

雷 汞 雷 管 の 基 礎 的 研 究

(第二報 管体竝に内管の爆発率に及ぼす影響)

(昭和24年9月29日受理)

又 木 武 一

(帝國火工品製造株式会社川越工場)

I 緒 言

前報告で爆粉量と爆発率との関係を求め、工業雷管の比較基準としては臨界爆粉量が最も適合している事を確認した。故に工業雷管を構成している金属材料即ち管体及内管の材質、形状等が爆発率に及ぼす影響を臨界爆粉量で比較検討して現用雷管の改良を試みた。尙実験に使用した管体は六号雷管で添装薬はヘキソゲンで第1回は0.25g 第2回は0.20gを1個当り毎回100kgで圧搾し、爆粉は硝酸加里と雷汞の二味配合を0.10~0.30gと変化して総て1個当り100kgで圧搾した。発火方法は工業雷管に陸式の太い導火線を附し、充分に絞めたものを発火させ試験全数と爆発数との比率を以て爆発率を現わし爆粉量と爆発率の関係をグラフに表はして臨界爆粉量を求めた。

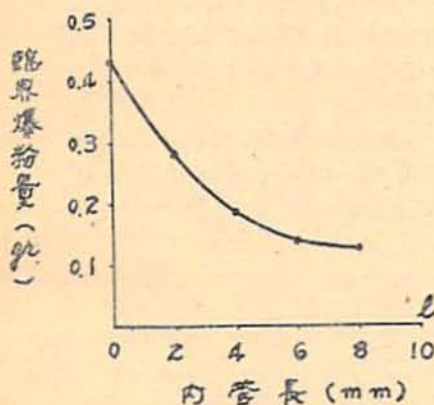
II 内管に依る影響

内管の試験では総て銅製の六号管体を使用した。

(a) 内管の長さ

従来工業雷管に使用された内管の長さは4mmが大部分であつたが、之を0, 2, 4, 6, 8mmの5種類に変化して臨界爆粉量を求めた結果次の成績を得た。尙内管は総て厚味0.37mmの銅板から製造した。実験の結果、爆粉量と爆発率との関係は良く理論式と一致し爆粉特徴数はSである。

図 1



内管長(mm) 8 6 4 2 0
 臨界爆粉量(g) 0.13 0.14 0.19 0.28 0.43
 即ち内管長を横軸に、臨界爆粉量を縦軸に取つて上の成績を図示すると図1に示す如く内管長が増加するに従ひ臨界爆粉量は急激に減少し逆対数曲線を書いて一定値に近づく、現在4mm内管は巾24mmの銅板から2個取りで製造されるが打抜径は11mmな為未だ少し余裕があるので打抜径を11.5mm迄増加する事に依り6mm長の内管が2個取り出来る。然るに6mm以上では爆発率の向上は僅少なのに比して工作上及材料の点から極めて不利な為内管長は6mmが最も適当であると考へられる。之で臨界爆粉量は約26%減少出来る為、爆粉量は0.4gを0.3gに減少しても差支へない。

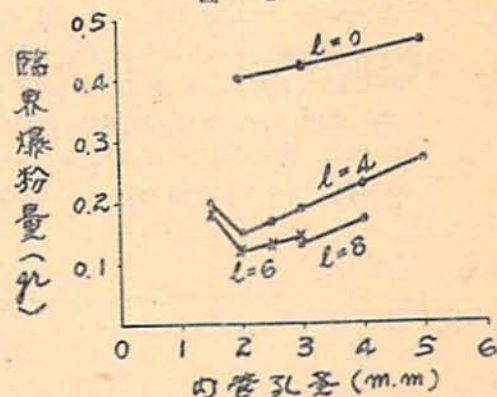
(b) 内管の孔径

内管の中心には導火線若しくは綿火薬の火焔を爆粉に傳へる為直径2.5mmの孔がある。依て孔径の異なる各種内管に就て臨界爆粉量を求め次の結果を得た。尙内管長0mmとは0.5mmのボール紙を使用した。Sは総て3であつた。

孔径(mm)	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
8mm	-	-	-	0.13	0.17	-
6mm	0.18g	0.12g	0.13g	0.14	-	-
4mm	0.20g	0.15g	0.17g	0.19	0.23	0.27g
0mm	-	0.40g	-	0.43	-	0.46

之を図示すると図2の如く孔径が小さくなるに従ひ

図 2



2.0 mm 迄は直線的に減少するが、2.0 mm が極小点で、1.5 mm では逆に増加して来る。之は爆粉の着火面積が減り過ぎる結果と考えられるので孔径としては2.0~2.5 mm が最良と考へる。

(c) 内管の材質

長さ4mm 孔径3.0mm の内管を材質だけ銅、真鍮及アルミニウムと変化して実験を行つた。Sは3で之から求めた臨界爆粉量は次の如し。

材 質	銅	真鍮	アルミニウム
臨界爆粉量(g)	0.19	0.19	0.31

即ち銅と真鍮は同一だがアルミニウムのみ著しく大きいのは材質に依る影響で特に内管が無い場合は0.43gと極めて多くなる点を併せ考へると、内管材料の抗張力大なる程爆発率は向上する傾向がある。

III 管体による影響

管体の試験では内管を一定にする必要があるを主として長さ4mm 孔径3mm の銅製内管を使用した。

(a) 管体の強度

内管の場合材料強度が爆発率に著しい影響があつたので、管体材料の肉厚及材質を変化して爆発率を求めて見た。管体は全長35mm の六号管体を使用し肉厚は底部より30mm の点に於ける肉厚を以て表はした。材質は銅、真鍮、及アルミニウムの三種を使用し実験の結果、次表の臨界爆粉量を得た。

材 質	肉 厚	臨界爆粉量
銅	0.17 mm	0.19 g
銅	0.24 "	0.18 "
真 鍮	0.22 "	0.16 "
アルミニウム	0.17 "	0.32 "

即ち抗張力大なる真鍮が爆発率最上で銅が之に次ぎアルミニウムが最も不良なり。爆発率の点から考へて雷管雷管にアルミニウムを使用するのは極めて不利である。同一の銅製雷管でも肉厚の大なる程臨界爆粉量は低下するので管体の質及肉厚は爆発率に大きな影響を与える事が認めらる。

尚Sは全て3であつた。

(b) 管体の底部形状

工業雷管の底部は爆発のノイマン効果を利用する為内部に凹んで居るが平底のものを作つて形状に依る影響を実験した、其の結果、臨界爆粉量は凹んでいる現用のものが0.19g 平底のものも0.19g で差異を認める事が出来なかつた。

IV 二重内管使用雷管

以上実験した雷管は全て内管は一個を使用し下向で実験を行つたが特に内管2個を使用した二重内管に就て導火線で発火試験を行つた。即ちヘキソゲン

0.45 g を2回に圧搾した上に先づ長さ3mm の内管を上向きに入れ、爆粉を色々に変化し更に長さ3mm の内管を下向きに入れて爆粉を1個に対し100kg で圧搾したものに就て爆発率を求め次の成績を得た。

爆 粉 量 (g)	0.10	0.15	0.17	0.20	0.25
爆 発 率 (%)	25	20	35	60	95

即ち臨界爆粉量は0.19g で4mm の内管2個を使用したものと同一で特に有利な点は認められ難い。特に内管を2個使用する事は作業上一行程増へる事になり不利である。上の成績で爆粉量と爆発率は理論式と一致しSは3である。然し薬量が少い0.10g では爆粉を圧搾した場合上向と下向の内管がぶつかつて圧搾圧力は内管の変形に専ら使用されて爆粉には充分に圧力がはつていないので爆発率が少し良い結果を出して居るが眞の成績とは認められない。

V 爆発に対する考察

雷管雷管の爆発過程は先づ導火線の末端火焰が内管の中心孔を通つて爆粉に到達すると爆粉は最初燃焼(250~300 m/s)を起し其の反応生成瓦斯で圧力が急激に上昇するに従つて燃焼から爆発(2,000~5,000 m/s)に移り添装薬は充分な爆力が与へられて完爆するものと考へられる。然し爆力が不十分な場合には添装薬は完爆せず未反応の一部が残存して半爆となる。

従来雷管の爆発に就て行はれた研究結果を見ると F. P. Bowden 氏は高速カメラで雷管の爆発を撮影した処爆発は二段に行はれ、第一段では250~300 m/s の燃焼を生じ第二段で爆発の行はれる事を認めて居る。又 M. Patry は各種圧力の下で雷管が燃焼から爆発に移る時間を測定し大気圧が下るに従つて遅くなる事、反対に硝子管内に入れた時は極めて早くなる結果を出して居る。故に爆粉量が多くなるに従つて爆粉の薬量も高くなるので爆粉は燃焼から確実に爆発へと移り其の結果爆発率が增加する事になる。理論上爆発率と爆粉との関係はS字型の曲線を辿つて増加する事を実験的に確める事が出来た。逆に不完爆の雷管は爆粉量不足に一因すると思はれる。

次に爆粉の圧搾圧力と爆発に就て考へて見ると、一般に火薬類の燃焼する場合には装填比重の小さい程燃焼速度は大となる。例へば黒色火薬を圧搾して運動薬を作る場合、圧搾圧力が弱く装填比重の小さい程燃焼は早くなる傾向がある。導火線の異常燃焼も局部的に装填比重の小さい箇所が存在する為だと謂はれて居る。又起爆薬で直接製造爆薬を完爆する事は困難であるが、中間に圧搾圧力の弱い粉状爆薬を置く事により容易に完爆させ得るのも粉状爆薬が容易に爆発過程に移つて充分な爆力を製造爆薬に与へる為と思はれる。故に爆粉の場合でも圧搾圧力が増加するに従つて燃焼

から爆発に移るに時間が長くなるから爆発させるに必要な爆粉量が増加する結果となり、臨界爆粉量が増加し遂に死圧の現象を呈する。実験の結果も爆粉の圧搾圧力が1個定 30 kg, 50 kg, 100 kg と増加するに従ひ爆発が困難となつて居る。然るに添装薬は圧搾圧力が弱いと添装薬の高さが高くなるので爆粉の圧搾圧力が同一でも圧搾時間が長くなる為爆粉は十分に圧搾される結果爆発率は低下するものと思はれる。尙雷管の圧搾圧力は大きい程雷管の威力が強くなるので總べての点から添装薬は強圧するのが有利である。

次に添装薬の爆発は専ら爆粉の爆力に支配される。W. Shepherd 氏は徑 1.25 inch の硝子管に比重 1.10 で装填したテトリールを6号雷管で起爆させた処、テトリールの約 1/3 経過後眞の爆轟 (爆速 4,680 m/s) を認めて居る。此の起爆距離の存在は G. Herzberg 氏も認めて、強力な雷管で短縮され得ると述べて居る。又 F. Bowden 氏は固体のベントリットに衝撃を加へた場合、最初 350~400 m/s の燃焼が起るも、直ちに爆轟に移る事を認めて居る。M. Patry 氏の殉爆試験に依るとの $\Delta=0.9$ ビクリン酸を工業雷管で起爆させ色々の距離に置いた同一形状のビクリン酸に対する殉爆状況を調査した結果、距離 3 cm 以下では感度薬は最初の 2 cm 位迄 2,000 m/s の速度で進行するが 2 cm 以後は正規の爆速 (3,500 m/s) に移行する。然し距離が 4~6 cm に増加すると最初 2,150 m/s の速度で爆発するが最後の部分は爆発せずに 1,300 m/s の速度で前方に放出される。但し 7 cm 以上では最早殉爆しなくなる。即ち距離の増加する事は感度薬の受ける爆力が減少する結果となり、ビクリン酸は弱い爆力を受けた時は爆速が次第に減少して最後の部分は爆発せずに放り出される。雷管雷管が半爆を起すのも同一現象で爆粉の爆力不十分な為添装薬が完爆せずに底部が残る理由である。

尙工業雷管の爆発を花火寫眞に撮影した W. Payman (Proc. Roy. Soc. 148, 604, 1933) の実験に依れば雷管が爆発する場合、底部が破壊する前に側面が破壊して爆発生成瓦斯の大部分が外部に出て行く事を認めて居る。

以上諸家の研究結果に従へば雷管雷管の完爆は爆粉の爆発が第一条件となる。今爆粉が点火して燃焼から速かに爆発に移る為には先づ爆粉を包んで居る容器が丈夫で雷管底部が完爆する迄雷管全体が原形を保つ事が必要となる。然し爆粉の上部は内管と管体、下部は管体だけに包まれているので、爆粉が燃焼から爆発に移る過程は内管と管体の強度に關係する。先づ内管に就て考へると先づ其の材質が強い程爆発率は向上する筈だが、実験の結果も臨界爆粉量はアルミニウムの時 0.31 g, 銅と眞鍮では 0.19 g と減少し材質に依る影響

が著しく表はれて居る。次に管体に就いても同様の事が成り立つ理由で、実験の結果はアルミニウムの場合 0.32 g, 銅は 0.18 g, 眞鍮は 0.16 g と抗張力の大きい材料臨界爆粉量が減少し、且同一材質でも肉厚の太い管体臨界爆発率が向上して居る。即ち内管と同様管体の材料も爆発率に著しい影響を与える事が確認された。

次に内管の形状に就て考へて見ると現在のものは長さ 4 mm しかないので爆粉の一部分しか包んで居ない。然し内管の無い部分は容器の強度が急激に減少するので内管の長さは爆発率に影響を及ぼす筈である。内管の長さを色々に変化した実験の結果は長くなる程爆発率良好で臨界爆粉量は逆対数曲線を辿つて減少し一定に近づいて行く。尙鈴木富治氏 (火協5号) の「爆破に対する岩石の硬さ」でダイナマイトの爆速が容器に依つて変化する事を実験して居る。即ち紙管の場合は 2,400 m/s だが肉厚 4 mm の鉄筒では 6,700 m/s 肉厚 135 mm では 7,300 m/s と増加し容器の強度に依る影響を認めて居る。従つて雷管でも同一現象が成り立つ理由である。

次に内管の孔は導火線の火線が爆粉に着火する通路となるので一定以上必要となるが、着火後は爆粉の反応生成瓦斯が此の孔を通つて逃げて行くので孔徑の大きい程反応生成瓦斯の発生圧力が上昇し難くなり従つて燃焼から爆発へ移るに時間を要する事となり爆発率も低下する筈である。実験の結果は孔徑が小さくなるに従ひ臨界爆粉量は直線的に減少して居る。然し孔徑 2 mm が極小で 2 mm 以下になると導火線放出火線の一部分しか爆粉に達せぬ為、最初の反応中心の数が減少する結果充分な反応が中々起り難く臨界爆粉量が増加するものと思はれる。電気雷管でも同様 2 mm 附近に極小点が認められた。

二重内管は爆粉の爆発は充分に行はれると考へられるが爆粉と添装薬の接触が不十分な為爆粉の爆力が十分に添装薬に加はらないと思はれる。実験の結果も二重内管は特に爆発率の向上は認められなかつた。

更に導火線の太さに関しては管体と導火線の隙間が多い程反応生成瓦斯は外部に逃げ出す量が多くなるので導火線は太い程爆発率は向上する筈で、実験の結果も導火線の太い程臨界爆粉量は減少して居る。防湿の点からも導火線の太い程雷管に対して有利であるから結局第一導火線を使用すべきものと考へる。之を要するに反応生成瓦斯が外部に逃げ出す量を減少する事と雷管底部が爆発する迄側壁の破壊しない様計画するのが最も大切である。

Fundamental Researches for Mercury-fulminate Blasting Caps

(II) Effects of tube and reinforced cap on the explosion probability of blasting caps

By T. Mataka

The explosion probability of No. 6 mercury fulminate blasting cap with a crownward reinforced cap was studied under the condition of critical initiating charge derived from the equation formerly reported. Main results are as follows:

- 1) The longer the length of reinforced cap, the greater is the explosion probability: hence the inner cap should be lengthened to 6 mm though ordinary one is 4 mm.
- 2) Maximum explosion probability is obtained when the diameter of inner cap's hole is 2 mm.
- 3) The harder the materials of detonator tube or inner cap is, the surer explosion will be possible, just as like the explosion of the copper cap is surer than that of the aluminum.

The results were applied to the theoretical equation and all of "s" coefficient of explosion characteristics were found as 3.

工業用導火線の燃焼特性

(昭和24年11月8日受付)

日野熊雄・井田一夫・山根誠一

(日本化薬厚狭作業所)

摘 要

先に報告した「工業用導火線の燃焼速度理論」に於て導出した理論式が実験的に成立することを証明し

た。即ち導火線末端からの噴出ガス量、全噴出ガス量を第一種、第二種導火線につき実測し之が先に導出した理論式と良く合うことを

明にした。次に側面をガスの通らぬようにテープにて絶縁した導火線の線長と全燃焼秒時とを実測しこの関係が理論式と一致することを明にし燃焼速度のガス圧力指数を決定した。

I 噴出ガス量の測定法

実験装置は図1に示す。

(a), (b), (c) のガス発生装置を (d) のガス捕集装置にゴム管で連結すれば夫々全ガス量、末端ガス量、側面ガス量を測定することが出来る(本実験では側面ガス量は測定しなかつた) 導火線の点火には点火玉を用いた。点火玉の点火には乾

図1. 導火線噴出ガス量測定装置

