

大口徑 長孔發破法에 關한 小考

雙龍洋灰工業株式會社
東海工場採礦課

課長代理 金 成 範

1. 序 言	4-1. 爆 藥
2. 採掘裝備	4-2. 火 工 品
3. 穿孔規格	4-3. 裝 填
4. 裝填 및 發破	5. 結 言

1. 序 言

우리나라의 石灰石 鑛業은 주로 시멘트製造業에 依하여 發達되어 왔다.

'60年代에 와서 洋灰工業의 急成長發展은 鎭체 상태下에서 小規模 原始的 採掘方法으로 겨우 命脈을 維持하여 온 石灰石 鑛業에도 새로운 活力素를 불어 넣어 大々의 作業方法의 改善 및 作業場의 擴大 整備를 斷行하여 從來의 亂掘狀態의 採礦에서 漸次로 그로리·홀(Glory-Hole) 傾斜面 採掘 및 階段式 採掘法을 各個作業場의 生産規模 및 立地的 條件을 감안 採擇하여 計劃 採掘을 施行할 수 있게 되었다.

그러나 小型鑿岩機를 前提로 한 이들 採掘法은 作業場의 條件에 따라 生産規模의 擴大 또는 作業能率面에서 制約을 받게 되는 境遇가 있어 계속 增大하는 시멘트 工場의 生産規模에 對備하여서 새로운 採掘方法을 모색하여야 될 줄로 안다.

이러한 作業方法 改善의 한 浬법으로서 이미 國內 몇개의 石灰石 鑛산에서 採擇하고 있는 大

口徑 長孔發破法에 關하여 特히 獨逸의 石灰石 鑛산을 中心으로 살펴보고자 한다.

〈表 1〉 發破法 比較(wülfrath 鑛산에)

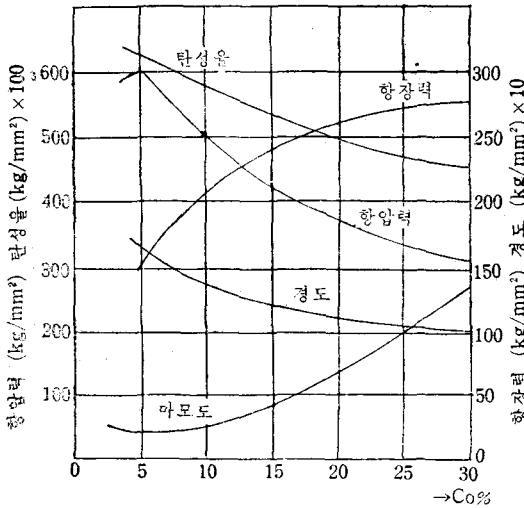
事 項	發破法 單 位	大口徑 長孔發破法		
		小 型 發破法	坑 道 發破法	大口徑 發破法
1. 工 當 時 間 當 能 率	t/h	12	32.3	35
2. 屯 當 爆 藥 消 費 量	g/t	71	91.7	82
3. 屯 當 採 掘 原 價	pf/t	40.23	26.32	32.30
4. 積 載 時 間 에 對 한 積 載 裝 容 에 對 한 比	%	10	14	4
5. 100萬屯當災害率	2	4.7	2.4	1.8

大口徑長孔發破法の 利點은 穿孔 및 運搬能率의 向上, 採掘 cost 절감 및 作業의 安全등을 列舉할 수 있으나 採掘 Cost의 절감에 對하여서는 特히 重裝備의 發達보급을 前提로 한 것이므로 現時點에서 우리 나라에서 이 方法의 採擇은 좀 더 慎重한 多角的 考察이 있어야 할 것으로 안다.

2. 採掘裝備

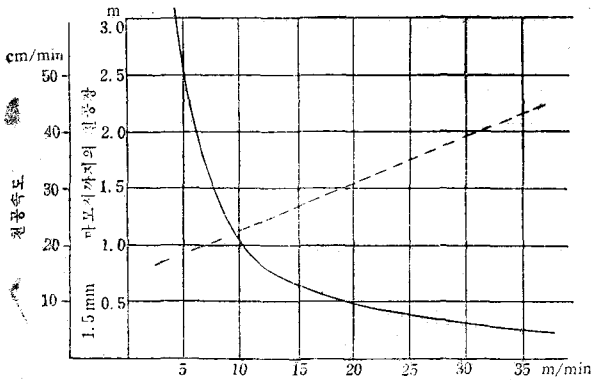
Bit의 材質 및 形狀은 岩石의 性質 및 地層構造에 크게 영향을 받는다. 그러나 石灰石 鑛산

에서는 岩石의 硬度가 길고, 또 地層構造 역시 Crack 發達의 程度의 差異는 있으나 모든 條件이 大略 一定하다고 볼 수 있다. Bit는 WC-Co 超硬合金을 使用하는데 이때 Co의 含量은 6~12%의 範圍로 하는 것이 適當하다.



《그림 1》 WIDIA 合金(WC-Co)의 物理的 性質

Bit의 穿孔速度는 切削速度(回轉數) 및 thrust에 比例하는데 Bit의 마모성 역시 切削速度에 比例하므로 適定 穿孔速度의 決定에는 이들 要素를 充分히 考慮하여야 한다.



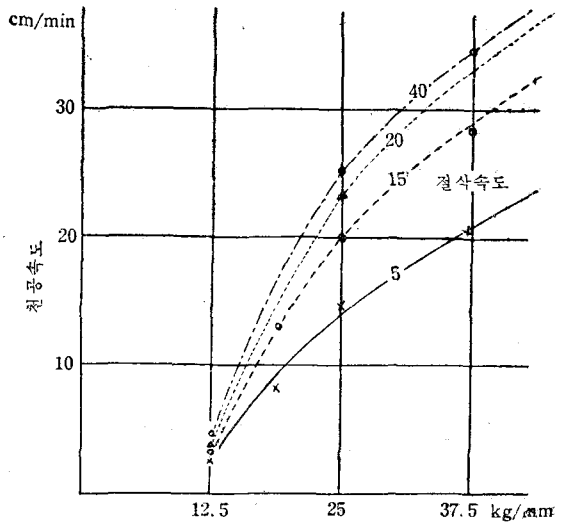
《그림 2》 穿孔速度와 切削速度 및 切削速度 마모도의 關係

※ thrust는 Bit의 壓入厚를 決定하는 要素가 되므로 thrust의 增加에 따라 壓入厚도 增大하

여 穿孔速度가 增大된다.

그러나 thrust가 回轉力에 比하여 너무 過度한 境遇에 壓入厚에 依한 岩石의 저항이 回轉力을 증가하게 되면 오히려 穿孔能率의 저하 또는 穿孔이 不可能의 狀態를 惹起하게 된다.

Borschel氏가 Ruhsand stone에 施行한 thrust 切削速度 및 穿孔速度의 關係는 《그림 3》과 같다.



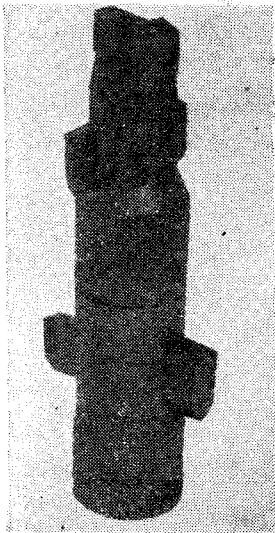
《그림 3》 穿孔速度와 Thrust 關係

經驗에 依한 岩石種別 適定 切削速度는 大略 《表 2》와 같다.

《表 2》 岩種別適定切削速度

岩	種	切 削 速 度(m/min)
石	炭	100~300
암	염	50~100
堆積中硬岩		50~100
堆積硬岩		5~50
火成岩		3~50

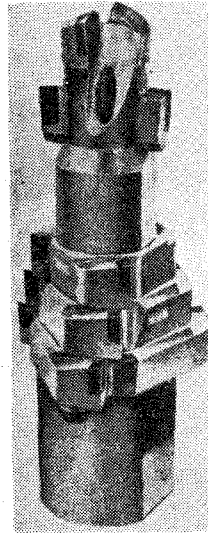
Bit의 形狀은 Bladed Bit, Stepped Bit 및 Eccentric Bit의 三種으로 分類할 수 있는데 石灰石 광산에서는 Crack의 程度에 따라 Stepped Bit 또는 Stepped Bit와 Bladed Bit의 結合形이 主로 使用된다.



3-Bladed Bit



Stepped Bit



Stepped Bladed Bit 결합형



Eccentric Bit

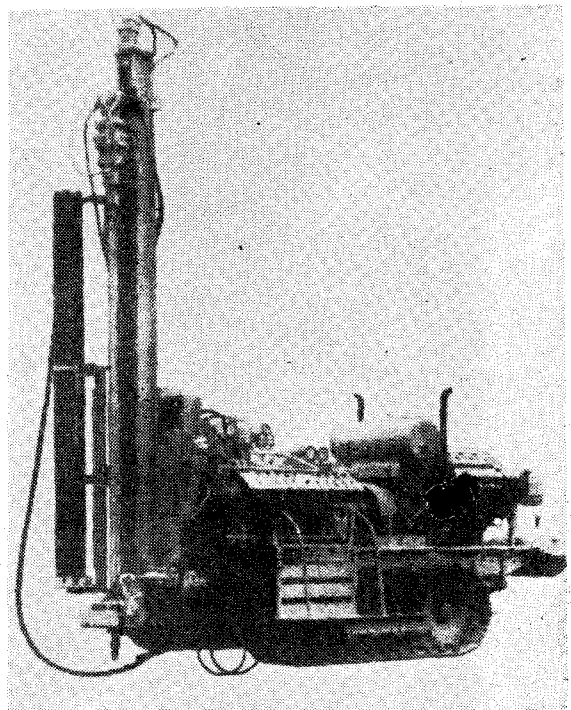
<그림 4> Bit의 종류

지층구조	단단	중간	질약
저속	FORM GDE	FORM GDM	FORM GDN → GDO
Crack	FORM GDM	FORM GDM → GDN	FORM GDO

<그림 5> 岩質에 따른 Bit의 選擇

즉 Crack이 發達된 地層에서는 Bladed-Bit와 Stepped-Bit의 結合形을 使用하고 그 外에는 대개 Bladed Bit를 使用한다. 이들 Bit는 <그림 4>에서 보는 바와 같이 先後의 Bit의 Cutting edge 半徑이 달라서 先端의 Bit gage는 40 mmφ 以內로 穿孔을 効果的으로 進行할 수 있으며 (穿孔 速度는 Bit gage의 자승에 反比例한다) 特히 各部分은 分解할 수 있는 組立式 構造로서 部分品 交換이 容易하다.

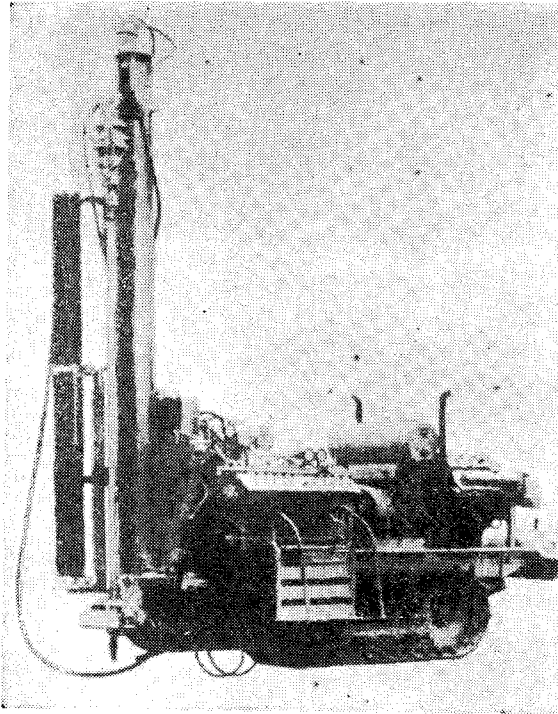
(穿孔機는 回轉)穿孔式 自走式으로 自體內에 Compressor를 設備하여 作業場內 任意의 場所에 自由로이 移動, 穿孔可能한 構造를 가져야 하



WIRTH HS. 51

<그림 6-1> 大型穿孔機

며 特히 Cyclone을 設備하여 穿孔時 排出岩粉을 集粉하여 分析, 各個孔의 平均品位를 每發破



Hausherr HBM/12/HY

〈그림 6-2〉 大型穿孔機

時마다 發破前에 미리 確認할 수 있도록 하면 選擇採掘에 有利하다.

Rod의 길이는 可能한 限 長大化하여 (6~12m) Rod의 操作時間을 短縮하는 方案도 모색하여야 한다.

3. 穿孔規格

Bench 高, 即 孔深은 運搬 Cost 및 作業安全度에 따라 左右된다.

韓國에서와 같이 原石 運搬이 主로 高地에서 低地로 行하여지는 境遇에는 運礦路 句配를 考慮하여 Bench를 높게 하는 것이 좋으나 Bench 高에 따른 孔深의 增加는 穿孔能率面에서 逆調로 나타내고 또 높은 岩壁 밑에서 積載 및 整理(特히 段面整理)時 作業員 및 裝備에 對한 위험 및 損傷이 크므로 過度한 높이는 피하는 것이 좋다 (獨逸의 各 광산에서 10~15 m를 採擇하는 것이 通例이나 韓國에서는 地形의 特性을 利用하여 Bench 高를 높이는 方向을 모색해 볼 必要가 있을 줄 안다).

〈表 3〉 Bench 高에 따른 採礦 Cost 比較 (Wülfrath 광산예)

Bench 高	採掘費	積載費	運 搬 費			計		
			上 向 運	下 向 搬 運	上 向 搬 運	下 向 搬 運	上 向 搬 運	
10	31.0	13.2	33.6	21.6	77.8	65.8		
20	32.3	13.2	30.6	24.6	76.1	70.1		
30	32.2	13.4	27.7	27.7	73.3	73.3		
40	32.2	13.4	24.7	30.7	70.3	76.3		
50	32.6	13.4	21.7	33.7	67.7	79.7		
60	33.4	13.4	18.7	36.7	65.5	83.5		

〈表 4〉 Bench 高에 따른 災害比較 (Wülfrath 光 山例)

Bench 高	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
	100萬屯當 災害件數	1.56		1.63	2.31

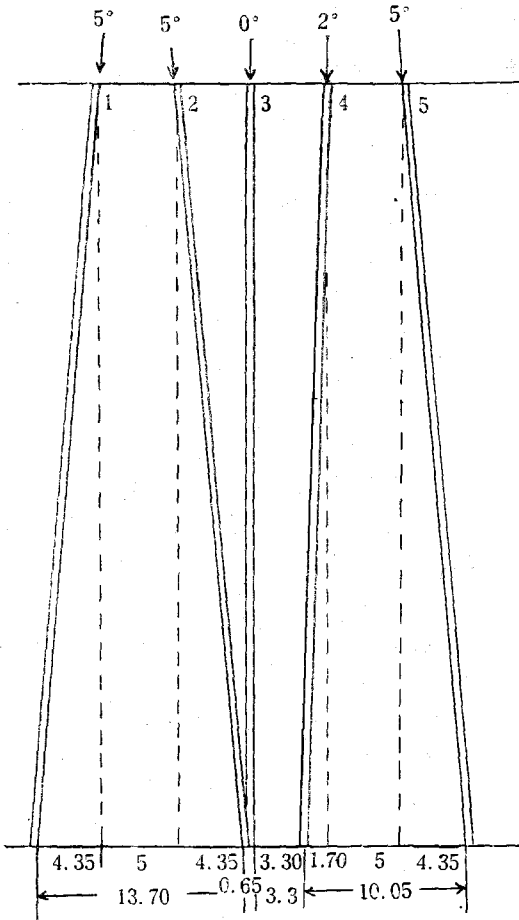
(16,800,000 ton 에 對한 統計)

Bench 高가 30 m 以上에 達하면 穿孔時 孔의 進行方向에 偏差가 發生하여 孔內의 部分에서의 穿孔 規格이 計劃과 어긋나서 發破效果를 떨어 뜨리거나 發破作業을 위험하게 하므로 爆藥裝填前에 이러한 偏差는 細密히 檢查 조정되어야 한다.

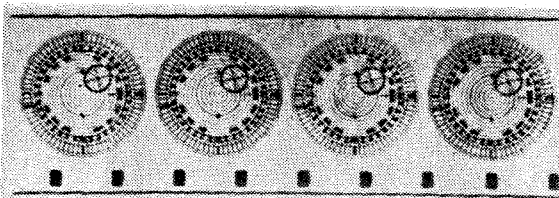
Multishot Camera는 孔內 必要한 部分에서 孔의 方位 및 傾斜角을 撮影함으로써 孔의 進行 方向을 調査하는 器具로 널리 보급되어 있다.

(註) Multishot Camera; 直徑 51 mm ϕ , 全長 2.20 m의 Bronze 管內에 Compass, Camera, 照明燈 필름 및 時差調節用 Motor가 設備되어 있고, 그 上部에 照明燈 및 motor를 위한 Battery 設備가 있다. 時差調節用 Motor에 依하여 1, 2, 4, 8 min等 必要한 時差(孔內 一點에서 他點까지 Camera를 옮기는 時間)로 撮影할 수 있다.

撮影은 우선 測點(孔口) 上部에 steel tape(m 標識)를 감은 小型卷을 갖춘 三脚臺를 Setting하고 Steel Rope에 Multishot Camera를 連結하여 孔內에 삽입한 후 必要한 測點(대개 孔口로부터 10 m 程度以下에서 一定한 間격)에서 撮影, 이를 擴大한 寫眞(그림 8)에서 孔의 傾斜 및 方位를 求하여 作業個所의 圖面과 對照하여 必要한 部分에서의 穿孔規格을 決定한다.



〈그림 7〉 長孔穿孔時 孔의 進行 方向에 대한 偏差가 孔底部의 穿孔規格에 미치는 영향의 一例

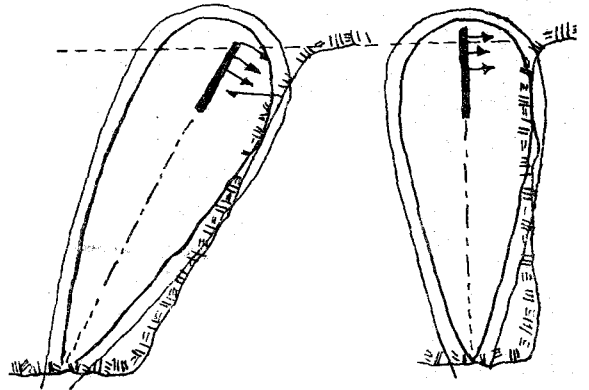


〈그림 8〉 Multishot Camera 로 撮影한 孔內에서 孔의 方位와 傾斜角(Dornap 광산)

(註) 〈그림 8〉 에서 孔은 N 45°E 方向으로 5° (中心에서 6번째 同心圓上) 편의하고 있다.

Dornap 광산에서 使用實績을 分析한 結果 ton 當 Cost 에 미치는 영향은 約 0.7 pf (1 pfennig = $\frac{1}{100}$ Mark 또는 1 pf ≒ 85錢) 이다.

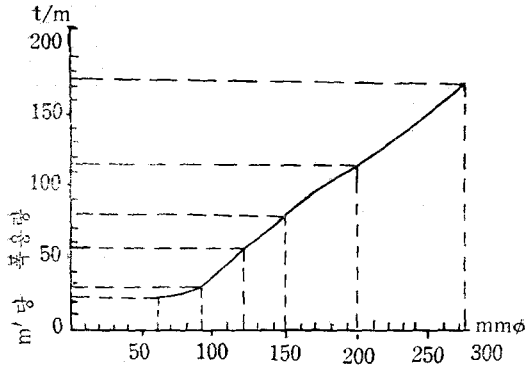
1. Camera 購入價	13,000 DM
2. 擴大裝置 구입가	3,500 DM
3. 修理費	2,000 DM
計	18,600 DM
4. 回當 Cost (1,000 回使用)	18 ⁵⁰ DM
5. 回當 필름 및 현상재료費	1 ⁰⁰ DM
計	19 ⁵⁰ DM
6. ton 當 Cost	0.7 pf/ton



〈그림 9〉 Kochanowsky 氏에 의한 수직 및 경사 孔發破時의 發破效果 比較圖

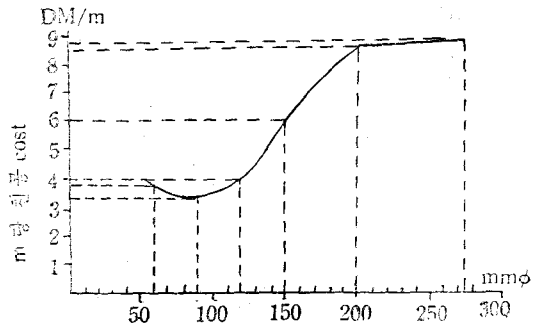
Kochanowsky 씨에 依하면 수직孔보다는 傾斜 孔의 경우 發破效果가 더 좋으나 實際作業場에서는 發破效果 以外에 發破 후 積載能率을 考慮하지 않을 수 없으므로 傾斜角度가 制約을 받게 된다. 大部分의 광산에서는 發破效果 및 發破 후 段面의 起伏狀態가 積載能率 및 裝備損傷에 미치는 영향을 考慮하여 70°~80° 範圍內에서 穿孔傾斜를 採擇하고 있다.

孔徑은 單位 穿孔長當 裝藥量, 即 裝藥의 集散에 依한 最小抵抗線 및 孔間間격의 大小에 영향을 주게 되므로 비록 孔徑의 增大에 따라 穿孔 Cost 는 增加하지만 ton 當 Cost 는 오히려 減小한다. 그러나 最小抵抗線 및 孔間間격의 增大은 大塊의 發生을 유발하여 積載運搬 및 粗碎能率을 低下시키고 또 裝藥의 集中에 依하여 發破時 비석, 폭음, 振動 등에 依한 危險도가 따르게 되므로 人口가 密集한 곳 또는 病院, 療養地

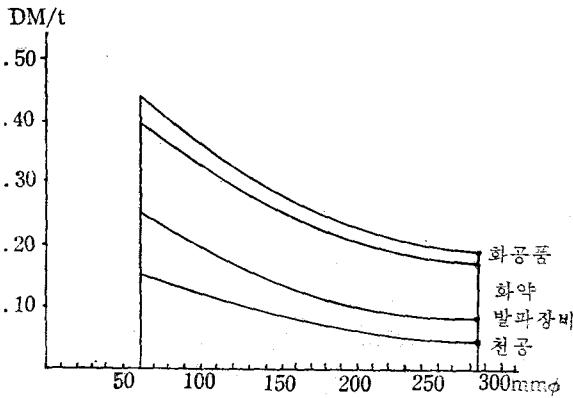


《그림 10》 孔徑과 爆藥量과의 關係

(Stumpf 씨의 調査에서)



《그림 11》 孔徑과 穿孔 Cost 관계



《그림 12》 孔徑과 ton 당 채굴비 關係

(Stumpf 씨의 調査에서)

等 광산 주위의 事情에 따라 適當한 規格을 選擇하여야 한다(普通 90 mmφ~120 mmφ).

4. 裝填 및 發破

4-1 爆藥

Primer 用 또는 孔內浸水の 境過에 使用하는 Gelatine dynamite 外에는 AN~FO 를 主劑로 使用한다. 제라진 dynamite 는 大口徑穿孔에 適當한 徑 및 重量으로 別途製造 販賣될 수 있는 件 좋다.

整理發破(主로 段面整理) 또는 孔內에 部分的으로 起爆力을 增大시킬 必要가 있을 境過에는 确实爆藥을 添裝한다.

4-2 火工品

整理發破外에는 MS 雷管 또는 導爆線을 使用한다.

發破는 지발發破를 原則으로 하여 導爆線使用時 지발發破 效果를 爲하여 導爆線의 연소 速度를 10~40 MS 遲延시키는 遲燃管을 使用한다.

發破效果를 爲하여 primer 는 孔內 最下部에 두어야 한다. 不得已한 경우 瞬發雷管을 使用할 때 MS 發破效果를 얻기 爲하여 MS 發破器를 備置하는 것도 必要하다.

(註 1) 遲燃管(Detonationsverzögerer)

導爆線은 그 燃燒速度가 7,000 m/sec 以上에 達하므로 5~8 m 의 最小抵抗線 및 孔間 間격을 가진 穿孔 system 에서는 同一한 母線에 依하여 點火시킬 때에는 MS 發破效果를 期待할 수 없다.

그러므로 導爆線 使用時 MS 發破效果를 얻기 爲하여 各孔間의 母線에 遲燃管을 삽입하여 導爆線의 燃燒速度가 이 遲燃管을 通過하는 동안에 10~40 MS 遲燃되도록 하여야 한다.

遲燃劑로서는 Lead oxide 및 silicic acid 의 混合物이 使用된다.

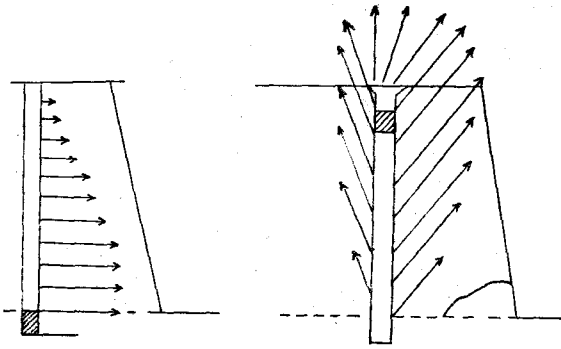
遲燃管의 構造 및 몇 個의 삽입例를 <그림 14> 에 圖示하였다.

(註 2) MS 發破器

回轉하는 Contact disc 또는 Bearing 에 依하여 짧은 時差(10~40 MS)로 서로 分離된 極을 開閉함으로써 雷管을 順次的으로 點火시키는 方

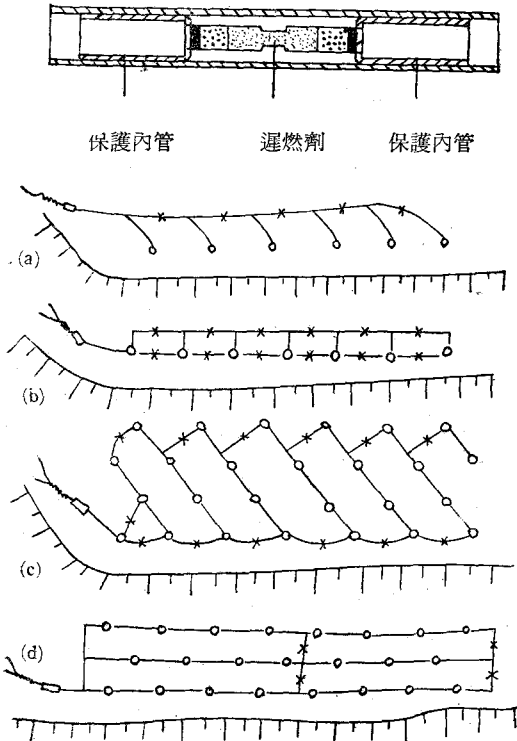
4-3 裝 填

Primer 는 한 包의 다이 나 마이트에 起爆을 確 實히 하기 爲하여 두개의 雷管을 裝着하거나 導 爆線으로 全長을 完全히 감은 후 tape로 견고하 게 結束하여 孔內 最下部에 裝填한 후 硝油爆藥

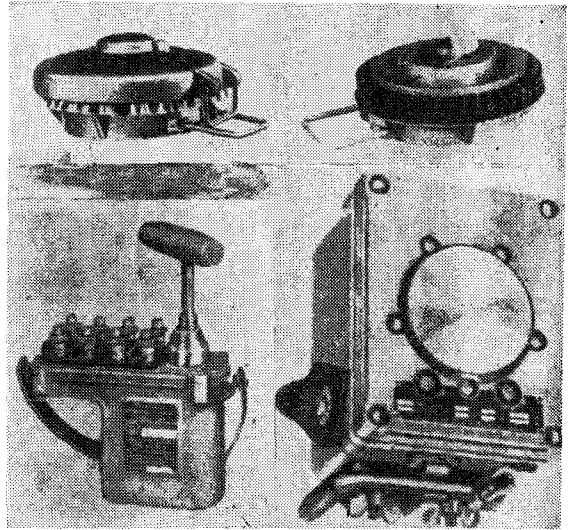


〈그림 13〉 primer 의 위치에 따른 발파 效果의 比較圖

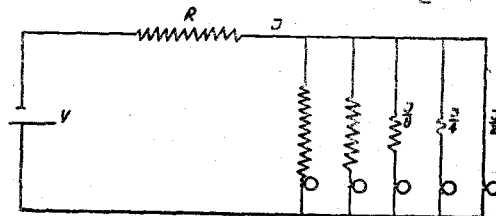
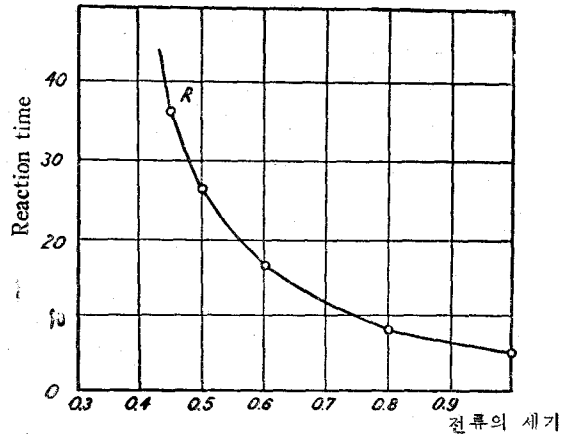
法과 雷管의 電流量에 따른 Reaction time 을 利用하여 〈그림 16〉에서와 같이 各雷管 또는 雷管 의 Group 를 병렬 連結한다. 이 때 母線의 低抗 이 제일 적은 回路, 即 雷管에만 點火 可能한 量의 電流를 흘려 보내면 된다.



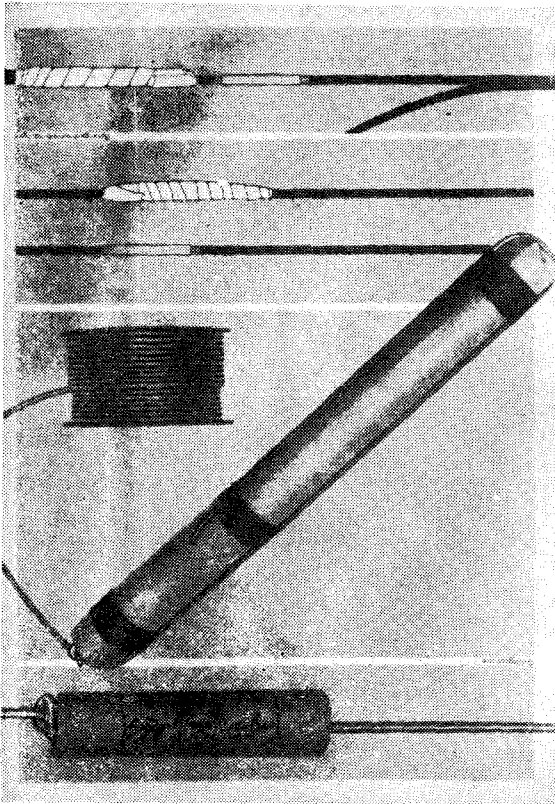
〈그림 14〉 遲燃管의 構造 및 挿入例圖示



〈그림 15〉 MS發破器



〈그림 16〉 雷管의 Reaction time 전류세기 豫係 를 利用한 MS發破器原理



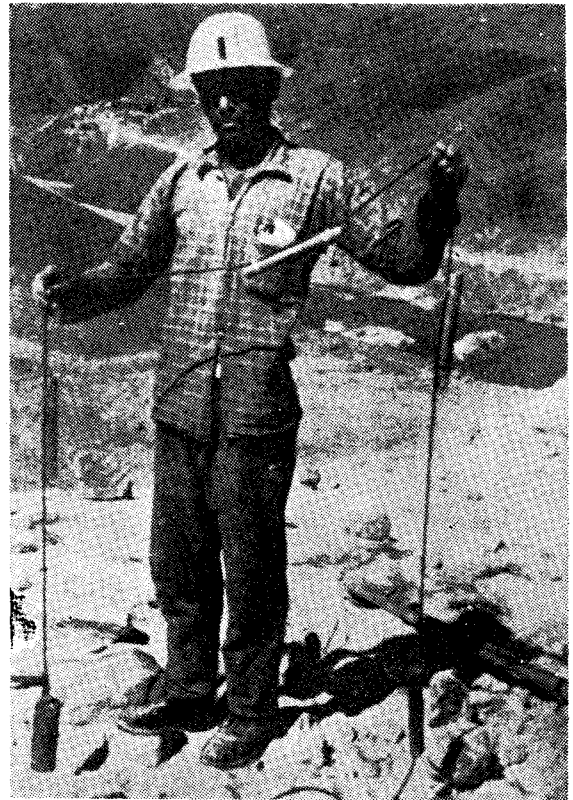
〈그림 17〉 primer

(AN-FO)을添裝한다.

孔內 stemming 을 施行할 必要가 있을 境遇에는 미리 導爆線上 必要한 部分에 确实爆藥을 結束하여 孔內에 삽입한 후 AN-FO charging 時 裝藥長을 細密히 測定하면서 必要한 部分에 stemming 한다.

5. 結 言

以上에서 大口徑長孔發破法의 개요 및 문제점들을 나열식으로 다루어 보았다. 이 大口徑長孔發破法의 採擇을 爲하여 現 時點에서 우리가 우선적으로 다루어야 할 問題는 各個作業場 諸特



〈그림 18〉 primer(도폭선의 부분에 确实 폭약을 첨장한다.)

性を 正確하게 파악하고 諸般 所要機資材의 適定規格化를 위하여 努力하는 일이라 하겠다. 예를 들면 30 mmφ의 藥包 4~6 m 정도의 電氣雷管 各선장으로서는 이러한 大型發破가 效果的으로 遂行되기 어렵다. 이 외에도 現在 外國에서 進行되고 있는 公害防止, 即 소음, 분진, 진동防止에 관한 試驗 研究가 今後 發破規格에 다소 影響을 주게 될 것으로 보이나 지금까지 行하여진 同發破法에 관한 試驗研究 結果를 全面的으로 變化시키리라고는 생각되지 않는다.