

표면 양생시트 조합에 의한 서중콘크리트 표면온도 이력 비교

Comparison of Temperature History of Concrete with the Combination of the Various Surface Curing Sheets at Hot Weather Condition

이 주 석*
Lee, Ju-Suck

김 종 백*
Kim, Jong-Back

김 종**
kim, Jong

한 민 철***
Han, Min-Cheol

한 천 구****
Han, Cheon-Goo

Abstract

This study investigates the temperature history of slab mock-up specimens for hot weather concreting applying various surface insulating methods, in order to improve concrete quality at hot weather condition. Test showed that the use of insulating blanket or a bubble sheet on upper section of slab prevented from abrupt increase of temperature and vaporization of moisture during early curing at hot weather circumstance. In addition, it secured higher strength at early age. Therefore it is concluded that concrete construction insulating with the bubble sheet will reduce the plastic and drying shrinkage as well as improve strength at early age, thus securing concrete quality.

키 워 드 : 서중 콘크리트, 버블시트, 1중버블시트

Keywords : Hot weather concrete, Bubble sheet, One layer bubble sheet

1. 서 론

서중콘크리트 타설시 일반적으로 높은 기온, 낮은 상대습도 및 빠른 풍속이 복합적으로 콘크리트에 작용하여, 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 품질을 해치거나 콘크리트의 특성에 악영향을 줄 수 있다.

이러한 서중콘크리트의 품질하차로써 소성수축 및 건조수축 균열을 들 수 있으며, 이를 방지하기 위해서는 콘크리트 타설 후 부가적인 조치를 강구해야 함에도 불구하고, 대부분의 건설 공사 현장에서는 경제성만을 강조하여, 살수양생 및 폴리에틸렌 필름 등을 임시로 덮어 양생하고 있다. 그러나, 이러한 방법은 취급이 불편하고, 성능이 저하되며, 현장 전용성이 좋지 않은 문제점을 가지고 있어 서중환경 하에서 콘크리트의 균열방지 및 품질향상을 위한 보다 고성능, 고시공성 및 우수한 전용성을 갖는 서중콘크리트용 표면 양생방법의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 효율적인 서중콘크리트의 양생방법을 검토하기 위하여 슬래브 콘크리트 타설시 표면 양생 방법 변화에 따른 슬래브 콘크리트의 온도이력 및 강도발현 특성을 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 실험방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

먼저, 실험에 사용된 콘크리트는 호칭강도 24MPa로 계획하였고, 목표 슬럼프는 150 ± 25 mm, 목표 공기량은 $4.5 \pm 1.5\%$ 로 결정하였다. 표면양생재의 종류로는 현장에서 일반적으로 사용하는 양생방법인 노출, 폴리에틸렌 필름, 부직포, 폴리에틸렌 필름+부직포 조합의 4수준 및 본 연구에서 검토하고자 하는 버블시트, 1중버블시트, 2중버블시트, 3중버블시트, 4중버블시트 조합의 5수준 등 총 9수준으로 실험계획 하였다.

2.2 사용재료

먼저 사용재료로써 콘크리트는 청주지역 J사의 레미콘을 사용하였고, 레미콘 배합사항은 표 2와 같다. 사용재료로써 콘크리트는 청주지역 J사의 레미콘을 사용하였고, 레미콘 배합사항은 표 2와 같다.

레미콘의 사용재료로 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트(밀도 3.15g/cm^3 , 분말도 $3,346 \text{cm}^3/\text{g}$)를 사용하였다. 잔골재(밀도 2.58g/cm^3 , 흡수율 0.6%)와 굵은골재(밀도 2.68g/cm^3 , 흡수율 0.8%)는 충북 청원군 옥산산 강모래와 25mm 부순 굵은 골재를 사용하였으며, 혼화제는 국내산 AE 감수제 표준형(감수율 18%, 알칼리량 0.03kg/m^3 , 폴리카본산)을 사용하였다. 표면 양생재인 2중버블시트(열전도율 0.052 W/m·k)는 국내에서 시판되는 상품포장용 에어캡을 가공하여 사용하였다.

* 청주대학교 대학원 석사과정, 정회원

** (주)선ENG. 기술연구소, 연구원, 박사과정, 정회원

*** 청주대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사, 정회원

**** 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 정회원

표 1. 실험 계획

실험요인		실험수준	
배합요인	호칭강도	1	• 24MPa
	W/C (%)	1	• 48.5
	목표 슬럼프 (mm)	1	• 150±25
	목표 공기량 (%)	1	• 4.5±1.5
양생방법	표면양생방법	I	• 노출 • 폴리에틸렌 필름 • 부직포 • 폴리에틸렌 필름+부직포
		II	• 버블시트 • 1중버블시트 • 2중버블시트 • 3중버블시트 • 4중버블시트
실험사항	굳지않은 콘크리트	4	• 슬럼프 / 슬럼프 플로우 • 공기량 / 단위용적질량
	경화 콘크리트	2	• 온도이력 • 압축강도 - 표준양생 (2, 7, 28 일) - 구조체 압축강도 (2, 7, 28 일)

표 2. 레미콘의 배합사항

W/C (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	AE 감수제 (kg/m ³)	질량배합(kg/m ³)		
				C	S	G
48.5	189	48.3	2.5	296	680	938

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량 시험은 KS F 2421 단위용적질량 시험은 KS F 2409에 의거하여 실시하였고, 경화콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2405에 의거하여 실시하였다.

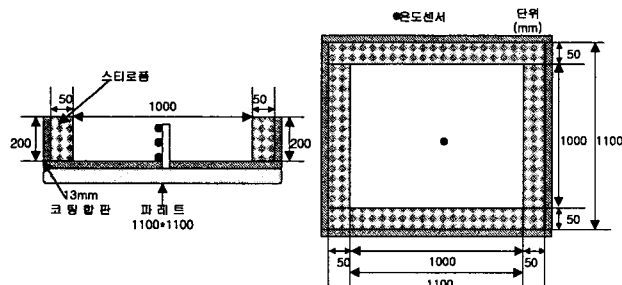


그림 1. 모의 시험체 평·단면도

모의부재 제작은 그림 1과 같이 실구조체 슬래브를 가정하여 13mm 합판으로 슬래브 두께 200 mm를 가정하여 1000 × 1000 × 200mm인 시험체를 제작하였는데, 이때 측면은 슬래브가 연속된다고 가정하여 T=50mm인 스티로폼으로 밀봉하였다.

양생조건은 서중환경으로써 가장 적합한 8월 첫째 주에 실시하였으며, 타설 종료 후 24시간 동안 온도이력을 측정하였다. 표면양생 종류별 내부 온도이력은 시험체의 표면, 중심부, 하부에 온도측정용(T-type) 열전대를 매입 후 자동온도 기록계로 기록하였다.

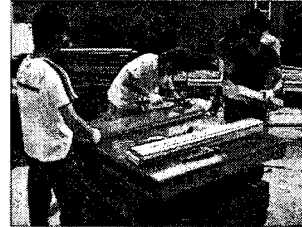


사진 1. 모의부재 제작

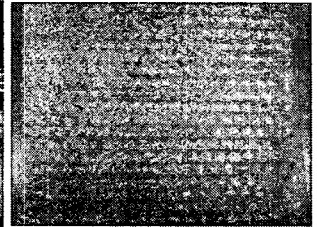


사진 2. 1중버블시트



사진 3. 콘크리트 타설

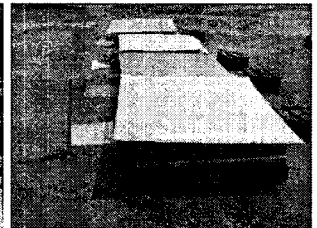


사진 4. 모의부재 양생

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않는 콘크리트의 특성

굳지 않는 콘크리트의 특성으로 배합 설계된 콘크리트의 슬럼프 및 공기량은 목표의 범위를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 온도이력 특성

그림 2는 슬래브 모의부재 표면양생 방법별 온도이력을 나타낸 것이다.

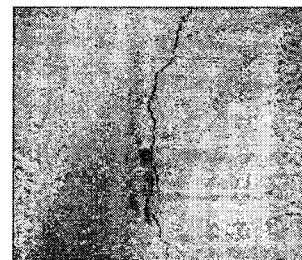


사진 5. 노출표면의 소성 수축 균열

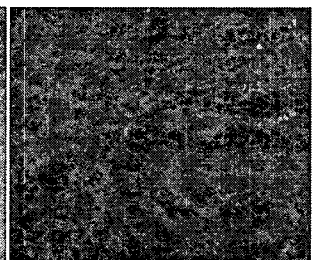


사진 6. 부직포양생의 표면성상

타설 당일 기상청 자료에 의하면 청주지역 최고 온도는 33.1℃를 나타냈고, 실험현장에서의 외부 온도 측정은 모의부재 환경과 동일한 조건하(직사일광 노출)에서 측정하였다.

먼저, 외기온은 콘크리트 타설 후 시간이 경과함에 따라 급속히 상승하여 4시간 이후 약 45℃까지 상승하였다. 하지만, 슬래브 I의 노출 및 부직포를 이용한 슬래브의 온도이력은 외기온과 달리 완만한 온도상승 경향을 보이고 있는데, 이는 노출

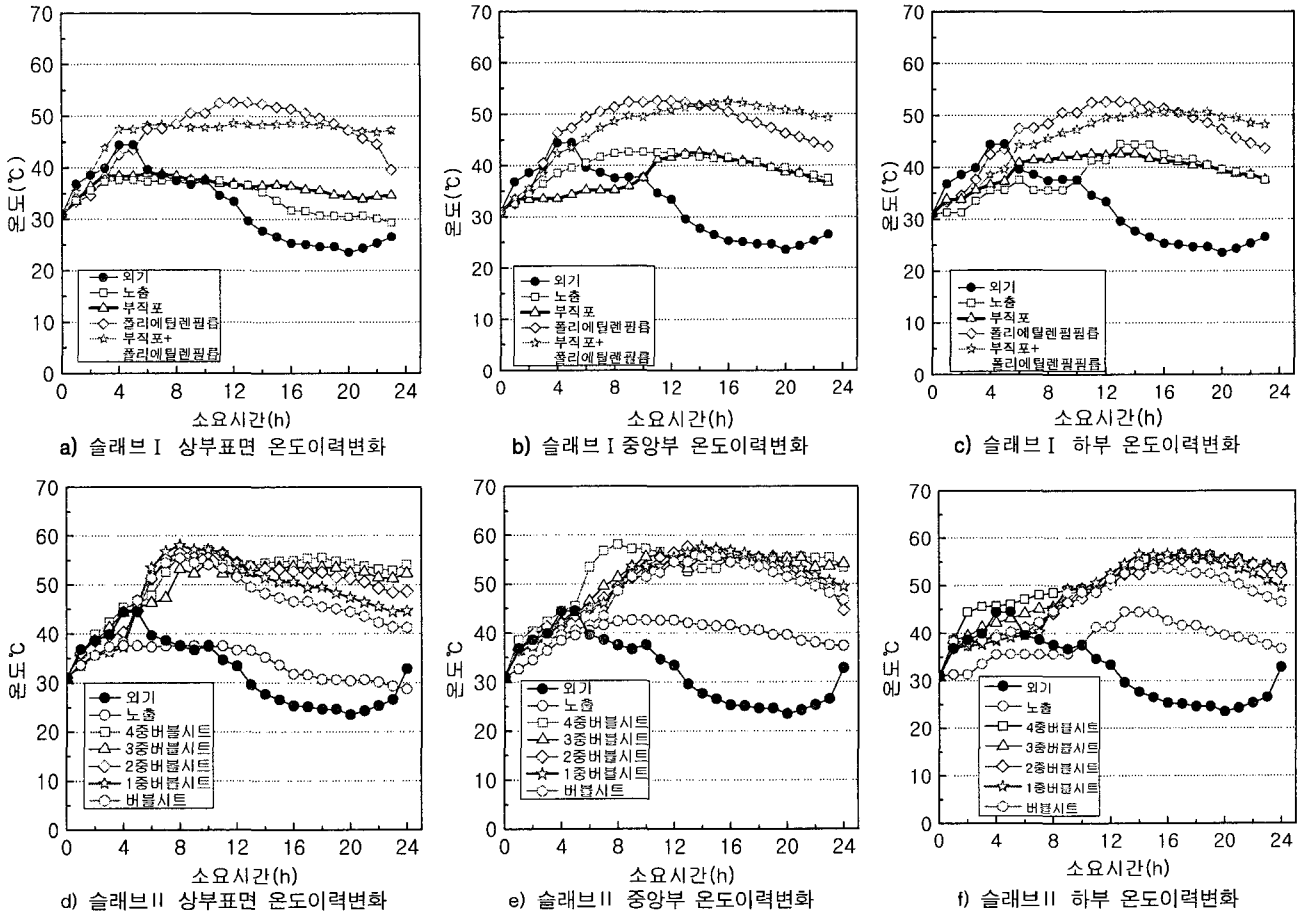


그림 2. 표면양생 방법별 슬래브의 온도이력

조건일 경우 바람의 영향으로 인하여 급격한 온도상승이 방지되었기 때문으로 사료된다. 그러나, 이러한 노출조건에서는 높은 외기온과 바람의 복합적인 영향으로 인하여 슬래브 표면에 소성수축 균열(사진 5)이 발생함을 확인할수 있었다.

또한, 부직포를 사용한 경우는 콘크리트 타설 후 표면에 발생하는 블리딩을 부직포가 흡수하여 습윤한 상태를 일정기간 유지하는 동시에 직사일광을 차단함에 기인하여 급격한 온도 상승이 방지된 것으로 판단된다. 그러나 슬래브 양생 후 부직포 제거시에 슬래브 표면과의 부착으로 인하여 제거에 어려움이 있는 동시에 이에 따른 표면성상 불량(사진 6)이 나타났다.

한편, 폴리에틸렌필름을 사용한 슬래브의 온도이력은 외기온 상승과 함께 급격한 온도상승을 보여주고 있는데, 이는 폴리에틸렌 필름이 직사일광을 그대로 투과하는 동시에 바람의 영향으로부터 슬래브 표면을 격리하여 온도가 상승한 것으로 사료된다. 또한, 폴리에틸렌필름+부직포를 조합한 슬래브의 온도이력은 외기온의 상승과 함께 지속적인 상승을 보여주고 있다.

위치별로는 슬래브 중앙과 하부의 온도이력도 약간의 차이는 있지만 상부표면 온도이력과 비슷한 경향을 나타냈다. 슬래브 II의 경우 상부표면의 온도는 단일버블시트와 1중 버블시트를 사용한 표면 양생의 경우는 온도이력은 타설후5시간 까지는 외기온보다 낮은 온도이력을 보이고 있다. 이는 타설 초

기에 버블시트의 단열성능 보다는 직사일광을 투과하는 성질과 블리딩 증발을 방지하는 성질이 동시에 작용하여 급격한 온도상승이 방지된 것으로 판단된다.

한편, 2중버블시트를 사용한 슬래브의 온도이력은 외기온의 상승과 함께 지속적인 상승을 보여주고 있는데, 이는 2중버블시트가 직사일광을 그대로 투과하는 동시에 바람의 영향으로부터 슬래브 표면을 격리하여 온도가 상승하는 것으로 사료된다.

또한, 3중버블시트를 사용한 슬래브의 온도이력은 외기온 상승과 함께 급격한 온도상승을 보여주고 있다. 이는 버블시트가 직사일광을 투과하는 성질과 3중버블시트의 단열성능이 동시에 작용하여 슬래브 온도가 상승하는 것으로 사료된다.

한편, 4중버블시트를 조합한 경우에도 3중버블시트를 조합한 경우와 같이 외기온 상승과 함께 급격한 온도상승을 보여주고 있다. 이는 버블시트가 조합될수록 단열성능이 높아짐에 따라서 온도가 상승하는 것으로 사료된다.

이상을 종합하면 서중콘크리트 타설시 높은 외기온, 낮은 상대습도 및 바람등으로 인한 콘크리트의 품질 하자가 예상될 경우 단일 버블시트, 1중버블시트를 사용한다면 콘크리트의 급격한 온도상승 방지 및 수분증발 억제로 인하여 소성수축 및 건조수축 균열을 방지하여, 양호한 콘크리트 품질을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

3.3 강도발현 특성

그림 3은 재령에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

압축강도는 전반적으로 표면양생재료를 사용한 경우가 표준양생한 경우보다 초기강도가 크게 나타났는데, 이는 초기온도가 높아짐에 따라 콘크리트의 초기수화열 증대 및 응결시간 단축의 영향으로 사료된다. 양생방법에 따른 압축강도는 4중버블시트, 부직포+폴리에틸렌필름, 3중버블시트, 2중버블시트, 폴리에틸렌 필름, 1중버블시트, 부직포, 버블시트, 노출 순으로 크게 나타났는데 이는 양생방법별로 초기 양생온도가 높아짐에 따라 콘크리트 수화반응 촉진에 의한 강도 상승이라고 사료된다.

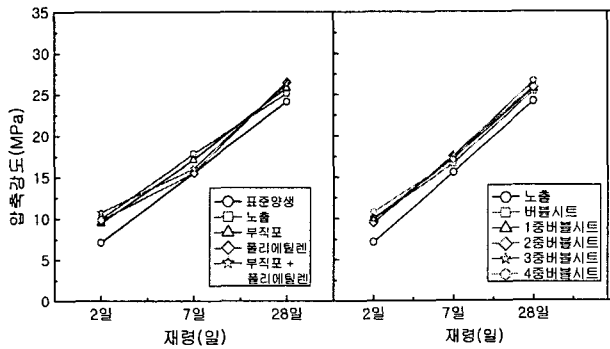


그림 3. 표면양생방법별 압축강도 특성

4. 결 론

본 연구에서는 서중환경 조건에서 효율적인 콘크리트의 표면양생방법을 검토하기 위하여 슬래브 콘크리트 타설시 표면양생 방법 변화에 따른 콘크리트의 온도이력 및 강도발현 특성을 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 서중환경 조건에서 표면양생재료 조합별 콘크리트의 온도이력을 분석한 결과 단일버블시트와 1중버블시트를 사용한 경우가 블리딩증발 방지효과로 인하여 초기에 외기온과 유사하거나 급격한 온도상승방지를 보이고 있으며, 이로 인한 소성수축 및 건조수축균열 방지에 효과가 있을 것으로 판단된다.
- 2) 표면양생재료 조합별 압축강도특성으로 표면양생재료를 사용한 경우 전반적으로 높은 온도이력에 기인하여 초기 압축강도가 표준양생 시험체 보다 높게 나타남을 알 수 있었는데, 특히 4중버블시트, 부직포+폴리에틸렌 필름을 조합한 경우가 가장 높은 압축강도를 보였다.

이상을 종합하면 시공편이성, 전용성 등을 고려해볼 때 서중 콘크리트 시공에서 효율적인 표면 양생재의 조합은 1중버블시트를 사용한것이 효과적인 것으로 사료되며, 이 경우 초기 건조 수축 균열 및 소성수축균열 방지는 물론 양생과정에서의 양호한 강도발현을 기대할 수 있어 실무조건에서 바람직한 양생방법으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 日本建築學會 ; 建築工事標準示方書·同解説(JASS-5,鐵筋コンクリート工事), 1997
2. 韓國建設技術研究院 ; 寒中 및 暑中콘크리트에 관한 研究, 1986
3. 申永千 ; 한중 및 서중콘크리트의 온도양생에 관한 연구.연세대학교 대학원 석사학위 논문, 1980
4. 日本建築學會 ; 콘크리트의 調合設計指針, 1994
5. 한민철, 한천구 ; 기온과 콘크리트, 기문당, 2002
6. ACI Committee 305. Hot Weather Concreting ACI Materials Journal. 1991
7. 日本建築學會 ; 暑中 콘크리트 施工指針 · 同解説, 1997
8. 한천구 ; 「서중콘크리트」 아세아 레미콘 기술교육, 1996
9. 日本土木學會 ; 콘크리트 標準示方書, 1991
10. American Concrete Institute "Hot Weather Concreteting". report by ACI Committee 305. ACI Manual of Concrete Practice vol. 1996
11. 한국콘크리트학회. "콘크리트표준시방서". 1999
12. 대한건축학회, "건축공사표준시방서". 1999
13. A. M. Neville, "Properties of Concrete", Pitman, 1984