

투수성 폴리머 콘크리트의 특성에 미치는 골재 입도 분포의 영향

Influence on the Grading of Aggregates on Properties of Permeable Polymer Concrete

윤길봉* 황인성** 이병렬*** 전찬기**** 양성환**** 한천구*****
Yin, Ji Feng Hwang, Yin Seong Lee, Byung Yul Jeon, Chan Ki Yang, Seong Hwan Han, Cheon Goo

ABSTRACT

Permeable polymer concrete has a lot of internal voids, which has more excellent performance in permeability and durability than asphalt and cement concrete. Therefore, in this paper, influences of grading distribution of aggregates on the permeable polymer concrete are presented using polyester resin as binders. According to test results, it shows that compressive strength and unit weight increase with continuous grading distribution and increase of binder content, while void and permeability coefficient shows decline tendency.

1. 서론

근래 도시화가 가속화됨에 따라 지상부의 많은 건축물은 콘크리트화 되어가고 있고, 인도나 차도도 비투수성 아스팔트나 콘크리트로 포장됨으로써 지표수의 침투가 차단되는 문제를 내포하고 있다. 따라서, 노면 배수가 가능한 도로포장용, 하천제방, 댐 제방과 같은 곳의 녹화용, 옥상 식재용 콘크리트 등에는 여러 투수성 아스팔트 및 시멘트 콘크리트로 많이 연구되었고 또한 시공사례도 많지만, 시일경과에 따른 내구성 및 투수성능의 저하로 그 효과를 충분히 발휘하지는 못하고 있는 실정이다.

한편, 폴리머 콘크리트 매트릭스 내부에 많은 공극을 가진 투수성 폴리머 콘크리트는 투수성, 내구성 및 접착성이 우수하고, 경화속도가 빠르며, 압축강도뿐만 아니라 휨강도도 월등히 큰 것으로 알려져 최근에는 이에 대한 연구가 집중되고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 불포화 폴리에스테르 수지를 결합재로 하여 골재의 여러 가지 입도를 변화시켜 투수성 폴리머 콘크리트에 대한 제반실험을 실시하고, 강도 및 투수성 등을 분석함으로써 궁극적으로는 골재의 입도분포가 투수성 폴리머 콘크리트에 미치는 영향을 분석하여 양질의 투수성 폴리머 콘크리트를 제조하는데 그 목적이 있다.

* 정회원, 청주대학교 대학원, 공학석사

** 정회원, 청주대학교 대학원, 박사과정

*** 정회원, (주)성진건축사사무소 소장, 공학박사

**** 정회원, 인천전문대학 건축과 교수, 공학박사

***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합 사항은 표 2와 같다. 먼저, 결합재로는 폴리에스테르 수지를 사용하였으며, 그 혼입률은 4 및 6%의 2개 수준으로 하였고, 충전재로서 석회석 미분말을 사용하였는데, 결합재에 대한 비율로 각각 0 및 100%를 혼입하는 것으로 하였다. 또한, 골재는 부순돌을 사용하였는데, 그림 1과 같이 서로 다른 입도의 골재 a, b, c, d, e 및 f의 총 6개 종류로 분류하여 실험하였다.

실험사항으로써, 경화 폴리머 콘크리트의 압축강도, 단위용적중량, 공극률시험 및 투수계수시험을 실시하는 것으로 하였다.

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로써, 결합재는 불포화 폴리에스테르 수지를 사용하였고, 충전재는 석회석 미분말을 사용하였는데, 그 성질은 표 3 및 4와 같다. 또한, 골재는 충북 청원군 옥산산 부순돌(비중 : 2.58)을 서로 다른 6가지 입도로 나누어 사용하였는데, 입도곡선은

표 1. 실험계획 및 요인

실험 요인		실험 수준	
배합 사항	결합재	1	폴리에스테르 수지
	결합재량(%)	2	4, 6
	충전재 종류	1	석회석 미분말
	충전재량 (결합재%)	2	0, 100
	골재	1	부순돌
	골재의 종류	6	a, b, c, d, e, f
실험 사항	경화 폴리머 콘크리트	4	압축강도(kgf/cm ²) 단위용적중량(kg/m ³) 공극률시험(%) 투수시험(투수계수 : cm/s)

표 3. 폴리에스테르의 물리적 성질

Specific gravity(20°C)	Viscosity (p.s)	Gel time (min)	Curing System(%)
1.1	3.4	10.2	1.0

표 4. 석회석 미분말의 물리적 성질

평균 입경 (μm)	수분 (%)	비중	백색도 (%)
9.57	0.03	2.7	85

표 2. 투수성 폴리머 콘크리트의 배합표 (전체 중량의 %)

결합재	입도별 골재량				석회석 미분말	
	1.2~2.5	2.5~5	5~10	10~20		
4	-	-	-	96	0	
	-	-	-	92	4	
	-	-	38.4	57.6	0	
	-	-	36.8	55.2	4	
	-	19.2	28.8	48	0	
	-	18.4	27.6	46	4	
	-	-	96	-	0	
	-	-	92	-	4	
6	-	-	-	94	0	
	-	-	-	88	6	
	-	-	37.6	56.4	0	
	-	-	35.2	52.8	6	
	-	18.8	28.2	47	0	
	-	17.6	26.4	44	6	
	-	-	94	-	0	
	-	-	88	-	6	
4	-	38.4	57.6	-	0	
	-	36.8	55.2	-	4	
	19.2	28.8	48	-	0	
	18.4	27.6	46	-	4	
	6	-	-	-	94	0
		-	-	-	88	6
		-	37.6	56.4	-	0
		-	35.2	52.8	-	6
18.8		28.2	47	-	0	
17.6		26.4	44	-	6	
-		-	94	-	0	
-		-	88	-	6	

그림 1과 같다.

2.3 실험방법

2.3.1 압축강도 및 단위용적중량 시험

폴리머 콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2481의 폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법에 준하여 압축강도 시험용 공시체(77.5×15cm)를 제작하여 실시하였다. 단위용적중량은 소정의 양생을 마친 공시체에 대하여 단위체적에 대한 중량을 측정하여 나타내었다.

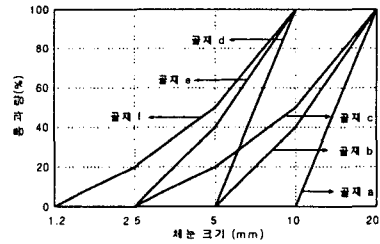


그림 1. 골재의 입도곡선

2.3.2 공극률 시험

공극률 시험은 일본 콘크리트공학협회 에코콘크리트 연구위원회의 「포러스콘크리트의 공극률 시험 방법(안)」에 준하여 측정하고, 식 (1)을 이용하여 산출하였다.

$$A = [1 - (W_2 - W_1) V_1] \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

A : 전공극률 및 연속공극률 (%) W₁ : 공시체의 수중중량
 W₂ : 24시간 방치후의 기중중량[전공극률] V₁ : 공시체의 용적(cm³)
 : 일정중량[연속공극률] (g)

2.3.3 투수계수 시험

투수계수는 일본 콘크리트공학협회 에코콘크리트연구위원회의 「포러스콘크리트의 투수계수 시험 방법(안)」에 준하여 측정하였으며, 식 (2)를 이용하여 산출하였다.

$$K = (H/h) \times Q / [A \times (t_2 - t_1)] \dots\dots\dots (2)$$

K : 투수계수 (cm/s) H : 공시체의 높이 (cm) Q : 시각 t₁에서 t₂까지의 투수량 (cm³)
 h : 수위차 (cm) t₂-t₁ : 측정시간 (sec) A : 공시체의 단면적 (cm²)

3. 실험결과 및 분석

3.1 압축강도

그림 2는 충전재량 및 결합재량별 골재종류의 변화에 따른 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도를 나타낸 것이다.

먼저, 골재종류에 따른 압축강도는 결합재량이나 충전재량과 상관없이 a에서 c로, 그리고 d에서 f로 갈수록, 즉 연속입도 경향으로 갈수록 높게 나타났으며, 동일한 결합재량과 충전재량일 경우는 전반적으로 골재 d, e, f가 골재 a, b, c 보다 높은 강도를 나타냈다.

또한, 결합재량 변화에 따른 압축강도는 결합재량이 6%인 경우가 4%인 경우보다 더욱 큰 강도를 나타냈으며, 결합재량에 상관없이 모든 골재입도 조건에서 충전재를 100% 혼입한 콘크리트의 강도가 혼입하지 않은 콘크리트보다 크게 나타났다. 이는 보통 폴리머 콘크리트의 경우와 비슷한 경향을 보인 것으로 투수성 폴리머 콘크리트를 제작하는데 있어서 충전재의 혼입이 필수적임을 알 수 있었다. 또

한, 충전재는 폴리머 콘크리트의 조직을 치밀하게 하여 강도를 증진시킬 뿐만 아니라 적당한 점성을 콘크리트 매트릭스에 부여하여 다짐이나 진동에 의해 공시체 하부에 수지층이 형성되는 것을 방지하는 역할도 하는 것을 알 수 있었다.

3.2 단위용적중량

그림 3은 충전재량 및 결합재량별 골재종류의 변화에 따른 폴리머 콘크리트의 단위용적중량을 나타낸 것이다.

골재종류에 따른 단위용적중량은 압축강도와 마찬가지로 경향으로 결합재량이나 충전재량과 상관없이 a에서 c로, 그리고 d에서 f로 갈수록 증가하는 경향을 나타냈으며 동일한 결합재량과 충전재량에서 전반적으로 골재 d, e, f가 골재 a, b, c 보다 단위용적중량이 크게 나타났다. 이는 연속입도 일수록 골재사이의 공극이 적어지기 때문에 나타난 결과라고 분석된다.

또한 결합재량 변화에 따른 단위용적중량은 결합재량이 6%인 경우가 4%인 경우보다 더욱 크게 나타났으며 결합재량에 상관없이 모든 골재조건에서 충전재를 100% 혼입한 콘크리트가 혼입하지 않은 콘크리트보다 크게 나타났다. 이는 충전재가 결합재와 혼합되어 골재와 골재사이에 흘러들어 콘크리트 내부의 밀실도를 증대시키기 때문에 나타난 결과로 분석된다.

3.3 공극률

그림 4는 충전재량 및 결합재량별 골재종류의 변화에 따른 투수성 폴리머 콘크리트의 공극률을 나타낸 것이다.

투수성 폴리머 콘크리트의 공극률은 단위용적중량과 반대경향으로 결합재량이나 충전재량에 상관없이 a에서 c로, 그리고 d에서 f로 갈수록, 즉 연속입도 경향으로 갈수록 공극률은 작아지는 경향을 나타냈으며 동일한 결합재량과 충전재량에서 전반적으로 골재 d, e, f가 골재 a, b, c 보다 공극률이 작게 나타났다. 이는 연속입도 일수록 골재사이의 공극이 적어지기 때문이라고 사료된다. 결합재량 변화에 따른 공극률은 결합재량이 6%인 경우가 4%인 경우보다 더욱 작게 나타났으며, 결합재량에 상관없이 모든 골재조건에서 충전재를 100% 혼입한 콘크리트가 혼입하지 않은 콘크리트보다 작게 나타났다. 이는 역시 충전재가 결합재와 혼합되어 골재와 골재사이의 공극을 충전시켜 공극이 감소되기 때문이라고 분석된다.

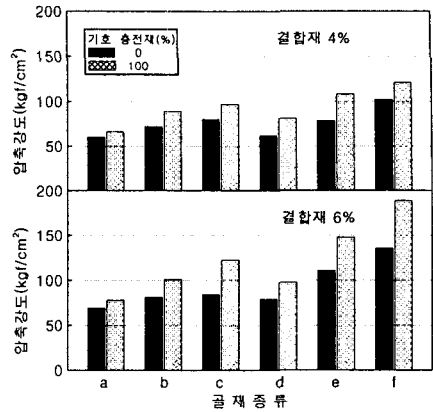


그림 2. 골재종류의 변화에 따른 압축강도

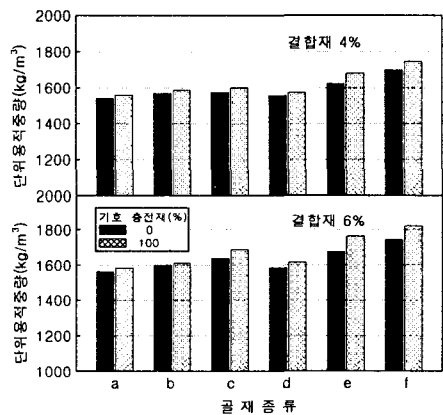


그림 3. 골재종류의 변화에 따른 단위용적중량

3.4 투수계수

그림 5는 충전재량 및 결합재량별 골재종류의 변화에 따른 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수를 나타낸 것이다.

먼저, 투수계수는 결합재량 4%에서 골재종류 a에서 c로, d에서 f로 갈수록, 즉 연속입도 경향으로 갈수록 작게 나타났으나, 결합재량 6%에서는 여분의 결합재가 공시체의 밑으로 흘러내려 수지층을 이루어 투수가 되지 않아 투수계수가 0으로 되는 경우도 발생하였다.

또한, 동일한 결합재량과 충전재량에서 투수계수는 전반적으로 골재 d, e, f가 골재 a, b, c 보다 작게 나타났으며, 결합재량 변화에 따른 투수계수는 결합재량이 6%인 경우가 4%인 경우보다 작게 나타났다. 또한, 충전재를 100% 혼입한 콘크리트가 혼입하지 않은 콘크리트보다 작게 나타난 동시에 공시체 하부의 폐쇄현상의 발생이 작아지는 경향을 나타냈다. 이는 충전재 혼입으로 인하여 결합재와 충전재가 서로 혼합되어 골재와의 접착력을 증대시켜 공시체 밑에 수지층을 형성시키는 현상을 방지하기 때문인 것으로 판단된다.

그림 6은 공극률과 투수계수의 관계를 나타낸 것으로 골재의 종류에 관계없이 공극률이 증가할수록 투수계수는 모두 증가하는 것으로 나타났다. 또한 회귀식에서와 같이 공극률과 투수계수는 비교적 밀접한 상관관계를 나타내며 투수성 폴리머 콘크리트의 투수계수는 공극률에 의해 크게 좌우되는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 투수성 폴리머 콘크리트 특성에 미치는 골재입도 분포의 영향에 대한 실험적 연구로서 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도는 골재종류 a에서 c로, 그리고 d에서 f로, 즉 연속입도 경향으로 갈수록 높은 강도를 나타냈으며, 전반적으로 골재 d, e, f가 골재 a, b, c 보다 높은 강도를 나타냈다. 또한, 결합재량이 6%인 경우가 4%인 경우보다 더욱 큰 강도를 나타냈으며, 결합재량에 상관없이 모든 골재조건에서 충전재를 100% 혼입한 콘크리트가 혼입

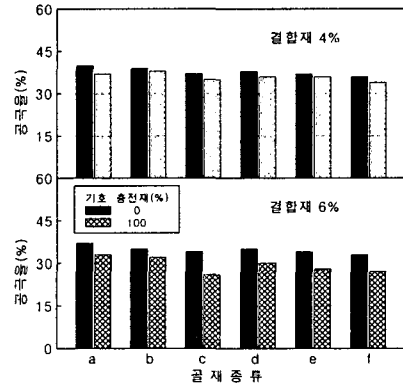


그림 4. 골재종류의 변화에 따른 공극률

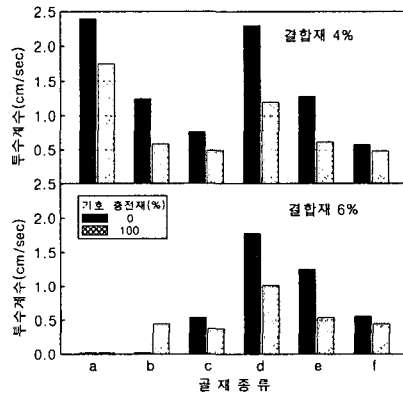


그림 5. 골재종류의 변화에 따른 투수계수

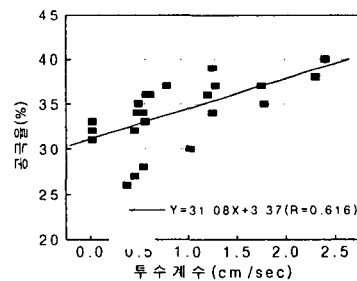


그림 6. 공극률과 투수계수의 관계

하지 않은 콘크리트보다 크게 나타났다.

2) 단위용적중량은 결합재량이나 충전재량과 상관없이 a에서 c로, 그리고 d에서 f로 갈수록 증가하는 경향을 나타냈으며, 동일한 결합재량과 충전재량에서 골재 d, e, f가 골재 a, b, c 보다 크게 나타났다. 또한, 결합재량이 6%인 경우가 4%인 경우보다 더욱 크게 나타났으며 동일한 골재조건에서 충전재를 100% 혼입한 콘크리트가 혼입하지 않은 콘크리트보다 크게 나타났다.

3) 공극률 및 투수계수는 결합재량 4%인 경우 골재종류 a에서 c로, 그리고 d에서 f로 갈수록 작아지는 경향을 나타냈으나, 결합재량 6%인 경우는 투수가 되지 않아 투수계수가 0으로 되는 경우도 발생하였다. 또한, 골재 d, e, f가 골재 a, b, c 보다 투수계수는 작게 나타났고 결합재량이 6%인 경우가 4%인 경우보다 작게 나타났으며, 충전재를 100% 혼입한 콘크리트가 혼입하지 않은 콘크리트보다 작게 나타났다.

4) 공극률과 투수계수는 매우 밀접한 상관관계를 나타내어 골재의 종류에 관계없이 공극률이 증가할수록 투수계수는 모두 증가하였다.

참고문헌

1. 성찬용, “투수용 폴리머 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구,” 한국농공학회지 제38권 제5호, 1996. 10.
2. 박용모, 조영국, 소양섭, “투수용 폴리머 콘크리트의 물성과 투수성능에 관한 연구,” 콘크리트학회지 제10권 6호 1998.
3. 강의영, 황인성, 양성환, 반호용, “폴리머 도포공법에 의한 콘크리트 슬래브의 보수·보강 가능성 검토에 관한 기초적 연구,” 한국구조물진단학회 학술발표대회 논문집, 제2권 1호 pp.157~160.
4. 出村克宣 外4人, “ポリマ-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.
5. Caestecker, C, 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. 28.