

주변 구조물을 포함한 원형 실린더의 음향 산란 Acoustic Scattering from Circular Cylinder with Neighborhood Structure

조요한† · 서희선* · 권오조*

Cho Yo Han, Seo Hee-Seon, and kwon Ojo

Key Words : Acoustic Scattering (음향산란), Hydrophone(하이드로폰), Boundary Element Method(경계요소법)

ABSTRACT

Hydrophone system has necessarily additional structures to resist installation and operation for military usage. In this paper, we assume that the hydrophone is a rigid circular cylinder and the neighborhood structure is a perfect reflector. Scattering fields by hydrophone and neighborhood structure are investigated to use a boundary element analysis program, SYSNOISE, which has an acoustic analysis capability. The pressure fields around circular cylinder with respect to the angle are evaluated.

1. 서론

해상 운송 인프라의 거점이며 군사시설 밀집지역인 항만은 적 수중 세력이 침투하여 직접 공격 및 기뢰 부설에 따른 해상교통로 차단시 군사적, 경제적 손실이 막대하다. 따라서 수중으로 은밀히 침투하려는 잠수함/정을 원거리에서 조기에 탐지하여 대처할 수 있는 수중 정보시스템이 요구된다.^(1,2) 수중 침투 세력의 원거리 탐지 수단으로 음파를 이용하는 방법이 현재까지는 가장 유력한 탐지 수단이다. 이 목적을 달성하기 위해 하이드로폰을 배열한 형태의 선배열 음향센서가 널리 사용되고 있다.

일반적으로 하이드로폰은 원형 실린더 형태의 압전 세라믹에 수밀을 위한 음향 윈도우로 구성된다. 하지만 수중에서 군사용으로 적합하게 사용하기 위해서는 운용 및 설치를 위한 부가적인 구조물이 필요하게 된다. 즉, 원형 실린더와 부가적인 구조물의 형상 및 재질에 따른 산란 음장의 크기와 방향성에 관심을 갖고 연구하는 것이 요구된다.^(3,4)

이 연구에서는 원형 실린더 구조를 갖는 하이드로폰 주변에 매설을 위해 필수적으로 수반되는 주변 구조물을 간단한 형태로 모델링한 후 경계요소법으로 음장을 해석할 수 있는 SYSNOISE⁽⁵⁾를 이용하여 해석하고 그 결과를 고찰하였다.

2. 음향 산란 해석모델

그림 1은 수중에서 사용되는 하이드로폰 시스템의 단면을 개략적으로 보인 것이다. 중심에는 원형 실린더 형태의 하이드로폰이 위치하고 있고 주변에는 설치를 위한 알루미늄 구조물이 있다. 또한 하이드로폰 시스템을 전기적으로 절연 유지하기 위한 폴리에틸렌 호스와 내부 충전유로 구성되어 있다. 이 연구에서는 원형 실린더 형태의 하이드로폰과 알루미늄 구조물에 의한 산란 음장의 크기와 방향성에 연구의 방향을 정하고, 호스와 하이드로폰의 음향 윈도우에 의한 산란 음장은 고려하지 않았다. 그림 2는 원형 실린더 형태의 하이드로폰과 알루미늄 구조물을 완전한 산란체로 가정하여 모델링하고 주변의 물을 격자로 나누어 격자점에서의 음장을 관찰하고자 구성한 음향 산란 해석모델이다.

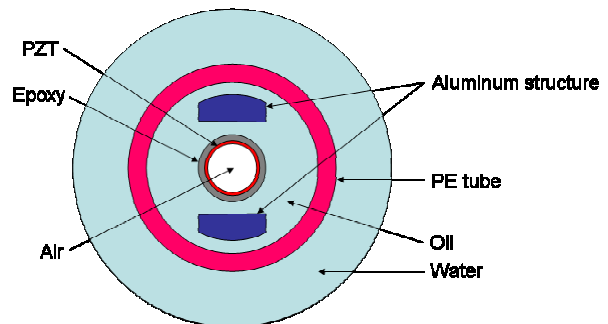


Fig. 1 Schematic diagram of hydrophone system.

† 책임저자; 국방과학연구소
E-mail : shseo@add.re.kr
Tel : (055) 540-6081, Fax : (055) 542-3737

* 국방과학연구소

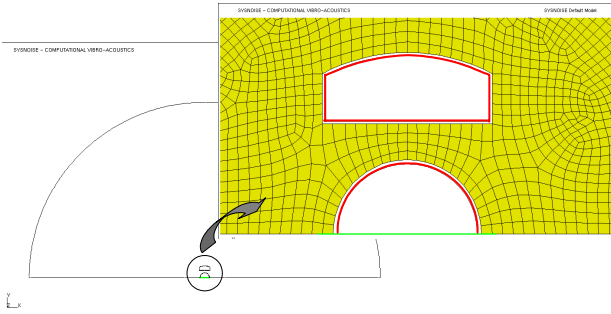


Fig. 2 Numerical model of hydrophone system.

3. 해석결과 및 고찰

3.1 구성 형태에 따른 음장 특성

하이드로폰 시스템의 성능은 음향 입력에 대한 하이드로폰의 전기적 출력으로 표현하게 된다. 이 경우 주변 구조물의 영향이 혼재되어 나타나므로 그 영향을 분리하여 해석하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 하이드로폰만 있는 경우와 하이드로폰과 구조물이 있는 경우로 분리하여 해석을 진행하였다.

그림 3은 공간 내에 하이드로폰만 있는 경우에 대한 해석 결과로서 3kHz에서 15kHz까지 3kHz 간격으로 결과를 보인 것이다. 중심에 존재하는 하이드로폰으로 인하여 왼편에서 진행되는 평면파의 형태가 변형되는 것을 볼 수 있으며, 주파수의 증가에 따라 마루와 골이 반복되는 간격이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 그림 4는 공간 내에 하이드로폰과 구조물이 동시에 존재하는 경우에 대한 해석 결과로서 그림 3과 마찬가지로 3kHz에서 15kHz까지 3kHz 간격으로 그 결과를 보인 것이다. 하이드로폰만 있는 경우와 비교하면 모든 주파수에서 전체적인 공간에서의 음장 분포는 많이 다르지 않지만 하이드로폰 주변의 음장 형태는 하이드로폰과 구조물이 동시에 존재하는 경우에는 음장 특성의 변화가 많음을 볼 수 있다. 이것은 음원의 파장에 비하여 산란체의 크기가 증가한 것으로 볼 수 있으므로 산란 음장의 변화가 커지는 것은 당연한 결과로 예측된다.

하이드로폰 시스템의 성능은 원형 실린더 외부에 작용하는 음압의 방향성과 관계되므로 이에 대한 상세한 관찰이 요구된다. 또한, 고려하지 않았던 주변 구조물과 완전한 산란체가 아닌 구조-음향 연성 현상을 고려한 구조물을 적용하여 해석함으로써 산란과 연성 현상을 분리하여 분석하는 것이 추후 연구되어야 할 것이다.

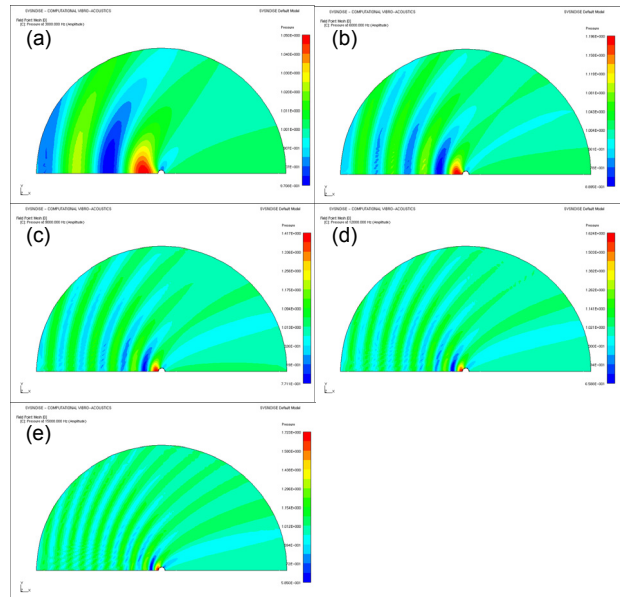


Fig. 3 Pressure fields of single hydrophone at; (a) 3kHz, (b) 6kHz, (c) 9kHz, (d) 12kHz, and (e) 15kHz.

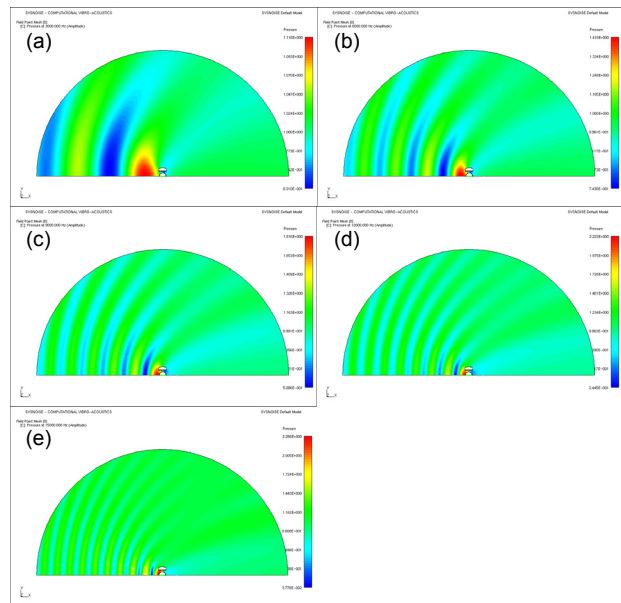


Fig. 4 Pressure fields of hydrophone and package at; (a) 3kHz, (b) 6kHz, (c) 9kHz, (d) 12kHz, and (e) 15kHz.

3.2 산란 구조물에 의한 방향성

하이드로폰 시스템의 최종 출력은 원형 실린더 구조물의 주변에 작용하는 음압이 평균적으로 작용하여 전압 형태로 표현될 것이다. 따라서 원형 실린더의 주변에 작용하는 음압의 크기를 각 방위별로 파악하는 것이 필요하다. 그림 5는 공간 내에 하이드로폰만 있는 경우에 대한 해석 결과로서 낮은 주파수의 경우는 원형 실린더의 주변에

동일한 크기의 음압인 인가되는 것을 볼 수 있다. 즉, 하이드로폰은 방향성이 없이 모든 방위에서 동일한 압력이 인가되는 이상적인 경우라 할 수 있다. 6kHz 에 대한 해석 결과를 살펴보면 음원과 마주하는 각도에서 가장 큰 음압이 발생하고 음원과 약 130 도 위치에서 최저 값을 갖는 것을 볼 수 있다. 또한 최대 음압의 크기는 주변에 비하여 1.2 배 정도를 보이고 있다. 주파수가 증가하면서 음원과 마주하고 있는 각도에서의 음압이 증가하고 최저 값을 갖는 음압의 크기도 동시에 감소하는 특성을 관찰할 수 있는데 이것은 원형 실린더 형태의 하이드로폰이 방향성을 갖고 있음을 의미한다. 또한, 사용하고자 하는 주파수에서 평탄한 특성을 갖고 모든 방위 별로 같은 크기의 음압을 얻고자 하는 하이드로폰의 설계 방향에 위배되는 특성으로 사용 가능한 주파수의 한계를 파악하는 기본적인 절차가 될 것이다.

그림 6 은 공간 내에 하이드로폰과 구조물이 동시에 존재하는 경우에 대한 해석 결과로서 방위별 특성을 주파수에 대해 보인 것이다. 그림 5 와 비교하면 주변 구조물에 의한 산란 음장의 변화를 명확히 관찰할 수 있다. 3kHz 의 경우는 주변 구조물이 존재하여도 모든 방향에서 일정한 크기의 압력이 인가되어 산란현상이 하이드로폰에 미치는 영향은 미소할 것으로 판단할 수 있다. 하지만 주파수가 증가할수록 음원과 마주보는 위치 주변의 음압 크기와 그림자 영역의 크기 편차가 증가하고 있음을 쉽게 관찰할 수 있다. 높은 주파수에서는 하이드로폰이 방향에 따라 다른 특성을 보일 것으로 예측할 수 있으며, 이는 모든 방향에 대해 동일한 수신 특성을 얻고자 하는 설계 방향에 반하는 것으로 한계 주파수를 얻는데 사용될 것이다.

그림 7 은 원형 구조물의 주변 압력을 평균하여 각 주파수 별로 보인 것이다. 평균 압력은 하이드로폰에 작용하는 입력이 될 것이고 하이드로폰만 있는 경우와 주변 구조물이 존재하는 경우의 압력 값 차이는 주변 구조물에 의한 산란 현상에 기인한다고 판단할 수 있다. 9kHz 까지의 결과는 10% 이내의 오차를 가지고 평균 압력이 작용하고 있음을 보이고 있으나 그 이상의 주파수에서는 주파수의 증가에 따라 차이가 커지고 있음을 볼 수 있다. 즉, 주변 구조물의 영향으로 하이드로폰만 있는 경우에 비하여 큰 오차를 가지는 하이드로폰 시스템이 될 것임을 예측할 수 있다. 설치 및 운용을 위해 필요한 구조물이 적용되는 하이드로폰의 경우 산란현상에 의한 사용 주파수 한계가 존재하는 것을 확인할 수 있다.

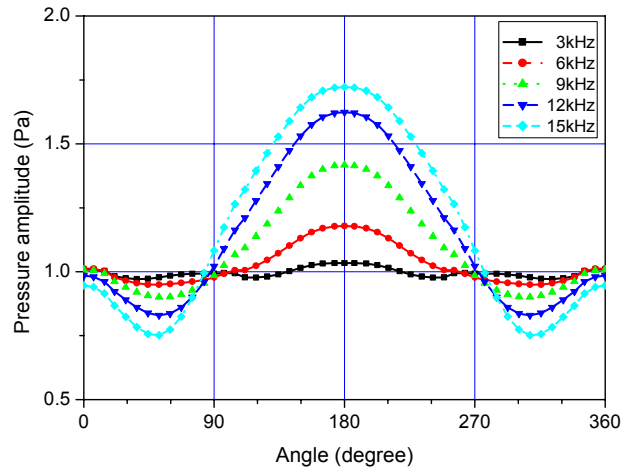


Fig. 5 Pressure amplitude around hydrophone with respect to the angle of only hydrophone

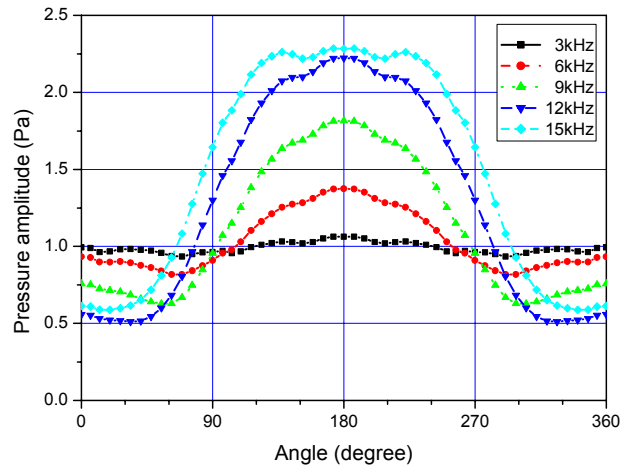


Fig. 6 Pressure amplitude around hydrophone with respect to the angle of hydrophone and package

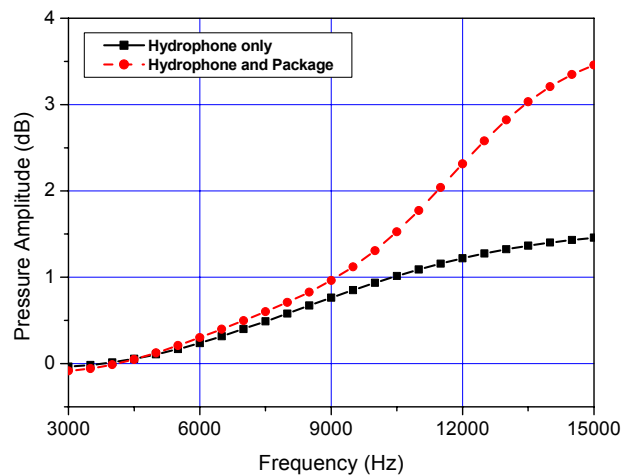


Fig. 7 Mean pressure around hydrophone with respect to the frequency

4. 결 론

이 연구에서는 하이드로폰 시스템이 수중에서 군사용으로 적합하게 사용되기 위해 필요한 부가적인 구조물을 갖는 경우에 대해 하이드로폰을 원형 실린더 형상의 완전 산란체로 가정하고, 주변 구조물도 완전 산란체로 가정하여 산란 음장을 계산하였다. 또한 원형 실린더 주변의 음압을 주파수에 따라 계산하여 방향 특성을 계산하고 산란 현상이 하이드로폰 입력에 미칠 수 있는 영향을 해석하고 그 결과를 고찰하였다.

참고문헌

- (1) 송영일, 1998, 수중조기경보체계의 해저 광케이블 설치”, 제 2 회 해상무기체계발전세미나 논문집, 국방과학연구소, pp. 222~231
- (2) Dallas I Meggitt, et al., 1999, “Advanced Technologies for Undersea Surveillance”, UDT 99, pp. 105~111.
- (3) Lee, S. H. and Kim, Y. H., 2004, “Realization of Acoustic Scattering Holography”, Transactions of Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 14, No. 11, pp. 1101 ~ 1106.
- (4) Kim, Y. S. and Lee, D. J., 2007, “Acoustic Scattering from Circular Cylinder by Periodic Sources”, Transactions of Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 17, No. 1, pp. 41 ~ 47.
- (5) LMS International.,2003, *SYSNOISE Release 5.6 Document* .