

火害를 입은 構造物의 檢査, 診斷 및 補修對策

鄭 日 榮

(서울대학교 工科大学教授)

1. 序 論

鐵筋콘크리트 構造物과 火災로 因하여 損傷을 입었을 境遇, 그 建物を 헐어버리고 再建하느냐, 또는 補修하여 다시 使用하는가의 判斷는 火害程度, 安全性, 耐久性 및 經濟性에 따라 決定하여야 한다. 그리고 火害調査와 順序는 먼저 肉眠으로 觀察하여 比較的 簡單한 檢査를 하여 全体的인 火害를 把握한 後 火害를 크게 받아 構造耐力上, 支障이 있는 部分에 對해서는 火災溫度가 어느程度이며, 어느程度 水熱을 받고, 強度가 어느程度 低下되었는지를 推定하거나 試驗을 하는 등 詳細한 檢査를 하고, 構造物의 安全性 與否를 判定하는 方法과 診斷를 하며 이에 對한 補修對策를 記述하고자 한다.

2. 火害調査 및 觀察

肉眠으로 觀察 또는 簡單한 器具에 의하여 火災範圍內의 主要部材, 마감材料等에 對한 火害狀態를 調査한다. 現場 觀察結果를 그 構造物의 平面圖, 立面圖, 天障伏圖等에 記錄하여두는데, 主要한 觀察事項으로는 다음과 같다.

(1) 콘크리트의 龜裂, 破斷 및 浮刻

콘크리트가 받게 될 火害의 代表的인 것으로는 龜裂, 爆裂, 浮刻 등은 火害時 생기는 콘크리트의 表層과 深層의 溫度差로 因한 表層部分의 熱膨張이 原因이 된다. 假令 龜裂인 경우에는 대단히 微細한 것에서 龜裂幅이 數mm에 達하는 것까지 있으며, 그 깊이는 콘크리트 表面에서 鐵筋에 이르기까지의 큰것도 있다. 火災로 因한 콘크리트 龜裂, 爆裂 및 浮刻에 關한 調査順序로는 첫째 龜裂이 發生한 位置, 幅 및 길이 등을 圖面에 記入한다. 龜裂幅의 測定은 crack scale 이나, micro meter에 의하여 測定하면 된다. 다음에 火災로 因한 콘크리트의 爆裂은 그 一部分가 剝落하는 現象으로서, 콘크리트 構造體의 表面 가까이 있는 骨材部分이 剝落된 程度에서 鐵筋까지 露出되는 등, 때로는 바닥 slab와 같이 얇은 部材에서는 貫通된 구멍이 뚫일 境遇도 있다. 콘크리트 爆裂現象이 發生하였을 때에는 그 面積, 길이를 測定하여 記錄한다. 콘크리트 表面에 눈에 띄울程度 顯著한 龜裂이나, 爆裂現象이

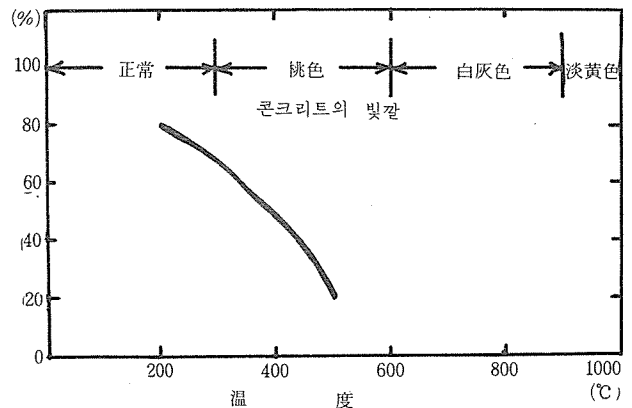
일어나지 않아도 内部에 剝離性 龜裂이 들어가서 그 部分이 뜨이게 되는수가 있다. 이와같은 境遇에는 Hammer로 콘크리트 表面을 가볍게 두들겨보면 健全한 部分에 比較하여 反撥하는 느낌이 弱하고, 또한 속이 비어있는 소리로서 確認할 수 있다.

(2) 鐵筋의 露出·座屈

콘크리트의 爆裂이나 破砕 등으로 因하여 補強筋이나 主筋이 露出되는 수가 있다. 이와같이 鐵筋이 콘크리트와 的 附着性을 잃은 同時에 水熱을 直接 받기때문에 그 物性이 대단히 劣化될 可能性이 있다. 또한 熱應力에 의하여 壓縮力을 받은 主筋이 局部 座屈을 일으키는 수가 있다. 따라서 各 部材에 對한 鐵筋露出面積을 測定하는 同時에 鐵筋狀態를 觀察하여야 한다.

(3) 콘크리트의 着色

콘크리트 表面의 빛깔, 거슬림 狀態를 觀察하므로써 콘크리트의 水害溫度와, 劣化程度를 大概 推定할 수 있다. 表面이 火災로 因하여 거슬어져 있으면 콘크리트의 火害溫度는 그다지 높지않고, 桃色을 띄우면 콘크리트는 高溫을 받고 強度나 彈性이 顯著하게 低下되어 있다고 생각된다.(그림 1)은 콘크리트의 빛깔, 火害溫度 및 殘存強度 등의 相互關係를 表示하였다.



(그림 1) 加熱後 콘크리트의 強度와 빛깔

(4) 部材의 變形, 破壞

火害溫度가 높아지면 보나, 바닥slab는 強度, 彈性의

低下로 因하여 主筋이 降伏하고 變形을 일으켜서 휨 破壞을 誘發하게 된다. 또한 熱膨脹에 의한 보의 밀어나옴이 생기면 기둥에 剪斷破壞을 일으킨다. 이와같은 部材의 變形이나 破壞는 火害가운데서도 가장 重大視되기 때문에 特別히 注意하여 觀察하여야 한다. 이와같은 簡單한 推定方法은 여러가지 有力한 資料를 얻을수 있으며, 다음에 記述할 詳細한 檢査를 施行하는데 있어서 대단히 重要한 參考資料가 될것으로 思料된다.

3. 火害의 詳細한 推定

3.1 火災荷重의 算出

火災 繼續時間, 受熱溫度의 推定에 參考가 되기 때문에 建物管理者와 使用者에서 火災에 關한 情報를 얻어야 된다. 實際로 可燃物量은 可燃物의 發熱量으로 바꾸어지기 때문에, 이것을 바탕으로 한 Fire load를 생각하여야 한다. 材料의 發熱量은 種類에 따라 다르며, 木質系 材料에서는 4,000~4,500 Kcal/kg程度, Polyethelen 등의 Plastic材料나, Gasoline 등에서 基準材料로서, 木材를 對象으로하여 各種 可燃物量을 이것과 같은 發熱量인 木材의 重量으로 나타내고 單位 바닥面積當의 等價 木材重量을 火災荷重으로하여 다음式에서 算定한다.

$$w : \sum (G_i \cdot H_i) / H_o \cdot A$$

다만 w : 火災荷重 (kg/m²)

G_i : 可燃重量 (kg)

H_i : 可燃物의 單位發熱量 (kcal/kg)

H_o : 木材의 單位發熱量 (kcal/kg)

約 4,500kcal/kg

A : 火災區剛의 바닥面積 (m²)

可燃物에는 바닥材料, 마감材料等 設計時에 決定되는 固定可燃物과 家具, 書類等의 積載可燃物이 있기 때문에 算出하는데 대단히 困難한 境遇가 있다. 기둥, 보의 立面 및 天障伏圖에 龜袋, 爆袋, 座屈等의 狀態를 길이, 幅, 面積別로 測定記錄하며, 場所別로 水害程度를 3~4等級으로 나누어 記号로서 記錄하여 둔다.

3.2 水害溫度 推定

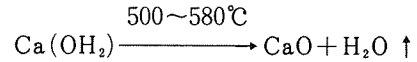
水害溫度의 推定은 콘크리트의 各種 分析을 하므로써 얻을수 있지만 같은 建物內에 있는 金屬材料, 유리, 石膏 Board 등의 마감材料의 熔融狀態에서도 間接으로 推定할 수 있다. 그러나 한가지 材料만으로 水害溫度를 推定하는 것은 危險스러운 일이다.

3.3 콘크리트에서의 推定

(1) 中性化 깊이

콘크리트의 中性化 깊이는 몰탈이나 Plaster 등 마감材의 두께나 品質에 따라서 크게 左右되므로 中性化의 값을

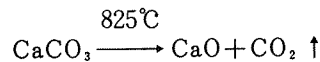
가지고 水害溫度를 正確히 推定한다는 것은 힘든 일이겠으나, 定性的으로 알수는 있으며, 다음과 같은 化學反應에서의 推定은 可能하다. 無水 알콜溶液을 使用하여 赤色이 물들지 않은 部分(CaO의 存在)와 물드는 部分(CaCO₃의 存在)를 調查하여 적어도 赤色이 물드는 部分은 적어도 500°C 以下인것을 推定할 수 있다.



또한 靛靑 푸라렌에 의한 發色은 콘크리트속에 水分이 包含되지 않은 境遇에는 發色하기 힘들지만, 普通 水災現場에서는 消火하기 위하여 注水하기 때문에 冷却後 에도 空氣中の 水分 또는 注水로 因하여 吸水하고 있기 때문에 中性化 調査에는 問題視되지 않는다. 火災를 입은 콘크리트의 中性化를 調査하는 것은 火害度를 알기 위한 것이 目的이므로 그 建物을 세워서 一定한 期間이 經過하므로 생긴 自然 風化에 의한 中性化 깊이를 알아야 할 必要가 있다. 따라서 火災를 입지않은 部分 또는 比較的 火害程度가 적은部分의 콘크리트를 찾아내어서, 이들 가운데 數個所를 對象으로 中性化 깊이를 測定할 必要가 있다. 被害部分의 콘크리트의 core를 따내어서 断面에 靛靑푸라렌의 에틸 알콜溶液 1%를 散布하여 재빨리 着色되는 部分의 깊이를 測定하데 한 部材에 對하여 上, 中, 下部等 적어도 4面 數個所를 測定하면 좋다.

(2) 炭酸가스量

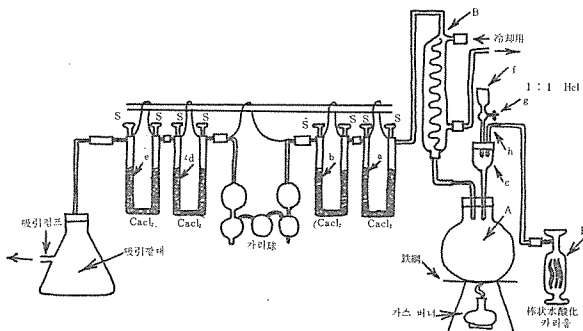
中性化한 部分은, 火災에 의하여 加熱되어 CO₂가 放出되지 않는限, 普通 몰탈에 對해서는 15%程度의 CO₂量이 存在하게 된다. 中性化된 部分의 CO₂量을 定量 分析하여, CaCO₃가 加熱로 因하여 CO₂를 放出하였는지에 與否에 따라 火害溫度가 推定되는데, 몰탈에 對하여 15%以下이면 火害를 입은것이 되고, 全혀 CO₂가 없으면 다음式에 따라서 적어도 825°C 인 火害溫度를 받은것이 된다.



炭酸가스의 分析은 (1)에서 中性化 깊이를 測定한 같은 場所에서 靛靑푸라렌溶液이 작용되지 않은 部分을 炭酸가스測定試料로서 採取하며 비닐 봉지에 넣어 分析에 使用될때까지 密封하여 두었다가 分析時에 60~120mesh에 粉碎하여 使用한다. (이때 자갈部分은 除去하고 시멘트와 모래만으로 分析하고 미리 酸化칼슘量을 定量하여, 시멘트量을 算出하여 둔다.) 炭酸가스量의 定量方法은 (그림 2)에 表示된 定量裝置에 의하여 施行한다. 미리 重量을 測定하여둔 가리球(C)를 氣密히 接續한 後에 分解푸라스크(A)를 使用하여 試料 約 1gr를 正確히 넣고 끓은 물 25~40cc를 添加하여 試料를 젖히는 同時에 푸라

스크벽에 붙은 試料를 떨어뜨린다. 다음에 콕크 (S) 를 열어 (h), (g) 를 닫고 点滴노과 (f) 속에 15~25cc 인 鹽酸(1:1)를 넣은後, 操心스럽게 콕크(g)를 使用 하여 鹽酸을 흘러내린后, 곧 콕크 (S)를 닫는다. 잠시后 콕크(h)를 열면 (A)속이 多少 減圧되어 球狀의 노과(C)의 上部分에서 거품이 나온다. 이런 現象이 緩慢하게 될 때 裝置 前部分에서 棼棼히 吸引을 한다. 1~2分 後에 操心스럽게 콕크(S)를 열고 全裝置를 通하여 炭酸가스를 包含하지 않은 空氣를 通過시키는데, 다만 그 速度가 가리球를 1秒間에 約 2個의 거품을 呑할 수 있는程度로 한다. 이와같이 하여 約 20以上의 空氣를 通過시킨後 吸引을 中止하고 콕크 (S) 및 (h)를 닫고, 가리球를 풀어서 그 兩端을 유리봉이 붙은 고무管으로 막고 脱水기(Desiccator)속에서 30分間 放置한後에 測定한다. (가리球에는 水酸化카리움溶液 1:1인 適量을 넣는다)

$$CO_2(\%) = \frac{\text{增量 (gr)}}{\text{試料 (gr)}} \times 100$$



(그림 2) 炭酸가스定量裝置

(3) 炭酸가스 再吸收量

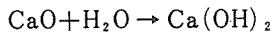
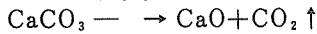
實驗的으로 1:2 시멘트 몰탈을 各溫度에서 加熱燒成하여 얻은 結果를 利用하는 것이다. 이것은 다음에 表示된 過程을 거쳐서 CaCO₃가 되는것을 利用하는 것으로서, 火災溫度의 推定이 可能하다.

500~580°C

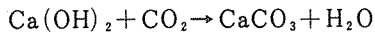


가 데고 다시 되고

825°C

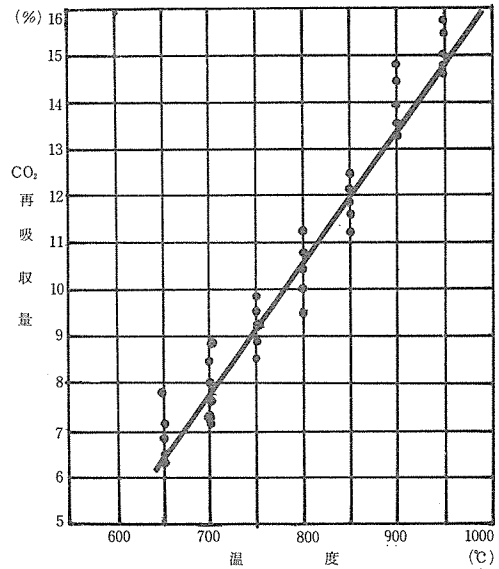


를 거쳐서



實驗結果에서 얻은 加熱溫度와 CO₂再吸收量과의 關係는(그림 3)과 같고, 거의 直線의이다. 그리고(표 1)은 4件의 火災事例를 調査한 結果를 나타낸것으로서 事例㉠은 地下2層、地上7層이며 火災源은 地下1層、事例㉡은 建築中에 일어난 火災로서 斷熱材「포리스티렌」이 燃燒하였고, 콘크리트 거푸집이 若干 燒失하였다. 事例㉢은 地下3層、地上 8層으로서 火災源은 1層 附近으로서 5層까지 燒失하였다. 火災 繼續時間은 約 4時間으로

서 4層이 特히 火害를 크게 입었다. 또한 이 建物은 事例㉠과 事例㉡과는 달리 鐵骨鉄筋콘크리트造로서 増築을 하기 위하여 4期로 나누어 施工되었다. 事例㉢은 地下 1層, 地上 1層인 製品倉庫로서 約 7時間 延燒되었고 貯藏된 可燃物인 発泡 포리에지렌, 나이론 등이 燒失되었다. 炭酸가스 再吸收量 測定試料는 (2)인 境遇와 같이 試料를 採取하였다. 炭酸가스 再吸收量의 測定은 靑靑푸타렌溶液으로서 着色되지 않은 部分에 對하여 施行되었다.



(그림 3) 加熱溫度와 炭酸가스 再吸收量

(표 1) 火害를 입은 RC建物の 調査結果와 推定受熱溫의 一例

火災事例	試料番号	中性化 깊이 (mm)	炭酸가스 量 (%)	炭酸가스 再吸收量 (%)	炭酸가스 再吸收量에서 推定受熱溫度 (°C)
㉠	1	5	1.0	8.6	700
	2	15	2.4	11.3	850
	3	15	5.4	10.9	830
	4	5	6.2	7.3	680
	5	25	4.2	13.4	930
	6	25	1.3	12.9	900
㉡	7	17	0.2	13.1	910
	8	10	1.7	10.0	780
	9	3	0.5	9.5	770
	10	10	0.3	9.8	780
	11	4	0.6	9.5	770
㉢	12	1	9.8	8.0	700
	13	5	0.7	7.1	670
	14	10	9.7	7.6	690
	15	10	4.0	11.6	850
	16	50	0.3	13.6	900
	17	3	12.8	8.9	750
㉣	18	14	3.96	7.4	670
	19	80	0.55	12.8	900
	20	40	12.49	0.15	550
	21	80	0.24	11.2	830
	22	48	0.96	12.7	900

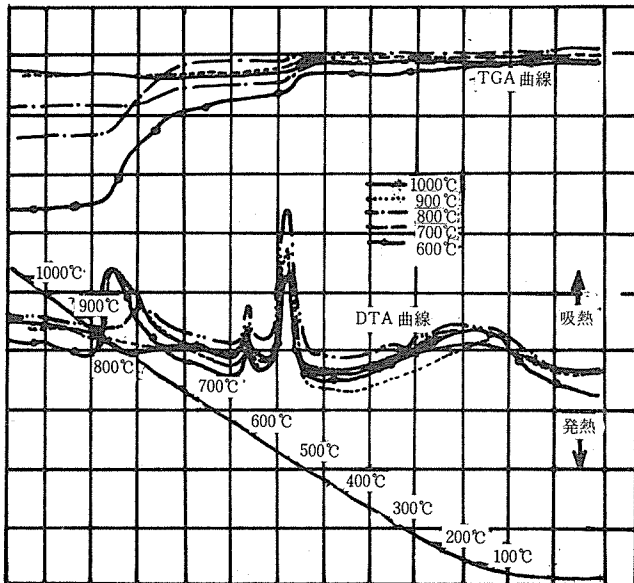
試料表面에서 5~10mm間隔마다의 試料를 取하여 炭酸가스量 및 炭酸가스 再吸收量의 分析을 할 必要가 있다. 이것은 火害콘크리트의 表面에서 몇cm 깊이가 몇℃로 되었는지를 觀察하여 들 必要가 있다. 特히 鉄筋 附近까지 中性化되어있(은) 境遇에는 鉄筋이 몇도로 되어있었는지를 推定할 必要가 있기때문이다. 炭酸가스의 再吸收은 施行하는 境遇, 上記 表面에서의 깊이별로 試料를 提供한다. 再吸收시키는 境遇, 化學反應을 일으키게 되므로 反應速度는 濃度 또는 溫度等에 의하여 相異하다. 時間的인 余裕가 없는 境遇에는 35~40℃인 炭酸가스 속에서 促進시키는 方法을 取한다.

(4) X線 回析

火災를 입은 콘크리트를 X線 回析하여 火害溫度를 推定하는 方法이다. $Ca(OH)_2$ 및 $CaCO_3$ 의 存在로서 定性的인 濃度를 推定할 수 있으나, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$ 가 定量的으로 나타나지 않으므로 明確하게 把握하기는 어렵다. 그러나 石膏Board의 境遇에는 有利하다.

(5) 示差熱 天秤分析

콘크리트를 加熱하면 約 100℃에서는 自由水, 約500℃에서는 結晶水, 約 800℃에서는 CO_2 를 各各 放出한다. 이와같은 變化는 示差熱 天秤分析에 의하여 重量減少, 吸熱 또는 發熱反應으로 定性 및 定量的인 調査를 할 수 있다.



(그림 4) 溫度別加熱試料의 示差熱天秤分析結果

(그림 4)는 1:2 시멘트 몰탈을 600~1,000℃의 各溫度別로 燒成한것을 試料로 하여 示差熱 天秤分析을 하여 얻은 結果를 나타낸 示差熱曲線(DTA曲線)과 熱重量曲線(TGA曲線)을 表示한것이다. 實際로 火害를 입은 콘크리트를 示差熱 天秤分析을 하고 그 結果를(그림 4)에서의 資料와 比較檢討하면 그 콘크리트의 火害溫度를 推定할 수 있다.

3. 4 콘크리트 以外的 材料에서의 推定

콘크리트以外的 材料를 마감에 使用되는 石膏Board, 石綿Slate, 펄프 시멘트板等의 熱分解나, 유리, 金屬類의 熔融狀態를 推定하는데 利用된다. 木材의 境遇에는 着火溫度가 260℃附近이므로 눈으로 觀察할 수 있으나, 石膏Board의 境遇에는 X線 回析, 示差熱 分析으로 石膏의 形態를 調査하면 된다. 石膏Slate의 境遇에는 種類에 따라 다르지만 石綿Slate가운데서 石綿은 600℃에서 熱分解하므로 極도로 強度가 低下된다. 시멘트의 境遇는 콘크리트의 境遇와 같다. 또한 火害를 입은것과 입지 않은것의 熱伸縮을 測定하여도 定性的으로 予想된다. 金屬, 유리等의 境遇에는 그 種類, 두께等에 따른 熔融狀態나 熔融溫度가 다르므로 推定할 수 있다.

- 1) 木材...260℃에서 着火(마감材, 家具, 建具等)
- 2) 유리...600℃附近에서 熔融(窓, 산테리아, 食器等)
- 3) 鉛...327℃에서 熔融(프우스, 납땜部分)
- 4) 亜鉛...419℃에서 熔融(亜鉛鐵板等 맥기)
- 5) 알루미늄...659℃에서 熔融(食器, 샷시, 도아等)
- 6) 銅...1083℃에서 熔融(電線, 장식물)
- 7) 鉄...1535℃에서 熔融(duct鐵板, 도아, 못等)

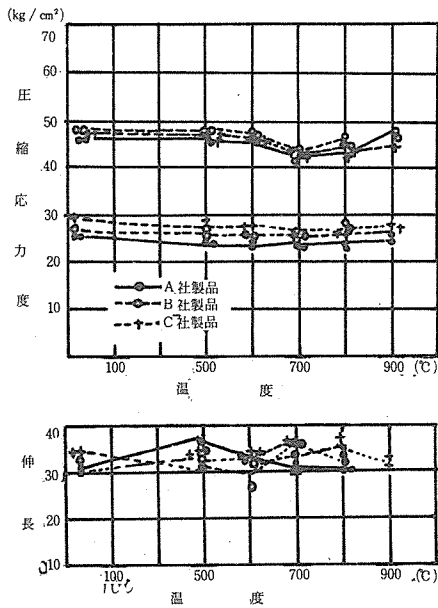
4. 耐力 診斷法

4. 1 材料試驗

材料試驗에는 Schmidt hammer, 超音波 試驗器를 使用하여 現場에서 簡單하게 施行하는 非破壞試驗과 콘크리트 core等 供試體를 따내어서, 이것을 實驗室에서 試驗하는 方法이다. 콘크리트의 壓縮強度를 가장 簡單하게 알수있는 方法으로 Schmidt hammer를 콘크리트 表面을 打擊하여 反撓硬度를 求하고, 미리 求하여두었던 反撓硬度和 壓縮強度와의 關係에서 打擊한 콘크리트의 強度를 推定할 수 있다. 콘크리트表面狀態는 反撓硬度 測定值에 크게 影響을 준다. 火害를 입은 콘크리트는 表面劣化가 顯著하므로 特히 注意하여야 한다. 몰탈이나 plaster等 마감은 完全히 除去되고 龜裂이나, 浮剝된部分이나, 爆裂面, 기둥이나 보의 隅角部等의 打擊을 避하고, 平滑한 平面部를 골운다. 測定面은 잘 갈고 碎粉을 除去한다.

超音波試驗은 小形이며 可搬式 試驗器로서 開發되어 現場에서 簡單히 施行하게 된다. 이 方法은 콘크리트속 에 傳播된 超音波펄스速度를 測定하고 그 값에서 強度, 彈性, 龜裂, 其他 欠陷의 有無等을 調査하는 것이다. 이 方法에는 彈性係數를 推定하는 것은 比較的 簡單하지만 超音波펄스速度가, 콘크리트의 配合, 材令, 骨材의 種類나, 크기等에 影響되므로 強度推定은 대단히 複雜하다. 強度推定을 하기위해서는 콘크리트 core에 의한 破壞試驗과의 比較 data가 必要하게 된다. 比較試驗을 하지 않

고 강도를推定하는方法으로는 Schmidt hammer 試驗과 超音波試驗의 結果를 組合하여 推定하는方法이 提案되고 있다. 非破壞試驗에 의한 推定值를 絶對視하는것은 避할일이다. 重點의으로는 콘크리트 core를 採取하여 強度試驗을 하는것이 좋다. 그러나 非破壞試驗을 火害를 입은 部分과 입지않은 部分에 關하여 施行하고, 兩者의 結果를 比較하면 定性的으로 火害度를 알수있다. 鉄筋의 強度는 加熱后 거의 回復되기 때문에 콘크리트와 같이 材料試驗을 할 必要는 없으나, 必要한 境遇에는 切取하여 引張試驗을 하면된다. 그리고 콘크리트 強度는 500°C에서約 20%程度라는 報告가 있으며 火災事例㉔의 境遇, 火害가 甚한 場所에서는 普通 1/6~1/2程度로 低下하고 있다.



(그림 5) SS41 鉄筋의 加熱後의 強度

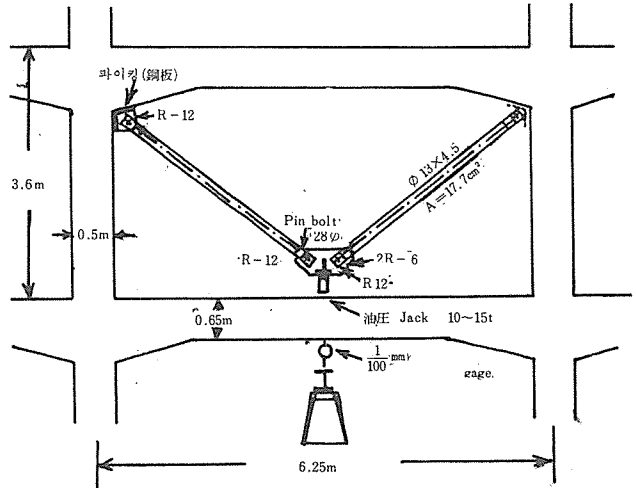
鉄筋強度는 앞서서도 言及하듯이 加熱後 低下된다는것은 SS41을 例로 들어본(그림 5)에서와 같이 冷却後에는 거의 強度의 低下를 볼수없다는 것을 알수있다.

4. 2 載荷試驗

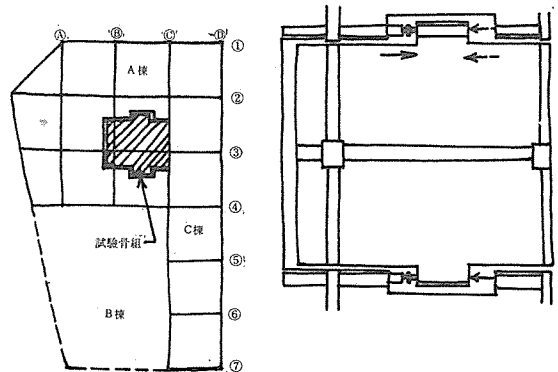
載荷試驗은 바닥 슬랩이나, 보의 鉛直荷重에 對한 耐力를 調査하는 第1方法으로는 시멘트 포대나, 노래 포대等を 使用하여 設計 長期荷重의 分布狀態에 따라서 4 時間 載荷하였을때의 最大처짐과 荷重除去 1 時間后의 殘留처짐을 求한다. 다음 第2方法은(그림 6)에 表示한 바와 같이 보 中央部에 oil Jack를 使用하여 設計 積載荷重의 2 倍를 載荷하는데, 予定荷重에 到達하면 곧 荷重을 降下시키고 中央部の 最大처짐과 殘留처짐을 載荷 또는 除載後 곧 1/100mmdial gage로 測定한다. 殘留처짐率은 前者의 경우에는 15%, 后者의 경우는 10%를 超過할 경우에는 그部材를 補強할 必要가 있다.

$$\text{殘留처짐率} = \frac{\text{殘留처짐}}{\text{最大처짐}} \times 100 (\%)$$

載荷方法은 (그림 6)에서와 같이 윗層의 보가 破害를 받고있는 경우에는 Jack의 反力을 윗層 보中央部에 걸칠 수 없기 때문에 (그림 6)와 같은 加力方法을 採択하면된다. 그結果 火害가 顯著한 部分에서는 殘留처짐이 10~15%, 境遇에 따라서는 20%를 넘은때도 있다. 水平荷重의 경우에는 構造物 全体를 加力하는 方法과 큰 構造物의 一部를 切斷하여, 元 構造物을 反力으로 水平力을 加하는 (그림 7)과 같은 試驗方法이 있다.



(그림 6) 보載荷試驗



(그림 7) 水平加力試驗例

5. 總合 判定法

觀察에 의한 火害調査, 火害溫度 推定및 非破壞試驗을 施行한 結果를 檢討하고, 重要한 곳에서는 콘크리트 core, 鉄筋의 強度試驗및 載荷試驗을 한다. 그리고 以上의 資料를 總合하여 各部材나 構造物 全体의 火害度를 判定한다. 이와같은 火害度에 따라 補修方法을 選定하거

나, 再建하는 措置를 決定하게 된다. (표 2)는 火害度 等級을 나타낸 것이다. 一般的으로 火害度가 4 級 程度의 部材가 構造物 全体에 많은 경우에는 補修再使用은 安全性이나 經濟性이라는 点에서 問題가 있으며, 建物を 輕게되는 경우도 많다. 그러나 地層 또는 1 層이 火害를 입고 그以上層이 健全한 경우에는 輕어서 再建한다는 것은 不經濟的이다. 多小 工事費가 높게 들어도, 充分히 補修하면 全体的으로는 經濟的이다. 綜合的으로 火害度를 判定하기 위하여서는 다음과 같은 資料를 作成하여 두면 된다.

(표 2) 鐵筋콘크리트 構造의 火害度 級別

火害度	1 級	2 級	3 級	4 級
기 둥	plaster 또는 마감 이 조금 剝落된 이외의 被害는 없다 거스름과 煙氣가 附着	plaster 또는 마감 이 比較的 많이 損失, 콘크리트 表 面이 広範圍하게 micro crack 이 있 다. 콘크리트는 桃 色 또는 淡黃色, 爆裂은 적다	plaster 또는 마감 이 大部分 剝落, 콘크리트 表面은 淡黃色 鐵筋이 露 출된 局部的 爆裂 콘크리트를 두들 기면 속이 빈 소 리가 난다. (콘크 리트가 떠 있음) 主筋의 座屈은 1個	鐵筋의 重要部分이 露出되는 広範圍한 爆裂. 鐵筋의 座屈 은 1個以上 기둥 의 變形
바 닥 슬 래 브	天障의 被害는 広 範圍하지만, 몇個 의 panel이 存在 中空바닥의 被害 는 적으나 鐵筋은 콘크리트 Rib는 煙氣 또는 거스름의 附 着을 除去하면 된 다. 爆裂은 적다	中空바닥의 被害 는 크다. 鐵筋콘크 리트 Rib는 爆裂 로 작은 部分에서 鐵筋이 露出, 콘 크리트는 全体에 煙氣 또는 거스름 이 附着 鐵筋 콘크 리트의 slab는 鐵 筋積의 約 10% 이 下が 爆裂로 露出 모든 鐵筋은 콘크 리트에 附着	鐵筋콘크리트 Rib 는 広範圍하게 爆 裂하고 있으나, 鐵 筋은 一般的으로 콘크리트에 附着, 鐵筋콘크리트 slab 는 鐵筋面積의 約 10%以上이 爆裂 로 露出, 콘크리트 는 煙氣 또는 거 스름으로 덮여 있 고 桃色이며, 重 대한 처짐이 없는 경우	鐵筋콘크리트 Rib 및 鐵筋콘크리트 slab의 大部分이 鐵筋과 콘크리트 가 剝落, 처짐이 큰 경우
보	거스름 또는 煙氣 가 附着 爆裂은 적 다. 鐵筋의 露出 은 거의 없다.	主筋을 露出시키 는 隅角部에 沿하 여 큰 爆裂(隅角 部の 鐵筋의 外表 面) 表面의 mi cro crack, 下部의 被覆 콘크리트를 두 들기면 속이 빈 소 리가 난다. 콘크 리트의 색은 黑 色 또는 桃色	鐵筋을 露出시키 는 下部 또는 側面 에 큰 爆裂(鐵筋 은 一般的으로 健 全) 主筋周圍의 約 50%가 露出 主筋 의 座屈은 1個 콘 크리트 색상은 淡 黃色, 數mm幅의 龜 裂이 있다. 重大 한 처짐은 없다.	實質上 모두가 下 端 主筋을 露出시키 는 下部 또는 側面에 廣範圍하게 爆裂을 包含한 重大한 被害, 重大한 처짐 또는 數 個의 主筋이 座屈 콘크리트는 淡黃色 또는 灰色
如置 (기둥 바닥·보)	化粧, 마감	콘크리트의 補修	보다 詳細한 周查 가 丙乙級 또는 4 級인 再級別	移建 또는 再建, 또 는 콘크리트와 鐵 筋에 의한 補強

1) 기둥 보 등의 龜裂, 爆裂狀態를 等級別로 明記한 圖面으로 된 資料를 作成하여 火害建物の 火害程度를 場所別 部位別로 한눈에 볼수있게 平面圖에 整理하여 資料로서 作成하여 둔다.

2) duct, 內裝材, 貯藏物의 溶融, 燃燒狀態에서 火害程度를 等級別로 나누어서 資料로서 作成하여 둔다.

3) Schmidt hammer에 의한 強度를 等級別로 나누어 둔다.

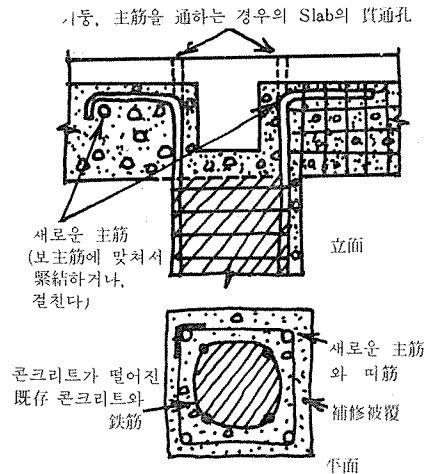
4) 中性化, CO₂量, CO₂再吸收量, X線, 示差熱等에 의한 火害溫度를 推定하고 場所別, 部位別에 따른 火害溫度를 한눈으로 볼수 있게 資料를 整理하여 둔다.

5) 觀察에 의하여 火害도가 눈에 띄게 甚한 場所, 部

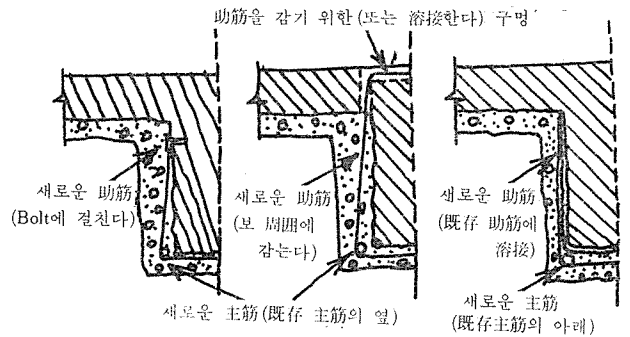
位를 明記하여 둔다. 等 資料를 綜合的으로 檢討하여 建物の 耐力上 危險하다고 推定되는 場所, 部位 또는 安全性을 確認하기 위하여 必要하다고 생각될때에는 core, 鐵筋等에 對하여 強度試驗을 하거나, 載荷試驗을 하여 設計強度, 安全率, 耐久性等을 檢討한다. 그 結果, 補修 하거나 再建하는가를 決定하면 된다.

6. 補修 對策

補修는 火害度에 따라 새로운 콘크리트에 의한 被覆이나, 鐵筋과 콘크리트에 의한 補強을 하는等 方法이 있다. 먼저 龜裂이나 爆裂이 比較的 적은 境遇에는 콘크리트를 主筋과 補強筋의 表面까지 파내어서 Shut concrete 또는 새로운 거푸집을 대어서 새로운 콘크리트를 打設한다. 龜裂이나 爆裂이 커서 콘크리트 被覆 全体가 火害를 받았을때에는 콘크리트 被覆 콘크리트를 完全히 파내어 새로운 콘크리트를 打設한다. 콘크리트를 파낼때 鐵筋을 直接 打撃하므로서 鐵筋을 損傷시키거나, 健全한 콘크리트部分과의 附着을 損傷시켜서는 않된다. 打設하는 콘크리트는 輕量콘크리트를 使用하여 固定荷重을 輕減시켜 積載荷重에 對하여 보다 安全하게 하는 效果가 있다.



(그림 8) 火害를 입은 기둥의 補強



(그림 9) 火害를 입은 보의 補強

콘크리트의 火害가 깊은곳까지 미치지거나, 보 및 바닥 slab에 큰 처짐이나, 龜裂破壞를 보이며, 熱應力에 의한 主筋의 座屈이 커서 보를 밀어내므로서, 기둥에 剪斷破壞를 일

(20페이지에 繼續)