

페이스트플로우, 진동다짐시간 및 다짐두께에 따른 포러스콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Fundamental Properties of Porous Concrete by Paste Flow, Compaction Time and Compaction Thickness

이 성 일 [*]	이 종 호 [*]	김 재 환 [*]
Lee, Seong Il	Lee, Jong Ho	Kim, Jae Hwan
최 세 진 [*]	백 용 관 ^{**}	김 무 한 ^{***}
Choi, Se Jin	Baik, Yong Kwan	Kim, Moo Han

ABSTRACT

This study is to analyze the influence of paste flow, compaction time and compaction thickness on the fundamental properties of porous concrete.

Results of this study were shown as follows;

1) As paste flow increase, compaction time according to paste flow and compaction thickness decrease. Also, though paste flow is same, as compaction thickness increase, compaction time increase. So It must be considered that the influence of compaction time according to paste flow and compaction thickness.

2) In the range of this study, compressive strength is the highest value at paste flow 190mm.

3) Occasion of manufactured compactor in this study, compaction thickness 10, 15cm is influenced heavily but compaction thickness 20cm is influenced slightly.

1. 서론

최근 환경보존에 대한 인식전환이 범세계적으로 확산되고 있는 가운데 건설기술자들 사이에서 기존의 구조용 재료로서만 사용되어 온 콘크리트를 환경친화적인 재료로 개발하는 연구가 활발히 진행되어 왔다. 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, 이 경우 포러스콘크리트에 공극을 균등하게 분포시키기 위해서는 페이스트가 적당한 점성과 유동성을 가져야만 한다. 즉 페이스트의 유동성이 적을 경우 제조시에 비빔작업이 곤란하여 비빔시 믹서 부하가 증대되고 진동다짐시에 골재간의 결합력이 저하되어 강도저하의 원인이 된다. 반대로 페이스트의 유동성이 과도하게 클 경우 다짐에 의해 페이스트가 골재표면에서 분리되어 밀면으로 폐색되고, 상/하부 공극분포가 불균질하게 되어 강도저하 및 기능성 저하의 원인이 된다.¹⁾ 이러한 페이스트의 유동성은 다짐방법, 다짐시

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과
** 정회원, 한국원자력안전기술원, 책임기술원
*** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

표 1. 실험계획

목 표 공극율 (%)	W/C (%)	골재 크기 (mm)	페이스트 플로우 (mm)	설 계 다 짐 두 겹 (cm)	진동 시간 (sec)	SP제 첨가율 (%)	측 정 항 목
25	25	5~10	140±5 160±5 190±5	10 15 20	* ¹⁾	* ²⁾	· 진동시간 (sec) · 전공극율* (%) · 연속공극율* (%) · 상/하부 면적공극율* (%) · 압축강도* (kgf/cm ²) ※ 측정재령 : 7일

- 1) 설계다짐두께까지 다짐하는데 소요되는 진동시간
2) 페이스트플로우를 만족시키기 위한 SP제 첨가율

표 2. 콘크리트 배합

목 표 공극율 (%)	W/C (%)	골재 크기 (mm)	페이스트 플로우 (mm)	설 계 다 짐 두 겹 (cm)	단 위 수 량 (kg/m ³)	단위용적 (ℓ/m ³)		단위중량 (kg/m ³)	
						시멘트	굵은 골재	시멘트	굵은 골재
25	25	5~10	140±5	10	93	118	539	372	1489
			160±5	15					
		10~15	190±5 220±5	20	91	115	544	363	1504

간, 골재의 성상 등에 따라 크게 달라지며 이 중 하천호안 등 경사면에 타설되는 포러스콘크리트의 다짐방법은 백호, 컴팩터 다짐이 주류를 이루고 있으며 이 경우 포러스콘크리트는 상면진동의 영향을 받게 된다.

한편 현재 현장타설되는 포러스콘크리트의 대부분은 거의 다짐두께에 대한 고려없이 타설되고 있어 품질관리가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이러한 다짐방법으로 인해 포러스콘크리트가 소요다짐두께보다 과다짐되면 공극율이 작아지고 페이스트가 골재표면에서 분리되어 밀면이 폐색된다. 반대로 다짐이 부족하게 되면 공극율이 커지고 강도가 저하하게 된다.

따라서 본 연구에서는 백호, 컴팩터와 유사한 상면진동기를 사용하여 시멘트페이스트의 유동성, 진동다짐시간 및 포러스콘크리트의 설계다짐두께가 포러스콘크리트의 기초물성에 미치는 영향을 비교·분석하여 현장타설 포러스콘크리트의 품질관리방안을 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

본 실험은 현장타설 포러스콘크리트의 품질관리방안을 제시하기 위한 일련의 실험으로 실험계획 및 콘크리트 배합은 표 1 및 2에 나타난 바와 같다.

시멘트페이스트의 유동성, 진동다짐시간 및 포러스콘크리트의 두께가 포러스콘크리트의 기초물성에

미치는 영향을 비교·검토하기 위하여 페이스트플로우를 140 ± 5 , 160 ± 5 , 190 ± 5 , 220 ± 5 mm의 4수준, 설계다짐두께를 10, 15, 20cm의 3수준으로 설정하여 설계다짐두께까지 진동을 가함으로서 시멘트페이스트의 유동성, 진동다짐시간 및 포러스콘크리트의 두께가 포러스콘크리트의 상/하부 면적공극율, 전공극율, 연속공극율, 압축강도 등의 기초물성에 미치는 영향을 검토하였다.

일반적으로 포러스콘크리트의 목표공극율과 실제로 얻어진 공극율은 다르며 대부분 목표공극율보다 큰 값으로 된다. 이는 굵은골재만의 단위용적보다 페이스트를 혼입한 경우의 굵은골재 단위용적이 감소하기 때문이다.²⁾ 그렇기 때문에 목표공극율에 근접한 공극율을 얻기 위해서는 보정계수가 필요하게 된다. 따라서 본 실험에서는 예비실험을 통하여 보정계수를 0.97로 도입하여 콘크리트 배합을 산정하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 각 재료의 물리적 성질은 표 3에 나타난 바와 같이 시멘트는 국내 A사의 1종 보통포틀랜드시멘트, 굵은골재는 비중 2.76의 부순자갈, 혼화제는 나프탈렌계 고성능감수제를 사용하였다.

표 3. 사용재료

시멘트	· 1종 보통포틀랜드시멘트 · 비중 : 3.15, · 분말도 : $3,265\text{cm}^2/\text{g}$			
굵은골재	골재크기 (mm)	비중	단위용적중량 (kg/m^3)	실적율 (%)
	5~10 10~15	2.76	1520 1524	55.03 55.15
혼화제	· 나프탈렌계, 액상, 비중 : 1.168			

2.3 비빔방법, 공시체 제작 및 양생방법

포러스콘크리트의 비빔은 용량 30ℓ의 옴니믹서를 사용하여 물, 시멘트 및 혼화제를 투입하여 30초간 비빔하였으며 시멘트페이스트의 플로우를 측정 후, 골재를 첨가하여 소정의 시간동안 비빔하였다.

포러스콘크리트의 공시체 제작은 배합상 계산된 소정의 두께를 만족하는 양의 포러스콘크리트를 $\phi 150 \times 300$ mm의 원주형 공시체에 채운후 그림 1과 같은 상면진동기(400vpm)를 이용하여 설계다짐두께까지 진동다짐하여 제작하였다. 또한 소정의 측정재령까지 고온수중양생($40 \pm 3^\circ\text{C}$)을 실시하였다.

표 4. 시험방법

시험항목	시험 방법
시멘트페이스트 플로우	· KS L 5111
압축강도	· KS F 2405
전공극율	· 일본콘크리트공학협회 에코콘크리트 연구위원회의 『포러스콘크리트의 공극율 시험방법(안)』 중 용적법
연속공극율	

2.4 시험방법

시멘트페이스트의 플로우 및 포러스콘크리트의 압축강도, 전공극율 및 연속공극율의 시험방법은 표 4에 나타난 방법에 의해 측정하였다. 또한 포러스콘크리트의 상/하부 면적공극율은 제작된 시험체의 상/하부 일정량을 연마한 후 절단면을 촬영하여 옵티마스(optimas) 화상인식 분석프로그램에 의해 산정하였다.

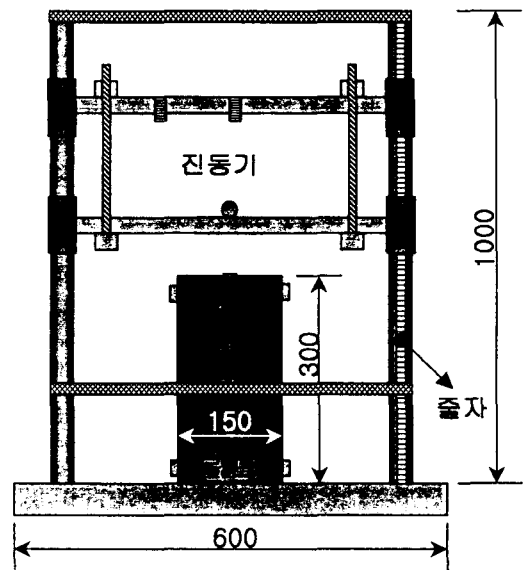
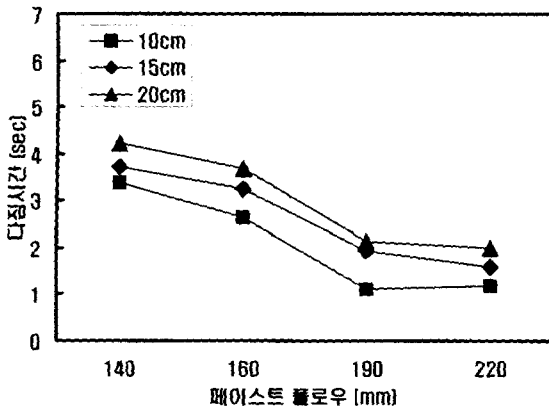
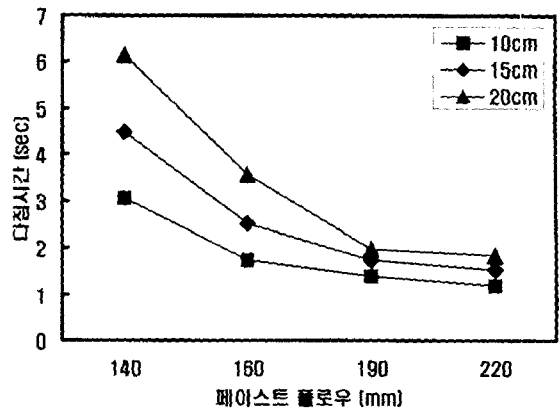


그림 1. 공시체 제작장치

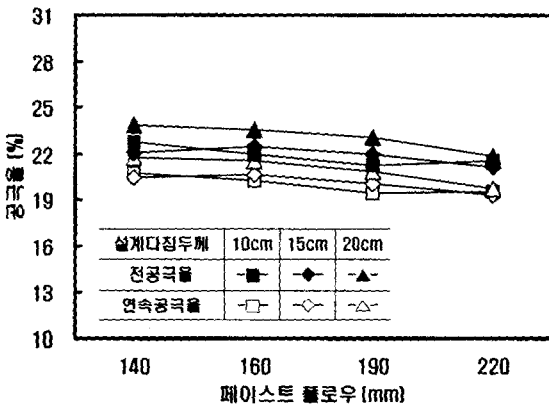


(a) 골재크기 : 5~10mm

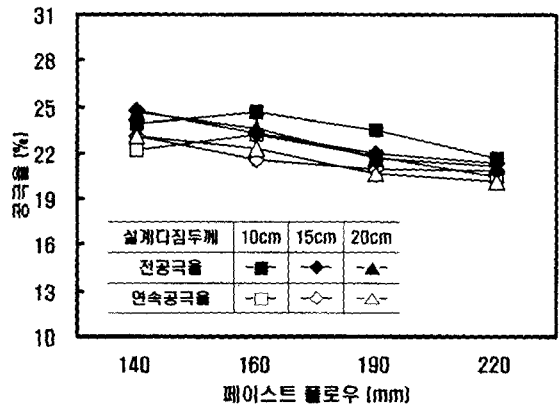


(b) 골재크기 : 10~15mm

그림 2. 설계다짐두께별 페이스트 플로우에 따른 다짐시간의 변화



(a) 골재크기 : 5~10mm



(b) 골재크기 : 10~15mm

그림 3. 설계다짐두께별 페이스트 플로우에 따른 전/연속공극율의 변화

3. 실험결과 및 고찰

3.1 다짐시간에 대한 검토 및 분석

그림 2는 설계다짐두께별 페이스트 플로우에 따른 다짐시간의 변화를 나타낸 것으로 전반적으로 골재크기에 관계없이 플로우가 증가할수록 다짐시간이 작아지는 것으로 나타났으며 이는 페이스트 플로우가 증가할수록 페이스트유동성이 증가하여 진동에 의해 설계다짐두께까지 다짐하는데 소요되는 시간이 짧아졌기 때문으로 사료된다.

또한 동일 페이스트플로우에 있어서 설계다짐두께가 커질수록 다짐시간이 증가하는 것으로 나타났으며 이는 설계다짐두께가 커질수록 골재가 재배열되어 충전되는 시간이 길어졌기 때문으로 사료된다. 한편 골재크기 5~10cm보다 골재크기 10~15cm의 경우가 전반적으로 다짐시간이 오래걸리는 것으로 나타났다.

3.2 전/연속공극율에 대한 검토 및 분석

그림 3은 설계다짐두께별 페이스트 플로우에 따른 전공극율 및 연속공극율의 변화를 나타낸 것으로 골재크기에 관계없이 페이스트 플로우가 증가할수록 전공극율 및 연속공극율이 다소 감소하는 것으로 나타났다. 또한 전공극율이 목표공극율보다 작게 나타났으며 이는 보정계수를 도입하였기 때문으로 사료되며 골재크기 5~10cm가 골재크기 10~15cm보다 다소 작게 나타나고 있어 골재크기에 따라 보정계수를 다르게 적용해야 할 것으로 사료된다.

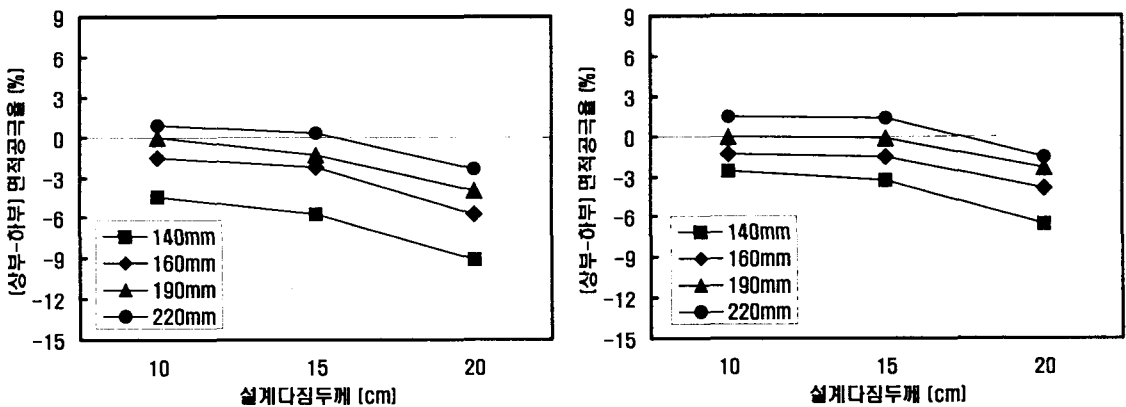
3.3 면적공극율에 대한 검토 및 분석

그림 4는 페이스트 플로우별 설계다짐두께에 따른 [상부-하부] 면적공극율의 변화를 나타낸 것으로 일반적으로 페이스트 플로우가 작을 경우 상면진동다짐을 하면 상부의 면적공극율이 하부의 면적공극율보다 작게되며 상부의 면적공극율이 하부의 면적공극율보다 커지면 페이스트가 분리되어 하부로 낙하되었다는 것을 의미하며 결합재분포가 불균일하게 된다. 또한 진동기는 상면에서 진동을 가하기 때문에 하부로 갈수록 그 진동력은 약해지며 일정 깊이 이상 도달하면 더 이상 진동력이 미치지 않게 된다.³⁾

본 실험에서는 골재크기에 관계없이 페이스트 플로우 190mm까지는 모든 설계다짐두께에서 상부의 면적공극율이 하부의 공극율보다 작게 나타났으며 페이스트 플로우 220mm에서는 설계다짐두께 10, 15cm만 페이스트 분리가 일어난 것으로 나타났고 설계다짐두께 20cm의 경우는 페이스트 분리가 일어나지 않은 것으로 나타났다. 따라서 본 실험에서 사용된 진동기의 진동력은 설계다짐두께 15cm까지 큰 영향을 미치며 설계다짐두께 20cm는 진동력이 크게 미치지 않는 것으로 나타났다.

3.4 압축강도에 대한 검토 및 분석

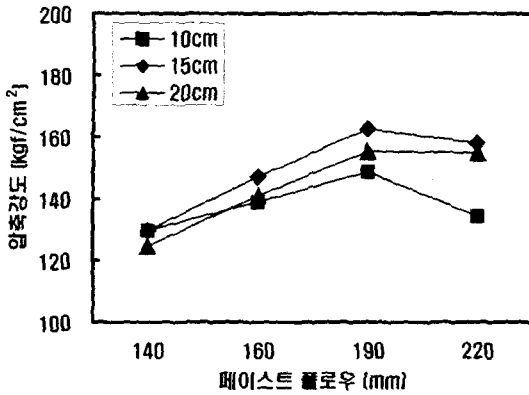
그림 5는 설계다짐두께별 페이스트플로우에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 전반적으로 페



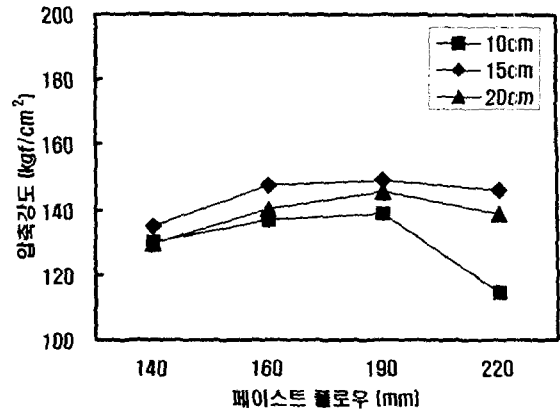
(a) 골재크기 : 5~10cm

(b) 골재크기 : 10~15cm

그림 4. 페이스트 플로우별 설계다짐두께에 따른 [상부-하부] 면적공극율의 변화



(a) 골재크기 : 5~10mm



(b) 골재크기 : 10~15mm

그림 5. 설계다짐두께별 페이스트 플로우에 따른 압축강도의 변화

이스트 플로우 190mm에서 가장 양호한 수준을 나타내었다. 또한 페이스트 유동성이 상대적으로 작은 140mm에서 낮은 압축강도를 나타냈다. 이는 페이스트의 유동성이 부족하여 하부까지 진동력이 충분히 전달되지 않아 골재간의 결합력이 상대적으로 부족하였기 때문으로 사료된다.

한편 설계다짐두께 10cm의 경우 페이스트플로우 220mm에서 압축강도가 급격히 감소하는 나타났다. 이는 설계다짐두께가 상대적으로 작고 페이스트유동성이 커서 진동에 의해 페이스트가 골재로부터 분리되어 하부로 낙하되는 양이 많아져 상/하부 결합재분포의 불균일한 정도가 커졌기 때문으로 사료된다.

4. 결론

본 실험은 시멘트페이스트유동성, 진동다짐시간 및 포러스콘크리트의 두께가 포러스콘크리트의 기초물성에 미치는 영향을 비교·검토한 것으로, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 설계다짐두께별 페이스트 플로우에 따른 다짐시간은 플로우가 증가할수록 작아지는 것으로 나타났으며 또한 동일 페이스트 플로우에 있어서도 설계다짐두께가 커질수록 다짐시간이 증가하는 것으로 나타나고 있어 페이스트 플로우 및 설계다짐두께에 따라 다짐시간을 고려해야 될 것으로 사료된다.
- 2) 본 실험의 범위에서 압축강도는 설계다짐두께 및 골재크기에 관계없이 페이스트 플로우 190mm에서 가장 양호한 수준을 나타내었다.
- 3) 본 실험에서 제작된 진동기를 사용할 경우 설계다짐두께 10, 15cm는 진동력의 영향을 크게 받지만 설계다짐두께 20cm는 진동력의 영향이 크지 않은 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 湯淺幸久 外, セメントペーストの流動性がポラスコンクリートの振動締固め性状に及ぼす影響, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol.23, No.1, 2001, pp.133~138
2. 田中清人 外, ポラスコンクリートの調査設計法に関する基礎的研究, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol.23, No.1, 2001, pp.121~126
3. 湯淺幸久 外, ポラスコンクリートの内部構造に及ぼす表面振動締固めの影響, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol.24, No.1, 2002, pp.1263~1268