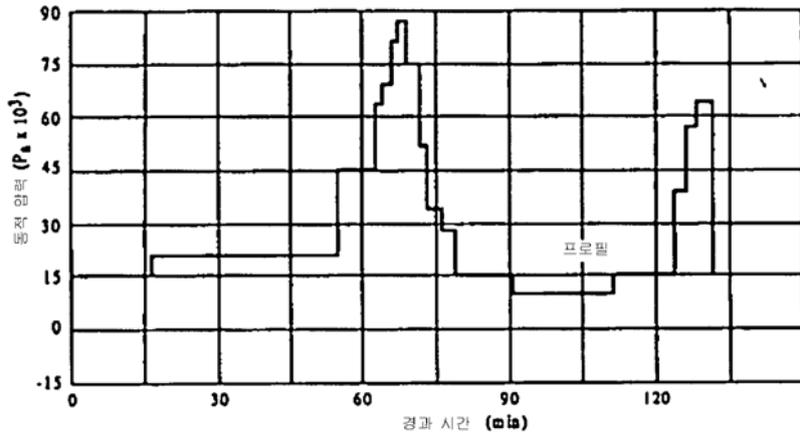


그림 523.2A-6. 혼합 임무의 동적 압력,  $q$ , 프로파일.

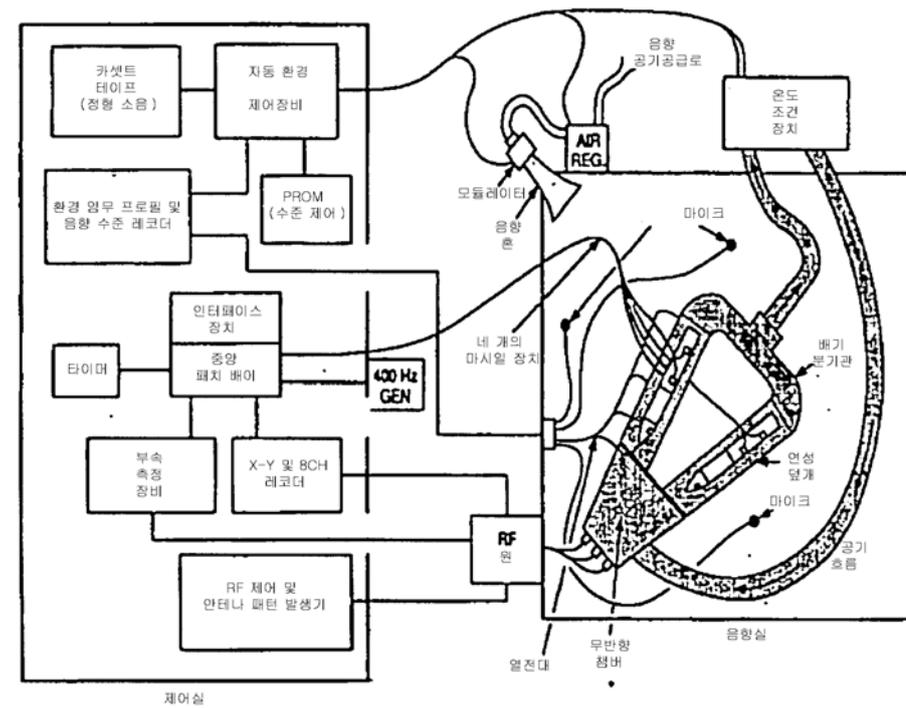


그림 523.2A-7. 시험 기구의 대표적인 장치.

## 표준화 문서 개정 제안서

### 지침사항

1. 준비 기구는 블록 1, 2, 3 및 8을 완성해야 한다. 블록1에서, 문서번호와 개정 활자를 제시해야 한다
2. 본 양식의 제출자는 블록 4, 5, 6 및 7을 완성하고 준비 기구에 전송해야 한다.
3. 준비 기구는 해당 양식을 수령한 날로부터 30일 이내에 답신을 보내야 한다.

주: 본 양식은 문서의 복사본을 요청하기 위해 사용될 수 없으며, 기권증서 또는 현 계약에 대한 요건의 설명을 요청하기 위해 사용될 수도 없다. 이 양식으로 제출된 진술서는 참고 문서의 어떠한 부분을 철회하거나 또는 계약 요건을 개정하기 위한 인증을 구성하거나 의미하지 않는다.

<b>변경의 권장:</b>	1. 문서 번호 MIL-STD-810	2. 문서 날짜(YYYYMMDD) 20000101
----------------	-------------------------	--------------------------------

3. 문서 제목     환경 공학적 고찰 및 시험소 시험

4. 변경 특성(단락 번호를 확인하고 가능하다면, 제안된 재작성 내용을 포함한다. 필요한 만큼 특별 시트를 첨부할 것.)

5. 추천 사유

### 6. 제출자

a. 이름(전체)	b. 조직	
c. 주소(우편번호 포함)	d. 전화번호(지역번호 포함) (1) 상업용 (2) AUTOVON (적용가능한 경우)	7. 제출일 (YYYYMMDD)

<b>8. 준비 기구</b>	
a. 이름 ASC/EN01(AF-11)	b. 전화번호(지역번호 포함) (1) 상업용 (513)255-6281 (2) AUTOVON 785-6281
c. 주소(우편번호 포함) ASC/EN01, BLDG. 560, 2530 LOOP ROAD 2., WRIGHT-PATTERSON AFB OH 45433-7101	<b>45일 이내에 답신을 받지 못할 경우, 아래로 연락하라:</b> Defense Standardization Program Office(DLSC-LM) 8725 John J.Kingman road, Suite 2533, Ft.Belvoir, VA 22060-2533 전화번호 (703)767-6888 AUTOVON 427-6888