

충전재가 투수성 폴리머 콘크리트의 물성에 미치는 영향

Effects of Filling Materials on the Physical Properties of Permeable Polymer Concrete

최재진* · 유혁진**

Choi, Jae Jin · Yu, Hyeok Jin

Abstract

This study was performed to determine the effects of filling materials on the physical properties of permeable polymer concrete. The filling materials were ground calcium carbonate, ground granulated blast furnace slag and fly ash. In this experiment, permeable polymer concrete mixtures with unsaturated polyester resin contents from 5 to 7 weight %, filler/resin ratio of 0~2.0 and crushed coarse aggregate passing 15 mm sieve were prepared and coefficient of permeability, void ratio, compressive strength and flexural strength were tested. As the test results, increase in the strength and decrease in the coefficient of permeability of the permeable polymer concrete were generally observed with increasing the resin contents and filler/resin ratio. The compressive and flexural strength of the permeable polymer concrete were in the range of 8.0 to 35.0 MPa and 2.0 to 9.0 MPa respectively and the highest strength was shown at the mixtures with 7 weight % unsaturated polyester resin contents, 2.0 ratio of filler/resin and filler of ground calcium carbonate. On the other hand, in the level of 20 MPa compressive strength, the mixtures with filler of fly ash was shown as the most economic permeable polymer concrete.

Keywords : permeable polymer concrete, coefficient of permeability, ground calcium carbonate, ground granulated blast furnace slag, fly ash

요 지

본 연구에서는 투수성 폴리머 콘크리트용 충전재로서 중질탄산칼슘, 고로슬래그미분말 및 플라이 애시를 사용하고 이들 충전재의 종류와 사용량이 투수성 폴리머 콘크리트의 물성에 미치는 영향을 실험을 통해 검토하였다. 실험은 불포화 폴리에스테르 수지를 질량비로 5~7%, 충전재/수지 비를 0~2.0 그리고 나머지는 15 mm 체를 통과하는 굵은 골재로 하여 배합을 정하고 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수, 공극률, 압축강도 및 휨강도 시험을 실시하였다. 실험결과 수지의 사용량 및 충전재/수지 비의 증가에 따라 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수는 감소되고 압축 및 휨강도는 증가하는 경향을 나타냈으며 압축강도 8.0~35.0 MPa와 휨강도 2.0~9.0 MPa의 범위를 나타냈다. 가장 높은 압축강도와 휨강도를 나타낸 것은 불포화 폴리에스테르 수지 사용량 7%, 충전재/수지 비 2.0의 중질탄산칼슘 사용 배합이었다. 한편 압축강도 20 MPa 수준의 투수성 폴리머 콘크리트에서는 충전재로서 플라이 애시를 사용할 때가 가장 경제적인 것으로 나타났다.

핵심용어 : 투수성 폴리머 콘크리트, 투수계수, 중질탄산칼슘, 고로슬래그미분말, 플라이 애시

1. 서 론

도시에서는 많은 건축물과 불투수성 포장체에 의해 빗물이 지하로 스며들지 못하고 배수로나 하천 등으로 직접 유입됨으로써 지하수가 고갈되고 폭우 시 하천으로의 급속한 물 유입에 의한 범람의 우려를 증가시키는 원인이 되고 있다. 또한 지중 미생물의 서식이나 가로수의 생육을 저해하는 등 자연 생태계 보호차원에서 문제도 제기되고 있다(문한영 등, 1999; 이운수 등, 2002).

또한 최근에 친환경 건설을 위한 LID(Low Impact Development) 기술 개발의 필요성이 강조되면서 투수성 포장체에

대한 관심이 높아짐에 따라 투수성 콘크리트나 투수성 아스팔트를 사용한 보도, 광장 및 주차장 등의 시공사례가 증가하고 있다. 그 뿐만 아니라 투수성 콘크리트의 경우는 풀이 자랄 수 있는 기능을 부여함으로써 도로 주변의 경사면과 터널입구, 건축물의 벽면, 옥상 및 하천 호안의 녹화를 위한 용도로의 활용을 위한 다각적인 시도가 활발히 진행되고 있다(김재환, 2003; 안영희 등, 2002; Tamai 등, 1996).

한편 최근에는 투수성을 가지는 폴리머 콘크리트가 개발되어 수영장 주변이나 산책로 등에 사용되는 경우가 있다. 특히 투수성 폴리머 콘크리트는 물이 사용되는 곳에서 또는 우천 시에 미끄럼 저항성이 뛰어나며 미관이 수려하기 때문

*정희원 · 교신저자 · 공주대학교 건설환경공학부 교수 (E-mail : jjchoi@kongju.ac.kr)

**정희원 · 공주대학교 건설환경공학부 석사과정 (E-mail : ryuhj1122@kongju.ac.kr)

에 앞으로 경제성장과 더불어 그의 수요가 증가할 것으로 보인다. 투수성 폴리머 콘크리트에 관한 연구로는 배합 및 기초 물성에 관한 연구(윤길봉 등, 2002; 최재진 등, 2002), 산업부산물의 이용에 관한 연구(Sung 등, 2006; Kawakami 등, 2002; Gowripalan 등, 2003) 등이 진행되고 있으나 보다 경제성이 높은 배합 및 제품개발을 위한 지속적인 연구를 필요로 한다.

폴리머 콘크리트의 제조에 사용되는 기본재료는 결합재, 경화촉진제(경화촉매제) 및 충전제이다. 결합재로서는 불포화 폴리에스테르 수지, 에폭시 수지, 비닐에스테르 수지, 폴리아우레탄 수지, 페놀 수지 등이 사용되며, 충전제는 결합재의 증량, 작업성의 증진, 강도 및 내구성 등의 개선을 위해 사용되는데 현재 충전제로서 주로 사용되고 있는 것은 중질탄산칼슘이다.

본 연구는 경제성이 높은 투수성 폴리머 콘크리트의 배합을 모색하기 위한 연구의 일환으로 각종 충전제의 사용량이 투수성 폴리머 콘크리트의 투수성 및 강도 특성 등에 미치는 영향을 검토하였다. 실험에 있어서는 충전제로서 중질탄산칼슘과 함께 고로슬래그미분말과 플라이 애시를 선정하고 결합재로서는 현재 가장 널리 이용되고 있는 불포화 폴리에스테르 수지를 사용하였다.

2. 실험방법

2.1 사용재료

2.1.1 수지와 경화제

수지는 표 1에 나타난 성질을 가진 올소 타입(Ortho

표 1. 불포화 폴리에스테르 수지의 성질

산가(mgKOH/g)	밀도(g/cm ³)	점도(poise)	휘발물질량(%)
20	1.10	3.0~4.0	40

phthalate type)의 불포화 폴리에스테르 수지로서 경화촉진제인 옥틴산 코발트(Cobalt Octoate)가 포함된 것을 사용하였고, 경화제(가교제)는 Methyl Ethyl Keton Per Oxide(MEKPO)의 55% Dimethyl Phthalate(DMP) 용액으로서 그 사용량은 불포화 폴리에스테르 수지 질량의 1%로 하였다.

2.1.2 골재와 충전제

골재는 입자크기 15 mm 체를 모두 통과하고 2.5 mm체에 잔류하는 표면건조 포화상태의 밀도 2.64 g/cm³(절대건조상태의 밀도 2.61 g/cm³)의 부순 돌을 100°C에서 12시간 건조시킨 것을 사용하였다. 여기서 골재의 입자크기는 투수성 폴리머 콘크리트의 경우 골재로서 5 mm 체에 잔류하는 굵은 골재만을 사용하는 경우 공극 사이로 결합재가 흘러내리기 쉽고, 또 5 mm 체를 통과하는 잔골재만을 사용하면 투수가 어렵게 되는 점을 고려하여 2.5~5 mm 크기의 입자가 포함된 굵은 골재로 정한 것이다. 충전제는 평균입경 32 μm, 밀도 2.70 g/cm³의 중질탄산칼슘 및 표 2의 화학성분을 가지는 밀도 2.15 g/cm³의 F급 플라이 애시와 밀도 2.91 g/cm³의 고로슬래그미분말을 사용하였다.

2.2 콘크리트 배합

투수성 폴리머 콘크리트의 배합은 전체 질량에 대해 결합

표 2. 플라이 애시와 고로슬래그미분말의 XRF 분석결과 (%)

충전제	화학성분									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Ig. Loss	K ₂ O
플라이 애시	60.64	20.78	0.77	0.50	7.84	1.78	0.53	0.19	5.61	1.00
고로슬래그 미분말	35.10	14.55	1.12	0.35	0.42	42.65	6.33	0.19	0	0.41

표 3. 투수성 폴리머 콘크리트의 배합

수지 사용량 (%)	충전제/수지 비	중질탄산칼슘 사용 배합 (kg/m ³)			플라이 애시 사용 배합 (kg/m ³)			고로슬래그미분말 사용 배합 (kg/m ³)		
		수지	충전제	굵은골재	수지	충전제	굵은골재	수지	충전제	굵은골재
5	0	82.8	0	1572	82.8	0	1572	82.8	0	1572
	0.5	84.5	42.3	1563	84.5	42.3	1563	84.5	42.3	1563
	1	84.8	84.8	1526	87.4	87.4	1573	87.1	87.1	1568
	1.5	89.4	134.1	1565	87.4	131.1	1529	87.7	131.5	1534
	2	89.7	179.4	1525	88.0	175.9	1495	90.0	180.0	1530
6	0	100.7	0	1578	100.7	0	1578	100.7	0	1578
	0.5	104.9	52.5	1590	101.0	50.5	1533	104.2	52.1	1580
	1	104.9	104.9	1538	105.2	105.2	1543	107.3	107.3	1574
	1.5	111.5	167.2	1579	105.6	158.3	1495	109.0	163.5	1545
	2	114.9	229.9	1571	106.6	213.2	1457	113.5	227.0	1552
7	0	119.1	0	1582	119.1	0	1582	119.1	0	1582
	0.5	124.8	62.4	1595	123.1	61.6	1575	122.3	61.2	1564
	1	125.6	125.6	1543	128.4	128.4	1578	126.0	126.0	1548
	1.5	132.5	198.7	1561	128.8	193.2	1518	133.3	199.9	1571
	2	138.9	277.8	1568	130.8	261.7	1477	133.7	267.4	1509

재로서 불포화 폴리에스테르 수지를 5%, 6% 및 7% 사용하고 수지에 대한 충전재의 질량비를 0, 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0으로 하였으며, 나머지는 굵은 골재로 구성하였다.

표 3은 투수성 폴리머 콘크리트의 단위용적질량 시험결과로부터 계산된 콘크리트 단위재료량을 나타낸 것이다. 이때 단위용적질량시험에는 투수성 폴리머 콘크리트의 강도시험을 위해 제작한 60 mm×60 mm×240 mm의 각주형 공시체를 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 혼합

투수성 폴리머 콘크리트를 혼합할 때 1 배치량을 1.8 l로 정하여 각 재료를 계량한 다음, 굵은 골재와 충전재를 KS L 5109에 규정된 모르타르 믹서의 혼합용기에 넣고 20초간 건비빔하였다. 그리고 불포화 폴리에스테르 수지와 그 질량의 1%에 해당하는 경화제를 전동교반기에서 2,500 rpm으로 60초간 혼합한 것을 건비빔한 시료 위에 넣고 30초간 혼합, 10초간 정지 그리고 다시 90초간 혼합하는 방법으로 투수성 폴리머 콘크리트를 제조하였으며, 10초간 혼합을 정지시키는 동안에는 혼합이 불충분한 부분이 생기지 않도록 혼합용기의 바닥과 측면의 시료를 큰 수저로 휘저었다. 혼합 중 모르타르 믹서의 혼합속도는 제1속을 유지하였다.

2.3.2 공시체 제작

투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도 및 휨강도 시험용 공시체의 제작에는 60 mm×60 mm×240 mm의 각주체 몰드를 사용하였으며, 시료를 3층으로 나누어 채우고 각각 40회씩 다짐을 하였다. 공극률 및 투수계수 측정용 공시체는 지름 150 mm, 높이 40 mm의 몰드에 시료를 2층으로 나누어 채운 다음 각각 40회씩 다짐을 하였다. 이때 사용한 다짐봉은 30 mm 입방체의 다짐부와 손잡이로 구성된 무게 900 g의 철제 다짐봉이며, 다짐을 마친 공시체는 24시간 지난 후 탈형하고, 물성 시험 시까지 20°C의 실내에 정치하였다.

2.3.3 휨강도와 압축강도 시험

10일간 20°C의 실내에 정치한 60 mm×60 mm×240 mm의 공시체를 지간 180 mm로 하여 중앙점 하중법에 의해 휨강도를 측정된 다음 절단된 공시체 위에 60 mm의 정4각형 철제 후판을 두고 가력하여 압축강도를 측정하였다.

2.3.4 공극률 측정

지름 150 mm, 높이 40 mm의 공시체를 제작한 후 실내에 7일간 정치한 다음 대기 중 질량(g)과 수중 질량(g)을 측정하고 다음 식에 의해 공극률을 계산하였다.

$$\text{공극률(\%)} = 100 - \frac{W_a - W_w}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times H} \times 1000 \times 100$$

여기서, W_a : 시험체의 대기중 질량(g)

W_w : 시험체의 수중 질량(g)

D : 지름(mm)

H : 높이(mm)

2.3.5 투수계수 측정

공극률 측정을 마친 공시체를 2일간 대기 중에서 건조시킨 다음 공시체의 측면을 시멘트 풀로 바르고 다시 1일이 경과하여 재령 10일이 되는 때에 투수시험을 실시하였다. 투수시험은 흙의 정수위 투수시험에 준한 방법을 사용하는 투수시험장치를 제작 사용하였으며, 공시체를 넣는 원통형 용기는 지름이 155 mm인 것을 사용하고 공시체와 접하는 윗부분은 실리콘으로 처리하여 공시체 측면으로부터의 누수를 방지하였다.

투수계수(K)는 수두차 40 mm의 조건으로 60초간의 투수량을 측정하여 다음 식으로 계산하였다.

$$K(\text{mm/sec}) = \frac{L}{H} \cdot \frac{Q}{60 \cdot A} \times 1000$$

여기서, L : 시료 높이 (mm)

H : 수두차 (mm)

Q : 60초간의 투수량 (g)

A : 투수면적 (mm²)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 충전재/수지 비에 따른 투수계수에 대한 고찰

불포화 폴리에스테르 수지에 대한 충전재/수지 비를 각각 0, 0.5, 1, 1.5 및 2.0으로 하였을 때 충전재의 종류별 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수를 나타낸 것이 그림 1로서 그림은 각각 불포화 폴리에스테르 수지의 양이 5%, 6% 및 7%인 경우에 대한 것이다. 예비시험에서 불포화 폴리에스테르 수지량이 5% 미만인 폴리머 콘크리트는 점착성이 매우 부족하며, 수지량이 8% 이상인 경우에는 수지와 충전재의 혼합물이 공시체 저면으로 흘러내려 불투수층을 형성하는 것이 확인되었다. 따라서 투수성 폴리머 콘크리트에서 불포화 폴리에스테르 수지의 적정 사용범위는 5~7%로 판단되며 이는 일반 폴리머 콘크리트에서의 수지 사용량 10~12%의 약 50% 정도에 해당되는 것이다.

수지의 사용량이 증가하는데 따라 투수계수는 감소하였는데 충전재를 사용하지 않고 불포화 폴리에스테르 수지만을 5% 및 6% 사용한 경우는 투수계수가 22 mm/s 이상이며, 수지를 7% 사용한 경우는 8.5 mm/s로서 모두 높은 투수계수를 나타냈다. 그리고 충전재/수지 비가 증가할수록 투수계수는 감소되는 경향을 나타냈는데 이는 충전재/수지 비의 증가에 따라 충전재의 양이 증가하여 공극률이 감소되었기 때문으로 판단된다.

불포화 폴리에스테르 수지의 사용량에 따라 투수성 폴리머 콘크리트의 공극률과 투수계수의 관계를 나타낸 것이 그림 2이다. 대체로 공극률이 증가하면 투수계수는 증가하는 경향을 보인다. 수지량이 5%인 경우에는 20%~30% 정도의 높은 공극률을 나타냈으며 투수계수는 8 mm/sec 이상이였다. 수지량이 6%인 경우는 공극률이 15%~30%의 범위이고, 투수계수는 4 mm/sec 이상이였다. 또한 수지량이 7%인 경우는 공극률이 10%~25% 정도이었고, 투수계수는 10 mm/sec 미만을 나타냈다. 특히 수지 사용량 7%에서 고로슬래그미분말을 사용하였을 때는 영 "0"에 가까운 매우 낮은 투수계수를 나타냈는데 이러한 현상은 공시체 제작 중 불포화 폴리

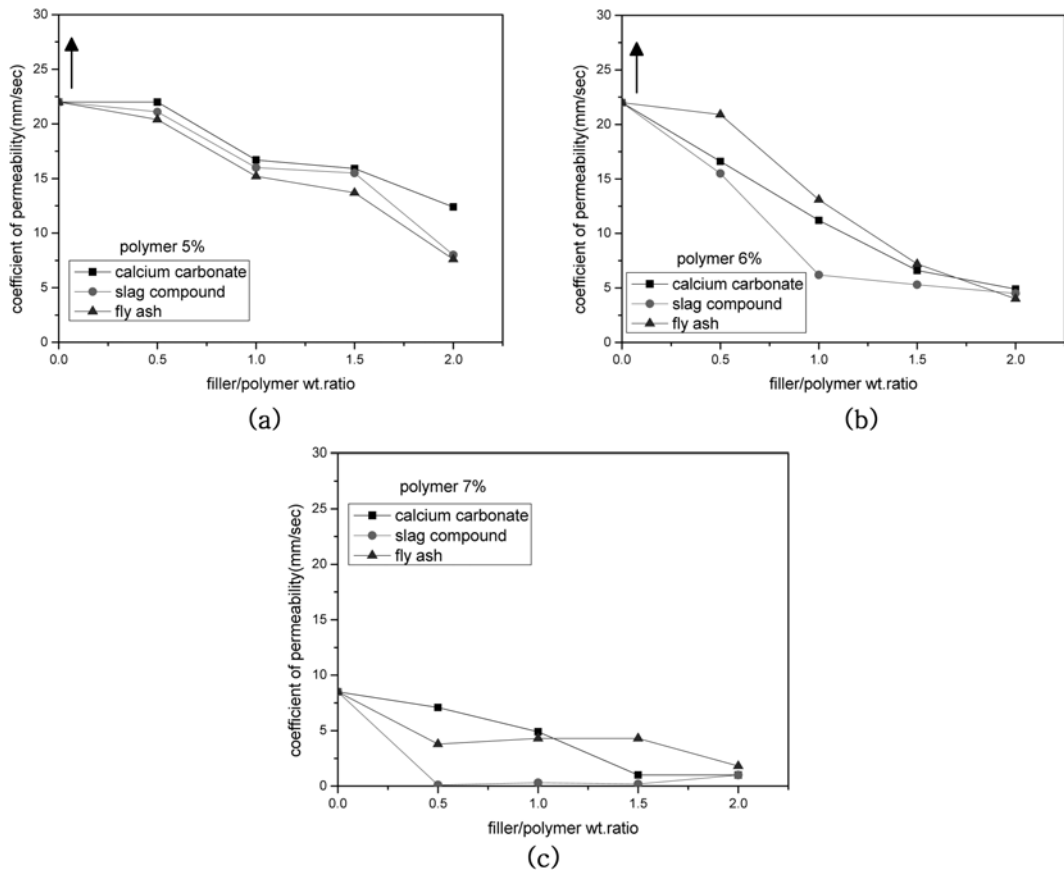


그림 1. 충전재/수지 비에 따른 투수계수의 관계

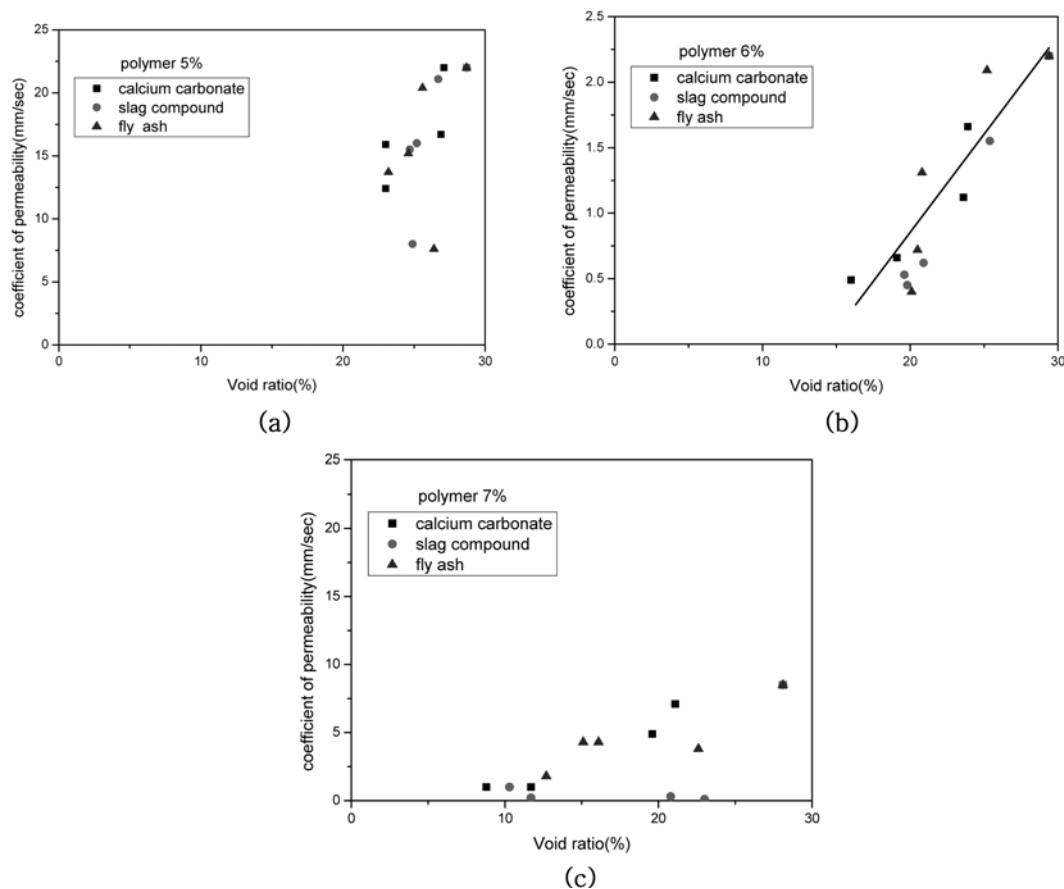
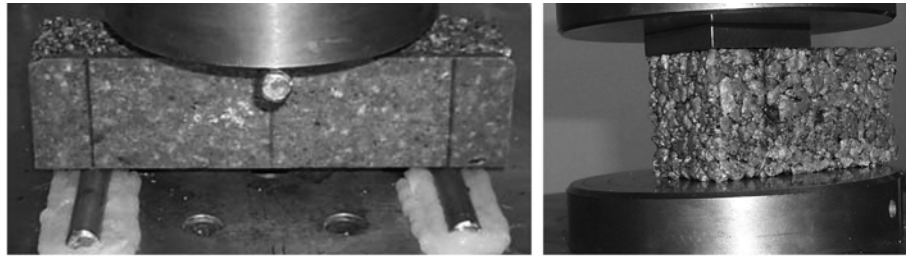


그림 2. 공극률과 투수계수의 관계

에스테르 수지와 고로슬래그미분말의 혼합물이 접착력 부족으로 다짐 과정에서 공시체 아래로 흘러내려 연속공극률이

대폭 감소함으로써 발생된 결과로 판단된다. 사진 1은 이와 같이 수지가 흘러내려 바닥 층에 불투수성 층을 형성한 면



(a) 불투수층 형성 면

(b) 투수층 형성 면

사진 1. 공시체 밀면의 모양 비교

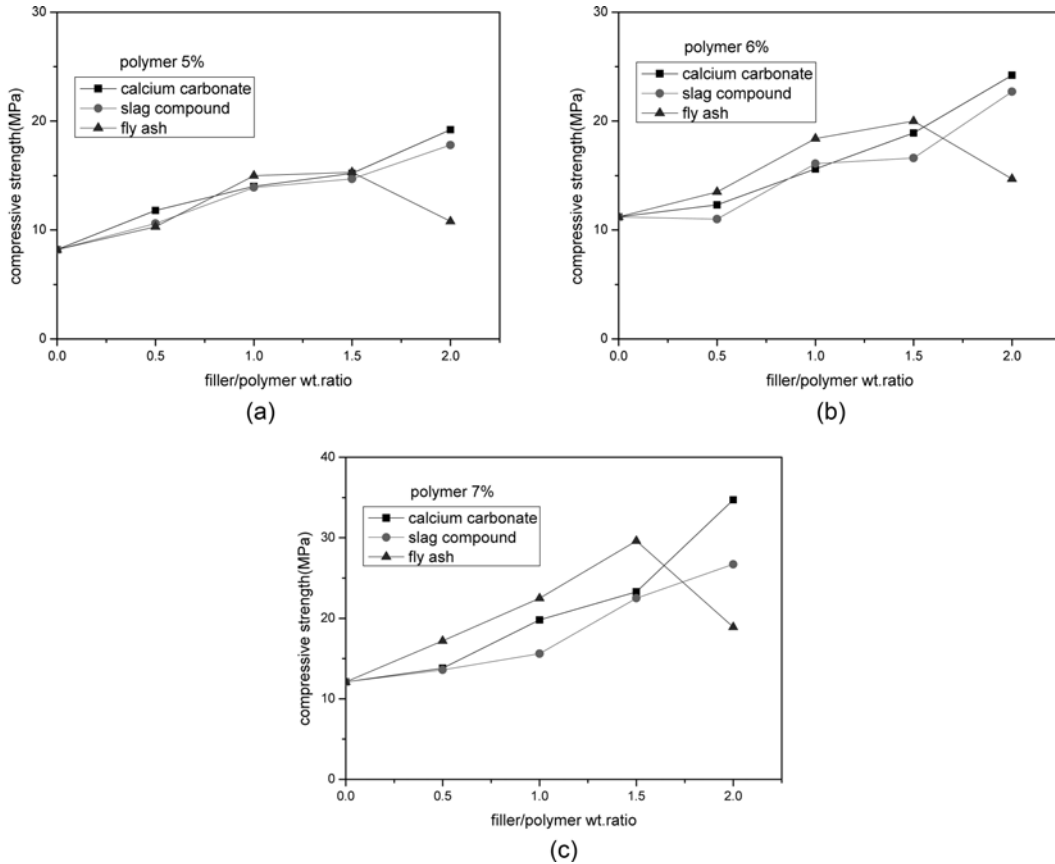


그림 3. 충전재/수지 비에 따른 압축강도의 관계

과 정상적인 투수성 층을 형성한 면을 보인 것이다.

3.2 충전재/수지 비에 따른 압축강도 및 휨강도에 대한 고찰

충전재/수지 비에 따른 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도를 정리한 것이 그림 3이다. 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도는 수지의 사용량 5~7% 및 충전재/수지 비 0~2.0에서 8.0~35.0 MPa 정도의 분포를 나타냈으며 수지의 사용량이 증가하고 또 충전재/수지 비가 증가함에 따라 대체적으로 압축강도가 증가하는 경향을 나타냈다. 충전재의 종류에 따라 각각의 시험결과를 살펴보면 중질탄산칼슘 및 고로슬래그미분말을 사용하였을 때는 충전재/수지 비와 압축강도가 대체적으로 비례적인 관계를 나타낸 반면 플라이 애시를 사용한 경우는 충전재/수지 비 1.5 정도에서 최대의 압축강도를 나타내었고 그 이상에서는 오히려 강도가 저하되었다.

그림 4는 투수성 폴리머 콘크리트의 휨강도를 정리한 것으로서 불포화 폴리에스테르 수지의 사용량 5~7% 및 충전재/수지 비 0~2.0의 범위에서 휨강도는 2.0~9.0 MPa정도가

있으며 불포화 폴리에스테르 수지 및 충전재의 사용량이 증가함에 따라 휨강도는 대체로 증가하는 경향을 나타냈다. 그러나 충전재의 종류에 따라서 휨강도는 상당한 차이를 나타냈으며 충전재/수지 비 1.5 이내에서는 대체적인 경향으로 고로슬래그를 사용한 경우가 탄산칼슘이나 플라이 애시를 사용한 경우에 비해 상대적으로 작은 휨강도를 나타냈다. 또한 충전재로서 플라이 애시를 사용한 경우는 압축강도 시험결과에서도 나타난 것과 같이 휨강도가 최대가 되는 충전재/수지 비가 존재하였으며 그 값은 수지량 5%, 6% 및 7%에서 각각 1.0, 1.5 및 1.5이었다.

한편 국토해양부의 도로포장설계시공지침(1996) 및 일본도료협회의 투수성 아스팔트 혼합물의 배합설계기준에서 투수계수의 기준치는 0.1 mm/s 이상이며, 일반적으로 투수성이 요구되는 투수성 콘크리트나 투수성 아스팔트의 경우 시공 직후의 투수계수는 1.0 mm/s 정도가 바람직하다고 한다(安岐裕 등, 1988). 본 실험에서는 투수계수가 1.0 mm/s 이상이고 강도가 최대가 되는 배합은 중질탄산칼슘과 고로슬래그 미분말을 사용한 경우는 수지량 7% 및 충전재/수지 비 2.0

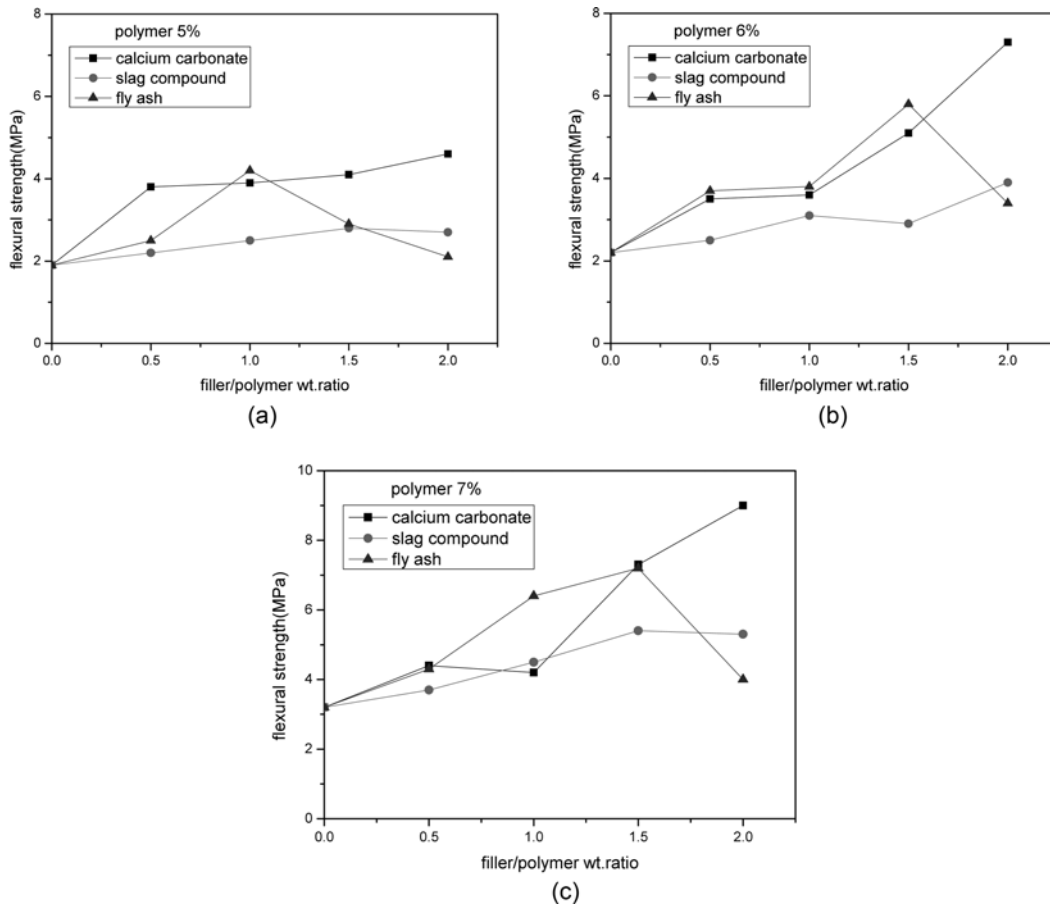


그림 4. 충전재/수지 비에 따른 휨강도의 관계

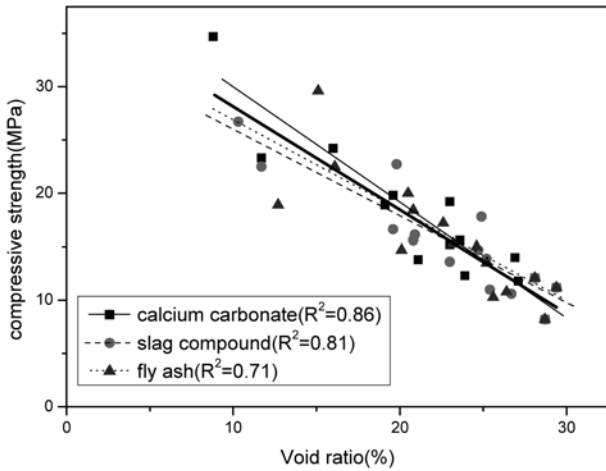


그림 5. 공극률과 압축강도의 관계

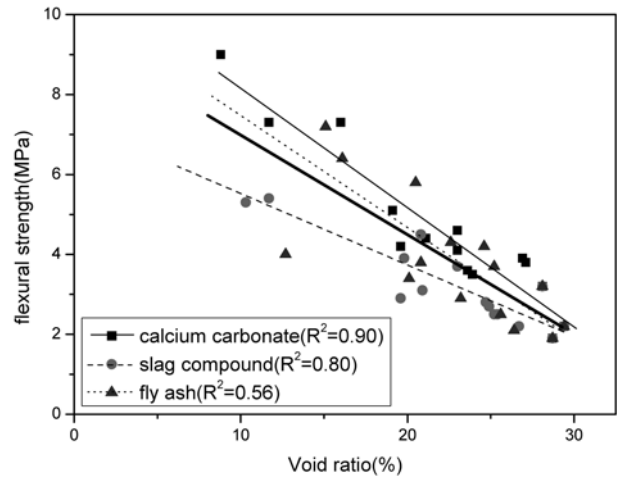


그림 6. 공극률과 휨강도의 관계

이며, 플라이 애시를 사용한 경우는 수지량 7% 및 충전재/수지 비 1.5인 것으로 나타났다.

3.3 공극률과 압축 및 휨강도의 관계에 대한 고찰

본 실험의 범위 즉, 불포화 폴리에스테르 수지의 양 5%~7% 및 충전재/수지 비 0~2.0에서의 투수성 폴리머 콘크리트의 공극률과 압축강도의 관계를 나타낸 것이 그림 5이며, 투수성 폴리머 콘크리트의 공극률과 휨강도의 관계를 나타낸 것이 그림 6이다. 전체 실험 데이터 39개에 대하여 압축강도와 공극률 및 휨강도와 공극률의 관계를 그림 속에서 굵은 실선으로 나타냈다. 대체적으로 공극률과 압축강도 또는 공극률과 휨강도의 관계는 반비례 관계로서 충전재의

종류에 따라 어느 정도 차이가 있지만 공극률 1% 증가에 따라 압축강도와 휨강도는 각각 0.93 MPa 및 0.24 MPa 정도씩 감소됨을 알 수 있다.

그림 7은 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도와 휨강도의 관계를 나타낸 것이다. 그림 속에서 굵은 실선은 전체 데이터를 사용하여 그린 것으로 휨강도는 압축강도의 약 1/4 정도가 됨을 알 수 있다.

3.4 투수성 폴리머 콘크리트의 재료 원가 비교

그림 8은 본 실험에 사용한 투수성 폴리머 콘크리트 배합에 대하여 실험한 결과를 압축강도와 투수계수의 관계로 정리한 것이며, 그림 9는 휨강도와 투수계수의 관계로 정리한

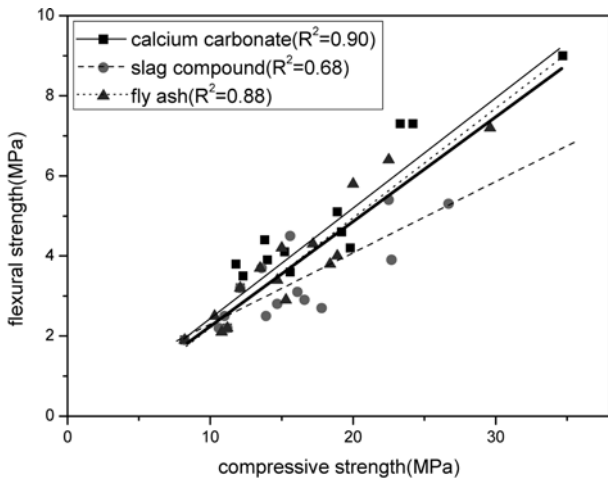


그림 7. 압축강도와 휨강도의 관계

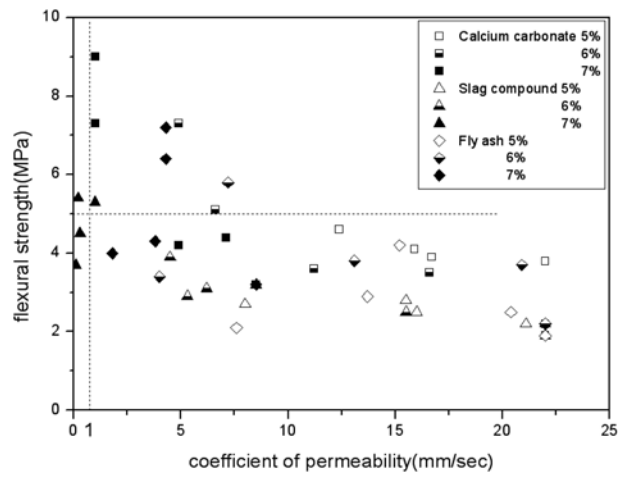


그림 9. 휨강도와 투수계수 시험결과

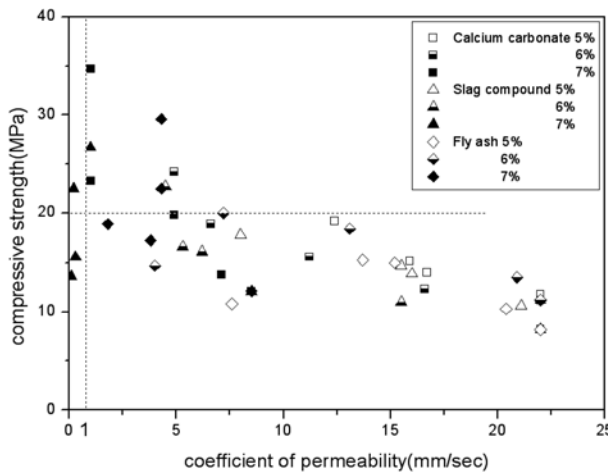


그림 8. 압축강도와 투수계수 시험결과

것이다.

투수성 폴리머 콘크리트의 요구 성능에 대한 규정은 아직 찾아보기 힘들다. 그러나 투수성 콘크리트의 경우는 시공직 후에 요구되는 투수계수가 일반적으로 1 mm/s 이상이고, 압축강도는 20 MPa 정도 그리고 휨강도는 5 MPa 정도를 목표로 하는 경우가 많다.

투수성 폴리머 콘크리트에 대해서도 일반 투수성 콘크리트와 같은 수준의 투수계수와 압축강도 및 휨강도를 적용한다면 투수계수 1 mm/s 이상, 압축강도 20 MPa 및 휨강도 5 MPa 이상을 모두 만족하는 배합은 전체 7 종류가 된다. 이들 배합에 대하여 현재의 재료 단가를 고려하여 재료비를

계산하여 나타낸 것이 표 4이다. 이때 각 재료비는 시중 단가 조사를 통하여 불포화 폴리에스테르 수지 2,800원/kg, 중질탄산칼슘 40,000원/t, 고로슬래그미분말 63,000원/t, 플라이 애시 25,000원/t 및 굵은 골재 5,880원/t의 단가를 적용하였다.

표 4에서 투수계수 1 mm/s 이상의 조건으로 가장 큰 압축강도를 나타낸 것은 불포화 폴리에스테르 수지의 사용량 7%, 충전재/수지 비 2.0의 배합으로 충전재로서 중질탄산칼슘을 사용한 경우이며, 이때의 압축강도와 휨강도는 각각 34.7 MPa 및 9.0 MPa를 나타냈다.

한편 투수계수 1 mm/s 이상의 조건에서 압축강도 20 MPa 및 휨강도 5 MPa 이상을 나타낸 배합 중 재료비의 합계가 최소인 것은 충전재로 플라이 애시를 사용하고 불포화 폴리에스테르 수지 6%, 충전재/수지 비 1.5의 배합임을 알 수 있다.

이상의 결과로부터 높은 수준의 강도가 요구되는 투수성 폴리머 콘크리트의 경우는 충전재로서 중질탄산칼슘이 적합하며, 상대적으로 낮은 강도수준 즉, 압축강도 20 MPa 정도가 요구되는 경우는 플라이 애시를 사용하는 것이 경제성 면에서 보다 유리한 것으로 판단된다.

4. 결 론

불포화 폴리에스테르 수지의 사용량 5~7%, 충전재/수지 비 0~2.0의 범위에서 충전재로서 중질탄산칼슘, 고로슬래그 미분말 및 플라이 애시를 사용한 투수성 폴리머 콘크리트의

표 4. 투수계수 1 mm/s 이상, 압축강도 20 MPa 및 휨강도 5 MPa 이상을 만족하는 배합

충전재의 종류	수지 사용량 (%)	충전재/수지 비	투수성 폴리머 콘크리트의 물성			재료비의 합계 (수지+충전재+굵은 골재) (천원/m ³)
			압축강도 (MPa)	휨강도 (MPa)	투수계수 (mm/s)	
중질탄산 칼슘	6	2	24.2	7.3	4.9	340
	7	1.5	23.3	7.3	1.0	388
			2	34.7	9.0	1.0
고로슬래그 미분말	7	2	26.7	5.3	1.0	400
플라이 애시	6	1.5	20.0	5.8	7.2	307
		1	22.5	6.4	4.3	372
	7	1.5	29.6	7.2	4.3	380

물성 등을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 충전재/수지 비가 증가할수록 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수는 감소되는 경향을 나타냈으며, 대체로 본 실험 범위에서 투수계수는 1.0 mm/s 이상을 나타냈다. 다만 고로슬래그미분말을 사용한 경우는 수지의 사용량 7%에서 투수계수가 영 “0”에 가까운 값을 나타냈는데 이것은 수지와 고로슬래그미분말과의 혼합물이 공시체 제작과정에서 밀면으로 흘러내려 연속공극의 형성을 방해한 결과로 판단된다.
2. 수지의 사용량 및 충전재/수지 비의 증가에 따라 대체적으로 투수성 폴리머 콘크리트의 압축 및 휨강도는 증가하였으며 그 값은 각각 8.0~35.0 MPa 및 2.0~9.0 MPa의 범위를 나타냈다. 그러나 충전재로 플라이 애시를 사용한 경우는 강도가 최대가 되는 충전재/수지 비가 존재하였으며 그 비는 압축강도에서 1.5, 휨강도에서 1.0~1.5로 나타났다.
3. 투수계수 1 mm/s 이상의 조건에서 가장 높은 압축강도와 휨강도를 나타낸 투수성 폴리머 콘크리트의 배합은 불포화 폴리에스테르 수지의 사용량 7%, 충전재/수지 비 2.0의 배합으로 충전재로서 중질탄산칼슘을 사용한 경우이며, 이때의 압축강도와 휨강도는 각각 34.7 MPa 및 9.0 MPa을 나타냈다.
4. 충전재의 종류에 따른 경제성의 비교는 투수성 폴리머 콘크리트에서 요구되는 강도수준에 따라 평가할 필요가 있으며, 소요의 압축강도가 20 MPa 정도로 비교적 낮은 강도수준에서는 플라이 애시가 가장 경제성이 높은 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2008학년도 2학기 공주대학교 교내연구비지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 김재환, 김용로, 박정호, 김무한(2003) 현장타설 녹화 콘크리트에 의한 하천호안, **한국콘크리트학회지**, 한국콘크리트학회, 제15권 제3호, pp. 80-86.
- 문헌영, 김성수, 정호섭(1999) 전기로슬래그 골재를 투수성콘크리트 포장용으로 활용하기 위한 기초적 연구, **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제19권 제1호, pp. 111-121.
- 안영희, 최경영(2002) 녹화용 다공질 식재 블록의 개발, **한국환경복원녹화기술학회지**, 한국환경복원녹화기술학회, 제5권 제4호, pp. 1-9.
- 윤길봉, 황인성, 이병렬, 전찬기, 양성환, 한천구(2002) 투수성 폴리머 콘크리트의 특성에 미치는 골재 입도 분포의 영향, **한국콘크리트학회 2002년도 봄학술발표회 논문집**, 한국콘크리트학회, pp. 111-116.
- 이윤수, 주명기(2002) 투수성 폴리머 시멘트 콘크리트의 가공적 성질, **한국콘크리트학회 논문집**, 한국콘크리트학회, 제14권 제3호, pp. 402-408.
- 최재진, 황의환(2002) 투수성 폴리머 콘크리트의 물리적 성질, **한국콘크리트학회 논문집**, 한국콘크리트학회, 제14권 제1호, pp. 41-48.
- 安岐裕(ほか) (1988) 透水性コンクリト舗装の適用性に關する實驗, **道路建設**, pp. 52-56.
- Gowripalan, N., Yang, S.H., and Han, C.G. (2003) A fundamental study on the development of permeable polymer concrete for balcony bricks, **Proceedings of the Fourth ASPIC**, pp. 185-194.
- Kawakami, M., Tokushige, H., and Matsuoka, S. (2002) Physical properties of porous polymer concrete using recycled plastic aggregates, **Cement Science and Concrete Technology**, Vol. 55, pp. 645-650.
- Sung, C.Y. (2006) Engineering properties of permeable polymer concrete using bottom ash and recycled coarse aggregate, **Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers**, The Korean Society of Agricultural Engineers, Vol. 48, No. 7, pp. 25-31.
- Tamai, M. and Tanaka, M. (1996) A study on ecological concrete with continuous void, **Concrete in the Service of Mankind-Concrete for Environment Enhancement and Protection**, Edited by R.K. Dhir and T.D. Dyer, E & FN Spon.

(접수일: 2009.8.24/심사일: 2009.9.25/심사완료일: 2010.1.26)