

爆薬の感度に関する研究

渡辺定五・根元嘉信・高橋速水*

1. 結 言

爆薬の感度の測定法には各種あるが一般に広く用いられているのは、落錘試験機による方法である。当社で以前工業爆薬に吸湿を行なわせたとき、ある水分量において落錘感度が鋭敏になることが認められている。

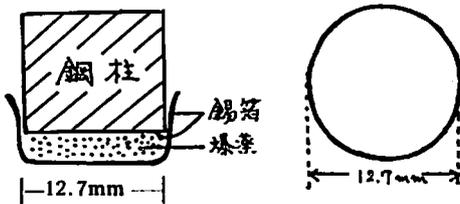
本実験はこのような現象が単一爆薬のときにおいてもおこるかどうか検討したものである。

2. 実験方法

アセトンで再結晶したヘキソゲン、テトリール、ピクリン酸及びペントリットに蒸留水、60%エチレングリコール、75%エチルアルコール等の不活性液体をスプレーで均一に散布し、添加量を測定後、試料を100発作り添加液が蒸発しない様デンケター中に保存する。同時に実験終了後においても添加量を測定するために試料と同一状態で保存する。

実験には5kgのハンマーの落錘試験機を用いておこなった。

試料の作成には2枚の錫箔を用い、まず20mm直径の円形錫箔で椀形を作り、これを装填臼内に収め、この中に秤量した100mgの供試料を入れ、更に12.7mmの円形錫箔(小)をその上におきこれをエポナイト棒で均一に押える。椀形の錫箔はこのままの状態での中に鋼柱がきつちり収まるようにして実験した。



図—1. 試料 図

猶この実験に用いた爆薬は、比表面積計で平均粒子径を測定した。

表 1 各爆薬の平均粒子径 単位(μ)

ヘキソゲン	テトリール	ペントリット	ピクリン酸
3.2	31	28	26

3. 感度の求め方

爆薬の落錘感度は不爆点、臨界爆点、完爆点等で測定されるが不爆点は確率的に問題があり、試験結果のパラツキの原因となつている。そこで本実験では臨界爆点を求めた。

臨界爆点には up and down method を用いた Dixon-Mood 方法や、Brownlee の方法等があり、後者は試料数が10以下で済む非常に手数を要しない簡単な方法であるが、 σ の推定が困難であるので本実験では Dixon-Mood の方法を用いて解析した。

本方法の臨界爆点は次式で求まる。

$$m = c + d \left(\frac{\sum in_i}{N} \pm \frac{1}{2} \right) \quad (1)$$

[注] +は不爆数、-は爆数を用いた時

m = 臨界爆点の対数値

c = テストしたもつとも低い落高の対数値

d = 間隔の対数値

N = 爆又は、不爆の全数

標準偏差 σ は

$$\sigma = \frac{\sum i^2 n_i}{N} - \left(\frac{\sum in_i}{N} \right)^2 \quad (2)$$

又標準偏差の σ_c は

$$\sigma_c = 1.620d \left\{ \frac{N \sum (i^2 n_i) - (\sum in_i)^2}{N^2} + 0.029 \right\} \quad (3)$$

中央値の標準誤差

$$\sigma_m = \frac{G \sigma_c}{\sqrt{N}} \quad (4)$$

[注] G は Dixon-Mood の図表より求まる。

これから中央値の信頼区間は

$m \pm t_{\infty}(\alpha) \sigma_m$ である。

4. 工業爆薬の感度

新桐ダイナマイトを含湿空気で吸湿をおこなわせて J I S 法で不爆点を求めた。

昭和38年9月5日受理

* 日本油脂(株) 武庫工場 受知形式許可

表 2 工業爆薬の不爆点

水分 %	0.33	0.46	0.52	0.88	0.94	0.95	1.06	1.22	1.46	1.85
不爆点 cm	37	39	40	35	28	26	32	27	18	22
水分 %	1.98	2.57	3.21	4.21	4.89	8.65	10.99	11.12	30.50	
不爆点 cm	18	22	14	15	12	15	19	16	22	

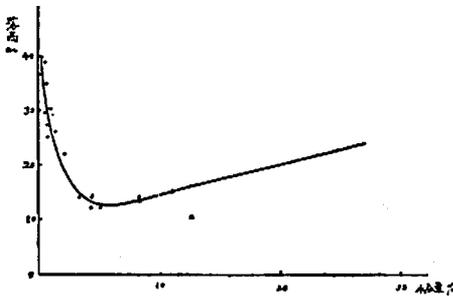


図 2. 工業爆薬の不爆点

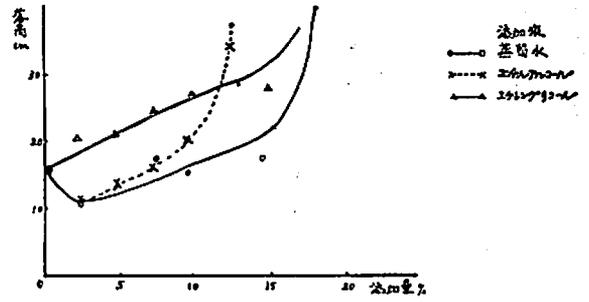


図 3. ヘキソゲンの臨界爆点

この結果工業爆薬の不爆点は水分が 4% 程度になつたとき、40cm から 15cm までに低下している。

5. 単一爆薬の感度

表 3 ヘキソゲンの臨界爆点

添加液	水分	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	20.0
蒸留水	真添加量 %	0.00	3.17	4.97	8.39	9.70	—	15.70	22.10
	臨界爆点 cm	16.4	11.2	14.2	17.6	15.6	—	17.7	60以上
	標準偏差 cm	1.17	1.23	1.16	1.17	1.18	—	1.09	—
	95%信頼区間 cm	15.7~17.2	10.5~11.8	13.6~14.8	16.8~18.4	14.9~16.3	—	17.2~18.2	—
75%エチアルコール	真添加量 %	0.00	2.31	4.19	7.22	9.86	12.50	16.70	—
	臨界爆点 cm	16.4	11.7	14.8	16.9	20.0	34.1	60以上	
	標準偏差 cm	1.17	1.32	1.09	1.46	1.33	1.41		
	95%信頼区間 cm	15.7~17.2	10.9~12.6	14.4~15.2	15.3~18.6	18.3~22.8	31.2~37.3		
60%グリコール	真添加量 %	0.00	2.80	5.38	7.20	10.01	—	16.02	20.60
	臨界爆点 cm	16.4	21.2	21.7	25.0	27.1	—	28.1	60以上
	標準偏差 cm	1.17	1.14	1.30	1.28	1.24	—	1.34	
	95%信頼区間 cm	15.7~17.2	20.4~21.9	20.4~23.2	23.3~26.6	25.6~28.8	—	26.0~30.2	

表 4-1 テトリールの臨界爆点

添加液	添加量 %	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0
蒸留水	真添加量 %	0.01	2.56	5.82	7.69	10.99	16.07	19.58	29.89	39.65
	臨界爆点 cm	20.2	23.7	26.7	27.4	26.2	17.5	14.9	13.9	60以上
	標準偏差 cm	1.16	1.28	13.8	1.32	1.11	1.20	1.09	1.26	—
	95%信頼区間 cm	19.4~21.0	22.2~25.2	24.6~29.0	26.4~29.3	25.6~27.0	16.7~18.4	14.6~15.3	13.1~14.8	—

表 4-2 テトリールの臨界燃点

添加液	添加量 %	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0
60% エチレングリコール	真添加量 %	0.01	—	4.97	—	10.86	—	21.37	—	—
	臨界燃点 cm	20.2	—	27.5	—	14.6	—	60以上	—	—
	標準偏差 cm	1.16	—	1.01	—	1.13	—	—	—	—
	95% 信頼区間 cm	19.4~21.0	—	26.6~28.5	—	14.1~15.2	—	—	—	—

表 5 ペントリットの臨界燃点

添加液	添加量 %	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	20.0
蒸溜水	真添加量 %	0.01	2.76	5.27	8.56	9.65	19.95
	臨界燃点 cm	15.8	16.8	19.4	21.5	23.6	60以上
	標準偏差 cm	1.23	1.23	1.11	1.17	1.15	—
	95% 信頼区間 cm	15.0~16.8	15.9~17.8	18.8~19.9	20.6~22.4	22.7~24.5	—

表 6 ピクリン酸の臨界燃点

添加液	添加量 %	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0
蒸溜水	真添加量 %	0.01	3.26	5.83	7.60	9.48	15.04	21.07
	臨界燃点 cm	19.5	15.8	15.5	19.2	19.0	28.7	60以上
	標準偏差 cm	1.30	1.32	1.21	1.31	1.30	1.28	—
	95% 信頼区間 cm	18.3~20.6	14.7~16.9	14.8~16.2	18.0~20.6	17.8~20.1	26.9~30.7	—

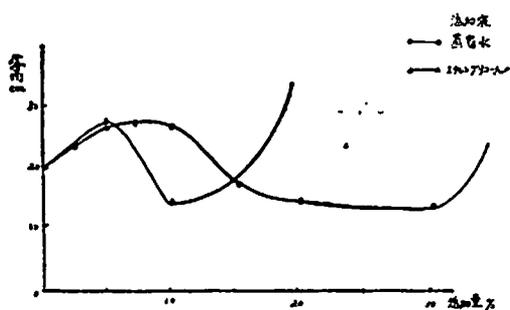


図 4. テトリールの臨界燃点

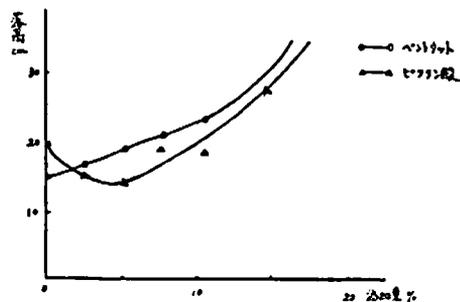


図 5. ペントリット、ピクリン酸の臨界燃点

以上の結果

- ヘキソゲンに添加物として蒸溜水及びエチルアルコールを用いた場合は、添加量 2.5% 前後において鋭敏になっている。しかしエチレングリコールの場合はこの現象が見られないで感度は鈍化性が見られる。
- テトリールは蒸溜水を添加してゆくと最初は鈍化の傾向を示すが、添加量が 15~30% において急激

- な鋭感性を示す。しかも爆発は爆音および爆痕がはつきりしている。ヘキソゲンではエチレングリコールの添加は鈍化性を示したが、この場合エチレングリコールでも 10% 前後で鋭感性を示している。
- ペントリットは蒸溜水を添加してゆくと添加量が多くなるにつれて鈍化性を示す。
- ピクリン酸の場合ヘキソゲンと同様に蒸溜水の添加量が 5% 前後において鋭感性を示している。

6. 考 察

単一爆薬の場合は、薬種によつて感度の傾向が異なつてゐる。すなわち、爆薬の落槌による起爆が気泡の断熱圧縮によつておこる場合、このような実験で起爆性に影響してくるものとしては爆薬の性質と添加液の性質である。

添加液の性質としては、比熱、熱伝導度、粘度、蒸発潜熱、燃焼熱、蒸気圧、酸素バランス等であるがこれらの性質が顕著にあらわれたものはなかつた。

ヘキソゲンの場合、蒸留水、エチルアルコールが2.5%前後、及びピクリン酸の場合5%前後で鋭敏になるのは試料が落槌で衝撃を受けたとき、爆薬が爆発しやすい状態に気泡が保たれ、これの断熱圧縮の熱が液体自身の気化に奪われる熱量より大きいから爆発にうつるものと思われる。又エチレングリコールを加えた場合は、気泡の保持力がよくても今度はグリコールの粘性が潤滑作用を示し、爆薬が断熱圧縮される以前に爆薬の飛散がおこなわれたものと思われる。

テトリールの場合、水分が15~30%前後とエチレングリコールの10%前後で鋭敏になつてゐる。この理由として起爆が断熱圧縮によると考えると、テトリールの結晶形は針状結晶あるいは棒状結晶であり、他の爆薬は塊状結晶などである。このことはテトリールで試料を作つたとき結晶間の配列が緻密でないため水分がある量より多くなつたとき初めて、気泡の保持が容易になり、あるいは、結晶が不規則のため結晶の一部が気泡の中に入つたりして、その時の断熱圧縮によつて爆発するのではないかと思われる。

このように爆薬に不活性液体を添加した場合の落槌感度は添加液の性質と共に、爆薬の性質としてその結晶形も影響してくるものと思われる。

ただこの実験では、爆薬間の添加量の差による薬厚

はほとんど同じだが、同一爆薬では、添加量が多くなると薬厚が薄くなるため、その爆薬の受ける力がことなつてくる。その結果この感度の成績は落槌による見掛けの感度かも知れない。

この他、試料の調製法などについても、今後なお一層検討してみる必要があり、また工業爆薬とも形態がことなつてゐるのでこの点も検討する予定である。

7. 結 論

単一爆薬に不活性液体を添加したときの落槌感度は、ある添加量のとき鋭敏になることがありこれは添加液体の性質とともに爆薬の結晶形にも影響されるものと思われる。

この様な一考察をあげて結論とする。

文 献

- 1) Princeton Univ. Statistical Research Group.: Statistical analysis for a new procedure in sensitivity experiments: P. B. report. 23709
- 2) W. J. Dixon & A. M. Mood: A Method for obtaining and analyzing sensitivity data. J. A. S. A. 43, 109~126 (1948)
- 3) K. A. Brownlee; The up and down method with small samples. J. A. S. A. 48, 262~277 (1953)
- 4) F. P. Bowden & A. D. Yoffe: The initiation and growth of explosions in liquids and solids.
- 5) E. K. Rideal & A. J. B. Robertson: The sensitiveness of solid high explosives to impact: Proc. Roy. Soc. (London) A195 135~50 (1948)
- 6) 新美: 火薬の感度および起爆機構に関する研究 火兵誌 32, No. 5, 396 (1938)

The Sensitivities of Various Explosives

by Teigo Watanabe, Yoshinobu Nemoto, and Hayami Takahashi.

The dropping hammer sensitivities of various explosives containing some liquids were changed with amounts of the liquids.

The test explosives were RDX, tetryl, PETN, and picric acid, and the used liquids were distilled water, ethylalcohol, and ethyleneglycol.

The sensitivities of the explosives were

measured by the up and down method.

The weight of dropping hammer was 5kg.

The results of experiments show that the sensitivities of various explosives were depend on amounts and kinds of liquids, and on the manner of crystalization of explosives.