

NCPX를 이용한 도로 표층 유형별 노면 소음 비교 연구

A Study for Comparing Road Noise by Surface Types using NCPX

강원평 Kang, Won Pyoung
문학룡 Moon, Hak Ryong

정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 연구원 (E-mail : kwpdmb@kict.co.kr)
정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 연구위원 · 교신저자 (E-mail : hymoon@kict.co.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The purpose of this study is to study the noise reducing effect of Micro Surfacing by comparing general asphalt, longitudinal tining and Slurry Seal.

METHODS : This study measures vehicles' noise of each section by the NCPX method that can measure noise between the road surface and the tire at the field. Total sound pressure and sound pressure level by the 1/3 octave band frequency are calculated through the field data of each section. Total sound pressure level is compared by ANOVA test statistically. After ANOVA test, post-hoc test is conducted to know mean difference of surface type by Tukey.

RESULTS : As the result of CPB analysis to confirm sound pressure levels by frequency, it was shown that sound pressure levels by frequency are totally similar except for those of frequency bands between 100Hz and 500Hz. The result of ANOVA test and post-hoc test, it was shown that sections of surface type have a difference. The result of Micro Surfacing was lower 2~5dB(A) than other surface type.

CONCLUSIONS : It is found that the noise reduction performance of Micro Surfacing was better than other surface type.

Keywords

road traffic noise, NCPX, sound pressure level, 1/3 octave band, micro surfacing, ANOVA test, tukey

Corresponding Author : Moon, Hak Ryong, 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

국내의 차량 보유수는 경제성장을 통해 급격하게 증가하였고, 차량으로 인해 도로에서 발생하는 도로교통 소음은 도로 인근 거주민들에게 큰 피해를 주고 있다. 도로교통 소음을 발생시키는 주요 인자로는 주행하는 자동차에서 발생하는 엔진음, 자동차 타이어와 포장면의 접지에 의해 발생하는 마찰음, 차량의 배기음 등으

로 구성된다(Kim, 2006).

국민의 삶의 질을 저하시키는 도로교통 소음을 저감시키기 위해 다양한 분야의 기술이 도로에 접목되어오고 있다. 대표적으로 도로에서 발생하는 소음이 도로 밖으로 전달되는 것을 방지하기 위한 방음벽이 있고, 타이어와 포장면의 접지마찰음의 원천저감을 위하여 포장체를 개선하는 방안도 있다. 일반적으로, 저소음 배수성 포장은 아스팔트 포장의 공극을 크게 하여 강우

시 수분이 유출되어, 마찰력을 높이고, 마찰음이 공극 안으로 흡수되어 소음을 저감시키는 방안이다. 하지만, 넓은 공극으로 인해 이물질이 유입되고 막혀서 지속적인 유지보수가 필요하다(KICT, 2012). 포장체에서 소음저감이 가능한 다른 방안인 Micro Surfacing은 기존 아스팔트층 위에 시공하는 초박층 포장이지만 저소음 포장으로 활용하는 가능한 포장체이며, 저소음 포장이 공극 안으로 흡수시키는 방법이라 하면, Micro Surfacing 포장 공법은 포장 박층의 돌기로 인하여 소음을 빠져나가게 하는 방안이다. 하지만, Micro Surfacing 포장에 대한 연구는 저소음 포장에 대한 연구보다 상당히 적은 현황을 보이고 있다.

본 연구에서는 Micro Surfacing 포장의 소음저감 효과를 알아보기 위하여 일반 아스팔트, 종방향 타이닝, Slurry Seal의 3가지 표층 유형과 소음발생 정도를 비교하는 연구를 수행하였다.

1.2. 연구 범위

본 연구에서는 Micro Surfacing, 일반 아스팔트, 종방향 타이닝, Slurry Seal 4가지 포장 구간에서 현장 소음을 수집하였고 CPB 분석을 통해 주파수별 음압레벨 비교를 수행하였다. 또한, 표층 유형별 총 음압레벨 차이는 SPSS를 활용하여 일원배치 분산분석을 통해 통계적 차이를 알아보았고, 사후 검정을 통하여 표층 유형별 수준 사이에서의 평균의 차이를 알아보았다.

2. 이론적 고찰

2.1. 콘크리트 포장 중 횡방향 타이닝

Choi(2007)는 콘크리트 포장의 경우 소음저감과 미끄럼 저항성을 높이기 위하여 여러 가지 표면처리공법이 시공되어오고 있다고 언급하였다. 특히, 종·횡방향 타이닝 공법은 국내외에서 다수 시공되어오고 있는 표면처리공법으로 타이닝 처리된 표면은 침투된 수분의 배수가 용이하고, 미끄럼 저항성을 향상시킨다. 타이닝 방향에 따라 종방향 및 횡방향으로 구분되며, 간격에 따라 등간격 또는 임의의 간격으로 분류된다. 또한, 최적 타이닝 간격의 규정은 국가별로 다르다(Hibbs, 1996). 일정한 타이닝 간격은 타이어의 트레드 패턴과 도로표면과의 충격이 주기적으로 발생하기 때문에 특정주파수 소음이 커지는 화인 노이즈가 발생하며, 간격을 불규칙하게 하여 에너지 분산을 통해 감소시키는 것이 가능하다(Jung et al., 2005).

2.2. Slurry Seal 공법

Slurry Seal은 골재와 유화 아스팔트, 필러, 첨가제, 물을 상온에서 배합한 혼합물로서, 예방·보수적인 유지보수를 위해 약 3~9mm로 포설된다. Slurry Seal의 주요 기능으로는 표면의 균열을 채우고, 라벨링과 재료 손실을 방지하며, 미끄럼 저항을 향상시키고, 수분침투로 인한 포장의 공용성 감소를 줄일 수 있어 포장의 수명을 증가시킨다(Yoo, 2002).

2.3. Micro Surfacing 공법

Micro Surfacing 공법은 초박층 포장 공법으로 천연 라텍스를 첨가한 개질 유화아스팔트를 사용한다. 유화 아스팔트는 아스팔트, 물, 천연 라텍스, 유화제, 저장성 향상제 등으로 구성되며, 상온에서의 시공이 가능하다. 시공 후 교통을 개방하는 시간이 빠르기 때문에 예방적 유지보수 차원에서 주로 사용되고 있다. 하지만 구조적 지지력이 없는 박층 포장이기 때문에 Rutting 이 발생한 도로, Pothole 등 파손이 심한 구간에는 시공이 제한되며 평균 공용 수명은 약 5~7년을 나타낸다. 저소음 포장의 경우 포장 표면의 공극이 배출구 역할을 하여 소음을 흡수하는 방법이라 하면, Micro Surfacing 공법의 경우 Fig. 1과 같이 돌출된 포장 표면 조직에 의해 에어 펌핑음이 최소화 되도록 공기가 빠져 나갈 수 있고, 이 원리를 통해 소음을 저감시킬 수 있다(Cho, 2011).



Low Noise Porous Pavement Micro Surfacing Pavement

Fig. 1 Surface Condition of Pavement Type
(Cho, 2011)

Watson(1998)은 Micro Surfacing과 밀입도 아스팔트, 다공성 유럽 혼합물, 개질 개립도 마찰층, PCC에 대하여 소음 비교 실험을 진행하였고, 그 결과는 Table 1과 같다. 실험결과 Micro Surfacing 포장은 다른 포장 유형에 비해 약간 높은 결과를 나타내었지만 이 논문에서는 무시해도 될 정도로 작은 차이라는 결론을 내렸다.

Table 1. Noise Level Measurements (Watson, 1998)

(Unit : dB(A))

Modified Open graded Friction Course	Porous European Mix	PCC	Micro Surfacing	Dense grade Surface Mix
72.8	72.7	73.1	74.9	73.1
70.8	72.9	72.5	73.9	-

3. 현장 소음 측정

3.1. 현장 조사 방법

본 연구에서는 포장 유형별 발생하는 타이어 트레드와 포장 표면의 마찰음을 측정하기 위해서 여러 가지 소음 측정 방법 중 Noble CPX-method(NCPX) 선택하여 진행하였다. 측정에 사용된 마이크로폰은 B&K사의 부착형 마이크로폰을 이용하였고 실험에 사용된 차량은 도로에서 보편적으로 이용되는 차량으로 하기 위해 Fig. 2와 같이 K사의 중형승용차를 이용하였다. 또한, 엔진 소음 유입의 유무에 따른 비교를 진행하고자 엔진 부분과 가까운 앞 타이어 부분과 엔진부분과 이격된 뒤 타이어 부분에 부착형 마이크로폰을 설치하였다. 그리고, 속도 증가에 따른 포장 유형별 차이를 보기 위하여 차량의 주행속도는 60kph, 80kph, 100kph로 구분하여 소음 측정을 진행하였다. 주행속도의 선정은 대부분의 자동차전용도로의 설계속도인 80kph를 기준으로 하여 저속은 60kph, 고속은 100kph으로 판단하고 주행소음을 측정하였다.



Fig. 2 Probe Vehicle

3.2. 현장 조사 지점

본 연구에서는 Slurry Seal 공법과 Micro Surfacing 공법, 종방향 타이닝, 일반 아스팔트 4가지의 표층 유형에 대하여 소음을 측정하였다. 현장 조사 지점은 Fig. 3과 같이 전라북도 임실군 오정교 부근에 위치하였으며, Slurry Seal 공법과 Micro Surfacing 공법, 종방향 타이닝, 일반 아스팔트가 시공되어 있는 구간으로, 구간 연장은 약 3.5km이다. 해당 구간은 오르막 구배나 내리막 구배가 없는 평평한 경사를 나타냈다. 일반적으로 소음은 거리가 증가하면 감소하는데 공기의 온도와 습도는 소리의 전파에 영향을 주는 요소이다(KICT, 2012). 소음 측정 당시 온도는 31.3℃를 나타내었고, 습도는 32%를 나타내었다.

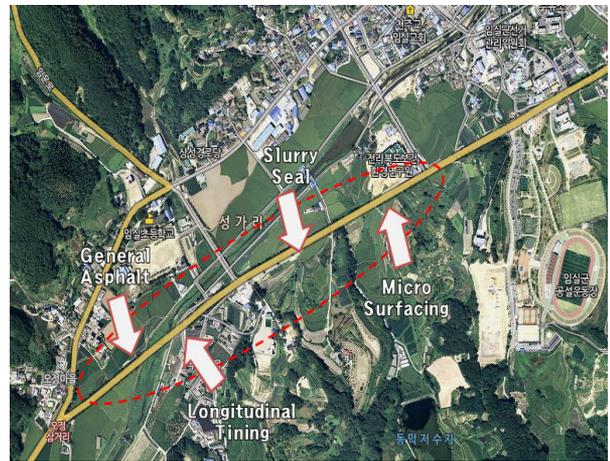


Fig. 3 Noise Investigation Section

일반 아스팔트의 표면상태는 Fig. 4와 같이 양호한 상태를 나타내었고, 종방향 타이닝이 시공된 구간의 경우 Fig. 5와 같이 타이닝이 등간격으로 분포되어 있는 모습을 나타내었다.



Fig. 4 Surface of General Asphalt



Fig. 5 Surface of Longitudinal Tining

Slurry Seal구간은 기존 아스팔트 층 상부에 약 1km 정도로 시험시공되어 있었고, 표면의 모습은 그림 6과 같다. Micro Surfacing구간은 약 1.7km의 구간을 나타내었고, Slurry Seal과 마찬가지로 기존 표층의 상부에 시공되었다. 표면의 모습은 Fig. 7과 같고, 돌출된 표면조직을 확인할 수 있다.



Fig. 6 Surface of Slurry Seal



Fig. 7 Surface of Micro Surfacing

4. 현장소음 분석결과

4.1. 분석 개요

현장에서 측정한 소음은 소음원의 각 표층 유형별 1/3 옥타브밴드 주파수 영역에서의 소음레벨을 비교하는 CPB분석을 진행하였으며, Eq. (1)을 이용하여 주파수별 음압레벨을 대입하여 총 음압레벨을 산출하였고, 이를 통계 비교·분석하였다.

$$L_{overall} = 10 \log_{10} (10^{L_{i(0)}/10} + 10^{L_{i(2)}/10} + 10^{L_{i(3)}/10} + \dots + 10^{L_{i(n)}/10}) \quad (1)$$

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

마이크로폰으로 집음된 소음은 엔진 부분과 근접하여 엔진 소음이 유입된 앞 타이어 부분과 엔진 소음이 덜 유입된 뒤 타이어 부분으로 일반 아스팔트, 종방향 타이닝, Slurry Seal, Micro Surfacing 4가지의 표층 유형별 소음을 B&K사의 Pulse 프로그램을 통하여 분석하였다. 현장 소음의 분석은 외부차량의 소음 유입이나 다른 변수에 의해 영향을 받지 않은 1초의 소음원을 추출하여 총 5개의 Sample을 확보하였고, 이를 평균값으로 1/3 옥타브 밴드 분석을 진행하였다. 또한, 총 음압레벨의 분석은 SPSS를 이용하여 기술통계량을 산정하였고, 일원배치 분산분석(ANOVA-Test)를 통해 일반 아스팔트, 종방향 타이닝, Slurry Seal, Micro Surfacing 4가지의 표층 유형별 차이를 판단하였다. 그리고, 독립변수의 수준 사이에서의 평균의 차이를 알고자 사후 분석을 실시하였고, 사후 분석은 SPSS에서 가장 많이 사용되는 Tukey 방법을 사용하였다. 그리하여, 표층 유형별의 소음차이를 통계분석을 통하여 판단하였다.

4.2. CPB 분석결과

4.2.1. 앞 타이어 분석결과

본 연구에서는 4가지 표층 유형별 소음을 비교하기 위해 CPB 분석을 진행하였다. 속도별 비교를 위하여 주행속도는 60kph, 80kph, 100kph로 하여 비교하였고, 60kph 주행 시 앞 타이어의 주파수별 음압레벨 분포는 Fig. 8과 같다. 전체적으로 4가지 표층 유형은 비슷한 형태를 나타내었다. 100hz에서 500Hz 사이의 주파수 대역에서 Slurry Seal은 다른 표층 유형에 비해 근소하게 높은 음압레벨을 나타내었고, Micro

Surfacing은 다른 표층 유형에 비해 근소하게 낮았다.

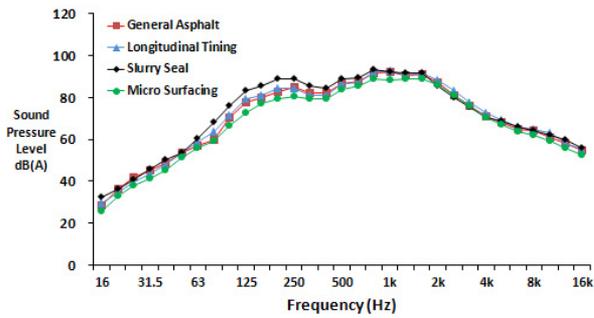


Fig. 8 Sound Pressure Level by 1/3 Octave Band Frequency (Vehicle Speed : 60kph)

주행속도 80kph의 경우 주파수별 음압레벨 분포는 Fig. 9와 같다. 주행속도 60kph의 경우와 마찬가지로 전체적으로 비슷한 경향을 나타내었으며, 100Hz~500Hz의 주파수 대역에서 약간의 차이를 나타내었다.

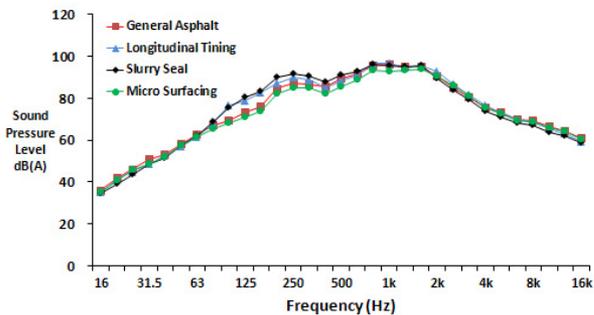


Fig. 9 Sound Pressure Level by 1/3 Octave Band Frequency (Vehicle Speed : 80kph)

주행속도 100kph의 주파수별 음압레벨 분포는 Fig. 10과 같다. 다른 속도와 마찬가지로 전체적으로 비슷한 분포를 나타내었고, 100Hz~500Hz에서 근소한 차이를 나타내었다. 주파수별 음압레벨의 분포를 통해 Slurry

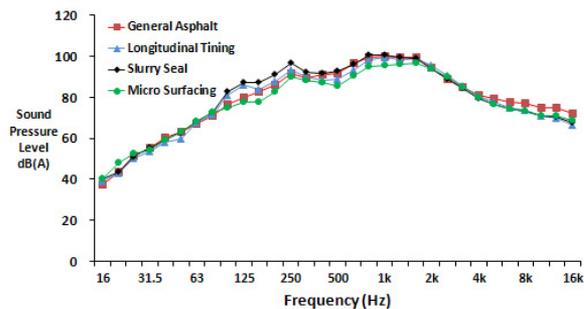


Fig. 10 Sound Pressure Level by 1/3 Octave Band Frequency (Vehicle Speed : 100kph)

Seal과 Micro Surfacing을 비교해 보았을 때, 일반적인 도로교통 소음이 담당하는 1kHz 부근에서 근소한 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

4.2.2. 뒤 타이어 분석결과

뒤 타이어의 CPB 분석 또한 앞 타이어 분석과 마찬가지로 주행속도를 60kph, 80kph, 100kph로 구분하여 4가지의 표층 유형별 비교를 수행하였다. 뒤 타이어는 엔진 부분과 거리가 이격되어 있기 때문에 엔진 소음의 영향이 적어 타이어 트레드와 표면 사이의 마찰음이 주를 이룬 소음이라고 판단하고 분석을 수행하였다. 주행속도 60kph의 경우 주파수별 음압레벨 분포는 Fig. 11과 같다. 전체적으로 비슷한 분포를 나타내었지만 주파수 대역 80Hz~500Hz에서 차이를 나타내었다. 특히, Slurry Seal은 다른 표층 유형에 비해 높은 음압레벨 분포를 나타내었고, Micro Surfacing은 낮은 분포를 보였다.

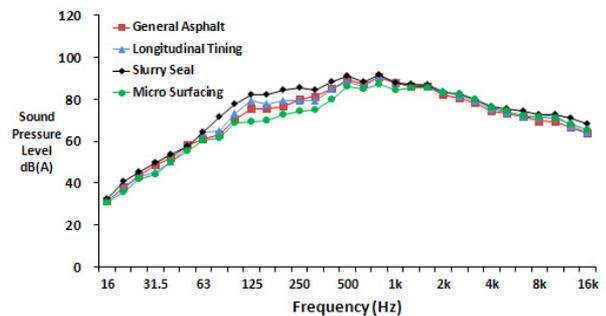


Fig. 11 Sound Pressure Level by 1/3 Octave Band Frequency (Vehicle Speed : 60kph)

주행속도 80kph 주파수별 음압레벨 분포는 Fig. 12와 같고, 60kph의 경우와 비슷한 분포를 나타내었다. 전체적으로 각 표층 유형별 분포는 비슷하지만 주파수 대역 80Hz~500Hz에서 차이를 나타내었다. 주행속도 100kph의 음압레벨 분포는 Fig. 13과 같이 Micro

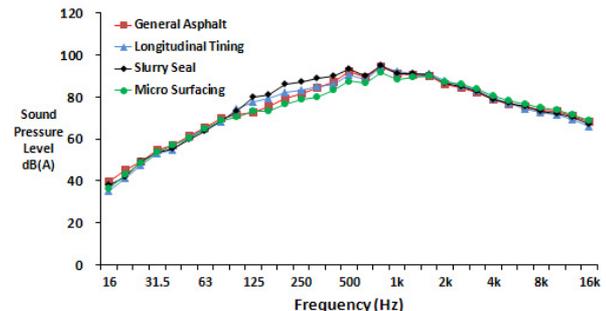


Fig. 12 Sound Pressure Level by 1/3 Octave Band Frequency (Vehicle Speed : 80kph)

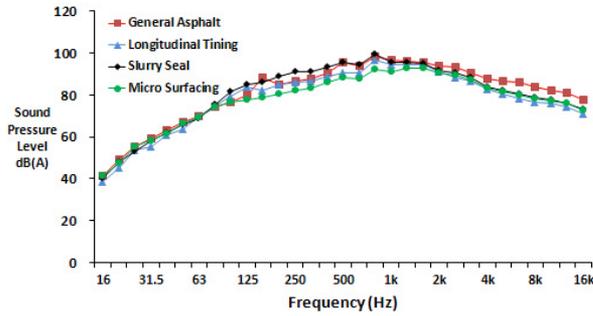


Fig. 13 Sound Pressure Level by 1/3 Octave Band Frequency (Vehicle Speed : 100kph)

Surfacing이 다른 표층 유형에 비해 80Hz~1kHz에서 낮은 음압레벨 분포를 나타내었다.

CPB 분석결과 각 구간마다의 주파수별 음압레벨 분포의 차이는 100Hz~1.5kHz에서 주로 이루어진 것을 확인할 수 있으며 이는 도로교통 소음이 지배하는 주파수 대역이기 때문으로 판단된다.

4.3. 총 음압레벨 통계 분석결과

4.3.1. 앞 타이어 분석결과

통계 분석은 SPSS를 이용하여 수행하였고, 주행속도별 표층 유형에 따른 비교를 수행하였다. Table 2는 주행속도별 표층 유형에 따른 기술통계량을 나타낸 것이며, 기술통계를 통해 일원배치 분산분석을 수행한 결과는 Table 3과 같다. 일원배치 분산분석의 결과, 주행속도 60kph, 80kph, 100kph 모두 유의확률이 0.00을 나타내어 0.05보다 작기 때문에 귀무가설을 기각하여 통계적으로 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

Table 2. Descriptive Statistics Result

Speed (kph)	Surface Type	N	Mean (dB(A))	SD
60	General Asphalt	5	99.28	0.56
	Longitudinal Tining	5	99.56	0.47
	Slurry Seal	5	101.00	0.71
	Micro Surfacing	5	96.66	0.78
80	General Asphalt	5	103.00	0.00
	Longitudinal Tining	5	103.40	0.55
	Slurry Seal	5	103.80	1.30
	Micro Surfacing	5	100.80	0.84
100	General Asphalt	5	107.20	0.84
	Longitudinal Tining	5	106.60	0.55
	Slurry Seal	5	107.80	1.10
	Micro Surfacing	5	103.80	0.45

Table 3. ANOVA-test Result

Speed (kph)	Sum of Square	The Degree of Freedom	Mean Square	P-value	
60	Within Group	49.03	3	16.34	0.00
	Between Group	6.61	16	0.41	
	Sum	55.64	19		
80	Within Group	26.95	3	8.98	0.00
	Between Group	10.80	16	0.68	
	Sum	37.75	19		
100	Within Group	46.95	3	15.65	0.00
	Between Group	9.600	16	0.60	
	Sum	56.55	19		

일원배치 분산분석을 수행하고, 독립변수의 수준 사이의 평균의 차이를 알고자 사후 검정을 수행하였다. 사후 검정은 보편적으로 사용되는 Tukey 방법을 사용하였으며, 그 결과는 Table 4와 같이 3가지의 부집단으로 구분되었다. 주행속도 60kph의 경우 Micro Surfacing은 1번 부집단, 일반 아스팔트와 종방향 타이닝은 2번, Slurry Seal은 3번 부집단을 나타내었다. 이를 통해 각각의 부집단은 통계적으로 차이가 있음을 확인할 수 있고, Micro Surfacing은 다른 포장에 비해 적은 소음이 발생하는 것을 통계적으로 확인할 수 있었다.

Table 4. Post-hoc Test by Tukey HSD

Speed (kph)		Significance Level = Subgroup about 0.05		
		1	2	3
60	General Asphalt		99.28	
	Longitudinal Tining		99.56	
	Slurry Seal			101.00
	Micro Surfacing	96.66		
80	General Asphalt		103.00	
	Longitudinal Tining		103.40	
	Slurry Seal		103.80	
	Micro Surfacing	100.80		
100	General Asphalt		107.20	
	Longitudinal Tining		106.60	
	Slurry Seal		107.80	
	Micro Surfacing	103.80		

주행속도 80kph와 100kph의 경우 2개의 부집단으로 구분되었으며, 60kph와 마찬가지로 Micro Surfacing은 다른 포장과 통계적인 차이가 있었고, 다른 표층 유형의 수준은 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다.

앞 타이어의 통계 분석결과 Micro Surfacing은 다른 표층 유형에 비해 3~5dB(A) 적은 결과를 나타내었고, 통계적인 차이를 보였다.

4.3.2. 뒤 타이어 분석결과

뒤 타이어의 총 음압레벨 통계 분석결과도 앞 타이어와 마찬가지로 5개의 Sample을 이용하여 일원배치 분산분석 후 Tukey 방법을 이용하여 사후 검정을 수행하였다. SPSS를 이용한 기술통계량을 산출한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Descriptive Statistics Result

Speed (kph)	Surface Type	N	Mean (dB(A))	SD
60	General Asphalt	5	97.08	0.52
	Longitudinal Tining	5	97.34	0.66
	Slurry Seal	5	99.04	0.43
	Micro Surfacing	5	94.08	1.04
80	General Asphalt	5	100.58	0.58
	Longitudinal Tining	5	100.78	0.49
	Slurry Seal	5	101.80	1.48
	Micro Surfacing	5	98.48	0.94
100	General Asphalt	5	105.80	0.84
	Longitudinal Tining	5	103.40	0.55
	Slurry Seal	5	105.60	1.14
	Micro Surfacing	5	101.20	0.45

일원배치 분산분석을 수행한 결과는 Table 6과 같다. 주행속도 60kph, 80kph, 100kph 모두 유의확률은 0.00을 나타내었고 0.05보다 작기 때문에 귀무가설을 기각하여 차이가 있음을 나타내었다.

Table 6. ANOVA-test Result

Speed (kph)	Sum of Square	The Degree of Freedom	Mean Square	P-value	
60	Within Group	43.75	3	14.58	0.00
	Between Group	7.86	16	0.49	
	Sum	51.61	19		
80	Within Group	29.11	3	9.71	0.00
	Between Group	14.66	16	0.92	
	Sum	43.77	19		
100	Within Group	70.00	3	23.33	0.00
	Between Group	10.00	16	0.63	
	Sum	80.00	19		

일원배치 분산분석 후 Tukey 방법을 이용한 사후 검정을 수행하였고, 그 결과는 Table 7과 같다. 주행속도 60kph의 경우 3가지의 부집단으로 구분되었고, Micro Surfacing은 소음이 낮은 통계적 수준, Slurry Seal은 높은 수준으로 나타내었다. 주행속도 80kph는 2개의 부집단으로 구분되어 Micro Surfacing은 다른 표층 유형과 수준 차이가 있음을 나타내었다. 또한, 100kph로 주행할 경우 3가지의 부집단으로 구분되어 통계적 차이를 나타내었다.

Table 7. Post-hoc Test by Tukey HSD

Speed (kph)		Significance Level = Subgroup about 0.05		
		1	2	3
60	General Asphalt		97.08	
	Longitudinal Tining		97.34	
	Slurry Seal			99.04
	Micro Surfacing	94.88		
80	General Asphalt		100.58	
	Longitudinal Tining		100.78	
	Slurry Seal		101.80	
	Micro Surfacing	98.48		
100	General Asphalt			105.80
	Longitudinal Tining		103.40	
	Slurry Seal			105.60
	Micro Surfacing	101.20		

뒤 타이어의 총 음압레벨 통계 분석을 통해 각각의 표층 유형에 따른 통계적 차이가 있음을 판단할 수 있었다. 전반적으로 Micro Surfacing은 낮은 소음 수준, Slurry Seal은 높은 소음 수준을 나타내었고, Micro Surfacing은 다른 표층 유형에 비해 2~4dB(A) 낮은 결과를 나타내었다.

5. 결론

본 연구에서는 Micro Surfacing 포장을 일반 아스팔트, 종방향 타이닝, Slurry Seal과 성능을 비교하고자 현장조사를 통해 각 표층 유형별 소음을 측정하고 CPB 분석을 통해 주파수별 음압레벨 비교를 수행하였다. 또한, 총 음압레벨 차이를 알아보기 위해 일원배치 분산분석과 사후 검정을 통하여 차이를 알아보았고, 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1. CPB분석을 통한 주파수별 음압레벨 비교결과 전체적으로 각 표층 유형별로 비슷한 분포를 나타내었지만, 주파수 대역 100Hz~500Hz에서 근소한 차이를 나타내었다. Slurry Seal과 Micro Surfacing의 차이는 다른 표층 유형에 비해 큰 것으로 나타났다.
2. 음압레벨에 대한 일원배치 분산분석 결과 유의확률이 0.00을 나타내어 표층 유형별 차이가 있음을 나타내었다. 사후 검정결과 Micro Surfacing 포장은 다른 표층 유형과 다른 부집단에 속하여 소음 발생의 차이를 확인할 수 있었고, 다른 표층 유형에 비해 2~5dB(A) 낮게 분석되었다.
3. CPB분석과 총 음압레벨 통계 분석을 통하여 각 표층 유형간의 소음 특성의 차이를 판단할 수 있었다. 향후, 다양한 표층 유형과 공용연도를 변수로 고려하여 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

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

References

Cho, N. J., 2011, *A Study of Field Applications and Effect of Micro Surfacing Pavement on Noise Reduction*, Kyonggi University

master's degree dissertation

Choi, T. H., 2007, *Noise Reduction of Concrete Pavement through Application of Random Transverse Tining*, Chung-Ang University Doctor's degree dissertation

Hibbs, B. O. and R. M. Larson., 1996. *Tire Pavement Noise and Safety Performance - PCC Surface Texture Technical Working Group*, FHWA-SA-96-068, Federal Highway Administration Washington, DC.

Kim, J. S., 2008. *Noise and Vibration Engineering*, Sejinso 359-376.

Korea Institute of Construction Technology, 2012. Development of Electronic Road Traffic Noise Reduction Technology

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*

Watson, D. and Jared, D., 1998. “Georgia Department of Transportation's Experience with Microsurfacing”, *Transportation Research Record 1616*, Transportation Research Board

Yoo, J. Y., 2002, *An Evaluation of Mechanical Characteristics of Polymer-Modified Slurry Seal and Performance Prediction of Slurry Seal*, Kyonggi University master's degree dissertation

(Received : Oct, 28 2013, Revised : Nov, 11 2013, Accepted : Nov, 19 2013)