

# 소음, 성능 및 중량을 고려한 배기계 최적화 개발

## A Optimization of Exhaust System including the Noise, Performance and Weight

이종규† · 김형진\* · 정계현\* · 임윤수\* · 강구태\*  
**Lee Jong Kyu, Kim Hyung Jin, Jung Gue Hyun, Lim Yun Soo and Kang Koo Tae**

### 1. 서 론

자동차가 단순히 운송수단이 아닌 현대인의 안락한 생활을 영위해 가기 위한 필수품이 된 이래로 자동차 실내에서 발생하는 소리의 질적인 부분이 안락감의 척도로써 중요시 여겨지고 있다.

예전의 경우는 자동차의 감성품질을 위해 실내음질을 만족시켜 주면 되었던 것이 사실이다. 그러나 요즘의 경우는 자동차에 대한 고객들의 요구수준이 이전과 달리 점차 높아지고 있으며, 이에 따른 고객의 소리들(Voice of Customer)이 매우 다양해지고 있다. 특히 자동차 동력성능 및 연비 향상등에 대한 요구사항들이 점점 중요한 이슈로 대두되고 있다.

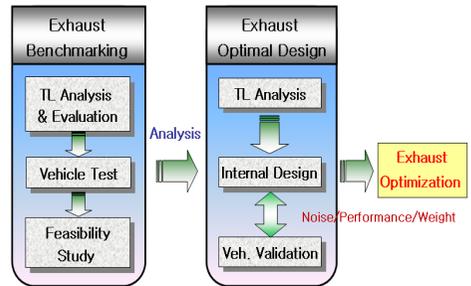
### 2. 본 론

#### 2.1 종합적인 배기계 개발 필요성

디젤 엔진이 장착된 차량들에 대해 주행중 발생하는 배기계 소음에 대한 고객의 선호도 및 요구사항 조사 결과를 보면 한마디로 고객은 적은 연료로 잘 나가면서도 듣기 좋은 소리를 원하는 것을 알 수 있다. 그런데 여기서 듣기 좋은 소리를 내기 위해서는 자동차 실내의 음질을 저해하는 소음인 배기기류음에 대한 개선이 선행되어야 하는데, 이를 위한 효과적인 방법으로 머플러 내부의 기하학적 구조 변경을 통해 난류성 공기-음향학적 소음을 제어하는 것이 필요하다.

그래서 본 논문에서는 이러한 고객들의 요구사항들에 부합된 배기계에 대한 최적화 개발을 통하여 NVH 성능의 향상은 물론 자동차의 동력성능 향상등을 종합적으로 구현하였다.

다음의 Fig.1은 본 논문에서 종합적인 설계로 제시한 배기계 최적화 개발 흐름도를 나타낸 것이다.



**Fig.1 Schematic Diagram for Exhaust Optimization**

본 논문에서는 배기계 최적화를 위해 우선 오토바이크 머플러에 대한 전반적인 벤치마킹(전달손실 해석/단품평가/실차평가)을 통해 타당성을 검토하였다. 그리고 디젤 양산차량의 배기계 머플러내 구조에 대한 다양한 전달손실 해석을 진행한 후 이를 통해 얻은 결과를 가지고 배기계 머플러 구조를 재구성 하였다. 우선 센터 머플러에 대해서는 주로 연소가 진력 기인 소음을 감쇄시키기 위하여 저주파 감소형 머플러를 적용하였고, 메인 머플러에 대해서는 기존의 듀얼 메인 머플러를 삭제하는 대신에 배기계 토출구 후단에 고주파 흡음형(다공형) 공명기를 적용하여 배기계 구조 최적화를 수행하였다.

#### 2.2 배기계의 Benchmarking

본 연구에서는 우선 음질 및 성능 튜닝을 위한 연구로 할리데이비슨 오토바이크 머플러들(총 6대)에 대한 벤치마킹을 수행하였다. 우선 오토바이크 머플러들에 대한 내부 구조를 파악한 후 머플러 단품에 대한 해석 및 단품평가를 수행하였다. 다음의 Fig.2는 토출소음 측면에서 가장 유리할 것으로 판단되는 Fat Boy 사양의 머플러 내부 구조를 나타낸 것이다. 이에 대한 해석 및 단품평가 결과를 보면 500Hz 이하의 중저주파수 대역에서는 다소 감쇠량이 적지만, 600Hz 이상의 중고주파수 대역에서는

† 교신저자; 현대자동차 남양연구소  
 E-mail : jongkyu@hyundai.com  
 Tel : 031-368-8392, Fax : 031-368-6095  
 \* 현대자동차 남양연구소

매우 양호한 감쇠량을 나타내고 있음을 알 수 있다.

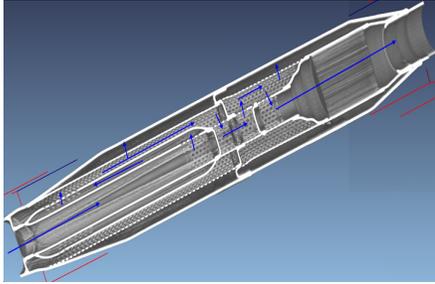


Fig.2 Internal Structure of Muffler(Fat Boy)

## 2.3 배기계 최적화 설계

### 2.3.1 배기계 소음해석

앞서 오토바이크 머플러에 대한 벤치마킹을 통해 얻은 결과를 가지고 2.2L 디젤 양산차량의 배기에 적용하기 위해 머플러 내부 구조에 대한 다양한 전달손실 해석을 진행하여 최적화를 수행하였다.

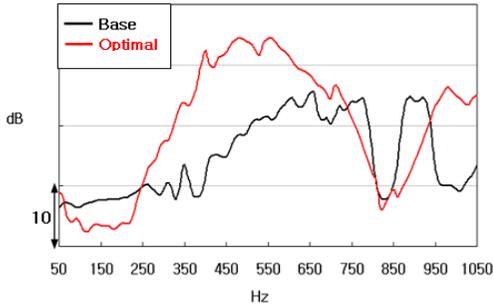


Fig.3 Transmission Loss of Muffler(2.2L Diesel)

해석에 있어서 목표는 조화로운 저주파 성분과 낮은 수준의 중고주파 기류음을 달성하는데 주안점을 두고 이들 대역에 대한 전달손실을 증대하는 방향으로 해석을 수행하였다. 위의 Fig.3은 2.2L 디젤 양산 머플러와 최적화 머플러에 대한 전달손실 해석값을 비교한 것이다. 해석결과를 보면 최적화 사양이 기존 사양에 비해 저주파수 대역에서는 낮은 전달손실을 보이지만, 중고주파수 대역에서는 상대적으로 높은 전달손실을 보이고 있음을 알 수 있다.

### 2.3.2 배기계 소음평가

앞서 얻은 배기에 대한 전달손실 해석을 통해 배기계 머플러 구성을 센터 머플러에 대해서는 연소가진력 기인 소음을 주로 감쇄시키는 저주파 감소형 머플러를 적용하였고, 메인 머플러의 경우는 기존의 듀얼 메인 머플러를 삭제하는 대신 배기계 토출구 후단에 고주파 흡음형 공명기를 적용한 결과 Fig.4와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 시험결과

를 보면 머플러 최적화 사양이 기존 사양에 비해 발전영역에서 C2 및 C4 성분의 증대로 디젤 특유의 거친음이 마스킹되는 효과를 보이고 있으며, 고 rpm 영역에서는 배기토출음을 저감함으로써 뒷좌석에서의 후석기류음이 상당히 개선되는 효과를 보이고 있다.

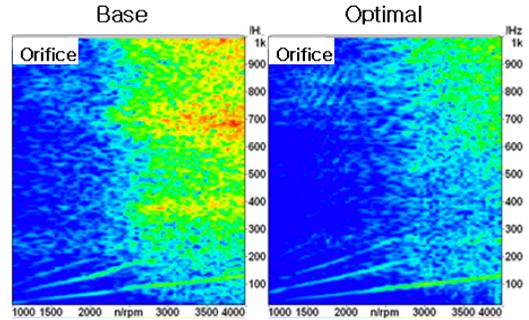


Fig.4 Exhaust Orifice Noise between Base and Optimal

### 2.3.3 차량 동력성능평가

앞서 배기계 최적화 사양의 경우 기존 사양에 비해 소음 및 음질 측면에서 한단계 이상 개선된 것을 확인할 수 있었다. 이에 차량 동력성능이 어느 정도 향상되었는지를 보기 위해 배기 머플러 최적화 사양을 적용하였을 경우 전반적으로 최적화 사양이 기존 사양에 비해 최대 2.8% 정도 차량 동력성능이 개선되었다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 2.2L 디젤 양산차량의 배기 머플러 최적화를 통한 총합 개발로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 배기에 대한 소음 최적화를 통해서는 2500rpm 이하의 저속영역(C2/C4)을 키워줌으로써 가속 발전시 디젤 특유의 거친음을 마스킹하였고, 3000rpm 이상의 고속영역을 줄여줌으로써 배기계 음질을 개선(후석기류음 저감) 하였으며 더불어 주행중 전반적인 가속 선형성도 개선하였다.

(2) 배기계의 음향학적 관점의 머플러 구조를 적용함으로써 불필요하고 복잡한 머플러 구조를 단순화하고 최적화하여 원가 및 중량을 저감(약 15kg↓)시킬 수 있었다.

(3) 또한 배기계의 소음특성을 고려한 최적의 머플러를 배치함으로써 중량 저감에 따른 차량의 동력성능(최대 2.8%↑)을 향상시킬 수 있었으며, 아울러 차량의 총합성능을 한 단계 향상시키는 효과를 달성하였다.