

타이어騒音 現況과 特性

Tyre/road Noise Status and Characteristics

°강대준*, 정일록*, 장성기**, 서충열**, 박준철**

Daejoon Kang, I.R. Chung, S.K. Chang, C.Y. Seo, J.C. Park

ABSTRACT

The tyre/road noise becomes aggravated due to the rapid increase of motor vehicles. It has a great effect on the dwelling environment. Therefore we investigate the characteristics and sources of the tyre/road noise through grasping the status of the tyre/road noise.

Traffic noise results from the collective contribution of the noise produced by individual motor vehicles. The tyre/road noise varies enormously depending upon its type and mode of operation.

1. 서 론

자동차 등록대수가 '85년 100만대에서 '97년 7월 1,000만대, 2001년 1월 1200만대를 돌파하는 급속한 증가와 도로의 확충 등으로 도로교통소음의 영향범위가 날이 갈수록 확대되고 있으며 인구밀도가 높은 우리의 열악한 주거환경에 비추어 영향 또한 간과할 수 없는 실정이다. 이러한 차량증가 추세에 맞추어 도로망이 계속 확장되고 있어 소음 피해지역이 날이 갈수록 확산되어 소음이 거의 문제되지 않았던 도시교외는 물론 농어촌 지역까지 확산되고 있는 형편이다. 교통소음 방지대책 일환으로 정부에서는 교통소음으로부터 정온한 생활 환경을 조성하기 위하여 '98년까지 전국 214개 도로구역 274.1 km를 교통소음 규제지역으로 지정하여 관리하고 있으며 이 지역의 적정한 소음관리를 위하여 학교, 주거지역 등의 정온지역 160개소 33.7 km를 포함하여 '00년까지 1,873개소에 441 km

의 방음벽을 꾸준히 설치하였으나 차량의 기하급수적 증가 및 도시의 팽창으로 도로교통소음의 개선효과는 미흡한 실정이다.

도로교통소음 저감대책은 발생원인 교통수단에 대한 저감대책과 발생된 소음의 경로를 차단하는 저감대책으로 구분될 수 있다. 발생원에 대한 저감대책이 가장 효율적이지만 기술적인 한계로 인하여 단기간에 급속히 저감시킬 수 없는 어려운 문제점이 있어, 차선책으로 소음전파 경로대책이 활용되고 있다. 전파경로 대책을 효과적으로 수립하기 위해서는 우선 무엇보다 수음점에서 정확한 소음예측이 필요하다. 도로교통소음에 대한 수음점에서의 소음예측을 위하여 소음이 수음점에 도달하기까지의 전파과정에 대한 연구와 더불어 발생원에 대한 정량적인 평가가 필수적이다.

이러한 도로교통소음의 특성은 복잡다기하여 면밀한 발생원 규명과 전파특성에 대한 체계적인 연구가 요청된다. 이에 따라 타이어소음 발생원 특성을 파악하기 위하여 속도와 차종별 소음도, 주행방식과 속도별 타이어소음 기여율, 타이어소음 영향인자 등을 조사하여 도로교통소음저감대책에 활용토록 하고자 한다.

*정회원, 환경부 국립환경연구원

**환경부 국립환경연구원

2. 측정 방법

ISO/DIS 13325 및 JASO C 606-86에 준하여 차량의 주행중심선으로부터 7.5 m 떨어진 위치에 마이크로폰을 설치하고 진입선에서 엔진을 정지시킨 상태에서 변속기를 중립에 놓고 타행주행시켜 측정한다. 기준속도(승용차, 소형화물차 : 80, 트럭·버스 : 70)±10 km/h 범위에서 상하 4점씩 등간격으로 측정한다.^{1~4)}

3. 결과 및 고찰

3.1 타이어 소음도 현황⁵⁾

타행주행소음의 측정방법에 의하여 40종류의 타이어에 대하여 조사한 결과는 다음과 같다.

Table 1에서 보면 차량이 80km/h의 속도로 타행주행할 때 배기량이나 중량이 큰 EF소나타 차량에 장착하는 타이어(737A, 884, 948)는 차량주행중심선으로부터 7.5 m 떨어진 거리에서 72.5~74.1 dB A의 소음도를 배출하고 소형차(마티즈, 라노스)에 장착하는 타이어(772, 756, H406)는 68.6~70.6 dB A의 소음을 발생하고 있다.

근래 승용차에 이용되는 타이어의 트레드 패턴(Tread Pattern)은 거의 대부분 Rib-Lug형의 혼합형이다.

동일한 소나타 III 차량에 4종류의 타이어를 장착하여 조사한 속도별 타이어 소음도를 보이면 다음과 같다.

Table 2에서 조사한 타이어의 크기(size)는 205/65R14이다. 여기서도 타이어의 Tread Pattern은 Rib-Lug혼합형이고 747과 948은 겨울철의 snow용이고 이것들의 Tread Pattern도 Rib-Lug 혼합형이다.

결과값은 대수곡선 회귀식을 적용하여 80 km/h의 속도에 해당하는 소음도이고 보정결과값(최종값)은 온도를 보정한 소음도이다. ECE R30, R45에 의하면 노면온도가 20℃보다 클 때는 +0.03 dBA/℃를 보정하고, 20℃ 이하일 때는 -0.06 dBA/℃를 보정하도록 되어 있다. 이 ECE규정에 의하면 타이

어의 폭이 145 mm이하이면 소음한도는 72 dBA, 155와 165 mm이면 73 dBA, 175와 185 mm이면 74 dBA, 195와 205 mm이면 75 dBA, 215 mm이상이면 76 dBA로 되어 있어 위의 시험결과는 타이어의 폭이 205 mm이므로 모두 소음한도 75 dBA를 충족시키고 있다.

3.2 도로교통소음에서 차지하는 타이어의 기여율

각종차량이 가속주행할 때와 정상주행할 때에 타이어의 소음 기여율을 조사한 결과는 다음과 같다.^{6~7)}

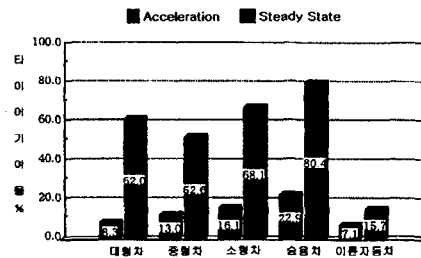


Fig. 1 Contribution ratio of tyre noise at acceleration and steady state.

Fig. 1에서 보면 대형차가 가속주행할 때에 타이어 소음이 차지하는 기여율은 8.3%이고, 정상주행할 때에는 62%이며 승용차의 경우 가속주행시에 22.9%, 정상주행시에는 80.4%로 가속주행할 때보다는 정상주행할 때에 타이어 소음 기여율이 훨씬 높은 것을 알 수 있다.

여기서 타이어의 기여율은 가속·정상주행소음에 대해서 동일한 속도로 타성(惰性)주행할 때 발생한 소음이 차지하는 에너지 비율로 계산된다. 타이어의 기여율은 평균값으로 나타내고 있으나, 각각의 차량과 장착되는 타이어의 종류에 따라 각각의 소음도 다르기 때문에 기여율도 당연히 변동한다.

가속주행할 때에 타이어 기여율은 7~23%로 작지만, 구동에 의해 타이어 음이 증가하기 때문에 실제 기여율은 좀 더 높다고 볼 수 있다. 정상주행

할 때에 타이어 기여율은 이륜자동차가 약 16%, 사륜차가 53~80% 수준이다. 한편, 차량이 35 km/h 속도보다 더 높은 속도로 정상주행할 때 타이어의 평균기여율을 Fig. 2에 나타내었는데, 속도가 상승함에 따라 약간 증가하는 추세를 볼 수 있다.

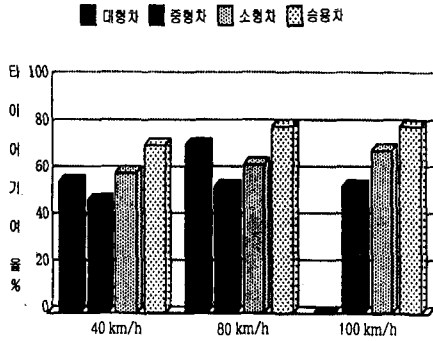


Fig. 2 Contribution ratio of tyre noise by speed at steady state.

3.3 타이어 도로소음에 영향을 미치는 요인

타이어의 공기압 및 마모 등의 내부요인, 속도, 하중 및 차량 등의 차량쪽 요인과 노면 등의 환경요인에 대해서 실차타행주행방법에 의한 결과를 인용해서 언급하겠다.

가. 주행속도

타이어의 소음은 주행속도와 더불어 증가하는데 타이어의 종류에 따라 발생원의 기여율이 바뀌기 때문에 소음의 증가경향도 변화한다. 일반적으로 소음도는 속도의 對數(대수)에 비례하며(소음도 = $A \log(\text{속도}(\text{km/h})) + B$) 시험 결과를 근거로 40~100 km/h의 범위를 속도의 對數에 대해서 회귀계산한 기울기 값(A)은 29~44 이다.

이 속도 기울기는 트럭·버스(TB)용 타이어에서는 Rib, Block, Lug 순으로 소음이 크고, 고속에서는 패턴 가진음이 지배적인 Lug 타이어 소음이 높다. 승용차용 Block형 타이어는 트럭·버스용 Block형 타이어와 동일한 유형이기 때문에 속도 기울기도 같다.

속도에 대한 소음도의 아주 작은 변화는 반드시 $\log v$ 에 비례한다고는 할 수 없고, 특히 패턴 가진음이 심한 Lug 타이어는 Carcass와의 공진(共振) 등에 따라 특이한 속도경향이 나타나기 쉽다.

100 km/h를 넘는 속도에서 승용차용 타이어의 소음도를 Fig. 3에 나타내었는데, 100 km/h이하 속도 기울기의 연장으로 간주하면 된다.

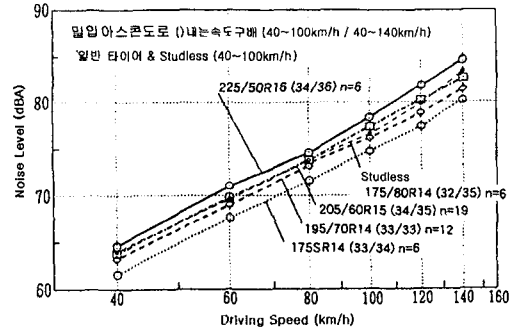


Fig. 3 Relation between driving speed and noise level of radial tyre for passenger car.

나. 타이어 하중과 공기압

대형트럭의 경우 차량의 중량(타이어는 하중)과의 관계는 Fig. 4에 예시한 바와 같이 타이어의 종류에 따라 다르다. Rib타이어는 적재량에 거의 좌우되지 않는 반면, Lug 타이어는 영향을 많이 받고, 빈차(타이어의 부하율은 평균 40%정도)에 비해 적정 적재(타이어 부하율 85%정도)에서 4 dB, 150% 적재(타이어 부하율 130%)에서 3~5 dB정도 더 증가한다. 이것은 하중의 증가에 따라 타이어 놀림이 증가하고 Lug 홈이 있는 Shoulder부의 패턴에 직접 기인하는 소음성분이 증가하기 때문이다. 이 증가는 패턴 가진음이 지배적인 고속에서 특히 현저해진다.

한편, 공기압에 대해서는 Fig. 5의 예에 나타내었듯이 Lug 타이어의 공기압이 저하하면 소음이 증가한다. 이것은 적재량(하중)과 역관계로, 역시 타이어 놀림이 원인이다.

승용차용 타이어의 하중 및 공기압의 영향은 Lug 요소가 심한 일부를 제외하고 작다.

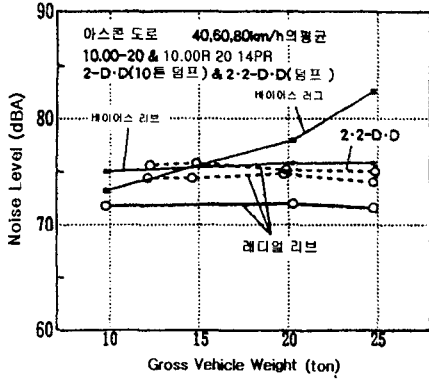


Fig. 4 Relation between vehicle weight and TB tyre noise level.

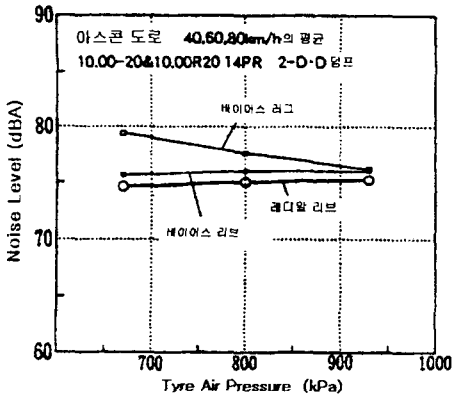


Fig. 5 Relation between air pressure and noise level of TB tyre.

다. 타이어의 주행마모

트럭·버스용과 승용차용의 대표적인 타이어가 실제의 주행에 따라 마모되어 가는 정도에 관한 소음변화를 확인한 결과를 Fig. 6에 나타내고 있다.

트럭·버스용의 Bias 및 Radial-Rib 타이어의 주행마모에 따른 소음변화는 아주 작지만 Lug 타이어는 변화가 심하고, 비교적 초기단계부터 현저히 증가한다. 승용차용 Block형 사계절타이어는 변화가 작다.

타이어가 주행에 따라 마모되면 트레드 홈이 얇아져서 일반적으로는 패턴형 공명음이 저하하는데,

동시에 트레드 고무의 두께에 따른 완충도 저하해서 패턴 가진음이 거꾸로 증가한다. 트레드 표면의 편마모도 패턴 가진음 증가의 중요한 요인이며, 사용중인 타이어의 소음은 이 증가영역의 합성에 따라 구성되고 있다.

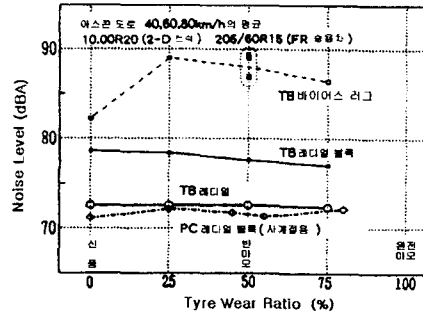


Fig. 6 Noise trend due to tyre wear.

라. 주행노면

타이어 음이 타이어 도로소음으로 일컬어지듯이, 타이어와 도로면 사이의 공기 흐름과 충격을 주요인으로 하는 상호작용에 따라서 발생하고 있기 때문에 도로포장 표층의 종류에 따른 소음의 변화는 상당히 크고, 노면성상에 관심이 높아지고 있다. 자동차소음을 시험하기 위한 표준시험로 ISO 10844⁸⁾에서는 노면의 거칠기(Texture Depth 값), 공극을 및 흡음율을 성능요건으로 하고 있다. ISO의 규정 범위내에서도 측정소음에는 차이가 있는 것이 실태이기 때문에 결과의 취급은 신중을 요한다. 노면이 거칠어지면 표면 요철에 따른 가진음이 커지고, 매끄러워짐에 따라 그 성분이 감소해서 패턴형 공명음이 커지는데 노면의 흡음특성에도 좌우된다.

최근 관심을 끌고 있는 다공성 포장(배수성포장)은 도로 위에 피어있는 물에 기인하는 hydroplaning 등의 저마찰상태의 주행불안정성을 피하기 위해서 포장속에 일정한 공극을 만들어 배수하고 있다. 이 공극이 건조상태에서 공기의 투과성도 높이고, 패턴형 공명음과 도로의 Air-pumping음을 억제해서, 타이어도로소음을 현저히 저감시킨다. Fig.

7의 예에서는 3~6 dB이나 저감되어 있다. 또, 비가 올 때 노면에 껴어 있는 물에 의한 소음증가는 Fig. 8에 나타났듯이 현저하나 이 조건에서도 다공성 포장의 효과는 절대적이다. 이러한 다공성 포장은 사용경과에 따른 공극의 막힘 때문에 소음 저감효과가 저하되어 가는 난점이 있다. 또, 배수성 포장은 타이어 도로소음뿐만 아니라 차량 엔진 소음 등도 흡음하기 때문에 상당한 저감효과가 있다.

또한, 다공성 포장의 흡음특성을 유지하고, 패턴 가진음도 저감을 꾀한 저탄성 고무 chip재를 이용한 유공탄성 포장(수지포장이라고도 함)에서는 더 크게 저하하는 등 앞으로 연구개발로의 기대는 크다.

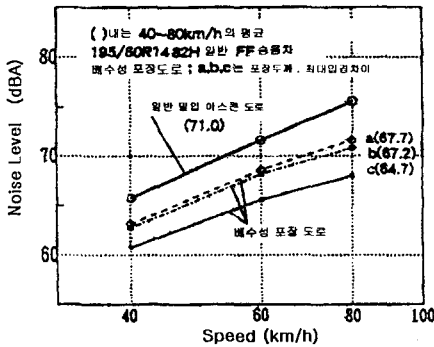


Fig. 7 Noise level in porous surface.

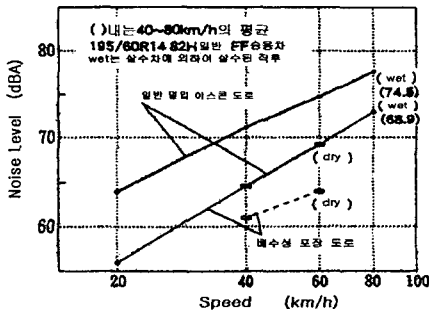


Fig. 8 Comparison of noise level in dry surface with it in wet surface.

마. 기상 환경 조건

타이어 도로소음은 기온, 노면온도, 습도 및 바

람 등의 기상조건의 영향을 받는다. 기온 및 노면온도가 높으면 소음이 일반적이나, Fig. 9에 나타난 바와 같이 변화비율은 본질적으로 타이어마다 다르다고 볼 수 있다. 기온에 대한 소음의 저하기울기는 승용차(PC)용 타이어가 대략 0.08 dB/°C, 트럭·버스용에서는 반 이하인데 이 보정방법의 표준화를 ISO가 연구하고 있다. 기온 및 노면온도의 상승에 따라서 주행타이어의 온도도 상승해서 타이어의 구성재료가 부드러워지기 때문에 패턴 가진음이 저하하는 것이 주원인이 되고 있다. 한편, Bias 타이어도 대체로 위와 동일하다.

또, 여기서 말하는 기온은 시험주행도로 부근에서 주위공기의 온도를 가리키고 이것과 노면온도는 상당한 상관관계를 가지고 있어, 노면온도에 대한 변화기울기는 위의 약 0.7배로 보아도 무방하다.

그 외의 환경조건으로서 포장 속의 수분에 의한 흡음특성과 공중습도에 의한 음향전파특성의 영향을 받는다.

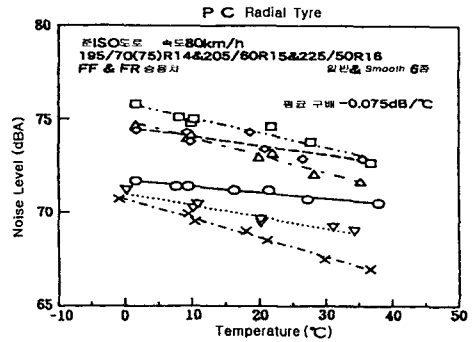


Fig. 9 Relation between temperature and tyre noise level.

바. 거리감쇠

Fig. 10은 측정거리에 따른 타이어 소음의 거리감쇠 현상을 보이고 있다. 일반적인 밀입도 아스팔트 콘크리트도로에서 마이크론마다 각각의 소음계를 사용하기 때문에 상호 차이의 오차 확대를 막을 만한 복수시험의 평균결과를 이용하고 있다. 3축의 대형 트럭에 있어서 7.5 m에서 60 m까지의

거리를 2배씩 연장한 경우의 거리 감쇠는 각각 약 5 dB, 5.5 dB, 6 dB이며 근거리에서는 차량길이에 따른 음원분산과 타이어음의 지향성 영향 등 거리 역자승법칙보다도 작아지고 있다. 승용차용 타이어에 있어서는 휠베이스가 짧아 거리감쇠가 5.7 dB로 나타나 7.5 m에서 15 m 사이에서도 역자승법칙에 가깝다.

또한, 흡음율이 높은 다공성포장노면에서 거리감쇠치는 더 커지게 된다.

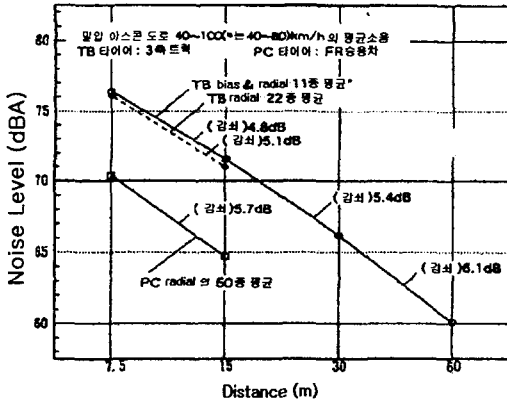


Fig. 10 Attenuation due to distance.

4. 결 론

승용타이어는 80 km/h의 속도로 타행주행시 주행중심선으로부터 7.5 m 떨어진 거리에서 70.6~73.8 dBA의 소음도를 배출하고, 트럭 및 버스용 타이어의 Tread Pattern별 소음도는 Smooth 트레드 < Rib < Rib-Lug < Block < Studless < Lug 형 순서로 되어 있고 특수한 타이어 경우 저속에서의 근소한 차이가 고속에서 현저히 확대된다.

트럭·버스용의 Bias 및 Radial-Rib 타이어의 주행마모에 따른 소음변화는 아주 작지만 Lug 타이어는 변화가 심하고, 비교적 초기단계부터 현저히 증가한다. 승용차용 Block형 사계절타이어는 변화가 작다.

대형트럭의 타이어는 7.5 m에서 60 m까지 거리가 2배로 멀어짐에 따라 각각 5, 5.5, 6 dB 정도

거리감쇠가 있는데 근거리에서는 차량길이에 따른 음원분산과 타이어음의 지향성 영향 등으로 점음원거리감쇠보다도 작으며, 승용타이어는 7.5 m에서 거리가 2배로 멀어짐에 따라 5.7 dB의 거리감쇠를 보이고 있다.

유럽연합에서는 2005년부터 타이어소음을 규제하려고 하므로 우리도 여기에 대한 대비가 있어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. ISO/DIS 13325, (2001), Tyres - Coast-by-Method for Measurement of Tyre/Road Sound Emission.
2. ECC Draft III/5275/96-EN, (1996), Measurement Procedure of Rolling Noise Level Emitted by Vehicle at High Speed.
3. Draft Council Directive 92/23/ECC, (1999), Test Method for Tyre-Road Sound Levels - Coast-by Method.
4. SAE Recommended Practice J57, (1994), Sound Level of Highway Truck Tires.
5. 강대준 외 6인, (2000), 도로교통소음(II), 국립환경연구원.
6. (社)日本自動車工業會 騒音部會, (1996), 自動車交通と騒音, 第4版.
7. (社)日本自動車タイヤ協會 타이야道路騒音委員會, (1997), 타이야道路騒音について, 第6版.
8. ISO 10844, (1993), Acoustics-Specification of Test Tracks for the Purpose of Measuring Noise Emitted by Road Vehicles.
9. John W. Tyler, (1987), "Sources of Vehicle Noise", Ch. 7 of Transportation Noise Reference Book, P.M. Nelson, ed., Butterworth & Co.

Table 1. Noise Level by Tyre Pattern

	Size	Pattern	Manu- facturer	Vehicles	Noise Level (dBA)	Velocity (km/h)
1	P205/65R14	737A	A	EF SONATA	72.5	80
2	195/50R15	P6000	PL	TIBURON 2.0	71.2	
3	195/50R15	P5000	PL	TIBURON 2.0	71.8	
4	195/50R15	711	A	TIBURON 2.0	71.6	
5	195/50VR15	P7000	PL	TIBURON 2.0	73.8	
6	195/50VR15	712	A	TIBURON 2.0	73.4	
7	195/50VR15	717	A	TIBURON 2.0	73.6	
8	195/50VR15	711	A	TIBURON 2.0	73.8	
9	195/50VR15	XM+S130	MC	SONATA-III 2.0	71.9	
10	195/50VR15	749	A	SONATA-III 2.0	70.7	
11	195/70R14	772	A	SONATA-III 2.0	71.0	
12	205/60R15	H403	B	SONATA-III 2.0	71.9	
13	205/60R15	849	B	SONATA-III 2.0	72.7	
14	P205/65R14	884	B	SONATA-III 2.0	71.2	
15	185/60R14	737A	A	SEPHIA	71.2	
16	185/60R14	H403	B	SEPHIA	72.0	
17	185/60R14	884	B	SEPHIA	71.6	
18	P185/65R14	760	A	NUBIRA1.8DOHC	70.6	
19	P185/65R14	H406	B	NUBIRA1.8DOHC	70.8	
20	155/65R13	H406	B	MATIZ	70.2	
21	175/70R13	756	A	RANOS 1.5	70.6	
22	165/70R13	756	A	RANOS	69.6	
23	165/70R13	722	A	RANOS	68.6	
24	31X10.50R15	LTX M/S	MC	GELLOPER V6	73.3	
25	P275/60R15	787	A	GELLOPER V6	72.4	
26	P205/65R14	884	B	EF SONATA	73.3	
27	P205/65R14	948	B	EF SONATA	74.1	
28	185/70R13	790	A	SILEO1.5DOHC	70.5	
29	185/70R13	756	A	SILEO1.5DOHC	71.3	
30	185/70R13	777A	A	SILEO1.5DOHC	70.8	
31	185/70R13	711	A	Capital	70.4	
32	185/70R13	GPS - 2	GY	Capital	72.0	
33	175/70R13	K701	B	Accent	71.1	
34	175/65R14	MXT	MC	AVANTE	70.8	
35	175/65R14	XTI	MC	AVANTE	70.4	
36	175/65R14	Regno	BS	AVANTE	70.6	
37	185/65R14	866	B	AVANTE	71.6	
38	195/70R14	884	B	EF SONATA	71.8	
39	205/65R15	866	B	EF SONATA	71.4	

Table 2. Tyre Noise Level by Velocity(dBA)

패턴 측정 위치	737A			H403			747(snow용)			948		
	속 도	소음도	온도	속 도	소음도	온도	속 도	소음도	온도	속 도	소음도	온도
LH RH	71.8	71.2 71.1	14.5	71.6	72.1 71.1	13.9	71.5	71.2 72.1	18.8	71.8	71.1 71.7	22.9
LH RH	73.4	70.8 71.7	14.9	74.1	72.0 71.8	14.2	75.0	71.8 73.1	14.9	73.5	71.4 71.7	22.4
LH RH	77.0	72.2 71.9	14.5	77.1	72.5 72.7	13.9	76.9	72.8 73.7	15.2	74.4	71.3 72.2	21.8
LH RH	80.5	72.7 73.5	14.9	79.3	73.6 73.4	14.3	79.4	72.8 74.2	13.9	75.4	71.9 72.1	23.0
LH RH	80.8	73.3 73.2	14.4	79.8	73.2 73.0	13.6	81.6	73.0 75.2	14.7	78.3	73.0 73.4	22.8
LH RH	84.5	74.1 73.7	14.6	82.0	73.7 74.4	14.1	83.7	73.6 75.1	13.7	80.5	73.2 74.0	20.8
LH RH	87.1	74.1 73.7	14.2	86.9	74.3 74.1	13.4	86.3	74.1 75.2	13.7	84.1	74.0 74.9	19.5
LH RH	90.7	74.8 75.3	14.6	90.0	74.5 74.8	13.6	88.5	74.0 76.9	13.5	87.9	75.8 76.7	17.3
평균	80.7	73.0	14.6	80.1	73.2	13.9	80.4	73.7	14.8	78.2	73.0	21.3
결과	72.8			73.15			73.6			73.5		
보정결과	72.5			72.8			73.3			73.6		

※ 온도의 단위는 섭씨(℃)