

# 수중 운동체의 진동시험 치구 해석 및 시험결과 분석

## Analysis of Simulation and Test Results of Submersible Vibration Test Fixture

\*#이창민<sup>1</sup>, 전관수<sup>1</sup>, 김재기<sup>1</sup>

\*#C. M. Lee(changmin.lee@lignex1.com)<sup>1</sup>, K. S. Jeon<sup>1</sup> J. K. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LIG 넥스원(주)

Key words : Modal Analysis, Resonance Frequency, Transmissibility, Vibration

### 1. 서론

함정에 탑재되는 장비는 프로펠러엔진과 또 다른 탑재되어 운용되는 다른 장비들에 의해 다양한 진동환경에 노출된다. 함정에서 발사되는 수중 운동체의 경우 발사 시의 진동과 충격 또한 중요하겠지만 실제적으로 발사 전까지 함정에 탑재되는 시간이 대부분이다. 이러한 경우 외부 진동이 수중 운동체에 지속적으로 작용한다면 장비의 구조적인 안정성에 큰 영향을 미치게 된다. 통상적으로 함정에 탑재되는 장비는 MIL-STD-810G에 따라 진동시험을 수행하고 구조적, 성능적인 안정성을 검증한다. 진동시험은 실제 환경에 대해 극한의 상황을 모사하게 되므로 장비는 진동시험기로부터 높은 진동에너지를 받게 된다. 이러한 시험을 진행하는 동안 진동시험기로부터 전달되는 에너지를 왜곡 없이 그대로 전달해야 한다. 본 논문에서는 진동시험치구설계 방법에 따라 진동시험치구를 해석하고 설계하며, 앞서 언급된 MIL규격에 의해 실제 진동시험을 수행하여 진동시험치구 설계의 타당성을 검증하였다.

### 2. 본론

함정에 탑재되는 장비는 통상 MIL-STD-810G내에 있는 Method 528에 의해 공진탐색시험, 가변주파수시험, 내구성시험 순으로 진행된다. 이 시험들 중 진동시험치구 설계 시 주요하게 고려되는 시험은 공진탐색시험과 가변주파수시험이지만 동일한 주파수에 가진 시간만 다르므로 보다 극한적인 환경인 가변주파수시험에 대해서만 언급한다. Table 1은 가변주파수시험의 규격이다.

Table 1 Variable Frequency Test

Frequency (Hz)	Displacement (mm)	Acceleration (g)
4 ~ 15	0.762 ± 0.152	0.05 ~ 0.69
16 ~ 25	0.508 ± 0.102	0.52 ~ 1.28
26 ~ 33	0.254 ± 0.051	0.69 ~ 1.11

Fig. 1과 2는 진동시험치구의 FE Model이다. X축을 함 진행방향으로, 이외의 축을 Y, Z축으로 정의하였다. 특별한 감쇠장치가 없으므로 비감쇠계의 강제진동계로 간주되며, 시험 주파수 내에서 치구에 의한 공진이 발생하지 않아야 한다. 입력되는 신호는 식 (1)과 같다. 방정식의 해는 정상진동상태에서 식(2)와 같으며, 전달율은 식(3)과 같다.

$$F = F_0 \sin \omega t \tag{1}$$

$$x = \frac{F_0/k}{1 - \omega^2/w_n^2} \tag{2}$$

$$T = \frac{1}{1 - \omega^2/w_n^2} \tag{3}$$

만약, 시험치구에서 전달율이 2배 이상 들어가지 않아야 한다면 진동시험치구의 공진주파수는 식(4)를 만족해야 한다.

$$w_n \geq \sqrt{2}w \tag{4}$$

본 시험의 진동시험 주파수 최대값은 33Hz이므로 진동시험치구는 47Hz이상의 공진주파수를 가져야 한다.

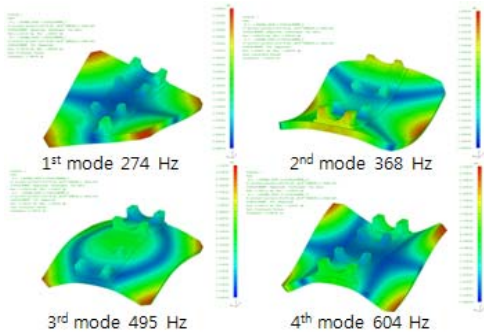


Fig. 1 From 1st to 4th mode of fixture (Y, Z axes)

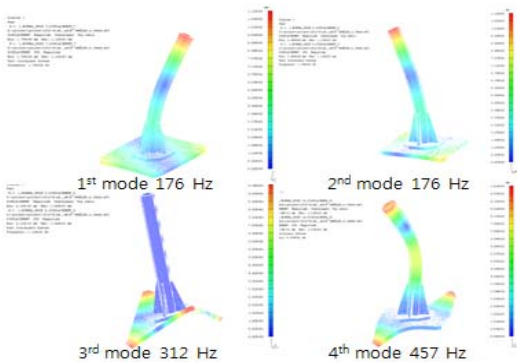


Fig. 2 From 1st to 4th mode of fixture (X axis)

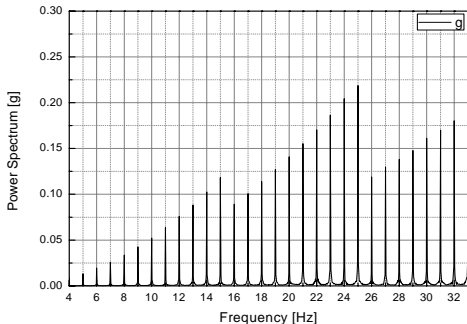


Fig. 3 Test result of X, Y and Z axes.

Fig. 1과 2에 나타나 있듯이 모드해석을 통해 얻은 진동시험치구의 1차 공진주파수는 Y, Z축 시험치구의 경우 274Hz, X축 시험치구의 경우는 176Hz로써 요구되는 공진주파수를 만족한다. Fig. 3은 X, Y, Z축 가변주파수시험의 가속도 응답 결과이다. 시험결과는 축에 관계없이 모두 동일하게 나타나는데 이유는 진동시험치구와 수중 운동체의 공진주파수가 시험주파수 범위 내에 포함되지

않기 때문이다. 또한 그래프에서 알 수 있듯이 Table 1의 규격대로 시험하였을 때, 신호의 왜곡과 전달율 증폭이 없이 신호를 제대로 전달하는 것을 알 수 있다.

### 3 결론

본 논문에서는 수중 운동체의 함정 탑재 상태에서 서 외부로부터 인가되는 진동에 대한 안정성을 검증하기 위해 진동시험치구를 설계하여 MIL-STD-801G에 따라 가변주파수시험을 수행하였다. 치구의 최대 전달율 2를 고려하였을 때 목표 공진주파수를 47Hz로 설정하였으며, 모드해석을 통해 이를 만족함을 알 수 있었다. 시험결과에서도 시험주파수인 4~33Hz 내에 공진주파수가 존재하지 않은 것을 확인할 수 있었고, 진동시험기에 의한 입력 신호의 왜곡이 없이 신호를 제대로 전달하는 것을 확인하였다.

### 참고문헌

1. 김도영, 남궁석, “진동시험 치구의 최적설계 및 제작에 관한 연구(I),” 한국 정밀공학회지, 6, 46~59, 1989.
2. 강영식, 김진천, 박광혁, 신영훈, “MIL-STD-167-1에 의한 홍상어 진동시험절차 표준화 및 신뢰성 진동시험치구 고찰,” 제 5회 시험평가기술 심포지엄.