

建築構造設計에 관한 小考(4)

鄭 日 榮

(L) 荷重의 作用位置에 의한 龜裂型

鐵筋콘크리트部材의 龜裂은 荷重의 作用位置에 따라서 相違하게 된다. 假令 그림 3-16(a)와 같이 單一 集中 荷重일 경우와 (b)와 같이 剪斷 span比 a/d 의 값이 6以上일 경우에는 휩龜裂만이 發生하며, 그림 3-16(c)는 휩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으로서 web가 얇은 prestressed concrete 工形보에서 흔히 볼수있고 剪斷龜裂(shear crack) 이라 한다. a/d 의 값이 적어져서 $1 < a/d < 2.5$ 이 되면 3-16(d)와 같이, 剪斷龜裂이 發生하는 同時에 휩龜裂이 일어나게 된다. 이와같은 龜裂을 휩-剪斷龜裂 또는 斜張力

龜裂(diagonal tension crack)라 한다. 斜張力 龜裂의 延長上의 휩壓縮域 콘크리트의 壓壞에 의하여 部材가 耐力을 消失할 때에는 그림 3-16(e)와 같이 剪斷壓縮 龜裂(shear-compression crack)이라 한다. 또한 그림 3-16(f)와 같이 鐵筋의 錨固作用으로 引張鐵筋의 附着破壞이 생긴다. 이와같이 引張鐵筋 附近의 顯著한 龜裂을 剪斷引張龜裂(shear tension crack)라 한다. 그리고 a/d 의 값이 거의 1 以下의 보를 deep beam 라 한다. 그러나 이것은 普通보와는 조금씩 다른 龜裂機構를 나타내고 있다. deep beam의 龜裂形態를 表示하면 그림 3-18와 같이 載荷點과 支持點을 連結하는 線보다 조금아

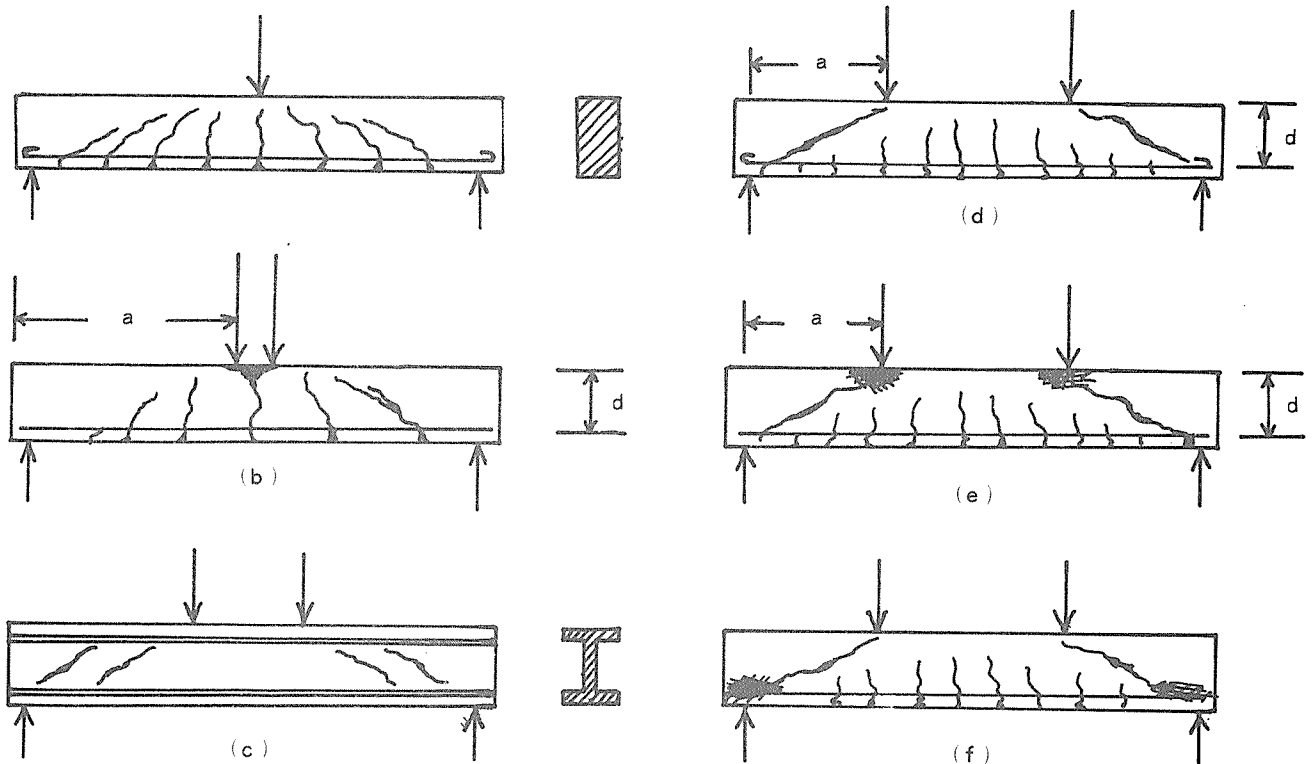


그림 3-16

래쪽으로 斜方向 龜裂이 發生하고 arch모양의 콘크리트를 引張鐵筋으로 맺은 tie arch가 形成된다. 그리고 最終的으로는 그림 3-18(b)가운데의 番号로 表示된바와 같이 ① 引張鐵筋의 綻着破壞, 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 ⑥와 같은 2次的 引張龜裂이 發生하는 수도 있다. 剪斷span比 a/d에 의한 鐵筋콘크리트보의 剪斷破壞의 形態 및 耐力의 相違를 一括하여 表示하면 그림 3-19와 같이된다. 그림은 剪斷補強鐵筋을 가지지 않은 境遇의 耐力를 나타낸것으로서 a/d는 約 2.5前後일때 가장 낮은 耐力로 되어있다.

(c) 建築物 龜裂의 類型과 原因

建築物를 調査하면 여러군데에, 여러가지 形態의 龜裂을 發見할 수 있다. 이들은 얼핏볼때 全혀 不規則한것 같이 보이나, 여러가지 調査事例를 整理하여보면 比較的 共通된 pattern으로 되어있다는 것을 알수 있다. 여기서 이들 龜裂 pattern를 알고 있으면 龜裂發生의 原因을 推定하는데 도움이 된다. 여기서는 主로 콘크리트의 硬化後에 볼수있는 建築物의 龜裂에 關한 몇가지 類型을 나타내고, 그 原因을 記述하기로 한다. 다만 龜裂은 單一한 原因만이 아니라 몇가지 要因이 겹쳐서 일어나는 境遇가 많으므로 생각할 수 있는 要因의 하나 하나에 對하여 檢討하고 結論을 내릴 必要가 있다.

1) 보 및 기둥의 境遇

그림 3-20에서와 같이 보 下端①에 發生한 龜裂의 原因은, 콘크리트의 收縮과 휨力에 의한 것으로서 普通 30cm~50cm 間隙으로 龜裂이 發生한다. 그리고 보 上端② 또는 기둥 上端③의 接合部 附近에 發生하는 것은 휨力에 의한것으로서 構造的인 原因을 생각할 수 있다. 또한 보 上端 ④는 slab까지 貫通하여 들어가는 斜方向 龜裂은 剪斷 龜裂으로서 甚한 振動 및 不同沈下가 原因이 된다. 이 以外에도 보 下端에서 4cm程度 높이에 보軸 方向과 平行하게 發生하는 ⑤와 같은 龜裂은 鐵筋의 녹이 膨張하여 생기는 것이다. 이것은 보의 境遇뿐 아니라 外部에 面한 exposed concrete 기둥의 경우도 많다. 이와같은 顯著한 例로서는 海岸 가까이에 세워진 建物の 半地下部分의 기둥이 태풍때, 鹽分을 包含한 물에 長期間 채워져 있을때 생기는 것으로서, 腐食에 의한 断面欠損率이 50%에 達한다. 이와 같은 것은 建物の 適切한 維持管理 方法으로 防止할 수 있다. 그림 3-20의 ⑥의 境遇는 建築物 附近에서 큰 爆發事故가 發生하였을때 일어나는 現象으로서 휨 龜裂③에 接續된 形態로 發生한다. 기둥이 hollow하고 長境遇에는 기둥 上部에 생기고, 기둥이 두껍고 짧은 境遇에는 기둥 全体에 걸쳐 發生하게 된다.

2) 슬래브의 境遇

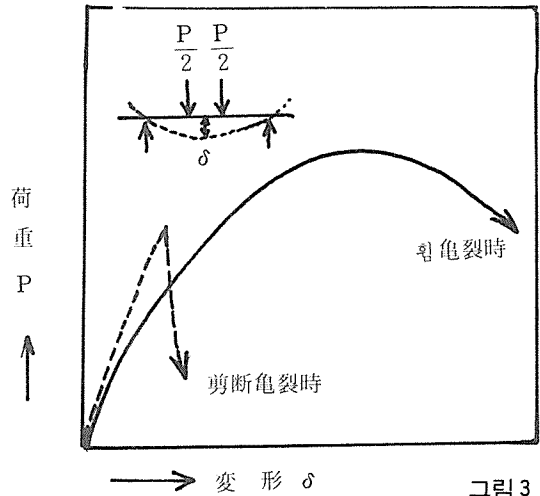


그림 3-17

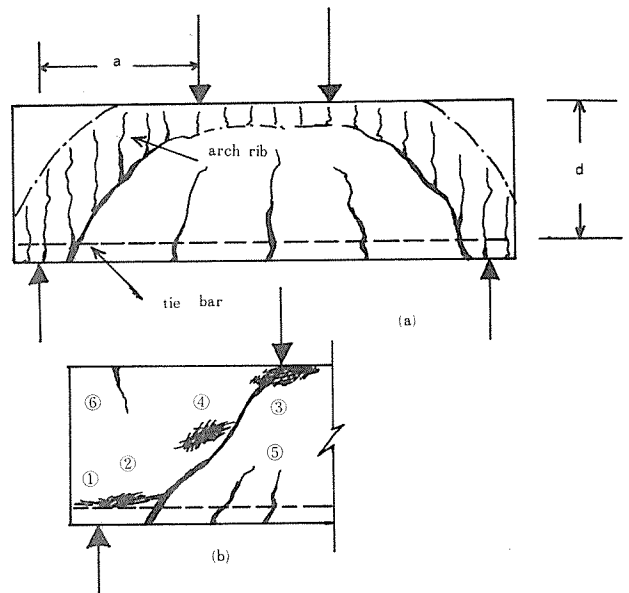


그림 3-18

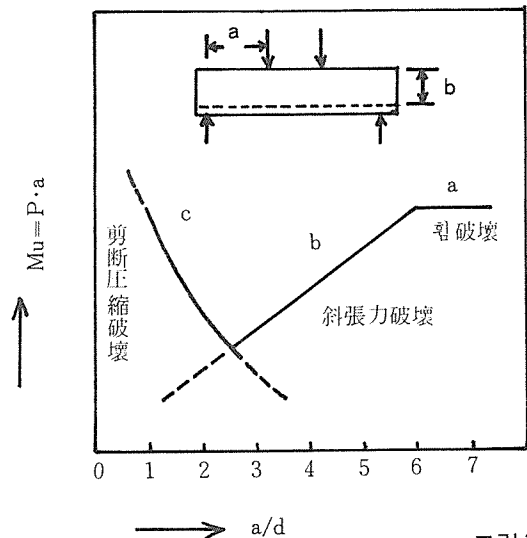


그림 3-19

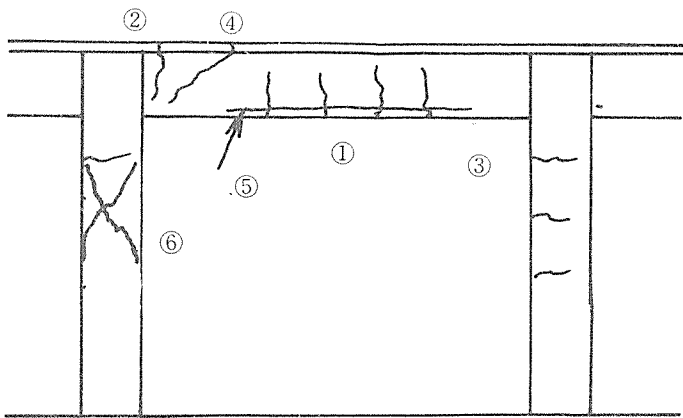


그림 3 - 20

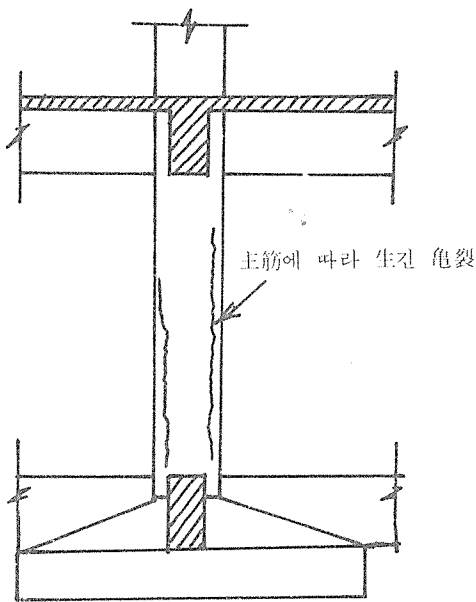


그림 3 - 21

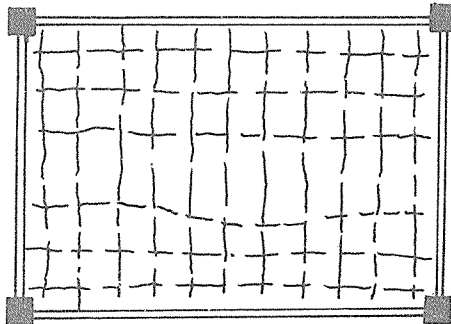


그림 3 - 22

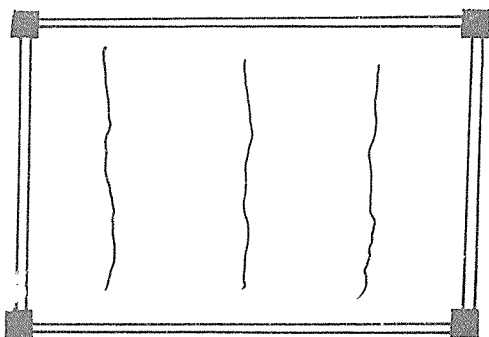


그림 3 - 23

콘크리트 打設后, 콘크리트의 沈降에 의하여 그림 3 - 22와 같이 鉄筋이 配置 되어있는 位置 表面에 發生하는 龜裂으로서 鉄筋의 配筋位置에 따라서 바둑판 눈목과 같이 發生하는 龜裂이다. 이것을 沈降性 龜裂이라 한다. 그림 3 - 23는 콘크리트의 乾燥收縮에 의한 龜裂로서 슬래브의 long span과 直角方向으로 들어가는 境遇가 많으며 이것을 縱方向 또는 橫方向 龜裂이라 稱한다. 構造設計時에 슬래브 周邊에 있는 보에 의한 拘束이 클 境遇에는 그림 3 - 24과 같이 마루 隅角部에 斜方向으로 收縮 龜裂이 發生한다. 이와 같은 現象은 建物の 兩端部 隅角部에서 顯著하게 나타난다. 그리고 그림 3 - 25와 같이 슬래브 上面 周邊에 들어가는 龜裂은 슬래브의 처짐이 原因이 되는 境遇가 많으며 슬래브 下面 中央部에도 휨 龜裂을 同伴하는것이 普通이다. 常時荷重으로 不同沈下가 일어나는 것은 地耐力의 設定, 말뚝의 耐力等を 包含한 基礎 構造의 設計할 때에 起因하는 境遇가 많다. 그림 3 - 26는 한쪽 複道를 가진 學校나 아파트에서 흔히 볼수 있는 例로서 壁體에 作用하는 軸方向力의 支持方法을 기둥 아래에 있는 基礎만으로 負擔시키기 때문에 中央部에 沈下를 일으키고 그림에서와 같이 定性的인 傾向을 가진 龜裂이 壁體나 보에 發生하는 例이다. 特히 軟弱地盤에서 말뚝으로 支持할 境遇에는 注意를 要한다.

3) 壁體의 境遇

建築物 外壁에 흔히 볼수있는 龜裂로서 그림 3 - 27와 같이 開口部의 모퉁이에서 發生하여 全體的으로 보면 逆八字形을 이루고 있다. 이들 龜裂은 建物の 아래 層일수록, 또한 兩端附近으로 갈수록 龜裂幅이 커져있다. 이 原因으로는 夏節에 施工한 境遇에 많고, 普通 施工後 約 半年쯤 되면 보이기 始作한다. 이것은 建物の 上層과 下層의 콘크리트의 乾燥收縮의 差로 因하여 생기는데, 建物の 下層은 地盤의 拘束으로 因하여 乾燥收縮이 적게 생기고 上層은 自由狀態이므로 큰 乾燥收縮이 생겨서 그림과 같이 建物の 上層이 相對的으로 짧아지기 때문이다. 이와같은 龜裂을 逆八字形 龜裂이라 한다. 그리고 그림 3 - 28와 같이 建物の 層數가 比較的 높은 境遇에는 上層部分은 地中面이 直射日光으로 因한 溫度膨脹으로 八字形 龜裂이 생기고, 下層은 乾燥收縮으로 因하여 逆八字形 龜裂이 發生한 例이다. 이와같은 現象은 四季節 溫度變化에 同伴하여 溫度上昇할 때 일어난다. 그리고 逆八字形 및 八字形의 原因이 重複되는 開口部에서는 X字形 龜裂을 볼 수 있다. 다음 그림 3 - 29는 不同沈下가 原因이 되었을 경우 흔히 볼 수 있다. 一般的으로 土壤의 圧密이 均一할 때 地中應力分布는 建物の 中央附近에서 應力이 겹치기 때문에 建物の 中央部가 沈下하여 八字形 龜裂을 形成하고 이것을 部分的 八字形 龜裂이라 한다. 그림 3 - 30는 土層이 미끄러져서 建物 端部の 地盤이 沈下하였을 境遇로서 沈下한 方向으로 傾斜지게 龜裂이 생긴다. 萬一 좁

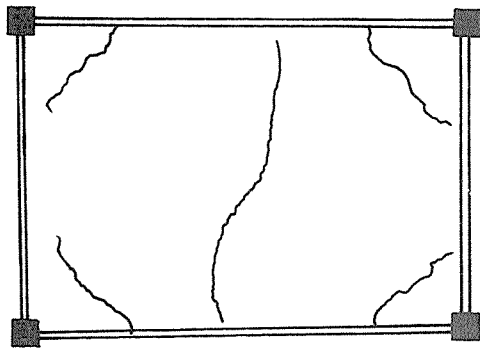


그림 3 - 24

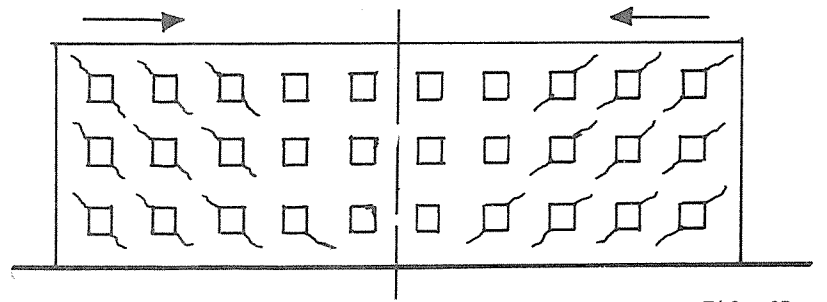
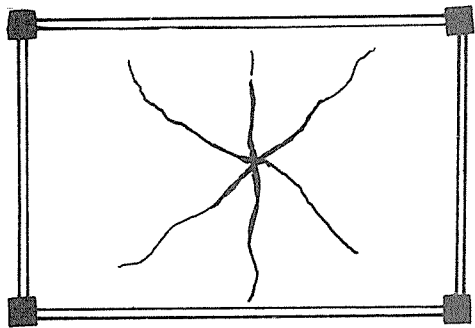


그림 3 - 27



슬래브下面

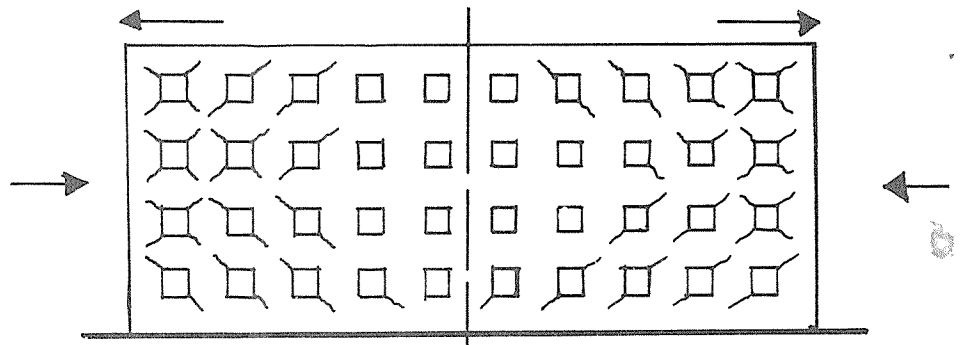
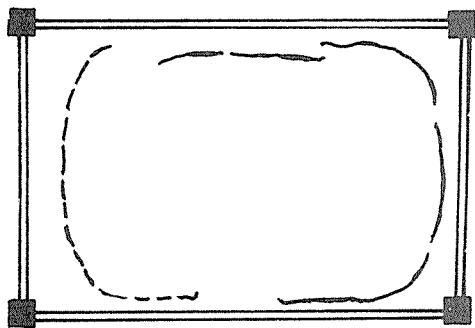


그림 3 - 28



슬래브上面

그림 3 - 25

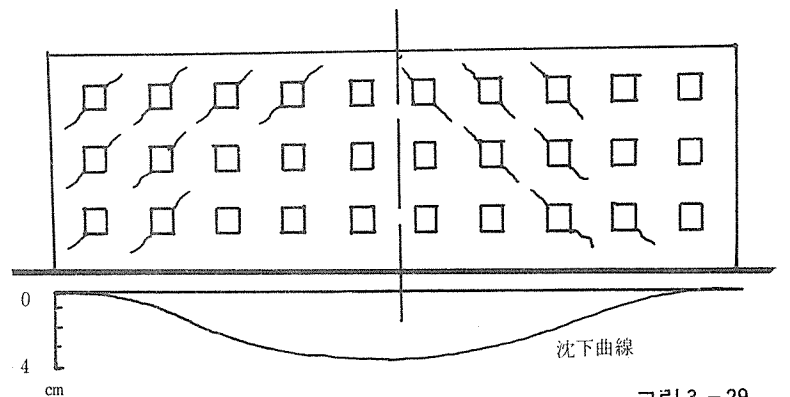


그림 3 - 29

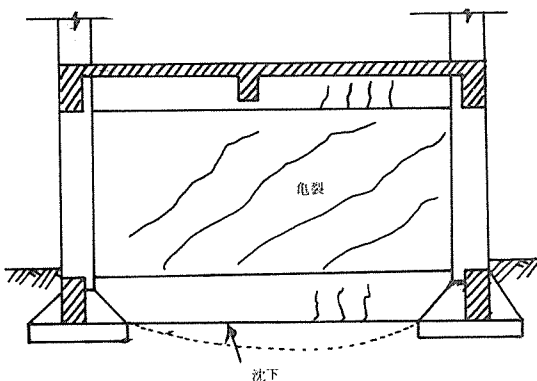


그림 3 - 26

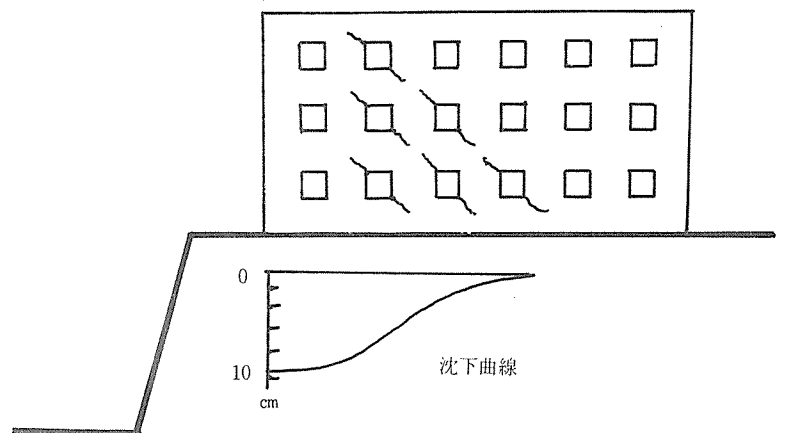


그림 3 - 30

은 地域에 높은 建物을 세 워므로 因하여 地耐力이 모자라
서, 土壤粒子가 破壞되어 그 附近의 地盤이 솟아 올라왔
을때에는 솟아오른 部分과 反對쪽으로 傾斜진 龜裂이 일
어난다. 이와같은 龜裂을 部分的 斜方向 龜裂이라 한다.
大韓建築士協會誌通卷第108号

[4] 最近 美国의 鉄筋콘크리트 構造物의 動向

(1) 一般事項

美国鉄筋콘크리트 建築物의 傾向을 살펴보면

어느 都市에서도 30層以下의 中低層 建物에서는 主로

鉄筋콘크리트 構造物로 建設하는 傾向이 있으며, 鉄骨構造일 境遇라도 主体는 鋼構造이고, 外周壁은 precast concrete 또는 現場 打設 無染板으로 되어있다. 東洋에서는 Structural concrete 인데 尙하여 美国 캐나다 等에서는 architectural concrete 를 自由로히 使用하고 있다.

(2) 架構方式

東洋에서는 主로 보와 기둥으로 이루어진 라-멘方式의 建物이 많으나, 美国의 主要都市에서는 거의 없으며, 다음과 같은 特徵인 建物形式이 많다.

(1) 無染板 構造 및 이에 類似한 方式이 대단히 많으며, 駐車 建物과 一般建物에 많이 利用된다. 그 形式은 Capital이 있는 경우와 없는 경우가 있다. 또한 變高 슬래브의 경우 및 一方向만 보가 지나가는 때도, 잘 볼 수 있다.

(2) 水平力은 bearing wall로 處理하고, 기둥은 鉛直荷重만을 받은 部材로서 設計하는 경우가 많다. 다만 建物の 外周 기둥과, 보에 의한 라-멘 架構 또는 기둥과 無染板에 의한 라-멘 架構 등의 例도 있다.

(3) 마루는 waffle plate, joist slab, 格子보 등의 形式도 많이 쓰인다.

(3) precast 部材의 利用

precast 部材의 利用度는 높고 다음과 같은 傾向이 있다.

(1) precast 工場에서 現場까지의 運搬範圍는 半径 320km이며, 70ton 程度의 重量部材도 運搬 容易하다.

(2) 建築用 部材로서 curtain wall 部材 以外에도 마루部材用 Spancrete, Spiroll, dynaspan, joist beam, Single T beam 등을 많이 使用되고, 또한 prefabrication 住宅用 部材로서 比較的 多量 生産하고 있다.

(3) 部材 相互의 joint 方法은 比較的 單純한 것으로서 学会에서 그에 尙한 詳細한 basic information이 주어지고 있다.

(4) 工場에 있어서의 콘크리트의 養生에는 經濟性을 考慮하여 steam보다는 電熱을 利用하는 경우가 더 많다.

(5) 거푸집은 木製 및 金屬製 以外에도 콘크리트로 만든 경우가 予想外로 많다.

(6) 現場打設의 경우라도 一般的으로 高強度 콘크리트를 使用하는 傾向이 있으므로 이에 따라 slump도 적기 때문에 콘크리트 打設에는 pump를 그다지 쓰여지지 않는다. 養生에 尙하여서는 그 地方의 寒冷程度에 따라 適當한 処置를 한다. 木製 거푸집의 境遇에는 木材의 斷熱 效果를 考慮하고 있으며, Branket 등도 保溫를 위하여 使用된다. 特히 寒冷地方의 경우에는 poly 皮膜 등으로 cover를 하고, steam 또는 gas heater로 加熱한다.

(4) 使用材料

各 材料에 關한 傾向을 나타내면

(1) 시멘트

超早強은 그다지 使用되어 있지 않으나, non shrink cement인 Chem comp cement는 各地에서 잘 使用된다. 그리고 Color Cement 使用例도 있었다.

(2) 骨材

人工 輕量骨材는 各都市에서 볼 수 있으나, 價格은 Fresh concrete인 境遇 普通 天然骨材보다 3割 程度 높아서 使用量은 都市에 따라 相異하겠으나, 普通 天然骨材 콘크리트의 使用하는 곳도 많다.

(3) 콘크리트

普通 天然骨材 콘크리트의 壓縮強度는 200~300kg/cm²인 境遇가 많으며, 鉄筋콘크리트 部材에 尙하여서는 400~500kg/cm²인 것이 使用된다. slump는 10cm인 것이 大部分이고, 12~13cm인 곳도 있다. 輕量骨材 콘크리트의 壓縮強度는 350kg/cm²인 例도 있었으나, 普通 300kg/cm² 程度가 많다. slump는 現場打設인 경우, 普通 10cm 이고 precast 部材에서는 強度 280kg/cm²의 輕量 콘크리트를 使用한 경우도 있었다.

(4) 鉄筋

SD30級의 鉄筋이 많이 쓰여졌으며, 主筋은 30~60mm인 것도 잘 使用하였다. 鉄筋의 joint는 溶接, lap joint가 많으며 coupler도 使用된다.

(5) 各 都市의 콘크리트 建築

(1) San Francisco

사진 1는 San Francisco 市内에 建設된 中國文化貿易 Center로서 地上 30層인 鉄筋 콘크리트 構造이다. Oakland 市에 있는 日本 住友銀行은 2層의 小規模이나, 一種의 Corbel이 붙은 鉄筋콘크리트 기둥과 現場打設의 post tension 方式 Prestressed Concrete Slab로 된 無染板 構造로서 사진 2와 같다. 사진 3의 Hart fort Plaza Building(地上 34層)이나, 사진 4의 Embacadero Center Building과 같이 主体는 鉄骨構造이고, 外周는 Curtain wall로서의 precast concrete 部材를 使用한 建物이 많다. 또한 Hart ford plaza Building의 건너편에는 사진 5의 52層(市内 最高層)의 Bank of America의 莊重의 모습이 있으며 鉄骨構造이다.

(2) Chicago

Chicago는 콘크리트 都市인 印象을 주는 곳이다. 鉄筋 콘크리트 構造로서 世界 最高를 자랑하는 높이 20m인 Lake point Tower가 Michigan 湖畔에 솟아 있고, 超高層 Building이 亂立되어 있는 市内建物の 80~90%는 콘크리트造이다. 効外에는 콘크리트에 關한 研究로 有名한 PCA 研究所 및 Illinois 大學이 있다. 이 都市의 玄關인 O'hare 空港은 Precast 構造로 된 駐車場 Building이 建設되었다. 그림 4-1는 C.F. Murphy & Ass.의 設計인 地下 2層, 地上 3層이다. 기둥은 鉄筋 콘크리트이며, 보는 BBRV 工法에 의한 現場打設의 Prestressed Concrete 部材이다. 基礎는 一種의 베노트 工法에 의한

現場打設의 鐵筋콘크리트 기둥으로서 그 直徑은 1.8m, 樑
 파낸 깊이 約18m, 그 下端部는 底面 直徑 5.4m으로 擴大
 된 円錐狀으로 되어있다. 工期는 2年 6個月이다.

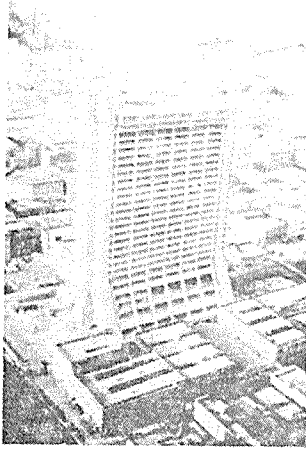


그림 1

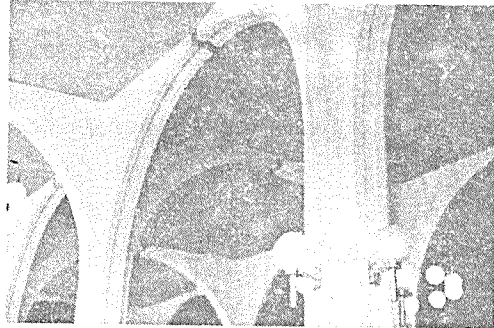


그림 2

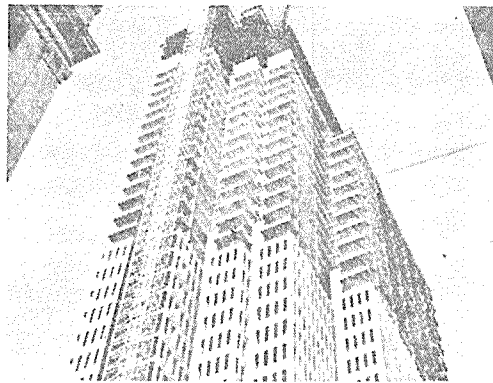


그림 4

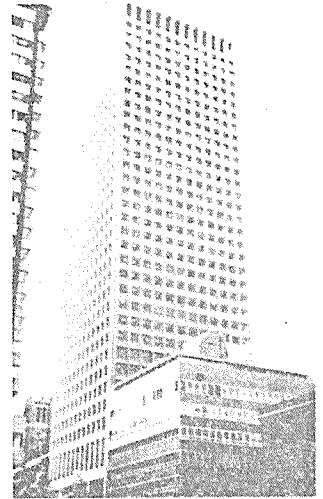


그림 3

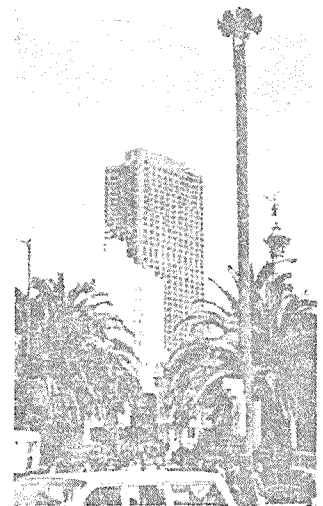


그림 5

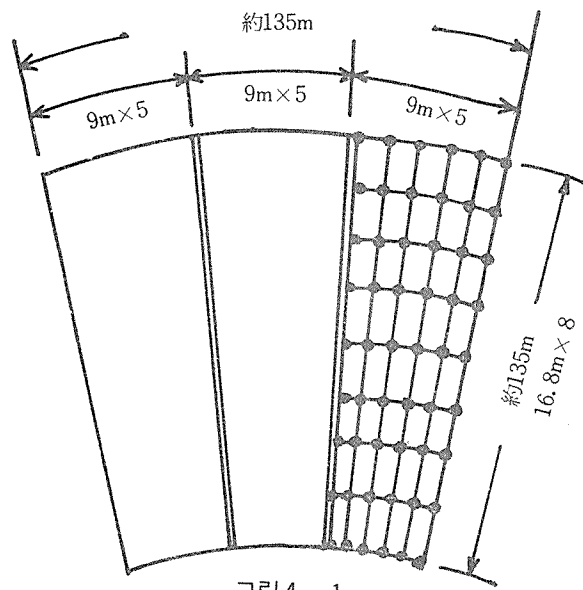


그림 4-1

(서울工大 教授)