

양생온도 변화 및 버블시트 두께변화에 따른 콘크리트의 온도이력특성

Temperature History of Concrete Corresponding to Various Bubble Sheets Layer and Curing Temperature

홍 석 민* 백 대 현** 한 민 철*** 한 천 구****
 Hong, Seak-Min Baek, Dae-Hyun Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

In this paper, the temperature history and the strength development of concrete corresponded to various bubble sheets layer and curing temperature. Based on the results, In case of the test temperature of -5°C , concrete subject in the exposure condition, result in a frost damage at initial stage by a fall of below zero temperature. In case of the combination of PE film and non woven fabric was after 36 hour, and combination of bubble sheet over double, a tremendous insulating effect of bubble sheet over double is confirmed due to the temperature of concrete fall of below zero temperature after 60 hours. Meanwhile, regarding the -15°C of temperature, special measure for insulation curing is necessary to secure stability against early frost damage because frost damage was not affected by the lapping thickness of bubble sheet subjected to severe cold weather condition.

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

1. 서 론

현대 건축물은 초고층화, 대규모화 되어감에 따라 건설공기 단축이 중요한 사안으로 강조되어 연중 시공활동이 필수적으로 인식되고 있으며 이로 인한 동절기 한중 콘크리트 시공에 대한 중요성이 커지고 있다.

이러한 한중콘크리트 시공의 경우 초기동해 및 응결, 경화지연에 따른 강도발현 저하방지를 위한 보온양생과 배합계획시의 강도보정의 고려 등 부가적인 조치를 필요로 하는데, 이는 결국 공사비의 증대 혹은 시공관리의 소홀로 인한 품질저하 문제를 유발시켜 국내 건축공사 현장에서는 한중 콘크리트 시공을 기피하고 있는 실정이다.

그런데, 우리나라의 한중환경 기후조건은 기상청 통계자료에 의하면 중부지방의 경우 일평균 최저기온이 -5°C 전후로서 콘크리트의 동결온도가 -1.5°C 임을 감안할 때 콘크리트가 동결하지 않도록 하는 최소한의 보온대책만으로도 충분할 수 있음에도 불구하고 막대한 가시설과 자재비, 인건비 및 난방비등으로 인한 공사비의 낭비와 잘못된 양생관리로 인한 불균일한

온도 분포로 콘크리트의 균열 유발등 품질에 까지도 악영향을 미치고 있는 실정이다. 이와 관련하여 본 연구팀에서는 한중 콘크리트의 경제적 보온 양생을 위한 단열보온 양생 공법 개발의 일환으로 버블시트를 이용하여 콘크리트의 초기동해 방지 및 소요강도 발휘 효과를 확인한 바 있다.¹⁾

그러나, 우리나라 기후조건상 영하 10°C 이하의 극저온 환경에 노출되는 조건도 존재하므로 이경우의 버블시트의 효과를 검토할 필요성이 제기된다.

따라서, 본 연구에서는 극한의 온도조건을 포함한 양생온도 조건과 버블시트의 두께 변화에 따른 콘크리트의 온도이력과 강도 특성을 분석함으로써 극한 조건하한중환경에서의 버블시트의 효율성을 확인 하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 먼저 실험요인으로 W/C 50 % 1수준에 대하여, 목표 슬럼프 150 ± 15 mm, 목표공기

* 정회원, 청주대학교 건축공학과 석사과정
 ** 정회원, 청주대학교 건축공학과 박사과정
 *** 정회원, 청주대학교 건축공학부 조교수, 공학박사
 **** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

1) 김종백, 임춘근, 박구병, 김성수, 한천구, 한중시공시 단열양생공법 변화에 따른 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성, 한국건축시공학회 춘계학술발표대회논문집, 제5권 1호, pp.17~20, 2005.

량 4.5 ± 1.5 %를 만족하도록 배합설계 하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합 요인	W/C(%)	1	50
	목표슬럼프(mm)	1	150±15
	목표공기량(%)	1	4.5±1.5
	양생온도(°C)	2	-5, -15
단열 양생 요인	단열양생 방법	6	<ul style="list-style-type: none"> • 노출 • 비닐+부직포 • 1중 버블시트 • 2중 버블시트 • 3중 버블시트 • 4중 버블시트
실험 사항	굳지않은 콘크리트	2	<ul style="list-style-type: none"> • 슬럼프 • 공기량
	경화 콘크리트	3	<ul style="list-style-type: none"> • 온도이력 • 표준양생공시체 압축강도(7, 14, 28일) • 코어공시체 압축강도(7, 14, 28일)

한편, 양생온도는 -5°C, -15°C의 2수준으로 계획하였고, 단열 양생재와 버블시트의 종류로는 노출, 비닐+부직포, 1중 버블시트, 2중 버블시트, 3중 버블시트, 4중 버블시트의 6수준으로 실험계획 하였다.(사진 1참조)

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량단위 용적질량을 측정하고 경화 콘크리트에서는 온도이력과, 계획된 재령에서 표준양생 공시체와 코어 공시체를 채취하여 압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

2.2 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프 시험은 KS F 2402, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적질량 시험은 KS F 2409, 경화콘크리트의 실험으로 압축강도 시험은 KS F 2405, 코어공시체 압축강도 KS F 2422규정에 의거하여 실시하였다.

양생온도 및 단열양생방법 종류별 내부 온도 이력은 그림 1 및 2 와 같이 연속된 슬래브로 가정된 시험체(300×300×200 mm)를 제작하였다. 이때 측면은 슬래브가 연속된다고 가정하여 T=100 mm인 스티로폼으로 밀봉하였다. 내부에 콘크리트 수화온도 측정용 열전대를 미리 매립 한 후 온도 이력계를 이용하여 측정하였다.

이때, 각 시험체는 2수준의 양생온도에 7일간 양생한 다음, 이후 20±3°C의 기중에서 21일간 양생하였다. 이는 7일간의 양생조건이면 초기동해 피해의 최악의 설정 조건을 만족하고, 이후 정상적인 양생조건을 가정하여 피해를 검토하는 것으로 계획하였다.

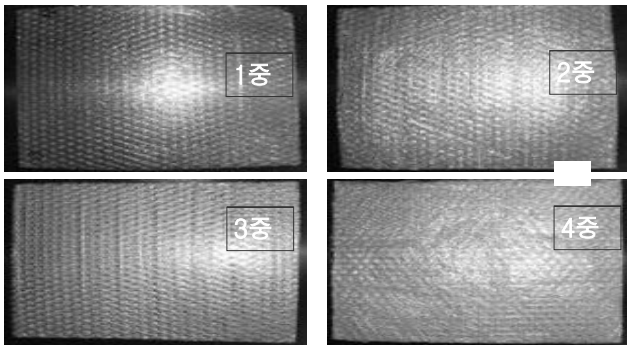


사진 1. 두께별 버블시트

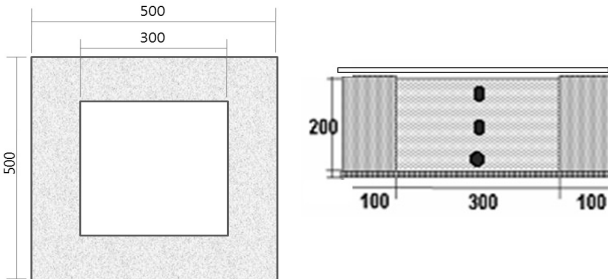


그림 1. 시험체 평면도

● 열전대 매립위치
그림 2. 시험체 단면도

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트

굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 콘크리트 온도는 배합설계에 의해 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 온도이력 특성

그림 3, 4는 -5°C 일정온도 조건과 -15°C 일정온도 조건 양생시트 변화에 따른 재령 7일간의 시간 경과에 따른 상부, 중심부 및 하부의 콘크리트 온도이력을 나타낸 것이다.

온도이력 측정결과, 각각의 표면 단열 양생방법 변화에 따라 표면, 중심부 및 하부간의 온도차가 거의 없는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 부재가 얇은 슬래브 두께로 가정하였기 때문이라고 사료된다.

먼저, -5°C의 일정온도 조건에서 양생방법 변화에 따른 온도이력으로써, 콘크리트 표면을 노출시켜 양생한 경우는 타설



사진 2. 콘크리트 타설



사진 3. 시험체 양생

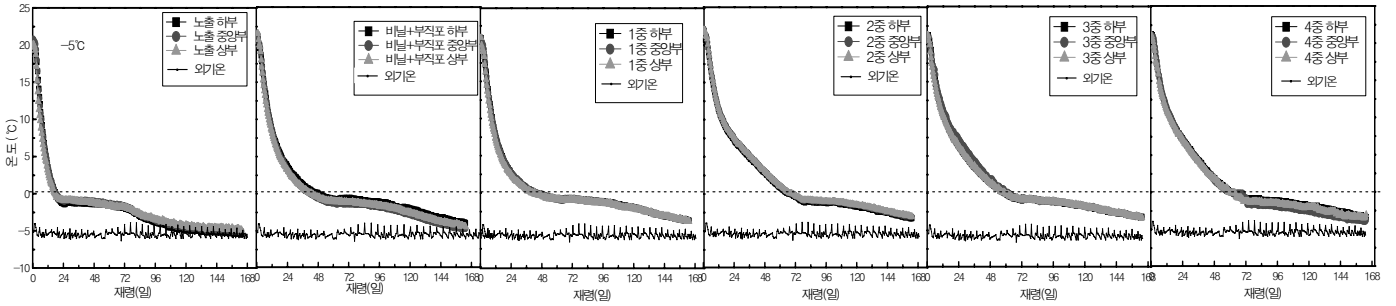


그림 3. -5°C 일정온도 조건 온도 온도이력

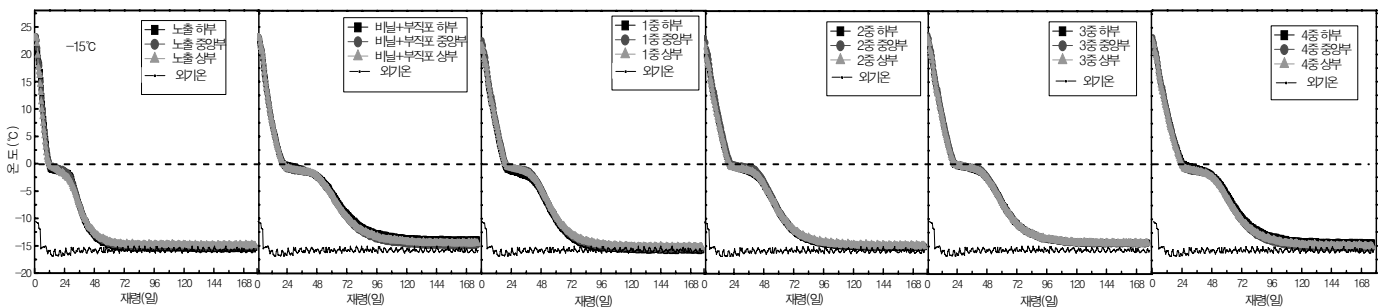


그림 4. -15°C 일정온도 조건 온도이력

후 시간이 경과함에 따라 콘크리트의 온도가 급속히 저하하여 콘크리트 타설 후 16시간 이후부터 0°C로 저하되어 초기 24시간 이전에 -1.4°C까지 저하하여 급격한 온도저하로 인한 초기 동해의 피해가 발생한 것으로 사료된다.

반면에, 비닐+부직포 조합으로 양생한 경우와 1중 버블시트로 양생한 경우는 약 36시간 후에 콘크리트의 온도가 0°C이하로 저하되어 콘크리트 표면을 노출시킨 경우와 비교하여 20시간의 단열효과를 보였으나 이후 낮은 외기온의 영향으로 콘크리트의 온도가 0°C 이하로 저하되는 것을 확인할 수 있었다.

한편, 2중, 3중, 4중으로 버블시트를 적층하여 양생한 경우는 타설 후 60시간이 지난 후에서 콘크리트의 온도가 0°C미만으로 저하되어 초기동해가 방지됨은 물론 비닐+부직포의 경우와 1중 버블시트와 비교하여 우수한 단열효과를 확인할 수 있었다. 또한, 버블시트의 두께 변화에 따른 영향으로 버블시트를 2중 이상으로 하면 적층 매수가 증가하여도 단열보온양생 효과에서 별다른 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

한편, 적산온도 및 평균양생온도의 경우도 2중, 3중 4중 버블시트의 경우가 다른 양생 방법과 비교하여 높은 적산온도와 평균양생온도를 확보하는 것으로 나타나 강도확보 측면에서도 우수한 효과를 나타내었다.

그러나, 극저온 조건을 가정한 -15°C 일정온도의 경우, 단열양생 방법 및 버블시트 두께변화에 관계없이 24시간 이전에 콘크리트 온도가 모두 0°C이하로 저하되어 단열양생방법의 효과가 미미한 것을 알 수 있었는데 이 경우 결국 초기동해의 피해

가 예상되므로 극저온 조건에서의 단열보온 양생에 대한 주의가 요구됨을 확인 할 수 있었다.

3.3 경화콘크리트의 특성

그림 5는 양생온도 및 단열양생방법 변화에 따른 재령별 코어공시체의 압축강도를 나타낸 것이다.

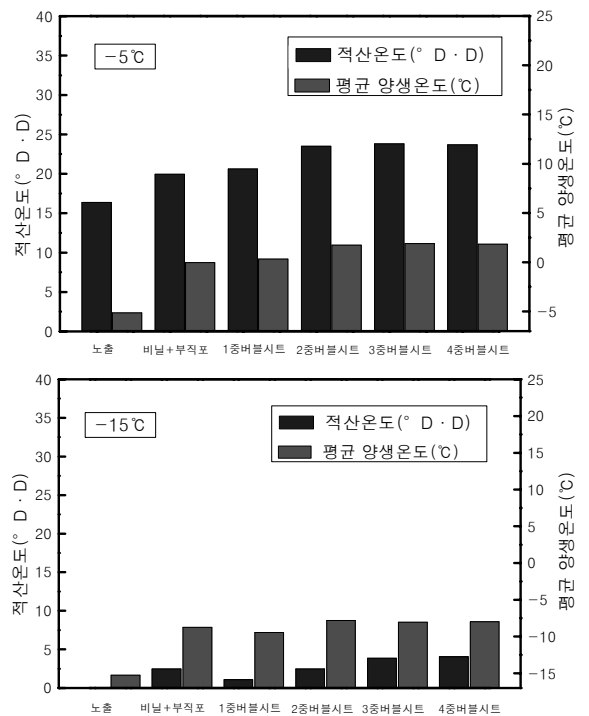


그림 5. 양생온도별 적산온도 및 평균 양생온도

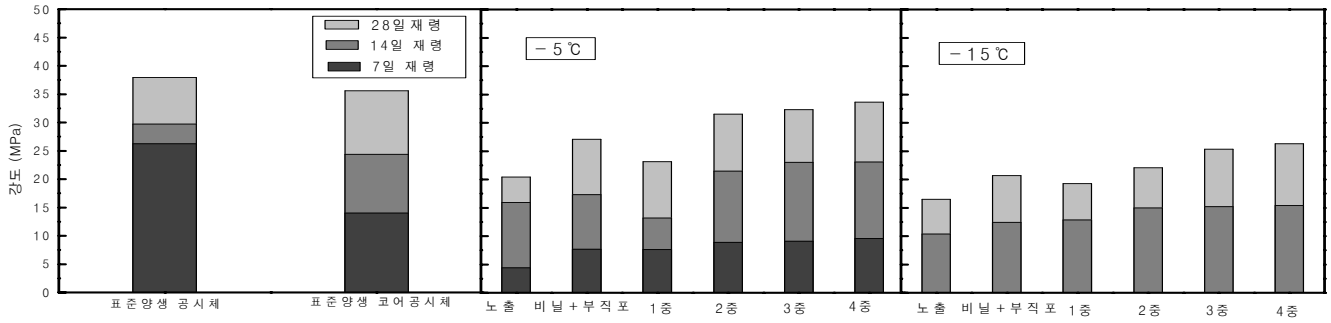


그림 6. 양생온도 및 양생시트 변화에 따른 압축강도

코어압축강도 측정결과 -5°C 일정온도 조건에서 노출의 경우 다른 단열양생 방법과 비교하여 강도 값이 크게 저하하는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 콘크리트 타설 후 초기 24시간 이전에 저온의 영향으로 초기동해의 피해를 입었기 때문으로 사료된다.

반면에, 단열양생 시트로 콘크리트 표면을 양생한 경우 1중 버블시트, 비닐+부직포, 2중, 3중, 4중 버블시트 순으로 강도 값이 크게 나타났는데, 이는 단열양생 방법별 각 양생시트의 양생효과에 기인한 적산온도의 높고 낮음에 의한 차이로 사료된다.

한편, -15°C 일정온도 조건의 경우 초기 24시간 이전에 콘크리트의 온도가 모두 0°C이하로 저하되어 초기동해의 피해를 입게 됨에 따라 재령 7일 코어시료 채취가 불가능하여 코어압축강도 측정은 불가 하였으며, 20±3°C의 온도에서 기중양생을 한 강도값에서도 -5°C 일정온도 조건과 비교하여 강도 값이 저하하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 극저온 조건을 고려한 버블시트 두께 변화에 따른 콘크리트의 온도이력 및 강도 특성을 검토하였는데, 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 단열양생방법 변화에 따른 콘크리트의 온도이력을 측정 한 결과 -5°C 일정온도 조건에서는 노출의 경우 초기 24시간 이전에 콘크리트의 온도가 0°C이하로 저하하였고, 비닐+부직포와 1중 버블시트의 경우 약 36시간 후에 0°C 이하로 저하되는 것을 알 수 있었으며, 2중이상의 버블시트 조합에서는 경우 약 60시간 후에 콘크리트의 온도가 0°C이하로 저하 되어 2중 이상 버블시트의 우수한 단열 성능을 확인 할 수 있었다.
- 2) 코어 압축강도 측정결과 -5°C 일정온도 조건에서 노출의 경우 다른 양생시트와 비교 강도 값이 가장 크게 저하하

여 초기동해의 피해를 입은 것으로 사료되며, 양생시트로 콘크리트 표면을 보양한 경우 1중 버블시트, 비닐+부직포, 2중, 3중, 4중 버블시트 순으로 강도 값이 크게 나타났는데, 각 양생시트의 단열효과에 기인한 적산온도 차이 때문이라 사료된다.

- 3) -15°C 일정온도 조건의 경우는 단열양생 방법과 버블시트 두께 변화와 관계없이 초기 24시간 이전에 콘크리트의 온도가 모두 0°C이하로 저하되어 초기동해가 발생되는 것으로 나타나, 재령 7일 코어시료 채취가 불가능하였으며, 20±3°C의 온도에서 기중양생을 한 강도값에서도 -5°C 일정온도 조건과 비교하여 강도가 저하하는 것으로 나타나 -15°C 온도조건의 경우 단열보온 양생에 대한 특별한 조치가 요구됨을 확인하였다.

이상을 종합하면, -5°C정도에서는 버블시트를 2중 이상으로 겹쳐 사용하면 우수한 단열보온 성능과 높은 적산온도를 나타냈으나, 극저온조건에서는 버블시트의 적층정도와 관계없이 콘크리트의 초기동해가 예상되므로 극한환경에서의 단열보온양생의 효과에 대한 추가적인 검토가 요구된다.

참 고 문 헌

1. 김정민, 원철, 김기철, 오선교, 한천구 ; 내한제 및 단열거푸집에 의한 한중콘크리트 시공의 효율화에 관한 기초적 연구, 한국 콘크리트학회 학술발표회 논문집, Vol 13, No 1, 2001
2. 김정민, 원철, 김기철, 오선교, 한천구 ; 한중콘크리트에 있어서 폐부동액을 이용한 내한제의 효율성에 관한 기초적 연구, 한국 콘크리트학회 학술발표회 논문집, Vol 13, No 1, 2001
3. 김정민, 원철, 이한주, 오선교, 한천구 ; 한중콘크리트용 단열거푸집의 개발에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제21권 제1호, 2001
4. 김종백, 임춘근, 박구병, 김성수, 한천구, 한중시공시 단열양생공법 변화에 따른 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성, 한국 건축시공학회 춘계학술발표대회논문집, 제5권 1호, pp.17~20, 2005.
5. 대한건축학회 ; 건축공사표준시방서, 1999
6. 한국 콘크리트학회 ; 최신 콘크리트 공학, 19973. 한민철, 김현우, 김성수, 최강순, 한천구 ; 매스콘크리트의 한중시공에 관한 현장실험연구, 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 1999. 05
7. 한국 콘크리트학회 ; 콘크리트 혼화재료, 1997
8. 한민철, 한천구 ; 기온과 콘크리트, 기문당, 2002. 2.
9. 한천구, 한민철 ; 적산온도방식의 콘크리트 강도증진 해석에 기인한 기온보정강도의 검토, 대한건축학회 논문집, 1999. 11.
10. KS F 4009 ; 레디믹스트 콘크리트, 2004.