

弾丸の衝突における標的の吸収エネルギー (標的の瞬間的温度上昇) について

片 山 喬 平*

1. 結 言

弾丸の衝突と同時に標的面には瞬間的に温度上昇を生ずる。この温度上昇は標的が吸収したエネルギーに等しいものとすれば、標的の各部分に発生する瞬間的温度上昇は標的の吸収したエネルギー密度を示すものであり、この温度を計測することにより標的の各部分の吸収したエネルギーを実験的に求めることが出来る。本論文は標的各部の吸収エネルギーを理論的に求め、その結果を一実験例と比較検討したものである。

2. 標的の吸収エネルギーの分割

弾丸が標的に衝突すれば、その運動のエネルギーは数種の複雑な過程を経て終局的には、熱及び標的内の内部エネルギーとして吸収される。この内部エネルギーとして吸収されたものは、再結晶、或は塑性変形等、構造上の変化となつてあらわれる。吸収エネルギーの分割は下記の通りである。

(1) 標的後方に破壊飛散する部分のエネルギー

$$E_s = \left(\frac{1}{2} mv^2 \right)_{\text{backsplash}}$$

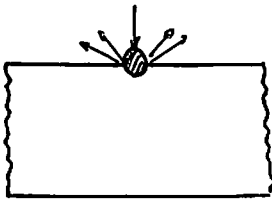


図1 弾丸が高速にて衝突した場合の
backsplash の飛散状況

静的侵徹の場合には、弾丸がめり込んだだけ標的のその部分は塑性変形を起すから backsplash は起らない。然しある衝撃速度以上になると、標的のその部分が塑性変形を起す前に弾丸が侵徹するので標的のその部分が飛散することになる。又高速衝突になると衝突と同時に弾丸は破壊し周囲に飛散するので、弾丸、標的もともに飛散する。したがって backsplash の起

るのは、衝撃速度がある速度以上の場合である¹⁾。Utah 大学における高速写真での観測結果によると、高速衝突の場合には、衝突の瞬間には極くわずかな部分は弾速の 10~20 倍の速度で飛出し、その他の大部分の backsplash は弾速に比して極めて小さいことを発表している。この backsplash の運動のエネルギーは最終的には熱に変換される。

(2) 弾丸ならびに標的を变形させるに要するエネルギー

衝突により弾丸、或は標的は変形或は破壊されるが、これらの機械の仕事は、内部エネルギー、或は再結晶のエネルギーとなつたものを除き全部熱に変換されるものと考えられる。高速衝突においては衝突圧力は非常に高く、衝突点附近は融解或は気化するが、低速衝突の場合には温度は殆んど上らない。

(3) 再結晶等標的の構造上の変化に費されるエネルギー

標的の变形或は破壊にともない、内部応力、或は内部応力と再結晶の組合せの形として残るエネルギーでありこれは熱としては外部にあらわれない。このエネルギーは、Utah 大学における実験によれば²⁾、鉛の標的に対しては 3,000 m/s までの弾速は対して 8%~12% という結果が出ている。

これらのエネルギーの外、振動のエネルギー、輻射により発散されるエネルギー等があるが、振動のエネルギーは最終的には熱に変わり、輻射のエネルギーは他のエネルギーに比して極めて小さいと考えられるのでこれを無視する。結論としてエネルギーの関係式は次の如く表される。

$$E_k = E_s + E_t + E_r$$

ここに

E_k : 弾丸の有する運動のエネルギー

E_s : 標的の温度上昇に消費されるエネルギー

E_t : spray particle の温度上昇ならびに運動のエネルギー

E_r : 再結晶のエネルギー

3. 衝撃圧力(接触圧) P_c

円筒形の弾丸が半無限に拡がった標的に高速で v で

昭和42年1月7日受理

* 防衛庁技術研究本部第1研究所

衝突した場合について考える（但し弾速が音速を越えない場合）弾丸が標的に衝突した瞬間における接触圧を P_1 とすれば、これに一次元衝撃波の理論を適用する。（衝撃波のまだ伝っていない部分の符号を 0, 衝撃波が伝って圧縮された部分の符号を 1 とする）。

いま衝撃波とともに動く座標系をとり、その単位断面面積について出入する流量を考えれば、質量保存則より

$$\rho_0 u = \rho_1 (u - v_1) \quad (1)$$

又運動量保存則より

$$(\rho_0 u)u + P_0 = [\rho_1 (u - v_1)](u - v_1) + P_1 \quad (2)$$

ここに

v_1 : 標的材料の物質速度

u : 標的材料の衝撃波速度

(1) 式及び (2) 式より

$$P_1 - P_0 = \rho_0 u v_1$$

P_0 は最初の圧力であるからこれを零とおき、衝撃波速度を音速 c に等しいとおけば、

$$P_1 = \rho_0 c v_1 \quad (3)$$

或は標的に t , 弾丸に p なる記号を付せば

$$P_1 = \rho_t c_t v_1 \quad (3')$$

同様に弾丸に対しては

$$P_1 = \rho_p c_p (v - v_1) \quad (4)$$

(3) 式及び (4) 式より v_1 を消去すれば

$$P_1 = \frac{c_p \rho_p c_t \rho_r}{c_p \rho_p + c_t \rho_t} v \quad (5)$$

弾丸と標的が同材料の場合には

$$P_1 = \frac{1}{2} \rho c v \quad (6)$$

然し実際には衝突した瞬間、弾丸の衝突面附近は図 2 の如く左右に飛び散ると考えられるので、これを図 3 の如くモデル化する。

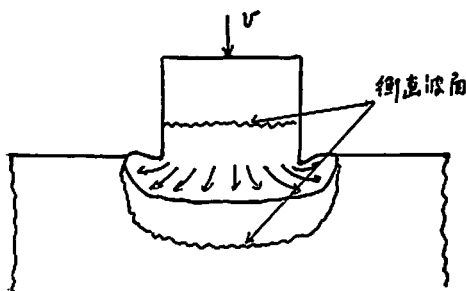


図 2 円筒形弾丸が標的に高速にて衝突した場合の衝突面および衝撃波の発生状況

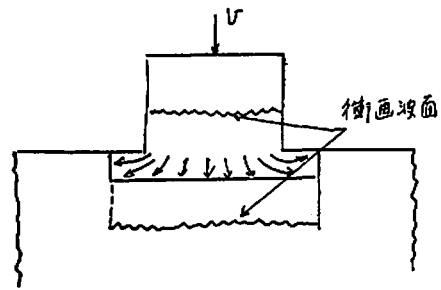


図 3 円筒形弾丸が標的に高速にて衝突した状況をモデル化した図面

(1) 図 4 において左右に飛び散ることにより標的は $EFGH$ なる円筒形に v_t なる速度で圧縮される。その圧縮圧は各部分一定であるものとする。

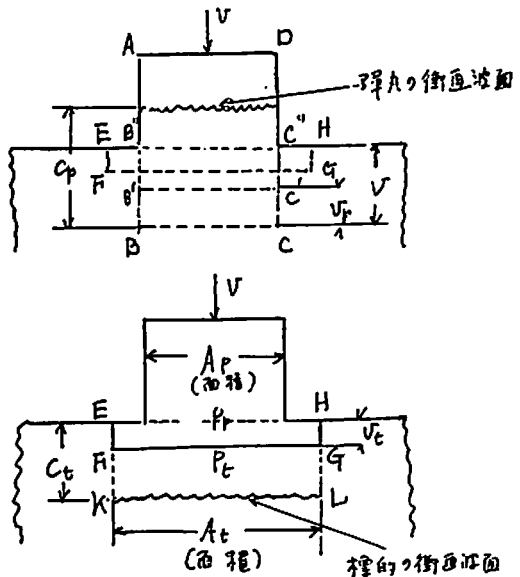


図 4 図 3 のモデル化した図面の説明図

(2) いま考えている瞬間においては、左右に飛び散った部分が標的外に飛び出さないものとする。

(3) 弾丸の接触面に加わる圧力によつて体積 $BB'CC'$ (速度 v_p) だけ圧縮されるが、体積 $B''B'C'C''$ だけは標的にめり込み、体積 $EFGH$ となるものとする。又弾丸の圧縮圧は各部一様なるものとする。

然るときは

$$P_t = \rho_t c_t v_t \quad (7)$$

$$P_p A_p = P_t A_t \quad (8)$$

$$(v - v_p) A_p = v_t A_t \quad (9)$$

標的について、この瞬間には衝撃波は KL まで進行しているから、体積 $EKLH$ 外には力が伝っていない

ので、体積 $EKLH$ だけが圧縮されて、体積 $FKLG$ となる。 FG 面の速度は v_i である。体積弾性係数 ($K=P/\frac{\Delta V}{V}$) については超高压になると

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{K} P - \mu P^2$$

なる関係式が³⁾ 米国の文献にのつており、二三の材料について K, μ の値大求められている。

$$\Delta V/V = v_i/c_i$$

であるから

$$v_i/c_i = \frac{1}{K_i} P_i - \mu_i P_i^2 \quad (10)$$

同様に弾丸に対しては

$$v_p/c_p = \frac{1}{K_p} P_p - \mu_p P_p^2 \quad (11)$$

(7), (8), (9), (10), (11) 式より v なる速度で衝突した場合の接触 P_p, P_i が求まる。

例えば、弾丸も標的ともに同材料 (steel) である場合 3,000 m/s で衝突した場合の圧力 P_i を計算すると次の如くなる。米国文献によれば、steel 対しては

$$1/K = 0.584 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{gr}$$

$$\mu = 0.040 \times 10^{-17} \text{ cm}^4/\text{gr}^2$$

であるから、前者の理論によれば

$$P_i = P_t = P_p = 61.5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

後者の理論によれば

$$P_i = 28 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_p = 65 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

となる。

4. 標的の各部分の瞬間的温度上昇

標的の各部分の瞬間的温度上昇は、各部分が吸収したエネルギーが熱に変ったものである。この場合熱伝導の影響は次に示すとおり全く関係のないものである。

熱伝導の影響

熱伝導の式

$$dQ = -\lambda ds \frac{\partial t}{\partial n} dt$$

ここに Q : 流れる熱量

λ : 熱伝導率

ds : 面積

n : ds に垂直なる座標

τ : 時間

t : 温度差

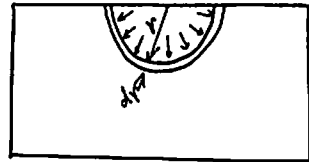
である。例えば 3/16 inch (0.475 cm) 径の鋼球が 1,000 m/s で衝突すれば、弾丸の有するエネルギーは 52 cal であり、弾丸が衝突してより止るまでの時間は

数万分の一秒、又エネルギーの配分の終るまでの時間は数千分の一秒である。いま仮りに 1/1,000 秒について熱伝導を考え、 $s=2 \text{ cm}^2, n=2 \text{ cm}, t=500^\circ\text{C}$ とすれば、鋼の熱伝導率 $\lambda_{Fe}=0.18 \text{ cal/cm s.}^\circ\text{C}$ であるから $dQ=0.09 \text{ cal}$ となり全く影響のないことがわかる。

低速衝突の場合には、標的に弾丸径の大きさの穴があくだけであるが、高速衝突の場合には、標的に球形の大きな穴があき、その穴の大きさは弾丸のエネルギーに比例するといわれている。

衝突によつて衝突面に発生した圧力パルスは衝撃波となつて標的ならびに弾丸内を進行してゆく⁴⁾。E. P. Palmer はアルミニウムの弾丸でアルミニウムの標的を 2,200 m/s で衝撃した場合、最初約 4.8 km/s の衝撃波が走り、その後第 2 の大きな変形が約 100 m/s の速さにて伝わつてゆくことを観測している。この第 2 の大きな波は恐らく塑性波の伝ばと考えられる。この衝撃波ならびに後続の波のなす仕事 E_0 は圧縮歪エネルギーと剪断歪エネルギーとの和であるから

圧縮歪エネルギー



剪断歪エネルギー



図 5 標的の吸収エネルギー (圧縮歪エネルギー、および剪断歪エネルギー)

$$E_0 = 2\pi \int_0^\infty \left(P \frac{\Delta V}{V} \right) r^2 dr + 2\pi \int_0^\infty \tau \gamma r^2 dr + E_p \quad (12)$$

これを crater 内部のエネルギー E_1 と crater 外部の歪領域のエネルギー E_2 とに分けて考えると、且つ

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{K} P \text{ なる関係を用いて}$$

$$E_1 = \frac{2\pi}{K} \int_0^{r_0} P^2 r^2 dr + 2\pi \int_0^{r_0} \tau_m \gamma m r^2 dr + E_p \quad (13)$$

$$E_2 = \frac{2\pi}{K} \int_{r_0}^{\infty} P^2 r^2 dr + 2\pi \int_{r_0}^{\infty} \tau_m \gamma r^2 dr \quad (14)$$

ここに E_p : 弾丸の吸収したエホルギー
 τ_m, γ_m : 動的破壊剪断応力及び剪断歪
 r_0 : crater の半径

ここで圧力 P は r とともに如何に変化するかは不明である。

超高速衝突の場合には強力なる衝撃波が発生し、衝突点近傍における $2\pi/K \int P^2 r^2 dr$ の値は非常に大きく、衝突点附近は非常に高温となる。然し低速衝突の場合には、衝突圧力はあまり大きくなく、したがって衝撃波も起らない。また $E=1.15K$ (ポアワリン比 0.3) とすれば

$$\begin{aligned} \frac{2\pi}{K} \int P^2 r^2 dr &= 2\pi \times 1.15 \int P \frac{P}{E} r^2 dr \\ &= 2\pi \times 1.15 \int P e r^2 dr \end{aligned}$$

となり、ほぼ弾性歪エホルギーに等しいから、低速衝突の場合にはこの項を無視すれば (13) 式は

$$E_1 = 2\pi \int_0^{r_0} \tau_m \gamma_m r^2 dr + E_p = \frac{2\pi}{3} r_0^3 \tau_m \gamma_m + E_p \quad (15)$$

又 (14) 式は

$$E_2 = 2\pi \int_{r_0}^{\infty} \tau_m \gamma r^2 dr \quad (16)$$

となる。

A. M. Dietrich⁵⁾ 等は材料の硬度と歪との間に一定の関係のあることから衝撃後の標的の各部分の硬度を測定し、crater 中心からの距離と歪の関係を求めてプロットし

$$\gamma = e^{-\alpha(r-c)}$$

なる形に表されることを指摘している。ここに α, c は定数である。 γ_m は $r=r_0$ における値であるから

$$\gamma_m = e^{-\alpha(r_0-c)}$$

又

$$\tau = \tau_m \frac{r_0^2}{r^2}$$

とすれば

$$\begin{aligned} E_2 &= 2\pi \int_{r_0}^{\infty} \tau_m \gamma r^2 dr = 2\pi \tau_m r_0^2 \int_{r_0}^{\infty} e^{-\alpha(r-c)} dr \\ &= \frac{2\pi \tau_m \gamma_m r_0^2}{\alpha} \quad (17) \end{aligned}$$

したがって

$$E_0 = \frac{2\pi}{3} r_0^3 \tau_m \gamma_m + E_p + \frac{2\pi \tau_m \gamma_m r_0^2}{\alpha} \quad (18)$$

逆に高速衝突の場合には接触圧が非常に大きくなるので

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{K} P - \mu P^2$$

を用い

$$\begin{aligned} E_1 &= 2\pi \int_0^{r_0} P \left(\frac{1}{K} P - \mu P^2 \right) r^2 dr \\ &+ \int_0^{r_0} 2\pi \tau_m \gamma_m r^2 dr + E_p \\ &= 2\pi \int_0^{r_0} P^2 \left(\frac{1}{K} - \mu P \right) r^2 dr \\ &+ \frac{2\pi}{3} r_0^3 \tau_m \gamma_m + E_p \quad (19) \end{aligned}$$

次に E_2 について、crater 外の圧力はあまり大きくないから、圧縮歪エホルギーは前と同様に無視して

$$E_2 = 2\pi \int_{r_0}^{\infty} \tau_m \gamma r^2 dr = \frac{2\pi \tau_m \gamma_m r_0^2}{\alpha} \quad (20)$$

したがって

$$\begin{aligned} E_0 &= 2\pi \int_0^{r_0} P^2 \left(\frac{1}{K} - \mu P \right) r^2 dr \\ &+ \frac{2\pi}{3} r_0^3 \tau_m \gamma_m + E_p + \frac{2\pi \tau_m \gamma_m r_0^2}{\alpha} \quad (21) \end{aligned}$$

crater 面 ($r=r_0$) における圧力 P_0

crater が形成されたその瞬間 (backsplash が出終つた瞬間) について考える。(図 6)

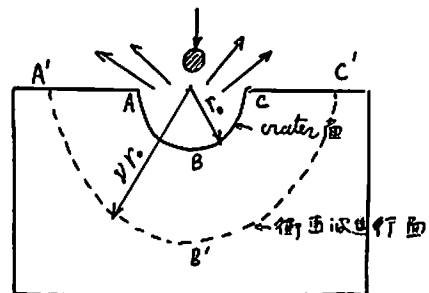


図 6 crater が形成されたその瞬間 (backsplash が出終つた瞬間) における状況。crater は ABC なる半球面、衝撃波は A'B'C' 半球面まで進行している。

運動量の変化は

$$m_p v_p + (mv)_{\text{backsplash}}$$

これは、その瞬間における標的の内を伝わる波の進行面

が A'B'C' なる半球面であるとすれば、運動量保存則より ABC なる半球面 (半径 r_0) と A'B'C' なる半球面 (半径 νr_0) との間の材料物質運の運動量に等しくなければならないから次式が成立しなければならない。いまその瞬間において上記材料物質がすべて外方に向って進行するものとすれば

$$\int_{r_0}^{\nu r_0} 2\pi r^2 dr \cdot \rho \times v = m_p v_p + (mv)_{\text{backplash}} \quad (22)$$

然るに

$$P = \rho cv / \theta$$

の関係があるから

$$v = \frac{\rho \theta}{\rho c}$$

又 $P = P_0 \frac{r_0^2}{r^2}$ とすれば

$$v = \frac{P_0 \theta}{\rho c} \frac{r_0^2}{r^2} \quad (23)$$

(23) を (22) に入れて積分すれば

$$\frac{2\pi r_0^3 P_0 \theta (\nu - 1)}{c} = m_p v_p + (mv)_{\text{backplash}}$$

$$P_0 = \frac{m_p v_p + (mv)_{\text{backplash}}}{2\pi r_0^3 \theta (\nu - 1) 1c} \quad (24)$$

5. 実験例との比較検討

米国の Utah 大学において⁶⁾ 下記の如き実験を行なっている。径 3/16 inch (0.44 gr) の鋼球を鉛の標的に種々の弾速にて衝突させ、標的に吸収されたエホルギーと spray particle のエネルギーとの割合を求めた実験である。又この実験では crater 面の温度ならびに標的各部の温度を実測している。実験結果は表 1, 表 2 の通りである。又得られたデータをグラフに表わしたものが図 7 である。

表 1

3/16 inch 鋼球の弾丸にて鉛の標的に種々の速度にて衝突させた場合の実験データ

E_r は直接測定出来ないで E_k より ($E_h + E_s$) を差引いたもの

(Utah 大学)

V_p km/s	E_k Joule	E_h Joules	E_s Joules	E_r Joules	E_h/E_k	E_s/E_k	E_r/E_k
1.19	311	172			0.555		
1.06	249	163			0.655		
0.853	161	101			0.636		
1.510	57.2	49.7			0.869		
1.81	722	431			0.597		
1.37	411	268			0.652		
1.16	298	176			0.600		
0.814	146	118			0.810		
2.11	980	596			0.608		
2.00	880	555			0.631		
0.544	65.1	54			0.829		
2.96	1,930	1,110			0.577		
3.09	2,100	1,200			0.568		
3.37	2,500	1,440			0.575		
1.72	2,107	399			0.616		
1.38	411	268			0.652		
1.41	439	284			0.648		
3.24	1,310	1,318	879	113	0.571	0.381	0.049
3.07	2,070	1,252	701	120	0.604	0.338	0.056
3.18	2,225	1,284	761	180	0.577	0.342	0.081
3.39	2,530	1,493	844	247	0.569	0.334	0.098
2.22	1,140	611	399	80	0.580	0.350	0.070
0.994	217	149	63	5	0.685	0.290	0.025
2.03	907	612	266	29	0.675	0.293	0.032
1.91	803	559	196	48	0.696	0.244	0.060
1.44	456	822	94	40	0.706	0.207	0.088
0.639	89	80.5	6.9	2.3	0.897	0.077	0.026
2.00	880	579	286	16	0.658	0.323	0.018

表 2

3/16 inch の銅球を鉛の標的に約 1,000 m/s と約 400 m/s にて衝突させた場合の crater 中心から種々の距離における標的の温度上昇の実験データ (Utah 大学)

V_p km/s	r mm	ΔT °C	V_p km/s	r mm	ΔT °C
0.983	15.0	2.6	0.494	8.5	2.0
0.956	7.0	65.0	0.450	4.2	37.0
0.958	9.6	28.0	0.302	4.5	48.0
0.940	14.0	1.0	0.363	23.0	0.7
0.956	12.5	2.7	0.330	9.0	0.7
0.985	8.0	31.0	0.426	8.4	6.8
0.977	10.4	8.8	0.380	7.0	4.3
1.01	6.0	69.0	0.268	6.2	1.3
			0.415	8.9	7.0
			0.398	3.8	12.0

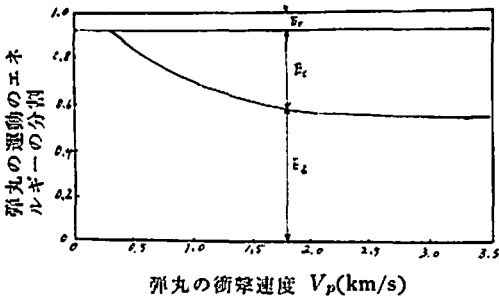


図 7 表 1 をグラフに示したもので、種々の衝撃速度に対する E_k , E_s , E_r の割合

3/16 inch の銅球 ($m_p=0.44$ gr, $V_p=0.056$ cm³) が 1,000 m/s にて運動するときのエネルギー

$$E_k = \frac{1}{2} m_p V_p^2 = 22.4 \text{ kg-m} = 52.5 \text{ cal}$$

実験データ表 2 と図 7 のグラフによれば

$$E_s = 0.65 E_k = 34 \text{ cal}$$

$$E_a = 0.27 E_k = 14 \text{ cal}$$

$$E_r = 0.08 E_k = 4.5 \text{ cal}$$

crater 面の温度上昇 $T_0 = 69^\circ\text{C}$

crater の半径 $r_0 = 0.6$ cm

crater の容積 $V_c = \frac{2\pi}{3} r_0^3 = 0.45 \text{ cm}^3$

(17) 式或は (20) 式より

$$E_h = E_2 = \frac{2\pi \tau_m \gamma_m r_0^2}{\alpha} = 34 \text{ cal}$$

E_1 の計算に高速衝突の場合の理論式 (19) 式を適用

して計算すれば実験データと合わない。したがって低速衝突の場合の (15) 式を適用し、

$$E_s = E_1 + \left(\frac{1}{2} m v^2\right)_{\text{backsplash}}$$

$$= \frac{2\pi}{3} r_0^3 \tau_m \gamma_m + E_p$$

$$+ \left(\frac{1}{2} m v^2\right)_{\text{backsplash}} = 14 \text{ cal}$$

又標的内の任意の点の温度上昇はその点が吸収したエネルギー τ に比例するから

$$T = k \tau \gamma$$

ここに k はある定数

$$T_0 = 69^\circ\text{C} = k \tau_m \gamma_m$$

$$T = 69 \frac{\tau \gamma}{\tau_m \gamma_m}$$

crater 内は一様な温度 69°C となる

弾丸を標的と同材料とみなせば

$$\frac{2\pi \gamma_0^3}{3} \tau_m \gamma_m + E_p = (0.45 + 0.056) \tau_m \gamma_m$$

$$= 0.506 \times 69^\circ\text{C}$$

$$= 11.8 \text{ cal}$$

$$\tau_m \gamma_m = 1025 \text{ kg/cm}^2$$

次に

$$\left(\frac{1}{2} m v^2\right)_{\text{backsplash}} = 14 \text{ cal} - 11.8 \text{ cal} = 2.2 \text{ cal}$$

backsplash の平均速度 $v_{sp} = 61$ m/s

crater 面の圧力

(24) 式に次の値を代入すれば

$$m_p = 0.44 \text{ gr}, v_p = 100 \text{ m/s}, v_{sp} = 61 \text{ m/s},$$

$$(m)_{\text{Spray}} = 5.1 \text{ gr}, r_0 = 0.6 \text{ cm}, c = 1227 \text{ m/s}$$

$$P_0 = \frac{6900}{v-1} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

であるから v を測定すれば crater 面の圧力が求まる。

次に

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{2\pi}{3} r_0^3 \tau_m \gamma_m + E_p}{\frac{2\pi r_0^2 \tau_m \gamma_m}{\alpha}}$$

E_p の項を無視すれば (この場合 $E_p \approx \frac{1}{10} E_1$)

$$= \frac{\alpha r_0}{3} = \frac{11.8 \text{ cal}}{34 \text{ cal}} = 0.35$$

$r_0 = 0.6 \text{ cm}$ (表2のデータによる) であるから $\alpha = 1.8 \text{ cm}^{-1}$

次に crater 中心から任意の距離 r の点の温度を計算し、実験データと比較する。一例として $r = 1.5 \text{ cm}$ の点の温度を求めてみる。

$$\tau = r_m \frac{0.6^2}{1.5^2} = 0.16 r_m$$

$$\frac{T}{T_m} = \frac{e^{-\alpha(r-C)}}{e^{-\alpha(r_0-C)}} = e^{-\alpha(r-r_0)} = e^{-1.62} = 0.19$$

$$T = 0.19 T_m$$

$$T = \tau \gamma = 0.031 r_m \gamma_m = 0.031 \times 69^\circ\text{C} = 2.1^\circ\text{C}$$

かくして理論的に求めた値と実験データとを比較すれば図8の如くであり、実際と可成よく一致している。標的の温度上昇は図8の如く crater 中心より C'CDE

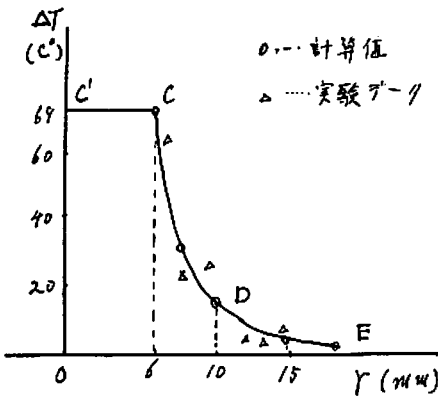


図8 標的の温度上昇と crater 中心からの距離 (弾速 1,000m/s)

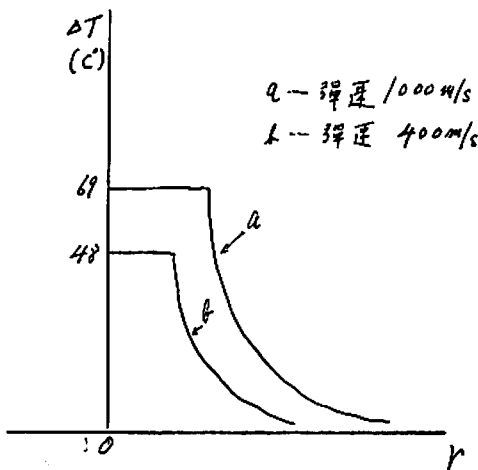


図9 弾速 1,000 m/s と 400 m/s の二つの場合の標的の温度上昇

の如くなる。然し crater 内部の温度は実際どうなっているかはわからない。上記計算は crater 面の温度と同じ温度であるとして計算したものであるが実際に推定される温度は crater 中心付近は相当温度が上がるものと考えられる。然し実験結果によると温度が高くなると crater 内のエネルギーが過剰となり実際とあわない。したがって図9の如く中心点付近は温度が急上昇するか、中心点を外れると温度は急に下るものと推定される。高速写真によると、backsplash の極く少部分は極めて速い速度で飛び出るが、大部分は極めておそい速度で飛出すことが観測されているが、衝突の瞬間には圧力が非常に高く、中心より少し離れば圧力はかなり低くなることを示すものと思われる。(19)式の第1項

$$2\pi \int_0^{r_0} P^2 \left(\frac{1}{K} - \mu P \right) r^2 dr$$

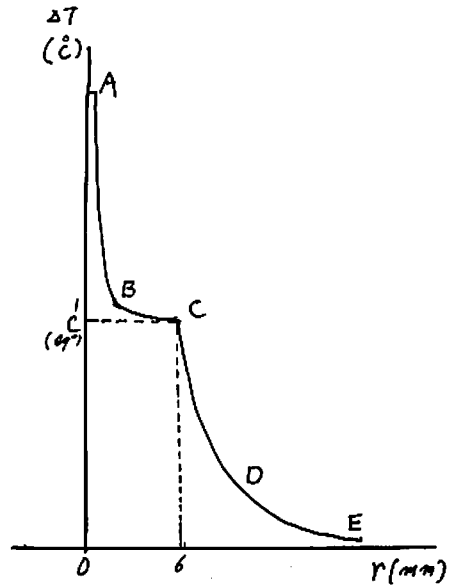


図10 crater 内 (backsplash) の温度上昇 (推定)

は図9の ABCC' を示すものと考えられる。

又この実験結果によると、約 1,000 m/s と約 400 m/s の二種類の弾速について crater 面の温度を測定しているが、温度は各々 69°C と 48°C となっている。この結果より弾速が増す程 crater 面の温度は上昇してゆくものと考えられる。したがって $\tau_m \gamma_m$ も弾速が増すにつれ増加する。

ここに τ_m : 動的破壊剪断力
 γ_m : 動的破壊剪断歪

文 献

- 1) Morrill E. Marston
Study of Target Penetration Prediction by High Speed and Ultra High Speed Ballistic Impact (Final Report I July 1951~28 February 1953) AD 401. 759, p. 33
- 2) " p. 34
- 3) " p. 18, p. 22
- 4) E. P. Palmer
Penetration and Cratering (technical Report

- UU-7 October 13, 1961) AD 609031 P. 36, p. 40
- 5) A. M. Dietrich
The Effect of Metal Properties on Hypervelocity Penetration (The Johns Hopkins University, July 1964) AD 603487, p. 17, p. 32, p. 33
 - 6) Gerry H. Turver and E. Paul Palmer
Energy Partitioning in High-Velocity-Impact Cratering in Lead (May 1964) p. 11

Theoretical Investigation of the Energy Absorbed
in the Target during the Impact of Projectile

by Kyohei Katayama

An impact of Projectile causes a rapid temperature rise of the target. This temperature rise is due to the absorption of the kinetic energy of projectile. Therefore the temperature rise of each portion of the target gives the distribution of absorbed energy density. A theoretical investigation of the distribution of the absorbed energy is presented and a comparison with experiment is given.

(First Research and Development Center Research and Development Headquarters, Japan Defence Agency)

ニ ュ ー ス

南アフリカ火薬の発射薬新施設

Africa-Explosives & Chemical Industries は Midlands, Sasolburg に発射薬の工場を建設中である。この施設は非薬の入った炭化水素発射薬 11 及び 12 を作り将来は発射薬 22 が作られる。1967年 には建設は軌道に乗り他の部分的に作られたエアロゾール発射薬、液化石油ガスに最初に挑戦するであろう。

[Mfg chemist & aerosol News 10-66 p.91]
Search 1966年12月号 Vol 3 に記載の全文

(木村 真)

アメリカの US-Explosives Corp の
Astrolite 19

アメリカの Explosives Corp Astwlite A は非常に粉状の火薬類であり Astrolite G は高燃速の液状爆薬である両品種共特別に安全且ついろいろの目的に使うことができるということである。

(Search News Dept)

(木村 真)

英に爆破用マット

—爆発時の破壊物飛散を防ぐ—

英国のアーチ・ショウ社 (Artie Shaw Ltd.) は、このほど爆発作業をより安全にする“コロパス・マット”と呼ばれる商品名の爆破用マットを発売した。

これはポリウレタンあるいはオレオフィン・ポリマー (Oleofine Polymer) といった軟質材料でできたパイプを鋼製ロープで編んでつくるが、爆破のさいその部分をちょうど“かさ”のようにおおって、爆発時に生ずる破壊物の飛散を防ぐことができ、また、パイプ製なのでガスをにがせるという利点をもっている。

このマットは採石場や鉱山、その他土木工事に使えば効果的で、マット1枚の大きさは 1.5m² 重さは 48.5kg あるが、使用場所に合わせてもつと大きなものにすることができる。また運搬はマット1枚なら1人で十分だが、重ければつり上げハンドルを使うこともできる。なお、このマットは使用後回収でき数 100 回は使えるという。

(技術ジャーナル—42. 1. 27)

(野村羊観)