

# “寒中混凝土를 保護키爲한

## 絶緣物使用에 對하여”

林 殷 鎮

### 1. 緒 言

土木施設物의 大部分이 混凝土에 依해 이 두워지고 있는 關係上 混凝土에 關한 여러 가지 研究의 必要性은 再言을 必要로 하지 않는다. 漸增되어가는 近代 科學文明의 發達は 技術面에 對해서도 여러가지 새로운 方向에의 發展을 要求하고 있으며 이에 呼應하여 外國先進國家에서는 既기 오래前부터 積極的인 施策을 講究하여 이의 推進에 努力을 傾注시켜 왔으며 特히 確固하고 體系의인 試驗所研究를 通하여 索出된 着實한 實驗報告 및 記錄等은 確固不動한 設計 Data로서 採擇되어 劃期的인 技術의 發展을 加一層 促進시키고 있는 現象이다. 筆者가 여기에 紹介코저하는 “寒中混凝土를 保護키爲한 絶緣物使用에 對하여”는 美國內務省開拓局(U. S. Dept. of Interior, Bureau of Reclamation)에서 多年間 試驗所 및 現場에서의 模擬試驗等을 通하여 成功裡에 所期目的을 達成한 實驗報告書이며 只今現在 널리 開拓局中事에 適用되고 있는 方法임을 添加하여둔다.

冬節結水期에 Placing된 混凝土의 所要水分 및 熱量을 保持시키기爲해서 型枠 또는 型枠을 使用치않은 施工表面에 絶緣材를 使用하여 實質的인 效果를 나타내고져 美國內務省開拓局에서는 여러角度로 그의 研究探知에 努力하여 왔은 것이다.

硝子絲(Spun Glass), 岩毛片 및 毛布(Rock-Wool Bats and Blankets) 그리고 纖維板(Fiberboard)等은 成功的인 結果를 나타낸 絶緣材들이라 하겠다. 混凝土工作物을 保護키爲한 새로운 方法에 依한 絶緣材의 使用은 過去까지 使用되어 오든 方法에 비해 훨씬 有益한點을 나타내고 있는 것이다. 第一우산布(Tarpaulin)를 使用하여 混凝土를 掩蔽한다

가 或은 其他 여러가지 方法으로 加熱을 하여 왔든 過去의 樣式等은 比較的 高價일 뿐 아니라 大端히 不便하며 또한 때르는 混凝土를 窒하는 境遇도 있었든 것이다. 適當한 方法으로 絶緣材를 使用한다는 것은 어느 程度의 危險과 冒險을 除去하여 주고 있기때문에 大端히 便利하고 經濟的인 寒中混凝土作業의 遂行을 可能케 하여 주었으며 또한 나아가서는 安全하고도 良好한 混凝土工作物을 保證하여 주었던 것이다. 美內務省開拓局에서는 1951년에 試驗室을 通한 調查 및 分析의인 面에 對한 研究等을 始作하여 卽 絶緣材를 使用하므로써 寒中混凝土를 保護할수 있다는 可能性에 對해서 誇示하였든 것이며 現場實驗을 通해서 上記 試驗室 調查 및 分析研究에 對한 結果를 加一層 確固히 하여 주었고 여러가지 이에 關한 現場實驗의 結果는 後記하려고 한다.

內務省開拓局에서는 보다더 實質的인 寒中混凝土作業의 有効的인 結果를 나타내기爲해서 工事場의 日平均溫度가 40°F (4.4°C)以下로 下降할 境遇는 使用 세멘트 重量의 1%에 該當하는 鹽化 칼슘(Calcium Chloride, CaCl<sub>2</sub>)이 加해져야 할것은 規定으로 하고 있는 것이다. 封緘劑(Sealing Compound)를 使用하여 養生된(Curing) 混凝土는 適當한 絶緣材로서 型枠 또는 混凝土表面에 接觸시켜 72時間동안 50°F(10°C)의 溫度로 保護되어야 하며 또한 反面에 絶緣材가 使用되지 않은 境遇에는 다시금 새로히 72時間동안 凍結에 對한 保護策을 講究하지 않으면 안된다고 開拓局 工事仕様書에 明記되어 있는 것으로 보아 이처럼 이나타 사람들은 後記하는바와 같이 確證을 科學的인 根據를 基準삼고 精心하여 細部에 이르기까지 適宜히 措慮하고 있는 點等은 加一層 技術向上의 進歩를 促進

시킬 것으로 믿어진다.

2. 寒中混凝土作業에 있어서의 主要問題

a. 型枠內에서의 混凝土의 保護(Protecting Concrete in Forms).

寒中混凝土作業을 成功裡에 完遂시킬수 있는 重要問題란 새르히 Placing 된 混凝土로 하여금 寒中溫度에서 適度의 強度 및 耐久性을 나타낼수 있도록 하는데 있는것이다. 養生水(Curing Water)가 加해졌을때 混凝土는 언제나 潮氣(Moist)를 保有하고 있어야 하여 混凝土表面이 所要形狀을 나타내기前, 卽換言하면 混凝土가 凝結되기前에 保護策이 講究되어야 한다. 氣溫 16°F(-8.9°C) 33°F(0.5°C) 그리고 75°F(23.9°C)時에 養生된 混凝土標本의 強度進展試驗의 結果를 볼것 같으면 氷點溫度 以下인때에 養生된 混凝土의 境遇는 實地的인 面에서 強度의 進展은 없다가 되고 또한 氷點溫度에 거의 가까운 境遇에 稀少한 強度의 進展이 있다함을 나타내주고 있으나 비록 23日 동안이나 低溫狀態속에서 置場되었다 하더라도 따뜻한 溫度와 水分이 加해졌을 境遇에는 混凝土의 強度가 顯著하게 進展된다함을 立證하였다 알은 強度를 나타낼 唯一의 要素가 되는 알은 溫度에서의 混凝土養生은 安全하게 型枠을 除去할수 있는 時間을 遲延시켜 줄 것이고 또한 萬若에 混凝土가 安全한 強度를 保持하기前에 型枠을 除去한다면은 工作物의 重量에對한 支持力이 喪失될것은 勿論이러니와 型枠의 強制除去作業으로 달미암는 隣接混凝土(Adjacent Concrete)로부터 오는 壓力에 對한 抵抗力이 無能케 되어 結局 多大한 修理費를 要求케 되는것이다 一般的으로 型枠의 早期除去는 經濟的인 工事遂行에의 必要不可缺의 故인 故로 必要한 混凝土의 溫度를 保有케하는 方案等을 講究한다는等 型枠의 早期除去를 可能케 하는 諸要素에 關한 研究는 極히 必要한 일이다 하겠다.

다음에 記述한바와 如히 타우 塗布 或은 他의 여러가지 種類의 材料를 使用하여 混凝土表面을 掩蔽한다든가 또는 火爐或은 耐

火板(Salamander)等을 使用하여 加熱한다는等 의 여러가지 過去의 樣式은 比較的 高價일 뿐 아니라 大端히 不便하며 때로는 非效果的인 였다는 것이 試驗報告에 依하여 歴歷히 證明되었으며 그밖에도 그러한 方法等은 混凝土를 害할 憂慮가 多分히 있음과 同時에 때로는 火氣의 危險性이 있는 關係로 매우 冒險的인 方法이었다고 한다.

이러한 非合理的인 過去樣式의 缺略을 除去키 爲하여 實驗研究를 通하여 案出된 새르운 方式이란 絶緣棒(Insulation Bats) 或은 絶緣板(Insulation Board)을 使用하여 型枠이 使用된 混凝土를 保護한다든가 또는 絶緣毛布(Insulation Blankets)等으로서 型枠이 使用되지 않은 混凝土의 表面을 保護하므로써 混凝土의 混合當時에 생기는 熱의 損失量을 最少限度로 制限 또는 세멘트의 水和作用으로 인미암아 發生되는 熱量의 損失을 率減하는것 等이라 하겠다 卽 酷甚한 氣象條件下에 作業이 繼續되는 境遇 混凝土에 對한 最適溫度의 調節은 다만 上記 酷甚한 氣象條件에 對備한 適當한 絶緣物이 使用되므로써 미르서 獲得될수 있는것이다.

Fig 1은 混凝土의 溫度上昇狀態를 表示하는 것으로서 卽 養生期間中 처음몇일동안의 混凝土는 세멘트의 水和作用으로 發生되는 熱의 放出比率이 大端히 크다한다 其後쿠더는

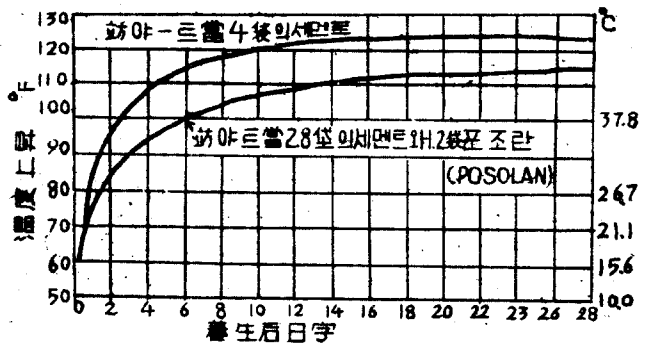


FIG 1: 完全하게 絶緣된 混凝土의 溫度上昇狀況

漸次 減어진다 함을 나타내는 것으로서 이것으로 미루워보아 絶緣物이 適用되므로써 混凝土의 必要熱量을 充分히 保持케하여 두고 있음이 立證되었다.

b. 混凝土의 溫度

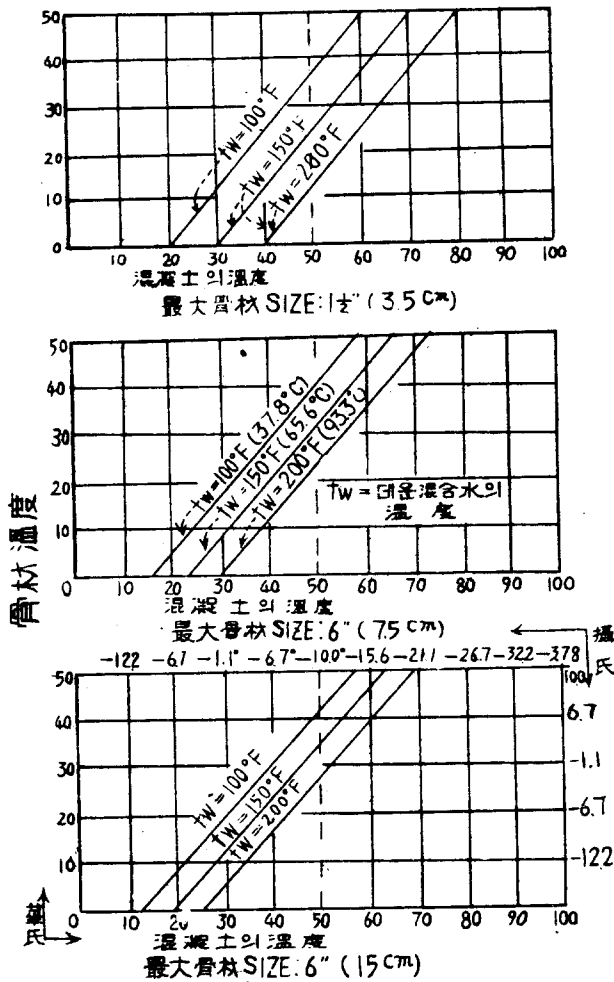


Fig. 2 骨材 SIZE: 및 混合水溫이 混凝土溫度에 미치는 影響

養生直後의 混凝土의 溫度는 大略 81%의 骨材溫度와 그리고 13%의 混合水溫 및 6%의 세멘트 溫度에 相等하는 것으로서 骨材溫度가 이와같이 새로히 養生된 混凝土溫度에 미치는 뚜렷한 影響을 갖이고 있는 關係上 骨材溫度란 매우 重要한 것이 아닐수 없다 養生當初의 混凝土溫度는 寒中混凝土作業에 있어서 가장 重要한 問題이다 養生當初 混凝土의 低溫狀態를 避하기 爲하여 卽다시말하면 均質混凝土의 健全한 製造를 爲하여 上記한바와 如히 骨材溫度가 미치는 影響이 重且大하므로 말미암아 骨材의 保溫處理問題에 對해서 恒常細心 努力하여야 할것은 勿論 爲先 한가지 가까운 例로서 冷凍

地에 山積 備蓄되어 있는 이른바 冷骨材는 可能限 適宜 陽地로 移動되어야 하며 掩蔽되어있는 氷塊 或은 雪等이 除去되어야 함은 再言의 必要가 없는것이다. 冷却된 세멘트가 더운물과 混合되었을때 閃光的인 反應이 이러났었다는 어떤 地區의 記錄狀況도 있는 現象이니 세멘트나 Pozzolan(세멘트用으로 使用되는 火山灰)等도 密閉된 場所에서 乾燥狀態로 保管되어야함을 追言하는바이다. 새로히 養生된 混凝土의 混度는 다음 公式에 依해서 算出될수있다.

$$t = C_w t_w + C_c t_c + C_a t_a$$

式中

$t$  = 새로히 養生된 混凝土의 溫度(°F)

$t_w$  = 混合水의 溫度(°F)

$t_c$  = 세멘트의 溫度(°F)

$t_a$  = 骨材의 溫度(°F)

또한  $C_w$ ,  $C_c$  그리고  $C_a$  등은 使用된 骨材 Size에 依해 變하는 常數로서 最大骨材 Size가 1.5吋(3.75 cm)인 경우는:

$$t = 0.22t_w + 0.11t_c + 0.66t_a$$

이며 3吋(7.5cm)인 경우는:

$$t = 0.15t_w + 0.08t_c + 0.77t_a$$

이고 最大骨材 Size가 6吋(15cm)인 境遇는

$$t = 0.13t_w + 0.66t_c + 0.81t_a$$

上記 公式를 圖示하면 大略 Fig 2와 如함

### 3. 絶緣材의 種類(Kinds of Insulation Materials)

最近 內務省開拓局工事에서 成功的인 結果를 나타낸 絶緣材의 種類 및 그의 實蹟記錄을 記述하면 大略 다음과 같다.

#### a. 硝子絲布(Spun Glass Blankets)

硝子絲布(Spun Glass Blankets)는 1953~1954年 冬節期에 Kirwin Dam과 그의 附帶工作物混凝土를 保護키 爲해서 使用된었다 布片은 平方呎當 \$0.1147 이었으며 比較的 가벼운 重量을 갖었기 때문에 取扱의 簡便함이 特點의 하나이며 卽 人夫 한사람의 힘

으로 能히 操作할수 있는 便利한 點이 있는 것이다. 操作時는 工作物 Size 에 맞추어 布片은 適當히 切斷하고 覆板(Sheathing, 1×2吋木片)으로써 型枠에 附着시키어 못을 刺야하며 頂上(Top of Structure)은 布片으로 Cover 하여 널板 或은 其他의 것으로 늘려 놓아야 한다. 그리고 萬若 鐵筋 或은 釘釘(Dowel Steel) 등이 混凝土의 Top表面上으로 우뚇 솟아있는 境遇는 布片에 구멍은 뚫러 前記 鐵筋 周圍를 形便 좋게 掩覆하여야 한다. 或時 空隙이 絶緣材와 混凝土表面사이에 생기게 되면은 絶緣材 밑으로 冷却 乾燥된 空氣가 潛入되어 結局 絶緣材使用의 效果를 적지않게 引下시킬 것이니 格別한 注意가 要求된다. 前述한바와 如히이 Spun Glass 絶緣材는 輕量인 關係로 運搬 및 取扱이 매우 便利할뿐 아니라 閘門 Pier 或은 其他 여러가지 特殊工作物에 對해서도 當該混凝土 工作物規格에 맞추어 任意 適當한 Size 로 切斷될수 있다는 特點 등이 있는 것이다. 型枠은 使用치않은 混凝土에 適用된 絶緣材中 어떤것은 或時 養生水(Curing Water)에 依해 加害된 境遇가 있었으나 使用된 絶緣材의 約 80%는 成功의인 結果를 나타내었다고 한다.

b. 岩毛布(Rock-Wool Blankets)

型枠이 鐵製인 境遇 이 Rock-Wool Blankets를 使用하여 至大한 效果를 나타내었다. 卽 그 例로서 酷甚한 寒氣條件下에 施工된 潛管混凝土工事에 있어서 型枠除去作業에 앞서 渠體內部(Inside of Barrel)에서 小型개스 發熱器(Butane Burner)에 依해 加熱하고 型枠除去와 同時에 Rock-Wool Blanket 로서 渠體의 外側混凝土表面을 覆蔽하고 毛布 밑으로의 空氣의 流通을 防止키 爲해서 適當한 것으로 늘려놓고 保護에 必要한 日字가 經過한 後에 除去하여 所期의 成果를 나타낸 Nebraska洲에 位置한 Courtland 用水路의 用水潛管工事의 好例가 있다. 이와같이 操作에 있어서 適當한 注意와 取扱을 加한 Rock-Wool Blankets 는 大體히 耐久의 일뿐 아니라 最小限 二個冬節期以上은 繼續使用될수 있었다고 하며 價格은 平方呎當 \$ 0.30 이 었다고 한다.

c. 纖維質 널판지(Fiber Board)

纖維質絶緣板(Fiber Insulating Board) 亦是 Colorado, Big-Thompson Project의 Afterbay Dam의 溢流堰混凝土에 適用되어 至大한 效果를 發生하였는데 車輛積藏貨物地點(Carload Lot) 價格으로 平方呎當 \$ 0.051이면 購入할수있다. 애스팔트 鍍金劑 널판지(Asphalt-Impregnated Boards)는 低溫에 對한 抵抗力을 가지고 있기때문에 推獎될수 있으나 非鍍金劑(Unimpregnated Boards)는 窓外工事에는 아직 適用되지 않았다고 알려져 있다.

d. Balsam Wool Bats(一種의 鳳仙花類의 毛布片)

Balsam Wool 絶緣片은 Soutu Dakofa洲의 미 조리江을 橫斷하는 橋梁工事의 橋脚混凝土에 適用되어 寒中混凝土作業을 成功裡에 完遂시켰다(1953年 1~2 兩日間)

이 Balsam Wool Bats는 2吋厚 一平方呎當 \$ 0.09, 그리고 1吋厚에 \$ 0.06로 各各 販賣되고 있다. 이 絶緣材는 Bats의 維目(Edges of The Bats)마다 支鋼角材로 型枠外側에서 堵여매어 適用되는 것이 一般의이다.

4. 絶緣材使用의 效果(Effectiveness of Insulation Materials)

다음에 記述하려고 하는 絶緣材使用으로 인한 效果는 內務省開拓局各工事現場에서 記錄된 實蹟報告이며 이러한 結果等은 細心 檢討되고 또한 評價되어 確固不動한 設計 Data로서 採擇되고 있는 現象이다.

寒中混凝土作業에 있어서 混凝土에 對한所要保護期間中의 混凝土의 溫度測定은 隨時로 適宜히 施行되어 日日 最高 및 最低大氣溫度와 比較하여 Data가 作成된 것으로서 採擇된 混凝土溫度測定方式은 各工事地區 모두 大同小異하였었다. 卽 混凝土內部の 溫度는 차모메—타—(Thermometer)를 3~6吋假量 混凝土內部에 挿入시켜 溫度를 測定하는 方式이 其의 代表的인 것이다. Thermometer를 混凝土內部에 挿入시키면 그 瞬間 絶緣材로 因해서 封緘(Sealing)되므로 外氣溫度의 抵觸은 받지 않은채 內部溫度를 測定할수가 있고 또한 混凝土의 表面溫度는 Thermometer를 混凝土表面에다 接觸시킨 後 絶緣材로서 掩蔽하면 된다. 氷點溫度下에서 混凝土의 必要溫度를 持續한 效果의인 實蹟狀況을 圖示하면 Fig

1~5와 如하고 또한 表에서 나타내면 Table I ~II와 如하다. 이 表 및 Fig에서 보는바와 如히 使用된 各一層 絶緣材等은 完全히 氷點溫度以上으로 混凝土의 溫度를 持續하고 있는 것이다. 二作物別로 좀더 仔細히 記述하면 大略 다음과 같다.

a. 混凝土의 壁(Concrete in Walls)

Table I 및 II 그리고 Fig 3, 4 는 混凝土가 養生된 直後부터 混凝土의 所要保護期間中에 있어서의 混凝土表面 및 内部의 溫度를 表示한 것으로서 Spun Glass와 Rock-Wool 絶緣材가 이 混凝土壁을 保護키 爲하여 使用되었다 圖示한바와 如히 2吋覆板에 附着된

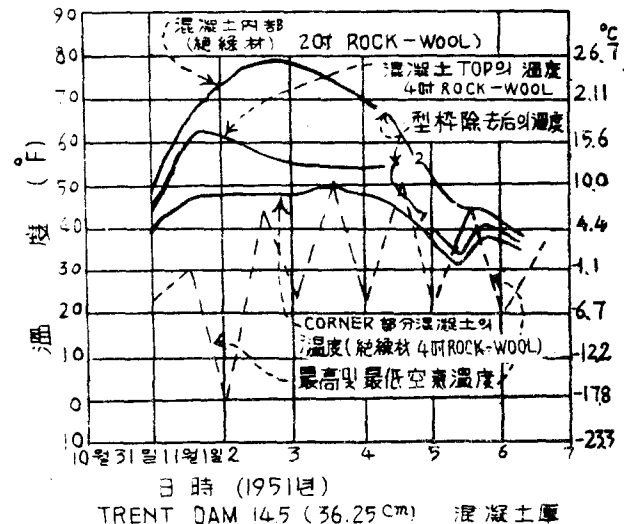
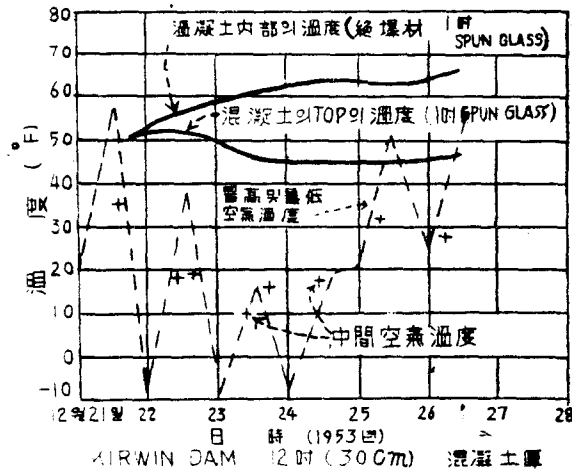


FIG 3:

30cm ~ 35cm 厚를 갖인 混凝土壁은 2吋의 ROCK-WOOL 絶緣材를 使用하므로서 氷點以下의 溫度에도 滿足하게 保護 될수 있다

1吋 Spun Glass 와 2吋覆板에 附着된 2吋 Rock-Wool 絶緣材等은 氷點溫度가 氷點 以下로 오랫동안 繼續된 氣象에 滿足 스러히 混凝土의 必要溫度를 持續하였거나함을 表示하고 있는 것이다. 然而나 1吋 Spun Glass 를 使用한 壁의 top 混凝土는 top 의 表面溫度를 50°F(10°C)로 持續시키지는 못하였다 이러한 境遇에는 2吋 Spun Glass를 使用함으로써 解消될수 있는 것이다. 事實에 있어서 混凝土의 表面溫度가 氷點 50°F(10°C) 以下로 떨어졌다 하더라도 氷點以上의 溫度는 持續되었으며 또한 實地面에서 混凝土가 凍

되는 量은 大氣面에 나타난 混凝土狀態如何에 依據 直接 影響을 받는 것으로서 壁의 top 近傍의 混凝土라든가 或은 隅側(Corners)에 있는 混凝土等은 他部分의 같은 量의 混凝土보다 冷却되는 表面의 部分이 훨씬 많기때문에 混凝土全體의 凍結保護를 爲해서 이와같은 部分에 對해서는 더 많은 絶緣材를 使用하여야 한다. 上記한바와 如히 Spun Glass와 Rock-Wool 絶緣材等은 보다 混凝土의 壁을 成功裡에 氷點溫度로부터 保護할수 있었음을 立證하였고 또한 大氣溫度가 氷點以下로 오랫동안 繼續된 氣象적인 惡條件下에서도 無難히 混凝土의 所要溫度를 持續케 하였다는 것이 立證되었다 한가지 注意하여야 할것은 一般表面部分에 對한 過度한 絶緣材의 使用과 top Edges 및 Corners 等に 對해서는 過少의 使用을 各 避하여야 할點等이다.

b. 潛管의 渠體混凝土(Siphon Barrels)

Rock-Wool Blankets 絶緣材를 使用하여 72時間동안 保護後에 測定한 潛管의 渠體混凝土의 溫度를 表示하면 Table III과 Fig 5와 如하다.

混凝土의 溫度는 Thermometer 의 尺에 測定되었으며 外部平均溫度는 氷點의 2~3°F

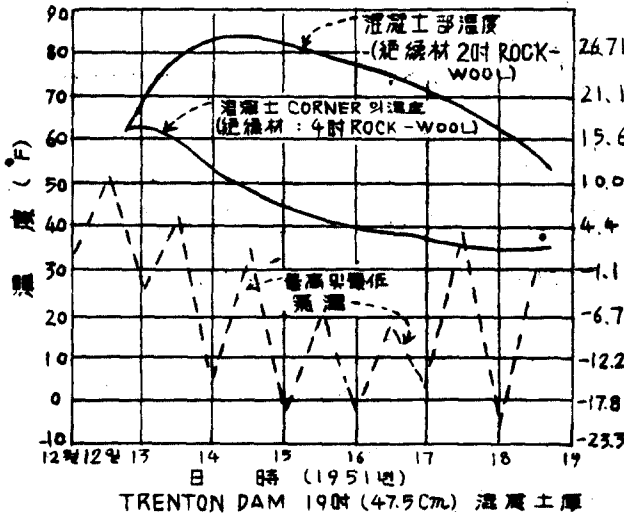
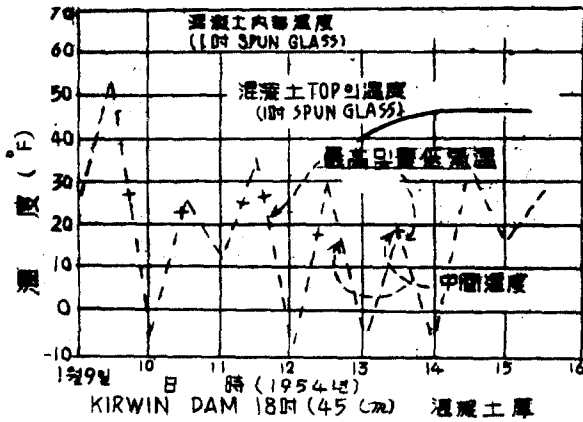


FIG 4:  
45~47.5 cm 厚를 갖은 混泥土 또는 氷點  
以下 溫度에서 均等하게 保護 되었음

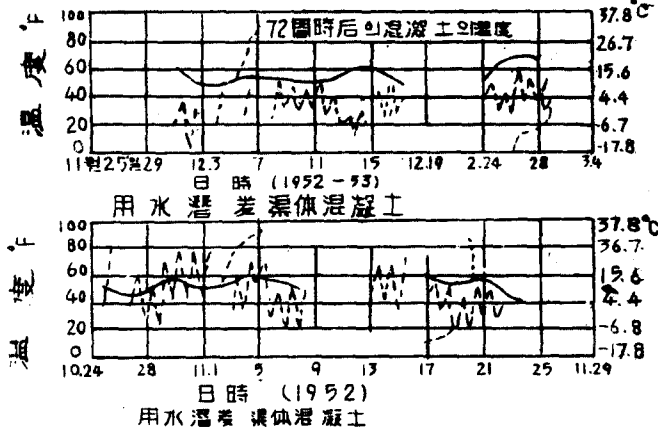


FIG 5  
1吋 ROCK-WOOL 絶緣材를 使用하여 混泥土  
氷點 溫度에서 保護하였음

(1~1.5°C)假量 알았다. 이 Data는 Rock-Wool Blankets가 使用된 渠體 混泥土의 溫度는 比較的 均等하게 또한 良好하게 保溫되었으며 그밖에 大部分의 渠體가 設計規定溫度인 50°F(10°C)를 繼續적으로 維持하였다는 것을 表示하는 것이며 混泥土가 Placing된後 12時間만에 있는 型枠除去作業에도 別支障이 없었다고 한다 事實에 있어서 潛管이나 暗渠같은 工作物等은 地表面以下에 施設되므로 風害를 避할수 있는 條件에 있기때문에 絶緣材使用의 效果를 가장 滿足스러히 나타낼수 있으나 Fig와 如히 1吋 Rock-Wool Blankets를 適用시켜 가지고 地表面에 나타나는 混泥土工作物을 風害로부터 完全히 保護할수 있으나 하는 問題에 對해서는 疑心스럽다.

5. 結論

以上과 같은 試驗所의 研究 및 現場模擬實驗의 結果 다음과같은 確固한 結論을 獲得할수 있었다.

a. 絶緣材의 使用으로 말미암아 混泥土는 氷點溫度 및 乾燥된 寒冷風으로부터 滿足스러히 保護될수있으며 또한 이러한 形式의 保護方法은 他方法에 比해 훨씬 廉價일뿐 아니라 매우 均等하고 믿음직한 結果를 招來함.

b. 混泥土의 所要溫度를 保持하는데 必要한 絶緣材의 厚는 大略 다음 몇가지 條項에 依해 主로 支配됨.

- (i) 大氣溫度 및 風速
- (ii) 세멘트의 水和作用에 依해 發散되는 熱量.
- (iii) 工作物의 大氣表面에 나타난 表面係數

勿論 上記 諸要素에 依해 變해 지는 여러가지 狀態에 對備하여 여러가지 種類의 型態 및 規格으로 絶緣材를 使用하여야만 한다는 原

則은 아니지만 然而 그러한 諸要素를 認知 하고 있음으로서 最低價格으로 最大效果를 나타내게 하는데 도움은 될 것이다.

a. 混凝土壁에 있어서 top 表面 Edges 그리고 Corners等 部分에는 他部分보다 더 많은 絶緣材가 使用되어야함.

b. 混凝土를 絶緣시킴으로써 獲得되는 가장 主要한 利點의 하나는 混凝土에 殘留한 熱이 速히消散되지 않음.

d. Kirwin Dam 의 例는 새로운 方式에 依한 絶緣材使用의 費用은 過去의 加熱方式等에 比해 半價임을 立證하였음.

上記와 如한 利點에 비추어볼때 沈滯狀態에 놓여 있는 우리나라 冬節期混凝土作業의 劃期的인 改化發展을 爲해 前述한바 絶緣材 使用法이 適用되기를 希求하는 바이다.

(筆者, 水聯事業部勤務)

TABLE I

Kirwin Dam의 寒中混凝土作業實蹟報告書

(混合水: 温水, 絶緣材: 1吋 Spun Glass)

placement Data	protection Data						附 記		
	混凝土養生當時의 諸般條件		溫度測定日時		溫度 °F(溫度內는 °C)			日 溫 °F	
			混 凝 土		※			(括弧內는 °C)	
	月日	時	Top	內 部	大 氣	最 高		最 低	
① 日時: 12월 21일 午後 2時30分 混凝土作業終了	12.22	前 9:00	50(10.0)	58(14.4)	18(-7.8)	40( 4.4)	-07(-23.0)	※大氣溫 度는 混 凝土의溫 度測定當 時測定된 空氣의溫 度임	
	12.22	後 4:00	52(11.0)	59(15.0)	20(-6.7)	40( 4.4)	-07(-23.0)		
② 平均混凝土溫度: 51°F(10.5°C)	12.23	前 8:00	45( 7.1)	59(15.0)	11(-11.7)	18( 7.8)	-07(-23.0)		
③ 平均大氣溫度: 28°F(-2°C)	12.23	後 4:00	44( 8.0)	62(16.7)	18(-7.8)	18(-7.8)	-07(-23.0)		
④ 混凝土壁의 平均厚: 12吋(30cm)	12.24	前 9:00	48( 8.8)	63(17.2)	17(-8.3)	18(-7.8)	-07(-23.0)		
⑤ CaCl <sub>2</sub> (鹽化칼슘): 1%	12.25	後 4:00	49( 7.7)	64(17.8)	32( 0)	52( 11.0)	23(-5.6)		
⑥ 混凝土量: 23yard <sup>3</sup> (0.76m <sup>3</sup> )	12.26	前 9:30	47( 8.3)	66(18.9)	28(-2.2)	54( 12.2)	23(-5.0)		

TABLE II

Trenton Dam의 寒中混凝土作業實蹟報告書

(混合水: 温水, 絶緣材: 2吋 Rock-Wool Bats)

placement Data	protection Data						附 記		
	混凝土養生當時의 諸般條件		溫度測定日時		混凝土溫度 °F			日 溫 °F	
			(括弧內는 °C)		(括弧內는 °C)			(括弧內는 °C)	
	月日	時	Top	內 部	Corner	最 高		最 低	
① 日時: 11월 23일, 午後 6時30分 混凝土作業終了	11.24	前 8:00	58(13.3)	65(18.3)	47( 8.3)	40( 4.4)	26(-3.3)		
	11.25	後 8:00	63(20.0)	76(24.4)	52(11.0)	52(11.0)	20(-6.7)		
② 平均混凝土溫度: 60°F(15.6°C)	11.25	後 5:30	70(21.8)	82(27.8)	52(11.0)	52(11.0)	20(-6.7)		
③ 平均大氣溫度: 44°F(6.0°C)	11.26	前 8:00	63(18.9)	85(29.4)	50(10.0)	62(16.7)	26(-3.3)		
④ 平均混凝土厚: 14.5吋(36.25 cm)			(型 枠 除 去)		62(16.7)	26(-3.3)			
⑤ CaCl <sub>2</sub> (鹽化칼슘): 1%	11.26	後 5:00	60(15.6)	84(17.8)	54(12.2)	62(16.7)	26(-3.3)		
	11.27	前 8:00	36( 2.2)	46( 7.7)	32( 0)	58(14.4)	25(-3.9)		

TABLE III

Courtland 用水路 用水管渠體의 寒中 混凝土 作業 實績 報告書

(混水水: 温水 絶緣材: 1吋 Rock-Wool)

日 時	平均 混凝土 溫度 °F (括弧內는 °C)			空氣 溫度 °F (括弧內는 °C)			附 記
	當初 溫度	72 時間 後 의		養生 當時	日 溫		
		混凝土 內部	混凝土 外部		最 高	最 低	
11 月 20 日	62(16.7)	58(14.4)	54(12.2)	49(9.4)	53(11.5)	17(-8.3)	
11 月 21 日	63(17.2)	62(16.7)	56(13.3)	44( 6.6)	43( 8.8)	24(-8.8)	
11 月 22 日	68(17.2)	53(11.5)	50(10.0)	41( 5.0)	41( 5.0)	29(-1.7)	
11 月 23 日	58(14.4)	47( 8.8)	40( 4.4)	33(0.56)	34( 1.1)	29(-1.7)	
11 月 24 日	58(14.4)	56(13.3)	56(13.3)	35( 1.7)	35( 1.7)	21(-8.1)	
12 月 2 日	56(13.3)	51(10.5)	48( 8.8)	33( 0)	32( 0)	1(-17.2)	
12 月 4 日	60(15.6)	51(10.5)	49( 9.4)	42( 5.6)	45( 7.1)	18(-7.8)	

美國開拓局에서 使用하는 콘크리트 配合設計法

李 禮 敏

1. 緒 論

우리나라의 農地管理局에 該當하는 美國의 水利事業을 擔當하고 있는 開拓局에는 其所管各工事現場은 勿論 開拓局이 位置하고 있는 高르라도 州廳所在地인 “덴바”에는 世界에서 第一이라고 자랑하는 콘크리트 試驗室等을 包含한 綜合的試驗所를 保有하고 있으며 콘크리트 構造物을 施工時에는 使用할 材料一切에 對한 各種試驗을 거쳐 下記와 같은 配合設計法이 採擇되고 있으며 이것으로서 가장 經濟的이며 施工하기 쉬운 配合을 定할 수 있음과 同時에 나아가서는 所要의 푸케이스아비리더(Placeability) 耐久力 強度를 가질수 있는 콘크리트를 만들수있다.

2. 콘크리트 配合設計法

現場에 있어서 最初의 試驗을 決定하는 順序로서의 다섯가지 段階는 다음과 같다.

- (1) 構造物의 各種型에 應하여 콘크리트의 適當한 取扱과 다짐질에 支障이 없는 슬럼프(Slump)의 限度를 選定한다.
- (2) 試驗結果 또는 經驗으로 既히 明白히 된 資料로 空氣와 모래의 含有量, 모래

와 자갈의 比率 必要한 單位水量을 算定한다.

- (3) 試驗結果 또는 經驗으로 既히 明白히 된 資料로 耐久性和 強度에 對한 要求에 合致하게끔 물, 세멘트比를 選定한다.
- (4) 構造物의 各種型에 應하여 使用할 수 있는 자갈의 最大크기를 決定한다.
- (5) 1로부터 4까지의 段階에 있어서 決定된 條件을 充足할 수 있는 試驗配合比率를 算出한다. 現場에서의 必要에 따라서 試驗配合를 調節한다.

3. 슬럼프의 限度選定

表 1. 各種型의 콘크리트 構造物에 있어서의 最大 슬럼프의 推薦值

構 造 의 種 類	最大 슬럼프(吋)
斷面이 큰 構造物	5
水路 라이닝	7.5
水平 또는 水平에 가까운 슬라브(Slab)	5
壁의 上部 橋脚·面壁과 綠石	5
런놀 라이닝	10
其他 構造物	7.5