

# 함정용 탑재장비의 내충격 성능평가 기술

## Performance Evaluation Methods for Shock-Proof of Navy Shipboard Equipment

정정훈 · 김병현 · 정태영 / 한국기계연구원 구조시스템연구부

### 1. 서 언

세계 2차대전 초기인 1939~1940년 겨울 독일군에 의해 영국 인접바다에 부설된 기뢰(mines)의 비접촉 수중폭발 공격에 의하여 함내 주요 탑재장비들의 치명적인 충격손상으로 영국 함정의 전투불능 사례가 처음으로 보고된 이래 미국과 영국을 비롯한 유럽에서는 자국 함대의 전투유지능력(survivability) 향상의 일환으로써 함정용 탑재장비의 수중폭발 공격에 대한 내충격 성능향상을 위하여 많은 연구가 군사적 차원에서 현재까지 지속적으로 수행되고 있다. 현재까지 보고된 비접촉 수중폭발 공격에 의한 함정의 전투불능 사례의 원인은 대부분 함정선체 자체의 충격손상보다는 주요 탑재장비들의 충격손상에 기인하는 것으로 알려져 있다. 따라서 고도의 전투유지능력을 갖는 함정의 건조를 위해서는 주요 탑재장비의 내충격 성능평가가 필수적이며, 이를 위해서는 장비 설계시 내충격 설계개념의 도입 및 해석을 통한 설계검증, 제작후 충격시험을 통한 장비자체의 성능확인, 탑재후 실선 충격시험을 통한 최종적인 성능검증이라는 일련의 엄격한 과정이 요구된다.

한편, 한국 해군에서도 1980년대 중반부터 함정 및 탑재장비의 수중폭발 공격에 대한 내충격 성능평가의 중요성에 대한 인식이 높아감에 따라 더욱 강화된 내충격 요구사항을 국내 조선소 및 장비제작사에 제시

하고 있으나 이 분야에 대한 국내의 연구경험이 일천하여 대부분의 경우 선진외국 기술에 의존하고 있는 실정이다. 특히, 중소기업이 대다수인 국내 장비제작사의 경우 이러한 해군의 내충격 요구사항을 만족시키기 위해 장비 완제품을 고가로 수입·납품하거나 이미 외국에서 내충격성능이 검증된 주요 구성품을 고가로 수입해야만 하는 실정이다. 그러나 1980년대 후반부터 이 분야에 대한 국내의 연구활동이 조금씩 활발해 지면서 장비의 내충격해석을 통한 설계검증, 일부 장비제작사들의 충격시험기 설치를 통한 내충격 성능시험평가, 실선 충격시험, 함정 전선 충격응답해석 등이 수행되고 있음은 이 분야의 기술이 국방기술이라는 특성으로 인하여 선진기술의 도입이 용이하지 않음을 감안할때 한국해군 함정 및 탑재장비의 내충격설계 기술자립을 위하여 매우 고무적인 일이다.

본 고에서는 미해군을 비롯한 유럽의 선진 군사강국들이 현재 사용하고 있는 함정용 탑재장비의 내충격 성능평가방법을 살펴보고 동 기술분야에 대한 국내의 기술현황 및 향후 중점연구방향을 검토하고자 한다.

### 2 충격시험

함정의 전투 및 운항성능에 필수적인 탑재장비에 대해서는 가능한 한 충격시험을 통하여 내충격성능을



Fig. 1 MIL-STD-901 lightweight shock machine(KT 전기(주))

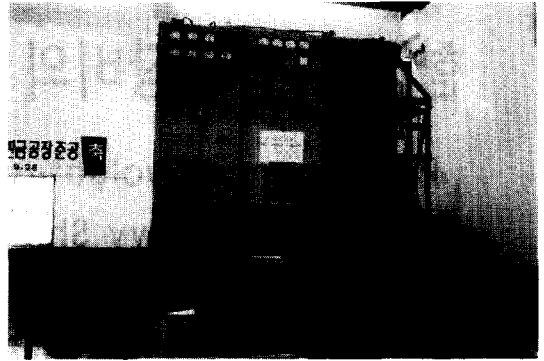


Fig. 2 MIL-STD-901 medium weight shock machine(KT전기(주))

검증하는 것이 각국 해군의 기본입장이다. 함정용 탑재장비의 충격시험은 일반적으로 시험대상 장비의 중량에 따라 경중량(lightweight), 중간중량(medium weight) 및 중중량(heavy weight) 충격시험으로 분류된다.

미해군 충격시험사양인 MIL-STD-901D [1]에서는 시험보조장치(지시대 및 각종 bolt, nut 포함) 중량을 포함한 장비의 중량이 550lb 미만인 경우에는 경중량 충격시험을, 550lb 이상 7400lb 미만의 경우에는 중간중량 충격시험을, 그 이상의 경우에는 중중량 충격시험을 수행하도록 규정하고 있다. 또한, MIL-STD-901D에서는 각 충격시험을 수행하기 위한 충격시험기와 이를 사용한 충격시험절차를 규정하고 있다. 경중량 충격시험기 및 중간중량 충격시험기는 Fig. 1과 Fig. 2(국내 장비제작사의 하나인 KT전기

(주)의 보유 장비임)에 보인 바와 같이 충격시험대(anvil plate) 위에 시험대상 장비를 취부하고 충격해머(hümpact ham-mer)의 자유낙하에 의해 충격을 가하는 기계적 장치이다. 이들 충격시험기는 세계2차대전 중에 개발(경중량 충격시험기:1940년 General Electric사 제작, 중간중량 충격시험기:1942년 Westinghouse Electric사 제작)되어 현재까지 거의 수정없이 사용되고 있다. 이들 시험기의 개발당시에는 수중폭발에 의한 함정 선체 및 탑재장비의 충격응답계측이 불가능하여 실제 장비가 받게되는 충격신호를 구현할 수 없었기 때문에 그 당시까지 관측된 실제 장비의 충격손상 사례를 바탕으로 충격시험기가 이와 유사한 충격손상을 가할 수 있도록 고안되었다. Table 1에는 이들 충격시험기의 주요 특성을 정리하였다. 중중량 충격시험은 시험대상 장비의

중량이 60,000lb까지는 standard floating shock platform (SFSP) 을, 400,000lb까지는 large floating shock platform (LFSP)을 사용하여 실제 수중폭발 시험을 실시한다. 1961년과 1969년에 각각 개발된 SFSP 및 LFSP는 시험대상 장비를 취부하게 되는 선체 이중저구조와 유사한 지시대와 충격시험중에 장비의 구성품이 이탈하여 물속에 빠지지 않게하기 위한 cover

Table 1 Main Characteristics of MIL-STD-901 H.I. Shock Test Machine

	Lightweight Shock Machine	Medium Weight Shock Machine
Size	1422(W) × 4300(D) × 4390(H)	7000(W) × 4300(D) × 5000(H)
Maximum Test Load	550lb	7400lb
Hammer Weight	400lb	6000lb
Axis of Hammer Blow	Three Axis(Top, Side, Back)	Single Axis(Vertical)

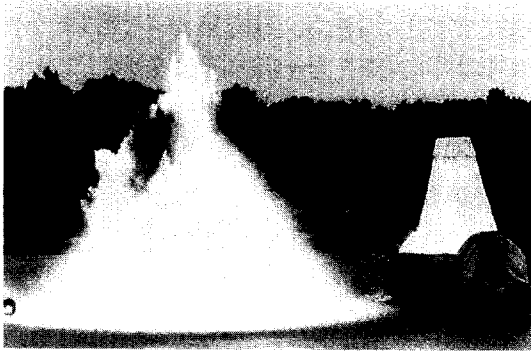


Fig. 3 MIL-STD-901 standard floating shock platform (HI-Test Laboratories, USA)

로 구성되어 있다. Fig. 3(미국 Hi-Test Laboratories 사의 장비임)에는 SFSP를 이용한 중중량 충격시험 장면을 나타내었다.

한편, 경중량 및 중간중량 충격시험의 경우 유럽국가들로 구성된 북대서양조약기구(NATO: North Atlantic Treaty Organization)에서 규정하는 충격시험기와 시험절차는 상기 미해군의 것과 개념적으로 상당한 차이가 있으며, 이를 Table 2에 정리하였다 [2, 3].

Table 2에서 보듯이 미해군의 충격시험규정은 시험대상 장비가 실제 탑재되는 함정의 선종이나 탑재 위치에 무관한 일원화된 규정이다. 즉, 미해군에서 규정하는 도면[4, 5] 대로 제작된 충격시험기를 사용하여 MIL-STD-901에 따라 충격시험을 수행하여야 한다. 충격시험을 위한 충격해머의 높이는 대상 장비가 받을 수 있는 최악의 충격환경을 구현하도록 결정되었다. 따라서 MIL-STD-901에 따른 충격시험에서는 반드시 충격신호의 계측이 필요하지는 않다. 그러나 NATO에서 사용하는 충격시험은 실선 충격시험을 통하여 축적된 충격신호를 선종, 장비탑재위치 및 중량별로 규격

화하여 대상장비의 충격시험에 사용될 충격신호를 규정하고 충격시험기가 규정된 충격신호를 정확하게 구현하였는지에 따라 충격시험의 적정성을 평가한다. 따라서 NATO에서 규정하는 충격시험은 충격시험기의 종류 및 작동방법에 무관하며 충격시험대에서 계측된 충격신호가 요구된 충격신호를 만족하면된다. 이상에서 살펴본 바와 같이 미해군의 충격시험요건은 NATO의 요건에 비하여 대상장비의 실제 충격환경을 정확히 구현하지 못한다는 단점이 있으나, NATO 국가들에 비하여 상대적으로 새로운 class의 함정을 많이 건조해온 미해군의 입장에서는 모든 class의 함정용 탑재장비에 적용할 수 있는 일원화된 규정이 더 바람직한 것으로 판단된다. 왜냐하면 NATO에서와 같은 접근방법은 매년 새로운 class의 함정용 탑재장비의 충격시험을 위해서는 새로운 충격신호를 사전에 알고 있어야 한다는 문제가 있기 때문이다.

충격시험장비를 이용한 장비자체의 내충격성능 검증시험과 함께 미해군 및 NATO회원국들은 실선 충격시험을 통하여 최종적으로 장비의 내충격성능을 평가하려는 시도가 더욱 늘어나고 있는 추세이다. 그 이

Table 2 Comparison of concepts between U.S. Navy and NATO in lightweight and medium weight shock testing

U.S. Navy	NATO
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Machine designed for simulation WW2 damage</li> <li>· Testing is defined in terms of approved facilities and prescribed machine settings → No shock measurements</li> <li>· Hardly any changes in test procedures over a very long period</li> <li>· No scope for improvements in shock testing, based on ship shock measurements since WW2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Machine designed to simulate shock motions or response spectra</li> <li>· Machines are not standardised</li> <li>· Testing is defined in meeting the required pulseforms and/or response spectra → Shock measurements on table are required</li> <li>· Different tests for different shock zones in the ship</li> <li>· Occasional updating of test severities based on recent research</li> </ul>



Fig. 4 Underwater explosion test of real ship(상남(주) 기뢰탐색함)

유는 장비자체의 내충격성능이 검증되었다 하더라도 실제 함내 장비탑재시의 오류(예로써, 장비들사이의 간격 불충분)들로 인하여 장비가 치명적인 손상을 입는 경우가 종종 발생하기 때문이다. 실선충격시험은 수중폭발에 의한 함정 및 탑재장비의 충격응답특성을 정확히 규명할 수 있는 최종적인 수단일 뿐만아니라, 함정 승무원들에게 실제 전투상황시 수중폭발 공격에 유연하게 대처할 수 있는 예비교육의 기회를 아울러 제공한다. 실선충격시험에 있어서 충격의 세기는 통상 함정 설계기준의 충격세기보다 작게 실시한다. 그 이유는 심한 충격에 의해 함정 선체가 손상을 입게 되면 보수를 위한 비용 및 시간에 많은 어려움이 있기 때문이다. Fig. 4에는 1991년 한국해군에서는 처음으로 (주)상남에서 건조한 기뢰탐색함에 대하여 실시한 실선충격시험 장면을 보였다.

국내의 경우에는 1980년대 후반부터 Table 3에 보인 바와 같이 일부 장비제작사가 MIL-STD-901

에서 규정한 경중량 및 중간중량 충격시험기를 설치하여 장비의 내충격 성능검증시험을 수행해오고 있다. 현재까지는 주로 대상 장비의 내충격성능 확인여부의 검증시험에만 사용되고 있기때문에 충격시험을 통한 계측자료의 축적 및 체계적 분석을 통하여 그 결과를 장비의 내충격설계에 거의 활용하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 충격시험 계측결과와 데이터베이스화 및 이를 토대로한 탑재장비 내충격설계기술 개발 등의 체계적인 연구가 절실히 요구된다. 또한 중중량 충격시험장비가 없기 때문에 주기관과 같은 중중량 장비의 충격시험이 현재로선 불가능하다. 중중량 충격시험은 실선 충격시험과 매우 유사하므로 이를 이용한 실험적 연구는 수중폭발현상 및 이론인한 장비의 충격응답 특성규명 및 실선 충격시험 방법론을 체계화할 수 있는 토대를 제공하므로 국내에서도 중중량 충격시험장비의 확보가 조속히 이루어지길 기대한다. 그러나, 중중량 충격시험은 실제 수중폭발 시험을 수행해야 하는 어려움 때문에 한국해군의 적극적인 지원이 없이는 거의 불가능한 분야이다.

### 3. 내충격해석

충격시험이 불가능한 장비에 대해서는 그 대안으로써 충격해석을 통하여 대상장비의 내충격 성능을 검증하도록 각국 해군에서는 요구하고 있다. 충격해석은 충격시험을 할 수 있는 장비에 대해서도 내충격설계검토를 위한 방법으로도 그 유용성이 있다. 함정용 탑재장비의 충격해석 방법은 크게 3가지 방법 즉, i) 동

가정적해석방법(static 'g' method), ii) 미해군의 DDAM (Dynamic Design Analysis Method) 으로 대표되는 spectral analysis 방법, iii) 직접시간적분법을 이용한 시간영역에서의 과도응답해석(transient response analysis)방법이 사용되고 있다. 미해군에서는 첫번째 및 두번째 방법을, NATO국가

Table 3 MIL-STD-901 shock test machines in Korea

Shock Test Machine	Quantity	Company
Lightweight Shock Machine	3	대양전기(주), 오복전기(주), KT전기(주)
Medium Weoght Shock Machine	3	경원세기(주), 대양전기(주), KT전기(주)
Heavy Weight Shock Machine	-	-

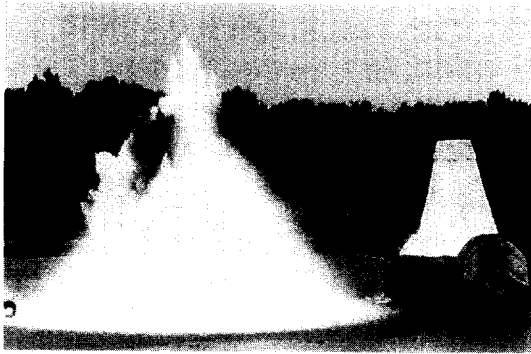


Fig. 3 MIL-STD-901 standard floating shock platform (HI-Test Laboratories, USA)

로 구성되어 있다. Fig. 3(미국 Hi-Test Laboratories 사의 장비임)에는 SFSP를 이용한 중중량 충격시험 장면을 나타내었다.

한편, 경중량 및 중간중량 충격시험의 경우 유럽국가들로 구성된 북대서양조약기구(NATO: North Atlantic Treaty Organization)에서 규정하는 충격시험기와 시험절차는 상기 미해군의 것과 개념적으로 상당한 차이가 있으며, 이를 Table 2에 정리하였다 [2, 3].

Table 2에서 보듯이 미해군의 충격시험규정은 시험대상 장비가 실제 탑재되는 함정의 선종이나 탑재 위치에 무관한 일원화된 규정이다. 즉, 미해군에서 규정하는 도면[4, 5] 대로 제작된 충격시험기를 사용하여 MIL-STD-901에 따라 충격시험을 수행하여야 한다. 충격시험을 위한 충격해머의 높이는 대상 장비가 받을 수 있는 최악의 충격환경을 구현하도록 결정되었다. 따라서 MIL-STD-901에 따른 충격시험에서는 반드시 충격신호의 계측이 필요하지는 않다. 그러나 NATO에서 사용하는 충격시험은 실선 충격시험을 통하여 축적된 충격신호를 선종, 장비탑재위치 및 중량별로 규격

화하여 대상장비의 충격시험에 사용될 충격신호를 규정하고 충격시험기가 규정된 충격신호를 정확하게 구현하였는지에 따라 충격시험의 적정성을 평가한다. 따라서 NATO에서 규정하는 충격시험은 충격시험기의 종류 및 작동방법에 무관하며 충격시험대에서 계측된 충격신호가 요구된 충격신호를 만족하면된다. 이상에서 살펴본 바와 같이 미해군의 충격시험요건은 NATO의 요건에 비하여 대상장비의 실제 충격환경을 정확히 구현하지 못한다는 단점이 있으나, NATO 국가들에 비하여 상대적으로 새로운 class의 함정을 많이 건조해온 미해군의 입장에서는 모든 class의 함정용 탑재장비에 적용할 수 있는 일원화된 규정이 더 바람직한 것으로 판단된다. 왜냐하면 NATO에서와 같은 접근방법은 매번 새로운 class의 함정용 탑재장비의 충격시험을 위해서는 새로운 충격신호를 사전에 알고 있어야 한다는 문제가 있기 때문이다.

충격시험장비를 이용한 장비자체의 내충격성능 검증시험과 함께 미해군 및 NATO회원국들은 실선 충격시험을 통하여 최종적으로 장비의 내충격성능을 평가하려는 시도가 더욱 늘어나고 있는 추세이다. 그 이

Table 2 Comparison of concepts between U.S. Navy and NATO in lightweight and medium weight shock testing

U.S. Navy	NATO
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Machine designed for simulation WW2 damage</li> <li>· Testing is defined in terms of approved facilities and prescribed machine settings → No shock measurements</li> <li>· Hardly any changes in test procedures over a very long period</li> <li>· No scope for improvements in shock testing, based on ship shock measurements since WW2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Machine designed to simulate shock motions or response spectra</li> <li>· Machines are not standardised</li> <li>· Testing is defined in meeting the required pulseforms and/or response spectra → Shock measurements on table are required</li> <li>· Different tests for different shock zones in the ship</li> <li>· Occasional updating of test severities based on recent research</li> </ul>

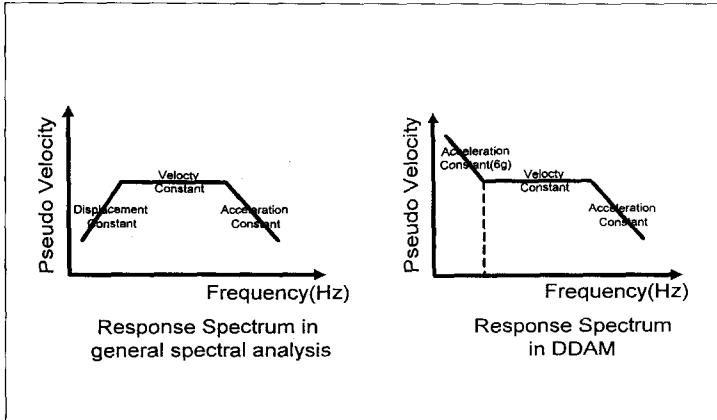


Fig. 6 Comparison of response spectrum between general spectral analysis and DDAM

들에서는 첫번째 및 세 번째 방법을 주로 사용한다.

등가정적해석방법은 d' Alembert의 원리에 따라 장비가 받는 충격하중을 장비의 질량에 중력가속도 'g'의 단위로 주어지는 충격설계지수(shock design number)를 곱한 등가의 정적하중으로 치환하고 등가하중이 장비의 무게중심에 작용하는 것으로 간주하여 정적해석을 수행하는 방법이다. 미해군 및 NATO 회원국들은 각국의 많은 충격시험결과를 토대로 장비의 중량 및 충격방향에 따라 충격설계지수를 규정하고 있다. 본 방법은 개념이 간단하여 1940년대부터 현재까지 널리 사용되고 있는 가장 오래된 방법이지만, 대상 장비의 동특성을 전혀 고려하지 않고 있기 때문에 해석결과와 정확도에 많은 문제가 있다. 미해군조함단(NAV-SEA, Naval System Command)의 수상함 탑재장비에 대한 내충격설계지침[6]의 1994년 개정안 [7]에서는 장비의 내충격설계 검증방법으로써 추후 등가정적해석방법을 사용하지 말 것을 규정하고 있다.

1961년 미국 NRL(Naval Research Laboratory)에서 제안한 DDAM[8]은 현재 미해군 함정용 탑재장비의 내충격설계검증을 위한 표준 해석방법으로써 spectral analysis 방법의 하나이다. Spectral analysis 방법은 응답스펙트럼(response spectrum) 형태로 표현된 구조물의 지지부 운동에 대하여 모오

드중첩법에 의하여 구조물의 강제응답을 해석하는 방법이다. 이러한 spectral analysis 방법은 DDAM뿐만 아니라 원자력발전소 장비의 내진 검증해석(seismic analysis)에도 널리 사용되고 있다. 응답스펙트럼은 동일한 지지부 운동에 대하여 감쇠비는 같으나 고유진동수가 서로 다른 일련의 1자유도 질량-스프링계의 최대응답을 각각의 고유진동수에 대응시킨 도식적 표현이다. DDAM에서는 실선 충격시험 계측을 통하여 얻어진 응답스펙트럼을 기초로 장비의

설계기준 충격응답스펙트럼을 규정하고 있다. 미해군은 설계기준 충격응답스펙트럼을 DDS(Design Data Sheet) 072-1로 명명하고 이를 비밀로 취급하고 있기 때문에 통상의 DDAM해석에서는 일반인들에게 공개된 NRL Memorandum Report 1396[9]에서 제공하는 충격응답스펙트럼을 사용한다. DDAM의 절차는 참고문헌[6, 7]에서 상세히 규정하고 있으며, 이를 토대로 개략적인 절차를 Fig. 5에 나타내었다. 현재 범용 구조유한요소 해석프로그램(예로써, ANSYS, NAS-TRAN 등)에서는 DDAM을 기본 기능으로 제공한다. DDAM이 일반적인 spectral analysis 방법과 크게 다른 특징은 다음과 같은 3가지이다. 첫 번째는 DDAM에서는 장비에 작용하는 충격하중의 시간이 수 milisecond인 점을 감안하여 장비구조의 감쇠를 무시한다는 점이다. 두 번째는 Fig. 6에 보인 바와 같이 DDAM에서 사용하는 충격응답스펙트럼은 일반적인 응답스펙트럼과 비교하여 저진동수 구역에서 상당한 차이를 보이고 있다. 즉, 일반적인 응답스펙트럼은 저진동수영역에서는 변위가 일정한 모양을 보여주고 있으나, DDAM에서는 고진동수 영역에서와 마찬가지로 가속도가 일정한 모양(참고문헌 [9]에 의하면 이 지역에서의 설계기준 충격가속도 값은 6g임)을 보여준다. 그러나 충격감소를 위하여 충격마운트를 사용하는 장비의 고유진동수는 통상 저진동수영역(통

상 5Hz 이하임)에 존재하는데, 이러한 계가 6g의 일정한 가속도를 견디기 위해서는 충격마운트가 견디어야 하는 변위가 너무 크게 되어 이러한 요구조건을 만족하는 충격마운트를 선정하는 것은 실제로 거의 불가능하다. 또한 대부분의 충격마운트는 비선형성을 갖기 때문에 모오드중첩법이 갖는 기본가정 즉, 대상 장비의 충격응답은 선형이고, 탄성한도내에 있다는 가정에 개발된 DDAM을 이러한 경우에 적용하는 것은 불합리하다. 이 경우에는 다음에 기술할 직접시간적분법을 이용한 과도응답해석을 적용하는 것이 타당하리라 판단된다. 세 번째는 모오드중첩법에 기초한 spectral analysis방법에 있어서 대상계의 전체응답을 계산하기 위해서는 통상 각 모오드의 기여분을 SRSS (Square Root Sum of Squares) 방법에 따라 계산하는데 반하여, DDAM에서는 NRL Sum [8] 즉, 가장 큰 응답을 주는 모오드의 응답절대치에 SRSS방법에 의해 계산된 기타 모오드의 기여분을 합산하는 방법을 사용한다. 그 이유는 NRL Sum 방법에 의한 전체응답 계산결과가 SRSS에 의한 결과보다 항상 큰 값을 줌으로 보다 높은 안전율을 보장하기 때문이다.

직접시간적분법에 의한 시간영역에서의 과도응답 해석방법은 전술한 바와 같이 비선형 충격마운트를 사용하는 장비의 충격해석에 매우 유용한 방법이다. 본 방법은 대상 장비의 운동방정식을 정식화하여 시간적분법(예로써, Runge-Kutta 방법, Newmark- $\beta$  방법 등)을 사용하여 시간단계별로 충격응답을 구해가는 방법이다. 본 방법을 적용하기 위해서는 대상 장비에 작용하는 충격하중 시간이력을 알아야 한다. 이를 위해 NATO국가들은 충격관련사양에 이를 규정하고 비밀로 취급하고 있다. 한 예로서 독일 충격사양인 BV043[10]에서는 Fig. 7에 보인 바와 같이 장비에 작용하는 충격하중 시간이력을 double half-sine wave의 형태로 규정하고 있다.

상기 충격해석방법들은 장비자체의 내충격설계검증을 위해 매우 유용하지만, 실제 탑재되는 함정 선체 구조와의 연성효과는 전혀 고려하고 있지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 미해군을 비롯한 선진 군사강국에서는 1970년대 후반부터 수중폭발현상에 의한 유체-함정구조 연성효과를 고려한 충격응답해석 방법을 개발하고 이를 토대로 함정선체 및 탑재장비의 연성효과를 규명함으로써 자국 함정 선체 및 탑재장비의 내충격 성능향상을 위한 연구를 지속적으로 수행하고 있다.

국내의 경우에도 1980년대 후반부터 탑재장비의 내충격 설계검증을 위한 해석을 시작으로 현재에는 수중폭발에 의한 유체-함정구조 상호작용을 고려한 충격응답해석 관련이론 정립 및 이를 토대로한 전선 충격응답해석 등의 연구가 수행되고 있으나 아직까지는 미미한 실정이므로 이 분야에 대한 심도있는 연구가 절실히 요구된다.

#### 4. 결 언

함정용 탑재장비의 내충격 성능평가 기술분야에 대한 국내의 연구경험이 일천하여 미해군을 비롯한 선진 군사강국의 기술수준에 도달하기 위해서는 해결해야 할 과제가 많이 남아있지만, 그 동안의 선박진동

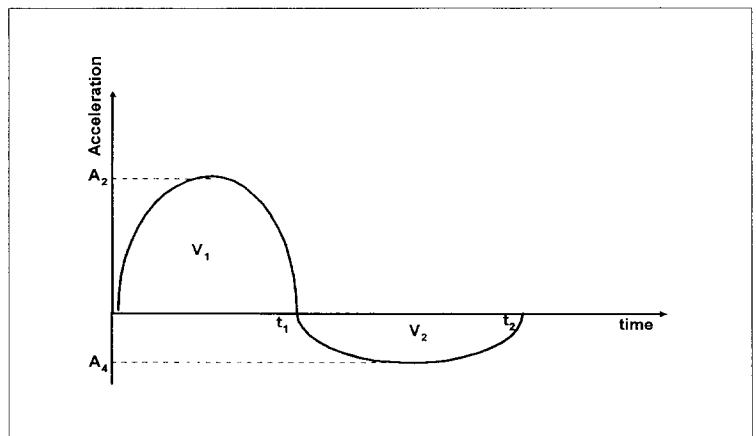


Fig. 7 Double half-sine pulse form for shock analysis of resiliently mounted equipment in BV043

분야에서 축적한 구조동력학 분야의 국내기술을 바탕으로 접근해 간다면 그렇게 어려운 문제만은 아니다. 따라서 최근 이 분야에 대한 국내의 활발한 연구활동을 시발점으로 하여 보다 심도있고 지속적인 연구를 수행한다면 한국해군 함정 및 탑재장비의 내충격 설계기술 자립을 머지 않아 이룰 수 있으리라 생각한다. 이를 위해서 이 분야에 대한 국내 연구진의 더 많은 노력과 한국해군의 적극적인 지원을 기대한다.

### 참 고 문 헌

- [1] MIL-STD-901D, "Shock Tests, H.I.(High-Impact) Shipboard Machinery, Equipment, and Systems, Requirements for", 1989.
- [2] Lecture Notes, "A Short Course on Marine Structure Response to Underwater Explosions", Center for Mechanical Engineering TNO, Netherlands, 1994.
- [3] H.C., Pusey, "Summary of Panel Discussion about MIL-S-901D The Navy's Shock Test Specification at the 58th Shock and Vibration Symposium", 1987.
- [4] BUSHIP DWG 10-T-2145-L, HI Shock Testing Machine, Lightweight.
- [5] BUSHIP DWG 10-T-2145-L, HI Shock Testing Machine, Medium Weight.
- [6] NAVSEA 0908-LP-003-3010, "Shock Design Criteria for Surface Ships", 1976.
- [7] NAVSEA 0908-LP-003-3010A, "Shock Design Criteria for Surface Ships(Draft)", 1994.
- [8] NAVSHIPS 250-423-30, "Shock Design of Shipboard Equipment, Dynamic Design Analysis Method", 1961.
- [9] G.J., O'Hara and R.O., Belsheim, "Interim Design Values for Shock Design of Shipboard Equipment", NRL Memorandum Report 1396, 1963.
- [10] BV043, "Shock Resistance Experimental and Mathem-atical Proof", 1985.



정정훈

- 1962년 7월 12일생
- 1991년 2월 서울대학교  
조선해양공학 박사
- 1992년 3월~현재 한국기계연구원  
구조시스템연구부 선임연구원
- 관심분야 : 충격해석, 구조진동 해석



정태영

- 1952년 9월 15일생
- 1987년 6월 미국 MIT 해양공학 박사
- 1980년 8월~현재 한국기계연구원  
구조시스템연구 부장
- 관심분야 : 선박 및 해양구조물  
동력학, 유체유기진동



김병현

- 1956년 1월 26일생
- 1993년 2월 서울대학교 조선해양  
공학 박사
- 1982~현재 한국기계연구원  
구조시스템연구부 책임연구원
- 관심분야 : 구조진동해석,  
유한요소해석,  
동특성최적화,  
유연성해석, 내진해석