

오버레이용 투수성 콘크리트의 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Water-Permeable Concretes for Overlay

은 재 기*
Eun, Jae-Ki

김 완 기**
Kim, Wan-Ki

조 영 국***
Jo, Young-Kug

소 양 섭****
Soh, Yang-Seob

Abstract

The purpose of this study is to examine the combination effect on strength properties of water-permeable concretes mixed with redispersible polymer powder, silica fume and polypropylene fibers for overlay in pavement. The water-permeable concrete with a water-cement ratio of 25%, polymer-cement ratios of 0 to 10%, silica fume contents of 0 to 10% and polypropylene fiber contents of 0 to 1.5% are prepared, and tested for flexural strength, compressive strength and water permeability. It is concluded from the test results that the superior flexural and compressive strengths of water-permeable concretes are obtained at a polypropylene fiber content of 1.0% and a silica fume content of 10% with a void filling ratio of 50%. And the water-permeable concretes with a flexural strength of $14.1 \sim 28.0 \text{ kgf/cm}^2$, a compressive strength of $71.2 \sim 128.0 \text{ kgf/cm}^2$, and a coefficient of permeability of $1.22 \sim 2.52 \text{ cm/s}$ at a void filling ratio of 30% can be prepared. Also water permeable concretes having a flexural strength of $24.9 \sim 57.9 \text{ kgf/cm}^2$, a compressive strength of $83.8 \sim 268.5 \text{ kgf/cm}^2$, and a coefficient of permeability of $0.24 \sim 1.04 \text{ cm/s}$ at a void filling ratio of 50% can be prepared in the consideration of the mix proportioning factors.

1. 서론

최근 투수성 콘크리트로 포장한 노면에 있어 우수시에 공극의 과잉수분의 함유 또는 차량이동에 의한 반복하중작용에 따른 의한 강도감소가 생겨나고 있고 실제 유럽에서 고속도로포장의 오버레이용으로 폴리머를 이용한 투수성 콘크리트의 시험 시공을 실시하여 검토한 결과 투수성 콘크리트의 강도 및 골재와 부착성의 문제점을 제기하고 있는 실정이다.^{1), 2)}

본 연구에서는 도로 포장의 오버레이용으로서의 투수성 콘크리트의 강도 증진과 투수성능의 개선을 목적으로 투수성 콘크리트의 압축강도, 휨 강도, 투수계수 및 연속 공극율을 측정함과 함께 이에 영향을 미치는 폴리머 시멘트 비, 실리카흄 및 폴리프로필렌 섬유 혼입효과에 대하여 검토하고자 했으며 적정 혼입율을 제시하고자 한다.³⁾

2. 실험개요

2.1 사용재료

본 실험에 사용한 재료는 시멘트는 국내산으로 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고 골재로서는 쇄석

* 성회원, 전북대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원, 전북대학교 건축공학과 강사

*** 정회원, 청운대학교 건축공학과 교수

**** 정회원, 전북대학교 건축·도시공학부 교수·공업기술연구소

(입경:5~13mm, 비중:2.60)을 사용하였다. 시멘트 혼화용 재유화형 분말수지로는 초산비닐·비닐 바사 테이트(VA/VeoVa)를 사용하였으며 실리카흙(입경:0.1~0.2, 비중:2.2)과 폴리프로필렌 섬유(길이:25mm)와 델라민계 고성능 감수제를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 공시체의 제작

폴리머 시멘트비 0, 3, 5, 10%, 실리카흙 혼입율 0, 3, 5, 10% [실리카흙/(시멘트+실리카흙)×100], 폴리프로필렌 섬유 혼입율 0, 0.5, 1.0, 1.5%(시멘트 페이스트에 대한 용적백분율), 물 시멘트비 25%, 고성능 감수제 첨가율(시멘트 페이스트에 대한 중량비)을 1%로 하고 공극충전율(Void Filling Ratio;VF)을 30%와 50%로 조정하여 시멘트 페이스트를 일본콘크리트공학협회(JCI) 에코콘크리트 연구위원회 「포러스콘크리트의 공시체 제작법」에 따라 모르타르 믹서로 3분간 비빔을 실시한 후 조골재와 시멘트 페이스트를 강제비빔믹서를 이용하여 2분간 혼합하여 투수성 콘크리트를 제작하였다. 제작한 투수성 콘크리트를 치수 $\varnothing 10 \times 20\text{cm}$ (압축강도용), $6 \times 6 \times 24\text{cm}$ (휨강도용), $\varnothing 7.5 \times 15\text{cm}$ (투수시험 및 공극율 시험용)의 몰드에 채워서 다진후 성형한 후 2일 습윤양생(20℃, 80%R.H.), 5일 수중양생(20℃), 21일 기중양생(20℃, 60%R.H.)을 실시하여 공시체를 제작하였다.

2.2.2 압축강도, 휨강도, 투수성 및 공극율 시험

KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)과 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 따라 압축 및 휨강도 시험을 행하였으며 JCI 에코 콘크리트 연구위원회의 「포러스 콘크리트의 투수시험 방법(안)」에 따라 투수성 시험 및 「포러스 콘크리트의 공극율 시험방법(안)」용적법에 의한 공극율 시험을 실시하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 강도특성

그림 1과 그림 4는 투수성 콘크리트에서 폴리머 시멘트 비의 증가에 따른 공극충전율 30%, 50%에서 섬유의 혼입율에 따른 압축강도와 휨강도와 관계를 나타내고 있다. 일반적으로 폴리머 시멘트비가 증가함에 따라 압축강도와 휨강도는 증가하는 것으로 알려져 있으나 실험 결과에서는 전체적으로 감소되어지는 경향을 보이고 있다. 이는 물 시멘트비를 25%로 고정하였기 때문에 폴리머 시멘트비가 증가함에 따라 전체 시멘트 페이스트의 물량은 감소하기 때문에 필요한 만큼의 컨스시던서를 얻을 수 없게 되기때문에 강도증진의 효과는 없었다고 사료된다.

그림 2와 그림 5는 실리카흙 혼입율의 증가에 따른 공극충전율 30%와 50%에서 섬유혼입율과 압축강도 및 휨강도와 관계를 나타내고 있다. 압축강도의 경우 공극충전율 30%보다 50%에서 강도증진의 효과를 보이며 실리카흙 혼입율10%, 섬유량혼입량이 1.0%일 때 268.5kgf/cm^2 의 강도를 나타내었다. 휨강도의 경우에는 공극충전율 30%와 50%에서는 섬유혼입율을 변화시킨 경우에 실리카흙 혼입율 증가에 따른 휨강도는 거의 일정하였다. 실리카흙의 혼입에 의한 강도 증진의 효과는 공극충전율이 증가함에 따라 커진다는 것을 알 수 있다.

그림 3과 그림 6은 폴리프로필렌 섬유혼입율 변화에 따른 공극충전율 30%와 50%에서 실리카흙 혼입율과 압축강도 및 휨강도와 관계를 나타내고 있다. 압축강도의 경우 공극충전율 50%일 때 강도증진의 효과가 있었으며 섬유혼입량이 1.0%일 때 실리카흙 혼입율에 관계없이 강도 증진의 경향을 보이고 있다. 휨강도의 경우에도 공극충전율 50%에서 섬유 혼입율 1.0%에서 강도증진의 경향을 보였다. 섬유 혼입율 1.0%일 때 휨강도는 60kgf/cm^2 를 나타내었다.

3.2 투수계수

그림 7은 투수계수와 혼입율과의 관계를 나타내고 있다. 투수계수는 공극량과 상관관계가 있기 때문에 공극충전율이 50%일 때 작게 나타났다. 폴리머 시멘트비, 실리카흙, 폴리프로필렌 섬유의 혼입량의 증가에 따라 감소 하는 경향을 보였으며 공극충전율30%와 50%일 때 투수계수는 $1.22 \sim 2.52\text{cm/s}$ 와 $1.04 \sim 0.24\text{cm/s}$ 를 각각 나타내었다.

Figure 1: Compressive Strength vs. Polymer-Cement Ratio (%)

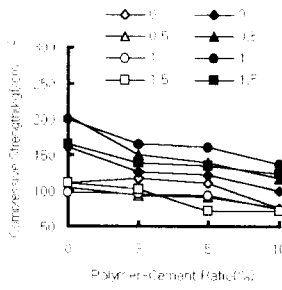


그림 1 압축강도와 폴리머 시멘트 비와의 관계

Figure 2: Compressive Strength vs. Silica Fume Content (%)

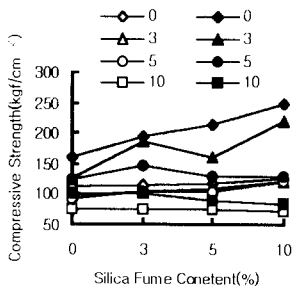


그림 2 압축강도와 실리카 흙 혼입율과의 관계

Figure 3: Compressive Strength vs. Polypropylene Fiber Content (%)

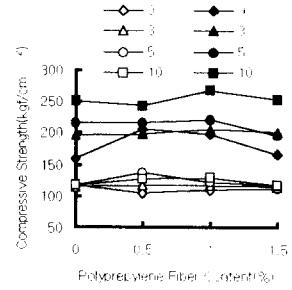


그림 3 압축강도와 폴리프로필렌 섬유 혼입율과의 관계

Figure 4: Flexural Strength vs. Polymer-Cement Ratio (%)

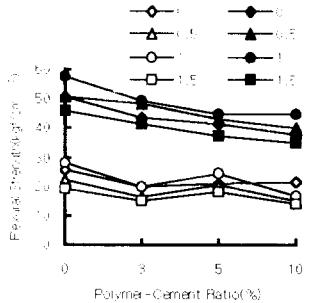


그림 4 휨강도와 폴리머 시멘트 비와의 관계

Figure 5: Flexural Strength vs. Silica Fume Content (%)

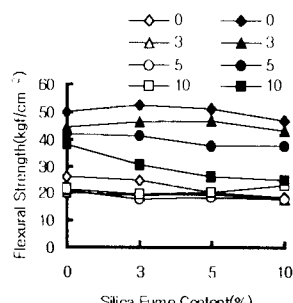


그림 5 휨강도와 실리카 흙 혼입율과의 관계

Figure 6: Flexural Strength vs. Polypropylene Fiber Content (%)

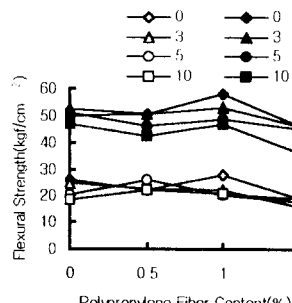


그림 6 휨강도와 폴리프로필렌 섬유 혼입율과의 관계

Figure 7: Coefficient of Permeability vs. Polymer-Cement Ratio (%)

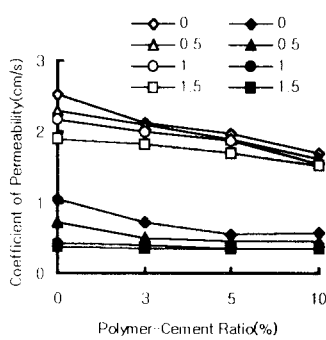


그림 7 폴리머 시멘트비, 실리카흙 혼입율, 폴리프로필렌 섬유 혼입율과 투수계수와의 관계

Figure 8: Coefficient of Permeability vs. Silica Fume Content (%)

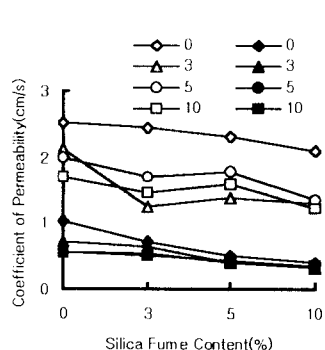
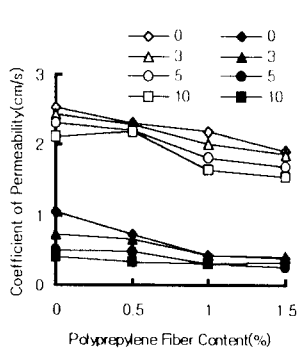


Figure 9: Coefficient of Permeability vs. Polypropylene Fiber Content (%)



3.3 투수성 콘크리트의 용적법에 의한 연속공극율

그림 8은 폴리머, 실리카흙 및 폴리프로필렌 섬유를 혼입한 투수성 콘크리트의 용적법에 의한 연속공극율을 나타내고 있다. 연속공극의 양이 투수계수와 관련이 있기 때문에 연속 공극이 감소한다는 것

은 투수계수의 감소를 초래한다. 연속공극율은 공극충전율 50%일 때 보다도 공극충전율 30%일 때 크게 나타났으며, 공극충전율30%와 50%일 때 연속공극율은 35.0%~20.2%와 24.1%~17.5%를 각각 나타내었다.

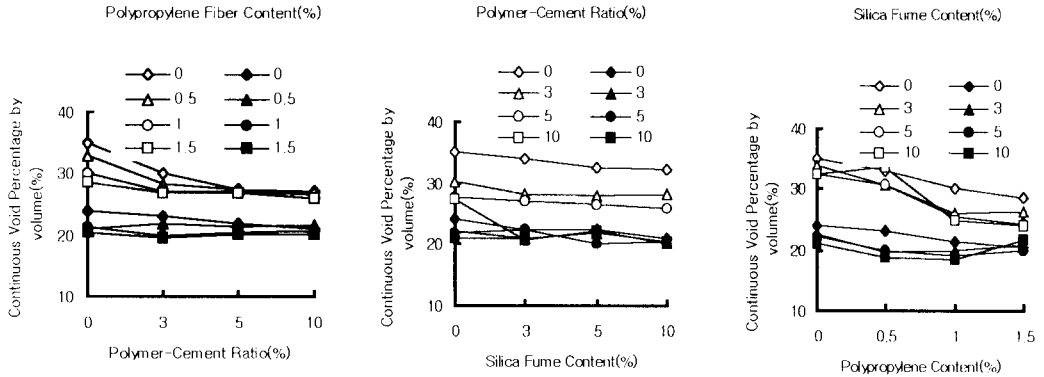


그림 8 폴리머, 실리카흙 및 폴리프로필렌 섬유를 혼입한 투수성 콘크리트의 연속공극율

4. 결론

노면 포장에 있어 오버레이 용도로서의 투수성 콘크리트의 강도 개선과 투수성능의 개선을 위한 폴리머, 실리카흙, 폴리프로필렌 섬유의 혼입효과에 대한 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1)실리카흙과 폴리프로필렌 섬유를 혼입한 투수성 콘크리트의 압축강도와 휨강도의 증진은 공극충전율이 50%일 때 크게 나타났으며 혼입율이 증가함에 따라 커지는 경향을 보였다. 특히 압축강도의 경우 실리카흙 혼입율 10%와 폴리프로필렌 섬유혼입율 1.0%일 때 268.5kgf/cm^2 , 휨강도는 섬유 혼입율 1.0%일 때 60kgf/cm^2 를 나타내었다.

(2)투수성 콘크리트의 투수계수는 공극충전율에 크게 좌우되며 공극충전율 30%와 50%일 때 $1.22\sim 2.52\text{cm/s}$ 와 $1.04\sim 0.35\text{cm/s}$, 연속공극율은 공극충전율 30%와 50%일 때 35.0%~20.2%와 24.1%~17.5%를 각각 나타내었다.

(3)투수성 콘크리트의 압축강도의 개선을 위해서는 실리카흙의 혼입이 권장되며 휨강도의 개선을 위해서는 폴리프로필렌 섬유혼입율 1.0%가 권장된다.

감사의 글

본 연구를 위하여 재유화형 분말수지를 제공하여 주신 (주)케미콘, 클라리안트 코리아 주식회사 그리고 폴리프로필렌섬유를 제공하여 주신 (주)에스에스산업의 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Caestecker, C, Test Sections of Noiseless Cement Concrete Pavements, The Ministry of Flemish Community, Environment and Infrastructure Department Roads and Traffic Administration, Cement Concrete Pavements Commission, Belgium, 1997. 4. 28p
2. 出村克宜 外4人, ポリマ-混入透水コンクリートの開発, セメント・コンクリート論文集, No.47, 1993, pp.226-231.
3. Ohama, Y., Demura, K., Morikawa, M., and Ogi, T., "Properties of Polymer-Modified Mortars Containing Silica Fume", Brittle Matrix Composites 2, Elsevier Science Publishers, Barking, Essex, England, 1989, pp.648~657.