

# 컴파운드 경도가 타이어 패턴노이즈에 미치는 영향도

## The Study of tread hardness' effect on tire pattern noise

김봉수† · 황성욱\* · 방명제\*\*

B. S. Kim, S. W. Hwang, M. J. Bang

**Key Words :** Pattern Noise(패턴노이즈), Hardness(경도), Block Impact(블락 충격음), Stick-Slip(마찰음).

### ABSTRACT

As the silence of vehicle is more important, noise reduction of tire is more required. Noise of tire is divided into structure borne noise and air borne noise. Tire tread has the property such as Hardness. Pattern Noise is caused by changing of tread hardness. This property has influence on the mechanisms which are Block Impact & Stick-Slip sound. In the study, we found that the effect of Hardness is related to more Stick-Slip than Impact.

### 1. 서론

타이어는 차량의 승차감 및 조종안정성에 있어 매우 중요한 역할을 한다. 그리고 차량의 저소음화와 환경 규제의 강화에 따른 소음에 대한 관심이 증가되고 있다.

타이어 소음은 그 전달 경로에 따라 고체 전달음(Structure-borne Noise)과 공기 전달음(Air-borne Noise)로 정의된다. 본 논문에서 연구하고자 하는 대상은 타이어의 패턴과 노면 사이의 펌핑 작용으로 발생한 음이 공기 전파로 차내에 들어오는 타이어 패턴 노이즈(또는 트레드 노이즈)이다. 이러한 타이어의 소음을 줄이기 위한 연구는 타이어의 패턴 설계를 최적화하거나, 타이어의 진동을 저감하여 소음을 줄이고자 하는 연구 3 는 물론 차량과 노면과의 관계 등 다양하게 연구되고 있다.<sup>(1)</sup>

그러나 본 연구에서는 타이어 복합체의 고무조성물의 구성 성분에 대한 타이어 소음 영향에 대한 연구를 하였다. 또한 타이어 조성물 구성 요소를 직교배열표(4×4 Hyper Greaco-Latin Square)에 의해 구분하여 시험 계획에 도입하였다. 물론 조성물 배열에 따른 각 인자가 타이어 패턴 소음에 미치는 영향을 연구해야 하지만, 타이어 복합체 경도 변화에 따라 타이어 패턴 소음에 미치는 영향도를 연구하므로써 그 기초 자료를 확보하는데 연구의 목적이 있다.

### 2. 패턴 노이즈 영향 인자

#### 2.1 패턴 노이즈의 발생 메커니즘

타이어는 트레드 면의 원주 방향으로 단위 피치 형상들이 형성되어 있다. 이러한 패턴 형상들이 노면과 접지, 이탈되면서 소음을 야기하게 되는데 이를 패턴 노이즈라고 부른다. 이러한 패턴 노이즈의 가장 큰 발생 메커니즘은 블락(Block)이 노면을 가격하면서 발생시키는 임팩트음(Impact sound)이다.<sup>(2)</sup> 이러한 블락 임팩트음은 패턴 형상뿐만 아니라 트레드 고무의 경도, 타이어 규격, 주행속도에 많은 영향을 받고 있다.

#### (1) 트레드 컴파운드 경도

지금까지 패턴 영향 인자로써 패턴 형상 영향도에 관한 논문이 많이 발표되었지만, 이뿐 아니라 트레드 고무의 경도에 의해서 영향을 많이 받고 있으며, 이러한 메커니즘은 블락 임팩트보다 마찰음에 더 큰 영향을 미친다.<sup>(3)</sup>

#### (2) 트레드 패턴 형상

일반적으로 가장 많이 알려진 영향인자로 단위 피치를 구성하는 피치 배열의 주기성이 소음에 큰 영향을 미치며 횡방향의 그루브들이 접지선단과 만날 때의 분산 정도 또한 소음의 크기에 영향을 미친다. 그러므로 소음을 저감하기 위하여 피치 배열을 불규칙하게 하거나,<sup>(4)</sup> 패턴 형상이 접지선단부와 가능한 동시에 만나지 않게 한다.

#### (3) 타이어 규격

타이어의 규격은 트레드 폭(Width)과 타이어 직경(Diameter)에 영향을 받는다. 트레드 폭이 클수록 임팩트 메커니즘 차원에서 단위 시간당 블

† 책임저자; 넥센타이어 기술연구소

E-mail : kimbs@nexentire.co.kr

Tel : (055) 370-5066, Fax : (055) 383-2313

\* 넥센타이어 기술연구소

\*\* 넥센타이어 기술연구소

락(Block)과 노면 텍스처(Texture)이 많이 충돌이 되므로 불리하다.

(4) 주행 속도

차량의 주행 속도는 타이어 소음에 영향을 미치는 가장 중요한 인자이다. 흔히 알려져 있는 상관관계는 속도와 선형적인 관계보다 Log Scale으로 밀접한 관련이 있다.<sup>(4)</sup>

3. 실험 조건

패턴 노이즈에 큰 영향을 미치는 큰 인자인 패턴 형상과 경도를 고려하였다. 패턴은 크게 summer 용과 All season 용으로 2 수준으로 하고, 경도는 4 수준을 가지는 타이어를 1 개의 그룹으로 하여 4 그룹으로 제조하였다. 제조 규격은 195/65 R15 로 샘플 타이어의 총 개수는 16 중으로 다음과 같은 직교배열표 (4×4 Hyper Greco-Latin Square)에 의해 제조되었다.

Table 1. Test plan designed 4×4 Hyper Greco-Latin Square

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> D <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> D <sub>2</sub>
B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> D <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> D <sub>1</sub>
B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> D <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> D <sub>4</sub>
B <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> D <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>3</sub>

여기서 A는 패턴, B는 Polymer Base, C는 타이어 복합체 경도이며, D는 실리카 양(Silica Loading)을 나타내는 기호이다.

4. 무향실 실험

4.1 패턴 노이즈 특성

타이어 패턴 노이즈는 일반적으로 패턴 형상과 피치 배열에 관계되는 공기 투과음이다. 그러므로 패턴 형상 시뮬레이션을 이용하면 그림.1(a),(b)에서처럼 2 개의 패턴 노이즈를 예측할 수 있다.

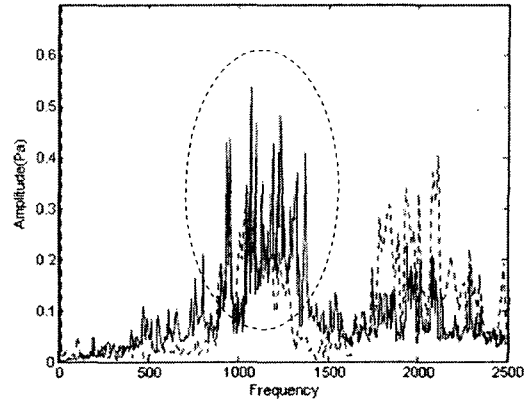


Fig1 (a). The FFT result of Test & Simulation (pattern A, 100kph)

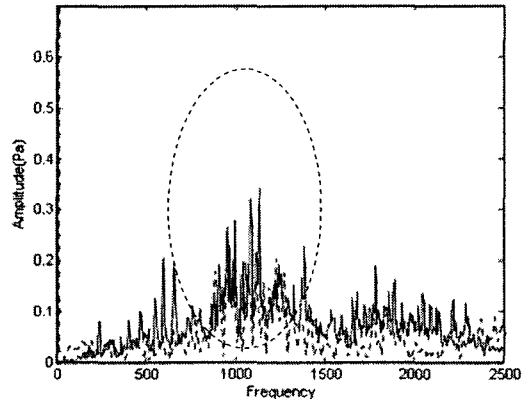


Fig1 (b). The FFT result of Test & Simulation (pattern B, 100kph)

4.2 실험적 규명

타이어 패턴 노이즈는 패턴 형상 뿐만 아니라 블락의 경도와 관련된 충격음 또는 마찰음에 기인하는 것으로 알려져 있고 속도와 규격에 따라 그 양상이 다르다.

(1) 트레드 고무 경도의 영향도 파악

무향실 실험에서 4 수준의 경도를 적용하여 규명하고자 한다. 그림 2는 각 속도에 대한 경도 별 소음 특성을 타이어 근접음의 주파수 분석으로 확인할 수 있다. 실선의 원은 타이어 블락 가진음으로 기존의 패턴 형상 시뮬레이션으로 예측 가능하다. 그리고 이러한 블락 가진음은 속도에 따라 가진 주파수가 증가하고 있다.

그리고 고무 경도가 블락 가진보다 점선의 원의 고주파 대역에 많은 영향을 미치고 있다. 이는 고무의 경도가 블락 가진보다 고주파 대역의 마찰음과 더욱더 많은 관련이 있기 때문일 것이다.

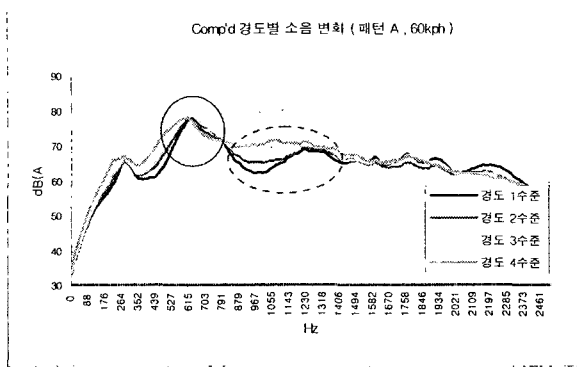


Fig2 (a). The FFT result according to Hardness (pattern A, 60kph)

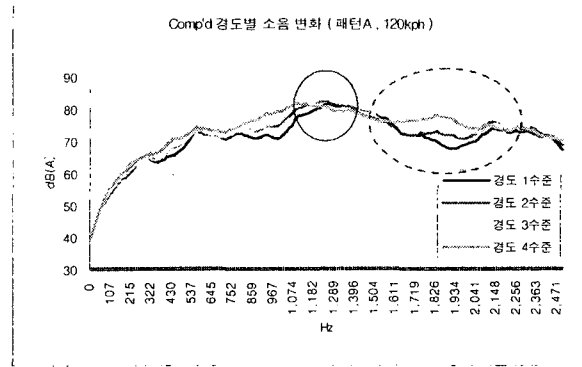


Fig2 (d). The FFT result according to Hardness (pattern A, 120kph)

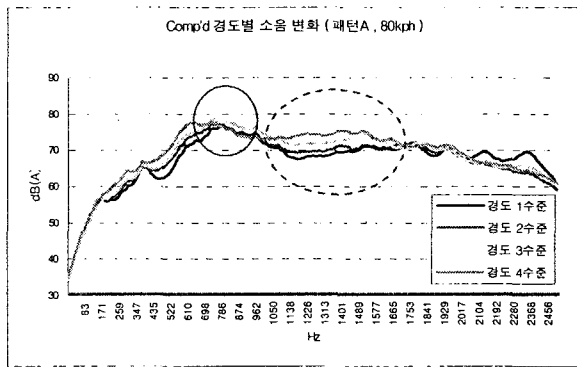


Fig2 (b). The FFT result according to Hardness (pattern A, 80kph)

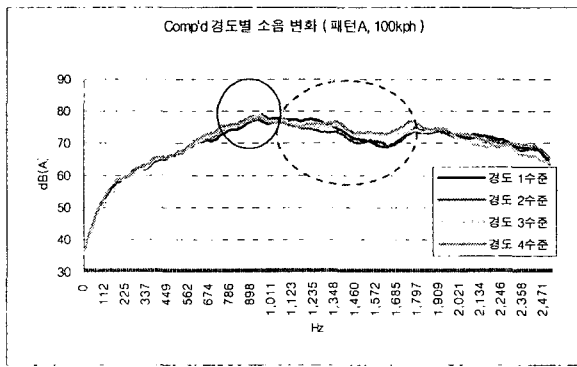


Fig2 (c). The FFT result according to Hardness (pattern A, 100kph)

(2) 주행속도의 영향도 분석

주행 속도에 따른 패턴 소음 크기 변화를 500Hz 이상 OA(Overall) dB(A)으로 확인하고자 한다. 그림 3 은 속도 별 경도에 따른 소음 레벨을 보여준다. 속도와 경도에 패턴 소음 크기가 비례하고 있다. 특히, 그림 4 에서 속도에 따라 로 그스케일로 비례하고 있음을 확인할 수 있다.

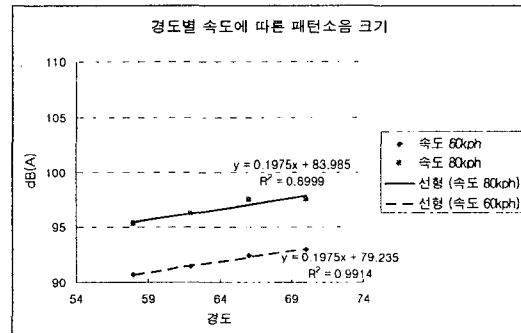


Fig3 (a). The Pattern Noise Level to Hardness ( 60, 80kph)

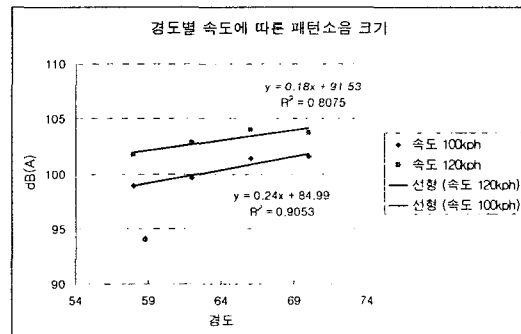


Fig3 (b). The Pattern Noise Level to Hardness ( 100,120kph)

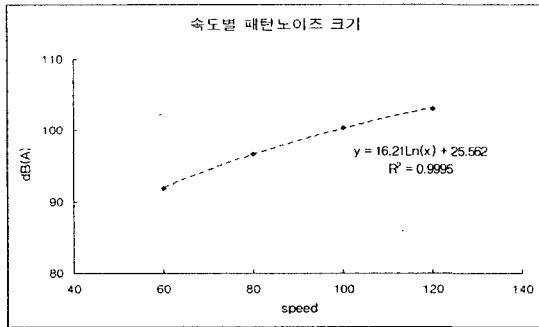


Fig 4. The Pattern Noise Level according to speed

(3) 규격이 미치는 영향도 분석

패턴 노이즈는 패턴 형상과 트레드 고무경도 외에도 타이어 규격에 영향을 받게 된다. 본 연구에서 패턴 A의 트레드 폭(Tread Width)이 195, 205, 215, 225일 때 속도 80kph에서 500Hz 이상 패턴노이즈를 계측한 결과 선형적인 비례관계를 가지고 있다. 하지만 다른 패턴에 대하여는 다른 결과를 가지고 있으므로 패턴 형상과 타이어 직경 등도 영향성이 있다.

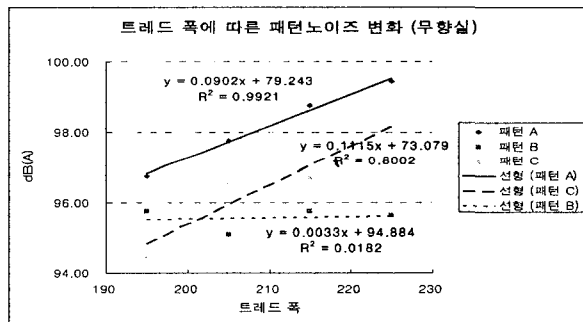


Fig 5. The Pattern Noise Level according to Tread Width

5. 실차 실험

실제 주행중의 소음 특성을 타이어 고무 경도에 따라 차량 외부소음으로 확인하였다. 그림 6에서 보이듯이, 실내 무향실 실험과 마찬가지로 경도가 높을수록 소음의 수준은 높았으며 특히 고주파대역에 영향을 많이 주고 있다.

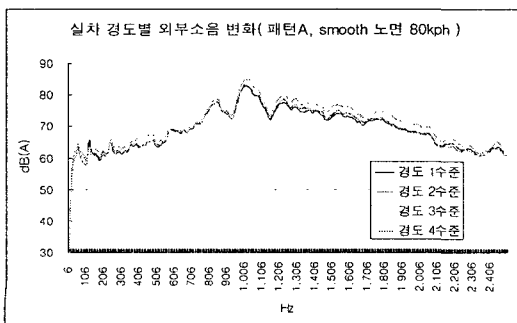


Fig 6 (a). The Pattern Noise Level according to Tread

Hardness ( Smooth Asphlat, 80kph )

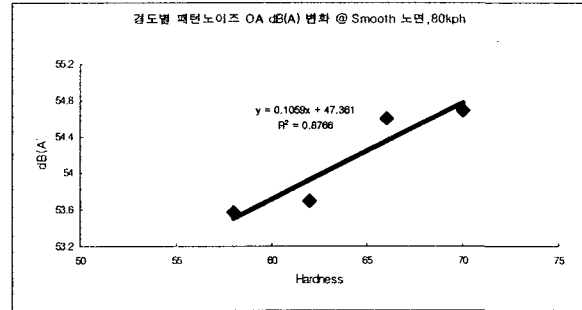


Fig 6 (b). The Pattern Noise Level according to Tread Hardness ( Concrete, 100kph )

6. 결론

이상과 같이 컴파운드 경도에 따른 타이어 패턴 노이즈의 변화를 실험적으로 검증 분석하였다. 트레드 블록의 경도가 높을수록 가진음이 커질것으로 예상하였지만 실험 결과 임팩트 가진보다 고주파 대역의 소음 변화가 크게 발생되었다. 이는 참고문헌에서 이미 밝힌 바와 같이 경도가 마찰음(Stick-Slip)에 더욱 더 큰 연관성이 있음을 확인할 수 있었다.

이러한 실험 결과는 무향실은 물론 실차에서도 비슷한 양상을 가지며 트레드 경도가 타이어 패턴 노이즈 메커니즘에 큰 기여도가 있음을 볼 수 있다.

그리고 속도와는 로그 스케일로 비례함을 무향실 실험으로 확인할 수 있으며, 규격의 트레드 폭과 비례하지만 패턴 형상에 따라서 다른 결과를 가진다.

참고문헌

- (1) 장석희 등, 2005, "배합고무 조성파 물성이 타이어의 주행소음에 미치는 영향", 대한고무학회 추계학술대회
- (2) 김은배, 2001, "노면과 타이어의 접촉부 충격력을 고려한 패턴 소음 예측에 관한 연구", 과학기술원 석사논문
- (3) 황성욱 등, 2006, "시변주파수 분석을 이용한 저소음 타이어 설계", 한국소음진동공학회논문집 16 권 6 호, pp.627~633.
- (4) Ulf Sandberg, Jerzy A. Ejsmont, 2002, "Tire/Road Noise Reference Book", pp. 171~177, 218~220.