

공동내의 저주파 음향 하중의 제어를 위한 음향 공명기 배열의 적용 방법¹⁾

Application of an Acoustic Resonator Array for the Reduction of Low-frequency Acoustic loadings

박순홍† · 서상현*

Soon-Hong Park and Sang-Hyun Seo

1. 서 론

일반적인 흡음재가 적용되기 어려운 저주파수 대역의 실내 소음은 지배적인 영향을 미치는 음향 모드를 제어하여 저감할 수 있다. 소음 제어 영역이 전체 인클로저인 경우는 음향 모드에 음향 공명기 등을 이용하여 추가적인 댐핑을 부가하는 방법이 사용되어야 한다. 우주 발사체 페어링 내부 공간과 같이 전체 공간의 소음 저감이 필요한 경우, 공명기 어레이의 적용에 의한 소음 저감치는 공명기 어레이를 구성하는 단위 공명기의 성능, 공명기의 개수, 인클로저 내부 적용 위치뿐만 아니라, 모달 댐핑(modal damping)과 같은 인클로저의 음향 모드 특성에도 영향을 받음이 알려져 있다. 대표적인 기존 접근 방법으로는 헬름홀쯔 공명기를 1자유도 상사진동계로 표현하고, 이를 내부 음장을 표현하는 과도 방정식의 가진항과 음향 연성시키는 이론적 접근 방법을 들 수 있다⁽¹⁻³⁾.

해석적으로 손쉽게 인클로저의 음향 모드를 구할 수 없는 경우에는 유한 요소법 등의 수치적 해석법을 도입하여야 하므로, 이 방법의 실제적인 적용은 한계가 있다. 실용적인 관점에서 보면, 인클로저를 이산화해야 한다면 상용화된 음향 유한 요소법이나, 음향 경계 요소법을 이용하는 것이 유리할 것이다. 또한, 공명기를 단순화하여 모델링하기 때문에

고차 모드 등의 영향을 고려할 수 없다. 공명기의 모든 특성은 공명기 표면에서의 임피던스로 잘 표현될 수 있고, 실제 적용 시에는 공명기를 벽면에 설치하는 경우가 일반적이므로, 공명기의 임피던스를 해석에 적용하는 것이 바람직 할 것이다. 따라서 공명기 배열을 임피던스 경계조건으로 변경하고, 인클로저 내 음장과 공명기 간의 음향 연성 문제를 키르히호프-헬름홀쯔 적분식을 이용하여 적분 방정식 형태로 표현한다면, 상용화된 경계 요소법 소프트웨어를 이용할 수 있어 다양한 설계 인자에 대한 평가를 손쉽게 수행하는 것이 가능하다⁽⁴⁾.

본 논문에서는 헬름홀쯔 공명기를 유한한 크기를 가지는 임피던스 패치(impedance patch)의 형태로 경계면에 적용하는 방법을 소개하였다. 간단한 형태의 인클로저에 대한 음향 경계 요소법 해석을 수행하였으며, 실험과의 비교를 통해 제안한 방법의 적용성을 보였다. 문제를 간단히 하기 위해, 공명기 공명 주파수 및 적용 위치 (음압이 가장 높은 위치가 일반적임)와 인클로저의 고유 댐핑 (상수임)은 고정된 값으로 하였으며, 공명기 레지스턴스의 변화 및 적용 개수의 변화에 따른 소음 저감 성능의 변화를 보였다.

2. 인클로저에 대한 공명기 배열 적용 실험 및 해석

인클로저와 음향 공명기의 연성 문제를 경계 요소법을 이용하여 해석하고, 그 결과의 타당성을 확인하기 위해, 간단한 형상의 인클로저와 공명기 어레이를 이용한 실험을 수행하였다. 수치 해석은 LMS사의 Virtual Lab.Acoustics를 이용하여 수행하

† 정회원, 한국항공우주연구원 한국형발사체개발사업단
E-mail : shpark@kari.re.kr
Tel : (042)860-2093 , Fax : (042)860-2233

* 한국항공우주연구원 한국형발사체개발사업단

¹⁾ 본 논문은 참고문헌[4]의 요약본임

였다. 경계 요소 모델에 음향 공명기에 의한 임피던스 경계 조건을 적용하기 위해 경계 요소의 격자 크기를 음향 공명기의 유효 단면적에 부합하도록 설정하였다. 해석 모델에서 음원은 스피커가 장착된 쪽에 두었고, 음원 강도는 공명기가 적용되지 않은 인클로저에서 측정된 음압 크기가 구현되도록 조정하였다.

특성 임피던스보다 낮은 레지스턴스를 가지는 공명기 8개를 차례로 1개, 2개, 4개, 8개로 증가시켜 인클로저에 적용하고, 마이크로폰에서 측정된 음압 (Fig.1)과, 경계 요소 해석을 통한 예측 음압 (Fig.2)을 비교하였다. 해석 결과가 실험 결과를 잘 예측하고 있음을 알 수 있다. 공명기의 개수를 증가 시킬수록 공명기의 공명 주파수에서의 음압은 크게 감소함을 볼 수 있으며, 주변의 음압은 다소 증가함을 알 수 있다. 지면 제한으로 나타내지는 않았으나, 특성 임피던스보다 높은 레지스턴스를 가지는 경우는 공명기의 개수를 증가 시키더라도 공명 주파수에서의 음압만 감소하며, 주변부의 음압은 증가하지 않는다. 공명기 어레이 설계시 주변 음압의 증가가 허용되는 경우가 아니라면 상대적으로 높은 레지스턴스를 가지는 공명기 어레이를 사용하는 것이 바람직할 것이다.

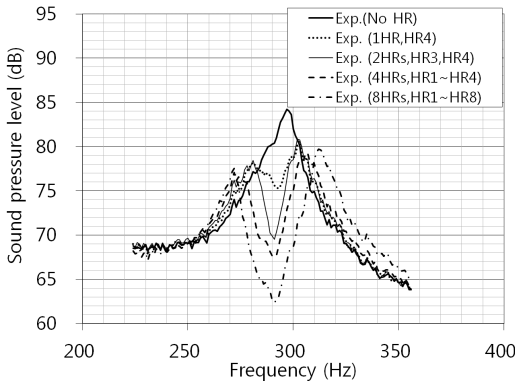


Fig.1. Measured sound pressure spectra that illustrate the effect of the resonator array having lower resistance than $\rho_0 c$

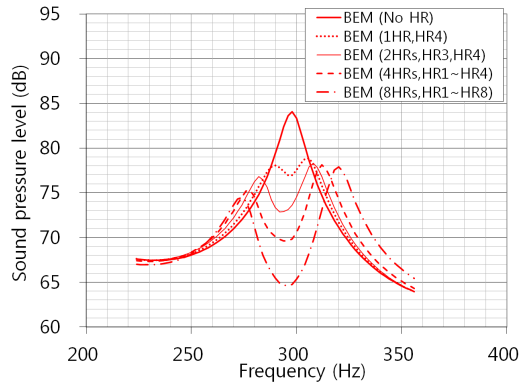


Fig.2. Predicted sound pressure spectra that illustrate the effect of the resonator array having lower resistance than $\rho_0 c$

3. 결론

복잡한 형상을 갖는 인클로저와 헬름홀츠 공명기 어레이의 음향 연성 문제에 대한 음향 경계 요소법의 적용 방법을 살펴보았다. 직사각형 인클로저에 대한 실험 및 해석을 통해 제안한 방법의 적용성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- (1) Fahy, F. J. and Schofield, C., 1980, "A Note on the Interaction between a Helmholtz Resonator and an Acoustic Mode of an Enclosure," J. Sound and Vibration, Vol. 72, No. 3, pp.365-378.
- (2) Cummings, A., 1992, "The Effects of a Resonator Array on the Sound Field in a Cavity," J. Sound and Vibration, Vol. 154, No. 1, pp.25-44.
- (3) Li, D. and Cheng, L., 2007, "Acoustically Coupled Model of an Enclosure and a Helmholtz Resonator Array," J. Sound and Vibration, Vol. 305, pp.272-288.
- (4) Park, S.-H. and Seo, S.-H. 2012, "Low-frequency Noise Reduction in an Enclosure by using a Helmholtz Resonator Array," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol.22, No. 8, pp.756-762.