

## Computer에 의한 Process Control Cement生産

격심한 技術革新競爭 生産 Process를 바꾼다.

最近 日本의 Cement會社에서는 Kiln增設과 아울러 Computer를 導入하여 70年代에 들어서면서부터 本格的인 Process Control時代에 발을 들여놓고 있다. 螢光 X線 自動分析裝置 등의 開發로 原料調整工程은 이미 Computer Control化 되어가며 最近에는 燒成工程도 二色高溫計 (二色間의 放射強度化를 測定함)에 의한 Kiln 燒成帶 測溫의 精度가 向上 된다는 등의 計測器의 發達로 Kiln의 Computer Control도 어느정도 程度에 오르게 되었다 이로서 原料 燒成 마지막 단계의 工程을 Process Control 할 단계에 達한 것이다. 따라서 앞으로의 Computer Control의 展望과 現狀을 各部分別로 살펴보기로 한다.

**Kiln의 自動制御는 人間에 代替한다.**

Cement 生産의 Automation은 原料, 調整, 燒成, 完成의 全工程의 總括制御를 前提로하여 出發 螢光 X線 분석장치가 1960年頃 出現하여 原料의 Control이 完成하였다. 따라서 最後로 남은 Kiln도 人間을 代身한 Computer의 出現으로 On Line化가 可能하게 되었다. Kiln은 全長이 길기 때문에 溫度 其他狀況의 測定結果가 1~2時間後가 아니면 나올수가 없다.

計測裝置를 結合한 것만으로는 自動制御는 어렵다는것 등으로 人間の 感에 의뢰하는 便이 낳았던 것이라고 Kiln 개발이 지연된 理由를 내세우고 있다.

人間이 눈으로 보고 Kiln內의 狀況을 判斷하는데는 한정된 Point로서의 計測裝置이기 때문

에 全體로서 正確하게 잡아낼 수 있는 것은 곤란하며 어려운 것이다. 아무튼 우수한 計測裝置의 開發이 70年代의 課題라는 것을 지적하고 있다. 熟練者의 「感」도 반듯이 正確하다고 할 수 없다. 같은 人間이 같은 狀況에서 보고 있지 않으면 올바른 判斷은 할 수 없는 것이며 보는 方向에 따라서 틀리는 結果가 나오는것 등으로 Computer에 의한 Control의 研究開發을 推進하는 便이 基本的으로 옳은것이라고 強調하였다.

**原料調整은 完全하나 試料處理의 自動化**

다음으로 Computer Control 技術의 現段階에 對해서 먼저 Kiln 以前의 問題로서 Blending의 Control은 거의 100% 가까운데까지 完成을 보고 있다. 그러나 Kiln에 대해서는 原料의 品質에 흠이 있어서 燒成이 된다고 하는 狀況에 미치지 못하고 있기 때문에 새로 精度가 높은 Blending이 必要로한다. 現段階로서는 Blending의 Condition이 惡化하였을時 Computer로 自動修正하여 가는 方向으로 研究가 進行되고 있다. Blending의 오차는 0.2~0.3% 정도 까지 줄어들고 있으며 良好한 때에는 0.1% 以下일때도 있다.

그러나 이를 0.2%에까지 내리게 하는 것이 Kiln Control의 前提라고 하였다.

石灰石 資源의 關係로 原料의 質의 低下가 豫想된다고 보며 Blending tank를 巨大化 하여 均一化 하는 方法도 있으나 場所와 設備의 限度가 있다. 螢光 X線 분석장치는 Sample을 때는 自動化 되어있으나 이를 自動的으로 분석하여 自動的으로 Computer에 넣어 바로 Kiln操作에 연

결하는데까지는 미치지 못하고 있다. Sample 分析이라고 하는 것 보다 試料處理라고 하는 것이 좋으며 이러한 試料處理의 自動化가 이제부터의 課題라고 한다. Kiln의 運轉上으로 보아 1~2時間의 原料의 흐름이 Constant하게 진행되면은 좋으나 이 狀態를 무엇으로 指摘해 내느냐가 어렵다.

Kiln 溫度가 너무나 높아지면은 熱效率이 低下하며 단 耐火煉瓦保養에 대단히 나쁜 結果를 가져 오게 된다. 또한 너무나 낮아져도 Clinker의 品質에 問題가 제기된다. 이러한 面의 Program이 問題이며 Knowhow의 Accent도 이 周邊에 있다.

그리고 이상한 狀況이 일어났을時 그의 범위가 될수 있는대로 확대되지 않도록 平常狀態를 維持하는 것이라고 할 수 있다.

完成 Mill의 Automation은 어려운 점이 적다. 如何히 效率化할 것이냐가 Point라고 指摘되고 있으며 Brain의 自動管理가 이루어 지면은 될것이라고 보고 있다. 따라서 Cooler와 Kiln의 關係, Cutless의 Dust처리에 問題가 있는 것이다.

### 실수 없는 Software의 開發

Computer의 선택에 대해서 먼저 規模를 들수 있는데 小型 Computer를 Part Part에 設置한다는 생각方法이 있는데 이는 System Control에 의 과정에 지나지 않는다. 단지 系統마다 小型 Computer로 Control하는 方法은 있다고 본다. 그러나 Process Control의 過程에서 보다 高度한 해석을 必要로 하기 때문에 小型에서 大型으로 轉換되는 것이다.

또한 Hardware의 선택에 대해서 外國製나 日本製나 質의으로 조금도 변함이 없다. 예를 들어 IBM의 경우 Software의 技術을 가지고 있기 때문에 有利하지 않느냐에 대해서 Software의 經驗은 國際적인 것에 비해 IBM은 豊富하지 못하다. 그것은 事務關係는 그런지도모르나 Cement 技術의 Program은 거의 User가 自己開發하고 있다. 德山 Cement會社의 경우 導入前에 Program을 가지고 있었다. 그러나 무엇보다도 처음부터 Start하는 段階에서는 Computer Maker의 software도 必要한지 모르나 그들 各各의 工場에서의 個有的 條件으로 結果의으로는 自己開發인 것이

다. Computer Control을 위해서도 濕式 乾式 어느쪽이 좋느냐에 대해서 S.P의 경우는 Kiln의 內部的 變動이 比較的 적다. 濕式의 경우는 原料의 安定도가 좋다. 運轉이 쉽다는 등의 長點이 있다. 그러나 各各 別個의 方法으로 Program이 되지 않으면 안된다는 것이다.

또한 舊設備의 Computer 導入에 대해서 舊設備에 장치하면은 二重投資를 피할 수 없다. 裝置自體도 낡은것은 制御하기 어렵다는 것이다.

### 技術格差는 必須 新技術開發이 目的

現在의 發達段階를 總括하여 어느정도로 보느냐의 問題에 대해서 石油化學에서는 90%의 水準이나 Cement部分에서는 15% 정도로 보고 있으며, 다음은 「리틀」論에 들어가서 좀더 나은 것이지만 美國의 資料에 의하면 5% 前後의 原單位 向上을 發表하고 있으나 그대로 받아들일 수 없다.

이런점에서보면 日本의 生産性은 극히 높다는 것이다. 이는 機械도 크지 마는 人間의 힘도 크다 設備나 人力도 겨우 미치는 상태이기 때문에 언제 Stop 될지도 모르는 것이다. 生産性을 보다 더 낮게두어 設備도 좀더 여유를 가지게 한다면 숙련도의 낮은 勞動에도 쓸수있는 정도이다. Computer Maker는 人件費는 얼마 Down하였고 무엇은 몇% 내려간다 등을 염두에두나 그것은 Sales 카타로그에 지나지 않는다. 日本의 어떤 工場에서는 8名을 配置하여 將來에는 5名으로 한다고 하고있으나 2~3人 Down하는데에는 現在의 稼働率로서는 無理이며 原單位를 5% 낮운다고 하는것은 現在로서는 생각할 수도 없다. 또한 어떤 문헌에 의하면은 「0.5% 以上の 生産性이 오르면 Computer를 使用하라」고 되어있으나 눈으로 볼 수 있는 Merit는 그정도라고 하고 있으며 Automation化의 研究를 進行시켜 가는 段階로 從業員의 質의向上을 피할 수 있는것이다.

Computer를 장치하여 能率을 몇% 올린다고 하는 생각을 가지고 있지 않으면 根本的으로 否定하고 있는 것이다.

그러면 왜 Computer를 必要로 하는가에 대해서, 一般的으로 Computer 導入은 在來 System에 Computer를 Plus한다는 思考를 가지고 있으나 Computer를 設置함으로써 Process를 變하게 한

(48面に 계속)

inker와  $\text{CaF}_2$ 를 添加하지 않고 從來方式으로 燒成한 Clinker의 成績을 比較하면 Table 4와 같다

Table 4에 나타난 바와 같이 安定度는 現場 Clinker와 大差없이 良好하나 凝結時間은 相當히 지연되고 있다. 또한 Mortar의 早期強度는 大體로 保合狀態가 된다.

Table 5는 化學成分과 諸率을 比較한 것이다.

#### 4. 結 論

1) 普通 Portland Cement Clinker 燒成에서  $\text{CaF}_2$ 를 添加하면  $1,100^\circ\text{C}$ 에서 이미 Alite 相의 生成反應이 일어나고  $1,200^\circ\text{C}$ 에서 完結된다.

$\text{CaF}_2$ 를 添加하지 않을 때는  $1,200^\circ\text{C}$ 以上 溫度에서 液相의 存在로 비로소  $\text{C}_3\text{S}$ 가 生成하기 시작하여  $1,450^\circ\text{C}$ 前後에서 燒成反應이 完了되므로  $\text{CaF}_2$ 의 mineralizer 效果機構는 Flux 作用外에 固相反應에 依한 反應促進效果가 있는것으로 思料된다.

$\text{CaF}_2$ 添加로 燒成溫度는  $200\sim 250^\circ\text{C}$ 가 低下된다.

2)  $\text{CaF}_2$ 添加量이 2%를 超過할 때는 過剩弗素分은 Clinker冷却過程에서  $\text{Ca}_{12}\text{Si}_4\text{O}_{19}\text{F}_2$ 로 晶出되고 그 代身 Alite相이 減少된다.

冷却過程에서 晶出된  $\text{Ca}_{12}\text{Si}_4\text{O}_{19}\text{F}_2$ 는 Alite相을 被覆하는 構造로 發達한다. 또한  $\text{CaF}_2$ 添加로

Aluminate相이 不安定狀態가 되고 이와는 對照的으로 Ferrite相은 量的으로 增加한다.

3)  $\text{CaF}_2$ 를 添加하여 燒成한 Clinker의 mortar 強度는 燒成溫度가  $1,200^\circ\text{C}$ 인 경우  $\text{CaF}_2$  0.5% 일때 最高値를 나타내고  $\text{CaF}_2$ 가 이 보다 增加되면 顯著하게 低下된다.

이것은  $\text{CaF}_2$  過剩添加로 Clinker 冷却過程에서 水硬性이 거의 없다고 認定되는  $\text{Ca}_{12}\text{Si}_4\text{O}_{19}\text{F}_2$ 가 晶出되어 Alite相의 量的減少現象을 誘發할뿐 아니라 또한 晶出된  $\text{Ca}_{12}\text{Si}_4\text{O}_{19}\text{F}_2$ 가 Alite相 表面을 被覆하는 構造로 되어 Alite相 自體의 硬化機能을 阻害하기 때문이다.

4)  $\text{CaF}_2$ 添加로 Mortar의 凝結時間은 漸次의으로 지연되고  $\text{CaF}_2$ 量이 1%만 되어도 始發 4時間 50分 終結 7時間 25分이 된다.

따라서 Mortar 強度上의 問題뿐아니라 凝結時間面에서 考慮하여도 1% 以上 添加는 바람직할 일이 못된다.

5)  $\text{CaF}_2$ 의 最適添加量은 0.5% 程度이고 이때 燒成溫度는  $1,200\sim 1,250^\circ\text{C}$  범위가 되며 그 以上の 溫度로 올리는 것은 事實上 無意味하다.

$\text{CaF}_2$ 를 0.5% 添加하여  $1,200^\circ\text{C}$ 에서 燒成한 Clinker는 現場 Clinker의 物理的 特性과 類似하다.

#### 63面에서

다. 즉 새로운 製造裝置를 開發하기 위해서 必要한 것이다. 今後 새로 生産性의 向上이 要求되며 大型化와 高速化가 進陟되면은 人間の 判斷으로서는 좇을 수 없게되며, 따라서 Computer에 대한 目的意識이 根本的으로 틀리게되는 것이다.

Computer를 導入하기 위한 準備段階에서 “Computer를 導入하지 않는 便이 有利하다”고 하는 結論이 나오면 그것이 Merit라고 하는 것이며 “그의 데이터를 내기 위해서 Computer가 必要한 것이다”라고 逆說의인 것도 있다.

Computer에 適用시키기 위해서 Process를 把握하지 않으면 안되나 그 過程에서 不必要한 非合理를 發見할 수 있으며 窯爐溫度의 測定 등 간단한것 같으나 安全을 期할 수 없으며 이

것도 Computer를 적용시키지 않으면 안되는 것인데 이러한 基礎部分의 重要한 것이 理解되며 改善 되어가는 데서 Merit가 있는 것이다.

結論的으로 總括 하면은 System 理念을 導入하여 Computer로 解析하면서 生産 Process를 바뀌는 集積에 의하여 生産性이 오르는데에 意義가 있는것 같다. 그러나 Computer에 의한 技術革新은 加速的으로 進歩하는 性質이 있으며 先發後發의 技術格差는 크게 벌어질 것으로 본다. 이제까지의 技術交流는 Open이었으나 Software의 開發에는 多額의 費用과 時間을 要하기 때문에 이러한 周邊의 Knowhow는 公開할 수 없다고 斷言하고 있다.

Computer 時代의 開發은 격심한 技術 경쟁의 展開로 되기 쉽다.