

# 폴리프로필렌섬유를 혼입한 포장용 투수성 폴리머 콘크리트의 공학적 성질

성찬용<sup>1\*</sup> · 이승훈<sup>1</sup>

## Engineering Properties of Permeable Polymer Concrete for Pavement Using Polypropylene Fiber

Chan-Yong Sung<sup>1\*</sup> · Seung-Hoon Lee<sup>1</sup>

### ABSTRACT

Research on permeable pavement like asphalt and concrete pavement with porous structure has been increasing due to environmental and functional need such as reduction of run off and flood. This study was performed to evaluate void ratio, permeability coefficient, and compressive strength of permeable polymer concrete (PPC) using crushed and recycled coarse aggregate that is obtained from waste concrete. Also, 6 mm length of polypropylene fiber was used to increase toughness and interlocking between aggregate and aggregate surrounded by binder. Binder and filler used were unsaturated polyester resin and CaCO<sub>3</sub>, respectively. The mix proportions were determined to satisfy the requirement for the workability and slump according to aggregate sizes 5~10 mm. In the test results, regardless of kinds of aggregates and fiber contents, the void ratio, permeability coefficient and compressive strength of all types of PPC showed the higher than the criterion of porous concrete that is used in permeable pavement in Korea. Also, strengths of PPC with increase polypropylene fiber volume fraction showed slightly increased tendency due to increase binder with increase of fiber volume fraction. Accordingly, polypropylene fiber and recycled coarse aggregate can be used for permeable pavement.

**Key words:** Polypropylene fiber, Void ratio, Permeability coefficient, Compressive strength, Pavement, Permeable polymer concrete

### 1. 서론

현재 우리나라의 도로포장은 불투수성의 시멘트 콘크리트 또는 아스팔트 포장에 주를 이루며, 강우 시 우수를 하천이나 강으로 직접 배출하기 때문에 강우 시 포장면 아래를 통한 우수의 침투가 이루어지지 않아 지하수자원의 확보가 어려울 뿐만 아니라, 많은 양의 빗물이 배수되지 못하고 도로에 고여 교통 장애 및 차량 제동 시 미끄럼에 대한 저항성이 떨어져 사고의 위험성이 높다(Lho 등, 2007; Lee와 Joo, 2002). 특히 최근에는 국지성 호우와 집중 호우로 인한 도시 및 하천의 홍수량이 증가되어 저지대와 하류지역에서 홍수피해가 빈번하게 발생하는 등 인명 및 재산 피해 등이 증가하고 있다(Sung과 Jung, 1996; Lee와 Joo, 2002; Park 등, 2005; Kim과 Sung, 2005; Sung, 2006).

한편, 최근에는 투수성 폴리머 콘크리트가 개발되어 수영장 주변이나 산책로 등에 사용되는 경우가 있으며, 특히 투수성 폴리머 콘크리트는 물이 사용되는 곳에서 또는 우

천 시에 미끄럼 저항성이 뛰어나며, 미관이 수려하기 때문에 앞으로 경제성장과 더불어 그의 수요가 증가할 것으로 보인다. 투수성 폴리머 콘크리트에 관한 연구는 배합 및 기초 물성에 관한 연구 등이 진행되어 왔으나, 보다 경제성이 높은 제품개발을 위한 지속적인 연구의 필요성이 대두되고 있다(Sung, 2006; Kawakami et al., 2002; Gowripalan et al., 2003).

때문에 최근에는 이러한 불투수성 포장의 단점을 개선하기 위하여 투수성 포장에 대한 연구가 진행되고 있으며, 특히 시멘트를 활용한 다공성 콘크리트의 제조에 의한 투수성 블록 및 포장개발에 관한 연구와 실용화가 점점 증가하는 추세에 있다(Youn 등, 2009). Chae(2002)는 무기질 및 폴리머 혼화제를 혼입한 투수콘크리트에서 혼화제의 사용에 의해 강도 및 투수계수를 개선하기 위한 연구를 수행하였으며, Ko 등(2009)은 투수콘크리트의 현장품질관리지침서 개발을 통하여 건설현장에서 투수포장에 대한 품질관리지침을 제시하였다.

또한, 시멘트 콘크리트의 취성적 성질, 함인성 및 초기수축균열 등을 개선하기 위하여 섬유보강 콘크리트가 활용되고 있으며, 다공성 시멘트 콘크리트의 강도 및 역학적 특성을 개선하기 위하여 이를 활용한 연구가 진행되고 있다. Sung(2004), Kim 등(2004), Won 등(2008)은 폴리프로필렌섬유를 혼입한 경량 콘크리트에서 섬유의 혼입에 의한 압축강도 증진과 균열의 제어에 효과가 있다는 연구결과를 발표하였으며, Won 등(2008)은 하이브리드 섬유보강

<sup>1</sup> 충남대학교 농업생명과학대학 지역환경토목학과(Dept. of Agricultural and Rural Engineering, Coll. of Agri. Life and Sci, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

\* Corresponding author: 성찬용

Tel.: +82-42-821-5798 Fax: +82-42-821-8877

E-mail: cysung@cnu.ac.kr

2010년 8월 8일 투고

2010년 8월 27일 심사완료

2010년 9월 17일 게재확정

콘크리트에서 섬유 혼입이 압축 및 휨강도의 증진과 소성수축균열 제어에 효과적이라는 연구결과를 제시하였다.

한편, 건설기술의 비약적인 발전으로 구조물의 대형화와 고층화 등 사용 환경이 점차 확대됨에 따라 새로운 건설 재료에 대한 인식이 대두되면서 고분자 재료인 폴리머를 활용한 폴리머 콘크리트에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 폴리머 콘크리트는 일반 시멘트 콘크리트에 비하여 강도뿐만 아니라 내마모성, 내충격성, 내약품성 및 내동결융해성 등과 같은 내구성이 매우 우수한 것으로 알려져 있다(Folwer, 1994).

또한, 시멘트를 결합재로 한 다공성 콘크리트의 경우 사용골재에 관계없이 동결융해 사이클수가 30이내에서 초기에 상태동탄성계수가 60 % 이하로 나타나 내동해성이 현저히 감소하는 등, 겨울철 동결융해 저항성이 취약한 것으로 알려져 있다(Park 등, 2005).

이에 본 연구에서는 결합력이 높은 불포화폴리에스터 수지와 폴리프로필렌섬유를 사용한 투수성 폴리머 콘크리트를 제조하여, 섬유의 혼입률 및 굵은골재 종류에 따른 투수성 폴리머 콘크리트의 공극률, 투수계수, 강도 등과 같은 공학적 특성을 구명하여 포장용 투수성 콘크리트에 활용하기 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 사용재료

포장용 투수성 폴리머 콘크리트를 개발하기 위하여, 결합재로 메틸에틸케톤 프록사이드가 55 % 함유된 DMP 용액을 개시제로 사용하는 불포화폴리에스터 수지를 사용하였으며, 이에 대한 일반적 성질은 Table 1과 같다. 굵은골재는 재생골재의 사용에 따른 특성을 쇄석과 비교하기 위하여 5~10 mm 크기의 쇄석과 재생골재를 사용하였으며, 이에 대한 물리적 성질은 Table 2와 같다. 또한, 결합재의 점성 및 결합재와의 페이스트로 골재와 골재의 결합력을 증가시키기 위한 충전재는 폴리머 콘크리트에 가장 보편적으로 사용되는 중질탄산칼슘을 사용하였으며, 이에 대한 물리적 성질은 Table 3과 같다.

또한, 섬유의 혼입률에 따른 포장용 투수성 폴리머 콘크리트의 특성을 구명하기 위하여 폴리프로필렌섬유를 사용하였으며, 물리적 성질은 Table 4와 같다.

### 2. 배합설계 및 제작

투수성 포장을 위한 다공성 콘크리트의 공극률, 강도, 투수계수 및 내구성 등에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 사용되는 결합재량으로서, 결합재량이 많으면 폴리머가 골재를 피복한 후 여분의 결합재에 의해 공극이 채워지고,

**Table 1.** General properties of unsaturated polyester resin.

Specific gravity at 20°C	Viscosity (20°C, poise)	Styrene content (%)	Acid value
1.12	3.5	37.2	26.5

**Table 2.** Physical properties of coarse aggregates.

Type	Size (mm)	Specific gravity	Absorption (ratio%)	F.M	Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )
Crushed	5-10	2.64	1.25	6.72	1,581
Recycled	5-10	2.62	1.87	6.49	1,562

**Table 3.** Physical properties of filler.

Filler	Grain size (mm)	Specific gravity	Color	Specific surface (cm <sup>2</sup> /g)
CaCO <sub>3</sub>	< 0.15	2.92	White	3,150

**Table 4.** Physical properties of polypropylene fiber.

Length (mm)	Absorption ratio (%)	Specific gravity	Melt point (°C)	Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Young's modulus (kg/cm <sup>2</sup> )
6	0	0.91	162°C	over 3,500-7,700	35×103

바닥면에 불투수층의 형성으로 인하여 투수콘크리트의 기능을 할 수 없게 된다. 또한, 투수성 폴리머 콘크리트의 강도와 공극률은 상반관계가 있어 두 가지 조건을 충족하는 최적배합을 도출하는 것이 무엇보다 중요하다.

Lho 등(2007)은 불포화폴리에스터 수지를 이용한 투수성 콘크리트의 결합재를 중량비의 5-11% 로 하여 충전재 비율에 따른 투수성 콘크리트를 제작하였으며, Park 등(2005)은 재생골재와 폴리머를 이용한 포장용 투수성 콘크리트에서 물/결합재비 25 % 및 폴리머(SBR)의 혼입률 0-20 %로 하여 투수성 콘크리트를 제작하였다.

본 연구에서는 투수성 콘크리트 포장의 공극률 기준 8 %와 투수계수 기준인 1×10<sup>-2</sup> cm/s를 만족할 수 있도록 예비실험을 통하여 기본배합을 도출하였다(도목공사 표준 일반 시방서, 2005). Table 5는 폴리프로필렌섬유 혼입률에 따른 투수성 폴리머 콘크리트의 배합설계이며 결합재는 일정한 점성과 유동성을 가질 수 있도록 섬유의 혼입률에 따라 조절하였고, 섬유는 전체 체적에 대하여 0~1 % 혼입하였으며, 경화제는 작업 시 제작시간을 고려하여 결합재 중량의 1 %를 사용하였다. 섬유 보강된 포장용 투수성 폴리머 콘크리트의 혼입은 결합재인 불포화폴리에스터 수지를 충전재, 섬유 및 입도 조정된 골재에 투입하여 약 3분간 고속믹서기로 혼합하여 결합재가 골재를 충분히 피복할 수 있도록 하였으며, 피복된 골재를 몰드에 타설하여 진동기에 의한 진동 다짐을 1분간 실시하였고, 3시간 후 탈형하여 재령 7일까지 상온에서 양생하였다.

**Table 5.** Mix proportions of permeable polymer concrete for pavement using polypropylene fiber (kg/m<sup>3</sup>).

Mix type	Coarse aggregate size(mm)	Binder	Coarse aggregate		Filler	Fiber content (Vol.%)
			Crushed	Recycled		
PPC-C	5-10	166	1,720	-	163	0
		169	1,715	-	160	0.5
PPC-R	5-10	172	1,710	-	157	1.0
		169	-	1,702	160	0
		175	-	1,700	152	0.5
		179	-	1,692	146	1.0

PPC-C : Permeable polymer concrete using crushed coarse aggregate.  
 PPC-R : Permeable polymer concrete using recycled coarse aggregate.

### 3. 시험방법

#### 가. 공극률

섬유보강 포장용 투수성 폴리머 콘크리트의 공극률 시험은 Ø100×200 mm의 공시체를 제작하여 기건상태의 중량과 수중에서의 중량을 측정하여 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$P_0 = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \times 100$$

여기서,  $P_0$  = 공극률(%)

$W_1$  = 수중에서의 공시체 중량(g)

$W_2$  = 기건양생한 공시체의 중량(g)

$V$  = 공시체의 체적(cm<sup>3</sup>)

#### 나. 투수계수

섬유보강 포장용 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수는 100×100×35 mm의 공시체로 측정하였으며, 일반 콘크리트의 투수계수보다 크기 때문에 KS F 2322(흙의 투수시험방법)의 정수위 투수시험방법에 준하여 실시하였고, 5회 반복하여 다음 식에 의하여 산출하였다. Fig. 1은 투수계수 시험을 위한 장치이다.

$$K = \frac{QL}{Aht}$$

여기서,  $K$  = 투수계수(cm/s)

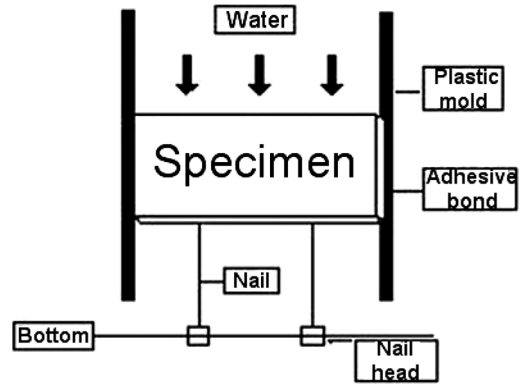
$Q$  =  $t$  시간 내에 통과한 수량(cm<sup>3</sup>)

$L$  = 시료 높이(cm)

$A$  = 단면적(cm<sup>2</sup>)

$h$  = 수두(cm)

$t$  = 공시체의 물이 다 통과된 시간(s)



**Fig. 1.** Test apparatus of permeability coefficient.

#### 다. 압축강도

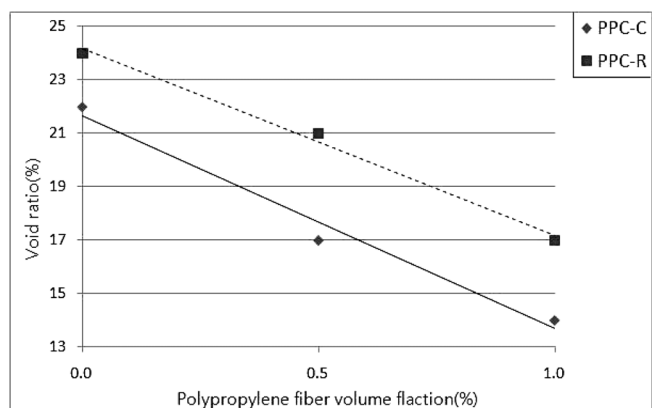
압축강도 시험은 Ø100×200 mm의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 공극률

Fig. 2는 폴리프로필렌섬유 혼입률 및 골재의 종류에 따른 포장용 투수성 폴리머 콘크리트의 공극률을 나타낸다. 공극률과 압축강도 또는 공극률과 휨강도의 관계는 대체적으로 상반관계로서 충전재의 종류에 따라 어느 정도 차이는 있지만 공극률 1 % 증가에 따라 압축강도와 휨강도는 각각 0.93 MPa와 0.24 MPa 정도씩 감소된다고 보고하였다(Choi와 Yu, 2010).

굵은골재로 쇄석을 사용한 PPC-C에서 섬유를 혼입하지 않은 배합의 경우 22 %의 공극률을 나타내었으며, 섬유를 0.5 % 혼입한 배합에서는 17 %, 1 %를 혼입하였을 경우에는 14 %의 공극률을 나타내었다. 또한 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 공극률이 감소하는 경향을 나타내었는데, 이러한 결과는 결합재에 부착된 섬유가 랜



**Fig. 2.** Void ratio with polypropylene fiber volume fraction.

덤 분포함으로써 골재와 골재 사이에 교차역할을 하여 공극률이 감소할 뿐만 아니라, 혼입률이 증가할수록 결합재인 폴리머와 섬유의 부착성이 점차 증가하면서, 공시체 제작 시 결합재의 흘러내림이 감소함으로써 섬유를 혼입하지 않은 배합에 비하여 결합재의 사용량이 증가하였기 때문이라 판단된다.

한편, 굵은골재로 재생골재를 사용한 PPC-R에서 섬유를 혼입하지 않은 배합의 공극률은 24 %를 나타내었으며, 섬유를 0.5 % 혼입한 배합에서는 21 %, 1 %를 혼입하였을 경우에는 17 %의 공극률을 나타내었다. 또한 쇄석을 굵은골재로 사용한 경우와 마찬가지로 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 공극률이 감소하는 경향을 나타내었는데(Sung과 Kim, 2010), 이러한 결과는 Noh와 Sung(2004), Sung(2004)의 불포화수지를 사용한 투수성 콘크리트에서 결합재량 및 골재크기에 따라 공극률이 23-28 %의 범위를 나타낸 것에 비하여 공극률이 다소 작게 나타난 반면, Park 등(2005)의 SBR 라텍스를 혼입한 시멘트 투수콘크리트의 공극률이 9.6 %를 상회한다는 결과와 비교하면 공극률이 다소 높게 나타났다.

한편, 재생골재를 사용한 배합의 공극률이 쇄석을 사용한 배합의 공극률에 비하여 다소 증가하는 경향을 나타내었는데, 이러한 결과는 재생골재의 입도 분포가 쇄석과 달리 비교적 동일 입경의 골재가 많을 뿐만 아니라, 재생골재의 입형이 쇄석에 비하여 둥근 형태로 쇄석에 비하여 맞물림 효과가 적기 때문인 것으로 판단된다. Park 등(2005)은 재생골재를 활용한 투수콘크리트에서 재생골재의 비표면적이 쇄석에 비하여 크기 때문에 시멘트 페이스트에 의한 완전한 피복이 곤란하기 때문에 재생골재의 혼입율이 증가할수록 공극률이 증가하는 경향을 나타낸다고 발표하였다. 또한 Kim 등(2000)은 골재의 입형이 양호할수록 공시체 제작시 밀실하게 채워져 이로 인해 공극률의 차이가 발생하며, 골재의 입형이 공극률 형성에 영향을 끼친다고 보고한 바 있다.

한편, 국내의 경우 투수콘크리트 포장의 공극률을 8 % 이상으로 규정하고 있으며, 본 연구의 모든 배합에서 공극률이 8 % 이상이 나타나 상기의 조건을 만족하는 것으로 나타났으며, 다짐 시 결합재의 흘러내림에 의한 막힘 현상을 제어한다면 투수조건을 만족하는 최대의 공극률을 가지는 배합설계가 가능할 것이다.

## 2. 투수계수

투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수는 투수포장의 설계 및 시공을 위하여 가장 중요한 요소이다. 일반적으로 연속 공극률이 크면 투수계수가 증가하는 반면에 강도는 감소하는 것으로 알려져 있다(Sung과 Jung, 1996).

Fig. 3은 폴리프로필렌섬유 혼입률 및 골재의 종류에 따

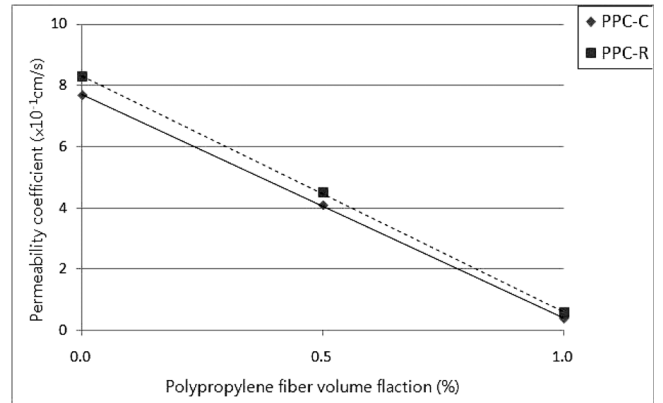


Fig. 3. Water permeability with polypropylene fiber volume fraction.

른 포장용 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수를 나타낸다.

PPC-C에서 섬유를 혼입하지 않은 배합의 투수계수는  $7.7 \times 10^{-1}$  cm/s로 나타났으며, 섬유를 0.5 % 혼입한 경우에는  $4.1 \times 10^{-1}$  cm/s, 1 %를 혼입하였을 경우에는  $0.43 \times 10^{-1}$  cm/s로 나타나 공극률 시험결과와 마찬가지로 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 투수계수가 저하하는 경향을 나타내었다(Sung과 Kim, 2010).

한편, 우리나라의 투수성 아스팔트 혼합물의 투수계수 기준이  $1 \times 10^{-2}$  cm/s임을 고려할 때, 섬유의 혼입률에 관계없이 모든 배합에서 상기의 조건을 만족하는 것으로 나타났다. 반면에 일본도로협회의 투수성 아스팔트 혼합물의 배합설계 기준에서 투수계수의 기준치는 0.1 mm/s 이상이며, 일반적으로 투수성이 요구되는 투수성 콘크리트나 투수성 아스팔트의 경우 시공직후의 투수계수는 0.1 cm/s 정도가 바람직하다는 제안을 비추어 볼 때, 본 연구에서도 같은 수준의 투수계수가 요구된다고 하면 폴리프로필렌섬유 혼입률을 0.8 % 이내로 혼입하는 것이 바람직하다고 판단된다(Lee와 Joo, 2002; Kim과 Sung, 2005).

한편, PPC-R에서 섬유를 혼입하지 않은 배합의 투수계수는  $8.3 \times 10^{-1}$  cm/s로 나타났으며, 섬유를 0.5 % 혼입한 경우에는  $4.5 \times 10^{-1}$  cm/s, 1 %를 혼입하였을 경우에는  $0.63 \times 10^{-1}$  cm/s로 나타내어 PPC-C와 마찬가지로 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 투수계수가 저하하는 경향을 나타내었다. Lho 등(2007)은 결합재량에 대한 공극률 변화는 투수계수와 유사한 경향을 나타내며, 일반적으로 결합재가 증가하면 공극률은 감소하는 경향을 나타낸다고 보고한 내용과 유사한 결과라 할 수 있다.

본 연구에서도 섬유의 혼입률에 관계없이 재생굵은골재를 사용한 배합의 투수계수가 쇄석을 사용한 배합의 투수계수에 비하여 다소 높게 나타나 공극률에 대한 시험결과와 유사한 경향을 나타내었다.

또한, 충전재/수지 비가 증가할수록 투수계수는 감소되

는 경향을 나타내었는데, 이는 충전재/수지 비의 증가에 따라 충전재의 양이 증가하여 공극률이 감소되었기 때문이라 판단된다(Choi와 Yu, 2010).

### 3. 압축강도

Fig. 4는 폴리프로필렌섬유 혼입률 및 골재의 종류에 따른 포장용 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도를 나타낸다. PPC-C에서 섬유를 혼입하지 않은 배합의 경우 19.2 MPa의 압축강도를 나타내었으며, 섬유를 0.5 % 혼입한 경우에는 21.6 MPa, 1 %를 혼입하였을 경우에는 24.1 MPa의 압축강도를 나타내어 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 섬유의 혼입률이 증가할수록 결합재인 폴리머의 사용량이 증가하여 골재의 피복두께가 증가하였을 뿐만 아니라, 결합재로 피복된 섬유가 골재사이에 랜덤 분포하여 골재와 골재의 부착력을 증가시켰기 때문이라 판단된다.

한편, 우리나라의 투수콘크리트 포장을 위한 투수콘크리트의 설계기준 압축강도는 18 MPa 이상으로, 폴리프로필렌섬유를 혼입할 경우 기준을 크게 상회하는 것을 알 수 있다.

한편, PPC-R에서 섬유를 혼입하지 않은 배합의 압축강도는 17.8 MPa를 나타내었으며, 섬유를 0.5 % 혼입한 경우에는 20.4 MPa, 1 %를 혼입하였을 경우에는 22.9 MPa를 나타내었다. 또한 쇄석을 사용한 경우와 마찬가지로 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었으며, 재생골재를 사용한 경우에도 폴리프로필렌섬유를 혼입한 경우 투수콘크리트 포장을 위한 설계기준 압축강도 조건을 거의 만족하는 것으로 나타났다(Sung과 Kim, 2010).

Chae(2001)는 폴리머 혼화재를 사용한 시멘트 투수콘크리트에서 단위결합재량에 따른 압축강도가 13.2-22.1 MPa 범위를 나타내었다고 보고 하였으며, Park 등(2005)은 재생골재를 75 % 이상 사용하는 경우 폴리머를 10 %

이상 혼입하여야 18 MPa 이상의 압축강도가 발현한다고 발표하였다.

한편, 재생골재를 사용한 배합의 압축강도가 쇄석을 사용한 배합의 압축강도에 비하여 다소 감소하는 경향을 나타내었는데, 이러한 원인은 재생골재를 사용한 경우 공극률의 증가와 마찬가지로 재생골재의 입형이 쇄석에 비하여 둥근 형태를 나타내어 맞물림 효과가 낮을 뿐만 아니라 재생골재의 표면에 부착되어 있는 구 시멘트 페이스트의 잔분으로 인하여 골재와 골재의 결합력을 감소시켰기 때문이라 판단된다.

또한, 이러한 결과는 재생 콘크리트에서 재생골재의 혼입률이 50 %를 초과하였을 경우 재생골재 표면에 부착되어 있는 구재 모르타르에 의해 골재와 시멘트 페이스트 사이의 결합력이 상대적으로 감소하여 강도가 저하한다는 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다(Park 등, 2004).

한편, Fig. 5에서 보는 바와 같이 압축강도와 투수계수의 관계는 압축강도가 증가함에 따라 투수계수는 감소하는 경향을 나타내었으며, 압축강도에 대한 투수계수의 유의성은 0.91로 유의성이 매우 높은 것으로 나타났다.

Fig. 6은 투수성 포장블록을 타설 한 후의 모습을 보여 주고 있다. 최근 우리나라에서는 콘크리트 타설로 인하여

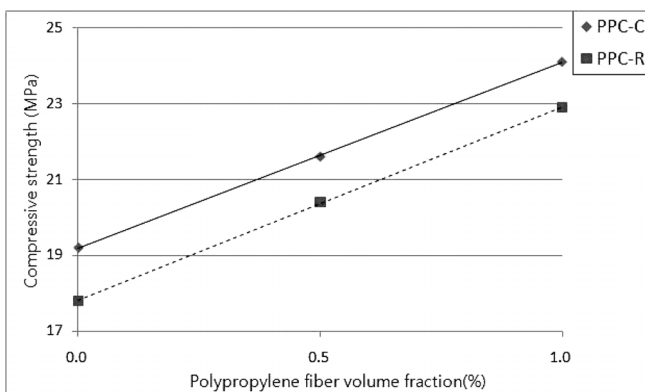


Fig. 4. Compressive strength with polypropylene fiber volume fraction.

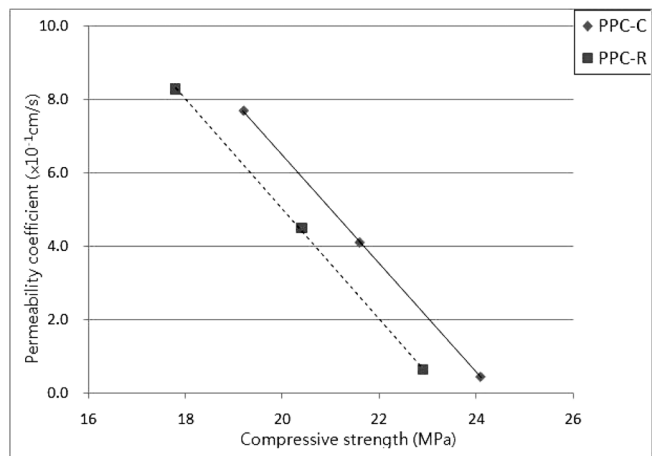


Fig. 5. Relation between compressive strength and permeability coefficient.



Fig. 6. Permeable polymer pavement block using polypropylene fiber.

열섬현상이 심하게 일어나고 있으며, 이러한 열섬현상은 전기사용량의 증가 및 이산화탄소의 배출에 큰 영향을 미치고 있다. 또한, 도시 포장의 경우 주로 일반 콘크리트로 타설하여 강우를 직접 유출시킴으로써, 하천의 범람 및 하수도의 부하를 부추이고 있다. 따라서 이러한 투수블럭은 다른 콘크리트 블럭과 함께 사용하기에도 용이하며, 그로 인한 자연의 파괴를 다소나마 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

#### IV. 결론

본 연구는 결합력이 높은 불포화폴리에스터 수지와 폴리프로필렌섬유를 사용한 투수성 폴리머 콘크리트를 제조하여, 섬유 혼입물 및 굵은골재 종류에 따른 투수성 폴리머 콘크리트의 공학적 특성을 구명하기 위한 것으로, 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 공극률은 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 모든 배합에서 공극률이 14-24 %로 나타나 포장을 위한 투수콘크리트의 공극률 8 % 이상의 조건을 만족하는 것으로 나타났다.

2) 투수계수는 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 저하하는 경향을 나타내었으며, 섬유의 혼입률에 관계없이 모든 배합에서  $0.43 \times 10^{-1} - 8.3 \times 10^{-1}$  cm/s로 나타나, 우리나라의 투수콘크리트의 투수계수 기준  $1 \times 10^{-2}$  cm/s를 만족하는 것으로 나타났다.

3) 압축강도는 모든 배합에서 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, 섬유를 혼입한 경우 17.8-24.1 MPa의 압축강도를 나타내어 투수 콘크리트의 설계기준강도인 18 MPa에 근접하거나 상회하는 결과를 나타내었고, 재생골재를 사용한 콘크리트의 압축강도가 채석을 사용한 압축강도에 비하여 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

4) 결합재로 폴리머를 사용한 포장용 투수성 폴리머 콘크리트는 물리·역학적 특성이 우수하여 투수성 포장을 위한 재생골재의 활용이 가능할 것으로 기대되며, 폴리프로필렌섬유 등과 혼용하여 사용할 경우 성능이 우수한 투수성 콘크리트의 제조가 가능할 것으로 기대된다.

5) 포장도로에 폴리프로필렌섬유를 사용한 폴리머 콘크리트는 공극률이 작아지는 경향이 있어 투수성이 저하하나, 폴리프로필렌섬유로 인한 강도증진 효과가 있어 포장도로에 유용하게 활용되어질 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. Chae, C.W. 2002. Physical properties of porous concrete using admixtures. *Journal of the Korea Concrete Institute* 14(2): 257-265. (in Korean).

2. Choi, J.J., H.J. Yu. 2010. Effects of filling materials on the physical properties of permeable polymer concrete. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 30 (2A): 177-184. (in Korean).

3. Civil Engineering Standard Specification. 2005. Permeability Concrete Pavement (07154). (in Korean).

4. Folwer, D.W. 1994. Current uses of polymer concrete in the United States. *Proceedings of the First East Asia Symposium on Polymers in Concrete*: 3-9.

5. Gowripalan, N., S.H. Yang, C.G. Han. 2003. A fundamental study on the development of permeable polymer concrete for balcony bricks. *Proceedings of the Fourth ASPIC*: 185-194.

6. Kim, M.H., Y.K. Baik., S.P. Kang., Y.R. Kim, J.H. Kim. 2000. Fundamental properties of porous concrete according to sizes of aggregate. *Journal of the Korea Concrete Institute* 13(5): 438-446. (in Korean).

7. Kim, S.B., K.S. Yeon, N.H. Ryu. 2004. Flexural properties of glass fiber reinforced polymer concrete composite panel. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 46(6): 37-45. (in Korean).

8. Kim, Y.I., C.Y. Sung. 2005. Characteristics of environment-friendly porous polymer concrete for permeable pavement. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 47(7): 25-33. (in Korean).

9. Kawakami, M., H. Tokushige, S. Matsuoka. 2002. Physical properties of porous polymer concrete using recycled plastic aggregates. *Cement Science and Concrete Technology* 55: 645-650.

10. Ko, E.J., E.J. Goh., H.J. Seok, S.H. Lee. 2009. A study of developing guides for the construction site quality control of porous concrete. *The Journal of the Korean Institute of Building Construction* 9(3): 65-71. (in Korean).

11. Lee, Y.S., M.K. Joo. 2002. Fundamental properties of water-permeable polymer-modified concrete. *Journal of the Korea Concrete Institute* 14(3): 402-408. (in Korean).

12. Lho, B.C., K.H. Choi, J.H. Kim. 2007. An experimental study on permeability in elevation of porous concrete using unsaturated polyester resin. *Journal of the Korea Concrete Institute* 19(2): 163-169. (in Korean).

13. Noh, K.H., C.Y. Sung. 2004. Mechanical and drying shrinkage properties of polypropylene fiber reinforced high flow concrete. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 46(5): 79-85. (in Korean).

14. Park, S.B., D.S. Seo, J. Lee. 2004. A study on the sound absorption properties of porous concrete by recycled aggregate contents and target void ratio. *Journal of the Korea Concrete Institute* 16(4): 541-548. (in Korean).

15. Park, S.B., E.S. Yoon., D.S. Seo, J. Lee. 2005. Mechanical properties of porous concrete for pavement using recycled aggregate and polymer. *Journal of the Korea Concrete Institute* 17(4): 595-602. (in Korean).
16. Sung, C.Y., H.J. Jung. 1996. Engineering properties of permeable polymer concrete with stone dust and fly ash. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 38(4): 147-154. (in Korean).
17. Sung, C.Y. 2004. Permeability of polypropylene fiber reinforced soil concrete pavement materials. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 46(6): 13-19. (in Korean).
18. Sung, C.Y. 2006. Engineering properties of permeable polymer concrete using bottom ash and recycled coarse aggregate. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 48(7): 25-31. (in Korean).
19. Sung, C.Y., Y.I. Kim. 2010. Mechanical properties of permeable polymer concrete for permeability pavement with recycled aggregate and fiber volume fraction. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 52(1): 69-77. (in Korean).
20. Won, J.P., C.I. Jang., S.W. Lee., H.Y. Kim, W.Y. Kim. 2008. Spalling and internal temperature distribution of high strength column member with polypropylene fiber volume fractions. *Journal of the Korea Concrete Institute* 20(6): 821-826. (in Korean).
21. Youn, J.N., C.Y. Sung, Y.I. Kim. 2009. Physical and mechanical properties of porous concrete using waste activated carbon, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 51(4): 21-27. (in Korean).