

도심지 내 복층 저소음포장 설치에 따른 소음저감 사례연구

A Case Study on Noise Reduction Effect of Two-layer Porous Asphalt Pavement in an Urban Area

정종석	Jung, Jong-Seok	정회원 · 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원 (E-mail : pobyasu@lh.or.kr)
손정락	Sohn, Jeong-Rak	한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원 (E-mail : jrsohn@lh.or.kr)
이수형	Lee, Soo-Hyoung	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 (E-mail : shlee1@kict.re.kr)
양홍석	Yang, Hong-Seok	정회원 · 한국토지주택공사 토지주택연구원 책임연구원 · 교신저자 (E-mail : h.yang@lh.or.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : In this study, noise reduction effect of a two-layer porous asphalt pavement was investigated through site measurement and computer simulation.

METHODS : To examine noise reduction effect, a 3 km long quiet pavement was installed by removing previous normal pavement, which had a rather low porosity. The studied site was a high-rise apartment building surrounded by the quiet pavement and Seoul ring road with heavy traffic volume, indicating relatively high background noise.

RESULTS : The measurement result before and after installing the quiet pavement showed a noise reduction effect of 4.3 dB(A) at a distance of 7.5 m from the road. After validating the accuracy of simulation using SoundPLAN, the reduction in SPL(sound pressure level) at the facades by the quiet pavement was predicted by considering five different road conditions generating traffic noise from each road or in the combination of the quiet pavement and Seoul ring road. In the case of no noise from Seoul ring road, noise reduction at the facades was 4.2 dB(A) on average for 702 housing units. With background noise from Seoul ring road, however, the average SPL decreased to 2.0 dB(A). Regarding subjective response of noise, the number of housing units with a noise reduction of over 3 dB(A) was 229 out of 706 units (approximately 32%). For 77 housing units, the noise reduction was between 1~3 dB(A), while it was less than 1 dB(A) for 400 housing units.

CONCLUSIONS : The overall result indicates that the quiet pavement is useful to reduce noise evenly at low and high floors compared to noise barriers, especially in the urban situation where background noise is low.

Keywords

Two-layer porous asphalt pavement, Noise reduction effect, Traffic noise, Apartment

Corresponding Author : Yang, Hong-Seok, Ph.D
Land and Housing institute, 539-99 Expo-ro, Yuseong-gu,
Daejeon-si, 34047, Korea
Tel : +82.42.866.8480 Fax : +82.42.866.8547
E-mail : h.yang@lh.or.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Aug. 24, 2016 Revised Sep. 30, 2016 Accepted Sep. 30, 2016

1. 서론

자동차 교통의 증가와 대형화, 고속화로 인한 도시 간선도로 주변의 소음 관련 민원·갈등·분쟁 등이 지속적으로 발생하고 있다. 환경부 실태조사 결과에 따르면 우

리나라 전 국민의 52.7%가 기준초과 도로교통소음에 노출되어 있는 것으로 조사되었다. 최근에는 도로교통 소음 저감 대책 마련 요구 및 관련 민원이 증가하고 있으며 도로 인접 거주자에게 소음피해를 보상하라는 판

결사례도 발생하고 있다.

도로교통소음을 효과적으로 저감하기 위해서는 소음원, 소음전파경로, 수음점에서의 종합적인 대책 마련이 필요하다. 소음저감을 위한 대표적인 방안으로서 도시계획 시 시가지에 자동차 교통을 분산시키는 바이패스도로 설치, 도로구조의 분할, 환경 시설대 설치, 방음벽 설치 등의 방안이 도입되고 있다. 그러나 기존 시가지에 바이패스, 환경 시설대, 도로구조 분할화 등의 방식을 적용하는 것은 용지 확보 등의 측면에서 제한적이며, 방음벽은 도시경관 저해 및 고층부 소음저감효과 미비 등의 문제가 발생하여 이러한 대안을 통해 도로교통소음을 저감하기에는 한계가 있는 것으로 보고되고 있다.

이러한 상황에서 높은 공극률을 갖는 다공성 도로포장을 적용함으로써 주행 중 타이어와 노면 사이의 공기압축으로 인해 발생하는 소음을 저감시키는 저소음포장이 효과를 인정받고 있다. 특히, 현재 적용되고 있는 저소음포장 방식 중 소음저감 효과가 우수한 복층(2층식) 형식의 저소음포장이 개발되고 있으며, 이를 통해 방음벽 대체 및 높이 저감을 유도할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

복층 저소음포장은 약 50mm 두께의 표층을 사양(최대입경)이 다른 혼합물을 이용하여 2층 형식으로 포설하는 공법으로서 일반적으로 상층부에는 최대입경 8mm, 하층부에는 최대입경 13mm의 혼합물이 적용되고 있다. 기존의 저소음포장과 비교하여 초기 소음저감 효과가 상대적으로 높음으로써 시간경과에 따른 소음저감효과의 지속성을 높일 수 있는 것으로 보고되고 있다(建設物價調査會, 2005).

이에 본 연구에서는 저소음포장의 일종인 복층(2층식) 저소음포장을 경기도 남양주 별내지구에 포설하고, 저소음포장도로 주변 아파트 단지를 대상으로 포장 전·후 소음저감 효과를 실험과 예측을 통해 분석하여 유용성을 검증하고자 한다.

2. 문헌고찰

2.1. 국내사례

도로의 주행안정성 확보를 위해 다공성 재료를 이용한 포장 공법이 적용된 이후 소음저감 효과가 부가적으로 확인되면서 도심지내 저소음포장의 적용이 확대되고 있다.

국내에서는 소음저감 목적보다는 주행안정성 확보를 위한 목적으로 1997년 경부고속도로에 배수성 포장이

처음 적용되었다. 1999년 일반국도 19호선 충북 영동 구간에 시험포장을 실시한 이후 소음저감 측면에서의 기능과 성능이 검증되면서 적용범위가 지방도로로 확대되었다.

저소음포장에 대한 소음저감효과를 검증하기 위해 한국도로공사 도로교통연구원에서는 저소음포장 시험시공 구간과 일반포장 구간에서 타이어 근접 소음 측정 방법(CPX, Close-ProXimity method)으로 주행속도 80km/h로 각 3회씩 측정하여 측정된 결과 저소음포장이 일반포장에 비해 약 3.9dB(A)의 소음저감 효과가 있는 것으로 보고하였으며, 2002년 경부고속도로 부산방향 384.32~385.72km 구간에서 소음을 측정된 결과 저소음포장이 일반포장에 비해 약 2.6dB(A) 소음저감 효과가 있는 것으로 보고하였다(한국도로공사, 2005).

Table 1은 국내에 시공된 저소음포장 구간과 일반포장 구간과의 소음레벨 차이에 대한 측정결과를 보여주며, 저소음포장은 일반포장에 비해 약 2~5dB(A)의 소음레벨을 저감시키는 것으로 나타났다(한국도로공사, 2006).

Table 1. Measurement Result of Noise Reduction by the Quiet Pavement in Korea

Location	Noise reduction (dB(A))	Measurement year
Gyeonggi-do	5.1	1998
	3.5	1999
Yeongdong Expressway	2.4	2000
	2.2	2000
Nambu Beltway, Seoul	3.7	1999
	4.5	
Jungdong-ro, Bucheon	3	2000
Jangam district	5.2	2000
Kyoungbu Expressway	2.6	2002
Jungdong-ro, Bucheon	2.4	2003
	3.9	
Okcheon	3.1	2003
	3.2	
	3.2	
	3.2	
	2.9	
	3.0	

* Ref. from the Korea Expressway Corporation, 2006

최근에는 기존 단층 저소음포장보다 소음저감 효과를 개선하기 위한 목적으로 복층(2층) 저소음포장이 개발되어 적용되고 있다. 단층 저소음포장은 골재 입경이 5~13mm인 쇄석을 사용하는 것이 보통이지만, 입경이

더 작은 골재를 사용하면 포장 표면의 평활성이 개선되어 타이어 가진음도 저감되는 등의 효과를 높일 수 있다. 그러나 작은 골재 입경을 적용함에 따른 내구성 저하로 인해, 표층을 2층으로 하여 상층에는 입경이 작은 골재를, 하층에는 입경이 큰 골재를 사용함으로써 소음 저감효과를 높일 수 있다.

복층 저소음포장은 동시에 시공된 단층 저소음포장보다 약 2~3dB(A)의 소음을 줄일 수 있는 것으로 보고되고 있다. 이처럼 초기 소음저감 효과가 높기 때문에 시간경과에 따른 소음저감 지속성을 기대할 수 있으며, 소음저감 효과의 유지관리 측면에 있어서도 상층의 공극이 미세하여 폐색현상이 개선되어 골재가 비산되지 않는 한 평활성은 기존 단층 저소음포장보다 좋기 때문에 소음저감 효과가 감쇠되는 정도도 덜하다.

국내에서 복층 저소음포장은 도입단계이고, 전국에 적용된 사례는 5곳 정도이다. 복층 저소음포장이 시공된 구간은 대부분 소음 민원이 제기된 구간으로 단층 저소음포장이나 방음시설을 설치한 이후에도 지속적으로 소음 민원이 제기되어 그 대책으로 복층 저소음포장이 시공되었다.

국내 A사에서는 저소음배수성 아스콘 개발을 목표로 수행된 연구과제로 골재의 최대입경 및 포장형식에 따른 소음저감 특성을 시험포장을 실시하여 소음측정 결과를 발표하였다. 시험포장에서는 4종(13mm, 10mm, 8mm, 5mm) 골재를 적용하였으며 표층 두께는 50mm로 1층 형식 3개 단면과 2층 형식의 3개 단면을 시험포장하였다. 또한 저소음포장의 상대적인 평가를 위해 13mm 밀입도포장(일반포장)도 시공하였다. 시험포장 시공 직후 각 단면에 대한 소음 측정을 실시하였으며 소음 측정 방법은 도로변 소음 측정과 타이어/노면 근접 소음을 측정하였다. 도로변 소음 측정 방법은 주행차로의 중앙을 기준으로 7.5m 이격지점에 1.2m 높이의 마이크로폰을 설치하여 주행차량의 소음을 측정하여야 하나 시험포장 구간의 현장 여건 상 주행차로의 중앙을 기준으로 3m 떨어진 지점에 1.2m 높이의 마이크로폰을 설치하여 주행차량의 소음을 측정하였다. 또한 타이어 근접 소음 측정은 ISO 규정에서는 트레일러 장비를 사용하여 엔진, 배기 등의 소음을 최소화하여 측정하도록 하고 있으나 측정에서는 측정 차량의 뒤쪽 타이어의 노면으로부터 130mm, 타이어 중심으로부터 400mm 떨어진 위치에 마이크로폰을 부착시켜 차량 주행 시 발생하는 타이어/노면 소음을 측정하였다. 도로변 소음측정은 30, 50, 70km/h 주행속도에서의 소음도를 측정하

였으며, 근접 소음 측정은 30, 40, 50, 60km/h 주행속도에서의 소음도를 측정하였다. 도로변 소음측정 결과 사용한 골재의 최대입경이 작을수록 소음저감 효과는 높은 것으로 나타났으며, 단층 형식보다 복층 형식인 경우가 소음저감 효과가 높은 것으로 분석되었고, 차량의 주행속도가 증가할수록 소음저감 효과가 높은 것으로 분석되었다. 복층 형식의 상부 8mm, 하부 13mm 구조에서 70km/h 주행속도 시 최대 8.1dB(A)까지 소음을 저감할 수 있는 것으로 측정되었다. 근접 소음측정 결과에서도 도로변 소음측정 결과와 마찬가지로 골재의 최대입경이 작을수록 단층보다는 복층 형식인 경우가 소음저감 효과가 큰 것으로 측정되었으며 복층 형식의 상부 8mm, 하부 13mm 구조에 대해 60km/h 주행속도에서 최대 11.4dB(A)까지 소음을 저감할 수 있는 것으로 측정되었다(중소기업청, 2011).

2.2. 국외사례

1950년대 중반 활주로에서의 수막현상을 방지하기 위해 영국의 공항포장에 처음으로 배수성포장이 시공되었으나 포장의 내구성 문제로 인해 확대적용이 지연되다가 1980년대에 접어들어 고점도 개질아스팔트의 개발로 배수성포장의 내구성 문제가 개선되면서 적용 국가와 시공면적이 확대되고 있다.

미국에서는 1959년 애리조나, 네바다 주에서 개립도 마모층 Open-Grade Friction Course (OGFC)를 처음으로 적용하였으며, 이후 1973년 미연방도로국(FHWA)에서 OGFC 지침서를 제시하고 각 주에서 사용을 권장하고 있다(FHWA, 2005). 미국에서의 배수성포장은 우천시 미끄럼 저항 확보를 목적으로 적용하였으며, 1990년대에 20% 이상의 공극률을 갖는 새로운 배합설계를 개발하여 소음저감을 위한 목적으로 적용하고 있다. OGFC는 애리조나, 캘리포니아, 텍사스, 앨라배마, 플로리다에서 시공되고 있으며, 시공 시 초기 소음저감효과가 3~5dB(A)인 것으로 보고되었다(Tim Sexton, 2010).

유럽에서는 배수성포장이 활주로의 수막현상을 방지하기 위하여 개발되었으나, 현재 유럽의 여러 나라에서는 소음저감 효과를 목적으로 적용되고 있다. 고점도 개질아스팔트의 개발로 1980년 중반부터 여러 나라에서 적용하고 있으며, 1990년 이후 시공면적이 급격히 확대되고 있다.

독일에서는 1986년 처음으로 배수성포장이 시공된 이래 1990년부터 소음저감효과에 대한 관심이 높아지면서 시공 실적도 급격히 증가하고 있는 추세이다. 다공성 혼합물의 내구성 증진과 골재 간 부착을 고려하여

SBR, SBS, EVA 등의 폴리머를 사용한 개질아스팔트가 적용되고 있다.

오스트리아의 경우, 일부 터널을 제외한 공용 구간에서 배수성포장의 전면적인 사용을 권장하고 있다. 혼합물의 골재 최대치수는 8~11mm, 공극률은 20%, 결합재는 개질아스팔트에 화이버를 첨가하거나 고무 아스팔트를 사용하고 있다. 배수성포장의 설빙 대책 작업에 있어서는 미끄러짐과 같은 작업 사고가 발생하였으나 현재는 자동 온도 계측기로 감지하여 빙점 직전에 암염, 마그네슘을 살포하는 등의 대책을 마련하고 있다. 흙이나 먼지로 인한 폐색현상을 방지하기 위해 살수, 흡입, 물의 여과를 반복하는 보수시스템도 적용하고 있다.

프랑스의 경우, 시가지 지역에서는 소음저감 효과를 착안한 포장공법을 적용하며 고속도로에서는 우천 시의 배수성을 고려한 미끄럼 대책을 목적으로 배수성포장이 적용되고 있다. 배수성포장에 사용되는 결합재는 SBS, 페타이어 고무, 셀룰로오스, 합성 섬유를 혼합한 것을 사용하고 있다. 시공 실적에서는 SBS 계통의 개질아스팔트가 결합재로 주로 사용되고 있다.

네덜란드에서는 골재 크기의 혼합비율 변화를 통해 저소음·배수성 포장의 효과를 검토하기 위한 다양한 실험을 시행하고 있다. 다년간 저소음·배수성 포장을 사용하여 도시의 환경적 문제에 대처하고 있으며, 새로운 개념인 2층 저소음·배수성 포장 시공기법을 제안하였다. 그 결과 차량이 50km/h의 속도일 때 전체 소음이 3~4dB(A), 100km/h의 속도일 때는 5.5dB(A) 감소하는 효과가 있었다. 또한 PCC(Portland Cement Concrete)와 비교했을 때 7~12dB(A) 소음저감 효과가 있었다. 이외에도 골재 크기의 변화에 따른 감속도와 미끄럼 저항에 대한 연구가 이루어지고 있다. 최근에 연구한 밀입도 아스팔트 혼합물, 단층 저소음, 복층 저소음, 박층 마찰층간의 비교 결과, 복층 저소음포장은 30~130km/h에서 비교 혼합물보다 낮은 소음레벨을 보였다. 130km/h에서는 박층 마찰층과 단층 저소음 혼합물보다 4dB(A) 낮은 소음저감 효과를 보였으며, 밀입도 아스팔트 혼합물보다는 9dB(A) 낮은 소음저감 성능을 나타냈다. 네덜란드의 신설 도로는 건설 시 50dB(A) 이상을 초과하면 안되며 소음이 발생하는 기존 구간은 55dB(A) 이하로 재건설되어야 한다(Ulf Sandberg, 2009).

덴마크에서는 저소음 포장에 대해 공극률이 클수록 소음이 감소하는 경향으로 보기 때문에 공극률 18% 이상을 요구하여 시공한다.

일본에서 저소음포장은 1987년에 동경시에서 소음저감

효과를 목적으로 최초 시공된 이후 현재는 일반화되어 광범위하게 적용되고 있다. 근래에는 고점도 개질아스팔트가 강산광 교량의 교면포장과 한냉지역의 도로포장으로 확산되고 있으며, 중교통량 도로에도 적용되고 있다. 현재는 자체 설계기준, 시방서 뿐만 아니라 재료, 배합설계, 시공기술, 유지보수 등의 기술이 상당한 수준으로 발전되어 있는 상황이다. 소음저하 효과를 향상시키기 위한 방안으로 복층 저소음포장과 다공질 탄성포장의 적용이 증가하고 있는 추세다. 복층 저소음포장은 동시에 시공된 일반 배수성포장보다 약 2~3dB(A)의 소음저감 효과가 있다고 보고되었다. 최근에는 견고하고 탄성체에 가까운 구조에 배수 및 투수성 포장의 실용화를 위해 우레탄 레진과 페타이어로부터 나오는 고무칩 등이 혼합된 아스팔트 혼합물들이 개발되고 있으며, 연구에 따르면 이러한 혼합물은 밀입도 아스팔트에 비해 12~15dB(A)에 가까운 소음저감 효과가 있는 것으로 보고되었다(이관호, 2009).

3. 연구방법

본 연구에서는 도심지내 복층 저소음포장에 따른 소음저감 효과를 분석하기 위해 경기도 남양주시에 위치한 신축 아파트 인근에 설치되었던 시도 1호선 일반포장 3km를 제거하고 복층 저소음포장을 재시공하여, 각 포장조건에 따른 교통량 및 소음측정(도로변 7.5m 이격 1지점, 주변 아파트 옥상 1지점)을 진행하였다. Fig. 1은 복층 저소음포장 설치 구간 및 측정 대상지, 마이크



Fig. 1 Map Illustrating the Location of the Quiet Pavement, Studied Site and Microphone (Map from Naver)

로폰 위치를 보여준다.

측정 대상지 주변에는 시도 1호선과 함께 서울외곽순환고속도로가 위치하고 있으며, 서울외곽순환고속도로의 교통량이 저소음포장 구간과 비교하여 상대적으로 많아 이에 따른 배경소음이 높을 것으로 예상된다.

기존에 설치된 일반포장 대비 복층 저소음포장의 상대적인 소음저감 효과를 비교하기 위해서는 동일 교통조건(교통량, 속도, 중차량 비율 등)에서 실험이 진행되어야 하나, 현장여건 상 차이가 발생하게 되어 이에 대한 보정이 필요하다. 더불어, 서울외곽순환고속도로에서 발생하는 배경소음의 영향을 배제한 조건에 대한 복층 저소음 포장의 소음저감효과 예측도 진행되었다.

우선, 복층 저소음 포장 설치 전·후 교통조건 변화에 따른 소음레벨 변화를 예측하기 위해 RLS-90 예측모델 기반 상용 프로그램인 SoundPLAN (7.0 ver.)을 이용하였으며, 「소음지도의 작성방법(환경부고시 제2010-70호), 2010.6.30」에 의거 Table 2와 같이 반사회수 및 건물 흡음률 등을 입력하였다.

Table 2. Description About Input Value for the Simulation

Parameter	Input value
Scale of a map	1:5,000
Reflection order	3 times
Minimum distance of a source from a receiver	Over 5,000m
Angle calculating noise level at a receiver	360°
Absorption coefficient of facades	0%

시뮬레이션 프로그램의 예측 정확도 검증을 위해 기존 일반포장 조건에 대한 도로변 7.5m 지점에서의 측정결과와 예측결과를 비교하였다. 비교결과, Table 3에서와 같이 기존일반포장 조건에서 측정결과와 예측결과와의 차이는 0.1dB(A)로서 예측의 신뢰도가 높은 것으로 분석되었다. Table 3에서 저소음 포장 전·후의 소음레벨 측정결과를 보여주는 (A), (D)항목 간 비교 시, 교통량, 차량 속도, 중차량 대수 등의 소음측정 조건에서 상이한 것을 알 수 있어 이에 대한 보정이 필요하다. 이에 따라, 일반포장 조건에 대하여 저소음포장 시의 교통량을 입력하여 소음레벨을 예측하면 (F)항목과 같이 2.5dB(A)의 소음레벨 차이가 발생하는 것을 알 수 있다. 저소음 포장 전·후의 소음레벨 측정결과를 보여주는 (E)항목에 (F)항목을 보정해주면 저소음 포장에 따른 실제 소음저감효과는 4.3dB(A)인 것으로 분석되었다.

Table 3. Comparison of the Result between Measurement and Prediction according to the Installation of the Quiet Pavement

Condition for measurement and prediction		Traffic volume /hour	Speed (km/h)	Heavy truck /hour	Noise level [dB(A)]
Normal pavement	Measurement (A)	770	53.7	58	66.9
	Prediction (B)				67.0
	Prediction (C)	887	58.4	105	69.5
Low-noise pavement	Measurement (D)				65.1
(E) = (D) - (A)					-1.8
(F) = (C) - (B)					2.5
(E) - (F)					-4.3

예측 대상 아파트 단지는 총 9개동 706세대로 이루어져 있으며 일부 동에서는 라인별로 층수가 다른 경우가

Table 4. The Number of Floors and Housing Units at Different Apartment Buildings

Name of buildings	No. of floors at different building lines				No. of housing units
	1	2	3	4	
3101	18F	18F	14F	14F	64
3102	15F	15F	10F	10F	45
3103	26F	24F	24F	26F	100
3104	28F	26F	26F	28F	108
3105	25F	22F	22F	25F	94
3106	22F	19F	19F	22F	82
3107	20F	20F	20F	20F	80
3108	18F	18F	13F	13F	62
3109	18F	18F	14F	14F	64

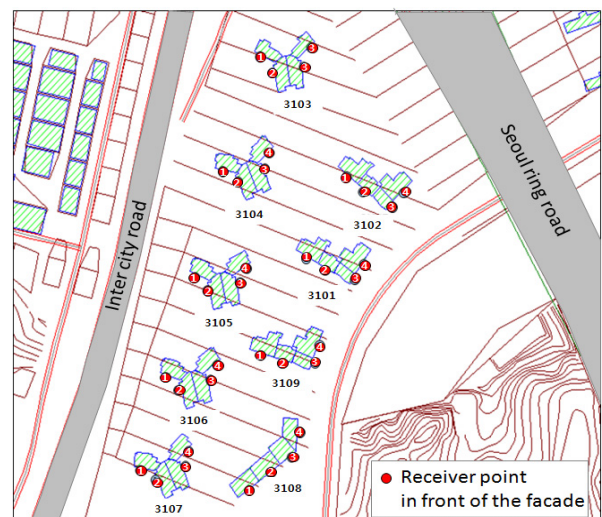


Fig. 2 Location of Receiver Points at 1m Distance from the Facade

있는 것으로 파악되었으며, 자세한 사항은 Table 4에 나타났다. 각 세대별 예측 수음점 위치는 Fig. 2와 같이 저실창 기준 외부측 1m 이격지점에 배치하였다.

대상 아파트는 시도 1호선과 서울외곽순환고속도로에 인접하고 있으며, 서울외곽순환고속도로에서 발생하는 배경소음이 각 아파트 세대 벽면 앞에서 미치는 영향도를 분석하고자 아래 Table 5와 같이 5가지 도로조건에 대하여 도로교통소음을 예측하였다.

Table 5. Case of Road Generating Traffic Noise

	Case of road generating traffic noise
Case A	Inter city road (normal pavement)
Case B	Inter city road (quiet pavement)
Case C	Inter city road (normal pavement) + Seoul ring road
Case D	Inter city road (quiet pavement) + Seoul ring road
Case E	Seoul ring road

서울외곽순환고속도로의 통행속도는 소형 100km/h, 대형 80km/h를 적용하였으며, 톨게이트 구간의 경우 톨게이트 전·후 100m까지 30%, 100~200m까지 50%, 200~300m까지 70%를 적용하였다. 시도 1호선의 통행속도는 시도 1호선 구간에 과속카메라(60km/h)가 설치되어 있음을 고려하여 60km/h를 적용하였다. 서울외곽순환고속도로 교통량은 별내IC를 기준으로 북측(의정부IC~별내IC)과 남측(별내IC~퇴계원IC)으로 구분하였으며, 측정결과를 토대로 Table 6과 같이 적용하였다. 시도 1호선의 교통량 또한 측정결과를 바탕으로 적용하였다.

Table 6. Measured Traffic Volume Applied to Inter City Road and Seoul Ring Road

Road	Traffic volume					
	Daytime			Night time		
	Sum	Light	Heavy	Sum	Light	Heavy
Seoul ring road (Uijeongbu IC~Byeollae IC)	9,204	8,274	930	2,513	2,405	108
Seoul ring road (Byeollae IC~ToegyewonIC)	7,808	7,019	789	2,132	2,040	92
Inter city road	2,392	2,229	163	790	736	54

4. 연구결과

복층 저소음포장 설치 유·무에 따른 아파트 세대 앞 소음저감효과를 분석하기 위해 서울외곽순환고속도로에서 발생하는 배경소음 유·무에 따른 소음레벨 변화를 예측하였다. 저소음포장의 소음레벨 저감 특성을 시물

레이션 프로그램인 SoundPLAN에 입력하기 위해 앞에서 분석된 -4.3dB(A)를 도로표면 소음저감 데이터로 입력하였다.

Fig. 3은 Table 5의 5가지 도로소음 발생조건에 대한 9개 아파트 주동의 전체 706세대에 대한 소음레벨 평균값을 나타낸다. 예측결과, 서울외곽순환고속도로에서 발생하는 도로교통 배경소음을 보여주는 Case E의 경우, 서울외곽순환고속도로와 인접한 3101동, 3012동, 3108동, 3109동에서 50dB(A) 이상의 배경소음이 발생하는 것을 알 수 있다. 반면, 시도 1호선 일반포장 및 저소음포장 조건을 나타내는 Case A, Case B의 경우, 3101동, 3012동, 3108동, 3109동에서 배경소음보다 낮은 도로교통소음이 발생되고 있어 저소음포장에 의한 소음저감효과가 미비한 것으로 분석되었다.

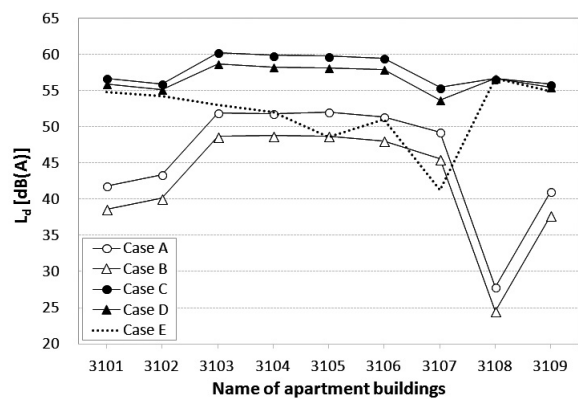


Fig. 3 Averaged SPL(sound pressure level) Measured at Different Apartment Buildings according to Different Cases Related to Road Conditions Generating Traffic Noise

Table 7. Prediction Result according to Different Road Conditions

Case	Name of buildings	Line of buildings				Averaged noise level		
		[unit : dB(A)]						
		1	2	3	4			
Case A	3101	51.0	49.9	25.8	25.8	39.7		
	3102	50.2	49.4	34.6	35.7	42.5		
	3103	59.3	59.3	41.4	37.8	49.5		
	3104	59.4	59.8	42.4	37.2	49.7		
	3105	60.3	60.8	38.2	39.5	49.7		
	3106	60.5	60.8	30.5	43.9	49.1		
	3107	58.7	59.5	35.3	34.8	47.1		
	3108	25.1	24.8	25.2	28.6	25.8		
	3109	47.9	47.5	26.7	27.9	38.8		
Case B	3101	46.7	45.6	21.8	21.8	35.5		
	3102	45.9	45.1	24.8	26.2	36.6		

Case B	3103	55.0	55.3	37.3	33.5	45.3
	3104	55.1	55.5	38.3	34.1	45.7
	3105	56.0	56.5	34.0	35.1	45.4
	3106	56.2	56.4	26.2	39.5	44.8
	3107	54.4	55.2	32.2	28.6	42.6
	3108	20.8	20.5	21.1	24.3	21.5
	3109	43.7	43.1	22.5	23.7	34.5
Case C	3101	54.9	53.8	58.1	58.5	56.1
	3102	54.5	54.1	51.0	51.0	52.7
	3103	59.7	59.7	55.7	59.3	58.6
	3104	59.8	60.1	56.5	58.5	58.7
	3105	60.4	60.8	56.6	56.7	58.6
	3106	60.6	61.0	56.6	55.3	58.3
	3107	58.7	59.5	49.1	49.5	54.2
	3108	56.1	56.8	56.7	57.3	56.7
	3109	54.8	53.4	57.5	57.4	55.6
Case D	3101	53.6	52.4	58.1	58.5	55.3
	3102	53.3	53.0	51.6	51.7	52.4
	3103	55.9	56.6	57.8	59.3	57.4
	3104	55.9	56.2	56.4	58.4	56.8
	3105	56.2	56.5	56.6	56.6	56.5
	3106	56.7	56.9	56.6	55.2	56.3
	3107	54.5	55.3	49.0	49.4	52.0
	3108	56.1	56.8	56.7	57.3	56.7
	3109	54.2	52.6	57.5	57.4	55.2
Case E	3101	52.6	51.6	58.1	58.5	54.8
	3102	52.5	52.3	54.0	54.0	53.2
	3103	47.3	48.8	57.7	59.3	53.3
	3104	46.6	47.1	56.3	58.4	52.1
	3105	41.8	39.2	56.7	56.6	48.6
	3106	46.9	45.9	56.6	55.1	51.1
	3107	33.8	33.3	48.8	49.3	41.3
	3108	56.1	56.8	56.7	57.3	56.7
	3109	53.8	52.1	57.5	57.4	54.9

서울외곽순환고속도로에서 발생하는 배경소음이 배제된 Case A와 Case B 사이의 소음레벨 차이는 저소음포장의 소음저감효과로 인해 4.0~4.5dB(A) 감소하는 것으로 Table 8과 같이 분석되었다.

서울외곽순환고속도로를 포함한 Case C(시도 1호선 일반포장+서울외곽순환고속도로)와 Case D(시도 1호선 저소음포장+서울외곽순환고속도로)의 경우, 3103동~3107동에서 평균 소음저감레벨(Case D-Case C)이 2.0dB(A)로 나타났으나, 나머지 네 개 동에서는 0.0~0.8dB(A)로 나타나 저소음포장에 의한 소음저감효과가 서울외곽순환고속도로에서 발생한 배경소음에 의해 저감되는 것으로 분석되었다.

Case C와 Case D 사이의 비교에서 저소음포장에 의한 효과가 나타난 다섯 개 동(3103~3107동)의 경우, 세대 라인의 위치에 따라 소음저감효과의 차이가 나타나는 것으로 분석되었다. Table 8에서와 같이 시도 1호선 방향으로 인접한 1번과 2번 라인의 소음저감레벨은 평균 4.0dB(A)로 나타난 반면, 서울외곽순환고속도로 방향으로 인접한 3번과 4번 라인의 경우 0.0~0.2dB(A)로 나타나는 것으로 분석되었다.

Table 8. Difference of Noise Levels between Different Prediction Cases

[unit : dB(A)]

Case	Name of buildings	Line of buildings				Averaged noise level
		1	2	3	4	
Case B - Case A	3101	-4.3	-4.3	-4.0	-4.1	-4.2
	3102	-4.3	-4.3	-3.8	-3.8	-4.1
	3103	-4.3	-4.3	-4.5	-4.3	-4.3
	3104	-4.3	-4.3	-4.1	-3.1	-4.0
	3105	-4.3	-4.3	-4.2	-4.4	-4.3
	3106	-4.3	-4.4	-4.3	-4.4	-4.3
	3107	-4.3	-4.3	-3.1	-6.2	-4.5
	3108	-4.3	-4.3	-4.1	-4.3	-4.2
	3109	-4.2	-4.3	-4.2	-4.2	-4.2
Case D - Case C	3101	-1.3	-1.5	0.0	0.0	-0.8
	3102	-1.2	-1.0	0.0	0.0	-0.7
	3103	-3.8	-3.8	-0.1	0.0	-1.9
	3104	-3.9	-3.9	-0.1	0.0	-2.0
	3105	-4.1	-4.0	0.1	-0.1	-2.0
	3106	-4.0	-4.1	0.0	-0.1	-2.0
	3107	-4.3	-4.2	-0.2	-0.1	-2.2
	3108	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3109	-0.6	-0.8	0.0	0.0	-0.4

서울외곽순환고속도로에서 발생하는 배경소음을 고려한 시도 1호선 저소음포장의 소음저감 측면에서의 주관적 반응효과를 검토하기 위해 소음레벨 변화 3dB(A) 이상을 만족하는 세대를 분석한 결과, 전체 706세대 중 3103동~3107동 내 229세대(32%)인 것으로 나타났다. 소음레벨 저감이 1~3dB(A)인 세대는 77세대로 나타났으며, 나머지 400세대에서는 소음저감효과가 1dB(A) 미만인 것으로 분석되었다.

5. 결론

본 연구에서는 별내지구 내 시도 1호선 3km 구간에

복층 저소음포장 시공 시 주변 아파트 단지에서의 소음 저감 효과를 실험 및 예측을 통해 분석하였다.

현장실험 및 시뮬레이션 예측을 통한 저소음포장의 소음레벨 저감효과는 교통조건에 대한 보정결과, 도로 변 7.5m 지점에서 4.3dB(A)로 분석되었다.

대상 아파트 단지 주변에는 시도 1호선 저소음포장 구간이 인접하고 있으며, 도로교통량이 상대적으로 높은 서울외곽순환고속도로가 상단에 위치하고 있어 배경 소음이 상대적으로 높을 것으로 예상되었다. 서울외곽순환고속도로의 배경소음이 고려되지 않은 조건에 대한 예측결과, 저소음포장으로 인한 소음저감효과는 모든 아파트 주동에서 4.0~4.5dB(A)인 것으로 분석되었다.

서울외곽순환고속도로에서 발생하는 배경소음을 고려 시, 시도 1호선 저소음포장에 의한 소음레벨 저감효과는 서울외곽순환고속도로에 의해 영향을 받아 전체 평균 2.0dB(A)로 낮아졌다. 그러나 아파트 주동 라인의 위치에 따라 소음레벨 저감효과에 있어 높은 편차가 나타났으며, 시도 1호선 방향으로 인접한 3103동~3107동의 1번과 2번 라인의 소음저감효과는 평균 4.0dB(A)로 나타났다.

결과적으로 서울외곽순환고속도로를 고려한 시도 1호선 저소음포장에 대하여 소음레벨 변화가 3dB(A) 이상을 나타내는 세대는 전체 706세대 중 3103동~3107동 내 229세대(32%)로 분석되었다. 반면, 소음레벨 저감이 1~3dB(A)인 세대는 77세대, 1dB(A) 미만인 세대는 400세대인 것으로 나타났다.

연구결과, 배경소음이 저소음 포장도로에서 발생하는

소음레벨보다 낮은 지역의 경우 복층 저소음포장 설치 시 아파트 전 세대에서 소음저감효과가 나타나 방음벽 설치와 비교하여 균등하고 광범위한 소음저감효과를 나타내는 것으로 분석되었다. 이에 따라, 주변 도로에서 발생하는 배경소음에 비해 도로교통 소음레벨이 높은 구간에 복층 저소음포장을 설치할 경우, 방음벽 대체 및 높이 저감 측면에서 효과적인 대안이 될 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Construction Research Institute (2005), "Introduction of Low-Noise Pavement".
- FHWA (2005), "Modified Open Graded Friction Course", Baseline Document Change Announcement.
- Lee K H, Jung T H (2009), "A study of Mechanical Properties of Hot Mix Asphalt for Developing of Quiet Pavement", Journal of Korea Society of Hazard Mitigation, Vol. 9 (1) ; pp.47~53.
- The Korea Expressway Corporation Research Institute of the Korea Expressway Corporation (2005), "Noise Reduction of Asphalt Concrete Pavement: Techniques and their Application".
- The Korea Expressway Corporation (2006), "A Study on the Analysis and Evaluation of Tire/Pavement Interaction Noise in Highway".
- T. Sexton (2010), "Evaluating Quieter Pavement in Washington State : WSDOT and the OBSI Method", Washington State Department of Transportation.
- The Small and Medium Business Administration (2011), "Development of Eco-Friendly Low Noise Asphalt Mixture using Coupled Asphalt Modified".
- Ulf Sandberg (2009), "The global experience in using low-noise road surface: A benchmark report".