

전이보 매스콘크리트의 수화열 저감에 관한 Mock-up 실험

Mock-up Test on the Reduction of Hydration Heat of Mass Concrete for Transfer Girder

윤 섭*
Yoon, Seob

황 인 성**
Hwang, Yin Seong

백 병 훈***
Baik, Byung Hoon

한 천 구****
Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This paper reported the results of mock-up test on mass concrete for transfer girder using setting time difference of super retarding agent(SRA). According to test results, two mock-up structures were made. Plain concrete without placing layer reached maximum temperature after 24hours since placement and caused surface hydration cracks at top section. However, concrete with placing layer reached maximum temperature after 72hours and surface temperature was higher than center temperature, which did not cause surface crack. After form removing, no crack was observed at side surface of plain concrete, while concrete using SRA at mid section had surface scaling and settling crack. According to coring results, concrete with placing layer had a penetration crack from top section to bottom section. Therefore, the setting time difference method to reduce hydration heat will have difficulty in applying the mass concrete for transfer girder.

1. 서 론

최근 도심지에는 공동화 현상을 방지하기 위하여 주상복합 초고층 건물이 많이 시공되어지고 있다. 이러한 주상 복합건물은 하층의 상가부인 라멘구조와 상층 주거부인 벽식구조를 연결시키기 위하여 부재의 크기가 상당히 큰 전이시스템으로 시공되어지고 있는데, 이 부재는 매스콘크리트로써 수화열에 의한 온도균열이 문제시 되고 있다.

이러한 수화열온도균열을 저감하기 위한 방안으로는 혼화재 또는 저발열 시멘트의 사용 및 단위시멘트량을 가능한 적게 사용하도록 하는 배합적인 방법과 2층 이상 분리타설 하는 등의 여러 가지 방법이 존재하지만, 경제성, 시공성 및 공기지연 등의 문제점으로 인해 효과적인 온도균열 저감대책이 요구되고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 기존 연구결과 매스콘크리트의 수화열 저감에 효과가 있는 당류계 초지연제의 응결시간차 공법을 응용하여 실무재 크기로 제작한 전이보 매스 콘크리트의 현장 Mock-up 실험을 실시하므로써, 콘크리트의 기초적 특성 및 수화열에 의한 균열저감의 가능성에 대하여 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

*정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

**정회원, 청주대학교 산업과학연구소 전임연구원

***정회원, 포스코건설 스타파크현장 소장

****정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

2.1. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

즉, 레미콘의 배합사항으로 호칭강도는 실무조건을 고려한 40.0MPa로 하였고, 목표 슬럼프 및 공기량은 현장도착 후 유동화공법으로 23±2.5cm, 2±1%를 만족하도록 하였다.

이때, 모의부재는 보통 콘크리트를 일체 타설한 플레인 A와 상·하부 일반 콘크리트, 중앙부 초지연 콘크리트(초지연제 혼입률 0.3%)로 타설한 B 시험체의 2개 수준으로 하였다.

굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험사항은 표 1과 같고, 레미콘의 배합사항은 표 2와 같다.

2.2. 사용재료

본 연구의 사용재료로써 레미콘은 경기도 광주에 위치한 S사 제품을 사용하였고, 초지연제는 당류계, 유동화제는 국내 H사의 분리저감형 멜라민계를 사용하였다.

2.3. 실험방법

본 연구의 실험방법으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421, 응결시간은 KS F 2436에 의거 실시하였다. Mock-up 실험을 위한 모의부재는 지상 2m 위치에 2.9×2.2×4.3m의 실구조체 크기로 제작한 후 콘크리트 타설 방법에 따라 플레인과 초지연 콘크리트를 타설하였다. 이때, 수화열 온도이력은 계획된 위치에 T타입 열전대를 매설한 후 데이터로거로 매 시간 측정하였고, 압축강도 및 코어압축강도는 KS F 2405에 의거 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트 특성

표 3은 A 및 B의 Mock-up 부재에 타설한 콘크리트의 슬럼프 및 공기량을 나타낸 것이다. 먼저, 플레인 및 초지연 콘크리트의 유동성 및 공기량은 유동화 후 슬럼프치가 8~10cm 증가하였으며, 공기량은 2% 전후로 목표치를 나타내었다.

3.2 응결시간

그림 1은 플레인 및 초지연 콘크리트의 응결시간으로 경과시간에 따른 관입저항치를 나타낸 것이다. 플레인은 종결이 12시간으로 나타난 반면, 초지연 콘크리트의 종결은 74시간으로 계획된 응결시간차

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	호칭강도(MPa)	1	40.0
	목표슬럼프(cm)	1	23±2.5
	목표공기량 (%)	1	2±1
	초지연제혼입률 (%)	2	0.0, 0.3
모의부재	타설방법	A (플레인 콘크리트)	보통 콘크리트
		B (초지연 콘크리트)	상부-보통 콘크리트 중앙-초지연제 혼입률 0.3% 하부-보통 콘크리트
실험사항	굳지않은 콘크리트	4	· 슬럼프, 공기량 · 염화물량, 응결시간
	경화 콘크리트	3	· 수화열 온도이력 · 압축강도 : 표준양생 (1, 2, 3, 7, 14, 28일) 구조체 관리용 공시체 (1, 2, 3, 7, 14, 28일) · 코어압축강도 : 14, 28일 (전이부의 상·중·하 위치)

표 2. 배합사항

W/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	S/a (%)	AE 감수제 (%)	초지연제 (%)	질량배합 (kg/m ³)			
					시멘트	잔골재	굵은 골재	초지연제
32.8	170	45	0.5	플레인	512	740	912	0
				0.3				1.54

표 3. 슬럼프, 공기량 및 염화물량

		슬럼프	공기량	염화물량
플레인 콘크리트	유동화 전	14.5	1.7	0.027
	유동화 후	24.5	1.1	0.040
초지연 콘크리트	유동화 전	17.0	1.8	0.020
	유동화 후	25.5	2.5	0.021

를 확인할 수 있었다.

3.3 온도이력

그림 2는 보통 콘크리트를 일체타설한 A부재의 온도 이력을 나타낸 것이다. 먼저, 수화열 최고온도는 중앙 93℃, 하부 72℃, 상부 68℃로 1일(24시간)에 최고점에 도달한 이후, 서서히 저하하는 것으로 나타났다.

그림 3은 초지연재 응결시간차 공법으로 제작된 B부재의 수화열 온도이력을 나타낸 것이다. 먼저, 상부와 하부에 타설된 보통 콘크리트는 플레인 콘크리트(A부재)와 유사한 경향으로 정상적인 수화반응에 의한 온도이력곡선을 나타내어 타설 후 1일 전후로 하여 약 73℃ 정도의 수화열 최고온도를 나타내었고, 이후 서서히 하강하였으나, 중앙부에 타설된 초지연 콘크리트는 초지연재량 0.3% 첨가에 의해 약 3일 정도의 응결지연 후 102℃까지 상승하여 A부재보다 최고온도가 높게 나타났다. 이는 상부와 하부의 보통 콘크리트가 응결 후 중앙부 초지연 콘크리트를 단열하는 효과에 의해 A부재보다 수화열 최고온도가 큰 폭으로 상승하였다.

3.4 압축강도

그림 4 및 5는 플레인 및 초지연 콘크리트의 유동화 후 압축강도를 표준양생 공시체와 구조체 관리용 공시체로 구분하여 나타낸 것이다. 먼저, 압축강도는 재령이 경과할수록 증가하여, 28일 재령에 40MPa 이상으로 호칭강도를 만족하였으며, 플레인 보다 초지연 콘크리트의 압축강도가 약 10MPa정도 높게 발휘되는 것으로 나타났다.

그림 6은 A, B 부재별 코어채취 위치에 따른 재령

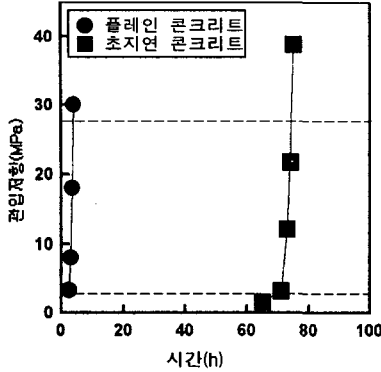


그림 1. 플레인 및 초지연 콘크리트의 경과시간에 따른 압축강도

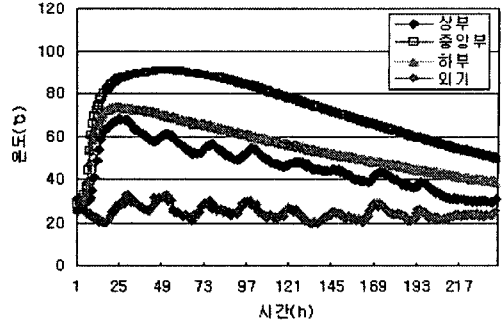


그림 2. A부재의 온도이력

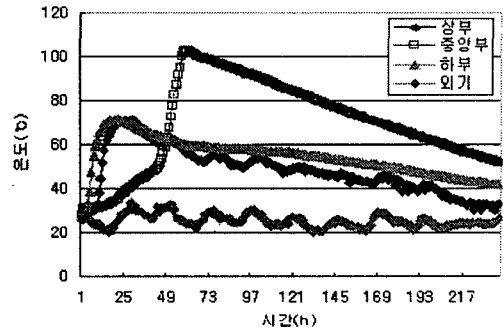


그림 3. B부재의 온도이력

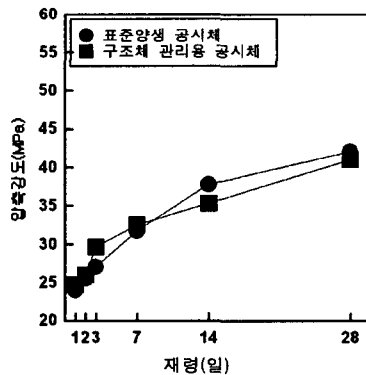


그림 4. 유동화 후 플레인 콘크리트의 압축강도

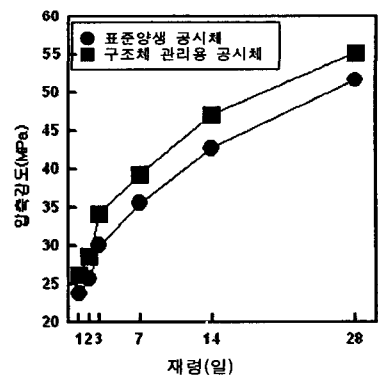


그림 5. 유동화 후 초지연 콘크리트의 압축강도

28일의 코어압축강도를 나타낸 것이다.

먼저, A부재의 위치별 코어 압축강도는 전반적으로 상, 중, 하 순으로 크게 나타났고, B부재의 위치별 코어 압축강도는 중앙부가 가장 작게 나타났다.

3.5 균열

먼저, 상부표면균열로 A부재의 경우는 중앙부와 표면부의 온도차가 20℃ 이상 발생하였기 때문에 상부에 수화열에 의한 온도균열이 발생한 것을 육안으로 관찰할 수 있었던 반면, B부재의 경우는 재령 초기 표면부 온도가 중앙부보다 높은 시간대가 장시간 지속됨에 따라 상부 콘크리트가 충분한 인장강도가 발휘된 후, 중앙부가 수화반응하여 상부 표면부에 수화열에 의한 온도균열이 발생되지 않았다.

단, 거푸집 탈형 직후의 측면 균열은 A부재의 경우는 거의 균열을 찾아 볼 수 없는 반면, B부재의 경우 표면 박리와 함께 침하 균열로 예상되는 균열이 발생하였다. 이는 상·하부의 보통 콘크리트가 응결하면서 수화열에 의한 팽창응력으로 거푸집을 밀어 중앙부의 굳지 않은 초지연 콘크리트에 탈형하는 효과가 발생하여, 표면이 박리되고 침하되어 발생된 균열로 사료된다.

내부균열은 코어채취결과 B부재의 경우 내부에 상·하로 균열이 발생하였는데, 이는 예상치 못한 결과로 상·하부가 응결하면서 발생한 수화열로 인해 팽창하면서 아직 굳지않은 중앙부 초지연 콘크리트에 외부구속의 효과를 주어 내부에 심각한 균열이 발생된 것으로 사료된다.

4. 결 론

초지연체의 응결시간차 공법을 활용한 전이보 매스 콘크리트의 수화열 저감공법 개발에 관한 현장 Mock-up 실험결과로써 수화열 온도이력 및 균열발생 특성 등을 검토한 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 수화열 온도이력 특성으로, 보통 콘크리트를 일체타설한 A부재는 재령 초기 24시간만에 최고 93℃까지 상승하였고, 표면과 중심간의 온도차이는 30℃로 나타났다. B부재의 경우는 상·하부는 정상적이 수화반응을 거쳐, 약 73℃로 최고온도를 나타냈지만, 중앙부는 74시간 후 상하부 단열효과로 102℃까지 상승한 것으로 나타났다.

2) 균열 양상은 A부재의 경우는 상부 표면에 수화열 균열이 발생하였지만, 측면에는 유해한 균열이 발생되지 않았고, B부재는 상부표면에는 수화열 균열이 발생되지 않았으나, 측면에 표면 박리와 함께 침하균열이 발견하였고, 코어 채취 결과 중심부 초지연 콘크리트에서 상·하부로 연결되는 균열이 존재함을 확인할 수 있었다.

이상을 종합하면, 초지연체의 응결시간차를 활용한 전이보 매스 콘크리트의 수화열 저감공법은 내부 균열발생으로 적용이 곤란한 것으로 판단되어 추후 초지연체의 혼입량 변경 및 별도의 공법을 도입등의 재검토가 요구되었다.

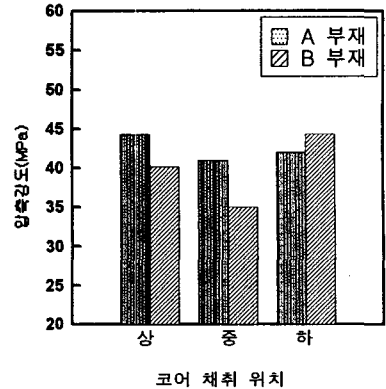


그림 6. A, B 부재별 코어채취 위치에 따른 28일 코어압축강도