

# 전이보 매스콘크리트의 수화열저감을 위한 초지연제 응결시간차 공법의 적용가능성에 대한 검토

## Investigation on the Applicability for Method of Setting Time Difference by Super Retarding Agent for Reducing Hydration Heat of Transfer Girder Mass Concrete

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 is to investigate the mock up test results of mass concrete for transfer girder using setting time difference with super retarding agent(SRA) to reduce hydration heat. According to test results, the temperature history of plain concrete without placing lift had a steep rising curvature, and plain concrete had a big temperature difference between surface and middle section of mass concrete, which may result in occurrence of temperature crack. However, considering placing method B, because setting time of middle section concrete was retarded with an increase in SRA contents, higher hydration heat temperature was observed at surface section concrete compared with that at middle section concrete at early age, which can lower the possibility of hydration heat crack. In case of placing method C, although peak temperature of hydration heat was much lower, at early age, high crack occurrence possibility of the hydration heat attributable to the big temperature difference between middle section and bottom section of concrete was expected at bottom section concrete. Therefore, the structure above the ground like transfer girder is not applicable to consider the placing method C.

### 1. 서 론

최근, 도심지 건축구조물은 초고층화, 대형화됨에 따라 주상복합과 같은 건축물이 증가하고 있다. 주상복합건물은 하층의 상가부에는 라멘조, 상층의 주거부에는 벽식구조로 구성됨에 따라, 이를 연결하는 층에는 전이시스템으로 되고 있다. 그런데, 이러한 전이시스템 중 전이보 및 전이슬래브는 부재크기가 상당히 큰 매스 콘크리트로 수화열에 의한 온도균열이 문제시되고 있어, 매스 콘크리트의 품질을 확보하기 위해서는 온도균열을 제어할 수 있는 대책이 필요한 실정이다.

현재 전이시스템의 온도균열 제어대책으로는 혼화재 또는 저발열 시멘트의 사용 및 단위시멘트량을 가능한 적게 사용하도록 하는 배합적인 방법과 2층 이상 분리타설이 시공되어지고 있다. 그러나 배합적인 방법은 수화열을 저감하는데 한계가 있으며, 분리타설할 경우는 구조체의 일체화가 문제시 되고 있다.

\*정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

\*\*정회원, 청주대 산업과학연구소 전임연구원, 공학박사

\*\*\*정회원, 포스코건설 스타파크현장 소장, 공학박사

\*\*\*\*정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

이에 본 연구팀에서는 매스 콘크리트의 온도균열을 제어하기 위해서 당류계 초지연제를 개발하여 이미 건설교통부 신기술로 인정받아 여러 현장에 적용하고 있다. 하지만, 현재 사용하고 있는 초지연제는 기초 매트부분의 매스 콘크리트에만 적용하는 신기술로, 전이보와 같은 지상구조물 매스 콘크리트의 수화열 저감에 대하여는 재검토가 요구된다.

그러므로, 본 연구에서는 초지연제 응결시간차를 활용한 전이보 매스 콘크리트의 수화열 저감 공법의 개발을 목적으로 보통 콘크리트와 초지연콘크리트간의 타설방법면으로 변화를 고안하여 이에 따른 강도 및 수화발열 특성에 대하여 비교·분석하므로써 매스 콘크리트의 수화열 저감에 대한 새로운 시공법으로의 적용가능성을 검토하고자 한다.

표 1. 실험계획

		실험요인	실험수준
배 합 사 항		W/C(%)	45
		목표슬럼프(cm)	15±1.5
		목표공기량(%)	4.5±1.5
		초지연제혼입률(%)	0, 0.1, 0.2, 0.3
모 의 부 재		크기(cm)	30×30×60
	타 설 방 법 (5수준)	A	플레인-일체타설
		B	상부-플레인 중앙-초지연제(0.1, 0.2, 0.3%) 하부-플레인
		C	상부-플레인 중앙-초지연제(0.2%) 하부-초지연제(0.3%)
실 험 사 항	굳지않은 콘크리트	· 슬럼프, 공기량, 응결시간	
	경화 콘크리트	· 코어압축강도(28일) · 수화열 온도이력	

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

즉, 실험요인으로 W/C 45% 1수준에 대하여, 목표슬럼프 15±1.5cm, 목표공기량은 4.5±1.5%를 만족하도록 보통 콘크리트 배합을 결정하였다. 여기에 이미 개발되어진 초지연제의 혼입률을 0.1~0.3%의 3수준으로 변화하는 초지연 콘크리트를 제조하고 또한, 콘크리트의 타설방법을 A~C의 3종류로 변화시키는데, A는 초지연제를 혼입하지 않은 플레인, B는 상부, 하부-플레인, 중앙-초지연제를 혼입한 경우로서 초지연제의 혼입률은 3수준, C는 상부-플레인, 중앙-초지연제 혼입률 0.2%, 하부-초지연제 혼입률 0.3%로 총 5수준으로 변화시켜 실험계획 하였다.

실험사항으로는 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량, 응결시간을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 재령 28일 코어 압축강도, 수화열 온도이력을 측정하였다. 이때, 배합사항은 표 2와 같다.

표 2. 배합사항

W/C (%)	단위 수량 (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	AE 감수제 (%)	초지연제 혼입률 (%)	용적배합 (ℓ/m <sup>3</sup> )			중량배합 (kg/m <sup>3</sup> )		
					시멘트	잔골재	굵은골재	시멘트	잔골재	굵은골재
45	175	44	0.005	0	123	289	368	389	736	982

2.2. 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였고, 잔골재는 충북 청원군 옥산 산 강모래와 부순 굵은골재를 사용하였다. 또한, 초지연제는 이미 개발되어진 것으로써, 백설탕과 증점제 및 AE제를 일정 비율로 혼합하여 제조된 것을 사용하였다.

2.3. 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS K 2402, 공기량은 KS F 2421, 응결시간은 KS F 2436의 실험방법으로 측정하였다.

실험체의 제작으로 모의부재는 전이보 매스 콘크리트로 가정하여 주변부만 200mm 스티로폼으로 단

열시킨 상태에서 30×30×60cm로 제작한 후 지상으로부터 20cm씩 3층으로 표 1의 타설방법에 따라 실시하였다. 이때, 수화열 측정은 모의 부재를 3등분 한후 각 등분의 중심부에 열전대를 매입하여 측정하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 모의부재의 코어 압축강도는 재령 28일에서 KS F 2422에 따라 관리 한 다음 KS F 2405 및 KS F 2423의 규정에 의거 실시하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 슬럼프 및 공기량

그림 1는 초지연제 혼입률 변화에 따른 슬럼프 및 공기량을 나타낸 것이다. 초지연제 혼입률 변화에 따라 슬럼프 및 공기량은 플레인과 비교하여 다소 증감의 차이는 있으나 품질상 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

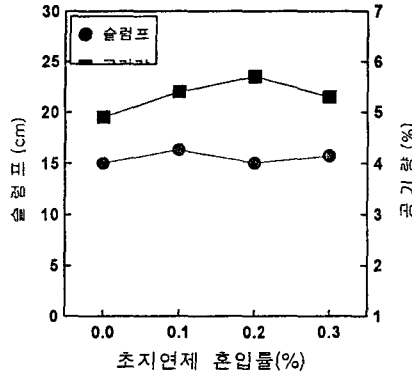


그림 1. 초지연제 혼입률 변화에 따른 슬럼프 및 공기량

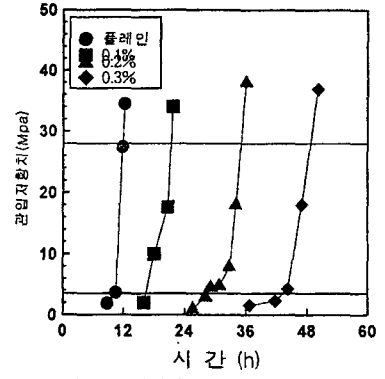


그림 2. 초지연제 혼입률 변화에 따른 응결시간

#### 3.2 응결시간

그림 2는 초지연제 혼입률 변화에 따른 응결시간을 나타낸 것이다. 초지연제 혼입률 증가에 따른 응결시간은 초결 10시간~42시간, 종결 12시간~48시간으로 지연되게 나타났다. 이는 초지연제의 주성분인 당분량이 증가함에 따라 그 작용기인 수산기(-OH)가 시멘트 입자에 흡착되어 수화반응을 장시간 지연시키는 것에 기인된 것으로 분석된다.

#### 3.3 온도이력

그림 3~5는 타설 방법 및 초지연제 혼입률 변화에 따른 수화열 온도이력을 나타낸 것이고, 표 3는 타설 방법에 따른 모의부재의 온도특성을 나타낸 것이다.

먼저 타설 방법별로 플레인인 콘크리트 A의 경우는 중앙부 최고온도가 약 49℃로 타설후 33시간에 최고온도를 나타내었고,

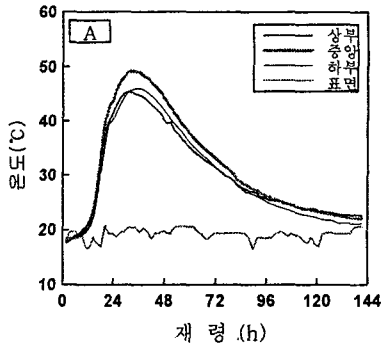


그림 3. 모의부재 A의 온도이력

이후 서서히 저하하여 재령 6일후 상온과 거의 일치하였다.

중앙부 초지연제를 혼입한 B는 초지연제 혼입률이 증가할 수록 최고온

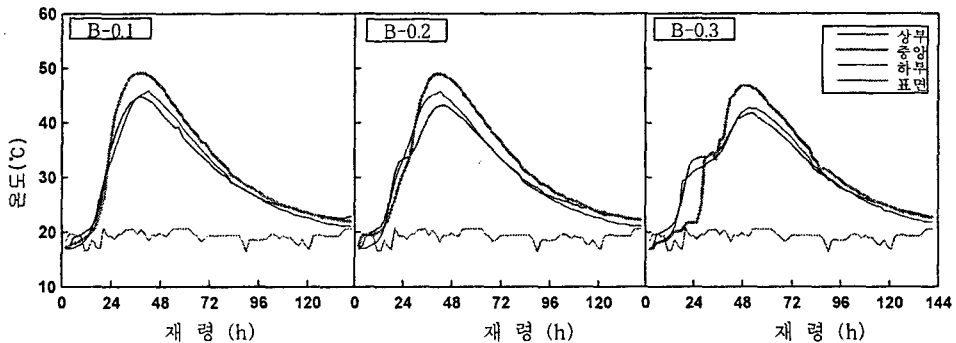


그림 4. 모의부재 B의 온도이력

도는 약간씩 낮아졌으나 플레인과 큰차이는 없는 것으로 나타났다. 단, 최고온도 도달시간은 A보다 약 5.5~14.7시간 지연되었고, 표면부온도가 중심부보다 높은 시간이 16~29시간 정도로 연장되어 나타났다.

따라서, 매스콘크리트의 수화열 온도균열에 영향을 미치는 요인은 표면부 콘크리트의 인장강도와 표면과 중심간의 온도차이에 의한 내부응력의 관계가 중요한데, 내부응력이 콘크리트 인장강도보다 크게 되면 온도균열이 발생할 확률이 높게 된다. 그런데 A의 경우는 최고온도 도달시간이 짧기 때문에, 내부응력에 대응할 인장강도를 발휘할 충분한 시간을 갖지 못하여 내부응력에 의한 온도균열확률이 높게 된다. 그러나, 중앙부에 초지연제를 혼입한

B의 경우로, 특히 B-0.3은 최고온도 도달시간이 지연되고, 또한 초기재령에서의 표면부 수화열 온도가 중심부보다 높은 구간으로 인하여, 콘크리트가 내부응력에 대응할 충분한 인장강도를 발휘하지 못한 시기에 압축응력이 작용하게 되어 온도균열발생확률은 없게 된다. 이후, 재령이 경과함에 따라 비록 중심부가 표면부보다 온도가 높아 표면부에 인장응력이 발생하더라도 최고 온도 도달시간의 지연으로 인하여 이미 콘크리트가 어느정도 인장강도를 발휘하였기 때문에 온도균열을 방지할 수 있을 것으로 사료된다. 단, 타설방법 C의 경우는 최고온도가 다른 타설방법에 비해 낮고, 최고온도 도달시간이 많이 지연되었지만, 전이보의 특성상 하부도 온도균열이 발생할 수 있어, 하부와 중앙부의 온도차이로 인해 온도균열발생확률이 증가할 것으로 사료되어, 전이보에는 적합하지 않은 방법으로 판단된다.

3.4 압축강도

그림 6는 부어넣기 방법에 따른 중앙부 재령 28일 코어공시체의 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 응결시간의 차이에도 불구하고 플레인과 초지연제를 혼입한 콘크리트간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 초지연제를 혼입할 경우 응결지연작용으로 수화반응이 서서히 진행되어 내부수화물 조직이 보다 치밀화 하므로 압축강도가 상승할 수는 있어도 저하하지는 않는 것에 기인된 것으로 사료된다.

### 3.4 압축강도

그림 6는 부어넣기 방법에 따른 중앙부 재령 28일 코어공시체의 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 응결시간의 차이에도 불구하고 플레인과 초지연제를 혼입한 콘크리트간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 초지연제를 혼입할 경우 응결지연작용으로 수화반응이 서서히 진행되어 내부수화물 조직이 보다 치밀화 하므로 압축강도가 상승할 수는 있어도 저하하지는 않는 것에 기인된 것으로 사료된다.

## 4. 결론

- 1) 모의부재의 수화열 온도이력 특성으로, 초지연제를 혼입하지 않고 일체타설한 플레인 콘크리트는 온도상승곡선 기울기가 급하고, 표면과 중심부간의 온도차이로 인해 온도균열이 발생할 수 있는 나타난 반면, 타설방법 B의 경우 초지연제 혼입률이 증가할수록 중심부의 응결이 지연되어 재령 초기 표면부 수화열 온도가 중심부보다 높게 나타나 균열발생확률이 없는 것으로 사료된다.
- 2) 타설 방법 C의 경우 수화열 최고온도는 가장 낮았으나, 재령 초기 하부와 중심부간의 온도차이로 인하여 하부에 온도균열발생확률이 높아지므로, 전이보와 같은 지상구조물에는 적합하지 않을 것으로 판단된다.

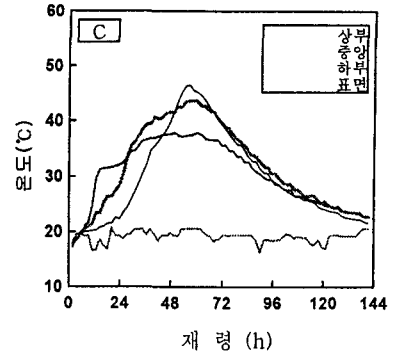


그림 5. 모의부재 C의 온도이력

표 3 부어넣기방법에 따른 모의부재의 온도특성

부어넣기방법	A		B			C
중심부 초지연제혼입률(%)	0	0.1	0.2	0.3	3분할	
최고온도(°C)	49.2	49.1	49.0	46.8	46.4	
최고온도 도달시간(h)	33	38.5	40.3	47.7	55	
표면부온도가 중심부보다 높은시간(h)	0	16	20	29	24	

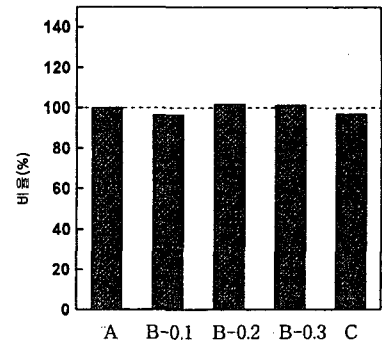


그림 6. 부어넣기 방법에 따른 중앙부 재령 28일 코어공시체의 압축강도