

초지연제의 응결시간차를 이용한 매스 콘크리트의 수화열 저감을 위한 현장 적용

Field Application of Mass Concrete Using Setting Time Difference of Super Retarding Agent for Reduction of Hydration Heat

전 충 근* 심 보 길** 손 성 운*** 신 동 안**** 오 선 교***** 한 천 구*****
 Jeon, Chung-Keun Sim, Bo-Kil Son, Sung-Un Shin, Dong-An Oh, Seon-Gyo Han, Cheon-Goo

Abstract

In this paper, field application of mass concrete using setting time difference of super retarding agent is reported to reduce hydration heat of concrete placed at newly constructed apartment house in Busan. Horizontal placing lift is applied. According to test results, slump and air content meets the requirement of target values. For compressive strength, it exceeds the nominal strength ordered by the customer. Compressive strength of concrete cured in place is achieved more than the values of nominal strength at 14days. For temperature history, maximum temperature of center at top section shows 58.5°C, and at bottom section, 62.6°C. According to naked eye's investigation, no hydration heat crack is observed at the surface of concrete.

키 워 드 : 초지연제, 응결시간차, 매스콘크리트, 수화열

Keywords : Super Retarding Agent, Setting Time Difference, Mass Concrete, Hydration Heat

1. 서 론

최근, 국내에서 시공되어지고 있는 초고층 건축물의 기초 매트 구조물은 두께가 매우 두꺼운 매스 콘크리트로 되는 경우가 많아지고 있다.

이러한 초고층 건축물에서 매스 콘크리트의 시공시에는 수화열에 의한 온도균열 발생 문제가 매우 중요시되어 반드시 해결하여야만 하는 과제로 대두되고 있다.

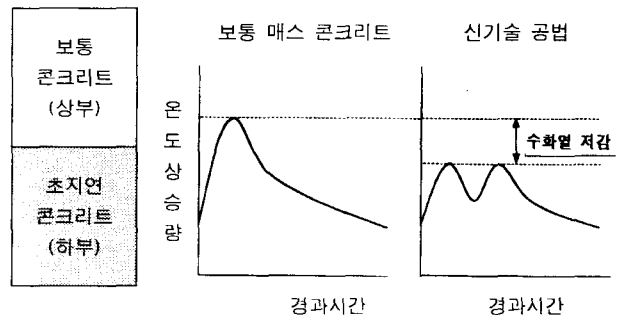
매스 콘크리트의 온도균열을 제어하기 위한 방법으로는 저발열 시멘트의 사용, 혼화재의 치환, 프리 쿨링 방법, 파이프 쿨링 방법 및 수평분할 타설 등이 활용되고 있으나, 비교적 고가이고, 공기가 지연되는 등의 단점이 있다.

따라서, 매스 콘크리트 구조물에서 발생하는 수화열을 효과적으로 저감하고, 공기지연 없이 저렴한 비용으로 가능하게 하기 위하여 신기술 353호 “백설탕, PEO 증점제, AE제를 일정비율로 혼합한 당류계 초지연제의 응결시간차를 활용한 수평분할 타설 건축기초 매스 콘크리트의 수화열 조정공법”의 도입은 매우 효과적일 것으로 사료된다.

그러므로, 본 현장실험 연구에서는 부산 양정동에 위치한 D사의 칸타빌 멤버스 아파트 신축공사에 타설되는 매스 콘크리트를 대상으로 초지연제의 응결시간차를 활용하는 수평분할 타설 매스 콘크리트의 수화열 조정공법으로 부어넣기 함에 있어 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 특성과 수화열에 의한 온도이력에 대하여 검토하고자 한다.

2. 신기술 공법의 개요

2.1 응결시간차를 이용한 초지연제의 특성



콘크리트타설 그림 1. 신기술의 수화열 조정 개념도

본 공법은 기초 매트 부재가 매스 콘크리트인 경우 수화열에 의한 온도균열 문제를 해결하기 위한 방법이다. 백설탕액,

* (주)선 ENG 기술연구소, 연구원

** (주)대원건설, 건축대리

*** (주)대원건설, 상무이사

**** (주)선 ENG 기술연구소, 소장

***** (주)선 ENG, 대표이사

***** 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

PEO 증점제 및 AE제를 일정비율로 혼합한 당류계 초지연제를 일정량 혼입하여 제조한 초지연 콘크리트를 하부에 타설한 후, 상부에는 보통 콘크리트를 일체 타설하는 방법으로서 상하부에 타설된 콘크리트간 초지연제에 의한 응결시간차를 이용하여 수화열을 조정함으로써 최고상승온도를 낮추고, 그림 1과 같이 수화열 구배를 완만하게 함으로서 수화열에 의한 온도균열 문제를 해결하고자 하는 시공기술이다.

2.2 초지연 콘크리트의 제조방법

초지연 콘크리트의 제조는 다음과 같은 방법에 의하여 실시한다.

- 1) 레미콘 공장에서 일반조건의 보통 콘크리트를 제조한다. 단, 레미콘 공장은 소정의 제조방식에 따라 소요품질의 콘크리트를 제조할 수 있는 제조설비와 품질관리 능력을 갖추고 있어야 한다.
- 2) 현장으로 출발 전에 레미콘 공장에서 에지테이터 트럭 후미에서 차량 1대 분으로 계량하여 미리 준비한 플라스틱 용기로 초지연제를 투입한다.
- 3) 현장으로 이동 전 에지테이터 드럼을 중속으로 10회전하여 혼합한다.
- 4) 초지연 콘크리트를 2~6rpm으로 회전하여 현장으로 이동한 후 규정에 따라 품질검사를 실시한 다음, 중속으로 10회전 혼합한 후 펌프카를 이용하여 타설한다.

3. 초지연 콘크리트의 현장 적용

3.1 공사개요

대상 건물은 D사의 부산 양정 칸타빌 멤버스 아파트 신축공사로 공사개요는 표 1과 같고, 사진 1은 조감도를 나타낸 것이다.

표 1. 공사개요

공사명	D사 부산 양정 칸타빌 멤버스 아파트 신축공사
대지위치	부산광역시 부산진구 양정동 400-6번지의 5필지
공사기간	2003. 05. ~ 2006. 08.
주 용 도	주거식 아파트
공사규모	아파트 6개동 (지상 43층, 지하 5층)
대지면적	14,504.4㎡
건축면적	11,557.8888㎡
연 면 적	165,915.6122㎡
구 조	철근 콘크리트



사진 1. 부산 양정 아파트 신축공사 조감도

3.2 실험계획 및 방법

1) 실험계획

부산 양정에 위치한 D사의 칸타빌 멤버스 아파트 신축공사의 기초는 높이 2m인 매스 콘크리트로 이루어져 있어, 수화열에 의한 온도균열을 방지하기 위한 검토로서 초지연제의 응결시간차를 이용한 수화열 조정공법을 도입하였다.

그림 2는 매스 콘크리트의 적용부위를 나타낸 것으로서 101동을 대상으로 하였는데, 총 콘크리트 소요량은 2,400m³이었고, 초지연 콘크리트 소요량은 1440m³이었다. 본 연구의 구조체 적용 시공의 실험계획은 표 2와 같고, 배합사항은 표 3과 같다.

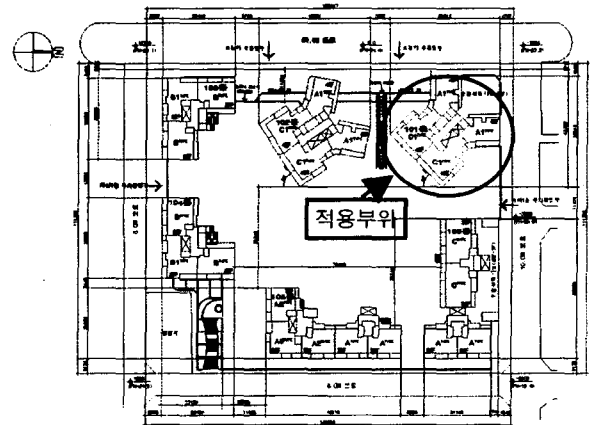


그림 2. 매스 콘크리트 적용부위

표 2. 구조체 적용시공의 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	호칭강도(MPa)	1	300
	목표슬럼프(cm)	1	12±2.5
	목표공기량(%)	1	4.5±1.5
타설방법	초지연제 첨가율(%)	2	0, 0.25
	타설 방법	2	■상부(50cm)-보통콘크리트 ■하부(120cm)-초지연콘크리트
실험사항	굳지않은 콘크리트	보통(상부) 초지연(하부)	2 ■슬럼프 ■공기량
	경화 콘크리트	보통(상부) 초지연(하부)	2 ■압축강도 • 표준양생 : 7, 28일 • 구조체 관리용: 1, 3, 7, 14, 28일 ■수화열 측정

단, 배합사항으로 레미콘의 규격은 25-300-12이었고, 초지연체 첨가량은 1일 정도 지연되는 0.25%를 첨가 하였다. 콘크리트 타설방법은 상하부 수평으로 분할하여 타설하는 것으로 계획하였는데, 먼저 하부 초지연 콘크리트를 120cm 부어넣은 후, 상부 보통 콘크리트 80cm를 부어넣었다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프 및 공기량을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 재령 7 및 28일에서의 표준양생 공시체 및 재령 1, 3, 7, 14, 21, 28일에서의 구조체 관리용공시체의 압축강도와 콘크리트의 온도이력을 측정 하였다.

표 3. 배합사항

구분	W/C (%)	S/a (%)	혼화제 (%)	단위수량 (kg/m ³)	초지연체 혼입률 (C×%)	용적배합 (ℓ/m ³)				
						C1	C2	S1	S2	G
A사	41.5	42.7	1.71	170	0, 0.25	129	9	146	146	379
B사	42.2	47.0	1.74	163	0, 0.25	123	-	193	129	357

* C1:보통포틀랜드시멘트, C2:플라이애쉬, S1: 부순모래, S2:강모래

2) 사용재료

본 실험에 사용된 재료는 A 및 B인 레미콘사에서 사용되는 일반적인 재료를 사용하였다. 즉, 시멘트는 1종 보통포틀랜드시멘트(비중 A, B사 3.14), 혼화재료로 A사만은 플라이애쉬(비중 2.28)를 사용하였고, 굵은골재는 김해시 생립사 및 상동사의 부순굵은골재(A사 비중 2.66, B사 비중 2.63), 잔골재는 혼합 잔골재로서 부순모래는 김해시 생립사 및 경동사, 강모래는 밀양시 수산사 및 대동사(A사 비중 2.55, B사 비중 2.57)를 사용하였다. 혼화제는 A 및 B사 공히 나프탈렌계 AE 감수제를 사용하였다.

3) 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 경화 콘크리트의 압축강도는 KS 규정에 의거 실시하였고, 온도이력은 열전대를 그림 3과 같이 콘크리트 내부에 설치하고, 데이터로그를 이용하여 수화열에 의한 온도이력을 측정하는 것으로 하였다.

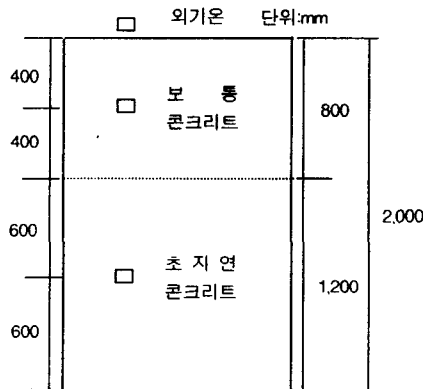


그림 3. 열전대 매립위치

4. 실험결과 및 분석

4.1 굳지않은 콘크리트

그림 4 및 5는 콘크리트 종류별에 따른 슬럼프 및 공기량을 나타낸 것으로, 전반적으로 레미콘사에 따른 차이는 있으나, 목표 슬럼프를 만족하였고, 공기량은 각사 공히 건축공사 표준시방서 규정인 4.5±1.5%를 만족하는 것으로 나타났다.

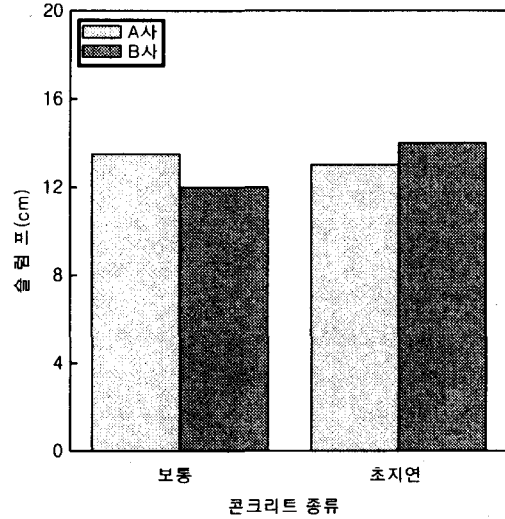


그림 4. 콘크리트 종류별 슬럼프

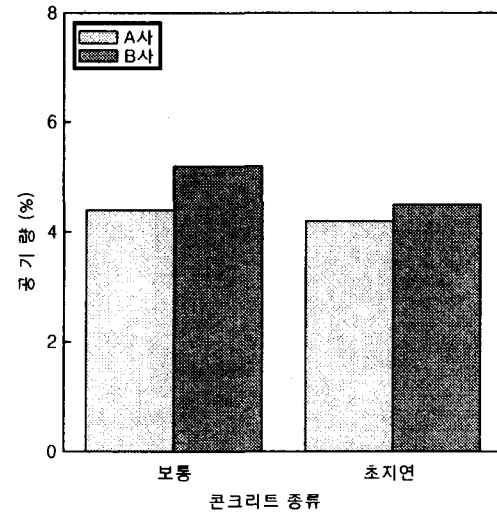


그림 5. 콘크리트 종류별 공기량

4.2 경화 콘크리트의 특성

그림 6은 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것으로서, 재령 28일의 압축강도는 각 레미콘사 공히 콘크리트 종류에 따른 약간의 차이는 있지만, 주문자가 요구하는 호칭강도를 모두 만족하였으며, 초지연 콘크리트의 압축강도는 보통 콘크리트에 비하여 크게 나타났다. 또한, 구조체 관리용 공시체의 압축강도에서 호칭강도는 재령 14일 이후 발현되는 것으로 나타났다.

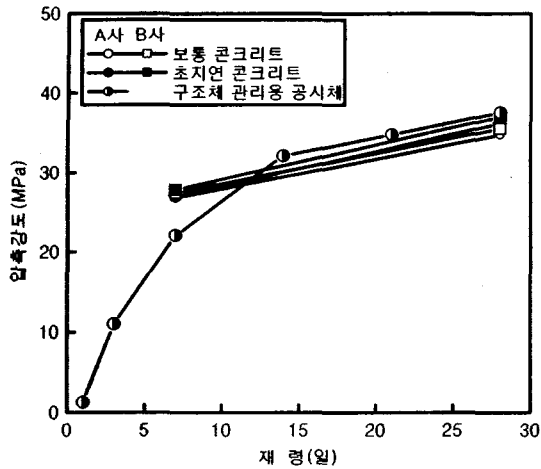


그림 6. 재령경과에 따른 압축강도

4.3 온도이력 특성

그림 7은 D사의 부산 양정 칸타빌 멤버스 아파트 신축공사 현장의 구조체 단면높이(2m)에 따른 매스 콘크리트의 내부 수화열에 의한 온도이력을 나타낸 것이다.

온도이력으로서, 부어넣기 높이 80cm인 상부 중앙부의 최고온도는 약 58.5℃로서 약 40시간 이후에 나타났고, 이후 서서히 저하하였으며, 부어넣기 높이 120cm인 하부 중앙부의 최고온도는 약 28 시간 이후에 서서히 수화 반응을 시작하여 68시간 이후 62.6℃ 정도 나타났다.

콘크리트를 부어넣은 후 초기의 경우 표면부 콘크리트의 온도가 하부 콘크리트의 온도보다 높아 균열지수가 크게 되어 수화열에 의한 균열발생확률이 낮아짐을 알 수 있었다. 따라서, 재령경과에 따른 매스 콘크리트 표면부를 육안 관찰한 결과 상부 표면부에서의 수화열 균열은 발견되지 않았다.

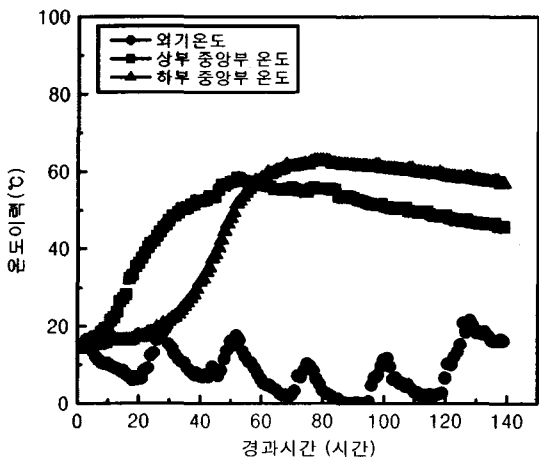


그림 7. 콘크리트 타설높이(2m)에 따른 내부 수화열에 의한 온도이력

5. 결 론

부산 양정 칸타빌 멤버스 아파트 신축공사 현장의 초지연제 응결시간차를 이용한 매스 콘크리트의 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트 특성과 수화열에 의한 온도이력 특성을 검토한 결과는 다음과 같이 요약된다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프 및 공기량은 채취시 간 별에 변동은 있었으나, 목표값 범위 이내의 양호한 품질을 나타내었다.
- 2) 경화 콘크리트의 압축강도는 주문자가 요구하는 호칭강도 모두 만족하였고, 구조재 판리용 공시체에서 호칭강도는 재령 14일에서 발휘하는 것으로 나타났다.
- 3) 매스 콘크리트의 온도이력으로 상부 중앙부 최고온도는 약 40시간 이후에 58.5℃로 이었고, 하부 중앙부 최고 온도는 약 68시간에서 62.6℃로 나타났는데, 결국 육안에 의한 표면관찰 결과 수화열에 의한 온도균열은 전혀 발생되지 않았다.

종합적으로 초지연제의 응결시간차를 이용하여 매스 콘크리트를 수평분할 타설할 경우는 수화열에 의한 온도균열을 제어하고, 콘크리트 품질을 양호하게 확보할 수 있어 매우 효과적인 방법인 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 한천구, 한민철, 윤치환, 심보길, 유동수; 당류계 초지연제 개발에 관한 기초적 연구, 대한건축학회논문집 구조재, 2001
2. 심보길, 윤치환, 한민철, 김기철, 오선교, 한천구; 초지연제를 이용한 매스 콘크리트의 수화열 조정에 관한 연구, 한국콘크리트학회학술발표 논문집, 2001
3. 한국 콘크리트 학회, 표준시방서, 1999
4. 심보길, 표대수, 윤치환, 한민철, 한천구; 당분류 초지연제를 이용한 콘크리트의 응결 및 역학적 특성, 2000년도 건축학회춘계학술발표 대회 논문집, Vol.20, No.2, pp.455-458, 2000
5. 유동수, 심보길, 윤치환, 한민철, 한천구; 초지연제를 이용한 매스 콘크리트의 수화열 조정에 관한 연구, 한국콘크리트학회학술발표 논문집, Vol.13, No.1, pp.515-520, 2001
6. 椎葉大和; 超遲延劑, 콘크리트工學, Vol.16, No.3, pp.50-54, 1998
7. 伊藤眞純, 竹内徹; 遲延および超遲延のメカニズム `セメント・コンクリート` No.472, pp.31-37, 1986
8. 竹内 徹, 長瀧重義, 大即信明, 田麥典房; 凝結遲延性におよぼす有機化合物の化學構造に關する基礎的研究, 土木學會論文集, No.571/V-36, pp.75-87, 1997
9. 山本泰彦; 凝結遲延劑の分子構造ならびにセメントとの作用機構, セメント技術年報, Vol.27, pp.148-152, 1973
10. 全生工組連; レデーミクストコンクリート工場から發生する産業廢棄物に關するアンケート調査結果, 月刊生コンクリート, Vol.11, No.1, pp.36-40, 1992
11. 中島正智; 歐米における生コン車洗淨處理劑の使用實態, 月刊生コンクリート, Vol.11, No.4, pp.12-17, 1992
12. 齊藤賢三, 武山 信, 加賀秀治; 付着コンクリートの利用, セメント・コンクリート, No.569, pp.73-77, 1994