

Zeitschrift: Rivista Militare Ticinese
Herausgeber: Amministrazione RMSI
Band: 8 (1935)
Heft: 3

Artikel: I ricoveri nella difesa aerea [continuazione]
Autor: Bernasconi, Giovanni
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-241080>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

I ricoveri nella difesa aerea

(Continuazione)

B) Della penetrazione dei proiettili.

Un proiettile d'artiglieria, lanciato da una comune bocca da fuoco, accumula lungo il percorso della sua traiettoria, delle forze passive, che frenano considerevolmente la forza iniziale del proiettile, e di conseguenza ne raccorciano la gittata, diminuiscono la forza d'urto o di percossa, e quindi di penetrazione nel bersaglio o mezzi resistenti. La maggiore di queste forze passive, dopo la resistenza dell'aria, è l'accelerazione terrestre che è dovuta alla gravità. Nel mentre la bomba aerea lanciata da un velivolo, accumula forza attiva lungo tutto il percorso della sua traiettoria, imprimendo al proietto maggiore forza d'urto e di penetrazione dovute alla *velocità residua*. La bomba aerea è pure sollecitata da forze passive, quale il vento, la pioggia, la resistenza dell'aria e di altri problemi di balistica esterna, così la forma dell'ogiva, l'angolo formato tra il suo asse e la direzione della velocità, la lunghezza del proiettile, sono tutti dei fattori che possono diminuire la forza di penetrazione e variare la forma della traiettoria ⁽¹⁾.

Per calcolare la *forza viva residua* in dinamodi (1000 kgm) abbiamo la facile formola:

$$E = \frac{1}{10^3} \frac{pv^2}{2g}$$

E = forza viva residua

p, peso del proiettile o bomba

v, velocità di caduta

g, accelerazione dovuta alla gravità

da dove si conosce che: la velocità di caduta, v, è eguale a gt, e g è eguale a 9,81, dunque, $v = gt = \sqrt{2gh}$. Dove h, è eguale all'altezza del lancio della bomba o velocità di massa ⁽²⁾.

Dal Col. A. Romani, (Op. cit.), riporto il calcolo per la forza viva residua di una bomba da 500 kg, cadendo da 2000 m. (h, velocità massa) la velocità è sui 200 ms. e sostituendo nella formola sopra citata avremo:

⁽¹⁾ G. Bianchi. Balistica esterna, pag. 232, Pasta Ed. Torino 1914. M. Masina ed S. Sasahi, Mém. de d'Art. Française, II, 1932, pag. 565-569.

⁽²⁾ Col. A. Romani. I ricoveri nella difesa aerea, R. d'Art. e Genio, maggio 1927, pag. 817 e seguenti.

$$E = \frac{1}{10^3} \frac{500 \sqrt{v^2}}{2g} = \frac{1}{10^3} \frac{500 \times 200^2}{2 \times 9,81} = \frac{20.00.0000}{19\ 620} = 1020$$

dinamodi circa di forza viva residua, che nella pratica si traduce ad una penetrazione nel terreno ordinario di circa 10 m. a 12 m.

La traiettoria della bomba area, o linea di caduta, si può considerare verticale, con un angolo d'incidenza di 90 gradi su terreno o bersagli orizzontali. L'angolo d'incidenza, che è l'angolo formato dalla tangente alla traiettoria nel punto d'arrivo del proiettile sul bersaglio, più è piccolo più avremo una diminuzione di forza viva residua e di penetrazione, in ragione al quadrato del seno dell'angolo d'incidenza e questo per tutti i bersagli inclinati. Introducendo nella formola più sopra citata il fattore $\text{sen}^2 \alpha$, abbiamo:

$$E^1 = E \text{ sen}^2 \alpha = \frac{1}{10^3} \frac{pv^2}{2g} \text{ sen}^2 \alpha$$

Se l'angolo d'incidenza è tanto piccolo da non provocare la penetrazione della bomba, avremo il rimbalzo quando detto angolo è meno di 30 gradi, su un conglomerato cementizio e 40 gradi in meno su lastre d'acciaio ⁽³⁾.

Nel terreno ordinario, invece, avremo il rimbalzo sicuro quando l'angolo d'incidenza non sia superiore ai 15 gradi, nel mentre per angoli compresi fra 15 gradi e 20 gradi, il proietto potrebbe rimbalzare o anche penetrare per una piccola profondità, e questo può dipendere dalla natura del terreno, più o meno consistente, dalla velocità residua e della forma del proiettile più o meno lunga e affusolata ⁽⁴⁾.

Fra gli angoli di 25 a 40 gradi la penetrazione non sarebbe più rettilinea ma curva, con la tendenza di raggiungere la superficie, e questo perchè l'asse dell'imbuto presenta una concavità verso l'alto e principalmente perchè la struttura superiore è quasi generalmente meno consistente dall'inferiore e poca omogenea ⁽⁵⁾.

Ne risulterebbe quindi, che sia sufficiente una forte inclinazione alla massa coprente di un qualsiasi ricovero, per proteggersi dalle bombe aeree.

⁽³⁾ Ing. G. Stellingwerf. La protezione dai fabbricati dagli attacchi aerei Hoepli Ed. Milano 1933.

Col. A. Romani, R. d'art. G. maggio 1927.

⁽⁴⁾ G. Bianchi, Op. cit.

G. Mainardi. Studio del proiettile. Scuola d'applicazione d'artiglieria ed. Torino 1932, pag. 194, 145 e 200.

⁽⁵⁾ dr. N. Cavicchioli e Ing. E. Ravelli, Cap. d'art. Sulla penetrazione dei proietti, R. d'art. G. Agosto-Settembre 1933.

G. Bianchi, Op. cit pag. 233.

Il Col. Romani (Op. cit.) ha studiato un « Ricovero Ideale » in masse di calcestruzzo, avendo l'inclinazione di 30 gradi per la massa coprente fuori terra, e detto ricovero può contenere dalle 15 alle 20 persone e resistere alla bomba di 500 kg. Il progetto serve solo per dimostrazione della grandiosità che richiederebbe il « Ricovero Ideale » chè, per così poche persone il fabbisogno di calcestruzzo sarebbe di 160 mc. per metro lineare, in parte interrato per almeno 7 metri e una sopraelevazione piramidale fuori terra di almeno 9 metri, con spessori da m. 3,50 a 4,50 di calcestruzzo per bombe da 500 e 1000 kg.

I principali effetti totali delle bombe aeree sono d'urto o di percossa, e quindi di penetrazione, dovuti alla velocità residua; di scoppio o di mina, dovuti alla quantità della carica esplosiva interna.

Per i comuni tiri d'artiglieria, su grandi bersagli ed omogenei a delle medie distanze di tiro, abbiamo delle formole, dateci dalla balistica esterna, per calcolare la penetrazione dei proietti nei mezzi resistenti. Formole che possiamo applicare anche per le bombe trascurando il vento la pioggia e la resistenza dell'aria per maggiore sicurezza, malgrado che i bersagli per bombe aeree non rappresentino l'omogeneità per l'applicazione delle formole.

Per la penetrazione abbiamo:

$$X = Cka$$

dove:

X, rappresenta la profondità della penetrazione in metri

k, il coefficiente del mezzo resistente e è variabile

C, il coefficiente balistico datoci da:

$$C = \frac{p}{1000a^2}$$

dove:

p, peso del proiettile in kg.

a, il calibro espresso in metri, e per la velocità nel punto d'arrivo il coefficiente A datoci da:

$$A = \log. \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{V}{100} \right)^2 \right]$$

dove V rappresenta la velocità d'arrivo del proiettile.

Per tutti i valori dei coefficienti diamo, in fine, le tabelle.

Volendo conoscere più esattamente la penetrazione di un proietto e il tempuscolo che passa da quando il proietto urta il mezzo resistente e la profondità della penetrazione ultimata abbiamo:

$$S_n = \left(a + \frac{100}{b} v_n \right) C$$

dove:

S_n , profondità raggiunta a penetrazione ultimata misurata nella sua direzione normale, espressa in metri.

v_n , la velocità d'arrivo in metri secondi

a e b , coefficienti del mezzo urtato

C , il coefficiente balistico.

Volendo conoscere il tempo o meglio la durata della penetrazione abbiamo la formola:

$$T = 5,5 \frac{S_n}{V_n} \left[2 + 0,15 \frac{V_n}{100} \right]$$

Una quantità di fenomeni presenta la penetrazione quali: la rottura del proietto, la deformazione, «perforazione a proietto rotto», cioè quando dopo la rottura del proietto i frammenti continuassero con la sufficiente forza viva a sfondare e penetrare nel mezzo resistente, ma allora l'effetto di scoppio è da escludere e di conseguenza non risulta più l'effetto totale che è richiesto al proiettile.

Il secondo effetto della bomba è quello dello scoppio della carica esplosiva interna, effetto che possiamo calcolare dal calcolo per le mine. Si può ritenere che tutti gli esplosivi per le bombe aeree abbiano le medesime caratteristiche di potenza e questo per facilitare i nostri calcoli.

Dal trattato delle mine, la carica necessaria per una mina ci è data da:

$$C = Jh^3$$

dove:

C , carica espressa in kg.

h , linea di minor resistenza

J , coefficiente totale del mezzo dove agisce la mina e dell'esplosivo

Questa formola vale quando la mina sia di indice uno, cioè quando il raggio di proiezione è eguale alla linea di minor resistenza h , e quando l'intasamento sia perfettamente eseguito.

Per il raggio d'esplosione di una mina ordinaria è dato da:

$$R = h\sqrt{2}$$

dove:

R , è il raggio d'esplosione.

Il coefficiente J è il prodotto fra il coefficiente del mezzo colpito e il coefficiente dell'esplosivo, il risultato sarà il nuovo coefficiente m , che per il terreno ordinario è di 1,45 e per il calcestruzzo 3,63.

L'esplosivo che contiene la bomba sarà bene ricordare che ha effetto doppio dalla comune polvere nera.

Introducendo il coefficiente m nella formola di carica necessaria per una mina avremo:

$$C = mh^3$$

Supposto, di calcolare nel terreno ordinario il raggio d'esplosione di una bomba di 500 kg. che contiene altro esplosivo per 244 kg. si avrà:

$$2 \times 244 = 1,45 h^3$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{c}{m}} = \sqrt[3]{\frac{488}{1,45}} = \sqrt[3]{336} = 6,96 \text{ m.}$$

Rifacendo i calcoli per il calcestruzzo avremo un raggio d'esplosione di m. 7,21.

Conoscendo il raggio d'esplosione è facile trovare il « lavoro di demolizione » che compie una bomba dopo aver raggiunta la penetrazione totale. La nota formola per la pressione di demolizione è:

$$P = 1,033 \left(\frac{R}{d} \right)^2$$

dove:

P , è dato in kg./cm^2 eguale per il calcestruzzo a 10 kg./cm^2

R , raggio d'esplosione in metri

d , raggio di lavoro di demolizione pure in metri

dove:

$$10 = 1,033 \left(\frac{7,21^2}{d} \right); d = 7,21 \sqrt{0,1033}; d = 7,21 \times 0,33 = 2,37 \text{ m.}^{(6)}$$

Lo spessore di calcestruzzo che richiederebbe per proteggersi dalle bombe di 500 kg. è dunque di m. 2,37, che per maggior sicurezza dovrebbe essere almeno di m. 2,50. Questi spessori valgono solo per delle solette piane (tetto del ricovero), le quali si prestano maggiormente per una migliore penetrazione. Per limitare questi enormi spessori di calcestruzzo, quando è possibile converrebbe costruire la massa coprente con una forte inclinazione di almeno 30 gradi.

Come già descritto nella prima parte, bombardamenti con bombe da 500 e più kg. ben difficilmente raggiungerebbero lo scopo desiderato e prefisso, chè, troppi fattori d'imprecisione presentano bombardamenti con delle bombe pesantissime.

⁽⁶⁾ Col. A. Romani, Op cit.

Una bomba aerea, percuotendo un mezzo resistentissimo quale il calcestruzzo armato con ferro omogeo, potrebbe non penetrare ma ribassare o anche arrestarsi alla superficie dell'ostacolo, quando il proietto si rompesse o si sfasciasse prima di penetrare; non avremo più l'intasamento della carica ma semplicemente scoppio senza effetti di demolizione, solo proiezione di schegge, delle quali facile è il proteggersi.

Per le bombe semplicemente appoggiate all'ostacolo, noi possiamo conoscere lo spessore del mezzo resistente:

$$S = b \sqrt[3]{I}$$

dove:

S, spessore in metri

b, coefficiente per le cariche semplicemente appoggiate

I, peso della carica espressa in kg.

Questi spessori, che possono resistere agli effetti di scoppio datoci dalla formola, valgono solo per medie portate dai 4 ai 5 m. Per portate maggiori bisognerebbe aumentare proporzionalmente gli spessori, staffe e i legamenti in ferro.

Il calcestruzzo armato, presenta, per la difesa antiaerea, dei requisiti di grande resistenza per la struttura, così pure per l'impermeabilità degli aggressivi chimici, non figurandosi facilmente, come le murature in pietrame e mattoni e dei grossi blocchi di granito molto duri, ma troppo fragili per resistere al lavoro di demolizione delle bombe aeree (⁷).

(Continua)

I. Tenente GIOV. BERNASCONI
Cp. Zp. M. IV 5

(⁷) Ing. G. Stellinwerff, Op. cit.

TABELLE

Tabella I.

Valori del coefficiente K.

Per race calcaree dure	0.43
» calcestruzzi di cemento armato ⁽¹⁾	0.60 ÷ 0.65
» calcestruzzi di cemento comuni ⁽¹⁾	0.88
» muratura di mattoni	1.63
» pietrisco o ghiaia dura ⁽²⁾	2.00 ÷ 2.25
» terra argillosa mista con sabbia e ghiaia	3.44
» terra vegetale battuta	5.87
» legno forte	2.22
» legno dolce	2.98

Tabella II.

Valori più comuni del fattore V (approssimati)

Per caduta da m. 500	V = 100 metri/secondo
» » » » 1000	V = 140 »
» » » » 2000	V = 200 »
» » » » 3000	V = 240 »
» » » » 4000	V = 280 »
» » » » 5000	V = 310 »

Tabella III.

Valori del fattore A per le comuni V.

Per V = 100	A = 0.18
» V = 140	A = 0.30
» V = 200	A = 0.48
» V = 240	A = 0.59
» V = 280	A = 0.69
» V = 310	A = 0.76

⁽¹⁾ Calcestruzzo di cemento comune con resistenza a 28 giorni di 200 Kg./cm²

⁽²⁾ Ben costipato e contenuto in cavi, casseri, ecc.

Tabella IV.

Valori del coefficiente a e b.

MEZZO RESISTENTE	a	b
Cemento armato per opere di fortificazione . .	— 0.042	0.51
Calcestruzzo di cemento con opere di fortificazione		
a) a tiro di sfondo	— 0.077	0.93
b) a tiro di lancio, parallelo ai cordoli . .	— 0.15	1.9
Muratura di pietrame buona	— 0.17	2.0
Muratura di mattoni	— 0.35	3.9
Terra argillosa con molta ghiaia	— 0.16	5.9
Terra vegetale battuta	+ 0.048	6.0
Argille sabbiose	+ 0.072	9.0

Valori del coefficiente b.

Per le cariche semplicemente appoggiate :

Muratura comune	0.50
Calcestruzzo cementizio	0.20
Calcestruzzo armato	0.15

Per cariche poco intasate :

Muratura comune	0.82
Calcestruzzo cementizio	0.28
Calcestruzzo armato	0.20

Per cariche fortemente intasate :

Muratura comune	1.04
Calcestruzzo cementizio	0.32
Calcestruzzo armato	0.25