

한중콘크리트의 현장 표면단열 양생공법 시공사례 연구

Field Application of Surface Insulation Curing Method to Cold Weather Concreting

○김종백*
Kim, Jong-Back

임춘근**
Lim, Choon-Goun

한민철***
Han, Min-Cheol

김성수****
Kim, Seoung-Soo

한천구****
Han, Cheon-Goo

Abstract

This study investigates the field application of surface insulation curing method, which combined double layer bubble sheet(DBS) and thick-curing-material(TCM) for cold weather concreting. According to the test, deck slab, curing only upper section with DBS and TCM, does not make big different temperature history with that, curing both upper and bottom section during daily average temperature 6.5°C. It is concluded that combination of DBS and TCM in only upper section can be safely cured in early period of time during cold water concreting. The field test was carried out with this favourable data. The upper deck slab was insulated by combination of DBS and TCM, and the construction was surrounded by tent, in order to protect from outside wind. The test result shows that the lowest temperature of deck slab indicated 6°C. It demonstrated that this curing method can resist early frost and save construction cost in the side of management and saving labor cost, compared with previous method. In addition, the column specimen, combined both form and bubble board, exhibited favorable temperature history, due to internal hydration heat insulation effect.

키워드 : 한중콘크리트, 데크플레이트, 2중버블시트, 버블보드, 단열양생

Keywords : Cold Weather Concrete, Deck Plate, Double Layer Bubble Sheet, Bubble Board, Insulating curing

1. 서론

최근의 건축물은 초고층화, 대형화함에 따라 공기 문제가 중요하게 대두되어 한중콘크리트 시공의 중요성이 강조되고 있다. 이러한 한중콘크리트는 초기동해 방지를 위한 보온양생, 배합계획시의 강도보정 및 관리재령의 연장 등 효율적인 품질 관리 대책이 필요하게 된다.

그런데, 선진국의 경우 초기동해 방지대책으로 한중시공의 효율화를 위하여 각종 보온양생 방법이 개발 및 활용되고 있으며, 특히 단열양생만을 실시하여 소요강도를 발현시키는 방법도 연구되고 있으나, 국내의 경우는 한중콘크리트 타설시 주로 가열양생에만 의존하고 있는 실정이다.

이에 본 연구팀에서는 우리나라의 기온 실정에 적합한 한중콘크리트 단열양생공법을 개발하기 위한 일련의 연구를 진행하였는데, 버블시트를 이용할 경우 시공법의 간편, 경제성 추구 및 우수한 단열효과를 기대할 수 있음을 확인하였다. 이에 본 연구에서는 실험실 실험 및 모의 구조체 실험 결과를 토대로 한중 환경시 LC프레임 공법의 데크플레이트 상부에 타설되는 콘크리트에 기존연구에 의해 개발된 단열양생 방법을 적용

하여 부재의 온도이력을 분석함으로써 효율성을 검토 하고자 한다.

2. 실험계획

2.1 실험계획

본 연구의 실험 계획은 표 2와 같다. 먼저, 한중콘크리트의 배합 사항으로 데크플레이트 슬래브용 콘크리트의 호칭강도는 27MPa로 계획하였고, 목표 슬럼프 80±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하는 베이스 콘크리트를 180mm로 유동화 시켜 타설하는 것으로 하였다.

실험요인으로서 양생방법은 콘크리트 타설 시기별로 구분하였는데, 먼저, 콘크리트를 타설한 후 슬래브 상부면을 2중 버블시트와 부직포로 보온양생하고, 이와 동시에 슬래브 하단을 단열양생재를 사용하는 방법의 조합인 상하부 복합양생, 그리고 구조체 둘레를 천막을 사용하여 외기온을 차단하는 보온양생을 실시하였다.

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료인, 레미콘은 청주지역 O사의 제품을 사용하였고, 배합사항은 표 3과 같다.

* 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 청주대학교 대학원 박사과정

*** 정회원, 청주대학교 산업과학연구소, 공학박사

**** 정회원, 청주대학교 교수, 공학박사

표 2. 실험계획

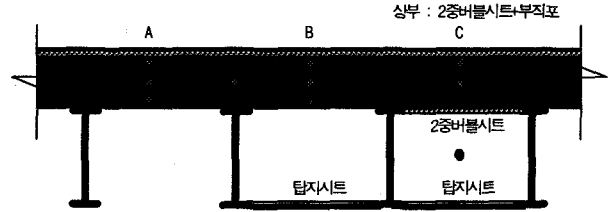
배합요인	실험요인	실험수준	
	W/C(%)	1	43
목표 슬럼프 (mm)	1	80→180 (유동화)	
목표 공기량(%)	1	4.5±1.5	
공사현장	청주 J 관광호텔 신축 공사현장		
단열보온 양생공법 적용부위	슬래브 및 기둥		
공사개요 및 양생방법	양생기간 및 평균 기온	◆슬래브 단열양생 실험 ·I 2004. 11. 24~11. 26 (6.5℃)-슬래브 ◆현장적용 실험 ·II 2005. 02. 25~02. 26 (-2.5℃)-슬래브 ·III 2004. 12. 23~12. 30 (-1.5℃)-기둥	
	단열양생 방법	I 슬래브 : 단열양생 실험 A 상부- 2중버블시트+부직포 B 상부- 2중버블시트+부직포 하부-탐지시트 C 상부-2중버블시트+부직포 하부-2중버블시트+탐지시트 II 슬래브 : 상부-2중버블시트, 부직포 양생 하부- 구조체 둘레 천막양생 III 기둥 : 합판+버블시트 양생	
실험사항	굳지않은 콘크리트	2	· 슬럼프 · 공기량
	경화 콘크리트	1	· 온도이력

표 3. 사용 레미콘의 배합사항

골재 (mm)	슬럼프 (mm)	공기량 (%)	W/C (%)	S/a (%)	질량배합(kg/m ³)			
					W	C	S	G
25	80	4.5	43	44.9	152	353	818	1046

3. 실험결과 및 분석

3.1 슬래브 단열양생 실험



● 열전대 매설위치

그림 1. 구조체의 양생방법 및 열전대 매설 위치

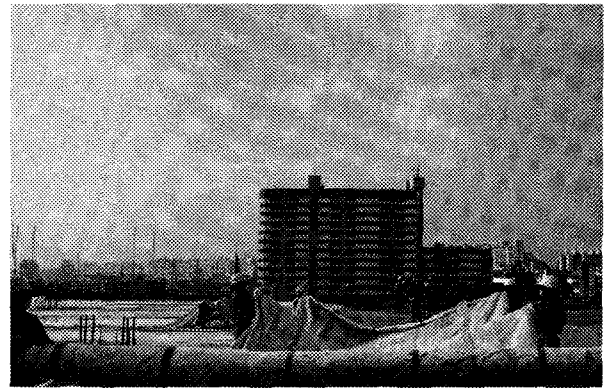


사진 1. 데크플레이트상부 2중버블시트 설치

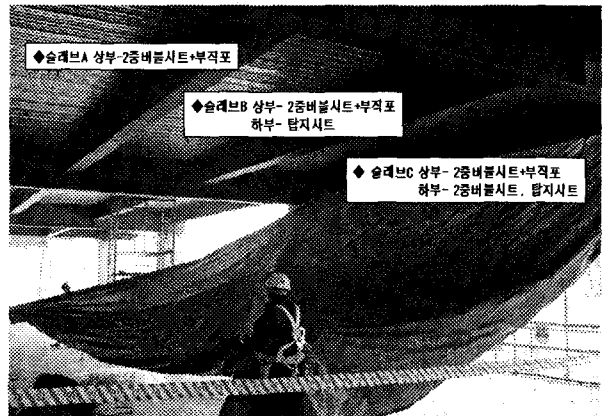
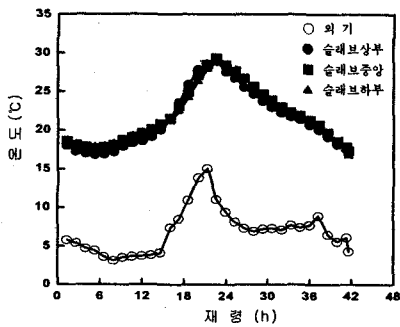
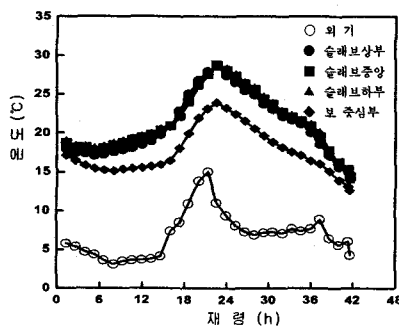


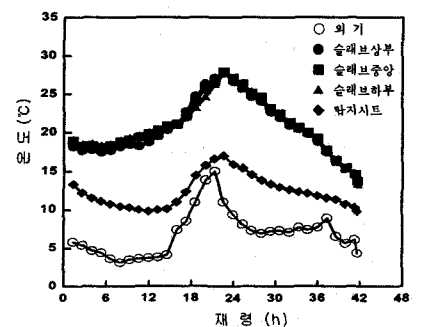
사진 2. 데크플레이트하단면 2중버블시트 및 탐지시트 설치



a) 슬래브A 온도이력 변화



b) 슬래브B 온도이력 변화



c) 슬래브C 온도이력 변화

그림 2. 슬래브 부의 2중버블시트+부직포 및 탐지시트 조합 단열양생에 의한 부재위치별 온도이력

그림 2는 상부-2중버블시트+부직포에 하부 조건으로 A는 노출, B는 탐지시트, C는 2중버블시트+탐지시트를 적용한 단열방법 실험에 의한 온도이력을 나타낸 것이다. 타설시 일평균 기온은 6.5℃ 이었고, 타설 종료 시점은 오후 7:30분으로 슬래브A의 온도이력을 살펴보면, 타설 후 초기온도는 외기온이 저하함에 따라 약간 저하하는 양상을 보이고 있으나, 그 후 12시간이 경과한 다음 외기온의 상승과 함께 시멘트의 수화열로 인하여 피크온도가 30℃ 정도까지 도달 하였다. 보 아래 탐지시트 및 2중버블시트와 탐지시트를 설치한 B, C 부재도 상부-2중버블시트 및 부직포만을 설치한 슬래브A의 온도이력과 비슷한 양상을 보이고 있어, 노력한 만큼 차이는 보이지 않았다.

또한 슬래브 상부, 중앙 및 하부 부분의 위치별 온도이력도 미세한 온도 차이만 있을 뿐 별다른 차이점은 보이고 있지 않았다. 이는 외기온이 영상으로 유지되어 콘크리트와 기온과의 차이가 크지 않아 양생여부에 관계없이 유사한 온도이력을 보인 것으로 판단된다.

따라서 한랭기 콘크리트 기간에는 상부-2중버블시트+부직포의 조합만을 사용하여도 별다른 조치 없이 초기양생을 실시할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 현장적용 실험

1) 슬래브 상부-2중버블시트+부직포

하부-구조체 둘레 천막양생

그림 4는 동결기 기간 데크플레이트의 슬래브 콘크리트 부분의 온도이력을 나타낸 것이다. 단열양생 방법은 슬래브 상부-2중버블시트+부직포로 양생 하고 구조체 둘레는 천막을 설치하여 양생을 실시하였다. 실험시 평균 외기온은 약-2.5℃로 기록되었다.

먼저, 콘크리트 타설종료 시점은 오후 5시이며 외기온은 시간이 경과함에 따라 저하되어 타설 후 18시간 까지 평균기온 -2.5℃를 유지하였는데, 이 경우 데크플레이트 슬래브 온도이력도 외기온 저하에 따라 저하하면서 최저온도가 약 6℃까지 저하 하면서 영하의 기온으로는 내려가지 않았다. 이는 상부 2중버블시트+부직포로 단열보온 양생 및 천막을 사용함으로써 데크플레이트 하부를 외부 바람에 의한 영향으로부터 격리한 결과 영하의 기온으로 내려가지 않았다고 사료된다.

이상의 결과를 종합하면, 기상청 예보 등을 토대로 동결기가 예상되어 슬래브 상부면에 2중버블시트+부직포로 단열양생 방법의 적용과 동시에 데크플레이트 하부면에 천막을 설치하여 바람에 의한 영향을 격리하면 기존의 가열설비를 이용한 공간 가열 양생방법과 비교하여, 가열설비 설치비용 및 운용비용이 절감되어 경제적 측면에서 우수한 동시에 초기동해 피해를 방지할 수 있는 효과적인 방법으로 사료된다.

2) 기둥-버블보드 조합

기둥부재의 단열양생으로는 합판과 버블보드의 조합(그림 5)을 사용하였는데, 온도이력은 타설 후 외기온의 영향으로 부재 내부의 온도가 약간 저하 하는 경향을 보이고 있지만 12시간 이후부터 부재 내부의 수화열로 인하여 온도가 상승하고, 36시간 이후에는 기둥 중심부의 온도는 35℃까지 상승하였다.

기둥거푸집 표면에 버블보드를 사용하여 양생할 경우 부재가 비교적 두꺼운 기둥조건임을 감안하여 내부 자체 수화열의 손실방지 효과로 인하여 모서리부분조차도 최저온도가 약 10℃ 정도 유지하는 것으로 나타났다.

따라서, 버블보드를 사용할시 타설 초기 저온에 취약한 모서리부분을 초기동해로부터의 안정성을 확보 할 수 있을 것으로 사료된다.

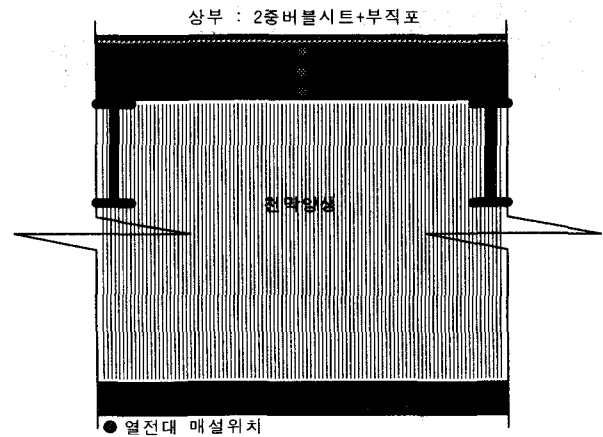


그림 3. 구조체의 양생방법 및 열전대 매설위치

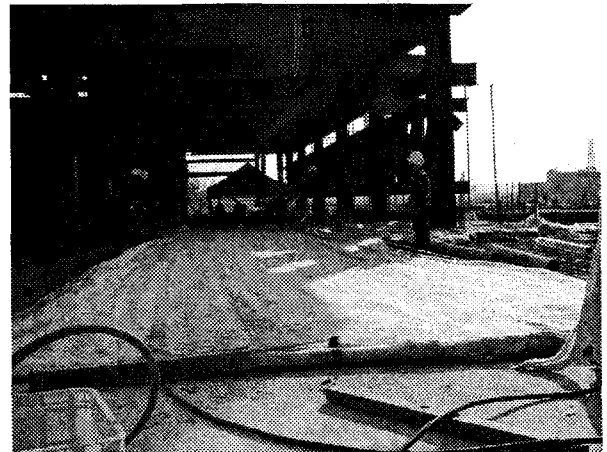


사진 3. 데크플레이트상부 2중버블시트 설치

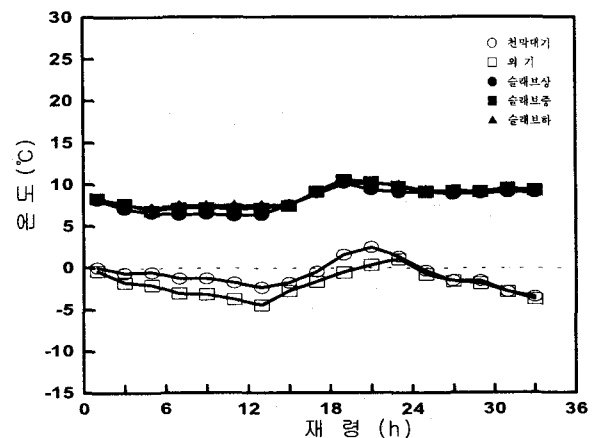


그림 4. 슬래브 온도이력 변화

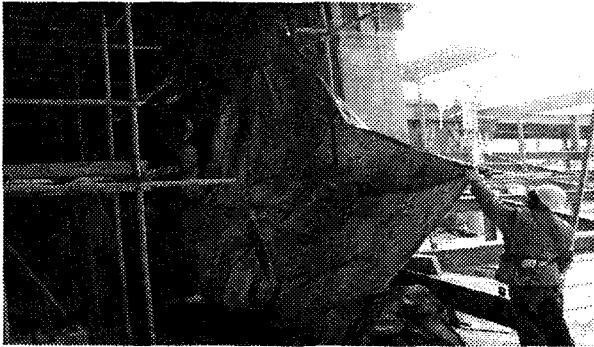


사진 4. 데크플레이트하부 천막 설치

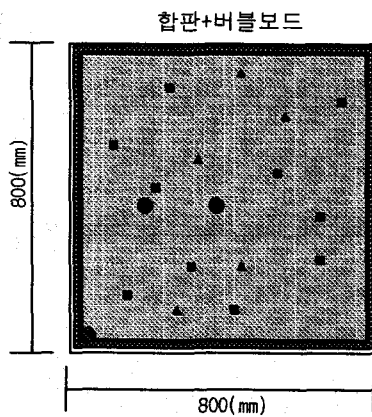


그림 5. 기둥부재 합판+버블보드 조합 및 열전대 매설 위치

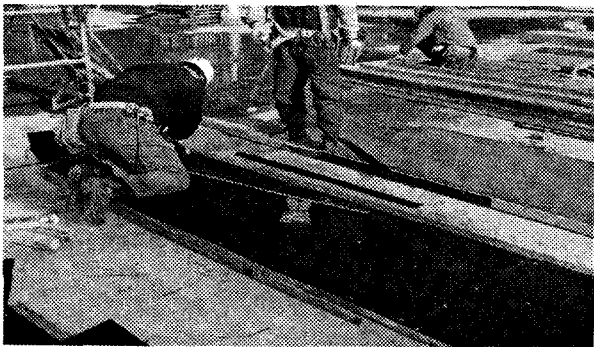


사진 5. 버블보드 조합

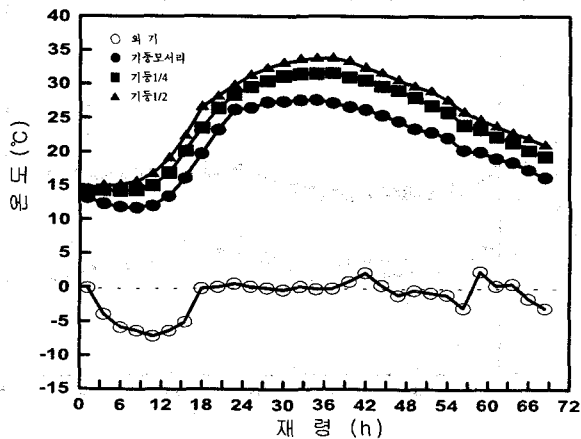


그림 6. 기둥 온도이력

4. 결 론

본 연구에서는 한중환경조건하의 데크플레이트 슬래브 및 기둥부재용 콘크리트 타설시 효과적인 단열양생 방법을 결정하기 위해 하부 단열양생 공법을 변화시키는 것에 대하여 검토한 다음, 이 결과를 실무 단열양생 공법현장에 도입 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 한랭기 콘크리트 기간에는 타설 후 초기양생기간동안 데크플레이트 슬래브 상부면을 2중버블시트+부직포만을 사용하여도 콘크리트 온도가 영상을 유지하여 추가적인 보온 조치를 필요로 하지 않았다.
- 2) 일 평균기온이 -2.5°C 인 기간에는 데크플레이트 슬래브 상부면에 부직포+2중버블시트 양생방법의 적용과 동시에 데크플레이트 하부면에 천막을 설치하여 외부 바람을 격리한 결과 콘크리트 온도가 영상으로 유지되어 기존에 사용되어진 가열설비 설치비용 및 운용비용을 절감할 수 있어 경제적 측면에서 우수한 동시에 초기동해 피해를 방지할 수 있는 효과적인 방법으로 사료된다.
- 3) 기둥거푸집에 버블보드를 조합하여 사용할시 부재 내부의 수화열 보온효과로 인하여 저온에 취약한 모서리 부분도 초기동해로부터 안정성을 확보 할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 한천구, 한민철 ; 적산온도방식의 콘크리트 강도증진 해석에 의한 기온보정강도의 검토, 대한건축학회 논문집, Vol. 15, No. 11, 1999, pp. 71-78.
2. 김경민, 원 철, 이한주, 오선교, 한천구 ; 한중콘크리트용 단열거푸집의 개발에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제 21권 제1호, 2001, pp. 293-296.
3. 김경민, 손성운, 김기철, 오선교, 한천구 ; 내한제 및 단열거푸집을 이용한 한중콘크리트의 모의구조체 적용에 관한 실험 연구, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, Vol. 15, No. 1, 2002, pp. 600-606.
4. 소창현, 정병욱, 정경화, 정문영, 문성규 ; 한중콘크리트의 현장실용화에 관한 연구, 콘크리트학회 봄학술발표논문집, 제11권 1호, pp. 861-865, 2000
5. 홍상희, 김현우, 김정진, 이백수, 한천구 ; 내한성 혼화제를 이용한 시멘트 모르타의 동결온도 및 응결특성, 콘크리트학회 학술발표논문집, 제 11권 1호, 2000, pp. 199-204
6. 홍상희, 김현우, 윤길봉, 한민철, 한천구 ; 내한제를 이용한 시멘트 모르타의 초기양생 온도변화에 따른 강도증진특성, 건축학회추계 학술발표논문집, 제20권 2호, pp. 427-430, 2000
7. 김현우, 김정진, 홍상희, 한민철, 한천구 ; 내한제를 이용한 콘크리트의 기초적 성상에 관한 연구, 건축학회추계 학술발표논문집, 제20권 2호, pp. 447-450, 2000
8. 浜幸雄 ; 耐寒促進劑による寒中コンクリート施工指針に関する研究 北海道大學, 博士學位論文, 1998