

현장 표준양생 공시체 관리함의 개발에 관한 연구

A Study on Development of Curing Apparatus for In-place Standard Curing Specimen

김경민* 전충근** 손성운*** 김기철**** 한천구*****
 Kim, Kyoung-Min Jeon, Chung-Keun Son, Sung-woon Kim, Gi-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

In-place curing box for specimens is used to cure the compressive strength specimens for control in place concrete. The box is composed of insulating chamber maintaining $20 \pm 3^\circ\text{C}$ of temperature. In this paper, strength and temperature history of specimens cured at in place curing box are investigated to verify field applicability. According to test results, air temperature at measured time shows large temperature variation and below zero, whereas, inside temperature of in place curing box maintains within $20 \pm 3^\circ\text{C}$ due to temperature control function. For curing condition, temperature of specimens cured at outside shows large temperature deviation. specimens cured at in-place curing box is not affected by outer temperature.

키워드 : 공시체 관리함, 표준양생 공시체, 온도이력

Keywords : Curing Apparatus, Standard Curing Specimen, Temperature History

1. 서론

국내의 건설 현장에서는 콘크리트 품질관리 즉, 압축강도를 평가하기 위한 공시체를 제작한 후 대부분 콘크리트의 응결이 완료되기까지 하루 정도는 현장 한 구석에 두었다가 회수해 가는 것이 일반적이다.

이와 같은 방법으로 관리되는 공시체는 수화작용이 활발히 진행되는 초기에 여름철의 경우 외기온과 수화열의 복합에 의한 온도 상승으로 표준양생 온도보다 공시체의 온도가 훨씬 높아지고, 수분의 급격한 증발로 시멘트의 수화반응이 제대로 이루어지지 않아 콘크리트의 압축강도에 나쁜 영향을 미치게 된다. 또한, 기온이 낮은 겨울의 경우에는 초기동해 문제 및 초기 양생의 미흡으로 제대로 된 압축강도 평가를 할 수가 없게 된다.

따라서, 상기와 같은 종래의 문제를 해결하기 위해서는 콘크리트 공사시 현장에서 부어넣기 후부터 레미콘 공장의 실험실로 회수해 가는 시간까지 콘크리트 공시체의 양생온도 및 수분을 일정하게 유지시켜 관리하여야만 정확한 강도 평가가 이루어 질 수 있다.

그러므로, 본 연구에서는 콘크리트 시공 현장에서 콘크리트 공시체를 1일간 표준양생 온도($20 \pm 3^\circ\text{C}$)를 일정하게 유지시킬 수 있는 단열용기 즉, 온도가 상승하면 이를 내려줄 수

있는 아이스팩을 뚜껑에 장착시키고, 온도조절기를 이용하여 표준양생 온도보다 하강하면 백열전구로 온도를 높여 공시체 관리함이 표준양생 온도가 되도록 하는 장치를 제작하여 현장 표준양생공시체의 강도 및 온도이력 특성을 알아봄으로써 정확한 강도평가를 위한 공시체 관리의 실무 활용성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	레미콘 규격	1	25-27-15
	목표 공기량 (%)	1	4.5 ± 1.5
실험사항	실험 구분	3	I: 하절기 (일최고 기온 25°C 이상) II: 춘추절기 ($10\sim 25^\circ\text{C}$ 범위) III: 동절기 (일최고 기온 10°C 이하)
	굳지않은 콘크리트	3	슬럼프, 공기량, 염화물량
	경화 콘크리트	2	- 온도이력 측정 - 압축강도 - 현장 표준양생 공시체 관리함 공시체 (3, 7, 28일) - 외부 노출 공시체 (3, 7, 28일)

* 정회원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 연구원

** 정회원, (주)선ENG 기술연구소 책임연구원, 공학박사

*** 정회원, (주)대원 건축부문, 공학박사

**** 정회원, 청주대학교 건축공학부 겸임교수, 공학박사

***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 표준양생 공시체함에 부여하는 콘크리트의 배합사항은 표 2와 같다. 실험은 그림 1과 같은 공시체 관리함을 제작하여 사용하였는데, 레미콘의 배합사항으로 호칭강도는 27 MPa에 목포 슬럼프 15cm, 공기량은 $4.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하는 것으로 하였다. 경화콘크리트에서는 각 외기온별 3 수준에서 온도이력 및 압축강도를 측정하는 것으로 실험계획 하였다.

표 2. 콘크리트의 배합표

W/C (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	AE 감수제 (%)	용적배합 (ℓ/m ³)			중량배합 (kg/m ³)		
				C	S	G	C	S	G
49.4	176	47	0.6	113	318	358	356	827	952

2.2 사용재료

본 실험에서 사용된 콘크리트는 D사의 아파트 신축공사현장에서 주문한 규격 25-27-15 레미콘을 사용하였는데, 사용재료로써 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재는 중부 청원군 옥산산 강모래와 25 mm 부순 굵은골재를 사용하였다. 또한 혼화제는 나프탈렌계 AE감수제를 사용하였는데, 각각의 물리적 성질은 표 3~5와 같고, 현장 표준양생 공시체 관리함은 표 6, 그림 1 및 사진 1과 같이 구성 되어있다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도 (N/mm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,303	0.08	226	409	23.1	30.8	41.0

표 4. 골재의 물리적 성질

종 류	밀도	흡수율 (%)	단위용적 질량(kg/m ³)	입형판정 실적율(%)	0.08mm체 통과량(%)
잔골재	2.60	1.94	1,598	61.0	2.06
굵은골재	2.66	0.84	1,531	56.5	-

표 5. 혼화제의 물리적 성질

종류	색상 및 형태	이온성	고형분 (%)	밀도 (20℃)	점도 (cp)	표준 사용량(%)
AE 감수제	암갈색 액상	음이온성	33%	1.15	25	0.1 ~ 1.5

표 6. 현장 표준양생 공시체 관리함의 구성요소

구 분	감열기	가열기	비 고
I: (25℃ 이상)	3개	2개	· 감열기는 아이스팩으로 용량은 1.2kg 기준 · 가열기는 백열전구로 60 W 기준
II: (10~25℃)	1개	2개	
III: (10℃ 이하)	0개	2개	

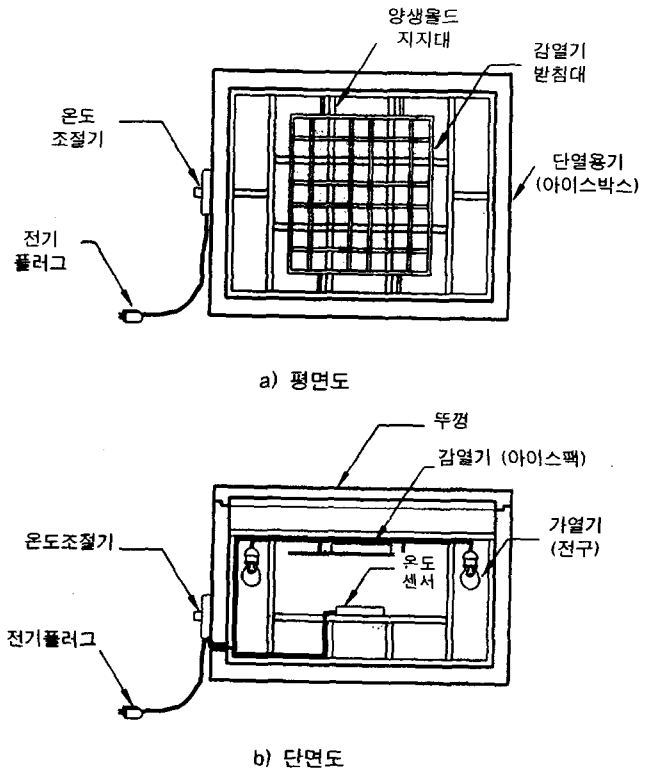


그림 1. 현장 표준양생 공시체 관리함의 평면도 및 단면도

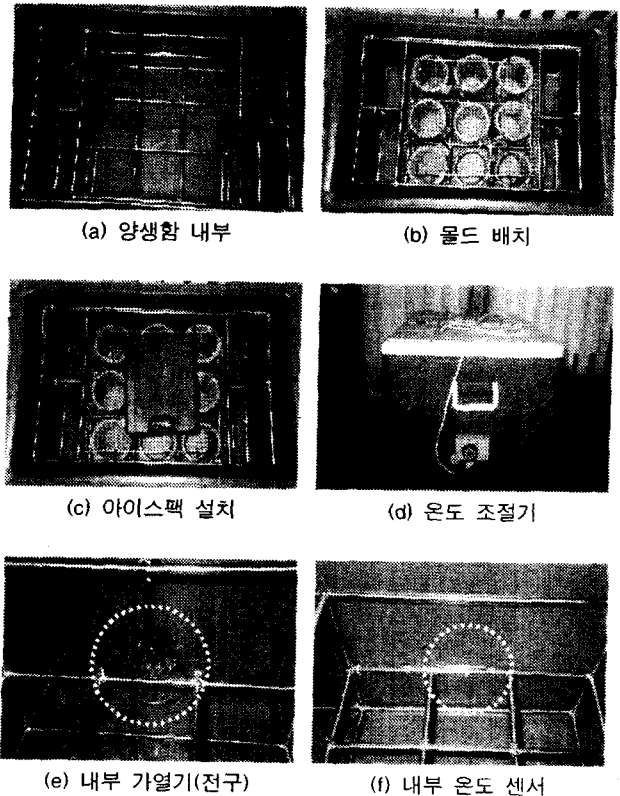


사진 1. 현장 표준양생 공시체 관리함의 구성요소 모습

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 실험은 표 1과 같이 하절기, 춘추절기, 동절기로 나누어 실시하였는데, 굳지않은 콘크리트의 슬럼프 시험은 KS F 2402, 공기량 시험은 KS F 2421, 염화물 측정에는 염분 농도계 AG-100을 이용하여 카다로그의 실험방법에 따라 실시하였다. 또한 경화콘크리트의 실험으로 압축강도 측정을 KS F 2405의 규정에 따라 실시하였고, 현장 표준양생 공시체 관리함의 실내 온도와 공시체의 온도는 온도측정용 열전대 T-type을 매입한 후 Data -logger로 온도를 기록하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

표 7. 굳지않은 콘크리트의 실험결과

구 분	온도 (°C)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	염화물량 (kg/m ³)
I (하절기) (일최고 기온 25°C 이상)	27	16	5.1	0.022
II (춘추절기) (10~25°C 범위)	23	15.5	4.4	0.035
III (동절기) (일최고 기온 10°C 이하)	8	15	4.7	0.027

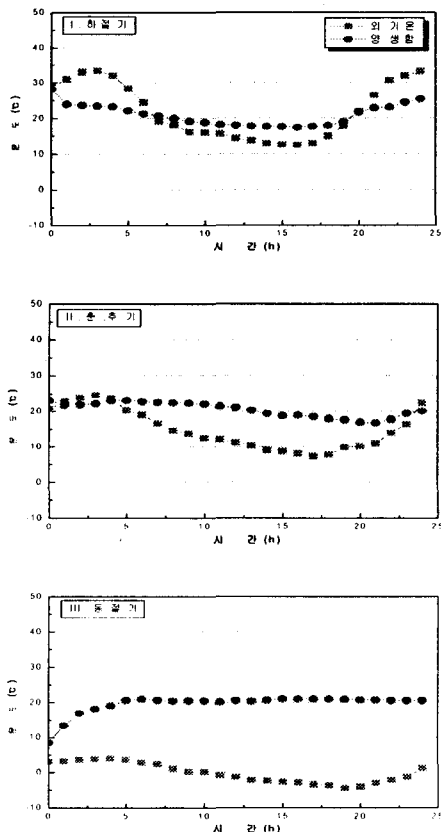


그림 2. 외기온 및 양생함 내부 온도

표 7은 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 염화물량을 나타낸 것이다. 슬럼프 및 공기량은 모두 실험 계획한 범위를 만족하는 것으로 나타났고, 염화물량은 KS F 4009의 염화물 제한치인 0.3 kg/m³이하로 나타났다.

3.2 온도이력 특성

그림 2는 외기온 및 양생함 내부 온도를 시간별로 나타낸 것이다. 먼저, 일최고 기온이 25°C 이상인 하절기의 온도를 측정된 결과에서, 시간 경과에 따른 외기온과 공시체 관리함의 내부 온도는 외기온의 경우 최고 온도가 33.4°C를 나타내었고, 최저 기온은 13°C로 일교차가 약 20°C 정도를 나타내어 외부 공시체의 경우 표준양생온도 범위를 크게 벗어남으로써 양생에 좋지 않은 영향을 줄것으로 사료된다. 이에 반해, 표준양생 공시체 관리함의 경우는 아이스팩과 전구를 이용하여 온도 조절을 함으로서 관리함의 내부 온도가 20±3°C 범위를 유지하는 양호한 결과를 나타내었다.

다음으로 외기온이 10~25°C 범위의 춘추절기의 온도를 측정된 결과에서는 전반적으로 외기온은 약 17°C의 기온차를 보이고 있으나, 공시체 관리함의 내부온도는 하절기의 기온이 30°C 이상인 경우와 마찬가지로 20±3°C를 유지하는 것으로 나타났다.

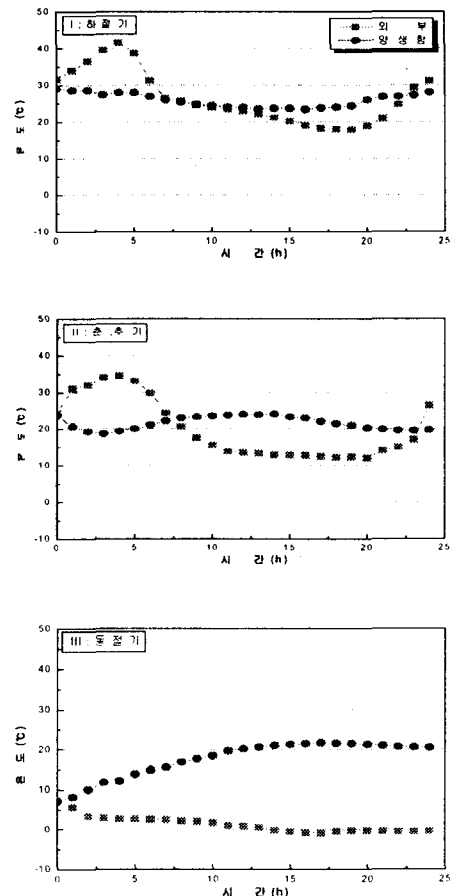


그림 3. 외부방치 공시체 및 양생함 내부 공시체 온도

외기온이 5℃ 이하인 동절기의 온도를 측정된 결과에서는 외기온의 경우 4℃ 이하로 한중 콘크리트 기간의 온도분포를 나타내었으나, 공시체 관리함의 내부온도는 20℃ 전후의 양호한 표준온도 범위를 유지하는 것으로 나타났다.

그림 3은 외부방치 공시체 및 양생함 내부 공시체의 온도를 시간별로 나타낸 것이다.

먼저, 일최고 기온이 30℃ 이상인 하절기의 온도를 측정된 결과에서, 공시체 온도는 외부의 경우 수화열 및 외기온의 영향으로 최고 41.5℃까지 상승되었다가 새벽에 최저 17.9℃로 저하하여 23.6℃의 기온차를 나타내어 양생에 악영향을 미치는 것으로 나타났으나, 관리함 내부의 공시체는 표준온도 범위에서 수화열의 영향으로 23~28℃ 정도의 안정된 온도 분포로 나타났다.

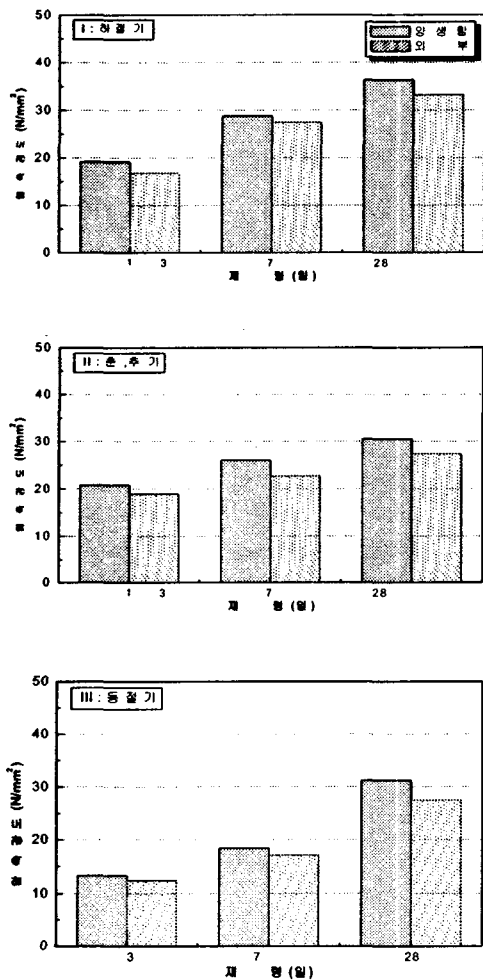


그림 4. 양생함 및 외부방치 공시체 압축강도

다음으로 외기온이 10~25℃ 범위의 춘·추절기의 온도를 측정된 결과에서는 공시체의 온도가 외부의 경우 외기온 및 수화열의 영향으로 최고 35℃로 상승하였다가 최저 12℃까지 떨어지는 매우 심한 온도 변화분포를 나타내었고, 공시체 관리함의 공시체는 19~24℃ 정도로 양호한 온도를 나타내었다.

마지막으로 외기온이 5℃ 이하인 동절기의 온도를 측정된 결과에서는 야간에 0℃ 이하까지 내려가 콘크리트의 양생에

매우 불리한 조건이 되었으나, 공시체 관리함 내부의 공시체 온도는 시간이 경과할수록 점차 증가하여 표준양생 온도범위에서 안정적으로 양생이 되는 것으로 나타났다.

3.3 압축강도 특성

그림 4는 그림 3의 외기온에서 제작한 공시체를 외부방치 및 공시체 관리함 내부에서 24시간 양생한 후 표준양생 하였을 때의 3일, 7일 및 28일 압축강도를 비교한 것이다.

전반적으로 각 재령에서 공시체 관리함에서 양생한 공시체의 압축강도가 외부에서 양생한 압축강도보다 크게 나타났는데, 외부 공시체의 압축강도를 100%로 하였을 때 관리함에서 양생한 공시체의 경우 3일에서는 18.0 N/mm² (11%), 7일에서는 20.0 N/mm² (9%), 28일에서는 33.0 N/mm² (11%) 정도 크게 나타났다. 이는 외부에 보관한 공시체의 경우 외기온의 일교차로 인하여 콘크리트의 양생에 불리하게 작용한 것에 기인한 결과로 분석된다.

4. 결 론

본 연구는 표준양생 온도를 일정하게 유지시킬 수 있는 단열용기를 이용하여 현장 표준양생 공시체의 강도 및 온도이력 특성을 분석한 것으로 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 시간경과에 따른 외기온은 각 측정시기에 따라 일교차가 크거나 영하의 기온을 나타낸 반면, 공시체 관리함의 내부 온도는 온도조절에 의해 콘크리트의 표준양생 범위인 20±3℃를 유지하는 것으로 나타났다.
- 2) 공시체의 온도는 외부에서 양생한 경우 기온의 영향으로 온도 편차가 크게 나타났으나, 공시체 관리함 내부의 공시체는 커다란 편차 없이 양호한 수화작용을 하는 것으로 나타났다.
- 3) 공시체의 압축강도는 공시체 관리함에서 양생한 것이 외부에서 양생한 공시체보다 전반적으로 약 10% 정도 강도가 크게 나타나 현장에서의 1일 표준양생이 콘크리트의 품질 관리에 있어 매우 중요함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. 특허청, 현장 표준양생 공시체관리함, 실용신안 제 0275223호, 2002
2. 韓國建設技術研究院, 寒中 및 暑中콘크리트에 관한 研究, 1986
3. 한국 콘크리트학회, 최신 콘크리트 공학, 1997
4. 한국 콘크리트학회, 콘크리트 표준시방서, 2003
5. 日本建築學會, 寒中コンクリート施工指針同解説, 1998
6. 日本建築學會, コンクリートの品質管理指針同解説, 1998