

골재의 혼합비율에 따른 포러스콘크리트의 강도증진을 위한 실험적 연구

An Experimental Study on the Strength Development of Porous Concrete according to the Mixing Ratio of Aggregate

김재환*
Kim, Jae-Hwan

유범재*
Yu, Bom-Jae

백용관**
Back, Yong-Kwan

김규용***
Kim, Gyu-Yong

박정호****
Park, Jung-Ho

김무한****
Kim, Moo-Han

ABSTRACT

The functions of porous concrete were influenced by continuous void ratio, and it differ greatly from the distribution and size and shape of continuous void in the same void volume. And porous concrete has been few used because the strength level of porous concrete is lower than that of ordinary concrete at the present time.

So the purpose of this study is to increase the strength of porous concrete at the range of satisfying its function, analyze those effects of the mixing ratio of aggregate, affecting the development of its strength.

1 서론

포러스콘크리트는 투수성, 투기성 등의 기능성을 가진 콘크리트로 투수성 콘크리트포장 등으로 이용되고 있으나, 기능성을 발휘하는 연속공극으로 인해 강도는 크게 저하한다. 한편, 포러스콘크리트의 강도는 동일 공극량에 있어서도 골재의 입도, 결합재의 종류, 공극의 크기에 따라 다르며, 포러스콘크리트의 용도를 확대하기 위해서는 기능성을 만족하는 범위에서 강도의 증진이 이루어져야 한다.

따라서, 본 연구는 포러스콘크리트의 강도향상을 위한 일련의 실험으로, 동일 이론공극율에 있어서 골재의 혼합비율을 변화시켜 포러스콘크리트의 물리적 특성을 비교·분석함으로써 포러스콘크리트의 강도증진을 위한 기초자료를 제시하고자 하였으며, 또한 초음파속도법을 이용하여 포러스콘크리트의 공극조성 평가가능 여부를 검토하고자 하였다.

2 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 콘크리트의 배합

표 1은 본 실험의 실험계획 및 콘크리트의 배합을 나타낸 것으로, 1 시리즈에서는 이론공극율을 12%, 돌사멘트비 25%로 설정하여 A B 골재의 혼합비율을 0:1, 3:7, 1:1, 7:3의 4수준으로 변화시켜 실시하였

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
 ** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정
 *** 정회원, 일본 건설성 건축연구소 계 2연구부 무기재료연구소, 연구원·공박
 **** 정회원 (주) 현수도로산업 사장
 ***** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

표 1. 실험계획 및 콘크리트의 배합

시리즈	요 인	기 호	수 준	W/C (%)	S/(C+S) (%)	절대중량 (kg/m ³)				어른 공극율 (%)	측정항목
						W	C	S	G		
I	A ¹⁾ : B ²⁾	I-a	0:1	25	0	117	468	0	1640	12	· 압축강도 (kgf/cm ²) · 초음파속도 (km/sec) · 연속공극율 (%) · 전공극율 (%) · 투수계수 (cm/sec) ※ 재령 : 4주
		I-b	3:7			112	449	0	1670		
		I-c	1:1			111	445	0	1675		
		I-d	7:3			112	447	0	1673		
II	A ¹⁾ : B ²⁾ : C ³⁾	II-a	2:2:1	10 ⁴⁾	10 ⁴⁾	113	452	72	1637	10	· 압축강도 (kgf/cm ²) · 초음파속도 (km/sec) · 연속공극율 (%) · 전공극율 (%) · 투수계수 (cm/sec) ※ 재령 : 4주
		II-b	2:4:1			114	456	72	1635		
		II-c	2:6:1			114	457	72	1634		

1) A : 2.5~5mm 골재
2) B : 5~8mm 골재

3) C : 8~10mm 골재

4) 시멘트 용적에 대한 잔골재 용적의 대체율 [S/(C+S)]

다. 또한 II시리즈에서는 이론공극율 10%, 물시멘트비 25%, 시멘트 용적에 대한 잔골재 용적의 대체율 10%로 설정하여 A:B:C 골재의 혼합비율을 2:2:1, 2:4:1, 2:6:1의 3수준으로 변화시켜 실시하였다.

표 2 재료의 물리적 성질

시멘트	· 1종 보통포틀랜드시멘트, 비중 3.15 · 분말도 : 3,265cm ² /g
잔골재	· 최대치수 2.5mm, 흡수율 1.21% · 비중 2.54, 강모래
고성능감수제	· 주성분 : 폴리카보산계

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 각 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타난 바와 같이, 시멘트는 비중 3.15의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 비중 2.54의 금강산 강모래를 사용하였다. 또한, 표 3은 본 실험에 사용한 골재의 물리적 성질을 나타낸 것으로, 굵은골재는 비중 2.58, 최대치수 13mm의 부순자갈을 조크라샤(Jaw Crusher)로 분쇄한 후, 소요치수의 체로 골재를 분류한 다음 각각의 혼합비율로 혼합하여 사용하였다 또한, 소요의 유동성을 확보하기 위하여 고성능감수제를 사용하였다.

표 3. 골재의 물리적 성질

시리즈	골재혼합 비율	비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	실적율 (%)	비고
I	0:1	2.58	1.65	1,640	61.42	부순 자갈
	3:7			1,670	62.54	
	1:1			1,675	62.74	
	7:3			1,673	62.65	
II	2:2:1	1,637	61.31			
	2:4:1	1,635	61.22			
	2:6:1	1,634	61.21			

표 4. 시험방법

측정항목	시험방법
압축강도	KS F 2405
초음파속도	ASTM C 900
연속공극율 전공극율	일본콘크리트공학협회 에코콘크리트 연구위원회의 「포러스콘크리트의 공극율 시험방법(안)」 중의 용적법
투수계수	일본콘크리트공학협회 에코콘크리트 연구위원회의 「포러스콘크리트의 시험방법(안)」

2.4 비빔방법, 공시체 제작 및 시험방법

포러스콘크리트의 비빔은 용량 100ℓ의 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 시멘트, 잔골재, 굵은골재를 투입하여 1분간 건비빔한 후, 물과 고성능감수제를 첨가하여 2분간 비비는 분할투입방법을 사용하였다. 또한, 공시체는 비빔을 완료한 포러스콘크리트를 몰드에 1/3씩 채운 후 50회씩 붓다짐을 실시하여 제작하였으며, 공시체 제작 24시간 후 탈형하여 소정의 재령까지 표준수중양생을 실시하였다.

또한, 포러스콘크리트의 각종 시험방법은 표 4에 나타난 바와 같이 각 규정에 준하여 실시하였다

3. 실험결과 및 고찰

3.1 A와 B 골재의 혼합비율에 따른 검토 및 분석

그림 1은 A와 B 골재의 혼합비율에 따른 압축강도 및 초음파속도의 변화를 나타낸 것으로, A 골재

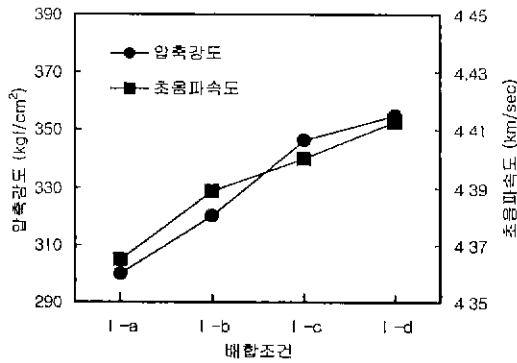


그림 1. A와 B 골재의 혼합비율에 따른 압축강도 및 초음파속도의 변화

의 혼합비율이 증가할수록 압축강도 및 초음파속도는 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 A 골재의 혼합비율이 증가할수록 골재자체의 공극직경이 작아지고, 또한 골재의 접점수가 증가하여 결합력이 증가하였기 때문으로 사료된다. 본 실험의 범위에 있어서 혼합비율 7:3에서 압축강도 335kgf/cm²의 높은 강도 수준을 보이고 있다.

그림 2는 A와 B 골재의 혼합비율에 따른 공극률 및 투수계수의 변화를 나타낸 것으로, 전공극률의 경우 11.8~11.1%로 이론공극률 12%에 근접한 값을 보이고 있으며, 연속공극률은 10.2~7.6%의 수준으로 A 골재의 혼합비율이 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이는 A 골재의 혼합비율이 증가할수록 골재자체의 공극직경이 작아 독립공극의 형성비율이 높아져 나타난 현상으로 사료된다. 또한 투수계수는 0.65~0.37cm/sec의 수준으로 나타났다.

3.2 A, B, C 골재의 혼합비율에 따른 검토 및 분석

그림 3은 A, B, C 골재의 혼합비율에 따른 압축강도 및 초음파전파속도의 변화를 나타낸 것으로, 압축강도 및 초음파전파속도는 B 골재의 혼합비율이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며, 압축강도는 A, B, C 골재의 혼합비율 2:2:1에서 359kgf/cm²로 가장 높게 나타났다. 이는 골재의 혼합비율이 2:2:1인 경우가 골재자체의 공극직경이 작고 골재간의 접점수가 가장 많아 결합력이 증대하여 나타난 현상으로 사료된다.

그림 4는 A, B, C 골재의 혼합비율에 따른 공극률 및 투수계수의 변화를 나타낸 것으로, 전공극률은 10.1~10.8%의 수준으로 이론공극률 10%에 근접한 값을 보이고 있으며, 연속공극률은 86~98%의

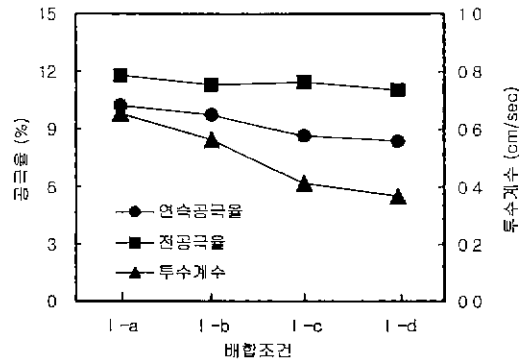


그림 2. A와 B 골재의 혼합비율에 따른 전공극률, 연속공극률 및 투수계수의 변화

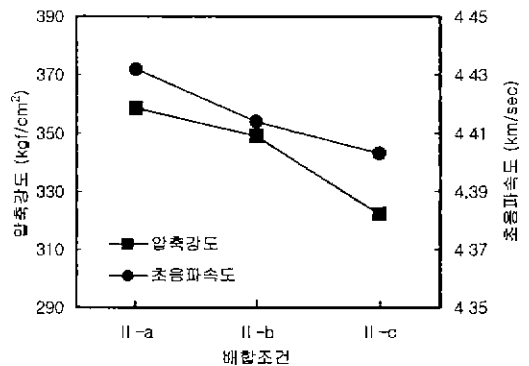


그림 3. A, B, C 골재의 혼합비율에 따른 압축강도 및 초음파속도의 변화

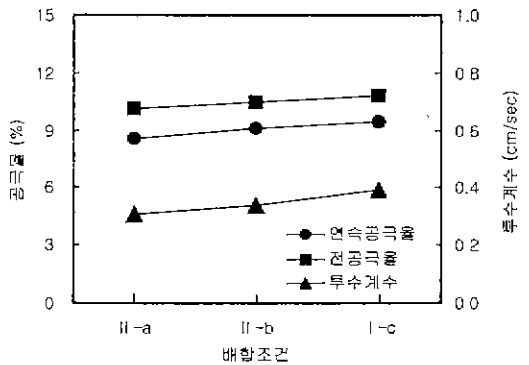


그림 4. A, B, C 골재의 혼합비율에 따른 전공극률, 연속공극률 및 투수계수의 변화

수준으로 나타났다. 또한, 투수계수는 0.31~0.39cm/sec로 유사한 수준을 나타내고 있다.

3.3 상관관계에 대한 검토

그림 5는 공극율과 투수계수의 관계를 나타낸 것으로, 전공극율과 투수계수의 상관계수 R은 0.6917, 연속공극율과의 상관계수 R은 0.7890으로 연속공극율이 다소 높은 상관성을 나타내고 있어, 투수계수는 연속공극율에 의해 좌우된다는 기존의 보고²⁾와 일치하고 있다.

그림 6은 투수계수와 압축강도의 관계를 나타낸 것으로, 투수계수가 증가할수록 압축강도는 감소하는 관계를 나타내 고강도 영역의 포러스콘크리트에서도 기존의 보고²⁾와 일치하고 있다

그림 7은 공극율과 초음파속도의 관계를 나타낸 것으로, 초음파속도와 전공극율과의 상관계수 R은 0.9080, 연속공극율과의 상관계수 R은 0.8648로 양호한 상관관계를 나타내고 있어, 초음파속도가 포러스콘크리트 내부의 공극조성을 비파괴적으로 평가하는 수법으로 가능할 것으로 사료되며, 향후 이에 대한 심도 깊은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결론

골재의 혼합비율에 따른 포러스콘크리트의 물리적 특성을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 5~8mm 골재에 대한 2.5~5mm 골재의 혼합비율이 증가할수록 동일 이론공극율에 있어서 압축강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 혼합비율 7:3에서 압축강도 335kgf/cm²로 높게 나타났다.
- 2) 2.5~5mm와 5~8mm와 8~10mm 골재의 혼합비율에 따른 검토결과, 동일 이론공극율에 있어서 혼합비율 2:2:1인 경우 압축강도 359kgf/cm²의 수준으로 가장 높은 강도를 발현하고 있다.
- 3) 포러스콘크리트 내부의 공극조성을 초음파속도법으로 평가한 결과, 내부공극을 비파괴적으로 평가하는 수법으로 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 日本コンクリート工学協会, エココンクリート研究委員会報告書, 1995
2. 田中博ほか, 緑化コンクリートの強度特性, 콘크리트工学年次論文報告書, Vol 21, No.1, pp.283~288, 1999
3. 鎌田敏限ほか, 超音波によるポラスコンクリートの内部組織の評価, Vol.20, No 2, pp 733~738, 1998

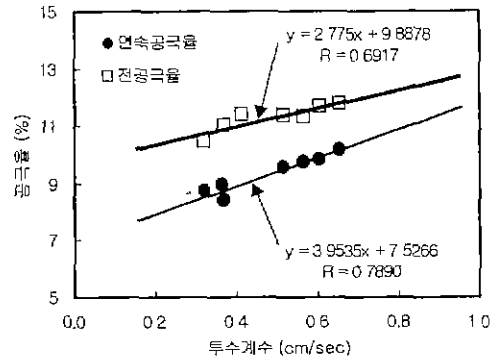


그림 5. 공극율과 투수계수와의 관계

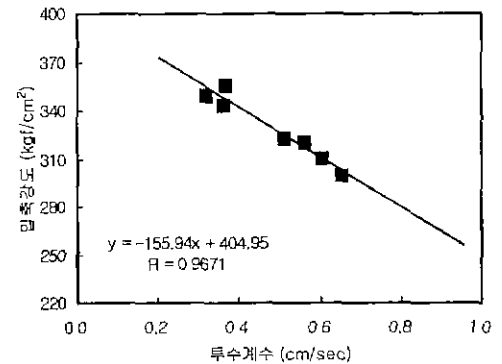


그림 6. 투수계수와 압축강도의 관계

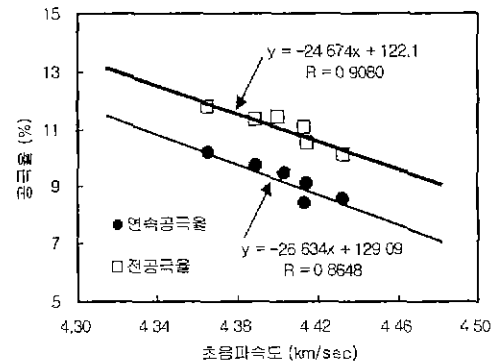


그림 7. 공극율과 초음파속도의 관계