

小火器弾薬の貫通試験方法

制定 昭和53. 5. 30

改正 平成27. 4. 15

目 次

	ページ
1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	1
4 射場・装置・器具	1
4.1 射場	1
4.2 装置・器具	2
4.2.1 銃架	2
4.2.2 ゲージ	2
4.2.3 銃器	2
4.2.4 標的用装甲板	2
4.2.5 その他の器材	2
5 試験準備	2
5.1 装甲板の準備	2
5.2 銃の準備	3
5.3 銃弾の準備	3
6 試験方法	3
6.1 試験前の準備	3
6.2 試験弾の射撃	3
6.2.1 銃弾の装填	3
6.2.2 射撃	4
6.3 速度の測定	4
6.4 銃架に対する銃身の位置	4
6.5 弾痕の測定	4
6.6 打ち殻薬きょうの検査	4
6.7 事故発生の際の銃の確認	4
7 記録	5
解説	7

小火器弾薬の貫通試験方法

制定 昭和53. 5. 30

改正 平成27. 4. 15

1 適用範囲

この規格は、小火器弾薬のうち徹甲弾の装甲板貫通試験方法について規定する。

2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版を適用する。

NDS Y 0001 弾薬用語

NDS Y 0006 火器用語（弾道）

NDS Y 7101 小火器弾薬射撃試験用銃器

NDS Y 7102 小火器弾薬射撃試験用弾薬の準備

NDS Y 7104 小火器弾薬の速度、圧力及び耐水試験方法

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、NDS Y 0001 及び NDS Y 0006 による。

3.1

完全貫通

完全貫通とは、穴の直径から見て明らかに弾心が装甲板を貫通し、かつ、装甲板から抜け去っているものをいう。

3.2

完全侵徹

完全侵徹とは、弾心のいずれかの部分が装甲板を突き抜けて裏面に突き出したり又は装甲板の裏面に光線が通過する程度の穴があいているものをいう。

4 射場・装置・器具

4.1 射場

射場は、次の設備を有するものとする。

- 射場は、銃口から装甲板までの距離が90 m以上確保できる長さとし、弾着点には、適切な支持台に取り付けた装甲板を收容する保持装置を設ける。保持装置の前面には、弾丸が装甲板に弾着するのを妨げる障害物がなく、その側面は、弾丸の跳飛、跳ね返り及び弾片の飛散に十分耐える強度の材料で構築されたものであること。

- b) 標的の後方には、完全に貫通した弾丸の弾心又は装甲板に当たらなかった弾丸を受ける適切な弾丸止めを備えること。
- c) 射撃位置及び保持装置の周囲には、試験中に飛散する弾片で試験要員が危害を受けることのないように設計された安全装置を設けること。

4.2 装置・器具

4.2.1 銃架

銃架は、銃を取り付けるのに適した堅固なものとする。

4.2.2 ゲージ

ゲージは、NDS Y 7101 に規定されたものを使用する。

4.2.3 銃器

銃器は、NDS Y 7101 に規定されたものを使用する。

4.2.4 標的用装甲板

標的用装甲板の形状、寸法及び材質は、徹甲弾の個別仕様書の規定による。

4.2.5 その他の器材

その他の器材としては、次のものを使用する。

- a) 弾痕の深さ及び角度を測定する装置
- b) 填薬する各種銃弾のゲージセット
- c) 少量の発射薬を入れるに適した密閉容器
- d) 薬きょうのきょう口に適合する漏斗(火花を発生するおそれのない材質のもの。)
- e) 基準弾を手で組み立てるためのプレス又は装弾工具
- f) 基準弾構成部品
- g) 銃の冷却及び清掃用諸要具
- h) 検速器(カウンタ)又はルミラインスグリーンを含む附属設備
- i) 20～23 ℃に保存するための恒温槽又は工室

5 試験準備

5.1 装甲板の準備

装甲板の準備は、次のとおり行う。

- a) **装甲板** 装甲板は、徹甲弾の個別仕様書の規定を満足する装甲板を使用する。
- b) **装甲板の設置** 1枚の装甲板を射線に垂直に立てて支持台に固定する。銃口と装甲板の前面との間の距離は個別仕様書によるものとし、弾丸が直角に当たるように銃口の位置を定めて銃を設置する。
- c) **新しい装甲板を使用する場合** ロットの違う新しい装甲板を取り付けた場合には、装甲板試験用銃弾¹⁾を、その装甲板の各四隅に1発ずつ、中心に1発、合計5発を射撃して、全弾貫通しなければ、その試験弾のロットの貫通試験の成績は無効とし、他の装甲板を選定して資格判定を行う。

注¹⁾ 装甲板試験用銃弾は、組立て前に弾心の硬さを全数試験し、かつ、次の速度になるように特別に準備した銃弾である。

銃口から 23.8 m の地点で測定した速度

7.62mmM61 徹甲弾 838.2±9.1 m/s

7.62mmM2 徹甲弾 827.5±9.1 m/s

12.7mmM2 徹甲弾 883.9±9.1 m/s

5.2 銃の準備

銃の準備は、次のとおり行う。

- a) 新銃身を初めて射撃する場合、又は銃身を清掃した後、若しくは試験中に銃を冷却した後は、装甲板を外して調整弾を少なくとも 3 発射撃する。
- b) 銃及びその附属品は、NDS Y 7101 に規定する方法に従って、調整する。銃こう（腔）ゲージで測定して、規定に適合しない銃身は、使用してはならない。
- c) 銃身が 6.1 c) の規定に適合しないときは、銃こう（腔）ゲージの測定結果いかにかわららずその後の貫通試験には、使用してはならない。

5.3 銃弾の準備

銃弾の準備は、射撃試験直前に恒温室内で手装弾した場合を除き、雷管部を下にして保持板に入れて、20～23 °C の恒温槽又は工室に少なくとも 2 時間入れておく。その銃弾のすべての構成部品を填薬前に恒温槽又は工室に貯蔵しておき、その場で組み立てた場合は、組立て後直ちに射撃することができる。

6 試験方法

6.1 試験前の準備

使用する銃の適否を定めるため、NDS Y 7102 に従って手で組み立てた最小 10 発の基準弾を射撃して速度を測定する。

基準弾の射撃は、次のとおり行う。

- a) 弾丸が装甲板には当たらず、弾丸止めに弾着するように銃の位置を定める。
- b) 基準弾を最小 10 発射撃し、その平均速度を調べる。
- c) 平均速度が、その基準弾の基準速度の±11 m/s に入らないときは、その銃は不適とし、規定に合った他の銃を選んで試験する。

6.2 試験弾の射撃

6.2.1 銃弾の装填

銃弾の装填及び発射は、次のとおりとする。

- a) すべての銃弾は、その発射薬の位置を均一に保つため弾頭を上にして垂直に持ち、静かに上下逆になるように 180 °回転させる。弾頭が下になったとき一時回転を止め、更に回転させて弾頭が再び上になったとき回転を止める。
- b) 次に、銃弾の雷管部が弾頭部より高くなならないように注意しながら薬室に装填する。

- c) 遊底を穏やかに閉じ、引金又は引き綱をしっかりと動作で滑らかに引く。
- d) 12.7mm 試験銃に組み立てた銃身を使用するときは、銃弾を回転後、なお、弾丸を上にしたまままで遊底のT溝に挿入し、静かに下げて銃弾を薬室に装填する。

6.2.2 射撃

試験弾の射撃は、次のとおり行う。

- a) 弾丸が装甲板に当たるように照準を合わせる。
- b) 試験弾を 6.2.1 の操作で射撃する。
- c) 試験弾のロットが貫通試験で不適合になったら、直ちに基準弾 10 発を前記のようにして射撃し、その銃による基準弾の平均速度を調べる。
- d) 再点検した銃による平均速度が、その基準弾の基準速度の $\pm 11 \text{ m/s}$ 以内に入らなければ、その試験弾のロットの貫通試験の成績は無効とし、他の銃を選定して再試験を行う。
- e) 再点検した銃による平均速度が、その基準弾の公称速度の $\pm 11 \text{ m/s}$ 以内であれば、その試験弾のロットについて行った貫通試験は、有効とする。

6.3 速度の測定

速度の測定は、NDS Y 7104 に規定する方法に従って、貫通試験の際に同時に測定し記録する。ただし、速度測定用標的は、飛行する弾丸に対して貫通試験の障害とならないような形式のものを用いること。

6.4 銃架に対する銃身の位置

銃架に対する銃身の位置は、各弾丸を発射する際、常に同じ位置に保つように注意しなければならない。

6.5 弾痕の測定

装甲板に生じた弾痕の深さを次の方法で測定し記録する。

- a) 装甲板の表面から弾痕の最深部までを垂直に測定する。弾丸が侵入した位置の表面の隆起によって測定を読み違えたり、間違った測定をしないように注意すること。
- b) 測定する弾痕と装甲板の縁又は前の弾痕や割れとの間の距離が、最も近い位置で測定して、口径の3倍以内にある場合、又は弾丸の衝撃で装甲板の裏面の一部がはく離片となって装甲板から分離した場合は、すべてその記録は無効とし、代わりの銃弾を射撃する。
- c) 弾痕を測定し終わったら、それがわかるようにの弾痕に印を付ける。印は銃弾の種類によって装甲板の前面又は裏面とする。
- d) 各銃弾ごとに速度と弾痕の深さとを対応させて記録する。
- e) 試験の終わり又は試験中、状況に応じて適宜の時間間隔において、それぞれの弾痕と完全貫通したもの及び完全侵徹したものの数を一緒に調べる。

6.6 打ち殻薬きょうの検査

打ち殻薬きょうは、試験中に起こった事故と同様に、ささいな欠点まで良く調べて記録する。

6.7 事故発生の際の銃の確認

試験中に不発、雷管突破、ガス漏れなどの事故が発生した場合、又は遊底組立て部品を交換し

た場合は、その銃の撃針突出量、撃針によるへこみ量及び頭げきを測定して、規定寸法にあることを確認した上で、射撃を行うものとする。

7 記録

試験成績には、次の事項を記録する。

a) 基準弾

- 1) 個々の速度
- 2) 平均速度
- 3) 最大偏差

b) 試験弾

- 1) 装甲板を貫通又は侵徹した射弾数及びそれらの個々の速度並びに弾痕の状態
- 2) 装甲板の貫通又は侵徹に失敗した射弾数及びそれらの個々の速度並びに弾痕の状態
- 3) 事故薬きょう数

c) 装甲板

- 1) 製造業者名
- 2) 硬さ
- 3) 厚さ
- 4) 取付け角度

d) 使用した銃器のレシーバ番号、銃身番号、銃身令

参考文献

- 1) ORD-M608-PM Ordnance Proof Manual Vol. III Test Methods for Small Arms Ammunition
- 2) AMCR-715-505 Vol. 3 Ammunition Ballistic Acceptance Test Method Vol. 3 Test Procedures for 7.62mm Cartridges
- 3) MIL-C-1217 Cartridge. Armor-Piercing Caliber. 30 M2
- 4) MIL-C-1322 Cartridge, Caliber .30, Armor-Piercing-Incendiary M14
- 5) MIL-C-3066 Cartridges. Caliber. 50 Armor-Piercing-Incendiary, M8 and Armor Piercing-Incendiary Tracer M20
- 6) PAPDNO. SPI955 Cartridge, Armor-Piercing NATO Caliber 7.62mm, M61

白 紙

火器弾薬の貫通試験方法 解説

この解説は、本体に規定・記載した事柄並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

1 改正の趣旨

この規格は、昭和 53 年に制定されたが、制定後 30 年以上を経過し、この間に口径 5.56 mm 及び 9 mm の小火器が装備化され、見直しが必要となったため改正するものである。

なお、今後の弾種の追加などに柔軟に対応できるようにするため、使用銃器を具体的に列挙せず、NDS Y 7101 を引用することとした。

2 貫通試験の目的

貫通試験の目的は、特性のわかった均質な装甲板に対し、一定条件の下で射撃を行って、徹甲弾の貫通力を試験し、それによってその銃弾の実用上の有効性を判定することにある。

3 貫通試験に用いられる用語

貫通試験に用いられる用語には貫通及び侵徹以外に標的に当たったときの弾丸の性能を定義するため通常用いられる用語が多数あるので、それらの用語を次に説明し、解説図 1 に図解して理解の助けとする。

a) 弾頭侵徹－弾心残留 (Point Through Rear－Core Intact in Plate)

弾頭侵徹－弾心残留とは、完全侵徹の一種で徹甲弾の弾心が破裂されずそのまま装甲板中に残り、その先端又は胴体の一部が装甲板の裏面から突き出て破壊されずに残留している状態をいう（解説図 1－4 参照）。

b) 部分侵徹 (Partial Penetration)

部分侵徹とは、徹甲弾の弾心が装甲板に対し厚さの何割かに達するだけ食い込んだ後、装甲板から跳ね出した状態をいう（解説図 1－5 参照）。

c) 部分侵徹－弾心残留 (Partial Penetration－Core Intact in Plate)

部分侵徹－弾心残留とは、徹甲弾の弾心が装甲板に対し厚さの何割かに相当するだけくさび状に食い込んで破壊されずに残留している状態をいう（解説図 1－6 参照）。

d) 漏斗状侵徹 (Crater)

漏斗状侵徹とは、装甲板面に作られた浅いぎざぎざのあるわん形のくぼみ又は穴の状態をいう。そのくぼみの開口部の表面直径は、その最大深さの 2 倍以上の大きさである。

e) 弾心たい積 (Core Piled Up in Plate)

弾心たい積とは、圧縮を受けた弾心前部に欠陥があったため装甲板に浅い穴をあけただけの状態をいう。通常平たくなった弾心の先端が装甲板中に埋って残っているときには、その

塊りを回収することができる。7.62 mm の貫通試験の場合、弾丸の被甲又はその破片が弾こ
ん中に埋っていて侵徹深さの測定を妨げている状態を弾心たい積ともいう（解説図 1-7 参
照）。

f) 弾心折損残留 (Broken Piece of Core in Plate)

弾心折損残留とは、弾心が装甲板中にその厚さの何割か食い込み弾心の先端が折れて装甲
板中にくさび状に残留している状態をいう（解説図 1-8 参照）。

g) ボタン状破片 (Button)

ボタン状破片とは、弾心の通路の直前で装甲板からたたき出された金属片で、弾心又は装
甲板の一部をいう。ボタン状破片は、通常弾心の外径以下のものである（解説図 1-9 参照）。

h) 装甲板裏面四つ又割れ (Four Petals-Rear)

装甲板裏面四つ又割れとは、弾心の侵入口の反対側の装甲板裏面に深く大きい四つ又の割
れ又は裂け目がある状態をいう。この割れは、通常光線が通過し完全貫通又は完全侵徹を伴
う場合がある、（解説図 1-10 参照）。

i) 装甲板裏面三つ又割れ (Three Petals Rear)

装甲板裏面三つ又割れとは、弾心の侵入口の反対側の装甲板裏面に、深く大きい三つ又の
割れ又は裂け目がある状態をいう。この割れは、通常光線が通過し完全貫通又は完全侵徹を
伴う場合がある（解説図 1-11 参照）。

j) 装甲板裏面 X 割れ (“X” Crack-Rear)

装甲板裏面 X 割れとは、弾心の侵入口の反対側の装甲板裏面に X 字形の割れがある状態を
いう。通常光線を通す程深くない（解説図 1-12 参照）。

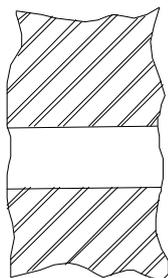
k) 装甲板裏面 Y 割れ (“Y” Crack-Rear)

装甲板裏面 Y 割れとは、弾心の侵入口の反対側の装甲板裏面に Y 字形の割れがある状態を
いう。通常光線を通す程深くない（解説図 1-13 参照）。

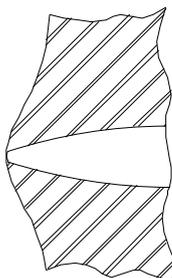
l) 装甲板裏面膨れ（割れ目なし）(Bulge Rear-No Crack)

装甲板裏面膨れ（割れ目なし）とは、装甲板の裏面が衝撃方向に外側に曲って突き出して
いるが破壊せず、ひびも入らずに膨らんでいる状態をいう（解説図 1-14 参照）。

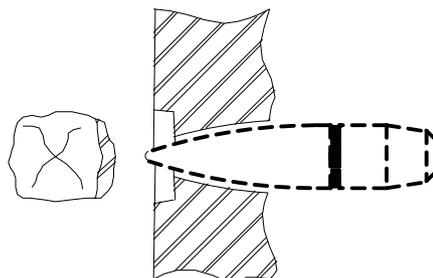
1 完全貫通



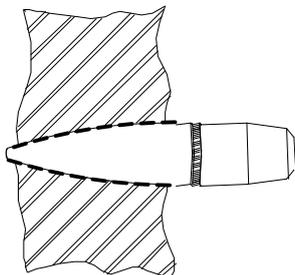
2 完全侵徹



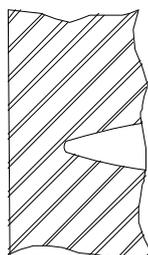
3 はく離片



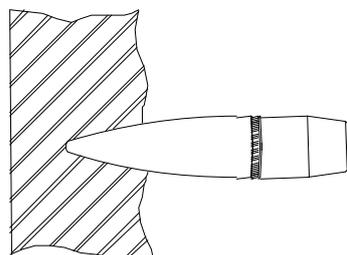
4 弾頭侵徹 一弾心残留



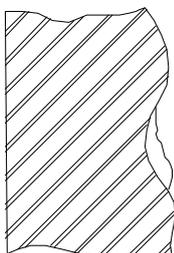
5 部分侵徹



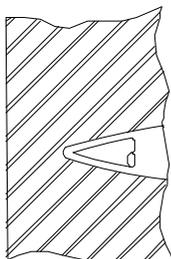
6 部分侵徹 一弾心残留



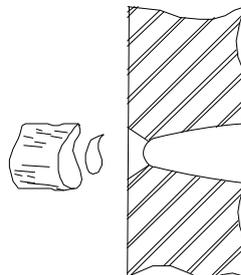
7 装甲板中の弾心たい積



8 弾心折損残



9 ボタン状破片



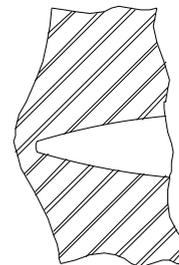
10 装甲板裏面
四つ又割れ



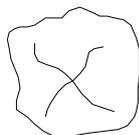
11 装甲板裏面
三つ又割れ



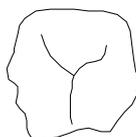
14 装甲板裏面膨れ



12 装甲板裏面
X割れ



13 装甲板裏面
Y割れ



解説図 1—貫通試験用語説明図

4 侵徹深さに影響する要因

侵徹深さは、次の四つの基礎的要因の影響を受ける。

- a) 運動エネルギー
- b) 弾丸の品質
- c) 衝撃の際の弾着角
- d) 装甲板の特性

4.1 運動エネルギー

弾丸が当たったとき装甲板に伝えるエネルギーは、次の公式により数学的に表すことができる。

$$E = \frac{1}{2}MV^2 \text{ 又は } E = \frac{WV^2}{2G}$$

- ここに E : 運動エネルギー (J)
M : 弾丸の質量 (kg)
W : 弾丸の重量 (N)
V : 衝撃速度 (m/s)
G : 重力による加速度 (9.8 m/s²)

この式から運動エネルギーは、弾丸の重量と装甲板に当たるときの速度によることがわかる。しかし速度は、二乗されているので実際の衝撃速度が弾丸の重量より重要である。弾丸の衝撃速度が早くて弾丸のせん断応力の方が装甲板の材料のせん断応力より大きくなる場合には、弾丸の形式は、さほど重要でなくなる。このような状態の下では、他の条件がすべて同じなら普通弾を用いて徹甲弾よりわずかに劣る侵徹効果を達成することができる。銃弾の初速又は衝撃速度に影響する要因は、すべて侵徹エネルギーに影響する。銃弾の速度に影響を及ぼす要因のうち、次の事項については、NDS Y 7101, NDS Y 7104, NDS Y 7105, NDS Y 7106 及び NDS Y 7120 に述べてある。

- a) 銃の寸法及び状態
- b) 発射薬の温度、水分及び重量
- c) 銃弾構成部品の設計、製造及び組立ての際の均一性
- d) 銃弾の取扱法
- e) 弾丸の弾道係数

4.1.1 銃弾の速度に及ぼす温度の影響

均質な軽量装甲板を貫通するのに要する限界速度は、装甲板の温度が変化するに従って 0.55 °C (華氏 1°) について大体平均 0.035 % の割合で逆に変化することが実験的にわかっている。

これは小火器弾薬については、0.55 °C (華氏 1°) について毎秒約 30.48 cm に匹敵する。したがって冬期に例えば -12 °C の戸外の射場で装甲板に向けて射場した場合、21 °C における射撃と比較して、たとえ銃弾の温度が双方の場合とも一定に保たれていたとしても低温における装甲板の抵抗の増加で衝撃速度が毎秒 18.3 m 相当減少するためその銃弾の貫通力は低下する。銃弾の温度も -12 °C であるとすれば衝撃速度は、更に減少することになる。銃弾の口径及び使用される

発射薬の形式によって減少の割合は異なるが大体 18.3~36.6 m/s の範囲で更に減少する。

4.2 弾丸の品質

通常で速度で装甲板に当たる弾丸の総重量は、たいして重要ではないが（それが弾着速度に影響する場合を除く。）徹甲弾の弾心の重量は、その形状、硬さ及び弾丸の組立てがしっかりしていることと同様に重要なことである。

4.2.1 弾丸侵徹の機構

弾丸の外面を覆う被甲の先端は、弾丸が装甲板に当たるとき、急激に停止し圧壊し、広がって薄くなる。（この瞬間には装甲板には穴がほとんどあかないか又は全くあかない。）

同時に被甲底部及び徹甲弾の弾心は、その前進運動を続けようとし弾丸の内部応力が非常に大きくなり、被甲の軟かい金属の薄い壁は、その応力に耐えられなくなる。その結果、被甲は、硬い弾心が装甲板中に侵徹して行くにつれ、裂け曲って弾心からはがれ装甲板の表面に盛り上り飛び散って行く。

弾心は、装甲板を完全に貫通するか又は装甲板の抵抗にあつて停止するまで前進を続ける。

4.2.2 弾心の条件

実用速度で十分な侵徹を果すためには弾心は、装甲板に当たったとき及び侵徹している間に生じる応力に耐えるだけの十分な強度を持っていなければならない。弾心は、十分に硬く確実に貫通するような形状のものでなければならない。しかも割れたり、砕けたりしないように強じんでなければならない。弾心先端の形状は、弾丸の食い込み角度(Biting angle)に影響する。

この食い込み角度とは、装甲板に対し垂直の線から計る角度で一定の角度以上になると弾心は、貫通せずに跳ね飛んでしまう。長く鋭いたん形部は比較的軟かい鋼板に直角に当たるときは有効であるが硬い鋼板又は弾着角が 20°以上の場合には有効でない。小火器用徹甲弾の弾心は、先端がとがっているが、たん形部は、かなり鈍角をなしており両者の妥協点を示している。

4.2.3 しっかりした弾丸組立ての重要性

弾丸の組立てがしっかりしているかどうかは、その貫通能力に影響する。弾頭充てん材（通常鉛、アルミニウムなどを用いる。）が緩かったり又は入れ忘れてたり若しくは多目的弾の場合その部品がしっかりと組み立ててなかったりすると、弾丸が装甲板に当たったとき少ししか又は全く貫通せずにその弾心が破砕する傾向がある。これは弾丸が装甲板に当たった瞬間、弾心が弾丸の被甲内で自由に動き（被甲と弾心の間が緩んでいるため）装甲板に対する弾心の動きは、短く鋭い打撃に似て装甲板に穴があく前に弾心が破砕してしまう。これに反し、しっかり組み立てられた弾丸では、弾心の破砕する傾向は、被甲の先端及び弾頭充てん材によって減少し装甲板に対する弾心の作用は、急激な突き出し作用となって装甲板の金属組織に穴をあけるのである。

またしっかり組み立てられた弾丸では、被甲と弾頭充てん材との慣性的反作用の結果、弾心の側面が支えられ装甲板中で弾心がたい積することを防止している。弾心が、装甲板を貫通するとき、弾丸の被甲と弾頭充てん材とは、円周方向に外方に加速される。この加速度を生じるに要する力は、弾心のたん形部に圧縮力を与える。この円周方向の応力が弾心の前部に加わるせん断応力の大きさを減じ、その結果、装甲板中に弾心がたい積する機械的作用、すなわち弾心の先端が

きのこのようにつぶれる傾向を減少するのである。いかなる場合においても、すきまなくきつちりと組み立てた弾丸の被甲及び鉛の弾頭充てん材は、上記の応力の加わる速度を減少させる作用と円周方向に支える応力を加える作用との二つの機械的作用によって、弾心の破砕する傾向を減少するのに役立っている。これら二つの機械的作用のどちらが重要であるかは、弾丸の基本設計並びに装甲板の硬さ、厚さ、傾角などによって決まることである。

4.2.4 速度と侵徹量との関係

小火器用徹甲弾に用いられる弾心についての経験によって、ある速度以上になっても以下になっても侵徹量が低下するという速度の限界域が存在することがわかっている。換言すると速度に対する侵徹量を方眼紙上にプロットして（侵徹量をY軸上に）各点を滑らかな線で結ぶと速度が上昇するにつれ、初めは曲線が上昇し、その後下降して再び上昇することがわかる。この現象は、弾心が、装甲板に衝突したとき発生する応力に結びつけて説明することができる。

弾心は、衝撃応力に耐え得なくなる点に達するまで装甲板に侵徹する。速度が増加するに従って、衝撃の応力が大きくなり、弾心はそれに耐えられず、装甲板表面のせん断力に打ち勝つ程大きくないので、衝撃の際、弾心は、破砕して侵徹しない。更に速度が増加して衝撃応力がその装甲板表面のせん断力を越す点まで達すると、弾心は、たとえ割れたり破砕したりしても装甲板に侵徹する。

4.3 弾着角

他の要因が同一ならば弾丸の侵徹量は、装甲板に対して直角に弾着した場合を最大として弾着角によって変化する。装甲板に対して垂直の線から 20° までは侵徹量はわずかに影響されるだけであるが、 45° 以上になるとほとんど侵徹せず跳弾となる。大体のところ侵徹深さは、装甲板に対して 90° の線から測った弾着角の余弦（コサイン）に比例すると考えることができる。したがって直角に弾着した場合の侵徹深さが 25.4 mm とすれば、装甲板に対して垂直の線から 30° で弾着した場合の侵徹深さは、およそ 22.1 mm となる。

4.3.1 弾丸の離軸角

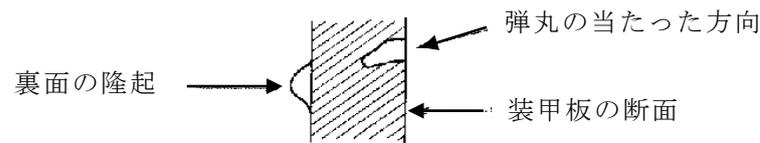
弾丸の離軸角とは、弾丸の飛行中の任意の点においてその弾丸の軸とその点における弾丸の弾道に対する切線とで作る角である。発射された弾丸の離軸角が種々変化すると離軸角が全く無くなってしまふまでは、速度低下の割合は一定しない。このような現象が起こると、速度が変化するため命中点に影響を及ぼす。離軸角はまた、横風の影響を受けて弾道をそらせ命中精度に影響を与える。このようにして離軸角は、装甲板に対する弾丸の侵徹量に大きな影響を与えるので離軸角が増すにつれ、侵徹量は等比級数的に減少する。

4.3.2 弾着角の傾斜

通常使用される形状の弾丸が斜めに装甲板に弾着すると、弾軸と装甲板表面に垂直な線との間の角度を増加させるような力が働く。傾斜して装甲板に弾着する角度が非常に大きければ、弾心の先端に働く横方面の分力は、非常に大きくなり弾心は、装甲板に浅いくぼみを作るだけで跳飛するようになる。横方向の分力は、また、弾心内に曲げ応力を生じる。

弾心の底部に、焼もどし処理を行ってじん性を与えていないと、この曲げ応力は、貫通試験で

傾斜角度が 20° 以上の場合には、弾心を破碎させる原因となる。装甲板の断面に解説図 2 のような隆起ができ始めるまで、弾心の進行方向と交差する力が働いてその通路が曲って行く。この隆起ができ始めると反対方向に交差する力が弾心に働き始め、弾心の軸を廻して、元の方向にもどそうとする。その結果装甲板中を通る弾心の通路は、典型的な S 字形となる。このような応力があると、弾心底部が変形することがある。斜めに当たった弾心が、完全に貫通した場合には、せん孔は、長だ円形になる。



解説図 2 - 装甲板断面図

4.4 装甲板の特性

装甲板の特性は、侵徹深さに影響する。装甲板が硬い程、そして厚い程、侵徹深さが浅くなり、また、完全貫通の可能性も少なくなる。反対に装甲板が軟かい程、そして薄い程侵徹又は貫通が容易になる。表面硬化処理をした鋼板は、調質鋼板より侵徹（又は貫通）に対する抵抗が大きい。小火器弾薬の貫通試験に通常用いられる鋼板は、調質装甲板である。これらの鋼板は、炭素、マンガ、けい素、クロム、バナジウム、モリブデン、りん及び硫黄を含有しており、りん及び硫黄は、好ましくないので、できるだけ最低に押えるか含有しないようにしなければならない。鋼板の製造及び熱処理は、その硬さがブリネル硬さで 380～430 の間にあり、しかも実用速度で弾丸が当たったとき、割れや破碎が生じないよう十分なじん性を有し、また裏面からの金属組織のはく離、ボタン状破片又は細片の飛散を防止できるような粘性を有するように行わなければならない。更に鋼板には、収縮こう（孔）(Pipe)、ラミネーション（組織の重なり）、その他の組織の不均一がなくその前面には、弾着角に影響するようなスケール、膨れ、波状表面その他の欠点があってはならない。

銃弾を自動的に連発で射撃した場合は、単発で射撃した場合より容易に、かつより低速で装甲板に侵徹する。これは、摩擦と累加する振動応力とによるものである。実用上の有効性からいえば、装甲板に完全貫通することは、必ずしも不可欠な要件ではない。装甲板の裏面にいくつかの開口部ができると、侵徹した普通弾の頭部充てん材（鉛）がこれらの開口部から侵入飛散して人員に損傷を与える効果を有する。

5 侵徹量

5.1 板厚と侵徹量との関係

弾丸が侵徹するときに遭遇する抵抗は、弾心の表面と装甲板との摩擦とともに侵徹される装甲板材料の凝集力及び慣性から生じるものである。弾丸のエネルギーの一部は、弾着の際被甲をは

がし、更に装甲板と弾丸の双方を加熱するのに消費される。装甲板を完全に貫通するのに必要なエネルギーは、大体その厚さ $3/2$ 乗に直線的に比例する。このことは、弾丸が完全に貫通することのできる装甲板の厚さは、同一の弾丸が同一の条件のもとで貫通できなかった装甲板に侵徹した穴の深さより大であるという一見矛盾したようなことの説明になる。完全貫通するのに要するエネルギーは、板厚の $3/2$ 乗に比例するからそれと同一の深さだけ侵徹するには、板厚の厚いものは、板厚の薄いものより $3/2$ 乗だけ多くのエネルギーを要するため板厚の厚いものに侵徹した穴の深さは、浅くなるのである。

5.2 侵徹量の計算

装甲板に対する弾丸の侵徹量は、通常種々の実験式を用いて計算することができる。一つの方法は、DeMarre の係数として知られる係数 K を計算する方法で、これによって種類が同一で厚さが違う装甲板の抵抗を比較することができる。この数式では、装甲板の厚さ、傾斜度、弾丸の直径及び装甲板が貫通されずに抵抗できる弾丸の最大衝撃速度（これは弾道限界といわれる値で実験で決める。）が考慮に入れてある。

K の値は、次式による。

$$\frac{WV^2 \cos^2 \theta}{d^3} = K \left(\frac{t}{d} \right)^{1.43}$$

ここに V : 装甲板の弾道限界 (m/s)

W : 弾心の重量 (g f)

d : 弾心の直径 (mm)

t : 装甲板の厚さ (mm)

θ : 傾斜角 (°)

実用銃弾が小さな傾斜角で硬い調質装甲板に当たったときの K の値は、大体 5 200 である。

6 その他

6.1 貫通試験成績の正当性

貫通試験成績の正当性は、次の条件が満たされた場合に立証される。

- 装甲板が本文の 4.2 d) の規定に合致したものであること。
- 規定どおり射撃した基準弾の平均速度が、その基準弾の公称速度の ± 11 m/s に入ること。
- 銃及び銃の附属品が、銃こうゲージで測定して使用可能であることが立証されていること。

7 改正規格原案調査作業委員会の構成

この規格は、防衛省技術研究本部陸上装備研究所システム研究部弾薬システム研究室が主管となり、次に示す社団法人日本防衛装備工業会会員等の協力によって改正規格原案（案）を作成したものである。

小火器弾薬射撃試験用銃器ほか21件の改正規格原案調査作業委員会

所属

(委員長) 旭精機工業株式会社

(委員) 昭和金属工業株式会社

住友重機械工業株式会社

日本工機株式会社

豊和工業株式会社

ミネベア株式会社

有識者

(事務局) 一般社団法人日本防衛装備工業会