

# 이중버블시트를 이용한 단열양생공법의 한중콘크리트 현장적용

## Field Application of Insulation Curing Method with Double Bubble Sheets Subject to Cold Weather

홍 석 민\*      백 대 현\*\*      김 종\*\*\*      전 충 근\*\*\*\*      한 민 철\*\*\*\*\*      한 천 구\*\*\*\*\*  
 Hong, Seak-Min      Baek, Dae-Hyun      Kim, Jong      Jeon, Chung-Kun      Han, Min-Cheol      Han, Cheon-Goo

### Abstract

This study investigated the results of insulation heat curing method using double layer bubble sheet in slab concrete and mass concrete in cold weather environment. First of all, when double bubble sheets are applied, it was shown that slab concrete was protected from early freezing by remaining between 6 and 15°C even in case outside temperature drops -9°C below zero until the 2nd day from piling, and in the case of mass concrete, with the maximum temperature difference between the center and surface less than 4°C, crack occurrence index was close to 2 and no hydration heat crack occurred by internal constraint. The insulation heat preservation curing method using the double bubble sheet applied in this field prevented early freezing owing to stable curing temperature management, deterring concrete strength development delay at low temperature, and obtained the needed strength. Also, it was proven that the method is highly effective and economic for cold weather concrete quality maintenance through curing cost reduction like construction period shortening and labor cost reduction, etc by reducing the process of temporary equipment installation and disassembling.

키 워 드 : 매스콘크리트, 수화열, 이중버블시트, 단열보온양생, 한중콘크리트, 온도이력  
 Keywords : Mass Concrete, Hydration Heat, Double Bubble Sheet, Insulation Curing, Cold Weather Concrete, Temperature

## 1. 서 론

국내 건설공사 현장에서 한중콘크리트 시공시 주로 사용되는 보온양생 방법은 가열설비 등을 이용하는 가열보온양생 방법과 내한제를 사용하는 방법 등을 들 수 있는데, 대부분의 현장에서는 가열보온양생에 중점을 두고 있는 실정이다.

그런데, 이러한 가열보온양생은 궁극적으로 경제성이 결여된다는 문제점과 콘크리트의 온도가 불균형하게 분포되는 문제점이 존재하며, 특히 한중환경에서 매스콘크리트의 양생시에는 콘크리트자체만의 높은 수화열에 더 가열을 하여 오히려 콘크리트의 품질에 악영향을 끼치게 된다.

일본과 같은 선진국의 경우 한중 시공시 단열보온 양생을 실시함으로써 구조체 자체의 수화열만으로 양생하여 소요강도를 발휘하는 방법이 시행되고 있으며 이에 대한 연구도 활발

하게 진행되고 있다. 반면에, 현재 우리나라에서는 단열보온양생에 대한 연구는 실험 단계의 연구만이 진행되고 있으며 실무에 적극 보급되고 있지는 않은 실정으로 우수한 품질과 양호한 시공성 및 월등한 경제성 확보 차원에서 단열보온양생방법의 실용화가 절실히 요구된다.

그러므로, 본 연구에서는 단열보온양생방법의 적극적 도입을 위하여 이중버블시트를 이용하는 방법으로 한중시공시 초기동해를 방지함과 동시에 초기에 강도를 발현시키는 단열보온양생공법을 현장 적용함으로써 이에 따르는 콘크리트의 제반물성 및 수화온도이력특성과 경제적인 측면 등의 검토를 통해 본 공법의 유효성을 평가하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 공사개요

본 공법을 적용한 청주 B건설공사현장의 공사개요는 표 1과 같고, 조감도는 그림 1과 같다.

### 2.2 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 2와 같다. 먼저, 배합사항으로는

\* 정회원, 청주대학교 건축공학과 석사과정  
 \*\* 정회원, 청주대학교 건축공학과 박사과정  
 \*\*\* 정회원, (주)선엔지니어링종합건축사사무소 연구원, 박사과정  
 \*\*\*\* 정회원, (주)선엔지니어링종합건축사사무소 연구원, 공학박사  
 \*\*\*\*\* 정회원, 청주대학교 건축공학부 전임강사, 공학박사  
 \*\*\*\*\* 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

설계기준강도 21MPa의 1수준에 대하여 목표 슬럼프 150±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 제조하였다.

표 1. 공사 개요

공사명	청주 B 신축공사현장
공사기간	2007년 9월 7일~2008년 12월 31일(16개월)
현장위치	충북 청주시 상당구 내덕동 461-1 외
대지면적	468,188 m <sup>2</sup>
연면적	19,636.03 m <sup>2</sup>
구조	철근 콘크리트 구조
규모	지하1층, 지상6층~지상10층, 3개동



그림 1. 청주 B 신축공사현장 조감도

표 2. 구조체 적용시공의 실험계획

배합 사항	설계기준강도(MPa)	21
	목표슬럼프(mm)	150±25
	목표공기량(%)	4.5±1.5
실험 사항	굳지않은 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬럼프</li> <li>공기량</li> <li>염화물량</li> <li>콘크리트온도</li> </ul>
	경화 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> <li>온도이력측정 (슬래브, 기초매트, 외기온)</li> <li>압축강도측정</li> <li>표준양생 (7, 28일)</li> </ul>

2.3 실험재료

사용 재료로서 콘크리트는 품질관리와 원활한 공급을 위해 인근 KS 업체 두 곳의 레미콘을 사용하였다.

또한, 본 연구에서는 매스콘크리트 및 슬래브콘크리트의 초기동해 방지, 설계기준강도 확보 및 공사비용 증가의 문제를 해결하고자 이중버블시트를 이용한 단열양생공법을 적용하는 것으로 하였는데, 이중버블시트는 단열에 효과적인 독립기포

층을 갖고 있는 버블시트를 이용하여 제작하였고, 일정한 간격으로 에어캡(Air Cap)이 형성된 PE시트 4겹 사이에 PE시트 1겹을 열용착하고, 테두리를 열처리 실링(Sealing)으로 마무리함으로써 구성되어지며, 단면구성과 작용원리는 그림 2와 같다.

이중버블시트의 구조 및 작용원리

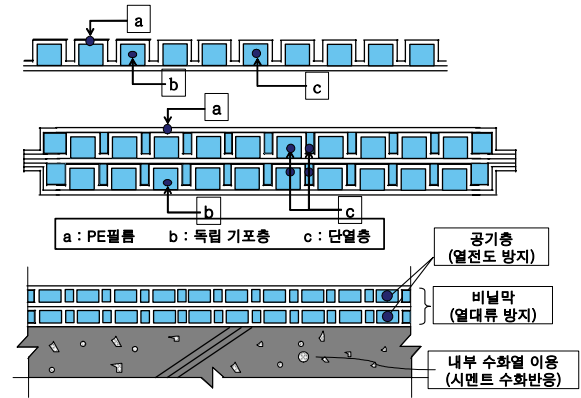


그림 2. 이중버블시트의 단면구성과 작용원리

2.4 실험방법

굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 압축강도 시험은 모두 KS 규정에 의거 실시하였으며, 온도이력은 센서를 타설 전에 매립하여 측정하였다.

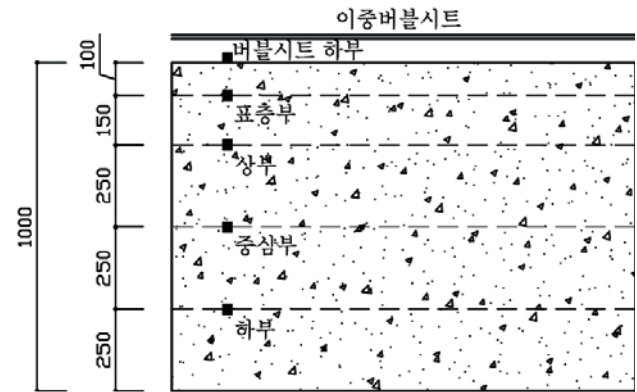


그림 3. 이중버블시트의 단면구성과 작용원리

매립 위치는 기초매트의 경우 그림 3과 같고 슬래브콘크리트의 경우는 타설구간의 중앙부와 단부에 설치하여 열악한 환경과 안정된 환경을 비교하였으며, 단면에서의 온도분포를 확인하기 위하여 상부(120mm) 하부(30mm)에 각각 설치하였다.

사진 1은 슬래브 및 기초매트콘크리트 타설 후 이중버블시트를 시공하는 모습이고, 사진 2는 이중버블시트의 시공이 완료된 후의 사진이다.



(슬래브)

(기초매트)

(슬래브)

(기초매트)

사진 1. 이중버블시트 포설 전경

사진 2. 시공 완료 전경

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지않은 콘크리트

굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 염화물량, 콘크리트 온도는 배합설계에 의해 모두 목표치를 만족시켰다.

#### 3.2 온도이력 특성

그림 4는 기초매트 콘크리트의 단면높이별 온도이력을 나타낸 것이다. 먼저, 온도이력 측정결과에 따르면, 콘크리트 온도는 타설 후 7시간 후부터 상승하기 시작하여 35시간전후에 최고온도를 나타내었는데, 이때 중심부의 최고온도는 23℃정도이며, 표층부 온도는 20℃정도로써 중심부와 표층부간 4℃미만의 온도차이가 발생하여 내부구속에 의한 수화열균열은 발생하지 않은 것으로 사료된다.

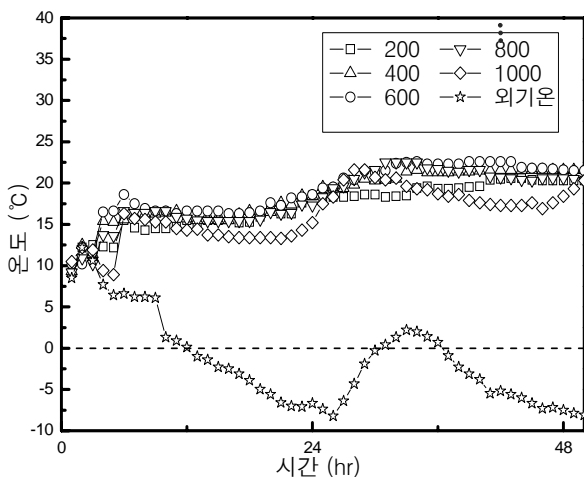


그림 4. 기초매트 콘크리트의 부위별 온도이력

한편, 이기간 동안 외기온도는 최저 -8.3℃까지 저하 하였으나, 콘크리트 표면의 온도는 18℃정도로 유지되어 콘크리트의 초기동해를 면할 수 있을 것으로 사료되며, 이는 이중버블시트의 우수한 단열 및 보온성능에 기인한 것으로 판단된다.

그림 5는 슬래브 콘크리트의 단면 위치별 높이에 따른 온도이력을 나타낸 것이다.

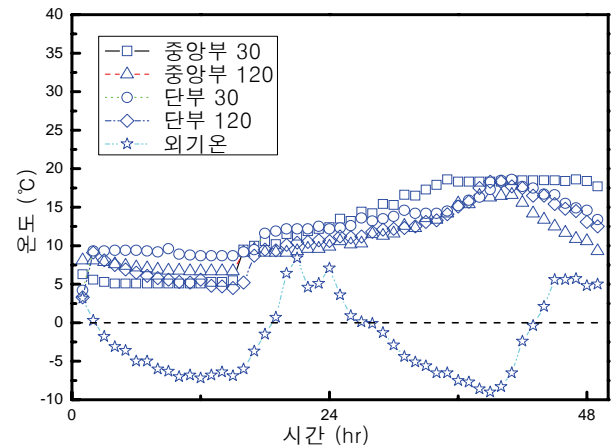


그림 5. 슬래브콘크리트 온도이력

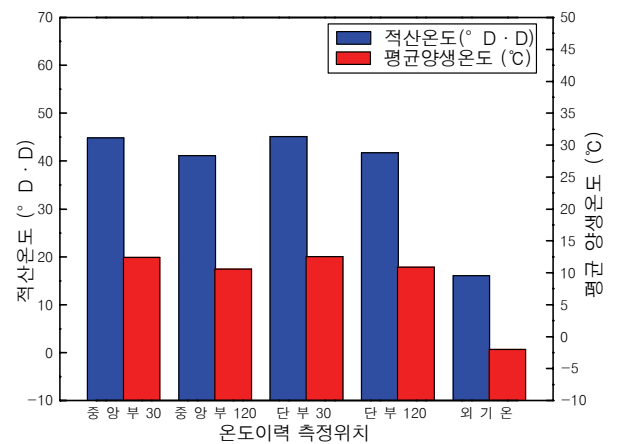


그림 6. 온도측정 위치별 적산온도 및 평균양생온도(2일간)

온도이력 측정결과, 재령 50시간까지 슬래브 콘크리트는 외기온이 최저 -9℃까지 저하하였지만, 이중버블시트를 이용하여 양생한 경우는 단열효과에 의하여 측정기간 동안 부위별로 차이는 있지만, 6~15℃정도의 양생온도를 확보함으로써 초기동해가 방지됨을 확인할 수 있었다.

그림 6은 초기 2일간 슬래브콘크리트의 온도측정 위치별 적산온도 및 평균양생온도를 나타낸 것이다. 먼저, 이중버블시트를 포설한 슬래브콘크리트의 위치별 적산온도는 41.1~45.6 °D

표 3. 보온양생 방법별 경제성 비교<1500㎡기준> (단위 : 원)

구분	제트히터에 의한 가열보온양생 (24시간 가동)				이중버블시트에 의한 단열보온양생		
	임대비(4대)	연료비	설치, 이동 및 유지비	합계	단가(㎡당)	수량(㎡)	합계
1회	600,000	912,000	840,000	2,352,000	2,000	1,500	3,000,000
6회	3,600,000	5,472,000	5,040,000	14,112,000	2,000	1,950	3,900,000

※ 본 경제성 분석은 자재비만을 고려함.  
 ※ 이중버블시트는 전용 10회까지 가능함.(단, 1회사용시 5% 감가상각 발생 가정)

·D로 나타났는데, 외기온의 적산온도가 16 °D인 것을 감안할 때, 슬래브콘크리트의 내부가 외기온보다 25.1~29.6 °D나 높은 적산온도를 확보할 수 있는 것으로 나타나 강도확보 측면에서도 이중버블시트의 우수한 효과를 확인할 수 있었다.

**3.3 경화콘크리트의 특성**

그림 7은 재령에 따른 표준양생 공시체압축강도를 나타낸 것이다. 압축강도는 재령 28일에서 모두 설계기준강도인 21MPa를 만족시켰다.

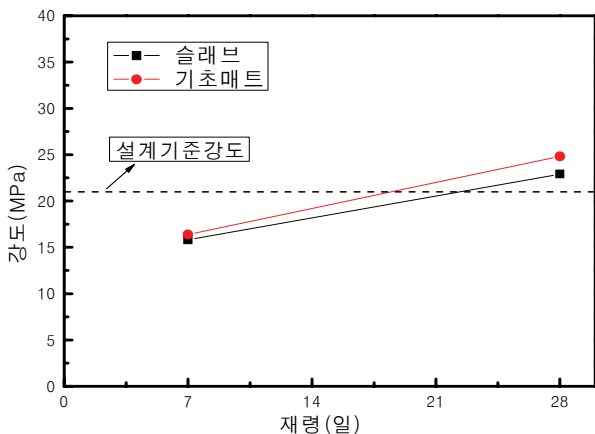


그림 7. 재령에 따른 콘크리트의 압축강도

**3.4 경제성 분석**

표 3은 제트히터에 의한 가열 보온양생 공법과 이중 버블시트를 이용한 단열 보온양생 공법간 자재비용을 비교한 것이다. 이중버블시트를 이용한 단열보온양생공법은 가열보온양생과 비교하여 1회 사용시 1,500㎡ 기준으로 648,000원이 높은 가격으로 나타났지만, 전용이 가능하여 사용횟수가 증가 할수록 소요비용이 매우 낮아지는 것을 알 수 있었으며, 가시설의 설치, 해체 공정이 줄어들어 우수한 공기단축 효과와 노무비등이 절감되어 충분한 경제성이 확보되는 것으로 나타났다.

**4. 결 론**

본 연구에서는 한중환경조건하에서 이중버블시트를 이용한

단열보온양생공법을 현장 적용한 결과를 검토하였는데 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 한중환경에서 이중버블시트를 포설한 매스콘크리트의 경우 최고온도 도달시점에서 표면과 중심부간의 온도차가 4℃ 이내로 거의 차이가 없는 것으로 나타나 온도차에 의한 내부구속 수화열 균열발생이 제어된다는 것을 알 수 있었다.
- 2) 이중버블시트를 포설한 슬래브 콘크리트는 타설 후 외기온이 -9℃인 경우에도 측정기간 동안 6℃~15℃이상을 유지하는 것으로 나타나 이중버블시트의 우수한 단열성능에 기인하여 초기동해가 방지됨을 알 수 있었다.
- 3) 이중버블시트를 이용한 단열보온양생공법은 가열보온양생과 비교하여 1회 사용시 1,500㎡ 기준으로 648,000원이 높은 가격으로 나타났지만, 전용이 가능하여 사용횟수가 증가할수록 소요비용이 매우 낮아지는 것을 알 수 있었으며, 가시설의 설치, 해체 공정이 줄어 우수한 공기단축 효과와 노무비등이 절감되어 충분한 경제성이 확보되는 것으로 나타났다.

**참 고 문 헌**

1. 김종백, 임춘근, 박구병, 김성수, 한천구; 한중시공시 단열양생공법 변화에 따른 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성, 대한건축사협회 춘계학술발표대회논문집, 제5권 제1호, pp.17~20, 2005.
2. 대한건축학회; 건축공사표준시방서, 1999.
3. 청주대학교 건축재료·시공연구실; 청주대학교 교양관 신축공사의 한중콘크리트 품질향상에 관한 연구, 2006. 7.
4. 한국 콘크리트학회; 최신 콘크리트 공학, 19973. 한민철, 김현우, 김성수, 최강순, 한천구; 매스콘크리트의 한중시공에 관한 현장실험연구, 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 1999. 05
5. 한국 콘크리트학회; 콘크리트 혼화재료, 1997.
6. 한민철, 한천구; 기온과 콘크리트, 기문당, 2002. 2.
7. 한천구, 한민철; 적산온도방식의 콘크리트 강도증진 해석에 기인한 기온보정강도의 검토, 대한건축학회 논문집, 1999. 11.
8. KS F 4009; 레디믹스트 콘크리트, 2004.