

폴리머 모르타를 필터로 사용한 투수성 폴리머 콘크리트의 역학적 성질과 투수성능에 관한 연구

A Study on the Mechanical Properties and Permeability of Permeable Polymer Concrete Covered with Polymer Mortar as a Filter

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

ABSTRACT

Covering mortar as a filter for permeable polymer concrete is necessary for good permeability from infiltration continuously. Therefore, this paper is intended as an evaluation of the mechanical properties and permeability of permeable polymer concrete covered with polymer mortar as a filter.

An optimum permeable polymer concrete is selected in various mix proportions, and three different polymer mortars were cast immediately following on the casting of the base permeable polymer concrete. And they are tested for compressive and flexural strengths, adhesion in tension, hardening shrinkage and permeability. From the test results, binder and filler contents in mix proportions had a great influence on the permeability of polymer concretes. The mechanical properties of permeable polymer concretes covered with polymer mortars using crushed stone are superior to other filters, and hardening shrinkage is the smallest in filters. It is apparent that adhesion between the base permeable polymer concrete and polymer mortar is affected by the degree of hardening shrinkage. From this study, proper mix proportions can be recommended in the consideration of properties of the permeable polymer concrete.

1. 서론

투수성 폴리머 콘크리트는 폴리머 콘크리트에 많은 공극을 부여하여 투수성을 높인 콘크리트로서 같은 투수성을 보유한 시멘트계에 비해 우수한 역학적 성질 및 내구성을 갖고 있다. 투수성 콘크리트는 80년대 초반 아스팔트를 이용한 기술이 국내에 처음 도입되어 일부 보도를 중심으로 포장되고 있으나 여러 가지 내구성 및 투수성능의 저하로 그 효과를 발휘하지 못했다. 이러한 투수성 콘크리트의 또하나의 효과로서는 주차장, 광장 및 도로에 타설함으로써 지하수에 대한 문제 및 자연생태계 보호 차원뿐만 아닌 차량의 소음을 줄일 수 있는 효과가 있어 이에 대한 연구와 현장적용 실험이 독일 및 벨기에 등의 유럽 및 일본을 중심으로 하여 시도되고 있다.^{1,2)} 이러한 저소음 콘크리트 포장의 일종인 폴리머 콘크리트는 시멘트계 및 아스팔트에 비해 시공이 간편하고 강도발현 기간이 짧으며, 내구성이 뛰어나 장기적인 유지관리 비용의 저감등을 고려할 때 이에 대한 연구의 가치는 충분하다 할 수 있다.

본 연구는 기층용 콘크리트로서 불포화 폴리에스테를 결합재로 한 투수 콘크리트의 성질에 대한 연

* 전북대학교 대학원 석사과정

** 정희원, 충남산업대학교 건축공학과 전임강사

*** 정희원, 전북대학교 건축공학과 교수

구³⁾를 기초로 하여 기층용 콘크리트의 공극에 오염물질의 침투로 내구성 및 투수성능이 저하될 수 있어 각종 필터용 폴리머 모르터를 기층용 폴리머 콘크리트 위에 타설한 후, 그 역학적 성질 및 투수성능을 실험을 통하여 고찰하였다.

2. 사용재료

2.1 결합재

결합재로서는 오르토프탈산염계(Orthophthalate Type)계 불포화 폴리에스테르 수지를 사용하였으며 그 성질은 표1과 같다.

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 충전재

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

2.4 골재

기층용 투수성 폴리머 콘크리트용 골재는 5~10mm이하의 쇄석, 5mm 이하의 강모래와 표준사를 사용하였으며, 필터용 골재로서는 2.5~5mm 크기의 쇄석과 강모래를, 0.5~2.5mm의 페프라스틱 조각을 사용하였다.

3. 실험방법

3.1 공시체 제작

기층용 투수성 폴리머 콘크리트는 최적 배합을 도출하기 위하여 표 2의 배합표와 같이 결합재인 수지량을 8, 7, 6, 5, 4.5 및 4%, 충전재-결합재비를 0. 1.0 및 1.5%로 변화시키고 골재의 입도를 조절하여 압축강도 및 투수계수를 측정하였다. 폴리머 콘크리트를 투수 콘크리트로 제작시 골재를 결합시킬 수 있는 최소의 수지량에 따른 투수성능과 역학적 성질을 고려할 수 있는데, 수지량이 8% 이상이 되면 수지가 콘크리트 저면에 층을 이뤄 투수성능을 저감시킬 수 있으며, 4.5%이하로 되면 작업성과 역학적 성질이 떨어졌다. 이러한 점을 고려해 볼 때, 본 연구에서는 성능과 경제성 면에서 밸런스를 얻을 수 있는 수지 5%와 충전재-결합재비를 1.00으로 정하였다. 한편, 압축강도 시험용 공시체는 ϕ 7.5x15cm 몰드를 사용하여 기층용 폴리머 콘크리트 위에 동시에 1cm만을 필터용 폴리머 모르터로 타설하였다. 휨강도 시험용은 6x6x24cm의 공시체를 이용하여 압축강도 공시체와 같은 방법으로 제작하였다. 또한 인장접착강도 시험용 공시체는 7x30x30cm의 기층용 투수성 폴리머 콘크리트 위에 동시 타설 및 경화후 타설로 접착용 필터 폴리머 모르터를 제작하였으며 경화수축시험용 공시체는 10x10x40mm로 제작하였다. 각종 필터용 폴리머 모르터의 배합표는 표 3과 같다.

3.2 압축강도 및 휨강도 시험

압축강도는 KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법), 휨강도 시험은 KS F

2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 실시하였다.

표 2 기층용 투수성 폴리머 콘크리트의 배합표 및 압축강도와 투수계수 결과

결합재	중량비 (%)			충전재 (%)	충전재-결합재비 (B/F)	압축강도 (kgf/cm ²)	투수계수 (x10 ⁻¹ cm/sec)	결합재	중량비 (%)			충전재 (%)	충전재-결합재비 (B/F)	압축강도 (kgf/cm ²)	투수계수 (x10 ⁻¹ cm/sec)
	골재(mm)								골재(mm)						
	5~10	3.5~5	2.5~3.5						5~10	2.5~5	0.5~2.5				
4	72	10	10	4	1.00	154	11.4	6	68	10	10	6	1.00	154	8.9
	74	10	10	2	1.50	131	12.0		71	10	10	3	1.50	142	8.7
	76	10	10	0	-	119	12.9		74	10	10	0	-	106	10.8
	62	20	10	4	1.00	177	6.3		58	20	10	6	1.00	164	5.7
	64	20	10	2	1.50	161	8.1		61	20	10	3	1.50	135	8.3
	66	20	10	0	-	135	12.4		64	20	10	0	-	107	7.8
	62	10	20	4	1.00	181	7.0		58	10	20	6	1.00	203	2.8
	64	10	20	2	1.50	163	9.9		61	10	20	3	1.50	167	4.7
	66	10	20	0	-	157	10.1		64	10	20	0	-	142	1.9
	52	20	20	4	1.00	211	5.1		48	20	20	6	1.00	186	1.7
	54	20	20	2	1.50	207	6.3		51	20	20	3	1.50	132	1.2
	56	20	20	0	-	193	7.5		54	20	20	0	-	102	3.0
4.5	71	10	10	4.5	1.00	193	10.9	7	66	10	10	7	1.00	220	12.5
	73.25	10	10	2.25	1.50	179	11.4		69.5	10	10	3.5	1.50	157	12.4
	75.5	10	10	0	-	158	12.7		73	10	10	0	-	130	19.3
	61	20	10	4.5	1.00	212	7.1		56	20	10	7	1.00	192	7.5
	63.25	20	10	2.25	1.50	195	9.5		59.5	20	10	3.5	1.50	178	12.9
	65.5	20	10	0	-	179	11.2		63	20	10	0	-	96	16.4
	61	10	20	4.5	1.00	203	6.9		56	10	20	7	1.00	252	9.7
	63.25	10	20	2.25	1.50	189	9.3		59.5	10	20	3.5	1.50	206	3.9
	65.5	10	20	0	-	167	10.9		63	10	20	0	-	139	9.6
	51	20	20	4.5	1.00	231	6.3		46	20	20	7	1.00	289	7.0
	53.25	20	20	2.25	1.50	208	7.9		49.5	20	20	3.5	1.50	276	5.0
	55.5	20	20	0	-	195	9.6		53	20	20	0	-	269	7.1
5	70	10	10	5	1.00	219	11.5	8	64	10	10	8	1.00	262	8.2
	72.5	10	10	2.5	1.50	191	14.2		68	10	10	4	1.50	151	8.1
	75	10	10	0	-	177	16.7		72	10	10	0	-	126	8.5
	60	20	10	5	1.00	245	9.7		54	20	10	8	1.00	237	6.4
	62.5	20	10	2.5	1.50	227	12.6		58	20	10	4	1.50	205	3.1
	65	20	10	0	-	196	13.3		62	20	10	0	-	150	6.5
	60	10	20	5	1.00	237	8.6		54	10	20	8	1.00	214	3.0
	62.5	10	20	2.5	1.50	211	9.6		58	10	20	4	1.50	168	3.2
	65	10	20	0	-	187	11.4		62	10	20	0	-	135	6.7
	50	20	20	5	1.00	256	7.5		44	20	20	8	1.00	286	2.1
	52.5	20	20	2.5	1.50	227	8.4		48	20	20	4	1.50	168	5.1
	55	20	20	0	-	209	9.9		52	20	20	0	-	136	6.9

3.3 인장점착강도 시험

피착체인 기층용 투수성 폴리머 콘크리트 위에 1cm 높이의 필터용 폴리머 모르터를 타설하여 3일이 경과한 후, 40x40x10mm로 자른 후, 강제형 형틀을 접착하여 JIS A 6915(두꺼운 마무리 도장재)에 준하여 인장 접착 강도시험을 실시하였다

3.4 경화수축 시험

공시체의 양측면 중앙부에 다이얼 게이지를 설치하여 기층용 투수성 폴리머 콘크리트와 필터용 폴리머 모르터의 경화에 의한 길이변화를 배합시의 촉매의 첨가시부터 경화과정중에 측정하였다. 길이변화는 최초 공시체의 길이에 대한 변화된 길이의 비로서 나타냈다.

3.5 투수 시험

투수성 폴리머 콘크리트의 투수시험은 $\phi 7.5 \times 15 \text{cm}$ 의 몰드를 이용하여 높이 15cm까지는 기층용 폴리머 콘크리트로 타설하고 그 위에 1cm를 필터용으로 폴리머 모르터를 타설한 후 일본도로협회의 「투수성 아스팔트 혼합물의 투수 시험방법」에 준하여 투수시험을 실시하였으며 투수의 정도를 투수계수로서 나타냈다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 기층용 투수성의 압축강도 및 투수계수

표 2에서는 투수성 폴리머 콘크리트의 각종 배합에 따른 압축강도와 투수성능의 결과를 나타내고 있다. 투수성 폴리머 콘크리트의 배합의 목표는 적절한 강도와 투수계수를 발휘할 수 있는 결합재인 수지의 최소량을 도출해 내는 것이다. 본 실험결과에서 투수성능은 수지의량 4~8%까지 어느 배합에서도 일본도로협회의 투수성 아스팔트 혼합물의 배합설계기준에 있어서의 투수계수의 기준치인 $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 보다 월등히 크게 나타나 문제가 없었다. 또한 많은 배합에서 200kgf/cm^2 이상의 압축강도를 나타냈는데 본 연구에서 사용된 기층용 투수성 폴리머 콘크리트는 강도 및 투수성능, 그리고 시공성을 고려해 정하였다.

4.2 압축강도 및 휨강도

그림 1과 2는 기층용 투수성 폴리머 콘크리트와 필터용 폴리머 모르터로 제작된 공시체의 필터용 골재 종류에 따른 압축강도를 나타내고 있다. 기층용 폴리머 콘크리트만의 압축강도가 256kgf/cm^2 를 나타냈지만 쇄석을 필터로 사용할 경우의 수지량 6%와 7%, 모래를 사용할 때의 수지량 7%에서는 강도의 증진효과를 보였다. 그러나 플라스틱의 경우는 플라스틱 매트릭스 자체의 강도가 낮아 필터 부분에서 파괴를 나타내 압축강도가 $133 \sim 179 \text{kgf/cm}^2$ 로 낮게 나타났다.

휨강도의 경우는 쇄석과 모래를 필터로 사용한 경우 필터 부분의 보강효과로 강도가 증진되었으며 압축강도와는 달리 플라스틱을 필터로 사용한 경우에도 휨강도의 저감은 크지 않았다. 또한 필터에 사용된 수지의 량의 증가에 따라 압축강도와 휨강도는 높게 나타났다.

표 3 필터용 폴리머 모르터의 배합비

사용 골재	중량비 (%)			충전재 (%)	충전재: 결합재비
	결합재비 (%)	골재(mm)			
		5~2.5	2.5~0.5		
쇄석	5	90	-	5	1 : 1
	6	88	-	6	
	7	86	-	7	
모래	5	90	-	5	
	6	88	-	6	
	7	86	-	7	
플라스틱	5	-	90	5	
	6	-	88	6	
	7	-	86	7	

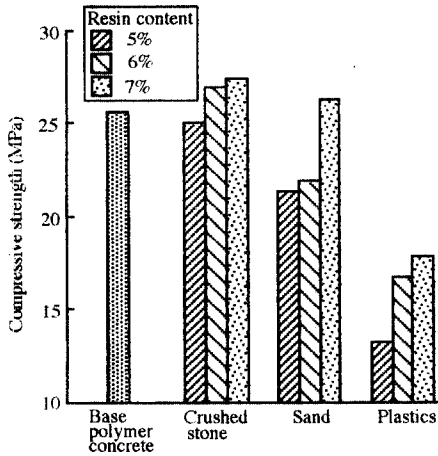


그림 1 투수성 폴리머 콘크리트 압축강도

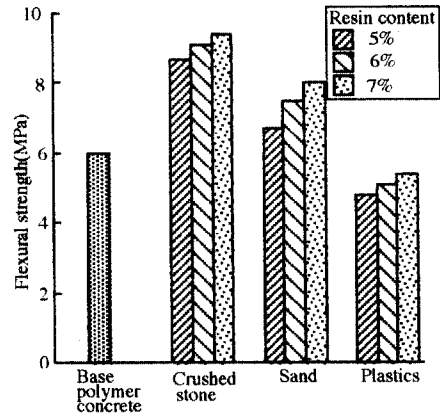


그림 2 투수성 폴리머 콘크리트 휨강도

4.3 인장접착강도

그림 3은 기층용 투수성 폴리머 콘크리트 위에 타설된 각종 필터용 폴리머 모르타르의 인장접착강도를 나타내고 있다. 본 실험에서 특기할 만한 것은 같은 수지를 사용한 경우이지만 필터용 폴리머 모르타르를 기층용 투수성 폴리머 콘크리트 제작시 동시에 타설하는 경우가 경화된 후 타설한 경우에 비해 평균 58%정도의 인장접착강도의 증진효과를 나타냈다. 또한 쇄석과 모래를 필터로 사용한 경우, 기층용 투수성 폴리머 콘크리트가 경화후 타설한 경우는 기층과 필터의 경계면의 파괴를 보였으나 동시 타설의 경우에는 접착 경계면의 접착력이 커 필터용 폴리머 모르타르의 파괴를 보였다. 그러나 플라스틱을 사용한 경우에는 양자 모두 접착 경계면의 파괴를 보였다.

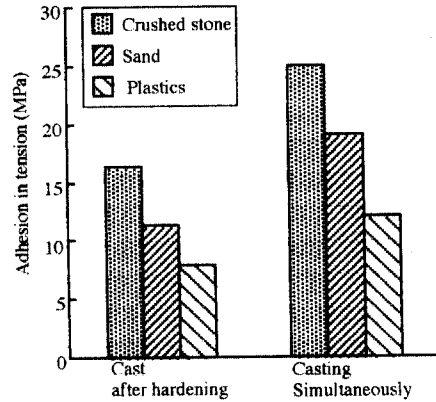


그림 3 투수성 폴리머 콘크리트의 인장접착강도

4.4 경화수축

그림 4는 재령에 따른 기층용 투수성 폴리머 콘크리트와 각종 필터용 폴리머 모르타르의 경화수축율을 나타내고 있다. 두 가지 성분의 재료가 접합된 상태에서의 두 재료의 수축 및 팽창의 정도는 접착력에 커다란 영향을 미친다. 결과에서 알 수 있는 바와 같이 기층용 투수성 폴리머 콘크리트가 가장 적은 수축률을 보였으며, 쇄석, 모래, 플라스틱 순으로 적게 나타났다. 또한 경화수축은 양생시간이 경과할수록 증가하나 기층용 투수성 폴리머 콘크리트의 경우는 약 2시간 30분, 쇄석의 경우는 4시간, 모래의 경우는 5시

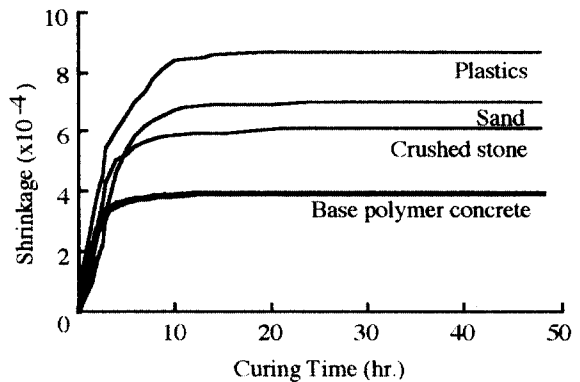


그림 4 투수성 폴리머 콘크리트 및 필터의 경화수축

간, 플라스틱의 경우는 10시간에서 수축률의 증가가 거의 없었다. 이 결과로부터 기층용 투수성 폴리머 콘크리트와 가장 수축률의 차가 적은 쇄석을 필터로 사용한 경우가 전술한 인장접착강도가 크게 나타난 이유로 볼 수 있다.

4.5 투수계수

그림 5는 기층용 투수성 폴리머 콘크리트와 각종 필터용 폴리머 콘크리트를 타설한 경우의 투수계수를 나타내고 있다. 기층용 투수성 폴리머 콘크리트 보다 투수계수가 적은 필터용 폴리머 모르터를 위에 타설하면 전체적인 투수계수는 감소하였다. 투수계수의 감소의 정도는 결합재인 수지의 양이 증가할수록 크게 나타났으며 골재의 종류별로는 쇄석과 플라스틱의 경우가 크게 감소하였다. 반면, 수지를 5%와 6%로 한 모래를 필터로 사용한 경우에는 투수능이 거의 감소되지 않았다. 전반적으로 필터용 폴리머 모르터는 기층용 투수성 폴리머 콘크리트에 비해 투수계수는 적으나 전체적인 투수계수는 크게 나타났기 때문에 사용재료에 대한 영향은 고려하지 않아도 될 것이다.

이상의 실험 결과로부터 투수성 폴리머 콘크리트의 성질에 미치는 배합의 영향에 대해 평가할 수 있었으며 경제적이고 우수한 성능을 가진 투수성 콘크리트를 제작할 수 있는 기초적 자료를 제시하였다.

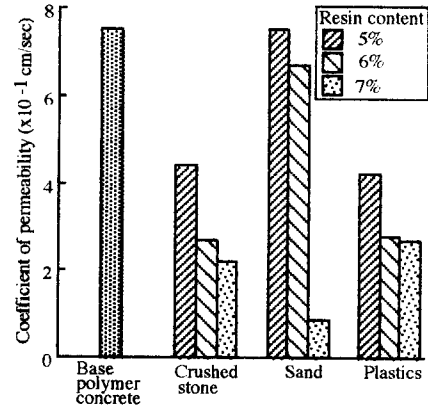


그림 5 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수

5. 결론

본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 쇄석을 필터로 사용할 경우, 수지량 6%와 7%, 모래의 경우, 수지량 7%에서만 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도는 증가하였으나 휨강도는 필터의 종류와 수지량에 관계없이 전반적으로 강도가 증가하였다.
- 2) 필터용 폴리머 모르터를 기층용 투수성 폴리머 콘크리트와 동시에 제작할 경우, 경화된 후 타설한 것에 비해 약 58%정도의 인장접착강도의 증진효과를 나타냈다.
- 3) 기층용 투수성 폴리머 콘크리트가 가장 적은 수축률을 보였으며, 쇄석, 모래, 플라스틱 순으로 적게 나타났는데 인장접착강도는 수축률이 적은 것이 크게 나타나 그의 상관성을 확인 할 수 있었다.
- 4) 필터용 폴리머 모르터는 기층용 투수성 폴리머 콘크리트에 비해 투수계수는 적으나 전체적인 투수성능은 우수하였다.
- 4) 실험결과 5%의 수지와 5%의 충전재로 제작된 폴리머 콘크리트 위에 5% 수지를 사용한 쇄석 필터를 폴리머 모르터로 제작한다면 역학적으로나 내구성 면에서 적절한 배합이 될 수 있다.

참 고 문 헌

1. 中西弘光, 低騒音コンクリート舗装, 콘크리트工學, 日本コンクリート工學協會, vol.36, No.1, 1998, pp.16-18.
2. C. Caestecker, 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.
3. 박용모, 조영국, 소양섭, 투수성 폴리머 콘크리트의 성질에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 가을학술발표 논문집, Vol.9, No.2, 1997, pp. 363-368.