

기초 매스콘크리트의 수화열 저감을 위한 초지연제 응결시간차 공법의 현장 적용

Construction Considering the Difference of Setting Time of Super Retarding Agent for Reduction of Hydration Heat of Footing Mass Concrete

○ 황 인 성*
Hwang, Yin-Seong

배 정 렬**
Pei, Zheng-Lie

윤 석 명***
Yoon, Suk-Meng

김 기 철****
Kim, Gi-Cheol

오 선 교*****
Oh, Sun-Kyo

한 천 구*****
Han, Cheon-Goo

Abstract

This paper presents the results of field experiment to apply the difference of setting time method using super retarding agent for reducing hydration heat of mass concrete of foundation. According to the results, as the properties of fresh concrete, base concrete satisfies aimed slump and air content, and there is no difference of slump and air content with mixture of super retarding agent. The mixing ratio of super retarding agent is determined for setting time to be retarded by 12 hours in comparison with base concrete, but because the temperature of the air and concrete is low, the difference of setting time is retarded to 24 hours. In mass concrete of foundation to which the difference of setting time method is applied, crack by hydration heat is not seen because the lower concrete of super retarding agent generates heat after generation of hydration heat of the upper concrete.

키워드 : 매스 콘크리트, 수화열 저감, 초지연제, 응결시간차

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

1. 서 론

최근 국내에서는 건설기술의 발달로 건축물이 대형화, 고층화되는 경향과 함께, 건축물의 기초구조도 종전의 직접기초 및 말뚝기초에서 최근에는 소음, 진동 등의 환경문제가 중요시됨에 따라 매트기초로 시공하는 경우가 많아졌다.

이러한, 기초 매트 콘크리트는 두께가 80cm 이상인 매스콘크리트로 시공되어지는 경우가 많아짐에 따라 수화열에 의한 균열문제 등이 콘크리트의 품질확보에 있어 새롭게 해결해야만 하는 중요한 과제로 등장하고 있다.

현재 이와같은 매스 콘크리트의 수화열에 의한 균열 제어 대책으로는 혼화재 또는 저발열 시멘트의 사용 및 단위시멘트량을 가능한 적게 사용하도록 하는 배합적인 방법과 파이프쿨링 또는 2층 이상 분리타설 등의 시공방법 등이 행해지고 있으나, 배합적인 방법은 단위시멘트량을 적게 사용하도록

배합설계하면 중성화 등 내구성이 문제가 되는 경우가 있고, 파이프쿨링 시공방법은 너무 지나치게 고가이고 복잡하며, 2층 이상 분리타설을 하는 경우는 구조체의 일체화를 도모하기 어렵고, 공기지연 등의 문제점이 지적되고 있다.

그러므로, 본 연구팀에서는 선행연구를 통하여 개발한 초지연제의 응결시간차를 활용한 매스 콘크리트의 수화열 저감 공법을 대림산업(주) 청주 용암아파트 현장의 기초매트 콘크리트의 수화열 균열 저감 목적으로 유동화 공법 도입과 함께 초지연제 응결시간차 공법에 대한 현장 적용 실험을 실시함으로써, 기초 매스 콘크리트의 수화열을 효율적으로 조정하여 수화열에 의한 균열 저감 및 콘크리트의 품질향상에 기여하고자 한다.

2. 시공 및 실험

2.1 시공계획 및 실험계획

현장적용 대상 건축물에 대한 공사개요는 표 1과 같고, 현장 적용을 위한 콘크리트 타설위치는 아파트 104동 지하주차장 P4 기초(T=80cm) 콘크리트로 실험계획은 표 2와 같다. 즉, 레미콘의 배합사항으로 호칭강도는 24MPa, 목표 슬럼프

* 정희원, 청주대학교 대학원 박사과정

** 정희원, 청주대학교 대학원 석사과정

*** 정희원, 대림산업(주) 청주 용암 아파트 현장소장

**** 정희원, (주)선ENG 연구개발팀 책임연구원, 공학박사

***** 정희원, (주)선ENG종합건축사 대표이사, 공학박사

***** 정희원, 청주대학교 교수, 공학박사

는 베이스 콘크리트의 슬럼프 8cm를 15±1.5cm로 유동화하고, 목표 공기량은 4.5±1.5%를 만족하도록 배합을 결정하였다. 이때, 하부 40cm 두께부분 콘크리트의 초지연제 혼입률은 선행연구¹⁾ 결과에 근거하여 응결시간차를 보통 콘크리트보다 12시간 지연하는 것으로 하여 0.15%로 결정하였다. 실험사항으로 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험사항은 표 2와 같고, 레미콘의 현장 배합사항은 표 3과 같다.

콘크리트 타설은 2003년 3월 12일 이었다. 단, 이 기간중은 한중 콘크리트 시공기간에 속하므로 콘크리트 상부만을 비닐시트로 덮어주는 단열양생을 시도하였다.

표 1. 공사개요

공사명	· 청주 용암대립아파트 신축공사
위 치	· 청주시 용암동 용암택지개발지구 2블럭
지역지구	· 택지개발지구, 일반주거지구
대지면적	· 29,467.4m ² (8913.8평)
건축면적	· 5,768.5m ² (1,774평)
연면적	· 80,650.5m ² (24,396.7평)
용적률	· 219.5%
건폐율	· 19.5%
구 조	· 철근콘크리트 라멘 및 벽식구조
규 모	· 지하 1층, 지상 14~15층 8개동 및 부대시설

표 2. 현장적용 실험계획

실험요인		실험수준
배합 사항	호칭강도(MPa)	24.0
	목표 슬럼프*(cm)	8 → 15±1.5
	목표 공기량(%)	4.5±1.5
	초지연제 혼입률(%)	0(보통 콘크리트) 0.15(초지연 콘크리트)
실험 사항	굳지않은 콘크리트	보통 콘크리트 (상부) · 슬럼프 · 공기량
		초지연 콘크리트 (하부) · 염화물량 · 응결시간
	경화 콘크리트	보통 콘크리트 (상부) · 압축강도(3, 7, 28일)
		초지연 콘크리트 (하부) · 수화열 온도이력

목표 슬럼프는 베이스 콘크리트의 슬럼프 8cm를 유동화하여 15±1.5cm가 되도록 하였다.

표 3. 레미콘의 현장 배합사항

레미콘	W/C (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	중량배합 (kg/m ³)			
				시멘트	잔골재	굵은골재	AE 감수제
A사	49.7	165	47.4	332	856	983	1.66
B사	48.9	164	47	335	852	998	1.68

2.2 사용재료

본 현장적용 기초매트 콘크리트는 충북 청주지역 레미콘으로 A 및 B사를 선정하여 사용하였는데, 각 레미콘의 사용재료로 시멘트, 잔골재 및 굵은골재의 물리적 성질은 표 4 및 5와 같다. 또한, 혼화제로 초지연제는 선행연구에서 개발된 것으로 백설탕, 증점제 및 AE제를 일정 비율로 혼합하여 제조한 것을 사용하였는데, 초지연제의 물리적 성질은 표 6과 같다.

표 4. 시멘트의 물리적 성질

레미콘	비중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
				초결	종결	3일	7일	28일
A사	3.15	3,568	0.14	214	380	23.0	29.3	37.7
B사	3.15	3,331	0.12	209	309	24.5	32.9	39.7

표 5. 골재의 물리적 성질

레미콘	종 류	비중	흡수율 (%)	단위용적 중량 (kg/m ³)	조립률	0.08mm체
						통과량 (%)
A사	잔골재	2.56	0.87	1,598	2.74	0.62
B사		2.58	0.90	1,573	2.75	0.80
A사	굵은골재	2.67	1.03	1,592	6.98	0.34
B사		2.64	0.70	1,531	6.72	0.40

표 6. 초지연제의 물리적 성질

구분	주성분	형태 및 색상	비중 (20℃)	표준사용량 (C×%)
초지연제	당류계	흰색, 액상	1.2	0.10~0.70

2.3 시공방법

1) 초지연제 혼입

콘크리트의 제조는 각 레미콘사의 배척플랜트에서 베이스 콘크리트를 제조하는 것으로 하고, 초지연제의 첨가는 레미콘사에서 레미콘 트럭에 초지연제를 투입하여 현장까지 운반하는 동안에 교반하는 것으로 하였다.

2) 유동화제 투입

유동화제는 현장 유동화 공법으로 콘크리트 타설 5분전 위치에서 레미콘 트럭에 투입하고, 충분히 유동화 한 후 타설하는 것으로 하였다.



사진 1. 현장 유동화제 투입 모습

3) 콘크리트 타설

기초 매트에 소요되는 콘크리트 물량은 약 2,000m³로 하부 40cm에 초지연 콘크리트를 유동화하여 부어넣고, 이어서 상부 40cm에 보통 콘크리트를 유동화하여 부어넣는 것으로 계획하였다.

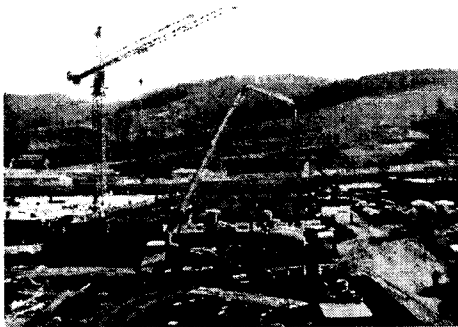


사진 2. 콘크리트 타설 전경

4) 실험사항

실험사항으로 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 응결시간 및 염화물량 시험과 경화 콘크리트의 압축강도는 KS 및 기타 표준적인 방법으로 실시하였고, 기초 매스 콘크리트의 구조체 수화열 온도이력은 초지연 콘크리트 및 보통 콘크리트의 타설 중심부에 T타입 열전대를 외부에서 중앙으로 1m 간격씩 각 4점씩을 매설한 후 타점식 온도기록계를 이용하여 매시간 온도를 측정하는 것으로 하였다.

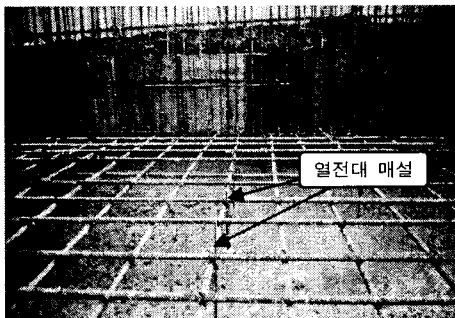


사진 3. 열전대 매설

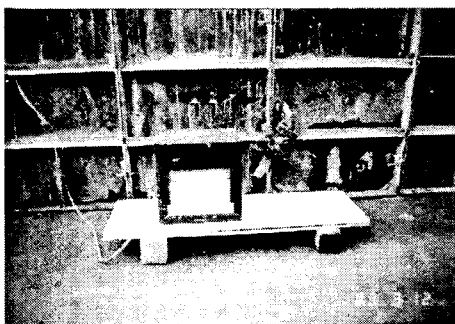


사진 4. 타점식 온도계에 의한 수화열 온도이력 측정

4. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

표 7은 레미콘사별 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 염화물량의 실험결과를 나타낸 것이다.

표 7. 굳지않은 콘크리트의 실험결과

콘크리트	A사			B사		
	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	염화물 (kg/m ³)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	염화물 (kg/m ³)
베이스	9.0	4.4	0.038	9.5	4.7	0.037
초지연	8.5	4.3	0.013	9.0	4.6	0.040
초지연 + 유동화	14.0	4.6	0.046	14.5	4.4	0.038
유동화	13.5	4.5	0.031	14.0	4.3	0.036

1) 슬럼프 및 공기량

먼저, 레미콘사별 슬럼프는 베이스 콘크리트의 경우 현장 요구 슬럼프인 8±1.5cm를 만족하였고, 초지연제를 투입한 후 현장 도착 초지연 콘크리트의 슬럼프는 다소 저하하였으나, 초지연제 투입에 따른 슬럼프의 변화는 거의 없는 것으로 분석된다. 또한, 현장 유동화를 실시한 후의 슬럼프는 15±1.5cm의 범위로 5~6cm 정도 증가하였다.

2) 응결시간

그림 1은 표준양생온도(20℃) 조건에서 베이스 및 초지연 콘크리트의 응결시간에 따른 관입저항값을 나타낸 것이다.

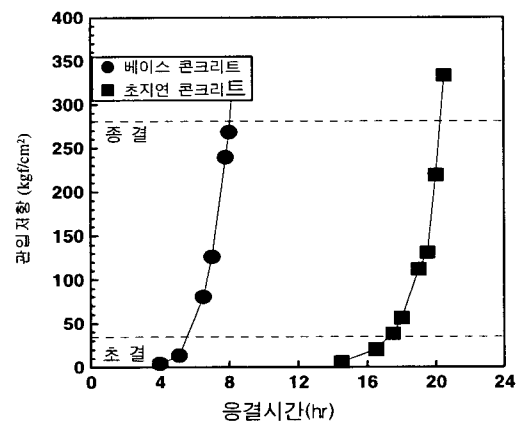


그림 1. 베이스 및 초지연 콘크리트의 응결시간

먼저, 베이스 콘크리트의 응결시간은 초결이 5.5시간, 종결이 8시간 전후로 나타났고, 선행연구결과를 토대로 응결시간차를 12시간으로 보고 초지연계 혼입률을 0.15% 혼입한 경우는 초결이 18시간, 종결이 20시간 전후로 베이스 콘크리트와 비교하여 12시간 정도의 응결시간차를 나타내고 있다. 따라서, 매스 콘크리트의 수화열 저감을 위해 필요한 응결시간 지연에 상응하는 초지연계 혼입률의 결정은 선행연구와 유사한 결과로 나타남을 확인할 수 있었다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 2는 열전대 매설 위치별 기초 매트 콘크리트 구조체의 수화열 온도이력을 나타낸 것이다.

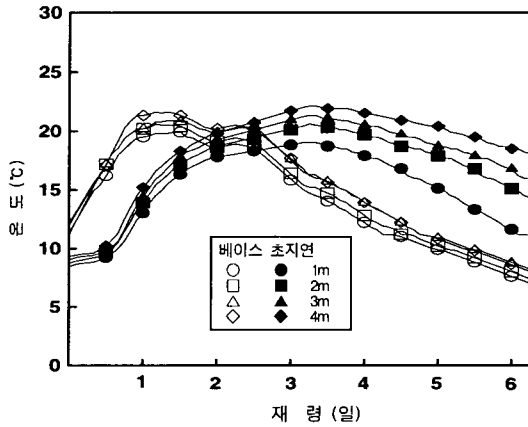


그림 2. 기초 매트 콘크리트의 수화열 온도이력

먼저, 상부 두께 40cm인 베이스 콘크리트는 콘크리트 타설 1일을 전후해서 피크온도를 이루었고, 수화열 최고온도는 20°C 전후에서 내부로 갈수록 수화열이 상승하는 것으로 나타났다. 하부 초지연 콘크리트는 콘크리트 타설 3일 전후해서 수화열 피크온도를 이루었고, 베이스 콘크리트와 유사한 온도이력으로 나타났다. 또한, 기초 매트 콘크리트의 수화열 저감을 위한 응결시간차는 베이스 콘크리트보다 0.5일(12시간) 지연되는 것으로 초지연제의 혼입률을 결정하였으나, 외기온 및 구조체 콘크리트의 온도가 낮은 것에 기인하여 응결시간차가 24시간으로 다소 지연되게 나타났다. 따라서, 응결시간차에 따른 초지연제의 혼입률은 외기온 및 콘크리트의 온도를 감안하여 결정함이 중요함을 알 수 있었다.

한편, 초지연제의 응결시간차를 적용한 기초 매트 콘크리트는 콘크리트 타설 후 구조체 표면을 육안관찰한 결과 수화열에 의한 균열이 전혀 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

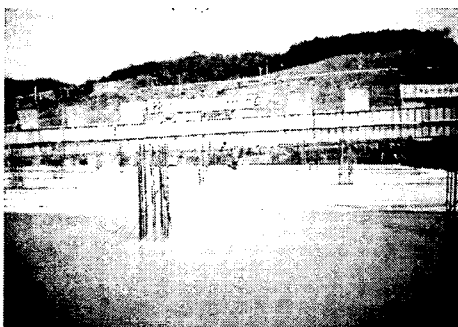


사진 5. 콘크리트 타설후 구조체 표면

그림 3은 레미콘사별 베이스, 초지연제 및 유동화에 따른 콘크리트의 재령별 압축강도를 나타낸 것이다.

먼저, 레미콘사별 압축강도는 A사가 B사보다 다소 크게 나타났는데, 이는 배합 및 사용재료 등의 차이에 의한 것으로 사료된다. 또한, 베이스 콘크리트에 초지연제 및 유동화 공법

을 도입한 경우의 압축강도는 베이스 콘크리트와 큰 차이가 없는 것으로 나타나, 초지연제 및 유동화 공법에 따른 압축강도의 품질변화는 없는 것으로 분석된다.

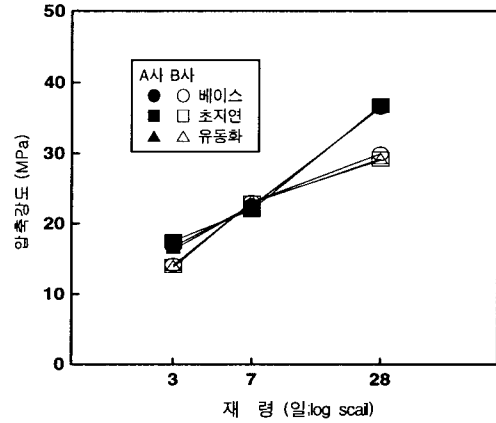


그림 3. 재령경과에 따른 압축강도

4. 결 론

기초 매트 콘크리트의 수화열 저감을 위한 초지연제의 응결시간차 공법의 현장 적용에 대한 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 굳지않은 콘크리트의 특성으로 베이스 콘크리트는 목표 슬럼프 및 공기량을 만족하였고, 초지연제 혼입에 따른 슬럼프 및 공기량의 변화는 없었으며, 유동화 공법을 도입한 경우 공기량의 변화 없이 슬럼프가 5~6cm 정도 증가하였다.
2. 응결특성으로 표준온도(20±3°C) 조건에서 응결시간차를 12시간으로 하여 초지연제를 혼입한 결과, 실제 응결시간은 베이스 콘크리트와 비교하여 12시간 정도 지연되는 것으로 나타났다.
3. 수화열 온도이력으로 기초 매트 콘크리트의 수화열 저감을 위한 응결시간차는 베이스 콘크리트보다 0.5일(12시간) 지연되는 것으로 초지연제의 혼입률을 결정하였으나, 외기온 및 구조체 콘크리트의 온도가 예상보다 낮은 것에 기인하여 응결시간차가 24시간으로 다소 지연되어 나타났다.
4. 초지연제의 응결시간차를 적용한 기초 매트 콘크리트는 상부 베이스 콘크리트의 수화발열 후 응결시간차에 의해 하부 초지연 콘크리트가 수화발열하였기 때문에 수화열에 의한 균열이 전혀 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 배정렬, 윤치환, 김기철, 오선교, 한민철, 한천구 ; 초지연제 혼입률 및 양생온도 변화에 따른 콘크리트의 응결 및 역학적 특성, 대한건축학회춘계학술발표논문집, 제22권 제1호, pp. 261~264, 2002. 4