

문양 콘크리트의 PC 적용을 위한 실험적 연구

An Experimental Study on the Design-Concrete for Precast Concrete

김재은* 안무영** 김광기** 조상영** 김우재*** 정상진****
Kim, Jae Eun An, Moo Young Kim, Kwang Ki Cho, Sang Young Kim, Woo Jae Jung, Sang Jin

ABSTRACT

The object of this study is vibrating compaction and curing method in the production process of Design concrete for precast concrete(Design-PC) product. From change of vibrating compaction time and pre-curing time, curing temperature which would be factors of product quality in Design-PC concrete production, and research of optimized steam curing condition from relations between curing condition and strength development, basic data of vibrating compaction time and concrete steam curing method for Design-PC will be presented.

1. 서론

기존 시공법에 의한 철근콘크리트 건축물은 시공품질의 저하 및 거푸집의 재사용 증가로 인하여 구조체의 표면이 불균질하고 콘크리트라는 재료 자체 성질 때문에 타설 마감성이 용이하지 않다. 또한 현재의 문양거푸집은 실제 현장에서 많이 사용되고 있지만, 콘크리트의 품질 및 불량작업으로 인하여 콘크리트표면에 불균질한 색상 및 질감저하 등으로 고품질의 콘크리트 시공을 이룰 수 없다. 또한 최근 국내 건설업의 급성장과 건설기술의 발전과는 상반되는 현상으로 철근공, 거푸집공 등 콘크리트 시공 작업에 종사하는 숙련기술자 및 전문기술자가 매우 부족하며 종사인력 또한 고령화되어가고 있다. 이에 콘크리트의 공장생산이라는 프리캐스트 공법의 다양한 활용의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 문양 콘크리트를 좀더 발전시키고 보완하는 형태로 문양 콘크리트의 프리캐스트화를 위한 실험으로서 문양의 발현과 강도에 영향을 줄 수 있는 진동다짐 시간과 전양생시간, 최고온도의 양생주기의 변화에 따른 강도의 특성을 확인하여 문양 콘크리트의 프리캐스트 콘크리트 적용을 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험계획

배합은 실제 PC공장에서 사용하고 있는 임의의 배합을 가지고 실험하였으며, 배합표는 다음 표 1과 같다.

* 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정

*** 정회원, 포스코 건설기술연구소, 공학박사

**** 정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

표 1. 배합표

설계기준강도	슬럼프	공기량	W/C(%)	S/A(%)	단위중량배합(kg/m ³)			
					W	C	S	G
24MPa	2cm	4.5%	45.3	43.2	163	360	767	1012

실험인자 I에서는 진동다짐을 실시하였으며 각 시험체는 탁상형 진동기를 사용하여 5초씩 증가시켜 25초까지 총 5수준을 손다짐과 비교하였다. 실험인자 II에서는 실험인자 I과는 별도로 증기양생을 실시하였으며, 온도상승구배와 최고온도 지속시간, 온도하강구배를 일정값으로 고정시킨 상태에서 전양생시간, 최고온도를 변화시켜 양생주기의 변화에 따른 영향을 알아보고자 했다. 양생은 실험인자 I, II 모두 대기양생을 실시한 후 일정 재령별로 압축강도를 측정하였다.

표 2. 실험계획 및 실험인자

표 2. 실험계획 및 실험인자			표 3. 증기양생주기의 변화		
실험인자		실험수준	최고온도(℃)	전양생시간(h)	고정값
I	진동다짐시간(s)	손다짐, 5, 10, 15, 20, 25	66	2	온도상승구배 10℃/h 최고온도 지속시간 6h 온도하강구배 10℃/h
	압축강도(MPa)	3, 7, 28일			
	전양생시간(h)	2, 4, 6, 8, 10			
II	최고온도(℃)	66, 74, 82	74	6	
	온도상승구배(℃/h)	10			
	최고온도 유지시간(h)	6	8		
	온도하강구배(℃/h)	10			
	압축강도(MPa)	1, 7, 28일	82	10	

2.2 사용재료 및 실험방법

2.2.1 사용재료

표 4. 사용재료

사용재료		물리적 성질
시멘트		.1종 보통 포틀랜드 시멘트, 비중: 3.15
골재	굵은 골재	.광주산 쇄석, 최대치수: 19mm, 비중: 2.61, 조립율: 6.52%
	잔 골재	.인천산 세척사, 최대치수: 5mm, 비중: 2.60, 조립율: 3.05%

2.2.2 진동다짐 시간을 달리한 시험체의 강도실험

프리캐스트 콘크리트의 경우 진동다짐을 하기 때문에 일반 관리용 공시체를 사용하게 되면 실제 부재에서 얻을 수 있는 강도와 차이를 보이게 된다. 따라서 탁상형 진동기 크기에 맞는 300mm×300mm×250mm의 철재 거푸집을 제작하였다. 시험체는 철재 거푸집 내에 동일한 콘크리트량(48kg)을 부어 넣어 제작하였고, 소정의 재령 경과에 맞춰 코어공시체를 채취하여 Ø10×20cm로 절단한 후 압축강도시험을 실시하였다.

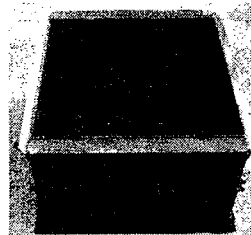


사진 1. 철재 거푸집

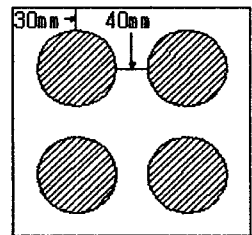


그림 1. 코어 공시체 채취 위치

2.2.3 양생주기를 달리한 공시체 강도 실험

손다짐을 하여 관리용 공시체를 제작하고 계획한 양생주기에 의해 증기양생을 실시한 후 거푸집을 탈형하는 동시에 탈형강도를 측정하고 나머지 공시체는 대기양생을 실시하여 소정의 재령후 압축강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 진동다짐 시간에 따른 문양 발현

진동다짐 시간에 따른 문양발현의 특성은 다음 사진과 같다. 진동다짐 시간이 증가할수록 문양의 표면의 기포가 줄어들었고, 그 형상 또한 뚜렷해지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 다짐에 의해 콘크리트와 문양거푸집 사이의 경계면에서 콘크리트의 액상화가 진행되었기 때문으로 판단된다.

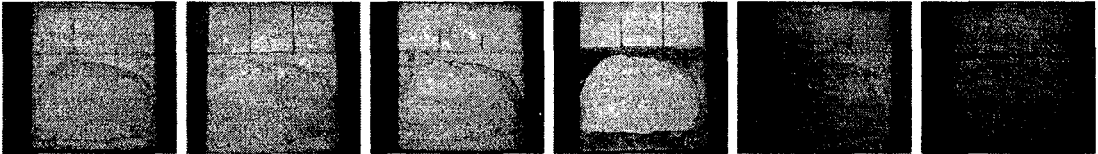
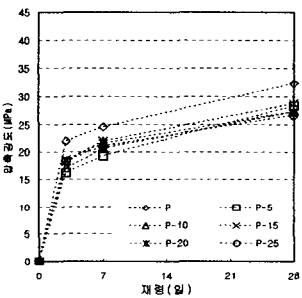


사진 2. 손다짐 사진 3. 진동 5초 사진 4. 진동 10초 사진 5. 진동 15초 사진 6. 진동 20초 사진 7. 진동 25초

3.2 진동다짐 시간에 따른 압축강도

진동다짐 시간에 따른 압축강도 특성에 관한 실험결과는 그림 2와 같다. 손다짐과 비교해서 진동다짐을 실시한 시험체의 압축강도는 손다짐을 실시한 시험체의 87%정도가 발현되는 것으로 나타났다. 진동다짐 시간에 따른 강도는 5초를 실시하였을 때가 10초와 15초를 실시하였을 때보다 4%정도 높은 강도를 보였으나 진동다짐을 20초 실시한 시험체에서는 그보다 2%가 높은 강도를 나타냈다. 진동다짐을 25초 실시한 시험체는 20초를 실시한 시험체보다 모든 재령에서 낮은 압축강도를 나타냈다. 이는 진동다짐 시간이 증가할수록 일정시간 동안은 강도가 증가하지만, 그 이후에는 다짐이 증가할수록 각 재료 간의 비중차이에 의해 골재가 하부로 편중되고 페이스트가 상부로 유출되어 강도가 저하하는 것으로 판단된다.



3.3 전양생시간에 따른 압축강도

전양생시간에 따른 압축강도 특성에 관한 실험결과는 그림 3, 4, 5, 6, 7과 같다. 최고온도 66, 74, 82℃의 3 수준별로 전치시간 2, 4, 6, 8, 10시간에서 나타내는 강도특성을 확인하였다. 전치시간을 2시간 주었을 때는 3 수준 거의 비슷한 강도발현을 보였으나, 최고온도 82℃일 때 각 재령별로 가장 높은 강도 발현을 보였다. 이는 수화를 시작하고 초기에 가장 높은 온도를 받게 되어 급격한 수화반응을 하기 때문으로 판단된다. 전양생시간 4, 6, 8, 10시간에서는 모두 최고온도 66℃에서 가장 높은 강도를 나타냈고, 대체적으로 74℃, 82℃의 순서로 높은 강도를 나타냈다. 이는 일정시간의 전양생시간이 확보된다면 초기의 높은 온도를 받을수록 오히려 강도를 저하시킨다는 것을 알 수 있었는데, 일정 전양생시간동안 안정적인 수화작용을 한 후에 높은 고온을 받을수록 오히려 콘크리트 내부조직에 미세한 균열을 유발해 강도를 저하시킨 것으로 판단된다.

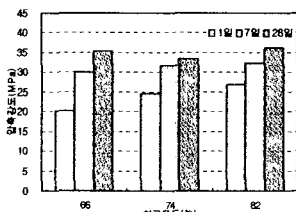


그림 3. 전양생시간 2시간

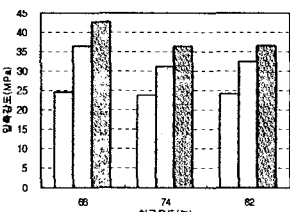


그림 4. 전양생시간 4시간

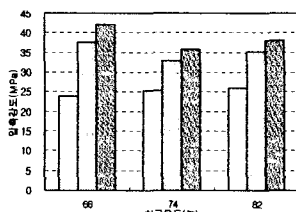


그림 5. 전양생시간 6시간

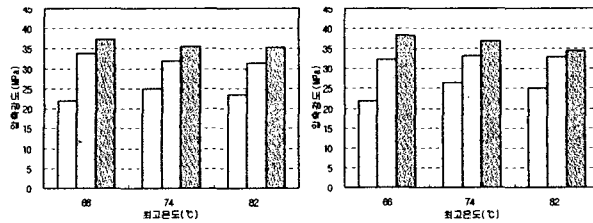


그림 6. 전양생시간 8시간 그림 7. 전양생시간 10시간

3.4 최고온도에 따른 압축강도

최고온도에 따른 압축강도 특성에 관한 실험결과는 그림 8, 9, 10과 같다. 최고온도 66°C에서는 전양생시간 2시간에서만 상대적으로 낮은 강도를 보였고, 4, 6, 8, 10시간에서는 최고온도 조건 74°C, 82°C보다 높은 강도를 보였다. 이는 필요한 전양생시간을 확보하지 못한 상태에서는 상대적으로 낮은 최고온도 조건에서 낮은 강도발현을 보이는 것으로 판단된다. 최고온도 66°C에서는 전양생시간 4~6시간에서 가장 높은 강도를 나타냈다. 최고온도 74°C에서는 전반적으로 전양생시간이 증가할수록 강도가 증가하는 경향을 보였고, 4~10시간에서 가장 높은 강도를 나타냈다. 최고온도 82°C에서는 전양생시간 2시간에서 최고온도 66°C, 74°C에 비해서 비교적 높은 강도를 얻을 수 있었고, 이는 초기수화시 상대적으로 높은 고온이력을 받아 강도증가가 있었다고 판단된다. 82°C에서는 전양생시간 4~6시간에서 가장 높은 강도를 나타냈다.

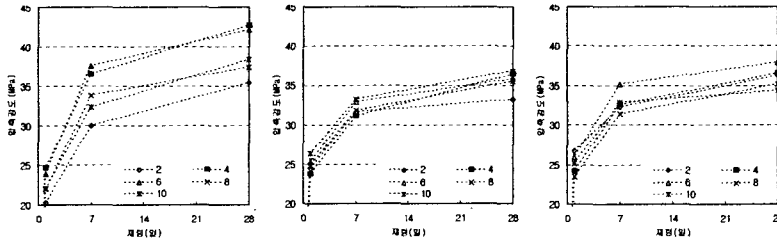


그림 8. 최고온도 66°C 그림 9. 최고온도 74°C 그림 10. 최고온도 82°C

4. 결론

본 연구에서는 문양 콘크리트의 프리캐스트 콘크리트 적용을 위한 기초적 실험으로서 진동다짐시간 변화에 따른 문양발현과 강도특성 그리고 전양생시간, 최고온도조건의 변화에 따른 양생주기별 강도특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 진동다짐시간이 증가할수록 문양의 발현은 우수한 것으로 나타났다. 이는 다짐시간이 증가할수록 문양거푸집과 콘크리트의 경계면이 더욱 확장되었던 것으로 판단된다.
- (2) 진동다짐시간이 증가할수록 강도는 증가하였으나 일정 다짐시간을 초과했을 경우에는 오히려 강도가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 진동다짐이 과다할수록 각 재료간의 비중차이에 의해 골재가 하부로 편중되고 페이스트가 상부로 유출되어 강도가 저하하는 것으로 판단된다.
- (3) 최고온도 조건이 높을수록 소정의 강도를 보다 짧은 전양생시간만으로도 얻을 수 있었으며, 최고온도 조건 66, 74, 82°C 모두 대체적으로 4~6시간에서 우수한 강도특성이 나타났다.
- (4) 최고온도 조건 66°C에서 가장 높은 강도특성이 나타났으며, 66, 74, 82°C의 최고온도 조건의 경우 모두 최소한 4시간의 전양생시간이 필요한 것으로 나타났다.

이상을 종합하여 볼 때 향후 문양 콘크리트의 프리캐스트화를 위하여 적정 진동다짐시간과 여러 조건의 양생주기를 계획하여 증기양생을 실시한 후 문양표면의 성능실험과 각종 내구성 평가를 실시하여 문양형상의 성능유지와 프리캐스트 콘크리트의 내구성을 증가시킬 수 있는 연구가 함께 병행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 정상진 외, 건축벽체용 문양거푸집 개발을 통한 의장콘크리트 공법 연구, 대한건축학회 논문집(구조계) 제 8권 2호, 2002년 12월
- 2) 정상진 외, 삼압증기양생에 의한 모르타의 강도발현성에 관한 기초연구, 대한건축학회 논문집 11권 1호 통권 75호, 1995년 1월