

日本の耐震・耐火技術

大橋 好光
東京都市大学/名誉教授

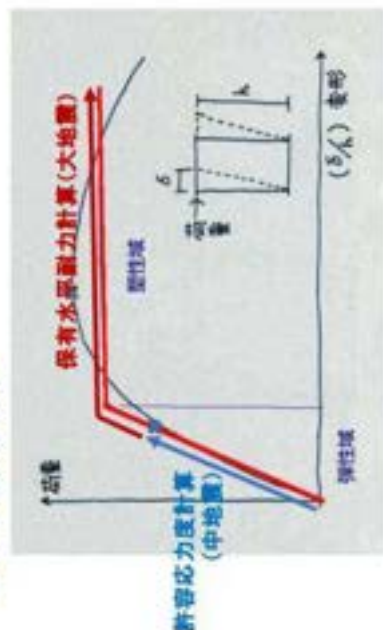
日本の耐震設計

目標は、2つある。

①「中地震」には、仕上り材が破損するものもあるが、
構造体は無被害。

- 中地震とは、15～30年に一度の地震。
建物が建っている間(50年)に、2～3回は遭遇する地震。
- 地動加速度で、80～100ガル(cm/sec²)
- 許容応力度計算。(弾性設計)

日本の耐震設計



日本の耐震設計

目標は、2つある。

②「大地震」には、構造体も被害を受けてよいが、
倒壊しないで人命を守る。

- 大地震とは、200～500年に一度の地震。
大部分の建物は壊すまでに、一度も遭遇しない。
- 地動加速度で、300～400ガル(cm/sec²)
- 最近では、速度で表現することが多い。50カイン(cm/sec)
- 保有水平耐力計算。(弾塑性設計)

1996年震度階の改定

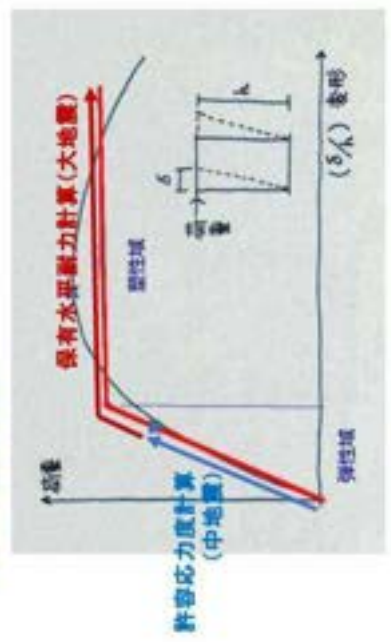
～その前後での地動加速度の比較～

(*注：震度は、厳密には加速度だけで決まるわけではありませんが)

	25	80	140	250	400	(gal)
改定前	4	5	6	7		
改定後	4	5弱	5強	6弱	6強	7

→「建築基準法の大地震」は、震度でいうと「6強」。
→震度7ではない。

日本の耐震設計



構造計算と簡易設計 (仕様規定)



構造計算と簡易設計 (仕様規定)



2025年4月改正

現行

階高・高さ	高さ13m以下、かつ軒高5m以下	高さ13m超、50m以下	高さ16m超、60m以下	高さ16m超、60m超
4階建て～	簡易な構造計算 (許容応力度計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)
3階建て	簡易な構造計算 (許容応力度計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)
2階建て	簡易な構造計算 (許容応力度計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)
1階建て	簡易な構造計算 (許容応力度計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)	高度な構造計算 (許容応力度計算、保有水平耐力計算)

木造住宅の実物大振動台実験

- ・最初は、行われなかった。
①軽費が高い ②必要性が認められない
- ・1995年：住木センター、ロイヤルハウス、中央住宅、松下電工、宮崎県
- ・1995年：東大、東急建設、住友林業、殖産住宅
- ・1997年：ミサワホーム
- ・2000年：住友林業、東大、京大
- ・2004年～：建材試験センター
- ・2004年～：大都市大災害耐減特別研究（大・大特）
- ・これまでに、50棟くらい実施された。
→この分野は、日本の強項場といってもよい。

実物大の振動実験の成果

- ①初期には、阪神大震災級の揺れでも倒壊しないことの検証
→軸組構法関係者の自信復活
- ②実大振動台実験の内容の進化
→目的を絞った実験

テーマを絞った振動台実験

- ・金物工法住宅の振動特性の確認
- ・軸組3階建ての挙動の把握
- ・門型ラーメンフレームの挙動の把握
- ・LVLを使った建物の地震時性能
- ・柱脚引き抜け力の測定
- ・新潟県中越地震で観測された地震動下の挙動の把握
- ・改修後の耐震性の確認
- ・メーカー・モデル住宅の挙動の把握



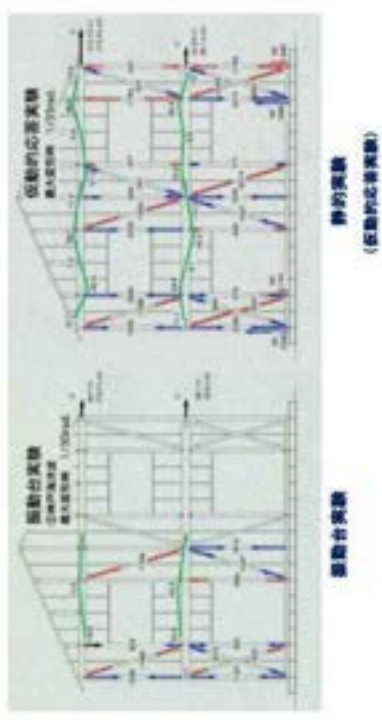


実験から分かること

1. 被害の程度
→どこがどのように壊れるか。
2. 刻々、各部位の変位と、そこに働く力の大きさが分かる。
 - ①応答加速度は、
 - 2階床: 1300~1500gal(応答倍率1.6~1.8倍)
 - 小屋組: 1600~1900gal(応答倍率2.0~2.4倍)
 - ②隅柱には、30kN以上の引き抜き力が発生する。
 - ③筋交いには、30kN以上の圧縮力が加わる。



設計法が、どの程度合っているか検証できる



日本の耐火設計

「建物に要求される耐火性能」は、3つの条件で決まっている。

- ① 建物の「規模」: 建築基準法 第21条
- ② 建物の「用途」: 建築基準法 第27条
- ③ 建物の「地域」: 建築基準法 第61条

日本の耐火設計

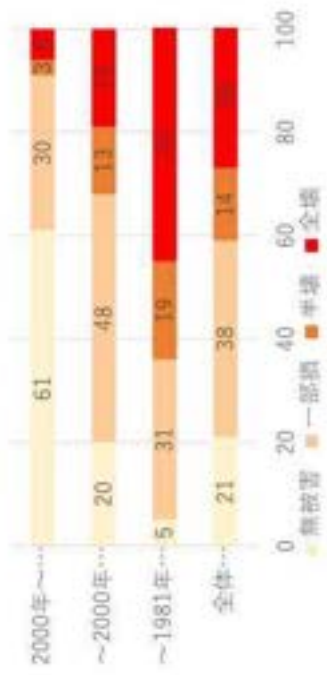
「建物に要求される耐火性能」は、3つの条件で決まっている。

- ① 建物の「規模」: 建築基準法 第21条

大規模な木造建築は、火災で倒壊した場合に、周囲の建築物を傷つけたり、破壊する恐れがある。法第21条は、建築物の倒壊と、倒壊に繋がる内部延焼の防止を目的としている。

熊本地震・木造被害率

(日本建築学会・緊急調査資料より)



日本の耐火設計

「建物に要求される耐火性能」は、3つの条件で決まっている。

③建物の「地域」：建築基準法 第61条

耐火地域
耐火性能が最も高い地域で、耐火の中心となる建物や施設
準耐火地域
耐火性能がやや低い地域で、耐火の中心となる建物や施設
22条地域
耐火性能が最も低い地域で、耐火の中心となる建物や施設

日本の耐火設計

「建物の耐火性能」は、以下の3つ

①「耐火建築物」
②「準耐火建築物」
③「その他建築物」

「耐力壁・柱・床・梁」、「階段・屋根」、「外壁」など部位ごとに決められている。

日本の耐火設計

①「耐火建築物」：通常火災（非損傷性/遮熱性）
屋内からの火災（遮炎性）

火災発生から 経過時間	通常火災		屋内からの火災	
	非損傷性	遮熱性	遮炎性	遮熱性
屋上階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
2 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
3 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
4 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
5 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
6 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
7 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
8 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
9 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
10 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
11 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
12 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
13 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
14 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
15 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
16 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
17 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
18 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
19 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
20 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
21 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
22 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
23 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
24 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
25 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
26 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
27 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
28 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
29 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分
30 階	1 時間	30 分	1 時間	30 分

日本の耐火設計

①「耐火建築物」
■耐火構造（適合ルートA）

耐力壁・柱・床・梁
階段・屋根
外壁

日本の耐火設計

②「準耐火建築物」: 主要構造部耐火構造、外壁耐火、主要構造部不燃材料

部材	耐火建築物 (90分)	準耐火建築物 (20分)	木造建築物 (45分)
柱	45分	20分	45分
梁	45分	20分	45分
床	45分	20分	45分
屋根	45分	20分	45分
外壁	45分	20分	45分
内装	45分	20分	45分

日本の耐火設計

②「準耐火建築物」: 燃え代設計

部材	耐火建築物 (90分)	準耐火建築物 (20分)	木造建築物 (45分)
柱	45分	20分	45分
梁	45分	20分	45分
床	45分	20分	45分
屋根	45分	20分	45分
外壁	45分	20分	45分
内装	45分	20分	45分

耐火技術の進展と多層木造

- 可燃物である木材を使う「木造建築」の拡大(規模・用途・地域)には、耐火性能が重要
- 「耐火技術の開発」→「法改正」→「耐火技術の普及」が繰り返されてきた。

1980年代後半から、
第1次中大規模木造の隆盛があった。

信州やまびこドーム

「第1次中大規模木造」の時期

「燃えしろ設計(1987年)」と「集成材等建築物ルート(46条2項)」によって実現した。

その時は、「大スパン木造」がテーマだった。

- 1988年：瀬戸大橋博覧会・四国イベントプラザ
- 1988年：小国ドーム（小国町体育館）
- 1989年：横浜博覧会・横浜館
- 1992年：出雲ドーム
- 1993年：信州やまびこドーム
- 1996年：長野オリンピックビック・エムウェアプ
- 1997年：大館樹海ドーム

出雲ドーム



出雲ドーム内部

大館樹海ドーム



「中大規模木造建築」の隆盛

1985年からの第1次中大規模木造のブームは、**大スパン木造**がテーマだった。



しかし、多層木造はできない。

当時の法律では、木造で「**耐火建築**」はできないから。

一日日本で、多層木造が実現できるようになった
最大の要因は、「**防火・耐火技術の開発**」

「耐火技術」の開発

- ・「2000年の基準法改正」の最も影響の大きかった分野の一つ
- 「性能規定化」：→材料を問わない。
- ・「木造耐火」の開発が促進された。
- 1時間耐火から、2時間・3時間耐火へ
- 耐火上の高さの制限はなくなりつつある。

耐火部材の開発



燃エンウッド

荷重支持部のカラマツ集成材と燃えしる層(厚さ60mm)との境界に、燃え止まり層として換むモルタル(厚さ25mm)の板が燃焼を止める。最大断面は1220×670mm。1時間耐火の大臣認定部材 (写真：竹中工務店)



大阪木材仲買会館(大阪市西区)

- ◆3層式の1時間耐火木造部材
- ◆RC造との連携
- ◆4段(階、屋上、間仕切り、耐震要素)の木格子



音ノ葉グリーンカフェ(東京都文京区)

耐火部材の開発

- ◆ 難燃重合剤含浸による1時間耐火集積材
- ◆ 独立柱・梁び梁に耐火木質集積材

FRウッド

「難燃」パンプ・レイト・ヨウ

耐火部材の開発

- ◆ 1時間耐火から2時間、2時間から3時間の時代へ
- 一耐火上の高さの制限はなくなりつつある。

長門市庁舎

ハセベ 4階建て エムスクエア 4階建て

多層の木造建築

- ◆ 1時間耐火・2時間耐火の時代
- 4～5階建てのビルは、木造で建てられる時代に。

ハセベ 4階建て エムスクエア 4階建て

◆1時間耐火・2時間耐火の時代

→4～5階建てのビルは、木造で建てられる時代に。

多層の木造建築



本建7階建てビル（高層木造ビル、（株）シエルター提供）

日本でも、10階建てクラスの木造建築が建設されている。

ビュリックビル8丁目ビル
（平瀬建築設計が建設中）



大林組ポートプラス
（本建10階建て、一部11階）



ご清聴、ありがとうございました。

12

253