

투수성 폴리머 콘크리트의 성질에 관한 기초적연구

A Fundamental Study on the Properties of Permeable Polymer Concrete

박 응 모* 조 영 국** 소 양 섭***
Park, Eung-Mo Jo, Young-Kug Soh Yang-Seob

ABSTRACT

In this study, permeable polymer concretes using unsaturated polyester(UP) resin with binder contents of 6, 7 and 8%, filler-binder ratios of 0, 0.5, 1.0%, and various sand and aggregate contents are prepared, and tested for compressive and flexural strengths, length change and water permeability. The effects of the mix proportioning factors on the strength properties, length change and coefficient of permeability of the permeable polymer concrete are discussed. From the test results, increase in the compressive strength and decrease in the coefficient of permeability of permeable polymer concrete are clearly observed with increasing filler-binder ratio. The permeable polymer concretes having a compressive strength of 9.4~28.3MPa and a coefficient of permeability of 0.12~1.93 cm/s can be produced in the consideration of the mix proportioning factors.

1. 서론

현재 도시화의 가속화로 거의 모든 구조물이 콘크리트화 되어가고 있고 인도나 차도는 비투수성 아스팔트나 콘크리트로 온통 덮여 지하수위의 저하원인의 하나로 지적되고 있는 실정이며, 이에따른 수분결핍으로 회색도시로 변화되어 가는 환경적인 문제를 내포하고 있다. 한편, 투수성 콘크리트의 포장 공법은 시가지의 가로수 보호, 강우시 노면의 배수에 의한 보행성 개선, 하천의 범람방지등을 목적으로 선진각국에서는 결합재로 아스팔트를 널리 사용하고 있다¹⁾. 그러나 노면의 온도상승에 따른 아스팔트의 변형으로 투수성이 저하되는 문제가 있다. 우리나라에서의 건축구조물이 조성되고 있는 주위환경만 보더라도 우수에 의한 배수의 문제가 심각하며 노면의 재정리에 많은 제정이 충당되고 있다. 투수성 폴리머 콘크리트는 결합재가 수지이기 때문에 일반적으로 투수성 시멘트 콘크리트에 비해 고가이기는 하나 수지 사용량이 매우적기 때문에 일반적인 폴리머 콘크리트의 1/2정도이며 고내구성의 제품이기 때문에 장기적인 유지관리 비용등을 고려하면 오히려 경제적인 것으로 평가할 수 있다.

본 연구에서는 시멘트 콘크리트보다 역학적 성질 및 내구성이 우수한 투수성 폴리머 콘크리트 및 그 2차제품을 개발하기 위한 기초적 실험으로서 강도, 길이변화 및 투수계수에 영향을 미치는 최적배

* 전북대학교 대학원 석사과정

** 정희원, 충남산업대 건축공학과 전임강사

*** 정희원, 전북대 건축공학과 교수

합을 도출하여 향후연구의 기초적 자료를 제공하고자 하였다.

2. 사용재료

2.1 불포화 폴리에스테르

수지로서는 오르토프탈산염계(Orthophthalate Type) 불포화 폴리에스테르 수지를 사용하였으며, 그 성질을 표 1에 나타냈다.

표 1 불포화 폴리에스테르 수지의 성질

비중 (20℃)	산도	점도 (mPa · s)	겔시간 (min.)
1.105	22.6	250	12.4

2.2 촉매

촉매로서는 메칠 에칠 케톤 퍼옥사이드(Methyl Ethyl Ketone Peroxide : MEKP)를 수지의 중량에 대하여 1.0% 첨가하였다.

2.3 충전제

충진제로서는 중질탄산칼슘(입자크기; 2.5×10^{-3} mm 이하)을 함수율이 0.1% 이하가 되도록 건조시켜 사용하였다.

2.4 골재

굵은골재로는 5~10mm 이하의 쇄석을, 잔골재로는 5mm 이하의 강모래와 표준사를 사용하였으며 골재는 충분히 건조시켜 사용하였다.

3. 실험방법

3.1 공시체의 제작

투수성 폴리머 콘크리트는 표 2에 나타난 배합표와 같이 결합재량 6, 7 및 8%로 하였으며 충전제와 결합재비를 0, 0.5와 1.0%로 하였다. 또한 콘크리트의 투수성과 역학적성질은 잔골재의 배합에 영향을 받으므로 최적배합을 유도하기 위하여 잔골재를 2.5~5mm와 0.5~2.5mm로 분류하여 배합을 조정하였으며 굵은골재는 잔골재의 배합과 결합재량의 변화에 의해 결정하였다. 압축강도용 공시체는 $\phi 7.5 \times 15$ cm, 휨강도와 길이변화시험 공시체는 $\phi 10 \times 10 \times 40$ cm, 또한 투수용 공시체는 $\phi 7.5 \times 10$ cm로 제작하여 기중양생(20℃, 50%R.H.)을 3일간 실시한 후, 강도 및 투수시험을 실시하였다.

3.2 압축 및 휨강도 시험

압축강도는 KS F 2481(폴리에스테르 레진콘크리트의 압축강도 시험방법), 휨강도 시험방법은 KS F 2482(폴리에스테르 레진콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 실시하였다.

3.3 길이변화시험

공시체의 양측면 중앙부에 다이얼 게이지를 설치하여 공시체의 길이변화를 배합시의 측정 첨가시 부터 경화과정중에 측정하였다. 길이변화는 최초 공시체의 길이에 대한 변화된 길이의 비로서 나타냈다.

3.4 단위용적중량

각 공시체의 밀실정도를 파악하기 위하여 공시체의 부피에 대한 중량으로 단위용적중량을 측정하였다.

3.5 투수시험

투수성 폴리머 콘크리트의 투수시험은 일본 도로협회의 「투수성 아스팔트 혼합물의 투수 시험방법」에 준하여 실시하였으며 투수의 정도를 투수계수로서 나타냈다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 압축 및 휨강도

그림 1은 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도와 결합재량과의 관계를 나타내고 있다. 본 연구의 실험배합에 한해서는 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도는 잔골재의 혼입비 10:10과 20:10에서는 결합재량이 증가할수록 강도가 증가하는 경향을 보이고 있으나 잔골재 혼입비 10:20과 20:20에서는 결합재량이 충전재량에 관계없이 7%에서 높은강도를 보이고 있다. 본 실험결과 결합재량이 8% 이상이면 결합재가 공시체의 밑으로 흘러내려 충을 이룸으로서 투수성 폴리머 콘크리트의 제작에 문제가 있는 것으로 나타났다. 또한 잔골재(0.5~2.5mm)의 양의 증가에 따라 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 그림 2는 압축강도와 충전재-결합재비와의 상관관계를 나타낸 것으로 각 배합에서 상관계수가 0.96 이상으로서 일정한 상관관계를 나타냈다. 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도는 결합재량에 관계없이 충전재-결합재비가 증가할수록 크게 나타나 보통 폴리머 콘크리트의 양상과 같은 경향을 보였으며^{2),3)} 투수성 폴리머 콘크리트에서도 충전재의 혼입이 필수적임을 알 수 있었다. 여기에서 충전재는 적당한 점성을 콘크리트 매트릭스에 부여하여 비중에 의한

표 2 투수성 폴리머 콘크리트의 배합표

결합재	중량비(%)			충진재 (%)	충진재-결합재비 (%)
	골재(mm)				
	5~10	2.5~5	0.5~2.5		
6	68	10	10	6	1.0
	71	10	10	3	0.5
	74	10	10	0	0
	58	20	10	6	1.0
	61	20	10	3	0.5
	64	20	10	0	0
	58	10	20	6	1.0
	61	10	20	3	0.5
	64	10	20	0	0
	48	20	20	6	1.0
	51	20	20	3	0.5
	54	20	20	0	0
7	66	10	10	7	1.0
	69.5	10	10	3.5	0.5
	73	10	10	0	0
	56	20	10	7	1.0
	59.5	20	10	3.5	0.5
	63	20	10	0	0
	56	10	20	7	1.0
	59.5	10	20	3.5	0.5
	63	10	20	0	0
	46	20	20	7	1.0
	49.5	20	20	3.5	0.5
	53	20	20	0	0
8	64	10	10	8	1.0
	68	10	10	4	0.5
	72	10	10	0	0
	54	20	10	8	1.0
	58	20	10	4	0.5
	62	20	10	0	0
	54	10	20	8	1.0
	58	10	20	4	0.5
	62	10	20	0	0
	44	20	20	8	1.0
	48	20	20	4	0.5
	52	20	20	0	0

수지의 충을 형성하는 것을 방지하는 역할을 하였다. 그림 3은 결합재량이 7%이고 충전재-결합재비가 1.0%일 투수성 폴리머 콘크리트의 휨강도를 나타내고 있다. 투수성 폴리머 콘크리트의 휨강도는 잔골재의 혼입비에 따라 영향을 받음을 알 수 있었다.

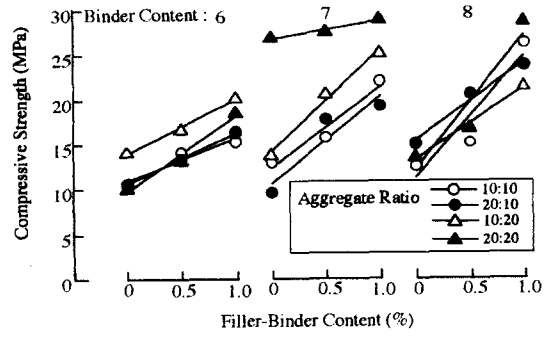
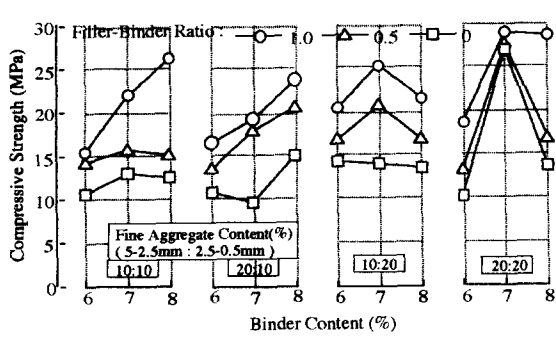


그림 1 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도와 결합재량의 관계

그림 2 압축강도와 충전재-결합재비와의 관계

4.2 길이변화

그림 4는 결합재량이 7%이고 충전재-결합재비가 1.0%인 투수성 폴리머 콘크리트의 길이변화를 나타내고 있다. 투수성 폴리머 콘크리트의 경화에 따른 길이변화는 잔골재의 혼입비에 따라 다르게 나타났으나 그 범위가 480×10^{-6} ~ 618×10^{-6} 으로 큰 차이는 보이지 않았다. 이 값은 보통 폴리머 콘크리트의 길이변화의 약 1/5값으로 수지의 사용량이 1/2로 줄었으며 폴리머 콘크리트의 수축 및 팽창은 수지에 의해 영향을 많이 받기 때문이다³⁾. 같은 수지량으로 만든 투수성 폴리머 콘크리트의 길이변화는 잔골재 혼입율이 20:20으로, 잔골재에서도 0.5~2.5mm의 양이 많을수록 적게 나타났다.

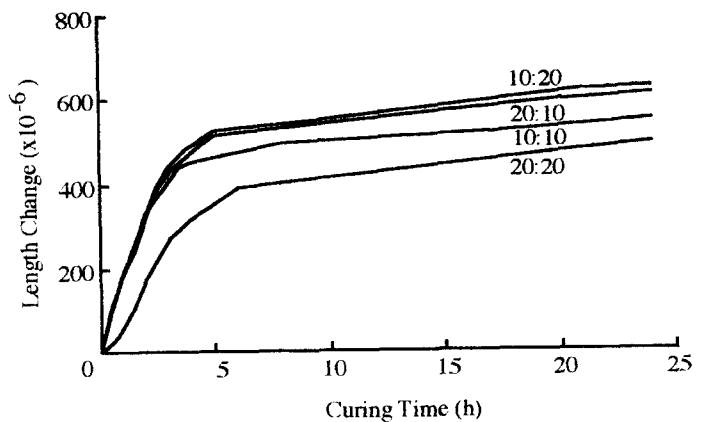
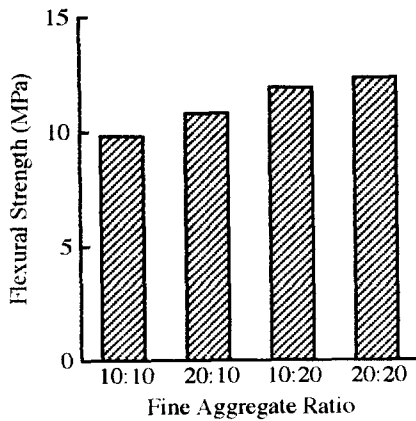


그림 3 투수성 폴리머 콘크리트의 휨강도

그림 4 투수성 폴리머 콘크리트의 길이변화

4.3 단위용적중량

그림 5는 투수성 폴리머 콘크리트의 단위용적중량과 결합재량과의 관계를 나타내고 있다. 각 공시체의 단위용적중량은 결합재량 및 충전재-결합재비의 증가에 따라 커졌으며 잔골재에서 입경이 작은 배합일수록 커졌음을 알 수 있었다. 단위용적중량의 증가가 강도의 증가로 나타나지는 않았지만 전반적으로 보면 투수계수가 감소하는 경향을 보였다.

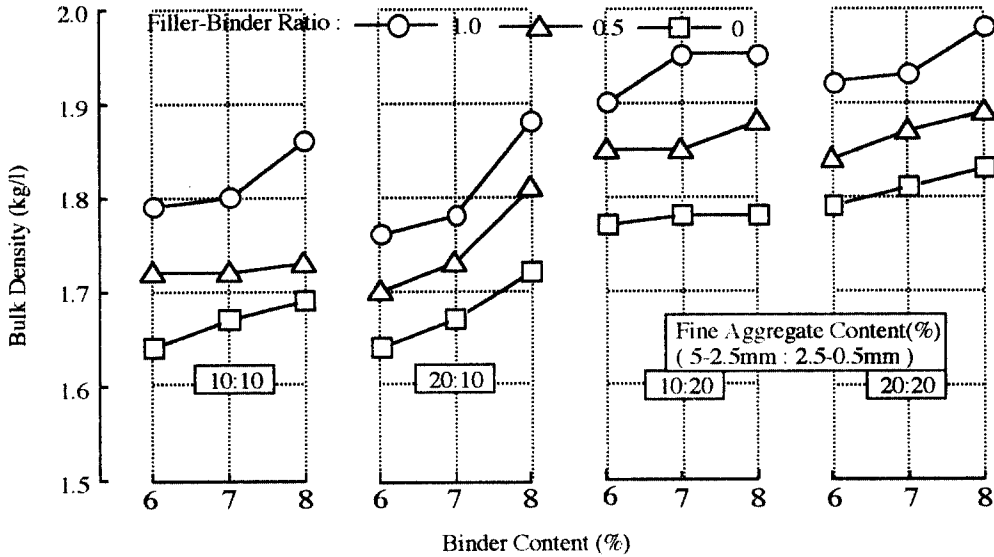


그림 5 투수성 폴리머 콘크리트의 단위용적중량과 결합재량과의 관계

4.4 투수계수

그림 6은 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수와 결합재량과의 관계를 나타냈다. 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수는 전반적으로 잔골재의 혼입비에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며 잔골재의 혼입비 20:20에서 가장 낮게 나타났다. 이것은 압축강도가 높은 배합은 일반적으로 투수계수가 적게 나타났음을 뜻하므로 적합한 최적배합이 유도되어야 할 것이다. 또한 결합재량이 7%에서 투수계수가 가장 크게 나타나 최적의 투수성 폴리머 콘크리트의 결합재량은 7%로 볼 수 있다. 그러나 이 값은 투수계수가 여름철 장마시의 집중호우량과 비교해봐도 매우 큰 것으로 나타나 투수성 콘크리트 제작시 투수계수의 문제는 없는 것으로 나타났다. 또한 이 값은 일본도로협회의 투수성 아스팔트 혼합물의 배합설계 기준에 있어서의 투수계수의 기준치인 1.0×10^{-2} cm/s 보다 20~200배 정도로 충분한 투수성능을 보이고 있다. 일부 콘크리트를 제외하고는 충전재-결합재비가 크면 클수록 투수계수가 적게 나타나 충전재는 투수성 폴리머 콘크리트에서도 공극의 충전효과를 어느정도 발휘함을 알 수 있었다. 또한 충전재를 사용함으로써 투수성 폴리머 콘크리트의 점성을 증진시켜 시공시 골재의 분리현상도 방지하였다.

본 연구결과, 투수성 폴리머 콘크리트를 제작함에 있어서 결합재량, 골재의 혼입율, 충전재등 여러 가지 조건이 영향을 미침을 알 수 있었으며 성능과 경제성의 밸런스를 갖춘 최적배합을 유도하기 위한 향후 실험의 기초적 자료를 얻을 수 있었다.

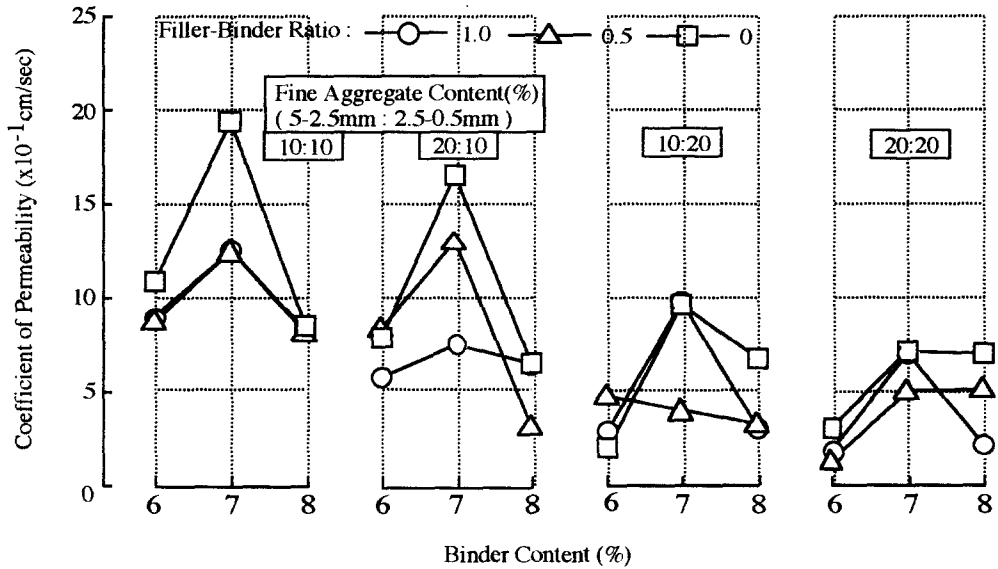


그림 6 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수와 결합재량과의 관계

5. 결론

본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 투수성 폴리머 콘크리트의 압축 및 휨강도는 수지의 양, 골재의 입도, 충전재의 첨가량등에 의해 영향을 받는다.
- 2) 같은 수지양으로 만든 투수성 폴리머 콘크리트의 길이변화는 잔골재 혼입율이 20:20으로 잔골재에 서도 0.5~2.5mm의 양이 많을수록 적게 나타났다.
- 3) 단위용적중량의 증가가 강도의 증가로 직접적으로 나타나지는 않았지만 전반적으로 보면 투수계수가 감소하는 경향을 보였다.
- 4) 본 연구에서 제작된 투수성 폴리머 콘크리트의 투수성은 아주 우수하였으며 역학적 성질 및 투수성의 밸런스를 이루는 배합을 유도할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 出村克宣 外4人, ポリマー-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.
2. Y.S. Soh, Y.K. Jo and H.S. Park, Effect of Filler on the Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Resin Mortar, Proceeding of the Second East Asia Symposium on Polymers in Concrete(II-EASPIC), College of Engineering, Nihon University, Koriyama, Japan, 1997, 5, pp.67-74.
3. 出村克宣, 建築用レジンコンクリートの開発に関する研究, 日本大學工學部. 博士學位論文, 1982, pp.51-54. pp.19-29.