한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 637~638

수중방음재의 방음성능 해석방안 연구

A Study on the Analysis of Decoupling Performance of Underwater Decoupling Material

서영수† · 함일배*· 전재진*

Seo Young Soo, Ham Il Bae and Jeon Jae Jin

1. 서 론

수중몰수체로부터 발생하는 소음은 매우 중요한 문제이다. 이러한 수중몰수체의 소음을 감소시키기 위하여 오래전부터 많은 연구가 진행되었다. 대표적인 소음원으로 수중몰수체 내부의 기계류가 있다. 이러한 기계류에서 발생된 진동과 소음은 선체를 가진하여 외부로 방사되어 수중몰수체의 탐지확율을 높인다. 수중몰수체의 수중방사소음을 줄이기 위해서 선체 외부에 방음재료를 부착하여 외부로 방사되는 소음을 저감하기 위한 방법이 사용된다. 본 연구에서는 해석적인 모델을 통하여 수중 방음재료의 방음특성을 모델링하고 수치적으로 계산하였다. 그리고 방음성능 및 투과손실 간의 관계를 통해 방음재료의 특성에 대해 연구하였다.

2. 본 론

2.1 해석방안

Fig. 1은 일반적인 방음재료가 부착되지 않는 선체와 선체에 방음재료가 부착된 단순화된 2차원 모델이다. 선체만 있을 경우 외부의 가진이 있을 때 임의의 지점 (r,z)에서의 음압은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$p(R,\theta)=-\frac{i\omega\rho_0 F e^{ik_0 R}}{2\pi R}\frac{1}{Z_p+Z_0} \tag{1}$$

† 교신저자; 정회원, 국방과학연구소
E-mail : ysseo.korea@gmail.com
Tel : 055-540-6343, Fax : 055-542-3737
* 국방과학연구소

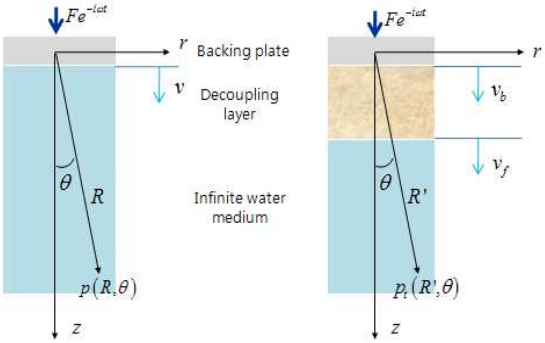

Fig. 1 Configurations of decoupling model

여기서 Z_p는 선체의 기계적 임피던스이고 Z_0는 내부 유체의 음향임피던스이다. 그리고 방음재가 부착된 경우 전체 임피던스와 경계면에서의 변위는 방음재와 유체의 임피던스를 포함하는 입력 임피던스 Z_r을 이용하여 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$Z=Z_p+Z_r \tag{2}$$

$$w_f(\gamma)=\frac{iF}{2\pi\omega}\left[Z_p(\gamma)+Z_r(\gamma)\right]^{-1} \tag{3}$$

그리고 선체에 외부 가진이 있을 때 음압은 아래와 같다.

$$p_t(R',\theta)=-i\omega Z_0(\gamma)w_b(\gamma)e^{i(z-H)\sqrt{k_0^2-\gamma^2}} \tag{4}$$

w_b는 수중방음재의 전달행렬을 구성하여 구할 수 있으며 전달행렬은 아래와 같이 정의될 수 있다.

$$\begin{pmatrix} p_f(\gamma) \\ v_f(\gamma) \end{pmatrix}=\{T(\gamma)\}\begin{pmatrix} p_b(\gamma) \\ v_b(\gamma) \end{pmatrix} \tag{5}$$

$$\{T(\gamma)\}=\prod_{i=1}^{N}\{T_i(\gamma)\}=\begin{Bmatrix} T_{11}(\gamma) & T_{12}(\gamma) \\ T_{21}(\gamma) & T_{22}(\gamma) \end{Bmatrix} \tag{6}$$

$$\{T_i(\gamma)\}=\begin{pmatrix} \cos(\xi_i h_i) & -iZ_i\sin(\xi_i h_i) \\ -i\dfrac{\sin(\xi_i h_i)}{Z_i} & \cos(\xi_i h_i) \end{pmatrix} \tag{7}$$

Fig. 1에서 수중 방음재가 부착된 경우 방음재 상부와 하단의 속도 비는 아래의 식과 같다.

$$\frac{v_f}{v_b}=\frac{w_f}{w_b}=T_{21}Z_0+T_{22} \tag{8}$$

식 (3)과 (6)을 식 (4)에 대입하여 정리하면 음압은 다음과 같다.

$$p_t(R',\theta)=-\frac{i\omega\rho_0 F e^{ik_0R'}}{2\pi R'}\frac{1}{T_{11}Z_0+T_{12}+Z_p[T_{21}Z_0+T_{22}]} \tag{9}$$

따라서 수중방음재에 의한 방음성능을 다음식과 같이 정리될 수 있다.

$$\begin{aligned} IL_{p1} &= \left|\frac{p_t(R',\theta)}{p(R,\theta)}\right| \\ &= 20Log\left|\frac{Z_p/Z_0+1}{T_{11}+T_{12}/Z_0+Z_p(T_{21}+T_{22}/Z_0)}\right| \end{aligned} \tag{10}$$

수중 방음재의 방음성능과 음향투과손실은 아래의 삭과 같이 정의할 수 있다.

$$TL=20Log\left|\frac{2}{Z_p(T_{21}+T_{22}/Z_0)+T_{11}+T_{12}/Z_0}\right| \tag{11}$$

식 (11)을 식 (10)에 대입하여 정리하면 수중방음재의 방음특성과 음향투과손실 사이의 관계를 알 수 있다.

$$\frac{w_f(\gamma)}{w(\gamma)}=\frac{Z_p(\gamma)+Z_0(\gamma)}{Z_p(\gamma)+Z_r(\gamma)} \tag{12}$$

$$IL_{p2}=20Log|Z_p/Z_0+1|+TL-6 \tag{13}$$

2.3 해석결과

Fig. 2와 Fig. 3은 임의의 수중 방음재에 대한 해석결과 이다. Fig. 2는 방음재의 속도비를 나타낸 것이다. 그림을 보면 2000Hz이상의 영역에서 방음재 상하부의 속도비와 방음성능이 같음을 알 수 있다. 그리고 Fig. 3은 방음성능과 음향투과손실 사이의 관계를 나타낸 그림이다. 저주파수 영역에서는 음향투과손실이 방음성능보다 크며 주파수가 증가함에 따라 방음성능이 음향투과손실보다 큰 것을 알 수 있다.

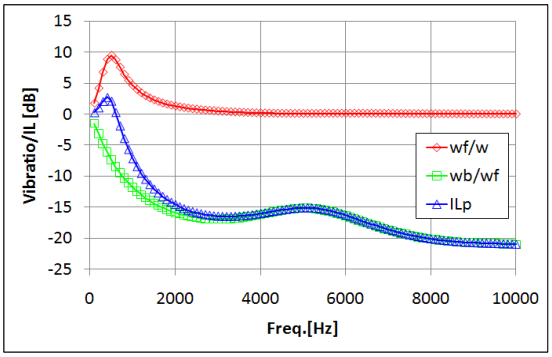

Fig. 2 Comparison between the plate and the decoupling layer vibration

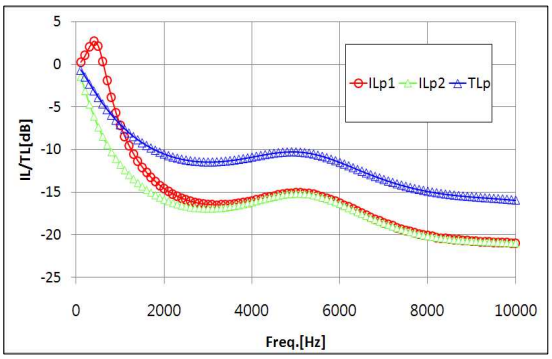

Fig. 3 Comparison between the sound transmission loss and pressure insertion loss

3. 결 론

본 논문에서는 재료의 특성임피던스를 이용하여 수중방음재의 방음성능 해석방안에 대해 연구하였다.