

火災時의 鐵筋 콘크리트 構成材料의 高温性狀

李 秀 吉

1. 序 言

建築物의 火災는 人間의 과오로부터 起因하여, 火災擴大의 과정을 거쳐, 貴重한 人命 및 막대한 財産의 損失을 가져오는 것이 通례이다. 최근의 建築物의 火災는 高層化 및 기능의 複合化로 開口部面積의 증가, 積載可燃物의 다량화로 인하여 火災溫度는 상당한 高温에 이르고, 더욱이 高分子材料의 이용으로 人命에 치명적인 연기 및 有害가스의 發生을 증대하고 있다.

鐵筋콘크리트構造는 耐火構造의 대표적인 존재로서 지금까지 淸급되어 왔다. 確實히 鐵筋콘크리트 構造가 耐火構造라는 것은 주지의 事實이지만 火災時에 있어서 高温度의 受熱에 의한 構造部材의 強度低下 등에 관계되는 耐火性能에 관한 問題는 매우 심각한 것이다.

이러한 観点에서 耐火構造의 耐火성에 관한 實驗的인 研究成果를 중심으로 한 文獻考察에 의하여, 특히 鐵筋콘크리트構造와 관련하여 材料工學的인 측면에서 構成材料의 高温性狀에 대하여 考察하였다.

2. 火災時의 耐火構造物에 대한 問題點

耐火構造의 대표라고 할 수 있는 鐵筋콘크리트 構造의 耐火力에도 한도가 있으며, 어떠한 火災時에도 안전하다고는 보장할 수 없다. 왜냐하면, 火災時에 鐵筋콘크리트 構造部材上의 強度低下는 대단히 중요한 問題이기 때문이다. 火災의 最盛期溫度는 1,200℃程度이상의 高温度로 알려져 있으며, 鐵筋콘크리트構造部材가 이와같은 高温度에 가열되어지면 熱分解 및 熱膨脹에 의하여 變形하여 建築部材가 손상되어 構造耐力低下의 原因이 된다.

일반적으로 耐火構造物에 있어서 構造部材에 요구되어지는 耐火性向은 延燒防止의 観点으로부터 防火區劃部材에 요구되어지는 裏面溫度의 제한과 火災時의 建物 倒壞防止를 위하여 構造部材가 耐力를 잃어 파괴되는 일등의 제한에 의하여 規定되어진다. 裏面溫度에 대하여서는 構

成材料의 斷熱性狀과 部材치수의 問題이며, 構造 耐力에 대하여서는 構成材料의 高温時에 強度低下와 構造部材에 발생하는 熱應力의 問題인 것이다.

火災時에 鐵筋콘크리트構造의 上記問題에 관련된 요인으로서 下記에 언급하는 傳熱 및 變形의 두가지 요인들을 수가 있다.

첫째로 傳熱要因으로서는 壁, 床 등의 區劃構成 部分의 熱傳導라든가 熱透過를 종합평가한 것으로서 構成部材의 材質에 관한 熱的인 諸特性, 즉 部材의 두께, 比熱, 熱傳導率, 溫度傳導率, 赤外線 透過率 등에 의하여 決定되어진다. 두번째로, 變形要因으로는 高密度에 의하여 構成部材가 熱膨脹 및 熱變性を 발생하여 構成區劃의 接合部 및 開口部에 틈을 내어 그곳으로부터 熱, 火災, 또는 연기 및 有害가스가 침입하여 火災擴大의 原因이 되는 동시에 構造耐力저하를 수반하게 되는 위험한 要因인 것이다.

火災時에 熱收縮作用에 의한 構造部材의 熱變形은 構造部材에 금이 가고, 갈라지며, 비틀어지고, 쪼개지며, 爆裂 및 脫落하는 등의 다양한 形態로서 損傷을 초래하게 된다. 따라서 積載可燃物의 燃燒로 인하여 발생하는 연기 및 有害가스는 低濃度일지라도 人間の 避難活動에 지장을 주며, 爆裂은 人間の 待避活動과 消防員의 消火作業을 阻해하는 原因이 된다. 위에 언급한 바와같이 熱變形性狀에 의한 構造部材上의 손상은 금이 가고, 갈라지고, 비틀어지고, 쪼개지며, 爆裂 및 脫落하는 등의 順位로 갈수록 더욱 위험하여 진다. 위의 観点으로부터 판단하여 볼 때, 現行 設計法에 의한 鐵筋콘크리트構造가 確實히 耐火構造일지라도 火災時에는 일단 高温의 火害를 받으면 傳熱 및 變形의 요인에 의하여 構造部材上에 強度가 저하하게 된다. 이와같은 現象은 鐵筋콘크리트構造物 전체의 耐火性能을 좌우하는 동시에 커다란 위험을 초래하므로, 火災時나 火災後에도 構造耐力低下는 대단히 重大한 問題인 것이다.

3. 耐火構造部材에 要求되는 耐火性能의 範圍

耐火構造의 部材에 要求되는 耐火性能은 部材를 構成하는 材料 및 構法의 形狀, 치수, 傳熱定數, 膨脹收縮, 強度 저하등 耐火性能의 要因이 되는 物性에 의하여 決定된다.

耐火性能은 위 性質의 集합을 部材에 要求되는 機能에 關連하여 종합적으로 定量化한 性能인 것이다. 耐火性能의 범위를 圖表 3. 1 이며, 耐火構造의 部材에 要求되는 耐火性能을 판단하는 方法은 다음과 같은 基準에 準하고 있다.

1) 遮熱 및 火災의 遮斷

構造物內를 防火上의 目的으로 壁, 床에 의하여 區劃되어진 防火區間은 相互空間에 있어서 延燒 防止에 對한 역할을 한다. 火災加熱에 의한 高溫의 熱傳達을 防止하기 위하여 壁, 床의 裏面溫度를 한정하고 있다. ISO TC/92에 의하면 最高 220℃이하로 되어 있으며, JIS 에서는 260℃이하로 되어 있다.

2) 長期設計荷重의 支持

火災時에도 構造部材上에는 固定荷重, 積載荷重 및 設計荷重이 作用하므로 이와같은 長期荷重에 對하여 안전하게 지지되어야 하며 붕괴되는 일이 있어서는 안된다. 鐵筋콘크리트構造의 경우, 高溫受熱에 의한 콘크리트 및 鋼材의 強度, 降伏點, 彈性係數 등의 低下를 發生하며 또한 콘크리트와 鐵筋의 附着應力의 저하로 인하여 構造部材의 耐力가 감소된다. 鋼材溫度上昇의 限度規定 및 載荷加熱試驗의 規定이 있는 것은 위의 點을 위해서이다.

3) 衝擊 및 消防注水에 對한 強度保持

火災時에 倒壞物 또는 落下物의 충격에 의하여 耐火被覆이 파괴된다든가, 防火區間을 貫通하는 틈새가 發生하지 않도록 해야 한다. 消防注水와 같은 壓力注水에 의한 경우에도 마찬가지이다. 各國에서는 衝擊試驗과 注水試驗을 근저에는 중요시하지 않고 있다.

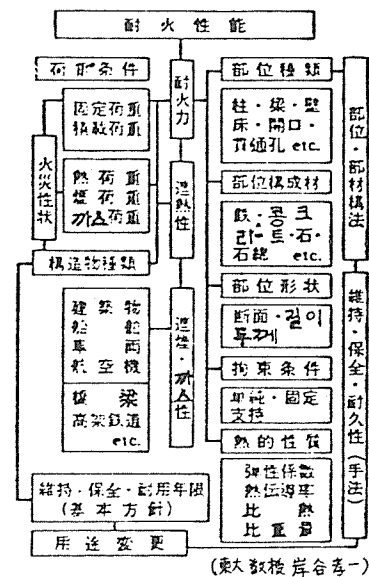
4) 性能維持

火災時에 地震 등의 外力이 가해질 경우, 部材相互의 接合部 등에 금이 가고, 갈라지며, 脫落하는 등 構造部材의 耐火性能을 감소하며, 위험한 일이 發生하기 쉬운 接合部의 工法은 構造物의 變位에 추종되어질 수 있도록 어느 정도의 變位能을 갖출 필요가 있다. 이외에 雨水, 結露, 凍結融解 등의 자연조건으로 인하여 部材의 材質에 變化가 發生할 경우, 構造物의 사용상태에 의하여 發生하는 人爲적인 결손의 경우 등에도 火災에 對한 作用條件에 對하여 고려할 필요가 있다.

5) 火災後의 再使用

火災後에도 構造部材의 손상 정도는 無損傷에 가까운 것

(內裝材를 修復할 정도), 構造部材가 건전하며 耐火被覆(鐵筋콘크리트의 경우는 被覆)만 損傷된 것, 손상이 매우 심하고 構造部材로서의 性能을 喪失한 것 등으로 區別되어진다. 構造物의 種類, 目的에 對하여는 火災後에 보수하면 재사용이 가능하게 될 수 있는 상태로서의 損傷程度가 要求되어질 경우가 있다. 鐵筋콘크리트構造의 耐火性能에 對하여서는 이와같은 案들이 포함되어져 있다. 최근 外國의 경우 特殊地域에 對하여는 火災의 損傷을 받은 建物は 都市計劃上 파괴하는 案을 갖고 있는 경향도 있다.



圖表 3. 1 耐火性能의 範圍

4. 海外各國의 耐火性能試驗

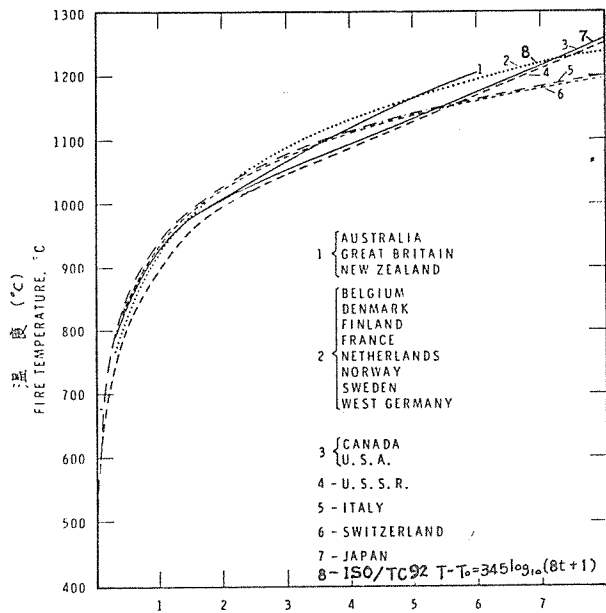
構造部材의 耐火性能은 耐火試驗에 의하여 判定하고 있다. 耐火試驗은 壁, 柱, 床 및 梁의 各部材別로 실제와 동등한 試驗體를 제작하여 이것을 標準化한 火災溫度로 가열하여 試驗體의 溫度上昇 및 파괴, 損傷 등의 거동을 測定하여 耐火性能을 평가하는 것이다. 耐火試驗法에 규정하고 있는 加熱溫度曲線은 표준적인 火災時의 室內溫度와 火災繼續時間을 表象하는 것으로 고안되어져 있다.

美國의 建築法規는 건축물의 구조와 規模 및 용도별로 火災危險度를 과학적으로 평가하며, 各種 構造部材에 對하여 要求되어지는 耐火性能은 ASTM의 標準加熱試驗의 要求에 만족하는 耐火性能으로 표시되어지고 있다. 日本에서는 內화구조의 耐火性能은 建設省 告示 第1193에 정해진 耐火性能試驗方式 (JIS A 1304-1965 建築物의 耐火構造部分의 耐火試驗方法)에 依한 試驗에서 判定하는 것으로 되어 있다. 濠洲에서는 Part 4 of Australian Standard 1530에 依하여 실시되어지고 있다.

海外 各国의 加熱溫度曲線은 圖表 4. 1에 表示되어진 것과 같으며 試驗方法 및 시험 결과의 判定에 있어서는 상당한 차이가 있다. 相違點에 있어서는 耐火 시험 때의 熱原, 試驗體의 溫度測定, 鋼材의 表面溫度에 관한 규정, 耐火試驗時의 載荷要否 및 載荷重의 決定方法等이다. 試

것은 이미 오래전 일이다. ISO 提案規準에 의한 標準加熱溫度는 表 4.1과 같으며, 標準加熱曲線은 圖表 4.1에 표시되어진 것과 같다.

Standard temperature rise as a function of time according to ISO Recommendation R 834 F (given by the relationship $T - T_0 = 345 \log_{10} (8t + 1)^*$



Time in minutes 経過時間 (分)	Temperature rise of furnace (°C) 加熱溫度 (°C)
5	556
10	659
15	718
30	821
60	925
90	986
120	1 029
180	1 090
240	1 133
360	1 193

* Where t = time (min); T = furnace temperature (°C) at time t ; T_0 = initial furnace temperature (°C).

圖表 4.1 ISO 提案 標準加熱溫度

圖表 4.1 各國의 加熱溫度曲線

驗體의 溫度測定에 특히 다른점은 壁, 床의 裏面 溫度의 測定方法으로서 JIS에서는 熱電對의 덮개板을 杉板으로 사용하고 있으나, ASTM에서는 石綿板이 사용되어지고 있다. 注水試驗에서는 ASTM은 실제의 消防注水에 유사한 壓力과 筒先口徑을 사용하고 있으며, BS는 모든 部材에 注水試驗을 시행하는 것이 무리하다는 점과 加熱中에 注水를 할 수 없는 점, 또한 衝擊試驗에도 火災에 의한 弱화效果를 정하는데 충분한 척도가 되지 못하고 있다는 이유로 注水試驗과 衝擊試驗을 삭제하고 있다. 載荷加熱試驗을 원칙으로 하고 있으나, 日本에서는 加熱試驗으로 대행하는 것으로 規定하고 있다. 加熱試驗에서 鋼材溫度上昇의 許容値는 ASTM에서는 평균 538°C, 最高 649°C이며, DIN에서는 최고 450°C로 정해져 있다. ASTM에서는 無支持部材에 관한 鋼材溫度이므로 높은 溫度値이며, DIN에서는 載荷裝置上 할 수 없는 경우에만 위의 鋼材溫度로서 判定하는 것으로 되어 있다.

耐火構造에 대한 研究의 進전과 함께 耐火性能試驗을 통일하자는 움직임에 의하여 ISO 提案規準이 작성되어진

5. 高温時의 콘크리트 性狀

5.1 콘크리트의 構成

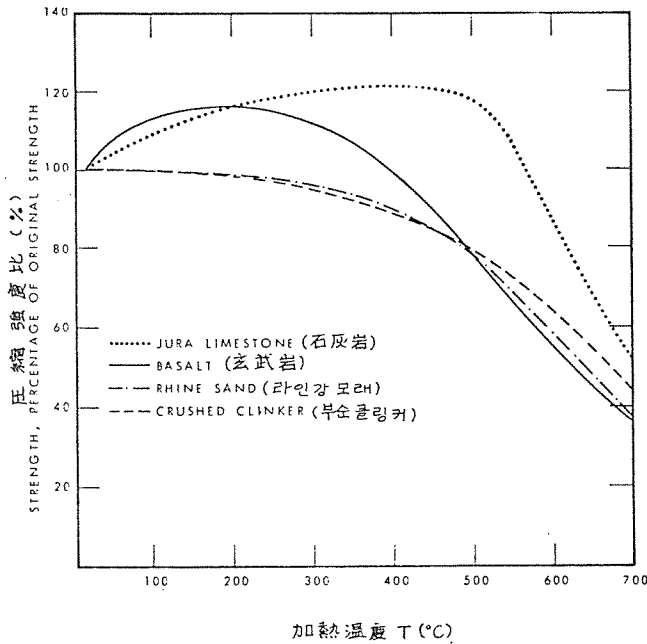
콘크리트는 骨材인 모래, 자갈과 물과 세멘트로 混合한 세멘트물탈로서 接着硬化한 것이다. 콘크리트의 性質은 構成材料의 固有性 및 調合, 打設, 養生등의 조건에 의하여 좌우되어 진다.

콘크리트에 사용되어지고 있는 물탈 또는 骨材는 세멘트 및 물에 의하여 굳어지는 모래, 자갈등의 不活性 粒狀의 材料를 말한다. 骨材는 일반적으로 콘크리트의 體積의 65%로부터 80%사이에서 含有되어지고 있으며, 세멘트의 量, 骨材의 종류에 의하여 耐火性에 미치는 영향은 대단히 크다.

5.2 強度와 彈性

콘크리트가 加熱되어지면 溫度의 상승과 함께 石炭灰은 750°C전후에서 $CaCO_3$ 의 分解가 시작되며 塑性化 콘크리트의 原因이 되는 強度 및 彈性이 저하된다. 일반적으로 강모래, 강자갈을 사용한 콘크리트는 400°C~500°C에서 常溫콘크리트의 10~20%의 彈性이 손실되어지며, 500°C이상에서는 彈性이 거의 상실되어지고 있다. 附着強度는 200°C~300°C에서 격감되어지고 있다. 加熱되어진 콘크리트는 冷却後 시일이 경과하면서 水分의 회복과 동시에 強度 및 彈性이 자연히 복귀되어지는 일은 확인되어져 있다. 그러나 500°C이상으로 加熱되어진 콘크리트는 内部組織의 變化로 인하여 回復이 불가능하게 되어지며 따라서 재사용도 할 수가 없게 되어진다. 高温時에는 콘크리트의 強度 및 彈性은 세멘트의 量, 骨材의 종류에 의하

여 크게 左右되어지며 물과 세멘트의 比率, 比重, 材令 등에 의하여 미치는 영향도 적지 않다. 또한 加熱의 環境 狀態 및 応力 分布 狀態의 유무, 이러한 조건도 무시될 수 없다. 加熱時에 壓縮 應力이 작용하고 있는 狀態의 콘크리트는 無 應力 狀態의 콘크리트보다 高溫時에 있어서의 壓縮 強度는 크다. 또한 熱間 強度가 高溫時에서의 強度보다 冷却後의 殘存 強度가 적은 것은 加熱 및 冷却의 過程에서 발생하는 不均等한 溫度 分布에 의한 内部 應力의 作用이 크기 때문이라고 사료되어지고 있다. 더우기 세멘트의 量이 많아지면, 高溫 強度와 殘存 強度의 쌍방에서 加熱에 의한 강도의 감소는 커지고 있다.



圖表 5.1 高溫時에 있어서의 各種骨材콘크리트의 壓縮強度

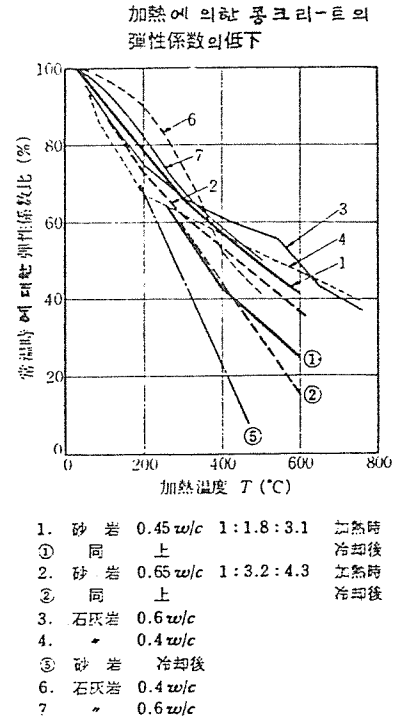
高溫時의 各種 骨材를 사용한 콘크리트의 壓縮 強度에 대한 變化 關係를 표시한 것이 圖表 5.1이며 高溫時의 各種 骨材를 사용한 콘크리트의 彈性 係數에 대한 變化關係를 표시한 것이 圖表 5.2이다.

高溫時에 있어서 세멘트와 骨材의 比率를 달리한 콘크리트의 應力 條件과 壓縮 強度에 대한 變化關係를 表示한 것이 圖表 5.3이며, 세멘트와 骨材의 比率를 달리한 콘크리트의 高溫時의 熱間 強度와 冷却後의 殘存 強度에 대한 變化關係를 表示한 것이 圖表 5.4이다.

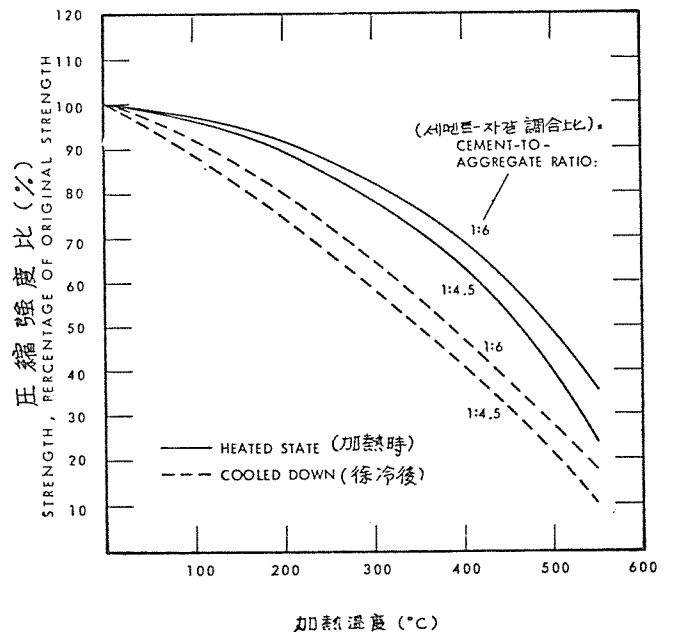
加熱되어진 콘크리트에 強度 및 彈性의 自然 回復에 대한 關係를 표시한 것이 圖表 5.5, 5.6이다.

鐵筋콘크리트構造의 熱 應力 計算을 위한 資料로서 강모래, 강자갈을 사용한 콘크리트의 加熱 溫度와 彈性 係數 및

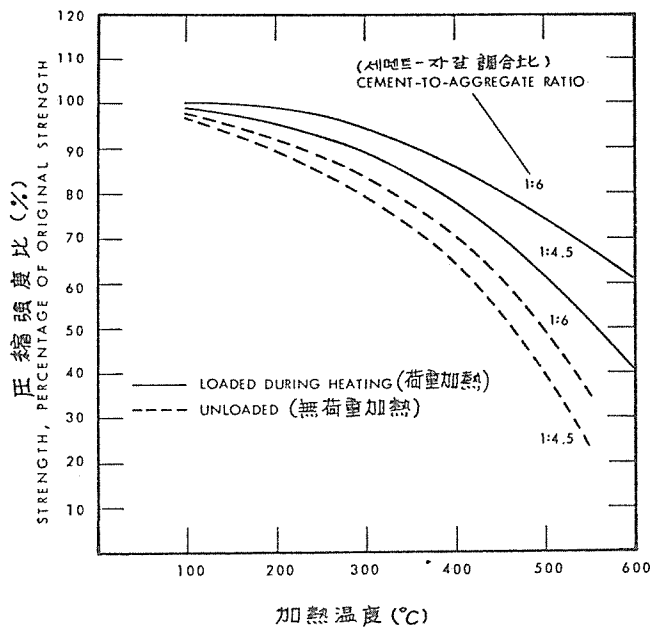
殘存 強度에 대한 變化關係를 表示한 것이 圖表 5.7이며, 熱間 的 콘크리트 強度와 彈性 係數의 關係를 표시한 것이 圖表 5.8이다. 加熱 溫度와 附着 強度에 대한 變化의 關係를 表示한 것이 圖表 5.9이다.



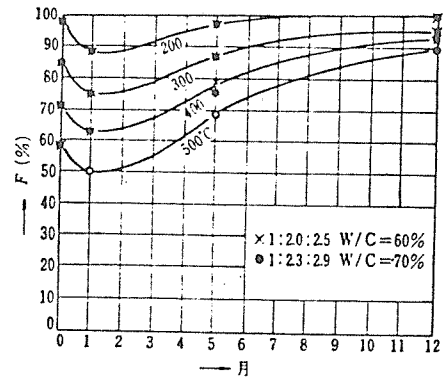
圖表 5.2 加熱에 의한 콘크리트의 彈性係數의 低下



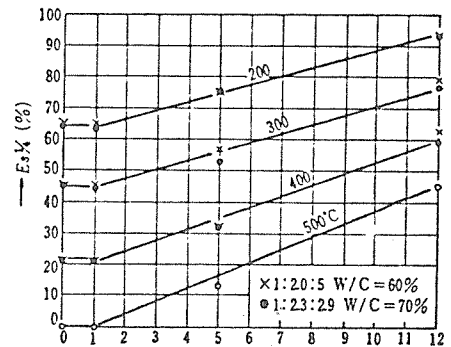
圖表 5.3 高溫時에 있어서의 콘크리트의 應力 條件과 壓縮 強度



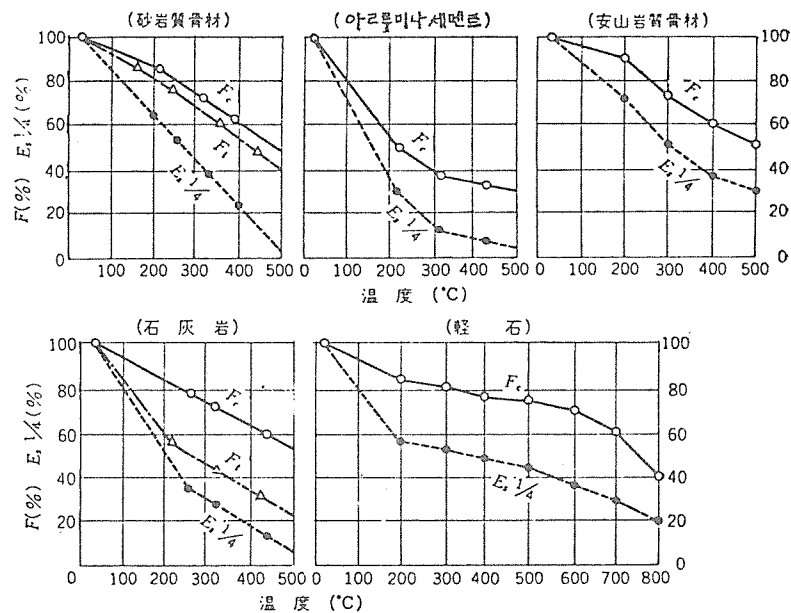
圖表 5.4 콘크리트의 高溫時 熱間強度와 冷却後 殘存強度



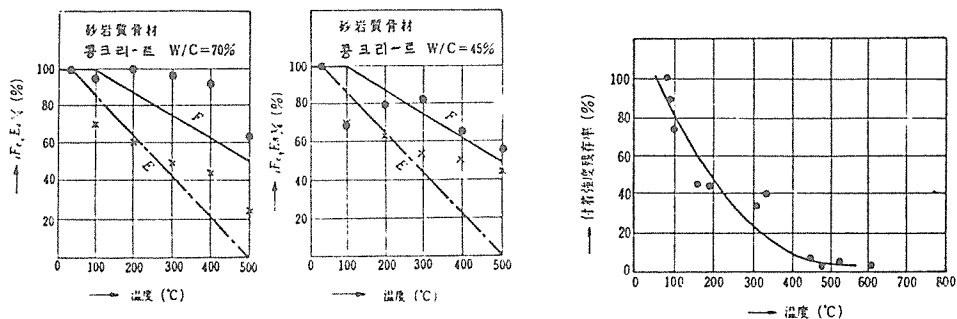
圖表 5.5 加熱되어진 콘크리트의 強度의 自然回復



圖表 5.6 加熱되어진 콘크리트의 彈性의 自然回復



圖表 5.7 加熱되어진 콘크리트의 殘存強度 (F)와 彈性係數

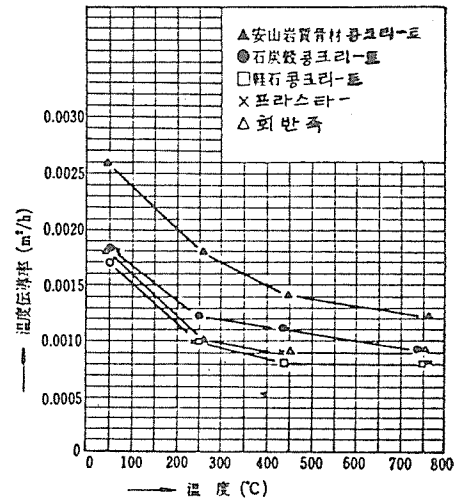
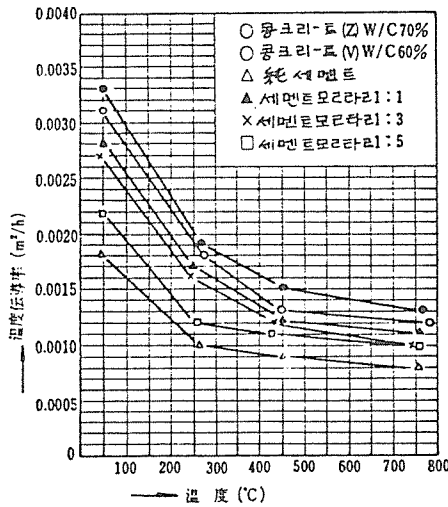


圖表 5.8 熱間の 콘크리트 強度와 彈性係數 (火災応力算定用)

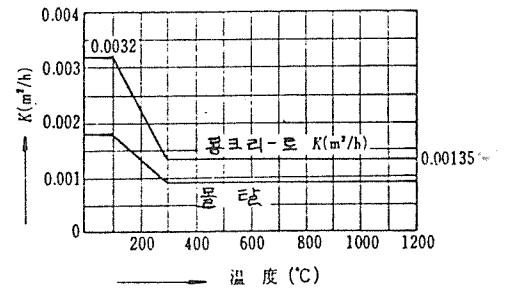
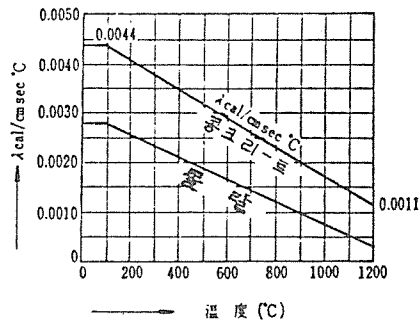
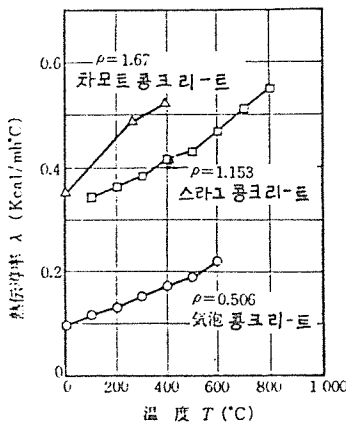
圖表 5.9 加熱溫度와 附着強度

은 상승되어진다. 高温時 각종 콘크리트에 대한 熱傳導率의 변화관계를 表示한 것이 圖表5.14이다. 高温時의 세

멘트물탈및 콘크리트의 熱傳導率과 溫度傳導率에 대한 변화관계를 표시한 것이 圖表5.15, 圖表5.16이다.



圖表5.13 高温度에 있어서의 콘크리트의 溫度傳導率의 變化. (m²/h)



圖表5.14 各種콘크리트의 高温時에 있어서의 熱傳導率의 變化

圖表5.15 高温度에 있어서 세멘트물탈및 콘크리트의 熱傳導率의 變化

圖表5.16 高温度에 있어서 세멘트물탈및 콘크리트의 溫度傳導率의 變化

5.5 爆 裂

火災時의 콘크리트構造部材가 급격히 加熱되어지면 표면중의 콘크리트가 剝落하면서 鐵筋을 노출시키는가 하면 때로는 爆音의 發生과 동시에 콘크리트의 破片이 사방으로 飛散하는 특이한 현상을 콘크리트의 爆裂이라고 한다. 이와같은 콘크리트의 爆裂現象은 콘크리트의 構造部材上에 加熱側의 熱応力이 급격히 증대함으로서 발생하는 表面層 콘크리트의 壓縮破壞으로서, 주로 火災初期에 발생하고 있다. 爆裂은 콘크리트構造部材의 耐火性能을 좌우하며, 火災時에 위험을 초래하는 원인이 된다. 콘크리트構造部材의 爆裂의 요인은 콘크리트의 含有水分의 高压蒸氣化에 의한것, 또는 骨材와 세멘트물탈과의 熱膨脹率의 차이, 콘크리트構造部材上的 加熱面의 근방에서 발생하는 溫度의 停留層(100°C)과 停溜層에 의하여 분리된 加熱面 高温度層의 熱応力에 의한 壓縮破壞에 의한것

등의 諸說이 있다. 그러나 1961年 파리에서 개최된 第5回 F.I.P 國際會議에 제출되어진 結論에 의하면, 콘크리트의 爆裂現象은 加熱時에 있어서 콘크리트의 部材内部에 數種의 분리한 要因이 중복되어 발생하는 것이며, 보다 큰 役割을 하고 있는것은 部材 内部의 熱応力이라고 되어 있다.

6. 高温時의 構造用鋼材 性狀

6.1 鐵鋼材料의 概要

鐵鋼材料는 成分에 의하여 純鐵, 鋼(炭素鋼 또는 普通鋼, 特殊鋼 또는 合金鋼), 鑄鐵 또는 銑鐵로서 분류하고 있다. 純鐵(Fe)는 炭素(C)와의 結合力이 매우 강하며 0.02%이하의 C가 含有되어 있는 것을 말한다. 炭素鋼은 Fe와 C를 主成分으로 하는 0.02~2.06%의 二元合金이다. C의 含有量은 조직 및 性質에 상당한 영향을 미

친다. C 이외의 合金元素를 첨가한 鋼을 特殊鋼 또는 合金鋼이라고 한다. 特殊鋼에 첨가되어지는 元素로는 Cr, Ni, W, Si, Mn, Mo 등이 있으며, 이러한 元素의 組合 및 含有量에 의하여 다양한 종류의 特殊鋼이 제조된다. 일반적으로 칭하는 鋼(Steel)이라는 것은 C가 0.008~2.0% 含有되어 있는 것을 말한다.

建築構造用鋼材는 普通鋼의 種別로는 軟鋼에 속하며, 炭素量이 0.12~0.28%의 범위로 되어 있다. 力學的性質에 있어서는 降伏點이 22~35kg/mm²이며, 引張強度가 38~48kg/mm²이며, 線膨脹率에 있어서는 1.15~1.04×10⁻⁵/°C (20~100°C)이다. 其他 주요한 物理的性質에 있어서는 比重이 7.876~7.789이며, 融點은 1,425~1,528°C이며, 比熱은 0.102~0.108이며, 熱傳導率은 48~31Kcal/m.h.°C이다.

6·2 高温時에 있어서 鋼材의 問題點

建築構造用鋼材가 高温度에 加熱되어지면 耐火性의 가장 중요한 요인이 되고 있는 構造部材의 耐力를 상실하는 問題로서 특기되어진다. 表 6.1에 명시되어진 것과 같이 建築構造用鋼材의 融點은 他金屬에 比較하여 상당히 높으며 화재시의 熔融은 그다지 問題가 되지 않지만, 比較적 低温 및 低應力의 상태에서 塑性變形을 발생한다. 이와같은 塑性變形現象과 특히 高温時에 鋼材의 引張強度, 降伏點, 彈性係數 등의 機械的性質의 현저한 저하는 火災時에 耐火構造部材上의 耐火性能을 좌우하는 대단히 중대한 問題의 原因이 되는 것입니다.

材	料	融點(°C)
	錫	232
	鉛	327
亜	鉛	419
알	루 미	658
眞	鎳	880
브	론	922
洋	銀	950~1,190
	銅	1083
鐵	鑄 鐵	1100~1250
軟	鋼	1425~1528

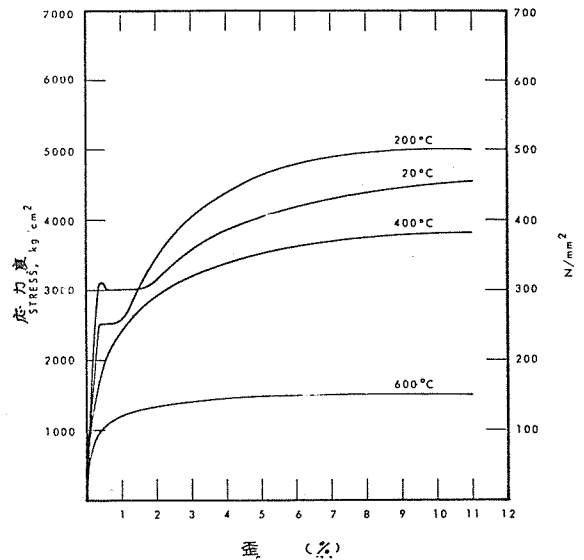
表 6.1 金屬의 融點

通常의 火災時, 室内은 800~1,200°C 정도 이상의 高温에 달하게 되는데 비하여, 鋼材는 溫度가 350°C 이상이 되면, 常温時의 降伏點(24kg/mm²)이, 長期許容應力度(16kg/mm²) 정도까지 저하되므로 建物이 崩壞하게 되는 原因이 된다. 그러므로 鋼材溫度의 상승을 억제하기 위하여 耐火被覆에 의한 콘크리트의 두께의 設定이 필요하게 되는 것이다. 화재시 鐵筋콘크리트構造物의 安定性을 확보하

기 위하여서는 鋼材의 高温性狀에 대한 說明이 요구되어진다. 그러나 火災時에 建築構造物이 안전하였을지라도, 火災後에 가해지는 短期荷重에 대한 外力의 可能性을 고려한다면, 加熱後의 冷却되어진 鋼材에 塑性變化가 발생해서도 不된다. 위의 問題點에 대하여 아래에 논하려 한다.

6·3 鋼材의 高温 및 加熱後의 強度

鋼材의 高温 및 加熱後의 強度 構造用鋼材는 溫度의 상승과 함께 應力-歪曲線의 形을 變化하여 400°C 이상에서는 軟鋼에 特有의 降伏點現象이 상실된다. 高温度에 軟鋼의 應力-歪曲線에 대한 變化關係를 표시한 것이 圖表 6.1이다. 高温時의 軟鋼의 特性을 표시하면 圖表 6.2와 같이 되며, 圖表에 의하면 溫度上昇과 함께 彈性係數는 계속 저하를 보이고 있으며 350°C에서 常温의 約 1/2이 되고 있으며, 降伏點은 500°C에서 常温의 約 1/2이 되고 있다.

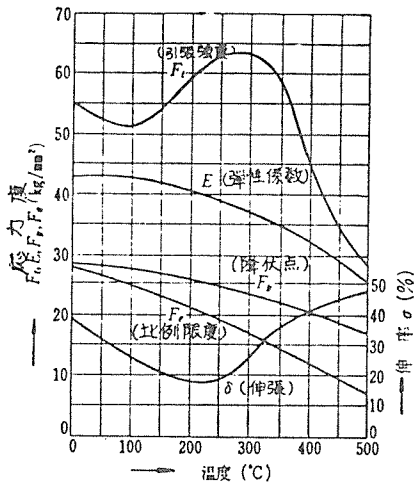


圖表 6·1

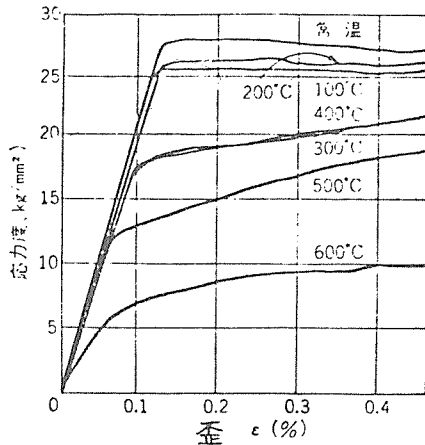
高温時에 있어서 構造用軟鋼의 應力-歪의 曲線

構造設計上 대단히 중요시되고 있는 引張強度는 250~300°C의 범위에서 最大値를 보이고 있으며, 500°C에서는 常温의 約 1/2이 되고 있으며, 600°C에서는 約 1/3이 되고 있다. 또한 引張強度는 400~500°C에서 급격한 저하상태를 나타내고 있다. 建築用普通鋼材(SS41, 化學成分(%): C=0.22, Si=0.10, Mn=0.54, P=0.016, S=0.029)을 900°C에서 30分間 加열後 空冷하여 燒鈍處理한 鋼材의 高温加熱中에 있어서 應力-歪曲線에 대한 變化關係를 표시한 것이 圖表 6.3이다. 圖表에 의하면 300°C를 넘으면 比較적 한계가 常温時의 約 2/3가 되고 있으며 그

이상의 溫度에서는 応力에 대한 歪曲線의 比率는 현저한 차이를 나타내고 있다. (原田 博士의 實驗結果)



図表 6・2
高温時に 있어서 軟鋼의 性質

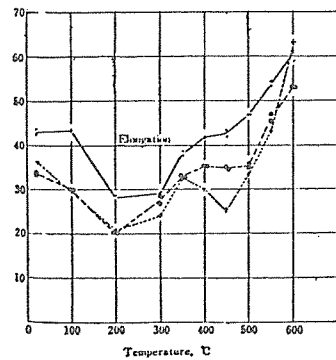
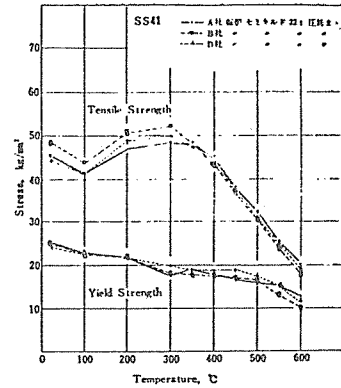


図表 6・3
高温時に 있어서 軟鋼의 応力—歪曲線
(原田博士의 實驗)

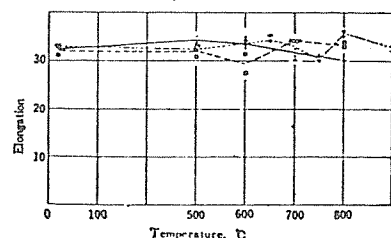
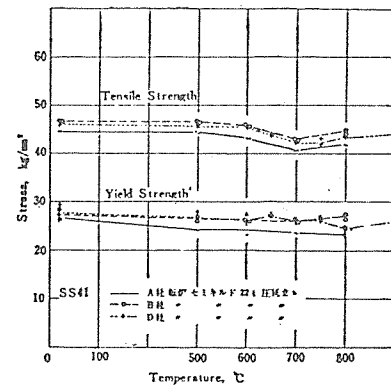
建築用普通鋼材(SS41)의 高温時의 引張強度에 대한 實驗結果는 다음과 같다. 高温時의 引張強度는 100°C 근방에서 일단 常温値보다 低下하며, 200~300°C에서 증가한다. 더우기 350°C에서 常温値를 넘어 750°C에서 零에 가까운 급격한 直線의인 勾配로서 低下를 나타내고 있다. 高温時의 降伏點 또는 0.2%의 耐力은 高温으로 갈수록 서서히 低下되고 500°C以上에서는 급격한 低下를 나타내고 있다. 常温時의 2/3로 低下하는 溫度는 450~550°C로 나타내고 있다. 高温時의 引張強度에 대한 變化 關係를 표시한 것이 図表 6.4이다.

위와 同種의 鋼材를 가열후 常温時의 引張強度에 대한 實驗結果는 다음과 같으며 加熱後 常温時의 引張 強度에 대한 變化關係를 表示한 것이 図表 6.5이다. 加熱履歷이 引張強度에 미치는 영향은 600°C 이상의 경우에 나타나고 있다. 700°C에서 最高로 영향이 크며, 引張 強度는 約90%로 低下되고 있다. 降伏點에 미치는 영향은 500°C 이하

의 高温으로 갈수록 漸增하고 있다. 800°C의 加熱履歷에 의하여 降伏點은 約87%로 低下하고 있다. 500°C의 加熱履歷에도 約90%의 降伏點低下를 초래할 적도 있다. (日本鋼構造協會研究)



図表 6・4 高温時に 있어서 軟鋼의 強度



図表 6・5 加熱後의 常温時に 있어서 軟鋼의 強度
(日本鋼構造協會實驗)

일반적으로 鋼材는 高温에 가열되어져서 強度 性狀이 低下되었을지라도, 加熱後의 冷却過程에서 強度 性狀은 어느정도 거의 회복되어지고 있다. 熱履歷에 의한 鋼材의 變化는 加熱溫度, 時間 및 加熱溫度로부터의 冷却 速度에 의존하고 있다.

7. 結 言

数年前에 발생한 油類波動을 계기로 지구의 자원 고갈화 경향은 더욱 심화되고 있으며 따라서 消費型經濟로부터 耐用型經濟로 構造變化를 불러 일으키고 있다. 최근 성능의 維持保全에 관한 問題는 火災에까지 언급 하게끔 되었다. 火災後에 建築物의 再使用이 가능하게 되기를 바라는 마음 간절하다. 上記의 관점으로 부터, 建築物의 耐用壽命을 物理的, 기능적이라는 兩面에서 檢討하여 불래, 아래의 属性도 性能管理의 요인으로서 고려할 필요가 있다.

鉄筋콘크리트構造物이 화재를 당했을 경우, 損傷의 발 견 또는 改修方法은 간단하면서도 확실하지 않으면 안된다. 이와 관련하여 그 建物を 철거하느냐, 補修하여 再使

用하느냐 하는 問題는 構造耐力上 주요한 부분에 대한 火害의 정도, 安全性, 耐久性, 경제성等的 綜合的인 검토 위에 決定되어진다. 檢討上이 기본이 되는 요소는, 火災時에 있어서 建物の 火災溫度가 몇度정도였었으며, 各構造部材가 어느정도의 熱을 얼마동안 받았으며, 어느構造部材上의 강도가 어느程度 감소했는가를 推定하게 된다.

그러므로 高溫時에 있어서 個個의 構成材料에 대한 物性拳動을 충분히 파악하지 않으면 構造部材를 이루고 있는 単体材料의 耐火性能에 대하여 올바른 판단 또는 評價를 할 수가 없다. 이와같은 관점으로 부터 鉄筋콘크리트構造物을 대상으로 한 構成材料의 高溫性狀에 대하여 考察한 결과 高溫度環境下의 各재료의 物性拳動은 평상시 우리가 상상할 수 없을 程度로 복잡하다는 것과 성능의 維持保全에 관한 問題는 더욱 중요하다.

호주 시드니종합대학 근무

参 考 文 献

1. 田村恭・李秀吉・森実・佐々木：耐火被覆材の高温度下ケおさる物性拳動に関する実験的研究(セメント-石綿-パーライト系複合板について), 日本建築学会大会学術講演概要集, Oct. 1976
2. 岸谷孝一：耐火設計法, 콘크리트・ジャーナル, Vol. 11No. 8, Aug. 1973
3. 李秀吉：火災時を想定した高温時におさる建築無機材料の物性拳動, 早稲田大学院, 学位論文
4. 原田有：高溫度におさるセメントモルタルおよびコンクリートの熱膨張について, セメント・コンクリート, No. 280
5. 原田有：コンクリートおよび鉄筋コンクリート構造の災害と耐火力, セメント・コンクリート, No. 269
6. 原田有：コンクリート部材の火災特性について, 콘크리트・ジャーナル, Vol. 11, No. 8 Aug. 1973
7. 高野孝次：コンクリートの耐火・耐熱性, セメント・コンクリート, No. 308, Oct. 1972
8. 斎藤光：鉄筋コンクリート構造およびプレストレスコンクリート構造の耐火性(1)(2) 콘크리트・ジャーナル, Vol. 5, No. 7, Jul. 1967, Vol. 5, No. 8, Aug. 1967
9. 構造用鋼材の高温時ならびに加熱後の機械的性質：JSSC, Vol. 4, No. 33, 1968
10. 李秀吉：日本에서의 火災工学研究의 變遷, 大韓建築学会創立30周年 記念 論文集, Sep. 1975
11. 金眞一：建築計劃決定方法, 普成文化社, 1975
12. 岸谷孝一：建築防火材料, 技術書院
13. 浜田穂：建築防火論, 建築学大系, No. 21, 彰国社
14. HENRY J. COWAN: Architectural Structures, An Introduction to Structural Mechanics.
15. SMITH, PETER R. HENRY J. COWAN: The Design of Reinforced Concrete in Accordance With the SAA Code for Concrete in Buildings.
16. T. T. LIE: Fire and Buildings, Division of Building Research National Research Council of Canada
17. H. L. MALHOTRA: The Effect of Temperature on the Compressive Strength of Concrete, Magazine of Concrete Research, 8, No. 23, 1956.
18. T. Z. HARMATHY. W. W. STANZAK: Elevated-Temperature Tensile and Creep Properties of Some Structural and Prestressing Steels, American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication 464.
19. W. W. STANZAK. T. TIE: Fire Test on Protected Steel Columns with Different Cross-Section, Fire Study No. 30, Division of Building Research, Ottawa, Feb. 1973
20. J. V. RYAN. E. W. BENDER: Fire Test of Precast Cellular Concrete Floors and Roofs. National Bureau of Standards Monograph 45, Apr. 1962
21. YNGVE ANDERBERG: Fire-exposed hyperstatic Concrete Structures National Swedish Building Research. Document D1: 1973