

龜裂發生으로 인한 構造物의 耐力低下에 關한 檢討

鄭 日 榮

(서울大 建築學科教授·工學博士)

〈目 次〉

1. 序 論
2. 龜裂의 類型과 原因
 - (1) 材料·配合에 依한 龜裂
 - (2) 施工에 의한 龜裂
 - (3) 構造에 의한 龜裂
3. 施工과 龜裂
 - (1) 運搬에 의한 영향
 - (2) 打設 不均
 - (3) 養生
 - (4) 構造的인 龜裂
4. 龜裂과 耐力
5. 龜裂과 補修
 - (1) 龜裂의 調査方法
 - (2) 補修
 - (3) 龜裂의 制御

(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으로
 서 이들 欠陷의 大部分은 龜裂發生을 同伴하기
 때문에 이로인한 構造物의 耐力과 龜裂은 密接
 한 關係가 있다는 것은 明白하다. 그러나 콘크
 리트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 대한 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 1 에서와 같은 要因
 에 의하여 構造物의 形狀, 치수와의 關聯으로
 대단히 複雜하게 이루어져 發生하게 된다. 더구
 나 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은 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

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) 진흙成分 塩分이 많은 細骨材
- 3) 風化岩, 有孔岩, 粘土 덩어리等 强度가 적은 粗骨材
- 4) 不適當한 콘크리트用 混和劑
- 5) 묽은 콘크리트 使用으로 因한 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 因한 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) 굳힘 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 垜地에 建設하는 境遇
 - 13) Negative friction에 起因하는 龜裂 도중에서의 凍結
- (3) 構造에 因한 龜裂
 - 1) 콘크리트의 强度 不足
 - 2) 設計 以外的 外力(積載, 地震, 振動)

- 3) 鐵筋量, 補强筋의 不足
- 4) 建物の 不同沈下
- 5) 基礎算定用 應力算出時의 假定에 因한 龜裂
- (4) 使用, 環境條件에 因한 龜裂
 - 1) 建物全體의 不均等 溫度分布에 因한 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 등으로 나누어 생각할 수 있다.

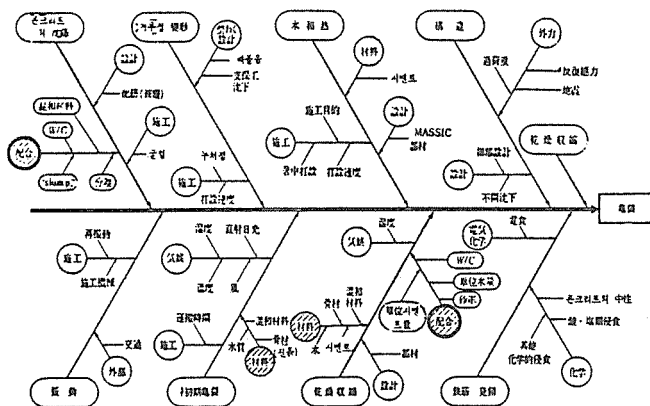
(가) 材料 配合와 龜裂

콘크리트가 硬化하기 直前 또는 硬化하기 始作하는 時期에 생기는 plastic crack는 그 原因에 따라서 沈下龜裂, 初期乾燥 龜裂, 거푸집 支保工의 變形에 因한 龜裂 등으로 나눌 수 있다.

① 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.

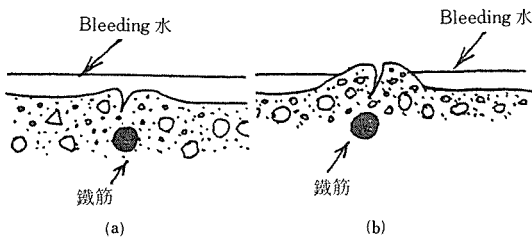
이와 같은 沈下가 鐵筋, 거푸집, 骨材 등으로 因하여 防害될 때에는 그림 2에서와 같이 그 周邊의 沈下가 不均等하게 일어난다. 그리고 그림 2(b)와 같은 沈下龜裂은 沈下量이 클 뿐 아니라 凝結이 늦고 乾燥의 條件이 갖추어졌을 때



(그림 1) 콘크리트의 龜裂要因圖

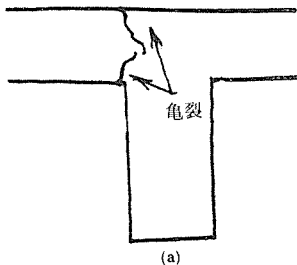
일어나기 쉽다. 여하튼간에 沈下龜裂의 主要原因인 單位水量이 많고 Bleeding이 큰 콘크리트인 境遇이다. 따라서 單位水量이 적고 Slump가 적은 콘크리트를 정성껏 굳혔을 때 沈下龜裂을 防止하는 가장 基本이라 하겠다. 이와같은 原因으로 因한 龜裂은 普通 鐵筋上端에 1~3時間만에 나타나기 때문에 조금만 注意하면 發見되며 早期에 再振動 tamping으로 龜裂을 閉塞할 수 있다.

그림 3은 施工計劃 및 施工方法에 關한 問題이다.

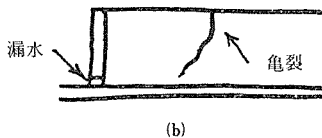


Bleeding途中에서 시멘트 沈下가 拘束되어 솟아오른 粒子의 凝集力이 增加 部分이 乾燥한 境遇 한 경우

(그림 2) 沈下龜裂의 경우



斷面이 다른 場所에 同時に 콘크리트를 打設하는 경우



거푸집에서 漏水로 因한 不等 沈下를 일으킨 경우

(그림 3)

㉠ 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 않았지만 凝結이 始作되어 콘크리트 内部에 水分을 吸收하는 狀態일 때는, 시멘트 케 이스트를 構成하고 있는 粒子의 結合이 loose 하여 조금만 乾燥하여도 龜裂이 發生한다. 이와 같 이 굳지않은 콘크리트의 乾燥에 의하여 일어나는 龜裂을 初期 乾燥 龜裂이라한다. Bleeding은클 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 그다지 바 람직하지 않지만, 아주 적으면 또한 初期收縮 龜裂이 일어나기 쉽고, Finishability도 좋지 않 게 된다. Finishability의 低下는 過度의 마감 作業이 되어 表面에 시멘트 케 이스트를 모아 龜裂發生의 條件을 더욱 增加시킨다.

最終 Bleeding量이 적은 境遇에는 다음과 같 다. 시멘트에 對해서는 粉末度가 높을 때, 시멘트 케 이스트일 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, 吸收量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 保水系 數가 높을 境遇이다. 混和劑에 對해서는 시멘 트의 凝結을 빨리할 때, 單位水量을 減小시키 는 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 들 수 있다.

1) 不良 시멘트를 使用하였기 때문에 생기는 膨脹

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 1 과 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는 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의으로 發生되는 環境 因子)로 區別하여야 한다. 가령 콘크리트가 通常 사용되는 環境에서는 極端的인 高·低溫은 없다. 通常的인 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 發生性的의 檢討

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굴힘法 및 養生等으로 나누어 생각하게 된다.

1) 運搬에 의한 影響

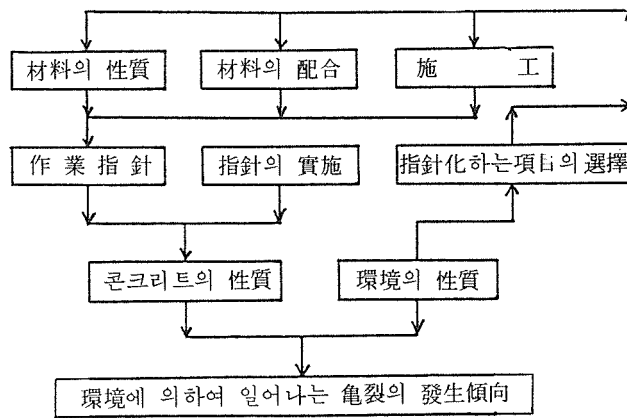
運搬에는 時間과 方法이라는 면에서 다루게 된다. 運搬時間이란 콘크리트를 비비기 始作하여 終了할때까지의 時間을 말한다. 運搬時間은 콘크리트 物性에 여러가지로 影響을 주지만 龜裂發生에 對해서는 主로 두가지를 생각하게 된다.

① 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 1〉 Bryant Mather의 要因에 關한 資料

環境上의 因子	콘 크 리 트 의 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의 可溶性 silica와 Cement 속의 alkali量이 過大	溫 氣
黃酸鹽 浸食	水和된 Calcium alminate量의 過大	黃 鹽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시멘트케이스트속의 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



(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

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.

㉠ 溫度上昇

콘크리트의 溫度는 材料的 溫度, 外氣溫, 水和反應에 의하여 일어나는 熱 및 비비면 運搬中의 機械的 Energy에 의하여 影響된다. 추운때는 別個로 하여 一般의일 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 concrete 인 境遇에는 그다지 氣溫이 높지 않을 때, 1時間當 0.5~1℃, 더운 날씨에는 2℃까지 上昇한다.

콘크리트의 溫度가 上昇하면 두가지 面에서 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.

㉡ 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도 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, 물달分을 어느 程度 增加시키고 slump나 콘크리트量이 分離되지 않을 程度로 크게 잡아야 한다.

2) 打設 不均

콘크리트를 거푸집 속에 넣어 均히는 過程에서 沈기는 龜裂은 다음과 같다.

㉢ 沈下 龜裂

鐵筋 上部에 生기는 沈下 龜裂에 對해서는 slab를 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.

㉣ 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.

㉔ 水和熱로 인한 龜裂

이것은 主로 masic 한 콘크리트일 때에 問題視된다.

㉕ 硬化後의 體積變化로 인한 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 묻혀 있는 部分은 地上에 나타나고 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 콘크리트자 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 사용하는 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 等의 問題가 있다.

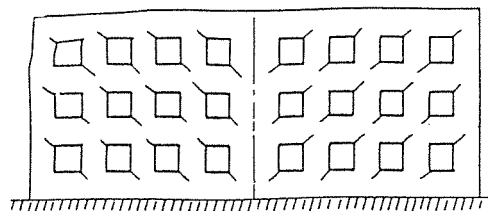
4) 構造的인 龜裂

建築物을 調査하여 보면 여러군데에서 여러 形体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 pattern 이 있음을 알 수 있다. 여기서 이들의 pattern 을 類形別로 나누어 두면 龜裂發生의 原因을 推定하는데 도움이 된다.

㉖ 壁面의 境遇

가) 逆八字形 균열

이것은 建物の 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 建物の 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 建物の 上層과 下層의 콘크리트의 乾燥收縮의 差異로 인한 것인데 建物の 上層이 相對적으로 短縮되기 때문이다.



(그림 5) 逆八字形 龜裂

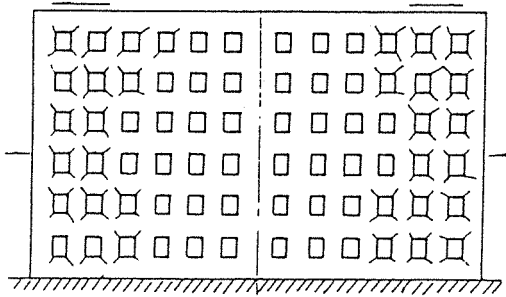
나) 八字形 및 逆八字形 龜裂

그림 6에서와 같이 建物の 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 일으켰기 때문이고, 四季의 溫度變化에

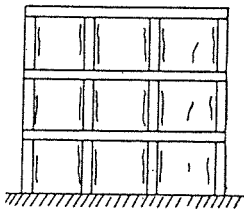
의한 溫度上昇에 의하여 일어난다. 下層에서는 逆八字形 龜裂을 볼 수 있다. 그리고 ㄱ)와 ㄴ)의 原因이 겹치면 X形 龜裂이 發生한다.

ㄷ) 縱方向 龜裂

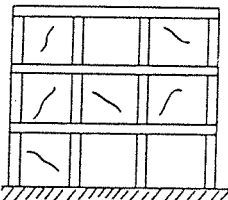
보와 같이 拘束이 큰 壁體에서는 主로 乾燥收縮에 의한 그림 7과 같은 縱方向의 龜裂이 壁體의 中央 또는 기둥에 따라 發生된다.



(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



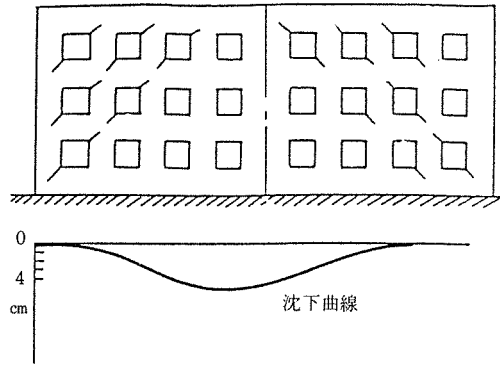
(그림 8) 不規則한 斜方向 龜裂

ㄹ) 不規則한 斜方向 龜裂

그림 8과 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 일어난다는 이음 部分이다.

ㅁ) 部分的 八字形 龜裂

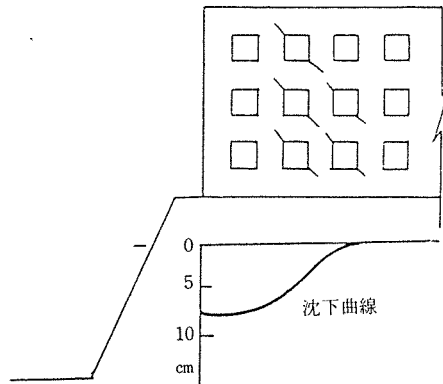
이것은 不同沈下等의 原因으로 생기는 境遇가 많다. 一般的으로 壓密하고 均等한 地盤에서는 地中應力分布가 建物의 中央附近에서 應力이 겹쳐서 그림 9와 같이 建物의 中央部가 沈下하여 八字形 龜裂이 생긴다.



(그림 9) 部分的 八字形 龜裂

ㅂ) 部分的 斜方向 龜裂

建物의 端部의 地盤이 沈下하는 境遇에는 그림 10에서와 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

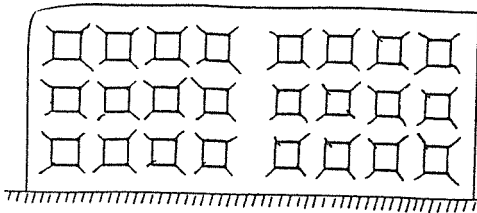
ㅅ) 全面 斜方向 龜裂

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.

ㄴ) 보의 境遇

ㄱ) 縱方向 龜裂

보의 上端은 그림12에서와 같이 30~50cm 間隙으로 생기게 되는데, 콘크리트의 收宿과 蠕應力이 原因이 된다. 한편 보의 上端, 特히 보와 기둥의 接合部 附近에 들어가는 龜裂은 힘에 의한 龜裂로서, 그림13에서와 같이 構造的인 原因이라 生覺된다. 보의 上端 特히 slab 까지 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.



(그림 11) 全面斜方向 龜裂(X形龜裂)

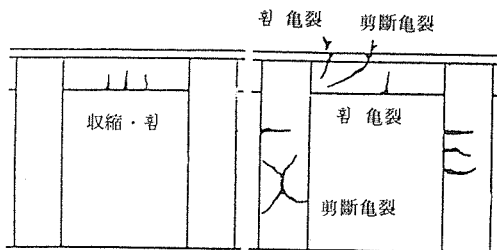
(ㄷ) 기둥의 境遇

ㄱ) 構方向 龜裂

기둥의 蠕應力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 pattern으로서 그림13과 같다.

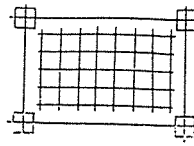


(a) 縱方向 龜裂

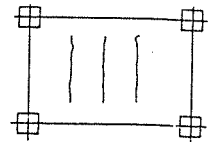
(b) 縱方向 龜裂(보上端)

보의 斜方向 龜裂, 기둥의 橫方向 龜裂, 기둥의 斜方向 龜裂

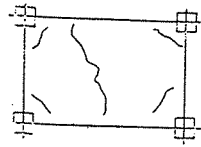
(c) 기둥의 斜方向 龜裂



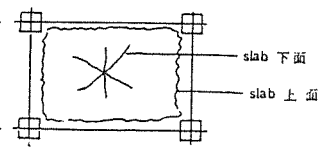
(a) 沈下龜裂



(b) 縱方向 또는 橫方向 龜裂
slab 下面 slab 上面



(c) 隅角部斜方向 龜裂



(d) slab 周邊 龜裂

(ㄷ) 바닥의 境遇

ㄱ) 沈下龜裂

콘크리트 打設後에 생기는 沈降에 의하여 그림14 (a)에서와 같이 鐵筋이 配置된 表面에 龜裂이 發生하게 되므로 마치 바둑판과 같다.

ㄴ) 縱 또는 構方向 龜裂

콘크리트 乾燥收縮에 의한 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

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

ㄹ) Slab 周邊龜裂

Slab 의 처짐으로 因하여 생기는 龜裂은 그림

(그림 12) 기둥·보의 龜裂

14(d)와 같이 Slab上面에는 周邊에 沿하여 生기고, Slab 下面은 中央部에 龜裂을 同伴하는 것이 普通이다.

4. 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의 關聯이 있다. 이것을 휨 모멘트에 關하여 나타내면

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

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

여기서 M_s, M_c : 鋼材와 콘크리트에 의하여 決定되는 部材의 휨 모멘트

A_s, A_c : 鐵筋 및 콘크리트 各各의 斷面積

ζ_s, ζ_c : 鐵筋 및 콘크리트 各各의 許容應力度 또는 降太點 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, ζ_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, ζ_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 ζ_s 는 커져있고 追加된 荷重에 대한 應力은

$$M_{s'} = f(A_s, (\zeta_{sa} - \zeta_{aa}), l_r)$$

여기서 $M_{s'}$: 殘質抵抗 모멘트

ζ_{sa} : 既載荷重에 의한 鋼材 應力度

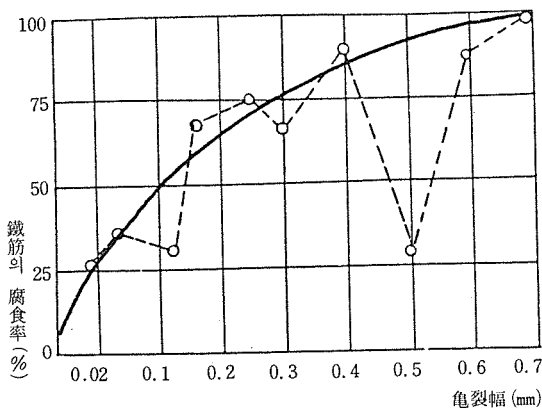
S_{sa} : 鐵筋의 許用應力度

이다. 龜裂幅과 鐵筋의 劣化로 因한 斷面積의 減小에 對한 研究은 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키 하는데 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 여러가지 形體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3은 이들 가운데서 代表的인 것을 나타내었다. 表示된 값은 鐵筋에 劣化되지 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 劣化로 因한 鐵筋斷面의 減小은 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력과 關係가 있는지 없는지에 따라서 耐力의 推定方法이 달라진다. 따라서 調査段階에서 이와같은 區別을 한다는 것은 대단히 重要한 것이다.

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

龜裂幅에서 推定되는 鐵筋의 應力을 ζ_{sa} 라 하면 (2)式에서 有效하게 利用되는 殘存應力度는 (



(그림 15) 龜裂幅과 鐵筋의 腐蝕率

(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 一般 構造物 특히 激烈한 浸蝕性的 環境	0.3 0.004d	CP-110 d: 主鐵筋被覆
佛國		0.4	
獨國	DIN 規定 鐵筋의 種類, 直徑, 鐵筋比, 荷重條件等에서 計算式이 주어진다.		DIN 1045
스웨덴	死荷重 死荷重+活荷重/2	0.3 0.4	
美國	ACI 規定 乾燥한 大氣中 또는 保護層이 있는 경우 濕한 空氣中 暴露에 있을 경우 凍結防止用 藥品에 接할 경우 海水, 海水의 飛來로 因한 乾濕이 反復되는 경우 水密構造部材	0.4 0.3 0.175 0.15 0.10	ACI 318-71
歐州 콘크리트 委員會	歐美콘크리트委員會 防護된 部材 防護되지 않은 部材 顯著히 露出된 部材 防護되지 않은 部材 顯著히 露出된 部材	0.3 0.2 0.1 0.3 0.2	CBB-FIP 持續荷重 및 1年以上載荷된 變動荷重에 對하여 持續荷重과 變動荷重의 不利한 組合
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 處, 海岩또는 地覆高所와 같이 雨水의 影響을 直接받기 쉬운 處	0.3 0.2 0.7	

(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

$\zeta_{sa} - \zeta_{sa}$ 이다. $(\zeta_{sa} - \zeta_{sa}) < 0$ 이면 追加로 載荷할 수 있으며 $(\zeta_{sa} - \zeta_{sa}) \leq 0$ 인 경우에는 追加로 載荷할 수 없고 도리어 現狀에서 除荷 또는 補強하여야 할것이다. Prestressed concrete에서는 龜裂이 固定荷重만으로 發生하였 때에는 有效 Prestress가 消失되었다고 생각되어 耐力에 關한 檢討를 할 必要가 있다. 積載

(表 5)

鐵筋의 引張應力度	龜 裂 幅
1,000kg/cm ²	0.05~0.1mm
2,000	0.1~0.2
3,000	0.2~0.3

荷重에 의하여 龜裂이 생길때까지의 龜裂을 龜裂이 생길때까지의 龜裂을 測定하고, 콘크리트의 彈性係數를 假定하므로서 有效 prestress量을 推定하게 된다. 여기서 耐力의 算定을 할 수 있게 된다.

以上과 같은 計算 또는 測定에서 耐力의 推定

을 한다는 것이 理想이지만 現 段階에서는 반드시 可能하지 않을 것이다.

따라서 표 6에 나타낸바와 같이 單位面積當의 幅 0.1mm 以上の 龜裂길이를 指標로 하여 耐力 低下를 micro的으로 把握하는 手法도 생각할 수 있다. 그러나 이와 같은 表를 作成하는 것은 特定한 部材에서는 可能하지만 一般的으로는 困難하며, 相當한 數數의 例가 必要할 뿐 아니라 이것을 一定하게 整理되어야 한다. 그리고 구조全體의 耐力는 構成 部材中 가장 耐力가 낮을것으로 決定하게 된다.

(다음호에 계속)

알 림

韓國레미콘工業協會는 레미콘공업의 技術발전과 品質向上을 도모하기 위하여 해마다 레미콘기술세미나를 개최하고 있습니다.

레미콘技術세미나는 콘크리트學界人士와 業界에서 參與하여 技術문제에 관한 다양하고 폭 넓은 意見을 교환하는 討議의 場으로서 活用되어 레미콘産業 발전에 기여하고 있습니다.

韓國레미콘工業協會는 '88년에도 제 4 회 레미콘技術세미나를 다음과 같이 개최하오니 業界에서 主題發表 내용을 事前에 준비하셔서 세미나를 빛내주시기를 기대합니다.

— 다 음 —

1. 日 時 : '88. 10. 초순(追後 확정통보)
2. 場 所 : 서울特別市
3. 主 題 : 콘크리트技術開發 및 品質向上에 關한 內容
4. 施 賞 : 主題발표자全員 紀念品
(주제발표내용은 "레미콘"誌에 게재, 稿料支給)
5. 問議處 : 韓國레미콘工業協會 企劃課 (566-7162)