

技術關係資料

日本 시멘트 技術革新의 成果와 展望

(日本시멘트新聞 第659号 및
第660号에서 訳載)

1. 製造樣式의 變遷

가. 生産數量的 急激한 增加

第二次 世界大戰中 日本의 시멘트業界는 戰災等に 依한 直接被害는 적었으나 補修用資材의 不足에 依한 工場의 荒廢는 甚했으며 終戰直後 그 生産能力은 매우 低下되었다. 그러나 業界의 努力에 依해서 1950年頃에는 거의 各工場이 復旧되어 戰前의 水準에 到達했다. 1951년부터는 시멘트需要의 增加에 隨伴하여 드디어 Kiln의 新增設이 始作되었다. 그리하여 最近10年間の 需要急增에 依하여 生産量은 急激히 增加되어 왔으며 現在 소련, 美國에 뒤이어 世界才三位의 生産量을 誇示하게 되었다.

生産能力을 各製造樣式別 窯基數 1日當 總生産能力及 窯1基當 平均日産能力等에 關해서 1952年3月과 1962年3月을 比較하면 才1表와 같다. 下記表에 依하면 먼저 窯基數는 2倍로 되었고 1日當 生産能力은 4倍로 膨脹했다. 또한 Kiln樣式에 있어서도 큰變化를 가져왔다. 卽 1952년에는 乾式 Boiler付 Kiln 및 濕式 Filter付 Kiln이 主로서 Lepol Kiln은 少數에 不過했으나 62年3月에는 濕式 Long Kiln과 Lepol Kiln의 圧倒的인 進出을 보이고 있다.

才1表 窯樣式別日産能力의 10年間の變化

窯樣式	窯 基数	52年3月		1基当1日 生産能力 t/d	窯 基数	62年3月		1基当1日 生産能力 t/d
		1日当總 生産能力 t/d	%			1日当總 生産能力 t/d	%	
乾式보이라付	66	20,154	68.6	329	74	38,702	30.6	523
乾式生灰式	0	0	0	0	10	16,410	13.0	1,640
湿式휠타付	23	8,764	29.8	381	21	12,474	9.8	594
湿式Long Kiln	0	0	0	0	39	33,648	26.6	863
Lepol 式	3	459	1.6	153	32	22,838	18.0	714
Shaft	0	0	0	0	15	2,580	2.0	165
計	92	29,377	100	319	191	126,652	100	663

나. 湿式 Long Kiln 의 登場

戰後 日本의 電力供給力이 増大함에 따라 購入電力에 依해서 所要電力이 確保되 기에 이드며 歐美의 期間에 依해서 餘熱 Boiler 를 가지지 않는 이른바 湿式 Long Kiln 의 設置가 可能하게 되었다. 1952年 日本社上磯에 日本最初の 全熔接回轉窯가 設置되고 한편 1954年에 本格的인 湿式 Long Kiln 2基가 日本社埼玉工場에 設置된 以來 統統 拡大되어 現在로서는 總生産能力의 27%에 達하게 되었다. 또한 乾式工場도 Lepol Kiln 이 1952年에 3基였 던 것이 1962年에는 32基로 大幅 增加하게 되었다. 이와같은 一連의 움직임의 背景을 이루는 것은 燃料原單位의 節減과 作業의 簡素化에의 努力이다. 各製造樣式에 依한 燃料原單位—Clinker Kg 당 燒成燃量—은 才2表에서 表示한바와 같다.

才2表

最近크림카燒成用燃料의 原單位

製造樣式	燒成用原單位 (Kcal/Kal.cl)
乾式 보이다付	1,500
濕式 필터付	1,700
濕式 Long Kiln	1,300
Lepol 式	900
Shaft	1,000
Suspension	850

그中 乾式 Boiler 付 及 濕式 Filter 付 Kiln 에 있어서 餘熱發電에 依한 熱回收率 約 400 카로리라고 한다면 熱效率로서 는 그리 낮은 편은 아니다. 그러나 發電設備의 有無는 作業面 勞力面으로 본다면 큰 差異가 있고 特히 勞動賃金의 高騰은 直接 燃料費의 低廉한 Long Kiln 或은 Lepol Kiln 과 같은 發電을 隨伴하지 않는 製造樣式으로 移行하게 될것이다. 1954年以後 設置된 窯의 大部分은 濕式 Long Kiln 이거나 或은 Long Kiln 으로서 發電設備을 가진 Kiln 은 少數에 不過했다. 그와같이 戰前까지 日本에 採用되어온 餘熱發電에 依한 排熱回收方式에서 直接 燃料原單位節減의 方式으로 移行했다. 最近 10年間은 建設 및 作業의 簡素化와 電力原單位的 低下를 中心으로할 境遇에는 濕式 Long Kiln 을 그리고 燃料費의 低下를 中心으로할 境遇에는 Lepol Kiln 이라고 하는 基本的인 體系가 樹立되었었다. 한편 1962年에는 Lepol Kiln 에 對抗하여 日本最初の Suspension Preheater 付 Kiln 이 才一시멘트廠에 設置되었었다. 그後부터 몇

몇 회사에서 이를採用하여 왔으며 今後의 動向이 注目되고 있다.

또하나의 特徵은 工場의 規模가 擴大되었다는 事實이다. 即

1952年度에는 月産 30,000M/T 以上の 工場이 21%였으나 現在는 86%로 되어있고 窯一基當 日産能力에서 보더라도 1952년에는 600M/T 以上の Kiln이 없었으나 現在는 全 Kiln의 54%를 占하고 있으며 그中 1,000M/T 以上の Kiln의 16%로 되어있다.

다. 맘모스 Kiln의 登場

그와 같이 工場의 生産單位의 擴大와 Kiln의 맘모스化가 顯著히 이루어졌으며 需要의 增加에 따라 그 傾向은 今後도 더욱 擴大될 것으로 보인다. 이와같은 Kiln의 맘모스化는 最近 2~3년의 두드러진 特徵이며 1963年4月 日本社 埼玉工場에 直徑 5.25m, 길이 205m 日産 2,000M/T의 日本最大의 Kiln이 設置되었다.

또한 小野田社에 依해서 生灰燒成法이 復活한 바있다. 獨特한 Proress를 나타내고 있는 이 方法은 많은 石灰窯를 必要로 하는데 從來의 Short Kiln으로서 大型 Kiln과 같은 程度의 生産을 올리고 있다.

라. Shaft Kiln 設置

1954年12月 宇部社 伊佐工場에서 Shaft Kiln이 誕生했다. 이 樣式은 特히 獨逸에서 從來부터 改良이 거듭되어 왔고 品質도 改善되었으며, 能率도 向上되었으나 日本에서는 不過 總生産能力의

2%程度를 차지하고 있을뿐이다.

2. 燒成技術의 變遷

가. Air Quenching Cooler의 普及

Air Quenching Cooler는 다음과 같은 長點을 가지고 있다.

- (1) 크랭카의 熱回收率이 높다.
- (2) 回轉窯의 燒成能率이 增進된다.
- (3) 크랭카의 急冷에 의한 被粉碎性이 좋아진다.
- (4) 放射熱損失의 減少와 補修費의 節減

以上과 같은 長點을 가진 Air Quenching Cooler는 1950年 日本社 西多摩工場에 처음으로 Fuller式이 設置되어 그 利點이 크다는 事實이 認定되었다. 그 結果 從來 가장 널리 普及되었던 多筒式 Cooler는 漸次 Air Quenching Cooler로 代置되어 現在로서는 거의 모든 回轉窯에 Air Quenching Cooler가 設置되기에 이르렀다. 그와같이 急激히 普及한 시멘트機械는 他의 類例가 없을 程度이다. 또한 效果的인 熱回收를 促進하기 爲해서 從來 燃燒用空氣量의 20~30%를 占했던 1次空氣를 可能한 限 減少시켜 高溫의 二次空氣를 많이 利用할 目的으로 파리드바나와 같이 5%內외의 1次空氣로 燃燒시키는 바나도 利用되고있다.

나. 燒成炭의 乾燥粉碎

新設工場의 機械用石炭의 乾燥粉碎는 單純化를 目的으로 乾燥와 粉碎를 單一機械로 行하는 樣式이 使用되기에 이르렀다.

그 機械는 Smith 社の 에아스웬트식 다이락스밀 또는 石川島播磨重工業社の 호스타보이라밀 등이 있다.

다. 重油燒成의 特點

시멘트工業에 있어서의 重油轉換은 他工業에 있어서 처럼 熱效率의 向上은 바람수 없다. 그러나 設備가 低廉하고 操作이 簡便하며 乾燥粉碎가 不必要하고 カロ리의 變動이 적을뿐만 아니라 供給量의 調整이 容易한것等 많은 長點을 가지고 있다.

戰後 시멘트工業에 있어서 重油를 燃料로 使用한것은 1952年末 宇部社에서 宇部炭과 混燒함으로부터 始作되었는데 1955년에는 住友社 浜松工場이 重油專燒로 出発하게 됨으로부터 널리 使用되게 되었다.

그러나 1955年 重油消費規制나 1957年 스에스의 動亂等の 影響을 받아 시멘트工業에 있어서도 重油使用에 一時制約을 받았다. 이로 因하여 前記 浜松工場에서도 微粉炭設備를 設置하는等 1955년에는 カロ리 比로서 11%를 使用한 重油가 1957년에는 1%로 減少되었다. 그러나 重油의 價格은 32年頃부터 下落하기 始作하여 カロ리當 價格이 石炭價格에 接近하게 되고 石炭產地 以外에서는 石炭價格을 훨씬 下廻하게되어 重油使用의 優位가 確定視되어 重油燒成에로 轉換하는 工場이 增加되었다.

最近 全시멘트燒成用熱量의 51%가 重油로 되어있다.

3. 大型高能率化를 위한 길 (集塵裝置變化)

가. 集塵裝置의 發展

Cement工場에서 發生되는 煙氣속에는 많은 有價Dust가 相當한 量이 包含되어 있으며 이와같은 Dust를 回收하는 것은 公害防止 Cement工場에 있어서의 作業環境의 改善等과 더불어 Cement製造 原價의 低下와 깊은 關係를 가져오게 되므로 오래前부터 그回收에 多大한 努力이 기울러져왔다. 따라서 Cement工業은 Dust回收裝置를 發祥시킨 工業이라고까지 불리우고 있으나 特히 第2次大戰以後 最近에 이르러 大氣汚染防止의 要請과 集塵裝置의 顯著한 進歩는 集塵裝置의 急速한 解決을 要望하기에 이르렀다. 그러나 公害問題로 因한 工場近處住民과 Cement工場間의 Trouble은 Cement工場이 이나라에 새로 생긴 當時로 부터 現在의 이르기까지 繼續的으로 發生되어온 問題들이다.

元來 Cement工場에 있어서의 公害防止를 爲한 改善策은 日本의 明治年度의 末期로 부터 이미 始作되었으며 例컨대 1911年(明治44年) 淺野Cement(現日本 Cement株式會社) 深川工場에서 降灰問題로 因하여 元住民과 싸움이 일어난 結果 不得已 1917년에 이르러 美國 Los Angeles에 있는 威士頓 부레시비레이손社로 부터 電氣 集塵裝置를 輸入 裝置하기에 이르렀으며 이리因하여 Rotary Kiln으로부터 發生되는 여러가지 煤煙防止에 成功을 보게되었는데 이것이 日本에 있어서의 電氣集塵裝置에 있어서 最初의 歷史가 되었던 것이다.

그後 Rotary Kiln의 發達과 더불어 그로부터 發生되는 Dust의 發生量도 漸漸增加되어가고 있음으로 自然新設되는 Rotary Kiln에는 集塵裝置가 따라오게는 되었으나 Dust의 Collection의 效果

라는 点에서는 아직 不充分한 点이 많이 있었다. 그後 第2次大戦의 終戰以後의 混亂期를 벗어나서 日本經濟가 漸次로 安定됨에 따라서 Cement의 需要도 漸次로 增加 되었으며 따라서 Cement Kiln의 數도 飛躍的으로 增加 하였으며 同時에 Cement의 生産高도 上昇되었다. 新設工場의 建設, Kiln의 大型化, 新型Kiln의 採用等 Dust發生源의 增加는 自然集塵裝置의 增加와 改良 및 進歩를 促求하기에 이른 것이다.

나. Cement 工場과 公害

Cement 工場에서 發生되는 Dust로 因하여 特別히 公害에 關聯되는 것으로서 Kiln과 Dryer의 煤煙이 있으며 다음으로 工場內 作業環境을 左右하는 点으로서 Raw mill와 Cement mill로 부려의 Dust의 發生과 Raw mill의 粉末이 輸送되는 途中의 發生되는 Dust와 Cement製品이 Bag에 Packing될때에 發生되는 Dust 또는 Clinker冷却을 爲한 Air Cooler exhaust System等을 例로 들을 수 있다.

이와같은 Dust에 對한 Collection 裝置는 各各 그 特性에 適應하여 選擇되고 있으나 Cement 工場에 있어서 그設置狀況의 大況을 다음 第三表에 表示한다.

第3表 設備別 Dust Collection 裝置의 設置狀況

Dust 發生源	1945年以前	最近
Cement Kiln	電氣 Dust Collection 裝置	電氣集塵裝置 (Pre Duster 付)
Dryer	Cyclon 沈降室	電氣集塵裝置
Raw mill(乾式)	" "	Bag Filter
Cement mill	" "	"
粉末物輸送系統	Cyclon	"

Air Cooler Exhaust System	Cyclon	電氣集塵裝置
包裝部門		Bag Filter

이와같은 各種 集塵裝置는 最近에 이르러서는 構造的으로 또한 機構的으로 改良되어있기 때문에 集塵의 效率도 向上되고 特히 發生施設이 大型化하고 있는 오늘날에 이르러서는 Dust의 Collection 裝置도 大型化하고 있는 現狀이다. 第4表는 Cement工場에 있어서의 最近의 集塵裝置의 規模와 集塵效率等을 解放以前의 그것과 比較한것인데 이것을 보면 모든 規模가 約2倍로 되어있으며 同時에 集塵效率도 相當히 向上하였으며 따라서 煤煙量은 規制法の 範圍以內에서 充分히 維持된다는 것이다.

第4表 Cement工場에있어서의集塵裝置의規模와集塵效率

集塵裝置의 Capacity (k m ³ /h)		效率 (%)		出口에 있어서의 Dust의 量 (g/Nm ³)	
1945年以前	1945年以後	1945年以前	1945年以後	1945年以前	1945年以後
90-180	180-360	93-97	97-99.5	1.5-5	0.1-0.1

다. 效率의 向上

第2次大戰終戰直後에는 資材의 不足等으로 因하여 Dust Collection裝置設置數는 그發生源에 比하여 매우不足되어 있었으며 또한 集塵裝置의 過負荷 Operation으로 因하여 集塵效率은 低下되었었다 그러나 그後生産의 增加로 因한 Dust發生量의 增大, 公害防止를 爲한 社会的要請 및 作業環境의 净化認識의 向上等으로 因하여 集塵裝置의 設置數는 急速度로 增加 되었으며 그集塵效率도 相當히 向上되어 電氣集塵裝置의 境遇는 그效率이 99%以上으로 되어 있다

第3表는 1952年度(昭和27年度)以後 現在까지 Cement Kiln에

設置된 集塵裝置의 狀況을 말한 것이다.

Cement Kiln의 集塵裝置의 大部分은 電氣集塵裝置이며 大部分의 Kiln에 設置되어 있으며 이와같은 境遇는 他工業에서 例를 볼 수 없는 일이라고 하겠다.

(別表) Cement工場에서 使用되는

各 集塵裝置의 比較 (1945年以前과最近比較)

電氣集塵裝置		
項 目	1945年以前	最 近
特高整流裝置	모두機械的整流裝置였음.	세린整流器(1955年)와 시리콘(1961年)가 사용됨
集塵極部	鉄筋Concrete製가 大部分이었음.	鉄板, 鉄製網으로 改良됨 그리하여 立体化가 促進되었다.
槌打裝置	모두人力으로 行하였음.	電動裝置가 採用되었으며 더우기 電磁式이 採用되어 作業의 時間 周期 등의 調節이 可能하여졌음.
크 기	鉄筋Concrete製였으므로 設置面積이 크다.	鉄板製이므로 設置面積이 적다.
運轉方式	手動調整이었다.	自動電圧制御方式이 採用되었음.
調濕裝置	없었음.	調濕裝置가 開發되어 集塵이 困 難한것도 集塵이 可能하여졌음.
Pre duster 裝 置	없었음	集塵器入口에 Pre duster를 부쳐 서 入口의 舍塵율을 적게하여 高 負荷集塵이 可能하게 되었다.
處理 gas 湿度	200~250°C 까지 可能	絶緣碍子の 研究開發로 因하여 350°C~400°C까지의 高温 gas도 集塵이 可能케 되었음.
集塵效率	約95% 内外	99% 以上

濾過集塵器機

項 目	1945年以前	最 近
濾 材	羊毛, 木綿(人絹)이 주로 사용됨.	Nylon 데드롱같은 合成纖維가 使用되고 있음. 또한 Glass Wool, Carbon纖維等도 使用됨.
濾布의 壽命	約 6個月	約 2~3年
處理 gas 溫度	80°C 以下	나 이 롱 100°C 以下 데 드 롱 150°C // 츠 자 纖維 250°C //

遠心力集塵機

裝置의 크기	單一 싸이크론 或은 그複數記列뿐이었음.	싸이크론이 小型化, 多效化한 軸流反動轉型, 스타크론이 使用되며 裝置도 小型化, 輕量化되었음 따라서 大容량의 gas 處理가 可能케 되었다.
集塵效率	60# 以上 99%	20# 以上 99%
適用粒輕	30# 以下 不可	5# 以上에 適用

또한 數基의 Kiln 을 共通으로 一基의 電氣集塵裝置로서 使用하고 있었던 것이 最近에 이르러서는 Kiln 의 大型化等으로 因하여 每Kiln 마다 單獨으로 集塵裝置을 設置하는 傾向이 있다.

또한 從來 一部の Kiln 에 設置되어왔던 裝置들은 그效果가 크지못하기때문에 電氣集塵裝置로 改造되어가고 있는 現象이다.

또한 集塵裝置가 設置되어있지 않은 Kiln 은 煤煙發生量이 比較的 적은 濕式° 이나 이와같은 Kiln 에도 不遠 電氣集塵裝置가 設置된 것으로 생각된다.

第5表 Cement Kiln 集塵裝置狀況

年 度	Kiln 数	電 氣 集 塵 器		말지구론	沈 降 機	싸이크론
		共 通	單 獨			
1952	90	22	28	2	3	1
1953	130	25	69	0	0	1
1954	175	36	97	2	0	1
1955	204	162 (推定)		2	0	1

라, Dryer 의 集塵

乾式工場 或은 高炉 Slug 을 乾燥하고 있는 工場, 石炭燒成工場에 있어서도 Dryer가 使用되고 있으며 그型式에 있어서도 Rotary式 라글스클-式, 라빗드式 등이 있다.

이와 같은 Dryer 에 設置되어 있는 集塵裝置는 以前에는 싸이크론式이 많았으나 最近에는 效率이 좋은 電氣集塵裝置로 改良되어가고 있다

第6表는 1962年 12月의 運轉中인 Dryer 및 그集塵裝置의 設置狀을 말한 것이다.

第6表 Cement 工業에 있어서 Dryer 와 그集塵裝置

	Rotary式	라글스클式	다이랏크스	라 빗 드	其 他	合 計
Dryer	79	37	3	17	10	146
集塵裝置	電氣集塵器 共通 单独	말지구론	싸이크론	스타-크론	洗滌式	벤츄리- 스크라바-
	1823	13	27	8	9	3

元來 Cement Kiln Cooler에는 안다-式과 多筒式이 使用되어 왔으나 1953年頃부터 Kiln의 熱效率의 向上을 期하기 爲하여 急速히 Air Quenching式이 採用되기 始作하여 1952년에는 2基였던 것이 1963年現在에 이르러서는 191基의 Rotary Kiln中

165 基까지가 Air Quenching Cooler 를 가지게 되었다. 여기에 새로히 Cooler Exhaust Pipe 에서 나오는 Dust 問題가 생긴것인데 이 Dust 의 Diameter 가 比較的 큰것이였기 때문에 싸이크론 或은 말찌크론으로서 充分 이 集塵이 可能하였고 또한 公害가 遙距離에 날라가지 않았다. 그러나 加一層의 集塵效果를 올리기 爲하여 電氣集塵裝置를 設置하고 있는 工場도 있다. 最近에는 Cooler 의 約 50 %에다가 말찌구룡 約 20 %에 電氣集塵裝置가 設置되어 其他는 싸이크론 沈降室等이 使用되고 있으며 또한 一部에서는 最近 Slug Bag Filter 도 使用되기 始作하였다.

마. Bag Filter 의 發達

Dust 의 回收 及 作業環境의 改善을 爲하여 使用되는 Bag Filter 를 Cement 工業에 採用한것은 歷史的으로 相當이 오래되었으며 1929 年頃에 벌써 一部工場에서 使用되어왔으나 現在와 같이 各工場에 一般화된 것은 Bag Filter 의 技術的開發이 어느程度 이루어진 近來의 이야기이다. 以前까지는 Bag Filter 의 材料는 羊毛 木綿, 人絹이 主로 使用되어왔으나 1954 年頃부터는 合成纖維의 發達로 Nylon 데드롱等이 使用되게 되었으며 現在는 Nylon 60% 데드롱 30% 其他 10%의 比率로 使用되고 있다.

또한 초자纖維 카-본纖維等이 開發되어 從來의 觀念 即 Bag Filter 는 120°C 以上の Gas 處理가 不可能하다는 常識은 適用되지 않게 되었다. 現在 Bag Filter 用으로 使用되는 濾布은 産業全體에서 年間約 15 萬平方呎-타가 消費되고 있으며 其中 Cement 工業에서 全體의 約 30%가 消費되고 있는데 이는 即 Bag Filter 가 電氣集塵裝置의 다음가는 集塵裝置라는 것을 말하는 것이다. 그리고 合成纖維中 Nylon 이 우품으로 使用되며 그壽命도 約 2 ~ 3 年이라고한다.

Bag Filter의境遇 恆常問題가 되는 點은 수집된 Dust의 除去方法이며 逆噴流式 上下振動式 橫抵動式等이 있으나 아직 完全한 것이 製造되었다고는 할 수 없는 現狀이다.

Bag Filter는 그 Dust의 除去裝置를 種類別로 나누면

1. NORLÖ型
2. SMITH型
3. SLY型
4. HERSEY型
5. JET NOZZLE型

로 되며 Cement工場에서는 그中 1, 2, 3이 主로 使用되고 있으며 4, 5는 最近 새로 開發된 것이다. Cement工場의 原料 部門에서는 1이 가장 많이 使用되며 2가 그 다음으로 使用된다. 包裝部에서는 2가 가장 많이 使用되며 다음으로 3, 1의 順序이다. 最近開發되어 一部の 工場에서만 使用되는 5는 外面濾過에 依한 것으로서 Bag의 内部의 壓縮空氣를 短時間吹入하여 蓄積된 Dust를 除去하는 型式으로서 從來의 濾過負荷가 $1 \sim 1.5 m^3/m^2$ 인데 對하여 $3 \sim 5 m^3/m^2$ 의 負荷에 견디기 爲하여 設置面積은 約 $1/4$ 로 縮少되어 있다.

沈降式 싸이크론

1945年 以前 Cement工場에서 흔히 使用된 重力沈降에 依한 沈 塵室은 Space를 넓게 잡은 點과 集塵效果가 좋치 못한 點等으로 因하여 現在는 거의 使用하지 않고 있다. 이것에 代身하여 使用된 싸이크론도 그後 새로 생긴 말지구룡이나 스타-크룡으로 바꾸어져 가고 있는 現狀이다. 더욱기 Cement工業에서 使用되는 電氣集塵裝置 濾過式集塵裝置, 遠心式集塵裝置의 最近의 技術的 變遷에 對하여는 別表에서 보는 바와 같다.