

# 建設工事 發破工法(下)

Blasting Pattern on Construction Works

許 填

Huh, Ginn

## (4) 下透發破

### ① 概 說

높은 산을 밑에서 穿孔하여 多量의 岩石을 振動과 重力을 利用하여 떨어뜨리려는 方法이다. 從來에서부터 採石場에서 널리 利用된 工法이나 끊임없이 落石의 危險에 處하게 되므로 保安上 바람직하지 않고 原則的으로는 採用해서는 안 된다.

이와 같은 工法을 採用할 수 있는 것은 保安上의 對策이 취해진 극히 限定된 경우 뿐이다.

設計는 集中裝藥理論에서 算出한 藥量을 分散裝藥한다는 方法을 취한다.

### ② 設計의 基礎

그림 14와 같은 산에서 採石할 경우 그림 (1)과 같은 集中裝藥이 可能하면 設計는 簡單하다.

그러나 坑道式 大發破와 같은 大規模인 경우 以外는 이와 같은 集中裝藥을 行하는 것은 곤란하다.

그래서 그림 (1)과 同量의 裝藥을 그림 (2)와 같이 分散해서 裝藥하기로 한다.

이와 같은 思考方式으로 設計하는 것이므로

가. 그림 (1)의 裝藥 2個 以上을 使用하는 것을 前提로 한다.

나. 集中裝藥이 設計의 基礎가 되어 있으므로

- 使用爆藥은 高比重, 高爆速인 膠質 Dynamite로 한다.
- 藥徑은 될 수 있는 한 큰 것을 使用한다.
- 裝藥長은 될 수 있는대로 짧게 하고 穿孔

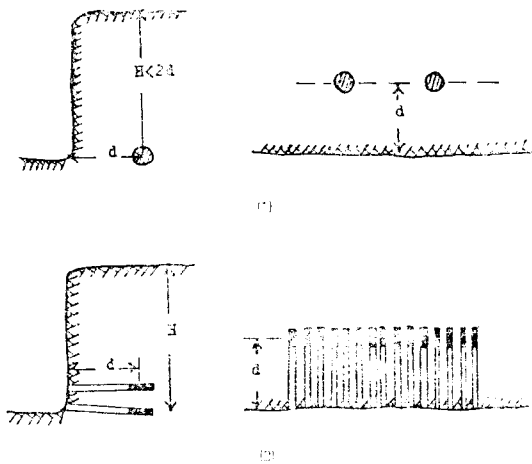


그림 14

長의 1/3을 넘지 않도록 한다. (裝藥長이 길어질 때는 穿孔數를 增加한다)

• 山丈(H)는 最少抵抗線(d)의 2倍 以下로 한다.

### ③ 設計順序

가. Bit 徑의 決定

大型의 鑿岩機를 使用하여 가능한한 굵은 Bit 徑으로 한다.

나. 使用爆藥의 決定

新桐, 3號桐等高比重, 高爆速인 爆藥이 要 望된다.

다. 最少抵抗線의 決定

最少抵抗線(d)은 山丈(H)의 1/2 以下로 되어서는 안된다.

라. 發破係數 d/a 의 決定

\* (株) 三中엔지니어링 會長

軟岩일 경우 22~25

中硬岩일 경우 20~23

硬岩일 경우 18~21

(曉 爆藥과 같은 紛狀爆藥을 使用할 경우에는 적은 數字를 採用한다.)

마. 裝藥量의 決定

d/a 와 最少抵抗線 (d)로부터 裝藥量을 算出한다(集中裝藥으로서). 이들 關係는 第2表와 같다.

(第2表) d/a·C, 最少抵抗線(d)와 裝藥量의 關係  
 $\Delta=1.40$ (3號桐 dynamite)

d/a \ c	d/a					
	20	21	22	23	24	25
d	0.733	0.633	0.550	0.481	0.423	0.375
	kg					
4m	46.9	40.5	35.2	30.8	27.1	24.0
5	91.6	79.0	68.8	60.2	53.0	46.9
6	158.2	136.7	118.9	104.0	91.6	81.0
7	251.3	217.1	188.8	165.2	145.4	128.7

$\Delta=1.05$ (曉 爆藥)

d/a \ c	d/a				
	18	19	20	21	22
d	0.754	0.641	0.550	0.475	0.413
4m	48.2	41.0	35.2	30.4	26.4
5	94.2	80.1	68.7	59.3	51.6
6	162.8	138.4	118.6	102.5	89.1
7	258.4	219.7	188.4	162.7	141.5

바. 穿孔長, 穿孔配置의 決定

· 集中裝藥으로서 생각했을 경우의 裝藥間隔(前項 그림 (1))을

$$Sc=1.2\sim 1.3d$$

로 하여 計算한다.

· 이 Sc 사이에 아. 로 計算한 裝藥長을 分散裝藥하도록 穿孔配置를 決定한다.

· 이 경우 各裝藥長은 穿孔長의 1/3이 되도록 한다.

· 穿孔長은 裝藥의 中心에서 自由面까지의 距離가 最少抵抗線과 같게 되도록 決定한다.

④ 設計例

가. 條件

岩石 : 安山岩

鑿岩機 : Crawler drill, Bit 徑 65mm

山丈(H) : 10m

나. 使用爆藥 3號桐 dynamite (50×750

$$\Delta=1.40$$

다. 最少抵抗線의 決定

· 山丈(H)가 10m 이므로 最少抵抗線은 5m 로 한다.

· 裝藥長은 穿孔長의 1/3 以內로 할 必要가 있으므로

$$\text{穿孔長}=6\text{m} \quad \text{裝藥長}=2\text{m}$$

로 한다(이와 같이 하면 裝藥의 中心에서 孔口까지가 最少抵抗線과 같이 5m 가 된다.)

라. 發破係數 d/a=21 로 한다.

(安山岩은 比較的 發破效果가 나쁘다)

마. 裝藥量의 決定

$$W=4/3\pi a^3 \Delta \left[ a = \frac{d}{d/a} = \frac{500\text{cm}}{21} = 23.8\text{cm} \right]$$

$$= \frac{4 \times 3.14 \times (23.8)^3 \times 1.4}{3}$$

$$= 79,018\text{g}$$

$$\approx 79\text{kg}$$

算出한 79kg 은 集中裝藥이라고 생각할 경우의 1 藥室의 藥量이나 이것을 2 藥室에 裝藥한다고 생각한다.

바. 穿孔長, 裝藥長

· 그림 15 와 같이 穿孔長 6m, 裝藥長 2m 로 하면 最少抵抗線은 5m, 裝藥長은 穿孔長의 1/3 이 되어 條件에 適合하다.

사. 1 孔當 裝藥量

3號桐 dynamite(50×750)의 藥長은 約 29cm 이나, 65mm 의 穿孔에 裝藥하므로 約 2 割 줄어든다고 보여져 1 個의 裝藥長은 約 23cm 가 된다. 따라서

$$200\text{cm} \div 23\text{cm} \approx 9 \text{ 個}$$

$$750\text{g} \times 9 \text{ 個} = 6.75\text{kg/孔}$$

따라서 1 孔當 裝藥量은 6.75kg 로 한다.

아. 穿孔配置

2 藥室集中裝藥이라고 생각했을 때의 藥室間隔 Sc 는

$$Sc=1.3d=5\text{m} \times 1.3=6.5\text{m}$$

이므로 마. 로 計算한 裝藥量 79 kg×2 藥室 =158kg 를 6.5m×2=13m 사이에 分散하여

裝藥하면 좋다. 1孔當 裝藥量은 6.75 kg 이  
므로 穿孔數는

$$158\text{kg} \div 6.75\text{kg} = 23.4 \rightarrow 24 \text{ 孔}$$

따라서 穿孔配置는 그림 16 과 같이 된다.

자. 爆藥原單位

$$F = \frac{158\text{kg}}{13\text{m} \times 5\text{m} \times 10\text{m}} = 243\text{g/m}^3$$

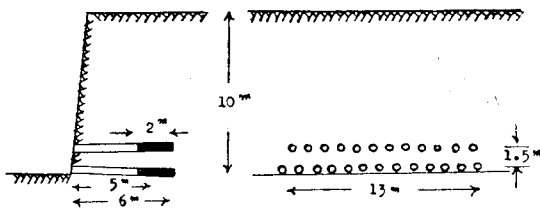


그림 15

⑤ 注意事項

가. 作業上 危險을 수반하므로 추천할 수 없  
다. 특히 山丈(H)가 높을 때 막장이 over  
hang 하고 있을 때는 絶대로 採用해서는 안  
된다.

나. 設計에 있어서는 ②나 的 條件을 確實히 지  
킬 필요가 있다.

다. 發破後 over-hang 的 憂慮가 있을 때는  
다시 山頂에서 下部를 向하여 穿孔을 設置

하는 것도 한 方法이다.

라. 起爆法은 齊發로 한다.

마. 填塞은 充分하고 正성스럽게 한다.

바. 發破後 곧 막장에 接近하지 않는다. 雨天  
時에는 특히 注意를 要한다.

(5) 擴底發破

① 概說

通常의 鑿岩機에 의한 穿孔으로 大量의 集中  
裝藥에 의한 大規模인 爆破效果를 겨냥하는  
發破法이다.

즉 40mm 정도 또는 그 以上の 鑿岩機로 穿孔  
하고 底部에 少量을 裝藥하여 發破하고(이것을  
空打發破라고 한다) 다시 이것을 數回 반복하여  
孔底部에 擴大된 藥室(항아리)를 만든다. 이 藥  
室에 多量의 爆藥을 裝藥하여 發破를 行한다.

오래전부터 行하여지고 있는 方法으로 어떤  
意味에서는 巧妙한 發破法이나 岩石 기타의 條  
件에 適應한 方法이 必要한 것, 또한 最近에는  
大口徑의 穿孔을 容易하게 할 수 있도록 되었으  
므로 現在는 그다지 使用되지 않게 되었다.

② 設計

一般인 擴底發破의 規模는 다음과 같다.

最少抵抗線 (m)	穿 孔 長 (m)	空 打		裝 藥 量 (kg)	採 石 量 (m³)
		回數	裝 藥 量 (g)		
2	2	1	100	10	120~150
		2	200		
		3	500		
4~5	5~6	1	400	30~40	400~500
		2	1,000		
		3	2,000		
		4	5,000		
7~8	9	1	22,500	150~200	1,500~1,600
		2			
		3			
		4			
		5			

③ 注意事項

가. 使用爆藥

威力이 강한 膠質 dynamite (3號桐)을 使  
用한다.

나. 穿孔

穿孔은 岩石의 條件(龜裂, 節理 等)을 充分히 考慮하여 行한다.

즉 岩石의 龜裂을 利用하여 效果인 發破를 行하게 되나 最少抵抗線의 測定誤差, 穿孔角度의 誤差를 적게 하기 위해서도 下向孔이나 水平孔이 適當하다.

다. 空打發破(藥室形式)

穿孔時, 岩石의 硬度, 龜裂, 節理 等を 充分히 考慮한 후 藥室擴大를 위하여 裝藥量을 決定한다.

一般的으로 龜裂이 많은 경우에는 1回當 裝藥量減少하여 空打의 回數를 增加시킨다. 또한 空打마다 다짐棒으로 孔의 길이 및 藥室의 크기를 推定할 需要가 있다.

라. 填塞

空打發破에서는 전혀 填塞을 行하지 않는 경우와 龜裂 等이 없고 地山의 條件이 좋을 경우에는 물을 使用한다. 2回째 이후의 空打發破에서도 填塞을 行하는 일 이 있다.

擴底發破의 規模가 커져서 空打의 回數가 많아지고 連續的으로 空打를 行할 때는 保安인 面에서 藥室을 냉각시킬 需要가 있다.

(6) 小割發破

① 種類

小割發破에는 覆土式, 穿孔式, 蛇穴式의 3종류가 있다.

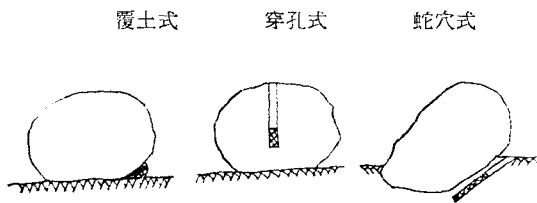


그림 17

② 藥量

中硬岩인 小塊로서 膠質 dynamite 를 使用했을 때의 標準인 裝藥量은 다음과 같다.

石徑	發破法	覆土式	穿孔式	蛇穴式
50cm		200g	18	60
60		300	25	100
70		500	35	150
80		600	45	170
90		—	60	250
100		—	70	300

③ 注意事項

가. 爆發音이 크고 飛石의 可能性이 크므로 그 對策을 취할 需要가 있다.

나. Blasting mat 과 같은 것을 使用하면 좋다. 穿孔法일 경우의 裝藥位置는 小塊의 가운데 가까이로 한다. 覆土法일 경우는 下部가 좋다.

라. 蛇穴式은 作業效果가 나쁘므로 特殊한 경우를 除外하고는 실시하지 않는 편이 좋다.

4. 勞動安全衛生規則과 標準設計例

(1) 勞動安全衛生規則

勞動安全衛生規則에는 地山의 崩壞에 의한 危害의 防止에 대하여 掘鑿面의 勾配를 다음과 같이 規制하고 있다.

「第163條의 59 使用者는 岩石의 採取를 위한 掘鑿作業(坑內를 除外한다. 以下 이 條에 있어서 같다)을 行할 경우에는 掘鑿面의 勾配를 다음 表의 上欄에 든 地山의 種類 및 同表의 中欄에 든 掘鑿面의 높이에 따라 각각 同表의 下欄에 든 값 以下로 하지 않으면 안된다. 但 power shovel, truckter shovel 等の 掘鑿機械를 使用하여 掘鑿作業을 行할 경우로서 地山의 崩壞 또

地山의 種類	掘鑿面의  높이 (單位 m)	掘鑿面의 勾配 (單位度)
1. 崩壞 또는 落下의 原因이 되는 龜裂이 없는 岩盤으로 된 地山	20未滿	90
	20以上	75
2. 前號의 岩盤以外의 岩盤으로 된 地山	5未滿	90
	5以上	60
3. 前 各號에 든 地山 以外의 地山	2未滿	90
	2以上	45

는 土石의 落下에 의해 當該機械를 運轉하는 勞動者가 危害를 받을 憂慮가 없을 때는 이 限界에 들지 않는다。」

이 條項에 대하여 「改正勞動衛生規則의 解說」에는 다음과 같이 記載되어 있다.

「(趣旨) 本條는 傾斜面採掘法, 階段式採掘法, Glory hole 法 等에 의해 露天採石할 경우에 地山の 崩壞, 土石의 落下에 의한 災害를 防止하기 위하여 地山の 種類에 따라 採掘面의 勾配와 높이의 限度를 정한 것이다.

(解說) 前述한 바와 같이 採石場에서 發生하는 災害의 過半數는 採掘面의 崩壞, 土石의 落下에 의한 것이나 이들 災害의 大部分은 下透掘을 行한 것, 採掘面의 높이가 너무 지나치게 높았던 것, 또는 勾配가 너무急했던 것이 原因으로 되어 發生하고 있다.

建設工事に 있어서 露天掘鑿作業에 대하여는 지난 1964 年에 規則의 一部가 改正되어 掘鑿面의 높이 및 勾配에 대하여 具體적인 基準이 設定되었으나 그 후 建設工事に 있어서의 土砂 또는 岩石의 崩壞, 落下에 의한 災害는 減少하는 傾向이 있다.

한편 採石作業에 대하여는 採掘面의 높이 및 勾配에 대한 明確한 基準이 없고 採石作業에 있어서의 地山の 崩壞, 土石의 落下에 의한 災害도 끊임없이 일어나므로 今回의 規則 改正의 重點으로 論議된 것이다.

本條에서는 露天掘鑿 作業에 있어서는 規制

되어 있지 않는 崩壞 또는 落下의 原因이 되는 龜裂이 없는 岩盤으로 된 地山에 대해서도 掘鑿面의 높이를 20m 미만으로 하고 또한 勾配를 75 度 以下로 하는 것을 規定하고 있으나 이것은 採石場에 있어서 掘鑿面의 높이가 너무 높아져서 作業開始 前의 點檢, 發破, 大雨 等 後에 點檢이 充分하고 徹底하지 않으므로 災害가 發生하고 있는 事例를 볼 수 있는 것에 따른 것이다.

「掘鑿機械를 使用하여 掘鑿作業을 行할 경우로서 地山の 崩壞 또는 土石의 落下에 의하여 當該機械를 運轉하는 자가 危害를 받을 우려가 없을 때」란 例를 들면 掘鑿面의 높이가 掘鑿機械의 最大掘鑿高 정도 以下일 경우로서 Zipper 等에 의해 掘鑿된 土砂가 運轉者에 떨어져오는 일이 없는 경우를 말한다.

또한 本條의 規定은 掘鑿面의 앞쪽에서 뒤끝까지의 길이가 2m 以上の 水平한 段이 있을 때는 掘鑿面의 높이를 따로 따로 測定하여 勾配의 基準을 適用하게 된다.

더구나 掘鑿面의 勾配 및 높이에 대하여는 發破等에 의해 部分的으로 또는 一時的으로 생긴 凸凹에 대한 것까지 規制하는 것은 아니다.」

## (2) 標準設計例

前項의 規制에 따라 標準적인 發破設計를 行하면 다음과 같다.

日本安全衛生規則 第163條의 59에 의거한 標準設計例

項 目	記 單 號 位	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	
地 山 의 種 類		1	1	2	1	1	
發 破 工 法		Bench發破	Bench發破	下透發破	下透發破	下透發破	Bench發破
Bit gauge	mmφ	65	65	65	65	65	
막 장 의 높 이	H(m)	5.0	15.0	5.0	15.0	20.0	
막 장 의 傾 斜 角	度	90	75	60	75	75	
使 用 爆 藥	品 種, 치 수	曉 50mm×750g	曉 50mm×750g	3號桐 50mm×750g	3號桐 50mm×750g	3號桐 50mm×750g	曉 50mm×750g
	比 重 Δ	1.05	1.05	1.4	1.4	1.4	1.05
	藥 包 長 (cm)	44	44	23	23	23	43
使 用 雷 管		瞬發電氣雷管	瞬發電氣雷管	瞬發電氣雷管	瞬發電氣雷管	MS段發電氣雷管 #1~#3	
換 算 距 離	d/a	90	90	21	20	20	90
最 少 抵 抗 線	d(m)	2.2	2.2	2.5	7.5	6.5	2.2
穿 孔 長	lh(m)	5.8	16.4	3.0	9.0	8.0	6.0
穿 孔 間 隔	Sc(m)	Sc1=2.8 Sc2=4.4	Sc1=2.8 Sc2=4.4	(1列)가로1.1 세로1.5	(3列)가로1.0 세로1.5	(3列) 가로 1.4 세로 1.5	2.8
매 지 長	ln(m)	2.2	2.4	2.0	6.0	5.0	2.4
裝 藥 長	lc(m)	3.6	14.0	1.0	3.0	3.0	3.6
Sub drilling (補充穿孔長)	ls(m)	0.8	0.8	—	—	—	—
1 孔 當 裝 藥 量	W(kg)	6.75 (9個)	24.75 (33個)	3.75 (5個)	9.75(13個)	9.75 (13個)	6.75 (9個)
막 장 의 巾	L(m)	15.6	15.6	9.9	20.0	16.8	
穿 孔 數	n(孔)	5	5	10	63	39	21
全 裝 藥 量	WT(kg)	33.75(45個)	123.75 (165個)	37.5 (50個)	614.25 (819個)	380.25(507個)	141.75(189個)
岩 石 破 碎 量	V(m³)	172	515	99	2250	2,184	
爆 藥 原 單 位	F(g/m³)	196	240	379	273	240	
起 爆 法	—	瞬發電管에 의해 齊發				MS電管에 의해 齊發	