

헬름홀츠 공명기를 이용한 밀폐 사각공간의 소음저감

Noise reduction of a square space enclosure using helmholtz resonators

김 상 태* · 홍 진 숙† · 정 의 봉**

Sang Tae Kim, Chinsuk Hong, Weui Bong Jeong

1. 서 론

기계류는 작동하면서 소음을 발생시키고 이 소음을 외부로 전달되는 것을 차단시키기 위해 밀폐 사각공간을 만들어 주는 경우가 있다. 예를 들어 진동용착기는 작동주파수에서 진동에 의해 부품이 용착되고, 그에 따른 강력한 소음을 만든다. 그리고 진동에 의한 소음을 제외한 주변에 발전기를 비롯한 각종 보조기계가 있으나, 이것들로부터 발생하는 각종 소음은 상대적으로 미비하다. 결국 외부로 전달되는 소음을 줄이기 위해서 밀폐 사각공간 내부의 작동주파수에 의해 발생하는 소음을 줄이면 된다. hole과 공동(cavity)의 간단한 구조로 이루어진 헬름홀츠 공명기는 밀폐 사각공간의 단일 주파수 성분이나 좁은 주파수 영역에 분포하는 소음성분의 전파를 억제하기 위해 널리 사용되는 소음제어 요소이다. 따라서 논문에서는 밀폐 사각공간 내부에서 발생하는 소음을 헬름홀츠 공명기를 적용하여 외부로 전달되는 소음을 줄이고 공명기의 공명주파수를 변경시켜보면서 어떠한 효과가 일어나는지 확인하였다.

2. 해 석

2.1 해석 모델

Fig. 1은 580×480×530mm의 크기를 가지는 아크릴 재질의 밀폐 사각공간이다. 전산 모델링은 아크릴의 두께와 헬름홀츠 공명기가 내부에서 차지하는 아크릴 두께를 제외한 밀폐 사각공간의 내부 공기만 모델링하였다. Fig. 2의 (a)는 밀폐 사각공

간의 전체 음향유한요소모델이고, (b)는 공명기 부분을 확대하여 보이고 있다.

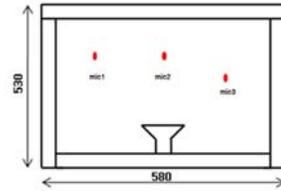


Fig.1 Schematic of a square space enclosure

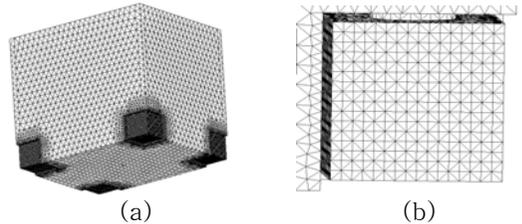


Fig. 2 Acoustic FEM model

2.2 헬름홀츠 공명기

헬름홀츠 공명기는 밀폐 사각공간 바닥 구석에 4개를 위치시켰다. Enclosure의 공진주파수 근처 여러 주파수에 튜닝하여 각각을 모델링 하였다. 헬름홀츠 공명기에서 공명주파수 f_r 를 Haa등이 제안한 식(1)을 적용하였다.⁽¹⁾

$$f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S_n}{l_{eq}V}} \quad (1)$$

여기서 c 는 음속, S_n 은 공명기 목의 단면적, l_{eq} 는 목의 유효길이, V 는 공동의 체적이다. 식(1)을 사용해 공명주파수를 계산하였고, 목(neck)의 지름과 공동(cavity)의 체적은 변화시키지 않고 목의 길이만 23~80mm사이의 임의의 10개의 목 길이에 대해 해석 하였다. 식(1)을 따르면, 공명주파수는 공명기의 구체적인 형상에는 상관이 없으며 오직 공명기를 이루고 있는 각 요소인 목의 단면적, 공동의

† 교신저자; 정희원, 울산과학기술대학교
E-mail : cshong@uc.ac.kr
Tel : (052) 279-3134 , Fax : (052) 279-3137
* 부산대학교 대학원 기계공학부
** 정희원, 부산대학교 기계공학부

Table 1 Size of Helmholtz resonator

	Size(mm)	Calculated frequency(Hz)
Length of neck	23	368
	25	361
	28	352
	32	340
	36	330
	40	320
	50	300
	60	283
	70	268
80	256	
Diameter of neck	40	a: Radius of the neck
Volume of cavity	80×80×80	
End correction	$l_{eq} = l + 1.5a$	

체적, 목의 길이 등에 의하여 결정되고 있다. 하지만 엄밀히 보면 공동의 형상이나 치수에 따라 공동 내의 파동 운동은 상당히 다를 수 있고 공명기의 공명 주파수에 영향을 줄 수 있는 가능성이 있다.

식(1)을 이용하여 계산한 10종의 공명기의 제원과 공명주파수를 Table1에 나타내었다.

2.3 해석 절차

Fig. 2 와 같이 모델링하고 격자를 나눈 밀폐 사각공간을 Nastran과 Sysnoise 상용프로그램을 이용해 주파수 응답해석을 하였고, 헬름홀쯔 공명기의 설치 전과 후의 응답을 비교하였다. 헬름홀쯔 공명기를 설계 하기 위해서는 먼저 밀폐 사각공간의 고유진동수를 알고 있어야 한다. 따라서 Acoustic mode해석을 수행하여 1차 고유진동수가 361Hz라는 것을 확인하였다.

3. 결 과

Fig. 3는 헬름홀쯔 공명기를 361Hz와 공진 근처 주파수 368Hz에 맞게 설계하였고, 밀폐 사각공간 내부에 적용하여 헬름홀쯔 공명기의 설치 전과 후의 주파수 응답을 비교한 결과이다. 약간의 오차는 발생하지만 이론식에 의해 설계된 주파수와 비슷한 주파수에서 소음이 줄어들었다. Fig. 4는 밀폐 사각공간의 공진주파수를 기준으로 하여 헬름홀쯔 공명기 목(neck)의 길이를 변화시켜 설계 주파수를 공진 왼쪽으로 점점 이동시킨 주파수 응답이다. 공진 왼쪽에 있는 Peak는 설계주파수로 이동하지만

오른쪽에 있는 Peak는 300Hz 까지는 왼쪽으로 움직이다가 그 이하로 설계된 주파수부터는 움직이지 않았다.

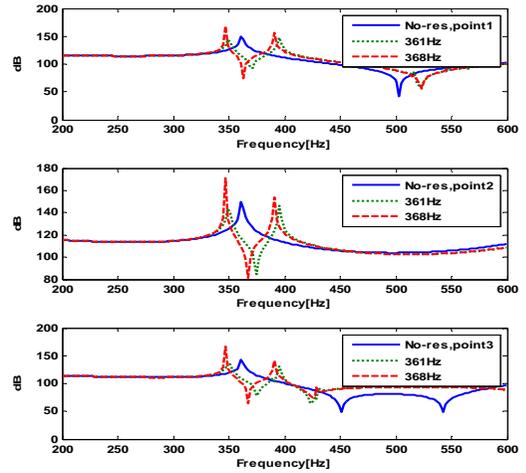


Fig. 3 Frequency response

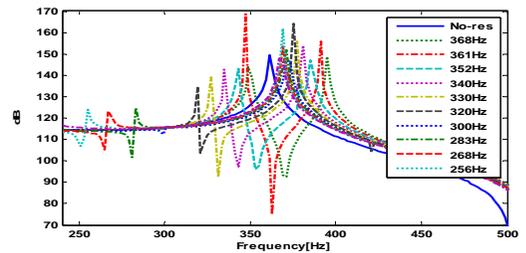


Fig. 4 Frequency response at point1

4. 결 론

이론으로 구한 헬름홀쯔 공명기의 공명주파수와 밀폐 사각공간에 헬름홀쯔 공명기를 적용하여 전산 해석한 공명주파수가 약 1.7%이하의 차이로 거의 같았다. 헬름홀쯔 공명기를 밀폐 사각공간의 공진주파수의 9%이내에 설치 할 경우 소음을 최소 20dB 이상 줄일 수 있었다.

참 고 문 헌

- (1) Haa, S. T., and Kim, Y. H., 1994, The Limitation and Applicability of Helmholtz Resonator, Regarding as Equivalent Single-Degree of Vibration System, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 4, No. 2, pp. 209~219.