

수중폭발에 의한 원통형 배열센서의 구조 응답 및 안정성 해석

Structural Response and Reliability of a Cylindrical Array Sensor due to Underwater Explosion

전수홍* · 홍진숙** · 정의봉† · 서희선*** · 조요한***

Soohong Jeon, Chinsuk Hong, Weui Bong Jeong, Hee-Seon Seo and Yo Han Cho

1. 서 론

잠수함에서 운용하는 소나들은 수중 위협세력들의 정보를 획득하기 위한 중요한 장비이다. 수중폭발에 의해 발생하는 충격파는 직접 또는 간접적으로 소나에 충격을 주게 된다. 이러한 충격이 소나의 파손으로 이어질 경우에 잠수함의 전투능력에도 치명적인 영향을 주게 된다. 따라서 잠수함에 탑재된 소나의 수중폭발에 대한 내충격 성능 및 구조 안정성에 대한 평가가 필요하다.

본 연구에서는 BV-043과 MIL-STD-901D에서 제시하는 절차에 따라 잠수함에 부착된 원통형 배열센서의 수중폭발에 대한 내충격 성능 및 구조 안정성을 평가할 수 있는 M&S 기법을 구축하였다. 구조안정성 평가는 요소 및 시간별로 소나 구조물 내에 발생한 최대응력분포를 구하여 von-Mises법으로 실시하였다.

2. 원통형 배열센서의 유한요소 모델링

구조안정성 평가를 위한 원통형 배열센서의 구조는 Fig. 1과 같으며 드럼, 배열센서, 마운트, 받침대로 구성되어 있다. 구조물의 유한요소 모델에 대한 신뢰성을 확인하기 위하여 모드해석을 실시하였으며 초기모드 5개를 Fig. 2에 나타내었다. 각 모드의 형상이 각 방향에 대한 거동을 잘 표현하고 있으므로 응답특성을 알아보기에 적합한 모델링이 구축되었음을 알 수 있다.

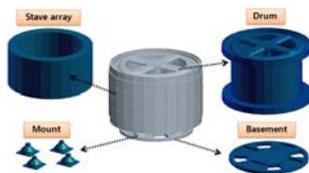
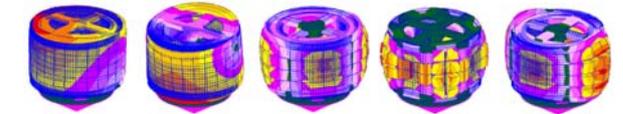


Fig. 1 원통형 배열센서 구조물



(a) 1st mode (b) 2nd mode (c) 3rd mode (d) 4th mode (e) 5th mode

Fig. 2 구조물의 고유모드

3. 선체진동에 의한 구조물의 응답특성해석

잠수함 선체를 통하여 전파된 충격은 원통형 배열센서의 받침대를 통하여 전달된다. 이때 받침대에 입력되는 파형은 Fig. 3과 같이 BV-043에서 제시하는 충격 DVA선도와 충격 가속도 신호로 나타낼 수 있다.

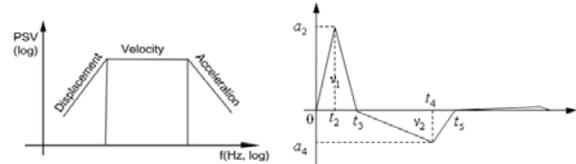


Fig. 3 충격 DVA 선도와 충격 가속도 신호

해석된 결과는 식(1)을 이용하여 von-Mises 응력을 유도하고 재료의 항복응력과 비교하여 구조 안정성을 평가하였다.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}, \quad (1)$$

여기서 σ_e 는 von-Mises 응력이며 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 은 각 방향의 주응력이다.

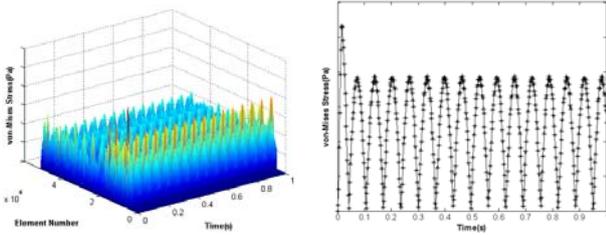
충격 가속도 신호를 수직방향, 횡방향과 종방향에 대하여 받침대에 입력하고 MSC/NASTRAN을 이용하여 과도해석을 수행하였다. 각 방향에 대한 충격 가속도를 입력한 경우의 요소와 시간에 따른 von-Mises 응력변화와 각 시간별 전체요소에서의 최대응력을 Fig. 4, 5와 6에 나타내었고, 전체시간 동안에 구조물 각 요소에 발생한 최대응력을 추출하여 Fig. 7과 같이 구조물에 맵핑하였다. 해석결과로부터 수직방향 충격 가속도 입력 시 구조물 내에서 최대응력이 발생하는 지점은 드럼의 윗부분과 아랫부분이었으며, 횡방향과 종방향의 충격 가속도 입력 시에는 드럼의 기둥부분과 아랫부분이었다. 구조물 항복응력대비 최대응력의 비는 각각 10.6%, 4.5%와 2.1%로 확인되었다.

† 교신저자; 부산대학교 기계공학부
E-mail : wbjeong@pusan.ac.kr
Tel : (051) 510-2337, Fax : (051) 517-3805

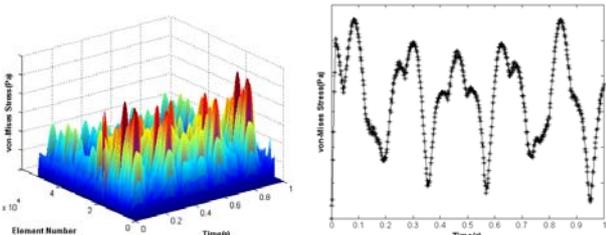
* 부산대학교 대학원 기계공학부

** 울산과학기술대학교 디지털기계학부

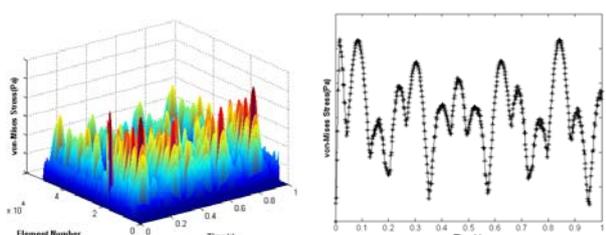
*** 국방과학연구소



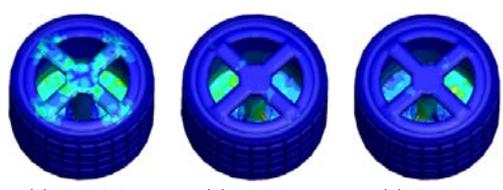
(a) 요소별, 시간별 응력 (b) 시간별 최대응력
Fig. 4 수직방향 충격 가속도 입력 시 구조물의 응력변화



(a) 요소별, 시간별 응력 (b) 시간별 최대응력
Fig. 5 횡방향 충격 가속도 입력 시 구조물의 응력변화



(a) 요소별, 시간별 응력 (b) 시간별 최대응력
Fig. 6 종방향 충격 가속도 입력 시 구조물의 응력변화



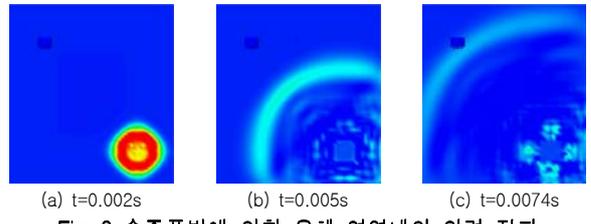
(a) 수직방향 (b) 횡방향 (c) 종방향
Fig. 7 충격 가속도 입력 시 구조물의 최대응력분포

4. 수중폭발 충격파에 의한 구조물의 응답특성해석

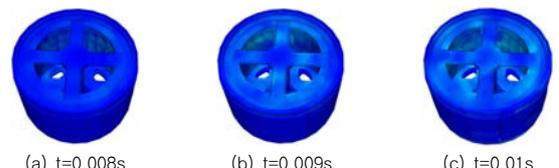
수중폭발 시에 발생하는 충격파의 직접 전파에 의한 응답은 MIL-STD-901D에서 제시하는 방법에 따라 해석영역을 설정하고 구조물과 폭발물을 위치시켰다. MSC/DYTRAN을 이용하여 유체-구조 연성해석을 수행하였으며, 폭발물은 JWL 모델을 적용하였으며 TNT에 대한 물성치를 사용하였다.

수중폭발 이후의 압력전파 과정은 Fig. 8과 같으며, 수중폭발력이 구조물에 전달된 이후에 발생하는 구조물의 응력 분포는 Fig. 9와 같다. 수중폭발 해석을 수행한 경우의 요소와 시간에 따른 von-Mises 응력변화와 각 시간별 전체 요소에서의 최대응력을 Fig. 10에 나타내었고, 전체시간에서 구조물 각 요소에 발생하는 최대응력을 맵핑한 결과는

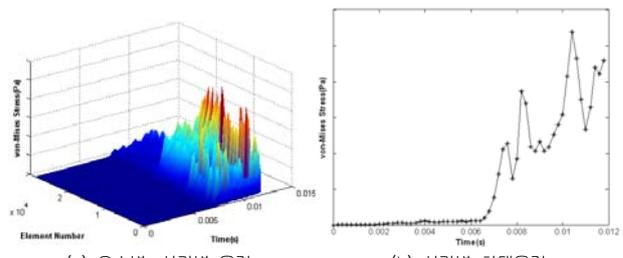
Fig. 11과 같다. 수중폭발 해석결과에서 센서 주변 및 받침대에서 큰 응력이 발생하였고, 구조물 항복응력대비 최대응력의 비는 약 21.5%로 확인되었다.



(a) t=0.002s (b) t=0.005s (c) t=0.0074s
Fig. 8 수중폭발에 의한 유체 영역내의 압력 전파



(a) t=0.008s (b) t=0.009s (c) t=0.01s
Fig. 9 수중폭발력이 구조물에 전달된 이후의 응력변화



(a) 요소별, 시간별 응력 (b) 시간별 최대응력
Fig. 10 수중폭발 충격 전달 시 구조물의 응력변화

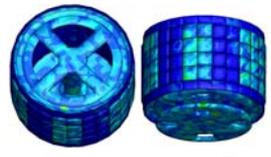


Fig. 11 수중폭발 충격 전달 시 구조물의 최대 응력분포

5. 결 론

잠수함에 부착되어 수중 탐지 장비로 사용되는 소나에 대한 구조 응답 및 안정성을 평가할 수 있는 M&S 기법을 수립하고, 원통형 배열센서에 대하여 해석 및 평가를 실시하였다.

BV-043에서 제시하는 내충격 해석을 수직방향, 횡방향과 종방향에 대하여 수행한 결과, 구조물 내부에 작용하는 모든 방향의 최대응력은 항복응력 대비 약 11% 미만으로 선체에서 전달되는 충격에 대하여 안전한 것으로 평가할 수 있었다. 그리고 수중폭발을 수행한 결과, 구조물의 최대응력은 항복응력 대비 약 22% 미만으로 직접적으로 충격파가 전파되는 경우에 대해서도 안전한 것으로 평가되었다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.