

# 벡터 해석법에 의한 차실 소음의 저감

## Refinement of Car Interior Noise Using the Vectorial Analysis Technique

이정권 \*                      민형선 \*\*                      심상준 \*\*  
 Jeong-Guon Ih              Hyoung-Sun Minn              Sang-Jun Sim

### 1. 서론

차량 주행시 내부공간의 소음레벨의 변화를 "Booming" 소음이라고 통칭하며, 이 소음의 주원인은 엔진 회전수의 2차 하모닉(Harmonic) 주파수 성분으로 구조적인 경로를 통하여 인체에 전달되게 된다. Booming 소음은 변화가 클 때 탑승자에게 큰 고통을 주며 차량 가치평가에 커다란 마이너스 요인이 된다.

본 연구에서는 이러한 Booming 현상을 파악하고 대처하는 방법의 하나로써 벡터 해석법을 사용하고자 한다.

### 2. 차실 공간과 각 지점간의 상호관계 해석

차실공간과 외부입력을 직접 연결하는 진동 제어요소(각종 Engine Mounting, Body Mounting, Bush, Hanger 등)를 통한 소음이 문제 주파수 범위에서 공기전파소음보다 그 크기가 훨씬 크다고 가정하면 탑승자가 느끼는 소음 레벨( $L_p$ )는 다음식과 같다.

$$L_p = \sum_{i=1}^n \alpha_i F_i \left( + \sum_{j=1}^m \tau_j P_j \right)$$

$\alpha_i$  : 진동 제어용 요소 i 에 작용하는 단위 힘에 대한 음압레벨 (dB/N)

$F_i$  : 진동 제어용 요소 i 에 작용하는 동적 힘(N)

$\tau_j$  : 진동 제어용 요소 j 에 작용하는 동적 힘(N)

$P_j$  : 진동 제어용 요소 j 에 작용하는 단위 힘에 대한 음압레벨 (dB/N)

\* 한국과학기술원 기계공학과

\*\* 대우자동차 기술연구소

### 2-1. 음향전달 함수( $\alpha_i$ )

각 요소 위치에서의 백색잡음(White Noise)의 입력진동에 의해 생성된 실내소음을 그 전달함수로 한다. 그림 1은 이와 같은 방법에 의해 구한 음향전달함수의 한 예이며, 엔진 회전수는 시간에 따라 변화하기 때문에 그래프상의 한 지점이 엔진 회전수의 2차 하모닉 주파수의 전달함수가 될 수 있다.

### 2-2. 진동입력의 측정 및 신출( $F_i$ )

Mounting과 같이 Hysteretic Damping을 갖는 계의 힘은

$$F_d = (k_1 + i k_2) x = k_1 (1 + i\eta) x = |k^*| e^{i\theta} x$$

로 구할 수 있다.

여기서  $|k^*|$  = dynamic stiffness

$$\eta = \tan\theta = \text{Loss factor}$$

따라서, 동적인 힘  $F_d$ 를 구하려면 Dynamic Stiffness 및 Loss Angle을 각요소 시편에 대해 주파수별로 구하여 실차 주행중 각 RPM 마다 측정된 변위(상부변위-하부변위)와 곱해준다. 그림 2는 Control Arm Bush의 Dynamic Property를 보여주고 있고, 그림 3은 T/M MTG에서 측정된 상대변위를 보여주고 있다.

### 3. 결과 및 결론

표 1은 시험에 사용된 각요소의 부호를 보여준다. 그림 4는 벡터합성법을 보여주고 있고, 그림 5는 각 부위에서의 벡터량의 합성된 결과를 나타내며, 7번(Lateral Rod)과 10번(우측 Control Arm)이 가장 중요한 소음 전달요임을 알 수 있다. 대책으로서 Panhard Rod의 강

성을 증가시킨 것과 ( $\phi 25 \rightarrow \phi 35$ ,  $t 2.5 \rightarrow t 3.5$ ) Rear Axle 에 등흡진기를 장착했을 경우의 효과가 그림 6 에 나타나 있다. 그림 7 은 등흡진기만을 적용했을 때의 효과를 보여주고 있다.

이상과 같이 구조적 전달경로를 통해 발생되는 내부소음이 어디에 있는지 벡터 해석법을 통해 알아낼 수 있다.

표 1. 모델에 적용된 각종 요소

1. E/G MTG, RHS
2. E/G MTG, LHS
3. T/M Gear Box MTG
4. Centre Bearing
5. EXHT Hanger, FRT
6. EXHT Hanger, RR
7. Panhard Rod
8. SUSP(Spring), FRT, RHS
9. SUSP(Spring), FRT, LHS
10. Upper Control Arm, RHS
11. Upper Control Arm, LHS
12. Lower Control Arm, RHS
13. Lower Control Arm, LHS
14. SUSP(Spring), RR, RHS
15. SUSP(Spring), RR, LHS

참고문헌

[1] 近森順外2 " Experimental Analysis of Booming Noise in Passenger Car Cabins by Vector Synthesis Method " 三菱重工技報 , Vol. 18, pp. 128-133, 1981

[2] Y. Nakajima, et al. , " The Development of an Experimental CAE System " , Int . J. of Computer Appl. in Tech., vcl. 3, pp. 1-7, 1990

[3] "Interior Structure-borne Noise 저감계획 : Proposal", 진동 소음과, 대우자동차 기술연구소, 1988.

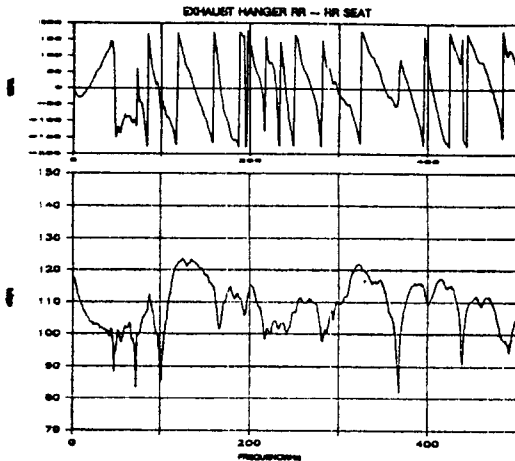


그림 1. 음향전달함수 (배기계 Hanger)

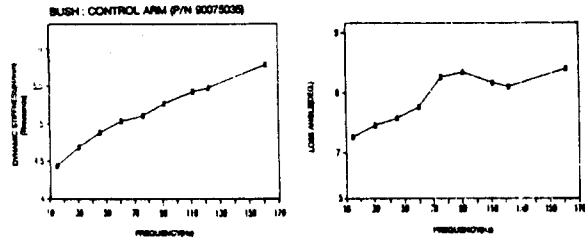


그림 2. 절연요소의 동적특성 (Control Arm Bush)

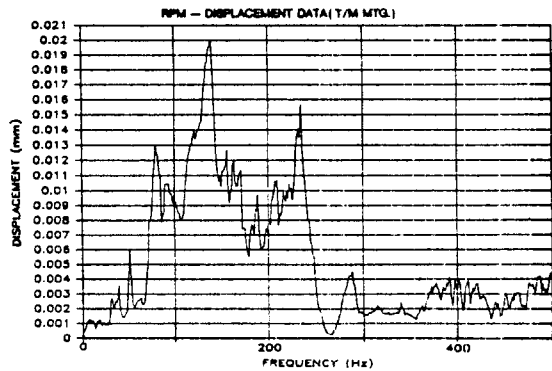


그림 3. 상대변위 (T/M MTG)

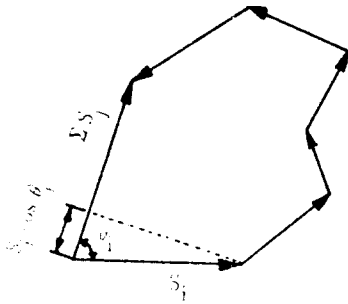


그림 4. 벡터 합성법

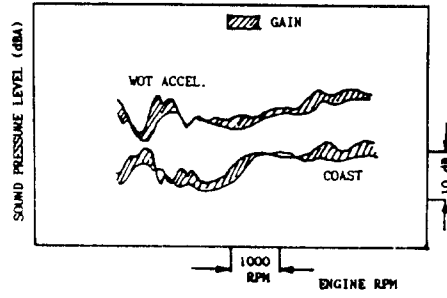


그림 6. 대책효과 (Panhard Rod, Vib. Absorber)

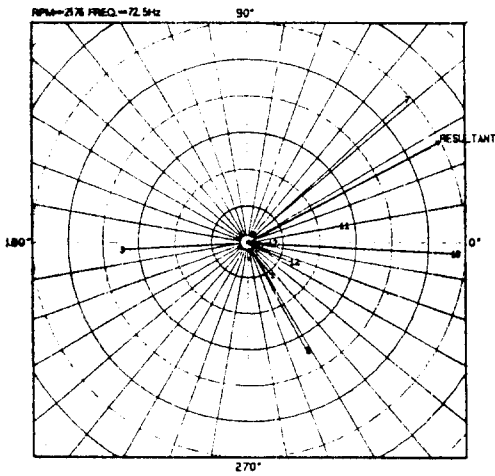


그림 5. 벡터 도형

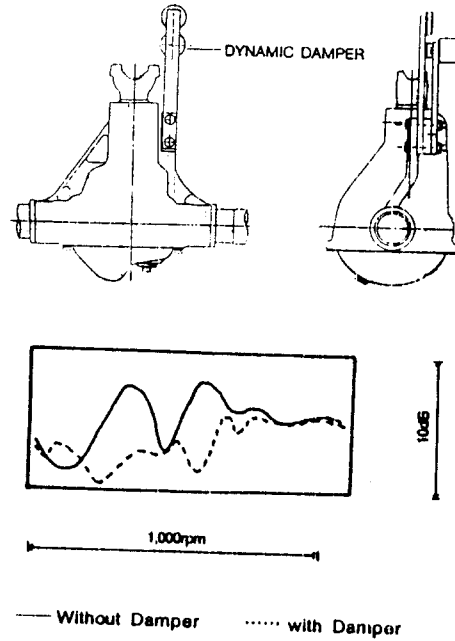


그림 7. Rear Axle 동흡진기의 모양 및 효과