

소음 저감을 위한 피치 배열에 관한 연구

A study on the Pitch Array for reducing Noise

추권철† · 최승일* · 이홍진**

K.C. Choo, S.I. Choi and H.J. Lee

Key Words : Pitch Array(피치배열), Block Stiffness(블록강성), Pitch Ratio(피치길이 비), White Noise(백색소음)

ABSTRACT

Traditionally, tire made a role of function, which is supporting vehicle load, making brake, transferring, traction etc. So, there are a lot of studying for the tire. especially, tire noise is one of the most important parameter in the car noise. this thesis shows the method how to reduce the tire noise by using the optimal pitch sequence. Because the optimal pitch sequence prevents tire from generating the pure tone while driving the car on the ground.

1. 서론

요즈음 타이어 디자인에 대한 연구가 광범위하게 수행되고 있으며 특히, 소비자와 자동차 업계에서 타이어 소음 발생으로 인해 제기되는 불만감을 저감하기 위한 노력이 타이어 업계에서 수행되고 있다.

본 논문에서는 타이어 설계 단계에서 트레드 패턴을 구성하고 있는 피치의 최적 설계를 통해 저소음 타이어 개발에 관한 연구를 수행하였다.

2. 연구 배경

2.1 피치 배열

타이어에서 차량의 속도가 증가되면 귀에 거슬리는 소리를 듣게 된다. 이것은 타이어 패턴의 기본 요소인 그루브를 타이어 원주 방향으로 파여진 리브 그루브와 가로방향으로 파여진 리그 그루브로 나눌 수 있는데, 특히 리그 그루브는 타이어가 지면을 따라 회전할 때 aerodynamic effect 일종

의 공명 파이프 역할을 하며 소음을 발생시키기 때문이다. 이러한 소음은 타이어 트레드 상에 배열된 피치에 의해 발생하는 소음이 지배적이다. 타이어 피치란 트레드 패턴을 이루는 기본 단위로서 3~5개 정도의 서로 다른 피치길이비(pitch ratio)를 적용하여 각각의 블록에서 발생하는 소음의 주파수를 넓게 분산시킴으로서 동일한 피치로 설계되어 특정 주파수에서 발생하는 순음을 귀에 거슬림이 없는 부드러운 White Noise화 시키는 것이다.

(1) 피치 소음(Pitch Noise)

진동수가 배로 되는 구간을 1옥타브라고 하고 이 사이를 12음계로 나누면 1음계의 진동수 비 x 는 식(1)처럼 된다.

$$x^{12} = 2 \quad x = 2^{\left(\frac{1}{12}\right)} \approx 1.0595 \quad \text{식(1)}$$

여기에서 음악의 도를 기본으로 취해 다른 음계의 주파수 비로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} do &= 2^{\left(\frac{0}{12}\right)} & re &= 2^{\left(\frac{2}{12}\right)} & me &= 2^{\left(\frac{4}{12}\right)} & fa &= 2^{\left(\frac{5}{12}\right)} \\ sol &= 2^{\left(\frac{7}{12}\right)} & la &= 2^{\left(\frac{9}{12}\right)} & si &= 2^{\left(\frac{11}{12}\right)} & do &= 2^{\left(\frac{12}{12}\right)} \end{aligned}$$

본 논문에서는 3화음의 대표적인 (도, 미, 솔)를 이용하였으며 주파수비는 다음과 같다

$$(do, me, sol) = (1, 2^{4/12}, 2^{7/12}) \approx (4, 5, 6)$$

상기와 같은 피치 비를 가진 피치를 타이어 원주 방향으로 다양하게 배열시켜 전체 피치들 간의 표준편차 값들의 차이를 발생시켜 피치 배열에 따른 소음의 영향도를 파악하고자 하였다.

† 교신저자; 넥센타이어(주)

E-mail : choockc@nexentire.com

Tel : (055) 370-5373, Fax : (055) 383-2313

* 넥센타이어(주)

** 넥센타이어(주)

(2) 블록 강성(Block Stiffness)

타이어가 회전 시 패턴 블록 거동은 Fig.1과 같고 이때 접지면 각부의 블록 거동은 Fig.2와 Fig.3과 같다고 할 수 있다.

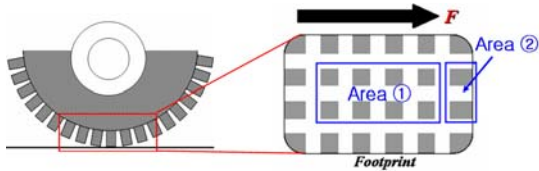


Fig.1 Tread block deformation

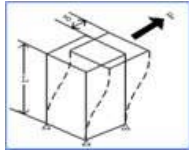


Fig.2 Parallel_Face

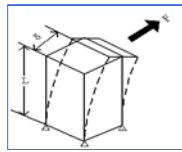


Fig.3 Inclined_Face

이러한 형상을 가진 블록의 강성은 식(2)와 같다

$$K = \frac{F}{\delta} \quad \text{식(2)}$$

Payne와 Davey는 Beam으로 가정된 단순 블록 형상에 대한 수식적 접근을 위해 Fig.2와 Fig.3과 같은 거동 형태를 다음과 같이 정의 했다.

* Parallel-end displacement : $(\delta = \frac{FL^3}{12EI} + \frac{FL}{GA})$

* Free-end displacement : $(\delta = \frac{FL^3}{31EI} + \frac{6FL}{5GA})$

본 논문에서는 피치 개수 차이를 통하여 피치의 강성변화가 타이어 소음에 미치는 영향도를 파악하고자 하였다.

3. 시험 결과

3.1 시험 타이어 및 시험조건

Table.1처럼 시험 조건을 수립한 후 SMT(Smooth Tire_규격:205/65R15)에 패턴을 입힌 후 실내 무향실 평가를 수행하였다. Table.1처럼 표준편차(SD)는 총 3가지로 구분하였으며 시험에 사용된 타이어의 총 피치 개수는 39개로 각각의 피치비율에 따라 총 18개의 경우를 갖게 하였으며, 피치 개수의 변화에 따른 블록 강성이 총 6개의 경우 수가 되도록 설정하였다. 참고로 B_LMS에서 B는 표준편차(SD)가 큰 것을 나타내며 LMS는 피치 비율에 따른 피치 개수의 분포도를 나타낸 것이다. 블록 강성-6은 동일 표준편차를 가지고 있는 그룹 중에 가장 큰 블록 강성을 나타낸 것이다. Fig.4는 시험에 사용된 실제 타이어 형상이다.



Fig.4 Test Tire Appearance

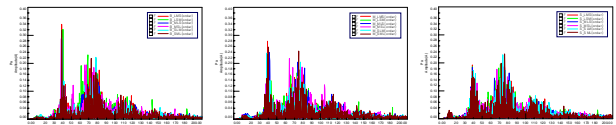
시험 Ver.	용어	SD	피치 개수(EA)			블록 강성
			0.8	1.0	1.2	
1	B_LMS	14.0±0.1 (Big)	24(L)	12(M)	3(S)	6
2	B_LSM		24	3	12	5
3	B_MLS		12	24	3	4
4	B_MSL		12	3	24	3
5	B_SLM		3	24	12	2
6	B_SML		3	12	24	1
7	M_LMS	10.0±0.1 (Mid)	24	12	3	6
8	M_LSM		24	3	12	5
9	M_MLS		12	24	3	4
10	M_MSL		12	3	24	3
11	M_SLM		3	24	12	2
12	M_SML		3	12	24	1
13	S_LMS	7.5±0.1 (Small)	24	12	3	6
14	S_LSM		24	3	12	5
15	S_MLS		12	24	3	4
16	S_MSL		12	3	24	3
17	S_SLM		3	24	12	2
18	S_SML		3	12	24	1

Table.1 Total Test Versions

3.2 시험 결과

(1) 표준편차에 의한 시험 결과

표준편차에 의한 시험 타이어를 120kph에서 20kph까지 Coastdown한 데이터를 order분석한 결과는 Fig.5와 같다.



(a) Big_SD (b) Mid_SD (c) Small_SD

Fig.5 표준편차에 의한 시험결과

위의 결과에서 알 수 있듯이 배열된 피치간의 SD값이 낮을수록 1차 order성분의 최대 peak값이 낮아지는 것을 알 수 있으며 특히, SD값이 가장 낮은(SD : 7.5±0.1)의 경우 1차 order성분의 에너지를 2차 order로 전이시켜 3경우 중 가장 좋은 소음 성능을 나타냄을 알 수 있다.

(2) 블록강성에 의한 시험 결과

아래 표에서 볼 수 있듯이 작은 피치 비율을 가진 피치 개수가 많은 타이어-(즉, B_LMS, M_LMS, S_MLS)가 1차 Order성분의 최대 Peak값이 공통적으로 가장 큰 것을 알 수 있다.

시험 Ver.	용어	블록 강성	1차 Order 최대 Peak (Pa)
1	B_LMS	6	0.34(Max)
2	B_LSM	5	0.32
3	B_MLS	4	0.29
4	B_MSL	3	0.28
5	B_SLM	2	0.29
6	B_SML	1	0.31

시험 Ver.	용어	블록 강성	1차 Order 최대 Peak (Pa)
7	M_LMS	6	0.28(Max)
8	M_LSM	5	0.23
9	M_MLS	4	0.24
10	M_MSL	3	0.23
11	M_SLM	2	0.24
12	M_SML	1	0.26

시험 Ver.	용어	블록 강성	1차 Order 최대 Peak (Pa)
13	S_LMS	6	0.19(Max)
14	S_LSM	5	0.19
15	S_MLS	4	0.18
16	S_MSL	3	0.16
17	S_SLM	2	0.17
18	S_SML	1	0.17

하지만 그 차이가 미미하여 강성에 의한 차이라고 확정할 수 없어 아래와 같은 시험을 재설시 하였으며 이에 대한 실내 소음 결과를 Fig.6에 waterfall로 분석하여 나타내었다.

시험 Ver.	용어	블록 강성	형 상
A	B_LMS	6	
	B_MSL	3	
	B_SML	1	
B	B_LMS_Kerf	6"	
	B_MSL_Kerf	3"	
	B_SML_Kerf	1"	

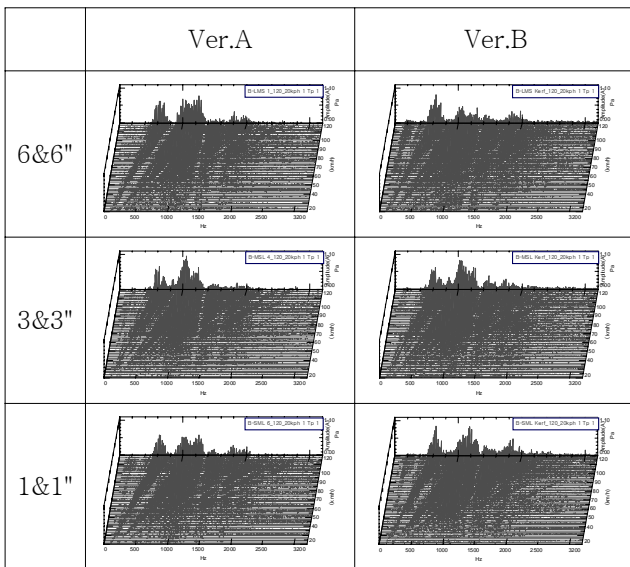
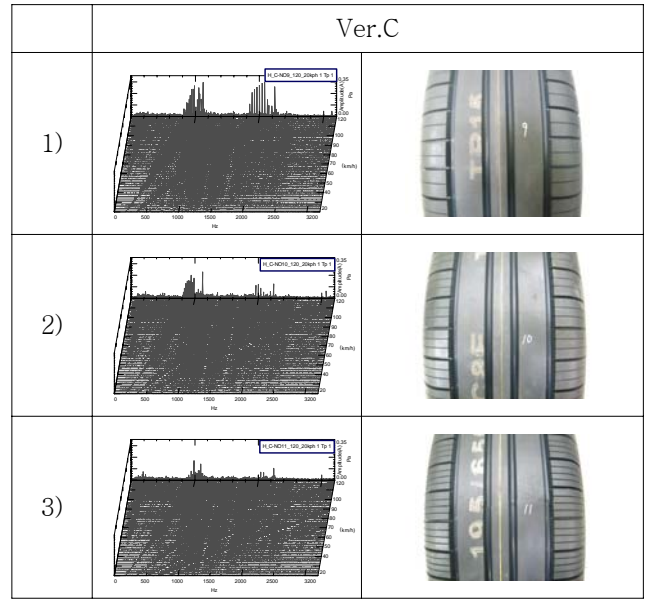


Fig.6 Waterfall 비교(Kerf 유무)

Fig.6에서 봤을 때 kerf에 의한 영향도가 그렇게 크지 않음을 알 수 있다. 이것은 블록 길이(48mm) 대비 kerf폭(0.6mm) 영향도(1.25%)가 크지 않는 것으로 사료되어 아래와 같이 피치 개수를 늘려 블록 길이 대비 kerf 영향도를 2.15%이상 이 되도록 설계하여 시험 하였다. 단, 소음에 영향도가 큰 슬더 블록만을 SMT에 패턴을 입혀 시험하였다.



위의 시험 결과를 통하여 리그 블록에 kerf수가 추가 될 수록 소음의 음압이 상당히 낮아지는 것을 알 수 있다. 즉, kerf를 삽입하여 블록강성을 낮췄을 때 소음 저감을 기대할 수 있지만 블록 강성과 kerf와의 영향도를 2.15정도로 설계해야만 소음 저감을 기대 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 피치배열 최적화가 타이어 소음 저감에 대한 깊은 영향도가 있다는 것을 알 수 있다.

1. 피치간의 표준편차를 고려하여 피치배열을 할 경우 표준편차가 낮을수록 1차 order성분의 peak를 낮출 수 있으며 특히 표준편차가 7.5이하로 설계될 때 소음 저감의 기대효과가 큼.
2. 최소피치 개수가 많으면 블록강성의 증대로 1차 order성분의 peak값이 큼.
3. 소음 저감을 위해 피치 블록에 kerf 삽입 시 블록과 kerf간의 영향도는 2.15정도로 설계해야 함.

참 고 문 헌

- (1) L. T. Dorsh : Predicting Tire Noise and Performance Interactions, SAE paper, 762032.
- (2) J. C. Walker : The Reduction of Noise by Appling Basic Design Principle to Roads and Tires, SAE paper,, 762031
- (3) Okonieski, R.E., Moseley, D. J., Cai, K. Y., "Simplified Approach to Calculating Geometric Stiffness Properties of Tread Pattern Elements," Tire Science and Technology, TSTCA, Vol. 31, No. 3, July-September 2003, pp. 132-158