

# 강섬유보강 폴리머 포러스콘크리트의 내구특성에 관한 연구

## Studies on the Durable Properties of Fiber Reinforced Porous Concrete Using Polymer

김 봉 균\*      박 승 범\*      서 대 석\*\*      이 병 재\*\*      김 정 희\*\*  
Kim, Bong Kyun   Park, Seong Bum   Seo, Dae Seuk   Lee, Byung Jae   Kim, Jung Hee

### ABSTRACT

This study evaluates the physical-mechanical properties, durability of porous concrete for pavement according to content of polymer and steel fiber to elicit the presentation of data and the way to enhance its function for the practical field application of porous concrete as a material of pavement.

The results of the test indicate that in every condition, the void ratio and the coefficient of water permeability of porous concrete for pavement satisfy both the domestic standards and proposition values. Among the properties of strength, the compressive strength satisfies the standards in the specification of Korea National Housing Corporation as for every factor of mixture but in the case of the flexural strength, more than 0.6Vol.% of steel fiber satisfied the Japan Concrete Institute proposition values. The case when 0.6Vol.% of steel fiber and 10Wt.% of polymer are used at the same time shows that the loss rate of mass by Cantabro test became 36.7% better and freeze-thaw resistance became 33% better.

### 1. 서론

현재 일반적인 도로 포장용 불투수성의 아스팔트 포장과 시멘트콘크리트 포장이 주류를 이루고 있어 폭우시 배수시설의 용량이 부족할 경우에 많은 양의 빗물이 배수되지 못하고 도로에 고여 교통에 장애가 되어 사고의 위험성이 높다. 이에 따라 1980년대부터 도로의 투수성 향상에 관한 관심이 높아지면서 투수성 아스팔트 포장재가 개발되어 현재 일반도로에 부분적으로 시공이 이루어지고 있으나 하절기 노면의 온도상승이 큰 경우 투수공이 막혀 투수기능이 상실되고, 중차량이 통행함에 따라 노면이 변형되는 단점이 있다. 최근 이에 대한 대안으로 콘크리트에 잔골재를 거의 사용하지 않고 불연속 입도의 굵은골재를 사용한 포러스콘크리트를 투수포장용 재료로의 개발연구가 활발히 진행되어 주차장, 보도 및 자전거도로 등에 적용되고 있으나, 표준 배합설계의 부족, 강도와 내구성의 저하, 백화나 재료 분리 등과 같은 문제점을 내포하고 있어 이러한 문제점을 해결함과 동시에 기존의 성능을 증가하는 포장용 포러스콘크리트의 연구·개발이 절실한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 중차량 통행을 위한 도로용 포장재로서 포러스콘크리트의 적용을 위한 기초적 자료를 제시하기 위해 고분자화합물인 폴리머와 섬유신소재인 강섬유를 사용한 도로 포장용 포러스콘크리트의 물리·역학적 특성 및 내구성능을 조사·분석하였다.

### 2. 사용재료 및 시험방법

#### 2.1 사용재료

##### 2.1.1 시멘트

\*정회원, 충남대학교 토목공학과 교수

\*\*정회원, 충남대학교 토목공학과

본 연구에 사용된 시멘트는 밀도 3.14g/cm<sup>3</sup>, 분말도 3,200cm<sup>2</sup>/g인 국내 S사 제품의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였다.

### 2.1.2 골재

본 연구에 사용된 골재는 입도가 5~8mm, 밀도 2.55g/cm<sup>3</sup>, 단위용적질량 1,482kg/m<sup>3</sup>, 흡수율 1.2%, 실적율 55.6%의 충남 금산 H사의 화강암질 부순돌을 사용하였다.

### 2.1.3 혼화제

혼화제는 시멘트의 분산작용과 공기의 연행으로 단위수량 감소, Workability 및 내동해성을 개선시키기 위하여 폴리카본산계 고성능 AE감수제를 사용하였다.

### 2.1.4 보강용 섬유신소재

보강용 섬유는 스테인레스 재질의 양단 Hook형 강섬유로 길이 25mm, 인장강도 450MPa, 밀도 7.8g/cm<sup>3</sup>의 일본 A사 제품을 사용하였다.

### 2.1.5 폴리머

폴리머는 시멘트 혼화용 수성 폴리머로서 SBR(Styrene butadiene rubber) Latex를 사용하였으며, 그 일반적 성질은 다음과 같다.

종류	형태	점도(mPa·s)	pH	고형물 함량(%)
SBR	Liquid	78	9.3	50

## 2.2 배합

섬유보강 폴리머 포러스콘크리트의 특성을 분석하기 위하여 물-결합재비를 25%, 설계공극률을 15%로 설정하고 강도, 내구성 및 인성증대를 위하여 폴리머(0, 5, 10, 20Wt.%) 및 강섬유(0, 0.3, 0.6, 0.9Vol.%) 혼입에 따른 배합을 실시하였다. 혼합은 시멘트 페이스트 및 강섬유의 분산성을 향상시키기 위해 30ℓ의 옴니 믹서를 사용하여 먼저 시멘트, 골재, 강섬유를 투입하여 1분간 건비빔을 실시한 후 혼합수(물+폴리머+혼화제)를 투입하고 200rpm으로 270초 동안 다시 혼합하는 분할투입방식을 사용하였다.

## 2.3 시험방법

### 2.3.1 공극률 및 투수계수 시험

공극률 및 투수계수시험은 일본 콘크리트공학협회의 『포러스콘크리트 공극률 시험방법(안) 및 투수계수 시험방법(안)』에 준하여 측정하였다.

### 2.3.2 압축강도 및 휨강도 시험

포장용 포러스콘크리트의 압축강도 및 휨강도시험은  $\Phi 100 \times 200$ mm 및  $100 \times 100 \times 400$ mm의 공시체를 제작하여 23±2℃의 수중에서 28일간 양생을 실시한 후 KS에 규정되어 있는 각각의 시험방법에 준하여 측정하였다.

### 2.3.3 골재비산저항성 시험 및 동결융해저항성 시험

표층재로서 포장용 포러스콘크리트의 타당성을 검증하기 위하여 골재비산저항성 시험을 실시하였으며, 시험방법은 일본도로협회 및 도로공단에서 제안한 배수성 포장기술 지침(안)의 『칸타브로(Cantabro) 시험 방법』에 준하여 로스앤젤리스 마모감량 시험기에  $\Phi 100 \times 63.5$ mm의 공시체를 투입하여 300회 회전시킨 후 공시체의 손실 질량비를 측정하여 골재비산저항성을 평가하였다. 또한 포장용 포러스콘크리트에 대한 동결융해저항성을 측정하는 시험방법 및 기준은 아직까지 규정되어 있지 않으므로, 본 연구에서는 보통콘크리트의 내동해성 평가에 적용되는 KS F 2456 『급속동결융해에 대한 콘크리트의 저항시험방법』 중 A법을 준용하여 내동해성을 평가하였다.

## 3. 시험결과 및 고찰

### 3.1 공극률 및 투수계수

폴리머 및 강섬유 혼입물에 따른 공극률 및 투수계수 측정결과는 그림 1~3과 같다. 이를 고찰하여 보면 동일 강섬유 혼입물에서 폴리머의 혼입률이 증가함에 따라 공극률과 투수계수는 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 원인은 시멘트보다 밀도가 작은 폴리머를 대체 혼입함에 따라 상대적으로 결합재량이 증가되어 공극률과 투수계수가 감소된 것으로 판단된다. 또한 동일 폴리머의 혼입률에서 강섬유의 혼입률이 증가함에 따라 공극률 및 투수계수는 증가하는 경향을 나타내었으며, 특히 강섬유 혼입률 0.9Vol.%에서는 다소 큰 공극률 및 투수계수를 나타내었다. 이는 과도한 강섬유를 혼입함에 따라 Fiber ball이 형성되었기 때문으로 판단된다. 하지만 모든 시험조건에서 현재 도로 포장용 포러스콘크리트의 공극률에 대한 국내 기준치 8%와 국외 기준치 10%를 만족시켰으며 또한 투수계수에 대한 기준치(0.01cm/sec)를 모두 만족시켰다.

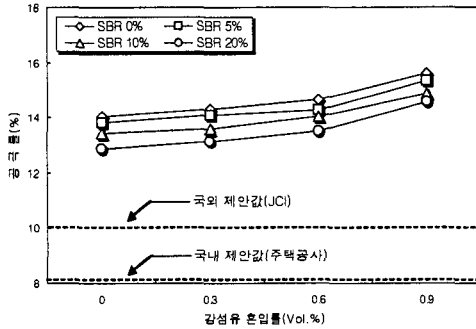


그림 1 폴리머 및 강섬유의 혼입률에 따른 포러스콘크리트의 공극률

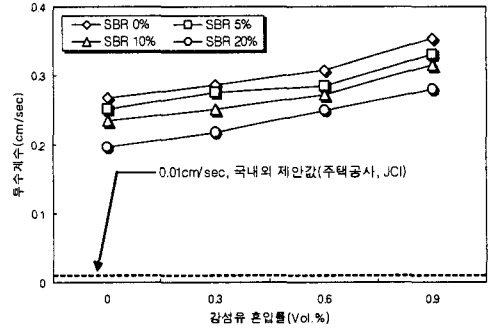


그림 2 폴리머 및 강섬유의 혼입률에 따른 포러스콘크리트의 투수계수

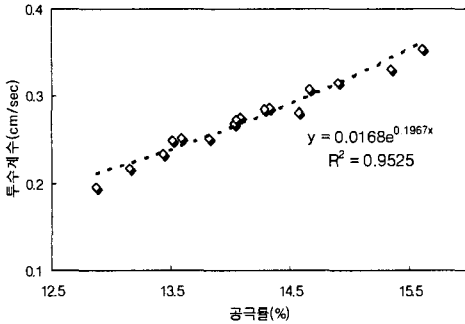


그림 3 섬유보강 폴리머 포러스콘크리트의 공극률과 투수계수와의 상관관계

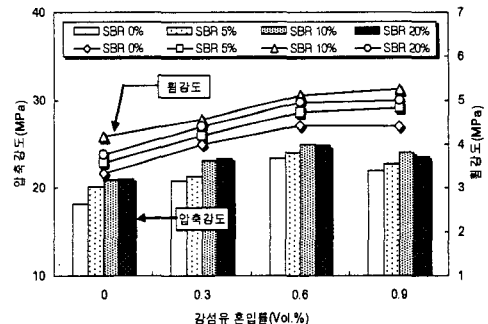


그림 4 폴리머 및 강섬유의 혼입률에 따른 포러스콘크리트의 압축 및 휨강도

### 3.2 압축강도 및 휨강도

그림 4는 압축강도 및 휨강도 측정결과를 나타낸 것으로서 이를 고찰하여 보면 폴리머 혼입률 10Wt.%까지는 혼입률이 증가함에 따라 강도는 증가하는 경향을 나타냈다. 폴리머 혼입률 20Wt.%이상에서는 강도증가에 대한 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 또한 강섬유 혼입률 0.6Vol.%까지 증가함에 따라 압축 및 휨강도가 증가하였으나, 강섬유 혼입률 0.9Vol.%에서는 강도가 0.6Vol.%의 경우에 비해 다소 감소하는 경향을 보였다. 이는 일정한 혼입률까지는 섬유가 콘크리트 내부에 균등분산되어 결합재의 부착력 향상으로 강도가 증가하나, 과도하게 혼입하면 워커빌리티의 급격한 저하 및 Fiber ball의 생성으로 상대적으로 밀실한 공시체의 제작이 곤란하고 공극률이 증가되어 강도가 저하된 것으로 판단된다.

### 3.3 골재비산저항성시험 및 동결융해저항성

골재의 비산저항성시험이란 투수 및 배수성 포장에 있어 차량 주행시 발생할 수 있는 골재의 탈락정도를 평가하기 위한 것으로, 본 연구의 측정결과는 그림 5와 같다. 이를 고찰하여 보면 폴리머의 혼입률이 증가할수록 질량손실률이 감소하는 경향을 보였으며, 강섬유 혼입률 0.9Vol.%에서는 다소 둔화되

는 경향을 보였다. 그림 6의 동결융해저항성은 앞서 행한 공극률 및 압축강도의 특성을 고려하여 폴리머를 10%만 혼입하여 실험을 하였다. 이를 고찰하여 보면 강섬유를 혼입하지 않은 경우 50사이클에서 상대동탄성계수가 60%이하로 저하되는 것으로 나타났으나 강섬유 혼입률 0.6Vol.%까지 동결융해저항성이 향상되는 것으로 나타났다. 하지만 강섬유 혼입률 0.9Vol.%에서는 과도한 섬유 혼입으로 인한 공극의 증가로 인해 동결융해저항성이 다소 낮아진 것으로 판단된다. 이는 과도한 섬유의 혼입으로 인한 Fiber ball로 인해 결합재의 부착력이 감소되고 동결시 발생하는 팽창압에 대한 저항성이 저하되었기 때문으로 판단된다. 한편, 폴리머 10Wt.%와 강섬유 0.6Vol.%를 동시에 혼입한 경우 골재비산저항성과 동결융해저항성이 향상되는데 이는 결합재의 인성 및 부착력의 증진과 충격에너지에 대한 흡수능력의 향상과 동결융해시 발생하는 팽창압에 대한 저항능력이 개선되었기 때문으로 판단된다.

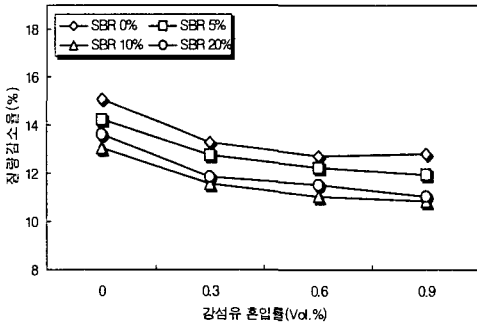


그림 5 폴리머 및 강섬유의 혼입률에 따른 포러스콘크리트의 골재비산저항성시험

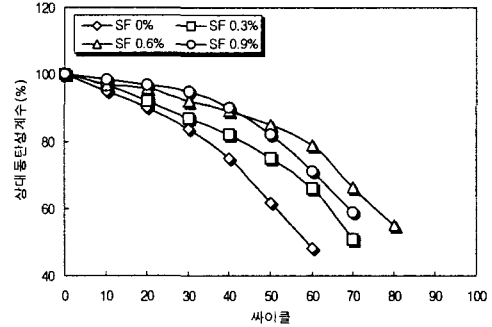


그림 6 폴리머 및 강섬유의 혼입률에 따른 포러스콘크리트의 동결융해저항성시험

#### 4. 결 론

도로포장용 투·배수성 포장재료로서의 적용성 및 내구성 향상 방안을 도출하기 위하여 폴리머와 강섬유를 사용한 포러스콘크리트의 특성을 분석하였으며, 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 강섬유를 혼입한 폴리머 포러스콘크리트의 공극률과 투수계수는 폴리머 혼입률이 증가할수록 감소하였고, 강섬유 혼입률이 증가할수록 증가하였다. 그리고 현재 주택공사 도로기준의 기준치 및 일본콘크리트공학협회의 제안값을 모두 만족시키는 것으로 나타났다.
- (2) 강섬유를 혼입한 폴리머 포러스콘크리트의 압축강도는 모든 조건에서 국내 기준값을 만족시키는 것으로 나타났으나, 휨강도의 경우 강섬유 0.3Vol.%, 폴리머 10Wt.% 이상의 혼입률에서만 일본콘크리트공학협회의 제안값을 만족시키는 것으로 나타났다. 특히 강섬유 0.6Vol.%와 폴리머 10Wt.%를 동시에 혼입한 경우 압축강도 및 휨강도가 약 37~54%정도의 강도 증진을 나타내었다.
- (3) 강섬유를 혼입한 폴리머 포러스콘크리트의 골재비산저항성은 폴리머 10Wt.% 및 강섬유 0.6Vol.%를 동시에 혼입한 경우 가장 우수한 내구성능을 나타내 약 19~37%정도의 내구성능 향상을 보였다. 동결융해저항성은 강섬유 0.6Vol.%와 폴리머 10%를 동시에 혼입한 경우 강섬유를 혼입하지 않은 것보다 상대동탄성계수가 60%이하로 저하되는 사이클수가 30회 정도 증가하는 것으로 나타나 동결융해저항성이 가장 높게 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 SisteC(R11-2002-101-01005-0)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 깊은 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 박승범, "최신 토목재료학" 문운당, 2005.
2. 日本コンクリート工學協會, "ポラスコンクリートの 設計·施工法の確立に關する研究委員會報告書", 2003.
3. 安岐, "透水性コンクリート鋪裝の適用性に關する實驗", 道路建設, pp. 52-56, 1998.