

골재의 종류에 따른 포러스콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Characteristic of Porous Concrete using different Aggregates

정 시 진*

Jung, Si -Jin

Abstract

Porous concrete is used of various parts by advantage of porous. Example of growing of plant is possible, and dwelling of creature, and filter functions of various contaminant, and decrease of noise, and so on.

This research is for porous concretes that were used by four aggregate rubble, refreshing aggregate, expanded clay, orchid stone. This research estimate that physical and mechanical characteristics of fresh concrete and hardened concrete.

The purpose of this research is to make environment-friendly porous concrete. This research's conclusion is as following :

1. Porous Concrete's slump was measured 12~14cm with rubble, 12~16cm with refreshing aggregate, 11~13cm with expanded clay, 11~13cm with orchid stone. Weight of aggregate was bigger, slump price appeared by bigger thing. Because placed Porous Concrete is low viscosity and small resistance between aggregate, it estimated that have high workability.
2. Porous Concrete's unit weight was measured 1.71~1.75t/m³ with rubble, 1.58~1.62t/m³ with refreshing aggregate, 1.19~1.20t/m³ with expanded clay, 0.98~1.06t/m³ with orchid stone. Showed aspect such as weight of aggregate.
3. Porous Concrete's compressive strength was measured 76~102kgf/cm² with rubble, 51~60kgf/cm² with refreshing aggregate, 30~40kgf/cm² with expanded clay, 13~16kgf/cm² with orchid stone.
4. Tendency of tensile strength and bending strength showed generally similarly with compressive strength, but showed low value fewer than 15kgf/cm².

Therefore, wire mesh, reinforcing rod, such as establishment of frame is considered to need in reinforcement about tensility or flexure in case receive tensility or produce product of thin absence form.

It concludes by speculating on the consequences of extrapolating the results of study to remodelling the office building being already existence.

키워드 : 포러스콘크리트, 재생골재, 팽창점토, 난석

Keywords : Porous concrete, Refreshing aggregate, Expanded clay, Orchid stone

1. 서 론

지난 과거의 국내의 현실은 생산성 중심의 산업발전으로 대량생산 및 대량소비형태를 취해왔으며 이러한 사회 구조적인 문제로 말미암아 자원의 고갈, 대기 및 수질오염, 토양의 사막화현상 등 지구의 생태계 파괴라는 심각한 환경문제에 당면해 있다. 그러므로 이러한 지구상의 자원 및 환경보전의 유한성을 고려해 볼 때 생태계를 파괴하지 않고 지구환경과 조화를 이루는 재료의 개발 및 사용이 시급한 과제이며 불가피한 실정이라 할 수 있겠다. 한편 제반 건설활동도 지구온난화에 적지 않은 기여를 하였는데 최근 보고에 의하면 직·간접적으로 건설산업에서 배출되는 이산화탄소의 양이 전체 배출량의 약 40%를 차지하고 있다.

이렇듯 환경보존에 대한 인식전환이 법제제적으로 확산되고 있는 가운데 시멘트-콘크리트 문화를 주도해온 건설기술자

들 사이에서 기존의 구조용 재료로서만 사용되어 온 콘크리트를 환경친화적인 재료로 개발하는 연구가 활발히 진행되어 왔다.

포러스 콘크리트는 많은 공극이 있는 다공질재료로 사용함으로써 식물의 식생이 가능하고, 소음의 감소효과, 공극내 생물의 활착도가 높으며, 각종 오염물질의 필터기능을 할 수 있는 공극의 장점을 이용하여

- ① 호안 정지작업, 도로변 사면 안정처리
- ② 콘크리트 흡음벽
- ③ 해양양식용 인공어초
- ④ 수질 및 대기오염 정화블록
- ⑤ 투수성 도로포장

등으로 사용되고 있으며, 대부분이 포러스콘크리트에 식물을 배양한 형태를 취하고 있다. 이들은 단순히 생태계의 보존뿐만 아니라, 도심녹지화를 통한 열섬화(주변보다 온도가 높은 도시, 공업지대) 현상의 제어 등에도 유효한 대책이라고

* 삼척대학교 건축공학과 겸임교수, 공학박사

판단된다.

포러스콘크리트는 기존의 재료인 구조용 콘크리트보다는 낮은 강도를 지니지만, 비구조용 분야에서 각종 환경문제를 해결할 수 있는 기능성 콘크리트로 사용됨으로써 지구환경과 생태계와의 조화를 도모할 뿐만 아니라 거주자에게 쾌적한 생활을 제공하는 것이 그 목적이라 할 수 있겠다.

본 연구에서는 이와 같은 포러스 콘크리트의 개발에 관한 연구의 일환으로 섶석, 재생골재, 팽창점토, 난석의 다양한 골재로 포러스콘크리트를 제조하여 물리적, 역학적 특성을 규명함으로써 환경친화적인 콘크리트의 적용성을 판단하는데 그 목적이 있다.

2. 포러스콘크리트의 용도

2.1 식물용

종래부터 콘크리트를 이용하여 식물용도로 이용하고 있지만, 이들은 콘크리트로 박스형과 우물 정자 모양의 공간을 설계하고, 여기에 개토를 넣어 식물을 자라게 하는 설비의 일종이다. 이것에 반해 다공성콘크리트를 이용한 식물용이라는 것은, 다공성콘크리트의 연속 공극부를 식물 뿌리의 생육 공간으로 활용하는 것이다. 이러한 용도로 하천 경사면 녹화에 이용된다.

2.2 물의 제어

다공성콘크리트의 투수기능을 이용해서, 투수성 포장으로 활용된다. 차도에 이용함으로써 강우시 주행하는 자동차의 미끄럼 현상, 물의 포말에 의한 시계불량 등이 해소되어 안정성이 개선되는 것 외에, 자동차 소음도 흡음된다. 또한 공원과 보도 등에 사용함으로써 물의 고임현상이 없어지기 때문에 쾌적한 보행공간을 창조할 수 있다.

2.3 수질정화

다공성콘크리트는 연속공극에 의해 물, 공기를 자유스럽게 통과시키고, 다공질 내부 및 표면에 박테리아와 조류 등이 부착, 서식함으로써 생물막이 형성된다.

다공성콘크리트는 부차생식하는 다종다양한 생물종에 의해 수질의 자연정화 작용을 촉진시키는 것이 가능하고, 구형상, 포트상 등의 다공성콘크리트 제품이 개발되고 있다.

2.4 흡음차음

도로, 철도 등의 시설과 공장의 기계설비 소음 대책으로 흡음재(패널)가 사용된다. 흡음재에는 재료의 외관에 의한 분류로 다공성콘크리트 등 다공질 재료, 구멍판 구조체, 박막상 재료 및 판상 재료등의 종류가 있지만, 다공질 재료의 흡음 영역 특징은 중고음역에서 우수하다는 것이다. 페라이트 등 인공경량 골재를 사용해서 경량화한 다공성콘크리트는 강도, 내구성 등이 우수한 흡음 재료라고 할 수 있다. 실제로는 그 외의 재료와 복합화해서 흡음과 차음성을 갖는 방음벽으로 사용하는 경우가 있다.

2.5 포러스콘크리트의 기타 용도

포러스콘크리트의 적용 가능한 용도로서는 다음의 예를 들 수가 있다.

- 불안정한 토양의 조기 녹화
- 수질 및 대기오염 정화 블록
- 도로주변의 방음벽
- 해양양식용 인공 어초
- 재생골재의 이용

3. 실험개요 및 결과

3.1 실험개요

본 실험은 골재의 종류에 따른 포러스콘크리트의 물리적, 역학적 특성을 파악하기 위하여 실험을 실시한 것으로 결합재는 보통포틀랜드시멘트가 사용되었으며, 골재는 섶석, 재생골재, 팽창점토, 난석의 4가지 골재를 10~20mm의 입도를 갖도록 체가름을 통하여 조정하여 사용하였다.

실험에 사용되는 재료와 배합인자의 선택은 다음과 같으며, 본 연구에서 제작된 시험체로 실시할 시험방법은 다음과 같다.

3.2 사용재료

1) 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합함 S 사 제품인 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.

2) 굵은골재

본 실험에서는 골재의 종류에 따른 포러스콘크리트의 특성을 확인하기 위하여 다음의 4가지 굵은골재를 이용하여 실험을 실시하였으며, 실험에 사용한 모든 골재는 수중에서 24시간 이상 침수시켜 유기불순물을 제거한 뒤 체가름을 실시하여 입도를 조정하였다.

굵은골재의 물리적성질은 KS F 2502 (골재의 체가름 시험방법), KS F 2503 (굵은골재의 비중 및 흡수량 시험방법), KS F 2505 (골재의 단위용적중량 시험방법)에 따랐으며, 실험에 투입하기 24시간전 수중에 침수시켜 표면건조 내부포화상태로 실험에 사용하였고, 사용된 굵은골재의 특성은 다음과 같다.

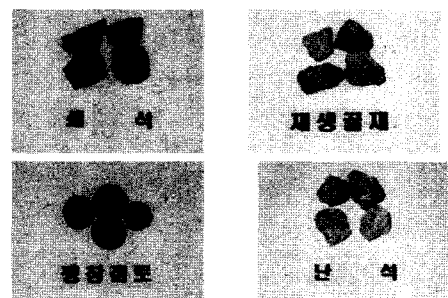


그림 1. 실험대상 골재

① 쇄석

쇄석은 현재 레미콘에서 사용되고 있는 최대치수 25mm 쇄석을 체가름을 통하여 10~20mm의 입도범위로 조정하여 사용하였다.

표 1. 쇄석의 물리적 성질

구 분	비중	흡수율(%)	입도	단위용적중량 (t/m ³)	실적율 (%)
쇄 석	2.70	1.0	10~20mm	1.512	59.6

② 재생골재

재생골재는 건축물 해체시에 발생한 콘크리트 덩어리를 1차 가공공정과 2차 가공공정을 거쳐서 25mm이하의 입도로 조정된 골재로서 모재콘크리트의 추정 압축강도가 220~310kgf/cm²의 재생골재를 10~20mm로 입도조정을 실시하여 사용하였다.

표 2. 재생골재의 물리적 성질

구 분	비중	흡수율(%)	입도	단위용적중량 (t/m ³)	실적율 (%)
재생골재	2.34	5.2	10~20mm	1.360	60.9

③ 팽창점토

본 실험에서는 회전로에서 점토를 소성가공함으로써 입형 및 입도의 조정이 가능하고, 실적률이 양호하며, 입형이 구형에 가깝고 입자표면 상태는 요철이 없이 매끄러운 상태를 지니고 있어 시공연도에 유리한 팽창점토를 10~20mm로 입도조정을 실시하여 사용하였다.

표 3. 팽창점토의 물리적 성질

구 분	비중	흡수율(%)	입도	단위용적중량 (t/m ³)	실적율 (%)
팽창점토	1.28	23.7	10~20mm	0.880	61.7

④ 난석

본 실험에서 사용한 난석은 관상용 난의 재배에 있어 화분 하부에 들어가는 것으로서, 다공질의 가벼운 화산암으로 국내 Y상사에서 수입한 일본 원예용경석을 사용하였다.

표 4. 난석의 물리적 성질

구 분	비중	흡수율(%)	입도	단위용적중량 (t/m ³)	실적율 (%)
난 석	0.95	37.7	10~20mm	0.580	60.7

3) 물

본 실험에서 사용된 물은 KASS 05010.2.1.3의 규정에 따라 상수도수를 사용하였다.

3.3 배합계획

본 실험의 배합계획은 포러스콘크리트의 조건에 따른 특성의 변화를 확인하기 위하여 변화인자로 골재의 종류를 쇄석, 폐콘크리트를 이용한 재생골재, 팽창점토, 난석을 이용하여 각각의 골재에 따른 굳은 콘크리트와 굳지 않은 콘크리트의 특성을 실험하였다.

포러스콘크리트의 중요한 인자인 공극률은 식물의 생장을 고려할 경우 공극율 20~30%가 가장 적정한 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서는 공극율 증가에 따른 압축강도의 저하를 고려하여 식생가능 공극율의 낮은 범위인 20%, 25%의 두 가지 수준에 대하여 실험을 실시하였다.

물시멘트비는 기존 포러스콘크리트의 연구에서 골재의 표면에서 시멘트페이스트가 흘러내림 없이 코팅되어 압축강도 측면에서 가장 유리한 비율로 알려진 30%를 사용하였다.

표 5. 배합인자 및 수준

요 인	골 재	공극율(%)	W/C(%)	골재의 입도
인 자	쇄 석	20 25	30	10~20mm
	재생골재			
	난 석			
팽창점토				
수 준	4	2	1	1
기 호	A, B, C, D	1, 2	-	-

골재의 입도는 일반적인 포러스콘크리트의 경우 10~15mm, 13~20mm의 쇄석을 사용하는 경우가 많으며, 골재의 입도가 작을수록 압축강도는 증가되고, 골재의 입도가 클수록 식물의 활착율이 높아지는 현상이 보고되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 식생콘크리트로 활용되는 골재의 최대치수인 20mm를 기준으로 하고, 경량골재를 사용함에 따른 압축강도의 보상효과를 기대하여 최소치수를 10mm로 선정하였으며, 4가지 골재 모두를 10~20mm로 체가름을 통한 조정후 사용하였다.

시험항목으로는 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프와 유동성상에 대하여 관찰하였으며, 굳은콘크리트의 특성으로는 단위용적중량, 압축강도, 인장강도, 휨강도를 측정하였다. 본 연구에서 사용된 배합인자 및 수준은 표 5와 같다.

3.4 실험방법

1) 공시체 제작 및 양생

콘크리트의 제조는 소형 전동식 Mixer를 사용하였고, 실험 계획에 따라 디지털 저울(정밀도 0.01g)을 사용하여 재료량을 정밀하게 계량하여 배합하였다.

콘크리트의 슬럼프 시험은 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법)에 의하여 슬럼프 시험을 실시하였으며, 배합된 콘크리트의 압축강도 공시체 제작은 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)에 의해 각 배합별로 ø10×20cm의 압축강도용 공시체 3개와 인장강도용 공시체 3개를 제작하였다. 단, 압축강도용 시험체의 경우 강도시험시 발생할 수 있는 시험체 단부의 파괴를 고려하여

하부면도 캐핑을 실시하였다.

양생은 모든 공시체를 양생실에서 24시간 양생한 후, 캐핑하여 24시간 경과시킨 다음 탈형하여 항온수조에서 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 온도로 소요 재령인 7일, 28일까지 수중양생하였다.

표 6. 실험결과표

기호	Slump (cm)	공극률 (%)	단위용적 중량 (t/m^3)	압축강도 (kgf/cm^2)		인장강도 (kgf/cm^2)	휨강도 (kgf/cm^2)
				7일	28일		
A-1	12.0	20	1.75	98	102	12	8
A-2	14.0	26	1.71	70	76	10	6
B-1	12.0	19	1.62	54	60	7	5
B-2	16.0	24	1.58	42	51	6	5
C-1	11.0	20	1.19	35	40	9	7
C-2	13.0	22	1.20	30	30	7	5
D-1	10.5	18	1.06	17	16	6	4
D-2	11.0	22	0.98	8	13	5	4

2) 슬럼프 및 공기량 측정시험

슬럼프 시험은 KS F 2401(굳지 않은 콘크리트의 시료 채취방법)에 따라 시료를 채취하여 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법)에 의거하여 시험하였다.

3) 단위용적중량

단위용적중량 시험은 KS F 2505(골재의 단위용적중량 시험방법)에 따라 용기에 시료를 1/3씩 3회로 나누어 시료를 채우고, 매회 시료를 채울 때마다 붓으로 균등하게 25회씩 다지고 마지막으로 채울 때는 넘치도록 넣고 고르게 다진 후 다짐봉을 사용하여 표면을 평평하게 고른 다음 시료의 중량을 계량하였다.

제작된 포러스콘크리트에 대하여는 양생시 포함된 표면수를 제거하기 위하여 양생수조에서 꺼낸 후 1시간 적치하여 수분을 제거하여 단위용적중량을 측정하였다.

4) 압축강도 시험

압축강도 시험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따라 시험용 공시체 높이의 중앙에서 서로 직교하는 두 방향의 지름을 0.01mm의 정밀도로 측정하여 그 평균값을 구하여 시험체의 단면적을 계산하였다.

공시체의 가압시 공시체가 시험기의 가압판 중앙에 위치하도록 하고, 하중을 일정한 속도로 공시체가 파괴될 때까지 가압하였다. 콘크리트의 압축강도는 1개조당 3개씩으로 하여 각 공시체마다 공시체가 받는 최대하중을 단면적으로 나누어 그 평균값을 구하였다.

5) 인장강도 시험

인장강도 시험은 KS F 2423(콘크리트의 인장강도 시험방법)에 따라 콘크리트의 인장강도는 1개조 3개씩으로 하여 그 평균값을 구하였다.

6) 휨강도 시험

포러스콘크리트를 패널이나 블록등으로 활용하기 위하여 주요성능이 되는 휨강도 특성을 평가하기 위하여 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 의거하여 시험체를 제작하여 휨강도를 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

쇄석, 재생골재, 팽창점토, 난석을 이용하여 제조한 포러스콘크리트에 대한 실험을 실시한 결과 표 6과 같은 결과 값을 얻었다.

4.1 슬럼프

슬럼프값은 콘크리트 자체의 중량과 사용하는 골재의 입형, 입도분포, 단위수량, 물시멘트비에 영향을 받는다.

포러스콘크리트의 슬럼프 시험시 시료의 슬럼프 형상은 보통콘크리트와는 달리 페이스트와 굵은골재가 일체성을 가지고 슬럼프 변형이 이루어지지 않고 굵은골재가 상호 접촉하며 무너져 내리는 현상이 발생하였다. 이러한 현상은 보통콘크리트보다 높은 굵은골재율과 적은 페이스트량, 또한 잔골재를 사용하지 않아 굵은골재 사이의 거리를 충분히 확보하지 못하는 원인에 있다.

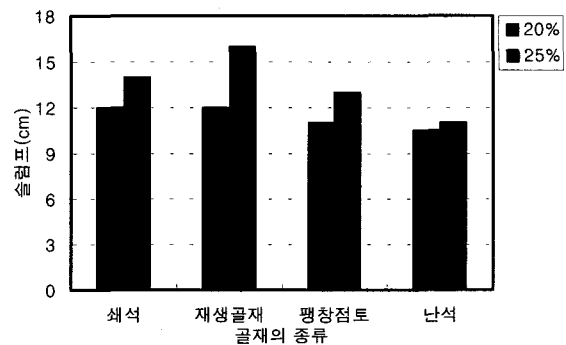


그림 2. 골재의 종류에 따른 슬럼프값

본 실험의 결과 슬럼프값은 쇄석을 사용한 경우 12~14cm, 재생골재를 사용한 경우 12~16cm, 팽창점토를 사용한 경우 11~13cm, 난석을 사용한 경우 10.5~11cm로 나타나 골재의 중량이 클수록 슬럼프값이 더 큰 것으로 나타났으며, 이것은 골재자체가 가진 중량에 의한 위치에너지 효과로 판단된다.

배합공극율에 따른 슬럼프값을 보면 공극율 20%일 경우 10.5~12cm, 공극율 25%일 경우 11~16cm로 공극율이 높을수록 높은 슬럼프값을 나타내었다. 이와 같은 현상은 공극율의 증가에 따라 굵은골재의 부피가 늘어난 반면 결합재인 페이스트의 양이 감소함에 따라 골재간의 점성이 저하됨에 기인한다고 하겠다.

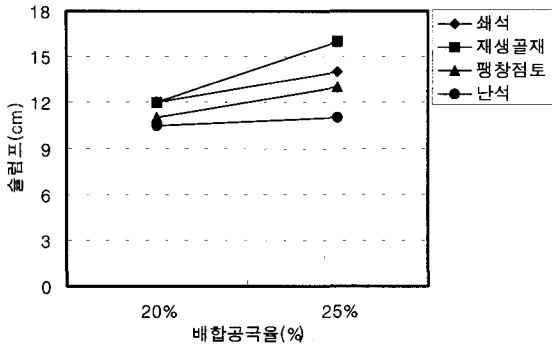


그림 3. 배합공극율에 따른 슬립프값

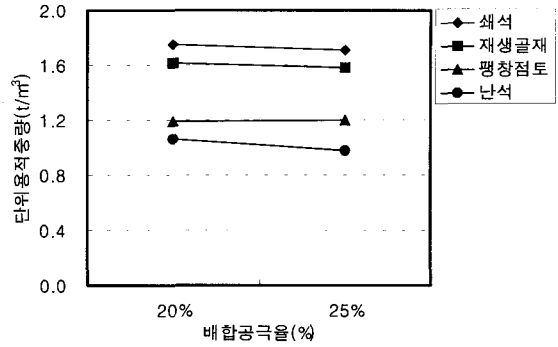


그림 5. 배합공극율에 따른 단위용적중량

실험방법상 슬립프시험으로 포러스콘크리트의 유동성을 평가하는데는 여러 가지 문제점이 있으므로 포러스콘크리트의 특성에 맞는 새로운 시험방법이 제시되어야 하겠다.

타설된 포러스콘크리트는 골재간의 점성이 낮아 작업에 대한 저항이 작으므로, 팽창작업시 큰 힘을 들이지 않고 작업이 가능한 장점을 지니고 있으나, 재료의 운반에 있어 압송성이 떨어진다는 문제점을 안고 있어, 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

4.2 단위용적중량

포러스콘크리트의 단위용적중량은 일반적으로 사용골재, 공극율, 물시멘트비, 제조방법 등에 의하여 영향을 받으며, 단위용적중량은 포러스콘크리트의 압축강도와 밀접한 관계를 가지며, 물리적 특성이나 역학적 특성에 영향을 미친다. 본 실험에서는 쇄석, 재생골재, 팽창점토, 난석 네가지 골재를 사용하여 실험을 실시하였으며, 사용골재에 따른 특성이 비교하면 다음과 같다.

포러스콘크리트의 단위용적중량은 쇄석을 사용하였을 경우 1.71~1.75t/m³, 재생골재를 사용하였을 경우 1.58~1.62t/m³, 팽창점토를 사용하였을 경우 1.19~1.20t/m³, 난석을 사용하였을 경우 0.98~1.06t/m³의 값으로 나타나, 골재의 비중과 동일한 결과를 보였다. 본 실험에서 나타난 모든 배합은 경량콘크리트의 기준인 2.0t/m³보다 작은 값을 나타내고 있어 모두 경량콘크리트의 범주에 속하지만 그 활용면에 있어서는 다양한 분포를 알 수 있다.

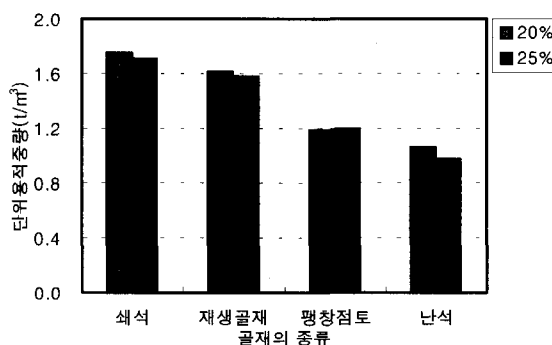


그림 4. 골재의 종류에 따른 단위용적중량

쇄석이나 재생골재를 사용한 포러스콘크리트의 경우 경량화 폭이 작으므로 구조용으로 사용이 되거나 콘크리트의 자중이 가벼운 부위보다는 호안정지작업, 도로포장, 인공어초사업과 같은 분야에 사용이 가능 할 것으로 판단된다. 반면 팽창점토나 난석으로 제작된 포러스콘크리트는 경량화의 요구 폭이 큰 옥상정원의 식재용콘크리트로 사용되는 것이 바람직 할 것이다.

공극율에 따른 단위용적중량은 공극율이 큰 25%배합에서 더 작게 나타났으나 공극율 5%변화에 따른 단위용적중량의 변화는 다소 미미한 것으로 나타났다. 이것은 배합계획에 의한 공극율의 차이는 5%이나, 투입된 재료의 양을 비교할 경우 동일한 굵은골재를 사용하고 시멘트양만이 변화하므로 비교적 작은범위의 단위용적중량의 감소현상이 나타난 것으로 판단된다.

4.3 압축강도

압축강도는 다공질의 조직구조를 대표적인 특성으로 갖는 포러스콘크리트의 강도특성에 따라 콘크리트 배합에 포함된 공극량의 영향을 지배적으로 받게 되며, 사용골재, 골재의 입도의 영향을 크게 받고, 재료분리에 영향을 미치는 물시멘트비에도 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

본 실험에서는 물시멘트비를 30%로 설정하고, 골재의 입도를 10~20mm로 고정하여 실험을 실시하여 골재의 종류, 공극율, 콘크리트의 재령에 대한 압축강도에 대한 내용을 분석하였다.

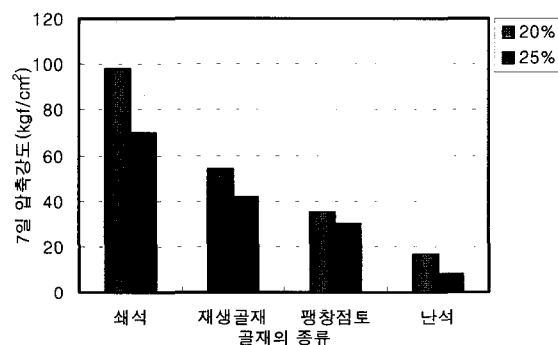


그림 6. 골재의 종류에 따른 7일 압축강도

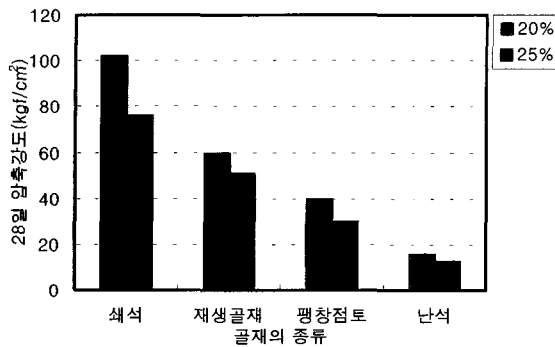


그림 7. 골재의 종류에 따른 28일 압축강도

1) 골재의 종류에 따른 압축강도

재령 7일의 골재별 압축강도는 쇄석을 사용한 경우 70~98kgf/cm², 재생골재를 사용한 경우 42~54kgf/cm², 팽창점토를 사용한 경우 30~35kgf/cm², 난석을 사용한 경우 8~17kgf/cm²로 나타났다.

재령 28일의 골재별 압축강도는 쇄석을 사용한 경우 76~102kgf/cm², 재생골재를 사용한 경우 51~60kgf/cm², 팽창점토를 사용한 경우 30~40kgf/cm², 난석을 사용한 경우 13~16kgf/cm²로 나타났다.

쇄석의 경우 기존의 구조용 포러스콘크리트로 사용되었으며, 본 연구에서의 공극율이 식생을 위주하여 다소 높은 20, 25%를 채택하고 있는 점을 고려한다면, 식생을 위한 목적이 아닌 투수나 여과 등의 용도에 사용할 경우 혼화재의 사용이나 시멘트의 양을 증가시킴으로써 충분한 활용가능성이 있는 것으로 판단된다.

재생골재의 경우 쇄석골재에 비하여 60~70%의 강도발현율을 보이고 있어 산업폐기물 재활용을 목적으로 할 경우 비구조용으로 활용하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 팽창점토와 난석을 이용할 경우 급격한 강도저하로 인한 콘크리트표면의 박리나 골재의 분리, 탈락현상이 쉽게 발생하여, 구조용이나 힘을 받지 않는 부분으로 식물의 뿌리의 활착과 같은 식생콘크리트로의 활용이 적합할 것으로 생각된다.

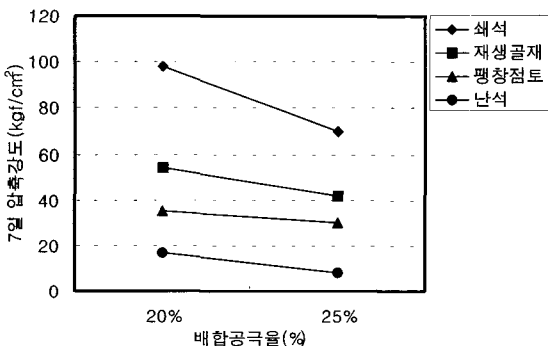


그림 8. 배합공극율에 따른 7일 압축강도

파괴성상을 관찰한 결과 쇄석, 재생골재, 팽창점토는 경계면이 파괴되어 페이스트의 코팅이 충분할 경우 강도증진이 예상되나 난석은 골재자체가 지나치게 약하여 파괴균열이 골재를 지나고 있음이 관찰되어 표면결합력만을 이용한 강도증

진이 어려운 것으로 나타나 향후 난석을 사용한 경우 강도증진에 대한 별도의 연구가 요구되어진다.

2) 공극율에 따른 압축강도

공극율에 따른 압축강도는 공극율 20%가 공극율 25%에 대하여 높은 압축강도를 나타냈으며, 공극율 25%는 공극율 20%를 기준으로 하여 7일 압축강도는 74%, 28일 압축강도는 78%로 측정되었다.

즉 공극율 5% 증가에 따라 압축강도는 22~26%가 감소하는 것으로 나타나 포러스콘크리트의 경우 공극율에 따른 압축강도의 변화가 큰 것으로 판명되었으며, 이것은 기존의 연구에서도 물시멘트비에 비하여 공극율이 압축강도에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어 동일한 경향을 나타내었다

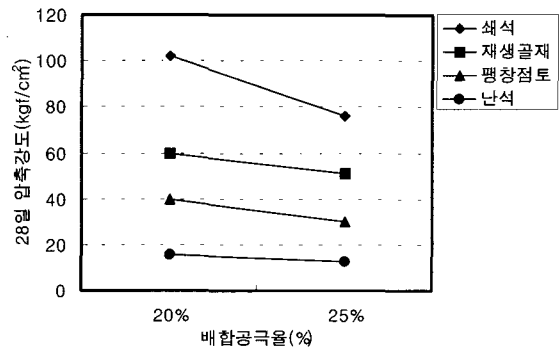


그림 9. 배합공극율에 따른 28일 압축강도

포러스콘크리트에서의 공극율은 단순히 강도뿐만이 아니라 투수콘크리트로 사용되었을 경우 투수성에 영향을 미치며, 방음벽에서의 흡음효율, 식생콘크리트에서는 뿌리의 활착이나 배양토의 투입 등에 영향을 미치는 등 포러스콘크리트의 가장 중요한 지표로 이용될 수 있다.

따라서, 포러스콘크리트의 배합에 있어 그 활용분야를 선정하여 용도에 맞는 공극율의 범위를 선택하여 적용하여야겠다.

3) 재령에 따른 압축강도

골재의 종류에 따른 재령별 압축강도의 비를 살펴보면 [Fig 10~11]과 같으며, 재령이 증가할수록 압축강도는 증가되는 것으로 나타났으나, 그 폭은 보통콘크리트에 비하여 미미한 것으로 나타났다.

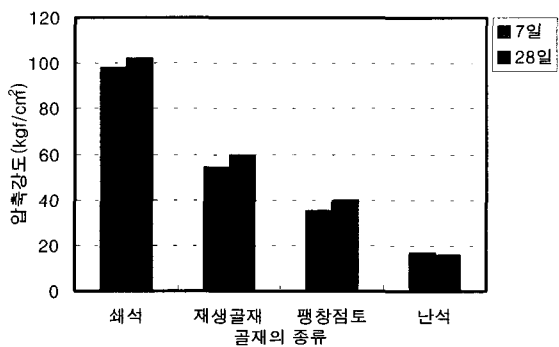


그림 10. 골재의 종류에 따른 재령별 압축강도(배합공극율 20%)

공극율 20%의 경우 골재의 재령별 압축강도비를 보면 재령 28일을 기준으로 재령 7일의 압축강도는 93.5%, 공극율 25%의 경우 압축강도발현율비는 88%로 나타나 보통콘크리트의 70~80%에 비하여 높은 초기강도 발현율을 나타냈다.

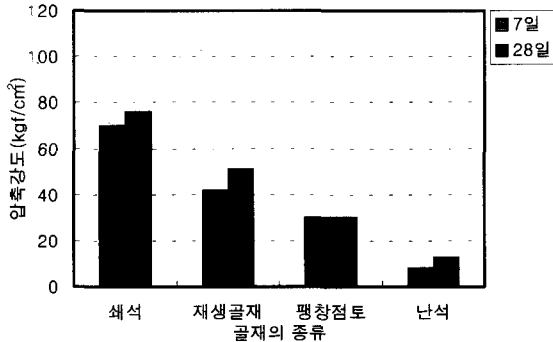


그림 11. 골재의 종류에 따른 재령별 압축강도(배합공극율 25%)

이것은 공극율이 높은 포러스콘크리트의 경우 페이스트 강도가 일정수준이상이면 내부의 공극에 의한 균열전파로 인해 파괴가 이루어짐을 알 수 있으며, 골재간의 부착력 측면에서 페이스트의 강도증진효과를 보았을 경우 초기에 많은 비율의 강도가 발현이 된다는 것을 확인할 수 있고, 재령에 따른 압축강도의 증진폭은 작으며 제한적이라는 것을 알 수 있다.

그러나, 초기의 강도발현율이 높다는 점을 이용하여 전자재나 현장에서의 강도기준을 정하게 된다면 초기의 제품생산이나 품질관리면에서 유리할 것으로 판단되어 기존의 보통콘크리트와는 분리된 포러스콘크리트만의 품질관리지침과 기준이 요구된다고 하겠다.

4.4 인장강도

포러스콘크리트의 인장강도는 보통콘크리트가 갖는 취도계수보다 높은 값을 나타내어 압축강도를 기준으로 높은 인장강도를 나타내었다. 그러나, 인장강도의 값이 5~12kgf/cm²의 범위로 나타나 순수 강도측면에서 보면 인장력을 받는 부분에는 사용이 어려운 것으로 판단된다.

인장강도의 경향은 압축강도와 유사하게 나타났으나, 재생골재의 경우 팽창점토에 비하여 낮은 인장강도를 보이고 있다. 이것은 재생골재 표면의 미립분으로 인하여 부착력이 저하되어 나타난 현상으로 판단된다.

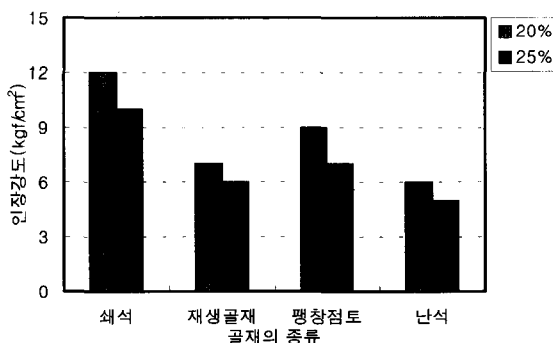


그림 12. 골재의 종류에 따른 인장강도

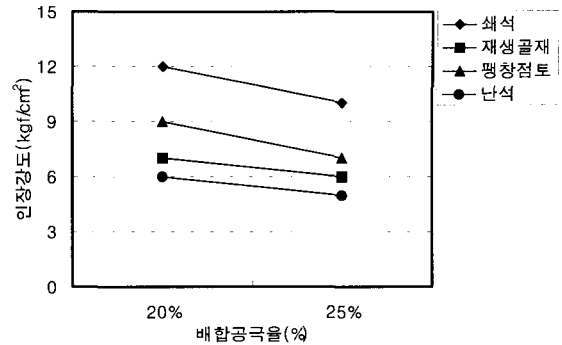


그림 13. 배합공극율에 따른 인장강도

공극율에 따른 인장강도는 공극율 20%를 기준으로 하여 공극율 25%에서 약 82%의 강도발현을 나타내어 압축강도에 비하여 높은 수준이나 인장강도 자체값이 작은점을 고려한다면 큰 의미가 없는 것으로 판단된다.

4.5 휨강도

휨강도는 도로의 포장이나 패널, 블록과 같은 가늘고 긴부재의 생산에 있어 필수적인 성능으로 본 연구에서 제작된 포러스콘크리트에 대하여 휨강도 시험을 실시한 결과 4~8kgf/cm²의 휨강도 값을 나타내었으며, 골재의 종류와 공극율에 따라 약간의 차이를 나타내었으나 제품의 생산적 측면에 미치지 못하는 결과를 보였다.

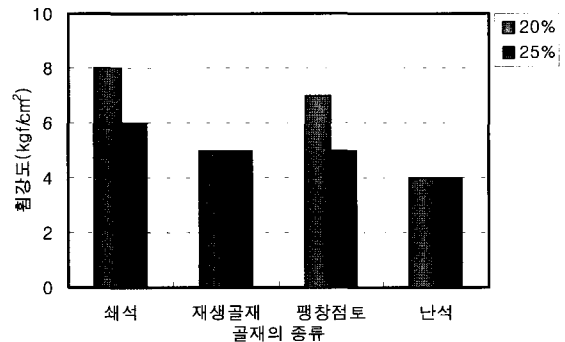


그림 14. 골재의 종류에 따른 휨강도

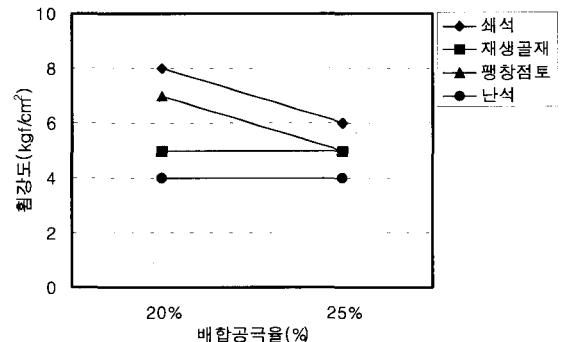


그림 15. 배합공극율에 따른 휨강도

따라서, 포러스콘크리트를 이용한 가늘고 긴부재를 생산할

경우 휨강도를 보강할 수 있는 구조에 사용되거나 일정두께를 확보하는 것이 필요하며, 내부에 와이어메쉬나 대형부재일 경우 철근배근 등의 보강이 필요하다고 하겠다.

5. 결론

골재의 종류에 따른 포러스콘크리트의 제특성을 고찰하고 그 기초자료를 제시하기 위한 본 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 포러스콘크리트의 슬럼프는 쇄석을 사용한 경우 12~14cm, 재생골재를 사용한 경우 12~16cm, 팽창점토를 사용한 경우 11~13cm, 난석을 사용한 경우 10.5~11cm로 나타나 골재의 중량이 클수록 슬럼프값이 더 큰 것으로 나타났으며, 타설된 포러스콘크리트는 골재간의 점성이 낮아 작업에 대한 저항이 작으므로, 높은 작업성을 지닌 것으로 파악되었다.
- 2) 포러스콘크리트의 단위용적중량은 쇄석을 사용하였을 경우 1.71~1.75t/m³, 재생골재를 사용하였을 경우 1.58~1.62t/m³, 팽창점토를 사용하였을 경우 1.19~1.20t/m³, 난석을 사용하였을 경우 0.98~1.06t/m³의 값으로 나타나, 골재의 비중과 동일한 결과를 보였다.
단위용적중량을 고려할 경우, 쇄석이나 재생골재를 사용한 포러스콘크리트의 경우 호안정지작업, 도로포장, 인공어초 사업과 같은 분야에 사용이 가능 할 것으로 판단되며, 팽창점토나 난석으로 제작된 포러스콘크리트는 경량화의 요구 폭이 큰 옥상정원의 식재용콘크리트로 사용되는 것이 바람직 할 것이다.
- 3) 포러스콘크리트의 압축강도는 쇄석을 사용한 경우 76~102kgf/cm², 재생골재를 사용한 경우 51~60kgf/cm², 팽창점토를 사용한 경우 30~40kgf/cm², 난석을 사용한 경우 13~16kgf/cm²로 나타났다. 압축강도 결과를 고려할 경우 쇄석과 재생골재는 공극율을 낮춤으로써 구조용이나 약간의 힘을 받는 부위에 사용이 가능할 것으로 판단되며, 팽창점토와 난석은 비구조용이나 식재용으로 사용되는 것이 적절 할 것으로 판단된다.

- 4) 인장강도와 휨강도의 경향은 압축강도와 유사하게 나타났으나 전반적으로 15kgf/cm² 이하의 낮은 값을 보여, 인장력을 받거나 얇은 부재형태의 제품을 생산할 경우 인장력 또는 휨에 대한 보강으로 와이어메쉬, 철근, 플레임의 설치와 같은 조치가 필요할 것으로 사료된다.

이상과 같은 연구를 통하여 골재의 종류에 따른 포러스콘크리트의 제성능을 파악한 결과, 골재의 종류에 따라 사용될 수 있는 용도의 영역을 구분할 수 있는 기초자료를 확보하였다. 그러나 본 연구에서는 구조용, 비구조용 또는 포장용, 식재용 등과 같은 대표적 용도로 구분하였으나 향후 연구에서는 특정용도에 대한 포러스콘크리트의 요구성능을 설정하고 현장적용시험과 품질관리를 통하여 현장적용성을 높이는 연구가 수행되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 박승범, 임창덕, 식생 콘크리트, 한국콘크리트학회지 제12권 5호, 2000. 9. pp.38-42.
2. 반성수, 포러스콘크리트의 투수성능 및 공학적특성에 관한 실험적 연구, 충남대 대학원, 석사학위논문, 2000, pp.4-21.
3. 배찬호, 포러스콘크리트의 배합비 특성에 따른 pH변화에 관한 연구, 영남대 산업대학원, 석사학위논문, 2001, pp.10-15.
4. 윤덕열, 산업부산물을 이용한 포러스콘크리트의 식생능력 평가에 관한 연구, 충남대 대학원, 석사학위논문, 2003, pp.7-11.
5. 이성일, 현장타설 포러스콘크리트의 품질관리 및 식생특성에 관한 실험적 연구, 충남대 대학원, 석사학위논문, 2003, pp.8-12.
6. Andrew Short and William Kinniburgh, Lightweight Concrete, 1978, pp.91-106.
7. Hansen, T.C. and Narud, H, strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate, Concrete International -Design and Construction, 5, No.1, pp.79-83.