

기초매트 매스 콘크리트의 수화열 균열제어로서 초지연 콘크리트 활용에 관한 예비실험

Pilot Test of Improving Super Retarding Concrete to Control of Hydration Heat Crack of Foundation Mat Mass Concrete

노 상 균* 백 대 현** 이 재 삼*** 김 현 섭**** 이 병 훈***** 한 천 구*****

Noh, Sang-Kyun Baek, Dae-Hyun Lee, Jae-Sam Kim, Hyun-Seob Lee, Byeong-Hoon Han, Cheon-Goo

Abstract

According to the recent rapidly increasing that construction works are gradually Manhattanized mainly the grand scaled residential buildings, the foundation of the building that is related to safety is increasing for building as a grand scaled mat concrete. Because mat concrete can not be simultaneously placing of concrete in a great quantity due to the circumstance at the field, the inequal deformation of the tensile stress that according to the time lag of hydration heat between the upper layer and the lower layer is affecting as a cause that is the possibility of crack occurrence by increasing. Accordingly, this research checked the efficiency of super retard concrete in applying real structures, and we implemented the preparatory experiment to settle up the inequal deformation of the tensile stress substantially that is according to the time lag of placement between the upper layer and the lower layer by controlling the setting time using the super retarding agent. As the result of test, the more target of delay time lengthened, the more fluidity increased and air content indicated a little differences. There was from 2 to 10 hours between the standard curing and the outside curing at the setting time and in case of calculating the rate of mixing at real structure is required that mix promotion, increasing the amount of mixing, by setting up the curing temperature. The super retard concrete showed the result that in compressive strength, early-age strength was smaller than normal concrete whereas it was same or more figures from at the aging 28days because of the super retarding agent.

키 워 드 : 매트콘크리트, 초지연제, 응결시간
Keywords : Mat Concrete, Super Retarding Agent, Setting Time

1. 서 론

현재 국내 건설공사현장에서는 도심지의 지가상승으로 인한 건축물의 효율적 활용과 동시에 늘어나는 인구밀도를 효과적으로 수용하기 위하여 대단위 주거시설을 중심으로 초고층화가 가속화되고 있다. 이와 같은 추세에 의해 건축 구조물의 기초는 안전성과 관련하여 대규모 매트 콘크리트를 시공하는 사례가 증가하고 있는데, 매트 콘크리트는 현장여건상 다량의 콘

크리트를 동시에 타설하기 힘들기 때문에 매트 콘크리트 상하층 간의 타설 시간차가 발생한다. 이러한 타설 시간차는 수화열에 의한 인장력이 발생하고, 이로 인해 매트 콘크리트 상하층 간의 불균일한 변형을 일으켜 결국 균열발생 가능성을 증가시키는 원인으로 작용한다.

그러나 국내 건설공사현장에서 적용하는 매스콘크리트의 수화열 저감방안은 프리쿨링, 파이프쿨링 및 보강철근 배근 등의 시공단계에서의 방법이 주로 적용되고 있는데, 이와 같은 방법은 공기지연 및 경제성 저하 등의 문제점이 제기되고 있다. 또한, 콘크리트 타설 시 수화열을 억제하는 것은 근본적으로 불가능하므로 상하층 타설 콘크리트간의 수화열이 동시에 발생할 수 있도록 조정하여 내응력의 발생을 억제하는 방법이 가장 효과적이라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 부산 해운대에 건설되고 있는 초고층 건축물을 대상으로 기초매스 콘크리트의 수화열에 따른 균열

* 청주대학교 대학원 석사과정, 정회원
** 청주대학교 대학원 박사과정, 정회원
*** (주)렉스콘 연구개발팀 팀장, 정회원
**** 두산건설(주) 해운대 두산 위브 더 제니스 현장 공사 부장, 정회원
***** 두산건설(주) 해운대 두산 위브 더 제니스 현장 PM, 정회원
***** 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 정회원

발생을 제어하기 위해 초지연제의 응결시간차를 활용함으로써 상하층 타설 콘크리트간의 일체성 확보 및 타설 시간차에 따른 내응력을 원천적으로 해소시키고자 예비실험을 실시하여 현장적용 시 기초적 자료로 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 대상 건축물은 사진 1과 같고, 실제 대상 건축물 기초의 타설방법은 그림 1과 같다. 이는 현장 여건상 1일만에 타설할 수 없어 2일로 계획하였으나, 이 경우 1일차 타설 콘크리트와 2일차 타설 콘크리트의 일체화에 의문이 제기되는 것은 물론이고, 그림 2와 같이 1일차 타설 콘크리트와 2일차 타설 콘크리트의 수화발열시간의 상위에 따른 큰 온도차가 발생하여 3일 이내에 충분한 강도를 발현하지 않은 상태에서 응력을 받아 균열발생확률이 가장 높을 것으로 예상된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 1일차 타설 시 초지연 콘크리트를 활용하여 응결시간을 조정함으로써 상하층 콘크리트간 일체성 확보 및 수화열에 의한 내응력을 해소시키고자, 표 1과 같이 W/B 변화에 따른 재령관리 및 초지연제에 의한 목표지연시간에 변화를 주어 실험을 계획하였다.

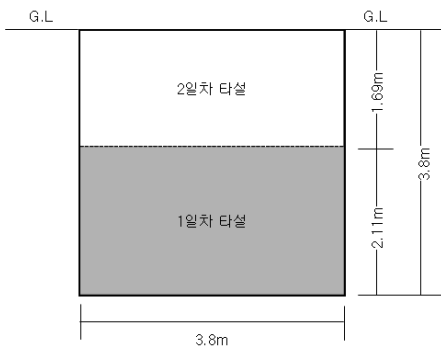


그림 1. 타설방법

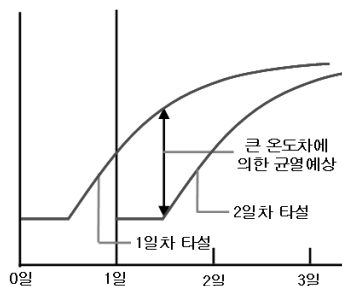


그림 2. 수화발열 모식도

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/B(%)	2	38.0, 36.5
	목표 슬럼프 플로우(mm)	1	500±75
	목표 공기량(%)	1	4.5±1.5
	초지연제에 의한 목표 지연시간	5	W/B (%) 38-0', 38-8', 38-24' 36.5-0', 36.5-6'
실험사항	균지않은 콘크리트	5	· 슬럼프 플로우 · 공기량 · 응결시간(표준양생, 외기양생)
	경화 콘크리트	2	· 압축강도(1, 3, 7, 28, 56일) - 구조체 관리용 공시체

* 「-」 이후의 숫자는 목표 지연시간을 의미함

먼저, 배합사항으로 W/B는 28일 관리재령과 56일 관리재령으로 나누어 38.0, 36.5 % 2수준으로 계획하였는데, 초지연제에 의한 목표 지연시간은 W/B 38.0 %의 경우 0, 8, 24 시간, W/B 36.5 %의 경우 0, 6 시간으로 총 5배치를 실험계획하였다. 단, 결합재는 고로슬래그 시멘트(이하 BSC) 75 %에 플라이애시(이하 FA) 25 %를 치환하여 사용하는 것으로 하였다. 이때 보통 콘크리트에 대하여 목표 슬럼프 플로우 500±75 mm, 목표 공기량 4.5±1.5 %를 만족하도록 배합설계 하였다.

실험사항으로는 균지않은 콘크리트에서 슬럼프 플로우, 공기량 및 응결시간을 측정하도록 하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

2.2 사용재료

본 연구에 사용한 재료는 경남 양산에 위치한 (주)D레미콘사에서 사용하는 일반적인 것을 사용하였으며, 콘크리트의 배합사항은 표 2와 같다. 초지연제의 주성분은 당류계로서 블리딩 및 공기량 감소에 대응하기 위하여 특수제조 하였고, 목표 지연시간에 따른 사용량은 기존 연구자료에 근거한 회귀식에 의해 도출하였으며, 초지연제의 물리·화학적 성질은 표 3과 같다.



사진 1. 대상건축물

표 2. 콘크리트 배합사항

목표 지연 시간	배합사항										
	W/B (%)	초지연제 혼입률 (%)	초지연제 혼입량 (kg/m ³)	S/a (%)	고성능 AE 감수제	단위재료량(kg/m ³)					G
						w	BSC	FA	S1 ^{***}	S2 ^{***}	
0	38.0	0	0	48	1.15	157	310	103	551	295	929
8		0.15	0.47								
24		0.31	0.97								
0	36.5	0	0	48	1.05	160	329	110	541	289	912
6		0.12	0.40								

* 종결시간=양생온도 35℃로 가정 : 8.514×exp(4.043×혼입률)
 ** 부순모래, *** 감모래

표 3. 초지연제의 물리·화학적 성질

주 성분	색상 및 형태	밀도 (g/cm ³)	pH	화합식	작용기
Sucrose, Poly ethylene oxide, Sodium lauryl sulfate	미백색 액상	1.2	7	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	-OH

2.3 실험방법

굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프 플로우는 KS F 2594, 공기량은 KS F 2421의 규정에 따라 실시하였으며, 응결 시간은 KS F 2436의 프록터 관입저항 시험방법으로 실시하였다. 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405의 규정에 따라 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

3.1.1 슬럼프 플로우 및 공기량

표 4는 굳지 않은 콘크리트의 특성을 나타낸 표이다. 초지연제를 혼입하지 않은 베이스 콘크리트는 목표 슬럼프 플로우 500±75 mm 및 목표 공기량 4.5±1.5 %의 범위를 만족하는 것으로 나타났다.

먼저, 유동성의 경우 목표 지연시간이 길어질수록 다소 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 목표 지연시간이 길어질수록 혼입되는 초지연제의 양이 증가하기 때문에 실제 배합

에 사용되는 액체의 양이 많아지기 때문으로 사료되며, 추후실구조체에 적용할 경우 단위수량 혹은 감수제량을 감소시키는 배합보정이 요구된다.

또한 공기량의 경우는 목표 지연시간이 길어질수록 약간 감소하는 경향을 나타내었으나, 큰 차이는 없는 것으로 사료되나, 역시 실제 출하 시에는 미세하게나마 AE제량의 추가를 검토할 필요가 있다.

표 4. 굳지않은 콘크리트의 특성

W/B (%)	목표 지연시간	혼입률 (%)	슬럼프 플로우 (mm)	공기량 (%)
38.0	0	0	575	4.2
	8	0.15	615	4
	24	0.31	625	3.5
36.5	0	0	563	5.2
	6	0.12	596	5

3.1.2 응결시간

그림 3 및 그림 4는 W/B 및 지연시간 별 경과시간에 따른 관입저항치를 나타낸 것이다.

먼저, 표준양생 W/B 38.0 %에서 목표 지연시간 8 시간의 경우는 약 11 시간 정도 지연되었고, 목표 지연시간 24 시간의 경우는 약 33 시간 정도 지연되었으며, 표준양생 W/B 36.5 %에서 목표 지연시간 6 시간의 경우는 약 8 시간 정도 지연되었다.

외기양생 W/B 38.0 %에서 목표 지연시간 8 시간의 경우는 약 5 시간 정도 지연되었고, 목표 지연시간 24 시간의 경우는 약 23 시간 정도 지연되었으며, 외기양생 W/B 36.5 %에서 목표 지연시간 6 시간의 경우는 약 4 시간 정도 지연되었다.

표준양생과 외기양생을 비교하면 지연시간은 약 2~10 시간 정도 촉진되었고, 초지연제의 혼입률이 증가할수록 지연시간 증가폭도 커졌다. 따라서 실물대 실험 시 콘크리트의 높은 수화열로 인해 외기보다 온도가 높을 것이므로 초지연제의 혼입률 산정 시 양생온도를 높게 설정하여 혼입량을 증가시키는 배합비율이 요구된다.

이와 같은 응결지연 작용은 개발된 초지연제의 주성분인 슈크로스 성분 중 작용기인 수산기(-OH)가 시멘트 입자의 표면이나 극초기 수화반응물에 흡착하여 물과의 접촉을 일시적으로 차단함으로써 수화반응을 장시간 지연시킴에 기인한 것으로 판단된다.

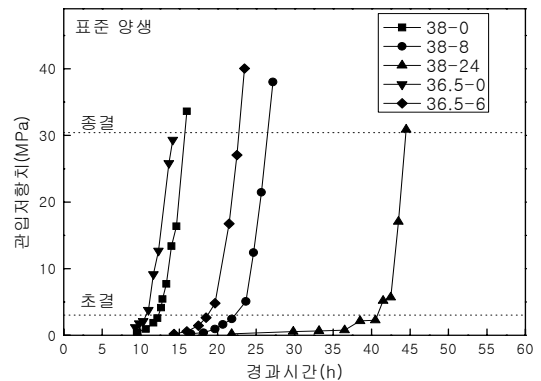


그림 3. W/B 및 지연시간 별 경과시간에 따른 관입저항치(표준 양생)

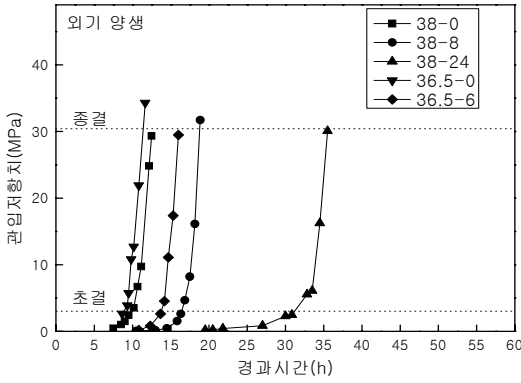


그림 4. W/B 및 지연시간 별 경과시간에 따른 관입저항치(외기 양생)

3.2 압축강도 특성

그림 5는 W/B 및 지연시간 별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다.

전반적으로 각 W/B에서 초지연제를 사용하지 않은 보통 콘크리트에 비하여 초지연제를 혼입한 초지연 콘크리트가 초기재령의 경우 지연작용에 기인하여 압축강도가 작게 나타났으나, 재령이 경과함에 따라 강도증진 폭이 크게 나타나 재령 28일부터는 보통 콘크리트보다 동등이상의 값을 나타내었다. 특히, 38-24에서는 중결이 35 시간이 경과 된 후에 나타나 1일 강도가 측정이 불가능하였음에도 불구하고 재령이 경과함에 따라 급격한 강도증진 현상을 보여, 28일 재령에서는 48.9 MPa로 제일 큰 값을 나타내었다. 이는 수화 초기 응결지연작용에 의해 서서히 수화반응이 진행되게 되면, 이로 인해 밀실한 수화생성물이 생성되어 내부조직이 보다 치밀화한 것에 기인되는 것으로 분석된다.

그림 6은 구조체 관리용 공시체의 보통 콘크리트와 초지연 콘크리트의 압축강도 비교를 나타낸 그래프이다. 앞서 설명한 것과 마찬가지로 보통 콘크리트에 비하여 초지연 콘크리트가 초기재령에서는 압축강도는 작게 나타났으나, 재령이 경과함에 따라 강도증진 폭이 크게 나타나 보통 콘크리트보다 동등이상의 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

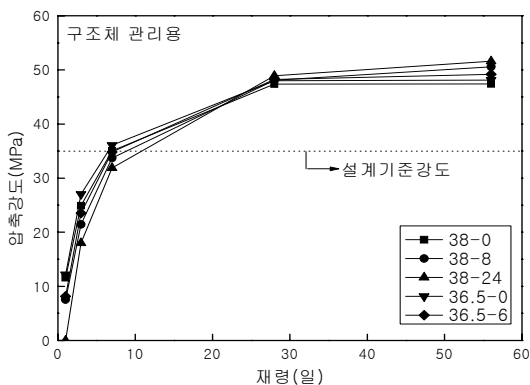


그림 5. W/B 및 지연시간 별 재령경과에 따른 압축강도

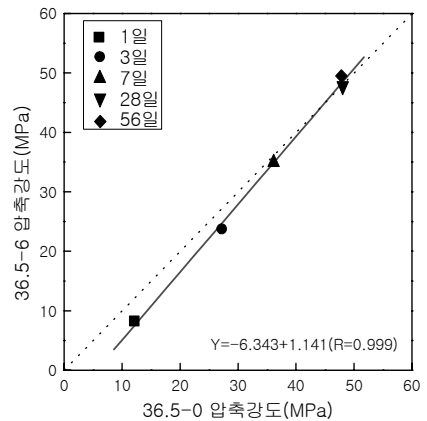
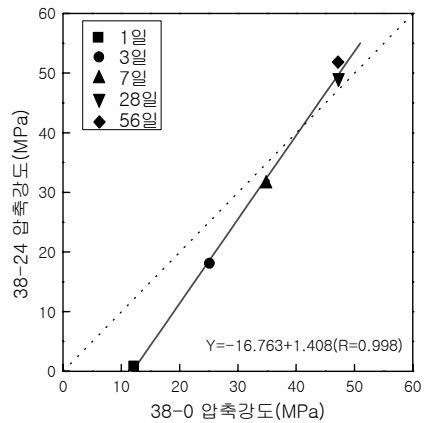
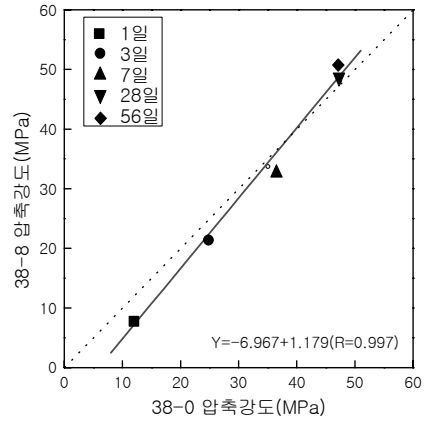


그림 6. 보통 콘크리트와 초지연 콘크리트의 압축강도 비교

4. 결 론

본 연구에서는 초지연제를 활용하여 응결시간을 조정함으로써 상하층 타설 콘크리트간의 일체성 확보 및 상하층 타설 시간차에 따른 인장력 발생을 해소시키기 위하여 실제 구조물 적용 시 초지연 콘크리트를 활용하고자 예비실험을 실시하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 특성으로 유동성의 경우 목표 지연시간이 길어질수록 다소 증가하는 경향을 나타내

어, 추후 실구조체에 적용할 경우 단위수량 혹은 감수 제량을 감소시키는 배합보정이 요구된다.

- 2) 공기량은 목표 지연시간이 길어질수록 약간 감소하는 경향을 나타내었으나, 큰 차이는 없는 것으로 사료되나, 역시 실제 출하 시에는 미세하게나마 AE제량의 추가를 검토할 필요가 있다.
- 3) 응결시간의 경우 표준양생과 외기양생을 비교하였을 때 지연시간이 약 2~10 시간 정도 촉진되었고, 초지연제의 혼입률이 증가할수록 지연시간 증가폭도 커졌다. 따라서 실제 구조물에 적용할 때 콘크리트의 높은 수화열로 인해 외기보다 온도가 높을 것이므로 초지연제의 혼입률 산정 시 실제 콘크리트의 양생온도를 정확히 유추하여 혼입량을 적용하는 배합비율이 요구된다.
- 4) 경화 콘크리트의 특성으로 압축강도는 전반적으로 각 W/B에서 초지연제를 사용하지 않은 보통 콘크리트에 비하여 초지연제를 혼입한 초지연 콘크리트는 초기재령의 경우 지연작용에 기인하여 압축강도가 작게 나타났으나, 재령이 경과함에 따라 강도증진 폭이 크게 나타나 재령 28일부터는 보통 콘크리트보다 동등이상의 값을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. 심보길, 유동수, 윤치환, 한민철, 한천구, 당류계 초지연제의 개발에 관한 기초적 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 제21권 제1호, 2001.4
2. 한민철, 고로슬래그를 사용한 초지연 콘크리트의 응결시간 예측, 대한건축학회 논문집 제22권 제12호, 2006.12
3. 한민철, 한천구, 김성중, 응결시간을 이용한 초지연 콘크리트의 강도증진 해석방법 제안, 대한건축학회 논문집, 제22권 제2호, 2006.2
4. 한천구, 한민철, 윤치환, 심보길, 당분류의 초지연제를 이용한 콘크리트의 응결 및 역학적 특성, 한국콘크리트학회 논문집 제14권 제4호, 2002