

기초매트 매스콘크리트의 수화열 균열제어로서 초지연콘크리트 활용에 관한 Mock-up 실험

Mock-up Test of Improving Super Retarding Concrete to Control of Hydration Heat Crack of Foundation Mat Mass Concrete

이재삼^{***} 배연기^{**} 노상균^{*} 김석일^{****} 정성진^{*****} 한천구^{*****}

Lee, Jae Sam Bae, Yeoun Ki Noh, Sang Kyun Kim, Suk Il Chung, Sung Jin Han, Cheon Goo

ABSTRACT

According to the recent tendency that the buildings in the downtown are gradually Manhattanized, the very thick massive concrete is selected as the foundation of architectures. By the way, because this mass concrete cannot be simultaneously pour in a great quantity due to the circumstance at the field, not only the questions on the unification between the concretes pour on the upper layer and the lower layer are presented but also the cracks by the internal force from the difference of hydration exothermic period are occurred, which are pointed out as the problems. Thus, this study performed Mock-up test to apply the hydration heat controlling method of massive concrete for horizontal partition pouring construction to the building sites for the purpose of securing the stability on the cracks by the internal force from the difference of hydration exothermic period on the upper layer and the lower layer of massive concrete and checked the efficiency. As the results of test, in case of setting time difference method by super retarder with 2 layers and 4 layers, the effect that temperature gaps between upper part and lower part were lowered and the possibility of crack occurrence was decreased as the peak time of the heat of hydration became delayed to the latter term could be confirmed.

요약

최근 도심지에는 건축물이 점차 초고층화하는 경향에 따라 매우 두꺼운 매스콘크리트가 건축물의 기초로 채택되어 진다. 그런데, 이와 같은 매스콘크리트는 현장여건상 다량의 콘크리트를 동시에 타설할 수 없기 때문에 상·하층 타설 콘크리트간의 일체성에 의문이 제기되는 것은 물론이고 수화발열시간의 상위에 따른 내용력에 의한 균열이 발생하여 문제점으로 지적되고 있다. 따라서 본 연구에서는 매트콘크리트의 상·하층 수화발열시간의 상위에 따른 내용력에 의한 균열에 대한 안전성을 확보하기 위한 목적으로 초지연제의 응결시간차를 활용한 수평분할타설 건축 매스콘크리트의 수화열 조정공법을 건축현장에 적용하고자 Mock-up test를 통하여 그 효율성을 확인하였다. 실험결과 2단 및 4단으로 초지연제에 의한 응결시간차공법을 활용한 경우 하부와 상부간의 온도차를 낮추고, 수화열 피크시점이 후기로 늦어짐에 따라 균열발생가능성을 저하시키는 효과를 확인할 수 있었다.

- * 정회원, 청주대학교 대학원, 석사과정
- ** 정회원, (주)렉스콘 연구개발팀, 선임연구원
- *** 정회원, (주)렉스콘 연구개발팀, 팀장
- **** 정회원, 두산건설(주) 해운대 두산 위브 더 제니스, 현장 공무 부장
- ***** 정회원, 두산건설(주) 해운대 두산 위브 더 제니스, 현장 소장
- ***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서 론

최근 도심지의 건축물은 지가상승 및 건물의 효율적 활용과 관련하여 초고층화하는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 추세에 따라 건축물의 구조체는 안전성과 관련하여 매우 두꺼운 매트콘크리트가 건축물의 기초로 채택되어 지는데, 매트콘크리트는 현장여건상 다량의 콘크리트를 동시에 타설할 수 없기 때문에 시간차가 발생하여 상·하층 타설 콘크리트간의 일체성에 의문이 제기되는 것은 물론이고, 상·하층 타설 시간차에 따른 수화발열시간의 상위에 따른 내응력에 의한 균열이 발생하여 수밀성 및 내구성에 큰 피해로 이어지는 경우가 있다.

따라서 본 연구에서는 부산 해운대에 건설되고 있는 초고층건축물을 대상으로 매트콘크리트를 여러 층으로 분리하여 하부층에 초지연제량을 조정하여 타설함으로써 상·하층 타설 콘크리트간의 일체성 확보 및 상·하층 타설 시간차에 따른 내응력 발생을 원천적으로 해소시키기 위하여 「초지연제의 응결시간차를 활용한 수평분할타설 건축 매트콘크리트의 수화열 조정 공법」을 Mock-up 실험을 통하여 그 효율성을 확인하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 Mock-up 실험의 대상건축물은 사진 1과 같고, 실험계획은 표 1과 같다. 실험계획으로 매트콘크리트의 타설방법은 보통콘크리트 일체 타설, 응결시간차 2단 타설 및 4단 타설로 계획하며, 타설완료 후 면정리 즉시 이중버블시트 보양을 실시하도록 하였다. 실험사항으로는 응결시간, 압축강도 및 수화열 온도이력을 측정하도록 하였다.



사진 1. 대상건축물

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 레미콘은 경남 양산에 위치한 D사의 레미콘을 사용하였으며, 배합사항은 표 2와 같다. 초지연제의 주성분은 당류계로서 블리딩 및 공기량 감소에 대응하기 위하여 특수제조하였으며, 목표 지연시간에 따른 사용량은 기존 연구자료에 근거한 회귀식에 의해 도출하였다.

2.2 실험 방법

본 실험과 관련한 모든 실험방법은 KS 규격에 따랐다. 수화열 온도이력은 열전대 선을 평면상의 중앙부에 매설하였는데, 보통 콘크리트 일체타설 및 응결시간차 4단 타설은 수직으로 7구간, 응결시간차 2단 타설은 수직으로 5구간에 걸쳐 데이터 로그를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 응결 특성

그림 2는 W/B 및 목표 지연시간 별 경과시간에 따른 관입저항치로 외부기상조건에서의 응결시간을

표 1. 실험계획

배합사항	W/B(%)	38.0, 36.5	
	목표 슬럼프 플로우(mm)	500±75	
	목표 공기량(%)	4.5±1.5	
실험요인	크기(m)	3.8×3.8×3.8(지반매설)	
	타설방법	보통콘크리트 일체(38.0-0)-2시간간격 1일타설	
		응결시간차 2단	2단: 0시간 지연(36.5-0)-2일차
			1단: 8시간 지연(38.0-8)-1일차
		응결시간차 4단	4단: 0시간 지연(36.5-0)-2일차
3단: 6시간 지연(36.5-6)-2일차 2단: 18시간 지연(38.0-18)-1일차 1단: 24시간 지연(38.0-24)-1일차			
양생방법	2중 버블시트		
실험항목	● 응결시간, ● 압축강도, ● 수화열 온도이력		

표 2. 콘크리트 배합사항

규격	목표 지연시간	배합사항										
		W/B (%)	초지연제 혼입률* (%)	초지연제 혼입량 (kg/m ³)	S/a (%)	고성능 AE 감수제	단위재료량(kg/m ³)					
							W	BSC	FA	S1**	S2***	G
25-35-500 (56일재령 관리)	0	38.0	0	0	48	1.15	157	310	103	551	295	929
	8		0.17	0.51								
	18		0.30	0.89								
	24		0.35	1.05								
25-35-500 (28일재령 관리)	0	36.5	0	0	48	1.05	160	329	110	541	289	912
	6		0.14	0.44								

* 중결시간 = 양생온도 42.5℃로 가정 : $8.514 \times \exp(3.818 \times \text{혼입률})$, ** 부순모래, *** 강모래

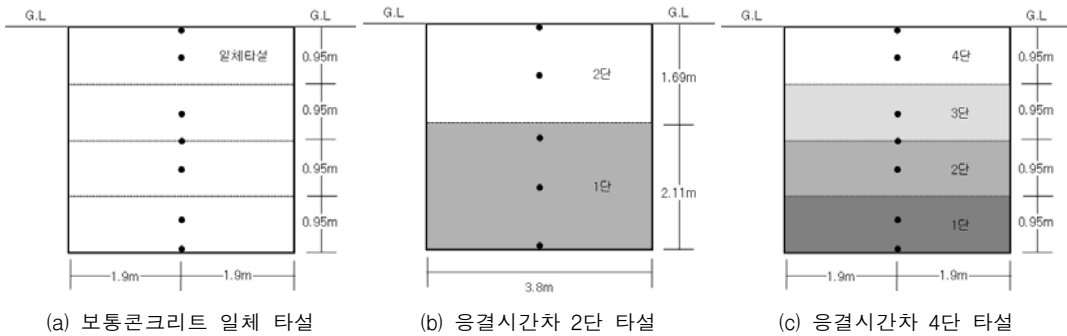


그림 1. 타설방법 수화열 측정위치

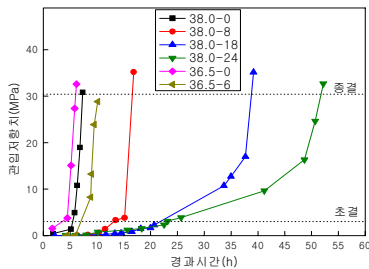


그림 2. W/B 및 목표 지연시간 별 경과시간에 따른 관입저항치

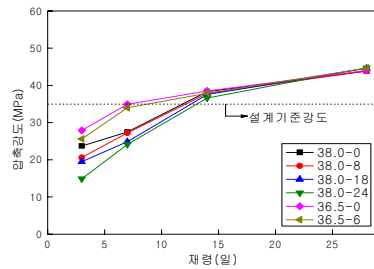


그림 3. W/B 및 목표 지연시간 별 경과시간에 따른 압축강도

나타낸 것이다. W/B 38.0 %에서 목표 지연시간 8 시간의 경우는 약 8 시간 정도 지연되었고, 목표 지연시간 18 시간의 경우는 약 31 시간 정도 지연되었으며, 목표 지연시간 24 시간의 경우는 약 44 시간 정도 지연되었다. W/B 36.5 %에서는 목표 지연시간 6 시간의 경우는 약 4 시간 정도 지연되었다. 단, 이 경우 Mock-up 시험체의 내부온도는 최고온도 약 70℃ 전·후로 예상되어, 외부기상 조건의 응결시험체에 의한 응결시간(외기온 최고온도 약 35℃)보다는 크게 단축될 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 압축강도 특성

그림 3은 W/B 및 목표 지연시간 별 경과시간에 따른 구조체 관리용 공시체의 압축강도를 나타낸 것이다. 전반적으로, 각 W/B에서 목표 지연시간이 길어질수록 초기재령에서는 압축강도가 작게 나타났으나, 재령이 경과함에 따라 강도증진 폭이 크게 나타나 재령 28일부서는 보통콘크리트보다 동등이상의 강도값을 나타내었다.

3.2 온도이력 특성

그림 4는 일반적인 건설공사 현장에서 수화열에 의한 균열이 주로 발생하는 시기인 최초타설 후부터 3일간의 수화열 온도이력을 나타낸 것이다. 보통콘크리트 일체 타설의 경우는 약 20 시간 전·후 수화열에 의한 온도차 피크점을 형성하였으며, 온도차이는 약 26℃를 나타내었다. 최고온도는 타설 후 약 66 시간에서 80℃를 나타내었으며, 그 후 서서히 하강하였다. 응결시간차 2단 타설의 경우는 약 36 시간 전·후 수화열에 의한 온도차 피크점을 형성하였으며, 온도차이는 약 23℃를 나타내었다. 최고온도는 본 그래프에 나타나지 않았지만 타설 후 약 98 시간에서 70℃를 나타내었으며, 그 후 서서히 하강하였다. 응결시간차 4단 타설의 경우는 약 35 시간 전·후 수화열에 의한 온도차 피크점을 형성하였는데, 온도차이는 약 8℃를 나타내었다. 최고온도는 역시 본 그래프에 없이 타설 후 약 120 시간에서 71℃를 나타내었으며, 그 후 서서히 하강하였다. 수화열에 의한 온도차 피크점 형성시간과 중심부 최고 온도 도달시간은 보통콘크리트 일체타설, 응결시간차 2단 타설 및 4단 타설의 순으로 지연되었는데, 이는 초지연제 혼입에 따른 수화잠복기간의 연장에 따라 넓은 시간대의 수화반응에 기인한 것으로 분석된다.

이상을 종합하면 본 대상 현장 매트·매스콘크리트에 저발열 배합, 상·하부 관리재령 조정, 유동성 하향관리 등으로 수화열을 최대한 낮춘 상태에서 이중버블시트로 단열하여 중심과 표면의 온도차를 낮추며, 초지연제의 4단 조정 응결시간차공법을 채택하여 시공하게 되면 거의 수화열 균열 없는 완벽한 매스콘크리트의 시공이 가능할 것으로 사료된다.

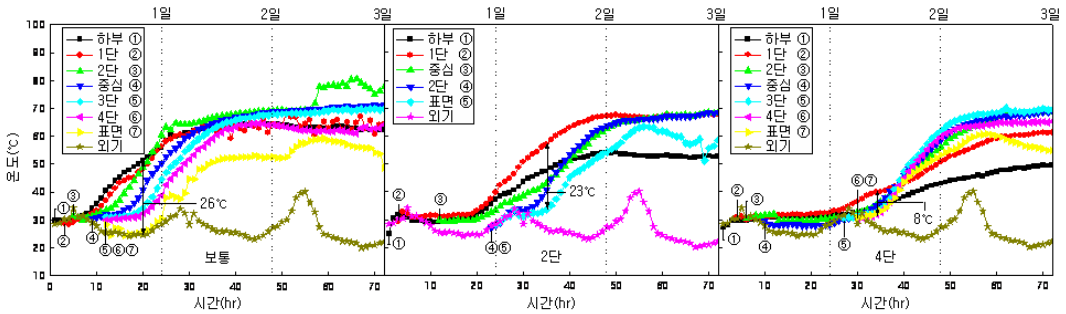


그림 4. W/B 및 지연시간 별 경과시간에 따른 수화열 온도이력

4. 결론

본 연구에서는 초지연제의 응결시간차를 활용한 수평분할타설 기초매트 매스콘크리트의 수화열 조정공법을 건축현장에 적용하고자 Mock-up test를 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 응결 특성으로 목표 지연시간이 길어질수록 초지연제의 혼입율이 증가하기 때문에 크게 지연되었다.
- 2) 압축강도 특성으로 목표 지연시간이 길어질수록 초기재령에서는 압축강도가 작게 나타났으나, 재령이 경과할수록 강도증진 폭이 크게 되어 재령 28일에서는 보통콘크리트보다 동등이상을 나타내었다.
- 3) 온도이력 특성으로 수화열에 의한 온도차 피크점 형성시간과 중심부 최고온도 도달시간은 보통콘크리트 일체타설, 응결시간차 2단 타설 및 4단 타설의 순으로 지연되었으며, 중심과 표면의 온도차는 응결시간차 4단 타설의 경우가 가장 작은 값을 나타내어 균열발생 확률이 가장 낮음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 한천구, 한민철, 윤치환, 심보길, “당분류의 초지연제를 이용한 콘크리트의 응결 및 역학적 특성”, 한국콘크리트학회 논문집 제 14권 4호, 2002