

노면에 따른 타이어 소음 특성 변화 연구

Tire noise study with road surface characteristics

김용훈† · 이승규* · 이상주*

YongHun Kim, SeungKyu Lee and SangJu Lee

1. 서론

자동차가 주행하면서 운전자는 수 많은 종류의 노면을 경험하게 된다. 마찰 계수가 서로 다른 노면을 배치한 감속 구간에 진입하였을 경우 혹은 아스팔트 도로 위를 주행하다가 콘크리트 도로로 진입하였을 경우, 갑자기 소음의 음색이 바뀌는 것을 경험하였을 것이다. 대부분의 경우는 노면이 바뀌어 소음의 음색이 바뀌는 것을 무감각하게 지나치기도 하지만 일부 예민한 고객들의 경우 이런 노면 변화에 따른 소음 차이를 불쾌하게 여기기도 한다. 그러면 노면에 따라 타이어 소음은 왜 바뀌게 되는 것일까? 이것은 너무나도 당연한 질문인 것 같지만 어떤 노면의 특성으로 인해서 어떻게 Tire 소음이 발생하는 것인지를 이해해야만 답을 발견할 수 있는 어려운 문제이다. 즉 소음 발생 Mechanism 을 이해해야 하는 문제인 것이다.

타이어 개발 과정 중에서도 당사 PG 에서 평가한 결과와 OEM PG 에서 평가한 결과가 서로 달리 나타나는 경우가 있는데, 이는 각 PG 내 노면 특성들이 서로 다르기 때문이다. 이처럼 타이어 소음은 노면의 영향을 크게 받고 있지만, 지금껏 노면이 타이어 소음에 미치는 영향을 정량적으로 파악하고자 한 활동이 미흡하였다. 따라서 한국타이어의 전략적인 Kontrol Technology 기술 개발의 일환으로 노면의 특성을 감안한 타이어 설계기술을 개발하기 위해 본 연구를 시작하게 되었다.

2. 노면에 따른 차량 소음 측정

노면에 따른 차량 소음 Database

노면 변화에 따른 타이어 소음의 차이를 분석하고자 먼저 많은 수의 Data 를 확보하기 시작하였다. 노면 이외의 시험조건은 모두 동일한 상태를 유지하였다. 차량은 NF SONATA 2.4 를 이용하고 Tire 는

P225/60R16 UNIROYAL TIGER PAW SRTT (Standard Reference Test Tire)를 사용하였다. 측정 장비는 Head Acoustic Torso 장비를 이용하여 측정의 신뢰성을 향상하였다.

총 51 개의 노면 Data 를 확보하였으며 각 노면 별 DB 에서는 도로의 세부 위치를 알 수 있는 상세 지도와 도로 표면 및 지형 사진을 첨가하였으며, 시험한 날짜를 비롯한 날씨 및 풍속 등 외부 환경인자도 상세히 기록하였다. 특히 노면의 주파수 Spectrum 분석 결과를 비교 대상인 당사 노면과 같이 그려 놓아 어떤 소음 특징을 갖는 노면인지를 확인할 수 있도록 하였으며, Play Button 을 이용하여 직접 소리를 재생하여 들을 수 있도록 구성하였다.

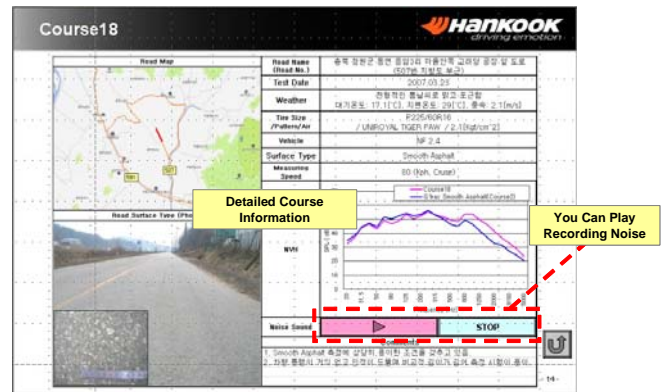


그림 1. Course 별 설명 Page (Course 18 번 예)

상관성 분석을 위한 노면 선정

노면 DB 에서 OA Level 을 기준으로 4 개의 노면이 노면 특성 인자와의 상관성 분석을 위해 선정되었다. 노면 별 주파수 Spectrum 특징과 노면 입자 크기 등이 그림 2 와 그림 3 에 도시되었다

	Course1	Course41	Course47	Course46
Noise Level	Very High	High	Middle	Low
Photo				
특징	입자 > 10mm 공극 : 대 피치 : 많음	입자 > 10mm 공극 : 중 피치 : 없음	입자 < 5mm 공극 : 소 피치 : 보통	입자 < 3mm 공극 : 소 피치 : 보통

그림 2. 상관성 분석에 사용된 아스팔트 사진

† 김용훈; 한국타이어 중앙연구소

E-mail : comma@hankooktire.com

Tel : (042) 865-0193, Fax : (042) 930-1492

* 한국타이어 중앙연구소

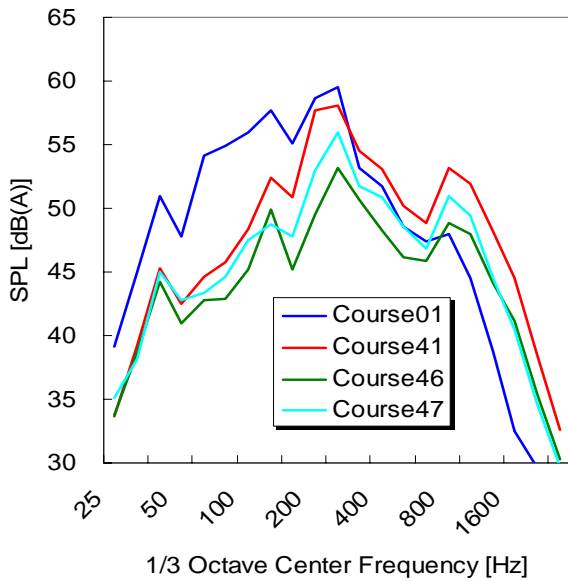


그림 3. 차량 실내 소음 주파수 분석 결과

3. 노면 특성 인자와의 상관성 분석

노면 특성 인자

노면의 특성을 평가하는 방법은 크게 나누어 간접적인 측정 방법과 직접적인 방법으로 나눌 수 있다. 간접 측정 방법으로 British pendulum 시험법 (ASTM E303)이라고 알려져 있는 노면 마찰 계수를 측정하는 방법과 작은 유리알갱이를 사용하여 노면의 평균 깊이를 측정하는 Sand patch 방법(ASTM E965)이 있다. 직접적인 방법으로는 Laser 변위 Sensor 를 사용하여 노면의 Profile 형상을 측정하는 (ASTM E1845)방법이 사용된다. 이 방법들을 이용하여 상관성 분석을 위해 선정된 4 곳의 노면에서 시험을 진행하였다.



그림 4. 노면 특성 인자 시험 방법

차량 실내 소음과의 상관성 분석

노면 특성 인자와 실내 소음 결과의 상관성을 분석하여 표 1 에 도시하였다. 전체적으로 볼 때, MPD 결과의 상관성이 가장 높게 나타난다. 특히 50~250Hz 대역의 상관성이 매우 높게 나타난다. 반면 500Hz 이상의 고주파 소음과의 상관성은 거의 없다. 특히 500~1500Hz 대역의 소음은 노면의 특성들과 매우 약한 상관성이 있는 것으로 분석되었으며, 이는 주로 타이어 Pattern 의 특성에 의해서 소음이 결정되는 주파수 구간이기 때문으로 판단된다. 또한

노면의 마찰 특성을 대표하는 BPN 결과가 1500Hz 이상의 고주파 소음과 상관성이 가장 큰 것으로 평가된 것 역시 마찰소음 발생 주파수 대역과 관련이 있는 것으로 판단되며 추가연구가 필요할 것이다.

Frequency Range	BPN	MTD	MPD
10~50	0.76	0.98	0.76
50~120	0.84	0.95	0.95
120~200	0.73	0.86	0.99
200~250	0.65	0.77	0.98
250~500	0.43	0.43	0.78
500~1500	0.00	0.01	0.21
1500~3000	0.72	0.48	0.21

표 1. 상관성 분석표

가장 상관성이 높게 분석된 노면 프로파일 형상을 이용하여 발생하는 차량의 소음을 그래프로 비교해 보았다. 먼저 노면 측정 결과를 cycle/m 로 FFT 분석한 후, 이 Data 를 60kph (16.67m/s)를 보정하는 작업을 통해 x 축을 Hz(cycle/s)로 변환할 수 있다. 이 결과를 Log scale 그림 5 와 같이 도시하였다. 실내 소음 측정 결과인 그림 3 과 비교해 보면 Spectrum 경향 및 순서가 유사한 것을 확인할 수 있는데, 만약 A Weighting 효과를 적용한다면 소음 측정 결과와 더욱 유사한 결과를 보일 것으로 판단 된다.

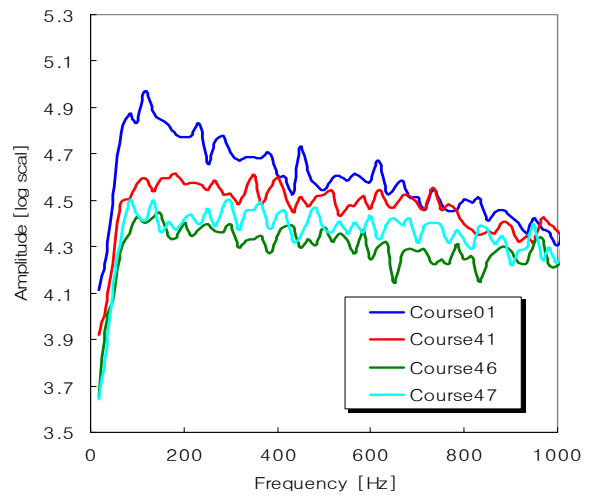


그림 5. Laser Profile 주파수 분석 결과

4. 결 론

노면의 어떤 인자가 소음의 차이를 유발하는지 확인하기 위하여 노면 특성 측정법을 이용하여, 노면 마찰 계수, 평균 깊이, 프로 파일 같은 인자들을 분석하였다. 각 인자들과 소음과의 상관성을 파악한 결과, LASER 변위 Sensor 로 측정된 노면의 MPD(Mean Profile Depth)값이 저주파 대역 소음과 상관성이 가장 크다는 것을 확인하였다. 또한 측정된 Profile 을 이용하여 차 실내 소음 주파수 특성파 비교하였다.