

# 시멘트페이스트의 유동성 및 진동다짐시간이 포러스콘크리트의 기초물성에 미치는 영향

## Influence of Paste Fluidity and Vibration Time for Fundamental Properties of Porous Concrete

이 성 일*	유 범 재*	장 종 호*
Lee, Seong Il	Yu, Beom Jae	Jang, Jong Ho
김 재 환**	백 용 관***	김 무 한****
Kim, Jae Hwan	Back, Yong Kwan	Kim, Moo Han

### ABSTRACT

This study analyzed the influence of paste fluidity and vibration time for fundamental properties of porous concrete. Results of this study were shown as follows;

- 1) Even if target void ratio is same, void ratio and compressive strength of porous concrete is different according to w/c, paste flow and vibration time. So, In case of target void ratio, we must consider the influence of w/c, paste flow, and vibration time.
- 2) Though w/c and vibration time are same, as paste flow increase, all void ratio, continuous void ratio, and compressive strength decrease and difference between upper and lower void ratio increase.
- 3) Though w/c and paste flow are same, as vibration time increase, all void ratio and continuous void ratio decrease and difference between upper and lower void ratio increase. Also, compressive strength increase by 10 seconds and decrease after 10 seconds.
- 4) As types of superplasticizer is different, all void ratio, continuous void ratio, and compressive strength are different.

So, we must give consideration to paste fluidity and vibration time in order that increase of strength of porous concrete and distribution of uniform void.

### 1. 서론

일반적으로 포러스콘크리트는 굵은골재를 시멘트페이스트에 의해 점조시킨 형태로 물과 공기 등이 자유롭게 이동할 수 있고 식물의 뿌리가 자랄 수 있는 공간을 제공하는 콘크리트이다. 이러한 포러스콘크리트의 기초물성, 특히 공극율과 강도는 결합재의 성질, 다짐방법, 골재의 성상 등에 의해 크게 좌우되는 것으로 보고되고 있다.<sup>1),2),3),4)</sup>

한편, 포러스콘크리트의 제조방식에는 공장에서 생산되는 프리캐스트방식과 레미콘 공장에서 생산되어 현장에서 직접 타설·제조하는 방식으로 대별되며 대부분이 진동다짐에 의해 제작된다. 이 경우 포러스콘크리트에 공극을 균등하게 분포시키기 위해서는 시멘트페이스트가 적당한 점성과 유동성을 가져야만 한다. 또한 동일 점성과 유동성을 가진 시멘트페이스트를 사용하더라도 진동다짐 시간에 따

\* 정회원, 충남대학교 건축공학과 석사과정  
\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과 박사과정  
\*\*\* 정회원, 한국원자력안전기술원, 선임기술원  
\*\*\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수

표 1 실험계획 및 배합

목 표 공극율 (%)	W/C (%)	SP제 종류	목 표 플로우 (mm)	진동 시간 (sec)	S P 첨가율 (%)	골재 크기 (mm)	단 위 수 량 (kg/m <sup>3</sup> )	단위 용적 (ℓ/m <sup>3</sup> )		단위 중량 (kg/m <sup>3</sup> )		측 정 항 목
								시멘트	굵은 골재	시멘트	굵은 골재	
25	25	N <sup>1)</sup>	210±10	0	*	10	75	95	580	299	1619	· 시멘트플의 플로우 (mm) · 압축강도 (kgf/cm <sup>2</sup> ) · 진공공극율 (%) · 연속공극율 (%) · 상하부면적공극율 (%) ※ 측정재령 : 28일
	30		240±10	5								
	35	M <sup>2)</sup>	270±10	10		15	89	81	580	254	1619	

1) N : 나프탈렌계 고성능감수제

2) M : 멜라민계 고성능감수제

\* SP 첨가율 : 시멘트페이스트의 목표 플로우를 만족시키기 위한 적정 첨가율

라 상/하부의 공극 분포가 달라지기 때문에 진동다짐 시간에 의한 영향도 고려되어야 한다.<sup>1),5),6)</sup>

따라서 본 연구에서는 시멘트페이스트의 유동성 및 진동다짐시간이 포러스콘크리트의 기초물성에 미치는 영향을 비교·분석하여 포러스콘크리트의 제조시 품질관리를 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

표 2 사용재료의 물리적 성질

시멘트	· 1종 보통포틀랜드시멘트 · 비중 : 3.15    · 분말도 : 3,265cm <sup>2</sup> /g
굵은골재	· 비중 : 2.79    · 실적율 : 58.09% · 단위용적중량 : 1,619kg/m <sup>3</sup> · 골재치수 : 10~15mm
혼화제	N형    · 나프탈렌계, 액상, 비중 : 1.168
	M형    · 멜라민계, 액상, 비중 : 1.218

표 3 시험방법

시험항목	시 험 방 법
시멘트페이스트의 플로우	· KS L 5111
압축강도	· KS F 2405
진공공극율	· 일본콘크리트공학협회    예코콘크리트 연구위원회의 『포러스콘크리트의 공극 율 시험방법(안)』 중 용적법
연속공극율	

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획 및 배합

본 실험은 포러스콘크리트의 기초물성에 미치는 시멘트페이스트의 유동성 및 진동다짐 시간의 영향을 비교·평가하고자 한 것으로 실험계획 및 배합은 표 1에 나타난 바와 같다.

시멘트페이스트의 유동성 및 진동시간이 포러스콘크리트의 기초물성에 미치는 영향을 비교·평가하기 위해서 물시멘트비를 25, 30, 35%의 3수준, 고성능감수제를 N형과 M형의 2수준으로 설정하여 목표 플로우 210, 240, 270mm을 만족하는 시멘트페이스트를 진동시간 0, 5, 10, 20, 30초로 변화시켜 시멘트 페이스트의 유동성 및 진동시간이 포러스콘크리트의 진공공극율, 연속공극율, 상/하부 면적공극율, 압축강도 등의 기초물성에 미치는 영향을 검토하였다.

### 2.2 사용재료

본 실험에 사용된 각 재료의 물리적 성질은 표 2와 같이 시멘트는 국내 A사의 1종 보통포틀랜드시멘트, 굵은골재는 10~15mm의 단입도 부순자갈, 혼화제는 나프탈렌계(N형) 및 멜라민계(M형)의 고성

능감수제를 사용하였다.

### 2.3 비빔방법, 공시체 제작 및 양생방법

포러스콘크리트의 비빔은 용량 30ℓ의 옴니믹서를 사용하여 물, 시멘트 및 고성능감수제를 혼합하여 시멘트페이스트를 비빔 하였으며 시멘트페이스트의 플로우를 측정 한 후, 목표 플로우를 만족하는 것을 확인한 다음 골재를 첨가하여 비빔하였다.

포러스콘크리트의 공시체 제작은 비빔을 완료한 포러스콘크리트를  $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 의 원주형 공시체에 3층으로 분할하여 각 층을 25회 붓다짐한 후 진동 테이블(진폭 1mm, 진동수 4000회) 위에서 소정의 시간동안 진동시켜 제작하였다. 또한, 공시체는 제작 24시간 후 탈형하여 소정의 측정재령까지 표준수중양생( $20 \pm 3^\circ\text{C}$ )을 실시하였다.

### 2.4 시험방법

시멘트페이스트의 플로우 및 포러스콘크리트의 압축강도, 전공극율 및 연속공극율의 시험방법은 표 3에 나타난 방법에 의해 측정하였다. 또한 포러스콘크리트의 상/하부 면적공극율은 제작된  $\phi 100 \times 200\text{mm}$  공시체의 상/하부 일정량을 연마한 후 절단면을 촬영하여 옵티마스(optimas) 화상인식 분석프로그램에 의해 산정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 본 실험에서 측정 한 시멘트페이스트의 플로우 및 고성능감수제의 첨가율 수준을 나타낸 것이다.

### 3.1 공극율에 대한 검토 및 분석

그림 2는 물시멘트비별 시멘트페이스트의 플로우에 따른 전·연속공극율의 변화를 나타낸 것으로, 전·연속공극율은 동일 목표 공극율 및 진동시간에서도 물시멘트비 및 시멘트페이스트의 플로우가 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 시멘트페이스트의 유동특성 차이가 포러스콘크리트의 채움성능에 영향을 미치기 때문으로 사료된다.

그림 3은 물시멘트비별 진동시간에 따른 전·연속공극율의 변화를 나타낸 것으로, 전·연속공극율은 동일 목표 공극율 및 시멘트페이스트 플로우에 있어서도 물시멘트비 및 진동시간이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 또한 모든 물시멘트비에 있어서 진동시간 10초까지는 진동시간의 증가에 따라 공극율이 급격히 감소하고 있으나 그 이후에는 완만하게 감소하는 것으로 나타났다. 이는 진동시간 10초까지는 진동시간이

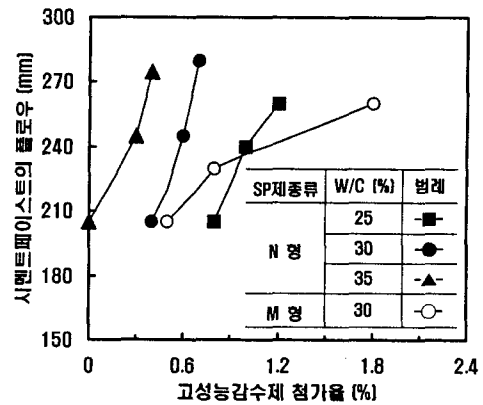


그림 1 시멘트페이스트의 목표 플로우를 만족하기 위한 고성능감수제 종류별 첨가율

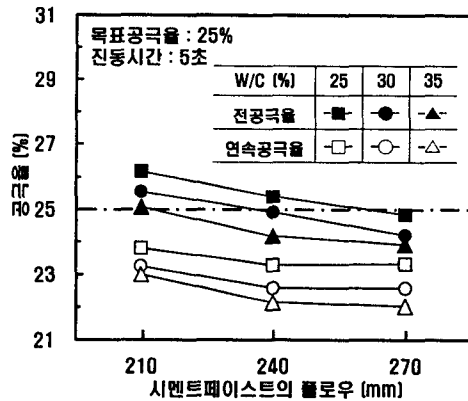


그림 2 물시멘트비별 시멘트페이스트의 플로우에 따른 공극율의 변화

증가함에 따라 시험체 내의 골재가 재배열되어 과밀층 전됨으로서 공극율이 크게 감소하나 골재의 최대충진 이후에는 페이스트가 골재표면에서 분리되어 시험체 밑면으로 흘러내리기 때문에 공극율의 변화에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 또한 목표공극율을 만족시키기 위한 진동시간은 동일 플로우에서도 물시멘트비에 따라 다소 다르게 나타났다.

그림 4는 고성능감수제 종류별 진동시간에 따른 전·연속공극율의 변화를 나타낸 것으로, 동일 시멘트 페이스트 플로우 및 진동시간에 있어서도 고성능감수제의 종류에 따라 전·연속공극율은 다르게 나타났으며, 이는 시멘트페이스트의 점성의 차이에 의한 것으로 사료된다. 또한 고성능감수제 종류에 관계없이 진동시간이 증가할수록 전·연속공극율은 감소하는 것으로 나타났다.

### 3.2 면적공극율에 대한 검토 및 분석

그림 5는 물시멘트비별 시멘트페이스트의 플로우에 따른 상/하부 면적공극율차이의 변화를 나타낸 것으로, 상/하부 면적공극율의 차이는 시멘트페이스트 플로우 및 물시멘트비가 증가할수록 커지며, 이는 동일 진동시간에 있어서 시멘트페이스트 플로우 및 물시멘트비가 증가할수록 시멘트페이스트의 유동성이 증가하여 골재표면으로부터 시멘트페이스트가 쉽게 분리되고 이로 인해 상/하부 결합제 분포가 불균일해지기 때문인 것으로 사료된다.

그림 6은 물시멘트비별 진동시간에 따른 상/하부 면적공극율차이의 변화를 나타낸 것으로 상/하부 면적공극율의 차이는 동일 시멘트페이스트 플로우에서도 진동시간 및 물시멘트비가 증가할수록 커지는 것으로 나타났다. 또한 진동시간 10초 이후에 상/하부 면적공극율의 차이가 급격하게 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 진동시간 10초 이후에 골재표면으로부터 시멘트 페이스트 플로우가 분리되어 시험체 밑면으로 낙하되는 양이 크게 증가하기 때문으로 사료된다.

사진 1은 본실험에서 제작한 시험체의 외관 및 상/하부 면적공극율 나타낸 것으로 진동시간에 따라 상/하부 공극분포가 다르게 나타남을 알 수 있다.

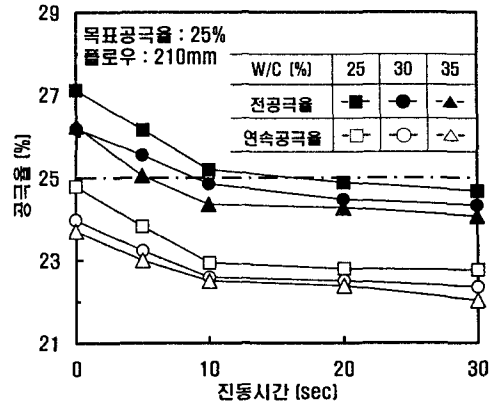


그림 3 물시멘트비별 진동시간에 따른 공극율의 변화

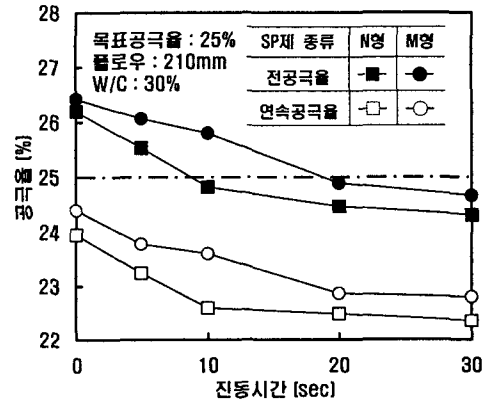


그림 4 고성능감수제 종류별 진동시간에 따른 공극율의 변화

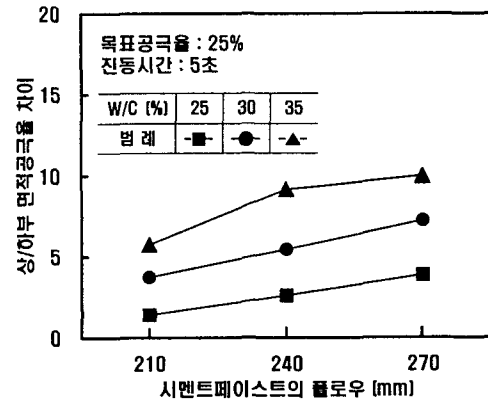
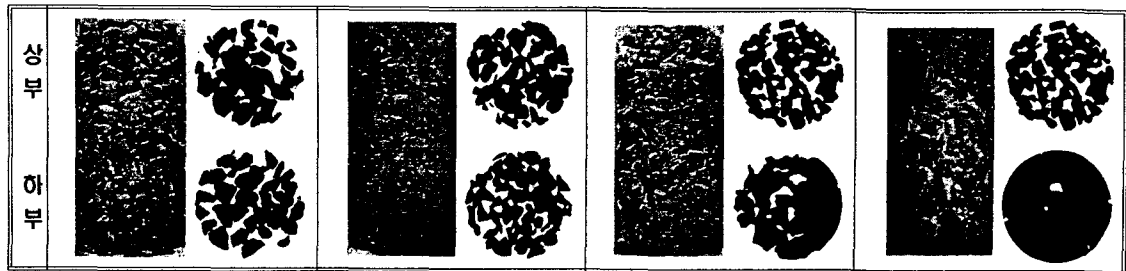


그림 5 물시멘트비별 시멘트페이스트의 플로우에 따른 상/하부 면적공극율차이의 변화



소 ← 진동시간 → 대  
사진 1 공시체 외관 및 상/하부 면적공극

### 3.3 압축강도에 대한 검토 및 분석

그림 7은 물시멘트비별 시멘트페이스트 플로우에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 동일 진동 시간에 있어서도 물시멘트비 및 시멘트페이스트 플로우가 증가할수록 압축강도는 감소하였으며, 이는 시멘트페이스트의 유동성이 증가할수록 진동에 의해 시험체 상/하부 결합재 분포가 불균일하게 되기 때문으로 사료된다.

그림 8은 물시멘트비별 진동시간에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것이다. 물시멘트비에 상관없이 진동시간 10초까지는 전반적으로 압축강도가 증가하고 있으나 진동시간 10초 이후에는 급격하게 저하하는 것으로 나타났다. 이는 진동시간 10초 이후에 과다진동에 의해 상/하부 결합재 분포가 불균일하게 되기 때문으로 사료된다. 또한 진동시간 증가에 따른 압축강도 증가는 물시멘트비에 따라 다르게 나타났으며, 물시멘트비 25%에서 가장 크게 증가하고 있다. 이는 동일 시멘트페이스트 플로우에 있어서도 시멘트페이스트의 점성차이에 의해 진동의 영향을 다르게 받기 때문으로 사료된다.

한편, 물시멘트비 25%의 경우 진동시간 0초에서는 물시멘트비 30, 35%의 경우보다 압축강도가 낮았으나 진동시간 10초에서는 높게 나타났다. 이는 적절한 진동다짐에 의해 골재가 재배열되고 또한 시멘트페이스트가 골재표면에 골고루 분포되었기 때문으로 사료된다. 또한 물시멘트비 30 및 35%의 경우 진동시간 20초 이상에서 진동시간 0초보다 압축강도가 낮게 나타났으며 이는 골재 표면으로부터 시멘트페이스트가 과도하게 분리되어 상/하부 결합재 분포가 크게 차이를 나타냈기 때문으로 사료된다.

그림 9는 고성능감수제 종류별 진동시간에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로, 동일 물시멘트비 및

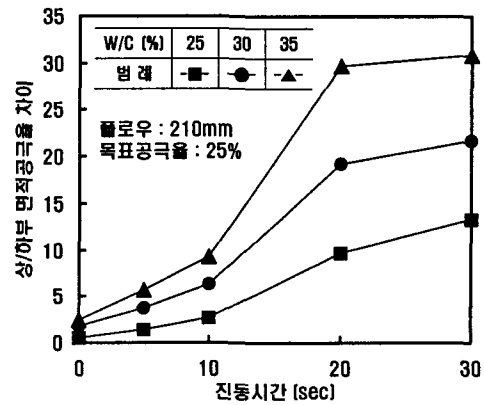


그림 6 물시멘트비별 진동시간에 따른 상/하부 면적공극률차이의 변화

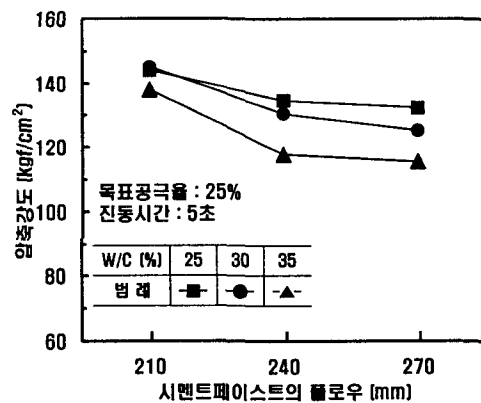


그림 7 물시멘트비별 시멘트페이스트의 플로우에 따른 압축강도의 변화

시멘트페이스트 플로우에서도 고성능감수제 감수제 종류에 따라서 압축강도는 다소 다르게 나타났다.

#### 4. 결론

시멘트페이스트의 유동성 및 진동다짐시간이 포러스 콘크리트의 기초물성에 미치는 영향을 비교·검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 동일 목표공극율에 있어서도 물시멘트비, 시멘트페이스트 플로우 및 진동다짐시간에 따라 포러스 콘크리트의 공극율 및 압축강도는 다르게 나타나 포러스 콘크리트 배합설계시 목표공극율의 개념을 도입할 경우 물시멘트비, 시멘트페이스트 플로우 및 진동다짐시간에 따른 영향을 충분히 고려해야 할 것으로 사료된다.
- (2) 동일 물시멘트비 및 진동시간에 있어서도 시멘트 페스트의 플로우가 증가할수록 전·연속공극율 및 압축강도는 감소하고, 상/하부 면적공극율 차이는 증가하는 것으로 나타났다.
- (3) 동일 물시멘트비 및 시멘트페이스트 플로우에 있어서도 진동시간이 증가함에 따라 전·연속공극율은 감소하였으며, 상/하부 면적공극율 차이는 증가하였다. 또한 압축강도는 진동시간 10초까지 진동시간이 증가함에 따라 증가하나 그 이후에는 다시 감소하였다.
- (4) 동일 물시멘트비 및 시멘트페이스트 플로우에 있어서도 고성능감수제 종류에 따라 전·연속공극율 및 압축강도가 다르게 나타났다.

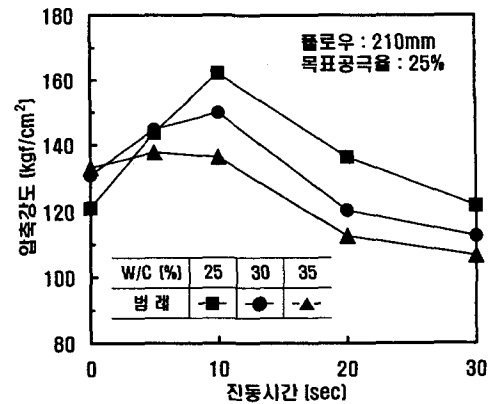


그림 8 물시멘트비별 진동시간에 따른 압축강도의 변화

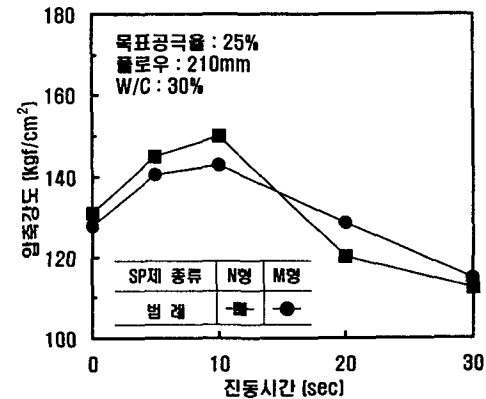


그림 9 고성능감수제 종류별 진동시간에 따른 압축강도의 변화

#### 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. 平岩 陸 外, ポーラスコンクリートの組合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. 湯浅幸久 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, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol.23, No.1, 2001, pp.133~138.
4. 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, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol.23, No.1, 2001, pp.139~144.
5. 김무한, 포러스콘크리트의 배합요인 및 골재 혼합비율이 강도 및 투수성능에 미치는 영향, 콘크리트 학회논문집, Vol.12, No.6, 2000. 12, pp.91~98.
6. 김무한, 페이스트 유동특성이 포러스콘크리트의 기초물성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 대한건축학회학술발표논문집, Vol.21, No.1, 2001. 4, pp.325~328.