

환경 친화형 투수성 폴리머 콘크리트의 특성

Properties of ECO-permeable Polymer Concrete

* 박 필 우(대전시청) · 윤 준 노(충남대농과연) · 성 찬 용 · (충남대)
* Park, Fill-Woo · Youn, Joon-No · Sung, Chan Yong

Abstract

This study is performed to evaluate the properties of ECO-permeable polymer concrete with blast furnace slag powder and stone dust.

The unit weight is in the range of $1,821\text{kg}/\text{m}^3 \sim 1,955\text{kg}/\text{m}^3$, the unit weights of those concrete are decreased 15%~20.8% than that of the normal cement concrete. The highest strength is achieved by ECO-permeable polymer concrete filled blast furnace slag powder 50% and stone dust 50%, it is increased 36% by compressive strength, 119% by tensile strength and 217% by bending strength than that of the normal cement concrete, respectively. The coefficient of permeability is in the range of $5.6 \times 10^{-2} \text{cm}/\text{s} \sim 8.1 \times 10^{-2} \text{cm}/\text{s}$, and it is largely dependent upon the mix design.

I. 서론

기존의 불투수성 포장재료에 의한 전면포장으로 호우시 우수가 그대로 하천으로 유입되어 침수피해 및 지하수 고갈 문제 등이 심화되면서 시멘트 콘크리트의 불투수성을 크게 개선한 투수성 콘크리트를 개발하여 포장공법으로 사용하고 있는 중이나, 투수성 시멘트 콘크리트 포장의 경우 시멘트 제품의 특성상 많은 양생시간으로 인한 교통통제와 휨과 인장응력 부족으로 발생하는 균열로 인해 내구성이 떨어지는 단점이 있다.^{1,3)}

본 연구에서는 투수성 시멘트 콘크리트의 단점을 개선하기 위하여 결합재로 불포화 폴리에스터 수지와 충전재로 산업부산물인 고로슬래그 미분말과 석분을 사용하여 산업생산 활동에서 발생한 폐기물을 효율적으로 재활용하여 쾌적한 생활환경조성으로 인간과 자연이 공존할 수 있는 환경 친화형인 투수성 폴리머 콘크리트를 개발하는데 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 사용재료

가. 폴리머

폴리머는 국내에서 생산 시판되고 있고, 콘크리트용으로서 적당한 Ortho type의 비중 1.12인 불포화 폴리에스터 수지를 사용하였다.

나. 경화제

경화제는 불포화 폴리에스터 수지에 경화촉진제가 첨가되어 있는 제품을 사용하였다.

다. 굵은골재

굵은골재는 대전 인근에서 생산되는 10mm이하 쇄석을 사용하였으며, 골재의 함수율은

0.1%이하가 되어야 하므로 세척후 100±5℃로 조절된 건조기에서 24시간 건조시킨 후 상온에서 충분히 냉각시켜 사용하였다.

라. 충전재

충전재는 골재의 공극을 치밀하게 채워주고 폴리머 사용량을 줄여주는 동시에 콘크리트 성능을 향상 시켜주는 효과가 있다. 또한 충전재는 무기질 분말로 흡수성이 작고 수분함량이 1%미만이어야 한다. 본 실험에 사용한 충전재는 인천제철소의 고로에서 용융상태의 고온 슬래그를 급냉하여 입상화한 고로 슬래그 시멘트용 미분말과 쇄석골재 생산과정에서 부산물로 발생하는 석분을 사용하였다.

2. 공시체 제작

가. 콘크리트 배합

투수성 폴리머 콘크리트 배합시 가장 중요한 것은 결합재인 폴리머의 사용량으로써 결합재량이 많으면 폴리머가 골재를 피복한 후 여분의 결합재가 골재와 골재사이의 공극을 채움으로써 투수 성능을 감소시키는 반면, 강도를 비롯한 다른 역학적 성질은 증가된다.²⁾ 이와 같은 사항을 충분히 고려하여 결합재를 조제하고, 결합재 및 충전재의 배합비를 결정하였다. 골재는 충전재로 사용된 산업부산물인 고로슬래그 미분말과 석분에 따른 물리·역학적 특성을 파악하기 위하여 동일량을 사용하였고, 충전재는 부피비로 배합하였으며, 고로슬래그 미분말과 석분을 각각 25%씩 치환하여 5가지 종류의 배합으로 하였다.

투수성 폴리머 콘크리트의 설계 압축강도는 재령 7일에 현재 일반 투수성 시멘트 콘크리트의 보도포장에 적용되는 압축강도인 180kgf/cm² 와 투수계수 1×10⁻²cm/s의 수준을 만족할 수 있는 배합설계를 하였다.

나. 공시체 제작 및 양생

투수성 폴리머 콘크리트의 공시체 제작은 KS F 2419 (폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법)에 규정된 방법에 준하였으며, 혼합방법은 골재 및 충전재를 잘 혼합한 후 결합재를 투입하여 약 3분간 혼합하여 결합재와 골재가 충분히 혼합되도록 하였고, 믹서로부터 혼합된 재료를 240 r.p.m인 진동기 위에 올려 놓은 상태로 진동다짐을 주어가며 제작하였다. 또한, 몰드에 타설된 공시체는 3시간 후 탈형하여 상온의 실험실에서 소정의 재령까지 기건양생하였다.

3. 시험방법

시험방법은 KS에 규정된 방법에 준하여 재령 7일에 실시하였으며, 3회 반복 시험한 것의 평균값을 실험 결과치로 하였다.

가. 단위중량시험

단위중량시험은 ø15×30cm인 공시체를 기건상태의 중량과 체적을 측정하여 산출하였다.

나. 강도시험

압축강도시험은 KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법), 인장강도시험은 KS F 2480(폴리에스테르 레진 콘크리트의 인장강도 시험방법), 휨강도시험은 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 측정하였다.

다. 투수계수시험

투수계수시험은 20×20×7cm의 공시체를 특별히 제작된 투수시험장치에 투수용 공시체를 밀착시킨 후 6ℓ의 물을 투입해서 물이 모두 투과되었을때의 시간을 5회 반복 측정한 값을 평균하여 투수계수를 구하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 단위중량

콘크리트의 물리적 특성을 나타내는 단위중량은 투수를 위한 공극 때문에 보통 시멘트 콘크리트보다 단위중량이 감소하게 되며, 단위중량 시험결과는 $1,821\text{kg}/\text{m}^3 \sim 1,955\text{kg}/\text{m}^3$ 로써, 일반 시멘트 콘크리트의 단위중량 $2,300\text{kg}/\text{m}^3$ 의 79.2%~85.0%정도로 15.0%~20.8%의 단위중량이 감소되었다. 충전재별로는 고로슬래그와 석분을 50%씩 넣은 공시체에서 단위중량이 가장 크게 나타났는데, 이러한 결과는 입도가 서로 다른 충전재가 배합되면서 단위중량이 증가된 것으로 판단된다.

2. 강도

가. 압축강도

콘크리트의 역학적 성질을 나타내는 특성 중 대표적인 것이 압축강도이다. 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도는 배합설계에 따라 $180\text{kgf}/\text{cm}^2 \sim 252\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 범위로써 충전재인 고로슬래그 미분말과 석분의 사용 비율에 따라 강도변화가 나타났다.

현재 보도포장에 소요되는 콘크리트의 설계압축강도는 $180\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상을 사용하고 있기 때문에 본 배합에 있어 압축강도는 계획강도를 상회하였으며, 산업부산물인 고로슬래그 미분말과 석분의 사용에 의해 콘크리트의 소요압축강도 발현에는 아무런 문제가 없는 것으로 나타나 산업부산물을 사용함으로써 경제적인 효과를 가져올 수 있을 것으로 기대된다. 한편, 고로 슬래그 미분말만을 넣은 BS1에 비해 고로슬래그 미분말 75%와 석분 25%를 넣은 BS2는 10.8% 증가, 각각 50%씩 넣은 BS3은 6.8% 증가, 고로슬래그 미분말 75%와 석분 25%를 넣은 BS4는 12.3% 감소, 석분만을 넣은 BS5는 18.6% 감소하여 고로 슬래그 미분말과 석분을 50%씩 혼입한 BS3에서 가장 압축강도가 크게 나타났다.

나. 인장강도

인장강도는 도로 포장판, 수조 설계 및 경화건조수축이나 온도변화 등에 의한 균열의 경감 및 방지를 의도하는 설계에서는 중요한 설계요소이다.

고로슬래그 미분말과 석분을 혼입한 투수성 폴리머 콘크리트에 대한 인장강도 시험결

과는 충전재 배합별로 고로슬래그 미분말과 석분을 50%씩 넣은 BS3에서 48kgf/cm² 로 가장 크게 나타났으며, 보통 시멘트 콘크리트의 인장강도는 압축강도의 1/10~1/14 인데 비하여 투수성 폴리머 콘크리트는 1/5.1~1/5.8정도로 작게 나타났다. 배합별 크기도 압축강도와 같은 BS3, BS2, BS4, BS1, BS5의 순으로 나타나 압축강도의 크기와 비례적으로 증가됨을 알 수 있었다.

다. 휨 강도

콘크리트의 휨강도는 도로나 활주로와 같이 직접 휨응력을 받는 포장판 및 콘크리트관, 콘크리트 말뚝등의 설계기준강도에 이용되고, 이들 콘크리트의 품질판정, 품질관리 및 콘크리트의 휨 균열 발생예측 등의 공학적 성질을 판단하는 기준에 이용되고 있으며, 투수성 폴리머 콘크리트의 휨강도 시험결과는 61kgf/cm²~81kgf/cm²의 범위로 나타나, 보통 시멘트 콘크리트의 재령 28일 압축강도가 210kgf/cm² 일 때 휨강도가 약 42kgf/cm²임을 감안 할 때, 보통 시멘트 콘크리트 휨강도보다 145~193%의 강도가 더 크게 나타났다. 또한 충전재별로 살펴보면 고로슬래그 미분말과 석분을 각각 부피비로 50%씩 넣은 BS3에서 81kgf/cm²로 휨강도가 가장 크게 나타났다.

3. 투수계수

투수계수는 본 시험에서 가장 중요한 항목중의 하나로써 투수성에 주안점을 두고 시험하였으며, 투수계수는 전 배합에서 $5.6 \times 10^{-2} \text{cm/s} \sim 8.1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 로 나타났는데, 이것은 투수콘 포장에서 요구하고 있는 투수계수 $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 보다 투수효과가 우수하다고 할 수 있다.

IV. 결 론

이 연구는 잔골재를 사용하지 않고 쇄석 조골재와 고로슬래그 미분말 및 석분을 혼입한 환경친화형 투수성 폴리머 콘크리트의 물리·역학적 특성을 구명하며 투수콘 포장공법으로 적용하기 위한 기초자료를 얻기 위한 것으로서, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단위중량은 $1,821 \text{kg/m}^3 \sim 1,955 \text{kg/m}^3$ 로서, 충전재 배합별로는 고로슬래그와 석분을 50%씩 사용한 투수성 폴리머 콘크리트의 단위중량이 가장 크게 나타났다.
2. 강도는 고로슬래그 미분말과 석분을 부피비로 50%씩 충전재로 사용한 투수성 폴리머 콘크리트에서 가장 크게 나타났고, 보통 시멘트 콘크리트에 비해 상대적으로 휨강도가 큰 것으로 나타나 투수가 요구되는 포장공법으로 활용하면 매우 유용할 것으로 판단된다.
3. 투수계수는 전배합에서 $5.6 \times 10^{-2} \text{cm/s} \sim 8.1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 로써 일반적으로 투수콘 포장에서 요구하고 있는 투수계수 $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 보다 크게 나타났다.

참 고 문 헌

1. ACI, 1986, Guide for the Use of Polymers in Concrete, Journal of ACI, 83(5) : 798~829.
2. Neville. A. M, 1995, Properties of Concrete, 4th Ed., Longman Malaysia. London : 412~421.
3. Sung, C. Y, 1996. An experimental study on mechanical properties of permeable polymer concrete(in korean). Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 38(5) : 95-105.