지오셀 보강 친환경성 투수성포장의 현장 적용성 검토

Field Applications on Environment-Friendly Permeable Pavements Reinforced by Geocell

김영진* · 조신행** · 이수형*** · 김낙석****

Kim, Young Jin · Jo, Shin Heang · Lee, Soo Hyung · Kim, Nakseok

Abstract

Increase of paved areas due to urbanism resulted in a rapid increase of impermeable areas. As a result, it caused urban types of frequent floods and water circulation problems. The main objective of the research is to suggest a solution for these typical urban problems. Geocell reinforcement was adopted to improve the bearing capacity in permeable pavements. In this research, a pilot test site was operated to verify the field applications of environment-friendly permeable pavements. In addition, a pavement condition survey was conducted to investigate the performance and durability of the pavements. FWD test results showed that the geocell reinforced permeable pavement was able to get the bearing capacity similar to dense graded pavement. Test results revealed that the environment-friendly permeable concrete pavement could reduce the environmental problems in urban areas.

Key words : Permeable pavement, Water circulation, Geocell, Bearing capacity

요 지

도시화에 따른 포장도로의 증가는 불투수성 면적의 증가를 가져왔다. 자연과 다른 도시 환경은 물순환 시스템의 문제로 나타나며, 이로 인하여 도시형 수해 등과 같은 환경 문제가 발생하고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 친환경형 투수성포장의 현장 적용성을 검토하였다. 투수성포장의 지지력 확보를 위해 지오셀 보강공법을 적용하였으며, 시험포장을 통해 현장 적용성을 평가하였다. 또한, 현장 포장 상태조사를 통하여 공용성능 및 내구성성을 분석하였다. FWD 측정결과 지오셀로 보강한 투수성포장은 강우 모사 후에도 밀입도 포장과 유사한 지지력을 확보할 수 있었으며, 또한 투수성포장은 기타 도시환경을 개선 할 수 있는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 투수성포장, 물순환, 지오셀, 지지력

1. 서 론

도시지역의 70% 이상이 불투수성 면적이며, 불투수성 면적의 증가는 도시형 수해의 증가, 하천수(水)의 감소, 지하수의 고갈 등의 물순환 문제와 열섬현상을 발생시키는 주요 원인으로 지목받고 있다(Land & Housing Institute, 2011). 도로는 사람과 물자의 이동을 위해 필수적인 사회 시설물이기 때문에 도시화의 진전에 따라 도로 및 포장율의 증가가 필연적일 수밖에 없다. 도로 포장의 증가는 불투수성 면적의 증가를 의미하기 때문에 이로 인해 발생하는 도시지역의 물순환

시스템의 문제를 해결하기 위해서는 도로 포장이 물순환 측면에 있어 친환경적 기능을 가질 수 있도록 개선하기 위한 노력이 절실히 필요하다.

포장면에 자연 상태와 유사한 투수 성능을 부여하려는 노력은 지속적으로 있어왔으나 기술적 한계로 인해 주차장 또는 보도부와 같은 한정적 조건에 한해 투수성포장이 적용되었다. 최근 들어 포장 기술의 발달에 따라 차량이 통행하는 도로에 투수성포장을 적용하기 위한 노력이 국내외에서 활발히 진행되고 있으며 이를 통해 자연 상태에 근접한 물순환 환경을 구축하고자 하고 있다. 또한 기존 포장이 태양에너지

*정회원. LH공사 토지주택연구원 수석연구원(E-mail: marcopolokim@naver.com)

Member. Senior Researcher, Land & Housing Institute

**정회원. 경기대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

Member. Ph.D Candidate, Department of Civil Engineering, Kyonggi University

***정회원. 경기대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

Member, Ph.D Candidate, Department of Civil Engineering, Kyonggi University

한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원

Senior Researcher, Highway Research Division, Korea Institute of Construction Technology

****교신저자. 정회원. 경기대학교 토목공학과 교수(Tel: +82-31-249-9710, Fax: 82-31-349-9719, E-mail: nskim1@kgu.ac.kr)

Corresponding Author. Member. Professor, Department of Civil Engineering, Kyonggi University

를 흡수하여 잠열의 발산을 통한 도시열섬현상을 가속화시키는 문제와 차량 통행시 발생하는 교통소음으로 인한 연도환경의 악화 등 도로로 인한 환경 문제가 커지고 있기 때문에 이에 대한 해결책으로써 투수성포장의 기능도 주목받고 있다.

본 연구에서는 차도 투수성포장의 하부지반 보강 방안으로 연약지반 및 사면보강 공법인 지오셀(geocell)의 적용을 검토하기 위해 시험시공을 실시하고 효과를 평가하고자 하며, 투수성능, 열환경, 수환경 등 투수성포장이 가지는 기타 도시환경 개선 효과를 검증하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 국내 · 외 연구동향

국내 · 외에서 도시지역의 불투수성포장으로 인해 야기되는 생태 및 환경문제를 해결하기 위해 투수성포장을 이용한 개선 연구가 활발히 진행 중이며, 지금까지는 투수성포장을 교통 하중 부담이 적은 보도나 경교통 구간에 적용하는 연구가 주를 이루었으나 최근에는 차도에 확대 적용하고자 하는 연구가 이루어지고 있다.

국내에서 도시의 불투수성포장의 증가로 인해 발생하는 환경적인 문제를 인식하고 해결하기 위한 노력들을 시도하기 시작한 것은 최근의 일이며, 물순환 체계의 개선이나 노면은도를 저감하기 위한 포장기술은 현재 연구 수준에 머물러 있다.

Kim(2002) 등은 수리모형실험을 통해 투수성포장의 우수유출 저감효과를 검증하여 투수성포장이 물순환 체계 개선에 도움이 되는 것을 규명하였으며, 이외에도 투수성포장의 효과와 다양한 투수성포장 공법에 대한 연구가 진행 중에 있다. 국외의 경우 1970년대부터 도시의 보도부 위주로 투수성포장의 적용이 이루어졌으며, 이후 주차장, 경교통 도로 등에 확대 적용되다 1990년대 후반에 이르러 차도 투수성포장 연구가 본격적으로 시작되었다. 미국 미네소타주 도로국의 Lebens(2008)는 투수성포장의 시험 시공을 통해 적용방안과 열섬현상의 저감 효과를 검토하였으며, Eric(1999) 등은 덴마크 코펜하겐의 도시 중심가 공원부지에 침투증진시설 중 하나인 침투 트렌치를 설치하여 수문학적 거동을 연구 하였다.

국내의 연구 결과 투수성포장이 물순환 체계의 개선과 열섬효과 억제에 상당한 효과가 있다는 점이 확인되었다. 특히 투수성포장 적용시 하부로 침투한 물이 지지력을 약화시킴으로 내구성 확보를 위한 연구가 중요하며 투수성 포장의 차도부 적용을 위해서는 적절한 지반 보강 공법의 적용과 검토가 필요한 것으로 나타났다.

2.2 투수성포장의 개요

일반적인 포장의 강우처리가 포장표면을 타고 흘러 배수구를 통해 하수로 처리되는 것에 비해 투수성포장은 우수를 포장체의 공극 내부로 통과시켜 포장하부의 노상으로 침투시키는 구조로 불투수성포장으로 인해 발생하는 문제점을 해결할 수 있다. 또한, 투수성포장은 포장면의 공극을 이용하여 우수를 침투, 저수 시키면서 노상 아래로 서서히 배수시킴으로써

Fig. 1. Rainfall treatment of permeable pavement

일차적으로 우수유출 지연효과를 지닌다.

투수성포장은 우수를 노면 아래로 침투시키는 방법에 따라 노면에 일시적으로 저류시켜 유출 우수량을 통제하는 일시저류형과 우수를 노상이나 원지반에 직접 침투시키는 노상침투형으로 구분할 수 있다. Fig. 1은 노상침투형 투수성포장의 우수 처리방법을 보여주고 있다.

투수성포장은 포장재의 종류에 따라 아스팔트 콘크리트, 시멘트 콘크리트, 블록 포장으로 구분 할 수 있다. 포장층의 구성 및 두께는 교통 하중의 조건, 노상 및 노반 상태, 환경 및 재료 등에 따라 설계되고 경제성을 고려하여 결정되어야 한다.

2.3 지오셀을 통한 지지력 보강

침투한 우수로 인한 지지력의 약화는 투수성포장의 적용에 있어 가장 중요한 문제이며 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 지오셀을 통한 지반 지지력의 보강을 검토하였다.

지오셀은 PE시트를 벌집구조로 가공하여 내부를 토사 또는 골재로 충전하여 다져서 지지력을 확보하는 것으로 Fig. 2와 같이 횡방향 구속력을 통해 3차원의 입체적인 지지력을 확보하게 되며 기존보조기층과 동일한 재료로 내부를 충전하면 투수능력에는 영향을 미치지 않는다. Shin(2009)의 연구에 의하면 지오셀로 포장하부를 보강할 경우 하중재하시 발생하는 처짐량이 비보강 지반에 비해 약 82%감소하는 것으로 나타나 투수성 포장의 지지력 보강에 적합할 것으로 판단된다.

Fig. 2. Mechanism of geocell

2.4 시험포장

본 연구에서는 투수성포장의 성능 검토를 위해 Fig. 3과 같은 단면으로 시험포장을 실시하였다. (a)는 일반적인 밀입도 아스팔트 포장의 단면이며, (b)는 표층 및 기층을 투수성 아스팔트 포장으로, (c)는 투수성포장하부에 지오셀을 이용한 지반보강을 실시한 단면으로 폭 3.5 m, 포장별 연장 50 m로 시험 포장을 실시하였다. 사용된 투수성 아스팔트 혼합물은 공극률 20%로 배합설계하였으며, 표층은 최대골재크기 13 mm, 기층은 20 mm를 사용하였다.

일반적인 포장 단면에 비해 얇은 기층 5 cm, 표층 5 cm의 두께로 포장 단면을 구성하여 우수 침투로 인한 지지력변화가 포장에 미치는 영향을 평가하는데 용이하도록 하였다. Fig. 4와 같이 지오셀을 설치하고 기존 보조기층용 골재로 되메움하고 진동 다짐을 실시한 후 그 위에 포장을 포설하였다.

2.5 모니터링을 통한 평가

본 연구에서는 투수성포장의 내구성 및 기능을 평가하기 위해 시험포장 실시 후 Table 1과 같은 모니터링 평가를 수행하였다.

2.5.1 구조적 특성

포장의 내구성은 균열 저항성, 소성변형 저항성 등을 통해 평가할 수 있다. 그러나 투수성포장의 내구성에 있어 가장 우려스러운 부분은 침투한 물로 인한 지반의 지지력 약화이다. 따라서 포장의 지지력 변화를 측정하여 구조적 내구성을

밀입도 13mm 5cm	투수성 13mm 5cm	투수성 13mm 5cm
밀입도 25mm 5cm	투수성 20mm 5cm	투수성 20mm 5cm
보조기층 20cm	보조기층 20cm	지오셀 12cm
		보조기층 8cm

(a) (b) (c)

Fig. 3. Cross section of test pavement

Fig. 4. Installation of geocell

Table 1. Evaluation items

구 분	조사항목	조사방법
구조항목	처짐량	FWD장비
노면 성상항목	미끄럼저항성	BPT장비
환경 항목	투수량	실내투수시험기
	포장온도	표면온도측정기
	타이어/노면소음	소음측정기
	현장투수량	현장투수시험기

평가하고자 하였다.

FWD(Falling Weight Deflectometer)는 포장표면에 충격하중을 가하여 발생된 처짐을 활용하여 일련의 표면 처짐 곡선을 얻고, 이를 분석함으로써 포장 구조체를 평가하는 비파괴 시험법이다. FWD는 현재까지 사용되고 있는 도로포장의 지지력 평가를 위한 여러 비파괴시험장비 중에서 가장 신뢰성이 있으며 신속한 비파괴시험장비로 평가되고 있다. Hoffman (1982)등은 FWD, Road Rater, 벤켈만 빔을 비교하여 FWD가 실제 차량하중에 의해 발생하는 포장도로의 처짐 형상을 가장 잘 나타낼 수 있는 장비임을 밝힌 바 있다.

본 연구에 사용된 FWD장비는 Fig. 5의 KUAB사에서 제조한 것으로 최대 재하하중은 15 ton이며, 하중재하시 포장에 발생하는 처짐량을 7개의 변위 검출기(LVDT)를 통해 측정하여 포장의 지지력을 평가한다.

투수성포장은 우수가 포장체를 통해 노상으로 침투되는 구

Fig. 5. FWD equipment

Fig. 6. Sprinkling water

조로 본 연구에서는 우수침투 후의 구조적 특성을 평가하기 위해 투수성포장에 강우량 20 mm에 해당되는 물을 Fig. 6과 같이 살수차를 이용하여 살수하고 지하하부로 충분히 흡수될 수 있도록 약 2시간 후에 측정을 계획하였다.

2.5.2 투수 실험

투수성포장이 그 효과를 발휘하기 위해서는 소정의 공극이 확보되어야 하며 공극의 상태를 평가하기 위한 방법이 투수 실험이다. 실험의 기본 개념은 일정량의 물을 흘려보내 포장이 물을 배수시키는 시간을 측정하는 것이다.

가. 실내 투수 실험

국내의 실내 투수시험 방법은 “배수성 아스팔트 혼합물의 실내 투수 시험 방법(KS F 2494)”과 “투수성 아스팔트 혼합물 부속서A(규정) 투수성 아스팔트 혼합물의 투수 시험방법(KS F 2385)”이 있다. 본 연구에서는 KS F 2494에 따라서 실내 투수 실험을 실시하였으며, 공시체는 시험 포장 시에 현장에서 생산된 혼합물을 사용하여 제작하였다. 제작된 공시체는 실내투수실험을 통하여 각 포장층별로 투수계수를 산정한 다음 등기투수계수를 산출하였다.

나. 현장 투수 실험

국내에서 주로 사용되는 현장 투수 실험 방법은 Fig. 7의 실험기를 사용하는 “투수성포장면의 현장 투수시험 방법(KS F 2394)”이다. 실험 방법은 벨브를 열어 물을 유출시키고 물이 600 mm 높이까지 유출된 지점에서 스톱워치를 작동시켜 물 400 ml를 유출하는데 필요한 시간을 측정한다. 이 시험방법은 현재 배수성 아스팔트 혼합물의 품질관리방법으로 널리 사용되고 있다.

2.5.3 노면 온도 측정

포장의 표면 온도변화에 따른 열 특성의 변화를 알기위해 포장 표면 온도를 측정하였다. 포장의 표면온도가 높아지면 대기에 수송되는 현열량이나 장파방사량이 커지기 때문에 그만큼 대기나 인체로 열적 영향 정도가 커지고 열섬현상의 원인이 된다. 투수성포장은 자연 상태와 같이 증발에 의해 포장체의 온도를 낮춰 열섬 현상 저감 효과가 기대된다. 이러한 효과를 검증하기 위해 1시간 간격으로 포장 표면 온도를 측정하였으며, 증발에 의한 영향을 비교하기 위해 투수성포장

Fig. 7. Water permeability tester

과 밀입도 포장에 충분한 물을 살수 후 포장 표면의 온도를 측정하였다. 온도 측정은 적외선 온도계와 적외선 카메라를 이용하였다.

2.5.4 소음 측정

가. 고정식 소음측정

고정식 소음측정(CPB)은 Fig. 8과 같이 도로의 노면에 마이크로폰을 설치하고 소음을 측정하는 방법으로 ISO 11819-1 규격에서는 차량 통과부와 7.5 m 떨어진 지점에 노면을 기준으로 1.2 m 높이에 마이크로폰을 설치하여 측정한다. 본 연구에서는 시험포장 구간의 여건상 이격 거리가 확보되지 않아 소음원으로부터 3 m 이격한 후 지상에서 1.2 m 높이에서 측정하였다. 소음 측정은 1대의 차량이 지나가면서 발생하는 소음을 측정하는 방식으로 속도 30 km/h, 50 km/h, 70 km/h 주행에 따른 소음을 측정하였다.

나. 이동식 소음 측정

이동식 소음측정(CPX)은 ISO 11819-2에 의해 마이크로폰을 차량 타이어 바깥쪽 0.2 m~0.4 m, 노면으로부터의 0.1 m~0.2 m 위치에 설치하고 타이어와 포장면에서 발생하는 소음을 측정하는 방식이다. Fig. 9와 같이 마이크로폰을 설치하고 일정한 속도로 주행하면서 소음을 측정하였다.

2.5.5 미끄럼 저항 측정

투수성포장은 포장 표면에 물이 고이지 않고 하부로 배수되기 때문에 수막현상의 발생을 최소화 할 수 있으며, 거친

Fig. 8. Noise measurement by CPB

Fig. 9. Noise measurement by CPX

포장 표면조직으로 인해 미끄럼 저항이 우수할 것으로 기대된다. BPT(British Pendulum Tester)를 이용하여 투수성포장의 미끄럼 저항을 측정하였으며, 측정된 값은 국토해양부의 도로안전시설 설치 및 관리지침의 미끄럼 저항 기준과 비교하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시험포장 구간 모니터링 결과

3.1.1 구조적 성능 결과

시험포장 후 약 1개월 경과 후 FWD를 사용하여 구간별로 3곳씩 차륜 통과지점에서 지지력을 평가하였다. 그 기간 동안 수차례 강우가 있어 지지력 변화를 예상하고 측정하였으나 Table 2의 맑은 날 측정 결과를 보면 밀입도 포장과 투수성 포장의 처짐량에 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

지반지지력의 약화는 지속적인 교통하중과 반복적인 우수 침투로 진행되나 가장 문제가 되는 시점은 강우로 인해 하부로 물이 침투하여 지반의 함수비가 높아져 지지력이 약해진 상태임으로 이를 모사하고자 살수를 한 후 측정한 결과를 Table 2의 강우모사 항목에 정리하였다.

맑은 날이 지속된 상황에서는 밀입도포장과 투수성포장의 처짐량이 비슷한 것으로 나타났으나 살수 후 FWD를 통한 지지력 측정결과는 다르게 나타났다. 가장 큰 변위가 발생하는 추낙하 지점에서의 변위를 살펴보면 투수성포장의 처짐량이 747.14(1/100 cm)로 밀입도포장의 484.18(1/100 cm)에 비해 약 54% 더 큰 처짐이 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 지오셀로 보강한 투수성포장은 497.74(1/100 cm)의 처짐량을 나타내어 물이 침투하지 않은 밀입도포장에 비해 약 13% 증가한 처짐량을 나타내어 지지력의 저하가 크지 않음을 알 수 있었다. 이는 시험포장이 우수침투로 인한 지지력 약화 현상을 명확히 관찰하기 위해 기존 포장두께에 비해 얇은 10 cm 두께로 시공되었음을 감안하였을 때, 지오셀을 이용한 지반보강은 강우시에도 충분한 지지력을 발휘할 수 있어 투수성포장의 내구성을 확보할 수 있음을 알 수 있었다.

3.1.2 현장 투수 실험

가. 실내 투수 실험

시험포장에 사용된 아스팔트 콘크리트 혼합물로 공시체를 제작하고, 실내투수실험을 통해 투수계수를 산정한 후 등가투수계수를 산출하였다.

Table 3. Coefficient of permeability of pavement layers

포장층	투수계수 (cm/s)	비고
표층	0.3749	공극률 약 21% 실내투수실험
기층	0.2175	공극률 약 19% 실내투수실험
보조기층	0.0487	실내투수실험
등가환산층	0.0669	등가투수계수

Table 4. Results of field permeability test

위치	투수시간 (sec)	평균 (sec)
투수성	5.09	4.96
	5.22	
	4.58	
투수성+지오셀	4.99	4.68
	4.09	
	4.95	

투수성포장은 표층, 기층, 보조기층이 각각 다른 투수계수로 구성되어 있기 때문에 투수성포장을 통한 우수의 최대 유출량, 우수의 일시 저류량 등과 같은 수문학적인 분석을 위해서는 연직방향의 등가투수계수를 산정해야 한다. 실내투수실험을 통해 투수계수를 측정하고, 등가투수계수는 Table 3과 같이 각층의 투수계수를 사용하여 계산하였다.

투수계수 측정 및 이를 이용한 등가투수계수의 산출 결과 Japan Road Association(2007)의 투수성 역청처리 혼합물의 품질기준 0.01 cm/s 이상을 만족하는 결과를 얻었다. 또한 얻어진 등가 투수계수 값은 0.0669 cm/s로 이는 흙입자 크기가 굵은모래 수준에서의 투수계수이다(굵은 모래의 등가 투수계수 0.01~1.0 cm/s)(Kwon et al., 2009).

나. 현장 투수 실험

시험 포장 구간의 투수능력을 평가하기 위하여 현장투수실험을 실시한 결과는 Table 4와 같다.

투수성포장에 지오셀 보강 유무는 투수능력에 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 5초 이내의 투수시간은 기준 10초 이내에 비해 매우 빠른 것으로 우천시 우수를 신속히 포장하부로 배수할 수 있는 수준이다. 실제로 FWD 측정을 위한 살수시 충분한 수준의 투수능력을 확인 할 수 있었다.

3.1.3 노면온도 측정 결과

1차 측정 결과는 Fig. 10과 같이 투수성포장보다 밀입도포

Table 2. Test results of FWD

포장종류		측정위치(cm)							
		0	20	30	45	60	90	120	150
맑은 날	밀입도포장	482.09	397.57	333.32	259.89	204.47	130.77	94.04	71.18
	투수성포장	497.74	409.33	344.49	270.63	212.64	137.57	98.26	75.26
	투수성포장+지오셀보강	489.91	403.45	338.90	265.26	208.55	134.17	96.15	73.22
강우모사 (살수)	밀입도포장	484.18	398.88	334.56	260.58	204.86	130.93	94.09	71.19
	투수성포장	747.14	550.90	392.33	265.45	197.50	132.45	100.81	78.19
	투수성포장+지오셀보강	550.24	431.75	348.71	254.03	189.89	119.17	88.42	70.11

Fig. 10. Surface temperature (1st time)

Fig. 11. Surface temperature (2nd time)

장의 온도가 더 낮게 측정되었다. 투수성포장 하부가 건조 상태였기 때문에 포장 표면의 반사율(albedo) 차이에 의한 결과이다. 투수성포장의 온도저감효과는 포장 하부로 침투한 물이 서서히 증발하면서 나타나므로 2차 측정에서는 측정 전날 충분한 양의 물을 포장에 살수 한 후 다음날 표면 온도를 측정하였고 결과는 Fig. 11과 같다.

측정을 시작한 오전 10시에는 투수성포장이 밀입도포장에 비해 온도가 높는데 물을 머금고 있는 투수성포장이 외부 온도에 덜 민감하기 때문으로 판단되며, 11시 이후부터 태양열에 의해 포장의 온도가 올라감에 따라 밀입도포장의 표면온도가 급격히 증가하는 반면 투수성포장의 경우 밀입도포장에 비해 2°C정도 온도가 낮다. 투수성포장으로 흡수된 물이 증발하면서 포장의 온도를 낮췄기 때문에 여름철 투수성포장에 적절한 살수를 하여 포장면의 온도를 낮춤으로써 열섬현상 저감 효과를 발휘할 수 있을 것으로 기대된다.

3.1.4 소음 측정 결과

고정식 소음측정 결과 Table 5와 같이 투수성포장이 밀입도에 비해 30 km/h에서는 1.9 dB(A), 70 km/h에서는 2.4 dB(A)의 소음 감소 효과가 있었다.

이동식 소음측정결과 Table 6과 같이 30 km/h에서는 투수성포장이 밀입도포장과 큰 차이가 없는 0.9 dB(A)의 감소 효과가 있었으나, 60 km/h에서는 2.4 dB(A)의 감소 효과가 있었다. 이는 저속에서는 차량 엔진음과 배기음의 영향이 크기 때문에 포장 종류의 영향을 많이 받지 않으나 속도가 증가하

Table 5. Measured noise by CPB

구분	투수성포장	밀입도포장
차량속도 (km/h)	평균소음 (dB(A))	평균소음 (dB(A))
30	67.1	69.0
50	73.3	74.3
70	76.9	79.3

Table 6. Measured noise by CPX

구분	투수성포장	밀입도포장
차량속도 (km/h)	평균소음 (dB(A))	평균소음 (dB(A))
30	80.0	80.9
40	82.9	84.9
50	86.5	88.9
60	89.3	91.7

Table 7. Skid resistance

미끄럼저항	1지점	2지점	3지점
BPN	84.6	82.6	84.4
평 균	83.9		

면서 타이어/노면 소음의 영향이 증가하기 때문에 포장 종류에 따른 소음 발생의 차이가 나타났다.

3.1.5 미끄럼 저항 측정결과

투수성포장 구간 3지점에서 5회씩 미끄럼 저항을 측정한 결과 Table 7과 같이 BPN 83.9의 값을 얻었다. 국토해양부의 도로안전시설 설치 및 관리지침상에 따른 마찰력의 확보가 매우 중요한 구간 위험도 3의 기준이 BPN 77 이상임으로 매우 우수한 미끄럼저항을 나타냈다. 또한 투수성포장이기 때문에 우천시 노면에 물고임 현상이 최소화됨으로 수막현상의 발생을 저감 시켜 차량의 주행 안전성 확보에 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

4. 결 론

투수성포장의 시험포장을 통해 현장적용성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 투수성포장은 물이 침투하였을 경우 지지력이 약화되었으나, 지오셀을 통한 지지력 보강 공법을 적용하면 강우 시에도 일반 불투수 포장과 유사한 수준의 지지력을 확보 할 수 있었다.
- 2) 투수성포장의 등가투수계수는 0.0669 cm/s로 측정되었으며, 현장투수실험결과는 5초 이내로 측정되어 우수를 신속히 포장하부로 배수할 수 있는 것으로 나타나 물순환 체계의 개선에 기여할 수 있다.
- 3) 투수성포장은 일반 밀입도 포장에 비해 최대 2.4dB(A)의 소음 감소 효과와 평균 BPN 83.9의 우수한 미끄럼 저항성을 얻을 수 있었으며, 물의 기화열로 인한 포장온

도저감 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 투수성포장의 현장적용을 위한 검토와 설계의 참고 자료로 삼을 수 있으며, 투수성포장의 물순환적 기능 및 기타 포장기능을 확인할 수 있었다. 다만 투수성포장의 구조적 문제점인 내구성 부분은 추가적인 추적 조사를 통해 평가하여야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 LH공사 투수성 포장의 단지내 적용방안에 대한 지원하에 수행하였으며 이에 감사드립니다. 본 연구는 2012 학년도 경기대학교 대학원 연구원 장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었습니다.

References

- Eric, W., Anja, V.L., Per, J., and Peter, S.M. (1999) Hydrologic behaviour of stormwater infiltration trenches in a central urban area during 2 3/4 years of operation, *Water Science Technology*, Vol. 39, No. 2, pp. 217-224.
- Hoffman, M.S. and Thompson, M.R. (1982) Comparative Study of Selected Nondestructive Testing Devices. In *Transportation*

- Research Record 852, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Japan Road Association (2007) *Permeable Pavement Guidebook*.
- Kim, B.H., Kang, J.K., Yi, J.E., and Yeo, W.G. (2002) An Experimental Study on the Runoff Reduction Effect by Permeable Pavement, *Korea Water Resources Association, KWRA Annual Conference*, pp. 1304-1309.
- Korea Expressway Corporation (2006) *Patent Road Map of Sustainable Pavement Material, Design and Construction Technology Development*.
- Kwon, H.J., Park, J.B., Song, Y.W., and Lee, Y.S. (2009) *Soil Mechanics, Goomibook*.
- Lebens, M. (2008) *Minesota Porous Pavement, Research. 2008 TERRA Pavement Conference*.
- Shin, E.C., Kim, S.H., and Kim, Y.J. (2009) Study of Ground Reinforced Effect using The Porous Geocell, *Korean Geosynthetics Society, Journal of Korean Geosynthetics Society*, Vol. 8, No. 1, pp. 33-40.
- The Land & Housing Institute. (2011) *A Study on the Urban Environment Improvement Strategy by the Hydrologic Cycle System of Pavement in Residential Site*.

© Received January 3, 2013

© Revised January 8, 2013

© Accepted March 1, 2013