

폴리머를 혼입한 투수성 포장용 콘크리트의 내구성능에 관한 실험적 연구

Studies on the Durable Properties of Porous Concrete for Permeable Pavement using Polymer

박승범* 서대석** 이병재** 송재립** 손성우** 조광연***

Park, Seong Bum Seo, Dae Seuk Lee, Byung Jae Song, Jae Lib Son, Sung Woo Cho, Kwang Yeon

ABSTRACT

This study is analyzed mechanical properties and durability of pavement of a road permeability porous concrete to mix polymer for the enhance of porous concrete of performance and durability.

As a result, void ratio showed the tendency which the mixing rate of polymer is decreased a little as increased. And, the influence of void ratio according to the kind of polymer has the difference, but void ratio showed the tendency which the mixing rate of polymer is decreased a little as increased. Compressive strength showed the tendency which the mixing rate of polymer is increased a little as increased. but, it showed the tendency to be reduced rather when above 20% it mixed polymer mixing rate 10% at apex.

1. 서론

최근 일반적인 도로포장은 주로 불투수성의 아스팔트 포장과 시멘트콘크리트 포장이 주류를 이루고 있어 강우시의 배수시설이 부실하거나 용량이 부족할 경우 많은 양의 빗물이 배수되지 못하고 도로에 고여 교통에 장애가 되거나 사고의 위험성이 높다. 이에 따라 1980년대부터 도로의 투수성 향상에 관한 관심이 높아지면서 투수성 아스팔트가 개발되어 일반 도로에 부분적으로 시공이 이루어지고 있으나 여름철에 노면의 온도상승으로 인하여 투수공이 막히고 중량차량이 통행함에 따라 노면이 변형되어 투수기능이 상실되는 단점이 있으며 최근, 이에 대한 대안으로 아스팔트 포장에 비해 차량 주행시 소음은 크지만 내구성이 우수한 시멘트 콘크리트 포장의 투·배수성 및 소음저감효과를 향상시키기 위한 노력의 일환으로 도로포장에 투수성 및 배수성이 우수한 포러스콘크리트를 적용하기 위한 연구가 국내·외에서 많은 관심하에 진행되고 있다. 이러한 포장용 포러스콘크리트는 일반 포장용 콘크리트와 동일한 휨강도 및 배수성, 아스팔트포장과 동등한 투수성능(0.01cm/sec이상)을 가지고 있음이 확인됨에 따라, 현재 일본에서는 중차량 주행도로, 교차지점 및 틀게이트 등에 일부 적용되고 있으며, 유럽에서는 고속도로의 표층에 사용되고 있다. 하지만, 우리나라에서는 투수성 포장용 콘크리트에 대한 연구가 많지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 포러스콘크리트의 성능 및 내구성의 향상을 위해 폴리머를 혼입한 도로포장용 투·배수성 포러스콘크리트의 역학적 특성 및 내구성능을 조사·분석하였다.

2. 실험재료 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

*정회원, 충남대학교 토목공학과 교수
**정회원, 충남대학교 토목공학과
***정회원, 공주영상정보대학 부동산건설학과 교수

본 연구에 사용된 시멘트는 밀도 3.14 g/cm^3 , 분말도 $3,200\text{cm}^2/\text{g}$ 인 국내 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2.1.2 골재

본 연구에 사용된 골재는 입도가 5~13mm인 부순돌을 사용하였으며, 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 골재의 물리적 특성

입도(mm)	밀도(g/cm^3)	단위용적질량(kg/m^3)	흡수율(%)	실적율(%)
5~13	2.79	1,693	1.1	60.5

2.1.3 혼화제

혼화제는 시멘트의 분산작용 개선 및 미세한 공기연행을 목적으로 폴리카본산계 고성능 AE감수제를 사용하였다.

2.1.4 폴리머

폴리머는 시멘트 혼화용 수성 폴리머로서 SBR(Styrene butadiene rubber) Latex와 PAE(Poly acryl emulsion)를 사용하였으며, 그 일반적 성질은 표 2와 같다.

표 2 폴리머의 물리적 특성

종류	형태	점도($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	pH	고형물 함량(%)
SBR	Liquid	78	9.3	50
PAE	Liquid	23	8.9	49

2.2 콘크리트의 배합

배합은 W/C 25%, 설계공극률 10%로 설정하고, 폴리머(SBR 및 PAE)의 혼입율을 0, 5, 10, 20%로 변화시켜 배합설계를 실시하였다. 이때, 포장용 포러스콘크리트 제조시 적정 위커빌리티의 확보를 위해 사전시험을 통하여 결합재의 목표 흐름값을 180%로 설정하여 혼화제의 첨가량을 결정하였다. 또한 혼합은 시멘트페이스트의 분산성을 향상시키기 위해 30ℓ의 Omni-Mixer를 사용하여 골재와 시멘트를 60초간 건비빔을 실시한 후, 혼합수(물, 혼화제, 폴리머)를 투입하여 200rpm으로 270초 동안 혼합하는 방법으로 하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 공극률 측정방법

공극률 측정은 일본콘크리트공학협회 포러스콘크리트의 설계·시공법 확립에 관한 연구위원회 보고서 「포러스콘크리트의 공극률 시험방법(안)²⁾」 중 용적법에 준하여 측정하였다.

2.3.2 압축강도 시험

투수성 포장용 콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2405 「콘크리트의 압축강도 시험방법」에 준하여 측정하였다.

2.3.3 내마모성 시험

포장용 포러스콘크리트의 내마모성을 확인하기 위하여 골재시험용 Los Angeles 마모시험기에 지름이 47.5mm인 강구(무게 : 438g)를 6개씩 넣고 배합조건별로 15×15×15cm의 입방형 공시체를 제작해 채령 28일까지 수중양생 후 500회 회전시켜 질량을 측정하여 마모후의 질량감소율을 측정하였다.

2.3.4 동결융해 시험

동결융해 시험은 KS F 2456 「급속동결융해에 대한 콘크리트의 저항시험방법」에 준하여 $-18^{\circ}\text{C} \sim +4^{\circ}\text{C}$ 에서 1일 6사이클로 상대 동탄성계수가 60%이하로 될 때 까지 동결융해를 반복하면서 5사이클마다 공시체의 질량과 1차 공명주파수의 변화를 조사함과 아울러 표면상태를 관찰하여 내동해성을 파악

하였다. 이 때 공시체의 동탄성계수 측정은 KS F 2437 『공명진동에 의한 콘크리트의 동탄성계수, 동전단탄성계수 및 동푸아송비의 시험방법』에 준하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공극률

폴리머의 혼입률에 따른 포장용 포러스콘크리트의 공극률 측정결과를 그림 1과 같다. 이를 고찰하여 보면, 공극률은 폴리머의 혼입률이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 나타내었으나, 이는 시멘트의 일부를 폴리머로 대체 혼입한 경우 폴리머 혼입률이 증가함에 따라 시멘트에 비하여 비중이 상대적으로 작은 폴리머가 혼입됨으로써 시멘트페이스트의 부피가 증가되기 때문에 실측공극률이 다소 감소하는 것으로 판단된다. 폴리머의 종류에 따른 공극률의 영향은 정도의 차이는 있으나 폴리머의 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다.

한편, 국내의 경우 포장용 투수콘크리트의 공극률은 8% 이상으로 규정하고 있으므로, 본 연구에 사용된 포러스콘크리트는 폴리머를 20% 혼입한 경우에도 포러스콘크리트의 공극률은 9.5% 이상을 나타내 상기의 조건을 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 압축강도

그림 2는 포장용 투수성 포러스 콘크리트의 폴리머의 종류와 혼입률에 따른 압축강도의 관계를 나타낸 것이다. SBR 및 PAE를 혼입한 투수성 포러스 콘크리트의 압축강도는 폴리머의 혼입률이 증가함에 따라 다소 증가하는 경향을 나타냈다. 이것은 폴리머 혼입에 따른 시멘트 수화물과 골재간의 접착성이 개선되어 치밀한 내부구조가 형성되기 때문이라 판단된다. 또한, 폴리머의 혼입률이 10%에서 가장 큰 압축강도를 나타내었으나, 20% 혼입한 경우에는 오히려 감소하는 경향을 나타내어 과도한 폴리머의 혼입은 압축강도 개선에 그다지 효과가 없는 것으로 판단되며, 폴리머의 종류에 따른 압축강도의 영향은 SBR을 사용한 경우가 PAE를 사용한 경우에 비하여 압축강도가 크게 나타났다

3.3 내마모성

포장용 포러스콘크리트의 내마모성시험결과는 그림 3과 같다. 이를 고찰하여 보면 폴리머의 혼입률이 5, 10, 20%로 증가함에 따라 마모에 의한 질량감소율은 폴리머를 혼입하지 않은 경우에 비하여 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 폴리머의 혼입으로 인해 밀실한 시멘트 페이스트가 되고 시멘트 경화체 내의 폴리머필름에 의하여 내마모성이 개선되는 것으로 판단된다.

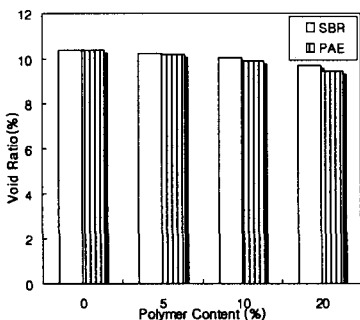


그림 1 폴리머 종류 및 혼입률에 따른 포러스콘크리트의 공극률

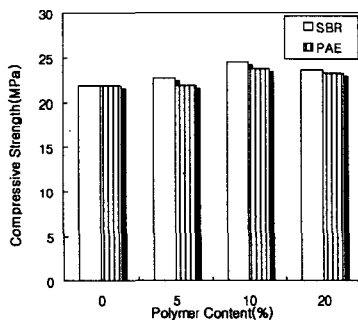


그림 2 폴리머 종류 및 혼입률에 따른 포러스콘크리트의 압축강도

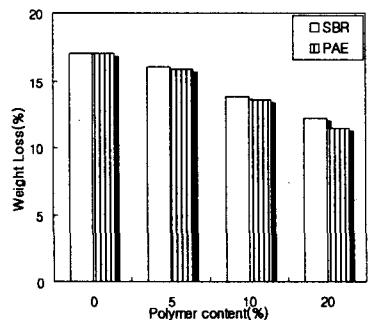


그림 3 폴리머 종류 및 혼입률에 따른 포러스콘크리트의 내마모성

3.4 동결융해 저항성

투수성 포장용 포러스콘크리트의 동결융해시험결과는 그림 4, 5와 같다. 이를 고찰하여 보면, 폴리머를 혼입하지 않은 경우에는 동결융해 사이클수가 45 이내에서 조기에 상대동탄성계수가 60% 이하로 나타났다. 이와 같이 포러스콘크리트가 보통 콘크리트에 비하여 내동해성이 현저히 감소되는 이유는 보통 콘크리트의 경우 콘크리트의 표면에 존재하는 미세공극에 수분이 침투하여 동결하면 빙압에 의

해 콘크리트 조직에 미세균열이 생기고 동결융해 반복에 따라 콘크리트의 표면에서부터 내부로 균열에 의한 손상이 진행되어 파괴가 일어나게 되는데 비하여, 포러스콘크리트는 연속된 공극을 갖는 구조를 이루고 있기 때문에 동결과정에서는 공극중의 수분동결이 표면으로부터 중심부로 향하여 진행되어 중앙부의 수분이 동결시 발생하는 빙압을 받아들일 수 있는 공간이 없기 때문에 골재간의 결합이 파괴되어 내동해성이 크게 저하되는 것으로 판단된다. 그러나 폴리머분산제를 5% 정도 소량 혼입한것은 폴리머를 사용하지 않은 경우에 비하여 상대동탄성계수가 60% 이하로 되는 동결융해 사이클수가 1.7 배 이상 증가하였으며, 10% 이상 혼입할 경우에는 포러스콘크리트의 내동해성이 약 3배 정도 개선되는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 폴리머의 혼입률이 증가함에 따라 폴리머 입자가 시멘트페이스트의 미세공극에 충전되어 폴리머 필름으로 시멘트 수화물과 골재와의 결합력을 증진시켜주기 때문인 것으로 판단된다.

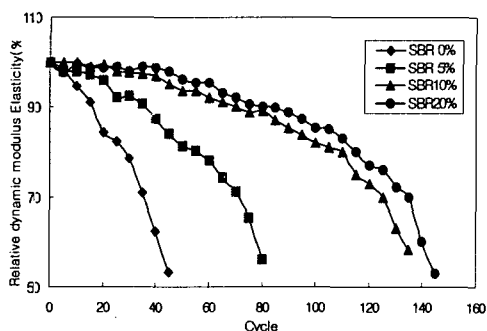


그림 4 폴리머(SBR) 혼입율에 따른 포러스콘크리트의 상대동탄성계수

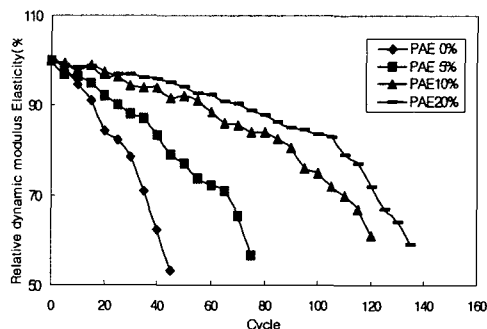


그림 5 폴리머(PAE) 혼입율에 따른 포러스콘크리트의 상대동탄성계수

4. 결론

포러스콘크리트의 성능 및 내구성의 향상을 위해 폴리머를 혼입한 도로포장용 투·배수성 포러스콘크리트의 역학적 특성 및 내구성능을 조사·분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) 공극률은 폴리머의 혼입률이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 나타내었고, 폴리머의 종류에 따른 공극률의 영향은 정도의 차이는 있으나 폴리머의 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다.
- (2) 압축강도는 폴리머의 혼입률이 증가함에 따라 다소 증가하는 경향을 보였으나, 폴리머 혼입율 10%를 정점으로 20% 이상 혼입한 경우에는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 마모에 의한 질량감소율은 폴리머를 혼입하지 않은 경우에 비하여 증가하는 경향을 나타냈다. 이것은 폴리머 혼입에 따른 시멘트 수화물과 골재간의 접착성이 개선되어 치밀한 내부구조가 형성되기 때문이라 판단된다.
- (3) 이들 시험결과로부터 포장용 투수성 콘크리트 제조시 폴리머 분산제를 약 10% 혼입하면 요구되는 투수성 및 규정강도를 만족하는 내구성이 우수한 포러스 콘크리트를 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구지원사업(R01-2004-000-10153-0)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 박승범, “신편 토목재료학” 문운당, 2004
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·施工法の確立に関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関する實驗”, 道路建設, pp. 52-56, 1998.