

## 실차감성평가를 통한 서스펜션 및 타이어 변화에 따른 Road Noise 편차과악에 관한 연구

### The Study on the Difference of Road Noise due to change the Suspension and Tire by Feeling Test

이 태 근\* · 김 기 전\*\*

Tae-Keun Lee, Gi-Jeon Kim

**Key Words** : Tire (타이어), Suspension (서스펜션), Feeling Test (감성평가), Road Noise (로드노이즈)

#### ABSTRACT

According to the remarkable reduction of the vehicle noise, the important of tire noise which is generated from the vehicle and the necessities of the researches for the noise reduction are emphasized. In this study, we have studied the road noise which is excited by the interaction between tire and road. In order to evaluate the road noise, we carry out the subjective test(feeling test). In order to consider the effect of the vehicle suspension for the tire/road noise, we are equipped with identical tires on the differential vehicle suspension and evaluate the road noise. In order to consider the effect of the tire structure for the tire/road noise, we evaluate the some tires with various structures. From the test results, we fine that the difference of road noise is generated by the variation of the vehicle suspension. Also, we can select the optimized tire structure which can be reduced the road noise.

#### 1. 서 론

차량의 고급화에 따라 상대적으로 차량 내부소음의 중요성 및 저감방안 연구의 필요성이 대두되고 있다. 차내소음은 수 많은 음원으로 이루어져 있으며, 발생조건이나 주파수 대역에 따라 부밍소음(booming noise), 엔진소음, 기어소음, 로드노이즈(road noise), 타이어 소음, 바람소리 등으로 분류되며[1], 차량의 고급화 및 방음기술 향상에 의해 타이어로부터 발생하는 소음의 중요성이 부각되고 있다. 타이어 소음의 발생경로는 로드노이즈를 발생시키는 Structure borne path와 패턴소음(pattern noise) 및 통과소음(pass by noise)를 유발하는 Air borne path로 구분된다(그림1).

본 연구에서는 타이어/노면 상호작용에 의해 가진되어

발생하는 로드노이즈에 대한 실험적 접근 방법을 사용하였다.

로드노이즈는 타이어/노면 상호작용에 의해 발생된 진동이 타이어, 립 및 차량의 서스펜션에 전달되어 최종적으로 차량의 진동을 유발시켜 발생하는 소음이다.

타이어 로드노이즈의 평가는 주관적 평가(subjective test or feeling test)와 객관적 평가(objective test or measurement test)를 통해 결정되고 있다. 주관적 평가결과와 객관적 평가결과와의 상관도를 높이기 위한 시도는 이루어지고 있으나, 계측결과에 의한 판단이 사람의 감각에 의한 판단에는 미치지 못하고 있다. 그러므로 최종적으로는 사람이 자동차에 타고 하는 주관적 평가로부터 로드노이즈의 좋고 나쁨을 판단하게 된다.

차량과 타이어에서의 로드노이즈 연구는 해석적인 연구와 이를 검증하려는 실험이 주를 이루고 있다. Kejiro Iwao 등은 실험적 방법을 통해 타이어/노면소음의 메카니즘 연구를 수행하였고[2], M. Muthukrishnan은 타이어 소음에 대한 타이어 물성의 영향도에 대해서 연구를 수행하였다[3].

본 연구에서는 타이어 로드노이즈에 대한 차량의 서스

\* 금호산업(주) 타이어사업부 기술연구소  
디자인NVH팀

E-mail : tklee9501@korea.com

Tel : (032) 940-2805, Fax : (032) 940-2850

\*\* 금호산업(주) 타이어사업부 기술연구소  
디자인NVH팀

펜션변화의 영향을 고려하기 위해, 동일한 타이어를 서스펜션이 상이한 차량에 취부하여 로드노이즈를 평가하였으며 평가방법은 실차감성평가(feeling test)를 이용하였다.

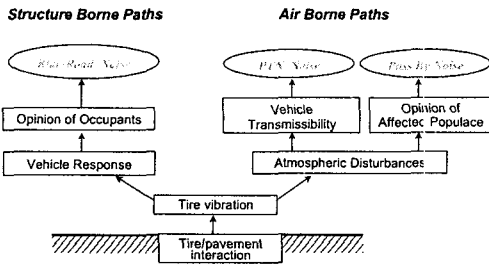


Fig.1 The classification of tire noise

## 2. 이론적 배경

### 2.1 타이어 구조 및 특징

타이어는 자동차를 구성하는 여러 가지 부품중의 하나로 노면에 직접 접촉하는 부품이다. 타이어는 공기압에 의한 자동차의 중량지지, 노면의 돌기물로부터 충격 흡수, 자동차 엔진에서 발생하는 힘을 전달하여 주행/정지/방향 전환 등 기본적인 기능을 수행한다.

그림2는 일반적인 타이어의 구조를 나타내며 크게 트레드부(tread), 벨트(belt), 사이드부(sidewall), 비드부(bead)로 구분된다. 트레드는 노면과 직접 접촉하는 부분으로 제동, 구동에 필요한 마찰력을 주고 내마모성이 양호해야 하며 외부충격에 충분히 견딜 수 있어야 하고 발열이 작아야 된다. 벨트는 철선(steel wire)으로 구성되어 외부의 충격을 완화하고 트레드의 접지면적을 넓게 유지하여 주행안정성을 우수하게 하는 기능을 가지고 있다. 사이드월은 굴신운동을 통하여 승차감을 향상시키는 기능을 한다. 비드는 철선에 고무를 피복한 사각 또는 육각형태로 타이어를 림에 안착하고 고정시키는 역할을 한다.

본 연구에서는 타이어 성능에 크게 영향을 미치고 있다고 판단되는 트레드, 벨트, 에이팩스 변경에 따른 사이드부의 물성 변화에 따른 로드노이즈의 영향을 연구하였다.

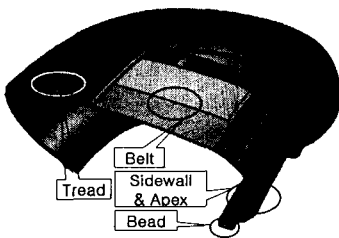


Fig.2 Tire structure

### 2.2 타이어 소음의 분류

주행하고있는 타이어로부터 발생하는 타이어의 소음 및 진동에 대한 발생경로를 그림1에 나타내었다.

노면가진에 의해 타이어가 진동하게 되고 이 진동이 대기를 가진하여 차내로 유입되는 소음을 패턴소음(pattern noise)이라 정의하고, 차량외부로 발산되는 소음을 통과소음(pass by noise)이라 정의하고 있다.

로드노이즈는 타이어진동이 차량을 통해 전달되어 승차자가 느끼는 소음이다.

### 2.3 로드노이즈 발생메카니즘

로드노이즈는 노면가진력에 의해 타이어 트레드부가 진동하게 되고 이진동이 타이어 사이드와 비드부를 통과하여 림에 전달되게 된다. 전달된 진동은 차량의 서스펜션을 통과하여 차량진동을 유발하게 되고 이로부터 소음이 발생하게 된다(그림3).

이러한 발생메카니즘으로부터 소음감소를 위해 다음과 같은 항목이 고려되어야 한다.

- 가진원으로서의 가진력
- 타이어에서의 진동응답
- 음의 방사 특성(sound radiation behavior)
- 청감자 특성(receiver behavior)

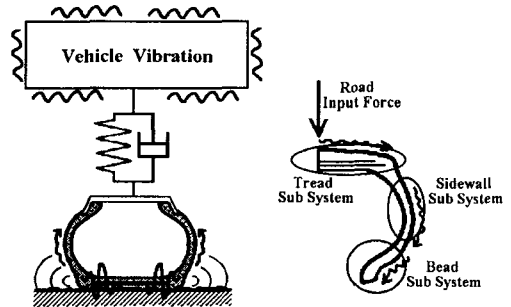


Fig.3 The generating mechanism of tire road noise

## 3. 실차감성평가

### 3.1 평가방법

본 연구에서의 로드노이즈 평가는 SAE J1060에 준한 감성평가(feeling test)를 이용하였으며(그림4), 평탄한 아스팔트(asphalt) 노면주행시 발생하는 소음의 크기와 음색의 차이를 평가하였다.

시험타이어는 2.1 (kg/cm<sup>2</sup>)의 공기압으로 규정림에 장착하여 타이어 내부의 코드정렬을 위하여 60 (km/h) - 80 (km/h)의 속도로 1200 (m) 주행후 시험을 실시한다 (break-in).

시험은 0 - 120 (km/h)의 속도로 평가노면을 주행후 판정하게 된다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
unacceptable				border line	acceptable				
condition rated by									
all drivers		most drivers		some	critical drivers	trained drivers		not driver	
intolerable	severe	very poor	poor	marginal	barely acceptable	fair	good	very good	excellent

Fig. 4. The ratings of SAE J1060

### 3.2 평가차량 및 타이어

본 평가에서 사용된 타이어는 표1에 나타내었다.

트레드부의 강성에 대한 영향을 고려하기 위해 트레드고무 경도 및 벨트부의 각도를 변경하였고, 타이어 사이드월의 영향을 고려하기 위해 사이드월 강성과 관련된 에이팩스 길이를 변화시켰다.

평가에 사용된 차량은 전륜에 맥퍼슨 스트러드 형식(Mcpherson strut type)이 사용되었고, 후륜에 듀얼링크형식(dual link type), 토션빔액슬 형식(torsion beam axle type), 커플 토션빔액슬 형식(coupled torsion beam axle type)으로 서스펜션 형식을 변경시켰다(표2).

Table 1. Sample tires

Tire No.	Apex	Belt Angle (deg.)	Tread Rubber	
	Length		Hardness	Modulus (kg/cm <sup>2</sup> )
1	standard	standard	standard	standard
2	-10mm	"	"	"
3	standard	"	+1	-8
4	-10mm	"	"	"
5	standard	-3	standard	standard
6	-10mm	"	"	"
7	standard	"	+1	-8
8	-10mm	"	"	"

Table 2. Suspension type for test vehicle

Test Vehicle	Suspension type		Remarks
	Front	Rear	
A	Mcpherson strut	Coupled Torsion Beam Axle	
B		Dual Link	
C		Torsion Beam Axle	

### 3.3 평가결과 및 고찰

표3은 시험차량 A, B, C에 대한 각 타이어의 로드노이즈 평가결과이다.

Table 3. The results of road noise test

Tire No.	The rating of road noise for test vehicle		
	A	B	C
1	6.0	5.8	6.0
2	5.8	6.2	6.0
3	5.6	5.8	5.6
4	5.6	5.8	5.6
5	5.6	5.6	5.6
6	5.8	6.2	6.0
7	5.6	6.2	5.8
8	5.8	5.8	6.2

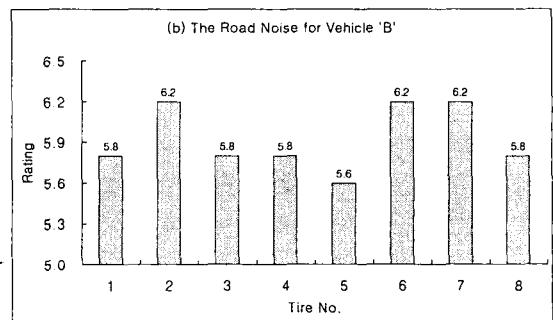
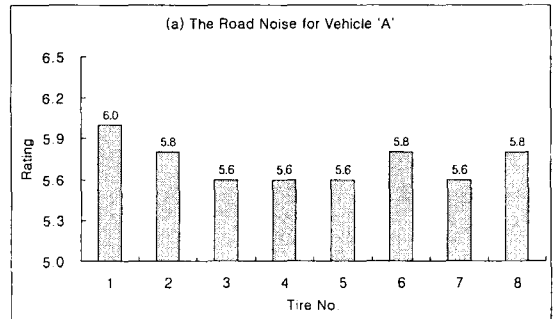
#### (1) 차량변화에 따른 로드노이즈 영향

그림 5는 차량변화에 따른 로드노이즈 특성을 보인다. 서스펜션이 유사한 경우(Vehicle A,C), 타이어 변화에 따른 로드노이즈 경향은 유사함을 볼 수 있다. 따라서 유사한 구조를 가지는 서스펜션에 있어서 타이어 변화에 따른 로드노이즈의 변화를 유추할 수 있을 것으로 판단된다.

'A'차량에서는 타이어 1이 가장 양호한 조합으로 트레드밴드부를 부드럽게 하여 노면의 충격을 최대 흡수토록 하고, 사이드부를 강하게 하여 트레드로부터 전달된 진동을 사이드부에서 억제토록 하여 로드노이즈를 감소시킨 것으로 분석된다.

'B'차량에서는 타이어 2,6,7이 가장 양호한 조합이다.

'C'차량에서는 타이어 8이 가장 양호한 조합으로 'A'차량에서 최적을 보인 타이어 특성과는 반대의 경향을 보인다. 즉, 트레드밴드부의 강성을 강하게 하여 진동을 억제하고, 사이드부는 부드럽게 하여 진동을 흡수토록하게 한 것이다.



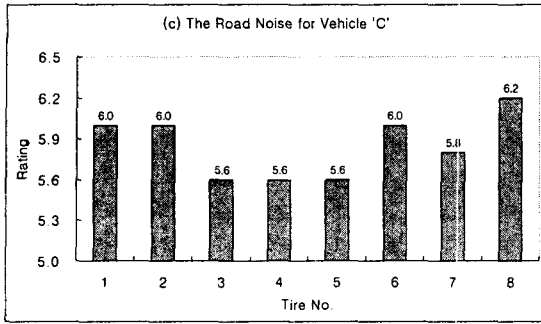


Fig.5 The effect of vehicle for road noise

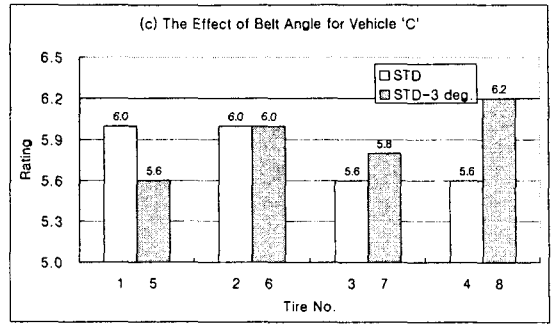


Fig.6 The effect of belt angle for road noise

(2) 타이어 구조 변화에 따른 로드노이즈 영향  
가. 벨트각도의 영향

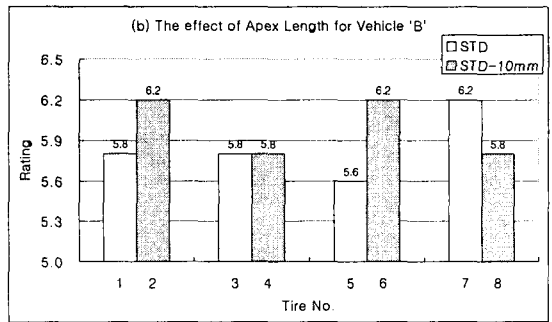
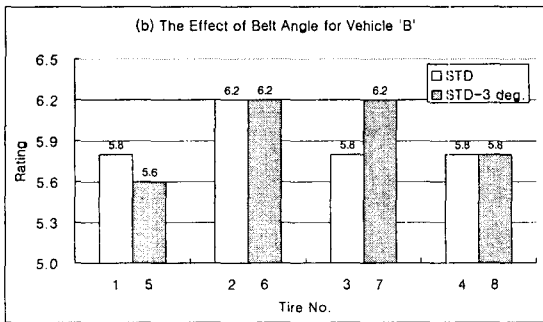
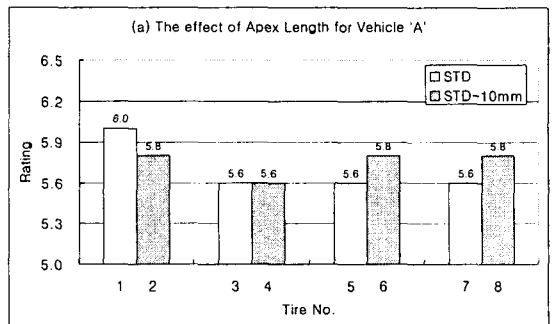
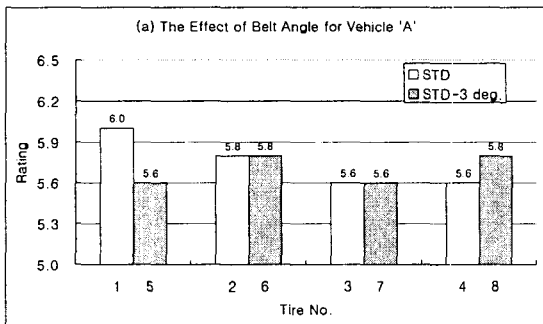
벨트각도가 작아지면 Tire No.1에서 사용된 트레드고무와 에이펙스 구조의 경우, 로드노이즈의 하락을 볼 수 있으나 Tire No.3에서 사용된 트레드고무와 에이펙스 구조에서는 로드노이즈의 향상을 가져온다.

벨트각도의 감소는 타이어 접지폭을 증가시키고 이에 따라 타이어 단위면적당 발생하는 접지압을 감소시켜 노면물 가진력을 작게하는 효과가 있고, 이 경우 강성이 큰 고무를 사용함으로써 노면으로부터 가진된 진동을 억제하여 로드노이즈가 향상된 것으로 분석된다. 또한 벨트각도가 커진 경우 강성이 큰 고무의 사용은 로드노이즈의 하락을 유발하게 된다. 즉 타이어 로드노이즈는 차량과 타이어 구조의 매칭성(matching)에 크게 좌우되고있음을 볼 수 있다(그림6).

나. 사이드 강성의 영향(에이펙스의 영향)

에이펙스의 길이를 감소시키면 사이드부의 강성이 감소하게 되며, 로드노이즈는 향상됨을 볼 수 있다. 이는 트레드로부터 전달된 진동을 사이드부에서 최대 흡수토록하여 림에 전달된 진동을 최소화하기 때문으로 분석된다.

서스펜션이 유사한 'A','C'차량의 경우, 벨트가 작은 구조에 있어서 트레드 강성과는 무관하게 에이펙스 길이 감소에 따라 로드노이즈는 향상됨을 볼 수 있다. 그러나 서스펜션이 상이한 차량에서는 동일한 결과가 나타나지 않는다(그림7).



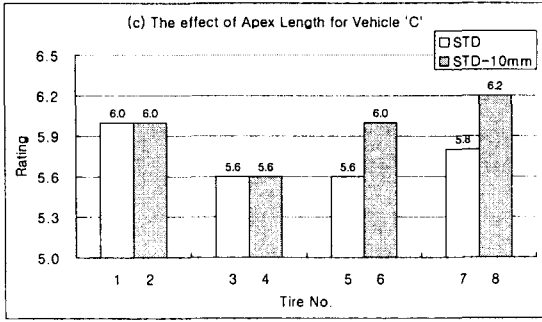


Fig.7 The effect of apex length for road noise

#### 다. 트레드 고무의 영향

본 연구에서 사용된 평가차량의 경우는 트레드 강성이 작으면 벨트각도가 큰 구조가, 트레드 강성이 크면 벨트각도가 작은 구조가 로드노이즈에 유리하게 작용하고 있음을 볼 수 있다(그림8).

#### 4. 결 론

실차감성평가방법을 이용한 차량의 서스펜션 및 타이어 구조 변경에 따른 로드노이즈 편차에 관한 연구결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 동일구조를 가진 타이어에 대해서 차량의 서스펜션이 변경되면 로드노이즈 차이가 발생되며, 이는 차량의 서스펜션 유형 및 특성에 의한 영향으로 분석된다.
2. 서스펜션이 유사한 경우, 타이어 변화에 따른 로드노이즈 경향은 유사함을 볼 수 있다. 따라서 유사한 구조를 가지는 서스펜션에 있어서 타이어 변화에 따른 로드노이즈의 변화를 유추할 수 있을 것으로 판단된다.
3. 타이어 구조변경에 따른 로드노이즈의 영향을 파악하였다.

- 트레드 강성이 작으면 벨트각도가 큰 구조가, 트레드 강성이 크면 벨트각도가 작은 구조가 로드노이즈에 유리하게 작용하고 있음을 볼 수 있다
- 벨트가 작은 구조에 있어서 트레드 강성과는 무관하게 에이펙스 길이 감소에 따라 로드노이즈는 향상됨을 볼 수 있다. 그러나 서스펜션이 상이한 차량에서는 동일한 결과가 나타나지 않는다.

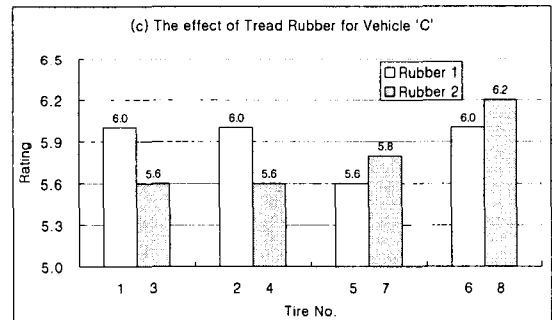
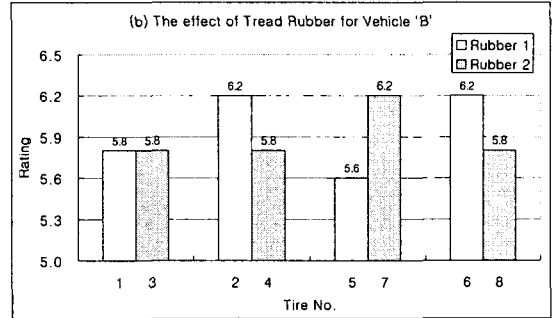
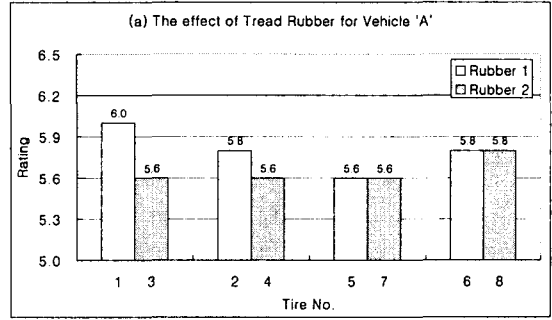


Fig.8 The effect of tread rubber for road noise

#### 참 고 문 헌

- (1) 한국자동차공학회, 1990, 자동차기술핸드북 시험/평가편, pp153-154.
- (2) Keijiro Iwao, Ichiro Yamazaki, 1996, "A Study on the Mechanism of Tire/Toad Noise", JSAE Review 17, pp.139~144.
- (3) M.Muthukrishnan, 1990, "Effects of Material Properties on Tire Noise", SAE 900762.