

Mk III 弾動臼砲の性能と応用 (X)

弾動臼砲を用いた爆発性物質の衝撃感度の測定法

村永浩太郎*, 松永猛裕**, 田村昌三**,
安部隆幸*, 吉田忠雄**

Mk III 弾動臼砲を用いた新しい衝撃感度の測定法を開発し、この方法を火薬類について適用した。

0号雷管、6号雷管及び伝爆薬としてPETNを用いて種々の起爆力で試料を起爆し、試料が完爆する最低の起爆力(PETN当量)をもって衝撃感度を評価した。その結果、本測定法は従来の試験法に比べ爆・不爆の判定が容易で、しかも中程度の感度を持つ試料に対し確実に評価できることが分かった。

1. はじめに

爆発性物質は火薬類あるいはその他の化学薬品の成分として用いられている。これらの物質については外的な刺激に対する応答、即ち感度が重要である。火薬類についてはその火薬としての性能を維持するためある程度の感度が必要であり、一方取扱の安全からあまり敏感な感度は望ましくない。爆発物における感度

としては、衝撃感度、機械的感度(打撃及び摩擦感度)、着火感度、熱感度などがあり、それらに対応する試験法が知られている¹⁾。

衝撃波に対する感度は衝撃感度(shock sensitivity)と呼ばれ、カードギャップ試験、鉄管試験、銃撃感度試験、弱雷管試験、殉爆試験、雷管起爆試験などが用いられてきた。これらの試験法は爆発性が大きで伝爆性

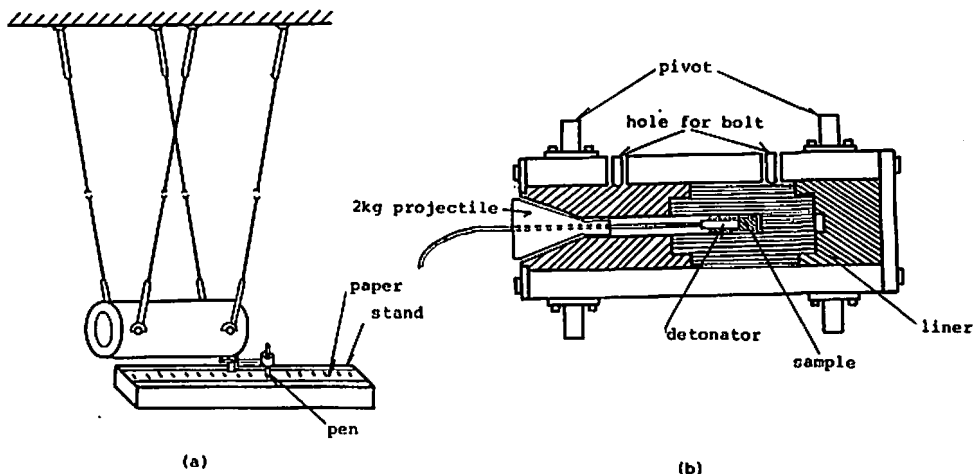


Fig. 1 Outline (a) and cross section (b) of the Mk III G ballistic mortar

* 日本カーリット株式会社
〒240 横浜市保土ヶ谷区仏向町1625番地
TEL 045-331-3041

** 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 内7293

の良い爆発物に対しては有効である。しかしながら、爆発力の比較的弱い爆発性物質に対しては爆・不爆の判定が困難となるという問題点がある。また、上記試験では必要試料量が多く、試験の際の爆発音が大きいことも一つの問題点である。

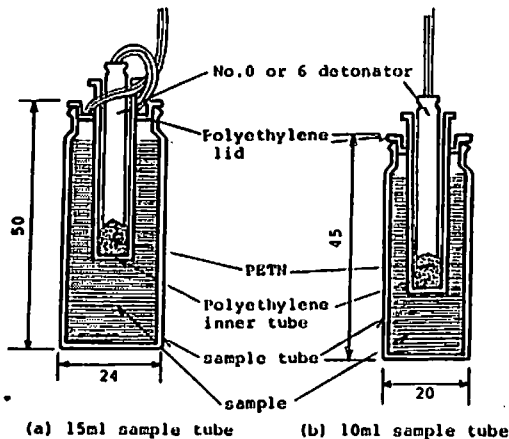


Fig. 2 Cross section of sample containers

これに対して弾動臼砲を用いた試験では一回の試験の所要試料量は5gで爆発音もそれ程大きくない。最低15gの試料量で感度の評価ができる。また40g程度の試料で詳しい感度比較、約100gの試料量で伝爆性と爆発威力評価の試験が可能となる。

2. 実験

2.1 実験装置

実験に用いた Mk III G 弾動臼砲²⁾の外観図と断面図を Fig. 1 に示した。試料容器を Fig. 2 に示した。試料には比重の高いものと低いものがあるので2種類の試料容器を用意して起爆剤用内管と試料とが必ず接する様に装填した。

2.2 試料

試料はすべて工業製品を用いた。

2.3 雷管及び PETN 伝爆薬の爆発力試験

- (1) 15ml のガラス製サンプルビンにポリエチレン蓋を付ける。
- (2) 0.1g 単位で0.6までのPETN粉末を精秤し、ポリエチレン内筒に入れる。
- (3) PETN の入った内筒に0号雷管及び6号雷管を挿入し、サンプルビンの蓋の孔に挿入する。
- (4) 記録用紙を取り付ける。

- (5) 弾動臼砲の孔に試料容器を挿入し、投射物を取り付ける。
- (6) 臼砲の下部に記録用ペンを取り付け、静止位置に印を付ける。
- (7) 雷管の脚線を結線し、導通を確認して起爆する。
- (8) 臼砲の最大の振れ幅を記録する。
- (9) 雷管及び(雷管+PETN)のPETN当量を算出する。

2.4 衝撃感度試験

- (1) 試料の比重に応じて10ml及び15mlのガラス製サンプルビンに5gの試料を入れ、ポリエチレンの蓋を取り付ける。
- (2) (6号雷管+0.6g PETN)、6号雷管、または0号雷管をポリエチレン内筒に入れ、ポリエチレンの蓋の孔に挿入する。
- (3) 装薬した試料容器を弾動臼砲の孔に挿入し、投射物を取り付ける。
- (4) 記録用ペンを取り付け、静止位置に印を付ける。
- (5) 雷管の脚線を結線し、導通を確認して、起爆する。
- (6) 臼砲の振れ幅(d)を測定する。

2.5 データ処理

- (1) 用いた起爆剤のPETN当量(E_{PETN})から起爆剤の振れ幅 d_0 を下式から計算する。

$$d_0 = a E_{PETN}$$
- (2) $d - d_0$ を E_{PETN} に対してプロットする。
- (3) 試料が完爆する即ち($d - d_0$)が一定となる最低の E_{PETN} の値で感度を判定する。
- (4) Table 1 によって感度等級を決める。
- (5) 詳しくは E_{PETN} を細かく分けて実験を行ない、振れ幅-PETN当量曲線の比較から感度序列をつける。

3. 結果

3.1 起爆剤のPETN当量

0号雷管及び6号雷管のPETN当量はそれぞれPETN 0.18g及び0.60gに相当することが分かっている。PETN当量に対する臼砲振れ幅を Fig. 3 に示した。

Table 1 Classification of shock sensitivity with the MK III G ballistic mortar

Class	Result	PETN equivalence
1	Complete explosion with a no. 0 detonator	< 0.18
2	Incomplete explosion with a no. 0 detonator and complete explosion with a no. 6 detonator	0.18-0.60
3	Incomplete explosion with a no. 6 detonator and complete explosion with a no. 6 detonator + 0.6g PETN	0.60-1.20
4	Incomplete explosion with a no. 6 detonator + 0.6g PETN	> 1.20

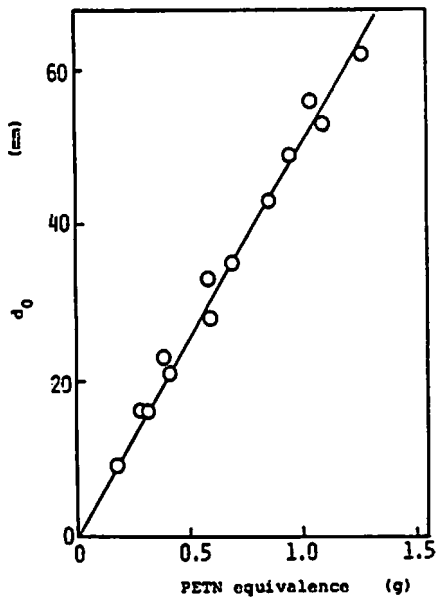


Fig. 3 Plots of length of swing vs. PETN equivalence

d_0 と PETN 当量との関係は次式で表わされる。

$$d_0 = 50 E_{\text{PETN}}$$

3.2 火薬類その他の衝撃感度

火薬類その他の衝撃感度試験の結果を Table 2 に示した。ここで、比較のために有機過酸化物、発泡剤、煙火組成物の結果についても併記した³⁾⁴⁾。また、代表的な試料について PETN 当量一振れ幅曲線を Fig. 4 (a) ~ (c) に示した。

4. 考察

4.1 火薬類の衝撃感度

火薬類の衝撃感度は本試験法では 4 つに分類される。等級 1 に分類されるものはテトリル、PETN、RDX、HMX 及びペントライトのような雷管添装薬に使われる高性能爆薬ならびに工業爆薬ではカーリットが高感度物質であった。また、ピクリン酸及び粉状 TNT も高感度爆薬に分類される。酸化剤-可燃物混合物では過塩素酸アンモニウム-麻炭、塩素酸カリウム-麻炭、硝酸カリウム-アルミニウム組成物が高感度を示した。

Table 2 Results of shock sensitivity with the Mk III G ballistic mortar
(1) Explosives and other unstable compounds

Sample	No.0 detonator+PETN(g)				No.6 detonator+PETN (g)						class	
	0	0.1	0.2	0.3	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5		0.6
Tetryl	183				176						161	1
PETN	202				225						205	1
RDX	213				196						193	1
HMX	213				202						183	1
Picric acid	161				158						150	1
Rentolite (50/50)	195				178						170	1
No. 5 black carlit	181	181			171						163	1
Akatsuki carlit	175				170						170	1
Nitrocellulose (2.5g)	99				85						88	1
TNT (powder)	140	148			151	157	153	150		149	156	1
TNT (cast)					95	98	177	195				3
Hamamite	0	65	169	155	157						158	2
Iremite	90	142	142		147						135	2
Black power	2	82	77		68	76	64	78	77	80	84	2
ANFO	0				15	89	156	172	167	171	168	3
Dinitobenzene	0				38	62	145	139		135	140	3
Nitromethane (10g)	0				0	27	413				390	3
Nitromethane 5g + GMBO.†	214				195						198	1
Dinitrotoluene	0				21	23		66		87	102	4
Nitropropane (10g)	0				0						0	4
DPT (8g) †					27	61	97	134	145	137	138	3
Benzoyl peroxide (8g) †	85				75	75	61		69		66	1
TBPB (10g) †	24	80	96		120	120	119		115			2
DTBO (10g) †					15	36	117		122	125	15	3

TBPB: tert-Butyl peroxybenzoate DTBO: Di-tert-butyl peroxide GMB: Glass micro balloon †: Reference data

(2) Oxidizers and fuel-oxidizer mixtures

Sample	No.0 detonator+PETN (g)				No.6 detonator+PETN (g)				Class				
	0	0.1	0.2	0.3	0	0.1	0.2	0.3		0.4	0.5	0.6	
Ammonium perchlorate -32 mesh	2		54		84	141	125	138	113	126	159	3	
32-65	6		68		96	109	146	156	167	161	160	3	
65-100	40		117		115	149	145	167	175	169	171	3	
100-	52				110	122	161	161	182	188	152	3	
Ammonium nitrate (prill)	0				14	25	42	86	115	153	120	3	
(granule)	0				29	13	24	28	17	51	74	4	
Potassium nitrate+hemp charcoal 87:13↑					0	0	8	0	23	32	69	4	
Ammonium perchlorate+ "	90:10↑	199	200		201							184	1
Potassium chlorate+ "	87:13↑	98	98		87							98	1
Potassium perchlorate+ "	85:15↑	0	134	134	121	14	125	123				126	2
Barium nitrate+ "	91:9↑	0		12	14	17	38	58	52	59	64	3	
Strontium nitrate+ "	88:12↑					3	9	14	4	37	36	3	
Trilead tetraoxide+ "	96:4↑				0							0	4
Potassium nitrate+sulfur	79:21↑	14	57	69	73				76	74	77	79	2
" +aluminium	65:35↑	105			108							125	1
" +titanium	62:38↑	0		10	4	24		28	55	47	52	3	

↑ : Reference data

他の組成物の感度との比較から、酸化剤成分としては過塩素酸アンモニウム及び塩素酸カリウムが高感度組成物をつくることが分かる。また、可燃物成分の中ではアルミニウム粉末が麻炭、硫黄などに比べて著しく感度を向上させることが分かる。

乾燥ニトロセルロースも等級1で高感度物質である。火薬類以外では過酸化ベンゾイルも高感度物質である。感度等級1の爆発物の詳細な感度は別の方法で調べなければならない⁽¹⁾⁽²⁾。

現在の含水爆薬、粉末TNT、黒色火薬などは感度等級2に属する火薬類である。雷管起爆性である近年の安全な爆薬の感度は等級2に属するといえよう。酸化剤としては過塩素酸アンモニウムが感度等級2と3の境界に属する。但し、酸化剤そのものの性質を調べるためにはポリエチレン内筒や蓋を用いることには問題がある。1-ブチルペルオキシベンゾエート (TBPB) も感度等級2に属する有機過酸化物である。

感度等級3に属する物質としては硝安油剤爆薬、ジニトロベンゼン、ニトロメタン、プリル硝安、ジニトロソペンタメチレンテトラミン (DPT)、過塩素酸カリウム-麻炭混合物、ジ1-ブチルペルオキシド(DTBO) などがある。

硝酸バリウム及び硝酸ストロンチウムと麻炭との混合物も感度等級3に属するが、これらの組成物は伝爆しないので見かけのものである。但し、これらの組成物は分解熱が小さく爆発を継続できないが、燃焼を維

続する可能性は残されている。

実験を行なった範囲ではジニトロトルエン (DNT)、粒状硝安、硝酸カリウム-麻炭、鉛炭-麻炭混合物、ニトロプロパンなどが感度等級4に属する。DNTは

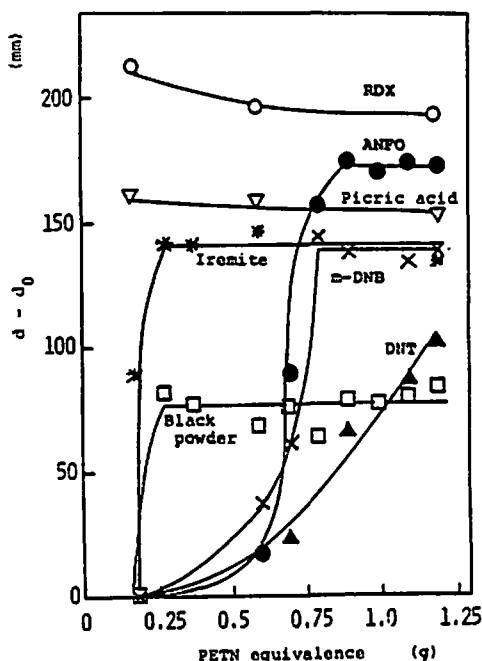


Fig. 4 (a) Plots of $(d-d_0)$ vs. PETN equivalence

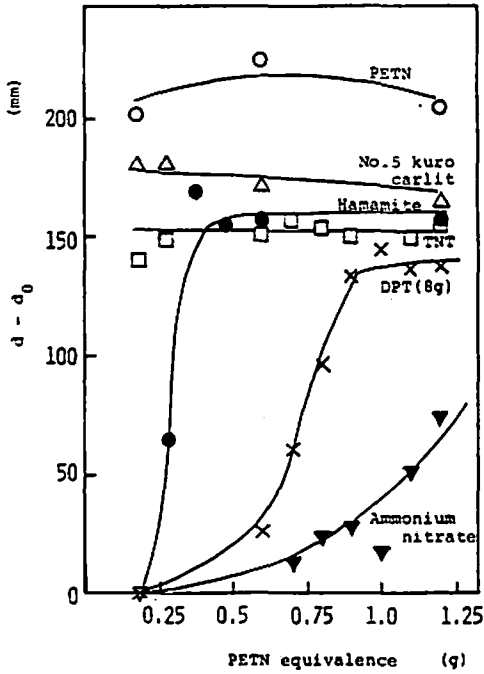
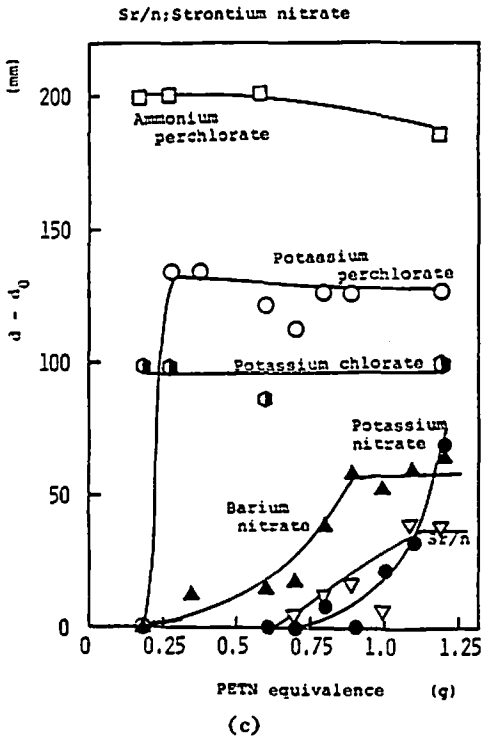


Fig. 4 (b) Plots of $(d - d_0)$ vs. PETN equivalence



Each oxidizer is mixed with hemp charcoal

強力な起爆をすれば伝爆し得る物質である。しかし、このもの単独、常温での爆発事故は筆者らの知る限りでは起こっていない。これは、この感度の鈍感さによるものと思われる。一方硝安は爆発事故を何回も起こしている。これは硝安が大量に扱われ、しかも可燃物と混合されてより鋭感となっている可能性が大きいためであろう。

また、ニトロプロパンはそのままの状態では感度等級3であるが、ガラスマイクロバルーンと混合すると感度等級は1になる。液体爆発物の衝撃感度は気泡の存在により高まるのでこの点を配慮する必要がある。逆に粉状TNTの衝撃感度等級は1であるが、鋳造品は感度等級3となる。

4.2 PETN 当量—振れ幅曲線について

Fig. 4の(a)~(c)のPETN当量—振れ幅曲線は、落錘試験等で得られる爆発確率曲線ではなく、試料中の爆発した割合を示す曲線であるため、試料が完爆するのに必要な最低の起爆力を確実に示す。そのため、従来の試験法に比べ爆・不爆の判定に個人差がなくなり、再現性も良い結果が得られる。また、白砲の振れ幅はPETN当量を0.1gづつ増していくと一般にはS字型の曲線を抽く。この1つの理由は試料を完爆させるのに少量の起爆剤では、その爆発による試料の誘発分解の範囲が雷管の近傍のみにとどまり、そのために部分分解が起こるためと思われる。

4.3 爆発威力について

従来の弾動白砲試験では、8号雷管のみの起爆による白砲の振れから爆発威力値を求めていた。そのため測定された値が、試料の完爆時の威力であるか否か不明であった。火薬類以外の特に鈍感な不安定物質では、8号雷管のみでは起爆力が不足し、その威力を過小評価する可能性がある。

これに対して、本測定法ではPETN当量—振れ幅曲線から感度だけでなく、同時に完爆した時の振れ幅が確認できるため、その爆発威力が評価できる。しかしながら、ここで得られた爆発威力は試料自体による自己持続型の爆発威力ではなく、起爆剤の爆発によって誘発された爆発的分解の威力である可能性もある。これは伝爆性の試験を行なって自己持続型爆発威力を測定しないと結論を出すことはできない。

4.4 その他

ポリエチレン製の内筒の構造上PETNの添加量を最大0.6gとしたが、その添加量を増やすことにより今回完爆点が得られなかったDNT等の鈍感な試料についても測定できると思われる。また、酸化剤自体の衝撃感度を測定する際は、ポリエチレン製の蓋及び内筒の代わりに他の材質を用いる必要があろう。

5. まとめ

従来より火薬類の静的威力を測定する試験法として知られている弾動臼砲を用いて、衝撃感度の新しい測定法を火薬類について試みた。その結果を以下に示す。

①従来の落礎試験等に比べ、爆・不爆の判定が確実である。

②衝撃感度と爆発威力の測定が同時にできる。

③高性能爆薬等の特に鋭感な試料についての比較はこの方法だけではできない。しかし、次報に述べる方法によって測定が可能となる⁵⁾。

文 献

- 1) 吉田忠雄, 田村昌三, 伊藤葵, 新井充, 大内博史, “化学薬品の安全—反応性物質の火災・爆発危険性の評価と対策”, 大成出版社 (1982)
- 2) 吉田忠雄, 蔵持勇, 松永猛裕, 村永浩太郎, “耐

久性のある弾動臼砲”, 実用新案出願 昭和59—09034 (1984)

- 3) T. Yoshida, K. Muranaga and M. Tamura, “Evaluation of explosive properties of organic peroxide with a modified Mk III ballistic mortar”, Journal of Hazardous Materials, in press
- 4) 村永浩太郎, 井上吉勝, 松永猛裕, 伊藤葵, 田村昌三, 吉田忠雄, 村井一, “Kk III 弾動臼砲の性能と応用 (VII) 煙火原料組成物の衝撃感度と伝爆性”, 火薬と保安, 投稿中
- 5) 松永猛裕, 村永浩太郎, 伊藤葵, 田村昌三, 蔵持勇, 吉田忠雄, “Mk III 弾動臼砲の性能と応用 (XI) 弾動臼砲を用いた小型カードギャップ衝撃感度試験法”, 工業火薬協会誌, 投稿中

Performance and Application of the Mk III Ballistic Mortar (X)

Test of Shock Sensitivity for Explosive Substances with the Mk III G Ballistic Mortar

by Kotaro MURANAGA*, Takehiro MATSUNAGA**, Masamitsu TAMURA**, Takayuki ABE* and Tadao YOSHIDA**

A new method for assessing shock sensitivity has been developed using the Mk III G ballistic mortar and has been applied to explosive substances.

Substances were initiated by variable amount of initiating explosives using no. 0 or no. 6 detonator and PETN powder. The shock sensitivity of a substance was evaluated from the minimum amount of initiating explosives, PETN equivalence with which the sample explodes completely. This method is rather simple and may give reliable order of shock sensitivity for the substances of intermediate sensitivity.

(*Hodogaya Factory, The Japan Carlit Co., Ltd., 1625 Bukko-cho, Hodogaya-ku, Yokohama 240

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