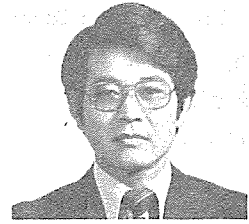


建 物 診 断

吳 昌 熙



序 言

診断이란 말은 醫師가 患者의 病勢를 여러가지 手段으로 살펴보고 異常有無와 그 原因을 찾아 判断하는 行爲를 뜻하고 故障이란 말은 어떤 機器類에 異常이 생겨 그 機能을 제대로 發揮하지 못하거나 쓰지 못할때 쓰여지는 말로서 우리 日常生活에서 흔히들 쓰여지고 있는 말이다. 그러나 建物の 診断이나 故障이란 말은 좀 생소하게 들리게 된다. 建物도 하나의 機器類와 같이 人間の 必要에 따라 人間の 손으로 만들어진 것이니만치 機能과 性能을 가진 生産物로서 大自然속에 存在하게 됨으로 人爲的이든 自然的이든 그 어떤 災害를 받게 마련이다. 또한 오랜 時間동안 使用하게 되면 異常이 생길수도 있으며 老朽되어 가게 된다. 그러므로 建築物에 있어서 寿命이란 말이 性能과 機能面으로서도 成立될수 있는 말이다. 寿命과 機能을 가지고 있는 建物인 만큼 故障이날수도 있다. 이와같이 建物の 異常如否와 그 原因, 그 狀態 그리고 그 程度를 糾明하는 行爲가 곧 建物の 診断이라 表現된다.

우리나라에서 建物診断이 시작되기는 저 有名한 大然閣호텔 火災建物에 대한 安全度를 檢討하기 위한 構造耐力의 檢討가 처음인 것으로 생각된다. 그 後 筆者로 하여금 直接 参与하여 診断한 것만도 相当한 件數에 達하고 있다. 그중에서 比較的 大規模이며 公開할 수 있는 것은 南大門市場 D棟 火災建物, 大旺코너 火災建物, 大邱東百貨店 火災建物, 保寧郡 75國民住宅 택사코社 제주도 헬리콥터 격납고 등의 安全診断과 東大門警察署 增築을 위한 既存建物 診断 등이 있으며 事情上 밝힐수 없는 內容의 것들이 相当數가 된다. 앞으로는 診断 目的이 더욱 多様한 가운데 建物診断이 要求되는 建物이 더욱 增加할 것으로 생각된다.

1. 診断目的과 그 対象

建物の 診断分野는 그 目的에 따라 여러가지로 分類되거나 一般的으로 既存建物の 構造診断이 主가되고 事實上 構造診断에 局限된다. 따라서 構造診断을 要하는 対象은 다음과 같은 경우가 가장 많다.

- ① 構造物の 老朽狀態가 顯著하여 使用上 不安한 경우.
- ② 構造物에 異常變化가 생겨 그 原因을 糾明할 必要를 느낄때.
- ③ 構造物에 火災가 發生하여 被害를 입었을때 補修하여 再使用 하고저 할때.
- ④ 自然的인 災害로 因하여 構造的인 不安을 느껴 損傷程度를 알고저 할때.
- ⑤ 用途變更과 機能改善을 위하여 内部構造變更의 適合性을 알고저 할때. 또는 可能如否를 알고저할 때.
- ⑥ 增築 또는 改築을 하고저 할때.
- ⑦ 既存 構造物の 耐力를 調査하여 그 可能性 또는 그 対策을 講究하고저 할때.
- ⑧ 工事途中 構造物에 異常이 發生하여 予定대로 工事進行이 不可能하여 設計變更이나 施工方法을 變更하고저 할때.

以上과 같은 경우 診断結果에 따라 그 対策을 마련하기 위한 目的에서 診断結果를 期待하고 要淸하는 例가 많으나 診断結果는 어디까지나 結果로서 끝나야 하며 그 어떤 対策을 前題로한 診断이 되어서는 안된다.

2. 診断業務遂行

既存建物の 構造診断에는 広範한 知識이 必要하게 되므로 이에 関連되는 専門分野別로 診断業務를 進行시켜 綜合的인 判断을 내려야 한다. 個人的인 經驗이나 막연한 予測으로서 主觀的인 結論을 내린다는 것은 매우 위험한 일이라 하겠다. 建物の 異常에는 그 要因이 각각 다르기 때문이며 異常發生의 与件이 모두 다르기 때문이다.

診断人員構成에 있어서는 基礎地盤, 材料 構造, 施工分野로 나누어 人員을 構成 하게되며 段階的인 作業으로 進行 하게된다.

第1段階로서 建物概要, 建物規模, 關係図書, 建物の 履歷, 建物周圍환경, 診断目的 및 動機等에 關하여 現場을 답사하여 調査하는, 한편 建物管理者, 使用者, 施工者, 設計者의 意見을 綜合하는 資料를 收集하여야 한다.

第2段階에서 建物の 使用狀態, 管理狀態, 基礎地盤의 履歷과 狀態, 材料狀態 構造的인 欠陥의 有無와 視覺的인 異常狀態 등을 調査하는 한편 試驗의 必要性 및 適宜試驗法의 選定, 試驗條件 등을 基準으로한 現場調査를 하게되며 第3段階로서 構造計算의 檢討 既存構造體의 部材에 대한 構造計算의 逆算을 實施하고 正確한 Data를 얻는 일이 되겠다.

構造計算의 檢討는 1·2段階에서 收集된 資料를 基本으로하여 現行設計規準을 適用하고 応力解折은 設計規準에 개되지 않고 一般工業手法에 따라 事實을 追究하게 된다. 例를 들면 콘크리트強도의 假定値나 規準値로서 計算하지 않고 試驗한 콘크리트 強度로서 計算하고 경우에 따라서는 有限要素法에 의한 応力解折으로서 構造耐力를 評價한다.

材料實驗은 構造計算에 必要한 材料의 實際強度를 明確하게 하거나 材料自體의 性質을 알고저하는 實驗을 實施하게 된다.

第4段階는 各分野別로 調査한 內容을 綜合하여 檢討하고 分析하는 일과 結果의 判斷에 따른 最終的인 報告書作成의 일이된다.

2. 實驗의 必要性和 適宜試驗法

構造物을 形成하고 있는 各材料의 特性이나 이들 材料가 復合된 狀態의 特性은 直接 우리 肉眼으로서는 도저히 볼수도 없으며 判斷할수도 없다. 그러나 이에 變化를 일으키게 하여 變化速度를 促進시켜 短時間內에 그 變化結果를 効果的으로 알수있게 適切한 機器類 또는 計測器를 使用하여 直接間接으로 그 程度와 過程을 測定하는 手段을 實驗이라 한다.

實驗에는 그 対象에 따라 그 方法도 다르게 되며 測定値의 表現도 달리 하고 있다. 建物の 診斷에 있어서 建物の 異常如否에 對한 程度와 原因 그 狀態와 進行 등을 把握하고자 할때 그 狀態 그대로 두고서는 把握하기 困難하다. 그러므로 診斷目的에 따라 適宜한 試驗方法을 選定하여 實施하는 것이 무엇보다도 重要하며 診斷의 正確을 期待할 수 있다.

異常狀態가 發生한 建物の 原因에는 반드시 同一한 條件에서 起因된다고는 볼수없기 때문에 그 경우에 따라 各種試驗을 活用하여 그 結果를 綜合的으로 檢討하고 正確히 考察하고 分析하여 判斷하는 知識과 實驗經驗이 重要視된다.

그러나 어떤 建物の 構造診斷에 있어 實驗을 하지 않은 채 判斷하는 경우가 왕왕 있었다. 이는 極히 主觀的인 判斷으로 볼수 있으며 위험한 일이라 하겠다. 그 한例를 들어 보면 火災를 입은 鉄筋 콘크리트建物の 構造診斷에 있어서 먼저 생각해야 할것은 構造物을 이룩하고 있는 材料의 材質變化를 들수 있다. 이를 檢討하기 위한 方法으로서 火災時의 最高熱溫의 調査가 必要하다. 여기에는 火災荷重에 依한 資料分析도 있겠으나 무엇보다도 確實한 것은

實際의 部材에 對한 直接的인 材質試驗으로서 必要한 事項을 把握하는 것이 重要한 일이다. 이에 關連한 事項으로서 콘크리트 強度試驗, 鉄筋과 콘크리트와의 附着応力을 確認하기 위한 콘크리트의 中性化試驗 콘크리트의 被覆두께 콘크리트 表面變化 配筋狀態 등을 調査하고 實際의 콘크리트 強度로서 各部材斷面을 逆算하여 斷面크기를 檢討하게 된다. 二次的으로 構造體에 直接荷重을 加하여 이에 대한 變形狀態와 變化를 調査檢討하는 構造實驗이 要求된다.

材料實驗이나 構造實驗으로 耐久性을 檢討하였다 하더라도 地盤과 基礎事項을 確認하지 않을수 없게 된다.

그러나 構造計算上으로 構造耐久性을 檢討할때는 各材料에 對한 材質을 假定 하여야한다. 이 假定이 實際材質과 一致되지 않을때는 그 構造計算은 無意味한것이 된다. 또한 設計基準에 依한 構造計算의 檢討라 하더라도 設計基準에 쓰여지는 콘크리트 強度自體가 假定 強度에 不適當한 것이다. 아무리 콘크리트의 配合를 示方書에 따르고 作業도 示方書에 따라 施工되었다 하더라도 完全한 施工을 期待하기는 어려운 점이 있을것으로 보여진다. 이와 같은 諸條件을 감안하여 콘크리트의 強度를 假定한다 하더라도 實際와는 差異를 가져올 可能性이 큰 한편 實際強度를 過少評價하여 假定한 結果 不安한 것으로 判斷되어 事實上 安全한 것을 撤去하게되는 誤診도 있을수 있다. 아뭏든 構造計算의 Key Point가되는 材質의 假定이 實際와 相違할때는 그 結果에 큰 誤差를 가져오게된다. 특히 火災를 입은 콘크리트의 性質變化에 對한 Data도 主要視되나 이는 어디까지나 一般的인 것에 不適當하므로 實際의 構造物에 對한 直接的인 實驗이 建物診斷에 있어 正確한 判斷과 信賴性이 큰 診斷結果가 되는 한편 이에 適宜한 試驗法의 選定으로 實驗結果의 正確性을 높이게 한다.

3. 各種試驗概要

既存建物の 構造診斷에 主로 活用되는 主要實驗內容과 測定 또는 調査內容은 다음과 같으며 크게 나누어 材料實驗과 構造實驗 으로 区分된다.

實驗方法으로는 破壞試驗과 非破壞試驗으로 分類된다. 材料實驗은 材料의 品質이나 性能을 把握하고 決定하는 實驗이며 構造實驗은 그 어떤 材料로서 構成된 構造體에 對한 応力變化 耐力等 各材料가 復合된 狀態의 構造的인 性質을 把握하고 判斷하기 위한 實驗으로 材料實驗과는 달리 모든 構造形式과 狀態에 따라 特定한 試驗法이나 判定規準이 明確히 規定되어 있는 것은 거의 없다. 그러므 構造物의 特性과 性狀이 가장 効果的으로 나타내게 計測된 實驗이 要求된다. 破壞試驗은 試驗體 또는 試驗對象構造體가 破壞될때 까지 外力을 加하여 그 性狀과 程度를 判斷하는 試驗이다.

非破壞試驗은 試驗體에 아무런 變化를 주지 않거나 一

時的인 變化를 주되 原狀態로 還元시키며 그 性質이나 狀態를 推定하는 試驗方法이다. 이 方法은 破壞試驗에 比하여 正確성이 낮은點을 들수 있으나 構造物에 損傷을 주지 않음으로 材料의 強度試驗에 많이 活用되고 있다.

① 構造物의 不同沈下 測定

建物の 相對沈下量 또는 測定時를 基準으로한 構造物의 全體的인 傾斜量과 進行性沈下程度等을 알기위한 測定으로서 光学式 Level器를 利用하여 構造物 建設當時의 Bench Mark를 基準으로 窓틀 上下端의 높이와 바닥높이를 測定하여 不同沈下量을 求하는 方法과 Water Level器를 利用하여 一定期間동안 建物要所에 附着시켜 傾斜現況과 時間經過에 따른 變化 즉 不同沈下量을 測定하는 方法이 있다.

② 말뚝의 載荷試驗

既存建物基礎말뚝의 耐力를 檢討하기 위한 試驗으로서 單一말뚝에 대한 鉛直方向 載荷에 의하여 試驗하고 支持하며 結果적으로는 構造物의 今後安全性 및 不同沈下 原因을 糾明하기 위한 試驗이며 말뚝 박기에서 考慮되는 諸般問題와 말뚝이 損担하는 摩擦力및 말뚝 自體의 強度腐蝕 龜裂等을 아울러 檢討하게 된다.

本試驗에는 基礎판 또는 바닥 밑部分을 파고 말뚝머리를 드러내게 하여 載荷反力을 얻어야 하는 試驗裝置上의 어려움이 있는한편 試驗條件이 問題視되는 경우가 많다.

③ 地質調査 및 試驗

地盤構造 및 各層의 土質 調査를 통하여 地盤狀態를 把握하기 위한 것으로서 一般的으로 地盤調査에 있어서 그 對象이 岩盤인 경우는 基礎構造와 岩盤의 接着狀態에 대한 確認에 그치게 되고 軟弱한 土質地盤인 경우에는 그 調査方法도 多樣하게 되며 이에 關連한 土質試驗이 要求된다. 土質試驗에는 흙의 物理的性質과 力學的인 性質에 關한 試驗으로서 地盤狀態 및 構造等을 推定하게 된다.

④ 地耐力試驗

構造物의 基礎地盤支持力을 알기위하여 基礎地盤에 直接載荷하여 荷重의 크기와 이에 接하는 向의 變化關係에서 地耐力를 算出하게 되는 試驗이다. 地耐力試驗目的은 主로 設計當時의 地耐力假定 또는 地耐力試驗值에 對한 確認으로 基礎地盤에 關한 異常如否를 檢討하기 위하여 實施되는 試驗方法이다.

⑤ 콘크리트의 壓縮強度試驗

콘크리트強度에 미치는 要因은 60餘種으로서 製造當時부터 많은 問題點을 안고 있어 既存建物의 設計規準強度와는 경우에 따라 相當한 差異를 가져오기 쉽다.

특히 材質의 不均質性으로 일어나는 事故는 建物의 耐久性에 크게 關係되는 例가 많으므로 充分한 檢討가 있어야 한다 壓縮強度試驗에 있어서도 그 試驗部位에 따라 差異가 크므로 応力狀態에 따라 既存建物의 適宜適所의 試驗이 무엇보다 主要하며 建物診斷의 正確性을 期待할 수 있다. 그러므로 콘크리트構造物에 있어서는 備놓을수 없

는 主要試驗이다.

a. Core Boring法.

既存콘크리트 軀體에서 圓柱狀의 供試體를 切取하여 加壓機에 의하여 破壞시켜 그強度를 算出하는 試驗으로서 實際콘크리트의 壓縮強度와 設計強度와를 比較 檢討할 수 있다.

附隨的으로 供試體切取에서 마감材 防水材等 其他 使用材의 種類와 두께等을 알수 있는 한편 콘크리트의 다짐程度 材料分離 異質物의 混入 骨材狀態 中性化 깊이 이여치기部分等 内部狀況을 直接볼수 있는 利點도 있으나 構造體에서 直接 供試體를 切取하게되어 軀體에 損傷을 주게 되므로 各別한 注意가 있어야 한다.

b. Schmidt Test Hammer 法

콘크리트表面의 反發硬度를 測定하여 壓縮強度를 推定하는 非破壞試驗法으로서 測定精密度가 낮아 信賴性이 적은 欠點이 있다. 그러나 試驗이 簡便한 利點도 있다. 測定에 있어 콘크리트에 被覆이나 Paint칠等 反發硬度에 影響을 줄수있는 것은 除去하여야하는 注意와, 測定位置에 따라 骨材가 콘크리트 表面으로부터 얕게 있을 경우 測定值의 差는 크게 나타나므로 測定位置選定에 留意해야 한다.

一般的으로 콘크리트 均質性이나 内部空際狀態等의 傾向을 把握하기에는 効果的이며 두께 10cm 이하의 콘크리트 바닥板이나 壁板, 한변이 15cm이하의 斷面을 가진 기둥等 細長한 部材에는 使用하지 않는 것이 바람직하다.

c. 超音波法.

콘크리트軀體에 超音波를 傳播시켜 그 傳播時間과 距離로서 超音波傳播連波를 算出하고 이 速度로서 強度를 推定하는 方法이다 이 速度로서 콘크리트의 彈性係數를 算出할수도 있으며 傳播過程에 따른 波形으로 콘크리트 内部性狀을 推定하는 非破壞試驗이다. 이 方法은 比較的 各種 非破壞試中 簡便하며 經濟的이기는 하나 專門家의 Data分析이 必要로 한다. 따라서 專門家의 分析如荷에 따라 그 信賴性이 左右되며 一般的으로는 그 範圍를 단계별로 定하여 判斷하기도 한다.

⑥ 콘크리트의 中性化試驗

鉄筋콘크리트의 試命에 關하여 現在까지는 콘크리트의 炭酸化說이 支配的으로서 콘크리트를 친뒤 시멘트의 水和生成物인 水酸化 K álium Ca(OH)₂ 등으로 強한 Alkali性을 나타내게 된다. 그러나 콘크리트表面으로 부터 점차로 空氣中の 炭酸가스 Co₂와 反應하여 炭酸化되고 鉄筋表面에 이르게 된다. 즉 鉄筋이 腐蝕되면 體積變化를 일으켜 콘크리트에 龜裂이 發生하거나 떨어져 철근의 腐蝕을 더욱 促進시켜 構造物의 耐力이 低下된다. 이와같은 理論으로서 콘크리트의 表面中性化現象은 構造物의 耐力 評價에 關連된다. 火災를 입은 콘크리트 構造物은 이와같은 中性化現象이 急進되는 한편 火熱로 因한 表面變化가 크게 일어나므로 試藥을 통하여 直接確認하고 그 程度를

測定하는 化學的인 試驗이다.

⑦ 콘크리트의 化學分析試驗

化學分析으로 硬化콘크리트의 配合를 推定하는 한편 이로서 強度를 推定할수 있는 한편 主로 塩分이나 당분의 含有量을 測定하여 耐久性 檢討資料로 쓰이는 試驗이다. 이 試驗에 使用되는 分析用試料採取에 있어 軀體에 損傷을 주지 않는 範圍에서 試料를 採取할 것이며 Core Boring으로 採取한 強度試驗用供試體를 再使用하는 것이 바람직하다.

⑧ 鋼材의 材質試驗

鋼材의 機械的인 性質은 破壞試驗으로서 把握 또는 判斷할 수 있으나 非破壞試驗으로는 어렵다고 하겠다. 特히 強度에 있어서는 推定이 困難하다. 그러므로 組成分析으로서 機械的인 性質을 推定하게 된다. 一般的으로 鋼材는 그 組成 熱履歷加工狀態等에 따라 機械的인 性質을 달리 하고 있어 이들의 相關性을 比較檢討 하게되며 分析하여 強度를 推定하게 된다. 이 試驗에는 試料를 化學分析 原子吸光分光分析, 發光分光折法等으로 組成中의 5元素(C, Mn, Si, P, S)의 重量을 求하여 推定하는 方法이나 이는 一般熱間圧延鋼材에 限하여 適用되며 可能하다.

⑨ 鐵筋配筋狀態의 調査

鐵筋探知機를 使用하여 鐵筋콘크리트, 또는 鐵筋鐵骨콘크리트造인 既存建物의 기둥, 보, 벽, 바닥等의 配筋狀態와 鐵筋의 位置 方向, 콘크리트被履두께等을 調査하는 方法으로서 構造體에 損傷을 주지 않는 非破壞檢査의 한 方法이며 簡便하고 容易하게 調査할수 있다.

鐵筋探知機는 並列光振回路의 振幅減少現象을 応用한 機械로서 種類에 따라 多少의 差異는 있으나 콘크리트內의 鐵筋探知能力은 콘크리트內의 두께 50mm~140mm 程度나 鐵筋의 굵기에 대한 調査가 거의 不可能하며 鐵筋의 굵기를 알고 있을때 그 被履두께에 대한 探知가 可能하다고 보겠다.

⑩ 變形測定 및 載荷試驗法

建物의 기둥, 보, 또는 全體的인 變形狀態를 正確히 把握하며 異常變形의 發生原因을 찾아보기위한 試驗으로서 構造體에 直接荷重을 걸어 이에 대한 變形을 精密하게 測定하여 分析하는 試驗으로서 部材斷面 材料強度 荷重狀態 龜裂發生狀況 接合部의 狀態等 綜合的으로 檢討하게 되는 試驗이다.

이 試驗에 使用되는 Gauge는 電氣的인 抵抗을 利用하여 10⁻⁶mm程度의 微細한 變形을 測定할수 있는 것으로서 使用機器에 對한 取扱에 있어 機械誤差나 個人誤差를 可及的 적게하여 測定精密度를 높이는 同時 이에 關連되는

諸般條件에 대한 事前防止策을 充分히 講究할수 있는 專門的인 技術이 要求된다.

보의 처짐率 測定에는 보통 1/100mm程度까지 測定할수 있는 Dial Gauge를 設置하게 된다. 따라서 Gauge 附着에 各別한 注意와 熟練된 造作이 必要하게 된다. 構造體에 直接荷重을 加하고 方式에 따라 보의 처짐率의 分折도 달라지며 變形狀態와 結果도 달라진다. 載荷物로서는 물, 모래, 시멘트, 벽돌 등이 利用되는 等分布載荷와 Oil Jack을 使用하는 集中荷重法이 있다. Oil Jack法은 試驗時間이 短縮되는 簡便한 利點도 있으나 最上層에 대한 試驗에는 載荷를 할수 없는 欠點도 있다. 等分布載荷法은 載荷 및 除荷에 따른 作業과 載荷物 運搬에 많은 時間이 要하게 되며 構造物에 충격을 주기쉬워 測定誤差를 크게할 경우도 있으며 測定時間이 길어 溫度變化에 따른 各種機器의 溫度補正이 必要하게 된다. 一般的으로 載荷試驗은 鐵筋콘크리트造 鐵骨造 鐵筋鐵骨콘크리트造의 Rahmen 構造體에 많이 利用된다.

⑪ 建物의 振動特性試驗

建物의 剛性, 強度特性을 巨視的으로 評價하는 手段이며 建物의 固有周期 減衰定數等을 알기위한 試驗法으로서 強制振動試驗法과 常時微動試驗法으로 建物의 耐震性能을 알기위한 試驗이다.

以上으로 主要試驗과 測定에 대한 概要를 說明하였으나 建物診斷에 所要되는 試驗은 異常狀態에 따라 더욱 많은 種類의 試驗과 調査로서 綜合的인 檢討과 判斷이 必要하게 된다.

結 言

高度成長의 一路에 있는 우리나라 經濟를 바탕으로 하는 社會的인 背景에서 復難한 都市形成과 立體化되는 建物機能의 多樣化, 새로운 建築材料의 多種化 各種設備의 機械化等 建設의 Rush를 맞이하여 災害의 誘發要因은 더욱 늘어가고 現存建物의 노쇄화와 수명의 한계점은 더욱 단축되고 있어 建物診斷의 必要性도 이에 比例하여 더욱 많아질 것으로 予測된다. 建築人은 設計와 施工은 물론 萬一의 경우에 對備한 有故時의 뒷처리에도 留意하지 않을수 없다. 診斷業務逐行은 別途의 것이라 하더라도 이에 대한 基本知識을 가지고 더욱 研究 發展시키는 한편 建物診斷과 그 結果에 따른 對策樹立에 있어 尤감없이 建築人으로서 지혜를 發輝하여 보다 좋은 社會建設에 建築을 通하여 俸仕와 貢獻을 우리 社會에 되돌려야 할 것이다.

漢陽工大教授