

## 새로운 Tire 성능 요구와 재료와 Tire 소음에 관하여

황성욱·강용구·성기득·김옥수

### 1. 새로운 유럽 라벨링 법안

전세계적으로 산업화와 경제적 성장에 따라 자동차의 차외소음의 증가로 교통 소음의 규제가 심화되고 있으며 CO<sub>2</sub> 배출과 관련되어 회전 저항(RRc)에 대한 규제 또한 Labeling으로 의무화하고 있다. 이러한 환경소음과 RRc의 관심이 고조되는 가운데 타이어의 중요도가 커지며 규제치 또한 신설, 강화되는 분위기이다.

이에 EU 집행위는 2012.11.1일부터 자동차 타이어 라벨링 제도 (효율등급제)가 시행되며, 2012년 7월1일 이후 생산된 모든 타이어에 생산 및 연료효율, 젖은 노면 제동력, 외부 소음의 3가지 사항을 표시한 라벨을 부착하고 게시하여야 한다고 밝혔다. 또한 최근 들어 2018년 5월에 신규 EU Tyre labeling proposal이 상정되었으며 법안 발효일은 빠르면 2020년 6월이 될 것으로 예상되는데 기존 대비 등급 기준이 더욱 더 강화될 것으로 예상된다.

발효될 예정인 법안은 RRc, Wet Grip, Noise의 등급 체계 및 기준 수치이며 동일 제품 기준 기존대비 1등급 하락되어 조정될 예정으로 RRc는 Table 1과 같다. 기존에 없던 D등급이 신설되며, C1, C2, C3 타이어 모두 G 등급 삭제되고, A부터 D등급 기준 상향되어, 현재 A 등급은 향후 신규 제도 시행시 B 등급으로 하향될 예정이다.

Wet Grip 등급도 마찬가지로 Table 2와 같이 변경되어, 기존에 없던 D 등급 신설되고, 현재 A 등급의 제품은 향후 신규 제도 시행시 B 등급으로 하향될 예정이다.

소음도 마찬가지로 외부 소음 기준으로 Table 3과 같이 1등급씩 기준이 상향될 예정으로, 법안 심의 및 공고 등의 절차가 남았으나 원안대로 기존대비 등급 기준이 강화될 것으로 예상되고 있다.

국내 환경부 또한 도로소음을 근원적으로 저감하

기 위해 '타이어 소음성능 표시제도'를 2019년부터 국내에도 도입한다고 밝혔다. 국내에의 44개 도시에 대하여 환경소음 측정된 결과, 특히 밤시간대(22시~06시)에 소음 등 26개 도시에서 소음기준(55dB(A))를 4~11dB(A) 초과되는 것으로 조사되었으며, 도로변 소음의 주원인은 자동차 소음이며, 이중 엔진계 소음의 지속적 저감으로 타이어 소음 기여율이 크게 증가되고 있으므로 타이어 소음의 중요도는 더욱 더 크게 되었다.<sup>1</sup>



황 성 욱

2002 인하대학교 기계공학과, 학사  
2004 인하대학교 기계공학과, 석사  
2014 인하대학교 기계공학과, 박사  
현재 벡센타이어 연구개발본부 책임연구원



강 용 구

1984 전남대학교 화학공학과, 학사  
1989 전남대학교 기계공학과, 석사  
1999 전남대학교 기계공학과, 박사  
현재 벡센타이어 연구개발본부 OE개발담당



성 기 득

1994 성균관대학교 기계공학과, 학사  
1996 성균관대학교 기계공학과, 석사  
2000 성균관대학교 기계공학과, 박사  
현재 벡센타이어 연구개발본부 수석연구원



김 옥 수

2000 계명대학교 화학공학과, 학사  
2002 계명대학교 화학공학과, 석사  
2011 부산대학교 화학공학과, 박사  
2002~2006 건설화학공업(주)기술연구소 대리  
현재 벡센타이어 연구개발본부 수석연구원

Table 1. Standard of RRC







기존 RRC 기준						신규 RRC 기준					
C1 types		C2 types		C3 types		C1 types		C2 types		C3 types	
RRC in kg/t	Energy efficiency class	RRC in kg/t	Energy efficiency class	RRC in kg/t	Energy efficiency class	RRC in kg/t	Energy efficiency class	RRC in kg/t	Energy efficiency class	RRC in kg/t	Energy efficiency class
$RRC \leq 6.5$	A	$RRC \leq 5.5$	A	$RRC \leq 4.0$	A	$RRC \leq 3.4$	A	$RRC \leq 4.4$	A	$RRC \leq 3.1$	A
$6.6 \leq RRC \leq 7.7$	B	$5.6 \leq RRC \leq 6.7$	B	$4.1 \leq RRC \leq 5.0$	B	$3.5 \leq RRC \leq 6.5$	B	$4.5 \leq RRC \leq 5.5$	B	$3.2 \leq RRC \leq 4.0$	B
$7.8 \leq RRC \leq 9.0$	C	$6.8 \leq RRC \leq 1.0$	C	$5.1 \leq RRC \leq 6.0$	C	$6.6 \leq RRC \leq 7.7$	C	$5.6 \leq RRC \leq 6.7$	C	$4.1 \leq RRC \leq 5.0$	C
Empty	D	Empty	D	$6.1 \leq RRC \leq 7.0$	D	$7.8 \leq RRC \leq 9.0$	D	$6.8 \leq RRC \leq 8.0$	D	$5.1 \leq RRC \leq 6.0$	D
$9.1 \leq RRC \leq 10.5$	E	$8.1 \leq RRC \leq 9.2$	E	$7.1 \leq RRC \leq 8.0$	E	$9.1 \leq RRC \leq 10.5$	E	$8.1 \leq RRC \leq 9.2$	E	$6.1 \leq RRC \leq 7.0$	E
$10.6 \leq RRC \leq 12.1$	F	$9.3 \leq RRC \leq 10.5$	F	$RRC > 8.1$	F	$RRC \geq 10.6$	F	$RRC \geq 9.3$	F	$RRC \geq 7.1$	F
$RRC \geq 12.1$	G	$RRC \geq 10.6$	G	Empty	G						

Table 2. Standard of Wet Grip

기존 Wet grip 기준						신규 Wet grip 기준					
C1 types		C2 types		C3 types		C1 types		C2 types		C3 types	
G	Wet grip class	G	Wet grip class	G	Wet grip class	G	Wet grip class	G	Wet grip class	G	Wet grip class
$1.55 \leq G$	A	$1.40 \leq G$	A	$1.25 \leq G$	A	$1.60 \leq G$	A	$1.38 \leq G$	A	$1.38 \leq G$	A
$1.40 \leq G \leq 1.54$	B	$1.55 \leq G \leq 1.39$	B	$1.10 \leq G \leq 1.24$	B	$1.55 \leq G \leq 1.67$	B	$1.40 \leq G \leq 1.52$	B	$1.25 \leq G \leq 1.37$	B
$1.25 \leq G \leq 1.39$	C	$1.30 \leq G \leq 1.24$	C	$0.95 \leq G \leq 1.09$	C	$1.40 \leq G \leq 1.54$	C	$1.25 \leq G \leq 1.39$	C	$1.10 \leq G \leq 1.24$	C
Empty	D	Empty	D	$0.80 \leq G \leq 0.94$	D	$1.25 \leq G \leq 1.39$	D	$1.10 \leq G \leq 1.24$	D	$0.95 \leq G \leq 1.09$	D
$1.10 \leq G \leq 1.24$	E	$0.95 \leq G \leq 1.09$	E	$0.65 \leq G \leq 0.79$	E	$1.10 \leq G \leq 1.24$	E	$0.95 \leq G \leq 1.09$	E	$0.80 \leq G \leq 0.94$	E
$0 \leq G$	F	$G \leq 0.94$	F	$G \leq 0.64$	F	$G \leq 1.09$	F	$G \leq 0.94$	F	$0.65 \leq G \leq 0.79$	F
Empty	G	Empty	G	Empty	G	Empty	G	Empty	G	$G \leq 0.64$	G

Table 3. Standard of rolling noise

External rolling noise classes

기존 Noise 기준		신규 Noise 기준	
$N \leq LV - 3$		$N \leq LV - 6$	
$LV - 3 < N \leq LV$		$LV - 6 < N \leq LV - 3$	
$N > LV$		$N > LV - 3$	

## 2. Tire 소음에 관한 기술 발전

Tire 소음은 크게 노면과의 마찰에 의해서 발생하는 패턴노이즈와 타이어 구조 공진에 의해서 발생하는 로드노이즈로 나뉘어진다.

이 중 타이어 패턴노이즈는 노면과 타이어 트레드의 블락의 가진 및 마찰에 의해서 발생되며 주로 패턴 형상에 대하여 주파수 분산으로 저감 가능하며, 고주파 대역으로 Sound Quality 기술이 적용되기도 한다. 로드노이즈는 주로 500Hz 이하 대역의 저주파 성분으로 타이어 내부의 공명음에 의해 발생하는 소음이 일반적으로 가장 크며, 이를 개선하기 위하여 흡음재 타이어가 적용되고 있고, 타이어의 구조 성분에 영향을 많이 받는다.

### 2-1. 패턴노이즈 개선 기술

타이어 트레드 표면에 문양으로 새겨진 패턴이 있는데 이는 제품을 대표하는 디자인 이미지를 나타내지만 성능에 있어서 중요한 역할을 한다. 이러한 문양은 그루브와 커프로 새겨져 배수 및 트랙션 효과가 있는 장점이 있으나 공기 방사 소음을 발산시키는 문제가 있다. 이는 특정 소음 대역을 가중시키게 되는데 종그루브는 종방향으로 설치된 그루브가 기구 공명을 발생시켜 노면에 접지된 길이에 의해 주파수가 결정되며, 횡방향으로 배치된 횡그루브는 피치수에 따라 소음 주파수를 가중시키게 된다.<sup>2,3</sup>

이러한 공기방사소음을 개선하기 위하여 커프를 배치하여 소음을 감쇄시켜 주거나 횡그루브의 폭을 작게 설계하여 발생소음 자체를 감쇄시켜줄 수 있다. 이에 대하여 패턴이 없는 NP Tire 에서 종그루브 및 횡그루브 카빙으로 소음 영향도를 검증하였으며, 커프의 소음 감쇄 영향을 분석할 수 있다. Figure 1.을

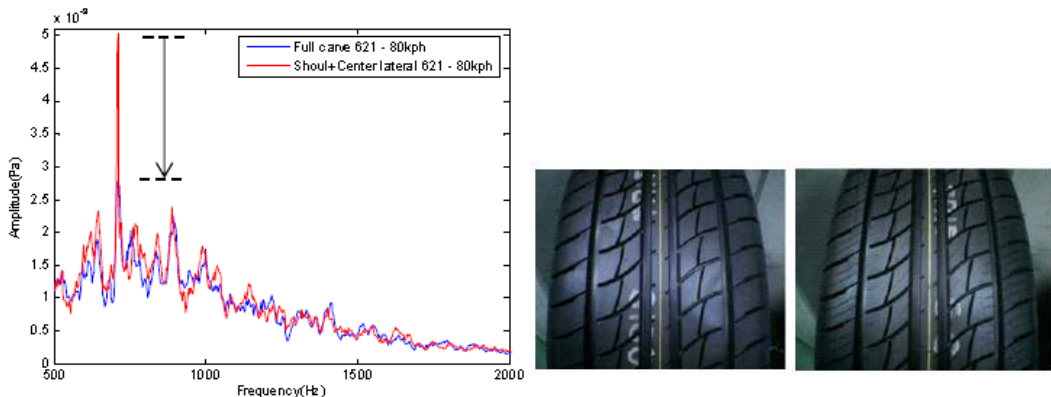


Figure 1. The effect of transversal groove & kerf tire (Left: Result, Right: Test Tire)

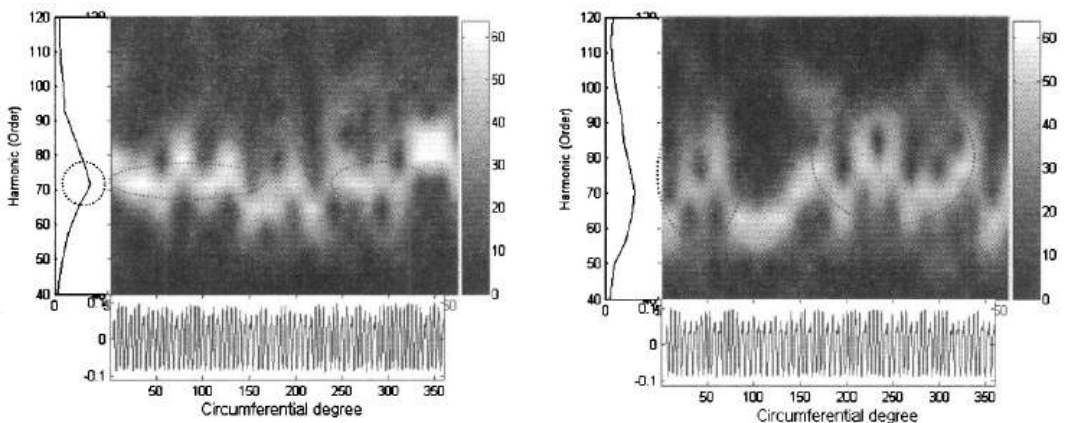


Figure 2. The analysis of STFT (Left: Level high, Right: Level down)

보면, 횡그루브 타이어의 소음 영향도가 크게 발생이 되는데 커프를 추가함에 따라 블락 가진음을 줄일 수 있음을 알 수 있다. <sup>4,5</sup>

## 2-2. Sound Quality 기술

상기 타이어의 공기방사소음 중 패턴노이즈를 줄이기 위한 가장 효과적인 방법으로 피치 배열을 분산시키는 Sound Quality 기술이 있다. 이러한 피치 배열 분산 방법은 특정 주파수의 피크성분이 사람의 청각계를 예민하게 반응하게 하는데 이럴 피치길이를 다양하게 배치하여 분산시킬 수 있으며, 이를 개선하기 위하여 효과적인 주파수 분석 기법인 STFT(Short Time Fourier Transform) 기술 등이 소개된 바 있다. 상기 방법에 대하여 원주상에 배열된 특성 가진 주파수를 전체적으로 분산시키는 방법에 대하여 논한 바 있으며, 주파수 특성을 감쇄시킬 수 있었다. Figure 2.을 보면 왼편은 원주 방향으로 소음이 집중된 예시이고, 피치배열 분산화로 오른편과 같이 소음을 분산시키면 Sound Quality 측면에서 실내 소음을 유리하게 설계할 수 있다. <sup>6</sup>

## 2-3. NVH 측정 기술

타이어 소음을 분석하기 위하여 설계 예측 기술 외에도 시험 분석 기법이 중요하여, 특히 타이어 단본에 대한 로드노이즈와 패턴노이즈를 측정하여 사전 검증할 수 있다. 로드노이즈 분석을 위하여 Modal Impact Test를 통하여 1차, 2차 반경방향 모드와 실차 로드노이즈의 높은 상관성을 확인하였다. 실제로 더욱더 높은 상관성을 위하여 차량의 1/4 Car 모델을 무향실에 설치하여 너클부 진동 측정한 결과는 Figure 3과 같이, 실차 로드노이즈와 더 연관성이 큼

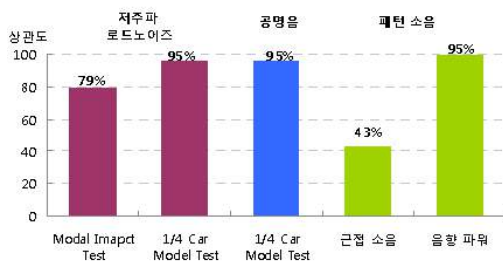


Figure 3. The correlation of Result & Test (Left: correlation, Right: Equipment)

을 확인할 수 있었다. 이는 로드노이즈가 차량의 진동 전달 특성과 큰 연관성이 있음을 확인할 수 있다. 패턴노이즈는 외부로 방사되는 소음으로 타이어 근접에서 측정하는 방법과 음향파워를 측정하는 방법이 있으며, 차량 실내에서 듣는 소음은 음향파워의 연관성이 높은 결과를 도출하였다. <sup>7</sup>

## 2-4. 기타 기술 - 흡음재 타이어

타이어 내부의 공명을 저감을 위하여 폴리우레탄과 같은 다공성 흡음재를 부착하는 방식으로 소음을 저감할 수 있다. 흡음재 타이어는 형태에 따라서 매우 다양하나 크게 2가지로 나뉘어진다. 첫번째로 흡음재를 원주방향으로 전체 부착하는 방법이 있으며, 두번째로 블락형으로 제조하여 타이어 내부에 특정 부분에만 부착하는 방법이 있으며, Figure 4와 같이 타이어 내부에 블락형 흡음재 1개를 추가하여 200Hz 대역의 공명을 피크 성분을 3-5dB 저감시킨 연구 사례가 있다. <sup>8</sup>

상기와 같이 흡음재의 형태와 부착 방식에 있어 모양 및 접착 형태에 따라 매우 다양하게 개발 및 적용되고 있음을 알 수 있다.

## 3. Tire 소음 저감 기술

### 3-1. 패턴

타이어 트래드의 종그루브는 Hydro 배수에 가장 큰 효과가 있으나 주행 중에 접지상태에서 내부 공명음을 발생시키게 된다. 앞서 설명한 바와 같이 특정 주파수의 공명음을 발생시키기 때문에 저감하기 위해서는 분산시킬 필요성이 있다. 대부분의 타이어는 주행방향으로 4개의 종그루브를 가지게 되며, 접지

NO	시험명	시험 장비	적용 범위
1	Modal Impact Test		저주파 로드노이즈
2	1/4 Car Model Test		저주파 로드노이즈 / 공명음 / 패턴 소음

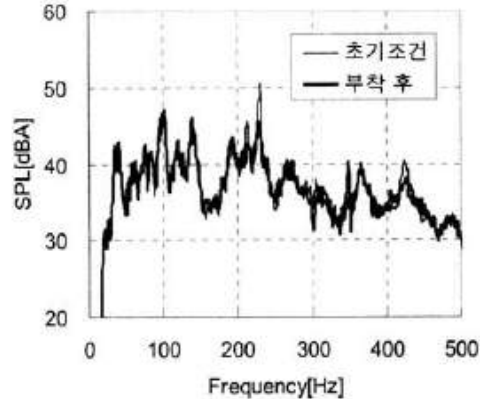


Figure 4. The noise damper & result of NVH

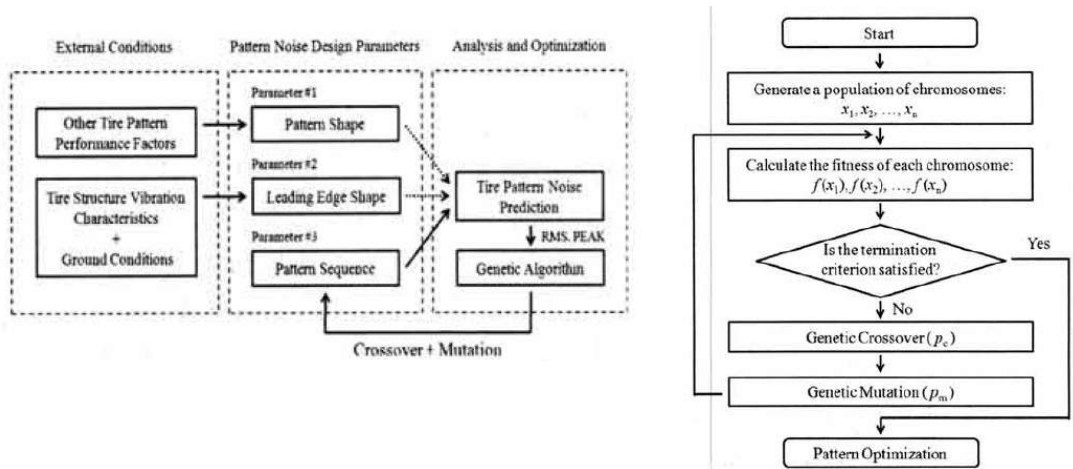


Figure 5. The basic structure of tire pattern optimization (Left: process, Right: Genetic Chart)

시 비슷한 접지길이를 가져 공명 주파수가 겹칠 우려가 있다.

이를 개선하기 위해서는 접지 선단부를 원형으로 설계하여 중앙부의 종그루브와 솔더부의 종그루브 길이를 다르게 설계하면 서로 기주공명음 주파수를 다르게 하여 특정 공명음 가중을 분산시킬수가 있다. 타이어 트레드의 횡그루브는 노면에 처음 접지시에 에어펌핑음과 블락 충격음을 동시에 유발할 수 있다. 그루브의 에어펌핑음을 효과적으로 줄이기 위해서는 횡그루브 폭을 줄일 수가 있으나 배수상 한계가 있으므로 피치길이를 분산시켜 특정 주파수 소음을 감쇄시킬 수가 있다.

타이어 패턴노이즈의 성능을 향상하기 위한 피치 배열 분산 방식을 위하여, Figure 5와 같이 유전자 알

고리즘을 이용하여 최적의 피치를 찾는 로직을 적용한 사례가 있다.<sup>9</sup>

### 3-2. 구조

최근 화두가 되고 있는 연비 향상을 위하여 타이어의 중량을 낮추는 방법이 효과적이거나, 이는 타이어 NVH에 불리한 영향을 미치며, 실내로 유입되는 구조에 의한 로드노이즈가 불리해지는 경향이 있다. 타이어 로드노이즈는 크게 부밍과 공명음, 럼블노이즈로 구분이 된다. 공명음은 앞서 설명한 바와 같이 타이어 내부 공기 음향 모드 발생으로 구조인자에 의한 저감에 있어 한계가 있으므로 흡음재를 적용하는 방법이 가장 효과적이며, 부밍과 럼블소음을 저감하기 위하여 트레드부와 타이어 사이드부 강성에 따

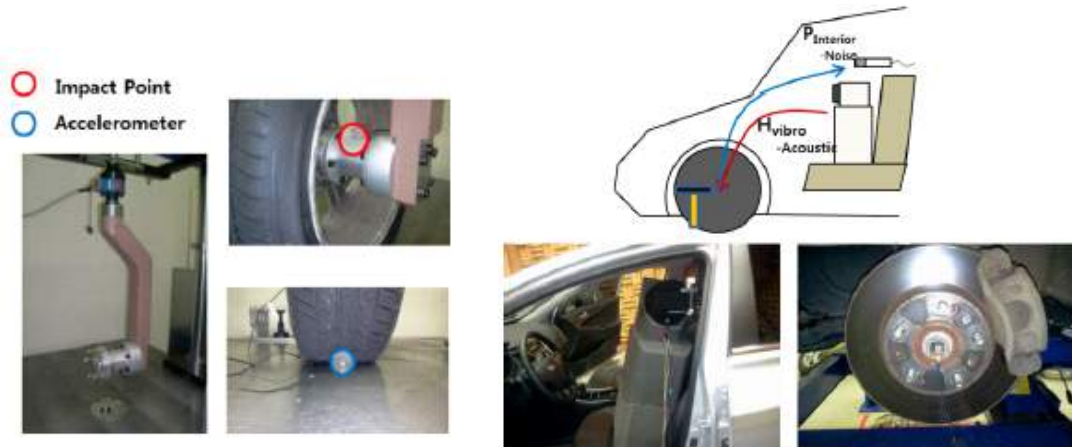


Figure 6. The set-up of tire modal & vehicle transfer function

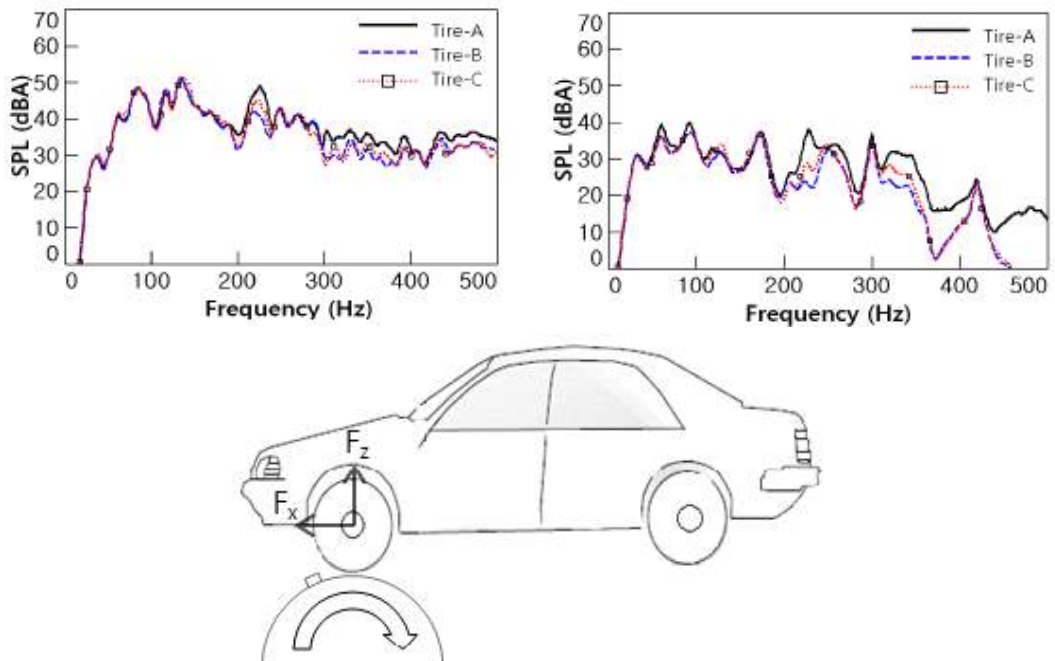


Figure 7. The comparison of measured interior noise & estimated interior noise

큰 영향도를 분석할 필요성이 있다.

일반적으로 사이드 강성이 낮을수록 부밍과 립블 노이즈와 저감되는 경향은 유사한 것으로 나타나며, 이는 차량과 LRR 타이어 특성에 따라 영향을 많이 받으므로 차량 영향도에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

이러한 구조에 따른 타이어 NVH를 개선하기 위해

서는 평가법 연구 또한 중요하다. 타이어 구조진동모드와 차량 전달 특성 분석이 필요하기 때문에 무향실에서 모달 시험만으로는 실차의 NVH특성을 분석하기 어려운 경우가 있다. 그러므로 차량의 quarter car 장비를 이용한 서스펜션의 진동 특성과 연계해서 시험을 하면 실차 NVH 특성과 상관성 있는 분석이 가능하다.

타이어 기인 로드노이즈 분석을 위하여 크리트가 진법을 이용한 타이어 특성에 따른 로드노이즈의 시험적 예측 연구를 한 바 있다. Figure 6의 왼편은 타이어의 전달함수를 측정하여 차량 스피들부로 진동 입력값을 측정하였으며, 오른편은 차량의 음향진동 전달함수를 측정하기 위하여 내부에 스피커를 설치하여 스피들부의 힘이 차량 실내 음압에 전달하는 함수를 분석하였다.<sup>10</sup>

상기에서 분석된 타이어 전달함수와 차량 전달함수를 통하여 클리트에 의해 가진되어 차량으로 유입되는 소음을 시험적으로 예측할 수 있다. Figure 7에서 보면, 왼편은 실제 차량 내부에서 측정된 소음의 음압 주파수 스펙트럼이고, 오른편은 타이어 전달함수와 차량 전달함수를 통해서 계산된 값으로 200Hz 이상에서 타이어 3배전간 특성을 비슷하게 도출할 수 있음을 보여준다.

### 3-3. 재료

공기압 타이어는 기본으로 여러 가지 복합소재로 이루어진 구조체이다. 타이어의 주 재료는 다양한 물질로 이루어진 혼합고무로 타이어가 요구하는 기본적인 기능과 성능에 따라 모두 다른 혼합고무를 사용하게 된다. 이는 타이어의 용도에 따라 다를 뿐만 아니라 하나의 타이어를 이루고 있는 혼합고무라고 할 지라도 각 부문에 따라 그 부위의 요구되는 기능에 따라 서로 다른 혼합고무를 사용하게 된다. 기본적인 승용차타이어의 구조에서 각 부분의 혼합고무는 모두 다른 특성을 가지고 있다. 또한 타이어의 운동성능에 가장 큰 영향을 미치는 트레드부는 타이어의 종류에 따라 수십 혹은 수백 종의 혼합고무를 사용하여 차량, 도로조건, 기후조건, 운전자의 요구조건 등을 부합하고자 노력하고 있다.

요구 특성과 성능을 효과적으로 구현하기 위해서는 수백, 수천 종의 혼합고무 소재의 분자적 특성을 이해하고 이들의 물리 화학적 성질을 바탕으로 사용 재료를 선정하고, 차량, 도로, 기후조건, 사용 조건 등을 고려한 최적 혼합비를 찾아내어 원하는 성능을 보이는 혼합고무를 개발 사용하게 된다. 최근 타이어 기술동향을 설명하면서 타이어 응용기술의 계층 구조를 분자, 원재료, 배합, 소재, 부재, 타이어 6단계로 구분하고 이들 계층별 기술의 독립적으로 10종만 되더라도 100만 이상의 기술적 조합이 되는 복잡성을 설명한바 있다. 그러나 현실적으로 이런 기술의 조합

이 아니라 실질적으로 타이어를 설계하는 엔지니어 입장에서는 이보다 훨씬 작은 기술적 영역에서도 매우 민감한 타이어 성능의 차이를 보이게 되기 때문에 거의 무한대의 조합이 이루어지게 된다.<sup>11</sup>

예컨대 타이어의 성능을 크게 좌우하는 타이어의 패턴, 내부 콤포넌트의 형상과 조합, 여기에 사용하는 재료들이 상호 작용을 하여 타이어의 성능이 결정되지만 이들 중 재료의 조합만을 간단히 예를 들어 산정해보자. 성능에 가장 중요한 트레드의 경우 사용 가능한 재료의 수가 10종(사실은 경도, 인장응력, 유리화 전이온도, 점탄성 특성등을 고려하면 훨씬 많은 경우의 수가 존재한다.). 기타 10여종의 콤포넌트의 사용 가능한 혼합고무의 수가 각 3종만 존재하더라도 약 60만 가지의 조합이 존재하게 된다. 여기에 각 콤포넌트의 형상과 타이어의 형상, 패턴의 특성을 고려하면 거의 무한대의 조합이 발생하고, 또 이들 콤포넌트 사용방법에 따라 또 다른 경우의 수가 생기는데 이들이 모두 상호교호 작용을 하면서 타이어 성능이 나타나기 때문에 해석 등을 통하여 성능이나 특성을 예측을 하는 것이 한계가 있을 뿐만 아니라, 현실적으로 이들을 적절히 조합시키는 것은 더욱 어렵다. 특히 중요시 생각되는 회전저항이나, 젖은 노면이나 마른 노면의 제동 등은 오히려 특정 특성이나 접지면의 특성에 주로 영향을 주어 이론적이거나 실험적으로 접근하기 비교적 쉬운 반면, 소음이나 승차감등은 타이어 전체의 거동이 따라 달라질 수 있으므로 더 큰 어려움이 있다. 차량 특성에 크게 연관 된다는 연유도 있겠지만, 생각보다 이에 대한 연구 결과가 많지 않은 이유도 이러한 이유일 수도 있다.

### 4. 고무재료와 Tire 소음과의 상관성

물론 고무소재의 진동이나 음향에 대한 모사도 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 타이어 회사를 중심으로 고무소재의 특성이 타이어 소음에 미치는 영향들이 연구되고 있지만 대개가 한가지 부품에 대한 영향이 대부분이다.<sup>12</sup>

이들 연구 결과를 몇 가지 살펴 보면 트레드 고무 물성과 패턴 블록의 강성 연관성에 대한 연구결과가 많이 있다.

환경소음 규제대응을 위한 고무 재료 설계 인자 연구 결과를 살펴보면, 트레드의 경도와 모듈러스가 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 비슷한 맥락

에서 트레드 물성의 타이어 패턴노이즈 영향도 분석 결과를 보면 아래와 같이 유사한 결과를 확인 할 수 있다.

앞서 설명한 바와 같이 소음 영역을 보면 아래 Table 5와 같이 주파수 대역 별로 저주파 대역의 로드 노이즈와 고주파 대역의 패턴노이즈로 구분이 되며,

로드노이즈는 거친 노면의 서스펜션 진동을 타고 들어오는 구조 진동음이고, 환경 규제에서 문제시 되고 있는 소음의 패턴노이즈의 방사소음임을 언급한 바 있다.<sup>13</sup>

전반적으로 고무 시편의 물성 중 경도, 인장 물성 및 동적 점탄성 특성에 따른 NVH 영향도를 분석하

Table 5. Definition of Noise

Road Noise			Pattern Noise	
Boom	공명소음	Rumble	Pattern Noise	
100	200	300	500	2000
Hz				

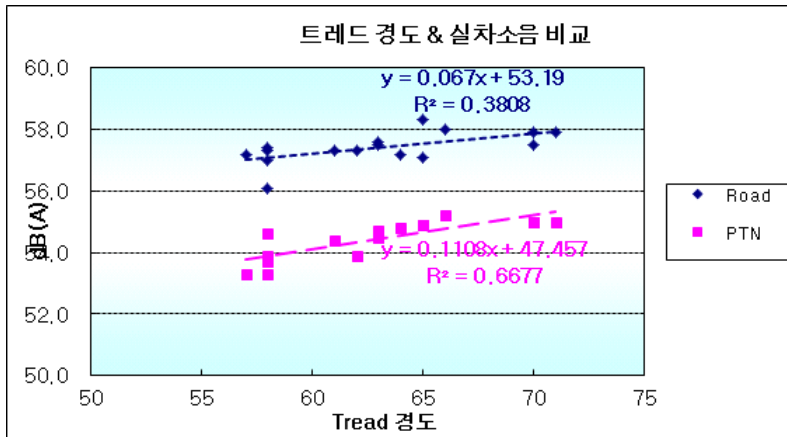


Figure 8. The correlation of road noise & pattern noise with hardness

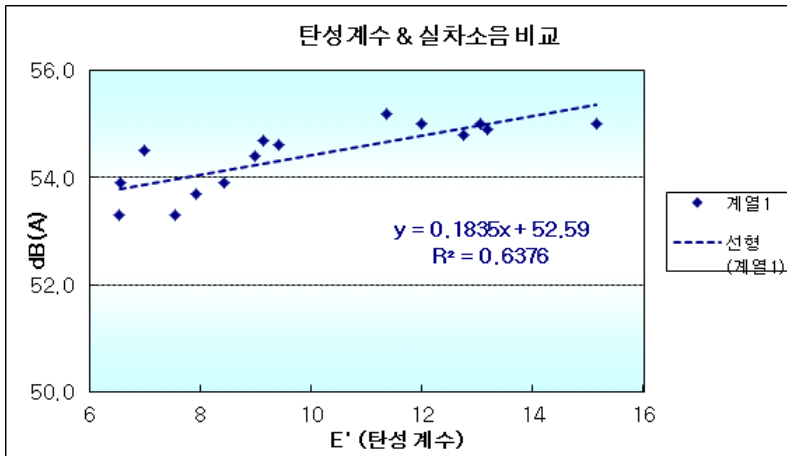


Figure 9. The correlation of elastic modulus & pattern noise



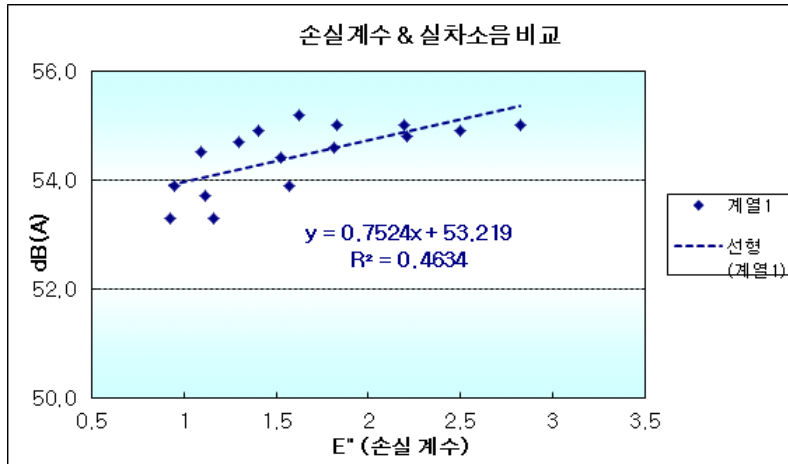


Figure 10. The correlation of loss modulus & pattern noise

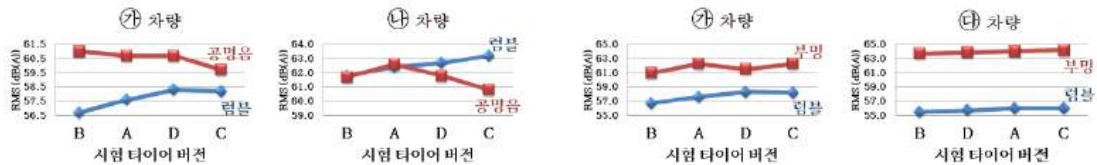


Figure 11. The relation of boom, cavity, rumble noise

면, Figure 8와 같이 로드노이즈 대역보다 패턴노이즈 대역에 영향도가 크며, 이는 Pass By Noise와 연관성이 있다.

이는 로드노이즈는 구조진동을 통해 유입되는 성분으로 재료의 특성보다는 타이어 비드부, 언더트레드, 벨트, 카카스, 보강재 등의 구조 인자에 기인하며, 패턴노이즈는 트레드 블락의 고무재료에 의한 블락의 노면 충격 및 슬립에 의해 가진되기 때문이다. 그러므로 사이드 강성에 연계된 핸들링과는 로드노이즈와 Trade off를 극복해야 하며, 트레드 블락 강성과 연계된 제동 특성은 패턴노이즈와 Trade off 연구가 필요하다.

타이어 패턴노이즈는 주로 트레드 블락의 경도와 관련이 있으며, 경도 외의 추가적인 모듈러스와 점탄성 영향도를 분석하였다.

트레드 고무 재료의 탄성계수와 손실계수의 패턴노이즈 영향도를 분석한 결과, Figure 9과 같이 탄성계수가 경도와 유사하게 연관성이 높음을 확인할 수 있었으며, 이는 일반적으로 탄성계수가 경도와 연관성이 높기 때문인 것으로 분석된다. Figure 10을 보면, 손실 계수는 패턴노이즈와 큰 연관성이 없는 것으로

확인되었다.<sup>14,15</sup>

타이어 트레드부 외에 사이드 비드부와 트레드내의 벨트부의 NVH 영향에 대하여, 트레드부의 강성을 벨트각도로 조정하고, 사이드부의 강성을 Apex (비드필러) 높이로 조정하여 2인자 2수준 로드노이즈 대역 별로 평가 및 분석이 필요하다. 로드노이즈 중에 럼블 소음 대역에서는 트레드 강성이 높고, 사이드 강성이 낮을수록 비교적 유리한 수준으로 나왔으며, 차량에 따라 약간의 편차를 보이지만 타이어 강성 영향도가 있음을 알 수 있다. 주파수 대역에서 저주파 대역인 부밍음은 럼블 소음과 비슷한 양상을 가지나, 공명음 대역은 부밍음과 럼블노이즈와 Trade-off 관계를 나타냄을 Figure 11과 같이 알 수 있으며, 이로써 소음의 주파수 대역 및 차량 인자에 별로 타이어 설계인자의 영향이 중요하며, 각 반제품 재료에 대한 연구는 추가로 많이 필요하다.<sup>16</sup>

## 5. 새로운 과제와 도전

향후 환경 규제가 강화되고 차량의 저소음화(전기차)의 영향을 받아 타이어의 NVH 성능은 더욱 중요

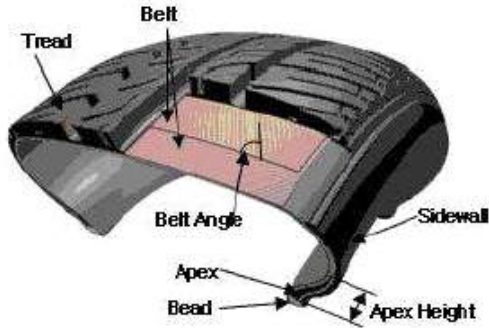


Figure 12. Tire structure

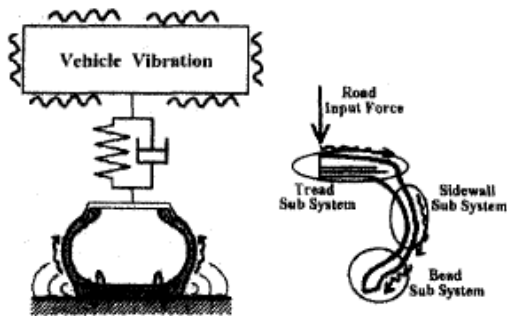


Figure 13. Tire generation mechanism of tire road noise

해지게 되었다. 또한 labeling 의 연비 및 Grip 특성 강화에 따른 재료 특성의 연구도 활성화되며, 이는

타이어 NVH 특성과 Trade off 관계에 있으며, 이를 극복하기 위하여 차량과 연계하여 음향진동전달 특성연구 및 핸들링을 고려하여 많은 연구가 필요하다.

그러므로 차량의 성능은 NVH 특성뿐만 아니라 연비, 제동, 핸들링 등 다양한 성능에 대한 최적화가 필요하며, 이를 위해서는 타이어 단품 단독으로는 대응하기 어려운 면이 있다. 특히 전반적인 차량 성능을 만족하기 위해서는 단순히 트레드 고무와 패턴의 설계만으로는 대응하기 어려우며, 타이어 개발초기에 NVH 측면에서 차량과 연계하여 비드와 벨트 물성 등 타이어 전체 설계에 대한 종합 검토가 필요하다. 이에 타이어 내부 구조는 Figure 12에서와 마찬가지로 여러 가지 복합적인 재질의 구성에 따라 강성 변화를 유발하고, 진동/소음에 큰 영향을 미치며, 가진 입력이 되는 접지 형상과 접지 압력에 큰 관여를 하게 된다. 그리고 Figure 13에서처럼 타이어의 각 부품 및 반제품이 노면 가진의 입력원과 전달체로 역할을 하여 차량의 서스펜션을 통해 공진 유발 및 내부 공명을 발생시키게 된다. 그러므로 현재까지는 타이어 각 반제품의 재질에 따른 연구가 활성화되어 있지 않으나 앞으로는 각 부품 재료 특성에 따른 가진원, 진동 전달 특성에 대한 연구가 많이 필요하다.<sup>17,18</sup>

그리고 도로소음과 연계되어서 노면과 차량에 따른 도로소음 평가기술에 대한 평가가 많이 이루어지고 있으며, 이에 대한 Figure 14와 같이 소음 지도를

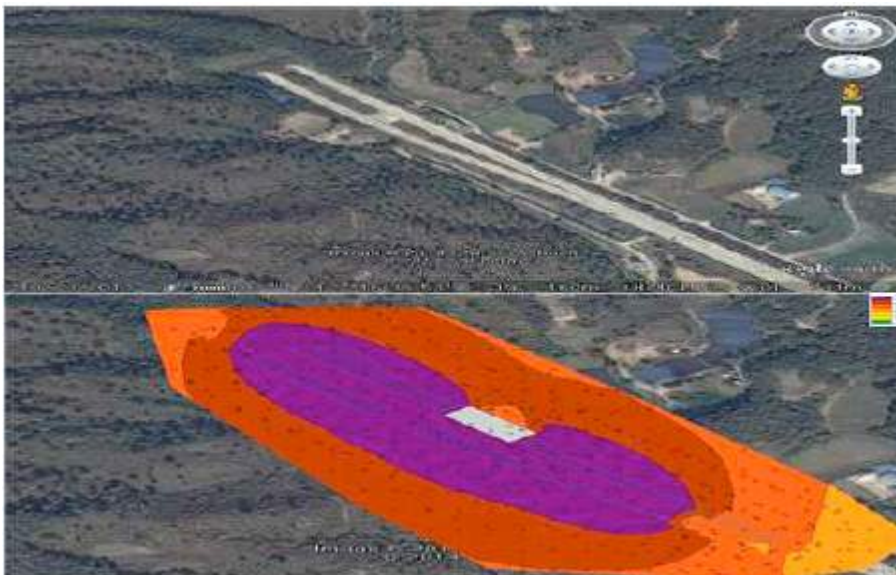


Figure 14. The Prediction of Noise Map

분석해 사전 저감 방안을 연구하는 사례가 활성화되고 있으며, 국제적으로도 화두가 되고 있는 환경보호 차원에서의 labeling 규제 대응을 위하여, Wet Grip 과 LRR 재료 연구 등과 연동되어 trade off를 극복하기 위하여는 타이어 회사 내부적으로 패턴 및 구조와 최적화 기술에 대한 연구가 많이 필요할 것으로 사료된다.<sup>19,20</sup>

## 참고 문헌

1. 환경부 보도자료, 저소음 타이어 보급으로 도로 소음 줄인다. 2016년 12월 20일
2. 황성욱, 타이어 소음에 대한 고찰, 소음진동공학회 2006년 춘계학술대회, pp310~313
3. S. Fujiwara, 2009, Reduction of Tire Groove Noise Using Slot Resonators, TSTCA
4. KARIN, 2008, Visual and acoustic tyre tread design, Master's Thesis in the International Master's programme Sound and Vibration
5. R. Mundl, 2006, Virtual Pattern Optimization Based on Performance Prediction Tools, TSTCA
6. 황성욱, 시변주파수 분석을 이용한 저소음타이어설계, 한국소음진동공학회논문집, 제 16권 제6호(2006), pp627~633
7. 나재봉, 휠&타이어 단품 NVH 평가법 연구, 한국소음진동공학회 2011년 춘계학술대회논문집, pp546~547
8. 강현석, 타이어 공명소음 저감체 개발, 한국소음진동공학회 2008년 춘계학술대회, pp658~661
9. 김의열, 유전자 알고리즘을 이용한 타이어 공력소음의 저감, 한국소음진동공학회논문집 제 22권, 제 1호, pp61~73, 2012
10. 박종호, 크리트 가진법을 이용한 타이어특성에 따른 로드노이즈 예측 연구, 한국소음진동공학회논문집 제 22권, 제 8호, pp720~728, 2012
11. Akutagawa, 일본고무협회지 제 80권 제10호(2007), pp40~47
12. Ido, 일본고무협회지, 제89권, 제8호(2016) pp34~38
13. D. A. Bekke, Experimental review on interior tire-road noise models
14. 황성욱, 컴파운드 경도가 타이어 패턴노이즈에 미치는 영향도, 한국소음진동공학회 2006년 추계학술대회 논문집
15. 임원우, 환경소음 규제 대응을 위한 고무 재료 설계 인자, 고무학회 제 3권, 제 3호, 2002
16. 김건호, 림블 소음 저감을 위한 타이어 강성 설계 방안 연구, 한국소음진동공학회 2012년 춘계학술대회논문집 pp 298~304
17. 김병삼, 타이어 강성변화에 따른 접지형상에 관한 연구, 한국소음진동공학회 2012년 추계학술대회논문집 pp 705~706
18. 이태근, 2003, 실차감성평가를 통한 서스펜션 및 타이어 변화에 따른 Road Noise 편차 파악에 관한 연구, pp 357~362
19. 한국건설기술연구원, 2016, 도로소음모델 및 도로소음평가 기술 개발
20. Tan Li, 2018, Influencing Parameters on Tire-Pavement Interaction Noise