

スラリー爆薬の威力に関する一考察

伊藤 功一*・酒井 洋**

スラリー爆薬中の水の配合比と威力の関係を、酸素平衡が正の時と負の時について、硝安-AI系のスラリー爆薬を対象としてしらべた。静的威力として、火薬の力 f の計算値と弾動振子値、動的威力として、爆速値を用いた。

静的威力は、水の配合が増加すると漸次減少してゆくが、酸素平衡が正の時は、ほとんど水の配合比分だけ減少し、酸素平衡が負の時は、正の時より減少量が小さい。この事は AI と水の反応によるものと考えられる。

動的威力は水の配合 20~30% 附近に最高値があるが、硝安の溶解度にも関係している。

スラリー爆薬は、他の一般爆薬に比し、大抵のものは重量当りの威力は劣るが、容積当りの威力がすぐれているといえる。

1. 緒 言

スラリー爆薬は硝安、硝酸ソーダ等の酸化剤の水溶液とアルミニウム粉末、粉状又はフレーク状の TNT、それに若干の糊剤、安定剤を加えたものを基本とする流動性のある爆薬で、大口径のたて孔に流しこんで装填するのに適しており、アメリカ、カナダ等で主として鉄鉱石等の硬岩の採掘用にかんがりの量が使われている事はよく知られている通りである。最近の調査ではアメリカの1年間の爆薬使用量約 90 万 t のうち、スラリー爆薬は 8~10 万 t 位を占めている様で、オーストラリア、北欧諸国でも需要は伸び始めているという。

わが国では1959年に奥只見、御母衣ダムの原石山のベンチカットに試用されたのが¹⁾、スラリー爆薬のそもそものはじめで、その後試験的には何ヶ所かで使われたが、最近になつて、石灰石鉱山のいくつかでは、大口径発破に継続的に使用され始めてよい結果が得られ、他の鉱山でも次第に使い始めようとする気運が見うけられる。

スラリー爆薬の特徴としては高比重、高爆速、流動性のあることから、穿孔内での密装性、耐水性等があげられる。スラリー爆薬はその高比重、高爆速の性能の故に硬岩に対して有効な爆薬とされているが、又一方、高さの高いベンチカットの根切り用として、穿

孔の底部装薬用としても有用とされている。石灰石は決して硬岩でないが、その大口径ベンチカットに、使われ始めようとしているのは、この性能によるものである。今まで、ANFO 爆薬等の装薬だけではどうしてもベンチの toe の部分が残る、補助孔を穿孔したりしてこれを補つて来たが、スラリー爆薬を使うとその必要がなくなると云われている。

この様に硬岩向きであるとか、根切り用に有用であるという事から、一般にスラリー爆薬は水をまぜたために威力が強くなつている。一般の爆薬や ANFO 爆薬より強力であると考えられている事が多い。スラリー爆薬は比重が 1.2~1.4 位、孔内での爆速は約 5,000 m/秒 内外のもの故、動的威力は、たしかに大きく、ANFO 爆薬よりは、はるかに勝るものであるが、静的威力となると、配合比によつて種々のものがあるが、大抵のものは、ANFO 爆薬以下となる場合の方が多い。アルミニウムが、水と発熱反応するとは云え、水の蒸発による吸熱は相当大きな量であるから、スラリー爆薬の組成で、水を段々増加していけば、エネルギー的にはマイナスに利いてくる筈である。

スラリー爆薬の水を除いた成分の配合比を一定にしておいて、水のみを段々増加していくと、威力がどの様に変化するか、アルミニウムは酸素不足の時は、水と反応して水素を出す筈であるから²⁾、酸素過剰の時と酸素不足の時とではその様子がどの様になるか、この辺の関係を系統的にしらべて、スラリー爆薬として水の最適配合量を求めようとしたのが、本研究の主な

昭和45年11月9日受理

* 日本カーリット(株) 保土谷工場 横浜市保土谷区仏向町

** 日本脂油(株) 武豊工場 愛知県知多郡武豊町

目的である。スラリー爆薬は威力としてどれ位の實力があるかという事も明かになるであろうし、スラリー爆薬を使用しようとする方面に、何等かの参考になれば幸いである。

2. 実 験

まず種々あるスラリー爆薬の中、最も簡単な組成のものとして硝安 (AN)-アルミニウム (Al) の2成分の爆薬を考え、これに水のパーセントを変えて順次配合していつ時の威力の変化をみる事とした。威力としては、火薬の力 f の計算値と弾動振子値で静的威力を、爆速値で動的威力を表わすこととした。

A系列、B系列、C系列として AN-Al の比をそれぞれ 90/10、85/15、80/20 にしたものについて水を0から30~40%まで配合した時の威力をしらべた。この際、水を加える時一定の割合で糊剤と安定剤を加えた。硝安は工業用硝安を粉碎したもの(150メッシュ通過率80%度のもの)アルミニウム粉は鱗片状のもので200メッシュ通過が90%のものを用いた。

弾動振子値はスラリー爆薬80gを、杉ダイナマイト20gに6号雷管をつけたものと一緒にポリエチレン筒に入れ、密装場で爆発させて得た数値である。弾動振子値は、杉ダイナマイト20g分の補正、標準桜ダイナマイトによる校正を行なっている。

爆速値は長さ25cmの内径35.5mmの配管用炭素鋼管(JIS G 3452に規定する32-Aの鋼管)に試料を装填し、紫カーリット32mm50gをブースターとして、ドートリッシュ法で測定したもので、2回の平均値である。

火薬の力 f の計算法は山家の方法³⁾を用い、Alは全量 Al_2O_3 になるものとし、配合した水は蒸発し、 Al_2O_3 は溶解しているとした。又、糊剤が若干入るために酸素不足の時生じるCOは水性ガス反応を行なうとした。

3. 結果および考察

それぞれの試料の結果はTable 1に示す通りである。

Table 1 Effect of water content on strength of slurry explosive

Composition	AN/Al	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	C-1	C-2	C-3	C-4
	H ₂ O %	90/10 (O-balance; +2.85 mol/kg)					85/15 (O-balance; +1.46 mol/kg)					80/20 (O-balance; -0.56 mol/kg)			
		0	10	20	30	40	0	10	20	25	30	0	10	20	30
force of explosive l-kg/cm ² (index)		9,771 (100)	8,658 (88.6)	7,766 (79.5)	6,759 (69.1)	5,643 (57.8)	10,529 (100)	9,797 (93.0)	9,029 (86.0)	8,432 (80.0)	7,956 (75.0)	10,789 (100)	10,326 (95.7)	9,420 (87.3)	8,337 (77.3)
value of ballistic pendulum test mm (index)							88.9 (100)	85.0 (95.6)	79.8 (89.8)	73.9 (83.1)		91.6 (100)	86.6 (94.5)	81.4 (88.9)	73.6 (80.3)
velocity of detonation m/sec (density)		3,880 (1.04)	4,010 (1.45)	4,230 (1.26)	4,150 (1.25)	4,170 (1.20)	3,690 (1.00)	3,695 (1.35)	4,400 (1.32)	4,135 (1.23)	4,630 (1.24)	3,690 (0.97)	4,130 (1.32)	4,240 (1.20)	4,490 (1.17)

A系列は水の配合パーセントが増加すると、火薬の力 f は漸次減少してゆくが、丁度水の配合パーセントに等しいだけ減少している様である。

B系列も同様な傾向であるが、火薬の力 f は弾動振子値ともに、水の配合パーセントだけ減じたものよりは若干大きくなっている。

C系列も、B系列と同様、火薬の力 f は弾動振子値ともに水の配合パーセントだけ減じたものより大きくなる。

この様に AN-Al 系のスラリー爆薬では、火薬の力 f 、弾動振子値、すなわち静的な威力に関しては、酸

素バランスが小、乃至負の時の方が水の含有による威力減が小さい事がわかる。これは酸素が不足すると、Al が H₂O と反応して H₂ を生じることによると考えられる³⁾。

又、B系列とC系列を一緒にして計算値の火薬の力 f と、実験値の弾動振子値をグラフの上にプロットすると、Fig. 1 の様に、大体うまく直線上ののっている。この事から、計算値の火薬の力 f は、ほぼスラリー爆薬の静的威力に比例した値を正しく表わしていると見てよいと考えられる。

爆速値は、いずれの系も水20~30%に最高値があ

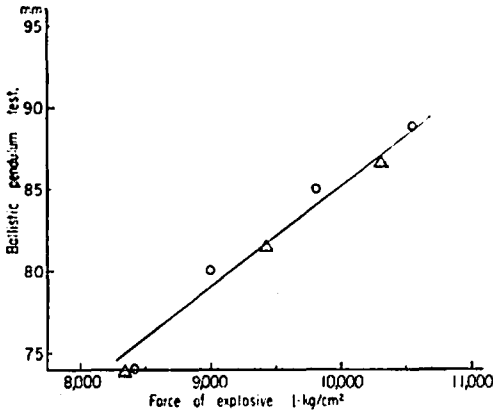


Fig. 1 Relation between force of explosive and valusof ballistic penclulam test

るが、爆速値は硝安の溶解度にも関係しており、完全に溶解した時が最も高い爆速を出す様である。硝安が57%、アルミ15%、水25%のAl入りスラリー爆薬と温度と爆速の関係をしらべると、Table 2に示す通りとなる。この組成の硝安が完全にとけると考えられる27~30°C附近に爆速の最高がある。それ以上の温度になると反対に爆速が低下したのは、含有されている気泡が膨張し、仮比重が低下したためと考えられる。

一方、温度が低下し、結晶が析出した状態では爆速が低下するが、長時間放置して結晶が大きくなると、ことに零度以下になると、この傾向は強まる様である。

Table 2 Effect of temperatene on velocity of detonation in slurry explosive

Temperature (°C)	-2	12	26	43	55
Velocity of detonation (m/sec)	4,130	4,620	4,920	4,780	4,820
Density	1.25	1.22	1.20	1.10	1.05

スラリー爆薬とすぐ対比させられるANFO爆薬の火薬の力 f は10,290 l-kg/cm²、黒カーリットのそれは11,170 l-kg/cm²である。

スラリー爆薬は元来、流動性のある高比重、高爆速を指標とする爆薬であるから、流動性、高爆速の見地からみて、水の配合は20~30%程度のものが望まれる。しかし、静的威力から見ると水は少ない方がよいわけで、総合的にみて、水の配合率は20%近くが最

適の様に考えられる。

Alの配合率により、Al入りスラリー爆薬の静的威力にも種々のランクが出来るわけであるが、一般的に云つて、スラリー爆薬は、静的威力がさほど強力なものではない。ANFO爆薬と対比してみると、その80%前後のものが多いと見てよいであろう。

ANFO爆薬等と比較するなら、スラリー爆薬は、穿孔内での容積当りの威力(bulk strength)で考えねばならない。穿孔内での装填密度は、Alスラリー爆薬で1.2近くが期待され、TNT入りスラリー爆薬では1.3~1.35位が期待され、ANFO爆薬のそれが、0.7~0.8位に較べると、容積当りの威力は、かなり大きなものになるであろう。

ひらたい言葉で云いかえると、スラリー爆薬が、ANFO爆薬より強いと俗に云われるのは、この容積当りの威力のことであつて、同じ穿孔の中に、スラリー爆薬はANFO爆薬より、余計に入るから強いのである。そして、その上に高爆速という性能が加わるから、硬岩用、或いは、ベンチ発破の根切り用に適していると云えよう。

3. まとめ

スラリー爆薬は上記の様に水の配合20%前後が適しており、爆速値は高いが、重量当りの威力(weight strength)はさほどではない。しかし、その流動性と高比重のため、穿孔内での装填比重はかなり大きく、容積当りの威力(bulk strength)が、非常にすぐれた爆薬といえよう。しかし、ANFO爆薬とくらべると、原料面からみても価格の割高な爆薬であるから、大口径化による最小抵抗線の増大と穿孔数の減少、装薬法の能率化、あるいは根切り用として、穿孔の底部にスラリー爆薬を装填して上部にはANFO爆薬を使用する方法とかの発破作業の合理化によつて、スラリー爆薬の特色たる高爆速、容積当りの高威力を生かして使用されるべきで、その様にしてはじめてメリットが得られるであろうと考えられる。

本研究に際し、実験計算を担当した大森正義、筒井央の両氏、ならびに弾動振子値測定に協力された、日本油脂(株)武豊工場研究課の諸氏に深く感謝の意を表す。また本研究の大部分は昭和43年度工業火薬協会年會に於て発表したものである。

文 献

- 1) 木村, 工火協誌, 25, 293 (1964)
- 2) 山家, 火兵学誌, 32, 512 (1939)
- 3) " , " , 33, 30 (1939)
- 4) " , 工火協誌, 10, 2 (1949)
- 5) 山崎, " , 28, 356 (1967)

A study on Strengthes of slurry explosive

by Koichi Itoh* and Hiroshi Sakai**

Effect of water content on strength of slurry explosive was studied.

Statical strength of slurry explosive was expressed in terms of force of explosive which was the value caluculated thermodynamically and the value of ballistic pendulum test. Dynamic strength was expressed in terms of velocity of detonation.

In the case of positive oxygen balance, the statical strength of slurry explosive decreased linearly with increasing water content. On the contrary, in the case of negative oxygen balance, statical strength showed a slight decrease with increasing water content. This was due to the reaction between alminuim and water.

The slurry explosive had a so large bulk strength, though it had a somewhat small weight strength, when it was compared with ANFO.

* The Japan Carlit Co., Ltd. Hodogaya Plant, Bukko-choy Hodogaya-ku Yokohama.

** Nippon Oils and Fats Co., Ltd. Taketoyo Factory, Taketoyo-choy Chita-gun Aichi-ken.

ニ ュ ー ス

インドに新火薬会社設立

インドは国内需要のために年間 15,000 トンの火薬工場を建設しようとしている。Engineers India Ltd は計画された設備に対し可能性について報告を求められた。どの地区に作るかは未定である。インド政府はまた国内生産の現在の欠陥をなくすために輸入により 5,000 トンの貯蔵所を建設中である。

(European Chem News (9th Out '70 p.6))

木村 真

イタリー Trabia 操業開始

Ente Mineravis Siciliano (EMS)——シシリア鉱山化学会社——とフランスの SA Explosifs et de Produits Chimiques (SAEPC) と合併会社で作った Trabia という名の新会社は Cattanissetta 州で火薬工場設立を初める。200 人の従業員を有するこの工場に対する資本投下支出は 25 億リラ (15 億円) である。1971 年中に操業の計画である。

(Chemische Industrie 70年10月号 p.698)

木村 真

du Pont ダイナマイト工場閉鎖

du Pont 火薬事業部 R. Hedreen によれば Watson (Ala) 近郊の Birmingham 工場および Denver 近郊の Louviers 工場のダイナマイト生産を停止するであろうとのことである。

(Chemical Week 71年1月20日号)

木村 真

Canadian Industries が Jarvis Clark を合併

Canadian Industries は Ontario 州 North Bay にある Jarvis Clark Co を合併した。この動きは合併に向つて新しい傾向を示すものである。ニトログリセリンを基剤とする製品の集中工場から現地で硝安油剤爆薬やスラリー爆薬を作るといふ火薬工業の切りかえは鉱山や他の火薬を使用する工業の販売やサービスの方向に重点がおかれている。

(Chemistry in Canada 70年10月号 p.8)

木村 真