

鈍性爆薬の落つい感度試験

松本 栄*, 田中雅夫*

近年開発された含水爆薬等のような打撃感度が鈍性な爆薬類を対象とする落つい感度試験方法を検討するため、大型落つい感度試験機を試作しローラーベアリングを用いた試験方法にて基礎実験を行なった。

特にサンドペーパー（G-80番）を用いた方法では、その爆否判定基準を独自に設定して含水爆薬の落つい感度曲線を求め、従来型爆薬との感度の差を明らかにすることができた。この結果、大型落つい感度試験機による試験方法が鈍性爆薬を対象とする落つい感度試験として十分適用できる見通しを得た。

1. 緒言

落つい感度試験は火薬類の打撃感度試験方法の一種であり、打撃感度測定法として広く各国で採用され、わが国でも日本工業規格（JIS）に規定されている。

しかし、近年開発された含水爆薬等は打撃感度が低く、JIS による落つい感度試験ではこれらの爆薬の1/6 爆点あるいは50%爆点を求めることは困難であり、JIS 表示では一様に8 級に表示されるため、従来型爆薬の低感度なものとの比較、または含水爆薬間での対比が不可能である。したがって、より高い打撃エネルギーを与えることにより、その爆点を求める必要がある。

この高い打撃エネルギーを与える方法としては大型落つい感度試験機を用いる方法と高速飛翔体で打撃する銃撃試験等があげられるが、筆者等は鈍性爆薬類を対象とする落つい感度試験方法について検討するため大型落つい試験機を作製し、本試験機の性能試験を行ない、その作動が正常であることを確認した上で、先ず、基礎実験としてローラーベアリングを用いた試験方法にて、サンドペーパー（80番）を使用して、各供試爆薬の落つい感度曲線を求めて比較検討した。

2. 大型落つい感度試験機の構造

本試験機は欧州産業火薬調査団によって紹介されたフランスの CERCHAR の大型落つい感度試験機と JIS 試験法の落つい感度試験機を参考としたものであるが、落つい切離し装置および二度打ち防止装置等は独自に考案、設計して試作したものである。この試

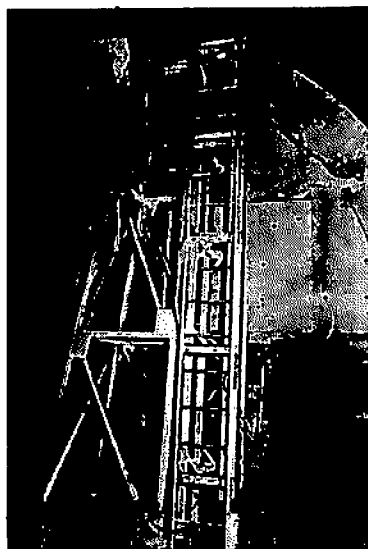


Fig. 1 Large fall hammer test device

験機の外観図を Fig. 1 に示す。

本試験機の機構の内容は次に示す通りである。

- 本 体 高さ；5.3m，幅；1.2m，奥行；1.7m
落つい最高落高長；4.0m
落ついガイドレール間隔；19.5cm
- 落つい重量 30kg，15kgおよび10kg
- 落つい受台 鋼鉄製ブロック（台形）
上面直径，25cm，下面直径，40cm，
高さ，30cm
- 落つい受座 鋼鉄製，直径，25cm，厚さ，5cm
（落つい受台上面にボルトにて固定）
- 落つい受台基礎 鉄筋コンクリートブロック（100×

昭和55年8月5日受理

*公害資源研究所 資源第4部

〒305 茨城県筑波郡谷田部町小野川 16—3

100×100cm)を埋設し、その上に鉄ブロック(100×100×50cm)をアンカーボルトで固定

○落つい巻き上げ方式 巻き上げドラム直結式減速機付、ブレーキモーター使用
(マグマFP-75-60B, 出力 0.75 kW, AC200V)

○落つい切離し方式 エアシリンダーを用いて圧縮空気にて作動

○二度打ち防止装置 ラチェット方式

3. 落ついの落下時間測定

本試験機の落ついの落下方式はJISに規定されている試験機と同様に滑降型であるため落ついとガイドレールとの摩擦抵抗等の要因により当然理論値より遅い落下速度で落下することが推察されるので、落ついの落下速度は試験機の性能を確認する上で重要なものである。したがって、落ついの所定の高さから落下した場合の一定距離間の通過時間を測定し理論値と比較した。

落ついの通過時間測定方法はFig.2に示す通りで、まず、落ついをガイドレールに沿って所定の高さまで吊り上げる。この落高はガイドレールに固定した標尺

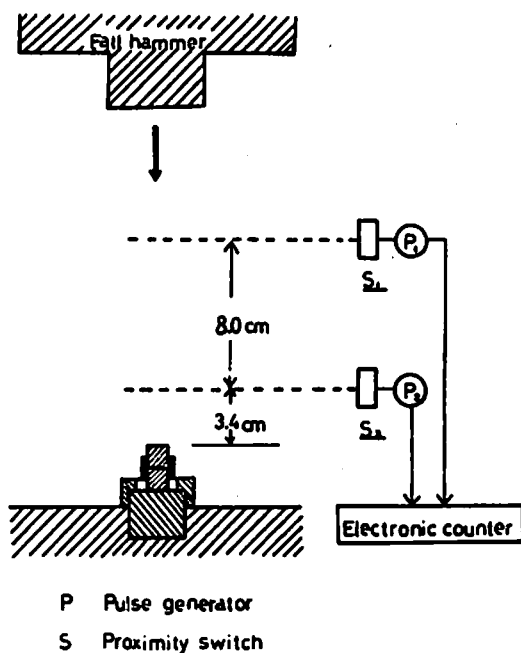


Fig.2 Schematic layout of electrical method for measuring fall hammer passing time.

Table 1 Passing time of hammer falling from different height through fixed intervals.

Fall height (cm)	20	40	60	80	100	120	140
Time (μsec)							
Calculated value	51345	31730	24945	21225	18803	17040	15702
Experimental value	57358	34833	27348	23044	20407	18462	17173
	58281	34940	27160	23022	20630	18546	17226
	58456	34788	27266	23065	20537	18581	17177
	57529	34853	27127	23095	20554	18439	17118
	58352	34708	27070	23202	20534	18357	17081
	57998	34819	27223	23078	20762	18519	17169
	58170	34917	27155	22944	20751	18360	17081
	57316	34594	26970	23060	20597	18445	17166
	58059	34933	27169	23010	20674	18456	17187
	58341	34686	27155	23336	20636	18774	17122
Difference between max. and min. value	1140	346	378	392	355	417	145
Average value	57983	34807	27164	23085	20557	18493	17150

と落ついに取り付けてある指針により測定する。次にエアシリンダーに圧縮空気を送入して落ついを吊り上げている止め金をはずして落下させる。

落ついの通過時間測定には近接スイッチ(オムロン

TL-N20) 2個を使用し、1個を計測スタート用とし他をストップ用として、その測定間隔を8cmにとり、ストップ用近接スイッチの位置を落つい受座上にセットした鋼柱(ローラーベアリング)上面より3.4cmと

した。スタートおよびストップ用の各近接スイッチはパルス発生器を通してタケダ理研製、ユニバーサル・カウンター、TR 5502（タイムインターバル・ユニット TR 5042内蔵）に接続し、2点間の落ついの通過時間を各落高について10回測定した。この実測値と次に示す自然落下の式より求めた計算値を Table 1に示す。

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad t = \sqrt{2h/g}$$

$$\therefore t_2 - t_1 = \sqrt{2/g} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})$$

Table 1の結果から落ついの各落高における一定距離間の通過時間の実測値と計算値を比較した場合、落高を増すとその差が減少することが認められる。これは落速の遅い落下初期ではガイドレールとの摩擦抵抗が大きく影響するものと考えられる。また、落ついの通過時間のバラツキも落高 20cm の場合はそれ以上の落高と比較して多く出ているが、落高 40 cm 以上ではバラツキも少なく、また、安定しており非常に再現性の良いことが認められた。

以上の結果から本試験機は落つい感度試験機として十分な性能をもつものと考ええる。

4. 落つい感度試験

4.1 供試爆薬

炭鉱用粉状爆薬 (Eq.S. I型)

鉱山用含水爆薬 (Al入り)

炭鉱用含水爆薬 (Al入り) 400g 検定品…(A)

炭鉱用含水爆薬 (MMAN入り) 400g 検定品(B)

4.2 実験方法

供試爆薬中の 3 種類の含水爆薬はローラーベアリング方式により、サンドペーパーを用いない試験方法での予備実験において、落つい重量; 10kg, 落高 2 m 以上の試験でも分解反応の痕跡すら認められなかったため、サンドペーパーを使用する試験方法を主にして下記の実験条件にて実験を行なった。

- 1) 落つい重量; 10kg
- 2) ローラーベアリング; 直径 12 mm, 高さ 11.8 mm
硬度, ロックウェル C, 62~64
- 3) サンドペーパー; G-80番 (紙製)
- 4) 薬 温; Eq.S 爆薬 22℃±1℃
含水爆薬 20℃±1℃

実験方法は Fig. 3に示すように 2 個のローラーベアリングの間に試料約 50 mg を鋳箔に包まず軽く圧搾してはさむ、サンドペーパーを使用する場合は下側のローラーベアリングの上に直径約 10 mm のサンドペーパーを置き、その上に試料を置く。これを円筒中におさめガス抜きカバーにセットしてアンビル上に置く方

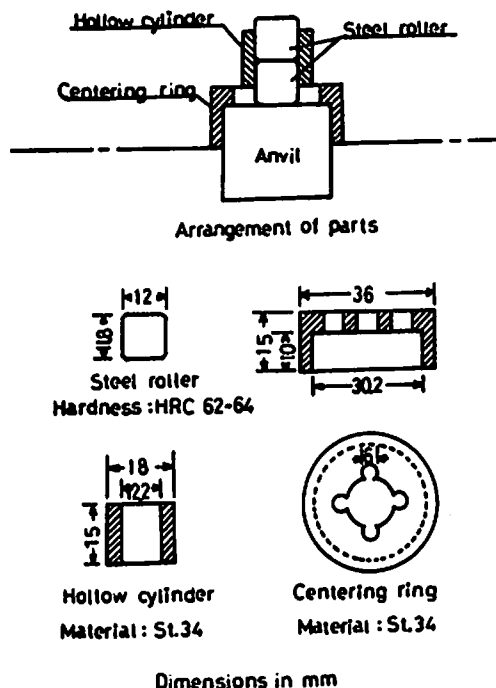


Fig. 3 Test device with roller bearings.

法で、同一落高における試験回数を 30 回とし落高を 5 cm 間隔 (Eq.S 爆薬のサンドペーパーを用いた場合 2.5 cm 間隔) で変化させて不爆点から完爆点までの発火率と落高の関係を求めた。

4.3 爆、不爆の判定

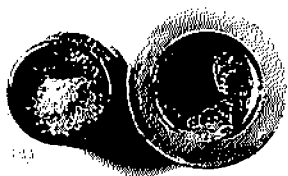
今回の実験では爆音を発した爆薬はなく、Eq. S 爆薬において発煙が認められただけであり、また、サンドペーパーを用いない試験方法で爆と判定できたのもこの従来型爆薬の Eq.S 爆薬だけであった。この場合の爆、不爆の判定は JIS に規定される判定基準にもとづいて行なった。

サンドペーパーを用いた試験方法による実験では含水爆薬の全てが分解反応と見られる痕跡をローラーベアリングの表面に残すのみであるが、この場合、上側のローラーベアリングの試料に接した面はサンドペーパーによるキズが多く入り判定が困難なため、筆者等は独自に判定基準を設けて爆、不爆の判定を行なった。

その判定基準は次に示す通りである。

爆・不爆判定基準

- 爆. 1) 試料底部にしいたサンドペーパーの裏面に接する下側のローラーベアリングの表面にサンドペーパーと残薬が圧着された状態となる場合。
- 2) 試料底部にしいたサンドペーパーの一部が



explosion (decomposition)



non-explosion

Fig. 4 Example of fall hammer test result.

破損し、下側のローラーベアリングの表面に線状のまもったキズが生じた場合。

不爆 サンドペーパーが破損せず、下側のローラーベアリングの表面にサンドペーパーの粒子の打撃による点状のキズのみがある場合。

この判定基準を定めるにあたっての根拠は下側のローラーベアリングの表面にサンドペーパーと残葉の一部が圧着された状態となる場合には落ついの落下により試料を打撃した直後に試料が分解反応を起したと思われる反応臭が感じられたため、これを爆とした。

また、このローラーベアリングの表面に圧着したサンドペーパーと残葉を去除くと、ローラーベアリングの表面にまもった線状のキズが生じていたため、サンドペーパーと残葉が圧着されない場合でも下側のローラーベアリングの表面に同様のキズが生じた場合には爆としたものである。Fig. 4 にその判定例を示す。

4.4 実験結果および考察

サンドペーパーを用いた試験方法にて落つい重量、10kgによる各試料の発火率と落高の関係を Fig. 5 に示す。

今回の実験ではサンドペーパーを用いた試験方法での爆・不爆の判定は独自に設定した判定基準で行なったためその正当性を確認する上から Up and Down 方式をとらずに同一落高にて一定回数くり返す方法で各試料の落つい感度曲線を求めたが、同一種類のローラーベアリングの入手が困難でその数に制限があり同一落高における試験回数としては十分でないくらいはあるが一応の傾向はつかめたものと思う。

Fig. 5 の実験結果から従来型爆薬の Eq. S 爆薬と含水爆薬を比較した場合、含水爆薬の打撃感度が著るしく鈍性であることが認められる。また、3種類の含水爆薬間で比較した場合、鉾山用含水爆薬は他の2種類の炭鉱用含水爆薬に比して不爆側では感度は低くでているが、完爆側ではやや鋭感となる傾向にある。次に2種類の成分の異なる炭鉱用含水爆薬を比較すると不爆点から落高 30 cm までの発火率には差が認められないが 50 % 爆点付近から鋭感剤に Al 粉を用いた含水

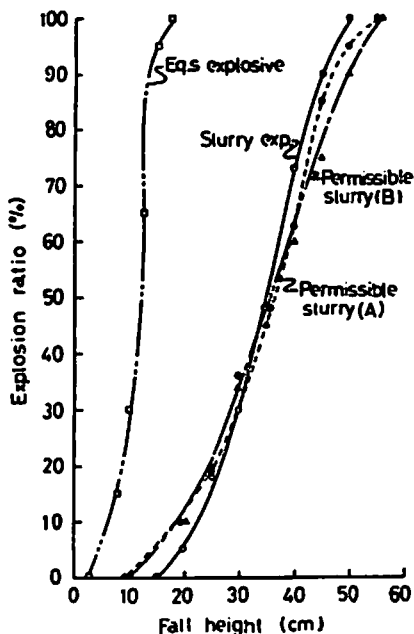


Fig. 5 Relation between explosion ratio and fall height in the fall hammer test using sandpaper.

爆薬が MMAN を鋭感剤とする含水爆薬に比してやや鋭感となる傾向が認められる。

しかし、Table 2 の実験結果から、この含水爆薬間の打撃感度を比較した場合、その差は殆んどなく、実験誤差等を考慮するならば、今回の供試含水爆薬は3種類とも同程度の打撃感度を有するものと見るのが妥当かと考察する。

Table 2 にはサンドペーパーを使用した試験方法と使用しない試験方法における 50 % 爆点の打撃エネルギーと 3 kg-m、および 4 kg-m の打撃エネルギーによる発火率を示すが、含水爆薬については前項にも記したようにサンドペーパーを用いない場合には落高 2 m 以上の落つい試験でも分解反応の痕跡も認められ

Table 2 Results of Fall hammer test.

Explosives	with Sandpaper			without Sandpaper		
	50 % impact energy	Explosion ratio (3 kg-m)	Explosion ratio (4 kg-m)	50 % impact energy	Explosion ratio (3 kg-m)	Explosion ratio (4 kg-m)
Eq. S explosive	1.2 kg-m	—	—	3.2 kg-m	13/30	24/30
Slurry explosive	3.4 kg-m	9/30	22/30	—	—	—
Permissible slurry explosive (A)	3.6 kg-m	11/30	19/30	—	—	—
Permissible slurry explosive (B)	3.7 kg-m	10/30	18/30	—	—	—

なかったためサンドペーパーを使用した試験方法による実験結果のみを示す。

この表の実験結果から Eq. S 爆薬のサンドペーパーを用いた場合と使用しない場合の 50 % 爆点における打撃エネルギーを対比して、サンドペーパーを用いた試験方法がいかに打撃感度を高めるかが明らかに認められた。

なお、Eq. S 爆薬のサンドペーパーを使用しない試験方法による爆否判定で爆の判定は殆んどが JIS 基準による半爆又は分解程度で爆音を発して完爆と判定できた例はなかった。したがって、Eq. S 爆薬は以上の実験結果から含水爆薬に比して鋭感であることは確認されたが、含水爆薬と同様に完全な爆ごうを起させるためには上記実験結果の完爆点における打撃エネルギー以上のより大きな打撃エネルギーを与えることが必要である。

5. 結 論

鈍性爆薬類を対象とする打撃感度に関する研究の一環として、大型落つい感度試験機にてローラーベアリ

ングを用いた方法によるサンドペーパー (G-80番) を使用した試験方法と独自に設定した爆否判定基準により、鈍性爆薬としてとり上げた Eq. S 爆薬と 3 種類の含水爆薬の不爆点から完爆点までの発火率と落高の関係を求め、従来型爆薬と含水爆薬の落つい感度の差を明らかにすることができた。

その結果、試作した大型落つい試験機が落つい感度試験機として十分適用可能なことを確認するとともにローラーベアリング方式によるサンドペーパー (G-80番) を使用した試験方法が鈍性爆薬を対象とする落つい感度試験として十分適用できる見通しを得た。

文 献

- 1) 山本祐徳, 「一般火薬学」一橋書房, (昭. 33)
- 2) 正田強, 吉田正, 鈴木輝彦, 工業火薬, Vol. 39, No. 3, pp. 139~148 (1978)
- 3) 柳沢剛, 工業火薬, Vol. 21, No. 2, pp. 117~119 (1960)
- 4) P. W. Johansen. Propellant and Explosives. Vol. 3, No. 1, pp. 26~29 (1978)

Studies on a Fall Hammer Test for Low-Sensitivity Explosives

by Sakae MATSUMOTO* and Masao TANAKA*

Fundamental experiment was carried out by a large fall hammer test device with roller bearing which was built as a trial, in order to evaluate the fall hammer test for low impact sensitivity explosives. The results obtained are as follows.

- 1) The passing time of fall hammer at constant height was measured as a performance test for the device.

The measured values are shown in Table 1. These results confirmed that the device is accurate enough as a fall hammer tester.

- 2) In the test device with sandpaper (G-No. 80) in which the standard of judgement of explosion or non-explosion was originally established, the impact sensitivity curves of Eq. S explosives and three kinds of slurry explosives were obtained, as shown in Fig. 5. As a result, the sensitivity difference between Eq. S explosives and slurry explosives became apparent.

From the above results, it was confirmed that the roller bearing type of test device with sandpaper was satisfactorily applicable to low-sensitivity explosives.

(*National Research Institute for Pollution and Resources, Yatabe-machi, Tsukuba-gun, Ibaragi prefecture, Japan)

ニュース

デュボン社、中国にスラリー爆薬技術を輸出
デュボン社（米）は中国技術進出総公司にスラリー爆薬技術を輸出した。中国は南京の西約 300 マイルの炭鉱地帯に年産 6,000 トンのスラリー爆薬工場

を建設する予定である。同工場のモジュールは米国で組立てられた上、中国に送られる予定。

出典：Chemical Week 1980年6月25日

（中原正二）