

実験値から計算すると略(14)式が成立する。即ち懸吊試験に於ては不着火限界薬量 W は

$$W = f_4/f \dots\dots\dots(15)$$

で表わされ、系列Ⅱの爆薬に対しては

$$W = 229/f \dots\dots\dots(15)'$$

となる。又は

$$W = 299/(9.6 - 14.2x) \dots\dots\dots(15)''$$

本式に於ける f としては開放状態に於ける有効火薬力をとらねばならぬ。即ち密度に依つて有効 f の変わるものは注意を要する。

§5. 結 言

イギリスの最近の研究²⁾はメタンの着火に対し、白砲に於ては爆薬の爆轟温度 T_e が支配的で懸吊試験に於ては爆速 D が支配的であるとの結論を出しているが、本研究に於ける爆轟温度 T_e は T_D より大略1割小で密接に相関した因子であるから白砲に対し T_D 又は T_e が支配的であるという結論は妥当であろう。

T_D と T_e の差は Hugoniot 圧縮に依る分である。然し、懸吊着火に於ては猛度 $B = \text{爆轟圧力 } p_{\text{dyn}} = dWD$ (但し d は装填比重、 W は爆轟生成ガス流速) であるから D が支配的と言う考えは p_{dyn} が支配的という事になるが、そう考へては本研究に述べた系統的実験の結果を説明し得ないことは前述の通りである。即ちこの場合には爆源の爆轟圧力は極めて高いが、爆轟理論の示す如く、この爆轟圧力の成立する爆轟瞬時には密度増加、即ち収縮が起つていることと、その存在作用時間が極めて短い為、メタン-空気は未だ着火するに至らず、爆轟生成ガスが膨脹し始めてからのガス圧力

に依り着火に必要なエネルギーを得るものと考えられる。爆発室直径が大となると不着火限界薬量 W が大となることは、一般に経験されたところであるが、この規模効果 Scale effect は壁面上の Mach 衝撃の発生で説明し得る。即ち爆源近傍に於ける圧力波の圧力 p は極めて大であるが、作用時間が極めて短いことと、又圧力波の波面が極めて薄く為(大略ガス分子の平均自由行路の程度)未だ着火に至らない。この圧力は壁面に至る時は空間への伝播により減衰して p_1 となるが、之が固体壁に於ける反射で、 $p_2 = np_1$ に増大する。音波の場合は $n=2$ であるが、高压の圧力波では弱い場合でも近似的に $n=3$ となる。²⁾ 之等の反射の繰返し及び圧力波自体の衝突は反射と同結果になるから、 $p_N = n^N p$ となつて高圧力の部分を生じ、この部分はその空間的拡がりも相当大で、且つ作用時間も相当長いから此処にメタン着火の条件が成立するものと考えられる。

本研究に於て明らかである如く、爆薬に依るメタンの着火の機構、及びそれを基とする炭碓用爆薬の研究には先づ系統的な実験と理論的な考察が重要である。
(1950. 8. 12)

文 献

- 1) 日野, 初見:「高安全度硝安ダイナマイト(S硝ダイ)の研究」工業火薬協会誌第12巻第1号(1951) p.24-30
- 2) 日野:「炭碓用爆薬の形態」, 工業火薬協会誌第11巻第2号(1950) p.71-75

爆薬猛度の実験的研究 (第Ⅱ報)

爆薬が物体に与えた圧縮応力波の効果

(昭和28年9月30日受理)

桜 井 武 尙

(日本油脂・武豊工場)

I 緒 言

爆薬の威力を最も具体的に手つとり早く知る方法は、爆薬が物体に与えた破壊効果を直接に観察するこ

とである。けれども、破壊現象そのものの理念は未だ十分に確立されてはいないので、実際の威力判定に際して、現れた効果のどれを採つたら良いのか判らない。従つて、破壊効果の観察による爆薬の性能試験に

関する研究は、言いかえれば、爆薬による破壊の觀念の確立化を目的とする、とも言えることになる。故に破壊全体に関する考察はひとまづおくことにして、爆薬の効果の中で割合に、はつきり意味づけられるものから手がけることにした。

此處に、各種の爆薬について観察した Hopkinson 効果、又は Scabbing (端面剝離)、或いは左右対称の衝撃波の衝突効果等がそれである。

II Hopkinson破壊、又はScabbingとその原理

爆薬が爆轟したとき、隣接する物体がこうむる破壊はかたがたに複雑なものと思われるが、その物体の中を非常に強い波動が伝播することは確かである。この圧縮波はその物体の音速よりはるかに高速であつて、さらに爆源部の初速は、爆薬の爆速よりも高い事が想像される。¹⁾

この圧縮応力波(衝撃波)の波頭は上記の速度 C で進行すると同時に、その波内では v なる粒子速度をともし、この媒体の密度を ρ とすれば、波内の応力 σ は次式に従うことが知られている²⁾。

$$\sigma = \rho \cdot v \cdot C$$

今、ある点に於ける衝撃波を模式的に示せば図2のように書ける。即ち σ はその最高値を示す、波頭をへだたるにつれて減衰し、波長 λ に於いて0となる曲線で示され、また、波の各部の進行は、波頭速度と同一とみなして、これを直ちに応力~時間の曲線に直すこともできる。

この衝撃波が破壊に及ぼす特徴的なはたらきとして波が自由面で反射して張力波に変じた時に示す引張り破壊がある。

これは Hopkinson 破壊、又は Scabbing として知られた現象であるが、多少具体的にその様相を説明する。

図1の様に、爆薬を物体の一端につけて爆発せしめる。爆発後、物体の有様を観察するに、先づ爆薬側の端面はクササビ状のひびきを伴い、大に破壊されてその跡を止めない。

この烈しい破壊変形の領域につづいて、変形の度合は次第に弱まり、多少圧縮はあれ内部は全く無きづの領域がしばし続く。けれども、自由底面に至つて、再び強烈な破壊が起こることがある。之を Hopkinson 破壊、又は Scabbing と称するが、これは更に次のように説明される。

今、図2Aの様な圧縮波(衝撃波)が物体内部を左

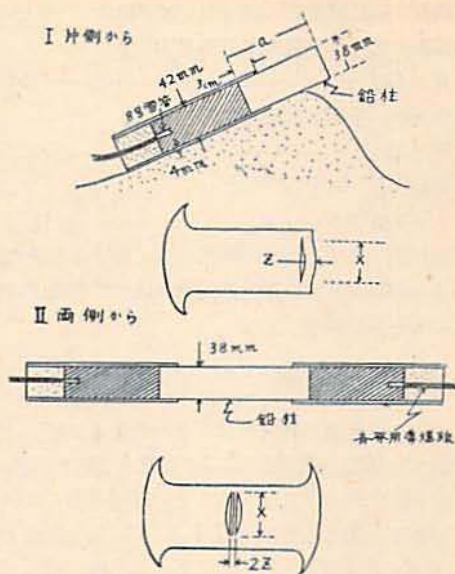


図1 実験方法

から右に進行しているものと考え。この波動は物体を通るだけでは、必ず破壊を引き起すとは限らない。これは端面で反射すれば、張力波と変じて元の方へ引きかえすわけであるが、同図で圧縮応力を上向きに、引張り応力を下向きにとれば、左から進行して来た圧縮波の波頭が右の自由面に到達したその瞬間、張力波は、圧縮波の波頭の根元を原点として、180度転回させて下向きにした形を想定すればよい(図2B)。この状態(圧縮波の自由面への衝突の瞬間)から、上の圧縮波はそのまま右に進んで消えて行き、一方張力波が逆に内部に入つて行く(図2C)。

このときの圧縮波も、その反射張力波も、速度 C は同一であるから、更にある時間たつたとき、出て行つた圧縮波の波頭から自由面までの距離と、入つて行つた張力波の波頭から自由面までの距離とは同じである。図2Cでこのときの状態を更に吟味すれば、このときの張力波の波頭面 MN に於ては、圧縮応力は未だ AB だけ残存している。従つて張力波の波頭応力を σ_0 とすれば、 σ_0 の内いくばくかの張力はこの残存圧縮応力 AB を打消すのに費されるから実際の張力は

$$\sigma_0 - AB$$

となる。そこで、もしもこの値が物体の抗張力 σ_c に等しいとき、この MN 面で明らかに引張り亀裂破壊を起すだろう。此の亀裂破壊効果が H 破壊、又は、Scabbing である。

以上の説明から、圧縮応力波の波形が分り、且、物

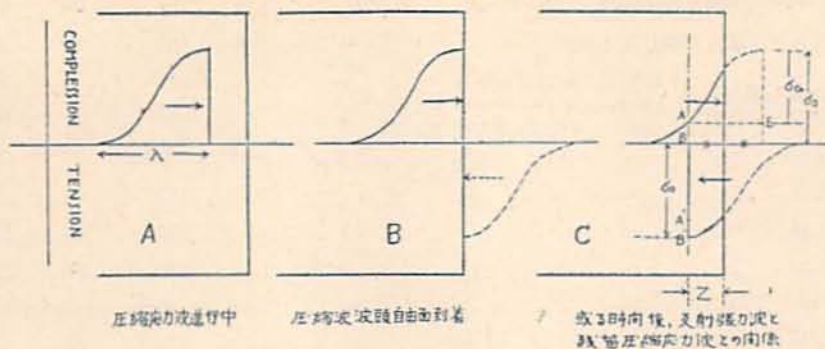


図2 Scabbing発生説明図

体の抗張力が分れば Scabbing の厚さは幾何学的に求め得ることが分る。

即ち、圧縮波の波頭の上端から、抗張力 σ_c をとり、その点Eから横に引いた水平線と、波形成曲線との交点をAとする。このとき、上述の様に自由面から出て行った圧縮波内の距離と、自由面から入って行った反射波内の距離とは同一であるから、自由面の位置は \overline{AE} の1/2の所に位していなければならない。従つて Scabbing (H. 破壊) の厚さZは

$$Z = \overline{AE}/2$$

となる。

又、この作図法によつて、厚さZは同一の抗張力のもとには、波頭が鋭衰して低くなれば大となり、逆に強力な波に依つては、かえつて薄くなること分る。

但し、此処に言う抗張力とは静的な意味のものではなく、動的なもので、後者は前者の10倍近くの値を示すものである。

表1 静的²⁾及び動的な抗張力³⁾

| | 動的な抗張力 kg/cm ² | 静的な抗張力 kg/cm ² |
|----|------------------------------|------------------------------|
| 銅 | 3.03×10^4 | $2.0 \sim 2.5 \times 10^3$ |
| 青銅 | 2.18×10^4 | 2.7×10^3 |

これを要するに、かなり強い圧縮応力波が自由面で反射して張力波に変ずるとき、自由面につづく物体内部に残留する圧縮波の尾部と、自由面から反射した張力波の波頭とが作用し合つて示す亀裂破壊が、Scabbing である。

以上の、主として Rinehart の論文²⁾による論議に従うと、Scabbing が起るといふことは、その圧縮応力波の波頭応力が媒体の動的抗張力以上であることの確かな証明と目し得ることになる。そこで、或る材料についてその長さを変えて順次に試験し、この破壊の

起る限界の長さを求めれば、この試験法はその材料の動的抗張力の一つの基準として行うところの、爆薬の威力試験と見なし得よう。さらに Hess、もしくは Kast の方法のように、単に物体の圧縮値を以て行う試験より一段動的なものと考えられる。

III 各種爆薬の Scabbing 能力について

i) 実験方法

前述の原理に従つて、各種の工業爆薬と数種の単一爆薬について、媒体として鉛について実験し、この破壊の起る限界の鉛柱長を求め、破壊の大きさ形状などについて観察した結果をのべる。

実際の方法は、爆薬 300g を内径 42mm のボール紙筒、又は同一径肉厚 4mm の鉄管につめ、径 38mm、長さ所要の鉛柱を図1のように装置して、全体を砂上に傾けて置き、鉛柱の底面は自由にして置く、点爆は両端から行うときと条件をそろえるため、導爆線つき 8号雷管を用いた。尚、鉄管を使用するときは、鉛柱の端を鉄管のなかに 3cm 挿入した。かくして、爆発後鉛柱を切断して内部の変化を観察する。

ii) 実験結果

此の鉛柱の爆発後の様相は次の如きものである。柱長小なるときは、底部はその円周に 1~2mm のはげを残してはがれ飛び、その離面には細かな粒子状の凸凹がある。次いで柱長が大となれば、底部がおわんをふせた様な形でふくれる。更にふくれることはないが切断によつて亀裂の存在を確認できるものとなり、これ以上に柱長を大にすると亀裂を生じなくなる。この亀裂発生最大の柱長を a_0 とする。

また、この時の亀裂諸元を図1の様に示す。

実験結果をまとめて表2及び表3とする。

表2 剝離の発生状態

| 薬種 | 比重 g/cc | 鉛柱長さ mm | 圧縮量 mm 註1 | 剝離の大きさ | | 新桐ダイナ マイト | | | | 飛散 | |
|-----------------|------------|------------|-----------------|--------|-----|---------------|------|-----|----|------|-----|
| | | | | Xmm | Zmm | | | | | | |
| A (ボール紙に装填したとき) | | | | | | | | | | | |
| 新桐ダイナ マイト | 1.46 | 100 | 68 | 33.9 | 飛散 | 新桐ダイナ マイト | 1.46 | 90 | 50 | 36.0 | 飛散 |
| ♠ | 1.46 | 120 | - | 18.5 | 3.3 | ♠ | 1.46 | 100 | 53 | 32.1 | 飛散 |
| ♠ | 1.46 | 140 | 53 | 0 | 0 | ♠ | 1.46 | 120 | - | 21.7 | 3.1 |
| ♠ | 1.46 | 140 | 53 | 0 | 0 | ♠ | 1.46 | 130 | 52 | 15.7 | 2.6 |
| 一号竹ダイ ナマイト | 1.49 | 60 | 19 | 33.3 | 飛散 | 一号竹ダイ ナマイト | 1.49 | 140 | 59 | 14.4 | 2.6 |
| ♠ | 1.49 | 90 | 24 | 26.0 | 2.6 | ♠ | 1.49 | 150 | 54 | 0 | 0 |
| ♠ | 1.49 | 100 | 23 | 19.4 | 2.8 | T. N. T | 1.6 | 120 | 22 | 29.0 | 2.9 |
| ♠ | 1.49 | 110 | 22 | 0 | 0 | ♠ | 1.6 | 130 | 58 | 22.8 | 2.5 |
| 桂ダイナマ イト | 0.99 | 80 | 21 | 27.6 | 2.3 | ♠ | 1.6 | 140 | 65 | 20.3 | 2.2 |
| ♠ | 0.99 | 90 | - | 24.4 | 2.4 | ♠ | 1.6 | 150 | 58 | 0 | 0 |
| ♠ | 0.99 | 100 | 21 | 21.1 | 2.8 | T. N. T | 0.95 | 100 | 29 | 25.1 | 2.8 |
| ♠ | 0.99 | 110 | 26 | 0 | 0 | ♠ | 0.95 | 120 | 40 | 16.7 | 2.9 |
| 紫カーリッ ト | 1.08 | 60 | 18 | 34.5 | 飛散 | ♠ | 0.95 | 130 | - | 0 | 0 |
| ♠ | 1.08 | 70 | 19 | 33.5 | ♠ | ヘキソゲー ン | 0.95 | 110 | 51 | 27.6 | 2.2 |
| ♠ | 1.08 | 80 | 21 | 26.5 | ♠ | ♠ | 0.95 | 120 | 56 | 18.5 | 2.5 |
| ♠ | 1.08 | 90 | 27 | 30.8 | 4.0 | ♠ | 0.95 | 130 | 55 | 20.7 | 2.8 |
| ♠ | 1.08 | 100 | - | 0 | 0 | ♠ | 0.95 | 140 | 52 | 0 | 0 |
| ヘキソゲー ン | 0.95 | 80 | 37 | 33.9 | 飛散 | 桂ダイナマ イト | 0.99 | 80 | 30 | 35.5 | 飛散 |
| ♠ | 0.95 | 90 | 37 | 32.4 | ♠ | ♠ | 0.99 | 90 | 27 | 30.1 | 2.4 |
| ♠ | 0.95 | 100 | 36 | 28.6 | 2.0 | ♠ | 0.99 | 100 | 30 | 27.8 | 2.8 |
| ♠ | 0.95 | 110 | 30 | 23.3 | 2.5 | ♠ | 0.99 | 110 | 30 | 18.9 | 2.7 |
| ♠ | 0.95 | 120 | 39 | 20.8 | 2.7 | ♠ | 0.99 | 120 | 30 | 0 | 0 |
| T N T | 0.95 | 90 | 30 | 28.9 | 2.4 | 硝安ダイナ マイト | 0.96 | 50 | 10 | 34.7 | 飛散 |
| ♠ | 0.95 | 100 | 36 | 27.0 | 2.6 | ♠ | 0.96 | 70 | 11 | 25.2 | 2.6 |
| ♠ | 0.95 | 110 | 38 | 23.0 | 3.0 | ♠ | 0.96 | 100 | 17 | 20.7 | 2.8 |
| ♠ | 0.95 | 120 | - | 0 | 0 | ♠ | 0.96 | 100 | 17 | 20.7 | 2.8 |
| 硝安ダイナ マイト | 0.96 | 50 | 7 | 23.4 | 3.0 | 白梅ダイナ マイト | 0.96 | 120 | 50 | 24.8 | 2.3 |
| ♠ | 0.96 | 60 | 7 | 20.0 | 3.2 | ♠ | 0.96 | 130 | 52 | 14.7 | 2.8 |
| ♠ | 0.96 | 70 | 8 | 17.6 | 3.0 | ♠ | 0.96 | 140 | 55 | 0 | 0 |
| ♠ | 0.96 | 95 | 10 | 痕跡 | 痕跡 | 紫カーリッ ト | 1.08 | 80 | - | 3.7 | 飛散 |
| | | | | | | ♠ | 1.08 | 90 | 34 | 24.6 | 3.9 |
| | | | | | | ♠ | 1.08 | 100 | 39 | 27.0 | 2.7 |
| | | | | | | ♠ | 1.08 | 120 | 44 | 0 | 0 |

表2B 鉄管に装填したとき

| 薬種 | 比重 g/cc | 鉛柱長さ mm | 圧縮量 mm | 剝離の大きさ | |
|-------------|------------|------------|-----------|--------|-----|
| | | | | Xmm | Zmm |
| 松ダイナマ イト | 1.54 | 130 | 70 | 26.5 | 3.0 |
| ♠ | 1.54 | 140 | 75 | 20.3 | 2.3 |
| 桜ダイナマ イト | 1.52 | 110 | 59 | 27.8 | 2.0 |
| ♠ | 1.52 | 120 | 52 | 22.6 | 2.5 |
| ♠ | 1.52 | 130 | 54 | 21.3 | 2.4 |
| ♠ | 1.52 | 150 | 61 | 痕跡 | 痕跡 |

表3 剝離発生限界鉛柱長 a_0

| 薬種 | a_0 mm |
|-------------------------|-------------|
| 新桐ダイナマイト | 120~130 |
| ヘキソゲン ($\Delta 0.95$) | 120~130 |
| T. N. T. (♠) | 110 |
| 1号竹ダイナマイト | 100 |
| 桂ダイナマイト | 100 |
| 紫カーリット | 90~100 |
| 硝安ダイナマイト | 90 |

| | | |
|----------|----------------------------|-------|
| 鉄管内 | 松ダイナマイト | 150 |
| | 桜ダイナマイト | 150 |
| | T.N.T. ($\Delta 1.6$) | 140 |
| | 新桐ダイナマイト | 130以上 |
| | 白梅ダイナマイト | 140 |
| | 1号竹ダイナマイト | 140 |
| | ヘキソゲン ($\Delta 0.95$) | 130 |
| | T. N. T. ($\Delta 0.95$) | 120 |
| | 紫カーリット | 110 |
| | 桂ダイナマイト | 110 |
| 硝安ダイナマイト | 100 | |

(註1) 元の鉛柱高さ一爆破後鉛柱高さ

鉛柱の長さは1cmの単位で行ったが、実際にこれ以上の精度をこの観察実験に求めることは無理の様である。けれども表から分る様に、強いものと弱いものでは5cm位の差がある。

また、この種の破壊は、ある一定速度以上の波でないと発生しないことが次の報告の実験から推定されるが、之によつて、 a_0 は初衝撃波が減衰して、その一定の速度となるまでの距離とも見なすことが出来、同一の材料については波の初速が大で(従つて、応力也大)あればあるほど大なる a_0 を与えるものであろう。

IV 左右対称の圧縮応力波の衝突亀裂の発生

第I報では、一つの鉛柱の左右に同一種の爆薬を置いて爆発せしめたとき起る破壊の様相を大まかに観察した結果をのべた。また、それを切断してみると、丁度中央に特異な形状の亀裂発生が見られることは、先に報告した通りである。

この亀裂が圧縮波の衝突によつて起つた張力に基づくことは Scabbing と似ているが、更に各種爆薬について、前述と同じ様に鉛柱の長さを変えて比較したのがこの実験である。

実験方法は、径38mm、長さ所要の鉛柱の両端に、300g ずつの爆薬を装置し、各発には同長同爆速の二本の導線を用いる。(8号雷管使用)

又、鉄管を使う時は Scabbing の実験と条件をそろえるため、鉛柱の端を鉄管内に3cm挿入する。(第I報りでは長さ14cmの鉛柱をも含めて、全部一本の鉄管に装置した。) 薬を装置するボール紙筒及び鉄管は前述の Scabbing の実験と変りない。

実験結果を次に示す。

表4 左右対称の衝撃による亀裂発生状態

A. ボール紙筒に装置したとき

| 薬種 | 爆速 m/S | 鉛柱長さ mm | 圧縮量 mm | 亀裂の大きさ | |
|-------------------------|-----------|------------|-----------|---------|------|
| | | | | Xmm | Zmm |
| 新桐ダイナマイト | 5790 | 200 | 112 | 26.5 | 0.75 |
| 〃 | 5085 | 220 | 103 | 0 | 0 |
| 白梅ダイナマイト | 3220 | 140 | 47 | 22.8 | 1.3 |
| 〃 | 2910 | 150 | 58 | 0 | 0 |
| 1号竹ダイナマイト | 2905 | 130 | 68 | 22.3 | 1.2 |
| 〃 | 3270 | 140 | 70 | 22.0 | 1.0 |
| 〃 | 2890 | 150 | 70 | 12.9 | 1.0 |
| 桂ダイナマイト | - | 130 | 55 | 15.2 | 1.6 |
| 〃 | 3670 | 140 | 42 | 12.9 | 痕跡 |
| 〃 | - | 150 | 53 | 0 | 0 |
| 硝安ダイナマイト | 2565 | 20 | 16 | 0 | 0 |
| 〃 | 2440 | 30 | 15 | 0 | 0 |
| 〃 | 2365 | 50 | 21 | 0 | 0 |
| 〃 | - | 70 | 24 | 0 | 0 |
| 紫カーリット | 3680 | 160 | 72 | 15.2 | 1.0 |
| 〃 | 3670 | 170 | 73 | 23.5 | 1.0 |
| 〃 | - | 180 | 74 | 23.1 | 1.3 |
| 〃 | - | 190 | 65 | 痕跡 | 痕跡 |
| ヘキソゲン ($\Delta 0.95$) | 5640 | 180 | 84 | 22.7 | 1.5 |
| 〃 | 5675 | 190 | 72 | 11.2 | 痕跡 |
| T. N. T. (0.95) | 4780 | 100 | | 飛散して残らず | |
| 〃 | 4860 | 120 | 34.6 | 13.1 | 不明 |
| 〃 | 4800 | 140 | 26.7 | 5.2 | 1.1 |
| 〃 | 4595 | 160 | 24.2 | 2.7 | 痕跡 |
| 〃 | 4640 | 170 | 25.1 | 1.9 | 1.0 |
| 〃 | 4960 | 180 | - | 痕跡 | 痕跡 |

表4 B 鉄管に装置したとき

| 薬種 | 爆速 m/S | 鉛柱長さ mm | 圧縮量 mm | 亀裂の大きさ | |
|----------|-----------|------------|-----------|--------|-----|
| | | | | Xmm | Zmm |
| 松ダイナマイト | 7680 | 250 | 142 | 18.0 | 1.0 |
| 〃 | 7910 | 260 | 146 | 痕跡 | 痕跡 |
| 〃 | 7000 | 270 | 145 | 痕跡 | 痕跡 |
| 新桐ダイナマイト | 5420 | 200 | - | 28.5 | 1.1 |
| 〃 | 5970 | 215 | 118 | 21.8 | 1.2 |
| 〃 | 5225 | 230 | 115 | 痕跡 | 痕跡 |
| 〃 | 6000 | 250 | 118 | 0 | 0 |
| 桜ダイナマイト | 5350 | 220 | 113 | 21.1 | 1.1 |
| 〃 | 6320 | 230 | 104 | 0 | 0 |
| 白梅ダイナマイト | 4225 | 220 | 101 | 19.8 | 1.0 |
| 〃 | 5130 | 230 | 100 | 15.6 | 1.0 |

(表4B 続)

| 薬種 | 爆速 m/s | 鉛柱長さ mm | 圧縮量 mm | 亀裂の大きさ | |
|------------------|-----------|------------|-----------|--------|-----|
| | | | | Xmm | Zmm |
| 一号竹ダイナマイト | 4780 | 240 | 100 | 痕跡 | 痕跡 |
| ナマイト | 5860 | 230 | 125 | 25.7 | 1.0 |
| 桂ダイナマイト | 6010 | 250 | 130 | 0 | 0 |
| イット | 4700 | 140 | 78 | 14.4 | 痕跡 |
| 硝安ダイナマイト | 4980 | 160 | 87 | 0 | 0 |
| マイト | 2320 | 50 | 12 | 0 | 0 |
| 紫カーリット | - | 120 | 11 | 0 | 0 |
| ト | 4460 | 170 | 88 | 0 | 0 |
| ヘキソゲン | - | 180 | 80 | 0 | 0 |
| ン (Δ0.95) | 6710 | 190 | 101 | 13.6 | 1.0 |
| ト | 6750 | 200 | 112 | 痕跡 | 痕跡 |
| ト | 6460 | 210 | 118 | 0 | 0 |
| T. N. T. (Δ0.95) | 5030 | 190 | 105 | 12.4 | 痕跡 |
| ト | 5070 | 200 | 105 | 0 | 0 |
| T. N. T. (Δ1.6) | 7760 | 220 | 118 | 24.2 | 1.0 |
| ト | 7800 | 230 | 128 | 0 | 0 |

表5 各種爆薬の対称衝撃亀裂発生能力

| 薬種 | 限界鉛柱長さ $2a_c$ mm | R_a 対称 $2a_c/2 \times$ 片側 a_c |
|------------------|---------------------|--------------------------------------|
| | | |
| ボール紙内 | | |
| 新桐ダイナマイト | 200 | 0.80 |
| ヘキソゲン | 190 | 0.76 |
| 紫カーリット | 190 | 1.00 |
| T. N. T. (Δ0.95) | 180 | 0.82 |
| 1号竹ダイナマイト | 150 | 0.75 |
| 白梅ダイナマイト | 140 | - |
| 桂ダイナマイト | 140 | 0.70 |
| 硝安ダイナマイト | 20以下 | 0.11以下 |
| 鉄管内 | | |
| 松ダイナマイト | 270以上 | 0.90 |
| 白梅ダイナマイト | 240 | 0.86 |
| 新桐ダイナマイト | 230~240 | 0.90 |
| 1号竹ダイナマイト | 240 | 0.86 |
| 桜ダイナマイト | 220 | 0.73 |
| T. N. T. (Δ1.6) | 220 | 0.79 |
| ヘキソゲン (0.95) | 200 | 0.76 |
| T. N. T. (0.95) | 190 | 0.79 |
| 桂ダイナマイト | 140 | 0.64 |
| 紫カーリット | 120以下 | 0.56以下 |
| 硝安ダイナマイト | 50以下 | 0.25以下 |

実験は矢張り 1cm 単位で行ったが、両端から行うため、片側からみると、0.5cm の間隔であり、前と同一の精度を以て見ると 2cm の差について表を見る方がよいと思う。

然し特に興味あることは、この場合の a_c は、片側衝撃の 2 倍値よりも例外なしに小さいことである。表 5 の後欄 R_a は、左右対称衝撃の限界柱長を、片側衝撃の限界長の 2 倍で除したものである。この値が 1 より小さいことは、左右対称に衝撃する時は、片面からの衝撃の限界長の 2 倍の長さでは、亀裂発生が見られず、それよりも短い長さでないと発生しないと言ふことである。端的に言えば左右対称の方が亀裂が発生しにくいと言ふことになるが、その極端な一例は硝安ダイナマイトであつて、これは片側から行うときは明らかに 8cm の柱長で Scabbing が発生したが、左右対称に行う時は 2cm でも発生しない。この原因は未だ明らかに説明するまでには至っていないが、左右対称に行う時は、亀裂の発生すべき部分は鉛柱の中央であつて、片面を自由にして行うときよりも亀裂が発生し難いことによるものであろうか。此處では未だ色々のことが不明であるから、現象の説明だけに止めておく。

V 反射亀裂の大きさについて

片側から行つたときでも、左右対称に行つたときでも、亀裂面の直径は柱長が大となれば順次小となつて或る点から急激に消滅するに至る。

然し裂離部の厚さはそれに反し柱長大となれば、む

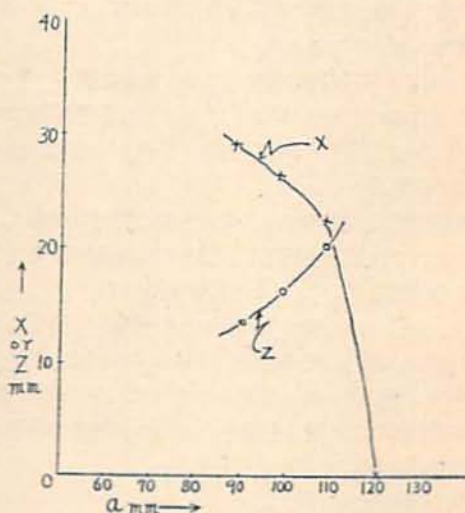


図3 T. N. T. Δ95 (ボール紙内)に於ける鉛柱長さ Q と X 及び Z (片側衝撃)

しる増大する。薬種について見ても、 a_0 大なるものほど $X \sim a$ 曲線は上に位するが、 $Z \sim a$ 曲線はその逆で強いものほど Z は小である。之は前の説明に依つても波頭応力が大であれば、当然小となることが理解される。

両面対称衝撃の場合は、中央の層は更にその中央で2分されているから、此の層の厚さを $2Z$ とする。

亀裂部の直径 X は、片面衝撃の場合と本質的に変つた傾向は見出せない。

然し厚さは、片側から行つたときの $2.0 \sim 3.0\text{mm}$ に対して、左右対称に行つたときでは、 Z $0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 、即ち、対称に行うときは片側から行つた時よりはるかに小で、約 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$ の値である。

VI 総 括

かなり明らかな意味合の爆薬の動的な効果として、Hopkinson 破壊(Scabbing)並びに、左右対称の衝撃波の衝突亀裂に注目した。各種の爆薬について Scabbing を発生せしめる能力を求めた。即ち、径 38mm で色々の長さの鉛柱を準備し、 300g の爆薬を用いてその鉛柱を攻撃する。その後、切断して鉛柱内部の変化を観察し Scabbing の起る最大の鉛柱の長さを決定する。爆薬はボール紙もしくは肉厚 4mm の鉄管に装填して行つた。

実験の結果、強い爆薬と、弱い爆薬とでは 5cm 位の

差がある。例えば、鉄管内の松ダイナマイトに於いて、Scabbingの起る限界柱長は 15cm 、硝安ダイナマイトに於いて 10cm である。同様のことを、左右対称に爆薬を置いて、容発させて行つた。此の時の亀裂発生限界柱長は、上記の片側から行つた実験で求めた限界長の2倍より小であつて、片側の実験に比べ亀裂は発生しにくい。亀裂の大きさ形状については、片側からの実験に於いても、両側から左右対称に行つた実験に於いても傾向は同じである。即ち亀裂面(又はScabbing)の直径は柱長大となれば小となる。然し剝離した層の厚さはかえつて大となり、且、勢いの強い破壊ほど薄い様である。Scabbing 厚さは $2 \sim 3\text{mm}$ である。

両側から左右対称に行つた実験に於ける剝離厚さは、片側から行つたときより薄く、その $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$ 位である。尚、実験条件、即ち鉄管装填とボール紙装填の差、及び片側衝撃と、左右対称衝撃の差等が、個々の爆薬について如何なる効果の差をもたらすかの解析、及び考察については、圧縮応力波の波形そのものを明かにした後報の実験結果に関連して説明する。

文 献

- 1) 桜井武尙：火協誌 14 58 (昭28)
科学 23 472 (1953)
- 2) Rinehart: J. Appl. Phys. 22 555 (1951)
- 3) 常用理科便覧 p. 81 (新光社)
- 4) 桜井武尙：火協誌 13 272 (昭28)

電気雷管不発原因に就いて

(昭和28年10月8日受理)

山田正幸*・津島敏夫*
馬場文夫**・渡辺文明**

I 緒 言

最近電気雷管の不発が発破回路の中央部に集团的に発生する主原因は、漏洩抵抗(所謂リーケージ)に依るものでなく、コンデンサー式点火器の様に立上り傾

斜の急な電流波形で、且カスカスの電流に依つて点火する場合に高周波電流が定在波的に誘発し、発破回路の中央部が波形のノードになつて、集团的に不発が発生するものとの説¹⁾が主張された。

然るに筆者等是不発の主原因は漏洩抵抗でありとして其の対策に例えば脚線に塩化ビニール線を用いたり電気雷管の構造に種々の考案をなし、努力しつつある

* 日本化薬株式会社 仁豊野作業所

** 三菱電機株式会社 研究所