

發破의 歷史

(現在와 展望 編)

木 村 眞 先生

李 榮 一 譯 (本學會 幹事)

[註]

木村眞先生은 일찌기 東京大學 火藥學科를 卒業後 日本化藥(株)에서 30年間 火藥製造 및 發破技術에 從事한바 있으며 住友商事(株)의 轉職火藥類輸出을 為한 海外發破操業에 專念 停年後에도 常勤顧問으로 今日에 이르고 있다. 한편 中央大學에 出講하면서 火藥實務에 關한 大量的著書와 國際學會會議에도 技術報文을 發表하는 等 老益壯을 자랑하는 國際的인 火藥人的 代父이시다.

지난 60年代 本學會 許慎會長의 恩師이신 故須藤秀治教授(東大卒)으로부터 認介를 받아 先輩로서 親交를 맺고 있으며 그間 本學會招請으로 特別講演을 맡아주시고 先進技術資料도 提供해주신바 있으며 이번에는 “發破의 歷史”玉稿를 보내주시여 會員 여러분께서는 貴重한 資料가 되리라 믿는 바이다.

1. 戰後의 發破

(1) 進駐軍에 의한 火藥使用의 許可

終戰直後인 1945年 10月 10日附 商工, 文部, 農林, 運輸 合同 省令으로 「產業用 爆藥을 生產하거나 또는 使用하려고 하는 者는 主務大臣의 許可를 받을 것」이라는 法律이 나왔다. 即 產業用 爆藥의 生產, 使用에 대하여 主務大臣에게 許可를 申請하면 이것이 GHQ에 提出되어 GHQ의 許可를 얻어 主務大臣의 許可가 나온다.

그리고 1945年 11月 4日 GHQ의 AG 47, 186號指令에 의해 終戰後 처음으로 石炭用爆藥 1,119 ton의 製造가 許可되었다. 그러나 使用個所가 매우 많아 그때마다 GHQ의 許可를 받는 것은 實情에 맞지 않으므로 1945年 11月 21日附 商工次官通告로 主務大臣의 使用許可權을 都道府縣 知事에 委任시

키고 使用은 日本政府에 맡기게 되어 日本에서 自主의 火藥을 製造使用하는 것이 認定되었다. 日本의 産業水準을 1930~1931年的 狀態로 두는 G.H.Q의 方針에 의해 1946年 5月 火藥工場의 大幅의閉鎖를 指示하였다. 이것에 대해 火藥界가 陳情한 結果, 極히 一部의 工場閉鎖로 끝내고, 生產再開가 許可되어 石炭 및 金屬礦山에 있어서의 生產에는 特히 支障이 招來되지 않았다. 1950年 6月 韓國動亂이勃發, 石炭增產은 絶對로 必要하게 되고 각炭礦마다 空前의 活氣를 나타냈다. 炭礦界가 BOOM이 된 것도 이때쯤이다.

(2) 鑿岩機의 進歩

鑿岩機는 戰前에는 小型의 手技式이 主였다. drill과 leg가 完全히 一體화한 leg式은 1954年以來 日本에서 採用되었다. 이것은 stand方式에 비해 簡單히 作業할 수 있고, 最初의 設備費가 stand式보다 싸다. 또한 Bit gauge의 小徑化에 의해 穿孔能率이 좋고, 輕鑿岩機이므로 bit, rod에 無理가 가지 않고, 壽命이 길게 되어, 蒸氣消費量이 減少하였고 努力이 節減되는 等, 利點이 있었으므로 急速히 發達하였다. 其後 차차 大型化되어 tunnel工事에 있어서 全斷面掘鑿과 같이 掘鑿斷面이 클 때는 막장(發破現場)에서 1回에 100孔을 넘는 穿孔을 한다. 이때문에 鋼製의 台車에 鑿岩機 및 그 稼動에 必要한 機械를 搭載할 型式이 만들어졌다.

鑿岩機에는 打擊式, 回轉式, 打擊回轉式의 3種이 있으나 回轉式이 많이 使用된다. 이것은 垂直 또는 傾斜掘이 可能한 것, 孔徑및 孔深이 自由로 되는 것, diesel 또는 電力を 使用할 수 있는 것 等에 의한다. 動力은 從來一般的으로 空氣壓縮式을 使用하고 있었으나 1963年頃에 jet piercing法이 發明

되었따. 이것은 燃燒室内에서 기름과 酸素를 燃燒시켜 熱energy로 穿孔하는 方法이다. 1978年頃부터 diesel油를 使用한 油壓鑿岩機가 採用되었다. 이것은 作業性, 作業環境이 좋고 高能率이다. 穿孔徑도 차차 大型化되어 왔다. 이것은 孔徑이 커지면 掘鑿費는 드나 發破效果가 높아지기 때문이다. 四國의 鳥形山 鑿業所의 露天掘發破에서는 처음에는 downhole drill로 6inch(150mm)徑의 穿孔을 하고 있었으나 現在는 rotary drill로 9inch(225mm)徑의 穿孔을 하고 있다고 한다.

垂直穿孔外에 傾斜掘이 增加되어 왔다. 이것은 傾斜孔은 爆破力이 岩盤에 效果的으로 作用하여 余掘(設計斷面以上으로 掘鑿되는 것)이 減少하고 弛編이 없는 坑壁이 만들어지는 利點이 있기 때문이다. Computer를 使用하면 rod의 強度를 어림할 수 있으므로 rod를 뛸 수 있는대로 작게하여 萬能型의 rod를 만들기 위한 指針을 만들기 시작하기 위하여 有効하다.

다시 發破에 의하지 않고 鑿岩機만으로 岩石을 破碎하는 機械가 있다. 割岩機라고하고 쇄기 또는 urethane 等을 利用하여 穿孔한 孔을 擴大하여 最後에 岩石을 부순다. 油壓 또는 機械打擊에 의한 連續作業으로 어떤 種類의 岩盤에 있어서는 發破보다 經濟的으로 掘進할 수 있는 外에 發破에 비해 公害가 적고, 熟練을 必要로 하지 않으며 火藥類團束法의 規制를 받지 않는 利點이 있다. 단단한 岩石의 割岩에는 限度는 없으나 熔岩과 같은 porous한 岩에는 이 方法은 現在는 限界가 있다고도 말하여지고 있으나 1自由面만이 아니라 Bench cut, tunnel開發用의 機械도 開發이 進行되고 있다.

(3) 新型火藥 및 發破附屬品의 出現

1) 爆藥

가) ANFO 爆藥

硝安에는 爆發性이 있는 것은 1921年 독일의 오파우에서 發生한 大災害, 1947年 美國 Texas에서 肥料用 硝安을 積載한 배가 大爆發을 이르키는 等의 事故가 있어 以前부터 알려져 있었다. 爆發의 原因은 前者は 倉庫内에 쌓여져 있던 肥料用 硝安(硝安은 硝酸肥料로서 Europe, 美國의 寒冷地에서 많이 使用된다)이 固化되었기 때문에 이것을 爆藥을 使用하여 粉碎中에 일어난 것으로 硝安中에 少量의

炭素나 油脂類가 들어갔기 때문에 硝安이 一部 爆藥化되어 爆藥이 暴發했을 때의 衝擊에 의해 硝安의 냉여리가 暴發한 것이다.

後者の 경우는 密閉된 高溫의 般倉内에서 感度가 銳敏하게 된 硝安이 衝擊에 의해 爆發한 것이라고 생각된다. dynamite의 成分으로서 以前에는 硝酸カリ(硝石)가 主로 使用되고 있었으나 硝石보다도 싸고 爆發했을 때의 威力이 큰 硝安이 dynamite의 主成分으로서 차차 利用되게 되었다.

독일의 事故에서 알 수 있는 바와 같이 硝安에 少量의 炭素나 油脂가 들어가면 爆發性이 있으므로 1954年頃 美國에서 이들의 物質을 發破現場에서 硝安과 混合하여 發破가 행해졌다.

그러나 當時의 硝安은 粉狀으로서 炭素나 油類와 安全하게 混合되지 않고 따라서 dynamite에 비해 현격하게 cost는 花음에도 불구하고 널리 使用되지는 않았다. 1957年 油類를 잘 吸收하는 多孔質粒狀의 硝安(prill 硝安이라고 한다)이 開發되었다. 이것은 粒狀硝安의 表面에 많은 구멍이 열려 있으므로 液狀인 油類를 잘 吸收하고 더구나 吸收한 기름이 硝安과 잘 分離되기 힘드므로 爆藥으로서의 性能이 현격히 向上되었다. 이것을 ANFO爆藥이라고 한다. ANFO는 Ammonium Nitrate Fuel Oil의 略字로서 硝安과 輕油를 94 : 6의 比率로 混合하는 것뿐으로서 爆藥이 된다. 日本에서는 硝(安)油(劑)爆藥이라고 한다.

ANFO는 물에 녹기 쉬우므로 水孔에서 使用할 때는 特別한 方法을 採用하지 않으면 안된다. 또한 dynamite는 藥包内에 電管을 넣어 電管을 爆發시키면 爆發하나 ANFO는 1個의 電管의 爆發로는 爆發하지 않는다(이것을 電管非爆性이라고 한다). 爆發威力은 從來의 dynamite보다 弱한 外에 裝填比重이 낮으므로 1孔當의 裝藥量이 dynamite에 비해 적다. 後 gas內에 有毒性 gas가 發生하기 쉬우므로 坑内에서 使用할 時는 注意를 要하는 等의 欠點이 있으나 dynamite와 달라 nitroglycerin과 같은 危險한 物質이 들어가 있지 않으므로 衝擊이나 摩擦에 대하여 매우 安全성이 높다. 쓰原料인 硝安과 輕油를 concrete mixer와 흡사한 混合機로 混合하는 것 뿐으로서 簡單히 製造할 수 있는 外에 dynamite와 같이 藥包로 만들지 않고 bulk채로 紙袋에 넣은 ANFO의 紙袋의 위를 잘라서 ANFO를 紙袋에서 穿孔内에

흘려 넣고 最後에 dynamite와 같은 電管起爆性 爆藥藥包 1個를 넣고(이것을 傳爆藥이라 한다) 이것에 電管을 插入하여 爆發시키는 것이 ANFO의 標準的使用法이다. 따라서 dynamite와 같이 火藥工場에서 紙袋에 넣은 藥包를 만드는 手苦가 들지 않고 또한 後述하는 바와 같이 發破現場에서 가까운 ANFO工場에서 運搬할 수 있으므로 이 點도 dynamite보다

싸지고 孔內에 裝填하는 것도 容易하다.

以上과 같이 欠點에 비해 長點이 크므로 美國에서는 急速히 增加하여 1985年 現在 全需要量의 87%는 ANFO로 代替되었다. 日本에서는 1961年에 test가 始作되어 1965年부터 使用한 이래 20年間에 全需要量의 65%를 點하게 되었다.(그림1 및 표1)

表1. 美國의 發破使用爆藥種類의 變遷

國名	美 國 (%)					日 本 (%)				
	品種	dynamite	ANFO	slurry	其他	計	dynamite	ANFO	slurry	其他
1965年	38.4	61.6	—	0.05	100.0	56.4	6.6	—	36.9	100.0
1975	15.4	69.6	15.0	—	100.0	33.7	54.6	—	11.7	100.0
1985	4.5	87.0	8.5	—	100.0	18.4	64.8	11.2	5.6	100.0

取扱이 매우 安全하므로 美國 및 其他의 나라에서는 ANFO를 火藥類의 分類에서 除外시켜 1段階危險性이 적은 爆破劑로서 取扱된다. 火藥類는 危險性이 크므로 各國 공히 防爆設備가 完全한 火藥工場에서 밖에 製造되는 認定되지 않은 爆破劑인 ANFO는 發破現場에서 特殊한 truck內의 mixer로 硝安과 輕油를 混合하여(이것을 現場混合이라고 한다) 그림2와 같이 truck을 穿孔된 곳까지 移動시켜 hose에서 孔內로 適當量의 ANFO의 裝填이 끝나면 truck은 다음 孔까지 移動하여 또 hose를 孔內에 넣고 裝填한다. 따라서 더욱더 싸게 製造, 裝填하게 된다. 이것에 대해 日本에서는 누구나 어디에서나

火藥을 製造하게 되면 이것을 惡用할 憂慮가 있으므로 保安上の 見地에서 現場混合은 法的으로는 認定되지 않으나, 法規面에서 製造는 dynamite에 비해 大幅으로 緩和되어 있다. 예를들면 큰 使用現場 가까이에는 簡單한 ANFO工場이 만들어지고 이것을 每日 truck으로 當日 使用하는 量을 現場으로 運搬하게 되었다.

또한 그림2와 같이 ANFO를 hose로 孔內에 裝填하게 되었다. 이것에 의하면 자루에서 흘려 넣을 수 없는 上向 또는 橫向孔에도 容易하게 裝填할 수 있다.

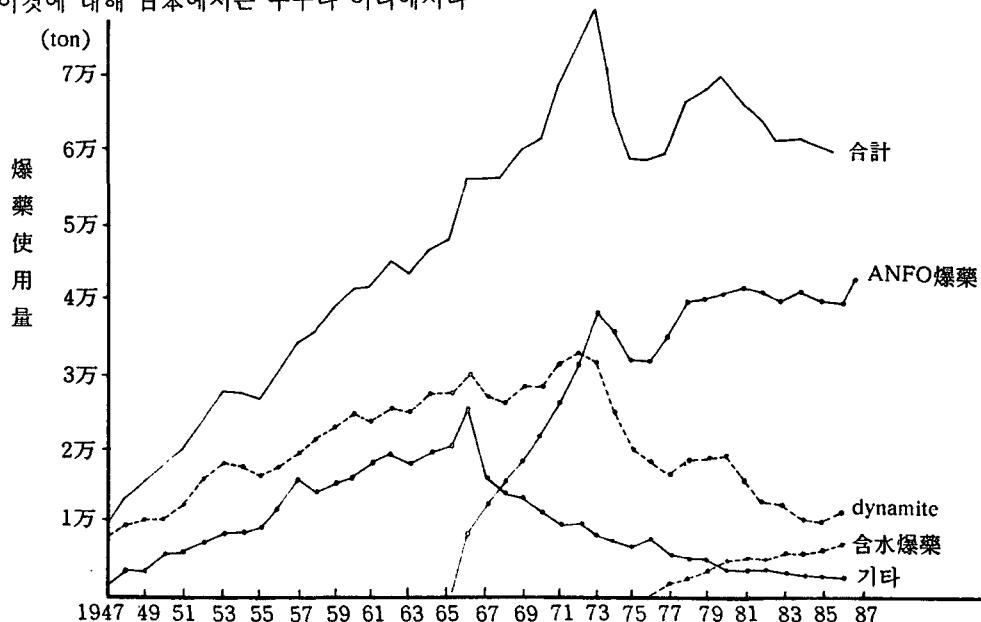


그림1 爆藥種類別 消費量 推移



그림2 日本에서의 ANFO裝填機(一例)

(2) 含水爆藥

1950年 Canada의 화남과 美國의 M.Cook가 共同으로 爆藥을 開發하였다. 大部分의 成分이 硝安인 ANFO와 원래 最近의 dynamite에는 硝安이 많이 들어가 있으므로 不過 1~2%의 水分이 含有되면 爆力은 急速히 低下한다.

그러나 slurry爆藥은 水分을 10~20% 含有하고 있음에도 불구하고 爆發한다. 水分이 많으므로 當初에는 흐물흐물한 slurry狀의 爆藥이었으나 곧 dynamite와 같이 彈性이 있는 藥包狀의 것도 開發되었다. ANFO와 같이 電管非起爆性이 아니고 電管1個로 爆發된다. 爆發했을때의 威力도 ANFO보다 크고 nitro glycerin과 같은 危險한 物質을 含有하지 않고 그 外에 水分을 많이 含有하고 있으므로 取扱이 매우 安全할 뿐만아니라 methane이나 炭塵爆發에 대해서도 安全性이 크고 炭礦爆藥으로서도 優秀하다. 後gas는 一般的인 dynamite보다 훨씬 有害gas가 적고 smooth blasting用이나 耐熱用 slurry等 特殊品도 現在開發되어 있다.

dynamite보다 威力이 弱한 것, 價格이 現在 ANFO보다 훨씬 비싼 것等에 의해 아직 그다지 普及되어 있지 않으나(그림1, 亞1) slurry爆藥의

改良品으로서 開發된 emulsion爆藥은 slurry爆藥의 性能上의 欠點을 상당히 cover할 수 있으므로 가까운 將來 發破用 爆藥으로서 ANFO爆藥과 함께 널리 使用될 것이다. 표1에서 보는 바와 같이 1985年 現在 dynamite의 比率은 美國에서 4.5%, 日本에서 18.4%로 減少하였다.

1867年 Nobel이 dynamite를 發明한 이래 120年間, dynamite는 發破用 爆藥의主流로서 使用되어 왔으나 간신히 dynamite의 時代는 지나가려고 하고 있다. 數年前 美國 最大的 爆藥maker인 Dupont은 dynamite의 生產을 中止하였다. 日本에서는 slurry爆藥, emulsion爆藥을 包含하여 含水爆藥이라고 한다. 美國 其他에서는 ANFO爆藥과 같이 現場 混合式이 認定되고 있다.

2. 無gas 段發電氣電管

戰前의 段發電氣電管에는 여러가지의 欠點이 있었으나 戰後의 研究에 의해 性能은 매우 向上되었다. 特히 無gas 延時藥의 採用에 의해 從來 導火線을 延時裝置로 했을 때 導火線의 燃燒gas를 排出하는 噴氣孔이 있었으나 이것이 不必要하게 되고 耐水

性이 向上되었다. 그리고 延時藥種에 의해 延時秒時 間隔이 millisecond order(예를 들면 25millisecond間隔), decisecond order(예를 들면 0.1秒間隔), halfsecond order(예를 들면 0.5秒間隔)의 것이 開發되었다. 각각 millisecond電氣電管(MSD), decisecond電氣電管(DSD), halfsecond電氣電管(HSD)이라고 한다. 이들을 發破의 種類나 使用個所에 따라 使用하게 되면 導火線 發破로는 생각할 수 없는 效果를 發揮한다.

3. 外來電氣에 抵抗性 있는 製品

(a) 耐靜電氣電管과 難帶性 ANFO

電氣電管은 靜電氣가 있는 곳에서 不注意하게

使用하면 脚線部와 電管管體사이에 불꽃이 발생하여 그 불꽃으로 點火藥이 發火하여 電氣電管은 發破器에서 電流를 흐르게 하지 않아도 爆發을 이르키는 일이 있다. 人間은 一種의 condenser이므로 身體에 蓄積된 電氣를 大地에 흐르게 하지 않고 電氣電管을 손으로 잡으면 電氣電管은 爆發한다. 또한 ANFO爆藥 使用時에 紙袋를 찢고 ANFO를 孔內에 훌려 넣을 때 靜電氣가 發生하기 쉽다. 特히 그림3과 같은 裝填機로 裝填할 때는 發生量이 크다. 靜電氣는 降電時에도 發生하기 쉽다. 천등은 energy가 매우 큰 一種의 靜電氣이다. 1962年부터 1978年까지 明白히 靜電氣에 의해 일어난 發破中の事故는 表2와 같다.

表2. 1962~1978年에 일어난 靜電氣에 의한 發破事故回數

原因 現場	눈	천등 또는 降雪中에 裝填 또는 結線中	ANFO 裝填中	人體 ⁽¹⁾ 帶電	其 ⁽²⁾ 他	計	備 考
石灰石	6	5	10	4	3	28	(1) 人體帶電이란 帶電霧團氣中에서 作業中の 帯電을 말한다.
炭礦	0	0	0	1	2	3	(2) 其他 中에는 壓縮空氣, 孔소제 中 1件 壓氣管에서 粉體貫出 1件, 岩粉散布 中 1件, 粉塵에 의한 帶電 2件, 原因不明 1件
金屬礦山	1	0	0	1	1	3	
土木	0	0	0	1	0	1	
計	7	5	10	7	6	35	

그래서 電氣電管은 어느 程度의 靜電氣가 일어나도 爆發하지 않도록 改良되었다. 이것을 耐靜電氣電管이라고 한다。(現在 日本製品은 모두 이것에 屬한다.) 또한 帶電防止劑를 넣은 ANFO도 製造되어 있다. 이것을 難帶電性ANFO라 한다.

(b) 非電氣起爆用 製品

이와같이 火藥類에 耐靜電氣製品을 使用하게 되고, 또한 作業者가 電氣電管取扱中에 earth하거나, 導電性이 좋은 신을 使用하고, ANFO裝填機의 裝填hose는 導電性이 좋은 poly tube를 使用하는 것을 義務로 하는 等의 方法이 講究된 結果, 靜電氣에 의한 事故는 거의 그림자를 감추었으나 降電時에 發生하는 電擊電流는 매우 크므로 설사 깊은 坑內에서 作業을 하고 있어도 電氣電管의 爆發은 避할 수 없다. 表2에서 坑內의 金屬礦山에 있어서의 천등에 의한 事故는 이것을 말하고 있다. 이 統計資料와는 따로 1972~1973年에 山陽新幹線의 tunnel工事現場에서 電災라고 생각되는 事故가 6件정도 일어나서 對策委員會가 設置되었던 일이 있고 천

등에 의한 事故는豫想外로 많다고 推定된다. 또한 坑內에는 迷走電流가 항상 흐르고 있어 漏洩電流檢知機에 의해 一定以上的 迷走電流가 있을 때는 이것을 除去한 후가 아니면 電氣電管을 使用해서는 안되나 이것도 絶對安全하다고는 할 수 없다. 그래서 이러한 電流에 대하여 安全한 發破를 하기 위해서는 導火線이나 導爆線에 의한 發破를 하면 좋으나 이러한 發破에는 또한 다른 欠點이 많아서 現在 거의 使用되고 있지 않다. 現在는 천등時의豫防對策으로서 電警報器를 使用하는 경우도 있으나 천등이 接近할 우려가 있을 시는 坑外의 事務所에서 坑內現場으로 시시각각 連結을 하여 電光과 천등소리의 시간간격이 一定以下(大體로 24秒)가 되면 電氣電管의 取扱을 中止한다.(音速은 1秒間 340m이므로 24秒라 함은 約8Km의 距離에 接近한 것이 된다.) 또는 午後에 천등이 많이 發生하는 地帶에서는 發破는 될 수 있는대로 午前中에 끝마치는 等의 對策을 講究하고 있는 곳도 있다. 그러나 이들 對策으로는 不充分하여 電氣를 使用하지 않고

電氣電管과 같은 性能이 있는 製品이 開發되었다。
現在 논넬 system, 하류데트, MBS system等이 있고
日本에서도 試驗的으로 使用되고 있다.

4. 發破附屬品

(a) condenser發破器

從來의 發破器는 어느것이나 發電機를 回轉시켜
回轉數가 最大로 되어 發生電壓이 最大가 되었을때
그 電流를 回路에 흐르게 하여 發破하는 形式이었
으나 1952年에 開發된 condenser發破器는 發生한
電氣를 condenser에 充電하여 그 電壓이 所定의 電
壓에 달하면 Neon管이 點燈한다. 이때 switch를
넣으면 condenser에 充電된 電氣가 回路에 흐르므로
作業者の 巧拙에 의한 性能의 差異가 없이 더구나
간단히 操作할 수 있다. 이 發明에 의하여 電氣電
波는 大幅의 程度로 진척되었다. 能力도 30發 정도의
小型의 것부터 2,000發의 同時 發破를 行하는 大
型의 것까지 出現하였다.

(b) 光電池式導通試驗器

導通試驗器는 電氣發破의 必需品이나 一般的으로는 現場에 結線한 回路를 멀리 떨어진 個所에서
導通의 有無를 본다. 그러나 이 方法으로는 導通
不良品이 있을 時 現場으로 가서 不良品을 修正하고
또한 먼곳으로 되돌아와서 test한다. 이 手苦를 생
략하기 위한 戰後 發破現場에서 test할 수 있는 光
電池를 電源으로 하는 導通試驗器가 開發되었다.

(c) 其他의 附屬品

電氣發破時 漏洩電流가 있으면 危險하므로 漏洩
電流를 檢查하는 測定器, 靜電氣의 有無를 보는
各種 靜電氣測定裝置가 開發되었다. 이들 機器의
使用은 電氣發破에는 不可欠한 것이다.

5. 發破의 多樣化

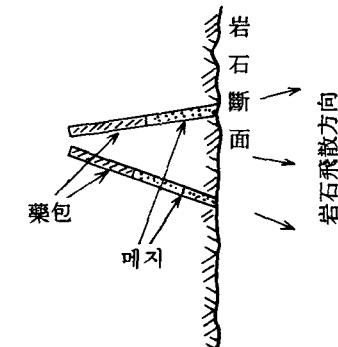
戰時中 鐵山關係技術者는 多數가 戰爭에 動員되
고, 物資는 枯渴되고 粗惡한 代用品도 入手가 困
難하였으므로 外國의 文獻을 읽는 것은勿論할 수
없었고 어떻게 하여 生產을 增強하는가가 唯一한
테마였다. 終戰을 맞아 應召者나 海外의 鐵山에
動員되어 있던 技術者が 歸國하고 드디어 活氣를
띠게 되었다. 새로운 外國의 技術이나 日本人에게
도움이 되는 새로운 方法이 各方面으로 開發되었다.

(a) Burn cut工法

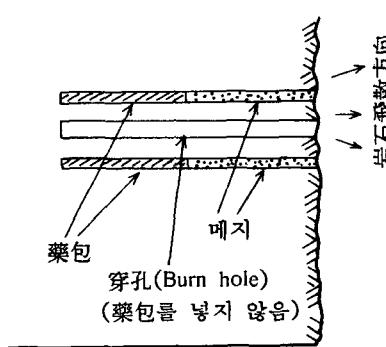
地下坑道의 掘進하는 發破는 그림4와 같이 最初
에 發破할 斷面의 中心에서 약간 밑의 岩石을 發
破한다. 이것을 심폐기발파라고 한다. 이경우 岩
石은 한 方向으로 밖에 飛散하지 않으므로(그림A-1
및 A-2) 岩石의 破壞抵抗이 크므로 한孔에 裝填하는
火藥量을 많게 하여 完全히 破壞하지 않으면 안된다.
tunnel發破에서 가장 어려운 發破이다. 이것에
대해 심폐기發破의 다음에 行하는 擴大發破에서는
岩石은 그림(B)와 같이 심폐기發破가 된 空間에도

(A) 심폐기發破

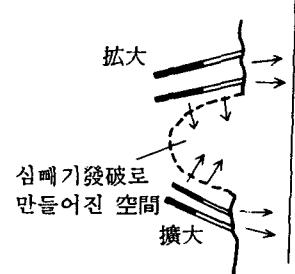
A-1) V cut(Angle cut의 一種)



A-2) Burn cut(Parallel cut의 一種)



(B) 擴大發破



화살표는 擴大發破로 岩石이
飛散하는 方向

그림4 Tunnel 發破

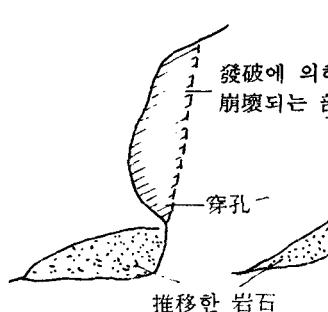
飛散하므로 破壞抵抗은 작고 따라서 심폐기發破에 비해 單位當 裝藥量은 적어도 좋다. 심폐기發破의 巧拙이 tunnel發破의 열쇠가 된다. 戰前에는 그림A-1과 같이 岩石斷面에 대하여 어느 度의 角度를 주어 穿孔하는 angle cut(예를들면 V cut)가 利用되었다. 이 工法은 좁은 個所에서 작은 鑿岩機로 穿孔함에는 適合하나 1回의 發破에 의한 掘進長이 짧은 欠點이 있다. Burn cut라는 工法은 그림A-2와 같이 坑道斷面에 垂直으로 穿孔하는 parallel cut法의 一種으로 掘進長은 angle cut에 비해 길고 効率的이므로 掘進効率을 높이는 長孔發破에 parallel cut는 不可欠하다. 그림과 같이 空孔(Burn hole)이라고稱하는 火藥을 裝填하지 않는 孔을 穿孔하는 것이 特徵을 이루는 長點이다.

심폐기에서는前述한 바와같이 發破에 의해 破碎된 岩石은 한 方向으로 밖에 飛散하지 않으므로 岩石破壞抵抗이 크나 이와 같은 空孔을 設置하면 岩石은 前面으로 飛散하는 外에 空孔으로 向해서도 飛散하므로 抵抗은 angle cut에 비해 훨씬 적게 된다. 이 工法은 戰前에도 독일, 美國에서 發表되어 있었으나, 1947年 美國 Colorado礦山學校의 리빙스톤이 論文을 發表하여 注目을 끌었다. 日本에서는 1948年 古河足尾礦山, 三菱崎戸炭礦等에서 研究되었다. 그후 鑿岩機는 Jumbo라고稱하는 drifter鑿岩機를 台車 위에 4~6台 積載하고 그대로 穿孔하는 方法이 採用되기 시작하였으므로 이것과 함께 急速히 發達하였다. 그러나 Burn cut에는 여러가지의 欠點이 있으므로 現在는 Burn cut가 改良된 方法이

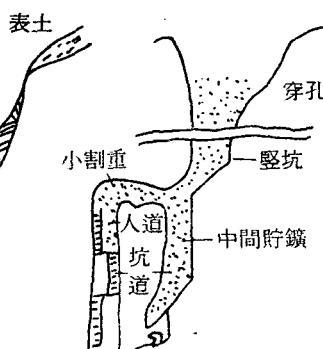
使用되나 Burn cut의 基本인 空孔을 利用하는 思考方式은 現在도 變하지 않았다.

(b) Bench cut工法

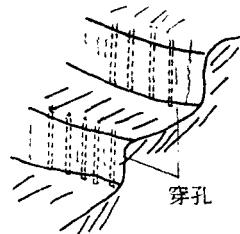
明治에서 昭和初期까지는 露天掘發破에 있어서는 널리 透掘發破가 利用되었다. 이것은 그림5(A)와 같이 採掘崗의 下部에 穿孔하여 發破를 行하고, 그 上부의 鑿石의 自重, 岩石의 龜裂發破의 振動을 利用하여 發破의 威力圈밖의 岩石까지 崩落시키므로 火藥의 使用量이 적은 利點은 있으나 막장面의 傾斜가 鉛直에 가까우므로 落石에 의한 災害가 일어나기 쉽다. 一次發破로 崩落하지 않을 때에는 그후의 作業이 危險하고 積載나 運搬을 할 수 있는 欠點이 있으므로 1931年 9月 土石採石場의 막장은 安全한 傾斜를 保持할 것이 定해졌다. 여기에서 그림(B)의 傾斜面 採掘法이 行하여지게 되었다. 이것은 保安上 安全할 뿐만 아니라 透掘發破에 비해 出鑿能力이 安定되어 있고, 小割發破(크게 破碎된 岩石을 運搬하기 쉽도록 잘게 破碎하는 發破)도 적으므로 戰前에는 널리 行하여졌다. 그러나 戰後에 잠깐 동안은 Glory hole法이 採用되었다. 이것은 그림(c)와 같이 發破로 破碎된 岩石이 自重으로 떨어지므로 積載, 運搬作業能率이 좋고 採鑿費가 싸다. 積載를 坑内에서 行하므로 積載費가 省 것等의 長點은 있으나 한편 開坑費가 많은 것, 地形이나 鑿量에 制限이 있는 欠點外에 傾斜面 때문에 落石崩壞에 의한 災害發生의 可能性이 있는 것, 좁은 場所이므로 戰後 出現한 大型機械를 使用할 수 없다는 點에서 現在는 전혀 使用되고 있지 않다.



(A) 透掘法



(B) 傾斜面採掘法



(C) Glory hole法

(D) 階段式(Bench cut)法

그림 5 露天掘 發破의 變遷

戰後 널리 使用되고 있는 階段式(Bench cut)法이란 그림(D)와 같이 表土를 除去한 후 階段式으로 採掘하는 方法으로서, 이 方法에 의하면 어떤 大型機械라도 自由로 使用할 수 있고 保安上의 點에서도 万全하므로 現在 世界各國에서 널리 行하여지고 있다.

(c) 制御發破

戰後發破에 의한 振動, 發破音이 問題가 되고 이것을 抑制하는 發破가 行하여지고 있다. 또한 特別히 tunnel內에서는 發破에 의한 衝擊力を 弱化시켜 tunnel壁面을 保護하고, 露天掘發破에서도 垂直斷面으로 마무리하기 위하여 남은 岩盤의 損傷을 減少시키는 것은 災害防止 또는 自然保護를 위한 緑化等에서도 必要하다. 이들 發破를 包括하여 制御發破라고 한다. 1950年代 初期에 Sweden에서 開發되고 몇 가지의 方法이 實施되고 있다. 이 中 한 가지로서 tunnel掘進이나 地下發電所 工事時에 使用되는 Smooth blasting은 NATM工法에는 不可欠한 것이다. NATM工法이란 New Austrian Tunneling Method의 略字로서 Austria의 라비세비크의 새로운 tunnel支保理論에 의한 工法이다.

支保란 坑道나 採掘 막장等에서 落盤, 落石 防止를 위하여 設置되는 構造物로서 戰前에는 그림6과 같이 木製이었으나 막장의 崩落(天盤이 내려오는 것)이 甚하게 되면 支柱는 빠걱빠걱 소리를 내며 짧은 기둥을 세워도 보고 있는 사이에 기둥이 부러져 버리므로 天盤을 崩落시키고 作業을 繼續하였다. 天盤을 崩落시키는 理由는 掘進하고 있는 막장에 重壓이 걸리지 않도록 앞서 設置한 支柱를 잘라버리고 天盤을 落盤시킨다. 戰後에는 古rail 支保工이 使用되었으나 그후 鋼製H型 支保工으로 바뀌고 剛性이 높은 鋼材를 간격을 조밀하게 세우고 狀況에 따라 根底部를 牢固히 하는 concrete가 施工되었다. NATM工法에서는 그림7 및 사진2에 表示한 바와 같이 從來木材나 鋼製支保工을 代替하여 뿐어붙임 concrete와 rock bolt로 落盤, 落石을 防止한다. 從來의 發破法에서는 周辺의 岩壁의 損傷을 주므로 NATM工法에서는 Smooth blasting이 必要하다.

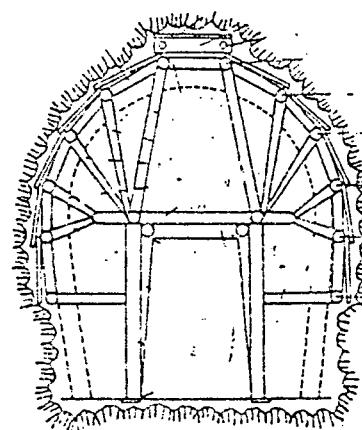


그림6 木製支保工

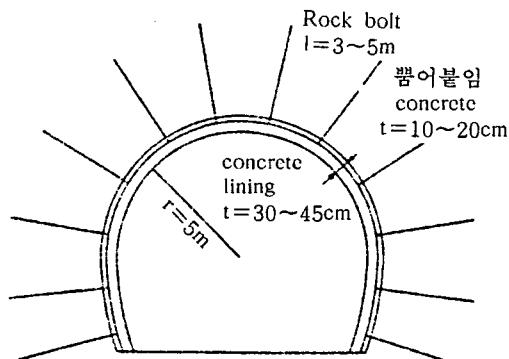


그림7 NATM工法



寫真2 NATM工法에 의한 施工

이工法에서는 周辺孔에 集中裝藥을 피하고 長孔發破를 행한다. 從來는 挖進長은 1.5m 정도였으나 長孔發破에서는 3~4m이다. 一般的인 dynamite나 slurry爆藥은 爆速이 5,000~6,000m/sec이나 smooth blasting用爆藥은 低比重이고 긴 藥包, 低爆速(3,000m/sec 정도) 더구나 傳爆性이 좋은爆藥이 要求된다. 이 때문에 特殊한 dynamite나 slurry爆藥이 開發되었다. 日本의 坑內發破에서는 穿孔徑은 通常 35~40mm로서 이것에 裝填하는 爆藥徑은 一般的으로 이것보다 약간 가늘어 30~32mm의 것이 使用되나, smooth blasting用에는 이藥徑의 1/2 정도 즉 17~23mm 정도의 것이 使用된다.

(d) 水中發破

海底의 岩盤破碎發破는 陸上發破와는 매우 다르다. 예를들면 水壓이 걸리는 水中 特히 海中에서는 潮流가 있으므로 陸上에서의 發破는 不爆이 되지

않아도 水中에서는 不爆을 일으키기 쉽다. 또한 發破에 의한 周辺으로의 影響이 크다.

예를 들면 陸上에 있는 建物이나 航行中の船舶 또는 고기들에 대한 配慮도 必要하다. 1965年頃까지에는 日本에서는 淺海에서의 發破가 主로서 水中發破에 관한 知識이 不足하였으나 本州, 四國連結工團이 1971年에 關係學會에 研究를 委託하여 調査를 開始하여 1978年 本工事를 着工, 2年餘의 年月을 經過하여 水中發破를 完成하고 다음과 같은 成果를 올렸다.

(a) 耐水, 耐壓性이 있는 火藥類의 開發

水中發破用爆藥, 電氣電管, 導爆線의 一例를 表3에 表示한다.

(b) 起爆筒의 開發

不發에 대한豫防對策으로서 電管 1個만으로 爆藥을 爆發시키면 起爆이 不充分한 것이豫想될 때 使用하는 起爆筒(CN-1號)이다.

表3. 水中用火藥類의 性能

種類	名稱	耐水性
Dynamite	GX-1	10氣壓의 壓力下에서 10日後 完爆 또는 5氣壓의 壓力下에서 30日後 完爆
電氣電管	EDX-1	10氣壓의 壓力下에서 30日後 完爆
導爆線		5氣壓의 壓力下에서 20日後 完爆

(c) 無線起爆裝置의 開發

潮流가 격심하여 從來의 發破器를 使用하여 起爆할 수 없는 個所에서 遠隔操作에 의한 無線起爆裝置로서 電磁誘導起爆과 超音波起爆法이 있다.

6. 都市土木發破

都市内에 있는 낡은 建物이나 橋梁의 破碎, 地下鐵工事에서의 tunnel掘鑿等, 都市内에서의 各種解體發破가 매우 많아졌다. 從來 낡은 建物의 破碎에는 steel ball에 의한 衝擊이나 breaker에 의한連續打擊工法이 使用되었다. 이 方法에 의하면 長期間에 걸쳐 振動, 驚音, 粉塵이 계속되어 施工性, 經濟性에 問題가 많다. 그러나 從來의 發破法으로는 岩石의 飛散이나 振動, 發破音 等이 問題가 된다. 그래서 戰後 日本에서는 다음의 工法이 開發되었다.

(a) 低爆速爆藥에 의한 制御發破

爆速이 될 수 있는대로 낮은 爆藥을 使用하여 smooth blasting과 같은 發破法에 의해 爆藥暴發에 의한 衝擊力を 弱化시키고 發破音, 振動, 飛石을 抑制함과 함께 경우에 따라서는 飛石을 防止하기 위하여 plastic製의 防護mat를 岩石위에 덮고 發破한다.

(b) concrete破碎器에 의한 破碎

plastic藥筒內에 爆速이 매우 낮은 破碎藥을 넣고 點火했을 時, 느슨한 反應을 利用하여 飛石, 發破音, 振動을 防止한다. 點火는 藥筒내와 同種의 破碎藥을 넣은 點火具를 使用하여 電氣電管과 뜻같은 方法으로 發火시킨다. 藥筒과 點火具는 한쌍으로 使用한다. 이 경우에는 發破라고 하지 않고 破碎라고 한다. concrete破碎器는 環境条件이 嚴한 土木工事에 使用될 뿐만 아니라 特殊한 tunnel의 挖進에도 使用된다. 飛石防止에는 防護mat를 덮는 것이 規定되는 外에 메지를 完全히 할 必要가 있다. 各種 火藥類의 爆速을 表4에 表示한다.

表4. 各種 火薬類의 爆速比較

種類	一般dynamite	一般用slurry	都市發破用dynamite	smooth blasting用slurry	concrete破碎器
爆速(m/秒)	5000~6000	4000~5000	2000~2300	2700~3000	40~60

(c) 火薬을 使用하지 않는 破碎

發破를 使用하지 않고 鋸岩機만으로 岩石을 破碎하는 剖岩機에 대하여는 既述하였으나, 1981年頃부터 靜的破碎劑라고 말하는 非火薬性物質로 岩石에 龜裂을 일으키는 工法이 開發되었다. 이것은 特殊한 石灰系硅酸을 主體로 하는 無機化合物이 主成分으로 被破碎物인 岩石이나 concrete에 穿孔하고 물에 캔 靜的破碎劑를 充填하여 放置해 두면 孔內에서 硬化膨脹하여 龜裂이 생기게 하므로 後에는 breaker等으로 簡單히 破碎할 수 있다. 이것은 火薬을 使用하지 않으므로 危險物이나 火薬類團束法의 法的規制를 받지 않으므로 簡便히 使用할 수 있다. 따라서 concrete破碎器를 使用해도 發破音이나 振動이 問題가 되는 個所의 破碎에는 매우 適合하나 硬化膨脹까지 長時間이 걸리는 等의 欠點이 있으므로 特殊한 경우에만 使用된다.

7. 公害問題

現在 發破의 公害로서 振動, 發破音 및 飛石 問題를 들 수 있다. 이것들은 發破에 반드시 隨伴되는 것이나 戰前에는 特히 問題가 되지 않았다. 이것은 이들 問題와 比較할 수 없는 巨 問題들이 山積해 있었기 때문이다.

日本에서 鎳山에서의 環境이 社會問題로서 問題 삼게 된 것은 1988年 6月 政校社의 雜誌「日本人」에 실린 三菱鎳業 高島炭礦의 社員 松岡好一의 文章에 의거한 同鎳山의 劣惡한 環境이 极度에 달한 勞動狀況을 具體적으로 實地 調査한 「高島炭礦의 慘狀」이라고 題目한 르포르타즈이다.

板木縣 代議士 田中正造가 古河財閥이 經營하는 足尾鎳山에서 일어나는 鎳害問題를 1889年에 世論에 呼訴한 以來 議會에서도 問題가 되었다. 銅鎳山下流의 渡良, 濱川流域에 미친 被害는 莫大한 것으로 沿岸 30萬餘의 住民을 위태롭게 하였다. 그러나 政府는 古河財閥을 들보지 않았으므로 板木, 群馬兩縣下 34個村의 村民이 大掌陳情하여 1901年 12月 第16議會 開院式 行事에서 田中正造가 天皇에게 直訴하는 事態가 發生하였다. 世論은 이 問

題를 크게 問題삼아 被害狀況 調査委員會와 演說會가 開催되었다.

政府도 드디어 世論에 져서 鎳害防禦工事施行을 命令하였다. 그러나 1907年에는 鎳夫의 大暴動이 일어나 改善은 充分히 進行되지 않았다.

이 問題는 1956年이 되어 同鎳山이 亞硫酸gas를 採集하여 硫酸을 製造하게 되어 겨우 終止符를 찍게 되었다. 이 以外에도 發生하는 鎳毒을 아무데나 흐르게 하여 附近住民이 病이 걸리게 하는 事故는 戰後에도 長期間 繼續되었으나 鎳山의 衰退와 함께 겨우 지금은 자취를 감추게 되었다.

現在 問題가 되어있는 發破에 의한 公害는 環境保全이라는 社會的 要請이 嚴해졌으므로 크게 問題가 되게 되었다. 이것은 鎳毒問題와 달라서 附近住民에게 直接被害을 미치는 일은 적다고 할지라도 周邊地域에 미치는 影響을 事前에 調査하고 振動, 發破音의 輕減措置를 講究함과 함께豫測이 어려운 飛石에 關해서는 지나치게 過度할 정도의 注意와 警戒가 必要하다.

(a) 振動

發破에 의한 振動發生, 傳播狀況은 爆源에서의 距離와 關聯되는 것은 當然하나 爆藥의 種類, 藥量, 穿孔法, 段發電氣電管의 取扱法 等의 發破條件外에 振動을 傳播시키는 地盤의 狀況이나 性質에 의해 서도 다르고 또한 構造物, 人間, 家畜 等 對象物에 의해서도 다르다.

振動과 人體感覺이나 構造物 損傷間의 關係는 表5와 같다.

發破에 의한 振動은 最大 10mm/sec이므로 一般的으로 構造物에는 거의 被害를 주지 않는다.

이와같이 通常의 發破의 振動은 構造物에 대한 被害의 限界보다 輒씬 작다. 따라서 發破時의 對稱으로서 人間 및 家畜이 問題가 된다. 發破振動과 密은 것에 地震振動이 있다. 地震振動에는 表6과 같이 여러가지의 震度階가 정해져 있다.

그러나 地震振動과 發破振動과는 表7과 같이 根本의으로 다르다. 예를들면 發破에 의하여 地震振動의 强震(震度5)에相當하는 振動이 發生했다고

表5 最大變位速度와 人體 및 構造物의 關係

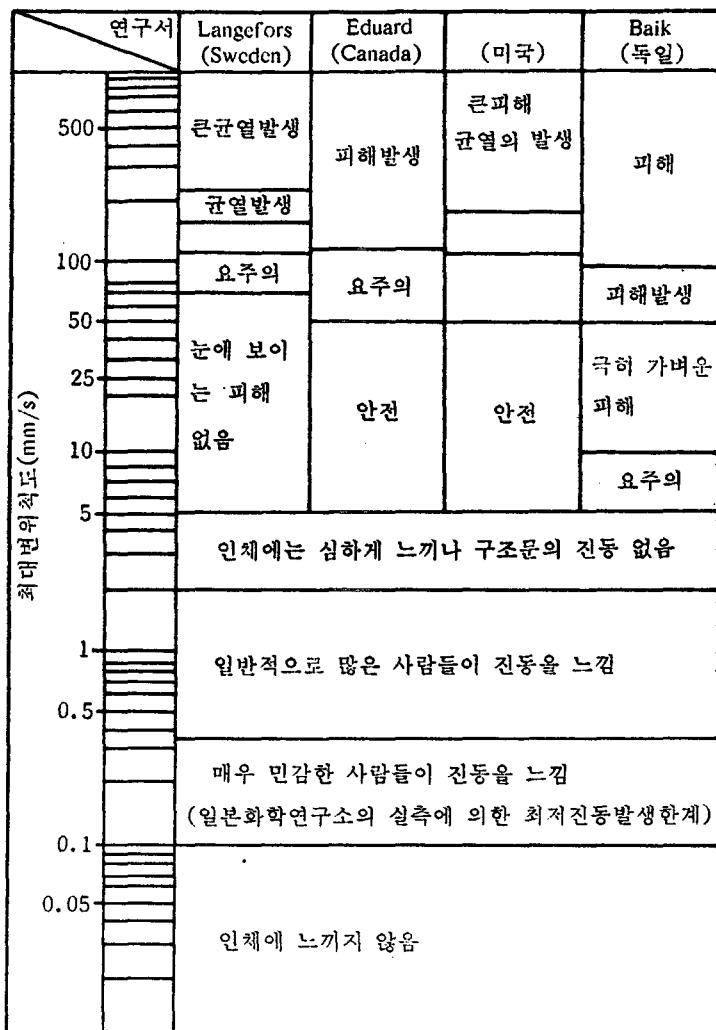


表6. 中央氣象台 震度階

震度	名稱	狀況
0	無感覺	人體에 느끼지 않고 地震計에 記錄될 程度
1	微震	靜止하고 있는 사람 특히 地震에 敏感한 사람만이 느낄 程度
2	輕震	많은 사람이 느낀다. 창문, 미닫이문이 약간 움직이는 것을 알 程度
3	弱震	家屋은 흔들리고 창문, 미닫이문이 덜컹덜컹 嗚動하고 電燈은相當히 흔들리고 器內의水面의 흔들림을 알 程度
4	中震	家屋의 動搖가 激甚하고 놓임새가 나쁜 花瓶은 넘어진다. 器內의 물은 넘쳐 나온다. 걷고 있는 사람도 느껴지고 많은 사람은 문밖으로 뛰쳐나올 程度
5	強震	壁에 龟裂이 생기고 墓石, 石燈이 넘어지고 연통, 돌담이 破損될 程度
6	烈震	家屋倒壞 30% 以下로 山의 봉괴가 일어나고 땅에 龟裂이 생기고 많은 사람이 서 있을 수 없다.
7	激震	家屋倒壞 30% 以上에 이르고 山의 봉괴, 땅에 龟裂, 單層이 생긴다.

表7. 地震振動과 發破振動의 差異

種類	繼續時間	周波數
地震振動	數秒~數分	數 Hz
發破振動	0.1~0.5秒	數10~數100Hz

하면(이것은 發破의 경우 7mm/sec 정도의 變位速度에相當한다) 地震의 경우에는 연통, 돌담 等의破損이 생기나 發破의 경우에는一般的으로 建物에被害를 미치는 일이 없다.

發破振動 및 發破音에 대한 人間의 反應은 사람에 따라 가지각색으로 매우 鋭敏한 사람도 鈍感한 사람도 있다. 또한 振動이나 發破音에 恐怖를 느끼는 사람과 그렇지 않는 사람도 있다. 被害도 恐怖도 없는데 理由를 붙여 트집을 잡아 利益을 얻으려고 하는(소위 보상문제에 관련하여 끈질기게 시비를 걸어 이득을 뜯으려는) 者도 있다. 따라서 住民의 若情은 特定한 집에서 나오는 일이 많다. 發破振動에 대한 振動規制法은 制定되어 있지 않으나 最近에는 評價level이 낮아졌으므로 事前調査 및 環境對策을 充分히 檢討하여 適正한 輕減對策을 實施함과 함께 地域住民의 充分한 理解를 얻을 必要가 있다.

(b) 發破音

發破音은 以前에는 發破振動에 비해 關心이 얕고 그다지 問題가 되지 않았으나 最近에는 社會的 要請이 嚴하게 되어 振動과 같이 level로 評價하게 되었다. 日本에서는 新幹線이나 空港附近의 住居라든지, 國電이 通過하는 밀에 있는 家屋等, 連續한 騷音에 대한 評價基準은 있으나, 1日 1回 또는 1週에 數回정도 等 發生頻度가 매우 적은 發破音에 대한 規制는 抗打音과 같이 75dB을 基準으로 하고 있다. 그러나 杭打機와 같이 連續音에 대한 規制와 發破와 같이 瞬間的 騷音과를 같은 level로 規制하는 것은 잘못된 것이다.

發破音을 適切한 方法으로 評價하고 이를 data를 解析함에 의하여 適切한 輕減對策을 實施할 必要가 있다.

美國에서는 各種의 實驗結果, 發破音에 대하여는 表8과 같이 大體로 120~140dB을 發破音의 限度로 하고 있다.

發破音에는 發破에 의해 發生한 振動波가 귀에 들림에 의해 생기는 影響外에 귀에 들리지 않는 超低周波의 影響도 있다.

表8 發破音에 對한 人間과 構造物의 影響

[一般音]A	180 [一般音]B	[發破音] 構造物破損
튼튼한 창유리 破損	160 中程度의 jct 騷音	大體의 窓이 破損
허술한 창유리 破損	140 큰 propeller 飛機音	어떤 종류의 窓의 破損 被害가 없는 界限
人間의 귀의 騷音安全基準 提案된 發破이 의한 最大許可 level	120	住民의 불평 不滿의 시작 窓이 덜커덩
	100 抑抗機	덜커덩 훈들 통조림제조공장 대도시의 교통경
		80 음지하철경음 繁忙事務所
		60 標準的 말소리 個人的 事務所
		40 조용한 住宅 병원의 부실
		20 속삭임
		0

(비고) 일반음 A와 B는 각각의 문장에 의함.

우리의 귀에 들리는 것은 대략 20~20,000Hz의 周波數의 音이다. 超低周波音이란 20Hz보다 낮은 周波數의 大氣振動波를 말한다. 發破振動의 影響을 생각할 수 없는 곳에서 家屋이 振動하고 또한 이것에 의해 2次의 騷音이 發生하거나, 선반위의 물건이 떨어지는 일도 있고, 귀울림, 귀속의 壓迫感, 睡眠不足, 氣分이 초조해지거나 토할 기분, 胃의 狀態가 나쁜 것, 頭痛, 숨막히는 듯한 感을 느끼거나 하는 일이 있으나 發破에 의해 생긴 超低周波音이 이들의 原因이 되어 있는 경우가 있다. 超低周波音은 爆發音은 거의 없이 부드러운 느낌의 音이 된다. 音은 低周波로 될수록 大氣中에서의 energy의 損失이 적고 壁이나 山과 같은 障害物이 있어도 돌아서 들어감으로 長距離傳播의 可能性이 있고 이 影響은 無視할 수 없다.

氣象条件에 있어서도 音의 傳播에 바람직한 경 우와 바람직하지 않는 경우가 있다. 예를들면 바람이 거의 없는 날, 안개가 낀 날, 大氣污染 注意報가 發하여지는 것 같은 날, 寒冷戰線의 通過에 수반

하는 바람이 강한날, 1日中에 地表面溫度가 낮아지는 것 같은날, 약간 가벼운 바람이 있는 밝은 날의 日沒부터 早朝까지 等은 發破에는 바람직하지 않는 날이라고 할 수 있다. 日本式 家屋의 建具는 덧문, 미닫이문, 유리窓등 홈이나 rail위로 미끄러지는 type의 것이 많고 이 根本의 原因에 의하여 2次的 振動, 驚音을 發生하기 쉽다. 그러나 發破의 경우와 같이 發生頻度가 낮고, 持續的 時間이 짧은 경우의 現象에 대해서는 아직 그다지 研究되어 있지 않다.

(c) 飛石

飛石이란 發破時 被破壞物이 飛散하여豫期치 않았던 遠距離나 方向으로까지 到達하는 現象 또는 이 飛散에 의하여 人畜이나 建物에 損傷을 주는 災害를 말한다. 飛石에 의한 災害는 다른 災害는 減少하고 있음에도 불구하고 그다지 減少하고 있지 않다. 이것은 適正한 藥量 以上의 藥量(過裝藥)을 裝填한 경우에는勿論, 適正 裝藥의 경우라도 岩石内部에는 눈에 보이지 않는 龜裂이나 空洞이 있는 일이 있어, 이곳은 다른 部分에 비해 약하므로 이 部分에서 暴發gas가 噴出하여豫期치 않았던 方向이나 遠方으로 飛石이 생기는 일이 있기 때문이다.

따라서 發破時에는 穿孔周辺의 龜裂이나 岩石의 狀態를 充分히 考慮하지 않으면 안된다. 小割發破의 경우에도 破碎岩石이 遠方으로 飛散하는 일이 있다.

現時點에서는 飛石을 完全히 防止하는 適切한 方法이 없으므로 다음의 措置를 講究할 必要가 있다.

- (a) 待避距離를 둘 수 있는대로 充分히 잡을 것
- (b) 過裝藥을 避하고 메지를 完全히 할 것
- (c) 發破場所가 一般道路, Bus, 鐵道線路와 가까운 곳에서는 이를 交通機關의 通行時間帶 및 사람의 交通量이 많을 時間帶에는 發破를 中止한다.
- (d) 旗 등으로 發破個所를 明示하고 siren等으로 待避, 點火等의 信號를 정하고 周知시킨다. 附近의 집에는 放送등으로 알린다.
- (e) 警戒, 망보는 것을 嚴重히 하고 특히 點火前에 現場附近에 사람이 없는 것을 確認한다.
- (f) 뛸 수 있는대로 넓은 나다미나 防護mat등을 發破現場에 덮어 飛石을 防止한다.

- (g) 段發電氣電管의 秒時間隔 및 穿孔內에 配置하는 個所를 調整하는 것에 의해 人家나 道路가 있는 方向으로 破碎物이 飛散하지 않도록 發破工法을 使用한다.
- (h) 發破終了後 다음에 交代하는 班과 交替하기 前에 전달, 인계를 完全히 한다.
- (i) 發破後의 待期時間을 확실히 지킨다.

2. 發破의 將來

가. 發破의 盛衰

1) graph로 보는 推移

發破의 盛衰는 火藥의 消費量에 直結되므로 發破用 火藥의 年間消費量을 發破의 種類別로 보면 그림8과 같다.

終戰後에서 1955년까지에는 火藥의 消費는 鎌山 및 炭礦이 主였으나 1960年代부터 土木工事が 늘어나 石灰石의 增產과 相應하여 火藥消費對稱이 一變하였다. 이 경향은 현재까지 계속되고 있다.

鎌山의 경우는 그림9에서 보는 바와같이 1970年 度에 비해 1985年 度는 鎌山數從業員數와 함께 거의 1/4로 激減하였고 1972年 度에는 45個 鎌山으로 되고 남은 鎌山도 同和鎌榮은 小坂鎌山등에서 約 300名을 減員, 三井金屬鎌榮은 神岡鎌山의 分離 등에 의한 760名의 減員을 計劃하고 있다(1986年 9月 8日 朝日新聞). 日本鎌榮에서는 peak時에 33個 있었던 鎌山이 1986年에는 3個鎌山만을 남겼으며 鎌山關係社員은 1956年에 同社全員 15,000名中 9,000名이었으나 1986年末에는 6,000名中 700名이 되었다고 한다.

炭礦에 있어서는 最盛期인 1960年代에는 年間6,000万ton의 生產이었으나 1985年에는 1,800万ton, 第8次 石炭政策(1987~1991年 度)에서는 年間 600万ton으로 全盛期의 1/10이 되고 現在 있는 큰 鎌山中 그때에는 三井鎌山(三池, 松島 池島), 太平洋炭礦(鉤路)의 3炭礦으로 될 것이라는 見解도 있다(그림10 참조, 1986年 11月 13日 産經新聞).

이것은 energy需要가 石炭에서 石油로 變換한 것, 最近의 円高로 內外炭의 價格差가 鐵鋼用原料炭으로 約3倍가 되어 1985年 度에는 國內炭 389万ton이 떠맡았었으나 將來에는 0가 된다고 한다. 西洋에

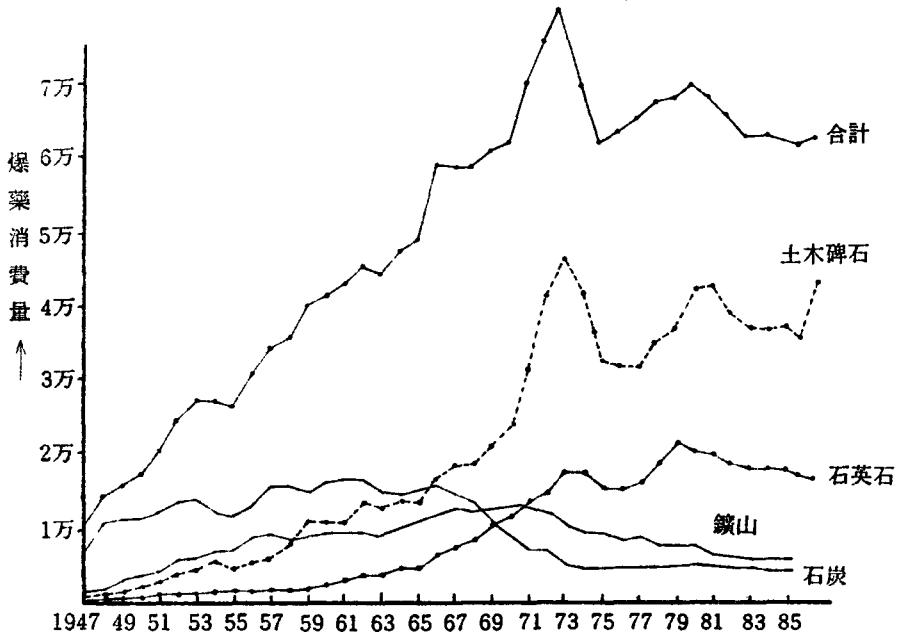


그림8 需要部門別 爆薬消費量 推移

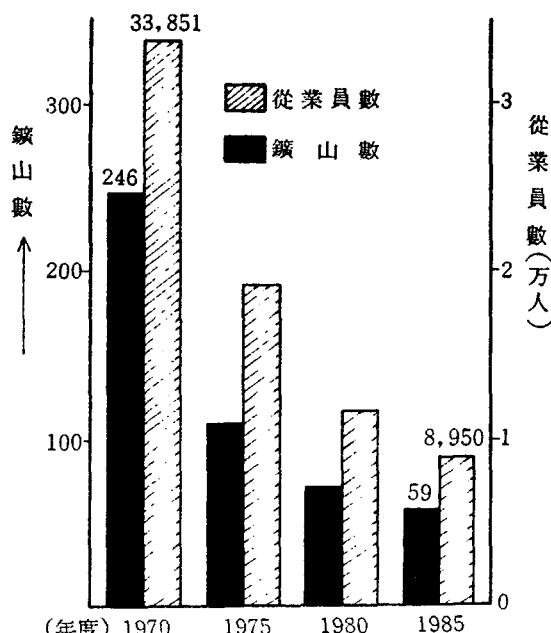


그림9 國內非鐵金屬礦山의 推移

「쏟아진 milk는 아무에게나 쓸데가 없다」는 俗談이 있으나 終戰直後 増産으로 爽迅炭礦을 알고 있는日本人에게는 一場春夢으로서 쓸쓸할 뿐이고 감개무량하다. 炭礦離職者中에는 독일, 인도네시아 등

의 炭礦에 가서 現地人과 交代하여 일을 하고 있는 사람도 있다. 炭礦에 매달린 사람들이라고 할 수 있다. 出炭減少의 傾向은 유럽에서도, 독일, 프랑스도 똑같으나 美國에서는 出炭이 오히려 增加하고 있는 것 같다. 表9는 美國에서의 火藥類의 需要部門別 消費量의 推移이나 日本이 1987年 現在 4.0%인 反面 美國은 全需要量의 71.6%를 차지하고 있는 것은 興味있는 事實이다. 또한 日本은 1973

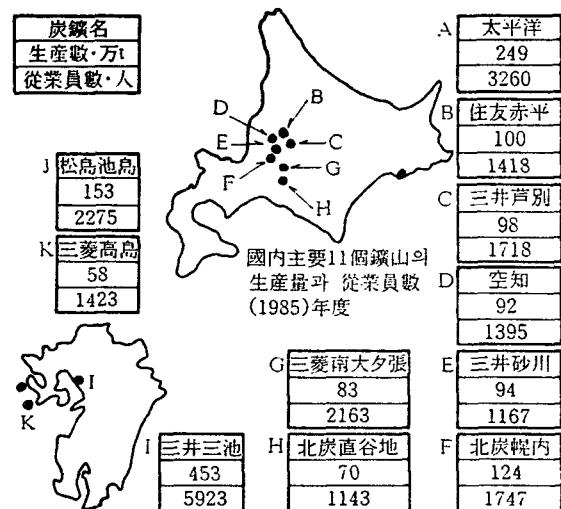


그림10 1985年度 炭礦生産量과 從業員數

表9. 美日에서의 火薬類 需要部門別 推移

	米 国(単位 1,000lbs)						日 本(単位 ton)					
	炭礦用	金屬 鑛山用	礦石 기 타	土木用	其 他	計	炭礦用	金屬 鑛山用	礦石 기 타	土木用	其 他	計
1950	296,633 (41.3%)	127,750 (17.7)	141,249 (19.6)	139,856 (19.4)	14,353 (2.0)	719,841 (100.0)	11,695 (66.9%)	3,748 (21.5)	524 (3.0)	1,234 (7.0)	283 (1.6)	17,484 (100.0)
1955	239,095 (29.6)	168,628 (20.9)	196,533 (24.4)	189,082 (23.4)	13,540 (1.7)	806,878 (100.0)	11,999 (45.7)	7,253 (27.6)	1,161 (4.4)	4,533 (17.3)	1,284 (5.0)	26,230 (100.0)
1960	414,667 (35.3)	221,186 (18.8)	262,749 (22.3)	209,739 (17.8)	64,657 (5.8)	1,172,998 (100.0)	15,834 (37.8)	9,215 (22.0)	2,485 (6.0)	11,159 (26.6)	3,229 (7.6)	41,922 (100.0)
1965	594,964 (31.6)	356,715 (18.9)	371,034 (19.7)	411,384 (21.8)	150,803 (8.0)	1,884,900 (100.0)	14,980 (31.1)	10,009 (20.8)	4,705 (9.8)	13,309 (27.7)	5,057 (10.6)	48,060 (100.0)
1970	962,331 (40.3)	477,508 (20.0)	455,424 (19.0)	446,568 (18.7)	49,660 (2.0)	2,393,491 (100.0)	8,079 (13.0)	12,662 (20.4)	11,483 (18.5)	23,798 (38.4)	6,020 (9.7)	62,042 (100.0)
1975	1,652,251 (53.0)	449,271 (14.4)	493,125 (15.8)	328,337 (10.5)	196,043 (6.3)	3,119,027 (100.0)	3,959 (6.7)	8,235 (13.8)	14,150 (23.8)	31,945 (53.7)	1,240 (2.0)	59,529 (100.0)
1980	2,559,142 (56.2)	552,944 (12.1)	576,086 (12.7)	412,038 (9.1)	451,961 (9.9)	4,552,191 (100.0)	3,446 (4.8)	5,779 (8.2)	18,257 (25.8)	42,169 (59.6)	1,082 (1.6)	70,733 (100.0)
1985	2,241,303 (60.0)	382,410 (10.1)	510,500 (13.4)	247,451 (6.5)	418,690 (11.0)	3,800,354 (100.0)	3,400 (5.6)	4,850 (7.9)	33,700 (55.1)	18,450 (30.2)	730 (1.2)	61,130 (100.0)
1987	3,220,762 (71.6)	340,283 (7.6)	482,911 (10.7)	308,912 (6.8)	145,389 (3.3)	4,498,257 (100.0)	2,682 (4.0)	2,743 (4.3)	35,531 (55.3)	23,252 (36.1)	200 (0.3)	64,408 (100.0)

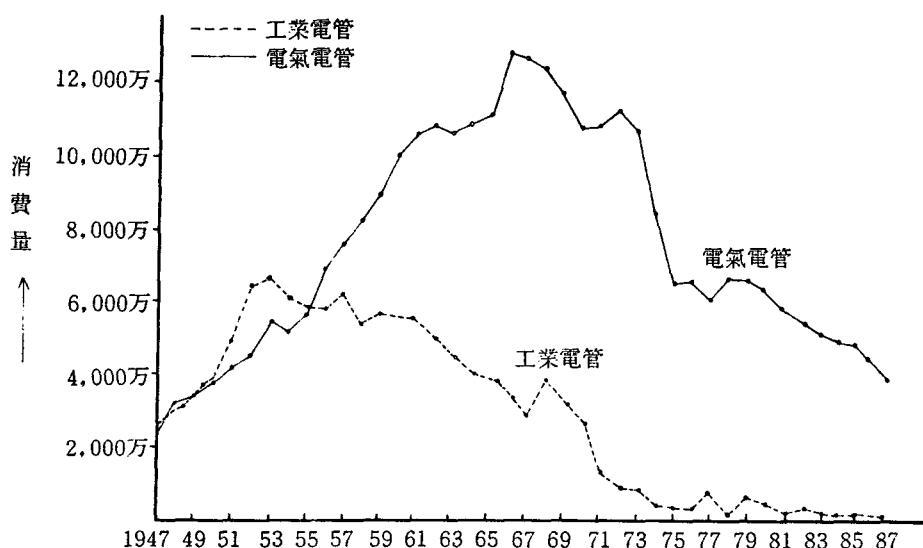


그림11 工業電管電氣電管 消費量 推移

年에 79,281ton에서 peak에 달하였으나 石油 shock以來 公共事業이 減少되어 現在 60,000ton정도로 맴들고 있는 것이 美國에서는 1975년의 需要를 100으로 했을 경우 1987년에는 144%에 달하고 있는 것도 注目할 일이다.

導火線發破는 現在 日本에서는 거의 볼 수 없어 졌고 1985年度에는 0.4%에 지나지 않는다.

電氣電管과 導火線發破에 使用하는 工業電管의 年間消費量 推移는 그림11에 表示한 바와 같다. 이것을 보면 電氣電管의 需要도 1966年度를 peak로 하여 現在는 그 1/2以下로 減少하였다. 이와같이 電管의 需要減少가 火藥의 需要減少에 비해 빠른時期부터 일어나고 減少率도 火藥보다 큰 것은 1孔當 1個 使用하는 電管은 發破가 大型化되어 1孔當 裝藥量이 늘었기 때문이다.

2) 高島炭礦의 옛날과 지금

1988年 10月 12日에 高島炭礦跡의 Apart의 火藥에 의한 解體가 行하여졌다. 後述하는 바와같이 都市內의 鎚은 高層建物을 火藥에 의해 破壞하는 것은 美國 其他에서는 數十年前부터 행하여져 왔으나 日本에서는 行해지지 않았다. 그러나 1986年 3月 筑波万博跡의 國連平和館을 美國의 技術로 解體한 以來, 늦을세라 日本의 技術로 解體하려고 하는 움직임이 일어나고, 約2年間의 試驗後에 舊高島炭礦의 從業員이 살고있던 6層建物을 火藥으로 破壞하게되어 나는 參加시켜주어서 見學하였다.

高島炭礦은 1866年에 佐賀藩에 의해 操業, 1868年 長崎그라바商會가 佐賀藩로부터 管理經營權을 얻고 1873年에 政府가 그라바商會로부터 38万\$로 買入하여 工部省 直轄로 하고 7年後에 後藤象太郎의 蓬來社에 拂下하고 1881年 炭崎彌太郎에 讓渡하였다. 日本에서 가장 오래된 炭礦이나 勞動條件이 지독한 귀신섬이라고 말하여지고 高島에서 일하는 者가 없었던 일도 있다고 한다. 1888年 從業員인 松岡好一가 「高島炭礦의 惨狀」이라는 브포르타즈를 發表한 것은前述하였다. 이와같이 惡条件下에 있었으므로 爆發事故도 많이 일어났다. 1875年(死傷者 70名), 1906年(死傷者 307名)의 大事故가 있었고, 그후에는 大事故는 일어나지 않고 炭礦景氣로 順調롭게 稼動하고, 1985年에는 全國에서 11個의 큰 炭礦中의 하나였다(그림10). 그러나 同年 gas爆發로 死亡 11名, 傷者 6名의 事故가 있었던 일도 있고, 原料炭이 全體의 60%를 차지하는 惡条件도 있어서 1986年 10月에 廢礦이 되고 120年的歷史를 마쳤다. 長崎市의 南쪽 14km의 海上에 떠 있는 周圍 6.4km의 섬에는 흙, 바위 위에 高層의 炭住 Apart가 林立하고 1985年當時 從業員 1,423名, 섬의 人口 約 5,400名(最盛期에는 16,000名)이었으나 閉山后의 現在는 1,200名이다.

戰後 2~3回 同礦山에 갔었던 나는,今回 오래간만에 訪問하여 너무도 큰 變遷에 놀랐다. 언덕 위로 올라가면 端島가 보인다. 이곳은 人工의 섬



그림12 舊高島炭礦(木村 sketch)

으로서 軍艦을 窪었으므로 軍艦島라고 부르고 있다. 이곳은 1974년 1월에 閉山하였으나 當時 2,426名이던 島民은 지금은 아무도 살고 있지 않는 귀신섬이다.

高島에는 現在 初·中學校와老人home도 있으나 將來 軍艦島와 같이 無人島로 될지도 모른다.

今回の 建物破壊에 대하여 住民中에서 어쨌든 撤去하는 것이므로 할 수 없으나 지금까지 長期間 살고 있던 建物을 눈앞에서 부수는 것은 눈물이 난다고 하는 말도 있었다고 한다. 귀신섬 時代부터 몇회나 大爆發을 일으킨 이 섬의 最後를 차마 볼 수 없다고 하는 것도 무리가 아닐 것이다.

解體에는 dynamite 123.8kg, 電氣電管 1,194個, 導爆線 554m를 使用하고, 飛散物 防止를 위하여 다다미나 mat를 많이 使用하고 14時30分 switch를 높렸다. 높이 17.2m, 길이 38.7m, 幅 8.7m인 6層建物은 2~3秒 사이에豫定대로 부서졌다. 나에게 있어서도 感慨無量하였다.

3) 지금부터의 發破

(1) 現在의 發破의 問題點

上記한 바와같이 現在 炭鑛이나 金屬鑛山은 繼續開山하고 一時 boom이었던 土木工事 採石事業도 큰 進展은 볼 수 없다. 그外 穩岩機가 戰後 크게 進歩하고, 火藥을 使用하지 않는 靜的破碎劑도 出現하였다. 이것들은 아직 發破와 代替될 정도는 아니나 將來 發破와 代替되지 않는다고 아무도 알

수 없다. 岩石을 부수거나 鑛石을 採取하는 것은 特別한 社會的 變革이 없는 한 今后 함께 계속될 것이다. 이경우 어떤 方法으로 행하는 것이 가장合理的인지는 今后의 檢討課題이나 現時點에서는 發破가 가장 効率的이고 더구나 低cost이다. 日本 Rock Engineering의 石川氏에 의하면 岩石破碎工法에서 施工單價와 工事規模의 關係는 概念的으로 그림13과 같다고 한다.

이와같이 發破는 가장 優秀한 工法임에도 불구하고 發破에 의하지 않는 方法이 여러가지로 檢討되고 있는 것은 첫째 發破에 대한 알레르기이다.

火藥을 使用하면 國東官廳에 대한 手續이 귀찮은 外에 爆發事故를 隨伴할 可能性이 있기 때문이다. 火藥을 使用하여 세상의 秩序를 攪亂시키려고하는 不良斐가 있는 上以當局이 嚴重히 國東하는 것은 當然하나 日常 火藥使用에 익숙해져 있으면 크게 苦痛이 되지않게 된다. 그러나 한편 發破란 危險하다고 하는 image는 拂拭할 수 없다. 發破에 의한 事故는 해마다 減少하고 있다. 예를들면 事故發生件數는 交通事故에 비하면 훨씬 적다. 그러나 自動車의 台數가 해마다 增加하고 있는 것은 自動車는 必需品이고 自動車와 代替할 優秀한 乘用物이 出現하지 않기 때문이다. 그러나 將來 自動車보다 싸고 누가 運轉하여도 事故가 나지않는 乘用物을 만들 수 있다면 自動車와 代替하여 輪送의 主製品이 될 것은 必然의이다. 發破와 代替할 破碎法이 發

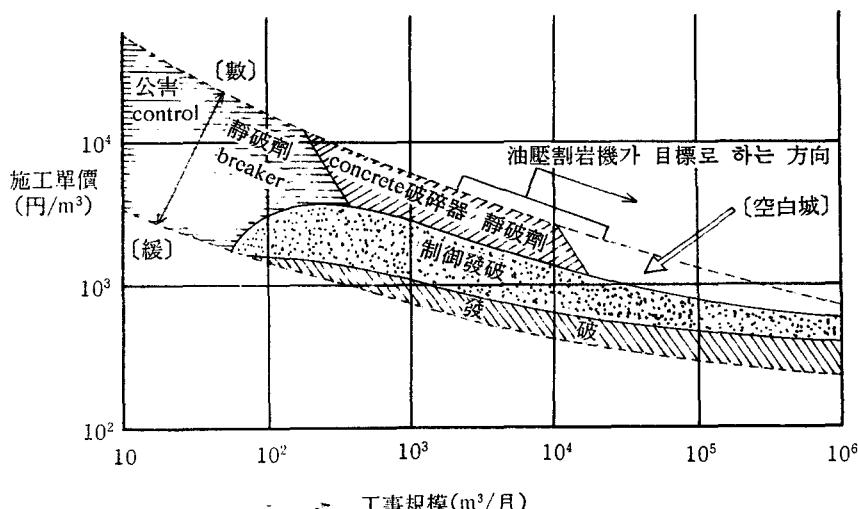


그림13 岩破碎工法과 施行單價 工事規模

破를 위협하고 있는 오늘날 우리는 보다 安全한 發破를 행하여 事故率을 더욱더 減少시킬 努力を 傾注하는 것이 제일먼저 必要하다.

發破가 敬遠되는 第2의 理由는 發破에 隨伴하는 振動이나 發破音의 問題이다. 이것들은 發破에는 不可欠한 것이나 關係者는 될 수 있는대로 이러한 일이 일어나지 않는 發破를 항상 명심하고 있으므로 實際問題로서 振動이나 騷音에 의한 被害는 거의 일어나지 않는다.

그럼에도 불구하고 이 問題가 크게 close up되고 있는 原因은 第一 먼저 日本에서는 國民의 自守性을 尊重하여 納得이 가는 解決을 圖謀하는 나머지 正當한理由가 없어도 異意를 말하면 이것이 어느정도 먹혀 들어간다는 소위 보상문제 따위에 관련하여 끈질기게 시비를 걸어 이득을 뜯어내는 것이 日常化되었기 때문이라고 생각한다. 다음에 現在 日本에서는 發破에 의한 振動이나 發破音에 관한 明確한 規制가 없고 예를들면 1日中 連續하여 일어나고 있는 振動, 騷音의 規制를 一瞬間に 끝나는 發破에도 適用하고 있다 이點 外國을 模倣하여 發破의 振動, 發破音에 適合한 規定이 制定되어야 할 것이다. 그러나 이의前提로서 飛石에 의한 被害를 包含하여 振動, 騷音에 의한 事故를 全無로 하는 것이 必要하고 이 點에서도 安全한 發破가 강하게 要望된다. 젊은 技術者の 今後の 研究에 期待하고 싶다.

(2) 새로운 發破分野

<1> 都市内에서의 建造物의 破壞

都市土木發破의 項에서 言及한 바와 같이 現在 日本에서는 都市内에서 낡은 建物이나 橋梁을 破碎할 시는 dynamite와 같은 強力한 爆藥은 使用할 수 없으므로 低爆速爆藥이나 concrete破碎器와 같은 弱한 火藥을 使用하던지 靜的破碎剤를 使用하여 岩盤에 膨脹龜裂을 주는 方法이 취해진다. 以前에는 附近住民들이 發破에 의한 振動, 發破音에 抗議하는 것을 考慮하여 steel ball등으로 連續의로 被破壞物을 때려 부수는 方法을 使用하고 있었다. 最近에는 切斷機가 裝置된 油壓破碎機에 의해 5~6層의 building으로서 두께 1m 가까이의 鐵筋concrete를 물어 끊는 方法이 많이 採用되고 있다. 그러나 이러한 方法으로도 能率이 나쁘고豫想外의 時間과 費用이 드는 外에 附近住民은 長期間에 걸쳐

騒音이나 振動에 苦痛을 받는다. 따라서 都心에 있는 낡은 超高層빌딩을 火藥을 使用하여 瞬間의로 부순다는 構想은 日本에서도 以前부터 있었으나 日本의 實情으로서 關係當局이나 住民의 同意를 얻는 것은 도저히 생각할 수 없었다. 1977年 福島縣하라노町에 있는 無線塔을 부술 때도 이 方法을 使用할 計劃이 있었다. 附近은 전혀 空地로서 万一 失敗하여도 附近의 民家에는 어떤 支障을 일으킬 憂慮는 없었으나, 實施는 住民의 反對에 의해 實現되지 않았다. 그러나 外國에서는 이러한 경우 火藥에 의한 瞬間破碎는 40年前부터 행해지고 있다. 即 이點 日本의 技術은 歐美에 비해 40年 뒤 떨어져 있다. 그런데 1984年 美國의 CDI(Control-led Demolition Incorporated)社의 會長 로아조가 来日하여 큰 建設會社를 歷訪, 이 技術을 紹介하였다. 그의 說明에 의하면 爆發(Explosion)이란 火藥에 의해 破碎된 物體가 外部로 飛散하는 것이나 火藥을 裝填할 때 特殊한 技術을 採用하거나 끈으로 建物의 보(梁)등을 잡아 당기어 内部로 넘어뜨리는 등의 方法을 講究하면 建物의 破片은 外部로 飛散하지 않게 할 수 있다. 이것을 Implosion이라고 한다 (爆發에 대하여 Implosion은 爆縮이라고 말하여야 할 것인가). 그러므로 이것이 確實히 行하여지면 絶對安全하다. 또한 日本의 建物은 耐震構造로 굽은 鐵骨이 들어가 있으므로 堅固하므로 부서지지 않는 것은 아닐까라는 質問은 어떤 建設會社로부터도 받았으나 이것에 대해 그는 火藥의 힘은 無限하므로 어떠한 牆牆한 鐵筋concrete建物이라도 부술 수가 있다고 對答하였다. 각社 모두 많은 聽講者가 出席한 것은 建物의 解體에는豫想外의 時間과 費用이 드는 것이고, 建築業會에서 火藥에 의한 建物破壞에 興味와 熱意를 보였다. 로아조會長은 말한다.

(a) 火藥에 의한 建物의 解體는 工期의 短縮과 解體費의 節約面에서 큰 長點이 있다. 예를들면 美國에서는 官廳의 許可가 난 후 10~14日間으로 큰 建物이라도 解體할 수 있다. 従來의 工法에 비하여 工期는 平均 60% 短縮할 수 있으나 極端의 경우 2年間 短縮된 例도 있다. 이와같이 短縮할 수 있으면 貸貸빌딩의 경우 貸料만도 매우 큰 金額이 된다. 解體費用은 従來의 30~40%로 된다.

(b) CDI社는 1947年부터 이 일을 계속하고 있

으나 絶對로 事故를 일으키지 않는 것을 最大的目標로 하고 있다. 그러므로 조금이라도 危險을 隨伴한다고 생각되는 일은 맡지 않는다. 美國에서 過去 10年間에 7個社가 이런 種類의 일을始作하였으나 어느 會社나 어떤 失敗를 범하고 있다. 2年間의 經驗이 있는 會社에서 他社보다 2万\$ 싸게 맡아 일을 했으나 事故를 일으켜서 300万\$의 損害賠償을 支拂한 예도 있다. 이와같이 建物破壞中事故가 생기는 것은 半信半疑한 技術을 가지고 하기 때문이다. CDI는 극소수의 expert(専門家)만으로 實施(總員 12名의 同族會社)하고 이것以上 規模를 擴大하지 않으므로 40年間에 4,000件 以上 5億 ft³以上的 建物을 부쉈으나 1件도 事故를 일으키지 않았다.

(c) 이 工法의 最大的 問題點은 建物을 부술 때 나오는 粉塵이다. 이것은 火藥의 爆發에 의해 생기는 것은 아니고 破壞된 建物에 쌓여 있는 먼지가 일어나기 때문이다. 粉塵이 많이 나오므로 이 工法은 簡單하고 하는 곳이 있어서 이 때문에 從來의

steel ball을 부딪치는 方法을 採用했으나 每日 振動, 驟音에 苦生하다 結局 이 工法을 採用한 일이 있다. 粉塵은 一時的으로는 많이 나오나 短時間에 없어 진다. 예를들면 都會地의 한가운데 빌딩街에서 부술 때는 해가 뜨는 날 아침에 實施하면 附近의 建物은 달이 뜬 후 그 다음날 새벽에는 正常의 作業을 할 수가 있다.

(d) 가늘고 긴 굴뚝을 부술 경우 굴뚝이 넘어질 만큼의 空間이 있으면 그 곳에 넘어뜨릴 수가 있다. 만일 이 空間이 굴뚝의 높이보다 짧을 때는 굴뚝을 몇토막으로 나눠부수면서 넘어뜨릴 수가 있다. 地下室이 있는 建物은 垂直으로 부수고 부숴진 破片을 地下室에 넣으므로 破片은 外部로 흘어지지 않는다. 地下室이 없을 경우에는 建物의 周圍에 흙을 쌓아두면 破片은 飛散하지 않는다. 交通規制는 被破壞物이 있는 道路를 사이에 두고 맞은 便까지 极히 좁은 範圍만 있으면 된다. 老朽化한 原子力發電所를 放射線物質을 飛散시키지 않고 부순 일도 있다.

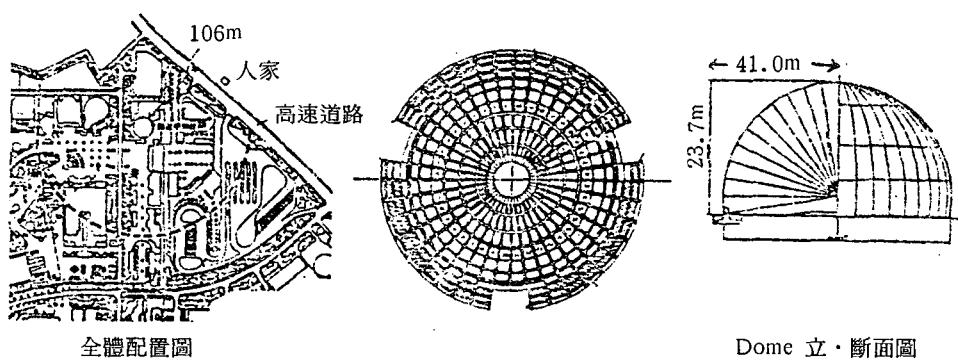


그림14 國連平和館 解體 工事 概要

1985年 筑波万博이 終了했을 때 万博會場에 세워진 建物은 모두 부수어 原狀態로 되돌린다는 조건이 있으므로 아직 充分히 使用할 수 있는 建物이라도 모두 破壞하게 되었다. 그中 國連平和館은 그림14와 같이 地上 約 23.7m, 半徑 約 41.0m의 半球形 dome으로 이것을 上下左右의 piano線으로 強力히 당겨져 있기 때문에 通常의 工法으로 부수면 panel이 멀리 飛散할 要慮가 있다. 그래서 博覽會協會의 同意를 얻어 CDI社의 技術로 부수기로 하고, CDI社長을 招請하여 그의 指導下에 1986年 3月 6日 實施하였다. 使用한 火藥은 Emul-

sion爆藥 約 320kg을 1,260餘個의 穿孔에 分散裝藥하여 段發電氣電管에 의해 時差를 주어 點火하였다. 社長로아조(會長의 아들)에 의하면一般的으로 15層 정도의 建物을 부수기 위해서는 60kg 정도의 火藥을 使用하면 建物의 自重으로 充分히 解體할 수 있으나, 이 dome은 特殊한 建物이고 完全히 부수는데는 最上段까지 火藥을 裝填하는 편이 좋으나 이 경우 106m 떨어진 地點에 高速道路, 그附近에 人家가 있고 發破音은 140dB 정도가 된다고 한다. 表8에 있는 바와같이 美國에서는 140dB은 被害가 없는 限界로서 認定되어 있으나 日本

에서는 75dB을 基準으로 하고 있다. 여러가지 協議한 結果 100m 떨어진 地點에서의 發破音을 110 dB로 하는 것이 合意되어 上記 火藥을 裝填하였다. 破碎의 結果 一部 問題點은 있었으나 이 工法 그 自體는 大成功으로 끝났다는 것이 確認되었다. 그래서 通產省이 이 工法을 日本의 技術로 實施할 것을 計劃하고 여러가지로 test한 結果 1988年 10月 高島炭礦跡에서 實施하여 成功하게 된 것은前述한 바와 같다.

이 工法은前述한 바와 같이 40年前부터 各國에서 實施되고, 實施하지 않고 있는 것은 日本을 包含하여 極東地域만이고 韓國이나 臺灣도 매우 興味를 가지고 있다. 日本에서는 2回 實施하여 成功을 거두었으나 아직 다음과 같은 問題點이 있으므로 今後研究를 거듭하여 떨어가서 追越하지 않으면 안된다.

(e) 本工法에 의해 解體할 시 絶對로 事故를 일으키지 않을 것

前述한 美國의 例에서 보는 바와 같이 때때로 事故가 일어난다. 原因은 解體하는 建物의 構造를 充分히 認識하지 않고 그 強度를 輕視하던지, 過裝藥에 의하여 破片이 飛散하는 等 여러가지가 있다. CDI社에 의하면 過去 40年間에 單位當藥量은 30%로 減少하였다고 한다. 解體할 物件은 千差萬別로서 하나라도 같은 것은 없고 또한 周圍의 条件도 全部 다르므로 이 경우에는 이렇게 한다는 原則은 없다. 長期間의 經驗에 의거한 소위 Know how가 必要하다. 따라서 當初에는 周圍에 住宅은 물론被害를 미치게 할 建物等이 없는 곳에 세워져 있는 建物을 解體하는 것부터 start함과 함께 將來 絶對로 事故를 일으키지 않는다고 하는 保證이 없는 한 이 工法을 採用해서는 안된다.

(f) 附近住民의 充分한 納得을 얻을 것

1985年 9月 19日 Mexico를 強襲한 大地震에 의해 Mexico市의 大量의 建物은 多く 倒壊되었다. 美國 政府는 中途에 半으로 부서진 建物 밑에서 生存하고 있을지도 모르는 住民을 救出하기 위하여 建物解體 team을 派遣하였다. 그러나 火藥에 의한 解體가 住民 및 Mexico 政府의 承認이 나지 않았으나 여러가지로 的論한 결과 며칠후에 겨우 解體를 始作하였다고 한다. 日本에서도 現狀의 住民感情은 Mexico보다 徹底히 反對할지도 모른다. 住民이 기쁘게

協力하게 됨에는 많은 實績을 쌓아 올리는 以外에는 方法이 없을 것이다.

(g) 地下空間利用 및 其他

最近 世界에서 여러가지의 構造物 設備를 地下岩盤內에 建設하는 工事が 行해지고 있다. 地下發電所, 石油地下備蓄基地, 放射線廢棄物貯藏基地, 超傳導 energy貯藏等이다. 石油地下 備蓄은 1980年에 愛媛縣菊間町에 約 150万kℓ의 備蓄施設의 建設을 開始, 現在 岩手縣久慈市에 約 175万kℓ, 鹿兒島縣呂木町에 約 175万kℓ의 備蓄施設을 計劃中이다. 韓國에도 日本보다 큰 地下施設이 있다고 한다. 石油多消費國인 日本에서는 이 施設은 早急히 完成시킬 必要가 있을 것이다. tunnel이나 地下發電所에서는 地下水는 방해물로서 排水한 空間에 設備를 設置하나, 石油備蓄의 경우에는 地下水를 含有한 自然的인 岩盤을 利用하는 水封式이 計劃되고 있다.

原子力發電所는 約 30年 經過하면 放射線이 셀 豊巣가 있으므로 이것을 密閉 또는 遮蔽隔離하던지 撤去解體하지 않으면 안된다. 그러나 密閉 또는 隔離는 完全하지 않으므로撤去하려는 方向으로 進行되고 있다. 日本에서는 1965年에 만든 東海村의 1號爐에 계속하여 三浜, 敦賀, 福島等에 原子爐가 있고 이것들은 1995年頃부터撤去하지 않으면 안되므로 日本 原子力研究所를 中心으로 建設會社는 國家에서 補助金을 받아 研究中이다. 이 方法으로서는 火災 jet plasma에 의해 切斷하는 方法, 火藥에 의한 爆破, 鐵筋을 機械的으로 切斷하는 方法 等이 있으나 火藥에 의한 方法이 가장 有望하다고 하여지고 있다.

其他 高爐나 電氣爐等 高溫部 爆破는 이미 몇 個 實施되어 있다.

3. 將來의 發破에 要望하는 點

(1) 安全한 發破

지금까지 반복하여敍述하는 바와 같이 發破란 무서운 것이라는 생각이 一般人에게 있는한 發破에 대한 拒否反應은 避할 수 없다. 따라서 發破從事者는 發破에 의한 事故를 全無로 할 각오로 임하는

同時に指導者は 어떠한 일이 있드래도事故가 일어나지 않는方法을開發하지 않으면 안된다。人間이 어떤行爲를 하는한 아무리注意를 하여도事故를 絶無로 하기는 어렵다。또한 Fool proof라는 말이 있어서 어떤 바보가取扱하여도, 절대事故를 일으키지 않도록, 만일取扱中에 mistake가 있어도事故에연결되지 않도록設備를 하여야한다고安全管理에서는 가르치고 있다。日本의原子力安全委員會는 체르노빌發電所의事故直後체르노빌의 경우에는設計가不完全하고 더구나運轉員에게重大한規則違反이 있었기 때문에 일어난 것으로日本의原子力發展에서는 이러한 일은 일어나지 않는다고發表하였으나 아무리安全裝置를完備하였다 할지라도人智가미치지 않는事故는일어날 때는 일어난다。그러므로 될 수 있는대로事故가 일어나지 않도록, 또한事故가 일어나도極力사람에게被害를 미치게 하지 않도록 하지 않으면 안된다。火藥은 몇가지의方法에 의해 반드시爆發하는 것이고 따라서發破에火藥을使用하는한火藥의爆發에 의한事故를 絶無로 할 수는 없다。다만衝擊이나摩擦 또는熱等의外的作用이 바뀌어도爆發을 일으키기 힘든鈍感한火藥類를使用할 시는外的作用에銳敏한火藥을使用하는것보다事故를 일으킬確率은 적다。現在從來의 dynamite와代替하여 slurry爆藥이나 ANFO爆藥이 많이使用되고 있는 큰要因은 이를爆藥이 dynamite에 비해鈍感하고取扱上安全하기 때문이다。安全한發破를 行하기 위해 나는 다음의提案을 한다。

(a) 安全한電管

最近에는 어느정도의靜電氣가 일어나도 이것에 의해爆發을 일으키지 않은耐靜電氣電管이日本에서도開發되었다。그러나 이電管을使用하여도 천등은 물론坑내에發生하는迷走電流(漏洩電流)에도感應하여爆發하는 일이 있으므로外國에서는非電氣起爆用製品(예를들면 눈넬, 하큐테트, MBS system)이開發되어, 예를들면 Sweden에서는坑内에서는電氣發破는 거의눈넬로代替했다고 한다。日本에서도 目下試驗中인段階이나 그것이一般化되면電氣에 의한電管의爆發은 없어질 것이다。그러나電管에는內部에起爆이라는약간의熱 또는衝擊으로爆發하는火藥이 들어가 있다。이起爆藥의 安全화가必要하다。發破했을시 어떤穿孔内

의爆藥이 전혀爆發하지 않던가(이것을不發이라고 한다)穿孔內의爆藥의一部分은爆發하였으나完全하게全部는爆發하지 않는(이것을殘留라고 한다)일이 있다。이 경우不發또는殘留한爆藥이 들어가 있는孔에一定한距離를 두고平行하게穿孔하여새로운孔에爆藥을裝填하여爆發시킴에 의해不發또는殘留藥을回收하는方法이戰前부터 행하여지고 있다。그러나不發殘留孔은 다른爆發된孔에서생기는破碎岩石에 의해埋没되어 있는일이 많고, 또한不發孔에서너무거리를두고穿孔,裝填하여爆發시키면不發殘留藥이爆發하지 않으므로作業者는規定거리보다멀리떨어뜨리지말고穿孔해야 할것이며parallel穿孔한다고작정해도엇비슷하게穿孔하면運na쁘게鑿岩機의先端이不發殘留藥에맞아그衝擊으로不發殘留藥이爆發하여作業者가死傷한다고하는事故가일어난다。三井의神岡礦山에서各種의爆藥에 대하여test한 결과 dynamite는鑿岩機의 빛트와 마주치던爆發할可能性이크나,含水爆藥이나ANFO爆藥에서는그確率이매우작은것이判明되었다。이와같이安全性이높은爆藥을use하여도이들을起爆시키기위하여藥包내에挿入한電管에鑿岩機를다면電管은dynamite보다銳敏하므로確實히爆發을일으킨다。이와같은特殊한경우가아니라도電管이붙은藥包를木製의다짐棒으로穿孔내로裝填中에電管이爆發하였다는데도많다。發破作業中의事故를減少시키기위해서는安全한電管의出現이秒時를다루는일이다。現在Laser,光fiber를利用하는起爆技術이歐美및日本에서檢討되고있고, 이것은電氣的發火機構을使用하지않을뿐만아니라起爆藥을使用하지않으므로 매우安全性이높다。더구나最近의情報에의하면中國에서는起爆藥을使用하지않고添裝藥만의電管이NPED(Non-primer electric detonator)라는名稱으로製品화되고1986年에는Nitro Nobel社가이技術을購入하였다고한다。

(b) 穿孔내에爆藥의自動裝填

裝填中의事故는不發殘留와 함께發破作業中의事故의主된것이다。그래서爆藥을自動的으로穿孔내에裝填하는自動裝填機가檢討되고있다。現在日本에서는電管이붙지않은藥包의自動裝填機가試行되고있을정도이나Sweden等에서는

電管이 붙은 藥包의 自動裝填機도 實用化되어 있고坑内坑外에서 혼자서 操作이 可能하고 安全할 뿐만 아니라 裝填能力도 큰 것이라고 한다. 現在 日本에서는 ANFO爆藥의 現場混合은 治安維持의 觀點에서 認定되지 않고 있고 將來에도 認定되지 않을 것이나 美國等에서는 slurry爆藥도 發破現場에서 truck內에서 混合하여 이것을 穿孔내로 훌려 넣으나, 穿孔下部는 發破가 잘 되지 않으므로 truck內에서 配合比를 잘 조정하여 穿孔下부에서는 爆力이 큰 成分을 上部에는 cost가 싼 爆力이 작은 成分을 pump로 穿孔내로 裝填하는 것이 日常化되어 있다.

(c) 發破現場의 無人化

現在穿孔은 micro computer를 裝備한 cutter나 computer塔載의 自動制御鑿岩機나 遠隔操作에 의한 rock bolt打設器이 一部 行해지고 있다. 將來는 裝藥에서 發破의 力量運搬까지 一連의 全作業을 robot化하는 것이 理想의이고 또한 實現은 可能할 것이다. 이렇게 되면 예를들면 靜電氣나

迷走電流에 의하여 万一 電氣電管이 爆發되어도人身事故에는 連結되지 않으며 不發殘留가 發生하여도 이것을 自動的으로 catch하여 遠隔操作에 의해 이것을 爆發處理하는 것도 可能하게 될 것이다. 이것은前述한 Fool proof에一步 가까워지는 것으로 發破事故가 全無하게 되는 것도 꿈은 아니다. 1986年 西獨의 炭礦의 完全 및 部分機械化와 非機械化 막장은 表10과 같은바 詳細한 것은 알지 못한다.

(d) 發破에 생기는 事故防止

飛石에 의한 事故는 其他의 事故가 激減하고 있음에도 불구하고 減少하고 있지 않다. 이 事故의 絶滅은 緊急을 要한다. 이것에 대하여는 예를들면 防爆mat의 使用等 部分的 對策은 行하여지고 또한 發破振動을 低減시키는 方法과 함께 多段式 發破器의 開發 등도 行하여지고 있으나 根本的인 解決法은 아니다. 將來에는 發破前에 岩石의 構造를 握하여 이것에 適合한 發破를 期待한다.

表10. 西獨에서의 完全 및 部分機械化와 非機械化 막장(1986)

		막장數	出炭比率(%)	막장出炭量(精炭t/日)	막장能率(精炭t/人分)
完全機械化 막장	Drum cutter採炭	84	51.9	1891	28.5
	Coal plough採炭	103	47.4	1420	21.2
	小 計	187	99.3	1627	24.5
部分機械化 막장	Drum cutter採炭	—	—	—	—
	Coal plough採炭	1	0.2	1100	17.2
	小 計	1	0.2	1100	17.2
非機械化 막장		4	0.5	368	12.2
全 막 장 計		192	100.0	1599	24.2(平均)

(2) 確實한 發破

(a) Heavy ANFO(Emulsified ANFO, High density ANFO)

戰後 dynamite와 代替되어 ANFO爆藥, 含水爆藥(slurry爆藥, emulsion爆藥)이 開發되어 ANFO는 日本에서는 全需要量의 2/3, 美國에서는 85% 以上을 차지함에 이르렀다. 이 理由는 dynamite에 비해 安全한 外에 cost가 매우 싸기 때문이다. 含水爆藥은 ANFO爆藥보다 威力은 크나 cost는 現時點에는 그다지 싸지 않으므로, slurry爆藥이 出現했을 때 將來 發破用爆藥의主流가 될 것이라고

말하였으나, 美日 함께 아직 10% 前後에 지나지 않는다. 그러나 ANFO에는 dynamite에 비해 여러 가지 欠點이 있으나 特히 耐水性이 없는 것, 爆力이 弱한 外에 比重이 작으므로 1孔當 裝藥量이 작은 것은 致命的으로, 確實한 發破를 하기 위해서는 ANFO는 不適當하다. 이러한 ANFO의 欠點을 극복하고 더구나 cost의으로 dynamite나 含水爆藥보다 싼 heavy ANFO가 美國을 위시하여 各國에서 使用되고 있다.

美國의 統計에는 heavy ANFO는 區分되어 있지 않으므로 어느 정도 轉換하고 있는지는 不明하나

中國에서는 50%는 heavy ANFO로 轉換했다고 한다. 이것은 ANFO内에 Emulsion을 넣어 ANFO와 Emulsion의 長點을 받아 들인 것이다. Emulsion爆藥에는, slurry爆藥에 반드시 混合하는 銳感剤가 들어가 있지 않아도 威力이 크다. 이 特性을 利用한 heavy ANFO는 從來의 ANFO에 비해 比重을 크게하고 爆力도 向上시켜 더구나 耐水性을 부여한 것이다. 比重이 크므로一般的으로 heavy ANFO(또는 high density ANFO)라고 하나 日本에서는 耐水 ANFO라 한다. 日本에서는 ANFO内에 Aluminium粉이나 Nitro化合物를 넣어 火藥은若干 使用되고 있으나(이것은 日本에서는 ANFO의 範圍가 아니므로 ANFO와 같은 法的 規制緩化는 없다) Emulsion을 넣은 것은 研究는 하고 있으나 아직 實用化되어 있지 않다. 美國에서는 ANFO나 含水爆藥이 똑같이 現場混合이 認定되므로 急速히 實用化되고 있는지는 알 수 없으나 表11, 表12와 같이 cost는 Emulsion을 넣으므로 當然히 ANFO보다 비싸나 ANFO보다 威力이 크므로 同容積인 岩石을 破碎할 時 穿孔間隔은 ANFO보다 커도 좋으므로

單位當 穿孔費가 싸게되면 比重이 높으므로 1孔當 裝藥量이 增加하므로 單位當의 cost는 싸게 된다.

日本에서는 現在는 實現되어 있지 않으나 性能改良에 자신만만한日本人이므로 가까운 將來 日本에서 使用하기에 適合한 製品을 만들어 내게 될 것이다.

(b) 不發이 생기지 않는 電氣電管

現在의 電氣電管은 發破器에서 흐르는 電流가 發破母線에 結線된 電氣電管의 脚線을 通過하여 電氣電管内部의 電橋를 加熱하여 그 熱에 의해 電橋周圍의 點火藥을 發火시키는 機構이다. 그러나 電橋는 0.03mm徑 정도의 가느다란 白金線이고 이 것은 充分히 程着되어 있다고 할지라도 運搬中 또는 取扱中에 잘라지기 쉽다.

現在 電氣電管을 藥包에 장치하기 前과 現場에서 結線終了後에 반드시 導通試驗을 行하여 그 切斷의 有無를 檢查하고 있다. 이것은 時間과 手苦의 浪費로써 더구나 危險을 隨伴한다. 그러므로 每回 導通試驗을 行하지 않아도 電橋가 잘라지지 않는 電氣電管으로 할 必要가 있다.

表11. ANFO와 Heavy ANFO의 性能比較

ANFO	Heavy ANFO	
	IREME X 560	IREME X 1136 P
Emulsion 配合比(%)	0	25~30
比 重	0.82	1.15
爆 速(m/s)	3300	3800
耐水性	存	少 優 秀

表12. IREME X 560을 使用 時와 ANFO를 使用時의 單位當 cost比較 一例

	ANFO	IREME X 560	
穿孔徑(inch)	9	9	9
穿孔間隔(feet)(列內×列間)	23×27	27×31	28×33
穿孔長(feet)	50	50	50
메자길이(feet)	21	21	23
火藥 { 比重(g/cc)	0.82	1.15	1.15
一孔當 重量(lb)	650	920	860
岩石 1m ³ 當 藥量(lb)	0.57	0.59	0.50
火藥 cost(cent/lb)	13	14.5	14.5
穿孔 cost(USD/ft)	1.50	1.50	1.50
固定費(cent/yd ³)	14.3	13.8	12.0
cost 節減(%)	—	3.5	16.0

(c) computer의 應用

i) 現在의 段發電氣電管은 延時藥을 使用하여 秒時差를 주고 있으나, 延時藥量이나 壓縮壓力의 平均值를 벗어난 것에 의해 switch를 넣은 후 爆發하기 까지의 時間에 平均值을 벗어난 것이다. 特히 switch를 넣은 후 爆發하기 까지가 긴 高段品이 되면 平均值을 벗어나는 시간이 크므로 高段이 될수록 各段마다의 秒時 간격을 길게 設計하고 있다. 그러나 이렇게 하여도 때때로 $(n+1)$ 段보다 n段인 쪽이 먼저 爆發한다(이것을 段미침이라고 한다). 特히 制御發破의 項에서 記載한 smooth blasting에 있어서는 絶對로 段미침은 허용되지 않으나 現在의 段發電氣電管에서는 絶對로 段미침하지 않는다는 保證은 할 수 없다. 그래서 digital制御方式을 採用하여 水晶發振子를 利用하여 發振回路와 이 發振回路를 세는 counter를 짜넣은 電子回路를 內藏하여 誤差를 1/100以下로 抑制하는 電氣電管이 研究되고 있다. computer의 技術進步가 두드러진 오늘날 가까운 將來에 이것은 達成될 것이다.

ii) 現在는 坑內坑外發破를 莫論하고 穿孔配置, 穿孔간격, 使用爆藥의 種類와 數量, 電氣電管의 種類, 段간격 등 發破設計는 모두 發破技師의 長年에 걸친 經驗과 直感力에 의하여 行하고 있다. 確實히 大體의 경우 이 方法은 發破는 大過 없이 행해지고 있으나 岩石을 만들고 있는 鑛物의 種類에 의해 性質이 다르고 火成岩에는 斷層, 褶曲, 節理(龜裂), 堆積岩에는 層理, (堆積面), 變成岩에는 片理(一定 方向으로 벗겨지기 쉬운 構造)가 있고 이것들에 의하여 一定한 構造인 경우에 비해 火藥이 잘 듣는(效果가 있는) 方法이 다르고, 용이하게 부서질 경우에는 의외의 方向으로 破片이 飛散한다(飛石). 이러한 設計를 computer에 의해 計算하는 研究는 이미 美國을 為始하여 日本에서도 檢討되고 있으므로 將來 實用化 될 것이다.

하 진

1927. 3. 21 生
서울 產

삼중엔지니어링(주)
대표이사 회장

「90.2.26 歷史編纂扁에 發刊된 韓國人物史에서
轉載한 것이다.」

大韓火藥技術學會誌

■ 약력 ■

- 서울대 공대 및 동 대학원 졸업, 공학박사
- 미국 콜로라도 광산대학원 수학
- 대한증석광업(주) 기술부장, 경제기획원 전문위원
- 한국종합기술개발공사 이사
- (재)동해산업기술연구소 이사·소장
- 코리아 카이자엔지니어링(주) 상무
- 서울지하철 공사 and 수석위원, 국민대 공대 강사
- (주)삼중엔지니어링 대표이사 회장

■ 프로필 ■

1961년 미국 유학으로부터 귀국, 선진국에서 실용화단계에 있는 초유폭약(硝油爆藥)(ANFO)을 국내 제조개발, 석회석노천굴에 실용화함으로써 시멘트공장 원석용 100% 우리나라 총 소비량의 35%를 점유하고 있는 공로로 70년 과학진흥상을 받은 바 있으며, 이어 금속초유폭약 및 합수폭약을 국내 제조개발과 동시에 이에 알맞는 정밀발파공법을 고안, 고속도로 터널 및 서울, 거제도 지하저유시설공사에 실용화한 공로로 제1회 기술사 본상을 받았고, 80년에서 서울지하철공사 R and D 수석 위원으로 건설현장에 참가, 도심지 발파실험식 고안, NATM기법 및 지중변위계측기술을 오지리로부터 도입, 실용화 보급에 노력함으로써 우리나라 토목계에 대전환점을 마련, 선진수준으로 끌어올린데 대한 공로로 '86년 과학의 날 철탑산업훈장을 수상하였다.

그간 「화약발파학」, 「암석역학」등 7권의 전문서적을 현장위주로 발간하는 한편 화약기술학회장, 기술사회부회장 및 과학기술 종이사 등과 국외의 미·일 화약학회 및 국제암반역학회 회원으로서 연 1회 논문발표도 하면서 해외 석학들과 친선교류를 하고 있다.

최근에는 미국의 토목기술사 자격을 한국인으로서는 처음 획득하고 주한 미 공병단 시간강사 교관으로서 국민대학에는 주1회 시간강사로 후진양성에도 진력하고 있다. 현재 삼중엔지니어링(주) 회장으로서 설계 및 감리 Consultant로서 활약하고 있으며 부인 남상순(南相順) 교수와 사이에 2남1녀를 두고 있다.

- 철탑산업훈장, 과학진흥상 외

〈주소 : 서울시 성북구 정릉동 227-106〉