

# 함정의 수중소음 전달경로에 대한 연구

## Research of Under Water Radiated Noise Transfer Paths in Naval Vessel

이경현 † · 한형석\*

Lee Kyung Hyun, Han Hyung Suk

**Key Words** : Underwater Radiated Noise(수중방사소음), Naval Vessel(함정), Transfer function(전달함수)

### 1. 서 론

수중방사소음이 큰 함정은 잠수함의 수동소나에 의해 탐지되거나 어뢰에 피격될 확률이 증가하게 된다. 따라서 수중방사소음은 함정의 생존성과 밀접한 관련이 있는 매우 중요한 특수성능 중 하나이다.

함정의 수중방사소음은 CIS(Cavitation inception speed)이하의 속력에서는 함정에 설치된 장비들, 예를 들어 펌프류, 발전기 등과 같은 가진원들에 의한 고체소음이 주를 이루는 것으로 알려져 있다. 그리고 CIS 이상의 속력에서는 캐비테이션 소음이 함정의 수중방사소음의 주를 이룬다. 기계류 소음의 경우 소음을 줄이기 위해서는 소음원의 수중방사소음 전달경로에 대한 연구를 통해 소음원의 중요도와 전달경로의 문제점에 대한 고찰이 필요하다.

본 연구에서는 CIS 미만의 속력에서 수중소음의 주된 성분인 탑재장비 진동과 수중방사소음으로 직접적으로 전달되는 수면 하 선체진동간의 전달함수를 도출하였다. 수중방사소음 전달 경로를 선형시스템으로 수학적으로 모델링하였으며 전달함수 분석을 통하여 소음원과 소음전달경로에 대한 분석을 수행하였다.

### 2. 수중소음 전달경로에 대한 수학적 모델링

수중방사소음에 영향을 크게 미치는 장비인 발전

기, 중압공기압축기, 해수펌프를 가동하였을 때 수면 하 선체진동과 장비진동 간에 전달함수를 도출하기 위해서는 진동전달에 대한 수학적 모델링이 필요하다. 진동전달 경로는 Figure 1과 같이 모델링하였으며 발전기 진동은 마운트 하단에서 2지점 계측하여 평균하였으며 x방향진동을 x1, y방향 진동을 x2, z방향 진동을 x3라 하였다. 그리고 중압공기 압축기 진동도 같은 방법으로 계측하였으며 x방향진동을 x4, y방향 진동을 x5, z방향 진동을 x6이라 하였으며 해수펌프 역시 x방향진동을 x7, y방향 진동을 x8, z방향 진동을 x9라 하였다. 그리고 수면하 선체 진동은 총 선수 4개 지점 선미 4개 지점 총 8개 지점에서 수직방향에 대한 진동만 계측하여 평균하여 진동값을 y라 하였다. 신호는 동일한 장비에서 계측된 신호만 correlated 되어 있다고 가정하였다. 예를 들어 x1,x2,x3의 경우 서로 correlated 되어 있지만 x4~x8 과 uncorrelated 되어 있다고 가정하였다.

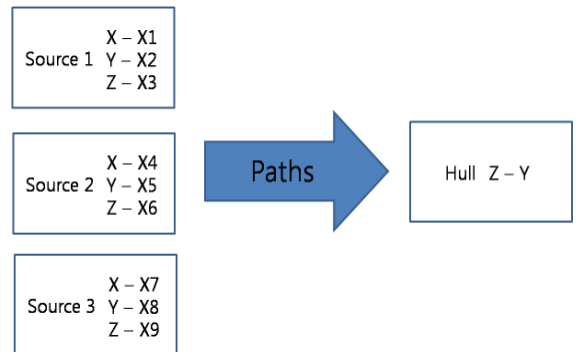


Figure 1 장비진동 전달경로

† 교신저자; 정회원, 국방기술품질원

E-mail : sam1717@snu.ac.kr

Tel :051-750-2566, Fax :051-758-3992

\* 국방기술품질원

y에대한 Fourier spectrum을  $Y(f)$ 라 하고  $x_i$ 에 대한 Fourier spectrum을  $X_i(f)$ 라 하고 전달함수를  $H_i(f)$ , 노이즈 성분  $n(t)$ 의 Fourier spectrum을  $N(f)$ 라 했을 때  $Y(f)$ 는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$Y(f) = H_j(f)X_j(f) + N(f) \quad (1)$$

양변에  $X_i(f)$ 의 complex conjugate인  $X_i^*(f)$ 를 곱해주면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$X_i^*(f)Y(f) = X_i^*H_j(f)X_j(f) + X_i^*N(f) \quad (2)$$

이를 다시  $x_i, y$ 의 cross-spectrum 인  $G_{iy}$ 와  $x_i, x_j$ 의 cross-spectrum 인  $G_{ij}$ 로 표현을 하면 다음과 같다.

$$G_{iy}(f) = H_jG_{ij}(f) + G_{in}(f) \quad (3)$$

노이즈성분이  $x_i$ 와 uncorrelated되어 있다고 가정하면 (3)식은 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$G_{iy}(f) = H_jG_{ij}(f) \quad (4)$$

이를 다시 행렬로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} G_{1y} \\ G_{2y} \\ G_{3y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} G_{4y} \\ G_{5y} \\ G_{6y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{44} & G_{45} & G_{46} \\ G_{54} & G_{55} & G_{56} \\ G_{64} & G_{65} & G_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_4 \\ H_5 \\ H_6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} G_{7y} \\ G_{8y} \\ G_{9y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{77} & G_{78} & G_{79} \\ G_{87} & G_{88} & G_{89} \\ G_{97} & G_{98} & G_{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_7 \\ H_8 \\ H_9 \end{bmatrix}$$

식 (5)를 통해 역행렬을 이용하여 전달함수  $H_i(f)$ 를 구할 수 있다.

### 3. 전달함수 분석

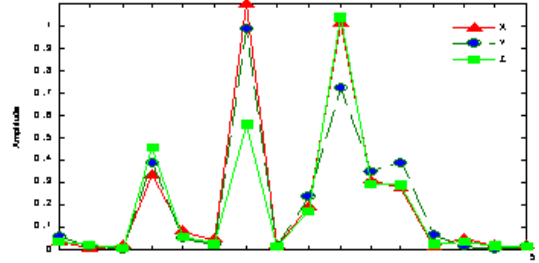
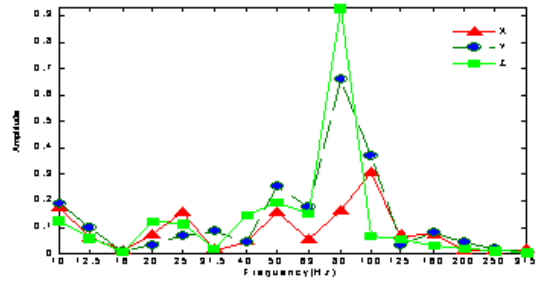
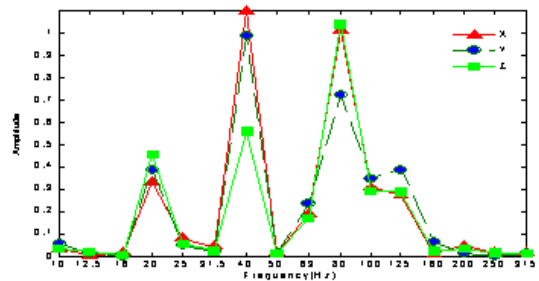


Figure 2 발전기 진동 전달함수



3 중압공기압축기 진동 전달함수



4 해수펌프 진동 전달함수

식 (5)를 이용하여 전달함수를 구하면 Figure2-4와 같다. 전달함수를 살펴보면 발전기의 경우 z방향 진동 전달이 x,y 방향 진동에 비해 선체에 크게 전달되고 있음을 알 수 있으며 해수펌프는 발전기, 중압 공기압축기와 비교했을 때 선체로 진동이 전달되는 경로에 문제가 있음을 알 수 있다.

### 4.결 론

(a) 함정의 장비류 진동에 의한 수중소음 전달경로를 Multiple input - single output 시스템으로 모

모델링하여 전달함수를 도출하였다.

(b) 시스템을 수학적으로 정확하게 모델링하면 전달함수를 통하여 전달경로 및 소음원 문제에 대한 분석을 수행할 수 있다.

### 참 고 문 헌

(1) 한형석, 박미유, 이경현 “수중 피탐가능성 최소화 및 함승조원 전투력 향상을 위한 함정 진동 적용 기준 강화 연구”, 국방기술품질원, 2011

(2) Julius S. Bendat, "Random Data : Analysis and Measurement Procedures", Wiley Inter-Science, 2000