

국립과학관현장의 특수 콘크리트 적용

Application of the Concrete for Special Uses in the National Science & Museum



송승헌*
Seung-Heon Song



송영기**
Young-Gi Song



권병남***
Byung-Nam Kwon

1. 서 언

삼성물산(주)건설부문에서 시공하고 있는 국립과학관 현장은 경기도 과천시 과천동 706번지 일원(서울대공원 맞은 편)에 위치하고 있는데, 대지 244,532 m²에 청소년들이 온몸으로 과학을 체험할 수 있는 공간을 제공하기 위한 목적으로 건립 중에 있다. 국립과학관내 주요 시설물로는 과학관, 천체관, 천체관측소, 노천극장, 곤충관, 기타 조경시설이 계획되어 있으며, 주 건축물인 과학관은 비상하는 비행체 형상이며, 연면적 44,473m²에 지하 1층, 지상 3층, 최고높이 33m이고 길이는 400m로 건립될 예정이다(그림 1).

국립과학관 현장은 2006년 9월부터 과학관 골조공사를 진행하면서 정밀시공을 통한 품질을 확보하고자 동 공사가 가진 기술적인 어려움인 그리드의 비정형성 및 층고 8m의 철골 철근 콘크리트 시공 등을 해결하는 데 많은 노력이 요구되었다.

본 고에서는 이러한 국립과학관 현장에서 적용된 특수 콘크리트

리트 공사중 철골 철근 콘크리트용 고강도 매스 콘크리트, 한중 콘크리트 및 항공콘크리트 등의 시공사례를 다루고자 한다.

본 고에서 다룰 내용은 다음과 같다.

- 1) 높이 8m 고강도 철골 철근 콘크리트 기둥(50 MPa)의 Mock-Up실험 사례
- 2) 한중환경에서 날씨정보 시스템을 활용한 콘크리트 타설 관리 및 한중콘크리트 보양 및 온도 관리사례
- 3) 중수처리조용 항공 콘크리트 적용사례

2. 높이 8m 고강도 철골 철근 콘크리트 기둥(50 MPa) Mock-Up실험 사례

2.1 개요

본 현장에서는 높이 8m의 고강도매스 콘크리트 기둥을 타설하기로 되어 있어 이의 원활한 수행을 위하여 <표 1>과 같은 목적으로 Mock-Up실험을 실시하였다.

표 1. Mock-up실험 목적

- 재료분리 방지를 위한 콘크리트 타설 방법 검토
- 고강도콘크리트(50 MPa)의 최적배합결정
- 콘크리트 타설 높이 및 이어치기 시간
- 거푸집 조기 탈형 시간 검토
- 압축강도 8 MPa 이상 발현 시기 확인
- 적절한 양생 방법 결정

2.2 Mock-Up실험 프로세스

다음의 내용은 Mock-Up실험을 위한 프로세스를 타설 전/후 단계로 구분하여 나타낸 것이다.



그림 1. 국립과학관 조감도

* 정희원, 삼성물산(주)건설부문 국립과학관현장 소장
ssh5925@samsung.com
** 삼성물산(주)건설부문 국립과학관현장 공무부장
*** 삼성물산(주)건설부문 국립과학관현장 품질대리

2.2.1 콘크리트 타설 전 준비



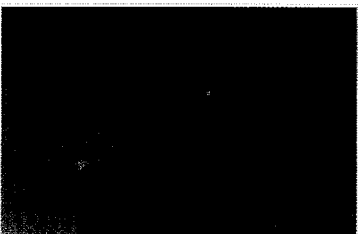
- 타설 인원 : 5명
- 타설량 : 8 m³
- 타설 장비 : 호퍼(1.5 m³)
- 거푸집 : Doka제품

2.2.2 콘크리트 물성 시험



- 슬럼프플로우, 공기량
- 재령별 · 압축강도 측정 (12h, 16h, 20h, 24h, 3일, 7일, 28일)

2.2.3 콘크리트 타설



- 타설 시간 : 2시간 (17:50-19:45)
- 타설 : 4회 분리타설 (0.5m, 1.9m, 1.9m, 2.0m)
- 이어치기 : 30분 후
- 타설 종료 후 수화열 센서 가동

2.2.4 거푸집 탈형



- 타설 후 16시간에 거푸집 탈형 (8MPa 이상 강도 확인)

2.2.5 양생 관리



- 거푸집 탈형 후 3일간 폴리에틸렌 필름 보양

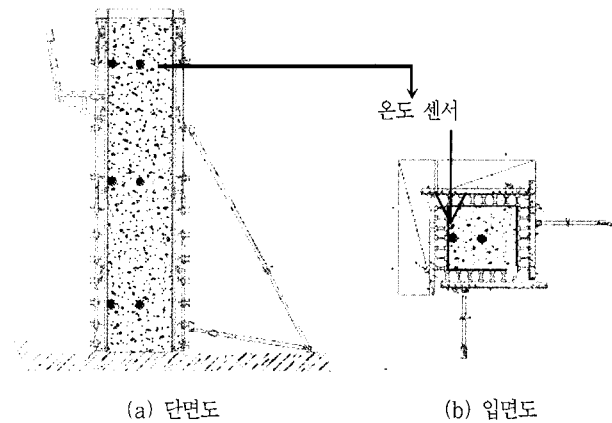


그림 2. Mock-up실험체 개요도

6,300의 매스 콘크리트 기둥으로 계획하였다. <그림 3> 및 <표 2>는 재령경과에 따른 Mock-up실험체의 온도이력을 나타낸 것이다.

본 Mock-up기둥 구조체는 기둥 중심부와 표면의 온도차를 20℃ 이내로 관리하도록 목표하였는데, 온도이력 측정결과 최고 온도에서 중심부 온도가 86℃로 측정되었고, 표면부 온도가 74℃로 측정되어 온도차를 20℃ 이내로 유지시킬 수 있는 것을 확인하였다.

2.3.2 압축강도 측정결과

<표 3>은 Mock-up실험체의 압축강도를 나타낸 것으로 타설 후 16시간에서 13.1 MPa를 발휘하였고, 설계기준강도는 7일 재령에서 얻어졌다.

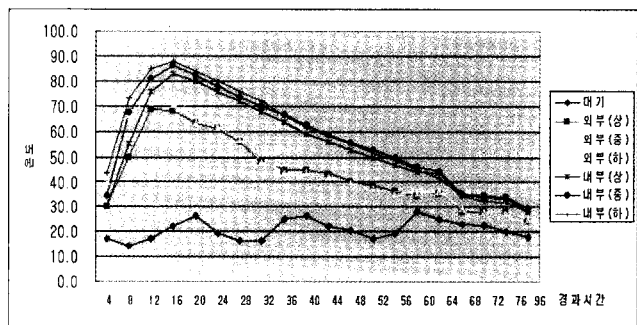


그림 3. 구조체 수화열 측정 결과

표 2. 재령별 구조체 수화열 측정결과

| 측정재령 | 측정 온도(℃) | | | |
|------|----------|----|-----|-----|
| | 내부 | 표면 | 외기온 | 온도차 |
| 최대 | 86 | 74 | 23 | 12 |
| 1일 | 80 | 62 | 20 | 18 |
| 2일 | 54 | 39 | 19 | 15 |
| 3일 | 33 | 29 | 20 | 4 |

2.3 실험결과

2.3.1 수화열 측정 결과

<그림 2>는 Mock-up실험체와 수화열측정을 위한 온도센서 매립위치를 나타낸 것이다. Mock-up실험체는 1,100 × 1,100 ×

표 3. 재령경과에 따른 압축강도(MPa)

| | | | | | | | |
|-------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 재령 압축 강도 (MPa) | 12h | 16h | 20h | 24h | 3일 | 7일 | 28일 |
| | 8.3 | 13.1 | 17.4 | 23.1 | 41.5 | 50.8 | 62.5 |

2.4 Mock-Up 실험결과 고찰 및 실 시공계획 결정

<표 4>는 Mock-up 실험결과를 토대로 실제 시공 시 고려사항을 정리한 것이다.

본 실험을 통해 수화열 저감 및 조기강도발현을 위한 최적배합을 결정하였고, 층고 8m 기둥의 재료분리 방지 방법을 결정하여 4번에 걸친 분할 타설을 계획하였다. 또한 거푸집 조기탈형을 위한 압축강도는 16시간 이후에 발휘되는 것을 확인 할 수 있었고, 수화열 온도를 측정한 결과 중심부와 표층부간의 온도차가 20℃ 이내로 나타나 관리 범위에내임을 확인하였다. 양생방법의 경우 급격한 수분증발을 방지하기 위하여 폴리에틸렌 필름(PE)을 사용하는 것으로 계획하였다.

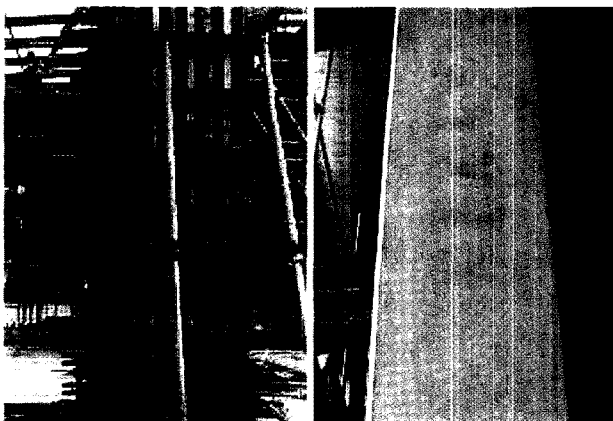
2.5 Mock-Up 결과 현장 적용

<그림 4>는 Mock-up 실험결과를 토대로 실제 8m 높이의 기둥을 타설한 사례를 나타낸 것으로 거푸집 제거 후 양호한 품질을 확보한 것으로 확인되었다.

3. 한중 콘크리트 시공사례

3.1 날씨정보 시스템을 활용한 콘크리트 타설 관리

본 현장은 PMIS(project management infomation system)내에서 기상청과 연계된 날씨정보시스템(weather eye)을 활용하여 주



(a) 타설 전 (b) 타설 후
그림 4. 8m 고강도 콘크리트 기둥 실제 타설 사례

표 4. 실험결과 고찰 및 조치사항

| 실시 목적 | 결과 및 조치사항 |
|---|--|
| 1) 50 MPa 콘크리트 현장작용 배합시험 | 1) 현장배합 기설시로 사전품질 검증 |
| 2) 타설 방법 결정 ※ 기둥상부 철골보 간섭으로 자유 낙하고가 높아 재료분리가 예견됨 | 2) 재료분리 예방을 위한 위치별 타설 높이 확인 · 1차 타설 : 바닥 ~ 0.5m · 2차 타설 : 0.5m ~ 2.4m · 3차 타설 : 2.4m ~ 4.3m · 4차 타설 : 4.3m ~ 6.3m ● 블리딩 최소화를 위한 이어치기 시간 확인 - 타설 후 30분 이상 |
| 3) 거푸집 탈형 시기결정 | 3) 조기탈형에 필요한 강도 (8 MPa 이상)확보 시간 확인(타설 후 16시간) |
| 4) 수화열 온도 측정 | 4) 콘크리트 중심부와 표층부 수화열 온도차가 관리 범위내임을 확인 |
| 5) 양생방법 결정 | 5) PE(비닐) 보양으로 급격한 수분 증발 방지 |

간·일간·시간대별로 콘크리트 타설시 날씨 및 온도를 관리하였다(그림 5). 그 결과, 기계바닥미장 시간을 감안한 콘크리트 타설 시기 결정, 동절기 중 콘크리트 타설시 최적의 양생방법 선정 등 상식선으로 치부되어 간과될 수 있는 사항까지도 관리하여 고품질의 콘크리트 구조물을 시공할 수 있었다.

3.2 한중 콘크리트의 보온 양생 및 온도 관리

한중 콘크리트 타설 후 초기 동해가 발생하면 응결 및 경화 지연에 따른 강도 발현 저하 등의 문제점이 발생하고 결국 콘

별자점명 : 국립과학관신속공사

| 관측자 | 주소 | 건물 |
|----------------------|--|---|
| 공기도 관측시 관측동 700번지 일련 | | |
| 비 현장정보 | | |
| 날씨 | 3월 19일(월) | 3월 20일(화) |
| 시간 | 09 12 15 18 21 00 03 06 09 12 15 18 21 00 03 06 09 12 15 18 21 | 00 03 06 09 12 15 18 21 00 03 06 09 12 15 18 21 |
| 일련 | 구름조금 | 맑은 후 밤에 흐림 |
| 날씨 | - - - - - | - - - - - |
| 기온 | 4 6 12 10 8 6 4 2 2 7 10 8 7 5 4 4 6 8 7 6 | |
| 습도 | | |
| 풍고 | 12c | 10c |
| 풍저 | 1c | 2c |
| 습도 | | 8c |
| 강수량 | - - - 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 | |
| 강우 | - - - 10 10 10 10 0 0 10 10 20 20 60 60 60 60 30 20 10 10 | |
| 풍향 | - - - 동 동 동 동 동 남동 남서 서 서 북 남서 남서 남서 남서 남서 남서 남서 | |
| 풍속 | - - - 6 5 5 5 5 5 2 5 5 6 6 6 6 6 6 10 10 6 6 | |
| 습도 | - - - 43 56 68 81 93 75 56 38 49 95 95 95 95 95 95 66 63 73 | |
| 일출 | 06:39 / 18:42 | 06:37 / 18:43 |
| 일몰 | | 06:35 / 18:44 |

그림 5. 날씨정보시스템 일례

크리트 자체의 내구성을 저하시키게 된다. 대부분의 현장에서는 초기동해를 방지하고 기준 재령 내에서 소요강도를 확보하기 위해 가열보온양생, 강도보정 등을 과도하게 적용하여 불필요한 공사비 증가 및 공기 지연 등을 초래하고 있는 실정이다. 따라서 본 국립과학관 현장에서는 콘크리트 타설 후 콘크리트 내부 온도를 측정하여 필요시기에 이중 버블시트·가열 양생 등을 선택적으로 실시하여 공기를 단축하고 비현실적인 동절기 보온 양생비를 절감하였다.

3.2.1 양생방법별 양생온도 비교

당초에는 매트 콘크리트 기초의 양생방법으로 폴리에틸렌 필름과 양생포를 이용한 방법을 검토하였으나, 이를 상품포장용 에어포켓을 2겹 겹친 이중버블시트를 이용하는 양생방법으로 변경하여 양생을 실시하였는데, <그림 6>과 같이 콘크리트가 기존 안에 비하여 높은 양생온도를 유지함을 확인할 수 있었다.

- 1) 대 상 : 기초 매트 슬래브(500 mm)
- 2) 보양방법
 - 기존안 : 양생포(비닐1겹 + 양생포)
 - 대 안 : 이중버블시트

3.2.2 이중버블시트를 이용한 양생 현장적용 사례<그림 7>

- 1) 위치 : 지상 1층 D2-Zone Deck Plate Slab
- 2) 레미콘 규격 : 25-27-12
- 3) 온도계 매설위치 : Deck Plate(200 mm) 보(500×800 mm)
- 4) 양생방법 : 상부 이중버블시트 보양

한중 콘크리트 타설 후 이중버블시트를 이용한 보온양생 결과 다음 <표 6, 7>과 같은 효과와 비용을 절감할 수 있었다.

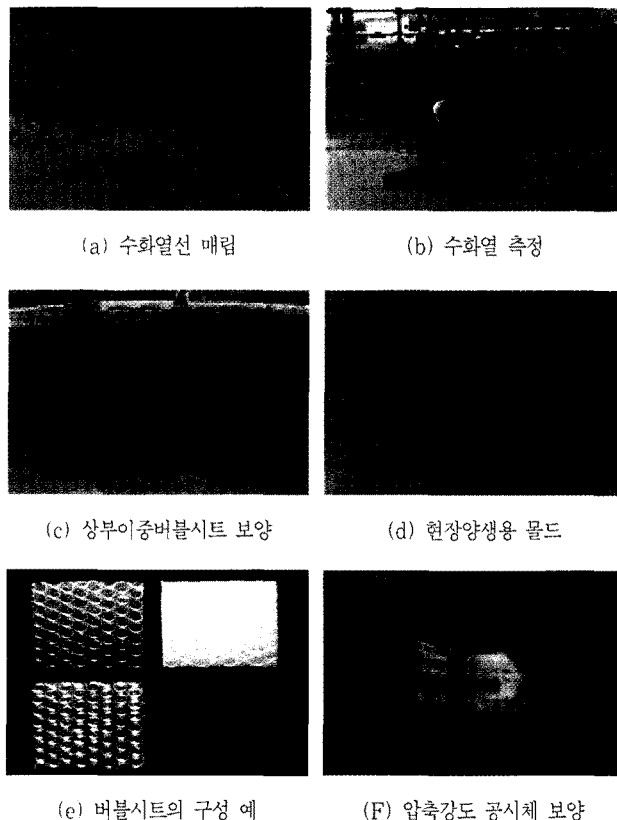


그림 7. 이중버블시트를 이용한 양생광경

표 6. 이중버블시트를 이용한 양생방법의 효과

| 재료 내용 | 부직포 + 비닐 | 이중버블시트 (현장적용) |
|-------|--|---|
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> · 가격이 저렴하다 · 바람에 날리지 않는다 | <ul style="list-style-type: none"> · 반복사용이 가능하다 · 가볍고, 관리가 용이하다 · 타설과 동시에 보양이 가능하다 · 눈, 비에 방수가 가능하다 |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> · 눈, 비 발생시 반복 사용이 어렵다 · 무겁고, 관리가 힘들다 · 보양 및 해체시 별도의 인건비 발생이 크다 | <ul style="list-style-type: none"> · 바람 정도에 따라 모서리 부분에 찢어짐이 발생한다 |

표 7. 이중버블시트를 이용한 양생의 경제성 비교

| 재료 내용 | 부직포 + 비닐 | 이중버블시트 (현장적용) |
|-------|--|---|
| 타설 면적 | 20,179 m ² | 20,179 m ² |
| 자재비 | 비닐 : m ² /73원 부직포 : m ² /463원 | 이중버블시트 : m ² /1300원 (3,000 m ² 입고) |
| 사용 횟수 | 현장사용예정회수 : 20회 실사용 횟수 : 평균 1회 | 현장사용예정회수 : 20회 실사용회수 : 20회 |
| 비용 산출 | 10,815,944원 | 3,900,000원 |
| 절감 비용 | 0원 | 6,915,944원 |

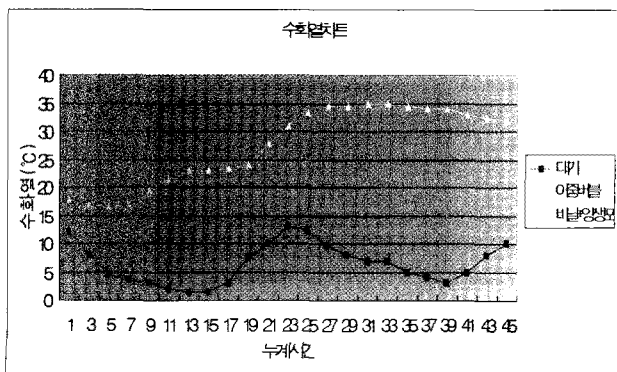


그림 6. 양생방법별 온도비교

(그림 8)은 이중버블시트를 적용한 데크플레이트 슬래브 및 슬래브 보부분의 온도이력을 나타낸 것으로 타설 후에도 콘크리트 온도는 15°C 이상의 양호한 온도를 유지하는 것으로 확인되었다.

4. 중수처리조 항균 콘크리트 적용

4.1 개요

하수환경에서 콘크리트의 부식은 하수 자체의 산성 등에 의한 화학적 부식보다는 황산화 세균에 의한 황산(H₂SO₄)의 생성으로 인한 부식이 주원인이기 때문에 하수 구조물이나 정화조 구조물 등과 같이 황산화 세균이 발생하는 환경 하에서는 콘크리트 구조물의 수명이 매우 짧아지게 된다.

이러한 부식 억제를 위하여 여러 가지 부식억제공법(에폭시 도막, FRP도막 라이닝 등)이 적용되고 있으나, 이러한 방법들은 단가가 매우 고가이며 공정이 복잡하고 공기에도 영향을 미친다. 또한, 도막이 파손되었을 경우 콘크리트 부식 억제 기능을 거의 못하게 되는 경우도 있다. 따라서 본 현장에는 항균 콘크리트를 이용하여 구조체 자체에 항균성분을 부여함으로써 안정적으로 황산화 세균에 의한 부식을 억제하여 구조물의 내구 수명을 연장하고자 하였다.

4.2 항균 콘크리트 생산 및 현장타설

항균 콘크리트의 생산은 항균제를 콘크리트용 혼화제와 동일한 사용형태로 사용하게 되므로 생산에 따른 추가공정은 발생되지 않았으며 타설 종료 시까지 안정적인 물량의 공급이 가능하였다. 본 현장에 타설된 항균 콘크리트의 규격은 (25-27-15)이며 배합비는 <표 8>과 같다. 총 208 m³였으며 전반적으로

안정적인 물성을 나타내어 <사진 1>에 나타난 바와 같이 원활한 타설이 진행되었다.

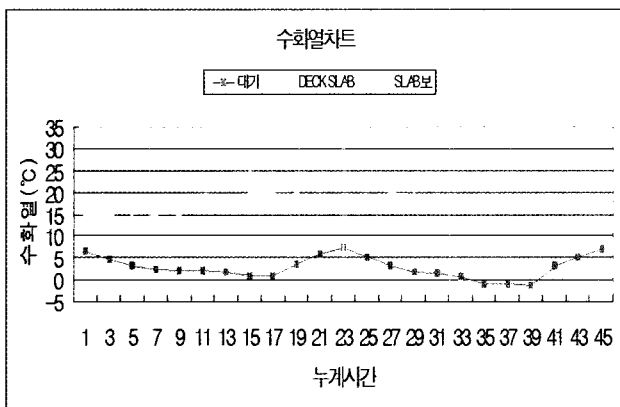


그림 8. 이중버블시트 사용에 따른 콘크리트 온도이력

표 8. 항균 콘크리트의 배합비

| W/B (%) | S/a (%) | 단위재료량(kg/m ³) | | | | | |
|---------|---------|---------------------------|-----|-----|----|------------|------------|
| | | B | W | C | FA | 항균제 | AD |
| 45.0 | 48.0 | 378 | 170 | 340 | 38 | B* 0.7% | B* 1.7% |



사진 1. 항균콘크리트의 현장타설 전경

4.3 항균 콘크리트 타설 결과

항균제를 혼합한 항균 콘크리트는 레미콘 공장의 생산 과정에서 기본물성에 전혀 영향을 받지 않았으며, 또한 현장 시공성에서도 급격한 슬럼프 변화나 품질변동은 없는 것으로 확인되었다. 강도발현에 있어서도 설계기준 강도를 안정적으로 상회하여 항균제에 의한 콘크리트 압축강도 발현 특성에는 전혀 문제가 없는 것으로 확인되었다. <사진 2>는 시공이 완료된 중수처리조의 전경을 나타낸 것이다.

한편 당 현장의 중수처리조에 타설된 항균 콘크리트는 장기적으로는 <그림 9>의 SEM 관찰결과에서 나타난 바와 같이 일반 콘크리트에 비해 수밀성이 확보되어 황산화 세균에 의한 생화학적 부식을 지연시키며 장기적으로는 항균성분에 의해 황산화 세균에 의한 부식을 억제하는 효과가 있을 것으로 기대된다.

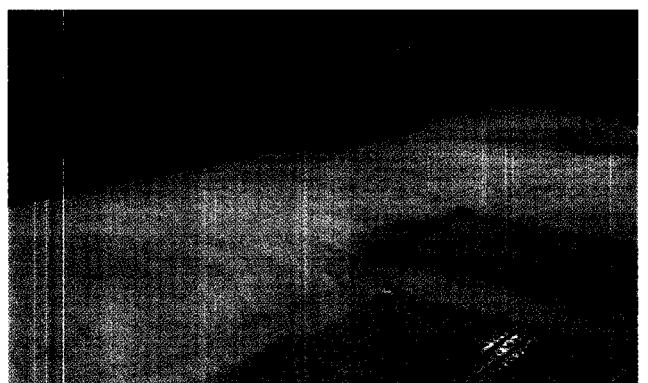


사진 2. 중수처리조 전경



(a) 일반 콘크리트

(b) 향균 콘크리트

그림 9. SEM 관찰 결과

5. 결 론

국립과학관 현장에서는 콘크리트에 대한 전수육안검사를 실시함은 물론 고강도(SRC기둥) 콘크리트 타설방법 및 양생방법을 결정하기 위한 Mock-up실험을 실시하여 최적의 타설 방법 및 양생방법을 검증하였다. 또한, 날씨정보시스템을 활용하여 날씨 및 온도에 능동적으로 대처하였고, 특히, 한중 콘크리트 타설 시에는 콘크리트 내부 온도 측정을 통하여 적절한 양생방

법을 적용함으로써 콘크리트 품질은 물론 공사비도 절감하는 성과를 얻었다. 아울러, 중수처리조부분에 시험 적용한 향균 콘크리트는 그 결과를 지속적으로 지켜봐야 할 것 같다.

현장에서 작은 것에 대한 세심한 관심과 그 관심에서 출발하는 호기심을 풀기 위한 노력들을 계속 전개함으로써 콘크리트의 품질 개선에 이바지하고자 하는 작은 소망이 이루어지길 기원한다. □

참고문헌

1. 콘크리트 표준시방서, 콘크리트 학회, 2003.
2. 김종, 윤재령, 전충근, 신동안, 오선교, 한천구, "이중버블시트 및 수화 발열량차공법에 의한 한중매스콘크리트의 현장적용 연구", (사)한국건축시공학회 학술발표회 논문집, Vol.6, No.1, 2006, pp.15 ~ 18.
3. 김규용, 김한준, 이승훈, 정삼룡, 길배수, 김도수, "하수구조물용 향균 콘크리트의 개발", (사)한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, Vol.16, No.2, 2004. 11, pp.541 ~ 544.

도서소개

콘크리트 특집도서 시리즈

: 이 시리즈는 그간 각 분야별로 콘크리트학회지 특집기사에 참여한 전문가들의 경험과 축적된 연구 결과 국내외에서 개발된 각종 기술 등에 대하여 체계적이고 깊이 있는 내용을 수록하고 있어 관련분야에 종사하는 실무자들이나 학생들에게 매우 유익한 도서가 될 것이다.

저자 : 한국콘크리트학회, 출판사 : 기문당

- KCI SP1 레미콘 플랜트 설비와 콘크리트 품질
정가:10,000원(회원:8,000원), ISBN:89-7086-631-0, 총쪽수 : 139쪽
- KCI SP2 콘크리트의 재활용
정가:14,000원(회원:11,200원), ISBN:89-7086-632-9, 총쪽수 : 231쪽
- KCI SP3 유동화 콘크리트
정가:11,000원(회원:8,800원), ISBN:89-7086-633-7, 총쪽수 : 174쪽
- KCI SP4 철근콘크리트 구조물의 내화특성
정가:12,000원(회원:10,000원), ISBN:89-7086-634-5, 총쪽수 : 205쪽
- KCI SP5 콘크리트 미학
정가:12,000원(회원:10,000원), ISBN:89-7086-764-3, 총쪽수 : 183쪽