

## 資料

### 爆弾による道路の破壊

正会員 勝 海 恭 次 郎\*

去る4月18日、祖国日本の大東京が米機襲に依つて眞空襲された。被害は極めて微少で、敵機の90%まで撃墜して止つたが、残念空襲されたと云ふ印象だけは永久に消へない。戦争ともなれば眞逆と思つてゐた事が意外にも實現するので些つとも油断はならない。増して此の戦争中に成層圏飛行などが實際化されて來ると空襲の危険は益々増加する。

都市が空襲されれば、道路面積は凡そ都市全面積の30%内外と云ふ割合であるから、投下弾の約30%は道路上に落下し被害を及ぼすことになる。

新聞の報ずる處に依ると、米機の投下したものは小型の焼夷弾と15 kg程度の小爆弾で、敵は所謂 Combined Attack と云ふ方法で襲つてゐる。道路上にも相當落下した様であるが、爆弾が小さいためか、交通上の支障云々と云ふことは殆ど聞かなかつた。

現今の投下弾の内で道路に被害を及ぼすものは、先づ焼夷弾（アスファルト鋪装に燃燒を生ず）、瓦斯弾と云ふ處であるが、致命的ダメージを與へるものは何と云ふても爆弾で、殊に地雷弾と呼ばれる炸薬量の多い種類のものであつて、100kg級ともなれば被害は相當に大きくなる。

本文は此の投下地雷弾に依つて道路が如何に破壊されるかを二三の文献を基にして述べたもので、實は曾て道路研究會の業績に寄稿した二番茶ではあるが、其後屢々防空の實驗に立會するの機會を得て、國外の爆弾の威力を学ぶあたり聽たり、又航空技術研究所の正木大佐或は東大防災部講座の濱田博士と云ふ様な方々から種々教示して頂いた關係もあつて、謹慎の誠を拂ひ改訂を加えて統体の交通を確保する實にある道徳の参考に仕様と云ふのである。

先づ地雷弾の破壊作用を便宜上二つに分けて考へてみ

る。即ち一つは落體としての衝撃による舗装板と路盤への侵徹、一つは炸薬に依る爆破である。

#### 機械作用

投下爆弾の機械作用は落達時に有する運動エネルギーに比例し、彈径の自乘に反比例すると云ふのが慣則で、爆弾の単位断面積當りの運動エネルギー、所謂車隊率と言ふ断面活量に比例するものと云ふ事が出来る。

之は同一の力を加へるならば太い端より細い方が容易に深くベネトレートするのと同じ事である。従つて一口に爆弾の大小に依つて侵徹の深さを云々する事は出来ない。即ち断面活量の大小を考へねばならぬのである。若し同一の落下速度であるならば単位断面積當りの重量に略々比例することになる。第1表は獨逸のユストロウ大佐に據る各種爆弾の彈径と断面重量を示したもので終りの欄のローム土質に對する侵徹の深さは著名なパロディ侵徹公式に依る投下高度1000mに對するもので、米國アーメーデン射場に於ける實驗値と宜く適合して居るので對照の便宜上筆者が導入したものである。

第1表

爆弾の種類	重 量 (kg)	直 � 径 (cm)	断面重 量 kg/cm <sup>2</sup>	投下高度1000mから ローム土質に至 直に落達した場合 の侵徹の深さ(cm)	
				12	18
	12	12	9	0.19	—
	50	50	18	0.195	2.00
	100	100	25	0.250	3.50
	300	300	36	0.295	5.00
	500	500	45	0.315	5.50
	1000	1000	55	0.42	7.10

この1表から讀者は爆弾の侵徹現象が凡そ断面重量に大なる關係のある事がお判りになつたことと思ふ。

尙落達時の断面活量に就ては、先づ爆弾の投下高度に

對する存速を知らねばならぬ。之は彈形及び斷面重量に依つて多少相違するが大體次に示す様な値である。

投下高度(m)	存速(m/s)	投下高度1000mに對する存速の割合
500	約 100	23%減
1,000	同 130	0%
2,000	同 170	30%増
3,000	同 200	55%同
5,000	同 230	77%同

爆弾の存速は投下高度に對して曲線的比例如を爲すもので、或高度以上は空氣抵抗に依つて最早増加せず略々一定の限界速度に成つて了ふ。尤も此の限界速度は彈形と斷面重量に因り異なるが凡そ350~450m/sの範囲で、其の投下高度は6,000~7,000mの程度であると言はれて居る。1表に掲げたのは投下高度1,000mの場合のローム土質に對する侵徹の深さであるが、2,000、3,000mの高さの場合に就ては、獨逸のフキーゼル氏が示す次の侵徹式の關係から

$$T = p \cos B v \frac{G}{D^2}$$

式中  $p$ =被衝撃物體の侵徹に關する抵抗係數

$B$ =爆弾が落達の際、被衝撃物體の表面に下し  
た垂線と爲す角

$G$ =爆弾の重量 (kg)

$D$ =爆弾の直徑 (m)

$V$ =爆弾の存速 (m/s)

直に侵徹の深さは爆弾の存速に比例してゐる事を知るが故に筆に掲げた各高度に對する存速の増減率を其の儘1表に掲げた1,000mの場合の侵徹の深さに乘すれば概略ながら其の高度に對する侵徹の深さを知ることが出来る。今、100kg 爆弾のローム土質に對する各投下高度に應する侵徹の深さを求めてみると次の様な數値となる。

投下高度m	500	2,000	3,000	5,000
侵徹の深さm	2.7	4.5	5.5	6.2

(此の値は筆者が自測した實驗値に近似してゐる)

次に土質に因る侵徹の相違を考へてみると、砂の如き非壓縮性にして、且内部摩擦の大なるものにあつては、前記のローム質に較べて著しく侵徹の深さを減ずる。凡そローム質の50~70%で砂地の密度と乾濕の程度が影響

する。又尋常土の如きローム質に比して粗鬆且つ凝聚力の乏しい土質に於てはローム質より約30%程増大するものと見られる。滿洲の冬の凍結土に對しては土丹岩程度の強度とみれば概そローム土質の5~10%の範囲で僅なものである。

侵徹に影響する條件としては爆弾の落角、即環着角が小さくなれば侵徹の深さは減じ、例へば落角70度の場合には垂直の場合の約6%減となる。落角70度と云へば時速190kmで投下高度概ね1,000mの場合に相當する。一般に水平投下では飛行機の速度が増大する程落角は反比例して小さくなり、同じ投下高度1,000mの場合に時速が300kmになれば略々60度になるが、若し此の時速で投下高度を3,000mに上げれば落角は約75度になる。急降下投下の場合には、一般に落角は大きく垂直に近いものと考へて宜い。之は飛行機が急降下に依つて既に60度以上の傾斜状態と成り、そして爆弾を投下するためである。

次に鋪裝版、特にコンクリート鋪装の在る場合の路盤への侵徹を論じてみる。

元來薄いコンクリート床版に對する爆弾の侵徹作用は非常に複雑であつて、今の處妥當的な計算式は發表されて居らぬ様である。或は恐らく秘密にされて居るものと想はれる。其處で筆者は此の解決の爲、以下述べる様な簡便法に據る事にする。

即ち、某爆弾の或る存速に對するコンクリートの全侵徹の深さ  $T_m$  に對しては運動エネルギーの100%を消耗するものとし、若し鋪裝版の厚さが  $t_m$  であるならば、版を貫通後  $(1 - \frac{t}{T}) \times 100\%$  だけ未だ運動のエネルギーを保有する譯であるから、次の式から鋪裝版貫通後に有する存速を計算する。

$$v = V(1 - \frac{t}{T}) \quad \text{但し } t < T$$

$v$ =版を貫通せる後の爆弾の存速

$V$ =貫通前の爆弾の存速

然る後此の存速に對する路盤への侵徹の深さを前記の方法に據り求めるのである。

此の方法に於て問題になるのは爆弾の存速に對するコンクリート版の全侵徹の深さであるが之は筆に掲げたフキーゼル氏の侵徹式中係數  $p$  の値を  $1.1 \times 10^{-6}$  に採ること

とに依つて凡そ求めることが出来るが、式の性質が薄い板でなく、無限大の厚さを有する場合に立脚して作られたものであるから、厚さ 20cm 内外の鋪装版に對しては一寸無理ではないかと想はれる。其處で餘りにも略近的ではあるが、1937年薄い板の侵徹に關して發表されたハイデンゲル氏の論文の中から、鋪装版の場合に適合すると想はれるセメント混合量立米當り 250~300kg の無筋コンクリート版の彈の種類と其の存速に對する突破の深さを根據にする事にした。即ち氏の計算に因る突破の深さは第2表の如くである。

第 2 表  
爆弾に因つて突破される無筋コンクリート版の厚さ  
(cm)

彈種	存速 m/s	100	150	200	250	300	350
50kg		43	56	67	77	88	98
100kg		53	70	84	98	110	123
300kg		77	101	122	141	160	179

今、計算例を擧げて見る。

此處に 100kg の爆弾が存速 200m/s、落角 72 度で厚さ 18 cm のコンクリート鋪装道路上に落達した場合にローム土質の路盤に對する侵徹の深さを求めてみる。

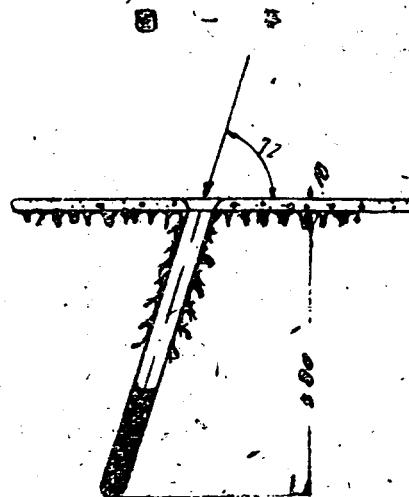
此處で 100kg 爆弾を對象としてゐるのは、今次の歐洲大戦で獨逸軍が都市空襲に投下する爆弾の 70% まで 100 kg 程度の小型爆弾であると傳へられるからである。

ハイデンゲル氏の第2表に依れば存速 200m/s を有する 100kg 爆弾の無筋コンクリートに對する突破の全深さは 84cm であるから、厚 18cm の版を突破した際の残速を前掲の式から求め、更に落角 72 度に對する侵徹の減少率を 5% とすれば

$$U = 200 \times \left(1 - \frac{18}{84}\right) \times 0.95 = 149 \text{ m/s}$$

此の残速に對するローム質路盤の侵徹の深さは、矢張り前記の方法に依り投下高度 1000m に對するものを基準にして計算する。

$$3.5 \times \frac{149}{130} \times 0.95 = 3.8 \text{ m}$$



即ち斯様な場合には第1圖に示すが如く爆弾は厚 18cm のコンクリート鋪装版を貫通し更にローム質路盤に 3.8m 侵徹する事になる。

#### 爆破作用

落達した爆弾が信管に依つて裝填された炸薬に點火し爆破すれば、次に舉げた様な種々の被害を惹起する。

- 1 破壊被害
- 2 振盪被害
- 3 爆風被害
- 4 彈片被害
- 5 火焰被害
- 6 ワス被害

之等の内、道路上に對する第一義的のものは 1 の破壊と 2 の振盪被害である、第二義的に 5 の火焰被害が考へられる外、他は殆ど無視することが出来る。併し説明の序に併せて述べることにしよう。

爆弾に使用される炸薬は、主としてピクリン酸系のものか又はトルオール系のもので、ピクリン酸系のものは吾々土木家の熟知する岩石用爆薬カーリットの威力に較べると、概そ土壤に對し 10~80%、岩石及びコンクリートに對しては 50~80% 大であると云ふ。火兵學會誌などに記載してあるピクリン酸爆薬の性質を擧げてみると凡そ次の如くである。

爆速 7100m/s

### 爆弾による道路の破壊

對する存速を知らねばならぬ。之は彈形及び斷面重量に依つて多少相違するが大體次に示す様な値である。

投下高度(m)	存速(m/s)	對する存速の割合
500	約 100	23%減
1,000	同 130	0%
2,000	同 170	30%増
3,000	同 200	55%同
5,000	同 230	77%同

爆弾の存速は投下高度に對して曲線的比例如を爲すもので、或高度以上は空氣抵抗に依つて最早増加せず略々一定の限界速度に成つてゐる。尤も此の限界速度は彈形と斷面重量に因り異なるが凡そ350~450m/sの範囲で、其の投下高度は6,000~7,000mの程度であると言はれて居る。1表に掲げたのは投下高度1,000mの場合のローム土質に對する侵徹の深さであるが、2,000、3,000mの高度の場合に就ては、獨逸のフキーゼル氏が示す次の侵徹式の關係から

$$T = p \cos B \frac{G}{D^2}$$

式中  $p$  = 被撃物體の侵徹に關する抵抗係數

$B$  = 爆弾が落達の際、被撃物體の表面に下した垂線と爲す角

$G$  = 爆弾の重量 (kg)

$D$  = 爆弾の直徑 (m)

$V$  = 爆弾の存速 (m/s)

直に侵徹の深さは爆弾の存速に比例してある事を知るが故に上に掲げた各高度に對する存速の増減率を其の儘1表に舉げた1,000mの場合の侵徹の深さに乘すれば概略ながら其の高度に對する侵徹の深さを知ることが出来る。今、100kg 爆弾のローム土質に對する各投下高度に應ずる侵徹の深さを求めてみると次の様な數値となる。

投下高度m	500	2,000	3,000	5,000
侵徹の深さm	2.7	4.5	5.5	6.2

(此の値は筆者が目撃した實驗値に近似してゐる)

次に土質に因る侵徹の相違を考へてみると、砂の如き非塑性にして、且内部摩擦の大なるものにあつては、前記のローム質に較べて著しく侵徹の深さを減する。凡そローム質の50~70%で砂地の密度と乾濕の程度が影響

する。又尋常土の如きローム質に比して粗鬆且つ凝聚力の乏しい土質に於てはローム質より約30%程増大するものと見られる。満洲の冬の凍結土に對しては土丹岩程度の強度とみれば概そローム土質の5~10%の範囲で僅なものである。

侵徹に影響する條件としては爆弾の落角、即環薦角が小さくなれば侵徹の深さは減じ、例へば落角70度の場合には垂直の場合の約6%減となる。落角70度と云へば時速190kmで投下高度概ね1,000mの場合に相當する。一般に水平投下では飛行機の速度が増大する程落角は反比例して小さくなり、同じ投下高度1,000mの場合に時速が300kmになれば略々60度になるが、若し此の時速で投下高度を3,000mに上げれば落角は約75度になる。急降下投下の場合には、一般に落角は大きく垂直に近いものと考へて宜い。之は飛行機が急降下に依つて既に60度以上の傾斜状態と成り、そして爆弾を投下するためである。

次に鋪装版、特にコンクリート鋪装の在る場合の路盤への侵徹を論じてみる。

元來薄いコンクリート床版に對する爆弾の侵徹作用は非常に複雑であつて、今の處妥當的な計算式は開発されて居らぬ様である。或は恐らく秘密にされて居るものと想はれる。其處で筆者は此の解決の爲、以下述べる様な簡便法に據る事にする。

即ち、某爆弾の或る存速に對するコンクリートの全侵徹の深さ  $T_m$  に對しては運動エネルギーの100%を消耗するものとし、若し鋪装版の厚さが  $t_m$  であるならば、版を貫通後  $(1 - \frac{t}{T}) \times 100\%$  だけ未だ運動のエネルギーを保有する事であるから、次の式から鋪装版貫通後に有する存速を計算する。

$$v = V(1 - \frac{t}{T}) \quad \text{但し } t < T$$

$v$  = 版を貫通せる後の爆弾の存速

$V$  = 貫通前の爆弾の存速

然る後此の存速に對する路盤への侵徹の深さを前記の方法に據り求めるのである。

此の方法に於て問題になるのは爆弾の存速に對するコンクリート版の全侵徹の深さであるが之は上に掲げたフキーゼル氏の侵徹式中係數  $p$  の値を  $1.1 \times 10^{-6}$  に採る。

とに依つて凡そ求めることが出来るが、式の性質が薄い、膜でなく、無限大の厚さを有する場合に立脚して作られたものであるから、厚さ 20cm 内外の鋪装版に對しては一寸無理ではないかと想はれる。其處で餘りにも略的ではあるが、1937年薄い板の侵徹に關して發表されたハイデンゲル氏の論文の中から、鋪装版の場合に適合すると想はれるセメント混合量立米當り 250~300kg の無筋コンクリート版の弾の種類と其の存速に對する突破の深さを根據にする事にした。即ち氏の計算に因る突破の深さは第 2 表の如くである。

第 2 表

爆弾に因つて突破される無筋コンクリート版の厚さ

(cm)

弾種	存速 m/s	100	150	200	250	300	350
50kg		43	56	67	77	88	98
100kg		53	70	84	98	110	123
300kg		77	101	122	141	160	179

今、計算例を擧げて見る。

此處に 100kg の爆弾が存速 200m/s、落角 72 度で厚さ 18cm のコンクリート鋪装道路上に落達した場合にローム土質の路盤に對する侵徹の深さを求めてみる。

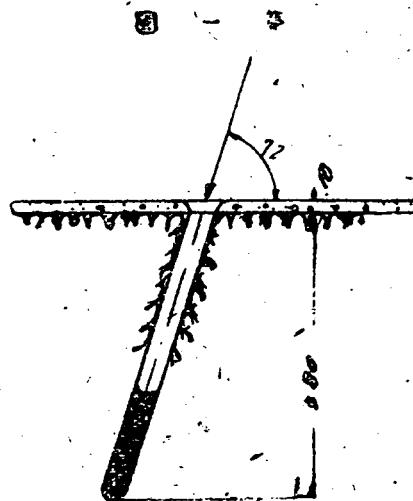
此處で 100kg 爆弾を對象としてゐるのは、今次の歐洲大戦で獨逸軍が都市空襲に投下する爆弾の 70% まで 100kg 程度の小型爆弾であると傳へられるからである。

ハイデンゲル氏の第 2 表に依れば存速 200m/s を有する 100kg 爆弾の無筋コンクリートに對する突破の全深さは 64cm であるから、厚 18cm の版を突破した後那の残速を前掲の式から求め、更に落角 72 度に對する侵徹の減少率を 5% とすれば

$$U = 200 \times \left(1 - \frac{18}{64}\right) \times 0.95 = 149 \text{ m/s}$$

此の機速に對するローム質路盤の侵徹の深さは、矢張り前記の方法に依り投下高度 1000m に對するものを基準にして計算する。

$$3.5 \times \frac{149}{130} \times 0.95 = 3.8 \text{ m}$$



即ち斯様な場合には第 1 圖に示すか如く爆弾は厚 18cm のコンクリート鋪装版を貫通し更にローム質路盤に 3.8m 侵徹する事になる。

#### 爆破作用

落達した爆弾が信管に依つて裝填された炸薬に點火し爆發すれば、次に擧げた様な種々の被害を惹起する。

##### 1 破壊被害

##### 2 振盪被害

##### 3 爆風被害

##### 4 彪片被害

##### 5 火焰被害

##### 6 瓦斯被害

之等の内、道路に對する第一義的のものは 1 の破壊と 2 の振盪被害である、第二義的に 5 の火焰被害が考へられる外、他は殆ど無視することが出来る。併し説明の序に併せて述べることにしよう。

爆弾に使用される炸薬は、主としてピクリン酸系のものか又はトルオール系のもので、ピクリン酸系のものは吾々土木家の熟知する岩石用爆薬カーリットの威力に較べると、概そ土壤に對し 10~30%、岩石及びコンクリートに對しては 50~80% 大であると云ふ。火兵學會誌などに記載してあるピクリン酸爆薬の性質を擧げてみると、そ次の如くである。

爆速 7100m/s

## 爆弾による道路の破壊

爆温	3400°C
瓦斯容積	740倍(標準状態の分解瓦斯容積にして爆発瞬間に爆温を受けて更に膨大に膨脹する)

佛國のモアソン氏の計算に依るとピクリン酸の爆発時に於ける爆壓は約  $30,000 \text{ kg/cm}^2$  に達してゐる。尤も爆發瓦斯は球體となつて擴散するから爆壓は距離の自乘に反比例して急速に減少する。例へば獨逸の實驗に基いて 100kg 爆弾の爆壓と距離の關係を計算から求めてみると凡そ次の如くである。

爆壓中心からの距離(m)	爆 壓(kg/cm <sup>2</sup> )
1	256
2	64
4	16
6	7
10	2.5
20	0.6

尙、上の爆壓は炸薬量に比例して増大するから大型爆弾になる程威力は増大する事になる。普通投下地雷弾の炸薬量は弾の重量の50%と云ふ處である。

この爆壓に依つて破壊された場合が即ち爆風被害であつて、落達した近傍の建物は之が爲甚大な被害を蒙る、殊に爆發性の爆弾が路上に落下した場合に大きい。ユストロウ大佐が獨逸のラインスドルフの火薬工場の爆發事故の調査から得た處に依れば

a 屋根、壁等（煉瓦又は石造等の家屋）を貫通する程度の甚しき被害範囲は

$$R = 5\sqrt{W}$$

b 屋根瓦が落ち扇の壊れる程度の被害範囲は

$$R = 10\sqrt{W}$$

但し  $R$ =被害範囲(m)  $W$ =炸薬量(kg)

100kg 爆弾を例にとればの場合は爆弾を中心として約35mとなり、bに於ては70mとなる。

通行中の人の如きは略々  $1\text{kg}/\text{cm}^2$  の爆風壓力で失神し憲硝子は凡そ  $0.04\text{kg}/\text{cm}^2$  で破壊する。

土壤中に侵徹した爆弾が炸裂した場合には、其の爆壓のため爆弾周囲の土壤は瞬間に猛烈な圧縮を受け、地表

側は爆壓と土壤の剪断應力と平衡する界面まで殆ど漏斗状に破壊且つ破碎され、そして之等の土塊は噴出する爆發瓦斯と共に空中數十米の高さまで抛出され四周に飛散する。此の場合コンクリート鋪装版の存在の如きは問題でなく、漏斗状の面積に當る部分は全く碎破されて疊の土壤と共に飛散する。噴上されない土壤の部分は或る範囲まで猛壓に依り壓潰される。此の範囲を爆破の威力圏と云ひ爆發中心をセンターとする球體と見做されてゐる。此の圏内に地下埋設物などあれば勿論破壊される。若し瓦斯管など埋設してあれば漏洩瓦斯は爆發の際の高溫度瓦斯と火焔に依つて引火し、二次的爆發を惹起し更に破壊に拍車をかける事がある。之を爆破に伴ふ火焔被害と言つてゐる。

爆破威力圏の半径は勿論炸薬量に支配されるのであるが、土壤の剪断應力、空隙率、含水量等が環境條件として挿入され土質に據り多少の相違がある。爆弾の炸裂に因る威力半径の近似的な値としては、有名なドウ氏の爆破公式 ( $L = C \cdot R^2$ ) に基いて作られたフィーゼル氏の掲ぐる式を示すと次の如くである。

$$R = \sqrt[3]{\frac{L}{c \cdot d}}$$

$R$ =爆破の威力半径 (m)

$L$ =炸薬量 (kg)

$c$ =物體に關する係數

$d$ =爆破状況に關する係數

ユストロウ大佐は  $c$  及び  $d$  なる係數の値を凡そ次の如く探つて居る。

$c$ の値

尋常土に對して 0.7

砂混リローム土質 0.9

凍結土、土丹岩 3

$d$ の値

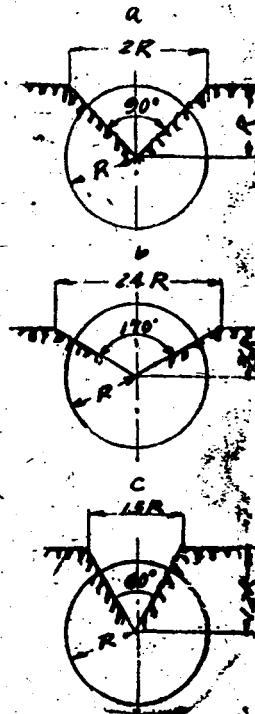
爆弾の侵徹が浅い場合 2.5

同 深い場合 1.5

此の式から炸薬量に對する爆破威力範囲が決まれば、路盤に穿たたる漏斗孔の大きさは一般岩石爆破の理論からそして第4表に示す處の米國アバーデン射場に於ける實

驗結果から大要を摑むことが出来る。

図二 第



即ち爆破に依つて穿たれた漏斗孔に於て爆破に對する土壤の最小抗力線の大きさを、今説明の便宜上爆弾の侵徹の深さに等しいと見做し、更に之が爆破威力半径と等しい場合は第2圖のaに示す様に漏斗孔の角度は90度となり、孔徑は侵徹の深さの丁度2倍となる。斯様に形成された漏斗孔は單に岩石爆破の効率なる點から觀れば炸薬量の最適條件

の場合を示すものであると云ふ。従つて此の場合の漏斗孔の斜面の長さ即ち $\sqrt{2}R$ は爆破に對する最大抗力線を示すことになる。

故に侵徹の深さが此の最大抗力線に等しい場合は、最早完全な漏斗孔は形成されない。又それより更に侵徹が増加すれば所謂盲爆破となつて全く漏斗孔は現れなくなる。即ち爆破の威力は發揮されない事になる。

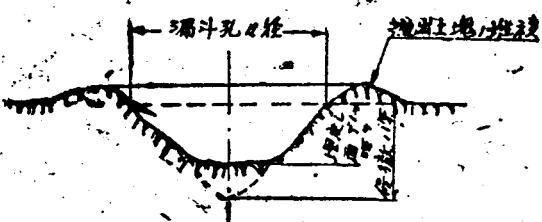
b圖は侵徹の深さが威力半徑の約 $2/3$ の場合で、爆破理論的には過量装薬の場合に相當する。此の場合の最大抗力線の長さを矢張り $\sqrt{2}R$ であるとすれば、漏斗孔の角度は凡そ120度の鈍角となり、孔徑は威力半徑の2.4倍程になり、侵徹の深さの約3倍半に當る。

若し侵徹の深さが威力半徑の1.2倍に及ぶば、c圖の如く漏斗孔角度は約60度となり、孔徑は威力半徑の略々

1.5倍になる。之は侵徹の深さに對する過少装薬に見る處の漏斗孔の形狀である。

之等から爆弾に依つて穿たれる爆破漏斗孔の大きさは信管秒時の關係で、侵徹の深さの約1.5~2.5倍、先づ2倍の孔徑を有する形狀のものと觀ることが出来る。然し實際に觀る處の漏斗孔の形は第3圖の如く、噴上抛出土塊の落下に因る埋戻のために侵徹の深さの $1/2$ ~ $1/3$ の高さを有する逆戻頭圓錐體状のものとなる。

図三 第



第4圖



第4圖は投下爆弾に依つて穿たれた地表の漏斗孔を示したもので、今次歐洲大戰の當初諸軍に據つて空襲されたポーランドのワルソウ市に××に投下されたものである。孔の大きさから爆弾の大きさは概そ100kg程度と判斷される。此の寫眞で見ると直ぐ傍の建物の壁面には、爆弾上の觀點である窓の所から大きな轟裂が這入つてゐるのと、窓硝子が壊れてゐる外弾片に依る被害は觀られない。

## 爆弾による道路の破壊

之は爆弾が土壤へ深く侵徹してから炸烈するので、弾體が土壓のために可成大きな破片に割れ、且つ大部分は土壤中に突き刺さつて、彈頭の一部が土塊と共に直上に抛擲されるにすぎないからである。

若し爆弾が瞬発性で路面で炸烈する場合には、鋪装面は炸烈點を中心として約10mの半径に弾片の跳飛に因つて深さ5~10cmの放射状の搔きり痕が無数に出来る。一連の爆弾が空中で炸烈すると、弾體は粗砂の様な細さから約30gの大きさに至る數萬と云ふ小片にまで碎破されるから其の被害は實に恐るべものがある。弾片の速さは炸烈點の附近では約毎秒2,000mにも達し、2cm厚位の鋼板は容易に貫通してしまうからである。

次て、爆弾の炸薬量を50%として前記に據り各種地雷弾のローム土質に對する威力半径及び漏斗孔の大きさを求めてみると第3表の様になる。

第3表

爆弾のローム質土壤に對する威力

爆弾量 (kg)	炸薬量 (kg)	爆破威力半径 (m)	振盪威力半径 (m)	ローム質土壤に穿たれたる漏斗孔(m)	侵徹の深さ	孔徑
50	25	2.7	5.4	3.2	5.5	
100	50	3.3	6.6	4.0	7.0	
300	150	4.8	9.6	6.0	10.0	
500	250	5.7	11.4	7.0	12.0	
1000	500	7.2	14.4	9.0	15.0	

表中の振盪半径とは爆破威力半径の外方に位する二次威力圏で、爆發の際の強烈な振動を受けて組織の弛緩並に亜裂を生じ易い部分である。鋪石及び煉瓦舗装の如き亜裂のものは目地の破壊を、又剛質力裝にあつては亜裂を生起する虞がある。之が振盪被害で威力圏の半径は概そ爆破半径の2倍とみられて居る。

電車軌道の如きは軌條の長さと轍目の状態に依つて多少の相違はあるが、復舊範囲は此の振盪半径の先づ3~4倍と云ふ處である。

終りに爆弾の爆破威力に對する例として壘に擧げた10kg 爆弾の例に就て検討してみると、先づ爆破状況

に關する係数を深い場合に據つて爆破威力半径を計算する。

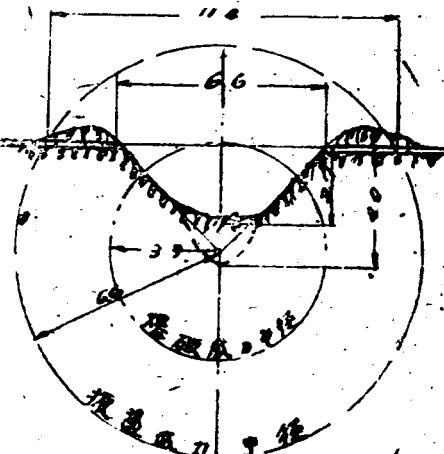
$$R = \sqrt{\frac{100 \times 0.6}{0.9 \times 1.6}} = 3.3\text{m}$$

この威力半径は炸烈中心點から測るべきであるから、一般の例に從つて爆弾長の中央と見做し、ペレス氏の計算例の如く弾頭から弾徑の3倍の距離にあるものとすれば、最小抗力線の値は

$$0.18 + 3.8 - 3 \times 0.25 = 3.25\text{m}$$

即ち爆破威力半径と殆ど同一であることを知る。從つて此の場合の爆破漏斗孔の角度は殆ど直角となり、孔徑は  $3.3 \times 2 = 6.6\text{m}$  と成る。

## 圖 3



今、抛出土塊に因る埋戻し深さの  $1/2$  とすれば、復舊のため盛土する漏斗孔の埋戻し體積は截頭圓錐體の體積計算式から

$$V_o = \frac{6.6^2 + 2.2^2 \times 6.6 + 2.2}{12} \times \pi \times 2.7 = 45\text{m}^3$$

2噸積トラックに2m<sup>3</sup>の土砂を積載して復舊のため運搬するものとし、餘盛のため10%だけ餘分に運搬するものとすれば、所要のトラック台数は概そ25台となる。であるから當局は市内の各所に適當なる土取場を豫め指定しておく必要がある。尤も獨逸では先づ木材で架橋し迅速に交通を許しつつ埋戻しを行つてゐる。

この漏斗孔埋戻しの際、少くとも10分以上の時を経過し

てから後、作業に取扱らねば瓦斯被害を蒙つて作業手は時として意識昏冥に陥入る事があるから注意を要する。

之は火薬が猛烈の際多量の一酸化炭素瓦斯を発生するためである。

次に張造威力による舗装路面の破裂生起範囲を第5圖から求めてみると

$$\sqrt{6.62 - 3.2} = 5.7m$$

即ち漏斗孔を中心として約12mの圓形の部分となる。之等の参考として第4表にペレス氏の "Wirkung von Sprengbomben" に記載せられてあつた高度約1,000mから投下したと云はれる前記の米國アバーデン射場の実験結果を紹介して置く。

第4表

爆弾重 量 (kg)	炸薬量 (kg)	ローム質土壌に穿たれた漏斗孔の大さ (m)			
		壁側の埋戻し面 深さ	透の深さ	孔徑	埋戻し部の厚
45	20	2.80	2.10	6.80	1.70
136	60	3.90	6.50	8.00	2.80
275	135	5.60	3.50	—	—
500	250	8.70	4.25	11.50	6.00
900	450	9.90	4.75	13.50	7.20
1800	900	11.00	5.15	17.00	8.50

叙上、誠にアリミチブな陳述ではあるが、之に依つて讀者は投下爆弾殊に炸薬量の最も多いと云はれる地雷彈に依つて道路が如何に破壊されるであらうかと云ふ大體のオーダー丈は認識せられた事と想ふ。

筆者として此の機會に前稿より更に突込んで書いてみたいと思つたが、矢張り事が軍事の機密に属する所爲が相々もすれば觸れさうな氣がして何うも大膽に書ぐことが出来ないで全く映ないものになつてしまつた。平に御免しを乞ふ。

本文を終るに當つて参考文献の名を掲げることにする。

Justrow : "Konstruktion und Wirkung von Flieger-bomben" Z. fd. ges. Schiess- un bSpringwaffenwes d. 1927

W. Peres : "Wirkung von Spreng bomben" Gaschutz und Luftschutztg. 1932

X. Vieser : Berechnung der Wirkung von Geschossen und Bomben" Gaschutz und Luftschutz. 1934

S. Heidinger : Zur Berechnung von Sprengbomben," Gaschutz. unul Luftschutz. 1936

火兵學會誌

## 原稿並寫眞募集

原稿は論説報告、資料、談叢、地方通信等々何なりと可。

寫眞は道路、橋梁の工事竣工寫眞其他道路橋梁を主題にせる藝術寫眞。

吾々の會誌をして光彩あるしむる可く奮つて應募下さい。

(掲入の画面は縮少製版しますから記入の文字は成可大きく御記入願ひます。)

(編輯部)

