

地下鐵 터널 掘鑿工法

—MORDERN METHODS FOR TUNNEL—

大韓火藥技術學會長
工學博士 許 填*

<目 次>	
1. 序 論	
2. 掘鑿工法	
3. 裝藥斗 發破	
4. 掘鑿費 推定原價	
5. 試驗發破	
5-1. TEST	5-2. 計 算
6. 서울 地下鐵 發破 作業 實驗	
7. 結 論	

“ABSTRACTS”

The rationalization for Tunnel Drifting is based on the high productivity which is achievable due to Contineous work with a Jumbo Drill, resulting in a much higher efficiency them the Conventional method of blasting, mucking and supporting services. Large projects of over 4,000m Tunnel Drifting are conditated to justify the use of a Jumbo Drill with a combination of superior explosives, machinery and techniques. During a Tunnel Drifting test, Gulita, Nabit and slurry made by Nitro Nobel were employed with following results.

1. Conditions:

- a. Granite Rock with Two free face
- b. Burden (W), 2m
- c. Diameter of hole, 42mm
- d. Depth of hole 3.5m
- e. Hole pitch 0.6m
- f. Charged Explosive per hole Gelatin Dynamite 4 pieces (112.5g×4ea)+Guuita 5 pieces(110g×5ea)
- g. Simultaneous Detonation
- h. After the blasting resultant rock size was Less 40% of the 0.3m Lumps.

2. Calculation results

$$W = \frac{Wn}{q} = 100\text{cm} \dots \dots \dots \text{Burden in simultaneous blasting}$$

* 鑛業技術士(探鑛)

0.865kg(7.7ea)/hole.....Amount of charge but hole pitch is 1.5W-2W

The estimated cost of using a Jumbo Drill for the Construction of a 3,000,000 bbL sub-surface oil storage would be as follows: This calculation is based on the Jumbo Drill advancing 3.6m per blasting cycle.

Unit cost/bbL Excavation \$ 3.13

The attached sheet shows ideal Drilling pattern with Burn Cut & Smooth blasting method. In conclusion, it is my opinion that this method will assure safety and save cost and improve our technical know-how.

1. 序 論

地下鐵 掘鑿에 있어서 從來 施行하던 Open cut 工法은 工事期間동안 地上交通의 混雜으로 交通 滯症을 加重시키고 混亂을 惹起시키며 都市 美觀을 害칠뿐 아니라 通行人이나 隣近 住民들에게 많은 苦痛을 주고 있다.

그리고 Tunnel 工法은 地盤이 堅固하고 地下 湧水가 적으며 Tunnel 斷面이 적고 覆土가 比較的 깊고 埋設物 및 地上地下 構造物에 對한 影響이 적은 境遇에 限하여 適用되어 왔었다.

其間 새로운 爆藥과 現代化된 鑿岩裝備 및 새로운 工法의 發達로 Tunnel 工法에도 새로운 轉機를 가져오게 된 것이다.

國內에서의 地下鐵 掘鑿에 있어서 Tunnel 工法은 爆音, 振動 및 飛石 等の 危險을 極小化 시킨다는 點에서 뿐만 아니라 地質이 比較的 不良한 狀態에서도 適用되는 것으로 小斷面의 導坑을 先行하고 이에 이어서 그 周圍를 切取하여 覆工하면서 全斷面의 掘鑿을 完成하는 底設 導坑 先進, 半斷面 掘鑿方式이 適用되고 있다.

이때 Tunnel의 掘鑿에서는 地盤이 軟弱할수록 掘鑿斷面이 적어야 하며 覆工의 打設을 早期에 하는 것이 原則이다.

地盤이 軟弱한 地盤에서는 地盤沈下, 및 基盤에 階段이 생기므로서 施工이 困難하다.

現今 Tunnel 工法의 經濟性도 地下掘鑿 裝備의 精銳化 및 岩盤支保에 關한 工法이 發展함에 따라 掘鑿費가 從來의 Open cut 工法에 비해 節減하게 이르렀다.

掘鑿의 技術向上은

첫째 ; 穿孔長 및 Cycle의 增大

둘째 ; 運石

셋째 ; 掘進의 機械化

로 歸着된다

穿孔長과 Cycle間에는 自然條件에 따라 兩者 共히 限界가 있으므로 相互關聯性을 가지고 穿孔能率을 向上하기 爲하여는 鑿岩機의 選擇 그리고 發破法의 合理的인 檢討가 있어야 한다.

배꼽대기 發破에 있어서 穿孔長을 增大하기 爲하여는 從來의 V型 穿孔 最大 2m 代身에 Burn-cut로 代替하므로서 效果的인 掘進工法을 開發해야 할 것이다.

그리고 發破後 穿孔作業과 運石作業의 同時作業은 Cycle 增大의 重要한 要素로서 2個所 以上の 作業場에서의 交代作業이 바람직하나 單一作業場이라 하더라도 發破時 Foot holes 前面에서 若干의 爆藥을 터뜨려 發破되는 岩石을 working face 前面에서 後方으로 멀리 보내므로서 穿孔과 運石作業의 同時作業을 可能케 해준다.

2. 掘鑿 工法

掘鑿順序는 1. 導坑 2. 上部半斷面掘鑿 3. 全斷面(側壁)掘鑿完成의 順으로 하고

1 및 2의 工程은 Jumbo drill로 穿孔 掘鑿하며 3工程은 Crawler drill에 依하여 掘鑿完成한다.

進入路開鑿은 岩石 運搬時 裝備通行에 支障이 없도록 幅 10m 以上 勾配 1:7以下로 하여야 할 것이다.

導坑 掘鑿에 있어서 배꼽대기(pilot heading)는 V型도 있으나 岩盤의 振動을 줄이기 爲하여는 Burn cut가 바람직하다.

그리고 나머지 穿孔配置는 標準發破에서 얻어진 岩石係數를 가지고 定해야 할 것이다.

M³/hr
 Machinery is written off in 5 years :
 200Day×2shift×7hr×5years=14,000
 hr
 Interest factor : 1.3

4-1-2. Fixed Cost.

A. 장비사용료

ITEM	\$/hr	\$/M ³
Drill Rig+ Drills (185KW)	500,000 \$ × 1.3 = 650,000 \$	46.42 ÷ 24 M ³ /hr =
	650,000 \$ ÷ 14,000hr = 46.42 \$/hr	1.93 \$/M ³
Loader(3M ³)	162,800 \$ × 1.3 = 211,640 \$	15.12 ÷ 24 =
	211,640 ÷ 14,000hr = 15.12 \$/hr	0.63 \$/M ³
Dumper (3ton×3臺)	160,000 \$ × 3臺 × 1.3 = 624,000 \$	44.57 ÷ 24 =
	624,000 \$ ÷ 14,000hr = 44.57 \$/hr	1.86 \$/M ³

B. 인건비

Drill Rig : 2Man
 Loader : 1Man
 Dumper : 3Man } Total 6Man

350,000w/Month×17Month=5,950,000w
 5,950,000w ÷ (8hr×25DAY×12Month) =
 2,480w/hr
 2,480w/hr ÷ 680w/\$ = 3.65 \$/hr
 3.65 \$/hr × 6Man = 21.9 \$/hr
 21.9 \$/hr ÷ 24m³/hr = 0.91 \$/M³

C. Total Fixed Cost : 1.93+0.63+1.86+0.91=5.33 \$/M³

4-1-3. Variable Cost

A. Fuel, etc.

장비	per hour						
	유류및기타	Di- esel	Engi- ne	gear	Hydr aulic	구리 스	닝마 조수
Drill rig (185KW)		53.3	0.78		0.08		1
Dump (30ton×3臺)		131.1	1.59	0.57		0.12	0.15
Loader(3M ³)		43.1	0.70	0.15	0.19	0.019	0.04
total		227.5	3.07	0.72	0.27	0.139	0.19

ITEM	Unit waste	Unit Cost	Cost ₩/hr	Remark
경 유	227.5l/hr	215₩	48,912.5	
엔진 유	3.07l/hr	1,500	4,522.5	
기어 유	0.72kg/hr	1,600	1,152	
유압 유	0.27l/hr	1,500	405	
구리스	0.139kg/hr	1,800	250.2	
닝마	0.19kg/hr	1,000	190	
조수	2man	150,000 ÷ (25×8)	1,500	
기타 (삽날, 타이어)		15%	8,539.8	
total			65,472.03	

65,472.03w/hr ÷ 680w/\$ = 96.28 \$/hr
 96.28 \$/hr ÷ 24m³/hr = 4.01 \$/M³

B. Explosive + Detonators

Explosive :

$$24M^3/hr \times \left(\frac{1.05kg/M^3 + 0.6kg/M^3}{2} \right) \times$$

$$931.55w/kg = 18,444.7w/hr$$

$$\text{Detonator} : \frac{24M^3/hr}{144M^3} \times 70EACH$$

$$= 11.6 \div 12EA/hr$$

$$12EA \times 413w/EA = 5369w/hr$$

$$\text{total} : (23,813.7w/hr \div 680) \times 110\% = 38.55 $/hr$$

$$38.55 $/hr \div 24M^3/hr = 1.6 $/M^3$$

C. Drill Steel

$$179.8sk/hr \times 0.22 $/sk \times 130\% = 51.42 $/hr$$

$$51.42 $/hr \div 24M^3/hr = 2.14 $/M^3$$

D. Ventilation, Pumping, Sealing

$$240skr/hr \times \frac{96.28 \$ \times 4.54skr/\$}{(96skr + 125skr)}$$

$$= 474.7skr/hr$$

$$474.7skr/hr \times 0.22 $/skr = 104.4 $/hr$$

$$104.4 $/hr \div 24M^3/hr = 4.35 $/M^3$$

E. Total

ITEM	\$/hr	\$/M ³
Rig, Dumper, Loader(fuel, transport, Maintenance)	96.28	4.01
Explosive + Detonator	38.55	1.6
Drill Steel	51.42	2.14
Ventilation, Pumping, Sealing	104.4	4.35
total	290.65	12.10

Burn cut의 無裝填孔은 2孔을 붙여서 穿孔하든지 아니면 75mm 以上の 單一孔으로하여 孔底까지의 自由面을 많이 두도록 해야 할 것이다. 天盤 Arch型 穿孔은 Smooth blasting 或은 Pre-splitting 工法을 適用하되 可及的 2列을 平行으로 穿孔하며 Gurit 爆藥 裝填에 맞도록 해서 天盤의 發破로 因한 振動值 即 最大速度가 3~5 cm/sec 를 超過치 않도록 해야 할 것이다.

兩側壁의 Bench 穿孔은 導坑 및 上部 半斷面 掘進에서 使用한 Jumbo drill에 依한 水平 穿孔과 Crawler drill에 依한 垂直 穿孔의 두가지 方法이 있으나 岩盤에 影響을 미치는 發破 振動을 勘案한다면 兩側壁의 Bench 掘鑿은 後者인 垂直穿孔이 바람직 하다.

이는 現場 實情에 따라 裝備 火藥類 等은 岩盤 條件과 規模에 맞추어 決定하고 있는 것이 先進國의 實情이다.

특히 垂直 穿孔時 從來使用하는 垂直 穿孔 보다는 自由面 쪽으로 若干의 下向 傾斜 穿孔이 바람직 하다. 이것은 多數列 Bench cut의 境遇 底部에 岩盤 殘留部分이 생기기 쉽기 때문이다.

또 Back break 와 Cut off 를 防止하는데에도 傾斜孔이 좋다.

3. 裝藥과 發破

一次的으로 發破當 掘進長 3.6m 를 擇하였으나 先進國에서는 6m 가 定石으로 掘進長은 漸次 커가기 마련이다.

따라서 爆藥으로 長裝藥이 된다. 이러한 長裝藥은 孔徑이 작으면 爆藥의 藥徑效果에 依하여 爆力이 低下한다. 그리하여 孔徑 51m/m(2'')를 擇했다. 岩盤에 미치는 振動 影響을 勘案할 때 爆速 猛도가 큰 Dynamite 보다는 含水 爆藥(Slurry) 및 硝油爆藥(ANFO)를 使用하는 것이 좋을 것이며 天盤 Arch部 및 側壁의 裝藥은 必히 Smooth blasting 工法에 依한 Gurit 를 裝填해야 할 것이다.

裝藥의 點火에는 例外없이 電氣點火法이 使用된다. 이 境遇 MSD 段發 點火가 바람직 하다.

Sweden 의 Langefors 에 依하면 上記 MSD 點火는 振動 影響을 적게 하고 玉石의 크기를 작

게 할 뿐만 아니라 齊發의 境遇와 比較하여 爆藥 消費量의 10%를 節約했다는 實績 報告가 나왔다. 그러나 先進國에서는 電氣點火의 代替品인 NONEL 이 새로이 實用化 되고 있다.

MuckKing 作業은 作業個所 및 進入路와 距離에 따라 決定되나 大體적으로 上記 條件下에서 는 Disel-driven wheel loader 4m³ 가 使用되고 있으며 Dumper 는 20~40 ton 容量이 適合하다.

4. 掘鑿費 推定 原價

地下 터널 推定 原價 計算에 있어서 地下鐵, 貯油施設 等 用途別과 또한 그 規模에 따라서 差異가 생기므로 本稿에서는 貯油施設用 터널 掘鑿에 Jumbo 鑿岩機에 依한 現代式 工法에 따른 터널 掘鑿 推定 原價를 다음 條件下에 算出한바 M³當 ₩13,387(\$19.69)이 算出되므로 先進國에서의 M³當 \$12.58(₩8,554)에 比하여는 若干 上昇하는 金額이다.

다 음

1. 터널 斷面積 40m²
2. 1M³=6.29bbL
3. 1\$ =680₩=4.54SK

4-1. Excavation Cost Estimate

4-1-1. Assumptions

A. Tunnel : 40m²

B. Work Cycle : By Jumbo Drill

i) Drilling : 2.0hr

ii) Loading : 1.0hr

iii) Ventilation : 1.5hr

iv) Mucking out : 2.5hr

Total 6.0hr

C. 70 holes/round of 4m : 280 drilled meters/round. 90% advance per round is 3.6M

Volume/round : 40m² × 3.6M = 144M³

Specific drilling : 280 ÷ 144 = 1.95 drilled meters/M³

Drilling per cycle : 280 drilled meters/6 hr = 46.7 drilled meters/hr

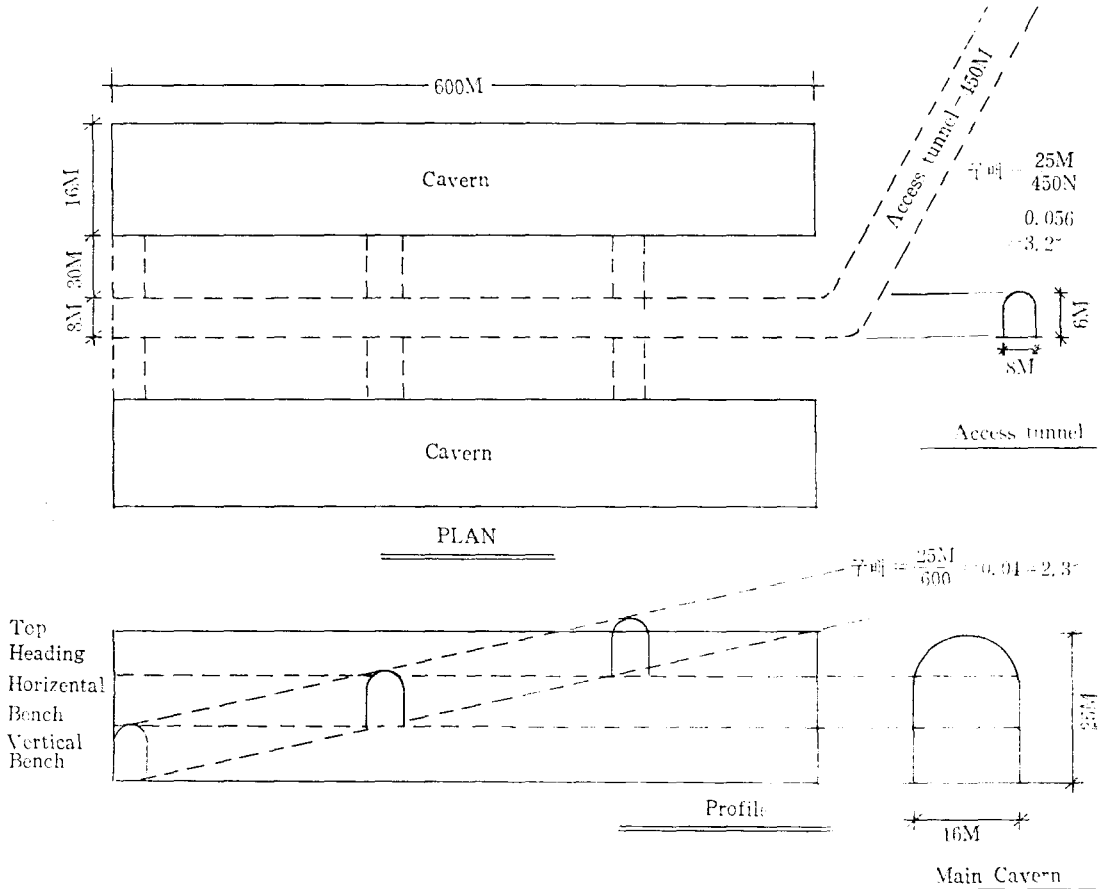
Rate of rock breakage : 144M³/6hr = 24

4-1-4. Total Excavation Cost

* Fixed Cost+Variable Cost=5.33 \$/M³+12.10 \$/M³=17.43 \$/M³

17.43 \$/M³÷6.29BBL/M³=2.77 \$/BBL

* Refer to Excavation Lay Out.



- i) Volume of Storage = 9,390,000 \$
 Cavern : 16M×25M×600M×2EA = 9,390,000 \$ ÷ 3,000,000 = 3.13 \$/BBL
 = 480,000M³
- Access : 6M×8M×(600M+30M×6) = 37,440M³

- ii) Volume of Access tunnel(From Entrance to Cavern) 450M×6M×8M=21,600M³
- iii) Total Excavation Volume:i)+ii) = 539,040M³ ÷ 539,000M³

- * Actual Excavation Cost
- i) 원유저장산정치 : 3,000,000 BBL
- ii) 실제굴착산정치 : 539,000M³ ÷ 3,390,000 BBL
- ** 3,390,000BBL×2.77 \$/BBL

5. 試驗發破

서울 地下鐵이 既히 運行中인 1,2號에 이어 3,4號線의 建設이 한창이다. 때마침 瑞典에서 들어온 Gurit 및 Nabit 를 가지고 地下鐵 工事場에서 現行工法에 依하여 實驗할 機會를 다음과 같이 가졌다.

5-1. 標準發破

5-1-1. 條件

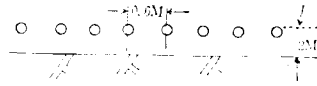
가) 場所 : 백련산 서부채석장(1次)

나)日時: 80年 12月 9日

다)穿孔方法

- 저항선 1~2m ○ 孔徑 42mm
- 穿孔깊이 3.5m ○ 孔間거리 0.6m

라)裝藥方法



마)點火: 電氣一齊發破

바)岩質: 花崗岩

사)結果: 若干 過裝藥으로 玉石 $\phi 0.3m$ 가全體의 40%. 從來裝藥量은 다이 8個로 이번에는 다이 4個 GURIT 5個와 比較한 바 同一結果를 가져왔음.

5-1-2. 使用된 火藥類

GURITA : 4,000 m/sec $\phi 17m/m \times 46cm \times 110g$

NABIT : 2,500~3,000m/sec $\phi 28m/m \times 60cm \times 426g$

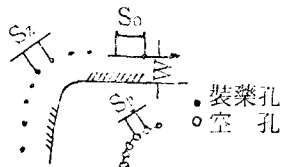
G.D : 4,500m/sec $\phi 25mm \times 1,125g$

5-1-3. SMOOTH BLASTING에 있어서 孔徑과 裝藥量 基本表(NITRO CONSULTANT 資料)

SO : SMOOTH BLASTING 適用時

SZ : PRESPLITTING 適用時

SP : 裝藥과 空孔을 交互時



孔徑	藥徑	裝藥長 1m當量	最 小 抵抗線	孔 間 隔		
mm	mm	kg/m	W cm	So cm	Sz cm	Sp cm
36	16~18	0.12	70~90	50~60	30~40	15~20
44	18~20	0.17	80~100	60~70	40~50	20~25
50	20~22	0.25	100~120	70~80	45~60	25~30
62	22~25	0.35	120~140	80~100	55~70	30~40
75	25~28	0.50	150~170	110~120	65~90	35~45
87	27~30	0.70	180~200	130~140	80~100	40~50

5-2. 計 算

上記 標準發破에 對한 齊發 標準裝藥量算定은 다음과 같다.

가) 最小抵抗線

1) 裝藥後 全然 다치지 않은 境遇
(從來 dynamite의 길이)

$$S = 2[2.5 + 4 \times 17cm + 1.7 + 5 \times 46] = 604.4cm$$

$$m = 5 \times 46cm + 4 \times 17cm = 298$$

$$q = \frac{Ns}{2[(m+Nd) + (N-1)K]} \quad (q = W \text{의 倍數})$$

$$= \frac{8 \times 604.4}{2[(298 + 8 \times 4.2) + 7 \times 60]} \approx 3.2$$

組合發破時에 抵抗線 $Wm = 2.0m$ 라 하면

$$W = \frac{Wm}{q} = \frac{2.0}{3.2} \approx 63cm$$

2) 약간 다진 境遇

(孔徑=4.2, 全孔徑을 다 채운다고 假定 = 0.6 및 0.4)

$$S = 2[4.2 + 4 \times 17cm \times 0.6 + 4.2 + 5 \times 46cm \times 0.4] = 282.4$$

$$m = 5 \times 46cm \times 0.4 + 4 \times 17cm \times 0.6 = 132.8$$

$$q = \frac{8 \times 282.4}{2[(132.8 + 8 \times 4.2) + 7 \times 60]} \approx 1.93$$

$$W = \frac{Wm}{q} = \frac{2.0}{1.93} \approx 1.0m = 100cm$$

3) 裝藥量 算定

Hauser 公式中 變形된

$$L = f(w) \cdot g \cdot e \cdot d \cdot w^3 \text{에서}$$

$$f(w) = \left(\sqrt{1 + \frac{1}{w}} - 0.41 \right)^3$$

$g =$ 岩石의 抗力係數로 1.0

e=爆藥의 威力係數로 60%N.G 基準하여
1.0

d=Tamping 係數로 깊은 裝藥孔에 完全
塡塞 1.0

※ Gurita 爆速(4,000m/sec)만으로는 e 值
決定못함. 따라서 60%N.G 과 同一하게 봄

W	g	e	d	W ^d	f(w)	L	備 考
2.0m	1.0	1.0	1.0	8	0.5407	kg 4.325	標準發破時 組 合發破
1.0	1.0	1.0	1.0	1	1.0	1.0kg	60%로 다졌을 때
0.63	1.0	1.0	1.0	0.25	1.635	0.42 (3.8個)	다치지 않을 때

4) 標準裝藥量算定

單一孔時 ;

抵抗線을 63cm로 보고 0.42kg(3.8個 dy-
namite)를 裝藥發破하면 標準發破가 豫想됨.

5) 組合發破時

發破後 塊石發生量等を 考慮하여야 되겠
으나 組合發破時 孔間隔은 2W 以內가 適當하며
一般的으로 1.5W이므로 백련산 採石場에선 60
cm 間隔으로 穿孔發破하였으나 試驗發破時는 1.5
×2=3.0m 間隔으로도 可能時됨

따라서 0.6m 間隔으로 8孔=4.8m

$$4.8m \div 3.0 = 1.6 \text{ 孔}$$

孔當裝藥量

$$4.325kg \times 1.6 \text{ 孔} \div 8 \text{ 孔} = 0.865kg (7.7 \text{ 個})$$

※ 4.8m × 2m 區間을 60cm 間隔으로 8孔 穿孔
하여 發破하면 塊石은 적으나 3m 間隔으로
1.6孔 穿孔 發破하는 境遇孔當 4.325kg 씩
1.6孔에 發破하므로 穿孔數만을 늘인 境遇
8孔에 7.7個씩 即 0.865kg 을 裝藥하면 됨.

實驗式과 計算式이 一致하지 않는 것은 諸
係數의 未詳인 탓임.

5-2-1. 地下鐵터널

1) 場所 : 現代建設 新村現場(2次)

2) 日時 : 80年 12月 1日

3) 穿孔方法 : 별첨 Fig #1 參照

○ 穿孔깊이 : 1.8~2m

○ CONTOUR HOLE 의 穿孔間격 : 50cm

4) 裝藥方法

○ CONTOUR HOLE

: BOTTOM CHARGE: DYNAMITE 1個/

HOLE

: COLUMN CHARGE: GURITA : 3本/
HOLE

○ 기타 : 중전과 같음(DYNAMITE 3~4個/
HOLE)(좌측은 개발품, 우측은 수입품)

5) 結果 : 花崗岩風化帶로 岩質이 軟하여 좋은
結果를 얻을 수 없었음.

5-2-2. 地下鐵터널

1) 場所 : 現代建設 新村現場(3次)

2) 日時 : 80年 12月 13日

3) 穿孔方法 : 第1次試驗과 同一하나 CONT-
OUR HOLE 의 穿孔間격은 50cm 정도

4) 裝藥方法

○ CONTOUR HOLE 에서는 第1次 試驗과
同一

○ CONTOUR 바로 內部的 穿孔에는

○ BOTTOM CHARGE: DYNAMITE 1個

○ COLUMN CHARGE: NABIT 1個 使用.

5-3-1. 地下空洞

1) 場所 : 現代綠地(4次)

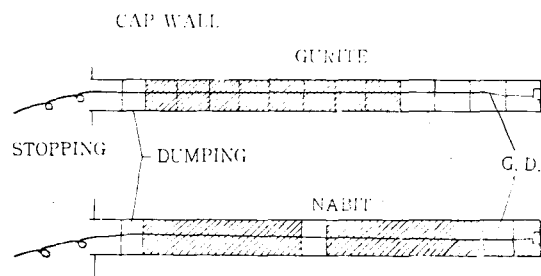
2) 日時 : 80年 12月 13日

3) 穿孔方法 : CONTOUR HOLE 의 間격은
60cm

4) 裝藥方法 : 第5次와 同一하나 ROOF 에서
BOTTOM CHARGE 에 DYNAMITE 1個
추가

5) 結果 : 孔底의 SPACING 孔間 및 깊이의
一部 不正確으로 메꾼한 ARCH 形式을 이
루지 못했으며 使用된 爆藥은 左右爆藥의
差異는 發見치 못했음.

COLUMN CHARGE



5-3-2. 地下空洞

- 1) 場所 : 現代綠地(5次)
- 2) 日時 : 80年 12月 15日
- 3) 穿孔方法 :

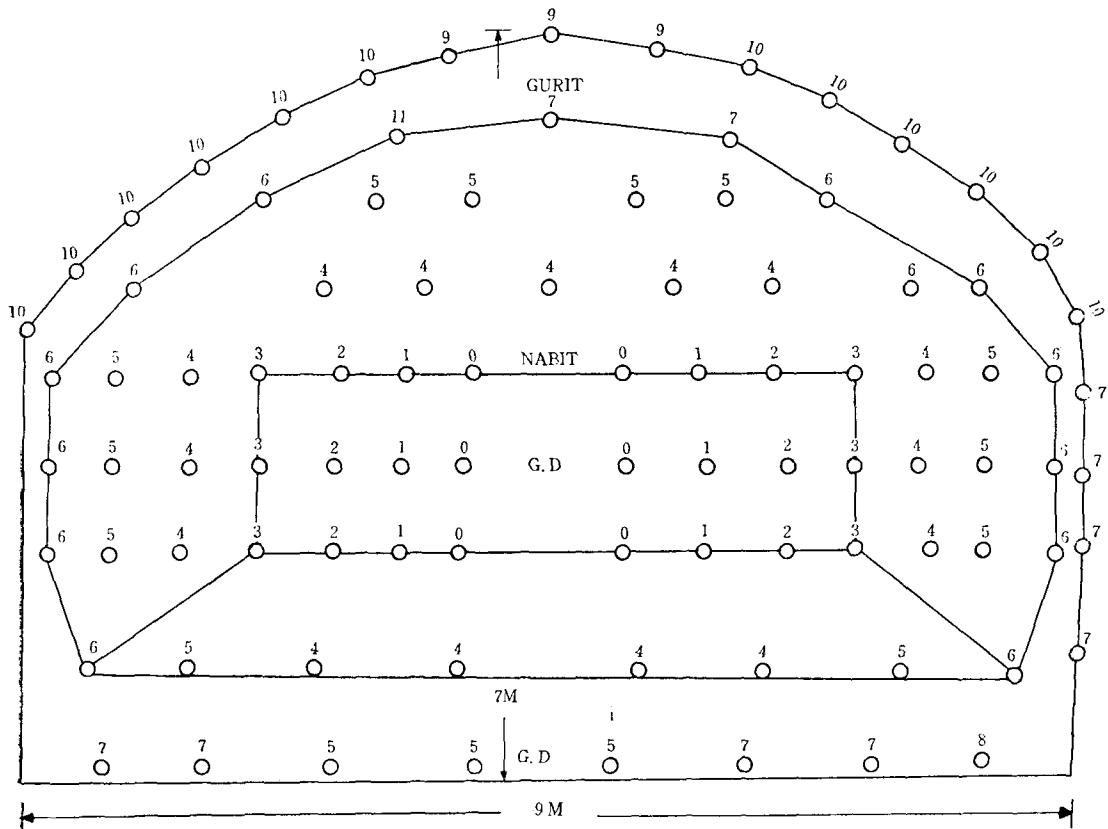
○ CONTOUR HOLE 의 穿孔 間격 65cm

○ 穿孔깊이 : 3m

4) 結果 : 比較的 良好함.

Fig. 1. 서울地下鐵터널(新村)

DRILLING PATTERN(W12×H20中 GA 9×7=54m²)
NITRO NOBEL 製裝填



DELAYING DETONATOR

- 0 : 6 6 : 12
- 1 : 6 7 : 13
- 2 : 6 8 : 2
- 3 : 6 9 : 5
- 4 : 15 10 : 14
- 5 : 15

TOTAL 100 HOLE

100EA/157.5m³
=0.635EA/m³

CROSS SECTION : 54m²

HOLE DIAMETER 36m/m

HOLE DEPTH : 3000m/m

BURDEN : 600M/M(COUNTER LINE)

SPACING: FLOOR : 500m/m

WALL : 400m/m

STOPP : 600m/m

CUT HOLE: G.D. 15EA

FOOT HOLE: G.D. 12EA

CONTOUR HOLE GURIT 4EA

+GD 3EA

STOPE HOLE: NABIT 2EA

+GD 3EA

6. 서울 地下鐵 ○○工區의 發破作業에 對한 實驗

서울 地下鐵工事(터널)은 工區마다 多少의 差異는 있으나 市街地 發破의 三大要素인 振動, 飛石 및 騒音中 前記 振動에 對한 安全作業이 要請된다.

따라서 筆者는 現行 作業狀況을 檢討한바 비록 姑息의이나 現 要件下에서 우선 배꼽대기(cut)의 V型으로부터 Burn cut로 代替, DS雷管을 MS雷管으로 代替, 다이나마이트 爲主를 脫皮, 硝安爆藥으로 移替 等 몇가지 만의 是正

努力으로 掘進長의 倍加는 勿論 發破로 因한 振動을 顯著하게 減少시킬 수 있는 實證을 다음과 같이 記述코져 한다.

推薦事項

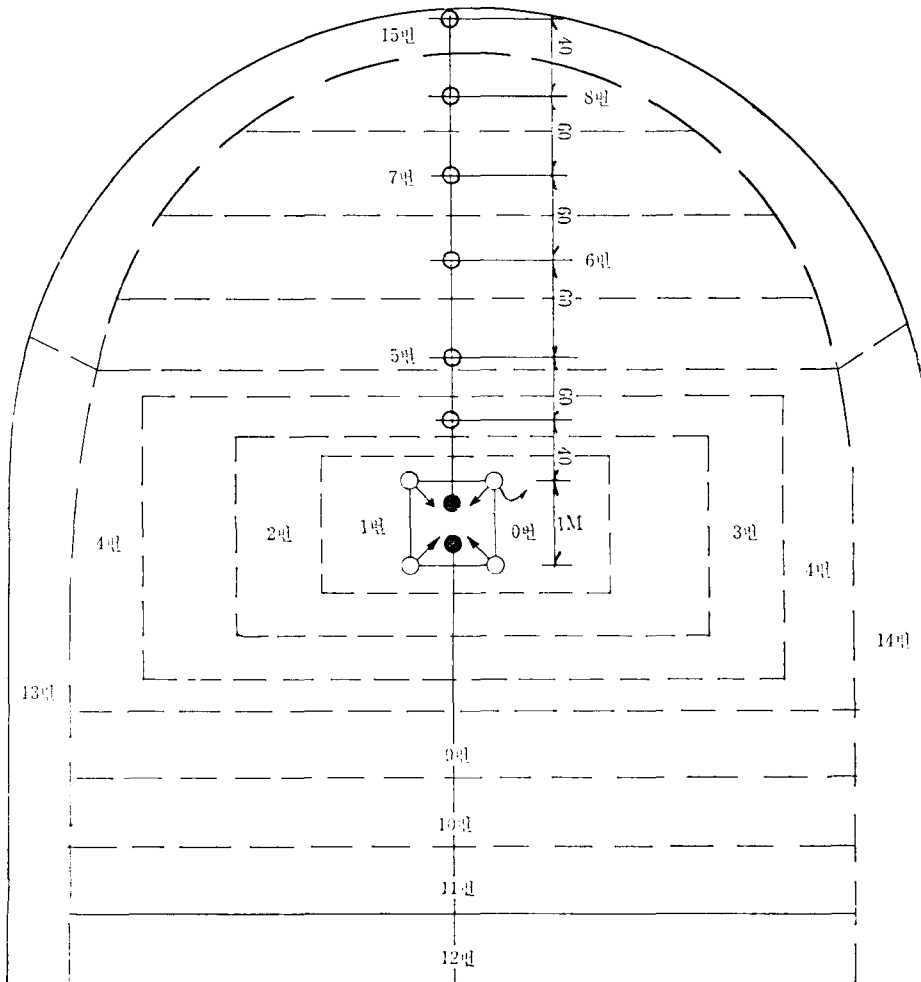
가. 振動減少의 첫걸음인 Cut는 V型보다는 自由面이 넓은 Burn cut로 代替할 것.

나. 初期振動이 가장 높은 것을 勘案하여 點火順序는 0番부터 0番(4個) 1番(4個), 2番(6個) 順으로 하되 배꼽대기(cut)는 반드시 M/S 電氣雷管을 使用할 것.

다. 爆藥은 湧水孔을 除外하고는 爆速이 더딘 硝安爆藥을, 雷氣雷管은 振動이 減少되는 M/S 雷管을 使用할 것을 勸奨한다. 爆藥 裝填量은

6-1. 서울 地下鐵 324工區(V-cut)

천공장
80~90cm



번호	장 약 량
0번	6EA×4EA×112.5g=2.7kg
1"	8 ×3 ×112.5g=2.7"
2"	10 ×3 ×112.5g=3.37kg
3"	10 ×3 × " =3.37
4"	9 ×3 × " =3.03
5"	11 ×3 × " =3.71
6"	7 ×3 × " =2.36
7"	6 ×3 × " =2.02
8"	10 ×3 × " =3.37
9"	12 ×3 × " =4.05
10"	10 ×3 × " =3.37
11"	10 ×3 × " =3.37
12"	11 ×3 × " =3.71
13"	10 ×3 × " =3.37
14"	10 ×3 × " =3.37
15"	10 ×3 × " =3.37
계	150EA 51.24kg

大體的으로 Cycle 당 140孔 程度로 보고 배꼽대기 0~1番은 各 4孔으로(112.5g×4個)하고 2~12番은 孔當 各 3個 마지막13~14番은 Finnex로 裝藥한다.

라. 裝備 補完 事項

1) Bit 는 國產爆藥 藥徑 25m/m 및 28m/m 에 맞도록 7/8" rod(35m/m徑×3 $\frac{1}{4}$ 상크)를 使用하며, Decoupling 指數를 줄이도록 努力할 것.

2) 發破效果를 비롯하여 殘孔(Footleg)을 防止하기 爲하여 1/2" pipe(후가지 파이프)를 準備하여 裝藥前에 穿孔 清掃를 게을리 하지 말 것.

6-2. 발파 실험측정 결과표

1981. 6. 27/28

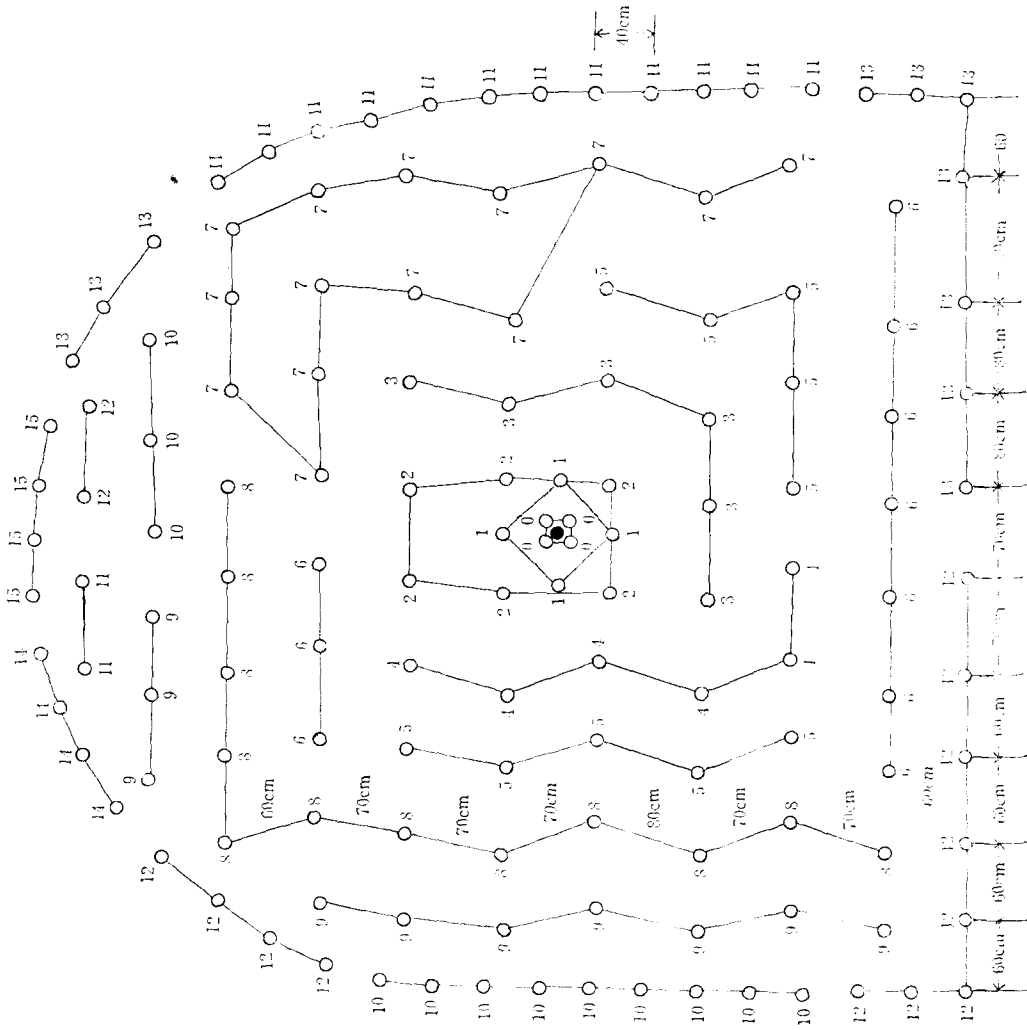
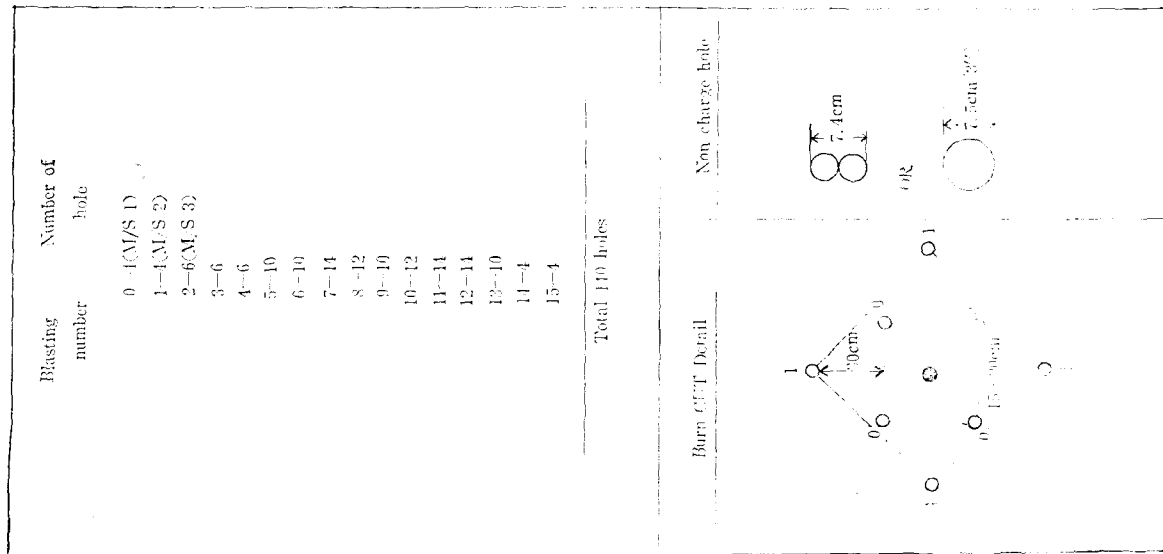
회 수 (회)	공 수 (개)	공간거리 (cm)	공 장 (m)	1회 사용 폭약 량 (kg)	최대진동치 cm/sec	센사위치	막 장 파 센사거리 (m)	발 파 결 과
1 (27PM5)	K-6-12 (148)	K-10-30 60	0.8-0.9	K-2.47-4.953 (61,087)	X 0.002	정원석상	H-28, 315 L-22	V-Cut H-10m L-10 부근의 착암기 운동진동은 XYZ 0.004cm/sec
2	K-6-7 (146)	K-40-60 60	0.8-0.9	K-2.48-2.901 (60,525)	Z 0.001	기반암상	H-23, 315 L-13.14	Burn Cut
3 (28AM8-10)	K-4-4 (162)	K-10-30 60	1-1.2	K-1.12-1.57 (63-83)	Y 0.15	"	H-23, 315 L-13.14	Burn Cut(A Tunnel)
4 (//)	K-6-8 (150)	K-20-40 60	0.8-0.9	K-2.7-2.7 (51.24)	Z 0.002	"	H-23, 315 L-26	V-Cut(B Tunnel)
5	K-4-4 (162)	K-10-30 40-50, 60-70	0.8-0.9	K-1.125-1350 (56.767)	Y 0.06	"	H-23, 315 L-26	Burn Cut(B Tunnel) Foot Leg. 전부 성공적으로 완폭
6	K-4-4 (162)	K-50-50 60	0.8-0.9	K-1.35-1.8 (56.071)	Y 0.02	화장실 타일상	H-22, 00 L-20.14	V-Cut(A Tunnel) Foot Leg 전부

Finex 17mm×5cm×110g

- 비고 : 1. 사용 폭약은 다이내마이트 25mm×112.5g
 2. 사용너관은 전기 지발너관 0-15번
 3. 사용빗트는 $\phi 40\text{mm} \times 1.4\text{m}$ 로 천공장은 0.8-1.2m
 4. K-4-4은 Cut Hole 4공-0번, 4공-1번

筆者考案穿孔配置與點火圖

6-3. (Recommend Drilling & Blasting Pattern) by Dr.G. Huh



7. 結 論

Tunnel 掘進의 合理化는 從來의 鑿岩, 發破, 運石 및 支保의 Orthodox 的 作業으로 Cycle 能率化를 期하는 方法과 掘進 機械를 驅使하여 掘鑿과 運石을 同時에 連續的으로 作業하는 方法으로 兩分할 수 있다.

本稿에서는 既存의 우리 實情에 맞는 前者에 對하여 記述하던 鑿岩發破의 合理化는 三大要素라 할 수 있는 좋은 鑿岩機에 좋은 火藥 그리고 좋은 發破工法이라 할 수 있다.

그中 좋은 火藥에 對하여는 從來의 G.D 的 代用品인 Slurry 는 1978年 筆者의 開發을 嚆矢로 1981年에 이르러 商品化 되어 있고 이번 試驗에서 確認된 바 있는 Smooth blasting 用 Gurit 및 Nabit 가 이제 商品化 되어 있다.

Gurit 는 Sweden 的 NOBEL 社가 開發한 小直徑, 低爆速, 長裝填爆藥으로서 周邊孔에 많은 平行孔을 穿孔하여 壁面을 損傷하지 않게 Bore hole 直徑에 비해 적은 藥徑의 爆藥을 裝填 使用한다. 即 Decoupling 指數를 작게 하는 것이다.

다음 좋은 鑿岩機란 防振, 消音, 輕量, 操作 및 技能工 確保 等 勞動條件을 改善할 수 있는 알맞은 鑿岩機로서 快適한 作業을 할수 있는 것이어야 한다.

Swiss 的 NEIT HORT RUBBER SUSPENSION 은 鑿岩工의 疲勞를 덜어주는데 醫學的인 效果가 크다고 한다.

또한 打擊數의 上昇은 排氣音의 周波數가 높아져 高周波長이 上昇하여 難聽의 原因이 되는 바 防音으로는 Rubber cover 가 使用되고 있다.

이와같이 從來의 小型 鑿岩機가 漸進的으로 改善된 것이지만 地下 Tunnel 과 같은 大掘進에는 最小限 Jumbo 型이 適用되므로써 小型 鑿岩機 RH 656—4W 的 交代當 穿孔 總延長 30m 掘進에서 Jumbo 로서 交代當 穿孔 總延長 300m 로 增大 시키므로써 根本的인 問題가 解決될 것이다.

좋은 發破工法이란 從來의 V型 배꼽대기工法으로부터 直線型 例를들면 Burn-cut, Coromant-

cut, Line cut 等으로 移行되고 있다.

參考로 今般試驗에서 筆者가 考案한 現行地下 鐵用 Drilling pattern 을 試圖하여 보았다(6—3 參照)

이 Drilling pattern 대로 鑿岩工이 穿孔하기 爲하여서는 補助裝備가 必要하다.

即 Laser light 를 利用하여 各孔을 paint 로 表示하여 穿孔의 正確을 期하여야 하며 爆破 振動 記錄表를 作成하여 다음 工程의 保坑 維持에 參考로 해야 할 것이다.

특히 發破事故 豫防을 爲하여는 最近 開發한 磁力利用의 殘留 Dynamite 探知機를 準備함이 좋을 것으로 思料된다.

지금까지 敘述한 地下鐵 Tunnel 掘鑿工法을 要約하여 보면, 地下鐵 Tunnel 工法의 適用이 可能하고 必要한 區間에서의 Tunnel 掘鑿은 Jumbo 와 Crawler drill 을 使用하여 Burn cut 로 drilling 하며 爆藥은 Slurry, ANFO, Gurit 및 NABIT 를 使用하고, Smooth blasting 을 行하여, 電氣發破로서 掘進能率과 效果를 向上시켜야 할 것이다. 끝

參 考 資 料

1. 岩盤掘鑿工法세미나(許墳) 1981. 2. 13 大韓建設協會
2. 發破作業과 安全管理 세미나(許墳) 1981. 5. 21
海外建設協會
3. On rock drilling theory & technique by C. Byström & V.Harr, E.Brask, B.Johansson 1980. 9.
4. The modern technique of rock blasting by U. Langefors & B. Kihlstrom
5. Slurry 爆藥 木村眞著
6. 發破 Hand book 1977. 日本工業火藥協會著
7. 採石 Hand book 1977. 技報社
8. Sub surface space. vol.1, 2 by Rock store 80
Sweden
9. 火藥과 發破 1971. 須藤, 大之保著
10. 火藥發破學 p. 54~55, 1979. 許墳著
11. 大韓鑛山學會誌 vol.16 No.1. p. 10~18. 1978.

우리나라 産業火藥 및 爆發技術 略史

年 代	史 績
B.C. 160年頃	黑色火藥原型 中國에서 發明
1377年	高麗末 崔茂宣 火藥製造(火藥修練法)
1866年	瑞典 Nobel 가 膠質 다이나마이트 發明特許製造 自營
1935年	倭帝下 興南에 火藥工場設立
1950年	美國 Lee 와 Akre 共同으로 ANFO 特許
1952年	韓國火藥(株) 仁川工場 再建
1954年	許墳 Burn Cut 實驗實用化 於上東鑛山
1956年 12月	美國 M.A. Cook 와 加國 H.E. Farnam 共同으로 Slurry 特許
1962年 8月	日本 下村 ANFO 實用化 公開實驗
1964年 6月 20日	許墳 國產 ANFO 製造 性能公開實驗 商工部主催 於始興鑛山
1968年 2月	許墳 Al-ANFO 製造 性能公開實驗 商工部主催 於富平鑛山(1969年 日本工業火藥協會 秋期大會發表)
1968年	韓國火藥(株) ANFO 製造市販
1972年 10月 14日	Burn cut 의 力學的 論文發表 美鑛山學會誌記載, 大韓鑛山地質學會 秋期大會發表
1975年	日本 Slurry 製造市販(美 Dupont 및 IRECO 等과 技術提携)
1977年 11月	許墳 Slurry 製造性能公開實驗 建設協會, 洋灰協會, 石炭協會, 鑛業會共同主催 於天寶鑛山
1980年 12月 30日	爆藥年消費量 21,237ton 中 ANFO 가 6,363ton(30%) 占有
1981年 1月 10日	銃砲刀劍 火藥類 團束法改正 公布 Slurry(含水爆藥) 追加
1981年 2月 13日	許墳 Gurit 使用 Smooth 工法實驗於 K-1 於建設協會發表
1981年 5月 24日	韓國火藥(株) 含水爆藥 및 Finnex 製造市販
1981年 6月 27日	許墳 서울 地下鐵 324工區에서 Burn cut 實驗實用化

新 刊 案 內

新 火藥發破學

火藥管理 및 製造技師 資格 應試者

土木·鑛山 및 化工科의 大學 및 專門大學生

土木·鑛山現場의 技師를 爲한 必須參考書

大韓火藥技術學會編

工學博士 許 墳 著

圖書 機電研究社
出版

서울 東大門區 新設洞 104-29

TEL. 253-7744 255-0791

값 4.500 원