

# (1) 현장타설 콘크리트의 양생

邊 根 周

〈延世大 土木工學科 教授〉

## 1. 양생이란?

양생이란 콘크리트의 만족스런 함수비와 온도를 유지하기 위한 것이다. 양생은 콘크리트의 설계강도와 경도를 얻기 위해 콘크리트의 치기와 마무리가 끝난 직후에 시작되는 것이다. 적당한 수분공급없이 콘크리트 내부에 있는 포틀랜드 시멘트가 질 좋은 제품을 형성할 수 있도록 반응할 수가 없다. 건조는 “수화작용”이라 불리는 화학작용에 필요한 물을 제거하고, 콘크리트는 약해지게 된다. 수화속도는 온도에 의존하기 때문에 온도는 적당한 양생을 위한 중요한 요인이다. 대기에 노출된 콘크리트에서는 상대습도와 바람조건도 매우 중요하다. 이는 콘크리트로부터의 습도손실에 영향을 주기 때문이다.

## 2. 양생의 필요성

양생이 필요한 주요 이유는 다음과 같다.

### 가. 예측강도의 발현

시험실 시험에 의하면, 건조한 환경하에서 만든 콘크리트의 강도를 습윤양생한 콘크리트의 잠재강도의 약 50%까지 감소할 수 있다고

한다. 높은 온도하에서 타설된 콘크리트는 조기강도를 빨리 낼 수 있는 반면에 장기강도는 감소한다. 낮은 기온에서 타설한 콘크리트는 소요강도를 얻기 위하여 양생기간이 증가하며 거푸집 제거 시간이 지연된다.

### 나. 내구성의 향상

특히 구조물을 건설하는 동안 동결 작용을 받는 콘크리트 슬래브에 AE제를 사용하지 않은 경우에는 양생을 잘한 콘크리트일수록 표면강도가 크고, 수밀성도 증가한다.

### 다. 사용성과 미관의 향상

콘크리트치기후 너무 빨리 건조되는 경우에, 특히 슬래브는 표면이 연약해져 마모와 마손(wear)에 대한 저항이 약하게 된다. 적당한 양생은 적은 균열발생, 표면분진발생과 표면박리등이 감소된다.

## 3. 양생방법

양생을 위한 습도요구조건(Moisture Requirements) - 콘크리트 표면은 연속적으로 습윤상태이어야 하며 마무리가 끝난 후 최소한 7일의 기간동안 증발을 막아야 한다(표 1 참조).

(표 1) 소요강도를 얻는데 요구되는 최소양생기간

구분	1종 시멘트	2종 시멘트	3종 시멘트
온도 10℃	6일	9일	3일
온도 21℃	4일	6일	3일

• 콘크리트의 습도유지시스템

가. 스프링클러나 호스로 적신 마포, 면포, 담요의 사용. 적신 콘크리트위에 덮은 덮개가 콘크리트의 물을 흡수하거나 마르지 않도록 주의해야한다. 가장자리까지 형깊이 덮이도록 하여야하며 바람에 날려가지 않도록 주의해야 한다.

나. 규칙적으로 물을 뿌려준 짚

짚은 쉽게 바람에 날라가고, 짚이 말라있으면 쉽게 불이 붙을 수 있다. 짚의 층은 약 15cm 이어야 하고 방수포 또는 방수비닐등으로 덮어어야 한다.

다. 살수를 계속적으로 해야한다. 건조와 습윤상태가 반복되면 오히려 콘크리트에 손상을 주기 때문에, 살수와 살수사이에 콘크리트가 건조되어서는 안된다.

라. 슬래브위에 물이 고이게 하는 것이 가장 뛰어난 양생방법이다. 물의 온도는 콘크리트의 온도보다 0.5℃이상 낮아서는 안되며, 물막이 dike로부터 물이 새지 않도록 해야한다.

마. 물먹이용 흙, 모래, 톱밥등의 이용. 바닥 구조와 같이 면적이 넓은 평면마무리된 콘크리트의 양생에 이용할 수 있는데, 이런것들에 는 철가루 또는 유기물이 있어서는 안된다.

• 양생재료의 사용

가. 액체 방수막용 양생제

양생제는 ASTM 규격에 부합되어야된다. 콘크리트의 마무리가 끝난 후 약 1시간 전후에

콘크리트 표면에 적용되어야 한다. 블리이딩이 진행중이거나 표면에 물이 있는 경우에는 적용해서는 안된다. 맑은 액체를 사용하게 되면 백색 색소가 빛을 반사하는 특성을 주므로 덮개의 관찰이 필요하다. 일반적으로 한겹의 덮개면 충분하다. 그러나 2장의 덮개를 사용할 경우에는, 첫번째 덮개와 직각으로 평평하게 덮는 것이 바람직하다. 만일 콘크리트에 도색을 하거나 비닐 또는 세라믹 덮개를 사용할 경우에는 페인트나 정착제 등과 반응을 하지 않는 액체 양생제가 사용되어야 한다. 바닥판의 시공에는 양생제의 적용이후에는 다른 작업으로 인하여 표면이 손상을 받지 않도록 표면을 보호해야 한다.

나. 플라스틱 방수막

이것은 맑은 흰색이거나 유색 어느 것도 좋다. 방수막의 두께는 최소 4ml/s(0.025mm) 두께이어야 하고, 유리섬유로 보강된 것이라야 한다는 ASTM 규격에 부합되어야 한다. 방수막은 콘크리트 면이 손상되지 않을 정도가 되면 곧바로 콘크리트 표면에 직접 놓아야 한다. 방수막의 가장자리에는 겹쳐서 덮어야하며 방수 테이프로 고정시켜야 한다. 그리고 바람이 방수막 밑으로 들어가지 못하도록 무거운 것으로 눌러 놓아야 한다. 방수막은 주름진 곳이 콘크리트 표면과 만나는 곳은 모두 검은 줄을 만들므로 외관이 중요한 곳에서는 이를 사용하지 않는다.

다. 방수지

플라스틱 방수막과 같은 목적과 방법으로 사용되지만 표면을 손상시키지 않는 특징이 있다. 이것도 마찬가지로 ASTM 규격에 부합되어야 한다.

## (2) 현장타설 콘크리트의 강도평가에 대하여

### 1. 현장 콘크리트강도란?

채취된 콘크리트코아의 강도는 시방규정에 따라 제작되고 실험된 표준 원주형공시체(15cm×30cm)의 실측압축 강도보다 낮은 것이 일반적이는데, 이와같은 현상은 대부분의 콘크리트에서 나타난다. 그러나 흡수성 있는 지반위에 타설된 콘크리트에서 채취된 코아나 빈배합의 저장도 매스콘크리트에서 채취된 코아의 경우에는 예외일 수 있다.

현장콘크리트의 압축강도를 측정하거나 비교하는 방법으로는 반발경도법, 관입법, 인발법, 현장타설 원주형공시체의 강도측정, 코아강도의 실험 및 구조부재에 대한 하중재하실험등이 있다.

표준 원주형공시체의 강도성능을 평가하기 위한 실험은 원주형 공시체를 성형한 후 하루 동안 약 16~26℃의 온도에서 양생한 후 탈형하여, 압축강도실험을 하기 전까지 습윤양생을 실시하며, 재령 7일과 28일에 압축강도를 측정하게 된다. 현장콘크리트를 배합하여 타설한 후 다짐 및 양생하는 주 목적은 구조물에 요구되는 적합한 강도를 얻기 위한 것이다.

ACI code는 현행설계관행하에서는 기존의 설계에서 채취된 코아의 강도가 설계기준강도의 75%이하로 되는 것이 하나도 없으며, 최소한 설계기준강도의 평균 85%정도이면 구조적 측면에서 적절한 것으로 규정하고 있다.

### 2. 현장타설콘크리트의 강도측정 이유

표준 원주형 공시체의 강도가 낮을 때에는 현장 콘크리트의 강도평가를 위한 실험이 필

요하다. 그러나 현장 콘크리트의 강도는 다음의 몇가지 사항을 검토한 연후에 측정여부를 판단해야 한다. 즉, 콘크리트의 강도가 시방서 규정을 만족하지 못하는지, 저장도의 원인이 부적절한 실험방법 때문에 생긴 것인지, 설계 기준강도치가 반드시 필요한가 등을 검토해야 된다. 현장강도 시험없이 콘크리트를 그대로 사용하는 경우가 많다.

그러나 현장강도 판정이 요구되는 경우로는 거푸집제거시, 포스트텐션 도입시, 조기하중재하시, 동해, 화재 및 양생불량에 의한 손상발견시, 노후구조물 평가시 그리고 실수로 낮은 강도의 콘크리트가 타설되었을 경우 등이다. 코아 강도실험등의 현장시험 결과로 얻어진 강도가 설계기준강도의 85%를 얻지 못했을 경우에는 부가적인 양생으로 필요한 강도를 확보할 수도 있다. 이것은 콘크리트제작시에 강도발현이 서서히 진행되는 시멘트, 플라이애시 또는 슬래그를 사용한 경우에 가능하다.

### 3. 현장 콘크리트강도의 측정법

만일 어떤 배치의 원주형공시체의 실측압축 강도가 낮을 경우에는, 양호한 콘크리트강도 결과가 얻어진 부분에 대하여, 반발경도법이나 인발법으로 측정한 비과파 강도를 비교하므로써 문제점을 해결할 수도 있다. 강도가 낮을 것으로 예상되어 넓은 부분에 대한 조사가 필요한 경우에는, 정밀조사를 실시해야 한다. 강도가 양호하다고 판단되는 부분과 낮은 강도가 예상되는 부분에 격자로 측정위치를 표시하고, 반발경도법이나 관입법에 의한 측정결과를 기록하여 표로 작성한다. 만일 대상 부분의 현장강도가 낮게 평가되면, 강도가 낮은 부분

및 양호한 부분으로 부터 코아를 각각 채취하여 실험한다. 만일 코아 강도값이 반발경도법이나 관입법에 의한 비파괴강도와 거의 일치하면, 광범위한 코아강도실험의 필요성은 감소된다.

### (1) 코아 강도시험법

코아의 채취가 필요한 경우에는 다음의 주의사항을 준수해야 한다.

- (가) 3개의 코아를 채취하여 실험한다.
- (나) 코아의 직경은 최소 약 9mm 정도이어야 하고, 골재최대치수가 25mm 이상이면 코아의 직경을 증가시켜야 한다.
- (다) 코아의 길이는 최소한 지름의 1.5배 이상이어야 한다.
- (라) 1.5 L/D를 유지할 수 있는 경우에는, 철근을 제거하여 절단한다.
- (마) 다이아몬드절단기를 이용하며 채취된 코아의 양단을 평탄하게 다듬는다.
- (바) 캡핑의 두께는 3.2mm 이하가 되도록 한다.
- (사) 고강도의 캡핑 재료를 사용한다.
- (아) 캡핑면과 재하면의 평탄성을 검사한다.
- (자) 기둥, 슬래브, 벽체 또는 기초의 맨 윗 부분에서는 코아를 채취하지 않는다. 이는 이 부분의 강도는 중간 또는 아래 부분에서는 코아에 비해 10-20% 정도 낮기 때문이다.
- (차) 만일 구조물이 평상시 건조상태에 있다면 코아는 7일간 건조시킨후에 실험한다. 그 외의 경우에는 실험하기전 까지 약 40시간 수중침수 시킨다.

### (2) 관입법

관입법은 콘크리트의 품질변화분석에도 사용될 수 있다.

- (가) 관입침(probe)의 크기와 관입력은 콘크리트의 강도나 단위중량의 차이에 따라 변화시켜야 한다.
- (나) 관입침의 노출된 길이를 정확히 측정한다.
- (다) 관입침은 최소한 17.8cm 이상 떨어져서 관입시키며 콘크리트의 가장자리에 근접해서는 안된다.
- (라) 관입침이 콘크리트에 견고히 관입되지 않으면, 측정결과는 폐기시킨다.
- (마) 조사시의 조건이나 재료의 특성에 대한 강도검정곡선(strength calibration curve)을 도출한다.

### (3) 반발경도법

다음의 주의사항을 준수해야 한다.

- (가) 표면의 건조상태는 반발경도값에 영향을 미치기 때문에, 실험전 수시간 또는 하루동안 측정표면을 충분히 적신다.
- (나) 거푸집재료가 다르거나, 콘크리트의 함수율이 다른 경우, 상이한 햄머를 사용한 경우, 상이한 부재인 경우, 타격방향이 다른 경우의 측정치는 상호 비교할 수 없다.
- (다) 표면이 연질이 아니거나, 마무리 작업이나 표면처리가 되어있지 않으면, 표면을 갈지 않는다.
- (라) 구조용 슬래브 부재는 하부에서 시험한다.
- (마) 동결된 콘크리트는 시험하지 않는다.

### (4) 강도예측

동바리와 거푸집 제거시와 같이 미리 현장 강도의 측정이 요구될 경우에는, 현장 타설공시체의 압축강도실험법, 압박법(push-out test) 및 인발법(pull-out test)을 사용할 수 있다.