

(6) Above studies show that the origination of sparks should be due to carbon and potassium sulphide. In order to confirm it we have examined a mixture of sulphur, potassium and pine-charcoal, melted and mixed in a porcelain pot. Taking its small amount on an end of a nicrome wire, and heating it suddenly to red, we observe that it soon begins to throw off a shower of very beautiful

sparks like pineneedles, bigger and stronger than that of "Senko-hanabi". Sodium hydroxide is also examined in place of potassium hydroxide in the mixture, and in this case the mixture throws off a different shower of sparks as if it casted a shower of string of fire, while calcium hydroxide and some other ingredients are examined but we cannot find any spark.(Hosoya Fireworks Co.)

爆薬猛度の実験的研究

第 XIV 報 固体内衝撃波が自由面で反射した現象の瞬間写真による観察

(昭和32年8月10日 受理)

桜井 武 尙

(日本油脂株式会社武豊工場)

先に、固体内衝撃波が自由面で起した物質移動速度や、自由面にはりつけられた円板の飛しょう速度を電氣的にしらべて、衝撃波の物質速度をしらべたがり、ここでこの現象をシュリーレン瞬間写真で観察し、今までの方法論的な知見をたしかめておく。

1. 実験方法

鉛柱 ($\phi=40$, $a=30$ mm Pb 99.18%) の一端にボール紙筒 ($\phi=20$ mm) をはりつけ、そのなかに RDX を装填 (41.05g/cc, 20g) 6号電気雷管をそえて粘土タンピングをほどこす。この鉛柱は図1のように装薬側に鉤をつけておき、木製のガス防禦板にはめこみ、鉄製の防禦容器の前方にとりつける。爆薬内には光源スパーク発生開始用のイオン探針を挿入しておき、爆轟波が達すれば図1上に示す遅延回路によって、所要の時間後に第一のスパークをとばす。次で図1下の回路によつて適当に調節した時間々隔で発生したスパーク I~VI が順次にとび、前方の凹面鏡をへてカメラに現象をむすばせる。このときのスパークの時間々隔は図1回路図上のAをブラウン管オシッロに送り、写真1のように求める。

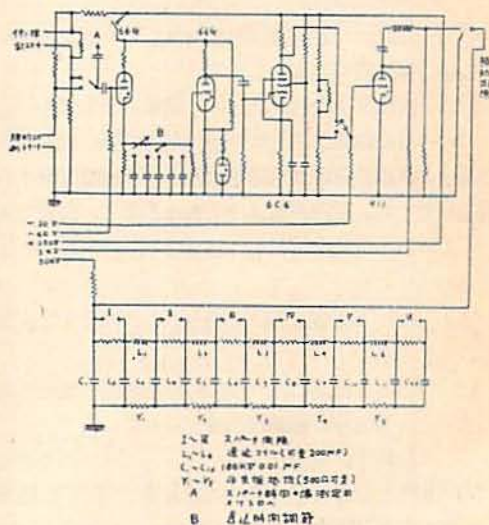
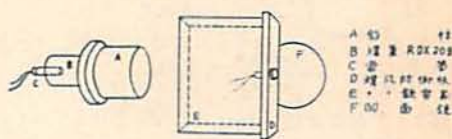


図1 実験方法説明図

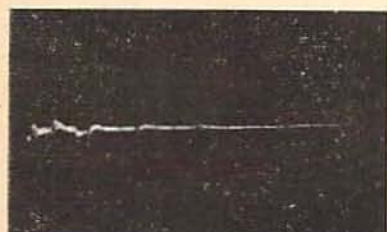


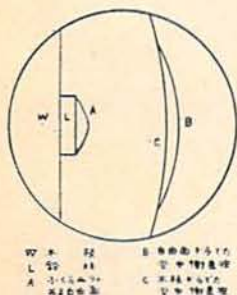
写真1 スパーク時間々隔測定例

また、この写真的方法と同一条件下の自由面速度を電氣的に測定して比較したが、その方法は従来の方
法に従って行つた。

2. 実験結果

以上のようにして得た瞬間写真は写真2~5*にかか
けておく。

写真2, 3は円板のない場合で、これから次のよう
な現象が起つていることがわかる。

図2 円板なき場合の
様相説明図

(1) 波が自由面に到
達した瞬間に、自由面の
運動のため空气中に衝撃
波が発生する。この初期
の衝撃波はかなり自由面
に平行であることが注目
される。

(2) 次に、この衝撃
波が空气中を進行するに
つれて自由面がふくれて
いる。

(3) 同時に、ガス防禦木板を通して来た応力波が
空气中に衝撃波を発生せしめる。

(4) 自由面は山形に凸出し、剝離が発生する。

(5) 時間経過とともに、最初の自由面の運動によ
る空中の衝撃波と、ガス防禦木板からの衝撃波面とが
接近してくる。波面の厚さは前者はうすく、後者は厚
い。これらの現象を解說的に示せば図2のようにな
る。

写真4~5は円板をつけた場合で、次のような現象
を示している。

(1) 波が自由面にはりつけられた円板の表面に到
達すると、空气中に衝撃波が投げられる。

(2) 同時に、接着剤として用いたグリースの円板
周辺に附着した部分が爆発的に高速度で前方に噴出
し、先の衝撃波面をつらぬいている。このありさまは
図3に示すごとくである。

(3) 円板とガス防禦木板から出た衝撃波は次第に
接近し、その背後を円板が
飛しようとする。

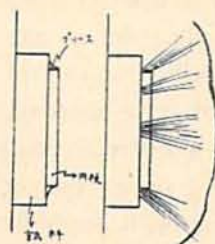


図3 グリースの噴出

自身内に起つた剝離のためである。

飛しようとする。

(4) さらに時間が経過
すると、飛しよう中の円板
のふちにそつて発生したリ
ング状の破壊のあとが明ら
かにみえてくる。これは、
円板に入射した衝撃波の圧
力が充分高く、円板それ自
身内に起つた剝離のためである。

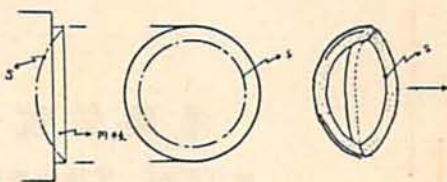


図4 写真5の円板の破壊説明図

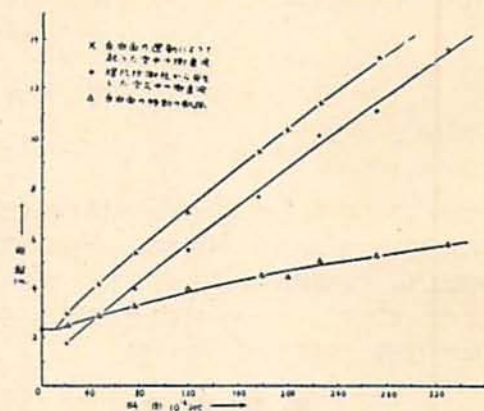


図5 円板のないときの現象解析図

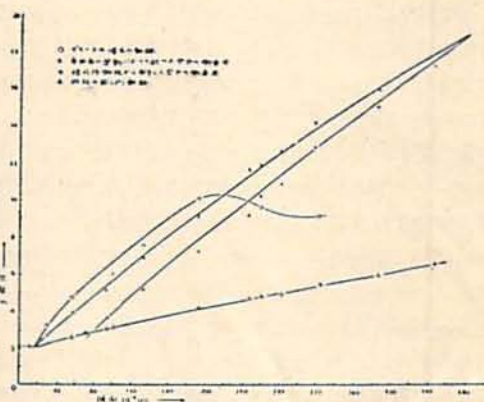


図6 円板のある場合の現象解析図

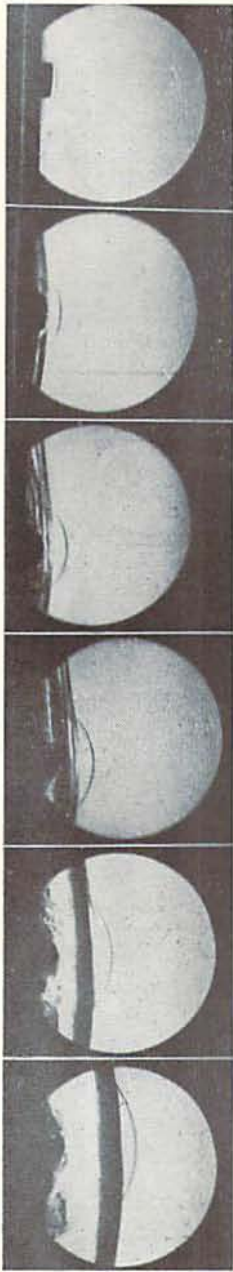


写真2 円板なし
時間々隔 10^{-6} sec
(1~2)26 (4~5)58
(2~3)30 (5~6)49
(3~4)43

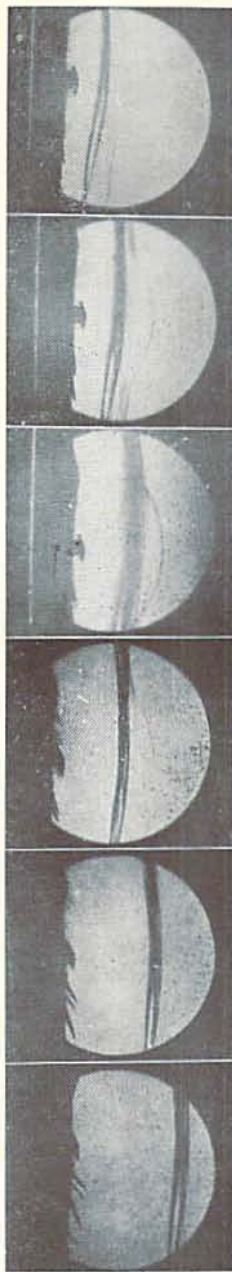


写真3 円板なし
時間々隔 10^{-6} sec
(1~2)21 (4~5)57
(2~3)35 (5~6)—
(3~4)37

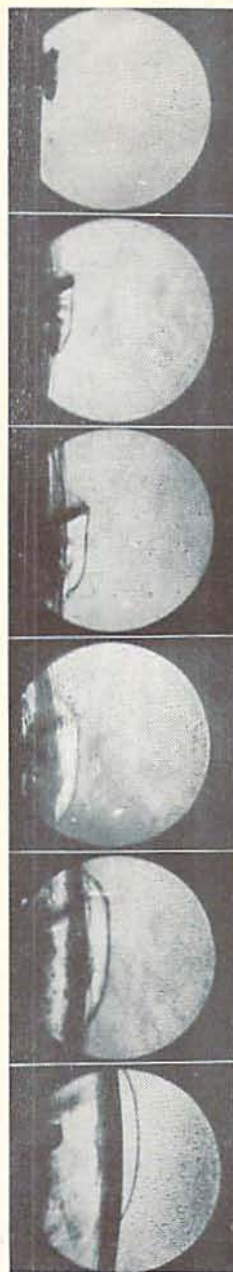


写真4 円板つき
時間々隔 10^{-6} sec
(1~2)39 (4~5)68
(2~3)53 (5~6)78
(3~4)57

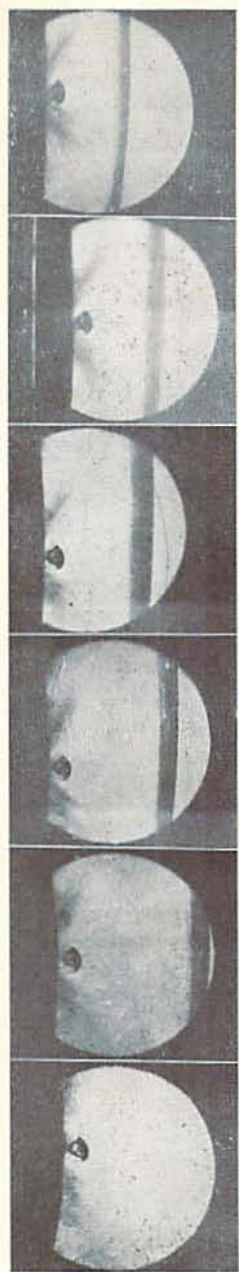


写真5 円板つき
時間々隔 10^{-6} sec
(1~2)32 (4~5)84
(2~3)66 (5~6)95
(3~4)70

* 写真3,5は, 第1スパークを写真2,4より約 200×10^{-6} sec 遅延させたもの。

これらの写真をもとにして各現象が示す距離時間曲線を作図すると、円板のないとき図5、円板のあるとき図6となる。

因みに、この写真的研究と同一試料の条件で、第M報りの方法で行った $\tau \sim d$ 曲線は図7となり、これから自由面速度として 530 m/s を得た。

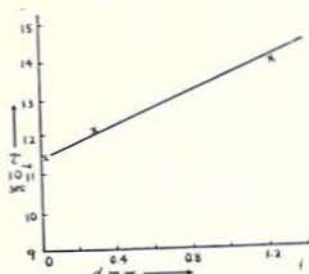


図7 RDX 20g (d1.05g/cc) による鉛の $\tau \sim d$ 曲線

3. 考 察

先ず、図5,6を比較すると、本質的に共通する現象は、防弾板から出る空中の衝撃波であるが、この速度は良く一致している。

円板がついている場合、特異な現象として、円板の周壁に附着した接着剤グリースの噴出がある。この噴出速度はかなり高速で、空気中の衝撃波よりも速い。この点は、真島、花田によるゴムの銃撃実験におけるゴムの噴出現象²⁾と同一の意味をもつものである。すなわち、ゴムやグリースのような高分子物は一般に衝撃波や、高次の弾性流動が形成され易く、物質速度

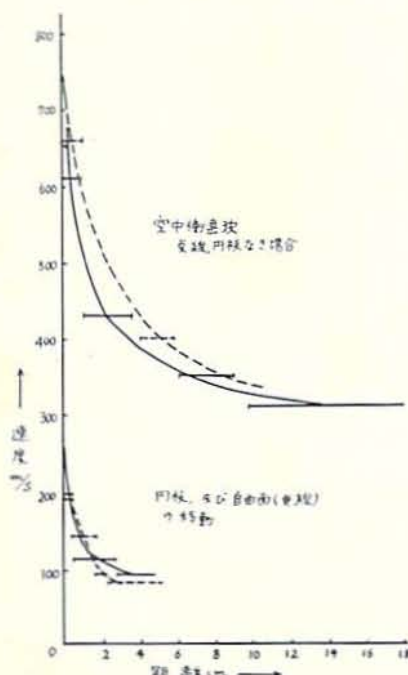


図8 各速度の減衰図

は高速となる可能性があることを物語っているといえよう。このグリースの噴出は距離程 8cm で止り、次第に消滅して行く。

自由面、または円板から出た空中の衝撃波の初速は、いく分、円板なしの方が速くみえるが、700~800 m/s で次第に減衰して 10cm 程度で高速 340m/s となつている。それに対して、ガス防弾板から生じた衝撃波は初速は 400m/s で低いが減衰性は少く、これは両方の波の厚さからみて当然のことであろう。

いま、あるピストンが速度 U_p で空気を押したとき、空中に発生した衝撃波の速度 U は次式で示されることが知られている³⁾。

$$U = \frac{U_p}{2(1-\mu^2)} + \sqrt{C_0 + \frac{1}{4} \left(\frac{U_p}{1-\mu^2} \right)^2}$$

$$\mu^2 = \frac{\gamma-1}{\gamma+1}, \quad \gamma=1.3$$

C_0 : 音速, 340m/s

従つて、 $U=700\sim 800$ m/s に相当する U_p は 450~570 m/s である。これに対して、電気的に測定した自由面速度、すなわち U_p は 530m/s であり、空中の衝撃波から求めた場合と、電気的に測定した値とは良好な一致を示す。

一方、写真的に求めた自由面速度は約 2cm までの平均として 145m/s、次で 95~80m/s に低下している。また、円板速度は約 3cm までの平均として 115 m/s である。両者の減衰性を比較すると図8となり、いずれも 1cm 以内の近距離における減衰性はきわめてはげしい。従つて、自由面の充分な膨脹、または距離には波内のエネルギーの損耗は大きいことがわかる。当然、円板法においても、高速になるほど接着剤の引張り破壊の因子は無視できなくなり、電気的に、近距離(約 10mm 程度)で測定したとしても、それよりも一層至近距離で行う自由面速度の直接測定の方が好ましい結果となるのであろう。もちろん、円板法もきわめて至近距離で行えば良いであろう。高速度の自由面や円板の速度はきわめて至近距離で変化するので、これ以上に直接詳細にしらべることはこのように巨視的な写真観察では困難であり、写真的に自由面速度を演繹するには、空中に自由面から投射された衝撃波に着目するのが最も妥当である。

これらの結果は、 $\tau \sim d$ 曲線において、自由面の速度変化は数 mm 以内の近距離で起つているという知見¹⁾を良く裏付けるものである。

絶えず温情をもつて指導される当社の村田勉博士、

並びに東京大学工学部, 山本祐徳, 疋田強, 岡教授,
同理学部, 平田森三教授に感謝する。

文 献

1) 桜井武尚, 火協誌, 18, 41, (1957).

2) 真島正市, 花田実, 火兵学会誌, 37, 179, (1943).

3) R. COURANT and K. O. FRIEDRICHS:
Super sonic Flow & Shock waves, p. 151.
(Interscience public ins. New York 1948).

On Brisance of Explosives

XIV Observation of the reflection of shock wave at free surface of solid by using schlieren photographs

by T. Sakurai

Previously, the author evaluated the particle velocities in shock waves in solids by measuring the velocity of pellet affixed on specimen and that of free surface of solid specimen by an electric method.

These measured velocities are twice the particle velocities in shock waves.

Present paper contains the observation by schlieren photographs of moving pellet or free surface; the results obtained lead to the following conclusion.

Electric measurements must be done within 2mm from the surface, since the velocities of moving surface or pellet decrease very steeply.

The velocity U of the shock wave incidented from solid to air coincides with the value calculated by the following

formula¹⁾ where U_p denotes the free surface velocity and this value is obtained by the electric method.

$$U = \frac{U_p}{2(1-\mu^2)} + \sqrt{C_0 + \frac{1}{4} \left(\frac{U_p}{1-\mu^2} \right)^2}$$

$$\mu^2 = \gamma - 1/\gamma + 1; \gamma = 1.3$$

C_0 is sound velocity of air

With lead specimen of 30mm thickness, U obtained from photograph is 700~800 m/s, hence, U_p is calculated to be 530m/s, which coincides with the result by electric method.

The explosive used in the present experiment is RDX of the density of 1.05 g/cc.

1) R. COURANT & K. O. FRIEDRICHS: SUPER SONIC FLOW AND SHOCK WAVES, P. 151 (Interscience public ins. New York 1948)

(Nihon Yushi Co., Ltd. Taketoyo Plant)