

2중 버블시트를 이용한 한랭기 콘크리트의 단열양생공법 현장적용

Field Construction Applying the Insulating Method of Moderate-Cold Weather Concreting Using Double Bubble Sheets

김 종* 김 종 백** 전 충 근*** 신 동 안**** 오 선 교***** 한 천 구*****
Kim, Jong Kim, Jong-Back Jeon, Chung-Keun Shin, Dong-An Oh, Seon-Gyo Han, Cheon-Goo

Abstract

Experimental test results of field construction, Cheongju University Educational Liberal Art Building, applying the insulating curing method on slab concrete showed that the quality of concrete in fresh and hardened state satisfied all target values. Temperature history of slab concrete in A and B area secured more than 7.8-9.2°C higher than outside atmosphere. After completing certain curing period of time on the surface of the structure, crack occurrence was not found. It is concluded that the preventing vaporization of moisture by the insulating curing method reduces plastic and drying shrinkage as well as improves durability.

키 워 드 : 2중 버블시트, 한랭기 콘크리트, 온도이력

Keywords : Double Bubble Sheet, Moderate-Cold Weather Concrete, Temperature History

1. 서 론

최근, 국내의 건축시공은 예산절감을 위한 VE적용 추세로 다양한 시공기술과 새로운 재료 개발이 요구되어지고 있다. 그런데, 한랭기란 콘크리트를 부어넣은 후 4주까지의 평균기온이 4~17°C정도에 해당되는 기간을 말한다. 이 기간에는 한중환경은 아니지만 표준양생온도 조건(20±3°C)보다는 낮은 기간으로, 이 기간에 타설되는 콘크리트의 경우는 콘크리트를 부어넣은 후 28일간의 평균기온에 따라 표준양생조건에서의 강도발현율보다 상당 부분 저조하게 되는 문제점이 발생된다.

현재, 한랭기 콘크리트 시공시 전술한 문제점을 해결하기 위하여 배합설계시 강도보정방법과, 관리재령을 연장해 주는 방법이 건축공사표준시방서에 제시되어 있으나, 이는 공사비 증가와 번거로움으로 실무현장에서는 거의 적용되지 않고 있다. 또한, 한랭기 뿐 만 아니라 기타 기간에도 타설된 콘크리트 표면에는 소성수축균열 방지 및 적절한 수화작용을 유도하기 위하여 비닐이나 부직포 등으로 덮어 주어야 하나 실무현장에서는 번잡스럽다는 이유로 거의 양생이 행해지고 있지 않는다.

따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해 본 현장적용 연구에서는 본 연구팀에 의하여 개발된 2중 버블시트에 의한 단열보온

양생 및 수분증발방지 공법을 양생단계에 적용함으로써 실제 현장에 타설된 한랭기 콘크리트를 대상으로 제반물성을 평가하고, 아울러 콘크리트의 온도이력에 대하여 검토함으로써 본 공법의 효율성을 검증하고자 한다.

2. 한랭기 콘크리트의 현장 적용

2.1 공사개요

표 1. 공사 개요

- 공사 명	청주대학교 교양관 신축공사
- 공사기간	2005년 6월 ~ 2006년 11월 (17개월)
- 발 주 처	청주대학교
- 설 계 자	(주)단우건축사 사무소
- 감 리 자	(주)선엔지니어링 종합건축사사무소
- 시 공 자	(주)현대건설
- 현장위치	충북 청주시 상당구 우암동 37-1
- 지역지구	도시자연녹지/최고고도지구
- 대지면적	467,992.00㎡ (141,567.58평)
- 건축면적	3,377.27㎡ (1,021.622평)
- 연 면 적	14,770.47㎡ (4,468.10평)
- 규 모	교양관동 - 지하 1층 ~ 지상 6층

본 공법을 적용한 청주대학교 교양관 신축공사 현장의 공사개요는 표 1과 같고, 조감도는 그림 1과 같다.

* 정희원, (주)선 ENG 기술연구소, 연구원, 청주대 박사과정

** 정희원, 청주대학교 대학원 석사과정

*** 정희원, (주)선 ENG 기술연구소, 책임연구원, 공학박사

**** 정희원, (주)선 ENG 기술연구소, 소장, 공학박사

***** 정희원, (주)선 ENG 대표이사, 공학박사

***** 정희원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

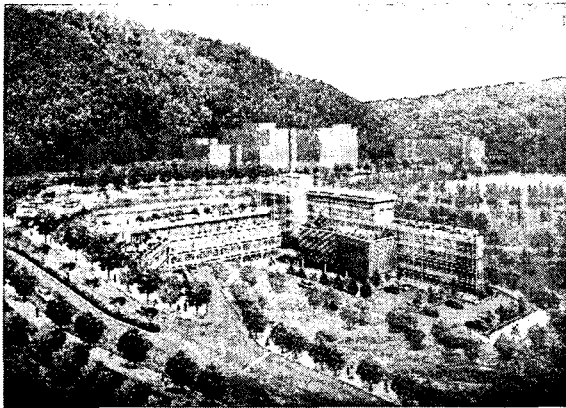


그림 1. 청주대학교 교양관 신축공사 조감도

2.2 2중 버블시트에 의한 양생공법의 개념

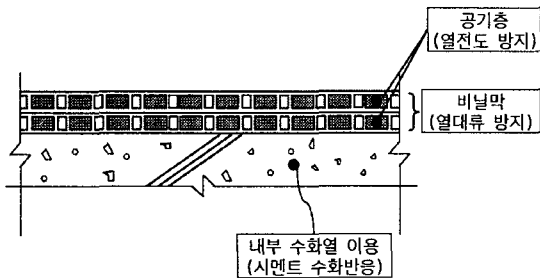


그림 2. 버블시트로 시공한 구조체 단면도

버블시트를 이용한 양생공법의 원리는 콘크리트 자체 수화열의 손실 및 이동 방지 및 수분증발 방지의 원리에 기인한다.

그림 2는 버블시트로 시공한 구조체 단면도를 나타낸 것인데 먼저, 열전도 방지는 열전도율이 가장 낮은 독립기포층으로 구성된 버블시트를 단열재로 사용하므로써 열전도율을 최소화시켰고, 버블시트와 콘크리트를 밀실하게 부착시켜 덮어 주므로 수분증발방지 및 열대류 현상을 축소할 수 있다. 이는 끓는 물에 뚜껑을 닫아 수증기의 방출을 막아 주는 효과와 동일하다고 볼 수 있다.

2.3 실험계획 및 방법

2.3.1 실험계획

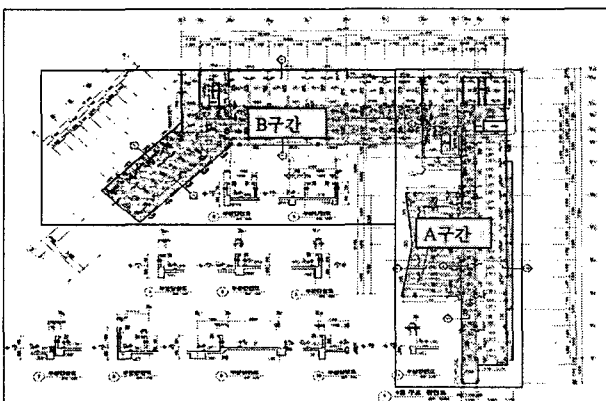


그림 3. 지상 4층 평면도

청주대학교 교양관 신축공사의 지상 4층 콘크리트공사는 일 평균 기온 4~17℃ 정도의 한랭기 콘크리트 적용기간에 두께 15cm의 슬래브 콘크리트를 시공해야 되므로, 2중 버블시트에 의한 단열양생공법을 적용한다.

그림 3은 실험대상인 지상 4층 평면도를 나타낸 것으로서 본 공법은 A, B구간 모두 적용하였고, 총 콘크리트 소요량은 800㎡ 이었다. 본 연구의 현장적용 실험계획은 표 2와 같고, 배합사항은 표 3과 같다.

표 2. 구조체 적용시공의 실험계획

설계기준강도(MPa)		24	
배합사항	목표 슬럼프 (mm)	베이스 콘크리트	120±25
		유동화 콘크리트	180±25
목표 공기량 (%)		4.5±1.5	
실험사항	굳지않은 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> ■슬럼프 ■공기량 ■염화물량 ■콘크리트 온도 ■응결측정 	
	경화 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> ■온도이력 측정 (중앙부 중심, 중앙부 상부, 주변부 중심, 주변부 상부) ■압축강도 측정 <ul style="list-style-type: none"> -표준양생(3, 7, 28, 91일) -구조체관리용공시체 (1, 2, 3, 7, 28, 91일) 	

표 3. 콘크리트의 배합사항

W/C (%)	단위량 (kg/m ³)	S/a (%)	AE 감수제 (%)	유동화제 혼입률	질량배합 (kg/m ³)		
					시멘트	모래	자갈
46.8	170	48.2	2.5	0.4	363	833	920

먼저, 배합사항으로 구조체용 콘크리트는 설계기준강도 24MPa의 1수준에 대하여 목표슬럼프 150±25mm, 목표공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 제조하였다. 콘크리트 타설은 기둥, 보, 슬래브 순으로 계획하였다. 실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량, 염화물량, 콘크리트 온도 및 응결시간을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도(구조체관리용, 표준양생)와 온도이력을 측정하였으며, 콘크리트의 양생은 타설 후 마무리 작업이 종료된 다음 2중 버블시트를 포설하는 것으로 하였다. 사진 1은 콘크리트 품질시험 및 2중 버블시트 시공전경을 나타낸 것이다.

2.3.2 사용재료 및 실험방법

당 현장에 사용한 재료로 콘크리트는 인근지역 KS업체인 레미콘을 사용하였고, 2중 버블시트는 독립기포층이 형성되도록 공장에서 제작된 것을 사용하였다.

실험방법으로 베이스 콘크리트는 레미콘사의 베퉀플랜트에서 제조하는 것으로 하였고, 유동화 방법은 현장에서 첨가하고 현장에서 유동화하였다. 온도이력은 온도 측정용 열전대를 구조체에 매입한 후 데이터 로거를 이용하여 1시간 간격으로 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트

베이스 콘크리트와 유동화 콘크리트는 표 4와 같이 모두 목표치로 한 슬럼프, 공기량, 염화물량 및 콘크리트 온도를 만족하는 것으로 나타났고, 응결시간으로 A구간의 종결시간은 약 12.5시간으로 나타났고, B구간은 A구간보다 약 3시간 정도 늦은 15.5시간으로 나타났다.

표 4. 굳지않은 콘크리트 실험결과

구분	슬럼프(mm)		공기량(%)		염화물(kg/m ³)		온도(℃)	
	베이스	유동화	베이스	유동화	베이스	유동화	베이스	유동화
4층 A 구간	145	195	5.0	5.4	0.101	0.121	12	11
4층 B 구간	145	190	4.5	4.0	0.082	0.069	13	13
4층 A 구간	140	185	4.8	4.0	0.094	0.123	15	14
4층 B 구간	130	190	4.5	4.5	0.038	0.037	17	17
4층 A 구간	130	190	4.7	3.9	0.041	0.048	19	18
4층 B 구간	135	175	5.5	4.6	0.049	0.052	17	16

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 4는 재령경과에 따른 A, B구간의 압축강도를 나타낸 것이다. 전반적으로 베이스 콘크리트와 유동화 콘크리트는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 표준양생공시체와 구조체관리용 공시체는 초기재령에서 다소 차이를 보이나 28일 재령 이후에는 거의 동일한 값으로 나타났다.(그림 5 참조) 이는 공시체가 받은 양생온도이력에 의한 적산온도 차이가 미소함에서 기인된 결과로 판단된다.

또한, 구조체관리용 공시체의 경우 측면거푸집을 탈형할수 있는 5MPa의 압축강도는 대략 재령 2일 이후에 발휘되는 것을 알 수 있었으며, 재령 28일경에 설계기준강도 24MPa이상을 확보하는 것으로 나타났다.

3.3 온도이력 특성

그림 6은 청주대학교 교양관 현장의 슬래브(단면높이150mm) 콘크리트의 내부 온도이력을 나타낸 것이다. (단, 2중 버블시트에 의한 단열보온양생은 A구간은 24시간, B구간은 48시간 실시하였다.)



사진 1. 콘크리트 품질시험 및 2중 버블시트 시공전경

온도이력 측정결과 4층 A구간의 경우, 외기온도는 단열양생 기간 중 최저 -2.5℃까지 저하하였고, 평균 외기온은 4.7℃로 나타났다. 적용결과 구조체 내부 온도는 최초 타설 직후 약 5시간 정도 온도가 상승하다가 외기온에 의하여 저하되는 경향으로 나타났다. 슬래브 중앙부와 주변부와의 온도차이는 없는 것으로 나타났고, 슬래브의 단면 높이에서 중심부와 상부 사이에도 양생온도 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 특히, 야간의 경우 최저온인 외기온도와 비교할 때 약 10℃이상 높은 온도로 단열보온양생 할 수 있는 것으로 나타났다.

4층 B구간 경우, 외기온도는 단열양생기간 중 평균 15.4℃로 나타났고, 전체적으로는 10℃이상의 기온을 유지하였다. 구조체 내부 온도는 타설 직후 수화열에 의하여 상승하다가 외기온의 영향으로 고저를 반복하는 경향으로 나타났고, 외기온 보다 약 8℃이상 높은 온도를 확보할 수 있었다.

그림 7은 4층 A, B구간의 양생기간동안의 적산온도 및 평균양생온도를 나타낸 것이다. 먼저 4층 A구간의 경우는 24시간 동안 구조체 위치 및 부위별 적산온도가 23.9 ~ 24.3 °D·D인 것으로 나타나 외기 적산온도 14.7 °D·D 보다 약 9.2 °D·D이상 높게 나타났다. 평균양생온도는 적산온도와 같은 경향으로 나타났는데 즉, 외기의 경우 4.7℃로 나타났으나, 구조체의 경우

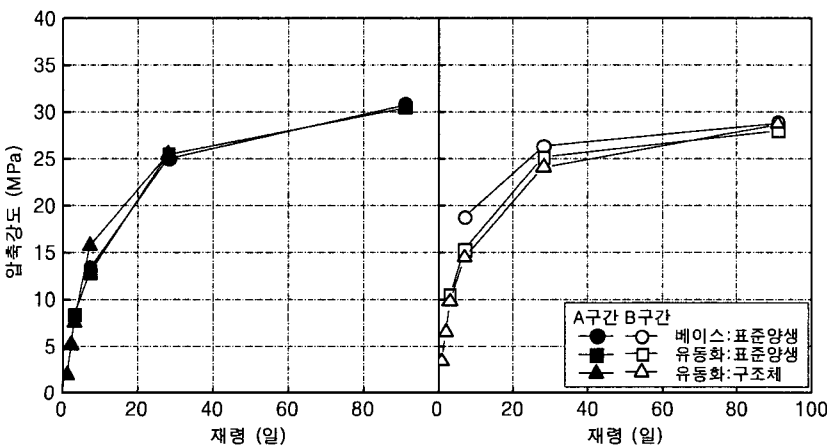


그림 4. 재령경과에 따른 압축강도

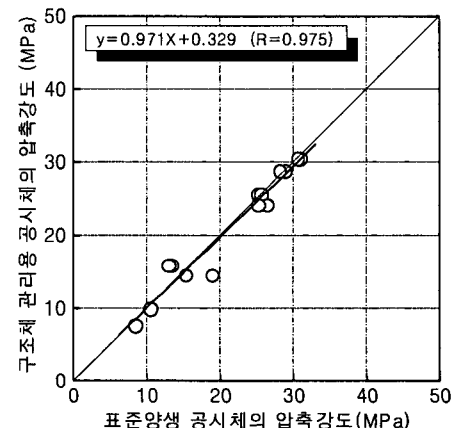


그림 5. 표준 및 구조체 관리용 공시체의 압축강도 비교

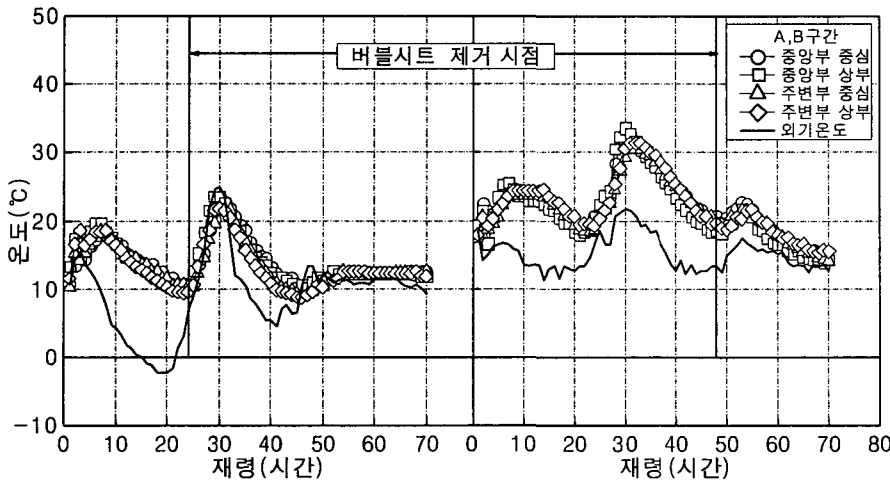


그림 6. 콘크리트 타설높이(1m)에 따른 내부 온도이력

는 13.9 ~ 14.3°C로 나타나 외기보다 9.2°C높은 것이 확인되었다. 4층 B구간의 경우는 48시간 동안 구조체 위치 및 부위별 적산온도가 66.4 ~ 67.9 °D-D로 나타나, 외기 적산온도 50.8 °D-D 보다 15.6 °D-D이상의 적산온도를 확보할 수 있었다. 평균 양생온도는 외기의 경우 15.4°C로 나타났고, 구조체 양생온도 23.2 ~ 24.0°C로 외기보다 7.8°C이상 높은 양생온도이었다.

또한, 시공대상 현장에는 2중 버블시트에 의한 수분증발 방지효과는 소성수축 균열 등 건조수축 균열이 완전히 방지되어 무균열시공이 성취될 수 있었다.

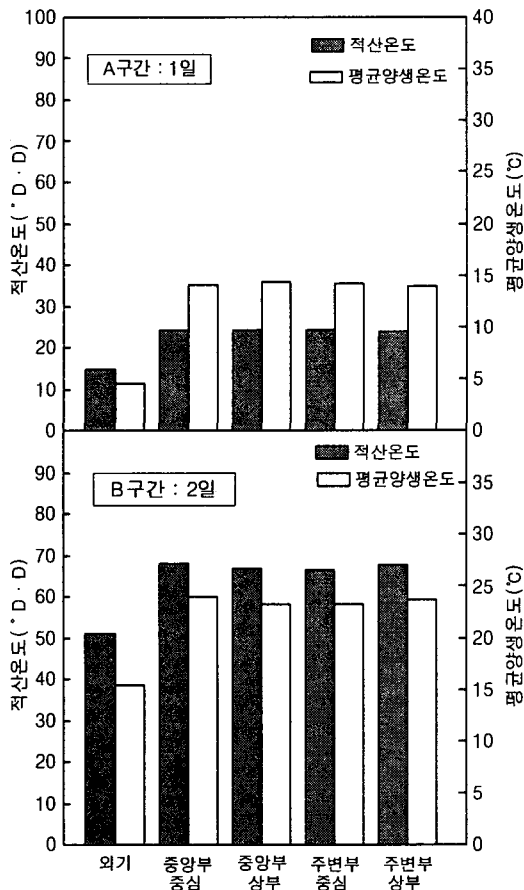


그림 7. 4층 A, B구간 부위별 적산온도 및 평균양생온도

4. 결 론

청주대학교 교양관 신축공사 현장에 2중 버블시트에 의한 단열양생공법을 적용함에 있어 굳지않은 콘크리트 및 압축강도 특성과 온도이력 등을 분석한 결과는 다음과 같이 요약된다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프, 공기량, 염화물량 및 콘크리트 온도는 목표값 범위 이내의 양호한 품질을 나타내었다.
- 2) 경화 콘크리트의 압축강도는 표준 및 구조체 관리용 공시체 모두 설계기준강도를 만족하였고, 두 방법 간 차이는 크지 않았다.
- 3) 온도이력 특성으로 A, B구간 모두 외기온 보다 약 7.8-9.2°C이상 높은 양생온도를 확보할 수 있었다.
- 4) 양생 완료 후 표면부 육안 관찰시 균열은 발생하지 않아, 표면부의 수분증발 방지로 소성수축균열 방지 및 건조수축 저감 등 내구성 향상에도 효과가 있는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 日本建築學會 ; 寒中コンクリト施工指針同解説, 1998
2. 신동안, “한중 콘크리트용 내한제 및 단열거푸집 시공법 개발” 청주대학교 대학원 박사학위논문 2006. 2
3. 김종백, 임춘근, 한민철, 김성수, 한천구, “한중시공시 단열양생 방법 변화에 따른 테크플레이트 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성” 대한건축학회 학술발표대회논문집 제25권 제1호, 2005. 10
4. 김종, 윤재령, 전충근, 신동안, 오선교, 한천구 ; 이중 버블시트 및 수화발열량차 공법에 의한 한중매스콘크리트의 현장적용 연구, 한국건축시공학회 학술기술발표회 논문집, 제6권 제1호, pp 15-18, 2006. 05
5. 전충근, 김종, 신동안, 오선교, 한천구 ; 단열양생시트 종류 변화에 따른 한중콘크리트의 온도이력, 한국콘크리트학회 춘계학술발표대회, 제18권 1호, pp 618-621, 2006. 05