

이중버블시트를 이용한 단열보온양생공법의 한중매스콘크리트 현장적용

Field Application of the Mass Concrete Using Insulation Curing Method with Double Bubble Sheets Subject to Cold Weather

이 동 규* 김 종** 김 기 훈*** 황 인 성**** 한 민 철***** 한 천 구*****
Lee, Dong-Gyu Kim, Jong Kim, Ki-Hoon Hwang, Yin-Seong Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

This study investigated the applicability of insulation curing method with double layer bubble sheets to the mass concrete subjected to cold weather. Temperature history of the mass concrete indicated that the highest temperature of center section was exhibited at 34°C while the that of surface section was 25°C. Difference between center and surface was shown to be less 10°C when the temperature of center section was peak section, and thereby associated temperature cracking index was calculated 1.5, and occurrence probability of temperature cracking was 5%, so there was no temperature cracking caused by internal restraint. No temperature crack was observed by naked eye. It was clear that early frost damage and temperature cracking could be restrained due to reducing temperature difference between inner part and outside in the case double bubble sheets applied to insulation curing method in cold weather. The maturity of mass concrete is higher than outside about 72-89° D-D, so it was demonstrated to prevent early frost damage and ensure strength excellently. Insulation curing method with double bubble sheets was more economic than heating curing method.

키 워 드 : 매스콘크리트, 수화열, 이중버블시트, 단열보온양생, 온도균열, 초기동해

Keywords : Mass Concrete, Hydration Heat, Double Bubble Sheet, Insulation Curing, Temperature Cracking, Frost Damage at Early Age

1. 서 론

오늘날 건축물이 고층화, 대형화 되어감에 따라 매스콘크리트로 매트기초를 시공하는 경우가 증가하는 추세이며, 또한, 건설공기가 중요시되고 있어 연중시공이 불가피해짐에 따라 한중콘크리트의 필요성이 강조되고 있으며, 한중콘크리트와 매스콘크리트가 복합적으로 적용되는 현상이 늘어나고 있는 실정이다.

일반적으로 한중콘크리트는 낮은 온도로 인한 초기동해와 경화지연, 그리고 이로 인한 콘크리트의 강도 및 내구성 저하 등의 문제점이 있다. 또한, 매스콘크리트는 수화열에 의한 온도상승으로 발생하는 온도응력균열의 방지에 대한 고려가 중요하며, 수화열에 의한 온도균열방지 대책으로 혼화재 및 저발열 시멘트 사용과 단위시멘트량이 적은 배합설계, 파이프 쿨링 및 2층 이상의 분리타설 등의 여러 방법이 있지만, 재료 및 배합면에서 단위시멘트량을 줄이는 것은 한계가 있고, 파이프 쿨링 적용시에는 재료비가 고가이며 시공도 복잡해진다. 그리고

수평분할타설은 상, 하부의 콘크리트가 일체화되기 어려우며 분리타설에 따른 공기지연이 문제가 된다.

현재 일부 실무현장에서는 한중환경에서 매스콘크리트를 타설할 경우 온도응력에 의한 균열에 대해서는 면밀한 검토를 하지 않고, 단순히 초기동해 및 강도저하만을 고려하여, 가열설비 등을 이용하여 보온양생을 실시하는 경우가 많은데, 가열보온양생은 자칫 매스콘크리트의 온도응력을 더욱 증가시킬 수 있으며, 편중된 가열로 인해 콘크리트의 온도가 불균형하게 분포되어 균등한 품질확보가 곤란하며, 불필요한 가설물 설치와 가열장비 및 연료비 등의 비용발생으로 인해 경제성이 결여되는 문제점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 한중환경에서 타설되는 매스콘크리트를 대상으로 수화열 균열저감 및 초기동해방지를 위한 방안으로 본 연구팀에서 개발 중인 이중버블시트에 의한 단열보온양생공법의 효용성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 공사개요

본 공법을 적용한 롯데마트 오산물류센터 건설공사현장의 공사개요는 표 1과 같고, 조감도는 그림 1과 같다.

* 청주대학교 건축공학부 석사과정, 정회원

** (주)선엔지니어링종합건축사사무소 연구원, 박사과정, 정회원

*** 아세아시멘트(주) 연구개발팀 연구원, 정회원

**** 아세아시멘트(주) 연구개발팀 선임연구원, 정회원

***** 청주대학교 건축공학부 전임강사, 공학박사, 정회원

***** 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사, 정회원

표 1. 공사개요

공사명	○○마트 오산몰류센터 건설공사
공사기간	2006년 10월 ~ 2007년 10월 (13개월)
위치	경기도 오산시 부산동 2번지
규모	상온센터 1동, 저온센터 1동, 관리동
면적	109,555㎡
레미콘 규격	25 - 24 - 15

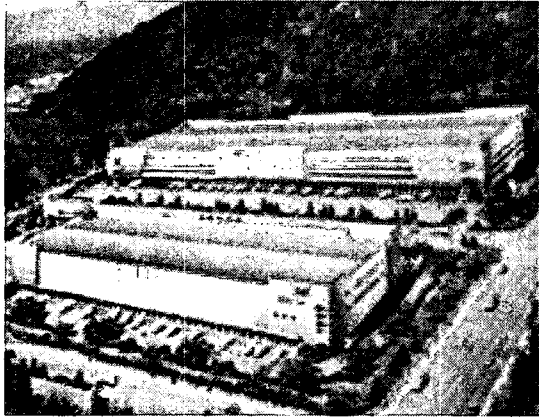


그림 1. 공사현장 조감도

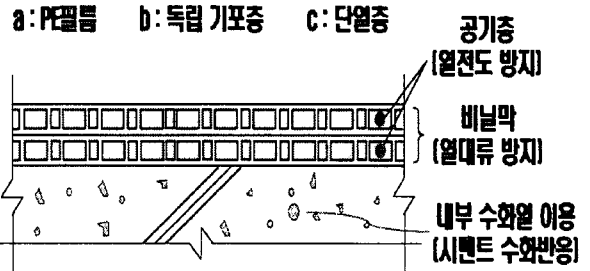
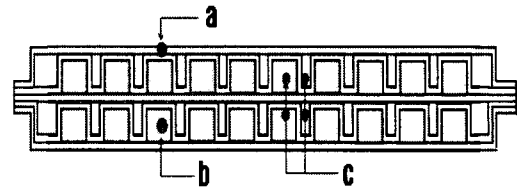


그림 2. 이중버블시트의 단면구성과 작용원리

본 연구에서 적용한 단열양생재의 경우 이중버블시트를 사용하였는데, 일정한 간격으로 에어캡(Air Cap)이 형성된 PE시트 4점사이에 PE시트 1점을 열융착하고, 테두리를 열처리 실링(Sealing)으로 마무리함으로써 구성되어지며, 단면구성과 작용원리는 그림 2와 같다.

2.2 실험계획

표 2. 구조체 적용시공의 실험계획

배합 사항	설계기준강도(MPa)	24
	목표슬럼프(mm)	150±25
	목표공기량(%)	4.5±1.5
실험 사항	굳지않은 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> 슬럼프 공기량 염화물량
	경 화 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> 온도이력측정 (하부, 중앙부, 상부, 표층부, 버블시트 하부, 외기온도) 압축강도측정 -표준양생, 구조체관리용 (3, 7, 28일)

본 연구의 실험계획은 표 2와 같고, 레미콘의 배합사항은 표 3과 같다. 즉, 구조체용 콘크리트는 설계기준강도 24MPa의 1수준에 대하여 목표 슬럼프 150±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 제조하였다.

표 3. 콘크리트의 배합사항

W/B (%)	단위 수량 (kg/m³)	S/a (%)	질량배합(kg/m³)				
			시멘트	플라이 애시	잔골재	굵은 골재	AE 감수제
50	173	48.9	329	17	864	910	3.46

2.3 실험재료

본 실험에서 사용한 재료로 콘크리트는 품질관리와 원활한 공급을 위해 인근의 레미콘을 사용하였다.

2.4 실험방법

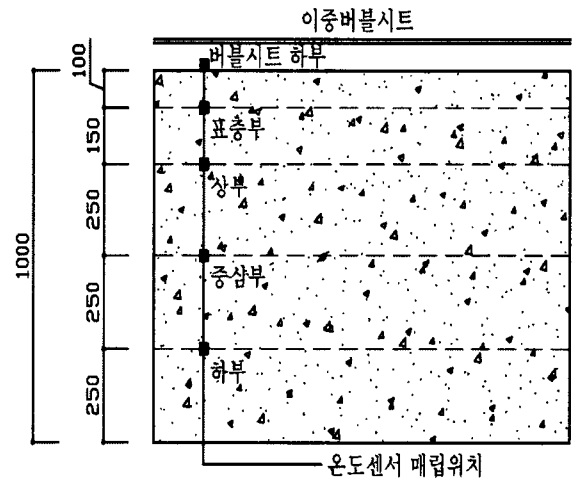


그림 3. 온도이력 측정 모식도

굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 압축강도 시험은 모두 KS 규정에 의거 실시하였으며, 온도이력은 센서를 타설 전에 매립하여 측정하였으며 그 위치는 그림 3과 같다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트

굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 염화 물량은 레미콘의 배치시간에 따라 약간의 변동은 있었으나, 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 온도이력 특성

본 연구에서 검토한 매스콘크리트 구조체의 단면높이(1m)에 따른 매스콘크리트의 내부 온도이력은 그림 4와 같다.

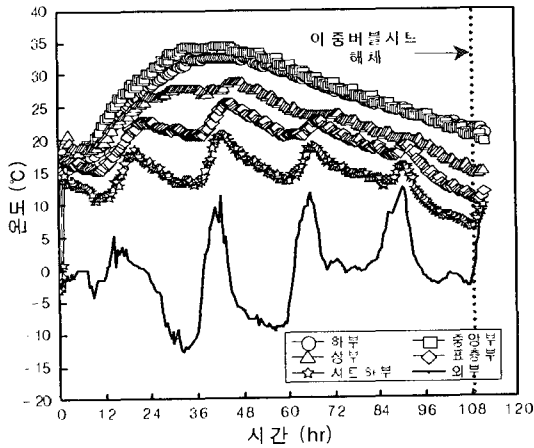


그림 4. 콘크리트 타설높이(1m)에 따른 온도이력

온도이력 측정결과에 따르면, 콘크리트의 온도는 타설 후 6시간전후부터 상승하기 시작하여 35시간전후에 최고온도를 나타내었는데, 중심부의 최고온도는 34°C정도이며, 이때의 표층부 온도는 25°C정도로서 10°C미만의 온도차이가 발생하고, 이를 온도균열지수로 환산하면 1.5정도로서, 그림 5의 균열발생지수(15 / 중심부최고온도와 동 시간대 표층부의 온도차)와 발생확률에 의거 균열발생확률이 5%미만으로 내부 구조에 의한 수화열 균열은 발생하지 않은 것으로 사료되며, 타설 후 육안상 확인되는 균열은 없었다. 한편, 외부기온의 경우 최저 -12.8°C까지 강하하였으나, 이때 이중버블시트를 도포한 콘크리트 표면의 평균온도는 이중버블시트에 의한 단열보온양생에 기인하여 13.2°C로 외기온과 25°C이상의 차이를 보였다. 이는 이중버블시트의 우수한 단열 및 보온성능에 기인한 것으로 판단되며, 궁극적으로 한중환경에서 이중버블시트를 이용하여 매스콘크리트의 표면단열양생을 실시할 경우 내, 외부 온도차 저감에 따른 균열저감효과와 콘크리트 표면의 초기동해를 효과적으로 억제시킬 수 있을 것으로 판단된다.

그림 6은 초기 3일간 매스콘크리트의 온도측정 위치별 적산온도 및 평균양생온도를 나타낸 것이다.

먼저, 이중버블시트를 포설한 매스콘크리트의 위치별 적산온도는 96.1~113.6° D-D로 나타났는데, 외부의 적산온도가

24° D-D인 것을 감안할 때, 매스콘크리트의 내부가 외부기온보다 72~89° D-D나 높은 적산온도를 확보할 수 있는 것으로 나타나, 초기동해방지와 강도확보 측면에서도 이중버블시트의 우수한 효과를 확인할 수 있었다.

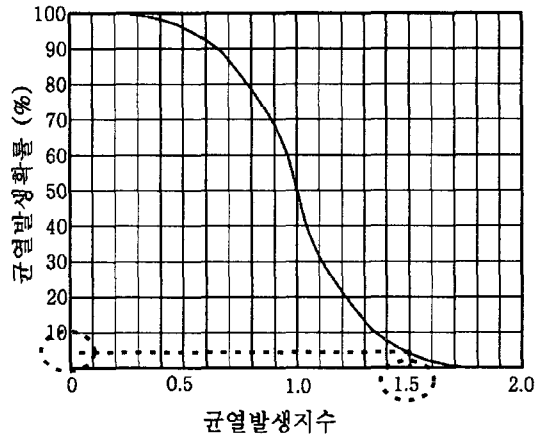


그림 5. 균열발생지수와 발생확률

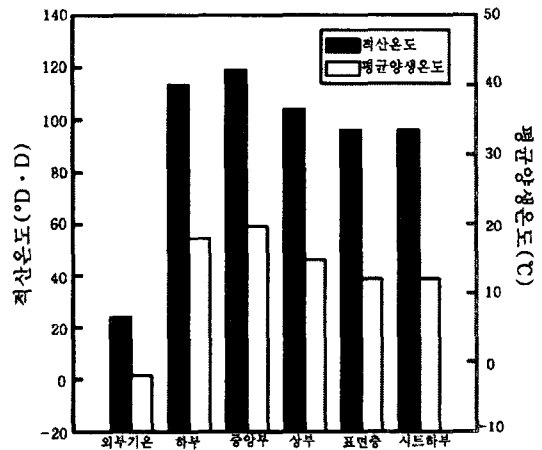


그림 6. 온도측정 위치별 적산온도 및 평균양생온도 (3일간)

3.3 경화 콘크리트의 특성

그림 7은재령경과에 따른 표준양생 공시체와 구조체 구조체 관리용 공시체의 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 재령 및 배합에 관계없이 표준양생 공시체가 구조체 관리용 공시체보다 큰 것으로 나타났는데, 이



사진 1. 온도이력 측정기 설치



사진 2. 이중버블시트 시공 전경

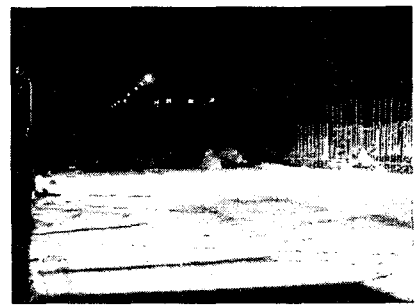


사진 3. 이중버블시트 시공완료 전경

는 양생온도의 차이에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 재령 28일의 압축강도는 표준양생과 구조체 관리용 공시체 모두 설계 기준강도인 24MPa를 만족하는 것으로 나타났다.

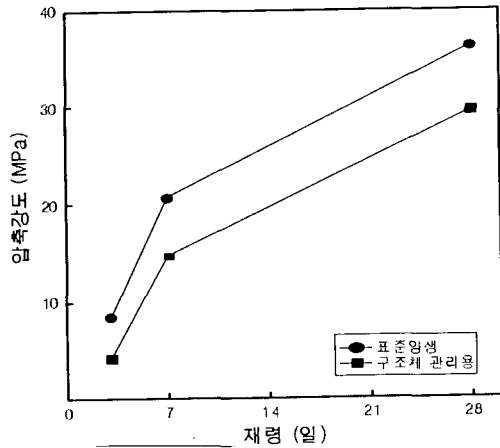


그림 7. 재령결과에 따른 압축강도

표 4. 보온양생방법별 경제성비교<1500㎡기준>(단위: 원)

구분		1회	5회	10회
제트히터에 의한 가열보온양생 (24시간 가동)	임대비 (4대)	600,000	3,000,000	6,000,000
	연료비	912,000	4,560,000	9,120,000
	설치, 이동 및 유지비	840,000	4,200,000	8,400,000
	합계	2,352,000	11,760,000	23,520,000
이중버블시트에 의한 단열보온양생	단가 (㎡당)	1,000	1,000	1,000
	수량 (㎡)	1,500	1,875	2,250
	합계	1,500,000	1,875,000	2,250,000

※ 이중버블시트는 전용 10회 가능(단, 1회사용시 5% 감가상각 발생 가정)

3.4 경제성 분석

표 4는 제트히터를 이용한 가열보온양생공법과 이중버블시트에 의한 단열보온양생공법에 대하여 공법에 소요되는 자재비를 비교한 것이다.

이중버블시트를 이용한 단열보온양생공법은 가장 많이 사용되고 있는 제트히터를 사용하는 가열보온양생과 비교하면 1회 사용(1500㎡ 기준)시 852,000원이 저렴하며, 전용이 가능하여 사용횟수가 증가할수록 소요비용이 매우 낮아지는 것을 알 수 있었으며, 당 현장에 본 공법을 적용하여 노무비 및 가설재에 소요되는 비용도 절감할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구의 한중매스콘크리트에 이중버블시트에 의한 단열양생공법을 적용함에 있어 결과를 분석한 것은 다음과 같다.

- 1) 타설된 매스콘크리트의 중심부 최고온도는 34℃정도이며, 이때의 표층부 온도는 25℃정도로써 10℃미만의 온도차이가 발생하고, 이를 온도균열지수로 환산하면 1.5정도로 균열발생확률이 5%미만으로 내부 구속에 의한 수화열 균열은 발생하지 않은 것으로 사료되며, 양생 후 육안상 확인되는 균열은 발생하지 않았다.
- 2) 한중환경에서 이중버블시트를 이용하여 매스콘크리트의 표면단열양생을 실시할 경우 내, 외부 온도차 저감에 따른 균열저감효과와 콘크리트 표면의 초기동해를 효과적으로 억제시킬 수 있을 것으로 판단된다.
- 3) 매스콘크리트의 적산온도는 외기온보다 72~89 ° D-D정도 높게 나타나, 초기동해방지 및 강도확보면에서도 우수한 효과를 확인할 수 있었다.
- 4) 경제성 분석결과 이중버블시트에 의한 단열보온양생은 가열보온양생과 비교시 적용비용이 낮고, 전용이 가능해 횟수가 증가할수록 경제성측면에서 유리한 것으로 확인되었다.

종합적으로 본 이중버블시트에 의한 단열보온양생공법을 적용함으로써 수화열균열 및 초기동해를 방지할 수 있었으며, 경제적인 이점과 소요강도를 확보함으로써 한중매스콘크리트의 양호한 품질관리가 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. KS F 4009 ; 레디믹스트 콘크리트, 2004.
2. 한민철, 한천구 ; 기온과 콘크리트, 기문당, 2002. 2.
3. 한민철, 김현우, 김성수, 최강순, 한천구 ; 매스콘크리트의 한중시공에 관한 현장실험연구, 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 1999. 05
4. 청주대학교 건축재료시공연구실 ; 청주대학교 교양관 신축공사의 한중콘크리트 품질향상에 관한 연구, 2006. 7.
5. 한천구, 한민철 ; 적산온도방식의 콘크리트 강도증진 해석에 기인한 기온보정강도의 검토, 대한건축학회 논문집, Vol 11, No 11, 1999. 11.
6. 한국콘크리트학회 ; 콘크리트표준시방서, 2003
7. 한국콘크리트학회 ; 최신콘크리트공학, 2005. 02