

각종 양생방법에 따른 고강도 콘크리트의 강도발현 특성에 관한 연구

A Study on the Strength Properties of High-Strength concrete under Various curing conditions

조 현대* 정 재 동**

Cho, Hyun Dae Jaung, Jae dong

ABSTRACT

The KS F 2403 method used on domestic sites for checking the compressive strength of a structure, sets the compressive strength of the concrete used in structural specimens as the compressive strength of testing specimens. Under this regulation, the curing method used for testing the specimens must be the standard ponding curing method ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$). However, because in-placed concrete is exposed to open air and cured under the seasonal temperature changes, the compressive strength of a real structure is different from the tested compressive strength. (Therefore,) This thesis first identifies the distinct characteristics of the strength development by applying the curing method listed under the KS and used for testing specimens on compressive strength tests; the atmospheric curing method, the sealed curing method, and the structural specimen core strength testing methods used for the in-sites quality checks including reckoning of the compressive strength of the structural specimens and form-demolding period; and the curing method suggested in this research, which sets the internal conditions of the structural specimens as the conditions of the applied curing method. Then, the thesis suggests the specimen curing method that most closely reenacts the compressive strength of the concrete used on the structural specimens

요 약

현재 국내현장에서 공사기간 중 구조물의 압축강도를 확인하는 방법으로는 KS F 2403에 의한 시험용 공시체의 압축강도를 구조체 콘크리트의 압축강도로 정하고 있으며, 이 규정의 내용에는 시험용 공시체의 양생방법으로 표준수중양생($20\pm 2^{\circ}\text{C}$)을 하도록 규정되어 있다. 그러나 현장 타설된 콘크리트의 경우 일반 대기환경에 노출되어 사계절 온도변화의 환경하에서 양생되고 있어 실 구조물의 콘크리트 압축강도와는 큰 차이를 나타내게 된다. 따라서 본 논문에서는 현재 KS에 규정되어 있는 압축강도용 시험체의 양생방법과 현장에서 구조체의 강도 및 거푸집 탈형시기 관정 등의 품질관리를 위해 사용하는 기중양생, 봉함양생, 구조체의 코어강도, 그리고 본 연구에서 제안하는 구조체의 내부환경 조건을 양생조건으로 적용한 양생방법을 적용하여 고강도 콘크리트의 강도발현특성을 파악하여 구조체 콘크리트의 강도에 가장 근접하는 공시체 양생방법을 제안하고자 한다.

* 정희원, 대구대학교 건축공학과 박사과정

** 정희원, 대구대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1. 서론

현재 국내 건설현장에서 사용되고 있는 표준적인 양생방법에 의한 압축강도 시험방법은 타설 작업 시 현장에서 시료를 채취하여 제작한 시험용 공시체를 현장에 설치된 시험실의 수조(표준수중양생, 20±2℃)에 완전히 침수시킨 후 일정기간(3, 7, 28일)이 경과하면 압축강도 시험기로 강도를 시험하게 되며, 타설 후 28일째의 강도를 구조체 콘크리트의 압축강도로 정하고 있다. 그러나 일반 대기환경에 노출된 현장 콘크리트의 경우 사계절의 온도변화 환경하에서 양생되어 현재 적용하고 있는 표준수중양생한 강도와는 큰 차이를 나타내게 된다.

따라서 본 연구에서는 현재 KS에 규정되어 있는 압축강도용 시험체의 양생방법과 현장에서 구조체의 강도 및 거푸짐 탈형시기 판정 등의 품질관리를 위해 사용하는 현장(기중)양생, 봉함양생, 코어강도와 본 연구에서 제안하는 구조체의 내부환경 조건을 양생조건으로 적용한 양생방법을 적용하여 기존의 구조체 강도관리방법보다 정확한 강도관리에 필요한 양생방법을 제시하고자 한다.

2. 실험 방법

압축강도 시험용 공시체의 양생방법은 표준수중양생(KS F 2403)과 공사기간 등에 따른 품질관리용으로 사용되고 있는 기중양생, 봉함양생을 실시하였으며, 정확한 압축강도 추정을 위한 방안으로 목업시험체를 제작하여 구조체 콘크리트에 부위별로 온도센서를 부착하여 콘크리트 내부 환경과 동일한 양생조건을 구현하여 양생(이하 구조체 온도양생)을 실시하였다.

표1. 사용 재료

잔골재	굵은골재
-비중:2.57g/cm ³ -조립률:2.79 -흡수율:1.25%	-비중:2.73g/cm ³ -조립률:6.81 -흡수율:0.6%
플라이애시	실리카 흙
-비중:2.20g/cm ³ -분말도:3.650cm ³ /g	-비중:0.584g/cm ³ -강열감량:2.0

표 2. 실험인자 및 수준

실험인자	수준
결합재의 종류	-보통포틀랜드시멘트 -플라이애시 -실리카흙
W/B	-25, 30, 35, 40% (목표강도:80 ,75 ,70 ,65)
단위결합재량	-550 kg/m ³
양생방법	-표준수중양생, -기중양생, -봉함양생, - 구조체온도양생

표 3. 공시체의 양생방법에 따른 양생조건

표준수중양생	기중양생
- KS F 2403 - 20±2℃ 수중양생 	- 변온 대기중 양생 
봉함 양생 	구조체 온도양생 - 구조체 내부 온도를 반영하여 양생 

3. 실험결과 및 고찰

3.1 콘크리트의 강도 시험용 공시체 양생방법(수중양생과 구조체 온도양생)의 비교 검토

국내외의 규정 및 사용기술은 거의 동일하며, 20℃ 전후의 표준수중양생방법을 사용하고 있다. 이러한 기존의 표준수중양생방법에 의한 콘크리트 양생방법은 장기적으로 달성될 수 있는 강도의 의미로서, 강도의 비교나 일부 품질관리 측면에서의 실용성은 있으나, 실제 구조물의 계절변화, 일기조건 등의 환경적 차이로 인하여 콘크리트 구조물의 정확한 강도를 확인할 수 없어 재하(載荷) 가능시기의 판단, 거푸짐 탈형시기의 관리 등의 품질관리 면에서 많은 애로사항이 있는 것이 현실이다.

표 4. 현장 수중양생과 구조체 온도 양생 비교

	양생방법	장·단점
수중 양생* (KS F 2403)	공시체의 양생 온도는(20±2℃) ¹⁾ 로 한다. 공시체는 물드를 뎀 후 강도 시험을 할 때까지 습윤 상태에서 양생을 하여야 한다. 공시체를 습윤 상태로 유지하려면 물 속 ²⁾ 또는 습윤한 분위기 속(상대 습도 95% 이상)에 두면 된다. ※ 주 1) 이 온도 범위 이외의 온도에서 양생하는 경우는 양생 중의 온도를 기록해 둔다 2) 물 속에서 양생하는 경우는 끊임없이 깨끗한 물로 씻겨지는 상태로 해서는 안된다.	<ul style="list-style-type: none"> · 강도의 비교 및 일부 품질관리 측면에서의 실용성 · 계절변화, 일기변화 등의 환경적 차이로 인한 콘크리트 구조물의 정확한 강도 확인 불가능. · 기존 KS에 규정된 표준양생방법으로는 실 구조물의 현재시점의 정확한 강도 추정이 불가능.
구조체 온도양생	<ol style="list-style-type: none"> 1. 공시체의 양생 온도는 실 구조물 내부의 내부온도와 실시간으로 연동함. 2. 온도센서와 컨트롤러 기술을 이용하여 실 구조체의 내부조건과 동일한 조건을 구조체온도양생기 재현하여 공시체 양생 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 실 구조물의 콘크리트 내부조건과 동일한 양생조건을 적용할 수 있음 2. 실 구조물의 강도를 적시에, 정확하게 추정할 수 있음.

주 ※) 공시체 제작 후 수중 양생방법(20±2℃의 표준수중양생) 채용 국가
 - 우리나라 : KS F 2403, KS F 2405 건축공사 표준시방서, 콘크리트 표준시방서
 - 일본 : JIS A 1132, 1138
 - 미국 : ASTM C 31 (Standard, practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field)

3.2 양생방법에 따른 압축 강도 변화

그림 1~그림 5는 양생방법의 변화에 따른 압축강도 발현성상을 물결합재비의 변화에 따라 나타난 것으로서 기중양생, 봉함양생, 습윤양생, 구조체 온도양생 방법에 따른 강도 초기 강도 발현율은 구조체 온도양생 > 습윤양생 > 봉함양생 > 기중양생의 순으로 높은 강도발현율을 보였다. 이는 콘크리트 구조체의 수화반응으로 인한 콘크리트 내부온도의 상승으로 인하여 구조체 온도양생의 강도 발현율이 가장 높게 나타난 것으로 판단된다.

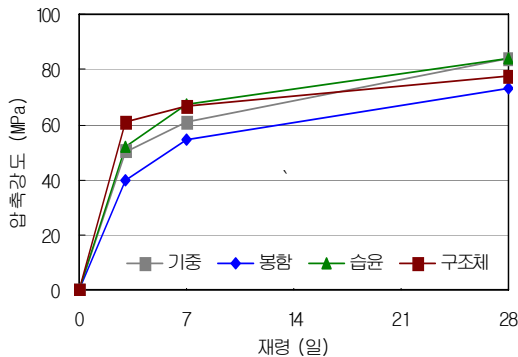


그림 1. 양생방법에 따른 압축강도 변화 (W/B : 25%)

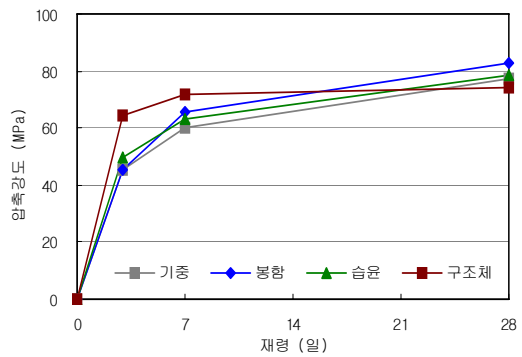


그림 2. 양생방법에 따른 압축강도 변화 (W/B : 30%)

그러나 재령 28일 압축강도의 경우 습윤양생한 공시체의 압축강도가 구조체 온도양생 강도보다 높은 강도 발현율을 나타내고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 대기 중에 방치된 콘크리트 구조체의 경우 콘크리트의 수화열이 초기강도를 지배하는 반면, 재령이 증가함에 따른 장기강도의 경우 대기환경의 영향을 많이 받는다. 그러나 습윤양생의 경우 재령이 증가하여도 양생수조(20±2℃)의 일정한 온도로 인하여 아주 양호한 환경에서 양생이 이루어지기 때문인 것으로 판단된다. 다만 기중양생, 봉함양생의 경우 물결합재비에 따라 압축강도의 발현율이 다소 변동이 있으나 이는 실험 중 불규칙한 대기 환경에 기인한 것으로 판단된다.

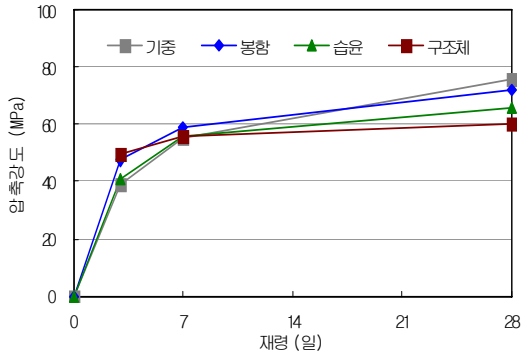


그림 3. 양생방법에 따른 압축강도 변화 (W/B : 35%)

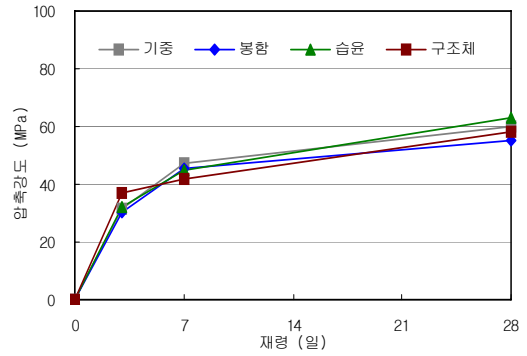


그림 4. 양생방법에 따른 압축강도 변화 (W/B : 40%)

4. 결론

콘크리트의 정확한 압축강도 측정을 위하여 습윤양생 방법, 기중양생, 봉함양생 그리고 구조체온도양생에 따른 콘크리트의 강도발현특성을 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본 실험의 경우 여름(7, 8월)의 고온 다습한 환경 조건을 대상으로 한 실험으로 전반적으로 기중양생이나 봉함양생의 경우 표준수준양생이나 구조체 온도양생에 비해 폭로 공시체의 강도 또한 높게 나타났다.

2) 초기 압축강도 발현율은 구조체 양생온도로 양생한 공시체가 습윤양생(20±2℃)한 공시체보다 높게 나타났으나, 재령 28일 압축강도의 경우 습윤양생을 실시한 공시체의 압축강도가 더 높게 나타났다.

이상의 결론을 종합하면, 기존의 KS에 규정된 표준습윤양생의 강도값은 20±2℃의 수중에서 항상 일정하게 관리하여 나타나는 강도값으로서 실제 구조체 콘크리트의 강도값과는 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 이에 반해 구조체 온도양생의 경우 콘크리트 타설 후 대기 중에 영향을 받는 콘크리트의 실제 내부환경을 양생조건에 적용시킴으로서 실제 구조체 콘크리트의 강도값에 가장 근접할 수 있는 양생방법일 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 “건설핵심연구개발사업(05건설핵심D11) 고성능 콘크리트 배합설계, 시공지침 및 매뉴얼 작성”의 지원을 받아 수행된 연구입니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 콘크리트 표준시방서, 한국콘크리트학회, 2007
2. KS F 2403(2005) 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법, 한국표준협회

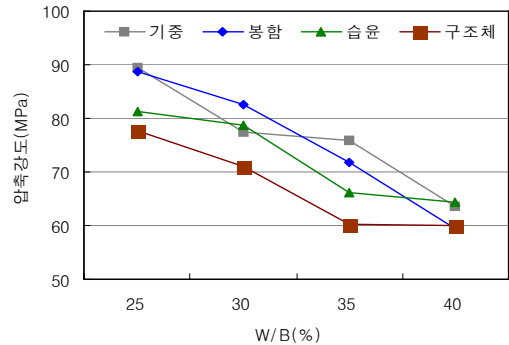


그림 5. 양생방법에 따른 재령 28일 압축강도 변화