

이중버블시트를 이용한 단열양생공법의 한중콘크리트 현장적용

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

홍 석 민* 이 일 선** 백 대 현*** 김 종**** 한 민 철***** 한 천 구*****
 Hong, Seak-Min Lee, Il-Sun Baek, Dae-Hyun Kim, Jong 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 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 5 and 10°C even in case outside temperature drops -11°C below zero until the 4nd day from piling. 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 : 수화열, 이중버블시트, 단열보온양생, 한중콘크리트, 온도이력
 Keywords : Hydration Heat, Double Bubble Sheet, Insulation Curing, Cold Weather Concrete, Temperature

1. 서 론

현대 건축물의 건설은 초고층화 및 대형화 추세에 따라 공기단축의 필요성이 강조되어 한중시공이 필수적인 것으로 받아들여 지고 있다.

그런데, 한중콘크리트 시공에는 많은 고려 요소 중 초기동해 방지와 연관한 초기양생이 중요한데, 그간 우리나라에서는 가설재를 이용하여 구조체 주위를 보양막으로 둘러싼 후, 그 내부공간을 가열설비 등으로 급열하는 공간가열 방법이 주가 되어왔다.

그러나, 이와 같은 공간가열 방법은 투입한 작업노력과 소요비용에 비해 비효율적일 뿐만 아니라, 화재위험, 탄산가스 발생에 의한 환경오염, 공기지연 등 많은 문제점을 내포하고 있다. 특히, 우리나라 서울지역인 경우 일평균 최저기온은 -5°C 정도로서, 콘크리트의 동결온도 -1.5°C 보다 3.5°C 정도의 차이로서 간단한 보온조치 만으로도 초기동해가 방지 될 수

있을 것으로 추측된다.

따라서, 본 연구팀에서는 상품포장용 에어캡(Air cap) 재료를 중간막으로 삽입하고 2중으로 열 융착한 이중 버블시트를 개발, 표면단열 보온양생방법으로 그 효율성을 입증한바 있다.

그러므로, 본 연구에서는 이와 같은 이중 버블시트를 이용하여 한중콘크리트 적용기간이 긴 강원도 화천의 A시설공사 현장에 단열보온양생공법을 적용함으로써 이에 따르는 콘크리트의 제반물성 및 수화온도이력특성과 경제적인 측면 등을 검토함으로써 본 공법의 유효성을 검증하고자 한다.

2. 현장적용 계획 및 실험방법

2.1 공사개요

본 공법을 적용한 대상 건축물은 강원도 화천군의 A시설공사 현장으로 공사개요는 표 1과 같고 조감도는 그림 1과 같다.

2.2 구조체 적용 시공의 실험계획

본 구조체 적용시공의 실험계획은 표 2와 같다. 먼저, 배합사항으로는 설계기준강도 21 MPa의 1수준에 대하여 목표 슬

* 정회원, 청주대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원, 청주대학교 건축공학과 석사과정

*** 정회원, 청주대학교 건축공학과 박사과정

**** 정회원, (주)선엔지니어링종합건축사사무소 연구원, 공학박사

***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 전임강사, 공학박사

***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

표 1. 공사 개요

공사명	화천 A 시설공사 신축공사현장
공사기간	2008년 10월 20일 ~ 2009년 12월 31일(14.5개월)
현장위치	강원도 화천군 상서면 신대리 소재
연면적	4,906 m ²
구조	철근 콘크리트 구조
규모	지상 3층, 1개동

럼프 120±25 mm, 목표 공기량 4.5±1.5 %를 만족하도록 레미콘을 제조하였다.

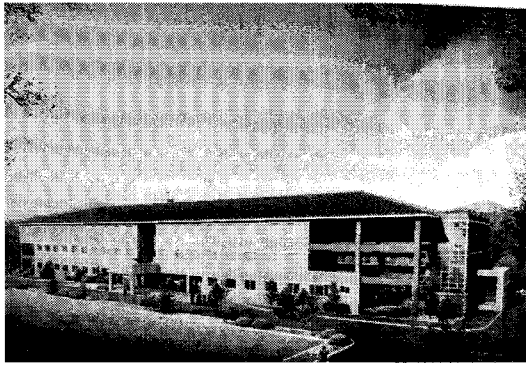


그림 1. 화천 A 시설공사 신축공사현장 조감도

2.3 사용재료

본 구조체 적용시공의 사용재료로써 콘크리트는 품질관리와 원활한 공급을 위해 인근 KS 업체 레미콘을 사용하였다.

또한, 본 연구에서는 슬래브 콘크리트의 초기동해 방지, 공사비용 절감을 해결하고자 이중버블시트를 이용한 단열양생공법을 적용하는 것으로 하였는데, 이중버블시트는 일정한 간격으로 에어캡(Air Cap)이 형성된 PE시트 4겹 사이에 PE시트 1겹을 열용착하고, 테두리를 열처리 실링(Sealing)함으로써 구성되어지며, 단면구성과 작용원리는 그림 2와 같다.

2.4 실험방법

굳지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 압축강도 시험 및

표 2. 구조체 적용시공의 실험계획

배합 사항	설계기준강도(MPa)	21
	목표슬럼프(mm)	120±25
	목표공기량(%)	4.5±1.5
실험 사항	굳지 않은 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> 슬럼프 공기량 염화물량 콘크리트온도
	경화 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> 온도이력 측정 (슬래브, 외기온) 압축강도 측정 표준양생 (7, 28일) 구조체 압축강도 비파괴 시험 (슈미트 햄머)

이중 버블시트의 구조 및 작용원리

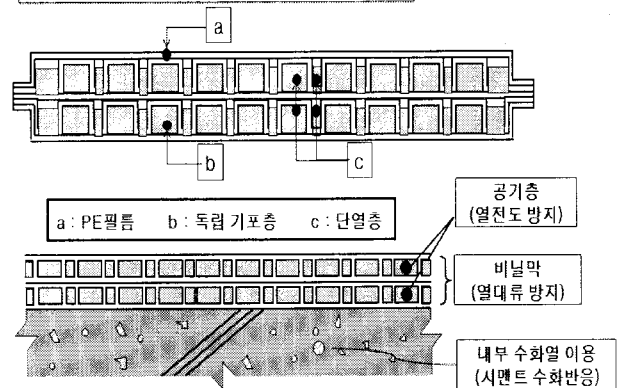


그림 2. 이중버블시트의 단면구성과 작용원리

비파괴 시험은 모두 KS규격의 표준적인 방법에 의거하여 실시하였으며, 온도이력은 열전대를 콘크리트 타설 전에 매립하여 측정하였다. 매립 위치는 슬래브 타설 구간의 중앙부와 단부에 설치하여 열악한 환경과 안정된 환경을 비교 하였으며, 단면에서의 온도 분포를 확인하기 위해 슬래브 (두께 150 mm)의 상부(120 mm)와 하부(30 mm)에 각각 설치하였다.

사진 1~4는 슬래브 콘크리트 타설 과정별 시공사진이다.

3. 현장적용 결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트

굳지 않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 염화물량, 콘크리트의 온도 등은 룯드별 샘플링검사의 규정에 따랐는데, 모두 목표치에 만족하고 있음을 확인하였다.

3.2 온도이력 특성

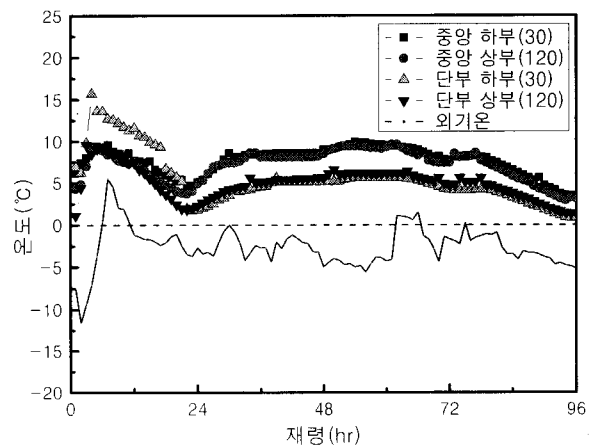


그림 3. 슬래브콘크리트 온도이력

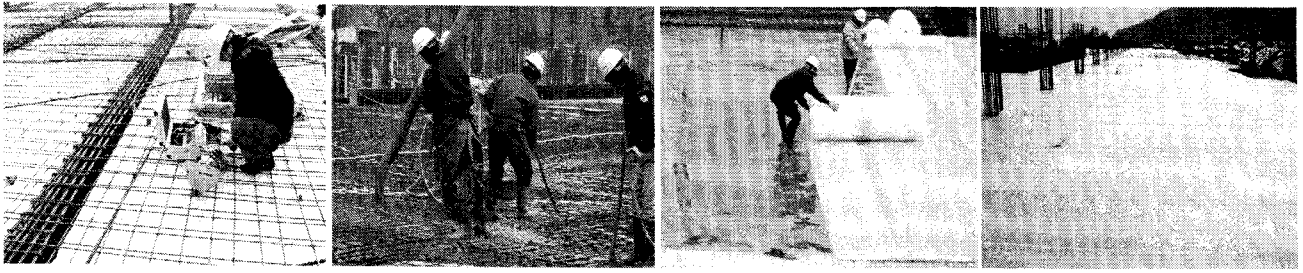


사진 1. 열전대 매립

사진 2. 콘크리트 타설

사진 3. 버블시트 포설

사진 4. 시공완료 후 양생

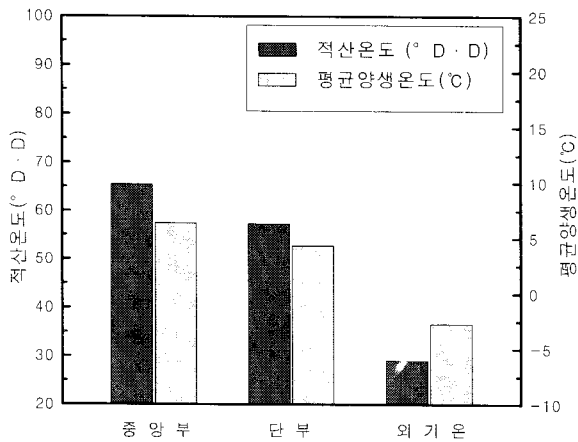


그림 4. 온도측정 위치별 적산온도 및 평균양생온도(2일간)

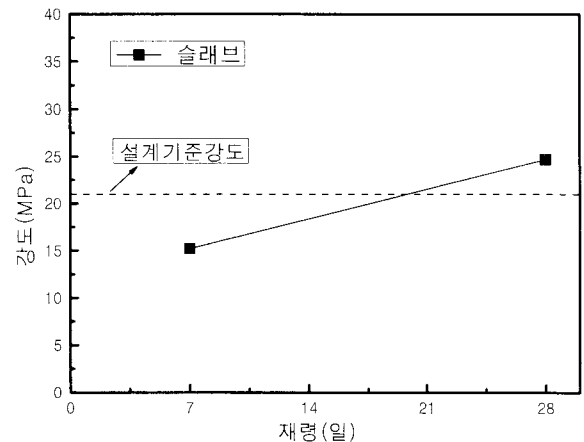


그림 5. 재령에 따른 콘크리트의 압축강도

그림 3은 슬래브 콘크리트의 단면 위치 및 타설 높이에 따른 온도이력을 나타낸 것이다.

온도이력 측정결과, 외부기온의 경우는 최저 -11 °C 까지 저하하였으나, 2중 버블시트를 포설하여 단열보온 양생한 경우는 측정기간 동안 부위별로 차이는 있지만 슬래브 콘크리트의 중앙부 및 단부의 경우 약 5~7 °C 로 나타나 초기동해가 방지됨을 확인할 수 있었다.

그림 4는 콘크리트 타설 후 4일간 슬래브 콘크리트의 온도 측정 위치별 적산온도 및 평균 양생온도를 나타낸 것이다. 먼저, 2중 버블시트를 포설한 슬래브 콘크리트의 적산온도는 57.2~65.4 °D·D로 나타났는데, 외부기온의 적산온도가 29.0 °D·D인 것을 감안할 때 슬래브 콘크리트 내부가 외부기온 보다 28.2~36.4 °D·D나 높은 적산온도를 확보할 수 있는 것으로 나타나 초기동해 방지 및 초기강도 확보 측면에서 2중 버블시트의 우수한 효과를 확인할 수 있었다.

3.3 경화콘크리트의 특성

그림 5는 재령에 따른 표준양생 공시체의 압축강도를 나타낸 것이다. 압축강도는 재령 28일에서 설계기준강도인 21 MPa를 상회하는 것으로 나타났다.

사진 5와 6은 슈미트 햄머에 의한 로트별 반발도 측정사진이다. 콘크리트를 타설한 대상 부재에 대하여, 압축강도 발현을 검토한 결과, 1로트의 경우 1회의 시험결과는 설계기준강도



사진 5. 슈미트 햄머에 의한 반발도 측정(1로트)

사진 6. 슈미트 햄머에 의한 반발도 측정(2로트)

21 MPa의 85 %인 17.9 MPa 를 모두 초과하고, 3회의 평균 추정 압축강도는 21.9 MPa 로서, 설계기준강도 21 MPa 를 상회하는 것으로 나타났고, 또한, 2로트의 경우도 각 회 시험결과 설계기준강도의 85 %이상을 모두 초과하고, 3회 시험 평균치가 22.9 MPa로서 설계기준강도를 상회하는 것으로 나타나, 1로트, 2로트의 모든 콘크리트 압축강도는 적절한 것으로 평가된다.

그러나, 벽체 부분의 압축강도 추정값이 부분적으로 설계기준강도보다 작게 나타나는 곳도 존재하였는데, 이는 콘크리트의 양생시기가 1월 초순부터 1월 말까지로 이기간의 기상청 자료를 인근 춘천의 기온을 적용 타설 일로부터 28일간 평균 기온을 조사하면 -4 °C 정도로서 충분한 성숙도를 발휘하지 못하여 강도가 낮아 졌음에 차후 시간이 경과하여 성숙도가 증가하면 설계기준 강도 이상 발현에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

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

시공 횟수	공사비(원)			비율(%)		
	2중 버블시트	갈탄	제트히터	2중 버블시트	갈탄	제트히터
1	4,240,000	4,602,900	5,272,000	100	109	124
2	5,510,000	7,135,800	8,474,000	100	130	154
3	6,780,000	9,668,700	11,676,000	100	143	172
4	8,050,000	12,201,600	14,878,000	100	152	185
5	9,320,000	14,734,500	18,080,000	100	158	194
6	10,590,000	17,267,400	21,282,000	100	163	201
7	11,860,000	19,800,300	24,484,000	100	167	206
8	13,130,000	22,333,200	27,686,000	100	170	211
9	14,400,000	24,866,100	30,888,000	100	173	215
10	15,670,000	27,399,000	34,090,000	100	175	218

※ 본 경제성 분석은 자재비 및 노무비를 포함한 1회 시공시(슬래브 면적 : 1500 m², 층고 4 m) 소요되는 비용으로 산출하였다.

3.4 경제성 분석

표 3은 갈탄과 제트히터에 의한 가열 보온양생 공법과 이중 버블시트를 이용한 단열 보온양생 공법간 소요비용을 비교한 것이다.

일반적으로 사용되고 있는 가열보온양생 방법 중 갈탄을 열원으로 사용한 경우는 버블시트를 이용한 경우의 공사비와 비교할 때 1회 시공시 9%가 증가되었고, 제트히터를 열원으로 사용한 경우는 24%가 증가되는 것을 알 수 있었다. 또한, 기존의 한중시공법의 경우, 버블시트를 이용한 단열보온양생 공법과 비교할 때 10회 시공시 1.8배, 2.2배의 공사비가 증가됨을 알 수 있었고, 사용횟수가 증가 할수록 소요비용이 매우 낮아지는 것을 알 수 있었는데, 가시설의 설치, 해체 공정이 줄어들어 우수한 공기단축 효과까지 포함하면 충분히 경제성이 확보되는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 저온이면서 긴 한중콘크리트 적용기간에 이중버블시트를 이용한 단열보온양생공법을 현장 적용한 결과에 대하여 검토하였는데 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 염화물량, 압축강도 등은 모두 목표치에 만족하는 것으로 나타났다.
- 2) 이중 버블시트를 포설한 슬래브 콘크리트는 타설 후 외부 기온이 최저 -11℃까지 저하한 경우에도 불구하고 초기 4일간 평균 양생온도는 약 7~9℃ 정도로 비교적 높은 온도를 확보함으로써 이중 버블시트의 우수한 단열 성능을 확인 할 수 있었다.
- 3) 온도측정 위치별 적산온도에서는 2중 버블시트를 포설하여 양생한 경우가 외기온 보다 28.2~36.4 °D-D 높은 적산온도를 확보하는 것으로 나타나 초기강도 확보측

면에서도 우수함을 확인할 수 있었다.

- 4) 이중버블시트를 이용한 단열보온양생공법은 가열보온양생과 비교하여 1회 사용시 1500 m² 기준으로 갈탄의 경우보다 9%, 제트히터의 경우보다는 24% 공사비가 감소하였고, 10회 반복시에는 75%와 118%의 감소효과가 있는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김성수, 최강순, 한천구 ; 매스콘크리트의 한중시공에 관한 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 1999. 05
2. 김종백, 임춘근, 박구병, 김성수, 한천구; 한중시공시 단열양생공법 변화에 따른 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 제5권 제1호, pp. 17~20, 2005.
3. 대한건축학회 ; 건축공사표준시방서, 1999
4. 청주대학교 건축재료·시공연구실 ; 청주대학교 교양관 신축공사의 한중콘크리트 품질향상에 관한 연구, 2006. 7.
5. 한국 콘크리트학회 ; 최신 콘크리트 공학, 19973. 한민철, 김현우,
6. 한국 콘크리트학회 ; 콘크리트 혼화재료, 1997
7. 한민철, 한천구 ; 기온과 콘크리트, 기문당, 2002. 2.
8. 한천구, 신동안 ; 한중콘크리트 시공시 표면 단열재 변화에 따른 콘크리트의 온도이력 및 강도발현 특성, 2006
9. 한천구, 한민철 ; 적산온도방식의 콘크리트 강도증진 해석에 기인한 기온보정강도의 검토, 대한건축학회 논문집, 1999. 11.
10. 한천구, 한민철, 김무한, 우리나라 건축공사의 한중콘크리트 적용기간 설정에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, Vol.12, No.11, 11. ACI 306 R-88, Cold Weather Concreting, 1988.
11. A. R. Collins, The Destruction of Concrete by Frost, Institution of Civil Engineers, 1944.
12. KS F 4009 ; 레디믹스트 콘크리트, 2004.