

# 다공판 공극률에 따른 머플러 소음성능 해석 및 평가 Muffler Analysis Associated with the Porosity Changes of the Perforated Plate

배경원‡ · 정의봉‡ · 안세진\*

Kyeong-Won Bae, Weui-Bong Jeong, Se-Jin Ahn

**Key Words** : Muffler(소음기), Transmission Loss(투과손실), Admittance(어드미턴스), Impedance(임피던스), Perforated plate(다공판), Porosity(공극률)

## ABSTRACT

By this time, the study of mufflers has been progressed a lot. However, we don't have enough information about what some factors in muffler have an influence on transmission loss. So, we examined the tendency of the transmission loss depending on the porosity of perforated plates. We tested mufflers currently in use and changed porosity of perforated plates in mufflers to find out tendency of the transmission loss. As a result, the tendency of the transmission loss was shown differently depending on the position of perforated plate.

## 1. 서 론

현대사회에서 기술이 발달됨에 따라 기능만이 아니라 생활환경문제도 중요하게 여기고 있다. 따라서, 차량이나 중장비에서 발생하는 소음을 줄이는 기술이 더욱 중요해지고 있다. 차량소음의 주요 원인으로는 엔진에서 발생하는 소음이고, 이 소음을 줄이는데 큰 역할을 하는 것이 머플러이다.

머플러의 소음저감 성능은 투과손실(transmission loss, TL) 이라고 한다. 머플러의 소음성능은 머플러의 여러 가지 구조에 따라서 달라진다. 이러한 머플러의 투과손실에 영향을 미치는 소로는 머플러의 입·출구의 단면적비, 확장관의 단면적, 격벽, 다공판, 흡음재 등이 있다.

단순확장관에서 각 요소가 미치는 영향은 어느

정도 연구되었지만, 복합되어 있는 형태에서 각 요소가 미치는 영향에 대한 연구는 아직 미비하다. 따라서, 본 연구에서는 다공판의 공극률만을 설계변수로 두고 복합구조의 중장비 머플러를 타겟으로 하여 투과손실 경향을 살펴보았다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 투과손실

투과손실은 식 (1)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$TL = 10 \log_{10} \frac{W_i}{W_t} = 20 \log_{10} \left| \frac{p_i}{p_t} \right| + 10 \log_{10} \frac{S_1}{S_3} \quad (dB) \quad (1)$$

$W_i$ 는 입사음향파워,  $W_t$ 는 투과음향파워,  $p_i$ 는 입사파 음압,  $p_t$ 는 투과파 음압,  $S_1$ 는 입구 단면적,  $S_3$ 는 출구 단면적이다.

### 2.2 다공판

머플러 해석을 할 때 다공판의 구멍은 모두 모델링 하지 않고, 구멍효과와 같은 역할을 하는 어드미

† 교신저자: 부산대학교 기계공학부  
E-mail : wbjeong@pusan.ac.kr  
Tel : (051)510-2337, Fax : (051)517-3805  
‡ 부산대학교 대학원 기계공학부  
\* 위덕대학교 기계전기공학부

턴스(admittance)를 이용하였다. 이 값은 Mechel's formula를 이용하여 계산하였다. 어드미턴스를 계산하기 위한 임피던스(impedance)의 계산식은 다음과 같다.

$$Z_p = R_p + jX_p \quad (2)$$

$$R_p = \frac{1}{\epsilon} \sqrt{8\omega\eta\rho_o} \left(1 + \frac{l}{2a}\right) \quad (3)$$

$$X_p = \frac{1}{\epsilon} \omega\rho(l + 2\Delta l) \quad (4)$$

$Z_p$ 는 impedance,  $R_p$ 는 resistance,  $X_p$ 는 reactance,  $\eta$ 는 동점성계수,  $\epsilon$ 는 공극률,  $a$ 는 구멍의 반지름,  $l$ 은 다공판의 두께,  $w(=2\pi f)$   $f$ 는 주파수이다. 식 (4)에서  $\Delta l$ 은 구멍의 배열에 따른 값으로, (6), (8) 식으로 계산된다.

Fig.2와 Fig. 3은 다공판 구멍의 배열, 크기, 거리를 나타낸 것이다.

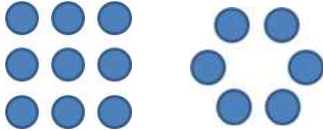


Fig. 2 Arrangement of hole (Square, Hexagonal)

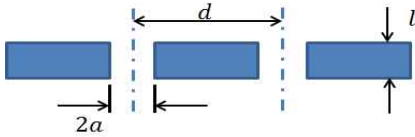


Fig. 3 Hole of perforated plate

square 배열에서

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

$$\Delta l = \begin{cases} 0.85a \left(1 - 2.34 \frac{a}{d}\right), & 0 < \frac{a}{d} < 0.25 \\ 0.668a \left(1 - 1.9 \frac{a}{d}\right), & 0.25 < \frac{a}{d} < 0.5 \end{cases} \quad (6)$$

hexagonal 배열에서

$$\epsilon = \frac{2\pi a^2}{\sqrt{3} d^2} \quad (7)$$

$$\Delta l = \begin{cases} 0.85a \left(1 - 2.52 \frac{a}{d}\right), & 0 < \frac{a}{d} < 0.25 \\ 0.668a \left(1 - 2.0 \frac{a}{d}\right), & 0.25 < \frac{a}{d} < 0.5 \end{cases} \quad (8)$$

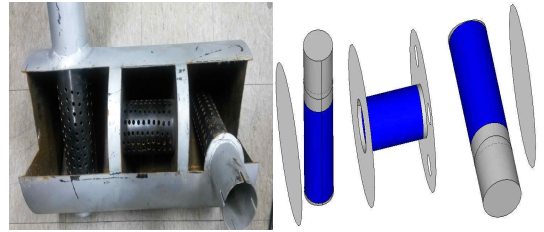


Fig. 4 Model A

### 3. 머플러 모델 및 전산해석

#### 3.1 설계변경 모델

본 연구에서 사용한 실제 머플러는 Fig. 4의 model A를 이용하였다. Fig. 4 오른쪽 그림에서 진한색깔로 나타난 부분이 다공판으로 되어있는 부분이고, 다공판으로 되어 있는 부분이 3곳이 있다. 실제 머플러에서의 공극률은 입구에서  $\epsilon_1 = 0.13$ , 가운데에서  $\epsilon_2 = 0.18$ , 출구에서  $\epsilon_3 = 0.13$ 이다.

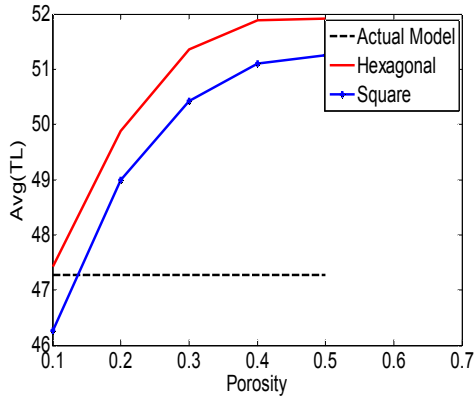
#### 3.2 설계변경

우선 다공판에서 가질 수 있는 공극률의 크기는 기하학조건에 의해 hexagonal배열에서  $\epsilon_{hexa} = 0.54$ 이고, square배열에서  $\epsilon_{square} = 0.79$  정도이다. 따라서, 최대 공극률의 상한선을  $\epsilon = 0.5$ 으로 두었다. 그리고 해석 케이스는 다공판의 각 위치별로 공극률을 0.1~0.5까지  $\Delta\epsilon = 0.1$ 로 5가지씩 하였다.

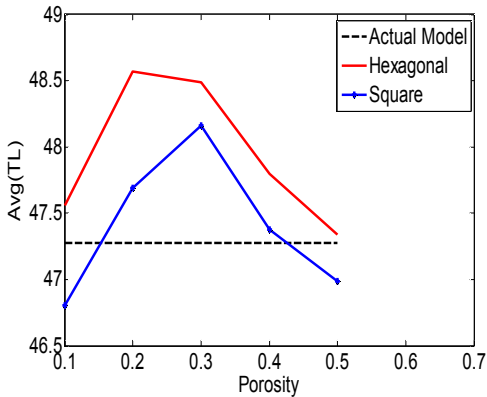
#### 3.4 해석 결과

Fig. 5 ~ Fig. 7을 보면, 다공판의 모든 위치에서 공극률이 일정하면 hexagonal배열일 때 square배열일 때 보다 높은 투과손실을 가지는 것을 볼 수 있다.

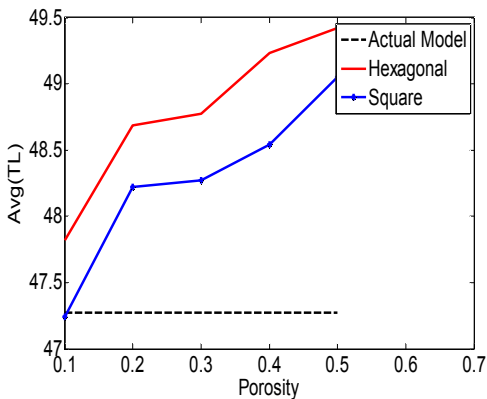
각 위치에서의 경향을 살펴보면 각각 다른 경향을 가지는 것을 볼 수 있다. 먼저 Fig. 5를 보면, 입구 쪽에 위치하는 다공판은 구멍의 배열에 관계없이 공극률이 0.4까지는 투과손실이 증가하다가 공극률이 0.4정도가 되면 최댓값에 수렴하는 경향을 볼 수 있다. 다음으로 Fig. 6을 보면, 머플러의 가운데에 위치하는 다공판에서는 공극률이 0.2~0.3에서 최대 투과손실을 가지는 것을 볼 수 있다. 그리고 Fig. 7을 보면, 출구 쪽에 위치하는 다공판에서는 공극률이 클수록 투과손실이 큰 것을 볼 수 있다.



**Fig. 5** Transmission loss due to the porosity at entrance



**Fig. 6** Transmission loss due to the porosity at middle



**Fig. 7** Transmission loss due to the porosity at exit

## 4. 결 론

이 논문에서는 실제 장비에서 사용하는 머플러를 이용하여 다공판의 공극률에 따른 투과손실의 경향을 살펴보았다.

그 결과, 입구에 위치하는 다공판에서는 공극률이 커질수록 투과손실이 증가하다가 수렴하는 경향을 보였고, 내부 중앙에 위치하는 다공판은 공극률이 커질수록 투과손실이 증가하다가 최댓값에 도달한 후 감소하는 것을 볼 수 있었다. 그리고 출구에 위치하는 다공판에서는 공극률이 커질수록 투과손실이 증가하는 것을 볼 수 있었다.

하지만, 이 연구는 한 가지 특정한 머플러에 대하여 연구한 것이기 때문에, 여러 가지 다른 복잡한 머플러에서도 이와 같은 방법으로 다공판의 공극률에 따른 투과손실의 경향을 살펴본다면 머플러를 개발하는데 아주 유용한 지표를 만들 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- (1) Choi, D. W. and Lee, J. W., 2013, Optimal Design of a Muffler with Perforated Plates Considering Pressure Drop, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 23, No. 4, pp. 372~378.
- (2) Ko, K. E., Kim, Y. H., Joo, W. H., Kim, D. H., Bae, J. G., Shim, J. K., Kang, J. W., Son, K. D. and Kim, C. O., 2006, Development of Lower Noise Excavator, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 12, pp. 1185~1191
- (3) Park, J. P., Bae, K. W., Jeong, W. B. and Ahn, S. J., 2014, Analysis of Transmission Loss according to Internal Space Partition of Simple Expansion Chamber, Proceedings of the KSMVE Annual Spring Conference, pp. 520~521
- (4) Bae, K. W., Park, J. P., Jeong, W. B. and Ahn, S. J., 2014, Muffler analysis associated with the design changes of the perforated plate, Proceedings of the KSMVE Annual Spring Conference, pp. 524~525