

곡면배열 센서의 자체소음저감 특성 연구

Characteristics of Self-Noise Reduction in the Conformal Sensor Array

김혜림* · 정대영** · 이종길† · 김정석***

Hye-rim Kim, Dae-yong Jeong, Jongkil Lee, Jeong-suk Kim

용될 수 있을 것이다.

1. 서 론

곡면배열 센서의 설계에는 수중에서의 UUV (Unmanned Underwater Vehicle) 운동에 의한 유체 유동소음이 문제가 된다. 자체소음(Self-noise)은 UUV 추진에 의해 발생하는 추진기 소음과 유체유기소음 등이다. UUV가 저속으로 운항할 경우 자체소음은 매우 적지만 고속에서는 자체소음은 주변소음보다 크게 된다⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾. 곡면배열 센서가 구조물에 묻혀 있는 경우에 난류 유동 벽면 압력으로 인한 센서의 주파수 스펙트럼 밀도 함수(Frequency spectral density function) $Q(\omega)$ 는 다음의 식 (1)과 같이 표현된다⁽¹⁾.

$$Q(\omega) = 2\pi \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} P(k_x, k_y, \omega) S(k_x, k_y) \times A(k_x, k_y) T(k_x, k_y, \omega) dk_x dk_y \quad (1)$$

여기서, $P(k_x, k_y, \omega)$ 는 Corcos 난류 벽면 압력(Corcos turbulent wall pressure), $S(k_x, k_y)$ 는 형상 함수, $A(k_x, k_y)$ 는 배열 함수, $T(k_x, k_y, \omega)$ 는 전달 함수이다. k_x 및 k_y 는 각각 x 방향 및 y 방향으로의 파수(wave number)이다. 본 논문에서는 주파수 밀도 함수의 적분값 변화를 관찰하기 위하여 전달함수 $T(k_x, k_y, \omega)$ 의 구성 요소인 주파수 응답 함수(FRF, Frequency Response Function) $H_m(\omega)$ 를 수치해석하였다. 센서에 영향을 미치는 여러 가지 인자들의 특성은 향후 곡면배열 센서 설계에 기초 자료로 활용

2. 수치 해석 및 결과 고찰

곡면배열 센서는 선체 혹은 UUV의 벽면에 견고하게 부착되어 있다. 이런 경우 지지 평판의 진동은 주파수 응답 함수(FRF)를 계산하면 알 수 있는데 $H_m(\omega)$ 와 $m \rightarrow n$ 일 때 $H_m(\omega)$ 의 공액 복소수(complex conjugate)인 $H_n^*(\omega)$ 의 곱의 크기 즉 $|H_m(\omega)H_n^*(\omega)|$ 이 식 (1)의 주파수 밀도 함수에서 전달함수 $T(k_x, k_y, \omega)$ 에 해당한다⁽⁶⁾.

곡면배열 센서가 고분자 재료에 묻혀 있을 때 전달함수는 $|H_m(\omega)H_n^*(\omega)|$ 의 값의 변화를 통하여 알 수 있다. 외부 주파수에 따른 변위의 관계를 3차원 그래프로 표현한 것이 Fig. 1이다. 이 경우 m_x 와 m_y 는 20으로 하고 $f=10,000\text{Hz}$ 에 대하여 $w(x,y)$ 의 변화를 도시하였다. 외부 주파수가 고주파일수록 $w(x,y)$ 의 변화도 심함을 알 수 있다.

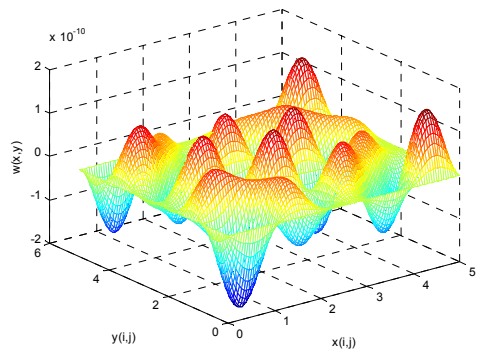


Fig. 1 Total displacement of thin plate at the frequency of $f=10,000\text{Hz}$ ($m_x=m_y=20$ case)

† 교신저자; 정회원, 안동대학교 기계교육과
E-mail : jilee@andong.ac.kr
Tel : 054-820-5487, Fax : 054-820-1766
* 안동대학교 교육대학원 기계교육전공
** 안동대학교 대학원 정밀기계공학과
*** (주)한화 구미공장 개발 2부

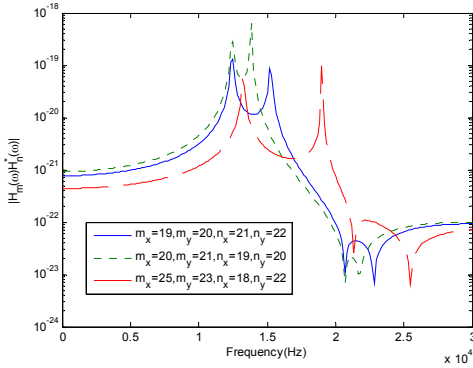


Fig. 2 Magnitude of FRF of $|H_m(\omega)H_n^*(\omega)|$ at various $m_x \neq m_y \neq n_x \neq n_y$

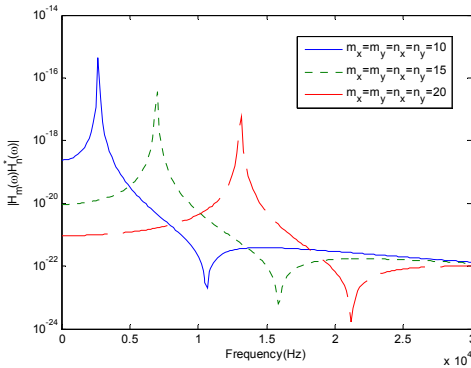


Fig. 3 Magnitude of FRF of $|H_m(\omega)H_n^*(\omega)|$ at various $m_x = m_y = n_x = n_y$

Fig. 2는 $m_x \neq m_y \neq n_x \neq n_y$ 인 경우이며 Fig. 3는 $m_x = m_y = n_x = n_y$ 인 경우로서 10, 15, 20일 때 주파수 응답 함수의 변화를 나타낸 것이다. 모드가 변화하면 주파수 응답 함수도 변화함을 알 수 있다. FRF의 크기는 평판의 고유진동수이며 고유진동수에서 진폭이 크게 나타남을 알 수 있다. 주파수 응답 함수(FRF) $H_m(\omega)$ 와 $H_n^*(\omega)$ 의 곱의 크기 즉 $|H_m(\omega)H_n^*(\omega)|$ 은 모드가 변화하면 주파수 응답 함수도 변화하며, FRF의 크기는 평판의 고유진동수이며 고유진동수에서 진폭이 크게 나타났다. k_x 와 k_y 의 변화에 따른 모달 요소를 적분한 결과 파수의 변화에 따라 적분값도 변화하며 이는 모드 형상에 따른 모달 요소가 변화함을 의미한다.

3. 결 론

곡면배열 센서를 설계하기 위하여 유동유기 소음의 영향으로 인한 주파수 밀도 함수의 적분식의 주요 구성요소인 전달함수를 수치해석 하였다. 주파수 밀도 함수에서 전달함수에 해당하는 주파수 응답 함수(FRF)는 모드가 변화하면 주파수 응답 함수도 변화하였다. FRF의 크기는 평판의 고유진동수이며 고유진동수에서 진폭이 크게 나타났다. 수치해석 결과 주파수 스펙트럼 밀도 함수에 영향을 미치는 인자는 파수, 속도, 외부 주파수, 모드 형태 등으로 나타났다.

후 기

본 연구는 2010년 (주)한화 구미공장의 지원으로 수행되었으며, 이에 깊이 감사를 드립니다.(과제번호: 2010-0284)

참 고 문 헌

- (1) Ko, S., Pyo, S., and Seong, W., 2001, "Structure-borne and flow noise reduction -mathematical modeling," Seoul National Univ. Press.
- (2) 박지혜, 이종길, 신구균, 조치영, 2009, "전달함수를 이용한 저파수 영역에서의 센서 유입 소음 특성 연구," 대한공업교육학회지, 34(1) pp. 238~251.
- (3) 이종길, 이상원, 서희선, "곡면배열 센서의 저소음화를 위한 지지구조 설계 연구," 2010년 한국소음진동공학회 추계학술대회, 2010.
- (4) M. Vassas, St. Beretti, C. Audoly, 1999, "Evaluation of flow noise on a hull mounted sonar array," UDT 99, pp. 356-359.
- (5) L. Freitag, M. Grund, J. Catipovic, D. Nagle, B. Pazol, J. Glynn, 2001, "Acoustic communication with small UUVs using a hull-mounted conformal array," Proc. Oceans, pp. 2270-2275.
- (6) R. Montgomery, 1993, An analytical model for turbulence-induced flexural noise in large conformal sonar arrays, NRL-7175 report.