

저소음용 콘크리트 포장의 소음평가

Evaluation of the Noise Emission in Low Noise Concrete Pavements

문 한 영^{*} 하 상 욱^{**} 양 은 철^{***}
Han-Young Moon Sang-Wook Ha Eun-Cheol Yang

ABSTRACT

Noise has become an environmental pollution that affects most peoples' health, comfort or general well being. there are many sources of noise, but one of them clearly dominates road traffic noise. It has traditionally been associated with engine and exhaust noise of vehicles. However the emission and propagation of noise from these sources were partly reduced, while at the same time the noise emission from the tire/road interaction on a relative scale became more and more prominent.

Generally, Portland cement concrete(PCC) pavements have the advantage of durability and superior surface friction when compared to most dense-graded asphalt. However, It is known that PCC pavements create more noise than asphaltic surfaces due to the noise from interaction of tire and pavement surface.

Therefore, recent research has shown some new concrete pavement textures to be worth further examination. So in this paper, we considered the 9 types of low noise concrete pavements to evaluate tire/pavement noise.

1. 서론

콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비해서 유지 관리가 쉽고 공용기간이 길어 최근 국내에서 건설이 증가 되고 있는 추세이다. 그러나 콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비해서 타이어/도로 소음 발생량이 크기 때문에 도로 주변에 심각한 소음 공해를 일으키고, 운전자의 피로를 가중시켜 교통사고 위험을 야기하는 문제점을 나타내고 있다.

최근 경제가 발전하고 생활수준이 높아짐에 따라서 자동차 보급률도 해마다 증가하고 있으며 이로 인해 증가되고 있는 소음은 도로변에 인접해서 살고 있는 주민들에게 심각한 환경소음 공해를 일으키고 있다. 따라서 콘크리트 포장의 소음을 저감시키기 위한 연구가 국내에서도 관심을 일으키고 있고

* 정희원, 한양대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 한양대학교 토목공학과 박사수료

*** 정희원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

현재 일본과 유럽 등 선진국에서도 저소음 콘크리트 포장에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 도로 표면과 타이어 사이에서 발생하는 소음을 줄이기 위해서 9종류의 저소음용 도로포장 공법을 선정하였고 각 공법별로 현장에 시공하였다. 그 결과 각 공법별 소음발생 값을 비교 분석하였다.

2. 실험 개요

2.1 표면처리공법 계획

시험포장의 표면처리공법은 골재노출공법을 포함 9개 공법을 계획했으며 아울러 비교 분석을 위해서 표면 처리를 전혀 하지 않은 공법도 계획하였다. 자세한 내용은 표 1과 같다.

표 1 표면처리 공법의 계획

구분	방법	연장(m)	기호
골재노출공법 (Exposed Aggregate)	-표면에 지연제를 살포한 후 브러쉬를 사용하여 표면모르타르를 일정하게 제거함(굵은골재최대치수 : 13mm)	18	EAC
표면드레싱공법 (Dressing Method)	-기존의 미끄럼 방지 포장으로 기존 포장 표면에 폴리머를 뿌리고 소입경의 전로슬래그 골재를 살포하는 방식	18	DM
표면도장공법 (Concrete with Black Color)	-콘크리트 포장 표면에 검은색 안료를 도포하여 포장면의 색도에 따른 소음 분석	18	BPC
종방향 그라인딩 (Longitudinal Ginding)	-Diamond Grinding Machine으로 시공 완료후 절삭 -폭 : 3mm, 깊이 : 3±0.5mm, 간격 : 30mm	18	LG
횡방향 그라인딩 (Transverse Ginding)	-Diamond Grinding Machine으로 시공 완료후 절삭 -폭 : 3mm, 깊이 : 3±0.5mm, 간격 : 30mm	18	TG
횡방향 타이닝(일정) (Uniform Transverse Tine)	-간격 : 20mm, 깊이 : 3±0.5mm, 폭 : 2mm	18	UTT
종방향 타이닝(임의) (Random Longitudinal Tine)	-간격 : 10mm~40mm(단, 25mm 이상의 간격이 전체 50%이하) -깊이 : 3±0.5mm, 폭 : 2mm	18	RLT
횡방향 타이닝(임의) (Random Transverse Tine)	-간격 : 10mm~40mm(단, 25mm 이상의 간격이 전체 50%이하) -깊이 : 3±0.5mm, 폭 : 2mm	18	RTT
마대끌기 (Burlap Drag)	-콘크리트 타설 후 종방향으로 마대끌기 만을 실시	18	BD
계		162	

2.2 공법별 소음 평가방법

(1) 측정제원

승용차를 대상으로 하고 운전자 1명만 탑승하여 주행하였으며 측정 대상구간에서는 기어를 중립으

로 하여 정속 주행하였다. 소음 측정시 속도는 20km/hr에서 80km/hr 까지 네 단계로 변화하여 주행하여 도시부 도로를 대표하는 속도인 40km/hr(저속), 60km/hr(중속), 80km/hr(중속)를 고려하였다. 아래 표 2에 측정제원을 정리하였다.

표 2 소음평가에 사용된 측정제원

항목	내용	항목	내용
측정기기	1/2" Condenser Microphone(40AF)	사용타이어	195/70 R14 91T
분석프로그램	Symphonie-dBenv32 (2-ch. Real Time Analyzer)	주행방법	정속주행 (기어중립)
측정 차량	승용차(현대 소나타)	주행속도	20, 40, 60, 80km/hr

(2) Pass-by 소음 측정법

Pass-by 측정방법은 도로 옆에서 차량으로부터 일정거리에 마이크론을 설치하여 차량이 일정지점을 지날 때 발생하는 소음을 측정하는 것이다. 본 실험에서는 그림 1처럼 차량의 중심에서 7.5m, 마이크의 높이는 1.2m로 하였다.

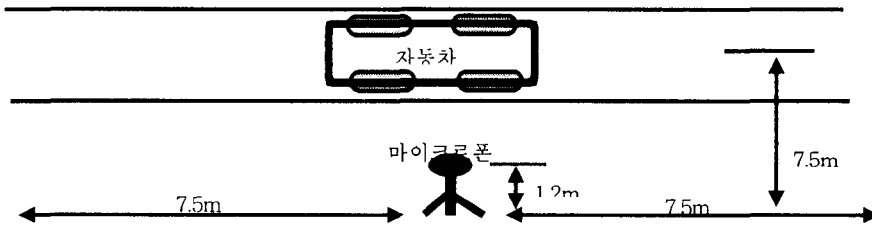


그림 1 Pass-by 소음측정법

(3)타이어직접소음측정법

시험 차량의 타이어 뒷부분에 직접 마이크론을 설치하여 주행하면서 발생하는 소음을 측정하는 방법을 그림 2에서 보여주고 있다. 이 방법은 도로표면에서 타이어와의 마찰로 발생하는 에어펌핑음을 직접적으로 측정한다는 장점이 있다.

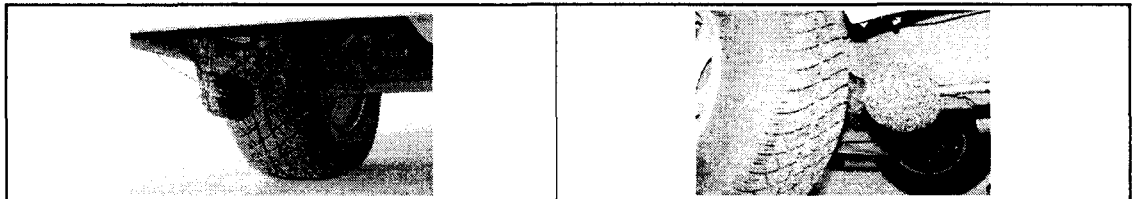


그림 2 타이어 직접 소음 측정법

3. 실험결과 및 고찰

3.1 Pass-by 소음 측정법에 의한 검토

Pass-by 소음 측정법으로 주행속도에 따른 소음 측정값을 도식화하여 나타낸 것이 그림 3이다. 그림에서 알 수 있듯이 공법이 종류에 상관없이 속도에 따라 발생하는 소음값도 비례하여 증가함을 알 수 있었다. 저소음 효과를 얻기 위한 9가지 공법 모두에서 표면 처리를 하지 않은 control에 비해서 약 1~8dB(A)의 소음 저감이 나타남을 알 수 있었다. 공법의 연관성을 고려해서 (EAC~BD)구간에 대해서 소음값을 비교하였다. (EAC~BD)구간에 대해서 보면 주행속도가 20 및 40km/hr 의 경우에는 BPC < BD < EAC < DM 순으로 발생음압값의 차이를 보이며 주행속도가 그 이상이 되면 EAC < BPC < BD < DB의 순으로 음압값이 발생하였다. 여기서 타이어/노면 사이에 발생하는 소음은 고속

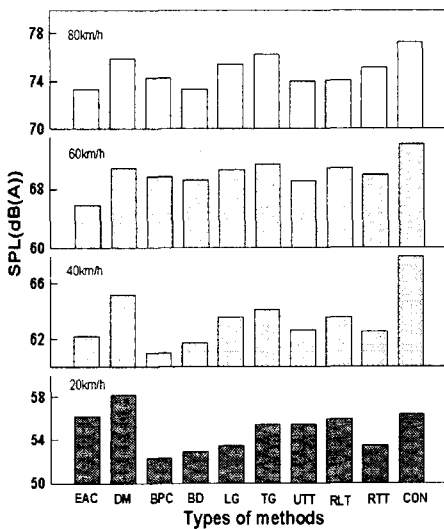


그림 3 공법별 발생 음압값(Pass-by 소음)

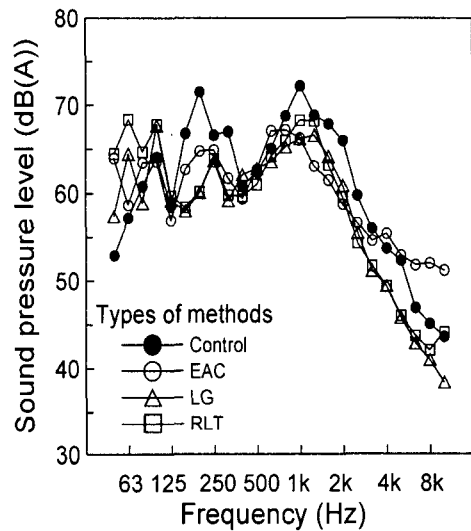


그림 4 최적공법의 주파수대별 소음값

에서 영향을 미치기 때문에 EAC(골재노출공법)이 소음저감에 효과 적임을 알 수 있었다. 그라인딩과 타이닝 구간(LG~RTT)에서 실험하면 타이닝을 사용한 경우보다 그라인딩을 한 경우가 소음 저감 면에서 효과가 있는 것을 알 수 있다. 그라인딩에서도 횡방향의 경우보다 종방향의 경우가 더 소음저감에 효과 적이었으며 타이닝의 경우에도 마찬가지로 알 수 있다. 더욱이 타이닝이나 그라인딩 간격이 일정한 경우 보다는 임의의 간격으로 되어 있는 것이 더욱 효과 적임을 알 수 있었다. 이는 규칙적으로 반복되는 소리 보다는 불규칙 적인 것이 음압값을 낮추는데 더 효과 적인 것으로 판단된다.

이상의 결과에서 Pass-by 소음 측정법에 의해서 소음저감에 효과가 있는 공법으로 사료되는 EAC, LG, RLT 이 세 가지에 대해서 주파수대별 소음값을 분석해 보았다. 그림 4에서 보듯이 주파수 범위 1000Hz에서의 음압값이 상당히 차이가 나고 있음을 알 수 있으며 특히 고주파 대역에서 저소음 공법의 경우 상당히 음압값이 저감되고 있음을 알 수 있었다. 이는 타이어와 도로노면이 접하면서 발생하는 소음이 고주파대역의 음압값이라고 볼 때 저소음 도로포장 공법의 경우 표면처리를 하지 않은 control 에 비해서 소음저감효과가 클 것으로 사료된다.

3.2 타이어 직접 소음법에 의한 검토

타이어 직접 소음의 경우는 Pass-by 측정법에 비해서 상대적으로 음압값이 높게 나타남을 알 수 있다. 이것은 타이어 후면에 직접 마이크를 설치함으로써 주행에 따른 발생 소음값이 크게 나타나기 때문이며 이로 인해 주행속도 80km/hr 에서는 소음값이 90dB(A)를 넘었다. 음은 일반적으로 공기 중에 전파 되면서 감쇄되며 주위의 방해물에 의해서도 변화 되므로 실제로 도로주변의 주민들이 느끼는

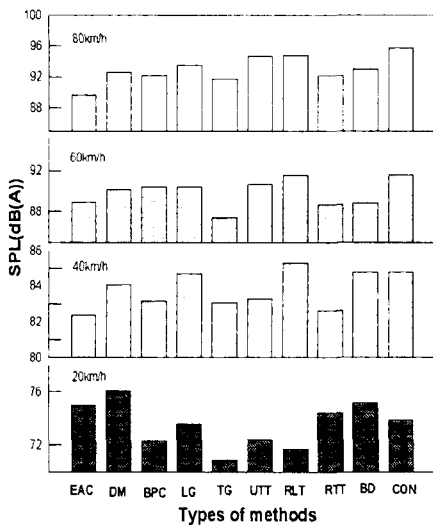


그림 5 공법별 음압값(타이어 직접소음)

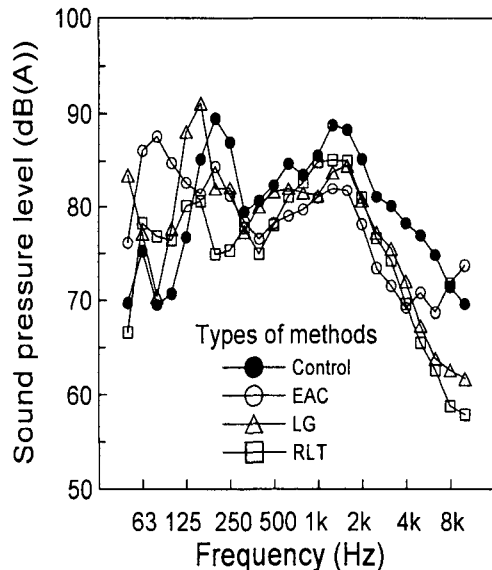


그림 6 최적공법의 주파수대별 소음값

소음과는 차이가 크지만 본 시험시공 범위내에서의 다양한 공법간의 비교에는 설득력이 있는 것으로 생각된다. 그림 5에서 알 수 있듯이 20km/hr의 경우를 제외하면 적용 공법간에 있어서 주행속도에 상관없이 유사한 경향을 유지하고 있음을 알 수 있으며 이는 Pass-by 소음측정결과와도 유사한 관계가

있음을 알 수 있다. 주행속도가 증가함에 따라 저소음 공법의 결과와 표면처리를 하지 않은 Control 결과간의 차이가 두드러짐을 알 수 있으며 주행속도 80km/hr 에서의 최저 음압값인 골재노출공법의 89.7dB(A)와 Control 95.7dB(A)의 차이는 6dB(A)로 상당히 크게 나타났다.

타이어 직접 소음측정법에서도 소음저감에 효과가 있는 공법은 EAC, LG, RLT 였다. 따라서 이 공법들에 대한 주파수대별 소음값을 그림 6에서 비교하였다. 고주파수대인 500Hz 이상의 주파수에서 저소음 도로포장의 경우 Control에 비해서 약 1~ 10dB(A) 이상의 음압값 저하를 보였으며 저주파수 대에서는 변화의 폭이 크지만 고주파수 대에서는 일률적으로 Control 에 비해서 음압값이 상당히 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

- (1) 소음을 평가하는 방법에 따라 발생 음압값은 다소 차이가 있지만 Pass-by 소음 측정법과 직접소음 측정법에서 각 적용 공법별로 발생하는 음압값은 유사한 경향을 나타내었다.
- (2) 가장 큰 소음값을 나타내는 경우는 표면처리를 하지 않은 Control 구간 이었으며 두 가지 소음 측정 방법 모두에서 저소음 효과를 크게 나타낸 공법은 골재노출 공법, 중방향 그라인딩 공법, 임의 간격 중방향 타이닝 공법이었다.
- (3) 본 시험시공에 적용된 공법들은 대부분 자동차 소음을 저감시키는데 효과를 보이지만 일부 공법은 효과가 뚜렷하지 않거나 그 경향이 나타나지 않는 경우가 있으므로 충분한 검증을 통해 실 현장에 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 환경부, 2001년도 환경소음도 현황, 환경부 홈페이지(www.me.go.kr).
2. 도로설계요령, 한국도로공사, 2002.
3. 소음·진동, 신광출판사.
4. 소음방지공학, 기연사 편집부편, 1984.
5. Sandberg, U, "Texturing of cement Concrete Pavements to Reduce Traffic Noise Emission," Proceedings of Transportation Research Board, Washington DC, 1998.
6. Stinglhammer, H, and H. Krenn, "Noise Reducing Exposed Aggregate Surfaces Experience and Recommendations," 7th International Symposium On Concrete Roads, CIMEUROPE s.a.r.l. 1994.
7. Ulf Sandberg and Jerzy A. Ejsmont, Tyre/Road Noise Reference Book, 2002.