技術論叢

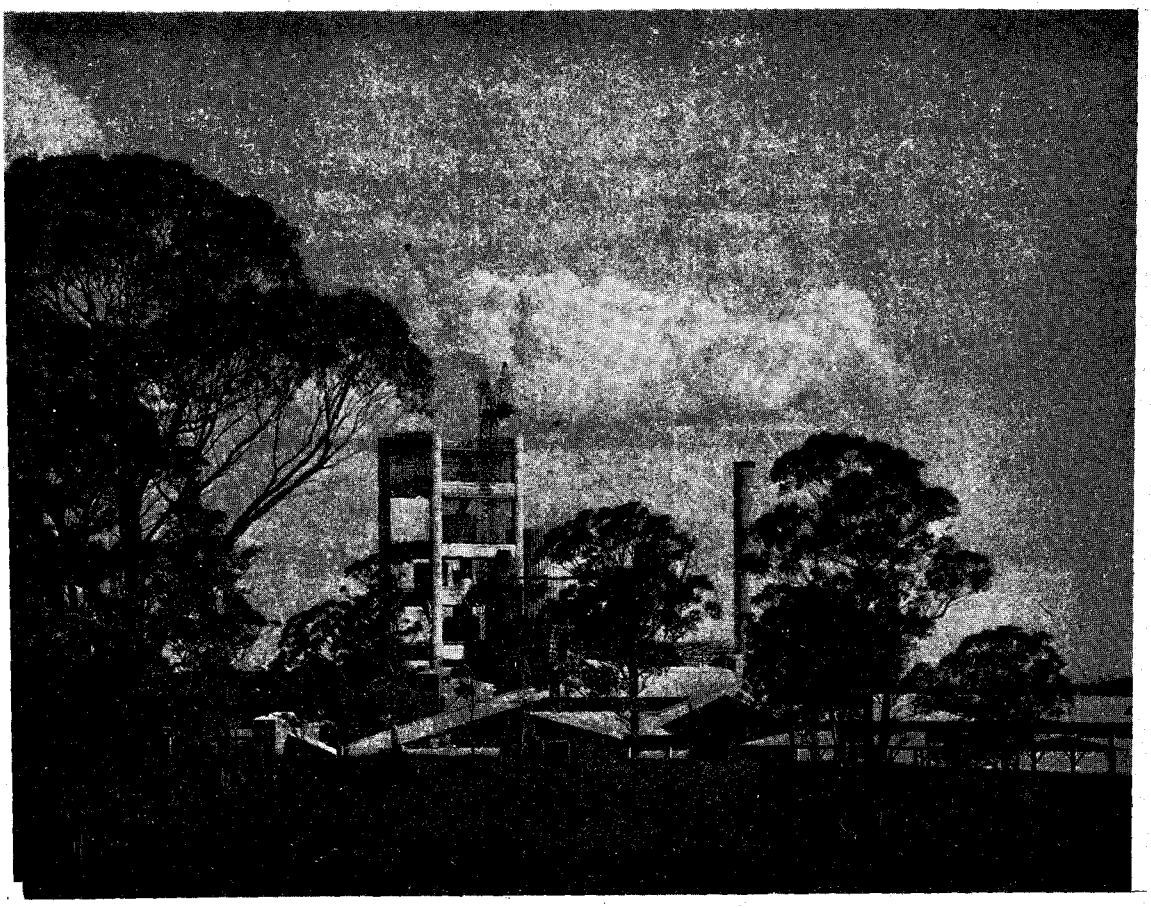
濠洲의 最大濕式 工程工場

(田園的인 周囲環境에 適合한 設計)

金 炯 均(訳)

1. 序　言

濠洲의 最大시멘트 生産業体인 Blue Circle Southern Cement Limited는 New South Wales에서의 生産 施設을 改良하고 있다. 7,200萬弗 濠洲달라가 所要될 이 拡張 事業에서 中心이 되는 것은 年間 75萬톤의 시멘트를 生産할 수 있도록 크링카를 生産하기 위하여 乾式 4段階 予熱 kiln 1基를 設置하는 것이다. 새로 설치되는 이 크링카 施設은 現在 濕式으로 되어 있는



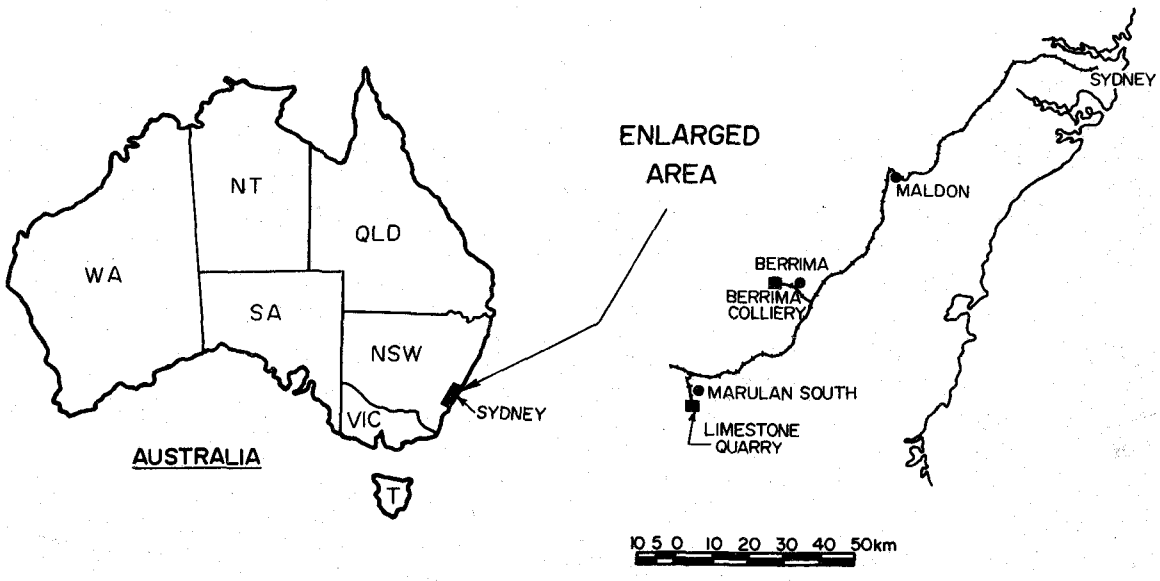
田園的인 環境을 보여주고 있는 工場모습, 사진에 나와있는 stack는 현재의 1450tpd 濕式 工程 카른의 것이다. 前面의 建物과 콘베이어는 신설되는 施設로서 原料 均質化 시스템의 一部이다.

Berrima 工場의 一部로서 設置되는 것이다. 이 工場은 시드니로부터 147km 떨어져 있으며, 石灰石은 동공장에서 60km 떨어진 Marulan 採石場으로부터 공장까지 鉄道로 輸送되는데, 이 採石場도 改良中에 있다. 크링카는 Berrima로부터 Maldon 工場까지(首都로부터 81km 밖에 안 떨어짐)철도로 輸送될 것이다. Maldon 工場에는 새로운 시멘트 mill 1基와 改良된 道路및鉄道 取扱 施設을 設置하고 있다. 시멘트는 Maldon으로부터 주로 公路로 需要者에게 直接 供給될 것이다. 새로 설치되는 kiln의 燃料는 工場에서 8km떨어진 Berrima에 위치한 同社 所有의 炭鉱으로부터 供給된다.

시드니는 人口 約 3百万名을 가지고 있으며, 年間 約 1百万톤의 시멘트를 消費한다. Blue Circle Southern Cement Limited는 이 需要의 大部分을 堪当하고 있으며, N. S. W. 市場의 約 70%를 点有하고 있다. 同社는 Blue Circle Industries Ltd, UK와 濠洲의最大企業인 The Broken Hill Proprietary Co. Ltd. 의 大株主이며, Victoria와 西部濠洲에 시멘트 生産 施設을 가지고 있고, 濠洲 人口 1,400萬名에 대한 시멘트 需要의 40%를 堪当할 수 있는 施設을 갖고있다. 1979－80年에는 1974年度에 達成했던 年間最高 消費量인 550萬톤에 다시 도달할 것으로 予想된다.

또한, Blue Circle Southern은 産業目的, 주로 鋼鉄 工場을 위한 石灰石을 生産하고, 石灰를 製造하고, 다른 2個所의 炭鉱에서 石炭을 生産하며, New South Wales와 Victoria에 同社 自体의 輸送部를 갖고 있다.

Berrima 工場은 1929年에 生産을 開始했다. 当初의 生産能力은 濕式키른 2基를 가지고 180,000tpy에 불과 했으나, 1954年에 3번째 키른을 設置하므로써 生産能力은 270,000tpy로 增強되었다. 이들 小型 키른들은 現在는 使用하고 있지 않다. 同工場의 現在의 生産 能力은 濕式工程의 4号및 5号키른으로부터 約 580,000 tpy에 이른다. 5号키른은 450,000tpy의 生産能力을 가지고 있으며, 새로운 乾式 키른이 稼動을 始作한 後에도 계속 運用하게 될 것이다. Maldon에 있는 350,000tpy의 單独 濕式工程 키른은 당분간 運営이 中止하게 될 것이며, 工場은 크링카 粉砕와 시멘트 発送에 主力하게 될 것이다.



*Blue Circle Southern*의 *Berrina* 工場位置

2. 시멘트 生産施設 新設

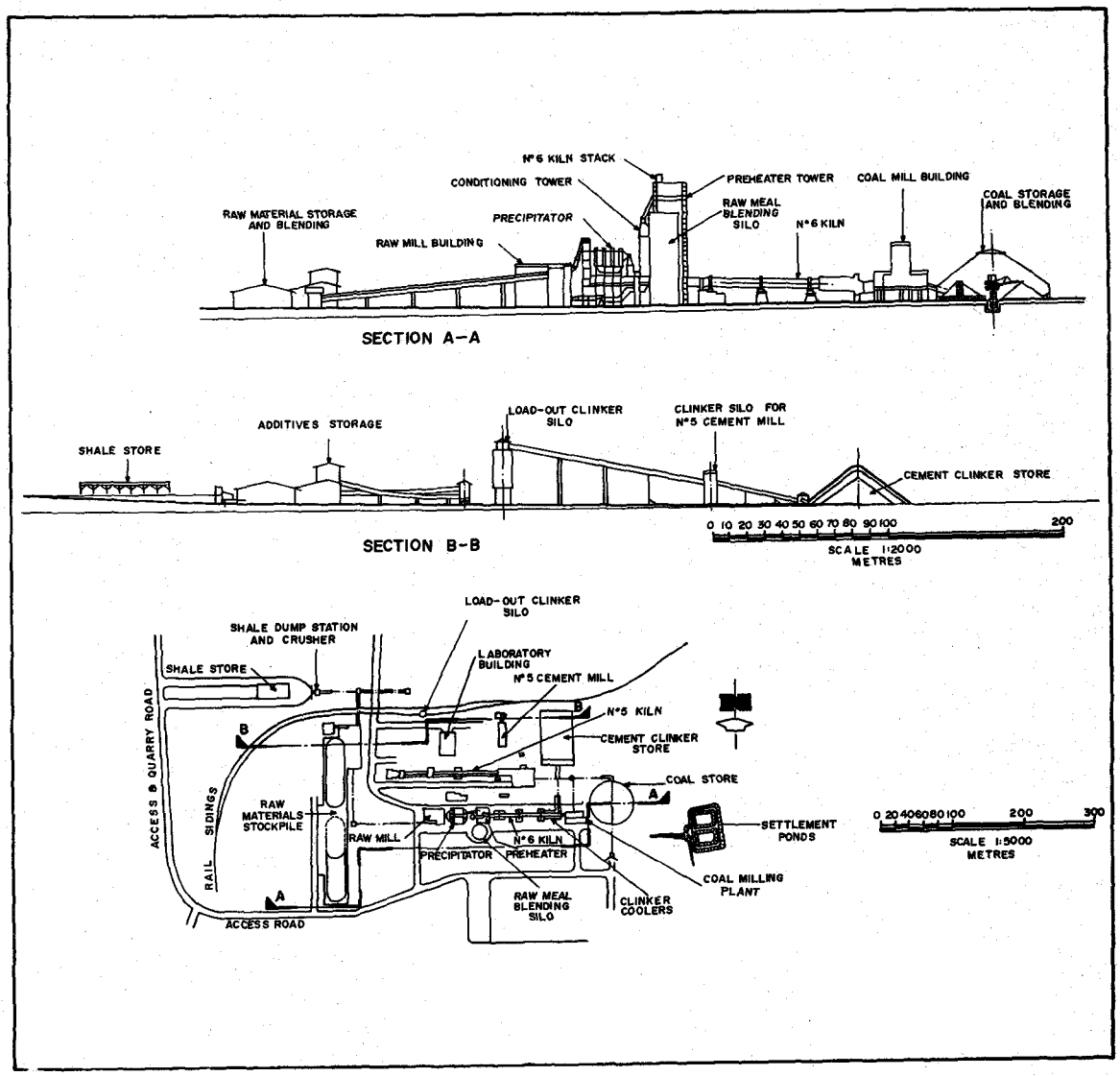
1) 原料貯藏 및 配合

Marulan에는 補助粉碎機(crusher) 1台, 56,000톤의 石灰石을 쌓을 수 있는 放射型 stacker, 鉄道 積貨를 신속히 하기 위한 施設 등을 設置하고 있다.

粉碎된 石灰石은 平日에 約 5時間 間隔으로 1,300톤짜리 直通列車로 Berrima工場까지 運搬될 것이다.

石灰石을 既存의 鉄道 下貨 施設로부터 完全히 密閉된 貯藏庫(길이 234m 폭 34m)까지 運搬할 수 있으며, 이 貯藏庫(storage building)에는 各各 25,000톤容量의 調合原料 stockpile2개가 있다. 2次 原料들은 새로 설치되는 頁岩粉碎器(shale crusher)와 receival station 을 通하여 stockpile에 追加시킬 수 있다. 頁岩은 工場 構內에서 採取되고 모래와 酸化鉄은 公路로 供給될 것이다.

Fives Cail Babcock stocker가 各 stockpile을 (end cone을 제외하고 70m 길이임) 25m/min의 速度로 횡단하며, 850tph의 容量을 갖고, 約



(新工場의 平面図 및 立面図)

1,000 chevron layers of material을 遂行하게 될 것이다. stocker는 traverse거리가 stockpile을 設置하는동안 점차적으로 감소할 수 있도록 設計될 것이다. 이렇게 하므로써 end cone의 편차는 極少化될 것으로 예상되나, 만일 必要할 경우에는 end cone을 새로 設置되는 stockpile에 供給하기 위한 준비가 마련되어 있다.

調合 原料는 完成된 stockpile로 부터 中央의 레일軌道위에 設置되어 있는 Fives Cail Babcock swivelling bucket wheel reclaimer에 의해서 500tph의 速度로 다시 파내진다. Bucket의 速度는 一定하나, 原料 밀에의 供給量과 파내는量 간에 좀더 잘 調整이 될 수 있도록 前進速度를 変更시킬 수 있다. 原料는 stockpile로부터 500톤규모의 貯藏槽(storage bin)까지 運搬되는 데, 이 貯藏槽는 extraction을위한 level alarms와 1台의 belt weigh-feeder를 가지고 있다. 이 bin에 인접하여 高級의 石灰石, 頁岩, 모래및 鉄鉱石을 위한 additive bins가 設置되어 있다. 이들 bin은 belt weigh-feeder를 가지고 있다. 各種 bin의 extraction rates의 比率은 統制室에서 콤퓨터로 自動的으로 制御되는 데, 이 콤퓨터는 raw mill 以後의 meal의 組成을 계속적으로 検査하는 ARL 72,000S XRF 分析器와 連結되어 있다.

stockpile을 可能한 限 바람직한 kiln feed composition에 가깝게 하기 위하여 노력하였다. Weigher가 石灰石 receival hopper와 頁岩크랏셔로부터 콘베이어 위에 設置되며, 石灰石을 위한 sampler 1台가 설치된다. 石灰石과 2次原料에 대한 分析 資料는 stockpile composition 프로그램에 포함시킬 수 있으며, 이렇게 하므로써 pile의 makeup을 計劃할 수 있게 된다. kiln feed의 組成을 additive bins를 通하여 自動的으로 制御되므로써 stockpile 原料 組成을 正確히 하게 될 것이다.

2) Raw mill

Pfeiffer MPS 3,750 roller-bowl mill은 load cells에 있는 50톤의 raw mill feed bin으로부터 供給을 받으며, 이 bin은 여기서 原料와 additive bins로 부터의 全体 feed를 制御하게 된다.

이 工場은 200tph로 原料를 生産할 수 있도록 보장되어 있다(90미크론 체(sieve)에서 10%의 残留物(residue)이 남도록 粉砕). 그러나 同 工場은 5%의 残留物이 남도록 粉砕하여 同一量의 生産物을 생산하도록 設計되어 있는 바, 工場을 통한 가스 流動量을 增加시키고, 分級機(classifier)를 調節하여 가스 流動을 높이므로써 生産者는 生産量을 10%残留物상태로 250tph로 할 수 있다.

保障된 mill motor specific power 消費量은 10% 残留物일 경우 6.0kwh/t이고, 90미크론체에 5% 残留物일 경우에는 6.5kwh/t이다.

raw mill로부터의 生産物은 全部 Lurgi electrostatic precipitator内에 集合된다. mill 内의 原料를 乾燥시키기 위하여 kiln으로부터 発生된 廃棄 가스는 처음에 調節塔(conditioning tower)(이는 mill 入口温度를 変化시킬 수 있게 한다.)을 通過한다.

mill water injection은 排氣 温度를 約 90℃로 調節해 준다. 原料의 正常 濕度는 6%를 超過하지 않게 되므로써 kiln가스로부터 充分한 熱을 얻을 수 있다. 그러나, 가끔 있을지도 모르는 이보다 더 濕한 原料의 使用에 대비하여 21GJ/hr 容量의 補助히터를 設置해 놓았다.

가스 流動 測定器는 Precipitators 다음에 있는 stack에 位置하여 있고, 밀을 通過하는flow를 調節하기위해서 冷却空氣 bleed damper를 調節하게된다. 調節塔 다음에 地面 높이에 位置해 있는 予熱機 送風機 다음의 圧力은 precipitator fan damper와 fan 速度로 調節된다. 予熱機의 exit draft는 preheater fan damper와 fan 의 速度를 調節하므로써 一定하게 維持된다. mill feed는 mill의 differential pressure로써 調節된다. mill이 稼動하지 않을 경우는 precipitator fan이 予熱機 fan을 대신하게 되고, precipitator exit draught가 fan damper와 fan速度를 調節하게 된다.

mill은 KSP-7,200 pekrun gear box를 통하여 1,700KW motor 1台로 稼動된다. mill, 予熱機및 Precipitator fan을 위하여 同一한 모터들을 設置할 수 있도록 적당한 速度의 fan을 選択했다. slip energy recovery control 시스템은 fan 모터의 速度를 60~100%까지 調節할

수 있도록 한다. 더우기 flow調整도 damper 에 의해서 이루어 진다.

3) 原料配合 (raw meal blending)

precipitator에 모아진 raw meal은 air lift pump로 8,000톤 容量의 Claudius Peters 設計의 mix chamber silo로 運搬된다. 6 : 1의 混合比率이 保障된다. 시멘트 사일로는 直径 18.9 m에 높이 53m이며, 外觀上 好感이 가도록 外部壁을 세로 홈을 파놓았다. 壁은 콘크리트에 뛰어난 끝손질을 준 sefclimbing static form을 使用하여 成形했다.

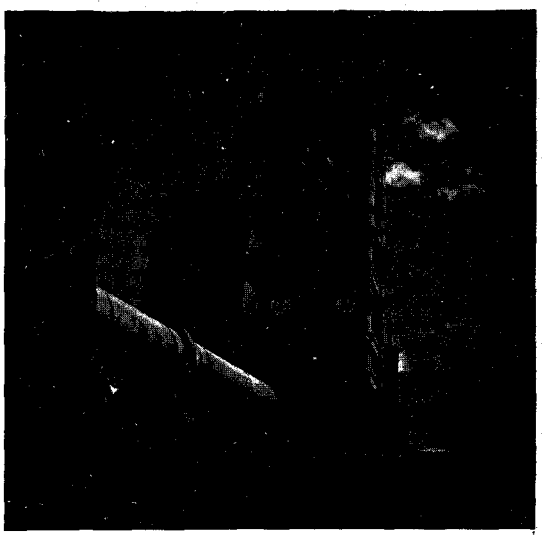
사일로로부터 供給되는 kiln 物質은 圧縮 空氣로 一次만 head bin까지 올려지며, kiln 速度에 따르기 위하여 조정해 놓은 schenck impact weigher에로 釀出된다. 그리고 나서 meal은Claudius Peters air lift pump에 의해서 予熱機塔의 上端까지 運搬된다.

4) 予熱機, 키른 및 冷却機

予熱機, 키른및 冷却機(cooler)의 土様은 平均 2,300tpd의 生産能力을 保障할만 하여야 한다. 最大 生産量 2,555tpd;最大 生産量에 달했을때 予熱機를 通過하는 最大氣圧降下 6.13kpa(625mmH_2O); 最少 키른 크기 4.8m×85m ; 純燃料에너지 消費量 3,268KJ/kg; 最少 planetary cooler size 2.1m×22m; 最大 排氣 温度 120℃. 選定된 入札者인 F. L. Smidth는 国内 agents인 Vickers-Ruwolt를 通해서 10台의 Planetary coolers(各2.1m×22.8m)를 附着한 直径 5.0m×85~111.7m의 kiln을 提議했다. 4段階의single string 予熱機 塔은 2, 3, 4段階를 위한 直径 7.2m의 single cyclones를 가지고 있으며, 上段階를 위한 直径 5.25m의 雙 cyclones를 가지고 있다. 有利한 條件下에서는 設計를 超過한 生産이 可能할 것으로 예상된다. 一次空氣量을 15% 以上 超過하지 않도록 하기 위해서 燃料에너지 純消費量은 3,265KJ/kg이 보장되어 있다.

Planetary Cooler 안으로 퍼올려진 불의 도움으로 保障된 生産量에서의 一定한 크링카 排出 温度가 保障된다. kiln은 4개의 tyre를 가지고 있는 데, 그중 1개는 cooler tube 끝을 지나서 있는 shell 위에 있다. 385kW의 可変速 DC모타로 kiln은 3.0rpm까지의 速度로 運転할 수 있게 될 것이다. kiln은 廣範囲하게 装置가 되어 있기 때문에 中央制御室에서 自動的으로 制御할 수 있게 될 것이다. 500KVA의 디젤発電機 1台는 kiln barring drive와 制御室을 위하여 非常時에 電力을 供給하게 될 것이다.

予熱機 建物은 높이가 約 70m로서 全部 콘크리트로 만들어 지며, 세로 홈이 파져있는 4개의 커다란 corner 기둥을 갖는다. 사이 거리가 22m이므로 將來의 変更이나 補修維持를 完全히 자유롭게 되고, 同 構造物이 ducting과 cyclones로서 차지하지 않도록 한다.



建設中인 72m 높이의 予熱機塔과 raw meal配合 사일로; 세로홈이 파진 塔 기둥과 間隔이 22m인 기둥간에 걸쳐있는 beam을 볼 수 있다. 本 寫眞은 地上에 位置한 burner tunnel의 断面을 通하여 設置前에 촬영한 것이다. raw meal 配合 사일로 壁의 두께는 밑변部 450mm에서 上部 300mm 까지로 되어 있다. 이 壁은 콘크리트의 마무리가 良好하게 하기 위하여 self-climbing static form을 使用하여 成形시킨 것이다.

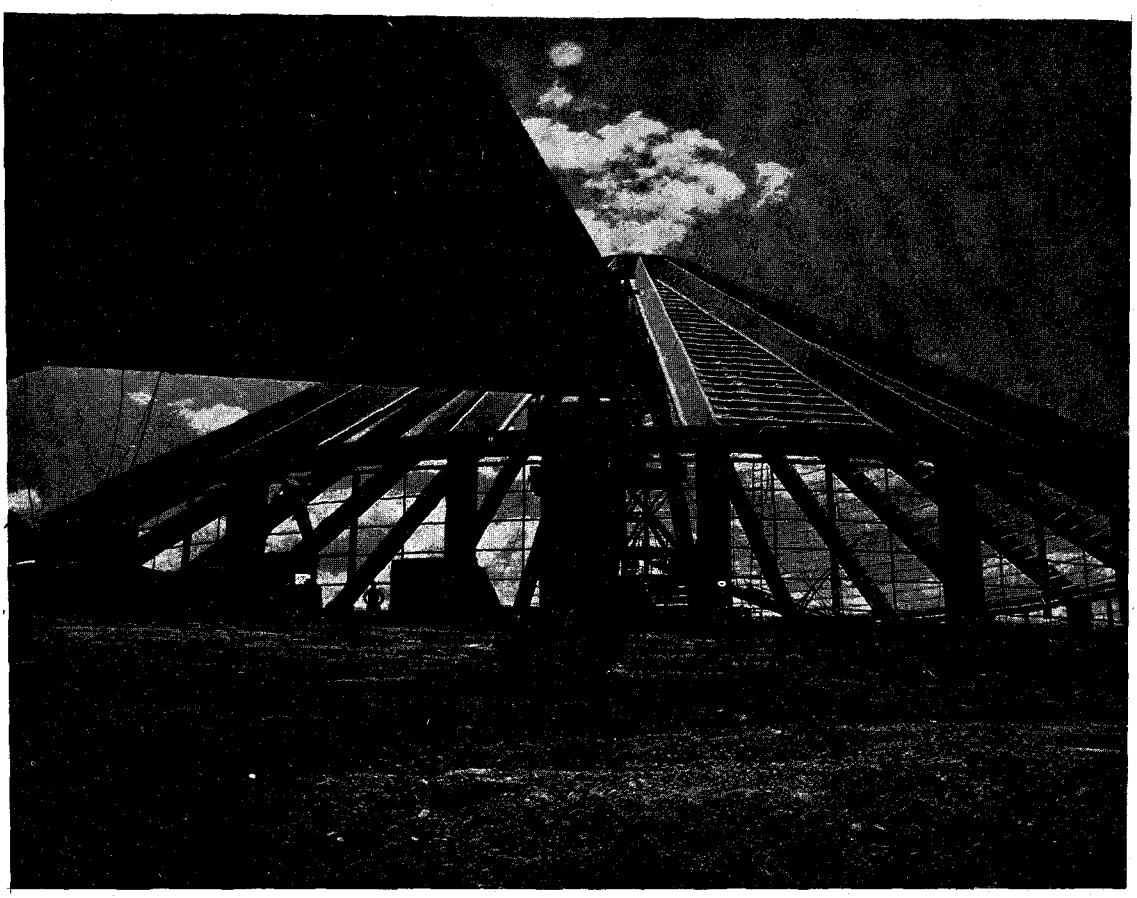
5) Coal plant

Berrima 炭鑛에서 파낸 石炭은 28~34%의 揮発物을 포함한 高度의 瀝青炭이다. 그러나 鑛

山 石炭의 湿度는 낮아서 대개 6% 미만 이다. 石炭은 3,500톤 stockpile 2個(하나가 쌓일 동안, 다른 하나는 파내진다.)를 提供하는 circular covered system에 의해서 配合된다. 同 시스템은 配合된 石炭을 새로 設置되는 kiln과 既存의 濕式工程 kiln 5号基에 供給하게 된다. radial stacker / reclaimer는 Fives Cail Venot-Pic design으로 되어 있다. 이것과 原料 Fives Cail Babcock stacking / reclaiming equipment는 国内 業者인 Noyes Bros에 의해서 供給되었다.

石炭 配合 시스템을 갖춘 특이한 building 은 Ove Arup & Partners(시드니 오페라극장 設計)에 의해서 設計되었다. 이 building의 特徵은 exposed concrete ribs와 기둥으로 되어 있고, 가벼운 金属 지붕으로 되어 있는 것이다. 内径은 60m이다. crown에서 compression ring을 形成하고 있는 24個의 roof beam들은 the thrust를 갖기 위하여 post tensioned된 perimeter ring까지 뻗쳐 있다.

새로 設置되는 kiln의 燃料로 使用하게 될 石炭은 International Combustion Australia가供給한 Hardinge ball mill에서 粉碎될 것이다. 이 새로운 乾式工程 kiln의 燃料使用 方法은 濕式工程인 kiln 5号基의 使用 方法과 유사하기 때문에 mill시스템은 몇가지 共通的인 特徵을 갖는다. mill 自体는 3.2m (直径) ×6.1m 로서 同一하며, 675kW의 모터를 同一한 基礎fra-



stacker / reclaimer가 갖추어진 回転式石炭配合建物 ; 逆V字型으로된 24個의 放射型 beam은 輕金属 지붕으로 덮게된다. beam은 天頂 compression ring으로부터 처마部의 tension ring까지 뻗쳐있다. 各 beam의 무게는 39톤이며, 이는10m짜리 3개를 組立한 것으로, 얇은 expoxy joints로 연결 되어 있고, 사후에 팽팽하게 한것이다. perimeter ring은 推力을 堪當할 수 있도록 事後에 팽팽하게 했다.

me 위에 設置하게 된다. 回路에 약간 다른 点이 있기는 하나, 이는 半間接式으로 mill product의 運搬을 위한 가스의 再循環이 있다. 따라서 最初의 空気는 過多하지 않고, 漏出된 空気나 乾燥를 위한 空気는 kiln으로 다시 돌아오게 된다. mill은static separator1台를 가지고 閉鎖된 回路內에서 運転된다. 粉炭은 cyclone에서 集合되어 30톤 bin에 貯藏되어 있다가, burner pipe속으로 重力式으로 供給된다. 定格 産出量은 20 tph로서 90미크론 체에서 12%의 残留物이 남게된다.

6) 크링카運搬

새로 설치되는 kiln으로부터 나온 크링카는 Aumund deep bucket 콘베이어에 의해서 改良된 密閉의 기존 크링카 store로 運搬되며, 여기서 kiln 5号基로부터 나온 크링카와 섞이게 된다. 鉄道 線路위에 있는 3,000톤 容量의 silo는 Maldon行 列車의 積貨 作業을 迅速하게 해주게 될 것이다.

7) 中央制御室

以前의 拡張事業 直後에 新築되었던 実験室建物에 2層을 追加하기로 되어있다. 工場의 中央部에 位置한 이 追加된 2層에 制御室이 設置되며, 여기서 새로 건립되는 乾式 工程 工場, 既存의 1,500kw 시멘트工場 및 크링카 発送업무를 관장하게 될 것이다. Kiln 5号基에 대한 制御装置는 後에 追加될 것이다. Fox 230 工程管理 컴퓨터가(Videospec control desk equipment로 Foxboro Spec 200 electronic analog control system과 連結되어 있음) 工程과 工場 資料를 受信하며, 自動的으로 工程을 管理하며, 経営報告書를 제공하게 될 것이다. five distributed programmable logic controllers (PLC's) (이는 Viedeospec와 data logger control room equipment와 共有하고 있음)를 使用하여 모터連続駆動(motor sequence interlocking)을 달성했다.

On-line ARL 72,000s XRF 分析器는 中央制御室에 隣接하여 設置되며, 샘플링, 샘플 運搬 및 分析 機能 등의 制御및 감시를 위하여 設置된 自体의 콤퓨터로 調分 原料의 組成을 制御하게 될것이다. raw mill(과precipitator)以後의 raw meal 샘플採取와 発送은 튜브를 통하여 自動으로 이루어 지며, automatic briquetting 시스템까지 圧縮空気에 의한 輸送이 계속되고 있다. 72,000S spectrometer의 容量은 또한 크링카나 시멘트와 같은 기타 材料의 分析을 위하여 人力에 의한 石炭供給을 可能하게 한다.

8) 시멘트 밀링

F.L. Smidth 設計의 새로운 3,400kw 閉回路 시멘트mill이 Vickers-Ruwolt에 의해서 供給되어, Maldon에 設置되었다. 直径 4.4m×12m의 mill은 Symetro gear box를 통해서中央에서 運転된다. 이 mill은 分級 lining을 가지고 있으며, Bradley & Foster, UK로부터 高크롬鋼媒体로 充填되어 있다. 7.6m의 Christian Pfeiffer Heyd-Separator로부터의 Rejects는 mill feed를 制御하는 Schenck impact weigher로 計量된다.

発送 部門의 改善을 위해서 時間当 2,000~2,400包袋의 能力을 가진 Haver & Boecker 6 CV Roto-Packer 1台와 分当 40包袋의 能力을 가진 Iwema 自動 Palletiser 1台를 設置했다.

9) 集塵 및 環境

Berrima에 設置된 Lurgi集塵器는 3가지의 独立된活動部門을 포함하고 있는 房2個와 dropout chamber 1個로 구성되어 있다. raw mill에서 発生된 가스는 約 800gm/Nm³의 먼지에 의한 入口 負荷를 준다. 그러나 集塵器의 dropout chamber 内에 있는 louvered seperators가 이 負荷를 約70% 軽減시켜 준다. 同 集塵器는 100℃에서 420,000m³/hr을 取扱할 수 있도록 設計되어 있는 데, 이 温度는 raw mill이 90미크론 sieve에서 5%의 残留物이 発生하도록 粉砕하게 되므로써 보다 높은 가스 flow가 不可避하게 될 경우를 고려할 때 적절한 限界温度이다.

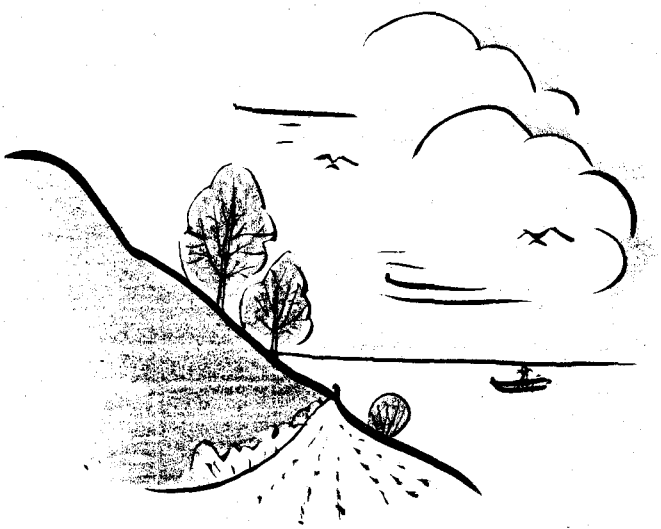
稼動 状態에서 集塵器에 要求되는 最大의 放出量은 100mg/Nm³이다. 그러나, 또한, 3가지 活動 部門과 最少 plate 面積도 限定되어 있다. 当初에는 供給者들은 特定된 放出 限界를 堪当

할 수 있도록 2가지 活動 部門만을 提議했다. 供給者는 特定된 設計에 의할 때 放出은 50mg/Nm³를 초과하지 않을 것임을 보장하고 있다. Continuous Opacity measurement 시스템을 Kiln stack 內에 設置할 예정이다. Kiln 5号基의 放出은 類似하게 관측된다.

mill이 稼動을 中止하고 있을 경우에는 調節塔(conditioning tower)이 予熱機 가스의 温度를 最大 保障温度인 140℃로 減少시켜 준다. 그렇게 되면 가스量은 稼動 狀態에서의 경우보다 적을 것이다.

기타 모든 다른 곳으로부터 発生되는 放出을 極少化하기 위하여 많은 주의를 기울였다. 콘베이어 中継地点에는 작은 bag dust collectors가 많으며 完全히 密閉된 原料, 石炭및 크링카 貯蔵庫를 通気시킨다. cladding의 型과 色갈은 地域 環境과 調和될 수 있는 것을 選択했다. 모든 콘베이어는 完全하게 密閉될 것이며, 도로와 通路는 封해질 것이다. 既存 工場과 마찬가지로 建設 敷地 주위의 기타 地域에는 잔디를 입히고, 나무를 많이 심게될 것이다. BCSC가 運営하는 既存의 몇몇 시멘트 mill과 마찬가지로 maldon에 새로 設置되는 mill은 電気集塵器를 通하여 通気가 된다. 同 集塵器는 Joy Manufacturing Pty. Ltd.가 製作한 것으로, 容量은 110℃에서 36,000m³/hr이다. 이 集塵器를 위해서 最大 放出 100mg/Nm³과 最少 plate 面積이 定해져 있다.

大気및 水質汚染, 騒音, 交通, 美観및 其他의 地域 環境에 関한 問題를 다룬 環境影響 白書와 관련 資料를 새로운 施設이 設置될 Marulan, Berrima 및 Maldon의 3個所에 대하여 作成했다.



⊙ 아껴쓰는 가정되고 저축하는 국민되자