

Tire noise 평가를 위한 Tire airborne noise 와 Vehicle road noise 의 상관성 분석

The correlation analysis of tire airborne noise and vehicle road noise for the tire noise evaluation

이민우† · 김성호* · 최은수*
Minwoo Lee, Sungho Kim and Eunsoo Choi

Key Words : Tire noise(타이어 소음), Articulation Index(명료도 지수), Correlation(상관성)

ABSTRACT

In order to investigate the availability of tire airborne noise for vehicle road noise development, We measured the noise in condition of smooth road and coarse road. The correlation coefficient was analyzed using the articulation index of the tire airborne noise and the vehicle road noise. It has been found that the correlation between the tire airborne noise and the vehicle road noise is positively strong.

1. 서론

타이어의 소음 특성은 자동차의 Road noise 에 큰 영향을 주는 인자이다. 특히 도로 표면의 거칠기 조건에 따라 운전자가 느끼는 소음이 달라지게 되므로 여러 조건에서의 실차시험을 통하여 소음 특성이 우수한 타이어를 개발하고 있다. 그러나 실차시험을 통한 Vehicle road noise 측정에는 시간과 비용이 다량 소요되므로 실차시험에 앞서 타이어 단품 특성 평가를 위한 Tire airborne noise 측정은 간단하지만 효과적인 방법이라 할 수 있다.

본 연구에서는 타이어 단품의 소음 특성을 평가할 수 있는 Tire airborne noise 에 대해서 Vehicle road noise 와의 상관성 분석을 통해 그 유효성을 살펴보고 소음 특성이 우수한 타이어 개발에 활용하고자 한다.

2. 소음 평가법과 상관성 분석

2.1 명료도지수(AI ; Articulation Index)

명료도지수의 기본개념은 음성인식에는 협대역 밴드별로 명료도 요소가 분담기여하고 그것의 총 가산치가 음성인식을 결정한다는 것이다. 이 명료도지수는 차량 실내의 고주파 소음 특성과 방음 효과의 비교를 위해 종종 이용되며 1/3 옥타브 스펙트럼으로부터 계산된다.

$$AI(\%) = \sum_f \left\{ \frac{[U(f) - L(f)] P(f)}{30} \right\} \quad (1)$$

여기서

$U(f)$: Upper level of speech area

$L(f)$: Measured un-weighted third-octave noise level in dB

$P(f)$: Weighting for frequency contribution

f : third-octave center frequency

2.2 타이어소음 명료도지수(TNAI ; Tire Noise Articulation Index)

타이어소음 명료도지수(TNAI)는 타이어 음원의 크기를 결정하기 위해서 사용되는 단일측정량(single number metric)이다. 1/3 옥타브 타이어 음향 파워 스펙트럼을 측정 후 명료도 지수(AI)를 구하는 방법과 유사하게 계산한다. 다만 그 값은 100 보다 클 수도 있으며 범위를 정하여 타이어의 소음 등급을 정하는데 사용되어 진다.

2.3 상관분석과 상관계수

상관분석은 두 변수 사이의 관계가 있고 없음에 대한 추론이 그 목적이며, 구체적으로 어떤 함수 관계가 있는가를 파악하려고 하는 것은 아니다. 이 상관분석은 변수 간의 관계성을 상관계수 r 을 사용하여 나타내며 r 은 항상 -1 과 1 사이에 위치한다. 한 변수의 값이 증가함에 따라 다른 변수의 값이 증가할 경우 r 은 양수이고 감소할 경우는 음수이다.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

† GM Daewoo Auto & Technology, NVH Team
E-mail : minwoo.d.lee@gmdat.com

Tel : (032) 590-6377, Fax : (032) 590-6002

* GM Daewoo Auto & Technology, NVH Team

$|r| \geq 0.7$: 강한 상관관계

$0.4 \leq |r| < 0.7$: 약한 상관관계

$|r| < 0.4$: 상관관계가 거의 없음

3. 시험

3.1 Tire airborne noise 측정

Tire airborne noise 는 타이어 단품을 Smooth road 표면이 구현된 사시 다이노미터 무향실에서 Fig. 1 에 나타난 것과 같은 6 개의 마이크로폰을 이용하는 ANSI 법에 의해 음압 레벨을 측정한다. 이때 타이어의 회전속도는 80KPH 이며 측정된 음압으로부터 식 (3)에 의해 음향 파워 레벨을 계산하고 이 값으로부터 TNAI 를 산출한다.

$$SWL = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{10} \sum_{i=1}^6 A_i 10^{SPL_i / 10} \right] + 10 \log_{10} (2\pi R^2) + 10 \log_{10} \left(\frac{400}{\rho c} \right) \quad (3)$$

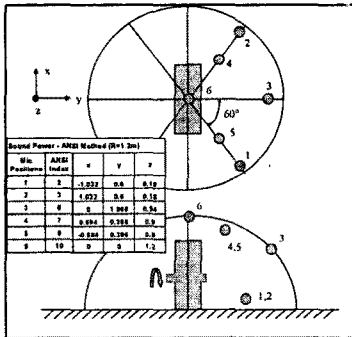


Fig. 1 Schematic of Sound Power Measurement in Accordance with ANSI S12.35-1990

3.2 Vehicle road noise 측정

Vehicle road noise 는 GM Daewoo Auto & Technology 의 주행시험장에서 Smooth road 80KPH, Coarse road 60KPH 조건에 대해서 시험한다. 마이크로폰은 운전자의 오른쪽 귀 위치에 각각 설치 하여 실내소음의 음압레벨을 측정하고 식(1)로부터 AI 를 계산한다.

4. 상관성 분석 결과

4.1 산점도 분석

Fig. 2 와 Fig. 3 에 나타난 것과 같이 Tire airborne noise 와 Vehicle road noise 사이에는 양의 상관관계가 있음을 알 수 있다.

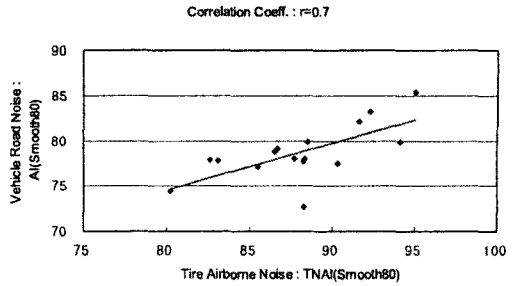


Fig. 2 Scatter Plot of Tire Airborne Noise(Smooth 80KPH) & Vehicle Road Noise(Smooth 80KPH)

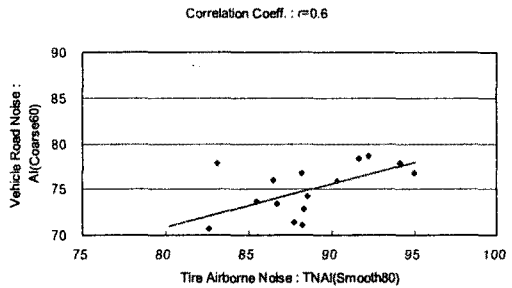


Fig. 3 Scatter Plot of Tire Airborne Noise(Smooth 80KPH) & Vehicle Road Noise(Coarse 60KPH)

4.2 상관성 분석

2 가지 시험 조건에서의 상관계수는 Tire airborne noise(Smooth road 80KPH) & Vehicle road noise(Smooth road 80KPH)가 $r = 0.7$ 로서 강한 양의 상관성을 나타냈고, Tire airborne noise(Smooth road 80KPH) & Vehicle road noise(Coarse road 60KPH)가 $r = 0.6$ 로 약한 상관관계를 나타냈다.

5. 결론

타이어 단품의 소음 특성을 평가하기 위한 Tire airborne noise 측정의 유효성 검토를 위해서 Tire airborne noise 와 Vehicle road noise 를 Smooth road 와 Coarse road 조건에서 상관성을 분석하였다. 그 결과 Smooth road 80KPH 조건에서 강한 양의 상관성을 나타냈으므로 Tire airborne noise 가 Vehicle road noise 개발을 위한 타이어 소음 특성을 잘 반영한다고 할 수 있겠다.

참고 문헌

- (1) 홍성목, 1995, 소음진동편람, 한국소음진동공학회
- (2) 조대승 등, 2006, "포장노면 종류에 따른 타이어/노면 마찰 소음의 실험적 평가", 한국소음진동공학회 2006년 춘계학술대회는논문집