

# 콘크리트構造物의 龜裂發生原因과 対策에 關한 研究〔I〕

吳 璇 教—오선교건축설계사무소

## A STUDY ON THE CAUSE AND PREVENTION OF CRACKS IN CONCRETE STRUCTURES

Oh, Sun Kyo—Oh Sun Kyo Architects & Engineers

### I. 序 論

現代文明의 急速한 發展에 따라 建築材料는 無수히 多樣化되고 있다.

그러나 大部分의 構造物에서는 耐久, 耐火, 耐震 및 設計形態의 自由, 工事 및 有持管理費의 低廉 等의 理由에서 콘크리트를 使用하고 있다.

從前까지 콘크리트 構造物은 半永久的으로 생각해 왔으나 豫測하였든 豫測못하였든 間에 여러가지 原因에 依해 龜裂이 發生함으로써 建築物의 美觀損傷, 心的不安 뿐만 아니라 漏水 및 耐久性 低下에 따른 崩壞의 危險 등으로 龜裂은 크게 問題視되고 있다.

이와 같은 龜裂은 콘크리트 構造物에 大小를 莫論하고 不可避한 現象이다.

그러므로, 本 論文은 이와같은 龜裂에 對하여 그 樣相을 分類하고 그 原因을 分析糾明하여, 또한 原則적으로 完全히 除去할 수는 없으나 可能한 範圍內에서 規模를 縮小하는 方法을 提示하고 일단 發生한 龜裂에 對하여는 許容範圍 以內이건 以上이건 間에 補修하고 補強하는 方法을 提示함으로써 콘크리트 構造物의 龜裂을 綜合하고 龜裂問題를 体系的으로 整理하는 것이 本 研究의 目的이다.

### II. 龜裂發生 樣相

建物에 發生하는 龜裂을 糾明하기는 대단히 복잡하다.

그러나 이와 같은 龜裂을 크게 分類하면 Microcracking의 龜裂樣相(内部的인 龜裂)과 外形의으로 發生된 龜裂樣相으로 된다. 이와 같은 龜裂樣相 內容은 다음과 같다.

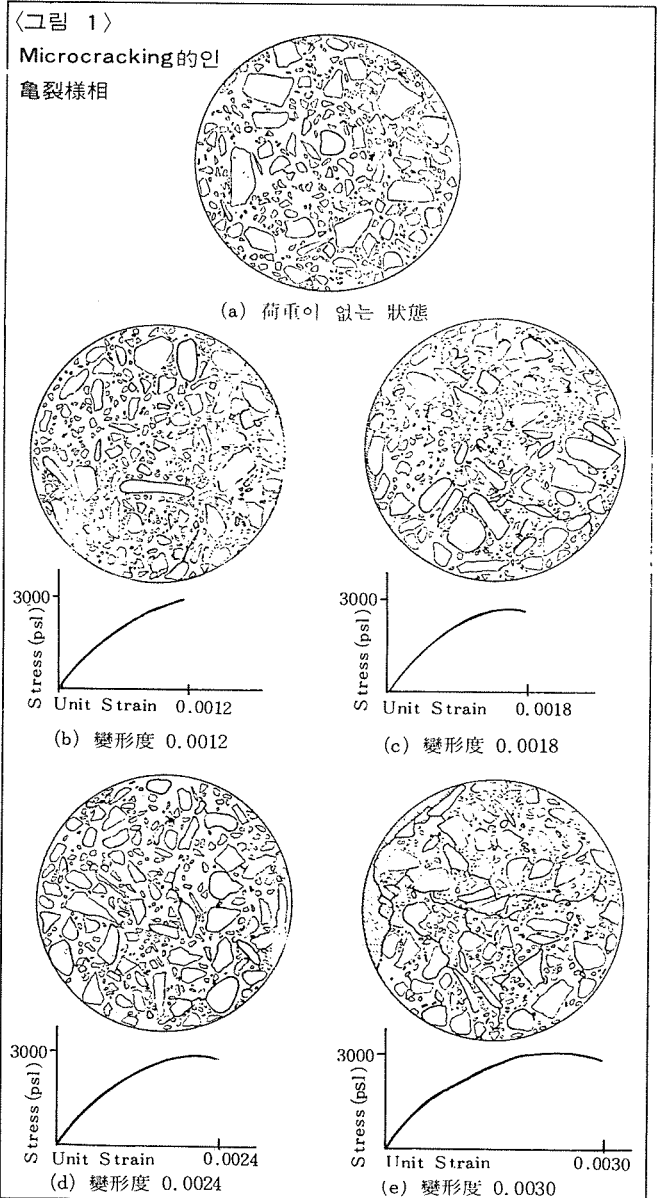
#### 1. Microcracking的인 樣相

콘크리트란 骨材粒子인 Particle을 接着材인 시멘트 풀(Cement paste) 即, Matrix로 結合시킨 二相物質이다.

그러므로 이와 같은 콘크리트는 接着部에 應力이 作用하기 以前부터 微少하게나마 最少 응집력 및 公극으로 龜裂이 存在한다. 그런데 이와 같은 龜裂은 構造物이 荷重을 받음에 따라 점차 進전되어 <그림 1>에서 보는 바와 같이 최초 均열이 Particle과 Matrix의 接着部에서부터 점차 심화되어 인접 龜裂과 연결 Matrix가 破壞되어 線狀을 이루다가 점차 인접 龜裂과 복잡한 망상을 이루다가

部分的 龜裂이 심화되어 결국 파괴되고 ㅁ다.

이와 같은 龜裂은 應力변형율곡선(Strain-stress curve)을 低下시키는 要因이 ㅁ다. <그림 1>은 10cm×20cm의 供試體를 壓縮強度 試驗하여 要求하는 變形值로 한뒤 荷重을 除去하고 各各 조그마한 쇄편으로 나누어 적색잉크로 채색한 後 顯微鏡 및 X-Ray 사진으로 나타낸 것이다.<sup>(註1)</sup>



註1) Hus. Thomas T. C, FLoyd O, Slate, Gerald M. Sturman and George Winter ; Microcracking of Plain Concrete and the shape of the Stress-Strain Curve, Journal of the A. C. I., Vol. 60, No. 14, 1965, pp.209~224.

## 2. 外形의인 樣相

外形의로 感知할 수 있는 龜裂은 外部로부터 노출됨으로써 비로소 육안으로 感知된다.

그러나 이와 같이 外部로 노출된 龜裂은 대단히 복잡한 형상을 나타내나 이를 分析하면 各 部位마다 一定한 特徵을 갖고, 全般的으로는 一定한 Pattern을 가진다.

이와 같은 龜裂의 特性 및 樣相은 다음과 같다.

### (1) 一般의인 龜裂樣相

一般의로 龜裂은 龜裂方向에 따라, 龜裂性狀에 따라 다음 <그림 2>, <그림 3>과 같이 分類된다.<sup>(註2, 3)</sup>

### (2) 壁面의 龜裂樣相

콘크리트 구조물이 수직으로 存在하는 것으로 上部에 荷重이 수직으로 作用할 때의 경우로 다음과 같은 樣相을 나타낸다.<sup>(註4)</sup>

#### ① 逆八字形 龜裂

이것은 건물의 外壁에서 많이 볼 수 있는 龜裂로서 <그림 4>과 같이 개구부의 모퉁이에서 發生하고, 建物全体로 볼 때는 逆八字形을 이루고 있다.

이들 龜裂은 建物の 아래層일수록 또한 양단 부근일수록 龜裂幅이 커진다. 原因으로는 여름철에 施工한 경우에 많고 보통 施工後 약 6개월 後 썩이면 보이기 始作한다.

이것은 建物の 상층과 하층의 콘크리트 건조수축의 차로 인해 생기는데 建物の 하층은 地반의 結속으로 인하여 건조수축이 적게 생기고, 상층은 자유상태이므로 큰 건조수축이 생겨서 <그림 4>와 같이 建物の 상층이 相對的으로 짧아지기 때문이다.

#### ② 八字形 및 逆八字形 龜裂

<그림 5>에서와 같이 建物の 층수가 비교적 높을 경우에는 상층부분에는 地層面의 직사일광으로 因한 溫度膨脹으로 八字形 龜裂이 생기고 하층은 건조수축으로 인하여, 逆八字形 龜裂이 생긴 것이다.

이와 같은 현상은 四季節 溫度變化에 同伴하여 溫度가 상승할 때 일어난다. 逆八字形과 八字形의 原因이 중복되는 개구부에서 X字形 龜裂이 發生한다.

#### ③ 縱方向 龜裂

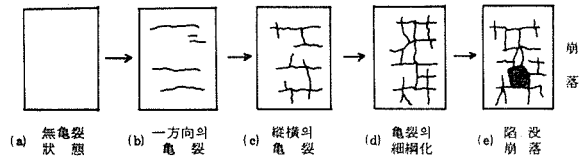
보와 같이 拘束이 큰 벽체에서는 주로 건조수축에 의한 <그림 6>과 같은 縱方向의 龜裂이 벽체의 中央 또는 기둥에 따라 發生하게 된다.

#### ④ 不規則한 斜方向 龜裂

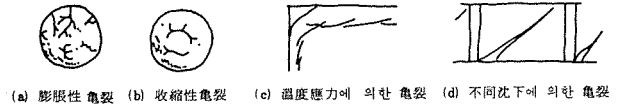
斜方向 龜裂은 얼핏 보면 전단력에 의한 균열로 착각하기 쉬우나 이것은 콘크리트 타설시 일시적인 공사 중지에 일어나는 이음 부분이다. (<그림 7> 참조)

#### ⑤ 部分的 八字形 龜裂

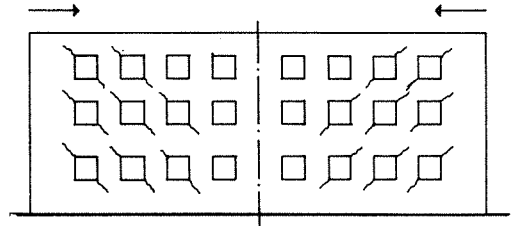
이것은 不同沈下의 原因으로 생기는 경우가 많다. 一般的으로 압밀하고 균등한 地반에서의 지중응력 분포는 建物の 中央部가 沈下하여 八字形 龜裂을 形成하고 이를



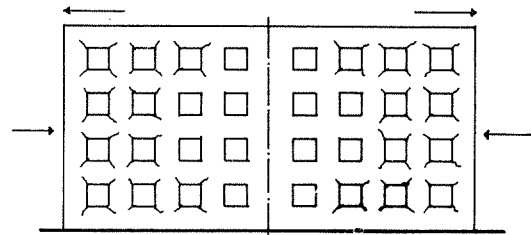
<그림 2> 龜裂方向에 따른 分類



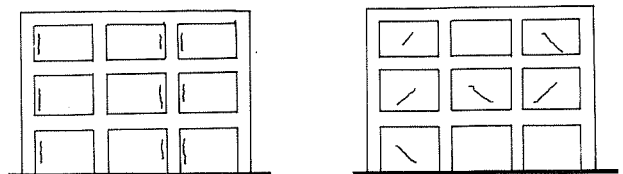
<그림 3> 龜裂性狀 따른 分類



<그림 4> 逆八字形 龜裂



<그림 5> 八字 및 逆八字形 龜裂



<그림 6> 縱方向 龜裂

<그림 7> 不規則한 斜方向 龜裂

註2) 文濟吉; 콘크리트橋의 補修補强工法(II), 建築技術, 1974, 5, p. 58.

註3) 鄭日榮; 建築構造 設計에 關한 小考(3), 建築士, 1978, 1, p. 34.

註4) 鄭日榮; 龜裂發生으로 因한 構造物의 耐力低下에 關한 檢査(I), 建築士, 1981, 4, pp. 15~16.

分的八字形龜裂이라 한다. (〈그림 8〉 참조)

⑥ 部分的斜方向龜裂

建物 단부의 지반이 沈下하는 경우에는 〈그림 9〉와 같이 沈下한 方向에 斜方向龜裂이 일어나고 逆으로 한 部分에서 지반이 치솟은 部分과 反對 方向으로 경사 龜裂이 생긴다.

⑦ 全面斜方向龜裂(×線形龜裂)

지진과 같이 水平力으로 인한 벽체의 龜裂은 建物벽체의 全体에 걸쳐서 斜方向龜裂이 생기고 ×字形 龜裂이 많다.

(3) Slab의 龜裂樣相

콘크리트 構造物의 수평으로 存在하며, 上部에서 荷重이 수직으로 作用할 때의 경우로 다음과 같은 樣相을 나타낸다.註5)

① 沈下龜裂

콘크리트 打設後에 생기는 콘크리트 沈降에 의한 것으로 〈그림 10〉과 같이 철근이 配置된 表面에 龜裂이 發生하게 됨으로 마치 바닥판 철근 配筋과 같은 樣相을 나타낸다.

② 縱 또는 橫方向龜裂

콘크리트 乾燥收縮에 의한 龜裂로서 〈그림 10〉에서와 같이 Slab 장변 方向과 直角인 方向(단변 方向)으로 龜裂이 發生한다.

③ 隅角部斜方向龜裂

Slab 周邊 보에 의한 拘束이 클 때에는 〈그림 12〉와 같이 바닥, 모퉁이에 斜方向으로 收縮龜裂이 發生한다.

④ Slab 周邊龜裂

Slab의 처침으로 因하여 생기는 龜裂은 〈그림 13〉과 같이 Slab 上面에는 周邊에 沿하여 發生하고, Slab 下面은 中央部에 휨龜裂을 同伴하는 것이 普通이다.

(4) 보의 龜裂樣相

콘크리트 構造物이 수평으로 存在하며 上部에서 작은 보 기둥, 벽 등 集中荷重이 作用하는 경우로 다음과 같은 樣相을 나타낸다.註6)

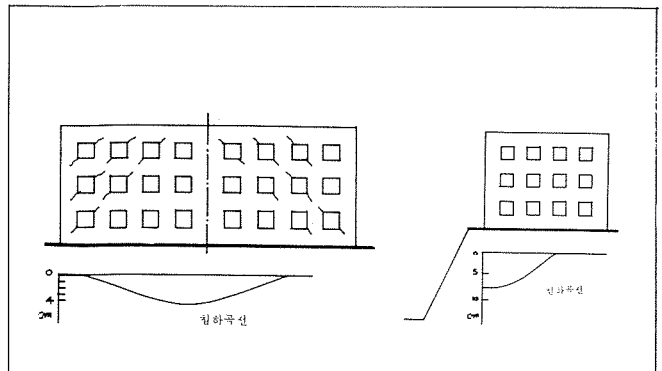
① 縱方向龜裂(휨龜裂)

〈그림 14〉(a)와 같이 單純보에 單一 集中荷重이 作用할 경우나, 혹은 그림 (b)와 같이 剪斷 Span比  $a/d$ 의 값이 6以上인 두 개의 集中荷重이 作用할 경우는 보의 下部의 순수휨에 依하여 縱方向龜裂이 發生한다.

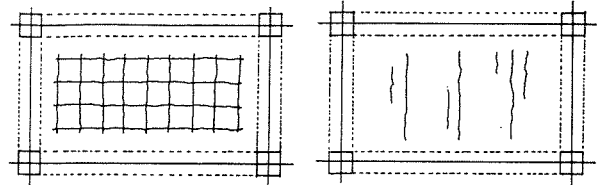
그러나 양단이 고정인 不靜定보의 경우는 〈그림 15〉와 같이 보의 下部뿐만 아니라 上部에도 縱方向龜裂이 發生한다.

② 斜方向龜裂(剪斷龜裂)

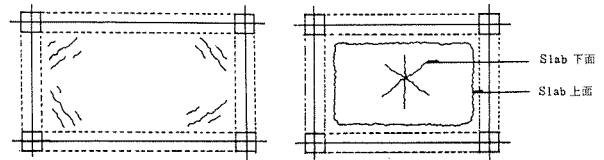
〈그림 16〉은 휨龜裂이 發生하기 前에 部材의 腹部에 獨立하여 發生하는 斜方向龜裂로서 Web가 얇은 Prestressed Concrete의 I形보에서 흔히 볼 수 있는 것으로 剪斷龜裂이라 한다.



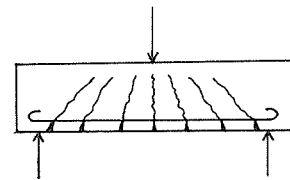
〈그림 8〉部分的八字形龜裂 〈그림 9〉部分的斜方向龜裂



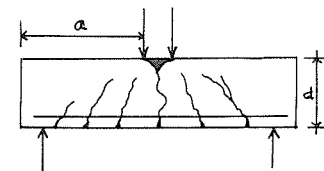
〈그림 10〉沈下龜裂 〈그림 11〉縱方向 또는 橫方向龜裂



〈그림 12〉隅角部斜方向龜裂 〈그림 13〉Slab 周邊龜裂

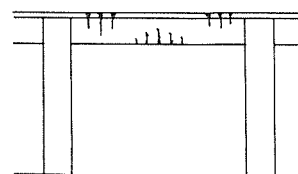


(a) 單純보에 中央集中荷重이 作用할 때



(b) 單純보 2 점에 集中하중이 作用할 때

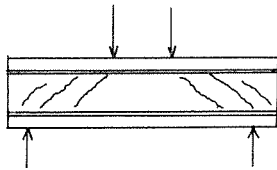
〈그림 14〉縱方向龜裂



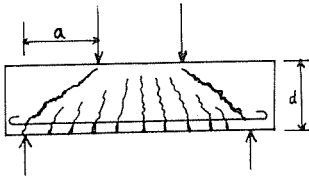
〈그림 15〉不靜定 보의 縱方向龜裂

註 5) 鄭日榮; 龜裂發生으로 因한 構造物의 耐力低下에 關한 檢討 (I), 建築士, 1981, 4, p. 17.

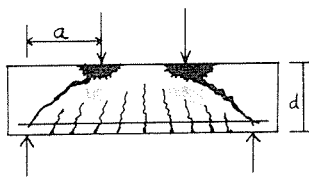
註 6) 鄭日榮; 建築構造設計에 關한 小考(4), 建築士, 1978, 2, pp. 43~45.



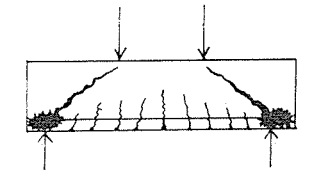
〈그림 16〉 斜方向 龜裂



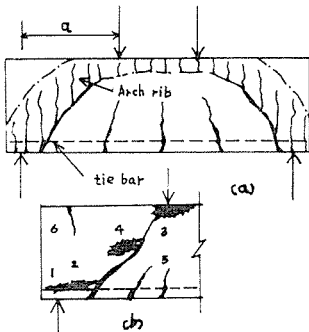
〈그림 17〉 縱 및 斜方向 龜裂(斜引張 龜裂)



〈그림 18〉 縱 및 斜方向 龜裂(剪斷壓縮龜裂)

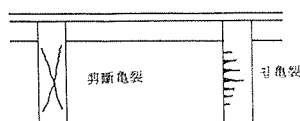


〈그림 19〉 縱 및 斜方向 龜裂(剪斷引張龜裂)



- ① 引張鐵筋의 碇着破壞
- ② 支點附近 콘크리트의 支壓破壞
- ③ Arch 頂點의 콘크리트 壓壞
- ④ Arch rib 部分 콘크리트 壓壞
- ⑤ 引張鐵筋의 降伏에 의한 휨破壞
- ⑥ 2次的 引張 龜裂

〈그림 20〉 縱 및 斜方向 龜裂(Deep Beam의 龜裂)



〈그림 21〉 기둥의 龜裂

③ 縱 및 斜方向 龜裂(휨-剪斷龜裂 및 腹合龜裂)

〈그림 17〉과 같이  $a/d$ 의 값이 적어져서  $1 < a/d < 2.5$ 가 되면 剪斷龜裂이 發生하는 同時에 휨龜裂이 發生한다.

이와 같은 龜裂을 휨-剪斷龜裂 또는 斜張力龜裂(Diagonal tension crack)이라 한다.

斜張力龜裂의 延長上에 휨壓縮, 혹은 콘크리트의 壓壞에 依하여 部材가 耐力을 消失할 때에는 〈그림 18〉과 같이 剪斷壓縮龜裂(Shear-compression crack)이 發生한다. 또한 〈그림 19〉와 같이 Dowel action으로 인장철근의 附着破壞가 發生한다. 이와같은 인장철근 부근의 懸저한 균열을 剪斷引張龜裂(Shear tension Crack)이라 한다.

$a/d$ 의 값이 거의 1 以下の 보를 Deep beam이라 한다.

그런데 이것은 普通보와는 조금씩 다른 龜裂構造를 나타내고 있다. Deep beam의 龜裂形態를 表示하면 〈그림 20〉(a)와 같이 載荷點과 支持點을 連結하는 線보다 조금 아래쪽으로 斜方向 龜裂이 發生하고 Arch모양의 콘크리트를 引張鐵筋으로 맺은 Tied arch가 形成된다. 그리고 最終적으로 〈그림 20〉(b)의 가운데 番號로 表示된 바와 같이 ① 引張鐵筋의 碇着破壞 ② 支點附近 콘크리트의 支壓破壞 ③ Arch 頂點의 콘크리트의 壓壞 ④ Arch rib 部分 콘크리트의 壓壞 ⑤ 引張鐵筋의 降伏에 의한 휨破壞 등이 일어나서 部材가 破壞된다. 또한 支點上部 Arch rib部 콘크리트에 ⑥과 같은 2次的 引張龜裂이 發生하는 수도 있다.

그러나, 建築物의 一般的인 콘크리트 보는 不靜定일 경우가 많다. 이럴 경우는 특히 주변의 기둥, Slab 등과 영향으로 복잡한 樣相을 가진다. 이럴 경우는 항상 주위 상황과 연관하여 면밀한 調査가 必要하다.

그러나, 기본 Pattern은 단순보의 경우와 대동소이 함으로 생략한다.

(5) 기둥의 龜裂樣相

콘크리트 構造物이 수직으로 存在하며, 正方形 혹은 長方形의 形態를 갖는 것으로 上部에서 보 혹은 지붕틀 등의 수직하중을 받는다. 기둥에 一般的으로 發生하는 龜裂樣相은 다음과 같다.〔註 7〕

① 橫方向 龜裂(휨龜裂)

〈그림 21〉의 우측 기둥과 같이 發生하는 것으로 기둥에 휨應力이 크게 作用할 때 생기는 龜裂이다.

② 斜方向 龜裂(剪斷龜裂)

〈그림 21〉의 左側 기둥과 같이 發生하는 것으로 기둥에 地震으로 因하여 큰 剪斷力이 加해졌을 때 생기는 龜裂 Pattern이다.

③ 橫 및 斜方向 龜裂(휨 및 剪斷龜裂)

〈그림 21〉의 左側과 右側이 複合하여 發生하는 樣相으로 (1), (2)의 複合된 原因에 依하여 發生한다.

註 7) 鄭日榮; 龜裂發生으로 因한 콘크리트의 耐力低下에 關한 檢討(I), 建築士, 1981, 4, pp. 16~17.