

세멘트關係解説 (2)

세멘트 概說

< 內容 >

- 3. 세멘트 및 各種原料의 諸性質
- 4. 세멘트의 製造
- 5. 燒成工程
- 6. 製品工程

3. 세멘트 및 各種原料의 諸性質

포-트란드세멘트를 製造하는데 있어서 그 化學的主成分은 大体로 다음과 같다.

씨리카 (SiO_2),	알미나 ($Al_2 O_3$),	酸化鉄 ($Fe_2 O_3$),
20~25%	3~6%	2.5~4.5%
石灰 (CaO),	MgO	SO_3
62~66%	1~3%	1.5~2.5%

그中 主成分인 SiO_2 , $Al_2 O_3$, $Fe_2 O_3$ 및 CaO 를 多量으로 包含하는原料를 選沈하는 것이 세멘트製造에 있어서의 必須條件인 것은 勿論이지만 그 以外에 세멘트製造原料로서 다음과 같은 條件이 具備되어야 한다. 即

- 1. 原料의 粉碎와 燒成이 容易하여야 한다.
- 2. 品質에 있어서의 變動이 되도록 적어야 한다.
- 3. 供給量이 充分하여야 한다.
- 4. 原料의 價格採算이 맞아야 한다.

그中 石灰의 原料로서는 石灰石을 비롯한 石灰質原料를 使用하게 되고 씨리카 (SiO_2), 알미나 ($Al_2 O_3$) 酸化鉄 ($Fe_2 O_3$) 의 原料로서는 粘土 或은 容岩 (용암) 과 같은 粘土質原料가 利用되고 있다.

그러나 以上 2 種類의 原料가 適當한 세멘트의 原料로서의 比率

을 나타내지 못하는 境遇에는 硅石, 黃鉄鉍燒滓을 補助原料로 使用하게 될 것이다. 그 以外에 크링카- 燒成의 融劑로서 螢石이 使用될 수도 있다. 그中 原料로서 가장 重要한 部分을 차지하는 石灰石 및 粘土와 그 外에 우리가 常識的으로 必히 알아야 될 세멘트의 科學的性質에 影響을 미치는 MgO 및 其他 夾雜物에 對하여 個別的으로 說明하면 다음과 같다. 夾

石 灰 石

이는 매우 흔히 使用되는 原料로서 良質인 境遇에는 約 95% 以上の 石灰質을 包含하게 된다. 理論的으로는 크링카-에 包含되는 CaO는 最高 約 67%로 되어있기 때문에 石灰石의 純度는 約 80% 以上이면 可하다고도 볼 수 있다. 그러나 品質의 均一性, 或은 세멘트製造工程中的 混合의 不均等を 考慮하게 된다면 亦是 石灰石의 純度는 90% 以上인 것을 原則으로 한다. 그러나 세멘트原料로서의 石灰石을 選擇함에 있어서 가장 注意하여야 할 問題는 MgO의 含有量에 있다고 볼 수 있다. 前述한바 石灰石이 90% 或은 그 以上の 純度를 가졌다고 하여도 殘餘 雜夾物이 所要粘土에 一部를 補充할 수 있다면 別問題이지만 이 境遇에도 萬若 相當한 量의 MgO (苦土)가 包含되는 것은 세멘트의 質에 惡影響을 끼치게 될 것을 憂慮하는 까닭이다.

現在까지의 研究로서는 都大體 MgO의 含有量이 몇 %까지 容納될 수 있는가 하는 點에 關하여는 오래 前부터 여러가지 學說이 區區하여 아직 一定한 結論을 얻지 못하고 있지만 大體로 3~5% 線 以內라는 點에는 그 意見이 一致되어 있다.

MgO는 Portland Cement 中에서 2 CaO, SiO₂ 하고 Solid Solution 만들어져 아릿트(後述할 것임)을 形成하며 또한 4 CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃ 와 結合하여 세멘트의 特有한 色인 暗灰綠色을 만들어내게 되며 이 兩者에 必要한 MgO의 量은 大體로 1%

內外라고 생각된다. 萬若 MgO 의 量이 이보다 많아지면 遊離된(單化合物과 合하지 않은) MgO 가 생겨서 長期로 물과 混合하여 콘크리-드의 膨脹性龜裂의 原因이 되기 때문에 注意를 해야 할 것이다. 또한 MgO 가 多量包含되면 크링카-를 燒成하기 힘들게 된다는 것도 많은學者들의 거의 共同된 意見이라고 볼 수 있다. 기타 MgO 의 含有量에 關한 諸問題는 우리의 앞으로의 좋은 研究資料가 될 것은 의심할 바가 없다.

다음으로 SO_3 에 $CaCO_3$ 와의 關係를 考察하면 硫黃分이 硫化物 硫化塩 등의 形態로서 包含되어 있는 것은 亦是 세멘트燒成에 있어서 매우 有毒하기 때문에 그 量이 적은것을 要求되 된다. 그러나 原石中에 硫黃分이 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 라는 化合物로서 包含되는 境遇가 있다. 其他 Alkali 質이 많이 包含되면 Alkali 珪酸塩이 되어서 콘크리-드의 水硬性을 弱하게 하기 때문에 注意를 해야 할 것이다.

粘 土 (Clay)

粘土는 化學的으로는 長石이 오래동안 弱酸性의 물의 作用으로 되었다고 보는 것이 普通이다. 卽 그 反應은

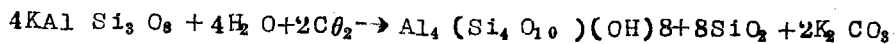


表 石 물 粘 土 珪 砂 炭酸카리움
라고 본다.

粘土의 化學成分은 一般으로 매우 複雜하여 簡單한 說明이 困難하나 주로 "카오리나이트" 卽 $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$ 것과 "몬모리나이트" ($Al_4(Si_4O_{10})2(OH)_4 \cdot xH_2O$ 라는 것으로 되어 있는데 세멘트의 原料로서는 주로 珪酸質이 많은 "카오리나이트" 系의 粘土가 必要하다. 普通 세멘트의 原料로 使用되는 粘土의 成分範

圖는 다음表와 같다.

硅 砂	酸化알루미늄	酸化鉄	石 灰	苦 土	其 他
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	
55~66%	17~21%	3~7%	1~3%	1~3%	

萬若 原石인 石灰石의 純度가 9% 以上인 境遇는 SiO₂ 의 量이 上記 表보다 若干 많은것이 좋다.

大体로 粘土는 그 組成에 있어서 SiO₂ 나 Fe₂ O₃ 의 量이 많고 MgO 의 量이 적은 것으로서 그 粒子가 작고 同時에 埋藏 量이 많으며 品質이 均一한 것을 理想的인 세멘트의 原料로 본 다.

緩結劑 (Retarter)

세멘트크링카-를 그대로 가루로 粉碎한 것은 물을 加하면 매우 짧은 時間內에 凝結이 생기며 이것으로는 實用上 不便함으로 이 問題를 調節하기 爲한 所謂 緩結劑로서 石膏 (Gypsum)를 使用하게 된다.

이와 같은 目的에 使用되는 石膏는 結晶石膏 (CaSO₄ , 2H₂ O) 或은 燒石膏 (CaSO₄ , 1/2 H₂ O) 가 使用된다.

이 石膏를 처음 세멘트의 Retarter 로서 使用케 된것은 1870年頃 獨逸에서 처음 實施되었다고 하나 確實한 것은 모르고 있다. 세멘트에 使用되는 石膏의 量은 勿論 그 品位에 依하여 틀리기는 하지만 大体로 세멘트 1 Ton 에 對하여 40~50 Kg 을 使用케 된다.

세멘트用 石膏는 純粹한 것이 理想的이기는 하지만 萬若 不可 避 하다면 少量의 粘土質이 있어도 큰 害는 없다. 이以外에 세멘트를 製造하는데 相當히 大量으로 使用되는 燃料가 있는데 그 燃料에도 주로 石炭과 重油 或은 天然 gas 가 使用되나 그

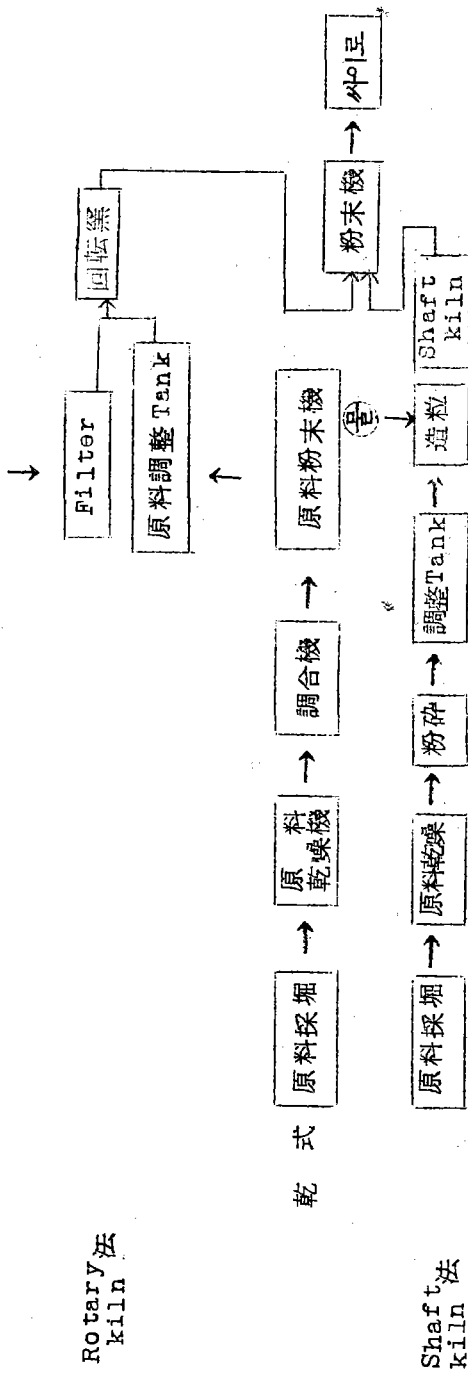
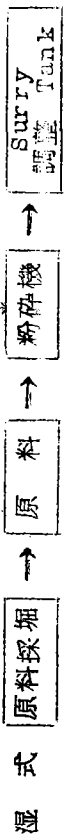
詳細한 說明은 省略하기로 한다.

4. 세멘트의 製造

세멘트 特히 Portland Cement 는 以上과 같이 石灰石原料, 粘土質原料를 主原料로 하고 其他 補助原料로서 硅石, 鉄滓等이 使用케 된다. 이들 原料들은 人工적으로 그 成分을 調整配合하여 Kiln 속에서 約 1450°C 程度까지 半熔融狀態로 燒成하여서 크링크카-를 만든後 適當한 量의 石膏를 混合하여 粉碎製造하는데 그 製造方法의 種類는 Kiln 에 供給되는 原料의 形態에 依하여 乾式法 (Dry System) 과 濕式法 (Wet System) 或은 半乾式法等이 있으며 또한 燒成에 使用되는 Kiln 의 種類에 依하여 回轉窯 (Rotary Kiln) 法과 堅窯 (Shaft Kiln) 法等이 있으나 現在 使用되는 Kiln 에는 普通 Rotary Kiln 이 主로 使用되고 있다. 特히 세멘트製造에 있어서의 Kiln 의 長短이나 크링크카-燒成에 있어서의 熱量의 效率性等을 目的으로 여러가지 附屬設備가 있으며 이들 附屬設備의 種類에 依해서도 여러 種類로 나눌 수가 있다. 예를 들면 現在 우리나라 雙龍세멘트에서 實用化하고 있는 Humbolt 式은 獨逸의 Humbolt 社가 回轉窯에서 發生한 高溫의 廢 gas 를 利用하여 原料를 豫熱하는 Suspension Preheater 를 附隨設備로, 使用함으로써 相當한 量의 燃料를 節約하고 있다.

그러나 세멘트의 製造工程은 主로 3大部分으로 大別할 수 있으며 이는 原料供給工程, 燒成工程 및 製品工程으로 나눌 수 있다. 그리하여 이들 3工程間을 Crane (起重機) Convey belt (콘베어 벨트) 트럭 Slurvy Pump 其他 各種 運搬機具를 使用하여 連結하고 있으며 이들 運搬機具의 選擇은 製造原料들이 重量品이며 多量인 만큼 製品의 収支均衡에 相當한 役割를 차지하게 된다.

이제 製造工程을 圖示하면 大略 다음과 같다.



이제 세멘트의 製造工程을 前述한 바와 같은 大工程에 依하여 工程別로 說明하면 다음과 같다.

1. 原料供給工程

原料供給工程이란 여러成分의 原料를 運搬하여 이를 希望하는 成分으로 配合粉砕 混合하여 그 混合物을 均一하게 할때까지의 工程을 말한다. 이 原料供給工程은 주로 前記한 바와 如히 乾式法과 濕式法으로 나누어 說明할 수 있다.

A. 乾式法 (Dry System or Dry Process)

乾式法은 各 原料를 充分히 乾燥하여 一定한 比率로 調合粉碎한後 어느程度의 粉末形態로 한後 Kiln 에서 燒式하는 方法을 말 한다.

이 乾式法은 原石燒成法이라고 해서 세멘트의 主原料인 石灰石과 粘土等을 調合粉碎한 然後 이를 Kiln 에 넣는 方法이 있고 또한 生灰燒成法이라고 하여 石灰石을 따로 구어서 其中 水分을 一旦 除去하여 生石灰를 만든後 이를 他 原料와 調合粉碎하는 方法을 말한다.

乾式法을 細部的으로 說明하면

1. 採掘된 石灰石 및 粘土等 主原料는 工場과 近距離의 境邊에는 Convere belt 或은 트럭等으로 크랏샤에 運搬되어 어느程度 粉碎된後 各 原料別로 乾燥機(主로 回轉式乾燥機, Rotary Dryer)를 通過한다. 乾燥된 이들 原料는 工程에 따라서는 미리 混合하며 原料粉碎機에서 微粉으로 粉碎되기도 하고 또한 各 原料를 別途로 粉碎한後 一定한 比率로 混合하는 수도 있다.

現在 一般的으로 普及되는 方法은 各 原料를 別途로 粉碎한後 Kiln 에 들어가는 原料의 成分을 均一하게 하기 爲하여 Air blending System (空氣均一化法)을 使用하는 例가 많다. 이 System 의 原理는 壓縮空氣를 容器(Tank)에 불어 넣어서 그 속에 原料를 流動化시켜서 混合하는 方法으로서 비단 原料의 混合뿐만 아니라 各種 混合세멘트의 混合에도 使用되고 있다.

B. 濕式法

濕式法은 原料를 乾燥하지 않고 그대로 어느程度 粉碎한다음 約 30%~40% 程度의 물을 加한後 濕式粉碎機로 微分의 水液비숫하게 만든後 Surrly Tank 에 移動하여 品質이 均一하게 되게 하기 爲하여 Compressed Air (壓縮空氣) 或은 機械 Mixer

로서 完全토록 混合한다. 이것은 Filter 에서 물을 여과시켜 Kiln 에 보내게 된다. 이 湿式法의 長点은 原料의 乾燥가 不必要하다는 것과 原料의 混合이 매우 容易하다는 点이다. 그러나 短点으로서는 燒成에 있어서 多量의 熱量을 消耗한다는 点이다. 이제 湿式과 乾式의 長, 短点을 比較하면 다음과 같다.

	Dry Process	Wet Process
原料의 乾燥	必要하다	不必要하다
原料의 粉碎	微粉이작다	微粉이많으나 作業은 容易하다
濾 過	不必要하다	必要하다
炭의 使用量	작 다	많 다
餘熱利用度	크 다	작 다
製品의 品質	品質의 均一이 困難하다	品質의 均一을 期할수있다

5. 燒成工程

燒成工程이라 함은 一定하게 配合調整된 粉末原料를 Kiln 에 넣어서 高温으로 化學反應을 이르게 하여 原料를 水硬性(물과混合하면 굳어질 수 있는) 物質로 轉換시키는 工程을 말하며 水泥製造工程中 가장 重要한 役割을 맡게 된다. 이 工程에 使用되는 Kiln 은 前述한 바와 같이 2種이 있으나 Shoft Kiln 은 現在의 使用하지 않고 주로 Rotary Kiln 을 使用하고 있다.

Rotary Kiln 은 煙筒形의 鋼鐵製品을 傾斜度를 지어서 가로 놓은 것으로서 그 傾斜度는 約3.5~5% 程度이다. 그 内部는 高温에 長時間 견딜 수 있도록 耐火煉瓦를 全体的으로 附着시키고 每分半廻轉에서 1廻轉程度로 一定하게 廻轉시키며 Kiln 의 上部에서 混合된 原料를 보내고 下部에서 微粉炭이나 重油等の 燃料를 보내면 原料는 Kiln 의 廻轉에 따라 漸次 下部로 移動케 되며 同時

에 次次 溫度가 上昇하여 最高 約 1400°C 까지 達하게 되면 大体로 目的하는바 化學反應이 完了하게 된다. Kiln 內 溫度上昇에 따른 原料의 詳細한 燒成狀態는 다음과 같다.

溫 度	反 應
平溫에서 110°C까지	原料中の 水分이 蒸發한다.
450°~800 °C	粘土가 脫水分解되며 粘土中에 Al ₂ O ₃ 와 SiO ₂ 의 結合이 緩和된다.
710°~730°C	石灰石中에 MgCO ₃ 가 分解되어 MgO와 CO ₂ 가 되어 CO ₂ 는 없어진다.
750°~900°C	CaCO ₃ 가 分解되어 CaO와 CO ₂ 가 되는 同時 CO ₂ 가 없어진다.
800°~900°C	CaO SiO ₂ 가 된다.
900°~950°C	5 CaO. 3Al ₂ O ₃ 가 된다.
950°~1200 °C	2 CaO SiO ₂ 即 세릿드라는 物質이된다.
1200°~1300 °C	4 CaO Al ₂ O ₃ 即 세릿드가 生成한다.
1280°~1450 °C	2 CaO SiO ₂ 및 3 CaO.SiO ₂ 가 生成된다 이것은 아릿드 라고한다.

註 아릿드=Alit , 세릿드=Celit , 베릿드=Belit

以上으로서 알수있는 것은 세멘트鉍物中 結局 Alit Belit 및 Celit가 主成分으로 남게 된다. 이中 Alit가 세멘트로서의 強度를 나타내게 될 것이다.

1450°C 附近까지 燒成된 크링카-는 거의 熔融된 狀態가 되어 Kiln의 下部 5m 內至 10m 附近에 到達케 되며 이 位置에서 Kiln의 出口까지 到達하는 동안 生成物은 約 1200°C로 冷却되어 Kiln에서 나오게 된다. Kiln에서 크링카-는 Convere belt로 運搬하게 되는데 亦是 이때에도 크링카-는

高温이기 때문에 이것을 冷却시킬때 發生되는 熱은 Rotary Kiln 燒成用 2次空氣를 上昇시키므로서 燃料消費量을 節約시키는 同時에 크링카-의 冷却을 調節하고 製品品質의 安定性を 期한다는 2重 效果를 가져오게 된다.

6. 製品工程

이는 크링카-를 粉碎하여 세멘트의 完全製品을 完成하는 工程이다. Kiln에서 燒成된 크링카-는 約4~5% 程度의 石膏와 같이 粉碎機에 넣게 된다. 石膏는 主로 混合量을 一定하게 하기 爲하여 Table Feeder, Poid matre 等の 調合機를 使用한다. 이와 같이 하여 製造된 Cement는 一旦 Cement 貯藏庫에 貯藏되어 必要에 따라 紙袋 Cement Container 其他에 담겨서 出荷하게 된다.