

MIL-STD-810F의 Tailoring 개념

김철 · 강보식 · 김형의

한국기계연구원

Tailoring Concept of MIL-STD-810F

Chul Kim · Bo Sik Kang · Hyoung Eui Kim

Korea Institute of Machinery & Material

1. 서 론

MIL-STD-810F(Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests : 환경공학 고려사항과 실험실시험)는 군용장비를 개발할 때에 여러 가지 환경요소를 고려하여 장비를 설계하고 시험하기 위하여 만들어진 표준서이다. 이 표준서에는 24개 환경요소(참조 <표 2>)에 대한 시험방법이 표준화 되어 있다. 이 표준서는 환경요소에 대한 설계규격이나 시험규격이 아니라 장비 성능요구조건을 기반으로 장비 설계기준 및 시험방법을 수립하는 환경 적합화 과정(Environmental Tailoring Process)을 설명한 것이다. 따라서 이 표준서는 장비획득 책임자, 환경공학 전문가, 장비설계 및 시험평가관련 기술자에게 공히 사용될 수 있다. 이 표준서는 Part I 과 Part II로 편성되어 있는데 Part I 환경공학 프로그램 지침(Environmental Engineering Program Guideline)에는 Tailoring개념 및 Tailoring과정이 설명되어 있고, Part II 실험실 시험방법(Laboratory Test Methods)에는 24개 환경요소에 대하여 Tailoring 과정을 통해서 시험조건, 시험시간, 시험절차 등을 결정하는 과정이 설명되어 있다. MIL-STD-810F는 비단 군용장비 뿐만 아니라 민수용 장비 개발과정에도 적용할 수 있다고 설명되어 있다. 그러나 실제로 장비를 설계하고 시험하는 과정에서 MIL-STD-810F를 이용하려면 MIL-STD-810F의 기본바탕이 되고 있는 Tailoring 개념을 이해하지 않고는

이용하기가 어렵다. 따라서 본 호에서는 MIL-STD-810F의 Tailoring 개념에 대해서 설명하고 다음호에 구체적인 환경시험방법을 설명하고자 한다.

2. MIL-STD-810F의 환경시험 특성

MIL-STD-810F의 Tailoring 개념에 대해서 설명하기 전에 MIL-STD-810F의 환경시험 특성 몇 가지를 설명한다. MIL-STD-810F에 표준화 되어 있는 24개 환경요소에 대한 시험방법은

- 개발 장비에 대한 기술시험([1])이나 운용시험([1])을 대체하지 않는다.
- 장비의 진동, 소음, 폭발압력 등 장비 자체가 자연환경 또는 장비를 사용하는 사람에게 어떠한 영향을 주느냐를 평가하기 위한 시험이 아니라 자연환경스트레스(Natural Environmental Stress), 유도환경스트레스(Induced Environmental Stress)가 장비의 성능과 기능에 어떠한 영향을 주느냐를 판단하기 위한 시험이다.
- 장비 설계 시에 환경영향을 고려할 수 있도록 개발초기에 적합한 시험이다.
- 설계에 필요한 요건을 도출하여 제공할 수 있도록 하기위한 시험이다.
- 설계요건에 맞는 시험방법과 절차를 찾아낼 수 있도록 하기위한 시험이다.
- 개발초기 부품단위 시험에 적합한 시험이다.
- 개발 후기 시스템차원의 시험은 사용현장 환경시험을 권장하고 있다.
- 최종제품보다는 부품, 중간조립품에 더 적합한 시험이다.
- 장비의 합격, 불합격을 판정하는 것 보다는 장비의 취약점 노출에 목적을 둔 시험이다.
- 수명주기 동안 예상되는 환경조건에 적합한지를 평가하기위한 시험이다.
- 모든 환경요소에 대한 시험이 아니라 선별적으로 적용하는 시험이다.
- 일부 복합 환경요소 시험방법이 있으나 주로 단일 환경요소에 대한 시험이다.
- 복합 환경에서 운용이 예상될 때는 복합 환경시험을 권장한다.
- 일반적인 시험순서는 장비손상이 적을 것으로 판단되는 환경요소부터 시험한다.
- 시험방법 및 절차의 최종적인 선택 및 결정은 시험수행자가 결정한다.
- 환경시험항목, 방법, 절차, 기준은 본 표준서보다는 규격서가 우선 한다
- 아래 사항에는 적용하지 않는다([2]).

- 전자기 간섭 (EMI: Electromagnetic interference)
 - 전광 및 자장 (Lightning and magnetic effects)
 - 방사선 효과
 - 볼트, 와이어, 트랜지스터, IC 등 부품
 - 기본재료 시험
 - 폭발물의 안전 시험
 - 포장 성능을 결정하기 위한 시험
 - 신뢰성시험
 - 안전성시험
- 세계 기후대를 아래와 같이 분할하고 있으며 한국은 기본(Basic)영역에 속한다([2]).
 - 고온(Hot)지역 : +32℃ ~ +49℃
 - 기본(Basic)지역 : -32℃ ~ +43℃
 - 냉한(Cold)지역 : -46℃ ~ -37℃
 - 혹한(Severe Cold)지역 : -51℃
 - 해안(Coastal)/해양(Ocean)지역 :
 - 기본적으로 장비는 -32℃ ~ +43℃ 환경조건에 만족하도록 제작할 것을 권장하고 있다.

3. MIL-STD-810F의 역사

MIL-STD-810는 1962년 미 공군 내에 있는 항공장비 및 지상장비에 대한 환경시험을 수행하기 위하여 제정되었다. MIL-STD-810의 최초판에는 시험번호 500 저압력 시험방법부터 517 저압력 태양에너지 시험까지 18개 시험항목으로 구성되어 있다. 그 후 1964년 MIL-STD-810A 개정판을 거쳐서 2000년 1월에 현재 적용하고 있는 MIL-STD-810F 개정판이 출간 되었는데 MIL-STD-810F에는 500.4 저압력 시험방법부터 523.2 진동, 음향, 온도 복합시험까지 24개 환경요소에 대한 시험방법이 수록되어 있다. MIL-STD-810 최초판부터 MIL-STD-810C까지는 각 환경요소에 대한 시험조건과 시험시간이 정해져 있었는데 MIL-STD-810C의 시험방법 몇 가지 예를 들면 아래와 같다.

- 고온 저장시험 : 71℃에서 48시간 저장(최고온도 52℃ + 태양 복사온도 19℃)
- 고온 작동시험 : 49℃에서 6시간, 71℃에서 4시간, 3회 반복

4 / MIL-STD-810F의 Tailoring 개념

- 저온 저장시험 : -57℃에서 24시간
- 온도 충격시험 : 71℃에서 4시간 저장 후 5분 이내 -57℃로 이동 4시간 저장, 3회 반복
- 저압시험 : 공기압을 429.1 mm Hg(해발 15,000 ft 고도조건), 변화속도 2,000 fpm이내, 1시간유지
- 지상장비 습도시험 : 94% 상대습도 조건에서 48시간 1주기 5회 반복. 1주기 내용 : 30℃에서 65℃로 올려서 8시간, 30℃로 내려서 20시간, 20℃로 내려서 4시간, 30℃로 올려서 4시간
- 염수분무시험 : 염수분무에 48시간 노출, 건조 48시간
- 날림먼지시험 : 149 μm이하 6시간
- 날림모래시험 : 150 ~ 850 μm 90분간
- 시험순서 : 저압 → 고온 → 태양열 복사 → 저온 → 온도충격 → 침수 → 먼지 → 강우 → 습도 → 염수분무 → 충격 → 진동

그러나 모든 장비에 대해서 위의 예와 같이 일률적으로 시험조건과 시험시간을 적용하는 것은 불합리하다는 점이 지적되었으며 시험대상장비가 어떤 방법으로 수송되고 어떤 상태로 저장되며 어떻게 운용되느냐에 따라서 시험조건과 시험시간을 달리 정해서 시험해야 한다고 생각하게 되어 1983년 7월에 개정된 MIL-STD-810D에서 부터 Tailoring 개념이 도입되게 되었다. 아래 <표 1>은 MIL-STD-810의 각 개정판이 발행된 시기와 특성을 요약한 것이며, <표 2>는 시험항목이 어떻게 변화되어왔는지를 요약한 것이다.

<표 1> MIL-STD-810의 발행역사

발행연도	표준서 번호	시험항목	표준서 내용	표준서 성격	비고
1962.1	MIL-STD-810	18	Test Method	*Cook Book	규격서 성격
1964.6	MIL-STD-810A	18	Test Method	Cook Book	규격서 성격
1967.6	MIL-STD-810B	19	Test Method	Cook Book	규격서 성격
1975.3	MIL-STD-810C	20	Test Method	Cook Book	규격서 성격
1983.7	MIL-STD-810D	20	Guideline	Tailoring	설계/시험기준 도출
1989.7	MIL-STD-810E	20	Guideline	Tailoring	설계/시험기준 도출
2000.1	MIL-STD-810F	24	Eng/Lab Test	Tailoring	설계/시험기준 도출
?	**MIL-STD-810G				

* MIL-STD-810 최초판부터 MIL-STD-810C까지는 cook book의 성격으로 각 환경 시험항목에 대해서 시험조건, 시험시간, 시험절차 등이 정해져 있다.

** 향후 개정될 MIL-STD-810G는 어떤 내용이 어떤 형태로 개정되어 언제 발행될지 모르지만 미국은 현재 MIL-STD-810G에 대해서 working group을 구성하여 논의를 진행하고 있으며 MIL-STD-810F에서 개선이 필요한 사항을 수집하고 있다.

<표 2> MIL-STD-810 시험항목 변천내용

0 : 시험항목 계속, × : 시험항목 없음

No	810(1962.6.)	810C(1975.3)	810D(1983.7)	810E (1989.7)	810F(2000.1)
500	Low Pressure	0	0	0	0
501	High Temperature	0	0	0	0
502	Low Temperature	0	0	0	0
503	Temperature Shock	0	0	0	0
504	Temperature-Altitude	0	×	×	Contamination by Fluids
505	Sunshine	Solar Radiation	0	0	0
506	Rain	0	0	0	0
507	Humidity	0	0	0	0
508	Fungus	0	0	0	0
509	Salt Fog	0	0	0	0
510	Sand and Dust	0	0	0	0
511	Explosion	Explosive Atmosphere	0	0	0
512	Immersion	Leakage	0	0	Immersion
513	Acceleration	0	0	0	0
514	Vibration	0	0	0	0
515	Acoustic Noise	0	0	0	0
516	Shock	0	0	0	0
517	Low Pressure-Solar Energy	Space Simulation	×	×	Pyroshock
518	×	Temperature-Humidity-Altitude	×	×	Acidic Atmosphere
519	×	Gunfire Vibration	Gunfire	0	0
520	×	×	Temperature, Humidity, Vibration, Altitude	0	0
521	×	×	Icing/Freezing Rain	0	0
522	×	×	×	×	Ballistic Shock
523	×	×	Vibro-Acoustic, Temperature	0	0

4. Tailoring 개념

MIL-STD-810F에서 설명하고 있는 Tailoring이란 환경요소에 대한 최적화, 적합화, 편조, 선택, 짜집기 등으로 번역될 수 있는데 장비를 개발할 때에 장비가 그의 수명주기 동안에 접하게 될 여러 가지 환경조건하에서 신뢰성 있게 운용될 수 있도록 설계 고려요소와 시험방법을 설정한다는 개념이다. 다시 말하면 MIL-STD-810F의 환경 Tailoring의 목적은 개발할 장비가 어떤 환경조건에서 운용될 것인가를 설정하고 그 환경조건에서 장비가 원활하게 운용될 수 있도록 설계자와 시험자가 협의하여 설계 및 시험기준을 설정한다는 개념이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 MIL-STD-810F에서는 다음과 같은 Tailoring 업무(Task)과정을 권장하고 있다.

- Task 401 : 환경공학 관리계획 수립
- Task 402 : 수명주기 환경개요(Life Cycle Environmental Profile) 설정
- Task 403 : 환경요소의 부하수준 설정
- Task 404 : 환경설계 및 시험기준 설정
- Task 405 : 환경시험계획 수립 및 시험수행
- Task 406 : 보고서작성

위의 업무과정 중 Task 402, 403, 404, 405 Tailoring 과정을 설명한다.

5. Tailoring 과정

Task 402 : 수명주기 환경개요 설정

장비가 공장에서 제작된 이후 폐기조치 될 때까지의 수명기간 동안에 접하게 될 여러 가지 상황을 정의한다. 즉 공장에서 제작 된 장비가 사용자에게 인도되기까지 어떤 수송수단을 이용해서 운반 되는지, 어떤 상태로 보관되는지, 부품의 경우 어떤 모체장비에 조립되는지, 그리고 그 장비는 어떤 일들을 하게 되는지, 장비가 사용되는 지역은 어떤 곳인지 등을 정의하고 각각의 상황이 장비수명주기 동안에 시간적으로는 어느 정도의 비율을 차지하는지 등을 설정한다. 예를 들어 개발하는 제품이 굴삭기에 조립되는 유압장치라고 가정하자. 굴삭기는 사시 사철 야외에서 운용되며, 탄탄한 땅, 모래지역, 먼지가 많은 작업장, 해안지방, 산악지역 등 어디에서도 굴삭 작업이 있을 수 있으므로 이런 것들을 고려하면 굴삭기용 유압장치는 수명주기 동안에 고온, 저온, 습도, 모래, 먼지, 염분, 충격, 진동 등 모든 자연환경요소와 유도환경요소

에 접하게 될 것이다. MIL-STD-810F에서 설정하고 있는 자연환경 요소로는 고온, 저온, 습도, 강우, 우박, 모래, 먼지, 압력, 열 충격, 염분, 태양복사, 곰팡이, 화학작용 등이 있으며, 유도환경 요소로는 진동, 충격, 음향, 폭발대기, 전자파간섭 등을 설정하고 있다. <그림 1>과 <그림 2>는 MIL-STD-810F에 있는 내용을 그대로 수록한 것으로서 <그림 1>에는 장비를 수송하는 과정과 보관, 저장하는 과정에서 접할 수 있는 자연환경과 유도환경이 설명되어 있으며, <그림 2>는 그 장비가 조립되어 사용되는 모체장비에 따라서 어떤 자연환경과 유도환경에 접할 수 있는지를 나타낸 것이다. <그림 1>과 <그림 2>는 일반적으로 적용될 수 있는 환경요소이므로 개발 장비의 특성에 따라서 그 장비에 맞는 환경개요를 설정하여야 한다.

Task 403 : 환경요소의 부하수준 설정

Task 402에서 시험대상 장비에 대한 수명주기 모형이 설정되면 그 장비가 수명주기 동안에 접하게 될 각종 환경요소에 대해서 부하수준이 얼마나 되는지를 설정한다. 이러한 환경부하수준은 장비개발과정에서 환경조건 설계기준 설정에 이용되며 또한 장비제작 후 시험평가의 기준으로 사용된다. MIL-STD-810F에서 권장하는 부하수준 설정방법은 아래와 같다.

- 가능하다면 시험대상 장비와 유사한 장비가 실제 사용과정에서 받았던 각종 스트레스 수준을 획득하여 이를 적용한다.
- 유사 장비로부터의 환경요소 스트레스수준을 획득할 수 없을 때는 직접 현장에서 스트레스 수준을 측정한다. 현장에서 직접 스트레스 수준을 측정하기 위해서는 아래 사항이 잘 고려되어야 한다.
 - 수집대상 자료와 정확도
 - 측정을 실시하는 장비 위치
 - 측정에 사용될 계측장비
 - 장비 운용개요 및 시험회수
 - 환경스트레스 측정지역

Task 404 : 환경설계 및 시험기준 설정

개발 및 평가대상 장비의 수명주기에 따른 환경요소와 부하수준이 설정되면 이 수준을 기초로 하여 장비를 설계하거나 시험평가 할 때 적용할 환경기준을 설정한다. 이러한 환경기준은 시간제약, 스트레스의 정도, 실험실 시험에 관련된 가정(Assumptions)의 복잡성, 시험시설의 가용정도 등의 차이로 인하여 어느 경우에도 동일하지 않을 수 있다. 그러나 이러한 시험기준들을 현실성 있게 적합화 하기 위하여 아래와 같은 활동이 이루어져야 한다.

- 구체적인 설계 및 시험기준 개발
- 장비의 성능과 내구성을 포함하여 구체적인 기준설정에 사용될 가정과 원칙
- 피로가속모형, 시험시설 제한사항 등을 포함하여 설계와 시험기준 간의 차이점 설명

- 실험실 시험결과와 예상되는 사용경험과의 상관관계 예측

Task 405 : 환경시험계획 수립 및 시험수행

앞의 Task 402, 403, 404과정을 거쳐서 환경시험기준이 설정되면 Tailoring과정을 통해서 실제로 각 환경요소에 대해서 실험실 시험을 실시하기 위하여 시험조건, 시험시간, 시험절차 등을 수립하게 되는데 이 과정에 대한 구체적인 방법은 다음호에서 설명하기로 한다.

결론적으로 MIL-STD-810F의 Tailoring목적은 장비를 개발하는 과정에서 여러 가지 환경요소에 대하여 장비가 과소하거나 과대하게 설계되거나 과소하거나 과대하게 시험되지 않도록 하기 위한 것이다. 물론 환경요소 Tailoring과정에서는 장비의 운용개요를 설정해야 한다든가 장비가 여러 가지 환경조건에서 어떠한 고장이 발생할 수 있는지 예측하여야 한다든가 하는 것이 포함되어야 한다.

<그림 1> 수송, 저장과정에서 장비에 영향을 주는 환경요소

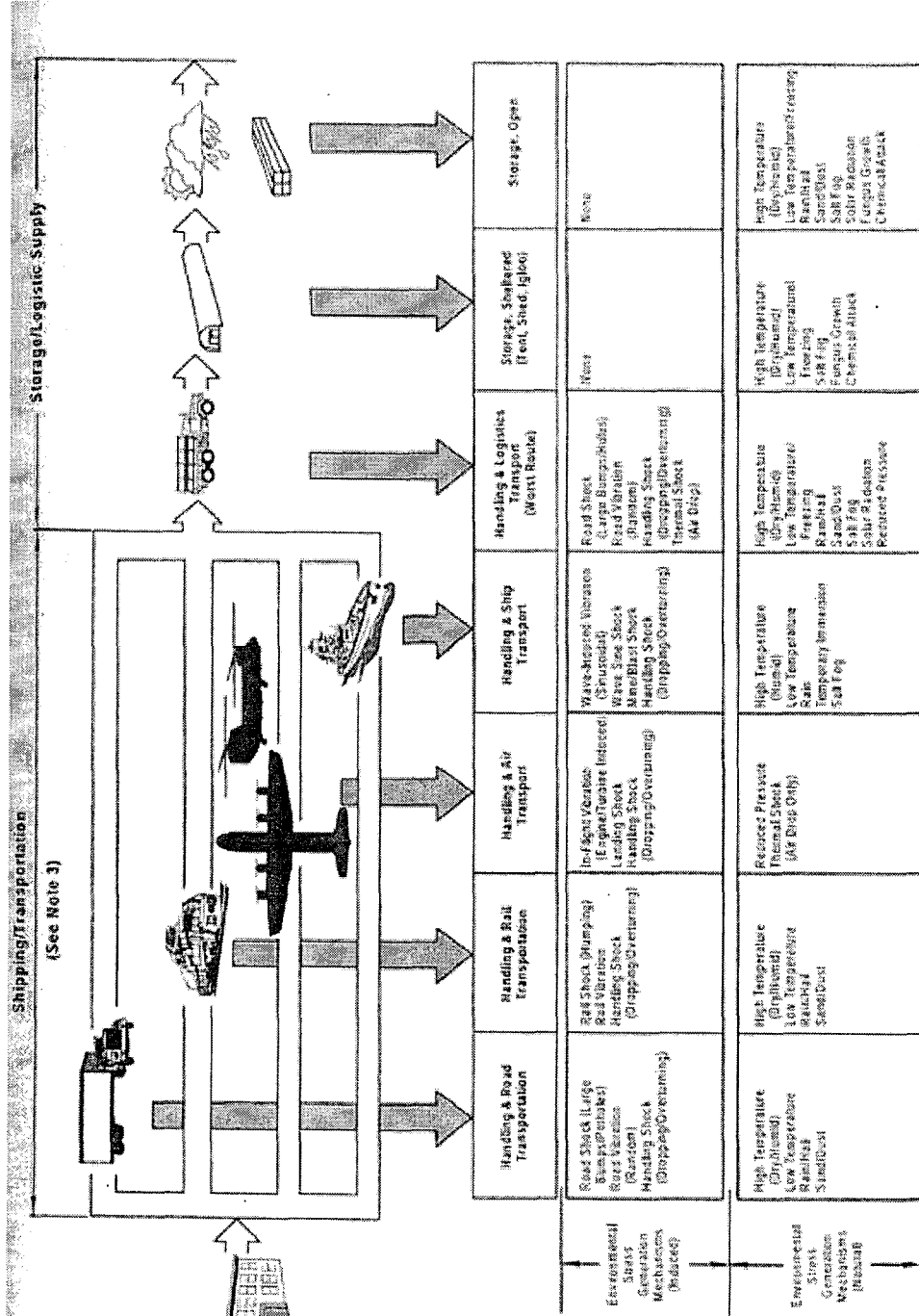
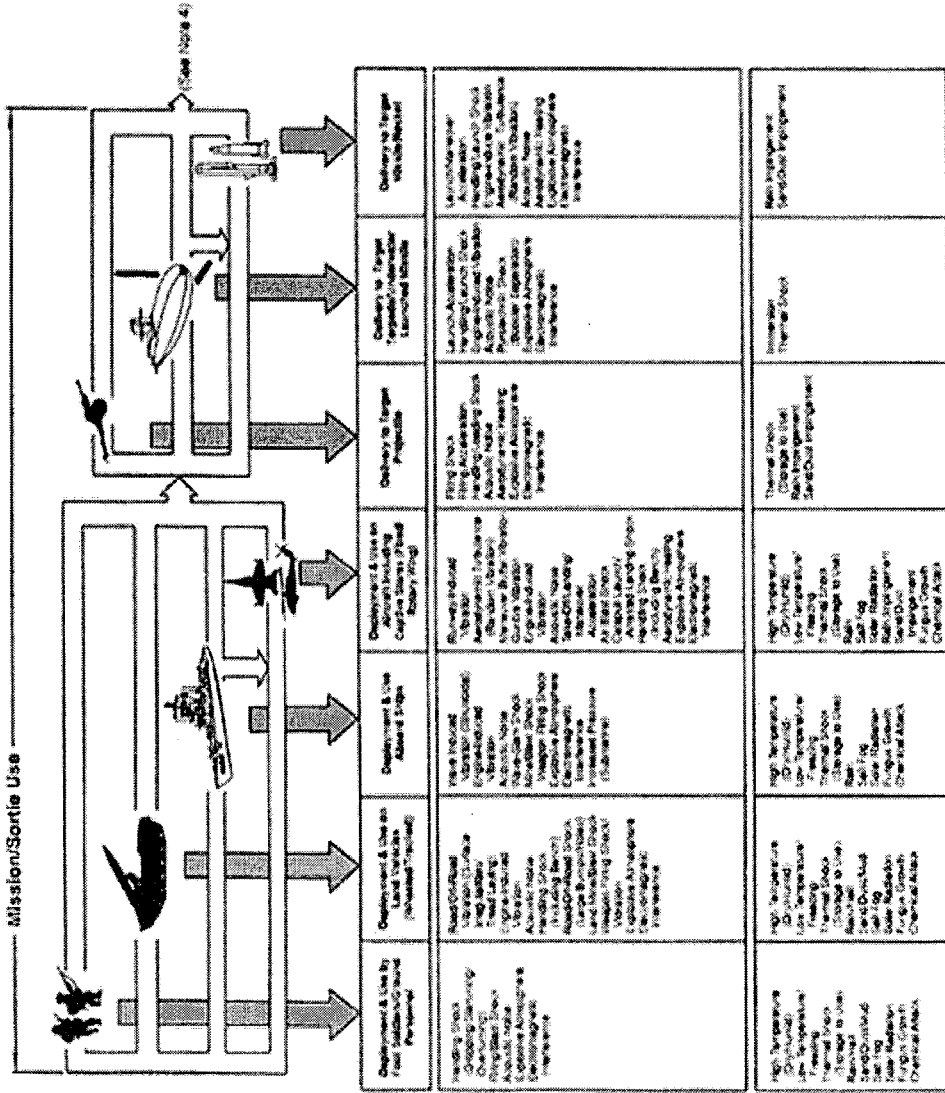


FIGURE 4-2a. Generalized life cycle histories for military hardware.

(See Note 5)

<그림 2> 운용과정에서 장비에 영향을 주는 환경요소



Note 1: The environmental stress events experienced by actual hardware may not always occur in the sequence shown in this profile. The generalized profile is intended to be used as a starting point for a tailored life cycle stress analysis and to provide confidence that all potentially significant environmental conditions have been considered.

Note 2: The generalized profile provides only representative decision-making information. It does not impose or imply a specific test order although it can aid in suggesting potentially useful environmental test stress combinations or sequences.

Note 3: Hardware may be subjected to any or all of the shipboard/aircraft modes of the shipboard/aircraft modes shown. Therefore, in any life cycle stress analysis, the anticipated stresses experienced by the hardware in each mode should be evaluated and the most significant of these incorporated in the test program.

Note 4: The generalized profile shows only areas of environmental concern and does not attempt to show operational use patterns. The relative frequency and duration of storage, shipping, and mission events must be considered in determining life cycle environmental test parameters. It should also be remembered that even one-shot devices (locks, studs, etc.) must endure combinations and repetitions of all these events before they are ultimately fired.

Note 5: In the interest of completeness, some environmental stress generating mechanisms have been included for which corresponding tests are not included in this document. Their absence from this document does not imply a lack of importance; they should be given equal consideration in the life cycle stress analysis.

FIGURE 4-2b. Generalized life cycle histories for military hardware.

참고문헌

- [1] 김 철 (2005), 신뢰성 기술시험과 운용시험, 신뢰성응용연구 5권 4호, 393-396
- [2] MIL-STD-810F(2000), Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests