

# 흑서기 콘크리트에 대한 조사연구

정 상 진\*      광 영 근\*\*

( \*단국대 건축공학과 부교수, 공박/ \*\* 단국대 건축공학과 박사과정 )

## 목 차

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| 1. 서 론               | 2. 4 운 반                  |
| 2. 흑서기 콘크리트에 대한 성질규명 | 2. 5 타설, 다짐 및 마감          |
| 2. 1 서중환경에서의 콘크리트    | 3. 흑서기 콘크리트에 대한 문제점과 그 대책 |
| 2. 2 재료 및 배합         | 4. 결 론                    |
| 2. 3 콘크리트의 제조관리      |                           |

## 1. 서 론

외기온도가 높아짐에 따라 서중에 시공되는 콘크리트는 수많은 물성변화를 가져와 시공면이나 품질관리면등에서 많은 문제점을 제시하고 있다. 특히 흑서기에는 다수의 건설현장에서 공사의 품질과 근로자의 작업성을 고려하여 공사를 중단하는 경우가 많이있다. 따라서 서중에서의 콘크리트 성질의 변화는 수화반응 속도, 경화체 조직, 세공구조와 밀접한 관계에 있음을 미리 숙지하고 콘크리트의 품질이 저하하지 않도록 각 공정에서 확보해야할 품질에 대한 목표를 미리 정하여 두고 대책을 실행하는 것이 중요하다.

서중콘크리트로서 시공해야할 기준은 대한토목학회 콘크리트 표준시방서, 대한건축학회 건축공사표준시방서, 일본건축학회 건축공사표준시방서에 의하면, 일평균기온 25℃이상 또는 일외기온도가 30℃이상으로 규정하고 있다. 따라

서 서중콘크리트로 규정된 경우에 시공을 하게 되면 여러가지 영향이 작용함을 고려하여 신중한 조치를 한 후에 시공을 하여야 한다.

## 2. 흑서기 콘크리트에 대한 성질 규명

### 2. 1 서중환경에서의 콘크리트

1) 수화반응에 미치는 온도 및 수분의 영향  
보통콘크리트 중에 생기는 포틀랜드 시멘트와 물의 반응식은 <그림 1>과 같이 정리할 수 있고, <그림 2>는 시멘트 수화반응의 과정을 3단계로 나누어 <그림 1>에서 표시한 반응식에 의한 생성물의 종류와 양의 변화를 경시적으로 표시한 것이다. 즉, 시멘트에 물을 가하면 시멘트 중에서 산화칼슘(CaO), 석고(CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O), 소량의 산화규소(SiO<sub>2</sub>), 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화제2철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 등이 나오고, 먼



약 1개월 정도에서 대개 일정하게 된다.

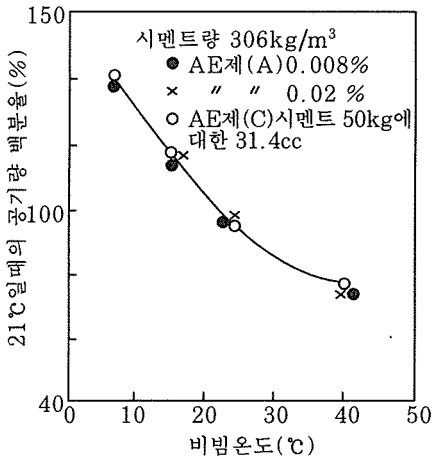
콘크리트경화체도 여기에 지배되므로 불안정한 조직상태가 되어 강도발현이 되어가고, 이후의 강도증진은 작아진다. 따라서 콘크리트강도가 커지든지 작아지든지 하는 것은 시멘트의 수화반응의 차이에 지배된다.

이와같이 수주후부터 복잡한 과정을 거쳐 수화반응은 화학반응이므로 수화의 진행이나 수화생성물의 물성에는 반응시의 온도나 수분이 크게 기여하게 된다.

## 2) 콘크리트의 제성질 변화

### a. 단위수량의 증대, 공기량의 감소

서중에 있어서 단위수량을 증가시킬 필요성이



〈그림 3〉 비빔온도의 공기량의 영향

있는 경우에는 단위 시멘트량도 증가시켜서 물 시멘트비를 일정하게 유지해야 하며 강도저하가 일어나지 않도록 해야한다. 그러나 단위수량을 증가시키는 것은 건조수축률의 증대나 균열발생의 증대 혹은 콘크리트 표층부의 밀실성의 저하를 가져와 내구성이나 수밀성의 저하로 연결됨을 인식해야 한다.

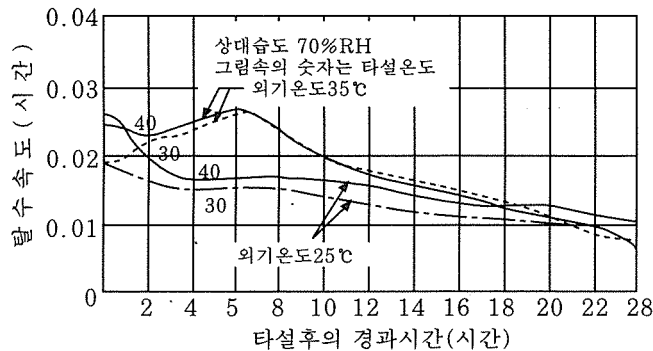
〈그림 3〉은 비빔온도와 공기량과의 관계를 나타낸다. 그림에 따르면, 비빔온도가 높으면 공기연행성이 저하한다. 콘크리트온도 20℃의 경우를 기준으로해서 비빔온도를 10℃ 높이면 약 2할 정도의 공기량의 감소를 가져온다.

### b. 경과시간에 따른 슬럼프의 저하

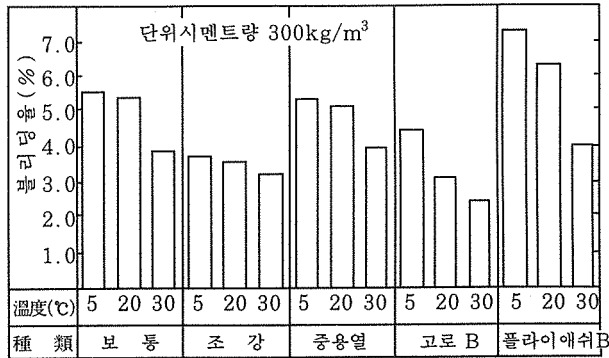
슬럼프저하는 시멘트의 수화반응에 의한 에트리팅가이드의 생성, 수화반응 초기의 레오로지의 변화, 연행공기량의 감소, 수분증발의 촉진 등이 원인이라고 말할 수 있다. 슬럼프의 저하는 흠퍼빌리티의 악화와 콘크리트 충전성의 저하를 초래하고 타설 및 이어치기의 결함을 유발하게 된다. 또한 운반중의 슬럼프저하를 예상한 배합에서는 단위수량의 증가를 초래하여 콘크리트의 품질저하를 수반하게 된다.

### c. 운반중의 콘크리트 온도 상승

운반중의 콘크리트 온도의 변화는 운반중 슬럼프의 저하나 타설시의 콘크리트 온도에 영향을 주게된다. 일반적으로 비빔온도보다 외기온도가 높은 경우에는 운반중의 콘크리트 온도는 상승하게 된다.



〈그림 4〉 몰탈의 수분증발 속도의 경시변화



〈그림 5〉 각종 시멘트, 온도별의 블리이딩

d. 수분의 급격한 증발, 블리이딩의 감소

〈그림 4〉에서 나타내는 바와같이 습도가 일정한 경우, 타설후 수시간은 외기온도가 높은 만큼 콘크리트 표면에서의 수분증발 속도는 크게 된다. 또한 타설후 2~3시간까지는 비습시의 콘크리트 온도가 높은만큼 수분증발 속도가 커짐을 알 수 있다. 〈그림 5〉에서 보여주는 바와같이 콘크리트 온도가 높은 만큼 블리이딩이 감소한다. 이 때문에 콘크리트 표층부의 건조는 더욱 촉진된다.

e. 타설후 초기의 콘크리트 변화

타설후 초기의 콘크리트온도에 영향을 미치는 주요한 요인으로는 외기온도, 수화반응에 의한 발열 및 수분증발에 의한 흡열이 있다. 이와같은 작용으로 콘크리트 표층부 및 중심부와의 온

도사이에 차가 생긴다.

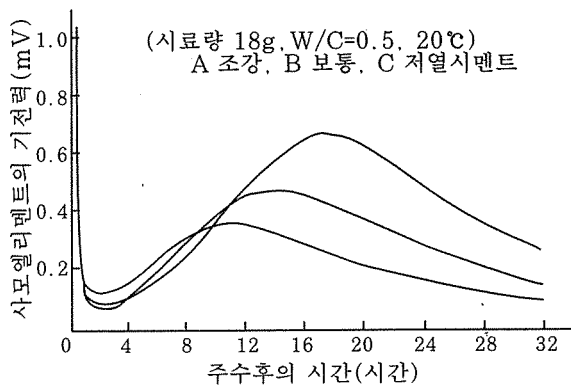
한편 메시브한 콘크리트부재의 경우에는 시멘트의 수화반응이 자기수화열의 상승에 의하여 일단 촉진되어, 내부온도의 상승이 극도로 크게 된다. 또한 내부의 축열에 의해서 높은 온도가 장기간 계속된다.

## 2. 2. 재료 및 배합

### 1) 재료

#### a. 시멘트

서중에서의 콘크리트는 온도가 높게되고, 초기 수화반응이 촉진되어 응결시간의 시발, 종발이 대폭적으로 단축되고, 초기재령의 강도 증진이 아주 커지지만, 장기재령에 있어서 강도증진



〈그림 6〉 각종 포틀랜드 시멘트의 초기 발열 곡선

은 그와 반대로 작아진다. <그림 6>은 각종 포틀랜드 시멘트의 초기발열을 나타낸 것이다. 그림에 의하면 조강포틀랜드 시멘트의 수화발열은 아주 크고, 콘크리트의 온도를 상승시키는 요인이 된다. 그러므로 서중콘크리트에서는 조강성의 시멘트를 사용함이 바람직하지 못하다. 이와 같은 것을 고려하여 보통, 중용열, 내유산염시멘트, 고로·시리카 및 플라이애쉬 시멘트를 사용함을 표준으로 한다.

시멘트의 온도는 다른 재료의 온도에 비하여 콘크리트 온도에 미치는 영향은 작지만 시멘트의 온도를 8℃ 높이면 콘크리트의 온도는 1℃ 높게된다. 시멘트에 대한 온도 한계에는 정설은 없지만, 대략 80℃를 넘는 시멘트를 사용하지 않는 것이 바람직하다. 서중환경에서의 있는 레디믹스드 콘크리트공장에서부터 입하된 시멘트의 온도는 지역에 따라 차이가 있지만, 최고온도 100℃, 최저온도 약 30℃로서 평균 약 50℃로 되어있다. 시멘트의 온도가 80℃를 넘는 경우에는 시멘트를 입하하지 않는 것이 중요하다.

b. 골재

골재는 콘크리트 1m<sup>3</sup>중에 차지하는 양이 가장 많기 때문에 골재의 온도는 콘크리트의 비빔 온도에 큰 영향을 주게 된다. 골재는 외기온도나 직사광선등에 의하여 온도가 상승하고 콘크리트의 비빔온도를 높게 하므로 저장소 위에 지붕을 설치하거나 지하저장하여 온도가 상승하지 않도록 하여야 한다.

골재는 필요에 따라 살수나 액체질소에 의한 냉각과 저장소에 통풍을 시킬 필요가 있다.

c. 물

비빔물의 비열은 시멘트나 골재에 비하여 4~5배 정도이므로 물의 온도가 콘크리트의 온도에 미치는 영향은 크다. 비빔물은 온도관리가 쉽기 때문에 콘크리트 온도를 낮출경우 온도가 낮은 물을 사용하면 효과가 있다. 그러므로 지하수의 사용이나 얼음사용 또는 액체질소에 의해 냉각시킨 물을 사용하도록 한다.

d. 혼화재료

화학혼화제의 종류는 <표 1> 및 <표 2>와 같이 분류할 수 있다. AE감수제 및 AE제를 콘크리트에 사용하면 미세한 공기로 인하여 콘크리트의 유동성이 증대함으로 단위수량을 저감할 수 있고 동결융해에 대한 저항성을 높일 수 있다. 더욱이 AE감수제 및 감수제에는 시멘트입자를 분산시키는 작용으로 인하여 단위 수량을 줄이고 시멘트 페이스트의 점성을 증가시켜 골재분리나 블리딩을 작게하는 성질을 갖고있다. AE감수제나 감수제의 지연형은 플랜콘크리트에 비하여 초기수화열을 줄이고 응결을 지연시킨다. 이와함께 콘크리트의 장기강도발현이 크게 되므로 인하여 서중콘크리트에서 생길수 있는 현상을 개선할 수 있고, 완하시키는데 유효한 재료이다.

<표 1> 화학 혼화제의 성능에 의한 종류

AE제	-
감수제	표준형
	지연형
	촉진형
AE 감수제	표준형
	지연형
	촉진형

<표 2> 화학 혼화제의 염화물량 (염수이온량)에 의한 종류

종류	염화물량(염수이온량)kg/m <sup>3</sup>
I 종	0.02 이하
II 종	0.02 초과 0.20 이하
III 종	0.20 초과 0.60 이하

2) 배합

콘크리트배합은 서중환경하에서 콘크리트제

조, 시공조건을 고려하여 소요워커빌리티, 강도, 내구성 및 기타 소요성능을 확보할 수 있도록 정해야 한다.

콘크리트의 배합강도 표준수중양생 공시체의 강도로 정하도록 되어 있다. 구조체의 콘크리트 강도는 현장수중양생에 의한 재령 28일 공시체 강도가 설계 기준강도 이상이 되도록 하고 있다. 따라서 서중콘크리트의 배합강도를 정함에 있어서는 고온시의 공시체에 대한 강도발현이나 강도변동성상을 고려해야 한다. 그림 7은 16개 레미콘 공장의 계절별 표준양생 공시체의 압축강도와 그 편차를 나타낸 것이다. 그림에 의하면 여름철에는 약간의 강도저하를 나타내고 표준편차가 크게 나타나고 있다. 그림 8은 동일지구에 있어서 표준양생과 현장수중양생의 압축강도 변화를 나타낸 것이다. 현장수중양생 공시체 강도는 콘크리트 온도가 20℃ 이상에 있어서 재령 7일 표준양생보다도 높게 되어 있고, 재령 28일에서 대개 표준양생과 같거나 크게 되어 있다.

레디믹스도 콘크리트 배합강도는 반입검사의 표준양생에 의한 압축강도가 호칭강도 이상이 되도록 정하고 있다. 따라서 서중콘크리트에서는 표준편차를 상온시보다 크게 하여 배합강도를 정하도록 하여 구조체 콘크리트에 있어서도 설계

기준강도를 만족하도록 하고 있다.

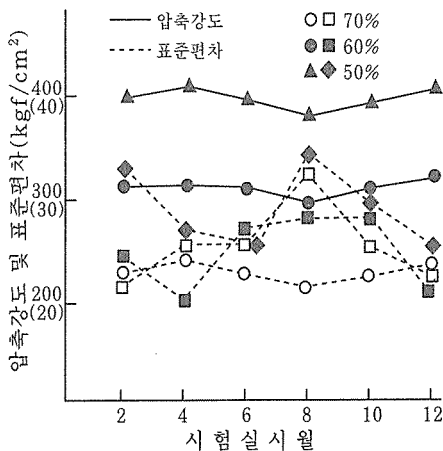
그러나 콘크리트의 비빔온도가 높은 경우에는 고온에 의한 강도저하를 예상하여 강도보정치를 더하여 배합강도를 정해야 한다고 생각할 수 있다.

또한 코어공시체로서 구조체 강도를 판정하는 경우에는 콘크리트 타설온도나 부재의 크기에 따라 배합강도를 정하는 방법도 다르다. 이러한 경우에는 신뢰할 수 있는 자료에 의하던가 시험에 의하여 배합을 정해야 한다.

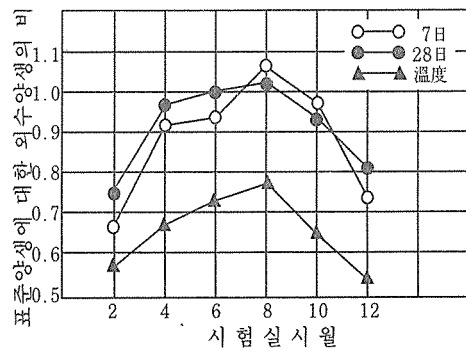
서중콘크리트에 있어서 초기강도 발현성이 양호하여 설계기준 강도를 얻을 수 있는 재령을 28일 보다 단축할 수 있다고 생각할 수 있다. 그것을 가능하게 하기 위해서는 설계기준 강도에 달한 이후의 콘크리트가 내구성이나 역학적 성질면에서 구조체에 주는 영향을 검토해야 한다.

단위수량은 보통콘크리트나 고강도콘크리트에서는 185kg/m<sup>3</sup> 이하, 고내구성 콘크리트에서는 175kg/m<sup>3</sup> 이하로 해야 한다. 슬럼프는 타설개소나 시공법에 따라 정하도록 한다. <표 3>은 타설개소나 시공법에 따른 권장치를 나타내고 있고, 이 값은 어디까지나 목표이고, 금후의 시공법을 통하여 표준값을 정해야 할 필요가 있다.

콘크리트 슬럼프로스는 온도가 높은만큼, 경과시간이 긴 만큼 크다. 이러한 경향은 시멘트



<그림 7> 계절별 압축강도 및 표준편차



<그림 8> 표준양생강도와 현장수중양생강도의 관계

〈표 3〉 타설개소 시공법에 따른 슬럼프의 권장치

시공법 · 타설개소	슬럼프(cm)	비 고
RC조 기둥, 벽	18	진동다짐
RC조 보, 바닥슬래브	15	직접마감
SRC조 기둥, 벽	18	유동화제, 고성능 AE감수제 사용
SRC조 보, 바닥슬래브	18	직접마감
S조 바닥슬래브	18	경량콘크리트 · 직접마감
기초, 기초바닥	15	매스콘크리트
현장타설 RC말뚝	18	수중콘크리트
경사슬래브	12	경사로, 계단 등
토간 콘크리트	12	진동스크리트 · 직접마감
타설 타일 붙임법	18	유동화제, 고성능 AE감수제 사용
강관 콘크리트	18	유동화제, 고성능 AE감수제 사용
슬리폼 공법	12	진동다짐
진공 콘크리트 공법	15	공장바닥 · 창고바닥, 직접마감

종류, 혼화제 종류, 배합 및 운반방법에 따라 크게 다르다. 따라서 서중콘크리트의 적용기간은 반입지점에서 소요슬럼프를 확보하기 위해서 운반중의 슬럼프프로스를 예상하여 비빔슬럼프를 정할 필요가 있다.

지연형 AE감수제는 서중환경에 있어서 주로 응결시간의 조정과 콜드조인트의 방지를 위해 사용하고 있다. 유동화제, 고성능 감수제는 적은 단위수량에서 콘크리트의 유동성과 소요품질을 확보할 목적으로 사용하는 것이므로 서중콘크리트에 있어서도 효과가 있다.

### 2. 3 콘크리트 제조관리

콘크리트의 제조관리는 콘크리트 품질관리 중에서도 아주 중요한 위치에 있다. 즉 개개의 사용재료가 혼합되어 콘크리트형으로 되는 최초의 단계로 되어 품질관리의 출발점이라고 할 수 있다. 따라서 서중에만 한하지 않고 제조시에는 엄밀한 관리가 이루어져야 하지만, 골재표면수

의 편차에 기인하는 품질관리에 주의할 필요가 있다. 제조관리상의 골재표면수라고 말하는 경우, 표면수율이 비교적 큰 세골재의 표면수를 말하기 때문에 여기서는 세골재의 표면수를 대상으로 한다.

골재의 표면수량이 변동하면, 콘크리트의 비빔물이 변화하고, 비빔콘크리트의 워커빌리티뿐만 아니라 물시멘트비의 변화에 의해 경화후의 품질에도 영향을 미치게 되므로 제조시에는 표면수의 조정정도를 높여 소정의 워커빌리티가 안정되도록 할 필요가 있다. 통상 비빔중의 콘크리트 워커빌리티를 관리하는 방법으로 조작자가 눈(일반적으로 TV영상)으로 슬럼프를 판단하고, बै치마다 표면수를 조정하고 있지만, 일반적으로 표면수의 측정은 1일 2회이고, 표면수 변동의 추종은 슬럼프를 통해서 간접적으로, 게다가 조작자의 경험에 의존하고 있는 것이 일반적이다. 이와같은 경험에 의한 슬럼프관리(표면수 조정)를 하면 품질변화가 커질 우려가 있고, 품질변동의 요인도 규명할 수 없게 된다. 특히

서중환경에서는 수분이 증발하기 쉽기 때문에 저장중인 골재의 표면수의 변화가 빠르고 그런 만큼 품질변동이 심하게 된다. 이 때문에 표면수율의 측정회수를 늘리거나, 표면수 자동측정장치를 사용하여 연속적으로 표면수율의 측정회수를 실시하여 슬럼프를 관리함이 중요하다.

콘크리트 비빔온도를 낮추는데에는 물, 골재 등의 온도를 낮추는 것이 가장 유효한 방법이지만, 설비나 경비 등의 제약으로부터 온도저감 대책을 취할 수 없는 경우에는 제조중에 콘크리트 온도가 상승하지 않도록 하는 방법도 중요하다. 이 때문에 콘크리트 플랜트의 제조설비, 특히 재료의 저장소와 반송설비 및 믹서기 등의 온도가 상승하지 않도록 대책을 강구하여야 한다. 대책으로는 다음과 같은 방법을 제시할 수 있다.

- ① 전반적인 대책
  - ㉠ 설비표면에 백색이나 은색의 페인트를 도장함
  - ㉡ 콘크리트 플랜트 내부에 통풍을 좋게 함
  - ㉢ 설비 단면을 단열재로 덮음
- ② 개별대책
  - ㉠ 송수관을 매설함
  - ㉡ 벨트 컨베이어를 덮개로 덮음
  - ㉢ 시멘트 사일로를 태양가리개로 덮음

이런 대책에 의한 온도저감 효과는 데이터상으로는 전혀 없지만, 중동이나 동남아 등 혹서지역에서의 콘크리트 공사보고에서는 유효한 대책이라고 기술하고 있다.

최근에는 매스 콘크리트의 온도 상승대책으로 믹서기 내부 또는 운반차량내의 콘크리트 온도를 저감시키는 공법에 대한 연구 보고서도 나오고 있다.

서중에 있어서는 플래쉬 콘크리트의 페이스트나 몰탈 등이 급속에 부착하면 급속히 건조, 경화되어 제거할 수 없게 된다.

믹서기나 운반차등에 고착된 채로 두면 콘크리트로부터 흡수 혹은 비빔, 운반중에 박리되어 품질변동의 원인이 되므로, 물로 씻어 제거할

필요가 있다. 물로 세척한 후에 아지데이터 드럼 내부에 남아있는 잔수는 레디믹스드 콘크리트의 배합이나 운반차량의 운전수의 의식에 따라 상당히 다를 수 있다.

## 2. 4 운반

### 1) 운반에 의한 품질변화의 한도 및 품질이 변화한 콘크리트의 조치

콘크리트의 운반에 의한 품질 변화는 압축강도에서는 일반적으로 적지만, 플래쉬 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 온도에서는 콘크리트의 종류 및 운반방법에 의해 변화한다고 알려져 있다.

콘크리트 펌프 압송에 의한 플래쉬 콘크리트의 품질변화에서 슬럼프로스는 보통 콘크리트에서 평균 0.5cm, 경량 콘크리트에서 1cm정도이고, 공기량 저하는 보통콘크리트에서 평균 0.2%, 경량 콘크리트에서 평균 0.5% 정도이다.

각종 혼화제를 사용한 경량콘크리트의 압송에 의한 슬럼프로스는 <그림 9>에서 나타내는 바와 같이 단위수량이 작은 콘크리트일수록 슬럼프로스가 크다는 보고도 있다.

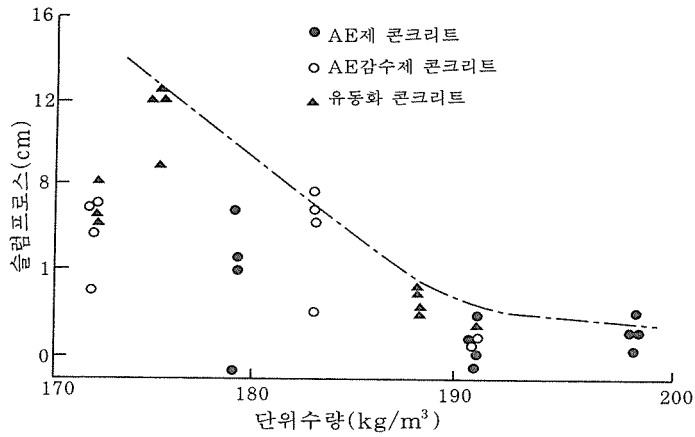
서중콘크리트에 있어서 슬럼프 저하가 타설결함이나 콜트조인트 발생으로 연결되는 경우가 많으므로, 콘크리트타설 개소에 따라 운반에 의한 플래쉬 콘크리트의 품질변화의 한도를 정해 놓고, 운반중에 품질변화가 작도록 하는 것도 중요하다.

<표 4>는 지금까지의 실적은 고려해서 운반에 의한 플래쉬 콘크리트의 품질 변화의 한도를 나타낸 것이다. 반입시의 플래쉬 콘크리트의 품질은 표 4를 참고로 하고 운반에 의한 품질 변화를 예상하여 정해도 좋다.

운반에 의한 워커빌리티의 저하가 현저한 경우, 콘크리트가 반입된 경우에는 운반을 중단함과 동시에 그 원인을 규명하고 대책을 강구해야 한다.

일반적으로 운반에 따른 워커빌리티의 저하가 생긴 경우에는 환경온도가 높은 것 이외에도 다





〈그림 9〉 경량 콘크리트의 단위수량과 슬럼프로스의 관계

- 음과 같은 것을 지적할 수 있다.
- 골재 입도 분포의 변화
- 운반중 콘크리트의 온도상승

- 펌프 수송관 중의 조인트부에서의 누수
- 장시간 운반차의 운반 및 현장 내에서의 대기

〈표 4〉 운반에 의한 플레쉬 콘크리트의 품질변화의 한도

콘크리트의 종류	혼화제의 종류	품질변화의 한도		
		슬럼프로스 (cm)	공기량 (%)	콘크리트의 온도상승(℃)
普通	A E 減 水 劑	1.5	±1	1
	流 動 化 劑	2	±1	2
	高 性 能 A E 減 水 劑	1.5	±1	2
輕 量	A E 減 水 劑	2	±1	2
	流 動 化 劑	3	±1	2
	高 性 能 A E 減 水 劑	2	±1	2

- 경량 콘크리트의 골재 프리워칭 부족
- 콘크리트 펌프 압송에 따른 고소압송 콘크리트 압송시에 생기는 폐쇄는 수송관의

일부분에서 콘크리트가 분리됨에 따라 생기는 현상으로서 펌프의 능력부족으로 압송이 불가능한 경우는 없다. 폐쇄가 된 부분의 콘크리트는

콘크리트 경화에 필요한 물이나 시멘트 페이스트가 상실되어 골재만 남은 경우가 많다. 이러한 콘크리트는 버리는 것이 좋다.

레디믹스드 콘크리트 운반차량이 현장에서 대기하는 동안에 허용치 이상으로 슬럼프로스가 생긴 경우에는 원칙적으로 반입하지 않도록 한다. 다만, 콘크리트의 품질이 확인된 경우에는 유동화제를 첨가하여 슬럼프를 회복시켜 운반할 수 있다.

## 2) 운반시간

콘크리트 반입시부터 타설이 종료할 때까지의 요하는 시간은, 배관의 설치 등을 고려하여 원칙적으로 보통 콘크리트에서는 30분 이내, 유동화콘크리트에서는 20분 이내를 목표로 해서 가능한 짧게 한다. 이 시간내에 운반을 하기 위해서는 타설, 다짐작업을 순조롭게 진행함과 동시에 배관교체 등에 요하는 시간 등을 가능한 짧게 하는 것이 중요하다.

콘크리트 압송은 동일 구획내에서 연속적으로 행함이 바람직하다.

그러나 레디믹스드 콘크리트 공장이나 펌프의 고장등으로 인하여 압송을 중단하지 않으면 안될 경우에는 콘크리트의 워커빌리티의 저하에 따른 펌프 폐쇄나 이어치기 시간간격을 초과함에 따라 생기는 콜드조인트의 발생이 문제가 된다.

따라서 중단시간이 1시간을 초과하는 경우에는 플래쉬콘크리트가 소요품질을 확보하고 있는가 미리 타설한 콘크리트와 일체로 시공할 수 있는지를 진단하여 시공할 필요가 있다.

## 3) 운반방법

콘크리트의 운반기기 등은 직사광선이 닿지 않는곳에 설치하여 가동시킨다. 또한 펌프차의 흡퍼는 콘크리트의 수분증발을 막기위해 개폐가 순조롭게 진행될 수 있도록 투명 덮개등을 설치한다.

콘크리트 버킷에 의한 운반의 경우에는 운반거리, 반입시간, 버킷의 용량 및 운반차의 적재

량에 의해 운반시간이 결정되므로 이것을 고려하여 소요운반 시간내에 운반할 수 있도록 한다.

콘크리트 압송은 타설, 다짐 및 마감작업이 충분히 될 수 있는 압송속도로 하고, 연속적으로 정한다. 장시간 압송을 중단할 경우에는 저속으로 운반을 하여 폐쇄를 방지하도록 한다.

이어치기 시간간격의 한도를 초과해서 계획적으로 중단하는 경우에는 원칙적으로 미리 정한 이음 개소에서 하도록 한다. 또한 운반 기계의 예기치 못한 사고로 인하여 일시 중단할 경우에는 공사관계자와의 면밀한 연락과 대책이 중요하다. 특히 타설된 콘크리트 이음부의 처리, 거푸집, 철근 등에 부착된 콘크리트의 제거 등을 면밀히 검토하도록 한다.

## 2. 5 타설, 다짐 및 마감

### 1) 타설, 다짐

콘크리트 타설작업에 있어 이어치기의 시간간격의 한도에서 외기온도 25℃이상 30℃ 미만의 경우는 120분으로 하고, 30℃ 이상의 경우는 90분으로 한다. 다만 콘크리트의 응결시간을 변화시키는 응결지연제를 사용한 경우에는 이 시간의 허용한도를 변경할 수 있다.

콘크리트는 일체성을 갖어야 하므로 이어치기 위치의 결정은 중요하다. 일반적으로 보, 슬래브에서는 중앙부근에 수직으로 하며, 기둥, 벽에서는 슬래브, 기초상단 또는 보하단에서 수평으로 한다.

콘크리트 다짐에는 봉형진동기나 거푸집진동기를 사용하며, 필요에 따라서는 나무망치 등의 보조기구를 사용한다. 콘크리트온도가 높으면 슬럼프로스가 크게되므로 진동기의 부담이 커지게 된다. 일반건축공사에서는 공칭직경 45mm의 봉형진동기를 사용하나, 서중에 있어서는 가능한 공칭직경이 60mm를 사용하는 것이 바람직하다. 공칭직경이 30~60mm의 고주파 진동기 내장형 봉형 진동기의 경우, 진동기의 길이는 40mm전후로 되어있다. 일반적으로 한층의 타설높이, 다짐

두께는 진동기의 상하를 천천히 움직여 가진하기 때문에 60~80cm정도의 두께가 한도로 된다. 진동시간은 10~20초 정도로 한다. 이어치기 부분에서는 먼저 타설한 콘크리트중에 진동기의 선단을 10cm정도 삽입하여 콜드조인트 방지와 상하층의 일체화를 하는 것이 중요하다. 콘크리트 봉형진동기의 삽입간격은 약 50cm로 하고, 콘크리트분리나 공기량 저하가 생기지 않는 범위에서 충분히 다짐한다.

## 2) 마감

콘크리트의 바닥마감에는 topping재료에 따라 평탄하게 시공해야 한다.

콘크리트바닥의 직접마감 공법은 콘크리트타설후 블리이딩 발생이 없어진후 부터 콘크리트 경화나 건조의 정도에 따라 적절한 시간내에 각종 마감기기로 마감한다. 콘크리트는 타설직후 부터 침강이 시작하고, 콘크리트가 경화할 때까지 침강이 계속된다. 철근이나 매입철물은 콘크리트의 침강을 방해하여 균열발생의 원인이 된다. 이 경우 균열발생시기는 블리이딩이 없는 시점이다. 플라스틱균열은 콘크리트표면에서 수분증발이 블리이딩속도 보다 빠른경우에 생긴다. 이러한 균열은 마감작업의 초기단계에서 발생하므로 적당한 시기에 탭핑하여 없애도록 한다. 콘크리트 마감도중에 있어서 살수를 해서 마감하는 경우에는 콘크리트표면의 물시멘트비가 크게되어 소요강도를 얻을 수 없고, 미세균열이 발생하여 내구성의 면에서 바람직하지 않다.

콘크리트의 경화속도를 조정하는 재료, 공법을 채용하는 경우에는 시험을 실시해서 그 효과를 확인한 후에 사용해야한다.

## 2. 6 양생 및 품질관리

### 1) 양생

#### a. 양생방법

콘크리트 양생방법에는 주로 외부에서 강제적

으로 수분을 주는 급수양생과 수분의 증발을 억제하는 보수양생의 2종류로 분류할 수 있다. 콘크리트의 강도, 내구성을 확보하기 위해서는 소정의 재령까지 어떤 방법으로도 양생을 하여 수분을 조정할 필요가 있다.

주요 급수양생과 보수양생의 예는 다음과 같다.

#### (급수양생)

- ① 스프링클러나 호스에 의한 살수
- ② 충분한 물을 포함한 양생매트등으로 표면을 덮는 방법
- ③ 물뿌림

#### (보수양생)

- ① 거푸집의 존치
- ② 수밀 시이트, 플라스틱시이트 등으로 콘크리트표면을 덮는 방법
- ③ 마감후 피막양생제(합성수지계, 아스팔트계)를 도포하는 방법

이외에도 여러종류의 급수, 보수양생이 있다고 생각하지만 서중환경조건, 부재, 부위의 차이 등을 고려하여 선택하면 좋다.

#### b. 양생기간

서중콘크리트의 경우, 재령초기의 강도 발현이 크기 때문에 재령 2~3일에 100kg/cm<sup>2</sup>의 강도를 얻을 수 있다. 이 때문에 7일 이전에 있어서도 그 품질이 7일간 습윤양생한 콘크리트와 동등하게 될 가능성이 있다고 생각할 수 있다. 이로 인하여 “원칙으로 하여 7일간”이라는 표현을 쓰고 있다.

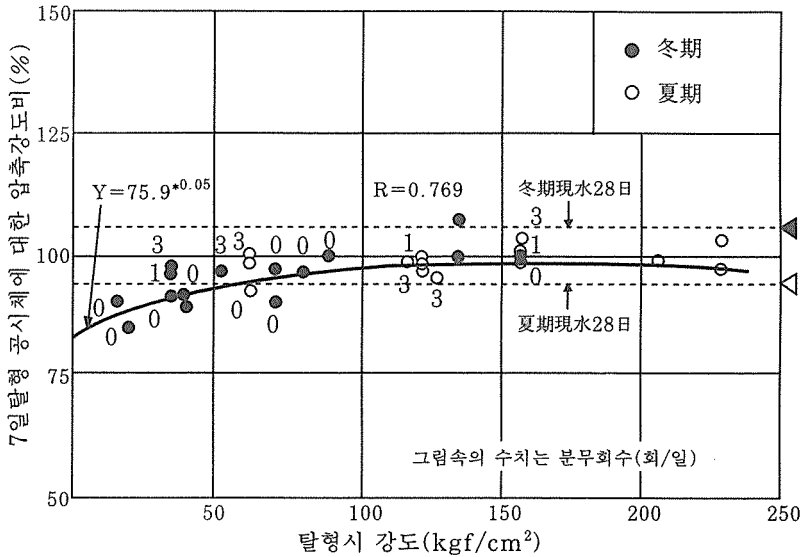
<그림 10~12>는 거푸집을 7일간 존치한 공시체에 대한 압축강도, 탄성계수 및 중성화 속도를 비교한 것이다. 여기에 따르면 탈형시의 강도가 100kg/cm<sup>2</sup>를 초과하면 7일간 거푸집을 존치한 경우와 대개 동등한 품질을 얻을 수 있다. 중성화 속도에 대해서는 동등한 경향을 보이고 있다. 이와 같은 것으로 부터 압축강도가 100kg/cm<sup>2</sup> 이상인 것을 확인하는 조건으로해서 그 후의 양생을 중단하여도 7일간 거푸집을 존치한 콘크리트의 대개 동등한 품질을 얻을 수

있음을 나타내고 있다. 또한 이 연구에 이어 실시한 성과에 따르면 거푸집 존치기간 7일의 경우와 비교해서 다음과 같은 결론을 얻고 있다.

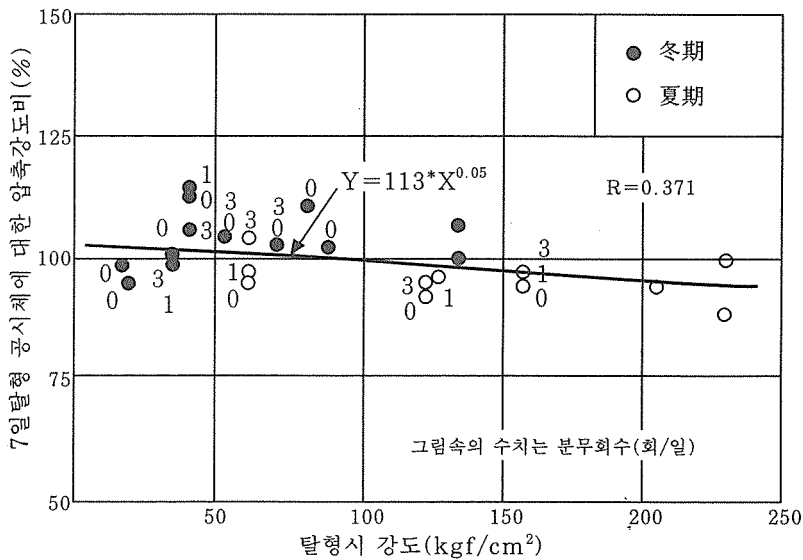
① 압축강도가 50kg/cm<sup>2</sup>에 될 때까지 거푸집을

존치하면, 그 후 습윤양생을 하지 않아도 압축강도, 탄성계수에 관해서는 동등의 품질을 확보할 수 있다.

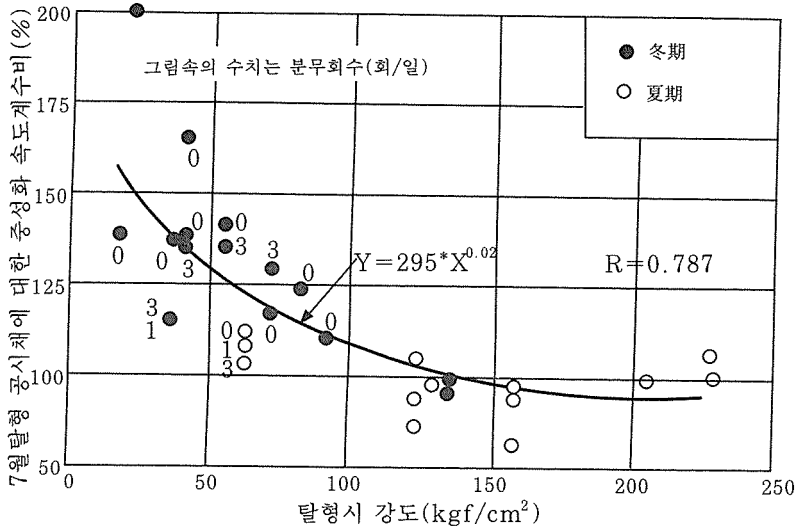
② 중성화는 거푸집 존치기간을 3일 이상으로



〈그림 10〉 탈형시 강도와 압축강도비(재령 28일)의 관계



〈그림 11〉 탈형시 강도와 정탄성계수비(재령 28일)의 관계



〈그림 12〉 탈형시 강도와 중성화속도계수비(재령 28일)의 관계

하면 그 후 습윤양생을 하지 않아도 동등한 품질을 확보할 수 있다.

③ 고온시에 있어서는 중성화 깊이가 크게되는 경향이 있기 때문에 건조를 방지할 준비가 되어 있어야 한다.

이러한 실험결과에 따르면 강도·탄성계수는 조기에, 중성화는 건조를 방지해야 하는 조건이 있지만 3일간 거푸집을 준치 시키고, 그 후에 양생을 중지하여도 무방하다고 할 수 있다. 단, 이 실험은 바람이나 일사의 영향을 제외시킨 양호한 조건에서 행한 것이다. 이 때문에 전체강도의 콘크리트에 적용할 수 있다고 생각하지 않고 설계기준 강도 240kg/cm<sup>2</sup> 정도의 보통콘크리트로 한정한다고 볼 수 있다.

## 2) 품질관리, 검사

### a. 검사

콘크리트 반입시 검사는 일반 콘크리트의 반입검사 항목 이 외에 콘크리트 온도를 검사항목으로 추가하고 있다. 기온·습도 및 일사열에 기인하는 악영향들은 최종적으로 내구성의 저하나 미관의 저하를 초래하므로, 콘크리트 표면에 대한 검사시에는 표면의 유해한 취약부, 박리,

콜드조인트, 균열유무 등을 눈으로 확인하여 검사한다.

### b. 품질관리

혹서기 콘크리트의 품질관리에 있어서 주의해야 할 사항을 정리하면 다음과 같다.

① 콘크리트의 비빔온도를 낮추는 대책의 하나인 조골재에 살수하는 방법은 제조공장의 시설, 설비등에 새로 투자를 하지 않고 실시할 수 있다. 이 방법을 채택할 경우에는 표면수 관리를 철저히 해야만 한다.

② 콘크리트의 비빔온도를 낮추는 대책중의 하나인 사용재료를 냉각시키는 방법은 사용재료의 온도를 철저히 관리하여 소정의 비빔온도를 얻을 수 있도록 해야 한다. 콘크리트의 비빔온도를 낮추는 대책중의 하나인 비빔 콘크리트에 액체 질소를 분사할 경우에는 분사량의 관리를 철저히 하여 소정의 콘크리트 온도를 얻을 수 있다.

③ 고온시에 콘크리트 유동성의 저하를 방지할 목적으로 사용하는 화학 혼화제는 사용량을 철저히 관리할 필요가 있다.

④ 직사일광에 따라 골재가 건조할 우려가 있을 때에는 골재의 표면수 관리를 철저히 실시

하여야 한다.

⑤ 운반에 의한 워커빌리티의 변화는 구조물의 내구성 저하를 가져오게 된다. 운반에 따른 워커빌리티의 변화는 펌프 수송관 또는 조인트 부로부터 물이 누수되고, 배관교체, 현장대기, 프리웨팅의 부족이나 고소고압등이 원인이라고 할 수 있다. 따라서 이에 대한 관리가 중요하다. 비빔에서의 반입까지의 콘크리트 온도상승은 미리 정한 값보다 크지 않도록 한다.

⑥ 비빔 콘크리트를 적재하기 전에는 아지테이터 드럼 내에 있을 수 있는 콘크리트 세정수가 남아 있지 않은 것을 눈으로 확인할 필요가 있다.

⑦ 콘크리트 펌프의 토출압은 미리 정한 값보다 크지 않도록 관리하여 압송이 중단되는 사태가 생기지 않도록 관리할 필요가 있다.

⑧ 콘크리트 타설 후에 수분 증발 속도의 빠름이나 온도상승의 빠름으로 부터 콘크리트 강도 발현이 손상을 입거나, 콘크리트 표면에 결함이 생길 가능성이 있기 때문에 타설후에 양생

을 충분히 하고, 콘크리트 표면 상태나 온도변화에 주의하여 소정의 콘크리트에 대한 품질을 얻을 수 있도록 관리할 필요가 있다.

⑨ 직사광선을 받는 물체의 표면온도는 70~80℃ 까지 상승할 수 있다. 특히 압축강도 시험용 공시체의 몰드는 흑색이므로 열의 영향을 받기 쉽다. 초기 응결시에 고온이력을 받으면, 장기강도의 증가가 작아 구조체 강도를 낮게 평가할 수 있으므로 압축강도 시험용 공시체의 관리를 엄중히 실시해야 한다.

⑩ 콘크리트 타설기간 중의 일사상황을 주시함과 동시에 외기온도, 습도, 풍속 등을 측정하고, 외기조건에 따라 대책을 강구해야 한다.

### 3. 흑서기 콘크리트에 대한 문제점과 그 대책

흑서기 콘크리트에 있어서는 일평균기온이 25℃를 넘는 고온에 저습도, 강풍, 일사 등이 복합되어 콘크리트의 품질저하를 가져온다.

〈표 5〉 콘크리트 재료 부분의 대책

불량이나 저하	대 책
유동성 불량	폴리머 혼입 시멘트 사용
단위수량 부족	고성능 감수제 사용
공기 연행성 불량	하기용 혼화제 사용
가수(단위시멘트 증대)	유동화제 사용
슬럼프나 공기량의ロス 크게 됨	슬럼프 및 공기량의로스 저감용 혼화제
워커빌리티 불량	지연형 혼화제나 하기용 시멘트의 사용
콜드조인트 발생 쉬움	지연형 혼화제 사용
블리이딩 적고 빨리 종료함	지연형 혼화제 사용
수화 생성물 조잡함	여름용 시멘트 사용
수분 증발 속도 빠름	수분 증발 억제제 사용
중성화 촉진됨	함침형 중성화 억제제 사용

〈표 6〉 콘크리트 배합 부분의 대책

불량이나 저하	대 책
비빔온도가 높음	시멘트량 줄임
다짐 불량등	혼화제 사용
	고성능 AE감수제 사용
다짐불량등	다짐 불필요한 초유동 콘크리트 사용
온도 상승 속도 빠름	시멘트량 줄임

〈표 7〉 콘크리트 제조 및 수송 부분의 대책

불량이나 저하	대 책
재료온도가 높음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 골재저장을 지하로 함</li> <li>- 골재를 쿨링함</li> <li>- 골재를 살수함</li> <li>- 골재를 냉각함</li> <li>- 일사방지 덮개를 함</li> </ul>
일사, 강우, 살수로 표면수가 변동 품질관리가 어려움 강도편차가 큼	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 골재 저장량을 많게 함</li> <li>- 균등히 살수함</li> <li>- 표면수의 측정 빈도를 늘림</li> </ul>
비빔온도가 높음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시멘트량을 줄임</li> <li>- 비빔수를 차게 함</li> <li>- 저온 시멘트를 사용함</li> <li>- 액체 질소로 차게 함</li> <li>- 제조설비의 일사방지</li> </ul>
슬럼프로스, 공기량로스가 크게 됨	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 애지데이터차의 드럼을 페인트도장, 냉각함</li> <li>- 운반시간을 단축함</li> </ul>

〈표 8〉 운반 부분의 대책

불량이나 저하	대 책
워커빌리티 불량	배관을 덮개로 덮음
토출압이 크게 됨	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 벽면 마찰의 저감대책을 생각 함</li> <li>- 관경을 크게 함</li> <li>- 배관을 짧게 함</li> <li>- 배관에 진동을 가함</li> </ul>
중단 또는 폐쇄함	펌프차의 토출압을 높임

〈표 9〉 타설, 다짐 부분의 대책

불량이나 저하	대 책
콜드조인트가 생기기 쉬움	고성능 진동기를 사용
부착강도가 저하함	부착 콘크리트를 제거함

〈표 10〉 감 부분의 대책

불량이나 저하	대 책
블리이딩이 적고 종료가 빠름 흙손 마감이 곤란함	- 진공처리함 - 탭핑함 - 마감을 빨리함 - 초지연제를 살포함
플라스틱 균열이 발생함	- 모노리싱 마감함 - 탭핑함
일체성이 결여됨	- 균열양측을 두드림

〈표 11〉 양생부분의 대책

불량이나 저하	대 책
타설후의 온도 상승 속도가 빠름	- 덮개를 하여 일사 방지 - 냉각함 - 통풍
수분증발 속도가 빠름	- 물을 분무함 - 시이트로 증발 억제함 - 수분증발 억제제를 사용함
표면이 포러스로 됨	- 거푸집을 제거하지 아니함 - 표면에 물을 살수함
중성화가 촉진됨	- 합침형 중성화 억제제를 도포함
강도 발현이 정체 됨	- 양생(물, 막등)을 함

〈표 12〉 검사부분의 대책

불량이나 저하	대 책
다짐불량 또는 골재가 묻쳐 있음	작업표준의 설정을 철저히 함
강도가 저하함	적절한 주입법으로 내력회복
수밀성, 기밀성이 저하함	적절한 주입법으로 내력회복

최종적인 콘크리트의 품질저하 요인과 이에 대한 대책을 요약하면 〈표 5~12〉에 나타내고

있다.

전술한 표 이외에 다음과 같은 대책을 제시할



수 있다. 현행 국내의 입찰제도하에 있어서 공사진행상황, 레디믹스드 콘크리트의 제조상황, 노무자의 작업능력저하, 시공기술력의 수준등에 기인하여 콘크리트 시공에 대한 품질확보가 어려워 부실공사가 될 수도 있다.

#### 4. 결론

서중콘크리트로 규정되어 있는 일평균기온 25℃이상 또는 일외기온도 30℃ 이상의 상황에서 시공되는 콘크리트는 수많은 물성변화를 가져와 시공면이나 품질관리면에서 많은 문제점이 발생하고 있다. 따라서 전절에서 제시하고 있는 바와 같이 높은 기온하에서 제작되어 지는 콘크리트의 여러가지 문제점은 이에 따른 적절한 조치를 취함으로써 양질의 콘크리트를 생산할 수

있다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 山田淳一 : 알기쉬운 시멘트와 콘크리트의 지식, 가지마 출판
- 2) 地濃戊雄 : 콘크리트 표층부의 양생조건과 세공구조, 시멘트·콘크리트 1986
- 3) 岸谷孝一 : 서중콘크리트의 슬럼프 저하 방지법에 관한 연구, 일본 건축학회 학술강연경개집 1974
- 4) 日本建築學會 : 콘크리트용 표면 활성화제 사 용지침 안, 동해설 1978. 2
- 5) 岡田清 外 1人 : 콘크리트 공학 핸드북, 아사쿠라 서점 1982