

트레드 물성이 타이어 로드노이즈에 미치는 영향도

The Study On Road Noise Affected By Tread Hardness

방명제† · 황성욱* · 김봉수** · 박남***
M.J. Bang, S.W. Hwang, B.S. Kim, N. Park

Key Words : Tread Hardness(트레드 경도), Structure Borne Noise(고체전달음), Road Noise(노면가진음), Elastic Modulus(탄성 계수), Loss Modulus(손실계수)

ABSTRACT

Tire is in charge of a lot of function, which is supporting vehicle load, transferring traction and brake, absorbing impact by road, etc. As the silence of vehicle increase more important, the importance of tire noise is more raised. In recent, the study on reduction of tire noise is generally processed. Tire noise is divided in structure borne noise and air borne noise. Tire tread properties have a lot of multiplicity. Rubber properties are caused by changing of tread hardness. That change Elastic Modulus and Loss Modulus, which is related by tire noise. In the study, we found that road noise is affected by tread hardness

1. 서론

자동차 주행 소음의 주요 원인의 하나가 타이어 소음이고, 타이어 소음의 저감은 교통 소음의 저감에 효과적으로 나타나고 있다. 타이어는 노면과의 접촉에 의해서 발생하기 때문에 타이어의 종류와 노면에 따라 크게 바뀐다.

타이어 소음은 타이어가 회전할 때, 블락의 노면 가격으로 그 주변의 공기의 흐름에 음파를 발생시키고, 이러한 파장이 소음을 만들어 내는 패턴 노이즈 외에 타이어의 구조적 특성이 Rim 과 Suspension 을 진동시켜 차실내에 구조 진동음을 발생시키는 경우가 있다.

지금까지의 타이어 구조진동음은 주로 구조 진동 Modal Test 를 통해서 진동 양상을 분석하고 문제 대역의 모드를 구조 변경을 통한 Modify 으로서 개선한 사례들이 많이 있다.

하지만 타이어 내부의 구조뿐만 아니라 트레드의 물성 또한 타이어 소음에 많은 영향을 미친다. 일반적으로 문헌에 의하면 경도에 의한 소음 영향도는 블락 가진음 및 마찰음과 많은 관련이 있다고 알려져 있지만 본 논문에서 실험적으로 검증한 결과 고주파 대역 뿐만 아니라 로드 노이즈 구간에서도 경도 영향도가 많이 나타났다. 이는 타이

어 트레드 물성 변화에 따라 패턴의 블록 강성의 변화를 초래하고, 이러한 변화들로 인해 타이어가 지면에 접지할 때 Rumble, Roar 등의 로드 노이즈에 변화를 초래한다. 이를 위한 선행연구로 1981년 Underwood가 천연 고무와 40% 카본블랙을 합성시켜, 물성 변화에 따른 소음의 변화를 규명하고자 하였고, 1990년 Muthukirishanan 이 타이어 트레드 고무의 물성변화를 통해 실내에서 타이어 소음의 변화를 고찰하고자 하였다.⁽¹⁾

따라서 본 논문에서는 이러한 트레드 고무의 물성 변화에 따른 블락 강성의 변화로 인한 소음의 영향도가 타이어 로드 노이즈에 어떠한 변화를 나타내는지에 대한 실험적 고찰을 하고자 한다.

시험 타이어는 4 수준의 경도를 가지는 타이어를 1 개의 그룹으로 하여 4 그룹으로 제조하였다. 제조 타이어는 당사의 올 시즌용 타이어 CP621로 선정하였으며, 그 규격은 195/65 R15로 샘플 타이어의 총 개수는 16 종류로 제조된 타이어는 다음과 같다.

HD Sample	58	62	66	70
1 그룹	TT01	TT02	TT03	TT04
2 그룹	TT06	TT05	TT08	TT07
3 그룹	TT11	TT12	TT09	TT10
4 그룹	TT16	TT15	TT14	TT13

실험은 무향실에서 80kph 정속 및 실차 실험에서 Smooth & Rough 아스팔트 80kph 정속 주행 차실내/외 소음을 측정하였고, 재료 물성에 대한 물리 분석 시험을 실시하였다. 시험 차량은 국내 유명 자동차 Maker 의 중형차량으로 실시하였다.

† 책임저자; 넥센타이어㈜
 E-mail : chemmy93@nexentire.co.kr
 Tel : (055) 370-5219, Fax : (055) 383-2313

* 넥센타이어㈜
 ** 넥센타이어㈜
 *** 넥센타이어㈜

2. 컴파운드 물성 이론

2.1 탄성 계수와 점성 계수

고무 재료의 동특성 모듈러스(탄젠트 델타)는 탄성 계수와 손실 계수로 구성되어 있다. 고무는 완전 탄성체가 아니고 점 탄성체이다. 차량 주행 시 타이어의 일부분은 주행 속도에 따라 일정한 주기로 주기적인 변형을 받는다. 이 상황을 모사하여 주기적인 변형에서의 점탄성을 측정함으로써, 견인력, 제동거리, 연료 효율성 등을 예측할 수 있는 것이다. 탄성체는 입력 진동과 동일한 위상을 나타내며 응력은 변형률에 비례하는 후크 법칙으로 표현되고, 점성체는 입력과 보다 $\pi/2$ rad 진행한 응력 진동을 보여주며 응력은 변형 속도에 비례하는 뉴턴의 점성 법칙으로 표현된다. 탄성계수는 위상차 δ 가 커질수록 히스테리시스 현상에 의해 에너지 손실이 많아져 감소하게 되고 반대로 손실계수는 증가하게 된다. $\tan \delta$ 는 고무의 점탄성 특성 중 동적인 응력과 변형이 주어질 때 손실 계수와 저장계수의 비로 나타내고 아래와 같은 식으로 표현된다.

$$\tan \delta = \frac{\text{LossModulus}(G'')}{\text{ElasticModulus}(G')} \quad (1)$$

탄젠트 델타의 크기 변화에 따라 점성과 탄성의 성질 변화를 가진다. 탄젠트 델타의 크기 변화는 타이어의 종류에 따라 다른 값을 가진다. 물론 이 탄젠트 델타를 변화시키는 고무 배합 기술이 여러 가지가 있지만 본 실험에서는 다른 조건들을 고정시키고, 어떠한 인자가 소음과 큰 영향이 있는지를 규명해 보고, 관계를 고찰해 보고자 한다.

2.2 트레드 고무의 경도 (Hardness)

일반적으로 고무의 경도는 단단한 정도에 대한 경험에 바탕을 둔 물성으로, 시험 방법에 따라 그 값이 바뀌게 되는 다른 공업 상수에 해당한다.

이에 반해 점탄성 계수는 재료의 고유의 특성으로 결정되어진다.

그리고 고무의 경도는 탄성계수와 밀접한 비례적인 관계에 있음을 그림 1 과 같이 재료 물성 실험으로 확인할 수 있다.

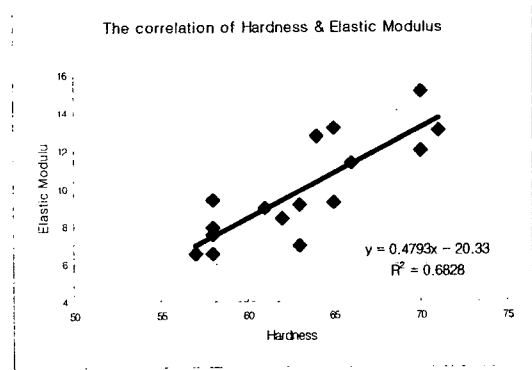


Fig1. The Correlation of Hardness & Elastic Modulus

2.3 컴파운드 물성과의 소음의 연관성

컴파운드 물성인 탄성, 점성 계수와 경도가 소음에 미치는 영향도를 보기 위해서 실차 실험을 통해 150~500Hz 대역의 로드 노이즈를 분석하였다. 그 결과 고무의 경도와 가장 높은 상관도를 가지고 있음을 알 수 있다.

그리고 물성 실험에서 경도와 가장 상관성이 높은 탄성계수 또한 150Hz 이상의 로드 노이즈 구간에서 50%의 관계가 있었지만 점성 계수와의 노이즈는 상관도가 많이 떨어짐을 그림 2. (b),(c)에서 볼 수 있다.

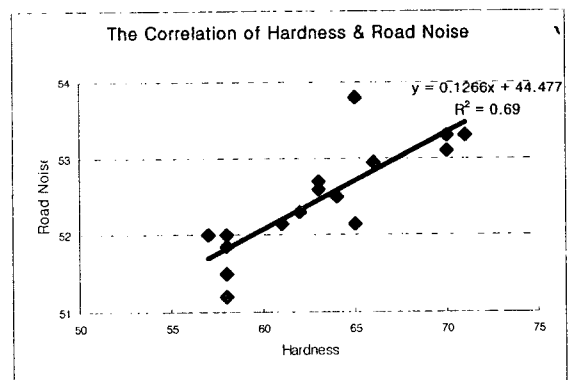


Fig2 (a). The Correlation of Hardness & Road Noise

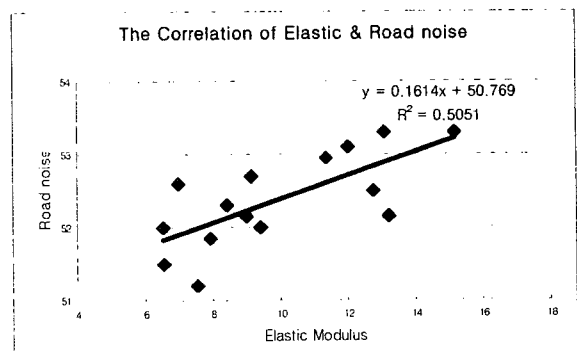


Fig2 (b). The Correlation Elastic modulus & Road Noise

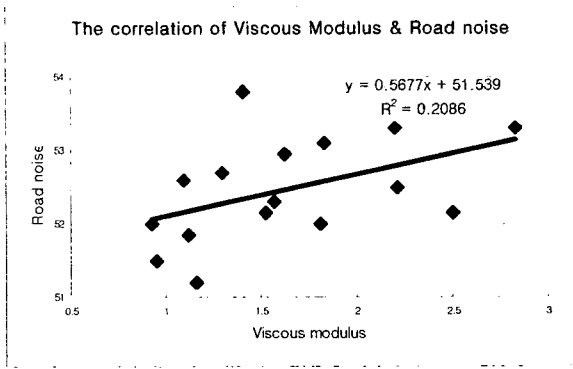


Fig2 (c). The Correlation Viscous modulus & Road Noise

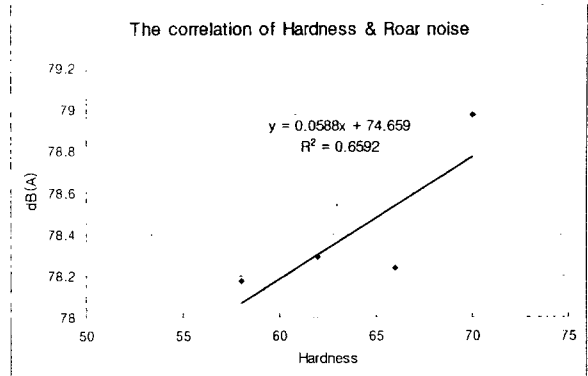


Fig 3(b). The Correlation Hardness & Rumble (80kph)

2.4 무향실 로드노이즈 실험 분석

경도에 따른 타이어 로드 노이즈의 영향도를 Boom, Rumble, Roar 별로 상관도를 비교하였다. Boom 은 주로 150Hz 이하의 저주파 대역으로 가감 주행시 고막을 압박하는 음이고 Rumble, Roar 는 각각 150~300Hz 와 300~500Hz 구간 대역의 음으로 정의된다. Boom 소음 대역은 차량 엔진음 등의 차량 영향을 많이 받으므로 트레드 경도와 상관성이 많이 떨어진다.

하지만 150Hz 이상의 Rumble, Roar noise 의 경우, 그림 3 (b),(c)와 같이 경도와 밀접한 관련이 있으며 선형적인 관계에 있다. 이는 경도에 따라 반발 계수가 커져 노면을 가격하는 에너지가 커짐으로 인해 나타나는 결과로 추정되며 상관도는 85%이상으로 높게 나왔다.

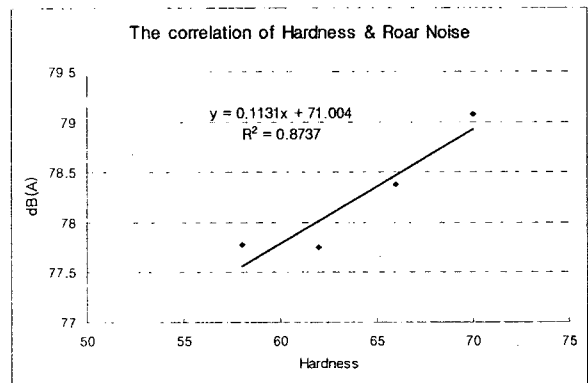


Fig 3(c). The Correlation Hardness & Roar (80kph)

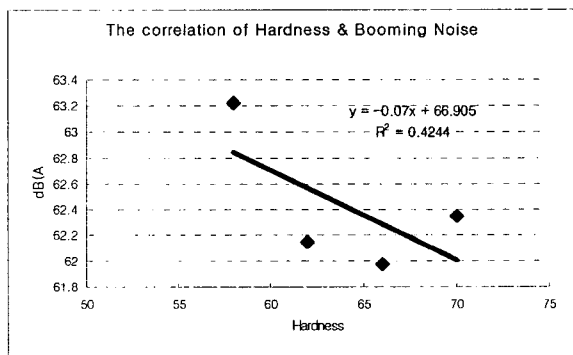


Fig 3(a). The Correlation Hardness & Boom (80kph)

3. 실차 실험

3.1 노면별 경도에 따른 소음 특성

이상의 무향실 실험에서 경도에 따른 로드 노이즈는 타이어 구조 뿐만 아니라 블락의 경도 와도 관련됨을 확인할 수 있었다. 이를 실차 실험에서도 실험적으로 검증하고자 한다. 그리고 노면의 종류에 따라 로드 노이즈의 양상이 달라지므로 스무스 아스팔트와 거친 노면(Rough Asphalt) 두 가지 노면에 대하여 실험을 실시하였다.

(1) Smooth 아스팔트의 트레드 경도의 영향도 파악

그림 4 는 Smooth 아스팔트에서 속도 80kph 으로 정속 주행 실외 소음을 측정 한 결과이다. 그림 4(a),(b),(c)는 각 각 부밍, 럼블, 로어 소음에 대한 경도 별 500Hz 이하의 OA dB(A) 값에 대한 그래프이다.

무향실 결과와 마찬가지로 부밍 소음은 차량 엔진의 구동음의 영향성 등 외란이 크기 때문에 상관도가 많이 떨어진다.

하지만 럼블, 로어 노이즈의 경우 무향실 결과와 마찬가지로 소음이 경도와 비례하며 상관도 또

한 많이 높다. 이는 타이어 트레드 면의 블락이 노면과 마찰, 충돌되면서 내부 구조에 진동을 야기시키기 때문일 것으로 판단된다.

그러므로 향후에는 경도에 따른 진동 모달 테스트를 실시하여 트레드 컴파운드 경도가 타이어의 Damping 및 고유진동 Mode 직폭과의 상관관계를 검증할 필요성이 있다.

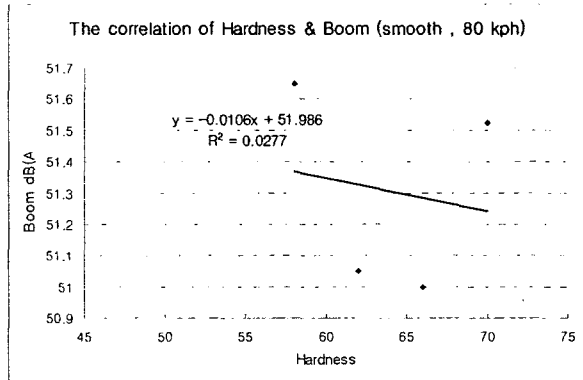


Fig 4(a). The Noise OA dB(A) result according to Hardness (pattern A, 80kph)

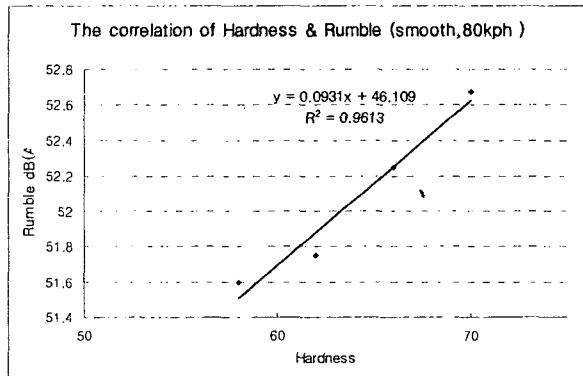


Fig 4(b). The Noise OA dB(A) result according to Hardness (pattern A, 80kph)

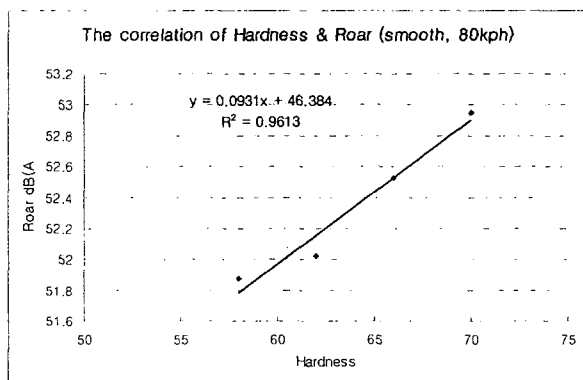


Fig 4(c). The Noise OA dB(A) result according to Hardness (pattern A, 80kph)

(2) Rough 아스팔트의 트레드 경도의 영향도 파악 거친 노면의 경우 흥미로운 결과를 가져왔다. 무향실과 스무스 노면의 경도에 따른 부밍 소음은 엔진음 등의 차량 영향이 커서 트레드 경도와 상관성이 떨어지지만 거친 노면은 타이어 트레드 블락과 노면의 가진력이 크게 발생하여 럼블, 로어 뿐만 아니라 부밍에서도 경도 영향도가 그림 5 와 같이 크게 나타났다.

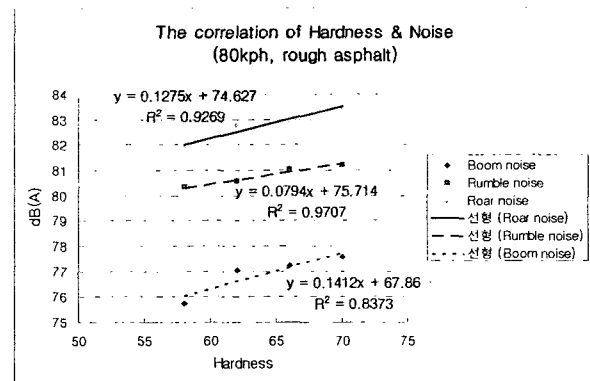


Fig 5. The Road Noise Level according to Tread Hardness (Rough Asphalt, 80kph)

4. 결론

이상의 실험적 분석에 의해서 타이어 트레드 물성 중 고무 경도가 로드 노이즈에 미치는 영향을 살펴본 결과, 경도가 높을수록 소음이 크게 발생하였다.

이는 트레드 블락이 노면과 충돌하면서 내부 구조에 강성 변화를 가져왔을 것으로 추론되며, 이러한 경도는 고무 물성 중 탄성계수와 연관된다.

무향실과 Smooth 아스팔트에서 실험적 결과로 보아 엔진음 등의 차량 영향을 받는 부밍음에서는 상관도가 떨어지지만 럼블, 로어 소음은 경도와 밀접한 관련이 있음을 확인할 수 있었다.

그리고 Rough 아스팔트 실험 결과 노면과 트레드 블락과의 접촉 및 충돌에 의한 영향이 커지므로 부밍 소음 구간에서도 경도의 영향도가 밀접한 관련이 있었다.

참고문헌

- (1) Ulf Sandberg, Jerzy A. Ejsmont, 2002, "Tire/Road Noise Reference Book", pp. 171~177.
- (2) 장석희 등, 2005, "배합고무 조성파 물성이 타이어의 주행소음에 미치는 영향", 대한고무학회 추계학술대회
- (3) 강용구 등, "자동차 타이어 공학", 미전 사이언스, pp141 ~ 152