

콘크리트 強度 早期推定 研究의 概況

韓 千 求

〈淸州大 建築工學科 助教授〉

1. 序 論

1-1. 研究의 意義 및 目的

一般建設工事に 가장 代表的인 材料로 多量 利用되어지고 있는 콘크리트는, 一般 工產品과 달리, 半製品 狀態로 現場에 引渡되어지므로, 굳지않은 콘크리트 狀態의 量 및 品質만 檢査받고, 硬化 콘크리트의 代表의 性質인 壓縮強度는 28日 材齡 標準養生 供試體의 強度試驗 後에서야만 評價 받을 수 있게 되어있음에, 만약 콘크리트의 壓縮強度試驗 結果에서 部分的 및 全體的인 不合格品이 發見되었을시는 이를 補修 및 是正하기란 매우 어렵게되어 이의 解決이 困難해질 때가 많다.

그러므로 이와같은 콘크리트 強度의 瑕疵를 事前에 豫防하기 위하여 強度의 早期推定은 重要하게되며, 아울러 施工의 迅速化 및 高度의 品質이 要求되는 現時點에서는 品質管理 및 施工管理의 側面으로도 早期品質判定이 必要하게

되었다.

이에 本研究에서는 콘크리트 強度 早期推定에 관한 國內外的 研究概要를 調査分析하여 概況을 紹介함으로써 콘크리트 強度의 早期推定 實務 및 研究에 관한 參考資料를 提供하고자 한다.

1-2. 콘크리트 強度 早期推定法의 分類

콘크리트 強度의 早期推定法은 早期推定에 必要한 對象 및 方法別, 實驗方法의 基礎原理 類形別로 分類되어질 수 있는데, 外國의 研究에서는 主로 對象 및 方法別에 의존하여왔다. 즉 i) 비빈직후 후래시 콘크리트의 물 시멘트比를 測定하는 方法, ii) 콘크리트 供試體을 促進養生하여 壓縮強度를 試驗함으로써 標準養生 強度를 推定하는 方法, iii) 몰탈을 콘크리트에서 濕式 체가름하고 그 몰탈에 急結劑를 加하는 方法에 더욱더 促進養生을 행하여 몰탈의 促進養生 壓縮強度에서 콘크리트의 標準養生 強度를 推

定하는 방법 및 iv) 其他의 方法으로 分類되었다.¹⁾

그러나 本研究에서는 i)의 W/C 推定에 있어서는 여러 原理가 뒤섞이어 原理의 發展 및 体系的인 파악이 어렵고, ii) iii)은 促進養生으로 強度試驗에 의한다고 하는 同一 原因系로 統合될 수 있음에 本 概要調査 研究에서는 上記의 分類를 再整備하여 i) 物理的 方法 ii) 化學的 方法, iii) 力學的 方法, iv) 電氣·音波法 및 v) 其他 方法으로 基礎原理 類形別로 分類·考察토록 한다.

2. 物理的 方法

콘크리트 材料의 混合比率 및 量을 材料의 씻기分析, 脫水分析 및 稀釋溶液의 比重值變化測定 等의 方法으로 材料自體를 變化시키지 않으며, 物理的 變化에 基礎를 두고 實驗을 實施하여 콘크리트 強度를 早期에 推定하는 것을 物理的 方法으로 한다.

2-1. 씻기分析 試驗法

(1) 原 理

1931年 W. M. Dunagan이 研究發表한 이래 ASTM(현재는 페지), JIS 및 KS 規格에 規定되어 있는 方法으로 콘크리트의 空中 및 水中重量을 計量한후 No. 4체(위에 남는 것은 굵은 骨材) 및 No.100체(위에 남는 것은 잔骨材)로 씻기 체가름하여 各체에 남는 材料量 및 通過量(시멘트)을 計量 함으로서 콘크리트 調査의 各 材料量을 求하는 原理이다.

(2) 特 徵

器具, 方法 및 原理가 簡單하기는 하나 試驗에 30~40分의 時間이 要하고, 試驗誤差가 比較的 크며, 試驗은 熟練을 必要로 하고, 특히 水中重量을 測定하는 경우 氣泡를 完全히 추출

하는 것이 重要하고 아울러 잔骨材의 No. 100체 通過量 多少에 따라 시멘트 및 잔骨材量 推算에 偏差가 發生할 수 있다.

2-2. 自動씻기分析機 RAM에 의한 方法²⁾

(1) 原 理

RAM(Rapid analysis machine)은 英國에서 開發된 裝置로, 一定量의 콘크리트를 直立되어진 씻기통 내에 넣고 多量의 물을 일부부분으로부터 噴出시켜 시멘트等 微細粒子를 含有한 混合物의 1/10 만을 採取, 이 물중에 含有되어 있는 微細粒分을 沈降劑를 利用하여 沈澱시켜 單位시멘트量을 求하는 裝置 및 方法으로 即 씻기 分析을 自動화한 原理이다(그림 1 參照).

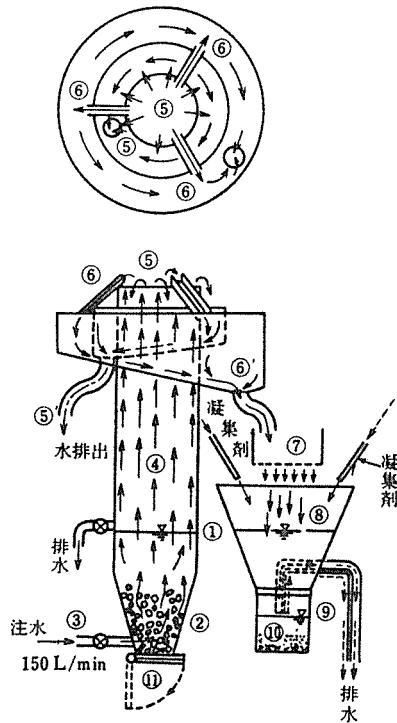


그림 1.

(2) 特 徵

自動씻기分析으로 試驗에 熟練이 必要하지 않고 씻기가 5分 以內에 끝나 迅速하기는 하나, 全 所要時間은 2人이 3回 試驗할때 약 30分정도 소요된다. 또한 單位시멘트量 推定 精密度는 $\pm 2.5\%$ 程度이고, 骨材中 0.15mm 체를 通過하는 粒子는 시멘트로 간주됨으로 豫備試驗으로 補正하여야만하고, 裝置의 價格은 高價이다.

2-3. 遠心脫水法³⁾

(1) 原 理

콘크리트 또는 몰탈중의 물을 1號라고 지칭되는 特殊布속에서 遠心脫水機를 利用하여 一定 狀態까지 脫水시켜 脫水 前後의 重量差로부터 物량을 求하고, 이 脫水物을 다시 물을 가하여 2號로 지칭되는 特殊布속에서 씻기 및 脫水하여 通過 및 殘留量으로부터 시멘트 및 骨材量을 求하는 方法으로 씻기分析 方法에 遠心機를 導入하는 原理이다.

(2) 特 徵

2人이 3回 試驗時에 약 30分 程度가 所要되고, 熟練이 要求되는데, 精密度는 물 시멘트 比로 $\pm 3\%$ 程度이다. 布는 10回까지 使用할수 있고 0.108mm보다 작은 粒子는 豫備試驗으로 補正해 주어야만 한다.

2-4. 比重計法^{4) 5)}

(1) 原 理

콘크리트를 5mm체로친 몰탈을 많은량의 물로 稀釋, 混濁될때에는 比較의 粒子가 큰 骨材는 즉시 沈積하고 微細한 粒子인 시멘트는 單位시멘트量에 比例하여 一時的으로 콜로이드作用과 같은 混濁液化가 增進되어 混合溶液의 比重이 上昇하게 된다. 이때 나타난 比重值變化를 보오며 比重計로 測定하여 單位시멘트量을 求하고, 몰탈을 急速乾燥시키거나, 혹은 水中 및 氣中 重量差等 여러 方法으로 물 시멘트比를 求하는

原理로서 L. J. Murdock, 水野, 常山, 柳田, 増田, 日本시멘트社 研究所, 日本 建築學會 簡易試驗方法 小委員會, 中森等 各種의 方法이 있다.

(2) 特 徵

裝置面으로 特別한 器具가 必要하지 않으며 물 시멘트比의 變化가 약 1.5% 以內의 誤差에서 測定할 수 있고, 所要時間은 30分以內에서 迅速히 完了될수 있다. 단 比重이 相違한 시멘트나 微細粒分이 많은 骨材의 경우는 誤差가 發生하게되고 比重值의 채택에는 混濁液의 溫度變化에 따라 溫度補正이 要求된다.

3. 化學的 方法

콘크리트 試料中の 시멘트 및 物량을 시멘트의 鹽酸溶解熱, 콘크리트의 알카리도 測定, 칼슘이온 分析, 色差比較, 溶解濃度差 測定等 化學的 處理, 反應, 變化의 原理 및 方法을 利用하여 實驗을 實施 콘크리트 強度를 早期에 推定하는 것을 化學的 方法으로 한다.

3-1. 鹽酸溶解熱法⁶⁾

(1) 原 理

시멘트와 같은 石灰質 物質에 鹽酸을 加하면 石灰分은 溶解되면서 發熱하게되는데 이와같은 原理에서 굳지않은 콘크리트中 체가름 시멘트 몰탈을 (약 200ml) 물로 稀釋(800ml) 한 溶液(3ℓ의 瓶에)의 시멘트量 多少에 따르는 發熱量 差異를 溫度計로 測定하는 것으로 單位시멘트量을 算出하고, 物량은 同一試料의 氣中 및 水中重量을 測定함으로서 시멘트 및 모래의 比重을 이미 알고 있는 것으로부터 物理的으로 求하여 물 시멘트比를 測定하는 方法과 이의 應用으로 同몰탈試料의 시멘트 空隙比를 測定하고 이것을 指標로 콘크리트의 壓縮強度를 推定하는 神田氏 등이 提案한 方法이다.

(2) 特 徵

試驗裝置 및 容器가 簡單하고, 所要時間은 25

分程度이며, 精密度는 콘크리트의 물 시멘트비로 2% 以内이고(日本에서 實際 레미콘 工場의 品質管理에 適用하여본 結果는 平均推定 誤差 4%이었음) 普通 및 早強 포틀랜드 시멘트에도 適用되는 長點이 있으나 問題點으로는 試藥(1級 鹽酸)의 취급에 危險性이 있는點, 시멘트 種類中 石灰質 含有度 및 骨材에 石灰石이나 조개껍질등 탄산칼슘을 包含하는 海砂와 같은 경우에는 誤差를 誘發하므로 豫備 試驗으로 미리 補正值를 定하여 두거나 혹은 實驗에 細心한 注意를 기울일 必要가 있다.

3-2. 逆滴定法⁷⁾

(1) 原 理

굳지않은 콘크리트를 채가름(10mm제)한 몰탈(200g)에 물을 加하여(2ℓ 비이커에) 稀釋한 다음 一定量의 鹽酸(1級 200ml)을 加하여 시멘트를 溶解시키고(10分間 교반) 剩餘酸을 페놀프탈레인을 指示藥으로하여 水酸化 나트륨 溶液(3N)으로 逆滴定하는 原理로 單位 시멘트량을 求하는 笠井氏 等의 方法이 있다. 水量 및 물 시멘트비는 가스버너를 利用하여 몰탈을 絶乾시키고 乾燥量으로부터 骨材의 吸水量을 量定한 것을 有效水量으로하여 物량을 求하고 逆滴定法에서 求한 單位시멘트량과의 比에서 물 시멘트비를 求한다.

(2) 特 徵

鹽酸溶解熱法과 類似하게 普通, 早強, 中庸熱, 超早強 포틀랜드 시멘트 等에도 同一하게 適用되나 石灰分의 含有量이 다른 시멘트나 骨材中 조개껍질, 石灰石이 含有된 경우에는 誤差가 큼으로 이런 경우는 本方法을 適用할 수 없다.

3-3. 炎光分析法(칼슘이온 測定法)⁸⁾

(1) 原 理

Kelly-Vail에 의하여 提案된 裝置로(그림 2 參照) 시멘트量 測定의 原理는 콘크리트 試料를 채취기(B에 물 37.6ℓ 를 넣고 A 체에 콘크리트 1kg을 넣은다음 C 펌프로 순환시키다가 D로

방출)한 시멘트 混濁液을 一定量 採取(F자동피펫으로 125ml)하여 液中的 시멘트 粒子를 硝酸으로 溶解하고(H로 5%硝酸 100ml), 물로 稀釋(I의 dispenser로 300mg을 G에 담고 高速攪拌機로 휘젓음) 칼슘이온의 濃度를 炎光光度計로 測定하고 미리 作成한 그래프에 의거 單位시멘트량을 求하는 化學分析의 原理이다.

(2) 特 徵 그림 2.

試驗에 要하는 時間은 15分程度이고, 시멘트 量과 물량 의 推定 誤差는 4~6%가 된다. 鹽酸 溶解熱法, 逆滴定法과 마찬가지로 칼슘이온의 含有量이 다른 시멘트 및 칼슘성분을 多量 包含한 骨材는 誤差가 크게 發生한다.

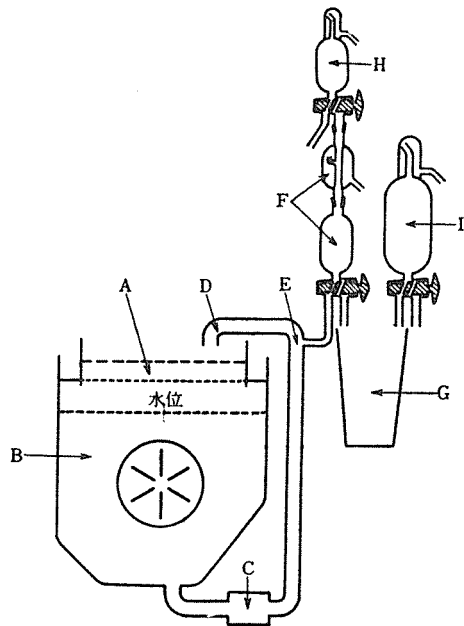


그림 2. Kelly-Vail의 裝置

3-4. 色差法⁹⁾

(1) 原 理

콘크리트의 시멘트의 칼슘이온을 定量하기 위한 方法으로, 所定量의 콘크리트에 所定量의

물과 指示藥(카세인 1g을 1N의 NaOH 溶液 25ml 에 溶解시켜 물로 100ml 가 되게 희석한 것)을 加하여 교반하고 凝集劑를 加하여 上澄液을 떠서 色差計에 걸고 色差를 測定하여 미리 製作하여둔 色과 比較함으로써 單位시멘트량을 判斷하는 比色法의 原理이다.

(2) 特 徵

色差와 시멘트 含有量은 逆比例하게 나타나는데, 推定되는 單位시멘트량과 實際 單位시멘트량 間의 誤差는 $\pm 2\%$ 以内라고 일컬어지고 있으나, 根本적으로 比色測定이란 主觀性 및 個人誤差가 內在될 수 있어 객관적으로 正確한 定量性이 缺如되는 點이 있다.

3-5 . pH Meter 法¹⁰⁾

(1) 原 理

물 시멘트比 變化에 따라 나타나는 所定 콘크리트의 알칼리度 變化를 所定の 稀釋比率인 물로 희석하고 pH Meter 를 삽입 알칼리度를 測定함으로써 미리 求하여둔 알칼리度에 따라 單位시멘트量, 혹은 물 시멘트比 및 強度를 早期에 推定하는 方法 및 原理이다.

(2) 特 徵

方法이 簡單하고, 測定時間이 10分以內로 利用은 便利하나, 물 시멘트比 變化에 따른 pH 값 變化가 적고, 희석배수에 따라 약간 다르기는 하나 물 시멘트비 45~55% 範圍에서 pH값이 最下가 되고 그 以上 및 以下에는 增加하는 拋物線 傾向으로 強度의 早期推定에 어려움이 있으며, 또한 시멘트, 骨材, 用水 等 알칼리度에 影響을 줄 수 있는 材料變數 및 콘크리트 混合後 經過時間 變化 等 많은 要因이 作用함에 따라 偏差가 크게 나타나는 問題點이 있다.

3-6. 酸中和法^{11), 12)}

(1) 原 理

pH Meter 法과 類似한 原理로 물 시멘트比에 따라 變化하는 콘크리트 混合用水의 알칼리度를 遠心分離機 및 一定時間 放置後 블리이딩수로 採取하여 여과하고, 페놀프탈레인을 指示藥으

로하여 赤變시키고 微少한 알칼리度 差異를 묶은 鹽酸(0.1N HCl)으로 中和시키는데 必要的 鹽酸消費量을 구하여 미리 作成하여둔 圖表 및 回歸式에 의거 單位시멘트量, 물 시멘트比 및 強度를 求하는 方法이다.

(2) 特 徵

pH Meter 法보다 時間은 많이 걸리는(40分程度) 問題點이 있으나 裝置가 簡單 및 低廉하여 比較的 強度推定の 正確度는 높게 나타난다. 그러나 根本적으로 콘크리트의 알칼리度 變化를 測定하는 것인만큼 材料條件, 時間變化 및 溫濕度와 같은 周圍環境 等으로 알칼리度에 影響을 미치는 要因은 모두 偏差로 될 수 있음으로 同一條件으로 繼續 生産되는 레미콘과 같은 경우의 品質管理에 한하여만 適用될 수 있다.

3-7. 單位水量 決定法

化學的 方法의 大部分은 물 시멘트比보다 單位시멘트량과 相關性이 良好하게 나타난다. 그러므로 上記의 化學的 方法들 및 一部 物理的 方法들(自動 젓기分析 및 比重計法)과 本 單位水量 決定方法을 複合하면 물 시멘트比 및 強度推定の 精度가 比較的 良好하게 된다.

이와같은 몇가지 方法으로는, 먼저 티오시안酸 칼륨溶液의 逆滴定法이 있는데, 이는 콘크리트 試料를 이미 알고 있는 濃度の NaCl 溶液으로 混合 稀釋하고 그 稀釋 NaCl 溶液의 濃度를 티오시안酸 칼륨 溶液으로 逆滴定해서 試料中の 水量을 求하는 것인데 이것으로는 Kelly-Vail의 方法⁸⁾과 이를 더욱 改良한 Howdysshell의 方法¹³⁾, 더욱 같은 모습으로 稀釋 NaCl 溶液濃度를 硝酸銀 溶液으로 直接 測定해서 水量을 求하는 村田의 方法¹⁴⁾도 있다. 또한 試料에 一定量의 에틸알콜을 添加 混合하고 에틸알콜水의 混合液 比重과 溫度를 測定하여 에틸알콜의 濃度를 찾고 試料中の 水量을 算出하는 方法¹⁵⁾도 있으며, 其他 物理的인 方法도 있는데, 즉 加熱法은 一定試料를 加熱, 水分을 증발시키고 그 減量差에서 水量을 決定하는 方法으로 加熱

방법은 赤外線乾燥¹⁶⁾ 및 高周波誘電加熱 (電子렌지)¹⁷⁾ 등이 提案되고 있다. 其他 前述한 遠心脫水法, 씻기分析中 水中과 氣中 重量差法으로 單位水量은 決定될 수 있다.

4. 力學의 方法

本方法은 供試體를 製作, 溫水, 煮沸, 電熱, 壓力, 自己發熱, 急結劑投與等 方法如何를 막론하고 促進養生한 다음 早期의 力學的 強度試驗으로 標準養生 強度를 推定하는 力學的 試驗系에 基礎를 두고 實驗하는 方法으로 한다.

4-1. 溫水法

(1) 原 理

美國 (ASTM C684-74 의 A 法), 英國 (促進試驗委員會)¹⁸⁾, 日本 (十代田¹⁹⁾, 建築學會 簡易試驗方法 小委員會²⁰⁾, 建設省 土木研究所 콘크리트 研究室²¹⁾等 試驗國마다 약간의 方法이 相違하기는하나 原理로서는 형틀에 打設된 콘크리트를 形틀채로 一定溫度의 溫水 (美國: 35°C, 英國: 55°C, 日本: 55 또는 70°C)에 24時間 前後의 促進養生을 거쳐, 거푸집을 脫型하고 早期材齡 壓縮強度로부터 標準材齡 콘크리트의 壓縮強度를 推定하는 것이다.

(2) 特 徵

本 方法은 後記의 煮沸法보다 溫度쇼크가 적고, 促進養生으로 進入하는 準備段階가 짧으며, 比較的 均一한 溫度分布가 얻기쉽고, 溫度가 낮은만큼 火傷의 危險도 없으며, 또한 養生溫度는 낮드라도 一定의 強度增進이 보이며, 28日 強度와의 關係도 그런대로 良好하게 나타난다. 그러나 本 方法은 定溫制御裝置와 그의 管理를 必要로하고, 養生時間을 길게할 必要가 있기 때문에 一般의 強度試驗은 1 日 혹은 2 日後에 實驗하여야만하며, 結果도 그때에 만 評價될수 있다. 또한 潛在強度의 發揮에도 不充分하여 편차가 크고 시멘트의 種類에 따라서도 상당히 關係가 다른것을 알수 있다.

4-2. 煮沸法

(1) 原 理

美國 (ASTM C684-74 의 B 法), 캐나다 (CSA A23, 2. 26)의 規格 및 日本 (十代田¹⁹⁾, 後藤²²⁾等)의 研究가 있는데, 溫水法과 다른 原理 및 方法으로는 促進養生이 煮沸法으로 積極的이라는 點과, 煮沸 以前 및 以後에 一定時間, 一定溫度의 養生段階를 거치는 것이 必要한 點 및 其他인데 各規格 및 研究者間의 方法에는 약간의 差異가 있다.

(2) 特 徵

溫水法과 比較하여 水槽의 溫度管理가 容易하고, 供試體을 促進養生前에라도 美國規定의 경우에는 短距離 移動이 可能하며, 十代田의 方法으로는 5時間이면 強度推定이 可能할 수 있고, 또한 全般的으로는 同一 時間內에 얻어지는 強度가 크기때문에 強度推定의 精密度가 높은 長點이 있다. 그러나 短點으로는 煮沸에 의한 콘크리트 熱膨脹으로 말미암아 強度에 影響이 있을 수 있고, 또한 取扱中에 火傷에 注意할 必要가 있는 點이다.

4-3. 自己發熱 養生方法

(1) 原 理

美國 (ASTM C 684-74 의 C 法) 캐나다 (CAS A23. 2. 26)의 規格 및 日本 (十代田²³⁾의 研究가 있는데, 原理로는 시멘트의 水和作用에 의하여 얻어진 熱을 지키는 方法으로, 絶緣養生 容器中에서 콘크리트를 促進養生하고 強度試驗을 행함으로서 早期에 強度를 推定하는 것이다.

(2) 特 徵

本方法은 絶緣設備 以外에 加熱이 必要하지 않아 高價의 養生裝置가 없어도 되며, 溫度管理를 행할 必要가 없기 때문에 便利하고, 強度試驗 機關으로 運搬이 必要할 경우에는 이 時間이 養生期間으로 되며 (運搬時에는 斷熱容器가 供試體를 保護하는 역할도 함), 供試體 成型으로부터 強度試驗까지 번잡한 조작이 필요없고, 作

業者를 時間的으로 拘束하지 않는 反面에 短點으로는 品質管理에 適用하기 위하여 結果가 나오기까지는 時間이 많이 걸린다는 點이다(美國 規定: 2日, 日本의 研究는 1日).

4-4. 壓力과 熱에의한 方法²⁴⁾

(1) 原 理

Nasser에 의하여 考案된 方法으로 內徑 7.62cm, 높이 16.51cm인 試料容器를 3段으로 쌓고, 各各의 사이에 3.18cm두께의 칸막이를 넣어 壓力을 105.5kg/cm²가 되도록 加하고, 100W의 히터로 3時間 加熱한다음 2時間 冷却하여 壓縮強度를 求함으로서 早期에 強度를 推定하는 것인데, 즉 壓力과 熱을 複合함으로서 促進養生을 더욱 加速化한 原理이다.

(2) 特 徵

0.5時間에 149℃에 도달할 정도의 高熱과 壓力까지 加勢하기 때문에 콘크리트의 促進養生 試驗方法中 第一 짧은 時間에 強度의 推定이 可能한 것으로 有用性이 있다. 또한 促進強度 35

~239kg/cm²의 範圍內에서 28日 材齡 強度推定의 精度는 ±15%이고 配合의 여러가지 變化에도 그다지 影響이 미치지 않는다고 報告되고는 있으나 단, 強度試驗時 火傷에 對備하여 장갑을 着用하여야만 하는 點과 아직 많은 研究가 없으므로 材料 및 配合의인 側面에서 高熱에 따르는 콘크리트 變化 等に 대하여는 繼續 檢討되어야 할 것이다.

4-5. 急結 促進養生法²⁵⁾

(1) 原 理

日本의 池田 等の 研究로서 굳지않은 콘크리트를 5mm체로친 몰탈에 알루미늄산소오다를 主成分으로하는 急結劑를 一定量 添加 混合하여 供試體를 成型하고, 70℃로 高温養生한다음 材齡 1~3時間의 몰탈強度로부터 材齡 28日의 콘크리트強度를 推定하는 方法인데 즉, 急速硬化 몰탈의 壓縮強度가 試料 콘크리트의 물 시멘트比와 아주 높은 相關關係가 있는 것으로부터 誘導되어진 原理이다.

(2) 特 徵

本 方法은 急結劑와 高温養生과의 組合에 의한 相乘效果에 의하여 포틀랜드시멘트의 水和反應이 短時間에 促進되어 나타난다는 것과, 安定한 早期強度가 얻어지도록 調合되어진 專用 急結劑가 開發되어진것 等に 의하여 可能하게 되었는데, 日本의 레미콘 實際實驗에서 1.5時間 後에 얻어진 結果로는 變動係數 8% 程度로 良好한 結果를 나타낸바도 있다. 그러나 本方法은 몰탈을 利用하는 것으로 굵은骨材의 影響및 잔骨材率等 一部 配合의인 側面에서의 問題點은 存在할 수 밖에 없다.

4-6. 早期材齡 強度에 의한 推定法

(1) 原 理

시멘트의 水和反應이 時間經過에 따라 進前되어 콘크리트 強度가 一定하게 增進되는 原理에 基礎하여, 標準의인 試驗方法에 따라 콘크리트 供試體를 製作하고, 3日 및 7日等 早期材齡의 供試體 強度試驗으로 28日 標準材齡 콘크리

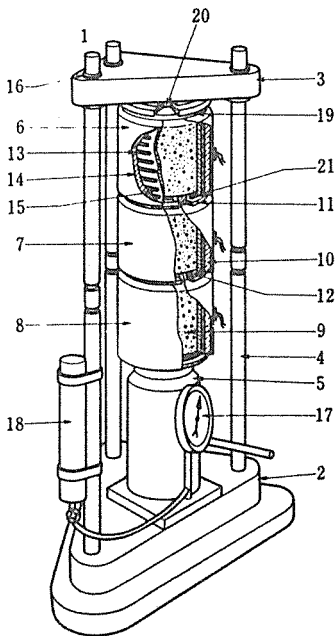


그림 3. Nasser의 裝置

트의 強度를 推定하는 것이다.

(2) 特 徵

從來로부터 現在까지도 實務에서는 많은 經驗으로 利用되고 있는 것으로 實驗方法이 平易하고, 複雜한 裝置가 必要없어 접하기가 쉬우며, 比較的 強度推定の 精度가 良好하게 나타나는 長點이 있으나, 短點으로는 早期強度 推定인 만큼 根本的으로 時間的인 側面에서 늦게 結果가 나타남으로 困難한 점이 있다.

5. 電氣·音波法 및 其他方法

本方法은 콘크리트 그 自体의 狀態에 전혀 變化를 주지않고 電氣 傳導度에 따르는 電氣抵抗 超音波 및 放射線의 傳播速度 測定法 및 其他 前記의 物理, 化學, 力學 및 電氣·音波法에서 言及되지 않은 것으로 콘크리트의 強度를 早期에 推定할 수 있는 其他의 것으로 한다.

5-1 電氣抵抗法²⁶⁾

(1) 原 理

一般的으로 물은 電氣가 통하지 않는 不導體이다. 그러나 콘크리트 混合時 시멘트에 包含되어 있는 이온성 物質이 물에 混合되게 되면, 물과 시멘트의 混合比率인 물, 시멘트비에 따라 이온화 現象은 反比例的으로 變하게 되는데 이 原理를 利用한 것으로, 콘크리트에서 一定의 試料를 採取하여 不導體인 四角형틀속에 넣고 對立되는 양쪽면에 極板을 設置한 다음, 두 極板間에 電氣抵抗 測定器를 設置하고 抵抗을 測定함으로써 미리 求하여둔 關係로부터 壓縮 強度를 推定하는 것이다.

(2) 特 徵

裝置가 簡單하고 早期에 強度推定이 可能한 것이기는 하나 단, 充分히 研究되지 않아 未知數가 많고, 또한 콘크리트 電氣抵抗에 影響을 미칠 수 있는 塩分, 骨材의 鑛物質 含有率 등에 따라서도 偏差가 생길 수 있는 短點이 있다.

5-2 超音波 速度法²⁷⁾

(1) 原 理

一定 間隔의 形틀에 굳지않은 콘크리트를 打設하고 超音波 發振子 및 受振子를 設置, 콘크리트속을 通過하는 超音波傳播速度를 測定함으로써 미리 정하여진 圖表 및 式에 따라 물 시멘트比 및 強度를 早期에 推定하는 것이다.

(2) 特 徵

Mciob 等에 의하여 研究되어진 方法으로 強度 早期推定이 可能한 方法中的 하나이기는 하나 配合變數에 따라 初期의 超音波傳播速度에는 差異가 微少하여 強度早期推定이 어려운 關係로 많은 時間의 經過가 要求되며, 또한 超音波傳播速度 測定裝置는 高價이므로 實務適用에는 어려움이 있다.

5-3 其他方法

上記의 物理, 化學, 力學 및 電氣·音波法에서 叙述되지 않았던 콘크리트 強度 早期推定法으로는 다음과 같은 것들이 推加될 수 있다. 즉 單位시멘트量을 求하는 方法으로 中性子 活性化分析에 의한 方法²⁸⁾, 시멘트 混濁液의 電氣 傳導率에 의한 方法²⁹⁾, 重液分離와 遠心分離에 의한 方法³⁰⁾, 과망간산칼륨에 의한 시멘트粒子 表面吸着量에 의한 方法²⁹⁾, 시멘트 水和發熱量 測定에 의한 方法, 其他가 있고, 또한 品質管理의 一環으로 同一배치를 반복하는 콘크리트 製造에서 슬럼프 및 空氣量試驗으로 미리 作成한 모노그래프를 利用하여 單位水量을 推定하는 圖表에 의한 方法¹⁾, 물, 시멘트比 및 시멘트強度를 알고 있을 때 콘크리트의 28日 壓縮 強度를 推定하는 實驗式에 의한 方法과 수미트 램퍼, 超音波 傳播速度, 動彈性係數 試驗裝置等 各種 非破壞試驗裝置를 導入, 早期材齡供試體의 非破壞試驗으로 強度를 推定하는 方法, 其他 上記의 諸般 物理, 化學, 力學, 電氣·音波法等 어느 方法이건 간에 두가지 以上の 方法을 複合하여 強度를 推定하는 複合法等 많은 方法들도 利用할 수 있다.³¹⁾

6. 結 論

一般 建設工事中서 콘크리트는 多様な 用途化, 大規模化, 施工의 迅速化, 混和材料 使用의 多様化, 低品質, 再生 및 代替骨材의 活用化等 時代의 變遷 및 要求에 따라 콘크리트의 品質을 早期에 判定하는 것이 重要하게 擡頭되게 되었다. 그러므로 美國, 캐나다, 日本等 外國에서는 콘크리트 強度의 早期判定에 관한 많은 研究로 심포지움, 分科委員會報告, 規格化等 實用化의 段階에까지로 發展되고 있으나 우리나라에서는 아직 이와같은 分野에 별로 研究가 進行되고 있지 않았음에 既往의 研究를 綜合하여 콘크리트 強度 早期推定 研究의 概況을 調査하고 特徵을 略述함으로서 이 分野를 紹介하고 類似研究에 한 參考資料로 提供하고자 目的 하였는데 그 內容은 다음과 같이 要約될 수 있다.

1. 콘크리트 強度 早期推定法의 原理로서는 物理, 化學, 力學, 電氣·音波 및 其他의 基礎原理 類形別에 따라 分類되어질 수 있다.

2. 物理的方法은 混合된 材料의 찻기分析 및 液中 比重值 測定法이 代表的인데 安全, 迅速하고 低價의 設備인 反面, 주로 骨材의 粒子크기 差에 의하여 偏差가 發生할 수 있다.

3. 化學的方法은 콘크리트중 Ca成分의 量 및 液中 알카리도를 化學적으로 定量하는 方法이 代表的인데, 簡單하고 迅速한 反面, 骨材의 化學性分 및 콘크리트 알카리도에 影響을 미치는 要因에 따라 偏差가 發生할 수 있다.

4. 力學的方法은 促進養生後 早期材齡 強度 試驗으로 콘크리트 強度를 推定하는 方法이 代表的인데, 比較的 強度推定 精密度가 良好하여 結果值를 信賴할만하나 促進養生設備의 具備 및 迅速性의 不足이 問題視된다.

5. 電氣抵抗, 超音波法等은 方法이 簡單하고 迅速하기는하나 信賴도가 낮고 正確度面에서도 많은 檢査가 必要하다.

以上을 綜合하여 볼때 各各의 方法들은 特性이 相違하고 많은 影響因子에 따라 結果值가 달

라짐으로 充分한 研究를 實施하고, 深度있는 檢討後에 應用할 必要性이 있다.*

- 1) 明石外世樹; 콘크리트 非破壞試驗法의 概要, 柏忠二編著 콘크리트의 非破壞試驗法 一日歐米의 論文·規格·文獻-, 技報堂(1980)
- 2) 西沢紀昭; 콘크리트 分析機 RAMによる 單位セメント量 推定の 實用獨에 關する 研究, 土木施工, Vol. 18, No. 9, 10(1977)
- 3) 市橋進, 本間信吾, 稻井田洋二; まだ固まらない 콘크리트의 單位セメント量·水セメント比의 判定(遠心脫水機 利用による), 土木施工, Vol. 19, No. 10(1978)
- 4) L. J. Murdock; The Determination of the Proportions of Concrete, Cement and Lime Manufacture, Vol. 21 No. 5(1948)
- 5) 水野俊一; まだ固まらない 콘크리트의 水セメント比의 一試驗方法, 土木學會誌, Vol. 44, No. 10(1959)
- 6) 神田衛; まだ固まらない 콘크리트의 水セメント의 測定方法, 土木学会論文報告集, No. 193(1971)
- 7) 笠井芳夫, 松井勇; まだ固まらない 콘크리트의 水セメント量および 水セメント比의 判定試驗, 日本建築学会大会學術講演梗概集(1972)
- 8) R. T. Kelly, J. W. Vail; Rapid Analysis of Fresh Concrete, Concrete, Vol. 2, No. 4, 5(1968)
- 9) 中川宗男, 三浦勇雄, 毛見虎雄; まだ固まらない 콘크리트의 水セメント量 判定方法에 關する 研究, 日本콘크리트工学協會, 콘크리트品質의 早期判定에 關する シンポジウム論文集(1979).
- 10) 潘好鎔, 卞鍾炫; 콘크리트 強度의 早期推定에 關基礎研究(시멘트케이스트의 pH를 測定하는 方法에 關하여), 大韓建築学会學術發表論文集, Vol. 4, No. 2(1984)
- 11) 金武漢, 韓千求; 콘크리트 強度의 早期推定에 關基礎的研究(시멘트케이스트 및 물탈의 酸中和方法에 關하여), 上同論文集, Vol. 5, No. 1(1985)
- 12) 崔東喆, 韓千求, 金武漢; 잔 굵은骨材로서 廢棄콘크리트를 使用한 콘크리트에 關한 實驗的研究(II)-一酸中和法에 의한 強度 早期推定一, 上同論文集, Vol. 6. No. 1(1986)
- 13) P. A. Howdyshe; Concrete Quality Control : 28 days-24hours-15minutes, Accelerated Strength Testing, ACI, SP56-12(1978)
- 14) 村田二郎, 黒井登起雄; まだ固まらない 콘크리트의 化學分析による 水セメント比의 試驗方法, 土木学会, 콘크리트의 品質管理試驗方法, 콘크

- リート・ライブラリー, No. 38 (1974)
- 15) 中島正智, 能町宏, 瀬上光男; また固まらない コンクリート中の水分量の迅速分析方法, 日本コンクリート工学協会, コンクリート品質と早期判定に関するシンポジウム論文集 (1979)
 - 16) 西沢紀昭; 洗い分析機および赤外線乾燥器によるフレッシュコンクリートの単位セメント量と水セメント比の推定の実用性に関する研究, 上同論文集
 - 17) 角田忍, 明石外世樹; 高周波加熱による水セメント比測定法, 上同論文集
 - 18) Accelerated Testing Committee; An Accelerated Test for Concrete, Proc., Institution of Civil Engrs. Vol. 40 (1968)
 - 19) 十代田知三, 藤沢好一; 早期品質判定のためのコンクリート強度促進試験, 建築学会論文報告集, No. 146 (1968)
 - 20) 建築学会簡易試験方法小委員会; コンクリートの簡易試験方法に関する報告書(案) (1978)
 - 21) 建設省土木研究所 コンクリート研究室; 温水養生によるコンクリートの促進強度試験方法に関する試験調査, 土木研究所資料, No. 1082 (1976)
 - 22) 後藤幸正, 尾坂芳半, 外門正直; コンクリート管理特性として用いる高温水養生供試体の圧縮強度に関する考察, 土木学会論文集, No. 150 (1968)
 - 23) 十代田知三, 藤沢好一; コンクリートの強度促進試験(自熱養生法), セメントコンクリート, No. 302 (1972)
 - 24) K. W. Nasser; A New Method and Apparatus for Accelerated Strength Testing of Concrete, Accelerated Strength Testing, ACI, SP 56~15 (1978)
 - 25) 池田尚治; 急速硬化によるコンクリート強度即時判定方法に関する研究, 土木学会論文報告集, No. 2 255 (1977)
 - 26) 呉誠哲, 韓千求, 金武漢; 同 12) (IV) -電気抵抗法에 의한 強度早期推定一, 同 12)
 - 27) B. SC Mciob, B. Sc. Mice; Ultrasonic Monitoring of the Early Age Properties of Concrete, Internationaj Conference on Concrete at Early Age (Paris) (1982)
 - 28) D. O. Covault, C. Et Poovey; Use of Neutron Activation to Determine Cement Content of Portland Cement Concrete, Bulletin, No. 340, Highway Research Boad (1962)
 - 29) L. R. Chadda, Indian Concrete Journal, 15th, 1955, cf. 常山源太郷, また固まらないコンクリートの分析, セメントコンクリート, No. 149, 150 (1959)
 - 30) W. G. Hime, R. A. Willis; A Method for the Determination of the Cement Content of Plastic Concrete, ASTM Bulletin, No. 209 (1955)
 - 31) コンクリート品質の早期判定研究委員会; コンクリート品質の早期判定方法に関する概況, コンクリート工学, Vol. 17, No. 7 (1979)

질서지켜 민주시민

차례지켜 문화국민