

## 訳者まえがき

これは、UNDRO(国連災害救助調整官事務所)が1976年に発刊した、

**Guidelines for disaster prevention. Volume 2, Building measures for minimizing the impact of disasters** を訳出したものである。

この巻は、序文にも書かれているように、特に発展途上国援助の目的で、災害予防の一般原理を述べ、その基礎的な指針を示すために発刊された3巻の第2巻にあたる。

発展途上国向きに書かれているが、その考え方、さらに、こまかい具体的な提案や指示に至るまで、我が日本に対して適用できるものが多く含まれているので、我が国の災害予防の指針としても非常に良いものとなると考え、第1巻に引き続き訳出した(第1巻については、防災科学技術研究資料、第66号を参照されたい。)

訳文がそのまま、我が国における災害予防の指針となることを目的としたので、訳出にあたって次のことに注意した。

(1)わかりやすいことを第一の目標とした。(そのために、思いきった意識を行なったところもあり、少し長い文を補足したところもある。)

(2)補足のため、あるいは特に発展途上国だけに適用され、我が国向きでない部分の指摘を行なうため、訳者注を入れた。

(3)説明のための図表を追加して入れた。(図12, 図13, 図14, 図15, 表2が追加されたものである。)

また、序文とはしがきは第1巻と全く同じであるが、この第2巻を独立して読むことができるように原著のまま訳出した。

なお、UNDROでは、**prevention** と **preparedness** とを厳密に区別し、次のように定義している。

「**Disaster prevention** は、自然現象が災害あるいは他の関連する緊急状態の原因とならないように、そして自然現象によって災害あるいは緊急状態が発生しないように予防するために設計された諸対策であり、prevention は、災害の発生を予防し、あるいはなくすための諸政策および諸計画を作り、実行することである。prevention は、あらゆる危険に対する弱点の解析を基礎としたものであり、主として物的計画、都市計画、公共事業、建築などの分野における、法律制定および規制措置を含む。

**Disaster preparedness** は、災害時における人命損失および損害を最小にするために、そしてタイムリーで効果的な救出、救援、復興を組織し、促進するために設計された諸活動であり、必要な法律によって支えられたものであり、しかも災害状況あるいは同じように緊急な状況に対処するための用意を意味する。**preparedness** は、実行計画の準備、救援グループの訓練、配給品の備蓄、必要資金の準備を含んでおり、予報・警報、人々の教育訓練、災害状況における組織と管理に係る。」

(注. 上記下線の部分は、第1巻の訳において誤訳があったところを修正した。第1巻にお

いては、「災害あるいは他の関連する緊急状態が原因となって起こる、あるいはこれらの結果生ずる自然現象を予防…」となっている。）

洪水を例にとれば堤防やダムを作ること、土地利用の規制をすること、建築規制をすること、洪水保険などは「**prevention**」であり、洪水の予報、警報を出すこと、避難すること（またはその計画を作り、誘導すること）、決壊または越堤しそうな堤防に砂袋を積むなどの水防活動は「**preparedness**」である。**prevention** は「予防」と訳してよいと思われるが、**preparedness** に対応するよい訳がないので、この訳出においては「**プリペアドネス**」とした。

訳出を承認していただいた、**UNDRO, Technical Operations Section** の **Chief, D. I. Carter** 氏に感謝の意を表わしたい。

国立防災科学技術センター第4研究部 渡辺一郎

## 目 次

序 文	1
はしがき	4
1. 一般事項	7
1.1 教 育	7
1.2 建築規制	7
1.3 建設監督	7
2. 熱帯性暴風雨	7
2.1 はしがき	7
2.2 建物への影響	8
2.3 建築規制	8
2.4 建物防御対策	9
2.5 保 守	10
2.6 一般的な予防対策	12
2.7 洪水に対する防御	12
3. 洪 水	12
3.1 はしがき	12
3.2 防御システムが存在しない地域内における建物の防御	13
3.3 防御システム	14
3.4 防御システムの保守	16
3.5 人間居住地の防御	16
3.6 家屋および建物の防御	17
4. 大きなダムの欠壊によって起こる洪水	18
4.1 はしがき	18
4.2 大きなダムの設計	18
4.3 大きなダムの観測	18
4.4 人間の防御	19
5. 津波(高潮)によって起こる洪水	20
5.1 はしがき	20
5.2 建物の防御	20
6. 火 災	20
6.1 はしがき	20
6.2 法 律	21
6.3 火災危険を最小にすること	21
6.4 居住者の救出(建築上の要求)	23

6.5	消 火	24
6.6	延焼の防止	24
7.	地 震	25
7.1	はしがき	25
7.2	損害の見積り	25
7.3	建築基準	27
7.4	耐震設計・耐震建造の基本原理	29
7.5	建築の実際と構造の詳細	30
7.6	低価格住宅	32
7.7	土木構造物	33
7.8	教育と訓練	33
7.9	建物の損害の評価	34
8.	地すべり	36
8.1	はしがき	36
8.2	建物への影響	36

## Guidelines for disaster prevention Volume 2

### Building measures for minimizing the impact of disasters

国連災害救助調整官事務所

災害予防指針

第 2 卷

災害の影響を最小にするための建設対策

国連, ジュネーブ, 1976

渡辺一郎 訳

#### 序文

国連災害救助調整官事務所(UNDRO)は、“災害予防指針”と名付けられたシリーズものの最初の3巻をここに提示する。この3巻は、それぞれ、居住地のための物的計画作成、居住地の建設および居住地の管理について、災害予防の分野における最も基礎的な問題を述べている。これらの巻の第一の関心事は、発展途上国における、新しくそして急速に拡張している居住地の問題である。

この3巻は、発展途上国の災害予防の分野における、一般原理と一連の基礎的な指針とを明確に述べたものであり、しかも、この目的で作られたものとしては、国際レベルでの最初のものである。これらの巻において述べられている諸指針は、今後長期にわたって追加・拡張され、改良されるものである。諸者は、これらの指針の適用範囲の限界を知らなければならぬ。これらの指針は、最終的なものでも決定的なものでもない。そして、個々の国の特殊な要求に答えるためのものでもない。

ここで考慮されている災害の型は、洪水、台風、津波や地震のように、激しくしかも突然発生する自然現象によって引き起こされるものである。干ばつや伝染病のように“忍びやかにやってくる災害”は除かれている。しかしながら、(火災や爆発のように)自然の大災害が原因となって人間が起こす災害、あるいは自然災害と同等の予防対策が要求される人間が起こす災害は、この3巻の出版物に含まれている。

人間の起こす災害の中で最も破壊的なもの、すなわち戦争、を考慮することは、この3巻で述べられている諸指針の範囲外である。UNDROは、この分野について、正しいと認められ

る勧告をすることができる。そして、UNDROによって今後出版される一連の指針の一つとして、“災害後のための計画作成と再建”と名付けられたものが用意されている。

これらの3巻は、政策作成者、行政官、技術者、国・県・市町村レベルでの都市・非都市両者における共同体指導者というように、広い範囲の人々を対象として作られている。特に、危険性の高い地域における開発プロジェクトを開始したり、あるいはそのような開発プロジェクトを認可したりする責任を持っている政府職員を対象としている。さらに、弱い要素やその判定の基準そして災害危険がこれまで一般的に考慮されてきたかどうかを決定するための簡単でしかも即座にできる方法を必要としている政府職員を対象としている。

現在の発展段階における指針の出版を簡単にし容易にするために、対象とする項目が限定された。これらの項目は、あきらかに予防という枠組の中に含まれるものである。さらに、この3巻の内容においては、これらの出版物を作るのに関与した人々が災害状況下で得た集約的な経験に基づいた、実際的なアプローチが強調されている。プリペアドネス、救助、災害後のための計画作成と再建の問題は、意図的に除かれた。これらは、UNDROによる若干の補足的な研究において、現在調査されつつあるからである。

UNDROは、これらの出版物の利用者に、国連にコメントや提案を今後引続いて提供することを求めている。このような情報のフィード・バックや交換を確立することは、災害予防のための指針についての包括的で詳細な、国際的に使用される図書室を作ることに対して助けとなる。

この3巻の構成は、居住地の発展の各段階に合わされている：すなわち、計画作成段階、建設段階、そして、居住地が使用され、維持され、拡張され、更新される段階(管理の段階)である。このために、三つの巻の間に若干の重複があることを許すことにした。計画作成、建設、管理という異なった段階の間には、実際に共通の関心事が存在するからである。三つの巻を相互に参照することが、読者を助けるであろう。より詳細にいくつかの項目を調査したいと望む専門的な読者のために、文献目録が載せられている(訳では省略した)。

現在の三つの巻は、国連環境計画(UNEP)の財政援助と協力によって作成された。欧州地震工学委員会事務局長 Sergei Bubnov氏、ポーランド、ワルソー工科大学建築学部の Adolf Ciborowski 教授、建築家で都市計画者の Urszula Ciborowski 氏およびトルコ、アンカラ中東工科大学の都市・地域計画部 Aydin Germen 教授の協力によって準備され、国連住宅建築・計画センター、国連環境計画、世界気象機構(WMO)、国際赤十字連盟(LRCS)および次の専門家の協議・相談のもとで完成された：ロンドン科学技術王立大学教授 Messrs N. Ambraseys；パリ建築科学技術センターの G. Blachere 氏；フィリピン国マニラ大統領事務局副事務局長の R. B. Cardenas 氏；ハンガリー、ブタペストのハンガリー建築科学研究所の G. Sebestyen 教授；そして、オランダ、ハーグの地方行政政府国際連合事務局長 J. G. Van Putten 氏。

UNDROは、災害に対して居住地を守るためのこれらの3巻に貢献したすべての人に感謝の意を表わしたい。

はしがき

- (1). UNDR0は今まで計画作成と予防に最も高い優先度を置いてきた。なぜならば、特に発展途上国において、急速な都市化と大きな人口増加という二つの現象が存在するからである。国連の推定によれば、世界人口の50%以上が、2,000年までに都市地域にすむようになる。現在から1999年までの間に、人類は恐らく、過去に記録されているすべての住宅よりも多い住宅とそれに関連する施設を作らなければならないであろう。発展途上国の多くの国において、その人口は25～30年で二倍になるが、一方、その国の都市人口は12～15年で二倍になる。そして、スラムなどの貧しい住居地では、7年あるいはそれ以下で人口が二倍になることがしばしばある。災害を受けやすい地域における人間の問題、特に、スラムなどの貧しい居住地が急速に大きくなることと、そこへの人口の集中という問題が非常に大きいので、救助対策とか災害後の諸活動という対策だけでは、損害を少なくするのに十分ではないのである。
- (2). この指針の真のねらいは、災害を予防するため、あるいは少なくとも軽減するための最初の調整活動を、国連その他の国際共同体が行なうとき、それを助けることである。最近の20年間、災害は人口が非常に集中している場所を襲って、より一層破壊的になる傾向があり、このため、全世界の住民はますますこのような災害によって驚かされるようになってきた。国際共同体の災害に対する対応は、最初のうちは救援活動に焦点が置かれていた。しかしながら現在は、災害による実際の損害も潜在的な損害も非常に重大で規模も広がってきているので、今後は計画作成と予防に対してより一層重点を置くべきであると認識されている。
- (3). 広範囲の災害前計画作成におけるUNDR0の目標は、自然災害の予防、制御および予知を促進することである。UNDR0のすべての活動は次の三つの調査結果に基づいている：
  - (a)多くの災害を受けやすい国々にとって、災害は重要な問題である。(b)ほとんどの災害は予防できる。(c)最も基本的な予防対策は、また最も費用のかからないものである。
- (4). 災害による損害についての詳細な統計データは今なお非常に少ないけれども、災害によってこうむった損害が、災害を受けやすい発展途上国が他の国から受けている二国間および多国間援助の全量を大きく超えていることは知られている。その国の国民総生産に対する割合でいうと、災害を受けやすい発展途上国の多くの国での災害による損害は、実質経済成長を帳消しにしてあまりあるものである。一例をあげると、メキシコにある国連ラテンアメリカ経済委員会(ECLA)事務局は、中央アメリカ共同市場の五カ国における災害による損害は、1960年から1974年の15年間で、国民総生産の平均2.3%に達したと推定した。この2.3%という数字は、ある種の病気による影響のようないくつかの間接効果や、総計すれば大きい効果を持つ小さな洪水のようなものを考慮に入れていない。問題となっ



ている国々ではまた、1年で約3%の人口増加率であるから、経済成長における実質的な低下を避けるためには、あるいは発展を静的水準にとどめるためには、少なくとも5.3%(2.3+3.0)の経済成長率を達成しなければならない。これらの国々のうち、ほんのわずかの国しか実際にこのような成長率を達成していない。そして、災害がその一部の理由となって、多くの国々は実際に、徐々にその地歩を失いつつある。この事実は明らかに次のことを示している：災害は経済発展の問題の一つとして考察されるべきであり、そして、経済などのすべての問題と同じように、国家計画のレベルから現場の計画までの、協定された活動による組織的な方法で解決されるべきである。“災害予防に対する国際戦略”を提案するようUNDROに対して促してきたものは、このような単純な観察なのである。(訳者注。わが国の経済成長率と災害による損失との関係は上記ほどのことはない。しかし、災害を経済発展の問題の一つとして考察し、国家のレベルから現場のレベルまで一貫した組織的計画を立てるべきことは同じである。)

(5). 災害と、災害の原因となる自然現象とは、性質を異にするということを考慮するならば、多くの災害は避けることができるのである。本質的にいって、災害の原因となるすべての自然現象は次のような共通の特徴を持っている：現段階の科学知識では、これらの自然現象が起こる時を予測することは(ある場合には、数時間前には可能であることを除いて)不可能であるかもしれないけれども、たとえば氾濫原、地震地域あるいはなだれ地帯においては、災害がどこで最も起こりやすいかを、相当な正確さで予測することがしばしば可能である。(ハリケーン、サイクロンや台風という)熱帯性暴風雨のような“移動性の”現象の場合でさえも人的損害や物的損害の90%は水の作用に帰因しているのであって、風の作用によるのではないことが知られている。

(6). この決論は、どのような種類の人間活動の場に対しても明白なかかわり合いを持つ。ほとんど常に、危険な場所と、それほど危険でない場所とを区別することが可能なのである。このような区別は、もし適時に実施されるならば、その費用が無視できるほど少ない諸対策によって促進される。例として、弱点調査(どこが災害に対して弱いかの調査)を基とした、市町村計画の法律や用途指定規制の採用・適用がある。このような区別が最適になされるのを確実にする鍵は、影響する地域の弱点解析を、適切な開発プロジェクトの中に含ませることである。主要な開発プロジェクトの全費用と比較して、このような弱点解析調査の経費は無視できるほど小さいのに対して、人命が救われ物的損害が避けられること、そして、もしこの予防対策(弱点解析調査とそれに基づく対策)がとられなかったときに行なわなければならない事後の救援と再建の仕事が減るということからみて、この予防対策の“乗数効果”は計りしれないほど大きい。ほとんどの災害を受けやすい発展途上国において急速な人口膨脹と都市化が進んでいる時代においては、この弱点解析などの予防対策が特に正当な戦略である。今犯される誤りは、すべて後でそれを正すためにより多くの費用をついやす原因となる。居

住地の電気・ガス・水道などの公共施設を、弱点解析に基づいた計画と予防対策のもとに建設すべきである。

(7). 災害予防のために多くのことを行なうことができるし、また行なわなければならないということは、これまでずっと表明されてきたけれども、若干の国では、自然災害について、それが発展に対する一つのブレーキとして作用するものだ、という一種の宿命論に悩まされている。緊急事態におけるタイムリーな援助を計画するには資源が不足していることが原因となり、また、この問題の大きさと引き続く災害という累積した重荷もあいまって、このような宿命論がでてくる場合が多かった。それにもかかわらず、政府は、災害後だけでなく災害前においても、災害についての活動に対する基本的な責任を負っている。政府は適切な対策を開始し、災害予防についての国民的意識と積極的な関心を増進すべきである。政府はまた、災害救助組織を改善するよう立案された諸対策を採用すべきである。

(8). 情報の配布普及、訓練、災害予防のための警報、そしてコミュニティにおけるプリペアドネスの役割についても関心を持つべきである。一般大衆への災害およびその対策についての教育は、小学校のレベルから始めることができる。建設労務者などを含む、熟練労働者や非熟練労働者へも、この教育を広めるべきである。関係法律を制定することによって、予防対策、計画、対策の適用を顕著に促進することができるであろう。政府は予防の分野における法律制定に対して、より大きく主導権をとるべきである。—特に、土地利用、物的計画作成、建築規制などに関して—。

(9). UNDR0は現在、災害予防および軽減についての既存の知識の状況についての包括的な調査を実施中である。このことにより、まず、発展途上国に直接に適用可能な既存の知識を確認することができ、第二に、国際共同体による協調行動を必要とするようなギャップが、既存の知識と適用問題の間に存在するかどうかを確認することができる。この調査は、地震学、火山学、気象学、水文学、土地利用、建築工学、土木工学、健康、公共情報および災害の経済的、社会的、法的様相というようないろいろな項目を含み、上記の災害予防国際戦略の形成にとって必要な量的データを供給するであろう。現在進行中の他の調査は、災害による直接的あるいは間接的な損害の全世界的サーベイである。この目的は、上記の国際戦略の形成にとって必要な量的データを供給すること、そして、災害を受けやすい発展途上国が、その国自身の長期の予防政策を作りあげ、いろいろな予防対策について費用便益分析を実行することができるようにすることである。

(10). 計画作成、予防およびプリペアドネスというような対策を実施できる、多くのその他の(すなわち居住地に関するもののほかの)分野が存在する。特に重要な分野は、災害プリペアドネスと予防についての教育および予知と警報システムの確立の分野である。しかしながら災害予防における最初でしかも最も基本的な問題は、居住地についての計画作成、建設および管理に関するものである。

## 1. 一般事項

災害の起こりやすい地域における建物やその他の構造物は、(台風の場合)風の水平力および揚力、(台風や洪水の場合)水圧および水力、そして(地震の場合)振動による力の作用の結果、異常に重い荷重を受けるであろう。ある場合には、これらの荷重は非常に大きいので、その結果、建物は破壊されるであろう。このような建物の破壊により、必然的に生命が失われ、財産の大きな損失が生ずる。したがって、災害の起こりやすい地域における建物やその他の土木構造物の設計と建設に対して、特別な注意を払わなければならない。災害のもたらす損害を防ぐこと、あるいは少なくとも減少させることは、次のことによって達成され得る：

- (1)教育
- (2)建築規制
- (3)建設監督

### 1.1 教育

災害予防対策についての教育は、まず学校において始めるべきである。学校の生徒に、災害がどのような影響を及ぼすか、そして、災害をいかに防ぐか、について知らせるべきである。大学・高専・工業高校の工学系学科においては、特別な荷重を受ける建物の設計や建設についての課目を、独立した課目として取り扱うべきである。

### 1.2 建築規制

災害を受けやすい地域に対する建築規制や規則においては、これらの地域内の建物を設計するときどのような荷重を考慮すべきかが定められていなければならない。また、建物やその他の構造物の構造設計法には、常に最新の知識が盛り込まれているべきである。

### 1.3 建設監督

建物やその他の構造物は、承認された設計に従い、十分な品質の材料を用い、そして適切な建築技術を使って正しく建てられなければならない。そのために、これらを建設している間、上記のように正しく建てられているかどうか、きびしく監督しなければならない。

## 2. 熱帯性暴風雨

### 2.1 はしがき

熱帯で発生する暴風雨は、インド洋ではサイクローン、大西洋ではハリケーン、太平洋では台風と呼ばれる。以下では、これらを熱帯性暴風雨と総称する。

## 2.2 建物への影響

熱帯性暴風雨においては、高速で動く空気、すなわち風が、大きな破壊をもたらす要因となる。それは主として、その風自身によってもたらされる力のためであるが、また、その風によって運ばれる固体物のためでもある。さらに熱帯性暴風雨においては、水が、大きな破壊をもたらす要因となる。それは海面の上昇と激しい雨のためである。

海岸地域の建物は、ときどき、これら二つの破壊力を同時に受ける。かくして、熱帯性暴風雨は、洪水と風の両者によって損害をもたらす。

熱帯性暴風雨の風により、建物のすべての構造欠陥が明らかにされる。小さな建物に対して、非常に広い範囲の損害が発生する。細部の欠陥や誤った建築技術が多くの建物破壊の原因である。通常十分につなぎとめられていないため、屋根は吹き飛ばされる。窓ガラスや軽量壁は、建物の内側から外へ働く正圧を受け、さらに建物の外の風によってひき起こされる強い吸引力を受け、吹き飛ばされる。建物の筋かいや補剛材を入れることの重要性は明らかである。

高架電線の破壊により、電力供給に広範囲な損害をもたらす。短絡は火災の原因となり得る。

通常の海水面よりも数メートルも海面が上昇することにより、沿岸地域の浸水がひき起こされるであろう。激しい雨と海面上昇が同時に起こることによって、沿岸近くおよび内陸の両方におけるひどい洪水がひき起こされる。水は河川流や排水溝を逆流し、かくして、通常の排水処理を妨げ、あるいは遅らせる。

## 2.3 建築規制

### 2.3.1 風荷重

熱帯性暴風雨地域の建物の設計においては、風荷重を一次荷重として考慮すべきであり、他の一次荷重(固定荷重、積載荷重、衝撃荷重、土圧および温度変化による荷重)と一緒に考慮すべきである。地震荷重は、この一次荷重に含まれない。風の力と地震の力がそれぞれ独立に作用するとして建物の設計は行なわれるべきである；これらの二つの力が同時に作用するとは仮定しない。

すべての風荷重は、それらが動く流体(空気)によって影響されるという意味で、動荷重である。しかし、設計を簡単にするため、動荷重と等しい値の静荷重が作用すると仮定する。独立した塔、高い煙突、つり橋のように風に対して敏感な構造物に対しては、この仮定は正しくない。

建築規制は、風荷重を受ける構造物の静的および動的解析においてどのような風荷重を考慮すべきかを、定めなければならない。次の要素を考慮すべきである：

(a)風速

- (b)形 状
- (c)突風に対する考慮
- (d)高さと風速との関係
- (e)吸引効果

### 2.3.2 暴風雨のための設計

風の強さ、したがって風荷重の大きさは、暴風雨地域がどこであるか、および設計においてどの程度の期間を考慮するかによって変わる。

設計において考慮する期間が長ければ長いほど、その期間内に起こるかもしれない風の効果はより強くなる。また、設計暴風雨力、すなわち設計風荷重は、考慮している建物の重要度に従って決めるべきである。(原子力プラント、病院、公共建物などの)最も重要な建物に対しては、その建物の生涯の間に設計風荷重を超えるような風荷重が発生する確率が非常に小さくなるように、風荷重を設計すべきである。これらの建物よりも重要さの劣る建物に対しては、より低い安全性であってもよい。設計暴風雨を計算するときには、その暴風雨によってどの地域が浸水し、その浸水水深がどの程度となるかも決めるべきである。

### 2.3.3 建築材料

熱帯性暴風雨地域においては、次のような建築材料および建設技術は、損害を増大させやすいものである；それゆえ、可能ならば使用するのを避けるべきである：

- (a)非焼結の土れんがやブロックを用いた壁
- (b)粘土モルタル
- (c)荒打ちしっくい壁
- (d)屋根その他における、わらや葉

## 2.4 建物防衛対策

### 2.4.1 小建物の設計

熱帯性暴風雨地域における最も損害を受けやすい構造物は、通常小さな建物である。多くの小さい建物は、重力荷重だけを考慮して設計されている。それゆえ、風力は高い建物の場合にだけ、水平静力として考慮されている。この水平静力の値は気候地帯によって異なる。熱帯性暴風雨の力は、ときどき建物の底面から頂上へ垂直方向に働き、その結果、構造物のいろいろな部分に対する揚力を作り出す。

高潮が起こりやすい沿岸地域では、建物の1階床が高潮による高い水面より十分に上になるように、建物を、高い所、木のパイルやポールを持つ構造物の上、あるいは地面に埋められたコンクリートのパイルや柱の上に建てるべきである。ただし、このような形の建物は風による損害が大きくなるかもしれない、ということに注意すべきである。

熱帯性暴風雨地域における小さな建物の安全性を改善しようと努めるときには、次の諸点

を考慮すべきである：

- (a)浸水から建物を守るために、可能ならば、土地面をかき上げすること(図1)。
- (b)浸水したときにおいても、その支持力が失われないような、良い基礎土壌を選ぶこと。
- (c)建物から15m以上離れたところに木を植えることによって建物を守ること(図1)。
- (d)低勾配で、凸凹のない軽量屋根をできるだけ使わないこと。
- (e)可能なかぎり重い材料を使うこと。
- (f)張り出しや天蓋のようなものをできるだけ使わないこと。
- (g)建物の持ち上りを防ぐこと(図2)。
- (h)安定性を増すため筋かいを備えること(図3)。

#### 2.4.2 構造の詳細(例示)

熱帯性暴風雨地域におけるほとんどの小建物は、軽量の木造構造である。これらの建物を構成するすべての要素は、十分によく係留され、連結されていなければならない。たとえば、こまかい上の屋根がわら、木造小屋組の上のこまい、もやげた上の小屋組、壁枠の上のもやげた、基礎の上の壁枠(図4～図7)。

#### 2.4.3 窓の防御

窓ガラスが破壊されると、暴風は容易に室内に入り、その結果、屋根を上へ持ち上げる力が増し、結局、建物全体が破壊することになる。建物への暴風雨の影響を最小にするのに、よろい戸によって窓を守ることは、一つの非常に重要な対策である。

図8に示すように、とりはずしのできないよろい戸によって窓を守ることができる。あるいは、図9に示すように、一時的に板張りをしたり、窓枠に竹や木のひきわり、絆創膏、ビニール・テープなどで固定したりすることによって、窓を一時的に保護することができる。

窓に大きなガラスをはめることは、できるだけ少なくするよう勧告される。すなわち、組子を使用するようすすめられる。なぜなら、組子によって窓ガラスの支持が増え、そして窓ガラスが破壊されたとき低価格で窓ガラスを取り換えることができるからである。

窓枠は壁に十分に係留されていなければならない。

窓および外への出口の戸は、突風に十分に耐える強さを持つよう作られるべきである。

#### 2.5 保 守

暴風雨によって弱くなった構造要素がさらに悪くなって家が破壊することがないように、建物のすべての要素を、保守によって良好な状態に保っておくべきである。

(a)木の部分には塗料を塗って腐食を防ぐべきであり、また殺虫剤を用いて、きのこやしろありから守るべきである。

(b)金属片やアンカーには塗料を塗って腐食を防ぐべきである。

また、悪条件下の部品は、熱帯性暴風雨の季節の前に取り替えておくべきである。

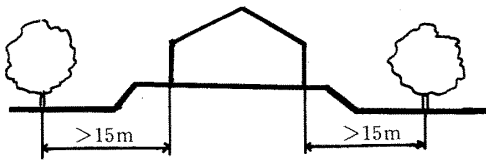


図1 かさ上げすることにより、また木を植えることにより建物を守る

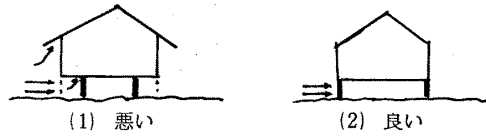


図2 建物の持ち上がりを防ぐ

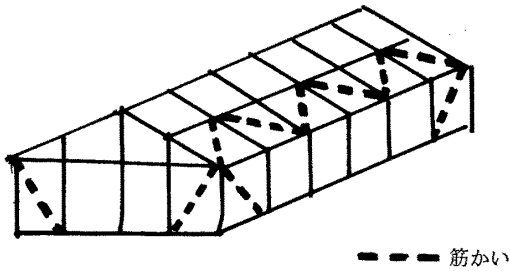


図3 安定性を増すため、筋かいを備える

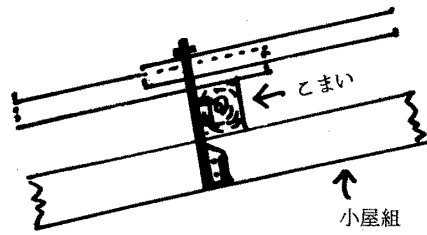


図4 木造小屋組とこまいへ、屋根板を重ねて連結する

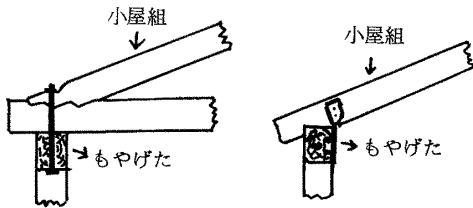


図5 もやげたと小屋組の連結

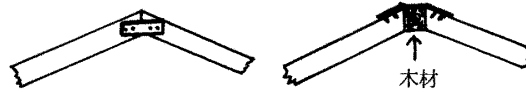


図6 屋根勾配における連結

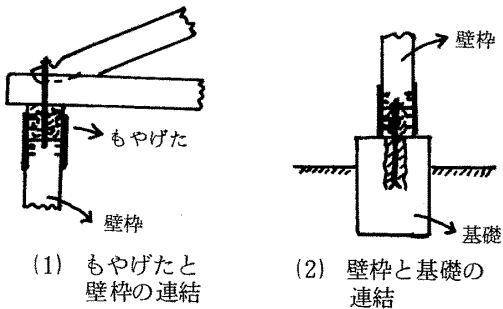


図7

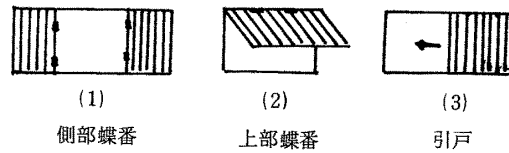
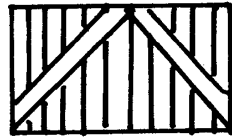
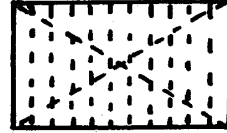


図8 とりはずしのできないよろい戸によって窓を守る



(1)

板張り



(2)

竹や木のひきわり，絆創膏，ビニール・テープの  
きれはしで固定する

図9 窓の，一時的な保護

## 2.6 一般的な予防対策

暴風雨に襲われやすい地域においては，熱帯性暴風雨の季節の前に，次のような一般的予防対策を行なうべきである。

2.6.1 屋根がわらのように，固く締めつけられていないものは，しっかりと締めつけるべきである。そして，窓のよろい戸は修理しておくべきである。

2.6.2 枯れた木や，枯れかかっている木を取り除いておくべきである。そして，風によって動きやすいものは家にしっかりと固定するか，あるいは網状のものでおおって動きにくくして置くべきである。

2.6.3 建物や屋根は，図10のように，地面にしっかりと結びつけておくべきである。

2.6.4 窓に張ったり，戸の外側の筋かいにしたりするのに用いる板，よろい戸や木材を準備しておき不足しないようにしておくべきである。

2.6.5 独立して立っている看板や広告板は，固く結びつけておくべきである。あるいは，風が通りやすいように穴をあけておくべきである。

## 2.7 洪水に対する防御

熱帯性暴風雨に伴う洪水に対して建物を守るための対策は，第3章において述べられる。

## 3. 洪水

### 3.1 はしがき

最近の自然災害における最も大きな人命損失は，強雨，熱帯性暴風雨や高潮が原因となって起こる洪水によって生じてきている。洪水災害の影響を最小にするために，次のような対策に対して特別な注意をはらうべきである：

- (a) 浸水地域に対する技術的な防御（堤防や一時的な貯水池を用いること）
- (b) その地域内の家や建物の防御

樹木の伐採，大地域の都市化，下水処理システムや水管理システムなどの，自然現象に対する人間の干渉が，いろいろな地域の水文的状况を変えてしまった。若干の地域において雨



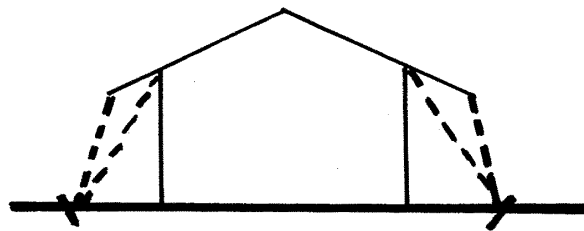


図10 建物や屋根を地面に結びつける

水が以前より早く流れ去り、そのため川などの水路の水位がすぐに高くなる、ということは、このような人間の干渉の一つの影響である。

浸水に対して守られている地域における、現存の防御システムが良く作動しなければならない、ということは重要なことである。なぜならば、このように守られている地域においては、一部は、この地域は守られているから安全だという感情を住民が持つ結果、人口は比較的稠密であり、より多くの商品などがそこに蓄積されているからである。

ほとんどの地域において、浸水に対する安全性を増すことは、主として財政問題であり、また、そのプロジェクトの安全性を適切に監視するにはどうしたらよいかも問題となる。水路の管理をしたり、防御システム(堤防や装置)を作ったりするには、相当の資金が必要である。このような投資コストとそれによって得られる利益とを注意深く比較すべきである(費用便益解析)

### 3.1.1 水 荷 重

水圧を受ける構造物や建物の設計においては、次の荷重を考慮すべきである：

3.1.1.1 水平面に垂直に作用する、あるいは垂直面に側面から作用する静水荷重。傾斜面は静水圧を受けて、垂直、水平両方の荷重成分を受ける。

3.1.1.2 建物や構造物の水平面あるいは傾斜面の下側から垂直方向に作用する揚荷重。

3.1.1.3 洪水水流によって建物あるいは構造物に作用する動水荷重。動水荷重を、等価な静水荷重に変換することができる。

## 3.2 防御システムが存在しない地域内における建物の防御

浸水に対して守るべき地域において、もし洪水に対する防御システムが存在しないならば次のような準備を行なうべきである：

3.2.1 先端的な水文学的、統計学的方法を用いて、その地域のどこが浸水しやすいのかを調査すべきである。

この際、次のような要素を考慮すべきである：

(a)関係地域およびその近傍の地域における、予想される降雨の強さと持続時間

(b)関係地域の地形と形態

(c)地下水位

(d)土壌の飽和容量

(e)その他の局所的情報

3.2.2 上記の調査結果を基礎にして、政府あるいは地方自治体は“調整洪水面”を定めるべきである。この“調整洪水面”は、平均海面(MSL)から測った水面の高さで表現され、通常100年に1回という小さな確率で洪水面がこの“調整洪水面”を超えるように定められる。また、「“調整洪水面”+“余裕の高さ”」という形で“調整洪水基準線”を定めるべきである。この“余裕の高さ”は、それぞれの特定の地域ごとに定められる。調整洪水面を計算するとき、どうしてもいろいろなわからない要素、計算に組み込めない要素があるため誤差が生ずる。“余裕の高さ”はこの誤差に対応するものである(図11参照)。

3.2.3 調整洪水基準線を基礎にして、洪水危険地域の地図を作るべきである。この地図においては次のことを定めるべきである(図11参照)。

(1)一次危険地域 調整洪水面以下の洪水が起こったとき浸水する地域で、放水路地帯に隣接する地域。

(2)二次危険地域 調整洪水面より高い土地であって、調整洪水面を超える洪水や地下水の移動およびその他の要素によって影響される地域。

3.2.4 調整洪水基準線より高い所にある建物(あるいは空地)は、洪水危険が非常に低いと考えてよい。

3.2.5 建物の一部が調整洪水基準線より低い所にある場合には、もし調整洪水基準線より低い部分の床や壁が耐水的にできているなら、その建物は耐洪水性を持つと考えてよい。

### 3.3 防御システム

地域を浸水から守るための、特別な洪水防御構造システムを開発すべきである。

3.3.1 洪水防御システムは、次のものから成るべきである。

(a)その地域全体を防御するための主防御線

(b)もし主防御線が破壊されたとき、その地域のいろいろな部分の防御を確実にするためのいくつかの局所防御線

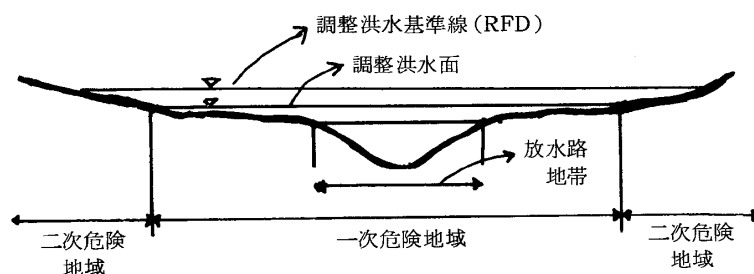


図11 洪水防御

3.3.2 各防御線の洪水防御構造は次のものから成るべきである。

- (a)堤内地を守るための堤防。貧弱な基礎条件の場合には、堤防の超過沈下に対応できるように、余裕高を大きくする必要がある(図12)。
- (b)居住地を守るための洪水壁、岸壁そして堤防。
- (c)一時的な貯水池へ洪水水を放流するための、安全水門と運河システム。
- (d)運河、井戸、排水処理のシステムおよびこれらの付帯設備—これらは地下水位に影響を与える—。
- (e)排水路の水を処理するためのポンプ・システム。
- (f)防御作業の間あるいは保守のために、装置や人々が防御システムへ近づくことができるための連絡道路。
- (g)監視小屋、(袋、シャベルやその他の道具の)貯蔵庫そして(土や建築材料の)供給倉庫。
- (h)電話、電信および無線通信システム。
- (i)洪水波の接近や移動、そして地下水位の変動を観測し、信号をだすための水文測定その他の設備。
- (j)防御地域内の他の水工システム(高いダム、堤防、サイフォン、水門およびポンプ場)と間の連絡のためのシステムの構造物と建物。

3.3.3 構造物の詳細

3.3.3.1 堤防(dikes)

水圧による荷重に耐えるように、そして要求された不浸透性を持つように、堤防を建設すべきである。建設に適した材料はむしろ、建設現場において調達できるものであるべきであり、堤防を建設する前に検査され、使用可能かどうかの承認を受けるべきである。

堤防の基礎の物質が高い浸透性を持っている場所では、基礎物質を通過しての漏水を減少させるために、不浸透性の遮水壁(しゃすいへき)が必要であるかもしれない。この遮水壁は矢板壁であってもよく、不浸透性の土を固く締めたものでもよく、あるいは何らかの他の同じような構造のものであってもよい。完全に不浸透な遮水壁はないから、余分の漏水を集める用意がなされていなければならない。この漏水は、排水ブランケットや浸透性のトレンチを用いて集めることができるし、あるいは、堤防の裏ノリ先(図12参照)や乾いた堤内側に置かれた穴のあいた排水管を使って集めることができる。保守および漏水管理は確実に実施されなければならない。

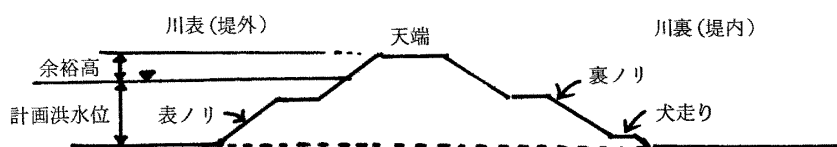


図12 堤防

主として居住地においては、建物の地階を浸水から守るために、堤内地の排水は十分に行なわれるべきである。

### 3.3.3.2 洪水壁 (floodwalls)

基礎の条件がよい、狭く制限された地域において、洪水壁は一般に使用される。普通、洪水壁による防御は、放水路地帯に近い建物や居住地を含む小地域を耐洪水にするのに適している。

洪水壁に使われる最も普通の建築材料は、コンクリートあるいは鉄筋コンクリートである。

## 3.4 防御システムの保守

緊急時でないときに、放水路地帯や洪水防御システムの保守作業を十分に行なうべきである。この保守には次のことが含まれる。

- (a) 堤防を修理すること、浚渫(しゅんせつ)・清掃(障害物除去)によって水路の流れ容量を常に維持すること、そしてせき口や水門その他の設備を保守すること。
- (b) 水文観測設備を保守すること、浸水しやすい地域および防御すべき地域の水文状況に影響を与えるような(防御すべき地域の)近くの地域における水位について毎日情報を伝達すること。
- (c) 緊急時に使用される装具や材料を保管する倉庫を保守すること。
- (d) 新しい道路・橋・建物および居住地を建設中に、既存の防御システム内に欠陥(たとえば堤防の破壊)が起こらないように注意すること。
- (e) 新しい橋の底面の高さがRFD(調整洪水基準線)より少なくとも50 cm高くなるように注意すること。樹木の多い地域を通して流れる河が洪水となったとき、洪水流が木を切り倒して運ぶ可能性があるならば、河道として十分に広い空間をとるべきである。

## 3.5 人間居住地の防御

既存の防御システムによっては、完全な安全が保証されないような浸水地域内の人間居住地の防御のためには、次のような対策がとられるべきである。

3.5.1 道路面は、経済的に正当と認められるかぎりできるかぎり高くして、洪水の際に居住地や建物へ近づくことができるようにするべきである。

3.5.2 水が非常に浸透しやすい土質の地域においては、水路内の水位が高くと、地下水位が上昇するだけで浸水が起こりうる。したがって、浸水しやすくそして上記のような土質の存在する地域において新しい居住地や家屋を建設しようという計画があるならば、これらの建設現場の地面高を建設開始前にかさ上げすることがすすめられる。

3.5.3 下水設備が存在する居住地において、もし洪水の水位が下水のはけ口の高さより高くなると、下水は下水管に逆流する。そしてふたたび地面に放出されその地面の汚染や病気を

の発生原因となり得る。この汚染された水は、その後長期間にわたって井戸水を使うのを不適当にする。それゆえ、浸水地域の下水システムにおいては、浸水が起こったとき下水管のはけ口を閉める設備を設置すべきである。

### 3.6 家屋および建物の防御

浸水地域における建物や家屋が重大な損害を受けないために、次のことがすすめられる。

3.6.1 アドベ(日干しレンガ)や粘土モルタルのように、水につかると強さや荷重耐力を失う建築材料は、すべて使わないようにすべきである。

3.6.2 浸水によって、構造物の基礎の周りにおいて洗堀が起こるのであろう。それゆえ、浸水地域内では、基礎の材料としてこまかな砂の堆積を使うべきでない。

若干の膨脹性粘土は、浸水すると持ち上げ・隆起を起こすであろう。そしてその結果、地階の床の変位やさらにもしかすると基礎の変位が起こるのであろう。このような場合には、基礎や地階の下に、砂利層を置くべきである。

3.6.3 地階がRFD(調整洪水基準線)以下である建物においては、洪水が地階に漏れ入ることのないように予防すべきである。

3.6.4 水につかる可能性のある地階のすべての開口部(窓や戸)においては、洪水を防御する構造になっておりそして(観音開き式でなく)引戸式になっているべきである。これらの防御構造は、水圧に耐え、不浸透を保証するものであるべきである。

3.6.5 建物の低い階が水につかる危険があるときには、そのような階を(駐車場のよう)に設備を容易に取り除くことができるような用途に使うべきである。機能上積極的な役割を果たしている設備は、RFD(調整洪水基準線)より高い階に設置するべきである。

#### 3.6.6 床張り材

RFDより低い浸水地域においては、水につかることによって損害を受けるような床張りの材料、すなわち次のようなものを使うのを避けるべきである。

(a)水に溶解しやすい材料

(b)木製品とか紙製品を含む材料

(c)水によって変形を受ける不浸透性材料

次のものは良い床張り材と考えることができる。

(i)アスファルト

(ii)陶器製タイル

(iii)コンクリート

(iv)テラゾ(訳注. terazzo ; (大理石などの砕石をちりばめた)とぎ出しコンクリート)

(v)アスファルトの粘着剤でタイルを附着させたプラスチック

3.6.7 浸水後すぐに家屋を通常のように使用することができるようにするため、可能なかぎ

り早く家屋の乾燥を実施すべきである。木の床張りの場合、床下の通風を増加させるため、若干の床板を容易に取り替えることができるようにゆるく固定すべきである。壁紙を使うべきでないし、壁にパネルを張ることも行なうべきでない。床下の通風に対しては特別の注意を払うべきである。

3.6.8 浸水地域の下水システムにおいては、一方向バルブ、すなわち逆流防止バルブを用いるべきである。

#### 4. 大きなダムの欠壊によって起こる洪水

##### 4.1 はしがき

大きなダムの欠壊を起こす主原因は、基礎の破壊(40%)、越流容量が不十分であること(23%)、構造物の支持力が不十分であること(12%)、基礎の不等沈下(10%)、地震・地すべりおよびその他(15%)である。

##### 4.2 大きなダムの設計

###### 4.2.1 定義

次のようなダムは、「高いダム」と考えることができる。

(a) 15mより高いダム、あるいは

(b) 貯水池の容量が  $100,000 \text{ m}^3$  より大きいかあるいは水路の流れ容量が  $2,000 \text{ m}^3/\text{sec}$  より大きいならば、10mより高いダム

###### 4.2.2 調査

4.2.2.1 上記した大きな欠壊を起こす原因を考慮するならば、土質条件の調査に対してもダム基礎の設計に対するのと同じような特別な注意を払わなければならないということは明らかである。

4.2.2.2 最近の経験によれば、新しい大きな貯水池によって地震が誘発されることがあることが示されている。それゆえ、すべての地域において、地震断層の位置を知るための調査、そしてダムがどの程度の地震荷重に耐えなければならないかを定めるための調査を実行すべきである。

4.2.2.3 越流容量が不十分のためにダムが欠壊することがないように、詳細な水文学的調査を実行すべきであるし、また適切な安全率をとるべきである。

##### 4.3 大きなダムの観測

4.3.1 技術的観測には、検査・測定が含まれ、また、ダムやダムの一部の安定性の調査、特に基礎の状況と貯水池の傾斜部の安定性に関する調査が含まれる。

4.3.2 すべての高いダムは、次のものを記載した表を持つべきである。

- (a)ダムについての主要データ(諸計画や技術的特性)
- (b)実行されるべき観測の手順・方法

4.3.3 観測の手順・方法には次のものが含まれるべきである。

- (a)観測のために使われる諸計測器の記述
- (b)測るべき場所の位置
- (c)測定の種類(変位, 土地の緩慢な動きによる沈下・隆起, 収縮, 温度変化など)
- (d)建設の開始時, 建設中, 貯水池への最初の注水中, 通常運転中および貯水池が空のとき, それぞれの場合になされるべき測定の時間表
- (e)各測定に対する(誤差)許容値
- (f)得られた値が正しいかどうかを検査するために用いられる方法

4.3.4 ダムに対して責任を持っている行政当局は、次のものを記載したダム運転日誌をつけるべきである。

- (a)ダムに対して追加された建設工事
- (b)すべての測定結果
- (c)目視により観測することのできるすべての現象
- (d)高水位, 地震, 地すべりおよび他の自然現象についてのデータ
- (e)いろいろな自然現象が起きている間になされた測定の結果
- (f)警報システムの管理

#### 4.4 人間の防御

ダムの破壊により, 二種類の水の波が作られる: 下流へ伝播する正波と上流へ伝播する負波であり, これらはともに貯水池の水位を下げる。正波は, 下流地域に住んでいる人々にとって一つの危険であり, 負波は, 主として上流で水に頼っている工業に対して危険である。

水力学的解析の最近の方法および模型実験による研究の結果は, 洪水の範囲を決めるのに使うことができる。そして, 影響される地域を地図上に示すべきである。

高波がこの地域の居住地をおびやかすのであれば, 洪水波の高さ, 周囲の丘や安全な建物の高さを考慮して, 人々が急速に避難できるための避難計画を作成すべきである。

警報システムの運用によって, 洪水に襲われる恐れのある地域におけるタイムリーな避難が確実なものとなるであろう。

## 5. 津波(高潮)によって起こる洪水

### 5.1 はしがき

強い地震によって、津波とよばれる海波が発生することがある。深い海のところでは、この波は長波長であるので、実質的には目で認めることができない。しかし、浅い海のところへ到達するとその波長は短くなり、その短くなったのに対応して波の高さが高くなる。かくて、非常に高い洪水波として津波が沿岸を襲うことがある。

### 5.2 建物の防御

津波は、その通り道にあるどのような対象物に対しても、突然に大きな力を及ぼす潜在力を持っている。しかし、津波による浸水期間は河川洪水の場合より一般に短い。

津波に襲われる可能性のある地域内の建物や家屋は、水につかっている間に水によって加えられる水平力に耐えることができるように、固い材料(れんが、コンクリート)を用いて建てられるべきである。

水につかった家屋を急速に乾燥すべきであるという注意は、洪水による浸水の場合と同じである(3.6.7参照)。

堤防や洪水壁によって沿岸の居住地を津波から守るのは非常に高価であり、特別な場合にのみ経済的に正当であるとみなされ得る。

津波に襲われる可能性のある地域における建物を防御する最も効果的な方法は、もし可能なら、その場所において採用されている危険水準より高い所に新しい居住地を建設することである。

もし沿岸の地形が平坦であるならば、高潮に対して構造物を守るためには、木材のパイル・柱あるいはコンクリートのパイル・柱の上に構造物を建てるのがよい。構造物の最下階の床と高水位との間に十分な余裕をとることができるからである。

## 6. 火 災

### 6.1 はしがき

もし火災が単に一つの建物を襲うだけならば、それは災害ではない。しかし、火災が居住地の広い範囲に広がるならば、大損害を生じさせる。このような火災の拡大は、火災が他の自然現象(地震、暴風、爆発)に伴なって発生するときに起こるのであろう。

(1923年(大正12年)の)東京における悲惨な地震の際、多くの人々が火災のために死んだ(死者約10万人)。木造家屋の中で、ちょうど昼どき、食事を作るために使われていた火から、この火災は広がった。地震によって起こった電線のショートとかガス施設の破壊もまた、こ



の悲惨な火災の原因であろう。それゆえ、地震の起こりやすい地域においては、火災防御に対して特別の注意をはらうべきである。(訳注。電線のショートとかガス施設の破壊が関東大震災の火災の一つの原因としているのは何かのまちがいであろう。特に当時ガスはほとんど使われていなかったのであるから。)

火災防御のための法律・規定そして／あるいは組織が存在しない国々においては、通常のちょっとした出火でさえも、大損害をもたらす災害に発展するであろう。

## 6.2 法 律

火災防御のための法律においては、次のような問題をいかにして解決するかが定められていなければならない。

- (a)各建物内の火災を最小にすること。
- (b)火災の際、建物から居住者を救出すること、
- (c)火災を消すこと、そして、
- (d)一つの建物から他の建物へ火災が広がるのを防ぐこと。

## 6.3 火災危険を最小にすること

6.3.1 建物を建設するとき耐火材料を使うことは、火災危険を小さくする一つの良い方法である。しかし、経済的理由で常に可能であるとはいえない。

燃えやすい材料が使われているところでは、よりきびしい火災防御対策をとるべきである。特に、次の諸点に関してはきびしく守るべきである。

- (a)特殊なものを注入したり、特殊な塗装をしたりして、燃えやすい材料(木、プラスチック)の燃焼を防ぐこと。
- (b)建物内に高密度に消火器を置くこと。

6.3.2 家具、床、窓、戸などが燃えることによって長時間火にさらされると、耐火材料(アルミニウム、鉄筋コンクリート、鋼鉄)で作られた建物の構造要素の荷重支持力は、建物が崩壊してしまうほど減少する。鋼鉄の支持力は、高温によってコンクリートの場合より早く減少する。かくて、建物の鋼鉄の骨組には十分な熱絶縁をほどこすべきである。

鉄筋コンクリート構造においては、コンクリート内の鉄筋を次のようにして守るべきである。

- (a)含水量の少ないセメントを用いた良質の緻密なコンクリートを使うこと(含水量の多いセメントを用いたコンクリートの耐火性は、含水量の少ないセメントを用いたものより小さい)。
- (b)外面と鉄筋の間に十分な厚さのコンクリート層を置くこと(鋼鉄棒の温度が430~470°Cに達する時間を30分から1時間に増加させるように、コンクリートの保護層の厚さを

1. 25 cmから2.5 cmに増やすこと).

6.3.3 各建物の耐火能力の解析は、その地方の標準的な火災のパターン(すなわち、どのような種類の火災がどのような経過でどのような大きさ、広さに達するかというパターン)を用いて行なわれるべきである。そして、構造物の要素の耐火能力を、試験室において標準的な火災にさらす時間をいろいろと変えて検査すべきである。この場合の検査項目は次のものである。

- (a) 構造物の要素が崩壊しないこと。
- (b) 火災が一方の側から他の側へとおってしまわないこと。
- (c) 構造物の要素の火にさらされていない側の温度が、(平均) 140°C、あるいは(最高) 180°Cを超えないこと。

建物の耐火能力を、その構造要素の耐火能力によって分類することができる(表1)。

建物の耐火性能は、その建物の使用目的に見合ったものであるべきであり、その建物内部に設備されている火災防御施設とバランスしたものであるべきである。

(訳注. 表1の各項目の数字は、ある標準的な火災にさらされたとき、各建物構造要素が発火したり、破壊するまでの時間である。同じ0.25時間であるのに、その下の説明において耐火性と書かれているところと、難燃性と書かれているところがあるが、この理由は不明である。最左列は建物の耐火度を示す。耐力壁が4、骨組の先填材が1、……というような要素

表1 建物要素の耐火性の分類

建 物 耐火度	時 間 で 測 定 し た 耐 火 性 能						
	耐火壁と 階段室壁	骨 組 の 充 填 材	柱	床 (スラブ)	隔 壁	屋 根	防 火 帯
I	4 耐 火	1 耐 火	3 耐 火	1.5 耐 火	1 耐 火	1.5 耐 火	5 耐 火
II	2.5 耐 火	0.25 耐 火	2.5 耐 火	1 耐 火	0.25 耐 火	0.25 耐 火	5 耐 火
III	2 耐 火	0.25 耐 火	2 耐 火	0.75 簡単には 燃えない	0.25 簡単には 燃えない	— 燃えやすい	5 耐 火
IV	0.5 簡単には 燃えない	0.25 簡単には 燃えない	0.5 簡単には 燃えない	0.25 簡単には 燃えない	0.25 簡単には 燃えない	— 燃えやすい	5 耐 火
V	— 燃えやすい	— 燃えやすい	— 燃えやすい	— 燃えやすい	— 燃えやすい	— 燃えやすい	5 耐 火

によって作られている建物の耐火度は最も良くIであるというわけである.)

6.3.4 一時に多くの人々が存在する共同住宅や建物の中では、爆発を起こすかもしれない活動を行なうことを禁止すべきである。

6.3.5 多数の人々を収容する建物(すなわち、劇場・映画館・学校)、人々の行動が制限される建物(すなわち、病院、牢獄(ろうごく))、そしてコミュニティの社会・経済生活にとって重要な建物に対しては特別な火災予防措置が要求される。そして、火災に関する法律においても、他の建物とは異なった取り扱いを受ける。

#### 6.4 居住者の救出(建築上の要求)

6.4.1 居住者や建物の使用者が早く避難できるように、建物は二つ以上の出口を持つべきである。必要な出口の数は、建物内の人数と建物の使用目的に依存して決まる。

6.4.2 階段と出口との間をさえぎるために二組の戸を持つ入口ホールを建物に設けるべきである(図13)。この入口ホールは、火災の際に階段が煙突の働きをしないように設けるべきである。建物内部の階段の耐火能力は2時間以上であるべきである(表1参照)。

6.4.3 高い建物は他のものから分離されている火災用避難路を持つべきである。大きく高い建物は特に問題があり、その設計規則において適切な考慮が要求される。このことは特にこれらの建物内にいる人の救出に関して重要である。

6.4.4 消防車などの消防用の機械器具を、少なくとも二方向から近づけることができるように、建物を作るべきである。

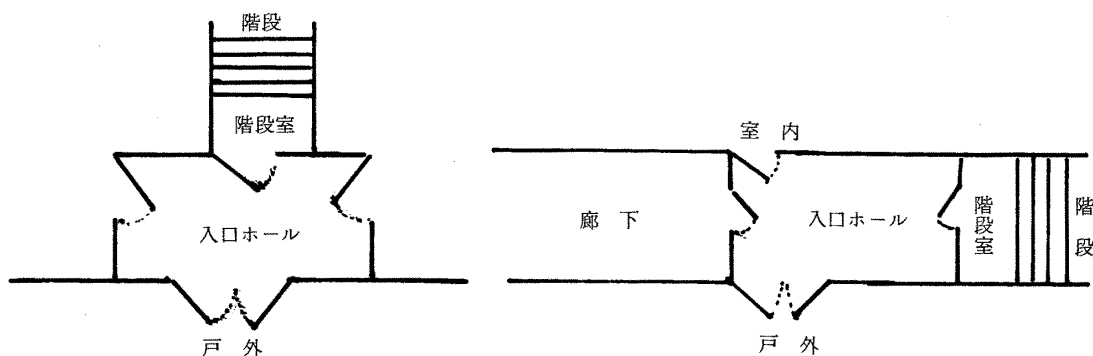


図13 入口ホールと階段

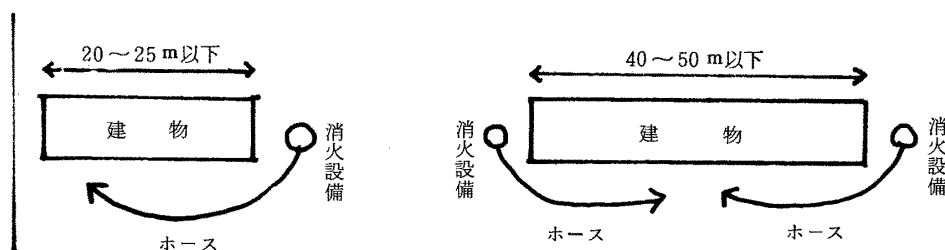


図14 消火設備と建物の長さ

6.4.5 建物の周囲には、消防はしごを立てるのに十分な空地があるべきである。建物が高いほど広い空地が必要である。

6.4.6 建物の幅は、消防車が十分に働くことができ、そのホースがとどく範囲にとどめるべきである。もし、建物に一方の側からだけしか近づけないのであれば、その建物の幅は20～25mをこえてはならない(図14(1))。もし、建物に両側から近づけようになっているなら、その建物の幅は40～50mをこえてはならない(図14(2))。

6.4.7 火災防御の目的のためには、(同じ敷地面積なら)正方形の建物よりも長方形の建物の方がよい。接近しやすいからである。平面図が大きな正方形である建物の場合には、内庭を持つべきである。

6.4.8 地震の起こりやすい地域においては、たとえ崩壊した建物の残骸によって道路の一部分(たとえば1レーン)が通れなくなったときでも、消防車が通行できるように、道路の幅を十分に広くすべきである。

## 6.5 消 火

6.5.1 多くの人がかはっている重要な建物には火災警報設備を設置すべきである。この設備の機能が正しく作用するかどうかを定期的に検査すべきである。

6.5.2 建物内および道路に消火栓を適切に配置して、消火のための十分な水が常に供給できるようにするべきである。

6.5.3 消防署は、その担当町内の建物の高さに対応できる消防はしごを持つべきである。ただし、非常に少数の非常に高い建物に対応できなくてもよい。

6.5.4 地震の起こりやすい地域においては、消火設備(消防車、消防ポンプ、消防はしごなど)を地震直後においてただちに使用できるように、これらを耐震的なガレージや倉庫、あるいは空地に保管しておくべきである。

## 6.6 延焼の防止

6.6.1 長い建物には、40m以内の間隔で開口部のない耐火壁(あるいは耐火戸によって閉めることができる開口部)を設けるべきである。

6.6.2 耐火壁を持たない建物の場合には、建物と建物との間隔は、可能ならば、その建物の高さに等しくすべきである。

6.6.3 燃料タンクやその他の引火しやすい物質は、その場所においてよく吹く風の方向からみて、建物や居住地の影になるところに置くべきである。

## 7. 地震

### 7.1 はしがき

地震により地盤が振動し、その振動は建物や構造物へ伝達され、その結果、垂直方向、水平方向の動的荷重およびねじれ動的荷重が誘発される。

マグニチュードとは、発生した地震の持つエネルギーを測る単位であり、一つの特定の地震によって起こる振動の形で解放されたエネルギーを測ることによって得られる。

震度とは、ある一つの場所において、人工構造物や地震そのものに対して地震がどのような影響を及ぼしたかを示す尺度である。現在、次のような震度階が広く使われている：UNESCOによって使用するよう勧告されているMSK (Medvedov – Sponheuer – Karnik)震度階およびMM (改正Mercalli)震度階である。両方とも(I～XIIという)12段階の震度階である。VIあるいはVIIを超える震度の場合には、居住家屋のタイプによっては中位程度以上の損害を受け

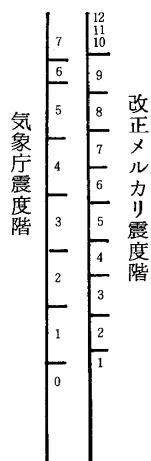


図15 震度階の比較

るものがでるであろう。逆にいえば、VI以下の震度の場合には、どのようなタイプの居住家屋も中位以下の損害しか受けないであろう。

(訳注. 日本では震度について気象庁震度階が広く用いられている。気象庁震度階と改正Mercalli (メルカリ)震度階との対応を示したのが図15である。MSK震度階はMM震度階と大きな違いはない。)

### 7.2 損害の見積り

建築物に対し地震がどのような影響を及ぼすかは、その建築物が建っている場所の震度によって異なる。

各震度とそれによる人工構造物への影響について、一般的には次のようにいうことができ

るであろう

#### 7.2.1 震度6(強い地震)(気象庁震度階では震度4の弱い方に相当)

非焼結れんが造(アドベ造)の建物の多くおよび、れんが造、石造と標準的な木造の建物の若干のものが、中位の損害を受ける。(しっくい塗りの若干の部分が落ち、耐力壁に細い裂け目があらわれ、間仕切り壁にひどい割れ目がはいり、煙突に割れ目があらわれ、煙突の一部が落ちる。)

鉄筋コンクリート造、鉄骨造および丈夫に建てられた木造の建物の若干のものが、わずかな損害を受ける(しっくい壁に細い裂け目)。これらの建物のその他のところは損害を受けない。

#### 7.2.2 震度7(非常に強い地震)(気象庁震度階では、震度4の強い方から震度5の弱い方に相当)

非焼結れんが造(アドベ造)の建物のほとんどが大きな損害を受ける。(耐力壁に大きい裂け目ができ、煙突が落ちる。)この型の建物の若干のものが部分的に崩壊する。

れんが造、石造および標準的な木造の建物のほとんどがわずかな損害(細い裂け目)を受ける。しかし、この型の建物の多くが中位の損害を受ける(しっくい壁のいくつかの部分が落ち、耐力壁に細い裂け目があらわれるなど)。

鉄筋コンクリート造あるいは鉄骨造の建物の多くは、わずかな損害を受けるが、この型の建物の若干のものは損害を受けない。

#### 7.2.3 震度8(破壊的な地震)(気象庁震度階では震度5の中から強に相当)

非焼結れんが造の建物のほとんどが部分的に崩壊する。この型の建物の多くが完全に崩壊する。れんが造、石造の建物のほとんどが大きな損害を受ける(耐力壁に大きな裂け目)。この型の建物の若干のものが部分的に崩壊する。

鉄筋コンクリート造あるいは鉄骨造の建物の多くは中位の損害を受け、残りは単にわずかな損害しか受けない。記念碑のようなものは動き、パイプラインが部分的に壊れる。

#### 7.2.4 震度9(部分的に絶滅的な地震)(気象庁震度階では震度6に相当)

非焼結れんが造の建物のほとんどが完全に崩壊する。この型の建物のほんのわずかのものは部分的な崩壊にとどまる。れんが造、石造の建物の多くが部分的に崩壊し、その若干のものが完全に崩壊する。

鉄筋コンクリート造あるいは鉄骨造の建物の多くが大きな損害を受け、その若干のものが部分的に崩壊する。記念碑のようなものは倒れ、水タンクやパイプラインは大きな損害を受ける。

#### 7.2.5 震度10(絶滅的な地震)(気象庁震度階では震度7に相当)

ほとんどの建物が完全に崩壊する。ほんのわずかの鉄筋コンクリート造あるいは鉄骨造の建物が、部分的な崩壊あるいは大きな損害を受けるにとどまる。橋が大きな損害を受け、す

べての地下構造物が破壊される。

(訳注. 7.2.1 から 7.2.5 までのいろいろな型の建物への影響をまとめて表にしたものが表 2 である. 7.2.1 から 7.2.5 までおよび表 2 において使われている形容詞の原文は次のとおりである.

ほとんど—most, 多く—many, 若干の— a few, ほんのわずか— only a few, 大きな— heavy, 中位の— moderate, わずかな— slight.)

表 2 震度別の建物への影響

震度(改正メルカリ)	アドベ造	れんが造石	標準木造	鉄筋・鉄骨造	その他
6	多く, 中位の損害	若干, 中位の損害	若干, 中位の損害, のこり, 損害なし	若干, ほんのわずかの損害, のこり, 損害なし	
7	ほとんど, 大きな損害, 若干, 部分的に崩壊	ほとんど, わずかな損害, 多く, 中位の損害	ほとんど, わずかな損害, 多く, 中位の損害	多く, わずかな損害, 若干, 損害なし	
8	ほとんど, 部分的に崩壊, 多く, 全壊	ほとんど, 大きな損害, 若干, 部分的に崩壊	ほとんど, 大きな損害, 若干, 部分的に崩壊	多く, 中位の損害, その他, わずかな損害	記念塔, 移動, パイプ, 部分的に破壊
9	ほとんど, 全壊, ほんのわずか, 部分的に崩壊	多く, 部分的に崩壊, 若干, 全壊	多く, 部分的に崩壊, 若干, 全壊	多く, 大きな損害, 若干, 部分的に崩壊	記念塔, 到壊, パイプ, 大きな損害
10	ほとんど, 全壊	ほとんど, 全壊	ほとんど, 全壊	ほとんど, 全壊, ほんのわずか, 部分的崩壊あるいは大きな損害	橋, 大きな損害, 地下構造物, すべて破壊

### 7.3 建築基準(このシリーズの第3巻も参照のこと)

7.3.1 地震の起こりやすい地域においては, その地域に建てられる建築物の設計の建造に対して適用される特別な建築基準が用意されているべきである. この基準においては次のことが決められているべきである.

- (a)地震危険地図のこと. この地図は定期的に修正され更新されるべきである.
- (b)地震荷重と解析の方法のこと. これらも定期的に修正されるべきである.
- (c)異なった型の構造物に対して要求される安全率のこと.
- (d)いろいろな建築材料や建造方法を用いて行なう耐震建築のための技術のこと.

7.3.1.1 地震危険地図は, その国のそれぞれの地域において, 前もって定められたある確率のもとで, 震度がどの程度となると予想されるかを定めるものであり, 家屋や他の構造物を設計する際に考慮すべき地震荷重の計算のための基礎となるものである(震度期待値図と

もいう)。

地震危険地図は、それぞれの地域における過去の地震のデータおよび／あるいは、これらの地域の地殻構造と地震活動の調査の結果を用いて作られるべきである。

### 7.3.1.2 地震荷重と解析の方法

地震に伴う地動は不規則であるから、それによってひきおこされる力は、建物に対してすべての方向から作用する。

この力の成分のなかで、通常の建物の安定性に対して最も危険なものは横からの成分である。(地震荷重を計算する際には、)一般的には、地震による力と風の力とは建物に対して独立に作用すると仮定する。

比較的低く堅い建物(れんが造や石造のもの)においては、その建物のすべての場所の加速度は基礎地面における加速度と同じであると仮定することができる。

建物の質量(すなわち、重量(W)/重力の加速度(g))と(建物の加速度)'a'を乗ずることによって、力'F'を求めることができる。

$$F = a \cdot \frac{W}{g} = \frac{a}{g} \cdot W = K \cdot W$$

Kは震度係数(seismic coefficient)と呼ばれ、ある特定の地域において、そこで予想される(地動の)加速度に依存して決められる。公表されているいろいろな建築基準において、その地域の予想される震度と土地条件によってこの値は変わっており、0.025~0.35の範囲にある。解析を簡単にするため、各床面に作用する水平力だけを考慮することが行なわれる。

(訳注. いろいろな条件からaが決まれば、上式により建物にかかる力Fが決まる。すなわち、その地域の建物はこのようにして決められた力Fに耐えられるものでなければならない。)

この解決法は"静的方法"と呼ばれる。しかし、高く細い建物に対しては、"動的方法"を適用すべきである。

"動的方法"においては、問題となっている建物の弾性を考慮し、また多振子振動方程式によって決定されたいくつかの振動モード(第一モードが通常決定的な作用をする)を考慮する。

動的方法では、特別に訓練された専門家が必要であり、多振子システムを用いるときにはコンピュータを用いなければならない。

建築基準はまた、土地条件が地震荷重に及ぼす影響を定めるべきである。柔かい地盤上の建物は通常、堅い地盤上の建物よりも大きな損害を受ける。柔かい地盤における地震動は、堅い構造物よりも高く細い構造物に大きな損害を与える傾向がある。柔かい地盤における損害は、地震の前、最中そして後におこる構造物の不同沈下のために増大する。



### 7.3.1.3 要求される安全率

地震荷重を受ける構造物に対し建築基準が要求する安全率は、次のものに依存する。

- (a)その国の経済
- (b)その地域における強い地震の再現期間およびその地震の特性
- (c)建物の重要度
- (d)その地方の建築技術、建築材料や工事などの監督の効率

建築基準において要求する安全率を決める基本原理は、その地域において予想される最も強い地震が起きても、構造物全体および個々の耐力成分(屋根、床スラブ、耐力壁)のどれも破壊せず、その結果、人命の損失を避けることができるということであるべきである。

7.3.1.4 いろいろな建築材料を用いて耐震建築を行なう技術は、7.4,7.5において述べられる。

### 7.3.2 地震活動調査

地震活動が活発な地域においては、その地域の中でどこが最も活動的であり、その結果どこが最も危険であるかを定めるために、詳細な地殻構造と地震活動の調査を実行すべきである。このようにして定められた危険な地域においては、建物を安全に建設するということが特別な重要性を持つ。貯水池に水を貯めることが地震を誘発する可能性があるという事実を考慮すべきである。

### 7.3.3 局所的な地質条件が震度へ及ぼす影響

局所的な地質構造、地形、水文地質および地震メカニズムが、その場所の地震荷重の大きさに影響を与える。地震危険図(震度期待値図)に示されている震度は、その地域において期待される平均の震度である。重要な構造物に対しては、その構造物を建てる現場の予想される震度についての、もっと詳細な調査が実行されるであろう。このような調査のためには、その建築現場においてなんらかの強震記録が得られる必要があり、また、その現場の地質とそこに建てられる構造物の振動特性を考慮した、最新の地震調査法および耐震設計法が必要である。

## 7.4 耐震設計・耐震建造の基本原則

7.4.1 構造物へ作用する地震力は、その構造物の質量に比例するから、地震の多い地域内の構造物は、できるだけ軽くなるよう設計するべきである。

7.4.2 地震によって構造物内において振動が誘発される。その振幅は、使用されている建築材料の弾性特性と、その構造物の重心の位置に依存して変わる。振幅そして構造物の変形を最小にするため、重心をできるだけ低く保つべきである。

7.4.3 地震によって解放され構造物へ伝達されるエネルギーは、重大な損害を与えることなく構造物によって吸収されるべきである。エネルギーがより多く吸収されるために建築材

料として適切なものは、鉄骨、鉄筋コンクリート、木、プラスチックのように柔軟なものである。これらの材料はまた、比較的軽く、それゆえに地震荷重を減ずる。

7.4.4 地震荷重のねじり効果を避けるため、建物を簡単で対称的な床プランを持つよう設計することが勧告される。この床プランとは耐力要素の配置を意味する。

7.4.5 建物に異なった高さのところがあるならば、あるいは耐力要素が非対称的に配置されているならば、建物の各部分は異なった形の振動をする。この場合、追加的な相互荷重が建物の一部分から他の部分へ伝達され、その結果、その建物の弱い部分が損害を受ける。かくして、高さの異なる部分や耐力要素が非対称的に配置されている部分は、間をあけて分離すべきである。

7.4.6 建物の階段の設計と建設に対して特別の注意をはらうべきである。なぜならば、地震の初期に居住者は、階段を使って直ちに建物をはなれようとするからである。かくして、階段の構造は欠陥なく地震荷重に十分に耐える安全なものであるべきである。

7.4.7 地震によって、基礎の不同沈下および、ある場合には土の液状化が起こり得る。そしてその結果、構造物の破壊がおこるのであろう。地震の起こりやすい地域内の重要な建物に対しては、耐震基礎を設計できるように、その建築現場の地質調査を実施すべきである。水路や池を埋めたところは特に危険なところであり、建物の基礎を深くする必要がある。

7.4.8 地震の影響の最近の解析によると、弾性的な構造物(高い建物)は、軟弱な地盤上にあるときよりもかたい地盤上にあるときのほうがより耐震的である。

## 7.5 建築の実際と構造の詳細

7.5.1 使用される建築技術および構造の詳細は、土壌から屋根までのすべての構造部品を通して水平力が伝達されることを保証するものであるべきである。

一体構造の鉄筋コンクリートの剪断壁あるいは枠構造や鉄骨枠構造は良い耐震性を持っている。前もって型どりした要素を使っている鉄筋コンクリート・システムにおいては、対応する水平力が破壊なしで伝達されるように接合部を設計すべきである。

7.5.2 特に、もし(目地に使われている)モルタルの品質がよくないときには、れんが造や石造の構造物は地震荷重に対して非常に敏感である。すなわち地震に対して弱い。なぜなら、れんがや石の壁の破壊は、通常目地のところで起こるからである。かくして、地震の起こりやすい地域においては、よい石灰あるいは石灰セメントのモルタルを使うよう強く勧告される。

モルタルの水分があまり多くてはいけない。目地は薄くするべきであり、1 cm をこえてはならない。そして目地部分をモルタルで完全に満たすべきである。

適切な組績みあるいは接着技術は決定的に重要であり、外部の出隅、交差壁の交差部分や戸・窓の開口部において使われるべきである。

7.5.3 地震危険が小さいところあるいは中位のところでは、構造物の高さを二階までに制限すべきである。

(訳注. この部分は、後の記述のと整合性をとるために、「地震危険が小さいところあるいは中位のところであっても、……」あるいは、「地震危険が大きいところあるいは中位のところでは、……」とすべきであると思われる。)

地震危険の大きなところでは、外部の出隅や交差壁の接合部のところで、壁を垂直な鉄筋を用いて補強すべきである。また、溶接した網状の針金の小片をモルタル目地内に、高さ方向に 500 mm を超えない間隔で埋めることによって補強すべきである。

地震危険が小さいところでは、三階以上の建物は上述したような垂直な鉄筋を用いた補強を隅の部分において行なうべきであり、各階には鉄筋コンクリートの円形ばりを備えるべきである。床は、その円形ばりに連結された鉄筋コンクリートであるべきである。木の床はすべての耐力壁を連結すべきであるという要求を満足しないので使うべきでない。耐力壁をすべて連結することは、これらが一体となって地震荷重に耐えることを保証するために必要なことである。

中位あるいは大きな地震危険のところでは、三階以上の建物と鉄筋コンクリートの通常のけたと柱とを用いて十分にしっかりと作られているべきであり、壁パネルはれんがあるいは石で満たされているべきである。水平のけたは床スラブの面のところにあって床スラブに連結されているべきである。垂直の柱は外部壁の角および耐力壁と外部壁との接合部に設けるべきである(図 16 をみよ)。

7.5.4 上記のような骨組を持たない高層の建物は、大きな崩壊を起こしやすく、その結果数百人の死者というような損害を出す。このようなものは地震の起こりやすい地域では不適切である。ところが、このような建物は多くの国で支配的で伝統的な型である。1963年のスコピエの新市街には、数百のこのような建物が存在していた。その約 50% が 1936年の地震

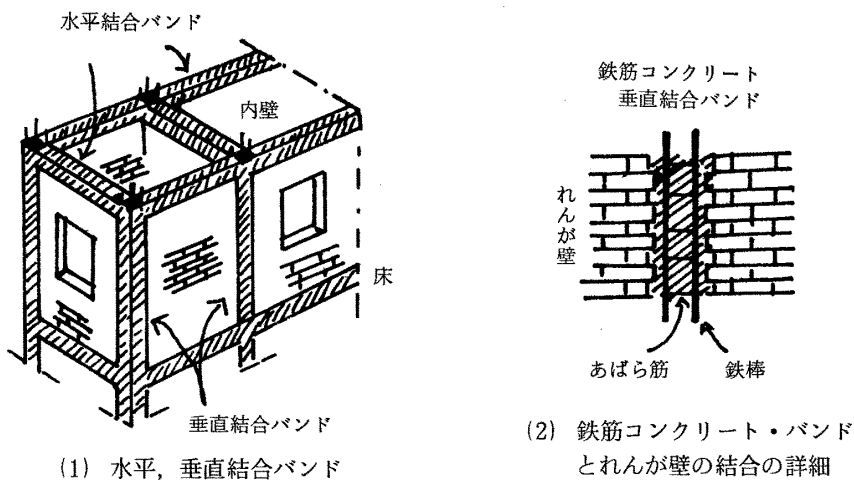


図16

によって修理できないほどの損害を受けた。多くの大きな集合住宅建物が崩壊し、その結果それらの建物の各々において50～200人の死者がでた。

7.5.5 地震損害の評価についての最近の研究によって、鉄筋コンクリート枠構造の建物においては、けたとの接合部における柱内のあばら筋の間隔を減少すべきであることが示された。(あばら筋の数を同じにするならば、)このことによっていかなる経済的問題も生じない。

7.5.6 地震の間、建物の間仕切り壁もまた地震荷重を受ける。間仕切り壁の崩壊によって死傷者が生ずるから、間仕切り壁の作成およびこれと耐力壁との結合について非常に注意深く実行すべきである。

## 7.6 低価格住宅

居住方式の大部分が低価格の平家の住宅であるような地域では、地震による犠牲の90%以上が、これらの住宅内での死亡である。それゆえ、特別な注意をこれらの家屋の建築に対してはらうべきである。(訳者注.日本においては、木造家屋の火災による犠牲が最も重要な問題である。)

設計と建設の基本原則および建築の実際と構造の詳細については、他の建物と同じものがこれらの低価格住宅に対して適用される(7.4および7.5をみよ)。

7.6.1 粘土あるいはアドベで作られた、重い平たい屋根あるいはドームは、地震によってしばしば崩壊し、その家の中で寝たり休息している多くの人を死亡させる。通常粘土やアドベで作られている、外側の耐力壁は、そのもろさのため地震によって起こる振動についてゆけない。この壁のゆがみのために屋根が崩壊する。このような家の崩壊によって、イランや中東において数万人以上の死者が発生した。

7.6.2 水平の木製のいくつかのこまい上に釘で結合された垂直の木製の間柱があり、これらの間には粘土や石が詰められた、タケザル方式の家も、上記と同じ現象が起こる。中南米のいなかにおいてこのタケザル方式は広く使われている。中南米における、マナグア地震(1972年)やその他の地震におけるこの種の家屋の崩壊によって多くの死者が発生した。

7.6.3 低価格住宅に対する建設慣行を完全に変えることは、ほとんどの発展途上国にとって非常に困難な経済問題である。数百万人の人々が、地震荷重に対して非常に大きな弱点を持つ家屋に住んでいるし、住みつづけるであろう。それにもかかわらず、地震に対して強くない住宅の補強と再建築のための長期計画が、関係する国々において準備されるべきである。

地震が活動的なほとんどの地域におけるこの計画は、まず次のものを含むべきである：

### 7.6.3.1

(1)重い屋根ではなく軽い屋根(木製、ワイトング製、シボレックス製、プラスチック製)とすること。

(2)垂直と水平の結合帯を作ることによって、外側の耐力壁を強化すること。(多くの技術的

解決法が利用可能である.)

(3)L字形金具と鉄筋を用いて、(一階の)床を補強すること(図17)

## 7.7 土木構造物

### 7.7.1 給 水

地震後において給水システムが正常に機能することは、家庭への給水のために重要なだけではない。地震による崩壊に続いて多くの火災が発生するから、消火用設備を働かすためにも重要である。地震の起こりやすい地域においては、土壤の振動に追随することができて破壊しないような、たわみやすい(水管の)結合部を使うべきであると勧告される。

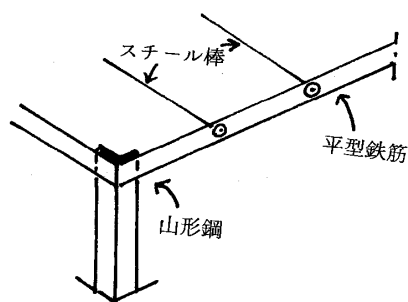


図17 山形鋼と鉄筋を用いて、(一階の)床を補強する

### 7.7.2 橋

地震後において交通機能を正常に保つことは、必要な救援を行なうためにも、人々の避難のためにも重要である。もし、橋が横へすべらないように十分に支持されているならば、橋の耐力構造要素は良い耐震性を持つ。地震の起こりやすい地域の橋の支持を設計するものは、この事実を十分に考慮すべきである。

### 7.7.3 ダ ム

地震によって高いダムが破壊すると、下流地域に損害の大きい洪水をもたらす。地震が起こりやすい地域における高いダムを設計するときには、(このことを十分に考慮すべきであるだけでなく、)新しい貯水池が地表面へ追加的な水圧を加えるために、地震が発生することがあるということを心に留めて地震荷重を考慮すべきである。

## 7.8 教育と訓練

地震に襲われる国では、次のことに対する専門レベルでの特別な訓練が要求される：

7.8.1 すべての建築家は次のことを知っているべきであるから、このことを教育する。

7.8.1.1 地震に襲われる地域における設計の基本的原理。

7.8.1.2 構造工学者が助言してくれることを理解し用いるために必要な、構造設計についての十分な知識。

7.8.1.3 重要であり、製図に組み込まれ、検査の間、現場においてチェックされるべき詳細なこと。

7.8.2 すべての土木工学者は次のことを知っているべきであるから、このことを教育する。

7.8.2.1 最小の排水でもって地震によって誘発される荷重に耐えるための、建物や他の構造物の構造設計の原理および建設の原理。

7.8.2.2 工学地震学の原理および地盤と構造物の相互作用の原理。

7.8.3 もし地震工学の専門家がその国にいないならば、重要な構造物の設計にさいして、提示された設計をチェックするため外国からコンサルタントを招くことができる。

7.8.4 準専門家レベルでの訓練

地震の起こりやすい地域における建物や他の土木構造物の建設に従事している準専門家の人々の訓練は、建築家やエンジニアの教育と同じように重要である。建物や構造物の耐震性は、設計に依存するだけでなく、準専門家の人々によって監督される、建設の品質にも依存する。

次のような専門を持つ人々は、地震の起こりやすい地域において活動するときには、特別な訓練を受けるべきである。

7.8.4.1 フォアマン(職長、親方)、現場監督および建物の検査者： これらの人々は図面を理解し、それに従うことができるべきであり、材料の品質を知るためにいかにして供試体を取りだし検査をするかを知っていなければならない。

7.8.4.2 図面書きの詳細や簡単な計算に対し責任を持っていて、建築家やエンジニアの事務所において働いている製図工やその他のスタッフ。

7.8.4.3 使用されている材料の品質を検査する、試験所の技能者。

7.8.5 地震というものが、すべてに対する最もきびしい検査場である。地震は、設計や建設におけるすべての欠陥や誤りをあばく。いかなる一つの欠陥も、建物内の人々に対して致命的であり得る。

## 7.9 建物の損害の評価

7.9.1 損害評価のための専門家チーム

地震による建物の損害を評価するために、熟練した専門家(土木工学者)のチームが作られるべきである。地震直後、専門家はすべての大きく損害を受けた建物を調査し、損害の程度を評価し、可能ならば、その建物をその後使用してよいかどうかの判断をするべきである。

7.9.2 損害の評価のためには、次のような分類を採用すべきである。

損害の程度

- (1)石造の間仕切り壁にいくつかの割れ目が発生しているが、れんがの耐力壁には割れ目はあまりない。  
しっくい若干剥落している。
- (2)鉄筋コンクリートの柱にかすかな割れ目が発生しているが、れんがの耐力壁には若干の割れ目があり、れんがの間仕切り壁にはさらに多くの割れ目が発生している。
- (3)若干の鉄筋コンクリートの柱とれんがの耐力壁に、特に建物の角において割れ目が発生している。建物の移動は見られない。床スラブには割れ目はない。間仕切り壁にはひどく割れ目が発生している。
- (4)柱と壁が少し変形し、そして多くの割れ目が発生している。床スラブに割れ目が発生している。建物がすこし移動している。この移動をもとにもどすことはできない。通常建物の修理を行なうことはできる。
- (5)柱と壁が弾性域をこえた大きな変形をしている。床スラブが部分的に破壊している。建物全体が大きく移動している。建物が部分的に崩壊している。通常、修理および再建は不可能である。建物をこわさなければならない。
- (6)建物が完全に崩壊している。

7.9.3 上記(1)の程度の損害を受けた建物に対しては、通常その現場での調査だけで、地震後使用してよいかどうかの許可を与えることができる。

上記(2)、(3)の程度の損害を受けた建物に対しては、地震後使用してよいかどうかの許可を与える前に、必要ならば、その建物に対する静的および動的な解析を含む注意深い検査を実施すべきである。

上記(4)、(5)の程度の損害を受けた建物に対しては、その建物が補強されるかあるいは再建された後にはじめて、使用することを許可すべきである。

#### 7.9.4 建物についての記録文書

地震の起こりやすい地域では、静的、動的解析の計算結果を含んだ計画の記録文書を、すべての建物について作成すべきである。この記録文書は、上記(2)、(3)の程度の損害を受けた建物を地震後使用してよいかどうかを検査するとき、専門家がその建物の安定性を評価できるようにしていなければならない。

この記録文書は、上記(4)、(5)の程度の損害を受けた建物の補強および再建をどのようにするかという設計においても使われるべきである。

#### 7.9.5 監督

地震の起こりやすい地域では、建物が設計どおり正確に建てられていることを保証するため、そして要求されている品質の建築材料が使われていることを確かめるため、建物の建設の監督および建築材料の検査の監督を効果的に実施すべきである。

## 8. 地すべり

### 8.1 はしがき

地すべりは、丘や山の傾斜面の土の、ふもとのほうへの移動である。

強雨、地震あるいは他の影響(採鉱や建設など)による傾斜面の地質的な不安定性が原因となって、この移動が起こる。

平坦地であっても、急な高度差があるところで、あるいは割れ目があるところで地すべりが発生する可能性がある：たとえば、高い河岸の上にある町の中やその町の近くで地すべりが発生すれば、相当の損害を受けるであろう。このような地すべりが発生する主な理由は、給水および排水システムの建設とその運用によって、地下水位と土の含水量が変化するためである。

地すべりには、小さいものから大きいものまであり、その規模の範囲は大きい。それゆえ、地すべりの予防あるいは地すべりを止めるための一般的な方法はない。

おのおのの地すべりごとに、特定の地質学的な、地形学的な、そして土質力学的な調査を実施すべきである。このようにすることによって、地すべりが再発しないようにするにはどのような対策をとるべきかを決定することができるであろう。

### 8.2 建物への影響

土の移動によって、その地域内のすべての構造物の基礎の移動が起こる。建物に対してこの移動が及ぼす影響は、移動の大きさと構造物が静定であるかどうかによって依存する。高層建築のように不静定な構造物は、基礎の移動に対して弱点を持っている。それゆえ、地すべりの可能性のある場所に建てるべきでない。もし地すべりの地域に建物を建てなければならないときには、静定構造のものを建てるように勧告される。地震の起こりやすい地域内の地すべり地域では、いかなる種類の建物の建設も完全に禁止すべきである。

(1982年6月28日 原稿受理)