

# 콘크리트 품질문제의 사례와 그 대책

김 맹 기

〈한국전자재시험연구원, 전문위원〉

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| 1. 서언                  | 5. 콘크리트의 응결지연 및 경화 불량 |
| 2. 작업성(Workability) 불량 | 6. 콘크리트 표면의 경화 불량     |
| 3. 압축강도 불량             | 7. 콘크리트 균열발생          |
| 4. 공기량 불량              |                       |

## 1. 서언

필자는 1970년도 중반부터 약 20년간이상 국내 대기업의 레미콘공장에서 품질관리 및 생산관리업무를 직접 계획하고 관리하여 왔다. 그간의 경험을 바탕으로 현장에서 직접 발생 되었고 또한 발생 될수있는 레미콘에 대한 고객들의 가장 빈번한 불만사항에 대해 그원인과 대책을 소개함으로서 동종의 업계에 종사하는 실무자들에게 도움을 주고자한다. 아울러 건축현장의 기술자들에게 콘크리트에서 발생되고있는 Claim 사항을 소개함으로서 구조물의 시공에 도움이 되었으면 한다.

## 2. 작업성(Workability) 불량

### ☞ 고객 불만

당사는 최고25층 아파트공사를 위해 레미콘

을 각사 복수로 구매하여 사용하였는바 귀사의 제품은 보기에 거칠며 골재가 많고, Pump Car 타설시 Pumpability가 저하되어 타설이 용이하지않으므로 추후 재납품시 시정하여 주시기 바랍니다.

### ☞ 발생 원인

(1) 배합설계시 표준배합비의 재료구성에 구조물의 시공성이 고려되지 않은경우.

예) 구조물의 시공성에 적합한 Slump치가 15Cm 이상인데 표준배합비의 Slump치가 15Cm미만인경우. (KSF 4009에서는 펌프 카 타설시 슬럼프치는 15Cm이상으로 한다는 조항이 규정되어있다)

(2) 굵은골재중에 최대크기의 입자가 다량 함유되는 경우, 또는 최대크기 이상의 입자가 함유되어있는 경우.

예) #57골재인경우 25mm입자 및 그이상

크기의 입자가 규격치 이상으로 함유되어있는 경우.(현재국내에서는 #467골재생산이 거의 중단된 상태이므로 골재생산효율을 높이기위하여 예와같은사례 간혹발생)

(3) 골재중(자갈+모래)에 편석이 다량함유되어 있는 경우.

예) 굵은골재인 25mm,쇄석인경우 원석의 석질에따라 입형의 상태가불량한 편석(입형관정실적율58%미만)이 다량 함유되었을때, 잔골재 대응으로 부순모래를 사용할때, 골재의 비표면적이 커짐에 따라 작업성불량 발생)

(4) 굵은골재중 13mm~5mm크기의 입자함유량이 부족하는경우.

예) 국내레미콘에서 가장많이 발생하는 원인으로서 #57골재인경우 아스콘용인 #67, #78골재의 입자가함유되어있지 않으며, 부족할때는 콘크리트중 굵은골재가 다량함유되어있는것같이 보임에따라 작업성 불량발생.(KSF4009규격에서는 #57 인경우 13mm~5mm사이의 입자가 포함되지않아도 규격을 벗어나지 않음)

(5) 잔골재의 입도가 너무큰 경우,즉 잔골재의 조립율이 너무큰 경우 와 No.100번체 통과되는 잔입자의량이 부족한 경우.

(6) 굳지않은콘크리트내의 연행공기량이 규격하한치에근접하여 관리되는 경우(3~4%).

(7) B/P 설비관리 및 공정관리 불량으로 계량오차 및 품질편차 발생.

(8) 기타 원인

#### ☞ 대책

(1) 배합설계시 구조물의 시공성을 고려한 표준배합비 산출 및 확인관리.

(2) 골재 검수시험철저 및 납품산지 정기적 지도와점검실시(굵은골재 최대크기와 Over Size관리)

(3) 굵은골재인경우13mm~5mm크기의 입자함유량을 규격잔유량 범위의 50%이상이 되도록 관리.

(4) 잔골재의 입도관리는 부득이한경우에는 혼합골재를 사용하여 품질보완.

(5) 굳지않은 콘크리트내의 공기량은 4~6% 로 관리.

(6) B/P예방관리 및 공정관리철저로 계량오차 및 품질편차 규격내 관리.

(7) 기타

### 3. 압축강도 불량

#### ☞ 고객 불만

귀사의 레미콘을 수회이상 사용하였는바 재령28일 압축강도가 호칭강도에 거의 근접되어 관리되고 있으며 92년 3월 9일 120m<sup>3</sup> 타설한 레미콘의압축 강도 재령28일시험결과는 호칭강도에 미달된 92% 발현되었음,따라서

1) 발생원인과 대책을 수립하여 당사와 협의한결과 중대한 결함인경우 재시공 및 손해배상을 청구하며,

2) 중결함이 아닌경우에는 그시험결과를 어떻게 해석하며,구조물의 이상여부는 어떻게 판단해야하는지를 기술지도 바랍니다.

#### ☞ 발생 원인

(1) 배합설계에대한 실험에의한 표준화 미비 및 표준배합비 산출용 설정치 잘못된용(W/C,시멘트K강도)

예)실험에의한 배합설계표준이아닌 타회사의 표준을 모방하였을경우 표준배합비와 현장배합의 불일치로 인하여발생.

(2) B/P계량설비 불량.

예)시멘트 계량설비의 정하중 에러로인하여 시멘트량이 표준배합비의 50%정도만 투입되어 구조물의 재시공 사례가있음.

(3) 레미콘 품질특성 불량(슬럼프, 공기량, 온도, 시간지연, 가수, 기타)

(4) 콘크리트에 제조된 원재료 품질 저하(시멘트, 골재, 혼화재료, 사용수)

예) 시멘트 \* 압축강도가 배합설계적용 강도보다 미달되는 경우.

\* 물-시멘트비가 높아진 경우.

골재 \* 품질특성치가 관리규격선을 벗어나는 경우.

혼화제 \* 품질규격치에 미달되는 품종을 사용하는 경우(감수율, 압축강도 증가율)

FlyAsh \* 미연탄소가 다량함유되어 있어  $I_g, loss$ 가 높거나 단위수량이 증가되는 경우.

사용수 \* 슬러지의 농도가 높은 물을 사용하여 슬러지의 고형분함량이 높아지는 경우.

(5) 시험에러 및 오차발생에 기인되는 경우(시료제작, 양생, 취급, Capping, 파괴속도, 공시체온도, 기타)

(6) 기타

#### ☞ 대책

(1) 배합설계에대한 표준화를 실험에의해 설정하고 공정에직접적용 및 Feed Back.

(2) B/P 계량설비 예방점검철저 및 주기적인 점검확인.

• 동하중 : 1회이상/일

• 정하중 : 2회이상/년, 이상발생시 수시확인.

(3) 공정 관리 및 품질관리 철저.

(4) 원재료 검수시험 철저 및 결과에대한 Feed Back.

• 시멘트 : 강도, 응결시간, 신선도

• 골재 : 입도, 비중, 조립율, 이물질

• 혼화재료 : 공기량, 감수율, 압축강도,  $I_gLoss$ , 단위수량.

• 사용수 : 슬러지농도(고형분율).

(5) 품질관리원 자질 및 기술, 기능도 향상.

(6) 기타

☞ 압축강도결과에 대한 해석과 합부판정결과

1) KSF4009 규격

1검사 로트의 크기는  $450m^3(150m^3 \times 3회)$ 를 표준으로하며  $150m^3$ 당 1 회의시험을 한다.

2) 합부판정근거

(1) 1회의 시험결과는구입자가 지정한 호칭강도 85% 이상이어야 한다 (1회의 결과는 공시체3개의평균치)

(2) 3회의 시험결과의 평균치는 구입자가 지정한 호칭강도의 100% 이상이어야 한다.

3) 판정결과

(1) 압축강도

이현장의 강도결과는 1회의시험결과가 92%로서 규격상의 기준인 85%이상을 만족시키고 있으므로 합격조건을 갖추고 있다. 그러나 1검사 로트의 크기는  $450m^3$ , 3회 시험을 표준으로하고 있기때문에 1회의 시험결과로는 판정할수 없다. 따라서 타현장 동일배합 또는 전회의 동일배합 시험결과를 추가시켜 3회를 구성한후 평균치가 구입자의 지정호칭강도 100% 이상인 경우 합격, 미만인 경우 불합격.

(2) 구조체

1차 : 압축강도 결과의 판정불가인 경우는 1차 비파괴시험인 함마 테스트에의해 결과를 판정한다.

2차 : 1차시험에 의해 판정불가인 경우는 코아를 채취하여 3개의 시험결과 1개의 시험결과가 호칭강도 75% 이상, 3개

의 평균치가 85% 이상인 경우는 합격처리 한다.

3차 : 1,2차 시험에의해서도 판정되지 않은 경우는 시방서에 의한 재시험 또는 현장기술책임자의 판단에 준한다.

#### 4. 공기량 불량

##### ☞ 고객 불만

귀사의콘크리트 제품을 구입하여 검수시험을 실시한결과 1995.4.6 일자(315m<sup>2</sup>타설,25-270-15)납품량의 품질특성중 공기량 불량품이 4대발생하였는바 당사의 부적합품 처리규정에 의거 반품조처 하며 계속해서 품질불량이 재발할시는 공급을 중지할계획이오니 양지

하시기 바랍니다.

##### ☞ 발생 원인

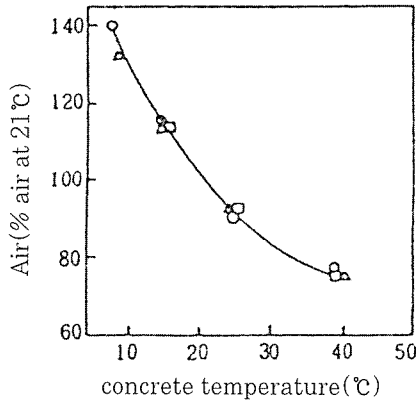
(1) AE감수제 사용량의 과.부예의한경우.  
예)사용량과 공기량의 관계를 설명한 예를 [그림 1]에나타낸다.콘크리트의 다른조건을 일정하게 하면 공기량이 10%정도 이내인경우 AE감수제의 사용량과 공기량은 비례한다.

(2) 시멘트의 종류에 기인하는 경우.  
시멘트의 분말도가 증가하면 공기량은 감소한다. 시멘트의 비표면적이 3,750cm<sup>2</sup>/g인 경우 2,750cm<sup>2</sup>/g의 비표면적을 가진 시멘트보다 동일한 공기량을 얻는데 AE감수제량이 약 1.5 배 소요된 실험예가 있다.

중용열 시멘트는 보통시멘트와 공기량 변화

[참고 : KSF 4009와 콘크리트 표준 시방서에 따른 콘크리트 검사방법]

구 분	항 목	검 사 방 법
콘크리트 강도	검사로트의 크기 및 검사방법	1) 검사로트의 크기는 당사자간의 협의에 따라 정한다. 2) 1검사로트는 450m <sup>2</sup> (150m <sup>2</sup> ×3회)를 표준으로 한다. 3) 150m <sup>2</sup> 당 1회의 비율로 시험을 수행한다. 4) 1회의 시험결과는 임의의1운반차로부터 동시에 채취한 3개의 공시체의 시험치의 평균치로 표시한다. 5) 1검사로트가 300m <sup>2</sup> 이하의 소량일 경우에는 원칙적으로 3회의 시험이 필요하지만 구입자의 승인이 있을 경우에는 동일종류의 콘크리트(이미공정 출하된 다른콘크리트)의 시험치(3회)를 이용하여도 좋다. 6) 콘크리트 표준시방서에서는 KSF4009 에 따르도록 정하고 있다.
		KSF 4009 의 8.4 에따라 시험하여 4.1의 규정에 적합하면 합격으로 판정한다. 1) 1회의 시험결과는(X)는 구입자가 지정한 호칭강도(S1)의 85% 이상이어야 한다. $X > 0.85S1 \text{-----} (9.1)$ 2) 3회의 시험결과의 평균치(X)는 구입자가 지정한 호칭강도(S1) 100% 이상이어야 한다. $X > S1 \text{-----} (9.2)$ 시험시 재령은 28일을 표준으로하고 특별주문인경우는 구입자가 지정한 일 수로 한다.
		검사는 필요에 따라 적절히 행하되, 원칙적으로 150m <sup>2</sup> 당 1회로 한다. 일반적으로는 강도 시험용으로 채취한 콘크리트 시료에 대하여 행한다.



[그림 1] AE감수제의 사용량과 공기량의 관계

는 거의 같으나 고로슬레그 시멘트는 AE감수제량이 1.2배 정도 증가한다.

(3) Fly Ash를 혼화제로서 사용하는 경우.

시멘트비가 36~50%의 범위일 때 AE감수제의 소요량은 약 1.5~2.2배, 56~69% 범위의 콘크리트에서 2.2~2.6배 증가 한다는 실험예가 있다.

그 이유는 플라이애쉬에 함유된 미연소탄소에 의해 AE감수제가 흡착되기 때문인 것이다.

(4) 잔골재의 입도에 기인하는 경우

단위 잔골재량이 많으면 공기량은 증가하며 잔골재의 입도는 공기량에 큰영향을 미친다. 부순모래를 사용한 콘크리트는 강모래를 사용한 콘크리트의 2배 정도의 AE감수제량이 소요된다.

(5) 슬럼프치의 대.소에 기인되는 경우.

일반적으로 콘크리트의 슬럼프값이 크면 공기량이 증가되는 경향이 있으며 슬럼프 15cm 이상으로 묽은반죽에서는 공기량이 오히려 감소한다.

(6) 콘크리트 온도에 기인되는 경우

혼합시 온도가 낮으면 공기량은 증가하며 온도가 높으면 공기량은 감소한다.

[그림 2]의 실험예에서는 21도에서의 공기

[표 1] 잔골재의 입경별 모르터의 공기량

잔골재 입경(mm)	공기 량(%)
1.17~0.59	15~20
0.59~0.30	30~35
0.30~0.15	45~50
0.15 이하	0~1

량을 100으로 했을때 10도에서 약 40%가 증가하고 40도에서는 약 30%감소됨을 나타낸다.

(7) 혼화제의 희석비율이 일정하지않을때

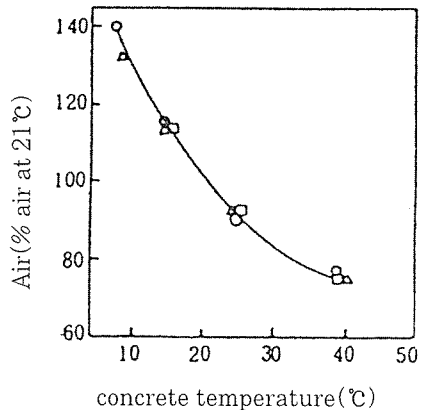
필자의 경험으로 볼때 동일한 로트의 혼화제, 동일원재료를 사용하는 경우 공기량의 변동요인이 가장크다.

(8) 혼합시간에 기인되는 경우

일반적으로 혼합최초의 1~2분에서 공기량이 급증하며 3~5분 정도에서 최대가 되는데 이는 배합, 믹서의 종류에 따라 다르며 빈배합일수록 짧은 시간내에 최대공기량에 도달되기 쉽다.

(9) 기타

회수수를 사용하는 경우 슬러지 고형분이 많게 되면 공기량은 감소한다. 레미콘의 운반에 의한 공기량의 변화에 대하여 레미콘공장과 타설현장의 공기량차이가 약 0.7% 정도라는 보고가 있다. 따라서 레미콘 공장출하시의



[그림 2] 콘크리트 온도와 공기량의 관계

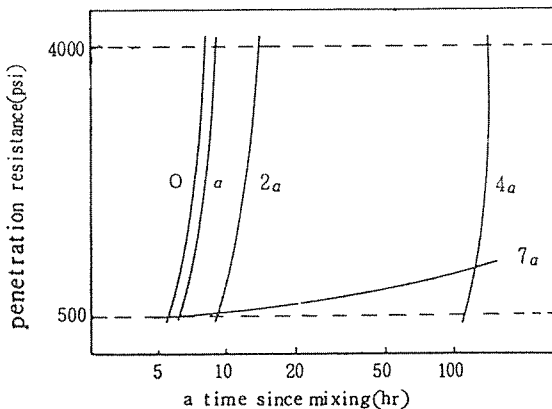
공기량이 지정값보다 0.5~1%정도 크게 되도록 생산관리하는 것이 필요하다고 생각된다.

☞ 대책

- (1) 배합설계 규정에따라 품질기준 변경및 재조정.
- (2) 특수시멘트 및 콘크리트를 사용하는 경우에는 사전품질확인후 배합 설계.
- (3) Fly Ash를 사용하는 경우.
  - 그사용량에 따른 AE감수제의 첨가량 표준설정 및 실시.
  - 현장별 운반시간에 따른 AE감수제의 사용량 설정 및 실시.
  - 입하되는 Fly Ash에 대한 최소한의 품질 검수 시험실시.
- (4) 원재료 및 제품검사 철저.
- (5) 한중,서중,일반콘크리트에대한 공기량 관리의 표준화설정 및 실시.
- (6) 표준화된 Mixer 의 Mixing Time 준수 및 회수수 농도관리 철저.

### 5. 콘크리트의 응결지연 및 경화불량

#### ☞ 고객 불만1



(그림 3) AE 감수제 사용량과 콘크리트응결시간과의 관계

귀사의 레미콘을150m³구매하여 타설한후 2일이 경과하였는데도 콘크리트가 굳지않은 상태로 유지되고 있는바 품질에 대한 Claim을 통보하오니 신속히 그원인과 사후대책에 대하여 조치하시기 바랍니다.

#### ☞ 고객 불만2

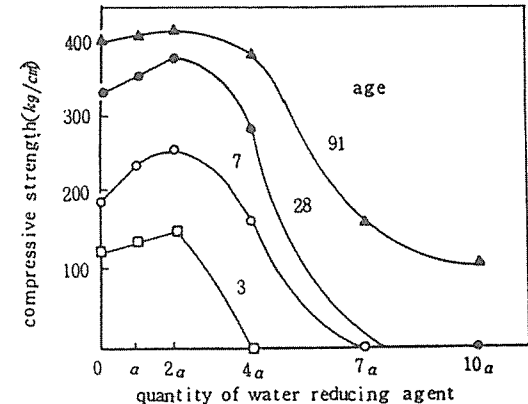
귀사의 레미콘을150m³구매하여 타설한후 2일이 경과하였는바 약 4~5m³정도가 굳지않음.

☞ 발생 원인

- (1) 시멘트와 혼화제의 부조화에 의해 발생되는 경우.
- (2) AE감수제를 과량사용하면 응결,경화가 현저하게 지연되거나 심한경우 경화하지 않은 경우.

예)리그년계 AE감수제의 사용량에 따른 콘크리트의 응결시간을 Proctor 관입저항 시험로 측정한 시험결과의 예를 나타낸것이 [그림 3]과 [그림 4]이다.

[그림 3] AE 감수제의 사용량과 콘크리트 응결시간과의 관계 [그림 4] AE감수제의 사용량과 콘크리트의 압축강도



(그림 4) AE감수제의 사용량과 콘크리트 강도

- 위의 시험결과 표준사용량(a)의 4배 정도까지는 응결이 현저히 지연되지만 일정 시이 경과한후에는 순조로운 응결을 나타냄.
  - 그러나 7배이상사용하면 10여일이 지나도록 종결에 도달하지 않음을 보여주고있다. 따라서 2배 정도에서는 강도가 증가하지만 4배를넘으면 강도가 현저히감소,7배 이상에서는 91일강도가 표준사용량의 3~7일 강도에 지나지않음을 알수있다.
- (3) 콘크리트 타설현장에서 유동화제가 과량투입 되었을 경우.
- (4) 레미콘 제조용인 사용수,기타 원재료중에 무기물 및 당류,펄프액,부식물질등의 유기물질이 함유된 경우.

#### ☞ 대책

- (1) 시멘트의 종류변경시 사전에 사용혼화제와의 이상유무 확인시험실시후 사용.
- (2) 혼화제에 대한 희석관리준수 및 계량관리 철저와 이상발생시 예방장치 설치.
- (3) 유동화제 사용시 고객과 품질책임 한계를 분명히하고, 현장별사용 유·무를 확인하며, 표준사용량이 투입되도록 현장기술지도.
- (4) 사용수 및 기타원재료에 대한 유기불순물 시험을 사규에 따라 실시.

## 6. 콘크리트 표면의 경화 불량.

### ☞ 고객 불만

귀사의 레미콘을 타설하여 거푸집을 제거하였는바 표면이 쉽게 부서지거나 거푸집에 묻어 나오고 딱딱한 물건으로 그으면 표면이 일어나는 현상이 발생하였으니 조치하여 주시기바랍니다.

#### ☞ 발생 원인

- (1) 콘크리트의 탄산화에 의한 경우.
- 동기공사중 굳지않은 콘크리트가 동결하는 것을 방지하기 위하여 사용한 히-터에서 나온 CO<sub>2</sub> 가스에 의해 탄산화되어 콘크리트 바닥 표면이 결화불량을 일으키는 경우가 있다. 그이유로서 공기의 흐름이 정체되면 CO<sub>2</sub>가 대기중에 끌고루 퍼지지 않고 바닥근처에 모이게되어 굳지않은 콘크리트 중의 수분과 반응하여 강도 및 마모저항성등이 문제된다.
- (2) 블리딩수(bleed water) 또는 빗물등이 콘크리트 표면에 상당량 있는상태에서 표면 마무리를 함으로서 발생하는 경우.
- 예)필자의 경험에 의하면 표면마무리시 수월하게 작업을 하기위해 물조리개등으로 물을 뿌려 표면마무리시 콘크리트 표면에 심한경화 불량 현상이 발생되었음.
- (3) 구조물에 적합한 품질의 콘크리트를 사용하지않은경우.
- 예)주차장,창고바닥,골목길 도로공사시 일반 콘크리트중에서도 빈배합(25-180-8,25-180-12)을 사용하는 경우 표면경화불량 현상이 빈번히 발생하고있음.
- (4) 목재 거푸집을 사용하는경우 거푸집에서 용출된 유해성분에 의하여 발생하는 경우.

#### ☞ 대책

- (1) 콘크리트 표면경화불량은 대부분이 레미콘을 시공시 불량으로 발생된다는 것을 고객에게 사전기술지도.
- (2) 영업계약시 구조물의 용도에 적합한 제품이 사용되도록 영업사원 교육 훈련실시.
- (3) 현장품질관리원의 기술수준 향상 및 현장기술 지도 강화.

## 7. 콘크리트 균열 발생

### ☞ 고객 불만

레미콘을 타설한후 시간이 경과함에 따라 크고 작은 각종균열이 여러군데 발생되는데 그원인이 어디에 있는것인지 알고 싶으니 협조하여 주시기 바랍니다.

### ☞ 발생 원인

균열의 발생원인은 너무나 많으며 여러가지 복합적인 원인에 기인된것이므로 정확하게 원인파악에 어려움이 있으나 각종콘크리트 균열의 원인과특징을 소개하며 레미콘타설후 초기에 가장많이 발생하는 대표적인 균열과 굳은 콘크리트의 대표적인 균열에 대한특징 및 대책에 대하여 기술한다.

#### 1) 콘크리트 균열의 원인과 특징

(1) 콘크리트의 재료적성질에 관계된것.

- 시멘트의 이상응결폭이 크며 길이가 짧은 균열이 비교적 초기에 불규칙하게 발생.
- 시멘트의 이상팽창 방사형의 망상균열.
- 콘크리트의 침하 및 블리이딩  
치기후 1~2시간지나 철근의 윗부분이나 벽과 바닥의 경계선등에 불연속적으로 발생.
- 골재에 포함된 토분  
콘크리트 표면의 건조에따라 불규칙적으로 망상균열이 발생.
- 시멘트 수화열  
단면이 큰 콘크리트에서 1~2주간 지나서 부터 직선의 균열이 거의 같은간격으로 규칙적으로 발생.
- 콘크리트의 침하 및 블리이딩  
치기후 1~2시간 지나 철근의 윗부분이나 벽과 바닥의 경계선등에 불연속적으로 발생.

- 콘크리트의 경화 · 건조수축

2~3개월 지나고서부터 발생하며 차차성장. 개구부와 기둥,보에둘러쌓인 구석진 부분에는 비스듬하게 그리고 세장한 슬레브,벽,보등에는 거의 등간격으로 수직으로 발생.

- 반응성 골재와 풍화암 사용

콘크리트 내부로부터 불룩불룩하게 폭열상으로 발생.다습한곳에 많음.

(2) 시공에 관계된것.

- 장시간 혼합

전체면에 망상의균열과 길이가 짧은 불규칙적인 균열발생.

- 펌프압송시의 시멘트량과 수량의 증가화 · 건조수축

앞의 콘크리트의 침하 및 블리이딩에 의한균열,또한 콘크리트의 경화 · 건조수축에 의한 균열과 같은 균열이 발생하기 쉽다.

- 철근의 혼란 및 철근덮개(피복두께)의 감소.

바닥슬레브에서는 주변을 따라서 circle 으로 발생, 철근배관의 표면에 연하여 발생.

- 급속한치기 속도와 같은 앞의 콘크리트의 침하 및 블리이딩에 의한균열, 또한 뒤의 거푸집의 배부름에 의한 균열 발생.

- 불균일한 치기 곱보.

각종 균열의 기점으로 되기쉽다.

- 거푸집의 배부름.

거푸집이 이동한 방향에 팽팽하게 국부적으로 발생.

- 시공이음처리의 불량

콘크리트 시공이음 장소나 콜드조인트가 균열로 된다.

- 경화전의 진동과 재하

뒤의 외력에 의한 균열과 같음.

- 초기양생의 불량

• 급격한 건조 : 치기직후 표면의 각부분에 짧



은 균열이 불규칙적으로 발생.

- 초기동결 : 작은균열 발생. 탈형하면 콘크리트면이 흰빛을 띠며 떨어져 나온다.

- 동바리 침하

바닥과 보의 단부상방 및 중앙부 하단부에 발생.

(3) 사용 · 환경조건에 관계된것

- 환경온도 · 습도의 변화

앞의 콘크리트의 경화 · 건조수축에 의한 균열과 유사하며 발생한 균열은 온도 · 습도에 따라 변동한다.

- 콘크리트 부재 양면의 온도 · 습도의 차이 저온인 쪽 또는 습도가 낮은쪽의 표면에 구부러진방향과 직각으로 발생.

- 동결 · 융해의 반복

표면이 스케이링을 일으키며 푸석푸석하게 된다.

- 화재 · 표면가열

표면전체에 거북등 모양의 균열이 발생.

- 내부철근의 녹 발생으로 인한 팽창.

철근에 연하여 큰균열이 발생. 덮개콘크리트가 떨어져 나가거나 녹이 흘러 나오게 한다.

- 산 · 염류의 화학 작용

콘크리트 표면이 침해되거나 팽창성 물질이 형성되어 전체면에 발생.

(4) 구조 · 외력등에 관계된것.

- 과하중(지진, 재하중)

• 휨 : 보와 슬래브의 인장측에 수직적으로 균열 발생.

• 전단 : 기둥, 보, 벽등에 45도 방향으로 균열이 발생.

- 단면. 철근량 부족

앞의 과하중에 의한 균열과 같다. 바닥차양등에서는 아래방향으로 균열이 발생.

- 구조물의 부동침하

45도방향으로 큰균열이 발생.

## 2) 콘크리트 균열원인의 발생시기에 따른 분류

균열원인		
경 화 전	경 화 후	설계 및 시공 불량
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 거푸집의 변형</li> <li>• 진동 또는 충격</li> <li>• 소성수축</li> <li>• 소성침하</li> <li>• 수화열</li> <li>• 거푸집과 지주의조기제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건조수축</li> <li>• 탄화수축 변형</li> <li>• 크리이프</li> <li>• 알카리-골재 반응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계 및 상세 오류</li> <li>• 시공 불량</li> <li>• 시공 하중</li> </ul>

## 3) 콘크리트 타설직후 가장빈번한 균열의 예와 발생원인 및 대책

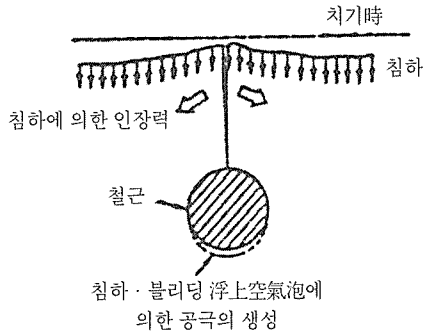
### ☞ 발생원인과 예

(1) 콘크리트 내에서의 불균등한 침하.

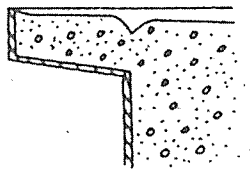
콘크리트 타설직후 비중이 큰 콘크리트 입자가 아래쪽으로 이동하고 물과 갇힌 공기는 부상하게 되는데 이때 콘크리트 중의 철근이나 굵은골재에 의해 자유로운 침하가 발생되는 균열 그리고 기초의 침하, 거푸집의 팽창 또는 이동에 의해 균열이 발생하는 경우를 생각할 수 있다.

예) [그림 5]는 수평철근에 연하여 침하균열이 발생한 상태를 나타낸 것이며, [그림 6]은 단면의 크기가 다른부재의 경우 콘크리트 침하량의 차이가 생기므로 발생하는 균열을 보인 것이다.

- 침하에 의한 균열은 콘크리트 치기후 1~3시간정도에서 보의 상단부 또는 슬래브면 등에서 철근의 위치에 따라 발생하고 균열의 깊이는 보통철근 위치까지 이른다 고하며, 슬래브 전면에 걸쳐서 불규칙하게 발생하는 경우도 있다. 이러한 균열은 폭이 크고 길이가 짧으며 발생위치와



(그림 5) 침하 균열(1)



(그림 6) 침하 균열(2)

발생방향에 규칙성이 없다.

(2) 콘크리트 표면에서의 급격한 수분손실.

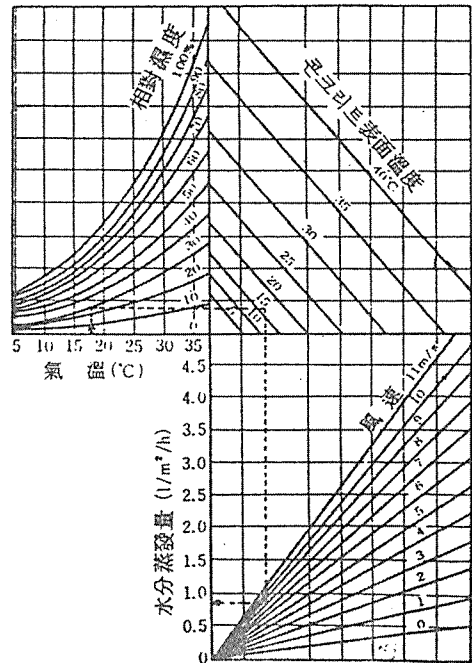
콘크리트 치기시 또는 치기직후 표면에서의 급속한 수분의 증발로 인하여 수분이 증발되는 속도가 콘크리트 표면의 블리딩 속도보다 수분의 증발속도가 빨라질때 콘크리트 표면에 미세한 균열이 생긴다. 이를 플라스틱 수축 (Plastic shrinkage)에 의한 균열이라하며 콘크리트의 표면에서 기온, 풍속, 풍속, 콘크리트의 온도 등에 의하여 영향을 받는다. 증발속도 추세는 [그림 7] [그림 8]에 전형적인 플라스틱 균열의 모양을 나타낸것이다.

(3) 혼합시간이 길어지는 경우.

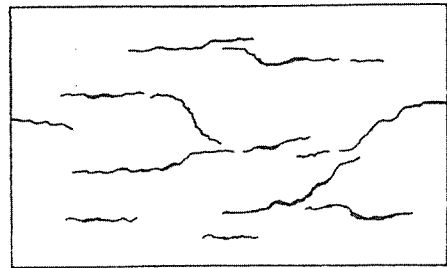
레미콘의 균열발생빈도가 현장혼합 콘크리트와 비교하여 크다고 하는 이야기가 있다. 혼합시간이 긴경우 초기수축도가 크게되는 경향이 있어서 레미콘 운반시간의 단축은 초기수축 균열의 방지에 도움이 될것으로 생각된다.

(4) 시멘트 이상응결시

시멘트 이상응결에 의한균열은 방향성이 없



(그림 7) 콘크리트 표면에서의 수분증발 속도의 추정을 위한 참고도표



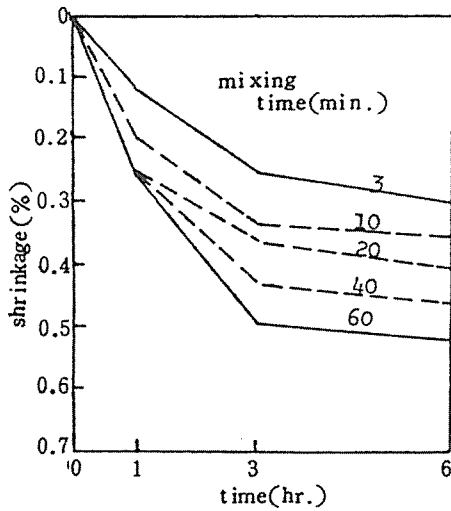
(그림 8) 플라스틱 수축에 의한 균열의 예

고 폭이크며 길이가 짧은것이 특징이며, 혼합 후30분~1시간 정도에서 발생되므로 재다짐 등을 실시함으로써 어느정도 방지할수 있다.

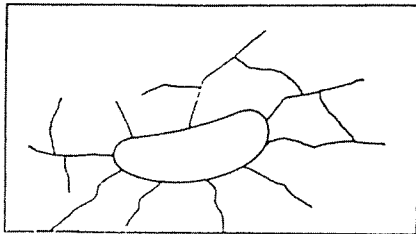
그리고 성분적으로 불안정한 시멘트는 경화의 초기단계에 이상팽창을 일으켜 그림과같은 짧고 불규칙한 균열이 방사상으로 나타난다.

(5) 부적당한 표면마무리

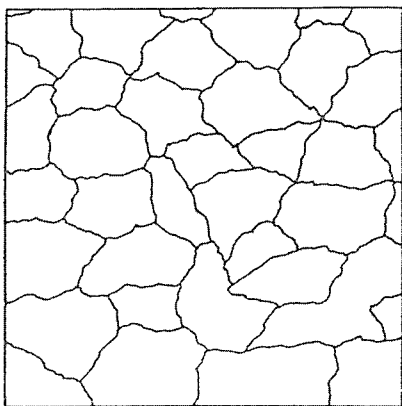
콘크리트 표면마무리 작업이 지나치면 그림과 같은 망상균열이 발생한다.



(그림 9) 혼합시간과 초기수축도의 관계



(그림 10) 팽창성 균열의 예



(그림 11) 망상균열의 예

따라서 표면마무리 작업은 적절한 범위내에서 빨리 끝내는 것이 바람직하다.

#### (6) 거푸집과 지주의 조기제거

콘크리트가 충분한 강도를 얻기전에 거푸집이나 지주를 제거하면 구조체의 균열이 생기는 경우가 있다.

#### (7) 수화열 발생

시멘트와 물이 화학반응을 일으키면 그 반응열인 수화열이 발생하게되는데 콘크리트는 낮은열전도율로 인하여 경화시 발생하는 이러한 내부의 수화열이 외부의 노출부위로 빠져나가는데 충분한 시간을 요하게된다.

특히 시공전에 수화열이 반드시 검토되어야 구조물은 댐, 교량의 하부구조, 도로포장, 옹벽, 원자력 발전소 구조물과 지중에 설치되는 콘크리트와 같이 열을 발산하기 어려운 구조체이다.

일반적으로 콘크리트에서 열이 빠져나가는 시간은 구조물의 최소 치수의 제곱에 비례한다고 알려져 있다.

가령 15Cm 두께의 콘크리트 벽이 열적으로 안정된 상태에 도달 될때까지의 약 1.5 시간이 소요되는데 반해, 150Cm 두께의 벽은 약 7일 정도가, 1500Cm 두께의 벽은 약 2년이 소요된다. 또한 수화열에 의하여 콘크리트 온도가 상승하여 온도차의 최대 값이 25~30도 정도에 이르면 열응력이 발생하고 온도 균열이 형성된다. 이러한 균열은 시멘트의 종류에 따라 각기다른 영향을 나타내며 또한 소성수축의 중요한 원인이 되기도 한다. 또한 수화열에 의하여 발생하는 인장응력은 경화 후에도 잔류 응력으로 남게 되어 콘크리트 구조물에 균열을 발생시켜 구조물의 안정성, 내구성 및 방수성 등에 영향을 미친다.

#### 대책

##### (1) 불균등에 의한 침하 균열

(1-1) 지나치게 묽은 반죽(슬럼프치가 크다)의 콘크리트의 선택은 피한다.

(1-2) 불균일한 침하를 줄이기 위하여 동일한 반죽질기로 치는 것이 바람직하다.

(1-3) 기초나 기층이 콘크리트의 수분을 흡수하지 않도록 미리 물을 뿌려 습한상태를 유지하는등의 주의가 필요하다.

(2) 표면에서의 급격한 수분손실에 의한 균열 발생.

(2-1) 기온이 높은경우 콘크리트 온도를 낮추어 줄것.

(2-2) 콘크리트 표면에서 풍속을 줄여 줄것.

(2-3) 콘크리트 표면의 습도를 높일것.

(3) 혼합시간 경과에 따른 균열 발생.

(3-1) 시간경과에 따른 콘크리트 품질변화에 대한 표준화 설정 및 운영.

(4) 시멘트 이상응결에 따른 균열 발생.

(4-1) 사규(표준화)에 따라 주기적으로 시멘트 응결시간 확인 및 관리.

(5) 부적당한 표면마무리에 의한 균열 발생.

(5-1) 표준 시방서에 의한 시공관리.

(6) 거푸집과 지주의 조기제거에 의한 균열 발생.

(6-1) 표준시방서에 의한 시공관리.

(7) 수화열에 의한 균열 발생.

(7-1) 서중콘크리트 사용 및 시공관리.

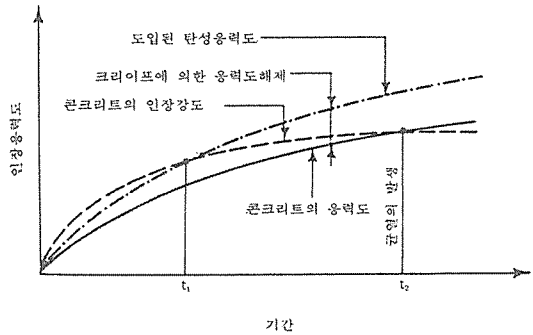
4) 콘크리트 경화후 건조수축에 의한 균열 발생 원인과 대책

콘크리트의 건조수축에 의한 균열은 콘크리트 치기후 2,3개월 정도에서부터 조건에 따라서는 상당한 기간에 걸쳐 계속진행된다.

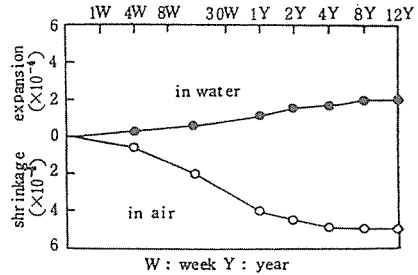
균열의 폭은 0.05~0.5mm 가 많지만 경우에 따라서는 1~3mm에 달하는 것도 있다.

☞ 발생 원인

(1) 콘크리트가 수축하고자 하면 구속되는 것이 대부분이다. 이와같은 구속효과가 콘크



(그림 12) 수축균열의 개략도



(그림 13) 장기재령에서의 콘크리트 수축도

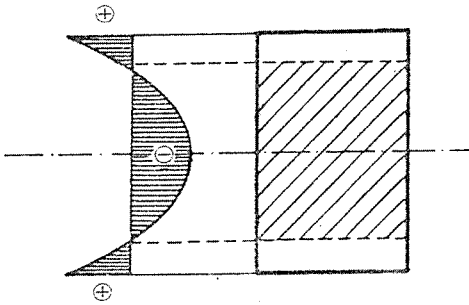
리트에 인장응력도를 발생시켜, 이 응력도가 콘크리트의 인장강도를 초과하면 균열이 발생하는 경우.

(2) 수축균열은 콘크리트 부재의 표면부와 내부와의 건조수축도 차이에 의해서도 발생하는 경우, 표면부의 건조가 부재내부의 건조보다 빠른것은 당연하다. 따라서 전자는 후자보다 더수축하려는 경향이 있다.

그러나 부재내부의 수축이 작기때문에 표면부 수축의일부가 구속된다. 이러한구속 효과에 의하여 표면부에는 콘크리트 부재내부의 압축응력도와 평행을 이루게되는 인장응력도가 발생한다(그림 13) 이 인장응력도는 표면에서 최대가 되며 이것이 콘크리트의 인장강도를 초과하면 균열이 발생하게 된다.

(3) 골재가 콘크리트의 수축에 미치는 구속효과에 의하여 내부 균열이 발생하는 경우.

이러한 균열의 발생은 대부분 골재-페이스



(그림 14) 수축량의차에 의한 콘크리트보내의 응력도 분포

트界面에서 일어나며 콘크리트 파괴기구에 있어서 중요한 역할을 하고있다.

페이스트-골재간의 부착이 약하면 약할수록 체적치수에는 영향을 미치지않는 내부균열이 많이 발생한다.

#### 대책

(1) 시멘트량을 될수있는 한 적게한 배합의 콘크리트를 사용하여야 한다. 시멘트량을 감소시킨다는것은 골재량을 증가시키는 것이되

며 이렇게 함으로써 저감시키는 것이다.

(2) 콘크리트를 타설한후 될수있는한 오래 습윤상태를 유지시켜야 한다.

이렇게 함으로써 보다 높은 강도가 얻어질 때까지 콘크리트의 수축을 지연시킨다.

콘크리트 강도가 높으면 높을수록 수축에 의하여 균열이 발생할 가능성이 감소하는 것이다.

(3) 구조물의 수축에 의한 구속효과를 감소시키기 위하여 콘크리트 부재에 접합부를 설치하여야 한다.

구속이 작으면 작을수록 콘크리트에 발생되는 인장응력도가 감소하며 따라서 수축에 의하여 균열이 발생할가능성이 감소한다.

(4) 수축보상시멘트를 사용한다. 이러한 시멘트의 응결은 팽창을 수반하며 이것이 마찰이나 철근등에 의하여 구속될때 경화콘크리트에 압축응력도가 도입된다. 이러한 압축응력도는 수축에 의하여 도입되는 인장응력도와 相殺되어 균열의 발생이 방지 된다. 현재 이와 같은 시멘트의 사용은 매우 한정되어 있다.