

Fig. 2 Measuring method for speed of the base
A : a plane figure B : a side view

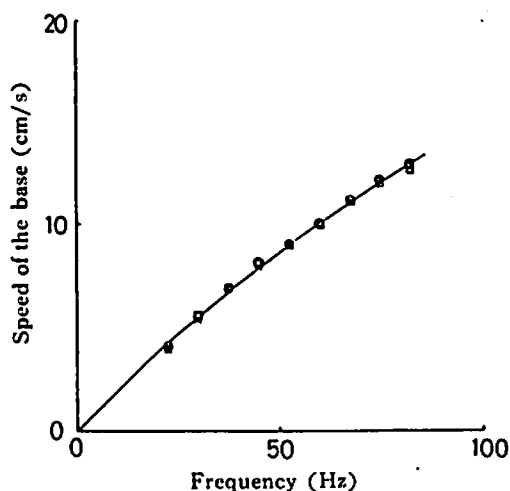


Fig. 3 Speed of the base versus frequency of the motor
○ load : 0kgf × load : 3.0kgf
□ load : 12.8kgf

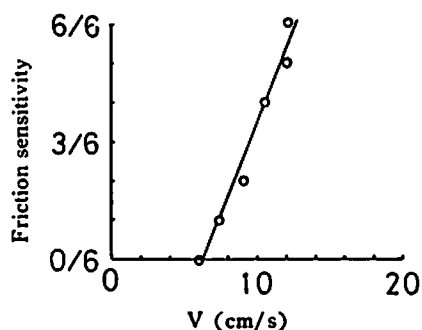


Fig. 4 Speed of the base (V) and friction sensitivity of PETN at 4.2kgf

6回試験する。このようにして、同一荷重における1/6爆点と1/2爆点での台座の速度が求められる。

この場合、周波数を一定にして、荷重を変えてもよいが、鏡の取替えよりは、周波数目盛りの変更の方が容易である。

(3) 次に荷重をかえて、同様な試験を繰返すと、各荷重における1/6及び1/2爆点での台座の速度が求められる。

2.4 速度の測定

摩擦板を固定した台座の速度を、反射式フォトセルとカウンタを用いて測定した。測定方法は、Fig. 2に示すように、台座の側面に銀紙を貼付け、その中央に長さ5mmの黒紙を貼付けた。フォトセルからの光は、最初、黒紙の端から2.5mmの位置に当るようにセットした。台座の移動するとき、光が黒紙にあたる間だけ、カウンタが働く。台座は往復運動するから、カウ

Table 2 Speed of the base and the load at 1/6 and 1/2 explosion points of the sample explosives (48-100mesh)

| Explosive | Load (kgf) | Speed of the base (cm/s) | |
|-----------|------------|--------------------------|---------------------|
| | | 1/6 Explosion point | 1/2 Explosion point |
| PETN | 3.0 | 7.9 | 12.7 |
| | 3.6 | 6.4 | 10.0 |
| | 4.2 | 7.5 | 9.6 |
| | 4.8 | 5.9 | 8.6 |
| RDX | 7.2 | 11.7 | 13.3 |
| | 8.0 | 7.9 | 10.1 |
| | 9.6 | 6.5 | 8.9 |
| | 11.2 | 5.1 | 7.9 |
| | 12.8 | 5.2 | 7.1 |
| HMX | 7.2 | 8.4 | 10.6 |
| | 8.0 | 6.6 | 9.4 |
| | 9.6 | 5.4 | 7.4 |

Table 3 Speed of the base and the load at 1/6 and 1/2 explosion point of sample explosives with various grain sizes

| Explosive | Grain size (mesh) | Load (kgf) | Speed of the base (cm/s) | |
|-----------|-------------------|------------|--------------------------|---------------------|
| | | | 1/6 Explosion point | 1/2 Explosion point |
| RDX | ~32 | 8.0 | 9.0 | 15.9 |
| | | 9.6 | 6.5 | 8.9 |
| | | 11.2 | 4.7 | 7.5 |
| | 32~48 | 8.0 | 8.5 | 12.9 |
| | | 9.6 | 7.1 | 9.9 |
| | | 11.2 | 6.1 | 9.3 |
| | | 12.8 | 5.6 | 8.7 |
| | 100~ | 8.0 | 8.7 | 11.3 |
| | | 9.6 | 7.4 | 10.2 |
| | | 11.2 | 5.8 | 8.8 |
| | | 12.8 | — | 4.5 |
| | | | | |
| HMX | ~32 | 7.2 | 8.9 | 11.9 |
| | | 8.0 | 6.7 | 10.3 |
| | | 9.6 | 5.5 | 7.7 |
| | 32~48 | 7.2 | 9.8 | 11.7 |
| | | 8.0 | 8.7 | 10.9 |
| | | 9.6 | 5.6 | 7.7 |
| | 100~ | 7.2 | 11.3 | 14.8 |
| | | 8.0 | 8.1 | 11.2 |
| | | 9.6 | 5.3 | 8.8 |

ントは往路と復路の合計1cmの移動に要した時間を表示する。かくて、この間の平均速度が計算できる。

3. 実験結果

3.1 周波数と台座の速度の関係

荷重 0, 3.0 及び 12.8kgf の状態で、周波数を 22.5 Hz から 82.5Hz まで 7.5Hz おきに変えて、台座の速度を測定した。速度は同一周波数、同一荷重で10回測定し、その平均値をとった。結果は Fig. 3の通りである。

周波数を増すと、速度は若干上に凸の曲線状に増加する。荷重による台座の速度への影響は認められない。

3.2 荷重及び台座の速度と爆発率の関係

いずれも粒度 48~100 メシの PETN, RDX 及び HMX について、荷重をかえ、各荷重において速度を変化させて、爆発率を求めた。

結果の一例を PETN, 荷重 4.2kgf の場合について示すと、Fig. 4 のようになった。このような12の回帰直線は、いずれも台座の速度 V (cm/s) と爆発率の間により直線関係が成立し、相関係数は最低で 0.87 であって、10/12 が 0.9 以上であった。

この回帰直線から 1/6 及び 1/2 爆点を求めて、Table 2 に示した。各爆薬ともに、荷重の増加に従って、1/6 及び 1/2 爆点における台座の速度は小さくなる。

3.3 爆薬の粒度と爆発率の関係

Table 1 に示したように、市販の RDX と HMX を

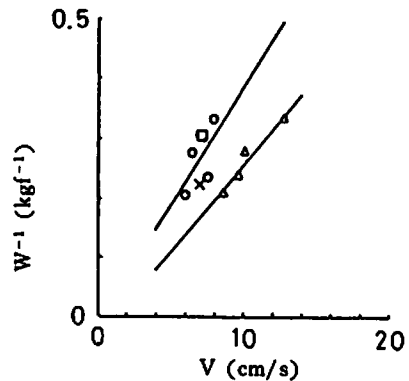


Fig. 5-1 (PETN, 48~100mesh)

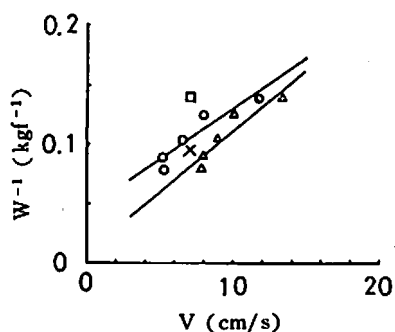


Fig. 5-2 (RDX, 48~100mesh)

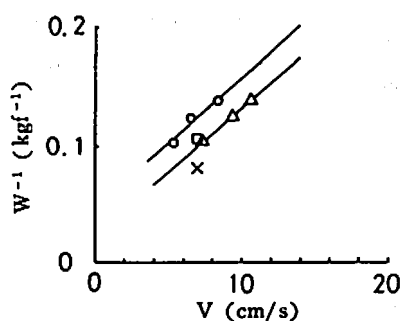


Fig. 5-3 (HMX, 48~100mesh)

Fig. 5 Prot of W^{-1} (kgf^{-1}) as a function of V (cm/s) at 1/6 and 1/2 explosion points
 \circ : 1/6 explosion point, \triangle : 1/2 explosion point, \square : 1/6 explosion point by BAM method, \times : 1/2 explosion point by BAM method.

Table 4 Values of constants a and b, and of correlation coefficient in equation (3)

| Explosive | Grain size (mesh) | Explosion point | a | b | Correlation coefficient r |
|-----------|-------------------|-----------------|------|--------|---------------------------|
| PENT | 48~100 | 1/6 | 0.40 | -0.087 | 0.69 |
| | | 1/2 | 0.29 | -0.036 | 0.97 |
| RDX | ~ 32 | 1/6 | 0.83 | 5.0 | 1.00 |
| | | 1/2 | 0.38 | 6.5 | 0.96 |
| | 32~ 48 | 1/6 | 1.6 | -1.1 | 1.00 |
| | | 1/2 | 1.0 | -0.63 | 0.96 |
| | 48~100 | 1/6 | 0.85 | 4.5 | 0.93 |
| | | 1/2 | 1.0 | 0.85 | 0.93 |
| | 100~ | 1/6 | 0.99 | 3.4 | 0.97 |
| | | 1/2 | 1.5 | -4.8 | 0.97 |
| HMX | ~ 32 | 1/6 | 0.97 | 5.4 | 0.96 |
| | | 1/2 | 0.82 | 4.1 | 1.00 |
| | 32~ 48 | 1/6 | 0.79 | 5.9 | 0.99 |
| | | 1/2 | 0.81 | 4.1 | 0.98 |
| | 48~100 | 1/6 | 1.1 | 4.8 | 0.97 |
| | | 1/2 | 1.1 | 2.4 | 1.00 |
| | 100~ | 1/6 | 0.57 | 7.5 | 0.99 |
| | | 1/2 | 0.57 | 5.7 | 0.98 |

粉碎と篩分けによって、~32, 32~48, 48~100, 100~メッシュに分け、それぞれの粒度について、3.2と同じ方法で1/6及び1/2爆点を求めた。結果はTable 3に示した。なお、48~100メッシュについては、Table 2に示してある。

4. 考 察

4.1 爆点における荷重と速度の関係

摩擦試験機の丸棒と板が摩擦するとき、全摩擦熱量は速度が変わっても変わらないが、熱の発生速度は速い方が大きくなる。

丸棒の端面が、平板上を速度 V (cm/s) で滑るとき、丸棒の端面が全部平板と接触し、摩擦面の温度は一樣

Table 5 The load at 1/6 and 1/2 explosion points for the BAM and the new method friction sensitivity test (Speed of the base was 7 cm/s)

| Test rig | Explosive | | | |
|------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Explosion point | PETN | RDX | HMX |
| BAM method | 1/6 | 3.27 | 7.19 | 9.43 |
| | 1/2 | 4.43 | 10.67 | 12.34 |
| New method | 1/6 | 3.70 (1.13) | 9.52 (1.32) | 8.0 (0.85) |
| | 1/2 | 5.88 (1.33) | 12.5 (1.17) | 10.0 (0.81) |

() : Ratio of the load (kgf) at the explosion point for the new and the BAM method friction test

と仮定すると、摩擦面の温度上昇は次式のようになる²⁾。

$$T - T_0 = \frac{\alpha \mu W g V}{J \pi r} \sqrt{\frac{1}{2 \alpha k r}} \quad (1)$$

ここに、 T は摩擦面の温度、 T_0 は周囲の温度、 α は丸棒に伝わる熱の割合、 μ は動摩擦係数、 W は丸棒にかかる荷重、 g は重力の加速度、 J は熱の仕事当量、 r は丸棒の半径、 α はNewton冷却則を用いたときの冷却係数、 k は丸棒の熱伝率である。(1)式で、発火温度 T および周囲温度 T_0 を一定とすると、同一装置では(1)式は次のようになる。

$$WV = \text{const} \quad (2)$$

すなわち、荷重 W の逆数と速度 V の間には、原点を通る直線関係が成立する。

本装置の場合、丸棒ではなく、端面が球面状の摩擦棒で摩擦するが、1/6及び1/2爆点における W^{-1} と V との関係の例として、48~100メシのPETN、RDX及びHMXについて図示すると、Fig.5のようになり、原点を通らない。したがって、実験式としては次式で表わされる。

$$1/W = aV + b \quad (3)$$

ここに、 a と b は常数である。

この実験式の相関係数は、一つの例外を除けば、0.93~1.00となり、相関係数はよいと云える。Table2及びTable3から常数 a 、 b を計算してまとめたのが、Table4である。

なお、(2)式よりも $W^2 V = \text{const}$ 、あるいは $\frac{1}{W^2 V} = aV + b$ の方が、より厳密に各種条件を考慮した式であると云われている³⁾が、この式の方が僅かながら相関係数が小さくなった。

4.2 粒度の影響

Table4を見ると、同一爆薬の同一粒度においては、1/6爆点と1/2爆点での a の値は、比較的近似してい

る場合が多い。すなわち、両直線は平行に近い場合が多い。しかし、粒度と a の値の間には、関係は認められない。 b も粒度との関係は認められない。

石塚等⁴⁾は粒度44~300 μ のPETNとRDXについて、BAM式摩擦感度を測定し、粒径の大きい方が摩擦感度が鋭感になると云っている。今回の実験では、粒径は100メシ(147 μ)近傍から32メシ(495 μ)近傍で範囲が狭く、しかも粉碎したので形状にあまり変化がないために、粒径の影響がでなかったのであろう。

4.3 BAM式摩擦感度試験機による測定値との関係

BAM式における台座の速度を前記と同様な方法で測定したところ、7.0cm/sであった。この試験機による48~100メシのPETN、RDX及びHMXの1/6及び1/2爆点は、Table5の通りである。

これらの値は、Fig.5にも記してある。Table5からわかるように、PETN及びRDXでは、同一速度で、BAM式の方が本試験機より少ない荷重で1/6及び1/2爆点が得られた。HMXでは逆に本試験機の方が少ない荷重でよかった。Table5の()は、BAM式の値に対する本試験機の値の倍数である。倍数の幅は、0.81から1.33倍まで及んでいる。このような測定値の相違の原因としては、測定誤差のほかは速度の測定では、中心部分の5mmの間だけを測定しているが、始動における速度も発火に大きな影響をもっているためと思われる。

本試験機は、前記のように、BAM式では測定できない鈍感な爆薬の摩擦感度を測定することを目的の一つとした。しかし、台座の速度と荷重が大きくなると、摩擦の際に音が発生し、爆発音(鈍感な爆薬では、爆発音の小さいものが多い)との区別が困難になる。この問題の解決が、今後の課題である。

5. 結論

BAM式摩擦感度試験機では、台座の速度は一定である。そこで、速度可変で、本体はBAM式と同様な摩擦感度試験機を製作し、その特性をしらべた。その結論として、次のことがわかった。

(1) 爆点における荷重 W (kgf) と台座の速度 V (cm/s) との間には、次の関係が成立する。

$$1/W = aV + b$$

ただし、 a と b は常数である。

(2) 実験範囲内では、粒度と摩擦感度の間に明確な関係は認められなかった。

(3) 同一台座速度におけるBAM式と本試験機の爆点での荷重には、若干の相違があり、PETNとRDXで

はBAM式の方が、HMXでは本試験機の方が、荷重が少なかった。

(4) 本試験機で、台座の速度と荷重が大きくなると、摩擦音の発生により、爆発音との区別が困難になる。

文 献

- 1) 中原正二, 「火薬学概論」, P. 160 (1983) 産業図書
- 2) F. P. Bowden and D. Tabor, "The Friction and Lubrication of Solid", P. 35 (1954), Oxford.
- 3) *ibid*, P. 54.
- 4) 石塚幸, 岡崎一正, 工業火薬, 34, 86 (1973)

A Variable Speed Friction Sensitivity Test Rig

by Kazuo HASUE*, Tadashi INOUE*, Shoji NAKAHARA*
and Isamu KURAMOCHI**

The load in the BAM method friction sensitivity test rig, which is adopted in Japanese Industrial Standards, is able to be changed from 0.5kgf to 36kgf, but the speed of the friction plate is constant.

A new friction sensitivity test rig was proposed. The main part was the same as the BAM method friction test rig; however, the friction plate speed could be varied.

Using this test rig, the effects of load and speed on the friction sensitivity of some explosives were tested. The following equation was held true for 1/6 and 1/2 explosion points;

$$1/W = aV + b$$

where W was the load (kgf), V was the speed of the friction plate (cm/s), and a and b were constant.

(*The National Defense Academy, 1-10-20, Hashirimizu,
Yokosuka-shi, Kanagawa-ken, 239, Japan.

**Kuramochi Kagaku Kikai Co. Ltd., 2-3-4, Ikenohata
Taito-ku, Tokyo, 110, Japan.)