

Studies on Sympathetic Detonation II

(Sympathetic Detonation in Group Combination)

By H. Sudo and I. Fukuyama.

The Sympathetic detonation of industrial explosives was investigated in group combination.

The experimental results are as follows:

1. the brisance of first cartridge and the sensitiveness of second cartridge are not always prolonging causes for the distance of sympathetic detonation but many other factors are involved.
2. the relation between distance (D) and probability (η) of sympathetic detonation is indicated by next formula

$$D = am^{\eta}$$

where a is minimum distance in which the sympathetic detonation does not occur, namely $a = D_{\eta=0}$, and m is the inclination which indicates unreliability for the increase of distance of sympathetic detonation.

鉛板式爆風圧計の鉛板の変形機構の 高速写真による研究

(昭和27年1月10日受理)

須藤 秀治・清田 堅吉

(中央大学工学部)

(熊本大学工学部)

1. 緒 言

山家博士が我国に紹介された鉛板式爆風圧計¹⁾はその製作容易な事、堅牢で取扱い簡便な点で、各種爆風圧計中甚だ優れた特長を有するものであるが、その変形量は何を意味するものであるかは、未だに解明されていない儘使用されていると言つて過言でない。筆者等中後者は前者の示唆により、その鉛板の変形が静的な圧力を受けた場合と全然異なる点に興味を抱き、1949年よりその変形機構の解明のため種々の実験を行った。それ等の実験により、空中にて爆薬を爆発せしめた場合、それより適当な距離に於ては、プラスチックの板面に到達する衝撃波は平面波と考へてよく、此の平面衝撃波が板面に直角に当たるときは、衝撃的に板に一様な板面に直角の速度を与える。板は周辺で固定されているため次の瞬間には、板はその固定周辺で一様な衝撃を受ける。従つて板の変形は先ずその

固定端に起り、その塑性変形波が中心方向に向つて進行すべきであると推論した²⁾。依つてその現象を高速カメラに依つて変形進行を撮影する事が現象解明の鍵であると考えて、橋原式高速カメラによりプラスチックの変形の撮影を行つたので、その撮影結果を取敢えず報告する。その解析は改めて報告を出す予定である。

2. 撮影カメラ

予備試験として鉛板の変形所要時間、雷管と爆薬の爆発迄の時間、衝撃波の板面に到達する迄の時間等を測定した結果、毎秒数万駒の撮影能力を有するカメラでない、爆風圧計の鉛板の塑性変形経過を調べるための写真を撮影出来ぬ事を知つたので、理工学研究所の橋原式高速カメラ³⁾(最高速度毎秒4万駒)を使用して貫つて変形進行状況を撮影した。光源としてはアーク燈を用いてレンズで集光し、凹面鏡で反射させ

てプロフィール撮影を行つた。爆風の危険を避けるために、被写体を建物外に置いたので、被写体と望遠レンズとの距離は9米60㎝となり、望遠レンズは Tessar 1:5, $f=70\text{cm}$ を用いた。フィルムは35 耗 XX を用いた。

3. プラストメーター

写真2, 3 及び4 に対するプラストメーターは普通のプラストメーターの板押え金具を改造して、直径46 耗の鉛の丸板がプラストメーターの表面に一致する様に固定し得る様にした。写真5のプラストメーターは35 耗×25 耗の矩形の鉛板が、同様にプラストメーターの表面に一致する様に押え金具を改造した。写真6の分は矩形断面梁を自由気流に近いと考えられる気流中に46 耗の間隔で固定し得る金具を製作した。

4. 試 験 片

使用材料は市販純鉛を0.5 耗乃至0.6 耗位に圧延したものを用いた。前実験により焼鈍の有無による変形相に対する影響は見られなかつたので焼鈍は行わなかつた。写真2 及3 びの試験片は厚み夫々0.49 耗及び0.63 耗の丸板で直径46 耗の周辺で固定されている。写真4 は同一のプラストメーターを用いたが、丸板の中

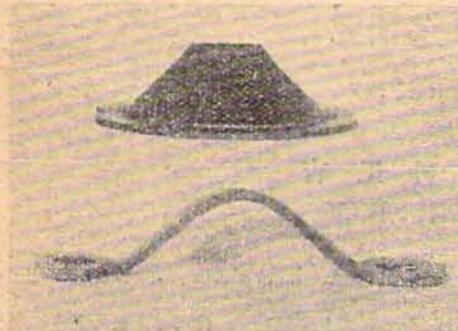


図 1

心に直径10 耗の孔を有し、厚みは0.59 耗である。その変形後の形は写真1の上に表示される様な截頭円錐影である。写真5は35 耗×25 耗の矩形板で、板厚は0.61 耗である。写真6は巾6 耗厚み約0.59 耗の矩形断面の梁と考えられるもので、両端固定の間隔は46 耗である。その変形後の形は写真1の下に表示される先の丸味を帯びた三角形となるものである。試験片には写真6の分を除いては写真のプロフィールに当る部分に約5 耗間隔にハンダでイボを作つておき、変形経過中の局部的変形を調べる様に計画した。

5. 爆薬及雷管

爆薬の量は周囲に被害を与えずにプラストメーターに所望の変形を与えるのに必要な最低に近い量を予備

試験で決定した。写真2より5迄は、TNT 10 瓦を1 噸/平方厘の圧力で直径25 耗長さ15 耗の円柱に成形した。写真6に対しては、爆燃によつて被写体が覆れて撮影出来ぬ事を避けるために爆煙の出ない新桐ダイナマイト15 瓦を約25 耗直径の球に成形した。

雷管はその破片が試験片に衝突する事を避けるために底のない6号電気雷管を帝國火工品製造株式会社に製作して貰い使用した。

6. 実験結果

写真撮影の毎秒駒数及び爆薬と板との距離は表1に示す通りである。

写 眞	表 1				
	2	3	4	5	6
周辺固定部形	丸板	丸板	有孔丸板	矩形板	梁の両端
毎秒駒数	22,500	15,000	22,700	22,500	22,500
爆薬と板距離	40cm	37cm	39cm	42cm	20cm

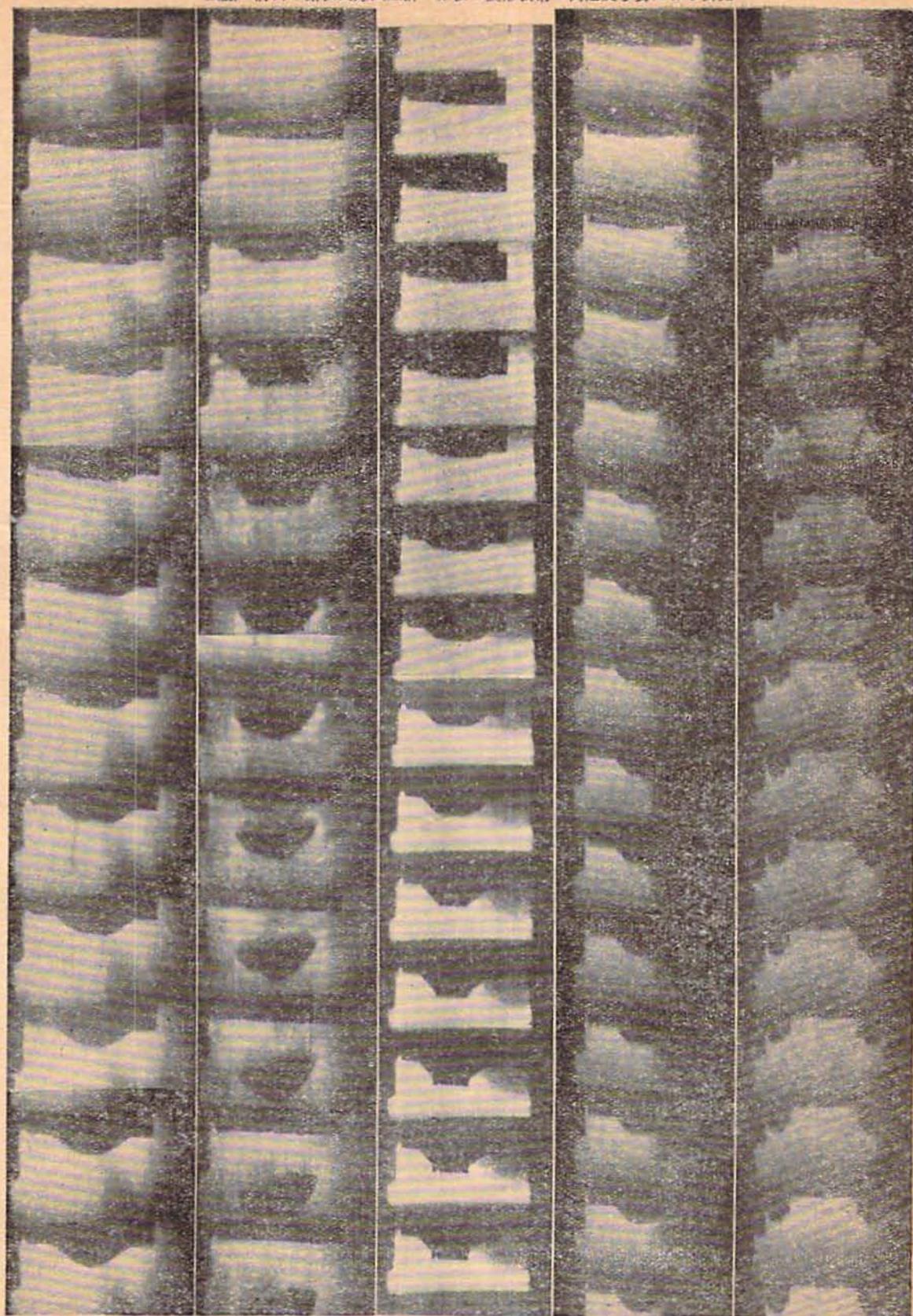
写真2を見るに板の塑性変形が円形固定周辺に最初に起り、その変形が次第に中心に向つて進行している状況が予想通りに撮影されている。然も中央にはまだ塑性変形を受けていない平面部分が明確に見られる。円錐形に変形した始めの部分のイボの間隔を調べると、変形の進行に伴つてそのイボの間隔が20%以上も増大しているのが認められる。

写真3は爆薬の距離が近すぎて、円形固定周辺で鉛板が切れて飛んだのであるが、鉛板が切れた時機は吹出した煙によつて窺える。その截頭円錐形に変形した部分の運動エネルギーと未変形の平板部の運動エネルギーの差によつて、鉛板が切れとんで、周辺固定の條件が無くなつた後も変形が未変形の部分に次第に進行して行き、円錐形と変化して行く状況が見られる。

写真4は中央部に丸孔があつても同様の塑性変形が固定周辺部から中央に向つて進行するのが見られる。此の場合は半径方向の速度が前二者に比して大きいと考えられるので、終末時機に中央孔の周囲に半径方向に板が裂けて、半径方向の慣性により外側に跳ね曲つた状況が見られる。

写真5は矩形板の長辺に直角方向より見たプロフィール写真である。変形最後の形はかかる場合密着型屋根形となるのであるが、固定が不充分であつたので此の写真の場合には固定部で滑つていたので屋根形の稜線は可成丸味を帯びている。それでも前者と同じ様な変形経過は充分認められる。此の写真は未変形の中央部のハンダがよく見えるが、此の間隔が変形の進行過程で測定出来る程には進行していない点は注目すべき点である。

写真6に於ては、変形経過時間の半ば迄は、塑性変形の進行状況が前掲のものと同様の傾向が見られるが



2

3

4

5

6

図

2

其後に於ては明瞭さを欠いている。此の事は新桐ダイナマイトの衝撃波がTNTに比して鋭さを欠き、且つ此の試験片は両端のみが固定されていて剛性少なく衝撃波の減衰して行く部分によつても変形が起り、従つて一様な流れの気流中の懸垂曲線に近い影響が現われて来ているのではないかと考えている。

7. 結 語

爆発の衝撃波を受けて鉛板が変形する機構は、我々の予想した如く、板が衝撃波の衝撃によつて板面に直角な一様な速度を得此の運動エネルギーを得た板が固定周辺で止められて此の部に衝撃を生ずる。此の衝撃衝撃波が固定周辺から中心に向つて進行すると考えてよい事を本撮影結果は示している。此の結果はHudsonの論文の仮定と一致している。但し写真2の円錐形変形後の其の局部伸びの進行と、写真5の未変形部の平板部の変形は時間経過中殆んど起つていない事は、Hudsonの解析の解定の一部が検討を要する事を示していると思う。

本実験に於ける撮影は理工研の植村助教授とその研究室の手を患した事を記して感謝の意を表し、又予備試験を行うに当つて、東大山本教授、日本カーリット帝国火工品製造の種々の御援助を深謝します。尙本研究は筆者中後者の東大近藤研究室に於ける内地研究のテーマとして近藤教授の指導の下に行つた実験である事を附記します。

文 献

- 1) 山家信次：火兵学会誌，第31巻6号
- 2) 此稿の実験は別に報告をする予定
- 3) 近藤 Jour. of Appl. Physics, Vol. 22, No. 1, "A Theory of the Dynamic Plastic Deformation of a Thin Diaphragm" by G. E. Hudson を実験途中に入手したが、筆者等の推論と同様な考え方で Under-water Explosion による薄板の塑性変形に対して大胆な仮定の下に簡単な解析を行つている。
- 4) 梶原豊太郎：航空研究所報告：Vol. 5, No. 6

Research of the Mechanism of the Plastic Deformation

of the Blastmeter by High Speed Photographs

by Hideji Sudo and Kenkichi Kiyota

Authors were interested in the conical shape of the plastically deformed metal plate by the shock wave of explosives, which is quite different from the spherical shape resulted from hydrostatic pressure. After many preliminary tests, we predicted that the plastic wave induced on the constraining edge in the plate would proceed to the center part, which would still remain unstrained practically, that coincided with the view of the Hudson's paper on the Jour. of Applied Physics, Jan. 1951. Then we photographed the process of the plastic deformations of lead plates of blastmeters by high speed camera, the results of which confirmed our prediction and the Hudson's assumption, but in details some of the Hudson's assumption seems inexact in the case of blastmeter.