

火薬類取締法施行規則の改正について
(実包火薬庫に係る技術基準の規定)

平成27年3月4日
商 務 流 通 保 安 G
鉦 山 ・ 火 薬 類 監 理 官 付

1. 改正の概要

火薬類取締法（昭和25年法律第149号。以下、「法」という。）第11条に基づき、火薬類は火薬庫において貯蔵しなければならない。火薬庫の設置は、法第12条に基づき、火薬類取締法施行規則（昭和25年通商産業省令第88号。以下、「規則」という。）第22条～第31条の3の技術基準を遵守しなければならない。また、火薬庫のうち実包又は空包を貯蔵する実包火薬庫は、規則第23条に基づき、保安物件¹との間に十分な保安距離²を確保し、万一の爆発に備えることが必要となっている。

昨今の実包火薬庫周辺環境をみると、周辺に住宅地が接近するといった市街地化の進展等により十分な保安距離を確保できず、貯蔵量の削減を余儀なくされるケースが見受けられる。また、自然災害に伴う火薬庫内の火薬類が流出する事故が発生しており、山間部に実包火薬庫を設置する場合には土砂崩れや土石流等の自然災害に巻き込まれる可能性があることを示している。

実包火薬庫の移転や貯蔵量の減少を余儀なくされている実状を踏まえ、実包火薬庫の安全性の確認実験で得られた知見を基に、実包火薬庫の貯蔵量に応じた保安距離の見直し等技術基準の改正を行う。

2. 改正の必要性

火薬類の貯蔵にあたっては、火薬類の万一の爆発等により、周辺に存在する家屋等の保安物件に与える危害を防止するため、火薬庫は、法令により、貯蔵する火薬類の種類や量、保安物件に対し確保すべき距離（保安距離）、火薬庫の構造条件等を定めている。なお、保安距離に関しては、規則第23条第1項の表においては、貯蔵する火薬類の種類と量に応じた距離が火薬庫の種類毎に定められており、同表において実包火薬庫は、一級火薬庫及び二級火薬庫と同

¹火薬庫の万一の発火又は爆発による影響から保護しなければならない物件のこと。国宝建造物、学校、市街地の家屋等が該当する（規則第1条第11号～第14号）。

²火薬庫における不慮の爆発に際しての危害を考慮し、予めその附近の物件に対して保有しておかなければならない距離のこと。

じ分類として整理されている。なお、当該表に定める保安距離の大きさは、貯蔵する火薬類の量を、爆薬のそれとして換算し、当該爆薬の爆発エネルギー（爆発により生じる爆風圧、爆発飛散物及び地盤振動に関するエネルギー）の減衰する距離を考慮し、設定されている。

一方、貯蔵できる火薬類が実包と空包のみに限られる実包火薬庫が、爆薬をはじめ様々な火薬類を貯蔵可能な一級、二級火薬庫と同分類に整理、規制されることが果たして適切かといった意見が出され、近年の住宅事情から、既存の実包火薬庫の周囲に人家が接近したため、貯蔵する火薬量の削減、又は、火薬庫の移転をせざるを得ないといった問題が生じている。このため、実包火薬庫に関しては、貯蔵する実包及び空包と、その貯蔵量に応じた危険性を評価し、当該危険性に応じた適切な保安距離や、安全に貯蔵するための基準の設定が必要となっている。

3. 安全性評価

(1) 実包火薬庫及び貯蔵火工品の安全性評価及び結果（別添1、2）

平成24年度に実施した「実包火薬庫の設置に係る技術基準検討事業」（委託事業）において、実包を加熱したときの発火温度やその挙動、伝火（実包を並べた状態で片側の実包を加熱、発火させた時のもう一方の実包への発火等の影響）状況等を確認した。また、実包火薬庫の周辺家屋や火薬庫内部の火災を想定した実証実験を行い、実包の爆発の影響及び伝爆の可能性について評価を行った。

なお、上記実証実験は、具体的には、法の技術基準に従った実包火薬庫に実包172,000個を貯蔵した状態で、火薬庫周辺の火災を模した外部火災実験を行い、さらに、実包火薬庫内に実包1,000個を貯蔵した状態で、火薬庫の内部火災を模した内部火災実験を行い、それぞれのケースにおいて貯蔵した実包の挙動、火薬庫内の温度等の各種データを取得した。

(2) 実包火薬庫の耐震評価及び結果（別添3）

実包火薬庫における保安距離を検討するためには、実包火薬庫の外壁等の健全性が確保されていることが前提となる。規則の構造基準を満たした10万個の実包の貯蔵を想定した鉄筋コンクリート製の実包火薬庫について、「官庁施設の総合耐震診断基準及び解説」に基づき、その外壁等の健全性が確保されるかどうかについての確認を行った。

4. 改正の具体的内容

主な改正点は以下の通り。

(1) 保安距離（規則第23条の緩和）

貯蔵量10万個（実証実験は安全を考慮し実包17.2万個により実施。）における実包火薬庫の実証実験において、外部火災実験では火薬庫内部の急激な温度上昇は見られず、貯蔵された実包の発火等は確認されなかった。また、内部火災実験では、燃焼する実包の挙動を確認するために故意に入口の扉を開放して実施したところ、入口からの実包の飛び出し以外の事象は確認されなかった。

実包火薬庫が外部の火災にさらされ、又は火薬庫内部に火災が発生した時の危険性を考慮した場合、実証実験結果から、現行の構造等の基準に則した実包火薬庫にあつては、外部火災による内部の実包等への熱の影響や、内部火災により実包が発火した場合の外部への影響を防止するための性能を有していることが明らかとなった。また、発火した実包の保有エネルギーは低く、実包庫の外扉（厚さ3mm以上の鉄板）を閉じていれば実包の飛散を阻止することは十分に可能であることが確認された。

以上のことから、実包及び空包の最大貯蔵量が10万個までの実包火薬庫については、保安距離をとらなくてもよいこととする。

(2) 避雷装置（規則第24条第12号の緩和）

設置が義務づけられている火薬庫の避雷装置は、落雷による火薬庫内部の火薬類への着火による不慮の火災を防止することが設置の主な目的であると考えられる。

実証実験結果から、貯蔵する実包の爆発や伝爆の発生は認められず、更に、最大貯蔵量10万個以下の実包火薬庫については、万一の内部火災による実包の発火に対する外部への影響を防止するための性能を有していることが明らかとなった。

以上から、当該避雷装置の設置義務を課さないこととする。

(3) 空地（規則第24条第14号の緩和）

火薬庫の境界には、野火や山火事等による延焼を防止するための、幅2メートル以上の防火のための空地を設けることになっているが、外部火災実験では、火薬庫内部の急激な温度上昇は見られず、貯蔵された実包の燃焼等は確認されなかった。

現行の構造等の基準に則した実包火薬庫にあつては、外部火災が発生した際に、内部の実包等への影響を防止するための性能を有していることが明らかとなった。

以上から、当該空地の設置義務を課さないこととする。

(4) 耐震性能（新規追加）

保安距離をとらない実包火薬庫が、外部火災や内部火災に対する安全を確保することの条件は、実包火薬庫の外壁等の健全性が確保されていることが前提である。このため、実包火薬庫の設置場所における最大地震動に対する耐震性能として、微細なひび割れを除き、その安全性が保たれることを新たな条件として課すこととする。

なお、実包火薬庫（規則に定める構造基準を満たすものであって、壁厚20cm、最大貯蔵量10万個、最大級の大きさのもの）が、大規模地震動においても外壁等の健全性を維持できるかどうかについては、その耐震性能を評価した結果、鉄筋の間隔やコンクリート等の仕様が適切であれば維持できる（鉄筋とコンクリートのはく離は生じうる）ことが分かり、建物は弾性変形内に収まることが別添3により確認された。

5. 今後のスケジュール

- 3月下旬～4月上旬 パブリックコメント
- 4月下旬 省令改正

実包火薬庫安全性確認のための実証実験

目次

1. 予備実験（伝爆試験）
 - 1) 加熱試験①〈水平並列〉
 - 2) 加熱試験②〈垂直並列〉
 - 3) 加熱試験③〈重並列〉
- 1-2. 予備実験（飛翔試験）
- 1-3. 予備実験（初速、飛距離等測定試験）
 - 1) 弾頭の初速と飛距離
 - 2) 弾頭衝突による損傷試験
 - ①被衝突体 材質：発泡スチロール
 - ②被衝突体 材質：合板
 - ③被衝突体 材質：コンクリート
2. 本実験
 - 1) 外部火災実験
 - 2) 内部火災試験

1. 予備実験（伝爆試験）

予備実験に使用した実包（ライフル実包）は次の通り。薬量は3～4g。
270WINは、国内で流通する狩猟用実包の中では薬量が極めて多い。用途は主に大型ほ乳動物の狩猟等に使用される。300H&Hは一般に国内では流通しておらず、銃の耐久性等の試験に用いられる。

略称	呼称	弾頭径		弾頭重量	
		(inch)	(mm)	(grain)	(g)
270WIN	270 Winchester 130GR	0.277	7.03	130	8.42
300H&H	300 H&H Magnum	0.308	7.82	180	11.66

(注) 1 グ레인(grain)=0.0648 グラム(g)



図 1-1-1 270WIN（上） 300H&H（下）

1) 加熱試験①〈水平並列〉

○実験内容

実包 2 個を並列に並べ、片方の実包を横からのトーチバーナーの炎により加熱、発火させた時のもう片方の実包への伝爆の有無等を確認した。

○実験結果

加熱された実包はバーナー側実包表面温度 200℃程で、雷管部やネック部（薬莖の絞り部）の破裂、弾頭の飛翔が見られた。隣接実包への伝爆は見られなかった。

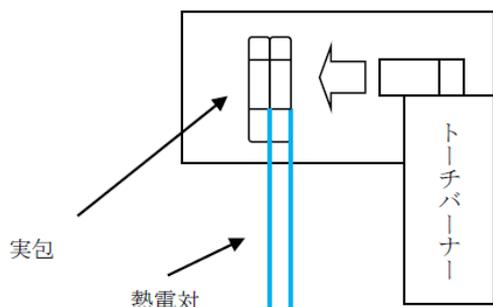


図 1-1-2 水平並列実験方法



図 1-1-3 300H&H (実験 3 回目)

2) 加熱試験②〈垂直並列〉

○実験内容

実包 2 個を垂直並列に並べ、片方の実包を下からのガスバーナーの炎により鉄板を介して加熱、発火させた時のもう片方の実包への伝爆の有無等を確認した。

○実験結果

加熱された実包は鉄板側実包表面温度 240℃程で、雷管部やネック部（薬莖の絞り部）の破裂、弾頭の飛翔が見られた。隣接実包への伝爆は見られなかった。

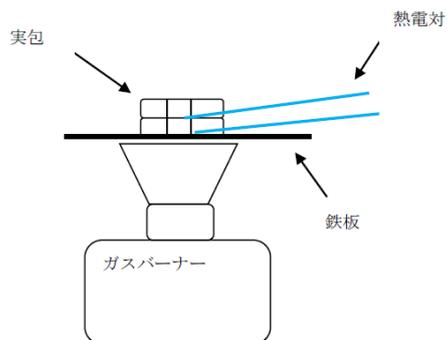


図 1-1-4 垂直並列実験方法



図 1-1-5 300H&H (実験 1 回目)

3) 加熱試験③〈重並列〉

○実験内容

実包を梱包状態で 20 個並べ、横からのトーチバーナーの炎により加熱、発火させた時の梱包内の実包への伝爆の有無等を確認した。

○実験結果

加熱された実包は箱内側温度 260℃程で、雷管部やネック部（薬莖の絞り部）の破裂が見られ、隣接実包への伝爆は見られなかった。なお、外箱の燃焼により内部の樹脂ホルダーは溶け、1 個目の実包が破裂した後の注水消火中にさらにもう 1 個の実包が破裂するケースも見られた。

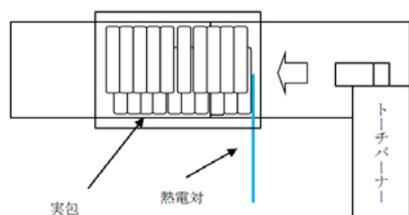


図 1-1-6 重並列実験方法



図 1-1-7 270WIN (実験 2 回目)



図 1-1-8 270WIN (実験 3 回目、発火は加熱中 1 個、消火開始後 1 個が破裂した。)

1-2. 予備実験（飛翔試験）

○実験内容

実包を横からのトーチバーナーの炎により加熱、発火させた時の弾頭の飛距離、初速を測定した。

○実験結果

加熱により破裂した実包の弾頭の初速は18.9～28.2 m/sであり、飛翔した弾頭は数メートル先の位置に着地したあと、最大で27.2 mまで到達するものがあった。

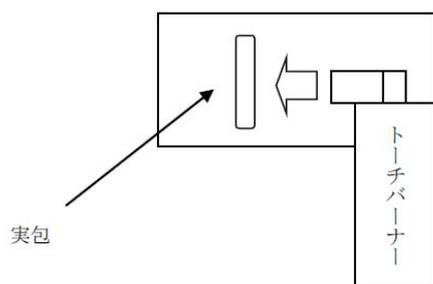


図 1-2-1 飛翔実験方法



図 1-2-2 300H&H（実験 3 回目）

番号	種類	発火状況	初速 (m/s)	薬莖 (m)	弾頭 (m)	着地点 (m)
4-1	300H&H	ネック部が発火、ほぼ同時に雷管部が発火→破裂、弾頭は回転しながら飛翔	28.2	17	25.4	-
4-2	300H&H	雷管部が発火→ネック部が発火→破裂、弾頭飛翔	22.5	3.6	27.2	7
4-3	300H&H	ネック部が発火→雷管部が発火→破裂、弾頭は回転しながら飛翔	21.1	6.8	22.2	7.3
4-4	270WIN	雷管部が発火→ネック部が発火→破裂、弾頭飛翔	18.9	5.5	-	8.3
4-5	270WIN	雷管部が発火→薬莖部伸長→ネック部が発火→破裂、弾頭飛翔	21.2	-	-	4.6

表 1-2-1 飛翔実験結果一覧

1-3. 予備実験（初速、飛距離等測定試験）

1) 弾頭の初速と飛距離

○実験内容

市販のスリングショット（ゴム鉄砲）を用いて、ゴムの伸びと弾速の関係、弾頭の初速と飛距離の関係を確認した。

○実験結果

ゴムの伸び、弾頭の初速、飛距離の結果は表 1-3-1 のとおり。



図 1-3-1 スリングショット



図 1-3-2 実験の様子

番号	実包種類	ゴム長さ/cm	弾初速/m/s	着地点距離/m	ころがり 到達距離/m
1	270WIN	40	24	6.4	17.3
2	〃	〃	24	7.2	17.8
3	〃	〃	24	6.4	20.6
4	〃	60	36	12.7	34.5
5	〃	〃	36	13.0	34.7
6	〃	〃	36	12.3	34.7
7	〃	80	47	18.7	55.7
8	〃	〃	47	21.7	55.7
9	〃	〃	47	22.9	55.7
10	300H&H	50	24	8.4	26.4
11	〃	〃	24	10.0	20.0
12	〃	〃	24	10.4	35.9
13	〃	70	38	20.7	43.0
14	〃	〃	38	20.8	53.2
15	〃	〃	38	19.8	44.4
16	〃	80	45	19.8	39.5
17	〃	〃	45	22.1	55.7
18	〃	〃	45	18.3	55.7

表 1-3-1 弾頭の初速と飛距離

2) 弾頭衝突による損傷試験

○実験内容

二種類の弾頭について、異なる初速により被衝突体（〈材質〉発泡スチロール、合板、コンクリート）の損傷状況を確認した。

○実験結果

損傷等結果は表 1-3-2、1-3-3、1-3-4 のとおり。飛翔実験では、実包は破裂の際、弾頭がおよそ 19～28 m/s の初速度で飛翔することが確認されているが、当該実験により、数ミリの合板を損傷させる程の威力であることが確認できた。

①被衝突体 材質：発泡スチロール

番号	実包種類	ゴム長さ/cm	弾初速/m/s	貫入深さ/mm	板厚/mm	備考
1	270WIN	40	24	12	50	
2		〃	24	14	50	
3		60	36	貫通	50	
4		〃	36	貫通	100	
5		〃	36	160	300	
6		80	47	貫通	300	
7		〃	47	230	300	底部から侵入
8	300H&H	50	24	60	300	
9		〃	24	25	300	
10		70	38	155	300	
11		〃	38	130	300	
12		80	45	210	300	
13		〃	45	210	300	

表 1-3-2 弾頭と損傷の関係（発泡スチロール）



図 1-3-3 貫通状況（表 1-3-2 「番号 3」）



図 1-3-4 損傷状況（表 1-3-2 「番号 12, 13」）

②被衝突体 材質：合板

番号	実包種類	ゴム長さ/cm	弾初速/m/s	貫入深さ/mm	板厚/mm	備考
1	270WIN	40	24	弾頭の跡が少々	2.4	
2		〃	24	弾頭の跡が少々	2.4	
3		60	36	穴が開く(反射)	2.4	
4		〃	36	穴が開く(反射)	2.4	
5		80	47	貫通	2.4	33m転がる
6		〃	47	貫通	2.4	26m転がる
7	300H&H	50	24	弾頭の跡が少々	2.4	
8		〃	24	弾頭の跡が少々	2.4	
9		70	38	貫通	2.4	
10		〃	38	貫通	2.4	
11		80	45	弾頭の跡が大	4	
12		〃	45	貫通	4	
13		〃	45	弾頭の跡が少々	8	
14		〃	45	弾頭の跡が少々	8	

表 1-3-3 弾頭と損傷の関係 (合板)



図 1-3-5 貫通状況 (表 1-3-3「番号 10」)

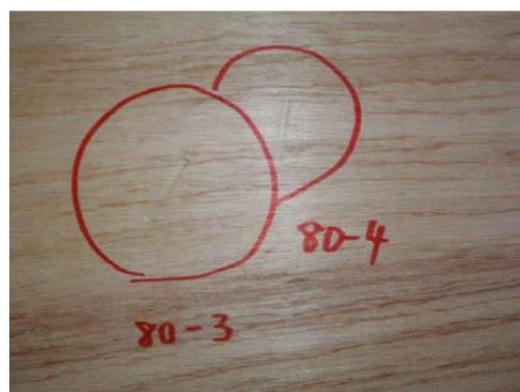


図 1-3-6 損傷状況 (表 1-3-3「番号 13, 14」)

③被衝突体 材質：コンクリート

番号	実包種類	ゴム長さ/cm	弾初速/m/s	貫入深さ/mm	板厚/mm	備考
1	270WIN	80	47	弾頭の跡が残る程度	50	跳ね返りで保護アクリル板貫通
2	〃	〃	47	弾頭の跡が残る程度	50	
3	300H&H	〃	45	弾頭の跡が残る程度	50	弾がバナナ状に変形
4	〃	〃	45	弾頭の跡が残る程度	50	弾がバナナ状に変形

表 1-3-4 弾頭と損傷の関係 (コンクリート)

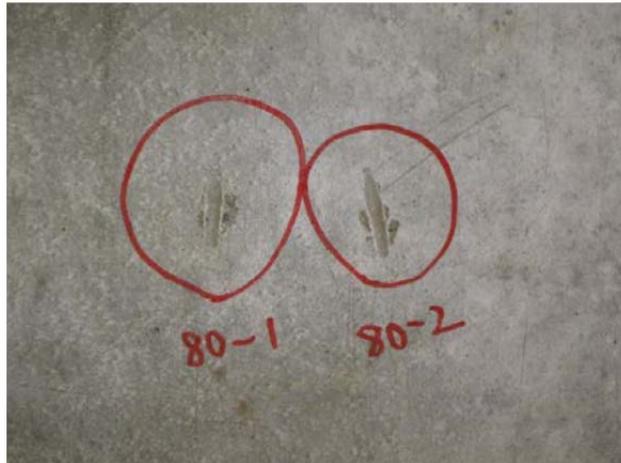


図 1-3-7 損傷状況 (表 1-3-4 「番号 3, 4」)

2. 本実験

1) 外部火災実験

○実験内容

火薬類取締法に定められた技術基準に沿った実包火薬庫に実包 17.2 万个を設置した状態で、薪と灯油による外部火災を模した実験（火炎に対する暴露時間はおよそ 60 分）を行い、設置した実包の挙動、火薬庫内の温度等の各種データを取得した。

○実験結果

火炎の温度は 800℃を越え、コンクリート外壁の温度は最大 543℃まで上昇したが、コンクリート内壁の温度は最大 23℃（外気温程度）であり、室内温度は最も高いところで 46.2℃であった。本実験の結果、厚さ 20 cm の鉄筋コンクリート壁は一定の断熱性能を有し、およそ 60 分の火炎においては実包火薬庫内部の雰囲気温度は、実包が破裂する温度には至らないことが確認された。

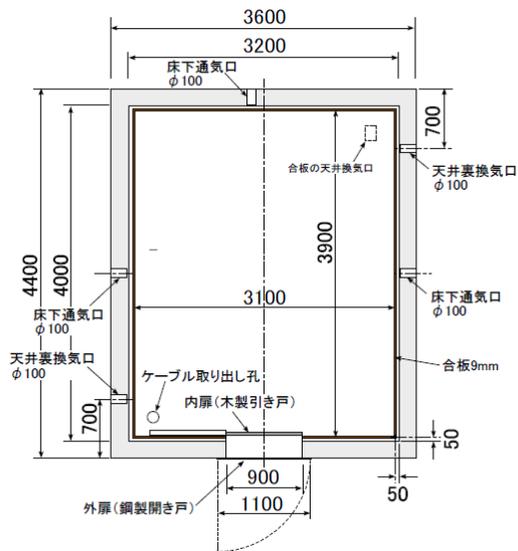


図 2-1 実包火薬庫俯瞰図



図 2-2 実包火薬庫外観



図 2-3 実包火薬庫内部



図 2-4 実包の設置状況



図 2-5 薪の設置状況



図 2-6 薪による外部模擬火災状況

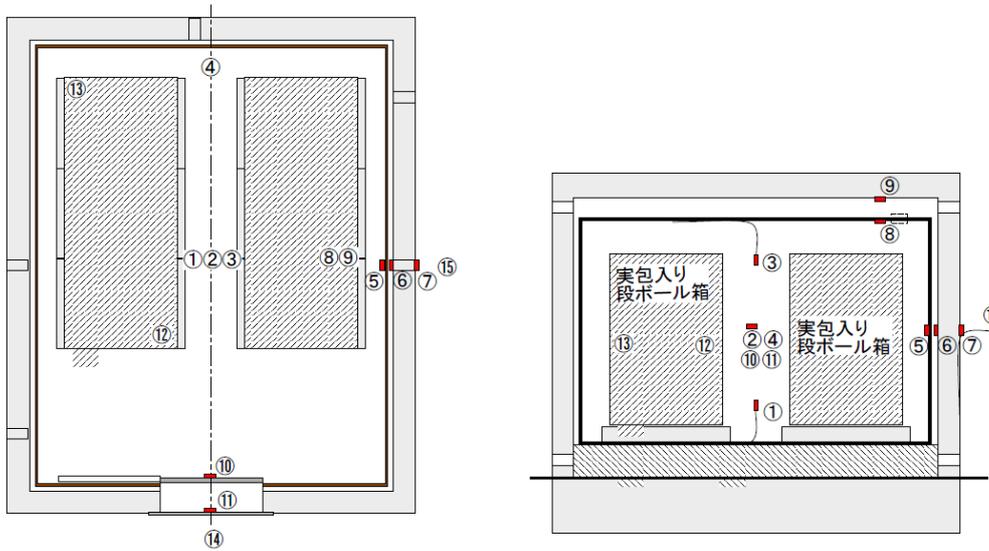


図 2-7 熱電対温度計測位置

ch	初期値	15 分後	30 分後	45 分後	60 分後	最大値	最大値-初期値
1	23.5	23.0	23.4	24.6	24.8	24.8	1.3
2	23.7	23.6	26.6	31.8	32.3	32.3	8.6
3	23.8	27.3	40.0	45.9	43.5	46.2	室内温度最大値
4	23.5	23.4	26.4	31.1	31.2	31.3	7.8
5	23.1	23.0	25.4	29.4	29.9	29.9	6.8
6	21.5	21.6	21.8	22.2	23.0	23.0	コンクリート内壁温度
7	27.5	235.5	376.7	320.4	237.6	543.5	コンクリート外壁温度
8	23.3	24.6	32.2	37.0	35.9	37.0	13.7
9	21.7	22.0	22.5	22.9	23.7	23.7	2.0
10	25.2	56.1	111.7	119.0	107.4	121.9	96.7
11	32.2	177.5	333.0	269.7	225.2	338.1	305.9
12	26.0	25.7	25.3	26.5	27.3	27.3	1.3
13	25.8	25.5	25.2	25.2	24.8	25.9	0.1
14	27.8	312.6	806.4	616.2	503.2	881.7	853.9
15	26.5	494.1	467.0	449.2	191.9	936.0	909.5

表 2-1 外部火災実験時の熱電対温度 (°C)

2) 内部火災実験

○実験内容

実包火薬庫内部に実包 1 千個を設置し、外扉を開けた状態で薪と灯油による内部火災を模した実験を行い、設置した実包の挙動、火薬庫内の温度等の各種データを取得した。

○実験結果

点火後、火炎温度は急速に上昇し、実包の入った段ボール中に設置した熱電対温度が点火 106 秒後に 240℃に達すると実包の破裂音が聞こえ始め、10分を過ぎると破裂音は聞こえなくなった。燃焼により、設置した実包は順次破裂し、その一部は扉開放部から外に飛散したが、1千個の実包が爆ごうに至ることはなかった。なお、コンクリート外壁の温度に主立った変化は見られなかった。



図 2-8 内部模擬火災の様子

領域	破片 (樹脂)	破片 (金属)	弾頭 (中空)	弾頭	葉莢	雷管	区間合計
0-2m	0	5.332	2.939	81.354	298.478	0	388.103
2-4m	0	3.662	0	46.580	101.821	0	152.063
4-6m	0	3.728	0	58.268	30.115	0	92.111
6-8m	2.520	2.011	0	23.248	0	0	27.779
8-10m	1.735	2.428	2.903	58.147	14.107	0	79.320
10-12m	0.298	1.516	0	23.323	0	0	25.137
12-14m	0	0.891	2.802	58.203	13.984	0	75.880
14-16m	0	0.594	0	23.325	59.003	0.230	83.152
16-18m	0.294	1.079	0	69.841	88.396	0.228	159.838
18-20m	0	1.150	0	46.614	74.677	0	122.441
20-22m	0.865	0	0	46.510	146.198	0	193.573
22-24m	0	0.318	0	46.554	13.549	0	60.421
24-26m	0	0	0	46.589	28.721	0	75.310
28-30m	0	0	0	11.626	0	0	11.626
34-36m	0	0	0	11.633	13.720	0	25.353
40-42m	0	0	0	0	13.619	0	13.619

(備考) 弾頭 (中空) は鉛が溶けて抜けた弾頭

表 2-2 扉開放部から飛散し回収された試料一覧 (単位: g (グラム))

実包火薬庫安全性確認のための「追加」実証実験
(散弾実包に関するもの)

目次

1. 実験内容及び結果
 - (1) 直接加熱実験
 - (2) 鉄板加熱実験① (実包縦置き)
 - (3) 鉄板加熱実験② (実包横置き)
 - (4) 一斗缶内部燃焼実験
2. 発火に関するデータ

当該追加実験に使用した実包 (散弾実包) は次の通り。

呼称	商品名	散弾 総重量	散弾 1 粒の 重量	粒数	個箱入数
射撃用装弾	B&P コンペティションワン T24 24g 7.5	24g	0.08g	約 300	25 発
狩猟用 9 粒装弾	レミントン RXP-S 00BK	32.8g	3.644g	9	10 発
狩猟用スラッグ装弾	レミントン RXP S-RS	28.3g	28.3g	1	10 発



(左) 狩猟用スラッグ装弾、(中) 狩猟用 9 粒装弾、(右) 射撃用装弾

以下において、射撃用装弾 (T 2 4) を「射撃用」、狩猟用 9 粒装弾 (B K) を「9 粒」、狩猟用スラッグ装弾 (R S) を「スラッグ」と言う。

1. 実験内容及び結果

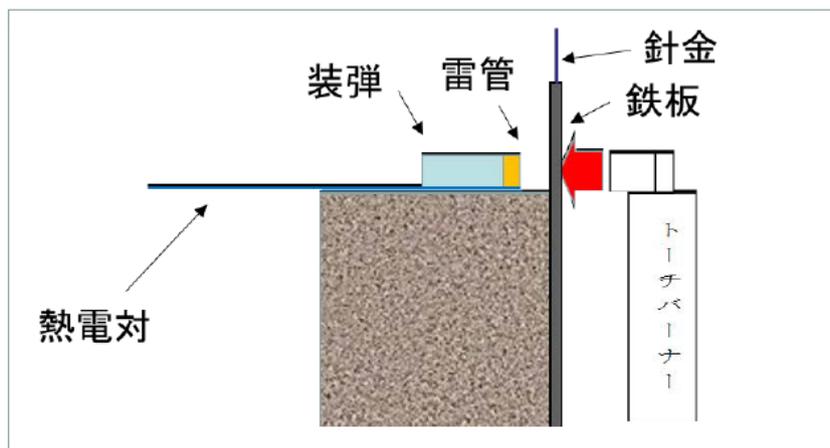
(1) 直接加熱実験

○実験内容

耐火煉瓦の上に散弾実包を1個置き、横からガストーチバーナーで散弾実包底部にある雷管部を加熱（その際、図の鉄板は引き抜き、バーナーの炎を雷管に直にあてる。）し、発火させて場合の温度及び散弾実包の挙動を観察した。

○実験結果

射撃用及びスラッグについては加熱により雷管が発火するとともに、プラスチックケースの側面が溶け、内部の火薬が外に飛散した。いずれも散弾等の飛翔は生じなかった。9粒については、雷管の発火とともに散弾が初速約7.7 m/sで飛び出し、周囲の合板に衝突した。



直接加熱実験方法

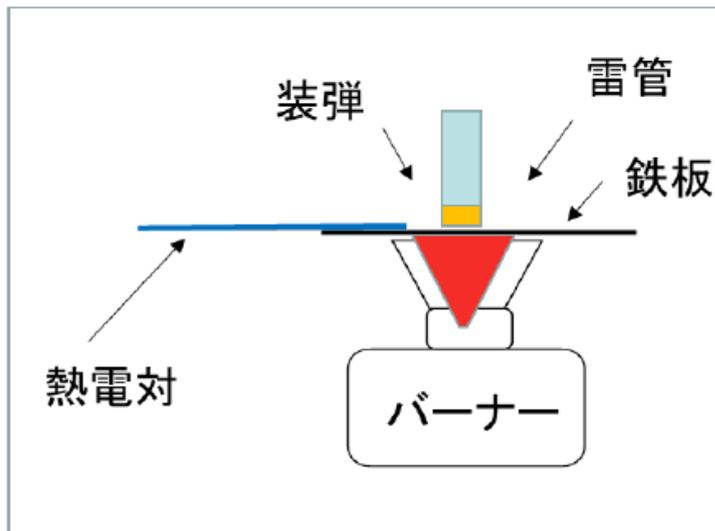
(2) 鉄板加熱実験①（実包縦置き）

○実験内容

鉄板の上に散弾実包を1個、縦置き（雷管部が鉄板に接する向き）に置き、鉄板の下からガストーチバーナーで加熱し発火させた場合の温度及び散弾実包の挙動を観察した。

○実験結果

射撃用は雷管が発火し、プラスチックケース側面が破れ火薬が外に飛散した。散弾の飛出しは生じなかった。9粒及びスラッグについては、雷管の発火により散弾、スラッグ弾が飛び出し、初速はそれぞれ約20.3 m/s、9.3 m/sであった。



鉄板加熱実験①方法

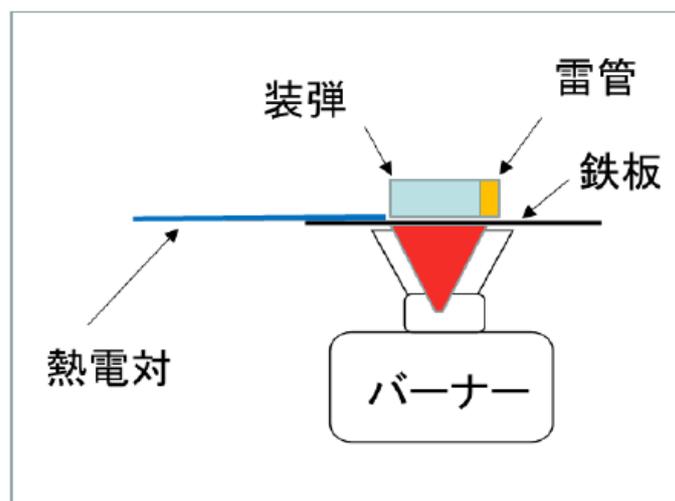
(3) 鉄板加熱実験② (実包横置き)

○実験内容

鉄板の上に散弾実包を1個、横置き（装弾を横に倒して置く向き）に置き、鉄板の下からガストーチバーナーで加熱し発火させた場合の温度及び散弾実包の挙動を観察した。

○実験結果

射撃用及び9粒は、加熱によりプラスチックケースが溶け、側面から火薬が噴出し、発火した。9粒については、火薬の発火により散弾が飛び出し、その初速は約18.6 m/sであった。（本実験は、射撃用及び9粒のみ実施。）



鉄板加熱実験②方法

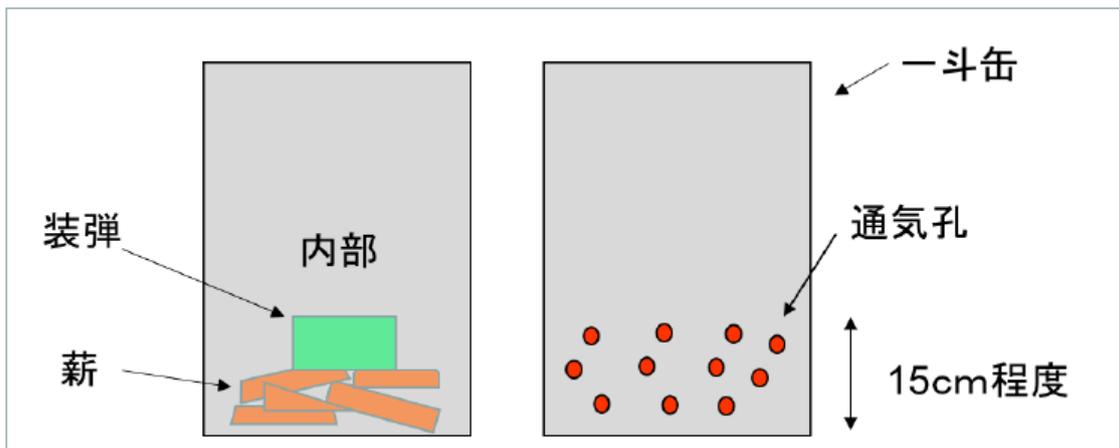
(4) 一斗缶内部燃焼実験

○実験内容

一斗缶内部に薪を配置し灯油を撒き、その上に散弾実包入りの小箱1ケースを配置し、灯油が付着した薪に着火して内部火災を起こした場合の散弾実包の挙動を観察した。

○実験結果

射撃用、9粒、スラッグ共に、散弾実包が一度に発火、破裂するのではなく、そのタイミングはバラバラであった。実験開始4～7分ほど経過すると、散弾実包の燃焼音や破裂音は聞こえなくなった。散弾やスラッグ弾は熱で溶けた後、固化した様子が観察された。一部、雷管が、自身の発火により一斗缶の壁を破って飛び出した痕も散見された。



一斗缶内部燃焼実験方法

2. 実験データまとめ

(1) 1. (1) ~ (3) における散弾等の飛出し状況

	弾種	散弾等飛出し	初速
直接加熱	射撃用(T24)	無し	-
	9粒(BK)	有り	7.7 m/s
	スラッグ(RS)	無し	-
鉄板加熱①	射撃用(T24)	無し	-
	9粒(BK)	有り	20.3 m/s
	スラッグ(RS)	有り	9.3 m/s
鉄板加熱②	射撃用(T24)	無し	-
	9粒(BK)	有り	18.6 m/s
	スラッグ(RS)	-	-

(2) 雷管等発火時間、熱電対温度データ

No.	方法	試料 ^(※1)	温度 ^(※2)	備考
1	直接加熱	T24	77°C	雷管発火まで6秒
2	〃	BK	99°C	雷管発火まで6秒
3	〃	RS	174°C	雷管発火まで13秒
4	鉄板加熱①	T24	124°C	雷管発火まで106秒
5	〃	BK	174°C	雷管発火まで132秒
6	〃	RS	200°C	雷管発火まで156秒
7	鉄板加熱②	T24	-	雷管発火まで199秒
8	〃	BK	378°C	雷管発火まで268秒
9	一斗缶燃焼	T24	279°C	燃焼時間9分(最後の破裂音まで4分経過)
10	〃	BK	217°C	燃焼時間9分(最後の破裂音まで4分経過)
11	〃	RS	138°C	燃焼時間12分(最後の破裂音まで7分経過)

(※1) T24：射撃用装弾、BK：狩猟用9粒装弾、RS：狩猟用スラッグ装弾

(※2) 温度は発火時の熱電対の指示温度。尚、No.9~10は燃焼終了時の缶内の温度。

実包火薬庫の耐震評価

1. 診断の概要

実包等 10 万個の貯蔵が可能な実包火薬庫であって、想定される中で最大の大きさのものについての耐震診断を行った。耐震診断方法については建物の構造や用途等により複数の方法が存在するが、本診断にあたっては、実包火薬庫の構造が鉄筋コンクリート製であることにより、危険物貯蔵施設等を含む官庁施設に対し耐震計算の際に安全率（重要度係数）を設定している「官庁施設の総合耐震診断基準及び解説」に基づき行うこととした。

上記診断基準では、実包火薬庫の構造上主要な部分である外壁、梁が、地震力に対し十分な応力（許容応力度）を有し、建物が弾性変形内にとどまるかどうかを確かめる、いわゆる一次設計と、建物自体が有する水平方向に対する耐力（保有水平耐力）が、建物に及ぼす水平地震力に対して十分な耐力を有するかどうかを確かめる二次設計により診断を行った。

2. 診断対象

(1) 基本情報

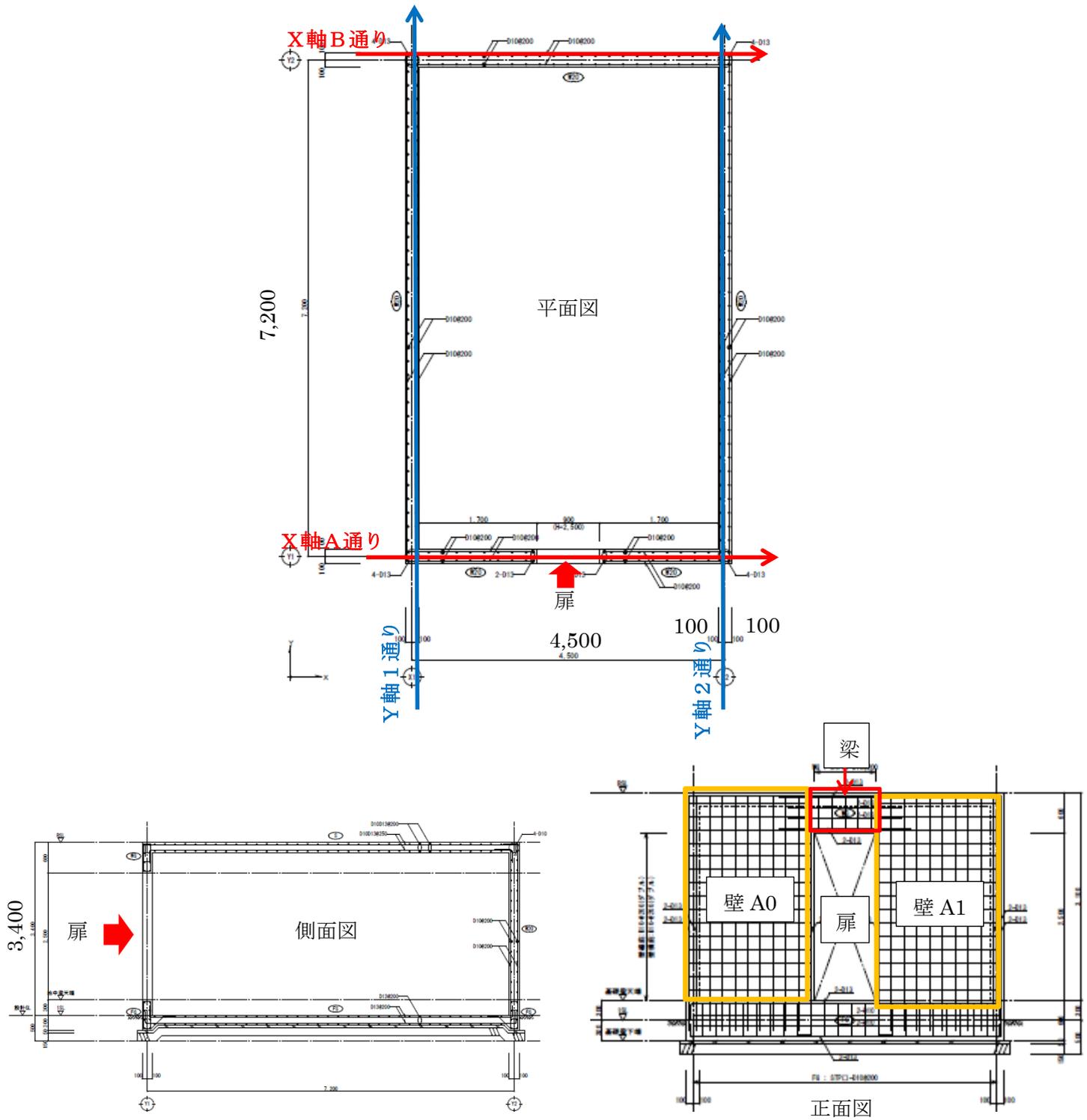
①構造

- ・階数：地上 1 階
- ・構造種別：鉄筋コンクリート造
- ・コンクリート厚さ：20 cm（壁、天井）
- ・延床面積：32.4 m²

②部材

- ・コンクリート強度：18 N/mm²
- ・配筋：
 - ・壁、天井面は、D10mm、縦横 200mm 間隔（一部上下端筋については D13mm を使用）
 - ・ダブル配筋（縦横 D10-@200 配筋を並列に配筋）

(2) 実包火薬庫概略図



3. 大規模地震動の設定

本来は、実包火薬庫の設置場所における最大地震動によって耐震性能の評価を行うべきであるが、本評価では、震度7相当の地震動において評価を行うこととし、以下の考え方によりそれを設定した。

耐震診断では地震力により生じる建物の加速度が「せん断力係数 C_i 」として表される。これは、想定する地震の大きさによって定められる「標準せん断力係数 C_0 」に建物が有する固有周期等を考慮、補正して算出される。なお、地震の加速度を1Gとした時の標準せん断力係数 C_0 は1.0にあたる。

大規模地震動の設定に際しては、気象庁震度階級が震度0～7までの10段階（震度5、6はそれぞれ強弱の2段階）で区分されており、最大震度7の場合の加速度は約600gal以上となることから、地震による加速度を1G（約980gal相当）、 $C_0=1.0$ とした場合の震度7に相当する地震を、本診断では大規模地震動とみなすこととする。

なお、一次設計における許容応力度計算に際しては、通常的地盤において $C_0=0.2$ 、軟弱地盤で0.3と設定されるどころ、2倍以上の加速度を想定し、 $C_0=1.0$ で算出することとする。また、二次設計における保有水平耐力の計算においても、最大震度7の加速度約600galに対し2倍以上の加速度を想定し、 $C_0=1.5$ により算出する。

4-1. 一次設計による判定基準と結果

(1) 判定基準

実包火薬庫の外壁、梁が、大規模地震動の地震力に対し十分な応力（許容応力度）を有し、建物が弾性変形内にとどまるかどうかを確認する。

(2) 判定結果

⇒各部材において、許容応力度を「満足する」結果となった。

算定の結果、外壁、梁が有する許容応力が地震力に対する応力を上回ることが分かり、建物は弾性変形内に収まることが確認された。ただし、入口上部に位置する梁の鉄筋がコンクリートから剥がれるとの判定結果であったため、一部微細なひび割れが生じうる結果となった。

4-2. 二次設計による判定基準と結果

一次設計の判定結果から、大規模地震動に対し、部材の許容応力度から建物が弾性変形内に収まることが確認されたが、建物の構造体としての機能が維持されているかどうかについて、補足的に以下による二次設計を行った。

(1) 判定基準

建物自体が有する水平方向に対する耐力（保有水平耐力）が、水平地震力に対して十分な耐力を有するかどうかを、以下の式により判定する。

その際、建物の用途によって考慮する重要度係数「I」値の設定に際しては、災害対策施設等の重要施設に求められる最も高い値「1.5」を採用する。なお、 Q_u と Q_{un} に関する式「 $Q_u / (I \cdot \alpha \cdot Q_{un})$ 」を耐震指標 $G I_s$ と呼ぶ。

$$1.0 \leq Q_u / (I \cdot \alpha \cdot Q_{un})$$

(α は補正係数。壁構造等により定められるもので、本件の場合1.0となる。)

Q_u : 保有水平耐力

Q_{un} : 必要保有水平耐力（地震力に対する建物の応力）

I : 重要度係数

(2) 判定結果

- ・ X方向 : $G I_s = 1.156$ (≥ 1)
- ・ Y方向 : $G I_s = 2.586$ (≥ 1)

⇒以上から、二次設計での耐震性能に「問題ない」結果となった。

5. まとめ

一次設計により、規則に定める構造基準を満たす実包火薬庫は、鉄筋の間隔やコンクリート等の仕様が適切であれば、大規模地震動に対し、外壁等の健全性が維持できる（鉄筋とコンクリートのはく離は生じうる）ことが分かり、建物は弾性変形内に収まることが確認された。

よって、技術基準に「対象となる実包火薬庫の構造が、耐震性能面において、微細なひび割れを除き安全性が保たれること」を条件として加えた場合であっても、この条件を満たす実包火薬庫を設置することは可能であることが分かった。

「実包火薬庫」の追加技術基準 (最大貯蔵量10万個以下の実包火薬庫について)

現行の実包火薬庫のうち、最大貯蔵量が10万個以下、構造が厚さ20cm以上の鉄筋コンクリート造、最大地震動に対し安全性が損なわれないこと条件を満たす場合、保安距離や避雷装置の設置の義務を課さない等の技術基準を追加する。

「実包火薬庫」の技術基準(現行)

- 保安物件に対する保安距離
- 鉄筋コンクリート造は壁、屋根厚20cm以上、煉瓦造、石造等は壁厚30cm以上
- 位置は湿地を避けて選定
- 構造は鉄筋コンクリート造、煉瓦造、石造等
- 基礎は堅ろう高位
- 入口の扉は二重、外扉は耐火扉で厚さ3mm以上の鉄板
- 窓を設ける場合は地盤面から1.7m以上の高さ
- 床の高さ、内面板張り、換気孔は金網張り
- 暖房設備を設ける場合は温水以外のものを使用しない
- 照明は防爆式の電燈
- 避雷装置の設置
- 境界に幅2mの防火のための空地
- 警戒設備設置
- 警鳴装置、夜間点燈、等

「実包火薬庫」の技術基準(追加)

- 最大貯蔵量10万個以下
- 厚さ20cm以上の鉄筋コンクリート造
- 最大地震動に対し安全性が損なわれないこと

- 位置は湿地を避けて選定

- 基礎は堅ろう高位
- 入口の扉は二重、外扉は耐火扉で厚さ3mm以上の鉄板

- 床の高さ、内面板張り、換気孔は金網張り
- 暖房設備を設ける場合は温水以外のものを使用しない
- 照明は防爆式の電燈

- 警戒設備設置
- 警鳴装置、夜間点燈、等