

# 스프리트형 공조 소음기의 음향성능해석

## Acoustic Performance Analysis of a Splitter Silencer

전수홍\* · 홍진숙† · 정의봉\*\*

SooHong Jeon, Chinsuk Hong and Weuibong Jeong

### 1. 서 론

스프리트형 소음기는 공조설비의 흡·배기관에서 유동소음의 제어가 필요할 경우에 설치하여 사용하는 장치이다. 스프리트형 소음기는 Fig. 1과 같은 형상을 가지고 있다. 소음기의 구성요소인 스프리트는 흡음재의 옆면을 천공판이 둘러싸고 있는 구조이며 소음기 내부에 일정한 간격으로 분할 배치되어있다. 스프리트형 소음기가 소음원의 특징에 따라 최적의 성능을 발휘하기 위해서는 음향성능의 해석을 통하여 스프리트 설계에 반영될 필요가 있다.

본 연구에서는 스프리트형 소음기의 음향성능의 특성을 알아보기 위하여 천공판의 이론적 모델링을 실시하였으며, 스프리트의 개수와 천공판의 파라미터를 바꾸면서 해석을 수행하였다.

### 2. 관련 이론

#### 2.1 천공판의 임피던스

얇은 천공판의 임피던스  $Z_p$ 는 다음과 같이 실수부와 허수부로 표현할 수 있다.

$$Z_p = \frac{\Delta p}{V} = R_p + j \cdot X_p \quad (1)$$

여기서  $\Delta p$ 는 압력강하이고  $V$ 는 입자속도 평균이다.

판의 두께가 구멍에 비하여 아주 얇을 경우에 임피던스  $Z_p$ 의 실수부와 허수부는 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$R_p = \frac{1}{\epsilon} \sqrt{8 \cdot \omega \cdot \eta \cdot \rho_0} \left( 1 + \frac{l}{2 \cdot a} \right) \quad (2)$$

$$X_p = \frac{1}{\epsilon} \cdot \omega \cdot \rho_0 \cdot (l + 2\Delta l) \quad (3)$$

여기서  $\epsilon$ 는 공극률이고  $\eta$ 는 유체의 동점성계수이고  $\rho_0$ 는 유체의 밀도이며  $\Delta l$ 은 구멍의 배치에 따른 보정 값이다.

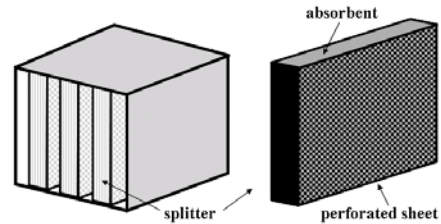


Fig. 1 Schematic diagram of a splitter silencer

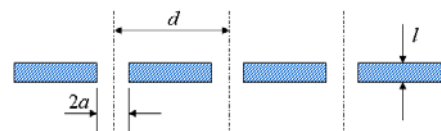


Fig. 2 Parameters of a perforated sheet

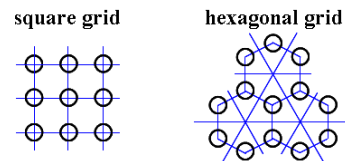


Fig. 3 Square and hexagonal grid of the holes

천공판은 Fig. 2와 같이 구멍의 반지름( $a$ ), 구멍간의 간격( $d$ ), 두께( $l$ )로 모델링할 수 있으며, 구멍 배열은 Fig. 3의 사각격자와 육각격자로 구분할 수 있다. 구멍이 사각격자로 배치된 판의 공극률과  $\Delta l$ 은 다음과 같다.

$$\epsilon = \frac{\pi \cdot a^2}{d^2} \quad (4)$$

$$\Delta l = \begin{cases} 0.85 \cdot a \cdot \left( 1 - 2.34 \frac{a}{d} \right), & 0 < \frac{a}{d} < 0.25 \\ 0.668 \cdot a \cdot \left( 1 - 1.9 \frac{a}{d} \right), & 0.25 < \frac{a}{d} < 0.5 \end{cases} \quad (5)$$

구멍이 육각격자로 배치된 판의 공극률과  $\Delta l$ 은 다음과 같다.

$$\epsilon = \frac{6\pi \cdot a^2}{5\sqrt{3} d^2} \quad (6)$$

$$\Delta l = \begin{cases} 0.85 \cdot a \cdot \left( 1 - 2.52 \frac{a}{d} \right), & 0 < \frac{a}{d} < 0.25 \\ 0.668 \cdot a \cdot \left( 1 - 2.0 \frac{a}{d} \right), & 0.25 < \frac{a}{d} < 0.5 \end{cases} \quad (7)$$

† 교신저자; 울산과학기술대학교 디지털기계학부  
E-mail : cshong@uc.ac.kr  
Tel : (052) 297-3134, Fax : (052) 297-3171

\* 부산대학교 대학원 기계시스템설계

\*\* 부산대학교 기계공학부

## 2.2 투과손실 계산

관을 통과한 음향파위의 투과손실은 입사음압과 투과음압의 비로 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TL = 20 \log_{10} \left| \frac{p_i}{p_3} \right| \quad (8)$$

여기서,  $p_i$ 는 입사음압의 rms값으로 다음과 같다.

$$p_i = \frac{p_1 - p_2 e^{-ikx_{12}}}{1 - e^{-i2kx_{12}}} \quad (9)$$

여기서  $p_1$ ,  $p_2$  및  $p_3$ 은 Fig. 4에서 보인 3-point method의 측정점인 1번, 2번 및 3번 위치의 음압 rms값이고,  $k$ 는 파수이며,  $x_{12}$ 는 측정점 1과 2의 간격이다.

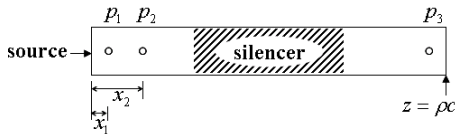


Fig. 4 measurement points in 3-point method

## 3. 해석 결과

스프리트형 소음기의 구조를 Fig. 5와 같이 모델링하고 SYSNOISE v5.6을 이용하여 해석을 수행하였다.

먼저, 스프리트 두께의 총합을 0.2(m), 천공판 구멍의 반지름을 0.005(m), 구멍의 간격을 0.015(m), 구멍의 배열을 사각격자로 유지하면서 스프리트의 개수를 1~5개로 나누어 해석을 수행하였고 결과는 Fig. 6과 같다. 이 경우에 개수가 증가할수록 저주파수에 대한 투과손실은 감소하지만 고주파수에 대한 투과손실은 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. 그리고 1개의 스프리트를 설치한 경우는 특정 주파수에 대하여 높은 투과손실을 보여주고 있지만 평균적인 투과손실은 다른 경우에 비하여 현저히 낮다는 사실을 알 수 있었다. 개수가 증가할 경우에 매질과 접촉하는 단면적이 넓어지고 스프리트간의 간격이 좁아지기 때문에 고주파수에 대한 흡음성능이 좋아지는 것으로 생각된다.

두 번째 경우로 스프리트의 개수를 4개, 천공판 구멍의 간격을 0.015(m), 구멍의 배열을 사각격자로 유지하면서 천공판 구멍의 반지름을 0.0002(m)에서 0.005(m) 사이의 5가지 크기에 대하여 해석을 수행하였고 결과는 Fig. 7과 같다. 이 경우에는 반지름이 커질수록 높은 주파수에서 투과손실의 최대지점이 나타났으며, 각 경우에 따라서 투과손실이 적용가능한 주파수 대역이 다르다는 사실을 확인할 수 있었다. 그리고 구멍의 반지름이 작아질수록 투과손실에 대한 주파수 대역폭이 감소하며 최대지점의 높이도 줄어드는 경향을 알 수 있었다. 이것은 구멍의 반지름이 작아질수록 스프리트 내부 흡음재의 영향이 줄어들기 때문으로 판단된다.

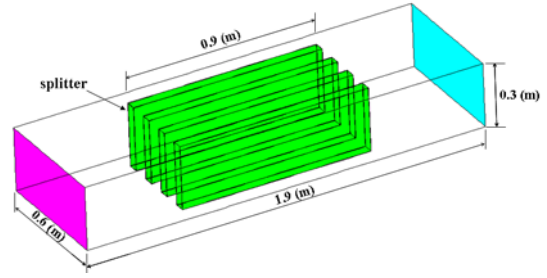


Fig. 5 Analysis model of a splitter silencer

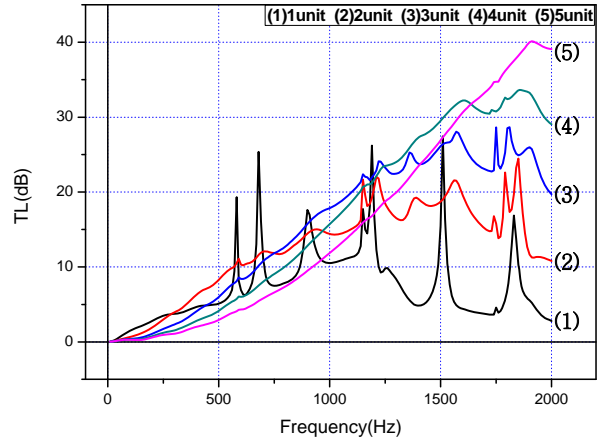


Fig. 6 Variation of transmission loss with the number of splitters

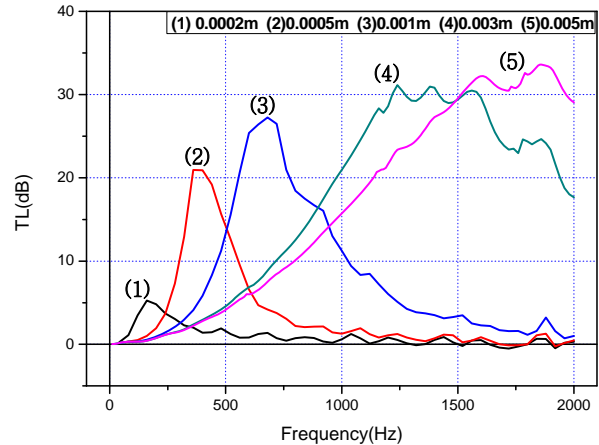


Fig. 7 Effects of the radius of perforation on the TL

## 4. 결 론

스프리트형 소음기의 음향성능의 특성을 알아보기 위하여 스프리트의 모델링을 수행하였고, 주요한 설계변경 인자인 스프리트의 개수와 천공판 구멍의 반지름을 변경하면서 관의 투과손실을 구해보았다. 설계변경에 따라서 주로 흡음이 발생하는 주파수 대역과 크기가 서로 다른 분명한 특징을 가지는 결과를 확인할 수 있었다.

각 경우에 대한 음향성능의 특징이 다르기 때문에 해당 설비에 대한 소음원의 특징을 분석하고 해석을 통하여 최적의 스프리트를 선정할 수 있다면, 효율적인 성능을 가지는 스프리트형 소음기 설계에 도움이 될 것이다.