

원통형 수중 몰수체에 대한 고주파수 대역 진동 전달함수의 실험적 분석

Experimental Analysis of a Transfer Function on a Submerged Cylindrical Structure Vibrating at High Frequencies

김진태* · 길현권† · 김종도** · 이준수** · 홍석윤** · 송지훈*** · 황아름**** ·
김동진**** · 정우진***** · 정현기***** · 강명환*****

J-T. Kim, H-G. Kil, J-D. Kim, J-S. Lee, S-Y. Hong, J-H. Song, A-R. Hwang,
D-J. Kim, W-J. Jung, H-G. Jung, M-H. Kang

1. 서 론

수중 원통형 구조물의 경우 무인잠수정, 수중함 그리고 어뢰들의 기본 구조를 이룬다. 이러한 수중 구조물의 경우 진동에너지가 가진원에서 구조물을 따라 전달되며 구조 재료 자체의 감쇠뿐 아니라 소음방사에 의한 감쇠가 동시에 이루어진다^(1,2). 또한 이러한 소음 방사로 인하여 구조물 주변에 자체소음을 형성하게 된다. 이러한 자체소음 발생 특성을 이해하기 위하여서는 우선적으로 해당 수중 구조물의 진동 전달 특성을 해석 및 실험적으로 분석할 필요가 있으며, 수중 구조물의 특성상 고주파수 대역(10 kHz 이상)까지 고려하여야 한다⁽³⁾. 본 논문에서는 고주파수 대역에서 원통형 수중 몰수체의 진동 전달 현상을 이해하기 위하여 공기 중과 수중에서 해당 모델의 진동 전달함수를 측정하여 비교 분석하였다.

2. 실험 해석

2.1 실험 Set-up

실험 모델은 길이 2.7m, 반경 0.18m, 두께 6mm 인 알루미늄 원통형 구조물이다. 반경 방향 진동을

발생시키기 위하여 진동 가진기 Wilcoxon F7-1을 사용하였으며, 진동 가속도 센서로서는 Endevco 7259B를 사용하였다. 이 경우 가진력을 측정하기 위해 Force Sensor인 Endevco 2312를 가진기 끝에 장착하였다.

Fig.1은 실험을 위한 수중실험 장비 배열을 보여 준다. 공기 중 실험에서도 같은 장비 배열을 사용하였다. 두 경우 모두 로프를 이용하여 실험 모델을 자유롭게 매달아 지지되도록 하였으며, 수중에 모델을 위치시킬 때 부력을 상쇄시켜 평형을 유지하도록 Dummy weight를 장착하였다.

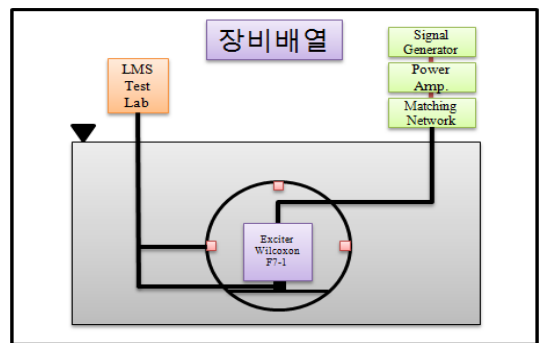


Fig.. 1 수중 실험 장비 배열도

2.2 실험 내용

진동 가진 방향으로서는 반경 방향을 고려하였고, 공기 중과 수중에서 반경 방향 진동 가속도를 측정하였다. 진동 측정 지점으로는 모델의 길이 방향으로 4개의 섹션을 나누어 고려하였으며, 각 섹션 당 가속도계 3 ~ 4를 장착하였다. 진동 가진을 위해

† 교신저자; 수원대학교 기계공학과

E-mail : hgkil@suwon.ac.kr

Tel : (031) 220-2298

* 수원대학교 기계공학과 대학원

** 서울대학교 조선해양공학과

*** 전남대학교 해양기술학부

**** LIG NEX 1 ***** 국방과학연구소

여 10kHz 이상 주파수 범위에 대하여 1kHz간격 단일 주파수로 가진 하였다. 측정된 진동 가속도로부터 다음과 같이 진동 전달함수를 구하였다. 진동 전달함수는 ② / ①에 해당하며, 여기서 ①은 실험 모델의 가진원 부근(② 지점)의 진동 가속도를 나타내고 ②는 실험 모델의 끝단(① 지점)의 진동 가속도를 나타낸다(Fig.2).

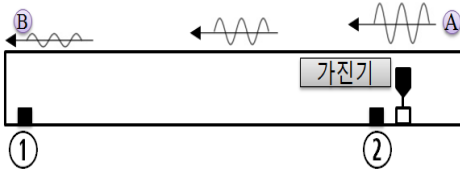


Fig. 2 진동 전달함수 (② / ①) 측정 개념

3. 실험결과 분석

Fig.3과 Fig.4는 10kHz 이상 주파수 범위에서 각각 공기 중과 수중에서의 진동 전달함수 측정 결과를 보여준다. 실험결과로부터 진동 전달함수 값이 모든 주파수 범위에 대하여 실험모델의 가진원 부근(② 지점)으로부터 실험모델의 끝단(① 지점)으로 갈수록 감소함을 알 수 있다. 이 경우 가진원으로 부터 끝단으로 감소되는 진동 전달함수 감소 값이 전 주파수 범위에 대해서 공기 중에서의 약 60dB (Δ_a)보다 수중에서 약 40dB(Δ_w)로 약 20dB 작게 발생함을 알 수 있다. 이러한 현상은 소음 방사 효율 측면에서 다음과 같이 분석될 수 있다. 일반적으로 임계주파수 이하에서는 소음방사가 구조물 가까운 근거리 음장에 국한되지만, 임계주파수 이상에서는 소음방사가 원거리 영역까지 효과적으로 발생되어 이에 따른 구조물 진동에너지 손실이 상대적으로 보다 크게 발생된다. 이러한 소음방사효율 특성을 파악하기 위하여 고주파수 대역에서는 실험 모델과 같은 두께를 갖는 무한평판에 대한 소음방사효율을 고려할 수 있다⁽⁴⁾. 해당 무한평판에서 굽힘파를 고려하는 경우, 공기중과 수중에서의 임계주파수는 각각 2kHz와 37kHz에 해당된다. 그러므로 수중 임계주파수 이하에서는 소음방사에 의한 진동에너지 손실이 공기 중에서의 경우가 수중에서 보다 상대적으로 보다 크게 발생하게 된다. 따라서 수중 임계주파수 이하에서는 가진원으로부터 끝단으로 진동에너지가

전달되며 감쇠함으로써 발생하는 진동 전달함수 감소 값이 수중보다 공기 중에서 보다 크게 발생함을 알 수 있다

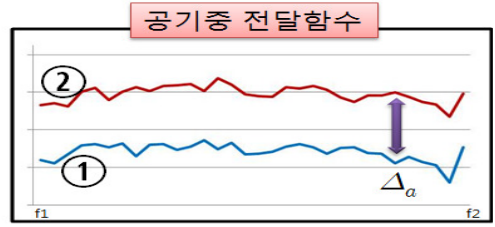


Fig. 3 공기 중 측정 진동 전달함수

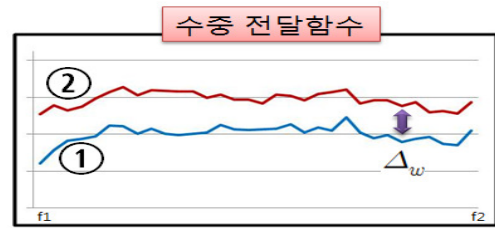


Fig. 4 수중 측정 진동 전달함수

4. 결론

본 연구에서는 원통형 구조물에 대하여 진동전달함수를 공기중과 수중에서 실험적으로 측정하고 분석하였다. 분석 결과로써, 주어진 모델의 수중 임계주파수 이하에서는 가진원으로부터 끝단으로 진동에너지가 전달되며 감쇠함으로써 발생하는 진동 전달함수 감소 값이 공기 중보다 수중에서 보다 작게 발생함을 보였다.

참고 문헌

1. M.C. Junger, "Shipboard Noise: Sources, Transmission, and Control," Noise Control Eng. J., Vol. 34(1), pp. 3-8, 1990.
2. F. Fahy, "Sound and Structural Vibration," Academic Press, 1985.
3. S. H. Ko, S. Pyo, W. Seong, "Structure-Borne and Flow Noise Reductions," S.N.U. 2001.
4. R.H. Lyon, Statistical Analysis of Dynamic Systems: Theory and Applications, MIT Press, 1975.