

# 타이어 공명 소음 저감체 개발

## Tire Cavity Noise Reducing Material Development

이상주 † · 강현석 \*  
Sang-Ju Lee, Hyun-Seok Kang

Key Words : Tire Cavity Noise (타이어 공명소음), Noise Block Material (흡음 차단체)

### ABSTRACT

Vibrations transmitted through rolling tire are major sources of road noise in vehicle interior on the range of 0-500Hz. Among various road noises, tire cavity noise makes many problems recently. Vehicle NVH performance has improved better and road surfaces are made well. But tires are changed to high inches and low series. So tire cavity noise becomes more serious. In this paper, a designed material for reducing tire cavity noise is proposed. On the surface inside tire, this material is attached at one position using double-tape. This material disperses the pressure variations inside the tire. So a spindle forces at wheel center are reduced. And tire cavity noise at vehicle interior is also reduced. Durability is verified by tire only test and vehicle test. Noise performance also compared with peak levels after attaching this material.

## 1. 서 론

차량이 주행할 때 타이어와 노면의 접촉에 의하여 발생된 가진력은 차량의 현가장치를 통하여 차체로 전달되어 로드 노이즈를 발생시킨다. 일반적으로 로드 노이즈는 500Hz 미만의 영역에서 관심을 가지며 타이어와 차량간의 어떤 모드가 공진이 될 경우 문제가 발생할 수 있다. 최근 차량의 고급화로 인해 차실 내 소음발생은 현저히 줄어들고 있고 도로 사용 조건도 양호해지고 있다. 이에 반해 타이어의 경우, 저편평 타이어 장착이 신차 및 일반 사용자에게 대중화 되고 이로 인해 승차감 등이 불리해지는 경향으로 변화하고 있다. 이러한 환경 조건 하에서 타이어 공명 소음은 예전보다 쉽게 운전자에게 불쾌감을 주는 소음으로 최근 자주 발생하고 있다. 타이어 공명 소음은 200~250Hz 영역에서 발생하는 날카로운 피크를 가지는 소음으로 차량과 공진될 경우 운전자들은 쉽게 인식할 수 있다.

이러한 타이어 공명 소음은 1990년 Sakata 에 의해 규명되었으며, Sakata 는 타이어 내부에 폴리우레탄폼을 채워넣어 내부 공간을 없앴으로써 공명현상을 제거하였다.[1] R.W. Scavuzzo 는 타이어 내부에 공기 대신에 헬륨가스를 주입하여 공명주파수 변경을 통한 차량 실내소음을 개선하였다.[2] 1995년 Thompson 은 차량 spindle force 과의 영향을 분석하여 차량 구조 전달계 개선에 의한 소음 저감을 진행하였다.[3] 이후에는 FE 방법을 사용함에 따라 동적 상태에서의 해석도 연구되었다. 2002년

Yamauchi 등은 내부 공간 압력 변화에 따라 공명 현상을 2 개의 mode 로 구분하여 cavity 주파수를 분석하기도 하였다. 더불어 wheel 의 개선(close edge oval wheel)을 통해 타이어 공명 소음을 개선하기도 하였다.[4] 2006년 일본 Sumitomo 에서는 타이어 내부 원주면 전체에 흡음체를 부착하여 타이어 공명소음을 저감시키는 제품을 출시하기도 하였다.[5]

본 연구에서는 타이어 공명 소음 발생을 저감시키기 위해 타이어/휠 내부 공간 중 타이어 안쪽면에 부착할 수 있는 에테르계 폴리우레탄 재질로 된 흡음 차단체를 개발하였다. 이러한 흡음 차단체에 대한 성능 검증을 실시하여 실제 차량에 적용하여 공명소음 저감 효과를 파악하였다.

이는 당사에서 적용 중인 “Kontrol Technology” 중, 타이어 Comfort 성능 개선을 위한 “Vibration Control Technology”를 기반으로 한 dispersive cavity active control 이 적용된 기술이다.

## 2. 흡음 차단체 개발

### 2.1 저감 원리

기존의 많은 연구 결과, 타이어 공명 소음을 줄이기 위해서는 타이어/휠 내부 공간을 변형시키는 방법이 유효하며 관련한 방법은 크게 3 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 타이어/휠 내부에 이물질질을 삽입하는 방법, 둘째는 휠 표면에 흡음체나 차음체를 부착시키는 방법으로 타이어 성능에 영향을 주지 않으며 저감할 수 있는 방법으로 제안되었다. 마지막으로는 타이어 내부면에 흡음체나 차음체를 부착하는 방법으로 구분할 수 있다.

† 한국타이어㈜ 중앙연구소  
E-mail : sangju@hankooktire.com  
Tel : (042) 865-0291, Fax : (042) 865-0000  
. 한국타이어㈜ 중앙연구소

본 연구에서는 타이어 내부면에 일정 크기의 흡음 차단체 한 개를 특정 위치에 부착하여 차량 주행 시 타이어/휠 내부 공간에 발생하는 음압 분포를 분산시키는 효과를 유도하였다. 타이어 주행 시 노면으로부터 가해지는 입력 성분은 의해 가진되어 타이어/휠 내부 공간에 특정 음압을 발생시키는데, 이 경우 내부에 위치한 흡음 차단체가 형성되는 음압을 분산시키는 효과를 나타낸다.

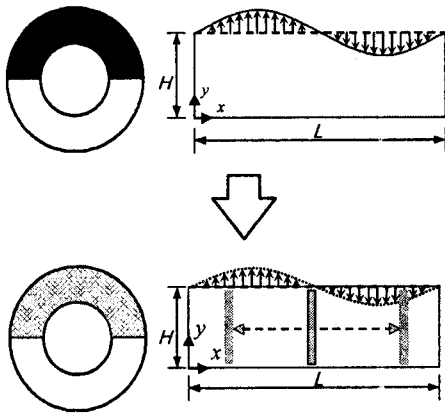


Fig.1. 저감 원리

타이어/휠 내부 공간을 완전히 차단할 수 있는 크기의 흡음 차단체를 부착할 경우, 타이어 공명 소음을 최대로 감소시킬 수 있지만 이 경우 흡음 차단체의 질량이 증가하는 단점이 발생한다. 이에 타이어/휠 내부 공간을 차단하는 면적을 증가시키면서 타이어 공명 소음 피크 감소량을 측정하였다. 타이어/휠 내부 공간을 40~50%가량 차단할 경우, 약 3dB 이상의 공명 소음 피크 감소효과를 볼 수 있다. 중형차량용 타이어 규격을 감안할 경우, 타이어 폭 대비 70~80%, 높이 대비 50~60% 가량을 차지할 수 있는 것을 흡음 차단체의 최적화된 크기로 판단할 수 있다.

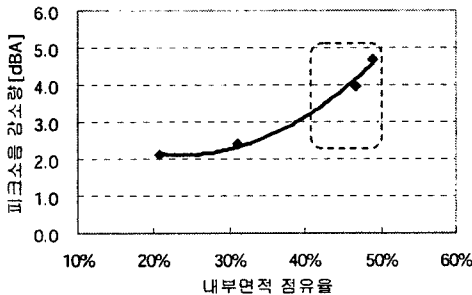


Fig.2 흡음 차단체 크기 최적화

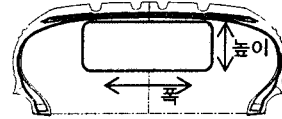


Fig.3 타이어 내부 부착 개념도

## 2.2 흡음 차단체 재질 및 형상

타이어/휠 내부에 부착하기 위한 흡음 차단체의 경우 중량이 가장 중요한 인자로 판단되었으며 이에 경량화나 내구성 측면을 고려하여 에테르게 폴리우레탄 스폰지 재질로 선정하였다. 30~40kg/cm<sup>2</sup> 이내 범위에서 몇 종류의 재질을 선정하여, 샘플을 제조 및 성능 평가를 실시를 통해 재질을 선정하였다. 형상은 사다리꼴 형태를 기초로 구상, 제조 편의성, 접착면 확보 및 타이어 조립시 편의성을 고려하여 Fig.3 과 같이 선정하였다. 접착면 확보를 위한 바닥면 크기는 50x130mm 이며, 높이는 70mm 를 기본으로 제작되었다. 상기 재질 및 크기로 제작된 흡음 차단체는 13~15g 사이의 질량을 나타낸다.

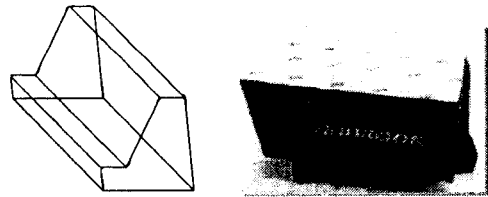


Fig.4 흡음 차단체 형상 및 샘플

## 3. 단품 성능 평가

### 3.1 접착 성능

흡음 차단체를 타이어 내부면에 부착하기 위하여 양면 테이프를 사용하였다. 3M 에서 제조된 3 종류에 대해 각각의 접착성능 평가를 실시하였다. 실내 주행시험기를 통해 3,000km 주행을 실시하여 접착 여부에 대한 평가 결과, 3 종류 모두 접착 성능에는 문제가 없었다. 이 중에서 타이어 내부 온도 변화를 감안하여 내열성이 100 도 이상되는 제품을 선정하였다.

### 3.2 유니포미티 성능

흡음 차단체를 타이어 내부 부착한 경우, 이로

인한 유니포미티 성분 변화를 검증하였다. 일반 승용차용 타이어/휠 조립체 중량은 약 20kg 이상이며, 흡음 차단체의 중량은 이에 비해 0.1% 미만의 질량이다. 타이어 내부면에 흡음 차단체를 부착후, 타이어/휠 조립체를 발란싱을 실시하였다. 이에 대한 타이어 유니포미티 성분을 측정된 결과 RFV, LFV 등은 초기 대비 큰 변화가 없었다. 타이어 내부면에 부착한 위치를 변경시키면서 확인 결과도 유/불리가 발생하지 않은 것을 알 수 있다. 즉 흡음 차단체는 13g 가량의 매우 낮은 질량이므로 타이어 유니포미티 성능에는 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

### 3.3 온도 변화 성능

저온 및 고온 조건에서의 흡음 차단체의 접착성 또는 변형에 대한 검증 평가를 실시하였다. 흡음 차단체가 부착된 타이어/휠 조립체를 항온기에 8 시간 보관 후 상온 조건에서 4 시간 유지, 이후 실내 주행기를 통해 1 시간 주행평가를 실시하였다. 상기 과정을 3 회 이상 반복하여 타이어/휠 조립체에 온도변화를 가하여 접착 여부 및 차단체 변형을 검증하였다. 최저 -20 도에서 최대 80 도 이상 보관 온도 변경시 접착성능 저하는 발생하지 않았다. 또한 타이어/휠 조립체 온도를 급격히 변경시킴으로 내/외부에 수분이 발생하나 일정 시간 보관 및 주행 후에는 중량 증가 등의 영향을 주지 않았다. 또한 에테르계 폴리우레탄의 경우 수분에 대한 저항력이 높기 때문에 이와 같은 조건은 문제가 되지 않는 것으로 판단된다.

### 3.4 타이어/휠 차축 힘 발생량

225/45ZR17V 규격 타이어를 20 에서 100kph 까지 속도를 증가시키며 돌기를 통과할 때 발생하는 타이어/휠 중심 Spindle 축에서의 힘 발생량을 측정하였다. Fig.5 (a)에서 210~250Hz 대역에서 타이어 공동 공명에 의한 피크 성분이 발생함을 알 수 있으며, Fig.5 (b)와 같이 흡음 차단체 부착시 피크 성분들의 크기가 감소된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 흡음 차단체 부착할 경우, 차축으로 전달되는 힘이 감소됨을 확인할 수 있었다. 이러한 원인으로 인해 차실 내에 발생하는 타이어 공명 소음도 감소될 것으로 판단된다.

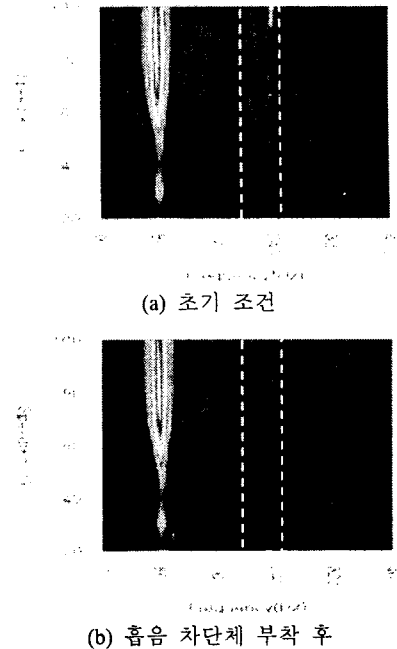


Fig.5 상하 방향 Spindle Force 발생 결과

## 4. 차량 검증 평가

### 4.1 내구 성능 검증

Fig.6 과 같이 타이어 내부면 일정 위치에 흡음 차단체를 부착한 타이어 4 개를 차량에 장착하여 20,000km 를 주행하였다. 매 5,000km 마다 타이어 체크를 통해 흡음 차단체 접착 여부 및 변형 상태를 확인하였다. 20,000km 주행 결과, 흡음 차단체 접착성능은 문제가 없었으며 형상 변화도 미비하였다.



Fig.6 타이어 내부면 부착 모습

## 4.2 타이어 공명 소음 저감 성능

차량 전/후 위치 4 개 타이어 내부에 흡음 차단체를 1 개씩 부착하여 초기 조건과 비교 평가를 실시하였다. Case 1 의 경우, 2000cc 중형세단에 225/45ZR17V 의 타이어를 장착하여 평가한 결과이다. 213Hz 와 230Hz 에 발생하는 타이어 공명 소음 피크 성분이 3~5dB 가량 감소된 것을 알 수 있다.

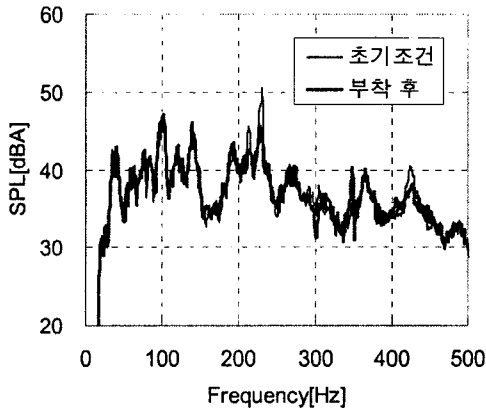


Fig.7 실차 검증 평가 (Case1)

Case 2 의 경우는 P245/50R18V 규격 타이어를 장착한 대형 고급세단에 대한 평가 결과이다. 214Hz 에서 발생하는 타이어 공명 소음 피크 성분이 흡음 차단체 부착 후 약 5dB 가량 감소된 것을 알 수 있다. 이는 Sumitomo 에서 개발한 타이어 공명소음을 저감하기 위한 기술이 적용된 유사 규격 제품 (245/45R18W VE302) 대비 동등 수준의 소음 수준을 나타냄을 알 수 있다.

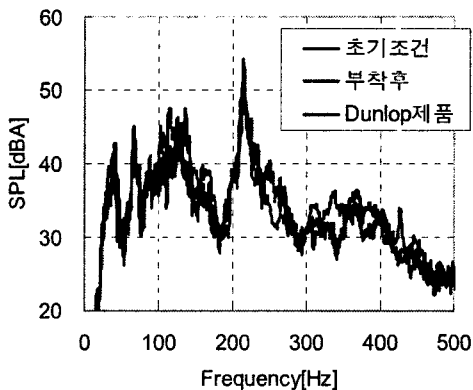


Fig.8 실차 검증 평가 (Case2)

## 5. 결론

- 1) 특정 형상의 흡음 차단체를 개발, 타이어 내부면에 부착할 경우 타이어 공명 소음 피크를 3dB 이상 감소시킬 수 있다.
- 2) 흡음 차단체를 부착하더라도 차량 주행에 따른 내구성 및 접착성은 문제가 없는 것으로 파악되었으며, 타이어 유니포미티 성능 저하도 없는 것으로 나타났다. 외부 환경 조건도 큰 영향을 주지 않았다.
- 3) 현재 판매되고 있는 타사 신기술 제품 대비 동등한 수준으로 타이어 공명 소음을 저감시킬 수 있다. 본 흡음 차단체의 경우, 별도의 타이어 구입 없이 기존 제품에 장착이 가능할 뿐만 아니라 낮은 질량으로 인해 RR(Rolling Resistance) 성능에도 크게 영향을 주지 않으며 비용도 저렴한 장점이 있다.

## 후 기

- 1) 상기 기술은 당사 "Kontrol Technology"의 성능 항목 중, Cornfrot 성능 개선을 위한 "Vibration Control Technology"의 저감 기술의 일환으로 개발되었다.
- 2) 흡음 차단체 개발 관련 협조해주신 ㈜정호실업 관계자 분들께 감사의 말씀 드립니다.

## 참 고 문 헌

- (1) Sakata, T., et al., 1990, "Effect of Tyre Cavity Resonance on Vehicle Road Noise", Tyre Science and Technology, Vol.18, pp 68-79.
- (2) Scavuzzo, R.W., 1994, "Influence of wheel resonance on tire acoustic cavity noise, SAE, No. 940533.
- (3) Thompson, J., "Plane Wave Resonance in the air Cavity as a Vehicle Interior Noise Source", Tyre Science and Technology, Vol.23, pp 2-10.
- (4) Hiroshi Yamauchi, Yasuji Akiyoshi, 2002, "Theoretical analysis of tire acoustic cavity noise and proposal of improvement technique", JSAE Review 23, 89-94.
- (5) Yukawa Naoki, KR 2006-0048384 (Patent), "Pneumatic Tire", Sumitomo Rubber Industry.