

製砂機의 現狀과 今後

朴 奇 清

〈東洋시멘트(株) 레미콘技術部長〉

I. 本 資料를 기고하면서

天然골재자원이 점차로 고갈 되어가는 시점에서 우리에게 닥칠 어려움을 지혜롭게 대처하기 위한 방법의 하나가 碎砂라고 생각한다.

천연자원이 있다 하더라도 concrete用에 적합한 細骨材는 확보하기가 어려운 것이 현실이다. 부적합한 細骨材를 그냥 concrete用 원료로 사용할 경우 品質低下는 물론, 원가상승의 한 요인이 된다. 이처럼 부적합한 細骨材를 적합한 것으로 만들어 맞출수 있는 것이 碎砂이다.

이제 우리도 碎砂를 어떻게 만드는 것이 좋은가 하는 문제를 검토할 시기가 되었다. 그래서 우리나라의 레미콘 및 骨材업계에서도 “日本에서의 製砂機 現況과 今後”을 바탕으로 구체적인 계획을 수립하는 계기가 되었으면 한다.

시대의 변천에 따라 소비자의 요구는 점점 高品質化, 高強度化되고 있으며 특히 concrete中 骨材品質이 크나큰 영향을 주고 있다. 천연자원이 고갈되어가는 현시점에서는 더욱 절실한 문제이기도 하다. 근본적인 문제는 80년초에 형성된 레미콘 가격이 현재까지 유지되고 있고 더구나 현실적으로 적정한 가격이 못된다는 점이다. 더불어 骨材업자에게도 적합한 品質을 적정한 가격으로 공급하려는 의지가 요구된다고 하겠다.

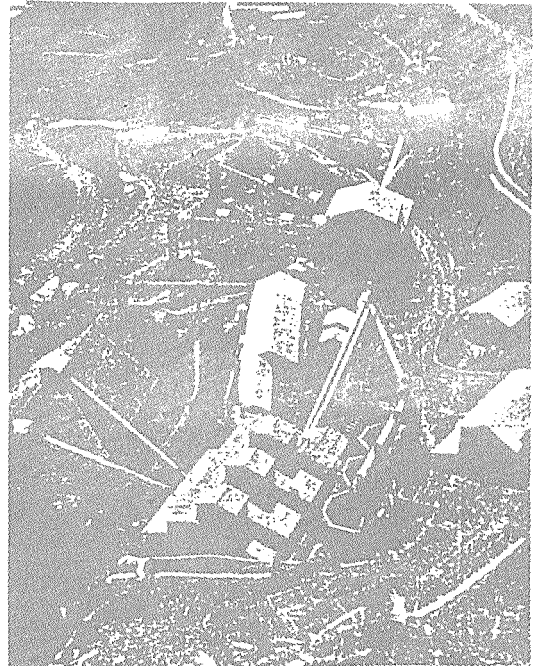
토목, 건축분야의 중요한 재료인 concrete를 우수한 品質로 만들기 위해 제품에 대한 관련자들의 철저한 인식이 요구되는 시점이다. 이

자료가 업계의 지속적인 협력과 노력에 조금이라도 도움이 되기를 기대한다.

II. 製砂機 現狀과 今後

1. 머릿말

製砂機 現狀을 논하기에 앞서 日本에 대한



寫眞-1. 製砂工場과 STOCK PILE

製砂의 초기와 碎砂生産의 現狀에 대해서 조금은 알고 싶다.

1.1. 製砂의 초기

日本에서의 製砂는 Dam 建設에서 시작되었다고 말하고 있다. 1935年代 初期에는 Dam建設에서 天然砂대신 製砂의 必要性을 느끼고 있었으나 當時의 技術로는 좀처럼 實現될 수 없었다.

Dam concrete用 骨材로서 자연 자갈을 이용하지 못할 경우 粗骨材는 부근의 石山에서 岩石을 채취, 破碎 선별해서 生産하였으나 細骨材는 岩石을 粉碎해서 만들수는 없으므로 天然砂에 의존할 수 밖에 없었다.

예를들면 1935~1938년에 建設된 Dam에서는 Dam用 骨材로서 粗骨材는 Dam 地點 가까운 石山에서 岩石 破碎에 의해서 生産했으나 細骨材는 海岸砂을 採取해서 40.5km의 長거리를 空중cable로서 運搬 사용했다. 그러나 製砂에 대해서 勇氣있는 시도가 전혀 없었던 것은 아니었다.

예를들면 1937~1939에 建設된 Dam에서는 粗骨材는 Dam 地點 가까운 硬質 水成岩을 原石으로 했으나 細骨材는 Dam 地點 下流 約8km에서 風化 花崗岩을 채취해서 Break crusher, Trammel, Craushing Roll, Conical ball mill을 사용해서 生産했다고 記錄되어 있다. 風化 花崗岩을 사용한 것으로서 충분하다고는 말할 수 없으나 製砂를 實現한 것이다.

1945年代 後半쯤 되어서 粒度管理에 注意를 더하고 安定한 大量 碎砂 生産에 成功한 것도 있다. 그 最初가 1952年~1955년에 建設된 Dam 이었다고 말하고 있다.

여기에서는 Dam 地點부근에서 채취된 原石을 分쇄해서 約 60만톤의 粗骨材를 生産함과 동시에 35 %의 Rod mill 3台를 濕式으로 運搬해서 約 20만톤의 細骨材를 生産했다. 그 製砂 工程과 Stockpile의 규모를 사진-1에 나타내었다.

이 時期를 前後해서 全國各地에 發電, 治水, 用水 등을 目的으로 한 Dam이 많이 建設 되

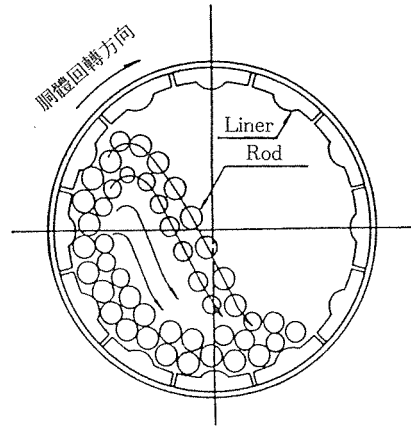


그림-1. Mill內 Rod의 舉動圖

었으며, 이들의 Dam중에서, 原石山에서 骨材를 득한 concrete dam의 대부분은 製砂에 Rod mill을 사용했다.

1957年~1961년에 建設된 Dam에서는 原石山에서 約 330만톤의 粗骨材와 約 125만톤의 細骨材를 生産했다. 이 大量의 細骨材 生産에는 129 %의 大形 Rod mill 2台가 濕式으로 運轉되어 면밀한 粒度管理가 되었다. 粗·細骨材를 生産한 이 plant는 630 %의 生産能力을 갖춘 당시 日本에서 最大의 것이라고 하며 製砂가 확대 軌道에 편승해온 것을 나타내었다. 또한 자연자갈이 풍족해서 이것을 原石으로한 Dam의 경우에도 채취한 自然砂의 粒度 調整에 Rod mill을 사용한 예가 많다.

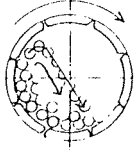
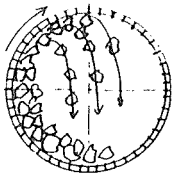
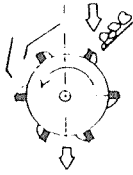
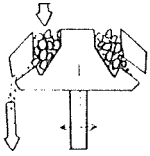
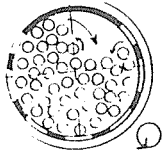
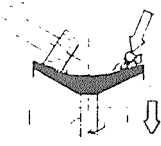
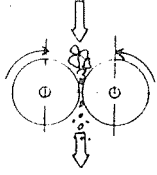
이 時期 Rod mill 以外에 製砂에 사용된 機械에는 Impeller breaker나 Crushing roll, conical ball mill 등이 있으나, 그 사용 예는 극히 극소이다.

1.2. 碎砂 生産의 現狀

1987年度에 있어서 日本의 骨材(Concrete, 道路, 道床, 기타 用)의 需給規模는 約 7억 8,700만톤이었으나 이 중에서 碎石은 約 4억 4,500만톤으로 全體의 約 56.5% 점유할 때까지 그 生産規模를 증대해왔다.

그러나 碎砂에 대해서는 現地 調達이 有利하고 높은 品質管理가 요구되는 Dam이나 다른

表-1. 製砂를 위한 破碎 方法, 構造, 機種 등

破碎 方法	破碎 構造	乾濕別		對應機種	模 式 圖	得 失	備 考
		乾	濕				
胴體 回轉	回轉에 의해서 Mill 內 Rod을 들어올려 落下시켜서, 原料에 衝擊과 摩擦을 준다.	○	○	Rod Mill		·粒形, 粒度가 좋은 產物이 安定하게 얻어진다. ·機械는 무겁고	·粉碎媒體로서 Rod가 많이 要한다. ·實績은 豊富
	回轉에 의해서 Mill 內 原料을 들어올려 落下시켜서, 原料끼리 衝擊과 摩擦을 준다.	○	○	自生 Mill		·粒形, 粒度가 좋은 產物이 얻어진다. ·큰 原料가 투입된다. ·機械는 무겁고 大 규모	·粉碎媒體가 要하지 않음. ·實績의 축적되어 있음.
Coge Mill 內에서 Rod을 高速으로 回轉시킨다.	回轉에 의해 原料에 高速의 打撃을 加하거나 또는 原料自身에 高速을 주어 衝突시킨다. 이것에 의해 原料에 衝擊을 준다.	○		衝擊型 Crusher		·粒形이 좋은 產物이 얻어지나 粒度는 굵게 되는 편임. ·破碎比가 크다. ·機械는 Com pact.	·摩耗部分의 消耗가 크다. ·原料의 含水量에 注意. ·石炭石 등에 好適
破碎室內에 粒間壓縮破碎를 일으킨다.	破碎室內 原料에 粒間壓縮破碎의 狀態에서 壓縮을 준다.	○		Cone crusher		·粒形이 좋은 產物이 얻어지나 粒度는 굵게 되는 편임. ·機械는 大規模로 構造는 複雜 大 규모	·原料의 含水量 注意 ·整備에 높은 技術이 必要.
Mill 筒體를 強力히 圓振動시킨다.	振動에 의해 Mill 內 Rod가 相互 振動하고 原料에 衝擊과 摩擦을 준다.	○	○	振動 Mill		·粒形, 粒度가 좋은 產物이 얻어진다. ·機械는 Com pact	·Rod가 많이 要한다. ·實績이 축적되어 있음.
Roller가 누른 table을 回轉시킨다.	回轉에 의해 table 과 Roller간에 供給된 原料에 壓縮과 摩擦을 준다.	○		Roller Mill		·粒度는 굵게 되는 편임. ·機械는 무겁고 大 규모	·原料의 含水量에 注意 ·整備에 相當한 技術이 必要.
2個의 Roller가 원료를 넣는 方向으로 回轉시킨다.	回轉에 의해 Roller 사이에 넣어진 原料에 壓縮을 준다.	○		Roll型 Crusher		·粒度는 幅이 좁고 굵게 되는 편임. ·破碎比가 적다. ·機械는 簡單하며 小形	·原料의 含水量에 注意 ·輕便한 用途에 好適

大形 工事등을 제외 하고는 粒度調整, 塩分 低減을 위한 混合用 등을 目的으로한 副次 生産 case가 많고, 그 生産規模는 約 2,200만톤으로 天然砂의 供給量 1억 7,000만톤에 대해서는 미미한 狀況이다.

天然砂의 供給비율은 約 77%가 海砂와 山砂가 접하고, 나머지는 陸砂, 河川砂 등이 맡고 있으나, 이들의 供給源은 어느것도 量이나 品質의 確保, 環境에 미치는 影響등에 대해서 많은 문제점을 갖고 있다.

그래서 더욱이 安定度가 높은 供給源, 예를 들면 大륙봉 부근의 深部 海底砂 부존상황에 대해서 調査, 海砂의 塩分 除去에 관한 研究, 혹은 山砂에 混入되어 있는 有害物 除去를 위한 効率的인 分離方法의 研究등이 고안되고 있으며 한편에서는 産物의 品質, 經濟性, 生産時 취급 면에서, 더욱이 評價되는 岩石에서 製砂에 대해 研究開發이 各 方面에서 進行되고 있다.

2. 製砂를 위한 粉碎方法과 製砂機

外力, 内部應力등의 作用에 의해 岩石등의 固體를 부수는 것을 우리들은 破碎라고 불리워

지고 있다.

또한 破碎를 粗碎와 粉碎로 나누고, 前者는 破碎된 産物이 碎石 또는 粗骨材로 되게 할 수 있는 程度의 破碎, 後者는 그 産物이 碎砂 또는 細骨材로 되게 할 수 있는 程度의 破碎되어 있는 등으로 區分하고 있다.

따라서 碎砂을 製造하는 破碎機는 일반적으로 粉碎機라고 부르나, 本文에서는 産物의 거의 全部가 碎砂로서 生産되는 粉碎機는 물론 産物의 一部가 碎石, 一部가 碎砂로 生産되도록 하는 破碎機도 포함해서 이것들을 製砂機라고 부르고, 製砂機를 사용한 碎砂의 製造를 製砂라고 부르기로 했다.

現在 日本에서 製砂로 사용되고 있는 중요한 破碎方法과, 그 구조, 대응하는 機種등을 一覽으로 정리한 것이 表-1에 있다.

以下 이 表의 記載순서에 따라서 各製砂機에 대해서 논했다.

2.1. Rod mill

圓筒形 胴體內에 內容積의 30~40% 程度의 Rod을 裝入하고, 胴體를 천천히 回轉시킴에 따라 胴體內의 原料는 Rod 落下時 충격 및 Rod 相互間 혹은 Rod와 胴體內 壁間에서의 摩擦에

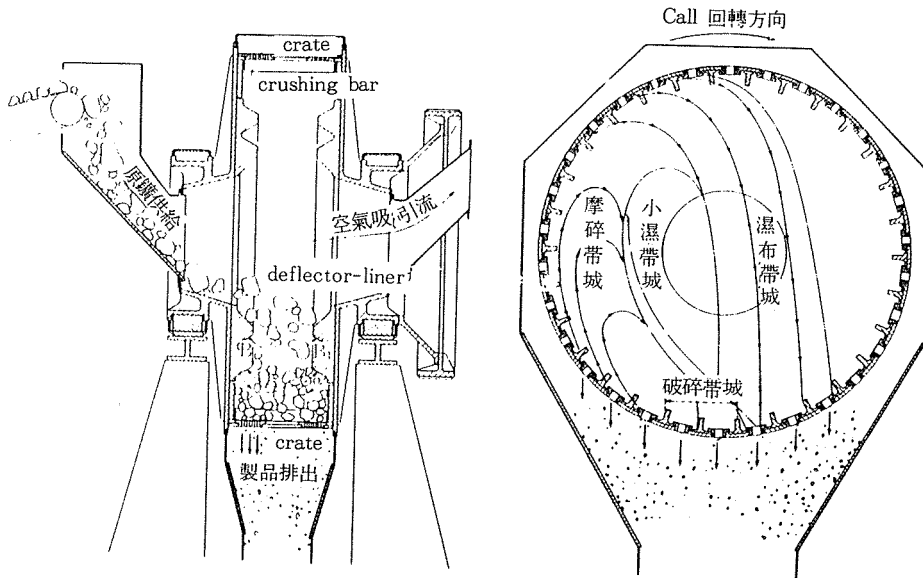


그림-2. 周邊排出型 Auto fall mill

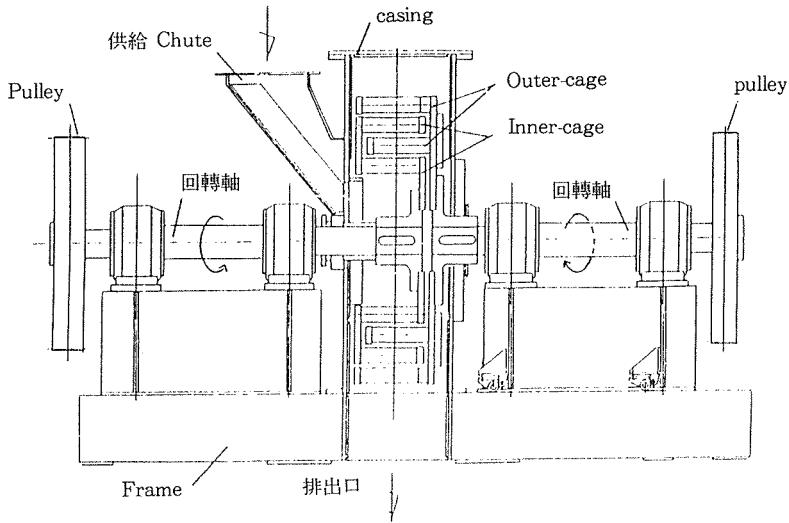


그림-3. 4列 Ceramics cage mill

의해 粉碎된다. Mill內 Rod의 舉動은 圖-1과 같다.

乾式, 濕式 어떠한것도 運轉되나, 濕式의 경우는 過粉碎가 적고, 粒形, 粒度가 좋은 產物이 開回路에서도 얻어져, 適切한 分級機와 組合시켜서 生産되는 碎砂는 concrete用 細骨材 粒度規格에 잘 일치하는 것으로 알려져 있다. 이 경우 주로 原料의 供給량을 調節하는 것 만으로 거의 一定 粒度 碎砂가 얻어져 粒度管理가 하기 쉬운것이 本機의 特徵이다. 그러나 濕式이기 때문에 排出 濁水의 處理는 피할 수 없다.

Rod mill은 天然砂나 다른 製砂機에서 製造된 粒度가 맞지 않는 모래를 所望의 粒度로 調整할 수 있다. Rod mill은 鑛山用的 것이 骨材用에도 사용되었으니 最近에는 製砂專用의 中·輕量機가 各社에서 製作되고 있다.

2.2. 自生 Mill

Rod mill 圓筒部分의 길이를 극히 짧게 하고 直徑을 충분히 크게 한 두꺼운 圓盤이 輦으로 놓인 構造의 胴體를 천천히 回轉시키에 따라 胴體內 原料는 強固한 Block에 壓縮되고 들어올려 落下해서 Block끼리 충돌하여 강한 衝擊작용을 받는다.

本機는 1次가 아닌 2次 破碎機로 產物程度는 中塊(200~300mm)를 原料로서 받아 단번에 粒形이 좋은 碎砂를 製造하는 特徵이 있으나 粉碎媒體를 사용하지 않기 때문에 그 產物 粒度는 原料의 石質, 粒度 등에 따라서 영향을 받으므로, 이것들의 管理를 注意깊게 하는 것이 중요하다고 말하고 있다. 乾式, 濕式 어느것도 運轉되나 濕式의 경우는 排出濁水 處理를 고려해야 한다.

예를 들어서 周邊 排出型 Auto ball mill(大塚鐵工)의 構造와 Mill內 原料의 舉動을 그림-2에 나타 내었다.

本機는 粉碎動力과 Mill內 原料 Level(發生音響 Level)을 檢知함에 따라서 最適條件下에서 粉碎가 계속 되도록 自動制御한다.

2.3. 衝擊型 Crusher

衝擊型 Crusher에는 從來부터 橫形의 Impact crusher, Hammer crusher, cage mill 등이 있으나, 最近 摩耗部分의 消耗를 줄이고 安定한 運轉이 되도록 ceramic을 被覆해서 耐摩耗性を 向上시킨 Multi型의 製砂에 적합한 cage mill에 ceramics cage mill(大塚鐵工)을 開發했다.

그 構造를 그림-3에 나타내었다.

衝擊型 crusher는 乾式으로 高速의 打擊을 原料에 加해서 破碎되므로 能力, 破碎比가 크고 産物의 粒形이 良好하나, 打擊板, 反發板, Liner, Pin 등의 衝突部分의 摩耗가 현저하고, 특히 原料 岩石이 強硬으로 珪酸分이 많은 경우에는 維持費가 높아진다. 또한 原料의 含水量은 破碎에 민감한 영향이 되므로 留意할 必要가 있다. 産物은 一般적으로 細粒分은 약간 적고 굵게 되는 경향있고 微粉 發生도 많다.

그러나 機體는 compact 産物의 粒形이 우수하기 때문에 各 方面으로 확대되어 사용되고 있는 破碎機이다. 最近에는 本機를 粒形補正으로 쓰이는 case도 많다. 이 때문에 專用機도 開發되어 있다.

橫形에 대해 이것을 堅形으로 하고 製砂에 目標를 둔것이 開發되어 있다. 堅形의 同一 主軸의 윗쪽과 아래쪽에 Hammer를 설치해서 2段으로 衝擊破碎하는 ultra breaker(氣工社)가 있다. 또한 堅形 主軸의 윗쪽에 Breaker를, 아랫쪽에 Grinder를, 갖춰 주로 剪斷破碎를 하는 RS shredder(久保田 鐵工)이 있다.

또한 堅軸으로 回轉하는 打擊子가 發生하는 施回氣流를 피해서 利用하고 casing 下部를 分級室로 한 製砂機·分級機를 합친 構造로 Sand pact(日鐵鑛業)이 있다.

더욱이 堅軸으로 回轉하는 Rotor 中心部에 原料를 供給하고 原料는 Rotor의 回轉에 의해

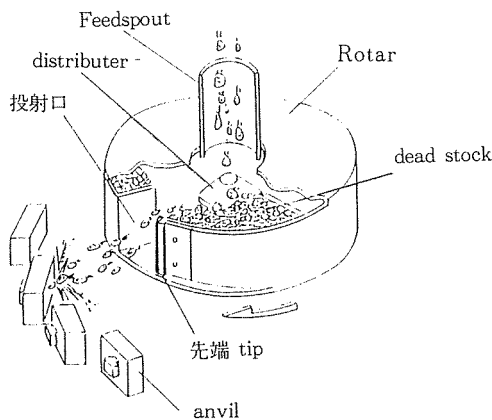


그림-4. DH 페부라스 S形

周速과 遠心力에 의해 Rotor 외측에 高速으로 投射되는 것이 開發되었다. 速度 Energy를 받은 原料는 casing內 衝突板等에 強力히 衝突하고 衝擊을 받아서 粉碎된다. 이같이 打擊에 의하지 않고 原料에 高速 Energy를 주어서 粉碎되므로 Rotor의 高速回轉에 관계없이 摩耗의 영향이 적다. 예를 들어서 DH 페부라스 S形(고베 製鋼所)을 그림-4에 나타내었다. 本機는 原料를 高 chrome 鑄鐵製의 Anvil面에 直角으로 衝突된다.

2.4. Cone Crusher

Cone Crusher를 사용한 製砂의 시도는 以前부터 있었으며, 보다 미세한 産物을 얻으려면 破碎機의 出口 間격을 보다 적게할 必要가 있으나, 거기에 한계가 있고 處理量도 대폭적으로 감소된다.

한편 종래 壓縮破碎型 Crusher는 原料塊 또는 알맹이 각각을 대상으로 해서, 이것을 直接的으로 壓縮하고 破碎하는 고안쪽으로 기준을 뒤서 設計製作되었다. 그러나 塊 또는 알맹이로 된 集合層을 高密度로 壓縮해도 層內의 塊 또는 알맹이를 效果적으로 破碎된다는 것이 알려졌다.

그래서 이 破碎의 고안쪽을 主體로 破碎室의 形狀과 搖動條件등을 고려해서 粒間 壓縮破碎를 일으키게 하면 出口 間隙을 적게하지 않아도 細粒分이 많은 産物을 얻어질 수 있는것이 확인되어 최초로 開發된 것이 Auto fine crusher(神戶製鋼所)가 있다. 本機械는 原料를 Choke freed(메움)하면서 破碎機의 主軸荷重(油壓)과 破碎動力이 檢知要素로서 항상 最適인 狀態로서 粒間 壓縮破碎를 계속하고 큰 처리능력을 유지해 가기 위해 自動制御 裝置를 불가결의 것으로 갖추고 있다. 그 概要를 그림-5에 나타 내었다.

破碎室의 形狀이 特殊한 것으로 되어 製砂를 目標로 설치한 細砂用 cone crusher도 開發되었다. 破碎室은 그림-6에 나타난것과 같이 큰 pockst(上部破碎室)가 있고 여기에 充滿된 原料는 서로 부딪치면서 밑으로 내려가 下部 破碎室에서 最終的인 粒間 壓縮을 받도록 하는

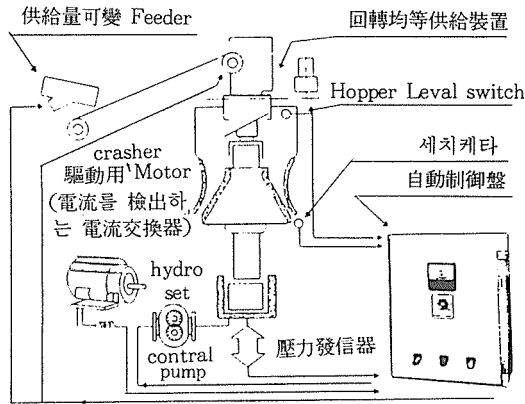


그림-5. 自動制御裝置概要圖

것이다. 예로서 Gyradisc(宇部興産), Disccone(大塚鐵工), Super fine(川崎重工業), Chompion-disc(栗本鐵工所) 등의 製砂用 Cons crusher가 있다. 이것들 외에 遠心力에서 壓縮力을 얻어 높은 破碎比로 粒間 壓縮破碎를 하는 Inertia mill(라사工業)도 製砂에 사용된다고 한다.

粒間 壓縮破碎를 하는 Cone crusher는 比較的 큰 能力이 얻어진다. Set 調整이 容易하고

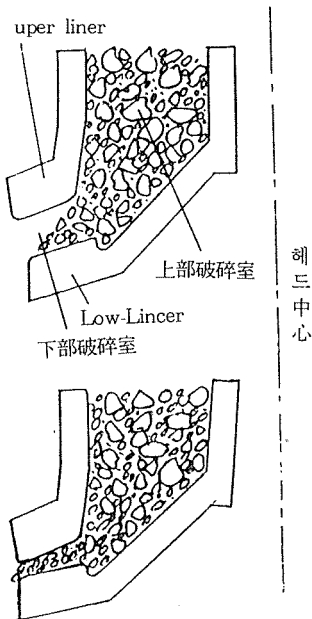


그림-6. 破碎室 形狀

粒度管理가 쉬운 등의 특징이 있으며 構造는 복잡해서 整備에 높은 技術을 要한다. 또한 安定한 Choke feed의 條件을 만족하기 위해서는 自動制御되는 것이 바람직하다고 하고 있다. 즉 產物이 굵게 되는 경향이 있으므로 閉回路로서 運轉하는 것이 많아, 循環荷重이 과하게 걸리는 것 보다도 碎砂보다 큰 碎砂와 병행해서 생산하는 것이 유리한 경우도 있다.

2. 5. 振 動 Mill

最近 製砂를 目標로 Rod을 裝入할 連續振動 Mill이 開發되었다. 圓振動이 되도록 Spring으로 지탱된 粉碎筒內에 65~70% 정도의 Rod을 裝入하고 粉碎筒을 強力히 진동을 加하면 原料는 Rod 相互 및 Rod와 筒體內 周邊에 鍍부된 로스톨式 Liner 內壁과의 衝突, 마찰등에 의해서 粉碎된다. 筒內 Rod의 舉動은 그림-7에 나타난 대로 Rod mill에 比較해서 Rod의 落下에 의한 衝擊은 적으나 振動에 의한 衝突回數가 현격히 많으므로 短時間에 粉碎된다. 이 때문에 能力이 크고 產物의 粒形, 粒度는 양호하고 產物의 微粉分을 一部 제거하면 concrete用 骨材로서 碎砂를 얻을 수 있다.

製砂用 振動 Mill의 예로서 High technical mill(川崎重工業)을 그림-8에 나타내었다. 本機械는 1個의 粉碎筒 兩側에 두개의 同期로 된

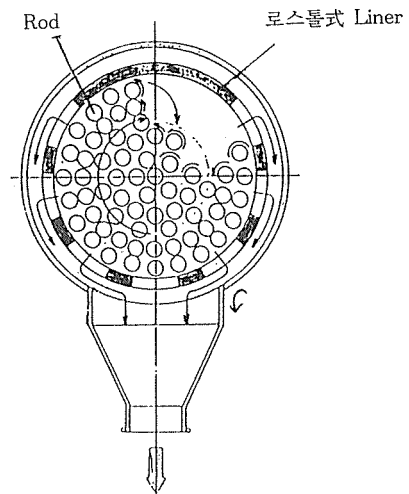


그림-7 筒內 Rod의 舉動圖

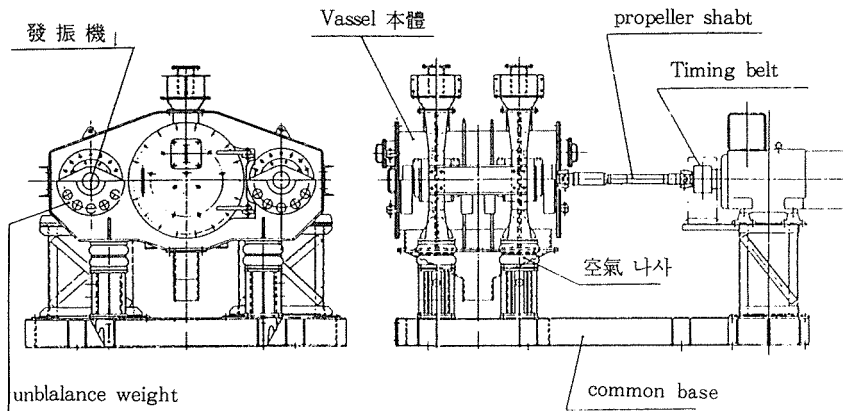


그림-8. High technical mill

加振機를 갖춘 強力한 振動에 의해 原料를 양호한 能率로 分쇄한다. 運轉은 自動制御된다.

Rod을 裝入한 振動 Mill은 Rod mill과 같이 粒度의 調整用으로도 사용된다. 예를 들어서 粒度補正機(코토부키技研工業)가 있다. 本機械는 防振고무로 지탱된 上下 2個의 粉碎筒을 그 中間에 啗부된 加振機로서 強力히 圓振動시키는 構造이다.

2. 6. Roller mill

1個 또는 複數의 Roller에 대해 水平面 上에서 回轉하는 table을 설치, Roller가 spring 또는 油壓으로 table을 누르면서 table이 回轉하고, Roller, table 間に 原料를 넣어 주로 壓縮과 마찰에 의해서 粉碎한다. 產物은 過粉碎 傾向으로 微分이 많고 粒形도 편석이면서 긴 것이 되기 쉽다고 하나, 最近 製砂를 目標로 Roller와 table 形을 특수한 것으로 하고 Roller壓, Mill內 通氣量 등의 調節에 의해서 碎砂를 만들어 내는 堅型 Roller mill이 開發되어 있다. 예로서 아시노센드에스 (日本 cement)가 있다.

Roller mill의 一種이나, 回轉에 의한 遠心力으로 Roller를 Blue ring에 누름과 同時에 Brow로서 原料를 올려서 Roller, Blue ring 사이에 넣어 粉碎하는 製砂用 遠心 Roller mill에 Rolling(大鐵工業)이 있다. 本機械의 구조를 그림-9에 나타내었다.

2. 7. Roll型 Crusher

Roll의 回轉에 의해서 原料를 넣어 破碎하는 간단한 구조로 消費動力도 비교적 적으며 가볍고 견고한 機械로서 小規模 生産이나 移動型 工事등에 광범위 하게 사용되고 있다.

평행으로 놓인 2個의 Roller를 서로 반대 방향 즉 原料를 넣은 方向으로 回轉시켜 Roller 사이에서 주로 壓縮에 의해 破碎를 하는 Double roll crusher가 많이 사용되고 있다.

Roll型 Crusher는 破碎比는 적고, 產物은 편석이면서 길고, 가늘면서 길게 되기 쉽고 거칠어서 粒度의 幅이 좁고 微粒이 적다고 하고 있으나 최근에는 Roll의 形狀이나 Roll 間격의 調節 등에 연구를 집중시켜, 製砂에도 사용되는 Double roll crusher가 있다. 예를 들어서 Roll breaker(前川工業所)가 사진-2에 나타내었다. 本機械는 특이한 고무 다이아 驅動方式을 採用하고 投入原料의 크기와 所望의 產物 粒度에 맞춰서 Roll의 種類를 最適인 것으로 선택하는 것이 특징으로 되어있다.

3. 製砂 System

製砂를 實現하기 위해서는 製砂機를 기본으로 하고, 이것에 Bin, Feeder, conveyor, screen, 分級機, 濁水處理設備, 集塵裝置, 制御機器 等에 따라서는 粒度를 調整하기 위해 機械나

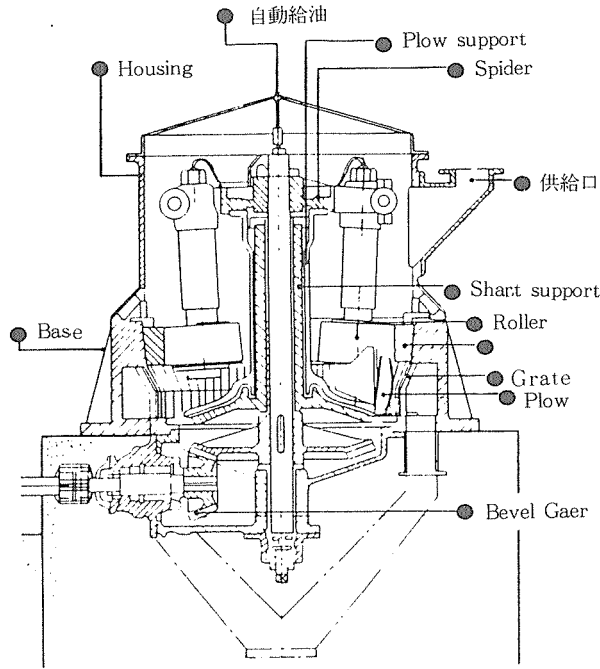


그림-9. Roll sand

原料의 含水量을 一定히 억제하기 위한 乾燥裝置 등 어떤 適切한 組合이 필요하며, 이들 各機器 裝置와 연계에 의해서 처음으로 碎砂가 生産된다. 또한 이같은 製砂 System은 투입되는 原料가 어떠한 것인가. 예를들어 原料는 製砂를 위해 原石山에서 採取되어 破碎시켜 만들고 있으며 또는 碎石 生産時의 잉여물, 폐기물 의 活用이 있으나 더욱이 이 System에서 生産된 碎砂는 concrete用 細骨材로서 요구한다든가 다른 모래와 混合用으로서 요구하는 가에 따라서 製砂 System이 다르다.

그래서 乾式, 濕式 어느것을 採用하는가 生産期間과 量, 電力, 물등의 條件, 氣象이나 環境, 豫算額, 機器의 설치나 運轉維持에 대한 技量 程度등의 諸條件도 포함해서 하면 System을 고려해야 할 것이 굳어져 간다.

일반적으로 고려해야할 製砂 System의 構成과 흐름을 예를 들어 나타내면 대략 그림-10과 같이 되어 있다.

最近에는 破碎機의 設計製作에 computer를

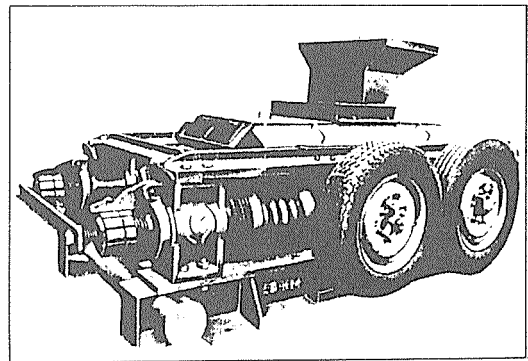


사진-2. Roll Greaker

活用해서 破碎室의 形狀이나 最適破碎條件등을 찾아내서 破碎비가 큰 機械나 能力, 効率이 높은 機械가 開發되어 있다. 또한 破碎機나 關連機器 運轉에 小型 computer를 使用해서, Feed量, 油壓, set量 등에 自動制御되는 System의 採用이 계속 증가하고 있다. Maker가 catalogue에 提示되어 있는 흐름과 自動制御의 예를 그림-11에 나타내었다.

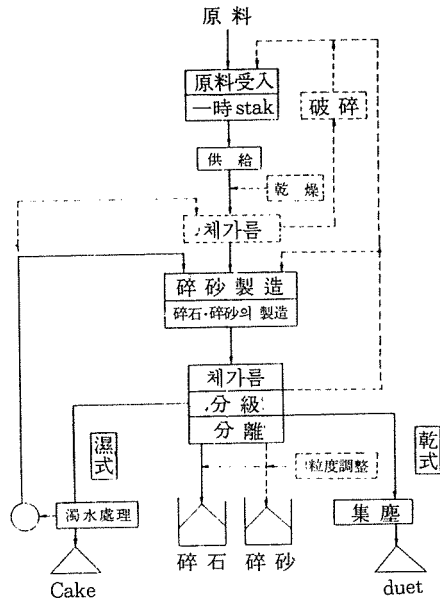


그림-10. 製砂 System, 構成과 흐름

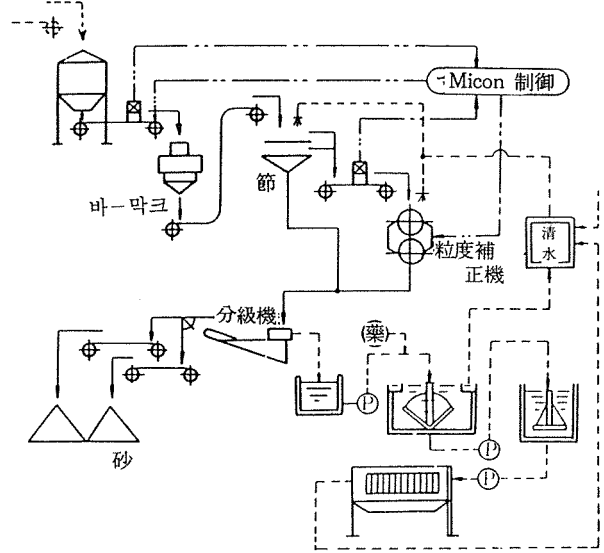


그림-11. 製砂 System 흐름과 自動制御 (코로부끼 技研工業)

4. 最近 製砂機 開發方向과 今後

첫머리에서 논한것과 같이 모래의 需給은 차차로 tight化되는 경향이며 그 解決手段의 큰 것의 하나로서 岩石破碎에 의한 製砂가 그 位置를 이어가는 것이 碎砂生産의 原動力이 되고 있다고 생각하고 있다.

예전부터 사용되어온 Rod mill은 現在에 있어서도 信賴되는 製砂機로서 광범위하게 사용되고 있으나, 時代가 진보되는 中에서 問題點으로 되는 것도 몇개를 안고 있다.

하나는 濕式 運轉으로 사용되어 왔기 때문에 排出 濁水가 있다. 製砂 System으로서 고려할 경우 碎砂 m 와 거의 같은 程度의 水量이 必要하다고 하며, 水源의 確保에 맞춰서, 對應하는 容量의 濁水處理 設備를 갖추고, 淨化해서 放流하거나 循環使用 하는 등 어떻게 해서든 대규모 對策이 강구되어야 한다. 濁水處理 對策은 自家用을 基本으로 하여 온 山間 Dam 建設이나 다른 大形 工事에서는 반드시 큰 負擔

이라고는 생각되지 않으나, 需要地 부근에 立地하는 一般 碎石工場등에 따라서는 확실히 難題의 하나라고 말할 수 있다.

두번째는 製砂設備에 대한 投資額이 큰 것이다. Rod mill은 무겁고 길며 大形의 機械이다. 예를들면 30 1/2級의 能力이 있는 Rod mill의 本體 무게는 35t 前後이며 이것에 約20t의 Rod가 裝入된다. 이것에 대해서 거의 같은 能力이 있다고 하는 Cage mill의 本體는 約8t으로, 부지의 Space, 基礎工, 付帶機器類까지를 포함한 設備費의 差는 無視할 수 없는 것이다.

세번째는 투입될 수 있는 原料의 크기가 20mm 前後인 것을 내세우는 경향도 있다. 이 때문에 윗 工程에서 原石을 數단계로 破碎 選別해서 적은 Size의 製砂用 原料를 제조해야하므로 非能率의이다. 가능하다면 보다 큰 Size 原料에서 一舉에 破碎로 製造되지 않는다는 것이다.

Rod mill은 이같은 문제점을 갖지 않도록 하는 것은, 大量의 濁水 排出이 아닌(少量의 排水로서 해결되는 方式 또는 乾式의 採用), 設

表-2. 最近 製砂機關發의 方向

開發 方向	內 容	効 果	主要한 對應 機種
길드려진 機械를 Bass로 開發	從來부터 骨材 生産에 사용되어 온 잘 길드려진 破碎機를 Bass로 製砂機에서 開發이 進行됨.	設計製作이나 運轉管理面에서 實績 經驗이 豊富하기 때문에 開發을 進行하기 쉽고 소비자도 採用하기 쉽다.	製砂用 衝擊型 Crusher 同 Cone Crusher 同 Roll型 Crusher 同 輕量化 Rod mill
他用途의 機械를 Bass로 開發	從來것과 다른用途, 例를들면 鑛山, 化學, 窯業 등에서 사용되어 온 粉碎機를 Bass로 製砂機로서 開發을 進行됨.	設計製作面에서 實績, 經驗이 豊富하기 때문에 開發을 進行하기 쉬움. 새로운 發想이 自由로 選擇한다.	製砂用 自生 Mill 同 振動 Mill 同 Roller Mill
新素材 採用	破碎機 摩耗가 현저한 部分에 耐摩耗性, 新素材 採用이 시작되었다.	耐摩耗性素材를 포함한 各種新素材 採用에 의해서 많은 可能性이 된다.	製砂用 Ceramics Cage mill
機械 設計製作에 Computer 活用	Computer를 活用해서 最適破碎條件을 찾아내서 破碎比의 크기, 能力, 效率를 높인 製砂機 開發이 進行되었다.	短期間 設計가 可能하고, 使用側에서 Feed back도 容易하게 된다. 從來 찾아내기가 困難했으나 最適破碎條件을 短時間에 찾을수가 있다.	製砂用 Cone crusher 其 他
自動制御에의 한 運轉System 開發	製砂機나 關連機器의 運轉이나 粒度管理에 小形 Computer를 사용해서 自動制御되는 System 開發이 進行되었다.	사람 손의 操作으로는 到達되지 않았던 領域에서의 制御가 可能하게 되고 生産性 向上과 生産管理이 容易化에 이어진다.	거의 製砂 System에서 採用되기는 처음이다.

備費가 低廉으로 해결된다(Compact로서 能力이 큰 製砂機의 採用), 보다 큰 原料에서도 一定의 碎砂가 生産된다(高破碎比形 製砂機의 採用), 이라고 하는 것이나 이들 條件이 적어도 한가지, 가능하면 두가지 이상이 Clear 되고, 더구나 產物의 粒形, 粒度나 運轉管理面에서도 Rod mill이 우수하다 하더라도 뒤떨어지지 않는 製砂機는 되지 않는 것인가. 이것이 새로운 製砂機를 開發하는 指標의 하나로 되어 있다.

最近 製砂機 開發方向을 정리한 것이 表-2에 있으나, 從來의 것이 아닌 전혀 새로운 破碎方法이 지금의 위치 정도는 아닐 것이다.

劃期的인 고안에 의한 새로운 製砂方法이 開發되지 않는 것인가 하는 願望은, 骨材生産에 어떠한 형태로서 관계하고 있는 者에 따라서 지극히 의미가 깊은 과제이다. 예를들면 油壓 機構와 computer 制御와를 정교히 組合시켜

사람이 입에서 음식을 씹는 것과 같이, 製砂에 취해서 가장 바람직한 壓縮, 衝擊, 마찰 運動을, 原料에 적절히 加해서 粉碎하는 理想的인 製砂機는 되지않는 것인가 혹은 電磁波, 音波, 爆藥, 膨脹劑 등을 利用한 粉碎를 經濟的으로 實現되지 않는 것인가, 原子力으로는 어떨까……등 꿈은 많으나, 여기에서 骨材는 cement 등과 공히 土木, 建築工事に 소홀히 해서는 안되는 主要資材임에도 불구하고 다른 類例를 볼 수 없을 정도로 廉價인 材料라고 하는 現實을 잊어서는 되지 않을 것이다.

製砂機 今後를 생각한 결과에서도 現在 製砂機 開發方向을 나타내는 충실한 延長線上에서 만은 큰 成果가 오기를 기다리고 있을지도 모른다.

5. 끝으로

以上 製砂機에 대해서 논했으나, 여기에 한 마디 부가해서 끝내고 싶다.

그것은 어떠한 製砂機에서 製造된 碎砂도 天然砂와는 다른 性質이 있다는 것이다. 그 큰 相違點은 破碎되어 모난 粒形임과 동시에 微粉을 함유한 것 및 機械에서 만들어진 粒度를 갖고 있는 것이다. 이들의 粒形, 粒度나 微粉은

concrete 性質이나 施工性에 큰 영향을 준다.

또한 骨材로서의 評價는, 要는 그것을 사용해서 만든 concrete가 나타내는 強度, 耐久性, 기타 性質에 따라서 되어지는 것이므로, 이것들을 충분히 理解한 製砂機의 選定, 製砂 system 採用이 重要하다고 생각한다.

骨材를 生産하는 側의 理由를 우선해서 採用한 方式下에 生産된 碎砂가 使用側에 받아 들여질 수 있는 것이어야 한다. *

用語解説

■ 프래시 콘크리트(fresh concrete)

콘크리트 1m³속에 모래, 자갈, 부순돌 등 골재는 70% 이상의 용적(容積)을 차지하고 있다.

이들 입상(粒狀)의 천연석을 시멘트와 물의 혼합물 “시멘트 풀(Cement paste)”로 굳힌 것이 콘크리트이다. 페이스트(풀)의 유동성을 늘리기 위해 미세한 수많은 공기포(空氣泡)도 함께 40ℓ쯤 혼입시키고 있다. 믹서로 혼합해서 운반하고, 거푸집 속에 콘크리트를 타설해서 철근사이나 거푸집 구석구석까지 고루 퍼져들어가도록 진동다지기를 한다.

이때 콘크리트는 물을수록 좋다. 그러나 너무 묽어 물처럼 흘러들어가면 각 재료가 분리되어 자갈만 남게되고 또 물이 지나치게 많은 부분 등, 구조물의 콘크리트는 각 부분에서 품질이 크게 달라지게 된다. 묽다는 것과 분리하지 않는다는 것과는 서로 모순되는 성질이므로 이의 균형은 상당히 어렵다.

이들의 잘 반죽된 균형된 성질을 워커빌리티(workability)라고 한다. 워커블(workable)한 콘크리트를 만드는 것이 배합의 요체가 된다. 콘크리트 펌프로 타설하는 콘크리트에는 그에 적합한 워커빌리티가 있으며 또 한편 볼도저나 종업원이 그 위에서 작업이 가능하도록 정도가 높게 비벼진 댐 건설용 콘크리트에는 그 시공방법에 합당한 워커빌리티가 있다.