

# 극저온 조건에서의 양생방법 변화에 따른 실구조체 콘크리트의 강도발현 특성

## Strength Development of Mock-up Concrete Structure subjected to Extremely Low Temperature Condition Due to Curing Methods

정 은 봉\*      정 상 현\*\*      안 상 구\*\*\*      고 경 택\*\*\*\*      한 민 철\*\*\*\*\*      한 천 구\*\*\*\*\*

Jung, Eun-Bong    Jung, Sang-Hyeon    Ahn, Sang-Ku    Ko, Gyeong-Taek    Han, Min-Cheol    Han, Cheon-Goo

### Abstract

Under this study, the characteristics of concrete intensity condition following the curing method under the extremely low temperature environment have been contemplated, and as a result, in the event of insulation + heat cable curing, the intensity and accumulated temperature accomplishment period is required for two times of requiring initial frost damage prevention than the case of heating + heat insulation curing method due to the insufficient calories supplied in general.

키 워 드 : 한중콘크리트, 초기동해, 버블시트

Keywords : Cold Weather concrete, Frost damage at early age, Bubble sheet

### 1. 서 론

본 연구진은 PE필름 소재와 다량의 에어캡으로 이루어진 단열 성능 및 방수성이 우수한 콘크리트 양생용 버블시트를 개발한 바 있다. 버블시트는 한중 시공시 콘크리트의 수화열의 손실 및 열이동을 차단하는 등의 단열보온 양생 목적으로 널리 사용되고 있다. 그런데, 이러한 단열보온양생은 국내의 시방규정상 -10℃ 이내의 사용을 권장하고 있어 그 이하의 온도에서는 활용이 어려운 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 단열성능이 우수한 4중 버블시트를 양생방법별 Mock-up 부재의 슬래브 위에 포설하여 열선과 조합한 형태와 가열실을 통한 공간가열 양생방법을 슬래브, 벽체, 기둥 조합의 Mock-up 부재에 적용함으로써 보온 조합양생이 극저온에서 콘크리트의 온도이력 및 압축강도 발현에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 양생방법은 표 2와 같다.

표1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/B (%)	1	50
	목표슬럼프 (mm)		150±15
	목표공기량 (%)		4.5±1.5
실험사항	양생방법	2	· 슬래브(4중버블시트+열선)+벽체(단열재)+기둥(단열재) <sup>1)</sup>
			· 슬래브(4중버블시트+하부가열)+벽체(발열매트)+기둥(발열매트) <sup>2)</sup>
	양생온도		-20℃
	굳지않은 콘크리트	2	· 슬럼프 · 공기량
경화 콘크리트	1	· 부위별 내부온도이력	

1) 슬래브 콘크리트 내 15w 열선 매립 - Type 10이라 칭함.

2) 공간가열 실시(Housing) - Type 2라 칭함.

표2. 양생방법

구분	양생방법	부재	양생방법		온도(℃)		기간(일)
			온도(℃)	가열온도	외기온도		
초기양생	단열+열선양생 (Type 1)	슬래브	4중+열선(매립형)	10℃	-20℃	7	
		벽체	EPS단열재	-			
		기둥	EPS단열재	-			
	가열보온양생 (Type 2)	슬래브	4중버블+하부가열	열풍기 이용			
		벽체	발열매트	10℃			
		기둥	발열매트	10℃			

양생온도는 극저온을 모사하기 위하여 양생 챔버에서 -20℃의 조건으로 7일간 초기양생을 실시하였고, 단열+열선양생과 가열보온양생을 실시함과 동시에 data logger를 이용해 부위별 온도를

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정, 교신저자 (flykorea8@nate.com)

\*\* POSCO 건설 토목연구팀 대리

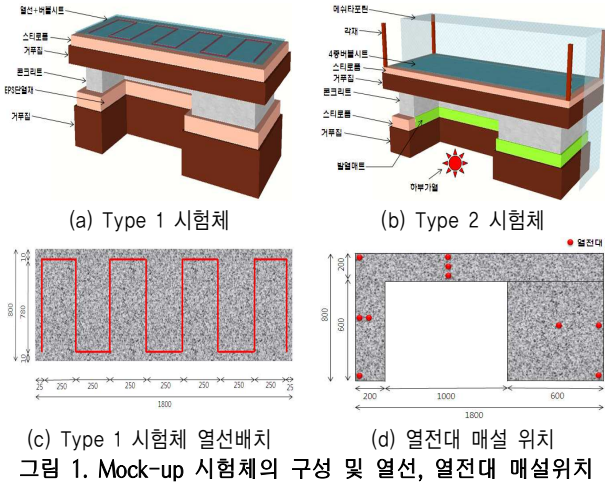
\*\*\* POSCO 건설 토목연구팀 수석연구원

\*\*\*\* 한국건설기술연구원 연구위원

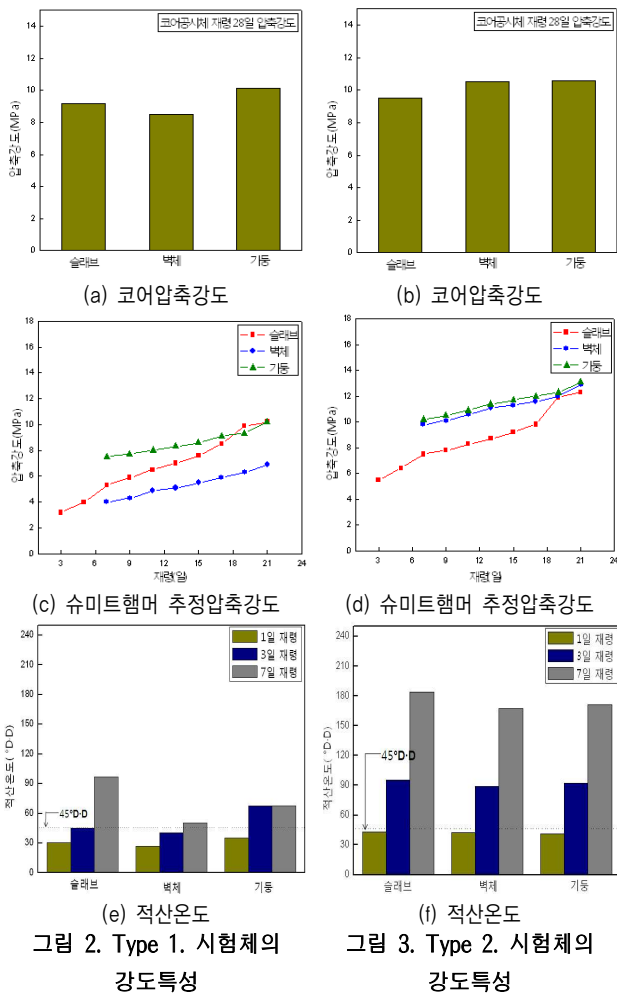
\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

력을 측정하였다. 가열보온양생의 경우, 벽체와 기둥에 발열매트를 두어 극저온에서 초기동해 피해를 방지하도록 실험계획하였다.



또한, 그림 1은 Mock-up 시험체의 구성 및 열선, 열전대 매설위치를 나타낸 것이다. 열선은 250 mm 간격으로 매설하였고, 열전대는 부재별 상, 중, 하, 모서리 부분에 대하여 매설하여 온도이력을 측정하였다.



### 3. 실험결과 및 분석

그림 2는 15 W의 전력용량을 가진 열선을 슬래브 콘크리트 내 매립하여 10℃의 온도가 유지되도록 가열한 Mock-up 시험체(Type.1)의 강도특성이고, 그림 3은 메쉬타포린으로 가열공간을 설치하고, 슬래브 하부에 공간가열을 실시한 Mock-up 시험체(Type.2)의 강도특성을 나타낸 것이다.

이 중 (a), (b)는 재령 28일에 코어를 채취하여 압축강도를 시험한 결과이다. 전반적으로 Type 1 시험체에 비해 Type 2의 Mock-up 시험체가 비교적 높은 압축강도를 나타냈으며, 슬래브의 경우에는 큰 차이 없이 유사한 압축강도를 나타냈다. 또한, 벽체 및 기둥의 압축강도 역시 발열매트를 적용한 Type 2의 Mock-up 시험체가 적산온도가 높아 전반적으로 높게 나타났다.

또한 (c), (d)는 N형 타입의 슈미트햄머를 각 재령별 타격하여 추정압축강도를 나타낸 것이다. 이는 재령 28일의 코어압축강도와 유사하게 나타났으며, 비교적 낮은 압축강도를 나타낸 Type 1에 비해 공간가열 및 발열매트를 사용한 Type 2의 Mock-up 시험체가 높은 압축강도를 나타냈지만, 두 시험체 모두 극저온 환경인 -20℃ 조건에서는 재령 28일에 설계기준강도인 27 MPa를 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 단일+열선 양생과 가열보온양생 모두의 경우 극저온 환경에서 설계기준강도를 확보하기 위해서는 초기양생 뿐만 아니라 계속양생 기간을 충분히 확보해야 할 것으로 판단된다.

반면, (e), (f)의 적산온도를 확인한 바, Type 1 시험체의 경우는 비교적 두께가 두꺼운 기둥을 제외한 슬래브 및 벽체의 경우는 초기동해 방지에 요구되는 적산온도 45 ° D·D를 7일정도 지난 후에 얻어지는 것을 확인할 수 있었다. 한편, Type 2 시험체의 경우는 재령 3일을 기준으로 하여 모두 45 ° D·D 이상의 적산온도를 만족하는 것으로 나타났다. 즉, Type 1 시험체의 슬래브 및 벽체는 초기동해를 방지하기 위해 Type2에 비해 2배 이상의 기간이 요구되며, Type 2와 동일한 수준의 초기동해 방지 기간을 확보하기 위하여는 극저온 조건인 -20℃ 조건에서는 15w의 열선보다 큰 용량을 가진 열선의 사용이 필요할 것으로 사료된다.

### 4. 결론

극저온에서의 양생방법에 따른 압축강도 발현정도를 고찰한 결과, 단일+열선 양생과 가열+단열보온양생을 실시한 두 Mock-up 시험체를 비교했을 때, 단일+열선양생을 실시한 시험체의 경우 전반적으로 공급되는 열량이 부족하여 가열+단열보온양생의 경우보다 초기동해 방지에 필요한 강도 및 적산온도 달성 기간이 2배정도 소요됨을 알 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 2010년 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제(2010121010004J)입니다.

## 참 고 문 헌

1. 한천구 외, 단열양생재 변화에 따른 콘크리트의 강도 발현 특성, 한국 콘크리트학회 논문집, 제23권 제1호 pp.363~364, 2011