

소입경 골재노출 콘크리트포장의 적용



이 승 우 | 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 부교수

1. 머리말

산업의 발전과 더불어 환경문제는 현대사회에서 가장 큰 이슈가 되고 있다. 환경부에 따르면 전국적으로 발생하는 환경민원의 1/3이상이 소음과 관련된 분쟁으로 소음은 환경문제로 인한 인간의 요구사항 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

환경부 조사결과에 따르면, 교통소음은 소음분쟁의 가장 큰 비중을 차지하는 소음으로 일반 지방자치단체 중에 제주도를 제외한 전 지역이, 광역시 가운데는 광주와 울산 만이 교통소음 규제지역을 설정하고 있다. 이는 교통소음 규제지역을 지정하면 차량 속도 제한이나 우회 등의 추가 조치를 취해야 하기 때문에 교통난 등을 우려, 규제지역을 지정하지 않고있는 것으로 파악됐다. 따라서 지자체의 경우 도로의 일부구간에 대해서 방음벽 설치를 통하여 소음 방지를 실시하고 있으나, 방음벽의 경우 미관 및 경제성, 적용범위의 한정으로 인해서 많은 어려움이 따른다. 따라서 교통소음을 저감하기 위한 대책으로 자동차 전용도로, 일반도로를 불문하고 더욱 광범위한 범위에서 적용 가능할 것으로 기대되는 저소음포장이 부각되었다. 저소음포장은 차량의 종류와 주행 속도에 따라 그 소음저감효과가 달라지며, 일반도로

포장에 비해 2~3dB 정도의 소음을 저감시키는 것으로 알려져 있다.

따라서, 본 기사에서는 도로 이용자의 저소음, 승차감 및 주행안전성 등에 대한 서비스 요구 수준이 높아진 지금 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 주행 중 소음을 감소시키고, 주행 안전성 및 장기간 적정 미끄럼저항을 확보할 수 있는 소입경 골재노출 콘크리트포장에 대한 국내의 적용 연구와 시공현황, 적용 효과에 대하여 기술하고자 한다.

2. 소입경 골재노출 콘크리트 포장의 개요

골재노출공법은 현재까지 콘크리트포장의 주행소음을 줄이는데 가장 큰 장점을 지니고 있는 공법으로 평가되고 있다. 특히, 굵은 골재 최대입경을 소입경으로 한 경우 분진발생 억제, 미끄럼저항성 향상 및 저소음효과가 향상된다. 소입경 골재노출 콘크리트포장은 콘크리트 표면처리공법 중에서 소음 저감 효과가 뛰어나며 횡방향 타이닝공법과 비교 시 5~7dB(A) 정도 저감효과를 나타낸다. 또한 굵은 골재의 노출을 통한 임의의 형태로 표면조직을 형성하여 고주파 소음(Whine)현상을 원천적으로 배제

할 수 있는 친환경적인 저소음 포장공법이다(이승우 외, 2006). 그림 1은 소입경 골재노출콘크리트포장의 표면조직을 나타낸 것이다.



그림 1. 소입경 골재노출콘크리트포장의 표면조직

3. 소입경 골재노출 콘크리트포장의 연구 내용

소입경 골재노출 콘크리트포장은 콘크리트 타설 후 표면에 응결지연제를 살포하고 일정 시간 뒤에 아직 경화되지 않은 표면 모르타르를 2~3mm 정도 브러쉬로 긁어내어 굵은 골재를 노출시키는 것이다. 소입경 골재노출공법을 적용하기 위한 콘크리트 배합 시에는 표면에 균일하게 많은 골재가 노출되도록 잔

표 1. 소입경 골재노출 콘크리트포장의 최적 노출방안

	기 준	사 유
응결지연제 종류	탄수화물계 응결지연제 (탄수화물/녹말군의 결정성가루와 H ₂ O로 이루어진 조성물)	점성이 좋으며 시공성이 양호함
지연제 살포량	300g/m ²	
지연제 농도	1 : 1 (지연제 : 물)	
지연제 살포시기	콘크리트 타설 후 표면 수분이 없어진 시기로 부터 콘크리트 타설 후 3시간 이내	
골재노출기	steel brush 사용	
양생	대기 양생	
골재노출시기	관입저항 응력이 1,000kgf/cm ² 이상 발생한 시점부터 콘크리트 타설 후 30시간이 경과하기 전까지의 시기	평균조직깊이 1.8±2mm, 골재노출도 30±5개/25cm ² 이상 확보

골재율을 줄여 굵은 골재 용적률을 크게 하여야 한다. 또한 견고하고 내마모성이 우수한 굵은 골재를 사용하여 장·단기적인 적정 미끄럼저항을 유지해야 한다. 따라서, 국내 적용 시 다양한 조건을 만족하기 위한 소입경 골재노출 콘크리트포장의 최적 노출방안을 표 1과 같이 제시하였다(이승우 외, 2009).

또한, 균일하게 많은 굵은 골재를 포장 표면에 노출시키고, 노출장비를 이용한 골재노출 및 양생 후 교통개방 시 굵은 골재의 탈리를 방지하기 위하여 최적배합비를 제시하였으며, 미끄럼 저항 및 소음저감에 중요한 영향을 끼치는 평균조직깊이(MTD), 굵은 골재 노출도 및 미끄럼저항값에 대한 관리기준에 대한 목표치를 표 2와 같이 설정하였다.

표 2. 소입경 골재노출 콘크리트포장의 품질관리 기준

굵은골재 최대치수 (mm)	관리기준	기 준 값	시 험 법
13	평균 조직깊이 (MTD)	1.8±0.2mm	Sand Patching 방법
	골재 노출도	30±5개/25cm ² 이상	Peak법
	미끄럼저항값 (BPN)	65 이상	BPT 사용

4. 소입경 골재노출 콘크리트포장의 국내 적용

4.1 시험시공 개요

국내에서는 현재까지 소음저감효과 및 적정 미끄럼저항성을 갖는 소입경 골재노출콘크리트포장에 대한 현장 적용이 이루어지지 못한 실정이며, 국내 연구사례를 바탕으로 품질 및 시공관리 특성을 분석하기 위하여 2009년 3월말 대전~당진간 고속도로 건설 현장을 대상으로 1차로 114m에 대한 시험시공을 실시하였다. 시험시공 시 소입경 골재노출 콘크리트 포장의 소음 및 미끄럼저항 성능을 확인하기 위하여 2차로의 경우 30mm 횡방향 타이닝 콘크리트포장을

비교 구간으로 선정하였다. 시공구간의 특징으로는 고속도로 요금소를 통과하는 차량의 가속 구간으로써 미끄럼저항 및 소음특성분석에 적합하였다.

4.2 시험시공 절차

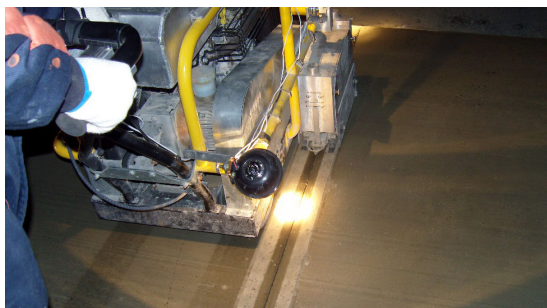
소입경 골재노출 콘크리트포장의 시험시공은 대전~당진 고속도로 구간을 대상으로 총 연장 114m에 대하여 실시하였으며, 시공 순서는 다음 그림 2와 같다. 시공 장비의 경우 골재노출장비 및 지연제 분사장비를 제작하였으며, 초기 콘크리트 타설 및 다짐은 기존 콘크리트 포장 장비를 활용하였다.



① 콘크리트 포설



② 응결지연제 분사



③ 건식 줄눈 절삭



④ 초기 양생



⑤ 골재노출장비를 활용한 골재노출



⑥ 콘크리트포장 표면조직

그림 2. 소입경 골재노출 콘크리트 포장의 시공절차

5. 시험시공에 따른 공용성 평가

5.1 표면조직 특성

소입경 골재노출콘크리트포장의 초기 공용성 평가는 타설 후 충분한 양생기간이 지난 2009년 5월 13일에 실시하였다. 초기 공용성 평가 항목은

소입경 골재노출의 표면조직 특성을 평가하기 위한 노출도 및 노면조직깊이와 공용성 평가 항목인 소음, 미끄럼저항 및 평탄성을 측정하였다. 또한 초기 공용성 평가와 함께 시험시공 시 제작한 강도 시편을 통하여 압축 및 휨강도를 측정하였으며, 7.6m Profiler를 활용한 평탄성(PrI)를 측정하였다.

표 3. 표면조직 특성 및 측정 결과

시험항목	측정값	시험법
MTD	평균 1.6mm	Sand Patching Method
골재 노출도	평균 28개/25cm ²	Peak Method
평탄성 (PrI)	6.3cm/km	7.6m Profile meter

5.2 강도특성

표 4은 재령 7일 및 28일 강도 및 탄성계수의 측정값을 나타낸 것으로 재령 28일 압축강도 및 휨강도는 평균 43.5MPa와 7.7MPa가 측정되어 도로공사 전문시방서를 만족하였다. 일반 콘크리트 포장과 비교하여 우수한 강도특성을 나타내며, 소입경 골재노출 콘크리트포장의 특성상 굵은 골재의 탈리현상을 방지하기 위한 적정 강도로 판단되었다.

표 4. 소입경 골재노출 포장의 강도 특성

구분	7일압축강도 (MPa) (탄성계수)	7일 휨강도 (MPa)	28일 압축강도 (MPa) (탄성계수)	28일 휨강도 (MPa)
시편 1	35.8 (34.7GPa)	6.5	39.7 (36.7GPa)	7.9
시편 2	34.4 (34.0GPa)	5.7	46.3 (36.4GPa)	7.6
시편 3	36.9 (38.4GPa)	6.2	45.2 (36.7GPa)	7.5
평균	35.7 (35.7GPa)	6.1	43.5 (36.6GPa)	7.7

5.3 미끄럼 저항 특성

미끄럼 저항은 차량의 제동 시 포장 표면과 타이어의 접지면이 서로 지지하려는 힘으로 젖은 상태에서 차량의 타이어와 노면의 마찰력을 측정한다. 가장 일반적으로 사용되는 표준방법은 ASTM E-303에 규정된 BPT를 이용하는 방법과, ASTM E 274에 규정된 Locked Wheel Trailer를 이용하는 방법이 있다. BPN 측정 결과 평균 53을 나타내어 소입경 골재노출 콘크리트포장의 품질관리기준에는 만족하지 못하였으나, Locked Wheel Trailer를 이용한 SN₄₀ 측정 골재노출의 경우 평균 51, 횡방향타이닝의 경우 평균 53을 나타내어 고속도로 미끄럼저항 관리기준에 만족하였다. 또한 기존 강릉원주대의 연구결과 골재노출의 경우 횡방향 타이닝 공법에 비해 공용에 따른 미끄럼저항값 감소폭이 낮아 장기적인 내구성이 우수할 것으로 판단된다.



그림 3. BPT



그림 4. Locked Wheel Trailer

5.4 소음 특성

소음측정은 ISO 11819-1 및 ISO/CD 11819-2에 의거하여 실시하였다. Pass-by 측정법의 경우 승용차, 승합차, 대형차의 3종류 차량에 대하여 40km/h, 60km/h, 80km/h 및 100km, CPX의 경우 CPX Trailer를 이용하여 40km/h, 60km/h 및 80km/h의 주행 속도로 측정하였다.



그림 5. 길어깨 소음 측정



그림 6. CPX Trailer를 이용한 근접소음 측정

측정 결과는 그림 7~10과 같이 Pass-by에 의한 자동차의 소음은 차량의 종류에 따라 다소 상이함을 보이지만, 차량의 주행 시 타이어/노면 소음이 지배적인 영향을 미치는 80km/h 이상의 속도에서 소입경 골재노출 콘크리트포장의 소음이 횡방향 타이닝 콘크리트포장에 비해 2~4dB(A) 감소하는 수치를 보였다. 또한 CPX 소음 측정 결과에서도 80km/h의 속도에서 3dB(A) 감소하여 소음저감 효과가 우

수한 것으로 나타났다.

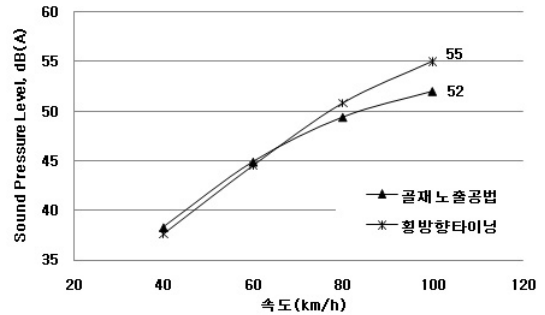


그림 7. Pass-by 소음측정 결과(승용차)

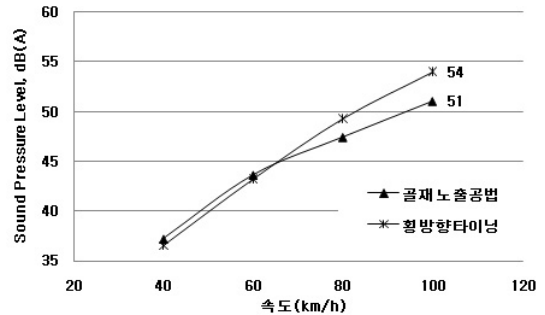


그림 8. Pass-by 소음측정 결과(승합차)

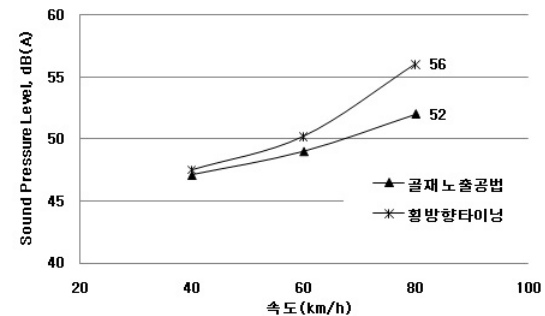


그림 9. Pass-by 소음측정 결과(대형차)

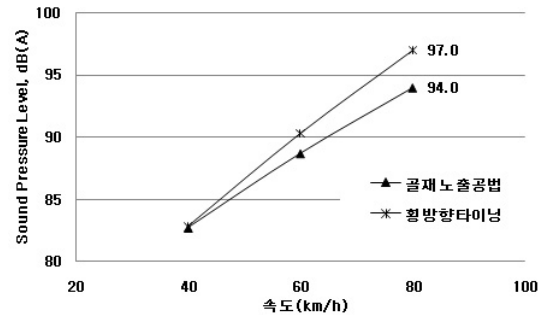


그림 10. CPX 소음측정 결과

6. 맺음말

소입경 골재노출 콘크리트 포장은 도로 이용자 및 도로 주변의 생활자의 쾌적한 도로환경 조성을 위한 공법으로 골재를 노출시킴으로써 소음저감 효과 및 우수한 미끄럼 저항성을 통해 교통사고를 줄일 수 있는 저소음 포장이다. 따라서 교통소음 문제가 대두될 가능성이 매우 큰 고속도로 및 교통소음 규제가 어려운 대도시 주변의 적용을 통하여 도로 이용자 및 도로변 주민들의 쾌적하고 안전한 삶을 보장하고 환경 친화적인 도로의 건설에 이바지 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 고석범, (2005), "터널 내 주행소음 저감을 위한 포장

- 표면처리공법 조사연구", 대림 기술정보, pp.42~61
2. 김영규, (2008), "소입경 골재노출 콘크리트포장 최적배합 및 노출기법에 관한 연구", 강릉대학교 석사학위논문
3. 김영규 외 3인, (2010), "시험시공을 통한 소입경 골재노출 콘크리트포장의 초기 공용성 평가", 한국도로학회 논문집, pp.87~98
4. 이승우 외 2인, (2006), "소음저감을 위한 골재노출 포장공법의 적용", 한국도로학회 도로학회지 pp.16~29
5. 한국도로공사, (2006), "고속도로 교통소음 저감대책 수립에 관한 최종보고서", 한국도로공사
6. Sandberg. and Jerzy, A. Ejsmont. (1998), "Texturing of cement concrete pavements to reduce traffic noise", Institute of Noise Control Engineering, pp.231~243,

학회지 원고접수 안내

학회지 편집위원회에서는 다음과 같은 내용으로 여러분을 초대하고자 합니다. 언제든지 참여하시어 알찬 학회지를 만듭시다. 여러분의 원고를 기다리겠습니다. (연락처 : 학회사무국 또는 편집위원)

컬 럼	내용 및 형식	비 고
권두언/축사/제언/격려사	시사성 있는 내용으로 A4 2쪽이내 분량으로 작성	편집위원회 주관
특집	회원들에게 도로포장내용과 최신동향소개 : 특집편집위원회 주관하여 연재	게재원고료 지급 심의 후 게재
기술기사	도로 및 도로포장과 관련된 기술보고서로서 A4 10쪽 이내 분량으로 작성 : 사례연구, 공사지, 성공 및 실패사례, 지역별 도로특성, 국내 산학연 합동 연구, 국내외 관련연구소 소개 등	심의 후 게재
기술위원회 세미나 주요내용	기술위원회 세미나 내용을 자세히 요약하여 그 내용을 회원들에게 알리는 컬럼	기술위원회 제공
해외기술동향	도로 및 도로포장관련 해외의 최신 연구내용 및 결과로 A4 4쪽 이내	
국내외 학술회의	도로 및 도로포장과 관련된 학술 및 기술강좌, 세미나 등의 내용 소개	E-mail 이용 가능
문화산책(교양)	교양과 관련된 내용으로 A4 4쪽 이내 : 수필, 취미생활(등산, 낚시 등), 독후감 및 의견제시 등 자유내용	게재원고료 지급 심의후 게재
국내외 신간도서 소개	최근 발간된 도로 및 도로포장 도서 내용소개 및 찬평과 국내 회귀 입수 서적 소개	E-mail 이용 가능
학교 및 업체연구소 소개	도로 및 도로포장관련 학교 연구실 및 업체 연구소의 A4 2쪽 내외의 소개	게재분량 엄수
학회소식	정기총회 및 학술발표회 소식, 이사회 회의록, 기술위원회 활동소식 등	학회 사무국 제공
Q/A	도로 및 도로포장 관련 문제에 대한 질문과 답변	E-mail 이용 가능
회원동정	주소변경, 직장변경, 경조사, 회원가입, 박사 및 석사학위 취득자 등	E-mail 이용 가능

※ 집필자는 필히 본인 및 공동집필자 사진을 첨부하십시오.

E-mail : ksre1999@hanmail.net