

# 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 물성 비교 평가

황병일, 김효정\*  
(주)제이엔티아이엔씨 기술연구소

## Comparison of Physical Properties of Permeability Concrete Using Acrylic Polymer

Byoung-Il Hwang, Hyo-Jung Kim\*  
R&D Center, JNTINC Co. Ltd

**요약** 본 논문의 목적은 기존의 에틸렌기반 폴리머 사용 배합인 투수 콘크리트 단점을 개선하고자, 아크릴 폴리머를 적용함으로써 개선된 도로 포장 재료로써 활용하기 위한 기초자료를 제시하고 한다. 기존의 에틸렌 폴리머 기반 투수 콘크리트 재료를 선정하고, 아크릴 폴리머를 혼입하여 배합 설계하여 비교 평가하였다. 시험결과, 기존 에틸렌 기반 폴리머 투수 콘크리트 배합 경우 큰 공극률이 발생하여 압축강도 증진이 미약한 결과를 나타냈었고, 아크릴 폴리머 기반 투수 콘크리트 배합 경우 KS에서 규정하고 있는 차도용 28일 압축강도 24MPa를 만족하였다. 휨강도인 경우, 아크릴 폴리머 기반 투수 콘크리트 배합 강도가 우수하였으며, 투수 계수는 모든 변수에서 기준인 0.1(mm/s) 이상으로 측정되었다. 흡수율의 경우 모든 변수에서 1% 이하로 측정되었고, 동탄성계수 측정결과, 아크릴 폴리머배합특성의 경우 120 Cycle 이상 측정을 유지할 수 있었고, 다른 배합의 경우 80 Cycle 이상 유지하지 못하였다. 따라서 기존의 에틸렌 폴리머 기반보다 아크릴 폴리머를 적용함으로써, 내구성 향상에 효과적인 것으로 판단된다.

**Abstract** The aim of this paper was to improve the shortcomings of Pitcher Concrete, a conventional ethylene-based polymer used in combination with the other components, and present basic data for use as improved road pavement material by applying an acrylic polymer. Existing ethylene polymer-based pitcher concrete materials were selected. Acrylic polymer was then added and the resulting mixture was evaluated. The compressive strength of the existing ethylene-based polymer pitcher concrete combination was low due to the large air gap, and a compressive strength of 24MPa was observed on the 28th day of road use, as defined by KS for an acrylic polymer-based pitcher concrete combination. Regarding the bending strength, the combined strength of the acrylic polymer-based pitcher concrete was excellent, and the factor of the pitcher was measured above the reference, 0.1(mm/s), in all variables. All parameters measured were less than 1%. The acrylic polymer mixing characteristics were able to maintain the dynamic modulus of elasticity for more than 120 cycles, but not more than 80 cycles for the other combinations. Therefore, the addition of more acrylic polymer than conventional ethylene polymer base is effective in improving the durability.

**Keywords** : Porous Concrete, Acrylic Polymer, Ethylene Polymer, Pavement, Road

본 논문은 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구지원(19RDRP-B066173-07)으로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Hyo-Jung Kim(JNTINC)

email: dnflaos104@naver.com

Received May 21, 2019

Revised June 17, 2019

Accepted July 5, 2019

Published July 31, 2019

## 1. 서론

대부분의 도로포장은 아스팔트 및 콘크리트 포장으로 표층 및 기층이 불투수성이므로 강수량이 많거나 일부 도로의 구배가 제대로 이루어지지 못하며 부분 파손으로 인하여 빗물이 고여 수막현상으로 인하여 원활한 통행을 방해하거나 자동차 제동시 미끄럼 저항성이 떨어져 안전을 위협하는 등 도로의 역할 수행을 제대로 하지 못하는 경우가 많다[1].

대부분 경우 포장 재료로는 보도 블록, 아스팔트, 시멘트 콘크리트 등과 같은 불투수성이며, 일반적인 투수 콘크리트 포장은 시멘트와 단입도 골재를 물과 혼합하여 제조 및 시공하고 있어 시공 직후의 투수성은 우수하나 시공 후 시간 경과에 따라 이물질이 공극에 폐색 되어 투수 기능을 상실하는 문제점을 가지고 있다.

해외의 투수 콘크리트 제조는 기후가 온난하여 동결융해작용이 없는 지역에서는 시멘트만을 결합재로 사용하여 투수 콘크리트를 제조 시공하는 경우도 있으나 동결융해작용에 노출되는 지역의 국가에서는 시멘트를 결합재로 사용하는 경우에는 일정량 이상의 수분산 폴리머를 혼합하여 투수 콘크리트 경화체의 내구성능을 향상시키는 방법이 다양하게 시도되고 있으며 이외에도 우레탄과 에폭시 등을 사용하여 폴리머를 결합재로 사용하여 초기 설치비는 고가이나 경제성을 고려하여 고내구성을 확보하는 무시멘트 폴리머 결합재 방식의 투수 콘크리트도 개발되어 적용이 확산되고 있다.

국내의 투수 콘크리트 제조 및 시공기술은 초기 시공비를 저가로 하기 위한 방법으로 시멘트와 물, 골재만을

혼합하는 방식으로 주로 시공되고 있으며, 이러한 투수 콘크리트인 경우 골재에 입힌 높은 점성의 시멘트 페이스트에 의해 공극 구조를 형태를 가지고 있음에도 불구하고, 낮은 응력과 큰 공극 용적 때문에 콘크리트의 강도 및 내구성이 저하되는 단점이 있다[2]. 또한, 보통 아스팔트 콘크리트인 경우 대부분 비닐아세트산 공중합체에 에틸렌 폴리머를 사용하여 장기간 자동차 하중 침하에 대한 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 탄성과 연성이 강한 플라스틱계의 아크릴 폴리머를 사용하여 기존의 투수 콘크리트의 강도 및 내구성을 향상 시키고자 폴리머 시멘트 콘크리트 베이스의 투수 콘크리트를 연구하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 논문에서는 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트와 에틸렌 폴리머를 사용한 기존 투수 콘크리트의 기초 물성을 비교 평가하고자 하였다.

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트 배합설계는 Table 1에 나타낸 바와 같이 「KCS 61 10 45 포장공사」 규정[3]에 근거하여 배합설계 하였다. 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 물성 비교 평가를 위한 시방 배합설계를 Table 2에 나타내었으며 현장배합 설계를 Table 3에 나타내었다. 투수 콘크리트는 실내에서 팬믹서를 통하여 시편을 제작하였으며 각각의 배합설계에 의거 시공현장과 동일 조건으로 다짐하였다.

Table 1. Standard specification criteria

Item	For base layer	For bicycle roads and press	Parking	Driveway	Testing method
Compressive strength (MPa)	15.0	15.0	18.0	24.0	KS F 2405
Bending strength (MPa)	2.0	2.0	3.0	3.5	KS F 2408
Permeability coefficient (mm/s)	0.1 more				KS F 2394
Absorption rate (%)	7% below				KS F 4419
Freeze-thaw resistance (Cycle)	80				KS F 2456

Table 2. Specified mix

Gravity max (mm)	Slump range (mm)	Air range (%)	W/C range(%)	S/a(%)	Unit Weight(kg/m <sup>3</sup> )				
					W	C	S+G	Polymer	AD
10~13	Non	Non	10~13	-	54.6	420	2050	C×3.0%	C×1.0%

Table 3. Job mix

Specimen	W/C(%)	S/a (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	Binder (kg/m <sup>3</sup> )	S (kg/m <sup>3</sup> )	G (kg/m <sup>3</sup> )			Type of polymer used
				C		13	20	25	
Plain	12.1	49.5	54.6	450	974	994	-	-	Acrylic polymer
A				380	974	-	-	1067	Base Ethylene polymer
B				400	994	-	1046	-	Base Ethylene polymer
C				380	1002	-	1054	-	Base Ethylene polymer

Table 4. Physical properties of cement

Type	Time of Setting(h:m)		Compressive Strength(MPa)			Blain (cm <sup>2</sup> /g)	Autoclave Expansion (%)	lg. loss (%)	Specific gravity
	initial	final	3day	7day	28day				
OPC	260	7:00	30	42	58	3,400	0.02	1.02	3.15

Table 5. Chemical composition of cement

Type	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO(%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO(%)	SO <sub>3</sub> (%)	Na <sub>2</sub> Oeq(%)		TiO <sub>2</sub> (%)
							K <sub>2</sub> O(%)	Na <sub>2</sub> O(%)	
OPC	21.54	5.60	62.59	3.38	2.70	1.96	0.74		-
							1.05	0.05	

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 기초 물성을 비교 평가하기 위해 기존 차도용으로 포장 시공하고 있는 국내 3개 업체의 투수 콘크리트를 선정하고 KS 규정에 의거 비교 평가하였다. 평가 항목으로는 압축강도 및 휨강도 흡수율, 동결융해 저항성을 평가하였다.

기존 투수 콘크리트 폴리머 재료는 에틸렌으로써, 에틸렌은 석유를 분해 증류하는 과정에서 생산되는 고분자이다. 촉매 존재 하에 열과 압력을 가하면 에틸렌 단위체는 결합하여 긴 사슬을 이루어 여러 합성체를 만들어 낼 수 있다. 열가소성 특징으로 보통 범용 플라스틱 재료로 많이 쓰인다.

## 2.2 사용재료

### 2.2.1 결합재

본 연구에서는 사용한 결합재는 KS L 5201에서 규정하고 있는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 물리·화학적 특성은 Table 4와 Table 5에 나타내었다.

### 2.2.2 골재

본 연구에서 사용한 사용된 골재는 KS F 2523에서 규정하고 있는 밀도 2.77인 쇄석 골재를 사용하였으며 골재표준입도를 Fig. 1에 나타내었다.

### 2.2.3 아크릴 폴리머

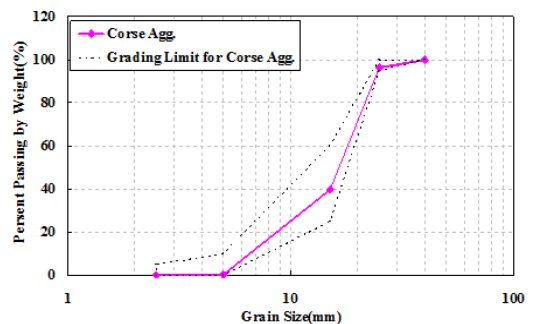


Fig. 1. Particle size distribution curve (Aggregate)



Fig. 2. Acrylic Polymer

본 연구에서 사용한 아크릴 폴리머는 국내 D사에서 제조하여 시제품으로 판매되고 있는 아크릴 폴리머를 사용하였으며 Fig. 2에 나타난 바와 같이 플라스틱 고분자의 한 형태로 탄성 및 부착성이 매우 뛰어난 아크릴 폴리머를 사용하였다. 아크릴 폴리머는 주로 접착제로 많이 쓰이며 원료의 가격 및 다양한 단량체와 반응의 용이성 등의 장점을 가지고 있다.

### 2.2.4 혼화제

본 연구에서 사용한 혼화제는 국내 J사에서 시제품으로 판매하고 있는 폴리카르보산계의 고성능 유동화제(표준형)를 선정하여 사용하였다. 고성능 유동화제는 낮은 슬럼프를 갖는 콘크리트의 유동성을 증가시키고 시멘트 페이스트와 분리를 억제하기 위해 단위시멘트량 대비 소량을 치환하여 사용하였다.

## 2.3 시험방법

### 2.3.1 압축강도 및 휨강도

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 압축강도 및 휨강도 시험체는 「KS F 2403 콘크리트 강도 시험용 공시체 제작방법」에 준하여 Ø100×200mm의 원주형 시험편으로 제작하였고 KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법에 의거하여 기건양생을 실시하였다. 시험체 제작 후 골재의 탈락 방지를 위해 표면 및 시편 주위에 폴리머를 도포 하였으며 제작된 시험체는 재령 7일 28일에 강도를 측정하였다.

### 2.3.2 투수성

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 투수성을 평

가하기 위한 시험편은 「KS F 4419 보차도용 콘크리트 인터로킹 블록」에 준하여 제작하였으며 투수성 평가는 「KS F 2394 투수성 포장체의 현장 투수시험방법」에 준하여 평가를 진행하였다.

### 2.3.3 흡수율

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 흡수율을 평가하기 위한 시험편은 「KS F 4419 보차도용 콘크리트 인터로킹 블록」에 준하여 제작하였으며 실온 15℃에서 25℃의 맑은 물속에 24시간 침지 시킨 후 즉시 물에서 꺼내어 철망 위에 놓고 1분간 물기를 뺀 후, 젖은 형질으로 표면을 닦아내고 시험체의 표건 질량( $m_0$ )을 측정하였다. 이후 100℃~110℃ 공기 건조기 안에서 24시간 건조시켜 시험체의 절건 질량( $m_1$ )을 측정하였다. 흡수율은 다음식(1)에 따라 계산하였다.

$$\text{흡수율(\%)} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

여기서  $m_0$  : 시험체의 표건질량(g)

$m_1$  : 시험체의 절건질량(g)

### 2.3.4 동결융해 저항성

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 동결융해 저항성을 평가하기 위한 시험편은 「KS F 2403 콘크리트 강도 시험용 공시체 제작방법」에 준하여 Ø100×200mm의 원주형 시험편으로 제작하였다.

동결융해 저항성 시험은 「KS F 2456 급속 동결융해에 대한 콘크리트 저항 시험방법」 중 A type에 따라 수중 동결 수중 융해의 방법으로 실시하였으며 이때 공시체 중 샘플에서의 온도를 동결시 -18℃, 융해 시 4℃로 상승시키는 것을 1사이클 4시간으로 하여 반복 수행하였다. 각 시험체는 300 사이클을 원칙으로 수행하나 시험체의 상대 동탄성계수가 60% 이하로 되는 경우는 시험을 종료하였다.

## 3. 시험결과 및 분석

### 3.1 압축강도

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 물성 비교 평가 시험을 위한 압축강도 시험결과를 Fig. 3에 나타내었다. 아크릴 폴리머를 사용한 Plain의 28일 압축강도는

26.5MPa로 측정되었으며 A사는 14.8MPa, B사는 20.4MPa, C사는 16.4MPa로 측정되었다. 본 연구에서의 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 압축강도는 에틸렌 폴리머를 사용한 투수 콘크리트와 비교하여 76% 높게 측정되었다. 이는 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트가 에틸렌 폴리머를 사용한 투수 콘크리트와 비교하여 단위 시멘트량이 높고 굵은 골재의 치수가 상대적으로 작아 골재와 골재 사이의 분당 역할을 원활하게 하였기 때문에 압축강도가 상대적으로 높게 측정된 것으로 판단된다.

본 연구에서의 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트는 13mm 굵은 골재를 사용하여 골재 사이의 빈공간을 최소화하고 아크릴 폴리머를 사용함에 따라 충분한 본딩이 이루어져 차도용 28일 압축강도 24MPa 이상을 만족하는 것으로 나타났다.

### 3.2 휨강도

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 물성 비교 평가 시험을 위한 휨강도 시험결과를 Fig. 4에 나타내었다. 아크릴 폴리머를 사용한 Plain의 28일 휨강도는 5.8MPa로 측정되었으며 A사는 2.4MPa, B사는 3.8MPa, C사는 3.1MPa로 측정되었다. 본 연구에서의 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 휨강도는 에틸렌 폴리머를 사용한 투수 콘크리트와 비교하여 65% 높게 측정되었다.

투수 콘크리트의 휨강도의 경우 포장체의 공극률과 사용된 단위시멘트량, 폴리머의 탄성 및 강성에 따라 강도의 발현이 좌우된다. 본 연구에서 사용한 아크릴 폴리머는 시멘트 입자의 분산성을 향상시키고 경화 후 폴리머 필름의 형성으로 인해 매트릭스 고강도화 되었기 때문에 기존 에틸렌 폴리머를 사용한 투수 콘크리트와 비교하여 탄성 및 강성을 증가시켰을 것으로 판단된다[4]. 또한, 도로에서의 증차량이 진입하였을 경우 큰 하중이 발생하여 부서짐 현상 및 노면의 골재 탈락 현상이 발생하는 반면 본 연구에서 설계된 투수 콘크리트는 이러한 문제점을 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.3 투수성

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 물성 비교 평가 시험을 위한 투수 계수 시험결과를 Fig. 5에 나타내었다. 시험결과 모든 변수에서 기준인 0.1(mm/s) 이상으로 측정되었다. 그러나 단위시멘트량이 적고 굵은 골재 최대크기가 큰 A 변수 및 C 변수 배합의 경우 공극률이 크고 골재와 골재 사이의 간극이 커  $13.29 \times 10^{-2}$  및

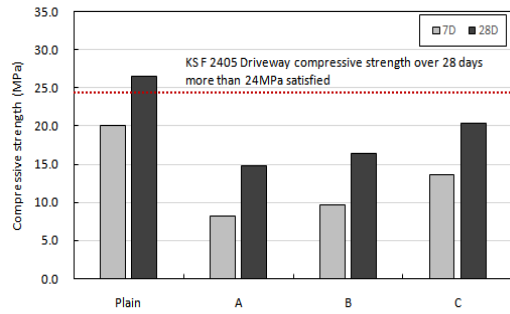


Fig. 3. Compressive strength

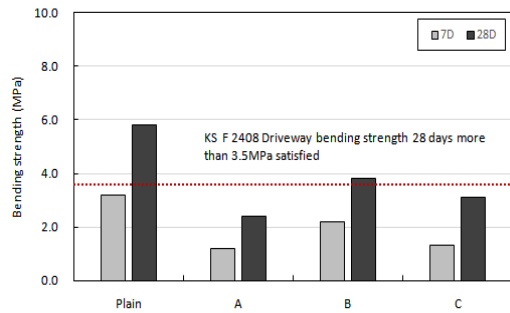


Fig. 4. Bending strength

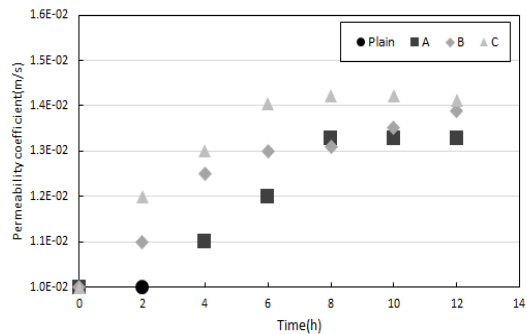


Fig. 5. Permeability coefficients

$14.12 \times 10^{-2}$ 로 측정되어 기준보다 큰 결과를 나타냈다. 이는 집중호우 시 하부의 우수저류조 시설이 갖추어져 있지 않을 경우, 콘크리트 내부에서 충분히 빗물을 저류하지 못하여 도로 외부로 범람할 수 있는 위험성이 보이는 것으로 판단된다.

### 3.4 흡수율

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 물성 비교 평가 시험을 위한 흡수율 시험결과를 Fig. 6에 나타내었

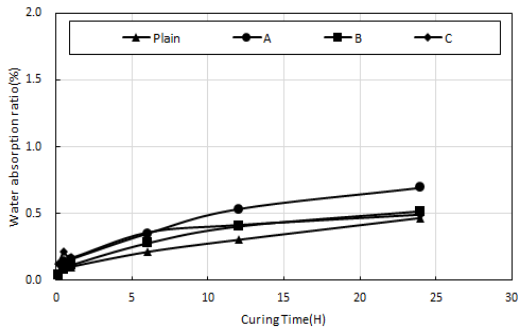


Fig. 6. Water absorption ratio

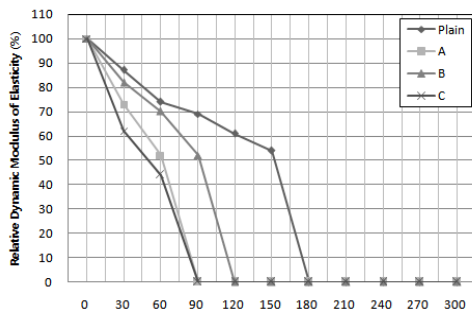


Fig. 7. Freezing and Thawing resistance

다. 흡수율 측정결과 모든 시험체에서 1% 이하로 측정되었다. 이는 일반적인 투수 콘크리트의 경우 안료 또는 안정적인 폴리머를 사용하기 때문에 폴리머가 배합에 사용된 굵은 골재에 흡착하여 필름막을 형성하였기 때문으로 판단된다. 이에 따라 투수 콘크리트에 흡수되는 물의 양은 극히 적은 것으로 나타났으며 투수 콘크리트 시공 시 낮은 흡수율로 인해 원활한 투수 성능을 발휘하여 내구성 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

### 3.5 동결융해저항성

현재 투수 콘크리트 시방기준은 동결융해저항성이 80 Cycle 이상 기준이다. 이 동결융해 시험은 콘크리트가 충분히 포화 되어 있지 않고 동결융해에 대한 충분한 저항성을 가진 골재가 사용되어 있을 경우, 심각한 동결융해에 의한 손상이 일어나지 않는다는 가정이 내포되어 있다.

본 논문에서 사용한 동결융해 시험기는 동결융해 과정을 자동으로 제어할 수 있으며 공시체의 온도, 냉각공기의 온도 및 용해수의 온도를 제어하면서 수행되었다. 동탄성계수 측정방법에는 크게 고유진동수에 의한 측정방

법과 초음파 속도법에 의한 측정방법이 있다. 초음파 속도법에 의한 측정방법은 손쉽게 측정할 수 있는 반면, 초음파가 통과하는 면의 폭이 15.2~20.3cm 이상이 되어야 한다[4].

본 논문에서는 10×10×40 cm의 각주형 시험체를 사용하고 초음파 속도법으로 측정하였으며 고유 진동수에 의한 측정법을 이용하여 동탄성계수를 측정하였다.

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 물성 비교 평가 시험을 위한 동탄성계수 시험결과를 Fig 7에 나타내었다. 측정결과, 본 연구를 통하여 제시된 Plain 배합 특성의 경우 120 Cycle 이상 측정을 유지할 수 있었고, 다른 배합의 경우 80 Cycle 이상 유지하지 못하였다. 본 논문에서 제시한 배합특성의 경우 아크릴 폴리머를 적용하여 콘크리트 조직이 밀실하고, 타변수에 비하여 단위시멘트 함량이 높아 높은 본딩 효과로 인하여 충분한 동결융해저항성을 보였다. 이는 기존 연구에서 폴리머 입자가 시멘트 페이스트 내 미세공극을 충전하고 폴리머 필름으로 시멘트 수화물과 골재와의 결합력을 증진 시켜 주기 때문으로 판단된다[5].

## 4. 결론

아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트를 에틸렌 폴리머를 사용한 투수 콘크리트와 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 압축강도 측정결과 본 연구에서의 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트의 압축강도는 에틸렌 폴리머를 사용한 투수 콘크리트와 비교하여 76% 높게 측정되었다. 이는 아크릴 폴리머를 사용한 투수 콘크리트가 에틸렌 폴리머를 사용한 투수 콘크리트와 비교하여 단위시멘트량이 높고 굵은 골재의 치수가 상대적으로 작아 골재와 골재 사이의 본딩 역할을 원활하게 하였기 때문에 압축강도가 상대적으로 높게 측정된 것으로 판단된다.
- 2) 휨강도 결과, 압축강도와 유사한 경향을 나타내었으며 Plain의 28일 휨강도가 가장 우수하게 측정되었다. 이는 아크릴 폴리머를 사용하여 시멘트 입자의 분산성을 향상시키고 경화 후 폴리머 필름의 형성으로 인해 매트릭스 고강도화 되었기 때문에 탄성 및 강성을 증가시켰을 것으로 판단된다.
- 3) 투수 계수 시험결과, 모든 변수에서 기준인 0.1(mm/s)

이상으로 측정되었다. 하지만 단위시멘트량이 적고 굵은 골재 최대크기가 큰 A 변수 및 C 변수 배합의 경우 공극률이 크고 골재와 골재 사이의 간극이 커 기준보다 큰 결과를 나타냈었으나, 집중호우 시 하부의 우수저류조 시설이 갖추어져 있지 않을 경우 콘크리트 내부에서 충분히 빗물을 저류 하지 못하여 도로 외부로 범람할 수 있는 위험성이 보이는 것으로 판단된다.

- 4) 흡수율의 경우 모든 변수에서 1% 이하로 측정되었다. 이는 일반적인 투수 콘크리트의 경우 안료 또는 안정적인 폴리머를 사용하기 때문에 폴리머가 배합에 사용된 굵은 골재에 흡착하여 필름막을 형성하였기 때문으로 판단된다.
- 5) 동탄성계수 측정결과, Plain 배합특성의 경우 120 Cycle 이상 측정을 유지할 수 있었고, 다른 배합의 경우 80 Cycle 이상 유지하지 못하였다. 이는 아크릴 폴리머를 적용하여 콘크리트 조직이 밀실하고, 타변수에 비하여 단위시멘트 함량이 높아 높은 분당 효과로 인하여 충분한 동결융해저항성을 보인 것으로 판단된다.

## References

- [1] J. D. Ha, S. O. Ha, "Mix Design and Construction of Pitcher Concrete Pavement", *Pavement Engineers* Vol.2, No.2, pp.65-73, 2000.
- [2] J. I. Kim., Development of Dense Grate Permeable Concrete Using Flexible Alkyd Resin, Master's thesis, Chungbuk National University Graduate School of Industry,Korea, pp.1-6, 2010.
- [3] KCS 61 10 45 Packing Work (2017), Ministry of Land, Infrastructure and Transport (in Korean).
- [4] K. R. Lee, S. Y. Han, K. Nam-Gung, S. Y. Han, K. K. Yun, "Construction Method and Durability Evaluation of Mock-up Test for Bobsleigh Track", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.17, No.1, pp.315-323, Jan. 2016.  
DOI:<http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.1.315>
- [5] H. Y. Moon, S. S. Kim, H. S. Jung, "An Experimental Study of Permeable Concrete Pavement for Application", *Magazine of the Korea Concrete Institute*. Vol.10, No.3, pp.165-173, 1998.

황 병 일(Byoung-Il Hwang)

[정회원]



- 2019년 2월 : 우석대학교 대학원 건설공학과 (공학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 우석대학교 대학원 조경·건설공학과 박사과정
- 2018년 8월 ~ 현재 : (주)제이엔티 아이엔씨 기술연구소 연구원

<관심분야>

콘크리트 구조 및 재료

김 효 정(Hyo-Jung Kim)

[정회원]



- 2018년 2월 : 청운대학교 대학원 토목환경공학과 (공학석사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정
- 2017년 1월 ~ 현재 : (주)제이엔티 아이엔씨 기술연구소 연구원

<관심분야>

콘크리트 구조 및 재료