

굳지않은 포러스콘크리트의 품질관리를 위한 실험적 연구

An Experimental Study on the Quality Control of Fresh Porous Concrete

이 성 일 [*]	장 종 호 [*]	김 재 환 [*]
Lee, Seong Il	Jang, Jong Ho	Kim, Jae Hwan
강 석 표 [*]	백 용 관 ^{**}	김 무 한 ^{***}
Kang, Suk Pyo	Back, Yong Kwan	Kim, Moo Han

ABSTRACT

Recently, there has been for a number of reasons growing interest in the use of porous concrete, and it is used as an ecological material. But, because the valuation methods of the quality on the fresh porous concrete aren't established up till now, it is difficult that the harden porous concrete is made sure of its required quality.

This study is to present the measurement method of the void ratio on the fresh porous concrete and to analyze the influence of water-cement ratio and vibrating time on the binder content covered a coarse aggregate.

Results of this study were shown as follows:

The measurement methods of the void ratio and aggregate-binder weight ratio on the fresh porous concrete can be useful as data for the quality control of fresh porous concrete.

1. 서론

최근 지구환경문제가 전세계적으로 대두되고 있는 가운데 지구환경부하저감을 위한 노력이 건설분야에서도 활발히 진행되고 있다. 이 중 우수의 지하로의 환원, 식물의 뿌리 착생 및 서식, 수생미생물의 서식처 등을 확보할 수 있는 환경부하저감형 및 생물대응형의 포러스콘크리트에 대한 관심이 고조되고 있다.

일반적으로 포러스콘크리트는 공장에서 제작하여 생산하는 공장생산방식과 굳지않은 포러스콘크리트를 현장에 운반하여 직접 타설·다짐하는 현장타설방식으로 구분할 수 있으며, 공장생산방식의 경우 완성제품의 품질관리에 의한 성능만족여부를 판단할 수 있지만 현장타설방식의 경우 굳지않은 포러스콘크리트에 대한 품질평가방법이 아직까지 전무한 상태이어서 기존의 실험에 의존하고 있고 이로 인해 시공된 포러스콘크리트의 품질에 문제가 발생하는 경우도 있다.^{1),2)}

이에 본 연구에서는 현장타설 포러스콘크리트의 품질관리방안을 제시하기 위한 일련의 실험으로,

* 정회원, 충남대학교 건축공학과

** 정회원, 한국원자력안전기술원, 선임기술원

*** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수

표 1. 실험계획 및 배합

시리즈	목표 공극율 (%)	W/C (%)	진동 시간 (sec)	골재 크기 (mm)	단위수량 (kg/m ³)	단위용적 (ℓ/m ³)		단위중량 (kg/m ³)		측정항목	
						시멘트	굵은골재	시멘트	굵은골재	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
I	20	25	-	5~10	104	132	563	417	1498	· 전공극율 (%) · 연속공극율 (%)	· 압축강도 (kgf/cm ²) · 전공극율 (%) · 연속공극율 (%) ※ 측정재령 : 14일
				10~15	104	132	564	415	1501		
				15~20	102	130	568	408	1512		
	25			5~10	82	105	563	329	1498		
				10~15	82	104	564	327	1501		
				15~20	80	102	568	320	1512		
	30			5~10	60	77	563	241	1498		
				10~15	60	76	564	239	1501		
				15~20	58	74	568	232	1512		
II	25	25	10	10~15	82	104	564	327	1501	· 결합재량 (g) · 낙하량 (g)	· 압축강도 (kgf/cm ²) · 전공극율 (%) · 연속공극율 (%) ※ 측정재령 : 14일
		30			75	95	564	301	1501		
		35			70	88	564	278	1501		
		20	75		95	564	301	1501			
			70		88	564	278	1501			
			70		88	564	278	1501			

굳지않은 포러스콘크리트의 공극률 평가 가능여부를 검토하고자 하였으며, 물시멘트비 및 진동시간이 포러스콘크리트의 결합재량 분포에 미치는 영향을 비교·검토하고자 한다.^{1),2),3)}

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

본 실험은 현장타설 포러스콘크리트의 품질관리방안을 제시하기 위한 일련의 실험으로 실험계획 및 배합은 표 1에 나타낸 바와 같다.

I 시리즈에서는 굳지않은 포러스콘크리트의 공극률 평가 가능여부를 검토하기 위하여 목표공극율을 20, 25, 30%의 3수준, 골재크기를 5~10, 10~15, 15~20mm의 3수준으로 설정하여 굳지않은 콘크리트의 전공극율, 연속공극율 및 경화콘크리트의

표 2. 사용재료의 물리적 성질

시멘트	· 1종 보통포틀랜드시멘트 · 비중 : 3.15, · 분말도 : 3,265cm ² /g			
	골재크기 (mm)	비중	단위용적중량 (kg/m ³)	실적율 (%)
굵은골재	5 ~ 10	2.66	1,498	56.30
	10 ~ 15		1,501	56.43
	15 ~ 20		1,512	56.82

압축강도, 전공극율, 연속공극율을 측정하였다.

또한, II 시리즈에서는 물시멘트비 및 진동시간이 포러스콘크리트의 결합재량 분포에 미치는 영향을 비교·검토하기 위하여 물시멘트비를 25, 30, 35%의 3수준, 진동시간을 10, 20의 2수준으로 설정하여 굳지않은 콘크리트의 결합재량, 낙하량 및 경화 콘크리트의 압축강도, 전공극율, 연속공극율을 측정하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 각 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타낸 바와 같이 시멘트는 국내 A사의 1종 보통포틀랜드시멘트, 굵은 골재는 비중 2.66의 단입도 부순자갈을 사용하였다.

2.3 비빔방법, 공시체 제작 및 시험방법

포러스콘크리트의 비빔은 용량 30ℓ의 옴니믹서를 사용하여 물, 시멘트 및 굵은골재를 일괄투입하여 120초 동안 비빔을 실시하였다.

포러스콘크리트의 공시체 제작은 I 시리즈의 경우 비빔을 완료한 포러스콘크리트를 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 의 원주형 공시체에 3층으로 분할하여 각 층을 25회 붓다짐한 후 제작하였으며, II 시리즈의 경우 그림 1과 같이 $\phi 100 \times 450\text{mm}$ 의 원주형 플라스틱 공시체에 채워넣어 붓다짐한 후 진동 테이블(진폭 1mm, 진동수 4000회) 위에서 소정의 시간 동안 진동시켜 제작하였고 소정의 측정재령까지 표준수증양생($20 \pm 3^\circ\text{C}$)을 실시하였다.

또한 시험방법은 표 3에 나타낸 바와 같다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 I 시리즈에 대한 검토 및 분석

그림 2는 골재크기별 굳지않은 포러스콘크리트와 경화된 포러스콘크리트의 전공극율 및 연속공극율을 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 굳지않은 포러스콘크리트와 경화된 포러스콘크리트의 공극율을 측정할 결과 전공극율 및 연속공극율 모두 골재크기에 따라 다

표 3. 시험방법

시험항목		시험 방법
굳지 않은 콘크 리트	연속공극율	· 공기량 시험기 내에 콘크리트를 3층으로 채우고 1층마다 다짐봉으로 25회 다짐을 실시한 후 시험기를 저울에 놓고 시료의 공극에 천천히 물을 주입하여 수면이 용기상부에 도달한 시점에서의 주수질량을 측정하여 산출
	전공극율	· 연속공극율을 측정한 후 KS F 2421(수주 압력법)에 준하여 공기량을 측정하여 산출
	결합재량	· 공시체 제작방법과 동일하게 시험체를 제작한 후 각 부위의 콘크리트 일정량(2500g)을 채취하여 씻기분석시험에 의해 결합재량을 산출
	낙하량	· 그림 1에 나타낸 바와 같이 시험체 제작 시 낙하하는 시멘트페이스트량을 측정
경화 콘크 리트	압축강도	· KS F 2405
	전공극율	· 일본콘크리트공학협회 에코콘크리트 연구위원회의 「포러스콘크리트의 공극율 시험방법(안)」 중 용적법
	연속공극율	

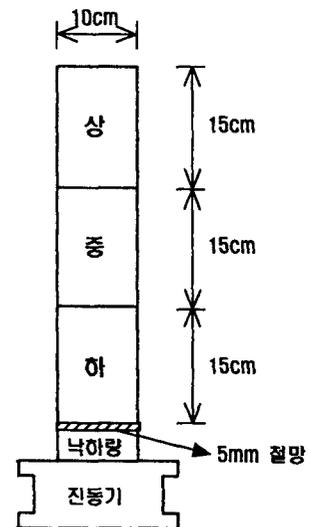
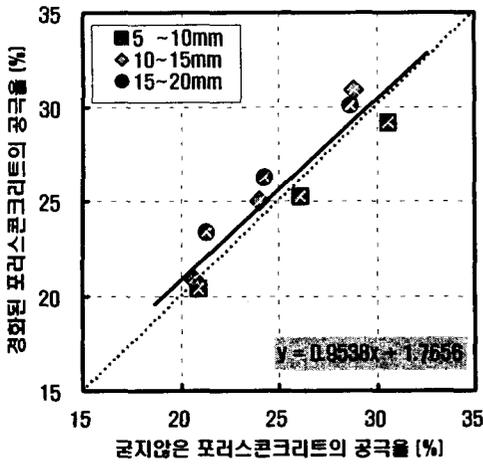
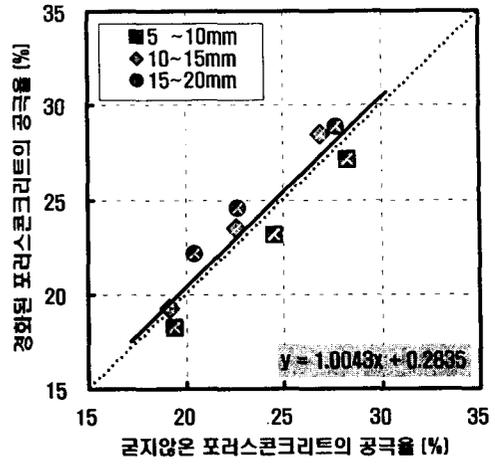


그림 1. II 시리즈의 공시체 제작



(a) 전공극율



(b) 연속공극율

그림 2. 굳지않은 포러스콘크리트 및 경화된 포러스콘크리트의 공극율 측정결과

소 다른 경향을 보이고 있으나 그 차이가 2% 이내의 유사한 값으로 나타났다. 따라서 현장타설 포러스콘크리트의 경우 본 실험에서 제안한 방법에 의해 굳지않은 포러스콘크리트의 공극률을 측정함으로써 경화된 포러스콘크리트의 공극률을 평가하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

그림 3은 압축강도와 전공극율의 상관관계를 나타낸 것으로 전공극율이 작아질수록 압축강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 골재의 크기에 따라 다소 다른 경향을 나타내고 있다.

3.2 II 시리즈에 대한 검토 및 분석

그림 4는 물시멘트비 및 진동시간에 따른 골재/결합재 중량비의 변화를 나타낸 것으로 전반적으로 물시멘트비 및 진동시간이 증가할수록 골재/결합재 중량비도 증가하는 것으로 나타났으며 이는 물시멘트비가 증가함에 따라 페이스트의 유동성이 증가하여 진동시간의 영향을 더 크게 받기 때문으로 사료된다. 또한 공시체 상부의 경우 물시멘트비 및 진동시간이 증가할수록 골재/결합재 중량비의 변화가 중간부 및 하부에 비하여 상대적으로 크게 나타났다. 이상과 같이 골재를 피복하고 있는 결합재량은 물시멘트비 및 진동시간에 따라 시험체의 부위별로 다르게 나타났으며, 포러스콘크리트를 균일하게 제작하기 위해서는 배합설계시 이를 충분히 고려해야 할 것이다.

그림 5는 물시멘트비 및 진동시간에 따른 페이스트 낙하량의 변화를 나타낸 것으로 물시멘트비 및 진동시간이 증가할수록 페이스트 낙하량도 증가하는 것으로 나타났으며 본 실험의 범위에서는 물시멘

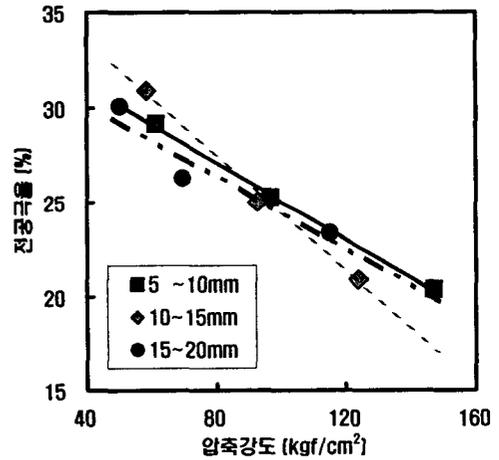


그림 3. 압축강도와 전공극율의 상관관계

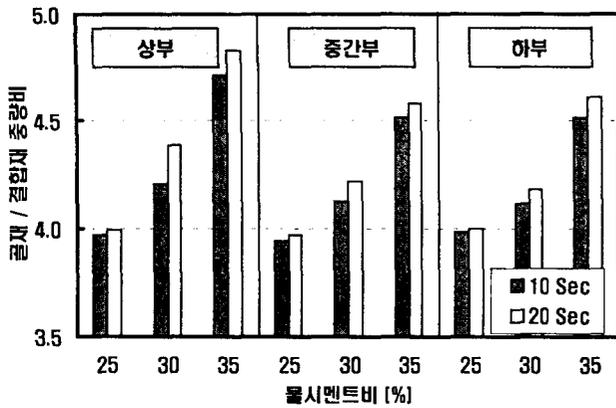


그림 4. 물시멘트비 및 진동시간에 따른 시험체 각 부위별 골재/결합재 중량비의 변화

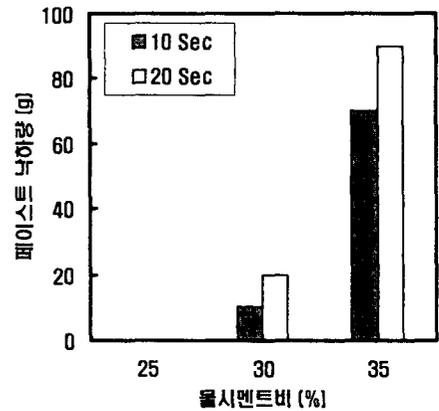


그림 5. 물시멘트비 및 진동시간에 따른 페이스트 낙하량의 변화

트비 25%의 경우 진동시간 20초까지 시멘트페이스트가 골재로부터 분리되지 않는 것으로 나타났다.

그림 6은 물시멘트비 및 진동시간에 따른 공극율의 변화를 나타낸 것으로 물시멘트비 25%의 경우 공시체 부위에 관계없이 공극율이 유사하게 나타났지만 물시멘트비 30, 35%의 경우 공시체 상부와 중간부 및 하부 간에 다소 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

또한 물시멘트비 25%의 경우 진동시간 10초보다 20초에서 공극율이 크게 감소하는 것으로 나타났으며 이는 시멘트페이스트의 유동성이 작아 진동에 의해 골재가 배열되는 시간이 길게 되기 때문으로 사료된다. 또한 물시멘트비 35%의 경우 공시체 상부의 공극율은 진동시간 10초보다 20초에서 오히려 증가하는 것으로 나타났으며 이는 시멘트페이스트의 유동성이 커서 진동에 의해 시멘트페이스트가 골재로부터 분리되어 하부로 낙하되기 때문이라고 사료된다.

그림 7은 물시멘트비 및 진동시간에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 물시멘트비 25% 경우 진동시간 10초에 비해 20초에서 압축강도가 크게 증가하는 것으

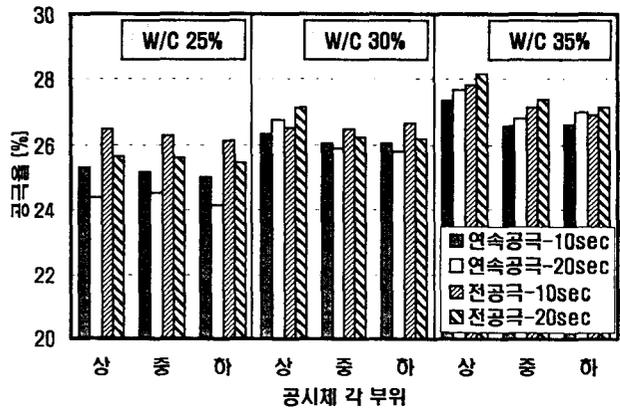


그림 6. 물시멘트비 및 진동시간에 따른 시험체 각 부위별 공극율의 변화

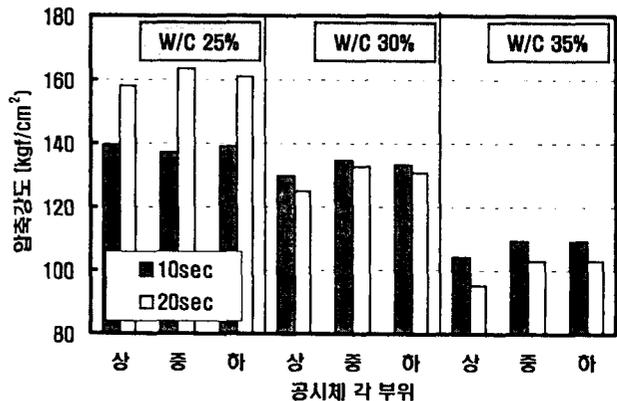


그림 7. 물시멘트비 및 진동시간에 따른 시험체 각 부위별 압축강도의 변화

로 나타났다. 이는 진동시간이 길어짐에 따라 골재가 재배열됨으로서 공극율이 감소하여 압축강도가 증가한 것으로 사료된다. 또한 물시멘트비 30, 35%의 경우 진동시간 10초에 비하여 20초에서 압축강도가 감소하는 것으로 나타났으며, 진동시간 증가에 따른 강도 감소폭은 상부에서 상대적으로 크게 나타났다. 이는 과도한 진동에 의해 시험체 상부의 시멘트페이스트가 골재로부터 분리되어 낙하되고 이로 인해 상부의 결합재량이 감소되었기 때문으로 사료된다. 따라서 균일한 포러스콘크리트를 제조하기 위해서는 배합설계시 진동시간을 고려하여 페이스트 유동성을 결정해야 할 것으로 사료된다.

그림 8은 압축강도와 골재/결합재 중량비의 상관관계를 나타낸 것으로 압축강도와 골재/결합재 중량비 사이에 매우 높은 상관관계를 나타내고 있다. 따라서 본 실험방법에 의해 균지않은 포러스콘크리트의 결합재량을 측정함으로써 경화된 포러스콘크리트의 압축강도 예측을 위한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 사료되며, 계속적인 데이터의 축적에 의해 균지않은 포러스콘크리트의 품질관리를 위한 기초자료로서 사용이 가능할 것으로 사료된다.

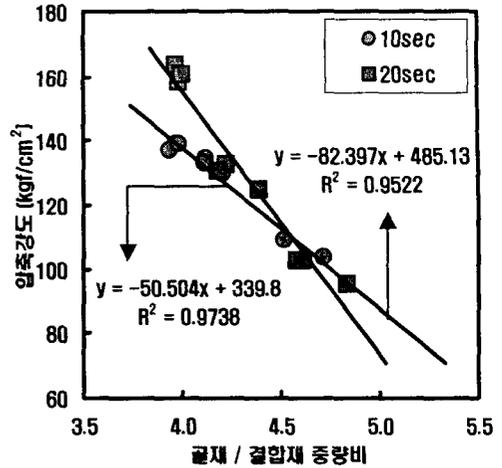


그림 8. 압축강도와 골재/결합재 중량비의 상관관계

4. 결론

본 실험은 현장타설 포러스콘크리트의 품질관리방안을 제시하기 위한 일련의 실험으로, 골재크기별 균지않은 포러스콘크리트의 공극률 평가 가능여부를 검토하고, 또한 물시멘트비 및 진동시간이 포러스콘크리트의 결합재량 분포에 미치는 영향을 비교·검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 포러스콘크리트의 균지않은 상태와 경화 상태의 공극율을 비교·검토한 결과 유사한 값으로 나타났다. 따라서 본 실험에서 제안한 방법에 의해 균지않은 포러스콘크리트의 공극률을 측정함으로써 포러스콘크리트의 품질을 사전에 관리·평가하는 것이 가능할 것으로 사료된다.
- 2) 물시멘트비 및 진동시간에 따라 시험체 각 부위별 골재를 피복하는 결합재량이 다르게 나타났으며, 또한 공극율 및 압축강도도 다르게 나타나 균일한 포러스콘크리트를 제조하기 위해서는 배합설계시 진동시간별 적정 물시멘트비를 충분히 고려해야 할 것으로 사료된다.
- 3) 포러스콘크리트의 압축강도는 균지않은 상태에서 측정된 골재/결합재 중량비와 높은 상관성을 나타내고 있으며, 균지않은 포러스콘크리트의 품질을 관리하기 위한 자료로서 이를 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 湯淺幸久 外, セメントペーストの流動性がポーラスコンクリートの振動締固め性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.23, No.1, 2001, pp.133~138
2. 財団法人 先端建設技術センター 編, ポーラスコンクリート河川護岸工法の手引き, 山海堂, 2001, p122~123
3. 大谷俊浩 外, 結合材の分布状態がポーラスコンクリートの強度特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.23, No.1, 2001, pp.139~144