

## 第 5 章

H P 『海軍砲術學校』公開資料

<http://navgunschl.sakura.ne.jp/>

## 第5章 爆風による構造物の被害

### 第1節 序 論

#### 概 説

**5.01** 前述の3・4章では、爆風の一般原理と衝撃波による構造物に対する荷重について取扱った。本章では、核爆発によって生じた各種の建物・橋・公共施設・車両等の実際の被害について述べる。加えて、各種の目標物に対する被害の基準について、更にさまざまな爆発型式による被害と距離の相関関係について述べることにする。

**5.02** 爆風による構造物に対する直接的な被害にも、さまざまな型式がある。例えば、爆風は、構造物のひずみ、屋根の崩壊、パネル、窓の破壊を起こす。一般に、被害はあるタイプのひずみにより生ずるものであり、このようなひずみは核爆発の結果生ずる。

**5.03** 核兵器の爆風効果と高性能の在来爆弾の爆風効果の間には重要な差異があることに注意しなければならない。前者（核兵器）の場合には、爆風の高い尖頭過圧、高い風圧（動圧）及び正圧部（圧縮）の長い持続時間が総合して地震やハリケーンによって生ずるものと同様建物に大きな変形が起こる。在来爆弾の爆発は、通常大きな建物の一部分だけを破壊するが、核兵器による爆風は、局部的な構造物の被害のみならず、すべての建物を包んで破壊することができる。

**5.04** 核爆発で被害を受けた日本の地域（§2.24）を調査した結果、小さな石造建築物は到着した圧力波で包まれて完全に破壊したことがわかった。軽い構造物や住宅は爆風で全部破壊され、直後に火事で焼きつくされた。鉄骨構造の工場は、屋根や側壁をはぎ取られ、曲った骨組だけが残った。鉄筋コンクリート製の建造物と煙突を除いて、近距離のほとんど全てのものは破壊された。或る一部の建物は大きな風に打たれたかのように、G Zから外の方へ傾いていた。電柱はハ

リケーンの時のように地表面の所でポッキリと折られ、電線もそれについて落ちていた。大きなガスタンクは爆風波の破壊作用で破れつぶされていた。

**5.05** 離れた所から無傷のように見えた多くの建物は、近づいて調べると被害を受け、内部を火で焼かれていた。これは多くの場合、爆風作用の間接の結果である。若干の場合は、熱輻射線が火災の発生の原因であったが他の多くの場合には、火災は転倒したストーブや炉又はガス管の破裂によって生じた。主として建物の破壊によって生じた水道管破壊のための水圧の降下やその他の爆発で生じた事情が火災による一層の破壊に寄与した（第7章）。

**5.06** 核爆発の巨大な力の非常に重大な結果として、瓦礫（その他の石材）ガラス・木片・金属等の非常に多数の飛散物ができた。これらの飛散物は、構造物や公共施設に相当量の二次的被害を起こし、また、軽被害の地域でも多数の死傷者も生じた。更に多量の瓦礫が道路を閉塞して、救急や消火作業を著しく困難にした（図-5.06）。



図-5.06 広島における核爆発の瓦礫

**5.07** 日本における多くの構造物は、耐震型であり米国の同種の建物より多分強いであろう。一方或る一部の建物は米国の中よりも疑いもなくきやしゃであった。

しかしながら日本の住宅の脆弱性に関する一般の考え方とは反対に爆風に対する米国の住宅の強さは、一般的に広島や長崎の家とあまり大して違わないというのが核爆弾の被害を調査した建築家や技術者達のグループの専門的な見解である。この見解はネバダで行われた核の空中爆発による試験構造物の状況より得られた。

## 第2節 被害生起の因子

### 強度と大きさ

**5.08** 核爆発による爆風に対する構造物の被害はさまざまな因子から生起する。考えられる因子は、強度に対するさまざまな形状、構造物の大きさ、外観及び構造物の材質の弾力性（§ 5.14）である。

**5.09** 爆風に対する構造物の被害を決定する基本的な基準は強度である。ここで“強度”という言葉は一般用語として用いており、強度は明白にわかるものやよくわからない因子の影響を受けるものである。強度の示す最も明白なものは建物がどっしりしていることであることはもちろんである。ただし、これは目で見えない他の因子の影響を大きく受ける。例えば、骨組みの弾性と柔軟性やはりと柱の接続部、十分な補強、多くの対角状の支柱などである。これらの因子の幾つかのものについては、後で検討する。建築物は同じ強度をあらゆる方向からの爆風に対して持つものではない。

**5.10** 最も強度のある建築物は、鋼鉄の骨組みで鉄筋コンクリート製の建築物であり、特に耐震性の建築物が強度がある。最も弱い建築物は軽い骨組みで長いはりを用いた小屋型の工業建築物である。軽量（建築物）でオープンフレーム（建築物）のある種の建築物は、弱い部類に入り、フレームのしっかりした建物は、前述の建物より強度がある。

**5.11** 石材（レンガやコンクリートブロックを含む）を用いた壁で補強材を用いてないものは、建物の爆風に対する抵抗性が小さくもろい。上記の建物が爆風に弱い原因は、建物の弾性が小さいこと、更に爆風が建物の側面に作用した場合、

各連接部の強度が小さいということである。しかしながら、これらの建物に鋼鉄で補強することにより強度が大巾に向上する。

## 建物の型式

5.12 相当に強い地震がある地域を除いては、米国の多くの建物は中程度の強風が横から吹いても大丈夫なように建てられている。つまり、天然の風は比較的ゆっくり、また、急激な風速の変化のない風であり、これらの風に対する荷重に耐えうる目的で建てている。しかし核爆発による爆風は横方向の動的（静的でなく）な荷重である。すなわちこの荷重は非常に急激に作用し、1秒かもう少し続いた後、すぐに荷重がなくなる性質がある。建築物や材料の質量は、動的な横方向の荷重に対して重要な因子となるが、静的荷重に対してはこの因子はさほど重要ではない。

5.13 建築構造物のうち耐震型の建物で建物の重量の約10%の力が横から加わった時に残存する建物でも、爆風によりほとんど損傷を受ける。このような構造物はしばしば構造物の中に仕切り壁や連接部で補強し、相当の横からの力に対して抵抗力を持たせ徹底的な損傷をこうむらないようにする。

## 柔軟性

5.14 “柔軟性”という言葉は、建物が損傷を受けることなく、（爆風）のエネルギーを吸収することのできる材質や、構造の能力を示す語句である。すなわち柔軟性があればあるほど損傷に対して強いということである。もろい材質は爆風による荷重がかかれば、柔軟性が少ないのですぐにくずれる。

5.15 柔軟性について考える際2つの大きな局面がある。力（荷重）が物質に加わった場合に、この建物を変形させる。核爆発の例で言うと、最初の変形は弾性であるといえる。もし、この物質が柔軟性ある物であれば、荷重を取り除いた時、もとの形に直る。しかしながら、荷重によって作られる応力（内部的な力）が十分に大きいものであれば、物質は“可塑的”なものとなる。この場合には、荷重を取り除いた後も完全にはもとの状態にもどらない。すなわち、いくらか変形するが損傷を生じない。応力が極限の力に達した時のみ、損傷が発生する。

5.16 理想的にいえば、爆風により小さな損傷ですむには、できるかぎり柔軟性

を構造物に持たせるべきである。残念なことに建築材料は一般的に彈性的に多くのエネルギーを吸収できないが、それでも可塑的に大きなエネルギーを吸収する材料もかなりある。耐爆風型の構造にも問題点がある。すなわち、どのくらいの損傷で個々の建物が使用不能となるのか？このことは、もちろん建物や素材や目的で異なる。しかしながら、完全に崩壊しなければ、わずかな損傷は建物を使用するのにさしつかえない。

**5.17 建築材料の持つ柔軟性は、耐爆風型という点から明らかに望ましい性質である。**建築用鋼材及び鋼鉄補強材は、前述の柔軟性を著しく向上する。これら鋼材及び補強材は、強大な外力を吸収することができる。例えば、爆風に対しても、これらの鋼鉄製材料を用いていれば、崩壊をまぬかれたり、建物の倒壊率が減少する。**鋼材を用いた建物は静的な力より動的な力に対してより強く、ある種の鋼鉄は、この傾向が著しく強い。**

**5.18 コンクリートだけであれば、柔軟性は少ないのであるが、鋼鉄とコンクリートを一諸に用いた鉄筋コンクリート建築物では、鋼鉄の柔軟性が發揮される。**鉄筋コンクリート製の建物は、かなり柔軟性をもっているので、エネルギーを吸収する能力も持つようになる。補強材のない石壁は、柔軟性がまったくなくすぐにもろく崩れてしまう。

## 第3節 商店及び官庁用建築物

### 序論

**5.19 この節及びこの後の節では、核爆発による爆風により生じた建物のさまざまの損傷について記述する。**先ず初めに、商店・官庁用建築物及びこれらに類する建物について述べる。これらの建物には、銀行・役所・病院・ホテル・大きなアパートが含まれている。このような高層建築物に対する爆風の効果についての情報は、広島や長崎において得られたものである。以下3つのタイプに分けて記述する。すなわち、鉄筋コンクリート製の建物、鋼鉄骨組の建物、荷重を

支えるための壁が多い建物などである。前述のことから推定できるように、3番目にあげた建物より前の2つの建物の方が爆風に対して強い。しかしながら、軽・中程度の被害（参照表5.139 a）においてでも、フレームで補強した建物は、これらの内部にいる人員が傷つく。

### 高層鉄筋コンクリート建物

5.20 広島や広島よりやや小さな長崎には、多くの鉄筋コンクリート製の高層建物がいろんな型式で建てられていた。これらの建物の耐爆風性は、建物により様々であったが、一般的に外側がわずかに損傷を受けたのみであった。しかしながら、G Z付近では、ドアや窓から入った爆風や爆発後の火災のために建物の内部はかなり破壊されていた。図-5.20 a に広島でG Zより640フィートに建ててあった例外的に強固な耐震性の建物を示す。しかしながら、この建物の外側の壁はひどい損傷を受け屋根は押し下げられ、内部は破壊されていた。もっとも典型的な鉄筋コンクリートの建物を、米国において建て更にG Zより同一の距離を持たせたものの写真を図-5.20 b に示す。この建物は耐震性の建物よりひどく損傷した。



図-5.20 a 上の写真：耐震性鉄筋コンクリート建物、耐火用  
の窓・シャッターは爆風で破壊され、  
内部は火により焼失している。  
(G Z より 0.12 マイル、広島)

下の写真：同様の建物の内部の焼失状況

5.21 日本の多くの鉄筋コンクリートの建物が爆風に強かったのは、1923年に大きな地震の後決定された建築法が大きく寄与している。すなわち、新しい建物の最も高いものも100フィート以下に制限され建物の垂直荷重の10%の力が横方向から加わっても耐えられるように設計されていた。この法では更に、隔壁によって、より強固になる原理と連続性を付与する改良骨組とが指定された。重要な建物は、よく設計されこの法によって建てられていた。しかしながら、中には耐震上の要求を無視して建てられた建築物もあり、これらは核爆発による爆風にあ

まり耐えることができなかつた。

**5.22** G Z付近では、爆風の垂直成分がずっと重要で屋根に対して、下向きの力によって、もっと遠い所で見られるよりも大きい被害が生じた（図-5.22 a）。屋根は、その強さに従つて、下側に押されてくぼんでいたものもあり、あるいは、完全に壊われていたものもあつた。



図-5.20 b 三階建の鉄筋コンクリート建物、壁は13インチのれんがでできており大きな窓が開いている。  
(G Zより0.13マイルの広島の例)

建物の他の部分は、水平（横）力が小さいために、G Zから遠い建物より被害が少なかつた。G Zから遠く、特にマッハ反射領域では水平荷重の影響が著しかつた（図-5.22 b）。

**5.23** 屋根板の落下や壁の横方向への移動のほかにも多くの他の爆風の効果が見られた。これらの中に梁の屈曲と破壊、柱の損傷、外部壁板の圧潰及び床板の破壊がある（図-5.23）。天井、しつくい、隔壁に対する大きな被害がG Zから9,000フィート（1.7マイル）の遠くまで起つた。ガラス窓は、一般に3 $\frac{3}{4}$ マイルの距離まで、わずかではあるが8マイルの遠方まで、損傷を受けたものもあつた。

5.24 上記の各種の効果は、特に鉄筋コンクリート建物について述べている。これは、建物が全体としては壊れず、従って爆風荷重の及ぼした他の結果が観察できたからである。しかし、同様な被害が以下述べる他の型の建物にも起こったということを指摘しておかねばならない。

### 高層鋼骨組建物

5.25 核爆発にさらされた日本の都市には、二階以上の鋼骨組構築物は、ただ一軒だけであったようである。この建物は、長崎でゼロ地点から4,500フィート(0.85マイル)の距離にあった5階建てである(図-5.25)。



図-5.22 a 鉄筋コンクリート建物における屋根の破壊状況  
(G Z より0.10マイル 広島)



図-5.22 b 爆発による水平荷重の壁に対する影響  
(G Zより0.4マイル 長崎)

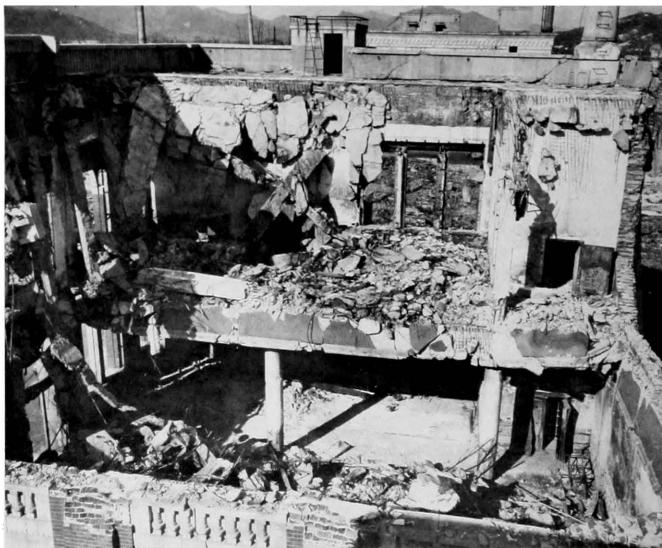


図-5.23 鉄筋コンクリート建物における屋根と床板の被害状況  
(G Zより0.10マイル 長崎)

この建物で、重構造と見なされなかった部分は屋根だけで、それは軽量な鋼鉄トラスで支えられた厚さ4インチの鉄筋コンクリートであった。屋根は3フィー

トくぼんと損壊したが、この建物の受けた唯一の重要な構造的な被害であった。

**5.26** 爆心から同じ距離にあった鉄筋コンクリート骨組建物もなお被害を受けた。そこでこれら二種類の相対的耐爆風性について、結論を導き出すには、証拠が不十分であった。二階建鉄骨建造物に対する被害の一例は、図-5.26に示されている。この建物の重い壁は、その荷重を鉄骨に移し、その柱は破壊された。

### 耐力壁型建物

**5.27** 軽量の耐力壁を持った小さな建物は、核爆発の爆風に対して、ほとんど抵抗を示さず一般に完全に崩壊した。同じ型の大きな建物で十字壁と、さらに重い構造を持つ建物はずつと抵抗が強かった。しかしながら G Z より 6,300 フィート (1.2 マイル) の所までは崩壊した。

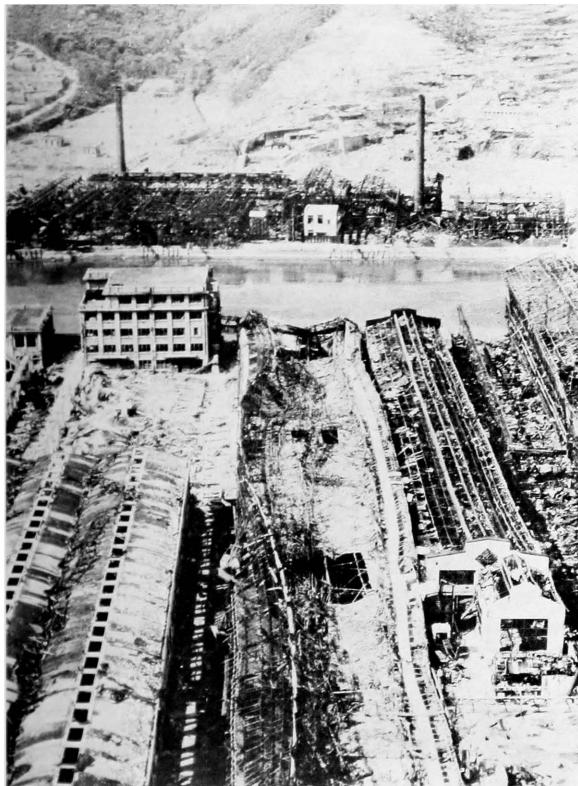


図-5.25 中央より左後方にあるのが、多階の鉄骨建造物である。  
(G Z より0.85マイル 長崎)

建物が立つたままでいた場合には、十字壁と側壁の結合部に亀裂が見られた。耐力壁を持った構造物は、大きな横向き荷重を受けた時、崩壊に対する抵抗を強くする様な特性は、ほとんどない。



図-5.26 7インチ鉄筋コンクリート壁の鉄骨二階建造物、一階の柱はG Zの反対方向へゆがんでいて、二階の柱は地上に落下している。  
(G Zより0.4マイル 広島)

#### 第4節 工場の建物

##### 日本での経験

5.28 長崎には、工業用に使用された建物すなわち、鉄骨に波型金属板か石綿セメントの屋根と側壁を持った同じ様な形のものが沢山あった。ある場合には、高架移動クレーンのレールがあった。ただし、クレーンは通常小能力のものであった。一般的に工場型建物の構造は、米国におけるものと似ていた。

5.29 G Zから、6,000フィート(1.14マイル)までこれらの構造物に対し、ひどい被害があった。G Zに、かなり近い所では建物は全体として押しつぶされて

おり、最も遠い所では、一般に爆風の中心からみて外側に傾いていた（図-5.29）。柱は、長く細かったので、横荷重に対してほとんど抵抗力がなかった。ある場合には、柱は横方向の力で屈曲し、又爆風の屋根に対する圧力により、下向き荷重をもさらに受けた。このことにより歪みが生じ、ある場合には、完全に崩壊した。屋根トラスは建物のG Zに面した側における爆風の横向き荷重から生じた圧力により歪曲した。

**5.30** 屋根や側壁に石綿セメントの様なもろい材料を使ったか、又は波型薄鉄板の様な高伸張力を持った材料を使ったかで、骨組に対する爆風の効果に差異が認められた。石綿セメントの方が、より早く壊れて圧力を均等にしてしまうので、骨組に対しては、構造上の被害が少なかった。



図-5.29 一階建軽鉄骨建造場、部分的に爆風により被害を受け、火災によりさらに損傷した。  
(G Zより0.8マイル 広島)

**5.31** 火災に防護されていないため鉄材にひどい被害を生じた。したがって、爆風の影響がどのようだったかを正確に述べるのは、不可能である。一般に鉄骨は、ひどく歪曲した。そして、側壁や屋根の材料がたとえ修理に役立つたとしても、鉄骨は殆んど役に立たなかつたであろう。

**5.32** 若干の工場建物では、屋根を支えるために木材のトラスが、使われていた。

これらは、骨組も結合も貧弱なので爆風により一層被害を受けたし、火災ですぐに焼かれた。ある場合には、コンクリート柱が、鋼製の屋根トラスと共に使われていた。こういう柱は、鋼の柱に比べて歪みに対して抵抗が大きいことがわかった。これは、多分コンクリートが鋼の火による抵抗力の減少を防護するためと考えられる。

**5.33** 工作機械に対する被害は、屋根や側壁の崩壊から生じた破片や、木造建築物中での火事、建物の被害のための位置のずれや転倒によって起こった。多くの例では、工作機械はベルト駆動であり、従って建物の変形は工作機械をその基礎から引き離し、それを壊したり、倒したりした。

**5.34** 煙突、特に鉄筋コンクリートの煙突は、相当な耐爆性があることがわかった（図—5.34 a）。その形のために煙突は、主に抗力荷重のみを受ける。そして十分強ければ、その固有振動周期が長いので、他の多くの構造物より爆風に対し鈍感であった。鉄筋コンクリート煙突に対するひどい被害の例は、図—5.34 b に示されている。鋼の煙突は、相当丈夫に作られていたが、重量が軽く、かつ、押しつぶす様な力を受けたので、鉄筋コンクリートのものに比べものにならなかった。全体的によく作られた石造の煙突は爆風に対し、鋼製の煙突よりいくらか耐えた。

## ネバダ実験

**5.35** さまざまの異なった建物に対する爆風の影響について、かなり多くの情報がネバダ実験場において1953、1955の両年で得ることができた。1953年3月17日に300フィートの塔の上で、核爆発させた出力は約16KTであった。1955年5月5日に同じく500フィートの塔の上で爆発させた。出力は約29KTに近いものであった。いずれの場合とも、爆風による被害と最大過圧との両者に相関関係があるので、風圧を測定した。

**5.36** 種々の商業用や工業用の目的に使われる標準構造の三つの型の金属製建物が尖頭過圧3.1及び1.3psiにさらされた。ネバダ実験の主目的は、これらの構造物が中程度の修理をすれば使える様になるという意味で、存在できる風圧を決め、耐爆設計の改良の基礎とすべき資料を得ることであった。

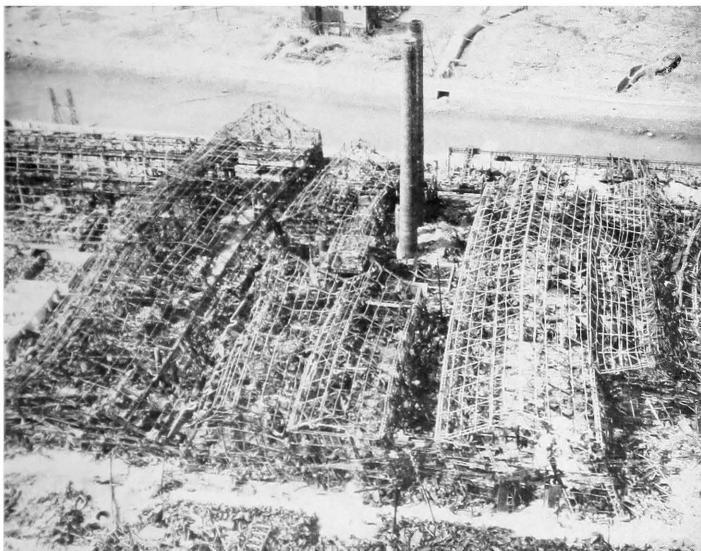


図-5.34 a 破壊された工場地区に残存する煙突 (G Zより0.51マイル 長崎)



図-5.34 b 高さ60フィートの鉄筋コンクリート製煙突。高さ15フィートのところで爆風により破壊されていた。(G Zより0.34マイル広島)

### アルミニウムパネルつきの鉄骨

5.37 第1の工場用建物は、建築技術者にはなじみ深い通常の鉄骨をもっており、屋根と側壁用にアルミニウムの薄板を用いていた（図-5.37 a）。3.1psiの過圧でこの建物はひどく被害を受けた。炉接しボルト締めにした鉄骨は立ったままでいたが、ひどく変形してコンクリートの台から引き離された。爆発に面した側では、歪みは軒の所で約1 フィートであった（図-5.37 b）。

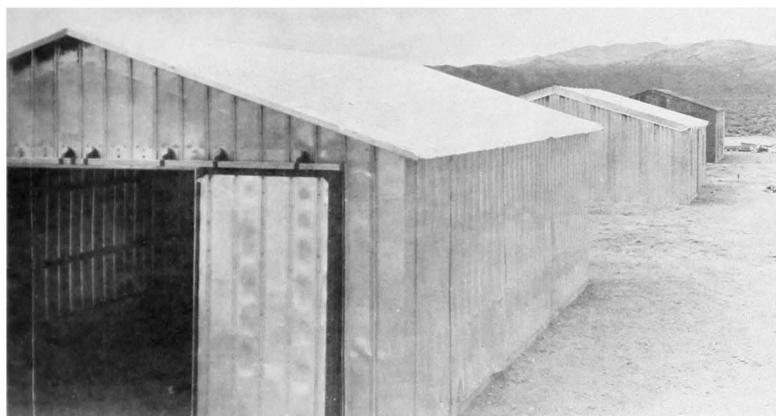


図-5.37 a 核爆発前の強固な鉄骨建造物の状況  
(ネバダ実験にて)

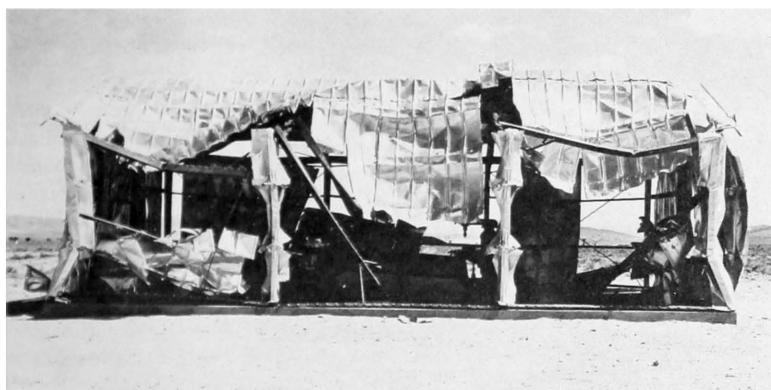


図-5.37 b 核爆発後の状況 (3.1psi 尖頭過圧)

**5.38** 1.3 psi 尖頭過圧では、主鉄骨は軽い変形を受けただけであった。

アルミニウムの屋根と側壁は、鉄柱と胴差しの前面で締めボルトから外れていたけれども、吹き飛ばされていなかった。爆発に面した壁と屋根板は、内側にへこんでいた。中央の胴差しは建物の前面の柱から外れて、ぶらぶらになっていた。

**5.39** 側壁のアルミニウムパネルは内側に軽くへこんでいたが、後面の壁及び屋根の後方の斜面では、薄板はほとんど乱れていなかった。この型の構造は、現在の様に設計されていれば、1 psi以上 の爆風圧にさらされても修理可能と見なし得る。耐爆性の増加は、特に胴差しともやの設計における改善によって可能になると考えられる。土台と壁床の間を、もっとよく締めつけることや、横荷重に対する抵抗の増加も、なお有益であると考えられる。

#### 鋼板の自体支持型構造建築物

**5.40** 骨組みがなく軽量の溝型、抱合させ鋼板（巾16インチ）自体が、荷重を支えている構造物が工場用建物の第2の標準型である（図-5.40 a）。この型の建物で、3.1 psiの過圧（0.2 psiの動圧）を受けたものは、完全に破壊した

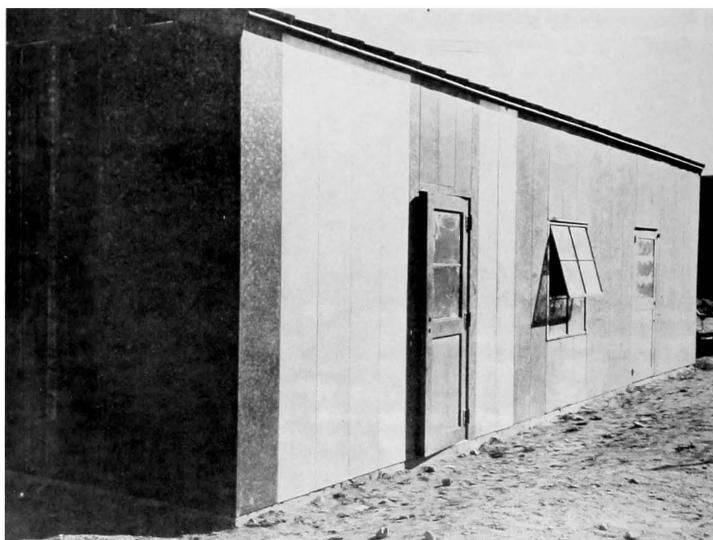


図-5.40 a 核爆発前の自体支持型構造建物の外面状況  
(ネバダ実験場)



図-5.40 b 核爆発後の自体支持型構造建築物の状況  
(3.1psi 尖頭超過圧力)

(図-5.40 b)。一・二の壁の破片は、50フィートも離れた所に飛ばされていた。しかし一般的には、曲げられたり、ねじられたりした建物の部分は、初めの位置の近くに残っていた。壁の大部分は、建物の側面と後面の基礎ボルトにくっついていた。屋根は、完全に崩壊して内部の機械の上に落ちていた。

**5.41 尖頭過圧1.3 psi**における被害はずっと少なかったが、建物の一部には相当の被害をうけたものがあった。前面の壁の板は中央部で1ないし2インチ内側にくぼんだが、後面の壁と屋根の後方の傾斜は被害を受けなかった。一般的にいって屋根の構造は、中央部の近くの歪みを除いて無傷で残った。

**5.42 鋼板型の構造物**は約 $\frac{3}{4}$ ないし、1 psiを超えない尖頭過圧にさらされても修理可能である。この型の建物は、建築が簡単であるが、爆風の下では、バラバラになりやすい。設計上の本質的な簡単さを保つたままで、耐爆抵抗を改善することは困難のように考えられる。

#### 波型鋼板付きの自体支持型構造物

**5.43** 工場用建物の第3の型は、強力で深い波型の巾43インチ16ゲージ鋼板でできている骨組なしの構造であった。薄板は側面・軒・屋根の棟において大きなボルトで互いに結合していた。壁板はコンクリートの土台にボルトで固定された。全体の構造は、骨組も胴差しも、もやもない自体支持型構造であった。(図-5.43)

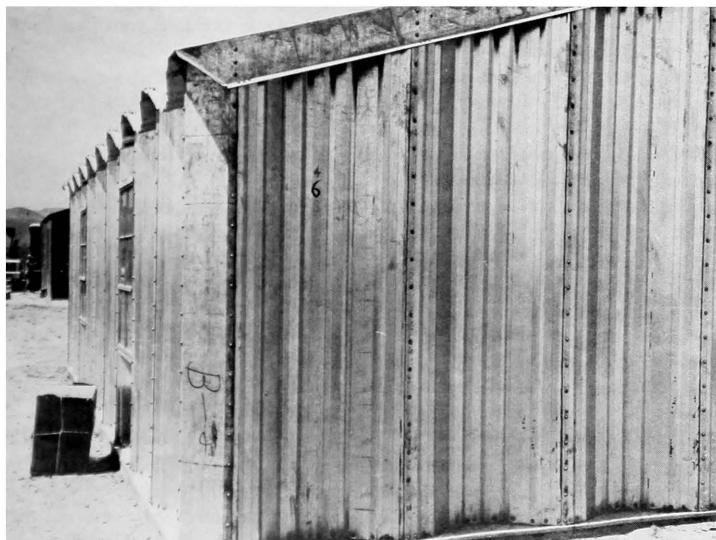


図-5.43 核爆発前の波型鋼板付きの自体支持型建物  
(ネバダ実験場)

5.44 尖頭過圧 $3.1 \text{ psi}$ 及び動圧 $0.2 \text{ psi}$ ではこの型の建物は、ひどく被害を受けた。しかし各部分は全部ボルトで結合されたままだったので、屋内のものを暴風雨から守るには十分であった。屋根の前方の斜面は、中央で $1 \sim 2$ フィート下側に押しつぶされ、棟の線は相当傾いた。屋根の後方の斜面はほとんど被害を受けなかったように見えた(図-5.44)。

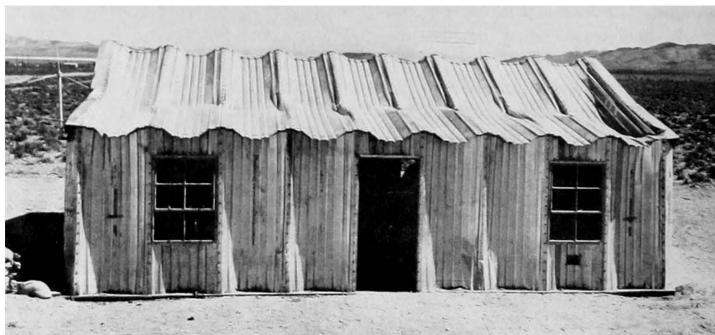


図-5.44 核爆発後の波型鋼板付きの自体支持型建物  
(3.1 psi 尖頭過圧)

5.45 前面と側面の壁は数インチ内側に屈曲し、前面のドアは壊れて飛んだ。窓は全部かなり壊れたが、後側の窓の数枚は元の場所に残っていた。

5.46 1.3 psi の尖頭過圧にさらされたこの型のもうひとつの建物は、ほとんど構造的な被害を受けなかった。屋根は棟の線に沿って、わずかに 1 ~ 2 インチ下方にくぼんだことを示していた。屋根板にも壁板にも明瞭なくぼみはなかった。窓の大部分は破れ、あるいはひびが入り、あるいは粉々になった。必要な場合には、ガラスを取り替え、若干の小修理をすれば、建物は完全に使用可能になると考えられる。

5.47 骨組みなしの波型鋼板構造は実験された建物の中で、最も耐爆性のあることがわかった。爆風圧が約 3 psi を超えなければ、比較的少ない修理で建物が引き続き使用できるようになると考えられる。破れたガラスの飛沫による被害を減少するように屋根と窓の設計を改善することは、有益と考えられる。

### 正圧部持続実験

5.48 爆風波の過圧の正圧部持続時間の差の、被害に対する影響を調べるために、1955 年ネバダで、1956 年エニウェットックで実験が行われた。典型的な抗力型構造物が、K T 級及び M T 級の核爆発を用いてどちらも同程度の過圧にさらされた。小工場用建物の 2 つの代表的な型の建物が、これらの実験に選ばれた。ひとつは、

脆い材料の側壁及び屋根でおおわれた鉄骨を持つ抗力型建物と考えられるものである（図-5.48 a）。他のひとつは、同じ骨組と屋根を持っているが、側面積の約30%の窓開口部を持ったコンクリート壁であった。これは半抗力型構造と考えられるものである（図-5.48 b）。

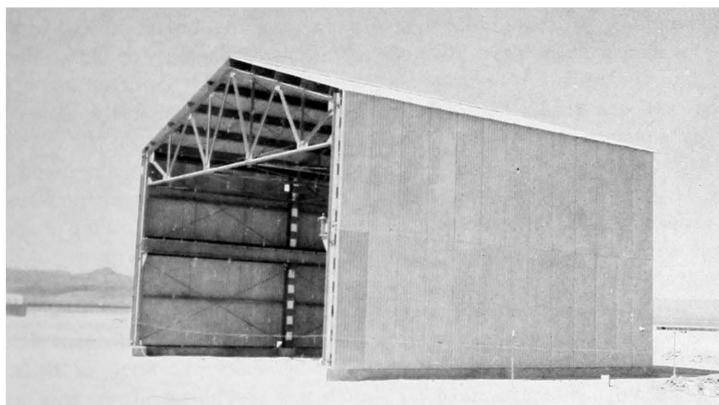


図-5.48 a 脆い材料の側壁と屋根を持つ鉄骨建造物

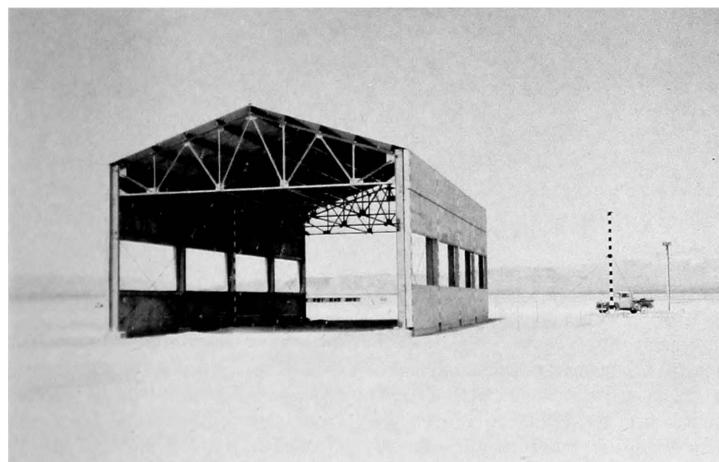
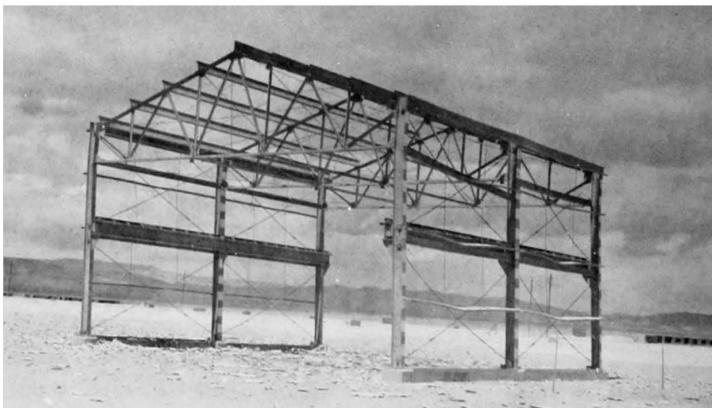


図-5.48 b 側面は壁面積の約30%の窓開口部をもったコンクリート製の鉄骨建造物

**5.49** K T 級核兵器のネバダの実験で建物は、尖頭過圧約 $6.5 \text{ psi}$ と動圧約 $1.1 \text{ psi}$ を受けた。すなわち、爆風の正圧部持続時間は0.9秒であった。柱の頂上で約1.5インチの永久水平くぼみが起こった。柱のアンカーボルトは壊れ、下部弦材と柱の結合の間で降伏が見られた。爆風に面した側の胴差しは、ひどい被害を受け側壁は全部完全に吹き飛ばされた（図—5.49）。



図—5.49 図—5.48 a の建物の核爆発後の状況

$6.5 \text{ psi}$  尖頭過圧と $1.1 \text{ psi}$ の動圧、正圧部持続時間0.9秒

**5.50** 最も強い側壁を持った第2の建物は、ネバダで過圧 $3.5 \text{ psi}$ 及び動圧 $0.3 \text{ psi}$ の正圧部持続時間1秒の過圧荷重を受けた。この建物に対する被害は少なかった（図—5.50）。しかしながら、脆い屋根のほとんど全部は、吹き飛ばされていたが、その他の被害としては、いくつかの結合部と柱の土台の小さな降伏であった。

**5.51** 同じ型の構造物がエニウェットックのMT級の爆発で同一の圧力にさらされた。すなわち、建物に対しては過圧 $6.1 \text{ psi}$ 動圧 $0.6 \text{ psi}$ 、半抗力型建物に対してはほとんど $5 \text{ psi}$ 及び $0.5 \text{ psi}$ であった。しかし正圧部は、今度はネバダの実験における約1秒に比し数秒持続した。両方の建物は、完全に壊れた（図—5.51 a 及び b）。いたる所に変形や破壊が生じ、特に柱と結合部において起こった。それゆえ、抗力荷重に敏感な構造物に対する被害は、さだまつた尖頭

過圧値においては、爆風の正圧部持続時間が長くなると増大すると結論された  
(§ 4.13参照)。

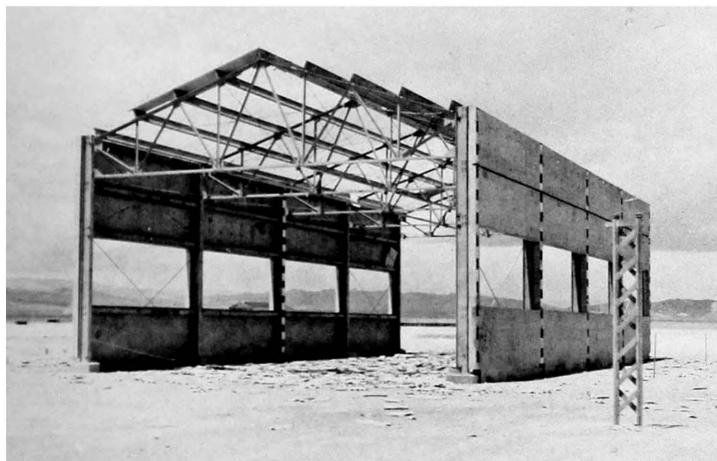


図-5.50 図-5.48 b 建物が、3.5 psi 尖頭過圧、0.3 psi 動圧にさらされた状況、正圧部持続時間は1秒間であった。



図-5.51 a 図-5.48 a と同様な建物が6.1 psi の尖頭過圧力及び0.6psi動圧にさらされた状況、正圧部持続時間は数秒であった。



図-5.51 b 図-5.48 b と同様な建物が 5 psi の動圧にさらされた  
状況、正圧部持続時間は数秒間であった。

## 第5節 住 宅

### 日本での経験

5.52 核攻撃を受けた日本の都市には、土の壁の木造住宅が多くあった。ただし大部分は、火災で焼損したので爆風被害に関する詳細な情報は、ほとんど得られていない。大工の技能は通常高いが、工学的な原理では、破壊作用に抵抗するに適していなかった。たとえば、かま継ぎの接合部は構造上の弱点で、結合は一般に貧弱であった。木材は、しばしば必要以上に上下に動き、又接ぎ手は不適当な位置におかれ、全体的に弱くなっていた（図-5.52）。



図-5.52 上の写真：木骨建物（G Zより1.0マイル 広島）  
下の写真：工事中の住宅の骨組。小さなほぞがある。

5.53 長崎では、住宅はG Zから7,500フィート（1.4マイル）までこわれていた。その距離では尖頭過圧は3 psiと推定された。又、8,500フィート（1.6マイル）まで重大な構造物の被害があった。屋根・壁・パネル・隔壁は

9,000フィート（1.7マイル）まで被害を受けた。その場所では尖頭過圧は、およそ 2 psi であった。しかし建物は、適当な修理をすれば住めるようになったと思われる。

## ネバダでの実験

**5.54** ネバダで1953年及び1955年に行われた住宅に対する実験の主な目的は、次の通りであった。

- (1) 爆風被害に最も敏感な要素を決めて、各種の型の構造物を強くする方法を工夫する。
- (2) 核爆発で予想される住宅の被害の程度とこれらの住宅が、その後たいした修理なしにどの程度まで住めるようになるかに関する資料を供給すること。
- (3) 核攻撃の際、家の中にいる人々がどの程度爆風や放射線から防護されるかを求めること。ここでは、このうち初めの 2 点だけを考える。本章では爆風効果を主に扱うことを目的としているからである。

## 2階建木造家屋、1953年の実験

**5.55** 1953年の実験でアメリカの普通の型の 2 つの本質的に同じ家屋が違う場所で使われた。その家屋は典型的な木造 2 階建てで地下室と煉瓦作りの煙突を持っている。内部はしつこいで固めてあるが、ペンキは塗っていない。実験は爆風の効果を調べるために企画されていたので、家屋は燃えないようにあらかじめ注意されていた。従って外部は、熱線を反射するため白ペンキを塗ってあった。（鎧戸を除き）同じ目的のため、爆心に面した窓はアルミ仕上げをした金属製のベニス風の鎧戸がついていた。更に家屋は淡灰色の屋根板で屋根をふいてあった。爆発地点に近い方の家屋では火災の機会がより多いので、この屋根板は石綿セメントであったがもうひとつの家には、アスファルトの屋根板が使われた。又電気・水道・ガス等の設備はつけられていなかった。

**5.56** 2 つの家屋の中のひとつは、入射衝撃波の尖頭過圧が 5 psi 近くに達するマッハ反射領域内におかれていた。日本における被害からこの家屋はほとんど完全に破壊されると予期され、また実際にはそうなったが、主な目的は地下室

にいる人間がどの位保護されるかを見ることであった。

5.57 爆心より近い住居が受けた被害が図-5.57でかなりよく示されている。明らかに家屋は修理不能の程度にまで破壊される。一階は完全にこなごなになり、二階はひどく壊わされて一階の残骸の上に落ちていた。屋根は数個にわかれて吹き飛ばされて家の前後に落ちていた。壁の切妻は外側に吹き飛ばされ煉瓦造りの煙突はこわれてばらばらになっていた。

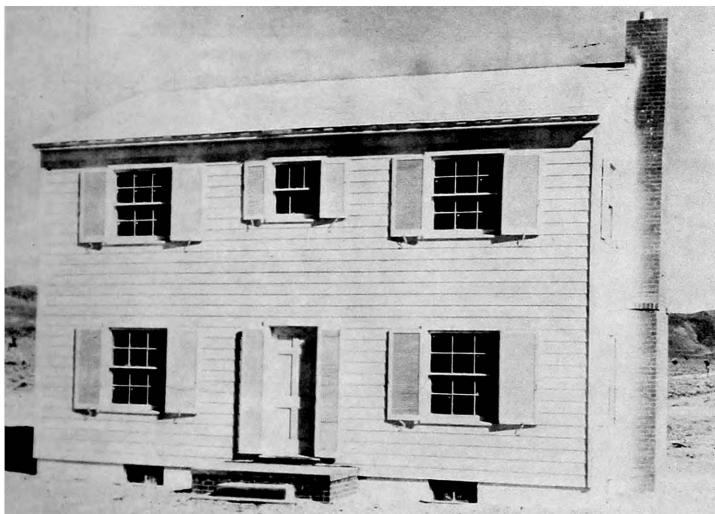


図-5.55 核爆発前の木造建物（ネバダ実験場）



図-5.57 核爆発後の木造建物（5 psi 尖頭過圧）

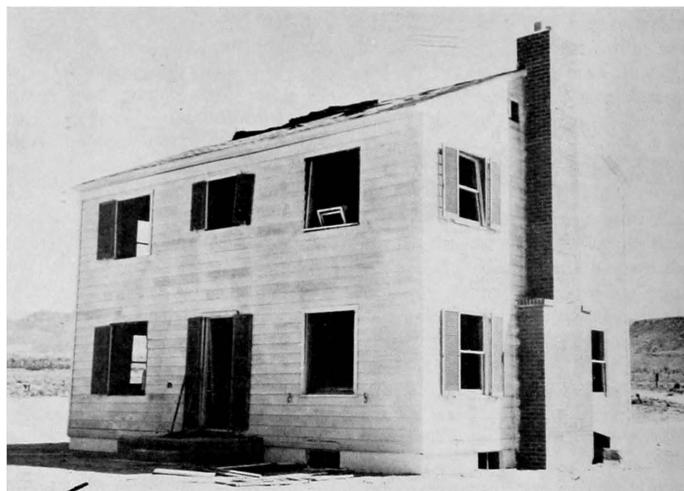


図-5.59 核爆発後の木造建物（1.7 psi 尖頭過圧）

5.58 地下室の壁は主に後側すなわち爆心から離れた方に若干の被害があった。

地下室の前側の壁は、少し押されたが、端を除いては亀裂が起こっていなかった。

一階の床を支えている根元は、おそらく一階と大部分密閉された地下室との圧力

差によって下方に落され、パイプ支柱は後方に傾いた。しかし、地下室から一階までの完全な共通破壊はごく限られた部分だけであった。地下室の他の部分は、比較的無傷で、そこにあった避難所は無事であった。

**5.59** 入射尖頭過圧 $1.7 \text{ psi}$ を受けた2階建ての家屋は内部的にも外部的にも、ひどく被害を受けたがなお建っていた（図-5.59）。1階及びその上に住んでいた人は、小はガラスの破片による小さな切傷から、大は飛来する破片によるか又は身体全体が、横に飛ばされることによる致命的な傷害を受けたものと思われる。また、家の備付の家具その他いろいろな道具にも若干の被害を受けたであろう。完全な修復は非常に高価になると考えられたが、窓とドアの口を被い、地下室を支柱で支えれば家屋は緊急事態で居住可能と思われた。

**5.60** 窓枠とはり枠を含めてドアと窓の部分が最も著明な被害を蒙った。前面のドアは粉々になり台所と地下室への入口は蝶番から引き外された。内部のドアの被害は色々であった。爆発前に開いていたドアは最も被害を受けなかった。家の窓のガラスは粉々になり窓枠特に前面の窓枠への圧力が枠を外した。



図-5.64 核爆発後の強化木造建物（ $4 \text{ psi}$ 尖頭過圧）

**5.61** 1階の主な被害は接続部が折れたことである。2階は窓が壊われ、しつくに亀裂があったが構造上の点で比較的少ない被害を受けた。屋根の被害は、主にタル木（ $2 \times 6$  インチ、16インチ間隔）の破壊であった。

5.62 地下室は窓と入口ドアと骨組を除いては、被害の跡は見えなかった。地下室の避難所は完全だった。

## 2階建木造家屋、1955年の実験

5.63 上に述べた結果に基づいて、1955年の実験に使われた2つの同じ型の木造家屋には設計にある種の改善が行なわれた。通常の構造よりも、概算見積りで約10%増額した次の改良がなされた。

- (1) 外部壁と基礎の間の結合の改良
- (2) 地下室のパイプ支柱の代りの鉄筋コンクリートの剪断壁
- (3) 1階床のはりの大型化と強化
- (4) 木柾としつくいの代りの合板の使用
- (5) 桁の寸法増加（ $2 \times 8$  インチまで）壁の門柱の寸法の増加
- (6) 壁の解放部の窓枠の釘留の強化

5.64 これらの改良をしても5 psiの尖頭過圧では、ほとんど完全な破壊が起こることが予想されたので、家屋の1つはマッハ波面の過圧が4 psiになるところに置かれてた。実験の結果、強度を増加していたこと及び爆風の圧力が低かったことによりこの家屋はこわれなかった（図-5.64）。しかし上部構造はひどく被害を受けたので、経済的には得策ではないと思われる程の高価な修理をしなければ住めなかつた。

5.65 もうひとつの補強木造家屋は入射尖頭過圧が約2.6 psiの所に置かれた。これは1953年の実験の際の低い方の圧力より相当高かった。比較的大きな被害を受けたが家屋の状態は控柱とあまり高価でない修理によって非常時の避難所として利用出来る程度であった（図-5.65）。細部については、差があったが全体としての被害は1.7 psiにおける非改良型の家屋が受けたのとほとんど同程度であった。



図-5.65 核爆発後の強化木造建物 (2.6 psi 尖頭過圧)

## 2階建煉瓦壁家屋

5.66 1953年の2階建木造建物の実験と比較するために大きさも設計も同様な2つの煉瓦壁家屋が、1955年の実験でそれぞれ5 psi及び1.7 psiの過圧にさらされた（図-5.65）。外壁は煉瓦の上張と炭ガラブロックで土台壁は炭ガラブロックであった。床と隔壁と屋根は木骨であった。

5.67 この煉瓦壁家屋は5 psiの入射過圧で修理のきかない程被害を受けた（図-5.67）。側壁と裏の側壁は、外にくずれていた。前面の壁は内側にくずれていた。これらは、砂ぼこりの状況を見ることによりわかった。前面の壁の破片がどこにあるかは、よくわからなかったがわずかに床の骨紐の上におちていた。外壁は外方に吹き飛んだので煉瓦の破片はほとんど床の骨紐の上には落ちていなかった。屋根は碎かれ吹き飛び後の方の部分は家屋の後方50フィートの所に落ちていた。1階の床は一部壊れ、床のはりが中心に裂け、その上に落ちた2階の床の荷重のため地下室に落ちていた。煙突は数個の大きな部分に碎かれていた。

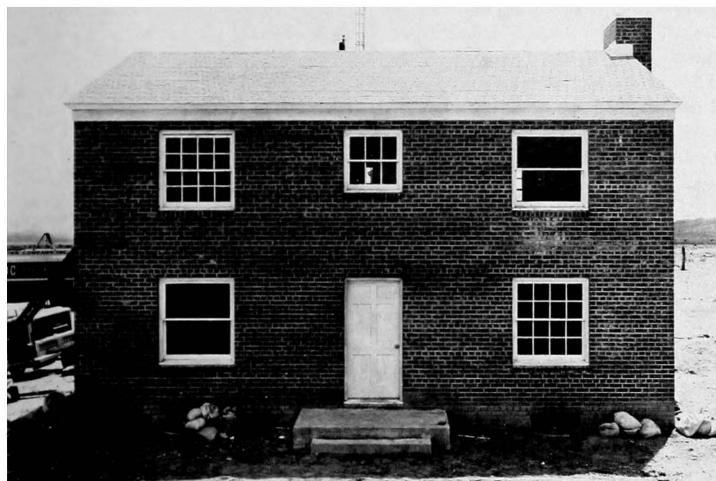


図-5.66 核爆発前の補強しないレンガ造りの建物  
(ネバダ実験場)



図-5.67 核爆発後の補強しないレンガ造りの建物  
(5 psi 尖頭過圧)

**5.68** 爆心から遠く、過圧が $1.7 \text{ psi}$ の所では対応する構造物は相当程度の被害を受けた。しかし、控え柱と相当安価な修理で居住に利用出来る程度の状態

であった（図-5.68）。



図-5.68 核爆発後の補強してないレンガ造りの建物  
(1.7 psi 尖頭過圧)

#### 1955年実験の1階木造家屋（可搬型）

5.69 いわゆる可搬型の1対の1階建木造家屋が、水平に注入されたコンクリート板の上に建てられた。これ等の家屋は通常の設計のものであるが、各地面上に鉄筋コンクリートの浴室の壁・床・天井及び爆風ドア・鎧戸のついた避難所を持っていた（図-5.69）。

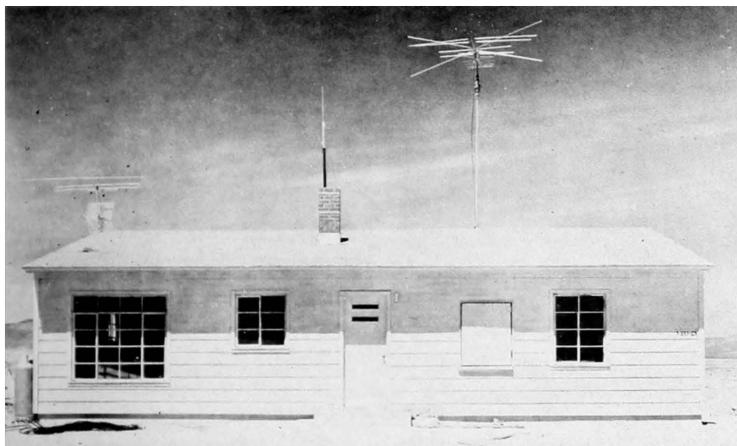


図-5.69 核爆発前の可搬型建物（右側の浴室の窓の向う側にある爆風ドアに注意）（ネバダ実験場）

5.70 およそ 5 psi の入射超過圧力に曝されたこれ等の家のひとつは、修理できぬ程度にこわれた。しかし浴室の避難所は少しもこわれなかつた。爆風鎧戸の掛け金がこわれ鎧戸は外れたけれども、窓はやはり元のままで残つていた。屋根は吹き飛び地面に落ちた。前面壁の一部は爆発の方向から外側にそり返つて立つたままで残つた（図-5.70）。

5.71 同じ型のもうひとつの家は 1.7 psi の尖頭過圧を受けたが、あまりひどい被害を受けて、容易に居住出来る程度であった。窓はこわれ、ドアは蝶番から外れ、しつくい板壁と天井はひどい被害を受けた。主な構造上の被害は梁間中央の桶支えはりの破壊と骨組の破壊であった。更に玄関屋根は支えから 6 インチ上にあがつた。

#### 1 階建コンクリート家屋、1955年実験

5.72 1955年に実験されたもうひとつの住宅の型は組立式で軽量伸張集成貢岩コンクリート壁と溶接した鋼製柄で結合する隔壁パネル作りの 1 階建家屋であった。同じ様な屋根パネルが特別のネジ釘埋め込みとセメント糊の結合で壁に固定してあった。壁は立てられた後で十分につき固めたところに注がれたコンクリー

トの床板とコンクリートパイルによって支えられていた。床は壁パネルの中にねじ込んだかぎボルトで支えられた周辺補強桿によって壁にしっかりと固定してあった。全体としての設計は、耐震構造に対するカルフォルニア州規則に従うようなものであった（図-5.72）。



図-5.70 核爆発後の可搬型建物（5 psi 尖頭過圧）



図-5.72 核爆発前の鉄筋コンクリート建物（ネバダ実験場）

**5.73** この家屋は尖頭過圧 5 psi に対してさえ耐えることができた。破壊又はひどい被害を受けたドアや窓を取り替えることによって、居住に利用できたと思われる（図-5.73）。

**5.74** 家屋の前面の屋根板は、その支えから少し持ち上げられた形跡があるが結合を壊す程ではなかった。一部の壁は少しヒビが入り、他の壁は少し動いた形跡があった。ある部分では、板の結合の周囲のコンクリートは裂けて結合部分が露出していた。鋼製の窓枠は、幾分曲っていたがその場に残っていた。

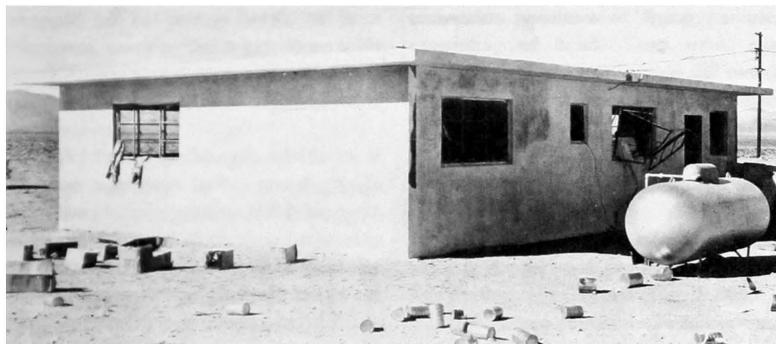


図-5.73 核爆発後の鉄筋コンクリート建物、L P ガスのタンクは家の影で全く損傷がなかった。(5 psi 尖頭過圧)

5.75 組立コンクリートスラブ家屋は、1.7 psi の尖頭過圧では比較的小さな被害しか受けなかった。ガラスは同じ圧力にさらされた他の家屋と同じ様に広範囲に壊れ、ドアは蝶番から吹き飛ばされてこわれていた。しかしこの事と鋼製窓枠の曲りとを除けば唯一の主要な被害は、窓枠をコンクリートにうめこんでいる突出部の結合のコンクリートが裂けたことであった。

### 1階建補強石造家屋、1955年の実験

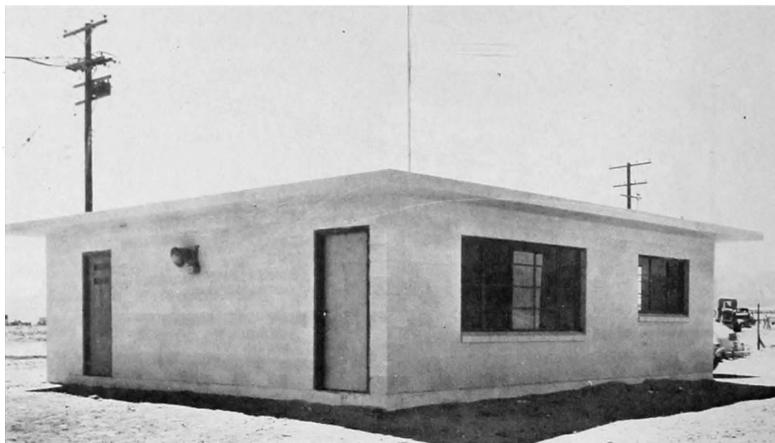
5.76 1955年に実験された最後の型の家屋は、やはり耐震設計のものであった。床は、水平の場所で注入したコンクリート板であった。壁と隔壁は軽量（伸長集合岩）8インチ石材ブロックで出来ており、床板に固定された垂直の鉄棒で補強されていた。壁もなお2階の水平鉄棒で補強され、開口部は補強された樋（横木）の層を渡してあった。屋根は上記の組立コンクリート家屋に使われたのと同様な組立、軽量コンクリート板で出来ていた（図-5.76）。

5.77 およそ5 psi 尖頭過圧で窓は壊れドアは内側に吹き飛ばされてこわされた。鋼製窓枠は全部もとの場所にとどまっていたが曲っていた。家屋は小さな構造的被害を受けたにすぎず比較的安い費用で居住可能にすることができたと思われる（図-5.77）。

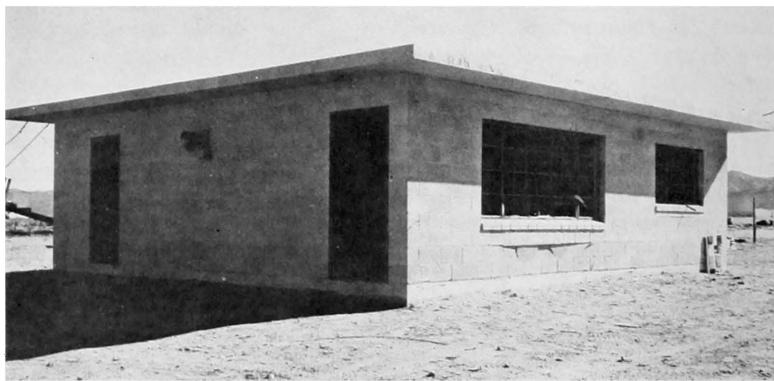
5.78 屋根板が動いた形跡があったが、結合部を破る程ではなかった。大きな窓

## H P『海軍砲術学校』公開資料

の下の石材の壁は、約4インチ程コンクリート床板の上に押し込まれた（図－5.77参照）。これは窓の下の壁と床の間の“だぼ”を省いたためらしかった。その窓の壁の上に若干亀裂が生じた。多分補強樁の不適当な取り付け方と、窓の中央はり間にパイプ柱を代用したためであろう。



図－5.76 核爆発前の補強石造家屋（ネバダ実験場）



図－5.77 核爆発後の補強石造家屋（5 psi尖頭過圧）

**5.79** 尖頭過圧1.7psiにさらされた同じ型の家は、ドアと窓の普通程度の破壊を除いて、被害をほとんど受けなかった。鋼製窓枠はもとの場所に残っていたが曲っていた。そして突出部結合のまわりのコンクリートが若干壊れていたのが認

められた。全体として家屋に対する被害は小さいもので、すぐに修復できるような状態であった。

### 1955年実験のトレーラ移動家屋

#### トレーラ移動家屋、1955年実験

**5.80** 移動用家屋として使用するために作られた色々の型の16台のトレーラ車が、1955年のネバダの実験で爆風にさらされた。9台のトレーラ移動家屋が爆風尖頭過圧1.7 psiの所に置かれ、残りの7台が尖頭過圧1 psiの所に置かれた。これ等の家屋は爆風の進行方向に対して色々の角度に置かれた。

**5.81** 高い方の過圧 (1.7 psi) で、そのうち2台が爆発によってひっくり返った。このうちの1台は初めの爆風に対し横向きになっており他の1台は45°に向いていたため被害はずっと軽かった。上記2台のほかは、すべてもとのように立っていた。全体的に見て受けた被害はあまり重大な性質のものではなかった。

**5.82** 外部から見ると、移動家屋の多くは壁や屋根に若干のくぼみとある程度の変形を見せていました。しかし裂け目は比較的少なかった。多くの窓は壊れた。しかし内部には、ガラス片は少なくまたは全然ないものもあった。ことに内部にスクリーンを備えたものはそうであった。スクリーンやベニス風の鎧戸のないもの特に大きな見晴らし窓のあった所ではガラス片が内部にあった。

**5.83** 移動家屋の内部はたいてい、壊れたパネルや、壊れてひっくり返った家具や、ばらばらにされ壊された食器棚・戸柵・衣装戸柵のために雑然としていた。ストーブ・冷蔵庫・ヒータは動いておらず床の外観は無傷であった。水道・ガス・下水等の鉛管類は爆発後も働いていた。結局動かされた家具をもと通りにし、戸柵を修理し、窓のカバーを一時的に作り、破片を掃除すれば全トレーラ家屋は緊急時用として居住可能になったと思われる。

**5.84** 1 psiの過圧の所では一部の窓は壊れていたが大きな被害は受けなかった。移動家屋を住居として使用できる状態にする主な修理は窓を取り換えるか、又は間に合わせの窓のカバーをすることである。

## 第6節 輸送機関

### 陸上の軽便な輸送機関

**5.85** 日本においては市街電車設備は爆風と火災の両方でひどく被害を受けた。しかし、ポールはしばしば立つたままであった。バスと自動車は一般に爆風と火災、及び飛来破片による被害のため運転できないようになった。しかし爆心から3,000フィート（0.57マイル）の地点にある米国製の自動車はひどい被害を受けて炎上したが、同じ車が6,000フィート（1.4マイル）の所では、ほんの少し損傷ただけであった。

**5.86** 自動車とバスはネバダで数回核爆発実験にさらされた。しかしその際の火災と飛来物による被害の状況は日本における状況と異なっていた。後で述べる距離は尖頭過圧ではなく、けん引力であったことは記憶しておかなければならぬ。その上3.79節に述べられた爆風の先行波の影響に対しても考慮しなければならない。従って被害半径は過圧のみによっては決定できない。



図-5.87 a 木造建物の後方に置いてあった自動車の損傷、車の前面の状況は図-5.57に示す。爆発後大破したけれども運転できた。(5 psi 尖頭過圧)



図-5.87 b 核爆発による典型的なバスの損傷状況、このバスは50フィートも移動し、ひっくり返って横たわっていた。(ネバダ実験場)

5.87 モータ付の車両に対する核爆発の効果の若干の実例が図-5.87 a, b に示されている。5 psiの尖頭過圧で自動車はひどく破壊され、上部と側面は内部に押し込まれ、窓は破れ、幌は吹き飛ばされた。しかしエンジンはなお駆動可能で車は爆発後も走らすことができた。更に高い爆風圧で全体の被害がもっと大きかったとしても、エンジンは無事であったと思われる。

5.88 ネバダにおける1955年の核爆発の実験の際、いろいろの救急車とその装備品が、核攻撃の直後にどの程度まで使えるかという実験が行われた。この際使用された車両には、救急トラック・ガス・電気サービス修理用トラック・電話サービストラック・消防ポンプ車及び消防梯子車が含まれていた。1台は過圧約30 psiに、2台は5 psiに、2台は1.7 psiに、6台は約1 psiにさらされた。しかし自動車に関しては、前述したように過圧が被害に対する唯一の基準になり得ないことを強調しておかねばならない。

5.89 30 psiの所にあった救急車は完全に破壊し、爆発後唯一の車輪と車軸の一

部だけが発見された。車体に土壤掘削機をボルトで固定していた一台のトラックが5 psiの過圧の爆風に真横に面していた。このトラックは転倒し、若干損傷したがなお運転できた（図-5.89）。掘削機はぶらぶらになり、横になってガソリンと水がもれていた。同じ場所に図-5.89の転覆したトラックの左手に大能力の電気施設トラックがその前面を爆風に向けていた。このトラックのフロントガスは粉々になり、ドアと運転台は中にくぼみ、天蓋は一部吹き飛び、道具室のドアの一つが中にくぼんでいた。しかし道具や装備には被害がなく、トラックは修理を要せずに動かせた。



図-5.89 トラックは側面に5 psi尖頭過圧の爆風を受け横転した。電気施設車は爆風に対して前面を向いていて損傷を受けたが立ったままであった。

5.90 1.7 psiの所では、小能力電気施設車と消防署の75フィートの空中梯子車の窓が破れ、パネルが陥没する等の軽い外部被害を受けた。両方の場合とも装備には被害がなかった。両車とも核攻撃の直後に使用できたと思われる。2台の電話トラック、2台のガス施設トラック、1台の消防ポンプ車及び1台のジープ消防トラックが1 psiの爆風圧にさらされたが大部分無傷であった。

5.91 災害や緊急事態のために設計された車両は丈夫に作られているので、5 psiの爆風過圧及びそれにともなう動圧に耐えてなお運転可能であると結

論出来るであろう。道具や装備はトラック車体の設計によりもしくは丈夫な蓋のついた収納室に格納しておけば爆風から保護される。

### 鉄道施設

**5.92 鉄道施設**は日本で爆風被害を受けまたネバダの実験においても被害を受けた。自動車と同様にこれ等の目標は主に、けん引力に敏感な性質で被害は直接には過圧に関係づけられない。 $2 \text{ psi}$ の尖頭過圧で空の木造有蓋車は比較的小さな被害を受けることが予想される。 $4 \text{ psi}$ の過圧では積荷していた木造有蓋車の被害はずっとひどかった(図-5.92 a)。 $6 \text{ psi}$ の尖頭過圧では重量約20トンの空の木造有蓋車はその車台(車輪・車軸)から持ち上げられて約6フィート離れた地面に落ちた。車台自身もレールから引き離されたが、これは明らかに車台と車体をつなぐブレーキ桿のためであった。同じ場所にあった30トンの砂袋を積んだ同じ様な車は立つたままであった。(図-5.92 b)、この貨車の側面はひどく損傷し、屋根は破壊されたが、みずからの車輪の上で動かすことができた。 $7.5 \text{ psi}$ の過圧では同じ積荷の有蓋貨車は転倒した。 $9 \text{ psi}$ では完全に破壊した。

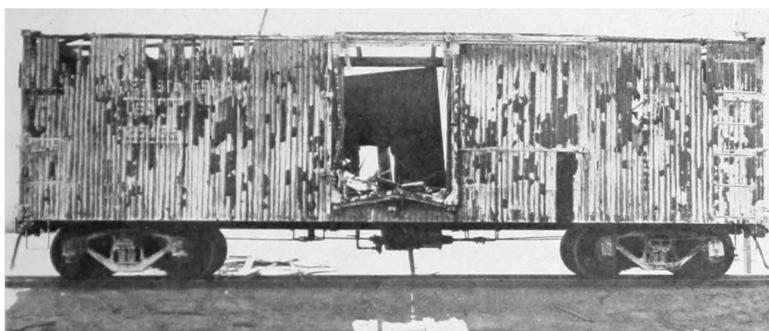


図-5.92 a 核爆発後の荷を積んだ木製有蓋車 ( $4 \text{ psi}$  尖頭過圧)

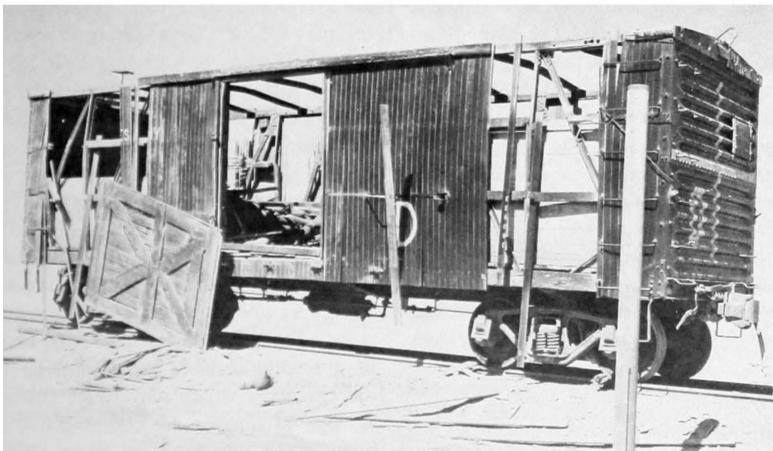


図-5.92 b 核爆発後の荷を積んだ木製有蓋車（6 psi 尖頭過圧）

5.93 重量46トンのディーゼル機関車がエンジンをかけたまま 6 psi の爆風過圧にさらされた。この機関車は窓と車室のドアとパネルに被害を受けたが、爆発後も正常の運転を続けた。この場所では軌道には被害がなかった。

#### 地上に置かれた輸送航空機

5.94 航空機は 1ないし 2 psi 程度の低い尖頭過圧で被害を受けた。4ないし 6 psi の尖頭過圧で、経済的には修復不可能な程の完全な破壊もしくは被害が予想される。この範囲では尖頭過圧で、経済的には修復不可能な程の完全な破壊もしくは被害が予想される。この範囲では尖頭過圧が被害の主な基準になるとを考えられる。実験の結果、一定の過圧のもとでは機首を爆心の方に向かって飛行機の被害は、尾部や側方を向けたものの被害より少ないということが示された。

5.95 左側面を 3.6 psi の尖頭過圧の爆風にさらされた飛行機の被害は図-5.95 a に示されている。この飛行機の胴体は翼のちょうど後の所で、完全に壊れた。胴体・尾翼・エンジンカバーの表面はひどく曲げられた。図-5.95 b は尾部を爆発方向に向け、2.4 psi の尖頭過圧の爆風にさらされた飛行機に対する被害を示している。垂直尾翼・水平尾翼・フラップの上の主翼面、外側の翼

部などの表面はくぼんでいた。垂直尾翼の隔壁と座席近くの胴体骨組は曲げられた。

## 船 舶

**5.96** 空中及び地上爆発が船舶に与える損傷は、主に爆風によるものである。圧力の一部は水中を通して伝わる。G Zより近い所では爆風により船体に割れ目を生じ、そのために水が入り沈没する。このような割れ目は、爆風の来た方向の舷側の水面近くで生じやすい。船は一般的に上部構造よりも船体を強く造っているので、G Zに近い所では割れ目が入るより以前に上部構造や装置が損傷を受ける。マストや円材・レーダ・アンテナ・煙突・電気装置・その他の装置が特に爆風に對し、損傷を受けやすい。マストや煙突についての損傷については、図-5.96を参照。1946年ビキニにおけるA B L E実験で行った20K Tの空中爆発のG Zから約0.47マイル離れていた船である。爆風は、押し寄せて船を転覆させる。すなわち、大きな爆発による爆風が舷側に与える影響が最も大きいと考えられている。

**5.97** 爆風圧は、換気システムや煙道システムを通して船内の装置や区画室・ボイラーまで損傷を与える。後者に対する損傷は、船体を固定したためと考えられる。隔壁のゆがみにより内部装置が使用不能になる。同じように爆風のショックにより内部の装置自体も損傷を受ける。上部構造の装置は爆風に対して最も影響されやすい。しかしながら爆風のショックは、船全体にわたって影響を与える。



図-5.95 a 核爆発に対し側面を向けていた場合の航空機の状況  
(3.6 psi 尖頭過圧)



図-5.95 b 核爆発に対し後部を向けていた場合の航空機の状況  
(2.4 psi 尖頭過圧)



図-5.96 米国船CrittentenのA B L E 実験後の状況  
かなりひどい損傷を受けた。(G Zより0.47マイル地点)

## 第7節 公共施設

### 配電系統

5.98 日本の都市に対して加えられた核爆発は、広範囲に被害を与え、そのため配電系統はひどくいためられた。電柱は爆風と火災で破壊され、空中の電線は G Z から 9,000 フィート (1.7 マイル) の所までひどく被害を受けた (図-5.98)。しかし地下の電気回路はほとんど被害を受けなかった。スイッチ・ギヤー及び変圧器は直接爆風によってそれ程被害を受けなかった。むしろ第 2 次的效果即ち設置されていた建物の崩壊や、飛来物で被害を受けた。モニターや発電機は火災で損傷した。



図-5.98 電柱の損傷 (G Z より 0.80 マイル 広島)

**5.99** 1955年のネバダ実験で電気施設に対する核爆発の効果の相当広範囲な研究が行われた。これ等の実験の目的の中には次のようなものがある。

- (1) 標準的な電気設備がほとんどあるいは、全く被害を受けないと思われる爆風圧を決定すること。
- (2) 核攻撃において受けるべき被害の範囲と性質を調整すること。
- (3) 住宅や工場が若干修理した後で使用に耐える程度に残っている地域で、電気施設を回復するに必要な修理の内容を決定すること。

以上の目的に留意して 2 系統の同じ電力施設が建設された。ひとつは尖頭過圧 5 psi、動圧 0.6 psi 又もうひとつは夫々 1.7 psi 及び 0.1 psi を受けてしまった。低い方の尖頭過圧 (1.7 psi) では、典型的なアメリカの住宅の場合、居住できなくなるほどの被害は受けないだろうということを思い起こされるであろう。

**5.100** 各々の電力系統は、鉄塔上に張られた高圧 (69kv) 送電線よりなり、通常の屋外変圧器ステーションに連結していた。これから典型的な空中配電線が 15 本の木の電柱の上に走っていた。電柱はそれぞれ高さ 45 フィートで土中に 6 フィート埋っていた。この空中線からの引込線で上に述べた実験に使われた若干の家屋の電気設備に配電されていた。これ等の設備は都市の典型的な電気施設である。更に 69kv の送電線、油回路遮断器のついたスイッチ架及びパワートランスは大工場への電力供給の設備に相当している。

**5.101** 過圧 5 psi 動圧 0.6 psi では電力系統は相当程度被害を受けた。しかし重大な被害ではなかった。全体として被害のタイプはひどい爆風で起こるのと似ている様であった。爆風による直接の被害のほかに相当の破壊が飛来物で生じた。

**5.102** 高圧送電線の受けた唯一の被害は、送電塔が崩壊して配電線が一緒に下に落ちたことである (図-5.102 a)。注意しておくが他よりずっと強くて重い末端塔ともうひとつのいくらか強い設計の送電塔は軽い被害を受けただけだった (図-5.102 b)。米国のある地方では、送電塔は同じ位重い構造になっている。

この型の構造物は動圧に関係のあるけん引力に弱いので、過圧は被害の重要な基準にならない。

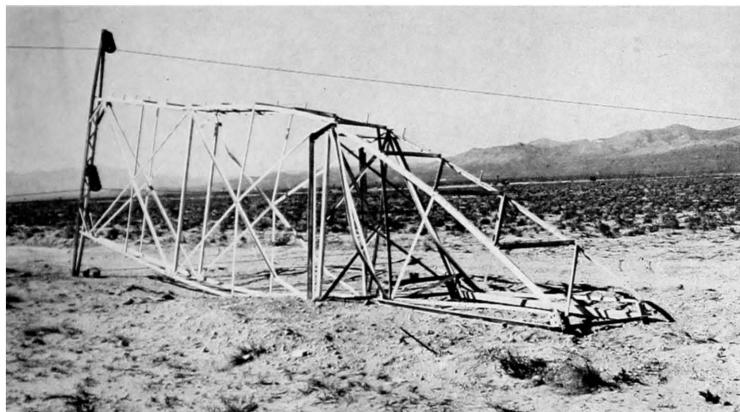


図-5.102 a 崩壊した送電塔 (30 K T の爆発による 5 psi 尖頭過圧 0.6 psi 動圧) (ネバダ実験場)

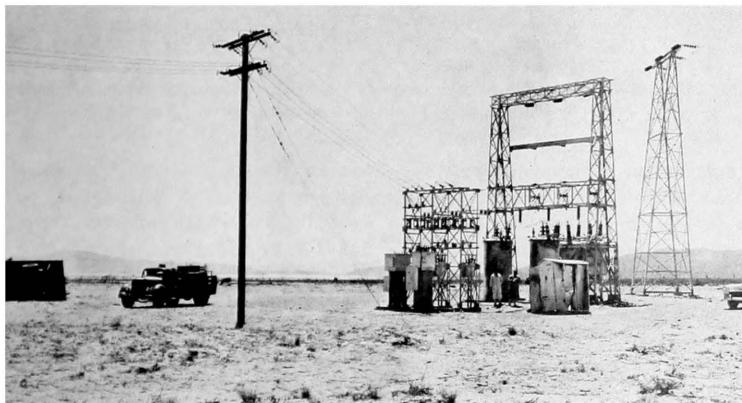


図-5.102 b 電柱、送電塔、トランス (30 K T の爆発による 5 psi 尖頭過圧 0.6 psi 動圧) 写真の左側のトラックは図-5.89に示しているものである。

5.103 変圧器室は、爆風に対してその重要な部分は比較的小さな被害であった。計器・電池・リレーを収納した金属の仕切小屋は、ひどく被害を受けたが、この中継所とその中味とは電力設備の緊急操作に絶対必要なものではない。4 kvのレ

ギュレーターはコンクリート台の上で動いて、そのためバスへの電気結線が切断していた。電池のガラスピンは壊れ、極板の大部は修理不可能であった。しかし、リレー・計器・その他の機器はガラスが壊れたほかは無事だった。中継所は全体的に見れば、自動でない（手動）運転が可能な程度に十分正常な状態であった。電池を交換すれば、自動運転に回復し得たであろう。

**5.104** 中継所から家屋までに電線を送るに使用された15本の木の電柱の中4本は完全に吹き倒されて壊れた。電柱の崩壊の一部は空中線の重さと抵抗のためにあった（図-5.104）。その他の被害は、飛来物によるものと思われた。



図-5.104 電柱の破壊（30 K T爆発による 5 psi 尖頭過圧）（ネバダ実験場）

**5.105** 数個の配電変圧器が電柱から落ちた。そして二次線と引込線も落ちた（図-5.105）。にもかかわらず変圧器・容器の台・避電器・安全器・アルミニウムと銅の一次導線、空中ケーブルは無事であった。電柱の列は一部再建を要したと思われるが、一般的には普通の電力会社の手持ちの材料で、1日位で修理ができる程度であった。



図-5.105 崩壊した電柱から落ちたトランス  
(5 psi 尖頭過圧) (ネバダ実験場)

#### ガス、水道、下水設備システム

5.106 長崎の公共施設は、U字型側溝が使われている以外は、米国に於けるやや小さい町の施設と同じようであった。最もひどい被害は水道施設が受けた。従って火事を消すことが不可能になった。後述の特別の場合を除いて、水圧の喪失は地下の本管の破裂よりは、むしろ建物の内部及び入口又は構造物の上の水道管の亀裂から起こった(図-5.106 a, b)。例外として、3フィートの地下に埋められていた12インチの鉄管があげられる。それは深さ1フィートの所まで土盛りの中にいくつかのくぼみが生じ、これが地下の水道管に故障を生ぜしめたが、おそらく一様でない力が加わったものと思われる。



図-5.106 a レンガ壁の破片により破壊された4インチの水道バルブ (G Zより0.23マイル 広島)



図-5.106 b 橋わたしの16インチの水道管の破れた部分 (G Zより0.23マイル 広島)

5.107 日本における貯水場と浄水場には、それ程の被害はなかった。一般の場合と同様に、これ等は都市の郊外にあったので、爆発からの距離が遠くいかなる被害も受けなかった。

5.108 ゼロ地点から6,000フィート (1.1マイル) の所までのガスタンクは爆風によるひどい被害を受け、もれたガスが燃えたが爆発はなかった。地下のガス本

管は、爆風ではほとんど被害を受けなかったように見えた。

### 天然及び都市ガスの施設

5.109 1955年ネバダで行なわれた実験の目的のひとつは、天然及び都市ガスの施設が核爆発で破壊される程度を決定することであった。実験は特に典型的なガス配管系すなわち地表面のすぐ下に埋めた配管系に対する爆風の影響に関する資料を得るように計画された。

5.110 実験された施設は2種類で、その1種類は二つずつあった。第1のものは典型的なガス配管本管で、6インチの鋼及び鋳鉄管から成り、下3フィートの所にそれにつながる引込管や附属品と一緒に埋められた。煉瓦又はコンクリートブロックのバルブピットには6インチのバルブがパイプと防護ケースと共にあつた。街路用地下調整器室には6インチの低圧の排障器のついた調整器があつて、壁から突きでている配管についていた。これ等の地下配管系のひとつが爆風過圧30psiの所に、他のひとつは5psiの所に設備された。これ等より高い過圧に耐える地上住宅や普通の工場はひとつもないことを注意すべきである。

5.111 第2の型の施設は、6インチの鋼の本管に20フィートにわたって鋼・銅・プラスチック材の代表的な引込管が連接された。各引込管は家の側面で地面から出て、圧力調整器及びメーターにつながっていた。それから管は床上約2フィートの所で家の壁の中に入っていた。銅とプラスチックの配管は壁の内側で終っていた。従って、もし家が土台上で動いたら歪みを受けたであろう。鋼の引込管も同様に壁の内側で終っていた。しかし、これは壁の外側で別の管につながっていて、その配管は家屋の後側を地面の高さで回され屋内配管に連接された。この後者の配管結合は、柔かい継ぎ目なしのブロンズ管で建物の壁の中のスリーブを通していった。この型の2つの装置が各過圧5psi及び1.7psiの所に置かれていた。

5.112 どちらの地下施設も爆風で大きな被害は受けなかった。30psiの所では1½インチパイプの圧力試験用立上りが、地面にむかって曲げられ、バルブのハンドル・弁棒・弁帽は吹き飛ばされた。同じ場所に2本の4インチの街路用調整

地下室の換気管がちょうど地面の下の所で切斷されていた。黃麻纖維と鉛をつめた鑄鉄管の結合部の所に少し水もれが見られた。おそらくは爆風で生じた大地の衝撃波によって起こった地面の移動のためである。それ以外の爆風の効果は無視し得るものだった。

**5.113** 過圧1.7 psiの所では、家屋はひどい被害を受けないで（§ 5.59）、家の内外共引込管は無傷で圧力調整器やメーターも同様であった。過圧5 psiの地点の2階建煉瓦家屋は修理不可能の程度に壊され（§ 5.57）、地下室の配管は1階の崩壊の結果移動して曲った。メーターもその取付台からはずれて地面に落ちていた。しかし、メーター自身及び圧力調整器は無傷で使用可能であった。他の全部の配管及び装置はほとんど無傷であった。

**5.114** ガス冷蔵庫・レンヂ・ルームヒーター・乾燥器及び温水器等の家庭用ガス器具は、中程度の被害を受けただけであった。若干の器具と連結管が移動した。これは家屋の受けた被害に関連したものであった。しかし、崩壊した2階建煉瓦家屋（§ 5.67）の中でさえ転倒した冷蔵庫やレンヂは大部分瓦礫の中に埋っていたが、おそらく使用可能であったと思われる。したがって、一般的な結論としては、大きな構造上の被害を受けなかった家屋では、家庭用ガス（及び電気）器具は使用可能であろうということである。

## L P ガス施設

**5.115** 1955年ネバダの実験で都市や農村の家庭・倉庫・工場及び公共施設に見られる様な典型的なガス容器と供給設備に対する核爆発の影響を調査するために、各種のL P ガス施設が爆風にさらされた。その上、核攻撃後の緊急燃料としてL P ガスにどんな信頼性がおけるかを調べることにも関心があった。

**5.116** 2種類のタイプの家庭用（又は小営業用）L P ガス装置が実験された。

(1) 100ポンド容量のI・C・C・（各州通商委員会）証明の2本の取替可能なシリンダーより成るもの。

(2) タンク、トラックから給油される500ガロン大量貯蔵型のもの。

これ等の施設の中のあるものは野外におかれ、他のものは通常の方法で銅又は

鋼の配管で5 psiと1.7 psiの過圧にさらされた家屋につながっていた。さらに他のものは過圧約25 psi、及び10 psiの所におかれた。ガス容器からの配管は、家屋の壁に似せたコンクリート壁を貫いたものであった。

**5.117** 上記のほかに大容量の貯蔵施設が爆風過圧5 psiの所に作られた。これは、18,000ガロンのタンク（プロパンガス15,400ガロンを含む）、圧縮ポンプ・シリンドラ収納建物・シリンドラ置場及び必要な全てのバルブ・部品・ホース附属品及び連結パイプより成っていた。

**5.118** 25 psiの過圧にさらされた2重のシリンドラ施設が最もひどく被害を受けた。圧力調整器は、取付部から外れてぶらぶらになりシリンドラは移動した。

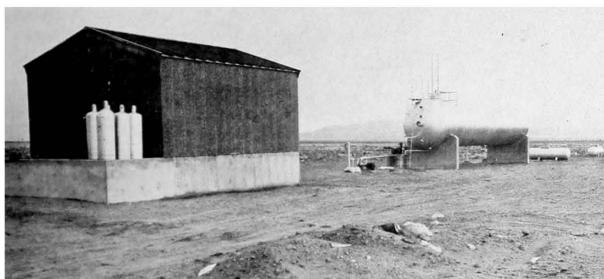
1つのシリンドラは初めの位置から約2,000フィートの所に落ちていた。ひどく変形してたけれども使用可能であった。25 psiと10 psiの過圧をうけた装置の各部は、ばらばらになっていたけれども、一般に回収できて再び使用できた。

5 psiの過圧の所では、シリンドラ施設はそれが設置されていた家屋からの飛来物と落下破片によって大部分被害を受けた。装置の各部は銅管を除いて、ほとんど被害を受けず使用可能であった。1.7 psiではLPガスシリンドラは被害もなく移動もなかった。実験されたシリンドラの中のひとつだけが漏洩を起こした。これは鋭いものが衝突したための小さな穴であった。

**5.119** 500ガロンの大量ガスタンクも非常に耐爆性を示し、ほとんど被害を受けなかった。爆発に最も近いタンクは約700フィートの距離を倒れては起き上り、起き上っては倒れて吹き跳んでいた。それにもかかわらず、表面にだけ傷を受けて強さも能力もそこなわなかった。充填バルブは壊れたが内部の制止バルブが充填物の流出を防いでいた。10 psiの過圧にさらされたタンクは約5フィート動いていた。しかし、ほとんど被害を受けなかった。5 psi又は1・7 psiでは全てのタンクは家屋に配管したものと含むめて動きもせず、被害も受けなかった（図-5.73）。

**5.120** 18,000ガロンの大量貯蔵及び充填施設の装置は5 psiの過圧では、爆風によって表面的な損傷を受けただけである。シリンドラ収納建物は完全に壊れ

た。シリンドル計測用の秤は壊れ、充填パイプは建物に入る所で破れていた（図—5.120）。しかし、施設の主な運転機能は、転送設備が屋外にあり被害を受けなかったので影響なかった。施設におけるすべてのバルブ及びほとんど全ての配管は無傷でガス漏洩はなかった。設備はもし電気又はガソリンエンジンからの動力が復旧すれば、直ちに操業可能になったと思われる。もし動力復旧が不可能であれば、貯蔵タンク内の液体プロパンは、重力とタンク内のガス圧とで利用できたかも知れない。



図—5.120 上の写真：核爆発前の L P ガスの大量貯蔵施設と充

填施設

下の写真：核爆発後の同施設（5 psi 尖頭過圧）

5.121 実験から導き出される一般的結論は、L P ガス設備は銅管接続を除けば非常に丈夫であるということである。核攻撃から生ずる操業の停止はおそらく局部的であり、かつ無視できる程度であると考えられるので、L P ガスは緊急用燃料として非常に有用であることが証明されたと考えられる。L P ガスが主として家庭用に用いられる所では、家屋が住める程度に残っている状態ならガスの供給

は影響を受けないであろう。

## 第8節 その他種々の目標

### 通信施設

**5.122** 核攻撃の後に通信施設を可動状態に保つておくことの重要性は明らかであるので、いろいろの通信施設が（1955年）ネバダで実験された。空中爆発にさらされた品目は、移動ラジオ通信装置とその部品標準放送送信機・アンテナ塔・家庭ラジオおよびテレビ・電話器（小型交換器を含む）公衆拡声装置及びサイレンであった。これ等のうち一部は尖頭過圧 5 psi の所に置かれ、大部分は、1.7 psi の所に同じものが二つずつ置かれた。後者の場合の被害は、非常に小さくここで考える必要はない。

**5.123** 過圧のより高い地域では、典型的な家屋が修理不可能の程度に被害を受けたが、通信機は爆風に対し、非常に強いことを示した。標準型のラジオ・テレビ・移動ラジオ局は瓦礫で被われ、ある場合には飛散物で損傷し、数フィートも吹き飛んでいたり、落下したりしている場合でもなお作動状態にあった。真空管及び受像管は1個も壊れていなかった。重大な被害を受けた唯一の移動ラジオ放送局は、倒れた煙突で完全に壊れた自動車の中にあったものである。

**5.124** 支え綱のある高さ150フィートのアンテナ塔は被害を受けなかったが、すぐ傍の支え綱のない120フィートの軽構造のアンテナ塔は、約40フィートの高さの所で壊れ地上に落ちた（図-5.124）。これが実験された施設のうちで唯一の重大な被害であった。

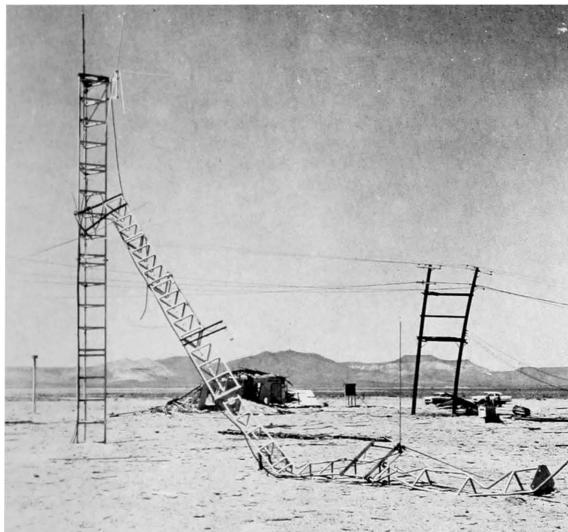


図-5.124 支え綱のない120フィートの軽構造のアンテナ塔  
(5 psi 尖頭過圧、0.6 psi 動圧: 30 K T爆発)  
(ネバダ実験場)

5.125 塔の上にあった放送局のアンテナは、爆風に相当耐え得ると思われた。しかしながら前述の支え綱のない塔に据え付けてあったアンテナは塔が壊れた時に被害を受けた。家庭用のテレビのアンテナは、その軽構造から予想される様に、いとも簡単に被害を受けた。いくつかのものが、それらが取り付けてあった家屋の倒壊と爆風のためまげられた。過圧 5 psi では家屋は修理不可能の程度に被害を受けたので、テレビアンテナの破壊は大した意味はない。

5.126 電柱には送電線や電話線が張りめぐらされていた。前述のように (§ 5.104) 電柱が倒壊した時には、通信システムはそれに従って被害を受けた。電線が復旧された後には、通信施設は満足に作動したけれども、電力供給が通信システムの弱点である様に思われた。

## 橋 梁

5.127 広島と長崎には、核爆発にさらされた各種の型の多数の橋があった。木の橋の多くは燃えた。しかし橋桁が鋼製のものは比較的少ない被害ですんだ。

(図-5.127 a , b) G Z からわずかに270フィート即ち、爆発点から2,100フィート離れてたひとつの橋は、鉄筋コンクリートの橋床を持った大梁桁型のものであったが、なんら構造的な被害をうけなかった。この橋は爆風圧で下方に押しつけられてそれが反発して、結局外見上は少ししか移動しなかった。ずっと遠い位置にあった他の橋の方が横方向のずれが大きかった。ある橋は鉄筋コンクリートの橋床が支持鋼製大梁桁から持ち上げられていた。これは明らかに下の水面から爆風波が反射した結果である。

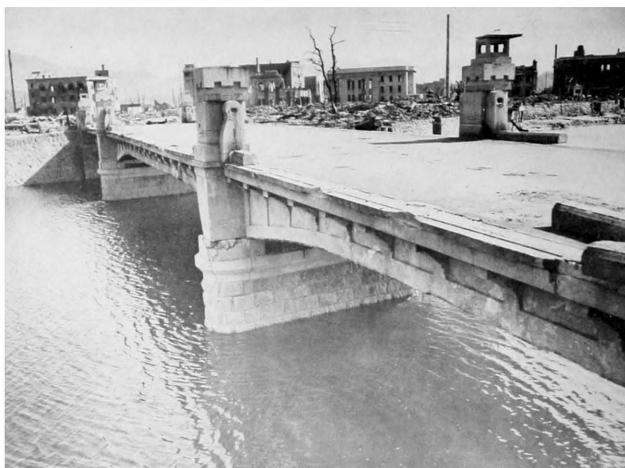


図-5.127 a 鋼鉄製の桁で鉄筋コンクリート橋床を持った橋  
外側のけた橋はコンクリートを表面にぬっていた。  
らんかんは吹き飛ばされていたが橋床は損傷が小  
さかったので交通は確保できた。  
(G Zより270フィート 広島)



図-5.127 b 鋼鉄の桁を持った2本の鉄道線路がある鉄橋  
爆風により橋床は約3フィート移動しており、線  
路は曲がり列車は損傷したが電柱は立ったままで  
あった。(G Zより0.16マイル長崎)

## 大型工作機械

**5.128** 大型工作機械及びその部品の核爆発による爆風に対する脆弱性について、長崎で得た情報（§ 5.53）を補足するためネバダ実験場において実験が行われた。たくさんの工作機械が鉄筋コンクリート床の上に、実際の一流工場でのやり方と同じ方法で据え付けられた。2台の機械旋盤（重量約7,000ポンド及び12,000ポンド）と2台の水平ミリング盤（重量各7,000ポンド10,000ポンド）が、尖頭過圧10 psiにさらされた。厚さ8インチ高さ64インチのコンクリートブロック壁が機械の直前即ち機械とG Zの間に建てられた（図-5.128）。この壁の目的は、普通の工場での外壁のかわりとして、破片や飛散物を大量に供給することであった。

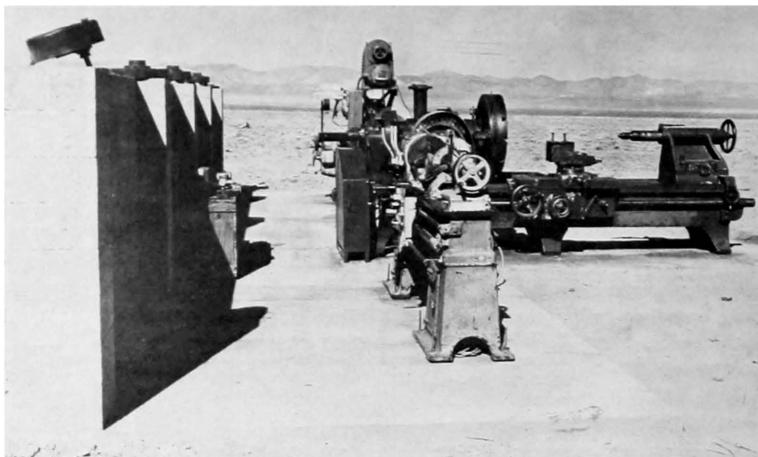


図-5.128 核爆発前の石造壁後方にある機械（ネバダ実験場）

5.129 4台の機械のうち軽い方の3台は、基礎から動かされ全くひどい被害を受けた（図-5.129 a）。4番目の重量12,000ポンドの大型機械は健在であった（図-5.129 b）。観察の結果、適切に据え付けられた大型工作機械は、10 psi あるいはそれ以上の尖頭過圧に対し、ほとんど被害を受けずに耐えられることがわかった。



図-5.129 a 核爆発後の機械（10 psi 尖頭過圧）



図-5.129 b 核爆発後の大型旋盤（10 psi 尖頭過圧）

5.130 爆風による直接の影響のほかに、破片や飛散物によって相当破壊された。飛来物の多くは、コンクリート壁が、予想通り完全に破壊した結果生じたものである。きやしやな装置や付属品はカバーもなく、むき出しでついていたので特にひどく被害を受けた。ギヤーとギヤーケースは損傷し、手動バルブとコントロールレバーは吹き飛ばされ、駆動ベルトはちぎれた。しかし飛散物による被害の大部分は、交換部品が手許にあれば容易に修理出来たように思えた。というのは大がかりな取外しは必要なかったからである。

5.131 5 psi の過圧地域（§ 5.67）の 2 階建煉瓦家屋の後に、能力200トン、重量約49,000ポンドの水圧機が建てられた。その位置は実際の工場の状況を再現するのに、最適な様に選ばれた。この異常に高い（高さ19フィート）細い装置の部分は、煉瓦家屋が壊れたにもかかわらず、爆風による被害の跡をほとんど見せなかった。多分、家屋が爆風に対し遮蔽のはたらきをしたものと思われる。その上、その時の爆風圧では飛散物は高速でなかった。機械が受けた小さな被害は、多分家屋からの落下物によったものであろう。

5.132 3 psiの過圧地域に、2軒の標準型軽量の工場用建物があった。この各々の中に、重量約3,000ポンドの加圧容器及びおよそ幅2½フィート、高さ5フィート、長さ9フィートの蒸気かまどが置いてあった。両方の建物共爆風でひどく被害を受けた。しかし、上記の装置は操作上の被害はほとんどなかった。ある一例で、崩壊した建物がフライス盤の上に落ちて来て、その露出した部分を壊した。

5.133 ネバダの実験における機械の被害は、おそらく同じ爆風圧でも日本で受けた被害より少ないであろう（§ 5.33）。後者の場合（日本）に存在したある種の破壊的要素がネバダ実験場に欠けていた。第一にネバダでは、火災による被害がなかった。第二に核爆発後に風雨にさらされなかった。第三は、実験で作られた破片や飛来物の総量が、日本の工場におけるより、おそらく少なかったと思われる。

## 第9節 爆風による被害分析

### 前　　言

5.134 最後に、本節ではさまざまな目標物に対する爆風による被害の基準について述べ、さらにさまざまな出力の核爆発に対し被害を予測するための被害と距離の関係を明らかにする。さまざまな目標物件の性質からたとえば都市などでは、正確な予測は不可能である。しかしながら、情報を適切に判断してこれを使用することにより、実用的な予測を行い得る。ここでは実際に目標物が遭遇する平均的な状況下で適用することを考える。

5.135 構造物及び物件の被害は、次の3つに分類される。すなわち、重・中・軽の3つである。それぞれの分類における被害の特徴を次に述べる。また、これらの広義の分類は有用な手引となる。

#### (1) 重　被　害

構造物及び物件が、完全に本質的な修復（再建）をされなければ、本来の

使用目的に使えない程度の被害。構造物・建物についていえば、一般に瓦壊をさす。

(2) 中被害

構造物及び物件の主要なものが、大修理なしでは本来の使用目的に使えない程度の被害

(3) 軽被害

窓の破損、屋根や側壁の軽い被害、内部の仕切りの破損及び建物内の壁の一部にひびが生ずる程度の被害。わずかな修理で、構造物及び物件が本来の使用目的に使用できる。

**5.136** その他数多くの目標物が、さまざまな出力の核爆発で、距離によりいろんな程度の損傷を受ける状況については、図-5.140及び図-5.146に示す。これら図表は、日本で得られた情報やその後の核実験、実験室や野外での爆薬の実験結果及び荷重と建造物の論理的分析に基いている（第4章参照）。これらの研究結果により、爆風に対する外壁パネルや構造物の反応と同じくらい正確に内部の爆風効果についても、予測することが可能となった。これらの予測は、それぞれの構造物の構造により異なる。さらに、実験室での実験では、壁と材質間の荷重の分配は、統計的に得られたようにはならなかった。図-5.140及び図-5.146に示すデータは、表-5.139 a 及び表-5.139 b に示す構造物の分類に対し、大きめの予測値を出す。特定の構造物の反応は、図に示す予測よりはずれる。

**5.137** 回折荷重（§ 4.03）により当初被害を受けた構造物に対しては、尖頭過圧は、爆風に対する反応を決定する重要な因子である。細部にわたって分析はしていないが、いくつかの例では、尖頭過圧はさまざまな損害を与えた。一般に被害と距離の関係は、尖頭過圧・距離曲線及び第3章の関係から引き出すことができる。爆発の高度が同一であれば、§ 3.62で定義したとおり回折の構造物に対する特定の被害地域では、爆発エネルギーの立方根に比例して被害が増加し、一般の被害地域では爆発エネルギーが $\sqrt[3]{3}$ 乗の比率で被害が増加する。例えば、爆発エネルギーが、1,000倍に増加すれば、特定の被害地域（回折型

被害地域）では約10倍、その他の地域では、約100倍の被害を受ける。

**5.138** 応答が主にけん引（風）荷重に依存しているところでは、尖頭過圧は被害に関しては相関関係が乏しい。風に対して敏感な構造物の応答性は、爆風波の正圧部の長さ及び動圧（§ 4.12参照）により、決定される。兵器から出る大部分のエネルギーは、爆発地点からより遠くの地点で尖頭過圧は特別の意義を持ち、正圧部の持続時間も長くなる。一定圧力では、持続時間が長くなれば爆風による被害も多くなるので被害地域は低い動圧レベル地域にまで広がる。けん引荷重に敏感な構造物は、回折型構造物の3乗根式よりも大きな被害地域を持つと考えられる。換言すれば、爆発時のエネルギーが1,000倍にも増加されると風に対し敏感な構造物に対する特定の被害地域は、10倍以上になり、面積は100倍以上となる。

### 地上の構築物と橋梁

**5.139** 前途の重・中・軽被害の各種の構造物に対する被害の性質の詳細は、表-5.139 a 及び表-5.139 b に示している。便宜上資料は、2群に分けられている。表-5.139 a は主として回折位相での爆風の影響を最初に受けた状況を示しており、一方、表-5.139 b は風に対して敏感な構造物を示す。

H P『海軍砲術学校』公開資料

表-5.139 a 回折荷重による構造物の標準的被害

構造物のタイプ	構造物の説明	被害の説明		
		重	中	軽
1	鉄筋コンクリート高層建物 鉄筋コンクリート壁（1 M T爆 弾のマッハ領域において30psi に耐うるもの）耐爆風設計、 無窓	壁は瓦壊 骨組は著しく歪む 初期瓦壊状態	壁は破れるか又は 破れる直前状態。 骨組は歪む、入口 は破壊され、ドア は内向に吹きとば されるか又はおし つぶされる。コン クリートは大部分 碎ける。	コンクリート壁及 び骨組にいくらか きれつが生ずる。
2	鉄筋コンクリート高層建物 コンクリート壁 窓面積小 3～8階	壁は粉碎 骨組は著しく歪む 初期瓦壊状態	外壁はひどくひび が入る。内部隔壁 はひどくひびが入 るか又はくずれ落 ちる。骨組構造は 永久的に歪む。コ ンクリートは大部 分碎ける。	窓、ドアは内向に 吹きとばされる。 内部隔壁はひびが 入る。
3	耐力壁式構造高層建物 煉瓦建アパート3階以下	構造壁は瓦壊し、 その結果建物全体 が瓦壊する。	外壁はひどくひび が入る。内部隔壁 はひどくひびが入 るか又はくずれ落 ちる。	窓やドアは内向に 吹きとばされる。 内部隔壁はひびが 入る。
4	耐力壁式構造高層建物 記念館型 4階以下	構造壁は瓦壊し、 その結果この壁で 支持された建物が 瓦壊する。 壁の一部は中間壁 で防護され建物の 一部は中被害です む場合もある。	爆風に面した壁は ひどくひびが入る。 内部隔壁はひどく ひびが入る。建物 の爆風から遠い方 の側は被害が少な い。	窓、ドアは内向に 吹きとばされる。 内部隔壁はひびが 入る。
5	木造建築物 住宅型 1階又は2階	骨組は粉碎しその 結果建物の大部分 は瓦壊する。	壁枠にひびが入る。 屋根はひどく破壊 する。	窓、ドアは吹きと ばされる。 内部隔壁はひびが 入る。

表-5.139 b けん引荷重による構造物の標準的被害

構造物のタイプ	構造物の説明	被害の説明		
		重	中	軽
6	軽量鉄骨工場用建物 1階建 5トン以下のクレーン取付可能 軽量の弱い壁はすぐ壊れる。	骨組の歪み大 又は瓦壊	骨組の若干ないし 相当の歪みクレー ンは（もしあれば 修理するまで運転 不能	窓ドアは内向に吹 き飛ばされている。 軽い側壁は、はぎ とられる。
7	重量鉄骨、工場用建物 1階建 25~50トンのクレーン取付可能 軽量の弱い壁はすぐ壊れる。	ク	骨組は若干歪む。 クレーンは修理す るまで運転不能	ク
8	重量鉄骨工場用建物 1階建 60~100トンクレーン取付可能 軽量の弱い壁はすぐ壊れる。	ク	ク	ク
9	高層鉄骨事務所型建物 3~10階 (耐震構造) 軽量の弱い壁はす ぐ壊れる。	骨組は歪み大 初期瓦壊状態	骨組中程度歪む。 内部隔壁は吹き倒 される。	窓ドアは内向に吹 きとばされている。内 部隔壁はひびが入る。
10	高層鉄骨事務所型建物 3~10階 (非耐震構造) 軽量の弱い壁は すぐくずれる。	ク	ク	ク
11	高層鉄筋コンクリート骨組事務 所型建物 (耐震構造) 軽量の弱 い壁は壊れる。	ク	骨組中程度歪む。 内部隔壁は吹き倒 される。コンクリ ートは若干破碎	ク
12	高層鉄筋コンクリート骨組事務 所型建物 (耐震構造) 軽量の弱 い壁は壊れる。	ク	ク	ク
13	自動車道路トラス橋梁4車線 スパン200~400フィート	側面支柱全壊 橋梁瓦壊	橋梁の能力の5% 減となる程度の側 面支柱の若干の損 傷	橋梁能力は不変 橋梁の構成要素の 軽い変形
14	自動車道路トラス橋梁2車線ス パン200~400フィート鉄道用ト ラス橋梁1車線パラス若しくは 2車線オープンフロア-200~400 フィート鉄道用トラス橋梁1車線 オープンフロアースパン400フィ ート	ク	ク	ク

HP『海軍砲術学校』公開資料

構造物のタイプ	構造物の説明	被 傷 の 説 明		
		重	中	軽
15	鉄道用トラス橋梁1車線フロアースパン200フィート	側面支柱全壊 橋梁瓦壊	橋梁の能力の5%減となる程度の側面支柱の若干の損傷	橋梁能力は不变 橋梁の構成要素の軽い変形
16	自動車道路用橋梁4車線スパン75フィート	〃	〃	〃
17	自動車道路用橋梁2車線、2車線往復4車線スパン75フィート 鉄道用橋梁複線オープンもしくはパラスフロアースパン75フィート 鉄道用橋梁単線もしくは複線パラスフロアースパン75フィート	〃	〃	〃
18	鉄道用橋梁単線オープンもしくはパラスフロアースパン75フィート 鉄道用橋梁単線もしくは複線オープンフロアースパン75フィート	〃	〃	〃
19	自動車道路用橋梁2車線、4車線スパン200フィート 鉄道用橋梁複線パラスフロアースパン200フィート	〃	〃	〃
20	自動車道路用橋梁2車線スパン200フィート 鉄道用橋梁複線オープンフロアースパン200フィート	〃	〃	〃
21	鉄道用橋梁単線オープンフロアースパン200フィート	〃	〃	〃

5.140 表-5.139 a 及び表-5.139 b に示す構造物の重及び中被害の範囲は、図-5.140に示してある。図の中にある1~21の番号は、表の最初の欄の中にあるものと同一である。このデータは空中爆発によるもので特定目標に対して、最大限の被害半径を得るために、高空爆発させたものであるので、必ずしも異なる目標に対しては同一状況は得られない。地上爆発ではそれぞれの地域での被害に

$\frac{3}{4}$ を乗じた被害である。図-5.140に示すさまざまな地上の構造物は、項目1～21と同一のものとして扱い、さまざまな型式の被害については、表-5.139 a及びbに示した。それぞれのポイントにある扇状の形は、図を用いて被害を予測する場合の被害の大きさの範囲を示すものである。地上爆発では、この図の数値に $\frac{3}{4}$ を乗じれば補正できる。これらの結果は、§ 5.141で明細に述べる平均的な目標物に対しては、

#### 例題

条件：木造建物（5型）1MTの核兵器が、(a)最適の高度、(b)地表面爆発したとする。

問題：重被害・中被害の範囲GZからの距離を求む。

解法：(a) （右図の）点5から重被害の尺度上の1MTの点及び中被害の尺度上の1MTの点に直線を引く。これ等の直線と範囲の尺度との交点が最適の爆発高度におけるGZから距離を与える。

即ち重被害の範囲 29,000 フィート

中被害の範囲 33,000 フィート

(b) 地表面爆発に対しては、距離は上記の $\frac{3}{4}$ である。

即ち重被害の範囲 22,000 フィート

中被害の範囲 25,000 フィート

（数値はあまり精度を要しないので、2桁までにしてある。）

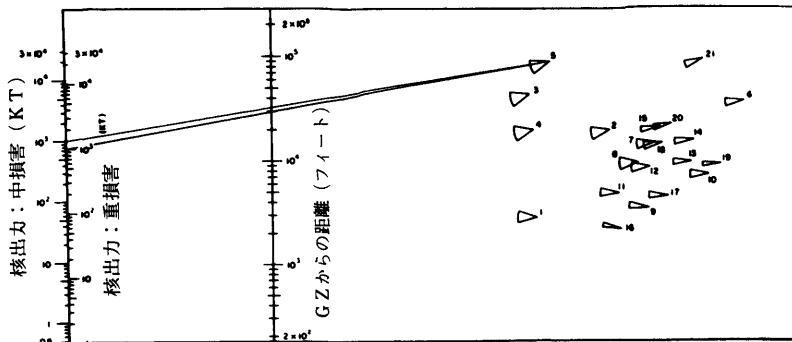


図-5.140 地上の構造物に対する被害-距離の関係

5.141 図-5.140に示されたデータは目標のある平均的状態に対してである。

これらは、

- (1) 目標物は海面と同じ高さにある。(目標物の高度が500フィート以下なら修正はいらない。)
- (2) 地域は大体平坦である。(凹凸のある地形はある部分には局部的な遮蔽や防護をもたらし又他の部分には被害の増大をもたらす。)
- (3) 構造物は、平均的な特性を持つ。(すなわちそれらは平均の大きさと強度を持ち、爆風に対する構造物の向きは問題はない。すなわち、荷重と抵抗の比は目標物からのすべての方向に対し、相対的に同じである。)

5.142 図の中のそれぞれのポイントの扇状の形は、論理的分析から得られた爆発エネルギー放出量の範囲を描くものである。爆風力はこの範囲内におさまり、図式を平均より多少異なるかまたは扇形状の枠外の出力に応用するには、必要な修正を専門家の判断にゆだねる必要がある。

5.143 図-5.140はG Zからの距離における重・中被害について示している。耐爆性の構造物や橋梁を除くすべての目標物の軽被害で、尖頭過圧1 psiの範囲内のものを予測することができる。耐爆性の構造物（1型）のものについては、表-5.139 aに示してある。すなわち、軽被害については、尖頭過圧10 psiが見積りに使われている。橋梁に対する軽被害は、0.6 psi動圧で生起すると考えられる。

5.144 前述の結果は、火災の可能性を考慮に入れていないものである。一般に、建物や他の目標物に対する熱線の直接の効果を考えるのは、あまり適当でない。しかしながら、熱線は火災を引き起こす。さらに、重から中被害の建物の中では、ガスや電気設備が瓦壊しているため火事が起こる。広島での実例（§ 7.71）では、個々の小火災はやがて町全体の大火灾となる。さらには、爆風による被害範囲を越えて広がる。このような火災の範囲を決定する要因は、地方の天候やその他の条件によるもので、あらかじめ予測するのは困難である。この前提をもって、図-5.140を利用し特定の都市や目標地域の被害を見積るべきである。

## 構造的な要素

**5.145 構造的要素の中で、短周期の震動（約0.05秒以下）や小さい可塑性を持つものは破壊される。その他の破壊の条件は、爆風波の持続時間に関係なく、尖頭過圧で示すことができる。このタイプの破壊される因子については、表-5.145に示してある。これらの要素のうちあるものは、こわれやすい要素のものである。これらの要素のものは、破壊が起こらない程度の圧力と完全に破壊する程度の圧力との間にはあまり差がない。他の要素のものは、ある程度の柔軟性を持ってはいるが、しかしながらまだ軽被害を受ける圧力と完全に破壊させる圧力との差はほとんどない。圧力は、G Zに面したパネルに対する爆風過圧である。パネルは方向を定めているので反射圧を受けないが、横からの力は2倍になる。窓を含むパネル壁の部分の区画は、パネルを破壊する過圧に影響する。そのような被害は、正味荷重（ネットロード）によるものであり、もし窓ガラスが早く割れるとこの荷重は相当減少する。このことはパネルが破壊する前には、圧力は壁面に均等に加わることを示す。**

表-5.145 超過圧力に敏感な構造要素の破壊条件

構 造 要 素	破 壊	側面爆風過圧の近似値(psi)
ガラス窓大・小	通常粉碎、時には枠も壊れる。	0.5— 1.0
波形石綿側壁	粉碎	1.0— 2.0
煉瓦壁製又はアルミ製パネル	継ぎ目が壊れ、まがる。	1.0— 2.0
煉瓦壁パネル厚さ8インチ又は12インチ（補強なし）	剪断及び屈曲破壊	3.0—10.0
木造側壁、標準家屋構造	通常主要継ぎ目の壊れ、したがって全パネルは内向きに吹き飛ばされる。	1.0— 2.0
コンクリート又は炭がら煉瓦の壁パネル厚さ8インチ又は12インチ（補強なし）	壁粉碎	1.5— 5.5

## けん引銳敏型目標物

**5.146** 牽引力に大きく影響されるさまざまな目標物の被害ー距離の関係を図-5.146に示す。実際に適応できる状況や§5.141及び§5.142に示したと同じような正確さや、さらに§5.144に述べた火災の可能性をも考慮すべきである。図に示す目標物（1～13項）は、図-5.146に列挙する。被害の異なるタイプのものについては、次節に示す。

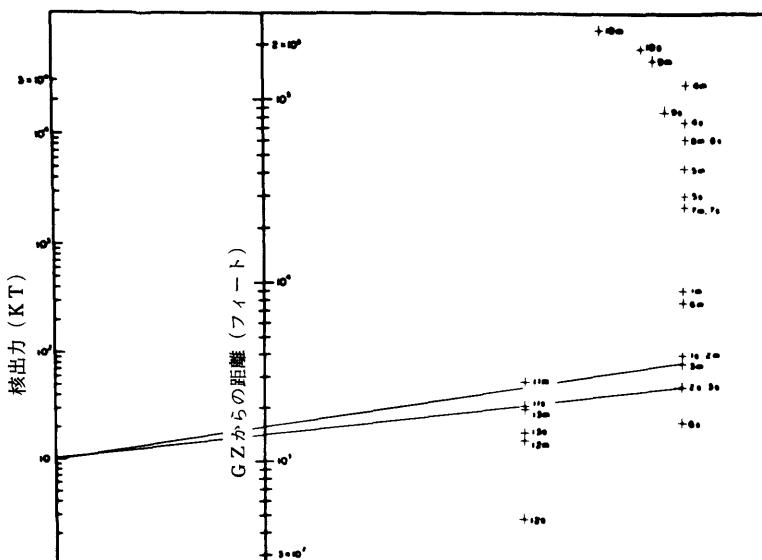


図-5.146 けん引銳敏型構造物に対する被害ー距離の関係

## 輸送機関

**5.147** 陸上輸送機関（例えば自家用車・一般車両・列車）の被害については、表-5.147 a に示す。商船の爆風による被害様式については表-5.147 b に示す。図-5.146に示すけん引銳敏型目標には以下のものがある。

- (1) トラックに積んだ土木機械（無防護）
- (2) 地上の土木機械（無防護）
- (3) 輸送用車両
- (4) 無蓋車

# HP『海軍砲術学校』公開資料

- (5) 有蓋車・台車・タンク車・無蓋車（爆風に対して横向き）
- (6) 機関車（爆風に対して横向き）
- (7) 電話線（爆風に対して放射状）
- (8) 電話線（爆風に対して縦向き）
- (9) マツ類がはえている森
- (10) 平均的な森林
- (11) 有蓋車・台車・タンク車・無蓋車（爆風に対して後向き）
- (12) 機関車（爆風に対して後向き）
- (13) 商 船

数字の下に記した“m”は中被害、“S”は重被害を表わす。地表面爆発の場合は、1～8に対しては距離を $\frac{3}{4}$ 倍する。9・10に対しては $\frac{1}{2}$ 倍、11～13に対しては空中爆発と同一でよい。通常の目標に対しては、±20%の精度で見積ることができる。

## 例 題

条件：輸送用車両（第3項）。10KTの核兵器

(a) 最適高度で爆発した。(b) 地表面で爆発した。

問題：重被害・中被害のGEからの距離を求む。

解法：(a) 右縦軸の3sと3m点から左の出力尺度上の10KTの点に直線を引く。これらの直線と距離尺度の交点が、最適高度爆発に対する重被害と中被害の解を与える。すなわち

重被害距離 1,400フィート

中被害距離 1,600フィート

(b) この場合、地表面爆発では距離範囲は上記の $\frac{3}{4}$ となる。すなわち

重被害距離 1,000フィート

中被害距離 1,200フィート

表-5.147 a 地上交通機関に対する標準的被害

交 通 機 閣	被 害	被 害 状 況
自動車 (乗用車・トラック)	重	フレーム大変形、移動大、外部付属品（ドア・エンジン覆）ははぎとられる。使用するには作り直さねばならない。
	中	転覆して移動する。くぼみがひどい。フレームは曲る。大修理必要。
	軽	ガラスは破れ、車体はくぼむ。転覆があるがすぐ使える。
軌道車 (有蓋車、台車、タンク車、無蓋車)	重	車はレールから吹き飛ばされ、ひどく粉砕されるか若しくは変形する。部品の一部は使用できる。
	中	ドアは破壊される。車体は被害を受ける。フレーム変形。修理工場までけん引可能。
	軽	ドアや車体は被害を受けるが引き続き使用可能。
鉄道機関車 (ディーゼル蒸気)	重	軽覆。部品は吹き飛ばされる。曲げねじられ大修理必要。
	中	転覆はするかもしれない。軌道にもどして修理。工場に運んでゆける。大修理必要。
	軽	ガラス破損、部品小被害、すぐに使用可能。
建設機械車両 (ブルドーザー、グレーダー)	重	フレームの広範な変形。板金は押しつぶされる。無限軌道と車両は広範に破損。
	中	若干のフレーム変形、転覆、無限軌道と車両に被害。
	軽	運転台及び覆い軽い被害、ガラス破損。

表—5.147 b 爆風による船舶の標準的被害

被害程度	被　　害　　の　　状　　況
重	船舶は沈没し、再建を要する程度に被害を受ける。
中	船舶は航行不能で大修理必要。特に推進機ボイラー、内部装置等の衝撃に弱い部分やその基礎が被害を受ける。
軽	船舶は航行可能であるが、電子装置、電気装置、機械装置は被害を受ける。

### 通信及び送電線

5.148 電話・電信・送電の施設に関する被害は、重被害か軽被害のどちらかである。被害の程度は、電柱が被害を受けたか否かによるものである。もしも電柱が倒れた場合は重被害となり、広範囲の修理が必要となる。一方電柱が立っていれば、電線は軽被害を受け、わずかの修理のみである。一般的にG Zより放射状に出ている電線は、G Zに対し直角に走っている線より被害が少ない。

### 森　　林

5.149 核爆発による森林の被害程度は種々の条件、すなわち、落葉樹か常緑樹か、樹木の葉の茂り程度、自然林か、人工林か、あるいは成育条件の良否による。最も多くの場合に適用し得る森林の被害の一般的分類は、表—5.149に示してある。樹木は主として爆風のけん引力に弱いので、核爆発の被害は、強い恒常風から生ずる被害と似ている。同様な被害を生ずる様な風の速度も表中に示してある。

5.150 核爆発によって平均的な森林が受ける被害とG Zからの距離は図—5.146から算出できる。それはあまりよくない成育条件で育った常緑樹の森及び温帶地方における落葉樹の葉の茂った森に適用できる。木の高さが、一様で面積当たりの木の数の少ない手入れした常緑樹の森林は、良好でない条件で育った手入れしない森林よりも爆風に対し抵抗力が大きい。また葉の落ちた落葉樹の森林は図—5.146の資料が示すよりも爆風に対し抵抗が大きい。

表-5.149 森林に対する標準的被害

被害程度	被　害　の　状　況	当価恒常風速 (マイル/時)
重	樹木の90%まで吹き倒される。残りの樹木は枝や葉がはぎとられる。(地域は車両通過不可能、歩行きわめて困難)	130-140
中	約30%の樹木が吹き倒される。残りの若干の枝葉が吹き飛ばされる。(地域は大整理した後はじめて車両通過可能)	90-100
軽	落葉樹の森林にのみ適用できる。きわめて少数の樹木が吹き倒される。若枝や葉が吹き飛ばされる。(地域は車両通過可能)	60-80

## 地上の航空機

5.151 航空機は、核爆発にともなう爆風効果に対し、比較的脆弱である。1~2 psiの尖頭過圧によって生ずる力は、パネルをくぼませ補強材を曲げる。更に高い過圧の場合には、爆風圧(動圧)によるけん引力は、係留された航空機を回転させ、移動させ、転覆させ、持ち上げたりしがちである。その結果、他の航空機や構造物や地面と衝突して被害を生ずる。航空機は、また爆風で飛んで来る破片による被害も非常に受け易い。

5.152 ある型の航空機が核爆発からの距離の一定の範囲内で受ける被害の程度は種々の要素が影響する。爆風に対し機首を向いている航空機は、後方又は側方を爆風に向けているものより被害が少ない(§ 5.94)。他の航空機や構造物、地形等により防護された航空機は被害(特に飛んで来る破片による被害)が少ない。強風が予想されるときに行われる航空機の標準係留を実施すれば、係留しない場合に破壊が起こる距離の範囲内でも被害を少なくする事ができる。

5.153 地上の輸送機・軽連絡機・ヘリコプターの各種の被害の種類と、その被害を生ずると思われる過圧のおよその値が表-5.153に示されている。航空機は屋外にあって、爆発地点に対し勝手な方向に繋がれないと仮定してある。この資料は航空機がKT程度の出力の爆発にさらされた実験に基いている。MT

級の出力では、爆風波の正圧部のより長い持続が、過圧は同じであるが小出力の爆発から算出されるものよりも被害を大きくする。この被害の増大は、重被害を生ずる様な圧力では重大であるが、中被害・軽被害の場合にはあまり重要でない。

**5.154** 引火性物質を露出している航空機は、条件によっては熱線から被害を受ける。この被害の受ける距離は、爆風によって同等の被害を受ける距離よりも大きい。熱線からの被害の受け易さは、不燃性物質で被ったり、防護塗料（明色）を塗ることによって熱線の直射を減らすことが出来る（第7章参照）。

表-5.153 地上にある航空機に対する標準的被害

被害の型	被　害　の　状　況	過　圧 (psi)
重	航空機が再飛行できる状態に回復するための大修理（補給廠レベル）が必要	輸送機
		軽連絡機
		ヘリコプター
中	航空機が再飛行できる状態になるには、野外修理が必要	輸送機
		軽連絡機
		ヘリコプター
軽	航空機の飛行は差し支えないがその性能は低下する。	輸送機
		軽連絡機
		ヘリコプター

### 油貯蔵タンク

**5.155** P O L（石油・油脂・潤滑油）貯蔵タンクの被害の主な原因是、タンクが爆風によりその基礎から持ち上げられることであると考えられる。持ち上げられたために、塑性変形と側面・底面間の接合の降伏が生じ、油が漏れることになる。重大な被害とは、漏洩によって油が失われるような被害である。油の損失に加えて漏洩は、火災発生のような2次的な効果がある。もし持ち上げられることによる破損がなければ、油がはねとばされて損失することがあっても被害はごく少ない。これは、タンクの有効性を本質的に制限するような全

体的な構造物の被害ではない。直径DのPOLタンクに対し重被害を与える最大過圧は、図-5.155 a 及び b で得られる。図-5.155 a は1~500KT未満の出力の核爆発に適用でき、図-4.57 b は500KT以上のものに適用できる。1KT以下の出力は、重被害の尖頭過圧は1psiと思われる。

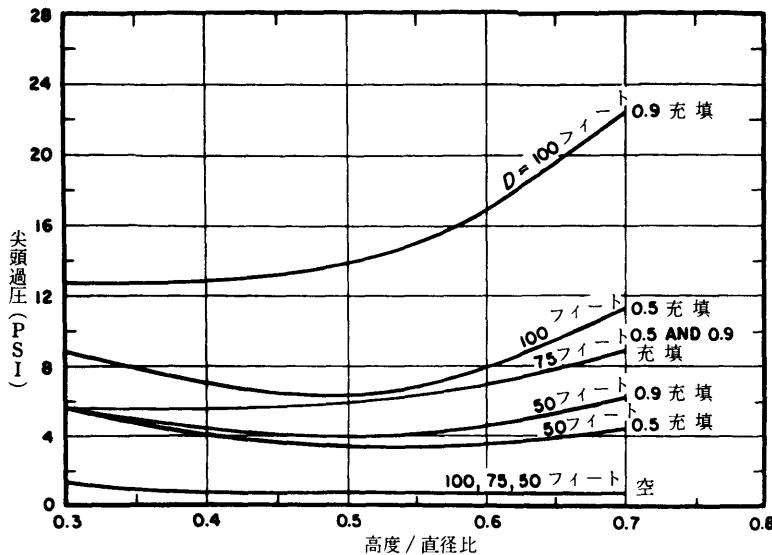


図-5.155 a 1~500KT核爆発により直径Dの円錐形浮屋根  
に対し重被害を起こす尖頭過圧

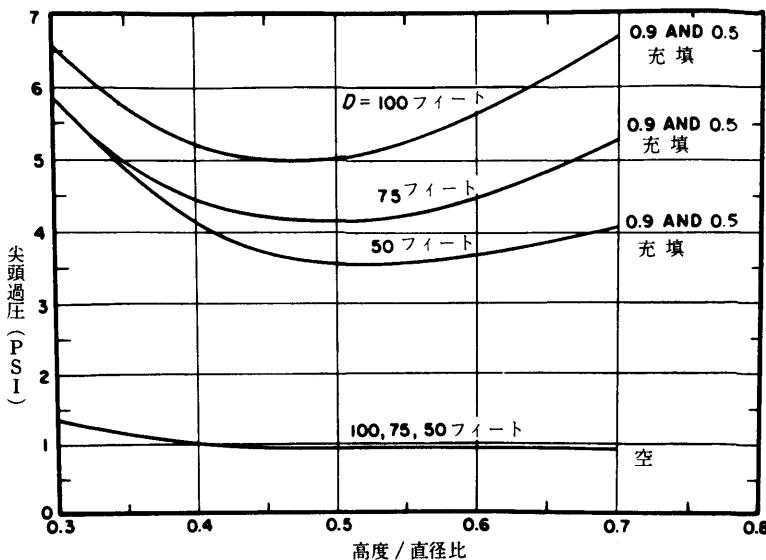


図-5.155b 500 K T以上の核爆発により直徑Dの円錐浮屋根に重被害を起こす尖頭過圧

**5.156** 爆風は、土を被せて浅く埋没した軽量地下構造物の被害程度を決定する要因である。土を被せることは、構造物に対して爆風に対する大きな防壁となり、また飛んで来る破片に対する防壁ともなる。構造物の上の土の被覆の深さは、想定される過圧または動圧の場所における所望の放射線防護の程度により決められる（第8章参照）。

**5.157** 地表構造物または掘って屋根をのせた半埋没式構造物に土を被せる通常の方法は、地表の上に出た部分の上に土をもり上げることである。土の被覆の傾斜が適当であれば、爆風の反射係数は減少し、構造物の空気力学上の形が改善されるので、構造物に働く平行移動力を相当減少させる。土の被覆の付隨的な利点は硬化、すなわち地面が土の支持力によって、曲がり易い構造物の変形に対する抵抗力を与えるということである。

**5.158** 浅く埋没した地下構造物とは少なくとも、土の被覆の頂上が初めの地表と同じ高さになり、さらにその土の厚さが構造物のスパンの6%以下である。こ

のような構造物はスパンに対する比により、その厚さだけの土をかけたのでは、§ 5.161で示したような十分な防護は得られない。土は浅く埋めた構造物の上部表面にかかる爆風圧をあまり減少しない。核実験の結果によれば、地面と構造物の頂上との中間面における地面からの衝撃波の反射によって、構造物に働く圧力の増加はないことがわかった。

5.159 浅い地下構造物の垂直面に働く横方向の爆風圧は、乾燥したち密なシルト質の土の場合に、屋根に加わる爆風圧の15%位にすぎないことがわかっている。しかし多くの土の場合には、この横の方向の爆圧は幾分高い傾向があり、多孔質の、水で飽和した土の場合は、屋根の圧力の100%に達することもある。底板と壁が組合されて、ひとつの構造単位をなしているような地下埋没構造物の底面における圧力は、屋根における圧力の概ね75%～100%の範囲である。

5.160 浅い埋没構造物が受ける被害は、構造物の特性、土の性質、埋没の深さ、下向きの圧力、すなわち尖頭過圧及び爆風波の方向等の種々の要素によって決まる。表—5.160に2種類の浅い埋没構造物に対し、種々の程度の被害を起こさせるに必要な尖頭過圧の限界値が示されている。圧力の範囲は構造設計、土の状態、盛り土の形、爆風波に対する方向の種々の差異を許容できるように考えてある。

HP『海軍砲術学校』公開資料

表-5.160 浅い埋没構造物に対する標準的被害

構造物の型	被害の型	尖頭過圧 (psi)	被害の状況
軽量波型鋼アーチ表面構造（スパン20-25フィート10ゲージ波型鋼）中心角180°頂上において5フィートの土のカバー *	重	45-60	瓦壊
	中	50-50	端の壁とアーチの大変形及び主入口ドアの被害
	軽	30-40	通風装置、入口ドアの被害
スパン16フィート中心角180°の埋没コンクリートアーチ厚さ8インチ頂上で4フィートの土のカバー	重	220-280	瓦壊
	中	100-220	相当のひび破碎を伴った大変形
	軽	120-160	パネルのひび、入口ドアの被害

\* アーチ構造の場合には瓦壊圧力は使用する肋材の数に依存して高くなる。

5.161 埋没の深さのスパンに対する比が3.0（又はこれ以上）に近い値程深く埋められた地下構造物は、この周囲の土のアーチ形成効果により爆風による被害を減少する利点を持っている。ごく限られた実験によれば、土のアーチ形成効果は曲りやすい構造物に対する荷重を減らすのに有効であることがわかっている。

## 參 照 文 獻

- JACOBSEN, L. S. and R. S. AYRE, "Engineering Vibrations," McGraw-Hill Book Co., Inc., 1958.
- \*JOHNSTON, B. G., "Damage to Commercial and Industrial Buildings Exposed to Nuclear Effects," Federal Civil Defense Administration, February 1956, WT-1189.
- \*MITCHELL, J. H., "Nuclear Explosion Effects on Structures and Protective Construction—A Selected Bibliography," U.S. Atomic Energy Commission, April 1961, TID-3092.
- NEWMARK, N. M., "An Engineering Approach to Blast Resistant Design," *Trans. Amer. Soc. of Civil Engineers*, 121, 45 (1956).
- NORRIS, C. H., *et al.*, "Structural Design for Dynamic Loads," McGraw-Hill Book Co., Inc., 1959.
- PICKERING, E. E., and J. L. BOCKHOLT, "Probabilistic Air Blast Failure Criteria for Urban Structures," Stanford Research Institute, Menlo Park, California, November 1971.
- \*RANDALL, P. A., "Damage to Conventional and Special Types of Residences Exposed to Nuclear Effects," OCDM, FHA, and HHFA, March 1961, WT-1194.
- RODGERS, G. L., "Dynamics of Framed Structures," John Wiley and Sons, Inc., 1959.
- \*SHAW, E. R. and F. P. MCNEA, "Exposure of Mobile Homes and Emergency Vehicles to Nuclear Explosions," Federal Civil Defense Administration, July 1957, WT-1181.
- \*SPARKS, L. N., "Nuclear Effects on Machine Tools," U.S. Atomic Energy Commission, December 1956, WT-1184.
- \*TAYLOR, B. C., "Blast Effects of Atomic Weapons Upon Curtain Walls and Partitions of Masonry and Other Materials," Federal Civil Defense Administration, August 1956, WT-741.
- \*TUCKER, P. W. and G. R. WEBSTER, "Effects of a Nuclear Explosion on Typical Liquefied Petroleum Gas (LP-Gas) Installations and Facilities," Liquefied Petroleum Gas Association, December 1956, WT-1175.
- TUNG, T. P. and N. M. NEWMARK, "A Review of Numerical Integration Methods for Dynamic Response of Structures," University of Illinois Structural Research Series No. 69, 1954.
- \*WILLIAMSON, R. H., "Effects of a Nuclear Explosion on Commercial Communications Equipment," Federal Civil Defense Administration, May 1955, ITR-1193.
- WILLOUGHBY, A. B., *et al.*, "A Study of Loading, Structural Response, and Debris Characteristics of Wall Panels," URS Research Co., Burlingame, California, July 1969.
- WILTON, C., *et al.*, "Final Report Summary, Structural Response and Loading of Wall Panels," URS Research Co., Burlingame, California, July 1971.