

단열양생시트 종류 변화에 따른 한중콘크리트의 온도이력

Temperature History of Concrete at Cold Weather Depending on the Kinds of Insulating Sheet

전충근* 김 종** 신동안*** 오선교**** 한천구*****
Jeon, Chung-Keun Kim, Jong Shin, Dong-An Oh, Seon-Kyo Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

This paper is to investigate temperature history of cold weather concrete depending on insulation curing sheet kinds. Insulating effect according to curing sheet is shown in order of 5 layer bubble sheet, combination of PE form and 3 layer bubble sheet and 3 layer bubble sheet. It maintained above 10°C of minimum temperature until the completion of initial curing period when bubble curing sheet was supplied regardless of curing sheet kinds. Five layer bubble curing sheet secure higher curing temperature than any other curing sheet applied in this experiment by as much as 2~3°C, which performed remarkable insulation effect. Concrete applied with curing sheet secured above 65°D·D of maturity, at which concrete had 5MPa of compressive strength at 3 days.

1. 서론

오늘날의 건축시공은 공기 단축의 중요성이 강조됨에 따라 한중콘크리트의 필요성이 중요하게 부각되고 있다. 그런데 한중환경에서 아무런 대책없이 콘크리트를 타설하게 되면 타설 초기에 초기동해가 발생하게 되고, 응결 및 경화지연에 따른 강도발현 저하 등 많은 문제점이 발생하게 된다. 전술한 문제점을 해결하기 위하여 대부분의 건축공사 현장에서는 가열설비를 통한 가열보온양생을 실시하는 경우가 주를 이루는데, 이는 비경제성 및 비균일한 온도분포에 의한 양생 등의 문제점으로 대두되고 있다.

따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구팀에서는 구조체 자체의 수화열만으로 콘크리트를 양생하여 소요강도를 발휘하는 단열보온양생 방법의 효율성에 대한 일련의 연구를 진행한 바 있는데¹⁾²⁾, 특히 단열에 효과적이며 공기층을 갖고 있는 버블시트에 의한 단열양생 방법으로 콘크리트의 수화열을 유지시켜 초기동해를 방지함과 동시에 양생온도를 확보하는 공법을 개발한 바 있다.

그러므로, 본 연구에서는 본 연구팀에 의하여 개발된 한중콘크리트 단열보온양생공법의 효율성을 검증하기 위하여 실제현장에 타설된 한중콘크리트를 대상으로 제반 물성을 평가하고, 아울러 콘크리트의 온도이력에 대하여도 검토하고자 한다.

* 정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 건설기술연구소 책임연구원, 공학박사

** 정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 건설기술연구소 연구원, 청주대 박사과정

*** 정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 건설기술연구소 소장, 공학박사

**** 정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 대표이사, 공학박사

***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다.

먼저, 구조체용 콘크리트로서, 베이스 콘크리트는 설계기준강도 24MPa의 1수준에 대하여 슬럼프 80±2mm, 목표공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 제조하였고, 이를 슬럼프 150±25mm로 유동화 시키는 것으로 하였다.

실험사항으로 단열양생조건은 1중버블(3겹)시트, PE폼+1중버블(3겹)시트, 2중버블(5겹)시트의 3수준으로 하였다. 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량, 염화물량, 콘크리트 온도 및 응결시간을 측정하도록 하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도(구조체관리용, 표준양생)와 온도이력을 측정하였으며, 단열양생시트에 의한 양생은 타설 후 마무리 작업이 종료된 다음 실시하였다.

실험장소는 충북 청주시 청주대학교에 위치한 교양관 신축공사 현장으로 타설부위는 지하 1층 슬래브 부위로서, 타설량은 약 840m³로 계획하였다. 사진 1~3은 실험광경 및 현장전경을 나타낸 것이다.

2.2 사용재료

본 연구의 사용재료는 레미콘의 경우 충북 청주시에 소재한 A, B사 레미콘을 사용하였는데, 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트(밀도 3.15g/cm³, 분말도 3,265cm²/g)를 사용하였고, 골재로서 굵은골재(표준밀도 2.57g/cm³, FM 6.85)와 잔골재(표준밀도 2.57g/cm³, FM 2.86)는 충북 청원산 부순골재를 사용하였다. 혼화제로 AE감수제 및 유동화제는 나프탈렌계를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 베이스 콘크리트는 레미콘사의 배처플랜트에서 제조하는 것으로 하였고, 유

표 1. 실험계획

실험 요인	설계기준강도(MPa)		24
	슬럼프 (mm)	베이스 콘크리트	80±25
		유동화 콘크리트	150±25
	목표 공기량 (%)		4.5±1.5
실험 사항	단열양생 실험변수		· A : 1중버블(3겹)시트 · B : PE폼+1중버블(3겹)시트 · C : 2중버블(5겹)시트
	측정 항목	굳지않은 콘크리트	· 슬럼프 · 공기량 · 염화물량 · 콘크리트 온도 · 응결시간
경화 콘크리트		· 압축강도 -표준양생(3, 7, 28일) -구조체관리용 (1, 2, 3, 7, 28, 91일) · 온도이력*	

*온도이력 측정은 슬래브에서 단열양생시트 A,B,C에 대하여 실시한다.

표 2. 배합사항

구분	W/C (%)	단수 위량 (kg/m ³)	S/a (%)	유동화제 혼입률 (C×%)	AE 감수 제 (%)	질량배합 (kg/m ³)		
						시멘트	모래	자갈
A사	48.3	162	48.2	0.4	1.68	335	869	959
B사	49.2	162	48.1		2.30	329	868	969



사진 1. 콘크리트 품질시험

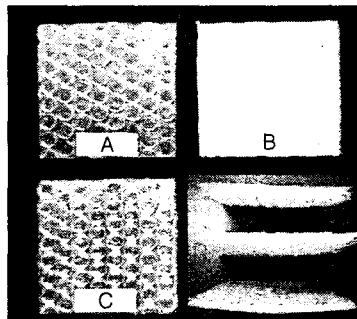


사진 2. 단열양생시트 종류

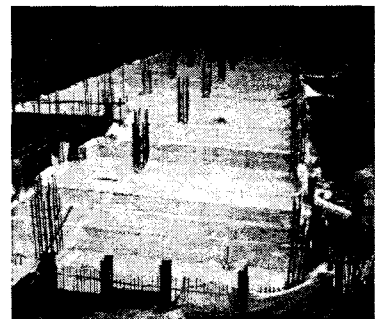


사진 3. 단열양생시트 시공완료 전경

동화 방법은 현장에서 첨가하고 현장에서 유동화하는 것으로 하였다. 굳지않은 콘크리트의 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421, 염화물량 KS F 4009 부속서 1의 규정에 따라 실시하였으며, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 관입저항 시험방법으로 실시하였다. 경화 콘크리트의 압축강도는 KS F 2405의 규정에 따라 실시하였으며, 온도이력은 온도 측정용 열전대를 슬래브에 매입한 후 데이터 로거를 이용하여 1시간 간격으로 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 기초적 특성

베이스 콘크리트와 유동화 콘크리트는 모두 목표로 한 슬럼프, 공기량, 염화물량 및 콘크리트 온도를 만족하는 것으로 나타났고, 응결시간은 그림 1에서처럼 A사의 종결시간이 약 12.5시간으로 나타나 B사의 15시간 보다 약 2.5시간 정도 빠른 것으로 나타났다.

3.2 압축강도 특성

그림 2는 재령경과에 따른 표준양생 공시체와 구조체 관리용 공시체의 압축강도를 나타낸 것이다. 전반적으로 표준양생공시체의 압축강도가 구조체관리용 공시체의 압축강도보다 큰 것으로 나타났는데, 이는 공시체가 받은 양생온도이력의 차이에서 기인된 결과로 판단된다. 또한, 유동화 후의 압축강도는 유동화전보다 약간 큰 것으로 나타났다.

한편, 구조체관리용 공시체의 경우 초기동해를 면하는 5MPa의 압축강도는 대략 재령 3일 이후에 발휘되는 것을 알 수 있었으며 재령 28일경에 설계기준강도를 확보하는 것으로 나타났다.

그림 3은 표준양생 공시체의 적산온도경과에 따른 압축강도증진 경향을 로지스틱 모델식을 이용하여 나타낸 것으로 대략 65. D·D에서 5MPa를 확보함을 알 수 있었고, 전반적으로 해석 모델이 압축강도를 잘 추정하는 것을 알 수 있었다.

3.3 단열양생시트 종류 변화에 따른 온도이력

그림 4는 단열양생시트의 종류별 슬래브 콘크리트의 온도이력을 나타낸 것이다. A인 1중버블(3겹)시트의 경우는 최초 15.6℃에 타설되어 10시간까지 온도가 약 12℃까지 저하한 후 시멘트 수화열에 의해 온도가 약 12~13℃로 유지되었으며, 30시간 경과후

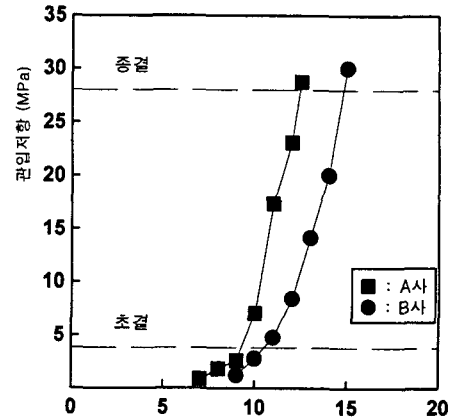


그림 1. 레미콘 제조사별 경과시간에 따른 관입저항

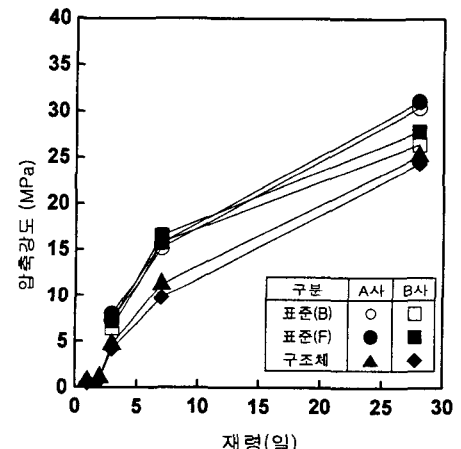


그림 2. 표준양생 및 구조체 관리용 공시체의 압축강도

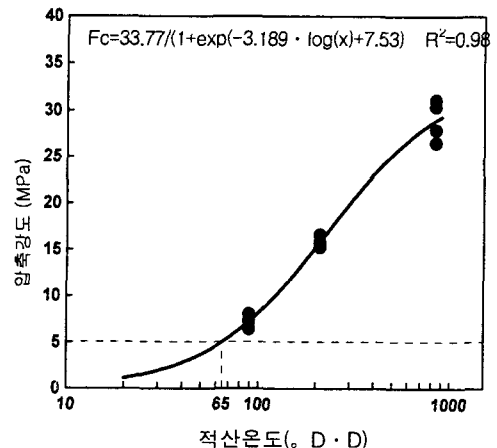


그림 3. 로지스틱 모델에 의한 강도증진 해석

최고온도 20℃를 나타내었는데, 이는 단면이 비교적 얇은 슬래브 콘크리트의 온도가 외기온에 민감하게 변동함에 기인된 것으로 사료되어, -3℃이하의 동결 작용기에 1중버블(3겹)시트의 사용은 슬래브 콘크리트에 대한 단열효과가 적을 것으로 판단된다. B인 PE폼+1중버블(3겹)시트는 A와 유사한 경향을 보였으나, 비교적 외기온 변동에 둔감하게 반응하는 것으로 나타났다. 단, C인 2중버블(5겹)시트에 의한 경우는 타설 직후 12시간까지 온도가 저하한 후 수화열에 의해 온도가 상승하는 것으로 나타났으며, 여타의 경우보다 약 2~3℃정도의 높은 양생온도를 확보할 수 있는 것이 확인되었다. 또한 콘크리트 타설후 단열양생시트를 제거하기 전 61시간까지 양생온도 11℃ 이상을 유지함으로써 높은 단열성능을 확인할 수 있었다.

그림 5는 단열양생을 실시한 3일간의 적산온도 및 이를 그림 3의 로지스틱 모델식에 적용하여 양생종료 시점에서의 예상 압축강도를 막대그래프로 나타낸 것이다. 먼저 양생종료까지의 적산온도는 외기온도의 경우 32.5. D·D로 나타났고, 단열양생시트를 사용한 콘크리트의 경우 단열효과 차이에 의하여 67.8, 68.1, 71.7. D·D로 나타나 C인 2중버블(5겹)시트가 가장 높은 적산온도를 기록하는 것으로 나타났다. 예상 압축강도의 경우 그림 3의 결과를 토대로 전반적으로 65. D·D이상 일 때 5MPa를 발휘하는 것으로 나타났는데, 모두 65. D·D이상의 적산온도를 기록하므로써 초기동해를 방지할 수 있는 것으로 분석된다.

4. 결론

본 연구에서는 에어캡을 이용한 효율적인 한중콘크리트용 단열양생공법의 현장적용성을 검토하기 위한 일련의 현장실험을 진행하였는데, 그결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 단열양생시트의 종류별 온도이력을 측정된 결과 C인 2중버블(5겹)시트, B인 PE폼+1중버블(3겹)시트, A인 1중버블(3겹)시트 순으로 단열효과가 양호 것으로 나타났는데, A와 B는 큰 차이가 없는 것으로 분석되었으나, C는 여타의 경우보다 2~3℃ 높은 양생온도를 확보할 수 있는 것으로 나타났다.
- 2) 단열양생시트를 이용하여 초기단열보온양생을 적용한 결과 양생종료시점인 3일에서 A, B, C 모두 65. D·D이상의 적산온도를 확보하여 초기동해를 방지할 수 있는 5MPa를 확보할 수 있었다.

참고문헌

1. 신동안, "한중 콘크리트용 내한제 및 단열거푸집 시공법 개발" 청주대학교 대학원 박사학위논문 2006. 2
2. 김종백, 임춘근, 한민철, 김성수, 한천구, "한중시공시 단열양생 방법 변화에 따른 데크플레이트 슬래브 콘크리트의 온도이력 특성" 대한건축학회 학술발표대회논문집 제25권 제1호, 2005. 10

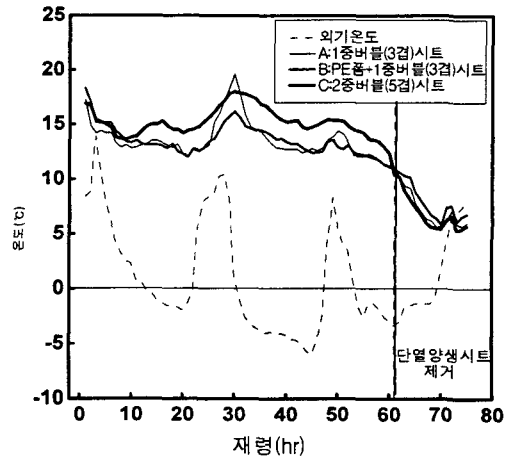


그림 4. 단열양생시트 종류별 온도이력

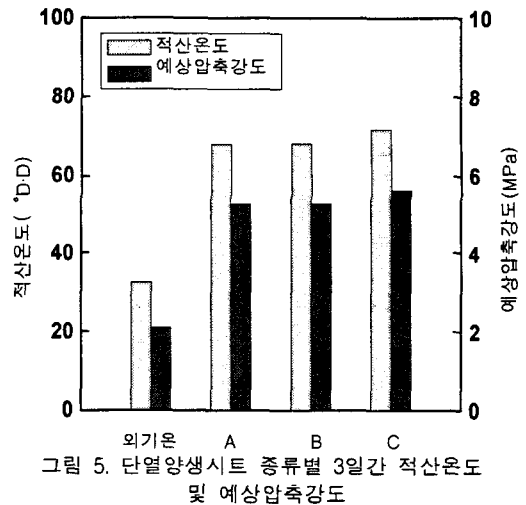


그림 5. 단열양생시트 종류별 3일간 적산온도 및 예상압축강도