

# 환경친화형 재생 폴리머 콘크리트의 특성

## Properties of Environmental Friendly Recycled Polymer Concrete

성 찬 용\* 김 영 익\*\* 윤 준 노\*\*  
Sung, Chan Yong Kim, Young Ik Youn, Joon No

### ABSTRACT

Recently, the study for practical construction application of recycled aggregate concrete is actively being proceeded, on the purpose of technical development for recycling on the construction waste concrete occurred at the time of destruction of building construction by the rapid increase of building wastes and exhaustion of natural aggregates.

This study is performed to develop the permeable 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 18~20MPa, 6~7MPa,  $4.6 \times 10^{-2} \sim 6.9 \times 10^{-2} \text{cm/s}$  and 20~25kN, respectively. It is concluded that the recycled aggregate can be used in the permeable polymer concretes.

### 1. 서 론

최근 도시재개발과 건물의 노후화 및 기능저하에 의한 건물의 해체가 증가함에 따라 폐콘크리트를 포함한 각종 건설폐기물이 다량으로 배출되고 있으며, 이를 경제적 및 환경적으로 처리하기 위한 연구가 진행중에 있다. 특히 건설폐기물의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 폐콘크리트와 폐아스팔트를 재생 골재로 활용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 건설폐기물 재활용 촉진을 위한 정책 및 법률 제정이 이루어지고 있다. 또한, 환경문제가 사회적으로 크게 대두되면서 건설분야에서도 친환경적인 콘크리트에 대한 인식의 확대되고 있으며, 특히 기존의 불투수성 포장재료에 의한 전면포장으로 호수 시 우수가 그대로 하천으로 유입되어 침수피해 및 지하수 고갈 문제 등이 심화되면서 시멘트 콘크리트의 불투수성을 크게 개선한 투수성 콘크리트를 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 투수성 시멘트 콘크리트 포장의 경우 시멘트 제품의 특성상 많은 양생시간으로 인한 교통통제와 휨과 인장력 부족에 의한 균열의 발생으로 내구성이 저하되는 단점을 가지고 있어 이를 개선하기 위한 연구가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 결합재로 불포화 폴리에스터 수지, 굵은골재로 쇄석 및 재생굵은골재와 충전재로 산업부산물인 고로슬래그 미분말을 활용한 폴리머 투수콘크리트를 개발하여, 이에 대한 물리·역학적 특성을 구명하는데 그 목적이 있다.

\* 정회원, 충남대학교 농공학과 교수

\*\* 정회원, 충남대학교 농업과학연구소 객원연구원

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 사용재료

#### (1) 폴리머

실험에 사용한 폴리머는 국내 A사에서 폴리머 콘크리트용으로 생산·시판되고 있는 울소 형태의 불포화 폴리에스터 수지를 사용하였으며, 이의 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 불포화 폴리에스터 수지의 물리적 성질

형 태	비 중	점 성 (25℃, ps)	스틸렌 함유량(%)	산 도
울소	1.08	3.5	37.2	26.5

표 2 경화제의 일반적 성질

Component	Specific gravity(25℃)	Active oxygen (%)
MEKPO 55%	1.13	10.0
DMP 45%		

#### (2) 경화제

경화제는 불포화 폴리에스터 수지의 축·중합 반응을 시발, 촉진시키는 약품으로서, 이의 일반적 성질은 표 2와 같다.

#### (3) 굵은골재

굵은골재는 쇄석과 경기도 I사에서 제조된 1종 재생골재를 사용하였으며, 사용된 골재의 물리적 특성은 표 3과 같다.

#### (4) 충전재

인천제철소의 고로에서 용융 상태의 고온슬래그를 급냉하여 입상화한 고로슬래그 미분말을 사용하였으며, 이의 물리적 성질은 표 4와 같다.

표 3 굵은골재의 물리적 특성

Type	Size (mm)	Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )	Specific gravity (20℃)	Absorption ratio (%)	Fineness modulus
Crushed	5-10	1,581	2.64	1.25	6.72
Recycled	5-10	1,562	2.62	1.87	6.49

표 4 고로슬래그 미분말의 물리적 특성

Specific gravity (20℃)	Specific surface (cm <sup>2</sup> /g)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Grain size (mm)	Color
2.92	4,401	1,077	< 0.15	White

### 2.2 실험계획

#### (1) 배합 설계

폴리머 투수콘크리트 배합시 가장 중요한 변수는 결합재인 폴리머의 사용량으로써 결합재량이 많으면 폴리머가 골재를 피복한 후 여분의 결합재에 의해 공극이 채워지고, 바닥면에 불투수층의 형성으로 인하여 투수콘크리트의 기능을 할 수 없기 때문에 이에 대한 설계가 매우 중요하다. 따라서, 재생골재를 활용한 폴리머 투수콘크리트의 배합설계는 현재 일반 투수성 시멘트 콘크리트 포장의 투수계수  $1 \times 10^{-2}$  cm/s의 수준과 A형 보도용 콘크리트판에서 제한하고 있는 휨시험에서 하중 11.77kN 이상을 만족할 수 있도록 결합재와 충전재 및 굵은골재의 비율을 결정하였으며, 재생굵은골재의 품질특성을 평가하기 위하여 쇄석에 대한 중량비로 50%와 100%를 치환하여 사용하였다.

#### (2) 공시체 제작 및 양생

폴리머 투수콘크리트의 공시체 제작은 KS F 2419 (폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법)에 규정된 방법에 준하였으며, 소정의 재령까지 기건양생하였다.

### 2.3 시험방법

#### (1) 압축강도 시험

폴리머 콘크리트의 압축강도 시험은  $\phi 150 \times 300\text{mm}$ 의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 실시하였다.

#### (2) 휨강도 시험

휨강도시험은  $60 \times 60 \times 240\text{mm}$ 의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 2482(폴리에스터 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 실시하였다.

#### (3) 투수계수시험

투수계수시험은  $30 \times 30 \times 7\text{cm}$ 의 공시체를 특별히 제작된 투수시험장치에 투수 공시체를 밀착시킨 후 6ℓ의 물을 투입해서 물이 모두 투과되었을때의 시간을 5회 반복 측정한 값을 평균하여 투수계수를 구하였으며, 시험장치는 그림 1과 같다.

#### (4) 휨하중 시험

휨하중 시험은  $300 \times 300 \times 60\text{mm}$ 의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 4001(보도용 콘크리트판 휨하중 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 실시하였으며, 시험모습은 그림 2와 같다.

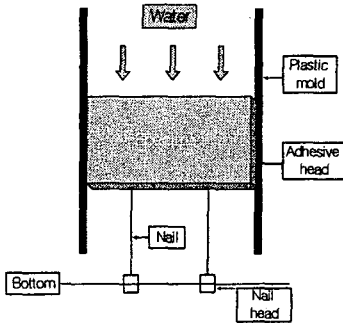


그림 1 투수계수 시험장치

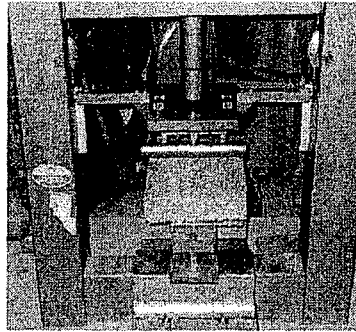


그림 2 휨하중 시험모습

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 압축강도

재생굵은골재를 치환한 폴리머 투수콘크리트의 압축강도는 재생굵은골재의 치환율에 따라 18MPa~20MPa의 범위로서, 쇄석만을 활용한 투수콘크리트의 압축강도 19MPa와 거의 유사하게 나타났으며, 모든 배합에서 현재 시멘트 투수콘크리트 포장의 설계압축강도 18MPa를 만족시키는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 재생굵은골재 자체의 강도 특성이 우수하여 쇄석과 마찬가지로 투수 폴리머 콘크리트에 100% 치환하여 사용하더라도 압축강도 저하 등의 문제가 발생되지 않을 것으로 판단된다.

### 3.2 휨강도

휨강도는 도로나 활주로와 같이 직접 휨응력을 받는 포장판 및 콘크리트판, 콘크리트 말뚝 등의 설계기준강도에 이용되고 있으며, 현재 보도용 콘크리트판 및 보차도용 콘크리트 블록 등에서도 휨강도에 대한 규정을 제시하고 있다. 재생골재를 활용한 폴리머 투수콘크리트의 휨강도는 재생굵은골재의 치환율에 따라 6MPa~7MPa의 범위로서, 쇄석만을 사용한 투수콘크리트의 휨강도 6.5MPa와 거의 유

사하게 나타났다. 이러한 결과는 압축강도에서와 마찬가지로 재생골은골재의 강도가 크기 때문에 판단되며, 우수한 휨강도 특성에 의하여 투수성 콘크리트판이나 투수 블록 등에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 3.3 투수계수

투수계수는 폴리머 투수콘크리트의 요구 성능 중에서 가장 중요한 요소로써, 투수콘크리트의 사용된 골재의 크기 및 공극율에 의한 영향을 크게 받는다. 재생골재를 활용한 폴리머 투수콘크리트의 재생골은골재의 치환율에 따른 투수계수는  $4.6 \times 10^{-2} \text{cm/s} \sim 6.9 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 로써, 쇄석만을 사용한 투수콘크리트의 투수계수  $6.1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 와 마찬가지로 현재 시멘트 콘크리트 투수 포장에 사용되는 투수계수  $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 보다 우수한 것으로 나타나 투수 포장에 활용할 경우 효과가 클 것으로 기대된다.

### 3.4 휨하중

휨하중은 보차도용 콘크리트의 포장 특성을 판단하는 중요한 요소로서 포장용 블록의 경우 기준 휨하중이 11.77kN으로 규정되어 있으며, 재생골재를 활용한 폴리머 투수콘크리트의 휨하중 시험결과 재생골재의 치환율에 관계없이 20~25kN으로 나타나 보차도용 블록에 활용할 경우 효과가 클 것으로 기대된다.

## 4. 결 론

이 연구는 재생골재를 활용한 폴리머 투수콘크리트의 특성을 구명한 것으로서, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 압축강도는 재생골은골재의 치환율에 관계없이 거의 유사한 것으로 나타났으며, 재생골재의 사용에 따른 강도 저하 등이 발생되지 않았다.
2. 휨강도는 재생골은골재의 치환율에 관계없이 쇄석만을 사용한 경우와 거의 유사한 경향을 나타내었으며, 휨응력을 직접 받는 곳에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.
3. 투수계수는 재생골은골재의 치환율에 관계없이 모든 배합에서 시멘트 콘크리트 투수 포장에 사용되는 투수계수  $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 보다 우수한 것으로 나타났다.
4. 휨하중은 모든 배합에서 보도용 콘크리트판에 사용되는 기준강도 11.77kN 이상으로 나타났으며, 보도용 콘크리트로 블록에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 성찬용외 1인, 고성능 경량 폴리머 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국농공학회지, Vol. 37, No.2, 1995, pp. 72~81.
2. Fowler. D.W., Current uses of polymer concrete in the united states, Proceedings of the First East Asia Symposium on Polymers in Concrete, Chuncheon, Korea, May 2-3, 1994, pp. 3~9.
3. Vipulanandan, C., Dharmarajan, N., and Ching, E., Mechanical behavior of polymer concrete system, Materials and Structures, Vol. 21. No. 124, 1998, pp. 268~277.
4. Yamasaki, T. and Miyakawa, K., A Study on the rheological mix design of unsaturated polyester resin concrete, Proceedings of the 5th ICPIC, 1987, pp. 43~48.