

# 含水爆藥 性能 公開實驗

許 墳  
 <大韓火藥技術學會長・工學博士>

先進國의 slurry 實用化로 종래의 火藥類에 대한 概念學說은 새로운 次元에 도달했다. 그것은 火藥을 전혀 함유치 않고 水成을 成分으로 하는 爆發物, 이는 분명히 불(火)과 물(水)의 관계이다. 그러면서 衝擊이나 대량 燃焼로서 폭발하지 않는 安全性과 製造・運搬・貯藏管理面에 간편하고 값싼 爆劑이다. slurry 革命이야말로 現代科學과 物理의 精粹를 짜낸 結晶이라 할수있다. 따라서 한사람의 天才 Cook 博士의 大發明도 周邊技術인 plastic 技術, Rheology 技術, computer 技術의 도움이 作用했기 때문이다.

1950年代 캐나다의 鐵鑛山 H. E. Farnam 技師는 ANFO의 耐水性을 개량하기 위하여 美國 Utah 大學教授인 M. A Cook 博士를 찾아 共同研究 끝에 1956年 12月 Canada Labrador의 Nob Lake Mine 鑛山에서 含水爆發을 사용한 發破試

驗에 성공하였다. 이것이 世界最初의 slurry爆藥에 의한 발파였다. 初期 slurry 組成은 粒度가 큰 TNT 25%, 硝安 55%, 水 20%를 guar gum 을 가지고 粘稠化한 것이다. TNT는 銳感劑兼 燃料이므로 無煙火藥을 代用하기도 했다. 1958年 第2의 特許로서 火藥類를 銳感劑로서 사용하지 않고 硝安과 水(粘稠劑舍) 그리고 微粒子 Al 片만으로 非舍火藥 slurry를 발표했다.

上記 2件의 特許는 현재 실용화되고 있는 slurry 爆藥의 기본을 이루고 있다. 따라서 이번 公開實驗用 國產 slurry 製造組成은 capsensitive 火藥入 slurry로서 TNT-Al粉 15%, 硝安 65%, 水 15%, 粘稠劑 5% 比率로 배합한 것이다. 性能實驗에서는 爆藥威力을 振動器를 이용하여 測定했다. 이 결과를 보면 16m 거리에서 國產 다이나마이트와 slurry가 다같이 2cm/s, 안포가

## 火藥類 利用 略史

年 代	史	績
B. C 160年頃	黑色火藥原型 中國에서 發明	
1377年	高麗末 崔茂宣 火藥製造(火藥修練法)	
1866年	스웨덴 Nobel이 膠質 다이나마이트 發明特許製造 自營	
1935年	日帝下 興南에 火藥工場 設立	
1950年	美國 Lee와 Akre 共同으로 ANFO 特許	
1952年	韓國火藥(株) 仁川工場 再建	
1956年 12月	美國 M. A. Cook와 Canada H. E. Farnam 共同으로 slurry 特許	
1962年 8月	日本 下村 ANFO 實用化 公開實驗	
1964年 6月 20日	許墳 國產 ANFO 製造 性能公開實驗, 商工部主催 始興鑛山에서	
1968年 2月	許墳 Al-ANFO 製造 性能公開實驗, 火藥協會主催 富平鑛山(1969年 日本工業火藥協會 秋期大會發表)에서	
1968年	韓國火藥(株) ANFO 製造市販	
1975年	日本 slurry 製造市販	
1977年 11月	許墳・鄭殷鎔 共同 slurry 製造性能公開實驗 洋協, 炭協, 鑛協, 建協共同主催 三寶鑛山에서	

0.9 cm/s 로 나타나 즉 안포 보다는 훨씬 강하고 兩者는 同一한 것임을 증명하였다.

筆者가 ANFO 를 이 땅에 심은지 5 年만에 비로소 실용화의 結實을 거두었던 지난날의 刻苦를 생각할때 남들이 좋다는 slurry 도 이땅에 뿌리 박기까지는 많은 風波가 예상되며 火藥 maker 나 商社 그리고 需要家에게는 많은 變化가 올 것으로 본다. 그러나 事必歸正, 상호의 英智와 努力 그리고 相互協力으로서 難關이 극복되리라 믿는다.

이제 저물어가는 1977 年의 歲暮門턱에서 slurry 紀元을 기록코자 하는 一念에서 資料蒐集에 東奔西走하다보니 부족한 점이 많으리라 보며 slurry 性能公開實驗은 실용화를 위한 里程標가 될것을 확신하는 바이다.

### 1. 含水爆藥에 대한 美國의 定義

(slurry 或은 water gel)

슬러리 爆藥(slurry explosive)이란 固體를 懸濁狀態에서 膠質化한 물과같은 物質中에 分散된 酸化劑와 燃料를 함유한 自體火藥性(self-explosive)

原料에 의해서 銳感化된 火藥類를 말한다.

슬러리 爆劑(slurry blasting agent)란 原料로서 self-explosive 를 含有하지 않고 또한 8號 雷管으로 起爆되지 않는 것을 말한다. 단 캐나다에서는 self-explosive 가 함유되어도 capinsensitive(雷管으로 터지지 않는 booster 體)는 爆劑로 규정하고 있다.

### 2. slurry 組成 및 性能

slurry 爆藥에는 火藥入 slurry 와 無火藥 slurry 로 兩分하는데 特히 無火藥 slurry 는 水以外酸化劑, 燃料, 銳感劑, 粘稠劑(thickener) 架橋劑(crosslinking agent), 起泡劑(Aerator), 安全劑藥이 加味되어야 한다. 이것은 종래 dynamite 의 成分이 數種類로 構成되어 여러가지 용도에 맞도록 數種類의 제품을 만든 것과 같은 이치이다. 그리고 火藥이 아닌 성분을 가지고 爆發的 性能을 발휘하는 동시에 耐水性, 長期貯藏 安全性, 後개스를 없애기 위한 酸素平衡 등 다 목적이라 할 수 있다.

代表的 slurry 組成

區 分	種 類	銳感劑配合比(%)	酸 化 劑	水分 (標準 15)	備 考
火藥入 slurry	TNT 入 slurry	TNT 17~60	硝安 68~25	8~40	capsensitive
無火藥 slurry	Al 入 slurry	Al 0.1~40 燃料 0-12 註①	硝安 84.9~33	6~30	capinsensitive

註 ① 炭粉, 砂糖, 澱粉, 重油, 硫黃 등

日本 slurry 組成例

區 分	種 類	銳 感 劑(%)	硝 安 (%)	水 (%)	粘 稠 劑(%)註①
組 成	火藥入 slurry	TNT, Al 粉 15~25	50~60	15~25	5
	比 重	爆速 (m/sec)	彈動振子(mm)	落手感度	
性 能	1.25~1.35	4,600~5,200	70~80	50 以上	

註 ① 小氣泡의 安全化와 分散된 固體燃料 그리고 溶解하지 않고 있는 酸化劑를 서로 분리하지 않게 연속적 液相을 만드는 것이다. 水性 slurry 用은 CMC, 포리아크리루마이트, guar gum, 메칠세루로스 油性 slurry 用은 Al, pentononite 그리스+시리콘 粉末 등

美製 性能比較 動的 data

	比 重	爆 速 (m/sec)
dynamite	1.40~1.50	5,000~6,000
slurry	1.1 ~1.25	4,200~6,100
ANFO	0.8 ~1.0	3,000~4,000

美製 slurry 와 ANFO 의 strength

	比 重	blasting gelatine 을 100 으로 할 때	
		weight strength	bulk strength
ANFO	0.85	79	43
slurry	1.1~1.45	70~85	44~78
blasting gelatine	1.50	100	100

### 3. slurry 長點

① 衝擊, 摩擦 및 火焰에 대한 安全性이 다이 나마이트, ANFO에 비하여 월등하게 높다.

② 火藥類를 銳感劑로 하지 않고 臨界藥徑 1" 以下の capsensitive slurry가 製造되므로 藥徑 1" 以下 藥包도 爆轟이 중단하지 않는다.

③ 爆發後가스內的 有毒가스(NO<sub>x</sub> 및 CO)가 종래 爆藥에 비하여 현저하게 적다.

④ 耐水性이 우수하여 裝填後 장시간 放置해도 性能變化가 없다. 그의 水壓下의 海水中에서도 사용 가능하다.

⑤ 니트로그리세링(N/C)을 함유하지 않는 코 로 製造·貯藏·運搬期間中 有毒가스의 발생이 없으므로 頭痛의 症狀이 일어나지 않는다.

⑥ 威力은 ANFO보다 훨씬 크고 다이 나마이트 와 비등하다. 그러나 藥包가 紙筒이 아닌 포리에 치렌을 사용하므로 표면이 매끈하여 다이 나마이트에 비해 藥包徑과 孔徑사이가 적어서 裸藥 slurry (bulk slurry)는 물론 小藥徑藥包까지도 Channel effect가 일어나지 않아 發破效果에 아주 유리하다.

⑦ 現場混合(on-site mixing) 및 裝填器를 사용하며는 裝填時間이 빠르고 穿孔의 底部, 中央部, 上部 등 1孔에서는 스퀴어의 配合比를 임의로 裝填可能하므로 經濟的이며 또한 岩質에 적합한 slurry를 사용할 수 있다.

⑧ 發破時의 煙量과 濃度가 다이 나마이트에 비하여 적다. 이것은 특히 2次發破時 유리하다.

⑨ 長孔 또는 上向孔에도 펌프 裝填으로 용이하다.

⑩ 炭鑛用檢定品도 開發 普及되고 있다.

### 4. slurry 發破原價

價格面에서 ANFO가 다이 나마이트에 비하여 싸다는 것은 말할 것도 없다. 그리고 slurry는 ANFO보다 비싸고 다이 나마이트 보다 싸다. 그러나 發破原價는 發破費(火藥費)와 勞務費(穿孔費 + 裝填費 + 運搬費)의 總計이므로 Ireco Chemicals 발표에 의하면 slurry는 ANFO에 비해서 穿孔費가 25% 절약된다는 것이다. 그리고 現場混合을 하게되면 從來法에 비해서 能率이 10배 증가되며 岩知破碎가 적어지므로 積較費가 75% 감소된다는 것이다.

따라서 가격은 그 性能과의 平衡(balance)面에서 고려되어야 될 것이다.

① 發破公害가 없는 작업이어야 한다.

② 穿孔機器의 生産能力을 풀로 활용할 수 있어야 한다.

③ 發破後岩石의 堆積이 積載機에 대해서 理想的인 것

④ 浮石(overhang), 根孔(아나지리, Toe)이 없는 맥긴한 面床이어야 한다.

⑤ 2次 小割破碎를 최소로 하여 粉碎機의 能力이 과중하지 않는 岩石의 크기여야 한다.

發破費는 勞務費와 積較費를 총합적으로 검토해야 될 것으로 본다. 다이 나마이트는 이제 slurry로 대체되고 있으며 ANFO는 確安과 油劑丹의 混合物로서 改良의 餘地가 없는데 비해 슬러리는 技術的으로 가격면에서 금후 개량 가능성은 지니고 있는 것만은 사실이다.

美國 爆藥價對比

	價格 (\$/kg)	比 重	藥 速 (m/sec)	energy (cal/g)	壓力 (k bar)
60% 제라친爆藥	0.44-0.51	—	4,700	990	100
ANFO	0.11-0.13	0.8	4,120	890	48
TNT-slurry	0.27-0.42	1.5	5,650	1,500	85-100

(資料: A.S.Mackenzie: Mining congressl. 52.5 May (1966))

스웨덴 發破費比較

上 部 column	底 部 bottom	比裝填量 註② (kg/m³)	岩 石 m³當 cost (US\$)		
			裝填, 發破로 포함 火藥費	穿 孔 費	計
reolit 10	reolit 10 註①	0.830	0.25	0.06	0.31
ANFO	ANFO	1.160	0.2	0.17	0.37

(資料: 露天掘發破 slurry 爆藥木材 p.26 1975)

① nitro nobol co 製品으로서 現場 混合用으로서 孔径 100 mm 以上 사용, 비중 1.5~1.0 R.W.S 80~25 爆速 4,500~4,000 m/sec

② 岩石 1m³ 當에 상당하는 ANFO 破碎效率로서 裝藥量을 破壞岩石容積에 除한 것.

5. 各國의 火藥需要現況

① 1972 年度 需要量 (單位: T/y)

國 名	美 國	카 나 다	日 本	西 獨	英 國	노르웨이	스웨덴
總 量	1,200,000	250,000	70,000	70,000	50,000	35,000	30,000

② 爆藥需要明細

	美 國		카 나 다		英 國		日 本		韓 國 (1976年)	
	數 量 T	比 率 %	數 量 T	比 率 %	數 量 T	比 率 %	數 量 T	比 率 %	數 量 T	比 率 %
dynamite	121,000	10.0	45,000	18.0	22,500	45.0	30,800	44.0	11,119	72.1
slurry	221,000	18.4	68,000	28.0	5,000	10.0	—	0.4	무	무
ANFO	838,000	70.0	130,000	53.0	22,500	45.0	31,500	45.0	4,302	27.9
粉 狀 爆 劑	20,000	1.6	2,000	1.0	不 明	—	7,700	11.0	—	—
計	1,200,000	100.0	245,000	100.0	50,000	100.0	70,000	100.0	15,421	100.0

資料: 72年 UN年鑑

③ 카나다需要豫測

年	總 量 (T)	dynamite (T)	NCN系 爆劑 (T)	ANFO (T)	slurry		
					大 孔 徑 (T)	小 孔 徑 (T)	計 (T)
56	68,000	59,000 (87%)	9,000 (13%)				
73	245,000	44,000 (18%)	2,500 (1%)	129,800 (53%)	66,000	2,500	68,500 (28%)
78	360,000	18,000 (5%)	3,600 (1%)	226,800 (63%)	64,800	46,800	111,600 (31%)

資料: 카나다鑛務局

④ 日本 1980 年 需要 豫測

爆 藥	ANFO (%)	slurry (%)	dynamite (%)
比 率	50~60	30~40	10~20

資料：日本化薬一住友商事發表

6. 各國의 slurry 製品現況

製 造 maker	製 品
● 美 國 Ireco(Dr. Cook 創立) Inter mountain Research 4 Engineering Co.)	Iremite : 小藥徑 capsensitive 40, 60, 80 Iregel : 裸藥, 包裝 Iretol : 高比重으로 油井用, 水中 및 軍用火藥 Iremex-F : 底部裝填用 Irenal : 上部裝填用裸藥 袋入
du Pont	小中藥徑 capsensitive 包裝用 (22 mm - 82.5 mm φ) Tovex : 500, 550, 600 水分 7% 큰 威力 Tovex A-2, A-4, A-6 : 比重 1.4~1.6 Tovex : 30, 35, 40 Pouervex : 5" × 30 Lbs, 8" × 60Lbs 耐寒性 其他 Tovex Extra, Pourvex Extra, Tovan Extra
CIL (Canadian Industries Ltd)	powermex : 小藥徑 capsensitive 包裝 小割發破用 Powergel : 6 號雷管起爆 Hydromex : Capinsensitive 硬岩用 Nitrex : 201, 304, 407, 510, 613, 716, 819 Hydroflo : -5, -10, -15 Primacord DF 不起爆
Hercules Incorp	Gel Power A : 小口徑 Capsensitive 包裝 Flogel : 火藥入 Capinsensitive 包裝 HP : 金屬入 包裝
Indian Explosive Ltd)	Powerflo -1, -2, -3, φ 100, 125, 150, 175, 200 mm 包裝
ICI-USA (Atlas Power Co)	Emulsion, 注入, Gel 型 坑外用으로 檢定不要 但 Gel 型中 Permissible, Godyn 坑內容은檢 定品
Gulf Explosives Co.	Detagel : 7/8" 藥徑以上 Capsensitive 包裝 耐水性 168 H ↑
● 日 本 日 本 化 藥 (Ireco 技術導入)	アイレマイト : Capsensitive 小藥徑 アイレゲル : 耐水性 後外之無 4, 400~5, 000 m/sec
旭 化 成 (dupont 技術導入)	Sunvex : 耐水性 24 H 4, 500~5, 500 m/sec 100, 100 B, 200 型 100 A 300 400, p. 500, 500 W (水中用)
日 本 油 脂 (Ireco 技術導入)	チタゲル : A 型 Capsensitive 及 B 型 Capinsensitive

製 造 Maker	製 品
日 本 カ ー リ ッ ト (Ireco 技術導入)	アイレマイト : Capsensitive 耐水性後々△無
中 國 化 薬 (Ireco 技術導入)	アイレマイト : Capsensitive
日 本 工 機 (Heycules 技術導入)	エナーゲルM : A-1~A~4 A-4 (坑外用) φ 25 mm~75 mm 以上
北 洋 化 薬 (Ireco 技術導入)	
● ス웨덴 Nitro Nobel AB (NAB) Kirna 鑛山自家工場 (Ireco 技術導入)	Reolit A-E 5種 現場混合用 薬径 100 mm 以上 使用 現場混合用
● 濠 州 ICI-Austrliaa Ltd.	Hydromex : M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>4</sub> Molanal : A, D, Do
● 英 國 Nobels Explosives Co. Ireco SA (Ireco 合作)	
● 西 獨 Dynamit Nobel AG	
● 프랑스 Nobel PRB Explosifs (Ireco 技術導入)	
Nobel Bozel (du pont 技術導入)	
● 벨지움 PRB	
● 노르웨이 Dyno Industrier As	

ブースター(Booster)

- Ireco : Precore, Ireprime (小薬径用)
- CIL : Pentomex, Toe-Detonator, A-3 Powertip
- Hercules Incorp : TiTan