

콘크리트 構造物에 발생하는 균열의 原因과 評價 및 補修

吳 炳 煥 教授

(서울大學校 工科大學 土木工學科)

目 次

- | | |
|---------------|-------------|
| 1. 序 論 | 4. 균열의 補修方法 |
| 2. 龜裂의 原因과 제어 | 5. 結 論 |
| 3. 균열의 評價 | |

1. 序 論

콘크리트構造物에 발생하는 균열은 많은 문제를 일으킬 수 있다. 이 균열들은 단순히 외관을 해치는 정도에서 머무를 수도 있지만, 構造的 문제나 내구성의 손상을 가져올 수도 있다. 균열은 심각한 손상의 정도를 表示할 수도 있고, 차후의 문제에 대한 징후를 나타낼 수도 있다. 이러한 균열의 심각성은 구조물의 형태에 따라 다르고, 또한 균열의 성격에 따라서도 다르게 된다. 예를 들면, 建物構造에 허용될 수 있는 균열이 물과 접하는 구조물에는 許容되기 어려울 수도 있기 때문이다.

균열의 補修는 균열의 원인을 정확히 판단하여 그에 대한 적절한 보수절차를 세움으로서 성공적으로 수행될 수 있다. 장기적인 보수절차를 위하여 균열의 원인을 분석하는 것이 필요하게 된다.

본 小考에서는 실무의 기술자들을 위하여 균열의 원인과 그에 대한 評價節次, 그리고 균열의 補修方法 등에 대하여 기술하고자 한다.

2. 龜裂의 原因과 제어

2.1 概 要

콘크리트에 발생하는 균열은 크게 두가지로

분류할 수 있는데, 즉 굳지 않은 상태의 콘크리트(소성 콘크리트)에 발생하는 균열과 굳은 콘크리트에 발생하는 균열로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 이 두가지 콘크리트에 발생하는 균열의 원인을 체계적으로 분석하여 기술하고자 한다.

2.2 굳지 않은 콘크리트의 균열

(1) 소성수축균열

소성수축균열은 콘크리트가 타설된 후 슬래브나 판에서 처럼 갑자기 낮은 습도의 대기나 바람에 노출됨으로서 양생이 시작되기 전에 일어나는 균열을 말한다. 이 소성수축균열이 발생하는 과정을 설명하면, 우선 노출된 표면에서의 수분증발이 타설된 콘크리트의 블리이딩보다 빠르게 일어날 경우 표면이 수축하게 되고 이것은 표면아래에 있는 콘크리트의 구속으로 인하여 표면에 인장응력을 유발하게 된다. 결국 이 인장응력은 콘크리트 표면에 얇은 깊이의 균열을 유발하게 되며, 이러한 균열들은 몇 센티에서 몇 미터길이까지 계속되고 간격도 이와 비슷하게 발생한다(그림 1). 이 소성수축균열은 경우에 따라서는 슬래브의 전 깊이에 연장될 수도 있다.

이러한 소성수축균열을 방지하기 위해서는 뜨거운 기온이나 건조한 바람으로 인한 표면의 수분증발을 막아야 한다. 따라서 타설된 콘크리트의 표면을 덮거나 바람막이를 설치하며, 햇빛을 가릴 수 있는 시설을 하는 등 수분증발을 막기 위한 방안을 강구하는 것이 필요하다.

(2) 침하균열

콘크리트를 타설하고 다짐하여 마감작업을 한 이후에도 콘크리트는 계속하여 압밀되려는 경향을 보인다. 이러한 압밀현상은 거푸집이나 철근배치 등에 의하여 영향을 받게 되는 등 철근직경이 클수록, 슬럼프가 클수록, 콘크리트 덮개가 작을수록 침하균열은 증가한다. 이 침하균열은 충분한 다짐을 하지 못한 경우나 튼튼하

지 못한 거푸집을 사용했을 경우에 더욱 증가하게 된다.

침하균열을 감소시키기 위한 방안으로는 거푸집의 정확한 설계, 충분한 다짐, 기둥과 슬래브 및 보의 콘크리트타설간의 충분한 시간간격, 슬럼프의 최소화, 콘크리트덮개의 증가 등에 의하여 침하균열을 감소시킬 수 있다. (그림 2)는 침하에 의한 균열을 보여주고 있다.

2.3 굳은 콘크리트의 균열

콘크리트가 굳고 난 후에 발생하는 균열은 여러가지가 있다. 그것은 콘크리트가 양생된 후 사용중에 일어나는 균열이므로 실제로 그 發生原因도 다양하고 構造物에 미치는 영향도 크다. 굳은 콘크리트에 일어나는 균열로는 건조수축균열, 熱應力으로 인한 균열, 화학적 반응으로 인한 균열, 철근부식으로 인한 균열, 시공불량으로 인한 균열, 시공시 초과하중으로 인한 균열, 설계잘못으로 인한 균열, 외부의 작용하중으로 인한 균열 등 실로 많은 原因들에 의하여 균열이 일어난다.

(1) 乾燥收縮으로 인한 균열

콘크리트에 있어서 건조수축은 균열을 일으키는 가장 커다란 원인 중의 하나이다. 콘크리트는 외부와 접하면서 건조하기 시작하고 건조된 외부는 줄어들게 된다. 그러나 콘크리트의 내부는 아직도 수분을 많이 함유하고 있으므로 외부의 수축작용을 구속하게 된다. 따라서 외부 표면에는 인장응력이 발생하게 되며 이 인장응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하게 되면 균열이 발생하게 된다. 이와 같은 과정을 거쳐서 발생하는 균열이 건조수축균열이며 이러한 건조수축균열은 단위 수량이 클수록 크게 발생한다. 초기에 표면에서 얇게 발생한 건조수축균열은 시간이 흐를수록 깊이가 깊어진다. 콘크리트의 건조수축은 배합 설계시 굵은 골재량을 증가시키고 단위 수량을 감소시킴으로써 줄일 수 있다. 건조수축으로 인한 균열은 수축조인트를 적절히 배치하고 철근을 적절히 배치함으로써 제어할 수 있으며, 건조수축을 보상할 수 있는

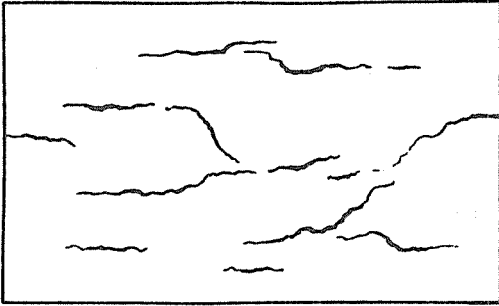


그림 -1 전형적인 소성수축균열

시멘트를 사용함으로써 건조수축을 제어할 수도 있다.

(2) 熱應力로 인한 균열

콘크리트 構造物에 발생하는 溫度差異는 시멘트의 수화작용으로 인한 경우와 대기의 온도 변화에 의한 경우의 두가지로 대별할 수 있다. 이러한 溫度差異는 不等의 體積變化를 일으키게 되며 이로 인한 引張變形이 유발되고, 인장 변형능력을 초과하게 되면 콘크리트는 균열을 일으키게 된다.

시멘트의 수화작용으로 인한 온도차이의 영향은 주로 교각, 기초, 댐 및 기둥 등의 매스콘크리트에서 일어나는데 반해, 대기의 온도차이로 인한 구조물의 온도영향은 어느 형태의 구조

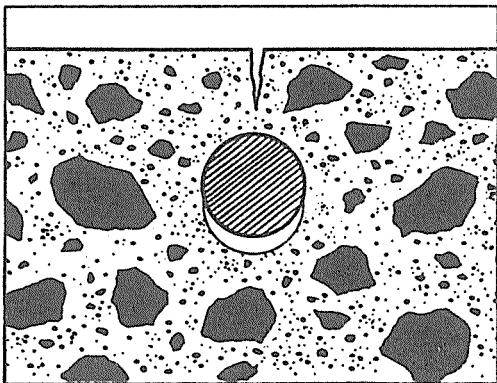


그림 -2 침하로 인해 형성된 균열

물에서도 일어날 수 있다.

매스콘크리트에서 균열이 일어나는 과정을 설명하면 다음과 같다. 우선, 시멘트가 수화함에 따라 수화열이 발생하며 이로 인해 내부온도가 증가한다. 초기양생 후 온도가 내려가면서 강도가 증가하고 또한 수축작용도 일어난다. 이 수축작용이 구속될 경우 인장응력이 유발되어 결국 균열의 원인을 초래하게 된다. 이 냉각과정에서 유발된 인장응력은 온도변화의 크기에 비례하게 되며, 열팽창계수, 유효탄성계수 및 구속의 정도에 따라서도 영향을 받게 된다. 구조물이 매시브할수록 온도변화의 가능성이 크다.

열에 의해 발생하는 균열을 줄이기 위해서는 내부온도증가를 줄이고, 냉각의 시점을 지연시키며, 냉각속도를 제어하고, 콘크리트의 인장 변형능력을 증가시키는 것이 바람직하다.

(3) 化學的 反應으로 인한 균열

콘크리트내의 골재가 反應性일 경우 이 반응성골재가 시멘트의 알칼리成分과 반응을 일으키면 콘크리트에는 균열의 위험이 존재하게 된다. 이 알칼리-실리카반응은 콘크리트내에 부풀어 오르는 겔을 형성하게 되고, 이 겔은 콘크리트의 다른 부분으로부터 물을 끌어들이어 국부적인 팽창을 유발하여 인장응력을 일으키게 된다. 결국은 이러한 과정을 거쳐 구조물의 열화현상을 일으키게 되는데, 이 알칼리-실리카 반응을 제어하기 위해서는 반응성이 없는 골재를 선택하여 사용하고 저알칼리시멘트와 포졸란을 사용하는 것이 바람직하다.

또한 시멘트의 알칼리 성분은 탄소를 함유한 골재 (carbonate rock)와 반응을 일으켜 콘크리트를 팽창시키고 균열을 유발할 수 있다. 이때 발생하는 균열의 형태는 네트워크(network) 형태의 균열이 보통이다. 이 반응은 균열 부위에 실리카겔이 형성되지 않는다는 점에서 알칼리-실리카반응과 구별되고 있다. 이 알칼리-탄소 골재반응으로 인한 균열을 최소화하기 위해서는 반응성골재를 피하고 저알칼리시멘트를 사용하며 굵은 골재의 최대치수를 감소시키는 것

이 바람직하다. 황산염을 포함하고 있는 물은 콘크리트의 내구성에 특별한 문제를 야기할 수 있다. 황산염이 수화된 시멘트 풀속으로 침투하면 수화된 칼슘알루미나와 접촉하게 되고 이것은 칼슘술폴알루미나(calcium sulfoaluminate)를 형성하여 체적을 팽창시키고 국부적으로 높은 인장응력을 유발하여 콘크리트를 열화시킨다.

수화된 시멘트 풀속의 수산화칼슘은 공기 중의 이산화탄소와 결합하여 칼슘카보네이트를 형성한다. 칼슘카보네이트(calcium carbonate)는 수산화칼슘보다 적은 체적을 가지고 있으므로 수축이 일어나며 이것은 균지 않은 콘크리트 표면에 심각한 미세균열을 일으키는 원인이 될 수 있다. 표면의 탄산염화를 제외하고는 상기에서 서술한 화학작용으로 인한 손상을 보수한다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 알칼리-실리카반응이나 알칼리-탄소골재반응과 같은 화학반응이 일어나지 않도록 사전에 필요한 조치를 취하여야 한다. 이러한 알칼리-골재반응은 하나의 연구주제가 되므로 다음 기회에 자세히 논하기로 하고, 여기에서는 그 현상과 균열발생기구만을 서술하기로 한다.

(4) 自然의 氣象作用으로 인한 균열

自然의 기상작용으로 인하여 균열이 발생할 수도 있는데 그 주요원인을 살펴보면 동결융해(凍結融解), 젖었다가 말랐다가하는 현상, 熱의 상승과 냉각현상 등이 그 주요원인이다.

自然의 풍화와 기상작용으로 인한 콘크리트의 균열은 겉으로 보기에 아주 분명하게 나타나지만 실제로는 표면 바로 아래에는 열화가 되지 않을 수도 있다. 동결융해작용으로 인한 콘크리트의 열화(detioration) 과정은 우선 골재나 시멘트풀속에 있는 물이 凍結過程에서 팽창을 일으켜 인접 시멘트풀에 균열을 일으키거나 골재에 손상을 주게 된다. 이러한 동결융해작용을 방지하려면 물시멘트비를 최소화하고 내구성이 강한 골재를 사용하며 공기연행제를 사용하는 것이 바람직하다. 동결상태에 노출되기 전에 충분한 양생을 실시하는 것도 중요하다. 또한 충분한 양생이 끝난 후에는 구조물이 건

조되도록 하는 것도 동결융해의 저항성을 증가시키는 한가지 방법이 된다.

구조물이 젖었다가 말랐다가하는 것과 온도상승 및 강하현상도 체적의 변화를 초래하여 균열을 유발할 수 있다.

(5) 철근의 부식으로 인한 균열

금속의 부식은 수분과 산화제 및 전자류를 필요로 하는 전기화학적 과정이다. 금속의 표면에서 일련의 화학반응이 일어나게 되는데, 표면의 양극에서는 금속원자가 전자를 잃고, 다른 표면의 음극에서는 산소와 물이 자유전자와 결합하여 수산화기(hydroxyle)이온을 형성한다. 이 수산화기이온은 양극쪽으로 움직여서 금속이온과 결합하여 금속산화물을 형성한다. 강재인 경우에는 철산화물이 양극에서 형성되는데 이 철산화물이 바로 녹이다. 부식으로부터 금속을 보호하기 위한 방법은 화학반응을 멈추게 하는 것인데 이것은 산소와 수분의 공급을 막고, 금속이온의 형성을 막기 위하여 양극에서 전자를 많이 공급함으로써 해결될 수 있다. 콘크리트 속에 있는 철근은 알칼리성의 콘크리트가 싸고 있기 때문에 보통은 녹이 잘 슬지 않는다. 그러나 탄화(carbonation) 등을 통하여 콘크리트의 알칼리성분이 감소될 경우 부식을 일으킬 수 있다. 철근의 부식은 철산화물과 수산화물을 만들어내게 되는데 이것은 원래의 금속철의 체적보다 훨씬 큰 체적을 갖게 된다. 따라서 철근의 반경방향으로 밀치는 응력이 유발되며, 국부적인 균열을 일으키게 된다. 이러한 반경방향의 균열은 철근길이를 따라서 계속 연결되게 되며 결국 콘크리트가 떨어져 나가는 현상을 빚게 된다. 미세한 할열균열(splitting crack)은 산소와 수분의 접촉을 쉽게하여 부식을 촉진하게 되므로 결국 균열은 더욱 증대하게 된다.

일반적인 콘크리트의 시공에 있어서 부식에 의한 균열 등을 막을 수 있는 방법은 투수성이 낮은 콘크리트를 사용할 것과 콘크리트의 덮개를 늘이는 방법 등이 있다. 특히 심한 환경에 노출되는 경우에는 추가적인 보호장치가 필요하게 된다. 예를 들면, 철근을 코팅하여 사용하든가, 콘크리트의 표면을 추가로 덧씌우는 방법,

부식을 막는 혼화제를 사용하는 방법 등 몇가지 방안이 있으나 이들이 구조역학적으로 미치는 영향을 분석하여야 한다.

(6) 시공불량으로 인한 균열

콘크리트구조물의 시공을 적절히 수행하지 못함으로써 균열을 일으키게 되는 경우가 있다. 가장 좋은 예는 콘크리트의 워커빌리티를 증가시키기 위하여 물(水)을 추가로 넣는 경우인데, 이렇게 물을 추가할 경우 콘크리트의 강도가 저하되는 것은 물론 건조수축을 증가시켜 결국 균열의 원인을 초래할 수 있다.

배합수의 증가는 콘크리트부재의 내부와 외부간의 온도차이를 크게 하여 열응력을 증가시킬 수 있다.

양생을 제대로 수행하지 않거나 양생을 일찍 끝내는 경우에도 강도저하와 함께 건조수축의 증가를 가져온다.

시공문제로 균열을 유발할 수 있는 또다른 요인들로는 거푸집을 제대로 지지하지 못하는 경우, 다짐을 충분히 하지 못하는 경우, 응력이 크게 발생하는 위치에 시공조인트를 두는 경우 등을 들 수 있는데 거푸집을 제대로 지지하지 못하거나 다짐이 불충분한 경우 콘크리트가 침하를 일으켜 제강도가 발휘되기 전에 균열을 유발할 우려가 있다.

시공불량으로 인한 균열 등의 제문제를 막기 위해서는 말할 것도 없이 정확한 시공절차에 따라 확실한 시공과 품질관리가 이루어져야 한다.

(7) 시공시의 초과하중

콘크리트 구조물의 시공 중에 유발되는 하중은 실제 사용시에 작용하는 사용하중(service load)보다도 더 클 수가 있다. 이러한 큰 하중이 작용할 경우, 시공중에는 구조물이 완전하지 못하므로 손상을 받을 우려가 있다.

특히 프리캐스트부재를 운반하여 설치하는 과정에서 손상을 받을 우려가 큰데, 프리캐스트의 운반시 부재의 어느 위치에 운반고리를 설치할 것인가, 또한 운반중 도로사정으로 인하여 부재에 충격이나 비틀림은 받지 않을 것인가 등에 대한 특별한 고려가 필요하다. 운반하여

설치할 경우 들어올리는 과정에서 갑자기 멈춘다든지 하는 경우에는 충격을 받아 손상을 받을 수 있다.

프리텐션방식의 프리스트레스트부재에서 스트랜드를 끊어 응력을 방출할 때에 한쪽만 먼저 모두 응력을 방출하고 다른 한쪽은 아직도 응력을 받고 있을 때 응력을 받고 있는 스트랜드가 있는 쪽에서는 균열이 유발될 수 있다.

양생과정에서 증기양생을 실시할 경우 온도 상승률이나 온도강하율이 허용규정치를 초과할

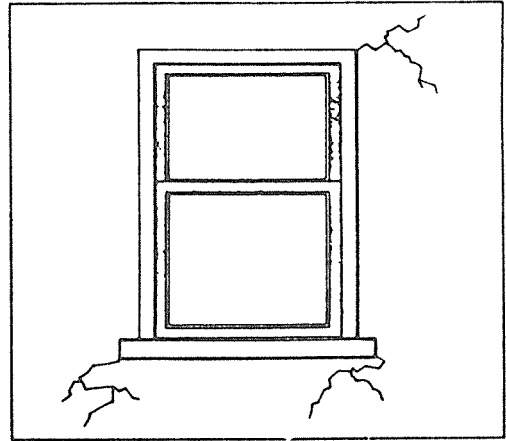


그림 -3 창문코너 부분에서의 균열형태

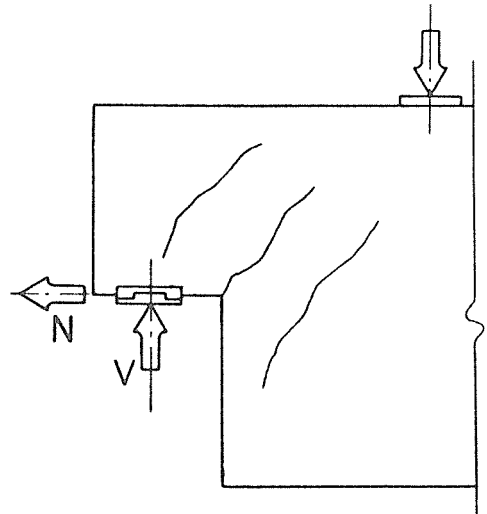


그림 -4 특수한 보(dapped-end beam)에서의 전형적인 균열형태

경우 열로 인한 충격으로 균열의 원인을 초래할 수 있다. 빠른 온도강하는 부재의 표면에 균열을 유발하고, 이것이 건조수축 등과 겹치게 되면 손상이 커질 수 있다.

현장타설콘크리트인 경우에도 시공중에 재료의 과적이나 건설장비의 가동으로 부재에 손상을 줄 수 있다.

겨울에 시공할 경우 구조물 내부에서 심한 온도상승을 시키면 부재의 팽창과 수축차이로 문제를 야기할 수 있다.

따라서 설계자는 시공시에 구조물에 걸리는 건설하중을 고려하여야 하며, 건설하중의 제한 사항도 명기하여야 한다.

(8) 設計잘못으로 인한 균열

구조물에 대한 설계나 설계상세의 잘못으로부터 균열이 야기될 수도 있다.

균열을 유발할 수 있는 설계상세의 오류로는 벽체에서 창문의 코너부분의 잘못, 철근의 상세 오류, 수축조인트의 결여, 기초의 설계오류 등 여러가지 예를 들 수 있다. 부재의 각이 진 코너부분에서는 응력의 집중현상이 존재하므로 균열발생가능성이 아주 높다.

이러한 예가 (그림 3)과 (그림 4)에 例示되어 있다.

구조물의 基礎를 제대로 설계하지 않을 경우 부등침하의 원인을 제공하게 된다. 균열이 구조물의 使用性에 중요한 역할을 하는 경우에는 확실한 設計는 물론 건설기간동안 조심스런 검사를 하여야 한다.

(9) 外部作用荷重으로 인한 균열

콘크리트부재의 시공이 완료되어 사용상태에 들어가면 하중을 받게 된다. 이러한 하중은 부재에 인장응력을 유발하게 되고 균열을 일으키는 원인이 될 수 있다.

하중에 의해 발생하는 균열을 해석에 의해 예측한다는 것이 어려운 일이기 때문에 그동안 주로 실험자료에 근거를 두어 균열폭 등을 제한하여 왔다.

지금까지의 研究結果를 종합하면, 균열폭 (crack width)은 인장철근의 응력이 증가함에

따라 증가하고, 콘크리트 덮개와 각 인장철근 주위의 유효면적이 증가할수록 균열폭이 증가하게 된다. 이 중에서 인장철근의 응력이 증가한다는 것은 곧 하중의 증가를 의미하므로, 균열이 하중이 증가함에 따라 커지는 것은 당연한 결과이며 균열폭에 가장 큰 영향을 미치는 要因이 되고 있다.

현재 힘을 받는 철근콘크리트부재의 균열폭을 가장 잘 예측하는 것으로 알려진 공식은 Gergely & Lutz가 제안한 다음式이다.

$$w = 0.076 \beta f_s \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 w 는 힘부재 하단의 최대균열 폭이고 β =중립축에서 인장 하단까지의 거리와 중립축에서 철근 중심까지의 거리의 比이다. f_s =철근의 응력으로서 k_{si} 단위이고, d_c =콘크리트덮개로서 제일 하단에 있는 철근의 중심으로부터 인장 하단까지의 거리이다(단위는 in.으로서 lin.은 2.54cm이다). 그리고 A 는 인장철근 주위의 유효인장 면적으로서 in²의 단위를 갖는다.

상기의 (1)式을 개선하기 위한 研究가 계속되고 있으며, 本 研究者도 式(1)보다 좀 더 보완된 式을 ACI학술잡지(ACI Journal, March-April 1987)에 研究하여 발표한 적이 있다.

하중으로 인하여 발생하는 균열을 제어하기 위해서는 철근을 잘 분포시켜 배근하고, 철근의 응력을 감소시킬 수 있도록 배근하는 것이 필요하다. 철근의 피복덮개를 작게하는 것이 표면의 균열폭을 줄일 수 있는 방안이 되지만, 덮개가 얇으면 부식에 아주 취약하므로 균열폭보다도 더 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 소요의 피복두께가 반드시 사용되어야 한다.

3. 균열의 評價

3.1 概要

보수에 앞서 균열의 위치와 범위, 균열의 원인, 보수의 필요성 등에 대한 평가가 이루어져야 한다. 도면이나 특기시방서 또는 시공과 유지관리기록도 검토하여 보수계획수립에 이용하

도록 한다.

균열이 구조물의 강도, 창성 및 내구성을 허용기준 이하로 감소시킬 것이 예상되는 경우에는 보수가 요망되며, 균열로 인해 구조기능이 떨어지거나 콘크리트表面의 미관을 개선하기 위해서도 보수가 행해진다.

3.2 균열의 위치와 크기결정

균열의 위치와 균열의 크기 등은 육안검사나 비파괴검사 또는 코아채취시험으로부터 알아낼 수 있다. 이들 각 방법에 대하여 요약하여 기술하면 다음과 같다.

3.3 육안검사

균열폭은 간단히 휴대할 수 있는 균열폭측정기를 이용하여 측정할 수 있다. 육안검사를 할 때에는 구조물에 대한 도면 위에 구간별로 표시를 하고 스케치하여야 한다. 콘크리트가 떨어져 나간 부분, 철근이 노출된 부분, 녹이 슬어 있는 부분 등에 대한 표시도 이루어져야 한다. 이러한 스케치와 아울러 사진을 찍어서 함께 보존하는 것도 구조물의 보수계획수립에 유용하다.

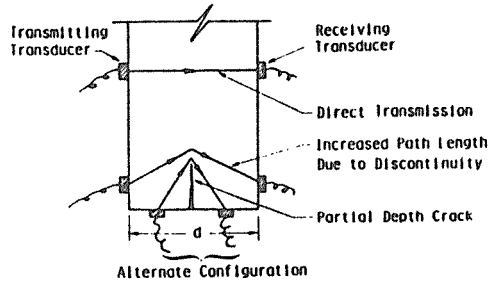
3.4 비파괴검사

비파괴검사는 콘크리트구조물의 기능에 손상을 주지 않고 균열의 위치 등을 찾아내는 방법이다.

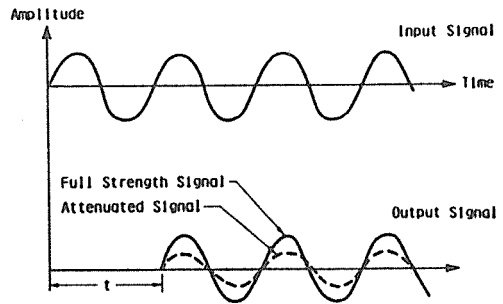
초음파를 이용하여 내부균열의 위치를 찾아내고 그 크기도 어느 정도 알아낼 수 있다(그림 5 참조). 최근에는 Pulse echo 실험방법에 의하여 내부 결함이나 균열 등을 찾아내는 방법이 개발되고 있으며 이 방법은 초음파 신호가 부재 뒷면에서 반향되는 방법을 이용한 것이다(그림 6 참조).

동위원소를 이용한 X-선이나 γ -선 투과법에 의해 균열을 검사하는 방법도 있다.

이 밖에도 비파괴검사법에는 반발경도법, 침투법(penetration test), pull-out test 등의 방법이 있으나 이들은 모두 균열을 검사하기 위



a) Pulse transmitted through member



t = Time delay between transmitting and receiving signals
Pulse velocity = d/t

b) Oscilloscope Signal

그림-5 Transmission 方法에 의한 초음파시험

한 방법이 아니라 강도를 측정하기 위한 비파괴실험법이다.

철근의 위치 직경을 간접적으로 알아내기 위해 철근탐지기(pachometer)를 사용하여 비파괴실험을 실시할 수 있다.

3.5 코아검사

의심이 가는 부분의 코아를 채취하여 결함을 알아내거나 균열의 크기 및 균열의 깊이 등을 비교적 정확하게 조사할 수 있다. 채취된 콘크리트 코아는 균열에 대한 제반사항을 알려줄 뿐만 아니라 알칼리-실리카반응으로 인한 생성물의 유무를 조사하는데 이용될 수 있다. 또한 콘크리트 코아는 압축강도를 측정하는데 아주 유용하게 이용된다.

3.6 설계도면 및 시공자료의 검토

균열의 발생원인을 조사하기 위해서 설계도

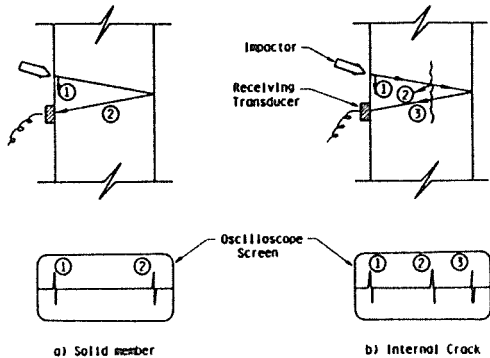


그림-6 Pulse echo 方法에 의한 초음파시험

면과 철근상좌 등을 세밀히 조사할 필요가 있다. 배근된 철근량이 주어진 하중을 견디는데 충분한지 검토하여야 하며 설계하중과 실제 작용하는 하중 사이의 차이점 등을 조사해서 분석해야 한다.

3.7 보수절차의 선정

균열의 크기와 그 원인을 주의 깊게 평가한 뒤에 보수방법을 선정해야 한다. 보수의 목적은 다음 중 하나 또는 그 이상이 될 수 있다.

- (1) 강도의 회복이나 증진
- (2) 강성(stiffness)의 회복이나 증진
- (3) 구조물 기능의 개선
- (4) 방수성의 개선
- (5) 콘크리트표면의 외관 개선
- (6) 내구성의 개선
- (7) 철근의 부식방지

손상된 부분의 성격에 따라 적절한 보수방법을 택해야 한다. 에폭시를 주입해서 보수하는 방법은 휨강성을 증가시키게 되며 때로는 철근을 추가배근해서 강성을 증가시켜야 할 때도 있다. 물을 담고 있는 구조물의 누수의 원인이 되는 균열은 적절하게 보수하도록 해야 한다. 철근의 부식을 방지하기 위해서 습윤상태에 있는 균열을 모두 보수해야 한다.

4. 균열의 補修方法

4.1 概 要

균열의 보수는 그 원인을 정확히 분석한 뒤에 이루어져야 한다. 균열이 건조수축에 의해 이루어진 경우에는 얼마간의 시간이 흐른 후에는 균열이 멈추게 된다. 그러나, 균열이 구조물의 침하에 의해 발생한 경우에는 침하문제를 해결하지 않고는 균열을 보수해도 근본적인 문제가 해결되지 않게 된다.

본 장에서는 균열의 효과적인 보수방법에 대하여 약속하기로 한다.

4.2 에폭시 주입

0.05mm 정도의 폭을 가진 균열은 에폭시를 주입함으로써 부착시킬 수 있다. 균열을 따라서 적당한 간격으로 구멍을 뚫고 압력으로 에폭시를 주입한다. 이 에폭시의 주입방법은 건물, 교량, 댐 등의 콘크리트구조물의 균열보수에 효과적으로 사용되고 있다.

에폭시주입은 균열이 젖어 있거나 물이 새고 있으면 효과적으로 보수효과를 발휘하기 어렵다. 에폭시보수방법의 主要절차를 살펴보면, 먼저 균열을 깨끗이 청소하여 이물질이나 기름 등을 닦아내고, 에폭시주입시 에폭시가 새어나오지 않도록 표면을 막은 뒤에 에폭시주입구를 만든다. 에폭시주입구를 만드는 방법은 몇가지가 있으며, 대표적인 方法은 V-홈을 판 뒤에 V-홈 아래에 약 20mm 정도의 직경을 가진 구멍을 20mm 정도 뚫고 그 안에 파이프꼭지 같은 것을 끼워 넣는다. 다음 단계로 에폭시를 배합한 뒤에 이 에폭시를 주입한다. 에폭시를 주입하기 위한 압력은 주의 깊게 決定해야 한다. 주입압력이 과도할 경우에는 주입속도를 촉진하기 보다는 기존의 균열을 전파시킬 수 있는 위험이 따르게 된다. 균열이 수직방향으로 되어있는 경우 아래쪽에 있는 주입구를 통해서 먼저 에폭시를 주입한 후 뚜껑을 막고 위쪽의 주입구를 통해 에폭시를 주입한다. 수평균열은

균열의 한 쪽 끝으로부터 에폭시를 주입하고 난 뒤 다른 쪽에서 에폭시를 주입한다. 에폭시를 주입하고 난 뒤 양생이 되면 표면을 막았던 재료를 제거한다.

4.3 봉합보수방법

發生된 균열이 멈추어 있거나 구조적으로 중요하지 않을 경우에는 균열에 봉합재(sealant)를 채워 넣으므로써 보수할 수 있다. 이 보수방법은 비교적 간단하게 시행될 수 있으나 계속 진전되고 있는 균열에는 효과를 발휘하기 어렵다. 이 봉합재는 외부의 물이 철근에 접근하는 것을 방지하며 조인트 내에서 정수압이 발생하지 않도록 한다. 봉합재료는 어느 정도의 봉합을 원하는가에 따라 몇가지 재료를 선택할 수 있다. 주로 사용되는 봉합재료는 에폭시복합재나 우레탄 또는 뜨거운 상태에서 균열에 부어 넣는 봉합재가 있다.

4.4 짜집기방법

이 보수방법은 균열의 양측에 어느 정도 간격을 두고 구멍을 뚫어 철쇠를 박아 넣는 방법이다. 이 짜집기 보수방법은 균열 직각방향의 인장강도를 증강시키고자 할 때 사용되며 따라서 구조물을 보강하는 효과를 갖게 된다. 그러나 보강후 강성의 增加로 인하여 다른 곳에서 균열이 일어날 수 있으므로 인접부분에서도 구조적 보강을 하는 것이 필요하다(그림 7 참조).

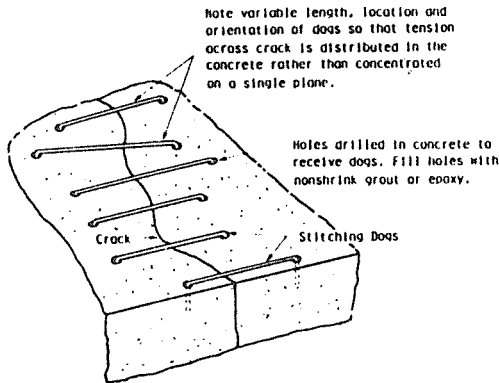
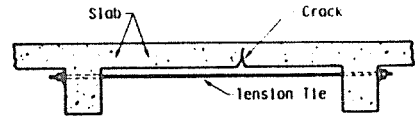


그림-7 짜집기 보수방법

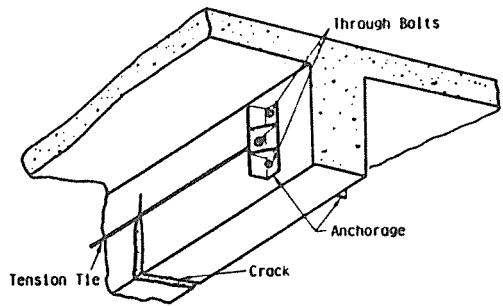
이 짜집기 보수방법은 균열이 완전히 닫히지는 않지만 더 이상 진전되는 것을 막을 수 있다.

4.5 추가철근보강

이 방법은 교량의 거더 등의 균열에서 구멍을 뚫고 에폭시를 주입하며 철근을 끼워 넣어 보강하는 방법이다. 이때 사용되는 에폭시는 점성이 아주 작고 탄성계수는 높아야 한다. 균열을 보수하기 위한 또 하나의 방법으로써 (그림 8)과 같이 외부에서 프리스트레스를 가는 방법이 있다. 이때 프리스트레싱강선은 잘 정착하도록 해야 하며 콘크리트 부재에 도입되는 應力으로 인한 영향을 검사해야 한다.



a) To Correct Cracking of Slab



b) To Correct Cracking of Beam

그림-8 외부 프리스트레싱에 의한 균열의 보강

4.6 그라우팅 방법

콘크리트댐이나 두꺼운 콘크리트벽체 등에서 발생하는 폭이 넓은 균열들은 시멘트 그라우트를 주입함으로써 보수할 수 있다. 그라우트 혼합물은 시멘트와 물로 이루어지거나 또는 시멘트풀에 모래를 추가하여 모르타르 그라우팅을 할 수 있다. 물-시멘트비는 될수록 작게 해야 하며 이것은 강도 增加와 건조수축을 최소화하기 위해 필요하다. 시멘트 그라우팅 외에 화학적

그라우팅(chemical grouting) 방법이 사용될 수도 있는데 이 방법은 습윤상태에서도 適用될 수 있으며 매우 작은 균열에서도 적용할 수 있는 이점이 있다.

4.7 드라이팩킹(Dry packing)

이 방법은 물-시멘트비가 아주 작은 모르터를 손으로 채워 넣는 방법으로써 정지하고 있는 균열에 効果的이다. 따라서 계속 발달하고 있는 균열에는 적합하지 않는다.

4.8 폴리머 침투법

단량체(monomer systems)를 콘크리트에 주입하면 중합이 되어 콘크리트의 내부 공극을 채우게 되며 강도를 증가시키게 된다. 단량체는 축매와 기본 모노머로 이루어져 있으며 연결체를 포함할 수도 있다. 이것에 열을 가하면 모노머끼리 결합하여 중합이 이루어지며 강하고 내구적인 수지가 되어 콘크리트의 성질을 개선시키게 된다. 폴리머 콘크리트는 특수콘크리트에 속하므로 이 콘크리트의 제조법, 역학적 특성 등에 대해서는 추후에 자세한 토의가 필요하다.

4.9 오버레이(Overlay) 보수방법

구조 슬래브나 포장 슬래브를 보수하기 위하여 덧씌우기(overlay) 방법을 사용할 수 있다. 이 덧씌우기 보수방법은 건조수축 등에 의하여 表面에 미세한 균열이 많이 생긴 경우에 유효하게 사용될 수 있다. 덧씌우기 보수를 하기 전에 表面을 깨끗이 청소해야 하며 에폭시 접착제나 라텍스 모르터 등의 부착재를 발라야 한다. 고속도로의 교량상판에 덧씌우기를 할 경우에는 약 40mm 정도의 폴리머 수정 콘크리트로 덧씌우기를 하는 것이 보통이다. 이 경우에 사용되는 폴리머는 스티렌부타디엔, 아크릭, 폴리비닐아세테이트 계통의 라텍스이다. 라텍스는 보통 빠르게 응고되므로 계속적인 뱃칭과 혼합이 이루어질 수 있는 장비를 사용해야 한다.

폴리머수정 덧치기는 빠른 시간내에 배합해서 타설하고 마감을 끝내야 한다. 라텍스가 굳기 시작한 후에 오버레이를 동요시키면 균열을 유발할 수도 있으므로 주의해야 한다.

5. 結 論

본 小考에서는 콘크리트構造物에 발생하는 균열의 원인과 그에 대한 평가 및 그 보수에 대하여 간략히 토의하였다.

사실 콘크리트는 골재와 시멘트로 이루어진 복합의 비균질성 재료이기 때문에 그 역학적 거동이나 특성이 매우 다양하고 복잡하게 나타난다.

균열의 原因이나 보수방법 등에 대하여 위에서 간략히 기술하였지만, 상기의 내용이나 방법 외에도 여러가지 방법이 더 추가될 수 있다. 여기서는 지면관계상 중요한 원인이나 보수방법을 기본 概念만 간략히 기술하였다는 점을 부기하고자 한다. 사실 폴리머콘크리트라든지 오버레이콘크리트 등은 실제로 많은 내용을 포함하고 있으며, 이것들 하나하나가 토론의 주제가 될 만큼 방대한 범위와 內容을 가지고 있다.

콘크리트의 균열이라는 문제는 간단한 현상으로 간주할 수도 있으나, 실제로는 그 발생원인이나 기구가 매우 복잡하다. 본 필자도 콘크리트의 균열문제에 대하여 집중적으로 研究하고 있으나, 그 해석방법 등이 강재의 균열해석 방법에 비하여 매우 난해한 성격을 띠고 있다.

균열에 저항성이 강한 섬유콘크리트의 개발과 같은 새로운 재료를 개발 연구함으로써 앞으로 콘크리트의 균열을 좀더 효과적으로 제어할 수 있는 방안이 강구될 수 있을 것으로 사료된다. 섬유콘크리트는 충격저항성이 강하고, 에너지흡수력이 뛰어나며, 균열에 대한 저항능력이 커서 방파제와 수리 및 항만구조물 등에 효과적으로 利用될 수 있다.

이 섬유콘크리트에 대한 개발과 연구도 하나의 연구주제가 되므로 여기서는 그 개념만 서술하였다.

본 小考에서는 개념과 基本事項만을 기술하였으며 앞으로 이 분야에 좀 더 관심이 계신 분들은 관계문헌을 통하여 그리고 본 필자 등을 통하여 좀 더 활발한 토의가 이루어질 수 있을 것으로 생각되며, 미진하나마 이것으로 글을 맺는다.