

# 龜裂發生으로 인한 構造物의 耐力低下에 關한 檢討 (I)

鄭日榮

(서울大學校 建築工學科 教授)

## [1] 序論

콘크리트構造物의 耐久에 影響을 주는 要因이 여러가지 있겠지만 크게 나누어 보면

- (1) 콘크리트의 龜裂
- (2) 構造物의 變位 및 變形
- (3) 콘크리트의 劣化, 剝離
- (4) 鋼材의 腐蝕, 損傷, 碇着部의 損傷等으로서 이들 欠陷의 大部分은 龜裂發生을 同伴하기 때문에 이로 인한 構造物의 耐力와 龜裂은 密接한 關係가 있다는 것은 明白하다. 그러나 콘크리트構造物의 耐力에 對한 研究는 콘크리트가 均一하고 欠陷이 없는 境遇에 關한것이 많고, 部材 또는 構造物의 耐力을 龜裂과 關聯지워서 調査 研究한 例는 드물다. 따라서 이에 對한 在來의 研究와 調査結果를 參考로하여 記述하고자 한다.

## [2] 龜裂의 類型과 原因

콘크리트의 龜裂은 그림 1에서와 같은 要因에 의하여 構造物의 形狀, 치수와 關聯으로 대단히 複雜하게 이루어져 發生하게 된다. 더구나 콘크리트는 시멘트물, 骨材로 組成되었으며 環境條件이 一定치 않은 現場에서 施工되어 構造物을 이루었기 때문에, 그 品質는 使用材料나 施工方法의 影響을 받게 되는 것은 當然하다. 또한 콘크리트는 引張強度가 작기 때문에 龜裂이 發生하기 쉽다. 여기서 龜裂의 重要한 原因別로 나누어 보면,

- (1) 材料·配合에 의한 龜裂
  - 1) 시멘트(粉末度, 風化等)의 異常 疑結
  - 2) 진흙成分 塩分이 많은 細骨材
  - 3) 風化岩, 有孔岩, 粘土 덩어리等 強度가 적은 粗骨材
  - 4) 不適當한 콘크리트用 混和劑
  - 5) 묽은 콘크리트 使用으로 인한 沈下 龜裂
  - 6) 富配合 Mass concrete 等の 水和熱
  - 7) 묽은 비빔, 富配合콘크리트의 乾燥收縮
- (2) 施工에 의한 龜裂
  - 1) 長時間 비빔, 長期間 運搬時
  - 2) pump 壓送時의 再加水時

- 3) 거푸집의 배 나오는 경우, 漏水
- 4) 早期 脫型
- 5) 支柱의 沈下
- 6) 이음 部分의 不良
- 7) 굳짐 方法의 不良
- 8) 初期 養生 不良, 急激한 乾燥
- 9) 配筋, 配管의 被覆콘크리트 두께의 不足
- 10) 硬化前의 振動, 載荷, 土壓
- 11) 硬化 도중에서의 凍結
- 12) 造成後 곧 垆地에 建設하는 境遇
- 13) Negative friction에 起因하는 龜裂  
도중에서의 凍結
- (3) 構造에 의한 龜裂
  - 1) 콘크리트의 強度 不足
  - 2) 設計 以外의 外力(積載, 地震, 振動)
  - 3) 鐵筋量, 補強筋의 不足
  - 4) 建物의 不同沈下
  - 5) 基礎算定用 應力算出時의 假定에 의한 龜裂
- (4) 使用, 環境條件에 의한 龜裂
  - 1) 建物全體의 不均等 溫度分布에 의한 伸縮
  - 2) 火災, 表面 加熱, 内外面의 溫度差
  - 3) 化學作用(酸, 塩類, 海水)
  - 4) 鐵筋의 녹이 슬 때 發生되는 膨脹
  - 5) 凍結融解의 反復
  - 6) 防水層 누름 콘크리트의 膨脹 等으로 나누어 생각할 수 있다.

## (가) 材料 配合와 龜裂

콘크리트가 硬化하기 直前 또는 硬化하기 始作하는 時期에 생기는 plastic crack는 그 原因에 따라 沈下龜裂, 初期乾燥 龜裂, 거푸집 支保工의 變形에 의한 龜裂 等으로 나눌 수 있다.

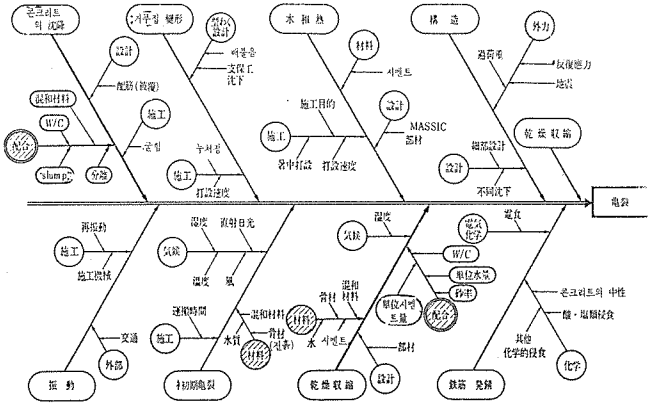
## (ㄱ) 沈下 龜裂

콘크리트는 打設한 後에 材料의 比重差異로 因하여 Bleeding 現象이 일어난다.

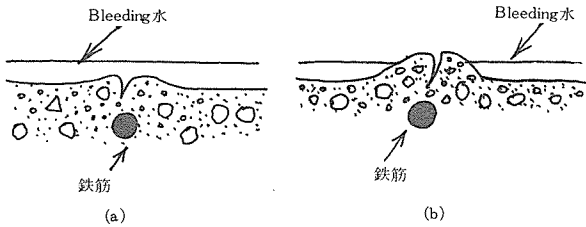
이와 같은 沈下가 鐵筋, 거푸집, 骨材等으로 因하여 防害될 때에는 그림 2에서와 같이 그 周邊의 沈下가 不均等하게 일어난다. 그리고 그림 2 (b)와 같은 沈下龜裂는 沈下量이 클 뿐 아니라 凝結이 늦고

乾燥의 條件이 갖추어졌을 때 일어나기 쉽다. 여하튼 간에 沈下龜裂의 主要原因은 單位水量이 많고 Bleeding 이 큰 콘크리트인 境遇이다. 따라서 單位水量이 적고 Slump가 적은 콘크리트를 정성껏 굳혔을 때 沈下龜裂을 防止하는 가장 基本이라 하겠다. 이와같은 原因으로 因한 龜裂은 普通 鐵筋上端에 1~3 時間 만에 나타나기 때문에 조금만 注意하면 發見되며 早期에 再振動 tamping으로 龜裂을 閉塞할 수 있다. 그림 3은 施工計劃 및 施工方法에 關한 問題이다.

(그림 1) 콘크리트의 龜裂要因圖

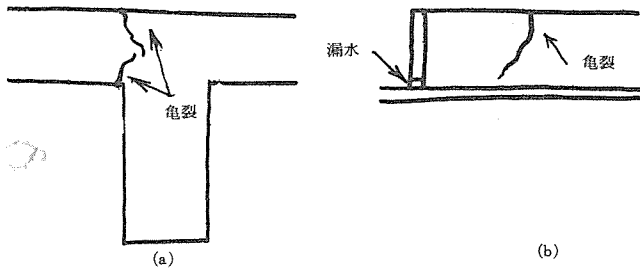


(그림 2) 沈下龜裂의 경우



Bleeding 途中에서 시멘트粒子의 凝集力이 增加한 경우      沈下가 拘束되어 솟아오른 部分이 乾燥한 경우

(그림 3)



断面이 다른 場所에 同時に 거푸집에서 漏水로 因한 不等 콘크리트를 打設하는 경우      沈下를 일으킨 경우

(ㄴ) 初期乾燥 龜裂

콘크리트 表面에서의 水分의 蒸發이 Bleeding 速度를 넘을 때 거푸집에서의 漏水等 에 의하여 表面에 Bleeding이 생기지 않을 境遇, 또는 充分히 굳지 않

았지만 凝結이 始作되어 콘크리트 内部에 水分을 吸收하는 狀態일 때는, 시멘트 페이스트를 構成하고있는 粒子의 結合이 loose하여 조금만 乾燥하여도 龜裂이 發生한다. 이와 같이 굳지 않은 콘크리트의 乾燥에 의하여 일어나는 龜裂을 初期 乾燥 龜裂이라한다. Bleeding은 클 때에는 沈下龜裂의 原因이 되며, 内部를 不均等하게 하여 透水의 原因이 되는 등 그 다치 바람직하지 않지만, 아주 적으면 또한 初期收縮 龜裂이 일어나기 쉽고, Finishability도 좋지 않게 된다. Finishability의 低下는 過度의 마감作業이 되어 表面에 시멘트 페이스트를 모아 龜裂發生의 條件을 더욱 增加시킨다.

最終 Bleeding 量이 적은 境遇에는 다음과 같다. 시멘트에 對해서는 粉末度가 높을 때, 시멘트 페이스트일 때는 시멘트 粒子 相互間의 凝集力이 強해야 한다. 시멘트 溫度가 높을 境遇이다. 骨材에 對해서는 細粒 部分이 많을 때, 吸水量이 많은 骨材를 乾燥狀態로 使用할 때, 骨材의 溫度가 높을 境遇이다. 混和材에서는 粉末度가 높을 때, 粒子形이 不規則하고 保水係數가 높을 境遇이다. 混和劑에 對해서는 시멘트의 凝結을 빨리할 때, 單位水量을 減小시키는 境遇이다.

(2) 使用 環境條件과 龜裂

龜裂에 關係되는 使用 環境으로는 溫度變化, 濕度變化, 凍結 및 火災等を 對象으로 생각할 수 있으나, 凍結과 火災의 경우를 溫度變化의 경우라고 생각하면 두가지로 統一할 수 있다. 그런데 B·Mather는 龜裂을 發生시키는 環境上의 因子로는 다음과 같은 여섯가지 現象을 들을 수 있다.

- 1) 不良 시멘트를 使用하였기때문에 生기는 膨張
- 2) Alkali Silica 反應
- 3) 黃酸鹽 浸食
- 4) 埋設된 金屬의 腐蝕
- 5) 凍結融解
- 6) 初期收縮

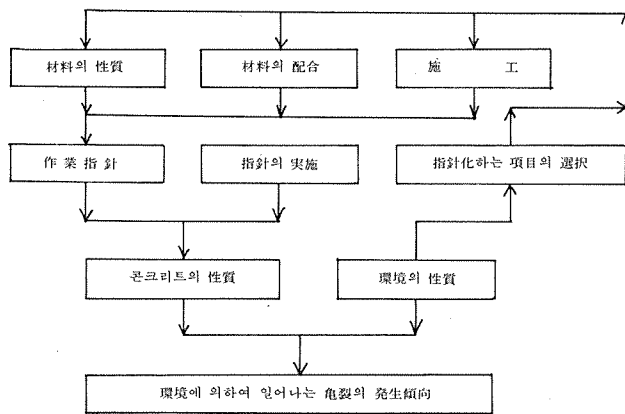
이들 因子와 콘크리트의 性質 및 環境의 性質과의 關係는 表1과 같다. 이들 가운데서 環境上 發生되는 濕氣의 變化는 龜裂을 일으키게 하는데 基本이 되는 것이다. 모든 境遇에 있어서도 龜裂은 環境의 性質과 콘크리트의 性質과의 豫想되는 相互作用에 對하여 注意있게 다루면 避할 수 있다. 그리고 이들은 材料의 性質比率 및 施工에 對한 指針에 나타내고 있다(그림 4 參考). 다만 普通인 環境 因子와 異常인 環境因子(破局的 또는 突異의 發生되는 環境因子)로 區別하여야 한다. 假令 콘크리트가 通常 使用되는 環境에서는 極端的인 高·低溫은 없

다. 通常의 環境 條件에서 龜裂에 抵抗하는 同時에 極端的으로 甚한 異常條件에서도 龜裂을 일으키지 않게 한다는 것은 決코 實際的이 아니다. 이들 項目 가운데서 凍結融解를 除外하고는 溫度變化, 濕度變化에 對하여 記述하고자 한다. 溫度變化와 龜裂에 關한 一般事項으로는

- 1) 自己發熱 또는 外部溫度의 變動
- 2) 1)에 基因한 콘크리트 内部溫度의 變動
- 3) 2)에 基因한 自己變形의 發生
- 4) 自己變形이 拘束된 境遇에 있어서의 引張應力의 發生
- 5) 4)와 그때의 콘크리트 物性植에서의 龜裂의 發生性의 檢討

環境上的因子	콘크리트의 性質	環境의 性質
不良 시멘트	未水和CaO 또는 MgO의 量이 過大	溫 氣
alkali silica 反應	骨材中の 可溶性 silica와 Cement 속의 alkali 量이 過大	溫 氣
黃燻塩 侵食	水和된 Calcium alminate 量의 過大	黃 塩의 量이 過大
金屬의 腐食	腐食하기 쉬운 金屬과 作用하는 藥劑에 의한 腐食	溫 氣
	腐食하기 쉬운 金屬과 不充分한 콘크리트 被覆	溫氣와 過大한 量의 藥劑에 의한 腐食
凍結融解	硬化시멘트 페이스트 속의 飽和 毛細管孔, 不充分한 空隙 組織	溫氣와 凍結融解
初期收縮에 의한 龜裂	早期 表面乾燥	높은 蒸發 乾燥率

(表 1) Bryant Mather의 要因에 關한 資料



(그림 4) 콘크리트의 性質과 環境의 性質과의 相互作用에 의하여 일어나는 龜裂의 發生傾向을 나타내는 diagram

와 같은 것이 생각된다. 그리고 濕度變化에 의한 因子로서의 相對 濕度는 가장 影響이 큰 것의 하나이다.

### [3] 施工과 龜裂

施工할 때 일어나는 龜裂의 發生因子를 運搬과 打設 搗입法 및 養生 등으로 나누어 생각하게 된다.

#### 1) 運搬에 의한 影響

運搬에는 時間과 方法이라는 면에서 다루게 된다. 運搬時間이란 콘크리트를 비비기 始作하여 終了할 때까지의 時間을 말한다. 運搬時間은 콘크리트 物性에 여러가지로 影響을 주지만 龜裂發生에 對해서는 主로 두가지를 생각하게 된다.

##### (ㄱ) 沈下龜裂

콘크리트를 打設한 後에 水分의 上昇, 固形物의 沈下라는 分離現象이 일어난다. 이 沈降이 鐵筋等에 의하여 防害되거나 콘크리트 두께의 部分的인 差에 의한 沈降의 差異가 생기면 그 表面에 龜裂이 일어난다. 普通 콘크리트를 打設한 後 1~2 時間 內에 일어나는 現象을 沈下龜裂이라 한다.

##### (ㄴ) 溫度上昇

콘크리트의 溫度는 材料의 溫度, 外氣溫, 水和反應에 의하여 일어나는 熱 및 비비면 運搬中の 機械的 Energy에 의하여 影響된다. 추운 때는 別個로 하여 一般의 일 때의 콘크리트의 溫度는 運搬時間과 더불어 上昇한다. 上昇하는 狀態는 더운 날씨일 때 顯著하다. 通常의인 Fresh concrete인 境遇에는 그다지 氣溫이 높지 않을 때, 1 時間當 0.5~1℃, 더운 날씨에는 2℃까지 上昇한다.

콘크리트 溫度(°C)	外氣溫 (°C)	相對溫度 (%)	露 點 (°C)	風 速 (m/sec)	蒸發速度 (kg/m <sup>2</sup> ·h)
27	4	100	4	4.5	1
21	4	100	4	4.5	0.635
16	4	100	4	4.5	0.366

(表 2) 外氣溫과 콘크리트 溫度의 差에 의한 水分 蒸發量의 變化(W·Lerch에 의한)

콘크리트의 溫度가 上昇하면 두가지 면에서 龜裂發生에 影響을 준다. 그 하나는 打設 直後의 水分의 蒸發이 激烈하게 되는데, 特히 氣溫보다 콘크리트 溫度가 높으면 그 傾向이 顯著하다. 表 2는 그것을 表示하고 있다. 水分의 蒸發이 激烈하게 되면 初期龜裂이 發生하기 쉽게 된다. 다른 하나는 溫度應力에 의한 龜裂의 發生을 促進시키게 된다.

##### (ㄷ) 運搬方法

콘크리트 運搬 方法은 여러가지 있으며 適切한 方法을 適用하면 龜裂發生이 일어나지 않을 것이다. 그러나 近年에 使用하고 있는 pump 工法이 龜裂發生을 促進시킨다는 말들을 하고 있는데 이것이 과연事實無根한 일인지요. Pump로서 콘크리트를 壓送하는 自体가 콘크리트의 龜裂을 促進한다는 것은 다른 運搬方法에도 있겠으나, 特히 壓送性을 잘하기 위하여

콘크리트 配合에 加해지는 變更이 龜裂發生에 影響을 주는 境遇라고 하겠다. 콘크리트의 壓送을 能率 있게 하기 위한 여러가지 方法이 있겠지만 콘크리트의 品質面에서 言及한다면 材料 分離가 이루어지지 않아야 하며, 流動性이 좋아지고, 粘性이 작아져야 한다. 이와 같이 하기 위해서는 콘크리트 속의 單位 시멘트量, 물탈분을 어느 程度 增加시키고 slump 나 콘크리트量이 分離되지 않을 程度로 크게 잡아야 한다.

## 2) 打設 굳힘

콘크리트를 거푸집 속에 넣어 굳히는 過程에서 생기는 龜裂은 다음과 같다.

### (가) 沈下 龜裂

鐵筋 上部에 생기는 沈下 龜裂에 對해서는 slab 를 될 수 있는대로 작게 打設하면 되지만 完全히 막을 수 없는 境遇에는 發生後 直時로 tamping으로 없애게 하면 된다.

### (나) 거푸집의 變形에 의한 初期 龜裂

打設後 콘크리트가 流動性을 잃고 充分한 強度를 維持하기 前에 變形을 일으키게 되면 任意斷面에 龜裂이 發生하게 된다. 鉛直部分의 거푸집이 充分히 튼튼하지 못할 境遇에는 콘크리트의 壓力으로 휘어지고 그만큼의 콘크리트가 흘러 떨어지게 되어, slab 端部에 龜裂이 發生하거나, 보의 支柱가 強할 때, 보 端部에 龜裂이 發生된다.

### (다) 水和熱로 因한 龜裂

이것은 主로 masic 한 콘크리트일 때에 問題視된다.

### (리) 硬化後의 體積變化로 因한 龜裂

이에 對한 要因을 크게 나누면 콘크리트의 體積變化의 크기와, 그것을 阻止하고자 하는 周邊에서의 拘束力의 크기를 생각하게 된다. 後者는 한 콘크리트 部材와 連結되고 있는 다른 部材나, 그 部材에 묻혀 있는 鐵筋에 의한 것이다. 假令 壁體나 바닥에 比하여, 그 周邊의 보 기둥은 그 體積變化가 鈍하게 되고, 壁體나 바닥의 變形에 對하여 拘束力을 미치게 한다. 또한 地中에 묻혀있는 部分은 地上에 나타나 있는 部分에 比하여 一般的으로 體積變化가 적다. 後者에 對하여 拘束力을 미친다. 이와 같은 狀態에서는 한편으로는 引張應力이, 다른편에는 壓縮應力이 일어나지만, 콘크리트의 引張強度는 壓縮強度에 比하여 훨씬 적다. 引張側 部材가 破斷하여 龜裂을 發生시키게 되는 것이다. 콘크리트 構造物은 建設後, 全體로서 收縮方向으로 움직이므로 壁體나, 바닥, 및 地上部分에 比較的 많은 龜裂이 發生한다. 이와같은 龜裂은 콘크리트의 本來의 物性에 의한 것이므로, 이것을 施工上으로 考慮하여 防止시킨다는 것은 여간 어려운 것이 아니다. 現在 생각하는 方法으로는 材

料面에서 될 수 있는대로 收縮이 적게하여 使用하는 것이다. 結局 하나는 單位水量이 적고 slump가 적은 콘크리트를 使用하는 때와, 다른 方法으로는 龜裂을 될 수 있는대로 無害한 것으로 해버린다.

龜裂을 될 수 있는대로 無害한 것으로 하는 方法으로는 龜裂이 發生되어도 小數의 龜裂幅이 큰 것보다는 多數의 가는 龜裂이 되도록 하면 透水나, 濕氣를 通過시키지 않는다.

## 3) 養生

龜裂에 關係되는 養生法으로는 水分의 蒸發防止, 溫度의 制禦, 作業荷重의 制禦, 거푸집의 維持期間 등의 問題가 있다.

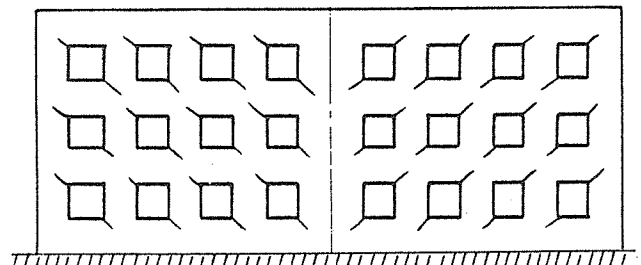
## 4) 構造的인 龜裂

建築物을 調査하여 보면 여러군데에서 여러 形體의 龜裂이 發見되게 된다. 調査結果를 整理하여 보면 發生原因에 따라 共通된 pattern이 있음을 알 수 있다. 여기서 이들의 pattern을 類形別로 나누어 두면 龜裂發生의 原因을 推定하는데 도움이 된다.

### (가) 壁面의 境遇

#### 1) 逆八字形 龜裂

이것은 建物의 外壁에서 가장 많이 볼 수 있는 龜裂로서 그림 5와 같이 開口部의 기둥에서 發生하고 建物 全體로 볼 때에는 逆八字形을 이루고 있다. 이들 龜裂幅은 建物의 아래層 또는 兩端附近으로 갈수록 커지며, 夏節에 施工한 경우에 많은데, 普通 施工한 뒤 6個月이면 建品의 上層과 下層의 콘크리트의 乾燥收縮의 差異로 因한 것인데 建物의 上層이 相對적으로 短縮되기 때문이다.



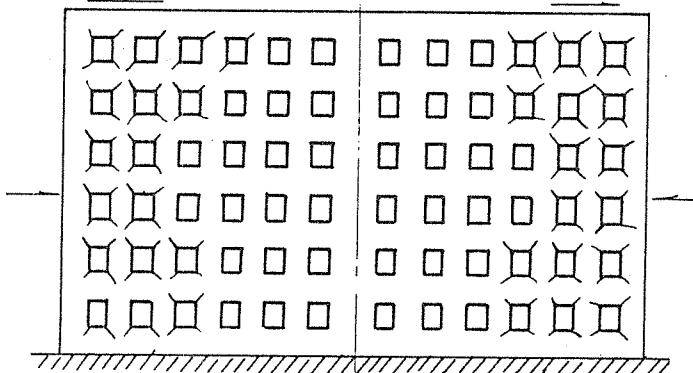
(그림 5) 逆八字形 龜裂

#### 2) 八字形 및 逆八字形 龜裂

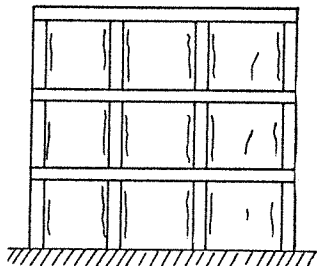
그림 6에서와 같이 建物의 層數가 比較的 높을 境遇에는 上層에는 八字形 龜裂이 發生하는데, 이것은 지붕面이 直射日光에 의하여 溫度膨脹을 일으켰기때문이고, 四季의 溫度變化에 의한 溫度上昇에 의하여 일어난다. 下層에서는 逆八字形 龜裂을 볼 수 있다. 그리고 가)와 나)의 原因이 겹치면 X形 龜裂이 發生한다.

㉔) 縱方向 龜裂

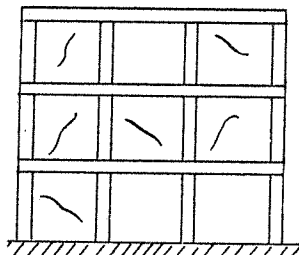
보와 같이 拘束이 큰 壁體에서는 主로 乾燥收縮에 의한 그림 7 과 같은 縱方向의 龜裂이 壁體의 中央 또는 기둥에 따라 發生된다.



(그림 6) 下層의 逆八字形 및 上層의 八字形 龜裂



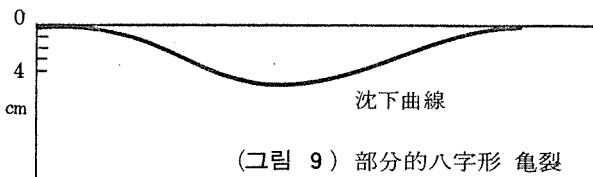
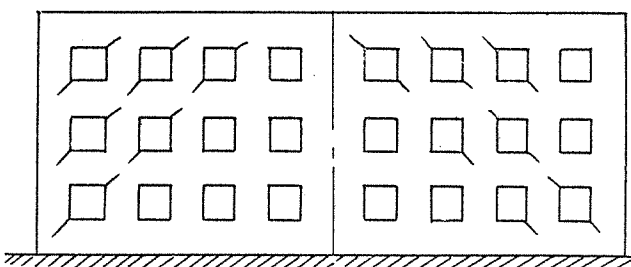
(그림 7) 縱方向 龜裂



(그림 8) 不規則한 斜方向 龜裂

㉕) 不規則한 斜方向 龜裂

그림 8 과 같이 斜方向 龜裂은 얼핏 보면 剪斷力에 의한 龜裂로 錯覺하기 쉬우나 이것은 콘크리트 打設時에 一時的으로 工事中止에 의하여 일어나는 이음 부분이다.



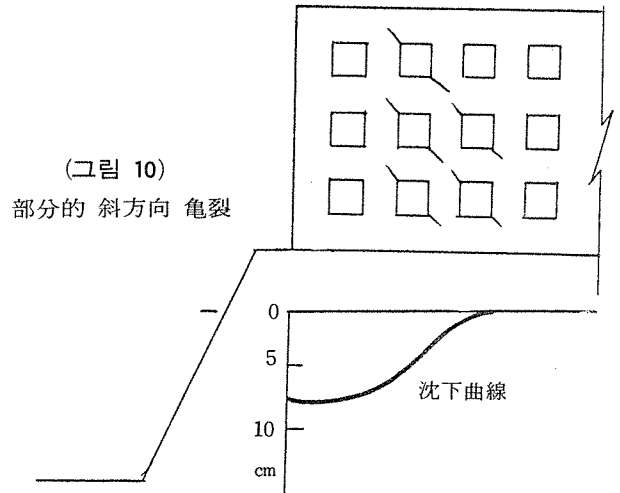
(그림 9) 部分的八字形 龜裂

㉖) 部分的 八字形 龜裂

이것은 不同沈下 등의 原因으로 생기는 境遇가 많다. 一般的으로 壓密하고 均等한 地盤에서는 地中應力分布가 建物の 中央附近에서 應力이 겹쳐서 그림 9 와 같이 建物の 中央部가 沈下하여 八字形 龜裂이 생긴다.

㉗) 部分的 斜方向 龜裂

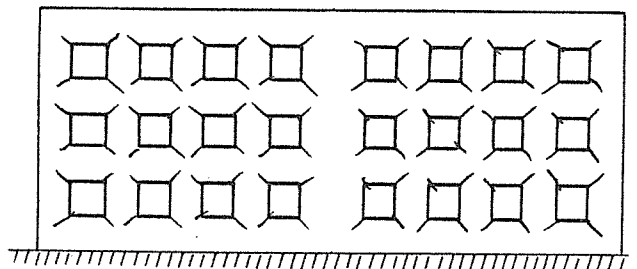
建物の 端部の 地盤이 沈下하는 境遇에는 그림 10 에서와 같이 그 沈下한 方向에 斜方向 龜裂이 일어나고, 逆으로 한 部分에서 地盤이 치솟을 때에는 치솟은 部分과 反對 方向으로 傾斜 龜裂이 생긴다.



(그림 10) 部分的 斜方向 龜裂

㉘) 全面 斜方向 龜裂

地震과 같이 水平力으로 인한 壁體의 龜裂은 建物 全體의 壁體에 걸쳐서 斜方向 龜裂이 생기게 되는데, 그림 11에서와 같이 普通 X形 龜裂이 많다.



(그림 11) 全面斜方向 龜裂 (X形 龜裂)

(㉔) 보의 境遇

㉑) 縱方向 龜裂

보의 下端은 그림 12에서와 같이 30~50cm間隙으로 생기게 되는데, 콘크리트의 收縮과 휨應力이 原因이 된다. 한편 보의 上端, 特히 보와 기둥의 接合部 附近에 들어가는 龜裂은 휨에 의한 龜裂로서, 그림 13에서와 같이 構造的인 原因이라 生覺된다. 보의 上端 特히 slab까지 貫通하여 들어간 龜裂은 剪斷 龜裂로서, 地震이나, 不同沈下의 原因으로 因하여 斜方向으로 發生한다. 이 以外에도 보 下端에서 4cm 程度 位置한 곳에 보의 軸方向과 平行하게 發生되는 龜裂은 鐵筋이 녹으로 因한 膨張이 原因이 된다.

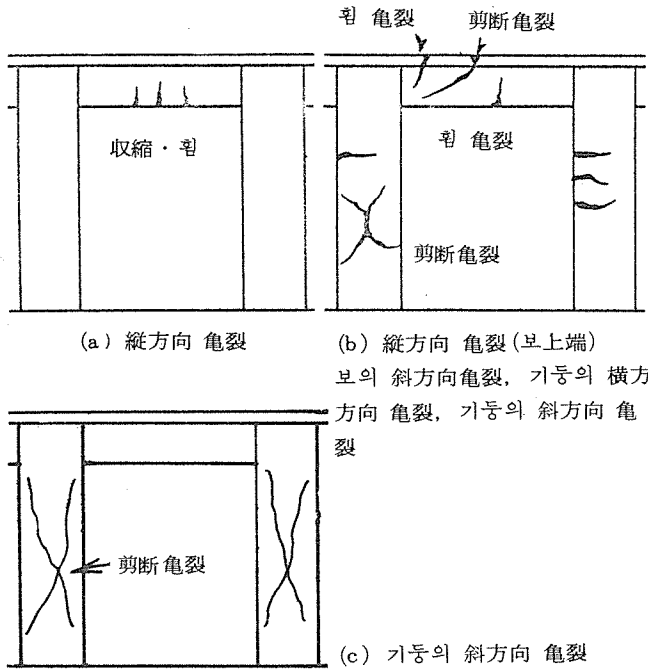
(㉒) 기둥의 境遇

㉑) 橫方向 龜裂

기둥의 휨應力이 크게 作用할 때 생기는 龜裂이다.

ㄴ) 斜方向 龜裂

地震으로 因하여 큰 剪斷力이 加하여졌을 때 생기는 龜裂 pattern으로서 그림13과 같다.

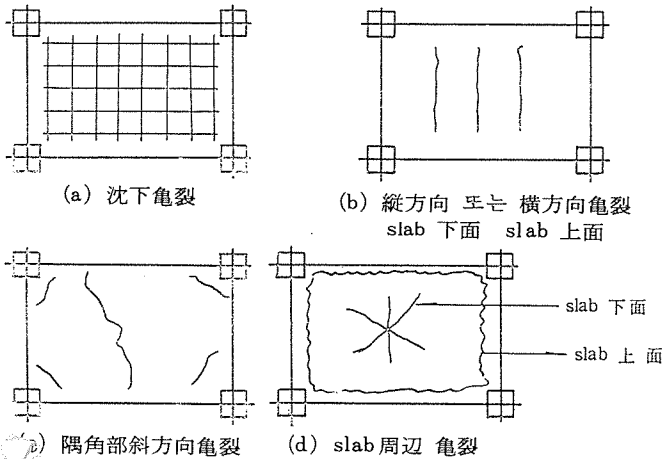


(그림 12) 기둥·보의 龜裂

(ㄷ) 바닥의 境遇

ㄱ) 沈下 龜裂

콘크리트 打設 後에 생기는 沈降에 因하여 그림14 (a)에서와 같이 鐵筋이 配置된 表面에 龜裂이 發生하게 되므로 마지 바닥판과 같다.



4) slab바닥의 龜裂

ㄴ) 縱 또는 橫方向 龜裂

콘크리트 乾燥收縮에 因한 龜裂로서 그림14(b)에서와 같이 slab의 長邊方向과 直角인 方向으로 龜裂이 생긴다.

ㄷ) 隅角部 斜方向 龜裂

Slab의 周邊보에 因한 拘束이 클 때에는 그림 14 (c)와 같이 바닥 모퉁이에 斜方向으로 收縮 龜裂이 생긴다.

ㄷ) Slab 周邊 龜裂

Slab의 처짐으로 因하여 생기는 龜裂은 그림14 (d)와 같이 Slab上面에는 周邊에 沿하여 생기고, Slab 下面은 中央部에 휨 龜裂을 同伴하는 것이 普通이다.

[3] 龜裂과 耐力

콘크리트 構造의 耐力은, 그것을 構成하고 있는 材料強度, 斷面積 및 鐵筋配置關係에 直接的으로 關聯이 있다. 이것을 휨 모멘트에 關하여 나타내면

$$M_s = f(A_s, \delta_s, l_r) \dots\dots\dots(1)$$

$$M_c = f(A_c, \delta_c, l_r)$$

여기서  $M_s, M_c$ : 鋼材와 콘크리트에 因하여 決定되는 部材의 휨 모멘트

$A_s, A_c$ : 鐵筋 및 콘크리트 各各의 斷面積  
 $\delta_s, \delta_c$ : 鐵筋 및 콘크리트 各各의 許容應力度 또는 降伏點 應力度

$l_r$ : 合力의 中心距離

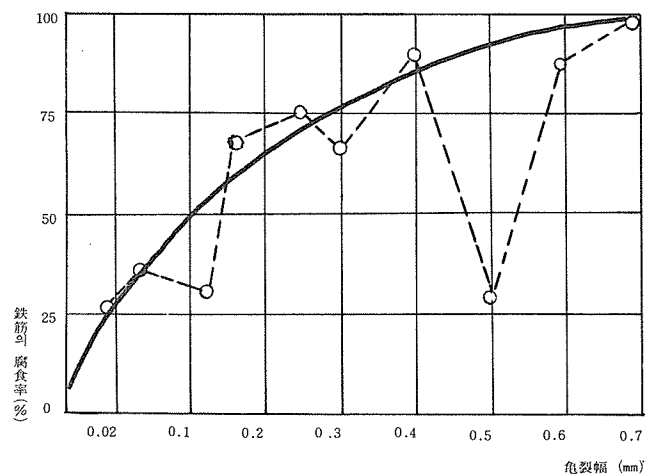
된다. 따라서 콘크리트에 發生되는 龜裂은 (1)式 속의  $A_s, \delta_c$ 에 서로 關係가 있으며, 鐵筋의 劣化로 因한 斷面積 減小, 콘크리트의 品質劣化를 일으키는 要因이 된다. 따라서  $A_s, \delta_c$ 의 減小나 低下는  $M_s, M_c$ 의 減小에 直接 連結되어, 部材 또는 構造物의 耐力 低下를 가지게 된다. 더욱이 殘留되어 있는 龜裂幅이 커지면 鐵筋의 應力度  $\delta_s$ 는 커져있고 追加된 荷重에 대한 應力은

$$M_{s,r} = f(A_s, (\delta_{sa} - \delta_{sd}), l_r)$$

여기서  $M_{s,r}$ : 殘留抵抗 모멘트

$\delta_{sd}$ : 既載荷重에 因한 鋼材 應力度

$S_{sa}$ : 鐵筋의 許容應力度



(그림 15) 龜裂幅과 鐵筋의 腐蝕率

이다. 龜裂幅과 鐵筋의 劣化로 因한 斷面積의 減小에 對한 研究는 많이 하고 있다. 여기서 그림 15는 海岸에 있는 콘크리트 構造物을 對象으로 한 것이다 그런데 橫方向 龜裂은 鐵筋을 劣化를 招기하는데 그다지 影響을 미치지 못한다고 한다. 그런데 縱方向

의 龜裂이 發生한 경우로서 0.3mm를 넘은 경우에는 鐵筋에 녹이 쓴 것을 確認하였다. 그러나 龜裂幅과 鐵筋의 腐蝕에 關하여서의 確實한 關係가 解明되지 않고 있기 때문에 實用上의 龜裂幅은 各國마다 여러 가지 形体로 規定되어 있다. 이들은 各各 相互間에 다른 規定을 引用하여 얻은 形式으로 되어있어 거의 같은 값으로 되어있다. 表3과 같다.

(表3) 콘크리트의 許容龜裂幅

國名	種別	許容龜裂幅 (mm)	備考
英國	BSI 規定	0.3	CP-110
	一般 構造物 특히 激烈한 浸蝕性의 環境	0.004d	d: 主鐵筋被覆
佛國		0.4	
獨國	DIN 規定		DIN 1045
	鐵筋의 種類, 直徑, 鐵筋比, 荷重條件 等에서 計算式이 주어진다.		
스웨덴	死荷重	0.3	
	死荷重+活荷重/2	0.4	
美國	ACI 規定	0.4	ACI 318-71
	乾燥한 大氣中 또는 保護層이 있는 경우	0.3	
	濕한 空氣中 흄속에 있을 경우	0.175	
	凍結防止用 藥品에 接할 경우	0.15	
歐州 콘크리트 委員會	海水, 海水의 飛來로 因한 乾溫이 反復되는 경우	0.10	
	水密構造部材	0.10	
	歐美콘크리트委員會		CBB-FIP
	防護된 部材	0.3	持續荷重 및 1
	防護되지 않은 部材	0.2	年以上載荷된
日本	顯著히 露出된 部材	0.1	變動荷重에 對하여 持續荷重과 變動荷重의 不利한 組合
	防護되지 않은 部材	0.3	
	顯著히 露出된 部材	0.2	
日本	効外와 같이 比較的良好한 環境比較的 溫度가 높은 個所(河川上) 腐蝕性이 강한 條件인 곳, 海岩 또는 地覆高所와 같이 雨水의 影響을 直接받기 쉬운 곳	0.3	
		0.2	
		0.7	

表3은 이들 가운데서 代表的인 것을 나타내었다. 表에 表示된 값은 鐵筋에 녹이 슬지 않을것 (龜裂이 생겨도 耐力에 影響을 미치지 않는 範圍)을 豫定한 것이다. 한편 鐵筋의 引張應力度와 龜裂幅과의 關係는 在來의 實驗結果等에서 얻은 것을 整理하여 表4 및 表5에 나타내었다. 따라서 녹으로 因한 鐵筋斷面의 減少는 表4의 龜裂幅이 許容되었다 하여도 (2)式에 나타낸 追加荷重(積載荷重)에 對한 耐力을 考慮하는 경우에는 表5의 龜裂幅에 注目하여야 하며 이 값으로서 耐力이 左右된다. 이와같은 事實에서 發生한 龜裂이 鐵筋應力과 關係가 있는지 없는지에 따라서 耐力의 推定方法이 달라진다. 따라서 調査段階에서 이와 같은 區別을 한다는 것은 대단히 重要的 것이다.

(表4)

露出·條件	龜裂幅의 許容值
相當히 腐蝕을 받은 構造物의 部材	0.1mm
保護工이 없는 普通 構造物의 部材	0.2
保護工이 있는 普通 構造物의 部材	0.3

(表5)

鐵筋의 引張應力度	龜裂幅
1,000 kg/cm <sup>2</sup>	0.05~0.1mm
2,000	0.1~0.2
3,000	0.2~0.3

假令 初期 乾燥收縮, 거꾸집의 沈下에 의한 龜裂은 一般的으로 鐵筋應力과 그다지 關係가 없다고 推定하고 있지만 構造物 完成後인 경우에는 應力과 깊은 關係가 있다고 생각되어 鐵筋位置에서의 龜裂幅을 推定하고 鐵筋應力の 算定을 表6을 基本으로 하여 施行되 되어야 한다.

(42페이지의 繼續)

住宅에 대한 住民들의 要求條件을 分析해 보면 大部分이 洋屋建物を 願하고 約 50% 以上이 2層 建物を 希望하고 있다.

標準住宅보다는 自己意思에 따른 個別住宅을 願하는 사람이 約 75%에 達하고 있으며 標準住宅의 경우에는 規模의 擴大와 形態의 多樣化를 希望하고 있음이 나타나고 있다. 부엌構造는 約 50% 以上이 立式型을 願하고 특히 젊은 階層에 要求도가 높게 나

타나고 있다. 燃料는 約 70%가 煉炭을 希望하고 暖房用과 炊事用의 分離를 願하며, 暖房은 約70%가 煉炭보이라 方式을 希望하는 것으로 나타나고 있다.

便所는 住宅内部 設置보다 90% 以上이 外部에 設置함을 要求하고 있고, 浴室은 大部分이 必要함을 要求하고 있으나 改良住宅에 設置된 浴室의 경우, 設備의 未備와 부엌에서의 出入 등 使用上의 不便을 지적하고 있으며, 住宅안에서 出入할 수 있는 完全한 設備를 갖춘 浴室을 希望하고 있다.