

瞬間 X 線写真法によるスラリー爆薬包の爆ごう観察

田中雅夫*, 松本 栄*, 吉田 正*

スラリー爆薬包の端面状況の相違による殉爆挙動, 中間起爆における温度の影響による爆ごう性について瞬間線写真法により観察し, 起爆雷管の周辺における爆速を測定した。

その結果は (1) 平面端励爆包は球面端のものよりも受爆包に強い起爆効果を与える。(2) 紙筒中の殉爆実験で励爆包の端面 (平面端, 球面端) の相違は紙筒の変形にも著しい相違を示す。(3) 低温時の比較的鈍感なスラリー爆薬包での中間起爆の観察では常温時よりも著しく爆ごう性を減じ, 時には雷管上部の拡大が上部方向への伝爆を妨げることがある。(4) 起爆雷管周辺 (約 50mm 以内) では定常爆速に到らない。

1. 緒言

数年前米国の火薬会社からスラリー爆薬の製造技術が導入され, 日本の各火薬会社は種々研究を続けている。

米国におけるスラリー爆薬の発展は主として大孔径 (6"~10"φ) 発破用の non cap sensitive slurry explosives である。

これに対して, 日本で製造しようとするスラリー爆薬は小孔径 (25~40φ) 発破用爆薬¹⁾で, cap sensitive slurry explosives であり, これをソーセージ型薬包として孔内に装てんして使用するものである。

この点, アメリカ, 日本の両国間の使用方式に大きな相違があり, 研究の重点も当然これを考慮して行なう必要がある。

従って, ここに取上げた研究の問題点はソーセージ状の小径薬包に対する殉爆性と低温時の爆ごう性である。

2. 研究項目

以上の観点から本報告は次の項目について瞬間 X 線写真法²⁾を用いて, その爆ごう状況を観察した。

- 1) 薬包端の形状 (球面端, 平面端) による殉爆試験の受爆包の爆ごう挙動。
- 2) 紙筒 (内径 35mmφ, 厚さ 5mm) 中の殉爆状況と紙筒の変形。
- 3) 薬包中央部における六号電気雷管起爆による爆薬の爆ごう状況。
- 4) 前記中間起爆による薬包内の爆ごう波の進展に

についての考察。

3. 試験装置, その他実験条件

3.1 X 線発生装置³⁾は FEXITRON (Series 730, Pulse width 100ns, 2 Channels) でこれは, Hewlett Packard 社 (Field Emission 社引継) 製である。

3.2 鋭感スクリーンは Dupont 製 CRONEX, 使用フィルムは Kodak 製 RP Royal X-Omat (RP/R54) である。

3.3 実験配置としては, 一般に X 線管—フィルム間は約 3m, 爆薬フィルム間は約 50cm にする。試験体 (爆薬) は防禦板 (厚さ 3mm の Al 板, および約 4mm ベニア板を隔ててフィルムカセットの前約 50cm の所に垂直に吊るす。

なお, 試験薬包の作製については各実験項目の中で述べる。

4. (実験 1) 薬包端の形状 (球面端, 平面端) による殉爆試験の受爆包の爆ごう挙動

薬包形スラリー爆薬はその製造方式からソーセージ状であり, その両端はクリップ締めで球面端をなしている。著者等は従来の平面端薬包とことなる球面端について伝爆性を考究するために殉爆試験の条件のもとで受爆薬包の起爆状況について瞬間 X 線写真法を用いて観察した。

4.1 実験経過

励爆包と受爆包の端面形状による組合せ (TYPE, I~IV) を Table 1 に示す。

また Table 1 に示す状況を略図で Fig.1-A に示す。なお 2 チャンネルの X 線発生装置であるから, X

昭和52年11月30日受理

*公害資源研究所研間分室 〒115 東京都北区研間町4-26

(A) AIR GAP TEST ARRANGEMENT IN COMBINATION WITH TWO TYPE ENDS (B) AIR GAP TEST IN PAPER TUBE

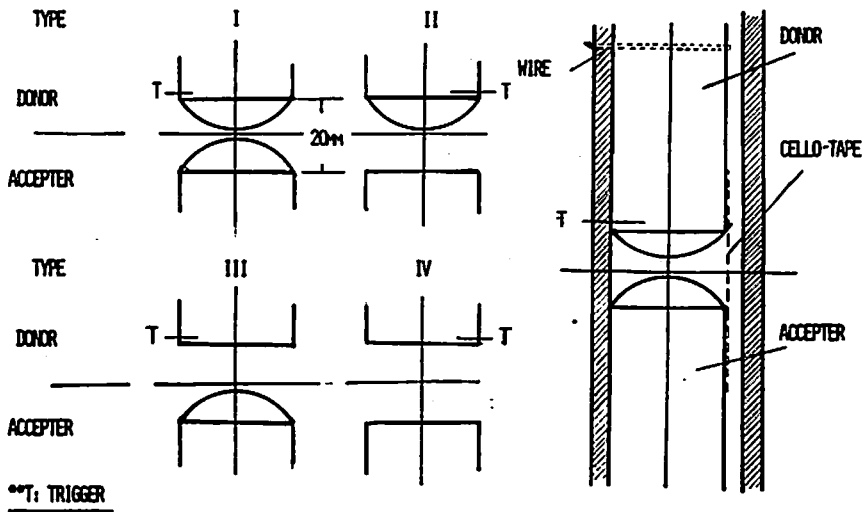


Fig. 1 SKETCH OF TFSTING ARRANGEMENT

Table 1 Type of combination of cart.'s ends

Type Cart.	I	II	III	IV
Donor	Spherical	Spherical	Flat	Flat
Acceptor	Spherical	Flat	Spherical	Flat

線発生の同期用トリガーは Fig.1(A) のように励爆薬包の底部（平面端では平面底部に、球面端では球面部径が 30mmφ となった部分）におき、遅れ時間はそれぞれ 11, 20 μ s とした。

試験薬包は球面端薬包と平面端薬包を用いるが、球面端薬包は市販品の薬包端をそのまま使用した。平面端薬包は市販薬包を軸に垂直に切断し、その端面をビニールフィルムで包んだ。

また、殉爆試験のために、Fig.1-(A) のようにある Type の組合せで一定の間隔 20mm に両薬包を保つため、両薬包の側面をセロテープで保持して、垂直に吊るした。

4.2 実験結果

Table 1 に示す組合せにより、遅れ時間 20 μ s における X 線写真のみを Fig. 2 に示す。

これらを比較検討すると次のごとくである：

- (1) トリガー遅れ時間 11, 20 μ s の受爆包の爆発状態をそれぞれのタイプについて比較するとき、両者の時間差による爆発進展状態の間には著しい現象の変化はみられず、順調な爆発進展を示している。
- (2) 励爆包が球面端 (Type I, II) と平面端 (Type III, IV) の時の受爆包の爆発ガスの進展を見ると、前

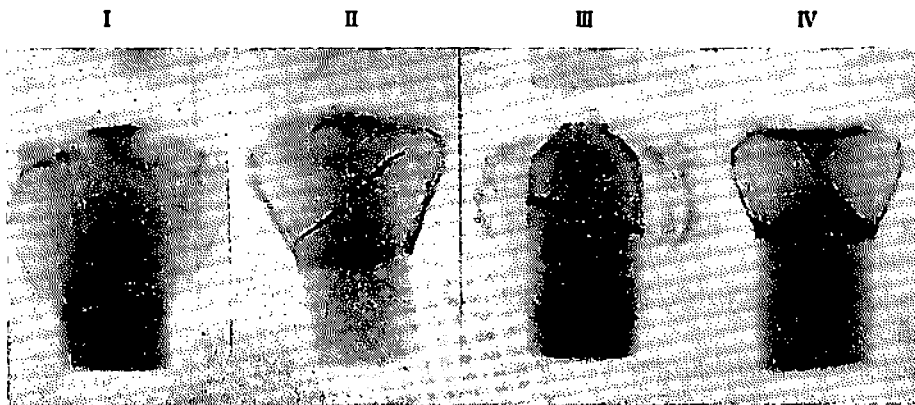


Fig. 2 DETONATION OF ACCEPTER

者の場合 (Type I, II) の受爆包の爆発ガスは励爆包側に進展を示すに対して、平面端励爆包 (Type III, IV) の時の受爆包の爆発ガスの進展は励爆包側への進展が著しく少ない。これは平面端励爆包の爆発力が著しく受爆包に影響を与えているに対して、前者の場合はこれが少ない。

(3) これは平面端励爆包は強く受爆包の起爆に影響を与え、励爆性を向上していることを示す。

(4) 球面端のクリップは励爆包、受爆包が爆発した時 Fig.2-I のように軸方向には余り移動はしない。

5. (実験 2) 紙筒 (内径 35mmφ, 厚さ 5mm)

中の殉爆状況と紙筒の変形

前節では開放状態の懸吊殉爆に対して、この実験は紙筒内での殉爆状態を観察した。

5.1 実験経過

試験薬包の作成方法は殆んど同じであるが、紙筒内への設定には Fig.1-B の紙筒側面に錐で孔をあけ、細い銅線を用いて紙筒内面に励爆包を固定して縦に懸吊する。

この時の同期トリガーは図のように励爆包の底部 (平面端では平面底面、球面端の時は直径 30mmφ となった部位) に取付けた。遅れ時間をそれぞれ 13, 21μs とした。それらの X 線写真は (Fig.3, Fig.4) は Type I, IV について行なったものである。

5.2 実験結果

これらの写真から次のことが認められる：

(1) 励爆包の爆発による紙筒の変形については、球面端励爆包と平面端励爆包の爆発によって、特に励爆包と受爆包との間隙部の紙筒の変形に著しい差がある。

(2) 球面端励爆包の爆発では Fig.3 のように間隙部の紙筒の変形も球面端状に変形するが、平面端励爆包の爆発の時は Fig.4 のように間隙部の紙筒側面は変形は殆んど起らない。

(3) 紙筒中の受爆包の紙筒に対する変形を Fig.3 と 4 で比較すると、球面端受爆包の時は上部球面部の紙筒壁の変形は見られず、球面端が径 30mmφ となる肩の部分から変形する。平面端受爆包の時はその平面端部から紙筒側面の変形が見られる。この時の間隙部の紙筒壁の変形は 21μs の時でも非常に少ない。

(4) Fig.4 の紙筒中での Type IV のように励爆包、受爆包何れも平面端であれば、間隙部 20mm が更に接近すれば伝爆効果を向上すると思われる。

6. (実験 3) 薬包中央部における六号電気雷管起爆による爆薬の爆ごう状況

スラリー爆薬は本来 non-cap sensitive のものであって、その後 cap sensitive slurry が登場した。

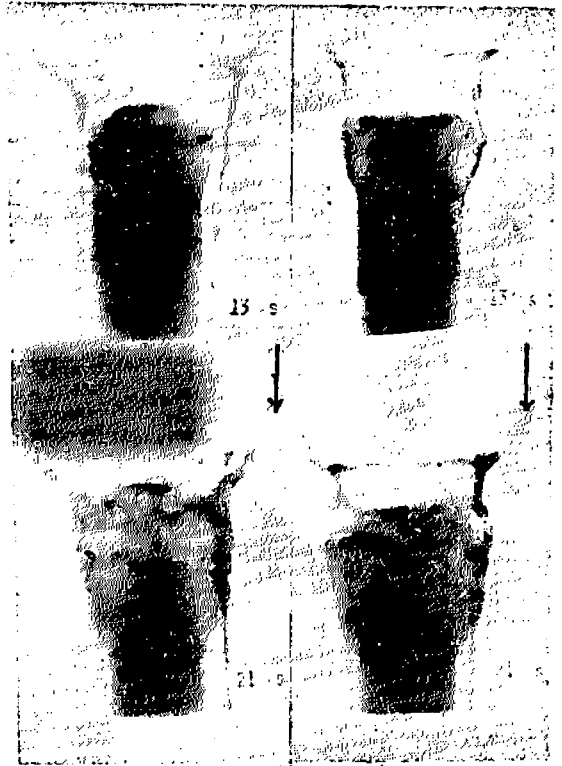


Fig. 3 Air Gap Test in Type I

Fig. 4 Air Gap Test in Type IV

またスラリー爆薬は文献にも、また現場実験からも低温薬包は鈍感になることが認められている。

その温度、感度に関連して爆薬包の初期爆ごう状態を X 線写真により観察した。

6.1 実験経過

試験薬包作成は Fig.5 に示すように、薬包中央部において軸に垂直に切断し、図のように電気雷管を切断面から左側の薬包内に挿入し、また切断面に同期トリガーを設定して、再び両薬包を接続し側面をセロテープにて巻く。これをフィルム枠前に懸吊する。

使用爆薬は比較的感度の良いスラリー爆薬 (explosives No.1, relatively sensitive slurry explosives) と比較的感度の悪いスラリー爆薬 (explosive No.2, relatively low sensitive slurry explosives) の二種類である。

試験薬包の素温はソーセージ薬包を恒温水槽に入れてそれぞれ 0~2°C, また 20~22°C に調整した。

Fig.6, Fig.7 はそれら爆薬の各試験温度における爆ごう状況を示す X 線写真である。

6.2 実験結果

これらの X 線写真から次のことが認められる：

(1) 鋭感なスラリー爆薬を起爆する六号雷管の管体

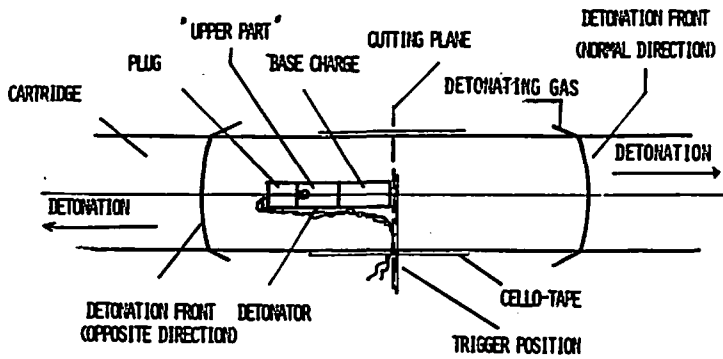


Fig. 5 Preparation of cartridge in the middle initiation

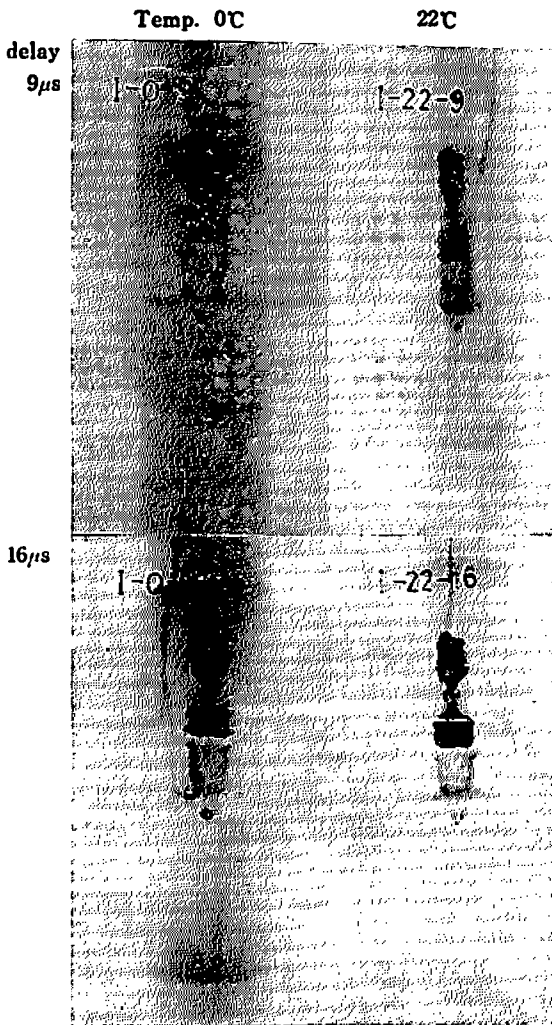


Fig. 6 Detonation in Relatively High Sensitive Slurry Explosives

の変形状況を Fig.6 に見ると、低温 0°C の 1st stage (9 μs) においては雷管管体の上部が僅かに膨れて

いるが、他の写真では何れも圧縮されている。これは雷管添装薬爆発後に雷管管体は膨張するが外周爆薬が強く起爆されると、この雷管体も内部に強圧されることを示す。

(2) 比較的鈍感なスラリー爆薬の爆ごう写真 (Fig.7) では、薬温 2°C, 22°C の何れの場合にも、また遅れ時間 9 μs でも 22 μs でも六号電気雷管の上部管体の膨張がみられる。これはこのスラリー爆薬の起爆のおくれ、低速爆ごうのために雷管管体の膨張が認められるものとする。

(3) この雷管体上部の膨張はとくに小薬包莖の場合には雷管塞栓部側への爆薬の伝爆妨害の原因となるおそれがある。

7. 中間起爆の雷管近傍における爆ごう波の進展

前節の中間起爆で、各種薬温において起爆してその爆ごう波の進展を 2チャンネル X 線発生装置を用いてとらえて測定、図上にとると Fig.8のごとくである。

すなわち、Fig.8 の上部グループは鋭感な Explosives No. I の測定値であり、下部グループは比較的鈍感な Explosives No. II の爆ごう波の測定値である。

また実線は雷管起爆の正常方向への進展であり、破線はその反対方向 (塞栓側) への爆ごう波の進展を示す。縦軸は爆ごう波の進展を、横軸は 2チャンネルの遅れ時間の間隔を示す。また N, N' はそれぞれ試験時の薬温と正常伝爆方向と反対伝爆方向 (塞栓側) を示す。

図中 I-S, II-S はそれぞれ Explosives No. 1, Explosives No. II の定常爆速を示す。これは常温 (Ca 20°C) において別に測定した値である。

結論として次のことが認められる：

Radiographic Observation of Detonation of Slurry Explosives.

by M. Tanaka, and S. Matsumoto, T. Yoshida

In Japan, the modern techniques on slurry explosives has been introduced from American explosives manufacturers.

Japanese explosives makers are going to produce mainly the cap sensitive slurry explosives of cartridge type in small diameter (25-40mm).

For the cartridge type slurry explosives, we observed the following items by the radiographic method.

1) Detonation of the acceptor in the air gap test in combination of two type ends (spherical and flat).

2) Detonation of slurry explosive cartridge (30mm in diameter) initiated by No. 6 electric detonator at the middle of the cartridge.

The authors could find the following facts from these photographs:

1) The donor with the flat end shows stronger effect on the initiation of the acceptor than that with the spherical end, as shown in Fig. 2.

Accordingly, it impedes the the backward development of gaseuos products of detonating acceptor, as shown in Type I IV of Fig. 2.

2) In the air gap test in paper tube, there is a remarkable difference in paper tube deformation during the process between Type I (spherical end gap) and Type IV (flat end gap), as shown in Fig. 3 and Fig. 4.

3) Generally, the detonability of the cap sensitive slurry explosives decrease with lowering of the cartridge temperature, as can be seen in Fig. 6 and Fig. 7.

When the initiation of the cartridge is delayed as the result of the low cartridge temperature, the upper part of the detonated cap at the middle of the cartridge expands in the cartridge, as shown in Fig. 7.

This may obstructs the propagation of detonation to the cap-top direction.

(National Research Institute for Pollution and Resources :

Ukima 4-26, Kita-ku, Tokyo)