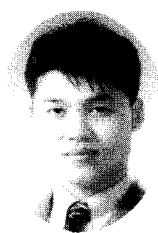
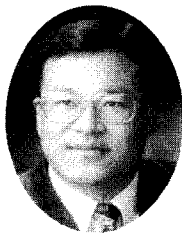


# 응결 시간차를 활용한 매스 콘크리트의 수화열 조정 공법

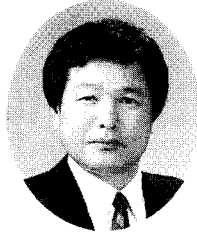
- A Method on the Control of Hydration Heat of Mass Concrete Considering Difference of Setting Time -



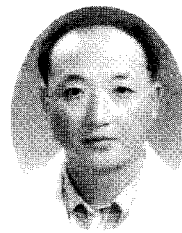
심보길\*



윤치환\*\*



오선교\*\*\*



최주석\*\*\*\*



한천구\*\*\*\*\*

## 1. 머리말

중전의 경우 건축물의 기초 구조는 직 접 기초 및 말뚝 기초 등이 많이 활용되 었으나, 최근에는 말뚝 기초의 경우 소음, 진동 등의 환경 문제가 중요시됨에 따라 대부분 매트 기초로 시공하는 경우가 많 아졌다.

따라서, 기초 부분의 매트 콘크리트 시 공은 환경 문제를 해결하고 건물의 하부 구조를 안전하게 지탱하게 하는 역할은 만 족되었지만, 두께가 80 cm를 넘어 매스 콘크리트로 되는 경우가 많아 수화열에 의 한 균열 문제 등은 콘크리트의 품질 확보 에 있어 새롭게 해결해야만 하는 중요한 과제로 등장하고 있다.

청주대학교 내에 위치한 청주대학교 새 천년 종합정보관 신축 공사 현장은 지하 1 층, 지상 5층 규모의 철골 철근 콘크리트 조로 설계되어, 기초 구조는 지내력이 건 물의 요구수준(20 t)을 상회하고 있어 매

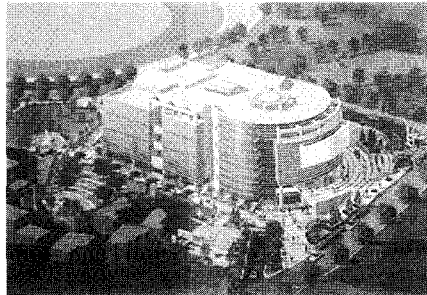


사진 1. 청주대 새천년 종합정보관 조감도

트 기초(두께 1 m)로 계획됨에 따라 매스 콘크리트 시공이 불가피하였다. 또한, 콘 크리트 타설 일정이 8월로 서중 콘크리 트 기간 중임에 따라 고온인 상황하에 서 매스 콘크리트의 수화열 저감에 대 한 대책이 반드시 필요하였다.

따라서, 본 청주대학교 재료·시공 연구 팀에서는 매스 콘크리트의 수화열을 저감 시키기 위하여 본 연구팀에서 개발한 초지 연제로 응결 시간차를 조정한 매스 콘크리 트의 수화열 조정 공법을 적용하였고, 아 울러 유동화 공법의 도입과 플라이 애쉬를

25% 치환함에 따라 단위시멘트량을 적게 배합설계하여 기초부의 매스 콘크리트 시 공을 성공적으로 완수하였다.

그러므로, 본고에서는 초지연제의 응결 시간차를 활용한 매스 콘크리트의 수화열 조정 공법의 현장 적용 방법 및 수화열 저감 결과를 중심으로 사례를 소개하고자 한다.

## 2. 공사 개요

- 공사명 : 청주대학교 새천년 종합정보관 신축 공사
- 발주처 : 청주대학교
- 설계사 : (주)건축사 사무소 예원
- 감리자 : (주)선엔지니어링 종합 건축사 사무소
- 시공자 : (주)삼창토건
- 공사기간 : 2001. 4 ~ 2003. 10
- 위치 : 충북 청주시 상당구 내덕동 산 37-1 외
- 연면적 : 7,915 m<sup>2</sup> (2,394평)
- 구조 : 철골 철근 콘크리트 라멘조
- 규모 : 지상 5층, 지하 1층
- 기초 : 62 × 33 × 1 m
- 콘크리트 강도 : 210 kgf/cm<sup>2</sup>

\* 정회원, 청주대학교 대학원

\*\* 정회원, 청주대학교 대학원

\*\*\* 정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 대표이사

\*\*\*\* (주)삼창토건, 청주대학교 새천년 종합정보관 신축 공사 현장 소장

\*\*\*\*\* 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

### 3. 실험 방법

#### 3.1 콘크리트 배합설계

본 현장의 매트 기초는 가로 62m, 세로 33m, 높이 1m로 매스 콘크리트 시공이 이루어졌다.

따라서, 매스 콘크리트의 수화열 저감을 위하여 초지연제의 응결 시간차를 활용하는 공법과 아울러 유동화 공법을 도입하고 플라이 애쉬를 25% 치환하여 단위시멘트량을 줄이고자 하였는데, 이에 따라 납품되는 레미콘 공장을 사전에 방문하여 베이스 콘크리트를 기본으로 한 예비 실험을 통해 레미콘의 배합설계를 조정하였다.

즉, 레미콘의 호칭강도는 210 kgf/cm<sup>2</sup>, 목표 슬럼프의 경우는 12 ± 2.5 cm로 설계되었으나, 유동화 공법을 적용함에 따라 베이스 콘크리트의 목표 슬럼프는 8 ± 2.5 cm, 또한, 유동화 후의 목표 슬럼프를 15 ± 2.5 cm를 만족하고, 목표 공기량 4.5 ± 1.5%를 만족하는 배합을 결정하였는데, 그 배합 사항은 다음 <표 1>과 같다.

#### 3.2 초지연제의 응결 시간차를 활용한 매스 콘크리트 수화열 저감 공법의 적용

초지연제란 첨가량을 임의로 조정함으

로써 콘크리트의 응결 및 경화 시간을 수시간에서 수일까지 지연시키는 혼화제를 말하며, 그 후 콘크리트의 강도 발현에는 영향을 주지 않는 혼화제를 말한다.

따라서, 본 현장에서는 매스 콘크리트의 수화열을 저감시키기 위하여 종래 사용되던 파이프 쿨링이나 분할 타설 등의 방법과는 달리 초지연제의 응결 지연 특성과 콘크리트 타설 방법의 변화를 병합하여 초지연제의 응결 시간차를 활용한 매스 콘크리트의 수화열 저감 공법을 적용하였다.

즉, <그림 1>과 같은 방법으로 두께 1m의 구조체에 하부 50cm 부분에는 1~2일의 응결 지연 효과가 있는 초지연제 0.15%를 첨가한 후 유동화제 0.45%에 의해 유동화시킨 초지연 유동화 콘크리트를 먼저 타설한 다음 상부 50cm 부분에는 보통 콘크리트를 유동화시킨 보통 유동화 콘크리트를 타설하여 상하부를 일체화시키는 방법을 적용하였다.

초지연제의 첨가 방법은 <사진 2>와 같이 레미콘회사에서 레미콘 트럭에 한차 분량의 초지연제를 직접 투여하는 것으로 하였고, 초지연제를 투여한 다음 트럭 내에서 골고루 섞이게 하기 위해 레미콘회사에서 10회 회전 후 현장으로 출발시키는 것으로 하였다.

또한, 유동화 콘크리트의 제조는 현장첨가 현장유동화방식으로 하였다. 즉, 레미콘 공장에서 운반되어 온 초지연 콘크리트를 현장 약 100m 전방에서 트럭믹서어 소정량의 유동화제를 첨가한 다음 트럭믹서 내에서 유동화를 위해 10회 회전 후 현장으로 출발하는 것으로 하였다.

현장 도착 후 콘크리트를 펌프카에 배출하기 전에 다시 10회 교반하여 완전히 유동화를 시킨 다음 짐부리기를 실시하고, 펌프카에 의해 <사진 4>와 같이 구조체 하부 50cm에 초지연 유동화 콘크리트를 타설하였다.

또한, <사진 5>는 하부 초지연 유동화 콘크리트 타설 후 곧 이어서 상부 보통 유동화 콘크리트를 타설하여 상하부를 일체화시키는 모습이다.

#### 3.3 구조체 온도이력 측정

매스 콘크리트의 내부 수화열 측정은 <그림 2>와 같이 상부, 상중, 중앙부, 중하, 하부의 5개소에 T-type Thermo couple를 매입하고, 데이터로거를 이용하여 콘크리트 내부의 수화열에 의한 온도이력을 10분 간격으로 약 9일간 측정하였다.

또한, 구조체 내부 온도이력과의 상호

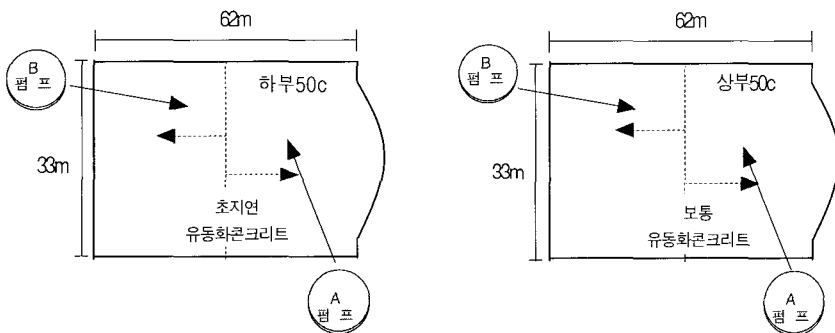


그림 1. 매트 기초 콘크리트 타설 방안



사진 2. 초지연제 투입

표 1. 현장 배합 사항

| 구 분      | W/C (%) | S/a (%) | AE제 (%) | 단위수량 (kg/m <sup>3</sup> ) | 초지연제 혼입률 (C×%) | 용적배합 (ℓ/m <sup>3</sup> ) |     |     |     | 초지연제 혼입량 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------|---------|---------|---------|---------------------------|----------------|--------------------------|-----|-----|-----|-------------------------------|
|          |         |         |         |                           |                | C                        | F·A | S   | G   |                               |
| 초지연 콘크리트 | 53.2    | 49.1    | 0.5     | 166                       | 0.15           | 74                       | 35  | 334 | 346 | 0.35                          |
| 보통 콘크리트  | 53.2    | 49.1    | 0.5     | 166                       | 0              | 74                       | 35  | 334 | 346 | 0                             |

비교를 위하여 구조체 옆에 더미를 제작하였는데, 더미의 경우는 매스 콘크리트의 크기를 상정하여 1m×1m×1m 크기의 부재에 보통 유동화 콘크리트만을 타설하여 일체화시키는 것으로 하였다. <사진 6>은 더미 부재에 보통 유동화 콘크리트만을 타설하는 모습이다.

더미 부재 내부의 수화열에 의한 온도이력 측정은 <그림 3>과 같이 상·중·하 3개소에 T-type Thermo couple를 매입하고, 데이터로거를 이용하여 콘크리트 내부의 수화열에 의한 온도이력을 구조체와 함께 10분 간격으로 측정하였다.

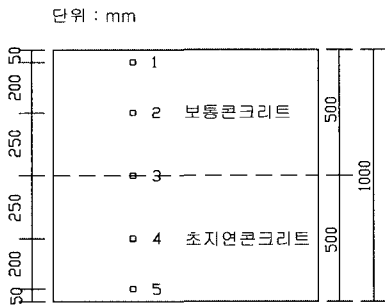


그림 2 구조체 T-type Thermo couple 매입 위치

#### 4. 실험 결과

##### 4.1 구조체 온도이력

본 현장의 기초 매트 콘크리트가 시공된 시기는 8월 초순으로 콘크리트 타설시 외기온은 33~35°C이었고, 타설되는 콘크리트도 32~33°C 정도로 비교적 고온 환경조건에서 구조체에 타설되었다.

<그림 4>는 구조체에 콘크리트를 부어 넣은 직후부터 시간 경과에 따른 구조체 내부의 수화열에 의한 온도이력을 나타낸 것이다.

상부에 타설된 보통 유동화 콘크리트의

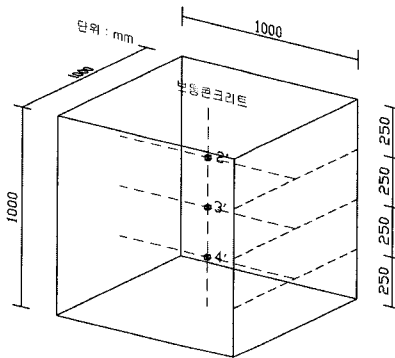


그림 3 더미 내부의 T-type Thermo couple 매입 위치

경우(1, 2)는 정상적인 수화반응에 의한 온도이력곡선이 나타났는데, 타설 후 24시간 전후에서 약 54°C 정도의 수화열 피크점을 형성하였다.

그 후 수화열은 서서히 저감하여 약 9일 후에는 구조체의 내부온도가 외기온 최고 온도 수준으로 근접하였다.

또한, 하부에 타설된 초지연 유동화 콘크리트의 경우(4, 5)는 상부 보통 유동화 콘크리트와의 응결 시간차를 유도하기 위해 초지연제 0.15%를 첨가하여 1~2일 정도 콘크리트의 응결 지연을 예상하였는데, 콘크리트 타설 후 30시간 전후에서 45~47°C 정도의 1차 온도 피크점이 생성되었고, 그 후 온도는 감소하다가 2.5일 전후에서 온도가 재차 상승하여 44~45°C 정도의 2차 피크점을 형성하였다.

그 후 수화열은 서서히 저감하여 약 7일 후에는 구조체의 내부온도가 외기온 수준으로 저하하였다.

이때 하부 초지연 콘크리트의 경우는 응결 지연 과정에서 상부에 타설된 보통 유동화 콘크리트의 수화 작용에 의한 수화열에 영향을 받아 하부 콘크리트의 온도가 상승하여 1차 온도 피크점을 형성한 후 상부 콘크리트의 온도가 저하함에 따라 하부 온도도 저하하다가 2.5일 전후에서 초지연제의 지연능력이 저하하였고, 이때부터 하부 초지연 유동화 콘크리트가 수화 작용을 시작하여 수화열에 의한 2차 온도 피크점이 형성된 것으로 판단된다.

<그림 5>는 구조체 내부의 수화열에 의한 온도이력과 상호 비교를 하기 위한 더미 부재 내부의 온도이력을 측정하는 것이다.

더미의 콘크리트 타설 작업은 구조체 콘크리트 공사시 타설되는 상부 보통 유동화 콘크리트를 이용하여 구조체와 동시에 타설하였다. 콘크리트를 부어 넣은 다음 약 3시간 후부터 수화열에 의한 온도가 급격히 상승하여 타설 후 약 20~24시간 사이에 약 57°C 정도의 수화열 피크점을 형성하였고, 그 후 온도는 급격히 저감하여 약 7일 후 외기온 수준으로 저하하였다.

종합적으로 구조체 내부온도의 경우는

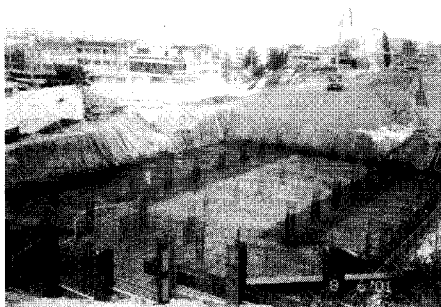


사진 3 구조체 전경

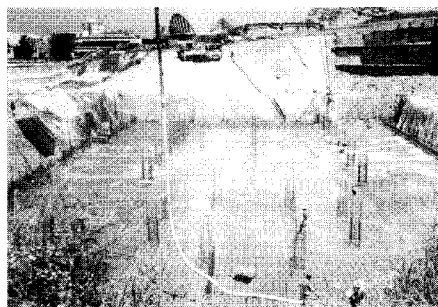


사진 4 하부 초지연 유동화 콘크리트 타설

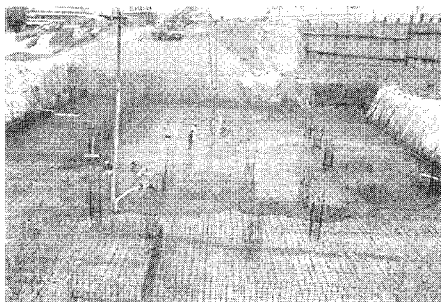


사진 5 상부 보통 유동화 콘크리트 타설

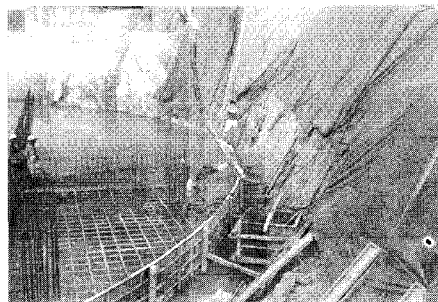


사진 6 더미 부재 콘크리트 타설

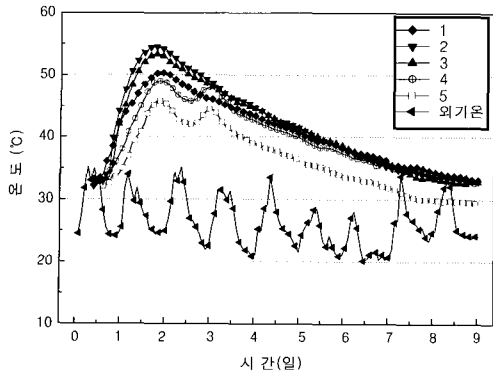


그림 4. 구조체 내부의 수화열 온도이력

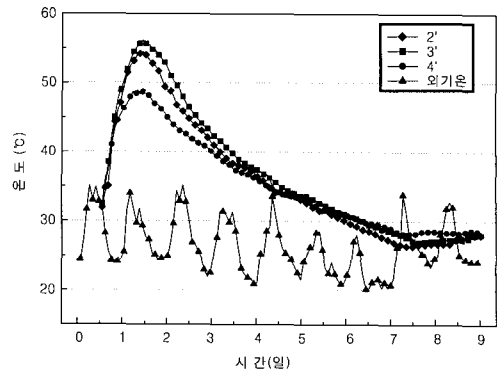


그림 5. 더미 부재 내부의 수화열 온도이력

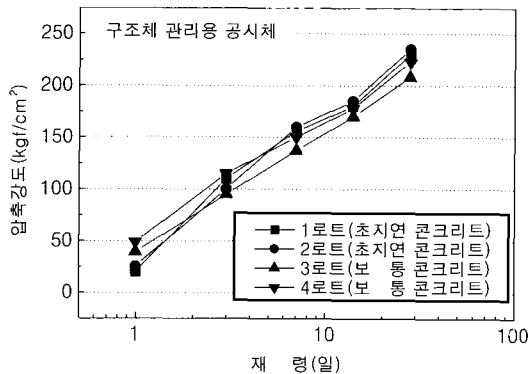


그림 6. 구조체 관리용 공시체의 로트별 압축강도

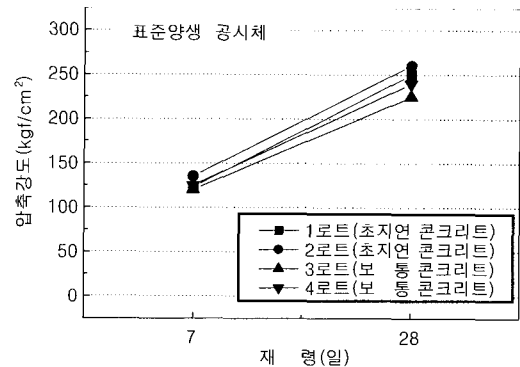


그림 7. 표준양생 공시체의 로트별 압축강도

1m 높이의 보통 유동화 콘크리트만을 부어넣은 더미 부재에 비해 구조체의 경우 하부 50cm의 초지연 유동화 콘크리트가 응결 지연으로 응결 시간차를 활용함에 따라 상부 50cm만의 보통 유동화 콘크리트 수화 작용으로 최고 온도는 3~4°C 정도 저하하였고, 또한, 온도의 상승·하강 구배가 보다 완만해진 것으로 판단된다.

#### 4.2 강도 특성

본 현장에서는 초지연제의 사용과 유동화 공법 도입에 따른 강도 증진을 파악하기 위해 KS의 레미콘 압축강도 로트 개념에 준하여 각 로트별로 표준양생 공시체를 제작하였고, 또한, 구조체 관리용 공시체를 제작하여 서중 환경 하에서 매스 콘크리트의 강도 증진 특성을 파악하였다.

(그림 6)은 현장 조건에서 양생한 구조체 관리용 공시체의 로트별 압축강도를 측정하는 것이다.

전반적으로 상부 보통 유동화 콘크리트(3, 4로트)에 비하여 하부 초지연 유동화

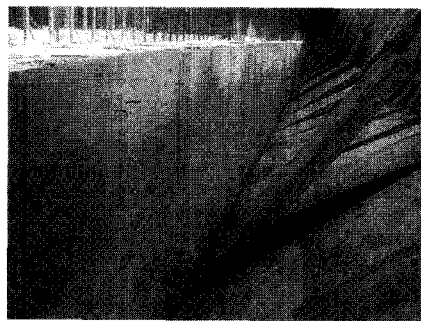


사진 7. 초지연제의 응결 시간차를 활용한 수화열 저감 공법으로 완성된 기초 매트 콘크리트

콘크리트(1, 2로트)의 경우 초기 재령에서는 압축강도가 낮게 측정되었지만, 재령이 경과할수록 후기 재령에서는 상부 보통 유동화 콘크리트 보다 크게 발현되었다.

(그림 7)은 표준 양생 조건에서 양생한 공시체의 로트별 압축강도를 측정하는 것이다.

전반적으로 모든 로트별 28일 압축강도 시험에서 레미콘 호칭 강도 210kgf/cm<sup>2</sup> 이상이 측정되었고, 하부 초지연 유동화 콘크리트의 압축강도가 상부 보통 유동화 콘크리트 보다 5~10% 정도 높게 측정되

어 초지연제가 강도 발현에 큰 영향을 미치지 않았음을 알 수 있었다.

#### 5. 맺음말

청주대학교 새천년 종합정보관 신축 공사 현장의 매트 기초에 초지연제의 응결 시간차를 활용한 매스 콘크리트의 수화열 조정 공법을 적용함으로써 서중기 열악한 조건하에서의 매스 콘크리트 공사를 성공적으로 완수하였다.

본 공법을 적용함에 따라 수화열을 3~4°C 정도 저감시킬 수 있었고, 경화 후 콘크리트 표면의 균열을 관찰한 결과 수화열에 의한 온도균열은 나타나지 않았다. 따라서, 종래에 사용되던 매스 콘크리트 수화열 저감방안에 비하여 공기단축 및 공사비 절감 등의 차원에서 매우 양호한 효과를 얻을 수 있었다.

금후로 매스 콘크리트의 수화열을 컨트롤하여 콘크리트 품질을 향상시키기 위해서는 본 공법을 더욱 발전시키고 체계화하는 연구가 지속되어야 할 것으로 판단된다. □