

그로리 홀 採掘法에 關하여

忠北시멘트工業株式會社堤川工場
工場長

金 鳳 彬

1. 概 說

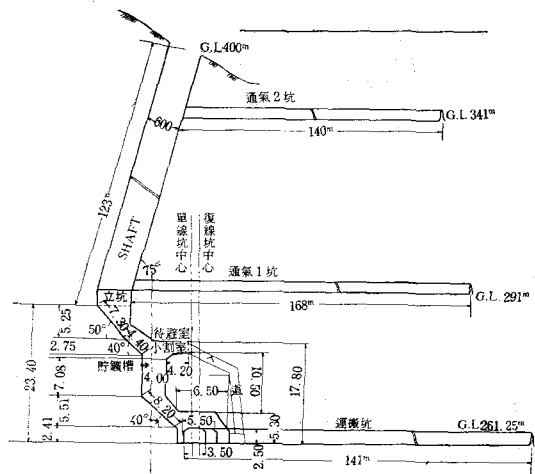
”그로리 홀“ 採掘法은 既히 우리나라에 있어서도 새롭고 낯 서른 方法이 아니고 몇몇 시멘트 製造用 石灰石 鑛山에서 採用하고 있다

먼저 우리나라 ”그로리 홀“ 採掘의 歷史를 살펴 보면 日帝治下인 1934년에 小野田시멘트製造株式會社가 平壤工場에서 이 方法을 採用하였다고 傳해지고 있다, 採用動機는 石灰石 鑛床中에 두께 40m의 Dolomite 層이 있어서 이것을 避하여 그 後便에 있는 石灰石을 採掘하는데 그 目的이 있었다고 한다

採用動機로 볼때에 그 當時의 ”그로리 홀“ 은 오늘날의 規模와 같은 大規模의 것아 아니고 極히 幼稚한 狀態였으리라고 生覺되는바 그 後 glory hole 法은 아무런 發展과 普及없이 最近에 이르렀다 이 方法이 우리나라에 導入된 後 크게 發展 普及되지 못한 原因을 考察하여 볼때 8.15 解放을 前後하여 韓國의 시멘트製造工業이 數의으로나 量的으로 小規模로서 石灰石 鑛山을 大的으로 開發할 餘地가 없었다. 그러든 중 第一 및 第二 經濟開發 5個年計劃의 推進으로 大規模의 洋灰工場의 新設 또는 增設에 따라 Glory hole 採掘法이 새로 導入을 보게 되었다 1963年 韓一시멘트 丹陽工場에서 그리고 1967年 忠北시멘트 堤川工場에서 이 方法을 採用하였으며 現在 雙龍洋灰 東海工場에서도 採用하여 至今까지의 國內 Glory hole 基數는 10基内外를 算하게 되었다. 以上에서 記述한 바와 같이 Gtory hole 採掘法이 처음 導入

된 것은 1934年이나 이 方法에 依한 本格的인 採掘은 1963年 以後이며 時間上으로 보나 開發基數로 보아서도 韓國에 있어서 Glory hole 採掘은 黎明期를 지나섰다고 보아야 하겠다. 弊工場 石灰石 鑛山의 Glory hole의 設計圖를 紹介하면 아래와 같다.

그림 1. 第2號 “그로리 홀” 단면도 $\frac{1}{500}$



2. “그로리 홀” 採掘과 地形鑛床의 크기 및 賦存狀態

2.1 地形과의 關係

“그로리 홀” 採掘은 特히 險峻하고 높은 山嶽地形에는 다른 어떤 採掘方法보다도 有利한 方法이라고 할수 있다. 山이 낮고 丘陵地帶에서도 採用

할수는 있으나 “그로리 홀” 基當可採량이 적으며 따라서 可採量 屯當 償却費가 높아지는 缺點이 있음으로 適合한 方法이라 할수 없다. 그림 (2, 3)

그림 2



그림 3

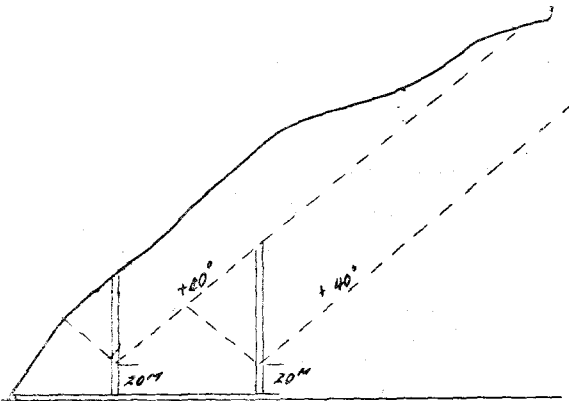


그림 2와 같은 地形은 그로리 홀 採掘에 適合한 地形이나 더욱 理想인 것은 그림 3과 같이 獨立된 山이 過히 높이지 않으며 山全體가 採掘目的 鑛物일때 입니다 이런 地形에서는 殘鑛이 많 이 남지 않고 作業面의 길이도 짧음으로 保安上 有利합니다 그림 3

그림 4

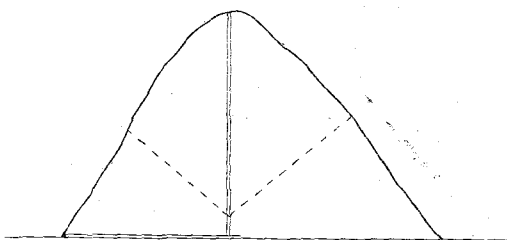


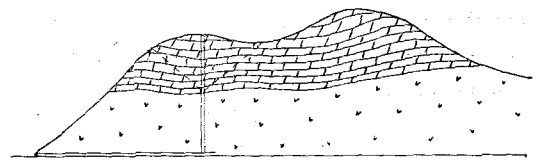
그림 4

2.2 鑛床의 크기 및 賦存狀態와의 關係

鑛床의 크기 및 賦存狀態는 “그로리 홀” 採掘뿐만 아니라 어떠한 採掘法과도 重大한 關係가 있

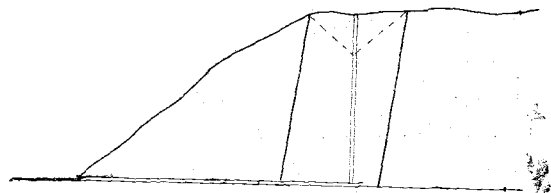
는 것은 周知의 事實이다, 鑛床의 크기와 賦存狀態 如何에 따라서 技術的으로 “그로리 홀” 採掘이 不可能하든가 아니면 運搬坑 堅坑 附屬坑道の 掘進長에 比하여 “그로리 홀” 基當 可採量過少로 可採量 屯當 償却費가 增大하게 되어 다른 採掘法을 採用하여야 할것이다 反對로 地形條件과 鑛床의 크기 및 賦存狀態를 結付하여 보아 “그로리 홀” 法이 아니면 採掘이 困難한 境遇도 있으므로 地形 및 鑛床賦存狀態와 “그로리 홀” 採掘과의 關係를 다음과 같이 圖示로 略述하고자 한다.

그림 5



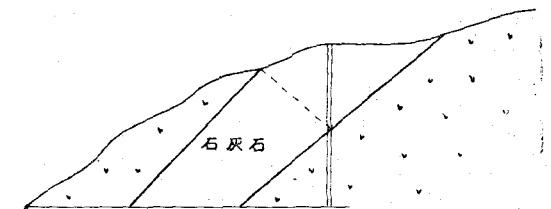
山의 頂上部에 鑛床이 薄層으로 덮혀 있을때 坑道掘進長은 많아지는 反面 可採鑛量은 적음으로 “그로리 홀” 採掘은 適合치 않다

그림 6



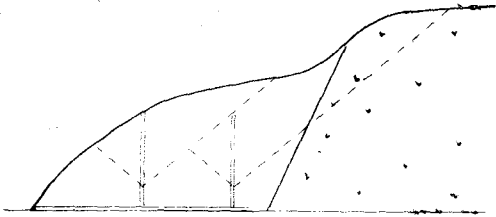
鑛床 두께(厚)가 過히 크지 않으며 急傾斜로 높은 山의 中腹에 賦存되어 있을때는 堅坑 길이는 大端히 길어짐에도 不拘하고 可採鑛量은 적으며 殘壁의 높이와 安息角 때문에 어느 限度 以上의 採掘은 不可能하다.

그림 7



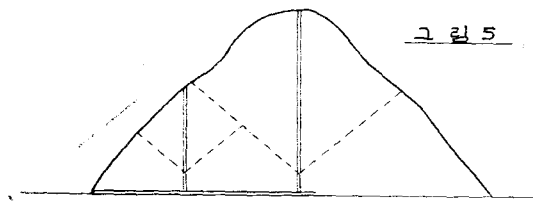
層厚가 比較的 크고 緩傾斜로 山中腹에 賦存할때는 그림 6과 類似한 境遇이나 可採量은 6에 比하여 많으며 다른 採掘方法보다는 "그로리 홀" 採掘法이 有利할 것입니다

그림 8



鑛床이 山麓부터 山中腹에 걸쳐 賦存되어 있는 境遇이며 運搬坑 및 豎坑의 長이가 짧으 면서도 많은 可採鑛量을 얻을수 있는 狀態이나 鑛體의 傾斜 緩急에 따라서 採掘殘壁의 影響을 받는다.

그림 9



山麓에서 山頂까지 山全體가 採掘目的 鑛物로 되어 있는 가장 理想的인 狀態라 하겠다 山麓에서 始作하여 山頂 까지 많은 Glory hole을 開發 할수 있으며 基當 可採量을 豎坑의 長이 如何에 따라서 任意로 定할 수도 있다.

3 開 坑

3.1 開坑의 重要性

어떤 方法의 採掘法을 採擇함에 있어서도 一旦 採掘準備가 完了되면 中途에서 不合理한 點이 發見되더라도 即時 이것을 改善하든가 當初의 計劃을 變更한다는 것은 不可能하던가 아주 困難할 것이다. 開坑前의 計劃의 缺陷으로 實際 採掘時 作業能率이 低下됨과 同時에 原價上昇을 招來하게 될것이다. 地形鑛床의 賦存狀態 鑛石의 性質 表土와 夾在物 天候等 여러가지 條件이 作業과 能率面에 絶對的인 影響을 줌으로 開坑前에 充分한 資料를 蒐集하고 分析檢討한 結果에 根據하여 各

鑛山마다 諸與件에 맞는 計劃을 세워야 할것이다.

3.2 Glory hole 位置의 選定

Glory hole 位置選定에는 다음과 같은 點에 重點을 두어야 한다.

- 1) 1基의 "그로리 홀"로서 最大의 可採量을 確保할수 있을것
- 2) 全體鑛床에 對한 可採率이 높을것
- 3) 夾在物 또는 低質帶가 包含되지 말것
- 4) 表土量이 적으며 剝土가 容易할것

上記한 4個條件에 合當한 位置를 選定하려면 測量 表土調査 品位調査等이 先行하여야 함은 勿論 野外와 圖面上으로 地形을 完全히 把握하는 것이 極히 必要하다. Glory hole 基當 可採量을 많이 잡는 것은 屯當 償却費를 低下시키는데 目的이 있으며 Glory hole 基數를 많이 開發하면 終局的으로 全體鑛體에 對하여 可採率은 높아지나 屯當 償却費가 上昇하는 缺點이 있다. 모든 坑道에 對하여 同一하지만 特히 豎坑 破石室 貯鑛槽等의 位置는 破碎帶나 出水帶를 避하여야 한다. 이것은 坑道掘進에 앞서 地表調査로서는 判斷하기 困難한 問題들이며 施工中이라도 不得已하면 位置의 變更을 하는 것이 後日을 爲하여 安全할 것이다. 夾在物로서는 Dolomite 나 Dyke를 들수 있으나 "그로리 홀" 候補地를 徹底히 剝土하고 表土調査를 細密히 할 必要가 있다. 夾在物層의 走向 褶曲 傾斜等을 仔細히 把握하여 "그로리 홀" 位置를 選定한다는 것은 重要하다. 더욱이 Dolomite 層은 風化浸蝕이 石灰石 보다 容易하여 表土上에 突出한 岩石 만을 調査한다는 表土에 묻힌 Dolomite 層을 發見치 못하여 失敗하는 수가 있다. 위의 表土調査와 併行하여 基盤目 같은 試錐를 實施하여 地下의 地質 岩石의 品質 空洞 出水帶 및 岩石의 脆弱地帶等을 미리 알어서 "그로리 홀" 設計에 臨해야 한다.

3.3 豎坑의 間隔

豎坑間의 距離가 가까우면 가까울수록 鑛體에 對한 可採率이 높은 長點도 있으나 可採量 屯當 建設費가 많아지고 反面 距離가 멀면 基當 可採量은 增加하나 殘鑛量이 많아진다. 間隔의 選定은 地形 鑛量 鑛床의 形態 其他 條件에 따라서 다르며 外國의 例로서 日本은 40m~70가 普偏이라고한다. 當 忠北시멘트工場의 境遇는 豎坑의 높이가 大端히 높음으로 基當 可採量을 增大할 目的으로 90~100m로 하고 있다.

3.4 豎坑의 높이 크기 傾斜

“그로리 홀”의 높이 크기 傾斜는 地形鑛床의 模樣 岩質 夾在되어 있는 粘土層等에 따라서 一律의인 基準을 定할 수는 없고 鑛山마다의 上記 與件에 依하여 決定지어져야할 問題이다. 當鑛山의 Shaft의 直徑이 6m 이고 거리가 大體로 100m 以上 이다. 豎坑의 傾斜는 垂直坑이 理想的이나 掘進作業이 어려우며 掘進費가 많은 點을 考慮하여 70度 以上이면 別支障이 없다고 생각한다.

4. 採 掘

“그로리 홀” 採掘法이 傾斜面採掘法과 다른 點은 積載하는 것과 作業面이 全體的으로 보아 그 模樣이 깔대기(funnel)型이란 것 뿐이다. 다시 말하여 一種의 變型된 傾斜面 採掘法이라 할 수 있을 것이다.

4.1 作業面(Working face)의 傾斜

通常的으로 作業面の 傾斜가 40度程度면 좋다고 하나 이것은 大塊 및 中塊에 限한 것이며 粘土와 小塊는 잘 흐르지 않고 바닥에 堆積하게 된다. 特히 濕粘土는 每發破마다 小塊와 함께 層을 이루며 堆積되고 그위를 發破한 岩石이 흐르며 다져서 全斜面을 粘土와 小塊로 完全히 포장한 狀態로서 甚하면 그 높이가 1m 內外가된 事實이 있다. 이와 같이 하여 採掘이 斜面最上部에 이르고 다시 斜面最下部(豎坑部分)에서 採掘을 始作할 때 穿孔하기 위하여 이 堆積物을 除去하여야 하며 다시 傾斜가 緩漫하면 이와 같은 現象의 惡循環을 繼續하게 된다. 萬若 이런 狀態下에서 暴雨가 내리면 斜面에 堆積되었던 粘土가 雨水와 함께 一時에 豎坑에 流入하여 豎坑이 막히고 雨水가 고여서 못(池)이 되어 버리는 結果를 招來하던가 아니면 運搬坑에 까지 흘러내려 全運搬坑道가 完全히 진흙바다가 되어버린다. 이러한 現象은 大端히 危險할 뿐만 아니라 尻 處理를 爲하여 數日間式 作業을 中止하게 된다. 이와 같은 現狀은 “그로리 홀” 採掘의 큰 缺點中の 하나이며 完全히 除去할 수는 없으나 最少限으로 줄이기 爲하여서는 作業面の 傾斜를 40度보다 多少 急하게 하여 粘土의 堆積을 可及的 防止하여야 한다. 作業面の 傾斜度는 作業 및 保安上으로 不可避的으로 限界가 있으나 42~43°까지는 無妨하다고 본다.

4.2 階段의 數

“그로리 홀” 採掘에서 階段數는 一段 또는 數段으로 할 수 있다. 階段이 많을수록 作業面 全體의 傾斜는 急하여지고 一段이면 발판(斜面) 傾斜와 同一하게 된다. 階段이 많으면 落石과 崩壞의 危險이 增加함은 勿論 上段에서 發破한 岩石이 下段 발판위에 걸리는 例가 많으며 이것을 다시 除去하여야 한다. 特別한 事由가 없는 限 作業上 또는 保安上 1個階段으로 하는 것이 有利하다.

4.3 穿 孔

“그로리 홀” 採掘에 있어 大型鑿岩機에 依한 長孔 穿孔은 不可能하며 主로 Hand hammer(Sinker)로서 할 수 밖에 없음으로 熟練된 많은 鑿岩夫가 必要하며 恒常 危險이 따른다. 最近에는 Bencher를 開發하여 Hand hammer의 2배의 能率을 올린 例가 있으나 機械重量(鑿岩機를 除外한 Anchar Guide Shell의 重量이 40kg 以上)이 너무 무거워서 鑿岩夫 1人으로서는 다룰 수 없으며 “그로리 홀” 採掘처럼 危險한 作業場에서는 保安上 適合하다고 할 수는 없으나 한번 試用해 볼만 하다고 생각한다. 弊工場 石灰石鑛山에서는 古河製 重量 22kg 空氣消費量 2.8m³/min의 Jack hammer를 使用하고 있으며 鑿岩夫 工當 穿孔長은 平均 25~26m 이다. 使用 Bit는 Sweden 製의 一文字 Bit로서 Bit 個當 總穿孔長은 450~500m이며 石灰石 採掘量으로는 1500~2000屯 程度이다. 穿孔方法에는 下向 및 上向 穿孔法이 있으며 上向 穿孔은 岩粉除去가 잘되어 穿孔能率은 良好하나 發破時 大塊가 多量 發生하여 二次發破量이 많아지고 착암夫가 恒常 階段下部에 穿孔作業을 하게 됨으로 崩壞와 落石等의 危險에 直面되어 保安上으로도 좋은 方法이라 할 수 없다. 따라서 下向 穿孔을 하는 것이 有利 하다고 生覺 한다.

4.4 發 破

發破孔의 設計와 配列은 鑛山에 따라서 다를 것이며 使用하는 爆藥은 價格이 低廉하여 AN-FO를 使用하는 것이 一般의이며 AN-FO를 起爆시키기 爲하여 雷管外에 硝安 또는 Gelotin 爆藥을 利用하고 있다 雷管은 工雷 電雷 이느것이나 使用할 수 있으나 M.S 電氣雷管을 使用하면 大塊 發生率이 적어서 二次發破量이 減少하고 作業能率은 向上 되리라고 본다 저의 鑛山 “그로리 홀”의 發破孔의 規格은 아래와 같으며 孔配列은 2또는 3列 이다.

孔徑d : 38mm

抵抗線W : 1.0m

空間距離S : 1.5m

孔深 ND : 4m

裝藥은 孔當 AN—FO 1150g 제라정 다이아마이드, 56g 計 1206g으로써 石灰石 屯當 爆藥使用量은 約80g, 穿孔m當 石灰石 生産量은 3.5—4屯 程度가 된다.

4.5 破石(小割作業.)

破石室의 破石作業은 採掘(一次發破)에 못지않게 重要한 일이며 破石室 上部豎坑內에 아무리 많은 鑛石이 들어 있어도 破石處理가 계때에 잘 進行되지 않으면 Crusher 에의 供給이 頻繁히 中斷된다 破石室에서의 二次發破量은 一次發破規格과 鑛石의 性質 龜裂 및 크랏샤의 給鑛size에 在右된다 一次發破로서 完全히 給鑛規格에 맞도록 할 수는 없으며 破石室에서의 二次發破를 免할 수는 없으나 大塊가 最少限으로 發生토록 一次發破를 施行함과 아울러 크랏샤를 大型化하여 給鑛size를 크게 함으로써 二次發破量을 減少시켜 破石室의 作業能率向上을 圖謀하여야 할 것이다

한편 現在까지 는 通常의 破石作業은 人力에 依한 人力 破石과 二次發破로 하고 있으며 人力에는 限界가 있어서 長時間의 作業이 繼續되면 破石夫가 疲勞하여 自然히 二次發破에 依存하는 傾向이 많다 發破量이 많아짐으로써 火藥費의 上昇은 勿論이거니와 發破準備時間 裝備待避時間 發破 Gas 排氣時間 等 遊休時間이 많아져 能率低下를 招來한다 現在까지의 破石作業方法은 上記한 바와 같으나 새로운 方法의 研究開發이 切實히 要望된다 前述한 方法을 止揚하고 새로운 破石 裝備 即壓縮空氣로 作業하는 air hammer 같은 것을 利用한다면 火藥費의 節減과 同時에 能率도 向上될 것이며 保安衛生面에 있어서도 作業夫들의 穿孔으로 인한 騒音 發破에서의 危險 有害한 發破 Gas 等の 危害에서 保護할 수 있을 것으로 생각한다.

4.6 그로리 홀 1基當 日生産能力

"그로리 홀"에 있어서 採掘量은 作業面の 길이

와 稼動可能 鑿岩機 臺數에 따르지만 設置한 크랏샤의 Feeding size 에 左右 된다고 하겠다 露天에서 採掘한後 坑內破石室에서 다시 Feeding size 로 破石하여야 함으로 破石하여 貯鑛槽에서 引出한 量을 生産量으로 計算하는 것이 妥當하며 크랏샤의 給鑛規格이 充分히 큰것이 理想的 이다 一次 二次 크랏샤를 設置하여 1000mm 程度의 鑛石을 給鑛 할수 있다면 坑內破石作業은 거의 없을 것이며 露天採掘全量을 生産量으로 보아도 無妨하다고 生覽 한다 給鑛規格 500mm 일때 "그로리 홀" 1基當 生産能力은 8時間에 600—700屯 程度이며 所定量 供給計劃 立案時에 上記한 事項들을 十分考慮하여야 할 것이다

5. 結 言

以上으로 "그로리 홀" 採掘에 對하여 略述하였으나 이 方法이 傾斜面採掘이나 階段式 採掘과 比較할때 단의으로 좋다 나쁘다고 말 할수는 없다고 生覺한다 鑛山마다 地形 鑛床의 크기와 賦存狀態 其他 與件이 各各 相異함으로 與件에 符合하여 能率의 이고 經濟的이고 安全한 方法이 最善의 採掘法이 될것이다 그러나 先進國家들에 있어서는 傾斜面 採掘 또는 "그로리 홀" 採掘보다 階段式 採掘이 많이 採用되고 發展되어 있다 先進國에서 階段式 採掘을 많이 採用하게된 動機는 保安面에서 安全하다는 重要한 點도 있겠지만 첫째로 機械工業의 發達로 穿孔 積載 運搬等 諸裝備의 大型化와 勞動力의 高價의 基因한다고 生覺한다 우리나라 露天採掘의 傾向을 살펴볼때 亦是 先進國에서 過去 길이온 발자취를 그대로 踏襲하고 있다고 보아야 하겠다 一段階비약하여 當場 先進國家와 比肩한다는 것은 鑛山技術者들의 힘만으로는 不可能하며 關係産業인 機械工業의 發히展에 先行하여야 한다고 生覺한다 바라건대 하루속 國에內서도 鑛山用 裝備가 生産되어 必要할 때 必要로 하는 機材를 購入할수 있게되기를 바라는 마음 간절하다.