

## 충전재 종류에 따른 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 강도 및 투수 특성

### Strengths and Permeability Properties of Porous Polymer Concrete for Pavement with Different Fillers

김 영 익\* · 성 찬 용\*\*†

Young-Ik Kim · Chan-Yong Sung

#### Abstract

Recently, concrete has been made porous and used for sound absorption, water permeation, vegetation and water purification according to void characteristics. Many studies are carried out on the utilization of sewage sludge, fly ash and waste concrete to reduce the environmental load. This study was performed to evaluate the void, strength, relationship between void and strength, permeability and chemical resistance properties of porous polymer concrete for pavement with different fillers. An unsaturated polyester resin was used as a binder, crushed stone and natural sand were used as an aggregate and bottom ash, fly ash and blast furnace slag were used as fillers. The mix proportions were determined to satisfy the requirement for the permeability coefficient,  $1 \times 10^{-2}$  cm/s for general permeable cement concrete pavement in Korea. The void ratios of porous polymer concrete with fillers were in the range of 18~23%. The compressive strength and flexural load of porous polymer concrete with fillers were in the range of 19~22 MPa and 18~24 KN, respectively. The permeability coefficients of porous polymer concrete with fillers were in the range of  $5.5 \times 10^{-1} \sim 9.7 \times 10^{-2}$  cm/s. At the sulfuric acid resistance, the weight reduction ratios of porous polymer concrete immersed during 8-week in 5%  $H_2SO_4$  were in the range of 1.08~3.56%.

*Keywords* : Porous polymer concrete, Environmental load, fillers, Permeability coefficient, Strength, Sulfuric acid resistance

## 1. 서 론

현재 도로 포장은 아스팔트 콘크리트와 시멘트 콘크리트 등의 불투수성 포장 재료에 의한 전면포장으로 호우시 포장면에서 배수구를 통한 우수가 그대로

하천에 유입된다. 이와 같이 우수의 직접 유출에 의하여 도시 하천의 홍수량이 증가되어 저지대 및 하류지역에서 홍수 피해가 빈번하게 발생하고, 침투수 부족으로 인하여 지하수의 고갈 등의 문제가 대두되고 있다.<sup>1)</sup>

따라서 최근에는 홍수에 의한 침수 피해를 방지하고 지하수자원을 확보하기 위하여 기존의 시멘트 콘크리트 및 아스팔트 포장의 불투수성을 크게 개선한 투수 및 배수성 포장 및 콘크리트를 개발하기 위한 연

\* 충남대학교 농업생명과학대학

† Corresponding author. Tel.: +82-42-821-5798

Fax: +82-42-821-8877

E-mail address: cysung@cnu.ac.kr

구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 기존의 투수성 시멘트 콘크리트 및 아스팔트 포장의 경우 결합재의 낮은 결합력으로 인하여 겨울철 동결융해의 반복 작용시 균열 및 골재의 탈락 등에 기인한 부분 침하 및 파괴 등이 빈번하게 발생하며, 장기적으로 내구성이 크게 저하되는 문제점을 내포하고 있다.<sup>2,7)</sup>

최근에는 시멘트의 단점을 개선하기 위한 고분자 결합재의 사용이 크게 증가하고 있으며, 특히 불포화 폴리에스터 수지는 강도 발현, 작업성 및 성형성이 우수하여 높은 결합력이 요구되는 포러스 콘크리트에 활용할 경우 효과가 우수한 것으로 알려져 있다.<sup>13)</sup>

한편, 환경문제가 사회적으로 크게 대두되면서 콘크리트 분야에서도 친환경 콘크리트에 대한 연구가 요구되고 있으며, 특히 지구 온난화의 주요인인 CO<sub>2</sub> 가스배출 억지 대책으로 시멘트 제조시 환경부하를 저감시키기 위해 산업부산물 및 폐기물을 콘크리트용 혼합재료로 활용하기 위한 연구가 크게 증가하고 있다.<sup>1,2)</sup> 또한, 화력발전 및 제철 산업의 증가와 함께 부산되는 플라이 애시 및 고로슬래그 미분말의 발생량 또한 크게 증가하여 이에 대한 효율적인 처리 및 활용이 요구되어지고 있으며, 특히 화력 발전소에서 플라이 애시와 함께 부산되는 바텀 애시는 활용성이 매우 미흡하여 이에 대한 연구가 요구된다.<sup>3,4)</sup>

따라서 본 연구에서는 보통 시멘트 포러스 콘크리트의 낮은 강도 및 내구성 등의 단점을 개선하기 위하여 결합력이 높은 불포화 폴리에스터수지 및 충전재로 산업부산물인 플라이 애시, 고로슬래그 미분말 및 바텀 애시를 활용한 포장용 포러스 폴리머 콘크리트를 개발하고, 충전재의 종류에 따른 포러스 폴리머 콘크리트의 공극률, 강도, 투수계수, 동결융해저항성 및 내약품성 등의 물리, 역학적 특성을 구명하여 투수 포장에 활용할 수 있는 자료를 제공하고자 한다.

Table 1. General properties of unsaturated polyester resin

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

Table 2 Physical properties of aggregate

Type	Size (mm)	Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )	Specific gravity (20°C)	Absorption ratio (%)	Fineness modulus
Coarse	5~13	1,597	2.64	1.28	6.84
Fine	0.15~5	1,675	2.62	0.87	2.66

## II. 재료 및 방법

### 1. 사용재료

포장용 포러스 폴리머 콘크리트 제조를 위한 결합재는 메틸에틸케톤 프록사이드가 55% 함유된 DMP 용액을 개시제로 사용하는 올소타입의 불포화 폴리에스터 수지를 사용하였으며, 이에 대한 일반적 특성은 Table 1과 같다. 골재는 굵은골재와 잔골재를 사용하였으며, 물리적 특성은 Table 2와 같다.

또한, 결합재의 점성 및 결합재와의 페이스트로 골재와 골재의 결합력을 증가시키기 위한 충전재는, 화력발전소에서 부산되어지는 플라이 애시 및 바텀 애시와 고로에서 용융상태의 슬래그를 급냉화하여 입상화한 고로슬래그 미분말을 사용하였으며, 물리적 특성은 Table 3과 같다.

### 2. 배합설계 및 제작

투수 포장용 콘크리트는 일반 콘크리트와는 달리 투수를 위한 많은 연속적인 공극을 가지며, 투수계수는 공극률과 비례관계에 있다. 그러나 투수성을 증가

Table 3 Physical properties of filler

Type	Specific gravity (20°C)	Specific surface (cm <sup>2</sup> /g)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Grain size (mm)	Color
Fly ash	2.39	3,152	1,072	< 0.15	Gray
Blast furnace slag	2.92	4,401	1,077	< 0.15	White
Bottom ash	2.42	2,300	1,200	< 0.15	Gray

시킴을 위한 공극량의 증가는 강도 저하를 초래할 수 있으며 포장용 포러스 콘크리트의 배합설계는 이와 같이 상반관계를 나타내는 강도와 공극률을 모두 만족하는 최적배합을 도출하는 것이 중요하다. 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 강도, 투수계수, 연속공극률 및 동결융해저항성 등의 성능을 좌우하는 가장 중요한 영향요소는 결합재인 불포화 폴리에스터 수지의 사용량으로써, 결합재량이 많으면 폴리머가 골재를 피복한 후 여분의 결합재에 의해 공극이 채워지고, 바닥면에 불투수층의 형성으로 인하여 투수콘크리트의 기능을 할 수 없게 된다.<sup>7)</sup>

본 연구에서는 투수성 아스팔트 포장의 공극률 기준 12%와 투수성 아스팔트 혼합물의 투수계수 기준인  $1 \times 10^{-2}$  cm/s을 만족할 수 있도록 예비실험을 통하여 최적의 배합을 도출하였으며, 배합설계는 Table 4와 같다. 결합재는 혼화재의 종류에 따른 특성을 분석하기 위하여 혼화재의 종류에 관계없이 160 kg/m<sup>3</sup>으로 고정하였으며, 경화제는 작업시 온도 및 제작시간을 고려하여 결합재 중량의 1%를 사용하였다.<sup>6)</sup>

굵은골재 및 잔골재는 다량의 연속 공극을 가질 수 있도록 일반 콘크리트에 비하여 굵은골재의 비율을 높이고 잔골재의 비율은 감소시켰으며, 충전재는 전체 중량의 6%로 동일하게 적용하였다.

투수 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 혼합은 결합재인 불포화 폴리에스터 수지를 충전재 및 입도 조정된 골재에 투입하여 약 3분간 고속믹서기로 혼합하여 결합재가 골재를 충분히 피복할 수 있도록 하였으며, 피복된 골재를 몰드에 타설하여 진동기 진동에 의한 다짐을 하였고, 3시간 후 탈형하여 소정의 장치에서 재령 7일까지 양생하였다.

### 3. 시험방법

#### 가. 공극률

포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 공극률 시험은  $\varnothing 100 \times 200$  mm의 공시체를 제작하여 기건상태의 중량과 수중에서의 중량을 측정하여 식 (1)에 의하여 계산하였다.

Table 4 Mix design of pavement porous polymer concrete with different fillers

(Unit : kg/m<sup>3</sup>)

Mix Type	G <sub>max</sub>	Binder	Aggregate		Filler		
		Unsaturated polyester resin	Coarse	Fine	Fly ash	Blast furnace slag	Bottom ash
PC-NF	13	160	1559	346	-	-	-
PC-FA		160	1450	295	145	-	-
PC-BS		160	1469	305	-	145	-
PC-BA		160	1451	296	-	-	145

\* PC : Porous polymer concrete, NF : No-filler  
 FA : Fly ash, BS : Blast furnace slag  
 BA : Bottom ash

$$P_0 = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \times 100 \quad (1)$$

여기서,  $P_0$  = 공극률(%)

$W_1$  = 수중에서의 공시체 중량(g)

$W_2$  = 기건 양생한 공시체의 중량(g)

$V$  = 공시체의 체적(cm<sup>3</sup>)

#### 나. 강도

압축강도 시험은  $\varnothing 100 \times 200$  mm의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 실시하였으며, 휨하중 시험은  $300 \times 300 \times 60$  mm의 공시체를 제작하여 KS F 4001(보도용 콘크리트 판 휨하중 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 실시하였다.

#### 다. 투수계수

포장용 포러스 콘크리트의 투수계수는 일반 콘크리트의 투수계수보다 크기 때문에 KS F 2322(흙의 투수시험방법)에 준하여 정수위 투수 시험법에 준하여 실시하였으며, 식 (2)에 의하여 산출하였다.

$$K = \frac{VL}{Ah(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

여기서,  $K$  = 투수계수(cm/s)  
 $L$  = 시료의 높이(cm)  
 $A$  = 시료의 단면적(cm<sup>2</sup>)  
 $h$  = 수두(cm)  
 $V = (t_2 - t_1)$  시간내에 통과한 수량(cm<sup>3</sup>)

라. 동결융해저항성

동결융해저항성 시험은 Ø100×200 mm의 공시체를 제작하여 재령 28일에 KS F 2456 (급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법)에 준하여 수중 급속 동결융해시험을 하였으며, 이때 공시체의 온도는 동결시 -18℃, 융해시 4℃가 되게 하였고 동결융해의 1사이클은 4시간이 소요되었다. 시험동안 매 50사이클 간격으로 중량변화율을 측정하였고, 동결융해의 반복이 300 사이클이 되었을 때 시험을 완료하였다.<sup>12)</sup>

마. 내산성

내산성 시험은 재령 7일된 Ø100×200 mm 공시체를 황산 5%용액에 침지하였으며, 침지 후 14, 28, 42, 56일에 부식된 표면을 철솔로 닦아내어 표면건조포화상태의 중량을 측정하였으며, 중량변화율은 식(3)에 의하여 산출하였다.

$$W.C = \frac{W-C}{C} \times 100 \quad (3)$$

여기서,  $W.C$  = 중량변화율(%)  
 $C$  = 침지전 공시체 중량(g)  
 $W$  = 침지 재령에서의 공시체 중량(g)

III. 결과 및 고찰

1. 공극률

Fig. 1은 충전재에 따른 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 공극률을 나타낸 것이다. 충전재의 종류에 관계없이 KS F 2385(투수성 아스팔트 혼합물)에서 규정하고 있는 공극률 12% 이상을 모두 상회하는 것으로 나타났으며, 충전재를 사용한 PC-FA, PC-BS, PC-BA가 충전재를 사용하지 않은 PC-NF에 비해

여 공극률이 감소하는 것으로 나타났다. 포러스 폴리머 콘크리트의 공극률은 사용된 굵은골재 및 잔골재의 입도와 배합에 의해 좌우 될 뿐만 아니라 결합재와의 결합으로 페이스트를 형성하는 충전재의 사용량 및 비표면적이 크게 좌우된다. 충전재의 사용량 및 비표면적이 크면 페이스트의 점성이 증가하여 골재의 피복 두께 증가에 의한 공극률의 감소를 가져올 수 있으며, 반면에 충전재의 사용량 및 비표면적이 작은 경우에는 페이스트의 점성의 감소로 골재의 피복 두께 감소에 의한 공극률의 증가를 가져오게 된다. 따라서 포러스 콘크리트 제조시 결합재인 불포화화폴리에스터 수지만을 사용할 경우 점성이 작기 때문에 골재의 피복 두께 감소에 기인한 공극률 증가를 나타냈으며, 결합재와 충전재를 혼합한 페이스트를 사용할 경우 골재의 피복 두께의 증가에 의한 골재와 골재 사이의 공극이 감소한 것으로 판단된다.<sup>7)</sup>

한편, 충전재에 따른 PC-BS, PC-FA, PC-BA의 공극률은 각각 18, 22 및 24%로 나타났다. PC-BS의 공극률이 가장 낮게 나타났으며, PC-BA의 공극률이 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 사용된 충전재 중 고로 슬래그 미분말의 비표면적이 플라이 애시 및 바텀 애시에 비하여 상대적으로 크기 때문에 페이스트(결합재+충전재)에 의한 골재의 피복두께가 크게 증가하였기 때문으로 판단된다. 반면에 바텀 애시는 비표면적이 상대적으로 작기 때문에 페이스트에 의한 골재의 피복 두께가 감소하여 다른 배합에 비하여 공극이 감소한 것으로 판단된다.

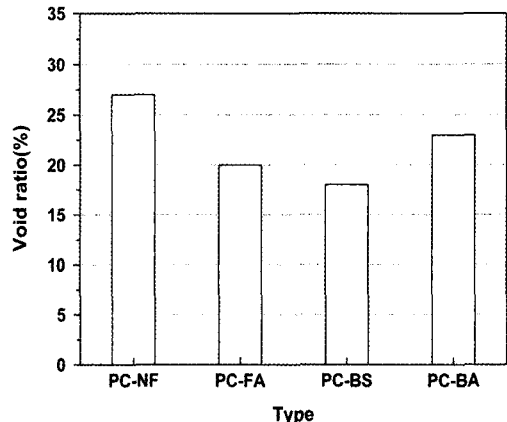


Fig. 1 Void ratio with different filler

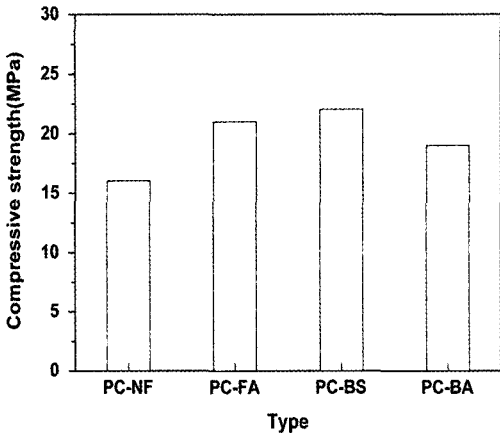


Fig. 2 Compressive strength with different filler

## 2. 압축강도

포러스 콘크리트의 강도는 포러스 콘크리트의 구성 특성상 시멘트 및 골재의 미세 구조에 의하여 강도를 발현하는 일반 콘크리트와는 달리 골재와 골재의 결합에 의하여 강도 특성이 좌우되는 것으로 알려져 있다. Fig. 2는 충전재에 따른 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 압축강도를 나타낸 것이다. 충전재의 종류에 관계없이 충전재를 사용한 PC-FA, PC-BS, PC-BA가 충전재를 사용하지 않은 PC-NF에 비하여 압축강도가 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 공극률의 시험결과와 마찬가지로 충전재를 사용할 경우 충전재를 혼입하지 않은 배합보다 골재의 피복 두께가 증가하여 골재와 골재의 결합력이 커져 압축강도가 증가한 것으로 판단된다.<sup>14)</sup>

충전재에 따른 PC-BS, PC-FA, PC-BA의 압축강도는 각각 22, 21 및 19 MPa로 나타났으며, PC-BS의 압축강도가 가장 크게 나타났고, PC-BA의 압축강도가 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 사용된 충전재 중 고로 슬래그 미분말의 비표면적이 플라이 애시 및 바텀 애시에 비하여 크기 때문에 골재의 피복두께가 크게 증가하여 골재와 골재의 결합력이 증가하였기 때문으로 판단된다. 반면에 바텀 애시는 비표면적이 상대적으로 작기 때문에 페이스트에 의한 골재의 피복 두께가 감소하여 다른 배합에 비하여 압축강도가 감소한 것으로 판단된다.<sup>9)</sup>

Fig. 3은 충전재에 따른 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 압축강도와 공극률의 관계를 나타내며, 충전재의 사용 유무 및 종류에 관계없이 압축강도가 증가할수록 공극률은 감소하는 것으로 나타났다. 압축강도가 증가하기 위해서는 골재의 피복 두께를 증가시켜야 하는 반면에 연속 공극률을 증가시키기 위해서는 골재의 피복 두께를 감소시켜야 하는 상반관계가 있음을 알 수 있다.

## 3. 투수계수

투수계수는 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 요구 성능 중에서 가장 중요한 투수 특성을 판단할 수 있으며, 우수시 강우강도에 관계없이 우수를 전부 투수시킬 수 있는 능력이 요구되어진다.<sup>7)</sup>

Fig. 4는 충전재에 따른 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 투수계수를 나타낸 것이다. PC-NF의 투수계수는  $8.9 \times 10^{-1}$  cm/s를 나타냈으며, PC-FA, PC-BS, PC-BA의 투수계수는  $5.5 \times 10^{-1}$  cm/s ~  $9.7 \times 10^{-2}$  cm/s로 나타났다. 공극률의 시험결과와 마찬가지로 PC-BS의 투수계수가 가장 낮게 나타났으며, 충전재를 사용한 모든 배합이 충전재를 사용하지 않은 배합에 비하여 투수계수가 작게 나타났다. 그러나 모든 배합에서 투수성 포장을 위한 투수계수 기준인  $1.0 \times 10^{-2}$  cm/s 보다 크게 나타나 투수 포장을 위한 요구조건을 만족하는 것으로 나타났다.

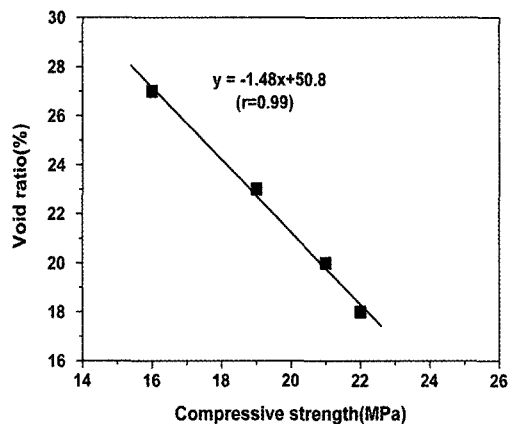


Fig. 3 Relation between void ratio and compressive strength

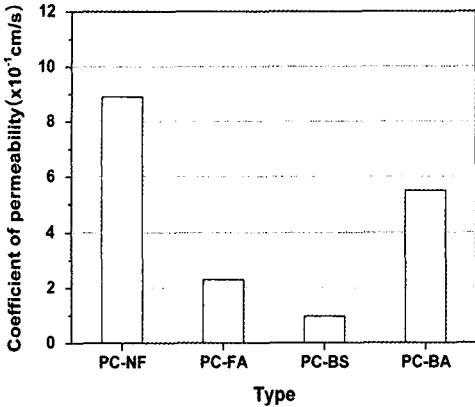


Fig. 4 Coefficient of permeability with different filler

Fig. 5는 충전재에 따른 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 투수계수와 공극률의 관계를 나타내며, 충전재의 사용 유무 및 종류에 관계없이 공극률이 증가할수록 투수계수가 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 공극률이 증가할수록 연속 공극을 많이 포함하여 투수성이 증가하는 것을 알 수 있다.

#### 4. 휨하중

포러스 콘크리트는 골재와 골재의 결합력에 의하여 강도 발현을 하기 때문에 압축강도 뿐만 아니라 휨하중의 저하를 가져올 수 있으며, 특히 반복하중 작용시 골재 탈락으로 인한 휨파괴를 가져올 수 있기 때문에 이에 대한 적절한 대책이 요구된다.

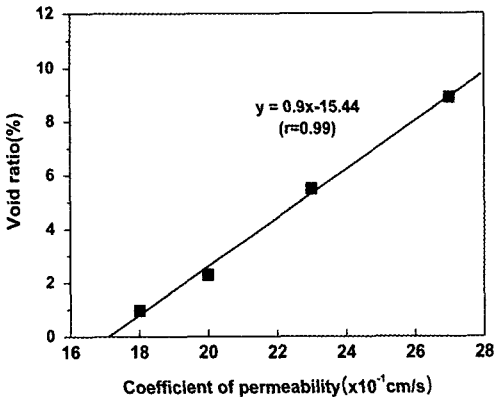


Fig. 5 Relation between void ratio and coefficient of permeability

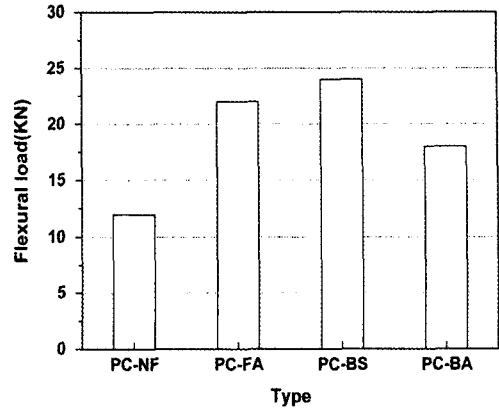


Fig. 6 Flexural load with different filler

Fig. 6은 충전재에 따른 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 휨하중을 나타낸 것이다. 충전재의 종류에 관계없이 충전재를 사용한 PC-FA, PC-BS, PC-BA가 충전재를 사용하지 않은 PC-NF에 비하여 휨하중이 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 압축강도의 시험결과와 마찬가지로 충전재를 사용할 경우 충전재를 혼합하지 않은 배합보다 골재의 피복 두께가 증가하여 골재와 골재의 결합력이 커져 휨하중이 증가한 것으로 판단된다. 또한, 일반 시멘트 콘크리트와 시멘트 포러스 콘크리트는 압축강도에 비하여 휨하중이 작은 반면에 포러스 폴리머 콘크리트는 결합재로 사용된 불포화폴리에스터 수지의 높은 결합력으로 인하여 압축강도 뿐만 아니라 휨하중이 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

한편, 충전재를 사용한 배합에서 PC-BS의 휨하중이 24 KN으로 가장 높게 나타났으며, PC-BA의 휨하중이 17 KN으로 가장 낮게 나타났다. 충전재로 바텀 애시를 활용한 배합이 고로슬래그 미분말이나 플라이 애시를 활용한 배합에 비하여 상대적으로 낮은 비표면적에 의하여 압축강도 및 휨하중이 작게 나타났지만 투수성 포장을 위한 포러스 콘크리트의 강도 및 투수 기준을 상회하기 때문에 이에 대한 활용이 가능할 것으로 판단되며, 산업부산물 및 폐기물의 활용이라는 환경적 측면에서도 효과가 기대된다.

#### 5. 동결융해저항성

일반적으로 시멘트 콘크리트에 동결융해가 반복적

으로 작용하면 콘크리트 내부의 물이 얼게 되고 이때 팽창에 의하여 콘크리트의 내부 구조에 균열이 발생하여 내구성 이 저하하게 되며, 연행공기의 확보에 의해 내구성 지수를 크게 할 수 있다. 반면에 포러스 콘크리트는 포러스 구조로 인하여 콘크리트 내부에 많은 물을 항상 포함하게 되며, 동결시 물의 팽창에 의해 골재와 골재의 결합력 감소로 인하여 골재 탈락 및 파괴가 발생되어진다.<sup>5)</sup> 때문에 포러스 콘크리트는 반복적인 동결융해에 대한 강도 및 내구성 저하가 일반 콘크리트에 비하여 크게 발생할 수 있다. 동결융해저항성은 동탄성계수 측정에 의한 상대동탄성계수를 구하여 내구성 지수로 평가하지만 포러스 콘크리트의 경우 많은 공극으로 인하여 동탄성계수의 측정이 어렵기 때문에 본 시험에서는 중량변화와 골재 탈락 등의 외관을 관찰하였다.<sup>10,11)</sup>

Fig. 7은 충전재에 따른 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 동결융해에 대한 중량변화를 나타낸 것이다. 동결융해 300 사이클 후 포러스 폴리머 콘크리트의 중량 감소율은 0.8~2.3%로서, 충전재의 사용 유무 및 종류에 관계없이 모든 배합에서 중량 감소 및 콘크리트 표면의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 시멘트 포러스 콘크리트의 경우 동결융해시 결합재인 시멘트의 낮은 부착력으로 인하여 골재와 골재의 결합력 감소로 골재 탈락이 두드러지게 발생하는 반면에 포러스 폴리머 콘크리트는 부착특성이 우수한 불포화폴리에스터 수지의 사용으로 골재와

골재와의 부착이 매우 우수하여, 동결융해 300 사이클이 경과한 후에도 골재 탈락 등의 내구성 저하 현상이 발생되지 않은 것으로 판단된다.

또한, 충전재의 사용 유무 및 충전재의 종류에 관계없이 모든 배합에서 동결융해저항성이 모두 우수하게 나타난 것은 포러스 콘크리트의 동결융해저항성이 사용된 골재, 충전재 보다는 결합재의 성능에 따라 크게 좌우되기 때문이라 판단된다.

### 6. 내황산성

포장 콘크리트는 겨울철 제설 작업을 위한 염화칼슘 및 유해 환경에 항시 노출되어 있어 내구성이 저하될 수 있기 때문에 높은 화학적 저항성을 가져야 한다. 특히 포러스 콘크리트는 강도 및 내구성이 일반 콘크리트보다 불리하기 때문에 화학적 저항성이 우수한 재료로 골재의 표면을 피복하여 저항성을 증가시켜야 한다.<sup>5,10)</sup>

Fig. 8은 5% 황산용액에 8주 동안 침적한 포장용 포러스 폴리머 콘크리트의 충전재에 따른 중량변화를 나타낸다. 5% 황산용액에 8주 동안 침적된 포러스 폴리머 콘크리트의 중량 감소율은 1.17~2.3%로서, 충전재의 사용 유무 및 종류에 관계없이 모든 배합에서 중량 감소 및 골재의 탈락 등의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 골재를 피복하고 있는 불포화폴리에스터 수지가 5% 황산 용액의 침투를 억제하여 골재의 침식을 방지할 뿐만 아니라 불포화

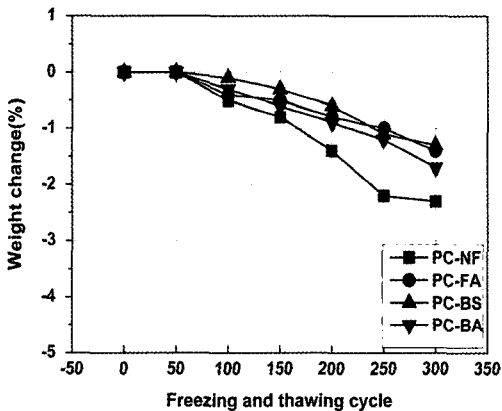


Fig. 7 Weight change for 300 cycle of freezing and thawing

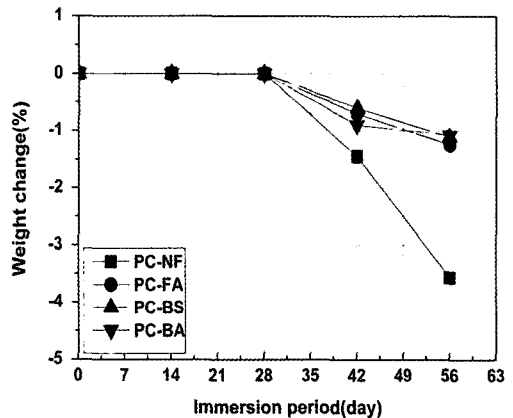


Fig. 8 Weight change for immersion of 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

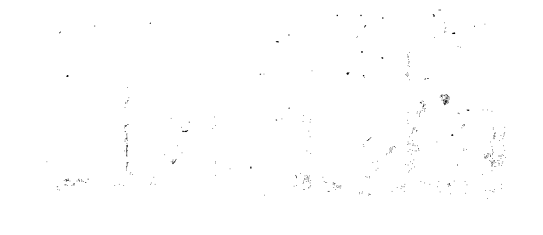


Photo. 1 Cement concrete immersed during 4 week in 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

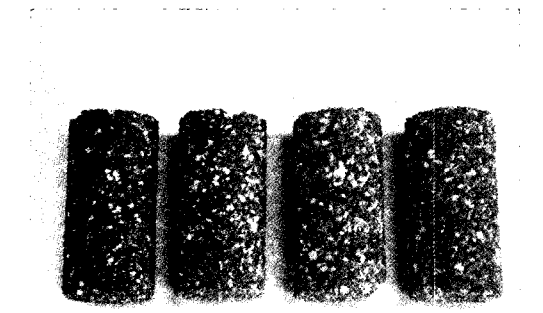


Photo. 2 Porous polymer concrete immersed during 8 week in 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

폴리에스터 수지가 황산에 대한 저항성이 매우 우수하기 때문에 판단된다.

Photo 1과 Photo 2는 5% 황산 용액에 4주 및 8주 동안 침적한 시멘트 콘크리트와 포러스 폴리머 콘크리트의 모습이다. Photo 1에서 일반 시멘트 콘크리트는 4주 침적 후 표면이 완전 탈락하고 중량 변화가 심각하게 발생되어 골재가 노출된 반면에 Photo 2에서 포러스 폴리머 콘크리트는 8주 침적후에도 표면 탈락 및 중량 변화가 거의 발생되지 않은 것을 수 있었다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 불포화 폴리에스터수지와 충전재로 산업 부산물인 플라이 애시, 고로슬래그 미분말 및 바텀 애

시를 활용한 포장용 포러스 폴리머 콘크리트를 개발하고, 충전재의 종류에 따른 포러스 폴리머 콘크리트의 물리, 역학적 특성을 구명한 것으로 다음과 같은 결론이 도출되었다.

1. 충전재의 종류에 관계없이 투수성 아스팔트 혼합물에서 규정하고 있는 공극률 12% 이상을 모두 상회하는 것으로 나타났으며, 충전재를 사용한 PC-FA, PC-BS, PC-BA가 PC-NF에 비하여 공극률이 감소하는 것으로 나타났다. 충전재별로는 PC-BS의 공극률이 가장 낮게 나타났으며, PC-BA의 공극률이 가장 높게 나타났다.

2. 충전재의 종류에 관계없이 충전재를 사용한 PC-FA, PC-BS, PC-BA가 PC-NF에 비하여 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며, PC-BS, PC-FA, PC-BA 순으로 나타났다. 또한, 충전재의 사용 유무 및 종류에 관계없이 압축강도가 증가할수록 공극률은 감소하는 것으로 나타났다.

3. PC-NF의 투수계수는  $8.9 \times 10^{-1}$  cm/s로 나타났으며, PC-FA, PC-BS, PC-BA의 투수계수는  $5.5 \times 10^{-1}$  cm/s ~  $9.7 \times 10^{-2}$  cm/s로 나타났다. 한편, 모든 배합에서 투수성 포장을 위한 투수계수 기준인  $1.0 \times 10^{-2}$  cm/s 보다 크게 나타나 투수 포장을 위한 요구조건을 만족하는 것으로 나타났으며, 공극률이 증가할수록 투수계수가 증가하는 것으로 나타났다.

4. 충전재를 사용한 PC-FA, PC-BS, PC-BA가 PC-NF에 비하여 휨하중이 증가하는 것으로 나타났으며, 충전재별로는 PC-BS의 휨하중이 24 KN으로 가장 높게 나타났으며, PC-BA의 휨하중이 17 KN으로 가장 낮게 나타났다.

5. 동결융해 300 사이클 후 포러스 폴리머 콘크리트의 중량 감소율은 0.8~2.3%로서, 충전재의 사용 유무 및 종류에 관계없이 모든 배합에서 중량 감소 및 골재의 탈락 등의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

6. 5% 황산용액에 8주 동안 침적된 포러스 폴리머 콘크리트의 중량 감소율은 1.17~2.3%로서, 충전재의 사용 유무 및 종류에 관계없이 모든 배합에서 중량 감소 및 골재의 탈락 등의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 또한, 4주 침적 후 표면이 완전 탈락하고 중량 변화가 심각하게 발생하는 일반 시멘트 콘크



리트에 비하여 화학적 저항성이 매우 우수한 것으로 나타났다.

### References

1. Choi, L. and J. C. Kim. 1998. ECO-Concrete, Magazine of the Korea Concrete Institute 10(6) : 11~21. (in korean)
2. Japan Concrete Institute. 1995. ECO-Concrete research committee report, Japan Concrete Institute, Tokyo : 5~30 (in japanese)
3. Khatri, R. P. and V. Sirivivatnanon, 1995, Effect of different supplementary cementitious materials on mechanical properties of high performance concrete, Cement and Concrete Research 25(1) : 209~220.
4. Lee, S. H. and E. K. Kim. 2000. A review of environment conscious concrete. Magazine of the Korea Concrete Institute 12(5) : 17~22. (in Korean)
5. Neville, A. M., 1981, Properties of concrete, Pitman publishing limited, London, U. K : 605~635.
6. Paturoyer, V. V., 1986, Recommendations on polymer concrete mix design, NIZHB, Moscow : 18.
7. Sung, C. Y., 1995, Mechanical characteristics of permeable polymer concrete, Proceedings of the '95 Japan and Korea Joint Seminar, Tottori University, Japan : 32~35. (in korean)
9. Sellevold, E. J. and F. F. Radjy, 1993, Condensed Silica Fume(Microsilica) in Concrete : Water Demand and Strength Development, Fly Ash, Silica Fume, Slag and Other Mineral By-products in Concrete, ACI SP-79, pp. 677.
10. Sakai, K., N. Banthia and O. E. Gjorv., 1995, Concrete under Severe Conditions (environment and loading), E & FN Spon, pp. 1,675~1,683.
11. Sandberg, P., 1995, Resistance of Non-Air-Entrained RHA Concrete to Freezing and Thawing in Saline Environment, Fifth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag, and Natural Pozzolans in Concrete, Milwaukee, WI.
12. Sung, C. Y. and Kim, Y. I. 1999. Experimental study on freezing and thawing resistance of rice straw ash concrete. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineer 41(3) : 66~72. (in korean)
13. Vipulanandan, C., N. Dharmarajan and E. Ching., 1988, Mechanical behavior of polymer concrete system, Materials and Structures 21(124) : 268~277.
14. Yeon, K. S., et al., 1993, Effects of fillers on mixing and mechanical properties of polymer concrete, Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers, 35(2) : 81~91. (in korean)