

産業廢棄物을 利用한 시멘트

具 萬 榮

(韓國通信科學技術研究所)

I. 緒 言

政府의 經濟的인 여건하에 印度 시멘트 工業의 成長은 점차적으로 難況을 거둬하게 되었다. 이렇게 難況을 거둬하게된 原因은 처음에 새로운 시멘트工場을 增設하는데 投資費의 上昇幅이 시멘트 價格上昇幅을 앞지르고 있어서 새로운 시멘트工場을 設立 할 만한 뚜렷한 計劃이 없었다.

日産能力 1,200 m/t의 새로운 工場을 設立하는데 몇년전만 하여도 약 Rs120百萬(US\$ 135百萬)이 必要 했는데 지금에 와서는 上記金額의 약 2倍半이 必要하게 되었다. 따라서 減價 償却費와 事業費用이 生産原價의 半以上을 차지하고 있어 年間 去來額도 投資費와 比較했을 때 별로 妥當性이 없는 실정이다.

시멘트工場 從業員의 賃金實態는 높은 水準에 있으나 이들의 生産性은 國際趨勢에 비추어 볼때 낮은 位置에 놓여있는 것이다. 그래서 賃金を 줄여 現在의 시멘트工場은 면모를 바꾸어서 단순한 모양으로는 되었으나 工場 利用面에서 過度한 정도로 低下 되었다.

이러한 시멘트 工場은 難點을 많이 갖고 있어 이의 規制에 있어서도 간단한 解決策으로 받아들일수 없는 段階에 있다.

印度 시멘트工業을 78~79년에 完了될 約 55 年間の 計劃을 바꾸므로써 3,300萬톤에서 2,700萬톤으로 점차적으로 떨어지고 있다. 印度政府는 여기서 더 높은 生産能力을 포함해 投資費는 대략적으로 Rs100億(US\$ 11億 2千萬)을 사

실상 인정하고 있어 시멘트와같은 工業은, 아직 까지 根本的인 利用도가 낮아 사실상 不可能하다. 즉 심지어는 더 낮은 目標까지도 達成될 수 없을 것 같다.

78~79 年度 年間生産能力 約 2,500萬톤이 할 수있는 최선으로 實生産量은 年間生産能力의 85%인 2,125萬톤으로 年間生産能力에 약간 不足되고 있는 實情으로 印度의 시멘트 消費量은 끊임없이 不足狀態를 물고 올 것이다.

II. 産業 廢棄物의 利用

이러한 狀況下에서 印度시멘트 工業은 시멘트 生産을 위해 産業廢棄物 利用을 위하여 過去에 間歇적으로 試圖를 해왔으며 한편 더 많은 주의를 기울여야만 한다고 痛感하고 있다.

이러한 廢棄物의 使用으로 말미암아 投資費를 大幅줄이고 에너지 消費를 점차로 減少시켜 시멘트生産量을 점차로 增加시킬 目的으로 最初로 試圖하고 있는 것이다. (그림-1 參照)

이것은 또한 動力·鐵分·肥料工業에서 나오는 公害物質로 부터 發生하는 問題들과 費用을 좀더 改善하는데 도움이 될 것이며 大氣와 불 흄의 汚染을 防止하는데 도움이 될 것이다.

78-79年 2年間 印度에 알맞게 되어있는 시멘트로 轉換이 可能한 産業廢棄物의 配合量은 다음과 같다.

(單位100萬톤)

- | | |
|-----------|-----|
| 1) 高爐 슬러그 | 5.5 |
| 2) flyash | 8.5 |

3) 炭酸鹽과石灰 沈澱物	2.0
4) 副産物인 石膏	0.5
5) 粉 塵	1.0
總 計	17.5

단지 슬러그와 flyash가 오늘날 産業廢棄物로서 分類되고 있으며 시멘트를 製造하는데 混合原料로 最初 品質이 좋은 시멘트를 提供하므로서 年間 14百萬톤 이란 잠재적인 容量을 추가로 供給할 수 있다.

이러한 잠재적인 容量이 充分히 開發될 수 있는지의 여부는 기타 다른 物質의 性分 여하에 달렸으며 각 物質 種類에 따라 廢棄物의 性分도 다르며 또한 生産品에 의해 性分이 評價되고 있다.

1) 슬러그 (Slag)

製鐵工業은 시멘트工業의 主原料인 石灰石과 鐵分으로부터의 不純物 알루미늄 및 珪酸을 除去하여 얻은 高爐를 使用하고 있다. 시멘트는 石灰石 珪酸 알루미늄 및 鐵分의 混合物로 되어 있으며 슬러그는 類似한 化學調成으로 熔融된 高爐로 부터 形成되고 있다. 더욱이 熔融슬

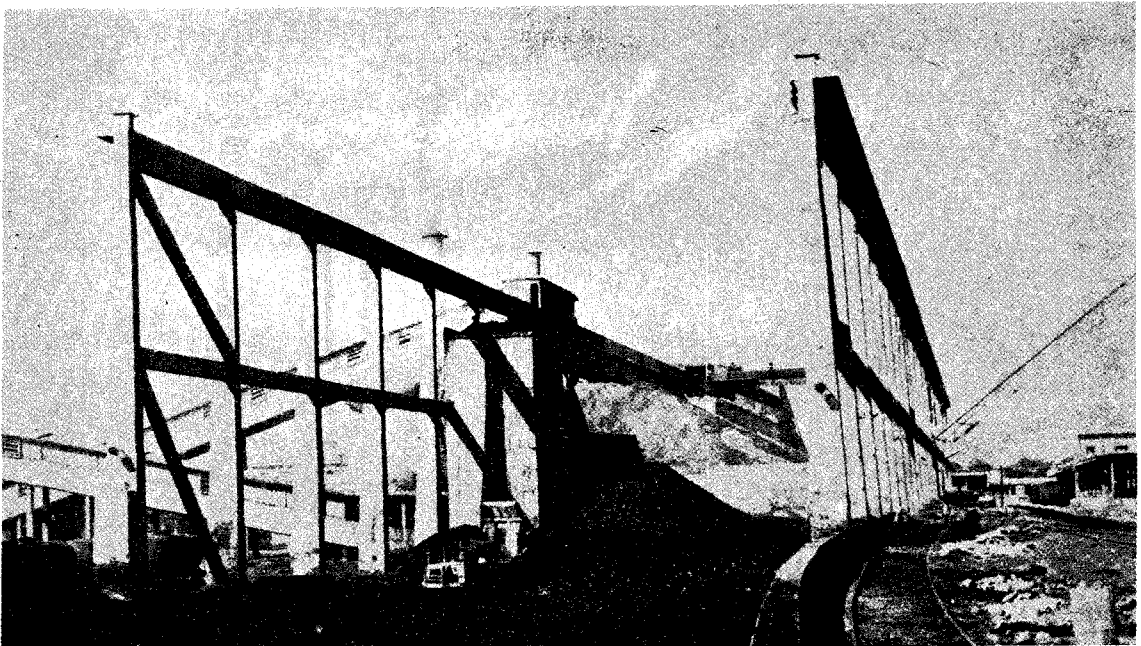
러그가 일반적으로 冷却狀態여야 되며 이를 販賣할 때는 돌과같은 狀態로 堆積되어있는 것을 使用한다. 이러한 問題는 어려운 處理問題를 둘러싸고 製鐵工場附近에 쌓여있는 多量의 슬러그 때문에 研究하는 계기가 되고있다. 흔히契約者들은 이러한 不純物들을 除去하기 위해서 代價가 지불되고 있다. 이때 熔融슬러그는 (그림-2)에서보는 바와같이 冷却水로 급냉을 하므로서 透明한 鑛物狀의 同一物質인 시멘트와 類似한 水硬性시멘트를 잠재적으로 얻는다.

粒狀슬러그로 알려진 급냉슬러그는 포틀랜드 高爐슬러그시멘트(PBFS)로 알려진 시멘트 크링카로 積載할 수 있다.

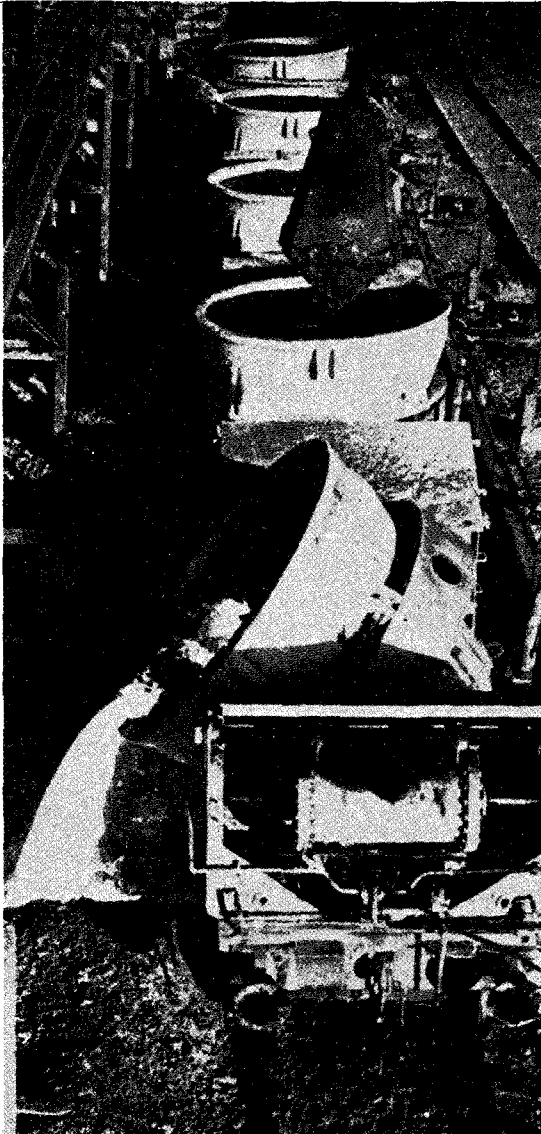
印度의 標準規格이나 다른 國際規格에 있는 바와 같이 凝結度와 壓縮強度는 보통 포틀랜드 시멘트와 떨어짐이 없이 類似하다.

시멘트製造 問題에 있어서 最大 슬러그의 利用은 質的으로나 量的으로 同一하게 考察되어야만 한다. 印度標準規格 (ISS-455/68) 에 의하면 1968年度 포틀랜드 슬러그 시멘트의 混合量은 重量으로 25-65%로 하고 있다.

더욱이 실제적인 比率은 슬러그의 化學調成



(그림-1) 投資費를 줄이고 에너지 消費를 減少시키기 위한 廢棄物의 利用



〈그림-2〉 용융슬러그를 利用하기 위한 시멘트
生産工場

분과 鑛物調成에 따라 25%에서 65%라는 幅넓은 範圍內에서 使用되고 있다. 印度 슬러그 시멘트의 指數는 다른나라의 슬러그보다 一般적으로 貧弱하며 한계에 다달았기 때문에 結果적으로 포틀랜드 高爐슬러그시멘트(PBFS)의 슬러그 比率는 가끔 50%를 初過하고 있다 또한 印度에서는 強鐵製의 밑에서 粉碎되고 있는 슬러그는 平均 最低指數인 25% 附近에서나 혹은

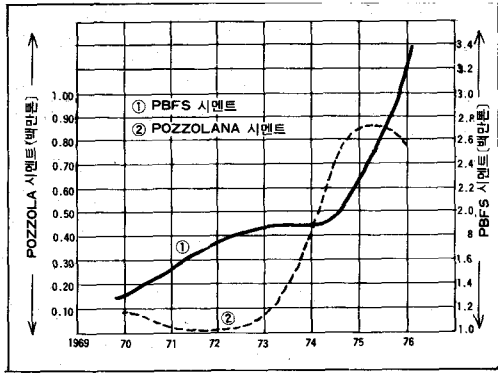
그以下에서도 極端的으로 使用되고 있는 日本 러시아 西獨·美國 등지에서 使用되고 있는 슬러그에 비추어 보면 最低 規格置 보다도 平均 20, 12, 19, 25% 以上으로 더 슬러그 含量이 많다. 印度 슬러그가 比較的 貧弱한 品質을 지니고 있는 첫번째 理由는 珪酸과 알루미늄 含量이 높고 두번째 理由는 高爐의 燒成 熟練 이다. 前者는 어쩔수 없는 與件에 놓여있으나 後者는 漸次的으로 슬러그 品質을 改善하므로써 加減할 여지가 있는 것이다. 이것은 슬러그를 다소 處置한다는 것보다 오히려 슬러그 生産의 重要性을 認識하고 強鐵製의 粉碎機를 使用 하므로써 可能하게 된다. 보다 많은 含量으로 보다 많은 슬러그를 얻기 위해서는 시멘트를 製造하는데 슬러그의 利用 比率를 改善해야 할 것이며 한 편으로는 일정한 價格의 슬러그를 통해 生産工場에 보다더 커다란 利益을 가져올수 있다 슬러그의 含量問題가 더욱 더 重要하며 슬러그를 最大로 利用하기위해서는 주의깊은 計劃이 必要하다. 一般的으로 슬러그는 뜨거운 熔融金屬중에 약 65%를 차지하고 있으며 管理의 疎忽로 損失과 다른 要因에 의해 熔融슬러그는 약 75%의 슬러그덩어리가 취해지고 있다. 製鐵工場에서 生産되고 있는 熔融金屬中에 나오는 熔融金屬의 生産能力은 78~79年度의 鐵強粉碎工業에 有用한 것으로서 熔融金屬의 生産量은 다음과 같다

(單位：100萬톤)

- | | |
|-------------|------|
| ① Bhilai | 2.78 |
| ② Durgapuri | 1.55 |
| ③ Rourkela | 1.60 |
| ④ Bokaro | 2.55 |
| ⑤ TlSCO | 1.60 |
| ⑥ IlSCO | 1.00 |

等으로서 總 11.08 百萬톤이다. 이러한 數置는 슬러그 덩어리 5.5 百萬톤 보다 넘는 數置로 有用하게 使用될 수 있다.

過去 포틀랜드 熔融 슬러그시멘트(PBFB) 生産量은 〈그림-3〉에서 보는 바와 같이 不充分하며 不正確해 왔다.



〈그림 - 3〉 印度의 슬러그生産과 Pozzolana시멘트

現在는 PBFS 시멘트의 生産量은 年産320萬톤에 이르고 있으며 슬러그의 使用量은 150萬톤, 따라서 아직 使用되지않고 남아있는 슬러그는 약400萬톤에 이르고 있는 實情이다. 이 남아있는 슬러그를 消費하기 위해서 製鐵工場의 슬러그 粉碎나 消費者의 要請에 의해서 生産하고 있는 것이 보통이다. 粉碎에 消費되고 있는 熔融金屬中 Rourkela는 設計段階에 있으며 Bokaro는 또한 計劃中에 있는 反面 Durgapur, Bhilai, IISCO, 및 TISCO등은 稼動中에 있다. 따라서 粉碎에 消費되고 있는 熔融金屬의 充分한 利用은 어느 누구도 못하고 있다.

上記에서와 같이 各各의 슬러그는 시멘트로서의 完成品이 아닌 슬러그 라는 것을 認識해야만 하며 最終目標가 運轉을 뜻하는 것이 아니다. 즉 슬러그가 크링카나 다른 시멘트와 混合하기 以前에 많은 技術的이고도 商業的인 問題가 解決될 必要가 있다. 예를들면 슬러그는 크링카에 알맞게 製造되어 있어야 한다 그러기 위해서는 더 높은 粉碎費를 考慮 해야만 하며 價格面에 있어서도 일정한 型式과相互間에 有益한 價格으로 製鐵工場과 시멘트工場間에 緻密한 計劃이 있어야 한다.

많은 벌크를 包含한 輸送問題에 있어서도 鐵道輸送이나 其他輸送이 뚜렷한 것이 좋으며 이러한 모든 것이 各方面으로 充分한 決議와 協力으로 解決 할 수가 있다.

슬러그는 事實上 크링카와 같이 半製品으로

서 시멘트와는 달리 運搬費의 利點을 받지 못하고 있기 때문에 슬러그와 運搬費를 勘案하여야 하기 때문에 시멘트 工場은 嚴格히 슬러그를 粉碎하는 附近에 位置해야만 한다.

슬러그의 價格構成과 同一하게 市場 가까이 位置하고 있는가를 確認해야 하며 그렇게 함으로써 輸送問題의 難點이 解決 될수 있을 것 같다.

2) Flyash

flyash는 石炭을 燒成하므로써 發生되는 物質을 말하며 多量의 石炭을 使用하고있는 火力發電所에서는 이 flyash의 産出때문에 이의 除去가 焦點의 對象이 되고 있다. 또한 flyash는 굴뚝을 통해서 排出되고 있으며 많은 火力發電所에서 이같은 排出이 되고있다. (大氣汚染의 根本이되는) 이 排出을 막기 위해서 機械的이나 電氣集塵機를 使用하고 있다.

시멘트工場에서는 原料로서 粘土대신 flyash를 使用하고 있으며 Pozzolana 시멘트를 만들기 위해서 flyash를 시멘트와 함께 混合하고 있다. 그 후 시멘트의 生産能力을 增加시키기 위한 方法으로서 이러한 flyash를 적용하는 것이 아주 바람직 하다 flyash는 시멘트의 主成分을 內包하고 있지않고, 실리카와 알루미늄으로 最終 나누어 지는데 水分이 있는 狀態下에는 flyash가 시멘트와 反應했을때 鑛物狀에 있어서는 포틀랜드 시멘트와 類似하다. 이러한 混合으로 이루어진 것이 Pozzolan시멘트이다. 이 Pozzolan시멘트의 規格은 처음 1954年度에 美國의 ASTM, 1958年 日本의 JIS 및 1963年 英國의 BS 標準規格과 1966年 印度시멘트 規格IS-3812와 關聯해 比較할수 있다. 印度의 標準規格에 의하면 이 Pozzolan시멘트의 7日 및 28日 壓縮強度는 1종 포틀랜드 시멘트에는 약간 뒤지는 편이다. 그러나 이는 用途에 맞게 適當한 편이다.

印度에서는 Pozzolan시멘트가 처음에 Pihand Oam 工事に 대규모로 使用 되었다.

이것이 大量工事的 設計에 flyash Pozzolana를 使用 몇몇이 美國에서 成功을 보이므로써

鼓吹하게 되었다.

過去 몇년간 Pozzoland 시멘트의 生産現況과 消費現況에서 별로 좋지않은 수치를 보이고 있는데 이는 사실상 76年度の 印度시멘트는 前年度에 비해 落後되고 있는 實情이다.

〈表- 1〉 78-79年度 火力發電所의 flyash 生産計劃

註	發電所	100 萬噸
Andhra Pradesh	Kothaguden	0.61
	Neloore	
	Ramagundem	
Bihar	Bokaro	1.83
	Chandrapura	
	Patratu	
Delhi	Badarpur	0.58
	Indraprastha C	
Gujarat	Dhuvaran	0.35
Haryana	Faridabad	0.02
Madhya Pradesh	Amarkantak	0.57
	Korba	
	Stpura	
Maharashtra	Bhu sval	0.52
	Satpura	
	Paras	
	Trombay	
Orissa	Talcher	0.21
Tamil Nadu	Basin Bridg	0.50
	Ennore	
	Neyveli	
Uttar Pradesh	Harduagani	1.23
	Kanpur	
	Obra	
West Bengal	Bandel	1.82
	Calcutta	
	Durgapur	
	Santaldih	
Punjab	Bhatinda	0.23
Total		0.27

Pozzoland시멘트에 0.2百萬噸 以下の flyash 를 利用한 것이 75年度였는데 이같이 낮은 數値는 flyash를 利用하지 않았다는데 原因이 있는 것이 아니다. 사실상 78-79年度에 印度의 火力發電所에서는 〈表- 1〉에서 자세히 表視되어있는 바와 같이 8.47百萬噸이란 少量의 flyash 를 生産한 것이다. 이러한 量은 78-79 年度에 Pozzolana시멘트의 總生産能力의 10~25%에 해당하는 것이다.

flyash 利用을 이같이 뚜렷하게 억제된 것은

이것을 利用한다기 보다 여러 商業的이고도 技術的인 要因에 있는 것이다. 시멘트를 만드는데 외관상 ash와같은 無用物質의 添加는 印度에서 순수한 消費者들에 의해 半製品으로서 취급되는 것이 일반적인 견해다. 化學的이고 鑛物學上으로서의 要素가 事實上 添加劑로서 알던 모르던 添加되고 있다.

市場性的 放棄는 ash의 比率에 따라 使用者에 教育을 시키고 Pozzolana시멘트에서 나오는 最初의 廢棄物 등을 克服하기 위해서 要求되고 있다.

flyash의 처분에 비용이 많이들고 이치에 맞지않는 計劃으로 火力發電所에서는 이의 組織과 적절한 市場戰略 手段을 잘 유도해 나가야만 한다. 그러므로서 産業廢棄物의 처분 費用이 節減되고 또한 國內에서 아주 低廉한 投資費로 시멘트 生産能力을 增加시키기 위해서 轉換을 해야만 할 것이다 flyash의 利用에 있어서 技術的인 問題가 대두된다.

flyash의 포집방법에 있어서 이같은 技術的인 問題를 포함한 改善策을 위해서 微粉末들을 使用하기 알맞게 트랩(Trap)을 設置하거나 有用하게 만든다.

적합하게 만들어진 裝置를 選擇하고 運轉하는 데에는 flyash가 副產物로서 有用해야 하고 또한 시멘트를 만드는데 要求條件에 적합해야만 한다.

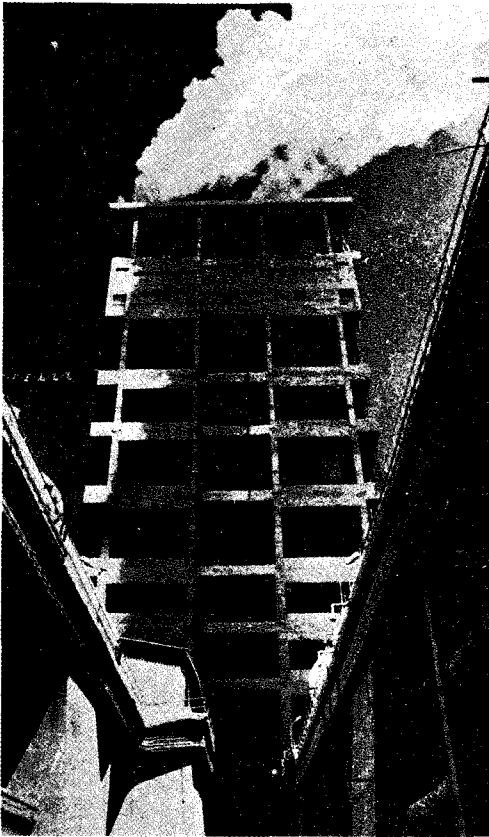
벌크輸送에 있어서 알맞는 方法과 裝置가 採擇되어야만 한다. 粒子의 파괴를 막기 위해서 空氣混合이 必要한 Pozzolana시멘트의 生産은 標準粉碎가 있을수 있으며 flyash의 性分과 粒子構造에 따른 엄격한 品質管理는 必要한 條件에 맞는 安全한 지속이 要求 되고 있다. 이러한 問題는 적절한 研究로 이미 수행되고 있다. 市場과 技術的인 추진력으로 Pozzolana 시멘트의 生産增大를 위해 現在 開發을 必要로 하고 있는 것이 무엇인가?

만약 이러한 問題에 적절한 주의를 한다면 78~79年度에는 적어도 100萬噸의 flyash 利用이 무난히 達成될 것으로 보인다.

3) 炭酸塩과 石灰沈澱物

비료공업으로부터 나오는 炭酸塩沈澱物 (Carbonatesludge)과 製紙工業에서 生産되는 石灰沈澱物 (lime sludge) 그리고 제당공업에서 産出되는 몇가지 不純物로 混合된 炭酸칼슘이 主原因이 된다.

이는 石灰石과 같은 種類의 것이다. 炭酸塩과 石灰沈澱物은 共히 시멘트를 製造하는 原料로 좋은 添加劑로서 供給될수 있으며 粉碎가 않된 狀態로서 시멘트를 만드는데 原價節減을 가져올수 있는 原料로서 粉碎를 必要로 하고 있다. 엄격히 말하면 原料로서 産業廢棄物을 使用하므로 해서 시멘트 生産能力을 增大 시키는데 별로 도움을 주지 못하고 있다. 그러나 이들은 시멘트를 만드는데 炭酸칼슘이 比例해서 많



〈그림-4〉 큰粉塵을 廢棄物로 이용하므로 生産量을 增加시키고 에너지消費를 減少시킨다.

이 含有하고 있으며 또한 시멘트를 만드는데 使用하는 原料인 石灰石 品質에 가까운 原料를 만드는데 原料가 될수 있다.

炭酸塩과 石灰沈澱物에서 알카리의 存在는 시멘트를 만드는데 防害가 되고 있으며 이들을 除去해야만 한다. 이들이 근본적인 原料로서 最大로 利用할수 있기 위해서는 需要가 좋은 副産物로 轉換하는 問題가 必要하기 때문에 廢棄物이 排出되는 工場이어야만 한다.

4) 副産物인 石膏(By-Product gypsum)

대략 4-5%의 石膏가 凝結時間을 맞추기 위한 調節體로서 使用되며 시멘트 粉碎時에 添加되고 있다.

보통 印度에서는 北西地方에서 産出되고 있는 石膏덩어리가 使用되는데 대부분의 시멘트 工場에서는 이러한 石膏가 遠거리로부터 輸送을 해야만 하는 불리한 條件에 놓여있는 실정이며 添加劑로서 埋藏되어 있는 石膏의 量도 점차로 枯渴되어 가고 있다. 그러므로서 原料代用品으로서 알맞게 되어있는 石膏는 肥料工業에서 副産物로 排出되는 産業廢棄物로서 시멘트의 性분에 알맞게 되어있다.

石灰沈澱物의 경우에 副産物인 石膏는 微粉이나 젖은 狀態의 2가지로 存在한다. 化學的인 不純物의 存在는 즉 바람직하지 못한 性分은 原料로서 使用하기前에 除去를 해야만 한다 만약 磷酸塩과 弗化物이 不純物로서 除去하지 않고남아 있게 되면 시멘트의 凝結時間을 망쳐 놓을 것이다. 이런 경우에는 石灰水로 處理하므로서 이러한 不純物을 除去하는 한 方法이 될 것이다.

副産物로 얻어지는 石膏를 使用하지 않고 遠거리에서 얻을수 있는 方法은 經驗을 통해 어려운 일이므로 더 많은 研究와 開發로 不純物을 完全히 除去하는데 努力을 하여야 할 것이다.

5) 粉塵

〈그림-4〉에서와 같이 시멘트工業의 稼動中

굴뚝으로부터 이러한 廢棄物을 포집할 수 있으며 또한 利用이 容易하여야만 한다. 그러나 印度의 시멘트 工業은 이러한 集塵裝置의 放率이 좋지 못한 狀態이며 시멘트 製造에 있어서 粉塵이 굴뚝으로부터 損失되는 比率이 약 5-10% 정도이다.

原料의 部分的인 煨燒와 微粉된 이러한 原料는 集塵裝置를 設置하므로써 集塵과 再生도 할 수 있다(再生은 原料供給을 키른 下部 火入部分에 불어 넣어준다)

이 集塵과 再生方法은 공히 시멘트를 生産하는데 含蓄性있게 供給 할 수 있다. 이러한 粉塵이 오늘날 集塵과 再生이 되지 않고 낭비되고 있다면 시멘트 生産의 增大는 물론 粉碎 粗碎 및 煨燒工程으로 에너지의 消費를 줄이지 못하는 結果를 가져올 것이다. 集塵裝置를 設置하는데 集塵裝置와 投資費의 添加는 節約을 통해 單時間에 걸쳐 複舊할 수 있다.

II. 印度시멘트工業의 問題點과 解決策

일반적으로 産業廢棄物의 利用 問題는 社會的 技術的 經濟的인 問題가 복합되어 있으며 印度에서는 完全하고 含蓄性 있는 方法으로 現狀態와 直面해 처음에는 많은 추진력을 必要로 하고 있으며 오늘날에 存在하지 않는 公害防止法의 制定이 도움이 될 것이다.

生活環境을 보다 바람직하게 유지하는 반면 廢棄物이 工業에 有用한 原料로 轉換하는 일이 명백하고 긴급하게 받아들여져야만 한다.

工業과 關聯해 일반적인 廢棄物과 利用面에 있어서 有用하도록 다소 확립되어야 한다. 즉 施行目的上 法律的 혹은 經濟的인 실득력으로 解決하는 데는 무엇이 필요한가?

印度에서는 이미 世界的으로 시행되고 있는 公害防止法을 긴급히 수행하기 위해서 빠른 時日內에 수행되리라 기대하고 있는 바이다.

시멘트의 경우에 現在 通用되고 있는 것보다 더욱 低廉한 投資費와 生産能力을 增加시키고

汚染物質을 還元할 目的으로 世界 여러 나라에서 받아들여 지고 있다.

