

# 발사 환경을 고려한 헬름홀츠 공명기의 공동 내에서의 특성 Characteristics of Helmholtz Resonator in the Cavity for Lift-off Environment

서상현†·박순홍\*·장영순\*

Sang-Hyeon Seo, Soon-Hong Park and Young-Soon Jang

## 1. 서 론

일반적으로 많이 사용되는 특정 주파수에서의 흡음을 목적으로 하는 헬름홀츠 공명기(Helmholtz resonator)는 해당 공명주파수에서는 매우 높은 흡음률을 가진다. 우주 발사체의 경우 발사 시 140dB 이상의 매우 높은 음압이 발생하는데, 이러한 높은 음압 환경 하에서는 공명기 목 부분에서의 비선형 특성으로 인하여 흡음률 특성이 달라진다. 이러한 특성을 확인하기 위해 시편 단위의 공명기를 덕트에서 시험을 수행하게 된다. 하지만 음압레벨에 따른 흡음률의 변화는 공극률에 따라 크게 달라진다. 뿐만 아니라 공명주파수를 계산할 때 고려하는 목 보정길이 또한 공간에 따라 많이 달라지기 때문에 실제 적용될 공간을 고려한 공명기의 설계가 요구된다. 이를 검증하기 위해 덕트 및 공동에서 음압레벨을 변화시켜 가면서 흡음률 변화 및 내부 음장 변화를 살펴보았다.

## 2. 덕트 시험에서의 공명기 흡음특성

90mm\*90mm 단면적을 가지는 정사각 덕트의 끝단에 목길이(L) 7.6mm, 공동의 부피(V)가 85mm\*85mm\*35mm, 목 입구의 직경(D)이 13.7mm의 값을 가지는 공명기 시편으로 흡음률을 측정하였다.

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi(D/2)^2}{V(L+L')}}$$

일반적으로 무한 평판 상에서의 목 보정길이가 많이 사용하는  $L'=0.85D$ 의 경우 304Hz의 공명주파수를 가진다. 하지만 Uno Ingard의 논문에서 제시한 덕트의 크기 및 공동의 크기를 고려하여 목 보정길이를 계산하면  $L'=0.68D$ 의 값을 가지게 되고, 이는 324Hz의 공명주파수를 나타나게 된다. 아래 그림과 같이 실험 결과를 살펴보면 약 320Hz의 공명주파수를 가짐을 알 수 있다. 그리고 공명주파수 부근에서의 1/3 octave band 기준에서의 음압레벨을 m00(-0dB: 124dB), m12(-12dB: 112dB), m30(-30dB: 94dB)로 바뀌가면서 흡음률을 측정하면 음압이 올라 갈수록 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 특정 음압레벨 이상에서는 흡음률 피크가 떨어진다.

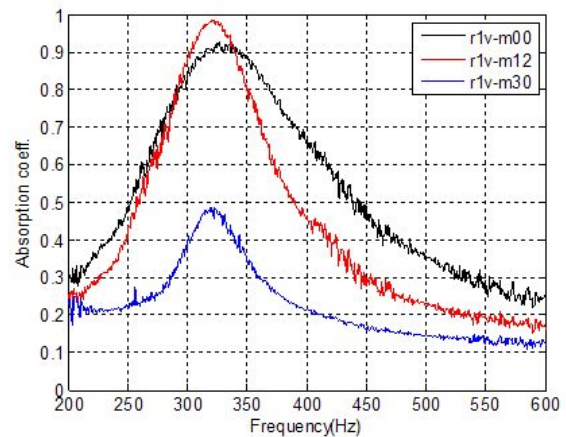


Fig. 1 Absorption coefficient of resonator for increase of excited sound pressure level

이러한 특성은 정규화된 레지스턴스의 변화를 살펴보면 가진 음압레벨이 증가할수록 레지스턴스가 증가하는데 1에서 가장 높은 흡음률 피크를 가지고 그 이상으로 증가하면 오히려 흡음률 피크는

† 한국항공우주연구원  
E-mail : ssh@kari.re.kr  
Tel : (042) 860-2541, Fax : (042) 860-2233

\* 한국항공우주연구원

떨어지게 된다. 이는 전체 단면적에 대한 목 입구 단면적의 비로 나타나는 공극률에 따른 영향이 크다.

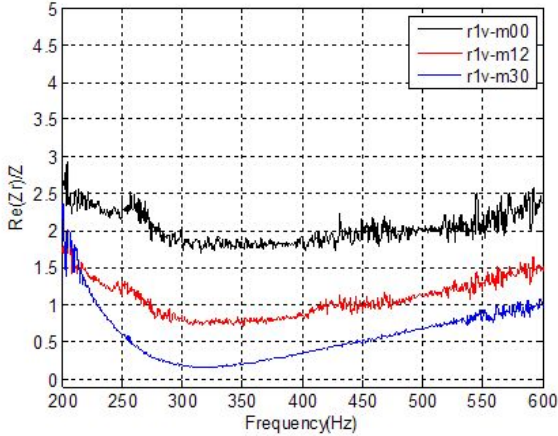


Fig. 2 Normalized resistance of resonator for increase of excited sound pressure level

### 3. 공동 내에서의 공명기 흡음특성

앞서 덕트 시험을 통하여 특성을 확인한 공명기를 크기 700mm\*800mm\*900mm 직사각공동의 모서리에 각각 1개씩 총 4개를 배치했을 경우 공명기 유무에 따른 내부 음장변화를 살펴보았다. 위에서 실험한 가진 음압과 동일한 음압레벨을 공명기 입구에서 가지도록 하고 그 차이를 살펴보면 m30(-30dB)에서는 303Hz에서 -15dB 이상의 저감 성능을 보였다. m12(-12dB) 및 m00(-0dB)로 갈수록 303Hz에서의 저감 성능은 떨어지면 밴드가 조금 넓어지는 현상을 나타내었다. 이는 앞의 덕트 시험과는 다른 결과를 나타내는 것이다. 덕트보다 더욱 넓은 공동 내로 들어가면서 목 보정길이의 변화로 공명주파수도 달라질 뿐만 아니라 전체의 공극률의 변화로 인해 음압변화에 따른 비선형 특성도 덕트 시험의 경우와 달라지기 때문이다. 앞에서 목 보정길이를 0.85D로 했을 경우 304Hz의 공명주파수를 가지는 결과와 비슷하다고 볼 수 있다.

### 4. 결 론

공명기를 설계하여 적용하는 경우 실제 적용되는 공간 내에서의 주파수 이동 등의 특성을 고려할

필요가 있고, 특히 발사와 같은 높은 음압레벨의 환경에서 사용되는 경우는 추가적으로 비선형 특성을 가지는 흡음률도 고려해야 한다.

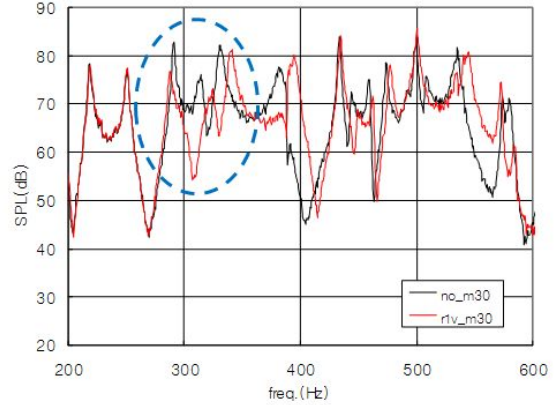


Fig. 3 Comparison of SPL in cavity(-30dB) (with and without resonator)

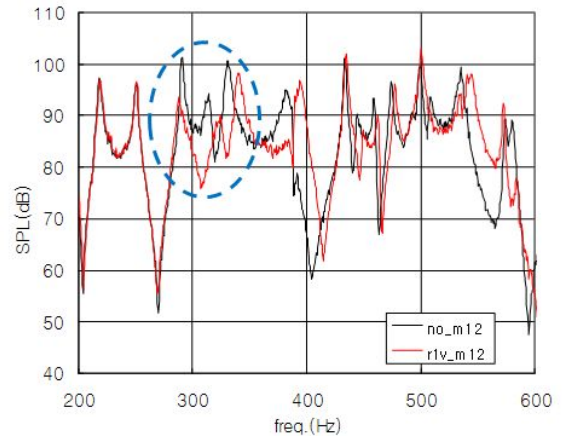


Fig. 4 Comparison of SPL in cavity(-12dB) (with and without resonator)

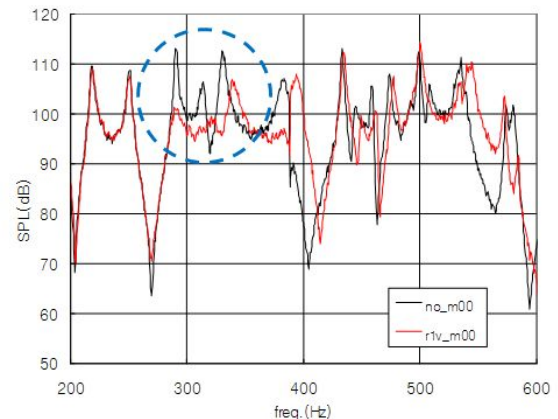


Fig. 5 Comparison of SPL in cavity(-0dB) (with and without resonator)