

도로 기하구조에 따른 차량 Microphone 위치별 소음 영향 분석

Analysis of Vehicle Noise Effect by Microphone Position and Road Geometry

문 학 룡	Moon, Hak Ryong	정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 연구위원 · 교신저자 (E-mail: hymoon@kict.re.kr)
한 대 철	Han, Dae Cheol	정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 수석연구원 (E-mail: dchan@kict.re.kr)
강 원 평	Kang, Won Pyoung	정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 연구원 (E-mail: kwpdmb@kict.re.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The purpose of study is to understand the characteristic of driving noise from the front and rear tire for effective active noise cancellation application.

METHODS : As literature review, noise measurement methods were reviewed. Noise measurement conducted at three kind of section by road slope using CPX(Close Proximity Method). Noise data was compared by total sound pressure level and 1/3 octave band frequency sound pressure level. Also, each section was compared by T-test using SPSS.

RESULTS : In the case of the uphill section, it was shown that the sound pressure level of the front tire at Sugwang-Ri and Sinchon-RI sections was higher than that of the rear tire in low and high frequency band. In the case of high slope section of Sangsaek-Ri, the sound pressure level of the front tire was higher than that of the rear tire in high frequency. Also, in the case of the downhill section, it was shown that the sound pressure level of the front tire at Sugwang-Ri and Sinchon-RI sections was higher than that of the rear tire in low frequency band. However, the sound pressure levels of both the front and rear tires were approximately the same in the high slope section of Sangsaek-Ri. The result of T-test showed that total sound pressures of the front and rear tires were not different from each other in the case of high slope and high speed.

CONCLUSIONS : Road slope was not an important variable for effective active noise cancellation.

Keywords

traffic noise, CPX, active noise cancellation, total sound pressure level, 1/3 frequency band, road slope, T-test

Corresponding Author : Moon, Hak Ryoung, Research Fellow
Highway & Transportation Research Division, Korea Institute of
Construction Technology, (Daehwa-Dong)283, Goyangdae-Ro,
Ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 411-712, Korea
Tel : +82.31.9100.476 Fax : +82.31.9100.205
E-mail : hymoon@kict.co.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

주행차량의 동력은 연료 연소를 통해 얻어지며, 이를 통해 도로의 주요 환경오염원인 각종 대기오염, 소음·진동 및 분진 등이 발생한다. 특히, 도로교통 소음은

차량의 엔진음, 경적, 타이어와 노면의 마찰소음 등 복합적인 요소로 인해 도로 주변의 거주민들에게 정신적인 고통을 유발하고 있다. 또한, 도시의 빌딩이 고층화 되면서 소음을 줄이기 위한 방음벽 높이 또한 높아져 도시의 주변 경관을 저해하는 문제가 발생하여 이를 해결

할 수 있는 근본적인 대안 마련이 필요한 실정이다. 이를 해결하기 위해서 투명형 방음벽 등이 개발되었으나 이는 도로 주변의 매연과 먼지, 조류가 충돌하여 죽는 생태교란의 문제가 발생하여 방음시설의 전면적 재검토가 필요한 시점이다(Moon et al., 2013). 이러한 방음시설의 한계를 극복하기 위해 저감대상의 소음주파수 위상을 180° 변환시켜 소음을 저감시키는 기술인 능동형 소음 저감 기술(Active Noise Cancellation, 이하 ANC)이 대안으로 검토되고 있다.

본 연구에서는 주행 중인 차량의 타이어와 포장체의 노면 마찰소음에 ANC 기술을 적용하여 직접 저감시키는 기술에 대한 사전 연구로 앞 타이어와 뒤 타이어의 주행 소음 특성을 분석하여 ANC 기술 적용 시 고려해야 할 소음 특성을 분석하였다. 본 연구에서는 구배가 다른 3지점의 오르막 구간과 내리막 구간에 대하여 차량의 앞 타이어와 뒤 타이어에 마이크로폰을 부착하고 타이어와 포장체의 소음을 측정하였다. 1/3 옥타브 밴드 주파수별 음압레벨과 총 음압레벨의 비교를 통해 도로 구배에 따른 앞 타이어와 뒤 타이어의 소음 특성을 분석하였다.

1.2. 연구 범위

본 연구에서는 마이크로폰을 앞 타이어와 뒤 타이어에 설치하여 오르막과 내리막 주행 시 유입되는 소음의 특성을 분석하였다. 오르막 구배는 3.7%, 4.5%, 6.8%를 대상지점으로 선정하였고, 내리막 구배는 2.7%, 5.6%, 8.1%를 대상지점으로 선정하였다. 차량과 포장체 간의 소음 특성 분석을 위해 차량의 속도를 40, 60, 80kph로 주행하면서 소음을 측정하여 분석하고 ANC 기술 적용 시 고려해야 할 점을 파악하였다. 소음 측정 결과를 비교하기 위하여 1/3 옥타브 밴드 주파수별 분석을 통해 해당 구간의 주파수 대역과 주파수별 음압레벨을 통해 추출된 총 음압레벨의 결과를 분석하였다. 또한, 각 구간을 SPSS를 이용해 마이크로폰 위치에 따른 독립표본 T검정을 수행하여 통계적 차이를 비교하였다.

2. 문헌 고찰

2.1. 도로교통 소음 발생 및 영향 인자

Kim et al.(2007)은 도로를 주행하는 자동차에 의해 발생하는 도로교통소음은 차량의 기계적 소음과 노면에서 발생하는 소음으로 구분하였다. 타이어와 노면의 소음은 주행 시 타이어의 트레드에 순간적으로 갇힌 공기

가 포장 노면에 접촉할 때 압축을 받으며 외부로 방출될 때 발생하는 공기파열음으로 차량에 의해 발생하는 전체 소음의 약 30%로써 인간에게 불쾌감을 주는 고주파수 대역의 소음이라고 언급하였다. Sandberg(1994)에 의하면 차량 주행 중에 속도가 증가할수록 기계적인 소음보다는 타이어와 포장 노면에 의한 소음이 더 큰 비중을 차지하며, 주행속도 80kph 이상일 경우 타이어와 포장 노면의 소음이 전체 소음을 지배한다고 언급하였다. Cho(2011)는 자동차로 인해 발생하는 소음은 내연기관에서 발생하는 소음과 타이어가 도로를 주행하며 발생하는 타이어 도로소음, 자동차가 고속으로 주행 시 공기의 압력에 의한 풍절음 이렇게 3종으로 구분된다고 언급하였다. 또한, Fig. 1과 같이 이 중 도로포장과 직접 관계되는 것은 타이어 소음이며 자동차의 속도가 50kph 이상으로 증가할 경우 자동차에 의한 전체 소음 중 차지하는 비중이 크다고 언급하였다.

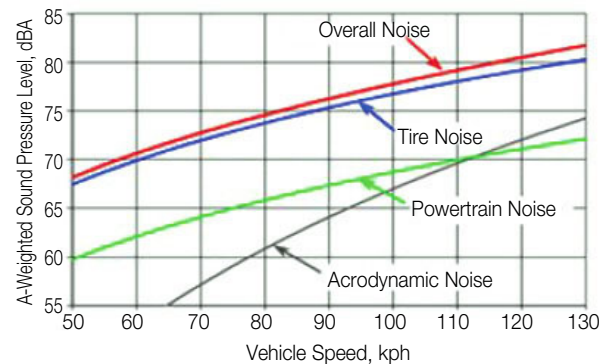


Fig. 1 The Change of Vehicle Noise by Speed (Cho, 2011)

2.2. 소음 측정 방법(Kim et al., 2007)

타이어와 포장 노면의 소음을 측정하는 방법은 Cost-by, Controlled Pass-by, Statistical Pass-by 등 다양한 방법이 있다. 도로교통 소음 측정 방법으로 사용 빈도가 높은 측정법은 길어깨 소음 측정법(Pass-by)과 근접 소음 측정법(Close Proximity Method : CPX)이 있다. Pass-by 측정법은 도로 길어깨 부분에 마이크로폰을 설치하고 차량이 주행하는 소음을 측정하는 방법으로 SPB(Statistical Pass-by)측정법과 CPB(Controlled Pass-by)측정법으로 나눌 수 있다.

근접 소음 측정법(Close Proximity Method : CPX)은 주행차량의 타이어에 근접하여 소음을 측정하는 방법으로 ISO 규정에서는 트레일러 장비를 사용하는 것으로 제시하고 있다. 트레일러 장비는 트레일러 내에 마이크로폰을 설치하고 차량에서 발생하는 엔진, 배기 소음을 최소화하여 타이어와 노면의 소음을 측정하는 방법이다.

본 연구에서는 근접 소음 측정법(CPX)를 이용하여 타이어와 노면사이의 소음에 대한 특성을 비교하였다.

3. 현장소음 측정

3.1. 소음 측정 방법

차량과 포장체 간의 소음 측정을 위해 Fig. 2와 같이 B&K 사의 패치형 마이크로폰인 Type 4949 모델을 이용하여 CPX 방법으로 소음을 측정하였다. 본 마이크로폰은 95%의 Confidence Level을 가지며, 5~20kHz의 주파수 범위를 측정할 수 있는 장비이다. 차량의 엔진부분과 가까운 앞 타이어와 엔진부분과 이격된 뒤 타이어의 소음 영향도를 비교하기 위해 부착형 마이크로폰을 앞뒤 타이어에 설치하였다.



Fig. 2 Patch Type Microphone (B&K, Type 4949)

차량 타이어와 도로노면의 마찰 소음에 대한 특성을 분석하기 위하여 Fig. 3과 같이 엔진소리가 큰 경유를 사용하는 Van을 선정하였다.



Fig. 3 Test Vehicle

3.2. 소음 측정 지점

본 연구에서는 마이크로폰의 위치(앞 타이어와 뒤 타이어)에 따라 오르막 지형과 내리막 지형에서 발생하는 소음의 특성을 비교하였다. 그리고 구배의 경사도에 따른 3개의 지점을 선택하여 조사를 수행하였다. 각각의

구간은 경기도 이천시 신둔면 수광리, 경기도 광주시 신촌리(동원대 부근), 경기도 가평군 상색리(빛고개) 부근이다.

수광리 구간은 국도 3호선에 인접한 신설도로로, Fig. 4와 같이 위치하고 있다. 본 구간은 3.7%의 오르막 구배와 2.7%의 내리막 구배를 가진 구간으로 다소 완만한 경사를 나타내는 구간이다. 소음 측정은 2013년 3월 14일에 이루어졌고, 당시의 온도는 19.9℃, 습도는 32%의 기후조건을 나타내었다. 소음 측정은 차량 주행 속도를 40, 60, 80kph로 나누어 비교하였으며, 지정된 시험차량에 마이크로폰을 고정시켜 측정하기 때문에 편차가 작을 것으로 예상하고 5회 측정하였다.

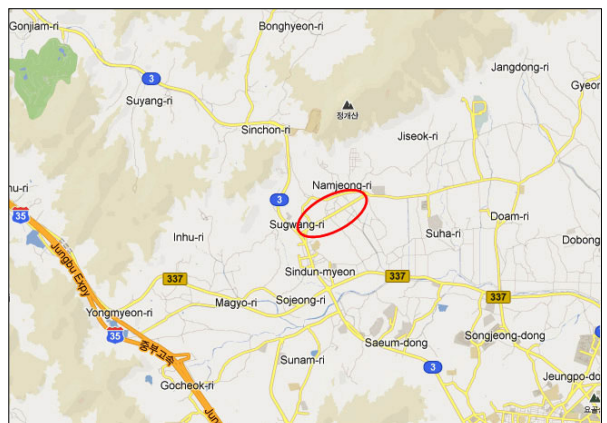


Fig. 4 Noise Investigation Section of Sugwang-Ri (Source : Google Map)

신촌리 구간에서의 소음 측정 위치는 Fig. 5와 같으며, 4.5%의 오르막 경사와 5.6%의 내리막 경사를 나타내는 구간이다. 신둔면 구간에 비해 급한 경사를 가지고 있고 차량 유입이 많은 구간이어서 저속주행이 용이하지 않아 60kph와 80kph로 차량을 주행하면서 소음을 측정하였다.



Fig. 5 Noise Investigation Section of Sinchon-Ri (Source : Google Map)

상색리 구간의 위치는 Fig. 6과 같이 경기도 가평군 국도 46호선에 위치하고 있다. 본 구간은 양방향 4차로이며 오르막 구배 6.8%, 내리막 구배 8.1%의 급한 경사를 나타내는 구간이다. 차량의 주행속도를 40, 60, 80kph로 구분하여 총 5회씩 소음을 측정하였다.



Fig. 6 Noise Investigation Section of Sangsaek-ri (Source : Google Map)

4. 소음 측정 분석 결과

4.1. 분석 개요

본 연구에서는 구배가 다른 3개의 지점에서 오르막 지형과 내리막 지형에서의 속도에 따른 앞 타이어와 뒤 타이어의 소음을 비교하였다. 측정된 소음 분석은 1/3 옥타브밴드를 기반으로 하여 주파수별 음압레벨을 산출하고, 주파수별 음압레벨에서 총 음압레벨을 산출하는 Eq. (1)을 통해 총 음압레벨을 계산하고 데이터를 분석하였다. 또한, 독립표본 T 검정을 통해 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨의 차이를 통계적 측면에서 비교하였다.

$$L_{overall} = 10 \log_{10} (10^{L_{i(1)}/10} + 10^{L_{i(2)}/10} + 10^{L_{i(3)}/10} + \dots + 10^{L_{i(n)}/10}) \quad (1)$$

여기서, $L_{overall}$ 은 총 음압레벨을 나타낸 것이며, $L_{i(1,2,3,\dots,n)}$ 는 각각 주파수별 음압레벨을 나타내는 것이다(Lee et al., 2012).

4.2. 오르막 지형의 소음 비교

4.2.1. 수광리 구간(오르막 구배 : 3.7%)

경사도가 완만한 수광리 구간에서 주행속도 40kph의 경우 앞 타이어와 뒤 타이어의 음압레벨 분포는

Fig. 7과 같다. 100Hz 이하의 저주파수 대역과, 1.6kHz 이상의 고주파수 대역에서 음압레벨 분포가 차이를 보이는 것으로 분석되었다. 주행속도 60kph의 분석결과는 Fig. 8과 같으며 40kph와 마찬가지로 저주파수와 고주파수 대역에서 차이가 나는 것으로 분석되었다. 주행속도 80kph의 경우는 Fig. 9와 같으며 40, 60kph와 마찬가지로 저주파수 대역과 고주파수 대역에서 차이가 나는 것으로 분석되었다. 40, 60, 80kph의 주파수별 음압레벨은 전체적으로 비슷한 분포로 분석되었다.

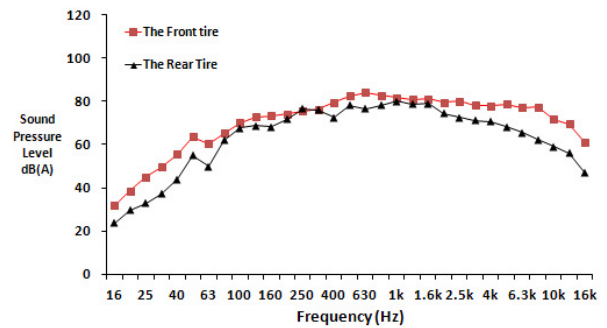


Fig. 7 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 40kph)

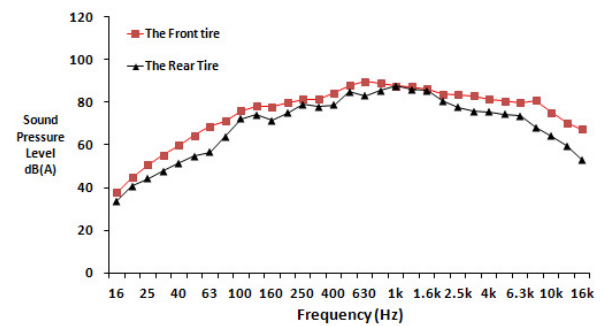


Fig. 8 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 60kph)

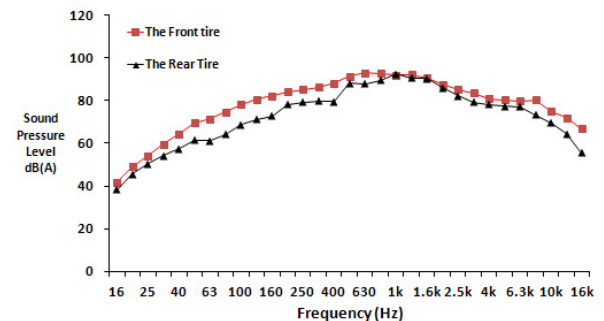


Fig. 9 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 80kph)

주파수 대역에 따른 음압레벨을 Eq. (1)을 통해 5가지

Sample의 총 음압레벨을 산출하였고, 통계분석을 통해 Table 1과 같이 평균과 표준편차를 구하였다. 또한, 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨 차이는 종속변수로 총 음압레벨을 독립변수는 측정 위치로 하여 독립표본 T 검정을 수행하였다. T 검정 결과 “앞 타이어와 뒤 타이어의 음압레벨은 차이가 없다”라는 가정의 유의 확률이 모든 속도에서 0.000을 나타내어 귀무가설을 기각해 통계적으로 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨은 차이가 나는 것으로 분석되었다. 또한, 주행 속도가 증가할수록 각각의 타이어에서 발생하는 총 음압레벨도 증가하였다. 하지만 엔진소음의 영향으로 인해 앞 타이어는 뒤 타이어에 비해 3~4dB(A) 높은 결과를 나타내는 것으로 분석되었다.

Table 1. Descriptive Statistics and T-test Result

Descriptive Statistics				
Speed (kph)	Microphone Location	N	Mean (dB(A))	Std.
40	The Front Tire	5	92.54	0.709
	The Rear Tire	5	88.16	0.334
60	The Front Tire	5	97.72	0.335
	The Rear Tire	5	94.52	0.268
80	The Front Tire	5	101.20	0.447
	The Rear Tire	5	98.72	0.337

T-test					
Speed (kph)	t	The Degree of Freedom	P-value	Difference in mean	Standard Error
40	12.428	8	0.000	4.380	0.352
60	16.681	8	0.000	3.200	0.192
80	9.483	8	0.000	2.480	0.262

4.2.2. 신촌리 구간(오르막 구배 : 4.5%)

신촌리 구간에서는 주행속도 60kph와 80kph에 대하여 현장 소음원을 수집하였다. 60kph의 주파수별 음

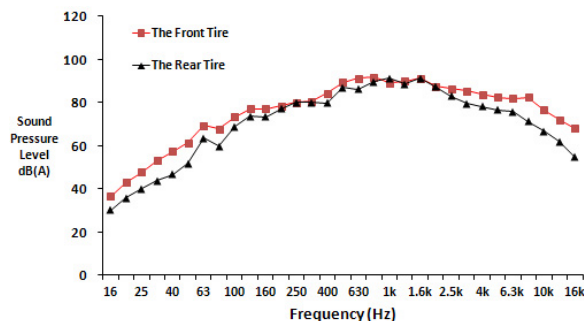


Fig. 10 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 60kph)

압레벨의 결과는 Fig. 10과 같이 신촌리 구간과 유사하게 저주파수와 고주파수 대역에서 차이를 보였다. 이를 통해 160Hz~1.6kHz에서 엔진소음의 영향이 적은 것을 알 수 있었다.

주행 속도 80kph의 주파수별 음압레벨 결과는 Fig. 11과 같다. 주행속도 60kph의 범위와 다소 차이를 보였으나, 저주파수와 고주파수 대역에서 앞 타이어와 뒤 타이어가 차이를 보이는 것을 확인 할 수 있었다. 신촌리 구간의 총 음압레벨 비교 결과는 Table 2와 같다. 엔진음의 작용으로 앞 타이어는 뒤 타이어에 비해 약 1dB(A) 이상 높은 총 음압레벨을 나타내었다. 또한 독립표본 T검정 결과 P값이 모든 속도에서 0.05보다 작은 값을 나타내었다. 귀무가설이 기각되어 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨은 차이가 나는 것으로 분석할 수 있었다.

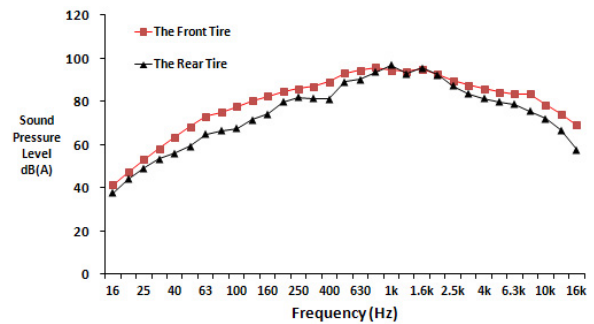


Fig. 11 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 80kph)

Table 2. Descriptive Statistics and T-test Result

Descriptive Statistics				
Speed (kph)	Microphone Location	N	Mean (dB(A))	Std.
60	The Front Tire	5	99.90	0.652
	The Rear Tire	5	98.20	0.505
80	The Front Tire	5	103.80	0.447
	The Rear Tire	5	102.60	0.548

T-test					
Speed (kph)	t	The Degree of Freedom	P-value	Difference in mean	Standard Error
60	4.610	8	0.002	1.700	0.369
80	3.795	8	0.005	1.200	0.316

4.2.3. 상색리 구간(오르막 구배 : 6.8%)

상색리 구간은 구배가 높은 구간으로 주행속도 40, 60, 80kph를 대상으로 분석하였다. 주행속도 40kph의 경우 분석결과 Fig. 12와 같이 수광리, 신촌리 구간

과는 다르게 고주파수 대역에서만 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 소음이 높은 것으로 분석되었다. 주행속도 60kph의 경우에도 마찬가지로 Fig. 13과 같이 수광리, 신촌리 구간과는 다르게 고주파수 대역에서 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 높은 음압레벨 분포를 보였다.

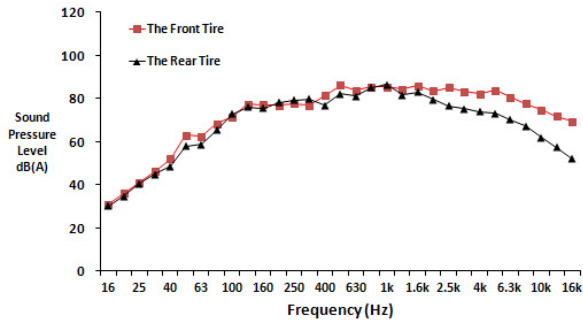


Fig. 12 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 40kph)

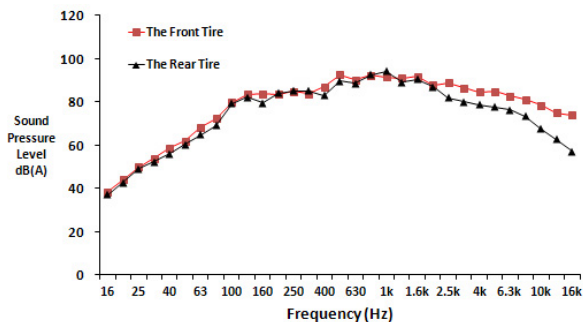


Fig. 13 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 60kph)

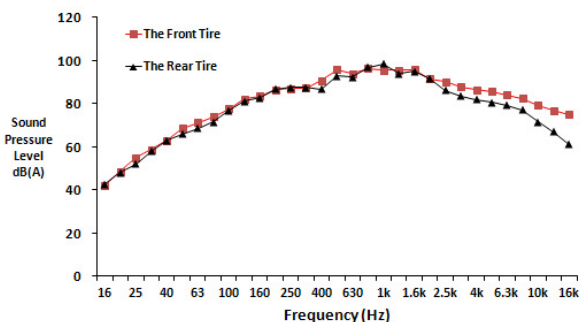


Fig. 14 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 80kph)

주행속도 80kph에서의 주파수별 음압레벨은 Fig. 14와 같다. 60kph와 마찬가지로 고주파수 대역에서 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 높은 결과를 나타내었다. 주파수별 음압레벨을 통해 산출된 총 음압레벨은 Table 3과 같다. 수광리, 신촌리 구간과는 다르게 속도가 증가할수록 앞뒤 타이어의 총 음압레벨 차이의 격차가 줄어들

것을 확인할 수 있다. 주행속도 80kph의 경우 거의 비슷한 결과를 나타내었다. T검정 결과 주행속도 40, 60kph의 경우 가정이 기각되어 통계적으로 앞 타이어와 뒤 타이어의 차이가 있음이 판단되었으나, 주행속도 80kph의 경우 유의확률이 0.242를 나타내어, 귀무가설이 기각되지 않아 통계적으로 차이가 없다는 것으로 분석되었다.

Table 3. Descriptive Statistics and T-test Result

Descriptive Statistics					
Speed (kph)	Microphone Location	N	Mean (dB(A))	Std.	
40	The Front Tire	5	95.82	0.753	
	The Rear Tire	5	93.04	0.913	
60	The Front Tire	5	101.20	0.447	
	The Rear Tire	5	100.18	0.460	
80	The Front Tire	5	104.60	0.548	
	The Rear Tire	5	104.20	0.447	
T-test					
Speed (kph)	t	The Degree of Freedom	P-value	Difference in mean	Standard Error
40	5.254	8	0.001	2.780	0.529
60	3.553	8	0.007	1.020	0.287
80	1.265	8	0.242	0.400	0.316

4.3. 내리막 지형의 소음 비교

4.3.1. 수광리 구간(내리막 구배 : 2.7%)

내리막 지형의 분석결과 오르막 지형과는 다르게 저주파수 대역에서 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 높은 결과를 나타내었다. 하지만 고주파수 범위에 있어 오르막 구간에 비해 높은 6.3kHz 이상 대역에서 약간의 차이가 발생하였다.

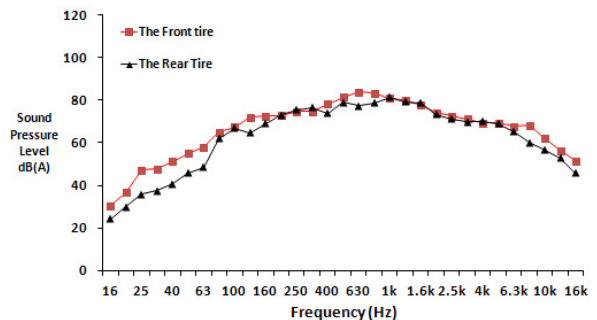


Fig. 15 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 40kph)

주행속도 60과 80kph의 음압레벨 분포는 Fig. 16, 17과 같다. 고주파수 대역은 비슷한 음압레벨을 나타내

었고, 저주파수 대역에서 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 높은 결과를 나타내었다. 주파수별 음압레벨을 통해 산출된 총 음압레벨 비교 결과 Table 4와 같이 속도 증가와 상관없이 앞 타이어는 뒤 타이어에 비해 약 2dB(A) 높은 결과를 나타내었다. T검정 결과 또한 통계적으로 차이가 있음을 나타내었다.

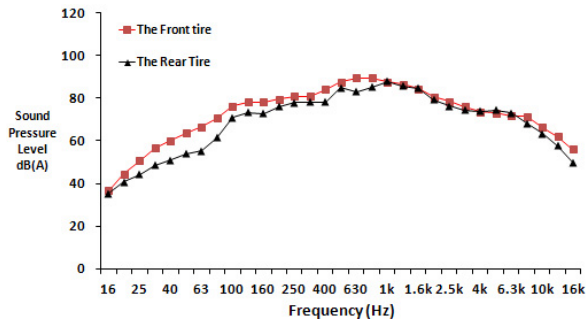


Fig. 16 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 60kph)

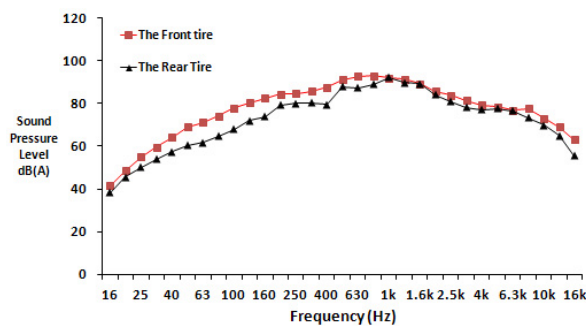


Fig. 17 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 80kph)

Table 4. Descriptive Statistics and T-test Result

Descriptive Statistics					
Speed (kph)	Microphone Location	N	Mean (dB(A))	Std.	
40	The Front Tire	5	90.60	0.935	
	The Rear Tire	5	88.60	0.696	
60	The Front Tire	5	96.84	0.167	
	The Rear Tire	5	94.22	0.228	
80	The Front Tire	5	100.80	0.837	
	The Rear Tire	5	98.14	0.261	
T-test					
Speed (kph)	t	The Degree of Freedom	P-value	Difference in mean	Standard Error
40	3.835	8	0.005	2.000	0.522
60	20.713	8	0.000	2.620	0.126
80	6.787	8	0.000	2.660	0.392

4.3.2. 신촌리 구간(내리막 구배 : 5.6%)

Fig. 18은 신촌리 구간의 내리막 구배 5.6%에서 주행 속도 60kph의 음압레벨 분포를 나타낸 것으로 저주파수 대역에서 차이가 나는 것으로 분석되었다. 주행속도 80kph의 음압레벨 또한, Fig. 19와 같이 60kph의 경우와 마찬가지로 250Hz 이하의 저주파수 대역에서 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 높은 음압레벨 분포를 나타내었다.

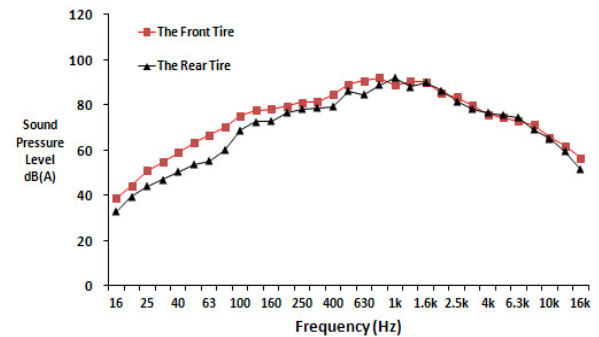


Fig. 18 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 60kph)

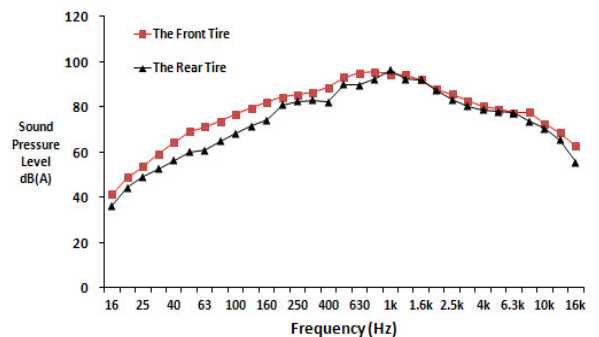


Fig. 19 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 80kph)

신촌리 구간의 총 음압레벨 비교 결과 Table 5와 같이 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 약 1.5dB(A) 높은 결과를 나타내었다. 독립표본 T검정을 통한 통계적 분석 결과 주행속도 60kph에서는 “앞 타이어와 뒤 타이어의 차이가 없다”라는 귀무가설의 유의확률이 0.05보다 작아 기각되어 통계적으로 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 주행속도 80kph의 경우 유의확률이 0.066을 나타내어 0.05보다 크기 때문에 가정이 기각되지 않아 통계적으로 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨은 차이가 나지 않는 것으로 분석되었다. 이를 통해 차량이 고속으로 주행할 경우 차이는 줄어든다고 판단할 수 있었다.

Table 5. Descriptive Statistics and T-test Result

Descriptive Statistics					
Speed (kph)	Microphone Location	N	Mean (dB(A))	Std.	
60	The Front Tire	5	98.92	0.672	
	The Rear Tire	5	97.60	0.809	
80	The Front Tire	5	103.00	1.000	
	The Rear Tire	5	101.22	1.570	
T-test					
Speed (kph)	t	The Degree of Freedom	P-value	Difference in mean	Standard Error
60	2.805	8	0.023	1.320	0.471
80	2.130	8	0.066	1.780	0.836

4.3.3. 상색리 구간(내리막 구배 : 8.1%)

경사가 급한 상색리 구간의 경우, Fig. 20과 같이 주행 속도 40kph에서는 전체적으로 앞 타이어와 뒤 타이어의 음압레벨 분포가 비슷한 경향을 나타내었다. 고주파수 대역에서는 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 높았지만 그 차이는 크지 않았다. 주행속도 60kph의 음압레벨 분포는 Fig. 21과 같이 전체 주파수 대역에서 앞 타이어와 뒤 타이어의 음압레벨 분포가 비슷한 경향을 나타내었다. 주행속도 80kph의 주파수별 음압레벨 분포는 Fig. 22와 같다. 전체 주파수 영역에서 비슷한 경향을 나타내고 있다.

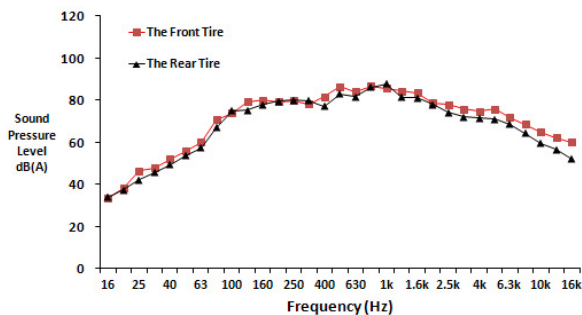


Fig. 20 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 40kph)

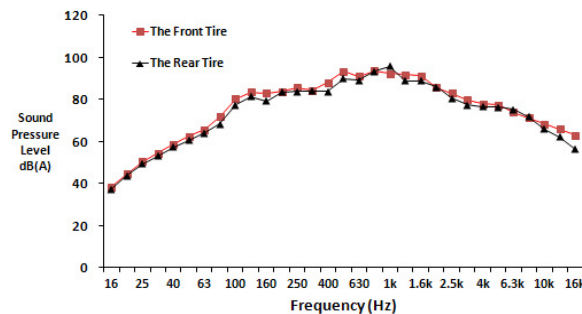


Fig. 21 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 60kph)

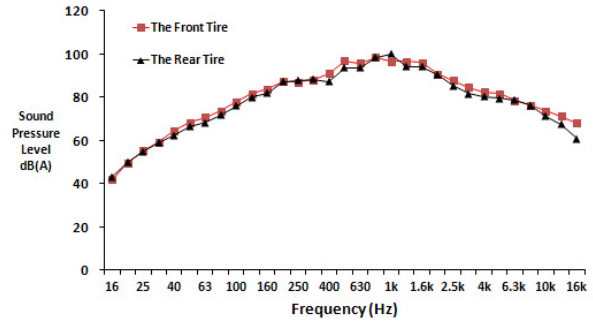


Fig. 22 Sound Pressure Level of the Front and Rear Tires by Frequency (Driving Speed : 80kph)

경사가 급한 상색리 구간의 경우 오르막 지형과 마찬가지로 차량의 속도가 증가할수록 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨 차이가 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 주행속도 80kph의 경우에는 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨이 거의 비슷한 결과를 나타내었다. 독립표본 T검정 결과 주행속도 40, 60kph의 경우 가정이 기각되어 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨은 차이가 있는 것으로 분석되었다. 반면 주행속도 80kph의 경우 가정이 기각되지 않아 총 음압레벨 차이가 없는 것으로 분석되었다.

Table 6. Descriptive Statistics and T-test Result

Descriptive Statistics					
Speed (kph)	Microphone Location	N	Mean (dB(A))	Std.	
40	The Front Tire	5	94.62	0.572	
	The Rear Tire	5	93.54	0.730	
60	The Front Tire	5	101.40	0.548	
	The Rear Tire	5	100.40	0.548	
80	The Front Tire	5	105.20	0.447	
	The Rear Tire	5	105.00	0.000	
T-test					
Speed (kph)	t	The Degree of Freedom	P-value	Difference in mean	Standard Error
40	2,604	8	0,031	1,080	0,415
60	2,887	8	0,020	1,000	0,346
80	1,000	8	0,347	0,200	0,200

5. 결론

본 연구에서는 방음시설의 한계를 극복하기 위한 대안인 ANC 기술 개발의 기초연구로 도로의 기하구조와 차량의 속도에 따른 앞 타이어와 뒤 타이어의 소음 특성을 비교·분석 하였다. 구배의 정도에 따라 3개의 지점에

서 소음원을 측정하고, 오르막 지형과 내리막 지형에서의 앞 타이어와 뒤 타이어의 소음도를 비교하였다. 측정된 소음 결과는 1/3 옥타브 밴드 주파수별 분석을 통해 지형별 음압레벨 분포를 비교하고, 총 음압레벨 비교를 통해 결과를 분석하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

오르막 지형에서 경사가 완만한 수광리, 신촌리 구간의 분석결과 속도에 따라 약간의 차이가 있지만 전체적으로 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 저주파수 대역과 고주파수 대역에서 높은 결과를 나타내었다. 또한, 다소 경사가 급한 상색리 구간의 경우 저주파수 대역에서는 비슷한 결과를 나타내었지만, 고주파수 대역에서 앞 타이어의 음압레벨 분포가 뒤 타이어에 비해 높은 결과를 나타내었다. 엔진음이 작용하지 않는 내리막 지형에서는 경사가 완만한 수광리, 신촌리 구간은 저주파수 대역에서 앞 타이어가 뒤 타이어에 비해 높은 음압레벨 분포를 나타내었다. 이는 앞 타이어가 바람 등에 의한 외부 영향을 받았기 때문이라 판단된다. 반면, 경사가 급한 상색리 구간의 경우 앞 타이어와 뒤 타이어의 음압레벨 분포는 거의 비슷한 경향을 나타내었다. SPSS를 이용하여 독립표본 T검정을 통해 총 음압레벨을 비교한 결과 오르막과 내리막의 구배가 높고, 차량이 고속 주행할 경우 앞 타이어와 뒤 타이어의 총 음압레벨 차이는 없는 것으로 분석되었다.

향후 도로교통 소음에 영향을 주는 다양한 인자에 대한 연구를 통해 효율적인 ANC 기술 개발이 이루어질 수 있도록 연구를 수행할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 한국건설기술연구원의 주요사업인 “전자식 도로 교통 소음 저감 기술 개발”의 연구지원으로 수행되었습니다.

References

- Cho, N. J., 2011, *A Study on Field Applications and Effect of Micro Surfacing Pavement on Noise Reductions*, Kyeonggi University master's degree dissertation
- Kim, J. S., 2008. *Noise and Vibration Engineering*, Sejinso 359-376
- Kim, Y. K., Lee, S. W. and Yoo, T. S., 2007. “Development of Tire/Pavement Noise Simulator”, *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, Vol.9, No.3, pp.51~62
- Korea Institute of Construction Technology, 2012. *Development of Noise and Dust Reduction for Road Environmental Improvement*
- Lee, J. J., Mun, S. H., Ahn, D. S. and Kwon, S. A., 2012. “Noise Evaluation of the Rumble Strips Constructed at Tall Gate of Highway”, *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, Vol.14, No.5, pp.201~206
- Moon, H. R., Han, D. C., 2013. “The Noise Reduction Basic Experiment by Road Pavement Condition and Vehicle Speed”, *In Proceedings of 2013 Spring National Conference*, Korean Society of Transportation
- Sandberg, and Jerzy, A. Ejsmont, 1994. “*Texturing of Cement Concrete Pavements to Reduce Traffic Noise*”, Institute of Noise Control Engineering
- StatEdu, 2001. T-test, www.statedu.com
- (접수일 : 2013. 6. 10 / 심사일 : 2013. 6. 11 / 심사완료일 : 2013. 7. 5)