

YNK 弾動臼砲の性能(Ⅱ)

—YNK弾動臼砲を用いた点爆による可変試料量試験—

田中則章*, 村永浩太郎**, 和田有司***,
矢橋英郎***, 田村昌三***, 吉田忠雄***

自己反応性物質の危険反応の一つである爆燃の持続性を評価するために砲孔が長く、構造を単純化し、砲孔内圧力の測定装置を備えたYNK弾動臼砲を試作した。そして2種類の黒色火薬および過酸化ベンゾイル(BPO)をモデル物質として、これらの物質の雷管起爆による爆燃現象を臼砲の振れ幅および砲孔内圧力を測定することにより調べた。黒色小粒薬とBPOは試料量と振れ幅との間に良い直線関係が認められたが、黒色粉状薬は試料量の増加と共に振れ幅の増加が減少した。起爆方式は逆起爆の方が、正起爆より振れ幅、最高圧力ともに大きく、試料量との相関性も良かった。又振れ幅の方が、最高圧力よりも試料量との相関性が良く、可変試料量試験としては、逆起爆で振れ幅を尺度として用いるのが適当であることがわかった。

1. はじめに

自己反応性物質の典型的な危険反応として、爆ごう、爆燃および熱爆発が知られている。安全上の見地からはこれらの危険な反応が起こる可能性があるかどうか重要である。自己持続性の爆ごうが起こるか否かはBAM50/60鉄管起爆試験で調べることができる¹⁾²⁾³⁾。しかし、爆ごうはしないが爆燃を持続する物質は50/60鉄管試験では評価できない⁴⁾。そこで爆燃の持続性を評価するために、YNK弾動臼砲を試作した。そして先に、2種類の黒色火薬および100%過酸化ベンゾイル(BPO)をモデル物質として、これらの物質の点火玉点火による爆燃を臼砲の振れ幅および砲孔内圧力を測定することにより調べた⁵⁾。ここでは、上記物質をYNK弾動臼砲内で雷管によって起爆して爆発挙動を調べたので報告する。

2. 実験

2.1 試料

黒色小粒薬及び黒色粉状薬は日本化薬製のもの、100% BPOは和光純薬工業製の試薬(BPO 97%以

上)を用いた。黒色小粒薬は KNO_3 74~80%, C 8~12%, S10~16%, 黒色粉状薬は KNO_3 60~70%, C 15~25%, S10~20%であり、幅10mm、深さ5mm、長さ1mの溝に入れた開放時の燃焼速度はそれぞれ100~120cm/s、6~7cm/sであった。試料容器としては厚さ0.5mmのボール紙製円筒を用い図1のような試料集合体として用いた。電気雷管は日本化薬製のものを用いた。有機過酸化物測定時は雷管を内径7mmのポリエチレン管に入れ、直接雷管が有機過酸化物に接触しないように配慮した。

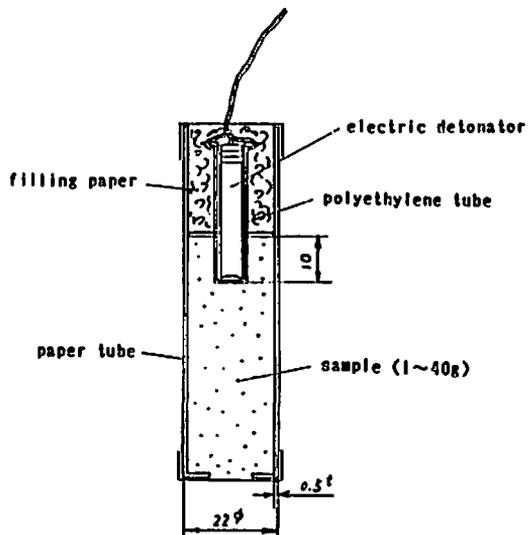


Fig. 1 Cross section of sample assembly

平成元年 8月25日受理

*住友化学工業㈱プロセス研究所
〒792 愛媛県新居浜市惣開町 5-1
TEL 0897-37-2809

**日本カートリット㈱危険性評価試験所
〒240 神奈川県横浜市保土ヶ谷区仏向町 1625
TEL 045-331-3042

***東京大学工学部反応化学科
〒113 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL 03-812-2111

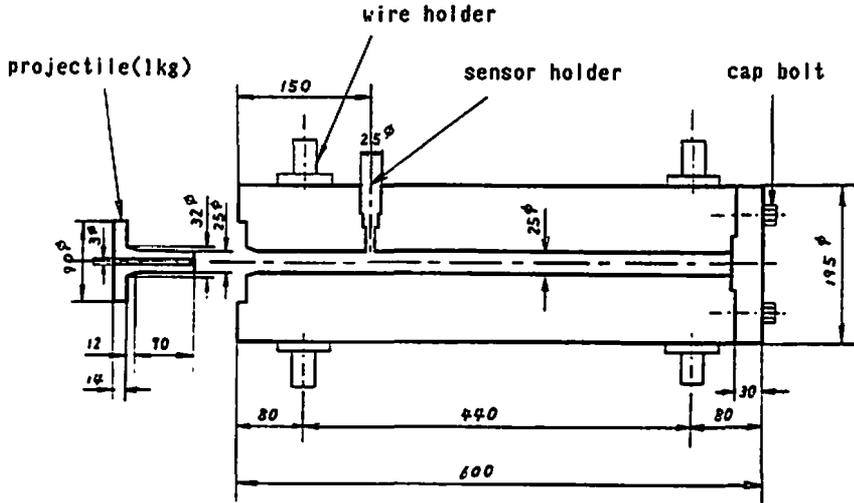


Fig. 2 Skelton of the YNK ballistic mortar

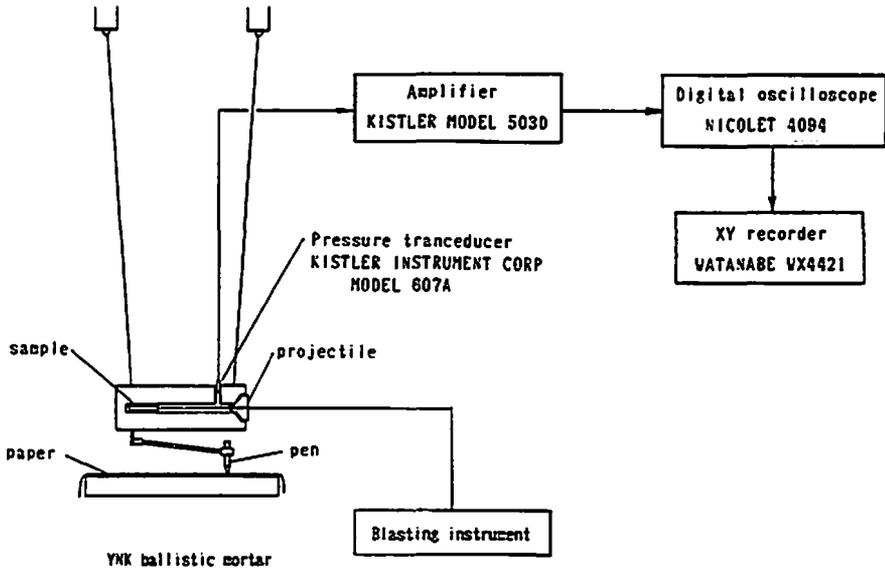


Fig. 3 Outline of assembly for the YNK ballistic mortar test

2.2 装置および測定系

実験に用いた YNK 弾動臼砲および測定系は先の点
火玉点火で報告したもの⁹⁾と同じである。YNK 弾動
臼砲の構造及び測定系を図 2 及び図 3 に示す。測定系
は二つからなっており、一つは臼砲の振れ幅、もう一
つは砲孔内圧力の変化を測定するためのものである。

2.3 実験手順

- (1) 弾動臼砲の孔に図 1 の試料集合体を挿入し、投
射物を取り付ける。
- (2) 臼砲の下部に記録用のペンを取り付け、静置位
置に印につける。
- (3) 圧力測定系の準備をする。

- (4) 雷管の脚線を結線し、導通を確認して起爆する。
- (5) 臼砲の最大振れ幅を記録する。
- (6) 圧力波形を記録し最大圧力を求める。
- (7) 投射物および砲孔内の汚れを掃除し次の実験に
備える。投射物が砲孔入口に入らなくなる場合は、
ヤスリがけを行う。
- (8) 試料皿、試料の種類、投射物の質量、起爆方向
(正起爆、逆起爆)を変えて測定を行う。ここで正
起爆とは、雷管部が投射物側に位置するように試
料集合体をセットし、爆燃が臼砲の孔の奥へ向か
って伝播するように起爆することを意味する。

3. 結果と考察

Table 1 Results of YNK ballistic mortar test

No.	sample name	sample size	detonator	initiation	projectile	swing length	maximum pressure
1	blank	0 g	No. 6	forward	1.0kg	17mm	103.6kg/cdG
2	G. P (grain)	5 g	No. 6	forward	1.0kg	76mm	203.3kg/cdG
3	G. P (grain)	10 g	No. 6	forward	1.0kg	112mm	288.1kg/cdG
4	G. P (grain)	15 g	No. 6	forward	1.0kg	118mm	340.0kg/cdG
5	G. P (grain)	20 g	No. 6	forward	1.0kg	155mm	322.0kg/cdG
6	G. P (grain)	25 g	No. 6	forward	1.0kg	203mm	435.2kg/cdG
7	blank	0 g	No. 6	backward	1.0kg	15mm	101.1kg/cdG
8	G. P (grain)	5 g	No. 6	backward	1.0kg	74mm	256.0kg/cdG
9	G. P (grain)	10 g	No. 6	backward	1.0kg	118mm	404.2kg/cdG
10	G. P (grain)	15 g	No. 6	backward	1.0kg	152mm	308.3kg/cdG
11	G. P (grain)	20 g	No. 6	backward	1.0kg	181mm	435.3kg/cdG
12	G. P (grain)	25 g	No. 6	backward	1.0kg	226mm	540.7kg/cdG
1	blank	0 g	No. 6	forward	1.0kg	17mm	103.6kg/cdG
13	G. P (mealed)	2 g	No. 6	forward	1.0kg	37mm	-
14	G. P (mealed)	4 g	No. 6	forward	1.0kg	58mm	-
15	G. P (mealed)	5 g	No. 6	forward	1.0kg	57mm	207.2kg/cdG
16	G. P (mealed)	5 g	No. 6	forward	1.0kg	59mm	203.9kg/cdG
17	G. P (mealed)	8 g	No. 6	forward	1.0kg	57mm	-
18	G. P (mealed)	10 g	No. 6	forward	1.0kg	74mm	-
19	G. P (mealed)	15 g	No. 6	forward	1.0kg	104mm	-
20	G. P (mealed)	20 g	No. 6	forward	1.0kg	86mm	215.6kg/cdG
21	G. P (mealed)	25 g	No. 6	forward	1.0kg	109mm	213.4kg/cdG
22	blank	0 g	No. 6	forward	1.5kg	24mm	117.3kg/cdG
23	G. P (mealed)	5 g	No. 6	forward	1.5kg	79mm	203.9kg/cdG
7	blank	0 g	No. 6	backward	1.0kg	15mm	101.1kg/cdG
24	G. P (mealed)	5 g	No. 6	backward	1.0kg	65mm	218.1kg/cdG
25	G. P (mealed)	10 g	No. 6	backward	1.0kg	103mm	265.4kg/cdG
26	G. P (mealed)	15 g	No. 6	backward	1.0kg	119mm	223.9kg/cdG
27	G. P (mealed)	20 g	No. 6	backward	1.0kg	136mm	303.6kg/cdG
28	G. P (mealed)	25 g	No. 6	backward	1.0kg	150mm	241.2kg/cdG
29	blank	0 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	17mm	103.6kg/cdG
30	100% BPO	2 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	24mm	205.0kg/cdG
31	100% BPO	4 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	37mm	149.8kg/cdG
32	100% BPO	5 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	44mm	154.2kg/cdG
33	100% BPO	6 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	42mm	138.0kg/cdG
34	100% BPO	8 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	50mm	128.7kg/cdG
35	100% BPO	10 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	58mm	166.0kg/cdG
36	100% BPO	10 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	59mm	188.1kg/cdG
37	100% BPO	15 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	79mm	180.1kg/cdG
38	100% BPO	20 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	109mm	294.1kg/cdG
39	100% BPO	30 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	161mm	485.2kg/cdG
40	100% BPO	40 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	174mm	276.6kg/cdG
41	100% BPO	40 g	No. 6 with cap	forward	1.0kg	181mm	306.7kg/cdG
42	blank	0 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	14mm	104.8kg/cdG
43	100% BPO	2 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	24mm	205.0kg/cdG
44	100% BPO	4 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	37mm	149.8kg/cdG
45	100% BPO	5 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	37mm	195.3kg/cdG
46	100% BPO	6 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	42mm	138.0kg/cdG
47	100% BPO	8 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	50mm	128.7kg/cdG
48	100% BPO	10 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	61mm	175.9kg/cdG
49	100% BPO	20 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	98mm	214.1kg/cdG
50	100% BPO	30 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	142mm	309.6kg/cdG
51	100% BPO	40 g	No. 6 with cap	backward	1.0kg	185mm	498.5kg/cdG
22	blank	0 g	No. 6	forward	1.5kg	24mm	117.3kg/cdG
52	100% BPO	5 g	No. 6 with cap	forward	1.5kg	49mm	124.8kg/cdG
53	100% BPO	10 g	No. 6 with cap	forward	1.5kg	70mm	135.8kg/cdG
54	100% BPO	15 g	No. 6 with cap	forward	1.5kg	89mm	189.1kg/cdG
55	100% BPO	20 g	No. 6 with cap	forward	1.5kg	108mm	231.7kg/cdG
56	100% BPO	40 g	No. 6 with cap	forward	1.5kg	186mm	439.1kg/cdG
57	100% BPO	10 g	No. 6 with cap	forward	0kg	34mm	102.8kg/cdG

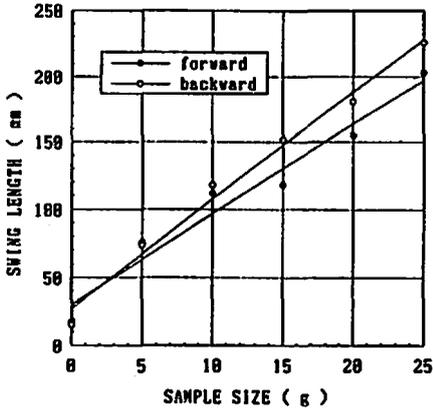


Fig. 4 Plot of swing vs. sample size of grain gun powder in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and a 1kg projectile

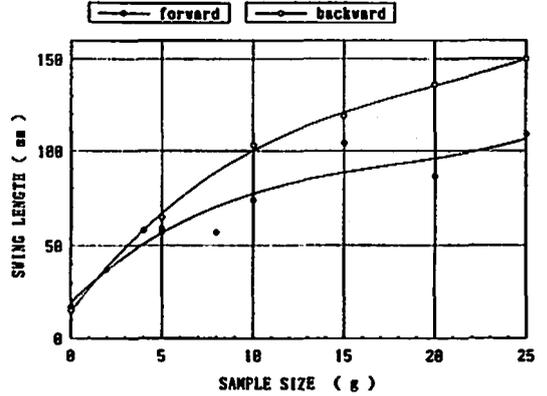


Fig. 6 Plot of swing vs. sample size of BPO in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and a 1kg projectile.

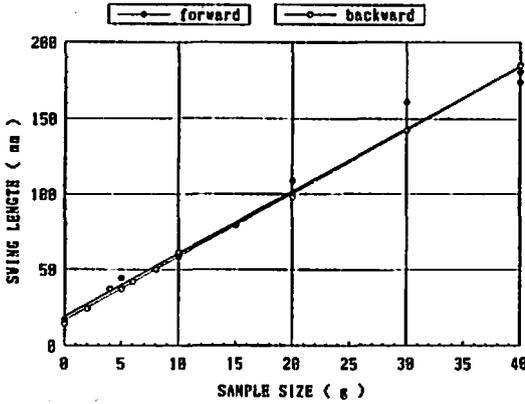


Fig. 5 Plot of swing vs. sample size of mealed gun powder in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and a 1kg projectile

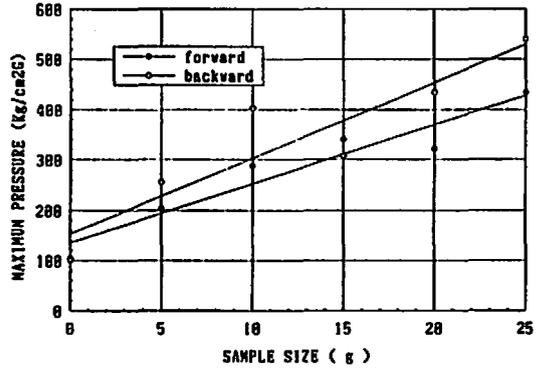


Fig. 7 Plot of maximum pressure vs. sample size of grain gun powder in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and a 1kg projectile

3.1 実験結果

雷管起爆による結果を表1に示した。

3.2 試料と振れ幅の関係

黒色小粒薬の試料量に対する臼砲振れ幅のプロットを図4に示した。正起爆でも逆起爆でも振れ幅は試料量に対してほぼ直線的に上昇している。正起爆の方が少しバラツキが大きい。

黒色粉状薬の試料量に対する臼砲振れ幅のプロットを図5に示した。正起爆、逆起爆共に振れ幅と試料量とは比例関係を示していない。点火玉点火の場合、振れ幅はある試料量で頭打ちになっていたが、雷管起爆の場合点火玉点火程でもないが同様な傾向がみられる。

図6に100% BPOの振れ幅と試料量との関係をプロットした。正起爆、逆起爆共に振れ幅は試料量に対して良い直線性を示している。特に逆起爆の直線性は非

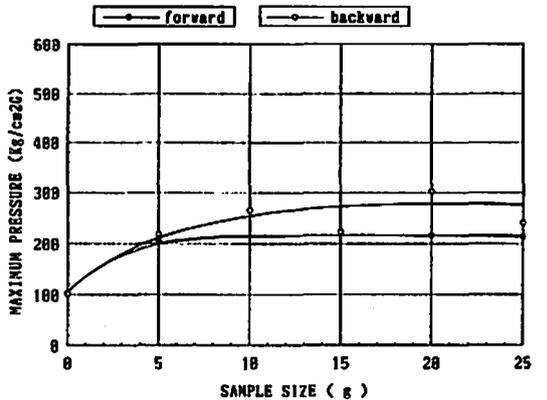


Fig. 8 Plot of maximum pressure vs. sample size of mealed gun powder in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and 1kg projectile

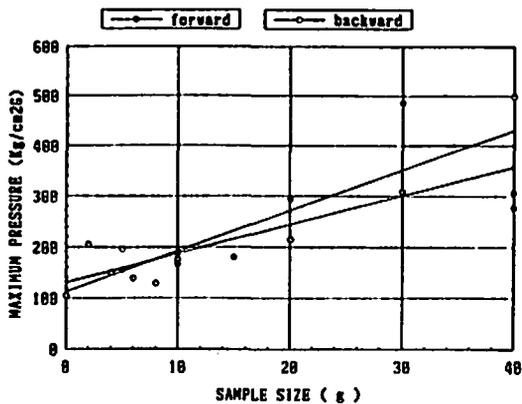


Fig. 9 Plot of maximum pressure vs. sample size of BPO in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and a 1kg projectile

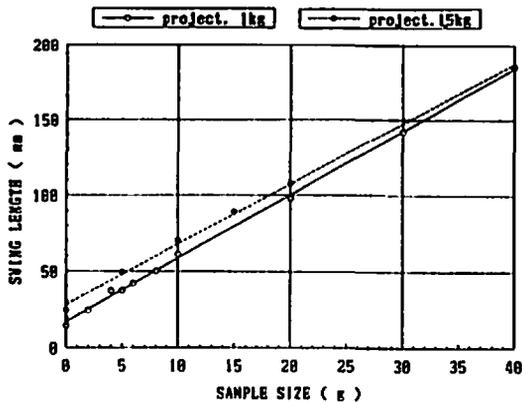


Fig. 10 Plot of swing vs. sample size of BPO in the YNK ballistic mortar test by forward initiation with a No.6 detonator

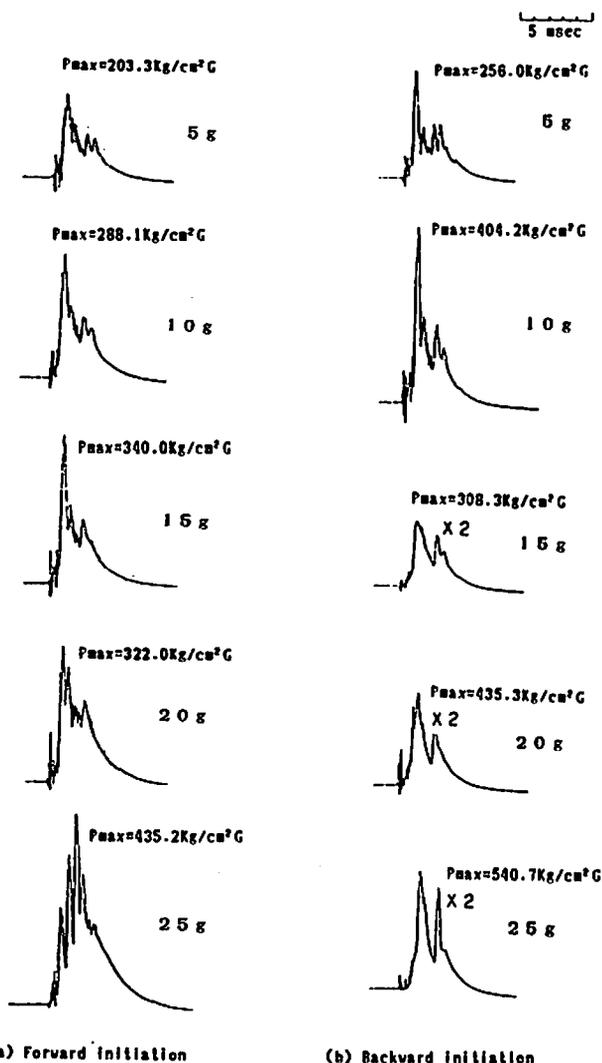


Fig. 11 Pressure profile of grain gun powder in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and a 1kg projectile

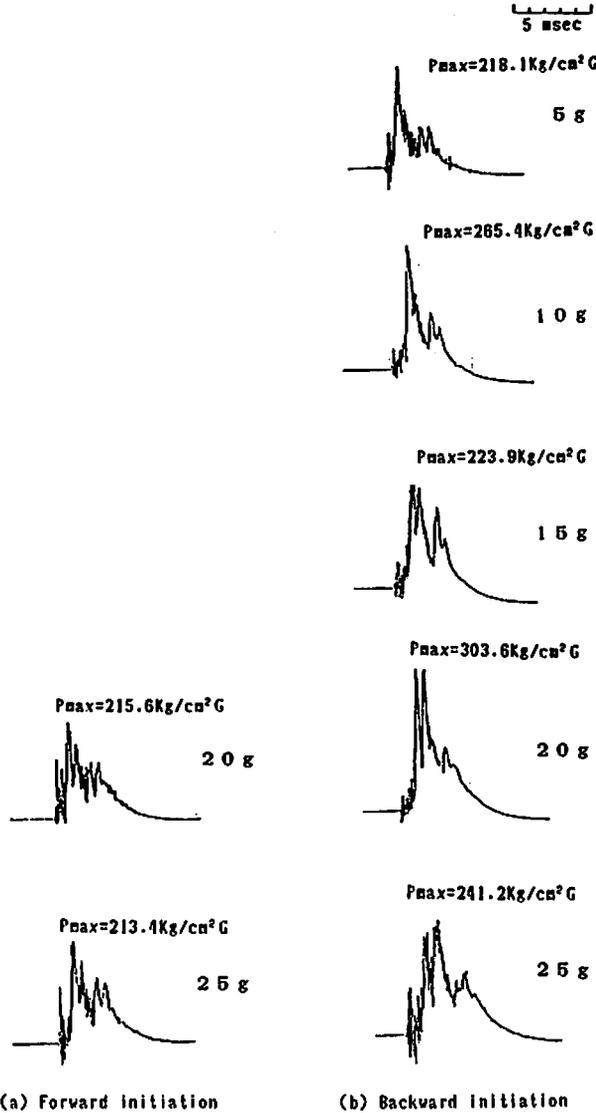


Fig. 12 Pressure profile of mealed gun powder in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and a 1kg projectile

常に良い。但し、BPOの場合には、正起爆と逆起爆の振れ幅に差は見られなかった。

以上の結果から、本弾動臼砲を雷管起爆による爆燃性物質の可変試料量試験機として用いるためには逆起爆法が適していることがわかる。

3.3 試料量と最高圧力の関係

黒色小粒薬の試料量と圧力センサーで測定された砲孔内の最高圧力との関係を図7に示した。最高圧力は試料量と共に増加するが正起爆、逆起爆共に振れ幅との相関性に比べてバラツキが認められる。

図8には黒色粉状薬に対する最高圧力と試料量との

関係をプロットした。この場合正起爆、逆起爆とも最高圧力の頭打ちが見られる。これらの頭打ち現象は投射物が砲孔から離れて燃焼ガスが外にもれたために起こったものと思われる。

図9には100% BPOの最高圧力と試料量との関係をプロットした。正起爆、逆起爆とも最高圧力は試料量とともに増加する傾向はあるがバラツキが認められる。特に正起爆の場合はバラツキが大きい。

3.4 投射物質量の影響

100% BPOの正起爆で、投射物質量の影響を調べた結果を図10に示す。投射物質量を1.0kgから1.5kgに変

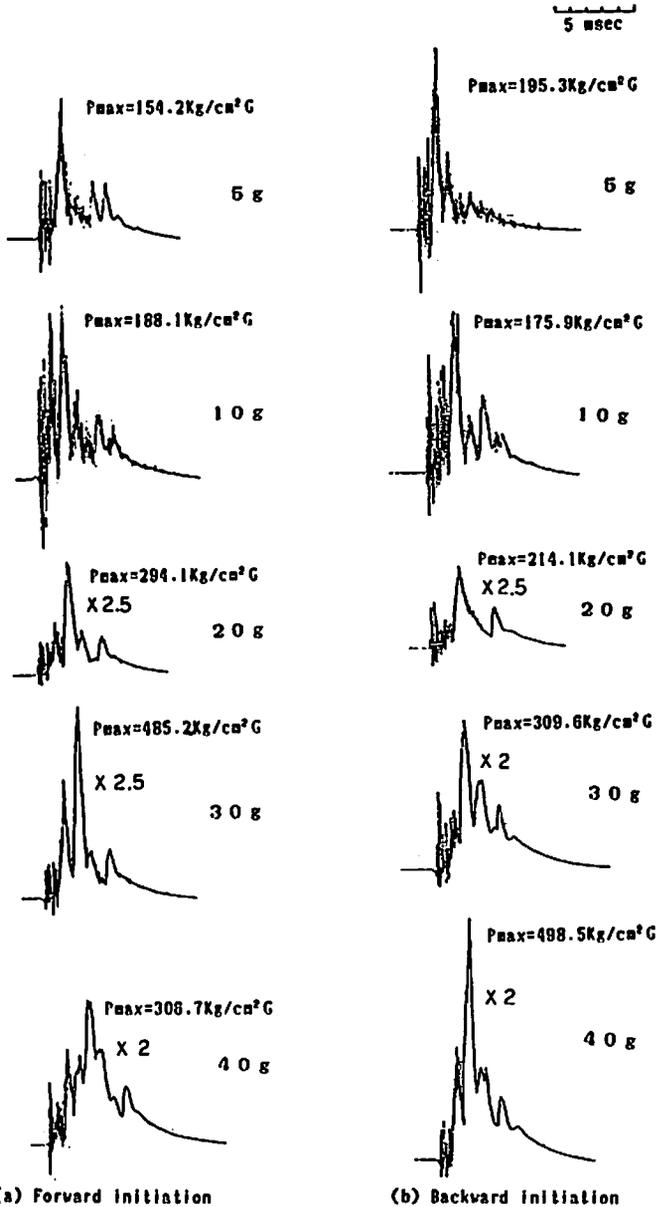


Fig. 13 Pressure profile of BPO in the YNK ballistic mortar test with a No.6 detonator and a 1kg projectile

えると単位試料量当りの振れ幅は4.0mm/gから4.2mm/gに増加した。投射物質量の影響は小さい。

3.5 時間—圧力曲線

圧力センサーで記録された砲孔内の時間—圧力曲線の一例を図11, 図12, 図13に示した。点火玉点火に比べて圧力の振れが激しい。反応のはじめにノイズのように上下に圧力が振れているのは、雷管の爆ごうによるものと思われる。次に現れる最も大きなピークが分解による圧力ピークと考えられる。電管起爆からこの

ピーク圧発生までの時間は試料量の増加とともにわずかながら長くなる傾向がみられる。このことと圧力波形の増大から、燃焼が持続していることが推定できる。正起爆と逆起爆とは、圧力パターンは比較的似ている。黒色小粒薬とBPOについては、逆起爆の方が圧力の発生から最高圧力に到達するまでの時間が短い傾向が見られる。すなわち、燃焼速度が速い。これは点火玉点火の場合と同様に、逆起爆の方が燃焼ガスの放出される部分の空間が狭いために圧力上昇が速くなるため

であろう。試料の燃焼に起因すると思われる圧力ピークは大きく分けて二つ見られる。前半は燃焼に起因するもので、後半は投射物による反射波と考えられる。このピークは投射物を用いない時は見られない。

4. まとめ

砲孔が長く、構造の簡単なYNK弾動臼砲を試作し、これを用いて雷管起爆による黒色小粒薬、黒色粉状薬および100%BPO粉末の可変試料量試験を行い、次の結果を得た。

- (1) 黒色小粒薬とBPOについては試料量と振れ幅は直線関係を示した。しかし、黒色粉状薬は試料量のある程度以上増すと振れ幅の増加は減少した。
- (2) 正起爆より逆起爆の場合の方が振れ幅、砲孔内最高圧力共に大きい。
- (3) 時間—圧力曲線は正起爆と逆起爆とは比較的似ているが、逆起爆の方が圧力の発生から最高圧力に到達するまでの時間が短い。すなわち、燃焼速度が速い。
- (4) 振れ幅は最高圧力よりも試料量との直線関係がよい。
- (5) 可変試料量試験としては、逆起爆で振れ幅を尺

度として用いるのが適当である。

- (6) 黒色粉状薬のような火薬類の爆燃の持続性を調べる試験法としてはさらに検討が必要である。

文 献

- 1) H.Koenen, K.H.Ide, K.H.Swart, "Sicherheitschnische Kenudsten explosionsfähigen Stoffe", Explosivstoffe, 9, 4, 30 (1961)
- 2) 吉田忠雄編著, 「化学薬品の安全」, 大成出版社 (1982); T.Yoshida, "Safety of Reactive Chemicals", Elsevier (1987)
- 3) 吉田忠雄, 田村昌三編著, 「反応性化学物質と火工品の安全」, 大成出版社 (1988); English version to be published from Elsevier
- 4) Y.Wada et al., unpublished results
- 5) K.Muranaga, H.Yabashi, Y.Wada, N.Tanaka, M.Tamura, T.Yoshida, "Performance of YNK Ballistic Mortar (I), Deflagration of Black Powders and Benzoyl Peroxide ignited by Fusehead", Submitted to J. of Hazardous Materials

Performance of YNK Ballistic Mortar (II)

The Variable Sample Test by Initiation using YNK Ballistic Mortar

by Noriaki TANAKA*, Kotaro MURANAGA**, Yuji WADA***,
Hideo YABASHI***, Masamitsu TAMURA***, Tadao YOSHIDA***

We made the YNK ballistic mortar with longer bore, simpler construction and a pressure sensor for measuring inside pressure of the bore to evaluate the ability to propagate a deflagration. The swing length increased with the sample size linearly for grain black powder and BPO. But, for mealed black powder the increase of the swing length with increase of sample size stopped halfway. The maximum pressure increased with the sample size as a whole, but the data was scattered compared with the swing length.

Both the swing length and maximum pressure by backward initiation were larger than those of forward initiation. The swing length by backward initiation was suitable for the variable sample test to evaluate the ability to propagate a deflagration.

(*Process Technology Laboratory, Sumitomo Chemical Co., Ltd.:5—1
Soubiraki-cho, Niihama-shi, Ehime-ken 792, Japan

**Japan Carlit Co., Ltd : 1625 Bukko-cho, Hodogaya-ku, Yokohama—shi,
Kanagawa-ken 240, Japan

***Department of Reaction Chemistry, Faculty of Engineering, Tokyo University : 7—3—1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan)