

## 構造物 解體發破에 使用하는 火藥類에 대하여

(株)KACOH 取締役 企劃開發部長 西田 佑

### 1. 序 言

市街地에 개발이나 낡은 構造物의 철거 또는 공장내에서 舊設備의 해체 등을 위하여 주민의 生活圈中이나 保安物件의 가까이에서 發破를 행할 기회가 많아지고 있다.

工期, cost, 작업의 安全性의 면에서 유리하다는 것이 明白하여도 문제로 되는 것은 穿孔, 발파작업에 생기는 騒音, 爆發音, 振動, 飛石, 먼지를 어떻게 抑制하는가 이다.

발파를 행하는 장소, 주변의 상황에 따라 그 제약의 정도나 중점항목이 다르므로 그때마다 그것에 match한 火藥類 및 發破法의 選擇이 필요하다.

현재 일본에서 이들의 목적의 발파에 사용하고 있는 화약류와 그 特徵, 使用法을 소개한다. (이 용도에 사용되는 非火藥類도 일부 합쳐서 記述한다.)

### 2. 爆藥

#### 2-1. Dynamite

3號桐 dynamite(Ammomia Glatine Dynamite)가 이 목적을 위하여 널리 사용되고 있다. 이것은 옛날부터 일반적으로 사용되고 있는 Nitro-glycerin(및 Nitro-glycol) 약 20%의 基本的인 dynamite로서 널리 알려져 있으므로

여기서는 詳細한 것은 省略한다.

#### 2-2. Emulsion 爆藥(Emulsion Explosives)

일본에서는 5개사가 製造하고 있다.

상품명은 가야마이트(日本火藥), 치다마이트(日本油脂), 하마마이트(日本 Carlit), 에나마이트(日本工機), 슈퍼 제라마이트(中國火藥)이다.

爆力은 dynamite에 비하면 약간 떨어지나 취급상의 안전성이 높기 평가되어 將來는 dynamite에서 이 Emulsion폭약으로 바뀐다고 생각되고 있다. 이것은 世界的인 方向일 것이다.

대표적인 性能을 표1에 표시한다.

#### 2-3. 低爆速爆藥

Dynamite등의 일반폭약으로는 발파진동, 발파음, 비석 등에 대한 제한이 嚴한 곳에서는 爆力이 지나치게 강하여 부적당한 경우가 있고, 한편 黑色火藥이나 Concrete破砕기(後述)로는 破砕力이 작기 때문에 作業能力이 極端的으로 떨어지고 이를 화약의 鍛價가 높은것과 어울려서 작업 Cost가 매우 높아진다.

그래서 그 중간정도의 것으로 개발된 것이 이 分野의 폭약이다.

상품명으로는 가야소프트(日本火藥), 아바나이트(日本油脂)이다. 藥狀은 質이고 dynamite와 같다.

표 1 含水爆藥性能一覽表

項目	藥種		Emulsion 爆藥		Dynamite
	國內	國外	國內	國外	
狀	膠質(紙筒·poly tube包裝)		膠質(紙筒)		膠質(紙筒)
耐水·耐濕性	優秀		優秀		優秀
假比	1.05~1.15		1.13~1.20		1.30~1.45
殉爆(倍)	2~4		1~3		4~6
爆速(m/s)	JIS 5,200~5,800		4,600~4,900		6,000~6,500
彈動振子(mm)	68~72		-		82~86
底溫起爆性(6號雷管)	-20~-35℃에서完爆		-7~-18℃에서完爆		-25℃에서完爆
後gas(ppm) (北川試驗知管)	CO	5分後	180		600*
		15分後	150		400*
	NO <sub>2</sub>	5分後	7		12*
		15分後	5		10*
耐動壓(kgf/cm <sup>2</sup> )	25rms 後		300*		300*
(水中最大完爆壓力#6cap)	1,000ms 後		200~350		200*
耐靜壓(kg/cm <sup>2</sup> ) (水壓下에서起爆性#6 cap 60分後)	20kgf/cm <sup>2</sup> 下에서完爆		11kgf/cm <sup>2</sup> 下에서完爆		20kgf/cm <sup>2</sup> 下에서完爆
	20kgf/cm <sup>2</sup> 下에서完爆		11kgf/cm <sup>2</sup> 下에서完爆		20kgf/cm <sup>2</sup> 下에서完爆
備考	日本油脂(株), 日本火藥(株)		Atlas Powder Co.		日本油脂(株)
	치타마이트·가야마이트		Powermax 100		치타마이트

(註)\*現地實驗結果의 後 gas分析值

\*\*工場內實驗結果의 後 gas分析值

(1) 特徵

i) 藥包徑 18mm, 開放狀態 및 decoupling 裝藥의 상태에서 약 2000m/s의 爆速이 있고 종래의 dynamite와 비교하여 매우 낮은 폭속으로 安定된 爆轟性을 갖고 있다.

ii) 適當한 孔徑의 爆破孔을 선정하면 저폭

속과 decoupling 효과에 의해 soft한 폭파를 할 수 있다.

iii) 종래의 dynamite와 同等한 發破 後 gas와 耐水性을 가지고 있으므로 水孔이나 坑內에서도 사용 가능하다.

(2) 組成

Nitro gel	Nitro化合物	硝酸鹽	可燃物	特殊添加物
29~35%	2~4%	58~65%	5~8%	0.5~1.0%

(3) 性能比較 및 爆轟壓等の 比較

性能 品種	狀態	假比重 ( $\rho$ )	裸藥의 耐水性	發破後의 後 gas	爆速 D(m/sec)	猛度 (mm)	彈動振子 (mm)
3號桐 dynamite	膠質	1.40	良好	良好	5800~6300	18~19	80~85
가야마이트	膠質	1.12	良好	優良	5200~5500	15~17	68~74
아이레마이트	膠質	1.10	양호	우량	4500~5200	14~16	70~75
가야소프트	膠質	1.40	良好	良好	2000	-	-
concrete 破碎器(SLB)	粉狀	1.00	不良	不良	* 60	-	-

\* 燃燒速度

性能 品種	砂 上 殉爆度 (倍)	比energy f ( $\ell$ kg/cm <sup>2</sup> )	爆轟壓力* P <sub>D</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	爆發壓力(kg/cm <sup>2</sup> )		Borehole壓力 P <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) Borehole 38 $\phi$
				P <sub>e1</sub> **	P <sub>e2</sub> ***	
3 號 桐 dynamite	4~6	10280	130×10 <sup>3</sup>	65×10 <sup>3</sup>	67×10 <sup>3</sup>	43×10 <sup>3</sup> 藥包 30 $\phi$
가야마이트	2~3	-	86×10 <sup>3</sup>	43×10 <sup>3</sup>	-	-
아이레마이트	3~4	8360	70×10 <sup>3</sup>	35×10 <sup>3</sup>	31×10 <sup>3</sup>	20×10 <sup>3</sup> "
가야소프트	5~7	10100	12×10 <sup>3</sup>	6×10 <sup>3</sup>	65×10 <sup>3</sup>	12×10 <sup>3</sup> 18 $\phi$
concrete 破碎器(SLB)	-	1900	-	-	4.67×10 <sup>3</sup>	2.6×10 <sup>3</sup> 28 $\phi$

\*(Jones의 式)  $P_D = 0.000424D^2 \rho(1 - 0.543\rho + 0.193\rho^2)$ 에 의해 算出

但 P<sub>D</sub> : 爆轟壓力(g/cm<sup>2</sup>)

D : 爆 速(cm/sec)

$\rho$  : 密 度(g/cm<sup>2</sup>)

\*\*  $P_{e1} = \frac{1}{2}P_D$ 에 의해 算出

\*\*\*  $P_{e2} = \frac{\rho \cdot f}{1 - \rho\alpha}$  (f : 比 energy,  $\alpha$  : Covolume)에 의해 算出

上表와 같이 組成으로 부터 計算한 energy는 거의 dynamite와 同等하나 사용시의 decoupling을 이용하여 爆速을 억제하고 또한 직접 주변의 암반에 가해지는 bore hole압력을 감소시켜 soft한 파쇄를 중과 함께 부근에 전파되는 진동도 억제할 수가 있다.

(4) 地盤振動

岩盤에 주어지는 衝擊壓이 적기 때문에 이것에서 轉移되는 振動이 減少된다.

Tunnel掘鑿, 露天發破에서의 實測에 의하면 dynamite에 비해 발생하는 진동은 1/2~3/4으로 減少되고 있다.

일반적으로 발파에 의하여 생기는 地盤振動의 거리와 藥量의 관계는 다음식으로 표시할 수가 있다.

$$V = K \cdot W^m \cdot D^n \dots\dots\dots (1)$$

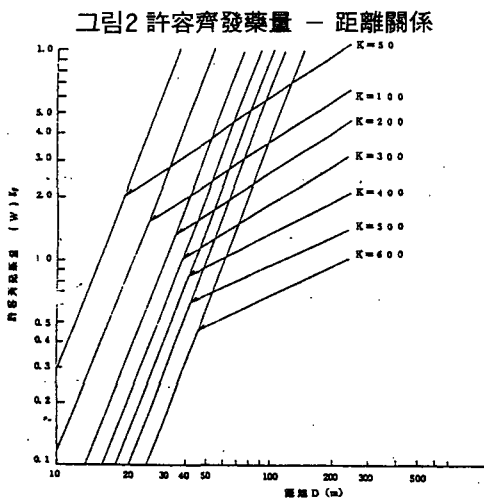
V ; 振動值(變位速度 cm/sec)  
 W ; 藥量(kg)  
 D ; 爆源에서의 距離(m)  
 K, m, n ; 定數

이 식중에서 약량의 지수m은 지금까지의 日本火藥에서의 測定實績에서 算出하면  $m \approx 0.75$  또한  $n = -2$ 가 거의 타당하다고 보이고 이것을 기본으로 하여 K를 구하고 정리하면 100~1000 정도로 된다. 이 K는 地質, 地形의 條件, 發破法, 發破結果(適正發破인가 失敗인가), 폭약의 종류, 기타에 의하여 변한다. 발파별로 dynamite와 가야소프트를 總括的으로 비교하면 거의 표2와 같이 된다.

그래서 K치를 여러가지로 바꿀경우 어떤 지점에서의 許容地盤振動을  $0.2Kine(cm/sec)$ 으로 하면 폭원에서의 거리(m)과 許容齊發量(kg)과의 관계는 그림2와 같이 된다.

表2 K值와 比較

發 破 區 間	一般 爆藥의 K值	가야소프트의 K值
Tunnel發破의 심빼기	450~900	150~450
Tunnel發破의 擴大發破	200~500	70~250
岩盤露天(Bench式, 2自由面)	100~300	40~150
岩盤露天(1自由面)	300~1000	100~750



(5) 取扱上の 注意

i) 이 폭약을 사용하는 경우에는 發破孔과 藥包와의 사이의 空隔(decouplong)을 이용하여 soft한 발파를 행하므로 적당한 穿孔徑은 34~38mm이다.

또한 Crawler drill(65mm정도)을 사용할 경우에는 다음 그림과 같이 外徑 13mm의 硬質 礮管의 周圍에 가야소프트 또는 아바나이트 5개를 配列시켜 Vinyl tape로 固定하는 것에 의해 한개의 약포로 한다. 이 방법은 중심에 空間을 確保하고 爆藥徑의 增대에 의한 高爆速化를 防止하는 일을 할 수 있다.

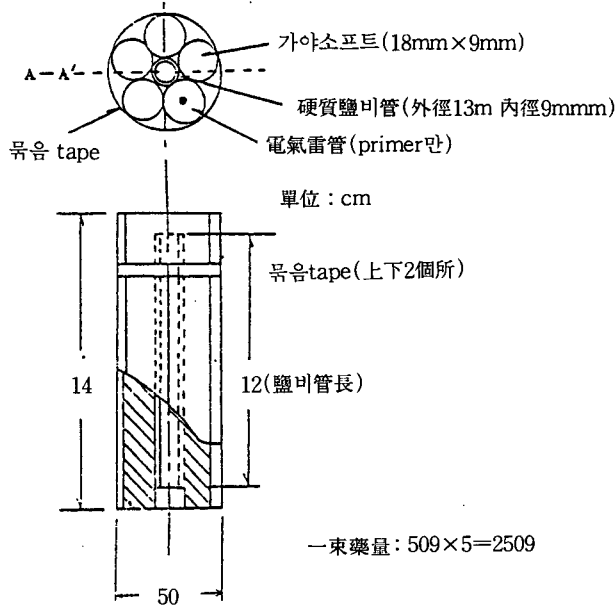
ii) 雷管을 裝着할 경우 管體를 藥包斷面의

중앙에 插入하고 더구나 藥包軸에 平行하게 되도록 할 것

iii) 藥包裝填後에 메지를 할 경우 poly

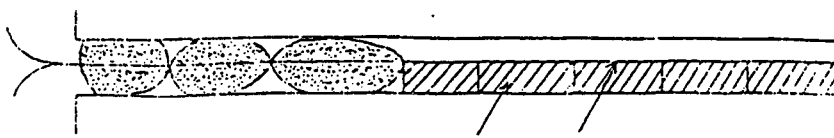
ethylene대에 넣은 粘土 또는 모래를 사용하여 藥包주위에 모래 또는 粘土가 들어가지 않도록 메지를 할 것.

藥包的 構成



iv) 多數의 藥包를 發破孔에 裝填할 경우 이 가는 藥包가 連續하여 一列로 나란히 裝填하여 겹치는 것을 방지하는 배려가 필요하다.

이 때문에 예를 들면 爆藥 container 등의 사용이 바람직하다.

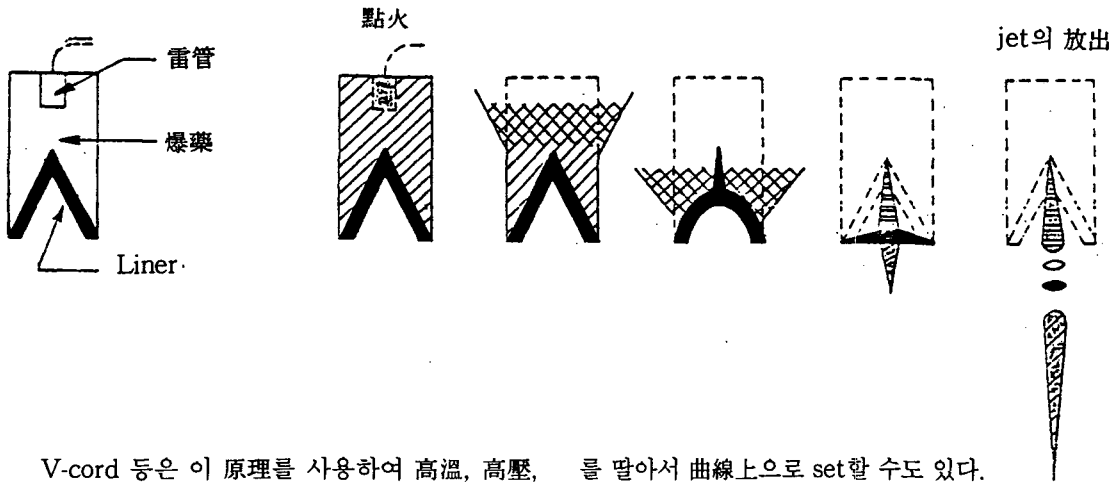


가야소프트藥包 爆藥 Container

2-4. Shaped charge Neumann effect 또는 Munroe effect를 이용한 成形爆藥(Shaped charge)으로 V-cord, SPC, FLSC의 商品名의 것이 사용되고 있다.

Neumann 효과란 아래의 Process도와 같이 V형 금속liner에 裝着한 高性能爆藥을 起爆시키

면 爆轟壓에 의해 金屬性 liner는 崩壞되어 金屬微粒자가 放出된다. 이것이 중앙에 집중되어 초고속의 jet를 생성하고 target가 절단된다. 이 현상의 이용은 對戰車爆彈이던지 軍用에 많이 이용되고 있으나 산업용에는 點은 아니고 線狀으로 切斷하는 형의 것이 사용된다.



V-cord 등은 이 原理를 사용하여 高溫, 高壓, 高速度의 jet로서 target를 선으로 切斷한다. 解體工事의 needs에 대응하여 개발된 火工品이다. 일본의 火藥取締法에서는 特殊化工品の 분류에 들어간다.

(1) 特徴

- i) gas절단에 가까운 切斷品 精度가 얻어진다.
- ii) 同時에 몇個所라도 瞬時に 절단할 수 있다. 段發雷管을 사용하면 時間差를 붙여서 절단도 가능하다.
- iii) 水中의 절단도 가능하다.
- iv) 從來法의 대형의 揚重機와 gas절단에 의한 高所作業에 比하면 大幅的으로 工事費의 저감 및 공기의 短縮을 할 수 있다.
- v) 切斷과 倒塊에 의해 高所作業이 적어지므로 작업의 안전성이 높다.
- vi) 強한 衝擊波, 爆發音を 隨伴하므로 사용장소(환경)에 따라서는 cover등의 對應이 필요하다.

또 銅管의 切斷時와 같이 曲面을 절단하기 위하여 사용되는 것이 FLSC(Flexible Linear Shaped Charge)로서 이것은 Pentlite(Penthlit + TNT)나 Comp B(Hexsogen + TNT)와 같은 강력한 폭약을 납이나 양등의 금속tube에 넣어 성형한 것이다. 적당한 길이로 절단하는 것도 target

를 떨어져서 曲線上으로 set할 수 있다.

2-5. Concrete 破砕器(concrete cracker)

Concrete構造物의 解體나 宅地造成, 상하수도 의 掘鑿工事 등으로 종래의 火약류로서는 발파진동, 騒音を 허용치이하로 저감하는 일이나 飛石의 抑制가 어려운 곳에서의 破쇄에 사용하기 위하여 만들어진 것이다.

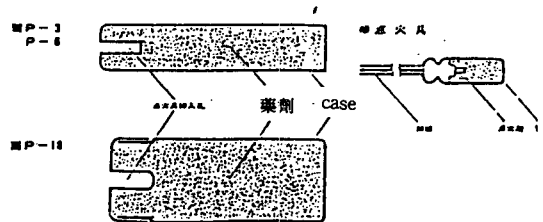
1968년에 開發되어 1974년에 火약류 取締法의 改正으로 火약류의 火工品으로 지정된 것이다.

SLB(日本火藥), CCR(旭化成)로서 상품화되어 있다.

造成으로서는

- 酸化劑 Pb304, BaO2, KBrO3, PbCrO4
- 可燃劑 Al粉, Mg合金粉, FeSi DNT, DNN, 澱粉
- 純化劑 Graphite, Paraffin, Oil
- Binder Gum系 Binder, 硝化線

을 plastic 筒에 充填한 것으로 點火管으로 전기적 으로 點화한다.



點火管은 통상적인 전기뇌관과 똑같은 發火感度を 가지고 있으며 取扱도 똑같이 행한다. Concrete 파쇄기는 密閉狀態에서는 40~60 m/s로 연소하고 고온, 고압의 gas로 된다. 이 gas된다. 이 gas의 압력에 의해 Concrete 또는 암반에 균열이 생긴다.

일단 균열이 생기고 다시 擴大되어 외부에 gas가 새면 gas의 斷熱膨脹에 의한 온도의 급강하로 爆發生成物의 대부분을 점하는 金屬酸化물은 固體化되고 gas체적은 수축하고 破碎片의

推力은 저하되어 크게 飛散하지 않는다.

(1) 따라서 特徵을 列記하면

- i) 진동과 음이 작고 주위에 대한 영향이 작다.
- ii) 비석이 적고 안전하다.
- iii) 摩擦, 衝擊에 대하여 종래의 화약류에 비해 안전하다.
- iv) 經時變化가 없고 장기간 보관할 수 있다.
- v) 段發點火에 의해 다시 振動, 음의 抑制가 가능하고 高能率이다.

(2) 성능(가야마이트 ; Emulsion 폭약과의 비교

項 目	條 件	單 位	SLB	가야마이트
比 重	—	—	0.8~0.9	1.14~1.18
Gas 量	—	cc/g	130~140	850~870
發 熱 量	—	Kcal/g	0.7	0.91~0.95
燃 燒 性	開 放	cm/s	2~5	4,800~5,300
	密 閉	m/s	40~60	5,300~5,800
發 火 點	待期時間(4秒)	℃	400~430	400以上
摩 擦 感 度	BAM式	kg	36以上	36以上
落 槌 感 度	落槌5kg	級	6~8	100以上
6 號 雷 管 起 爆		—	不爆	起爆

(3) 市販되고 있는 種類, 規格

種 類	藥量(g)	外徑(mmφ)	길이(mm)	主 破碎對象物
P-3	30	28	78	薄物, 小型 Concrete主體
P-6	60	28	134	岩盤, Concrete
P-18(S)	180	30	338	岩盤主體
P-18(S)	180	50	125	岩盤主體
點火具	—	6.5	25	[脚 長] 1.8m(P-188 3.0m) [段 發] 1~3段

(4) 用途와 標準使用量

種類		P-3 (個/m <sup>3</sup> )	P-6 (個/m <sup>3</sup> )	P-18 (個/m <sup>3</sup> )	摘 要
破碎對象物					
有筋 concrete 大型基礎		10	5	-	2自由面, (無筋은約1/2)
有筋 concrete 小型基礎		7	3.5	-	4~5自由面, (無筋은約1/2)
岩 盤 1 自 由 面		-	10	3.4	V Cut方式
岩盤 2自由面	軟 岩	-	3	1	Bench Cut方式
	中 軟 岩	-	4	1.4	"
	硬 岩	-	5	1.7	"
轉 石 的 小 割		2	1	-	-
岩 盤(Tunnel 的 경 우)		80	40	14	1自由面

※掘削斷面이 작을 경우에는 이것보다 使用量이 增加되는 일도 있다.

※SLB의 破碎效果를 높이기 위해 高性能 Tamping材 가야Tamper使用을 추천합니다.

(5) 破碎와 振動에 대하여

Concrete파쇄기는 연소반응에 의한 靜的破碎 (gas壓에 의한 파쇄)로 衝擊波(Shock wave)를 수반하지 않으므로 파쇄진동은 폭약에 의한 진동의 1/5~1/10정도라는 측정결과이다.

$$V = 7 \cdot W^{1/2} \cdot D^{-1.75} \dots\dots\dots (2)$$

V ; 振動速度(cm/sec)  
 W ; 藥量(個)(60g /개의 개수)  
 D ; 거리(m)

예를 들면 폭약 1.2kg을 사용하고 20m 떨어져 있는 곳에서의 진동치는 一般的의值로서 k=400으로 가정하여 계산하면

$$V = 400 \cdot 1.2^{3/4} \cdot 20^2 \div 1.14 \text{cm/sec}$$

한편 Concrete파쇄기로는 (주 ; 60g /개×20개)

$$V = 7 \times 20^{1/2} \times 20^{-1.75} \div 0.17 \text{cm/sec}$$

가 되고 파쇄효과에 차이가 있으므로 같은 파쇄 효과를 얻기위한 진동치는 별다른 문제이다.

3. 化工品(起爆, 點火管)

3-1. 電氣雷管(一般品)

가장 일반적으로 사용되고 있는 것이 전기뇌관이나 통상품이므로 상세한 것은 여기서는 생략한다.

3-2. 電子式 前記雷管(Electronic Delay Detonator)

최근 점점 실용화되고 있는 段發電氣雷管으로, 종래의 화학적 연소에 의한 延時裝置를 갖고 있는 遲發電氣雷管과 달라 電子的인 延時裝置에 의한 遲發雷管이다.

특징은 극히 정확한 遲時秒時와 임의의 遲發秒時가 얻어지는 점이다.

이 정도는 시간차를 이용하여 발파진동, 발파음을 억제하는 연구가 진행되어 있고 장래 이 기술이 확립되면 이 EDD의 이용이 기대된다.



현재는 아직 cost가 높은 것이 난점이다.

### 3-3. 비전기식 起爆 System(Non Electric Initiating System)

遲 電流나 誘導電流에 대한 안전성 또는 취급의 용이함에서 근년 전기뇌관에서 바뀌고 있는 기폭SYSTEM이다. Sweden의 Nitro NOBEL사의 NOBEL이 그 최초의 것이다.

최근 수년내에 세계의 유력 화약 Maker에서 제조되어 왔다. 일본에서는 아직 제작되어 있지 않다.

新發破 Mand Book(工業火藥協會 編)에 筆者가 NOBEL에 대하여 개요를 소개하고 있으므로 여기에 그대로 인용한다.

개념으로서는 극히 미세한 도폭선을 전기발파인 경우의 전선으로 置換한 것과 같은 형이다.

점화 energy의 전달은 NOBEL tube로 행하고 그 앞쪽에 붙인 NOBEL connector를 사이에 두고 필요한 개소에 다시 NOBEL tube로 분기하고 단말의 NOBEL뇌관을 기폭하는 system이다.

特徴으로서는 다음과 같은 점이다.

i) 비전기식이고 迷走電流, 靜電氣, 천동, 電波 등에 대하여 안전하다.

ii) 단발뇌관과 단발 connector를 병용하면 無限의 段數를 얻을 수 있다.

iii) tube의 길이를 조절함에 의하여, tube의 길이 1m당 약 0.5ms의 극히 短秒時差가 얻어지고 발파진동의 억제에도 활용할 수 있다.

iv) NOBEL tube는 극히 소약량이기 때문에 tube자체는 외부에 거의 영향을 주지 않는다. 접하고 있는 폭약도 기폭되지 않고 ANFO속을 통과하고 있어도 死壓을 주는 일은 없다.

v) 결선이 용이하고 단순하며 작업능률이 좋다.

vi) tube의 길이를 같게하지 않으면 完全齊發을 할 수 없다.

vii) 결선 누락을 계기로 check할 수 없다.

각 구성부는

#### ① 발파기

전용발파기를 사용하던지, 공업뇌관 전기뇌관 등으로도 기폭할 수 있다.

#### ② NONEL tube[그림3(a)]

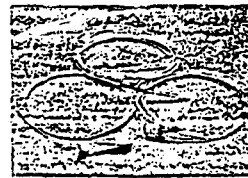
외경 3.0mm, 내경 1.5mm의 중공 plastic tube의 내벽면에 HMX와 Al의 미분말이 0.022g/m가 도포되어 있고 이것이 2000m/s의 速度로 傳爆한다.

점화하여도 tube가 연소할 뿐으로 爆轟은 하지 않는다. 충격, 마찰에도 극히 안전하다. tube의 端末은 seal되어 있고 耐水, 耐濕性이 우수하다.

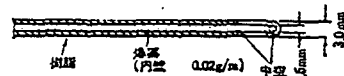
③ NONEL connector 전폭용의 mini뇌관과 plastic의 conneting block으로 되어 있고 이 connecting block을 사이에 두고 꼭 문어의 발과 같이 NONEL tube 8개까지 분기 전폭할 수 있다. 또한 0, 17, 25ms의 3종의 연시 connector가 있다. 이것을 활용함에 이-해 무한의 단수가 얻어지고 또한 1종류의 뇌관으로 차례차례 단발발파도 가능하다.

#### ④ NONEL 雷管[그림3(b)]

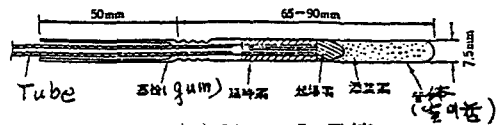
NONEL tube붙임의 雷管으로 MS, DS 相當品の 2종 및 露天發破用으로서 U500(500ms)이 있다.



NONEL System



(a) NONEL tube



(b) NONEL 雷管

그림3 NONEL tube 및 NONEL 雷管構造圖  
(Maker Catalogue에서)

使用順序

(1) Primer제작 : 도화선 발파의 경우와 거의 같음

(2) 결선 : 결선법은 직렬, 병렬 어느것이나 가능, 단수의 배치는 전기뇌관과 같으나 tube의 傳爆時間이 0.5ms/m이므로 정밀을 요하는 발파의 경우는 이것도 고려에 넣을 필요가 있다.

tunnel 掘進發破와 같이 穿孔間隔이 좁고 수가 많은 경우에는 다발(묶음)로 한 nonel tube를 導爆線을 사용하여 한번에 기폭하는 Bench 결선법이 편리하다.

4. 靜的 破碎劑(非火藥, Cement系)

파쇄대상물의 주변의 인가나 설비 등에 대한 지진동, 파쇄음의 허용제약이 엄하고 Concrete 파쇄기로 조차 사용이 곤란한 곳에서의 파쇄 목적을 위하여 개발된 것이 이 정적파쇄제로 주로 生石灰系의 것이 사용되고 있다. 이것은 지금 널리 世界에 수출되고 있다.

이것도 신발파 Hand Book에 개요가 총괄되어 있으므로 이것을 轉用하여 소개한다.

4-1 靜的 破碎劑

靜的破碎劑는 酸化 Calcium을 주성분으로 하는 水和膨脹性 製品으로 1979년에 처음으로 시장에 출품되고 1981년에는 建設省의 기술평가 제도에 의해 종류의 정적 파쇄제에 대해 평가서가 교부되어 있다.

당초의 것은 充填後 반일~1일정도로 300kgf/cm<sup>2</sup> 以上の 膨脹壓을 發現하고 사용형태도 분사의 제를 약 30%의 물로 섞어 비벼 穿孔內에 흘려넣어 충전하는 것이 주류이었다. 1985년경에는 1~2시간 또는 이것 이하로 높은 팽창압을 나타내고 使用형태도 화지 등에 의하여 포장된 劑包에 물을 함유시켜 穿孔內에 삽입, 壓填하는 type가 개발되어 양자를 합친 국내 판매량은 약 3000t/년(1987년도 추정)에 달하고 있다.

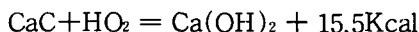
정적파쇄제협회에서는 정적파쇄제를 2가지의

type로 분류하여 均열 발생시간이 3시간이상의 것을 보통 type, 2시간 미만의 것을 速效 type라고 부르고 있다.

4-2 정적파쇄제의 반응기구와 파쇄기구

i) 반응기구

生石灰(酸化 Calcium CAO)에 물을 가해 消石灰 <水酸化 Calcium Ca(OH)>로 하는 반응은 消化라고 부르고 반응열의 발생과 함께 2, 0~2, 3배의 체적팽창이 생기고 이 팽창압이 정적파쇄제의 파쇄 energy로서 이용된다.



ii) 膨脹壓의 發現

보통 type은 소화반응이 천천히 진행되도록 조정되어 발생한 반응열은 공벽을 통하여 파쇄체 전체에 방산되므로 온도상승은 낮고 반응은 가속되지 않는다. 따라서 팽창압의 발현도 완만하고 破碎에 필요되는 300kg/cm<sup>2</sup>에 달하려면 통상 반일정도 걸린다.

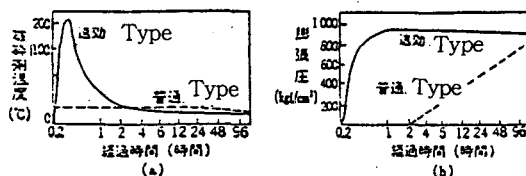


그림4 膨脹壓 및 破碎劑溫도의 變化(例)

한편 速效type는 反應이 빠르고 反應熱에 의한 온도 상승에 의해 반응이 촉진되고 단시간에 팽창압이 발현한다. 그림4에 팽창압과 파쇄제 온도변화의 예를 표시한다.

iii) 팽창압에 관한 因子와 傾向의 개요는 다음과 같다.

水比 ; 작을수록 팽창압은 크다.(한도가 있고 파소하면 압의 발현이 없다.)

제의 온도 ; 높을수록 압의 발현이 빠르고 견보기압이 커진다.

孔徑 ; 크면 압의 발현이 크다.(열의 축적으로 반응온도가 상승한다.)

充填密度 ; 클수록 압은 크다.(공격율의 감소)

이상의 이유에서 각 maker에서는 수비나 충전밀도를 한정시키고 孔徑, 被破碎體의 溫度 等に 적합한 수종류의 劑種이 준비되어 있다.

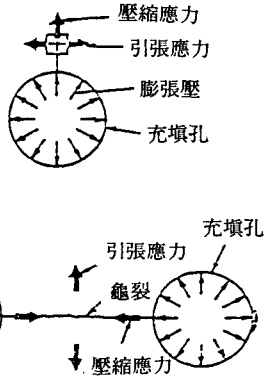


그림5

iv) 파쇄기구

팽창압은 그림5와 같이 충전孔壁에 작용하고 공을 중심으로 주변부에 방사상으로 압축력이 발생하고 이 應力의 直角方向으로 생기는 인장응력에 의해 공벽의 가장 약한 부분에 龜裂을 發生시킨다.

이 파쇄의 기구는 Concrete파쇄기의 그것과 잘 닮아있다.

4-3. 靜的 파쇄제의 종류와 사용방법

i) 靜的 파쇄제의 종류

정적파쇄제는 충전방법이나 균열발생시간이 크게 다른것이 있고 또한 사용온도, 천공경에 의해서도 適用劑種이 바뀌므로 사전에 충분한 현장조건의 조사를 한후에 이것에 적합한 제종을 選擇하지 않으면 안된다.

표3, 표4에 현재 정적파쇄제협회 加盟各社の 정적파쇄제를 一覽表로 하여 들었다. 표중에 표기되어 있는바와 같이 각 상품명마다 성능과 사용방법에 차이가 있기 때문에 반드시 각 maker의 사용 manual에 따라 사용해야 한다.

ii) 사용방법

Concret 파쇄기와 똑같이 적당한 孔間隔으로 Concrete나 암석에 穿孔하고 물과 섞어 비빈劑

또는 물을 함유시킨 劑包를 충전한다.

공간격의 가늠은 공경의 7~10배정도이다. 천공 pattern은 원래부터 수비, 피파쇄체의 온도, 충전의 방법 등은 파쇄에 관한 중요한 인자이기 때문에 maker의 manual에 따르는 것이 필요하다. 표5에 정적파쇄제 (보통 type)의 표준사용 원단위를 든다.

4-4. 보안상의 주의

충진된 靜的 파쇄제는 가끔 噴出하는 일이 있다. 이 분출현상(鐵砲現狀)은 어떤 원인으로 제의 온도가 급상승하고 제와 함께 있었던 공내의 자유수가 급격하게 수증기화된 압력에 의해 발생하는 것이다.

정적파쇄제는 주성분이 생석회(산화 Calcium CaO)로서 강한 Alkali성이다. 따라서 이것을 눈에 쏘이면 최악의 경우에는 실명에 이르게 되는 일도 있기 때문에 이 경우에는 직시 대량의 물에 씻어내고 신속히 안과의의 치료를 받을 필요가 있다. 또한 피부에 부착된 경우에도 피부가 거칠어짐 등을 생기게 하므로 작업시에는 다음의 점을 移行하지 않도록 한다.

① 작업중(섞어 비빔, 충전)에는 maker의 지시에 의한 gum장갑, 보호안경, 보호면 등을 착용한다.

② 2차 파쇄작용중에도 保護眼鏡을 착용한다.

③ 파쇄작업중에는 부근의 출입을 금지시키고 충전후에는 될 수 있는대로 빨리 sheet 등으로 방호를 행한다.

거구나 분출에 의한 사고방지를 위하여 靜的 파쇄제협회에는 협회가 실시하는 강습회에 의한 현장작업지도자의 육성과 각 현장에 있어서의 작업방법의 사전지도의 철저를 강력히 추진하고 있다.

表3 靜的破碎劑(普通 Type) 製品一覽表

形狀	上品名 (Maker)	種 類 (被破碎體의 適用溫度)	適用孔徑	使用數의 溫度範圍	使用方法	組製發生時 間的 가능
粉    狀	S-파이트 (住友 Cement)	B (15~30℃) A (5~20℃) S (-5~10℃) 其他 大孔徑用	34~40mm  55~65mm	20℃以下	粉狀의 劑를 물에 섞어 비 벼 孔에 흘려 넣어 充填한다	12~24時間
	브라이스타 (小野田)	100 (15~35℃) 150 (10~20℃) 200 (5~15℃) 300 (-5~5℃) 其他 大孔徑用	38~58mm  50~80mm	30℃以下 15℃以下 10℃以下 5℃以下	섞어 비빈後 5分以內에 充 填할 것	
	스프릿타 (吉澤石灰)	Blue (20~35℃) Green (10~25℃) Orange (15℃以下) 其他 大孔徑用	34~48mm  50~65mm	25℃以下	粉狀의 劑를 물에 섞어 비 벼 孔에 흘려 넣어 充填한다	
	가스마이트 (日本Cement) 日本油脂	S型 (20~35℃) M型 (10~20℃) W型 (0~10℃) L型 (-5~5℃) 其他 大孔徑用	30~50mm  50~70mm	25℃以下 20℃以下 10℃以下 5℃以下	섞어 비빈後 10分以內에 充填할 것	
	케미락크스 (電氣化學)	# 25 (25~40℃) # 15 (10~30℃) # 5 (5~15℃) 其他 大孔徑用	30~50mm  50~80mm	30℃以下 25℃以下 15℃以下		
劑   包   狀	브라이스타 (小野田)	100 (15~35℃) 150 (10~20℃) 200 (5~15℃) 300 (-5~5℃)	38~46mm	30℃以下 15℃以下 10℃以下 5℃以下	劑包의 물에 적셔 쭈셔넣 어 充填한다	12~24時間
	가스마이트 캡슐 (日本Cement) 日本油脂	S型 (20~35℃) M型 (10~20℃) W型 (9~10℃) L型 (-5~5℃) 其他 大孔徑用	34~40mm	25℃以下 20℃以下 10℃以下 5℃以下		
	S-마이트 캡슐 (住友 Cement)	B型 (15~35℃) A型 (5~20℃) S型 (0~10℃) 其他 大孔徑用	38~42mm	20℃以下		

表4 靜的破碎劑(速效 Type) 製品一覽表

形狀	上品名 (Maker)	種類 (被破碎體의 適用溫度)	通用孔徑	使用數의 溫度範圍	使用方法	組製發生時間의 가능	
	슈퍼 브라이스타 1000 (小野田)	1000 (0~35℃)	42~67mm	5~25℃	孔에 물을 붓는다 다음에 가늘고 긴 고름棒을 使用하면서 粒을 直接孔에 充填한다	30~60分	
	S-마이트 슈퍼(住文 coment)	B型 (20~35℃) A型 (10~20℃) S型 (0~10℃)	38~42mm	20℃以下	劑包를 물에 적셔 碎셔넣어 充填한다	30~60分	
	슈퍼 스피릿타 (吉澤石灰)	孔徑40, 50mm S1 20~35℃ 65mm는 10~35℃ 40mm는 10~20℃ S2 50mm는 5~20℃ 65mm는 0~10℃ S2 40mm는 0~10℃ 50mm는 0~5℃	40~56mm  40~56mm  40~50mm	25℃以下	劑包를 물에 적셔 碎셔넣어 充填한다 또는 機械로 打擊充填한다		
	하이 캄아니트30 (日本cement) (日本油脂)	S型 (20~35℃) W型 (0~20℃)	38~42mm	30℃以下 20℃以下	劑包를 물에 적셔 碎셔넣어 充填한다.		30~120分
	아스타에스 (旭化成)	2035 (20~35℃) 1020 (10~20℃) M10 (0~10℃)	38~42mm	10~40℃ 10~40℃ 0~30℃	劑包를 물에 적셔 機械로 打擊充填한다.		10~30分

表5 靜的破碎劑(普通 Type)의 標準原單位(kg/ m³)

孔徑(二次破碎)		40φ (Hand Breaker)			65φ (大型機械)		
	配筋量 0~30 kg/cm³	6			5		
	30~60 kg/cm³	12			-		
	60~100 kg/cm³	18			-		
岩石		轉石	Bench	Trench	轉石	Bench	Trench
	軟 岩	6	6	18	5	6	16
	中 硬 岩	8	11	22	7	10	21
	硬 岩	12	16	27	10	14	26

(靜的破碎劑協會 標準)