

내부 분할된 단순확장관의 투과손실 및 배압 전산해석

Transmission Loss and Back-pressure Analysis for Inner-separated Muffler

정 의 봉* · 김 연 우 †

Weuibong Jeong, Yeon Woo Kim

Key Words : Muffler(소음기), Transmission loss(투과손실), Back-pressure(배압), Partition plate(격벽), System efficiency(시스템 효율), Computational Fluid Dynamics(전산유체역학)

ABSTRACT

This paper deals with the optimal muffler model by using acoustic analysis and CFD(computational fluid dynamics) analysis. The complicated muffler model could be better noise reduction performance. However, it could be worse affected to back-pressure performance by pressure drop in working fluid. High back-pressure is caused to low system efficiency. Therefore, it is important for the muffler design to consider the pressure drop. The muffler models are changed their partition plate position. Acoustic power transmission loss(TL) and pressure drop of working fluid are calculated by using computational analysis and used to build database for finding their trends. The optimal muffler model in user-interested frequency range could be selected by analyzing this database.

1. 서 론

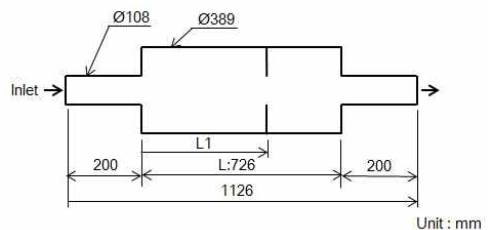
최근에 소음에 대한 관심이 높아지면서 가전 제품의 압축기나 자동차 배기계통, 각종 산업설비 및 건설장비의 소음을 저감시키기 위하여 소음기의 성능향상연구가 활발히 진행되고 있다. 동시에, 고유가시대에 접어들면서 각종 장비의 효율향상에 대한 연구도 주요 관심사 중 하나이다. 특히 배기계통을 수반하는 구동기의 경우에는 배압성능이 매우 중요한 요소가 될 수 있다.

일반적으로 배기계통의 소음저감을 위하여 배기계통과 소음기 내부를 복잡한 구조로 구성하여 작동유체의 압력손실을 유도한다. 그러나 이러한 압력손실은 배압(back pressure)으로 축적되어, 시스템의 효율을 저하시키거나 역화(back fire)의 원인이 되기도 한다. 따라서 시스템의 고효율을 유지하면서, 소음저

감을 달성하기 위해서는 시스템의 배압성능에 대한 연구가 수반되어야 한다.

소음기의 음향성능을 나타내는 대표적인 지수로는 음향과위 투과손실(transmission loss; TL), 소음저감량(noise reduction; NR), 삽입손실(insertion loss; IL) 등이 있다. 배기계통에서는 매우 다양한 요인의 영향으로 유동특성을 특정하기 어렵기 때문에 배기계통에서 큰 부분을 차지하는 소음기를 경유하는 유체의 압력손실과, 유동의 특성을 파악하는 것이 중요한 요소가 될 수 있다.

Kwon⁽¹⁾은 작동유체의 유동속도가 소음기의 음향과위 투과손실에 미치는 영향을 구하였으며, Jung⁽²⁾은 다양한 입출구 형상을 가지는 소음기의 투과손실 및 배압특성에 관한 연구를 하였다.



* 교신저자; 정희원, 부산대학교 기계공학부
E-mail : wbjeong@pusan.ac.kr
Tel : 051-510-2337, Fax : 051-517-3805
† 발표자; 부산대학교 대학원 기계공학부

Fig.1 The modeling of muffler

Table 1 Information of engine data

Variable	Value
Volume flow rate of exhaust gas	27.8m ³ /min
Temperature of exhaust gas	500 ℃
Allowed exhaust resistance	9806 [Pa]
Exhaust connection flange	KS code 100A

Table 2 Information of acoustic input variable

Variable	Value
Sound speed	548.7 m/s
Density	0.4565 kg/m ³
Particle velocity	1 m/s
Impedance	250.5 kg/m ³ s

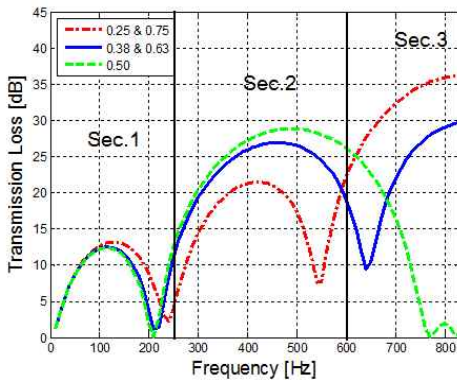


Fig.2 Transmission loss at fixed hole position

본 연구에서는 내부가 hole이 있는 격벽으로 분할된 원형 단순확장관을 모델링하여, 음향특성과 유동특성에 대한 전산해석을 실시하였다. 음향특성은 Virtual Lab으로 음향파워 투과손실을 계산하여 소음기의 소음저감성능을 평가하였고, 유동특성은 ANSYS CFX로 소음기를 경유하는 작동유체의 압력손실을 구하여 소음기의 배압성능을 평가하였다. 그리고 본 해석에 사용된 소음기 모델은 Hyper Mesh와 ICEM CFD를 이용하여 각각 음향해석용 격자와 CFD(computational fluid dynamics) 해석용 격자를 구성하였다.

2. 전산해석

2.1 소음기 모델링

해석에 사용되는 소음기의 형상을 Fig.1에 나타내었다. 전체 형상은 내부가 분할된 원형 단순확장관이며, 입구와 출구 지름과 및 내부분할용 파티션의 hole의 지름은 모두 동일하다. L은 726mm이며, 소음기 내부 확장부분의 전체 길이이다. L1/L은 소음기 내부의 파티션 위치를 나타낸다. 전산해석에 이용된 변수들은 상용엔진모델(D1146T)의 설치기준자료⁽³⁾를 적용하였다.

2.2 음향해석

(1) 음향해석 해석환경

소음기의 음향 투과손실 해석을 위하여 음향해석용 격자를 구성하고 입구에 입자속도경계조건, 출구에 무반사 경계조건을 부여하였다. 투과손실 결과는 10Hz에서 830Hz까지 10Hz 간격으로 출력하였다.

(2) 파티션의 위치에 따른 투과손실 해석결과

소음기 내부 파티션 위치변화에 따른 투과손실 결과를 소음기 모델의 평면파 가정주파수 830Hz까지 Fig.2에 나타내었다. 이 결과에 따르면, L1/L의 비율이 0.5일 때를 기점으로 0.25(0.75), 0.38(0.63)의 투과손실곡선이 각각 일치하고 있다.

Fig.2의 주파수 범위를 10Hz~250Hz, 260~600Hz, 610~830Hz로 각각 Sec.1, Sec.2, Sec.3로 분할하여 보면, 구간별로 소음기 모델별 투과손실 성능 순위가 다른 것을 알 수 있다. Sec.1, Sec.3 구간에서는 L1/L의 비율이 0.25(0.75), 0.38(0.63), 0.5의 순서로 투과손실성능이 우수하고, Sec.2 구간에서는 L1/L의 비율이 0.5, 0.38(0.63), 25(0.75)의 순서로 투과손실성능이 우수한 것을 확인할 수 있다. 그러나 Fig.2의 Sec.3 영역은 평면파 가정주파수인 830Hz 이내에서 투과손실 곡선의 최대값을 특정하기가 어렵고, 투과손실 결과도 신뢰도가 떨어지므로 이후에는 언급하지 않기로 한다.

2.3 유동해석

(1) 유동해석 해석환경

소음기 배압해석을 위하여 유동해석용 격자를 구성하고 입구에 질량유량, 출구에 외부토출조건을 부여하였다. 소음기 배압성능은 입구단과 출구단의 압력차이인 압력손실로 평가하였다.

(2) 압력손실 해석결과

파티션의 위치에 따른 압력평가지표를 Fig.3에 나타내었다. 압력평가지표는 각 모델의 평균압력손실

을 내부가 분할되지 않은 단순확장관의 평균압력손실(573Pa)로 나누어 무차원화 한 지표이며, 이 수치가 클수록 압력손실비율이 크므로 배압성능에 악영향을 준다고 판단 할 수 있다.

각 모델의 압력손실비율은 파티션의 위치가 $L1/L = 0.38$ 일 경우에 압력손실비율이 가장 높고, 이 위치에서 멀어질수록 압력손실비율이 비교적 낮았다.

Table 3 Information of CFD input variable

Variable	Value
Working fluid	Air(ideal gas)
Mass flow rate	0.187 kg/s
Ambient pressure	1 atm
Working temperature	500 °C
Density	0.4565 kg/m ³
Dynamic viscosity	7.97×10^{-5} m ² /s
Ratio of specific heats	1.357
Turbulence model	Standard $k-\epsilon$

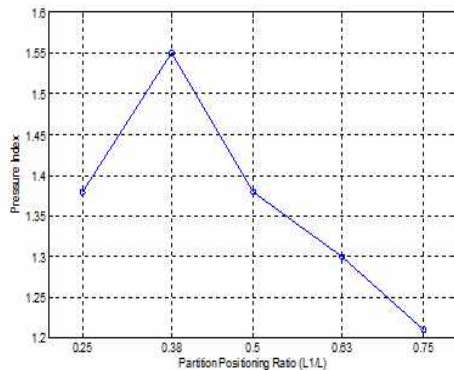


Fig.3 Estimated pressure index

4. 결 론

지금까지 내부가 분할된 원형 단순확장관에 대한 음향 및 유동해석을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

소음기 내부를 분할하면 파티션의 위치에 따라 주파수 영역별로 최대 음향투과손실성능이 변화하는 것을 확인하였다. 그러나 설계자의 관심주파수에서 우수한 투과손실성능을 가지는 모델이 높은 배압을 가질 수도 있음을 확인하였다. 특히 Sec.2 영역이 설계자의 관심주파수일 경우는 투과손실성능만을 고려한다면 높은 배압으로 인하여 시스템의 효율이 저

하될 수 있음을 주지하여야 한다.

따라서 소음기의 최적성능을 위하여 투과손실과 배압성능을 동시에 고려하는 설계가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 본 연구에 사용된 절차가 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- (1) Jin, K., Jeong, W. B., and Hong, J. S., 2012, Effects of Fluid Velocity on Acoustic Transmission Loss of Simple Expansion Chamber, Transactions of the KSNVE, pp. 994~1002.
- (2) Jung, K. H., Hwang, W. G., Lee, Y. Y., and Kim, K. S., 2001, A study on Muffler's Transmission Loss and Backpressure Property, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 676~681.
- (3) Doosan Commercial Engine Inc.(2014) Engine Specification of D1146T Model Retrieved September 11, 2014, from <http://www.dscengine.com>
- (4) Tao, Z. and Seybert, A. F., 2003, A Review of Current Techniques for Measuring Muffler Transmission Loss, Proceedings SAE Noise and Vibration Conference., pp. 2003-01-1653.
- (5) LMS, Virtual Lab Rev 12.
- (6) ANSYS, CFX Rev 14 User Guide, 2011.