

반사형 공명기를 이용한 광대역 소음저감에 관한 연구

A Study on Reduction of Broad-Band Noise by Reactive-Type Resonator

박이선* · 최효현* · 손채훈†

I Sun Park, Hyo Hyun Choi, and Chae Hoon Sohn

1. 서 론

소음을 수동제어하는 일반적인 방법으로는 흡음재와 공명기(소음기)를 사용하는 것이다. 흡음재는 흡음대역이 넓어서 500 ~ 4000 Hz의 광대역 소음 흡수가 잘되지만, 음향에너지가 상대적으로 큰 500 Hz 미만의 소음에 대해서는 효율적으로 흡수를 할 수가 없다. 공명기는 흡음 효과가 흡음재보다 탁월하지만, 흡음대역이 매우 좁아 톤소음(tonal noise)저감에만 사용되고, 광대역 소음 저감에는 일반적으로 사용되지 않는다.

본 연구에서는 반사형공명기의 음향학적 특성을 파악하고 공명기를 사용하여 효과적으로 광대역 소음 저감할 수 있는 방안을 제시하고, 수치계산과 실험을 통해서 검증하였다.

2. 음향 시험 및 수치해석 방법

2.1 음향시험 방법

공명기간의 상대 비교를 통해서 흡음 성능을 비교 분석할 수 있는 관내법중에 음향전달함수법을 사용하여 실험 및 수치해석을 하였다.

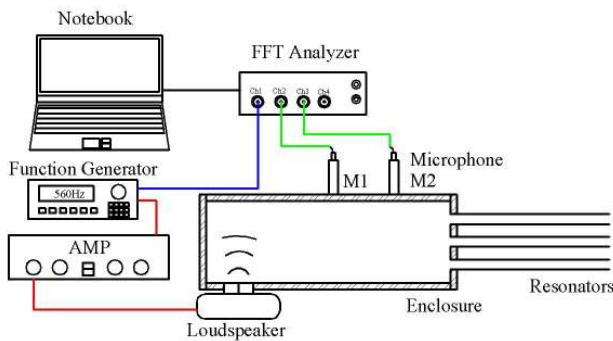


Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

† 교신저자; 세종대학교 기계공학과
E-mail : chsohn@sejong.ac.kr
Tel : (02) 3408-3788 Fax : (02) 3408-4333

* 세종대학교 대학원 기계공학과

실험 장치는 Fig. 1과 같이 구성하였다. 함수발생기를 통해서 흡음률을 측정하고자하는 주파수 대역의 음을 sweep 하여 발생시키고, 2개의 마이크로폰으로 특정한 2 지점의 음향 신호를 받아들여, 앰프를 통해서 증폭시킨후 FFT 분석후 신호를 후처리하여 흡음률을 구하였다.

2.2 수치해석 방법

본 연구에서는 음향해석에 신뢰성이 이미 검증된 실험실 코드 KAA-3D를 사용하여 음향해석을 수행하였다. KAA-3D는 파동방정식을 Galerkin's Method로 풀이한다. 가지는 실험과 동일하게 주파수에 따라 sweep 하여 정현파로 가진되며, 이 때 sweep 되는 주파수는 2 Hz로 하였고, 주파수를 더욱 세분화하여도 해의 변화가 거의 없음을 확인하였으며, 격자수의 증가에 따른 해의 의존성도 확인하였다.

3. 결과 및 논의

3.1 공명기의 흡음 특성

1/2 파장 공명기, 1/4 파장 공명기, 이중수음부를 갖는 1/2 파장 공명기의 공명 주파수는 식 (1)와 같다.

$$f_0 = k \frac{c}{2(l + \Delta l)} \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$$

$$f_0 = k \frac{c}{4(l + \Delta l)} \quad (k = 1, 3, 5, \dots, 2n - 1) \quad (1)$$

$$f_0 = k \frac{c}{2(l + \Delta l)} \quad (k = 1, 3, 5, \dots, 2n - 1).$$

1/2 파장 공명기, 1/4 파장 공명기, 이중 수음부를 갖는 1/2 파장 공명기의 길이를 각각, 7, 3.5, 7 m, 직경은 30 mm로 설계하여 임피던스관에 장착하여 수치계산 및 실험을 수행하였다. 공명기의 동조 주파수에 대한 이론해를 식 (1)을 통해서 구하고, 실험값, 해석값을 비교분석한 결과 2% 이내의 오차로 상당히 정확한 수치 해석 및 실험이 수행되었음을 알 수 있다. Figure 2은 공명기의 흡음률을 주파수에 따라 나타낸 것으로서, 흡음률은 이중 수음부를 갖는 1/2 파장 공명기가 가장 우수하고, 1/2 파장 공명기가 가장 낮지만, 흡음할 수 있는 주파수의 수는 1/2 파장 공명기는 1000 Hz 이내에 41 개, 이중 수음부를 갖는 1/2 파장 공

명기, 1/4파장 공명기는 21개로 2배 차이가 난다.

3.2 광대역 소음 저감 효과

반사형 공명기는 동조만 정확히 된다면 흡음재보다 훨씬 효율적으로 소음을 감쇠시킬 수 있다. 일반적으로 1 m 이내의 길이로 설계하여 첫 번째 동조 주파수인 f_0 에 동조를 시켜 톤 소음등의 특정 주파수 대역의 소음을 감소시키지만, 공명기 내부의 열유체가 유입된다면, 쉽게 동조할 수 없다. 이러한 단점을 보완하고 톤 소음등의 협대역 주파수 소음뿐만 아니라, 광대역 소음 저감에 공명기를 사용하기 위해서는 공명기의 길이를 길게 하면된다. 이론적으로는 공명기가 무한히 길면 주파수 전영역에서 흡음률은 1이된다. 공명기의 광대역 소음에 대한 흡음률 특성을 보기위해서, 1/2 파장 공명기를 각각 1개와 8개 장착했을 때의 흡음률을 Fig. 3에 나타내었다. 7 m 인 공명기 1개를 장착하면 흡음률은 0.7 ~ 0.8 정도이며, 흡음률의 최대인 동조 주파수를 벗어나면 흡음률은 0.05 정도로 특정 톤소음의 저감에는 사용할 수 있으나, 광대역 소음 저감에는 부적합하다. 그러나 공명기가 8개 장착되면 최고의 흡음률도 상승하여 1에 거의 가깝지만, 동조 주파수를 벗어나도 흡음률이 0.45에 이르기 때문에 가청 주파수 전영역의 소음도 감쇠가 가능함을 알 수가 있다. Fig. 4는 가로, 세로, 높이의 길이가 각각 0.8, 0.8,

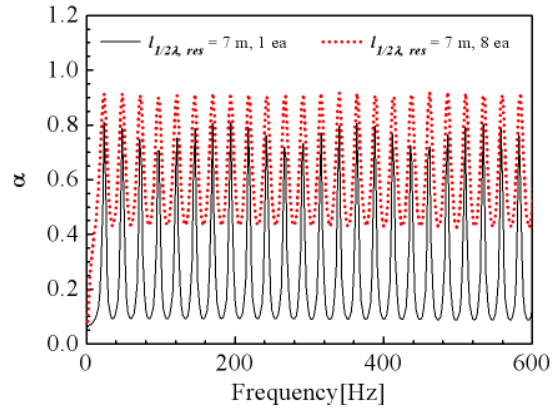


Fig. 3 Absorption coefficients of single and numerous resonators.

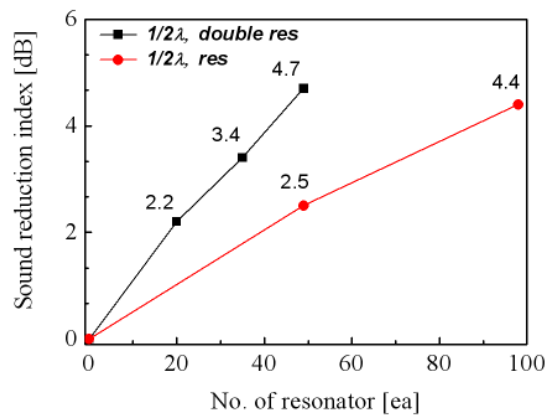
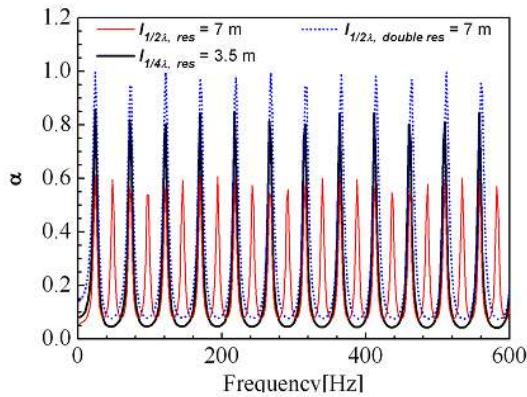
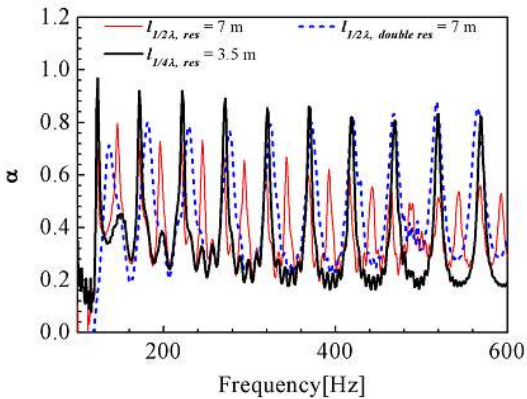


Fig. 4 Sound reduction index in a room with resonators.



(a) numerical data



(b) experimental data

Fig. 2 Absorption coefficients of reactive type resonators.

0.5 m 로 축소된 방에 공명기를 1/2 파장 공명기와 이중 수음부를 갖는 1/2 파장 공명기의 장착 개수에 따른 광대역 소음 저감량을 전체 소음레벨로 나타낸 그래프이다. 그 결과로 이중 수음부를 갖는 1/2파장 공명기 49개가 1/2파장 공명기 98개의 소음 저감량과 비슷하게 약 4.5 dB로 효과적인 광대역 소음 저감이 가능함을 알 수 있었다.

4. 결 론

반사형 공명기를 임피던스관에 장착하여 수치계산 및 실험을 통해서 흡음률을 구하였다. 공명기간의 흡음률 및 흡음대역 특성을 분석하였고, 일반적으로 협대역 소음 저감에 쓰이는 공명기의 길이를 조정하여 흡음률의 기저가 상승시킬 수 있고 광대역 소음저감을 달성할 수 있음을 알았다.

후 기

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0071941).