

# 폴리프로필렌섬유보강 포러스 폴리머 콘크리트의 특성

## Properties of Porous Polymer Concrete Reinforced Polypropylene Fiber

김 영 익\*      성 찬 용\*\*  
Kim, Young Ik      Sung, Chan Yong

### ABSTRACT

Porous polymer concrete can be applied to roads, sidewalks, river embankment, drain pipes, conduits, retaining walls, yards, parking lots, plazas, interlocking blocks, etc. This study is to examine a content ratio of polypropylene fiber to improve bending strength, impact resistance and freezing and thawing resistance of porous polymer concrete. Also, this study is performed to develop the porous polymer concrete using recycled coarse aggregate and blast furnace slag for application of structures needed permeability.

At 7 days of curing, compressive strength, flexural strength, water permeability and flexural load are in the range of 17~21MPa, 5~7MPa,  $4.1 \times 10^{-2} \sim 7.7 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ , respectively. It is concluded that the recycled aggregate can be used in the porous polymer concretes.

### 1. 서론

콘크리트는 사회기반 시설인 도로, 철도, 항만, 상하수도 등의 토목 및 건축 구조물에 사용되어 경제와 문화 발전에 크게 공헌하여 왔으나, 사회적으로 환경문제가 크게 대두되면서 콘크리트가 기능성을 효과적으로 살리는 반면에, 산림과 자연을 파괴하고 동식물의 서식을 방해하는 등의 자연환경보호 측면이 간과되어 환경문제에 부정적으로 인식되고, 산업화에 따른 환경오염 요인의 증가와 대량의 산업부산물 및 폐기물을 유용하게 처리하기 위한 연구가 사회의 중요 해결과제로 대두되고 있다.

특히, 최근에는 콘크리트를 다공질화하여 공극 특성에 따라 흡음, 투수, 식생, 수질정화 등에 이용하고 있다. 그러나, 현재 사용되고 있는 일반적인 다공성 콘크리트는 시멘트를 결합재로 활용한 콘크리트로서 결합력이 약한 시멘트에 의한 골재의 피복으로 골재와 골재의 결합력이 약하기 때문에 압축강도, 휨강도, 동결융해 저항성 및 내구성 등이 크게 저하되는 단점을 가지고 있으며, 이를 이용한 제품 또한 동일한 문제점을 가지고 있다. 또한, 이러한 다공성 시멘트 콘크리트의 단점을 개선하기 위하여 유리 섬유, 폴리프로필렌섬유 등의 섬유보강재를 활용한 연구가 있으나, 섬유보강재를 혼입할 경우 유동성의 감소에 따른 작업성 저하와 섬유 뭉침 등에 의한 품질 저하가 발생되기 쉬우며, 역학적 특성 또한

\* 정회원, 충남대학교 농업과학연구소 객원연구원

\*\* 정회원, 충남대학교 지역환경토목학과

현저하게 개선하지 못하는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 결합재로 불포화 폴리에스터 수지, 굵은골재로 쇄석 및 재생굵은골재, 충전재로 산업부산물인 고로슬래그 미분말 및 폴리프로필렌섬유를 활용한 폴리프로필렌섬유보강 포러스 폴리머 콘크리트를 개발하여, 이에 대한 물리·역학적 특성을 구명하는데 그 목적이 있다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 사용재료

#### (1) 폴리머

실험에 사용한 폴리머는 국내 A사에서 폴리머 콘크리트용으로 생산·시판되고 있는 울소 형태의 불포화 폴리에스터 수지를 사용하였다.

#### (2) 굵은골재

굵은골재는 쇄석과 경기도 I사에서 제조된 1종 재생골재를 사용하였으며, 사용된 골재의 물리적 특성은 표 1과 같다.

#### (3) 충전재

인천제철소의 고로에서 용융 상태의 고온슬래그를 급냉하여 입상화한 고로슬래그 미분말을 사용하였으며, 이의 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 1 굵은골재의 물리적 특성

표 2 고로슬래그 미분말의 물리적 특성

Type	Size (mm)	Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )	Specific gravity (20°C)	Absorption ratio (%)	Fineness modulus	Specific gravity (20°C)	Specific surface (cm <sup>2</sup> /g)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Grain size (mm)	Color
Crushed	5-10	1,581	2.64	1.25	6.72	2.92	4,401	1,077	< 0.15	White
Recycled	5-10	1,562	2.62	1.87	6.49					

#### (4) 폴리프로필렌섬유

폴리프로필렌섬유는 국내 S사의 망사형 섬유를 사용하였다.

### 2.2 실험계획

#### (1) 배합 설계

폴리프로필렌섬유보강 포러스 폴리머 콘크리트의 본 배합은 결합재의 사용량을 우선 결정한 후 작업시간 및 유동성 등의 작업성을 고려하여 경화촉진제의 첨가량이 산정되었고, 충전재 및 섬유보강재의 사용량은 성형물의 적용 구조물에 따른 특성을 나타낼 수 있는 충분한 다공성, 강도, 투수성 및 내구성 등이 발휘될 수 있도록 설정되며 작업시간 동안 유동성의 손실 및 점성이 증가되지 않도록 결합재에 대한 중량비로 개질재의 비율을 결정하였다. 우선 결합재인 불포화폴리에스터 수지의 사용량을 골재 및 충전재를 충분히 피복하고 흘러 내림이 발생되지 않도록 전체 중량에 대하여 10% 이내로 제한하였으며, 휨인성 및 충격성을 개선하기 위한 폴리프로필렌섬유는 전체 체적에 대하여 0.25~1%를 사용하였다.

#### (2) 공시체 제작 및 양생

폴리프로필렌섬유보강 포러스 폴리머 콘크리트의 혼합방법은 결합재인 불포화폴리에스터를 충전재 및 입도 조정된 골재에 투입하여 약 3분간 고속믹서기로 혼합하여 결합재와 골재가 충분히 혼합되도록 하였다.

록 하였고, 2차로 폴리프로필렌 섬유와 개질제를 투입하여 고속믹서기로 추가적인 혼합을 실시하여 소정의 장치에서 재령 7일까지 양생하였다.

### 2.3 시험방법

#### (1) 압축강도 시험

폴리프로필렌섬유보강 포러스 폴리머 콘크리트의 압축강도 시험은 50×50×50mm의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 실시하였다.

#### (2) 휨강도 시험

휨강도시험은 60×60×240mm의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 2482(폴리에스터 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 실시하였다.

#### (3) 투수계수시험

투수계수시험은 30×30×7cm의 공시체를 특별히 제작된 투수시험장치에 투수 공시체를 밀착시킨 후 6ℓ의 물을 투입해서 물이 모두 투과되었을때의 시간을 5회 반복 측정된 값을 평균하여 투수계수를 구하였다.

#### (4) 동결융해시험

동결융해시험은 60×60×240mm의 각주형 공시체를 제작하여 재령 7일에 "급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법(KS F 2456)"에 준하여 수중 급속 동결융해 시험을 하였으며, 이때 공시체의 온도는 동결시 -18℃, 융해시 4℃가 되게 하였고 동결융해의 1사이클은 4시간 소요되었다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 압축강도

쇄석 및 재생골재의 사용에 관계없이 모든 배합에서 17MPa~21MPa의 범위로서, 많은 다공을 포함하였음에도 불구하고 높은 강도를 발현하는 것으로 나타났으며, 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 압축강도 또한 증가하는 경향을 나타내었다. 결합제로 사용된 불포화폴리에스터 수지는 일반 콘크리트의 결합재인 시멘트에 비하여 높은 결합력과 부착 특성을 가지기 때문에 많은 공극을 포함하여도 강도 특성이 우수하게 나타난다. 또한 폴리프로필렌섬유를 혼입률이 증가할수록 유동성이 크게 감소하여 섬유 뭉침 등에 의한 품질 저하 현상 등이 발생되어질 수 있으나 본 배합에서는 유동성 증진을 위한 MMA 개질제의 사용으로 섬유 혼입률의 증가에 따른 유동성의 감소없이 높은 품질의 포러스 콘크리트를 제조할 수 있다.

### 3.2 휨강도

휨강도는 쇄석 및 재생골재의 사용에 관계없이 모든 배합에서 5MPa~7MPa의 범위로서, 압축강도와 마찬가지로 많은 다공을 포함하였음에도 불구하고 높은 강도를 발현하는 것으로 나타났으며, 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 휨강도의 증가율이 크게 향상되는 것을 알 수 있었다. 일반적인 포러스 콘크리트는 높은 압축강도에도 불구하고 많은 공극에 의하여 휨강도가 저하되는 단점을 가지고 있으나 본 배합에서는 높은 부착 특성을 가진 불포화폴리에스터수지의 사용으로 휨강도를 증진시키고 또한 길이 방향의 높은 인성을 가지는 폴리프로필렌섬유의 배열에 의하여 휨강도를 크게 증진시키는 특징을 가진다.

### 3.3 투수계수

투수계수는 포러스 콘크리트의 요구 성능 중에서 가장 중요한 요소로써, 포러스 콘크리트에 사용된 골재의 크기 및 공극률에 의한 영향을 크게 받는다. 투수계수 시험결과  $4.1 \times 10^{-2} \text{cm/s} \sim 7.7 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 로써, 공극률 시험결과와 마찬가지로 폴리프로필렌 섬유 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 현재 시멘트 콘크리트 투수 포장에 사용되는 투수계수  $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$  보다 우수한 것으로 나타나 투수 포장 등에 활용할 경우 효과가 클 것이다.

### 3.4 동결융해저항성

동결융해저항성은 결합재 특성, 사용량 및 공극률에 많은 영향을 받으며, 시험결과 골재 탈락 등의 내구성 저하 현상이 발생되지 않았으며, 매우 우수한 동결융해저항성을 나타내었다. 일반적으로 시멘트 포러스 콘크리트의 경우 결합재인 시멘트의 낮은 부착 특성으로 인하여 동결융해의 반복이 지속적으로 이루어지는 경우 골재와 골재의 부착력 감소로 인하여 골재 탈락 현상이 두드러지게 발생하는 반면에 본 배합에서는 부착능력이 우수한 불포화폴리에스터 수지의 사용으로 골재와 골재와의 부착이 매우 우수하여 동결융해시험시 300 사이클이 경과한 후에도 골재 탈락 등의 내구성 저하 현상이 발생되지 않았다. 또한, 폴리프로필렌섬유의 사용으로 결합재의 부착특성이 더욱 향상되고 폴리프로필렌섬유와 골재의 맞물림에 의하여 골재 탈락 등이 억제되어진다.

## 4. 결론

본 연구는 폴리프로필렌섬유보강 포러스 폴리머 콘크리트의 특성을 구명한 것으로서, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 압축강도는 쇄석 및 재생골재의 사용에 관계없이 모든 배합에서 17MPa~21MPa의 범위으로써, 많은 다공을 포함하였음에도 불구하고 높은 강도를 발현하는 것으로 나타났으며, 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 압축강도 또한 증가하는 경향을 나타내었다.
2. 휨강도는 모든 배합에서 5MPa~7MPa의 범위으로써, 높은 강도를 발현하는 것으로 나타났으며, 폴리프로필렌섬유의 혼입률이 증가할수록 휨강도의 증가율이 크게 향상되는 것을 알 수 있었다.
3. 투수계수는  $4.1 \times 10^{-2} \text{cm/s} \sim 7.7 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 로써, 폴리프로필렌 섬유 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으나, 현재 투수포장에 사용되는 투수계수  $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$  보다 우수한 것으로 나타났다.
4. 동결융해저항성 시험결과 골재 탈락 등의 내구성 저하 현상이 발생되지 않았다.

### 참고문헌

1. Elzeldin, A. S. and P. N. Balaguru, Normal and high strength fiber reinforced concrete under compression, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 4, No. 4, 1992, pp. 415~429.
2. Mindness, S., Properties of concrete reinforcement with fibrillated polypropylene fibers under Impact loading, Cement and Concrete Research, Vol. 18, Canada, August 10, 1987, pp. 100~114.
3. Ramakrishnan, V., S. Gollapudi and R. Zeller, Performance characteristics and fatigue strength of polypropylene fiber reinforced concrete properties and application, ACI SP-105, 1987, PP. 159~178.