

서울地下鐵工事發破工法の標準化

Blasting Standardization works for NATM on the Seoul Subway Construction by Dr, Ginn Huh

서울地下鐵公社 許 墳*
研究開發委員會首席委員

Abstract

On the Seoul Metropolitan Subway Construction of No. 3, 4 Line, the total length is 57 Km and it is now undergoing almost 55% progress. The working method is classified into Open Cut of 70% and the rest of 30% tunnelling method in the 48 job site. Above tunnelling method is executed by American Steel Support System and the rest of 10 job site carried out by New Austria Tunnelling Method.

This paper describes Blasting Standardizations works on the above Tunnelling & Open Cut Method under big slogan, first safety, second execution. As a superintendent, I strived standardization of works with Better powder, Better Drills & Better Pattern. Geological structure of Seoul area is composed by Jurassic Granite and also the above rockgroup are over burden by Alluviums as a Unconformity. First of all, I carried out the standard amount of powder and burden through experimental standard blasting by each powder as following Blasting works in the subway construction is surrounding shop Building, under pass the city river and also under pass highest building basement floor.

I made allowable Blasting Vibration Value by West-Germany Vornorm DIN 4150, Teil 3 and should measure each blasting works as follows all of powder is used basically Low-Gravity and

Relation between Rocks, Powder & Burden (φ 36 Bit gage)

Rocks Cm	I (Hard Rock)	II (Semi Hard)	III (Soft)	IV (Wethering)	V (Sandy)
Powder φ 25.28mm					
Gelatin Dynamite	60	65	70	80	''
Slurry	58	63	68	78	''
Ammonium Nitrate	55	60	65	75	''
Tunnelling Method (with Burn Cut)	Full Face	Top Heading & Bench	Line drilling Pilot drift Top heading & Bench	For pilling pilot drift Top head- ing & Bench	''

* 韓國技術士會副會長

Blasting Vibration allowable Value cm/sec

Class	I	II	III	IV
Kind of Architect	Cultural assets	House, Apt	Shopping Center	Factory
Allowable Value on the base ground Cm/Sec	0.2	0.5	1.0	1.0--4.0

Low Velocity such as Slurry, Ammonium Nitrate & Finex I. II. for Smooth Blasting Instead of Gelatin Dynamite.

Electric Detonation Cap is used basically M/S Delay Cup instead of Electric delay & Simultaneous cap.

I applied following formula

$$V = KW \frac{3}{4} D^{-2}$$

V=Particle Velocity (Cm/sec)

K=Ginn Huh's Value

W=Delay Charge (Kg)

D=Distance (m)

In the Open Cut, within 1 m distance from H-pile I made to use the Concrete breaker, as following

$$V = 7W^{0.5}V^{-1.75}$$

On the Concentrate Building area, I advise to use Light class drill ϕ 36mm Bit gage and advance 1.1m per round blasting the three boom jumbo drill over ϕ 45mm used only suburb of city.

— 目 次 —

- I. 緒 言
- II. 最近 火藥類 消費現況
- III. 最近의 火藥類 및 新發破工法
 - 1. 含水爆藥
 - 2. NATM工法과 서울地下鐵 掘鑿
 - 3. 서울地下鐵工事 發破作業指針
- 4. 開鑿式 掘鑿作業에 對한 發破指針
- 5. NATM과 發破工法
- 6. 發破公害防止用 爆藥 및 破碎器
- 7. 其 他
- IV. 結 論

I. 緒 言

過去 一世紀 동안 王座를 차지하였던 “다이나마이트”는 保存의 確保, 作業의 安全性 및 經濟的인 면에서 ANFO 爆藥時代를 거쳐 漸次 含水爆藥時代로 轉換되고 있는 實情이다.

最近 火藥類의 使用은

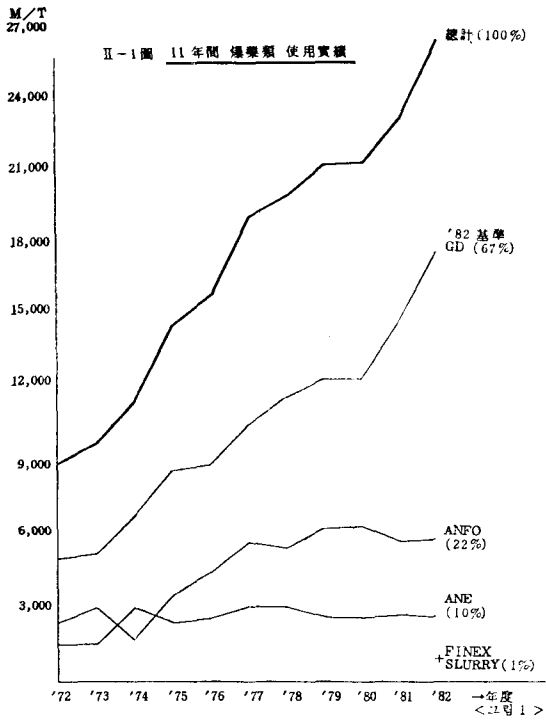
- 1. 保安上의 觀點……………含水爆藥, 硝油爆藥
- 2. 掘鑿工法의 效率化……………精密爆藥 및 M/S

電氣雷管

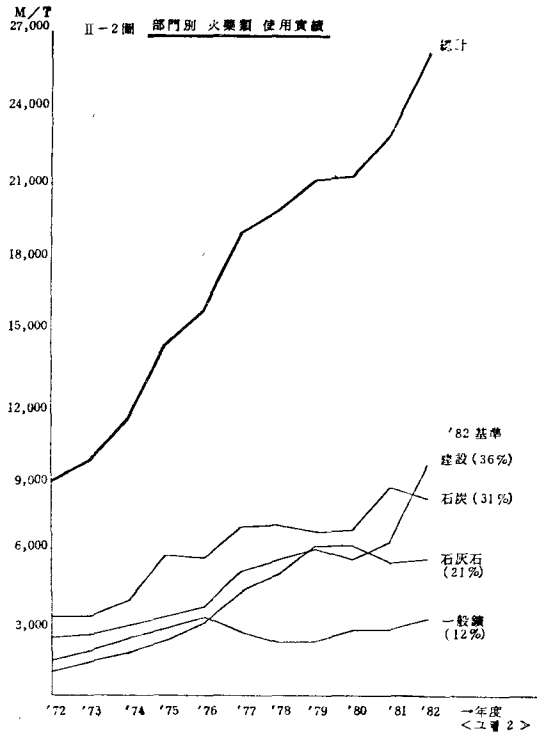
- 3. 發破公害上 觀點……………振動節減爆藥 등으로 多樣化되고 있는 實情이다. 오늘날의 產業火藥界現況과 外國의 火藥類에 對해서 記述코져 한다.

II. 最近 火藥類 消費現況

1981年 以來 우리나라의 年間 火藥消費量은 2.6萬屯으로 東南亞細亞에서는 日本의 7萬屯에



〈Ⅲ-1圖〉 11年間 爆藥類 使用實績



〈Ⅲ-2圖〉 部門別 火藥類 使用實績

다음가는 第二位를 차지하고 있다.

우선 爆藥의 種類에 있어서 美國은 이미 10年前에 Dynamite가 硝油爆藥과 含水爆藥으로 完全代替되어 있으며 이웃 日本에서도 1975年을 基點으로 하여 硝油爆藥과 含水爆藥이 全消費量의 60% 以上을 占有하고 있다.

우리나라는 先進諸國에 比해 아직도 Dynamite가 67% 硝油爆藥과 含水爆藥이 23%에 머물고 있는 狀態로 需要와 消費兩面에서 여러가지 檢討해야 할 問題點을 提示하고 있다.

또한 部門別 用途에 있어서도 從來의 炭礦 爲主에서 1981年 以來 地下鐵 및 貯油施設 등 地下空洞의 建設에 힘입어 建設이 36%, 炭礦이 31%로 轉移되고 있는 現象을 나타내고 있음은 앞으로 爆藥種類의 多樣化를 證明하고 있는 것이다(그림 2-1, 2-2 參照)

Ⅲ. 最近의 火藥類

1. 含水爆藥(Slurry)

다이내마이트는 니트로겔(Nitrogel)은 (니트로

그리세린(Nitrogriserine)에다 니트로 섬유질을 膠化한 것)을 基劑로 하여 여러가지로 만들어진 것이다.

그후 硝油爆藥(ANFO)이 開發되어 廉價에다 經濟的인 利點으로 早速한 普及을 가져왔으나 吸濕性이 있어 水孔에는 使用할수 없는 흠이 있었다. 이 點을 改良한 것이 Canada의 鑛山技師 H.E. Farnam과 美國의 M.A. Cook 教授의 共同 研究에 依해서 1956年 처음 開發된 含水爆藥이다. 그러나 이것도 當初에는 雷管만으로는 起爆이 안돼 Dynamite와 같은 起爆劑(Booster)를 使用하다. 漸次 TNT 혹은 無煙火藥 등의 火藥類를 混合하는 등 많은 改良의 거듭끝에 지금은 Dynamite와 類似한 膠質(Gel or Slurry) 浮狀(Emulsion)으로 되어 雷管 하나만 가지고 起爆할 수 있는 含水爆藥이 開發되었다. 1977年 11月 筆者에 依해서 처음으로 公開實驗한 바 있는 含水爆藥의 製造成分은 IRECO Cook 博士의 資料에 따른 것이며 Maker別 比較表는 다음과 같다.

〈Ⅲ-1'表〉 會社別 製造成分比較表 (SLURRY PROCESS COMPARATIVE TABLE)

(이는 各 會社마다 秘密로 되어 公開되지 않음을 筆者가 收集한 資料에 의한 것으로 多少의 差異가 있을 것으로 思料된다.)

會社 및 製品	Oxidezer	Fuel & Sencitizer	Thickenner	Cross Linking & Aerator	H ₂ O
Dupont (Water Gel Tovex)	AN(NH ₄ NO ₃) NaNO ₃	MMAN E.G.	Gum	Sodium Lauryl Sulfate	15%
IRECO (Slurry Iremite)	AN 68%	TNT A1 17-40 0.1-12	Gum	—	15%
N. nobel (Emulsion Reolite)	AN, SN S.P.C	A1 Wax, Oil	—	Microbaloom	15%
K.E.C	AN	MMAN A1	Gum	K ₂ Cr ₂ O ₇	15%

〈Ⅲ-1'表〉 代表的 Slurry 의 成分

種 類	銳感劑 配合比 (%)	酸 化 劑 的 種 類	水 分	
			標 準	範 圍
TNT 入 Slurry	TNT 17~60	AN, SN, BN, SC, NaP, C	15	8~40
CB 入 Slurry	CB 15~35	AN, SN, C	15	12~16
SP 入 Slurry	SP 20~60	AN, SN, BN, SC, NaP, C	15	2~20◎
HSSP 入 Slurry	HSSP 20~60	AN, SN, C	15	2~20◎
TNT/A1 入 Slurry	TNT/A1 5~25/0.5~40	AN, SN, NaP, C	15	10~30
SP/A1 入 Slurry	SP/A1 10~25/1~40	AN, SN, C	15	12~30
A1 入 Slurry	A1 0.1~40 燃料 0~12	AN, AN, /SN, AN/NaP, NaP	15	6~30◎
燃料 入 Slurry	固體燃料 4~15	AN, AN/SN, NaP, SC	15	3~16◎

(注) CB: Composition B SP: Smokeless Powder
 HSSP: High Strength Smokeless Powder
 AN: 硝安 SN: 硝酸 soda BN: 硝酸 barium SC: 食鹽
 NaP: 過鹽素酸 Soda
 C: 組合한 것 (但 AN/SC 는 兩立하지 않음)
 ◎: Formaldehyde, Ethyleneglycol, 砂糖 等과 같이 물에 擴散하는 것을 少量必要로 한다.

含水爆藥의 特徵은 衝擊, 摩擦, 火災 等에 對해서 比較的 安全하며 또한 發破後 가스가 良好한 것이라 할 수 있다. 例컨데 터널幕場에서의 不發殘留藥事故의 日本統計에 의하면 착압빋드 衝擊으로 因한 爆發比率를 보면 Dynamite 가 26/120인데 비해 含水爆藥은 0/1831의 比率로 報告되어 있다. 發破後 가스에 對해서도 使用條件에 따라서 差異는 있으나 坑內用 Dynamite 에 比해서 Gas 및 煙氣가 越等하게 적은 便이다. 그러나 死壓現象이 일어나기 쉬우므로 深水中에서는 不發이 되는 수도 있으며 또한 段發發破時

隣接孔의 衝擊影響을 받게 되는 때는 孔間間隔을 늘릴 必要가 있다.

2. NATM 工法과 서울地下鐵掘鑿

NATM (New Austria Tunnelling Method) (Rock Bolt 와 Shotcrete 을 主材로 하는 支保로서 地層의 強度의 弱화를 極力 抑制하여 地層의 本來 가지고 있는 支持能力을 積極的으로 活用하면서 現場計測과 함께 터널을 施工하는 方法)은 터널掘鑿 施工에 있어서 Rock Bolt, Shotcrete 및 可縮性 鋼支保工等을 支保材料로 하여

〈Ⅲ-2表〉

含 水 爆 藥 性 能

會 社 名		USA-IRECO		USA-Dupont (Tovex)				日 本 工 機		日 本 油 脂	USA-Dupont 韓 國 火 藥
		日 本 化 藥	日 本 化 藥	旭 成	旭 成	旭 成	旭 成	日 本 工 機	日 本 工 機	日 本 油 脂	USA-Dupont 韓 國 火 藥
項 目	品 種	IRE-	IRU-	Sunvex	Sunvex	Sunvex	Sunvex	ENA-Gel MA-7	ENA-Gel MA-8	Chitagel	합수폭약
	性 狀	mit	Gele	100A	200	220	S10	Gel	Gel	Gel	Gel
狀 態	狀 態	Gel	Gel	Gel	Gel	Gel	Gel	Gel	Gel	Gel	Gel
性 狀	性 狀	耐 水	耐 水	최우수	최우수	최우수	최우수	최우수	우 수	양 호	우 수
假 比 重	假 比 重	1.10	1.15~ 1.20	1.20~ 1.30	1.02~ 1.06	1.20~ 1.30	1.10~ 1.23	1.05~ 1.15	1.05~ 1.15	1.05~ 1.15	1.1~ 1.2
過 剩 酸 素	過 剩 酸 素	+2.5	+0.7	+1.0	+0.7	+1.2	+1.2	+0.6	+2.6	+1.5	
爆 力	鉛 板 試 驗	320~350	—	—	—	—	—	340	310	—	—
	彈 道 振 子	70~75	—	70~75	70~75	70~75	70~70	70~75	70~75	72~76	—
	爆 速 度	4.5~5.2	4.7~5.4	5.0~5.5	5.0~5.5	5.0~5.5	5.0~5.5	4.4~5.4	4.2~4.8	4.5~5.2	3.9
感 度	Hoss 猛 度	14~16	—	17~19	17~19	19~21	17~19	15~16	14~15	—	—
	不 爆 點	100以上	100以上	8	8	8	8	120以上	120以上	8	—
火 藥 特 數	容 熱	755	800	860	830	900	840	800	780		
	發 熱	930	1,020	1,040	1,110	1,080	1,110	1,250	1,200		
	發 溫 度	2,700	2,050	2,120	2,270	2,300	2,330	2,800	2,650		
	火 藥 力	8,360	7,000	7,820	8,330	8,380	8,270	9,300	8,630		
後 用	Gas	최우수	최우수	최우수	최우수	최우수	최우수	최우수	최우수	우 수	우 수
用 途	用 途	坑內坑外	坑 外	坑外用	坑內用	坑內用	耐熱用	坑內外用	坑內外用	坑內坑外	坑內外用

比較的 얇은 支保를 形成하는 工法이다. 다시 말하자면 록크볼트를 打設한 터널周邊의 岩盤自體에 支保役割을 分擔시키는 것이다.

따라서 掘鑿法으로서는 터널周邊의 岩盤을 損傷치 않고 보다 더 매끈하게 掘鑿함과 아울러 掘鑿後 터널周邊의 岩盤이 時間과 더불어 變形

〈Ⅲ-2表〉

NATM의 掘鑿과 支保分類

	I	II	III	IV	V
岩 種	硬 岩 (stable rock)	準 硬 岩 (moderately jointed and hard stratified or schistose rock)	軟 岩 (fractured and friable rock)	風 化 居 (instable plastic & squeezing rock)	麻 砂 土 (highly plastic sgueezing & swelling ground)
最 少 抵 抗 線 (cm) 但 36mm Bit Gage	60	65	70	80	—
掘 鑿	全 斷 面 (full face)	全 斷 面 (full face)	半 斷 面 (top heading & bench)	line-drilling 先 導 抗 半 斷 面 (pilot drift & bench)	for piling 先 導 抗 半 斷 面 (")
支 保	部分的인 R.B. (occasionally rock bolt)	S.C., W.M. 天盤의 systematic R.B.	S.C., W.M. 天盤과 側壁의 R.B.	S.C., W.M. R.B. & Steel rib	S.C., W.M. F.P., Steel lagging & S.C. invert

* S.C.=Shotcrete

* W.M.=Wire mesh

R.B.=Rock bolt

F.P.=For pilling

<2-1表>

서울地下鐵建設進度

路 線 區 分	總 計	1 號 線	2 號 線 (Loop Line)		3 號 線	4 號 線
			本 線	支 線		
起 終 點	4 個 路 線	서울—清涼里	市廳—江南 —市廳	新設洞— 聖水洞	舊把撥— 良才洞	上溪洞— 舍堂洞
km	120.6	9.5	48.8	5.3	27	30
驛	102	9	43	3	23	24
車 輛	638	96	272	—	132	138
運 行 間 隔	分	3	3.5	—	3.5	3.5
建 設 期 間	71—84	71—74	78—83	83	80—84	80—84
輸 送 人 員 (日)	500萬	100	150	—	120	130
工 程 (%)		完 工	一部完工 85		55	55

이 오기전에 可及的 掘進長을 늘리는 새로운 工法으로서 우리나라에서는 처음으로 試圖하게 된 것이 1982年 서울地下鐵公社의 金在明社長의 英斷에 依해 奧地利의 G.C社와 日本의 JARTS의 技術提携에 따라 48個工區中 都心部の 10個工區에 適用키로 하여 設計監理計測에 이르기까지 外國專門家の 協助下에 進行中 漸進的인 NATM 土着化에 좋은 結實을 맺고 있다. NATM 工法을 크게 나누어 掘鑿과 支保로 兩分하게 되는데 G.C社에서 韓國駐在責任者로 文保專門家인 Schwbellt 博士가 文保를, 처음 基本設計부터 參與하게된 筆者는 掘鑿을 擔當하여 共同 推進하므로써 NATM用 掘鑿工法의 새로운 紀元을 마련하였다. 여기 特記할 事項은 심폐기孔에 Burn Cut, 周邊孔에는 Smooth 工法 및 無裝填 line drilling 등을 適用하고 點火에는 多段化의 原則하에 M/S雷管 19番, D/S雷管 16番 都合 35番 段差로 都心地 發破를 施行하기로 하고 全工區에 對한 標準化를 기하기 위해 岩盤土質을 다음 要領에 의거 제 1종부터 5종까지 分類하였다.

1. 발파 Pattern을 작성하기에 앞서서 반드시 標準發破를 실시하여 최소 저항선과 표준 裝藥량을 구해야 한다.

이에 따라서 현재 現場에서 적용하고 있는 압중별에 따른 最小저항선치가 표 2에 나타나 있다.

아울러 2표 에는 掘鑿工法에 따른 分類와

NATM 文保에 따른 分類도 함께 되어 있다.

2. 표 6는 發破振動이 건물과 人體에 미치는 피해에 대한 것이다. 이 표에서 할 수 있듯이 서울 地下鐵 振動許容 限界値는 0.5cm/sec 이다.

3. 이러한 振動許容限界値에 따라 制限된 適正 裝藥量을 구해야 한다. 이를 위해서는 發破振動式이 확립되어야 하는데 日本의 吉川式은 $V=K \cdot W^{3/4} D^{-2}$ 이다.

이 식에서 계수 K는 岩質, 地形, 爆藥의 種類 및 發破方法에 따라 變化하는데 吉川 K가 韓國의 實情에 맞지 않기 때문에 이론적으로 수정을 하여 許填 K를 사용하고 있다.

3. 서울地下鐵工事 發破作業指針

3-1. 序 論

掘鑿發破 및 火藥類에 對하여 既 下達된 基本 資料에 依한 安全施工이 未洽한바 이에 좀더 補完한 指針을 示達하여 作業에 萬全을 期하고자 完壁한 서울地下鐵 建設을 이룩하고 있다.

3-2. 發破振動 推定式

서울地下鐵 建設工事に 使用되는 爆藥은 低速 低比重을 原則으로 하여 Dynamite 를 止揚하고 含水爆藥, 硝安爆藥, 精密爆藥 등을 代替 使用토록 하고 電氣雷管은 瞬發, 遲發을 M/S雷管으로 代替使用하므로써 振動을 減少시킨다.

$$V=K \cdot W^{3/4} D^{-2}$$

〈3-2表〉

K 值 一 覽 表

區分	使用爆藥	岩種	Tunnel 上部		Tunnel 下部
			Cut Hole	Stopping & Wall	Bench Cut
吉川 K	다 이 나 마 이 트	硬 岩	400~300	250~180	200
		軟 岩	300~200	150~100	100
		風 化	200~100	90~ 50	50
許 墳 K	Slurry (含 水 爆 藥) (MS 雷管을 使用했을 境遇)	硬 岩	106~ 80	67~ 48	53
		軟 岩	80~ 53	40~ 27	27
		風 化 岩	53~ 27	24~ 14	14
	Slurry (含 水 爆 藥) (MS 雷管을 使用안했을 境遇)	硬 岩	203~154	129~ 92	102
		軟 岩	154~102	77~ 52	52
		風 化 岩	102~ 52	46~ 27	27
	硝 安 爆 藥 (MS 雷管을 使用했을 境遇)	硬 岩	75~ 56	47~ 34	38
		軟 岩	56~ 38	28~ 19	19
		風 化 岩	38~ 19	17~ 9	9
	硝 安 爆 藥 (MS 雷管을 使用안했을 境遇)	硬 岩	144~108	90~ 65	73
		軟 岩	108~ 73	54~ 37	37
		風 化 岩	73~ 37	33~ 17	17
F - I F - II	硬 岩		80~ 70		
	軟 岩		70~ 60		
	風 化 岩		60~ 50		

V : Particle velocity (cm/sec)

K : 係 數

W : 裝藥量(kg)

D : 距 離(m)

여기서 K 値는 係數인데 岩質, 地形, 爆藥의 種類, 發破方法에 따라 變化한다. 여기서 吉川 K와 許墳 K는 上記 表와 같다.

4. 開鑿式 掘鑿作業에 對한 發破指針
(서울地下鐵公社 工事會報 第15號參照)

4-1. 開鑿式 掘鑿作業은 H-Pile 附近과 中央部의 發破作業으로 區分된다. H-Pile 附近이라 함은 兩側壁 또는 中央 H-Pile 線에서 부터 1 m 以內를 말하며, 中央部라 함은 H-Pile 附近을 除外한 나머지 部分을 말한다.

4-2. 發破作業은 다음과 같은 順序에 依하여 施

行한다.

첫째, H-Pile 附近의 穿孔을 먼저 施行하여 防振溝를 形成한다.

둘째, 中央部를 段階式 工法으로 發破 掘鑿한다.

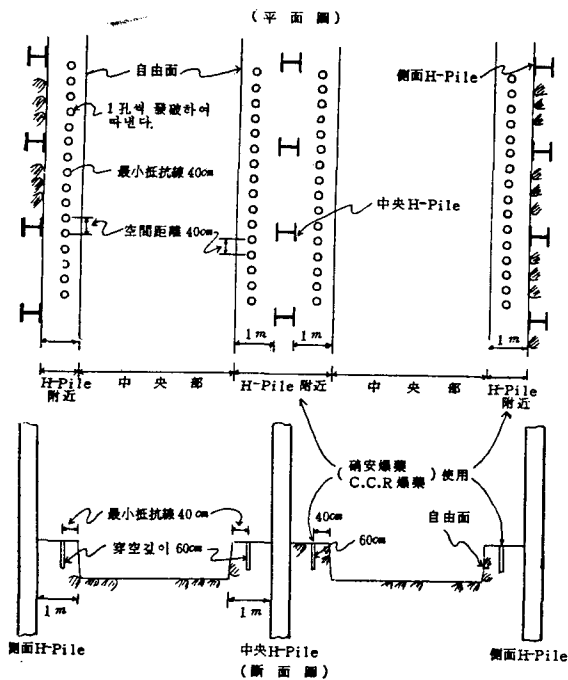
셋째, H-Pile 附近을 發破하되 1孔씩 發破하여 떼어낸다.

4-3. H-Pile 附近의 發破

(1) H-Pile 附近의 掘鑿은 BRAEKER 作業을 原則으로 한다.

(2) 現場 與件으로 因하여 發破時는 事前에 擔當課長의 承認을 받아 다음 事項에 準하여 施行한다.

- (가) 最小 抵抗線 : 40cm
- 空間 距離 : 40cm
- 穿孔 길이 : 60cm



〈4-3圖〉 Hi-Pile 附近的 發破圖

서울地下鐵 岩種分類 및 爆種間的 最低抵抗線 函數關係表

(單位 : Cm Bitgage 36mm)

區分 \ 岩種	I (硬岩)	II (準硬岩)	III (軟岩)	IV (風化岩)	V (馬沙土)
다이나마이트 (G.D)	60	65	70	80	—
含水爆藥 (Slurry)	58	※63	68	78	—
硝安爆藥	55	60	65	75	—

- 穿孔長은 1.2m 로 한다. 空隙은 最小抵抗線의 1.2倍로 한다.
- 裝藥量은 孔當 含水爆藥(Slurry) 168g 또는 硝安爆藥 168g 으로 한다.
- 點火는 MS 雷管으로 하되, 同時點火는 4個 (MS#1-4番) 以上을 使用할 수 없다.
- 振動許容値는 0.5cm/sec 로 한다.
- 반드시 穿孔後 Blow pipe 로 清掃를 해야 한다.

4-4-2. 門안(12m 以上)

가. 中央部(H-pile 과 H-pile 사이) 發破作業에 있어서 階段式(Bench Cut 垂直孔)을 適用함이 原則이나 鑿岩裝備 關係로 乾地盤에서는 水平孔으로 穿孔하게 되며 現場監督이 與件에 맞도록 決定해야 한다. 이런 경우 上部 버팀보

(나) 岩種 I ~ II 種은 硝安爆藥 112.5g 으로 하고

岩種 III ~ V 種은 微振動 爆藥(C.C.R) 60g × 2 = 120g 으로 한다.

(다) 微振動破碎器(C.C.R) 使用時 但點火는 單發式

$$\text{適用公式 } V = 7W^{0.5} D^{-1.75}$$

$$\text{例 } W = 60g \quad D = 0.4m$$

$$V = \text{cm/sec}$$

$$V = 7 \times (0.06)^{0.5} \times (1.0)^{-1.75}$$

$$= 0.03 \text{cm/sec}$$

4-4. 中央部の 發破

中央部の 掘下作業(바닥파기)은 爆源으로부터 最短隣接建物까지의 半徑距離 12m 를 基準하여 12m 以內 例컨대 都心地 卽 門안과 12m 以外의 門밖으로 兩分하여 作業指針을 示達하였다.

4-4-1. 門안(12m 以內)

發破振動을 極小化하기 爲하여 다음 條件으로 作業을 해야한다.

(strut)와의 높이가 4.5m 以上 넘지 않는 범위 內에서 發破作業을 해야 하므로 發破孔은 2列 까지 同時點火하되 그 이상을 초과해서는 안 된다.

나. 發破作業에 있어서 完爆의 成功여부는 穿孔에 있으므로 裝填前에 岩種에 따른 最小抵抗線과 孔間距離의 正確性 및 첫列의 自由面造成 等 點檢에 萬全을 期해야 한다.

다. 孔當裝藥量은 岩種에 따라 表示된대로 하되 水孔에는 含水爆藥, 乾孔에는 硝安爆藥을 使用하며 硬岩에는 含水爆藥을 使用하나, 軟岩, 風化岩의 乾孔에는 硝安爆藥이 防振上 效果의 이다.

라. 裝填에 있어서 防振上 유의해야 할 점은 番號別 雷管當 裝藥量으로 規定量 範圍內에서는

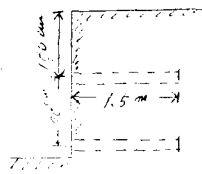
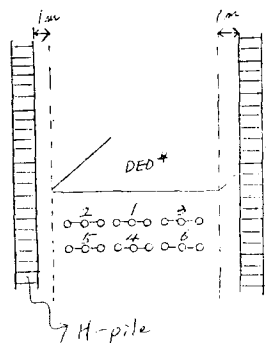
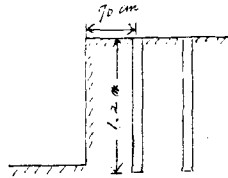
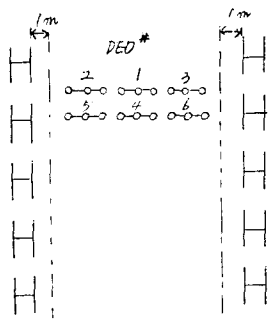
點火當遲發雷管 (DED) 個數

	岩種	瞬發雷管數	組數	列	총공수
12m 以上 垂直孔	硬岩	3	10	2	20
	軟岩	3	8	2	24
	風化岩	4	6	2	24
12m 以上 水平孔	硬岩	2	10	2	20
	軟岩	3	8	2	24
	風化岩	4	6	2	24

孔當裝藥量

		硬岩	軟岩	風化岩
最小抵抗線		60cm	65~70cm	78cm
孔間距離		65cm	70~80cm	85cm
含水 爆藥	垂直孔	225g×3孔=675g	225g×3孔=675g	168g×4孔=672g
	水平孔	225g×2孔=450g	225g×3孔=675g	"
硝安 爆藥	垂直孔	337.5g×3孔=1012.5g	337.5g×3孔=1012.5g	225g×4孔=900g
	水平孔	"	"	"

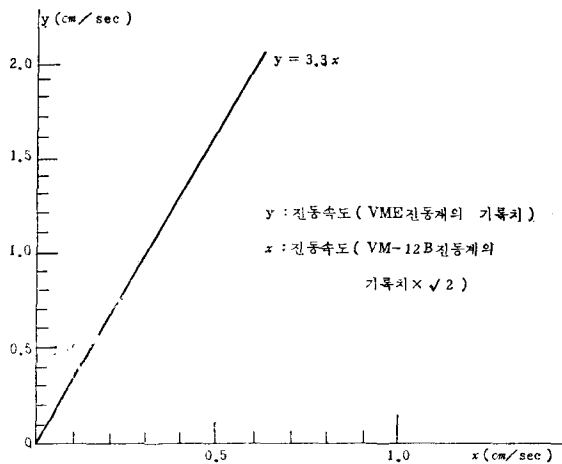
(단, 硬岩에서 水平孔일 경우 둘째 列에는 밑다이에 限해서 다이나마이트 1/2개 (56.25g) 사용가능함)



岩質에 따라 孔當裝藥量을 調整하여 效果的인 發破를 期해야 한다.

4-5. 最終바닥의 掘鑿

H-pile의 길이는 最終바닥 水準으로부터 1m 以下가 되어 있으므로, 最終바닥의 H-Pile 1m의 半徑內에는 發破作業을 禁하며 BRAEKER



<4-6圖> VM-12B (RION) 과 VME ("G")의 振動換算 Graph

<開鑿式 中央部 發破作業 圖示>

<4-6表>

서울地下鐵隣接建物에 미치는 發破振動 許容値

區 分	I	II	III	IV
建 物 分 類	文化財	住宅, 아파트 실금이 나타나 있는 程度	商 街 금(crack)이 없는 狀態	鐵筋콘크리트 빌딩 및 工場
建物基礎에서의 許容 振動値 (cm/sec)	0.2	0.5	1.0	1.0~4.0

備考: (1) 위 表는 西獨의 Vornorm DIN 4150, Teil 3를 基準하였음.
(2) 周波數는 約 100Hz 까지 通用된다.

作業으로 代身한다.

4-6. 發破振動的 許容値

今番 導入된 美製 GISCO VME-G 發破振動機를 가지고 實測 檢討한 바, 從來 사용하고 있는 日製 RION VM-12B 와의 差異로 因한 換算表를 示達하여 都心地 發破의 許容値를 換算 適用한다.

5. NATM 과 發破工法

5-1. Burn Cut

터널堀進發破에서 심빼기結果의 成否는 터널堀進 및 破碎粒도에 直接影響을 주게 됨으로 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) Crater Cut

Angle Cut 는 倭政時代부터 傳해오는 在來式으로 많이 普及되고 있으나 角度穿孔으로 因하여 斷面の 크기에 따라 進行長이 制限을 받게되며 穿孔長과 堀進長間에 큰 差를 가져오고 있다. 그리고 堀進長을 늘리기 爲해서는 通常의인 角度穿孔(1種)으로는 抵抗線이 크게 되어 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하다. 이에 比하여 平行심빼기는 막장面에 直角으로 穿孔하게 됨으로 터널斷面に 구애됨이 없이 進行長을 잡을 수 있다. 또한 鑿岩機의 改良과 더불어 穿孔

精密度도 높아졌으며 穿孔時 既 穿孔長에다 지리대를 꽃아 넣고 穿孔함으로써 未熟練工이라도 容易하게 穿孔할 수 있고 密裝填이 必要없음으로 安全作業과 振動減少에도 有利한 方法의 하나이다. 小口徑 Burn Cut 는 지난 1953年 筆者가 上東鑛山에서 우리나라에서는 처음으로 試圖하여 開發實用化된바 있으며 工學博士學位論文의 主題이기도 하다.

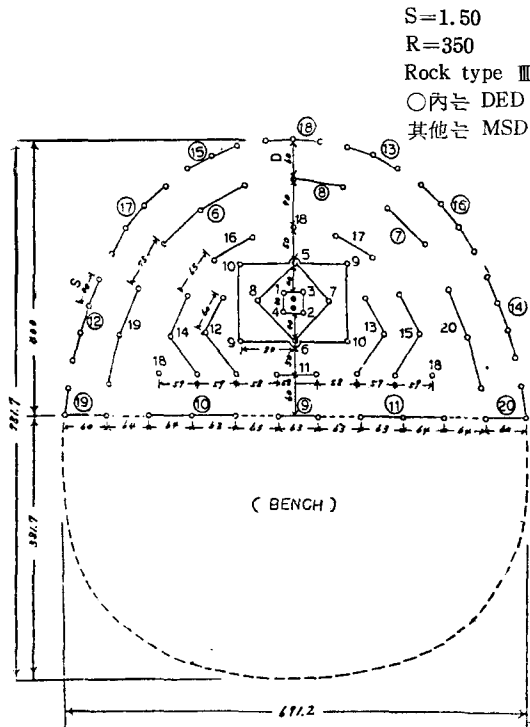
이번 地下鐵工事堀進 Pattern 은 小口徑이 大部分으로 Burn Cut 를 普及擴大하는데 重點을 두었으며 一部 Jum bo 導入으로 大口徑 Burn Cut 卽 Cylinder Cut 를 試圖한 바 있다.

平行심빼기의 原理는 中心에 位置한 空孔周圍에 配列된 裝填孔을 起爆함으로써 그 사이의 岩石의 空孔을 行하여 破壞하며 이어서 爆發가스의 힘으로 막장前面으로 뿜아내어 順次的으로 空孔을 넓게 하여 平行심빼기를 完成하는 方法이다.

따라서 岩石이 破碎될시의 體積은 增加하기 마련이다. 이는 岩石의 性質, 爆藥의 威力 卽 孔當裝藥量에 따라 差異가 있다. 드문일이나 間或 岩石이 過度하게 粉碎하면 孔底附近에서 強壓으로 因하여 岩粉凝結現像이 일어나 自由面은 얻을 수 없게 됨으로 空孔은 클수록 좋으면 큰 빗드가 없을 때에는 雙孔을 뚫어서 內部表面積을 크게 할수록 좋다. 그리고 裝藥에 있어서 角度심빼기에서의와 같이 密裝填을 할 必要가 없는 고로 發破振動減少에 도움이 된다.

서울 地下鐵建設의 NATM 工區에서 適用되고 있는 平行심빼기는 小口徑(36mm)에서는 5-1圖에서 보는 바와 같은 Burn Cut 이며 大口徑(Jumbo 2 Boom ϕ 45mm)에서는 F-2에서 보는 바와 같은 Cylinder Cut 가 適用되는 代表的인 例

<5-1圖> No. 415 Drilling & Blasting Pattern
(Hoe-Hyun Dong)



이다. 合水爆藥은 比重이 낮고 威力이 다이내마이트에 비해 22% 弱함으로 裝填長이 길게 됨으

로 燒結防止에 도움이 된다.

서울地下鐵 415工區 穿孔配置 및 點矢順序特別示方實例

1. 本設計는 會賢地下商街 直下部 Tunnel 末端에서 水平距離로 15m 後方에서부터 適用한 것.
2. 會賢地下商街 直下部 Tunnel 末端에서 15m 까지는 會賢地下商街 下部 Pattern 을 適用한 것.

條 件

1. 상부반단면은 반드시 Burn Cut 로 발파할 것
2. 천공후 Blow Pipe(Γ자형, $\phi 2.1''$)를 가지고 완전히 공소제할 것
3. 여굴방지를 위하여 F-1과 F-2 line 천공시 다음 관계를 참고할 것 $S/D \leq 0.8$
4. Air Compressor 가 막장에서 500m 이상 떨어져 있을시는 착압기의 入氣 85lb/in²維持를 위하여 Tunnel 內에 Air receiver tank 를 설치할 것
5. Decoupling 指數의 조정을 위하여 Bit 연마는 110°의 정확성을 기해야 하며 自動 Bit Grinder 를 사용할 것
6. 하부반단면은 전부 수평천공임.

TOP HEADING
AMOUNT of CHARGE CALCULATION

(R=350
Rock type III)

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (or 초폭)		F-1		F-2			
		Per Hole	Sub-Total	Per Hole	Sub-Total	Per Hole	Sub-Total		
M/S	hole	pcs	pcs	pcs	pcs	pcs	pcs	g	
	1	1	1.5	1.5				337.5	
	2	1	1.5	1.5				337.5	
	3	1	1.5	1.5				337.5	SL or 초폭
	4	1	1.5	1.5				337.5	← 100 →
	5	1	1.5	1.5				337.5	
	6	1	1.5	1.5				337.5	
	7	1	1.5	1.5				337.5	
	8	1	1.5	1.5				337.5	
	9	2	1 $\frac{1}{4}$	2.5				562.5	
	10	2	1 $\frac{1}{4}$	2.5				562.5	
	11	2	1 $\frac{1}{4}$	2.5				562.5	
	12	3	1 $\frac{1}{4}$	3.75				843.75	

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks	
		Slurry (or 초폭)		F-1		F-2				
		Per Hole	Sub- Total	Per Hole	Sub- Total	Per Hole	Sub- Total			
13	3	$1\frac{1}{4}$	3.75					843.75	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> SL or 초폭 ← 100 → </div>	
14	3	$1\frac{1}{4}$	3.75				843.75			
15	3	$1\frac{1}{4}$	3.75				843.75			
16	2	$1\frac{1}{4}$	2.5				562.5			
17	2	$1\frac{1}{4}$	2.5				562.5			
18	3	$1\frac{1}{4}$	3.75				843.75			
D/S	19	3	0.5	1.5			1	3	712.5	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> F-2 SL 1/2 ← 100 → </div>
	20	3	0.5	1.5			1	3	712.5	
	6	3	0.5	1.5			1	3	712.5	
	7	2	0.5	1			1	2	475	
	8	2	0.5	1			1	2	475	
	9	2	1.5	3					675g	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> SL or 초폭 ← 100 → </div>
	10	3	1.5	4.5					1012.5	
	11	3	1.5	4.5					1012.5	
D/S	12	4	0.5	2	1	4			890	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> F-1 SL 1/2 ← 100 → </div>
	13	3	0.5	1.5	1	3			667.5	
	14	4	0.5	2	1	4			890	
	15	3	0.5	1.5	1	3			667.5	
	16	4	0.5	2	1	4			890	
	17	4	0.5	2	1	4			890	
	18	3	0.5	1.5	1	3			667.5	
	19	3	1.5	4.5					1012.5	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> SL or 초폭 ← 100 → </div>
	20	3	1.5	4.5					1012.5	
Total	holes 85	—	pcs 83.25	—	pcs 25	—	pcs 13	—	초폭 (φ28mm 경내용) = 112.5g/개	
Unit Wt.	—	mm φ 25	g 225	mm φ 17	g 110	mm φ 22	g 125	—	Top heading specific charge 23.10625kg ÷ (22m² × 0.8m)	
Total Charge	—	—	18731.25	—	2750	—	1625	g 23106.25	= 23.10625kg ÷ 17.6m³ = 1.31kg/m³	

BENCH
AMOUNT of CHARGE CALCULATION

(Drilled depth=200m
R=350
Rock type III

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (or 泥等)		F-1		F-2			
		Per Hole	Sub- Total	Per Hole	Sub- Total	Per Hole	Sub- Total		
M/S	hole	pcs	pcs	pcs	pcs	pcs	pcs	g	
1	2	2.5	5					1125	
2	2	2.5	5					1125	
3	2	2.5	5					1125	
4	2	2.5	5					1125	
5	2	2.5	5					1125	SL or 泥等
6	2	2.5	5					1125	← 100 →
7	2	2.5	5					1125	
8	2	2.5	5					1125	
9	2	2.5	5					1125	
10	1	2.5	2.5					562.5	
11	2	2.5	5					1125	
12	2	2.5	5					1125	
13	2	2.5	5					1125	
14	2	2.5	5					1125	
15	2	2.5	5					1125	
16	2	0.5	1			2	4	725	
17	2	0.5	1			2	4	725	SL or 泥等 SL1/2
18	2	0.5	1			2	4	725	← 200 →
19	2	0.5	1			2	4	725	
5	1	3	3					67.5	
6	2	3	6					1350	SL or 泥等
7	2	3	6					1350	← 100 →
8	2	3	6					1350	
9	2	3	6					1350	
D/S									
10	2	0.5	1	2	4			665	
11	2	0.5	1	2	4			665	
12	2	0.5	1	2	4			665	
13	2	0.5	1	2	4			665	F-1 SL 1/2
14	2	0.5	1	2	4			665	← 200 →
15	2	0.5	1	2	4			665	
16	2	0.5	1	2	4			665	
17	2	0.5	1	2	4			665	
								Total Specific Charge $(23.10625\text{kg} + 3 \times 0.6075\text{kg}) \div (17.6\text{m}^3 + 40.831\text{m}^3) = 53.71375 \div 58.431 = 0.92\text{kg/m}^3$	

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (or 초폭)		F-1		F-2			
		Per Hole	Sub-Total	Per Hole	Sub-Total	Per Hole	Sub-Total		
Total	holes 31	—	pcs 111.5	—	pcs 32	—	pcs 16	—	초폭 (φ28mm 갱내용) = 112.5g/개
Unit Wt	—	mm φ 25	g 225	mm φ 17	g 110	mm φ 22	g 125	—	Bench Specific Charge 30.6075kg ÷ (21.49m ² × 1.9m) = 30.6075kg ÷ 40.831m ³ = 0.75kg/m ³
Total Charge	—	—	g 25087.5	—	g 3520	—	g 2000	g 30607.5	

5-2. 振動值設計計算

1. 吉川公式

$$V = KW^{3/4}D^{-2}$$

V : particle velocity (cm/sec)

K : 係數(岩質, 地形, 爆藥의 種類, 發破方法에 따라 變化함)

W : 遲發當 裝藥量(kg)

D : 距離(m)

2. 振動值設計計算表

Place	Allowable limit of peak particle velocity (cm/sec)	Face	K Value	Min. distance (m)	Allowable max. charge per delay period (kg)	Remarks
Hce-Hyun Dong	0.5cm/sec (With vibration level meter model VME made by GISCO CO. U.S.A)	Top Heading (key hole)	117	15	0.94	1. Applied Yoshikawa formula
		Top Heading (stopping hole)	59	15	2.36	
		Bench	46	19	6.18	

5-2. 制御工法

制御工法은 prespleting 과 Smooth blasting 으로 兩分하며 點火方法에 따라 區分하게 된다.

그러나 制御工法은 廣義의 뜻으로는 line drilling(無裝填孔) cushion blasting 등도 이 범주에 속한다고 할 수 있다. 制御工法의 目的은 岩盤에 損傷을 可及的 적게하여 餘掘을 적게함으로서 掘鑿面을 平滑하게 만드는 特殊工法으로서 防水施工 shotcrete 및 콘크리트 라이닝 作業하는데 工費工期節減에 必要不可缺의 特殊工法이라 할 수 있다. 1982年 K-I 貯油施設의 工事때 筆者는 韓國火藥(株)의 支援으로 瑞典의 Nitronobel 製 Smooth Blasting 專用火藥 Gurit 및 Nabit 를 直

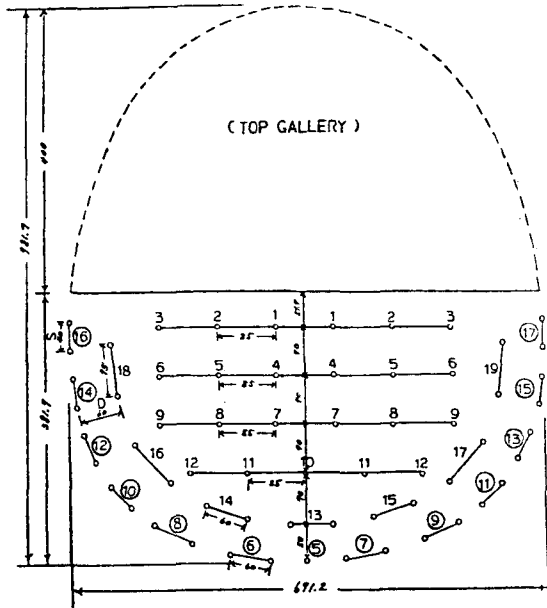
輸入하여 우리나라에서는 처음 試圖한 바 所期의 成果를 얻게 되었다.

그後 韓國火藥(株) 製品인 精密爆藥 F-I, F-II 를 가지고 代替하여 서울 地下鐵工事에서 現在 全的으로 普及實用化하고 있는 實情이다.

여기서 prespleting 과 smooth blasting 의 差異點은 前者는 주로 바닥파기 掘下作業에서 發破振動 傳播防止를 爲해서 일렬로 穿孔하여 全孔裝填 全孔同時에 主掘鑿孔點火에 앞서서 먼저 點火시키므로서 孔間의 龜裂을 만드는 工法인데 比하여 後者는 주로 터널掘進에서 심빼기孔부터 順次的으로 外廓에 이르기까지 마지막 點火하는 方法으로서

〈5-2圖〉 NO. 415 Drilling & Blasting Pattern
(Hoe-Hyun Dong)

S=1:50
R=350
Rock type Ⅲ
○內는 DED
其他는 MSD



孔間隔과 抵抗縮의 比는 36mm 小口徑에서는 40cm : 50cm ≤ 0.8 으로 하고 50mm 大口徑에서는 50cm : 60cm ≤ 0.8 으로 하고 있다.

P.S, S.B. 共히 制御工法의 가장 重要한 것은 穿孔正確性이다. 그리고 SB는 掘進長이 最少 1.5m 以上되어야 하며 이때 裝填長과 穿孔長은 70~90%로 하여 孔底에는 威力이 큰 傳爆藥을

사용하는 것이 좋다.

PS 或은 SB에 使用되는 爆藥은 低速低比重을 原則으로 하는 高로 小口徑用 11mm 17mmφ F-1을 使用하고 있다.

5-3. MS 段發電氣雷管 ($\frac{25}{1,000}$ 秒時差)

〈5-3表〉 韓國火藥(株)의 遲發, MS 電氣雷管의 段差表

DED: Delay Electric Detonator

MSD: Millisecond Detonator

段差時間表

	DED	MSD
1	0.	0.
2	0.25	0.025
3	0.50	0.05
4	0.75	0.075
5	1.00	0.1
6	1.25	0.13
7	1.55	0.16
8	1.75	0.2
9	2.00	0.25
10	2.3	0.3
11	2.7	0.35
12	3.1	0.4
13	3.5	0.45
14	4.0	0.51
15	4.5	0.57
16	5.1	0.64
17	5.7	0.71
18	6.3	0.8
19	6.9	0.9
20	7.5	1.0

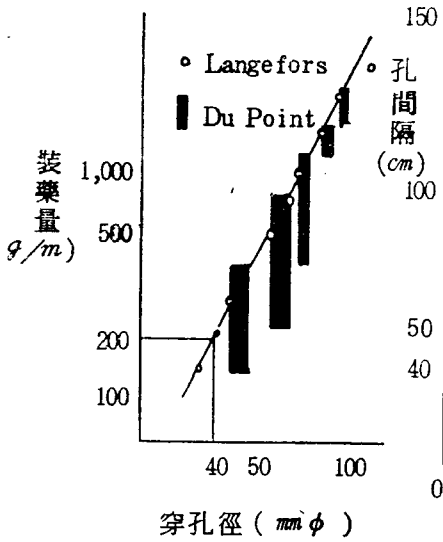
〈5-3'表〉

日本の 段發電氣雷管의 基準秒時

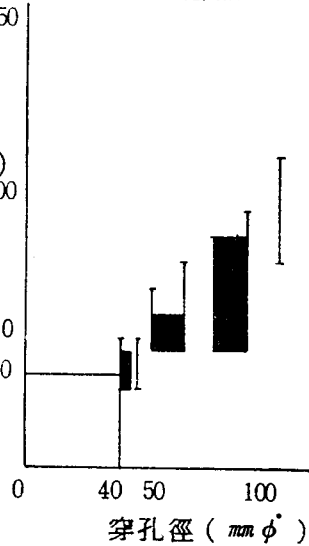
maker	段別 種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		日本化藥 日本油脂 旭化成	DS雷管	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.30	2.70	3.10	3.50	4.0	4.50			
"	10MS 雷管	0	10	20	30	40	50	60	70	80	95										
日本化藥 "	10MS 雷管	0	20	40	60	80	100	125	150	175	200	230	270	310	350	400	470	550	650	750	850
日本油脂 旭化成	25MS 雷管	0	25	50	75	100	130	160	200	250	300	350	400	450	510	570					

單位 : DS 雷管(秒) HS 雷管(1/1,000 秒)

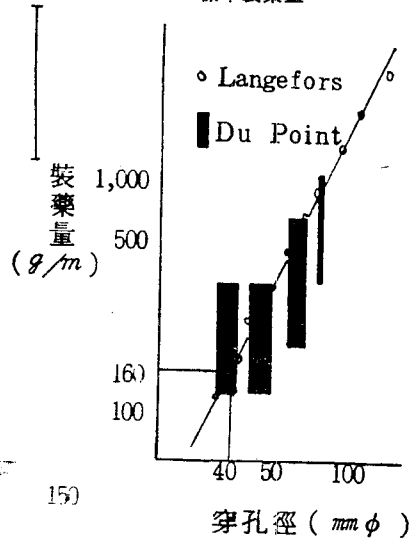
〈5-3圖〉 Pre-Spleting의 標準裝藥量



〈5-3'圖〉 Pre-Spleting의 孔間隔



〈5-3''圖〉 Smooth blasting의 標準裝藥量



從來의 瞬發雷管을 가지고 터널의 심베기孔을 點火하자니 振動値가 올라가고 遲發雷管을 가지고 하자니 孔間隔이 좁아서 Cut Off 現象이 일어하는 여러가지 弊端을 除去하자는 것이 MS 雷管이다.

藥(CCR) 또한 非火藥의 膨脹性 破碎劑 等이다.

6. 發破公害 防止用 爆藥 및 破碎器

最近 發破作業場이 住居地, 아파트, 建物等 保安物件으로 因하여 飛石, 發破音 및 發破振動 等の 發破公害를 防止 또는 抑制하여 作業하지 않으면 안될 境遇가 많다. 이와 같은 問題點을 補完하여 開發된 것이 制御爆藥 乃至 微振動火

制御爆藥의 標準穿孔 Pattern

2 自由面 바닥파기

岩盤의 性質	抵抗線 (cm)	孔間隔 (cm)
軟 質	60	60
中 硬 質	50	50
硬 質	40	40

Tunnell의 Stopping & wall

岩石·硬軟	軟		硬	
	Wall	Foot-hole	Wall	Foot-hole
最小抵抗線(cm)	60	45	40	35
孔間隔(cm)	60	45	40	35

注) 填塞은 孔長의 1/2以上

〈6-1'表〉 制御爆藥의 成分과 性能

會社名		日本化藥	日本油脂
品種		Kaya Soft	Urbonite
項目			
組 成	Nitro Gel	29~35	50~54
	Nitro 化合物	2~4	2~6
	硝酸鹽 %	58~65	36~44
	澱粉 其他	5~8	2~6
	減熱消焰劑	—	—
性 狀	狀 態	膠 質	膠 質
	耐溫 耐水	良	良
	假比 比重	1.40	1.30~1.40
爆 力	過剩 酸素 %	—	+1.5
	鉛抄試驗 cm ³	420~470	420~470
	彈道張子 mm	85~89	85~89
	爆速 Km/sec	2	2.0~2.5
	Hess 猛度 mm	—	—
感 度	落槌感度 (級)	7	7
	殉爆度 (倍)	5~7	6~8
火藥特數	比容 l/Kg	—	870
	爆發熱 Kcal/Kg	—	1,060
	爆發溫度 °C	—	2,640
	火藥力 Kg·m/Kg	10,000	9,600
後 Gas		良	良
用 途		市街地	市街地

<6-1'表>

Smooth Blasting 用爆藥의 種類 및 性能

MAKER	名 稱	狀 態	假 比 重	爆 速 m/s	藥, 徑, 其 他	
日 本	日本化藥	SB IREMIT	Slurry	0.80~0.86	2,700~3,000	φ22×200gr×620m/m φ20×200gr×710m/m
	日本油脂	Urbonite	膠 質	1.3	2,000	φ17×50gr
	"	chitagel SB	Slurry	0.85~0.95	2,500~3,000	
	旭化成	Sun Vex 400	"	1.02~1.00	2,700~3,000	Smooth blasting 用 φ22×150gr×370m/m
	"	" 400p	"	0.9~1.00	2,700~3,000	Pre-Spleting 用 φ20×3,000gr×10mTube
日本工機	Enagel MA-7	"	1.05~1.15	2,700~3,000	φ15~φ20 Tube SB 및 PSB 用	
瑞 典	Gurit	粉 狀	1.30	4,000	Pipe 裝藥 SB Dynamite Urbonite 와 類似	
"	Nabit	粉 狀	1.20	3,500	Pipe 裝藥, Dynamite 와 類似	
美 國	Kleen Cut	粉 狀	0.25	9,200~7,500	Atlas Powder Co.	
"	Kleen Cut F	粉 狀	0.19	9,000~7,000	"	
英 國	Tunnelite 13號		1.30	2,700		
瑞 西	Nitro Penta		0.80	7,200		
"	Volmex	半 膠 質	0.60	2,000~3,500		

(Tunnell 爆破技術指針 p. 119 參照)

6-1. 制御爆藥

Concret Breaker, 膨張性 破碎劑는 比較的 破碎力이 적어서 工期, 工費 및 許容振動值等을 勘案할때 一般爆藥과의 中間 製品으로서 開發된 것이 制御爆藥인데 우리나라에는 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/sec 로 制限하고 있으며 藥徑은 17~18mm 로 가늘게 함으로서 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 한층 輕減할 수 있는 것이다.

6-2. 微振動破碎器(Concrete Breaker)

Concrete 破碎器는 가스發生劑를 主로하는 火藥으로서 密閉狀態의 燃速은 40~60m/sec 로서 一般爆藥의 約 1/10에 不過하다. 岩石破碎는 主로 高溫가스의 準靜的壓力에 依한 것이라 할 수 있다.

都必地發破에서 一般爆藥制御爆藥 및 微振動破碎器를 使用時 發破振動適用公式은 다음과 같다.

一般爆藥 및 制御爆藥

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

<6-2'表> 韓國火藥(株)의 微振動破碎器

區 分/種 類	28m/mφ
藥 長	140m/m
藥 量	100gr
包 裝 單 位	200個/Box
包 裝 規 格	紙 箱 子
管 徑	6.5m/mφ
管 長	25m/m
脚 線 長	2.0m

藥 狀 : 粉 狀
 耐 水 性 : 良 好
 假 比 重 : 1.1~1.15gr/cc
 燃 燒 速 度 : 60m/sec
 反 應 熱 : 1,300~1,500Kcal/kg
 發 火 溫 度 : 450°C 以上
 落 槌 感 度 : 60cm
 Gas 比 容 : 50l/kg

W : kg

D : m

但 制御爆藥의 K值는 MS 雷管使用時 Slurry K值는 同一

微振動破碎器

$$V = 7W^{0.5}D^{-1.75}$$

<6-2"表>

日本の Concrete 破砕器

[種類, size]

藥 量 (g)	外 經 (φmm)	藥 長 (mm)	主된 破砕對象物
30	28	78	薄物, 小型 Concrete
60	28	134	岩盤, Concrete
180 (B)	50	125	岩盤
180 (S)	30	338	岩盤
—	6.5	25	(脚線長) 1.8m, 3.0m

[標準設計]

藥 筒		最小抵抗線	填 塞 長				孔 間 隔
			砂	砂	Gum 栓	Cement mortal 漿 土	
商 品 名	藥 量	cm 以上	cm 以上	cm 以上	cm 以上	cm	
CCR 30號 SLB P-3	30 g	30	60	40 (Gum 栓 2個) 50 (" 栓 1個)	40	30~60	
CCR 60號 SLB P-6	60 g	50 *(40)	80	70 (栓 1個)	60	50~70	
CCR 180S CCR 180B SLB P-18B SLB P-18S	180 g	70	90	—	—	60~90	

* 破砕對象物이 有筋 Concrete 이며 藥筒 60g 品名使用時 最小抵抗線은 40cm 以上으로 한다.

[標準使用量]

藥 筒	CCR 30號 SLB P-3	CCR 60號 SLB P-6	CCR SLB P-18
Concrete 破砕器 使用量 破砕對象物	本/m ³	本/m ³	本/m ³
無筋 Concrete 小型基礎 (4~5自由面)	4	2	—
〃 大型基礎 (2自由面)	5	2.5	—
有筋 Concrete 小型基礎 (4~5自由面)	7	3.5	—
〃 大型基礎 (2自由面)	10	5	—
無筋 Concrete 小 割 (5自由面)	3	1.5	—
岩 盤 (1自由面)	—	10	3.4
〃 軟 岩 (2自由面)	—	3	1.0
〃 準 硬 岩 (2自由面)	—	4	1.4
〃 硬 岩 (2自由面)	—	5	1.7

商品名, 日本化藥(株) : SLB

旭化成(株) : CCR

6-3. 膨脹性 破碎劑

火藥類에 屬하지 않는 破碎劑로서 珪酸鹽 또는 石灰 無機化合物을 主劑로 하는 粉末로서 여가다 適量의 물을 타서 반죽을 만든 다음 穿孔內에 充填하는 것이다. 이때 破碎劑는 徐徐히 膨脹함과 同時에 岩盤 또는 콘크리트 構造物等에 靜的壓力(3,000T/m²) 以上에 達하여 龜裂發生이 된다. 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을 發生하게 된다. 火藥類使用과는 달리 龜裂發生時까지 時間을 要하고 또한 單列식으로 따로따로 充填하여 龜裂을 發生시켜야 되는 不便은 있으나 飛石, 騒音 및 振動은 皆無狀態이다. 우리나라에 들어와 있는 商品으로서 日本小野田세멘트의 Blister S-mite, 住友세멘트의 Gunmite 등이 있다.

7. 其 他

7-1. 難帶電性 ANFO 爆藥

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

大口徑 Bench Cut에서 水孔의 境遇 Polyethylene tube에다 ANFO를 流入시키고 밑다이(Primer)를 裝填하는 수가 있다. 이때 ANFO 裝藥時 摩擦에 의해서 靜電氣가 發生하여 電氣雷管이 爆發한 事故事例가 있다.

앞으로 導電性 Polyethlen tube, 耐靜氣雷管 및 難耐電性 ANFO 使用으로 靜電氣로 因한 事故를 豫防해야 할 것이다.

耐靜氣電氣雷管의 試驗方法是 高壓 Condencer

(2,000PF)을 8KV로 充電하여 이 電荷를 電氣雷管의 短絡한 脚線과 管體間에 充電時 不發火의 境遇를 合格이라 하고 있다.

IV. 結 論

서울市 一圓을 構成하고 있는 地質은 基盤을 이루고 있는 先캠브리아紀의 變成岩帶에다 이를 貫入한 中生代의 花崗岩 및 이를 岩層을 不整合으로 덮고 있는 第四紀의 推積土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 이른다.

이들 여러 工區에 對한 效果的 管理를 爲해서 先安全 後施工原則下에서 工費節減工期短縮의 一環으로 發破作業의 標準化를 이룩하였다.

먼저 岩種은 四種으로 分類하여 標準發破에 依한 最低低抗線을 實驗值로 얻은 다음 이를 岩種, 藥種 및 振動值와의 函數關係表를 作成하여 發破振動許容值 0.5m/sec를 넘지 않도록 하고 이를 施工케하여 再次 現場測定으로 確認하는 過程을 紹介하였다.

새로운 工法은 NATM에 關連된 심빼기, 周邊工堀鑿의 Smooth Blasting의 紹介, 나아가서는 發破公害對策의 火藥類에 對해서도 記述하였다. 이번 서울地下鐵工事を 통해서 얻은바는 火藥類 消費現場의 條件變化에 따라 特히 都心地發破에 있어서 보다더 나은 火藥, 나은 工法, 나은 鑿岩裝備의 三位一體는 그 어느때 보다도 重要함을 느끼면서 將次 品質좋은 含水爆藥의 多樣化를 期待하여 마지않는 바이다.