

し、且つ既存工場より1 km以上離隔せる位置に其の敷地を求むること。

- (3) 副産物其他の附属工場とも成るべく1 km以上離隔せしむること。
- (4) 寄宿舍・社宅等とも1 km以上離隔せしむること（「従業員の住居」の項参照）。

3. 規模

- (1) 工場は成るべく2箇以上の単位とし、其の配置を分散疎開せしむること。
- (2) 敷地と建築予定面積との割合は常に30%を超過せしめざることを。

4. 形状

- (1) 敷地の形状は所在地の地形と融合せしめ、規則正しき幾何學的形態を避け、樹木等は之を伐採せず、支障なき限り従來の起伏其他の地形を變更せざることを。
- (2) 埋立して敷地を設くる場合にも、附近の地形・地物との融合近似を考慮すること。

5. 其他

前記各號を適宜勘案し、特に建設當初より豫め最終擴張計畫を目標として實行案を企畫し、配管・配線等に至るまで周到綿密なる計畫を樹立するを要す。

4. 供給施設

1. 供給能力

數箇所より供給を受くる場合、萬一其の1箇所に災害を受くるも、他の箇所より充分に供給し得る能力あるを要す。

2. 配置

(A) 電力

- (1) 自家用水力發電所を建設する場合は成るべく上空よりの發見を困難とする如き山麓を選び、建物は耐弾構造とし、且つ周囲と融合する如く偽装すること。
- (2) 取入口に就ても耐弾構造を考慮し、併せて偽装を計ること。
- (3) 水壓管に就ても耐弾構造を考慮し、且つ水路・水壓管とも植樹等の方法により偽装を計ると共に、萬一破壊せられたる場合を考慮し、排水溝を設くること。
- (4) 電力は成るべく2系統以上より供給を受け、且つ其の相互間を離隔し置くこと。
- (5) 工場内の配線は環狀式とすること。

(B) 用水

- (1) 用水は離隔せる2箇所以上より取入れること。
- (2) 各送水管路は互に離隔せしめ、工場内に於ては環狀式配管とすること。

3. 切換

(A) 電力

- (1) 災害により一方の送電線使用不能となるも、他の完全なる線路より送電し得る如くスイッチを配置すること。
- (2) 取入口に就ても耐弾構造を考慮し、併せて偽装を計ること。
- (3) 工場内環狀式配線に對しても1箇所に災害あるも配置に支障なき様スイッチを配置すること。

(B) 用水

1箇所に災害あるも送水に支障なき様配管に考慮すること。

4. 防護要領

- (1) 用水取入口のポンプ室は防護を考慮し、送水管を露出せしめざることを。
- (2) 用水取入口の周囲は植樹其他の方法により偽装を施し、目標にならざる様努むること。

5. 運搬施設

1. 配置

- (1) 原料並に製品の運搬施設は2系統（例へばベルトコンベアーとトラック、鐵道と道路の如く）とすること。
- (2) 工場内引込線は環狀式とすること。
- (3) 貯藏場所は2箇所以上に設置すること。
- (4) 原料の貯藏は災害時に於ける運搬施設の修繕期間を考慮したる必要量を確保し置くこと。

2. 運輸能力

石炭・石灰共各1系統の運輸機關に災害を生ずるも、殘餘の機關にて操業繼續に必要な容量を運搬し得るものとすること。

3. 轉換

工場内線路配置を環狀式とし、適當に轉換裝置を設くること。

4. 防護要領

- (1) 運搬施設の重要部（例へば機關車・電動機室等）の防護に付考慮すること。
- (2) 災害時には直ちに復舊し得る様軌條・枕木・轉轍器・轉叉の豫備を適當に準備し、且つ之を分散的に配置し置くこと。

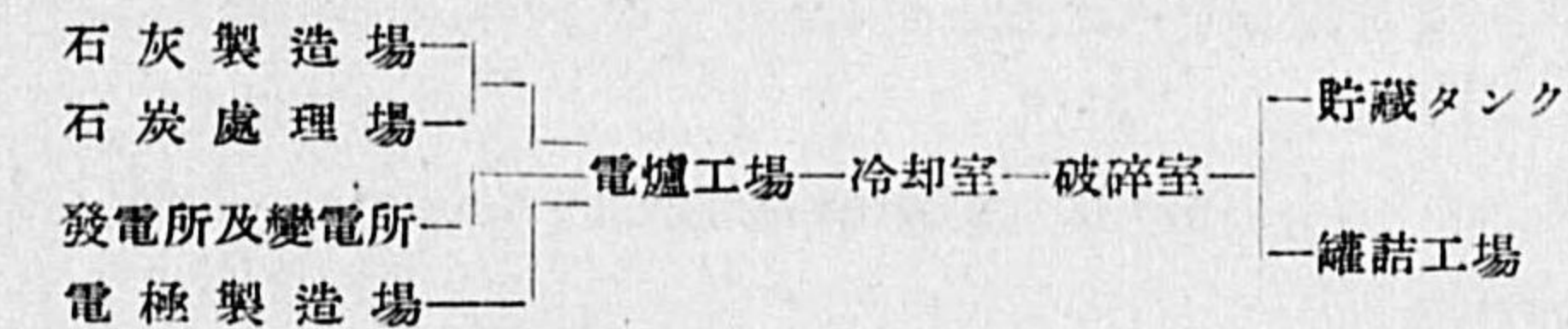
6. 作業場

1. 各作業別の單位

工場全體の受電能力に應じ適當に單位を選定すること。

（現今使用さるゝ電爐容量は最小500 kw、最大25000 kwの各種あり）

2. 作業の配列



3. 平行的作業の離隔距離

同種の平行的作業場間は25 m以上離隔せしむるを要す。止むを得ず之以下と爲す場合は、相互間に所要の高さの防弾隔壁を設くること。

4. 建物の構造

建物は可及的耐火構造（鉄筋コンクリート構造又は鉄骨構造の類）とし、木造を避けること。

5. 建物の大きさ

鉄筋コンクリート構造以外の建物は成る可く多層階を避け、用途上特に止むを得ざる場合の外は1棟の建築面積を3000m²以下と爲すこと。

(i) 建物の形態

- (1) 建物は同一規模形態のものを規則正しく配置するが如きことを避け、努めて高さ・方向・屋根形態・屋根面積等に變化を與ふる如く考慮すること。
- (2) 廣大なる屋根面積に対しては上空より1建物として認知し難き様屋根形態及屋根葺材料等に變化を與ふること。又長大なるものは軒高・屋根等に變化を考慮し全面の分割を計ること。
- (3) 建物の平面形及配列が防弾防毒上不利なるコ・ロ・日・田形等の閉鎖形を爲さざる様考慮すること。

(ii) 開口部の面積及位置

- (1) 建物の開口部（窓・出入口其他）の面積は作業上支障なき限度に於て成る可く小ならしむること。
- (2) 天窗・屋根の傾斜窓等は之を避け、鉛直面よりの採光を考慮すること。
- (3) 窓は採光に差支へ無き限り其の下端を室内要部の高さとし、高所の窓には足場等を豫め考慮すること。

6. 高熱作業場の燈火管制

火熱・瓦斯・煙・粉塵等を著しく發生する作業場にありては、局部遮蔽或は遮光板等により光線を2屈折又は3屈折せしむると共に、排氣口面積を吸氣口面積の3倍以上たらしむる等の方法により通風換氣の効果を大ならしむる様考慮すること。

7. 重要施設の防護要領

- (1) 重要施設又は危険物施設等は作業上支障無き限り成る可く半地下又は防護力充分なる地下に之を設けること。
- (2) 作業場の腰壁は要部の高さ迄を防弾構造となし、作業場内個々の重要施設に対しては支障なき限り防護壁等により區劃を設けるか又は小間仕切となすこと。
- (3) 地盤に近き位置（例へば地盤よりの高さ5m以内）に在る開口には防弾片施設又は防弾扉を設けること。

7. 危険物施設

1. 製造・貯蔵設備

- (1) 空襲の際水とカーバイドの接觸を速かに遮断し得る如く装置し置くこと。
- (2) 貯蔵は成る可く小容量とすること。
- (3) タンク群相互の間隔は25m以上とすること。

(4) 他施設よりの離隔距離も亦前項に準ずること。

2. 施設の防護要領

建物の防護は前述の工場建築物の場合に準ず。

- (1) 貯蔵槽群の周囲には相當防弾力ある防護壁を設けること。
- (2) 被害を受けたる場合、水とカーバイドとが接觸せざる様注意すること。

8. 人命防護施設

1. 方針

工場の全従業員を收容するに足る「耐弾防護室」を設置するを以て原則とす。

鉄筋コンクリート造建築物・地下倉庫・地下道の類を設ける場合には、之を耐弾防護室として利用し得る如く豫め其の構造設備を計畫し置くものとす。

耐弾防護室を設け得ざる場合には「待避所」を設く。待避所は工場に在る全従業員を迅速且つ有効に分散待避せしめ得る如く整備すること。

2. 待避所の位置及規模

- (1) 待避命令の傳達に依り速かに待避し得る様作業位置に近接して設けること。但し危険物を處理・製造又は貯蔵する作業場其他破壊に因り周囲に危害を及ぼす恐れ大なる施設に在りては、之等より相當離隔したる位置に設けること。
- (2) 1箇所當りの待避人員は成るべく5名以下とし、且つ待避所は相互間隔10m以上を保有せしむる如く分散配置して設けること。

3. 待避所の形式及構造

- (1) 待避所は地下式を原則とす。地下に設けること困難なる場合又は地下式のみを以ては收容力不足する場合は地上に設けること。
- (2) 屋外に設ける待避所は、特に地形・地物の利用を圖ること。此の場合各種飛散物及高射砲弾片等に抗する程度の掩蓋を設けるを要す。
- (3) 工場内所在の鉄鋼材其他の重材料・機械器具・製品棚・臺等にして堅牢なるもの、鉄筋コンクリート造腰壁・ピット類・防火用砂箱等を適宜利用して待避所を設けること。此の場合之等利用すべき材料の厚並に之に附加構築すべき壁體の厚は弾片に対して防護するに足り、且つ其の構造は爆風に耐へ得るものたるを要す（防護壁の厚並に構造に關しては昭和18年10月内務省防空局制定「工場防空指針」中「防弾」の項参照）
- (4) 鉄筋コンクリート造建築物・地下倉庫・地下道の類ある場合は、之を待避所に利用すること。此の場合防護區劃を設け、被害の波及を局限すること。
- (5) 待避所毎に之を利用すべき従業員を豫め明確に定め置くこと。
- (6) 待避を迅速ならしむる爲、必要に應じ作業場に非常口を整備すること。

4. 救護所

工場には救護所を整備するを要す。

救護所は耐弾構造を以て原則とす。

耐弾構造たらしめ得ざる場合には少くとも防弾片施設たらしむるを要す。防弾片施設の要領は待避所に準ず。

9. 従業員の住居

本書 73~74 頁参照。

建築物の防空的「配置」並に「形態」に就ては、前2章に概述した如くであるが、都市構成の根幹を成すべき建築物の防空的「構造」に関しては、特に詳細に検討する必要がある。依つてこれを「防火」・「防弾」・「防毒」及び「防護室」の各編に分つて以下に詳論する。

II. 防 火

1. 焼夷弾

a) 現在の焼夷弾

不燃都市 將來の都市構築に當り、焼夷弾攻撃に對して安全を保證し得る様な建築物を造ることは決して難事ではない。英斷と周到なる計畫と逞しき実行力とがありさへすれば、完全なる「不燃都市」を必ず實現せしめ得る。現に歐米の諸國が、先見の明と長年月の努力とによつて耐火建築による都市を完成し、今次大戰の熾烈なる焼夷弾攻撃下にも屈せず、その威力を充分に發揮せしめつゝある事實を見ても、最早疑ひの餘地は無い。

本編に於ては、この點を更に明確にする爲、先づ建築物に對する焼夷弾の效力を現在及び將來に互つて概述し、次に焼夷弾によつて招來さるゝ都市の火災に對し、特に將來に重點を置いて、これを徹底的に防止し得べき方策に就て述べる。

將來の都市の防火を考慮するに當つては、將來に對する焼夷弾の進歩を豫想する必要がある。それには先づ順序として、過去及び現在に於ける焼夷弾の效力に就て概略を一應知つて置く必要があらう。

焼夷弾の進歩 「焼夷弾」¹⁾は各種の投下弾中、最も古き歴史を有するものである。攻撃用兵器として「火」を用ひることは、洋の東西を問はず、太古から行はれた所で、都市は各國とも戦火には悩まされ續けて來た（第 127 圖、第 128 圖）。²⁾

1) 獨 Brandbombe; 英 Incendiary Bombs

2) 我國に於ける代表的な例としては、兵戰 11 年間に亘り、洛中洛外を焦土と化せしめた應仁の亂（皇紀 2127~37）があり、西洋史を繙けば、遠くはギリシヤ戰役に於ける火戰から、近くは 30 年戰役に於ける焼夷砲彈の使用に至るまで、兵火の厄を記録せざる戰爭とは殆ど無い。

「劔に敗れざる都市も火には降る！」

So manche Stadt dem Feuer

und nicht dem Schwert erlegen!

— Rumpf —

ルンプの喝破は、眞に箴言である。

斯くして、築城は勿論一般建築物の構造も、火に對する防禦の必要上から多大の影響を受けるに至つた。

航空機上よりの焼夷弾投下は、夙に第1次世界大戦の初期から開始されたが、大戦期間中に於ける進歩は眞に驚くべきものがあつた。但し、前大戦中に於ては、その効力は未だ充分なる効果を奏する域には達してゐなかつた¹⁾。

焼夷弾をその用途乃至形状によつて大別すれば、次の2種となる。

1. 大型焼夷弾⁴⁾
2. 小型焼夷弾⁵⁾

大型焼夷弾は通常相當の抵抗を有する目標を攻撃せんとする場合に用ひられ、小型焼夷弾はこれに反して、

1)2) Rumpf: Brandbomben, Berlin 1932. Tafel 1, 2.

3) 前大戦當時ドイツは焼夷弾の改良に多大の努力を拂ひ、5~20 kg の黄燐弾を始め、テルミットを用ひて油脂やベンゾールを燃すもの等を盛んに使用した。然し、その効力は豫期した程でなく、ロンドンへは約 3000 發の焼夷弾を投下して約 200 箇所、パリへは約 80 發を投下して數箇所を火災を起させたが、何れも大火災には至らなかつた。この經驗から大戦末期に至つてエレクトロン弾を完成したが、これは使用されずに大戦の幕は閉ざされた。

4) 獨 Intensivbrandbomben; 英 Drop bombs

5) 獨 Streubrandbomben; 英 Skatter bombs



第 127 圖 火箭による英軍のコペンハーゲン (デンマーク首都) 攻撃¹⁾
文化 4 年 (1807)

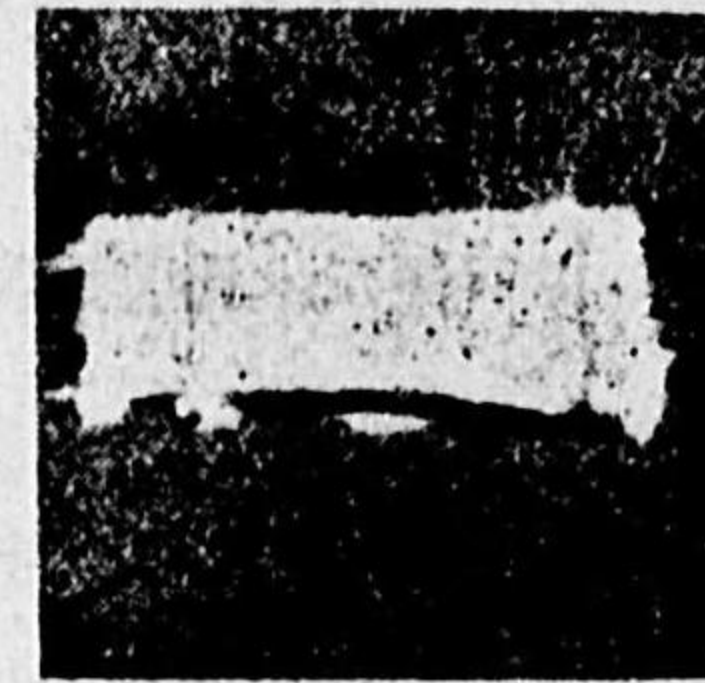


第 128 圖 火炮による獨軍のパリ攻撃²⁾
普佛戦争 明治 3 年 (1870)

一般に格別の防禦を有せざる目標 (例へば一般の住家・森林・農作物の類) を攻撃する場合に、特に照準することなく、上空から數多く散布して使用される。小型焼夷弾の極致とも見るべきものは、所謂「焼夷カード」¹⁾ である (第 129 圖)。

但し、最近は相當大型の焼夷弾が、所謂「盲爆」により、一般的目標に對しても相當多數投下さるゝに至つた。

焼夷弾の初期のものは、單に自己燃焼を起す様な材料を用ひて造られたに過ぎぬが、燃焼し難い目標に對しては、この種の焼夷弾では効果が無いことが判明した。その結果、後に至つて



第 129 圖 イギリスの焼夷カード²⁾

は、「焼夷劑」としては點火し難く、而も一旦點火した場合には非常な高熱を發する材料を用ひ、別に特にこれに適した「點火劑」を使用する方法を採用するに至つた。

焼夷弾の成分乃至構造に就ては、前大戦以來外國の文獻によつても大體の見當が付けられてゐた。³⁾ 現在一般に知られてゐるものとしては、例へば下記がある。

1) 獨 Brandplättchen; 英 Incendiary Cards

2) 昭和 15 年 (1940) 8 月 11 日以降ドイツ國內各地に無數散布されたもの。カードは約 5 cm × 5 cm のセルロイド板 (4 角形又は圓形) より成り、中央に孔を有し、二硫化炭素に黄燐を含ませた脱脂綿がこの部分に裝着されてゐる。黄燐が日光によつて乾燥すれば、空氣中の酸素の作用によつて自然發火し、カードが燃え上つて周囲の可燃物に放火する仕掛けになつてゐる。謂はゞ信管を要せざる最輕量の焼夷弾である。超重爆撃機ならば 1 機で 100 萬枚位も積むことが出来よう。主として森林・農作物等を目標としてゐるが、枯草・落葉の類は水分含有量が 30 % 近くになると可成よく燃えるが、50 % 以上では火を放つても燃えない。下記参照。

Die Sirene, Nr. 20, 1940. s. 452.

3) 例へば

Ray, Arthur B.: Incendiaries in Modern Warfare, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, New York, July and August 1921.

Fries, A.A., and West, J.C.: Chemical Warfare, New York 1921.

Rumpf, Hans: Brandbomben, Berlin 1932.

磷 彈 第1次大戦の初期に用ひられたものは、磷系焼夷弾である。黄磷は50°Cで熔け、空気に觸れれば燃える性質がある。但し、これのみを弾に入れたのでは、煙になつて焼夷効力が無いので、或はこれをタール油に混じ、又は二硫化炭素に溶して弾体内に填充し、或は爆發を伴つて、彈子が飛散する様な構造にしたもの等が種々工夫された。¹⁾

黄磷弾は落下と同時に大音響を立て、爆發し、炎々たる焰を生ずると共に、火の付いた磷片を周囲に飛散せしめる(第1圖)。缺點としては、火力が概して弱く、高温度による燃焼時間が短い。従つて目標が木造建築物の様な燃え易いものでないと、効果が少い。

尚、磷は火力が弱つた後も、永く燃え續ける爲、持久的に見張つて消火する必要がある點と、有毒で皮膚に附着すると難治な火傷を來す厄介な性質がある。

テルミット弾 「テルミット」²⁾はアルミニウム(AI 24%)の粉末と酸化鐵(Fe₂O₃ 76%)との混合物であるが、通常の方法を以てしては點火し得ない。故に點火劑乃至傳火劑として、マグネシウムの粉末と酸化鐵その他を混合した燃焼し易い特殊の補助劑を用ひる。斯くして點火されたテルミットは、熔融して軽い液體狀の白熱した金屬と化する。この際テルミット自身は2800°~3200°Cの高熱を發し、輻射熱が大なる爲、周囲の可燃物がよく燃える。唯、効力が局部に限られる缺點がある。

昭和17年4月18日米機本土空襲の際投下したものは、テルミットを主劑とする小型棒狀燒夷弾で、彈量約1.8kg(4lbs)、燃焼秒時約1分、温度約2500°Cを示し、燒夷力は1kg エレクトロン燒夷弾に類似する。

エレクトロン弾 「エレクトロン」³⁾は明治42年(1909)ドイツのグリースハイム(Griesheim)化學工業會社の發明に係り、約40%のマグネシウムを含有する輕

1) 支那事變に際し、上海の我が居留民街に敵が盛んに投下したものは、主としてこの黄磷系燒夷弾で、黄磷を小圓筒型ケースに詰めたものを多數彈殼内に收め、少量の爆藥を用ひてこれを飛散せしめる構造になつてゐた。彈殼は豫め數箇に割れる様に構造されてをり、彈量は約20kgであつた。

2) 獨 Thermit; 英 Thermite

3) 獨 Elektron; 英 Electron

金屬である。この輕金屬とアルミニウムとを用ひて燒夷弾の彈殼が造られてゐるが、彈殼は結局Mg 96%, Al 4%なる成分を有し、比重1.8である。

エレクトロンは1300°C以上に熱せられると熔け、煌々たる白い光を發して燃焼し、爆音を發しつゝ白熱化した火沫を飛散させる。この際約3000°Cの高熱を發する。諸外國の燒夷弾は、通常彈殼自身をエレクトロンを以て造り、その内部に燒夷劑としてテルミットを填充してゐる。最初盛んに燃えるのはテルミットで、これが1~1分30秒で大體燃焼し終ると、火勢は衰へ、火沫の飛散も殆どなくなり、その後は熔融したエレクトロンの燃焼が10~15分間繼續するのが普通である(第7表)。

エレクトロン弾は、前大戦當時は未だ用ひらるゝに至らなかつたが、エレクトロン弾こそは、特に都市が不燃質の建築物より成る歐洲諸國の間では、その高熱を發する點から見て、將來の戦争に用ひらるべき最適の燒夷弾であらう、と豫てから云はれてゐた。今次歐洲大戦勃發するや、果然豫想は適中し、勿論各種の燒夷弾も混用されたが、米英空軍の投下する燒夷弾の中では、その數量に於て特に小型棒狀エレクトロン・テルミット弾(第130圖)が壓倒的多數を占める事實を示した。¹⁾彈量は0.9kg



第130圖
イギリスの6角形棒狀エレクトロン・テルミット燒夷弾²⁾
(全長54.5cm, 重量1.7kg)



第131圖
イギリスの落下傘附燒夷弾³⁾
(長さ84cm, 落下傘を含む全長188.5cm, 重量12.5kg)

1) 例へば昭和18年(1943)7月24日より同年8月2日に亘る6日間に反樞軸空軍がハンプブルグに投下した各種爆彈中、小型棒狀燒夷弾はその數無慮170萬發に上つた。

2) 3) Dillenburger: Zur Frage, immer noch Luftschutz? oder immer mehr Luftschutz?, Gasschutz und Luftschutz, Heft 4, 1941. s. 81.

(2 lbs) 及び 1.7 kg (4 lbs) が多いが、イギリスの投下した 1.7 kg 棒状焼夷弾中の 20~30% は、消火活動を妨害する目的を以て、これに爆薬が添加してあり、落下後 3~4 分経つて爆發し、厚さ 4 cm の木の板又は厚さ 6 mm の鐵板を貫通する程度の弾片を飛散せしめてゐる。

油脂弾 油の燃焼力を利用した油脂焼夷弾も研究され實用化するに至つた。油脂としては重油・ピッチ・ベンゾール等に他物を混じた固形油が用ひられる。落下すれば盛んに火焰を發し、且つ爆發と同時に燃焼しつつある油脂を播き散して、附近を火の海と化す。

弾體内に填充されてゐる油がテルミットによつて點火され、燃焼しつつ自由に流れ出す爲に、燃焼面積が擴大される様に工夫されたものもある。この種の焼夷弾に於ては燃焼時の温度は油が約 300°C、その焰が約 1000°C、テルミット自身は既述の如く約 2000°C といはれる。

要するに、強い點火力を有する點並に四周へよく飛散擴大する點に於て、油脂弾は前記黄磷系焼夷弾並にテルミット系焼夷弾の特質を兼備したものと見られ、現在の我國の如き木造都市に對しては、最も警戒を要する弾種のひとつとされてゐる。

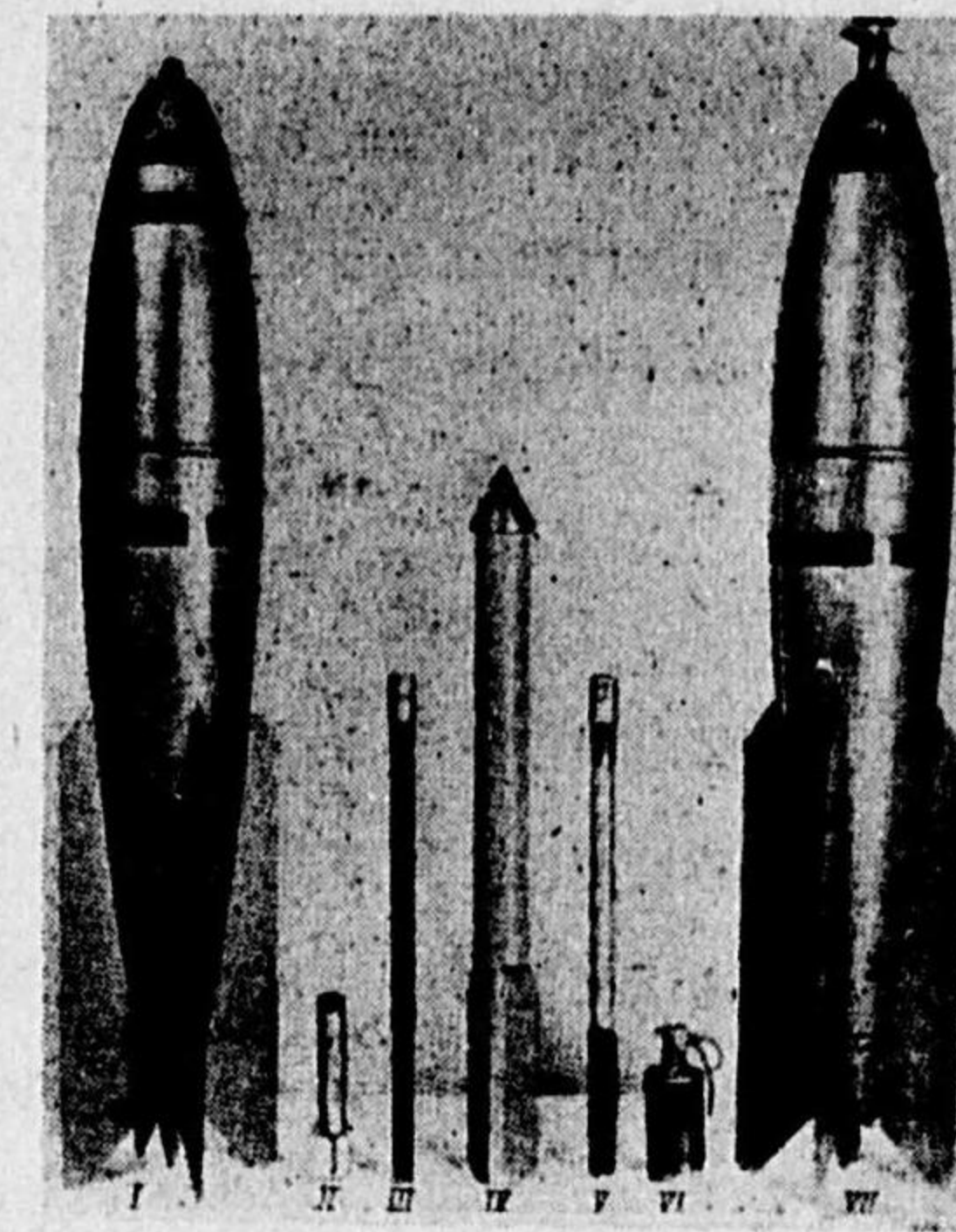
液體燒夷彈 今次歐洲大戰で都市空襲に用ひられてゐるものに「液體燒夷彈」と呼ばれてゐるものがある。從來の黄磷燒夷彈と油脂燒夷彈の中間に行くものといはれ、填充してある燃焼液はベンゾール又はベンジン約 85% と人造樹脂或はゴム約 15% との混合液で、點火劑として磷又はマグネシウム粉末を含む黑色薬を用ひてゐる。普通の弾形のものには 15 kg (30 lbs), 45 kg (100 lbs), 113 kg (250 lbs) の各種がある。その他に特殊弾形のものとして、燒夷液壘・燒夷液罐等があるといはれる。

燒夷彈の構造 燒夷彈の構造は、使用される燒夷劑の種類によつて異なる。現在一般に知られてゐるものに就て數例を示せば、第 129~134 圖に見るが如くである。

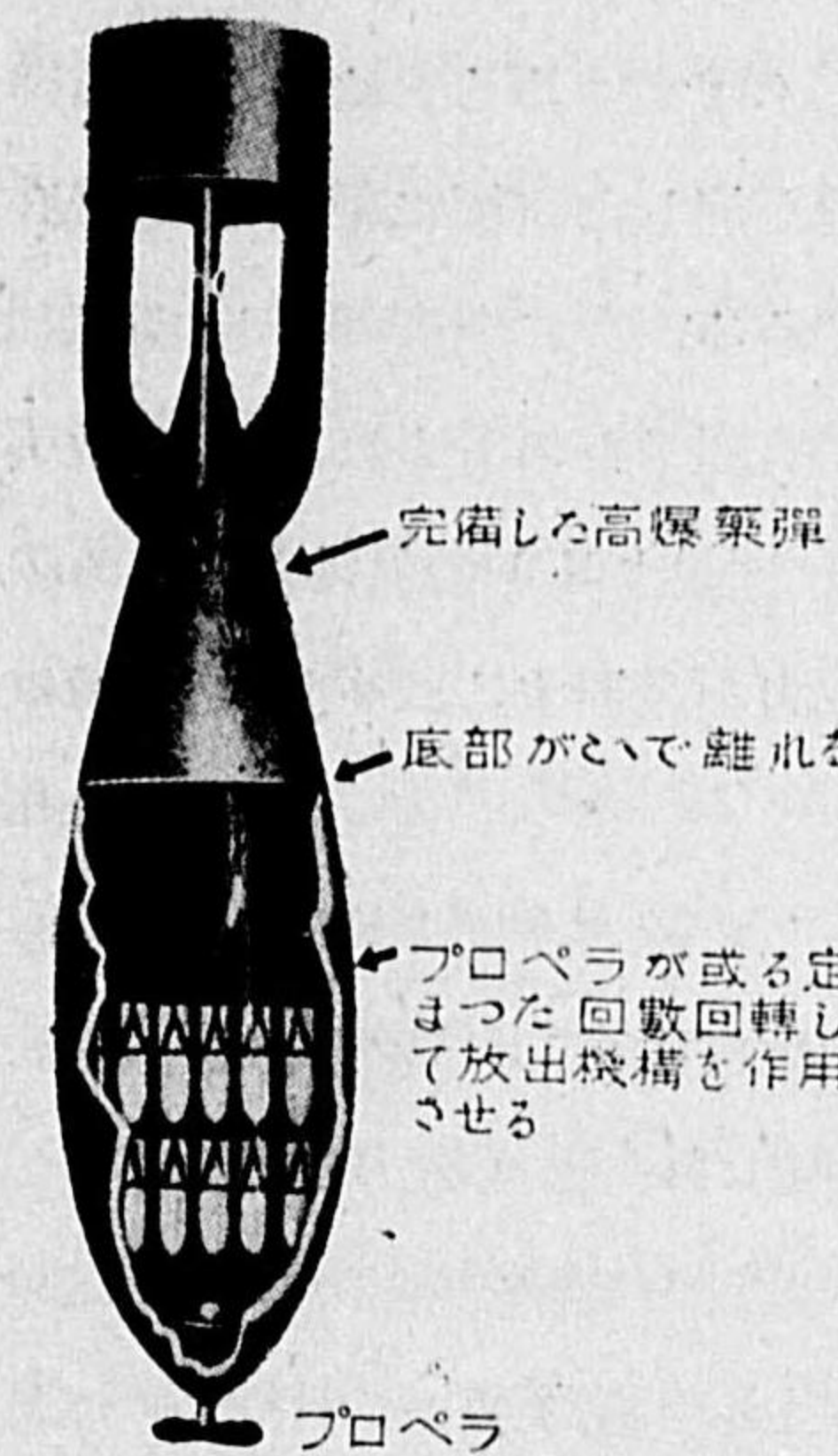
即ち、弾量から見れば、最輕量なるものとしては、1 枚が 5~30 g 程度の「燒夷カード」(第 129 圖) 並に 1 發が 185 g の「ベビー燒夷彈」(第 132 圖 II) から、重量

大なるものとしては、少くとも 250 kg に達する燒夷彈 (第 134 圖) がある。

弾形から見れば、普通の破壊爆彈に見る如き流線型 (第 132 圖 I, VII) 及び圓筒型 (第 134 圖) のものもあり、棒状 (第 130 圖) もある。特殊形状又は構造のものとしては、落下傘付 (第 131 圖) があり、又爆彈の内部に多數の小型燒夷彈を收容した「複合燒夷彈」(第 133 圖) もある。ソ聯空軍がフィンランドの諸都市に投下して以來、フィンランド人によ

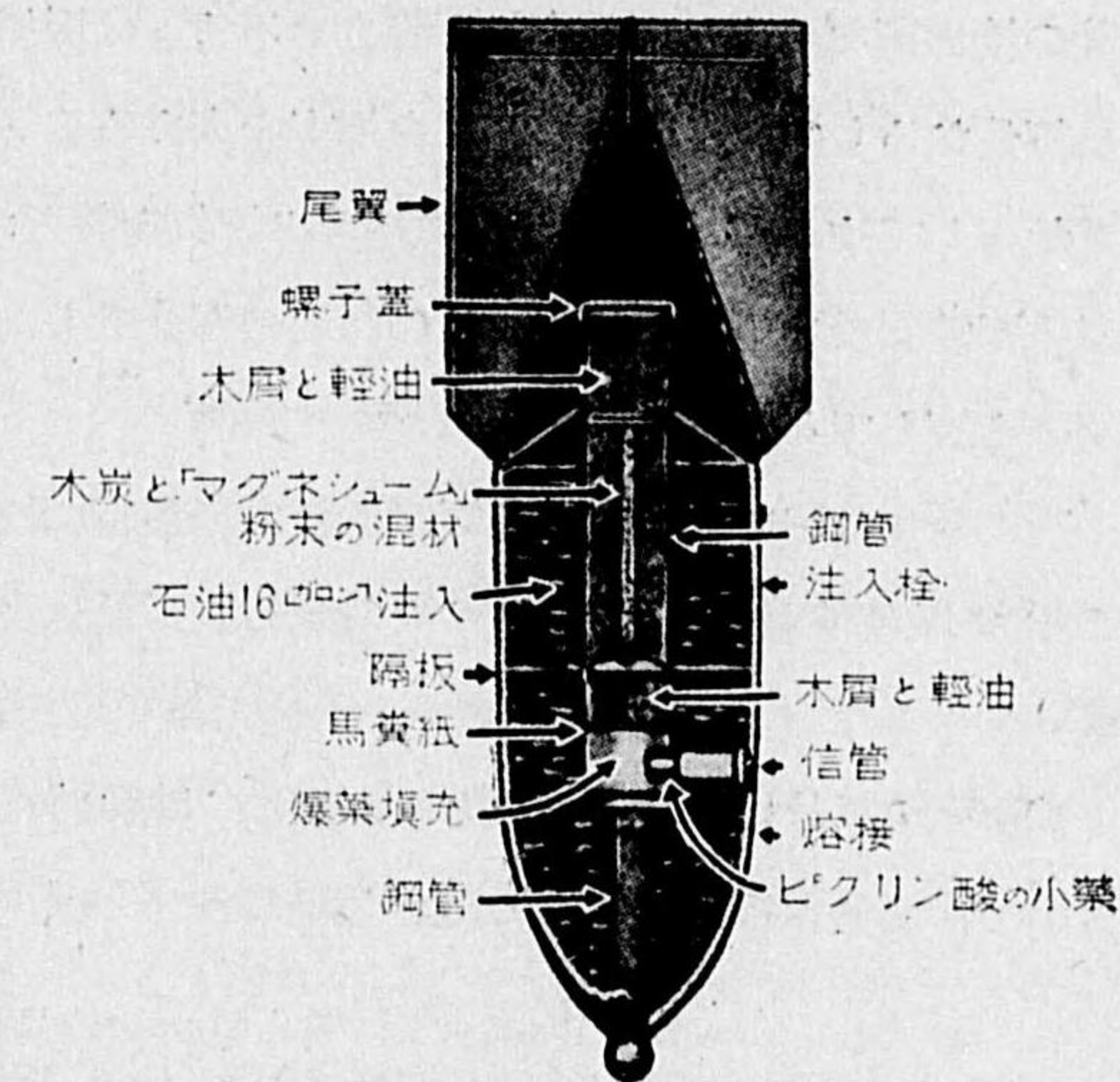


第 132 圖 アメリカの燒夷彈¹⁾
I. 大型燒夷彈 II. 185 g ベビー燒夷彈 (イギリス) III~V. 火箭 VI. テルミット固形油燒夷彈 VII. 複合燒夷彈 (爆彈と燒夷彈との複合)



第 133 圖 イギリスの複合燒夷彈 (爆彈と燒夷彈との複合)

1) Rumpf: Brandbomben, Berlin 1932, Tafel 8.



第 134 圖 ドイツの 250 kg 油脂燒夷彈 (全長 160 cm 直径 37 cm)

つて「モロトフのパン籠」¹⁾の異名を附せられたソ聯の有名な「親子焼夷弾」(長さ約 230 cm, 直径約 75 cm の弾殻内に 60 個の小型焼夷弾を收容し, 落下時の廻轉によつて自動的に弾殻を開き, 遠心力を利用して廣範囲に小型焼夷弾を散布せしむるもの) 等も複合焼夷弾の一種である。

b) 將來の焼夷弾

今日の空襲を目標とする緊急措置又は應急対策の類ならば, 現在知られてゐる程度の焼夷弾を目標にすればよいが, 將來の空襲に備へるべき都市構築物の防火を攻究せんとする場合には, 將來に於ける焼夷弾の進歩發達を豫想して置く必要がある。

彈 量 破壊爆弾に就ては, 今次大戰に於て歐洲戦線では既に 2 t, 4 t 或は 6 t にも及ぶ超重爆弾が使用されてをり, 將來果してどの程度の大型のものが出現するか, 豫測し難い状況にあるが, 焼夷弾に就ては, 攻撃に當つて最大の效力を發揮せしめる上から見て, その重量は, 將來特に著しく増大することはない, といはれて來た。即ち, 不燃性の目標若くは防火設備を施した目標に對しては, 多量の焼夷劑を使用しても火災を起させることは困難である。故に焼夷弾としては結局輕量なるものを多數携行し, 命中率を高めることが有利であるとされ, 焼夷弾の重量としては, その侵徹力が單に建物の屋根を貫通すれば足りるとの見地から, 5 kg 以下が適當であると云はれ, この程度の彈量でも, 效力を發揮するに充分な量の焼夷劑を有してゐるとされて來た。²⁾³⁾

現に今次大戰に於て米英空軍が獨伊の諸都市に投下した最大多數の焼夷弾や, 去る昭和 17 年 4 月 18 日敵アメリカの飛行機が東京その他に散布した焼夷弾は, この範疇のもので 1.7 kg 程度のエレクトロン系小型焼夷弾であつた(第 130 圖)。

焼夷弾の重量に限度があるといふ點は, 建築防空的處置を比較的容易ならしめるもので, 「焼夷弾は若し屋根で防止し得ないならば, 最上階(屋根裏)の床を剛強な

1) 獨 Molotowschen Brotkorb; 英 Molotov's Bread-basket

2) Ray, Arthur B.: Incendiaries in Modern Warfare, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, New York, July and August 1921.

3) Zanetti, J.E.: Thermite Incendiary Bombs. Army Ordnance, March/April 1934.

耐火床にして, こゝで喰止め, 建物内部に深く貫徹することを防止すべきである」といふのが歐洲諸國に於ける定説となり, この方針で建築物の防火対策が講ぜられて來た。煉瓦造の壁體に木造・石造又はコンクリート造の床を有する歐洲諸都市の既存建築物にとつては, 恐らくこれが最も有効で, 而も實際的な対策であつたであらう。

然し, 今後新築せらるべき建築物に對しては, 事情は全然異なる。防空を考慮して建てらるべき新築建築物に於ては, 最上階(屋根裏)は必ずしも火災の危険最大なる部分ではない。攻撃者の側では, 將來は從來の様に丁度最上階で焼夷弾が效力を發揮する様に努力するとは限らぬからである。即ち, 若し我々が新築建築物に對して 20 kg 焼夷弾を目標として屋根に耐弾層を設けたとすれば, 敵は必ずやこれ以上の重量を有する焼夷弾を投下すべく, 我々が 50 kg 焼夷弾を目標として対策を講ずれば, 敵は更により大なる弾を投下するに相違ない。この事は一面に於て, 敵の携行する焼夷弾の数を減少せしめる結果となつて有利である。但し, 敵機の携行し來るべき弾数を減少せしめんとして, 却つて屋根の耐弾層に無暗に多量の資材や多額の費用を投ずる結果に陥るのも, 一般の建物の場合には問題であらう。

結局, 焼夷弾に對しては, 將來はその彈量に對して都合のよい制限を設けることは危険であらう。相當重量の大型焼夷弾が投下されるものと覺悟し, その場合には, 建物内部に貫徹して發火するものと豫期して, 屋根に無暗に剛強な耐弾層を載せる如き方法によらず, 寧ろ屋内で發火した場合に, 火災を最小限度に防止する如き方法を講ずべきであらう。鐵筋コンクリート構造の建築物で, 屋内に於ける可燃物の量を可及的に制限したものならば, この目的を達するのに充分であると考へられる。

發 熱 量 今後新築せらるべき建築物に就ては, 現在既に知られてゐる列國の焼夷弾に對して安全であるといふに止まらず, 寧ろ今後 30 年乃至 50 年間に發達すべき焼夷弾を目標として対策を攻究する必要がある。その頃になれば, 必ずや一層強力な焼夷劑が發明されてゐようから, 現今用ひられてゐる様な焼夷劑(黃磷・油脂・エレクトロンの類)は, 恐らくその全部が廢物に歸してゐるであらう。従つて建築物の新設に當り, 現在の焼夷弾のみを目標として対策を講ずることは妥當で

ない。建築上の対策は、總て今後に於ける焼夷彈の發達を勘定に入れて、これに對して安全を期し得る底のものでなくてはならぬ。

焼夷彈の將來の發達を豫想することは至難であるが、破壊爆彈が爆破力の増大を主なる目標として發達して來たのに對し、焼夷彈は専ら化學的作用による焼夷效力の増大を目標として進歩して來た點に注目すべきである。焼夷彈は斯くして相當の高熱を發し得ることを目標として研究が進められ、現在の段階にまで到達したものである。但し、發熱量のみに就て見れば、將來この溫度を更に上昇せしめて、現在の耐火材料（例へばコンクリートの如き）を危険に陥れる域にまで達せしめることは困難であらう、と見られてゐる。換言すれば、鐵筋コンクリート造の建築物を熔し得る様な強力な威力を有つた焼夷彈は、將來に於ても出現し得ないと考へられるのである。

複合焼夷彈 焼夷彈と破壊爆彈との兩性能を兼備した「焼夷爆彈」（現在の黃燐焼夷彈は幾分この性質を持つ）に就ては、既に第1次世界大戰當時研究せられたが、完成に至らず、役立たなかつたといはれてゐる。¹⁾ 但し、今日では既に各種の複合焼夷彈が現れて來てゐるから、建築防空上に於ても、將來この種性能の焼夷彈に對して、相當の注意を拂つて置く必要があらう。

尙、「焼夷ガス彈」として、焼夷劑と毒ガスとを同一彈體內に結合せしめて使用する方法是、先づありさうもない、といはれて來た。²⁾ その理由は、燃燒によつて生ずる氣流中では毒ガスが效力を失ひ易く、又焼夷劑によつて生じた火焰の爲に、毒ガス自身が燃燒する場合もあるからである。但し、建築防空上からは、この種性能の焼夷彈の出現も、將來に對しては考慮に入れて置いた方が安全であらう。

要するに、現在及び將來に於ける焼夷彈の發達から見て、考へられる各種の效力に對して防火上安全を期し得る構造としては、後に詳述する如く、鐵筋コンクリートが最上且つ唯一のものであると信ぜられる。而もこれは、實に今日に於て然るのみならず、將來に對しても亦然り、といふことが出来る。

1) Rumpf, Hans: Brandbomben, Berlin 1932.

2) Wirth, Prof. Dr., und Muntsch, Dr.: Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung, Berlin 1933.

c) 燒夷彈の效力

特 徴 燒夷彈は「放火彈」の別名ある如く、火災の發生を目的とするものであるが、燒夷彈自身は寧ろマッチの如き點火具であつて、これに觸れる目標が可燃物たる場合に、始めてこれを焼き盡し破壊して威力を發揮するものである。

彈量は既述の如く、小にしては1 kg, 2 kg 程度から、大にしては250 kg 以上にも達するものがあるが、概して輕量であり、燒夷カードならずとも、1 臺の飛行機に極めて多數を搭載し得ることが大なる利點でもあり、特徴でもある。特に現在の我國の如き、燃料の堆積にも等しき木造都市に對しては、敢て照準の必要なく、單に上空から散布することによつて「同時多發性の火災」を惹起せしめ、消防をして應接に違なからしめる懼が多分にある。¹⁾ 危険なる木造家屋の大集團に加ふるに、人口が過大集中してゐる我國大都市の現状に就き、盟邦ドイツが夙くから案じて呉れてゐたのも誠に理である（第117圖）。

建築物に對する「燒夷彈の效力」²⁾ は、次の2種に別けて考へられる。

1. 「貫徹」³⁾ 燒夷彈は落下し來つた活力により目標（例へば屋根）に衝突した

1) 燒夷彈・破壊爆彈・ガス彈の3種に就き、都市空襲に對する効果を比較論議したものに諸説があつた。

i) 燒夷彈を以て全市を灰燼に歸せしめ得べしと力説するもの。例へば

Siegert: Luftpiraten, Berliner Illustr. Zeitung, Heft 18, 1927.

Rumpf, Hans: Brandbomben, Berlin 1932.

ii) 燒夷彈よりも破壊爆彈を恐るべき敵なりとするもの。例へば

Hanslian, Dr. Rudolf: Die militärische Brandstiftung, Artillerische Rundschau, Okt. 1927.

iii) 燒夷彈の效力はガス彈以上なるべきも、破壊爆彈には及ばずとするもの。例へば

Schoszberger, Hans: Bautechnischer Luftschutz, Berlin 1934.

但し、これ等の論議は、總て今次大戰勃發前のもので、而も煉瓦造建築より成る歐洲の都市を對象とするものであつた。然るにその歐洲の都市すら、大戰が勃發するや、燒夷彈攻撃によつて相當の慘害を被つてゐることは周知の通りである。我國の如き木造都市に對しては、他の如何なる彈種よりも、燒夷彈に對して最も警戒を要すべきことは、今更論を俟たぬ。

2) 獨 Wirkung der Brandbombe; 英 Effects of Incendiaries

3) 獨 Auftreffwucht; 英 Penetration

瞬間、これを貫いて内部に突入する。

- 2. 「焼夷」¹⁾ 屋根を貫いて建物の内部へ深く入った後、火を放つて周囲の可燃物を焼拂ふ。

以下この兩効力に就き簡単に説明を加へる。

貫 徹 焼夷弾は物體に衝突した瞬間には發火せず、或る程度内部に貫徹した後、發火する様な信管を装置したものが多い。彈頭を平面にして尖らせざるもの(第130圖)、落下傘を附したるもの(第131圖)等は、焼夷弾の貫徹効力を制限し、建物内適當の箇所に於て發火せしめんと工夫から出たものであらう。

小型焼夷弾の貫徹

鐵筋コンクリート造建築物の場合、普通の厚さを有する屋根床板(陸屋根)ならば、5kg以下の焼夷弾では、一般に貫徹し得ない。

木造家屋の場合には、その方向の如何を問はず、焼夷弾は屋根(瓦葺・生子板葺・スレート葺等)を始め天井・畳床等を容易に貫徹して地下に達する。但し、途中で母屋・小屋組・梁・桁・大引等の部材に當れば、貫徹は阻止され、天井裏・床上等に止つて發火する。

一般の木造家屋の場合、床面積に對する檼木・母屋・梁・桁・根太・大引等の小屋組材及び床組材の面積比率は15%程度である。この關係から1階建家屋に對する小型焼夷弾の發火位置は、大略第6表の如くに推定されてゐる。

2階建木造家屋の場合にも、同様にして發火位置を推定し得るであらう。

第6表 木造1階建に對する焼夷弾發火位置²⁾ (小型焼夷弾の場合)

大型焼夷弾の貫徹	發火位置	比 率 %
大型焼夷弾(彈量20kg程度以上)	屋 根	母屋・檼木の交點に當つたもののみ屋根にて發火
及び中型焼夷弾は、通常の鐵筋コンクリート造陸屋根を貫通する。	天 井	15
	1 階 床	15
	床 下	70

木造家屋の場合には、1階建・2階建共に屋根・天井・床を貫徹し、容易に床下

1) 獨 Brandstiftung; 英 Incendiary

2) 陸軍築城部本部: 「耐彈構造資料」防彈(19)に據る。

に落達して發火する率が極めて多い。

要するに、普通の構造の建物では、鐵筋コンクリート構造の場合にのみ、小型焼夷弾(彈量5kg程度以下)の貫徹を屋根で阻止し得る。この場合、屋根勾配は問題でない。¹⁾

木造家屋の場合には、彈量如何に拘らず、又屋根の勾配如何に拘らず、彈は建物内に侵入して發火する。この際、屋根又は天井に多少の補強(例へば瓦の下に相當厚の鐵網モルタルを敷き、又は屋根に土囊を並べるの類)を試みても、勞のみ多くして貫徹阻止には殆ど無効である。²⁾

歐洲では「小型焼夷弾を目標とする場合、焼夷弾の建物内部への貫徹を防止することが常に可能である」との結論に基いて、建築物新築の場合には、下記2方針中の何れかによるべきことが提案されてゐる。

1. 屋根裏の床(最上階の天井)に耐彈層を設けて焼夷弾を阻止し、屋根裏を犠牲にして最上階以下に損害無き様にする。この場合、屋根裏を防空的によく整備し、不要の可燃材料を置かざると共に、屋根裏内部の造作・建具等は可及的不燃材料若くは耐火木材の類を以て造るべきことを前提條件とする(既存家屋の應急防火對策も、現在この線に副つて實施されてゐる)。
2. 屋根自身を耐彈構造にして、屋根裏までも防護する。

上記1.は歐洲の如き煉瓦造家屋の場合に於てのみ實行可能であり、從來我國内地に見る如き脆弱なる木造家屋では、天井に有效な耐彈層を設ける等は到底思ひも寄らぬ。

1.は勿論 2.の條件をも完全に果し得るものは、今日に於ては鐵筋コンクリート

1) 屋根勾配に就ては、偏平な穹窿を可とする説(例へば Vauthier)、45°程度の急勾配を適當とする説(例へば Siedler)、陸屋根を有利とする説(例へば Rùth, Stellingwerff)等があつたが、屋根勾配は大して問題でなく、單に小型焼夷弾の貫徹阻止の爲ならば、普通の構造の陸屋根で充分である。

2) 木造家屋の瓦屋根の類が、焼夷弾の貫徹防止に對して如何に無力であるかは、例へば下記の實驗によつても明かである。

田邊平學・勝田千利・東東造: 「落下衝擊による構造物の破壊狀況」 建築學會論文集昭和11年10月

構造以外には無い。但し鉄筋コンクリート造でありさへすれば、必ずしも従来要求されてきた様な完全なものでなくとも、更に簡易化された構造のものでも十分に目的が達せられる（538頁及び540頁参照）。

焼 夷 焼夷効力は弾の成分・弾量等によつて著しく異なる。既に知られてゐる弾種に就き、その効力の概要を示せば、第7～9表の如くである。

第7表 エレクトロン焼夷弾の効力（静止実験）¹⁾

區 分	1kg 弾	5kg 弾	10kg 弾	
	弾體(エレクトロン) 0.6kg 焼夷劑(テルミット) 0.5kg	弾體 2.3kg 焼夷劑 2.7kg	弾體 3.5kg 焼夷劑 6.5kg	
燃 燒 狀 況	燃焼耐にして火沫の飛散甚しき時間約(分)	1	1.5	1.5
	熔融エレクトロンの燃焼時間約(分)	10	15	15
	焰の長さ約(m)	0.5	2	4
	火沫飛散界直径(m)	5~10	7~10	13~15
各 種 材 料 に 對 する 効 力	鐵 鋁	2mm厚鐵鋁を熔融穿貫す	同 右	10mm厚鐵鋁は變曲せるも穿貫せず
	10cm厚コンクリート	—	—	燒夷彈下は變質せるも大ならず
	煉 瓦 積	—	—	變化なし
	5cm厚木 板	—	—	全面に亘り深さ10cmの燒痕を生ず
	リノリウム張 同上	—	—	リノリウムはボロボロとなり、木板全面に亘り延焼す
	疊	2分後穿貫す	1分後穿貫す	1分後穿貫す

要するに、木造家屋の場合には、屋根を貫いて屋内に落達發火した燒夷弾は、小型のものでも放置すれば必ず火災になる。防火處置を誤らなければ、大事に至らしめずに済むのが普通であるが、押入・物置等は發見の時機を失ひ易くて危険な場所であり、又特に家財・家具類の多い建物内では、小型燒夷弾によつても火災になる場合が極めて多い。大型燒夷弾が木造家屋に命中して内部で發火すれば、火災は免

1) 山田櫻氏：「化學兵器」昭和11年1月、150頁。

第8表 油脂燒夷彈の効力¹⁾

區分	20kg 弾	50kg 弾
燃 燒 狀 況	瞬時に發火し、焰の長さ5mに及び、屋根・天井・床の何れを問はず、廣範圍に亘りて速かに火災狀況に入る。 燃焼の耐なるは落達發火後約2分間、その後は急速に火焰衰へ、發火點に於て相當多量の油が約10分間燃焼を續ける程度。 油脂火沫は約6m範圍に飛散す。	瞬時に發火し、焰の長さ5mに及び、屋根・天井・床の何れを問はず、20kg弾に比し更に廣範圍に亘りて一面の火の海となり、急速に火災狀況に入る。 燃焼の耐なるは落達發火後約2分間、その後は火勢衰へ、發火點附近に飛散せる油塊が數分間燃焼を續ける程度。
火 災 の 機 會	發熱量大且つ火焰の跳梁に因り廣範圍に亘り瞬時に發火し、急速に火災狀況となる。 エレクトロン弾及び黃燐彈に比して木造家屋に對する火災發生の機會大。 落達より火災狀況となるに要する時間約30秒~1分30秒。	20kg弾に比し更に燒夷威力大、火焰は急速に擴大し、火災發生の機會は更に増大す。 落達より火災狀況となるに要する時間約30秒~1分30秒。
爆 壓 ・ 彈 片 効 力	爆壓による破壊効力は黃燐彈に比し極めて小さく、半径約5m以内の硝子戸・障子・襖等を破壊する程度。 彈片による貫徹効力は黃燐彈に比しその數僅少にして、發火點より半径約5mの下見板を貫徹し得ざる程度。	概ね20kg弾に等しく、破壊威力・爆壓・彈片共に稍大。 油脂燒夷彈の破壊力は、黃燐彈に比し著しく小なるも、長屋内の1戸に落達發火した場合は、20kg弾・50kg弾共に界壁に大なる間隙を生ぜしめ、濃密なる刺戟性黒煙が速かに隣戸へ侵入する。
傷 害 効 力	開濶地に落達發火した場合の傷害臨界距離は約4m、以遠は著しく効力を減じ、10m附近に在りては、稀に熱せられたる油脂飛沫により軽度の熱傷を蒙る程度。 家屋内に落達發火した場合は、發火室内及び襖・障子を隔てたる隣室内は火傷全身に及ぶことがある。	開濶地に落達發火した場合の傷害臨界距離は約5m、以遠は著しく効力を減じ、10m附近に在りては、稀に熱せられたる油脂飛沫により軽度の熱傷を蒙る程度。 家屋内に落達發火した場合は、20kg弾より若干大なる傷害を蒙る。

1) 内務省防空局：「大型燒夷彈防護指導要領」昭和17年12月に據る。

第 9 表 黄燐焼夷弾の效力¹⁾

区分	20 kg 弾	50 kg 弾
燃焼状況	<p>落達と同時に爆発し、多量の燐片を飛散させる。燐片飛散範囲は開潤地又は屋上にて発火の場合半径約 50 m に達し、密度は半径約 10 m 以内に最も大。</p> <p>燐片は細小なるものは間もなく燃焼し盡すも、然らざるものは約 5~10 分間發煙燃焼を続ける。大塊の黄燐は發火點附近に残存して約 40 分間白煙を噴き猛烈なる燃焼を続ける。</p>	<p>落達と同時に爆発し、火沫飛散の範囲は 20 kg 弾に比して著しく大。發火點に於ても黄燐残存し燃焼を続ける。</p>
火災の機會	<p>爆発と同時に爆風に因り建物破壊せられ、木片の堆積及び附近の障子類・衣類等に延焼、その擴大により火災状況に入る。</p> <p>油脂彈に比して木造家屋に対する火災發生は緩慢。</p> <p>落達より火災状況となるに要する時間約 40 秒~1 分 30 秒。</p>	<p>爆発と同時に爆風に因り建物破壊せられ、木片の堆積及び附近の障子類・衣類等に延焼、その擴大により火災状況に入る。</p> <p>多量に黄燐を飛散せしめ、紙・衣類・藁・枯草等に接觸すれば着火燃焼する。</p> <p>落達より火災状況となるに要する時間は概ね 20 kg 弾の程度。</p>
爆壓・彈片效力	<p>爆壓による破壊威力は發火點より半径約 20 m 以内の硝子戸・障子・襖等を破壊し、半径約 7 m 以内の下見板・雨戸を破壊する程度。</p> <p>室内に落達發火した場合は、普通の木造家屋は倒壊されることがある。</p> <p>彈片による貫徹效力は、その數に於ても 20 kg 油脂彈に比して遙かに大であり、發火點より半径 10 m に在る下見板を貫通する程度。</p>	<p>爆壓による破壊威力は概ね 20 kg 弾に等しい。</p> <p>室内に落達發火した場合は、普通の木造家屋は完全に倒壊される。</p> <p>彈片による貫徹效力は、その數に於ても 50 kg 油脂彈に比して遙かに大であり、發火點より半径 20 m に在る厚さ 3 cm の松板を貫通する程度。</p>
傷害效力	<p>開潤地に落達發火した場合は、その高壓・高熱・ガス・火焰・黄燐による傷害臨界距離は約 6 m。露出して居れば全身に大なる熱傷を受けて即死するか、又は外表に顯著ならざる場合にも内臓傷害により數時間乃至 1~2 日にて死亡す。</p> <p>飛散黄燐による傷害密度の範囲は約 20 m 以内、以遠は著しく效力を減ずる。</p> <p>家屋内に落達發火した場合は、發火室内及び襖・障子を隔てたる隣室内は火傷全身に及ぶことがある。</p> <p>爆燃する黄燐の白煙は、短時間(約 10 分間)の接觸吸入ならば生理的に無害。</p>	<p>20 kg 弾に比し更に遠距離にても黄燐火傷を受けることがある。</p> <p>長屋内の 1 戸に落達發火した場合は、20 kg 弾・50 kg 弾共に、界壁を突破し、煙は瞬時にして隣戸へ侵入、數分間滯留し、透視が困難で且つ悪臭がある。</p>

1) 内務省防空局：「大型焼夷彈防護指導要領」昭和 17 年 12 月に據る。

れず、少くともその建物 1 戸は焼失する場合が多い。

鐵筋コンクリート構造による建物の場合には、普通の構造でも、小型焼夷彈は屋上で燃焼するのみで何等損害を與へ得ない。大型焼夷彈は屋根床版を貫き、内部で發火するから、室内に燃料があれば火災を惹起し得る。但し、後に詳述する如く、鐵筋コンクリート造建築物の場合には、木造家屋と異なり、損害は極めて局部的であり、建物が灰燼に歸する惧なきは勿論、骨組が倒潰する危険も全然無い。

防護要領 焼夷彈は通常輕量であつて、その發熱量は限られてゐるが、直接の消火は困難な場合が多い。¹⁾ 茲に於て「焼夷彈に対する防護」²⁾ は焼夷彈が小型たると大型たるとを問はず、直接の消火よりも寧ろ火災の延焼防止に對して全力を注ぐべきものとされてゐる。我國現在の隣保班・特設防護團等の自衛防空組織を始め、防護活動の要領、防火用設備器材の整備、特に充分なる水の用意等が總てこの線に副ふものであることは周知の通りである。焼夷彈攻撃を盛んに應酬しつつある歐洲諸國も亦齊しくこの方法を採用してゐる。³⁾

更めて論ずるまでもないが、現在及び將來を通じ、獨り焼夷彈に對してのみならず、防空全般を通じて最も重要なものは、國民の旺盛なる防空精神である。必勝の信念に基く敢闘精神なくしては、一切の組織も訓練も設備器材も無効に歸する。

1) 例へばテルミット彈は、直接水を注いで消火しようとすれば、水が爆發的に蒸發する爲、飛沫が烈しく四邊に散つて容易には消えぬが、多量の水を一時に用ふれば消火し得ることが確かめられてゐる。昭和 17 年 4 月 18 日米機來襲の際投下した 1.8 kg テルミット焼夷彈の如きは、燒夷效力の貧弱なりしにもよるが、水・砂・灰・濡れ簾・濡れ蒲團等で消火が可能であり、机や箒を用ひて叩き消した例さへある。

黄燐焼夷彈も迅速に砂又は土を被せ、水を充分に注げば出火を防ぐことが出来る。小型エレクトロン焼夷彈の場合には、速かにこれを戸外に放り出すことも考へられる。但し、焼夷彈の發火から火災状況に入るまでは間髪を容れぬ爲、直接の消火は機を失する場合が多いものと知らねばならぬ。

尙、「消火彈」等と稱して、各種の藥劑による化學的消火の方法も研究されてゐるが、この種のもは總て全然效力が無いが、若くは極めて貧弱な效力を示すに過ぎず、過信は出来ぬ。

2) 獨 Schutz gegen Brandbomben; 英 Methods of dealing with incendiary bombs.

3) 盟邦ドイツの燒夷彈に對する防護方法に就ては、例へば下記參照。

田邊平學：ドイツ(防空・科學・國民生活) 132 頁「防火」及び 176 頁「工場防空の防火」

然し、精神力を過信し、これのみによつて空襲を防がんとする者があれば、これ亦無謀たるを免れぬ。科學の精粹たる航空機並に投下彈による空襲に對しては、防空も亦當然科學の最善最高を盡して、これと闘つて行かねばならぬ。殊に今次大戰に於ける内外の經驗に徴しても明かなる如く、將來益々苛烈激化すべき焼夷彈攻撃に對しては、都市は是非とも抜本塞源的にその構築を防火的に強化し、國民の旺盛なる精神力と相俟つて、防空の完璧を期する方策を採らねばならぬ。これなくては都市危く、都市危ければ國家亦危い。

2. 火 災

a) 都市防火對策

焼夷彈を目標とする都市の防火對策としては、技術的には少くとも次の3方面が考へられる。

1. 防火構築
2. 消防施設
3. 耐火建築

防火構築 都市の防火的構築としては、所謂「防火帯」乃至「防空帯」として、廣幅員の道路・河川・濠渠・鐵道・公園・綠地及び路線防火地區等により、市街地を可及的小區劃に分割し、火災が発生した場合に損害を局部的に防止する方法が先づ考へられる。消防活動並に避難を考慮しての交通計畫を樹立し、これ等に必要なる道路を整備することも亦防火構築の一端である。

消防施設 公設消防・家庭消防等を整備し、精神・技能兩方面に於ける人的訓練の徹底を圖ると共に、消防器材その他の消火設備を充實強化せしめて「自衛防空」の完璧を期すべきことの重要な論を俟たぬ。河川・濠池等の自然水利施設、防火水道・貯水槽・鑿井・自家用防火水槽等の人工水利施設の整備擴充を圖ることにも亦充分なる力を致さねばならぬ。

然し、上記の諸施策は、防火構築にせよ又消防施設にせよ、何れも既に火災が発生したる後に、その損害を防止若くは輕減せんが爲の處置であつて、防火對策としては謂はゞ消極的なるものに屬する。殊に防火水道の如きは、大震災直後の大火災に我々が苦い經驗を嘗めたと同様に、空襲時には斷水若くは減水の危険あることを常に考慮に入れて置かねばならぬ。

又、精神力や人力を過信することも危険である。如何に人的訓練が徹底してゐても、焼夷彈の落達箇所によつては、人の近付き得ない位置（例へば天井裏や家と家

との間の狭い空隙等)で發火し、數秒にして火災となる場合もあり得る。又彈種によつては、家庭消防の程度では到底手に負へぬものもある。現に頻度空襲の體驗を有し、精神的にも技能的にも相當鍊磨されてゐる歐洲諸國に於て、猶且つ燒夷彈攻撃による火災が防止されずにあるのは、この間の消息を最も雄辯に物語つてゐるものである。¹⁾

積極的防火対策は、故にその根本を衝いて、都市火災の原因を絶ち、大火災發生の惧を無くするものでなくてはならぬ。

耐火建築 都市防火の根本策は、理想的防空都市を目標とする完全なる「不燃都市」の建設でなくてはならぬ。端的に云へば、鐵筋コンクリート構造若くは鐵骨鐵筋コンクリート構造による耐火建築の徹底的普及實現を圖ることである。燃え易い材料や構造で出來た建物を都市から完全に驅逐し去ることである。これ無くしては、如何に街區その他を防火的に構築し、如何に建物の疎開を圖り、又如何に消防施設を整備するも、結局は1箇所に積上げてあつた燃料の山を若干分散せしめて並べ替へて見た程度に過ぎず、燃料が燃料たる所以には少しも變りがない。徒に勞のみ多くして實效これに伴はず、百年河清を待つの嘆を繰返すのみである。

耐火建築による都市構築が、將來の防空上絶對必要なる所以を論ずるに當り、順序として「火災」自身の性質を一應検討し、併せて耐火建築の意義を充分明確にして置かう。

1) 水道給水管は爆撃の結果、破壊されて斷水又は減水する危険多きのみならず、特に歐洲では、防護室を主として地下室内に設けてゐる關係上、爆撃によつて水道網、殊にその主要給水管が破壊された場合、大量の水が迸出して地下室に流入し、防護室内に氾濫して收容者の生命を脅す危険あるを以て、空襲時には水道の主要給水管を豫め自主的に閉鎖する如き場合もあるであらう、とされてゐる。例へば下記参照。

Günter: Die Wasserversorgung im Luftschutz, Gasschutz und Luftschutz, Heft 11, 1933.

ドイツの工場防空規則に於ても、水道は停止し、消防用ポンプが使用不能に陥る場合を考慮し、各工場に充分なる水量を有する水源を用意すべきことを命じてゐる。下記参照。

田邊平學: ドイツ(防空・科學・國民生活)177頁「工場防空」中の「防火」の項。

b) 火災に因る損害

大火の記録 燒夷彈による火災は、發火の初期に於てこそ通常の火災と多少趣きを異にするが、火勢が一度整つた後は、通常の火災と何等區別なきものとなる。建築物の火災殊に都市に起る火災が、人命並に經濟上に及ぼす損害が如何に恐るべきかは、大正12年9月帝都を襲つた關東大震火災¹⁾の體驗によつて、我々の終生忘れ得ぬ所である。世界有數の大都市たる東京及び横濱を一瞬にして焦土に化せしめ、燒死者の數は10萬を超え、損害高は55億圓の巨額に達した。全世界を通じて前古未曾有の悲惨事であつたが、その後にも大火は我國に跡を絶たず、延燒數百戸若くは數千戸程度の火災は、今日と雖も猶決して珍しくない。現に昭和9年3月21日函館の大火²⁾により燒失戸數約2萬戸、死者約2000名、損害高1億5千萬圓を出し、又昭和15年1月15日静岡の大火³⁾により燒失戸數約5000戸、死傷者約800名、損害高7500萬圓を出したことは、讀者の記憶に生々しい所である。

近年に於ける我國の3大火たる關東大震火災・函館大火・静岡大火の燒失面積・損害高等を世界の歴史的な大火災と比較すれば、第311圖及び第53表(511頁参照)の如くである。即ち、從來屢々引例される「ロンドンの大火」⁴⁾さへ、これを東京の大火(全市面積の43%弱を燒失)に比すれば、僅かに月島より少しく大なる程度で、燒失面積は約1/20に過ぎぬ。往年の東京の火災が、その規模に於て超世界記録とされる所以は多言を要すまい。而も東京は關東大震火災のみに止まらず、古

1) 震災豫防調査會:「關東大地震調査報文 火災篇」同會報告 第100號(戊)

2) 後藤米太郎外7氏:「函館大火災(昭和9年3月21日)調査報告」建築雜誌 昭和9年6月

3) 大日本防空協會編:「静岡大火災(昭和15年1月15日)調査報告書」

4) 寛文6年(1666)9月2~6日の大火、當時のロンドンに於ては狭い小路に木造家屋の櫛比した街であつた爲、1箇所の火元から全市の5/6を燒失せしむるに至つた。その善後策として復興長官に任ぜられたオックスフォード大學教授レン(Sir Christopher Wren)が都市改造計畫案(第40圖c)を提議したるも容れられず、その代りに「耐火建築法規」の實施を見るに至り、爾來ロンドンに木造建築の跡を絶つに至つたことによつて史上に喧傳せらる。

來大火災の數多きことに於ても不名譽なる世界記録を保持してゐるのである。¹⁾

火災統計 参考の爲、第10表に關東大震火災前後10年間に於ける東京市(舊15區)の火災統計を示す。出火度數1箇年平均674回(1日平均約2回)

第10表 火災による損害²⁾

(東京市舊15區 大正11年~昭和6年)

年次	出火 度數	罹災世帯數			焼失坪數	損害高 円	死傷者數	
		全燒	半燒	小火			死者	傷者
大正 11	796	282	467	666	13 132	1 014 176	10	178
12	709	286 540	339	539	5 327 416	445 544 755	58 102	26 518
13	495	1 147	233	405	12 365	1 022 648	28	77
14	660	997	432	516	32 018	2 252 387	6	256
15	732	359	474	588	11 589	399 150	6	120
昭和 2	691	190	343	554	10 415	343 574	5	112
3	714	374	219	394	13 842	4 155 537	9	86
4	749	412	282	417	16 391	5 270 835	21	123
5	622	392	240	377	17 840	6 588 904	12	136
6	611	273	249	351	10 727	2 477 340	14	101
合計	6 779	290 966	3 278	4 804	5 465 735	469 069 306	58 213	27 707
平均	674	492	327	424	15 369	2 613 839	12	132

注意 上表中の平均には大正12年(關東大震火災の年)を除く。

1) 東京の地は古來大小の火災數知れず、天正18年徳川家康の入府以後、約300年間に於ける大火災はその數115回、約2年11箇月に1回の頻度を示してゐる。その中には、俗に振袖火事と稱せられる明暦3年の大火を始めとして、寛文・元祿・享保・明和・文化等の年々に夫々驚くべき大火があり、延焼の長さ4km以上に亘るものが40回に及んでゐる。

以上の中、明暦3年・明和9年・文化3年のものは「江戸の3大火」として人口に膾炙せるものである。江戸・明治・大正にかけて東京の地に起つた大火の延焼方向と長さを調査した警視廳の記録によれば、東京の西部に起つた火災は、悉く河岸又は海岸に來て漸く止つてをり、如何に屢々大火が東京の地を燃え抜けたかを示してゐる。又その延焼方向は、主として南々東若くは北々東を示し、東京に於ける強風方向との間にも密接な關係があることを物語つてゐる。

京都の火災史に就ては509頁脚註1)参照。

大阪の火災史に就ては561頁脚註1)参照。

2) 警視廳東京消防一斑 大正15年、昭和1年及び消防年報 昭和6年に據る。

は、東京都と改つた今日と雖も、少しも變つてゐないのみか、大東亞戦争下に在り乍ら激増の傾向をさへ示してゐる。損害高も亦同様で、金額その他も増大の一路を辿つてゐる。¹⁾

我國全體として見た場合、火災による損害高は、特殊の大火災によるものを別にしても、大東亞戦争勃發前の統計に於て年額約2億圓²⁾を示してゐる。これだけの金額があれば、年々數萬戸の耐火建築を建設することが出来る。科學技術の進歩せる今日、猶斯くの如き大火を屢々繰返すことは、歐米諸國に全く類を見ぬ所であり、單に物的損害として惜しきのみならず、無形の損害は計り知れぬものがあり、文明國として大なる恥辱でさへもある。

尤も近年に於ける消防機關の發達に伴ひ、火災による損害を幾分輕減し得るに至つたことは事實であるが、斯くの如きは都市防火對策としては、消極的手段の一たるに過ぎぬことは既述の通りである。³⁾

c) 火災の原因

火災の眞因 年々歳々多大の損害を生ぜしめる火災の原因に就ては、各種の統計が發表されてゐる。今、平時に於ける火災の傾向を知らんが爲に、滿洲事變直前の5年間(昭和2~6年)に於ける警視廳消防年表の數字によれば、東京都内の出火度數は1箇年平均約1300回(1日平均3.6回)の多きに達してゐる。これを原因別に見ると、その約70%までが「失火」であり、殘餘の約30%が「放火」

1) 警視廳消防部の調査によれば、大東亞戦争第1年たる昭和17年1箇年に於ける全管下の出火件數は2085件、損害見積額29 338 696圓の多額に上り、昭和16年に比べて363件、損害額10 963 438圓の激増である。殊に昭和17年1月以降3月25日現在の出火件數は市内のみで675件、前年の同期に比べて74件の増加で、警視廳始まつて以來の驚異的數字を示してゐる。

2) 昭和14年度の火災統計によれば、全國の家屋火災は件數17147件、損害額9190萬圓に上る。これに山林火災その他外地關係のものまで含めて年額約2億圓程度と推定されてゐる。

3) 函館市はこの良き例である。數次の大火を経験し、消防施設の發達せること全國有數なる函館市も、烈風時の大火に際會しては、殆ど消防が無力に近き状態に陥つた(前記函館大火災調査報告 第1編 第4章「防火及び消火設備」参照)。

及び「原因不明」とされてゐる。

更にその内譯に就て見れば、失火の原因中最多数を占めるものは「電気関係」であり、總数の 10 % 以上に當つてゐる。これに次では「吸殻」が挙げられ、「煙突」に原因する火災が第 3 位を占めてゐる。以下油類・火鉢・行火・炬燵・焜籠等々、0.1 % に當る落雷にまで及んで 20 餘種類に上る原因が列擧されてゐる。

然し、著者をして言はしむれば、これ等は決して我國に於ける火災の「真因」ではない。真因は別にある。「木造家屋」が即ちこれである。これを最も有力に立證するもの、一つは第 11 表に示す構造別による建物の火災である。

第 11 表 構造別による建物の火災¹⁾ (東京市及び府下 昭和 2~6 年)

構造の種類	1箇年に付被害棟數 (5年間平均)			被害率 %
	全 燒	半 燒	合 計	
木 造	1374.8	415.8	1790.6	99.3
木骨コンクリート造	2.6	1.8	4.4	0.2
煉瓦造	2.8	1.2	4.0	0.2
土藏造	2.6	1.2	3.8	0.2
鐵筋コンクリート造	0.8	0.8	1.6	0.1
鐵骨鐵筋コンクリート造	0.4	0.2	0.6	0.0
鐵骨木造	0.0	0.6	0.6	0.0
石造	0.0	0.2	0.2	0.0
鐵骨トタン張造	0.0	0.2	0.2	0.0
合 計	1384.0	422.0	1806.0	100.0

即ち、火災に罹る建物の殆ど全部は木造であつて、被害總棟數の實に 99.3 % に上り、而もその大部分が「全燒」の厄に遭つてゐるのである。木造以外の建物は、數の少い関係も勿論あるが、火災に罹る率が極めて少く、又萬一火災に罹つても「半燒」程度で済む場合が多いことが明瞭に示されてゐる。

更にこれを建物の用途別に分類して見ると、第 12 表の如くなる。

1) 警視廳消防年報 昭和 2~6 年に據る。

第 12 表 用途別による建物の火災¹⁾ (東京市及び府下 昭和 2~6 年)

建物の用途	1箇年に付被害棟數 (5年間平均)			被害率 %
	火 元	類 燒	合 計	
住宅	314.8	939.0	1253.8	70.0
納屋・物置	51.4	108.6	160.0	8.9
工場	64.6	92.0	156.6	8.7
空家	29.4	24.4	53.8	3.0
倉庫	10.2	40.0	50.2	2.8
學校	4.6	5.2	9.8	0.5
官衙	1.6	4.4	6.0	0.3
病院・醫院	2.8	2.4	5.2	0.3
寺院	2.2	3.0	5.2	0.3
公衙	1.6	2.0	3.6	0.2
自動車庫	1.4	1.8	3.2	0.2
會社	1.2	1.0	2.2	0.1
興行場	2.0	0.2	2.2	0.1
神社	1.0	0.6	1.6	0.1
官舎	0.4	1.0	1.4	0.1
店舖	0.2	0.8	1.0	0.1
寄宿舎	0.2	0.6	0.8	0.0
教會	0.4	0.4	0.8	0.0
銀行	0.2	0.2	0.4	0.0
製所	0.2	0.2	0.4	0.0
其他	32.8	54.2	87.0	4.8
合 計	523.2	1282.0	1805.2	100.0

即ち、最も火災の起り易いものは、數の多い関係も勿論あるが、住宅であり、被害總棟數の 70 % に當つてゐる。住宅が「火元」になる場合と「類燒」の厄に遭ふ場合とは、略 1:3 の割合になつてゐる。住宅に次では納屋・物置の類に火災が多く、工場が第 3 位を占めてゐる。工場の場合に於ける「火元」と「類燒」との割合は略 1:1.4 で、工場は特に火元になり易いことを示してゐる。

尙、工場の火災に関する内務省社會局の調査に據れば、自然的原因によるもの、犯罪又は怠慢によるもの等種々な原因が挙げられてゐるが、これを工業別に見れば、最も火災の多く出るのは製絲業であつて、次が木竹莖莖製造業といふ順序になり、概して燃え易い材料を取扱ふ工場に火災が多く起り易いことが極めて明瞭に示され

1) 警視廳消防年報 昭和 2~6 年に據る。

てゐる。

以上は特定の都市たる東京の場合で、而も特定の時期（市域擴張直前の5年間）に関するものであるが、滿洲事變直前の數字であるから、これを以て平時に於ける我國都市火災の最近の傾向を示すものと見て差支へないであらう。

要するに、餘りにも近く、餘りにも大き過ぎる爲に、却つて我々の眼に映じなくなつてしまつてゐるが、「木造家屋」こそは我國都市火災の最大原因であり、最大禍根を成すものである。「電気」・「吸殻」の類は、偶々これに出火の「機會」を與へたものたるに過ぎぬ。

東京都下から木造建築物を完全に驅逐し得たならば、平時の火災原因は99.3%まで無くなるのである（第11表）。同時に又、學校・官公衙・病院・會社・銀行の類のみを不燃質の建物に改めて見ても、都市火災を減少せしめ得る率は極めて僅かである。住宅・工場の類、就中最大多數を占める「住宅」を不燃質とせざる限り、都市火災の跡を絶つことは絶対に不可能である（第12表）。東京以外の各都市に就ても、この點は全く同様である。

季節・氣象の影響 火災と季節・氣象との間にも種々密接な關係がある。例へば、これを前記東京の1箇年平均約1300回、1箇月平均約108回の火災を月別にしたものに就て見ても、火災は2月を中心として12, 1, 2, 3, 4の各月に著しく多く、6, 7, 8, 9, 10の各月に少い。季節によつて風の強さに大小があること等にも關係してゐるが、大體として火氣を多く用ひる冬から春にかけて火災が多く、夏から秋にかけて少いことを明瞭に示してゐる。

尙、明治7~40年の34年間の平均に就て見るに、東京に於ける大火（50戸以上、500坪以上焼失せるもの）は春特に4月及び3月に最も多く、冬これに次ぎ、夏及び秋は最も少いことを示してゐる。大火が特に春に多く、而もその延焼方向が主として南々東若くは北々東であるといふ事實は、例年東京に於ては春と冬に風が強く、且つその方向が略南北を指してゐることとよく一致し、兩者間に密接な關係の存すべきことを示してゐる。従來の記録では、特に南系統の風よりも北系統の風の時に大火が多いことが示されてゐる。

同様の關係は大火を以て開ゆる函館市に就ても當嵌まり、その火災の沿革を緝けば、氣象との間に密接な關係が見出される。¹⁾

要するに、我國の火災は火氣を多く用ひる季節に多く、特に大火は風速大なる日に多く起つてゐる。何れも當然の如く見られるが、季節や氣象の影響が、斯くの如く敏感に而も明瞭に統計上に表れてゐるといふのも、結局は建物が燃え易い木造である爲である。即ち、僅かの過失によつても忽ち大事を惹起し、一度強風の日に火を失すれば、遂に收拾すべからざる事態に陥る危険性の極めて大なることを示してゐるに外ならぬ。

以上は専ら平時の火災に関するものであるが、我國に於て特に大火災を起す機會となり易いものとして、最も警戒を要するものに、自然力としては彼の「地震」があり、人爲的のものとしては、茲に力説せんとする戦時の「空襲」がある。

空襲と地震 空襲による火災は、その直接の原因こそ異なるが、結果から見ても地震に伴ふ火災に酷似した點が頗る多い。地震史を緝くに、古來大地震には必ず大火災が伴つてゐる。遠く遼東までもなく、關東大地震（大正12年9月1日）に於ける東京・横濱兩市、但馬地震（大正14年5月23日）に於ける城崎・豊岡兩町、丹後地震（昭和2年3月7日）に於ける峯山町等皆その例である。根本的原因として、建物の殆ど全部が耐火性を缺く木造であるといふこと以外にも、大地震の際に大火災を起し易くする直接・間接の原因として、下記²⁾の如き種々な事情がある。而もこれ等の事情は、その全部が殆どその儘で、今日都市が空襲を受けた際に、大火災を惹起せしむる可能性の大なることを示唆する資料として役立つ。即ち、

1. 地震が直接失火の原因となる。激震による倒潰家屋の發火、藥品その他の顛倒による發火等が即ちこれである（空襲の場合も亦全く同じ）。
2. 火災が起るも、地震に對する恐怖から避難が先となり、消火を怠る爲、火が自由に猛威を振ふ（空襲の場合も、市民が徒らに爆撃を恐怖すれば、同じ結

1) 後藤米太郎外7氏：「函館大火災（昭和9年3月21日）調査報告」第1章「市勢一般」、第2章「氣象一般」、第3章「火災沿革」参照、建築雜誌 昭和9年6月。

2) 震災豫防調査會：「關東大地震調査報文 火災篇」同會報告 第100號（戊）に據る。

果に陥る)。

3. 火災が同時に各方面に多発する爲、數量に限度ある官設消防では、難に赴き得ない(空襲の際、隣保班・特設防護團等の力及ばざる場合は、これと同じ危険がある)。
4. 地震により水道鐵管が破損し断水する爲、消防施設的能力が低下する(空襲の場合も亦全く同じ)。
5. 地震の爲、電話・火災報知機等の通信連絡が断絶し、路上は家財の搬出によつて閉塞され、橋梁は墜落焼失して交通機關が杜絶する爲、防火作戦の機宜を失ふ(空襲の場合にも同様の危険がある)。
6. 路上或は橋上等に堆積された家財は、消防活動を妨ぐるのみならず、火災の延焼を直接媒介する(空襲の際、市民自制を失ひ、混亂に陥らば同様の結果を招く)。
7. 平時に於て耐火構造なる建築物(例へば土蔵造・煉瓦構造の如き)も地震の爲に耐火性を失ふ場合を生じ、延焼を來し易い(空襲時、爆撃を受けた場合も亦同様の惧がある)。

殊に火災が烈風時に起つた場合には、防火に處置なく、全市を猛火の海と化せしめる危険が多い。¹⁾ 地震に伴ふ火災は斯くの如く實に恐るべきものがあり、地震による直接の損害と火災による損害とでは、全然比較にならぬ程後の方が大きい。²⁾

1) 大正 12 年關東大地震の際には、火氣多き晝食時の正午に近く、而も風速 12.3 m/sec の強き南風あり、殊に 9 月 1 日午後 6~11 時に於ては風速 14.5~21.8 m/sec にも達したる爲、各所に發したる火は合して大火條となり、火流相衝突する地點には必ず大小の旋風を起し、加ふるに風向屢々變化して防禦を施すに術なく、市内の大半を焦土と化せしむるに至つた。

地震に伴ふ火災ではないが、昭和 9 年函館大火災の際も、唯 1 箇所火元による火災が、折悪しく低氣壓による最高風速 25~26 m/sec の烈風に際會した爲、延焼と 39 箇所及び顯著な飛火によつて擴大し、消防の奮闘も效なく、全市の過半を灰燼に歸せしめたのであつた。

2) 人的損害に就て見ても、關東大地震に於て直接地震の爲に生命を失ひたる者は、倒潰家屋 10 戸に付 1 名の割合であつたが、火災の方は焼失家屋 4 戸に付 1 名の死者を出してゐる。即ち、東京市内に於ける 6 萬人に近い死者の 95.5% までは、火災の爲に焼死し、又は火災を逃れんとして河川・池・沼等で溺死したものである。

物的損害に就ても同様で、地震の場合には、財寶はたとひ一部でも残り得るのであるが、火災に於ては全部が跡方もなく失はれて仕舞ふ。

故に「恐るべきものは地震よりも、寧ろこれに伴つて起る火災である」とは關東大震災に於て我々が最も痛切に教へられた所である。著者は今この言葉をその儘現在及び將來の戦争に當嵌め「恐るべきものは決して空襲そのものではない。寧ろこれに伴つて起る火災である」と警告する次第である。

尙、空襲が今日不可避とされる點も、地震そのものを防止することの不可能とされる點と相通する所がある。但し、火災に對しては、それが空襲に因るにもせよ、又地震に因るにもせよ、「火」その者をして災害を起さしめぬ様にも爲し得られるし、又萬一火災が起つた場合にも、その災害を小ならしむべき方法がある筈である。その方法としては「耐震にして同時に耐火なる建築」の必要が、過去の地震による貴重なる經驗によつて最も痛切に感ぜられたのと全く同様に、空襲に對しても、内外に於ける戦争並に事變による高價な實驗の結果に基き「耐弾にして同時に耐火なる建築」を求むる以外に途は無いのである。

d) 火 災 の 延 焼

延 焼 経 路 火災が延焼する経路を分析すれば、大略次の 3 種となる。

1. 同一建物内に於て或る階から他の階へ延焼する場合
2. 或る建物から他の隣接建物へ延焼する場合
3. 或る建物から他の隣接せざる建物へ延焼する場合

上記 1. は木造建築物の場合には勿論、不燃材料を以て構成された多層建築物の火災にも見るもので、床が不燃質でない場合には、火が容易にこれを燃え抜く。床が不燃質でも、昇降機・階段・メイルシュートその他給水・排水・煖房用配管類の孔等の如く床に設けられた開口部に適當な防備が施されていない場合には、火災がこれ等の開口を通じて蔓延する。又、煙やガスが微細な隙間を通じて上方の階又は隣室に侵入し、こゝに充滿して爆發を起す場合もある。又、外壁の窓を通じて上階の窓へ延焼する場合もある。

先年東京市内某百貨店に起つた火災に於て、4 階から出た火が、開放された階段を通じて、忽ち 5, 6, 7 階に及んだ如きは、この著しい例である。關東大震災當時

も、床に開口した極めて細い配管の孔を通じて、上階の床の幅木に燃え付いた例が少なくなかつた。

2. は延焼と稱せられるものの中、最も普通なもので、所謂「類焼」に當る。即ち、外壁が不燃質の建物ならば、窓・出入口の如き壁體の開口部に適當な防火設備が無い場合、又は有つても不完全な場合等に起る。

壁體の開口部に折角防火戸の類が有り乍ら、不完全な爲に、その部分から火を導き入れて、不燃質の建物であるにも拘らず、類焼を來した例が、先年の函館の大火の際にも少からず見出されてゐる。

普通の木造建築物ならば、防火壁が無い場合、又は防火壁が有つても火がこれを越えた場合、又は火熱が壁體を透した場合等に起る。以上の外、煙が侵入して爆發を起し、又は建物が火災によつて破壊される場合、その破片の落下によつて他の建物の機械的に破孔を生ぜしめ、その部分から延焼する様な場合もある。

3. は所謂「飛火」で、屋根葺材料が可燃性のものである場合、又は不燃性にて屋根下地が可燃性なる場合、軒蛇腹等の如き裝飾的工作物が可燃性のものである場合、壁體が不燃性にて、開口部に防火設備を缺く場合、普通の木造建築物の如く外壁自身が可燃性なる場合、その他火の付き易い庇・軒先・附屬家・渡り廊下等のある場合に「火の粉」が或は侵入し、或は附着して容易に延焼を來す。

延 焼 速 度 木造都市に起る火災の延焼速度は、實に驚くべきものがある。即ち、大正 12 年關東大震災當時の東京の例を示せば、火災の延焼速度を終始等しきものと假定し、市内の焼失面積 34.4 km^2 ($10,340,400$ 坪)¹⁾ を延焼時間 42 で除せば、面積にて平均 0.82 km^2 ($246,200$ 坪)/時 (日比谷公園の約 4.5 倍に當る) $= 13,600 \text{ m}^2$ (4103 坪)/分 $= 225 \text{ m}^2$ (68 坪)/秒の驚異的數字となる。又、市内の焼失棟數 219,012 を延焼時間 42 で除せば、平均 5215 棟/時 $= 87$ 棟/分 $= 1.5$ 棟/秒の割合となる。以て如何に火勢が猛烈を極めたか分る。

更にこれを直線的に表せば、延焼速度は平均 $100 \sim 200 \text{ m/時}$ となり、延焼特に

1) 内務省報告の數字に據る。日本橋・淺草・本所・京橋・神田・深川等の諸區を全焼し、市全面積の 43% 弱に當る。

速かなりし深川の一部に於ては約 $600 \text{ m/時} = 0.17 \text{ m/秒}$ を示す。横濱に於ては更に大であつて、約 $900 \text{ m/時} = 0.25 \text{ m/秒}$ の速度で延焼してゐる。

「飛火」に就ては、關東大震災は餘りにも大規模且つ複雑であつた爲、飛火と延焼との區別が不明確で、單にその數約 240 箇所と算せられてゐるのみで、飛火の距離等に就ても確實な記録は見當らぬ。

昭和 9 年函館大火¹⁾ を例にとれば、焼失全面積 4.3 km^2 ($1,296,000$ 坪) を發火より鎮火に至る延焼時間約 11 で除せば、約 $6,500 \text{ m}^2$ ($2,000$ 坪)/分 $= 110 \text{ m}^2$ (33 坪)/秒の割合となり、關東大震災の延焼速度の約 1/2 に當る。これを焼失建坪に就て見れば約 $1,790 \text{ m}^2$ (550 坪)/分 $= 30 \text{ m}^2$ (9.1 坪)/秒となる。但し、火勢最も盛なりし午後 7~11 時の 4 時間に於ける焼失區域は約 4 km^2 、焼失戸數は約 2 萬戸とされるから、最盛時には面積にて $16,500 \text{ m}^2$ ($5,000$ 坪)/分 $= 280 \text{ m}^2$ (85 坪)/秒、戸數にて 83 戸/分 $= 1.4$ 戸/秒となつて、關東大震災以上の延焼速度を出してゐる。これを直線的に表せば、火元から焼止りの砂山までの距離約 4.5 km を、火災傳播走時と認められてゐる 3 時間で除して、延焼速度約 $25 \text{ m/分} = 0.42 \text{ m/秒}$ を得る (但し、これには飛火による發火は勿論含めてない)。

「火流」は函館大火に於ては風力強かりし爲、水平的に流れる傾向多く、火流の長さは、海岸附近に於て風下に向つて $40 \sim 50 \text{ m}$ に及んだ。

「火の粉」は火勢最も盛んなる頃には、西の強風によつて燃焼地點から約 3 km を距てた五稜廓及び 5 km を距てた湯の川温泉方面にまで飛んでゐる。

「飛火」は焼失區域の全面積 4.3 km^2 内に顯著なるもの 39 箇所が認められてゐるから、約 0.11 km^2 に就き飛火による發火點 1 箇所の割合となる。飛火の距離としては、風速 26 m/sec 内外の際に、直線距離で約 460 m に及んだ實例がある。火焰が付いたまゝの屋根が約 200 m 飛んだ例もあり、その他燃え盛る戸板・雨戸・畳等の飛散するもの極めて多數に上り、屋根葺用鐵板 (約 30 cm 角) が風下に向つて 10 km 以上も飛んだ例は珍しくない。

1) 後藤米太郎外 7 氏: 「函館大火災 (昭和 9 年 3 月 21 日) 調査報告」第 2 編第 6 章「今回の火災の性質」に據る。建築雑誌 昭和 9 年 6 月

昭和15年静岡大火¹⁾を例にとれば、焼失全面積1.3km²(400000坪)を發火より鎮火に至る延焼時間約11で除せば約2000m²(600坪)/分=33m²(10坪)/秒の割合となり、昭和9年函館大火に比して延焼速度は約1/3である。函館大火當時の風速(25~26m/sec)に比し、静岡大火當時の風速(7~9m/sec)が約1/3なりしことを思ひ合せると、延焼速度と風速度との間に密接な関係があるものゝ如くである。焼失建坪(176000坪)に就て見れば、約860m²(270坪)/分=14m²(4.5坪)/秒で、函館大火の場合の約1/2に當つてゐる。これを直線的に表せば、焼失区域の最長距離約2km(飛火を除く)を延焼時間11で除して、延焼速度約3m/分=0.05m/秒を得る。

「飛火」は静岡大火に於ては第1~3次に互つて9箇所に認められる。第1次は當日の最大風速9.2m/secに乗じて火元から約600m風下に飛火し、第2次は更にそこから7m/secの強風に煽られて同時に6箇所に飛火し、これ等が合流して火勢猛烈を極むるに至つた。第2次飛火の最遠距離に及んだものは約1500mに達してゐる。

以上の中、關東大震火災・函館大火は共に、烈風時の火災(前者は發火時風速12.3m/sec, 最高21.8m/secに達し、後者は發火時風速22m/sec, 最高25~26m/secに及ぶ)である。従つて上記の數字は、例外的のものであるとしても、静岡大火(當時の風速7~9m/sec)に於ても猶1分間に約2000m²(600坪), 1秒間に33m²(10坪)を焼失せしめてゐる。斯くの如き大なる延焼速度を有する火災は、諸外國の都市には絶対に例を見ぬ所である。²⁾

1) 大日本防空協會編:「静岡大火災(昭和15年1月15日)調査報告」第2章「火災状況」に據る。

2) 耐火建築によつて構成される歐米諸國の都市では、火災が大なる延焼を起す場合は極めて少い。平戦兩時を通じて、建物1棟の全焼を來すことすら極めて稀であり、多くは火を失したる建物のその一室、若くは精々その階の數室を焼く程度である(本書巻頭「回想」参照)。

尙、我國に於ける過去の火災の調査資料その他を基として、種々なる角度から延焼速度を研究したものに下記文獻がある。

東京消防研究會:「火災に於ける延焼速度」消防研究叢書 第1編, 昭和17年7月

空本吉造氏:「火流の研究」大日本警防, 昭和16年6,7月

松下清夫氏:「火災の延焼速度に及ぼす風速の影響に関する一資料」建築雜誌 昭和17年2,3月

大火の眞因 静岡大火に於て焼失區域を斯くの如く大ならしめた原因としては、下記が挙げられてゐる(前記「静岡大火災報告」37~38頁参照)。

1. 火元に全市消防ポンプの殆ど全部が集中した爲、飛火箇所への手配が遅れた。
2. 風力大で、且つ1箇月以上も降雨なく、極度の乾燥状態にあつた。
3. 火元が風上に在り、延焼に絶好の位置であつた。
4. 第2次的飛火が6箇所に起り、一時に燃え擴がつた。
5. 第2次火元附近は商店街で建物が揃比してゐた。
6. 「防火地區」無く、廣場・公園等の設備が無かつた。
7. 湯水の爲、用水井戸の湧出量が少かつた。
8. ポンプ等消火設備が少かつた。

これ等の各條項は總て正しい。但し、當然の理由として省かれてゐるのかとも思ふが「總ての建物が木造であつた」ことが挙げられてゐない。これと略同様の諸理由を列挙してゐる函館大火に関する報告は「發火地點及び海岸附近は、特に倭小粗悪なる木造家屋が連擔し、且つ全市に互り粗雑木造家屋が多かつたこと」を指摘し、「今回の消防組の大活動は人力の限りを盡し、刀折れ矢盡きたものといふべく、大火災となつた事は極めて遺憾であるが、消防組としては全く不可抗力であつたと斷言しても誤なきものと思ふ」と述べた後、「元來地理的に不利な都市に出火があり、當時の氣象状況も亦不利であつても、建築物が耐火的であれば、殆ど大火は起り得ないのである」と結んでゐる(前記「函館大火災報告」19頁参照)。

これこそ眞に我國に起る大火の眞因を衝いたものである。その驚くべき延焼速度によつて、消防不可能とさへ考へらるゝ大火災に對し、これを根本的に鎮壓し得べき對策に就て、その方向を示したものと見るべきである。唯遺憾とする所は、過去の幾多の災害に於ける例に洩れず、報告が單なる報告として取扱はれ、貴重なる經驗より得られたる結論が、強力に實行に移されてゐない點である。

尙、念の爲附加へるが、静岡大火の重大なる原因の一つに數へられてゐる當時の風速7~9m/secは、所謂「疾風」(樹の枝を動かす程度)に當るもので、我國の都市としては、少しも珍しいものではない。我國に於ては、更にこの上に「強風」

(10~14.9 m/sec, 樹の大枝を動かす) 及び「烈風」(15~28.9 m/sec, 樹の大幹を動かす) があり, 更に颱風によつて屢々起される「颶風」(29.0 m/sec 以上, 樹を根こぎにし, 家を倒す) さへもある。「疾風」程度の風力によつて, 都市に大火災が起る様では, 危険千萬である。敵機の焼夷弾攻撃は, 決して「和風」・「軟風」乃至「静穏」の日のみを狙つて加へられるものではないからである。

又「飛火」が烈風時火災に於て直線距離約 460 m に及んだ實例(函館, 風速 26 m/sec), 疾風程度でも約 600~1500 m に達した實例(静岡, 風速 7~9 m/sec)に徴して, 都市計画的に道路・河川・鐵道・公園・綠地等による所謂「防空帯」を設けて建築物の集團を區劃して見ても, その幅員が 500 m 以上なければ, 強風時に起る火災の飛火に對しては安全を保證することは不可能である。この點から見ても將來の對策としては, 個々の建築物自體の不燃化を圖ることが第 1 義である。防空帯の類は都市疎開の上から極めて重要であるが, 都市防火の強化を圖る點から見れば, 寧ろ耐火建築を補足する意味に於て, 第 2 義的に取扱はるべきものと信ずる。

e) 火 災 の 温 度

防火對策を攻究する上に於て知らねばならぬもの、一つは火災の温度である。實際の火災の温度は, これを直接測定することが困難な爲, 普通は火災後の焼跡に於て種々の金屬類の熔けた状態を見て判断する。尤も外國には, 實際の火災に就て實驗的に調査したのものも相當にある。¹⁾

1) 例へばアメリカでは, 夙に火災保險協會がシカゴ實驗所に於て煉瓦造家屋の類に起つた多數の實際の火災に就て調査の結果, 時間の経過に伴ふ火事温度の變化を求めて「標準時間温度曲線」(Standard Time Temperature Curve) なるものを見出してゐたが, National Fire Protection Association, American Society for Testing Materials, U.S. Bureau of Standards, National Board of Fire Underwriters, Underwriters' Laboratories, Associated Factory Mutual Fire Insurance Companies, American Institute of Architects, American Concrete Institute 等の諸團體が協議の結果, 更にこれを規格化して, 煉瓦造家屋の類に對する「火事標準温度」を決定した。

この標準は耐火構造に關する各種の試験(例へば, 防火壁・防火戸・金庫等の構造或は構造用鋼材の被覆等を決定する爲の耐火試験の如き)に當つての標準加熱條件として廣く活用されるのみならず, 各種構造の耐火度を簡単に表示し得る爲, 規格化にも便であり, 耐火構造の普及發達に寄與する處が尠くない。現に歐洲ではアメリカのこの規格をその儘採用してゐる國さへある。内外に於ける各種の耐火試験乃至火災實驗の結果に就ては, 下記に詳細に紹介されてゐる。

内田祥文氏:「建築と火災」昭和 17 年 相模書房版

木造建物の火事温度 我國に於ても木造家屋に對する火事標準温度を決定する必要が痛感せられ, 東京帝國大學工學部建築學教室に於て實施せられたる前後 2 回に亙る實大平家建木造家屋の火災實驗¹⁾ その他の諸實驗より得られたる貴重なる資料を基として, 建築學會の都市防空に關する調査委員會では「木造平家建家屋の火事標準温度」を決定發表した。即ち第 13 表の如くである。

第 13 表 木造平家建家屋の火事標準温度²⁾

時 間	建 物 内 の 位 置 に よ る 温 度 °C		
	小 屋 内	室 内 上 部 (床上 1.3 m より天井迄)	室 内 下 部 (地面より床上 1.3 m 迄)
2 分	600	600	200
7 分	1200 (最高)	1050 (最高)	1000 (最高)
15 分	550	700	850
20 分	340	560	790
30 分	190	420	670
45 分	140	300	500
1 時間	120	220	350
1.5 時間	100	160	220
2 時間	100	150	200

上表から, 木造家屋の火事温度に關する特徴として, 下記が指摘されてゐる。

1. 木造家屋の火事温度は, 床面からの高さ(室内下部・室内上部・小屋内)に應じて夫々特徴がある。
2. 木造家屋は發火後極めて短時間(約 7 分)で最高温度に達する。
3. 最高温度は小屋内に於て最も高く(1200°C), 室内下部に於て最も低い(1000°C)。

1) 内田祥三博士:「木造家屋の火災實驗に就て」建築雜誌 昭和 8 年 12 月(第 1 回實驗報告, 試験家屋は木造瓦葺平家建, 一部トタン葺, 外部下見板張, 面積 30 m², 棟高 3.5 m, 軒高 2.7 m, 建物以外の可燃物量 41.3 kg/m², 氣象は夏季, 殆ど無風時)

内田祥三博士外數氏:「木造家屋の火災實驗に就て」建築雜誌 昭和 10 年 4 月(第 2 回報告, 試験家屋は木造瓦葺平家建, 外部下見板張, 2 戸建 58 m² 1 棟, 同 1 戸建 35 m² 1 棟, 共に棟高 6 m, 軒高 4 m, 兩棟間隔 3 m, 建物以外の可燃物量 22.0 kg/m², 氣象は夏季, 殆ど無風時)

2) 都市防空に關する調査委員會:「木造平家建家屋の火事温度」建築雜誌 昭和 12 年 8 月 962 頁

4. 最高温度の継続時間は短い。
5. その後に於ける温度の持続時間は、逆に小屋内に於て最も短く、室内下部に於て最も長い。

要するに、木造家屋が火災に罹る場合には、極めて短時間で最高温度に達するが、最高温度は長く続かず、間も無く下降する。一言にして盡せば、忽ちにして燃え上り、瞬く間に燃え盡して焼け落ちるのである。小屋裏に比して室内殊に下部に比較的高温度が長く続くのは、焼け落ちて堆積した木材が引続き燃焼する爲に温度の上昇することを意味するものとされる。¹⁾

尙、上記の標準温度を決定するに用ひられた資料は、何れも独立家屋の無風時火災の場合であるが、烈風時に於ける密集家屋の火災例たる昭和9年函館大火に於ける調査の結果も、木造家屋火災温度の時間的変化は、上記独立家屋の無風時のものに比較的近い、と附言されてゐる。²⁾

1) 木造家屋が火災に罹りたる場合、温度は相當高くなるが、その継続時間が短いとの特性に着目し、簡易防火構造として木造家屋各戸の外周即ち外壁・窓・出入口・屋根・軒・庇等の一切を不燃材料（鐵網モルタル・漆喰・塗土・耐火木材の類）を用ひて萬遍なく覆ひ、炎上する家屋の緩燃焼化を圖ると共に、家庭消防の人的活動と相俟つて、隣家への延焼防止を期せんとして案出されたものが、所謂「既存木造家屋の防火改修」である。

この防火改修は防空法第5條の2に強制命令の根據を有し、「防火改修規則」（昭和17年3月27日内務省令第16號）によつて昭和17年4月1日以降全國主要都市に實施を見つゝあることは周知の通りである。

又、從來市街地建築物法の適用されてゐた地域内に木造建築物を新築せんとする場合、その外周を同じく不燃材料を用ひて萬遍なく覆ふべきことその他（例へば木造長屋の防火、簡易防火の爲の「準防火壁」、木造建物開口の禁止若くは制限等）木造建物の防火に關して種々規定した「防空建築規則」（昭和14年2月17日内務省令第5號）も、上記既存家屋の防火改修と同一方針の下に、新築木造家屋の緩燃焼化並に延焼防止を圖らんとするものである。

2) 函館大火の焼跡に於ける軟鋼・鑄鐵・銅等の金屬類の熔融状態から木造家屋の火災温度を推定した濱田稔博士の調査によれば、「木造の場合には最高温度一般に高く、中心部に於ては約1200°C強、輪割線に於てはそれより稍低く約1200°C、更に低いと思はれる自然焼止りの孤立家屋に於て約1100°Cを越えてゐる。但し如何なる場合にも1400°Cを越えることはない」とされ、時間に就ては「高温度の継続時間は極めて短い。これは烈風時の火災の爲であつたかも知れぬが、大火災は地震に伴ふものを除けば、烈風時に於てのみ起ると考へるのが妥當であるから、相當に普遍性のある特徴と考へる」と報告されてゐる（前記函館大火災報告61~62頁）。

備考 建築用諸金屬の熔融點は、下記の如くである。

軟鋼	1400~1500°C	銅	1083°C	銀	961°C	眞鍮	約900°C
鑄鐵	1100~1250°C	金	1063°C	ブロンズ	約900°C		

尙、上記木造家屋の火災実験より得られた標準温度その他を基として、木造家屋の火災時に、遮熱に必要なコンクリート防火壁の厚さに就ても理論的に研究され、¹⁾ 實驗的研究も經て、鐵網モルタルによる比較的簡易な構造の壁體を「準防火壁」として木造長屋その他に對して使用する方法も案出されるに至つた。

木造2階建家屋の場合の火災標準温度に就ては、未だ決定されてゐないが、實驗的には研究されたものがある。例へば、東京帝國大學工學部・内務省計畫局共同研究の木造2階建家屋の火災実験²⁾の結果によれば、木造平家建の場合と同様に、温度が上昇し始めてから最高温度に達する迄の時間は極く短く、建物内各所共大體10分以内であつた。但し、最高温度は平家建の場合よりも高く、1200°Cを超えたものが多く、中には1320°Cに達した箇所もある。800°C以上の高温継続時間は、平家建の場合には5分内外であつたが、2階建の場合には10分内外となり、最大18分に達してゐる。尙、床下地表温度の最高は280°Cに達したが、地中の温度には殆ど變化がないことが確められてゐる。

木造2階建家屋に就て試みられたその後の諸実験³⁾に於ても、その結果は何れも略同様の傾向を示してゐる。

鐵筋コンクリート造建物の火災温度 標準温度は我國では未だ決定されるに至つてゐないが、鐵筋コンクリート造建築物に就ても、火災時の温度を實驗的に研究したものがあつた。例へば、東京帝國大學工學部・陸軍築城部本部・警視廳・同潤會

1) 例へば下記参照。

濱田稔博士：「木造家屋火災時の遮熱に必要なコンクリート防火壁の厚さに關する理論的研究」建築學會論文集 昭和12年12月

谷口忠博士・今井光雄氏：「火熱せらるゝ鐵筋コンクリート版及び塼體の表面温度並にその温度傳導に關する研究」（防火壁並に被覆の研究）建築學會大會論文集 昭和14年4月

2) 内田祥三博士外數氏：「木造家屋の火災実験 特に2階建の場合に就て」建築雜誌 昭和14年6月（試験家屋は事務所學校等に見る洋風木造總2階建、床面積は各階91m²(27.5坪)、階高は各階3.6m、可燃物量は建物自身約31t、家具類等合計33.6t、氣象は初夏、風速2.5~4.0m/sec)

3) 新海悟郎氏：「淀橋火災実験報告」建築雜誌 昭和14年6月（内務省防空局・建築學會共同主催、洋風木造2階建の火災実験）はその一例である。

共同研究による鉄筋コンクリート造3階建家屋の火災実験¹⁾の結果によれば、室内の基準温度は第14表の如くである。参考の爲、最終欄に平家建木造家屋の場合の数字を掲げる。

第14表 鉄筋コンクリート造建物室内の火事基準温度²⁾

温度・時間	建物内の位置		(参考) 木造家屋 の場合
	6 疊 間	3 疊 間	
最高温度 °C	747	797	1050
最高温度迄の時間	約 56 分	約 57 分	約 7 分
500°C 以上の継続時間	34.5 分	39.8 分	21.4 分
250°C 以上の継続時間	1 時 29.3 分	1 時 35.2 分	25.8 分

唯一の実験例ではあるが、上表から鉄筋コンクリート造建物室内の火事温度に関する特徴として、下記が指摘されてゐる。

1. 鉄筋コンクリート造建物内の火事温度の時間的変化は、木造の場合と著しく性質を異にする。
2. 木造の場合には、発火後極めて短時間(約7分)で最高温度に達するが、鉄筋コンクリートの場合には著しく長時間(約1時間)を要する。
3. 最高温度(約800°C)は木造の場合(室内上部で1050°C)に比して可成低い。
4. 最高温度の継続時間は、木造に比して長い。
5. その後に於ける高温度(500°C以上、250°C以上の如き)の継続時間は、木造の場合に比して著しく長い(500°C以上は室内に於て35~40分、特に床上に於ては約4時間に及ぶ)。

尚、この実験では、最初窓を閉鎖したまま室内の可燃物に点火したが、容易に火災状況に入らず、數回に互つて自然消火を來してゐる。失敗を何度も繰返した後、

1) 内田祥三博士外數氏：「鉄筋コンクリート造アパートの火災実験報告」建築雑誌 昭和13年4月(試験家屋は鉄筋コンクリート造3階建共同住宅の2階、6疊・3疊・臺所・便所・玄関附の1戸分、面積約22.6m²(7坪)、階高2.5m、2階床面は地上3.1m、3階軒高10m、可燃物量は合計805kg、氣象は秋季、風速3m/sec)

2) 濱田稔博士・佐藤鑑氏：「戸内温度の測定結果」同上報告 19頁

窓を開放して通風を良好にした結果、漸く火災状況に入らしめ得たのであるが、空氣の供給充分となるに及んで火勢は盛んとなり、3疊・6疊・臺所・玄関といふ順序に延焼し、可燃物(造作・建具・床・家具等)の全量の95.5%を焼盡して鎮火した。この際、火焰の流出や輻射熱量も、木造の場合に比して著しく少く、従つて又延焼距離も極めて短いことが確められてゐる。¹⁾

要するに、鉄筋コンクリート造建物内では、火災が容易には起り悪いことが分る。又、萬一火災に罹つても、木造に比して著しく燃焼が緩慢で、最高温度も低く、これに達する時間も遅い。但し、その後相當長時間に互つて高温度が持続する特性がある。最後に、木造の場合に較べて、根本的に異なる點は、木造家屋の場合の「焼失」は、室内の可燃物は勿論、建物自身の完全なる消滅を意味するが、鉄筋コンクリート造の場合には、焼失するものは内部の造作・建具・家具の類に止まり、建物の軸部自身は儼として残存することである。

以上は火災実験の結果であるが、火事温度に関しては、略同様の現象が昭和9年函館大火の際にも認められてゐる。²⁾

火災自身の諸性質に関し、現在知られてゐる所は概略上記の如くである。以下これが対策としての耐火建築に就て少しく検討を加へて見よう。

1) 鉄筋コンクリート造建築物に関する我國の火災実験としては、上記以外に、昭和15年1月8日大阪市に於て實施せられた3階建の建物(プレミヤハウス)に関する研究がある。下記参照。

大阪府警察部建築課：「大阪第2次火災実験」セメント界彙報 昭和15年4月
坂靜雄博士外2氏：「鉄筋コンクリート家屋の火災実験」及び「コンクリート試験片及被覆鋼材の耐火試験」建築雑誌 昭和16年1月

2) 濱田稔博士の調査によれば、函館大火の際、鉄筋コンクリート造建物で類焼したものは、その内部に於て真鍮及びブロンズは例外なしに熔けてゐたが、銅及び鑄鐵の熔融物は發見されなかつた。木造家屋の場合には、銅が例外なしに熔けてをり、鑄鐵も部分的に多少熔融してゐた。これ等の點から判断して、鉄筋コンクリート造の場合には、建物の全容積に對する可燃物量の小さなことにも原因すると考へられるが、木造に比して火事の最高温度が低いことが確かめられてゐる。但し、高温度の継続時間は、実験の場合と同様に長く、殊に防火戸が閉鎖されたままに内部が類焼する様な場合には、空氣の流通悪しき爲、その傾向が一層顯著であることが報告されてゐる(前記函館大火災報告61~62頁)。

3. 耐火構造

a) 耐火建築

耐火の意義 「耐火」¹⁾といふ用語は往々にして誤解を招く。厳密なる意味に於て耐火的である爲には、建築物はその構造は勿論、仕上げも共に、不燃性の材料²⁾で構成せられてをり、且つこれ等の不燃材料は高熱と水（特に消火用水）との作用を同時に受けた場合に、損害を受ける惧なき材料を以て安全に保護されてあるべきことを必要とする。この定義に従へば、木材の如きものは、それが表面に露出してゐるとゐないに關らず、使用すべからざるものとなる。鐵・鋼・普通硝子・一般建築用石材等の如きも、これを露出せしめては建築物に使用し得ないことになる。この意味から云へば、獨り我國といはず、世界各國を通じて「現存する建築物中には、絶對的耐火性を有するものは先づ無い」と稱して誤がないであらう。

但し、建築物中には、火災に出遭つた場合に、木造家屋の如く一瞬にして灰燼に歸することなく、たとひ内部の可燃物が燃焼することはあつても、柱・梁等の主要骨組が破壊さるゝことなく、屋根・壁體等が焼け墜ちることなく、損害の程度が、建物全體から見て精々 20~40 %で済むものがある。一般に耐火建築と稱せらるゝは斯くの如きものを指すのである。今日で云へば、鐵筋コンクリート構造乃至鐵筋コンクリートによつて被覆された鐵骨構造の類がこれに屬する。著者が「耐火建築」と呼び、或は「不燃都市」と稱するものも亦この程度のものを指すのである。

木造建築物の表面を單に不燃材料を以て覆ひ、火に對して多少保護した程度のものは「準耐火構造」又は「緩燃構造」と稱せらるべきもので「耐火構造」では決し

1) 獨 Feuerbeständig ; 英 Fire-proof or Fire-resistive

2) 市街地建築物法施行規則に於ては、「不燃材料トハ煉瓦・石・人造石・コンクリート・石綿盤・瓦・金屬・陶磁器・硝子・モルタル・漆喰ノ類ヲ謂フ」と定義されてゐる。

てない。¹⁾

1) 我國の市街地建築物關係法規では、關東大震災の貴重なる經驗を基として、從來「耐火構造」と「準耐火構造」の 2 種が認められてゐた。「耐火構造」は壁體・床・屋根・柱及び階段に關するもので、主として鐵筋コンクリート造・鐵骨鐵筋コンクリート造・鐵骨煉瓦造・鐵骨石造・鐵造・煉瓦造・石造・コンクリート造の類を夫々の箇所に應じて、適當に使用すべきものとされて來た。尙、開口部に設ける戸に就ても、その防火的效力の大小に従つて「甲種防火戸」及び「乙種防火戸」の區別が設けられて今日に及んでゐる。

「準耐火構造」(Semi-Fireproof) は、専ら建物の外壁に限つて認められて來たもので、鐵骨生子板張、鐵骨造又は木造で外面に石・煉瓦・人造石・セメントモルタル・コンクリート・塗土・漆喰等を用ひて相當の厚さの被覆をしたものがこれに該當してゐる。

木造建築物の防火方法として、最近の防空建築規則に規定を見るに至つた木造建物の外周を不燃材料を用ひて薄く萬遍なく包まうとする手法は、火災實驗に根據を置き、木造建物の火災の特質を獲へて考案されたものであるが、耐火構造の程度から見れば、從來の準耐火構造の下に、更に「簡易防火構造」とも稱すべき 1 階級が設けられた形である。

ドイツ耐火建築規則 (Baupolizeiliche Bestimmungen über Feuerschutz) では、火及び熱に對する抵抗の大小に従つて、下記の用語並に定義を採用してゐる。尙、本規則はドイツ標準規格 DIN 4102 Blatt 1~3 に相當し、全國に適用されてゐるが、例へばプロシヤ州では 1934 年 8 月 30 日附經濟大臣告示として公布實施を見てゐる。

構造材料

1. 可燃材料 (brennbar): 温度が發火點に達したるとき、大氣中に於て自ら燃焼し續けるもの。
2. 難燃材料 (schwer brennbar): 火と熱との作用によつて發火し、炭化せしめ得るも、大氣中に於て自ら燃焼を續けざるもの。例へば一部を熱すれば焰を出すも、熱を去れば短時間で焰が自然に消えて、燃焼が内部に傳はらざる如きもの。
3. 不燃材料 (nichtbrennbar): 自然の性質として大氣中で點火し得ざるもの。

構造部材

4. 準耐火構造 (feuerhemmend): 耐火試験に際し、0.5 時間以内に自ら燃焼を來さず、結合を失はず、火の侵入を阻止して、荷重を受くる部分が耐力を失はず、且つ試験中火焰に曝された側が、面せざる側に對して 130°C 以上温度が上昇せざるもの。
5. 耐火構造 (feuerbeständig): 不燃材料より成り、耐火試験に際し、1.5 時間以内に火焰と消火用水の作用を受けてもその組織に著しき變化なく、安定並に耐力を失はず、且つ火の侵入を防止し得るもの。更に試験中火焰に曝された側は、反對側に比し 130°C 以上温度の上昇を來さず、又、周圍を耐火的に被覆された部材は、耐火試験中 250°C 以上に温度が上昇せざることを要す。
6. 高度耐火構造 (hochfeuerbeständig): 前記 5. 耐火構造の條件を 3 時間に亘つて満足せしむるもの (但し、この試験に合格するものは極めて稀である)。

ドイツでは上記の定義に従つて、壁體・床・屋根・梁・柱・階段・戸等に用ふべき「準耐火構造」及び「耐火構造」を具體的に圖解して極めて詳細に規定してゐる。理想的な「高度耐火構造」の條件を満足させるものは、事實上極めて稀である爲、單に定義が示されてゐるに止まり、具體的の例は擧げられてゐない。同時に又、我國の「簡易防火構造」に相當する如き程度低きものも、構造部材としては認められてゐない (Bauwelt 1938, Heft 18~41 参照)。

建築物を如何にして耐火的ならしむべきかの問題は、歐米諸國に於ては、實に過去數百年來の重要な研究題目であつたが、爲政者の卓見に加ふるに、特に最近數十年間に於ける科學技術の發達により、耐火構造は理論的にも亦實際的にも、著しき進歩を示すに至つた。

我國に於ても大正 8 年市街地建築物法によつて 6 大都市に對して「防火地區」が指定され、大正 12 年關東大震災火災による刺戟と相俟つて、耐火建築は漸次進歩發達を見んとする氣運に在つたが、近年引續き起つた事變並に戦争の爲に、惜しくも中絶された形となり、理論的研究は相當進んでゐるにも拘らず、耐火建築として實際に建設を見たものは、その量に於ては勿論、質より見るも極めて貧弱であつて、歐米諸國のそれに比して、残念乍ら及ばざること遙かに遠き實情に在る。

根本問題としての都市計画的方策は後段に譲り、先づ個々の建築物を耐火的ならしむべき方途としては、これを少くとも次の 4 方面から攻究する必要があるであらう。

- | | |
|--------|--------|
| 1. 計 畫 | 3. 構 造 |
| 2. 材 料 | 4. 消 防 |

防火的計畫 上記 1. 「計畫」は從來比較的閑却されてゐた方面で、防火を建築計画的見地より攻究せんとすものである。即ち、根本に遡り、建築物計畫の當初から、防火上有效なる如く平面計畫を行ふことが重要である。例へば

1. 面積の區劃を小ならしむ。
2. 高層建築を避ける。
3. 内庭又は吹抜天井を有する廣間の類を制限する。
4. 特に危険を惹起し易い部分を隔離する。
5. 防火壁・防火戸の類を適當に設置する。
6. 避難系統を研究し、避難用具類を整備する。
7. 配管・配線に注意する。

等が即ちこれである (108 頁「平面計畫」の項参照)。

上記 4. 「消防」は既に出火せる場合、これを防禦すべき消火設備又は火災報知

機具等に関するものであるが、本書の範圍外に屬するを以て茲には省略する。

上記 2. 「材料」及び 3. 「構造」は、耐火材料に関する検討と、これを用ひて建築物各部を耐火的ならしむべき構造方法に関するもので、著者の力説せんとする「不燃都市」建設の理論的根據を成す部分である。殊に我國の現状より見て、材料並に構造に關して正確なる知識を有することは、計畫よりも消防よりも、更に一層重要であると考へられる故、以下これ等に關して少しく紙幅を費すことにする。

耐火材料 建築物の構造及びその仕上げに使用される各種の建築材料は、その程度に高低はあるが、必ず高熱に遭へば害を受けるものである。殊に所謂「不燃材料」なるものは、必ずしも「耐火材料」ではない。鋼の如きは、その最も良き例である。一般に耐火材料として必要なる性質は、次の如きものである。

1. 高熱によつて消失又は分解を來さず。
2. 高熱を受けた場合、その材料によつて構成する・構造物に對して害を及ぼす程度の膨脹を來さず。
3. 高熱を受けた後、急に水によつて冷却せらるゝも、破碎を來す如き急激な收縮を來さず。

現在一般に使用せられつゝある建築材料中には、上記の諸性質を悉く具備する様なものは先づ無い。多くは或る程度まで火の作用に抵抗し得る故を以て、耐火材料乃至耐火構造として使用せられつゝある次第である。¹⁾ 以下最も普通に用ひられる數種の構造用材料に就て、その耐火性を吟味して見る。

b) 木構造の耐火性

木造建築物の主要材料たる木材は低熱にて燃焼し、殊に乾燥したものは極めて低熱で引火し、灰燼に化する。適當な方法を講ずれば、これを緩燃性に改め、或る程度まで防火的にすることは必ずしも困難でないが、耐火構造たらしむることは絶對に不可能である。この點を更に詳述して見よう。

木材の耐火性 木材の成分は纖維素 ($C_6H_{10}O_5$)_n が主で、その他に樹脂・油・

1) 181 頁脚註「ドイツ耐火建築規則」中の「耐火構造」の定義参照。

ゴム・タンニン・色素等を含み、これを化学上より見れば、炭素約 52 %、酸素約 42 %、水素約 6 %、その他に少量の窒素・硫黄等を混じてゐるのが普通である。

木材の燃焼は、木材中の炭素が空気中の酸素と化合することによつて起るもので、この際炭酸ガス (CO₂)・一酸化炭素 (CO)・水蒸気 (H₂O) 等のガスを主として発生し、稀には水素 (H)・メタン (CH₄) 等を発生することもある。これ等のガスの中で、一酸化炭素・水素・メタン等は更にガスそれ自身が燃焼する性質を有してゐる。木材が強く熱せらるゝ時は、先づ上記の如き引火性のガスを発生し、このガスが高温度に達すれば燃焼し始めるのである。

即ち、木材が漸次に熱せらるゝときは、先づ水分が出で、次に樹脂・油の類が次第に蒸發し、約 150°C に達すれば、二酸化炭素・一酸化炭素を発生し、約 270°C で分解し始め、300°C 位になれば黒炭となる。木材が熱せられて種々のガスを発生する際に、火を近付ければ直ちに引火する。直接火に觸れなくても、温度が次第に上昇すれば、自然に發火して燃焼する。殊に十分に乾燥した木材は容易にガスを発生する爲、僅かに 100°C で引火し、或は 150°C 位で燃焼することさへある。耐火構造の壁體を有する建物で、窓に鋼製防火戸が閉されてゐるにも拘らず、室内の木材が燃焼する如き現象を見るのはこの爲である。この種の實例は關東大震火災その他に於て多く見られた所である。

尙、一面に於て一旦炭化した木材は熱の不良導體となる性質がある。故に著しく大なる断面を有する柱や梁の類は、火に接してその表面が炭化した後は、直ちには内部に燃焼が及び得ない状態となる。嘗てアメリカに發達した所謂「緩燃構造」¹⁾はこの特性を利し、可及的大なる形状の木材を使用して、木造建築物に相當の防火性を與へんとしたものである。但し、これは豊富なる木材國たるアメリカの如き國に於てのみ爲し得る所であつて、一般の木造建築物に用ひらるゝ程度の小なる断面の木材に對しては通用しない。

若し、木材を簡単に耐火的ならしむる方法があれば、木造建築物にとつては天來の福音である。然し、今日の所では未だ適當な方法が見出されてゐない。尤も木材

1) Slow-burning Construction

又は木造建築物を或る程度まで防火的ならしむることは、必ずしも不可能でない。その方法としては、次の2種が挙げられる。

1. 木造建築物を「準耐火構造」乃至「簡易防火構造」とする方法 (被覆法)。
2. 木材に耐火的處理として「耐火劑」を施す方法 (塗裝法又は浸漬法)。

準耐火構造 準耐火構造¹⁾又は簡易防火構造²⁾と稱せらるゝものは、甚だ姑息な手段ではあるが、木材の表面又は木造建築物の外周を不燃材料で被覆し、火に對して幾分でも保護しようとするものである。

耐火劑 耐火劑とは、木材を化学的に處理して不燃化 (事實は緩燃化) せんが爲に考案された特殊の藥液である。歐洲では夙に 18 世紀の中頃から研究されてをり、各國共に、種々の發明品が現れてゐるが、我國でも相當古くから研究され、現に各種の耐火劑が市場に出てゐる。³⁾

1) 從來我國の市街地建築物法施行規則に於て「準耐火構造」として認められて來たものは鐵骨生子板張以外では、木造建物の外部を以下の如き材料で覆つた場合、若くはこれに準ずる程度のものである。

1. 石・煉瓦・人造石類 (厚さ 9 cm 以上)
2. 瓦貼の上にセメントモルタル塗 (厚さ合計 3.6 cm 以上)
3. セメントモルタル塗・コンクリート塗 (厚さ 3.6 cm 以上)
4. セメントモルタル塗の上に化粧煉瓦貼 (厚さ合計 3.6 cm 以上)
5. 木骨土藏造 (塗土・漆喰等の厚さ合計 9 cm 以上)

2) 最近の防空建築規則に認められてゐる簡易防火構造は、上記の準耐火構造の程度を更に落したもので、木造建物の外周や開口部を以下の如き材料で造り、若くは單に薄く覆へばよいことになつてゐる。既存木造家屋の「防火改修」も大體これを標準にしてゐる。

1. 鐵網モルタル・漆喰等 (塗厚 2 cm 以上)
2. 塗 土
3. 耐 火 木 材 (厚さ 1 cm 以上)
4. 石棉板・金屬板 (木部と適當に隔離)
5. マグネシヤセメント板・張瓦 (厚さ 1.5 cm 以上)
6. 木毛セメント板の上にモルタル又は漆喰塗 (厚さ合計 2.5 cm 以上)
7. 網 入 ガ ラ ス (窓・出入口)

3) 耐火劑には大體下記の如き3種類の作用を持つたものがある。

1. 加熱された場合、火に熔けぬ土狀の殘滓を生じ、木材の纖維を包んで燃え難くするもの (例へば、明礬・鹽化カルシウム・鹽化亞鉛・鹽化マグネシウム、錫酸の鹽類、モリブデン酸の鹽類等)
2. 加熱された場合、熔けて硝子狀の膜を生じ、木材の纖維を包んで燃え難くするもの (例へば、水硝子・硼砂・硼酸鹽等)
3. 加熱された場合、不燃性のガスを生じ、木材の周圍の氣體を燃焼し難き性質にするもの (例へば、分解して全部が氣體となるものとしては、硫酸アムモニウム・鹽化アムモニウム・モリブデン酸アムモニウム等。炭酸ガスを發生するものとしては、重炭酸曹達・蔞酸等。アムモニヤガスを發生するものとしては、磷酸アムモニウム・硼酸アムモニウム等)

耐火剤による木材の防火的処理法には「塗装」と「浸漬」の2種類がある。前者は所謂「防火塗料」¹⁾として薬液を木材の表面に単に塗布する方法であるが、この種の薬品は粉末状若くは液状として考案されたものが、内外に於て既に100種以上に上つてゐる。然し、薄く薬液を塗布した程度では、下地の木材が容易に270°Cに達して分解する爲、効果少く、多くを期待する譯に行かぬ。

後者は木材を薬液中に浸して置くか、又は一層充分にせんが爲に、木材を真空装置内に入れて一旦樹脂・油の類を抜取りたる後、壓力管を用ひて薬液を注入する方法である。この方法によれば、鹽類の結晶が木材中に出来るが、一般に水に不溶性なる爲、水で拭ふも取去らるゝ惧が少い。斯くして得られた所謂「耐火木材」²⁾は、高熱に遭へば先づこれ等の鹽類の結晶が熔融し、熔けた液は木繊維と空氣との直接の接觸を妨げ、又發生するガスは不燃性で、外部から來る火焰を終熄させる效力がある。即ち、薬液を内部迄注入しても、木材の熱分解を阻止することは出来ぬが、加熱によつて發生する分解ガス及び炭化物を不燃化せしめることが或る程度まで可能となる。従つて耐火木材は火に遭へば焦けるが、焰を出して燃えることは稀で、燃えることがあるとすれば、強い火焰に出遭ふか又は非常な高温度に達した場合に限られるから、普通の木材に比すれば、著しく耐火性を増大せしめた結果となる。

但し、耐火木材たるに必要な條件としては、耐火度の充分なるべきこと以外に、強度・延焼度・吸濕性・色・防錆・防菌・裂傷發生・耐久性・價格等に就ても問題無きことを要する。これ等の點から見て、現在市場に出てゐる耐火木材中には、耐火性に於ては相當成功してゐても、その他の點に於て多少缺けてゐるものも尠くな

1) 防空建築規則では「防火塗料トハ木材ニ塗布スル塗料ニシテ内務大臣ノ定ムル規格ニ適合シタルモノヲ謂フ」と定義され、規格も定められてゐるが、その用途としては、比較的大規模な木造建築物の場合、建物内部の木造天井に塗布すべきことが規定されてゐるに過ぎぬ。

2) 防空建築規則では「耐火木材トハ耐火液ヲ注入シタル木材ニシテ内務大臣ノ定ムル規格ニ適合シタルモノ(甲種耐火木材又ハ乙種耐火木材)ヲ謂フ」と定義され、規格も定められてゐる。乙種耐火木材は燃焼試験・銹化試験では甲種耐火木材と何等區別はないが、耐久性に關する浸水後の燃焼試験に於て甲種耐火木材に及ばざるもので、多量の雨雪を受けざる場所に限つて使用される。

い。¹⁾

要するに、耐火木材は普通の木材に比して耐火度高く、充分用ふるに足る材料である。然し、その效力を過信してはならぬ。又、缺點のあるものもあるから、その用途に就ては慎重でなくてはならぬ。將來の用途として最も適當なのは、建築物内部の造作・家具の類であらう。木造建築物を耐火的ならしむる意味に於て骨組自身又はその外壁を耐火木材で造ることは、現在に於ても耐火度・經費その他から適當ならずとされてゐるが、この點は將來も變化がないものと考へられる。建物自身は飽くまで耐火構造によるべきであるが、如何に完全な耐火構造にしても、室内に火災の起ることは有り得るから、その場合に損害を最少限度に防止する爲に、内部に使用する木材を可及的耐火木材ならしむることが策の得たものであると信ずる。

尙、木材に限らず、布・紙の類に對しても、これを耐火剤で処理したものは、火に出遭つても燃えず、單に焦ける程度に止め得るから、建築物内の造作・家具の類で布や紙を用ひる部分(例へば襖・障子紙の類に至るまで)にも、これを使用することが望ましい。

木造建築物の耐火性 我國從來の都市建築物中、最多數を占める和風木造家屋

1) 例へば、耐久性に就ては、耐火木材を乾燥せる場所に用ふれば、その效力は相當長期に亘つて有効に保たれるが、更にその表面にペンキ・ワニス等の類を塗装すれば、薬液の揮發が防がれ、その効果は殆ど永久に保たれるものと看做してよい、といはれてゐる。然し、雨雪に曝される部分(外壁・雨戸の類)に用ひては、その耐久性に疑念があり、漸次失效するものもある。この點で耐水試験が行はれるが、失效の防止には防水塗料を施し、又は2段注入により内部に不溶性鹽を作る方法が採られてゐる。又、耐火木材に接して金屬(例へば釘の如き)を用ひた場合に、濕氣ある場所では錆を生ずる缺點のあるものもある。又、鹽化カルシウム・鹽化亜鉛・鹽化マグネシウムの類は濕氣を吸ひ易く、硫酸アムモニウム・磷酸アムモニウムの類は酸を遊離して菌が繁殖し易い爲、防腐性を缺き、又高熱を受けた場合、有害なガスが出るものもある。更に細かい點では鉋・鋸の類を損じ易く、工作上の難點を慫へられてゐるものもある。

木材の強度は、薬液を施されることによつて多少増加するものと減少するものがあるが、その影響は何れにしても著しくない。但し、炭化後は收縮して間隙を生じ、且つ強度を失ふ爲、落突物によつて破壊され易い缺點がある。従つて特に強度を要する箇所に用ひる場合には、火災中に未炭化の部分が多少とも残る程度の厚さが是非必要となる。

價格は普通の木材よりも高くなることは當然であるが、大量生産によつて、この點は緩和される。

は、外壁を多く薄板の下見板張としてある爲、延焼を速めること著しく、軒・庇・出格子・肘掛・戸袋・雨戸等も薄弱なる木材を使用して類焼し易く、襖・障子等の建具・畳の類も燃焼し易い材料のみで、眞に薪木を積んで、中に生命・財産を托しつゝある感がある。關西地方に多い外部塗壁式の木造家屋乃至所謂「洋風木造」として、建物の内外に不燃材料を多少施したものは、その厚さに應じて相當の防火力を發揮することは事實であるが、大火災に當つては正に和風木造と五十歩百歩である。火災毎に多大の犠牲を拂ふのも謂はゞ當然の結果であつて、關東大震災その他の大火災に出した惨害も、罪の大半、否その殆ど全部は木造家屋に在ると断すべきである。¹⁾

木造建築物の外周を不燃材料で被覆して「準耐火構造」乃至「簡易防火構造」たらしめ、或は木材を防火的に處理して所謂「耐火木材」たらしむることは可能である。殊に木造家屋の緩燃化を計つた簡易防火構造は、實驗的根據に立脚するもので、相當の効果があり、公私消防施設の整備、殊に家庭消防の力と相俟つて、都市防空防火上貢獻する所尠くないと信ぜられる。この點は既に平時の火災に際して示された幾多の實例からも立證済みである。

然し、更めて論ずるまでもないが、この種の手法は、應急策たるの域を脱せざるものである。木造都市防衛の緊急策として、急場凌ぎには適切なる方法の一たるを失ふまいが、將來の策では断じてない。木造家屋の腐朽その他耐久上より見たるこの種構造の適否は暫く措き、木造家屋は如何に防火的に改修するも、結局木造家屋たるに止まる。「緩燃構造」にはなり得るが、「耐火構造」には決してなり得ない。

1) 試みに警視廳調査に基き、關東大震災火災に於ける東京市中の焼失区域内に残存せる建物合計410棟の構造別による數を見ると、市内焼失建物棟數219,012に對して、下の如き結果を示した。

鐵筋コンクリート造	82棟	石造	28棟
鐵骨煉瓦造	7棟	土藏造	116棟
煉瓦造	113棟	木造	65棟

即ち、残存せる建物の大部分は鐵筋コンクリート造・煉瓦造・土藏造の如き所謂「耐火構造」に屬すべきものである。残存した木造65棟は、火勢と風向との關係及び建物の周圍に於ける消火上好都合な狀況（例へば空地・樹木・河川・沼池の如き）によつて奇蹟的に焼失を免れたもののみである。殊に焼失した建物約22萬棟の殆ど全部が木造であつたことを思へば、木造家屋の火災殊に大火災に對する危険は、更めて論ずる迄もない（震災豫防調査會：「關東大地震調査報文 火災篇」同會報告 第100號 戊 174~183頁）。

大火災發生の機會を少くし得ることは確實であらうが、これによつて大火災發生の危険なしと過信するは危い。現に耐火構造とされる煉瓦造の建物のみによつて構成されてゐる歐洲諸都市に於てさへ、建物内部の小屋組・床組等が木造である爲、無差別爆撃の焼夷彈攻撃を受けて大火災を起してゐる事實は、我國の將來に對する最も良き教訓であらう。

又、焼夷彈による火災に對して抵抗し得たとしても、破壊爆撃に對しては、木造建築物は無力である（第III編「防弾」参照）。警ひ爆撃に對して抵抗し得る場合が少くないとしても、彈片や破片は防ぐべくもない。掃射彈や高射砲彈の破片に對してさへ防護し得ない。主として平時に於ける火災防止の意味で、地方小都市の建築物や大都市周邊部の小住宅の類に對して、今後この種の構造を適用することは望ましいが、將來の大都市や防空重要都市の中樞部を構成すべき眞の防空的構築手法でないことは、充分に認識してゐなければならぬ。

c) 煉瓦構造の耐火性

煉瓦造及び石造建築物の耐火性を論ずるには、先づその主要構成材料たる煉瓦及び石材の耐火性を検討する必要がある。

煉瓦の耐火性 煉瓦は粘土を900~1200°Cの高温度で焼いて製したものであるから、その耐火價値は極めて高い。煉瓦が外壁用の耐火材料として、他の總ての材料に比して優秀であることは、外國に於ても過去の大火災によつて實證されてゐた所であつたが、我國に於ても關東大震災火災の際、この事實を有力に裏書した。即ち、煉瓦が火災の爲に被つた害は比較的輕微で、多少變色した程度が普通であつた。1000°C以上の高熱を受けたと思はれる様な箇所でも、表面が剝落したのみで、それも最も甚しいものに於て深さ漸く1.5~2.5cm程度であり、中には表面が熔融して著しく硬質になつてゐたものもあつた。何れにしても、煉瓦の火災による被害は表面的で、内部にまで深く及ぶことは先づ無いと考へてよい。尙、煉瓦の耐火度¹⁾は、普通

1) 煉瓦の耐火度とは、火事に對する強さの意でなく、耐火爐内の試験に於て煉瓦の粉末を捏ねて造つた一定形の錐體試験片が、加熱されて軟くなり倒れる時の温度を指す。

の赤煉瓦で 1250°C, 耐火煉瓦で 1670~1730°C 程度といはれてゐる。壁體の表面に貼付けて使用される化粧煉瓦の耐火度は普通の煉瓦以上に大であり、關東大震災に於ても、貼付けたモルタルが高熱によつて膠着力を失つた爲に煉瓦を剝落せしめたものは數多くあつたが、貼付煉瓦自身には殆ど被害が無かつたのである。

石材の耐火性 花崗岩・安山岩・砂岩・石灰岩・大理石等の石材は、建築材料として最も多く使用せられ、又意匠等の上からも建築物の外観上缺くべからざるものゝ如くにされて來たが、耐火性から見るときは、石材は極めて弱く、煉瓦よりも遙かに抵抗力が小である。即ち、火に遭へば鱗片狀に破碎し、又完全に崩壊し去る場合が多い。殊に加熱された後に水を作用せしむれば、この現象が一層甚しい。例へば花崗岩の如きは、最も廣く使はれてゐる石材であるが、火に遭へば 600°C 内外で龜裂を生じ、800°C 以上の高熱に曝されれば、粉々になつて破壊してしまふ。即ち、石灰岩・大理石を除けば、石材中で最も耐火性に乏しく、普通の火事程度の熱によつて屢々完全に破壊されるのである。¹⁾

石材は斯くの如く、高熱に對して抵抗し得るものが極めて少く、種類によつては全然火に抵抗し得ないものもある。故に従來の建築法規では、壁・床・屋根・階段（特に認可を受ければ柱）に用ひた場合に、耐火構造と認められては來たが、石造建築物は耐震的でないのみならず、耐火構造としても信頼し難い場合が多い。萬一火災に遭遇した場合には、材料を全部取替へる覺悟で、建築の表面仕上げに石材を使用するならば兎も角、柱・楣等の如く苟くも荷重を負擔する構造部材で、火を受ける惧ある部分に對しては、石材を使用することは絶対に禁物である。²⁾

1) 石材が耐火性に乏しき理由は、下の如く説明されてゐる。石材は數種類の鑛物の集成したものであるが、これ等の鑛物は夫々熱に對する作用を異にし、殊に膨脹係數に差を有する爲、例へば花崗岩が加熱されれば、その成分たる石英・長石・雲母は夫々異つた膨脹を來し、その結果として花崗岩としての組織が崩壊するのである。更に興味ある性質として、例へば花崗岩を形成する石英・長石・雲母夫々の固有の熔融點よりも、これ等3種の鑛物の集つた岩石としての花崗岩の熔融點の方が低くなる特性があり、熔け易くなる傾向がある爲、耐火性は一層低下することになるのである。

2) 關東大震災當時の東京市統計課の調査によれば、東京府下に於ける震災前の石造總數 1693 棟の中、市内のみで 1251 棟 (74%) が焼失してゐる。

煉瓦造建築物の耐火性 煉瓦造建築物は、その外壁材料たる煉瓦の耐火度高く、火に對する抵抗力大なる爲、内部の床組・小屋組等が木造である場合にも、窓・出入口等に防火戸を設備し、或は軒先の構造に注意する等の考慮を拂へば、平時の火災に對しては、至極安全な構造であり、木構造の類に優ること萬々である、といひ得る。

但し、地震に伴つて起る火災に對しては問題が全然別になる。即ち煉瓦造建築物は、周知の如く、耐震性に於て著しく缺くる所あるが爲、一度激震に遭遇した後は、壁體を始めとして建物の各部に龜裂・損傷を生じて、火焰を防止すべき道を失ひ、殆ど無抵抗に火を内部に導き入れて建物全體を焼壞する場合が多い。¹⁾

この點から見て、煉瓦構造は、従來の建築法規では、壁・床・屋根・柱・階段に用ひた場合に耐火構造であると認められて來たが、地震の危険少き大陸方面等は別として、我國內地に於ては眞の耐火構造とは稱し得ない。關東大地震以後、煉瓦構造の類に對する建築法規の取締りが禁止的に嚴重となり、この種の構造が一路滅亡の道を進つて來たのも故なしとしない。

空襲による火災に對しても、この點全く同様である。破壊爆弾に對して抵抗乏しき煉瓦造建築物（第 III 編「防弾」参照）は、爆撃によつて容易に外壁を破壊せられ、外部よりする火災の延焼を防止する術を無くすると同時に、焼夷彈の貫徹發火によつて起る内部からの火災に對しても抵抗を失ひ、遂に完全に焼壞される結果に陥り易い。今次大戦に於ける歐洲諸都市煉瓦造家屋の、空襲特に焼夷彈攻撃による被害は、正にこの良き例である（第 105 圖）。

d) 鐵骨構造の耐火性

鐵骨構造は地震に對しては、最も安全性に富む構造として知られてゐるが、火災に對しては必ずしもさうでない。

1) 關東大震災當時の東京市統計課の調査によれば、東京府下に於ける震災前の煉瓦造總數 6963 棟の中、市内のみで 5296 棟 (76%) が焼失してゐる。以て耐火構造と稱せられる煉瓦造建築物が、地震後に於て耐火的に如何に無能力になるかを知ることが出來よう。

鐵鋼の耐火性 鐵骨構造建築物の骨組を構成する鐵に就ては、古くから耐火性あるものゝ如く誤つて考へられてゐたが、鐵は不燃材料ではあるが、耐火材料では決してない。即ち、燃えることはないが、火に對しては非常に弱いのである。木材の場合と同様に、鐵材も火に曝露される状態如何によつて耐火度も異なるものであるが、一般に鑄鐵は約 1100~1250°C の範圍内にて熔け、鐵骨構造の材料として最も多く使用される軟鋼は、鑄鐵よりも稍熔融點高く約 1400~1500°C の範圍で熔ける。

鐵は木材の如く材料自身が燃料となつて火勢を強める様な惧はないが、熱の傳導度が高い爲、高熱を材の全長に互つて傳へることと、熱せられるに従つて強度が著しく低下することとの兩缺點を有してゐる。例へば、鋼材の強度は 100°C までは加熱しても著しい變化を示さぬが、300°C になれば最初の強度の 90%、500°C に於ては僅かに 40%、700°C に於ては僅かに 20% の強度しか示さない、といふ實驗結果がある。即ち、高熱を受けた鐵は、普通に起り得る程度の應力に對しても耐へ得ないものであることが分る。殊に 300°C と 500°C との間にて急激に強度が減少する點に注意を必要とする。

強度の減少よりも更に著しい缺點は、鐵の膨脹係数が甚しく大なることである。即ち、鐵材は均一に熱せられた場合には著しく延び、不同に熱せられた場合には甚しく彎曲する。例へば、普通にあり得る -20°C 乃至 +30°C の溫度變化があれば、50°C の上昇によつて、材長 6m の軟鋼製梁材は、既に約 4mm 伸び、700°C 溫度が上昇すれば、伸は 61mm の大に及ぶ。故に構造に際して溫度の上昇に伴ふ伸が考慮されてをらぬ場合には、僅かの溫度の上昇によつても、梁には大なる應力を生じて、兩端部に於ける構造體に破壊を來し、或は梁自身が彎曲する結果に陥る。鑄鐵は加熱された場合、軟鋼程には伸びを來さないが、軟鋼よりも低溫度で熔け始めることは上記の通りである。

鐵骨造建築物の耐火性 鋼材は上記の如く、自身燃焼せざるにも拘らず、高熱を受けた場合には、忽ち變形を生じ、又強度の減少を來す。故に、鋼材によつて構成される鐵骨造建築物は、警ひ安全率を 5 として設計されてゐても、約 700°C に熱せられるときは、強度が 20% 即ち 1/5 に低下する爲、既にその破壊強度に達する

ことになる。特に著しく大なる荷重を受ける建物の場合には、これ以下の溫度でも、破壊を來すに至るであらう。

住宅・學校・事務所の類で、可燃性材料を内部に多く收藏せず、火災に罹つても 700°C 以上の溫度に達することが稀であることの明かな建物ならば、鐵材の膨脹に對して充分な餘地がある様に設計されてゐさへすれば、鐵骨を露出させた儘の構造でも、これを耐火構造と看做し得るであらう。これに反して商店・倉庫・書庫・陳列場等の如く、多量の可燃性材料を藏する建物又は室は、火災に際して高熱を出す爲、鐵骨はその荷重に耐へ得ざることとなつて崩壊を來す。礦物性油・酒精の如き引火性物質を多量に貯藏する建物や部屋は、更に一層危険である。

故に、この種の鐵骨造建築物を耐火的ならしめんが爲には、柱・梁等の部材が露出せざる様に、是非とも熱傳導度の低い不燃材料（例へばコンクリートの如き）を以て被覆せねばならぬ。殊に空襲又は地震に伴ふ火災に備へる爲には、これ等の被覆は、弾片・爆壓・振動等によつて損傷を受けぬ様に、相當頑丈にして置く必要がある。陶磁器・テラカッタの類は、耐火材料としては優秀なものであるが、被覆材料としては破損され易い。即ち、「耐火材料」によつて構成されたものが、必ずしも「耐火構造」でない點に特に注意を拂ふ必要がある。又、鐵骨造建築物の場合にも、木造その他と同様に、一室内の火災に就て見れば、火事溫度は床面の附近に於て最も低く、天井附近に於て最も高い。尙、總ての場合を通じて、溫度の上昇に伴ふ部材の伸に對し、これを妨ぐることなき様に、特に構造上に注意を拂ふ必要がある。

露出せる鐵骨造建築物が火に弱い實例として、世人を驚かしたものに、大正 6 年の國技館の火災がある。夜中の出來事でもあつたが、彼の大鐵傘が僅かに 1 時間餘で焼け落ちてゐる。大正 12 年關東大震火災の際も、耐火被覆なき鐵骨造建物は殆ど全部焼け落ちてゐる。¹⁾ 昭和 9 年函館大火、昭和 15 年静岡大火等に於ける幾多の實例も皆軌を一にしてゐる。木造の場合ならば、燃えたまゝで或る程度までの荷重を支へ得ることもあるが、鐵骨造の場合には、木造が耐へ得る段階に於て早くも

1) 警視廳調査によれば、關東大震火災に於て東京市焼失區域内に残存せる建物 410 棟中、鐵骨構造のものは僅かに 7 棟 (1.7%) に過ぎなかつた (188 頁脚註参照)。

既に破壊を來す。故に、或る意味に於て鐵骨構造の耐火性は、木構造のそれにも劣ると稱し得るのである。更に、鐵骨造建築物が火災に罹つて焼け落ちた場合、その熔けて曲りくねつた殘骸の跡片附けが、一通りならず厄介なことも、關東大震火災以來我々の忘れられぬ所である。

これ等の諸點から見て、耐震的に信頼し得る鐵骨構造の柱・梁等を耐火性に富むコンクリートを以て充分に覆ひ、更にこれを鐵筋を以て補強した所謂「鐵骨鐵筋コンクリート構造」が、現在に於ては耐震上は勿論、耐火的にも亦耐弾的にも（第Ⅲ編「防弾」参照）、最も理想に近い構造である、とされるのも故なしとしない。

e) 鐵筋コンクリート構造の耐火性

「不燃都市」建設の主要構築材料として、著者が極力推奨せんとするものは、鐵筋コンクリートである。鐵筋コンクリート造建築物の耐火性は、その構成材料たる鋼並にコンクリートの耐火性によつて決定される。但し、鋼は直接火に露出してをれば前記の如く弱いが、鐵筋コンクリート構造に鐵筋として用ひられる鋼材は、相當の厚さを有するコンクリートを以て被覆されてゐるから、直接その耐火性を考慮する必要はない。問題は専らコンクリートの耐火性である。

コンクリートの耐火性 コンクリートは材料の品質・調合等により多少の差はあるが、各種の建築材料中、現在に於て最も耐火性に富むもの、一つとされてゐる。コンクリートが耐火上優秀とされる理由は、主としてコンクリート中に結晶水が含まれてゐる點と、コンクリート自身が多孔質である點とによるもの、と説明されてゐる。

コンクリートが加熱されると、先づ結晶水が徐々に失はれる。この脱水作用は、溫度が上昇して略 400°C に達した時に開始し、800°C 附近に於て完結する。この際、一面に於ては氣化熱が奪はれる爲、コンクリート自身の溫度の上昇が防がれるが、他の一面に於ては、コンクリートは結晶水を失ふ爲、各分子間の附着力が減じて次第に質が脆くなり、爲に龜裂を生じ、又は一部分が剝落を來すことになる。

但し、この脱水によつて變質したコンクリートは、普通のコンクリートよりも更

に熱の不良導體となる爲、脱水したコンクリートの層を生ずれば、その内部に對しては熱の上昇を防ぐ効果を來す。熱傳導度は骨材（砂・砂利又は碎石）の品質・調合等によつて著しく相違するが、一般に花崗岩・石灰岩等を骨材としたものは熱の傳導多く、砂岩・凝灰岩等のものこれに次ぎ、煉瓦屑・石炭燼・コークス屑等を入れたものは傳導が著しく少い。一般に火に強いとして知られてゐる煉瓦よりも、更にコンクリートの方が熱傳導度が低い點に注目すべきである。

コンクリートは溫度の上昇に伴ひ、上記の如く表面に剝落を來すことを免れぬ。この現象は、コンクリートが熱の不良導體なる爲、表面は熱せられて膨脹するが、内部には熱が通らぬ爲膨脹を來さず、兩者の間に應力を生ずることによつて起るものと説明されてゐる。單に表面がボロボロになる計りでなく、相當大きな薄片となつて割れる場合が多い。但し、これは全く表面的な現象で、後に記す如く、鐵筋コンクリート構造自身の強度には影響しない。尙、この剝落の起る溫度は、600°C 以上と考へれば大過はない。

高熱に對するコンクリートの耐火度は、その構成材料たる骨材の耐火度に比例する。セメントの分量が多い程、コンクリートの熱傳導度は低くなるが、この影響は餘り著しくない。又、概して碎石コンクリートの方が、耐火性に於て砂利コンクリートよりも優れてゐる。

コンクリートが高熱を受けた場合の強度に就ては、内外に種々な實驗の結果があるが、強度と調合との關係は、常溫に於けると同様であつて、富調合のもの程、高溫度に於ける強度が大である。骨材に關しては、砂利・碎石等の粒度の大なるものは、比較的不成績である。これは石材に就て述べたと同様に、粒の大なるものは、鑛物の膨脹係數の差によつて、先づ砂利・碎石等が崩れ、從つてコンクリートの破壊を來すからである。コンクリートの彈性係數は、溫度の上昇と共に著しく減少し、次第にコンクリートが脆くなることを示してゐる。

鐵筋コンクリート造建築物の耐火性 以上の如き性質を有する鋼とコンクリートを用ひて成る鐵筋コンクリート構造の建物は、設計・施工に手落ちなく、特に鐵筋が充分にコンクリートを以て覆はれてをれば、現在知られてゐる各種の建築構造

中、最高の耐火性を有つ。¹⁾ この點は、内外に於ける各種の耐火試験の結果、²⁾ 並に過去に於ける幾多の火災の経験により、實驗的にも十分に證明済みである。

鐵筋コンクリートの耐火性に就ては、古くからこれを鐵材並に木材のそれと比較して研究されてゐる。³⁾ 耐火試験の結果は、3時間繼續せしめて 1200°C の高熱を加へた後、2 分間に互つて消火用水を放射せしめた所、コンクリートの表面に極めて僅かな損傷を示したのみで、鐵筋コンクリートとしての強度には殆ど影響がないことが確められ、現在に於ては、鐵筋コンクリートのみが完全に耐火性を有するものと看做されてゐる。

構造材料としての鐵筋コンクリートが、その耐火性に於て斷然優秀であり、他の追隨を絶対に許さざることを一目瞭然たらしむるものは、1例として第135圖に示す實驗結果⁴⁾である。

1) 火に對して弱い鐵筋は、コンクリートを以て充分に被覆されてゐることが必要であると共に、火熱によつて生ずべき龜裂を防ぐ爲に、直接引張應力を生じない部分に就ても、相互間を充分に繋結して置く必要がある。鐵筋を火熱に對して保護するに必要なコンクリートの被りの厚さとしては、コンクリートの熱傳導度の關係から、一般に約 1.5~2.0 cm で充分とされる。尙、コンクリート内に包まれた鐵筋に就ては、コンクリートを 300~400°C 程度まで熱しても、その降伏點・引張強度共に、何等著しき影響を受けぬことが確められてゐる。大阪に於ける鐵筋コンクリート造建物の火災實驗の際に、コンクリート試験片を用ひて行はれた耐火試験の結果によれば、保護効果は被覆 1 cm を有することが特に大切で、2 cm としても効果は 2 倍とならぬこと、又保護効果は漆喰塗が最良なること等が見出されてゐる。詳細は下記参照。

坂靜雄博士外 2 氏：「コンクリート試験片及被覆鋼材の耐火試験」建築雜誌 昭和 16 年 1 月

2) 例へば下記参照。

Busch, Dipl.-Ing. Helmut: Feuereinwirkung auf nicht brennbare Baustoffe und Baukonstruktionen. Berlin, 1938.

Deutscher Ausschuss für Eisenbeton: Brandversuche mit belasteten Eisenbetonbauteilen. Teil I: Decken, Heft 89. 1938. Teil II: Säulen, Heft 92. 1939.

内田祥文氏：「建築と火災」178 頁「耐火試験及理論」の項。

3) 例へば下記参照。

Feuersicherheit von Beton, Eisenbeton, Eisen und Holz. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1912.

4) G. Schindler: Bauliche Massnahmen zum Schutz gegen Brandbomben, Protar Mai 1937, s. 126.

番 號	斷 面	被 覆	破 壞 まで の 時 間 (時)																
			1	2	3	4	5	6	7	8									
1		鋼 A=65.6 cm ²	■																
2		コンクリート F=300 kg/cm ²	■																
3		コンクリート F=300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4		コンクリート F=300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5		モルタル 1cm 煉瓦 5.7cm	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6		コンクリート F=225 モルタル 2cm 空洞煉瓦 漆喰 2cm	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7		鋼 A=54.5 cm ²	■																
8		コンクリート F=300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9		コンクリート F=300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10		コンクリート F=300 モルタル 0.5cm 空洞煉瓦	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11		コンクリート F=300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12		コンクリート F=300 (花崗岩)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13		コンクリート F=300 (石灰岩)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14		木 材 (モミ)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15		木 材 漆喰 1cm 出隅鉄物被覆	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
16		木 材 空隙 2cm 鉄網モルタル 2.5cm	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

第 135 圖 同一荷重を受ける各種柱材の耐火性

この実験は各種材料より成る柱材に、同一量の荷重を加へ乍ら火焰を作用せしめ、夫々の柱材が破壊に至るまでの時間を測定したものであるが、最短時間（約15分間）で破壊し、耐火性の最も乏しいことを示してゐるものは、何等の被覆なき鋼柱（1及び7）である。

縦材を用いた木柱（14）は約1時間で破壊し、素肌の鋼柱よりも火中に於て長時間（約4倍）荷重に耐へることを示してゐる。同じ木柱の四隅を金属板で保護し、漆喰を厚さ1cmに塗つたもの（15）は、破壊に至る時間が約15分間延びてゐる。同じ木柱の表面に2cmの空間を残して鐵網を張り、その上にセメントモルタルを厚さ2.5cmに塗つたもの（16）は、著しく緩燃焼化され、素肌のまゝの木柱（14）に比して2倍強（約2時間15分）も火に耐へてゐる。所謂「準耐火構造」乃至「簡易防火構造」の類が、相當効果あることは、この実験からも分る。

耐火性の斷然優秀なるものは、鐵骨鐵筋コンクリート柱（3, 4, 8, 9）及び鐵筋コンクリート柱（11, 12, 13）である。前者は被覆なき鐵骨柱（1, 7）に比して約30倍の長時間（7時間前後）火に耐へ、後者は8時間以上猛火に耐へ、被覆なき頑丈な木柱（14）に比して約8倍、緩燃構造の木柱（16）に比して猶約4倍の耐火性を示してゐる。

我國に於て試みられた鐵筋コンクリート造建築物の火災実験の結果も亦その耐火性の優秀を立證して餘す所が無い。例へば、内田博士¹⁾は、前記鐵筋コンクリート造共同住宅（比較的小區劃に耐火的に仕切られた建物）の火災実験の結果から「この種の鐵筋コンクリート造小住宅では、火の用心に相當注意してをれば、容易には火事にならぬ。窓の建具や出入口の扉が完全でなくとも、それが閉鎖されてをれば、多少焰が出る状態になつても、大事に至らずに済む」として「斯かることは従來の色々な事例、特に同潤會アパートの過去數年間に於ける失火の事例から想像されてゐたことではあるが、今回の実験に於ても全く同様であつて、鐵筋コンクリートの住宅の有難さを熟々感ぜさせられた」と述べてをられる。

1) 内田祥三博士：「鐵筋コンクリート造アパートの火災実験に就て」建築雑誌 昭和13年4月 428~429頁

更に、同博士は「相當の火災を引起した場合でも、適當の防火壁で區劃されてをれば、その災害は隣室や上階・下階に及ばない。隣りや上下では、家財や道具を持出す必要はなく、落着いてをれば全く安全に避難し得られるのは勿論、多くは避難の必要もない。斯くの如きは、木造建築の場合には全く夢想だもせられないことなのである」と結んでをられる。著者が往年ベルリンに於て、耐火建築街の火事を眺めて懐いた感想も、これと全く符節を合すが如くである（本書巻頭「回想」参照）。

尙、この火災実験に於ては、コンクリート構造部の被害も特に詳細に調査されてゐるが、單に表面の漆喰が剥れた程度に過ぎぬ。特に火焰を強く受けた梁・天井等には龜裂も若干認められたが、被害は何れにしても極めて輕微であつて、構造上特別の補強を要せざるものと判定されてゐる。¹⁾

過去の實際の火災に於て鐵筋コンクリート造建築物が威力を發揮した例も亦枚擧に違がない。大正12年關東大震火災²⁾に遡るまでもなく、近年に於ても昭和7年東京白木屋百貨店の火災³⁾、昭和9年函館大火、昭和15年静岡大火等に於て顯著な實例を多數指摘することが出来る。

例へば、函館大火に於ては、木造以外の不燃質建築物の構造別による被害率は第15表の如くであつた。

即ち、函館市に於ける鐵筋コンクリート造建築物には、當時の報告にも明かなる如く、設計・施工に著しい缺陷を有するものが尠くなく、爲に94棟中16棟の大被害を出したが、それにも拘らず鐵筋コンクリート構造の被害率は各種構造を通じて最低位を占め、その耐火性が斷然優秀なることを明示してゐる。殊に設計・施工

1) 大野和男氏：「コンクリート構造物の被害状況」(鐵筋コンクリート造アパートの火災実験報告) 建築雑誌 昭和13年4月 447頁

2) 關東大震火災當時、鐵筋コンクリート造建築物が、その數は未だ必ずしも多くなかつたが、耐震耐火上極めて好成绩を示したことは周知の事實である。現に東京市内焼失區域内に残存せる建物410棟中に82棟(20%)の鐵筋コンクリート造があつたことによつても、その一斑が窺はれよう(188頁脚註参照)。

3) 歳末大賣出しの最中に、4階から火を失した東京日本橋白木屋百貨店が、4階以上の各階に於ける商品を全部烏有に歸せしめ乍らも、建物の軸部に何等著しい被害が無かつた爲、日ならずして再び開店が出来た如きも、正しく鐵筋コンクリート構造の賜物といふべきである。

第15表 構造別による不燃質建築物の被害率¹⁾ (函館大火)

構 造 別	被 害 別 棟 数				被 害 率 %
	無被害	小被害	大被害	計	
鐵筋コンクリート構造	37	41	16	94	17.0
鐵骨構造	1	5	8	14	57.1
煉瓦構造	33	8	34	75	45.3
石構造	66	11	31	108	28.7
ブロック造	1	9	8	18	44.4
木骨煉瓦造	3	1	4	8	50.0
木骨石造	5	0	4	9	44.4
木骨鐵筋コンクリート造	0	0	5	5	100.0
土藏造	83	0	20	103	18.4
合 計	229	75	130	434	30.0

備考:「小被害」は修繕により復舊し得るもの、「大被害」は倒壊又は被害大にして修繕により復舊し得ざるもの。被害率は棟数に対する大被害の百分率をいふ。尚、上表以外に、無被害の鐵骨造望樓(火の見塔)2基あり。

宜しきを得た大多数の建物は、完全に耐火威力を發揮し、木造家屋の大集團中に在つて、周圍が焦土と化したにも拘らず、完全に無被害に残つて世人の目を眩らしめた。函館郵便局電話分室(第124圖)はその最も顯著な例で、開口部の防火設備が宜しきを得たことと、2名の局員の決死的防火活動とによつて、僅かに外部のモルタル塗が剝落したのみで、完全に無被害で残り、猛火中に在つて最後の瞬間まで通信の機能を果し得た。同じく嚴重なる窓の防火設備により猛火に耐へた第十二銀行(第136圖)、その他市民館・函館商工會議所・松下商店・風月堂・實踐高等女學校南棟・小野商店・函館信用組合事務所・大森商店・田中商店・増野商店等の大小の鐵筋コンクリート造建築物は皆この良き例である。



外部の上下窓と内部の兩開き窓との間に防火用引戸(外面モルタル塗、内面鐵板)と捲上式鋼製防火戸とを備ふ。外部上下窓の普通硝子が破損したる以外は無事。

第136圖 嚴重なる窓の防火設備により猛火に耐へた鐵筋コンクリート造建築物

(函館市内第十二銀行1階外壁、昭和9年3月21日大火、津輕要塞司令部許可)

1) 函館大火災(昭和9年3月21日)調査報告、建築雜誌 昭和9年6月 573頁

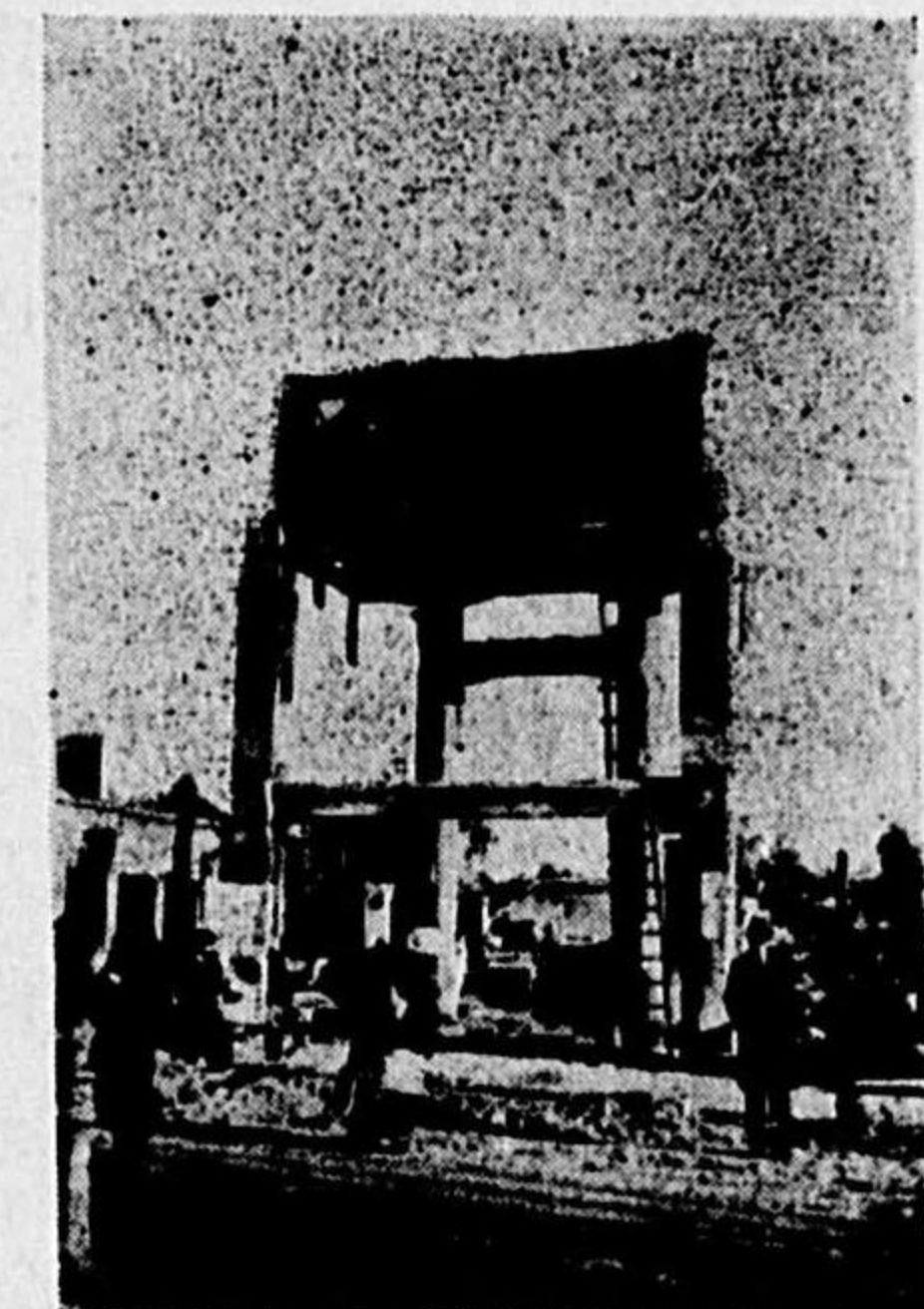
静岡大火に於ける木造以外の不燃質建築物の構造別被害率は第16表の如くである。

第16表 構造別による不燃質建築物の被害率¹⁾ (静岡大火)

構 造 別	被 害 別 棟 数			被 害 率 %
	無被害	被害	計	
鐵筋コンクリート構造	23	18	41	44.0
煉瓦構造	13	15	28	53.6
石構造	51	31	82	37.8
土藏造	65	11	76	14.4
合 計	152	75	227	33.0

備考:「被害」は内部の一部若しくは全部を焼失したるものをいふ。鐵筋コンクリート構造中の19棟を除き、他は全部倉庫である。

即ち41棟の鐵筋コンクリート造建築物(内22棟は倉庫)の中には、防火戸の設備不完全等の爲、火を導き入れて内容の一部若しくは全部を焼失したるもの18棟(内5棟は倉庫)を出したが、残餘の23棟(内17棟は倉庫)は完全に無被害で残つた。函館大火の際の電話局と同様に、焼失地域の中央に位し、周圍の木造建築群が殆ど烏有に歸した中に在つて、外部のモルタルの一部が剝離したのみで、完全に無被害に残り、耐火建築の面目を十分に發揮したのみならず、重大なる通信の任務を全うした静岡郵便局電話分室の如きは、その最も顯著な實例である(第125圖)。その他静岡驛本屋を始めとして濱松銀行静岡支店・遠州銀行静岡支店・石川製氷工場・精米店倉庫等大小多数の鐵筋コンクリート造建築物が、完全に無被害なりし例として挙げられる。焼失した木造映畫館の跡に、鐵筋コンクリート造の映寫室のみが原形のみで残り「全館がこの構造なりしならんには」と嘆ぜしめた如きものもあつた(第137圖)。



第137圖 焼失せる木造映畫館跡に完全に焼け残つた鐵筋コンクリート造映寫室

(静岡市内、昭和15年1月15日大火)

1) 大日本防空協會編:「静岡大火災(昭和15年1月15日)調査報告」39頁。

尤も鉄筋コンクリート造建築物が強烈な火災に襲はれた際、殊に室内でコンクリートの表面に漆喰塗等が施されてゐて、空気の流通が遮断されてゐる様な場合には、コンクリートの内部に生ずる水蒸気の高圧と内外に於ける膨脹度の差によつて、既に述べた様に、相當の大きさで薄片となつて表皮が剝落する現象が起る。又熱せられた表面に消火用水が注がれる場合、龜裂凹凸等を生ずることも免れぬ（第138圖）。

但し、これ等の被害は單に表面的のものであつて、軸部の強さに對しては少しも影響しない。故に、萬一防火戸等の設備を缺き、又は有つても不完全な爲、又は空襲時爆壓によつて窓・出入口等の防備が吹破られた爲、これ等の開口部から火焰を内部に導き入れて、室内の可燃物（造作・建具・家具の類）を焼き盡す様な事態に立至つても、木造家屋等の場合に見る如く、建物全體が焼け落ちるとか、或は火を傳へるといふ様なことは絶対に起らない。現に室内が 1100°C の高熱に達してゐても、僅かに厚さ 8cm の壁體があれば、これに隣接する部屋を火熱に對して保護するのに充分であつて、必要あらば燃焼してゐる最中に、隣室内に立入ることすらも可能な位である。

斯くの如くであるから、鉄筋コンクリート造の建築物は、萬一類焼しても、建築物全體としての存立が脅される惧もなく、又損害も建物全體の價値から見て精々 20% 程度、最悪の場合にも 40% を越さぬ程度で済むのである。¹⁾

1) 關東大震災火災當時に遡るまでもなく、最近各地に起つた火災にも、この種の例は多數にある。例へば昭和9年函館大火に於ける新川國民學校（第126圖、1,2各階の半を焼きたるも3階は全部無被害、内部の防火戸で延焼を防ぎ止めた所もあり、又自然消火の箇所もある。損害輕微）を始めとして、函館女子高等小學校・實踐女學校北棟・北門銀行出張所・丸井呉服店・



第138圖 類焼するも損害極めて輕微なる鉄筋コンクリート造建築物

（函館市新川國民學校2階教室内部、昭和9年3月21日函館大火、津輕要塞司令部許可）
腰羽目・床板・間仕切等の木部造作は盡く焼失、表面の漆喰剝落せるも、主體コンクリートには被害少し。

要するに、鉄筋コンクリート造建築物は、窓・出入口等の開口部の防備が嚴重でありさへすれば、猛火の中に在つても、完全に無被害で残り得る。故に一般の建物としては、理想に近い耐火構造と稱することが出来る。又、萬一開口部を破られて、内部を焼拂はれるが如き事態に至つても、軸部は深く犯されることなく、屋根や床が墜ちる心配は絶対に無い。従つて火災の直後にも、その建物を使用に供し得る利點がある。平たくいへば、焼けたその夜からでも雨宿りが可能なのである。従つて、特に戦時に於ては居住者の避難乃至退去を必要とせざるが故に、生産力の著しき低下も來さず、戦力に影響することも亦尠い。焼け落ちれば、瓦以外に何物をも残さず、唯一瞬の焦土と化す木造建築物の類とは、到底同日の談でないのである。

鉄筋コンクリート構造の得失 鉄筋コンクリート構造（鐵骨鐵筋コンクリート構造を含む。以下これに倣ふ）は單に火災に耐へ得るに止まらず、破壊爆弾に對する抵抗も大きく、歐米諸都市に見る煉瓦造建築等の比ではない（第III編「防弾」参照）。相當程度迄の人命防護も敢て困難でない（第V編「防護室」参照）。更に「地震」に對しても安全なることは既に20年前の關東大震災以來十分に試験済みである。¹⁾

錦輝館等が即ちこれで、延焼はしたが、損害は概して輕微であつて、多少の修理によつて再使用が可能となつた。

昭和15年靜岡大火に例を求むれば、民友新聞社（道路に面したる1方を除き、3方よりする猛火の重圍に陥つたが、開口部を通じて内部に僅少の被害を受けたのみ）を始めとして、大東館ホテル・稻葉味噌工場・松坂屋百貨店・田中屋百貨店・傳馬町國民學校・東海軒・山口屋乾物店・日本水産靜岡冷凍工場・靜岡驛前派出所その他が挙げられる。何れも延焼して内部に損害を蒙つた鉄筋コンクリート造建築物であるが、多少の修理によつて、總て再使用に供せらるゝに至つたことは人の熟く知る通りである。（以上前頁の續き）

1) 大正12年9月1日關東大地震に於ける建築物の被害統計（警視廳調査）を示せば、第17表及び第18表の如くである。即ち、東京市内に於ける鉄筋コンクリート造建築物の被害率（大破損以上）は 11.2% に過ぎず、各種の建築構造を通じて最良の成績を示した。更に、これをその内譯に就て見れば、全潰・半潰等の被害程度高きものは、僅かに $1.5\sim 2.7\%$ に過ぎず、完全に無被害のものは 77% を超えてゐた。

尙、倒潰又は大破損を來した個々の建物に就き、原因を探究した結果によれば、これ等の建物はその大部分が鉄筋コンクリート構造輸入直後の建設に係り、設計又は施工上に遺憾とされる點が尠くなかつたことが認められた。謂はゞ少數の不成績を示したものは、當然被害を招く

第17表 構造別による建築物の被害率
(關東大地震, 東京市内)

構 造 別	被 害 棟 數	總 棟 數	被 害 率 %
木 構 造	35 802	326 231	11.0
煉 瓦 構 造	398	485	82.1
石 構 造	1 414	1 693	83.5
鐵筋コンクリート構造	67	598	11.2
鐵 骨 構 造	10	74	13.5

備考: 特に石構造に關する數字は, 東京市統計課の調査による市部合計の棟數を示す。

上表中の「被害」は、木構造に就ては大破損(建物が著しく傾斜して、支柱によつて支へられたもの、又は内部に所々大きな破損を生じたもの)以上を、煉瓦構造及び石構造に就ては壁に龜裂を生じたもの以上を、鐵筋コンクリート構造に就ては使用に堪へない程度の大破損を生じたもの以上を、鐵骨構造に就ては修理しても使用の出來ぬ程度の大龜裂を壁に生じたもの以上をいふ。

第18表 鐵筋コンクリート造建築物の被害程度
(關東大地震, 東京市内)

被 害 程 度	下 記 種 類 の 建 物 に 付 て の 棟 數											被 害 率 %
	工場	事務所	商店	住宅	病院	學校	倉庫	觀物場	公共	其他	合計	
全 潰	3	2	2	1	0	0	0	1	0	0	9	1.51
半 潰	4	1	0	0	0	0	7	0	2	2	16	2.67
大破損	3	8	6	4	0	1	15	0	0	5	42	7.02
小破損	8	25	7	2	4	5	9	1	5	3	69	11.54
無被害	42	129	47	45	8	15	97	3	13	63	462	77.26
計	60	165	62	52	12	21	128	5	20	73	598	103.0

備考: 上表中「大破損」以上は使用に堪へざる程度に被害を受けたもの、「小破損」は多少の修復によりて使用し得る程度のもをいふ。追て「事務所」には銀行及びビルディングを附せられるものを、「住宅」には旅館・醫院の類を、「倉庫」には書庫又は住宅附屬倉庫を、「公共」には陳列館・圖書館・集會場の類を、「其他」には浴場・養老溜・車庫・温室・水槽の類を含むものとす。

べき原因を藏してゐたのである。設計理論及び施工方法の著しく進歩改良を見た今日に於ては、鐵筋コンクリート構造の耐震耐火の價値に對して、聊かの疑念も懐くに及ばぬ。

これを最も有力に裏書するものは、その後につた各地の地震に於ける鐵筋コンクリート造建築物の成績である。例へば、但馬地震(大正14年5月23日)・丹後地震(昭和2年3月7日)・伊豆地震(昭和5年11月26日)・秩父地震(昭和6年9月21日)・静岡地震(昭和10年7月11日)・鳥取地震(昭和18年9月10日)・遠州灘地震(昭和19年12月7日)等に於て、最近の設計施工に係る鐵筋コンクリート造建築物は、木造家屋その他が慘澹たる被害を受けてゐる中に在つて、悉く完全に無事で残つてゐる。例へば、鳥取地方の地震に於ては、全市木造建築物の殆ど8~9割が倒壊した中に在つて、約5棟の鐵筋コンクリート建築は、僅かに龜裂が認められる程度で、完全に無被害であつた。(以上前頁の續き)

鐵筋コンクリート建築による都市の完成を見れば、耐火は勿論、耐弾・耐震兼ねて耐久の各條件が併せ備つて、我國都市の防空的價値は忽ち歐米のそれを凌駕し、世界第1の危險都市から一躍して萬邦無比の武装都市に到達し得るに至るべきこと必然である。

尙、鐵筋コンクリート構造は、防音・防盜等平時に於ける保安上の諸點に就ても完全であり、工費及び維持費が結局に於て低廉となり、經濟的にも有利なることは周知の通りである。

外觀・生活様式等の點に就ても顧慮無用である。例へば、外觀の如きも鐵筋コンクリート構造といへば、直ちに單調なるもの又は冷たき感を與ふるもの、或は又歐米風の様式を直輸入するもの、との先入感を抱く向が、識者の中にも猶相當見出される様であるが、鐵筋コンクリート構造と雖も、必ずしもコンクリートを表面に露出せしむることを要しない。今日では寧ろ、外部を化粧煉瓦貼の類として好ましい感觸と色彩とに仕上げるのが常識とせられてゐる。

様式に就ても同様である。木造建築そのまゝの簡素にして而も優雅な趣きを求めることは或は困難であるにしても、歐米直輸入の形態を採る必要は少しもない、殊に内部に至つては、日本趣味を基調とせる様式を採用することも敢て難事でない。疊・襖・障子の類を用ひて、純然たる和風の趣味を表はすことに成功してゐる住宅その他の建築物も、現在では決して珍しくない。著者は特にこの點に關して、我國建築界の先達と目さるゝ著名建築家數氏の住宅に、夙に鐵筋コンクリート構造が率先採用せられ、種々なる點で成功してゐることを指摘して、讀者の注意を喚起したい。要するに、意匠・計畫・構造共に、建築家の手腕如何によるのである。日本趣味に適せざるの故を以て、鐵筋コンクリート構造を排撃せんとする如き者あらば、當らざるも亦甚しい。

衛生上より見たる鐵筋コンクリート建築の可否に就ても屢々論議を聞く。即ちこの種構造の建物が濕氣を含み易いこと、冬季に寒く夏季に暑きこと、換氣の不完全なこと等が缺點として擧げられ、甚しきに至つては、種々の疾病の原因が、この建物に在るのではないか、との疑念さへも抱くものがある様である。然し、この點に

關する公衆衛生學上の研究は未だ淺く、斷定を下し得る域には達してゐない。何れにしても、コンクリートが防熱性の點に於て完全でないことだけは否めない事實であらう。

即ち、コンクリートの熱傳導率が比較的大なる爲、外部からの熱の遮斷が完全に行はれず、又熱容量の大なること等の爲、逆に室内の熱を吸収して暖房効果を弱め更に熱貫流に甚しい時間の遅れを生ずる結果として、室内溫度が晝間よりも夜間に於て上昇する等の奇現象を呈することは、日常經驗する所である。更に換氣の不完全といふ點に關しても、鐵筋コンクリート住宅内に於ける炭火中毒等の例が屢々傳へられてゐる。

斯くの如く鐵筋コンクリート構造の建築物に於て防熱並に換氣の上から、種々遺憾な點が見出されてゐるのは事實であるが、これ等の總てを直ちにこの構造の本質的缺點と斷定してしまふのは酷である。これ等の中には設計又は施工上の不備、若くは管理上の不完全に起因してゐる場合も決して少なくないのである。即ち、この新材料に對する取扱上の無理解から、構造方法・施工方法殊に表面仕上げ等に就て何等傳熱的に考慮されてゐる所が無い爲に、補ひ得べき缺點が蔽はれず、その儘露はれてゐると考へられる點が少くない。従つて今後の研究と工夫次第で、これ等の缺點も充分に緩和され、衛生上の疑念が一掃される日が来るのも遠くないと考へられる。假りに百歩を譲つて、僅少な瑕董があつたとしても、他の測り難い數々の大なる利點は、これを補つて充分に餘りあるであらう。¹⁾

f) 防 火 地 區

従來の計畫 歐米諸國では夙に法規を以て耐火構造を都市の建築物に對して強制實施してゐる。我國に於ても、大正8年市街地建築物法の施行と共に「防火地區」の指定があり、特に大都市の中區地區に對しては、耐火構造が強制されることになつた。以來耐火建築、特に鐵筋コンクリート構造による都市の不燃化は、我

1) 鐵筋コンクリート構造の長所・短所その他性質一般に就ては、例へば下記參照。
田邊平學・二見秀雄：「鐵筋コンクリート構造」高等建築學 第9卷 昭和9年2月

國建築界の大目標乃至大方針となつて今日に及んだ。¹⁾

参考の爲、6大都市に對する防火地區として、從來計畫されてゐたものを示せば、第19表の如くであり、これを圖示すれば、大略第139圖の如くなる。

防火地區には集團状のものと路線状のものがある。路線状のものは所謂「防火道路」として、道路兩側の建築物を耐火構造ならしめんとするものであるが、この程度では、同時多發性の戰時火災に對しては、防火地區以外の大部分の面積が危険に曝されるのみならず、火勢を防止することが至難で大火になり易い。昭和9年函館大火に於て、所謂「火防線」²⁾ が効果を奏しなかつたことは、その最もよき教訓である。

昭和15年静岡大火の際は、火災の延焼方向を横切つて、これを阻止すべき位置には、路線状防火地區に相當すべき不燃質建築群の配置がなく、その効果を確めなかつたが、相當の幅員を有する國道の如きも、火は容易に飛び越えて延焼してゐる。「今回の火災の延焼には、連続せる火焰の流れの外に、飛火による影響が非常に

1) 防火地區内に在る建築物に對しては、規模・用途の如何を問はず、耐火構造が法によつて強制される。防火地區はその地區の重要性に應じて、「甲種防火地區」及び「乙種防火地區」の2種に分たれてをり、要求される耐火構造の程度を異にする。例へば甲種防火地區では、建築物の外壁は耐火構造にしなければならぬが、乙種防火地區では、準耐火構造でもよいことになつてゐる。

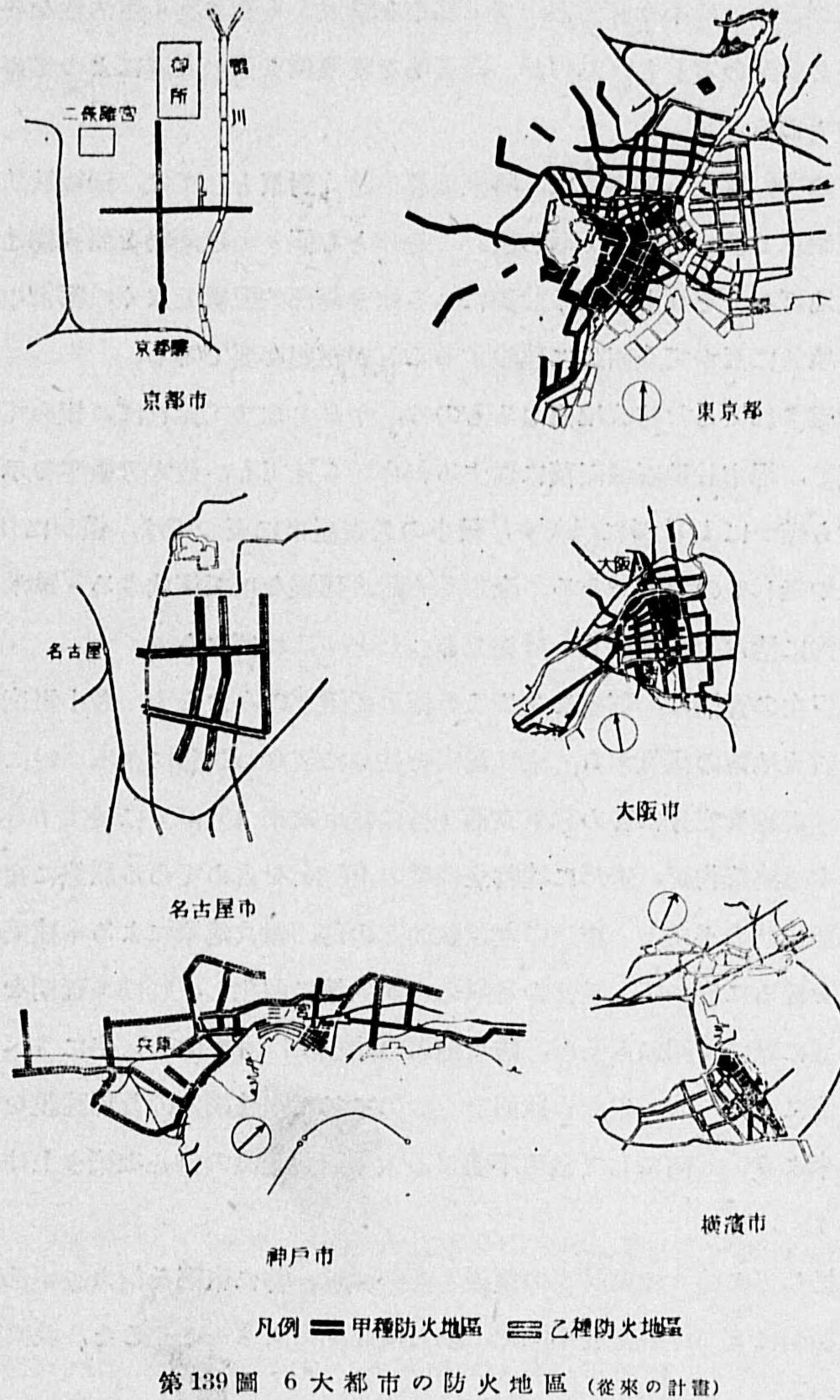
尚、防火地區以外に在つても、劇場・集會場・旅館・自動車庫・倉庫・工場等の如く、特殊の用途を有する建物に對しては、耐火構造以外は許されず、又高さ20m又は軒高15mを超過する高層建築物に對しても、保安上から耐火構造が強制されることが原則になつてゐる。

2) 函館市では數次の大火に鑑み、大正10年4月14日の大火直後、市内樞要街路の兩側又は片側に奥行約10m(5間)の地區に限つて、これに「火防線」と名付け、恰も市街地建築物法に於ける防火地區の如く、建築費を補助してこゝに耐火構造の建物を設けしむることにした。銀座街と呼ばれる蓬萊町(道路幅員約30m、軒高約7m以上、奥行約10mの防火地區)はその代表的なものであつたが、大火の際、風向の旋轉による猛烈なる火焔の局部的變化と飛火によつて、火防線は突破され、火は容易にこの線を飛び越えて全市に延焼した。即ち兩側の耐火構造による建物は、設計施工宜しきを得ぬものが多かつたことにもよるが、その殆ど悉くが類焼し、且つ過半数が使用に耐へざるまでに損傷を被り、甚しきに至つては崩壊したものとさへあつて、市民の期待を全く裏切つた(前記函館大火災報告565頁、582頁參照)。

第19表 6大都市の防火地区

(内務省都市計畫課調)

都市名	地区種別	面積(坪)	小計	合計	施行年月日	都市計畫區域面積(坪)	面積比率%
東京	甲種	集團	1 152 000	1 586 000	大正 14.4.22	169 072 422	1.04
		路線	434 000				
	乙種	集團	62 000	175 000			
		路線	113 000				
大阪	甲種	集團	56 500	152 920	大正 12.10.1	68 862 310	0.28
		路線	96 420				
	乙種	集團	—	46 560			
		路線	45 560				
名古屋	甲種	集團	—	51 240	大正 12.7.1	49 736 081	0.02
		路線	51 240				
	乙種	集團	—	35 340			
		路線	35 340				
神戸	甲種	集團	50 700	75 546	大正 12.2.11	40 538 962	0.41
		路線	24 846				
	乙種	集團	—	33 558			
		路線	93 558				
京都	甲種	集團	—	39 060	大正 11.12.1	97 561 735	0.04
		路線	39 060				
	乙種	集團	4 275	6 675			
		路線	2 400				
横濱	甲種	集團	138 000	189 000	大正 14.9.1	42 743 855	0.44
		路線	51 000				
	乙種	集團	—	0			
		路線	—				



多い。故に風の強い場合の火災を考慮するならば、単に防火道路や一連の不燃質建築群の配列のみでは不十分であつて、都市を構成する建築物の耐火性を各個に向上せしめる必要がある」といふのが、罹災地を實地調査した人達によつて得られた重要な結論である。¹⁾

将来の計畫 要するに、将来の都市防火対策としては、路線状防火地区の如きは、姑息であつて實效を期し難い。是非とも個々の建築物を耐火構造とした集團状防火地区を、それも従來の計畫に見る如き局部的配置でなく、都市中樞部の相當大なる地域に互つて全面的に建設することが絶対必要である。

従來計畫されてゐた防火地区なるものは、今日となつて見れば、極めて小規模且つ不徹底で、都市計畫區域面積に對する割合から見ても、最大の數字を示す東京都に於てすら僅かに1.04%に過ぎず、最小の名古屋市に至つては、僅かに0.02%で、眞に有りや無しやの程度である。全市悉く耐火建築を以て構成さるゝ歐米の諸都市に比し、洵に情なくも亦恥しい計畫であつたといはねばならぬ。

然るに現在の實情は、理想を去ること極めて遠きのみならず、最小限度とも目すべきこの防火地区の建設すら、未だ實現を見るに至らぬ状態に在る。現に關東大震災の苦き經驗を充分に嘗めた東京都（特に舊東京市15區）に於てすら、燃料にも等しき木造建築物が、未だに建物全棟數の97%を占めてゐる状態に在る。國の指導力乃至援助の不足と、市民の熱意缺如との爲、耐火建築による本建築の建設は震災後日を経るに従つて、當初の意氣込みが次第に弱化し、延期又延期を重ねること5箇年毎に既に4回にも及び、防火地区の建設は、計畫の未だ半にさへも達してゐない實情に在る。斯くの如き状態で、如何にして國防國家の首都建設を完うすることが出來よう。如何にして強靱不壞なる大東亞共榮圈の核心を築き上げることが出來よう！

萬難を排しての防火地区計畫の擴張とその實現、特に帝都を始め重要都市中樞部の相當廣範圍に互つての完全不燃化、即ち鐵筋コンクリート化こそ、我國の都市防

1) 大日本防空協會編：「静岡大火災（昭和15年1月15日）調査報告」104~105頁。

空、否國家に與へられた現在並に將來に對しての大課題である。この「不燃都市」建設の規模・方策等に就ては、本書最終の第Ⅶ編「都市改造」の條に於て、更めて詳論することゝし度い。¹⁾

1) 耐火建築の火災時に於ける被害状況を調査し、耐火建築が我々の期待に背かざるものなることを確むると共に、今後我國の耐火建築に對して改善すべき諸點を挙げたものに、例へば下記がある。

後藤米太郎氏：「火災統計に現れたる復興帝都の姿」建築雜誌 昭和8年4月557頁。

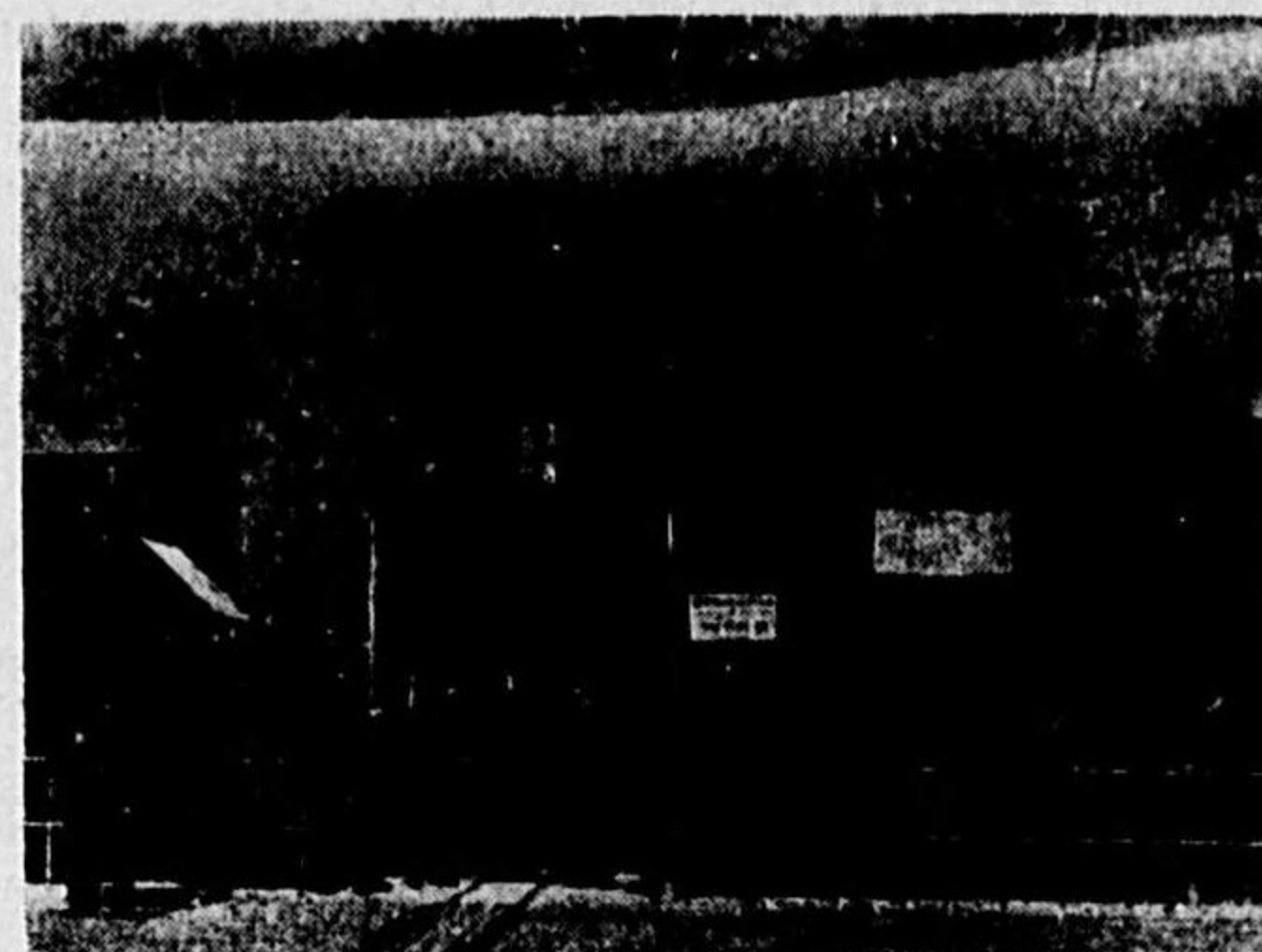
尾崎久助博士：「耐火建築上今後特に注意すべき點に就て」建築雜誌 昭和10年8月963頁。

III. 防 弾

1. 爆 弾

a) 現在の爆弾

耐弾建築 将来の都市構築に當り、爆弾(破壊爆弾の意、以下これに倣ふ)に對して安全を保證し得る様な建築物を造ることは容易ではない。然し決して不可能ではない。現に第1次世界大戰以後、列國が空軍の爆撃に備へて耐弾的に構築した要塞建築(例へばフランスのマヂノ Maginot 線、ドイツのジークフリート Siegfried 線等)の如きは、明かにこれを實證したものと見るべきである(第140圖、第141圖)。



第140圖 完全耐弾構造によるマヂノ要塞線の建築¹⁾(某正面入口)

本編に於ては、先づ構築物に對する爆弾の效力を現在及び將來に互つて概述し、次に爆弾によつて招致せらるべき構築物の損害を防止若くは輕減すべき構造方法に就て、現在及び將來の對策を述べる。

將來の都市構築物の防弾を考察するに當つては、將來に於ける爆弾の



第141圖 マヂノ要塞建築の壁に残るドイツ急降下爆撃機による弾痕²⁾

1)2) Die Sirene, Nr. 23, 1940. s. 527.

進歩を豫想する必要がある。それには先づ順序として、現在に於ける爆弾の種類・構造・效力等に就て概略を述べねばならぬ。

爆弾の種類 殺傷並に破壊を目的とする投下弾を一覽的に示せば、第20表の如くである。

第20表 破壊爆弾の種類

弾 種	弾 量
人馬殺傷用爆弾	普通爆弾 10~30 kg 級
	環層爆弾 10~30 kg 級
破壊用爆弾	小型爆弾 50 kg 級
	中型爆弾 100~300 kg 級
	大型爆弾 500 kg 級 以上
破甲爆弾	中型爆弾 200~300 kg 級
	大型爆弾 500 kg 級 以上

破片爆弾 人馬殺傷用爆弾は「破片爆弾」¹⁾とも呼ばれ、爆弾の炸裂によつて生ずる弾片を四圍に飛散せしめて人畜を殺傷することを目的とする。

破片爆弾の弾量は通常 10~30 kg、炸薬量は爆弾全重量の 10~20 % 程度である。弾片を生じ易くする爲、「環層爆弾」と稱して弾體を層状にしたものもある。破片爆弾は地中に侵徹してから炸裂したのでは、飛散する弾片数が減少して威力が減るので、地上で炸裂する様に、彈頭に瞬發信管(着弾後極めて短時間、例へば 1/500 秒以内程度に點火炸裂する装置)を装着して使用されるのが普通である。

良好な鋼鐵を以て製作せられた 12.5 kg 破片爆弾の例を挙げれば、爆發によつて生ずる弾片の数は 1400 箇に上り、その威力半径は彈種によつて多少の相違はあるが、約 20~40 m である。時として致死的效果を有する弾片を 200~300 m の地點迄飛散せしめることがあるといはれる。茲に「威力半径」とは、人員に重傷を與へ得る弾片が 1 m² に付 1 箇の密度を以て飛散する地域の半径をいふ。

殺傷用爆弾の變り種として、昭和 18 年 5 月 16 日のローマ初空襲に當り、反艦軸空軍はキャラメル・口紅・葉巻・咳止め・人形・クレヨン・万年筆・鉛筆・懐中電

1) 獨 Splitterbombe; 英 Fragmentation or Anti-personnel bombs

燈等の「偽装爆弾」を投下し、老幼男女をおしなべて対象とする新戦術に出た。同月 18 日キール軍港に來襲した際も同様の變形爆弾を投下し、多數の子供が負傷したと報ぜられてゐる。これ等の爆弾は、直接の殺傷よりも細菌の培養基として、又口腔への移入装置として、完全な役目を果してゐるのではないかと案ぜられる點に神經的效果があるとされる。

破壊爆弾 破壊爆弾¹⁾は戰場に於ける堅固な陣地・堡壘の類又は艦船等を破壊するのが本來の目的であるが、都市構造物の破壊に使用されるのもこの種の爆弾である。爆弾は第 1 次世界大戦當時、空襲用兵器として最も多く使用せられたものであるが、その後には於ける進歩は實に目覚ましいものがあり、攻撃目標の種類に従つて特殊の性能を有するものが造られてゐる。

爆弾には「地雷爆弾」と「破甲爆弾」の 2 種がある。前者は主として炸薬の力によつて破壊の効果を擧げることが目的としたものであり、後者は特に堅固な物體に對して、充分に侵徹した上で破壊を遅くすることを目的としたものである。これ等の所謂「破壊爆弾」は、構造物に大なる物的損害を與へるのみならず、精神的効果も少くないので、特に神經戰を狙つての都市空襲に對して、最も警戒を要するもの一つである。

尙、爆弾ではないが、特に艦船を攻撃目標とする場合、雷撃機によつて必殺の「航空魚雷」が投ぜられることは、周知の通りである。

爆弾の構造は、主として次の 3 部分から成つてゐる。

1. 彈 殼 (鋼製の外被、内部に炸薬を藏し、炸裂時にはこの部分が弾片となつて飛散する)
2. 信 管 (發火装置)
3. 彈 翼 (尾部に附したる翼、投下時に彈道を正確ならしむ)

彈 量 地雷爆弾としては通常 25~1000 kg 級が使用されるが、歐洲の都市空襲戰には、既に 2000~4000 kg 級のものも用ひられてをり、6000 kg 級の超重

1) 獨 Sprengbombe oder Brisanzbombe; 英 High explosive bombs

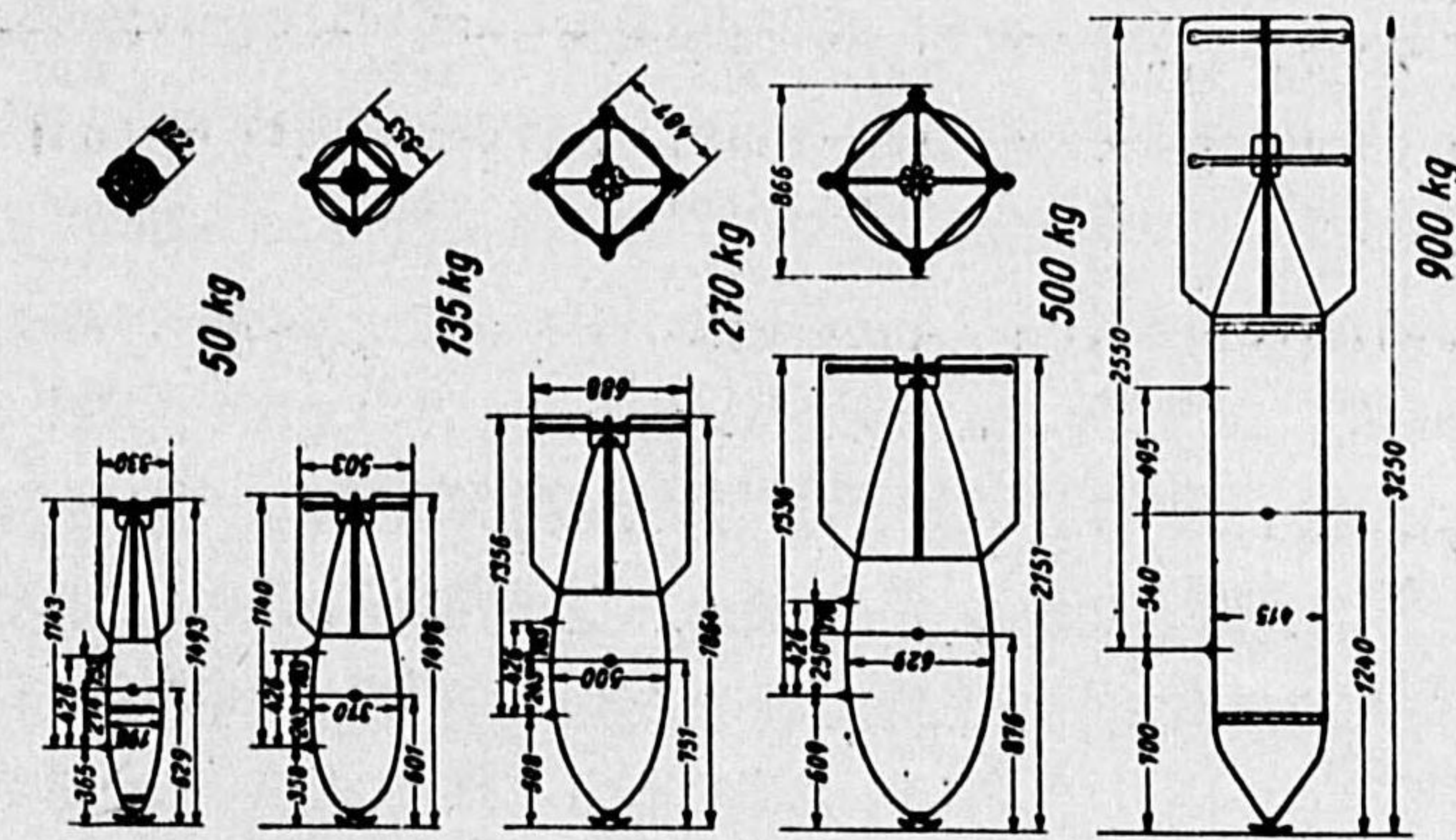
爆弾¹⁾も出現したと傳へられる。破甲爆弾としては通常 25~500 kg 級のものが使用せられる。

彈 形 爆弾の形狀は、流線型と圓筒型の 2 種に大別される。前者は彈道の正確を期した謂は、上製の爆弾であり、後者は大量生産の容易を狙つた謂は、並製の爆弾である。圓筒形地雷爆弾の彈形と藥量との關係は大略第 21 表の如くである。

第 21 表 彈 形 と 藥 量²⁾

彈 種 kg	彈 形			炸藥中心に至る彈頭よりの距離 m	炸 藥 量 kg
	直徑 m	長 さ m	炸藥填實部長さ m		
50	0.21			0.53	25
100	0.27	爆彈直徑	爆彈直徑	0.68	50
200	0.30	の約 6.5 倍	の約 5 倍	0.75	100
300	0.33			0.83	150
500	0.40			1.00	250
1000	0.48			1.20	500

アメリカの爆弾として公表されてゐるものには、例へば第 142 圖に示す如きもの



第 142 圖 アメリカの爆弾³⁾

1) ロンドン各紙は反樞軸空軍がフランスのリモージュのアルバート飛行機工場爆撃に使用した 6t 爆弾の寫眞を掲載してゐるが、この爆弾は 3 室に分れ、不時爆發を避ける爲、各室毎に特殊雷管を裝備してをり、全長 6m、直徑 1m、垂直安全板のみで 2m あり、この部分を除いた爆弾全長は 4m である (昭和 19 年 3 月 15 日發同盟記事)。

2) 陸軍築城部本部: 「耐彈構造資料」防彈 (2) に據る。

3) Hohn, Fritz: Die Waffen der Luftstreitkräfte, Bild 137.

がある。又最近に於けるアメリカの制式爆弾(標準型)並に薄肉爆弾(「空中魚雷」¹⁾とも呼ばれ、弾片よりも爆破威力を主とし、弾殻を薄くして炸薬を多量に填充したものに就て知られたものには、第22表に示す様な数字がある。

第22表 アメリカの爆弾

弾種	全長 cm	径 cm	厚 mm	弾殻 kg	炸薬 kg	傳火薬 g	全重量 kg	炸薬/ 全重量 %	
制式	250 kg (500 lb)	120.0	36.0	15.0	106	121	48.3	227	53.6
	500 kg (1000 lb)	137.5	49.9	20.5	232	267	48.3	499	53.6
	1000 kg (2000 lb)	179.0	59.2	21.7	419	488	48.3	907	54.2
薄肉	500 kg (1000 lb)	129.7	49.9	1.5	47	308	48.3	365	87.0
	1000 kg (2000 lb)	165.5	59.2	2.0	55	560	48.3	615	91.1

イギリスの爆弾として公表されてゐるものに、第23表に示す如きものがある。

第23表 イギリスの爆弾²⁾

弾種	全長(薬部) cm	径 cm	断面密度 kg/cm ²
10 kg (20 lb) 破片弾	61.0 (30.5)	12.7	0.07
50 kg (100 lb) 中肉	121.9 (61.0)	22.9	0.11
100 kg (220 lb) 中肉	137.2 (61.0)	25.4	0.20
250 kg (550 lb) 中肉	152.4 (121.9)	38.1	0.22
500 kg (1100 lb) 厚肉	182.9 (121.9)	30.5	0.68
1000 kg (2000 lb) 薄肉	426.7 (274.3)	61.0	0.31

備考: 「断面密度」は弾量を最大断面積で除した値を示す。

炸薬 炸薬としては3硝基トルオール³⁾を始めとして、ピクリン酸(別名「黄色薬」)・カーリット・ヘキゾーゲン・アマトール等が一般に知られてゐる。これ等は衝撃を加へれば、非常に早い速度で分解して氣體に變る。その速度を「爆速」といふ。

爆弾の全重量に対する炸薬量の割合は、概ね下の如くである。

- 1) 獨 Luftmine oder Lufttorpedo. ; 英 Air mine
- 2) Home Office: Structural Defence, Air Raid Precautions Handbook No. 5, London 1939. p. 5.
- 3) 獨 Trinitrotoluol (別名 Trotyl); 英 Tri-nitro-toluene (T.N.T.) 茶褐色の炸薬

薄肉爆弾	80~90%
地雷爆弾	40~60%
破甲爆弾	10~20%

アメリカの薄肉爆弾に就ては第22表に示す通りであるが、イギリスが「空雷」と稱して、ベルリンその他の諸都市に投下してゐる薄肉爆弾の1例を示せば、弾殻厚5mm、全重量835kg中に650kg(78%)の炸薬を藏してゐる。

信管 信管は發火装置で、爆弾が物體に衝突した瞬間、慣性により又は電氣により發火し、傳火薬を通じて炸薬に火を點するもの。その数は小型爆弾にありては弾頭に1箇、中型以上の爆弾にありては弾頭及び弾底に各1箇を装着するを普通とする。弾側に「電氣信管」¹⁾を備へ、充電装置によつて發火せしむる如く仕掛けたものもある。

信管は攻撃目標に應じて適當な延期秒時のものが選ばれる。例へば人馬の殺傷を目的とする場合には「瞬發信管」(1/500秒以内程度)、建築物を破壊せんとする場合には「短延期信管」(1/10~1/30秒程度)、特に長延期を必要とする場合には所謂「時限信管」(俗に時計仕掛爆弾)として、傳火薬の燃焼時間を長くし、數時間・數日又は數週間後になつて炸裂する様にした厄介なものもある。弾頭・弾底に各1箇の信管を有する爆弾に於ては、弾頭に瞬發信管を、弾底に延期信管を装着するを普通とし、爆撃目標に應じて、その何れかが使用される。

投下弾量 今次歐洲大戰に於て、都市空襲に使用された爆弾の數量に就ては、勿論未だ正確な統計は得られぬが、開戦第2年目たる昭和16年(1941)6月26日現在に於て著者がベルリン警察本部に於て知り得た正確な數字は下の如くである。

空襲回数	65回
投下爆弾	937發(外に燒夷彈7492發)

爆弾の内譯は113kg(250lbs)彈が最も多く、227kg(500lbs)彈がこれに次ぎ、

1) 「電氣信管」は1種の延期信管で、投下直前にコンデンサーに充電せしめて投下すると、彈着時に閉鎖するボールコンタクトによつて電氣信管を發火せしめて爆發するものである。安全性が高く、且つ信管の切り換へも電氣的に機上で行ひ得られる利點があるので、將來益々進歩するものと見られてゐる。

450 kg (1000 lbs) 弾も投下されてゐたが、その数は比較的少なかつた。但し、空襲回数が増えるに従ひ、次第に弾量が増加する傾向が顯著に示されてをり、極めて少数ではあつたが、835 kg (1800 lbs) の所謂「空中魚雷」も既に投下されてゐた。上記の爆弾 937 発中には、不發弾（時限爆弾を含む）192 発が含まれ、又防護室への直撃弾 16 発が数へられた。開戦後最初の約 1 年間はベルリンは空襲を受けてゐないから、上記の数字は大體空襲開始後 1 箇年間に關するものと見てよい。

以上は著者滞獨當時の数字であるが、その後昭和 18 年 (1943) に入るや、ドイツ諸都市に對する米英空軍の爆撃は俄然熾烈化した。1 例としてハンブルグに對して昭和 18 年 (1943) 7 月 24 日から 8 月 2 日に亘り、延爆撃時間約 10 時間、延機數 2290 機を以て來襲した反樞軸空軍の投下弾數として傳へられる所は、下の如くである。

空襲回数	6 回
投下爆弾	16 000 發 (外に焼夷彈約 181 萬發)

その内譯は、破壊爆弾 14 000 發、時限信管附爆弾 1300 發、空中魚雷 700 發 (別に棒狀エレクトロン焼夷彈 170 萬發、黃燐焼夷彈 9 萬發、液體焼夷彈 3400 發、照明彈 500 發) と註せられる。弾量は 113 kg (250 lbs) から 1800 kg (4000 lbs) にも及び、弾殻は比較的厚く、炸藥量の全弾量に對する割合は 27~51 % と報ぜられてゐる。

米英空軍の都市空襲は、最近その規模が大になつたのみならず、方法も亦著しく巧妙となり、科學的になつて來た。即ち、ドイツの諸都市に對する爆撃法を見るに數百乃至數千機の飛行機を使用し、數箇の群に分れて密集隊形を以て進攻するのが普通であるが、晝間は對空砲火を避ける爲に、8000~10 000 m の高度で侵入し、先づ第 1 編隊が目標の上空に、電波探知器の電波を遮断する爲の特殊投下物 (錫・雲母の薄片等) を撒布して、都市防空部隊の來襲機標定を攪亂する。次いで第 2 編隊がこれ等の撒布物の上から高射砲陣地を爆撃してこれを沈黙せしめた後、悠々と爆撃目標を選定し、更に地區を限定して、集中的に而も無差別に所謂「絨緞爆撃」¹⁾ を敢行する。

夜間は驚くべき大編隊で普通 3000~4000 m の高度をとつて侵入する。ハンブル

1) 獨 Teppichebombardierung; 英 Carpet bombing or Carpet raid

グの例を見ても 7 月 24, 27, 29 日の 3 日間の夜間爆撃は、何れも 500~650 機の大編隊で實施してゐる。昭和 18 年 (1943) 11 月 22 日以降ベルリンに對して加へられた大爆撃に於ては、毎回の空襲に参加した飛行機數は少きときも數百機、多きときは實に 1000 機以上 2000 機にも上つてゐる。夜間爆撃は先づ夜間の行動に熟練してゐる指導機が高空から飛來して、目標地域の 4 隅又は兩端に「標識爆弾」として照明彈を落し、後續の各編隊は約 7 分位の間隔で來襲して、その指示された範圍内に全く盲目的に爆弾を投下する。

投彈の順序は、晝夜の何れを問はず、先づ破壊爆弾によつて對空監視者を防護室内に待避させ、引續き焼夷彈と破壊爆弾とを交互に投下して消火活動を妨害し、その間に液體焼夷彈等を混用して益々火勢を大きくする。斯くして都市を數地域に區分し、一地域毎に息の根を止めるに充分な飛行機數と弾量とを以て、順次に徹底的な破壊を敢行するのである。

投下弾量は、4 發重爆撃機 1 機に 4~5 t を搭載するものとすれば、ハンブルグの例では、來襲機數 650 に上つた 7 月 27 日夜の如きは、實に 2600~3250 t を投下したことになる。同年 11 月 22 日のベルリン空襲の如きは、開戦以來最大の規模と稱せられるが、暗夜を利用して 700~800 機の大編隊が來襲し、僅か 40 分間に約 2300 t の爆弾を市内中心地に投下してゐる。11 月、12 月及び翌昭和 19 年 (1944) 1 月にかけて、斯くの如き大爆撃を約 20 回も繰返されては、大ベルリンの主要部が廢墟に歸し、市民住居の約 80 % が失はれたのも洵に止むを得ない所である。¹⁾

1) 従來の都市爆撃で被害最大なりしものは、英本土に於けるコヴェントリー (Coventry) で、昭和 15 年 (1940) 11 月 14 日の夜、人口約 20 萬の町に獨空軍は 503 t の爆弾を投下した。人口 1 人當り約 2.5 kg の弾量に當り、「コヴェントリーする」(Coventrieren) といふ言葉が生れた程、市街は徹底的に破壊され、重要部品工業が覆滅された爲、イギリスの航空機生産力は爾後 2 箇年半に亘つて著しき低下を見た。

昭和 15 年 (1940) 11 月獨空軍が實施したロンドン空襲では、2664 t の爆弾を投下してゐるが、ロンドンの息の根を止めるには至らなかつた。この爆弾量はハンブルグに投下された爆弾の 3/4 位に當るが、ロンドンの人口を 500 萬と見れば、人口 1 人當り弾量は、ハンブルグの場合の約 1/4 で、これでは不足と見られてゐる。當時獨空軍は 11 月 1 日より 29 日に亘り、連日爆撃して約 2700 t の爆弾を投下したのであるが、専ら軍事施設を目標とした爲、都市破壊といふ見地からは、所謂「散發爆撃」たるに過ぎなかつた。數回の大空襲に毎回概ね同一弾量を而も無差別に落したハンブルグ空襲と比較して效果に差違があつたことは當然であらう。

尙、米英空軍の爆撃機1機當りの搭載爆弾量を4tと假定すれば、ハンブルグの人口約170萬に對し1人當り約5kgの弾量となる。従來の都市空襲に於ける市民1人當り投下弾量としては正に新記録である。ハンブルグはこれによつて水道・ガス・電気・交通・通信等の重要諸施設を根底から破壊せられ、市民の住宅はその7割までが大小の被害を受け、その中2割は跡形もなく完全に破壊されて、數萬人の死者とその數倍に上る負傷者を出した。

都市の構成や人口密度にもより、勿論一概に論ずることは出来ぬが、ハンブルグその他歐洲諸都市の空襲實例に徴して、人口1人當り3~4kgの弾量を一撃に投下すれば、現在の都市は大體に於て息の根が止る様な大被害を受けるのではあるまいか、といはれてゐる。¹⁾

b) 將來の爆弾

今日の空襲を目標とする應急對策ならば、現在知られてゐる程度の爆弾に對して策を講ずればよいが、將來の空襲に備ふべき都市構造物の防弾を考察するに當つては、將來に於ける爆弾の進歩——出来得れば遠き將來に於ても絶対に超される惧れない限度——を極めて置く必要がある。

爆弾の進歩に就ては、少くともこれを次の3點から考察する必要がある。

1. 弾量 2. 炸薬 3. 爆撃精度

弾量 爆弾の大きさは將來益々大となる可能性がある。現に今次歐洲大戰に於てドイツ諸都市に投下されてゐる米英空軍の爆弾を見ても、前述の如く、開戦當初は100kg級のものが最も多く、225kg級がこれに次ぎ、450kg級は比較的少なかつたが、空襲回数が重なるにつれて、漸次弾量の増大し來ることが統計的に明瞭に確認され、開戦後2年目には835kgの所謂「空中魚雷」が投下され始め、4年目には米空軍の4發大型爆撃機「空の要塞」(ボーイングB17)の出現と共に、2000kgの超重爆弾が投下されるに至つた。戦線の一部では既に4000kg、6000kg等の超々重爆弾も使用されてゐると傳へられ、戦争の激化に伴ひ弾量の増加も停止する

1) 飯島正義氏：「暴虐な敵の都市爆撃法」朝日新聞 昭和18年9月9日

所を知らぬかの感を與へる。

但し、爆撃機の搭載能力には自ら限度があるから、この種の超重爆弾は、これを多數携行することは困難である。更に又、爆弾の数が減じては、特定の目標を狙ふ場合、命中率も自ら低下を免れぬ不利がある。殊に注目すべき點として、爆弾の威力圏は必ずしも爆弾の重量に比例して増加しない性質がある(第147圖)。例へば1000kgの爆弾が1發命中するよりも、300kg爆弾が3發命中した方が破壊威力は大となる。單に命中箇所に於ける局部的破壊に就てのみならず、遠距離に及ぼす效力に就ても同様であつて、破壊威力の増加は弾量の増大に伴はない。この性質は恐らく今後と雖も不變であらうとされる。

茲に於て航空機の搭載量とも睨み合せて、爆弾の大きさと數量との間に適當な調和點を見出すことが必要になつて來る。即ち威力を主とするか、數量を重く見るかは、主として作戰目的によつて決することとなり、適當なる兼合ひが生じて來ることになる。斯く考へれば、爆弾の大きさも、特殊の目標に使ふ必要ある場合の外は、現在に比して著しく懸隔のある大型のものは、現れないであらうと見られる。

以上の所論よりすれば、人口稠密な大都市を目標とする空襲の如く、攻撃の目標が特定の施設を破壊するといふことよりも、寧ろ可及的廣範圍に效力を及ぼし、一般民家の破壊や市民の殺傷を狙ふといふ様な場合には、少數の超重爆弾を携行するよりも、多數の小型乃至中型(例へば50~300kg程度)の爆弾を使用する方が、攻撃者側にとつて有利である、との結論に達する。然るときは一般の建築物は、中型程度(100~300kg)の爆弾が多數投下される場合を豫想して、建築防空的に對策を講ずれば大過なきを得るであらう。萬一、それ以上の大型爆弾が投下された場合には、物的損害は或る程度まで斷念せざるを得まいが、寧ろこれは覺悟の前として、人命防護の點に萬全を期すべきである。超重爆弾に對しても、人命防護の完璧を期することは、技術的に決して不可能でない(第V編「防護室」参照)。

これに反して、狙はれ易い特殊重要施設は、最悪の場合、再三再四反復して空襲を受け、同一箇所にも2發以上の直撃弾を被る如き場合も豫想される。然し、一般には最大型爆弾1發に見舞はれる場合を覺悟して、防護策を講じて置けば、先づ間違

ひが無いであらう。その最大型爆弾なるもの、限度を幾何と定めるかは難しい。建築物の重要性に応じて、1t 爆弾、2t 爆弾或は更にそれ以上の如く適宜判定する以外に方法はあるまい。唯この場合、6t 程度までの爆弾が、現在既に實在し、歐洲方面に於て實戦に供せられてゐる事實を忘れてはならぬ。

炸 薬 炸薬の威力も著しく増大して來てゐるが、これ亦將來無制限に増大し得べき性質のものではない、といはれてゐる。即ち、前記の理由によつて、爆弾の大きさに或る制限を生じて來るものとすれば、別の方面から破壊威力の増大を計らねばならぬ。それには當然炸薬の性能の向上が考へられる。現在各國はこの點に鑑み、在來の各種爆薬に就ては勿論のこと、これに代るべき各種の方法に就て鋭意研究を進めてゐるといはれるが、電氣的にエネルギーを放射せしめるとか、又はウラニウム¹⁾の如き放射能によつて破壊を生ぜしめる様な方法が成功せぬ限り、近き將來に於て現在の炸薬の威力が2倍、3倍に増大するものとは考へられず、出來ても從來の5割程度の増加が精々であらうと推定されてゐる。その理論的根據の詳述は省略するが、何れにしても炸薬の工學的進歩は早晚終りを告ぐべきものと豫想されてゐる。尙、炸薬量は彈體の強度にも關係があり、堅固な目標を貫徹爆破せしめんとし、彈體の強度を高めれば、それだけ炸薬量を減少せしめねばならぬ悩みもある。

將來の空襲に使用せらるべき航空機の數量乃至1機に搭載し得べき爆弾の數量に關しては豫測が出來ぬが、爆弾の大きさに炸薬の威力に關する限り、例へば我が東京の丸ビル級の大建築物が、唯1發で粉碎される様な高性能爆弾は、現在は勿論、將來に於ても、出現する惧は無い、といつて先づ誤が無からう。將來の都市構築に對しても、耐弾建築が充分可能であるとの見込は、この點からも成立つ。

爆撃精度 最後に、將來の「爆撃精度」²⁾が問題になるが、これには將來に

1) ウラニウムはラチウムと同じ様な放射能を有する元素であるが、多年の間に自然にラチウムに變化し、更に又鉛になる。これを人為的に急に變化させれば、大なるエネルギーを得て強力な爆發力を持つ様になる。このエネルギーの利用は各國で研究されてゐるが、例へばイギリスの科學者ロッチは微細なラチウムが1秒間に放射する電子は3000萬箇であるといひ、フランスのルボン¹⁾は1箇の銃彈に對してラチウムが電子を放射するときと同じ速さを與へるものとなれば、134萬箇の火薬が要ると計算してゐる。

2) 獨 Treffgenauigkeit; 英 Rate of hits

於ける都市その他の要地爆撃の方法を豫想する必要がある。地上砲火の進歩は、來襲する飛行機の高度を次第に増大せしめて來たが、將來の空襲には當然「成層圏飛行」を計算に入れなければならぬ。成層圏(地上12000m以上の空氣抵抗少き上層)乃至これに準ずる高空から水平爆撃で爆弾が投下される場合には、個々の目標に對する命中精度は極めて不確實となるが、特定の目標に對しては、當然「同時投下」又は「連続投下」によつて、多數の爆弾を一舉に若くは連続的に投下する方法が採用せられ、而もこれを將來は數千機又はそれ以上の大編隊で敢行するであらうから、その命中公算は著しく高められる。

特に命中の確實を期せねばならぬ目標に對しては、低空から水平爆撃の實施される場合もあり、急降下爆撃の採用される場合もあり、我が神風特別攻撃隊に見る如き必死必中の體當りさへも敢行され、爆撃技術の進歩と相俟つて、對空砲火を冒して全彈命中の成績を挙げ得る公算が、將來益々増大するものと豫期せねばならぬ。

尙、外國では豫てから地上砲火を避けんが爲に、射程を増大して而も命中を確實ならしめ、且つ命中時速度を増大して侵徹效力並に爆破效力を大ならしむる目的を以て「ロケット爆弾」が研究せられてゐると傳へられてゐたが、果然ドイツの祕密新兵器「流星爆弾」(無人飛行機)として今次大戰に登場し、ロンドン市民を始め全英國民を震駭させた。¹⁾この種新兵器の將來に於ける發達に就ても我々は注意を怠

1) 流星爆弾(V1號)に就き英國空軍省は昭和19年6月19日次の様に發表してゐる。「ドイツ軍の無人爆撃機は北フランスの斜面を利用して發射される噴射推進式(ロケット式)爆弾である。發射にはロケット發射装置が使用されてゐると思はれる。機體は長さ6.7m、最大幅員0.82m、全長は7.7m、翼長4.9mである。現用型の有效半径は約240km、平均速度560km/h、爆破力はドイツ製1000kg爆弾に匹敵する。炸薬は機體前部の薄い被覆中にある魚雷頭部構造の中に充填されてゐる。發動機はガソリンにより、飛行中の音響は噴射推進装置内の断續的爆發のためである。構造は殆ど全部鋼鐵製で、全體に普通の迷彩が施され、上部が暗灰色、下面は淡青色である。操縦は無電操縦ではなく、發射直前に取り付ける自動操縦装置によつて行はれる」

流星爆弾(V2號)の構造及び性能に就ては次の諸點が擧げられてゐる。全重量約15t、長さ9~15m、直径0.8~0.9m、彈頭炸薬約1t、速度1120km/h以上、有效距離400km以上、彈道頂點11km以上。事實とすれば速度は音の速度と殆ど變らず、彈道頂點は成層圏に達してゐる。「空飛ぶ電信柱」と呼ばれるのは、その長細い形と直線的な彈道から來た感じである、と外電は傳へてゐる(昭和19年11月10日ロンドンA.P.電報)。

つてはならぬ。

茲に於て都市その他の要地が將來空襲さるゝ場合、特に攻撃目標に選ばるゝ俱ある重要施設にあつては、爆弾が雨下するものと覺悟して、直撃弾に對して備へる所



第143圖 盲目爆撃例1¹⁾
(美術館、前大戰ロンドン)

がなくはならぬ。而もその直撃弾は、投下爆弾の弾道が明かに示す如く、敵機の高度並に速度により、鉛直に近き角度で落下し來る場合もあり、又水平に近き斜方向から命中する場合もある。

これに反して、一般の建築物に對しては、個々の建物が爆撃の目標となる場合は比較的少く、萬一直撃弾を受けるとすれば、そ

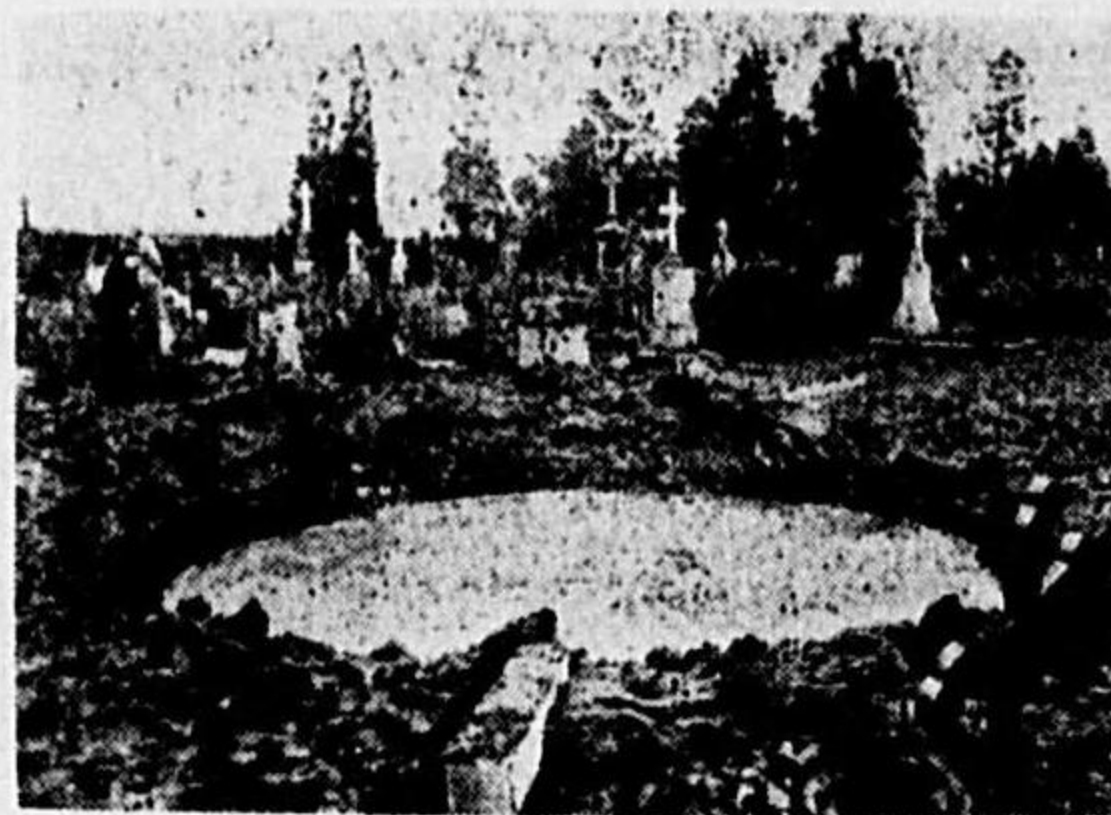
1) Sir John Hammerton: World War (1914~1918) p. 988.

2) Sir John Hammerton: World War (1914~1918) p. 175.

3) Die Sirene, Nr. 20, 1940. s. 454.



第144圖 盲目爆撃例2²⁾
(寺院、前大戰イギリス國內アルパート)



第145圖 盲目爆撃例3³⁾
(墓地、今次大戰ドイツ國內)

れは運の悪い場合である、といふことにならう。

特定の目標に向つて爆撃が集中されるのでなく、今次大戰に於て米英空軍が採りつゝある如く、都市の破壊と市民の殺傷を主目的として、無差別爆撃を敢行することになれば、所謂「盲爆」で命中精度の如きは全然問題でなく、防空網を突破して爆撃機が都市の上空に侵入することが出来さへすれば、それで目的は十分に達せられたことになる(第143, 144, 145圖)。

今次歐洲大戰に於て、防空の完璧を誇るドイツと雖も、戦闘機並に地上砲火によつて撃墜し得る数は、來襲敵機の精々1割程度であるといはれる。將來益々激化すべき大編隊による頻度空襲に對しては、「殺人光線」の如き空想的防空兵器の發明完成を見ざる限り、地上砲火の類による今日の防空は次第に無力化し、多數敵機の都市上空侵入とこれによる大量爆弾の所謂「絨緞爆撃」は、愈々阻止し得ざる結果に陥るであらう。

c) 爆弾の效力

瞬間的效力 「爆弾の效力」¹⁾は單にこれを遠望したのみでも、命中の刹那、閃光と共に天に沖する黒煙、轟然たる音響、飛來する土砂・弾片、爆風による衝撃等により眞に凄愴な景觀を呈する(第2圖参照)。

建築物の耐震構造を研究せんとする場合、先づ地震力の性質を闡明する必要があるが如くに、耐弾構造を検討せんが爲には、外力としてのこの爆弾の效力を究明することが先決問題である。然るに爆弾は、瞬間的に各種の威力を逞うする爲、その效力を精細に研究することは極めて困難であつて、現在猶未知の領域に残されてゐる部分が尠くない。然し、内外に於ける既往の研究によつて、既に或る程度までは計算によつて、外力としての大きさを求め得られる様になつてゐる。従つて各種の構築材料乃至構築物の爆弾に對する抵抗も或る程度までは推定可能の状態に在る。²⁾

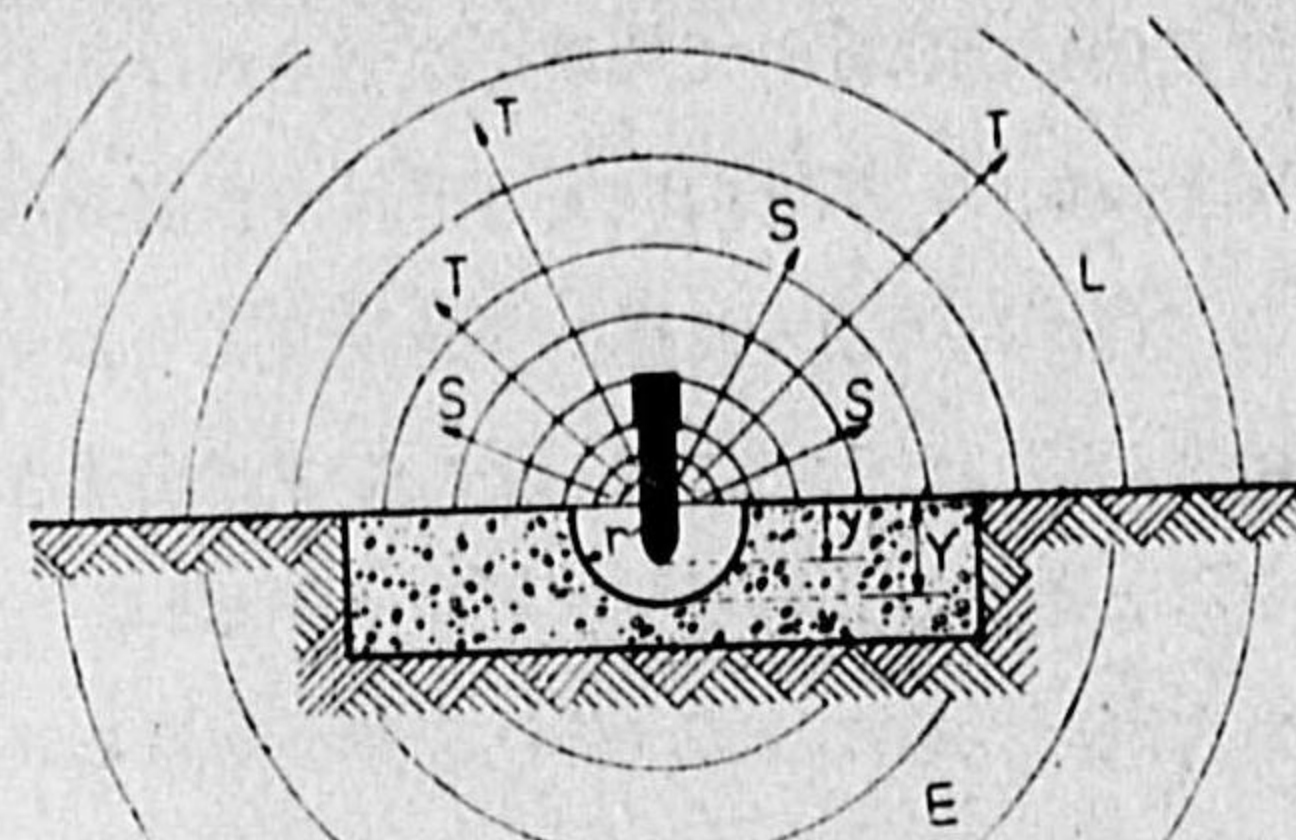
1) 獨 Wirkungen der Sprengbombe; 英 Effects of bombs

2) 例へば下記参照。

陸軍築城部本部: 「耐弾構造資料」昭和17年9月。建築雜誌 昭和17年10, 11月に轉載。本書に引用せる防弾關係の諸表は主として同資料に據る。

効力の分析 爆弾の効力を考察するに當つては、爆弾の全威力を個々の効

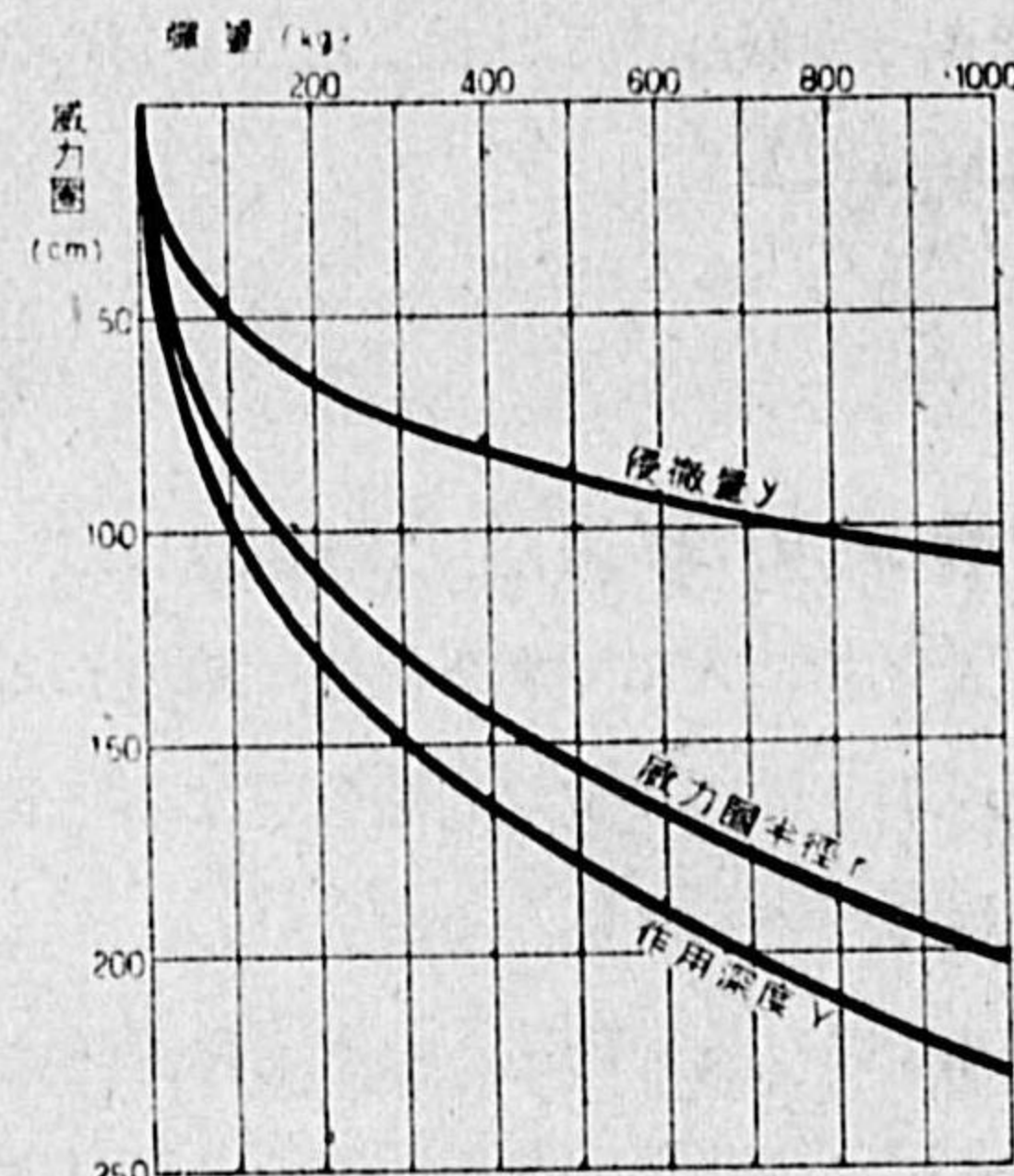
力に分析して取扱ふ方法を提案したユストロウ¹⁾の説明に依るのが便利である(第146圖)。即ち、爆弾が地上に置かれた厚いコンクリート版に命中した場合の諸効力は、下の如くに分析される。



y-侵徹量 r-威力半径 Y-作用深度 L-爆壓 E-爆震 T-破片 S-弾片

第146圖 コンクリート版に対する爆弾の効力

1. 「侵徹」²⁾ 爆弾は自由落下の活力によつて先づ物体内に突入する(第146圖 y)。
2. 「爆破」³⁾ 信管の作用によつて炸薬が爆発し、ガス壓力を生じて周囲の物體を粉碎する。その範圍を「威力圏」と稱す(第146圖 r)。威力の及ぶ深さを「作用深度」と呼ぶ(第146圖 Y)。
3. 「爆壓」⁴⁾ 爆発によつて高壓ガスの奔流を生じ、周囲の空氣を振動せしめて所謂「爆風壓」を起す。(第146圖 L)。一般に大なる正壓に續いて負壓(吸引力)が來るが、壓力は常に正壓の方が大きい。爆壓は遠距離まで傳はり、遂には音波となる。



第147圖 弾量と効力との關係²⁾ (地上に置かれた厚きコンクリート版に対する場合)

1) Justrow, Major a. D.: Konstruktion und Wirkung von Fliegerbomben, Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen Heft 4, 5 und 6, 1927, und Heerestechnik Heft 3, 1927.
 2) Schoszberger, Dipl.-Ing. Hans: Konstruktive Fragen des bautechnischen Luftschutzes, Deutsche Bauzeitung Heft 40, 1933.
 3) 獨 Auftreffwucht; 英 Penetration
 4) 獨 Gasdruck; 英 Explosion
 5) 獨 Luftstoss (正壓) Luftzog (負壓); 英 Blast pressure (正壓) Suction effect of blast (負壓)

4. 「爆震」¹⁾ 爆発によつて地盤に震動を生じ、地震波の如く周圍に傳播する(第146圖 E)。
5. 「破片」²⁾ 爆破によつて生じた物體の破片は、周圍に飛散して所謂「破片効力」を及ぼす(第146圖 T)。
6. 「弾片」³⁾ 爆弾の弾殻も多數の弾片となつて飛散し、所謂「弾片効力」として破壊殺傷を逞しくする(第146圖 S)。
7. 「焼夷」⁴⁾ 焼夷彈ならずとも、破壊爆彈からも火災の起る場合がある。⁵⁾

以上の中、侵徹・爆破の兩者は爆弾の「直接作用」若くは「近距離作用」と見るべきもので、爆壓以下は「間接作用」若くは「遠距離作用」に屬する。以下これ等の諸効力に就き、先づ個々の作用の概要とこれに對する防護策を述べ、次に構造物に對する爆弾の綜合効力を説明して、これに抵抗すべき「耐弾構造」⁶⁾を論ずることとする。

d) 侵 徹

爆弾は彈體自身が充分な強さを有して破壊することなしとすれば、目標に命中した場合に、その物体内に侵徹する。この際の侵徹量、即ち爆弾が物体内に突入する深さは、一般に爆弾の着速・彈重・彈形・落角及び目標となる材料の性質によつて定まる。

着 速 着速即ち爆弾の命中時に於ける落下速度は、投下高度及び彈種(重量・形狀等)によつて異り、投下高度が増大するに従つて着速も増加する。但し一定の高度以上に達すると、空氣抵抗の爲速度は一定となる。この速度を「極限速

1) 獨 Erdstoss; 英 Earth movement
 2) 獨 Trümmerwirkung; 英 Effect of fragments
 3) 獨 Splitterwirkung; 英 Effect of splinters
 4) 獨 Brandstiftung; 英 Incendiary
 5) 炸裂位置附近に可燃物(例へばガソリン罐の如き)がある場合に、特にこの危険がある。飛散する弾片も過熱されてゐる爲、油槽等にも着火する場合がある。尙、密閉せる場所等では、炸裂の際に生ずる一酸化炭素 CO も有毒作用を及ぼす。
 6) 獨 Bombensichere Konstruktion; 英 Bomb-proof Construction

度」といふ。換言すれば、極限速度とは無限の高さから投下された時の着速である。尚、着速は弾量が増大するに伴つて幾分増加する。

水平爆撃に於ける投下高度と垂直分速（鉛直方向の速度）との関係は、大略第 24 表に示すが如くである。

第 24 表 投下高度と弾速（垂直分速）¹⁾

投下高度 m	垂 直 分 速 m/sec					
	50kg 弾	100kg 弾	200kg 弾	300kg 弾	500kg 弾	1000kg 弾
500	92	93	94	95	96	97
1000	126	128	131	133	134	136
2000	165	171	180	183	184	188
3000	187	195	211	216	220	226
4000	200	211	233	241	246	254
5000	208	222	250	261	266	277
6000	212	228	258	276	282	297
極 限 速 度	233	257	327	365	387	456
断面重量係数 $P/1000d^2$	1.13	1.37	2.22	2.75	3.12	4.34

備考：断面重量係数は単位面積當りの爆弾重量割合を示すもので、侵徹量等の算出に用ひられる。 P =爆弾重量 (kg), d =爆弾直径 (m)

以上の結果から見て、水平爆撃による爆弾の侵徹を攻究する場合の着速は、通常の場合 $v = 250 \sim 300$ m/sec と考へて大過ないであらう。

落 角 爆弾が落下し来る角度は、投下高度・飛行速度・弾種等種々な条件によつて變化するが、水平爆撃の場合は、落角は高度が増加するに従つて増加し、飛行速度が増大するに従つて減少する。高度 1000~6000 m, 飛行速度 180~540 km/h の範囲に於て、落角は水平方向に對して約 45° ~85° の間に在る。

材料の抗力 各種材料に對する侵徹量の割合（鋼を 1 とした場合）は、各種の實驗結果を綜合して、大略第 25 表の如くである。

1) 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防弾 (2) に據る。

第 25 表 各種材料に對する侵徹量の割合

材 料	侵徹量の割合
鋼	1
鐵筋コンクリート	7~13
コンクリート	13~20
普 通 土	100~120

侵 徹 の 公 式 爆弾の侵徹量を算定すべき算式として提案されたものは、古くは天保 9 年 (1839) の發表に係るフランスのボンスレー (Poncelet) の算式を始め明治 43 年 (1910) にこれを修正簡易化したドイツのペトリー (Petry) の算式、昭和 7 年 (1932) 發表の同ペーレス (Peres) の算式、昭和 10 年 (1935) 發表のチェッコのセルノプロフキン (Cernobrovkin) 及びツァレスキー (Zalesky) の算式、昭和 11 年 (1936) 發表のドイツのフィーザー (Vieser) の算式等々眞に枚舉に遑がない。

これ等の諸式の構成を示せば、下の如くである。

ボンスレーの算式¹⁾：

$$y = \frac{m}{A} \cdot \frac{1}{2gbf} \cdot \log_e \left(1 + \frac{b}{a} v^2 \right)$$

茲に y = 侵徹の深さ (m)

m = 弾 量 (kg)

A = 弾の最大断面積 (m²)

v = 着 速 (m/sec)

f = 弾形による係数、通常 1 にとる。

a, b = 侵徹さるゝ材料の抗力係数

y が弾の断面密度 m/A に比例する點に注目を要す。

ペーレスの算式²⁾：

$$y = \frac{Ew}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot \lambda}$$

茲に y = 侵徹の深さ (m)

$E = \frac{1}{2}mv^2$ 弾の活力 (m · kg)

m = 弾 量 (kg)

v = 着 速 (m/sec)

d = 弾 径 (cm)

w = 材料の抗力係数

1) Cranz and Becker: Exterior Ballistics, Stationary Office, London.

2) Peres, Ing. Werner: Wirkung von Sprengbomben, Gasschutz und Luftschutz Heft 11, 1932. Heft 6, 1933.

防	弾
普通土	1/150
コンクリート	1/750~1/1200
鉄筋コンクリート	1/1500~1/2250
鋼	1/15000

λ = 弾形による係数, 通常 1 にとる.

y は弾の単位断面積に対する活力 $E/\frac{\pi d^2}{4}$ に比例するとするもの.

フィーザーの算式¹⁾:

$$y = \sqrt[3]{\frac{E}{w\sigma}}$$

茲に y = 侵徹の深さ (m)

E = 弾の活力 (m·t)

w = 材料の抗力係数

煉瓦構造・石構造	1
コンクリート	4/3
良質コンクリート	2

σ = 材料の圧縮強度, 土の類は急激に沈下の起る限界荷重 (t/m²)

セルノプロフキン及びツァレスキーの算式²⁾:

$$y = \alpha \cos \beta v \frac{m}{d^2}$$

茲に y = 侵徹の深さ (m)

α = 材料の圧縮強度に関する係数, 圧縮強度 240 kg/cm² なるコンクリートに対して $\alpha = 0.778 \times 10^{-6}$

β = 爆弾の落角, 通常 $\beta = 0^\circ$ にとる.

v = 着速 (m/sec)

m = 弾量 (kg)

d = 弾径 (m)

1) Vieser, W.: Wehrtechnische Monatshefte 40. Mar./Apr. 1936.

2) Vieser, W.: Ein neues Verfahren zur Berechnung von Eisenbetonplatten gegen die Wirkung von Geschossen und Fliegerbomben, Gasschutz und Luftschutz Heft 9, 1935. s. 223.

これ等の諸式に数値を當嵌めて比較するに, 夫々の理論的根據又は實驗的根據の相違に基く當然の結果として, 相互間に相當著しい開きが見出され, 何れを採るべきかの判断に苦しむが, 實は斯くの如く多數の算式の提案があるといふことそれ自身が, 恰も基礎工事の杭の耐力に関する無数の算式に於けるが如く, これ等の算式の何れもが妥當性若くは普遍性を欠き, 信頼性に乏しいことを示してゐるに外ならぬのである. 爆弾の諸效力中, 比較的簡單と見られる侵徹量の算定さへも, 各種の條件によつて左右される所が多く, 大體の見當を付ける以上に, 計算によつて的確に求めることが容易でないことを示してゐる.¹⁾

最後に比較的よく用ひられてゐるペトリー (Petry) の算式を挙げる. 原式は侵徹に對して物體固有の抵抗の外に, 速度の自乗に比例する抵抗があるものとして誘導したものであるが, 前記ボンズレーの算式を修正簡易化したものに當る. 各係数を實驗によつて決定してゐるから, 實驗式と見るべき性質のものである.

ペトリーの算式²⁾:

$$y = \beta \cdot w \cdot y_0$$

茲に y = 侵徹の深さ (m)

β = 材料の抗力係数

鉄筋コンクリート	0.25
コンクリート・岩盤	0.4
土 丹	2.0
凍 結 土	2.5
砂・砂 利	4.0
ロ ム	7.0
軟 土	10.0

1) 侵徹その他爆弾の各種效力に関する算式の變遷乃至發展經過に就ては, 例へば下記参照. Vieser, Dipl.-Ing. Dr. W.: Grundlagen des bautechnischen Luftschutzes, Berlin 1935.

2) 陸軍築城部本部: 「耐弾構造資料」防弾 (3) に據る.

ペトリーの原式を實用化した者はソ聯のパロディ (Parody) である爲, この形の式は「パロディの算式」とも呼ばれてゐる.

特性：抗力係数 β_1 を有する物體への侵徹が y_1 ならば、抗力係数 β_2 を有する物體への侵徹は $\frac{\beta_2}{\beta_1} y_1$ となる。重層の物體（成層地盤の如き）に対する侵徹量もこの特性を利用して求められる。

$$w = \frac{P}{1000 d^2} \quad (\text{断面重量係数, 第 24 表参照}).$$

$$y_0 = \log_{10} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{v_0}{100} \right)^2 \right\} \quad (\text{m})$$

$$v_0 = \text{着速 (m/sec)}$$

y_0 は $\beta=1, w=1$ なる時の侵徹量を示す。

尚、上式は厚い鉄筋コンクリート版の様な一様な物體に対する侵徹公式であるが、軟土上に鉄筋コンクリート版が置かれてある場合の様には、上層よりも下層が軟弱な場合には、下面の脱落を考へて適宜に補正する必要がある。例へば軟土上にある鉄筋コンクリート版の如きは、有効厚をその $1/3 \sim 1/5$ と考へるが如くである。

【算例】 500 kg 弾が着速 250 m/sec を以て投下された場合のコンクリート及び鉄筋コンクリートに対する侵徹量を求む。但し $y_0=0.548$ とす。

【解】 コンクリートの場合

$$y = \beta \cdot w \cdot y_0 = 0.4 \times 3.12 \times 0.548 = 0.69 \text{ m}$$

鉄筋コンクリートの場合

$$y = \beta \cdot w \cdot y_0 = 0.25 \times 3.12 \times 0.548 = 0.43 \text{ m}$$

上記算例に倣つて、弾量を異にする場合の鉄筋コンクリートに対する侵徹量を算出すれば、下の如くである。但し、着速は何れも 250 m/sec とす。

50 kg 弾 $y = 0.16 \text{ m}$

100 kg 弾 $y = 0.19 \text{ m}$

200 kg 弾 $y = 0.31 \text{ m}$

300 kg 弾 $y = 0.38 \text{ m}$

500 kg 弾 $y = 0.43 \text{ m}$

1000 kg 弾 $y = 0.60 \text{ m}$

床版の貫徹 鉄筋コンクリート構造又は鉄骨鉄筋コンクリート構造による一般の建築物の床版に対する爆弾の貫徹（この場合は爆弾が薄い床版を貫通するの

で、特に「貫徹」と稱して厚いコンクリート等に対する場合の侵徹と區別する）に關しては、實驗結果の公表されたものが無い。茲には既に知られてゐる事項¹⁾に就て要點を述べるに止める。

「貫徹の機構」に就ては、嚴密な理論的説明は未だ下されてゐないが、現象としては、爆弾が床版に衝突すると、先づ表面のコンクリートを撥ね飛ばして弾頭が床版内に侵入し、次いでコンクリートに裏面まで龜裂を生ぜしめる。龜裂を生じた裏面のコンクリートは飛散し、版の表裏両面に漏斗孔を作る。斯くて爆弾は床版を貫通するものと一應説明されてゐる。

この際、爆弾が床版を貫徹すれば速度を減するが、充分大なる活力を有する爆弾に於ては、一般に貫徹の際の減速は、着速の大小に關せず略一定となる傾向がある。

但し、着速が小となり「貫徹限界速度」（爆弾が貫徹し得ぬ最大着速）に近付くと、換言すれば、辛うじて床版を貫徹し得る場合には、減速は急に大となる傾向がある。

貫徹限界着速を各種の鉄筋コンクリート版に對して求めると、例へば第 26 表に示す如き數字が得られる。

この關係から逆に、或る着速を有する爆弾が建築物の屋根に命中した場合、床版を何層貫くかを、圖式解法によつて大體見當付けることも出来る。例へば、50 kg 弾が着速 190 m/sec を以て、各層 15 cm 厚の床版を有する鉄筋コンクリート造建物の屋根に落下した場合には、5 層貫徹して第 6 層目の床版で止る計算となり、100 kg 弾が着速 210 m/sec を以て、各層 15 cm

第 26 表 鉄筋コンクリート床版に対する爆弾の貫徹限界着速

床版の厚さ (鉄筋量%) cm	貫徹限界速度 m/sec	
	50 kg 弾	100 kg 弾
12 (2)	40	—
15 (2)	60	50
40 (4)	222	65
45 (4)	貫徹せず	190
50 (4)	同上	225

第 27 表 貫徹防護用鉄筋コンクリート耐弾層の厚さ²⁾

弾量 kg	鉄筋コンクリート耐弾層の厚さ cm
50	40 (鉄筋量 4%)
100	60 (" 3%)
200	90 (" 2.5%)

備考：上表の數字は貫徹阻止のみを考へた場合である。實際は爆破による効力が加はる爲、耐弾層直下に於ては相當の被害がある。

1) 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防弾 (4), (5) に據る。
2) 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防弾 (18) に據る。

厚、最上層(屋根)のみ 40 cm 厚の床版を有する建物に落下した場合には、最上層とも3層貫徹して第4層目の床版で止る計算となる。

貫徹防護 投下爆弾の貫徹に對して安全なるべき鐵筋コンクリートの厚さに就ては、實驗結果として公表された文獻は見當らぬ。耐彈構造資料に示されてゐる數字を参考に挙げれば、第 27 表の如くである。

e) 爆 破

威力圏 物體に對する爆弾の爆破效力を考察するに當つては、「威力圏」¹⁾・「漏斗孔」²⁾及び「作用深度」³⁾に就て研究する必要がある。

一般に爆弾がコンクリート又は土の如き物體內に侵徹して炸裂するときは、爆薬の威力によつてその周圍を粉碎し、或は震盪する。この際爆薬が球形ならば、その範圍も球狀を呈する。物體の粉碎する範圍を「威力圏」、威力圏の半徑を「威力半徑」⁴⁾と呼ぶ(第 146 圖に r を以て示す)。威力圏の 2 倍の半徑を有する範圍を「震盪威力圏」と名付ける。震盪威力圏内の物體は總て弛緩する。

漏斗孔 威力圏が物體外に及ぶときは、物體を飛散せしめて所謂「漏斗孔」を形作る。漏斗孔の形狀は、物體の表面より爆發の中心に至る距離(主として侵徹量に關係する)と威力半徑とによつて定まる。漏斗孔の半徑は威力半徑と略一致するが、威力圏が物體の表面外に出る時は漏斗孔の開角は一般に鈍角となり、威力圏が表面に接する時は漏斗孔の開角は略直角となる。侵徹量が威力半徑の 2 倍以上に達する場合には「盲爆」の現象を生じ、物體の表面には隆起を來す程度で、漏斗孔は形成されない。⁵⁾

侵徹・爆破の兩效力によつて破壊の及ぶ全體としての深さ(第 146 圖に Y を以

1) 獨 Zerstörungszone; 英 Zone of destruction

2) 獨 Trichter; 英 Crater

3) 獨 Gesamtzerstörungstiefe; 英 Total depth of destruction

4) 獨 Halbmesser der Zerstörungszone; 英 Radius of destruction or Effective radius

5) 盲爆の場合には所謂「地震雷」となり、相當廣範圍に亘つて爆震を感じしめるのが普通である。

て示す)が、即ち「作用深度」である。

威力圏の公式 「爆源」即ち爆發中心附近に於けるガス壓力の大きさは、如何なる測定裝置を以てしても破壊を免れぬ爲、これを直接正確に決定する譯に行かぬ。従つて推定する以外に途はないが、前記のユストロー¹⁾は、中心壓力の大きさを推定して、數百萬 kg/cm^2 でなければ、少くとも數十萬 kg/cm^2 程度のものであらうとしてゐる。一説には、炸裂直前に於ける爆弾の内部壓は 28000 kg/cm^2 程度であるともいはれる。この程度にしても、鋼材の壓縮強度の約 4 倍に相當する。

中心壓力は測定が困難であるが、威力圏の大きさは實驗的に測定が出来る。爆破によつて生じた漏斗孔の斷面の形狀並に寸法を測量すれば目的が達せられる。威力圏は炸薬の性質、物體の抗力、「填塞狀況」²⁾(爆發時に於ける炸薬の閉ぢ込められた程度)等によつて支配されるが、黄色薬に就ての威力圏は、通常次式³⁾によつて表はされる。

$$r = \sqrt[3]{\frac{L}{cd}}$$

茲に r = 威力半徑 (m)

L = 爆弾藥量 (kg)

c = 抗力係數 (物體の強度・比重その他の物理的性質に關係す)

鐵筋コンクリート 10~15

コンクリート 4.0

硬 質 土 1.5

ロ ー ム 0.8

軟 土 0.5

d = 填塞係數⁴⁾ (炸薬は閉ぢ込められた時程大なる威力を發揮し、開放された時程効果を減する)

物體內で完全に周圍を充填された時 1.0

1) 226 頁 脚註 1) 参照。

2) 獨 Verdämmung; 英 Tamping

3) 陸軍築城部本部: 「耐彈構造資料」防彈 (6) に據る。

4) 獨 Verdämmungsfaktor; 英 Tamping coefficient

表面に孔を残して物体内に充填された時	1.25
物体内で表面に近い時	1.5
物体の表面に外部から密接した時	9.0

上式は球形薬の場合に適合するが、投下爆弾の炸薬の如く、直径に対する長さの比が約 1:4 の圓筒形を呈する場合には、一般に形状の影響を受けて、威力に方向性がある。従つて土中で炸裂する爆弾の威力に対しては、上記球形薬の公式をその儘用ひて差支へが無いが、鉄筋コンクリート造の屋根床版や壁體の類に対しては、「垂直爆破」(屋根面に直角に落下せる爆弾の場合)と「平行爆破」(壁面に接し平行して落下せる爆弾の場合)とでは、爆弾の威力に相違がある。依つて鉄筋コンクリート造の屋根床版や壁體に対しては、形状の影響を填塞係数 d' によつて補正した次の公式¹⁾が推奨されてゐる。

垂直爆破の場合

$$W = 2.5y + r'$$

平行爆破の場合、上式中 $y = 0$ とおき

$$W = r'$$

茲に W = 突破し得る屋根床版又は壁體の厚さ (m)

y = 屋根床版又は壁體への侵徹量 (m), 侵徹の公式に依る。

$$r' = \sqrt[3]{\frac{L}{cd'}}$$

L = 爆弾薬量 (kg)

c = 抗力係数 (235 頁参照)

d' = 填塞係数

垂直爆破	空中の場合	70
垂直爆破	土中の場合	35
平行爆破	空中の場合	4
平行爆破	土中の場合	2

但し、土中とは被土の厚さが威力半径以上の場合をいふ。

1) 陸軍築城部本部: 「耐弾構造資料」防弾 (7) に據る。

【算例】 500 kg 弾が鉄筋コンクリート造の地上構築物に対して着速 250 m/sec を以て投下された場合、その侵徹及び爆破によつて突破し得べき屋根床版並に壁體の厚さを求む。

【解】 空中の場合なるを以て

屋根 (垂直爆破)

$$y = 0.43 \text{ m (232 頁算例参照)}$$

$$r' = \sqrt[3]{\frac{L}{cd'}} = \sqrt[3]{\frac{250}{10 \times 70}} = 0.71 \text{ m}$$

$$\therefore W = 2.5y + r' = 2.5 \times 0.43 + 0.71 = 1.79 \text{ m}$$

壁體 (平行爆破)

$$y = 0$$

$$\therefore W = r' = \sqrt[3]{\frac{L}{cd'}} = \sqrt[3]{\frac{250}{10 \times 4}} = 1.84 \text{ m}$$

即ち、弾が垂直に命中せる場合の屋根床版よりも、壁面に接して炸裂せる場合の壁體の方が大きく破壊される。

若し、この構築物が土中にあれば、その壁體の突破される厚さは

$$W = r' = \sqrt[3]{\frac{L}{cd'}} = \sqrt[3]{\frac{250}{10 \times 2}} = 2.32 \text{ m}$$

となり、空気中の場合よりも一層危険となる。

上記算例に倣つて、弾量を異にする場合に、空気中に於て鉄筋コンクリート屋根床版を侵徹・爆破し得べき厚さを算出すれば、下の如くである。但し、着速は何れも 250 m/sec と假定す。

50 kg 弾	$W = 0.73 \text{ m}$
100 kg 弾	$W = 0.90 \text{ m}$
200 kg 弾	$W = 1.30 \text{ m}$
300 kg 弾	$W = 1.55 \text{ m}$
500 kg 弾	$W = 1.79 \text{ m}$
1000 kg 弾	$W = 2.40 \text{ m}$

弾量と侵徹の深さ y , 威力半径 r (又は r'), 突破し得る厚さ W との関係は、上記の如く算式によつても求められるが、圖表によつても大體の見當が付けられる

(第 147 圖, 圖には W の代りに作用深度 Y が示されてゐる). 但し第 147 圖の示す結果は, 地上にべたに置かれた厚い無筋コンクリート版に関するもので, 鐵筋コンクリート造の屋根床版の如く, 下方に空虚なる室を有する構造物に對しては適用し得ない. 屋根床版に對しては, 總ての條件が第 147 圖に示すものよりも更に不利になると知らねばならぬ.

爆破と構造物 爆破効力に對する構造物の防護法を研究せんとするに當つては, 戦争又は事變に於ける實際的經驗, 軍事上の諸實驗, 火藥製造工場・彈藥庫等の爆發事件その他これに類する諸現象が貴重な參考資料となる. 以上の中, 最も知り度きものは科學的實驗の結果であるが, 軍事上の實驗に就ては, 公表されたものが尠い. 爆破防護に関する參考資料として, 從來の經驗その他から一般に知られてゐる事項には, 例へば下の如きものがある.

1. 爆破力は常に抵抗の最小なる方向に向つて強く働く. 即ち建物内に起つた爆發の場合, 壁・床等が破壊され易く, 柱・梁等の主要骨組は損傷を免れる場合が多い.¹⁾
2. 構造物の存立上最重要なる軸部を破壊されまいとするならば, 爆破力の進路に對して自由に道を開いて置くことが得策である.²⁾
3. 構造材料として爆破に對して有利なるものは鋼材, 即ち, 鐵骨構造である.³⁾
4. 鐵筋コンクリート構造の剛強なラーメン建築で, 比較的抵抗に乏しい壁體や床を設けたものも, 同様に室内で起る爆破に對して有利である.
5. 煉瓦構造は不利で, 一小部分に損傷を受けることによつて, 建築物全體が完全に崩潰する場合が屢々ある.⁴⁾

但し, 上記各項は室内で爆破が起つた場合に, その損害を軽減すべき方策に關す

1) Herz, Dipl.-Ing. S.: Die Wirkung der Explosionskatastrophe im State Office Building in Columbus (Ohio), Der Stahlbau 15, 1932.

2) Schoszberger, H.: Bautechnischer Luftschutz, Berlin 1934. s. 55.

3) Herzka, Ing. Leopold: Die Frage des Stahlbaues und der Stahlverwendung für den Luftschutz, Gasschutz und Luftschutz Heft 2, 1933.

4) Müller, Dipl.-Ing. Otto: Das Bauwesen unter dem Einfluss veränderter Kriegstechnik, Deutsche Bauzeitung, Konstruktionsbeilage 1929.

るもので, 火藥庫の類を設計する如き場合には參考となるが, 防室的に見ては, 爆弾の建築物内への貫徹を豫め容認した場合の對策に屬する. 將來の耐彈構造としては, 斯くの如き姑息策を排し, 今日既にドイツその他で盛んに實施されてゐる如く, 相當程度大型爆弾に對しても, 飽くまでその建物内への貫徹と爆破とを防止し得る様に, 充分剛強なる屋根と壁體とを以て建物の外周を包み, 内部を爆弾の威力に對して完全に防護する方策を採らねばならぬ.

耐 彈 層 「耐彈層」として投下爆弾の侵徹及び爆破に對して安全を保證し得べき鐵筋コンクリートの厚さに就ては, 實驗結果に基く信頼すべき文獻が見當らぬ(獨・英の標準は「防護室」編に示す). 從來發表せられてゐる諸外國の文獻から數例を拾へば第 28 表に見るが如くであつて, 數値は必ずしも一致してゐない.

第 28 表 鐵筋コンクリート耐彈層の厚さ (cm)

(侵徹・爆破防護)

彈量 kg	理論値 ¹⁾	フィーザー ²⁾	シッケウキッチ ³⁾	バザン ⁴⁾	フランス内務省 ⁵⁾	スキス防空委員會 ⁶⁾
50	73	108	116	86	70	70 (130)
100	90	136	153	107	110	110 (170)
300	155	196	231	150	140	140 (210)
500	179	232	278	—	—	—
1000	240	292	360	236	200	200 (—)
2000	—	369	—	285	—	—
備 考	着速 250 m/sec にて突破し得る厚さ	鐵筋量 1% 安全率 2 又は鐵筋量 0.5% 安全率 1	セメント量 400 kg/m ³ のコンクリート	着速 250 m/sec の場合に適合	コンクリート 4 週壓縮強度 $F \geq 400 \text{ kg/cm}^2$ 特殊鐵筋により補強	コンクリート 4 週壓縮強度 $F \geq 400 \text{ kg/cm}^2$ 特殊鐵筋により補強 括弧内は $F \geq 220 \text{ kg/cm}^2$ 補強鐵筋普通

1) 237 頁參照.

2) Vieser, W.: 230 頁脚註 2) s. 237, Tafel 6.

3) Shitkewitsch, Prof. Ing. N.: Berechnung von Schutzraumdecken, Beton und Eisen Heft 13, 1938. s. 218, Tafel 3.

4) Bazant, M.: The use of reinforced concrete for fortifications and air raid shelters, Travaux, avril et mai 1937.

5) フランス政府指針 Ministère de l' Interieur: Notice relative à la construction d'abris contre les bombardements aériens, L'architecture d'aujourd' hui, décembre 1937.

6) スキス防空委員會指針 Commission Federale de Suisse de Défense Aérienne Passive: Technische Richtlinien für die bauliche Luftschutz 1936. 下記に紹介せらる. L'architecture d'aujourd' hui, décembre 1937.

f) 爆 壓

爆 壓 の 傳 播 爆弾が空気中で炸裂すれば、高圧ガスの奔流を生じ、周囲の空気に對して所謂「爆風壓」を起す。この際、中心に於けるガスの噴出速度は 7000 m/sec にも達するといはれる。爆壓は遠距離まで傳はり、遂には音波となるが、爆壓の傳播速度は音波のそれよりも大である。尙、爆壓の進行方向は、地面の抵抗がある爲、遠距離になるに従つて次第に上昇する。爆壓に對する防護として低位置乃至低姿勢が有利とされる所以である。又「等壓線」(等しき爆壓を示す諸點を連ねた曲線)は略楕圓形を呈し、爆壓が上方よりも側方に向つて強く作用することを示す。

近距離に於ける「時間壓力曲線」は距離の大小によつて差があるが、一般に先づ大なる正壓(密度の高い波)を感じ、續いて負壓(稀薄な波、即ち吸引力)が來るが、壓力は一般に正壓の方が負壓よりも大きい。但し、爆發中心からの距離、周囲の狀況特に地形・建物の形態等によつては、局部的に正壓よりも負壓の方が大きく感ぜられる場合も少くない。例へば、爆發が起つた際、建物が風上に當る爆源に向つて倒潰若くは傾斜を來たし、建物の窓・出入口に於ける建具の類が負壓を受けて外され、風上に向つて投げ出され、又爆風を受けた道路沿建物の窓硝子が、道路の兩側共に道路に向つて吸引され、碎片を路上に飛散せしめてゐる現象が見られる如きがこれである。

爆 壓 の 週 期 爆壓の週期は極めて短く千分の數秒程度のものであらうといはれる。繼續時間は負壓の方が正壓のそれよりも多くの場合幾分長い。但し瞬間的荷重たることには大差がない。従つて普通の構造物に對しては、力としてよりも寧ろ瞬間的な「衝動波」として作用する。従つて又その効力は、靜的に考へた場合よりも著しく削減される。これが爆壓が普通の風壓と著しく相違する點である。¹⁾

1) 例へば 1000 kg の爆藥が爆發した場合、中心から 1km 離れた地點で感ずる最大壓力度は約 200 kg/m² である(第 29 表)。これを風壓(風向に正對する面が受ける場合)に換算すると、風速度約 52 m/sec の颱風に相當する。但し、斯くの如き壓力が建築物の壁面その他に作用する時間は、爆壓の場合は極めて短時間で、實驗の結果では、僅かに最初の 0.05 sec 以内に過ぎぬ。爆發中心に近づくに従つて、爆壓はこれよりも一層大になるが、最高壓力度の繼續時間はこれよりも更に著しく小となる。

距離と爆壓 正壓は爆發中心附近では著しく大であるが、中心からの距離が増すに従つて急激に、略距離の自乗に逆比例して減少し、或る距離以上では、距離に略逆比例して小となる。負壓に就てもこれと略同様の傾向が窺はれる。爆源を少しく離れることによつて爆壓が著しく減少することは、建築防空上極めて有利な點とされる。

屢々引用されるものであるが、ベルリンの國立化學技術研究所で實施した 1000 kg 爆藥の爆發試験に於ける實驗結果は、爆源からの距離と爆壓との關係に就て第 29 表に見る様な結果を示してゐる。

第 29 表 爆源よりの距離と爆壓との關係¹⁾
(爆藥量 1000 kg)

爆源よりの距離 m	爆 壓 kg/cm ²	
	正 壓	負 壓
20	5.000	—
40	2.000	—
300	—	0.140
500	0.040	—
1000	0.019	0.090
1500	0.015	0.070
2000	0.012	0.050
2500	0.009	0.050

この唯一の實驗から普遍的な結論を導く譯には勿論行かぬが、上表の結果では、距離約 500 m までの範圍では、爆壓(正壓)は距離の約 1.5 乗に比例して減少し、約 500 m 以上の地點では、距離に略逆比例して小となつてゐる。尙、爆源附近の狀況は明かでないが、1000 m 以上の地點に就ては、負壓の方が正壓よりも大(約 4~6 倍)に得られてゐる。

藥 量 と 爆 壓 爆壓(正壓)の大きさと爆藥量との關係に就ては、ショースペルガー²⁾が爆源からの距離 15 m の場合に於ける各種實驗結果の平均値として、略下式に該當する曲線を提示してゐる。

$$p = 0.21\sqrt{L}$$

茲に $p =$ 爆 壓 (kg/cm²)

$L =$ 爆 藥 量 (kg)

即ち爆發中心から一定の距離に於ける爆壓は、爆藥量の平方根に比例するものと見て大過なきものゝ如くである。何れにしても、爆壓の増加は藥量の増加に比例しない。即ち、侵徹・爆破の如き近距離作用に就て見た場合、少數の重爆彈(例へば

1) Jahresbericht der chemisch-technischen Reichsanstalt, 3. Folge 1922/23, 4. Folge 1924/25, 6. Folge 1927, Berlin.

2) Schoszberger, H.: Bautechnischer Luftschutz, Berlin 1934, s. 43.

1 發の 1000 kg 爆彈) の効力は、多數の中型爆彈 (例へば 3 發の 300 kg 彈) の効力に及ばないが (第 147 圖)、遠距離に及ぼす爆壓に就ても、この關係は全く同様であつて、廣範圍の目標に對して有効に爆壓効力を及ぼさんとする場合には、少數の超重爆彈を使用することは、攻撃者の側から見て必ずしも有利でないことが分る。

爆壓による危険界 人員に對する爆壓による危険界 (爆發中心からの距離、但し立姿の場合) は大體第 30 表の如くである。

第 30 表 爆壓による危険界 (立姿)¹⁾

彈 量 kg	即 死	殺 傷	安 全
50	6 m 以内	6~10 m	10 m 以上
100	8 m 以内	8~20 m	20 m 以上
250	12 m 以内	12~28 m	28 m 以上
500	16 m 以内	16~40 m	40 m 以上
1000	20 m 以内	20~50 m	50 m 以上

爆壓による破壊距離 鐵筋コンクリート壁の附近で爆彈が炸裂した場合、爆壓のみによつて壁體が破壊される距離は、大體第 31 表の程度であるとされる。

第 31 表 爆壓による鐵筋コンクリート壁の破壊距離²⁾

彈 量 kg	破 壊 距 離 m								
	壁 厚 20 cm			壁 厚 30 cm			壁 厚 40 cm		
	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %
50	—	2.60	2.10	3.00	2.10	1.80	2.50	1.80	1.50
100	—	3.50	2.80	4.00	2.80	2.50	3.50	2.50	2.00

備考: % は鐵筋量を示す。

上表によれば、100 kg 彈の爆壓に對して、鐵筋コンクリート壁は、相當多量 (3 % 程度) 鐵筋を配置しても、厚さ 40 cm 以下程度では爆發中心から 2.0 m 以内の距離に在つては破壊を免れないことが分る。上表は爆壓のみによる破壊距離であるが、この外に彈片による被害も考へねばならぬから、實際は更にこれよりも不利になるものと思はねばならぬ。

爆壓と構造物 構造物に對して爆壓は如何なる外力として加はるか? 又こ

1) 内務省: 「時局防空必携」昭和 18 年改訂版 55 頁。
2) 陸軍築城部本部: 「耐彈構造資料」防彈 (8) に據る。

れによつて構造物は如何なる變形を受けるか? 構造物の耐爆設計上これ等は極めて重要な問題であるが、この方面に就ては理論的に取扱つた論文も既に相當發表せられてをり、又これと共に爆壓の測定及び爆壓による構造物の破壊に關する實驗も屢々實施せられ、爆壓の性状並にこれによる構造物の破壊機構に就ても既に或る程度まで明瞭になつて來てゐる。¹⁾

爆壓は極めて大なる壓力を呈するが、その作用時間は既述の如く頗る短い。實驗の結果によれば、爆壓に相當する力が若し靜的に加つたとすれば當然破壊すべき物が、よく破壊を免れてゐる現象が見られる。従つて爆壓による構造物の破壊は、靜力學的にではなく、動力學的に取扱はるべきものと考へられる。

然るに爆壓による構造物の振動は、彈性限度内に就ては既に相當詳細に論ぜられてをり、各種の場合の衝擊係數 (動的効果と靜的效果との比) 等も算出されてゐるが、耐爆構造として考へる場合には、「破壊」を對象とする必要があり、従つて彈性限度内の從來の理論を、更に彈性限度外まで擴張することが必要となる。これが爲には爆壓の性状を基として適當な假定を設けない限り、理論が極めて複雑となり、取扱ひが困難となる。²⁾

武藤博士等はこの點に鑑み、「爆壓は構造物に力積として加はる」との假定の下に、「耐爆構造は爆壓によつて與へられるエネルギーを總てその變形によつて吸収し得る如きものなることを要す」との考へ方を根本として、耐爆設計上の注意事項を擧げ、その設計方針を述べてをられる。³⁾ 要するに、耐爆構造は「強い」といふこと以外に、「彈性的に變形し得る」ことを必要とするのである。

1) 武藤清博士・梅村魁氏: 「吸收エネルギーを對象とせる耐爆設計法」建築學會論文集 33 號 大會號 第 1 部 昭和 19 年 4 月 50 頁。

2) 一般に爆壓は $p_1 e^{-\alpha t} \sin st - p_2 \sin 0.5 st$ (1 週期以後は零) なる單一週期函數として表はされるが、この儘の形で、これを彈性限度外に當嵌めようとするは、理論が複雑となつて工學的取扱ひには適せぬ。

3) 武藤博士等の研究は、爆壓實驗に於て「力積」(質量と速度との積、即ち壓力と時間との積) と考へねば、普通の「力」(質量と加速度との積) としては説明の附かぬ多くの事實があり、又斯く假定することが、爆壓の週期が一般に極めて短い點に鑑みて、普通の構造物に對しては、概ね妥當であると見られる點から出發してゐる。

即ち爆壓が力積 I として質量 m なる構造物に加はれば、構造物は初速 $v = \frac{I}{m}$ を得る。

尤も博士自らも指摘してをられる様に、爆壓の性状に関しては、尙不明な點が多く、完全な耐爆設計法を定め得るまでには、今後幾多の研究を必要とするであらうが、構造物の設計に當つて從來全然五里霧中の感ありし外力としての爆壓の正體をとらへ、その力學的取扱ひが可能にして而も比較的簡單なることを實驗的根據に基いて明示したる點に於て、武藤博士等の研究は防空工學上に貢獻する所極めて大なるものがある。

次に、爆壓に對する構造物の實際的な防護法に関しては、實驗結果として公表されたものが極めて乏しい。過去の爆發事件に於ける調査の結果等から、既に一般に知られてゐる事項としては、例へば下の如きものがあるに過ぎぬ。

1. 0.2 kg/cm² の爆壓では、建築物の安定は脅されない。この程度の爆壓で損傷を蒙るのは、樋・看板・出窓等の如き輕量な工作物で、建物の軸部に充分緊結されてゐない部分に限られる。¹⁾
2. 0.5 kg/cm² の爆壓は、建築物に甚大なる損害を與へるに足る。この壓力は、500 kg の爆薬が 100 m の距離に於て炸裂した場合に相當する。²⁾

従つて構造物は爆壓によつてエネルギー $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{I^2}{m}$ を得ることとなり、構造物はこの與へられたエネルギーを總て吸収することとなる。

耐爆設計方針は、仍て次の如くに示されてゐる。

1. 先づ爆壓による破壊エネルギー E_B を算出する。

$$E_B = \alpha E$$

茲に $E = \frac{I^2}{2m}$ 全エネルギー

I = 爆壓による力積

m = 構造物の質量

α = 移動エネルギー・高次減衰エネルギー等による減少率

2. 次に構造物が破壊するまでに吸収するエネルギー U を實驗又は計算によつて算出する。
3. 上記 1 と 2 から得られる破壊エネルギー E_B と吸収エネルギー U とを等しいと置いた $E_B = U$

なる式から許容エネルギー、従つて又許容力積を求め得る。

これ等の理論の詳細、特にその根據をなした諸研究に就ては 243 頁 脚註 1) 参照。
(以上前頁の續き)

1) 241 頁脚註 1) 参照。

2) Schmidt, Albert: Die Theorie des Verdichtungsstosses in Gasen und der Detonationswelle, Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen, Mai~Sept, 1932.

3. 煉瓦構造・石構造の如き組積式構造の建物に比し、架構式構造の建物の方が爆壓に對する抵抗が大である。特に鐵筋コンクリート構造は有利であつて、爆發箇所に接近した位置に在つても倒潰に至らぬ。¹⁾²⁾
4. 鐵筋コンクリート拱橋は 500 kg 彈 (延期信管装着) の完全命中による以外、270 kg 彈及び 500 kg 彈多數を以てしても、爆壓のみでは破壊し得ない。³⁾⁴⁾
5. 負壓によつて建物の屋根が持上げられ、意外の被害を招く場合が少くない。爆源附近では、一見無事なるかにも見えても、廣範圍に互つて雨漏りを來すのが普通である。故に屋根材料及び小屋組を軸部に充分に碇着し、吸引力に基づく引張力によつて接合部が破壊される惧なき様に備へて置く必要がある。

爆壓と窓硝子 爆壓に關しては、特に建築用硝子の爆風による被害とその對策の問題がある。この方面に就ても、各國共に理論に又實驗に盛んに研究が進められつゝある模様であるが、結果の公表されたものは甚だ少い。

今次歐洲大戰に於ける各國の建築用硝子の空襲に因る被害狀況とその對策に就き著者が現地調査した結果⁵⁾ に基き、將來の建築上参考となるべき事項を簡単に列擧すれば、下の如くである。

1. 窓硝子その他建築用硝子の被害は、彈片・破片その他飛散物によるものと、爆壓によるものとがある。空襲に因る被害狀況を見るに、爆彈の彈片によつて破壊されることは比較的少く、大部分は爆壓によつて破損せられ、而も負壓 (吸引作用) によつて破壊されるものが著しく高率を占める。彈片は相當遠距離まで及ぶが、密度が小さく、且つ速度大なる爲、硝子面に小貫通孔を残して貫通するか、又は龜裂を生ぜしむる程度である。爆壓はこれに反して

1) Tschappat, Col. W. H.: The Lake Denmark Explosion — Its Effect on Picatinny Arsenal, Army Ordnance, Sept./Oct. 1926 (アメリカ海軍火薬庫爆發事件)

2) Petry, Dr.-Ing. Wilhelm: Die Bedeutung der Eisenbetonbauweise für den Luftschutz, Gasschutz und Luftschutz Heft 7, 1933 (ドイツ Neunkirchen ガス溜爆發事件)

3) Bombs prove their effectiveness. Pee Dee Bridge tests furnish valuable data, Army Ordnance, March/April 1928.

4) Howard, Lt. Charles H.: Bombardment aviation, Coast Artillery Journal, May/June 1933.

5) 田邊平學: ドイツ (防空・科學・國民生活) 141 頁「防空と硝子」の項参照。

全面的に破壊を來さしめ、近距離では窓を枠共に吹抜き、相當の距離に於ても龜裂を生ぜしめる爲、被害が大きくなる。

2. 硝子の破壊状況は、彈種により、又地盤の種類、街路・建物の形状構造、爆源からの距離等によつて著しく異なる。軟質地盤では、爆彈が比較的深く土中に侵徹する爲、爆壓は垂直に近く作用して破壊範囲は比較的小であるが、硬質地盤では、侵徹量小なる爲、逆に爆壓は水平方向に多く作用して廣範囲に被害を及ぼす。
- 街路等では爆壓は多く直線状に進むが、或る場合には、局部的に減壓して真空の如き状態に達することもある。その結果、往々にして街路の兩側の家の窓硝子が、共に道路に向つて吸出されて壊れる如き奇現象も見られる。
3. 爆風によつて窓硝子の破壊される範囲は、ドイツの實例では、大體の見當で100 kg 級爆彈1發で直徑70~80 m、大きくて100 m 位の圈内と見られ、1000 kg 級の所謂「空雷」では直徑1 km 以上にも及んでゐるものがある。
4. 硝子板は一般に爆壓に對しては厚いもの程不利で、薄い板が垂下された様な状態に在る場合が最も破壊され難い。
5. 窓面積を大にして、これに大なる硝子板を用ひる方向に進んで來てゐた從來の建築の意匠計畫には修正が要求される。如何となれば、硝子は面の大なるもの程破壊され易いからである。防空上最良の方法は、大なる硝子板を少數用ひる代りに、細かく仕切つた小さな硝子板を多數用ひることに在る。爆壓に對する抵抗が大なるのみならず、破壊された場合にも嵌替へが容易であるからである。商店の飾窓の類も、今後は從來とは逆に、防空上のみならず、大量生産の容易な點その他から、硝子を薄くして、小さく區劃する方が有利であるとされる。
6. 窓硝子の損害防止策として、既存の設備では、日除け類の如き弾性に富んだ遮蔽物を窓の外部に下ろすことが、爆風を緩和し、硝子の損害を少くする上に有利である。2重窓を用ひる地方ならば、將來は2重窓の中間に燈火管用を兼ねて暗幕を挟む様な構造も一案であらう。その他には、目下の處、空

襲時に窓を開放して置くこと以外に名案が無いとされる。

7. 窓硝子に紙・布・セロファンの類を貼る方法は殆ど無價値とされる。¹⁾ 將來は、勞多くして效少き硝子の破損防止に努力するよりも、寧ろ、窓硝子が破壊された場合に、その碎片によつて死傷者を出さざること工夫すべきである。要するに、板又は布によつて碎片の飛散を防止する方法を講ずるか、より良き方法として、空襲時には硝子のある所に人員が居らぬ様にし、人員は總てこれを無窓の防護室内に收容する方針を採るべきである。
 8. 硝子以外の新材料として、例へばセロファンの如き透明な膜に鐵網を入れたもの等も考へられてゐる。硝子よりも多少暗いが、紫外線を透過特性があり、硝子よりも安價で、爆風に對しても有利である。但し、未だ一般に多く用ひられるに至つてゐない。
 9. 「網入硝子」は爆風によつて破壊され易きこと普通硝子と大差が無い。たゞ壊れても碎片の飛散が少い點が有利とされる。
 10. 「強化硝子」は網入硝子よりも爆風に對する抵抗が大である。殊に破壊時に鋭利な碎片とならず、丸味を有する粒状となる點で安全性が高い。難點は高價なことである。
 11. 「合せ硝子」は最上で、龜裂を生じても氣密性を失はない爲、防毒上有效である。高價な爲、特殊重要建築物・防護室等の外には適せざる憾みがある。「有機硝子」も亦この點同様である。
 12. 「ブロック硝子」の類を鐵筋コンクリートの床や壁に嵌め込んだものは、採光も可能であり、萬一破壊されても取替へが利き、最も耐弾的で且つ便利な構造として、將來應用の途が廣からうといはれる。
- 尙、各種硝子の爆壓に對する耐力比（被害距離の比率）として、第32表に見る如き數字を示したものがある。

1) フランス・ベルギー・イタリア等で空襲の經驗に乏しい所では、一部に窓硝子の補強が實施されてゐたが、効果が無いといふので、ドイツでは全然實行されてゐない。住宅は勿論、工場等でも窓硝子はそのまゝ放置されてゐる。

第32表 各種硝子の被害距離比率¹⁾

3mm 透明普通硝子	セロファン両面張付け普通硝子	5mm 透明厚硝子	6mm 網入り硝子	6mm 合せ硝子
1	80 %	70 %	80 %	50 %

又、爆壓による硝子の被害距離（但し、窓の正面にて爆發せる場合）を推定したものは、第33表に示す如き數字がある。

g) 破 片

破片效力 爆弾炸裂の際、土砂・コンクリートその他破壊された物體の破片の飛散によつても著しい損害が起る。これ等の所謂「破片效力」の大きに関しては、既往の爆發事件、軍事上の試験乃至實戦の経験等による各種の現象

に就て報告されたものはないでもないが、何れも極めて断片的である。

例へばアメリカに於ける實驗結果²⁾として、爆弾1發によつて吹飛ばされる土の量として、下の如き數字が報告されてゐる。

136 kg 弾 の 場 合 65 m³

1000 kg 弾 の 場 合 750 m³

又、ドイツのリュート教授³⁾は、前大戦當時ドイツのオーベルンドルフ (Oberndorf) に於ける某建築現場に爆弾が落下炸裂せる際、重量 15 t に及ぶ基礎コンクリートの塊が 60 m 吹飛ばされた事實を報告してゐる。軽量の砂利粒の如きは數千 m も飛散する。

1) 2) 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防弾 (18) に據る。

3) Peres, Ing. Werner: Wirkung von Sprengbomben, Gasschutz und Luftschutz Heft 11, 1932.

4) Rütth, Prof. Dr.-Ing. G.: Bauliche Massnahmen des Luftschutzes, Deutsche Bauzeitung Nr. 44, 45, 1934.

斯くの如き多量の土砂や破片が猛烈な勢を以て四散する場合の危険は、爆壓・爆震の類とは比較にならぬものがあるであらう。

破片效力の大きさに關して理論的に正確に取扱つた文獻は現在見當らぬ。今後と雖も、これを數量的に且つ普遍的に決定することは恐らく困難であらうと見られる。如何となれば、破片效力は各種の條件、殊に飛散せしめられる材料の如何（例へば土砂なるか、煉瓦なるか、コンクリートなるか、或は鋼材なるか等）によつて著しく影響され、夫々の場合によつて状況を異にするからである。

破片と構造物 破片效力に對する防護法としては、先づ破片によつて生ずべき損害が可及的小なる如き構築材料を選択することが大切である。断片的ではあるが、従來一般に知られてゐる所を列挙すれば、下の如くである。

1. 木造建築物は爆弾が近距離に落達炸裂せる場合には木葉微塵となり、後方の建物が又この破片によつて被害を蒙る。
2. 道路・内庭その他の舗裝材料としては、コンクリート・ブロック乃至碎石の類よりもアスファルト層の類を用ひた方が、破片の飛散が少くて有利である。コンクリート舗裝も同様に、破片を飛散せしめて廣範圍に被害を及ぼす危険がある。
3. 壁體用材料としては、煉瓦積・石積の類は破片を多く飛散せしめて好ましくない。

鐵筋コンクリートは破片效力の點から見ても有利である。殊に、補強に「鍔網」の如き金屬網を用ひたものは、通常の壓延鋼による丸棒を用ひたものよりも、大なる破片を生ずることが少い。⁴⁾

破片を防護すべき材料に就ては、次の兩條件が求められる。

1. 破片效力と共に、爆弾の遠距離作用たる爆壓・彈片に對しても充分に抵抗し得べきこと。
2. 萬一破壊された場合には完全に粉碎され、周圍に危険を及ぼす如き大破片を生ぜざること。

1) Marshall, Arthur: Explosives, London 1915.

破片防護として一般に広く用ひられる方法ではあるが、「砂囊」は重要な精密機械類に対する防護材料としては、上記1の條件に不合格である。即ち破片又は弾片によつて砂囊は容易に破られる惧があり、囊から出た砂は爆壓によつて飛散せしめられ、小爆弾によつても直ちに機械に故障を生ぜしむる原因となるからである。

最も有利なのは、矢張り鉄筋コンクリート造の防護壁で、且つその基部を充分堅牢に地上に固定された場合である。尙、上記の兩條件を満足させるものとして、「軽量コンクリート」の類が良いとの説も多い。

建築物の窓・出入口等に用ひられる鋼製建具類（例へばホロー・シャッターの如き）も、在來の市場品では、附近に於て炸裂する爆弾の爆壓によつて或は吹き飛ばされ、或は彎曲を來すのみならず、小さな破片によつても容易に貫通せられる爲、開口部の防護材料としては極めて不完全である。故に鋼製建具の類を用ひた場合には、これのみによらず、別に補強の方法を講ずる必要がある。

h) 弾 片

弾片初速 空中で炸裂した爆弾の弾片は、爆弾の軸方向に對して主として側方に向つて飛散する。その角度は大體に於て側方に向つて 30°~50° であるといはれる。

全弾片数は數萬にも達し、大は數百 g のものから小は肉眼で漸く見得るものまである。個々の弾片が有する初速は 2000 m/sec 以上 7000 m/sec にも及ぶといはれる。通常の弾丸の速度に比して遙かに大である。

弾片飛散密度 弾片は大體第 34 表に示す如き「側方正面密度」を以て飛散する。こゝに側方正面密度とは、爆弾の眞横に正對する面上に於ける密度をいふ。

第 34 表 弾片密度と距離との關係¹⁾

弾 量 kg	弾 片 密 度 箇/m ²							
	7.5 m	10 m	12.5 m	15 m	17.5 m	20 m	22.5 m	25 m
50	70	95	70	40	30	25	20	15
100	120	170	130	95	70	50	40	30

1) 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防弾(9)に據る。

上表中、距離 7.5 m に於ける弾片密度が 10 m に於けるそれよりも少いのは、近距離では弾片が破碎し乍ら飛散する特徴がある爲、却つて弾片数が少く現れるものと説明される。

弾片の飛散範圍は、大體下記の如くであるといはれる。

50 kg 弾	500 m	250 kg 弾	1000 m
100 kg 弾	800 m	1000 kg 弾	2000 m

弾片效力 ユストロー¹⁾の報告によれば、重量 10~12 g の弾片は、炸裂箇所の直接近邊に於ては、厚さ 15 mm の鐵板、13 cm の木板、45 cm の煉瓦壁を貫通する活力があるといふ。

シュテットバッハー²⁾によれば、弾片の飛散速度は通常の弾丸の速度よりも遙かに大であり、命中時の活力も従つて又大なる爲、物體に衝突すれば弾片は熔け、灼熱せる液體狀の球となつて鐵板・煉瓦壁の類を貫通する。この際、弾片の小なるものは、壁體内に熔け込んでしまふ場合も少くない。

厚さ 3 cm の松板を貫通する活力のある弾片は、人を殺傷する威力あるものとされ、これを「殺傷弾片」と名付ける。人體の面積を約 1 m² とすれば、殺傷弾片 2 箇/m² が致命傷といはれる。特に人馬殺傷の目的に使用されるものは「破片爆弾」と呼ばれてゐるが、弾片效力は總

第 35 表 弾片による危険界(立姿)³⁾

ての爆弾が有する所で、破片爆弾のみに限られてゐる譯では決して

弾 量 kg	即 死	殺 傷	安 全
50	25 m 以内	25~90 m	90 m 以上
100	30 m 以内	30~100 m	100 m 以上
250	45 m 以内	45~150 m	150 m 以上
500	80 m 以内	80~300 m	300 m 以上
1000	150 m 以内	150~500 m	500 m 以上

弾片による危険界 人員に對する弾片による危険界(爆發中心からの距離、但し立姿の場合)は大略第 35 表の如くである。

備考：1. 上記の安全界と雖も、弾片によつて輕傷を受けることがあり得る。
2. 伏姿の場合は、上記の各距離を 30~80% 減少する。

1) Justrow, Major a. D.: Konstruktion und Wirkung von Fliegerbomben, Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen, Heft 4, 5 und 6, 1927.

2) Stettbacher, Dr. Alfred: Die Schiess- und Sprengstoff, 2. Aufl. Leipzig 1933.

3) 内務省：「時局防空必携」昭和 18 年改訂版 54 頁。

耐弾片距離 爆彈の側方正面に於て弾片の貫通を防ぎ得べき距離は、構造物の種類、特に材料及び厚さによつて違ふが、大體を推定せんが爲には、次の如き式が役立つといはれる。¹⁾

50 kg 彈	適用範圍	4~10 m	$x_0 = \frac{47}{\sum(ct)^{1.7}}$
		10~40 m	$x_0 = \frac{25}{\sum ct}$
100 kg 彈	適用範圍	4~10 m	$x_0 = \frac{84}{\sum(ct)^{1.7}}$
		10~40 m	$x_0 = \frac{35}{\sum ct}$

茲に x_0 = 耐弾片距離 (m)

t = 厚 (cm)

c = 抗力係數

鋼	板	1	砂・煉瓦	0.10
鐵筋コンクリート		0.22	土	0.07
コンクリート		0.15	松	0.07
砂	利	0.12	杉	0.05

但し、時には上記算式による x_0 よりも大なる距離でも貫通を見る場合もある。従つて重要施設等の防護には、更に安全率を考へる必要があるとされてゐる。

弾片と構造物 弾片效力によつて生ずべき應力状態に關しては、研究結果の公表されたものが無い。斷片的ではあるが、外國に於ける實驗の結果又は戦争から得た經驗として、既に知られてゐるものに、例へば下記がある。尙、弾片效力は彈丸のそれに類する所がある爲、勿論或る限定された範囲内ではあるが、彈丸の作用を参考にして判斷されてゐる箇所もある。

1) 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防彈 (10) に據る。

1. 爆發中心から 10 m の距離に於ては、25 cm 厚の壁體 (煉瓦造) を以てしても、弾片の貫通を防止し得ない。¹⁾
2. 鐵筋コンクリート壁に命中した彈丸は、壁體に龜裂も生ぜしめず、又周圍の部分をも殆ど破碎することなくして壁體を貫通してゐるが、同じ彈丸が煉瓦壁に命中したものは、壁體に特殊の放射狀龜裂を生ぜしめ、これが原因となつて建築物を倒潰せしめてゐる。²⁾
3. 密接して重ねた數枚のセメント・モルタル版は、同一厚さの單層版よりも耐弾効果が少い。但し、相互間に少しでも間隔を取れば、急に抵抗力を増し、耐弾効果が大きくなる。³⁾
4. 爆彈の貫徹並に弾片效力に對して、2 枚の厚 8 cm 鐵筋コンクリート版は、1 枚の厚 16 cm 版よりも大なる抵抗を有す。⁴⁾

要するに、彈丸に對する防護用材料としては鐵筋コンクリート構造が優れ、煉瓦構造の類が不利であることが、夙に第 1 次世界大戰當時、實戰の經驗によつて確かめられた譯であるが、爆彈の弾片作用に對しても、全く同様の關係にあるものと認められてゐる。又、弾片に對して 2 重防護壁の類を設くる場合には、壁體は密接せしむるよりも、相互間を離した方が有利であり、離せば合計厚が同一の場合、單版 (1 重防護壁) よりも複版 (2 重防護壁) の方が寧ろ幾分有利となる。

防護壁 重要施設又は建築物の窓・出入口の如き開口部を弾片に對して防護せんが爲の「防護壁」の厚さに就ては、各國共に、夫々の實驗結果に基いて規格

1) Schosberger, Hans: Bautechnischer Luftschutz, Berlin 1934. S. 63.

2) Bericht von der XXII. Hauptversammlung des deutschen Betonvereins vom Jahre 1919, Berlin 1919. (1915 年ベルギー要塞建築損害調査報告)

3) 小林政一博士・加藤得三郎氏：「建築材料の小銃彈に對する耐弾力の研究」建築學會論文集 昭和 17 年 4 月 358 頁。

4) Stellingwerff, Prof. Ing. Giuseppe: La protezione dei fabbricati dagli attachi aerei. L'applicazione del cemento armato nella protezione antiaerea. R. Scuola d'ingegneria, Atti, Ricerche, Studi, Milano 1933. (獨譯 Weiss, Dipl.-Ing. A., Zentralblatt der Bauverwaltung Heft 5, 1934)

を制定してゐるが、¹⁾ 我國に於ては 100 kg 弾を目標とした場合、材料及び構造の種類に従つて、第 36 表の如き値が推奨されてゐる。

第 36 表 防護壁の厚さ (cm)²⁾
(100 kg 弾の場合)

防護壁種類	3cm 厚松板間填充		土囊	砂囊	松角材	煉瓦	鐵筋コンクリート	軟鋼板
	土	砂利						
重防護壁	80	50	85	55	80	52 (2 枚半)	30	5.0
中防護壁	50	30	55	35	50	42 (2 枚)	20	3.5
輕防護壁	35	20	40	25	35	31 (1 枚半)	10	2.3

備考：重防護壁・中防護壁・輕防護壁は、100 kg 級爆弾の弾片に夫々距離 5 m, 10 m, 15 m 程度にて耐へ得るもの。
重防護壁に就ては、弾片以外に爆壓をも考慮に入れ、取付部を特に堅固に構築する必要がある。

重要施設 (例へば動力源・油槽等の如き) を防護せんとする場合には、防護壁に接着して炸裂する爆弾に對しても安全を期する必要がある。斯くの如き場合には、後に述べる如く、重要施設の外周全部を直撃弾の侵徹及び爆破に對して十分に防護し得べき「完全耐弾構造」となすべきである。

不完全ではあるが、簡易な方法として、防護壁の基部に對しては、接着平行爆破に耐へ得る程度の壁厚を採用し、上部に對しては、壁面より離れた地點に落下する爆弾の弾片のみを考慮し、距離に應じて壁厚を定めるものとすれば、50 kg 弾及び 100 kg 弾程度の小爆弾に對しては、大體第 37 表に示す如き厚さの鐵筋コンクリート壁を設ければ足りようといはれる。

第 37 表 重要施設に對する簡易防護壁³⁾

彈着點より の高さ m	壁 厚 cm	
	50 kg 弾	100 kg 弾
0~1	90	—
0~1.3	—	120
2	40	65
3	30	40
5	20	30
10	15	20
20	10	12

備考：隣接して建物等ある場合には、これに命中した爆弾による弾片をも考慮して計畫する必要がある。

窓の防護 鐵筋コンクリート造

- 例へば、弾片防護に必要な厚さに関するドイツの規定は下の如くである。
鐵筋コンクリート 25 cm 木板間に砂利又は碎石填充 50 cm
コンクリート 40 cm 木板間に土填充 75 cm
煉瓦壁 51 cm 盛土 100 cm
- 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防弾 (17), (18) に據る。
- 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防弾 (18) に據る。

建築物の場合、爆弾の弾片に對して特に危険なる部分は窓・出入口の如き開口部である。故に、開口部に對しては弾片阻止の防護物を設置する必要があるが、その要領は、下記の標準¹⁾ によるべきであるとされる。

- 1 階の開口部 外壁と同程度の耐弾片力を有する防護壁
- 2 階の開口部 耐弾片距離 10 m の防護壁
- 3 階の開口部 耐弾片距離 15 m の防護壁

但し、これ等は爆弾が地上に落下炸裂せる場合の弾片を目標としたものである。隣接家屋に命中した爆弾の弾片を被るが如き場合には (第 175 圖参照)、その距離を考慮して適當に防護壁を選定せねばならぬ。尙、閉形建築物の内庭等の如く、爆壓の籠る惧ある場合にも、防護壁の構造に就ては特別の注意が必要である。

i) 爆 震

爆發地震 爆發の際、地盤にも震動を生じ、地震波の如く周圍に波動を傳播する。この所謂「爆震」は、爆壓による振動と共に、學術的には未開拓の分野に屬し、地震學に於て世界の最高水準に在る我國に於て、今後大いに研究せらるべく又その成果の最も期待さるゝ方面である。

爆震に關して、既に知られてゐる著明な性状を一二擧げれば、下の如くである。

1. 爆發による地震波の傳播速度は、爆壓のそれよりも速かであるが、その強さは爆壓による空氣振動に比して著しく弱い。²⁾
2. 爆發による地震力は極めて局部的である。

前記ベルリンの國立化學技術研究所に於て 1000 kg の爆藥を爆發せしめて實驗した際の地震記象によれば、地盤を通じての爆發効力は、僅かに爆源の附近に於て認められたに過ぎぬ。

爆震と構造物 爆震に對する構造物の防護は、爆壓による振動と共に、震災

- 1) 陸軍築城部本部：「耐弾構造資料」防弾 (17) に據る。
- 2) Justrow, Major a. D.: Konstruktion und Wirkung von Fliegerbomben, Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen Heft 4, 5 und 6, 1927. Heerestechnik Heft 3, 1927.

の經驗に乏しい歐洲諸國に取つては大問題であり、現在都市建築物の大部分を構成してゐる煉瓦構造が、耐震上致命的缺陷を有することを發見して、防空上の重大問題として騒がれるに至つた。世界の地震國として、古來豊富なる經驗を有し、學術的にも振動理論に又耐震構造に、指導的立場に在る我國は、この點に於ては列國の追隨を絶対に許さぬ位置に在る。

爆彈の炸裂による地震は、爆源の附近に於ては相當激烈であり、殊に建物が直撃彈を受けた場合には、關東大地震當時に於ける東京附近の震度と同等若くはそれ以上の激震を感じるが、その範圍は極めて局部的である。要するに、爆震は人工地震であるから、全體としてのエネルギーから見て、到底大自然による地震のそれと比較すべくもない。

従つて、自然力による地震と爆發による振動との外力としての性状の異同、兩者による構造物の振動曲線並に被害状況の比較等に関する精密な學術的研究は別として、實際問題として建築物その他を爆震に對して安全ならしむべき具體的方策としては、從來研究され且つ實行され來つた「耐震構造」の要項を、その儘「耐爆構造」の要項と心得、防空的構築の上に勵行して行つて大過なきものと考へる。¹⁾

要するに、爆震に對しても、地震に對する場合と略同様に、防護の基本方針は下記の諸點に歸する。

1. 建築物の構造を強くし、振動に起因する水平力に對して抵抗を大ならしめると共に、彈性的に變形し易くしてエネルギーを吸収し得る如くする。
2. 建築物の自重を小ならしめ、特に上部を輕量にする。
3. 「木構造」：我國從來の木造家屋に見る如く、軸部が鉛直材（柱）及び水平材（梁の如き横架材）のみより成り、斜材（筋違の類）を有せざる開放的な骨組は、地震に對すると同様に、爆震に對しても不利な場合が多い。
4. 「煉瓦構造」：鉛直方向に作用する常時荷重に對しては強いが、爆震によ

1) 耐震構造に就ては、例へば下記参照。

日本學術振興會編：「建築物耐震構造要項」昭和 18 年 3 月 岩波版
田邊平學：「耐震建築問答」（耐風・耐火・防空）昭和 8 年 4 月 丸善版

る外力の如き水平力に對しては、曲げ並に剪斷に抗すべき壁體の強さが乏しき爲、容易に破壊され易くて危険である。

5. 「鐵骨構造」：鋼材は應力が降伏點を超えても、猶破壊までに相當の應力に耐へられる特性がある。この點に於て耐震上からは鐵筋コンクリート構造よりも一層有利である、とさへいはれる。
6. 「鐵筋コンクリート構造」：剛強なる點に於て最も耐震的である。更にこれを鐵骨構造と合理的に結合せしめた所謂「鐵骨鐵筋コンクリート構造」は現在の各種建築構造中、耐震構造として王座を占めるものといふことが出来る。

結局、組積式構造に比して、架構式構造の方が有利である。最も排撃せらるべきものは煉瓦構造の類で、これを補強して耐震性を増大せしむべき方法は無いではないが、勞のみ徒らに多くして効果はこれに伴はぬ。¹⁾

木構造は小規模なる建築物を經濟的に耐震的ならしめ得べき唯一の方法である。我國一般の木造家屋は、從來この方針で耐震的に工夫されて來たのであるが、今日となつては防空上「耐火」の點に於て致命的缺陷を有すること既述の通りである。

コンクリートを以て被覆せられざる鐵も耐火性に乏しき爲、内部からは勿論、外部からも火を受ける惧なき建築物ででもない限り裸身の鐵骨構造は禁物である。

大規模な建築物は勿論、小規模な建築物に於ても、耐震性と共に耐火性を必要と

1) 煉瓦構造の耐震的補強は、我國に於ても古くから研究された所であるが、ドイツでも最近、新築の煉瓦造建築物に對する防彈的構造が種々研究されてゐる。

例へば「壁梁式構造」(Randbalken Bauweise) と名付けて、從來の様に煉瓦造建築物の床版のみを鐵筋コンクリート造とする代りに、壁梁を床版と一體的に鐵筋コンクリートで造つて煉瓦壁の強度を増大せしめ、爆風の作用を受けた場合に、壁全體が崩壊しない様に工夫したものがあつた。

又、「補強煉瓦壁構造」(Bewehrte Vollwandbauweise) と稱して、同じく煉瓦造建築物の耐震性を増大せしめる目的を以て、外壁の煉瓦積の間に補強用として鐵筋コンクリートの細い材を縦横に入れたもの等も案出されてゐる。

これ等の次善的な方法に就ては、理想的な耐彈構造と共に、例へば下書に詳しく紹介されてゐる。

Frommhold, Dr.-Ing.: Luftschutzraum-Bauweisen, Berlin 1939.

する場合には、鉄筋コンクリートが最も安全且つ経済的であり、鉄骨鉄筋コンクリートならば、更に一層完全に近いものとなる。

j) 総合効力

侵徹・爆破・爆壓・破片・弾片・爆震等の爆弾の各効力に就ては、前各項に概述した如くであるが、建物その他の構築物に対して爆弾が投下された場合には、これ等の諸効力が総合されて、而も瞬間的に作用することになる。以下、構築物に対する爆弾の総合効力を、最近の内外に於ける戦争若くは事變に関する寫眞を用ひて、構造別に説明する。

木構造に対する効力 (第118圖, 第148圖)

木構造は爆弾の直撃に対しては全然無抵抗である。木造家屋の集團に爆弾が落下炸裂した場合には、威力圏内に在る家屋は、文字通り粉碎飛散し、その跡には、漏斗孔とその周圍に飛散した木片の堆積を残すのみである。

第118圖はその實例で、支那事變に於ける上海戦線北地區の木造家屋(壁は煉瓦造)の集團に対する爆撃の跡であるが、爆弾の炸裂位置を中心にして半径數十mの圏内には何物も残つてゐない。



第148圖 木造家屋(壁は煉瓦造)に対する爆弾の効力

(爆源から或程度離れれば倒潰を免れる支那事變, 上海戦線, 陸軍省檢閲済)

但し、木構造の建物は柱・梁等の骨組を主體とする架構式構造なる爲、爆壓に対しては比較的抵抗が大きく、威力圏を少しく外れてをれば、倒潰を免れる場合が多い(第118圖, 第148圖)。即ち、破片散亂して一見慘澹たる状況を呈するが、仔細に檢すれば、雨戸・襖・障子の如き建具類が吹破られ、或は壁・天井・床板・屋根瓦等に若干の被害がある程度で、建物の骨組には致命的損傷少く、柱が多少傾斜する位で済む場合が多い。¹⁾

1) 木造建築物に対する爆弾の効力に関しては、例へば下記参照。
浄法寺朝美氏: 「木材を通じて見たる爆弾の威力」 木材保存 昭和19年2月

木造家屋に対する爆弾の効力(威力圏半径)は、弾種、建物の規模・形態・構造及び環境状況等によつても違ふが、大體第38表の如くである。

尚、木構造の建物は、耐震構造や耐風構造に於けると同様に、筋違・方杖等の斜材並に補強贅物を使用することにより或る程度まで爆壓に対する抵抗を高めることも必ずしも困難ではない。²⁾但し、破片・弾片に対しては、防護が殆ど

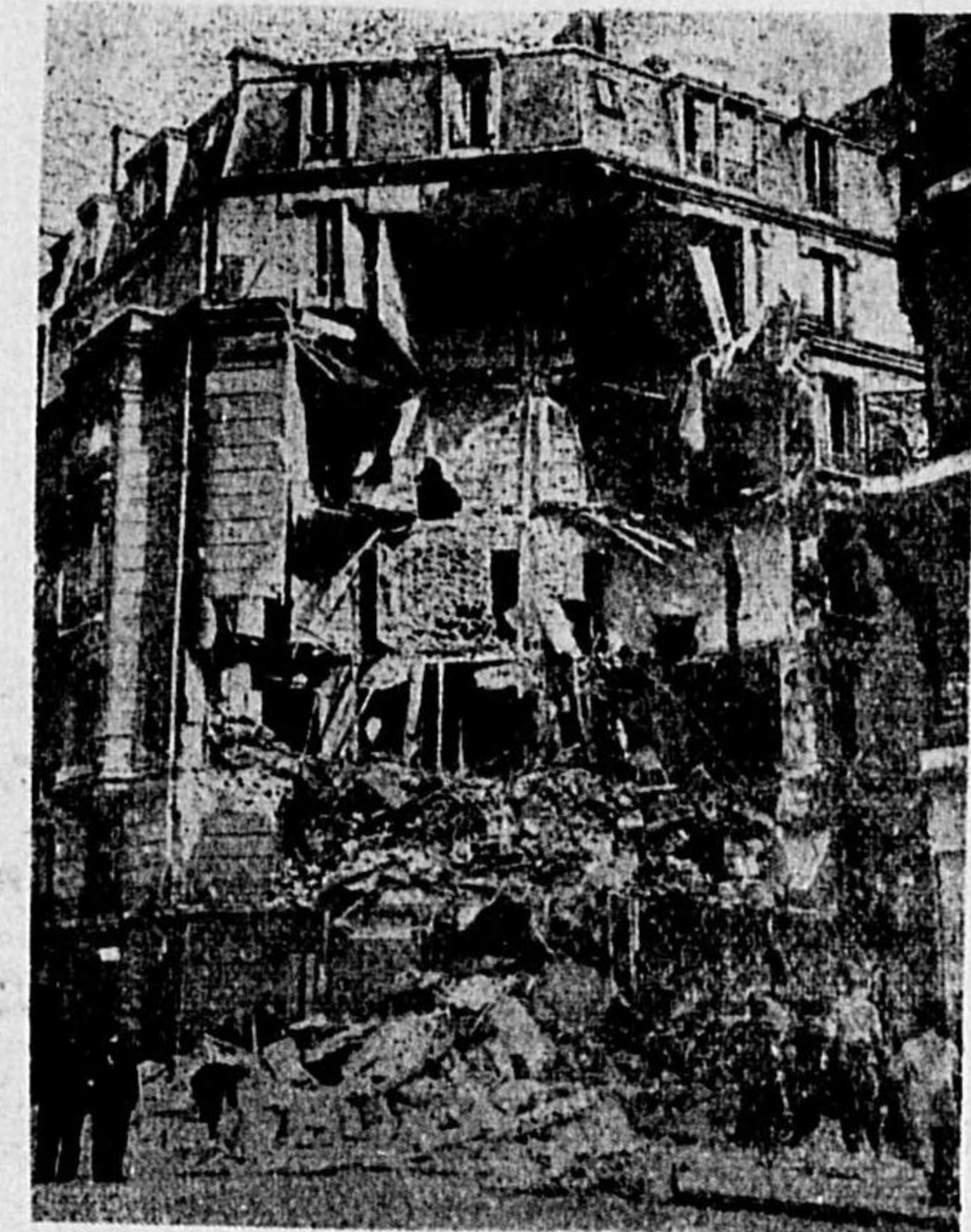
第38表 木造家屋に対する爆弾の効力¹⁾

弾量 kg	倒潰區域	半壊區域	安全區域
50	10 m 以内	20 m 附近	40 m 以上
100	15 m 以内	30 m 附近	60 m 以上
250	22 m 以内	45 m 附近	90 m 以上
500	30 m 以内	60 m 附近	120 m 以上
1000	40 m 以内	80 m 附近	160 m 以上

不可能であり、掃射弾・高射砲弾片に対しても防護し得ず、更に致命的缺陷として、火に対して弱いことは既述の通りである。

煉瓦構造に対する効力 (第119圖, 第149~152圖)

煉瓦構造・石構造の如き組積式構造の建物は、耐火的ではあるが耐弾的ではない。爆弾の遠距離作用たる爆壓・破片・弾片等に対しては、壁體が防護に有効に役立つが、直撃弾は勿論至近弾によつても破壊され易く、建物全體の崩壊を來す場合も尠くない。殊に壁體の崩壊や破片の飛散によつて死傷者を多く出す危険がある。歐洲の諸都市



第149圖 煉瓦造家屋に対する爆弾の効力³⁾
(今次大戦, 昭和15年6月3日 パリ空襲)

1) 内務省: 「時局防空必携」昭和18年改訂版 54頁。
2) 日本學術振興會編: 「建築物耐震構造要項」第2章 木構造 参照。
3) Charles Gwynn and John Hammerton: The second great war. No. 23, London 1940. p. 944.

が大規模な集團爆撃を受けた場合、多数の人的損害を出してゐるのは、主としてこの爲である。

第119圖は今次歐洲大戰に於けるドイツ側被害の1例で、ハノーバー市内の煉瓦造家屋に対する爆弾の效力を示す。

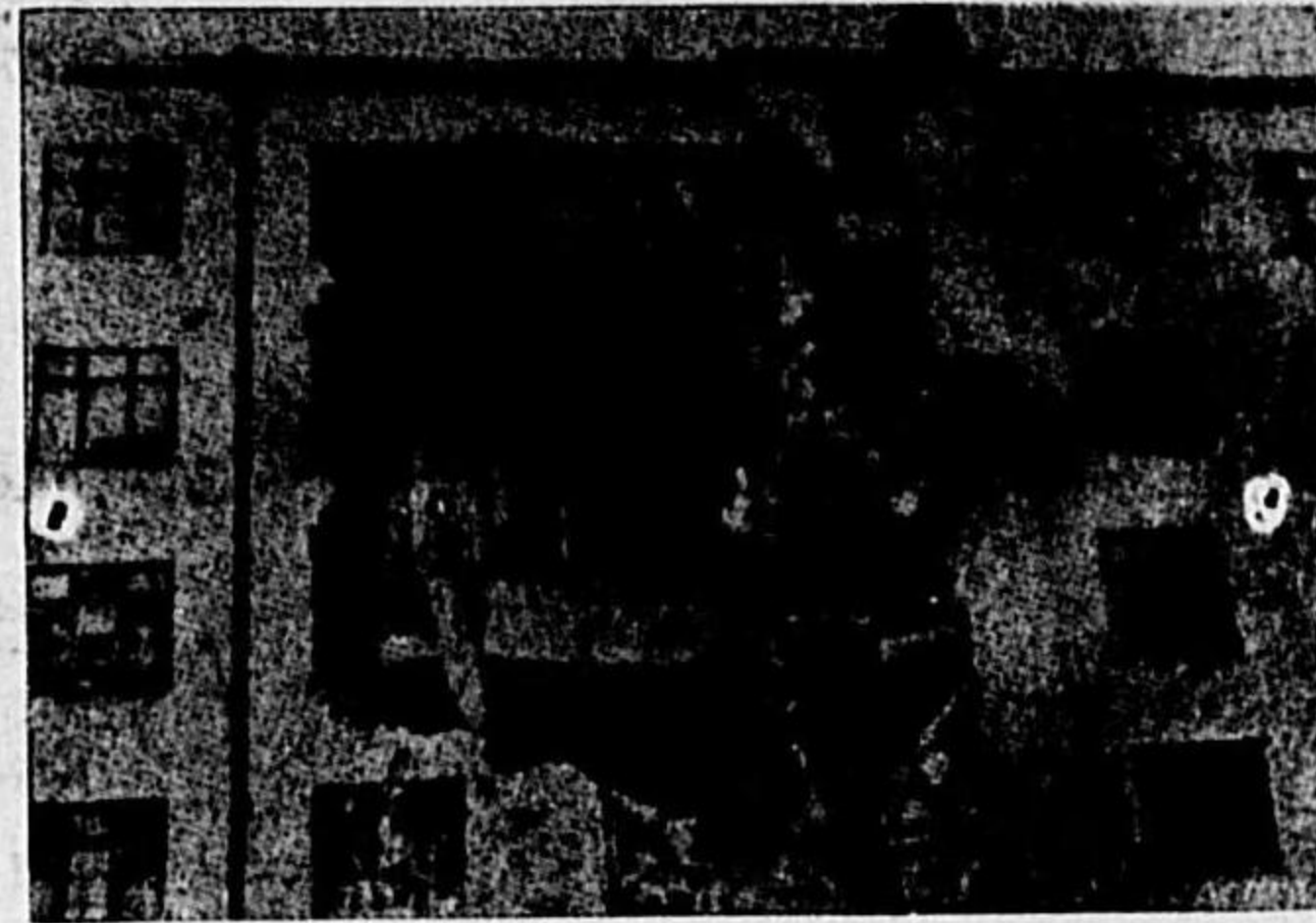
第149圖は同じく今次大戰に於けるフランス側被害の1例で、昭和15年(1940)6月3日獨空軍のパリ空襲の際に於ける煉瓦造家屋の爆弾による破壊状況である。

第150圖は煉瓦造高層建築に対する爆弾の效力を示す1例である。屋根を貫徹し、更に各階の木造床組を容易に貫いた爆弾は、建物内に深く侵入して炸裂し、數層に亘つて側壁を破壊し、井戸の断面圖を見るが如くに、建物各階の内部を露出せしめてゐる。地下室を應急的に補強改造した程度の防護室では、直撃弾を受けた場合に、人命の安全を保證し得られないことは、この寫眞によつても明かであらう。



第150圖 煉瓦造高層建築(床組木造)の爆弾による被害¹⁾
(今次大戰、歐洲某市内)

第151圖は今次大戰に於てフィンランドの都市が、ソ聯空軍から受けた損害の一端であるが、特に煉瓦造建築物の側壁に対する爆弾の效力を示す。屋上に至るが無い所から見て、爆弾は直接側壁に命中して炸裂したものと認められる。



第151圖 煉瓦造建築物の側壁に対する爆弾の效力²⁾
(今次大戰、フィンランド某都市)

第152圖は今次大戰に於てベルリン市内の住居地域に投下された「空雷」による被害の状況である。所謂1t爆弾で、正味の弾量835kg(1800lbs)を有するが、その弾

1) The Architectural Forum, November 1940.

2) Löfgren, E.: Organization und Bewährung des finnischen Luftschutzes. Gasschutz und Luftschutz Heft 10, 1940. s. 202.

量の80%に近い650kgの炸薬がある爲、爆壓は相當大きく、命中箇所から半径約40m以内に在る煉瓦造5階建の建物數棟を完全に破壊し、爆壓による窓硝子の破碎や、屋根瓦の損傷は、爆發中心から半径約500mにまでも及んでゐる。漏斗孔は直径12m、深さ6.5m。寫眞前方の空地は建物崩壊の跡であり、後方に見える建物は、危く崩壊を免れて修繕中のものである。



第152圖 空雷による煉瓦造建築物崩壊の跡
(今次大戰、ベルリン市内)



第153圖 鐵骨造建物に対する爆弾の效力
(支那事變、上海北停車場歩廊の上屋、陸軍省檢閲濟)

鐵骨構造に対する效力 (第120圖、第153~156圖)。

鐵骨構造の建築物は柱・梁等の主要部材が比較的細く且つ強く造られてをり、接合部も亦剛強なる爲、爆壓に對して抵抗し易く、耐弾的に有利である。即ち壁・床・屋根等の部



第154圖 同上 詳細 (陸軍省檢閲濟)

分を破壊されても、骨組自身は損傷を免れ、建物全體としての倒潰を招く場合は比較的尠い。

第120圖は鐵骨造建物に対する爆弾の效力を示す1例で、前大戰の末期に當る大正7年(1918)1月28日の獨軍空襲に際し、300kg彈の直撃を受けたロンドンの某印刷工場である。衝撃と爆壓とによつて鐵骨構造の骨組の間に設けられた鐵筋コンクリート造の床版5層が破壊

され、上階に置かれた重い印刷用紙が地階まで落下して、地下室で死者 38 名、傷者 85 名を出したと傳へられてゐるが、鐵骨構造の骨組自体には殆ど損害が見受けられぬ。

第 153 圖及び第 154 圖は同じく鐵骨造建物が至近彈の爆壓効力に對して抵抗大なることを示す實例である。即ち第 153 圖に見る如く停車場内の鐵道線路上に爆彈が 1 發落下炸裂して漏斗孔を生ぜしめ、軌條を完全に破壊してゐるが、これに近接する歩廊の上屋は、鐵板葺きの屋根を吹飛ばされたのみで、鐵骨構造による柱並に屋根の小屋組は殆ど完全に無被害で残つてゐる。

橋梁に對する効力 (第 155 圖)

第 155 圖は鐵橋に對する爆彈の効力を示す 1 例である。今次歐洲大戰劈頭に於ける獨空軍のポーランド國內軍用道路橋に對する爆撃で、ポーランド軍の退路を斷つ爲に敢行され、電撃的勝利を齎す上と興つて功があつたと傳へられてゐる。

從來一般に鐵橋に爆彈を効果的に命中させることは困難であると云はれてゐたが、最近の進歩した爆撃方法によれば、必ずしも然らざることは上記の例によつても明かである。

尙、今次歐洲大戰に於けるドイツの經驗によれば、特にトラス式の鐵道橋の場合には、一方の弦が切斷さ

れると、鐵道軌條が直ちにこれに代つて弦として働く爲、即座には墜落しない。兩弦共切斷されるに至つて始めて鐵橋は墜ちる。「耐彈橋梁」と稱して、數本のトラス材が切斷されても容易に墜落しない様に、靜力學上の所謂「餘剩材」を特に多く配した鐵橋が用ひられるのは、これと同じ理由によつてゐる。

この點から見て鐵筋コンクリート造の桁橋は極めて抵抗力に富む。更に重厚な拱橋に至つては、重爆彈の命中によつて橋臺に移動を來さざる限り、墜落しないこと

1) Die Sirene Nr. 23, 1940. s. 538.



第 155 圖 鐵橋に對する爆彈の効力¹⁾

(今次大戰、ポーランド國內軍用道路橋に對する獨空軍の爆撃)

が認められてゐる。

但し、將來の方策としては、一般に橋梁は防空上望ましくない。特に重要な交通線は橋梁を避け、河川・海峡等に對しては、總て隧道に依ることにならねばならぬ。

尙、橋梁の企畫設計に當り考慮すべき事項その他に就ては、内務省「防空土木一般指導要領」中にも示されたものがある。關係條項を抄録すれば以下の如くである。

10. 橋 梁

1 企畫設計に當り考慮すべき事項

(1) 型式及構造

- (イ) 橋梁の型式構造の選定に當りては修理容易なる事を主眼とすべき場合と容易に崩壊せしめざることを主眼とすべき場合とに分ち適正なる考慮を拂ふこと
- (ロ) 一般に短徑間の橋梁は修理容易なることを主眼とし長徑間の橋梁は容易に崩壊せざることを主眼とすること
- (ハ) 被害の範圍を局限し修理を容易ならしむる爲には長徑間の構桁よりも短徑間の鉸桁を選ぶこと
- (ニ) 一部破壊せらるゝも全體の崩壊を來さざる爲には連續鉸桁の如き不靜定構造を選び連續拱を避くこと
- (ホ) 被害の範圍を局限し且つ主桁を防護する爲には上路多主桁式を選び下路式鉸桁を避くこと
- (ヘ) ビン結合構桁を避け鉸結合とすること
- (ト) 幅員大なる橋梁に於ては成るべく方向別に 2 橋とすること

(2) 用 材

- (イ) 鋼材及鐵筋コンクリートは構造に依りては相當耐彈的となるを以て橋梁の徑間、型式構造に應じ適當なる用材を選定すること
- (ロ) 耐彈上木橋を避くこと

2. 補強防護應急處置に付考慮すべき事項

- (イ) 重要な下路式橋梁の路面上の部材に對しては適當なる防護策を講ずること
- (ロ) 多徑間の單桁橋梁に就ては一徑間の故障を他に波及せしめざる様支點の構造に就き考慮すること
- (ハ) 上路式橋梁に就ては主桁を防護する爲床版コンクリートを成るべく耐彈的とすること
- (ニ) 鐵筋・鐵骨の耐彈的配列に就ては充分なる考慮を拂ふこと
- (ホ) 塗裝は成るべく周圍との對比度を減ずる様考慮すること
- (ヘ) 特定の橋梁に就ては必要なる場合應急修理用資材・假橋用資材等の整備を爲し置くこと
- (ト) 隣接橋梁を利用し得る様迂回路に就き考慮すること

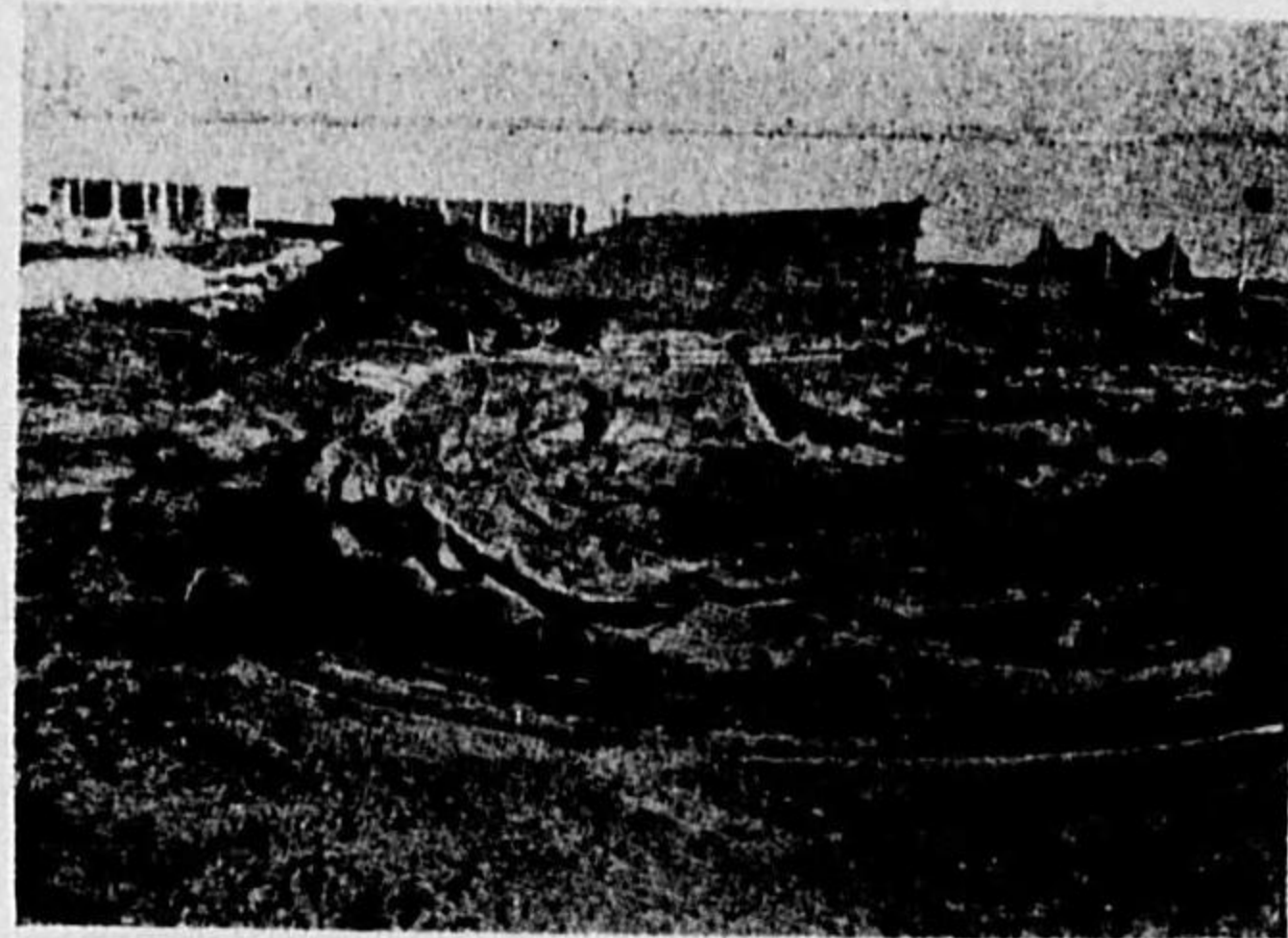
3. 利用上考慮すべき事項

- (イ) 地下埋設物を添架するに便なる構造とし且つ其の防護に就き留意すること
- (ロ) 河水の消防上の利用に便する爲、吸管投入孔の類を設くこと
- (ハ) 橋詰には廣場を設くこと

油槽に対する効力 (第156圖)

第156圖は貯油槽に対する爆弾の効力を示す1例で、スペイン革命戦争當時バルセロナ港内の海岸で破壊されたものである。

製油所や油槽の類を地上に露出せしめて設けることは爆撃に對して極めて危険である。殊に臨海都市に設けることは一層危険で、萬一の場合火の海になる惧がある。現に今次大戦に於てもイタリアのヴェネチヤ附近の海岸に在るアジップ(Agip)製油会社の如きは、この理由から開戦と同時に操業休止を餘儀なくされ、



第156圖 貯油槽に対する爆弾の効力¹⁾
(スペイン革命戦争, バルセロナ港)

油を他に移さねばならぬ様な状態に立至つてゐる。

將來の油槽は地下に建設されねばならぬ。ドイツに於ける最近の貯油施設の1例として、樹林地を利用し、長さ1.5km、幅1kmの範囲内に15~20箇の油槽を相互間隔約100mに地下深く分散配置したものがあつた。地上に現れてゐる高さ約4mの部分に對しては、表面に迷彩が施されてあり、樹林中に在る爲、油槽の特異なる形状を露呈する陰影も生ぜず、譬ひ所在を知つてゐても、上空からは発見し得ない様に巧みに隠されてゐる。貯油槽への油の輸送は、鐵道の引込線に沿ひ、貨車1輛宛の長さに従つてスタンドが立ち並び、このスタンド迄各油槽から地下に埋設された送油管が來てゐる。道路等も故意にこの鐵道線路を横切つて設けられてをり樹林と相俟つて極めて所在が分り悪く出来てゐる。

イタリアに於ても油槽は最近次第に地下施設に改められつゝある。比較的簡易な方法としては、圓筒形油槽を地下に多數集めて蜂巢状となし、その上部にシャレーン式構造による可成厚の鐵筋コンクリート版を圓蓋として設け、相當の耐弾効力を期してゐる。充分なる耐弾効果を狙つたものは、山腹を利用した地下施設として鐵

1) Bronzuoli, General A.: Vademecum di protezione antiaerea, Napoli 1939, p. 68.

筋コンクリートによつて隧道式に造られてゐる。

火薬庫・彈藥庫その他爆發性物品の貯藏場並に製造所に就ても油槽に於けると同様で、將來は地下施設とすべきである。但し、地下貯藏の場合には、温度は一定に保ち易い利點があるが、防濕の點に困難がある。これが爲には自動的に空氣調節を行ふ装置が必要であり、又防毒上から洗掃を必要とする場合に備へて、排水設備を完備することも重要である。

尙、油槽その他特殊構造物の企畫設計に當り考慮すべき事項に就ては、内務省「防空土木一般指導要領」中にも示されたものがある。關係條項を抄録すれば以下の如くである。

11. 特殊構造物 (鐵塔・高架水槽・調壓水槽・瓦斯タンク・堰堤等)

1. 企畫設計に當り考慮すべき事項

- (イ) 鐵塔は成るべく多脚とすること
- (ロ) 高架水槽・調壓水槽は成るべく筒型とし然らざる場合は成るべく多脚とすること
- (ハ) 油槽及瓦斯タンクは周圍に廣潤なる空地を存置せしむること
- (ニ) 油槽は成るべく地下式とすること
- (ホ) 堰堤は原則として重力式とし土堰堤を避くること

2. 補強防護應急處置に付考慮すべき事項

- (イ) 鐵塔・鐵脚を有する高架水槽・調壓水槽の脚部に對しては適當なる防護策を講ずること
- (ロ) 油槽・瓦斯タンク・高架水槽・調壓水槽等の形態・色彩等に就ては成るべく周圍との對比度を減ずる様考慮し且つ其の偽裝に就き考慮すること

鐵筋コンクリート構造に對する効力 (第121~123圖, 第157~161圖)

鐵筋コンクリート構造(鐵骨鐵筋コンクリート構造を含む。以下これに倣ふ)の構築物に對する爆弾の効力に關して實驗したものは、各國共に尠くない筈であるが、公表されたものは見當らぬ。尤も抽象的に説明したものは從來とても無いではなかつたが、¹⁾我々の最も知らんと欲する具體的な數量に就ては觸れられてゐなかつた。

最近公表された陸軍築城部本部編「耐弾構造資料」²⁾は、始めてこの點を明かに

1) 例へば

田邊平學:「爆撃と鐵筋コンクリート」(上海南京戰跡調査所見, 陸軍省檢閱齋), 日本ポルトランドセメント業技術會第24回例會報告, 昭和13年4月20日頁。

佐竹保治郎氏:「防空建築と土木の參考」建築雜誌 昭和14年4月523頁。

2) 建築雜誌 昭和17年10, 11月參照。

したもので、我々の渴を醫すに足りる。第157圖にその一端を引用させて貰ふ。

第157圖は地上7階、地下2階建の鐵筋コンクリート造高層建築物に50kg 彈及び100kg 彈を種々なる條件で投下した場合の被害例を示す。但し建物の形狀並に構造は普通で、下記の値が採用されてゐる。

屋根床版並に各階床版 厚15cm、鐵筋量2%、梁高40cm、外壁 厚20cm、間仕切壁厚15cm、階高4m、建物幅17m、廊下幅2.8m

爆 彈 の 種 類 偶數番號は100kg 彈、奇數番號は50kg 彈

但し ① ② ③ ⑦ ⑨ ⑫ の各彈は瞬發

④ ⑤ ⑥ ⑧ ⑩ ⑪ の各彈は延期

① 50kg 彈、瞬發、投下高度5000m、水平爆撃

厚15cmの屋根床版に爆破孔を生ぜしめ、直下の層は著しき被害を受ける。

② 100kg 彈、瞬發、投下高度5000m、水平爆撃、梁に命中した場合

高さ40cmの梁は爆破され、直下の層は著しく被害を受ける。

③ 50kg 彈、瞬發、投下高度5000m、水平爆撃、建物の基部に命中せる場合

建物基部の破壊半徑は、既述の算式より下の如く求められる。

$$r' = \frac{3}{\sqrt{c}} \frac{L}{\sqrt{c}} = \frac{3}{\sqrt{10 \times 4}} \frac{25}{\sqrt{10 \times 4}} = 0.85 \text{ m}$$

④ 100kg 彈 3/100 sec 延期、投下高度5000m、水平爆撃

2層の床版を貫徹して6階の中間にて炸裂する。上下の床版、周囲の隔壁等を大破し、被害は上下左右の隣室に及ぶ。

⑤ 50kg 彈、10/100 sec 延期、投下高度5000m、水平爆撃

4層の床版を貫徹し、4階の中間に達したとき炸裂する。被害状況は④に似て損害稍少き程度である。

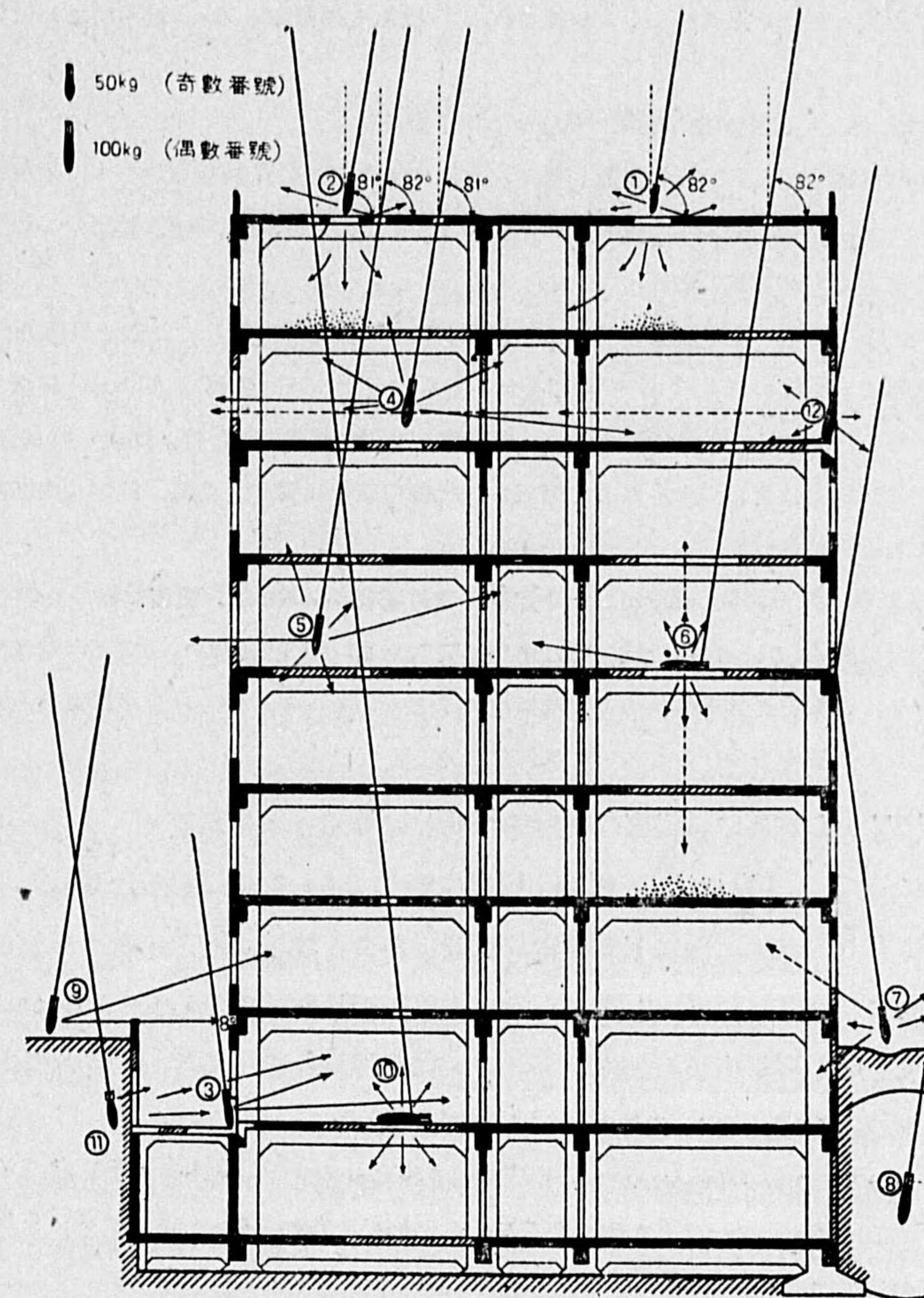
⑥ 100kg 彈 長延期、投下高度1000m、水平爆撃

4層貫徹の後、長延期の爲4階の床版上に横たはつて平行爆破を來す。床に爆破孔を生じ、これによる破片は3階床をも破壊する。4階の爆発した室の天井・壁等は爆壓により彎曲して破損を受ける。

⑦ 50kg 彈、瞬發、投下高度5000m、水平爆撃、壁面に當つた場合

壁面で反跳してその部分を破損し、地面に落達して爆發する。1階の壁面は爆壓及び彈片によつて被害を受け、地表には漏斗孔を生ぜしめる。

⑧ 100kg 彈、延期、投下高度5000m、水平爆撃、土中に侵徹した場合



第157圖 鐵筋コンクリート造高層建築物に對する爆彈の效力

(陸軍築城部本部：「對彈構造資料」防彈15に據る)

既述の算式より求むれば、侵徹量 5.5 m、威力半径 3.7 m となる。地下 2 階の壁がこの範囲に入れば被害を受ける。

⑨ 50 kg 弾、瞬發、道路上に落下した場合

爆弾に近接した窓は爆風によつて破壊される。壁面も爆弾から 4 m 以内にあれば弾片による貫通孔を生ずる。

⑩ 100 kg 弾、長延期、投下高度 5000 m、水平爆撃

残速から算定すると、8 層を貫徹し得る。故に地下 1 階まで侵入して、こゝで被害を生ぜしめることになる。従つて信管の調節如何によつては、地上何れの階に於ても任意に爆發せしめることが可能である。

⑪ 50 kg 弾、延期、投下高度 5000 m、水平爆撃、空堀側壁に接して侵徹せる場合

地盤は軟土の上層に厚さ 1 m の砂利層があるものとすれば、爆弾は 450 cm 侵徹し得ることになる。この様に爆弾が壁に沿つて相當深く土中に侵徹し、平行に爆破した場合には、壁體に加はる力は著しく大となり、突破された壁の破片は弾片と共に、建物の内部に對して大なる被害を與へる。

⑫ 100 kg 弾、投下高度 2000 m、水平爆撃、飛行速度 360 km/h、窓面に當つた場合

この場合は落角 67° になる爲、弾は室内に侵入する。瞬發信管ならば窓下の壁及び床版を爆破し、延期信管ならば矢印の方向に滑ることもある。この場合には平行爆破となり、床版は大なる被害を受けること ⑥ と同様である。

以上の結果から見ると、從來の普通の形状並に構造による鉄筋コンクリート造高層建築物に於ては、100 kg 以下程度の爆弾に對しても、安全を絶対に保證し得る様な階や室は有り得ない。殊に上層の室は危険であり、地下 1 階の室等も比較的危険率が高い。強ひて求むれば、2 階・3 階の中廊下が比較的安全度が高いといふことになる。最上層の屋根床版を補強して、こゝに耐弾層を設ける等の工夫を施せば、更に上階まで安全度は増して來る（第 175 圖参照）。

尙、地下室が比較的危険率が高いといふのは、鉄筋コンクリート造高層建築の各階を直撃弾による損害に就て比較した場合のことで、木構造・煉瓦構造等による防護室乃至防空壕と比較した場合、鉄筋コンクリート造の地下室の方が安全度が遙かに高いことは云ふまでもない。

更に室面積の大なるもの程危険率が大となることも注意を要する。

以上は専ら 50 kg 弾及び 100 kg 弾に就て述べたのであるが、250 kg 弾の場合には、被害は一層劇甚となる。¹⁾ 即ち普通の構造による室内で炸裂すれば、その室の床版及び天井は大破せられ、更にその上下の室の床版や天井も相當破壊される。又炸裂した室の四周の壁は吹き拂はれ、更にその外周に在る室の壁・床・天井等も相當の損害を受け、その威力半径は隔壁等を通して 10 m 以上にも及ぶ。従つて、中廊下等にも強い爆壓が波及する。同時にその炸裂位置を中心にして關東大地震に於ける東京の震度以上の激動を與へ、被害範囲はこれによつても廣くなる。

250 kg 弾が土中に侵徹し、地下室の外壁に接して平行爆破を來した場合には、その破壊作用は 100 kg 弾の場合以上に激烈で、而も廣範囲に及び、約 20 m 以内に在る隔壁等が大破されるのみならず、激震を與へて建物全體に被害を及ぼすこともある。

普通の形状並に構造による鉄筋コンクリート造建築物は、250 kg 弾によつては勿論 100 kg 以下程度の小形爆弾によつても、損害を免れ難いことは上述の通りであるが、鉄筋コンクリート自身の耐弾力は、他の種類の構造、例へば木構造に較べては勿論、煉瓦構造の類に比しても著しく高く、損害は常に局部的である。即ち爆弾の命中箇所には於ては威力圏内は徹底的に破壊されて極めて慘澹たる状況を呈するが、1 發の爆弾から受ける被害は極めて局部的であつて、超重爆弾が多數集中して、而も骨組の要部に命中する如き最悪の場合でない限り、これが爲に高層建築が根底から破壊されて崩潰を來す如きことは、先づ絶対に無いと考へてよい。

第 158 圖は鉄筋コンクリート造建築物の耐爆力を示す 1 例である。鉄筋コンクリート造の骨組に煉瓦壁を詰めた 6 階建（一部 9 階）の建築物で、支那事變に際し、上海戦線に於て敵軍が據點とした爲、我軍の爆撃並に砲撃を受けたものである。連日に亘つて多數の爆弾並に砲撃を受け、建物は屋上にも側壁にも、無數の破壊孔を生じ、特に 4 階以上の東側半分は砲撃に因つて火災を起してゐるが、損害は概して局部的であり、建物全體としては原形を保つてゐる。

この建物は當時僅かに道路一つを距て、イギリスの警備區域に對してゐた爲、徹底的爆撃が困難であつた等の事情もあつたが、特に事變勃發の直前たる昭和 12 年に竣工した新築の鉄筋

1) 佐竹保治郎氏：「防空建築と土木の參考」建築雜誌 昭和 14 年 4 月 530 頁。

コンクリート構造で、豫め市街戦を考慮に入れて入念に設計施工されてゐたことが、被害を局限せしめた有力な理由であつたことは否めない。

第121圖も鉄筋コンクリート造建築物に対する爆弾の効力を示す例で、同じく支那事變に於ける上海商務印書館の被害状況である。鉄筋コンクリート造（煉瓦造帳壁）4階建てで、多数の直撃弾を受け、命中箇所は惨憺たる状況を呈してゐるが、建物全體としての原形は失はれてゐない。この建物は第158圖に示す建物よりも舊く、構造も著しく劣り、殊に第1次上海戦當時にも我軍の爆撃を受けて相當な被害を受け、その後局部的に修理を加へた建物であるが、それでも能くこの程度に爆撃に抗し得たのは、要するに骨組が耐爆上有利な鉄筋コンクリート造によつてゐる爲である。

第122圖は鉄筋コンクリート造建築物の屋根に対する爆弾の効力を示すもので、支那事變上海戦線に於ける實例である。商務印書館附屬の3階建倉庫であるが、屋上に落達炸裂した爆弾によつて、屋根床版に破壊孔を生ずると共に、梁も切断せられ、その衝撃と爆壓とによつて附近の柱も1本挫屈されてゐるが、兎も角建物は崩壊に至つてゐない。この建物は壁も煉瓦を詰めたものでなく、柱・梁と一體的に鑄造された鉄筋コンクリート造である爲、柱・梁及びその接合部が脆弱であるにも拘らず、これを補つて爆撃に對して有効に抵抗したものと認められる。

第159圖も同じく鉄筋コンクリート造建築物の屋根に対する爆弾の効力を示す1例で、上海戦線に於て第122圖に示した建物内で目に觸れたものである。この程度に大なる破壊孔を屋根に生じても、周圍の梁・柱には殆ど被害がなく、従つて建物の存立は脅かされるに至つてゐない。

1) 大淵誠太郎氏：「上海商務印書館爆撃の被害状況」建築雑誌 昭和7年11月



第158圖 鉄筋コンクリート造建築物の耐爆力

(支那事變、上海鐵路管理局、陸軍省檢閲済)



第159圖 鉄筋コンクリート造建築物の屋根に対する爆弾の効力 (陸軍省檢閲済)

第123圖は鉄筋コンクリート造建築物の側壁に命中した爆弾の効力を示すもので、上海鐵路管理局(第158圖)に於ける實例の一つである。2階と3階の窓の略中央と覺しき箇所に命中した爆弾の炸裂によつて外壁には2~3階に跨る大破壊孔を生じ、その爆壓・弾片及び破片によつて2階・3階兩方の室内が同時に徹底的に破壊されてゐる。

尙、建物基部の道路上に落達炸裂した爆弾の弾片並に爆壓によつて1階の窓が破壊せられ、又外壁に多数の弾痕を生じた模様もよく窺はれる。

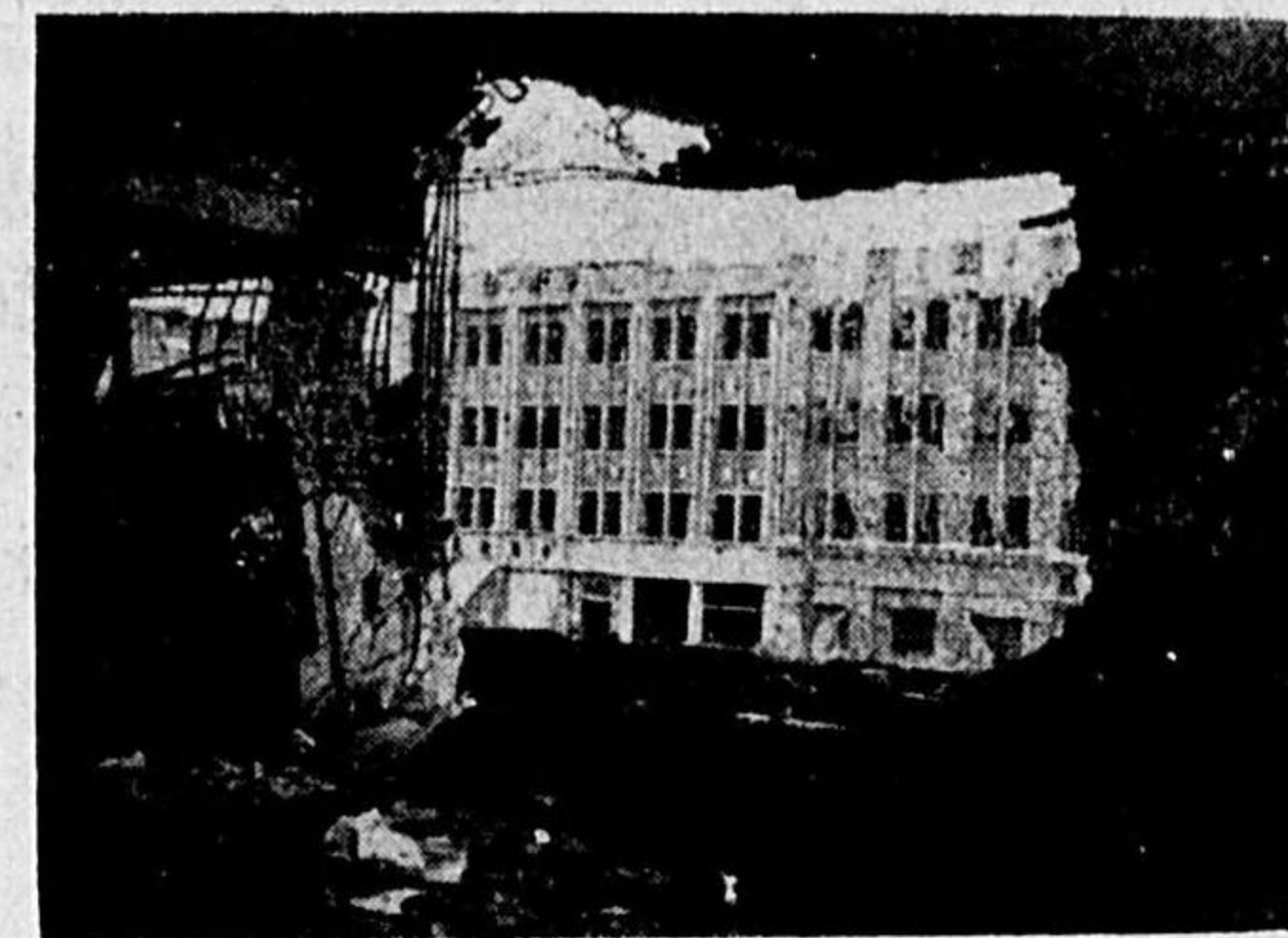
第160圖及び第161圖は同じく鉄筋コンクリート造建築物の側壁に對する爆弾の効力を示す別の實例で、共に上海鐵路管理局で見出されたものであるが、第160圖は建物の外部から見た被害状況で、第161圖は同じ被害箇所を建物の内部に入つて見た模様である。

爆弾は外壁の壁梁附近に命中炸裂したものと見られるが、梁は鉄筋のみを残してコンクリートを完全に破碎せられてをり、又柱もコンクリートの大部分を振ひ落されて、露出した鉄筋は著しく彎曲を來してゐるが、要するに被害はその局部に止まり、建物全體として見れば、何等致命的のものでない。

これ等の寫眞は、何れも鉄筋コンクリート構造の耐弾性に富む所以を有力に實證するものであるが、同時に又高層建築物が爆撃を受けた際、爆弾は屋上に落下する場合が勿論多いが、状況によつては、側壁や窓に命中する場合もあり得ることを如實に教へるものである。



第160圖 鉄筋コンクリート造建築物の側壁に對する爆弾の効力 (陸軍省檢閲済)



第161圖 鉄筋コンクリート造建築物の梁及び柱に對する爆弾の効力 (第160圖に示す建物の内部、陸軍省檢閲済)

2. 耐 弾 構 造

a) 完全耐弾構造

耐弾構造の可能性 各種構築物に対する爆弾の効力は、前記各項の如くであつて、現在既に知られてゐる爆弾に於ても損害は相當劇甚なるものがある。従つて現在並に將來の爆弾に對して安全を保證し得る如き構築物を造ることは眞に容易でない。然し、決して不可能ではない。特に人命防護を目的とする「防護室」の構造設備等に就ては後段に譲り、茲には先づ構築物自身の損害を防止若くは軽減すべき構造方法¹⁾に就て述べて見よう。

現在及び將來の對策として、直接爆撃目標に擇ばれる 惧ある重要施設に對しては、直撃弾の危険あるものとして、爆弾の「直接作用」たる侵徹・爆破に對する防護處置を必要とする。重要施設ならずとも、我國現在の諸都市に見る如く、建築物が密集してゐる場合には、盲爆によつても直撃弾を受ける可能性が多いから、一般の建築物に就ても、貫徹・爆破に對して備へねばならぬことになるであらう。

分散配置による都市周邊部の住宅の類、又は目標に擇ばるゝにしても比較的小規模な施設の類ならば、直撃弾よりも至近弾を受ける公算が多いから、寧ろ爆弾の「間接作用」たる爆壓・弾片・破片・爆震等に對して、より多く備へる所がなくなるとなるまい。

尙、獨り防弾施設に限らず、建築物に實施すべき防空施設は、一般にその建築物の空襲時に於ける「危険率」の高低に應じて適當に定むべきものであるが、その他に「經費」——最近のドイツでは「經費は問題でない。必要なものならば、實施しなければならぬ」といつてゐるが——の點からも自ら或る程度の制約乃至區別を生じて來る。例へば1戸建の住宅では到底望み得られない様な構造設備も、大規模な

1) 獨 Bautechnischer Schutz gegen Sprengbomben ;
英 Structural defence against attack by bombs

官公衙乃至公共的建築物の類ならば、比較的容易に實施し得るの類である。

防空施設の程度は又、建築物の「位置」によつても異なるべきである。例へば1戸建の住宅建築でも、これが大都市の郊外にあれば比較的 safety であるが、軍需工場・兵營・飛行場等の附近に在れば、空襲の際に傍杖を受ける危険率が著しく高くなるの類である。

防空的手段は又、建築物が「既存」の場合と、今後「新築」しようとする場合とでは、著しく趣が異なる。即ち今日の空襲に備へんが爲には、既存の建物に對して應急處置を講じなければならぬが、都市百年の大計から見れば、日々新しく建てられて行く建物に對して、一刻も早く徹底した防空的對策を實施して行かねばならぬのである。

以下、爆弾の直撃に抗し得べき「完全耐弾構造」に就て先づ述べ、次に主として爆壓・弾片等に對して安全を期する次善的な「簡易耐弾構造」に就て説明する。

耐弾構造の要領 直接爆撃目標に擇ばれる 惧ある重要施設に對しては、直撃弾に備へて、その侵徹並に爆破の兩効力に抗し得べき處置を講ずる必要がある。爆弾の侵徹並に爆破に對して防護するに必要な構造材料の厚さは、既述の如く實驗式(236頁参照)によつて容易に見當が付けられる。例へば1tの大型爆弾ならば、地上に打つた厚さ2m以上のコンクリート版を侵徹・爆破し得る(第147圖参照)。實際の建築物の屋根や床に見る様に、周邊で支へられて下方が空虛になつてゐる版ならば、危険は更に大となる。而も爆弾の重量に就ては、2t乃至4t爆弾は既に今次歐洲大戰に於て都市空襲に使用済であり、戦線の一部では6t爆弾までも出現を見てゐる。

これ等の點を考慮に入れて重要建築物を最大重量の爆弾に對して、充分安全である如く防護せんとするならば、建物の屋根・側壁・基礎等の外周全部を剛強なる耐弾構造(特殊配筋による鐵筋コンクリート構造又はこれと同等以上の耐弾效力あるもの)を以て完全に包まなければならぬ。弾片・爆壓等を防止するは勿論、爆弾の侵入を防ぐ爲に、窓の如き開口部も、換氣用の細きスリット程度以上のものを設けることは許されぬ(第162圖)。

この場合、屋根・側壁(地上部分及び地下部分)・基礎床版等の厚さ並に鉄筋の配置は、想定爆弾に應じて、その侵徹並に爆破による突破を完全に阻止し得る如く定められてゐなければならぬ(第28表参照)。

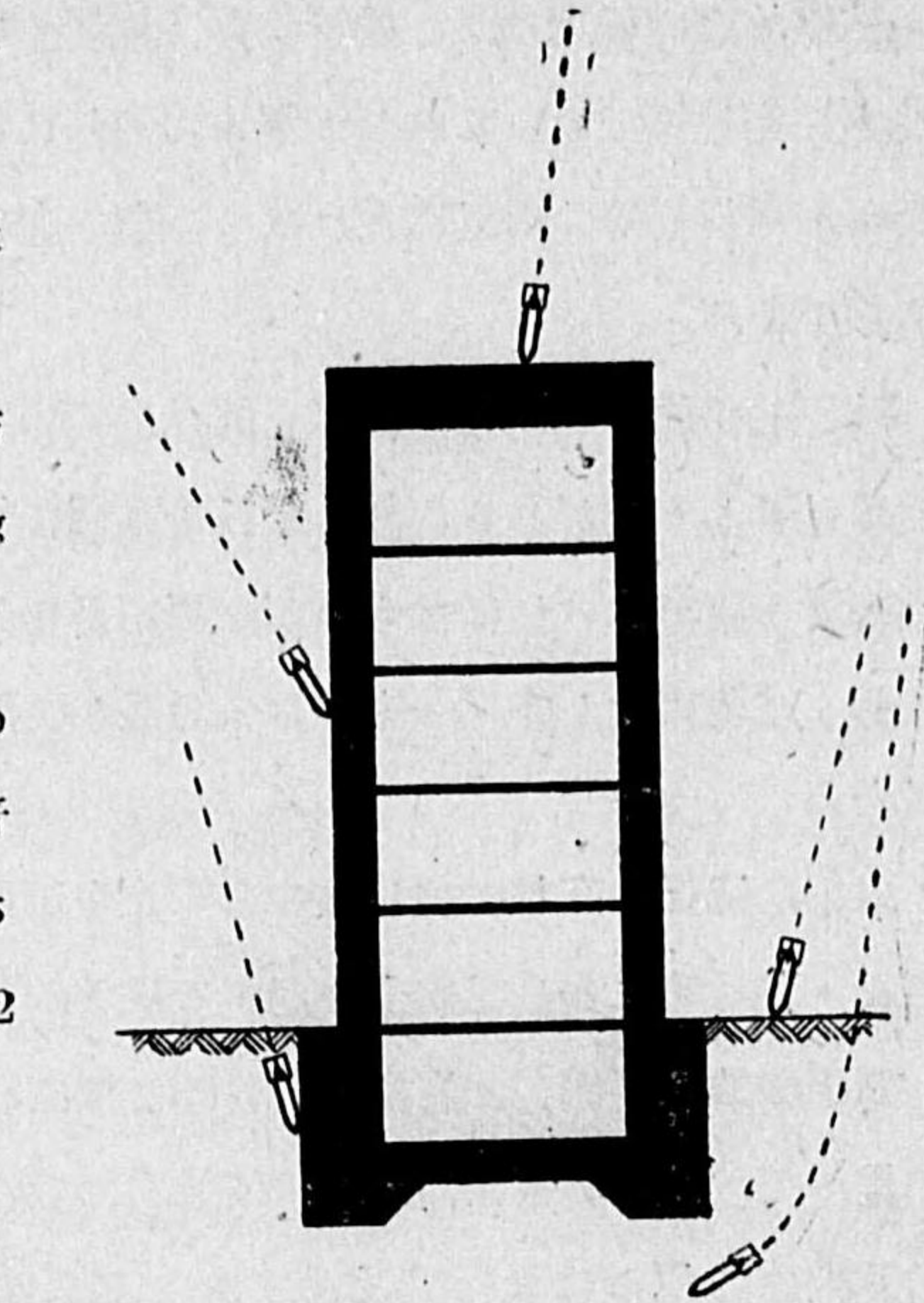
完全耐弾構造によるドイツの「耐弾防護室」は投下高度 8000 m, 弾量 500 kg を一應の目標として、各部分のコンクリート厚の標準を、下記の如くに定めてゐる。但し、コンクリートの補強には、普通の壓延鋼以外に、特殊の鋼材が使用されてゐる(第V編「防護室」特に第182~184, 229, 230 圖参照)。

屋根床版の厚さ	140 cm
側壁の厚さ	地上部分 110 cm
同上	地下部分 180 cm

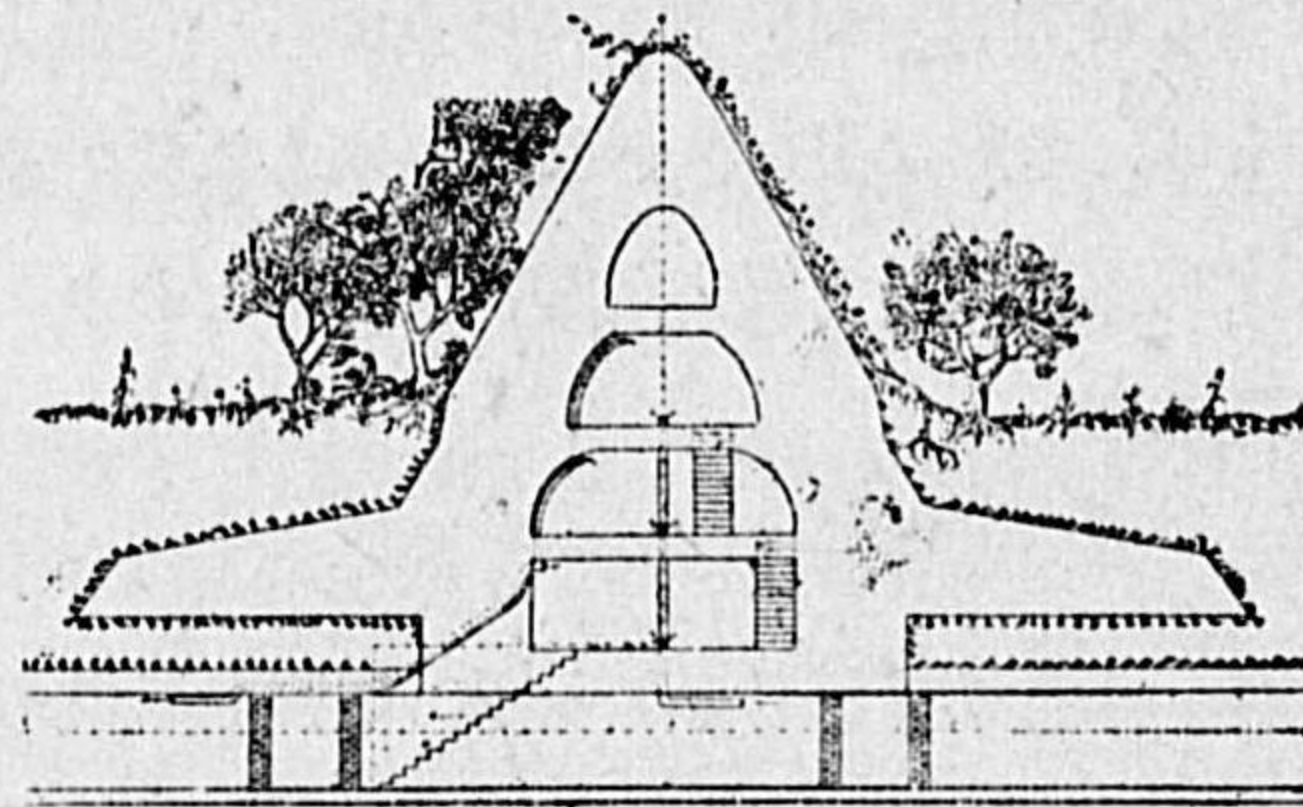
耐弾構造の諸例 特殊重要施設に限らず、都市建築物の全部を完全に強化し、

最大重量爆弾に對して安全を期し得べき耐弾防護室に改め、理想的防空都市を建設せんとし、その構造乃至所要經費に就て論じた文獻も少くない。例へば下の如くである。

イタリアの陸軍大佐ロマニ¹⁾は最大重量爆弾に對する理想的防空都市建築として、第163圖に示す如き



第162圖 完全耐弾構造の建築物



第163圖 理想的防空都市の耐弾防護室
(ロマニ案)

1) Romani, Alessandro: J ricoveri nella difesa aerea, Rivista di Artiglieria e Genio, Mai 1927, Juli 1929.

コンクリート造の剛強な耐弾防護室を提案してゐる。同氏の計算によれば、1箇所には500人の市民を收容するものとすれば、人口100萬のローマ全市民を防護せんが爲には、この種の防護施設が2000箇所必要となる。全施設に要する費用は、附帯設備まで入れれば30億リラ、即ち市民1人當り3000リラ(約600圓)に上ると計算されてゐる。

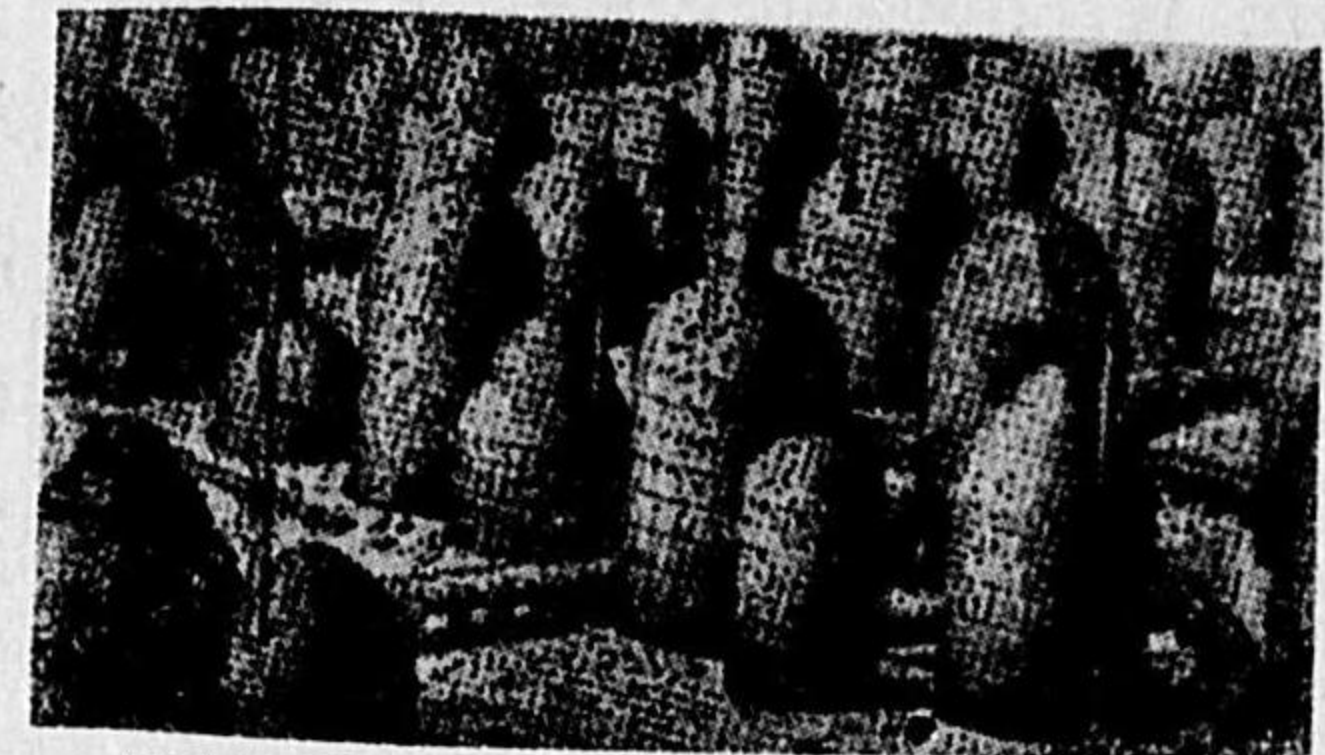
ドイツのリュート教授¹⁾(Prof. Rüth)は、同じく人口100萬、高層建築物30000棟、低層建築物6000棟、官公衙1000棟を有する都市を標準として、これを理想的に防空化するに要する經費を計算し、人口1人當り160ドル(約650圓)といふ數字を出してゐる。前記ロマニ大佐の計算の結果と大體に於てよく一致してゐる。

ドイツのマイヤー²⁾は、若し全歐洲を耐弾的要塞に改造せんとするならば、全民族を擧げて10年間完全にこの改造工事の爲に没頭せしめるのでなければ、完成は覺東ないであらう、と述べてゐる。

イタリアのマリアニ教授³⁾は、現在の都市を完全に耐弾的に改造せんとすれば、斯くの如き形態を呈するに至るであらうとして、數種の想像圖を描いてゐる。第164圖に示すものは、その1例である。

フランスのコンクリート學者ロシエ(Henry Lossier)⁴⁾と助手建築家

フォル・デュジャリック(Faure Du-jarric)は、パリの南郊ディシ・レ・ムリノー(d'Issy-les-Moulineaux)に建設するも



第164圖 耐弾建築群より成る未來都市
(マリアニ案)

1) Mayer, André: Abwehr und Verteidigungsmöglichkeiten den neuen Kriegsmitteln gegenüber, Untersuchungen der interparlamentarischen Union, Zürich u. a. O. 1932.

2) Mayer, André: Der Schutz der Zivilbevölkerung gegen chemischen Krieg, Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen Heft 2, 1931.

3) Mariani, Prof. N.: ミラノ大學の同教授とベルリンのドイツ防空協會本部(Präsidium des Reichsluftschutzbundes)との間に交換されし圖面並に報告

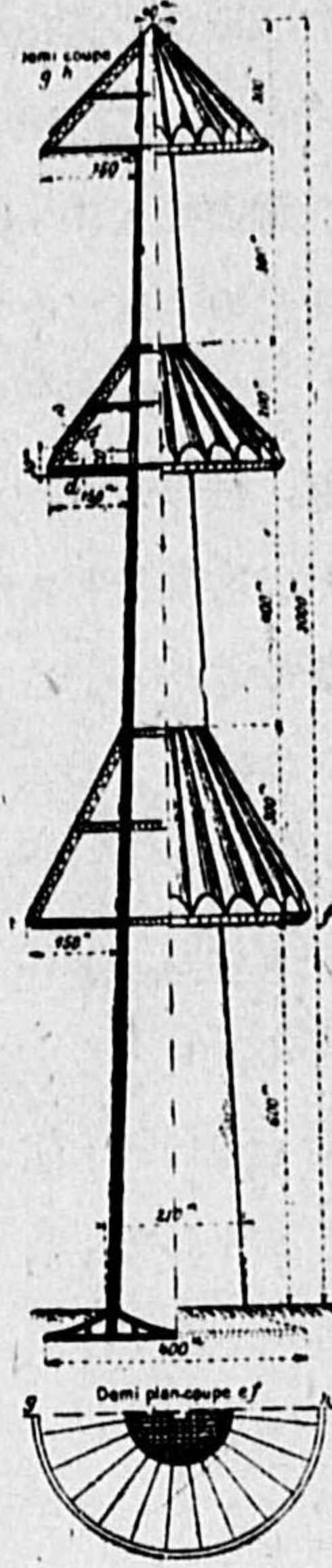
4) Gasschutz und Luftschutz Nr. 10, 1934, s. 275.

原文 "Le Génie Civil", Nr. 23, 1934.

のであるとして、有史以來最高の建築物とも言ふべき高さ 2000 m の大防空塔を設計した (第 165 圖)。砲 300 門を有する防空砲臺であるが、鉄筋コンクリート構造により、地盤面に於ける直径 210 m、尖端部の直径 40 m の中空圓錐形で、下部の壁厚 12 m、直径 400 m の圓盤形の基礎に立つ。3 基の傘型砲臺は何れも塔から 150 m 突出し、堅固な薄殻式鉄筋コンクリートによつて造られ、防空隊員の活動舞臺に當てられる。上下の交通には高速度エレベーターを使用し、その機械室は 1 階に設けられる。防空塔の尖端に於ける風圧力度 500 kg/m^2 、全風壓力 95 450 t、地盤面に於ける曲げモーメント 92 200 000 tm、300 門の大砲を一定方向に齊射する際生ずる壓力 3 600 t と稱せられる。

これ等の耐弾建築群による未來都市や大防空塔の着想に、著者が初めて紙上で接した時は、夢物語かお伽噺を聞くの思ひで、單なる興味中心で眺めたに過ぎなかつた。然るに、今回空襲下にある歐洲諸國、特に獨伊兩國の防空施設を實地視察するに及び、これ等の着想が決して單なる圖上計畫でなく、現實の防空施設として採り上げられ、着々實施に移されつゝあるのを見出して、目を瞠らざるを得なかつた。即ち、極めて徐々ではあるが、一步一步「夢物語」の實現に向つて不斷の努力が続けられ、「お伽噺」に見る様な建築物が、軍事上の本格的な要塞建築 (第 140, 141 圖参照) としてのみならず、一般の都市の内々に盛んに建設せられつゝあるのである。特にドイツでは、人命防護を目的とする防護室として、今日この種の完全な耐弾構造が隨所に活用せられ、空襲下に偉大な効果を發揮しつゝある。その詳細に就ては、後に「防護室」の編で紹介する。

防護室と共に、重要施設、例へば發電所・動力源その他の工場要部等の防衛に對しても、ドイツではこれと全く同一方針が採用せられ、建物全部を剛強な屋根床版と壁體とを有する頑丈な耐弾構造で造り、重要部を完全にこの建物内に包み込んで



第 165 圖

パリ郊外の大防空塔 (ロシエ案)

しまふ方策が既に採られ、又は將來採られやうとしつゝある。

b) 簡易耐弾構造

耐弾構造の種類 人命並に重要施設の防護に就き萬全を期せんとする場合には前記の「完全耐弾構造」による方法が最上にして而も恐らく唯一の手段である。然し、これには莫大なる資材と労力が必要である。何物にも代へ難き貴重なる人命防護に對しては、將來市民の全員を可及的完全なる耐弾防護室に收容することを目標として施設の完成に努力すべきであるが、特殊重要施設以外の都市の一般建築物乃至住宅の類に對しては、完全耐弾構造を要求することは、常に經濟上不可能なるのみならず、直撃弾を受くる危険比較的少き點より見ても、莫大なる資材・労力乃至經費を投じて、果してそれだけの効果ありや否や疑なきを得ない。

茲に於て、次善的方法ではあるが、「簡易耐弾構造」とも稱すべきものが、現在種提案され、又實施されつゝある。これ等を整理分類すれば、結局耐弾構造の種類は下の如くに表示されよう。

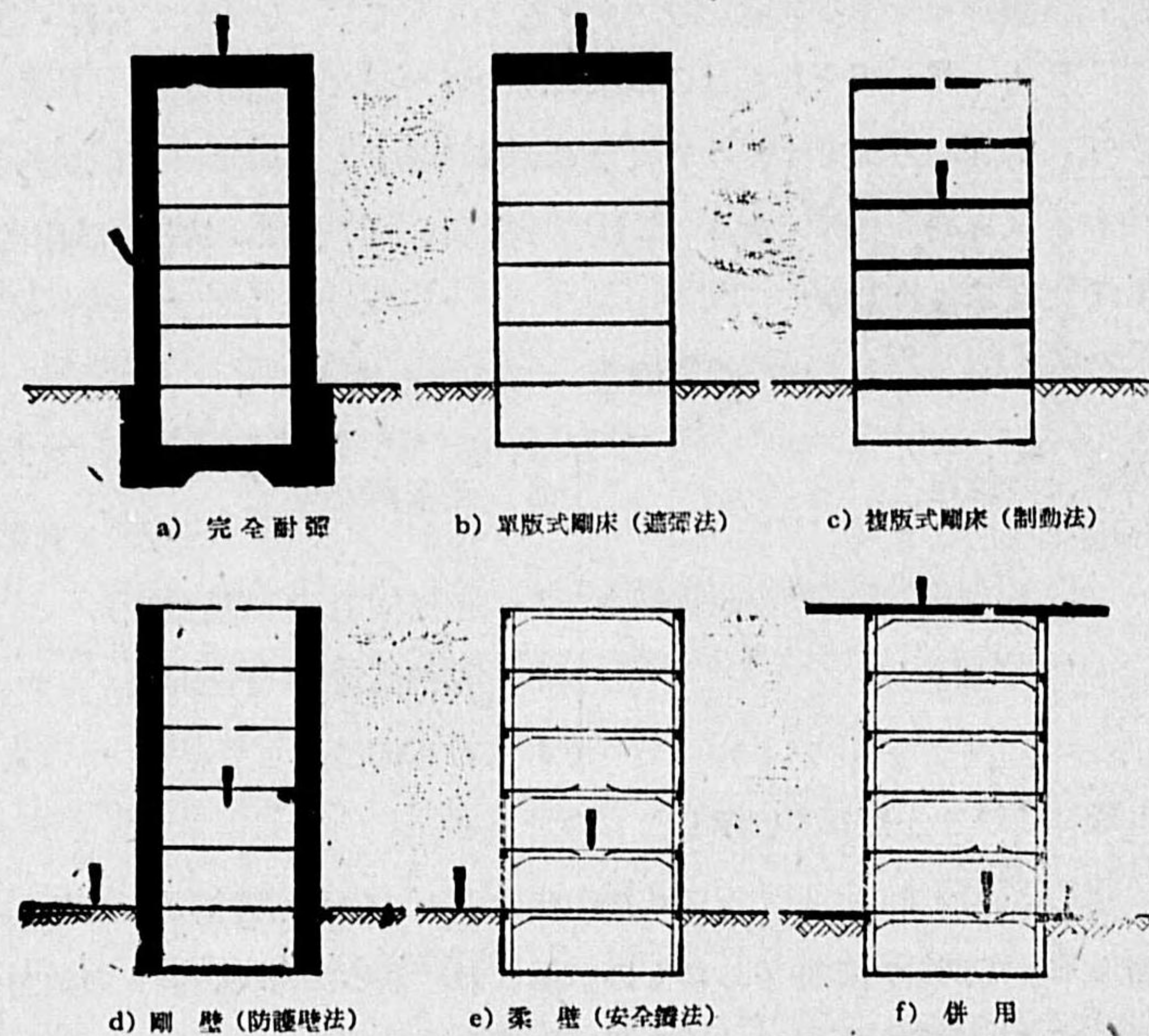
- | | | | | |
|---------|---|--------------------|---|----------------|
| 耐弾構造の種類 | { | I. 完全耐弾構造 (剛床剛壁構造) | { | a. 單版式 (遮弾法) |
| | | 1. 剛床構造 | | b. 複版式 (制動法) |
| | { | II. 簡易耐弾構造 | { | 2. 剛壁構造 (防護壁法) |
| | | 3. 柔壁構造 (安全辦法) | | |
| | | | | 4. 併用構造 |

第 166 圖はこれを一括して圖示したものである。

各種の簡易耐弾構造は、要するに或種の假定の下に完全耐弾構造を簡易化し、若くは省略を加へて部分的に應用したものに過ぎぬ。然るに爆弾の個々の效力に對する防護手段には、その相互間に矛盾の存する場合もあつて、或る效力に對して有効適切と考へられる構造方法が、同一爆弾の他の效力に對して必ずしも有利と認められぬこともある。例へば、彈爆の近距離作用たる爆破效力による損害を輕減せんが爲には、壁體を骨組に對して可及的「柔軟」に接合して置く方が有利な場合がある

が、同じ壁體を爆彈の遠距離作用たる爆壓に對して抵抗せしめんが爲には、逆に骨組との接合部を「剛強」に構成せねばならぬ類である。

従つて簡易耐彈構造を採用せんとする場合には、その構造方法は各種の相矛盾する要求の平均する所を狙つた妥協策であるか、さもなくば最初から或種の要求（例へば近距離作用に對する防護）を全然無視して、専ら特定の要求（例へば遠距離作用に對する防護）のみを考慮に入れた冒險的手段となるを免れぬ。この意味に於て、從來提案されてゐる各種の簡易耐彈構造には夫々一長一短があるが、以下夫々の特徴を挙げ、將來の都市建築への應用の可能性並に取舍選擇の規準に就て所見を述べて見よう。



第166圖 耐彈構造の種類

簡易耐彈構造として誰しも先づ第1に考へ付く方法は、完全耐彈構造（第166圖 a）に見る如き剛強な屋根床版を一般の建築物に用ひ、投下爆彈の侵徹を上部に於

て防護せんとする方法である。これには屋根のみで防止する單版式（第166圖 b）と屋根並に各層の床で防止する複版式（第166圖 c）の2種がある。

單版式剛床構造 單版式剛床（第166圖 b）は建築物の屋上に1枚の耐彈層を設け、一定重量までの輕爆彈を屋上に於て遮り止めんとする方法である。「遮彈法」の名もあるが、平易にいへば「耐彈屋根」である。投下さるべき爆彈を中型又は小型と假定すれば、その侵徹・爆破を阻止する爲に必要な鐵筋コンクリート層又は鋼板の厚さは理論並に實驗結果から算定可能である（鐵筋コンクリート耐彈層に就ては第27表及び第28表参照）。

この種の構造を提唱する者は國の内外を通じて少くない。²⁾ この種構造の實施された建築物も亦内外にその數を尠しとせぬ。現行の我國の防空建築規則では、周知の通り、一定規模以上の鐵筋コンクリート造（鐵骨鐵筋コンクリート造を含む）の建築物に對して、原則的にその屋根を耐彈構造となすべきことが規定されてゐるが、これは正しくこの「遮彈法」に該當してゐる。³⁾ 屋根の耐彈構造としては、特殊配筋による厚さ40cm以上の版若くはこれと同等以上の耐彈效力あるものを用ふべきことが要求されてゐる。この構造によれば、一定重量以下の小型爆彈ならば、完全に屋上に於て阻止が出来る（第27表参照）。中型爆彈に對しても、一定重量まで

1) Abhalten der Bomben

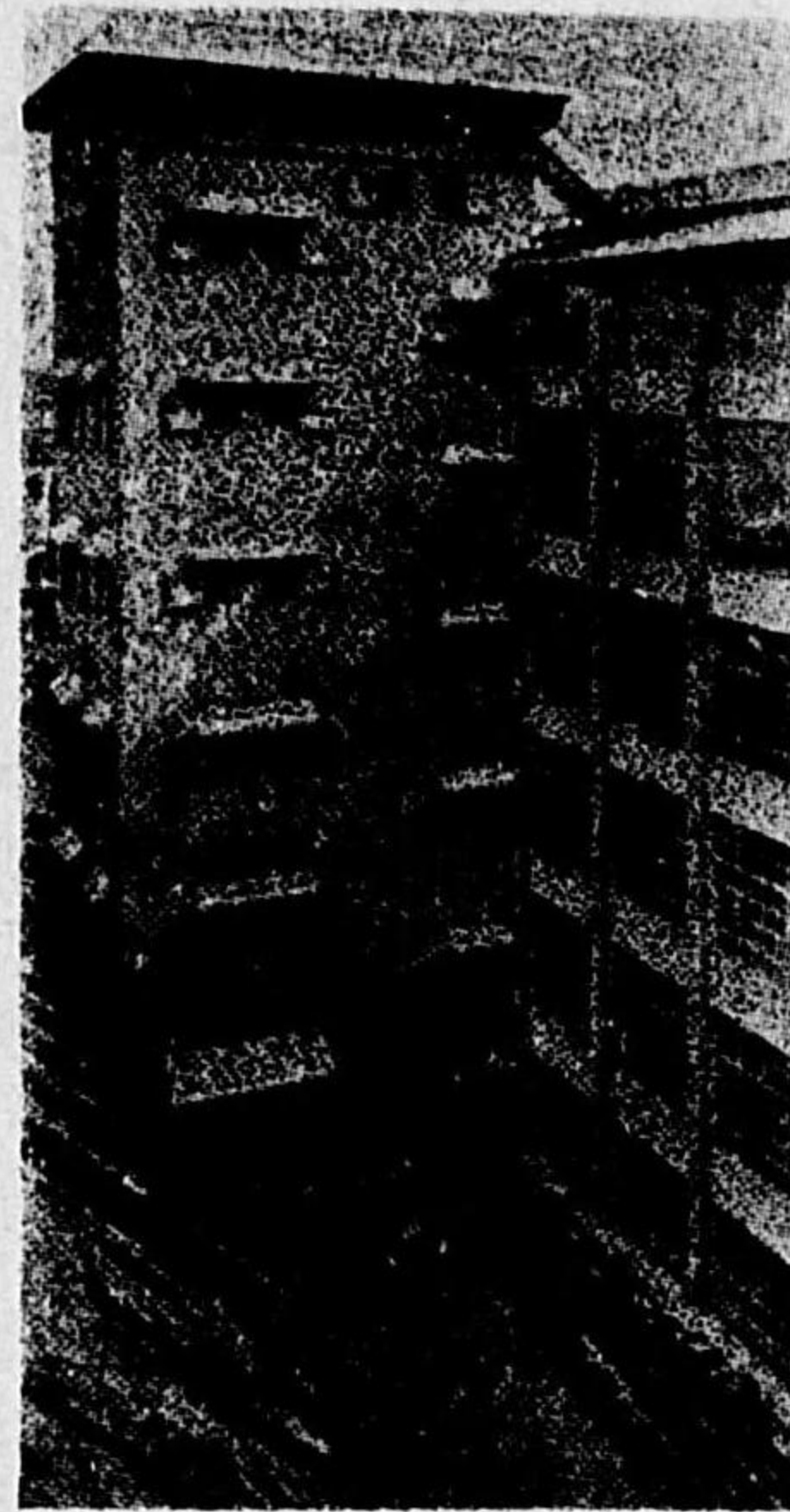
2) 例へばドイツのワイス (Weiss, Dipl.-Ing. A.) は12kg以下の輕爆彈に對しては、鐵筋コンクリート造屋根床版を以て建築物を防護すべきことを提案し、テーレン (Thelen, Dipl.-Ing. Otto) も11kg以下の爆彈に對して、同じく耐彈屋根を設くべしとし、シュレーター (Schroeter, Dipl.-Ing. Alfonso) は特殊形狀の2重鋼板より成る金屬屋根を設けて、兩鋼板間の空隙によつて爆彈の活力を小ならしむべしとなし、フランスのラヴィアノ (Laviano) は強靱なる金屬網を「起爆層」として重要建築物の上部に離して設くべきことを提案してゐる。1933年のドイツ國立銀行 (Reichsbank) 建築設計懸賞競技に於ても、應募圖案の大多數は耐彈屋根を提案してゐる（詳細は Schoszberger, Hans: Bautechnischer Luftschutz s. 49 参照）。

3) 防空建築規則 第9條:

鐵筋「コンクリート」造ノ建物又ハ建物ノ部分ニシテ階數6以上ノモノ又ハ階數5且其ノ床面積 3000m²ヲ超ユルモノニ在リテハ其ノ屋根ヲ耐彈構造ト爲スベシ。但シ最上階ニ集會室ノ類アル爲其ノ屋根ヲ耐彈構造ト爲シ難キ場合ニ於テハ其ノ部分ニ付テハ床ヲ耐彈構造ト爲シ之ニ代フルコトヲ得。

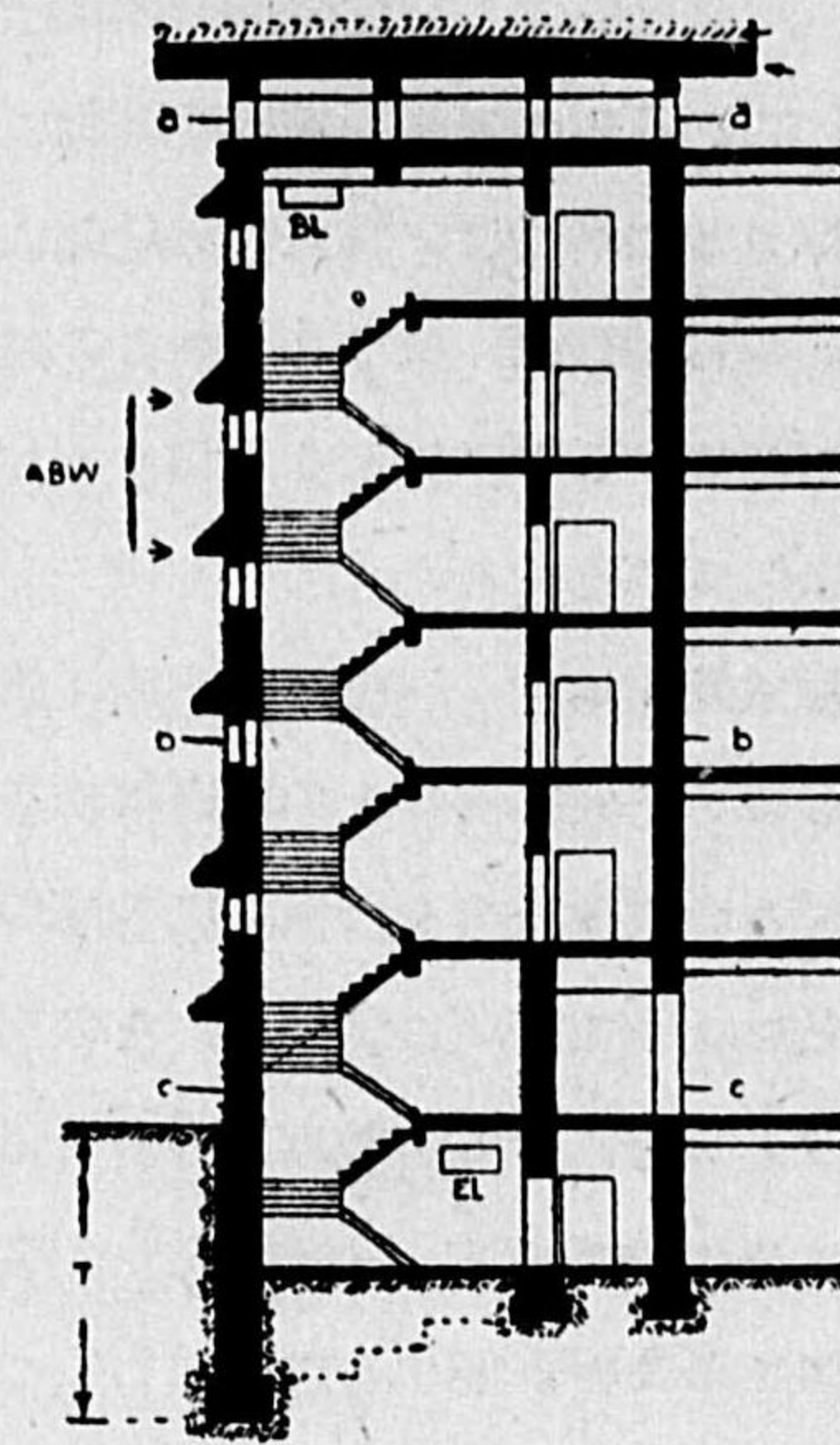
ばフランスのヴォーチエ¹⁾は 1000 kg 爆弾の侵徹を防止するために必要なコンクリートの厚さを 4m と假定し、ル・コルビュジエ (Le Corbusier) 案の高層建築 (第 167 圖)²⁾を利用して、その最上部数層の床版に対してこの 4m 厚のコンクリートを分配し、この部分で爆弾の貫徹を抑制して、居住者の收容されてゐる中層に到達する以前に炸裂せしむる方法を提唱してゐる。

ドイツのリュート教授³⁾も嘗ては複版式剛床 (制動法) の熱心なる主唱者の一人



第 168 圖 複版式耐弾屋根を有する階段室⁴⁾

(リュート教授案、建築家ヘッグ Högg 及びレチケ Röttschke 設計)



第 169 圖 同左 断面⁵⁾

(点線の部分は戦時補強、
ABW=Abweiser 防弾版、
リュート教授案)

1) Vauthier, Paul: Le danger aérien et l'avenir du pays, Paris 1930.
2) Baum, E.: Das moderne Grossstadtbild nach französischen Plan, Gasschutz und Luftschutz 1933. s. 166.
3) Rütth, Prof. Dr.-Ing. G.: Bauliche Massnahmen des Luftschutzes, Deutsche Bauzeitung Nr. 44, 45, 1934.
4) Frommhold, Dipl.-Ing.: Luftschutzraum-Bauwesen, Berlin 1939. s. 6.

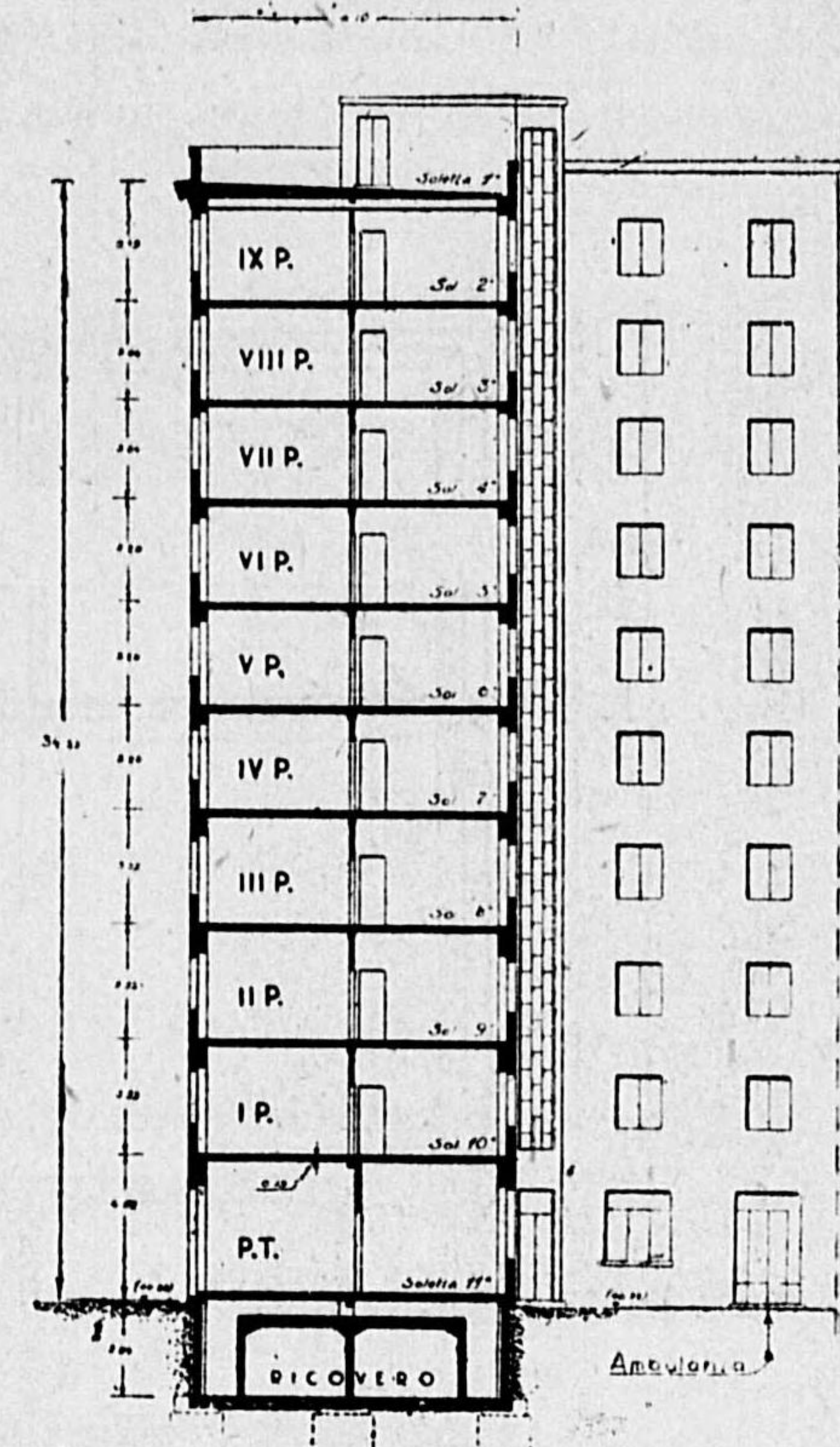
で、特に重要な官公衙・工場の類で、敵機來襲中と雖も、寸時も作業の中止を許されぬ建物に対しては、爆弾の侵徹抑制法として数層の耐弾屋根を設くべきことを提案し、戦時は更にこれにコンクリートを打足し、又は砂囊の類を載せて補強すべきことを提唱した。

リュート教授の提案に従つて既に實施を見た複版式構造の建物も少ない。第 168 圖はその實例で工場の階段室に應用されたものであり、第 169 圖はその断面である。階段室各階の窓の上部には防弾庇が設けられてをり、屋上は戦時にはコンクリートを打足して補強する様になつてゐる。

但し、著者が今回ドイツに赴いて實地調査し、特にリュート教授に面接して確め得た所によれば、同教授のこの案は既に舊く、現在では今次大戦に於ける實戦の経験に鑑み、この種重要施設に対しては、資材・勞力を惜しまず、總て完全耐弾構造を採用すべきことが國策として定められ、既に着々實施されつゝある。

イタリアのステリンワーフ教授

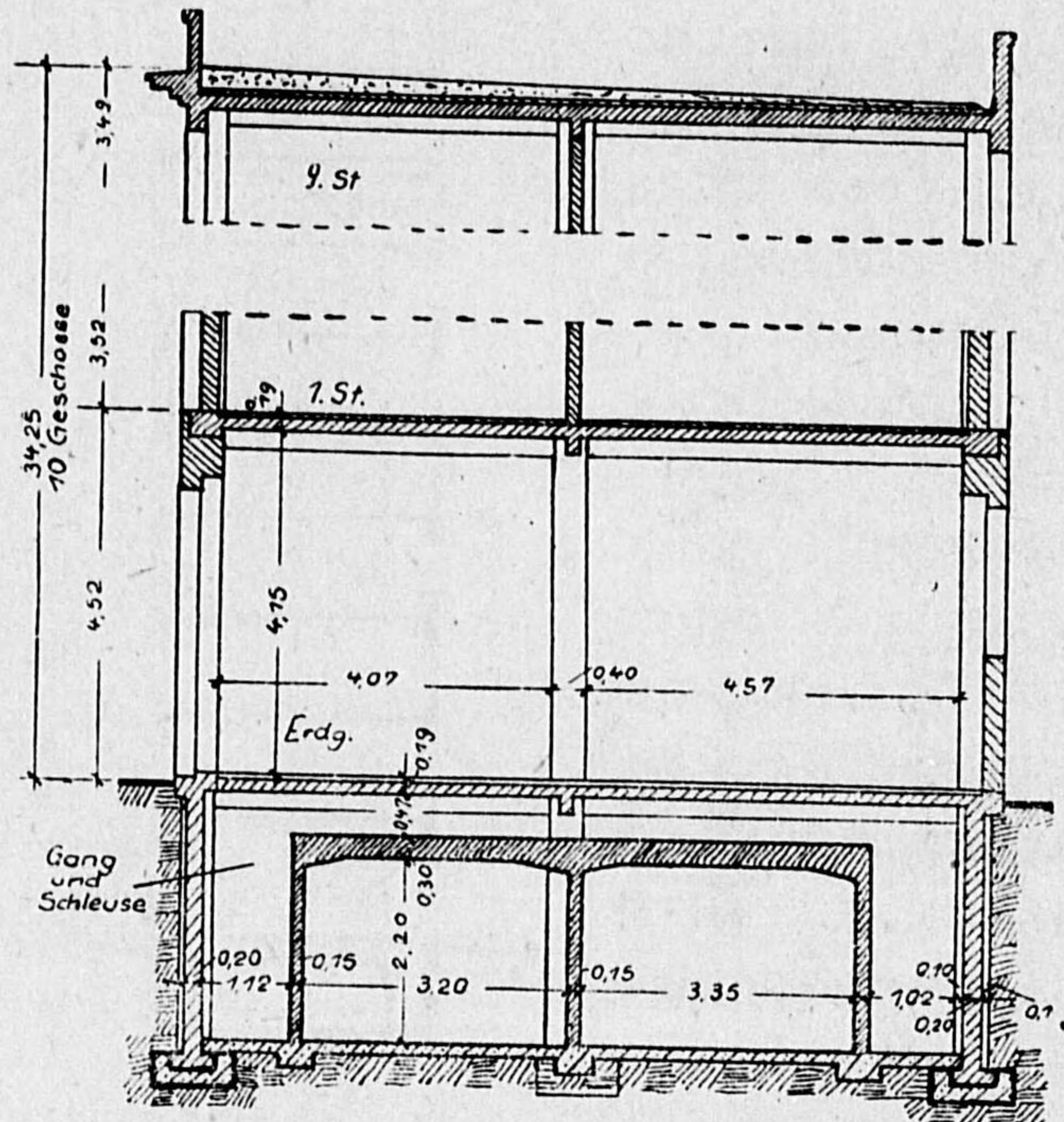
(Prof. Stellingwerff)¹⁾も複版式構造の熱心なる主唱者である。現在イタリアの高



第 170 圖 複版式構造の防護室を有する共同住宅²⁾ (ローマ市内)

1) 田邊平學: 「空と國」(防空見學・歐米紀行) 153 頁「防護室」の項参照。
複版式構造の效果に関する實驗的根據は 252 頁 脚註 4) 参照。
2) Stellingwerff, Prof. Ing. G.: Protezione dei fabbricati dagli attacchi aerei. p. 144.

層建築は、イタリア防空協会長たる同教授の指導の下に、中型爆弾（100 kg 級）を目標として、地下防護室を安全ならしむる爲に、上部床版並に側壁を複版式構造にしてゐる（第 170, 171 圖）。同教授はこの場合、梁の配置並に床版の配筋を出来れば各層毎に變化せしめ、床版を貫く爆弾が成るべく多數の梁や鐵筋に衝突して、その貫徹効力を減殺される様にする必要があるとしてゐる。



第 171 圖 複版式構造の防護室を有する共同住宅（第 170 圖）地下室の詳細¹⁾

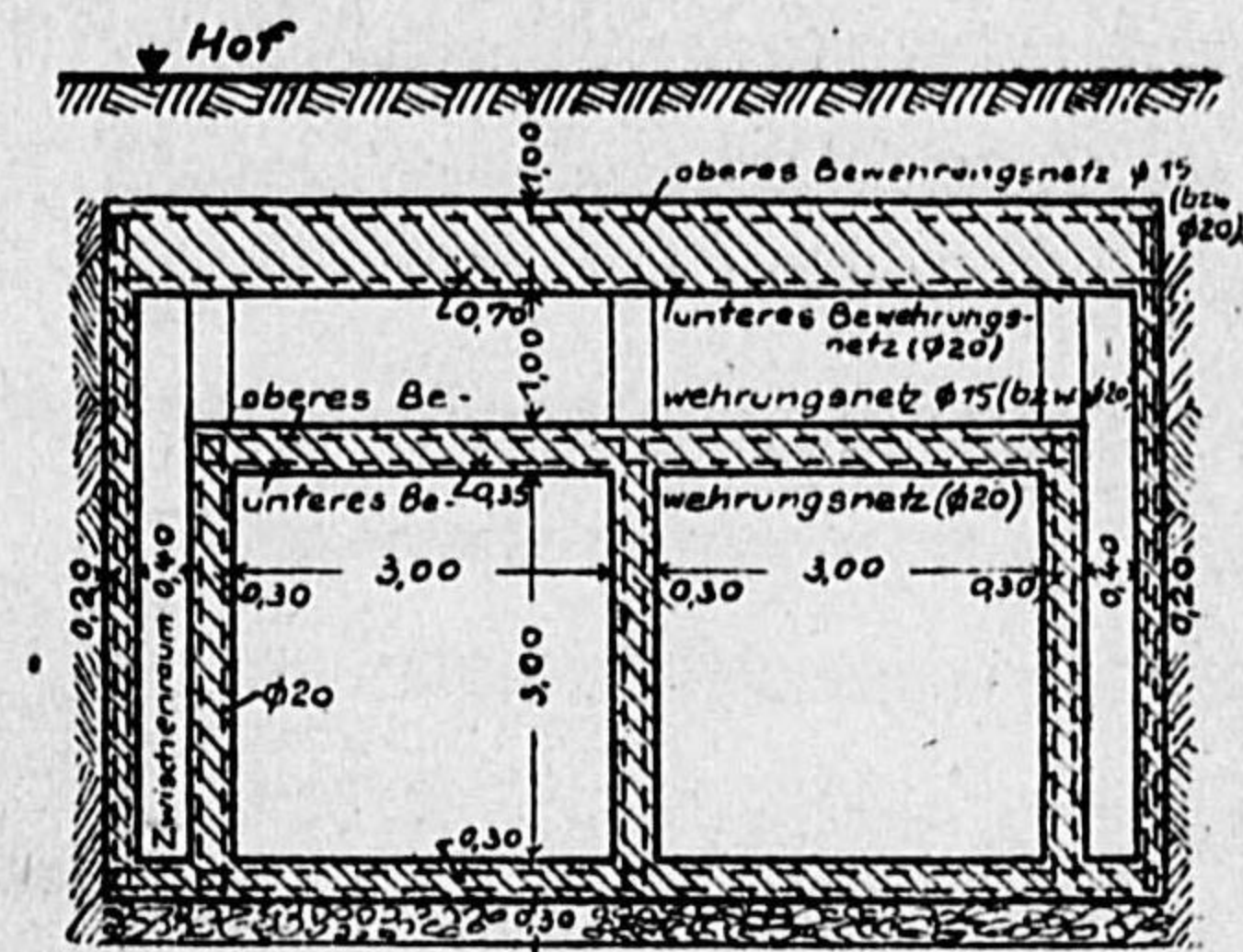
上部に高層建築による多數の床版がない場合には、上部床を必ず 2 重にし、第 1 床版を第 2 床版よりも厚くせねばならぬことに規定されてゐる（第 172 圖）。

1) 283 頁脚註 2) p. 145. 又は Bauwelt-Verlag: Luftschutz durch Bauen, Berlin, s. 245.

この種構造の利點並に缺點を列擧すれば下の如くであらう。

複版式剛床（制動法）の利點：

1. 一定重量までの爆弾の侵徹・爆破効力に對して、下方の階を防護し得る。
2. 爆壓・破片・彈片等の効力に對しても防護が可能である。
3. 側壁への命中彈、特に開口部から室内に侵入する爆弾に對しても、その貫徹を或る程度まで阻止し得る。
4. 耐弾屋根（遮弾法）による場合よりも概して工費が低廉である。



第 172 圖 複版式構造の防護室¹⁾
(ローマ市内某官衙)

複版式剛床（制動法）の缺點：

1. 下方の階のみが防護せられ、上層の階を犠牲に供せねばならぬ。
2. 高層建築以外には應用し得ない。
3. その他耐弾屋根（遮弾法）に於けると同様の各種の缺點がある。

要するに、適用範圍としては、複版式構造は耐弾屋根構造を以て阻止し得ざる重爆弾に對する防護法とされてゐるが、不安な點が少くない。多數の床版が重なつてゐる高層建築では、これ等の床版の抵抗を利用することは勿論有效である。殊に高層建築物の内部に防護室を設けようとする場合、上部を防護すべき床として特にこれが必要であるが、複版式構造を採用する場合にも、第 1 層たる屋根床版を剛強にして、先づ屋根で爆弾の侵徹エネルギーの大部分を吸収する方法を採ることが大切であらう。

住宅建築その他に多い 2 階建以下程度の個々の小建築物に對しては、將來と雖も 5 kg 以下程度の小型焼夷彈の侵徹に對して安全を期し得る鐵筋コンクリート構造の屋根を設けることが精々である。それ以上の剛強な屋根を設けることは困難であ

1) Bauwelt-Verlag: Luftschutz durch Bauen, Berlin, s. 246.

るのみならず、建物の上部に剛強にして而も重量の大なる屋根を設けることは、萬一の際に危険を増大する惧があらう。寧ろ將來の住宅建築の類に對しては、爆彈の侵徹乃至爆破防護の如きは斷念し、人命防護の施設に向つて力を注ぐべきものと信ぜられる。

尙、複版式構造を建築物以外の構築物に簡易耐弾構造として應用したものは少ない。第173圖及び第174圖は飛行機用地下格納庫に應用した例で、共にイギリスの提案であるが、鐵筋コンクリート造格納庫の天井の上に、別に「起爆層」¹⁾を設けてゐる。この種の構造は、現在歐洲諸國に於て格納庫を始め、油槽・彈藥庫等の軍事施設や重要地下工場の類に對して盛んに實施せられてゐる。

剛壁構造 剛壁構造(第166圖d)は、直撃彈を受けた場合は百年目と諦め、侵徹並に爆破に對する防護は斷念して、屋根並に床には特別の防備を加へず、たゞ外壁のみを比較的堅固な構造にして、近隣に落達炸裂する爆彈の爆壓・破片・彈片に對して防護せんとするもの。²⁾「防護壁法」³⁾の名がある。

剛壁構造(防護壁法)の利點:

1. 一定重量以下の爆彈が、一定距離以外に落達炸裂した場合に、その遠距離作用に對して建築物を防護し得る。

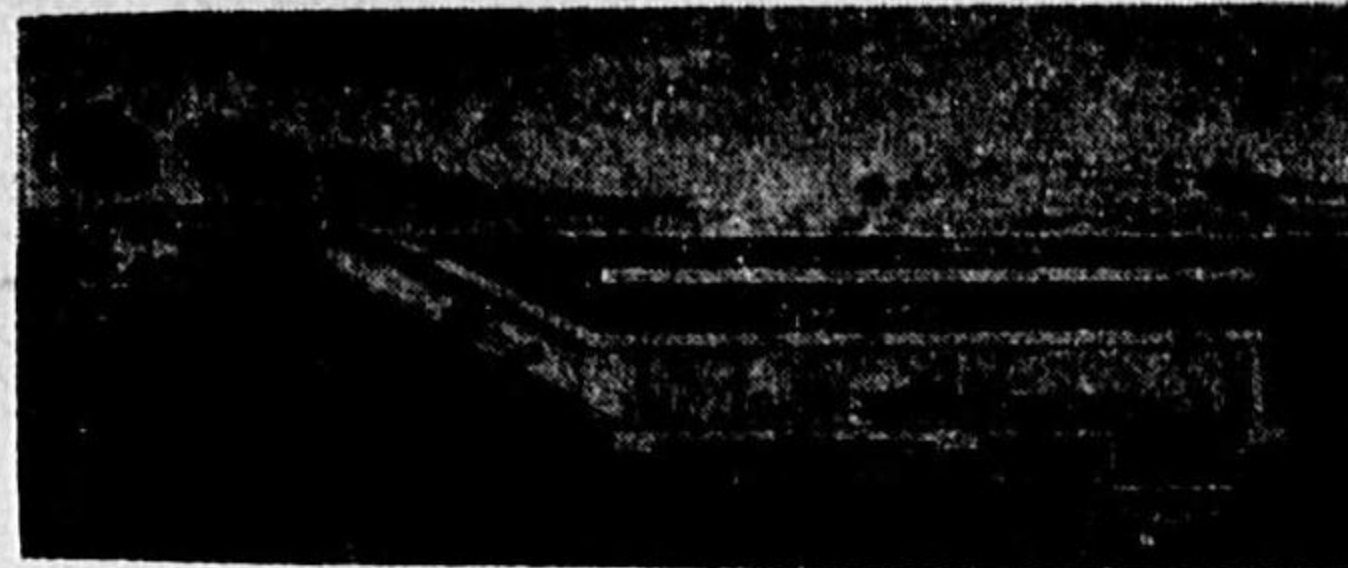
1) 獨 Detonationsschicht; 英 Burster course (upper layer)

2) Die Sirene Nr. 19, 1937. s. 508.

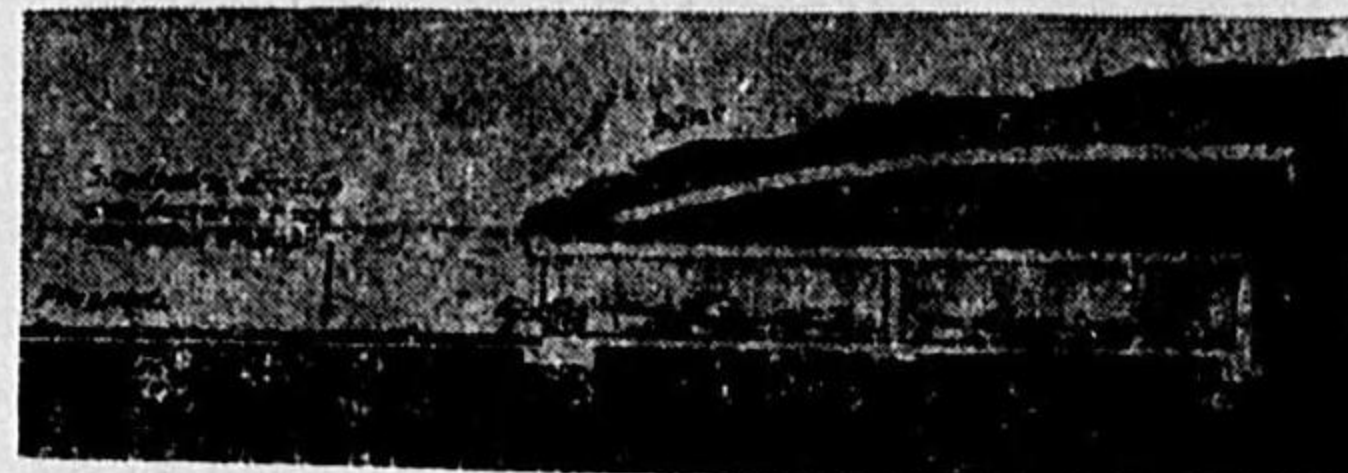
3) この種構造の提唱者としては、例へば下記がある。

Schoszberger, Dipl.-Ing. Hans: Der Schutz gegen Sprengbomben bei Neubauten, Bauwelt Heft 6, 1934.

5) Schutzwand



第173圖 複版式構造の地下格納庫²⁾
(飛行場の地下に設く、イギリスの提案)



第174圖 同上³⁾
(飛行場周囲の丘陵地に設く、イギリスの提案)

2. 耐弾屋根又は耐弾床の如き特殊の剛強な構造を用ひる場合に比し、通常の構造の壁體で済む場合が多い。従つて工費も低廉である。

剛壁構造(防護壁法)の缺點:

1. 直撃彈に對する防護を全然缺いてゐる。
2. 爆壓・破片・彈片等の效力に對する防護にも限度がある。即ち、一定距離以内で一定重量以上の爆彈が炸裂すれば、安全を期し難い。

剛壁構造(防護壁法)の適用範圍としては、一般に直撃彈を受ける惧の比較的少い建築物が擧げられる。例へば都市周邊部の分散配置による住宅建築、分散配置による工場建築、個々の獨立した建築物、その他一般に建築面積の小なる建築物に對して採用するに適する。

この場合推奨すべき建築構造は、耐震的な架構式(鐵筋コンクリート構造又は鐵骨構造によるラーメン)であつて、剛壁としては、やはり鐵筋コンクリートが最適である。

柔壁構造 柔壁構造(第166圖e)は、剛性構造の骨組に、所謂「填塞効果」を小ならしむる目的を以て柔性構造の壁體又は屋根・床を取付け、直撃彈を被つた場合に、建築物の内部に貫徹して炸裂する爆彈の爆壓に對して、壁體又は屋根・床が無抵抗にこれを受流し、建築物の存立上最重要なる柱・梁等の軸部に損傷なからしめんとするもの。「安全瓣法」¹⁾と呼ばれる所以である。この種構造を提唱するものも少ない。²⁾

柔壁構造(安全瓣法)の利點:

1. 大小各種の爆彈に對して、一樣に建築物の主要骨組を防護し得る。

1) Sicherheitsventil

2) 例へば

Müller, Dipl.-Ing. Otto: Das Bauwesen unter dem Einfluss veränderter Kriegstechnik. Deutsche Bauzeitung Konstruktionsbeilage 1929.

Herzka, Ing. Leopold: Die Frage des Stahlbaues und der Stahlverwendung für den Luftschutz, Gasschutz und Luftschutz Heft 2, 1933.

Schoszberger, Dipl.-Ing. Hans: Bautechnischer Luftschutz, Berlin 1934. s. 54.

Siedler, Prof. Dr.-Ing. Ed. Jobst: Modernes Bauwesen und Luftschutz. Privatdruck des deutschen Luftschutzverbandes, Berlin ohne Jahr.

2. 通常の建築構造法に比較して、特に工費を増大しない。従つて廣く一般に應用し得る。

柔壁構造（安全辦法）の缺點：

1. 小型爆彈の命中によつても、壁體や屋根が容易に吹破られる。
2. 近隣に落達して炸裂する爆彈の爆壓・破片・彈片等の效力に對して防護し得ない。

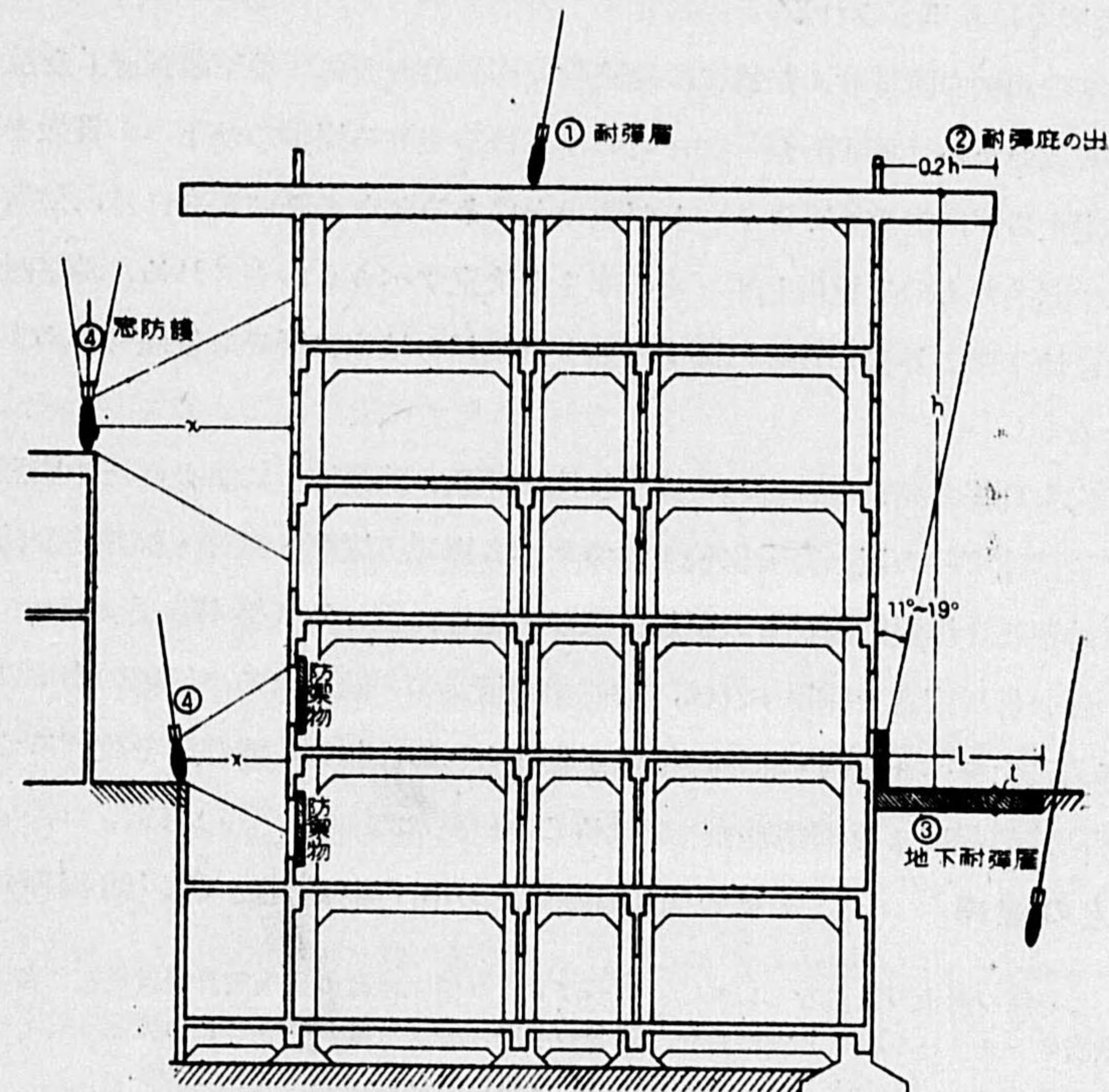
柔壁構造（安全辦法）の適用範圍としては、前記の剛壁構造とは反對に、命中彈を受ける危険性の異なる建築物が挙げられる。例へば、都市中心部の人口稠密なる地區に在る一般の建築物、頻度空襲を受ける惧ある重要施設の類で、完全耐彈構造乃至耐彈屋根によつて爆彈の貫徹を防止する必要の特に大ならざるもの、その他一般に建築面積大にして隔壁少き建築物（大工場・格納庫・百貨店の類）に對して採用するに適する。

この場合、建築物の構造としては、骨組は勿論架構式（鐵筋コンクリート構造又は鐵骨構造によるラーメンで、充分剛強なると共に爆壓を受くべき面の可及的小なるもの。理想としては、例へば高級鋼）たることを要するが、壁體並に床・屋根に用ひる構造材料は、建築物内に於て炸裂する爆彈の爆破力を瞬間的に受け流し、以て主要骨組の破壊を避け得る性質のものでなくてはならぬ。輕量材料（例へば「帳壁式」に取付けた金屬板・ボード類又は輕量コンクリートの如き）が望ましいが、特殊材料ならずとも、鐵筋コンクリート版でも薄いものや窓・出入口等の開口部の異なるものならば、この目的に略適ふであらう。

何處から柔壁構造が有利となり、剛壁構造が不利となるか、といふ建築面積上の限界を明確に示すことは困難である。耐震構造の場合に、地盤の硬軟に従ひ、建築物の骨組を或は柔軟に、或は逆に剛強に造ることが適當であらうといはれ乍らも、その限界を誰も明確に斷定し得ない状態にあるのと全く相似たる關係にある。耐震構造上の實際問題としては、周知の如く、一般に剛性構造が採用されてゐる。耐彈構造に就ても、實際問題としては、剛強なる完全耐彈構造（第166圖 a）に歸すべきものと信ずる。唯、經濟上の理由その他から、簡易構造を採らねばならぬ場合

に、柔性構造を採用するに適した範圍があるものと知るべきである。即ち、達觀的に斷定すれば、2階建以下の住宅の如き小建築物に對しては、剛壁が優り、建築面積の大なる工場の類に對しては、寧ろ柔壁が有利であるといへよう。

併用構造 併用構造として、上記各種の耐彈構造法の2種以上を適當に組合せたものも考へられる。第166圖 f に示すものはその1例として、遮彈法（第166圖 b）と安全辦法（第166圖 e）とを組合せたものである。即ち、一定重量までの輕爆彈は耐彈屋根によつて遮り、内部への貫徹・爆破を阻止する。それ以上の重爆彈が命中した場合には、餘儀なく建築物内部への貫徹を許すが、その爆破效力は柔壁構造の安全辦法作用によつて減殺し、以て主要骨組の致命的損傷を防ぎ、建築物の



第175圖 鐵筋コンクリート造建築物の防護
(陸軍築城部本部：「耐彈構造資料」防彈 16 に據る)

倒潰等を來さざらしめんとする方法である。¹⁾

陸軍築城部本部編「耐彈構造資料」に示されてゐる鐵筋コンクリート造建築物の防護法(第175圖)も、一種の併用構造と見るべき簡易耐彈構造である。即ち一定限度までの爆彈は屋上の耐彈層(第175圖①)を以て阻止せんとするもので、耐彈層の厚さ及び配筋は、既述の侵徹並に爆破に對する防護方法により、想定せる爆彈に應じて設計し得られる。

この場合、側壁への命中彈を防ぐ爲、屋上の耐彈層を突出せしめて「耐彈庇」とすることも一案である(第175圖②)。耐彈庇の出は想定する彈種・飛行速度・飛行高度等によつて決定されるが、一般に爆彈の侵入を阻止せんとする部分の高さの0.2倍程度で足りるとされる。

地下室の側壁を防護せんが爲に、建築物周囲の地表面に「地下耐彈層」を設けることも有効である(第175圖③)。その厚さは想定せる爆彈の地下への貫徹を防ぐ様に算定するが、鐵筋コンクリートが土の上にある如き重層の場合には、侵徹と貫徹との中間的なものと見做して、その厚さを決定すべきものとされる。地下耐彈層の幅は、地下室の外壁が危険に瀕する如き近距離の地中に爆彈を侵徹せしめざる様に定める。

窓・出入口等の開口部に對しては、既述の「窓の防護法」により、その附近(地表又は隣接建築物の屋上等)に於て炸裂すべき爆彈の爆壓・破片・彈片等を防護し得べき防禦物を炸裂位置からの距離に應じて適當に設ける(第175圖④)。

この種の併用構造を採用すれば、前記柔壁構造の一缺點たる小爆彈の命中によつても容易に生ずべき壁體・床等の損傷が避けられる。但し、耐彈層を設けることによつて、或る程度まで工費の増大を見ることは免れない。

構造の選擇 上記5種の簡易耐彈構造の中「耐彈屋根」(第166圖b)・「耐

1) この種の構造の提案者としては、例へばドイツ國立銀行の建築設計懸賞競技に當り、屋上に鐵筋コンクリート版を2重に設け、兩者の間に砂層を置くべきことを提案したメーベス及びエムメリッヒ(Mebes und Emmerich)の如きがある。詳細は下記参照。

Schoszberger, Dipl.-Ing. Hans: Der Luftschutz beim Wettbewerb der Reichsbank, Bauwelt 33, 1933.

彈床」(第166圖c)及び「併用式」(第166圖f)の3者は、程度にこそ差があれ、その目的とする所は、結局剛強なる床版によつて爆彈の貫徹を阻止せしめるものである。相當の工費の増加は免れぬが、或る程度まで有効なることは確實である。従つてこの負擔に耐へ得る建築物に對しては、適用する價値が充分にある。

「剛壁式」(第166圖d)並に「柔壁式」(第166圖e)の兩構造は共に、命中彈の建物内部への貫徹を許すものであるが、工費の點は在來の構造による場合と全く同様か、若くは増加しても少額の程度である。この點で一般的に實施し易い利點を持つ。例へば、大陸方面その他に見る從來の煉瓦造建築物ならば、その儘で或る程度の「剛壁構造」と見ることが出來よう。又我國に於て從來實施されて來た耐震的なラーメン建築(鐵筋コンクリート構造・鐵骨構造の類)ならば、特別の工夫を施さずとも、大部分がその儘で或る程度の「簡易耐彈構造」として、即ち壁厚く窓小なるものは「剛壁構造」として、壁薄く窓大なるものは「柔壁構造」として役立つものと見られる。現に建築の當初に於て格別耐彈的に考慮されてゐなかつた建築物でも、構造が單に鐵筋コンクリートであつた、といふことのみによつて、防護壁としての役目を十分に果した實例が、過去の爆發事件や空襲の際に、尠からず見出されてゐることによつても大體の見當が付く。

要するに、耐彈構造の種類として考へられるものは、現在の所上記で大體盡きてゐる。従つて、將來の都市構築に當つては、建築物の重要性・用途並に許さるゝ資材・勞力・經費等に應じて、この中から適當な構造を選擇採用すればよいのであるが、防彈上の要項は、結局次の如きものとならう。

1. 直接爆撃目標に擇ばれる惧ある重要施設に對しては、直撃彈に備へてその侵徹・爆破を防護し得べき「完全耐彈構造」(第162圖及び第166圖a)を採用する。

窓・出入口等の開口部は弱點となるから可及的小さく、且つ數を少くしてこれに堅固なる耐彈扉を設ける。出來得れば窓無しとする。この場合換氣・照明等は機械的方法に依る。

2. 一般の高層建築物に對して簡易耐彈構造を實施せんとする場合には、「併用

- 構造」(第166圖f又は第175圖)を採用する。即ち一定限度までの軽爆弾は屋上の耐弾層を以て阻止し、建物内部に貫徹して炸裂すべき重爆弾に対しては、剛強なる骨組を以て抵抗する。
3. 直撃弾を受ける危険多き大工場・格納庫・百貨店等の如く一般に建築面積大にして、而も隔壁少き建築物に対しては、完全耐弾構造を採用し得ざる場合には、冒險的手法ではあるが「柔壁構造」(第166圖e)を採用するのも一案である。
 4. 直撃弾を受ける危険少き分散配置による工場・住宅等の如く一般に建築面積小にして、而も疎開獨立せる建物に対しては、簡易耐弾構造としては「剛壁構造」(第166圖d)を採用する。
 5. 總ての場合を通じて架構式建築(鐵筋コンクリート構造・鐵骨構造の類)が最も有利である。侵徹・爆破等の近距離作用に対する抵抗も大きく、爆壓・破片・彈片に対しても防護し易く、耐震性にも富んでゐる。「分散疎開」の鐵則に次いで、「鋼」並に「コンクリート」の兩材料こそ、現在及び將來を通じて都市構築の最上の武器である。
 6. 組積式構造(煉瓦構造・石構造の類)は、耐火的ではあるが耐弾的ではない。爆弾によつて破壊され、建物全體の崩潰を招き易く、且つ壁體の崩潰や破片の飛散によつて死傷者を多く出し易い。耐震上不利なることは周知の通りであるが、防空上からも好ましくない。煉瓦造建築の類に対して、若干の補強を加へ耐弾性を増さんとする考案も無いではないが、勞多くして效は少い。
 7. 木構造は耐震耐風構造に於けると同様に、斜材(筋違・方杖の類)並に補強鐵物の使用によつて、「耐爆木構造」として或程度まで爆壓に抵抗し得る様にすることは必ずしも困難ではない。但し、木構造は直撃弾に対して全然無抵抗である計りでなく、破片・彈片・掃射彈・高射砲彈破片に対しても防護し得ず、殊に火に対して弱い致命的缺陷がある。故に將來の防空都市建設に採用すべき構築材料では斷じてない。
 8. 耐震的に考慮された「簡易鐵筋コンクリート構造」乃至「組立式鐵筋コンク

リート構造」¹⁾の類は、或る程度までは爆壓にも抗し得べく、耐火性にも富み、大量生産によれば建築費も比較的廉い。都市周邊部の住宅建築等に適するものとして將來性が認められる。

c) 既存施設の防弾

防護要領 防弾に関して前各項に記述せる所は、主として建築物その他の施設を新築する場合に就てである。既存建築物に対する應急的防弾施設の類は、本書の目的外であるが、既存施設の場合にも、前各項に述べた新築の場合の要項を目標として、これに成るべく近付ける様に努力すれば、或る程度までは目的を達し得るであらう。

但し、新築の場合と異り、既存建築物を爆弾の威力に対して防護せんとすることは一般に困難であつて、勞多く而も經費を要する割合に效果の期待し得られぬ場合が多いであらう。殊に爆弾の近距離作用たる侵徹・爆破に対して完全に防護することは、殊に木造建築物の場合、斷念しなくてはなるまい。結局、既存建築物乃至即存施設の防護法としては、その周圍に防護壁の類を設置して、爆弾の遠距離作用たる爆壓・彈片・破片等に備へる位より外には適當な方法があるまいと思はれるが、これとてもその効果を過信することは出来ぬ。

個々の重要建築物乃至重要施設に対しては、應急處置として可及的有效的な防護手段を講ぜねばならぬが、その方法としては、鐵筋コンクリート造建築物ならば、第175圖に示される所に従つて、屋根床版に鐵筋コンクリートを打足し、又は建物周圍の地上に堅固なコンクリート鋪装を施して耐弾層を設ける手段が考へられる。耐震計算上餘裕ある骨組ならば、屋上に耐弾層を設けることも一方法であるが、折角設けて見ても薄弱な屋根床版では、實際投下さるべき敵弾に対して効果を十分に發揮し得ない惧がある。故に爆弾の想定を慎重にし、これに対して眞に實效ある如き耐弾層を設置する様に注意せねばならぬ。

鐵骨構造乃至木構造の開放的な建築物(工場・格納庫の類)ならば、應急處置と

1) 538頁及び540頁参照。

しては寧ろ「安全辦法」(第 166 圖 e) により、屋根・壁體等の材料並に構造を爆壓に對して抵抗少からしめ、重要骨組の損傷を防ぐ方策を講ずることが寧ろ得策な場合も少くないであらう。

文化財の防護 既存施設の防弾に關聯して注意すべきものに、特別保護建造物その他重要美術品等の文化財がある。第 1 次大戦當時の苦い經驗もあつて、今次大戦に當り、歐洲の各國に於てはこの方面に就ても開戦前から準備も相當に進められてをり、¹⁾ 又開戦後に應急處置を施したと認められるものも隨所に見受けられた。²⁾ 世界に比類なき貴重な美術品や誇るべき古建築を隨所に多數藏する我國としては、この方面の防護對策に就ても、無差別爆撃に備へて萬遺漏なきを期せねばならぬ。

應急復舊 爆撃による被害構築物乃至施設の應急復舊乃至善後措置に關しても、最悪の場合を想定して、豫め充分なる研究と準備が必要である。ドイツに於てはこの方面の技術的研究も、前大戦以來の經驗に基いて豫てから深く進められてをり、既に戦時下の昭和 16 年 (1941) に於て「應急復舊工學」³⁾ に關する廣汎なる科學技術展覽會がベルリン工業大學内に開催せらるゝ域にまで達してゐる。

空襲直後に於ける工作隊の活動も亦極めて迅速であつて、短時間内に復舊乃至修理を見事に完成し、人心安定の上に寄與してゐる所も尠くない。⁴⁾

1) 例へば下記の如き文獻がある。

Luftschutz für Museen, Bauwelt Heft 17, 1937. s. 393.

Kühn, Prof. Dr. Karl F.: Fliegerschutz für Kunst- und Kulturdenkmale, Brünn, Wien, Leipzig 1938.

2) 田邊平學: ドイツ (防空・科學・國民生活) 149 頁「記念物の防護」(ドイツの實例) 及び「空と國」(防空見學・歐米紀行) 150 頁「記念物の防護」(イタリアの實例) 參照。

3) Instandsetzungstechnik

4) 田邊平學: ドイツ (防空・科學・國民生活) 68 頁「防空組織」特に「保安救護隊」(SH=Sicherheits- und Hilfsdienst) の項參照。

例へばベルリン大空襲の際と雖も、窓硝子は即日、市電・地下鐵は大體 1 日、水道は約 3 日、ガス及び電話は約 7 日で復舊され、地下室内の電燈は、配線が考慮されてゐる爲、建物の上部が破壊されても殆ど停電を見てゐない。罹災者の爲には規格化された組立式家屋 (木造平家建屋根片勾配、大人 4 名子供 4 名収容、價格約 2000 マルク) が急造されつゝあり、ハンブルグの如きは空襲の直後、毎週 8000 戸の割合で建設され、忽ち勞働力の回復を見た。

IV. 防 毒

1. ガ ス 弾

a) 將 來 の 化 學 戰

毒ガスの效果 將來の都市構築に當り、ガス攻撃に對して安全を期し得る様な建築物を造ることは決して難事ではない。耐火・耐弾の兩構造に比較すれば、防毒的構造設備は寧ろ容易であるといひ得る。本編に於ては、防毒に關する事項中、特に建築物の構造設備に關係ありと認められる事項を概述する。

第 1 次世界大戦以來、一般に「毒ガス」¹⁾ と稱せられる化學兵器の中には、ガス状のもの以外に、液體並に固體のものもある。これ等の毒物は、或はこれを空氣中に混じ、或はこれを物體に附着せしめて人畜その他に害を及ぼすことを目的として兵器に使用される。

ガス戰術は第 1 次大戦當時、西部戰線のイーブルに於て獨軍が使用したのに始まる。²⁾ 但し、航空機によるガス攻撃は大して問題でなく、建築防空的に對策を研究せねばならぬ様な事態には立至つてゐなかつた。即ち第 1 次大戦當時の化學戰は、窒息性・噴嚏性の毒ガスから始つて糜爛性のものにまで及んだが、その用途は主として地上の戰闘に限られ、空中からガス攻撃を敢行した實例は、僅かに大正 5 年 (1916) の秋、略時期を同じくして、東部戰線及び西部戰線に於て各 1 回、計 2 回が數へられるのみであつた。

1) 獨 Giftgase, Kampfgase; 佛 Gaz de combat; 英 Poison gas

2) ハーバー博士 (Dr. Haber) 提案の新攻撃法として、西部戰線の局面打開の爲、獨軍は毒ガス戰術を採用し、大正 4 年 (1915) 4 月 22 日午後 5 時頃イーブル (Ypres) の戰線に鹽素ガスを放射し、敵の混亂に乗じてランゲマルク (Langemarck) を占領した。聯合軍側の損害は中毒者 15000 名 (内死亡 5000 名)、捕虜 5000 名と傳へられる。

將來戰、殊に都市空襲に於て毒ガス攻撃の效果乃至危険が如何なる程度であるかを正確に豫想することは容易でない。毒ガスの效力を過大に評價して恐怖することも當らぬが、さればとて一般市民を安全に防護し得べき充分なる施設が完備してをらぬ限り、毒ガスを輕視してかゝることは勿論許されぬ。毒ガス研究の權威として知られるハンスリアン¹⁾が、「將來戰に於ては、毒ガスが主要兵器となるには至らぬにしても、主要兵器の一たるべきことは疑のない所であらう」と述べてゐるのは含味すべきである。

今次大戰と毒ガス 今次歐洲大戰では、都市空襲には未だ毒ガスは用ひられてゐない。敵味方共に報復を恐れてゐる爲と思はれる。然し、研究的方面では、例へばドイツ空軍省直屬の「防空研究所」²⁾に於て、その科學技術部第1課が防毒・消毒關係であることによつても分る様に、油斷なく諸般の研究や準備が進められつゝあることはいふ迄もない。³⁾例へば、防毒面一つにしても、ドイツでは軍用は勿論、國民用のものも男女子供の別に従ひ、大小夫々3種類の規格品があり、イザとなれば、直ぐにも間に合ふ様に準備されてゐる。現に防空第1線部隊たる保安救護隊を始め、自衛防空の防火班員等が、煙の中で活動し得る様に、銘々防毒面を常に携帯してゐることによつても、その一斑が窺へよう。

集團防護を目的とする防護室に就ても同様であつて、一般家庭の應急防護室では、防毒關係の施設は一般的に後廻しとされてゐる觀があるが、恆久的意圖の下に既に設置され、又は目下盛んに設置されつゝある「耐弾防護室」・「救護所」等に於ては、公共的施設・工場等の場合は勿論、共同住宅等の場合にも素晴しく完全なものが出來上つてゐる。今日及び將來の化學戰に對して、盟邦ドイツがこれを如何に評價し、如何に重視してゐるかは、これ等の施設の一端を見ても、大體を窺ひ知ることが出來よう(第V編「防護室」参照)。今日までの都市空襲に毒ガス戰術が採用されてゐないからといつて、明日の空襲にも毒ガス攻撃は無いであらう等と速断

1) Hanslian, Dr. R.: Der chemische Krieg, 3. Aufl. Berlin 1937.
 2) Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz
 3) 田邊平學: ドイツ(防空・科學・國民生活)73頁「防空研究機關」の項参照。

第39表 毒ガスの分類

生理作用	特 性	化 學 成分	主 要 毒 ガ ス			
			名 稱	分 子 式	常 温 形 態	特 臭
1) 遅効性 2) 嘔吐性	持久性	硫 黄 系	イペリット	(C ₂ H ₄ Cl) ₂ S	液體	芥子臭
		砒 素 系	ルイサイト	CHClCHAsCl ₂	液體	天竺葵臭
アダムサイト	(C ₆ H ₄) ₂ NHAsCl		固體	無臭		
チフェニル, シアン, アルシン	(C ₆ H ₅) ₂ AsCN		固體	刺戟臭		
3) 窒息性	一時性	鹽 素 系	チフェニル, クロル, アルシン	(C ₆ H ₅) ₂ AsCl	固體	刺戟臭
			鹽 素	Cl ₂	氣體	刺戟臭
4) 催涙性	一時性	鹽 素 系	フオスゲン	COCl ₂	氣體	腐堆肥臭
			チフオスゲン	CICOCCl ₃	液體	同 上
5) 中毒性	一時性	鹽 素 系	クロル, ビクリン	CCl ₃ NO ₂	液體	刺戟胡椒臭
			クロル, アセト, フェノン	C ₆ H ₅ COCH ₂ Cl	固體	芳香刺戟臭
5) 中毒性	一時性	ブロム系	ベンジル, ブロマイド	C ₆ H ₅ CH ₂ Br	液體	芳香刺戟臭
			ブロム, ベンジル, シアナイド	C ₆ H ₅ CHBrCN	固體	刺戟臭
5) 中毒性	一時性	シアン系	青 酸	HCN	液體	微苦扁桃油臭

- 1) 皮膚を侵し、水疱を生じ、遂に糜爛せしむ。眼・呼吸器・消化器等を侵し、重症の場合は死に至らしむ。
- 2) 氣道を侵し、クシャミを發せしめ、更に刺戟の爲、鼻汁・唾液の分泌甚しく、咳嗽・胸痛等の大なる苦痛を與ふ。
- 3) 呼吸器を侵し、窒息死に至らしむ。
- 4) 眼を刺戟して涙を出さしめ、一時著しく視力を害ふ。
- 5) 中樞神經及び血液に作用し、中毒死に至らしむ。

することは早計である。

將來戰と毒ガス 然らば、將來の都市空襲には、果して如何なる種類の毒ガスが使用されるであらうか？ 或者は第1次世界大戰當時の化學戰史をその儘に、「最初は市民がガス空襲の體驗を持たぬから、窒息性ガス或は嘔吐性ガスの様なものでも相當有效である。然し漸次ガス防護の要領を覚えて來る様になれば、この種の一時性ガスでは、效力が次第に減じて來るから、次にはイペリットの様な持久性で且つ執拗性のあるものを用ひ、執念深く效力を發揮させて、市民を惱ますといふ具合に、逐次深刻になつて行くのではあるまいか」といふ。又或者は「速戰即決的

第40表 ドイツの毒ガス分類法

種 類	生 理 作 用	標 識
1. 害の無いガス	催 涙 剤 (Augenreizstoffe)	白 色 十 字 (Weisskreuzkampfstoffe)
T- シュトツフ	キシリル, プロマイド	
B- シュトツフ	プロム, アセトン	
Bn- シュトツフ	プロム, メチル, エチル, ケトン	
2. 少々有毒なガス	刺 戟 剤 (Reizstoffe)	青 色 十 字 (Blaukreuzkampfstoffe)
クラーク I	サフェニル, クロル, アルシン	
クラーク II	サフェニル, シアン, アルシン	
デイック	エチル, サクロル, アルシン	
3. かなり有毒なガス	發 泡 剤 (Blasenziehende-kampfstoffe)	黄 色 十 字 (Gelbkreuzkampfstoffe)
ロ ス ト (イベリット)	サクロル, サエチル, サルファイド	
D- シュトツフ	サメチル硫酸 サクロル, メチルエーテル	
4. 猛毒ガス	肺 臓 傷 害 剤 (Lungenreizende-kampfstoffe)	緑 色 十 字 (Grünkreuzkampfstoffe)
ク ロ ル	鹽 素	
フォスゲン (D-シュトツフ)	カルボニル, クロライド	
パーシュトツフ (サフォスゲン)	トリクロル, メチル, クロロフォルメート	
ク ロ ヲ ヲ (クロルピクリン)	ニトロ, クロロフォルム	
K- シュトツフ	クロル蟻酸メチル	

に、最初から一足飛びにイベリットの洗禮を受けないものとも限らない」としてゐる。結局、敵の實施する攻撃であつて見れば、的確なことは豫測し難い、とするのが正しい見方であらう。

要するに、充分なる認識を持つて、防護要領を會得し、何時如何なる種類のガス攻撃を受けても動じない丈の精神的準備を整へると共に、防毒施設に就て萬全を期すに勝るものはないのである。

b) 毒ガスの分類

代表的毒ガス 戦用毒ガスとして既に知られてゐるものは、その種類が極めて多い。それ等の個々の名稱・化學組成・生理作用・檢知法・防護法等の詳細は、一般の化學書¹⁾に譲るが、代表的毒ガスを、生理作用の特性に従つて分類表示すれば、第39表の如くなる。

ドイツでは毒ガスを生理作用の特性によらず、作用の程度に従つて第40表の如く分類してゐる。即ち、比較的無害なものから猛毒なものまでを4階級に別ち、白・青・黄・緑の4色の十字形を以て夫々の標識とし、檢知・防護・消毒等の諸活動に際して、識別並に判断を容易ならしめてゐる。

毒ガスの比重 主要毒ガスの比重を示せば、第41表の如くである。殆ど總ての毒ガスが空氣よりも重い點に建築防空上特に注目を要す。

第41表 毒ガスの比重²⁾

名 稱	分 子 量	比 重 (20°C)	ガス 1 l の 重量 (g)	空氣に對する ガス比重
青 酸	27	0.7	1.25	0.93
一 酸 化 炭 素	28	— (氣體)	1.20	0.96
ク ロ ル	71	1.41	3.2	2.45
フ オ ス ゲ ン	98.9	1.38	4.4	3.42
ク ロ ル, アセト, フェノン	155.0	1.32 (固體)	6.9	5.31
イ ベ リ ッ ト	159.1	1.27	7.1	5.49
ブ ロ ヲ ヲ	159.8	3.21	7.2	5.52
ク ロ ル, ビ ク リ ン	164.4	1.66	7.3	5.69
ベンジル, プロマイド	171.0	1.44	7.7	5.90
三 鹽 化 砒 素	181.3	—	8.1	6.26
プロム, ベンザル, シアナイド	196.0	1.47 (固體)	8.7	6.76
サ フ オ ス ゲ ン	197.84	1.65 (15°C)	8.8	6.83
ル イ サ イ ト	207.4	1.88	9.2	7.16
サフェニル, シアン, アルシン	255.1	1.45 (固體)	11.2	8.80
サフェニル, クロル, アルシン	264.5	1.45 (固體)	11.8	9.13
ア ダ ヲ サ イ ト	277.5	— (固體)	12.4	9.58

1) 例へば下記参照。

山田櫻氏：「化學兵器」 共立社版

西澤勇志智博士：「新稿毒ガスと煙」 内田老鶴圃版

2) 西澤勇志智博士：「新稿毒ガスと煙」 16 頁第9表に據る。

c) ガス攻撃方法

航空機からの化学兵器投下には、次の2方法があるといはれてゐる。

1. ガス弾投下法

2. ガス滴下法

ガス弾投下法 ガス弾投下法は、ガス剤を充填した爆弾を投下する方法であるが、投下ガス弾には、物體例へば地表に觸れた瞬間に炸裂するものと、落下する途中で自動的に信管が作用し、地表上或る一定の高さで炸裂するものがある。この際ガス弾中に装填されてゐる爆薬は、單に弾殻を破壊する役目を果す程度のものであるが、又相當の爆破威力を有して弾片效力を及ぼすものもあるといはれる。

外國文獻、例へば前記ハンスリヤン (Hanslian) の説によれば、ガス弾には、「フオスゲン」¹⁾ の如き一時性效力の毒ガスを充填したものと、「イペリット」²⁾ の如き持久性效力の毒ガスを充填したものとが考へられるが、特にイペリットを用いたものには、單純な「イペリット弾」³⁾ 以外に、爆薬を相當多量に充填した「イペリット爆弾」⁴⁾ の如きものも考慮に入れねばならぬ、といふ。單なるイペリット弾は、落達して炸裂する際に、薬劑の一部分は液體となつて地上を流れ、又は地中に浸み込み又は周圍の物體に觸れて效力を及ぼすが、一部分は氣體となつて蒸發し又は霧となる。イペリット爆弾は、これに反して、強烈な爆破によつてイペリットガスを發生し、風の作用によつてこれが擴散されて廣範圍に效力を及ぼす。

ガス滴下法 ガス滴下法は、液狀の薬劑を航空機上の液槽から雨下させる方法で、これには人工的に壓力を加へて射出⁵⁾ する場合と然らざる場合とがある。この方法の缺點は、飛行高度が大なる場合には、薬劑の大部分が落下の途中で蒸發

1) Phosgen

2) 獨 Senfgas 又は Lost; 佛 Ypérite; 英 Mustard gas 芥子に似たる臭あるによつてこの名がある。

3) Reine Senfgasbomben

4) Senfgassprengbomben

5) 「毒煙射出法」と稱せられるものが即ちこれである。アメリカでは現にこれを森林や穀物の害虫驅除法として採用し、人間以外の物に對して盛んに應用しつゝある。

してしまふ爲、十分に效力ある濃度のガスを降らせることが不可能なことに在る。従つて低空飛行が必要とされるが、この場合は撃墜される危険が著しく増大する。

但し、反面に於て、投下ガス弾に比し、弾殻を要せざる爲、無用の重量を節約し得て、爆撃機の戦闘力を増大せしめ得る利點があるとされてゐる。

d) 毒ガスの效力

人畜・植物・構築材料等に及ぼす「毒ガスの效力」¹⁾ に関し、都市構築上参考となるべき事項を簡単に記述する。

攻撃者の側から見た場合に、毒ガスには「利點」も多いが「缺點」も少くない。先づ利點として、毒ガスが爆弾・砲弾等に比較して優れてゐるとされる點は、大略下記の如くである。

- | | |
|----------|------------|
| 1. 猛 毒 性 | 4. 戦闘不能的威力 |
| 2. 空間的威力 | 5. 精神的威力 |
| 3. 時間的威力 | |

猛 毒 性 毒ガスの效力は、想像以上に猛烈なものがある。窒息ガス・催涙ガス・中毒ガス・嘔吐ガス・糜爛ガスの5種の中、最初の3種は、所謂「毒ガス」として、その性質を常識的に判断してよい。例へば窒息性ガスたるフオスゲンは、肺水腫を起し、呼吸を不可能にして死に至らしめるが、臭も刺戟も軽い爲、不用意に吸ひ易く、後に至つて急に症状が現れる場合が多い。但し、この種の毒ガスは防毒面中の活性炭 ($10^{-7} \sim 10^{-8}$ cm 程度の黒鉛質結晶) で十分に除去し得られる。

嘔吐性ガスは、常温で固體である點と、微量で猛毒なる點とを特徴とする。²⁾ この種のガスを充填した弾が炸裂した場合、又は加熱により燻されて煙になつた場合には、熱の爲に一旦氣化したものが直ぐ冷却して微粒子となつて空中に浮ぶ。この粒

1) 獨 Wirkung der chemischen Kampfstoffe; 英 Effect of poison gas

2) 例へばサフェニル、シアン、アルシンは、空氣 1m^3 中に 0.25mg 混じてをれば、人間は1分間以上耐へ忍んでゐることは出来ぬ (第42表)。これを和風木造家屋の8畳間に換算すれば、僅かに 8mg (米粒の約 $1/2$) の量が瀰漫してをればよいことになる。刺戟性ガスとして一般に知られてゐる亞硫酸ガスに比し、約 1200 倍の強い刺戟に當る。

子の大きさは $10^{-4} \sim 10^{-5}$ cm 程度で、煙となつて風のまにまに漂ふことは氣體と同様であるが、活性炭はこの微粒子に對しては吸着し得ず、防護の能力が無い。従つて通常の防毒面では、これを通過して毒性を發揮する。

微量の時は、單に噴嚏を起す程度で済むが、普通は咽喉や胸を激しく痛め、鼻汁・唾・涎を出させ、甚しくなると嘔吐を起して苦悶させる。この種のガスに對する防護方法としては、フェルト・綿・濾紙の如き纖維質のもので機械的に濾過する方法が採られる。近來の防毒面にはこれ等の材料が入れられてゐる。

主要毒ガスの效力を一覽的に示せば、第 42 表及び第 43 表の如くである。

糜爛ガスは、特に下記の諸點に於て他の毒ガスと性質を異にする。

1. 糜爛性が強力である。¹⁾
2. 作用の發現が遅く、且つ治癒日數が長い。²⁾
3. 持久性が大である。³⁾
4. 臭ひが弱く警戒困難である。⁴⁾
5. 傷害率が他のガスよりも大である。⁵⁾

この故を以て、代表的糜爛ガスたるイペリットは「毒ガスの王者」とさへ呼ばれ

1) 他のガスと同様に、眼や呼吸器を害ふ以外に、皮膚を侵して糜爛作用を呈す。皮膚に接すると始めその部分が赤味を帯びて、ほのかに温味を感じ、やがてこれが水疱となり、次第に廣く深く擴がり、遂には破れて糜爛を起す。患部は火傷の如き痛みと痒みを伴ふが、糜爛效力は漆よりも數倍強く且つ病狀が深刻である。

2) 毒作用の發現迄に數時間を要す。液が附着した場合には、3 分間以内に消毒する必要があり、一旦作用が現れた後は手當をしても手遅れで、一定の中毒經過を辿らざるを得ない。治癒には普通 1~2 箇月を要す。

3) 沸騰點 220°C の液體で、揮發度が小さい爲、著しく持久性に富む。従つて撒かれた場所には長い間滞留して傷害を與へる。

4) 臭氣弱く、刺戟も餘り無い爲、その存在を知ることが困難で、附着しても氣付かぬ場合が多く、性質陰險である。従つて警戒が困難であるといふ點と、敵に必要以上の警戒不安を與へ得るといふ點との 2 重の効果がある。

5) 第 1 次大戦當時の統計によれば、糜爛ガスによる死傷者數は約 40 萬人で、ガスによる全死傷者の 1/3 に相當してゐる。然るに糜爛ガスの全使用量は約 12000 t で、全ガス使用量の 1/5 以下であつたから、使用量に對する死傷者の割合は、他の何れのガスよりも高率に當る。

第 42 表 各種毒ガスの效力比較¹⁾

名 稱	ガス濃度 (mm ³ /m ³)
サフェニル, シアン, アルシン	0.25 mg
サフェニル, クロル, アルシン	1.0 ~ 2.0 mg
パラニトロ, フェニル, アルシン, クロライド	2.5 mg
α-ナフチル, アルシン, サクロライド	5.0 mg
エチル, アルシン, オキサイド	5.0 ~ 7.0 mg
エチル, アルシン, サクロライド	5.0 ~ 10.0
メチル, アルシン, オキサイド	5.0 以上
カコサル, シアナイド	10.0
フェニル, アルシン, サクロライド	10.0
ベンザル, アイオダイド	15.0
ザイリル, プロマイド	15.0
カコサル, クロライド	20.0
メチル, アルシン, サクロライド	25.0
フオルマリン	25.0
カコサル, オキサイド	30.0
プロム, アセトン	30.0
フェニル, カルビル, アミン, サクロライド	30.0
メチル硫酸クロライド	30.0 ~ 40.0
ベンザル, プロマイド	35.0 ~ 40.0
プロム醋酸メチル	45.0
エチル硫酸クロライド	50.0
クロル, シアン	50.0 以上
クロル, ビクリン	60.0
ヨード醋酸エチル	60.0
アクロレイン	70.0
クロル蟻酸メチル	75.0
プロム醋酸エチル	80.0
ベンゾイル, クロライド	85.0
プロム, シアン	85.0
アリルゼン, フォイル	90.0
クロル, アセトン	100.0 以上
ヨード, アセトン	100.0 以上
三鹽化砒素	100.0 以上
クモル	120.0 以上
アムモニア	500.0 以上

備考: 常人 1 分時以上耐へ得ざるを限度とす。

1) 西澤勇志智博士:「新稿毒ガスと煙」18 頁第 11 表に據る。

第 43 表 主要肺臓傷害剤の毒性比較¹⁾

名 稱	最小致死濃度 (mg/l)
フェニル, ナプロム, アルシン	0.200
フェニル, ナクロル, アルシン	0.260
ナプロム, メチル, エーテル	0.400
ナクロル, メチル, エーテル	0.470
フォスゲン	0.500
クロル炭酸メチルエステル	0.500
ナメチル硫酸	0.500
フェニル, カルビル, アミン, クロライド	0.500
クロル蟻酸モノクロルメチル	1.000
クロル, スルホン酸エチル, エステル	1.000
クロル, スルホン酸メチル, エステル	2.000
クロル, ピクリン	2.000
パークロル, メチル, メルカプタン	3.000
鹽 素	5.600

備考: 曝露時間 10 分間とす。

てゐる。イペリットは液の儘のみでなく、蒸気が皮膚に直接又は着衣を透して觸れても糜爛効力を起す。イペリットを防ぐには、ゴム製又は乾燥油布製の防毒服に依らねばならぬ。防護處置の困難な點が糜爛ガスの一大特長とされる。

空間的威力 毒ガスは廣く空間に擴散する威力を持つ。例へば 100 kg の投下フォスゲン弾に約 50 kg のフォスゲンが入つてをり、その 90 % が有効にガス化し、10 m 立方のガス雲が出来たと假定すれば、その範圍のガス濃度は 45000 mg/m³ となり、1 呼吸もせぬ中に窒息死に至らしめる。

100 kg フォスゲン弾及び 50 kg 噴嚏ガス弾のガス塊が風下に流れる程度は第 44 表及び第 45 表の如くであるといはれる。

毒ガスは効力の及ぶ範圍が廣い計りでなく、普遍的であつて、有效範圍内は總て洩れなく危険になる。即ち、爆弾や砲弾の弾片効力は、有效範圍内でも中らなければ別段損傷を受けずに済むが、毒ガスの場合は決して左様でない。又毒ガスは微細な間隙にでも入り込み得る爲、爆弾の様に物蔭や簡単な防空壕の中に待避した程度

1) 西澤勇志智博士:「新稿毒ガスと煙」37 頁第 24 表に據る。

第 44 表 100 kg フォスゲン弾の効力¹⁾

擴散狀況	1 分間致死	1 分間不耐	刺戟を感ず
距離 m	100	1800	3000
幅 m	50	1000	1500
濃度 mg/m ²	450	20	5

第 45 表 50 kg クシャミガス弾の効力²⁾

擴散狀況	1 分間不耐	鼻に刺戟を感ず	臭氣を感じクシャミが出る
距離 m	1600	2600	12000
幅 m	900	1400	6300
濃度 mg/m ³	0.25	0.1	0.005

では、被害を避け得られない。

尙、ガス弾が屋外に落達して炸裂し、建物がガスに包まれた場合、ガスが室内に侵入する程度は、建物の構造によつて著しく異なるが、1 例を示せば、第 46 表の如くである。

第 46 表 建築物の構造によるガス侵入率³⁾

建築物の種類	室 區 分	ガス侵入率 %	
		催涙ガス	炭酸ガス
鐵筋コンクリート構造	階 下	12	—
	階 上	6	—
洋風木構造	階 下	16	7
	階 上	0.3	4
和風木構造	廊 下	—	88
	玄 關	—	20
	部 屋	—	10

備考: 夏季の實驗、窓・障子・雨戸等を總て閉じた場合。

唯一の實驗例ではあるが、上表から下記が分る。

1)2)3) 井上盛義博士:「毒瓦斯講義要旨」昭和 14 年 12 月建築學會「防空建築に関する講習會」に據る。

1. 窓式構造による鉄筋コンクリート構造の建物は、防毒上からも有利である。
2. 開放的構造による和風木造家屋は、防毒上からも最も不利である。雨戸・窓・障子を閉じた程度では、ガスの侵入を防止し得ず、室内へ 10 %前後の侵入を見る。
3. 窓式構造による洋風木造家屋は、防毒上鉄筋コンクリート構造と和風木造との中間に位する。
4. 一般に階上は階下に比してガスの濃度は小である。但し、ガスは比重が空気よりも大なるにも拘らず（第 41 表参照）、尙相當上方にも昇つて行く。

地表からの高さでガス濃度との関係をフォスゲンに就て求めたものに、次の様な数字がある。

地 上	1 m	濃 度	2400 mg/m ³
"	5 m	"	1000 mg/m ³
"	10 m	"	800 mg/m ³
"	18 m	"	700 mg/m ³

時間的威力 爆弾の破壊効力は瞬間的であるが、毒ガスの効力は時間的に長い。氣象狀況が好適な時は、朝靄・春霞等の如く低迷して効力が永く繼續する。特に秋から冬にかけての黎明には、気温の逆轉現象により、低迷が顯著に現れる。¹⁾ 前記ハンスリヤン(Hanslian)博士は、「イペリットの如きガスは、この時期を巧みに利用し、例へば夜間に來襲して、なるべく通風の悪い、例へば灌木の繁茂した土地等を目標として投下し、翌朝これを擴散せしめる様な方法を探れば、攻撃法としては、最も効果的であらう」といつてゐる。

従つて市街地の建築物密集地區、路地の奥、屋内等に侵入したものは持久性が大きく、特にガス弾の落達箇所の附近では 2~3 時間も滯留することがある。²⁾

1) 夜間には下降する空氣の流動に伴つて、毒ガスは下方に在る通風の悪い箇所に向つて降り、朝になると反對に、空氣の上昇につれて、毒ガスは深所に在る汚毒地帯から上方に向つて引上げられて行く。

2) イタリアのガス防護教範は、「フォスゲンの如きガスに包まれた所は、開濶地で 10~60 分、散兵壕・輕掩蔽部で 1~3 時間、地下室で 2~5 時間後でなければ占領出來ぬ」と述べてゐる。

現在知られてゐる毒ガス中で、最も時間的に持久性の大なるものはイペリットである。持久時間は量・場所・氣象等によつて異なるが、例へばハンスリヤン¹⁾によれば、下の如くである。

1. 開濶地に於て、溫暖で乾燥した天候ならば 2~3 日、寒冷で濕潤な天候ならば 7~10 日、冬季には 1 箇月も持續する。特に密閉された寒冷な地下室や防護室内に於ては、1 箇年以上も残つてゐることがある。
2. 建築物密集せる市街地で、日當り悪く、通風の少い所では、夏季炎天の時でも 2~3 日以上、曇天續きの場合は 1 週間以上も残つてゐる。冬季には、場合により冬中残つてゐることもある。

但し、上記は何れも消毒を行はず、自然の儘に放置した場合であることは斷るまでもない。

戦闘不能的威力 毒ガスは他の銃砲爆弾の類よりも、戦闘不能者を出す率が大である、といはれる。即ち、毒ガスは永久の不具者を作らず、流血の慘事を伴はず肉體的苦惱を永く與へず、而も中毒により活動不能に陥る者の数は非常に多い。従つて戦闘力を奪ふ目的からは極めて好都合である。全員に對する中毒者の割合が非常に多く、これに反して、死者の割合が極めて少いことも特徴の一つである。「銃砲爆弾の如き一般兵器に比し、毒ガスは必ずしも非人道的でない」との説を成すものが出るのも、これ等の理由による。第 1 次世界大戰の統計によれば、一般兵器による負傷者の死亡率が 30~40 %を占むるに對し、毒ガスによる中毒者の死亡率は僅かに 2~3 %に過ぎぬ（第 47 表）。²⁾

尙、兵器の目的は、敵の戦闘力を減殺することにあるとするならば、必ずしも死者を多く出させる必要はない。寧ろ多數の傷害者を出させる方が、戦闘力を低下さす上から有利であるとされる。如何となれば、1 人の戦死者は、戦闘員 1 名の損失

1) Hanslian, Dr.R.: Der chemische Krieg, 3. Aufl. Berlin 1937.

2) 第 1 次大戰當時の毒ガス關係の諸統計並にその結論に就ては、例へば下記参照。

Muntsch, Dr. O.: Welch Schlussfolgerungen erlauben die Gasverluste des Weltkrieges?, Gasschutz und Luftschutz Heft 7, 1939.

第 47 表 毒ガス及ビ一般兵器による傷死者死亡率¹⁾

(第 1 次 世界 大 戦)

軍 別	兵 器	戦 傷 者 数	戦 死 者 数	戦 傷 者 對 戦 死 者 率
獨 軍	一般兵器	4 168 116	1 806 275	43.3 %
	毒 ガ ス	78 663	2 280	2.9 %
佛 軍	一般兵器	—	—	36.0 %
	毒 ガ ス	190 000	6 000	3.1 %
英 軍	一般兵器	1 908 810	700 137	36.6 %
	毒 ガ ス	180 981	6 062	3.3 %
米 軍	一般兵器	187 586	46 519	24.0 %
	毒 ガ ス	70 752	1 421	2.0 %

たるに止まるが、1 人の負傷者は、これを看護する爲に数名の人員を要するからである。

精神的威力 毒ガスは人心に及ぼす精神的影響が大きい。殊に都市に對するガス攻撃は、直接人を殺傷する効果よりも、寧ろ精神的脅威を與へる方が大であらう、毒ガスを恐れ、狼狽し、混亂すれば、それだけで充分敵の術策に陥つたことになる！斯くの如き結果を來すのは、正體不明による不安が主なる原因である。故に、精神的訓練の足りぬ市民に對しては、實效の無い「偽ガス」を用ひても、充分に戦果が期待出来る、とさへいはれてゐる。毒ガスに對して最も警戒を要する點の一つはこれである。

以上、専ら毒ガスの利點に就て述べたが、他の一面に於て毒ガスには、下記の如き缺點がある。

1. 殲滅的威力を缺く。
2. 天候・氣象の影響が大きい。
3. 防護が可能である。

殲滅的威力の缺如 第 1 次世界大戦當時、使用された毒ガスの濃度は、窒息ガス 100~200 mg/m³、噴嚏ガス 100 mg/m³、糜爛ガス 50 mg/m³ 程度が精々であつ

1) 西澤勇志智博士：「新稿毒ガスと煙」8 頁第 6 表に據る。

た。將來の都市空襲に毒ガスが使用されるものとするれば、その構成濃度は前大戦當時の約 50 %増しとして、窒息ガス 300 mg/m³、噴嚏ガス 150 mg/m³、糜爛ガス 75 mg/m³ 程度ではないか、といはれてゐる。この程度ならば、都市の全部は勿論、一部分さへも全滅させる効力は無いのである。

この點に就て論じたものは少くない。例へばウァルト教授¹⁾は、「個人防護として高級な防毒具を身に纏つた場合、又は集團防護として充分に外氣と絶縁された防護室を用意した場合、これ等の防毒施設を浸透してまでも猛威を振ひ得る様な濃度を持つたガスは、先づ有り得ないものと考へてよい」となし、又「都市の街路上に 30 分乃至 1 時間以上も猛毒を持続し得る様な濃厚なガスを集中せしむることも恐らく不可能であらう」と述べてゐる。

イベリット又はルイサイト²⁾の如き持久性と共に腐蝕性を有する毒物を投下した場合、「被毒面積」として、その毒化効力の及ぶ範圍に就ては、相當大なる面積を考慮に入れる必要がある。天候の條件が好適ならば、現在 1 發のガス弾によつて能く帶狀に幅約 1 km 以上の地域を有効に毒化し得る。但し、都市の全面積を完全に被毒する如きことは、目下の處では不可能であるといはれてゐる。³⁾

1) Wirth, Prof. Dr., und Muntsch, Dr.: Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung, Berlin 1933.

2) 獨 Lewisit; 英 Lewisite

3) ハンスリヤン博士の説に従へば、窒息作用又は中毒作用を充分有効に發揮させる爲には、1 m² に對して最小限 10 g の毒ガス (例へばイベリット) を投下する必要がある。實際問題に當嵌めて見れば、例へば 300 km² の面積を有するベルリン全市の建築物を有効濃度の毒ガスを以て被ひ盡さんが爲には、3000 t 以上のイベリットが必要となる。これが爲には搭載能力 2 t の爆撃機ならば、その 1/2 を毒ガス弾として、3000 機を要することとなる。而もこれだけの爆撃機が一舉にベルリンの上空に殺到し、何等の妨害を受けることなく、等間隔にガス弾を投下せねばならぬことになる。更にガス弾投下に際しては、豪雨は勿論日射・強風・空氣上昇等が一切無く、且つ全市域は乾燥に過ぎず又濕潤に過ぎず、草木の類も毒化に好都合なる如き適當の高度に繁茂せるものと假定しての話である。結局、上記の數字は單なる理論値に過ぎぬ。

以上は持久性ガスに關するものであるが、ハンスリヤン博士は一時性ガスを用ひた場合の窒息作用に就ても計算し、100 km² の面積を高さ 10 m に亘つて 30 分間、濃度 50 mg/m³ のフォスゲンを以て被はんが爲には、400 t のフォスゲンを要する、との結論に到達してゐる。詳細は下記参照。

Hanslian, Dr. R.: Der aerochemische Angriff, Gasschutz und Luftschutz Heft 1, 1934.

天候・気象の影響 強風の日、又は太陽の照り付ける時には、ガスは早く逸散する。又風向に左右される爲、随時に随時の方向に對してガス流を放射せしめることは困難な場合がある。

防護可能 防護法が的確に實施されれば、毒ガスは效力を發揮し得ない。個人防護としての防毒具、集團防護としての防護室の施設が即ちこれである。これ等の防護手段は、實施が比較的容易であり、且つ豫め準備が出来てをれば、多くの場合、これを活用するのに充分の暇がある。例へば、「ガス警報」を待つまでもなく警戒警報發令と同時に、對ガス準備を整へ得るの類である。

要するに、毒ガスはその特性より見て、決して輕視を許さない。然し、その本質を良く理解し、これに對する備へを充分に整へれば、敢て恐るゝに足りない。「恐るべきが故に備へよ！」との毒ガス標語は、眞髓を最も簡明に道破したものと云ふべきであらう。

植物に對する效力 以上は専ら人畜に關するものであるが、總ての毒ガスは植物にとつても大敵である。これを適當に使用すれば、農作物を始め、都市の植樹帯・山林その他總ての植物に對して、意想外の損害を與へることが出来る。この方面に就ても既に相當詳細に研究されたものがある。¹⁾

例へばフルーリー(Flury)は、「植物に對する數種の重要藥物の效力」を表示し、これに説明を加へてゐるが、同氏の研究によれば、鹽素ガスに出遭へば、植物は廣範圍に互つて枯死する。即ち、草木の葉は、濶葉・針葉の別なく、褐色となつて脱落する。この際、濶葉樹や草は一般に再び蘇生するが、針葉樹(マツ・エゾマツ・ネズの種類)は長期に互つて害を受ける。鹽素以外の毒ガスの效力もこれに似たものがある。

山林・農作物等を目標として、燒夷カードが撒布される今日となつては、都市空

1) 例へば下記參照。

Flury, Ferd, und Cernik, Franz: Schädliche Gase, Berlin 1931.

Büscher, Dr. Hermann: Grün- und Gelbkreuz, Berlin 1931.

Müller, Dr. Ulrich: Die chemische Waffe im Weltkrieg, Berlin 1931.

Richters, Prof. Dr. C.E.: Schutz der Tiere und Lebensmittel im chemischen Kriege, Berlin 1936.

襲の際、單に傍杖として植物が傷害を受ける場合以外に、最初から植物を直接の目標として、計画的にガス弾が投下される如き場合もあり得るものとして豫め備へて置く必要があるであらう。

構築材料に對する效力 構築物の如き無生物を直接の目標として、これを損壊せんが爲にガス攻撃が實施される如き場合の有無は暫く措き、構築材料に對して毒ガスが如何なる效力を及ぼすかを知ること、都市構築上特に防護室の建設その他に當つて參考となるであらう。

金屬に及ぼす毒ガスの效力に就ては、夙に第1次世界大戰當時觀測せられたものがあり、文獻にも示されてゐる。¹⁾²⁾

前大戰後アメリカのエッジウッド(Edgewood)に於て行はれた金屬に對する毒ガスの效力試験に就ては、イタリアのイツォ³⁾によつて報告されてゐる。この實驗では、金屬に及ぼす毒ガスの效力の程度、毒ガスの化學作用に對して最大の抵抗を示すべき合金の種類、毒ガスによる腐蝕に對する金屬の防護處置法、以上3點が研究された。この研究は兵器・彈藥・發動機・戰車等に對する化學兵器の效力を試験することが本來の目的であつた爲、實驗結果として得られた結論(例へば、防錆油・特殊合金の使用による對策の如き)は、構築材料の上に直接役立つものは少いが、特記すべき點として、下記が認められた。

- 1) 金屬に對して最も強烈なる腐蝕作用を及ぼすものは、鹽素並にフオスゲンである。その他の毒ガスは概して效力が弱い。⁴⁾
- 2) 鐵及び鋼はイペリット及びルサイトの作用に對して能く抵抗する。

上記の實驗結果によれば、化學戰に利用して有効と豫想されてゐる持久性ガス(イペリット・ルサイトの類)は、構築材料として最も用途の廣い金屬(鐵・鋼の類)に對しては、傷害を與へるのに不適當である、との結論に達する。

1) Hanslian, Dr. R.: Der chemische Krieg, 3 Aufl. Berlin 1937.

2) Müller, Dr. Ulrich: Die chemische Waffe im Weltkrieg, Berlin 1932.

3) Izzo, Attilio: Guerra chimica e difesa antigas, Milano 1931.

4) 實驗の結果、比較的少量の鹽素又はフオスゲンを使用して、特に濕潤なる天候の際、鐵骨構造物や築城施設類の鐵鋼に錆を生ぜしめ得ることが認められた。

ドイツのハンスリヤン並にウエルト博士¹⁾ はこれに對し、寧ろ反對の意見として、「毒ガスを構築材料に對して作用せしむることにより、構造上重大なる結果を來す程度の傷害を與へ得る可能性がある」と主張してゐる。即ち、「鐵骨構造物に對しては、これを汚毒損傷せしむる目的でイペリットを投下したとすれば、故意にその構築材料を破壊せんと試みた場合よりも、常に有利な結果を攻撃者に齎すであらう」としてゐる。但し、その他の材料、例へばコンクリート・煉瓦・石材等に對しては、毒ガスによる傷害は認められてゐない。即ち、この種の材料より成る構築物に對しては、毒ガスの作用によつて、安定が脅かされる様な強度の低下は起る恐れがないものと考へてよい。

ベルリンのアウエル會社 (Auer-Gesellschaft) で實施した金屬以外の各種構築材料に對するイペリットの效力試験の結果²⁾ は、第 48 表に見るが如くである。

第 48 表の實驗結果では、各種構築材料を通じて、多少ともイペリットによる侵蝕が認められるが、木材の木口 (纖維方向) に於ける侵蝕の深さ 30 mm を除けば、他は悉く 10 mm 以内で、損傷は單に表面に止り、材の内部深くは影響が及んでゐない。ショースベルガーは上記實驗の結果並にソ聯に於ける實驗結果³⁾ をも參照して、下記の諸點を指摘してゐる。

1. 多孔性構築材料に對しては、イペリットは非常に深く侵蝕し、消毒が困難である。
2. コンクリートに對しては、イペリットは 4 cm も浸み込む (ソ聯の實驗)。
3. 屋根防水紙に對しては、イペリットは浸み込まないが、溶けて擴つてしまふ爲洗へない。
4. 木材の場合には、纖維方向なるか、それに直角の方向なるかによつて著しく侵蝕狀況が異なる。ベニヤ板の場合にはイペリットは 2~3 層を侵蝕する。

1) Schoszberger, Hans: Bautechnischer Luftschutz, Berlin 1934, s. 94.

2) Schoszberger, Hans: Luftschutz bei Neubauten, Zentralblatt der Bauverwaltung Heft 23, 1935, s. 438.

3) Vremenaja instrukcija po degazaciji, Moskau (消毒に關する暫定規則) 中に示されてゐる實驗。

第 48 表 構築材料に及ぼすイペリットの效力

(ドイツ・アウエル會社試験)

構 築 材 料	侵 蝕 範 圍		
	深 さ mm	徑 mm	
1 煉 瓦	鍍 洋 煉 瓦	10	20
	化 粧 煉 瓦	5	20
	黄 色 煉 瓦	2	30
2 石 材	裏 積 用 石 材	6	25
	石 灰 砂 岩	3 ~ 5	25 ~ 30
3 コンクリート モルタル	コ ン ク リ ー ト	3	25 ~ 35
	セメント・モルタル	6	10 ~ 20
	石 膏 モ ル タ ル	9	15 ~ 35
	石 灰 モ ル タ ル	6	15 ~ 35
4 舗 装 材 料	タ イ ル	6	12 ~ 18
	コ ン ク リ ー ト ・ ブ ロ ッ ク	8	25
5 屋 根 材 料	平 瓦 (波紋附)	5	20
	平 瓦 (赤 瓦)	4	20
	溝 瓦	2	50 ~ 70
	ア ス フ ェ ル ト	1	30 ~ 40
	ス レ ー ト	—	30 ~ 50
6 防 水 紙	タ ー ル 塗 (新 品)	—	50 ~ 70
	タ ー ル 塗 (使 用 品)	—	60 ~ 80
	タ ー ル な し (着 色 品)	圓形隆起 0.5	15 ~ 40
	タ ー ル な し (無 着 色)	—	60 ~ 80
7 木 材	角 材 (木 口)	30	30 ~ 40
	板 材 (素 地)	7	30 ~ 80
	板 材 (塗 装)	—	35 ~ 45

5. 鐵又は硝子の如き均質で而も縫目の無い構築材料は、強力な毒ガスによつても蝕されない。消毒には單に水で洗ひ落すか、適當な藥劑を用ふれば足りる。

ガス防護 毒ガスに對する防護¹⁾の中、最重要なる人畜の防護に就ては、周知の如く「個人防護」(防毒面・防護衣・防毒手袋・防毒靴その他防毒具によるもの)と「集團防護」(防護室によるもの)の兩方面がある。前者は本書の領域外であり、²⁾後者に就ては第V編に於て詳述する。故に、次章に於ては防護室關係以外で、都市構築上ガス防護に關して注意すべき事項を簡単に記述する。

1) 獨 Gasschutz; 英 Defence against gas

2) 個人防護を主とする防毒の要領に關しては、例へば下記參照。

「防毒指導要領」内務省計畫局制定、昭和15年2月、大日本防空協會發行小冊子

「警防團救護要領」昭和16年7月、大日本防空協會發行小冊子

「16年式防空用防毒面取扱要領」陸軍技術本部編纂、昭和17年2月、内務省防空局發行小冊子

特に防毒資材に就ては昭和13年5月2日内務厚生省令第1號を以て「防毒資材取締規則」が制定せられ、昭和13年6月1日より施行せらる。

2. 防 毒 構 築

a) 地 形 と 毒 ガ ス

環境の影響 毒ガスの效力に及ぼす地形その他の環境の影響に關しては、第1次大戰以來經驗的に種々の事項が知られてゐるが、防空都市構築上注意すべき事項が少くない。例へば下記の如くである。

1. 毒ガスの效力を減殺せんが爲には、平坦な開濶地が有利である。特に通風悪き場所、例へば峡谷・隘路・窪地・塹壕の類は不利である。
2. 低地又は高地は、毒ガスを局部的に阻止し得る場合があるが、他の一面に於てその地域自身が猛毒化される危険がある。
3. 密林は周囲の平地に比して空氣の流動が少い爲、毒ガスを長く阻止し得る。
4. 小さな水面では毒ガスを防止し得ないが、廣大なる水面、廣幅員の河川、廣大なる草原の類は、毒ガスの擴散を防止する。
5. 地盤面上に突出せる高所は、脚部を毒ガスの波に洗はれても、上方迄は達せぬ爲、「島」となつて残る場合がある。
6. 市街地では、通風が妨げられ、且つ閉鎖された箇所が多い爲、開濶地に比して毒ガスの滯留が著しく長い(毒ガスの效力、特に「時間的威力」の項參照)。
7. 毒ガスの效力に對しては、水平方向の氣流以外に鉛直方向の上昇氣流の影響に就ても注意する必要がある(毒ガスの效力特に「時間的威力」の項參照)。¹⁾
8. 毒ガス防護に就ては、道路網も重大な影響を持つ。道路の幅員、路線の形狀・方向等に就ても考慮の必要がある(98頁「建築線の方向」の項參照)。

市街地とガス流 市街地に於けるガス流の性狀を知らんが爲に、2本の20kg

1) 市街地ではこの現象を逆用し、路上に火を焚いて空氣の對流作用を起し、これによつて滯留した毒ガスを逸散せしむる方法も一案として考へられてゐる。例へば 下記參照。

Ebner, Dr. A. und Neuss, O.: Schütze dich vor Luftgefahr! Berlin 1935. s. 64.

白色發煙筒（酸化亞鉛・四鹽化炭素の混合劑を主劑とし、鹽化亞鉛の微粒子を發するもの。或る種の毒ガスに似た擴散狀況を示す）を4分間連續發煙せしめて、市街地（丸ノ内高層建築街・深川區工場街・牛込區住宅街の3箇所）に於けるガスの擴散・滯留・逸散の狀況を研究した實驗¹⁾の結果は、大體に於て既往の諸文獻の示す所と一致してゐるが、特に下記の諸點が確められてゐる。

1. 主要風向に一致せる幹線道路及び高臺に於ける煙は逸散が迅速であるが、低地に於ける煙は逸散に比較的時間を要す。
2. 低層建築より成る平坦な市街地は、煙の擴散速度及び擴散面積が大なると共に、逸散も割合に速かである。
3. 風速 3~5 m/sec の市街地に於ては、煙の擴散は長さ 1200~1800 m, 幅 400~600 m, 面積 0.35~0.68 km² に及ぶ。
4. ガス又は煙は相當廣範圍を短時間に被毒又は掩覆する。上記の面積を掩覆するに要した時間は、發煙より 12.5 分間である。
5. 路面上のガス流は千變萬化する。
6. 被毒地域内の者が、ガスの流れから脱出せんが爲には、特定方向に相當迅速に行動せねばならぬ。

尙、この實驗の結果、ガスが如何なる場所に、如何なる程度に滯留するかに就ても貴重な資料が得られてゐる。²⁾

1) 伊藤憲太郎氏：「市街地に於けるガス流に就て」建築雜誌 昭和 14 年 2 月 206 頁。

2) 市街地に於ける煙の進行狀況 3 箇所に於ける實驗結果を綜合し、下記の特性が認められた。

1. 狭い道路の市街地では、煙は建物の屋根面上 5 m 位まで上昇し、上空の風向・風速に支配されて、風下に向ひ擴散進行する。
2. 發煙地點の路面附近では、風向に支配されず、10~20 m 位迄、一様にその周圍に擴散する。
3. 道路が風向に一致してゐる場合は、煙は大體その道路に沿つて非常に早く流れ、これが一つの幹流となり、他の煙に比して迅速に進行し、相當遠距離まで擴散する。
4. 風向と異つた方向の街路・に路地に入つた煙は比較的長時間滯留し、消えるまでに2~18分間を要し、附近の煙が退散しても、猶 1~12 分間残つてゐた。

5. 上空を走る煙と道路を進む煙とは、相交流することもあるが、上空に行く煙は路面に關係なく、大體上空の風向風速に左右されて進む。發煙地點から遠距離の所では、主として上空のみを進行する煙となる。
 6. 高層建築街では、煙は大建築物の壁面に沿つて迂回して進み、或は壁面を這上つて上空に上り、或は屋上を傳はつて内庭又は建物の裏側へ沈降して行く。
 7. 木造低層建物の密集市街地に於ては、煙は主として屋根面を這つて進む。疎開市街地に於ては、屋根面を這ふ外、介在する庭・路地等に一々沈降し、更に一部は上昇して進行する。
 8. 建築物の内庭・空壕・出入口の凹所・壁面の凹所・軒下・縁下の如き箇所に煙は滯留し易い。滯留時間は 3~11 分、附近の煙が逸散した後、猶 1~6 分間停滯してゐた。
 9. 樹木に當つた煙は、木に纏れ沈降して滯留する。殊に繁茂した樹木・生垣の如き箇所に於ては滯留が著しく、5.5~6.5 分間留り、附近の煙が退散した後、猶 2~2.5 分間残つてゐた。
 10. 地下道に入つた煙も滯留が長く、侵入より逸散までに 13 分間を要し、附近の煙が退散しても猶 9 分間残つてゐた。尙、地下道に入つた煙は、これと連絡する建築物の地下室に向つて流れ、こゝに侵入せんとする傾向がある。
 11. 濠の如く長く続く水面上に達した煙は、低く水面迄降りて這つて進む。
 12. 低地と崖地の如く、土地に高低ある場合には、同一條件で進行して來る煙も、低所では比較的長く滯留する傾向がある。滯留時間 6~10 分。附近の煙が無くなつても約 3 分間残つてゐた。
 13. 各種の障害物、例へば工作物・塀で圍まれた敷地等に侵入した煙は 2~6 分間滯留し、附近の煙が逃げてからも 1.5~2.5 分間残つてゐた。
- 上記 3 箇所の異なる市街地に於ける煙擴散の狀況を比較すれば、第 49 表の如くである。

第 49 表 各種市街地に於ける煙擴散狀況の比較

區 分	丸の内	深川	牛込
	高層建築街, 平坦霧雨 風速 5.5 m/sec	小工場・小商店 小住宅街, 平坦 小雪後曇 風速 2.4 m/sec	住宅街, 起伏あり曇 風速 3.8 m/sec
擴散最大距離	1200 m	1630 m	1760 m
擴散最大幅員	370 m	530 m	575 m
上空に於ける擴散左右角	30°	25°	26°
上空に於ける擴散上昇角	7°	9°	6°
擴散最高高	80 m	65 m	50 m
擴散總面積	0.34 km ²	0.58 km ²	0.682 km ²

(以上前頁の續き)

敷地の選定 個々の建築物の敷地を選定するに當つて、將來はガス防護を考慮に入れるべきである。殊に毒ガス攻撃を受けた場合、消毒に手間取ることによつて著しき不利を受ける様な建物、例へば警報解除後直ちに作業を再開する必要のある工場類、又は飛行場附屬建物の如く、戦時下特に重要な役割を演ぜねばならぬ建築物に對しては、特に敷地選擇に注意を要する。

敷地の選定に當つては、上記の毒ガスの效力に及ぼす地形その他環境の影響に就ての知識を應用すればよい。即ち、この種の建物に對しては、特に通風の悪い低地の類を避け、高燥な開濶地を選ぶ様に努めねばならぬ。

都市の植樹に就ても、空襲の危険率特に高き地方に於ては、植物の種類を選擇するに當つて、その植物の毒ガスに對する性狀を良く吟味してかゝる必要がある。特に風上に當つて面積大なる樹林地又は水面の類がある時は、あたかも暴風に對する防風林や火災に對する防火植樹の如く、「防毒林」・「防毒植樹」又は「防毒水面」として、重要施設や建築物を毒ガスの猛威に對して防護するに役立つ場合が少なくないであらう。

b) 建築物の形態と毒ガス

形態の影響 毒ガス防護に就ては、建築物の形態も重大な影響を持つ。殊に閉形建物の内庭や採光用堅坑等の如く通風の悪い箇所は、毒ガスを滞留せしめ易くて危険であり、消毒上からも不利である。將來は内庭の類は絶対に避くべく、已むを得ずこの種の形態を採用する場合には、いざといふ場合、毒ガスが下降し來らざる様に、上部を密閉し得る構造とせねばならぬ、とさへいはれてゐる。

これに反して四周を開放された風通しの良い建築物は毒ガスの逸散速く、迅速に消毒し得るべきは論を俟たぬ。この見地から、防護室の非常口の如きも、四周を密閉された内庭の類に面して設けることは出來得る限り避くべきである。

建築物とガス流 建築物の形態とガス流との關係を知らんが爲に 20 kg 白色發煙筒各 1 本（發煙時間 4 分餘）を用ひて、鋼製建具を有する鐵骨鐵筋コンクリート造建物 2 棟に就き、その周圍に於けるガスの流動・滞留・擴散・逸散・漏入等の

狀況を研究した實驗¹⁾の結果は、下記の如き事實を教へた。但し、實驗に供せられたは建物、2 棟共 6 階建官衙建築、軒高 23~26 m、1 棟は内庭 2 箇を有する閉形、1 棟は後庭を有する開形である。實驗時風速は屋上 1.87~8.70 m/sec、庭地上 0.25~2.40 m/sec、前面道路上 1.20~1.80 m/sec、發煙箇所は閉形建物では内庭の隅、開形建物では後庭及び前面道路とす。

1. 建物の内庭（又はこれに類する空間）には、風によつて渦狀氣流を生ずる。内庭のガスはこの渦狀氣流により 3 分程度で内庭の空間一様に擴散する。
2. 内庭に充満したガスの逸散時間は約 8~12 分。速かに逸散せしむる爲には、建物の平面は閉形よりも開形の場合の方が遙かに有利である。周圍を建物に圍まれた内庭には、道路等に通ずる氣流の通路を作り、内庭の通風を良くすることが望ましい。
3. ガスは内庭空間の上層及び下層に對し、略一様に擴散するものゝ如くであるが、毒ガスの效力はその濃度によるから、内庭の容積は可及的大にとり度い。
4. ガスの部分的滞留箇所は、建物の入隅その他壁面突出部の蔭、樹木と壁面との接近した箇所等である。
5. 内庭のガスは上昇して、高さ 25 m 級の建物の軒高以上 4 m 程度に充分達し得るのみならず、風下にある普通程度の高さの屋上階は超え得る。我國高層建築の最大限たる高さ 31 m 級の建物に就ても、この點同様と判断される。ガス流は更に上昇して地上 40 m 内外に達する可能性がある。防護室への空氣取入口として高所を求むる如き場合には、これ以上に高いことが望ましい。
6. 外壁用建具として氣密的に工夫され、丁寧に施工せられた窓の鋼製障子は相當有效なることを示した。故にこれに目貼を施せば、防毒の目的が可成效果的に達せられるものと認められる。ガスの建物内への漏入には、風當りの如何による壓入・吸引作用が大いに關係する。故に、防護室の位置としては、直接外氣流に面せぬ所が有利になる。扉・換氣孔等に就ては、窓以上に注意を要す。

1) 吉田辰夫氏：「建物形態とガス流に就て」建築雑誌 昭和 14 年 2 月 203 頁。

この実験に用いた發煙筒は、前記市街地に於けるガス流の実験に供したものと同一で、煙は一時に多量を發生し、濃度が大であり、軽く且つ持続性に乏しい點で、一時性毒ガスに相當するものと見られる。ガスの上昇する高さに就ては、持久性ガスと發煙筒とでは趣が異なるかも知れぬが、ガス流の性質としては類似してゐるであらう、といはれてゐる。

尙、建築物自身を毒ガスに對して防護せんが爲に、毒ガスが建築物に近付き得ざる様に、建築物の周圍に獨立した「防毒水壁」¹⁾を設け、又は「吸氣管」²⁾を配置して、毒ガスを吸収せしめんとする如き方法も、嘗ては提案され、特許も得られてゐる。然し、この種の方法は實用上何れも問題にされてゐない。

c) 建築物の消毒

設計要項 毒ガス攻撃を受けた場合、建築物並に道路は、消毒の必要がある。氣體狀の毒物の場合には、風や氣流によつても一部分は消毒される。持久性ガスの場合には、空氣の流動による以外に、人工的消毒³⁾を行はねばならぬ。

1) Wassersperrwände と呼ばる。特殊材料より成る防毒用の水膜。これにより毒ガスの前進を阻止せんとする考案。ドイツでは特許が得られてをり、プラーグの某工場では實際的試験も實施された。但し、化學的には防毒上疑念なしとするも、空襲時に於ける水の不足、爆彈による装置破壊の危険等幾多の致命的缺陷が指摘されてゐる。

2) Luftschleier と呼ばる。ドイツ特許。建物附近に襲來する毒ガスをこの吸氣管に吸収せしめて安全地帯に導くと共に、窓・出入口の周圍にも配管し、壓搾空氣を逆に吹付けて毒ガスの建物内部への侵入を防止せんとするもの。

3) 建築物の消毒法 ウェルト教授の提唱する方法によれば、イペリットによつて汚毒された建築物は、先づ外壁を充分に水洗ひしたる後、壓搾空氣による撒布機を用ひて晒粉（鹽化石灰の粉末）を $250\sim 330\text{ g/m}^2$ 程度に壁面に撒布する。この際乾式消化器（藥液でなく粉末を噴出するもの）又はモーター附粉末噴霧器（害蟲驅除に用ひる如きもの）の類を利用することも出来る。斯くして約3時間放置すれば、イペリットは消滅すべきが故に、壁面を水洗ひして、この糊狀液を流し去れば、消毒の目的は達せられる。

道路の消毒法 道路の場合も同様に、先づ車道並に歩道を充分に水で洗つた後、鹽化石灰を $250\sim 330\text{ g/m}^2$ 程度に隙間なく撒布する。斯くして得られた糊狀液を2~3時間放置した後、再び水で洗ひ流す。詳細は一般防毒關係文獻、特に下記参照。

Wirth, Prof. Dr., und Muntsch, Dr.: Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung, Berlin 1933.

Wirth, Prof. Dr. Fritz: Ausrüstung und Tätigkeit der Entgiftungstrupps in Städten, Gasschutz und Luftschutz Heft 5, 1932.

將來の都市構築に當り、建築物の配置を分散疎開することは、通風による自然消毒を容易ならしむる點に於て防毒上からも著しく有利である。同時に又、建築物・道路等の材料・構造・形態に就ても、將來は消毒上の難易を豫め考慮に入れる必要があらう。

殊に、毒ガス攻撃を受けた直後、迅速に消毒を完了する必要がある場合、例へば重要工業地域内の建築物の如きに對しては、設計に當つて特別の工夫が必要とされる。各種建築材料の消毒方法、工場の消毒施設¹⁾等の研究は、多く今後に残された問題であるが、現在既に知られてゐる事項並に今後設計に當つて注意すべき諸點を列挙すれば、下の如くである。

1. 各種建築材料の消毒の難易は、材料の組織によつて定まる。組織が緻密で均質な材料は、多孔質又は粗面の材料に比して一般に消毒が容易である。鋼材その他の金屬・硝子・ゴム・セロンの類は前者に屬し、木材・纖維製品の類は後者に屬する。
2. 外壁の表面仕上並に屋根葺材料の如き建築物の外周部は、なるべく毒ガスを吸収又は附着せしめず、容易且つ迅速に消毒し得る如き材料を用ひて施工する。²⁾
3. 建築物の外形は、防毒上からも單純を尙ぶ。殊に外面には無用の凹凸や餘計

1) 特に工業地域の消毒を攻究したものに、例へば下記がある。

Dräger, Dr. Heinrich: Über Entgiftung industrieller Anlagen unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungswerte bei Entgiftungsübungen auf Hochofenwerk Lübeck, Dräger Hauszeitschrift 1932.

2) 構築材料の防毒乃至消毒に就ては、「材料の選擇」を考慮する以外に、外装仕上に適當なる「塗裝」又は「混合劑」を用ひることも推奨されてゐる。外國の軍關係文獻では、「油塗裝」又は「水硝子」が第1に擧げられてゐる。例へばソ聯の軍用新建築規則の如きがそれである。同じくソ聯軍の消毒規則によれば「或る種の構築材料は多孔質なる爲に、非常に早くイペリットを吸収する。瓦・漆喰・木材の類が即ちこれである。これ等の材料に於てはイペリットの蒸發は極めて緩慢で、往々にして數週間を要してゐる」と記され、又他の文獻（312頁脚註3参照）では、「イペリットを透さず又吸収せざる塗料乃至特殊調合のカルボラック（Karbollack）で塗裝された木材・金屬その他の構築材料は、イペリットが塗裝乃至ラックの表面に止つて浸透し得ない爲、毒化される惧がない」と述べられてゐる。

な裝飾類を施さぬが良い。徒らに消毒を困難ならしむるを以てである。少くとも工場建築の類に對しては、この種の意匠を一切禁止すべきである。

4. 特に空襲危険率高き地區に於ては、防火上のみならず消毒上の必要からも、新鮮なる水を充分に供給し得ると共に、汚毒された水を下水によつて安全に除去し得る様に、水利並に排水施設を裝備するを要す。

以上専ら建築物に就き、ガス防護上必要と考へられる事項を摘記したが、焼夷弾・破壊爆彈に比し、ガス弾は建築物自身に對しては、危険の比較的少いものと見ることが出来よう。

従つて、將來の都市構築に當つては、毒ガスの效力を重視して建築物の敷地・材料・構造・形態・外觀等を決定せねばならぬ場合は寧ろ少いと考へられる。一般の建築物に對しては、結局、耐火・耐弾を第1義とし、設計施工に當つては、防毒は第2義に取扱つて良い場合が多いであらう。茲に於て都市の防空的構築上ガス防護に關して最重要なるは、建築物自身に就てではなく、貴重なる人命を毒ガスに對して如何に防護すべきかの問題である。この點に關しては、次編「防護室」に就て詳述する。

細菌の效力 都市空襲戦に於て、毒ガスと共に考慮に入れるべきものゝ一つに「見えぬ兵器」と呼ばれる「細菌戦術」¹⁾がある。細菌戦は専ら非戦闘員を目標として、敵國內に病原菌を投下し、傳染病を蔓延せしめて、國民の戦意を喪失せしむることを以て目的とするが、この種投下弾の使用は、人道的見地から、最も強く非難されてゐる所である。現に昭和7年(1932)ジュネーヴで開催された軍縮會議に於ても細菌を戦闘の手段に供することは、人道に反するものとして使用禁止の協定が成立した。

細菌は或は飛行機から撒布し、或はパラシュートを利用し、或は火焰放射機によつて放出する等種々な攻撃方法があるといはれるが、細菌を填充して投下される所謂「菌彈」²⁾の效力に就ては諸説があり、或者は有効に傳染病を蔓延せしめ得べし

1) 獨 Bazillenkrieg; 佛 La Guerre Bactériologique; 英 Bacterial Warfare

2) 獨 Bakterienbomben; 英 Bacterial bombs

となし¹⁾又或者は技術的に困難多き點を指摘してゐる。²⁾

從來の諸説は、細菌戦の將來に對して寧ろ否定的であつて、その理由としては、下記の諸點が擧げられてゐる。

1. 細菌戦術を用ふることは、天に向つて垂する如きものである。たとひ傳染病の猖獗を來すことに成功しても、必ず報復を受ける。³⁾
2. 傳染病を人為的に流行させることは不可能である。⁴⁾ 單に細菌が存在するこ

1) 細菌戦術肯定説

1. チフス・コレラ又はペストの病原菌を航空機より水源地に投下し、これを汚毒することが可能である。

(1921年ワシントン會議に於けるイギリス人 Madsen の意見。参照 Niessel, A.: Préparons la défense antiaérienne. Paris 1929)

2. 河川をチフス及びコレラの桿狀菌を以て汚毒し、或は流行性感冒・鼻疽・疔・狂水病の病原菌を撒布することも可能である。撒布方法としては、砲彈よりも爆彈を利用すべきである。

(1924年國際聯盟會議に於ける Feiffer の意見。参照 Fox, Major Leon A.: Bacterial Warfare, Journal Royal United Service Institution, August 1933. 同様の論説 The Coast Artillery Journal, Jan. Feb. 1933 にも見ゆ)

3. 上記諸病以外に、家畜並に農作物に對しても細菌戦術が應用される可能性がある。糧道を斷つて戦線の將兵並に銃後の國民を飢餓に陥れんとするものである。

(1924年國際聯盟會議に於ける Bordet の意見。参照同上)

2) 細菌戦術否定説

1. 細菌戦の效力に對しては制限を加へ得ない。但しこれを有効に使用し得べき土地並に住民に就ては一定の限度がある。
2. 總ての傳染病は被攻撃者に對してのみならず、攻撃者自身にとつても危険である。
3. 近代的淨水法によれば、チフス並にコレラは完全に防遏し得る。
4. 現在の衛生學並に細菌學を以てすれば、傳染病の蔓延を著しく局限せしめ得る。従つて戦意を喪失せしむる上に於て細菌戦術は決定的影響を與へ得ない。

(1924年國際聯盟會議專門委員會答申。参照同上)

5. 細菌が果して兵器たるに適するや否やは大なる疑問である。現在では、實際問題として克服し難き困難ある爲、これを兵器として使用することが妨げられてゐることは確實である。(細菌戦の研究者として知らるゝアメリカ人 Fox の説。参照上記同氏文獻 Bacterial Warfare)

3)4) Der Bazillenkrieg, Militärwochenblatt 9, 1929.

とのみによつては傳染病は發生せぬ。¹⁾

3. 細菌を戦争目的に使用することは技術的に困難がある。細菌の培養基は極めて鋭敏で損じ易く、爆弾内に填充し得る様なものでない。²⁾ 假りに培養菌を爆弾内に填充することに成功したとしても、培養菌だけでは必要な毒性に缺けてゐる。³⁾

尙、萬一細菌戦術の如き非人道的行爲を敢てする國があれば、全世界の同情を失ひ、有力なる中立國を悉く敵側に廻すことになり、結局豫期の戦果を挙げ得ない結果に陥るであらう、とさへいはれて來た。然るに今次歐洲大戰では、反樞軸空軍は既に獨伊その他樞軸側の諸都市に對し、明かに老幼婦女子を目標として、キャラメル・口紅・葉巻・咳止・クレヨン等の變形爆弾を投下してゐる。その目的は、單なる爆薬による死傷以外に、これ等を細菌の培養基として、又口腔への移入装置として利用するに在るのではないかと疑はれてゐる。神聖なるべき國際條約も、一片の外交文書として蹂躪される戦争である。たとひ從來の諸説が如何にあらうとも、手段を選ばぬ敵に對しては、我々は將來この方面に就ても充分なる警戒を必要とするであらう。

細菌防護 都市構築上の見地から菌彈防護に關して述べたものは、未だ少い。僅かにヴォーチェ⁴⁾ 及びコシュニコフ⁵⁾ 兩氏の説が知られてゐる程度である。尙、イギリスの上水道防空指針⁶⁾ は、「敵空軍の空襲により細菌を用ひて上水道の水を汚染される可能性は無視出來ると考へられる。但し、敵の間諜行爲によつ

1) Hunke, Dr. Heinrich: Luftgefahr und Luftschutz, Berlin 1933.
 2) Krohne, Dr. D.: Luftgefahr und Luftschutz in Deutschland, Berlin 1928.
 3) Wirth, Prof. Dr., und Muntsch, Dr.: Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung, Berlin 1933.
 4) Vauthier, Paul: Le danger aérien et l'avenir du pays, Paris 1930.
 5) Koshewnicow, M.A.: Wege zum Aufbau und zur Planung der Städte und Etappenhauptorte hinsichtlich der aerochemischen Kriegsführung. Moskau 1926 (原文露語). 獨譯 Luftwacht, Feb. 1927.
 6) Bonham, I.M., and Bird, A.J.G.: Air Raid Precautions and Water Supply. Water and Water Engineering, Dec., 1938. p. 594~596. 下記邦譯あり。

扇田彦一氏: 「英國上水道の防空指針」水道協會雜誌 昭和 17 年 4 月

て貯水池に細菌が投入されることは可能である」として、貯水池・堰堤・制水弁室・導水路・水源・浄水場及び配水施設に關して注意事項を擧げてゐる。

從來の説の要點は下記に盡きる。

1. 消毒用の注水に便せんが爲、多數の貯水槽・鑿井を設ける。
2. 貯水槽の類に對しては、その毒化を防止し得る如き豫防手段を講ずる。
3. 貯水池・濾過池等の水道施設に對し、嚴重なる防護監視を附ける。
4. 戦時下に於ては飲料水を絶えず検査する。
5. 萬一の場合、河川・濠池等の水を迅速に利用し得る様、大規模なる濾過装置を設けて置く。

上記の中、貯水槽・鑿井を多數設置することは、防火上要求される水利施設の整備とも完全に一致する所で、都市構築上正に一石二鳥の策となる。但し、菌彈なるものは、その實害よりも、精神的に脅威を與ふることを以て主目的とする。故に、細菌戦術に對する防護として最重要なるものは、都市構築上の技術的問題ではなく、寧ろ國民の精神的訓練であるといはれる。即ち啓蒙的に細菌戦術の眞價を充分に認識せしめ、萬一の場合、沈着と秩序を維持し得る様に教育乃至訓練を普及徹底せしめ置くことが最も大切であるとされる。殊に空襲の經驗乏しく、且つ多血質で動搖し易い國民性の場合には、毒ガス防護に於けると同様に、この點を特に強調する必要があると信ずる。

V. 防 護 室

1. 防護室の意義

a) 防護室の目的

將來の都市構築に當り、建築物自身の物的損害を防止若くは軽減すべき構造方法に就ては、前各編に詳述したが、残された重大問題に人命防護がある。「人」こそは眞に國力の源であり、戦力の泉である。人命防護を全うせずして、防空は決してあり得ない。空襲時の犠牲者を1人でも少なくすることは、敵に對しては戦果を挙げしめざる所以であり、我に取つては國土の防衛を全うし、戦力を増強し、究極の勝利に到達する所以となる。空襲戦法が苛烈化して、敵が無辜の市民の殺戮を狙へば狙ふ程、建築防空はその最善最高を盡して、人命防護の爲に敢然と闘はねばならぬ。空襲時に人員を收容し、これを各種投下弾の效力に對して安全に防護することを目的として設置される施設が即ち「防護室」¹⁾である。

一般に破壊爆弾並に焼夷弾の威力に對しては、各個人をこれに對して完全に安全なる如く防護することは、普通の方法では不可能である。毒ガスに對しては個人防護が可能であるが、たとひ防毒面・防毒衣等を全市民に洩れなく配給し得たとしても、防毒面の取扱ひには熟練を要し、又老幼病者等には、これを完全に使用せしむることが困難な場合が多い。茲に於てガス防護に就ては、個人防護は實際に防空活動に當るべき人々のみに限り、一般の人達に對しては、集團的防護を圖る必要が痛感されるに至つた。集團的防護の方法によれば、焼夷弾に對しては勿論、爆弾に對しても相當程度迄、否方法によつては完全に迄、防護が可能となる。防護室なるも

1) 獨 Luftschutzraum (1938年10月までは、單に Schutzraum と稱してゐた) ;
伊 Ricovero Antiaerea ; 佛 Abri ; 英 Air Raid Shelter

のが發達を見るに至つた所以は茲に在るのである。

b) 防護室の發達

防護室なるものは、第1次世界大戦當時爆弾又は毒ガスに對する軍用防禦構築物として考案され、戦線に於て使用された「掩蔽部」から進歩して來たものである。一般市民の爲の防護室は、第1次世界大戦當時に於ては、敵味方共に、「應急待避所」程度の原始的な一時逃れの施設に過ぎなかつた。建築物を新設するに當り、防護室を如何に取扱ふべきかが、工學上の問題となつて來たのは、實に昭和3年(1928)以來のことである。

防護室に關する研究は、それ以後基礎的理論に又實際的應用に著しく進歩し、特に歐洲諸國に於ては、防火上の懸念が煉瓦造建築によつて一應解決されてゐる關係もあつて、我國の「防空即ち防火」とは趣を異にし、「防空即ち防護室」なるかの觀がある。殊に今次大戦勃發後は、列國共に從來研究し來りたる所を擧げて實行に移した觀があつて、防護室は量的にも質的にも劃期的進歩を遂げつゝある。爆撃方法並に投下彈の進歩と防護室の發達とは、正に矛と盾の關係にあり、空襲の熾烈化に伴ふ防護室今後の進歩は、正に刮目すべきものがある。幸か不幸か、空襲の經驗に乏しく、特に施設方面に於て著しく立後れてゐると見らるゝ我國は、この方面に於ても今後充分に力を致さねば、列國に比して甚しく取殘された状態に陥る處があるであらう。

將來に於て防護室の進むべき道を明かにするに先立ち、簡単に現在に於ける列國の防護室の實情を展望して見よう。

2. 防護室の種類

a) 防護室の分類

現在一般に防護室と呼ばれてゐるものは、その種類頗る多く、内容も亦極めて雑多であるが、これをその用途・構造・位置及び形態の上から大別すれば、下記の如く分類し得られよう。

- | | | |
|--------------|---|------------------|
| I. 用途による分類 | } | 1. 自家用防護室 |
| | | 2. 公共用防護室 |
| II. 構造による分類 | } | 1. 耐弾防護室 |
| | | 2. 簡易防護室 |
| III. 位置による分類 | } | 1. 屋内防護室 (地上・地下) |
| | | 2. 屋外防護室 (地上・地下) |
| IV. 形態による分類 | } | 1. 防空塔 (地上) |
| | | 2. 耐弾防護室 (地上・地下) |
| | | 3. 防空坑道 (地下) |
| | | 4. 防空隧道 (地下) |
| | | 5. 防空堅坑 (地下) |

用途による分類 用途による分類中、「自家用防護室」は文字の示す如く、各自の住宅に住む家族、工場の従業員、官公衙の吏員等の如く、その建物内に居住する者を收容することを目的とするものであり、「公共用防護室」は空襲直前に街路上又は交通機關内等に在つた一般の人々を收容することを目的とするものである。

構造による分類 構造による分類中、「耐弾防護室」は後に詳述する如く、現在盟邦ドイツを始め歐洲諸國に於て盛んに建設されつゝあるもので、相當の大型爆弾の直撃に耐へ得ることを目的とした完全耐弾構造による防護室である。「簡易防護室」はこれに對し、簡易耐弾構造を應用したもので、その程度は小型爆弾の直撃に耐へ得るものから、單に爆壓並に弾片のみに耐へ得る程度のものまでである。我國に

於て現在一般に實施されつゝある應急待避所又は簡易防空壕の類は、後者の中の最も安易なものに屬する。

位置による分類 位置による分類中、「屋内防護室」及び「屋外防護室」には、夫々地下式・半地下式及び地上式の3種類のものが含まれる。

形態による分類 形態による分類をフロムホルト博士¹⁾の分類に従つて圖示すれば、第190圖の如くである。圖は獨立せる防護室のみを示す。この外に建築物の一部（例へば地下室・階段室等）に設置されるものがある。

以下説明の便宜上、構造別による分類に従つて記述を進める。

b) 簡易防護室

現在列國に於て一般的に最も多く採用されつゝある人命防護施設は、前記の構造別による分類に従へば、大部分が簡易防護室に屬する。現在に於ける防護室建築の世界的水準並に傾向を示すものとして、戦時下に於ける盟邦ドイツの防護室を紹介して見よう。²⁾

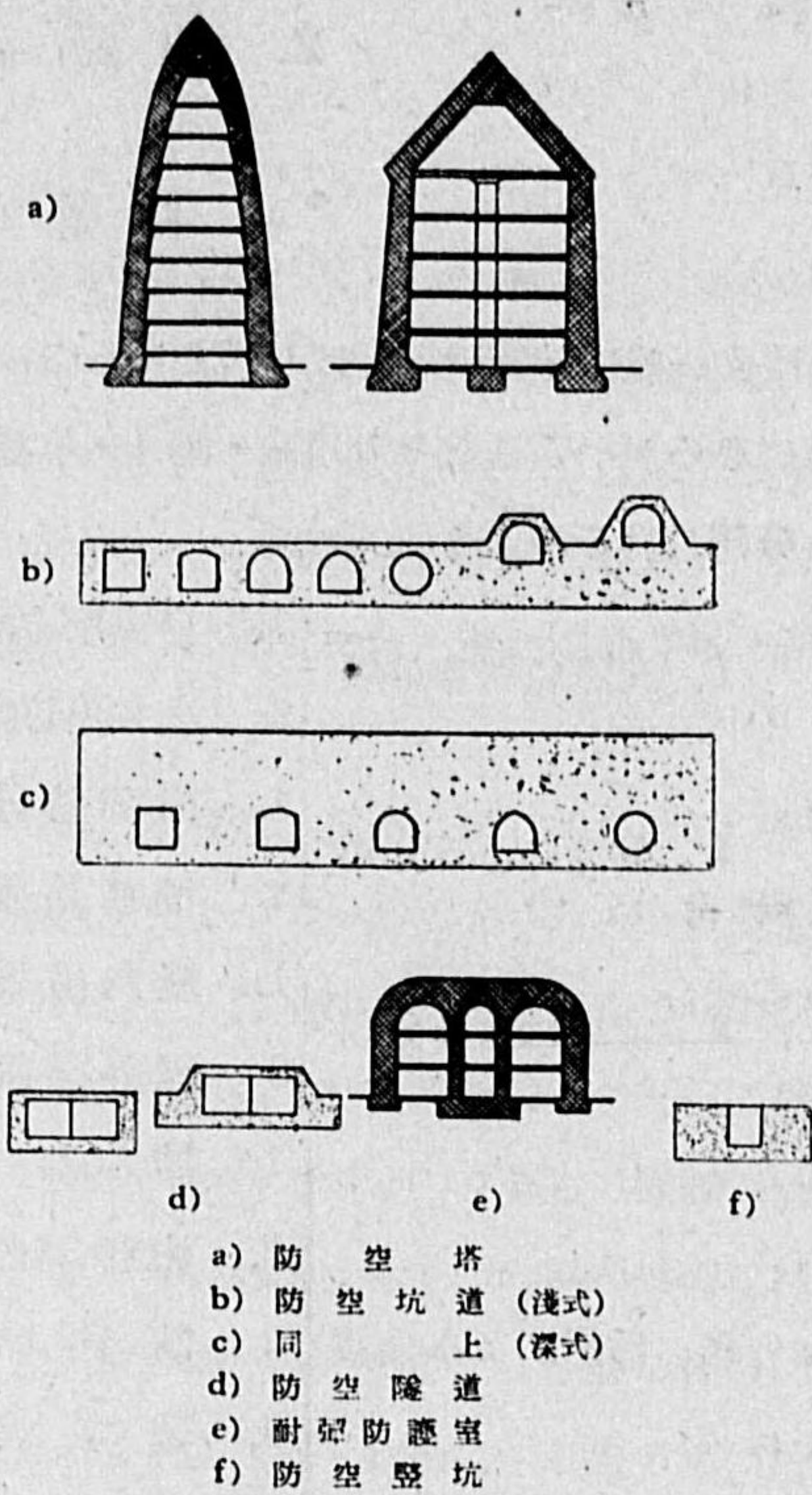
1) Frommhold, Dr.-Ing.: Luftschutzraum-Bauweisen, Berlin 1939.

2) イタリアの防護室も大體の方針はドイツに類似してゐるが、100 kg 弾を一應の目標としてゐる點、複版式構造を採用してゐる點、既存の石造大建築物・洞窟・地下鐵道等を巧みに利用してゐる點等に於てドイツとは異つた特色が見られる。概要に就ては下記参照。

田邊平學：「空と國」(防空見學・歐米紀行) 153 頁「防護室」の項。

特に既存建築物に對する防護室構築の要領に就ては、下記に詳細に記されてゐる。

Aldo del Bufalo, Dott. Ing.: Note pratiche sul rafforzamento e sull' apprestamento di rifugi nelle case esistenti, Roma 1940.



第190圖 防護室の諸形態

關係法令 ドイツでは物的損害の防止は寧ろ二の次ぎにしてゐるかと思はれる程、人命防護に全力が注がれてゐる。それは防護室に對する異常な力の入れ方を見れば分る。即ち、今次大戰の勃發に先立つこと2年、昭和12年(1937)5月4日、ドイツでは防空法に對する補充法令を公布すると同時に、その第2施行令として「防護室規則」なるものを布き、「ドイツ全版圖ニ互リ防護室ヲ設クベシ」と命じた。即ち空襲の危険率高き大都市のみに止まらず、全國津々浦々に至るまで、建物を改築又は新築する場合には、一定の規格による防護室を用意すべきことを法令に依つて命じたのである。歐洲の風雲愈々急となるや、ドイツは更に昭和14年(1939)8月17日防空法第9施行令として「既存建築物内防護室ノ應急施設」に關する強制法令を公布即日施行した。今次大戰勃發に先立つ2週間前の非常措置である。¹⁾

構造設備 應急施設の方針としては、「自家用防護室」として、出來得る限り各家毎に一つの防護室を屋内に持たせることとし、その防護室としては、好都合なことにはドイツでは從來大抵の家に物置乃至洗濯場として「地下室」が設けられてゐるので、取敢へずこれに手を加へて防護室に改造させることにした。地下室の無い家では、1階の適當な箇所(例へば中廊下の如き)を防護室に當て、それも困難な場合には、屋外に成るべく覆土のある掩蓋式防空壕を掘らせるといふ様な方法を採用した。謂はゞ「應急防護室」乃至「待避所」であるが、その構造・設備に對しては、下記の3點が要求せられた。但し、この程度の構造設備のものは、「耐弾防護室」を以て理想とする今日のドイツでは、既に「10年前の防護室」と稱せらるゝに至つたことを豫め承知してゐなければならぬ。

1) ドイツ防空法關係法規の詳細に就ては下記参照。

Darsow, Dr. H., Fokken, Dr. B. und Nicolaus, Dipl.-Ing. F.: Kommentar zum Luftschutzgesetz und den Durchführungsbestimmungen, München und Berlin 1940.

「防護室規則」その他は下記に抄譯されてゐる。

内務省計畫局：「獨逸防空法令解説」昭和13年7月

森田康次氏：「既存建物の應急的防護施設に關する獨逸法規」建築雜誌 昭和15年1月 全般的に内容を紹介したものには下記がある。

濱田稔博士：「ナチス獨逸の防空」昭和17年 理化書院版

田邊平學：ドイツ(防空・科學・國民生活)100頁「防空法規」の項。

1. 爆弾の爆圧及び弾片に対して防護し得ること。¹⁾
2. 上部建物の崩壊に際し、防護室の天井が破壊せられざること。²⁾
3. 毒ガスに対して防護し得ること。³⁾

要するに、直撃弾を受ければ百年目であるが、附近に落達炸裂する爆弾の弾片・爆圧及びガス弾の効力に対して安全を期せんとする狙ひである。

1) ドイツの建物は全部が厚い煉瓦壁で造られてゐる爲、爆圧・弾片に対して防護を要するのは、窓・出入口の如き開口部のみである。そこで、これ等の開口部に、例へば土嚢を詰め、或は砂を詰めた箱を置き、或は開口部の直前にコンクリート・ブロックを立掛け、或はコンクリート造・煉瓦造等の防護壁を築く方法を探る。弾片防護に必要な厚さとして、ドイツで最近に規定してゐる寸法は下記の如くである。

鉄筋コンクリート	25 cm	木造壁(砂利又は碎石詰)	50 cm
コンクリート	40 cm	木造壁(土詰)	75 cm
煉瓦壁	51 cm	盛土	100 cm

2) 防護室の上部床(天井)が潰れない様にする方法としては、簡易耐弾構造の場合には、次の2種類がある。

1. 上部床を耐弾構造として、一定重量までの爆弾の直撃に耐へしめる。
2. 直撃弾に対する防禦は断念し、至近弾によつて建物が崩壊した場合、その落下物による荷重のみに耐へしめる。

1. の直撃弾に耐へしめる場合の目標として、イタリアのイツォ(Izzo)は50kg弾を、ドイツのウェルト(Wirth)及びイタリアのステリングワーフ(Stellingwerff)両教授は100kg弾を防護の対象とすべきことを要求してゐる。イタリアの防護室規則に規定されてゐる複版式構造の床版は、この程度の爆弾を目標とするものである(第170~172圖)。但し、この程度の爆弾に対しても、完全に防護せんとすれば厚さ1m以上の床版を必要とし、既存建物の場合には実施困難な爲、ドイツに於てもイタリアに於ても新築の場合に限つて實行されてゐる。特にドイツに於ては、次の「耐弾防護室」に述べる如く、最近は目標を少くとも500kg弾に置くべきものとしてゐる。

2. の建物上部が崩壊した場合、その落下物による荷重を交へんが爲には、煉瓦造建築物を主とする歐洲に於ては、例へばフランスの航空委員會では3000kg/m²、ドイツのジードラー(Siedler)教授は5000~6000kg/m²(4階建の場合の破壊荷重)を積載荷重として強度計算に採用すべしと要求してゐる。

ドイツ空軍省は一般の場合には1500kg/m²(上記破壊荷重6000kg/m²の1/4)、重要建物を新築する場合には2500kg/m²の積載荷重を假定すべし、と命じてゐる。昭和15年(1940)10月「耐弾防護室に関する規則」發布前の新築建物は、總て本規定に準據して設計されてゐる。詳細は下記参照。

Richtlinien für den zivilen Luftschutz, Reichsluftfahrt-Ministerium, Berlin. その中の建築關係事項は、例へば下記に發表されてゐる。

Zentralblatt der Bauverwaltung Heft 56, 1933 及び Baugilde Heft 2~3, 1934.

ドイツの一般既存建物は、上記の規定に従ひ、萬一建物の上部が崩れて壊れた煉瓦等が上部の床に載つて來ても、天井が墜ちぬ様に、室内に木材乃至鐵材の支柱を必要な数だけ立て、楔締めとし、天井を下から支へる方法が普通に採られてゐる。尤も石造の穹窿天井等で構造の堅固なものは、支柱を省略することの許されてゐるものもある。

その後開戦翌年の昭和15年(1940)5月12日に、既存の隣接してゐる建物の間には、壁に人が1人抜けられる程度の「連絡孔」を設くべきことが、同じく法令によつて定められた。これは萬一防護室の出入口又は非常脱出口が破壊された場合、收容者が隣家へ抜けて出られる様にしようとするもので、危険の多い外壁に非常口を設けるよりも、この連絡孔の方が安全とされてゐる。

尙、防護室内では收容者が成るべく安眠し得て、翌日の勤勞に能率を低下せしめない様にと、木造2段式の簡素なものではあるが、寢臺が昭和16年(1941)の冬から配給されることになつたが、この寢臺を始め、暖房装置その他直接防護室の爲に要する費用一切は國庫負擔になつてゐる。この點は開戦後2年経つた昭和16年(1941)6月に公布された法令によつて確立され、その前年の10月1日以後に設置された防護室まで遡及して實施することになつた。

普及状況 この程度の簡易防護室が、ドイツでは開戦當時全國の建物を通じて約80%竣工してゐたといふ準備の良さである。残りの約20%は、開戦後1箇年以内に忽ち完成した。斯くて開戦後約1年経つて、イギリス空軍が實際に空襲を開始した頃には、ドイツ國內到處、文字通り津々浦々に及んで防護室が完備した状態に達した。¹⁾

防空床(Luftschutzdecke)と稱して、既存の床の上部に別に剛強な構造の床を設け、崩壊物による荷重を支へ様とする方法も一部には採用されてゐる。シュミツ(Schmitz)式防空床、スタロ(Staro)式防空床等がこの種のものとして知られてゐる。

3) 防毒に関しては、空襲中待避してゐる所謂「收容室」以外に、必ず「前室」を設け、外部の毒化された空氣が直接收容室に入つて來ない様にすると同時に、被害者は必ずこの前室で消毒してから收容室に入る様にする。防護室の出入口・窓等は、出来るだけ簡単な材料と方法によつて毒ガスが漏入せぬ様に氣密にする。間隙を紙その他の密塞材料で目貼する類がこれである。(以上前頁の續き)

1) 防護室の全國的普及徹底を見たことに就ては、ドイツ防空協會(RLB=Reichsluftschutzbund)の功に歸すべきものが多い。同協會は防護室の全國的建設といふ大事業を完成する爲、本部並に各支部に建築技術員を置き、これが強制力を有する警察官と協力して戸毎に家屋を巡視し、防護室建設に關して技術上の援助並に指導を與へた。即ち防護室とするに適した部屋の選擇を始め、その室の防護室への改造方法に就ての指導、資材・勞力に就ての斡旋も行つた。その他、幼兒・病者・傳染病患者等に對する特別室の設置、防護室の暖房方法の選擇、隣家への連絡孔を設くべき位置の決定等も總てこの技術指導員の任務であつた。

これ等の「自家用防護室」以外に、「公共用防護室」が市内といはず、郊外といはず、適當の間隔に配置されてゐて、晝夜共に通行人その他を收容し得る様になつてゐることは附言する迄もない。要するに、空襲警報發令さるゝや、ドイツでは全國民が1人残らず、隨所で至短時間で防護室内に待避し得る状態になつてゐる。ドイツの各都市が苛烈なる空襲を受け乍ら、意外に人的損害の少いのは、この全国的に普及徹底を見た防護室に負ふ所が極めて大である。¹⁾

上記の全国的に完成を見た簡易防護室のみを見ても相當な施設であるが、ドイツでは、これが一應出來上ると、更に一步を進めて徹底的な人命防護施設の建設に着手した。以下に述べんとする「耐弾防護室」が即ちそれである。

c) 耐 弾 防 護 室

關係法令 今次歐洲大戰の閉戦後滿1箇年経つた昭和15年(1940)10月、ドイツ軍民防空を一手に握る空軍省は特別命令を發して、「將來ノ新建築ニハ耐弾防護室ヲ設クベシ」と命じた。これは閉戦と相前後して全国的に普及徹底を見た前記「簡易防護室」が、爆彈の弾片・爆壓防止を目的とする待避所の程度に過ぎなかつたものを一段と飛躍せしめて、相當程度の「直撃彈」に對して人命を防護し得る様にせよ、と命じたものである。相當程度とは、差當り高度8000mから投下される500kg爆彈を目標にするものであるといふ。これが爲に、防護室は特殊の鐵筋によつて補強されたコンクリートを以て造られ、上部床(天井)は厚さ140cm、

1) 1例として首都ベルリンの状況を示せば、開戦後2年目の昭和16年(1941)6月26日現在のベルリン警察本部調査によれば、開戦以來ベルリン市に對するイギリス空軍の投下彈數及びこれによる市内死傷者數は

破壊爆彈	937發	死者	312名
燒夷彈	7492發	傷者	611名

人口450萬の大都市としては、交通事故による死傷者の程度に過ぎぬ。これをこの間に於ける空襲回數65で除せば、空襲1回に付平均死者5名、傷者10名となる。爆彈の數量から見れば、ベルリンの市民1人を殺すのに、イギリス空軍は爆彈3發を費してゐる勘定になる。

その後於ける空襲の激化に伴ひ、人的損害は増加してゐるが、全市の約2/3が破壊されたと傳へられるにも拘らず、昭和19年(1944)3月末現在に於て、開戦以來のベルリン市内の死者數は約1萬人に過ぎず、全市人口の僅かに0.25%にしか當つてゐない。

側壁は地上部分の厚さ110cm、地下部分は填塞効果を考慮に入れて厚さ180cmを以て標準寸法としてゐる(詳細は「防護室の構造設備」の章参照)。

斯うなると、もう普通の建物ではなくて、市街の真中に設けられる要塞である。故にドイツでは本名の「耐弾防護室」¹⁾の代りに市民は「ブンカー」²⁾と呼んでゐる。「ブンカー」は第1次大戰當時生れた言葉で、コンクリート造の特火點(トーチカ)を意味する。この種の素晴らしい耐弾防護室は、戦時下にも拘らず、ベルリンを始め全國16の重要都市に盛んに建設中であつて、その數は昭和16年の夏に於てベルリン市内のみでも約1000箇所に上つてゐた。これは第1期建設計畫の分で、その後於ける建設は、空襲の激化に應じて、愈々擴大強化を見るに至つた。その範圍は、重要官公衙は勿論、一般の共同住宅の地下室に設けた自家用のものもあれば、目抜き道路や廣場の地下又は横穴式に山腹等を利用した公共用のものもあり、工場内に設けられたものもある。規模は小にしては100名程度を收容するものから、大にしては數千名を收容し得るものまでである。

形態による分類 形態は千種萬様で、地上に獨立して設けられた塔状のものもあり、屋内又は屋外に設けられた地下式のものもあるが、原則としては「地下式」とされてゐる。各種の形態を高層のものより低層に及んで整理分類し、各種類に就き夫々代表的實例と認められるものを挙げれば、下記の如くである。實例には参考の爲、ドイツ以外の諸國に於ける類似の形態並に構造のものも併せ採録した。

1. 高層防空塔

【例】ウイネル Winkel 式(第191, 192, 193, 194圖)

イタリア式(第195, 196圖)

2. 圓筒形防空塔

【例】重層式 Ringtreppenturm(第176, 197, 198圖)

單層式 Rundling(第177圖)

高射砲陣地兼用式(第178圖)

1) 獨 Bombensichere Schutzräume; 英 Bomb-resisting shelters
2) Luftschutz-Bunker 又は略して單に Bunker, 地上に獨立して設けられたものは Hochbunker, 耐弾救護所ならば Sanitätsbunker と呼ばれる。