

지오셀 보강체가 투수성포장의 구조적 지지력에 미치는 영향

유인균

한국건설기술연구원 도로교통연구본부

Effect of geocell reinforcement on bearing capacity of permeable pavement

In-Kyoon Yoo

Department of Highway and Transportation Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요 약 도시지역의 건물과 도로포장으로 인한 불투수 면적이 증가하여 빗물이 땅속으로 침투되지 못하고 일시에 배출되어 도시홍수가 증가하고 지하수가 함양되지 못해 도시하천의 건천화가 심화되는 문제가 반복되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 저영향개발을 지향하면서 투수성포장을 권장하고 있으나 지지력에 대한 우려 때문에 많이 적용되지 못하고 있다. 본 연구는 투수성포장의 지지력을 향상시키기 위하여 제작된 지오셀 투수성보강체의 지지력 보강효과를 확인하고자 수행되었다. 이를 위해 콘크리트 격벽으로 분리된 두 개의 시험포장구간에 각각 일반 투수성포장과 보강 투수성포장을 시공하였다. 일반 투수성포장은 투수성표층 5cm, 골재기층 30cm, 보조기층 50cm를 설치하고, 기층과 보조기층 사이에 5cm의 모래층을 설치하였다. 보강 투수성포장은 일반 투수성포장과 모두 동일하고 골재기층 10cm를 지오셀 보강층 10cm로 대체하여 구성하였다. 그리고 시험포장의 포화상태는 인공강우장치를 이용하여 충분한 포화상태를 재현하여 건조상태와 습윤상태에서의 지지력을 측정하였다. 각 포장에 대한 지지력의 측정은 지반공학에서 많이 사용하는 평판재하시험(Plate Loading Test)을 각각 2회 수행하였다. 지지력 측정결과 일반포장과 투수성포장 모두 건조상태보다 습윤상태에서 지지력이 저하되는 것을 확인하였다. 또한 습윤상태에 있는 보강 투수성포장의 지지력이 건조상태에 있는 일반 투수성포장의 지지력보다도 작지 않음을 확인하였다. 즉, 투수성보강체를 사용할 경우 투수성포장 속으로 빗물이 침투되더라도 같은 두께의 일반포장과 같은 지지력을 확보할 수 있음을 확인하였다.

Abstract As the impervious area in urban regions increases, urban flooding also increases because of rainwater discharges at once and the repeated dryness of urban rivers. Permeable pavements (PP) are recommended to solve this impervious problem, but they are not widely used due to concerns about their bearing capacity (BC). Therefore, this study was conducted to confirm the effect of inclusion of a geocell composite (GC) into the pavements. For this purpose, a general porous pavement (GPP) and a reinforced PP (RPP) were constructed. For the GPP, 5 cm of the porous surface, 30 cm of the base, and 50 cm of the subbase were constructed. In RPP, 10cm of the base is replaced by GC of 10 cm, and the others features are kept the same as GPP. BC in the dry and wet states was measured by the Plate Loading Test twice on each sample. It was confirmed that both GPP and RPP had lower BC in the wet state (WS) than in the dry state (DS). Moreover, we found that the BC of RPP in WS was not smaller than the BC of GPP in DS. It means that when GC is used, even if rainwater penetrates the RPP, it can possess the same BC as a GPP in DS.

Keywords : Geocell, Porous Pavement, Bearing Capacity, Plate Loading Test, AVOVA,

*Corresponding Author : In-Kyoon Yoo(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)
email: ikyoo@kict.re.kr

Received July 29, 2021

Accepted September 3, 2021

Revised August 25, 2021

Published September 30, 2021

1. 서론

사람들이 도시에 모여 살면서 도시가 커지고 산업이 발전하면서 지구환경에 영향을 미쳐 지구의 기후변화를 야기하면서 기후변화를 줄일 수 있는 지속가능한 개발방안에 관심을 기울이고 있다. 지속가능한 개발의 의미는 개발로 인한 영향이 지구에 환경에 미치는 영향을 최소화하는 의미이며 도시개발 사업에서 인간의 생활과 기후환경에 가장 영향을 많이 미치는 것이 도로포장이다. 도시의 불투수면적은 수치적으로 약 50%를 차지하지만 산지를 포함한 보호구역을 제외하면 사람이 모여 사는 곳은 거의 모두가 불투수층이며 도로포장과 지붕으로 구성되어 있다. 가옥이나 빌딩의 지붕과 도로포장은 불투수층으로서 빗물이 침투되지 못하고 바로 배출됨으로써 도시홍수를 야기하고 홍수가 지나가면 지하수가 유지되지 못해 한천이 마르는 상황이 발생하고 여름철에는 낮에 열을 흡수하여 밤에 방출함으로써 열대야를 야기하기도 한다.

이러한 문제를 해결하고자 고안된 것이 투수성포장이다. 사실 불투수성포장 즉, 물을 침투하지 못하게 하는 방수기술이 더 어려운 기술이다. 예전부터 도로포장은 골재를 이용한 투수성포장이었다. 그러나 아스팔트혼합물이 도로포장에 사용되면서부터 도로포장이 불투수성으로 변화였다. 아스팔트포장이 도로에 사용되면서 도로의 주행성과 내구성을 크게 향상하고 도로에서 발생하는 먼지를 크게 줄이는 획기적인 변화를 가져와 지금까지 적용되고 있다. 투수성포장은 이러한 아스팔트포장의 기능을 다 하면서 빗물을 통과시키는 포장공법이다. 아스팔트 혼합물 속에 세립분을 줄여 연속공극을 형성하게 하여 물을 통과시키는 기술이다. 이렇게 공극을 유지하는 아스팔트포장은 빗물의 침투와 함께 교통사고와 소음을 줄이는 효과까지 부가적으로 얻을 수 있다.

그러나 빗물이 포장체를 투과하여 지반으로 침투하게 되면 지반이 약화되어 도로포장이 파손될 것이라는 우려 때문에 도로포장의 표층에만 적용하고 지반으로 물이 침투하지 못하게 표층 아래에서 배수처리하는 배수성포장을 적용하고 있다. 도시의 지속가능한 개발을 위해서는 빗물이 지반으로 침투하는 투수성포장의 적용이 필요하다. 그리고 투수성포장을 차도에 적용하기 위해서는 투수성포장에 빗물이 침투 되었을 때 포장체의 지지력이 약화되는 상황을 파악하고 지지력을 보강해줄 필요가 있다.

본 연구에서는 지오셀을 이용한 투수성포장 보강체를 고안하고 이를 투수성포장에 적용했을 때 건조상태와 습

윤상태를 구현하면서 지지력의 변화를 측정하였다. 투수성포장에 빗물이 침투해도 같은 두께의 일반포장과 같은 지지력을 확보할 수 있는 공법을 개발한다면 지속가능한 도시의 개발에 크게 기여할 것으로 판단된다.

2. 관련연구

투수성포장에 대한 연구는 도로 공학자들에 의해서 산발적으로 되어오다가 수문학자인 미국의 Ferguson[1]에 의해서 투수성포장의 도로공학적인 기능과 수문학적인 기능을 통합하여 투수성포장의 장점을 기술함으로써 본격적으로 시작되었다고 할 수 있다. 그러나 2016년에 발간된 Marketsandmarkets[2]의 보고서에 따르면 투수성포장의 구조적인 설계법의 부재가 투수성포장의 활성화에 걸림돌이 되고 있다고 지적하고 있다. 우리나라 KMOE[3]에서 발간한 저영향개발 지침에서도 투수성포장에 대한 탁월한 효과를 강조하고 있지만 구조적인 취약성에 대해서는 조심할 것을 권유하고 있다. 정부의 지침에 투수성포장의 취약성에 대해서 우려를 표한 상황에서 투수성포장을 현장에 자발적으로 적용하고자하는 실무자를 찾기는 어려운 상황이라 이에 대한 연구가 필요하다.

투수성포장에 대한 연구는 먼저 홍수시 유출저감에 대한 효과분석과 비점오염원 저감 효과에 대한 많은 연구[3-5]가 이루어 졌다. 기본적으로 투수성포장의 수문학적인 효과와 비점오염원 처리에 대한 문제는 설계를 통해 해결할 수 있다고 볼 수 있다. 투수성포장에서 필요로 하는 최소한의 구조적인 지지력을 어떻게 확인하고 확보할 것인가가 문제가 된다.

투수성포장에 대한 구조적인 지지력에 대한 문제는 투수성포장의 확대적용에 큰 장애물이 되지만 이에 대한 연구는 그리 많지 않다. 투수성포장에 물이 침투하면 지반이 약해져서 포장의 파손이 발생할 것이라는 우려가 실무자들이 투수성포장을 현장에 적용하는 것을 망설이게 만든다.

Lee[6] 등은 빗물의 침투로 인해 노상의 강도가 약화되고 이를 포장의 보조기층에서 감당해야한다는 일본의 설계법을 유한요소해석을 통해 검증하였다. 즉, 빗물로 인해 노상의 강도가 20% 저하되면 보조기층을 30cm정도 증가시켜야한다는 이론적인 결론을 얻었다. Yoo[7] 등은 1993년 AASHTO 포장설계법을 투수성포장에 적용하고 포장 각층의 상대강도계수를 조정하는 방법으로

택하고 적절한 상대강도계수를 추천하는 연구를 수행하였다. 이들 투수성포장의 설계법에 대한 연구는 검증이 어렵다는 문제점을 갖고 있다.

또한 투수성포장의 구조적인 지지력을 증진시키려는 노력으로 Lee[8] 등은 지오셀을 이용하여 투수성포장의 기층을 보강하는 연구를 수행하였으며 이를 통해 도로포장에서 변형이 커질수록 지오셀의 효과가 커진다는 결과를 얻고 변형이 적은 도로포장에서의 효과는 또 다른 검증이 필요하다고 하였다. Oh[9] 등은 투수성포장재의 내구성을 향상시키기 위하여 폐타이어를 재활용한 폴리우레탄 접착제를 개발하고 첨가제의 투입에 따른 물성변화를 조사하여 내후성의 향상이 뚜렷한 투수성포장재를 개발하였다고 보고하였다.

지오셀을 포장체의 보강용으로 사용한 해외연구에서 Saha[10] 등은 대나무로 지오그리드와 지오셀을 제작하고 이에 아스팔트 코팅을 한 후에 재활용 아스팔트를 보강하여 기층으로 사용하면 연약지반에서의 도로건설에 효과적으로 활용될 수 있다고 보고하였다. George[11] 등은 재활용 아스팔트를 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 지오셀로 보강하여 아스팔트포장의 기층으로 사용하면 포장체의 물리적인 특성을 크게 향상시킨다고 보고하였다. 지오셀을 이용하여 포장체를 보강하는 공법은 변형이 큰 연약지반에서의 보강에 효과가 있고 변형이 작은 포장의 기층과 보조기층과 같은 골재층에서의 보강은 확인되지 못하고 있는 실정이다.

투수성포장의 다양한 장점을 설명하면서 현실에 적극적으로 도입되지 못하는 이유를 국내에서는 Yoo[12] 등이 그리고 외국에서는 Weiss[13] 등이 정리하고 있는데 이들은 모두 투수성포장의 수침조건에 대한 신뢰성 있는 설계법의 필요성을 역설하고 있다.

국내에서는 아직 신뢰성 있는 투수성포장의 설계법이 없는 상태에서 서울시에서는 투수성포장의 지지력을 향상시키기 위하여 콘크리트 슬래브를 포설하고 보링기계로 천공한 후에 투수성 아스팔트 포장을 건설하는 방법도 적용하고 있는 실정이다. 아직 투수성포장의 설계법을 적용할 만한 수침조건에 대한 실질적인 데이터가 없는 상황이다.

본 연구에서는 신뢰성 있는 투수성포장의 설계법을 제공하기 위해 투수성포장에서 수침조건에 따른 지지력 특성을 평가하고 투수성포장을 구조적으로 보강하기 위해 Lee[14] 등이 개발한 도로보강체의 구조적 지지력 보강 효과를 검증하기 위해서 수행되었다.

3. 시험포장과 계측

3.1 지오셀 투수 보강체

지오셀을 이용한 투수성보강체는 투수성포장의 표층 하부에 건설되는 투수층으로 규칙적인 충전 공간을 갖는 3차원 지오셀에 각각의 충전공간을 중앙으로 관통하는 철근과 같은 보강철선을 설치하고 일부 충전공간에는 몰타르나 콘크리트가 타설되어 이루어진다(Fig. 1).

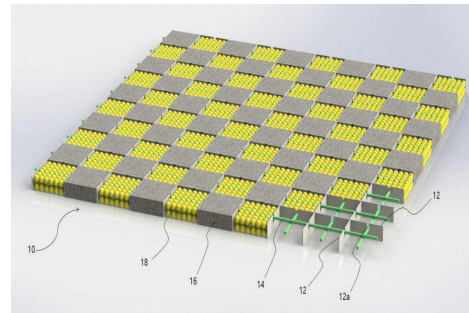


Fig. 1. Reinforcement composite using geocell (Lee[14])

지오셀 투수보강체는 충전공간을 하나씩 건너뛰어서 구성되며, 충전공간의 홀수열과 짝수열에 구성된 보강블럭은 서로 엇갈리게 배치된다.

3.2 시험포장 및 방법

본 시험포장은 두 종류의 포장 즉, 일반 투수성포장과 지오셀 보강체가 설치된 보강 투수성포장의 지지력을 비교하기 위해 수행되었다. 일반 투수성포장은 표층 5cm, 골재기층 30cm, 그리고 부직포와 모래층 5cm를 설치하고 보조기층 50cm로 구성하였고 보강투수성포장은 일반투수성포장과 모두 동일하고 골재기층 10cm만을 지오셀 투수보강재 10cm로 대체하였다. 본 시험포장은 각각 2.3m x 10.9m 크기의 콘크리트 벽체로 구성된 LID 국가공인시험장에서 실시되었다.

투수성아스팔트표층의 아스팔트 바인더는 규격에 맞는 PG76-22를 사용하였으며 공극률은 20%를 목표로 설계되었다. 골재기층의 입도는 미국 ASCE 개립도 골재 규격에 따라 수행되었다.

사용된 지오셀 보강체는 지오셀과 철근 그리고 콘크리트로 구성되었다. 지오셀은 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)로 제작되었으며 높이 10cm, 폭 30cm, 두께 0.8mm인 지

오셀과 직경 10mm철근을 사용하였으며(Fig. 2) 콘크리트는 압축강도 21MPa인 콘크리트를 사용하였다(Fig. 3).

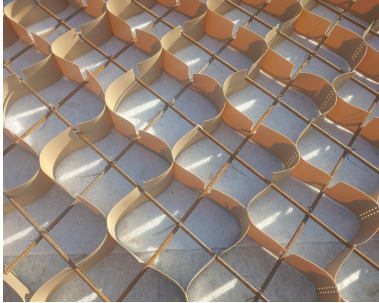


Fig. 2. Geocells reinforced with rebar



Fig. 3. Geocells filled with cement and aggregates

지오셀로 형성된 공간에 격자형으로 시멘트와 골재를 번갈아 가면서 충전하여 구조적인 보강과 투수가 가능하도록 하였다. 향후 투수능력이 충분한 상황이라면 구조적인 능력을 증가시키기 위해 시멘트로 채우는 비율을 늘려갈 수도 있다.

3.3 강우의 모사

시험포장에 강우를 모사하기 위하여 실외 인공강우 모사장치를 이용하였으며 이 모사장치는 강우를 공급하기 위한 수조, 펌프, 유량계 그리고 노즐 및 오실레이터 등으로 구성되어 있다(Fig. 4). 투수능력을 평가하기 위한 유출수의 모니터링도 가능하도록 시험하였다. 강우강도는 100mm/hr의 강도로 120분 지속함으로써 지반이 충분히 습윤되도록 모사한 후에 지지력을 측정하였다.



Fig. 4. Simulator of Artificial Rainfalls

3.4 평판재하시험

두 가지 시험포장에 대한 구조적 지지력을 평가하기 위하여 평판재하시험(Plate Loading Test; PBT)을 수행하였다. 평판재하시험은 지반에 대한 허용 지내력을 판단하기 위한 시험이다. 평판재하시험은 대상의 표면 위에 원형 또는 정사각형 재하판을 올려놓고 재하판에 단계적으로 하중을 가하여 그 때의 침하량을 다이얼 게이지 등으로 측정함으로써 하중-침하량 관계곡선으로부터 그 지반의 지반반력계수를 평가하는 방법이며 실제 측정그림은 Fig. 5와 같다.



Fig. 5. Plate Loading Test

4. 시험결과 및 통계적 분석

일반 투수성포장과 보강 투수성포장에 대하여 평판재하시험을 실시하고 그 결과를 정리한 것이 Table 1이다. Table 1을 보면 일반 투수성포장의 처짐이 보강 투수성포장의 처짐보다 크고 습윤상태에서의 처짐이 건조상태에서의 처짐보다 큰 것을 알 수 있다.

Table 1. Result of Plate Loading Test

	General	Reinforced
Dry	4.13	2.97
	4.38	2.90
Wet	5.48	4.03
	4.86	3.65

평판재하시험결과를 시각적으로 판별하기 쉽게 표현한 것이 Fig. 6의 휘스커 다이어그램이다. 이 그림을 보면 먼저, 일반 투수성포장이든 보강 투수성포장이든 빗물이 침투하면 지지력이 저하된다는 것을 알 수 있다. 또한 보강 투수성포장이 일반 투수성포장에 비해 어떤 상황에서도 지지력이 증가했다는 것을 알 수 있다. 그리고 보강 투수성포장에 빗물이 침투하여 습윤상태가 된다 하더라도 일반 투수성포장이 건조 상태일 때보다 더 강한 지지력을 유지하고 있는 것을 알 수 있다.

평판재하시험결과를 통계적으로 분석한 것이 Table 2이며 Table 2를 보면 습윤상태에서의 처짐이 건조상태의 처짐보다 분산이 큰 것을 알 수 있다. 이것은 포장체에 빗물이 침투하면 변동성이 커진다는 것을 의미한다.

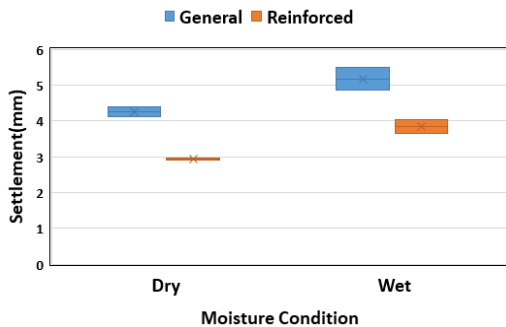


Fig. 6. Box Whisker Diagram of Settlement for General and Reinforced Porous Asphalt Pavement

평판재하시험 결과에 대한 분산분석을 실시한 결과가 Table 3이다. 분산분석은 평균값만으로는 알 수 없는 반복측정 값들의 분산을 통해 두 값의 차이가 우연에 의한 차이인지 어떤 원인에 의한 차이인가를 구별해 낼 수 있다.

Table 2. Summary of Fit for Plate Loading Test

Class	Sum.	General	Reinforced	Total
Dry	Obs.	2	2	4
	Sum	8.51	5.87	14.38
	Mean	4.255	2.935	3.595
	Var	0.03125	0.00245	0.592033
Wet	Obs.	2	2	4
	Sum	10.34	7.68	18.02
	Mean	5.17	3.84	4.505
	Var	0.1922	0.0722	0.677767
Total	Obs.	4	4	
	Sum	18.85	13.55	
	Mean	4.7125	3.3875	
	Var	0.353558	0.297892	

Table 3은 분산분석 결과이며, Table 3를 보면 1항 (Factor A)과 2항(Factor B)의 P값이 각각 0.002359, 0.009211이며 이것은 0.05보다 상당히 작게 나타났다. 그러므로 95% 신뢰도 조건에서 두 조건 즉, 보강조건과 습윤조건 모두 침하량에 영향을 미치는 유의미한 조건이라는 것을 나타낸다.

또한 교호작용(Interaction)의 항에서 P값이 95% 신뢰도에서 0.05보다 큰 값인 0.980576으로 나타난 것은 두 조건 즉, 보강조건과 습윤조건 사이에 교호작용이 없다는 것을 의미한다. 즉, 보강 투수성포장에서는 습윤상태에서 처짐이 크게 일반 투수성포장에서는 습윤상태에서 건조상태보다 처짐이 작아지는 상황이 없다는 것을 의미한다.

Table 3. ANOVA: Two Way ANOVA for Settlements in Plate Loading Tests

Source	Sum of Square	DF	Mean Square	F Ratio	P-Value	F Rejection
Factor A(row)	3.51125	1	3.51125	47.11506	0.002359	7.708647
Factor B(col.)	1.6562	1	1.6562	22.22341	0.009211	7.708647
Interaction	5E-05	1	5E-05	0.000671	0.980576	7.708647
Error	0.2981	4	0.074525			
Total	5.4656	7				

5. 결론

본 연구에서는 지오셀을 이용하여 투수성포장의 지지력을 향상시키기 위하여 개발된 투수성보강체의 지지력 향상 효과를 검증하기 위해 시험포장을 실시하고 평판재하시험을 실시하여 습윤상태와 건조상태를 모사하면서 일반 투수성포장과 보강 투수성포장의 지지력 차이를 평가하였다. 이를 통해 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 포장체 내에 빗물이 침투하면 지지력이 저하되는 것을 정량적으로 확인하였다. 일반 투수성포장과 보강 투수성포장 모두에서 지지력이 저하되는 것을 확인하였다. 지금까지는 포장체에 빗물이 침투하면 지지력이 저하되어 포장파손이 가속될 것이라는 가설이 실제 데이터로 검증되었다. 따라서 투수성포장에서 같은 두께의 일반포장과 동일한 공용성을 얻기 위해서는 포장체의 구조적 보강이 필요하다는 것을 확인하였다.

둘째, 투수성포장의 지지력을 향상시키기 위해 개발된 투수성보강체는 건조상태와 습윤상태 모두에서 일반 투수성포장보다 지지력이 증가되는 것을 확인하였다. 또한 습윤상태에서의 지지력은 건조상태에서의 지지력보다 지지력의 분산이 증가하는 것을 확인하였다.

셋째, 투수성보강체를 투수성포장에 적용할 경우 빗물로 인해 습윤상태가 되어 지지력이 건조상태보다 저하된 다하더라도 건조상태인 일반 투수성포장의 지지력보다 큰 것을 확인하였다. 즉, 투수성보강체를 이용하면 포장체의 투수기능을 발휘하면서도 같은 두께의 일반포장과 동등 이상의 지지력을 유지한다는 것을 확인하였다. 이것은 투수성포장이 강우시에도 같은 두께의 일반포장과 같은 지지력을 확보할 수 있다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 도시홍수를 저감하는 등 다양한 기능을 수행하는 투수성포장을 적용하려할 때, 항상 우려되는 투수성포장의 지지력 저하 문제를 규명하고 대안을 제시하기 위해 수행되었다. 앞으로 다양한 현장 적용을 통해 우리나라 국민들이 투수성포장의 다양한 혜택을 향유할 수 있기를 기대한다.

References

- [1] B. K. Ferguson(2005), POROUS PAVEMENT, Taylor and Francis, 2005 pp. 1-10
- [2] Markets and Markets, PERVIOUS PAVEMENT MARKET GLOBAL FORECAST TO 2026, Markets and Markets, pp. 40-44, 2016
- [3] KMOE(2013), Low-impact development technology element guidelines for establishing a healthy water circulation system, Korea Ministry of Environment, Korea Environment Corporation, pp. 91-93, Apr. 2013
- [4] J. M. Lee, S. H. Lee, K. S. Lee(2006), A modification of SWMM to simulate permeable pavement, and the effect analysis on a release of treated wastewater and the permeable pavement, *Journal of the Korean Water Resources Association*, Vol. 39, No. 2, pp. 109-120(in Korean)
- [5] Y. M. Koo, Y. D. Kim, J. H. Park(2014), Analysis of Non-point Pollution Source Reduction by Permeable Pavement, *Journal of the Korean Water Resources Association*, Vol. 47, No. 1, pp. 49-62(in Korean)
DOI : <http://dx.doi.org/10.3741/JKWR.2014.47.1.49>
- [6] S. H. Lee, I. K. Yoo, J. W. Kim(2011), A Study on the Structure Design of Permeable Asphalt Pavement, *Journal of the Korean Society of Highway Engineers*, Vol. 13, No. 3, pp. 39-49(in Korean)
- [7] H. W. Yoo, J. H. Oh, J. Y. Jung, S. I. Han(2018), Establishment of design Factors and Procedure for Permeable Asphalt Pavements Structural Design, *International Journal of Pavement Engineering*, Jan. 2017
DOI : <http://dx.doi.org/10.12652/Ksce.2018.38.1.0113>
- [8] S. H. Lee, I. K. Yoo, D. Y. Lee(2012), Evaluation of Bearing Capacity for Permeable Pavement using Geocell, *Journal of the Korean Geosynthetics Society*, Vol. 11, No. 3, pp. 11-17(in Korean)
- [9] H. S. Oh, Y. K. Hong(2007), A Study on Enhancement of the Durability of Permeable Pavement Material, *Journal of Elastomer*, Vol. 42, No. 2, pp. 93-101(in Korean)
- [10] D. C. Saha, J. N. Mandal(2018), Performance of reclaimed asphalt pavement reinforced with Bamboo geogrid and Bamboo geocell, *International Journal of Pavement Engineering*, Aug. 2018
DOI : <https://doi.org/10.1080/10298436.2018.1502432>
- [11] A. M. George, A. Banerjee, A. J. Puppala, M. Saladhi (2019), Performance evaluation of geocell-reinforced reclaimed asphalt pavement(RAP) bases in flexible pavements, *International Journal of Pavement Engineering*, Mar. 2019
DOI : <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1587437>
- [12] I. K. Yoo, S. H. Lee, D. S. Han, S. H. Lee,(2016). Worries and Reality Regarding Porous Asphalt Pavements: Structural Integrity, Flood Mitigation and Non-Point Pollution Reduction, *Journal of the Korean Society of Ecology and Resilient Infrastructure*, Vol. 3, No. 4, pp. 272-278(in Korean)
DOI : <https://doi.org/10.17820/eri.2016.3.4.272>
- [13] P. T. Weiss, M. Kayhanian, J. S. Gulliver, L.

Khazanovich(2017), Permeable pavement in north American urban areas: research review and knowledge gaps, *International Journal of Pavement Engineering*, Aug. 2017

DOI : <https://doi.org/10.1080/10298436.2017.1279482>

- [14] K. S. Lee, I. K. Yoo, S. H. Lee, reinforcement structure of roads, Korea Patent Office, Registered Number 10-1934884, Dec. 27 in 2018 (in Korean)

DOI : <https://doi.org/10.8080/1020160125775>

유 인 균(In-Kyoon Yoo)

[정회원]



- 1986년 2월 : 고려대학교 공대대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 고려대학교 공대대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1995년 10월 : 도로 및 공항 기술사, 한국산업인력공단

- 1987년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 도로교통연구본부 선임연구위원

〈관심분야〉

도로공학, 포장공학, 교통소음