

주포 사격시험을 이용한 함정의 모달테스트

A Modal Testing of Naval Vessel Using Main Gun Firing Test

박미유[†] · 한형석* · 조흥기*

Mi-You Park, HyungSuk Han, Heung-Gi Cho

1. 서 론

최근의 컴퓨터 능력향상과 유한요소 프로그램의 발전을 토대로 대상 구조물의 설계 개선을 목적으로 한 유한요소 해석이 실제 산업현장에서 많이 사용되어지고 있는데, 이러한 유한요소해석을 통한 대상 구조물의 동특성 해석에 있어서는 신뢰성 높은 유한요소모델의 수립이 매우 중요한 문제로 대두되고 있다. 즉, 실제 구조물의 동특성을 정확히 예측하는 해석결과는 얼마나 신뢰성이 높은 유한요소모델을 수립하는가하는 문제와 직결된다고 할 수 있는 것이다.

따라서 많은 경험과 노력을 통해 만들어진 모델을 대상으로 모달 테스트를 통해 관심주파수대역에 걸쳐 모델을 검증하고, 이 때 얻어진 데이터를 이용, 모델을 개선하는 (Model updating) 작업을 거치게 된다.

모달 테스트(Modal Testing)이란 충격망치(Impact Hammer)나 가진기(Exciter)를 이용하여 대상 구조물을 가진하고 가속도계 등을 이용하여 응답 신호를 측정, 분석함으로써 구조물의 고유진동수(Natural Frequency)나 모드형상(Mode Shape), 주파수응답함수(FRF : Frequency Response Function)와 같은 대상 구조물의 동특성을 구하는 실험으로서 이러한 모달 테스트의 실시에 있어서 가장 기초적으로 고려해야 할 사항은, 대상으로 하는 구조물의 관심주파수대역(Target Frequency Range)에 걸쳐 구조물 전체를 충분히 가진해 주어야 한다는 점이다.

따라서 충격망치나 가진기를 이용하여 가진 할 수 있는 대상 구조물의 중량과 크기에는 제한이 생길 수밖에 없게 된다.

본 연구에서는 이와 같이 중량과 크기의 제한으로 인하여 충격망치나 가진기로 가진하기 어려운 함정의 고유진동수 등을 얻기 위한 모달 테스트 방법으로써 함정의 시운전 항목 중 하나인 주포 사격시험을 이용하여 그 결과와 가능성, 향후 진행방향에 대하여 고찰해 보았다.

2. 함정 모달테스팅의 개요

모달테스팅이란 앞서 언급한 바와 같이 충격망치나 가진기를 이용하여 대상 구조물을 가진하고 응답신호를 측정/분석함으로써 대상 구조물의 동특성을 얻는 실험으로, 대상 구조물이 대형화, 복잡화하게 되면 가진에 있어서 구조물의 중량과 크기에 큰 제한이 따르게 된다.

즉, 대상구조물이 복잡화되고 대형화하게 되면 그에 따라 구조물의 중량이 크게 증가하게 되고 관심주파수영역에 대해 구조물 전체를 충분히 가진해 주기 어렵게 되며, 구조물 전체를 가진하고자 가진력을 증가시키게 되면 가진점 부근에서는 비선형성(Non-linearity)이 크게 발생하게 되며 구조물이 손상을 입을 가능성 또한 높아지게 된다.

이런 이유로 그동안 대형구조물을 대상으로 하는 모달테스팅은 상당히 제한적으로 실시 될 수밖에 없었으며, 모달테스팅이 여의치 않을 경우 대상 구조물이 가동하는 동안 발생하는 신호를 받아서 구조물의 동특성을 추측하는 연구가 진행되어 왔거나 이 방법도 여의치 않을 경우에는 유한요소모델을 만들어서 동특성을 추측하는 방향으로의 연구가 진행되어져 왔다. 하지만 이는 필연적으로 많은 오차를 수반하게 되며 동특성의 정확한 값을 얻을 수가 없게 된다.

본 논문에서는 이와 같이 일반적인 방법으로는 가진하기 어려운 대형 함정을 대상으로 모달테스팅을 실시하는 방법을 연구하였다. 대상 함정은 Fig. 1에서와 같은 KDX-III 구축함으로서 제원은 Table 1과 같다.



Fig. 1 Target Naval Vessel (KDX-III)

† 교신저자, 국방기술품질원 부산센터 함정체계연구팀
E-mail : hanhim@dtaq.re.kr
Tel : (051) 750-2535, Fax : (051) 758-3992

* 국방기술품질원 부산센터 함정체계연구팀

Table 1 Specification of KDX-III

배수량(톤)	만재배수량 : 1△,△△△
크기(m)	1△△X△△X△(길이X폭X흘수선)
승무원(명)	△△△

함정의 경우 배가 해군에 정식으로 인도되기에 앞서 실시하는 각종 시운전 항목 중 주포의 성능 및 선체의 안전성을 확인해 보는 주포 사격시험 항목이 포함되어있다. 주포의 사격은 다양한 각도와 고각으로 실시하게 되며 동일한 탄과 장약을 사용하게 됨으로써 동일한 가진력을 가지고 다양한 각도로 가진을 하게 되는 효과를 낼 수 있게 된다. 또한 파고가 높지 않은 날 낮은 속력으로 항해하며 사격을 하게 됨으로써 함의 경계조건이 자유단과 유사한 조건을 갖게 된다.

3. 실험 및 결과

측정은 Fig. 2에서와 같이 선체의 주된 골격에서 선체좌우, 상하방향의 응답을 측정하기 위하여 3점에 가속도계를 설치하고 실시하였다. 주된 모드가 굽힘 및 비틀림 모드일 것이기에 길이방향으로의 측정은 제외하였다.



Fig. 2 Measurement Point(Left-side)

대상주파수 범위는 100Hz까지로, 주파수 간격은 1Hz로 설정하였으며 측정은 Table 2에서와 같이 5개 방향으로의 사격이 실시되는 동안 진행되었다. 각각의 발사 간격은 충분해서 앞선 발사에서 잔류진동은 충분히 감쇄되었다.

Table 2 Direction and High Angle of Firing Test

	방향(Degree)	고각(Degree)
1	90	0
2	228	17
3	270	44
4	90	44
5	132	17

측정 결과는 Fig. 3, 4와 같았다. 그림에서와 같이 3점에

서 측정된 데이터에서 공진점이 측정됨을 알 수 있으며 주파수 대역이 증가함에 따라 광대역 모드(Global Mode)가 아닌 부분 모드(Local Mode)가 나타남을 알 수 있다.

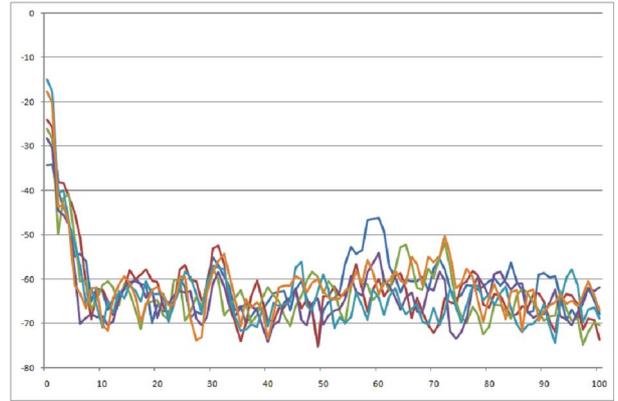


Fig. 3 Measurement Result of Case 2 & 5

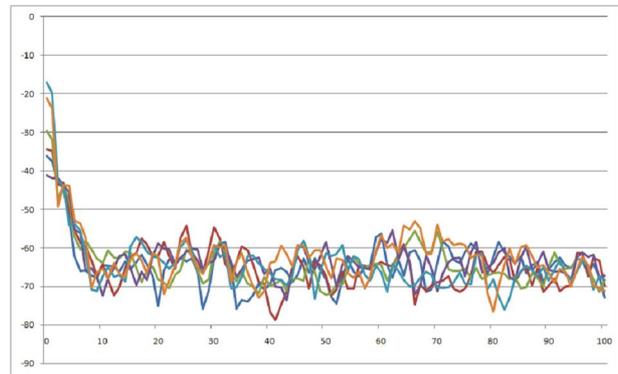


Fig. 4 Measurement Result of Case 3 & 4

4. 결론 및 향후 계획

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 함정의 주포 사격시험을 통해 대형 구조물인 함정의 공진주파수를 찾는 모달테스팅을 수행할 수 있었다.
- (2) 모달테스팅의 결과 여러 지점에서 측정된 데이터를 통해 저주파수 대역에서 광대역모드가 나타남을 확인할 수 있었다.
- (3) 향후 발사탄의 장약량을 통한 폭발력을 계산하여 함정에 가해지는 가진력을 계산하고 이를 토대로 모드형상을 구할 수 있을 것으로 판단된다.