

# 하이드로폰 스테이브의 충격 특성 해석

## Shock Response Analysis of a Hydrophone Stave

조치영† · 김경섭\* · 서희선\* · 조요한\* · 홍진숙\*\* · 노용래\*\*\*

Cheeyoung Joh, Kyungseop Kim, Heeseon Seo, Yo-Han Cho, Chinsook Hong, and Yongrae Roh

### 1. 서 론

일반적으로 잠수함은 다양한 표적으로부터의 방사소음 및 신호를 탐지(detection)하고 표적의 위치추정(localization), 식별(classification), 추적(tracking) 등의 임무를 수행하기 위해 많은 종류의 소나(sonar)를 탑재하고 있다. 은밀성이 중요한 잠수함의 특성상 수동소나(passive sonar)가 주된 역할을 하는데, 소나 센서에는 일반적으로 다수의 하이드로폰이 선형으로 배열된 스테이브가 운용 목적에 따라 다양한 구조의 배열 형태로 선체 측면 외부에 설치된다.

그런데 잠수함 등 소나체계를 탑재한 플랫폼이 수중에서 운용될 때 수중으로부터 다양한 종류의 진동 및 충격을 받게 되는데, 그 중에서도 특히 기뢰와 같은 수중폭발에 의한 충격하중을 설계에 고려하는 것은 필수적이다. 본 연구에서는 잠수함 수동소나의 하이드로폰 스테이브에 대해 유한요소

해석을 통하여 수중 폭발에 의한 하이드로폰의 충격 응답 특성을 고찰하였다.

수중배열센서의 스테이브는 수중에서 전달되는 표적의 음향신호를 전기신호로 변환하는 장치이며, 본 논문에서는 그림1과 같은 형상의 하이드로폰 스테이브를 고려하였다.

### 2. 수중 폭발하중 모델링

수중에서 다량의 폭약이 폭발하면 고온, 고압의 가스가 발생하게 된다. 수중폭발에 의한 압력변화는 식(1)과 같이 지수함수 형태로 감소하는 근사식을 이용할 수 있다.

$$P(t) = P_{\max} e^{-\frac{t-t_1}{\theta}} ; t \geq t_1 \quad (1)$$

여기서  $t$ 는 폭발이 발생한 시점부터 경과한 시간,  $t_1$ 은 폭발이 발생한 시점부터 충격과가 목표물에 도달하는데 걸리는 시간으로 각각 msec 단위로 표현된다.  $P_{\max}$ 는 충격과의 최대압력이며,  $\theta$ 는 감쇠 상수로 식(2)와 같이 표현된다.

$$P_{\max} = K_1 \left( \frac{W^{1/3}}{R} \right)^{A_1} \quad (\text{psi})$$

$$\theta = K_2 W^{1/3} \left( \frac{W^{1/3}}{R} \right)^{A_2} \quad (\text{msec}) \quad (2)$$

여기서  $K_1, A_1, K_2, A_2$ 는 폭약의 종류에 의해 결정되는 상수이며  $W$ 는 사용한 폭약의 양(pound)이며,  $R$ 은 폭약과 목표물 사이의 거리(ft)이다. 폭약의 양과 거리를 임의로 설정하고 식(2)을 이용하여 구해진 폭약의 종류에 따른 압력변화는 그림 2와 같다.

이러한 폭발 압력이 수중에서 전파되어 하이드로폰 스테이브가 장착된 배열센서 표면에 직접 가해지는 압력은 유한요소 모델링 및 해석을 통하여

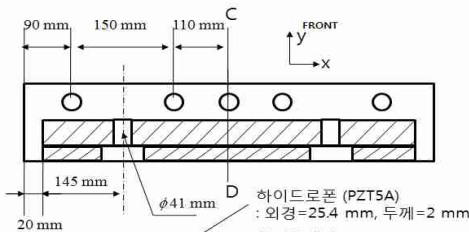


그림 1. 하이드로폰 스테이브의 구조

† 교신저자; 국방과학연구소  
E-mail : cyjoh@add.re.kr  
Tel : (055) 540-6323, Fax : (055) 542-3737

\* 국방과학연구소  
\*\* 울산과학기술대학교  
\*\*\* 경북대학교

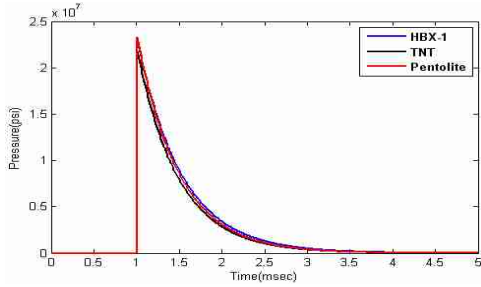


그림 2. 수중 폭발에 의한 압력의 변화

예측할 수 있다. 그런데 유한한 영역을 모델링할 경우 해석 결과의 정확도를 향상시키기 위해서는 모델 경계면에서의 무반사 경계조건을 정확하게 구현하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 PML (Perfectly Matched Layer) 기법을 사용하였다. 그림 3은 수중폭발에 의한 유체영역 내에서의 압력 전파를 그린 것이다.

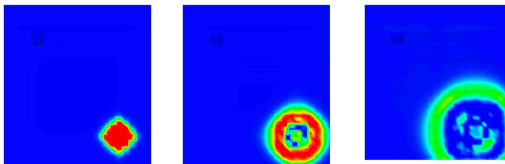
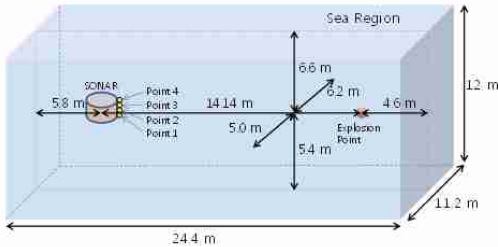


그림 3. 수중폭발 모델링 및 압력의 전파

### 3. 해석 결과

수중 폭발하중에 의한 하이드로폰 스테이브의 위치에 따른 발생 압력을 비교하기 위하여 표면 4군데에서 압력을 계산하였는데, 그림 4에서와 같이 그 차이가 크지 않음을 알 수 있었다. 이러한 스테이브 표면의 압력에 의한 스테이브 내의 하이드로폰에 유기되는 전압의 크기를 계산하기 위해 표면에 그림 4의 압력을 분포하중으로 인가하였으며, 이 때 발생하는 하이드로폰 세라믹 발생 전압을 그림 5에 도시하였다.

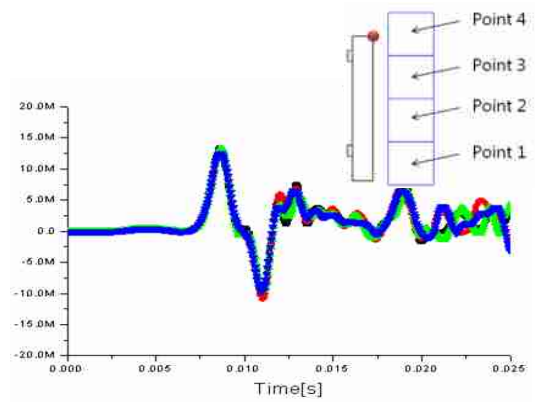


그림 4. 수중 폭발에 의한 스테이브 표면의 압력

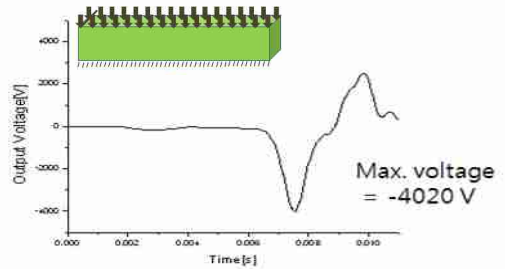


그림 5. 수중 폭발에 의한 하이드로폰 유기 전압

그림 6은 인가된 압력에 의해 내부 주요 구성품에 발생하는 응력의 크기와 분포를 해석한 결과로서 마운트 고정부 및 하부 배플 구조물에 상대적으로 큰 응력이 발생하는 것을 알 수 있다.

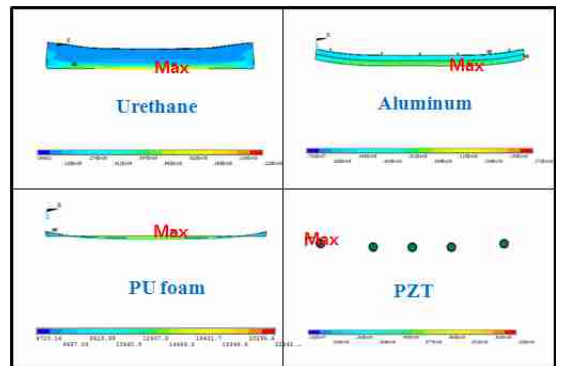


그림 6. 스테이브 구성품의 유기 응력 분포