

이중 버블시트를 이용한 단열양생공법의 한중시공 적용 사례

Application of Insulation Curing Method with Double Bubble Sheets Subjected to Cold Weather

홍 석 민* 이 충 섭* 김 종** 전 충 근*** 한 민 철**** 한 천 구*****
Hong, Seak-Min Lee, Chung-Sub Kim, Jong Jeon, Chung-Kun Han Min-Cheol Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

This study reviewed the results of utilization 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 layer bubble sheets are applied, it was shown that slab concrete was protected from early freezing by remaining between 6 and 10°C even in case outside temperature drops 10°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 6°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.

요 약

본 연구는 한중환경에서 이중 버블시트를 이용한 단열보온 양생 공법을 슬래브 및 매스 콘크리트에 활용한 결과를 검토한 것이다.

먼저, 이중 버블시트를 적용한 경우 타설 후 2일까지 외기온이 영하9°C까지 강하하는 경우에도 슬래브콘크리트는 영상 6°C에서 10°C이상을 유지하여 초기동해가 방지됨을 알 수 있었고, 매스콘크리트의 경우에는 중심부 최고온도와 표층부 최고온도차이가 6°C이하로 나타나 내부구속에 의한 수화열균열은 발생하지 않은 것으로 판단된다. 본 현장에 적용된 이중버블시트를 이용한 단열보온양생 공법은 동절기 영하에서도 안정된 양생온도 관리로 초기동해를 방지할 수 있었고, 소요강도를 확보할 수 있었다. 또한, 가시설의 설치 해체 공정을 줄여 공기단축 효과와 인건비절감등 양생비용의 감소로써 한중콘크리트의 품질확보에 우수한 효과가 있음과 동시에 단열 양생공법의 경제성이 입증되었다.

* 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

** 정회원, (주)선엔지니어링종합건축사사무소 연구원, 청주대 대학원 박사과정

*** 정회원, (주)선엔지니어링종합건축사사무소 책임연구원, 공학박사

**** 정회원, 청주대학교 건축공학부 전임강사, 공학박사

***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서론

한중콘크리트는 저온환경조건에서 시공하는 콘크리트를 말하는데, 일반적으로 한중콘크리트 시공시에는 초기동해 피해를 막기 위해 가열설비를 통한 가열보온양생이 주를 이루고 있으며, 배합 계획시의 강도 보정 고려, 콘크리트 동결온도를 낮추어 주는 내한제의 사용 등 부가적인 조치를 강구해야만 한다.

그런데 이는 공사비를 크게 증가 시키고, 시공자의 시공관리 소홀로 인한 콘크리트의 초기동해로 품질저하 등의 문제를 야기 시킬수 있어, 되도록 동절기에는 콘크리트의 타설을 피하려는 경향이 뚜렷하다. 이와 같은 한중콘크리트 공사의 문제점을 해결하기 위하여 본 연구팀에서는 콘크리트 내부에서 발생하는 수화열 발산을 억제하여 초기동해를 방지하고, 수분증발을 억제하여 소성수축균열의 방지 및 강도를 증진할 수 있는 이중버블시트에 의한 단열양생공법을 개발한 바있다.

따라서 본 연구에서는 이중버블시트를 이용한 단열보온양생공법을 실무에 적용하여 한중콘크리트의 제반물성과 온도이력에 대하여 검토하고, 경제성을 검토함으로써 본 공법의 효율성을 제시 하고자 한다.

2. 한중 콘크리트의 현장적용

2.1 현장개요

본 공법을 적용한 현장은 청주 A현장으로 표 1과 같고, 조감도는 그림 1과 같다.

표 1. 현장 개요

공 사 명	청주 A현장
공사기간	2007년 6월 ~ 2010년 6월 (착공후 36개월)
현장위치	충북 청주시 흥덕구 사직동 658번지 일대
대지면적	90,528m ² /178,502m ²
연 면 적	300,193m ² /602,400m ²
건축면적	14,328.5m ² /28,225.36m ²
구 조	철근 콘크리트 구조
규 모	1,832세대

2.2 실험계획 및 방법

구조체 적용에 대한 실험계획은 표 2와 같다. 배합사항으로는 설계기준강도 21MPa의 1수준에 대하여 목표 슬럼프 150±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 제조하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프, 공기량, 염화물량 및 콘크리트의 온도를 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도와 온도이력을 측정하였다. 사진 1~4는



그림 1. 청주 A현장 조감도



사진 1.슬래브 전경



사진 2. 버블시트 시공전경



사진 3. 기초매트 전경



사진 4. 버블시트 시공전경

콘크리트 타설과 버블시트 시공전경이다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

굳지않은 콘크리트의 특성으로써, 슬럼프, 공기량, 염화물량, 콘크리트 온도는 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 온도이력 특성

그림 1은 슬래브 콘크리트의 단면 위치별 높이에 따른 온도이력을 나타낸 것이다.

온도이력 측정결과, 재령 50시간까지 슬래브 콘크리트는 외기온이 최저 -9℃까지 저하하였지만, 이중버블시트를 이용하여 양생한 경우는 단열효과에 의하여 측정기간 동안 6℃에서 10℃이상의 양생온도를 확보함으로써 초기동해를 방지함을 확인할 수 있었다.

그림 2는 초기 2일간 슬래브콘크리트의 온도측정 위치별 적산온도 및 평균양생온도를 나타낸 것이다. 먼저, 이중버블시트를 포설한 슬래브콘크리트의 위치별 적산온도는 45.9~54.8 °D·D로 나타났는데, 외부의 적산온도가 16 °D·D인 것을 감안할 때, 슬래브콘크리트의 내부가 외기온보다 29.9~38.8 °D·D나 높은 적산온도를 확보할 수 있는 것으로 나타나, 강도확보 측면에서도 이중버블시트의 우수한 효과를 확인할 수 있었다.

그림 3은 기초 매트 콘크리트의 단면 위치별 높이에 따른 온도이력을 나타낸 것이다. 타설후 외기온도의 경우가 최저 -7℃였으며 이때 콘크리트의 표면부 온도는 12℃로 외기온과의 온도 차이를 19℃나 유지시켜 한중콘크리트 시공에 이중버블시트의 우수한 단열 및 보온성능을 확인할 수 있었다. 또한 최고온도 도달시 표면부와 중심부의 온도가 6℃이내로 균열발생지수가 2에 가깝게 나타나 내부구속에 의한 수화열 균열은 발생하지 않은 것으로 나타났다. 또한, 표면부의 육안 관찰결과 수화열에 의한 균열은 전혀 발견되지 않았다.

3.3 경화 콘크리트의 특성

그림 4는 재령에 따른 표준양생 공시체압축강도를 나타낸 것이다. 압축강도가 재령 28일에서는 모두 설계기준강도인 21MPa를 모두 만족시켰다.

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"> 슬럼프 공기량 염화물량 콘크리트 온도
	경화 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> 온도이력측정 (슬래브, 기초매트, 외기온도) 압축강도 -표준양생 (기초3, 7, 28일, 슬래브7, 28일)

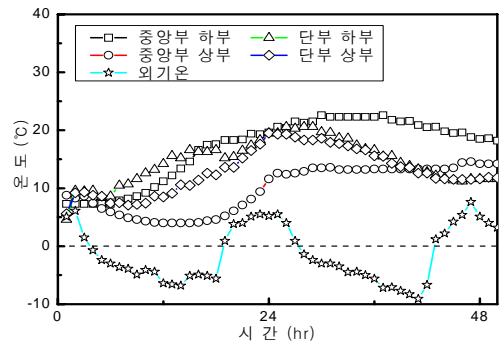


그림 1. 슬래브 콘크리트의 온도이력

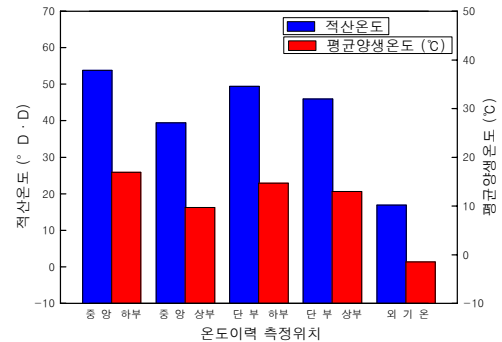


그림 2. 온도측정 위치별 적산온도 및 평균양생온도(2일간)

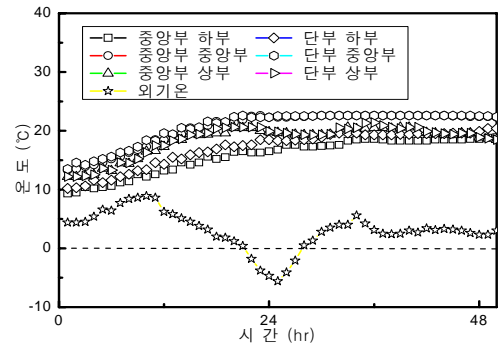


그림 3. 기초매트 콘크리트의 온도이력

3.4 경제성 분석

표 3은 제트히터에 의한 가열 보온양생 공법과 이중 버블시트를 이용한 단열 보온양생 공법간의 자재비용만을 비교한 것이다. 이중버블시트를 이용한 단열보온양생 공법은 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 줄어들어 우수한 공기단축 효과와 노무비등이 절감되어 충분한 경제성이 확보되는 것으로 나타났다.

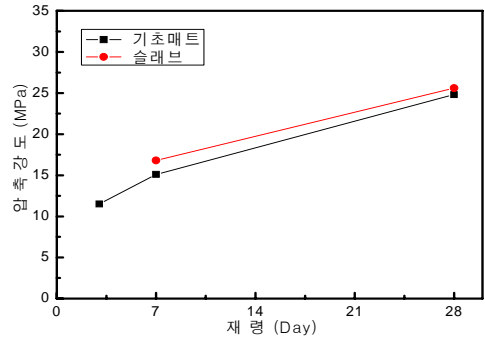


그림 4. 재령에 따른 압축강도

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.

4. 결론

본 연구에서는 한중환경조건하에서 이중버블시트를 이용한 단열보온양생공법을 현장 적용한 결과를 검토하였는데, 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

1) 이중버블시트를 포설한 슬래브 콘크리트는 타설 후 외기온이 -9℃인 경우에도 6℃에서 10℃이상을 유지하여 초기동해를 방지할 수 있었다. 매스콘크리트의 경우 표면과 중심부간의 온도차이가 거의 없어 온도차에 의한 수화열균열발생이 제어된다는 것을 알 수 있다. 외기 온도의 경우는 최저 -7℃였으며 이때의 표면부 온도는 12℃로 외기와의 온도차이를 19℃나 유지시켜 안정된 양생 온도 관리로 한중콘크리트 시공시 이중버블시트의 우수한 단열 및 보온성능을 확인할 수 있었고, 또한 경화 콘크리트의 표준양생 공시체는 설계기준강도를 모두 만족시켰다.

2) 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.

종합적으로 본 현장에 적용된 이중버블시트를 이용한 단열보온양생 공법은 안정된 양생온도 관리로 초기동해를 방지 하고, 온도차에 의한 수화열 균열발생을 제어하였고, 저온에서의 콘크리트 강도발현 지연을 방지하여, 소요강도를 확보하였다. 또한, 가시설의 설치 해체 공정을 줄여 공기단축 효과와 인건비절감등 양생비용의 감소로써 한중콘크리트의 품질확보에 우수한 효과가 있음과 동시에 단열 양생 공법의 경제성이 입증되었다.

참 고 문 헌

1. 황인성, 한천구 ; 레미콘 품질관리 실무, 기문당, 2005. 1.
2. 한민철, 한천구 ; 기온과 콘크리트, 기문당, 2002. 2.