

土 木 防 空 資 料

1-4 其 の 他 (昭.17.12)

ベルリンに於ける空襲及損害⁽¹⁾

戦争は 1939 年 9 月 1 日に開始されたが、最初の 1 年間は殆ど空襲は受けて居ない。其の後 1941 年の夏迄に約 60 回の空襲を受けて居る。如何に防空施設が整備され、優勢な空軍を有しても空襲を阻止することは出来ぬ。

ベルリンが受けた 60 回の空襲は全部夜襲である。ロンドンからベルリン迄の距離になると編隊では襲来せず、単機、2 機、3 機多くて 10 機である。落下爆弾は 1941 年 6 月 26 日現在で、破壊爆弾が 937 發、焼夷弾が 7492 發である。その種類は破壊爆弾にては 113 kg 級が最多數で、時には 225 kg 或は 450 kg 級のものもあるが少數である。

然し最近では次第に大型を持つて來る傾向があり、所謂空雷と稱して 835 kg もあるものもある。投下された破壊爆弾 937 發の中 192 發の不發弾があつた、これには時限信管のものもある。

焼夷弾は 1.7 kg のエレクトロン及テルミットのものが多く時には 1 發 113 kg もある油脂焼夷弾も工業地方に投下されて居る。投下焼夷弾 7492 發の中 90% は自衛防空で消火して居る。

死傷者は死者 312 名、傷者 611 名、計 923 名となつて居る。死者 300 名餘は全人口に對して極めて僅で、交通事故による死者と餘り變りないと言はれて居る。

(1) 田邊平學「不燃都市の建設」より抄録

1. 定 義

- (1) 彈道 爆彈重心の過ぐる軌跡を彈道といふ。
- (2) 爆彈の初速 飛行機の固有速により與へられたる彈道起點に於ける爆彈の速度を爆彈の初速といふ。
- (3) 彈着點 彈道と地面との交會點を彈着點といふ。
- (4) 射距離及射程 彈道の起點より彈道の某一點に至る水平距離を射距離といひ、彈着點に至るものを特に射程といふ。
- (5) 落高及高度 彈道の起點より彈道の某一點に至る垂直距離を落高といひ、彈着點に於ける落高を特に高度といふ。
- (6) 爆彈の存速及落速 彈道の某一點に於ける速度を其の點に於ける爆彈の存速といひ、彈着點に於ける存速を特に落速といふ。
- (7) 落下時間及經過時間 彈道の起點より某一點に至るまでの時間を落下時間といひ、彈着點に至る落下時間を特に經過時間といふ。

2. 空 氣 抗 力

空氣中を運動する爆彈は空氣抗力を受け真空中とは異つた彈道を描く、此の彈道を知る爲に便宜上次の標準状態を想定する。

- (1) 地球は平面にして不動と見做す。
- (2) 風は無きものとす。
- (3) 重力の加速度は一定にして 980 cm/s/s なりとす。
- (4) 爆彈は左右對稱の旋轉體にして常に彈軸は彈道に切して居るものと見做す。

空氣抗力の加速度 α は彈道切線に添へ反對方向に作用すると考へる。

此の加速度は次の様に表はすことが出来る。

$$\alpha = \frac{a^2 \Delta}{P} V^2 f \dots \dots \dots (1)$$

茲に P は彈の重量, Δ は空氣密度 (kg) (1 立方メートルの重量 kg), a は爆彈の最大中徑 (m), V は存速 (m/sec), f は係數である。
 即ち空氣抗力の加速度は速度の自乗及空氣密度に比例し斷面單位の重量に逆比例することを示してゐる。 f は實驗的に定められる爆彈の形狀による係數で形狀良好なるに随ひ小となる。

空氣密度は高さにより差がある。今彈道の起點を原點とし此の空氣密度を Δ_0 とするとき、落高 η (m) に於ける空氣密度 Δ_η は次式で示される。

$$\Delta_\eta = \Delta_0 e^{h\eta} \dots \dots \dots (2)$$

但し e は自然對數の底

$$h = 0.000103$$

10 を底とするものに改むれば

(1) 陸軍築城部本部陸軍中佐佐々哲爾「爆彈ノ侵徹」より抄録。

$$\Delta \eta = \Delta_0 \times 10^{0.00004473 \eta} \dots \dots \dots (3)$$

之を (1) 式に代入すれば

$$\alpha = \frac{\alpha^2 \Delta_0}{P} \times 10^{0.00004473 \eta} V^2 f \dots \dots \dots (4)$$

爆弾が定まると α も P も f も定まるから

$$\frac{\alpha^2}{P} f = q \dots \dots \dots (5)$$

とすれば q は一定になり、之を爆弾係数と名付ける。

然るときは (4) 式は次の如くなる。

$$\alpha = q \Delta_0 10^{0.00004473 \eta} V^2 \dots \dots \dots (6)$$

3. 極 限 速 度

此の空気抗力の加速度が重力の加速度と釣り合ったとき落速が一定となるべき理である。今 V_m を極限速度と考えると、

$$g = q \Delta V_m^2 \dots \dots \dots (7)$$

を満足するわけである。但し Δ は極限速度になつたときの空気の密度であるが之も變數であるから直に極限速度が出て來ない、しかし略近値を出す爲に Δ を適當に定めると之を求むることが出来る。氣壓 760 mm 氣温 15°C 濕度 50% の空気を標準とし Δ を 1.21 kg として極限速度を求むる式は次の様になる

$$9.8 = 1.21 q V_m^2$$

$$V_m = \sqrt{\frac{8.1}{q}} \dots \dots \dots (8)$$

4. 爆 弾 の 彈 道

爆弾の彈道を略近計算の方法により求めると次の如くなる。爆弾の質量を m とし空気の抵抗力を R とし其の分力を $R_x R_z$ とする。

然るときは

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2 z}{dt^2} &= mg - R_z \\ R_z &= R \sin \theta = R \frac{V_z}{V} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9)$$

空気抗力は速度の自乗に比例すると見做して $R = KV^2$ とおく、極限速度 V_m のときに於ては $mg = KV_m^2$ であるから $K = \frac{mg}{V_m^2}$ である。

随つて $R = \frac{mg}{V_m^2} V^2 \dots \dots \dots (10)$

故に $R_z = \frac{mg}{V_m^2} V V_z \dots \dots \dots (11)$

$V \doteq V_z$ として略解を求めると

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = \frac{dV_z}{dt} = g \left(1 - \frac{V_z^2}{V_m^2} \right)$$

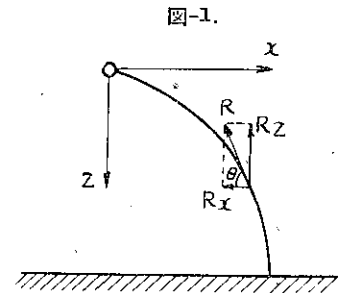


図-1.

(3)
$$\frac{1}{2V_m} \log \frac{V_m + V_z}{V_m - V_z} = \frac{gt}{V_m^2} + c$$

水平爆撃の場合 $t=0, V=0$ 故に $c=0$

(4) 随つて
$$\frac{V_m + V_z}{V_m - V_z} = e^{\frac{2gt}{V_m}} \dots\dots\dots(12)$$

(5) 今 $\frac{gt}{V_m} = u$ とおけば

(13)
$$V_z = \frac{e^{2u} - 1}{e^{2u} + 1} V_m = V_m \tanh u \dots\dots\dots(13)$$

即ち (13) 式は爆撃存速の垂直分速と落下時間との關係を示す式である。(13) 式より

(6)
$$\frac{dz}{dt} = V_m \tanh u$$

積分して

$$z = \frac{V_m^2}{g} \log \cosh u + c$$

水平爆撃に於ては $z=0, t=0, \cosh u=1$ 故に $c=0$

(7) 随つて
$$z = \frac{V_m^2}{g} \log \cosh u \dots\dots\dots(14)$$

此の式は落高と落下時間との關係を示す式である。(13) 式と (14) 式から u を消去すると次の様になる。

$$\cosh u = e^{\frac{z_g}{V_m^2}}$$

之を變化して

$$1 - \frac{V_z^2}{V_m^2} = e^{-\frac{2zg}{V_m^2}}$$

(15)
$$V_z = V_m \sqrt{1 - e^{-\frac{2zg}{V_m^2}}} \dots\dots\dots(15)$$

これが垂直分速と落高との關係式である。即ち (13) (14) (15) 式を用ふれば落高と落下時間と垂直分速との相互關係が得られるわけである。

次に x 方向に於ては

(16)
$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2x}{dt^2} &= -Rx \\ Rx &= R \cos \theta = R \frac{V_x}{V} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(16)$$

(10) 式により

$$R = \frac{mg}{V_m^2} V^2$$

(11) 故に $R_x = \frac{mg}{V_m^2} V V_x, V_x = V_z$ と見做して

(17)
$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g \frac{V_z V_x}{V_m^2} \dots\dots\dots(17)$$

(13) 式より $V_z = V_m \tanh u$

故に $\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{g}{V_m} V_x \tanh u$
 $\frac{dV_x}{dt} = -\frac{g}{V_m} V_x \tanh u$

之を積分して

$$V_x = C \operatorname{sech} u$$

$t=0$ のとき $V_x = V_0$ 但し V_0 は爆弾の初速故に $C = V_0$

故に $V_x = V_0 \operatorname{sech} u \dots\dots\dots(18)$

これが水平分速と落下時間との関係式である。

$$\frac{dx}{dt} = V_0 \operatorname{sech} u$$

之を積分して

$$x = V_0 \frac{V_m}{g} [2 \tan^{-1}(e^u)] + c$$

水平爆撃に於ては

$x=0, t=0$ 随つて $u=0$

$$c = -\frac{\pi V_0 V_m}{2g}$$

随つて $x = V_0 \left\{ 2 \tan^{-1}(e^u) - \frac{\pi}{2} \right\} \dots\dots\dots(19)$

此の式は射距離と落下時間との関係式である。(18) 及 (19) 式より落下時間 t を消去すれば射距離と水平分速との関係式を得ることが出来る。又 (15) 式と (18) 式より落角 θ を求め得られる。

$$\tan \theta = \frac{V_z}{V_x} = \frac{V_m \tanh u}{V_0 \operatorname{sech} u} = \frac{V_m}{V_0} \sinh u$$

然るに (14) 式より

$$z = \frac{V_m^2}{g} \log \cosh u, \cosh u = e^{\frac{zg}{V_m^2}}$$

故に $\tan \theta = \frac{V_m}{V_0} \sqrt{e^{\frac{2zg}{V_m^2}} - 1} \dots\dots\dots(20)$

以上により高度、経過時間、射程、落角を示せば表-1 及 圖-2~6 の如くなる。

表-1. 高度 - 落角表

飛 行 高 度 (m)	彈種 (kg)		50					100							
	180	270	180	270	360	450	540	180	270	360	450	540			
速度 (km/hr) (m/sec)	50	75	100	125	150	50	75	100	125	150	50	75	100	125	150
1 000	72°10'	64°10'	57°10'	51°10'	46°00'	71°40'	63°40'	56°40'	50°30'	45°20'	71°40'	63°40'	56°40'	50°30'	45°20'
2 000	78°20'	72°50'	67°30'	62°40'	58°10'	78°00'	72°10'	66°50'	62°00'	57°20'	78°00'	72°10'	66°50'	62°00'	57°20'
3 000	81°30'	77°20'	73°20'	69°30'	65°50'	81°00'	76°30'	72°20'	68°10'	64°20'	81°00'	76°30'	72°20'	68°10'	64°20'
4 000	83°20'	80°10'	77°00'	73°50'	70°50'	82°50'	79°20'	75°50'	72°30'	69°20'	82°50'	79°20'	75°50'	72°30'	69°20'
5 000	84°40'	82°10'	79°00'	77°00'	74°30'	84°10'	81°20'	78°30'	75°40'	73°00'	84°10'	81°20'	78°30'	75°40'	73°00'
6 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

彈種 (kg)		200					300				
		180 50	270 75	360 100	450 125	540 150	180 50	270 75	360 100	450 125	540 150
高度 (m)	飛行速度 (km/hr) (m/sec)										
1 000		71°10'	62°50'	55°40'	49°30'	44°20'	71°00'	62°40'	55°30'	49°20'	44°10'
2 000		77°10'	71°10'	65°30'	60°20'	55°40'	76°50'	70°40'	65°00'	59°50'	55°00'
3 000		80°00'	75°10'	70°30'	66°10'	62°10'	79°40'	74°40'	70°00'	65°30'	61°20'
4 000		81°50'	77°50'	73°50'	70°00'	66°30'	81°30'	77°20'	73°10'	69°20'	65°30'
5 000		83°00'	79°40'	76°10'	73°00'	69°50'	82°40'	79°00'	75°30'	72°10'	68°50'
6 000		84°00'	81°00'	78°00'	75°10'	72°20'	83°30'	80°20'	77°20'	74°10'	71°20'

彈種 (kg)		500					1000				
		180 50	270 75	360 100	450 125	540 150	180 50	270 75	360 100	450 125	540 150
高度 (m)	飛行速度 (km/hr) (m/sec)										
1 000		71°00'	62°40'	55°30'	49°10'	44°00'	70°50'	62°30'	55°10'	49°00'	43°50'
2 000		76°50'	70°40'	64°50'	59°40'	54°50'	76°30'	70°10'	64°20'	59°00'	54°10'
3 000		79°30'	74°30'	69°40'	65°10'	61°00'	79°10'	74°10'	69°10'	64°30'	60°20'
4 000		81°20'	77°00'	72°50'	69°00'	65°10'	80°50'	76°30'	72°10'	68°10'	64°10'
5 000		82°30'	78°40'	75°10'	71°40'	68°10'	82°00'	78°10'	74°20'	70°40'	67°10'
6 000		83°20'	80°00'	76°50'	73°40'	70°40'	82°50'	79°20'	76°00'	72°40'	69°30'

圖-2.

經過時間

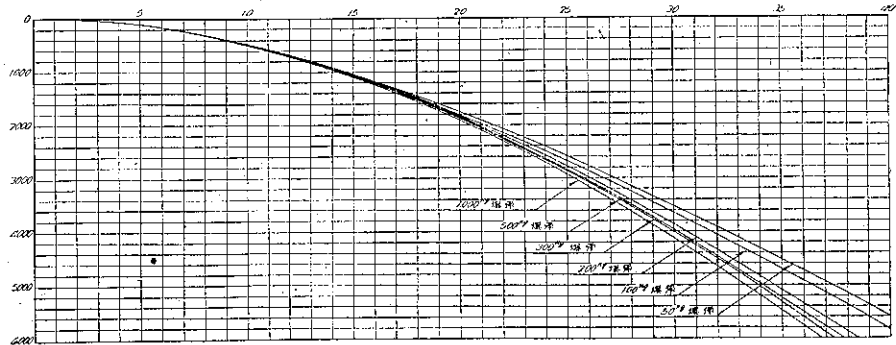


圖-3.

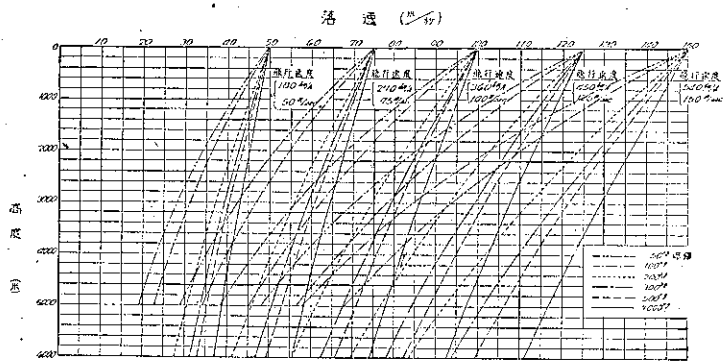


圖-4.

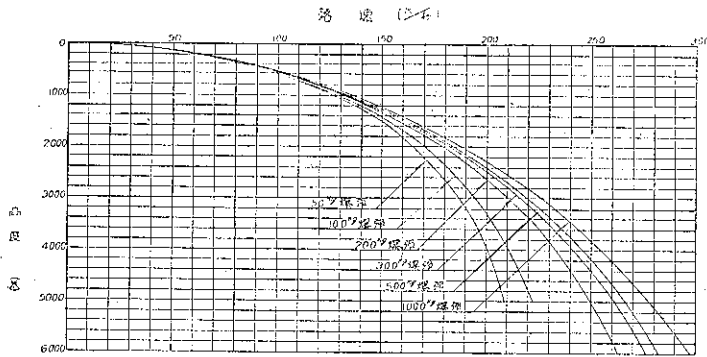


圖-5.

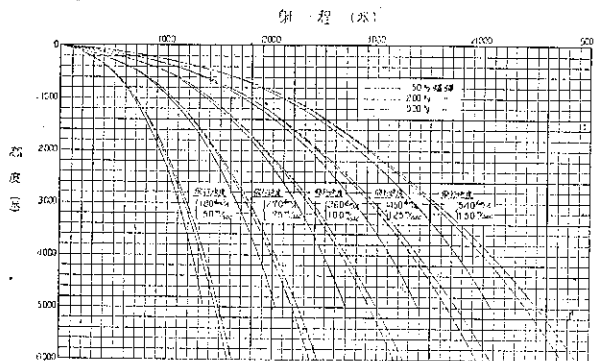


圖-6.

單位：厘米

