

- mittel, Zwitter Teil, Die Sprengschüsse
- (2) Dreikopf: Zeit, Schiess und Sprengstoffe 30, 129(1935)
- (3) 日野熊雄: 工火協 3, 11 (昭25.12)
- (4) 竹中重夫: 日化厚研A第190号(1949~50)日本化学株式会社
- (5) Elwyn Jones: Proc. Roy. Soc. A 198, (1949)
- (6) H. P. Stout: Nature, Lond., 166, (1950)
- (7) Elwyn Jones and H. P. Stout: Colliery Engineering, October & November (1948)
- (8) W. Taylor and G.R.L. Hall: The Institution of Mining Engineers., 107, part 8.
- (9) G. Allsop & E. M. Guenault: Coll. Guard., 180 (1950) No. 4668.
- (10) G. Allsop & E. M. Guenault: The Institution of Mining Engineers., 109, 110.
- (11) Blasters' Handbook: (1952) E. I. Du' Pont De Nemours & Company (Inc)

爆薬猛度の実験的研究

第V報: 爆轟圧力の実験的決定法

(昭和29年4月20日受理)

桜井 武 尙

(日本油脂 武豊工場)

I 猛度の概念

爆薬猛度なるものの概念は、或いはエネルギーを解放する時間勾配とも、或いは直接接する物体の破壊効果に導いてはその作用効果ともなえられ、C. E. Bichel の表式を始めとし、E. Redle, H. Kast, さらに E. Jouguet, R. Becker の理論式に至っている。またその実験的表示に於いては、現在広く Hess, Kast の方法が用いられているが、この方法と猛度そのものの概念との間には、かなりの断層が存在するものの様である。即ち、一旦これを破壊変形効果に導くとき、今のところこれらの効果については、単なる比較観察の域を脱し切れぬ破壊概念の食しさしか見出されぬからである。

従つて、破壊効果そのものの考察は簡単に許されぬものがあるが、爆薬猛度の定義をより合理的な考察の下に置き、その物理的意義を如何にして実験的に純粹に表現するかが本研究にかかる命題である。

論はやや散文的になるが、ここに一振りの刀があるとし、これが上から吊された紙片を断ち切る性能について考えてみる。その紙面から一定距離を定めて位置し、之に切りつけたとき、紙の切れた部分の長さから切れ味と言う概念を求める。然し、その紙の下方に風鎖をつけて行えばもつと切れるであろうし、さらにその重量を増加して紙が全く動かなくなつたとき、その

切断量は切れ味の鋭鈍を問わず、刀の長さや位置によつて定まる一定の値となるだろう。即ち切れ味をためすためには、ある微少の時間内に現象を止めるため、余分の時間に起る効果は逃してやる必要がある。即ち従来の猛度測定にはある時間以外の効果は逃してやり現象に介入しない様にする工夫が必ずなされている。そして、条件によつては遂に鉛撃試験の如く、ほとんど時間効果は除外して良い静的な試験にまで至る。Hess も Kast もおそらくこの切れ味の概念を以て実験を考えたであろう。然し、この切れ味の概念は確かに実験的に自然なもので何ら否定すべきものはないが、どこまでが所謂動的な時間範囲であるかは一義的に定まらず、多くの猛度の表示とは一つの断層にはままれざるを得なかつたのである。また仮に正しくその動的効果を示し得る時間が定められたとしても、それは材質によつて変り得る性質のもので、もはや猛度の概念は爆薬のみに固定して考えることは出来なくなる。

そこで、実験的に猛度を求めると言うことは、むしろ爆轟圧力そのものに着目し、それを如何にとらえるかを考えることが最も近道であり、次で切れ味に類する動的効果、又はエネルギーの解放勾配なる概念は、その条件に於ける種々の衝撃時間の巾を求めることに帰すべきである。そして前者は、明らかに爆薬に固有の値であるが、後者は材質や実験条件によつて変り得ることを前提として、一義的な意義を与えるべきでな

く、かなりの広さを持つ破壊試験として考えるべきであろう。

II 爆轟圧力の実験的決定

先に第IV報に於いて、爆薬が媒体に与えた衝撃波の圧力パルスを求める方法を紹介し、その実験を爆源にまでさかのぼって、爆轟圧力を直接決定することの可能性について述べたが、ここに更にその実験方法についての再吟味を行い、T.N.T.による例示を行つてみる。行わんとすることは、第1に第2線的な爆発による擾乱から完全に防護することであり、更にペレットの直径による変化をたしかめることである。また、鉛のみならず、銅、鉄についても試み、この実験の妥当性をしらべた。

(1) 第2線的な爆発擾乱からの防護

この方法の最も注意を要する点は、試料の作成その他は別とし、ペレットは外部からの影響なしに飛行し、第2線的な爆発に切断することである。ペレットが小さく薄い時は、第2線的な爆発があまり丈夫すぎると切断せず、また、あまりに弱いと爆発の振動によつてペレットの衝突前に振動を起し易い。線の間距離が70cm位までは、ペレットの減衰性はさほどでないが、それでも出来るだけ短距離で測定するのが望ましい。かくして、第2線的な感度がペレットの運動量と調和すること、第2線的な完全な防護が必要となる。

そこで、第2線的な防護装置についての吟味を行つてみる。従来用いた防護装置は第IV報図2の形式、及

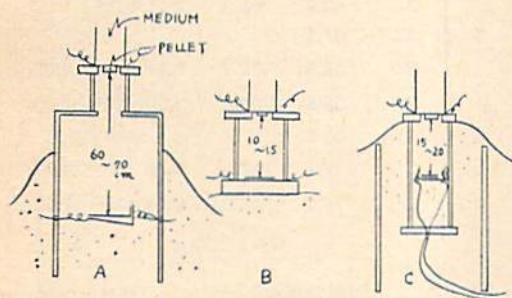


図1 第2線的な防護装置

び小型の本報図1Bの如きものであつた。この両者を比較するに、IV報に於いても附言した如く、A型の防護能は完璧であつて、この形式ならば問題ないが、実験に先立ち、周囲の砂を取り除いて第2線的を取り出し、結線後また元通りにするのであるから甚だやつかいである。処で、Bの如き型であれば、結線には鉄筒を簡単に取り除いて行うだけで良く、きわめて能率的であるが、その防護能は必ずしも完全とは言えない。

前報では、ペレットが小さい時第2線的な感度を考慮に入れてこのB型を用いたが、むしろこの時は、第2線的な感度を鋭くしてA型を用いるべきであつた。このB型のオッシュロ像は時に甚だ乱れ、採り方によつてはどこでも採れる類のものとなる。

故に、A型の如き完全なる防護能をより爆源近くに於ても備え、且、B型の簡便さをとり入れたCの型を工夫した。C型は大小二重の防護鉄筒を有し、また内筒の下には鉄板を置き、その上に砂をつめて振動を緩和し、その上に置かれる第2線的な底に鉛板をはつて重くし、その導線にはかなりのゆとりをつけて、実験に先立ち鉄筒の中から引き出して結線出来る様にした。かくしてC型は第2線的なヒューズ1本で5回以上の打ちに耐え、しかも甚だ能率が増進する様になつた。

(2) ペレット速度の直径による変化

以上の如く、能率良く、しかも確実な実験が出来る様になつたので、ペレットの直径による変化をためして見た。いずれも媒体は鉛で、爆薬はT.N.T. (40.95g/cc) 300gである。接着剤はセメダインではりつけ直後に実験した。ペレットの直径は10mm及び28mmのもの、更に28mmのものから中央の10mmを切りぬいたリング状のものを準備した。

実験結果は次の如くである。

表1 ペレット速度の直径による変化

鉛柱長acm 及びペレット厚さPmm	ペレット直径		10~28 リング
	φ10mm	φ28mm	
$\alpha=6$ $p=1.6$	59.0m/s	70.6	70.0
	60.8	83.8	67.2
	65.9		73.5
	総平均 69.5		
$\alpha=8$ $p=1.9$	54.5	45.3	39.2
	40.6		44.9
	40.8		49.7
	37.4		40.7
	45.0		
	44.7		
$\alpha=10$ $p=1.9$	総平均 43.9		
	25.3	26.8	28.6
	26.8	27.5	25.3
	28.4	28.2	24.4
	26.5	30.0	26.2
$\alpha=12$ $p=1.9$	総平均 27.0		
	15.9	15.7	13.5
	14.3	15.8	11.2
	17.3	15.5	12.5
	15.2	15.0	14.8
総平均 15.5			

表1の結果はペレットの直径による差はないと見て良い事を示している。この意義は、 $\sigma (=pct)$ はそのディメンションから明らかな様に、既にそれ自体で単位面積当りの概念となつて

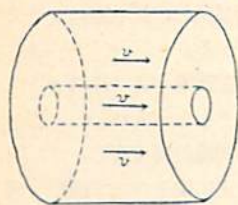


図 2

ていることを意味する。この応力波を図2の如くある粒子速度 v なる粒子が充滿した円筒と考えれば、これを進行方向に平行に細分しても、分割した部分の粒子速度は矢張り

りである。即ち、この断面積が増加しても v そのもには変化はない。然し、初速に変化はなくとも、それを実験的にとらえる際、ペレットの大小によつて飛行中の減衰性には差があるであろうからペレットの直径はなるべく小さいことが望ましい。

(3) T.N.T.(40.95g/cc)による一連の実験

さらに、種々の鉛柱長のものについて実験した結果は表2の通りである。この内*印のものは前報に報告した値である。この実験は特に薄いペレットについての吟味を行つたもので、実験は今後特に断らない限り2回の平均を以て示す。これより各ペレットの厚み間隔の v をIV報(3)式によつて求め、 σ を計算すれば表2となる。

表2 T.N.T.(40.95g/cc)の実験結果(鉛)

鉛柱長さ acm	ペレット厚さ pmm	実測速度 v m/s	波内粒子速度 v m/s	波内応力 σ kg/cm ²	時間 τ $\frac{2P}{O} \times 10^{-6}$ sec
6	0.5	75.0	75.0	2.61×10^4	0.33
	1.6	69.5	66.8	2.32 *	1.07
	1.8	77.2*			
	3.0	63.6*	56.1	1.95 *	2.00
	3.7	51.3*	38.2	1.32 *	3.80
$C=3,000$ m/s					
8	1.0	55.2	55.2	1.47×10^4	0.87
	1.2	53.7*	34.0	1.10 *	1.74
	2.0	43.9			
	3.0	31.6*	5.5	1.47×10^3	2.60
	3.8	24.6			
$C=2,300$					
10	0.5	39.8	39.8	0.99×10^4	0.47
	1.0	36.3	32.8	0.82 *	0.93
	1.9	27.0	16.4	0.41 *	1.77
$C=2,150$					
12	1.0	14.2			
	1.9	15.5	15.5	0.39×10^4	1.77
$C=2,150$					

かくして求めた σ と τ を図示すればこれがこの場合の衝撃波形となる(図3)。IV報のものと本質的な形の変化はないがこの方が正しい。また、上記の実験と共にこの形はペレットの直径が変わっても変化しないと見て良い。

(4) 銅柱についての実験

(3)と同一の実験を銅についても行つた。銅柱は鉛柱と諸元を一にし、450°Cで8時間焼き放冷したものを用いる。T.N.T. ($\Delta 0.95$ g/cc)に於いては2cmの長さでも耐えるから、かなり爆源に近い部分の圧力を求め得ることに大きな意義がある。

当然、端面の変形は鉛の様に烈しくはなく、直線的な亀裂を数條認めるのみである。之らのものも更に強力な爆源下に置かれれば鉛の様な破壊を示すだろう。勿論ペレットも銅製でその径は12mmのものを用いた。尚、波頭速度は実験材料の都合上行つて居らずRinehartの報告¹⁾に見られる音速値を用いた。後に波頭速度については別個に実験する。

表3 銅についての実験(一回)

銅柱長さ acm	ペレット厚さ pmm	実測速度 v m/s	波内粒子速度 v m/s	波内圧力 σ kg/cm ²	時間 τ $\frac{2P}{O} \times 10^{-6}$ sec
2	2.0	124	124	4.42×10^4	1.02
4	2.0	73.7	73.7	2.62×10^4	1.02
	4.0	52.2	30.8	1.10 *	2.04
	8.0	40.8	29.4	1.05 *	4.08
5	2.0	63.2	63.2	2.25×10^4	1.02
	4.0	37.2			
	8.0	32.9	32.9	0.81 *	4.08
6	2.0	38.6	38.6	1.38×10^4	1.02
	4.0	35.7			
	8.0	22.7	17.3	0.62 *	4.08
8	2.0	18.0	18.0	0.64×10^4	1.02
$C=3920$ m/s					

鉄についても同様の実験を行つたが、ペレット厚さを増すに従つて逆に高速となり(8mm以上は行つていない)波頭は切り立つて居らずなだらかな様である。例えば $a=4$ cmに於いて $P=2$ mmのとき33.3m/s、4mmで43.5m/s、8mmで59.4m/s(2回)また $a=5$ 、6cmでも同様の傾向を示した。この点はD.C. Pack²⁾が鉄では衝撃波を見出さなかつた実験と比べて注目すべき現象であるから稿を改めて述べたいと思う。然しRinehartは鉄でも切り立つた波形を発表している。(尤も、その爆薬はこの実験よりかなり強力な爆薬)

力はほぼ20万気圧である。) 鉄に於いては端面の亀裂はほとんど現れず、外観から見た剝離は、鉄は2cm,

銅は4cmまで現れて居た。鉛及び銅についての波形を図3に示す。

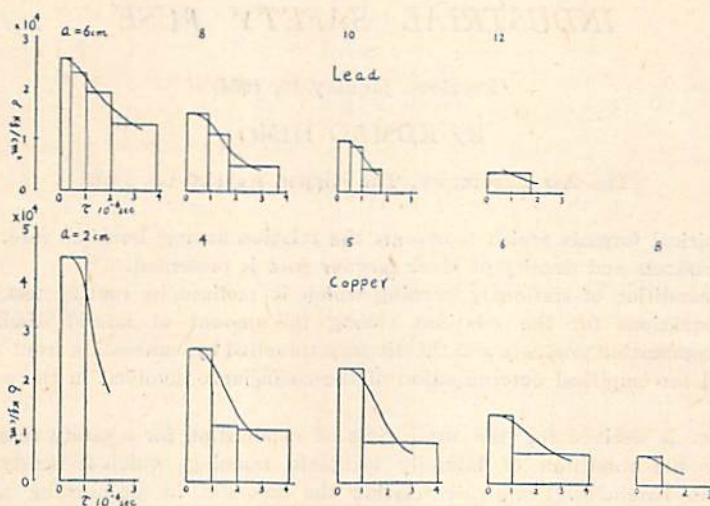


図3 T.N.T (40.95g/cc)による固体内の衝撃波形

(5) 実験結果の爆源までの外挿

かくして、図4の如く波頭圧力の減衰性が求められる。鉛と銅の波の減衰性は異なるから傾きの異なった曲線として示され、銅の方が鉛より減衰しやすいことが分る。然し、この2本の曲線は一点から出発すると見て良く、これは同一薬種についての実験であるから当然であろう。この爆源にまでさかのぼったときの圧力はほぼ6万気圧で、木原一正田の高温高压ガスの新状態式を用いた理論計算³⁾に一致する。

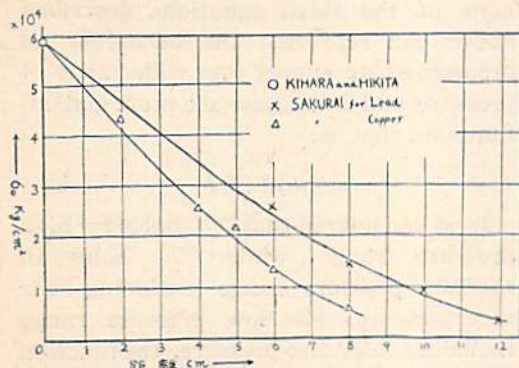


図4 鉛と銅内の衝撃波の減衰曲線

III 総括

長い間多く爆轟圧力の表示を目的とした猛度の表示

と、実験との間に横たわつて来た不連続的な断層は、猛度の概念を実験に導く時に起つた破壊概念の貧困さに帰因することを指摘し、破壊変形現象はかなりの広い時間巾で起るべきものであるから、実験的に猛度を求めると言うことは、矢張り爆轟圧力の直接決定を目指すべきであり、従来長く行つて来た猛度実験の意義は、比較試験と言う実用性は別として、むしろ種々の時間巾に起る効果を分解解析すべき広い意味の爆発実験に認識を改められるべきである。

この報告は、爆轟によつて引き起された媒体の衝撃波形を求め、これを爆源にさかのぼつて爆轟圧力を決定しようとするIV報の方法に吟味を加へT.N.T)40.95g/cc)についての実例を示した。これは59,000~60,000気圧を示し、木原一正田の新しい計算に一致する。絶えず温情ある鞭撻と指導を賜わる日本油脂の村田博士並びに東大の正田教授に感謝する。

文 献

- (1) J. S. Rinehart and J. Pearson; J. Appl. Phys. 22, 555(1951)
- (2) D. C. Pack, W. M. Evans and H. J. James; Proc. phys. Soc. 60, 1(1948)
- (3) 木原太郎・正田強; 火薬誌 13 106 (1952)