

精密發破의 標準化(下)

Standardization of Cautious blasting

許 填*
Huh, Ginn

Bit 徑 Jumbo ϕ 45m / m, Crawlerdrill ϕ 70m / m

級		I	II	III	IV	V	備 考
岩 種		硬岩	普通岩	軟 岩	風化岩	淋砂土	Jumbo≡穿孔長 250 ~300 Crawler Drill
Burden 最少抵抗線(cm)	터널	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	穿孔長 300~900
	露天	100	150	200	250	300	
Hole, spacing 孔間距離(cm)	터널	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90	本 DATA는 非實驗值
	露天	150	200	250	300	350	

岩種分類 및 爆種間的 最少抵抗線 函數關係表

(單位 : cm Bit Gage ϕ 36 / m / m)

區 分 \ 岩 種	I (硬 岩)	II (普通岩)	III (軟 岩)	IV (風化岩)	V (麻砂土)
다이나마이트(G.D)	60	65	70	75	80
含水爆藥(Slurry)	58	63	68	73	78
硝 安 爆 藥	55	60	65	70	75

7. 發破工法

Tunnel掘進發破에서 심빼기 結果의 成否는 Tunnel掘進 및 破碎粒度에 直接影響을 주게 되므로從來부터 여러가지 方法이 施行되고 있으나 大別하면 다음과 같다.

- 角度심빼기(Angle cut): V cut, Pyramid cut Fan cut)
- 平行심빼기(Parallel cut): Burn cut(小口徑) cylinder cut(大口徑), under para-Cut Angle cut 은 日帝時代부터 傳해오는 在來式으

로 많이 普及되고 있으나 角度穿孔으로 因하여 斷面의 크기에 따라 進行長이 制限을 받게되며 穿孔長과 掘進長間에 큰 差를 가져오고 있다. 그리고 掘進長을 늘리기 위해서는 通常的인 角度穿孔(1種類)으로는 抵抗線이 크게되어 2重, 3重의 심빼기孔이 必要하게 되는 不便이 過重될 뿐만 아니라 裝填藥의 다짐에 따른 影響이 振動을 크게 하여 都心地發破로는 不適當하다. 이에 비하여 平行심빼기는 막장面에 直角으로 穿孔하게 되므로 터널 斷面에 구애됨이 없이 掘進長을 잡을 수 있다. 또한 鑿岩機의 改良과 더불어 穿孔精密度도 높아졌으며 穿孔時 既穿孔한 구멍에 다짐棒을 꽂아 넣고 이 다짐棒에 平行하게 穿孔

하르로서 未熟練工이라도 容易하게 穿孔할 수 있고 密裝填이 必要없으므로 安全作業과 振動減少에도 有利한 方法의 하나이다. 小口徑 Burn cut는 지난 1953年 筆者가 上東鑛山에서 우리나라에서는 처음으로 試圖하여 開發, 實用화된 바 있으며 工學博士學位論文의 主題이기도 하다.

지난 地下鐵 3, 4號線工事 掘進 Pattern은 小口徑이 大部分으로 Burn cut를 普及, 擴大하는데 重點을 두었으며 一部 Jumbo導入으로 大口徑 Burn cut 即 Cylinder cut를 試圖한바 있다.

平行심빼기의 原理는 中心에 位置한 穿孔(自由面)周圍에 配列된 裝填孔을 起爆하르로서 그 사이에 있는 岩石을 破壞하여 이어서 爆發 gas의 힘으로 막장 前面으로 破碎된 岩石을 뽑아내고 順次的으로 空間을 넓게하여 平行심빼기를 完成하는 것이다. 따라서 岩石이 破碎될 때의 體積은 增加하기 마련이다. 이는 岩石의 性質, 爆力의 威力 即 孔當裝藥量에 따라 差異가 있다. 드문 일이나 간혹 岩石이 過渡하게 粉碎되면 孔底부근에서 強壓으로 因하여 岩粉燒結 現象이 일어나 自由面을 얻을 수 없게 되므로 空孔은 클수록 좋으며 큰 bit가 없을 때는 雙孔을 뚫어서 內部表面積을 크게 할수록 좋다. 그리고 裝藥에 있어서 角度심빼기에서와 같이 密裝填을 할 必要가 없으므로 發破振動減少에 도움이 된다.

서울地下鐵 3, 4線建設의 NATM 工區에서 專用된 平行심빼기는 小口徑(36m/m)에서는 Burn cut이며 大口徑(Jumbo 2 boom 45m/m)에서는 Cylinder cut가 適用되는 代表的인 例이다. 含水爆藥은 比重이 낮고 威力이 Dynamite에 비해 22% 弱하고, 裝填長이 길게 되므로 燒結防止에 도움이 된다.

7-2 制御工法(Controll blasting)

制御工法은 Presplitting과 Smooth Blasting으로 兩分하며 點火方法에 따라 區分하게 된다.

그러나 制御方法은 廣義로는 Line drilling(無裝填孔), Cushion Blasting 등도 이 범주에 屬한다고 할 수 있다. 制御工法의 目的은 岩盤에

損傷을 可及的 적게 하여 余掘을 적게 하르로서 掘鑿面을 平滑하게 만드는 特殊工法으로서 防水施工, Shotcrete 및 Concrete lining 作業을 하는데 必要不可缺의 特殊工法이라고 할 수 있다.

1982年 K-1 貯油施設의 工事때 筆者는 韓國火藥(株)의 支援으로 Sweden의 Nitro Nobel製 Smooth blasting 專用火藥인 Gurit 및 Nabit를 直輸入하여 우리나라에서는 처음 試圖, 所期の 成果를 얻게 되었다. 그후 韓國火藥(株) 製品인 精密爆藥 F-I, F-II 로서 代替하여 서울 地下鐵 3, 4號線工事에서 全的으로 普及 實用化되었다.

여기서 Presplitting과 Smooth Blasting의 差異點은 前者는 주로 바닥파기 掘鑿作業에서 發破振動傳播防止를 위해 一列로 穿孔하여 全孔長, 全穿孔을 同時에 主掘鑿孔 點火에 앞서서, 먼저 點火시키르로서 孔間에 龜裂을 만드는 公法인데 비하여, 後者는 주로 Tunnel 掘進에서 심빼기孔부터, 順次的으로 外廓에 이르기까지 마지막으로 點火하는 方法으로서 空間隔과 抵抗線의 길이의 比는 36m/m 小口徑에서는 40cm/50cm~60cm \leq 0.8로 하고 大口徑에서는 50cm/65cm~70cm \leq 0.8로 하고 있다.

8. 發破公害 防止用 爆藥 및 破碎劑

最近 發破作業場이 住居地, 아파트, 建物等の 保安物件으로 因하여 飛石, 發破音 및 發破振動 등의 發破公害를 防止 또는 抑制하여 作業하지 않으면 안될 경우가 많다. 이와 같은 問題點을 補完하여 開發된 것이 制御爆藥 내지 微振動火藥 또한 非火藥인 膨脹性 破碎劑 等이다.

8-1 制御爆藥(一名精密爆藥)

一般爆藥과의 中間 製品으로서 開發된 것이 制御爆藥인데, 우리나라에서는 類似한 것이라면 精密爆藥 F-I, F-II 를 말할 수 있다. 制御爆藥은 爆速을 2,000m/sec로 制限하고 있으며 藥徑은 17~18mm로 가늘게 하르로서 發破振動值를 一般爆藥의 1/2로 輕減하게 된다. 이때

藥徑과 孔徑의 調節로서 發破振動을 더 輕減할 수 있는 것이다.

8-2 微振動破碎機(Concrete Breaker)

Concrete 破碎機는 gas 發生劑를 主로 하는 火藥으로서 密閉狀態의 燃速은 40~60m/sec 로서 一般爆藥의 1/10에 不過하다. 岩石破碎는 主로 高温 gas의 準靜的 壓力에 의한 것이라 할 수 있다. 都心地 發破에서 一般爆藥, 制御爆藥 및 微振動破碎機를 使用時 發破振動 適用公式는 다음과 같다.

일반폭약 및 제어폭약

$$V=KW^{0.75}D^{-2} \quad V: \text{cm/sec} \quad W: \text{kg} \quad D: \text{m}$$

단 제어폭약의 K치는 MS 뇌관사용시 Slurry와 같음,

미진동 파쇄기: $V=7W^{0.5}D^{-1.75}$ 단, K値는 7로 固定.

8-3 膨脹性 破碎劑

火藥類에 屬하지 않는 破碎劑로서 硅酸鹽 또는 石灰無機化合物을 主劑로 하는 粉末로서 여기에 適量의 물을 타서 반죽을 만든 다음 穿孔內에 充填하는 것이다. 이때 破碎劑는 서서히 팽창함과 同時에 岩盤 또는 Concrete 構造物 등에 適正 壓力(3,000t/m²) 以上에 달하여 龜裂이 發生된 다. 外氣溫度 및 破碎劑의 等級에 따라 差異는 있으나 10~24時間이 되면 最大膨脹壓이 發生하게 된다.

8-4 難帶電性 AN-FO 爆藥

우리나라의 AN-FO 消費量은 年間 總使用量의 22%를 占有하고 있으며 石灰石用이 거의 主宗을 이루고 있다.

大口徑 Bench cut에서 水孔인 경우 Polyet-

hylene tube에다 ANFO를 流入시키고 밀다이(Primer)를 裝填하는 수가 있다.

앞으로 導電性 Polyethylene tube, 耐靜電氣 雷管 및 難帶電性 AN-FO 使用으로 靜電氣로 인한 事故를 豫防해야 할 것이다.

9. 結 論

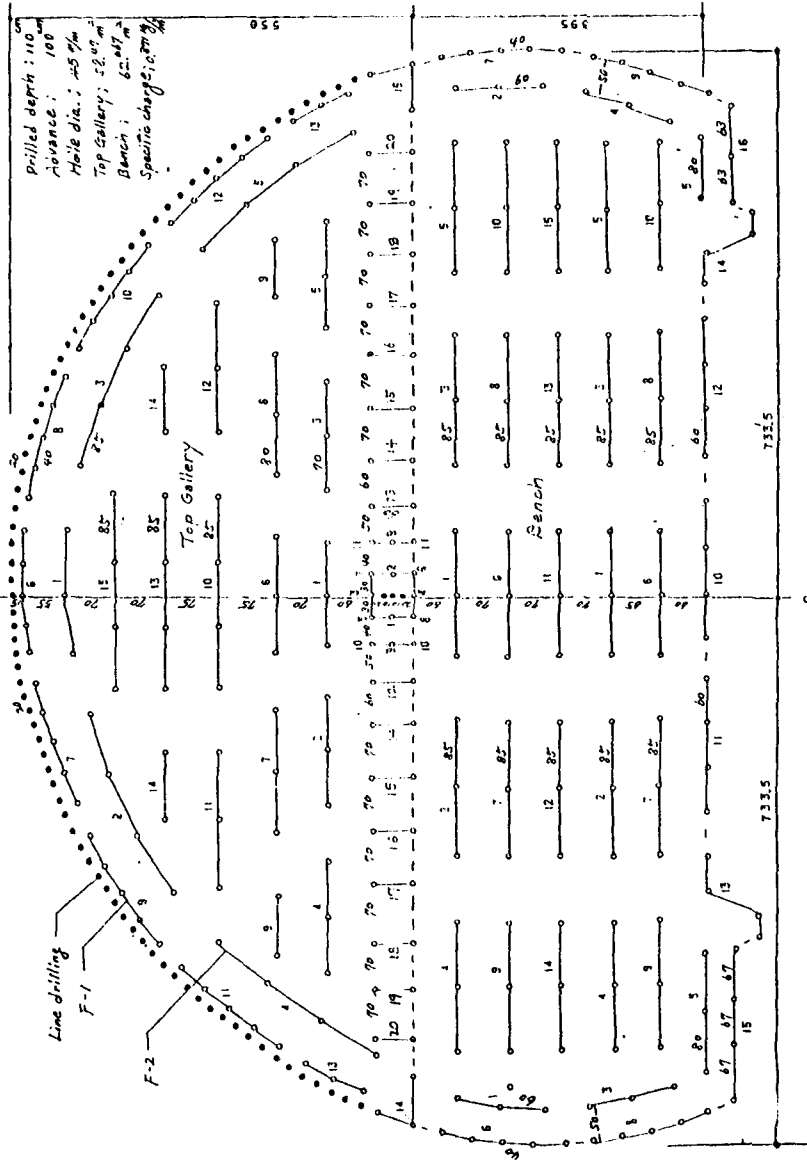
서울市 一圓을 構成하고 있는 地質은 基盤을 이루고 있는 先 Cambria 紀의 變成岩에다 이를 貫入한 中生代의 花崗岩 및 이들 岩層을 不適合으로 덮고 있는 第4紀의 堆積層이다. 따라서 서울 地下鐵 3,4號線 38個工區中 거의 大部分이 岩盤發破作業을 하게 되어 月平均 爆藥消費는 86ton에다 電氣雷管은 305,000個에 이르렀다.

이상 서울 및 釜山 地下鐵建設工에서 얻은 귀중한 體驗을 土臺로 都心地發破에 대한 標準化를 期하였다. 먼저 표준발파에서 얻은 最少抵抗線을 가지고 穿孔配置圖를 作成 이를 5種으로 分類하였으며 使用爆藥은 低比重低爆速인 含水爆藥으로 하고 點火는 振動節減의 效果의인 M/S 電氣雷管을 가지고 穿孔方式은 터널에 있어서 Burn Cut 심빼기에다 餘掘防止를 위해서 Smooth 工法을 適用 개착식에 있어서는 階段穿孔으로 하여 精密作業을 통한 발파로 振動置는 0.5cm/sec을 넘지 않도록 施工한다면은 隣接建物構造物主와의 苦衷發生은 豫防될 것으로 確信하는 바이다.

끝으로 最近 새로 開發한 平行孔심빼기(Para Cut)에다 Smooth法을 加味한 穿孔配置圖를 釜山 地下鐵工事 2-2工區에 적용한바, 從來穿孔方式에 비해 월등한 振動節減과 overbreak를 줄이는데 效果를 거두었다. 첨부한 Pattern을 參考하시기 바랍니다.

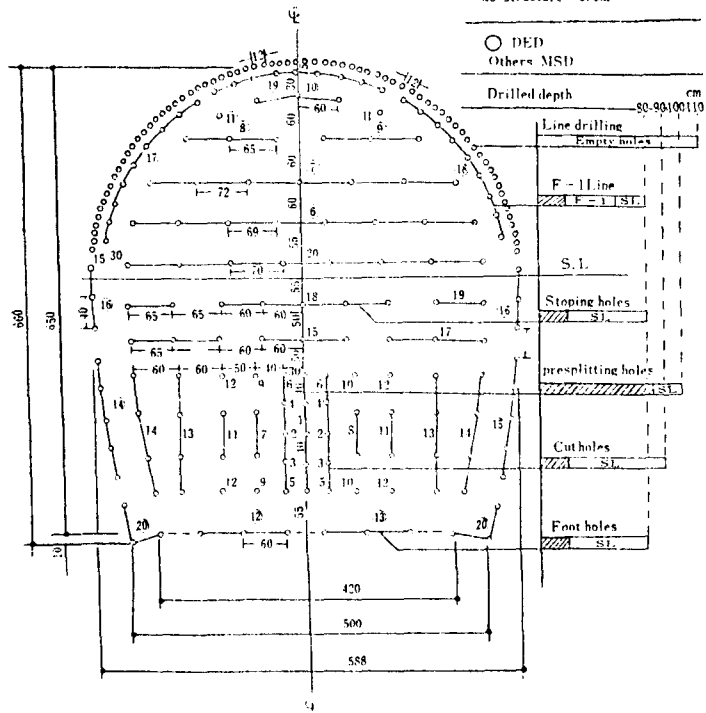
DRILLING & IGNITION PATTERN/

Scale-1:500



BUSAN 2-2 DRILLING & IGNITION PATTERN
by Dr. Hub

S = 1 : 50
Unit - cm
Rock type I
Aqua blasting, Line drilling.
Min. distance
to structure = 5.5m



Standardization Cautious Blasting

Ginn Huh
Engr Dr P.E

Abstract

First of all, Under given condition such as bit gage of 36mm Drill bit with right class of jack-logs experimental test carried out from two face of Bench, firing of each hole brought 90 degree Angle face and them measured length of Burden and charged ammount of powder as following.

$$Ca = \frac{A}{SW} \quad A = \text{Activated Area}$$
$$A = ndi = m \quad S = \text{Peripheral length of Charged, room}$$
$$Ca = \text{Rock Coeffiecency}$$
$$d : di = \text{Hole diameter}$$

When constructed subway of Seoul in 1980 the blasting works increased complaint of ground vibration, in order to prevent the damage to structures. Some empirical equations were made as follows on condition with Jackleg Drill (Bit Gage ϕ 36mm) and within 30 meter distance between blasting site and structures.

$$V = K(D/W)^n \quad N = 1.60 - 1.78$$

$$K = 48 - 138$$

Project one of contineous works to above a determination of empirical equation on the cautious blasting vibration with Crawler Drill (ϕ 70~75mm) in long distance.

$$V = 41(D/\sqrt{W})^{-1.41} \quad 30m \leq D \leq 100m$$

$$V = 124(D/\sqrt{W})^{-1.66} \quad 100m \leq D \leq 285m$$