

混和劑가 콘크리트의 耐酸性和 物理的性質에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究 (II)

Experimental Studies on Influence of Admixtures on Acid Resistance and Physical Properties of Concrete

高 在 君*
Chae Koon Koh

各 콘크리트에 있어서 使用水量이 다른 까닭은 混和材, 混和劑 및 포조란시멘트의 워커 버리티(workability) 如何에 달렸으며 같은 使用水量인데도 그 吸水率은 낮은 까닭은 混和材, 混和劑 및 포조란시멘트등의 分散效果의 影響이라고 생각된다. 各 콘크리트에 있어서 使用水量이 적을 수록 吸水率은 적은 傾向이나 配合比가 다른 普通콘크리트에서는 이와 反對로 使用水量은 적은데도 吸水率은 越等히 높은 것은 貧配合에서의 單位시멘트量이 富配合보다 顯著히 적으므로 물을 吸水할 能力이 적어 同一슬럼프值에 對하여 使用水量은 적게 마련이고 또한 貧配合콘크리트는 시멘트量이 적으므로 密實하지 못하고 多孔質이 되므로 透水性이 크며 同時에 吸水率은 높아지게 되는 것이다. 따라서 콘크리트 示方書에서 水密性 콘크리트를 만드는 데는 반드시 물-시멘트比를 規定하는 까닭은 이 때문이라고 생각된다.

후라이애쉬를 混和劑로 使用한 콘크리트에 있어서 후라이애쉬를 X, 吸水率을 Y 라고 할 때 兩者間의 關係를 圖示하면 그림 22와 같으며 $Y=2.443-0.0181X$ 의 回歸直線으로 表示되었다. Ryu⁽²³⁾는 후라이애쉬含量이 40%까지 增加됨에 따라 그 콘크리트의 吸水率은 減少되었다고 하였는데 이 試驗에서도 같은 傾向을 나타내었다. 후라이애쉬의 含量이 增加됨에 따라 콘크리트의 吸水率은 낮아지는 까닭은 주로 후라이애쉬와 시멘트가 同一重量일 때 그

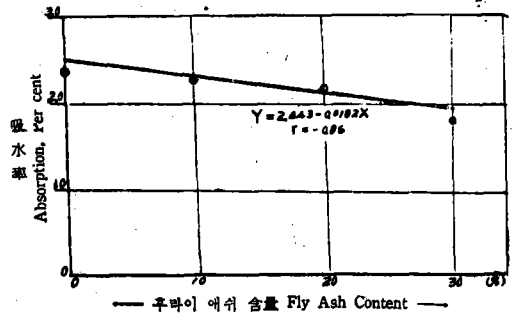


그림 22. 吸水率과 시멘트 代用의 후라이애쉬 含量과의 關係

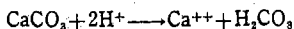
容積은 후라이애쉬가 시멘트보다 더 많으며 二次로는 후라이애쉬의 가루(粒徑)가 시멘트보다 더 작기 때문에 結局 使用水量의 吸水能力이 크므로 된반죽이 될수 있기 때문이라고 생각된다. 따라서 吸水率은 낮을 수록 透水性이 적어지므로⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾ 후라이애쉬를 使用한 콘크리트는 水密性 콘크리트로서 有效하다고 볼 수 있으며 이는 Frederick⁽²⁹⁾가 후라이애쉬를 使用한 콘크리트는 適量이 使用된다면 經濟的이며 緻密하고 施工軟度(workability)를 改善한다는 試驗結果를 뒷받침하고 있다. 耐酸性試驗에 있어서 鹽酸, 窒酸, 黃酸 및 磷酸의 無機酸類를 各其 0.1規定濃度로 調劑하여 各 溶液의 酸度(pH)를 測定한 바 (附錄表 2. 參照) 鹽酸, 窒酸, 黃酸, 磷酸溶液의 各 pH 값은 1.23, 1.27, 1.48 및 1.98 이었으나 理論的으로 計算한 各 溶液의 pH 값은(附錄表3. 參照) 鹽酸 및 窒酸溶液에 있어서 各各 1.0이고, 黃酸溶液

* 서울대학교 농과대학

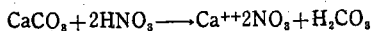
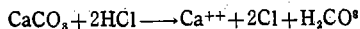
과 磷酸溶液에 있어서는 各各 1.28과 1.48로서 實測値와 理論値間에는 差異가 있었는데 이는 溶液을 調劑하는데 實驗形便上 蒸溜水를 使用하지 못하고 水道水를 使用한데 主原因이 있었다고 생각된다.

Baplis⁽²²⁾에 依하면 酸의 作用에 依한 콘크리트의 腐蝕은 콘크리트中の 炭酸칼슘分(CaCO₃)이 H⁺ 이온에 依하여 溶解되며 오로지 H⁺이온의 濃度에 달려 있다고 하였는데 萬一 이것이 事實이라면 實際의 各 酸溶液의 酸度가 理論의 酸度보다 더 높았으므로 實測한 結果는 理論의 腐蝕量보다 若干적으리라 고 보나 이 試驗은 各 콘크리트의 絶對的인 腐蝕量보다 相對的인 腐蝕量을 구하여 各 混和콘크리트의 效果를 比較하면 研究目的을 達成할 수 있으므로 實測結果로서 滿足할 수 있다고 본다.

酸의 種類에 따라 各 콘크리트의 腐蝕率은 有意性이 認定되었으나 그 腐蝕率을 比較하면 鹽酸 > 窒酸 > 黃酸 > 磷酸의 順位로 表示되는데 이 順位는 各 溶液의 酸度의 強弱順位와 一致되고 있어 이 結果에 依하면 Baylis의 報告와 같이 콘크리트의 腐蝕은 酸의 H⁺ 이온이 가장 큰 役割을 하고 있다고 생각되며 이는 콘크리트의 主化合物인 炭酸칼슘의 溶解度는 溶液中의 H⁺ 이온 濃度에 依하며 따라서 H⁺ 이온 濃度가 클 수록 그 溶解度도 커지므로 H⁺ 이온 濃度가 큰 酸溶液에 露出된 콘크리트는 더욱 많은 侵蝕을 받게 될 것이다. 콘크리트의 腐蝕을 單純히 酸의 H⁺ 이온과 炭酸칼슘의 化學反應에 基因된다고 하면 그 化學反應은 다음 式과 같다.

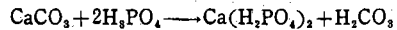
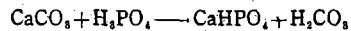


따라서 鹽酸과 窒酸溶液의 경우 콘크리트의 腐蝕은 各 酸과 炭酸칼슘과의 化學反應에 있어서 生成되는 物質이 完全히 물에 溶解되므로 콘크리트는 容易하게 侵蝕되어 腐蝕되는 것이며 試驗結果 이事實이 明白하게 되었다.



그러나 黃酸과 磷酸溶液의 경우 各 酸과 炭酸칼슘과의 化學反應에 依하여 生成되는 物質은 물에 溶解되지 않는 物質로서 이들 黃酸칼슘(CaSO₄) 및 磷酸칼슘(Ca₃(PO₄)₂)은 酸으로 侵蝕된 콘크리트의 表面을 被覆하므로 腐蝕層의 內部에 새로운 酸의 接觸이 防止되어 콘크리트에 對한 酸의 侵蝕作用을 沮止 또는 遲延시킬 수 있을 것이다. 또 炭酸칼슘과 磷酸의 化學反應에서 생기는 CaHPO₄나 Ca(H₂PO₄)₂도 그 溶解度는 CaCl₂나 Ca(NO₃)₂에 比하면 僅

少하여 磷酸의 콘크리트에 對한 腐蝕作用은 如何間 鹽酸이나 窒酸에 比하면 微弱한 것이 될 것이다.



그러나 이 試驗에서 콘크리트의 腐蝕은 各 溶液을 2週 間隔으로 바꿀때 마다 腐蝕部分을 剝離하여 除去하였으므로 前述한 바와 같이 炭酸칼슘과 酸의 化學反應에 依하여 生成되는 物質의 被覆作用의 影響을 적으리라 고 생각되며 따라서 콘크리트의 腐蝕은 主로 酸의 H⁺ 의 作用이라고 볼 수 있다.

후라이애쉬를 混和材로 使用한 콘크리트에 있어서 Ryu⁽²³⁾에 依하면 후라이애쉬의 含量이 增加됨에 따라 콘크리트의 腐蝕率은 減少하는 傾向이라고 밝히고 耐酸性콘크리트를 만드는데 후라이애쉬含量을 40% 까지 使用할 수 있다고 하였으나 이와 反對로 이 試驗에서는 그림 23에서 보여준 바와 같이

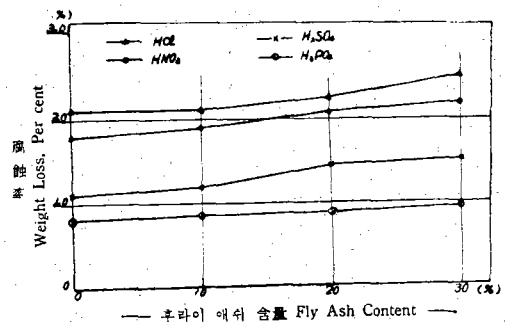


그림 23. 0.2N 酸溶液에서 8週間 露出後 腐蝕率과 시멘트 代用의 후라이애쉬含量과의 關係

후라이애쉬 含量이 增加됨에 따라 콘크리트의 腐蝕率도 增加하고 있다. 이와 같은 試驗結果의 差異는 主로 후라이애쉬의 物理的性質과 化學的成分의 差異에 基因되는 것으로 생각하며 따라서 耐酸性 콘크리트를 만들기 위해서는 國產후라이애쉬를 混和材로 使用하기 前에 후라이애쉬의 品質改善이 先行되어야 할 것이라고 생각한다.

그러나 混和劑로 후라이애쉬와 포조리스를 各 使用한 콘크리트는 物理的性質의 改善뿐만 아니라 耐酸效果가 認定되므로 耐酸性 콘크리트를 만드는데 國產후라이애쉬를 混和材로 使用하려면 前述한 바와 같이 그 品質改善이 先行되어야 하지만 混和劑로 使用한다면 現製品를 그대로 使用하여도 無妨할 것이다.

포조리스는 후라이애쉬와 같이 耐酸의 效果가 認定되었는데 빈솔레진은 콘크리트의 物理的性質에 有

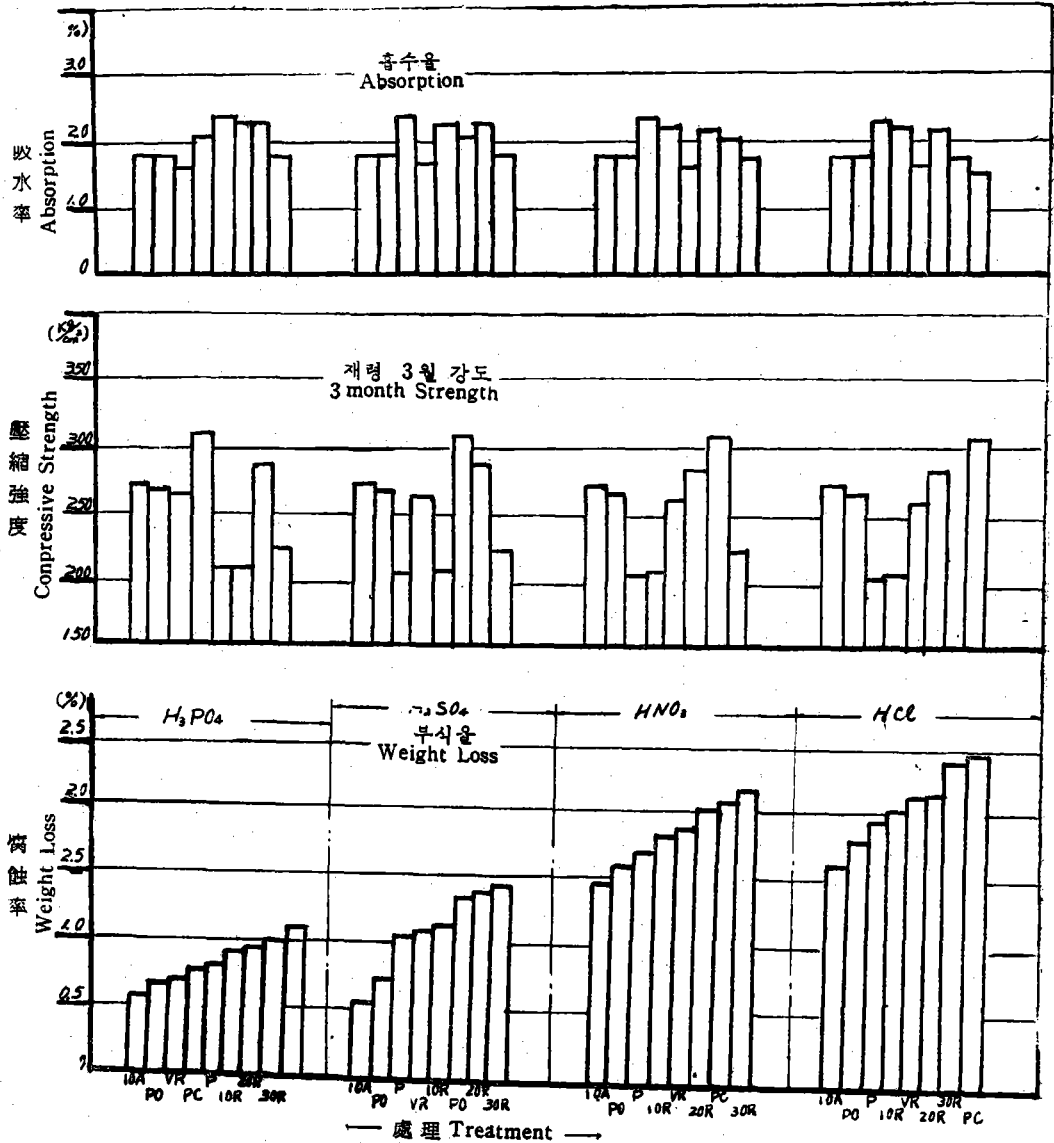


그림 24. 5時間煮沸 吸水率과 材令3月 強度와 0.1 酸溶液에 8時間 露出後 腐蝕率과의 關係

어서는 포조리스와 比等한 效果를 나타내었으나 耐酸에 있어서는 逆效果를 나타내었으므로 特히 耐酸性 콘크리트를 만드는 데는 混和劑의 選擇에 留意하여야 할 것이다.

貧配合콘크리트가 各 溶液에 있어서 腐蝕率이 顯著히 높은 까닭은 Elliott⁽¹³⁾가 말한 바와 같이 콘크리트의 品質이 낮을 수록 腐蝕은 甚하였다는 結果와 一致되며 當然한 結果라고 생각된다.

各 酸溶液에 있어서 各種 콘크리트의 腐蝕率과 壓縮強度 및 吸水率과의 關係를 考察하여 보면 그림 24와 같이 各 溶液別로 腐蝕率의 順位에 따라 配列하고 이에 對應하는 各 콘크리트의 壓縮強度 및 吸水率을 比較할 때 3者間에는 相關性이 없었다. 普通 콘크리트의 경우라면 이 3者間에는 一般적으로 腐蝕率이 적을 수록 壓縮強度는 크고 吸水率은 낮은 傾向을 나타내게 되나 다른 콘크리트에 이런 關係가 成立

되지 않는 까닭은 콘크리트에 사용한 混和材, 混和劑 및 混合시멘트등의 影響때문이라고 볼 수 있으며 即 同一한 混和材라 하더라도 그 含量의 差異, 混和劑 및 모조란의 化學的成分의 差異에 따라 콘크리트의 壓縮強度, 吸水率 및 腐蝕率에 미치는 影響은 相異할 것으로 생각된다.

耐酸試驗의 一環으로 實施한 腐蝕後 콘크리트의 壓縮強度에 있어서 腐蝕前 材令3月 強度와 比較한 바 各 溶液에 있어서 腐蝕後 壓縮強度는 腐蝕前보다 顯著히 低下되었는데 이는 腐蝕으로 因하여 콘크리트의 接着劑인 시멘트가 溶解되므로서 密着된 骨材間의 附着力이 減少되며 同時에 多孔質콘크리트가 되기 때문이라고 생각되고 이로 因하여 콘크리트의 吸水率은 腐蝕前보다 높아질 것으로 豫想된다. 따라서 酸의 作用은 콘크리트를 腐蝕시킬 뿐만 아니라 마침내 物理的性質의 低下를 招來할 것이 明白하다.

V. 結 論

콘크리트는 一般적으로 壓縮強度가 높고 吸水率이 낮은 物理的性質이 要望되나 使用目的이나 立地條件에 따라서 前記한 物理的性質은 勿論 化學的抵抗性에도 強한 品質이 要望되는 것이다. 그러나 콘크리트의 品質에 關與된 物理的性質과 化學的抵抗性을 同時에 滿足시킬 수 있는 配合設計는 決코 單純한 것은 아니다.

普通콘크리트의 配合設計에 있어서 콘크리트의 品質에 關與되는 諸要因은 配合比, 使用水量, 骨材選擇, 養生 및 施工方法 등이다. 이 중에서 가장 重要的 要因은 配合比로서 富配合일 수록 콘크리트의 品質은 좋아지나 이 配合設計方法은 高價인 多量의 시멘트 使用量에 比하여 品質改善은 그렇게 바람직하지 못하며 結局 그 콘크리트는 非經濟的으로 되는 것이다. 따라서 콘크리트의 品質을 經濟的으로 改善하는 方案으로서는 低廉한 混和材나 또는 混和劑 그리고 混合시멘트를 使用한 콘크리트를 普通콘크리트의 品質과 比較檢討한 바 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

후라이애쉬를 混和材로 使用한 콘크리트에 있어서 후라이애쉬 10% 콘크리트는 普通콘크리트보다 吸水率은 改善되었지만 強度나 耐酸性은 도리어 低下되었으며 이들 間의 差는 크지 않고 거의 比等한 品質을 나타내고 있다. 후라이애쉬 20% 콘크리트는 強度와 吸水率이 共히 改善되어서 物理的性質에 있어서는 바람직한 콘크리트가 되나 耐酸性은 低下

되었다. 그리고 후라이애쉬 30% 콘크리트는 早期強度는 顯著히 낮았으나 晚期(3月以後)強度는 더 높고 吸水率은 顯著히 改善되었으므로 萬一 早期強度를 補強하거나 또는 早期強度가 不必要한 條件인 경우에는 高價의 시멘트량을 低廉한 후라이애쉬로 30% 까지 代用할 수 있어 가장 經濟的인 것이 될 수 있다. 그러나 耐酸性은 더욱 低下되어 있으므로 이 實驗에서 耐酸效果가 가장 높은 포조리스混和劑를 使用하여 耐酸性을 增進시키고 또한 早期強度를 補強하기 위하여 早強시멘트를 混用하는 것은 바람직한 일이다.

混和劑로서 후라이애쉬를 使用한 콘크리트는 포조리스, 빈솔레진을 混和劑로 使用한 콘크리트와 같이 強度나 吸水率이 다 같이 顯著히 改善되어 物理的性質에 있어서 效果的일 뿐만 아니라 化學的耐酸性에 있어서도 포조리스를 使用한 콘크리트와 함께 어느 處理보다 效果的이었다. 따라서 混和劑로서 후라이애쉬와 포조리스는 콘크리트의 物理的性質의 改善은 물론 化學的 耐酸性增進에도 效果的이었으나 빈솔레진은 前述한 바와 같이 콘크리트의 物理的性質을 改善하는데는 效果的인데 耐酸에 있어서는 逆効가 나므로 耐酸性콘크리트를 配合設計할 때 混和劑의 選擇과 使用이 考慮되어야 한다.

普通시멘트와 異質的인 포조란시멘트를 使用한 콘크리트에 있어서 壓縮強度는 어느 處理보다 改善되었으나 吸水率은 各 混和劑콘크리트와 후라이애쉬 30% 콘크리트보다는 높지만 이밖의 處理보다는 낮으므로 物理的性質을 改善하는데는 效果的이라고 認定되나 耐酸性이 顯著히 低下되었으므로 酸溶液이나 酸性土壤에 露出되는 콘크리트의 配合設計에는 不適當하며 다만 耐酸性이 고려되지 않는 立地條件이라면 포조란시멘트는 普通시멘트보다 價格이 더욱 低廉하므로 후라이애쉬 30% 콘크리트와 함께 經濟的인 것이 될 수 있다.

普通콘크리트에 있어서 富配合(1:2:4)과 貧配合(1:3:6)과의 品質을 比較할 때 富配合일수록 壓縮強度가 높고 吸水率은 낮으며 耐酸性이 強하였다. 따라서 콘크리트에 있어서 配合比는 콘크리트의 品質에 가장 重要的 要因이라고 認定된다. 耐酸試驗에서 酸의 作用에 依한 콘크리트의 腐蝕은 酸溶液의 濃度, pH 및 酸의 種類에 따라 달라짐을 알게 되고 腐蝕過程에 있어서 溶液의 pH變化는 pH가 낮은 鹽酸이나 窒酸溶液에서 더크고 pH가 높은 黃酸이나 磷酸溶液에서는 더 적으며 溶液의 pH變化가 클수록 腐蝕率은 높았는데 이것은 化學反應이

促進되기 때문이라고 생각한다. 콘크리트에 對한 酸의 作用은 콘크리트의 腐蝕뿐만 아니라 콘크리트의 壓縮強度의 減退에도 顯著히 關聯되었으며 이것은 콘크리트의 腐蝕으로 因하여 콘크리트의 接着劑인 시멘트가 溶解되므로 密着된 骨材의 接着이 풀리기 때문이며 따라서 콘크리트의 吸水率도 크게 變化될 것으로 생각된다.

以上과 같은 結論을 集約하면 콘크리트의 物理的性質을 보다 經濟的으로 改善하기 위해서는 普通시멘트를 單用하는 것보다는 混和材나 混和劑 및 混合시멘트등을 使用하는 것이 效果의이고 또한 이들의 選擇 使用은 多樣的이었다. 그러나 物理的性質과 耐酸性을 兼備한 品質로 改善하기 위해서는 포조리스나 후라이애쉬를 混和劑로 使用하는 것이 가장 效果的이었다.

따라서 立地條件이나 使用目的에 따라 要望되는 콘크리트의 性質 또는 品質에 알맞는 配合設計를 하는 것이 經濟的으로 콘크리트의 品質을 改善하는 데 效果的인 方法이라고 생각하며 特히 酸溶液이나 酸性土壤에 露出되는 콘크리트라면 耐酸의 配合設計가 品質改善에 더욱 重要한 것이다.

VI. 摘 要

이 研究는 콘크리트의 品質改善의 一環으로 콘크리트의 物理的性質은 勿論 酸의 侵蝕에 對한 化學的 抵抗力을 增進하는 配合設計를 究明하고자 企圖하였다. 各種 콘크리트의 配合設計에 있어서 普通시멘트를 單用, 普通시멘트에 混和材로서 후라이애쉬를 시멘트량의 10%, 20%, 30% 水準으로 各各 代用, 混和劑로서 시멘트량의 10%인 후라이애쉬, 포조리스 및 빈솔레진을 各各 普通시멘트에 添加, 그리고 混合시멘트인 (포조란含量 20%) 포조란시멘트의 單用등으로 KS規定에 依據하여 供試體를 만들었다. 壓縮強度試驗은 材令 7月, 28日, 3月 및 6月 強度를 測定하였으며 吸水率試驗은 煮沸法에 依하여 5時間 甬은 물에서 浸漬시킨 후 吸水率을 測定하였고 耐酸試驗은 鹽酸, 窒酸, 黃酸 및 磷酸의 各 0.1 規定濃度의 溶液에서 8週間 露出시킨 후 腐蝕率을 測定하였다. 이때 各 溶液은 2週마다 새로운 溶液으로 바꾸고 同時에 腐蝕部分을 鐵線부랴쉬로 除去하였다.

이와같은 試驗結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 후라이애쉬를 混和材로 使用한 콘크리트에 있어서 후라이애쉬 含量에 따른 콘크리트의 品質을 普通 콘크리트와 比較하면

후라이애쉬의 含量이 10%인 콘크리트에 있어서 吸水率은 改善되었지만 強度나 耐酸性은 도리어 低下되었으며 이들間의 差는 적었으므로 거의 比等한 品質을 나타내었다.

나. 후라이애쉬의 含量이 20%인 콘크리트는 強度와 吸水率이 다 같이 顯著히 改善되었으므로 物理的性質에 있어서는 바람직한 콘크리트가 되나 耐酸性은 더욱 低下되었다.

다. 후라이애쉬의 含量이 30%인 콘크리트는 早期強度가 顯著히 낮았으나 晚期(材令 3月以後)強度는 도리어 더 높고 吸水率은 顯著히 改善되었으므로 萬一早期強度를 補強하거나 또는 早期強度가 不必要한 條件인 경우라면 高價의 시멘트량을 低廉한 후라이애쉬로 30%까지 代用할 수 있어서 가장 經濟的인 것이 될 수 있다. 그러나 耐酸性은 더욱 低下되었으므로 후라이애쉬의 品質을 改善하거나 耐酸效果가 가장 높은 포조리스 混和劑를 使用하여 耐酸性을 增進시키고 또한 早期強度를 補強하기 위하여 早強시멘트를 混用하는 것이 바람직한 일이다.

2. 混和劑로서 후라이애쉬, 포조리스 및 빈솔레진을 使用한 콘크리트에 있어서 混和劑의 種類에 따른 콘크리트의 品質을 普通콘크리트와 比較하면 가. 후라이애쉬를 使用한 콘크리트는 強度나 吸水率이 다 같이 顯著히 改善되어 物理的性質에 있어서 效果의일 뿐만 아니라 耐酸性에 있어서도 效果的이므로 耐酸性콘크리트의 配合設計에 있어서 후라이애쉬는 低廉한 混和劑가 될 수 있다.

나. 포조리스를 使用한 콘크리트는 후라이애쉬를 混和劑로 使用한 콘크리트와 같이 強度나 吸水率은 물론 耐酸에 있어서도 改善되었으므로 포조리스는 후라이애쉬와 함께 콘크리트의 物理的性質 및 化學的抵抗力등 콘크리트의 品質改善에 가장 效果的인 混和劑이다.

다. 빈솔레진을 使用한 콘크리트는 強度나 吸水率에 있어서는 후라이애쉬나 포조리스를 使用한 것과 같이 改善되고 그 效果도 比等하였으나 耐酸에 있어서는 物理的性質과는 달리 逆效를 나타내고 있어 耐酸性콘크리트의 配合設計에 있어서 混和劑의 選擇 使用이 配慮되어야 한다.

3. 混合시멘트인 포조란시멘트를 使用한 콘크리트는 強度에 있어서는 어느 콘크리트보다 顯著히 改善되었으나 吸水率은 各混和劑를 使用한 콘크리트와 후라이애쉬 30% 콘크리트보다는 높지만 이밖의 콘크리트보다 改善되었으므로 物理的性質을 改善하는 데는 比較的 效果的이라고 認定되나 耐酸性에 있

어석은 후라이애쉬 30% 콘크리트와 함께 顯著히 低下되었으므로 耐酸性콘크리트의 配合設計에는 不適當하다.

4. 普通콘크리트에 있어서 富配合(1:2:4)과 貧配合(1:3:6)과의 品質을 比較하면 富配合일수록 壓縮強度가 높고 吸水率은 낮으며 耐酸性이 強하여 콘크리트의 配合比는 品質에 關與되는 가장 重要한 要因이라고 認定된다.

5. 콘크리트의 物理的性質만을 改善하기 위해서는 普通시멘트를 單用하는 콘크리트보다 適量의 混和材나 混和劑 및 포조란시멘트를 使用하는 것이 經濟的이며 效果의이나 耐酸性을 同時에 改善하기 위

해서는 混和劑로서 후라이애쉬나 포조리스를 使用하는 것이 좋을 것이다.

6. 耐酸試驗에서 콘크리트의 腐蝕은 酸溶液의 濃度, pH 및 酸의 種類에 따라 다르며 또한 腐蝕過程에 있어서 溶液의 酸도가 낮을 수록 pH의 變化範圍가 크고 이 pH範圍가 클 수록 化學反應이 促進되므로 腐蝕率은 높다.

7. 콘크리트에 對한 酸의 作用은 콘크리트의 腐蝕뿐만 아니라 壓縮強度의 減少에도 顯著히 關聯되었으므로 콘크리트의 吸水率도 크게 變化될 것이며 따라서 腐蝕에 依하여 콘크리트의 物理的性質은 더욱 低下됨을 알 수 있다.

引 用 文 獻

1. American Society for Testing Materials(1958) : ASTM Standard, parrt 5. pp. 173~80.
2. _____ (_____) : _____, part 4, pp. 400~2
3. American Concrete Institute(1956) : Building Code Requirements for Reinforced Concrete(AC I 318-56)
4. _____ (1941) : ACI Manual of Concrete Inspection, p.90
5. Alway, F.J.(1922) : Disintegration of Cement Tile in Peat, Jour. Amer. Peat Soc., Vol.15, No. 31, pp.15~25
6. 青木, 鈴川 (1954) : 日本技術年報 p.119
7. Blount, Bertram(1970) : Cement, Longmans, Green and Co.,
8. Charles D.H., Robert C.W. and Samuel M.S., (1959) : Hand Book of Chemistry and Physics, 38th Edition, Chemical Rubber Publishing Co., p. 1645
9. 張權烈, 趙載英(1968) : 驗統計分析法, 鄉文社
10. 趙載英, 白雲鵬, 朴弘來 (1952) : 統計的方法, 鄉文社
11. 東亞日報社(1970) : 東亞年鑑 p.551
12. Davis, R. E.(1950) : Use of Pozzolans in Concrete, Jour. Amer. Concrete Institute. Vol. 21. No.5, pp.377~84
13. Elliott, G. R. B. (1923) : Effect of Organic Decomposition Products from High Vegetable Content Soils upon Concrete Drain Tile, Jour. Agr. Res., Vol. 24, No.6, pp.471~500
14. Fulton, A. A., Marshall, W.T. (1956) : Use of Fly Ash and Similar Materials in Concrete, Proc. Institute, Civil Engrs., Vol.5. part1, No. 6, pp.714~30
15. George, E. Large (1957) : Reinforced Concrete Design, The Ronald Press Co.
16. 近藤泰夫, 坂靜雄(1965) : 콘크리트工學 핸드북, 朝倉書店, p.127
17. 韓國工業規格協會 (1969) : 韓國工業規格(土建編)
18. 韓國洋灰工業協會 (1967) : 洋灰工業, 第20輯, p.80
19. _____ (_____) : _____, _____, P 104~5
20. _____ (1970) : The Cement Industry in Korea, pp.4~5
21. 韓基鎬, 吳才燮(1964) : 우리나라 耕作地의 土壤反應 (pH)에 關하여, 農事試驗研究報告, 農村振興廳, 第7輯, 1卷, p.47
22. Ryu, H. Y. (1959) : Physical Tests to Measure the Durability of Concrete Drain Tile when Exposed to Acid Waters, Graduate School of Univ. of Minnesota, 199 pp.
23. 洪鵬巖, 李敬衡 (1963) : 建設材料學, 文運堂
24. 許萬浩, 卞珠燮 (1964) : 忠清北道 田土壤의 酸度, 農事試驗研究報告, 第7輯, 1卷, pp. 73~5
25. 飯塚五郎藏 (1959) : 建築講座 材料篇, 彰國社, pp. 51~5

26. Harry Parker(1957) : Simplified Design of Reinforced Concrete, John Willey & Sons, Inc..
27. 濱田稔 (1935) : セメント及コンクリート, 共立社, 97 pp.
28. Harry A. Frederick(1944) : Application of Fly Ash for Lean Concrete Mixes Prec. Amer. Soci, for Testing Materials, Uol.44, pp.810~18
29. Howard, E.L.(1949) : Food Acids vs Concrete Jour. Concrete, vol.50, No.1, pp.16~8
30. Hughes, C. A. (1940) : Permeability, Acid and Absorption Tests of Mortars Used in Dry Temped Silo Staves, Univ. of Minnesota, Engr. Experimental Station Tech. Paper, No.19, pp.553~78
31. H. E. Davis and George E. Troxell (1956) : Composition and Properties of Concrete, McGraw-Hill Book Co., Inc., 434 pp
32. 韓相麒 (1968) : 統計學, 集賢社
33. John. R. Baylis(1927) : Corrosion of Concrete, Trans. Amer. Soci. of Civil Ergrs., Vol.90, pp.791~866
34. John Minnick(1954) : Investigations Relating to the Use of Fly Ash as a Pozzolanic Material and as an Admixture on Portland Cement Concrete, Proc. Amer. Soci. for Testing Materials, Vol.54, pp.129~58
35. Joun T.Stewart(122) : Durability of Concrete Tile in Peat, Jour. Amer. Peat Soci., Vol. 15, No.3, pp.26~32
36. 高在君, 劉漢烈 (1969) : 모르타르의 耐久性에 관한 研究 (I), 농공학회지, Vol.11, No.3, pp. 86~97
37. 高在君 (1969) : _____, (II) 농공학회지 Vol.11, No.4, pp.24~8
38. 經濟企劃院 (1969) : 韓國統計年鑑 (第16회) pp. 506~7
39. _____ (1961) : _____ (第 8 회) p.170
40. 建設部 (1967) : 콘크리트 標準示方書
41. 國立建設研究所 (1967) : 콘크리트混和材料, 技術覺書(22), 84 pp.
42. 角江登 (1963) : 最新土木材料, 理工圖書, p.167
43. _____ (1966) : 土木實驗 (콘크리터, 土質篇), 理工圖書
44. 李台現 (1958) : 實驗設計及 統計分析法, 富民文化社
45. 李九鍾 (1967) : 콘크리트 混和材料에 對하여, 洋灰工業, 第20輯, pp 44~61
46. Lea, F.M. (1956) : The Chemistry of Cement and Concrete, St. Martins Press Inc., p.637
47. Lyon. T. Lyttleton, Buckman, Harry O., Brady Nyle C. (1952) : The Nature and Properties of Soils, The Macmillan Co., 16 pp.
48. 文定淵 (1969) : 포조란시멘트에對한 考察, 洋灰工業, 第20輯, pp.32~43
49. Miller, D.G. (1948) : Durability of Concrete and Mortars in Acid Soils with Particular Reference to Drain Tile, Univ. of Minnesota, Tech. Bul. No. 180, p.80
50. Miller, D.G. and Manson P.W. () : Essential Characteristics of Durable Concrete Drain Tile for Acid Soils, Trans. Amer. Soci. of Agri. Engrs., Vol.29, pp.431~41
51. _____ and _____ () : _____ for Alkali Soils, Trans. Ame. Soci. of Agri. Engrs., Vol.29, pp.48~5
52. Musselman, H.H. and Winter, O.B.(1958) : Durability of Concrete Drain Tiles, Michigan Agr. College Experimental Station Special Bul.No.75, pp.733~8
53. Master Builders Company (1951) : Pozzolith Concrete Control Facts, pp.2~15
54. Manson, P.W. and Miller, D.G. (1954) : Making Durable Concrete Drain Tile, Agr. Exp. Station, Bul 426 Univ. of Minnesota, p.16
55. Murduck, L.J.(1955) : Concrete Materials and Practice, Edward Arnold Publishers Ltd., p.16
56. 三留三千男 (1960) : 農業實驗計劃法, 朝倉書店
57. 日本材料試驗協會 (1957) : 材料試驗便覽, 丸善社, pp.750~1
58. 日本工業規格協會 (1961) : 日本工業規格便覽, セメント 콘크리트, 朝倉書店, pp.81~2
59. 農村振興廳 (1969) : 農事改良主要指導課題
60. 農林部 (1969) : 農林統計年報, pp.368~9
61. _____ (1967) : 콘크리트標準示方書 72 pp.
62. _____ (1970) : 농업용수개발사업총란 p.194
63. 內務部 (1959) : 大韓民國統計年報(第 6 회) p.19

1. _____(1960): _____(第7回)
p.59
5. 農協中央会(1970): 農協調査月報(10月)p. 103
3. _____(): 農協年鑑, p.29
7. 中村静磨(1958): セメントコンクリート誌
p.283
3. 呉旺根(1965): 土壤學, 富民文化社, 261 pp.
2. ポゾリス物産會社(1954): ポゾリス(セメント
分散劑 コンクリート 減水劑) 15 pp.
1. 朴商朝(1958): 콘크리트의 좋은 混合法과 管
理法, pp.23~6
1. Philip W.Manson and Dalton G. Miller(1950):
Longtime Tests of Concrete and Mortars Ex
posed to Sulfate Waters, Univ. of Minnesota,
Agr. Experimental Station, p.71
2. Palmier, M(1951):Fly Ash-Pozzolanic Materi-
als of Great Usefulness, Jour. Concrete, Vol.
59, No.6, pp.20~2
3. 朴天禧(1969): 新制土壤學, 郷文社 268 pp.
4. Powers W.L.(1948): Durability of Concrete
Drain Pipe. Trans. Amer. Soci. of Agr. Engrs.,
Vol.29, p.77
5. Portland Cement Association (1952): Design
and Control of Concrete Mixtures, 10th Edition,
pp.8~15
5. Robert Herman Bogue(1947): The Chemistry
of Portland Cement, Reinold Publishing Coopera-
tion, p.572
7. Robert G.D. Steel and James H. Torrie(1960):
Principles and Procedures of Statistics, Mc-
Graw-Hill Co.,
3. Roe, Harry B. and Ayres Quincy Clude(1954):
Engineering for Agricultural Drainage, Mc-
Graw-Hill Book Co., Inc., 501 pp.
7. 商工部(1969): 商工統計年報(第2回) pp.137~8
80. Timms, A. G. and Grieb, W. E. (1951): Use
of Fly Ash in Concrete, Jour. Pub. Roads, Vol.29,
No.6, pp.142
81. The Master Builders Company(1964): Master
Builders Product for Improving Concrete, 35 pp.
82. Terzaghi, R.D.(1949): Concrete Deterioration
Due to Carbonic Acid, Jour. Boston Civil Engrs.,
Vol. 36, No.2, pp.136~52
83. Turk, L.M. and Miller, C.E(1954): Funda-
mentals of Soil Science, John Willey and Sons,
Inc., 510p p.
84. Truog, Emill (1938): Soil Acidity and Lin-
ing, Soil and Man, Year Bookof Agriculture,
U. S. Department of Agriculture, pp. 563~80
85. U. S. Department of The Interior Bureau of
Reclamation (1955): Concrete Manual, 6th
Edition, Denver, Colorado, pp.10~11
86. Wenger E. C.(1958): Concrete for Sewage
Works, Jour. Amer. Concrete Institute, Vol.29,
No.9, pp.733~8
87. William D. Hanford(1968): Coating to Resist
Acid and Agressive Chemical Attack on Con-
crete, Amer. Soci. of Agr. Engrs., p.521
88. 吉田徳次郎(1953): 鐵筋 コンクリート 設計法,
養賢堂, pp. 79~82
89. 伊木貞雄, 後英太郎(1942): セメント並びに
コンクリート化學, 誠文堂, pp.331
90. 吉越盛次(1955): 混和材としてのフライイツ
シュに関する研究, 日本土木學會論文集, 31號,
pp.1~62
91. Y.M. Shawarbi(1954): Soil Chemistry, John
Willey and Sons, Inc., 420 pp.
92. 渡邊, 中村, 鈴川, (1958): セメント技術, Vo
1.12, p.343

附 錄

表-1 0.1 規定濃度の 酸溶液を 調劑하는 計算

Reagent		HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄
Item					
Density		1.18	1.42	1.83	1.69
Chemical purity(%)		35	72	95	85
Molecular weight(g)		36.47	63.02	98.08	98.00
1.0N solution(g/l)		36.47	63.02	98.08 ÷ 2 = 49.04	98 ÷ 3 = 32.67
0.1N solution (g/l)		3.647	6.302	4.904	3.267
Calculations		100g : 35g = x : 3.647 x = 10.42(g)	100g : 72g = x : 6.302 x = 8.75(g)	100g : 95g = x : 4.904 x = 5.16(g)	100g : 85g = x : 3.267 x = 3.84(g)
		d = m ÷ v ; v = 10.42 ÷ 1.18	v = 8.75 ÷ 1.42	v = 5.16 ÷ 1.83	v = 3.84 ÷ 1.69
Requirements for one litter of 0.1N solution	Chemical reagent	8.83 (cc)	6.16 (cc)	2.82 (cc)	2.27 (cc)
Requirements for 180 litters of 0.1N solution	Chemical reagent	8.83 × 180 = 1589 (cc)	6.16 × 180 = 1109 (cc)	2.82 × 180 = 508 (cc)	2.27 × 180 = 409 (cc)

表-2 供試體가 露出된 2週間 酸溶液의 pH變化

Acid solution	HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	비 고 Remark
Item					
Fresh solution	1.23 (1.0)	1.27(1.0)	1.48(1.45)	1.98(1.45)	0.1N solutions
Old solution	5.08	4.52	4.47	4.88	
Difference	3.85	3.25	2.99	2.90	

Note : Each figure is the average value for 4 times of measurements and figures in the parenthesis refer to theoretical pH values.

表-3 0.1N 酸溶液의 酸度 pH 에 關한 計算

1. HCl and HNO₃ solutions ;
by definition of pH value

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log[H^+]$$

$$\therefore pH = -\log[H^+] = -\log(0.1) = -(-1) = 1$$

2. H₂SO₄ solution ;

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$

$$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{--}$$

The dissociation constant of HSO₄ is

$$K = \frac{[H^+][SO_4^{--}]}{[HSO_4^-]} = 1.2 \times 10^{-2}$$

If the degree of ionization of HSO₄ is α ,

$$\therefore K = \frac{(0.1\alpha)(0.1\alpha)}{\frac{0.1}{2}(1-\alpha)} = 1.2 \times 10^{-2}$$

solving for α in the above equation

$$\alpha = 0.384$$

Hence, $[H^+] = \frac{0.1}{2} + \frac{0.1}{2}\alpha$

$$= 0.05 + 0.05 \times 0.384 = 0.05192$$

$$\therefore pH = -\log[H^+] = -\log(0.05192) = 1.284$$

3. H₃PO₄ solution ;

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$$

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{--}$$

$$HPO_4^{--} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{---}$$

It is assumed that dissociations for the second and third hydrogen are so small comparing with that of the first hydrogen, that it may be ignored and

$$K_1 = \frac{[H^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]} = 7.5 \times 10^{-3}$$

If the degree of ionization of H₃PO₄ is α

$$K_1 = \frac{(\frac{0.1\alpha}{3})(\frac{0.1}{3}\alpha)}{\frac{0.1}{3}(1-\alpha)} = 7.5 \times 10^{-3}$$

solving for in the above equation

$$\alpha = 0.075$$

Hence, $[H^+] = \frac{0.1}{3} + \frac{0.1}{3}\alpha$

$$= \frac{0.1}{3} + \frac{0.1}{3} \times 0.075 = 0.0355$$

$$\therefore pH = -\log[H^+] = -\log(0.0355) = 1.45$$