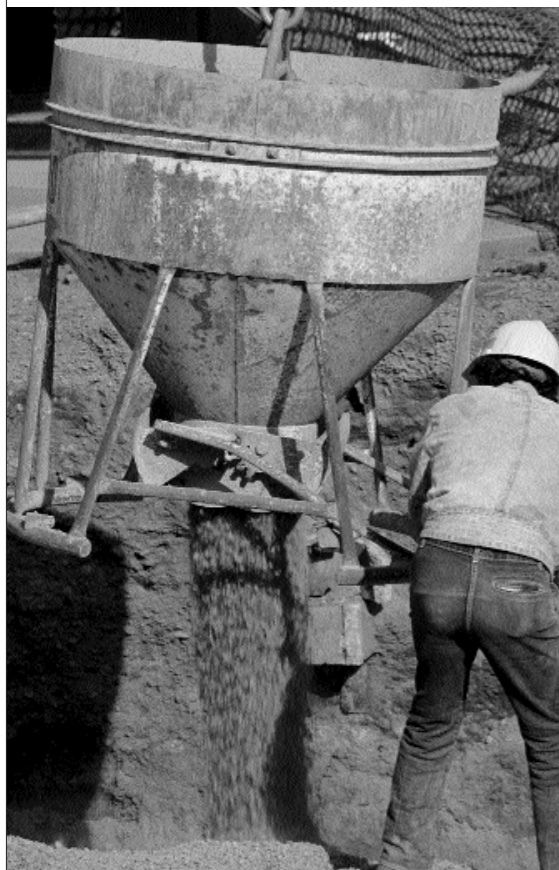


콘크리트의 균열은 설계하중, 외적환경의 원인, 재료특성, 배합조건 및 시공적인 요인에 의하여 많이 발생한다. 실제로 균열은 크게 구조적인 균열(structural crack)과 비구조적 균열(nonstructural crack)의 두 가지로 분류할 수 있다.

구조강좌-1

콘크리트 건조수축 균열

글 | 유창은 기술개발부 사원 02-3433-7728 이메일 | ycu1213@ssyenc.com



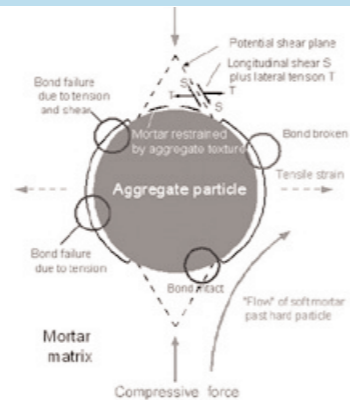
1 개요

1.1 콘크리트 구조물의 균열

콘크리트 구조물에 균열이 발생하면, 구조적 결함, 내구성 저하, 외관손상 및 철근부식 및 방수성능 저하 등으로 치명적인 손실을 초래할 수 있기 때문에, 설계초기 단계부터 콘크리트의 재료선정, 배합설계, 시공 및 구조물 평가에 주의를 기울여야 한다. 특히, 콘크리트 균열발생에 따른 클레임 문제도 많이 제기되고 있기 때문에, 콘크리트의 균열발생 메커니즘을 명확하게 이해하고 각각의 균열발생 원인을 분석한다. 나아가 이에 따른 방지대책을 검토하여 최대한 억제할 수 있는 방안이 필요하다.

콘크리트의 균열은 설계하중, 외적환경의 원인, 재료특성, 배합조건 및 시공적인 요인에 의하여 많이 발생한다. 실제로 균열은 크게 구조적인 균열(structural crack)과 비구조적 균열(nonstructural crack)의 두 가지로 분류할 수 있다.

■ 그림 1. 균열발생 Mechanism

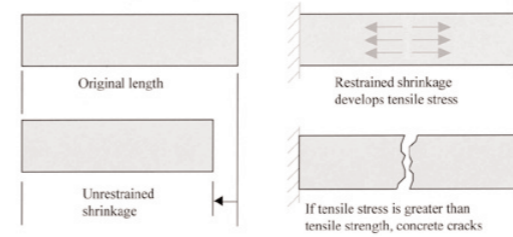


- 콘크리트 내부의 모르타르 매트릭스와 골재사이의 계면은 균열에 취약
- 콘크리트가 1축 압축응력을 받으면 직교 방향으로 인장 변형률이 발생
- 골재와 매트릭스 경계면에서 인장에 의한 균열 발생

1.2 건조수축균열

건조수축으로 인한 균열은 현장에서 실제구조물에 발생하는 확률이 가장 많아 설계자, 시공자 및 공학자들에게 많은 관심을 일으키게 하고 있다. 또한, 이들 균열은 구조물의 성능저하 현상을 촉진하게 되므로 이에 대하여 철저한 관리가 요구된다. 여기에서는 건조수축균열에 대하여 그 발생원인, 영향인자 및 제어방안 등을 설명하고자 한다.

■ 그림 2. 건조수축 균열 개요도



2 수축현상

- 소성수축(Plastic shrinkage)
- 자기수축(Autogenous shrinkage)
- 건조수축(Drying shrinkage)
- 탄화수축(Carbonation shrinkage)

■ 그림 3. 콘크리트에 발생하는 건조수축

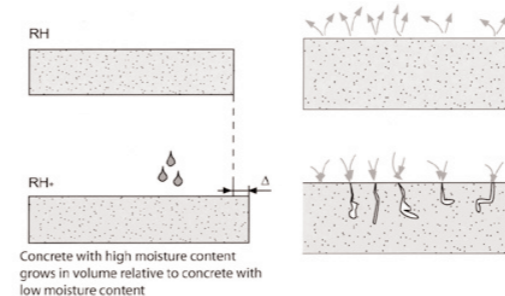


3 건조수축균열

3.1 발생원인

콘크리트가 수화반응을 하는데 필요한 물의 양은 시멘트량의 40%이하로 알려져 있다. 그러나, 일반적으로 사용되는 콘크리트의 물·시멘트비는 45~60% 정도가 가장 많은 실정이다. 따라서, workability에 기여한 잉여수가 건조하면서 콘

■ 그림 3. 콘크리트에 발생하는 건조수축



크리트는 수축을 하게 된다.

건조에 의해서 발생하는 콘크리트의 수축이 구속되지 않을 경우 콘크리트에 균열은 발생하지 않는다. 그러나 콘크리트 구조물은 기초나 다른 구조요소 또는 콘크리트 내의 보강철근 등에 의해 구속을 받게 된다. 이러한 수축작용의 구속은 인장응력을 유발시키며 이 인장응력이 콘크리트의 인장강도에 도달했을 때 콘크리트는 균열이 발생한다.

3.2 건조수축에 영향을 미치는 인자

1) 시멘트

시멘트의 분말도는 건조수축에 어느 정도 영향을 미친다. Carlson의 실험에 의하면 분말도가 높은 시멘트는 일반적으로 콘크리트 수축을 많이 발생시키는 것으로 나타났다.

그러나 분말도의 증가가 수축의 증가와 비례하는 것은 아니다. 그의 실험결과에서 보면 시멘트의 화학성분이 큰 영향을 미치는 것으로 나타나 있다. 즉 분말도가 증가하면서 어떤 시멘트는 별로 변화를 보이지 않는 반면, 어떤 시멘트는 낮은 수축을 보이고 있는 것으로 나타났다.

2) 골재의 형태에 따른 영향

전체 콘크리트의 65~75%를 차지하는 굵은골재와 잔골재는 수축에 중요한 영향을 미친다. 콘크리트의 건조수축은 시멘트 페이스트의 그것에 비해 1/4~1/6 정도인데 그 이유는 골재가 건조수축을 억제하기 때문이다. 특히 골재의 여러요인들 중에 골재의 압축성은 콘크리트의 건조수축량 크기에 가장 큰 영향을 미친다. 골재의 탄성계수가 클수록 콘크리트의 수축현상을 효과적으로 감소시킬 수 있다.

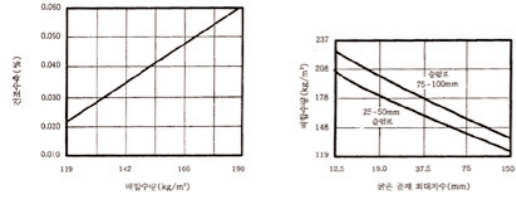
일반적으로 골재의 탄성계수가 클수록, 흡수율이 작을수록 콘크리트의 수축은 작아진다. 또한 불량한 입도의 골재를 사용하면 적절한 작업성을 위하여 많은 양의 모래를 사용하기 때문에 건조수축을 증가시키는 요인이 된다.

3) 함수비와 배합비의 영향

배합수는 건조수축에 영향을 미치는 가장 중요한 인자이며, 물의 양이 증가할수록 건조수축량은 증가한다. 물의 양과 건조수축의 전형적인 관계는 그림4에서 도시된 바와 같다. 그림에서 알 수 있듯이 단위수량이 증가하면 골재의 부피가 상대적으로 적어지며 따라서 건조수축량은 커진다.

따라서 단위수량을 가능한 한 줄일수록 전체 골재량을 증가시킬수록 콘크리트의 건조수축은 줄어든다.

- 그림 4. 배합수량이 건조수축에 미치는 영향(좌)
- 그림 5. 골재치수가 단위수량에 미치는 영향(우)



4) 화학적 혼화제의 영향

혼화제는 콘크리트의 특성을 개선시키는데 이용된다. 가장 일반적으로 사용되는 혼화제는 AE제, 감수제, 경화촉진제, 경화지연제 등이 있다. AE제의 사용은 공극량을 증가시켜 건조수축을 약간 증가시키는 경향이 있으나, 공기의 함유는 슬럼프의 감소없이 배합수량을 감소시킬 수 있어 건조수축은 공기량이 5% 될 때까지 별로 영향을 받지 않는다. 감수제와 경화지연제의 사용은 콘크리트의 단위수량을 감소시켜주지만 건조수축을 감소시켜 주지는 못하는 것으로 나타났다. 경화촉진제는 초기 건조상태에서 건조수축을 증가시키는 결과를 가져온다.

5) 포졸란 재료의 영향

포졸란 재료의 사용은 콘크리트의 건조수축 뿐만 아니라 단위수량도 증가시킬 수 있다. 건조수축에 별로 영향을 주지 않는 플라이애쉬도 있지만 대부분은 콘크리트의 건조수축을 증가시키는 역할을 한다.

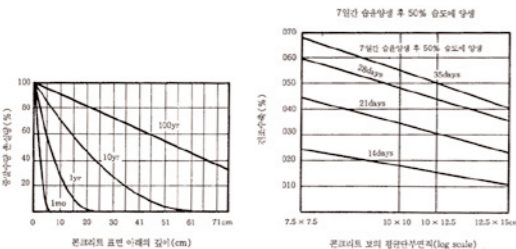
6) 습윤양생기간의 영향

콘크리트의 습윤양생기간은 건조수축에 큰 영향을 미치지 않는다. Carlson의 실험결과에 의하면 각각 7, 14, 28 일동안 습윤양생시킨 콘크리트의 수축은 거의 같은 경향을 갖는다고 보고하였다.

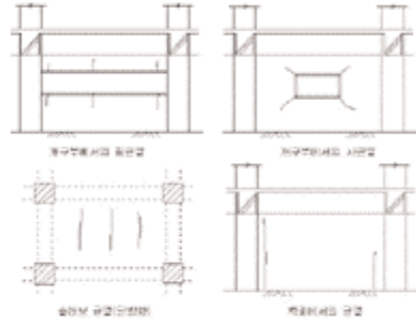
7) 부재의 크기에 따른 영향

콘크리트 부재의 크기는 콘크리트내의 수분이동에 영향을 주고 따라서 건조수축에도 영향을 준다.

- 그림 6. 상대습도 50%에 노출되었을 때 건조율(좌)
- 그림 7. 시편의 크기에 따른 건조수축량의 변화(우)



■ 그림 8. 건물에서 건조 수축에 의한 균열



3.2 건조수축으로 인한 균열의 제어

1) 균열 발생요인의 제어

건조수축으로 인한 균열을 제어하기 위해서는 균열 발생요인을 제어하는 것이 바람직하다. 가능한 배합수량을 줄이고, 골재크기를 적절히 조절하며, 입도가 양호한 골재를 사용하여야 한다. 감수제 등 혼화제의 사용은 배합수량을 감소시킬 수 있지만 수축의 감소에는 별 도움이 되지 않는 것으로 나타나고 있다.

2) 철근보강

적당한 양의 철근을 올바르게 배치함으로써 균열을 감소시키고 육안으로 판별되는 균열을 방지할 수 있다. 철근은 콘크리트의 건조수축을 억제하고, 균열발생에 따른 변형증가현상을 억제한다. 따라서, 철근 콘크리트구조물에는 부재크기에 따라 시방서에 규정된 최소한의 건조수축철근을 배치하는 것이 바람직하다.

3) 건조수축 보상 콘크리트의 사용

팽창시멘트를 사용하여 만든 건조수축보상 콘크리트는 수축균열을 최소화하거나 제거하는데 사용한다. 철근 콘크리트에서 양생기간 중 처음 몇일동안 시멘트풀의 팽창은 철근에서 인장응력과 콘크리트에서 압축응력을 유발시키는 낮은 수준의 프리스트레스를 발생시킨다. 이러한 프리스트레스효과는 건조수축으로 인한 인장응력을 어느정도 상쇄시켜 주는 역할을 하여 균열발생을 줄이게 된다.

4) 조인트 설치

구조물의 길이가 길거나 방향이 변할 경우에는 적절하게 조인트를 설치하여 균열을 방지할 수 있도록 한다. 특히, 슬래브, 보, 벽체와 같이 비교적 면이 큰 콘크리트는 균열이 발생하기 전에 적절하게 조인트를 주는 방안이 매우 효과적이다.

JES공법은 도로나 철도하부 횡단구조물을 강재엘리먼트로 연결하여 구조물의 벽체로 축조하는 비개착공법으로, 엘리먼트를 연결하여 형성가능한 형상(박스형, 문형, 원형 등)으로 적용 가능하고 연장 제한이 없다. 주로 철도복선연장 20m 전후를 대상으로 한 시공실적(일본)이 많으며 원형 지하철 단면으로 107m를 굴진한 사례도 있다.



구조강좌-2

사각Shield와 강재Element를 이용한 하부(도로, 철도외) 횡단공법(JES공법)

글 | 김창수 토목기술부 과장 02-3433-7767 이메일 | conshat@ssyenc.com

기존의 하부횡단공법(Front Jacking 공법)에 비해 경제성 및 시공성이 우수한 신공법인 JES공법에 관한 개요 및 특징, 시공방법등을 간략하게 소개하고자 한다.

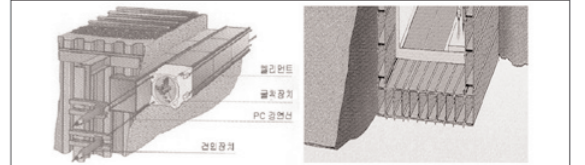
본 공법은 노선아래 횡단구조물을 강재엘리먼트로 연결하여 구조물의 벽체로 축조하는 비개착 공법으로, 엘리먼트를 연결하여 형성가능한 형상(박스형, 문형, 원형 등)으로 적용 가능하고 연장 제한이 없다. 주로 철도복선연장 20m 전후를 대상으로 한 시공실적(일본)이 많으며 원형 지하철 단면으로 107m를 굴진한 사례도 있다.

또한, 기존 하부횡단 공법에 비해 견인방식에 의한 정밀시공이 가능하고, 반력벽으로 도달부의 토류벽을 이용함으로써 발진부의 반력설비가 불필요한 장점이 있으며, 기존 공법에 비해 약 30%정도의 공사비 절감효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

1 공법개요

JES공법은 철로 및 고속도로의 하부에 횡단구조물을 단기간에 안전하게 시공하는 신공법으로서, 축적각방향으로 하중의 전달이 가능한 이음부를 갖는 강재엘리먼트를 사용한다. 이 엘리먼트를 이음부가 결속되게 삽입한 후 구조물 본체로 이용함으로써 노면하단에 비굴착상자형 라멘방식이나 원형 등의 구조물을 연장에 구매받지 않고 쉽게 구축할 수 있다.

- 그림 1.1 JES공법에 의한 Element 견인
- 그림 1.2 JES공법에 의한 완성된 구조물



1.1 기설엘리먼트를 본체 구조물로 사용

- 국내의 대부분의 Under Pass공법에서 사용하는 지반보강용 Pipe Roof공 정도의 사각 강재엘리먼트를 본체 구조물로 사용한다.
- 강재엘리먼트의 순차적 삽입만으로 본체 구조물이 완성되므로 공기가 빠르고 경제적이다.
- 강재엘리먼트가 인장력을 부담하고, 내부에 충전한 콘크리트가 압축력을 부담한다.

2 공법의 특징

- 그림 2.1 JES공법의 하중전달 Mechanism

