

Alkali가 Concrete質에

미치는 影響

星信化學株式會社
丹陽工場試驗課長

金 允 基

Alkali가 concrete質에 미치는 影響이라 함은 cement가 骨材와 化合하여 그의 膨脹, 收縮, 龜裂等の 여러가지 副作用을 誘發하는 現象을 말하며 이를 除去하려면 cement와 骨材에 含有되어 있는 Alkali成分을 어떻게 處理하여야만 되는것 일까 하는 것은 오늘 날의 cement製造工業에 있어서 큰 比重을 차지하고 있으며 하나의 課題가 아닐 수 없다.

美國을 爲始한 日本等 歐洲各國에서는 cement內 Alkali除去에 있어서 여러가지 研究가 進行中이며 특히 美國과 日本에서는 相當한 進歩를 보고 있는 것으로 思料되지만 우리나라에 있어서도 이 Alkali除去에 技術的인 差를 加하여 보다 좋은 Cement製造에 이바지 할수 있어야 할줄 믿는다.

美國에 있어서 Alkali骨材反應이란 作用이 發表됨을 비롯해 日本에서도 이와같은 例가 상당히 研究되고 있으며 이것은 Portland Cement中の Alkali成分이 骨材中の 어떤 造岩礦物과 反應하고 어떤 作用을 일으킴으로써 이것으로 因하여 Concrete가 過度로 膨脹하는 結果 Concrete에 있어서 粉狀, 龜裂發生, 彎曲崩壞等の 여러가지 좋지 못한 現象이 誘發되는 作用이라 하겠다.

여기에서 注目할것은 Concrete의 過度 膨脹을 이루는 Alkali量의 限度를 美國聯邦規格 (FED)에서는 0.6%(Na₂O Base) 이하로 되어 있으나 실제에 있어서 이것보다 Alkali量이 많다 할지라도 非反應 骨材의 경우에 있어서는 過度膨脹을 일으키지 않음을 볼 수 있다 또한 이것보다 적은

Alkali量의 境遇에 있어서도 使用한 骨材의 종류 여하에 따라 過度膨脹이 일어난다는 것으로서 이러한 有害한 作用을 갖는 反應質 骨材는 蛋白石, 珪酸性 苦土質 石灰岩, 陰微晶性 綫紋岩, 安山岩, 凝灰岩, 石英安山岩, 粗面岩等 外에 反應性 礦物을 內包한 岩石等を 들 수 있으며 여기에 있어서 기억하여 둘 것은 이들의 岩石은 같은 이름으로 되어 있으면서도 그것의 成分, 組成, 生成原因이 複雜하고 多種多樣인고로 단순히 그 名稱만 으로서는 適否를 判斷할 수 없는 것이다. 이것으로 미루어 볼때 美國에서 實施한 研究結果를 가지고 우리나라나 日本에서 產出된 岩石에 그대로 結付시킨다는 것은 옳지 않음을 알 수 있을 것이다.

日本에 있어서 이 作用에 對한 調査에는 近藤와 北川 兩氏에 依하여 研究된 것이 있다. 兩氏가 近畿, 四國, 中國, 東北 地方의 百餘種의 骨材에 對하여 各種試驗을 行한 結果에 依하면 日本에 있어서 Alkali骨材反應을 일으키는 骨材는 美國의 程度와 같이 많으나 調査한 骨材中 川砂, 砂利는 이 反應을 不顯하였다고 한다.

Alkali骨材反應의 理論으로써 W.C Hansen의 말을 빌린다면 concrete의 破壞는 다음과 같은 事實에 依하여 일어난다고 한다.

× × ×

反應骨材의 各片을 包圍하는 Cement paste는 물, Alkali液에 對하여서는 透過性이나 反應에 依하여 일어난 Alkali珪酸 Gel (粒子가 沈澱하였거나 凝固하고있는 現象)에 對하여서는 不透過性인 것이다, 그래서 Gel은 이것을 일으킨 骨材의

成分보다 큰 容積을 갖기 때문에 骨材의 周圍에 壓力을 주어 Cement paste 를 破壞로 이끌고 同時에 약간의 珪酸 Alkali 液狀 Gel 을 유리지킨다.

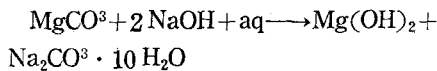
이 Gel 은 周圍에 있는 多量의 水酸化 칼슘 (Ca(OH)₂)와 結合하여 珪酸石灰와 乾燥 Gel 이 되고 Cement 固結을 돕는 것이다.

이와 같은 경우에 있어서 Cement paste 는 半透壁의 作用을 하고 珪酸 Alkali 의 珪酸 ion 은 固結 Cement paste 를 透過치 않는 珪酸 物質과 化合하는 까닭에 半透壁은 물, 水酸化 Alkali ion 혹은 分子만을 透過시키고 複雜한 珪酸 Alkali 는 透過시키지 않는다는 것으로 된다. 이와 같은 現象으로 骨材의 表面에서 생기는 珪酸 Alkali 는 Cement paste 로부터 溶液을 吸引하여 液의 주머니를 만든다. 이 주머니 中에 生成되는 것은 元來의 珪酸보다 큰 容積을 갖게 되므로 發生하는 Osmotic pressure (滲透壓)는 Cement paste 의 構造를 破壞로 誘導한다고 하는 것이다.

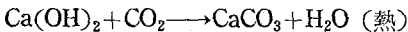
이것을 骨材中의 蛋白石質 珪酸의 例를 든다면

$$\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

또한 有害發生의 原因을 이루는 珪酸質 苦土質 石灰岩 即 有害性的 負岩을 含有한 苦土質 石灰岩의 경우에는 다음과 같은 化學式이 成立되며 容積의 增大를 일으키는 것이다



即 모래와 자갈의 骨材에 依한 Alkali 骨材反應은 지나친 膨脹을 일으키게 하는 水酸化 마그네슘의 水和 作用을 可能케 해 주는 構造의 始發에 관련된다고 指摘했으며 輕微한 膨脹은 乾燥過程이나 도중에 있어서 Concrete 안에 形成되는 微細한 龜裂을 抑制하는 逆反應에 基因된다고 하겠다 또한 Alkali 骨材 反應의 珪酸은 骨材에서만 오는 것도 아니고 Cement 의 水和 生成物의 炭酸 Gas 에 依한 分解에 依해서도 일어나는 可能性이 있다고 하는 것이다



Concrete 膨脹의 程度는 大體로 cement 中の Alkali 量에 比例하고 非反應質 骨材이면 Alkali 量과는 關係없이 低度의 膨脹에서 그친다고 하겠다 그리고 石英과 같은 結晶質 珪酸은 Alkali 反應이 가장 늦고 Glass 質인 輕石, 炭灰 蛋白石을 多量 含有한 骨材는 急速한 反應을 나타낸다고 한다 이와같이 Alkali 가 Concrete 에 影響을 줌으로써

일어나는 여러가지 現象에 對하여 未然의 防止策으로 Pozzolana 를 添加해서 Alkali 의 骨材反應을 防止하고 있는데 岩石 또는 粘土의 極微粉末은 Alkali 反應 除去에 有效한 作用을 하며 過量의 高反應質 骨材를 Concrete 塊 全體에 均一하게 分布하여 주면 Cement 內의 Alkali 는 完全히 이것과 作用하여 局部的으로 크다란 破壞壓力을 發生시키는 危險이 없고 Alkali 作用은 事전에 극복되고 만다는 것이다

Pozzolana 를 使用할려면

- 1) Pozzolana 의 均劑性的 確保
- 2) Cement 와의 均等 混合과 아울러 極微 粉碎 方法
- 3) 長期에 걸친 物理的 化學的 試驗
- 4) 煨燒에 依한 Pozzolana 作用의 強度 發揮 方法
- 5) 發熱, Alkali 分離 또는 膨脹 促進의 有無
- 6) Pozzolana 添加에 따른 副作用

以上과 같은 諸問題 點을 檢討한 後 使用하여야 할 것이며 다른 方法으로는 骨材에서 오는 Alkali 除去가 무엇보다도 急先務이며 非反應性 骨材의 選擇이 있어야 할 것이며 選擇된 骨材의 表面에 附着된 Alkali 를 洗滌하여 除去할 수도 있으나 現場에서 이와 같은 方法으로 Alkali 除去란 거의 不可能하다고 할 수 있을 것이다

× × ×

Alkali 骨材 反應에 對하여 骨材를 試驗하는데 있어서 岩石學的 試驗, 化學的인 試驗, Mortar 에 依한 膨脹試驗을 行한다 이들中에 있어서 化學試驗에 依하여 有害하다고 認定되었더라도 膨脹試驗의 結果에 있어서 膨脹이 일어나지 않는 例가 드물게 있으므로 化學試驗만으로는 判定을 내리기 어렵겠다고 하겠다

여기에 準하면 膨脹시험에 있어서 膨脹을 表示하는 것은 化學試驗에 있어서 有害하다고 結果를 表示하는 것과 같은 것이라 할 수 있을 것이다

이러한 見地에서 볼때 Alkali 外에 또한 有力한 反應 物體가 存在한다고 考慮되고 이 경우 Alkali 는 이 物體의 反應 作用의 促進 또는 觸媒가 된다고 생각된다 이 優勢한 反應 物體는 水酸化 石灰 (Ca(OH)₂) 라고 생각되며 이것을 中和하고 安定히 한다면 耐久性의 Concrete 을 얻을 수 있다고 하겠다 끝으로 Alkali 反應 問題에 關하여서는 骨材의 溫度 濕도에 따른 容積의 變化, 現場 使用 骨材中의 水分 分布 狀態, 骨材 氣孔의 크기, 容積 表面의 흠에 對하여 岩石學的 檢査의 施行, 骨材 中

의 有害成分이 構造物에 미치는 影響等 耐久性 關係 狀況의 現場 研究를 必要로 하며 Cement 中의 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO 의 四酸化合物을 主成分으로 하는 四種의 重要 clinker 化合物에 主力이 집중되고 있으나 Fe_2O_3 의 重要 役割이 提唱될 뿐만 아니라 MgO 量의 過大에 따른 膨脹 龜裂에 關해서는 現行 規定에 5% 까지를 規定 짓고 있다.

大多數의 骨材는 Na_2O , K_2O 量의 0.5~1.0%에 依하여 反應을 일으킨다고 한다면 當面 問題는 如何히 하여 Concrete 製造 時 非反應 骨材의 選擇

과 選擇된 骨材의 多方面에 依한 檢討와 Cement 製造時 使用 原料의 Alkali 含量을 調査함으로써 有害한 Alkali 量을 보다 더 減少시키는데에 있으며 目的하는 製品 生産에 더욱 더 努力을 傾注해야 할 줄 믿는다.

參 考 文 獻

- ① The chemistry of Portland cement
- ② Concrete Hand Book
- ③ Alkali 骨材反應

< 近 着 外 國 文 獻 >

◎ Rock and Products 美國 May 1970

1. Cement Today
2. Northern Ireland Cement Plant Uses Grate Kiln System
3. Impact Crushers in the Cement Industry
4. Calcining Kate Sensor Aids Kiln Automation
5. Bed Blending Systems in the Cement System

◎ The Indian Concrete Journal 印度 April 1970

1. Suspended roofs in Dywidag Prestressed Concrete.
2. A study of the Economics of solid slab balanced Contilever bridges.
3. Design of two way reinforced concrete rectangular slabs by modified Hillerborg's strip method.
4. A general method of iteration for analysis of indeterminate structures.
5. Foreign news.

◎ Cement Technology 英國 March April 1970

1. St. Lawrence Cement Company's Clarks-on plant.
2. Commodity Identification and Information
3. Cement Kiln Capacities heat consumption and an Alkali Rejective Suspension Preheater.
4. Studies of the Effects of Various Additives on the Hydration Reaction of Tri Calcium Aluminate.

5. New Plant and Products.

◎ Cement, Lime and Gravel 英國 April 1970

1. Cement Industry Growth in Korea
2. Mineral Extraction and the Country side
3. New Aggregate plant for London Firm
4. Thermal analysis of Cement
5. World Cemet news.

◎ Cement, Lime and Gravel 英國 May and June 1970

1. The fluid transport of solid materials by pipeline
2. Herated concrete from lime and fly ash.
3. World Cement news.
4. Studies in crushing and grinding.
5. Increased lime subsidy announced.

◎ Cement Technology 英國 May/June 1970

1. Compound calculation of the phases in portland cement clinker.
2. Development of raw-materials equipment for the cement industry.
3. Flame shape control rotary cement kilns
4. A conduction calorimeter for the study of cement hydration.

◎ Asian Industry HongKong July 1970

1. CEL seeks safety in diversity.
2. Korea's Cement Boom.
3. RP auto enters a blind alley.
4. Singapore's war on pollution.
5. New products & service.