

세멘트技術關係解説 (3)

- a. 세멘트의 水和
- b. Cement 의 風和作用
- c. Cement 의 膨脹과 收縮
- d. 水和熱에 依한 影響
- e. Cement 의 比重

7. 세멘트의 諸性質

a. 세멘트의 水和

세멘트化學에 있어서 水和라고 하는뜻은 세멘트化合物을 물에 섞어서 일어나는 反應 或은 現象을 말한다. 即 세멘트를 適當한 물과 混合하면 처음에는 풀끼가 있는 Paste (풀과같은) 狀態로 있다가 이것을 그대로 放置해서 어느程度 時間이 經過하면 드디어는 固體의 形態로 變한다. 이와같은 變化의 過程을 英語로 Setting 과 Hardening 으로 表示한다. 이는 뚜렷한 一種의 物理的 或은 化學的變化이기는 하지만 그 變化의 過程에 對하여는 現在까지 뚜렷한 定說이 아직 없다. 그러나 現在 많은 研究者들은 이現狀을 다음의 세가지 方向으로 생각하고 있다.

1. 코노이도說, 2. 結晶코로이도說, 3. 結晶說,

(알루미늄石)

如何한 Setting 은 주로 $3CaO \cdot Al_2O_3$ 와 $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ 및 $3CaO \cdot SiO_2$ 의 세가지 化合物이 물과 化合해서 이루어지는 것은 거의 明白하다.

萬若에 石膏가 混合되어 있지않은 境遇 即 크렁카-를 그대로 粉末로해서 물과 混合하면 크렁카-中에 $3CaO \cdot Al_2O_3$ 는 即

時 물과 혼합해서 칼슘과 알미나이드의 水和物의 結晶이 생겨서
급히 굳어진다。 그러나 石膏가 혼합되면 卽 現在 市中에 販賣
되고 있는 세멘트와 같은 境遇에도 上記와 같은 化合物들中 二
種은 石膏가 있으므로서 물에 不溶性인 化合物이 된다。 그리하
여 石膏에 量이 漸次 줄어들때까지 물과 혼합하지 않는다。 나
머지 一種은 石膏의 存在下에서도 徐徐히 물과 化合을 하다가
石膏가 없어지면 처음 2個의 化合物과 같이 正常的인 速度로
굳어 지게 된다。 또한 上述한 바와 같은 3個化合物의 量이
잘 調整이 안되면 追後 Concrete 를 시공 하였을때에 Water
retaining Property (保水性 卽 Cement 의 水量을 一定하게
가지고 있게하여 Concrete 의 水分이 地下의 他接觸物에 吸收되
지 못하게 하는 性質) 或은 Bleeding (Concrete 를 했을때
그 表面에 水分을 維持시키는 現象) 등에 크게 影響을 주게된다。

이와같이 Cement 의 初期에 있어서의 水和作用은 Cement 를
使用한 몰탈 或은 Concrete 의 施工面에 相當히 큰 影響을 주
게 된다。

b. Cement 의 風和作用

이미 製品化된 Cement 生産品의 包裝問題와 包裝紙袋의 質問題가
漸次的으로 問題化되고 있는요지음 紙袋改良의 問題點을 追窮하는
데 있어서 Cement 의 風和作用과 이것이 미치는 影響은 누구나가
생각하여야 할 重要한 課題이다。

Cement 의 風化作用은 Cement 의 凝結時間에 影響을 주게 되
는 것이다。 Cement 의 粉末이 적으면 적을수록 Cement 의
表面積이 커지기 때문에 風化에 對한 影響을 받기 쉽게 된다는
것을 쉽게 理解할 수 있는 問題들이다。 따라서 이와같이 어느程

度 風化된 Cement 는 追後 이製品을 工事に 使用할때 Concrete 의 強度가 低下된다는 것은 必然的인 事實이다。 大氣中の 空氣란 完全히 乾燥된 것은 거의없고 恆常 어느程度 濕氣를 包含하고 있기때문에 이 濕氣에 依해서 前述한 바와 같은 水和作用이 이 러나는 것이다。 Cement 가 加水作用에 依해서 어느程度까지 그 強度 (即 壓縮力 或은 抗張力) 가 低下되는가를 보기로 한다。

이제 Cement 를 硬化시켜 이것의 一週日後의 強度를 求하여 이것을 100 이라 하고 이것을 粉破하여 다시 硬化시켜 또 그 強度를 求하면서 強度가 零에 가까울때 까지 試驗해 보면 다음 과 같다。

	抗張力	壓縮力
첫번째	100	100
두번째	72	45
세번째	29	20
네번째	16	9
計	217	174

以上과 같은 結果로서 우리가 생각할 수 있는 것은 萬若에 上記한바의 Cement 가 才一 처음 加水로서 完全한 作用이 끝났다면 理論上으로는 2週日로서 抗張力은 첫번째의 2.17倍 그리고 壓縮力은 1.74倍가 된다고 볼 수 있다。

結局 이와같은 問題에 있어서 가장 問題가 되는 點들은 現在 包裝紙가 大氣의 濕氣를 어느程度까지 防止할 수 있는가? 그리고 Cement 의 粉末은 어느程度가 現在 우리나라에서 가장 適當한가 等等의 問題가 있다。 여러가지 統計가 나와 있지만 大體的으로 Cement 는 오래 保管貯藏하면 할수록 이 Cement 를

使用한 몰탈이나 Concrete 에 惡影響을 가져오는것은 自明한 事實이다. 여러가지 統計를 綜合해 보면 大略 다음과 같다.

貯 藏	0	4個月	6個月	8個月
強度의低下	100	80	76	74

即 Cement 를 8個月間 貯藏하면 그 Cement 의 強度는 約25% 減少한다. 그러면 Cement 의 粉末度는 어떤影響을 미치는가? 前述한 바와같이 그 粉末이 고우면 고올수록 一定한 重量의 Cement 의 表面積이 커진다. 따라서 Cement 의 水和作用은 Cement 粉末의 表面에서 進行되기 때문에 粉末이 고올수록 그 強度가 커지며 또한 實用面에 있어서도 모래나 자갈에 對한 抱攪刀이 커져서 硬固한 Concrete 를 만들 수가 있다. 然이나 粉末이 너무 고우면 外氣의 風化作用을 쉽게받을 欠點이 內包되어 있다 고도 보아야 할것이다. Cement 의 粉末은 # (百萬分之一에-타)로 表示되는데 粉末度는 普通 10~15# 가 가장 Cement 에 有效하다고 보고있다.

Cement 는 以上과 같은 여러가지 問題를 綜合해서 그 Cement 를 使用하는 地域의 氣候 即 大氣의 湿度와 粉末의 程度 그리고 包裝紙의 質問題等이 研究되어야 할 것이다.

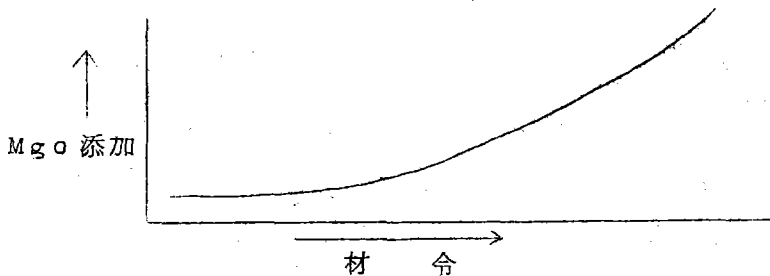
c. Cement 의 膨脹과 收縮

Cement 가 硬化될때 水中에서는 膨脹하지만 空氣中에서는 收縮한다 Cement 自体는 勿論 물과 結合하면 그體積이 增加된다. (即 Cement + 물) 그러나 Paste 는 水和에 依하여 水和物의 生成으로 그體積이 적어진다. 이것은 即 Cement Paste 는 外部의 影響으로 乾燥하여 收縮하고 또한 濕氣를 받아들리면 膨脹하는데 이와같은 容積의 變化는 Cement 의 "몰탈" 이나 Concrete 使用上의 重要한 問題를 나타낸다. 即 이와같은 膨脹, 收縮

이 어떤 限界點을 지나면 肉眼에도 나타나게 龜裂이 생기게 되는 것이다. 勿論 "물탈"이나 Concrete의 龜裂의 原因은 이것 뿐이 아니고 좀더 仔細히 說明하면 Cement 成分中에 苦土 即 酸化마구네슘(MgO)나 CaO(酸化칼슘) 등이 遊離된 狀態로 存在하는 것도 그原因이라고 볼 수 있다.

例를 들어서 MgO가 少量 約3%以內로 包含되어 있을 境遇에 는 別로 問題가 되지않지만 萬若에 多量으로 包含되어 있으면 "물탈"中에 물과 作用해서 水酸化마구네슘(Mg(OH)₂)이 되어 이것이 곧 膨脹을 하게 만든다. 그런데 이 膨脹은 주로 콘크리트-드가 硬化한 然後에 생기기 때문에 龜裂發生을 가져오게 된다.

MgO의 膨脹을 Graph로 表示하면 다음과 같다.



CaO(酸化칼슘)의 境遇도 亦是 MgO의 境遇와 大体로 同一하며 遊離된(單化合物과 結合하지 않고 있는) CaO는 "크림카-"가 水和된後 남은 물과 化合하여 Ca(OH)₂(水酸化칼슘)이 되어 亦是 膨脹하게 된다.

d. 水和熱에 依한 影響

化學反應에는 發熱反應과 吸熱反應 即 2個 以上 이 化合할때 熱을 發生케 하는것과 外部의 熱을 吸收하는 反應

이 있는데 Portland Cement 의境遇는 그前者에屬한다.

그中 물과 結合해서 發生하는 熱을 水和熱(Heat of Hydration) 이라고 한다. 이와 같이 發生된 熱은 Cement 를 使用하는데 있어 下記와 같은 影響을 준다.

1. 一般으로 Concrete 의 量이 少量인 工事は 그 水和熱이 短時間에 放出되기 때문에 큰 問題點이 없지만 큰 鑛工事와 같은 境遇에는 Concrete 의 外部는 速히 硬化하며 熱이 發散하나 內部는 그 熱이 熱의 傳導性이 낮은 Concrete 를 通하여 徐徐히 發散하게 되기 때문에 Concrete 가 硬化하면서 膨脹했다가 後에 식으면 收縮하게 되며 이로 因하여 龜裂이 생기게 된다. 그러나 冬期에 Concrete 가 얼지 않게 하기 爲해서 이 熱을 利用한다는 것도 생각할 수 있으나 이와같은 Cement 는 아직 實用化 될만큼 研究가 되어 있지 못하고 現狀으로는 Concrete 의 凍結은 Concrete 의 硬化를 妨害하는 面이 많다.

現在까지의 實例로는 鑛工事와 같이 Concrete 가 큰 덩어리가 될때 Concrete 內部の 熱發生이 最高 70°C 까지 올라간다고 하니 水和熱도 잘 利用하면 冬期建設工事に 有益한 面이 있다고도 보나 熱이 높으면 높을수록 龜裂도 커진다는 二重現狀의 打開가 매우 困難한 問題인 것이다.

現在까지 Cement 를 使用한 各種工事中 가장 우리 의 興味를 끄는것은 Concrete 道路工事이다. 周知하는 바와같이 現在 世界에서 道路網이 가장 發達된 나라는 美國과 獨逸인데 獨逸에서도 才一次大戰後 戰略的 或은 經濟的인 見地에서 急速度로 大規模의 道路建設에 着手하게 되었었고 이 道路工事用 Cement 에 對하여 Schwiete 氏, Gotlin 氏 등의 組織的인 研究가 큰 貢獻

을 하게 되었다.

現在 우리나라에 있어서도 自動車交通量과 速度의 增加 및 積載量의 增大等으로 因하여 道路에 있어서 平坦性 및 耐久性等을 漸次로 要求하게 되었다. 道路는 連續的인 것이며 恆時外部에 影響을 받기 때문에 道路表面上 Concrete 의 龜裂發生은 極度로 制限되어야 할 것이다. 道路用 Cement 에 있어서 Concrete 龜裂의 主要原因을 보면 첫째로 Concrete 가 아직 硬化하기 前에 早期龜裂 (Plastic Cracking) 이 생기고 二後 硬化된 後에 路面이 外部 大氣의 影響으로 連續적으로 伸縮하며 또한 荷重이 이 伸縮作用을 促進시켜서 龜裂을 助長시키게 된다. 또한 Concrete 의 上層部와 下層部는 溫度의 差異, 湿度의 差異가 생기며 여기에 交通의 荷重이 加하게 되어 이것이 Concrete 의 伸長限度以上이 되면 亦是 龜裂을 發生케 된다.

이와같은 龜裂의 諸問題點들을 研究한 結果가 여러가지 論文으로 發表되어 있는데 大體的으로 共同된 意見은 前述한바와 같이 遊離狀態에 있는 CaO 나 MgO 의 量을 極度로 制限하고 Cement 의 粉末은 若干 큰것이 適當하다는 것이다. 即 CaO 에 遊離된 것은 Concrete 나 "물담" 의 強度 其他 여러面에 對하여 좋지 못한 影響을 준다는 것은 前述한바 이지만 이와같은 問題를 解決하기 爲하여 即 遊離狀態에 있는 CaO 가 물과 結合하여서 생기는 $Ca(OH)_2$ (水酸化칼슘) 를 固定시켜 耐久性을 높이고 Concrete 의 長期強度를 增進시키기 爲하여 시리카 Cement 即 Portland Pozzolan Cement 가 宜場하게 된다.

Pozzolan Cement 에 對한 仔細한 說明은 後日로 미루기로 하지만 現在 이 Cement 의 實用性이 相當히 높히 評價되어

Europe 各國에서도 큰 뱀, 水路工學等에 그用度가 漸次 높아 가고 있다. 그 以外에도 Cement 이 鉄率(即 酸化알미늄과 酸化鉄)이 높으면 Cement 의 収縮率이 커진다는 것이 實驗結果로서 나타나있다. 이와같이 Cement 龜裂의 原因은 多種多樣이며 今後에 있어서 이方面의 研究를 期待하는바 매우크다.

e. Cement 의 比重

Cement 의 比重은 Cement를 물에比較한 무게로서 表示한다. 그러나 Cement 比重測定은 Cement가 化合하기 쉬운 물을 使用하여 測定하기가 困難하기 때문에 기름을 使用하여그속에 Cement를 少量(重量을測定)넣어서 Oil의 容積變化를 測定해서 算出하는데 一般市販 Cement는 3.05 或은 그 以上の 比重을 나타낸다. 이제 Cement 크링카- 덩어리에 있는 各 化合物의 比重을 보면 大略 다음과 같다.

	$3CaO.SiO_2$	$2CaO.SiO_2$	$3CaO.Al_2O_3$	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$
比重	3.15	3.28	3.038	3.68

이 表에서 보는바 우리가 推測할 수 있는 問題는 萬若 Cement 크링카-에 酸化鉄이나 珪酸質과 같이 比較的 比重이 무거운 것들이 多量包含되어 있으면 自然 크링카-自体의 比重이 무거워질 것이고 알미나와 같이 比較的 가벼운 物体가 包含되어 있으면 크링카-全體의 무게가 若干 가벼워 진다고 볼 수 있다.

그러나 現在 우리가 흔히 보는 市販 Cement는 普通 그 比重이 3.05 以上이다. 勿論 Cement가 그 目的하는바 Concrete나 "물탈"이 그 使用目的에 있어서 物理的 或은 化學的으로 滿足할 수 있으면 그뿐이기 때문에 比重은 才二次的인 問

顯라고도 볼 수 있겠으나 그 比重이 어느程度 높아야 된다는 것은 Cement가 그 목적에 使用되기 前에 前述한 바와같이 風化되어 버리지 않았는가를 알기 爲한 것이다.

Cement가 大氣中에 水分을 吸收하여 물로서 一部分가 加水分解하여 이것이 空氣中에 炭酸가스(CO_2)가 作用하여 炭酸칼슘이 될 수도 있고 或은 水酸化칼슘이 되면 이와같은 化合物들은 比重이比較的 얇아서 2.5 內至 2.7~8程度이기 때문에 Cement 全體의 무게는 大體로 3.00或은 3.05以下로 내려간다.

比重을 測定하는 또 다른 理由는 Cement에 他混合物이 들어 있는지 與否를 알아내는대도 있다. 크링카-에 類似한 天然岩石中에는 Cement만큼 比重이 큰 것은 그다지 없기 때문에 이와같은 것의 混合與否도 即時 比重으로 알아 낼 수 있다. 따라서 普通 우리가 말하는 Portland Cement 以外의 混合Cement 들은 大體로 Portland Cement 보다 그 比重이 얇다. 普通 Portland Cement 를 萬若 2~3個月 大氣에 放置한다면 그 比重이 0.05~0.1 程度 或은 그以下로 低下되게 된다. Cement에 混合物을 넣는것은 主로 火山재와 같은 것인데 現在 우리나라에서 그와같은 混合物을 넣는다는것은 想像하기도 힘든 問題이기 때문에 主로 風化로 因한 Cement의 質的低下가 比重과 比較하여 보게 될 重要問題일 것이다.