

# 서중(暑中) 환경에서 현장 콘크리트 시험을 통한 양생 품질관리 방안

## A Study on Concrete Curing Quality Management Based on Various Test of Construction Condition under Hot Weather Circumstance

박 신\*  
Park, Shin

### 요 약

건축물이 대형화, 고층화되는 현 상황에서는 재건축의 효율성이 감소되므로 구조물의 수명연장을 위한 콘크리트 품질관리의 체계적인 연구가 필요하다.

콘크리트는 시멘트의 수화 반응에 의해 강도가 발휘되며 온도에 따른 품질변화가 매우 큰 재료로서 한중과 서중 같은 시공 환경에서 품질문제가 많이 유발된다. 특히 서중환경에 대해서는 콘크리트 표준시방서와 현장별 특기시방서 및 시공계획서 등으로 현장을 관리하고 있으나, 이에 대한 규정이 명확하지 않아 현장별로 뚜렷한 기준 없이 임의로 시공되어 품질이 일정하지 않고 각종 하자가 발생하는 실정이다.

이에 서중 환경이 콘크리트의 시공환경과 어떤 관련성이 있는지에 대해 전국 8개 대도시의 기상자료를 중심으로 적용기간과 일수를 조사하고 분석한 결과 대구가 가장 긴 지역으로 판명되었다. 따라서 이 지역의 콘크리트 양생공정에 대한 현장 품질관리 실태를 조사하여 품질관리상 문제점을 파악하고, 그 해결방안이 될 기초 자료를 도출하였다.

또한, 서중 콘크리트 시공에 있어 현장별로 상이하게 적용되고 있는 양생공정의 품질관리 기준을 통합하여 균일한 품질 확보와 하자발생을 줄이기 위해 현장에서 가장 시급히 보완되어야 할 부분에 대한 현장시험과 품질관리 항목의 분석을 통하여 서중 환경시 양생공정의 시공지침과 시공계획서 작성에 필요한 콘크리트 품질관리에 관하여 연구한 논문이다.

키워드: 품질관리, 서중환경, 재료, 콘크리트 시험

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 콘크리트에 대한 연구는 고강도, 고성능 콘크리트 개발 등 재료적 분야와 구조적 분야에서 상당 수준까지 발전되어 현장에 적용되고 있다. 이러한 콘크리트의 성능을 해당 건물에 적용하여 효과를 얻기 위해서는 콘크리트의 적절한 시공 품질관리가 필요하나, 생산된 콘크리트는 시공과정에서의 관리 미흡으로 인해 품질이 변화되어 개발된 콘크리트의 성능을 반감시키고 있는 실정이다. 콘크리트의 품질변화는 운반 및 펌프 압송과 타설,

다짐, 양생 시에 품질관리의 기준과 수법이 미약하고, 관련 연구가 부족하기 때문인 것으로 사료된다.

또한 콘크리트는 시멘트의 수화 반응에 의해 강도가 발휘되며, 이러한 수화반응은 온도의 영향을 매우 크게 받는다. 현재 전 세계는 온실효과(Greenhouse Effect)로 인해 지구 온난화(Global Warming)가 발생하고 있어 콘크리트의 품질에도 영향을 미치고 있다. 기상청 자료에 따르면 1971년부터 30년간의 연평균 기온과 지난 1961년부터 30년간의 평균기온을 분석한 결과 대구지역의 경우 0.5℃가 상승되었다고 한다. 또한 여름철 열대야 현상도 평균 22일에서 31일로 늘었으며 봄철 우수량 감소와 여름철 집중호우가 잦아지는 등 점차 아열대성 기후로 변화되고 있다고 한다.

국내의 경우는 계절의 변화가 뚜렷한 대륙성 기후 지역으로 콘크리트의 표준양생조건(20±3℃)을 만족시켜야 하는데 주의

\* 일반회원, 창원전문대학 건축과 교수, 공학박사(교신저자).  
pshin119@hanmail.net

해야 하며, 특히 한중(寒中)과 서중(暑中)같은 시공환경은 이러한 표준양생 조건을 만족시키는데 많은 문제를 유발하는 요인이 되고 있다.

한중(寒中)환경에 대해서는 다양한 관리대책과 연구와 보고가 이루어지고 있는 실정이며, 서중(暑中)환경에 대해서는 콘크리트 표준시방서와 현장별 특기시방서 및 시공 계획서 등으로 현장을 관리하고 있으나, 이에 대한 규정이 명확하지 않아 현장별로 뚜렷한 기준 없이 임의로 시공되고 있는 형편이다. 따라서 관리자마다 각기 다른 경험과 노하우를 바탕으로 현장을 관리하고 있어 품질이 일정하지 않고 각종 하자가 발생하는 등 품질관리에 커다란 문제점이 되고 있는 실정이다.

또한 서중(暑中)환경에서는 콘크리트가 조기에 경화되고 표면 건조가 빨라 소성 수축 균열이 발생하기 쉬우나, 초기강도 증대로 인하여 현장에서는 거푸집 조기해체와 조기작업 등을 행하고 있어 콘크리트의 품질을 더욱 악화시키고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 서중(暑中)환경하의 콘크리트 시공에 있어 균일한 품질 확보와 하자발생을 줄이기 위해 현장에서 가장 시급히 보완되어야 할 부분에 대한 현장시험과 품질관리 항목의 분석을 통하여 현장별로 상이하게 적용되고 있는 양생공정의 품질관리 기준을 통합하여 서중 환경시 양생공정의 시공지침과 시공계획서 작성에 필요한 콘크리트 품질관리에 관한 기초자료 제시를 연구의 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 전국 8개 대도시 중 서중 콘크리트의 적용기간과 일수가 가장 긴 지역으로 분석된 대구지역의 콘크리트 양생공정에 대한 품질관리 실태를 조사한다. 또한 현장별로 상이하게 적용되고 있는 서중콘크리트 양생공정의 품질관리 기준을 통합하기 위해 다양한 시공환경 조건의 시험을 실시하고 분석하여 서중 환경시 시공지침과 시공계획서 작성에 필요한 콘크리트 품질관리에 관한 기초 자료를 제시하고자 한다. 본 연구의 내용 및 방법은 다음과 같다.

- 1) 서중(暑中)콘크리트에 대한 고찰을 통해 정의와 서중(暑中)환경이 콘크리트에 미치는 영향을 파악하고, 서중(暑中)콘크리트 적용기간과 일수가 가장 긴 지역으로 분석된 대구지역과 중동지역의 콘크리트 양생공정에 대한 품질관리 시공 실태를 조사한다.
- 2) 국내에서의 서중(暑中)콘크리트 적용기간과 시간대별 최고 온도 발현시각을 조사·분석하여 품질관리에 문제가 되는 사항의 원인분석과 해결방안이 될 기초 자료를 도출한다.
- 3) 서중(暑中)환경에 따른 수분 증발 속도 시험, 살수시작 시간

시험, 장기 압축강도 변화시험 등의 현장 품질관리 시험을 다양한 시공환경 조건으로 실시하여 정량적인 자료를 구축하여 분석한다.

- 4) 이상의 분석결과를 종합하여 서중 환경하의 콘크리트 양생공정의 품질관리 지침과 체크리스트를 개발하여 특기시방서나 시공계획서 작성에 사용할 수 있는 지침자료를 제시한다.

## 2. 서중(暑中)콘크리트의 고찰

### 2.1 서중(暑中)콘크리트의 정의

서중 콘크리트란 고온으로 콘크리트의 슬럼프가 저하되거나 수분의 급격한 증발 등의 염려가 있을 때에 시공되는 콘크리트<sup>1)</sup>이다. 즉, 서중 콘크리트는 비빔, 운반, 부어넣기의 각 공정 및 부어넣기 후의 콘크리트가 소요의 품질에 도달할 때까지의 기간 중 고온에 의한 악영향이 예상되어지는 기간에 시공되는 콘크리트로서 슬럼프저하나 발열 및 이에 따르는 균열과 강도 저하 등에 대하여 특별한 배려가 필요하다. 서중 콘크리트의 적용기간 규정은 콘크리트를 타설할 때의 기온이 30℃를 넘으면 서중 콘크리트로서의 여러 가지 성상이 현저해지므로, 일평균기온이 25℃를 넘는 시기에 시공할 경우에는 일반적으로 서중 콘크리트로서 시공할 수 있도록 준비해 두는 것이 바람직하다.

표 1. 서중 콘크리트의 정의

| 기관         | 정의  |
|------------|---|
| 콘크리트 표준시방서 | 시공에 있어 고온에 의해 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 재료, 배합, 비빔, 운반, 치기, 양생 등에 대하여 적절한 조치를 취해야하는 콘크리트 |
| 건축공사 표준시방서 | 높은 외부기온으로 콘크리트의 슬럼프 저하나 수분의 급격한 증발 등의 염려가 있을 경우에 시공되는 콘크리트                        |
| 일본 토목학회    | 서중 콘크리트에 관한 특별한 규정은 없으며, 콘크리트를 타설할 때의 기온이 30℃를 넘는 콘크리트                            |
| 일본 건축학회    | 비빔, 운반 및 부어넣기의 각 공정, 또한 부어넣기 후 콘크리트가 소요의 품질에 도달할 때까지의 기간 중 고온에 의한 악영향이 예상되는 콘크리트  |
| ACI 규정     | 콘크리트의 품질에 악영향을 끼치거나, 혹은 콘크리트에 나쁜 특성을 초래할 수도 있는 고온, 낮은 상대습도, 빠른 풍속 등의 조합           |

또한 서중 환경이 콘크리트에 미치는 영향을 살펴보면 단위수량의 증대 및 공기량 감소와 경과시간에 따른 슬럼프 저하 및 온

1) 조준현, 건축재료학, 기문당, p.p. 246, 2003

도 상승, 수분의 급격한 증발 및 블리딩의 감소, 부어넣은 후 초기의 콘크리트 내·외부 온도변화, 응결 경화의 촉진, 초기강도의 촉진과 장기강도 증진성의 저하, 콘크리트 표층부의 밀실성 저하 등이 있다.

이러한 사항에 대해 강도측면과 품질, 시공측면으로 구분하여 특성요인도로 나타내면 그림 1과 같다.

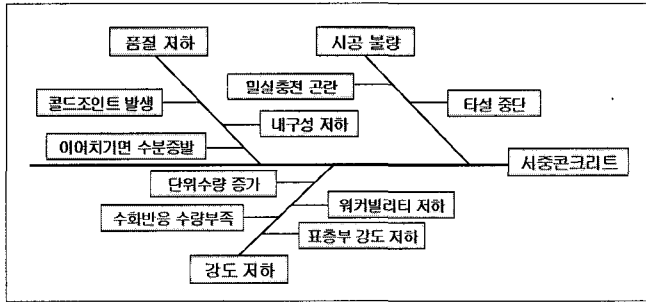


그림 1. 서중 콘크리트 관리시 품질저하 특성요인도

## 2.2 국내 서중(暑中)콘크리트의 시공실태

본 연구에서는 서중 콘크리트의 시공실태를 살펴보기 위해 대구지역의 대한주택공사 관리현장 2곳과 민간 아파트 현장 3곳에 대하여 품질관리 계획서, 양생공정의 품질관리에 대하여 그 실태를 조사하였다.

### 2.2.1 서중 콘크리트 품질관리 계획서

시공자는 서중 콘크리트 공사 시작 전에 이용하는 재료, 시설, 배합, 비빔, 운반, 타설 및 양생방법을 제시하는 품질관리계획서를 작성하여 담당원의 승인을 받도록 규정되어 있었다. 대한주택공사 관리 현장은 주택공사 자체에서 접수받고 있었으며, 민간 아파트 현장은 책임 감리자가 접수받아 검토하고 있었다.

대부분의 현장에서는 품질관리 계획서를 레미콘 회사로부터 제출 받아 현장 시공관리 계획을 첨부하여 제출하였으며, 그 내용을 살펴보면 각 현장별 특성이나 실정을 고려하지 않고 일반적인 시방서 규정을 기록하고 있었다. 또한 각 현장 모두 서중 콘크리트 적용을 받는 기간에 대한 특기 시방이 명시되지 않았으며, 7월 중순경에 품질관리 계획서를 제출하여 8월말까지 서중 콘크리트를 적용하고 있어 대구지역의 경우 6월과 7월초 및 9월초에 시공되는 서중콘크리트는 품질관리상 문제가 있을 것으로 사료된다. 따라서 서중콘크리트 품질관리계획서를 5월 중순경에 제출받아 검토하여 6월초부터 서중콘크리트의 품질관리가 될 수 있도록 조치하여야 할 것이다.

### 2.2.2 양생 품질관리

서중 콘크리트 양생실태를 조사한 결과 대한주택공사 관리현장에서는 타설 완료 후 곧 바로 피막 양생제를 도포하여 수분증발을 막았으며, 차양막을 이음철근 부위에 걸쳐 콘크리트 표면을 직사광선으로부터 보호하였다. 또한 콘크리트 타설 완료 5시간 경과 후 살수양생을 실시하였으며, 그 후에는 2시간마다 살수하여 3일간 양생하였다. 그러나 민간 아파트 현장에서는 콘크리트 타설 후 비닐을 덮거나 살수만을 실시하는 것으로 조사되어 대한주택공사 관리현장과 상이하게 품질관리를 실시하고 있었다.

## 2.3 중동지역 서중(暑中)콘크리트의 시공실태

콘크리트의 양생이 부적절하면 수분증발속도가 블리딩 속도보다 빠를 때 생기는 소성 수축균열이 발생하게 되므로 콘크리트 표면의 수분 제어가 극히 중요한 사항이 된다. 또한 균열은 한번 발생하면 제거하기 어렵고 나중에 염분이 보강철근까지 침투하는 등 구조물 열화의 근원으로 작용한다. 이를 해소하기 위해 사용되는 방법을 살펴보면, ① 호스나 스프링클러 등에 의한 살수, ② 충분히 함수시킨 양생매트 등으로 표면을 덮음, ③ 형틀, 동바리의 지속 존치, ④ 피막 양생제(Curing Compound)를 도포, ⑤ 타설과 동시에 비닐로 덮는 방법 등이 있다. 이 가운데 중동지역에서 가장 많이 사용하는 방법은 ⑤ 타설과 동시에 비닐로 덮는 방법과 ② 충분히 함수시킨 양생매트 등으로 표면을 덮어 ① 호스나 스프링클러 등에 의한 살수를 5일에서 7일간 실시하는 것이다.

## 3. 국내 서중(暑中)콘크리트의 적용기간 분석

본 연구에서는 일 평균온도가 25℃를 넘는 기간과 일 최고온도가 30℃를 넘는 기간을 서중콘크리트 적용대상으로 하고, 조사지역은 전국 각 곳의 대도시 8개로 제한하였으며, 그 중 남부지역의 대구지역을 집중적으로 조사하고자 한다.

조사기간은 전국 8개 대도시에 대해서 1971년부터 2000년까지 30년간의 자료를 이용했으며, 그 중 대구지역은 최근 14년간의 자료인 1990년부터 2003년까지의 자료를 조사하여 2000년 이전자료와 비교하여 적용기간을 분석하였다.

### 3.1 전국 8개 대도시의 적용기간 조사 및 분석

전국 8개 대도시의 적용기간을 조사한 결과 일 평균온도 25℃ 넘는 조건에서 가장 긴 일수와 기간의 도시는 대구지역으로 일수는 46일, 기간은 7월 7일부터 9월 1일이며, 가장 짧은 일수와

기간의 도시는 춘천지역으로 일수는 25일, 기간은 7월 20일부터 8월 14일까지가 서중 콘크리트 적용기간에 해당되었다.

표 2. 전국 8개 대도시 서중 콘크리트 적용기간

| 도시 | 일 평균 25℃ 이상 |                 | 일 최고 30℃ 이상 |                 | 비고<br>(북위(N)) |
|----|-------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|
|    | 일수          | 시작일 - 종료일       | 일수          | 시작일 - 종료일       |               |
| 서울 | 35일         | 7월 18일 - 8월 22일 | 18일         | 7월 23일 - 8월 18일 | 37°34'        |
| 인천 | 28일         | 7월 21일 - 8월 19일 | 0일          | 0               | 37°29'        |
| 대전 | 36일         | 7월 15일 - 8월 21일 | 33일         | 7월 19일 - 8월 20일 | 36°18'        |
| 대구 | 46일         | 7월 7일 - 9월 1일   | 40일         | 7월 7일 - 8월 22일  | 35°53'        |
| 울산 | 36일         | 7월 16일 - 8월 22일 | 25일         | 7월 20일 - 8월 15일 | 35°33'        |
| 부산 | 41일         | 7월 19일 - 9월 1일  | 0일          | 0               | 35°06'        |
| 광주 | 42일         | 7월 14일 - 8월 27일 | 34일         | 7월 18일 - 8월 20일 | 35°18'        |
| 춘천 | 25일         | 7월 20일 - 8월 14일 | 21일         | 7월 18일 - 8월 14일 | 37°54'        |

또한 일 최고기온 30℃ 넘는 조건에서 가장 긴 일수와 기간의 도시도 대구지역으로 일수는 40일, 기간은 7월 7일부터 8월 22일이며, 가장 짧은 일수와 기간의 도시는 인천과 부산이 0일로 나타났다.

이를 분석해 본 결과 지역에 따라 적용기간이 상이하며 일 평균온도 25℃이상 또는 일 최고온도 30℃를 넘는 기간인 두 기준을 동시에 고려하였을 때 일 평균온도 25℃이상의 기준이 장기기간으로 분석되어 이를 적용하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

3.2 대구지역의 적용기간 조사 및 분석

대구지역의 적용기간을 조사한 결과 표 3과 같다.

표 3. 대구지역 서중 콘크리트 적용기간

| 년도    | 일 평균 25℃ 이상 |                 | 일 최고 30℃ 이상 |                 | 비고 |
|-------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|----|
|       | 일수          | 시작일 - 종료일       | 일수          | 시작일 - 종료일       |    |
| 1990년 | 67일         | 6월 11일 - 9월 11일 | 67일         | 6월 5일 - 9월 11일  | ※  |
| 1991년 | 43일         | 6월 6일 - 9월 4일   | 36일         | 6월 6일 - 9월 4일   |    |
| 1992년 | 51일         | 6월 2일 - 9월 6일   | 45일         | 6월 1일 - 9월 6일   |    |
| 1993년 | 18일         | 6월 15일 - 8월 25일 | 16일         | 6월 15일 - 9월 15일 |    |
| 1994년 | 76일         | 6월 4일 - 9월 10일  | 75일         | 6월 2일 - 9월 20일  | ※  |
| 1995년 | 55일         | 6월 20일 - 9월 4일  | 52일         | 6월 16일 - 9월 4일  |    |
| 1996년 | 47일         | 6월 2일 - 8월 23일  | 54일         | 6월 1일 - 9월 26일  |    |
| 1997년 | 58일         | 6월 16일 - 9월 10일 | 53일         | 6월 7일 - 9월 10일  |    |
| 1998년 | 50일         | 6월 29일 - 9월 15일 | 35일         | 6월 29일 - 9월 15일 |    |
| 1999년 | 52일         | 6월 11일 - 9월 19일 | 36일         | 6월 4일 - 9월 14일  |    |
| 2000년 | 65일         | 6월 5일 - 9월 2일   | 52일         | 6월 5일 - 9월 2일   | ※  |
| 2001년 | 66일         | 6월 3일 - 9월 7일   | 52일         | 6월 2일 - 9월 7일   | ※  |
| 2002년 | 46일         | 6월 4일 - 9월 5일   | 41일         | 6월 1일 - 9월 3일   |    |
| 2003년 | 24일         | 6월 21일 - 9월 8일  | 25일         | 6월 5일 - 9월 17일  |    |
| 평균    | 52일         | 6월 11일 - 9월 6일  | 46일         | 6월 7일 - 9월 11일  |    |

※:적용기간이 다른 해와 비교해 장기기간으로 조사된 해

최근 14년간의 자료를 바탕으로 대구지역의 서중 콘크리트 적용기간을 조사해 본 결과 해당일수와 시작일-종료일의 경우가 2000년 이전의 경우와 비교해 볼 때 대폭 증가한 것을 알 수 있었다.

그림 2는 두 기준에 의한 대구지역의 1990년도부터 2003년 까지의 적용기간을 산점도로 나타낸 것이다.

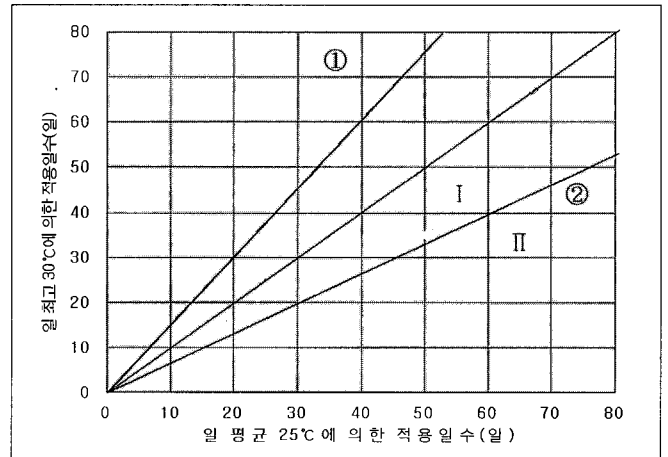


그림 2. 대구지역 서중콘크리트 적용일수 산점도

그림 2를 분석해보면 대구지역은 국내에서 일 평균온도 25℃와 일 최고온도 30℃의 기준에 의한 적용기간이 비슷한 지역으로 일 평균온도가 높음에 따라 일 최고온도도 높은 것으로 나타났다. 서중 콘크리트 적용기간은 대부분 장기기간으로 분석된 일 평균기온 25℃이상의 규정이 더욱 적합할 것으로 사료된다. 이에 대구지역의 서중 콘크리트 적용기간을 일 평균기온 25℃이상의 기준에 맞추어 산정해 보면 평균 6월 11일부터 9월 6일까지이므로 현재 적용하고 있는 서중 콘크리트 적용기간을 연장하여야 할 것으로 사료된다. 또한 최근 14년간의 서중 콘크리트 적용기간인 날을 대상으로 일 시간대별 최고 온도 발현시각을 조사하여 히스토그램으로 나타내면 그림 3과 같다.

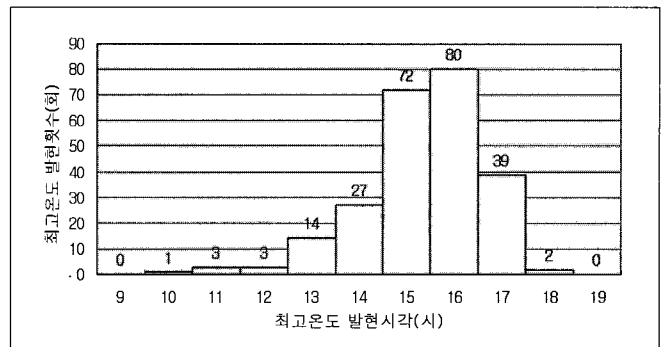


그림 3. 시간대별 최고온도 발현시각

그림 3에 따르면 오후 3시와 4시경 최고기온에 도달하는 횟수

가 가장 많으므로 서중 환경에 따른 콘크리트 품질의 악영향을 최소화시키기 위해서는 새벽부터 공사를 시작하여 오전에 공사를 완료하는 것이 옳을 것으로 사료된다. 또한, 콘크리트 온도에 가장 큰 영향을 미치는 재료인 골재의 경우 비열이 낮아(0.2정도) 기온과 일사에 민감하며, 골재의 최고 온도 발현시점이 대기 온도가 제일 높은 시각보다 1~2시간 경과 이후<sup>2)</sup>라는 점을 고려했을 때 정오부터 오후 6시까지의 콘크리트 타설시 온도관리에 각별한 주의와 조치가 필요한 것으로 판단된다.

#### 4. 서중(暑中)환경시 양생 품질관리 방안

##### 4.1 시험개요

##### 4.1.1 시험조건 및 방법

본 시험은 2002년과 2003년까지 2개년의 6월부터 9월사이 서중 환경 조건인 일 평균기온 25℃이상과 일 최고기온 30℃이상인 날을 대상으로 T 레미콘 사를 포함한 대구지역의 5개 공장의 협조로 J 건설사의 현장에서 실시하였다.

양생관련 시험은 크기 50cm×50cm, 두께 12cm의 샘플 몰드를 제작하여 각 양생조건별 수분 증발 속도를 시험한다. 또한 샘플 몰드에 콘크리트를 부어넣어 일정시간이 경과할 때마다 분무기(Fog Nozzle)로 물을 분사하여 시멘트 페이스트가 유출 안되는 시간인 살수양생 시작 시간을 측정하고 양생조건별로 공시체를 제작하여 장기 압축강도를 측정한다.

##### 4.1.2 콘크리트 배합설계

본 시험에서는 동일한 콘크리트 배합조건을 만들기 위해 W/C 48.3%, S/a 44.3%로 고정하여 설계기준강도  $f_c=240\text{kgf/cm}^2$ 을 사용하였으며, 이 배합은 서중 환경에서 현재 사용되고 있는 일반적인 배합조건이다.

표 4. 서중 콘크리트 품질시험 배합표

| 배합<br>종류   | 굵은<br>골재<br>최대<br>치수(mm) | 슬럼프<br>의<br>범위<br>(cm) | 공기량<br>의<br>범위<br>(%) | W/C<br>(%) | S/a<br>(%) | 단위량 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |            |
|------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|------------|
|            |                          |                        |                       |            |            | W                        | C   | S   | G   | Ad         |
| 서중<br>콘크리트 | 25                       | 15±<br>2.5             | 4.5±<br>1.5           | 48.3       | 44.3       | 173                      | 358 | 819 | 979 | C×<br>0.5% |

(W/C:물시멘트비, S/a:잔골재율, G:굵은골재, Ad:혼화제)

##### 4.1.3 시험 사용재료

본시험에 사용한 시멘트는 H사의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였고 물리·화학적성질은 표 5와 같다.

표 5. 시멘트의 물리·화학적 성질

| 구 분 | 분말도<br>(cm <sup>2</sup> /g) | 비중   | 강열<br>감량(g.<br>oss) | 화학적성분            |                                |                                |       |      |                 |                  |
|-----|-----------------------------|------|---------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|------------------|
|     |                             |      |                     | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 시멘트 | 3,464                       | 3.15 | 1.72                | 21.84            | 5.68                           | 3.28                           | 61.92 | 2.20 | 2.19            | 0.88             |

또한 잔골재는 경북 성주의 낙동강산 천연사를 사용하였으며, 굵은골재는 경북 성주산 부순돌을 사용하였다. 골재의 물리적 성질은 표 6과 같다.

표 6. 골재의 물리적 성질

| 종류       | 비중   | 흡수율<br>(%) | 조립율  | 단위<br>용적<br>중량<br>(kg) | 실적율<br>(%) | 안정성<br>(%) | 점토<br>덩어리<br>(%) | 0.88mm<br>체통<br>과량<br>(%) | 염화물<br>(%) |
|----------|------|------------|------|------------------------|------------|------------|------------------|---------------------------|------------|
| 잔골재      | 2.57 | 1.23       | 2.82 | 1,624                  | -          | 3.7        | 0.30             | 1.40                      | 0.001      |
| 굵은<br>골재 | 2.64 | 1.02       | 7.06 | 1,553                  | 59.5       | 3.8        | 0.10             | 0.40                      |            |

또한 혼화제로는 AE 고성능 감수제를 사용하였으며 특성은 표 7과 같다.

표 7. 사용 혼화제의 물리·화학적 특성

| 구 분      | 형 태 | 색 상   | 주 성분  | pH      | 비 중   |
|----------|-----|-------|-------|---------|-------|
| AE고성능감수제 | 액 상 | 암 갈 색 | 나프탈렌계 | 8.5±1.5 | 1.208 |

##### 4.2 서중(暑中)환경시 양생관련 시험

본 절에서는 서중 환경시 각 양생 조건별 수분증발속도를 시험하고, 살수 시작시간과 장기 압축강도 변화 등을 다양한 시공 환경 조건으로 현장 시험하여 양생공정의 품질을 확보하기 위한 정량적인 자료를 구축하고자 한다.

##### 4.2.1 수분 증발 속도 시험

콘크리트 표면의 수분 증발 속도는 상대습도나 풍속에 의해 좌우되지만, 이것이 일정하면 콘크리트의 온도가 높을수록 수분 증발 속도는 타설 초기에 급격히 일어난다. 생(Fresh)콘크리트의 수분증발량 계산<sup>3)</sup>를 살펴보면 수분의 증발속도는 기온이

2) 사우디아라비아에서의 서중콘크리트 시공, 콘크리트 학회지, p.p. 39, 1994. 8

3) Standard Practice for Curing Concrete(ACI 308-92), p.p. 308-3

높을수록, 콘크리트의 온도가 높을수록, 풍속이 클수록, 상대습도가 작을수록 커지는 것을 알 수 있다.

표 8은 대구지역의 1998년부터 2002년까지 6-9월 사이의 평균 풍속, 평균 상대습도, 월별 최고온도를 기상청자료를 참조하여 나타낸 것이다.

표 8. 대구지역의 외부 환경 조건

| 연도   | 풍속 (m/sec) |      | 상대습도 (%) |       | 월별최고온도(°C) |       |       |       |
|------|------------|------|----------|-------|------------|-------|-------|-------|
|      | 6-9월       | 전체   | 6-9월     | 전체    | 6월         | 7월    | 8월    | 9월    |
|      | 1998       | 2.58 | 2.59     | 71.20 | 62.30      | 32.7  | 34.5  | 35    |
| 1999 | 2.65       | 2.66 | 73.08    | 62.10 | 35.1       | 34    | 34.1  | 32.3  |
| 2000 | 1.95       | 2.23 | 71.33    | 58.39 | 34.4       | 34.4  | 33    | 31.8  |
| 2001 | 1.80       | 1.85 | 67.98    | 57.58 | 32.6       | 35.4  | 35.4  | 31.3  |
| 2002 | 2.58       | 2.56 | 69.05    | 58.55 | 35.1       | 35.3  | 34.7  | 33.0  |
| 평균   | 2.31       | 2.38 | 70.53    | 59.78 | 33.98      | 34.72 | 34.44 | 32.38 |

표 8에 따르면 서중 환경시 풍속은 년 평균과 거의 비슷하며, 상대습도는 비교적 높게 나타나, 콘크리트 표면의 수분증발속도는 기온, 콘크리트 온도, 상대습도가 타설 초기에 크게 영향을 주는 것으로 분석되었다. 본 절에서는 50cm각, 두께 12cm의 샘플 몰드를 제작하여 콘크리트 타설 초기의 수분증발량을 조사하고자 한다.

먼저 실제 타설 조건과 동일한 경우(조건 1)와 차양막 설치조건(조건 2), 그늘막 설치조건(조건 3) 등 3가지 조건으로 기온과 콘크리트 온도의 변화를 조사한 결과는 표 9와 같다.

표 9. 조건별 타설 초기 콘크리트 온도변화(°C)

| 조사항목<br>타설 후 경과시간(분) | 조건 1<br>(직사광선 노출) |        | 조건 2<br>(차양막 설치) |        | 조건 3<br>(그늘막 설치) |        |
|----------------------|-------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|
|                      | 기온                | 콘크리트온도 | 기온               | 콘크리트온도 | 기온               | 콘크리트온도 |
| 0                    | 36.3              | 33.4   | 32.0             | 33.3   | 31.6             | 33.2   |
| 10                   | -                 | 33.7   | -                | 33.5   | -                | 33.2   |
| 20                   | -                 | 34.0   | -                | 33.7   | -                | 33.2   |
| 30                   | 37.6              | 34.2   | 36.4             | 33.8   | 33.2             | 32.9   |
| 40                   | 37.6              | 34.5   | 36.4             | 33.9   | 33.2             | 32.9   |
| 50                   | 37.6              | 34.6   | -                | 34.0   | -                | 32.8   |
| 60                   | 38.9              | 34.9   | 37.1             | 34.2   | 32.7             | 32.6   |
| 70                   | 38.9              | 34.8   | 37.4             | 34.0   | -                | -      |

이러한 조건에서 콘크리트 중의 수분 증발량을 시험한 결과는 표 10과 같다.

또한 조건별 시험체의 전경은 그림 4와 같다.

이 시험은 50cm각의 샘플몰드를 대상으로 했으므로 100cm각으로 환산하여 수분 증발속도를 계산하면 조건 1의 경우는 0.96

표 10. 조건별 콘크리트 수분 증발량

| 조사<br>회수 | 조건 1<br>(직사광선 노출) |                    |                   | 조건 2<br>(차양막 설치) |                    |                   | 조건 3<br>(그늘막 설치) |                    |                   |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|
|          | 처음<br>중량<br>(kg)  | 1시간<br>후<br>중량(kg) | 수분<br>증발<br>량(kg) | 처음<br>중량<br>(kg) | 1시간<br>후<br>중량(kg) | 수분<br>증발<br>량(kg) | 처음<br>중량<br>(kg) | 1시간<br>후<br>중량(kg) | 수분<br>증발<br>량(kg) |
|          | 1 회               | 72.93              | 72.67             | 0.26             | 73.26              | 73.15             | 0.11             | 73.10              | 73.03             |
| 2 회      | 72.87             | 72.64              | 0.23              | 73.60            | 73.46              | 0.14              | 72.51            | 72.45              | 0.06              |
| 3 회      | 72.60             | 72.37              | 0.23              | 73.20            | 73.10              | 0.10              | 73.22            | 73.15              | 0.07              |
| 4 회      | 73.26             | 72.99              | 0.27              | 73.30            | 73.18              | 0.12              | 73.54            | 73.46              | 0.08              |
| 5 회      | 71.69             | 71.48              | 0.21              | 73.44            | 73.31              | 0.13              | 73.08            | 73.01              | 0.07              |
| 평균       | 72.67             | 72.43              | 0.24              | 73.36            | 73.24              | 0.12              | 73.09            | 73.02              | 0.07              |

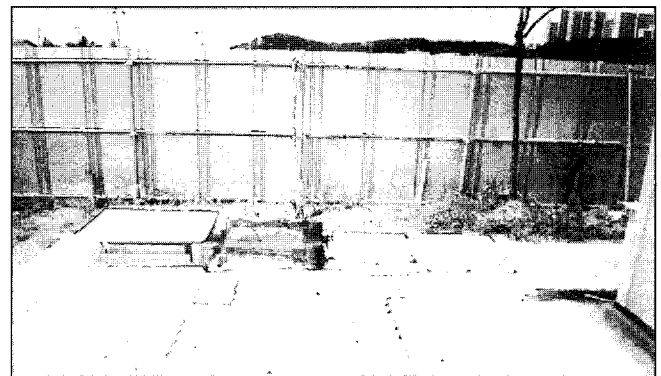


그림 4. 각 조건의 현황

kg/m<sup>2</sup>/hr, 조건 2의 경우는 0.48kg/m<sup>2</sup>/hr, 조건 3의 경우는 0.28kg/m<sup>2</sup>/hr로 측정되었다.

ACI 규정에 의하면 콘크리트 중의 수분의 증발속도가 0.5kg/m<sup>2</sup>/hr 초과시에는 타설전 콘크리트에 대한 보호조치가 있어야 하며, 수분의 증발속도가 1.0kg/m<sup>2</sup>/hr초과시에는 특히 주의해야 한다고 한다. 이상의 결과를 본 시험에 적용할 경우, 조건 1의 경우에는 대책수립이 반드시 필요하며, 최소한 서중 환경시에는 차양막이 설치된 상태에서 콘크리트를 타설하여야 콘크리트의 품질을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4.2.2 살수시작 시간 시험

콘크리트 표준시방서에는 '타설 즉시 양생을 실시하여 콘크리트 표면이 건조하지 않도록 보호하고, 타설 후 적어도 24시간 동안 노출면이 건조하는 일이 없도록 습윤상태를 유지하라'고 규정하고 있다. 그러나 타설 후 언제부터 살수를 통한 습윤양생을 실시하라는 규정은 없다. 따라서 이러한 사항에 대해 현장 실태 조사를 실시한 결과 각 현장별로 약간의 차이가 있었으며, 타설 후 현장정리를 위한 시간을 고려하여 평균 타설완료 3시간 후부

4) Standard Practice for Curing Concrete(ACI 308-92), p.p. 308-3

터 살수를 시작하는 것으로 조사되었다. 또한 살수시점이 지연되어 타설초기에 발생하는 건조수축균열이 유발되는 경우도 조사되었다. 따라서 본 절에서는 살수시 시멘트 페이스트의 유출이 정지되는 최초의 시간이 콘크리트 강도 발현에 지장을 주지 않는 살수시작 시간으로 적합하다고 사료되어 이러한 기준에 따라 3가지 조건(조건 1: 직사광선 노출, 조건 2: 차양막 설치, 조건 3: 그늘막 설치)별로 현장 시험을 실시하였다. 시험체는 50cm각, 두께 12cm의 샘플 몰드를 제작하여 10분 단위로 분무기(Fog Nozzle)로 몰드에 살수를 실시하여 시멘트 페이스트 물이 유출되는지의 유무를 측정하여 표 11과 같은 결과를 얻었다.

표 11. 조건별 살수가능 시간 조사

| 항목<br>시간(분) | 기온<br>(°C) | 조건1 |   |   |   |   | 조건2 |   |   |   |   | 조건3 |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|------------|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|
|             |            | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 |   |   |   |
| 0           | 35.9       | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 10          | 37.1       | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 20          | 37.0       | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 30          | 37.2       | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 40          | 38.8       |     | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 50          | 36.3       | ○   | × | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 60          | 37.9       | ×   |   | × | × | × | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 70          | 39.3       |     |   |   |   |   | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 80          | 38.0       |     |   |   |   |   | ○   | ○ | × | ○ | ○ | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 90          | 37.0       |     |   |   |   |   | ×   | × |   | × | × | ○   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| 100         | 36.8       |     |   |   |   |   |     |   |   |   |   |     |   |   | × | × | × | × |   |

표 11에 따르면 조건 1에서는 50-60분 경과 후 살수를 시작해야 할 것이며, 조건 2에서는 80-90분, 조건 3에서는 90-100분 경과 후 살수를 시작해야 서중 콘크리트의 품질을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

4.2.3 장기 압축강도 변화 시험

서중 환경에 있어 콘크리트의 양생온도가 높을수록 초기의 시멘트 수화반응은 크게 촉진되어 초기 재령의 강도 증진성이 크게 나타난다. 그러나 재령 1일 이후 시멘트의 후기 수화 과정에 있어서는 수화속도에 미치는 온도의 영향이 점차 저하한다.

이를 실험하기 위해 강도 240kgf/cm<sup>2</sup>, 슬럼프 15±2.5, 공기량 4.5±1.5의 콘크리트를 5가지 조건별로 공시체를 제작하여 3일, 7일, 28일, 60일, 91일 압축강도를 시험하였다. 조건 1은 캡핑 후 기중양생(살수 없음), 조건 2는 타설 후 1일간 살수 후 기중양생, 조건 3은 타설 후 3일간 살수 후 기중양생, 조건 4는 타설 후 5일간 살수 후 기중양생, 조건 5는 표준양생이다. 5가지 조건별로 압축강도를 시험한 결과는 표 12와 같다.

표 12에 따르면 표준양생시 28일 압축강도는 301kgf/cm<sup>2</sup>로 각 조건에 따른 기중양생에 비해 26-46kgf/cm<sup>2</sup> 높게 나타났다. 또

표 12. 조건별 압축강도 시험 결과(kgf/cm<sup>2</sup>)

| 양생기간 | 조건 1 |     |     | 조건 2 |     |     | 조건 3 |     |     | 조건 4 |     |     | 조건 5 |     |     |
|------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
|      | 1회   | 2회  | 3회  | 1회   | 2회  | 3회  | 1회   | 2회  | 3회  | 1회   | 2회  | 3회  | 1회   | 2회  | 3회  |
| 3일   | 112  | 137 | 136 | 134  | 133 | 126 | 139  | 137 | 110 | -    | -   | -   | -    | -   | -   |
|      | 128  |     |     | 131  |     |     | 129  |     |     | -    |     |     | -    |     |     |
| 7일   | 197  | 194 | 204 | 201  | 206 | 217 | 191  | 211 | 206 | 176  | 186 | 176 | 209  | 204 | 211 |
|      | 198  |     |     | 208  |     |     | 203  |     |     | 179  |     |     | 208  |     |     |
| 28일  | 262  | 285 | 265 | 280  | 242 | 242 | 280  | 270 | 255 | 278  | 265 | 283 | 294  | 307 | 303 |
|      | 271  |     |     | 255  |     |     | 268  |     |     | 275  |     |     | 301  |     |     |
| 60일  | 299  | 282 | 303 | 326  | 282 | 295 | 346  | 295 | 336 | 331  | 349 | 343 | 351  | 364 | 407 |
|      | 295  |     |     | 301  |     |     | 326  |     |     | 341  |     |     | 374  |     |     |
| 91일  | 282  | 270 | 321 | 303  | 331 | 280 | 364  | 310 | 374 | 349  | 343 | 371 | 382  | 422 | 417 |
|      | 291  |     |     | 305  |     |     | 349  |     |     | 354  |     |     | 407  |     |     |

한 표준양생시 91일 압축강도는 407kgf/cm<sup>2</sup>로 각 조건에 따른 기중양생에 비해 53-116kgf/cm<sup>2</sup> 강도가 높게 나타났다.

따라서 28일 압축강도와 91일 압축강도를 비교해 보면 시간이 경과할수록 콘크리트 압축강도는 증가하였으나, 기중양생의 경우 표준양생에 비해 강도 증가율이 둔화된 것을 알 수 있었다. 또한 기중양생의 경우 살수기간에 따라 강도의 차이가 발생함을 알 수 있으므로 양생방법 및 살수기간을 결정할 때 이러한 사항을 신중하게 고려해야 할 것으로 사료된다.

4.3 서중(暑中)환경시 양생 품질관리 분석

4.3.1 수분 증발 속도 시험 분석

타설된 콘크리트의 표면에 블리딩 수가 상승하는 속도보다 건조되는 비율이 큰 서중 환경의 조건일 때 표면에서 발생하는 미세한 요철부분에 남은 수분이 모세관 장력에 의해 인장응력이 생겨 건조수축균열이 발생하여 품질에 커다란 악영향을 미치게 된다.

대구지역을 대상으로 1998년부터 2002년까지 콘크리트 표면의 수분 증발 속도에 영향을 미치는 요인에 대해 조사한 결과, 풍속은 서중 콘크리트 기간인 6~9월 사이에 2.31m/sec로서 일년 전체 평균 풍속 2.38m/sec와 거의 유사하였으며, 상대습도는 6~9월 사이에 70.53%로 일년 전체 평균 상대습도 59.78%에 비해 11%정도가 높은 것으로 조사되었다.

따라서 대구지역의 서중 환경시 콘크리트 표면의 수분증발 속도는 풍속에 영향을 거의 받지 않으며, 기온, 콘크리트 온도, 상대습도로 인한 영향을 타설 초기에 크게 받는 것으로 분석되었다.

한편, 서중 환경시 수분증발량을 측정하기 위해 3가지 조건으로 샘플 몰드를 각각 5회 제작하여 시험해 본 결과 직사광선 노출에서는 0.96kg/m<sup>2</sup>/hr, 차양막 설치의 경우는 0.48kg/m<sup>2</sup>/hr,

그늘막 설치의 경우는 0.28kg/m<sup>2</sup>/hr로 조사되었다.

따라서 ACI 규정에 근거하면 직사광선 노출에서의 양생은 건조수축균열과 장기 압축강도 증진에 커다란 악영향을 줄 것으로 사료되므로 최소한 차양막의 선 설치 후 콘크리트를 타설하여야 서중 콘크리트의 품질을 확보할 수 있을 것으로 분석되었다.

차양막 선설치를 위해서는 외부가설비거나 갱폼의 안전난간대를 한층 높게 설치하여 비계사이에 로프를 설치하고 그 사이에 차양막을 엮어 고정하면 차양막 선 설치가 가능하리라 사료되며, 이러한 차양막이 선 설치된다면 더위로 인한 작업자의 작업욕구를 향상시켜 재료분리 현상과 작업자의 고 슬럼프 요구 및 콜드조인트 발생 억제에 효과가 있을 것이다.

4.3.2 살수시작 시간 시험 분석

콘크리트의 타설이 완료되면 일정기간동안 습윤상태로 보존되어야 서중 환경시 콘크리트의 품질이 확보된다. 이를 위해 분무기(Fog Nozzle)를 이용하여 콘크리트 표면에 일정시간까지 물을 분무하여 콘크리트 온도를 낮추고 상대습도를 높여주어 균열을 저감시키고자 하나, 현재 타설 완료 후 살수 시작 시점의 명확한 규정이 없는 실정이다. 이에 현장 실태를 조사해 본 결과 각 현장별로 약간의 차이가 있었으며, 대부분 타설완료 3시간 경과 후부터 살수를 시작하는 것으로 조사되었으며, 대부분의 현장에서 콘크리트 표면에 균열이 발생하고 있는 실정이었다.

따라서 서중 환경시 콘크리트의 습윤양생은 이상의 3가지 양생조건에 따라 살수를 시행하여야 콘크리트의 균열발생을 저감시켜 품질이 확보될 것으로 사료된다. 또한 고온의 양생기간으로 강도 발취가 급속하므로 양생기간을 단축시킬 수 있으나, 이러한 경우 공시체 또는 신뢰할 수 있는 자료를 근거로 하여 소요의 품질이 얻어진 것을 확인 한 후에 실행해야 하며, 그 외에는 외부의 진동이나 충격 등 외력으로부터의 보호가 이루어져야 콘크리트의 품질이 확보될 것으로 사료된다.

4.3.3 장기 압축강도 변화 시험 분석

서중 콘크리트의 압축강도는 초기 양생조건에 따라 다양한 분포를 나타내고 있으며, 장기재령의 압축강도는 시간이 경과할수록 콘크리트 압축강도는 증가하였으나, 다른 조건의 경우 표준양생에 비해 강도증가율이 현저히 둔화되었다.

따라서 서중 환경시 초기 양생이 장기적인 콘크리트 강도의 증진을 결정하므로 초기 양생기간의 계획시 이상의 시험 데이터를 활용하여 습윤양생 기간을 최소 5일 이상으로 결정하여야 서중 콘크리트의 장기강도를 증진시킬 수 있을 것으로 사료된다.

4.4 서중(暑中)환경시 양생 품질관리 지침제안

서중 콘크리트 적용기간을 분석해 본 결과 지역에 따라 적용기간이 상이하며 두가지 적용기준을 동시에 고려하였을 때 일평균기온 25℃이상의 기준을 적용하는 것이 적합할 것으로 사료되므로 이 기준에 해당될 경우는 서중 콘크리트로 시공할 수 있어야 한다.

또한 그 기간은 6월초에서 9월초까지이며 5월 중순경에 서중 콘크리트 품질관리 계획서를 제출받아 검토하여야 6월초부터 시행이 가능할 것이다. 또한 콘크리트 양생시 직사광선의 노출인 경우 건조수축균열과 장기강도 증진에 악 영향을 주는 것으로 조사되었으므로 차양막을 설치하여 양생하거나 다른 특별한 조치가 반드시 있어야 한다.

또한 살수시작 시간은 직사광선에 노출된 경우는 60분 경과 후, 차양막 설치와 그늘막 설치의 경우는 각각 90분, 100분 경과 후 살수를 시작하여야 할 것이며, 조건별 장기압축강도를 측정해 본 결과 최소 5일 이상은 살수를 하여야 장기압축강도를 증진시킬 수 있을 것이다.

이상에서 제안한 품질관리지침을 현장에서 손쉽게 점검할수 있는 체크리스트로 제안하면 표 13과 같다.

표 13. 서중 콘크리트 체크리스트

| 구 분 | 체크항목           | 체크결과 |       | 기 준                               |
|-----|----------------|------|-------|-----------------------------------|
|     |                | 합    | 격 불합격 |                                   |
| 1   | 품질관리계획서 작성여부   |      |       | 5월 말경에 작성·검토                      |
| 2   | 균열저감을 위한 조치여부  |      |       | 차양막을 설치하거나 기타 다른 조치 취함            |
| 3   | 살수시작 시간 적정성 여부 |      |       | 직사광선 노출 : 60분 이내, 차양막 설치 : 90분 이내 |
| 4   | 살수 기간의 적정성 여부  |      |       | 타설완료 후 최소 5일 이상 살수                |

5. 결 론

서중환경이 콘크리트의 시공환경과 어떤 관련성이 있는지 조사하기 위하여 전국 8개 대도시의 기상자료를 중심으로 적용기간과 일수를 조사하고 분석한 결과 대구가 가장 긴 지역으로 분석되었으므로 이 지역의 콘크리트 양생공정에 대한 현장 품질관리 실태를 조사하여 품질관리상 문제점을 파악하고, 그 해결방안이 될 기초 자료를 도출하였다. 이 기초 자료를 바탕으로 현장별로 상이하게 적용되고 있는 양생공정의 품질관리 기준을 통합하기 위하여 현장에서 가장 시급히 보완되어야 할 부분에 대한 현장시험과 품질관리 항목의 분석을 통하여 서중 환경시 시공지침과 시공계획서 작성에 필요한 콘크리트 품질관리에 관하여 연



구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 대구지역의 서중 콘크리트 적용기간은 6월초에서 9월초까지로 분석되었으므로 기존의 관행을 변경하여 현장품질관리계획서는 5월 중순경에 작성 및 검토하도록 조치해야 할 것이며, 콘크리트 타설시간도 일사와 최고온도 발현시각 등을 고려하여 정오부터 오후 6시까지는 타설을 제한할 수 있도록 계획을 수립하여야 할 것이다.
- (2) 서중 콘크리트의 초기 양생과정에서 수분증발량을 3가지 양생조건으로 시험한 결과, 일반적으로 시행중인 직사광선 노출 상태의 양생조건(0.96kg/m<sup>2</sup>/hr)하에서는 건조수축 균열과 장기 압축강도 감소가 우려되므로 최소한 차양막 설치의 양생조건(0.48kg/m<sup>2</sup>/hr)을 확보하여야 하며, 또한 차양막은 반드시 선 설치하여야 할 것이다.
- (3) 서중 콘크리트의 살수 시작시간을 3가지 양생조건으로 시험해 본 결과, 직사광선 노출 상태에서는 60분 경과 후, 차양막 설치와 그늘막 설치의 상태인 경우는 각각 90분과 100분 경과 후 살수가 가능하였다. 또한, 습윤양생 기간은 장기압축강도 변화시험에서 나타난 바와 같이 최소 5일 이상을 확보하여야 균열발생의 저감과 장기압축강도 증진 등 콘크리트 품질향상의 효과가 나타날 것이다.
- (4) 이상의 결과를 종합하여 대구지역에서 서중 환경하의 콘크리트 품질관리 지침과 4가지 요인에 대한 체크리스트를 개발하여 특기사항이나 시공계획서 작성에 사용할 수 있는 지침을 제시하였다.

향후 연구로는 본 연구에서 수행하지 못한 서중 환경에서 콘크리트 시공에 영향을 미치는 요소를 조사·분석하고 이러한 요소들을 개선하기 위한 시험을 실시하여 품질관리 방안을 제시하여야 할 것이다. 또한 혼화제를 이용한 서중 콘크리트의 성능향상 및 강도향상에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. 김영태, 서중 콘크리트의 적용기간 설정 및 시공품질관리에 관한 연구, 청주대 산업대학원 석사논문, 1997. 6
2. 박승범, 윤의식, 현장에서의 콘크리트의 시공 및 품질관리, 콘크리트학회지, 9권, 2호, 1997. 4, p.p. 30~38
3. 배도선 외 6인, 최신 통계적 품질관리, 영지문화사, 2001
4. 사단법인 대한건축학회, 건축공사 표준시방서, 1999
5. 사단법인 한국콘크리트학회, 콘크리트 표준시방서, 기문당, 1999
6. 신경재 외 1인, 콘크리트 기술 지침, 도서출판 건설도서,

- 1998, p.p. 281~303
7. 장석준, 이상태, 사우디아라비아에서의 서중콘크리트 시공, 콘크리트학회지, 6권, 4호, 1994. 8, p.p. 37~41
8. 조재병, 정상진, 최완철, 국외 현장콘크리트 품질확보 현황 및 제기준, 콘크리트학회지, 7권, 2호, 1995. 4, p.p. 12~22
9. 한국건설기술연구원, 한중 및 서중 콘크리트 사용 지침을 위한 조사연구, 1986, p.p. 151~372
10. 한민철, 한천구 공저, 기온과 콘크리트, 기문당, 2002, p.p. 225~287
11. 한천구, 기온에 대응하는 콘크리트 시공, 대한건축학회지, 1997. 6, p.p. 4~5
12. 한천구, 서중 및 한중콘크리트 적용기간 설정, 콘크리트학회지, 9권, 4호, 1997. 8, p.p. 4~13
13. 현명훈 외 4인, 콘크리트 품질관리를 위한 맞춤형 체크리스트의 개발과 콘크리트 부재의 이력 데이터 구축에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표 논문집, 18권, 2호, 1998. 10, p.p. 779~784
14. ACI Committee 305, Making Good Concrete in Hot Weather, Concrete International, Vol.14, No 4, 1992. 4, p.p. 55~57
15. ACI Committee 305, Hot Weather Concreting, Manual of Concrete Practice, 1991, p.p. 305R-1~305R-20
16. ACI Committee 308, Standard Practice for Curing Concrete (ACI 308-92), p.p. 308-1~308-11
17. ACI Committee 311, ACI Manual of Concrete Inspection, SP-2, 7th Edition, American Concrete Institute, Detroit, 1981, p.p. 400
18. Calvin L.Dodl, Hot Weather Testing, Concrete International, Vol.19, No 10, 1997. 10, p.p. 55~56
19. Ray D.Griggs, Hot Weather Concreting Experience in Georgia, Concrete International, Vol.17, No 9, 1995. 9, p.p. 55~57
20. www.kma.go.kr(기상청 홈페이지)

논문제출일: 2005.08.08

심사완료일: 2005.10.12

---

### Abstract

It is required to study systematical on the concrete quality management to extend structure life because rebuilding effect is reducing under present condition of large sized and high stories structure.

Concrete, which shows its intensity by hydrating action and a big change in quality according to hot weather and temperature, produces a lot of quality problem under hot and cold weather.

Because of each specification and construction plan which does not have basic standard on site, concrete's quality is irregular and makes some defect.

As a result, Dae-gu is turned out to be the longest area after investigating application period and days focused on 8 cities weather information about t relationship between hot weather circumstance and construction environment.

Therefore, we first surveyed the curing construction processing in the region and found out the problem of quality management. Then figure out the way of solution.

Moreover, we integrated curing quality management, which is applied differently to each site, to have equal quality and to reduce defect from construction site. And then, based on various test of construction condition and analysis of quality management item, we suggest effective concrete quality management to make curing construction standard guide and plan under hot weather.

**Keywords :** Quality Management, Hot Weather Circumstance, Curing, Concrete Test

---