

단순 확장 관 내부 파티션이 음향 투과손실에 미치는 영향해석

Influence of Internal Partition of Simple Extension Chamber on the Acoustic Transmission Loss

박 정필† · 정 의봉‡ · 안 세진*

Jeong-Pil Park, Weui-Bong Jeong and Se-Jin Ahn

Key Words : Simple Extension chamber(단순 확장 관), Transmission Loss(투과손실), Internal Partition(내부 파티션), Decomposition Method(분해법), Anechoic Termination(무반사단), Muffler(머플러), Silencer(소음기)

ABSTRACT

To identify characterization of a simple extension chamber that have the two internal partition, produce the curve to estimate the transmission loss without the computer analysis. For helpful for internal optimum design, identify the characteristic of internal partition on transmission loss. Made estimated transmission loss curve by function of relationship of internal partition and transmission. Check the similarity of predicted transmission loss and analysis transmission loss. Usage of the predicted transmission loss made by relationship of internal partition and transmission loss is good information to place the internal partition so as to maximize the transmission loss on target frequency at optimal design on muffler.

1. 서 론

내연기관이나 환기장치는 성능을 향상시키기 위해 동력과 효율을 높이려는 노력한다. 그러나 내연기관이나 환기장치로부터 나오는 배기소음은 오히려 증가하게 되며 환경적인 문제로 지적되어 왔다. 배기소음을 줄이기 위해서 배기 시스템에 설치되는 머플러(muffler) 또는 소음기(silencer)라는 장치의 중요성은 커지고 있다.

본 논문에서 사용한 소음기의 성능을 평가하는 방법은 투과손실(transmission loss)이다. 투과손실(transmission loss)은 소음기를 투과한 음향파위에

대한 입사된 음향파위의 비(입사된 음향파위/투과된 음향파위)를 상용대수를 취한 후 10을 곱한 값으로 정의되며, 투과손실은 소음기만의 고유한 특성을 나타내므로 본 논문의 평가방법에 적절하다고 생각하였다.

본 연구에서 지정한 머플러 외형 사이즈는 굴삭기 머플러의 실제사이즈와 비슷하게 정하였으며, 소음기의 길이와 단면적 변화량은 고정시키고 내부는 단순 확장 관(simple extension chamber) 모양으로 설계를 하였다. 내부 파티션(internal partition)이 2개일 경우 내부 파티션 위치에 따른 투과손실(transmission loss) 성능이 변하는 특징을 알아보고자 한다. 투과손실(transmission loss) 성능을 평가하기 위한 실험적인 방법은 무반사단(anechoic termination)과 분해법(decomposition method)을 이용하였으며, 전산해석의 경우 음향 해석 소프트웨어인 LMS. Sysnoise를 사용하여 실험과 같은 상황을 구현하여 해석하였다.

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

2. 투과손실에 미치는 영향 해석

2.1 해석 결과 정리

투과손실 성능의 결과는 Fig. 1과 같이 그려지는데 Fig. 1의 결과는 3:2:3 모델의 투과손실 성능 결과이다. 그래프에서 첫 번째 곡선의 최대 값을 p1이라 하고 그 값의 주파수 값을 p1fre, 투과손실 값을 p1TL라 한다. 마찬가지로 첫 번째 곡선의 최소 값을 m1, 두 번째 최대 값은 p2, 두 번째 최소 값은 m2라 한다. 결과를 보면 1개의 모델의 해석을 통하여 8개의 값을 구하였다. 전체 12개의 모델에 대한 해석 값으로 8개 값(p1fre, p1TL, p2fre, p2TL, m1fre, m1TL, m2fre, m2TL)을 각각 구하였다.

2.2 내부 파티션과 투과손실의 관계

고정된 값은 단순 확장관의 전체 길이(L)와 단면적 변화량이다. 음향 투과손실의 변수는 앞부분 공간의 길이 (L_1)와 가운데 공간의 길이(L_2)라 볼 수 있으며, L_1 과 L_2 를 변수 x, y라 설정한다.

내부 파티션과 투과손실의 관계를 파악하기 위해 우선 p1fre이 변하는 특징을 함수화시켜 표현했다. 여러 개의 모델은 각각의 x, y 값을 가지고 있으며, 모델마다 p1fre의 값이 있다. x와 y의 기여도를 가지고 두 관계를 함수로 만들었으며 아래의 식 (1)으로 가정하였다.

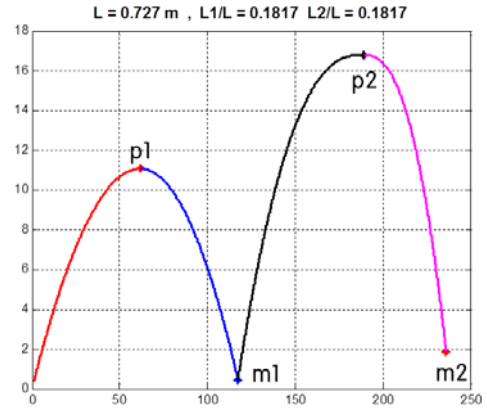


Fig. 2 Result of made Transmission loss in model 2:2:4

$$a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2 + gx^3 + hx^2y + ixy^2 + jy^3 = p1fre \quad (1)$$

위 식 (1)은 n개의 모델에 대한 변수 행렬 T [n by 10] 와 변수의 미지수 행렬 C [10 by 1]와 n개 모델의 p1fre 행렬 A [n by 1]로 이루어져 있다. 변수 행렬 T의 행은 한 모델에 대한 $[1 \ x \ y \ x^2 \dots \ y^3]$ 이며, 열은 n개의 모델이다. 위 식 (1)을 식 (2)로 표현하였다. 또한 아래의 식 (3)을 사용해 미지수 행렬 C를 구하였다.

$$T \times C = A \quad (2)$$

$$C = (T^T T)^{-1} T^T \times A \quad (3)$$

미지수 행렬 C를 구하였기 때문에 변수 x, y가 바뀔 때 따라 p1fre에 영향을 주는 특성을 파악하였으며, x, y에 관한 p1fre의 함수를 생성하였고, 함수화하였다고 볼 수 있다. 이와 같은 방법으로 p1TL, p2fre, p2TL, m1fre, m1TL, m2fre, m2TL를 함수화하여 각각의 식으로 표현하고 4개의 점(p1, p2, m1, m2)을 구할 수 있다. 해석한 모델들의 투과손실을 바탕으로 내부 파티션이 투과손실에 미치는 영향을 함수화하여 표현하였으며, 임의의 x, y를 설정하면 해석을 하지 않고 최대 점 2개(p1, p2)와 최소 점 2개(m1, m2)를 예상할 수 있다.

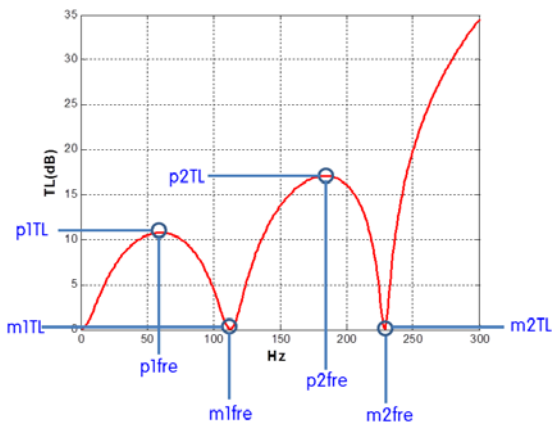


Fig. 1 Transmission loss information

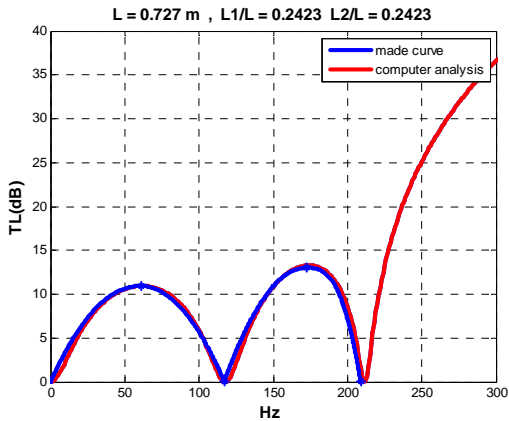


Fig. 3 Comparison of analysis and made curve in model 1:1:1

3. 결과 및 비교

3.1 제작한 투과손실 결과

내부에 파티션이 두 개가 있는 단순 확장 관의 모델들을 해석하여 얻은 결과를 바탕으로 투과손실의 특성을 파악하였다. 투과손실 곡선의 변곡점과 최소 점의 특성을 함수로 표현하였다. 투과손실 곡선의 특징을 알기 쉽게 표현하기 위해 Fig. 2과 같이 제작해 보았다.

3.2 해석 및 실험 결과와 제작 결과의 비교

내부에 파티션의 비율이 2:2:4의 모델을 컴퓨터로 모델을 생성하여 해석한 투과손실 결과와 본 논문에서 제작한 투과손실 곡선 결과의 비교를 Fig. 3에 나타내었다. 해석한 결과와 제작하여 얻은 결과의 특성은 거의 일치한다고 볼 수 있어 내부 파티션이 투과손실에 미치는 영향을 잘 파악하였다고 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 해석한 모델은 외형 사이즈가 중장비 머플러와 비슷한 단순 확장 관 모델이며, 내부

에 2개의 파티션 위치가 음향 투과손실에 미치는 영향을 파악 및 해석을 하였으며, 비교를 위해 투과손실 예상 곡선을 제작하였다. 내부 파티션의 위치가 변함에 따라 투과손실 곡선의 최대 점과 최소 점이 변화하는 특징을 함수로 파악했으며, 그 점들을 곡선으로 연결하여 예상 투과손실 곡선을 제작해 보았다. 예상 투과손실 곡선과 실제 해석결과를 비교한 Fig. 3를 보면 내부 파티션이 음향 투과손실에 미치는 영향을 잘 파악했다고 볼 수 있다. 이 예측 결과는 외형 사이즈가 정해진 머플러에서 내부 파티션 위치에 따른 예상 투과손실 곡선을 제작해 목표 주파수에서 투과손실 성능을 극대화 시킬 수 있도록 하는 최적설계에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) Lee, S. B., Lee, W. T. and Nam, K. H., 2009, Development of a muffler for the super heavymachinery in the 70 ton class, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. Vol. 10, No. 10, pp. 2557~2564.
- (2) Tao, Z. and Seybert, A. F., 2003, A Review of Current Techniques for Measuring Muffler Transmission Loss, Society of Automotive Engineers, Inc., 01-1653.
- (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 KSNVE Annual Spring Conference, pp. 520~521