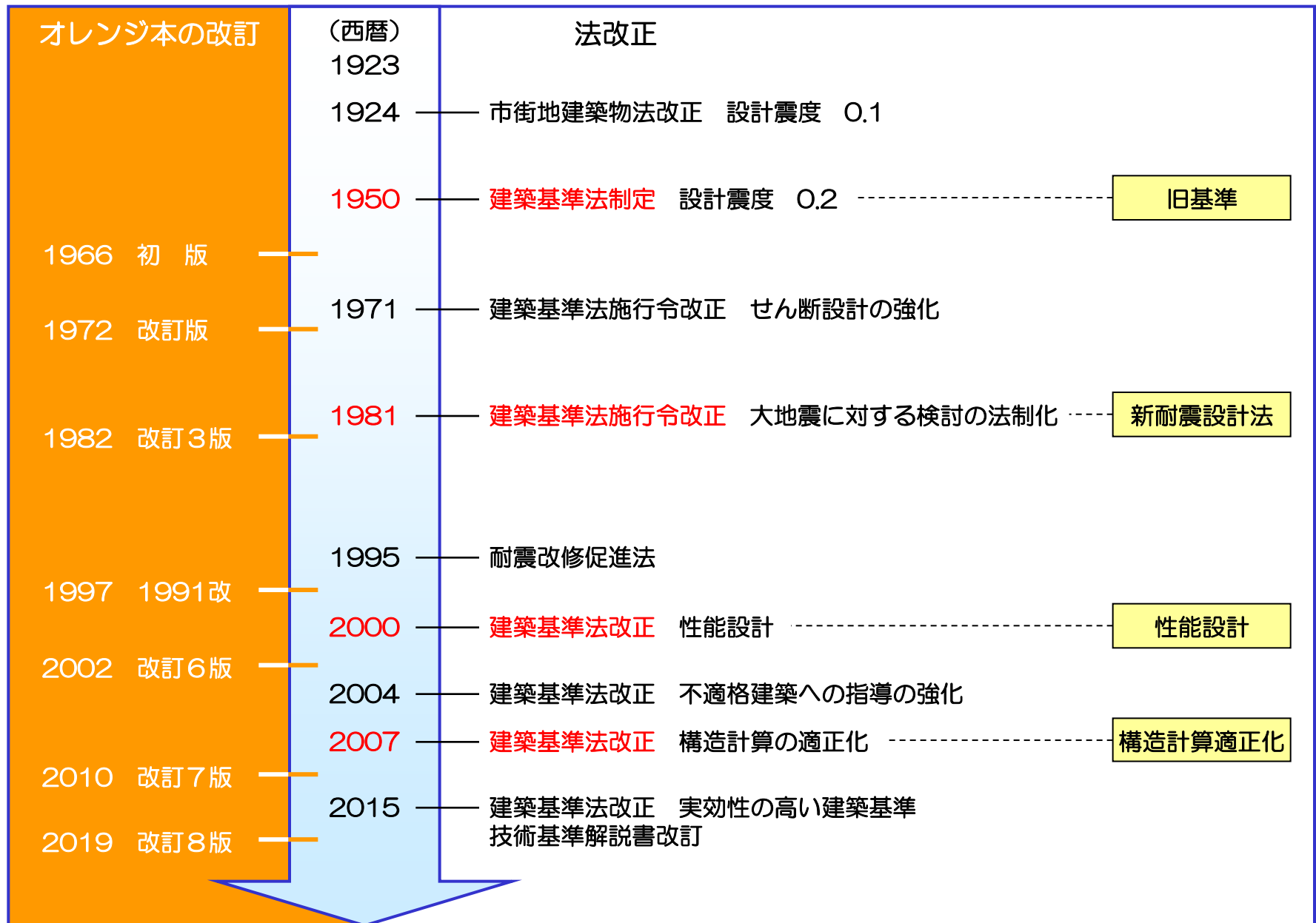


# 建築構造設計指針2019講習会

## 第1章 構造設計 第2章 構造設計要領

2019年

(一社) 東京都建築士事務所協会  
構造技術専門委員会



## ◆ 建築構造設計指針（オレンジ本）の発行目的

- ① 構造設計に**必要な情報を一冊の本にまとめ**、構造設計業務の効率化と、構造設計品質の維持と向上に寄与する。
- ② 確認申請業務における**構造審査の基本方針を体系的に示す**ことにより、構造設計業務の手戻り防止や、審査期間の短縮化に貢献する。
- ③ 耐震クライテリアと望ましい設計手法を示し、密集市街地である東京都などに建つ**建物の耐震安全性確保の理念**を醸成する。

## ◆ 本書のとりまとめ

- ① 最近の構造設計に係わる**法改正内容**を各構造種別ごとに整理する。
- ② 建物に求められる目標性能と**クライテリア**を明確にする。
- ③ 旧くから伝承され、引継ぐべき構造設計の理念と手法に加え、**今後見直すことが望ましい課題**も示す。

# 改訂の概要

# 改訂内容 — 1

章	改訂の程度	主な改訂内容
第1章 構造設計	大改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現行法が求める耐震性能を解説し、この解説に係わる被害ランクの定義を図解した。</li> <li>・ 密集市街地の建物に必要な耐震性能と、保有水平耐力の割増値を示した。</li> <li>・ 機能継続に必要な地震被害の抑制と、大地震時の変形制限値の目安をまとめた。</li> </ul>
第2章 構造設計要領	中改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 付着割裂破壊等の防止について、耐震設計ルートや構造特性係数(Ds)に応じた検討方法を追記した。</li> <li>・ 高さ45m超建物、塔状建物、天井、車路、エスカレーター等の耐震設計の要点をまとめた。</li> <li>・ 構造計算方法の変遷と、今後の耐震設計の課題を整理した。</li> </ul>
第3章 木 構 造	中改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 木構造の体系について見直し、CLTなどの新しい工法を追加した。</li> <li>・ 構造計画に液状化対策などを追記した。</li> <li>・ 木造建物、混構造建物の構造設計フローをより詳しい内容に見直した。</li> </ul>
第4章 補強コンクリート ブロック造	中改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建築基準法施行令と、建築学会に基づく規定の区分を明確にした。</li> <li>・ 補強コンクリートブロック塀について、仕様規定、計算規定を区分してまとめた。</li> </ul>
第5章 鉄 骨 造	小改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鋼板の板厚に応じて適用すべき設計基準を明確化した。</li> <li>・ 特殊な鋼材種も含めて、規格降伏点強度と基準強度(F値)を整理した。</li> </ul>
第6章 鉄筋コンクリート造	小改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 応力解析で地盤ばねの考慮が必要な場合について追記した。</li> <li>・ 付着割裂破壊の防止について、強度型、靱性型建物別に考え方と検討方法を整理した。</li> </ul>

# 改訂の概要

# 改訂内容 ー 2

章	改訂の程度	主な改訂内容
第7章 壁式鉄筋コンクリート造	小改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>壁の平均せん断応力度の標準値などを見直した。</li> </ul>
第8章 鉄骨鉄筋コンクリート造	小改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>SRC造の建築基準法上と、学会規準の体系の中での位置付けを整理した。</li> </ul>
第9章 擁 壁	大改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>擁壁の設計例</b>について、背面土の内部摩擦角、支持地盤の許容応力度、擁壁高さをパラメーターに、15例の構造計算書、12例の標準図を新たにまとめた。</li> </ul>
第10章 基礎構造	小改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>杭工法の選定表</b>について、最新の情報に基づき見直した。</li> <li>液状化対策の原理と工法例をまとめた。</li> </ul>
第11章 *1 構造審査要領	大改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>旧第11章「法令・告示・参考通達等」を「構造審査要領」に改め、再構成した。</b></li> <li>用途変更や増築など、建築主や設計者からの問い合わせが多い事案を中心に、建築確認審査を円滑に行うための構造審査要領としてまとめた。</li> </ul>
第12章 *1 東京の地域特性を考慮した建築構造における確認審査の要領	大改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>旧第12章「審査要領」を「東京の地域特性を考慮した建築構造における確認審査の要領」に改め、再構成した。</b></li> <li>「中高層建築物の審査の要領」では、規定をできるだけ<b>性能規定化</b>するとともに、チェックシートを満たさない場合に必要となる検討などを明確化した。</li> </ul>
資 料	小改訂	<ul style="list-style-type: none"> <li>旧資料6：炭素鋼の長期荷重時許容曲げ応力度早見表は削除した。</li> <li>資料8：JISターンバックル筋交いの計算図表は、JISの改訂などに整合させて見直した。</li> <li>資料9：構造設計特記仕様および標準図は最新版に差し替えた。</li> </ul>

# 第1章 構造設計

本章では高さ60mを超える建物を含め、目標性能や計算方法を述べるが、2章以降においては、いわゆる「通常の建物」に対する許容応力度・保有耐力計算を用いた設計法に限定して記述する。

通常の建物の構造設計は、下図の手順で行う。

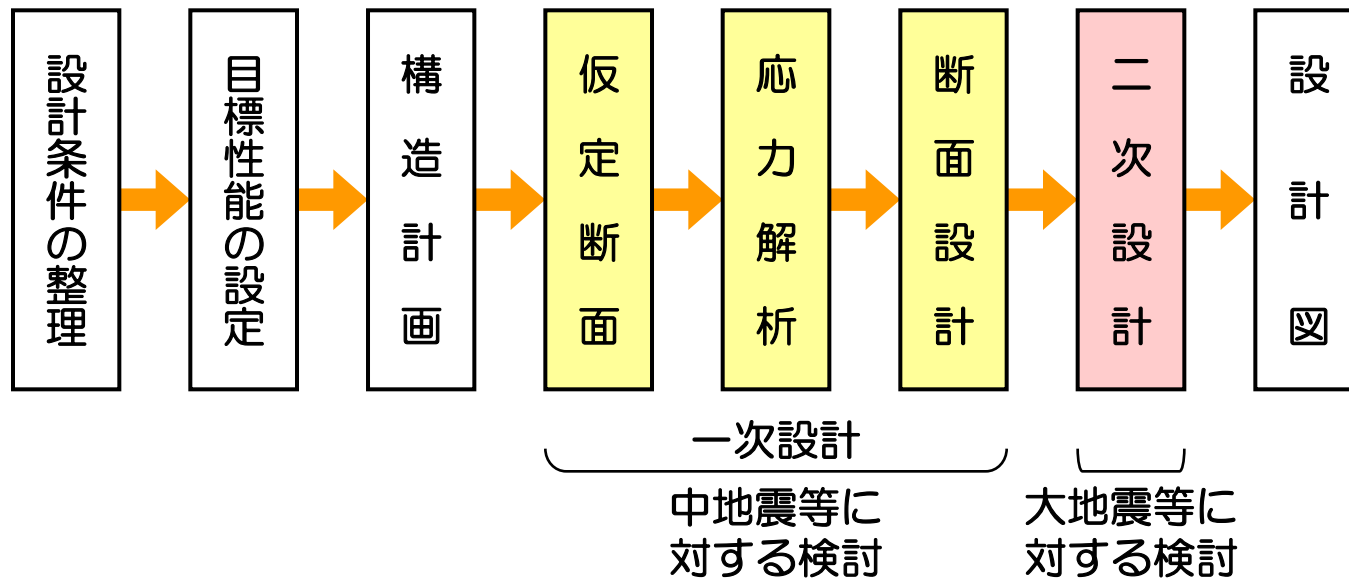


図1-1-1 構造設計の流れ（許容応力度・保有水平耐力計算の場合）

建物の構成要素は、図1-1-2に示すように荷重を支える部材である構造部材と、構造部材に支えられる非構造部材に大別される。

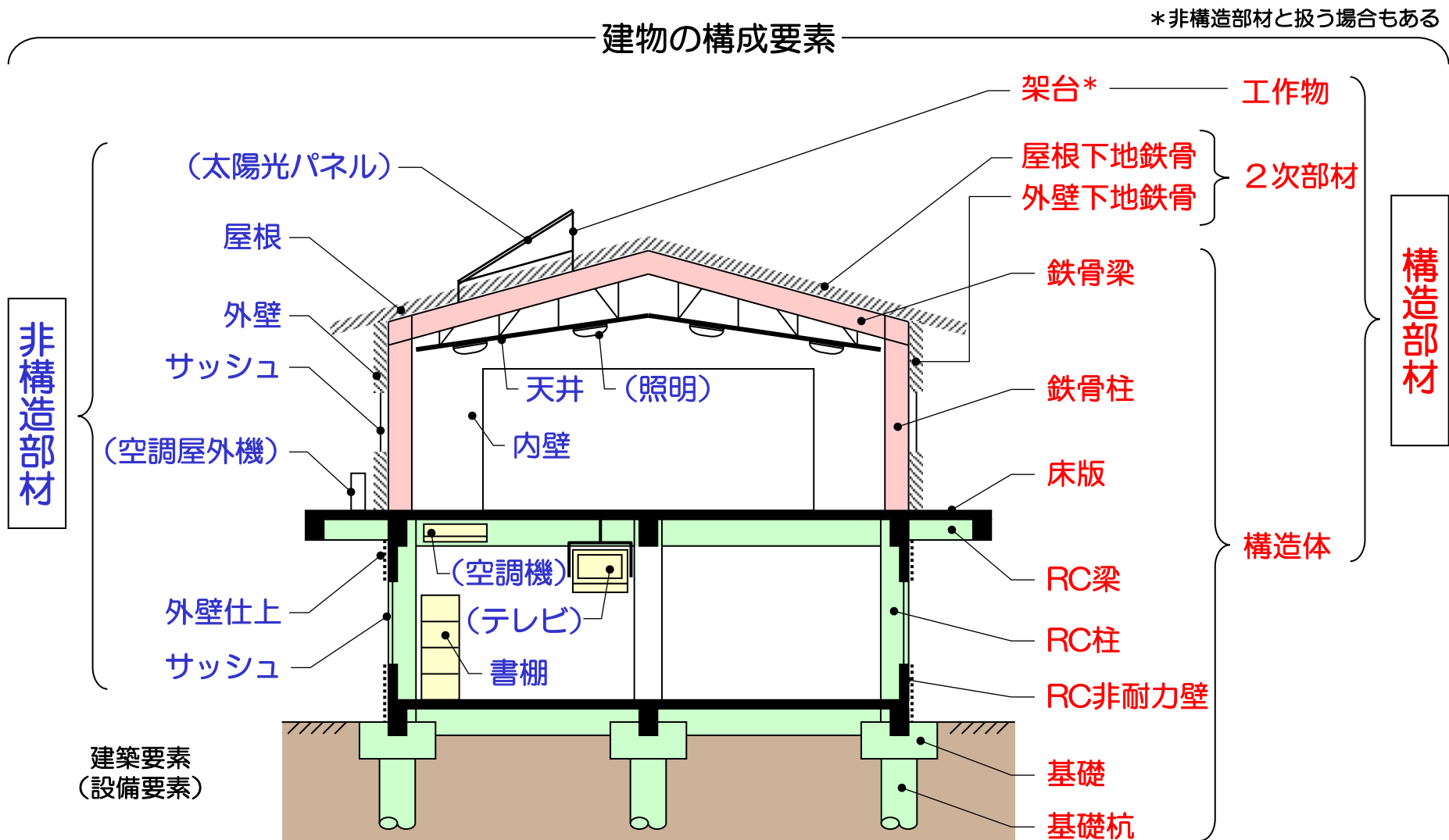


図1-1-2 建物の構成要素



建物の構成要素と構造設計との係わりを表1-1-1にまとめる。構造体は1次設計が求められており、必要に応じて2次設計も行う必要がある。2次部材は構造体に準じて1次設計を行う必要がある。

非構造部材については、施行令・告示で風荷重、地震力、追従性についての検討が求められている。

表1-1-1 建物の構成要素と構造設計

区 分		種 別	部材・部位	構造耐力上 主要な部分	主要構造部	1次設計	2次設計
構 造 部 材	構造体	重要な支持部材	基 礎	○	—	○	○
			基礎杭	○	—		
			壁	○	○		
			柱	○	○		
			小屋組	○	—		
			土 台	○	—		
			横架材（梁）	○	○		
		支持部材	床 版（床）	○	○	○	—
			屋根版（屋根）	○	○		
			階 段	○	○		
		耐震要素	斜 材	○	—	○	○
			耐震壁	○	—		
			ブレース	○	—		
			RC非耐力壁（雑壁）	— *2	—		
非 構 造 部 材	工作物	指定工作物	煙 突（H>6m）	—	—	○	—
			広告塔（H>4m）				
			高架水槽（H>8m）				
	その他	2次部材	下地鉄骨・PCa版	—	—	○	—
	非構造部材	屋外に取付くもの	広告塔・装飾物	—	—	○ 令第39条	—
		建物の部分	屋根葺き材・外壁・帳壁	—	○	○ 昭46建告第109号	—
			特定天井	—	—	○ 平25国交告第771号	—
			家具・什器	家具・シャンデリア	—	*1	—
		主体構造に付属するもの	天井・照明器具等	—	—	○	—
		仕上材	壁仕上・床仕上・天井仕上	—	—	—	—
	非構造部材	屋上から突出するもの	水槽・煙突	—	—	○ 平12建告第1389号	—
		昇降機	エレベーター・エスカレーター	—	—	○ 平25国交告第1046号	—
		機器	機器固定部	—	—	○ 平24国交告第1447号	—
		設備要素	配管・ダクト	配管支持部	—	*1	—

人が居住する一般的な建物を対象とすると、建物に必要な性能は一つの考え方として図1-2-1に示すようにまとめられる。

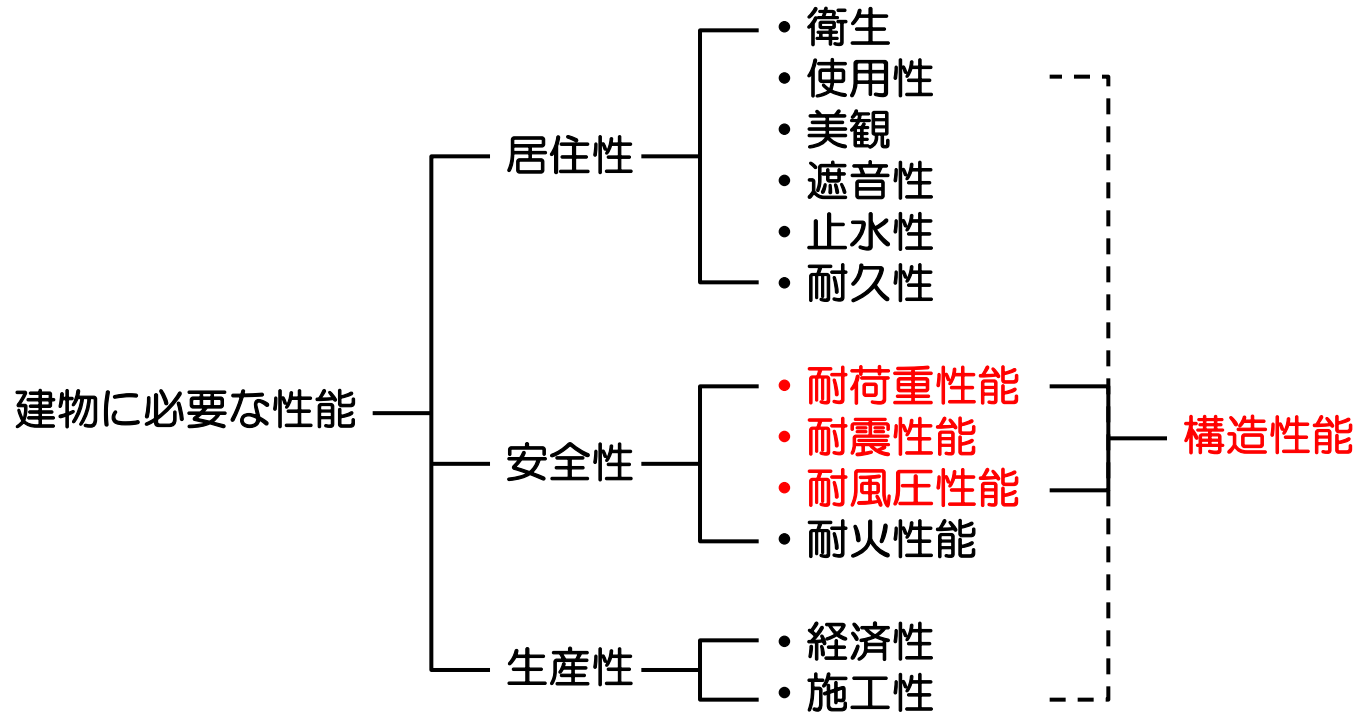


図1-2-1 建物に必要な性能

## ◆ 耐荷重性能

◇固定荷重（DL）、積載荷重（LL）、積雪荷重（SL）、土水圧などに対して日常生活に有害となるたわみ、ひび割れ、振動が生じないこと。

◇積雪荷重（SL）

- 50年に1度の大雪（SL）に対して短期の検討
- 10年に1度の大雪（0.7SL）に対して長期の検討

## ◆ 耐風圧性能

◇50年に1度の暴風（W）に対して短期の検討

◇500年に1度の暴風（1.6W）に対して降伏限の検討（超高層建物）

## ◆ 耐火性能

- ①火災時に避難が完了するまでに倒壊しない。
- ②火災を延焼させない。
- ③延焼を受けない。

## ◆ 耐久性

基礎や一部構造体など修繕が困難な部位は、初期の耐久性を高めて所要の耐用年限を確保する。

表1-2-6 JASS5による  
構造体の供用期間の級

級	計画供用期間
短 期	30年
標 準	65年
長 期	100年
超長期	200年

必要とされる耐震性能は、法では明確にされていないが、各種の耐震基準を総合的に捉えると、建物に求められる耐震性能は概ね以下の性能が最低基準であると考えられる。

表1-2-1 現行法における目標性能の最低基準の目安

区分	想定する地震	地動の目安*3	気象庁 震度階	目標性能	クライテリア
1次 設計	<b>中地震（稀に発生する地震）</b> （耐用年限中に2～3回発生する地震）	80～100gal 程度	5（弱）	小破せず	許容応力度状態
—	<b>大地震</b> （耐用年限中に1回発生するかもしれない地震）	200～250gal 程度	5（強）～ 6（弱）	中破せず	$Is \geq 0.6$ （ $I_{so}$ ）*1
2次 設計	<b>大地震（極めて稀に発生する地震）</b> （500年に1回程度の大地震）	400～500gal 程度	6（強）～7	大破・ 崩壊せず	$\frac{Q_u}{Q_{un}} \geq 1.0$ *2

\*1  $I_s$ ：構造耐震指標  $I_{so}$ ：構造耐震判定指標

\*2  $Q_u$ ：保有水平耐力  $Q_{un}$ ：必要保有水平耐力

\*3 旧震度階に対応する値（短周期構造物の場合）

表1-2-2 被害ランク（旧耐震建物をイメージしている）

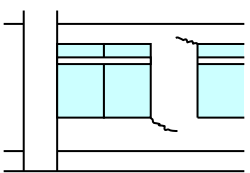
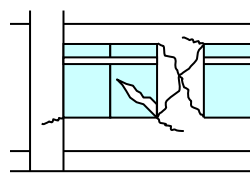
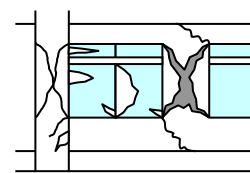
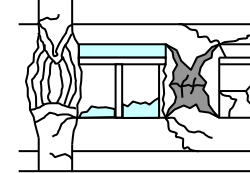
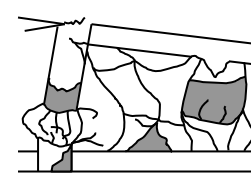
ランク	軽 微	小 破	中 破	大 破	倒 壊
概念図					
状 況	二次壁の損傷がほとんど無い	二次壁にせん断ひび割れ	柱・耐震壁にせん断ひび割れ	柱の鉄筋が露出・座屈	建物の一部または全体が倒壊

表1-2-2 RC造・S造建物の被害ランク（旧耐震建物をイメージしている）

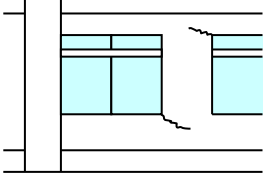
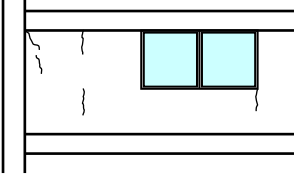
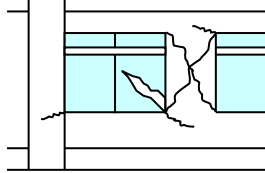
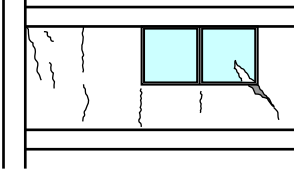
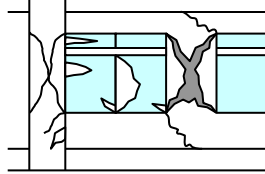
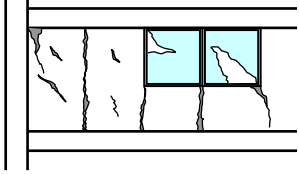
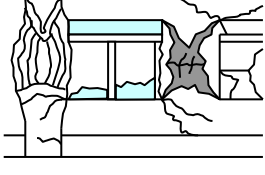
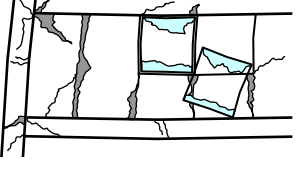
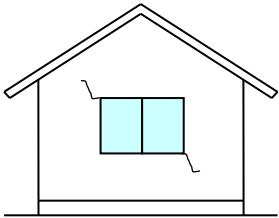
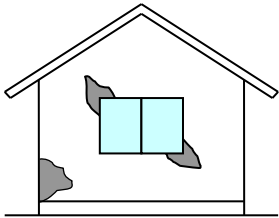
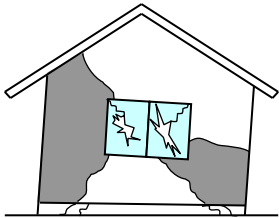

被害 被害	ランク	RC造建物		S造建物	
		被害状況	概念図	被害状況	概念図
軽 微	I	柱・耐力壁・二次壁の損傷が軽微かもしくは、ほとんど損傷がない。 (ひび割れ幅： 1.0mm程度以下)		<ul style="list-style-type: none"> <li>構造部材には損傷や変形が認められない。</li> <li>内外壁の仕上げ材の隅角部などに、わずかなひび割れが発生する。</li> </ul>	
小 破	II	柱・耐力壁の損傷は軽微であるが、RC二次壁・階段室のまわりにせん断ひび割れが見られる。 (ひび割れ幅： 2.0mm程度以下)		<ul style="list-style-type: none"> <li>一部の高力ボルトの滑りやアンカーボルトの伸びが認められ、柱・はり接合部の一部も降伏する。</li> <li>内外壁の仕上げ材の目地がずれ、部分的な剥離が生じる。</li> </ul>	
中 破	III	柱に典型的なせん断ひび割れ、曲げひび割れ、耐力壁にせん断ひび割れが見られRC二次壁・非構造体に大きな損傷が見られる。		<ul style="list-style-type: none"> <li>一部の筋かいが破断し、柱・はりにも部分的に局部座屈が発生する。</li> <li>内外壁の仕上げ材の全面に大きなひび割れや剥離が生じ、部分的なはらみ出しが生じる。</li> </ul>	
大 破	IV	柱のせん断ひび割れ、曲げひび割れによって鉄筋が露出・座屈し、耐力壁に大きなせん断ひび割れが生じて耐力に著しい低下が認められる。		<ul style="list-style-type: none"> <li>多数の筋かいが破断し、柱・はりの多くの部位に局部座屈や破断が生じる。</li> <li>内外壁の仕上げ材が大きく剥離し、脱落する部位もある。</li> </ul>	

表1-2-3 木造の被害ランク

被害ランク		軽 微	小 破	中 破	大 破
概念図					
状 況	外壁モルタル	開口隅角部にわずかなひび割れ	各所で仕上げが脱落	仕上げの大半が剥離または脱落	仕上材の大部分が脱落
	外壁ボード	目地部にわずかなずれ	目地部にひび割れやすれ	目地部に著しいずれ、部分的な浮き上り	釘の浮き上り、一部が脱落
	サッシュ	—	開閉が不能	ガラスが破損	枠ごと外れ、破損
経験最大変形角		1/120未満	1/60未満	1/45未満	1/20未満

耐震クライテリアは、目標性能を達成するための数値目標として、地震動レベルに対して判定基準として定めることが必要である。

表1-2-7 建物の耐震クライテリアの一例

●,◎：チェックポイント

気象庁震度階			3	4	5		6		7	
					弱	強	弱	強		
地動の加速度（gal）			100		200		300		400	500
主体構造	一般建物									
	重要建物									
非構造部材	一般建物	部材ランク								
		A	人命の安全確保上、重要な部材							
		B	建物の機能維持上、重要な部材							
		C	その他の部材							

- ◇ 1次設計 ( $C=0.20R_t$ ) に対応する地震動は、高い建物ほど大きい傾向がある。
- ◇ 超高層建物が想定している1次設計時の地震動はさらに大きい。
- ◇ 被災した場合に影響度が大きい45m程度の高層建物は、設計用地震力を割増す必要がある。

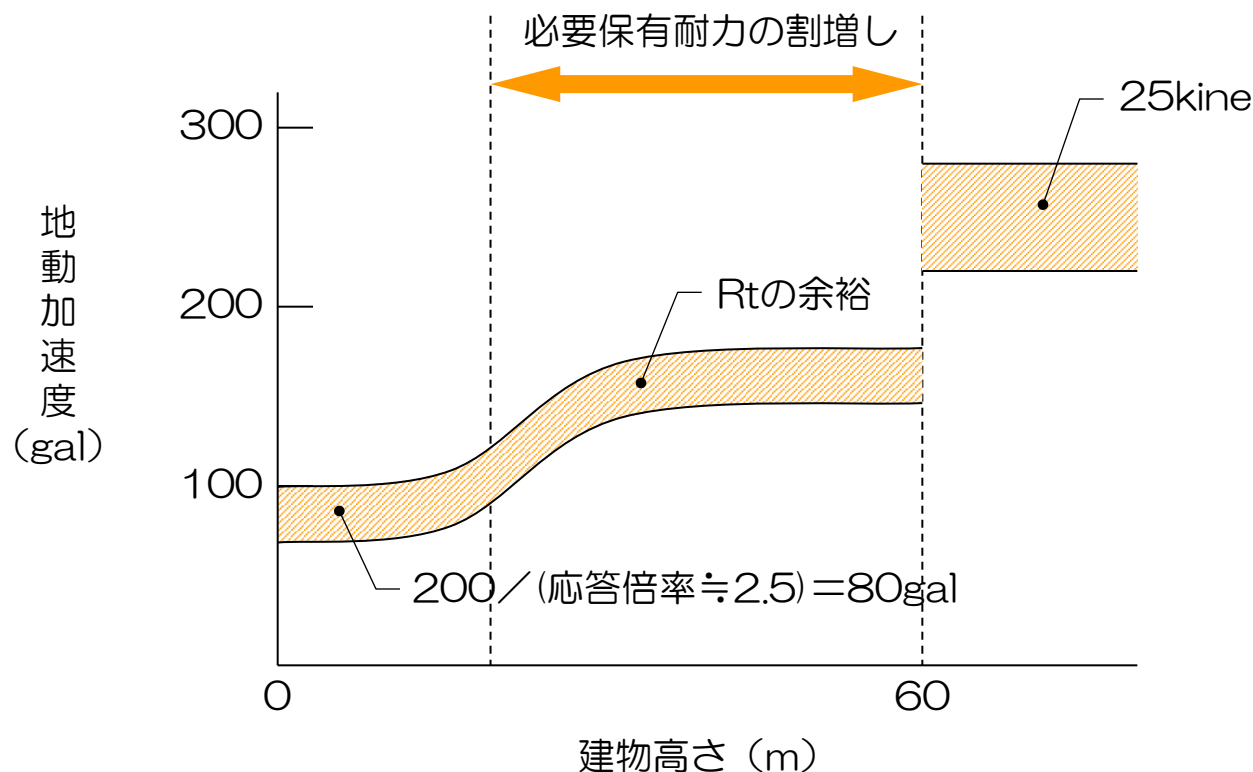


図1-2-3 1次設計用の地震力の概念



- ◇ 1995年 阪神大震災、2011年 東日本大震災では多くの建物が被災し、都市機能が長期間停滞した。
- ◇ 密集市街地では、被災した場合に周辺への影響度が大きい建物（高い建物）ほど、大きい耐震性能を付与する必要がある。

表1-2-8 目標性能の目安

地震規模	建物高さ		
	20m以下	20m～60m	60m超
<b>中地震</b> (耐用年限中に2～3回発生する地動) 【地動 100gal程度】	無被害	無被害	無被害
<b>大地震</b> (耐用年限中に1回発生するかもしれない地動) 【地動 200～250gal程度】	中破せず	建物高さに応じて設定	軽微な損傷
<b>極めて稀に発生する地震</b> (500年に1回程度の地震) 【地動 400～500gal程度】	大破・倒壊せず	建物高さに応じて設定	中破せず

## ◆ 設計用地震力の比較

高層評定で用いられている設計用地震力の回帰分析結果と、現行法の静的地震力 ( $0.2R_t$ ) を比較する。

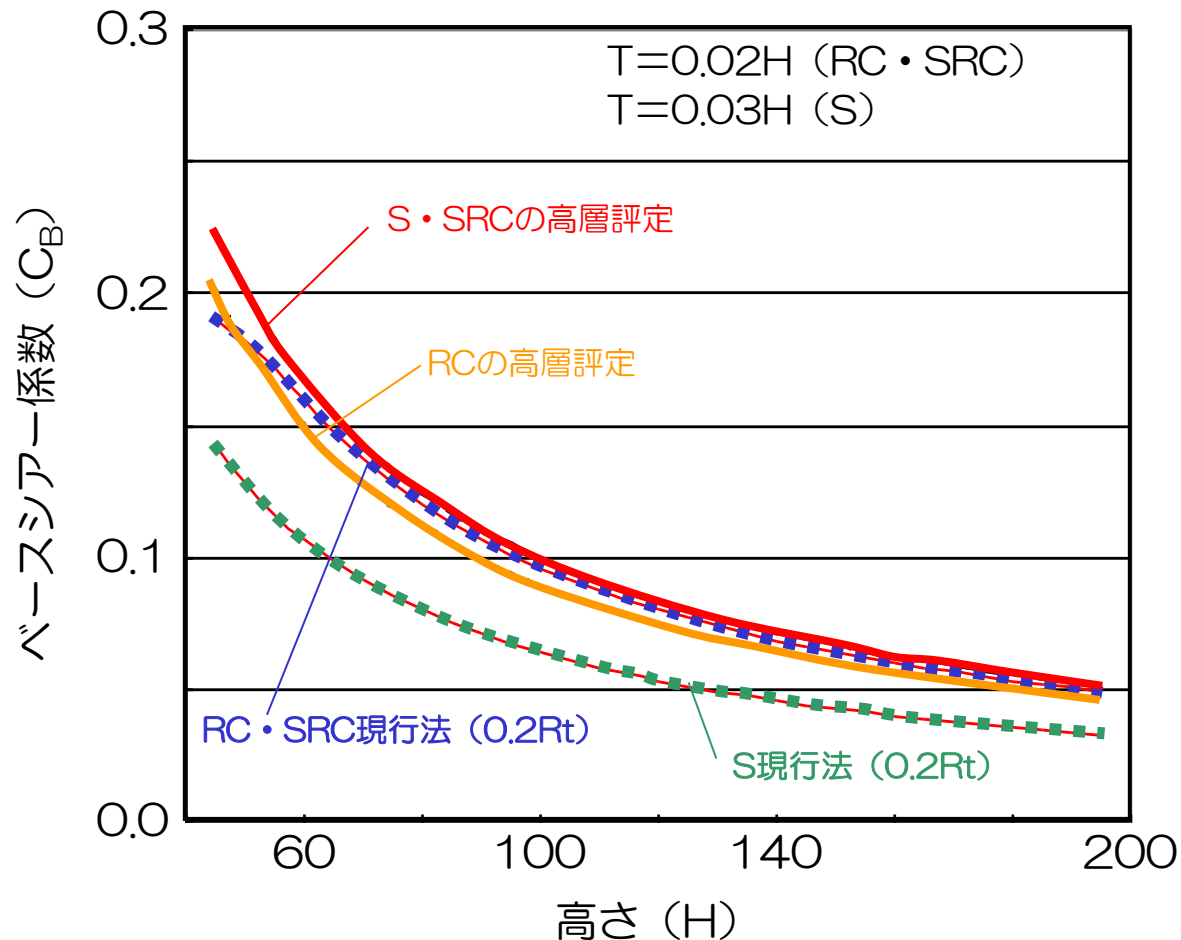


図1-2-4 高層評定建物の1次設計用地震力

## ◆ 設計用地震力の比較結果

- ◇ S造では、高層評定の地震力は静的地震力の1.56倍であった。
- ◇ RC造では、高層評定の地震力と静的地震力はほぼ同等であった。振動特性係数（ $R_t$ ）が初期剛性による周期で決められており、RC造ではひび割れによる周期の増大が $R_t$ に反映されず静的地震力が大きな値となっているためである。

## ◆ 必要保有水平耐力の割増し

- ◇ 以上の検討結果から密集市街地に建つ建物の設計用地震力および必要保有水平耐力は、建物高さに応じて下表で割増すことが望ましい。

表1-2-9 設計用地震力\*1および必要保有水平耐力の割増し

構造種別	建物高さ		
	20m以下	20～60m	60m超
S造	1.0	直線補間	1.6
RC造	1.0	直線補間	1.1
SRC造	1.0	直線補間	1.1

\*1 所定の保有水平耐力が確保できれば、1次設計用の地震力は割増さなくてもよい。

大地震時に防災拠点等となる庁舎、避難所、病院および民間の重要建物は、組織の**事業継続計画**（BCP：Business Continuity Plan）に沿った耐震設計が求められる時代となった。

表1-2-11 防災拠点等となる建築物に係る**機能継続ガイドライン**  
（平成30年5月 国土交通省住宅局）

ガイドラインの目的	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 防災拠点等となる建築物が大地震に見舞われた場合に、機能継続を図るにあたり参考となる事項を記載する。</li></ul>
活用が想定される建築物	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 大地震時に地域防災計画や組織のBCPに基づき防災拠点として機能継続が期待される庁舎、避難所、病院等を想定している。</li></ul>
建築物の設計等にあたっての関係者の役割	<ul style="list-style-type: none"><li>・ <b>建築主は、対象建築物に求められる具体的な機能について設計者に的確に伝える。</b></li><li>・ <b>設計者は、建築物の状態と機能継続との関係を、変形量等を用いつつ、建築主に解り易く説明する。</b></li></ul>
機能継続に係わる目標	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 建築主は、大地震時に求められる建築物の役割を踏まえて、機能継続の目標を自ら定める。</li><li>・ 設計者は、目標水準を設定するとともに、復旧に要する時間軸に沿った機能継続の目標を設定する。</li><li>・ 想定する地震動の大きさは、<b>法で想定している極めて稀に発生する地震動を標準としつつ、建築主と設計者の協議の結果として、さらに大きな地震動を想定することも可能である。</b></li></ul>

## ◆ 大地震時の建物変形の算出

大地震時の建物の変形量は、建物が弾性（ひび割れも含む）範囲にあれば、外力との釣合い計算による応力解析により算定できるが、建物が塑性化すると以下に示す何らかの方法で算出する必要がある。

- ① 構造計算を地震応答解析により行い、変形を精算する。
- ② 構造計算には許容応力度・保有水平耐力計算を用い、大地震時の変形量の精算は地震応答解析により行う。
- ③ エネルギー一定則に基づき概算する。・・・(1-2-1式)
- ④ 変位一定則に基づき概算する。・・・(1-2-2式)
- ⑤ 構造特性係数 ( $D_s$ ) から概算する。・・・(1-2-3式, 1-2-4式)

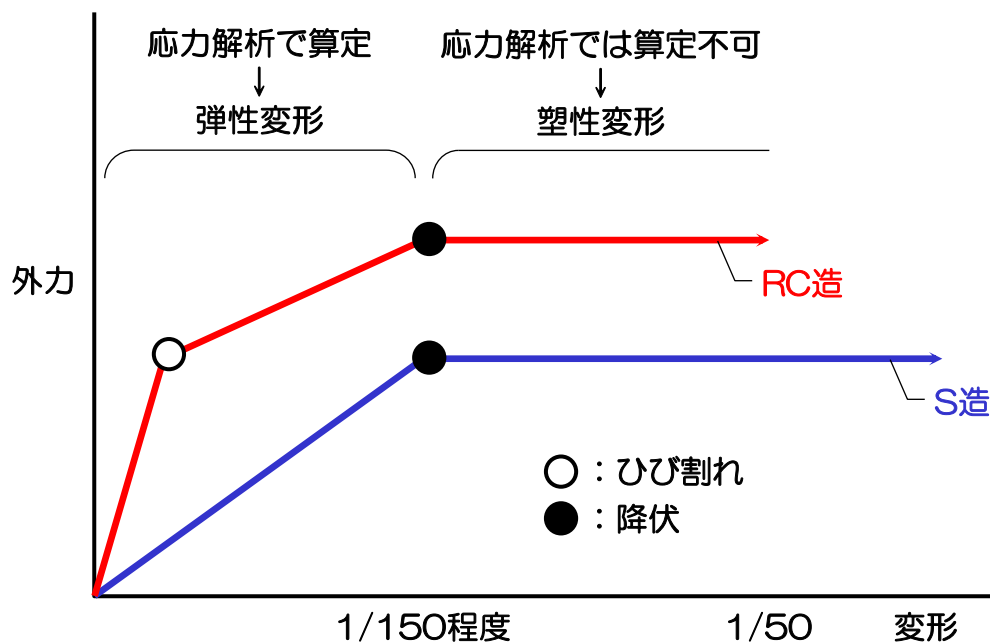


図1-2-6 地震時の変形量の算出

機能継続と地震被害の関係は、継続すべき機能を特定した上で個々の建物ごとに判断する。非常時優先業務の継続が必要な公共建物での目安を下表に示す。

表1-2-12 機能継続に必要な地震被害の抑制程度目安

被害ランク				軽微	小破	中破	大破
復旧の方法				美観回復	補修	補強	補強又は解体
機能継続（業務継続）				機能継続可	処置後 機能継続可	機能継続 困難	
構造	RC造	有壁 ラーメン 架構	変形角	2/1000未満	2/1000～4/1000	4/1000～1/150	1/150以上
			損傷	軽微なひび割れの発生	RC2次壁に せん断ひび割れ	耐震壁に せん断ひび割れ	耐震壁のせん断破壊
		ラーメン 架構	変形角	4/1000未満	4/1000～1/100	1/100～1/50	1/50以上
			損傷	・軽微なひび割れの発生 ・塑性率1未満	・柱・梁に曲げひび割れ が発生 ・一部が降伏 ・塑性率1程度	・2mmを超える大きな ひび割れが多数発生 ・塑性率2程度	・柱・梁のコンクリート が剥落 ・主筋が座屈 ・塑性率4超
	S造	ブレース 架構	変形角	3/1000未満	3/1000～5/1000	5/1000～1/100	1/100以上
			損傷	・仕上材にわずかなひび 割れ発生	・高力ボルトの滑りが発生 ・仕上材の目地ずれ	・一部のブレースが破断 ・仕上材に大きなひび割 れが発生	・多くのブレースが破断 ・仕上材の剥離、はらみ 出し
		ラーメン 架構	変形角	5/1000未満	5/1000～1/100	1/100～1/40	1/40以上
			損傷	・仕上材にひび割れ発生 ・塑性率1未満	・柱・梁の一部が降伏 ・仕上材に大きなひび割 れが発生 ・塑性率1程度	・柱・梁の一部に局部座 屈が発生 ・仕上材の剥離、はらみ 出し ・塑性率2程度	・柱・梁の多くに局部座 屈が発生 ・一部の仕上材が脱落 ・塑性率4超

大地震時の変形を抑制するには、以下の方法がある。

- ① 地震入力を軽減する。 ⇒ 免震構造
- ② 減衰を増大させる。 ⇒ 制震構造
- ③ 初期の剛性を高め降伏変形を減少させる。
- ④ 保有水平耐力を増大させ、建物の塑性変形を減少させる。

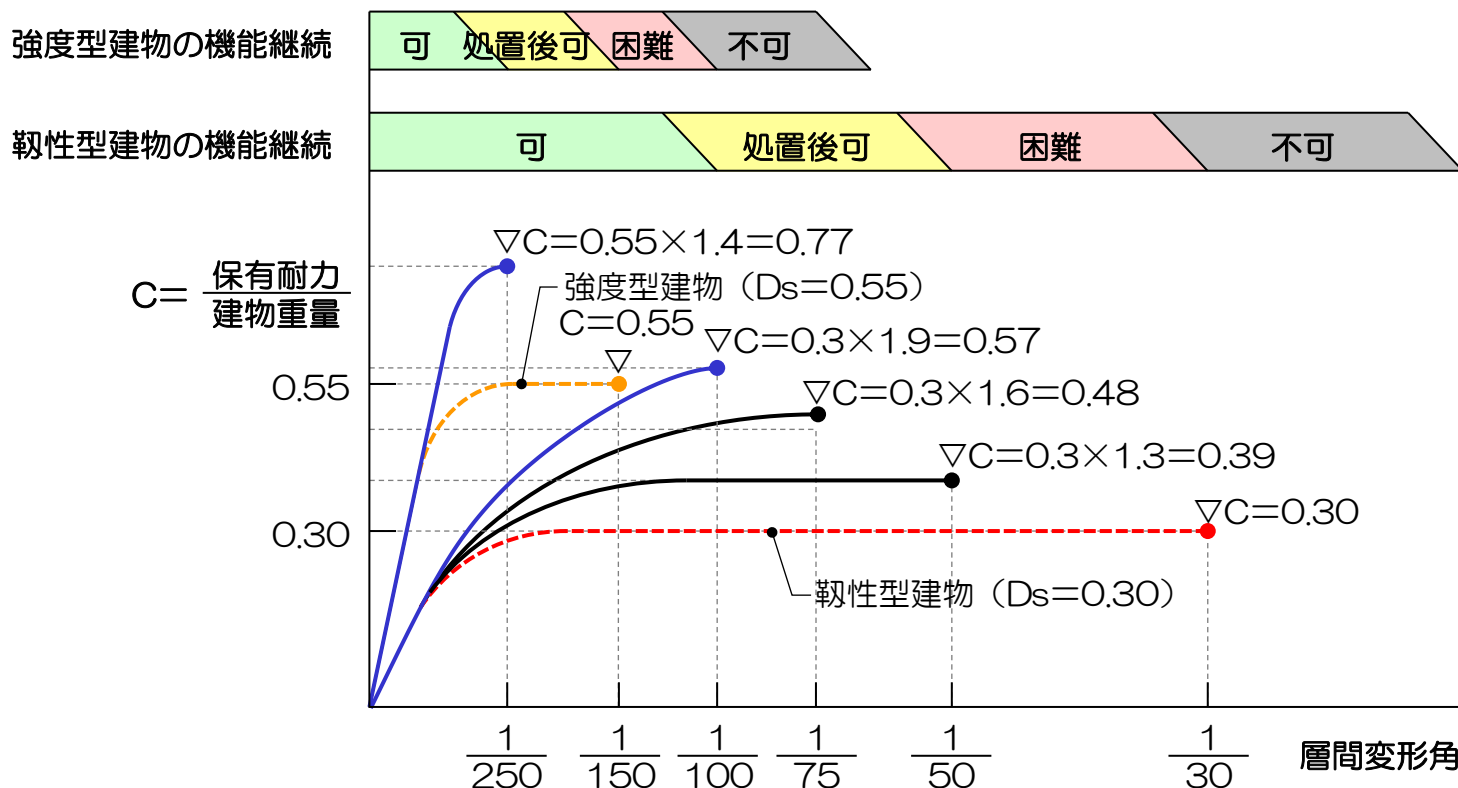


図1-2-7 保有水平耐力の割増しによる大地震時の変形の抑制

## ◆ 構造種別の選定

RC造は、形態的な自由度が高く複雑な形状に対応できる構造で、耐火性・耐久性が大きく、適切な計画を行えば耐震性にも優れている。

S造は、極めて適応性の広い構造で、通常の規模であれば特に規模制限の配慮は不要である。

SRC造は、は15階程度以下、柱間隔は15m程度でも十分可能であるが、断面内に鉄骨と鉄筋をともに配置するため、事前に納まりを詳細に計画するなど、比較的高度な構造計画が必要となる。

最近では60N/mm<sup>2</sup>超の高強度コンクリートを用いて、高さが150mを超える超高層集合住宅もRC造で建設されている。

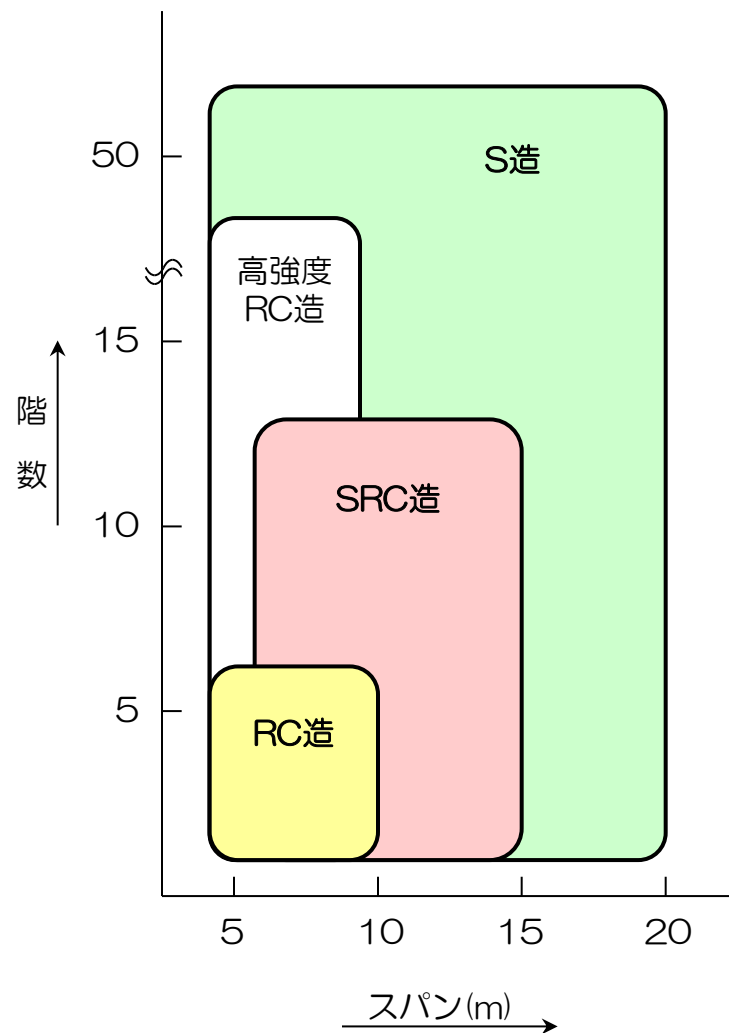


図1-3-1 建物規模と構造種別



## ◆ 耐震構造形式の選定

国内の建物は、主として地震力に対して計画することになるため、建物の特性や目標性能に応じて適切な耐震構造形式を選定する必要がある。

免震・制振構造は、振動を抑制するための基本原理の違いがあり、免震構造は建物高さが低く短周期で揺れる建物に適しており、高層建物への採用には慎重な検討が必要となる。一方、制振構造は建物高さが高く地震時や風荷重時の変形が大きい建物に採用すると効果大きい。

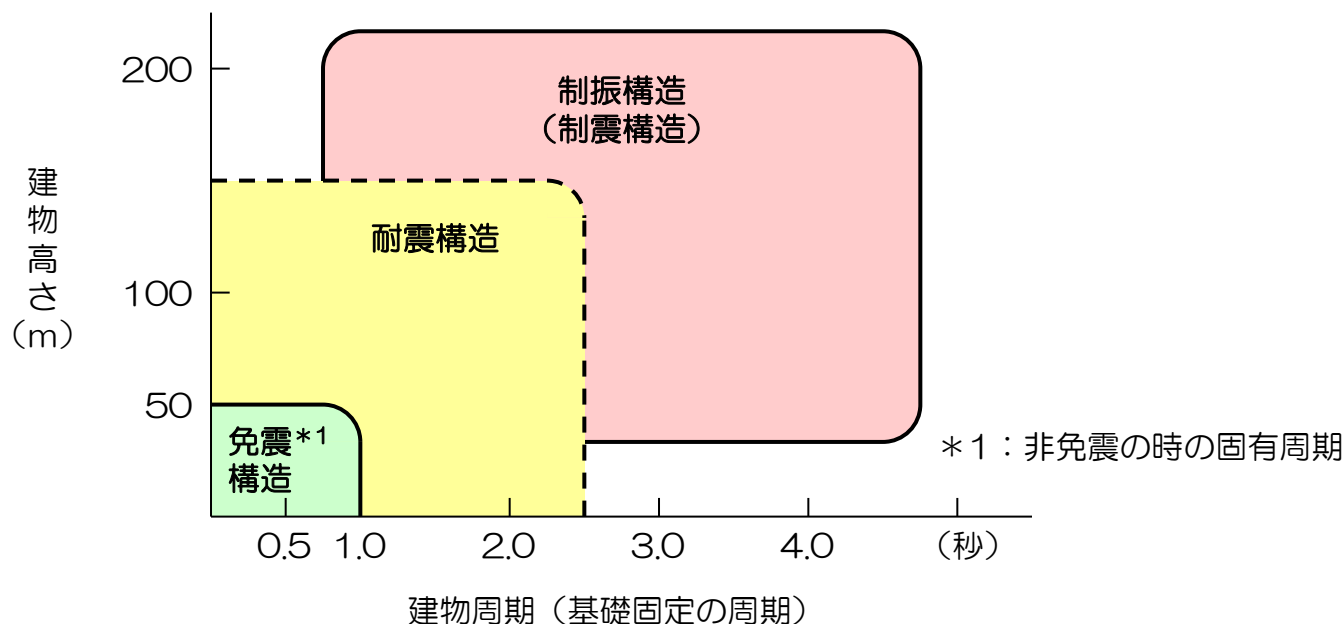


図1-3-3 免震・制振構造の適用範囲

## ◆ 構造計算の方法

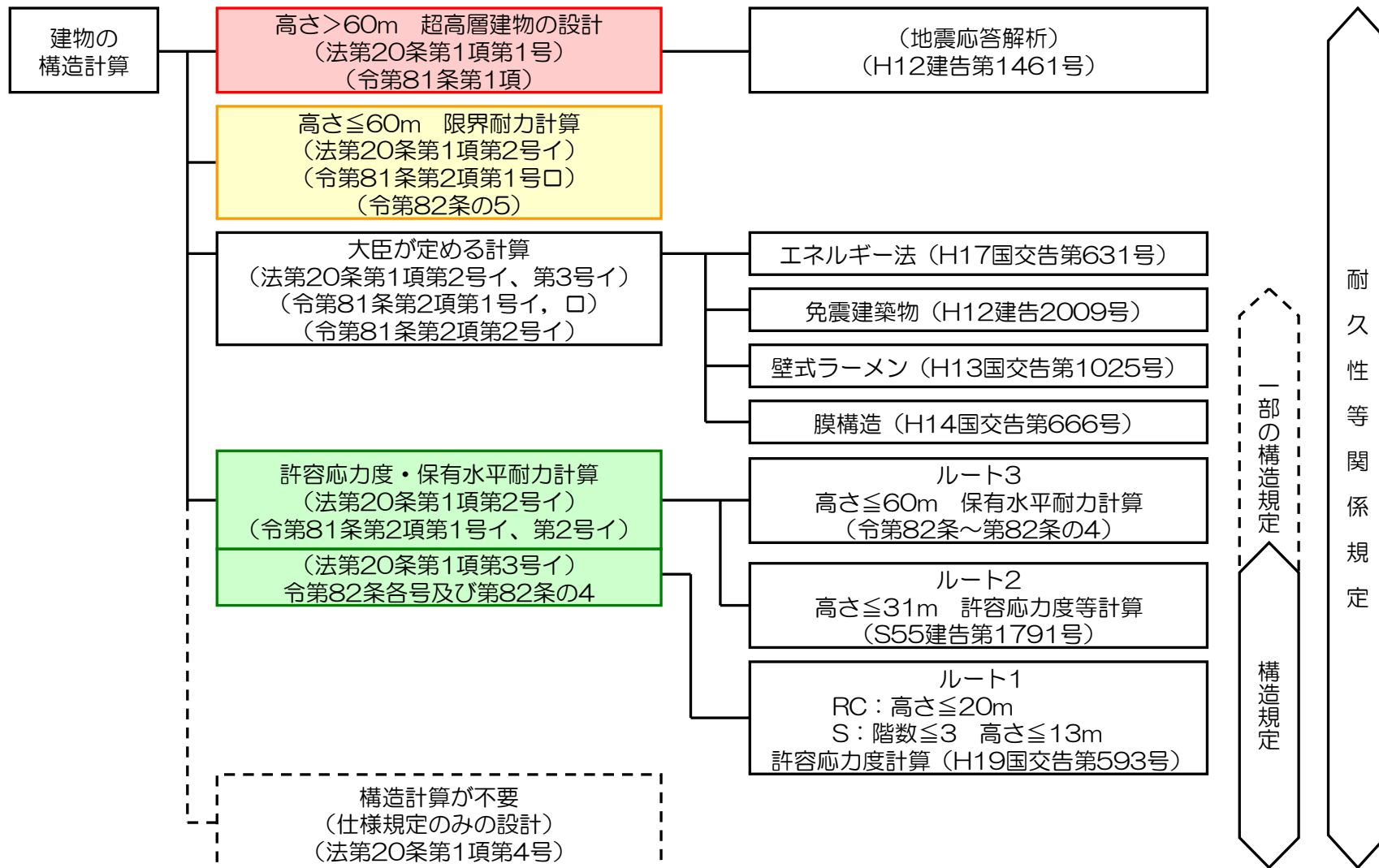


図1-4-1 主な構造計算の方法

## ◆ 計算法の選定

建築物の設計は、大別して4種類の計算法が選択できるようになったが、この中の3種の方法を下表で比較する。

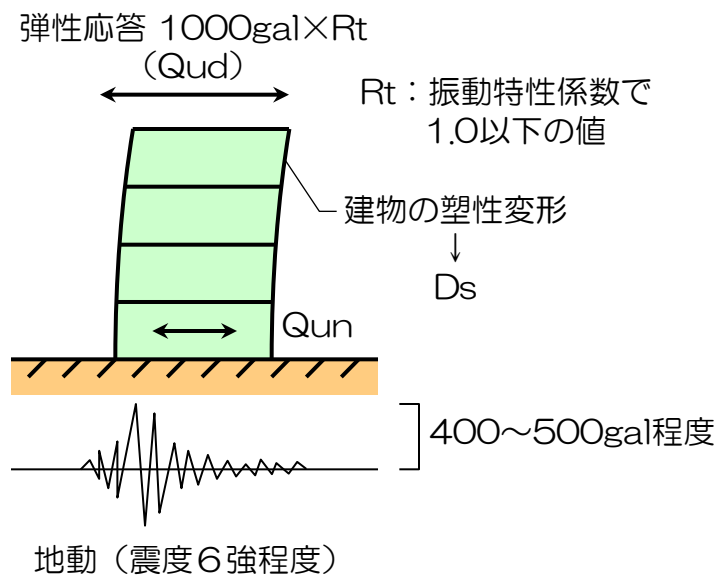
いずれの計算法も法第20条に基づき建築物に作用する諸荷重に対する安全性を確保するという共通の目標達成を目指しているもので、建物の特性に応じた設計手法の選択の自由度が広がった。しかしながら、構造設計者に課せられる責任は従来よりも増したものと考える必要がある。

表1-4-1 計算法の長所と短所

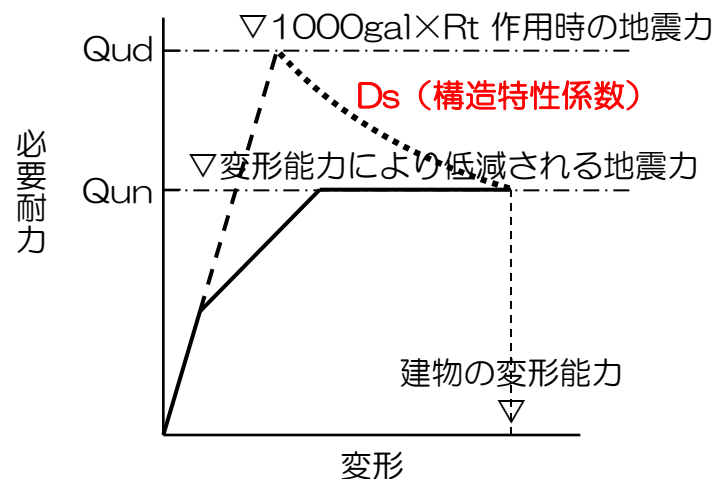
検証法	許容応力度・保有耐力計算	限界耐力計算	特別な検証法 (時刻歴地震応答解析)
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計算が容易である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大地震時の変形量が算出できる</li> <li>・ 動的性状を手計算で検証できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 様々な解析手法があり、動特性を詳細に検討できる</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大地震時の変形量が算出されない</li> <li>・ 地震動の大きさに応じた被害の大きさが把握できない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一質点系に置換した計算法である</li> <li>・ 複雑な形態の建物の設計には適さない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検討結果を手計算で検証することが困難である</li> </ul>

建物の耐震性能の特性をルート1～ルート3に区分し、**1次設計**（中地震）においては、建物に200gal程度の弾性応答が生じるとし、許容応力度状態にとどまることを確認する。

**2次設計**（大地震）に対しては、ルート1～ルート2の建物では、壁量や変形能力の検討を行うほか、ルート3の建物では**保有水平耐力**の計算が求められる。

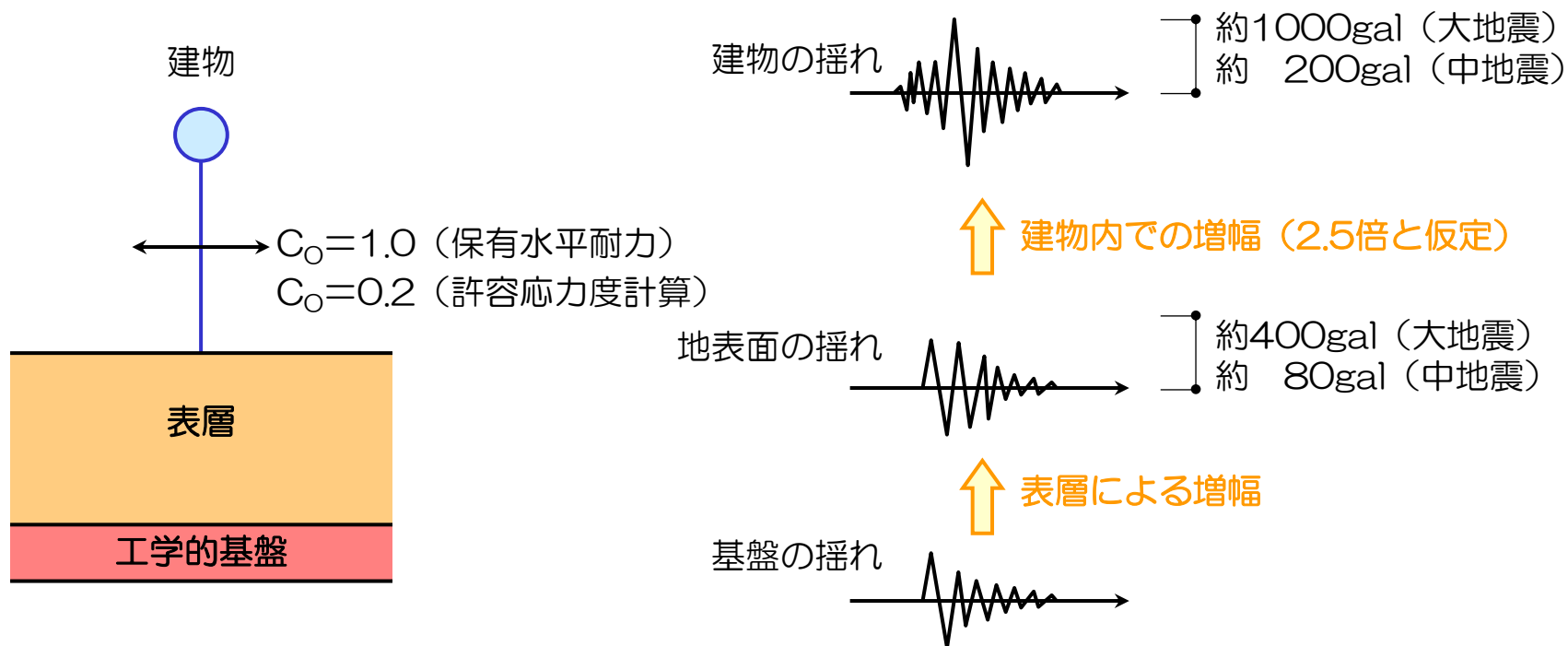


(a) 建物に作用する地震力 ( $Q_{ud}$ )



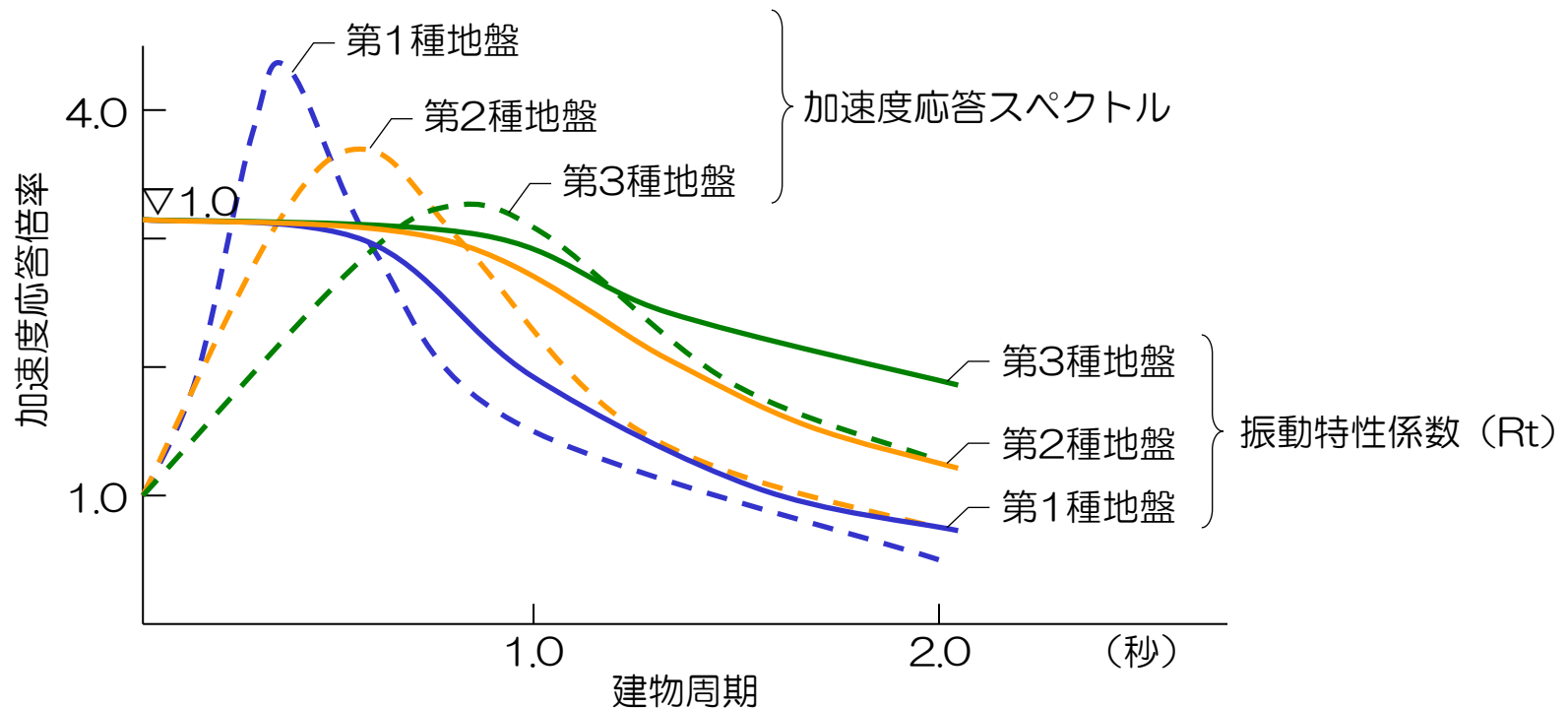
(b) 必要保有水平耐力 ( $Q_{un}$ )

図1-4-2 保有水平耐力計算の概念

◆ 標準せん断力係数 ( $C_o$ )◇ 1次設計 (許容応力度計算) :  $C_o=0.2$ ◇ 2次設計 (保有水平耐力計算) :  $C_o=1.0$ 図1-4-3 標準せん断力係数 ( $C_o$ )

◆ 振動特性係数 ( $R_t$ )

- ◇  $R_t$ は建物周期などによる地震応答の低減率である。
- ◇  $R_t$ は多くの地震波を分析した結果から、上限値を1.0にノーマライズして大局的に決められた。

図1-4-4 加速度応答スペクトルと振動特性係数 ( $R_t$ ) の概念図

1質点系の振動モデルにモデル化して、塑性化などによる剛性低下を考慮した割線剛性と等価な粘性減衰を用いて、地震時における建物の応答量を計算し、この値が建物の性能内に収まれば安全であると判断する検証法である。

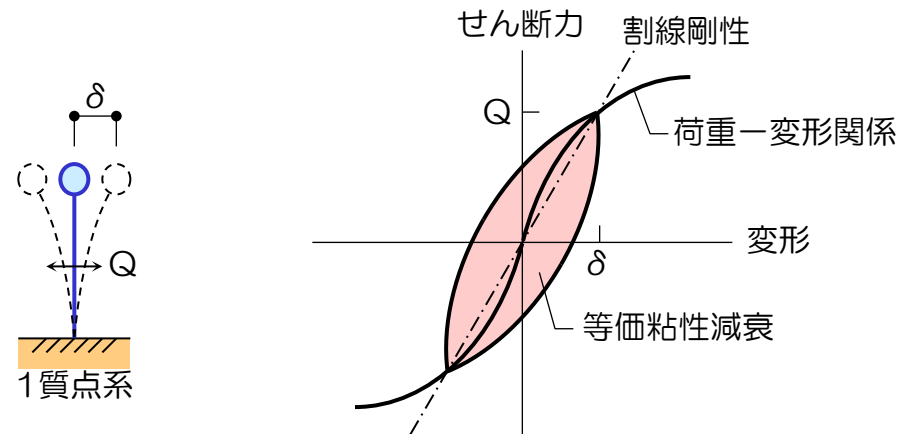


図1-4-5 限界耐力計算

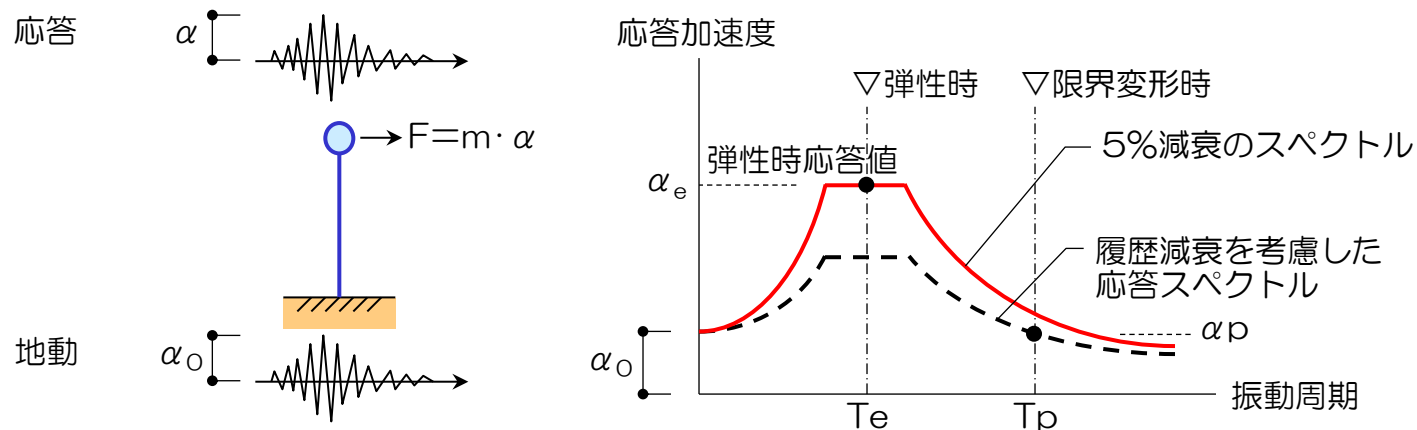


図1-4-6 加速度応答スペクトル

この計算に用いる地震動は、工学的基盤における加速度応答スペクトルとして定義されている。加速度応答スペクトルは、稀れ、極稀れの2段階あり、いずれも5%減衰の値である。

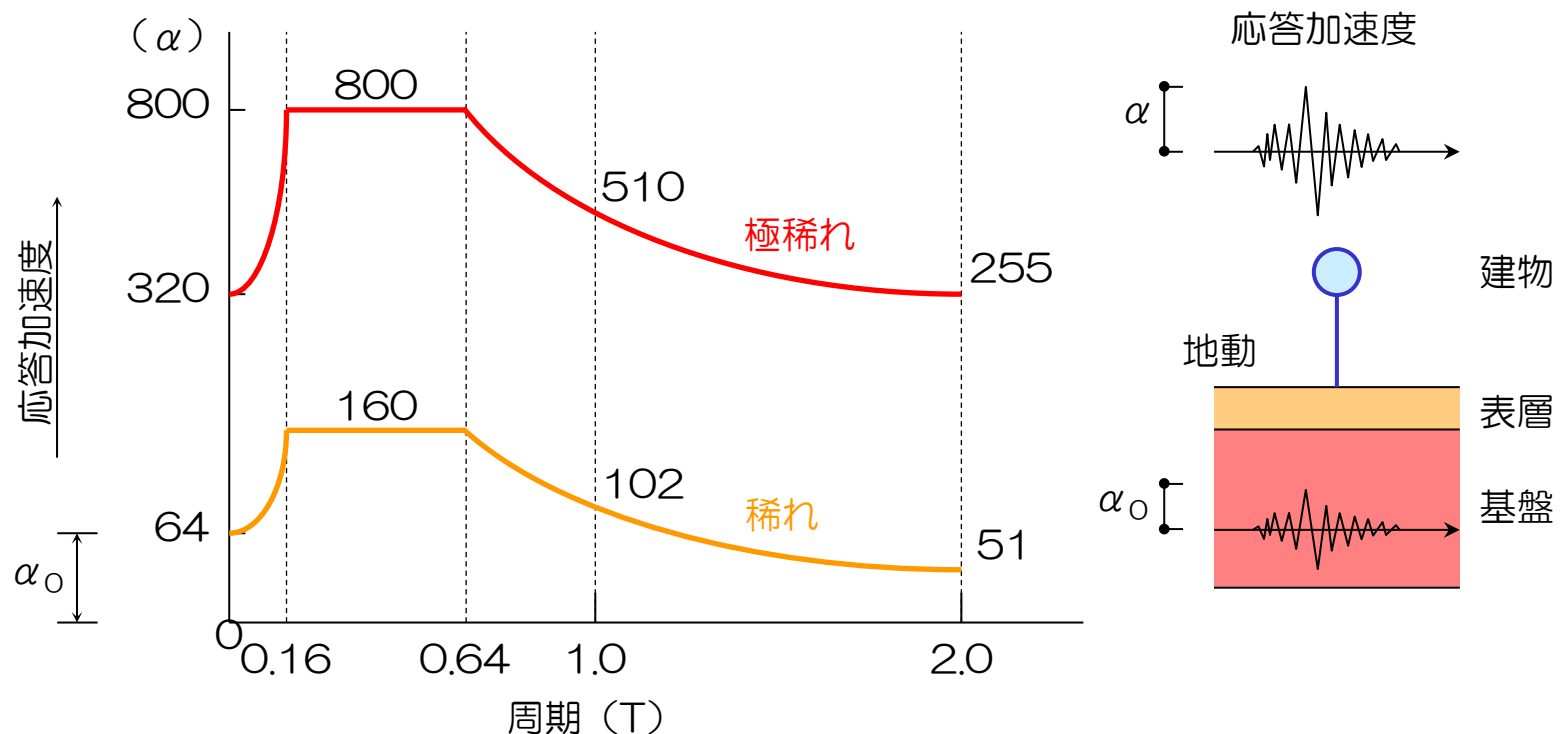


図1-4-7 基盤における加速度応答スペクトル



平成17年国交告第631号「エネルギーの釣合いに基づく耐震計算等の構造計算を定める件」に規定された計算方法で、履歴形のダンパーを設置した制震構造建物の設計等に適した計算方法である。

## 1) 損傷限界

- ① 損傷限界時の地震により建物に作用するエネルギー量 ( $E_d$ ) が、建物が損傷限界に達するまでに吸収することができるエネルギー量 ( $W_e$ ) を超えないこと。
- ② 層間変形角が1/200（著しい損傷が生じない場合は1/120）を超えないこと。
- ③ ダンパーの影響による残留変形により、構造耐力上の支障が生じないこと。

## 2) 安全限界

- ① 各階の主架構の吸収できるエネルギー量（保有エネルギー吸収量）が、各階の主架構の必要エネルギー吸収量以上であること。
- ② ダンパー部分を有する場合は、各階のダンパー部分の保有エネルギー吸収量が各階のダンパー部分の必要エネルギー吸収量以上であること。

平成12年建告第1461号において、工学的基盤における地震波の仕様（加速度応答スペクトル）が規定されている。

この加速度応答スペクトルをターゲットスペクトルとして、基盤における地震波を作成し、地表面における増幅特性を考慮して建物へ入力する地震波を作成する。

表1-4-3 地震応答解析における  
一般的なクライテリア

部 位		稀に発生する地震	地動25kine程度の地震	極めて稀に発生する地震（又は地動50kine程度の地震）
上部構造	部材の状態	許容応力度以内	弾性限内	脆性的破壊を生じない
	層間変形角	1/200以内	1/200以内	1/100以内
	層の塑性率	—	1.0以内	2.0以内
基礎	部材の状態	許容応力度以内	弾性限内	脆性的破壊を生じない

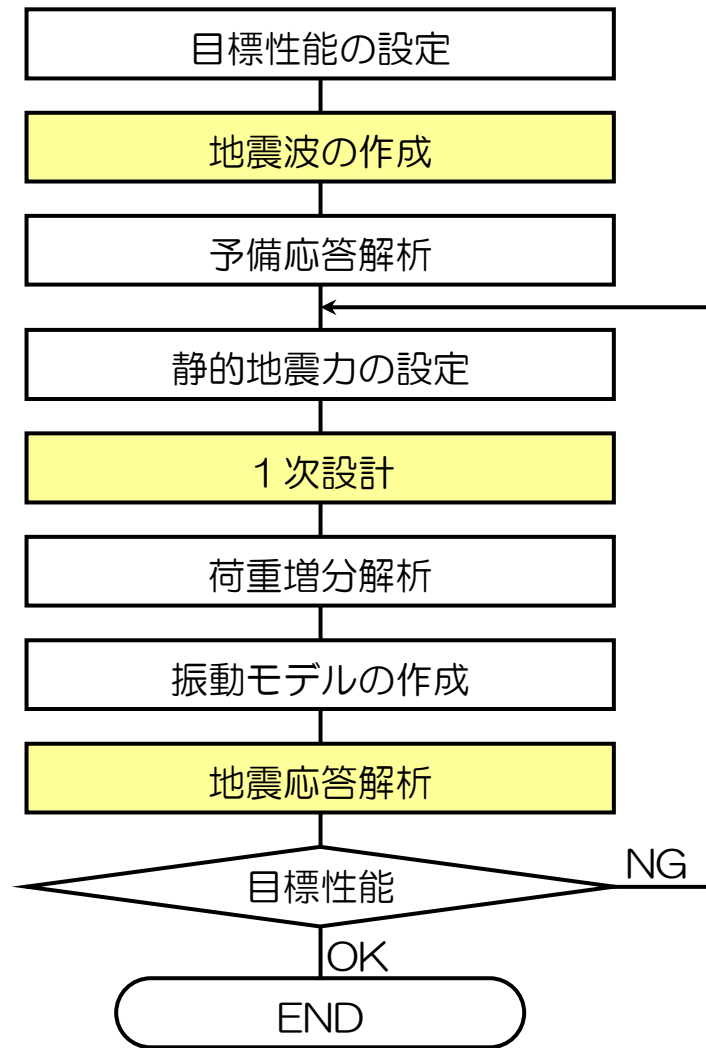


図1-4-8 地震応答解析による  
設計フロー

RC造の耐震診断基準では、建物の耐震性能の大きさを**構造耐震指標**（ $I_s$ ：SEISMIC INDEX OF STRUCTURE）に評価する。

$I_s$ は下図に示すように、耐力（ $C_y$ ）と靱性（ $F$ ）の積として算定され、通常は**0.60以上**であることが求められる。

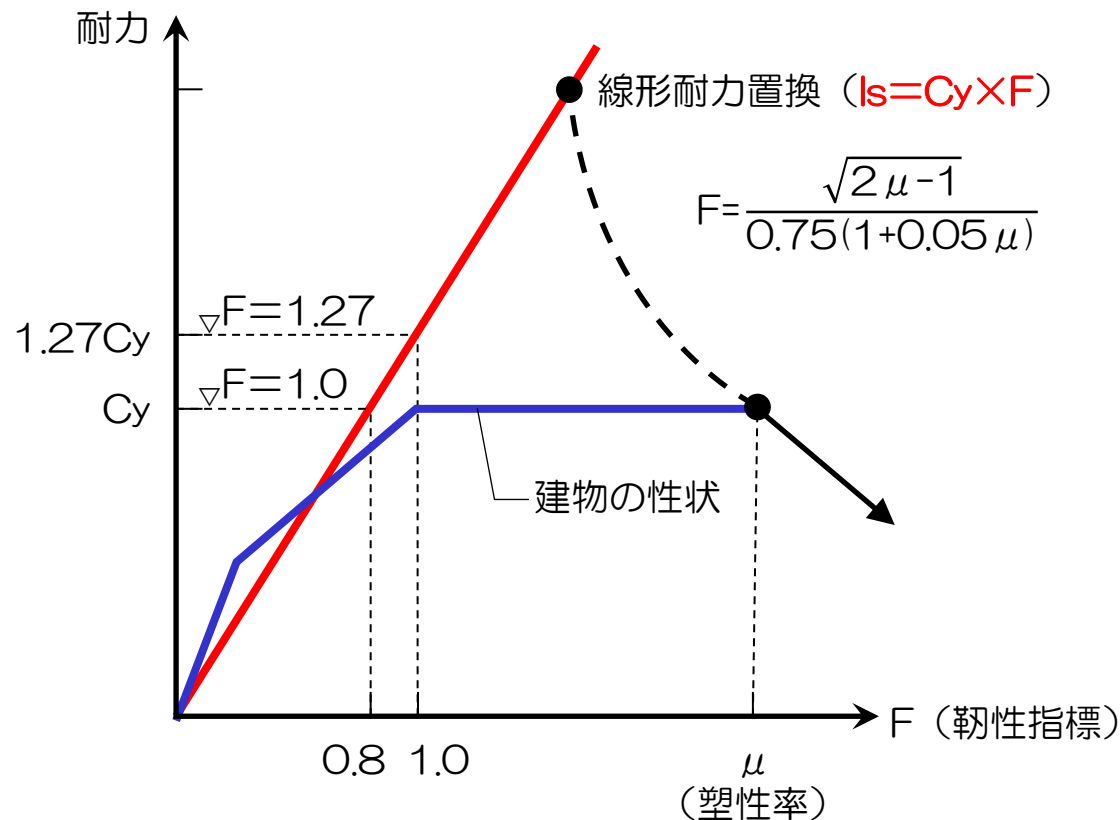


図1-4-12 建物の地震時の性状

各計算法が定めている地震動の大きさは基盤、地表面、建物での値と様々であり、ク  
ライテリアも異なる。

全体として、どのような耐震性能が求められているか下表で比較する。

表1-4-4 計算法等が想定している地震動（加速度）の大きさ

設計法等 地震動		①許容応力度・ 保有水平耐力計算	②限界耐力計算 ③エネルギー法	④地震応答解析	⑤耐震診断基準
一次設計	基 盤	—	<b>64gal</b> (平12建告1457号)	<b>64gal*1</b> (平12建告1461号)	—
	地表面	80～100gal	96gal (Gs=1.5を仮定)	165～255gal*1 (25kine：既往波)	—
	建 物	<b>200gal</b>	—	—	—
	クイテリア	小破せず 許容応力度以内			—
二次設計	基 盤	—	<b>320gal</b> (平12建告1457号)	<b>320gal*2</b> (平12建告1461号)	—
	地表面	400～500gal	480gal (Gs=1.5を仮定)	330～510gal (50kine：既往波)	200～250gal
	建 物	<b>1000gal</b>	—	—	<b>600gal</b>
	クイテリア	大破せず		中破せず 塑性率2.0以下	中破せず

注) **ゴシックの値**は、各計算法が明示している数値、他は推定値

\*1：レベル1

Gs：表層地盤による加速度の増幅率

\*2：レベル2

建築基準法および建築基準法施行令は1950年に制定されて以来、社会のニーズに応じて幾度となく改訂されてきたが、構造関係規定を含む大幅な改正は表1-5-1に示す1971年、1981年、2000年および2007年の4回行われた。

さらに、2011年3月11日に発生した東日本大震災に対応する法改正が2014年に行われ、2015年には技術基準解説書の改訂も行われた。

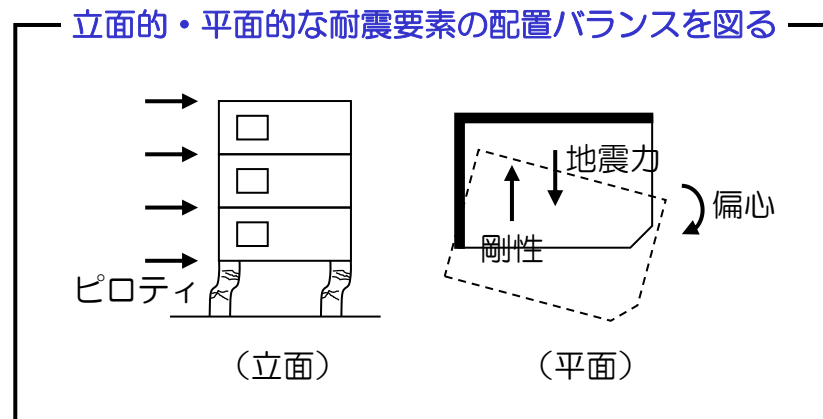
表1-5-1 建築基準法および建築基準法施行令等の主な改正（構造設計に関するもの）

年	法	主な改正内容
1920（大正9年）	市街地建築物法 制定	
1924（大正13年）	市街地建築物法 改正	設計震度0.1
1950（昭和25年）	建築基準法 制定	設計震度0.2、許容応力度の変更
1971（昭和46年）	建築基準法・施行令 改正	せん断設計の強化
1981（昭和56年）	建築基準法・施行令 改正	新耐震設計法
1995（平成7年）	耐震改修促進法 制定	耐震改修の促進
2000（平成12年）	建築基準法・施行令 改正	性能設計
2004（平成16年）	建築基準法・施行令 改正	不適格建築への規制の合理化
2007（平成19年）	建築基準法・施行令 改正	構造計算の適正化
2014（平成26年）	建築基準法・施行令 改正	天井脱落対策等
2015（平成27年）	建築基準法・施行令 改正	実効性の高い建築基準

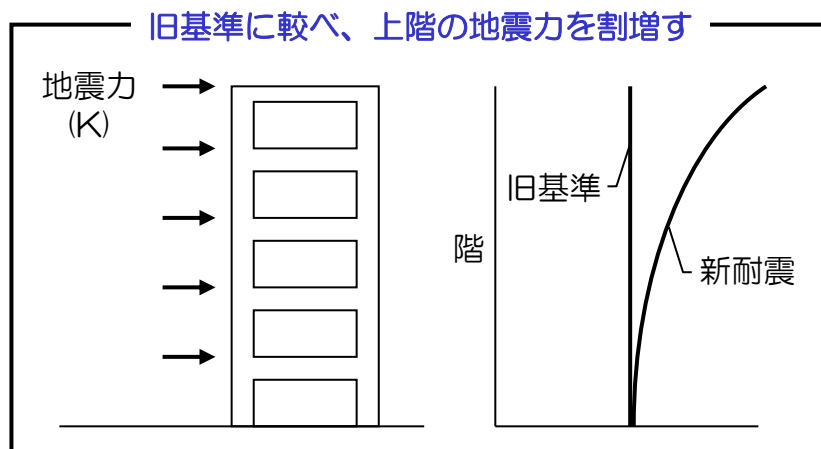
1981年の法改正は「新耐震設計法」と呼ばれ、下図に示す計算法の改正が行われた。

	対象とする地震	検討事項
旧基準 (1981年以前)	中地震	許容応力状態の確認
	大地震	余力に期待
新耐震設計法 (1981年以降)	中地震	許容応力状態の確認
	大地震	保有水平耐力の確保

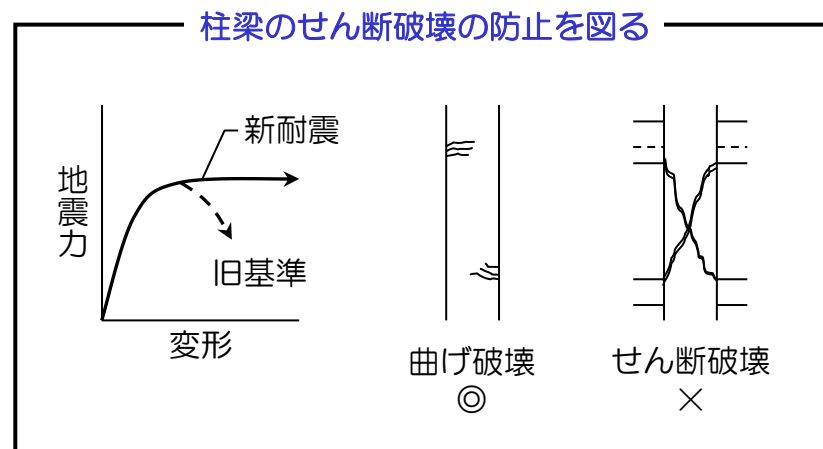
(a) 大地震に対する安全性の確認



(b) 剛性バランスの確保



(c) 地震力分布



(d) 建物のねばりの確保

図1-5-1 許容応力度・保有水平耐力計算

2000年の法改正では、阪神大震災以降の性能明示型設計へのニーズを踏まえ、構造計算には下図に示す大別して4種の方法が採用できることとなった。

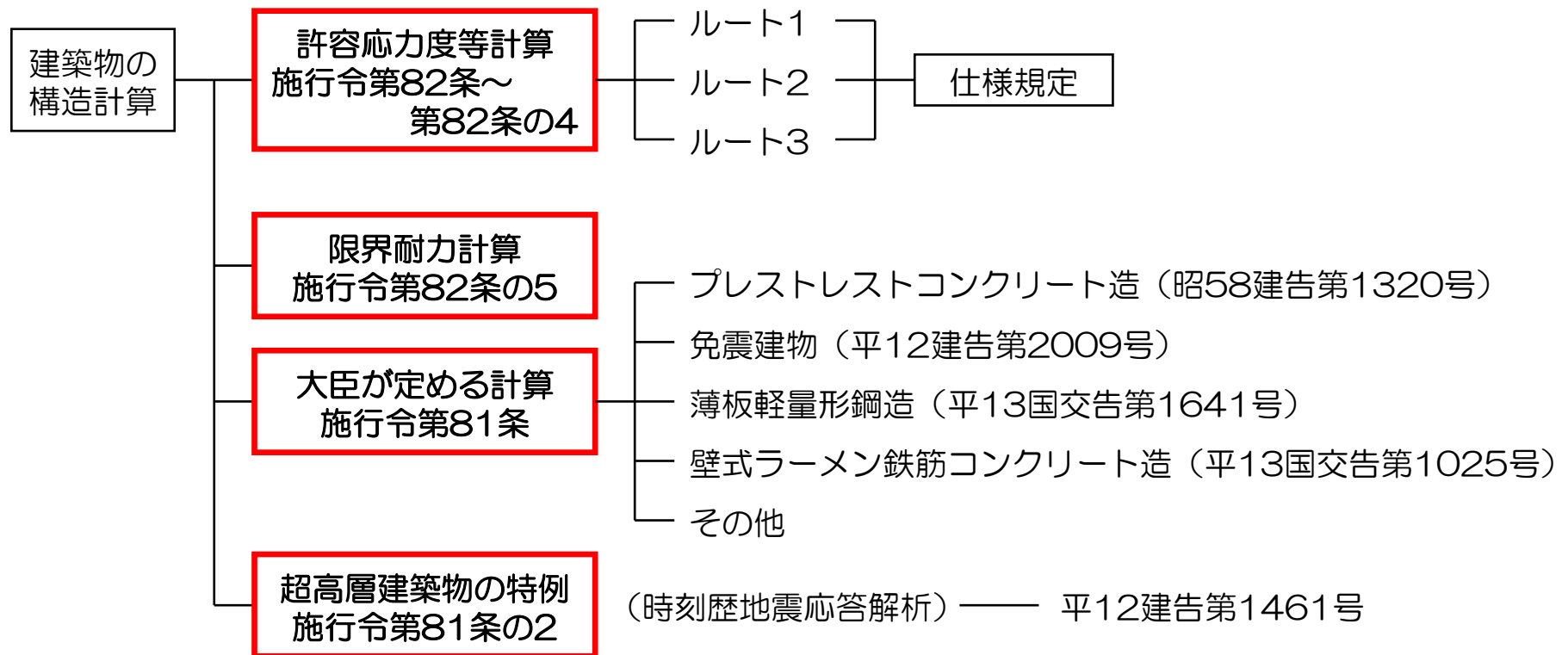


図1-5-2 2000年の法改正に伴う構造計算方法（注：現在の条文、呼称とは異なる）

2005年の構造計算偽装事例を踏まえ、2007年の法改正により構造計算が厳格化され、同年の技術基準解説書の発行により、以下の構造計算の方法などが明確化された。

表1-5-3 構造計算の方法および構造の仕様規定に係わる改正点（2007年）

区分	条 文	内 容
構造計算のモデル化	平19告示594号第1三 (耐力壁の開口低減)	開口周比が0.4以下であること 開口部の上下端が梁および床版にそれぞれ接する場合は、当該壁を1の壁として取り扱えない
	平19告示594号第2一 (応力計算)	構造耐力上主要な部分の応力計算は弾性状態で計算する 基礎又は基礎ぐいの変形を考慮する場合は、当該基礎又は基礎ぐいの接する地盤が弾性状態にあること
	平19告示594号第2二 (非構造部材の扱い)	非構造部材から伝達される力の影響を考慮して構造耐力上主要な部分に生ずる力を計算
地震荷重	平19告示594号第2三 (応力割増し等)	当該階が支える部分の常時荷重の20%以上の荷重を支持する柱を架構の端部に設ける場合の地震力の割増（4本柱） 斜方向の検討もしくは地震力を1.25倍に割増す
	昭55告示1793号（改定） (Rtの計算)	片持ちのバルコニー等、外壁から突出する部分（2m超）の鉛直震度1.0Z以上 Rtの算定において基礎及び基礎ぐいは変形が生じないものとし、構造体の初期剛性を用いて算出する
ルート1	平19告示593号一	冷間成形角形鋼管柱の柱の応力の割増し ロール：1.3倍 プレス：1.2倍（大臣認定品の場合）など
	平19告示593号二	RC造、SRC造の柱、梁、耐力壁の設計用せん断力の割増し（n）規定 n：RCの柱・梁は1.5 壁は2.0、SRCでは1.0
ルート2	昭55告示1791号（改定）	建築物の地上部分の塔状比が4を超えないこと
	昭55告示1791号第2三	冷間成形角形鋼管柱使用時の柱・梁耐力比の規定 柱 $M_p > 1.5$ 梁 $M_p$ 鉄骨部材の幅厚比の規定の変更 ランクB → ランクA
	昭55告示1791号第3	RC造、SRC造の柱、梁、耐力壁の設計用せん断力の割増し（n）規定 n=2.0以上（ルート2-1、ルート2-2）、ルート2-3はメカニズムの1.1倍、ただし、SRC造のルート2-1、ルート2-2についてはRC部のみ2.0としている



2007年に発行された建築物の構造関係技術基準解説書が、これ以降の法改正も踏まえて、2015年に改正された。主な点を以下にまとめる。

表1-5-4 2015年 技術基準解説書の主な変更点（1）

No.	章	変更内容	2007年版	2015年版
4	第2章 構造規定	構造計算上、別棟とみなせる場合の扱い	記述なし	法第20条（構造耐力）「2 前項に規定する基準の適用上一の建築物であっても別の建築物とみなすことができる部分として政令で定める部分が二以上ある建築物の当該建築物の部分は、同項の規定の適用については、それぞれ別の建築物とみなす。」
9	第3章 構造細則	薄板軽量形鋼造（平13国交告第1641号）	原則として階数を3以下としなければならない	薄板軽量形鋼造の建築物は、原則として階数を3以下としなければならない。ただし、4階建てまでの構造とすることや、軸力を負担しない構造とすることなど、一定の範囲であれば、保有水平耐力計算を行うことで建設可能である。
10	第5章 荷重外力	寄棟屋根の外圧係数	記述なし	表5.4-2寄棟屋根の外圧係数が追記された。
13	第6章 保有水平 耐力計算	ラーメン分担率が50%未満となる剛節架構の応力割増し	剛節架構部分の応力（曲げモーメント、せん断力、軸力）を一様に割増しすればよい。	一次設計用地震層せん断力係数を乗じた値の25%（すなわち $C_0=0.05$ 以上に相当）のせん断力が作用した際の当該柱の応力度が許容応力度以下となることを確かめるよう規定している。
19		建築物の使用上の支障が起らないことの確認方法を定める件	記述なし	屋根版については、原則として対象とならない。ただし、屋上として利用する場合など、使用上の支障が問題になる場合は、本告示の規定に従って検討を行う。
20		層間変形角の計算方法	記述なし	層間変位は、安全側の検討として、各階の変形量が最も大きく評価される状態で計算を行う。
21		偏心率の計算方法	記述なし	剛節架構や耐震上有効な壁等の鉛直部材は、X、Y直交グリッド上に配されているものとする。
24		Qun分布での保有水平耐力計算	記述なし	Ai分布に基づく外力分布によって上層部が部分崩壊形となる建築物であり、かつ、崩壊層以外の下層について最大のDsを設定した建築物について、最大のDsを設定した下層の保有水平耐力を算出する時にはQun分布を用いてよい。

表1-5-4 2015年 技術基準解説書の主な変更点（2）

No.	章	変更内容	2007年版	2015年版
25	第6章 保有水平 耐力計算	全体崩壊形	右記①-3が追記された	①-1 梁降伏型 ①-2 連層耐力壁及び柱の脚部曲げ降伏 <u>①-3 プレース架構脚部の浮き上がり</u> ①-4 連層耐力壁脚部の曲げ降伏
27		Fsの値	記述なし	下階に多数の壁を設けるなど、剛性の高い階が下層部に集中するような計画では、剛性の低い上層階について本規定に基づく割増しを行う必要のない場合がある。例示あり。
29		Sルート2の計算	記述なし	両端がピン（に近い条件）で接合されるはり等で崩壊メカニズム時に塑性状態に達しないとみなせるものは、局部座屈が生じないことを計算で確かめることにより当該はり等に対して幅厚比規定を適用しないことができる。
33		RCルート1の設計	ゆとりのあるせん断設計を行うことが望ましい	<u>設計用せん断力によって付着割裂破壊が生じないことを確かめる。</u>
36		RCルート2の設計	記述なし	<u>設計用せん断力によって付着割裂破壊が生じないことを確かめる。</u>
38		RCルート3 連層耐力壁の計算	記述なし	連層耐力壁は脚部の浮き上がりや沈み込みを拘束し、Dsの算定を行う。この時保有水平耐力も浮き上がりを拘束した状態で計算することができる。
39		RCルート3 直交梁の部材種別	記述なし	柱及びそれに取付くはりの種別から柱の種別を求める際には、計算する方向のはり（計算方向から水平角45°以内に配置されたはり）の種別のみを考慮すればよく、直交はりの種別を考慮する必要はない。

# 第2章 構造設計要領

本章は、  
許容応力度・保有耐力計算に  
限定して記述

構造計画と構造計算は、  
耐震設計ルートごとに  
求められる規定を考慮  
して適切に行う。

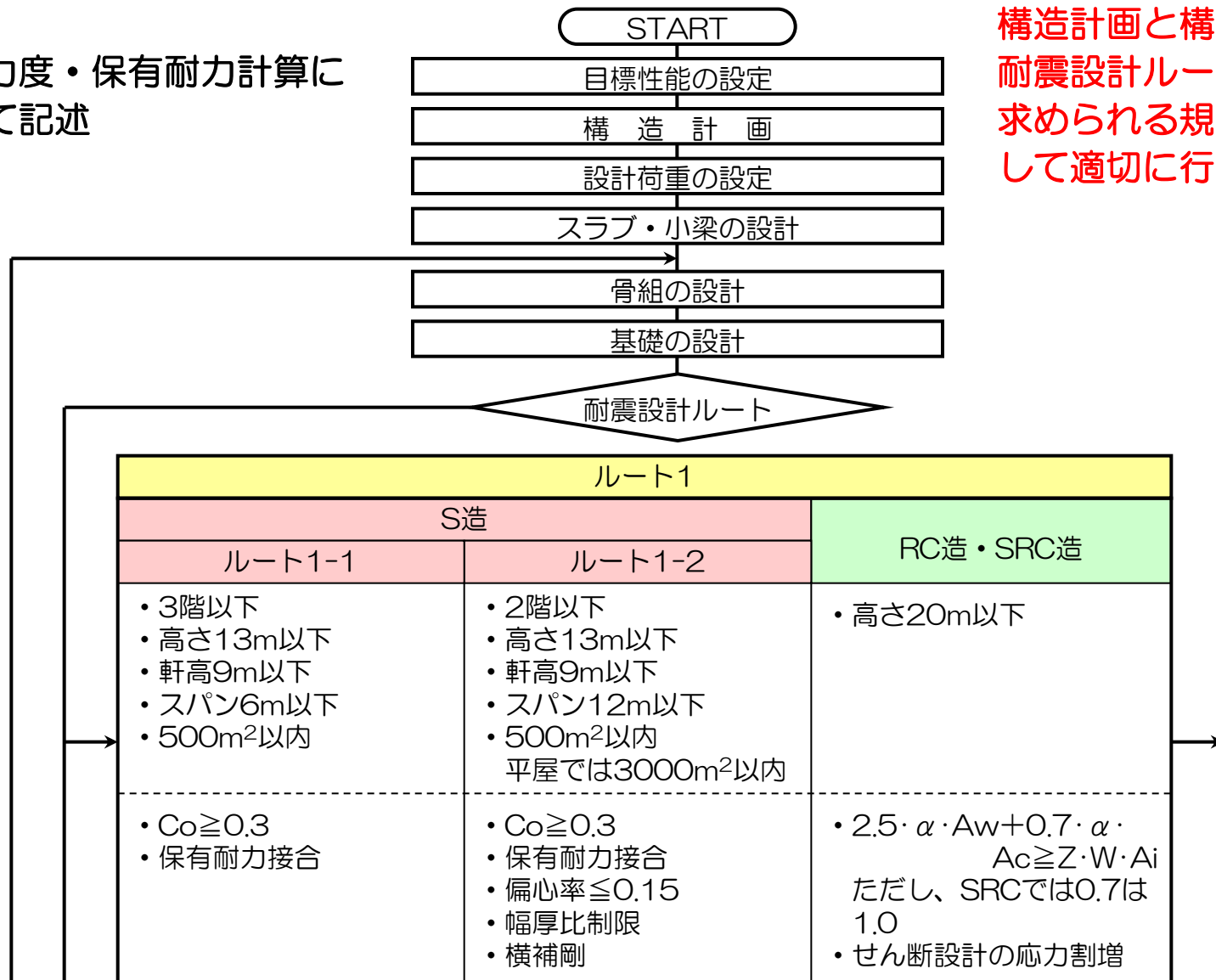


図2-1-1 許容応力度・保有耐力計算における構造計算のフロー（1）

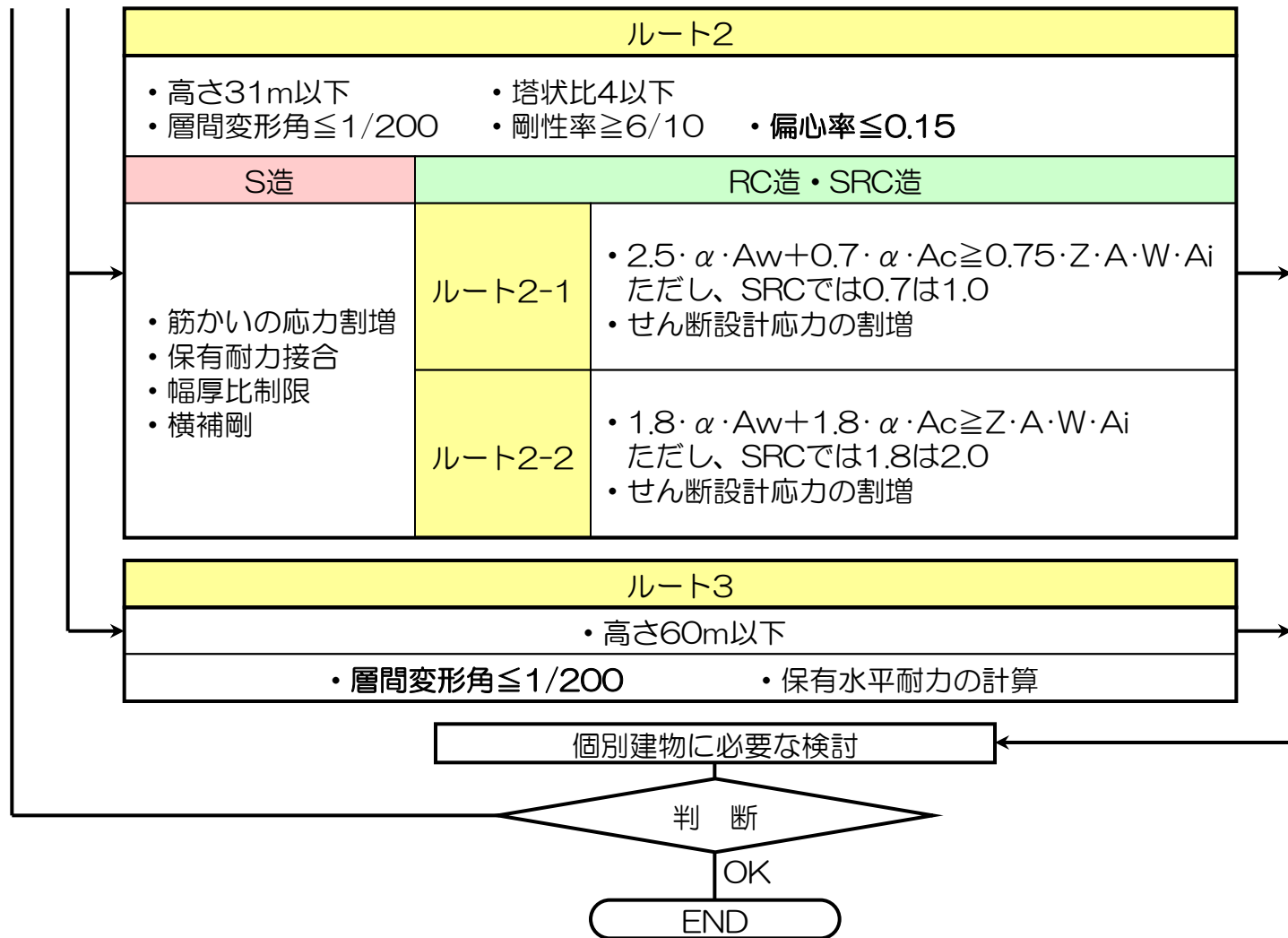


図2-1-1 許容応力度・保有耐力計算における構造計算のフロー（2）

**建築基準法施行規則第1条の3**（確認申請書の様式）においては構造種別ごとに表2-2-1に示す構造図における記載内容、および表2-2-2に示す構造計算書における記載内容が求められている。

表2-2-1 建築確認に必要な構造図の内容

構造種別	図書の種類	明示すべき事項
S	基礎伏図	構造耐力上主要な部分である部材（接合部を含む。）の位置、寸法、構造方法及び材料の種別並びに開口部の位置、形状及び寸法
	各階床伏図	
	小屋伏図	
	二面以上の軸組図	
	構造詳細図	圧縮材の有効細長比
	使用構造材料一覧表	構造耐力上主要な部分である接合部並びに継手及び仕口の構造方法
RC	基礎伏図	構造耐力上主要な部分である部材（接合部を含む。）の位置、寸法、構造方法及び材料の種別並びに開口部の位置、形状及び寸法
	各階床伏図	
	小屋伏図	
	二面以上の軸組図	
	構造詳細図	鉄筋の配置、径、継手及び定着の方法
		鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚さ
	使用構造材料一覧表	構造耐力上主要な部分に用いる材料の種別
		コンクリートの骨材、水及び混和材料の種別
	施工方法等計画書	コンクリートの強度試験方法、調合及び養生方法
		コンクリートの型枠の取外し時期及び方法

法第37条の規定により、建築物の基礎、主要構造部などに使用する材料で平12建告第1446号に規定された**建築材料**（「**指定建築材料**」と言う）は、**日本工業規格（JIS）または日本農林規格（JAS）に適合するか、技術的基準に適合するものとして大臣の認定を受けたものとしなければならない**。指定建築材料には、以下のもの等が指定されている。

- ① 構造用鋼材及び鋳鋼
- ② 高力ボルト及びボルト
- ③ 構造用ケーブル
- ④ 鉄筋
- ⑤ 溶接材料（炭素鋼、ステンレス鋼及びアルミニウム合金材）
- ⑥ ターンバックル
- ⑦ コンクリート
- ⑧ コンクリートブロック
- ⑨ アルミニウム合金材
- ⑩ 膜材料及びテント倉庫用膜材料
- ㊸ **直交集成板（CLT）**

法第37条によるJIS等への適合規制は、指定建築材料以外の材料に対しては、構造耐力上主要な部分等を使用する場合であっても適用されない。ただし、**指定建築材料以外の特殊な材料は、それらのほとんどについては許容応力度等が定められていないため、結果的に一般的な構造計算を行う場合には、認定品以外は構造耐力上主要な部分には使用することができないこととなる。**

- 建築基準法施行令および関連告示において、木材、コンクリートおよび鋼材等に関して、**許容応力度**、**基準強度**および**材料強度**が定められている。
- 許容応力度は部材断面に作用する応力の許容値として、材料強度は保有耐力計算などにおける部材の終局耐力を算定するときに用いる値として定められている。
- **本書では**、許容応力度、基準強度および材料強度の**実数値を示す**。
- 日本建築学会の計算規準などにおいて、計算式に対応した許容応力度が定められているものについては、この値を優先して示している。
- **コンクリートの許容付着応力度については**、通常の建物を対象としており、平面保持の仮定が成り立つような応力状態を想定した許容応力度として、**1991年版の「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に規定された値を採用している**。
- P.63～P.71：鋼材、コンクリートの許容応力度と材料強度の一覧表



表2-3-1 法令に定められている許容応力度等

材料等	許容応力度等	告示等
木 材	繊維方向の許容応力度	令第89条
	繊維方向の材料強度	令第95条
	基準強度 $F_c$ 、 $F_t$ 、 $F_b$ 及び $F_s$	平12建告第1452号
	めり込みの許容応力度等	平13国交省告第1024号 （特殊な許容応力度）
コンクリート	許容応力度	令第91条
	材料強度	令第97条
	付着、引張及びせん断に対する許容応力度及び材料強度	平12建告第1450号
鋼材等	許容応力度	令第90条
	材料強度	令第96条
	鋼材等及び溶接部の基準強度	平12建告第2464号
	圧縮材や曲げ材の許容応力度等	平13国交省告第1024号 （特殊な許容応力度）
溶 接	溶接継目ののど断面に対する許容応力度	令第92条
	溶接継目ののど断面に対する材料強度	令第98条
	鋼材等及び溶接部の基準強度	平12建告第2464号
応力ボルト 接合等	高力ボルト摩擦接合部の高力ボルトの軸断面に対する 許容せん断応力度等	令第92条の2
	炭素鋼のボルトのせん断に対する許容応力度及び 材料強度	平12建告第1451号
	高力ボルトの基準張力、引張接合部の引張の許容応力度 及び材料強度の基準強度	平12建告第2466号
地盤及び 基礎杭	地盤の許容応力度	令第93条
	地盤の許容応力度及び基礎杭の許容支持力等	平13国交省告第1113号

構造計算にあたっては、以下の荷重に対して建築物の安全性を検討する必要がある。（施行令第83条）

- ① 固定荷重
- ② 積載荷重
- ③ 積雪荷重
- ④ 地震力
- ⑤ 風荷重
- ⑥ 上記以外に建築物の状況に応じて作用する土圧、水圧、震動及び衝撃による外力

自動車の衝突による衝撃力

通達昭和61年住指発第185号（立体駐車場における自動車転落防止対策について）

積載荷重は、実況に応じて設定することを原則とするが、令第85条に規定する建築物の各部については表2-4-2に基づき設定することができる。

表2-4-2 積載荷重

構造計算の対象 室の種類			(い)	(ろ)	(は)
			床の構造計算をする場合(N/m <sup>2</sup> )	大梁、柱または基礎の構造計算をする場合(N/m <sup>2</sup> )	地震力を計算する場合(N/m <sup>2</sup> )
(一)	住居の居室、住宅以外の建築物における寝室または病室		1,800	1,300	600
(二)	事務室		2,900	1,800	800
(三)	教室		2,300	2,100	1,100
(四)	百貨店または店舗の売場		2,900	2,400	1,300
(五)	劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場 その他これらに類する用途に供する建築物の客席または集会室	固定席の場合	2,900	2,600	1,600
		その他の場合	3,500	3,200	2,100
(六)	自動車車庫および自動車通路		5,400	3,900	2,000
(七)	廊下、玄関または階段		(三) (四) (五)に掲げる室に連結するものは(五)のその他の場合による数値による。		
(ハ)	屋上広場またはバルコニー		(一)の数値による。ただし、学校または百貨店の用途に供する建物にあっては、(四)の数値による。		

積雪荷重は各地域における垂直積雪量に応じて、**令第86条および平12建告第1455号**により設定する。東京都では同告示に基づき表2-4-7に示す垂直積雪量が定められている。

表2-4-7 東京都の垂直積雪量一覧表

区 域	数 値
台東区、江戸川区、江東区、新宿区、墨田区、中央区、豊島区、葛飾区、調布市	0.3m
足立区、荒川区、板橋区、大田区、北区、品川区、渋谷区、杉並区、世田谷区、千代田区、文京区、中野区、練馬区、港区、目黒区、小金井市、狛江市、清瀬市、東久留米市、三鷹市、武蔵野市、西東京市、大島町、利島村、新島村、神津島村、三宅村、御蔵島村、八丈町、青ヶ島村、小笠原村	0.3mまたは告示式による
町田市	0.33mまたは告示式による (但し、一部告示式のみの地域あり)
昭島市、小平市、立川市、府中市、東村山市、国分寺市、国立市、福生市、東大和市、武蔵村山市、多摩市、稲城市、羽村市、瑞穂町	0.35mまたは告示式による
日野市	0.4mまたは告示式による
八王子市、青梅市、あきる野市、日の出町	0.4mまたは告示式による (但し、一部告示式のみの地域あり)
檜原村、奥多摩町	告示式による数値

1次設計において、建築物の地上階部に作用する地震力によるせん断力は、建物重量に地震層せん断力係数（ $C_i$ ）を乗じて計算する。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_o \quad \dots \quad 2-4-1 \text{式}$$

$C_i$  :  $i$ 階におけるせん断力係数

$C_o$  : 1次設計における標準せん断力係数で0.2

$Z$  : 昭55年建告第1793号に規定された地震地域係数で、東京都では1.0

$R_t$  : 下図に示す振動特性係数で、地盤周期（ $T_c$ ）と建物周期（ $T$ ）から算定する。

$A_i$  : 高さ方向の地震力の分布係数で、2-4-2式により算定する。

$$A_i = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \times \frac{2T}{1+3T}$$

$$\dots \quad 2-4-2 \text{式}$$

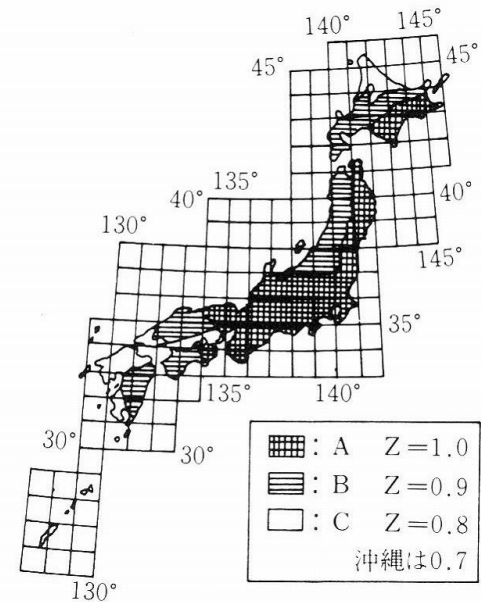


図2-4-1 地震地域係数（Z）

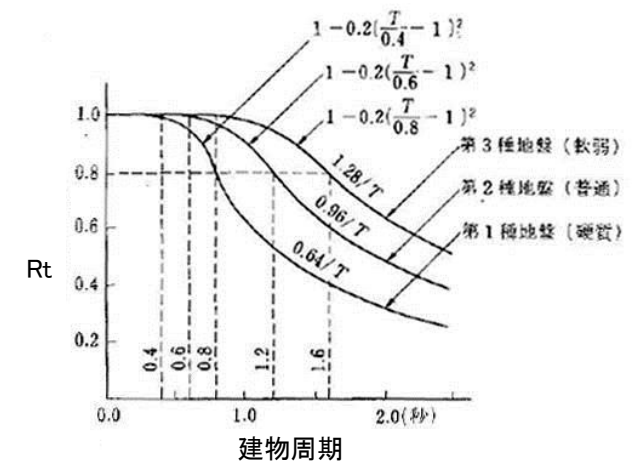


図2-4-2 振動特性係数（ $R_t$ ）

建築物に作用する風荷重は、受風面積（A）に風圧力（w）を乗じて算定する。

$$w = q \cdot C_f \quad \dots \quad 2-4-5式$$

w : 風圧力 (N/m<sup>2</sup>)

q : 速度圧

C<sub>f</sub> : 風力係数

$$q = 0.6 \cdot E \cdot V_o^2 \quad \dots \quad 2-4-6式$$

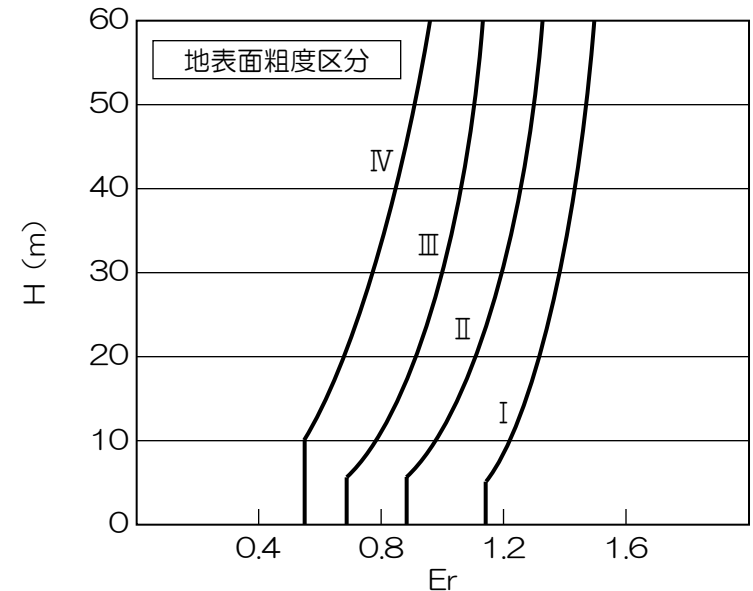
E : 速度圧の高さ方向の分布を示す係数

V<sub>o</sub> : 基準風速（東京23区は34m/sec）

$$E = E_r^2 \cdot G_f \quad \dots \quad 2-4-7式$$

E<sub>r</sub> : 平均風速の高さ方向の分布係数で、

G<sub>f</sub> : ガスト影響係数で、この係数は風の乱れによる影響を考慮している。



注) 現状では特定行政庁の指定がないので、Ⅱ、Ⅲのみを用いる。

図2-4-5 平均風速の高さ方向の分布係数（E<sub>r</sub>）

## ◆ 柱軸方向の算定

- ① 均一な柱割りの建物などでは、図2-5-3に示すように柱の支配面積に応じて柱軸力を算定してもよい。応力解析結果に基づき柱軸力を算定する場合でも、基礎をピン支持とし、柱の軸剛性を十分に大きくみなし軸変形の影響を無視することが一般的である。
- ② 大きなはね出しを有する建物など、不均等な応力状態となる建物では、図2-5-4に示すように応力解析結果に基づき、柱軸力を算定することが望ましい。

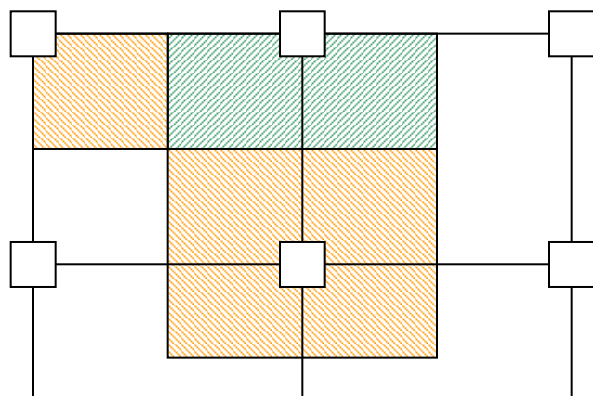


図2-5-3 柱の支配断面

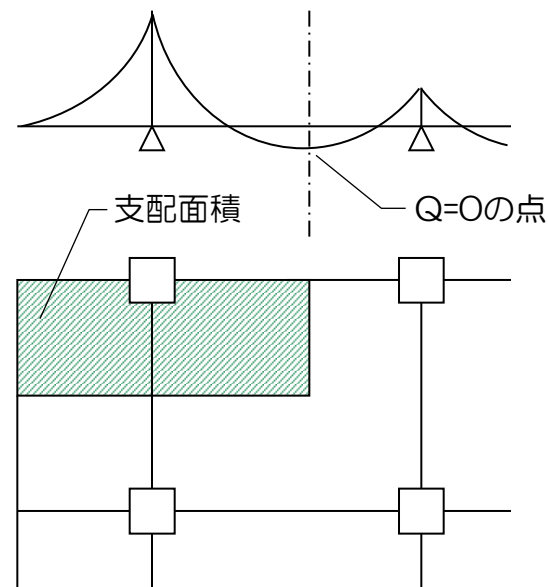
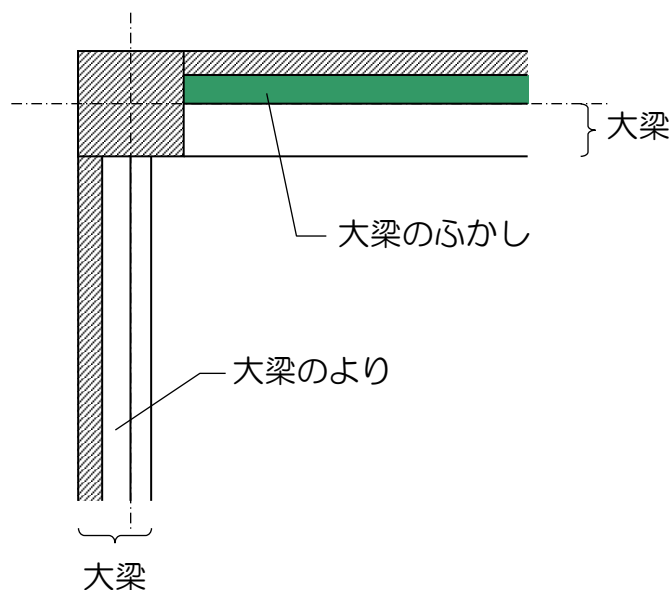


図2-5-4 はね出しによる支配面積への影響

## ◆ 地震時建物重量の算定

- ① 通常の建物では多くの重量が床位置に集中しており、また、床も比較的剛強に造られているため、各階の地震力は床位置に作用するものとして算定することが一般的である。
- ② 屋上階の1/8以下の面積などの塔屋階は、屋上階の重量に含めて計算する。
- ③ 建物重量の算定にあたっては、図2-5-7に示す大梁のよりや、ふかしなども適切に考慮して、正確な建物重量の把握に努める。



### 図2-5-7 建物重量の算定



## ◆ 応力解析の原則（1）

- ② 構造耐力上主要な部分が弾性状態にあるものとして計算する。ただし、 $R_t$ の計算を除き、剛性低下率が精算できれば、降伏点剛性を下回らない範囲で、剛性低下を考慮することができる。
- ③  $R_t$ の計算には地盤ばねを用いてはならない。一般的な架構では地盤ばねを考慮しなくて良いが、基礎の変形により境界梁等に大きな応力が発生する架構では地盤ばねを考慮することを原則とする。
- ④ 非構造部材から伝達される力の影響を考慮して構造耐力上主要な部分に生じる力を計算しなければならない。ただし、RC造のルート1の建物などで非構造部材（RC雑壁）の量が多く、これらの影響を無視しても安全上支障のない場合については、この限りでない。
- ⑦ 耐力壁に開口を設ける場合、2-5-1式を満たした場合には、せん断剛性の低減率およびせん断耐力の低減率を考慮して、耐力壁として設計することができる。

$$r_o = \sqrt{\frac{h_o \cdot \ell_o}{h \cdot \ell}} \leq 0.4 \quad \dots \quad 2-5-1 \text{ 式}$$

## ◆ 応力解析の原則（2）

- ⑧ 梁下端から床版に接する縦スリット状の開口を有する耐力壁は、**1の壁として設計してはならない**。縦スリット状開口を有する耐力壁は、境界梁の局部変形に伴い通常の耐力壁と異なる変形性状を示す。このような壁板は、図2-5-10に示すモデルなどにより検討を行う必要がある。

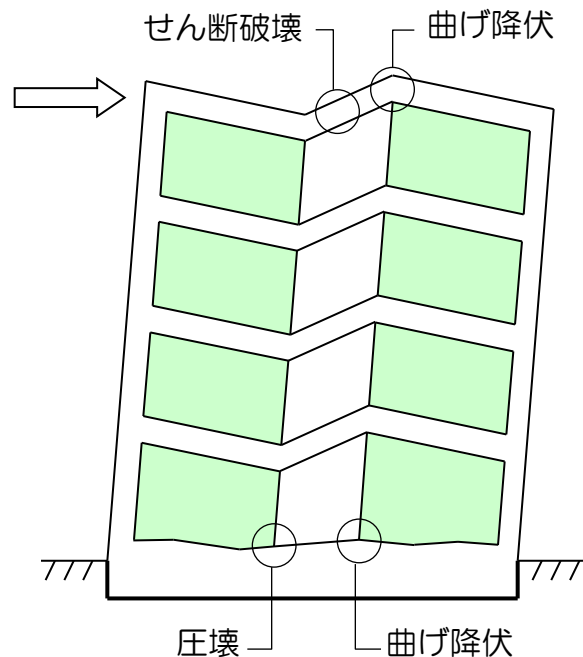


図2-5-9 縦スリット状開口を有する耐力壁の挙動

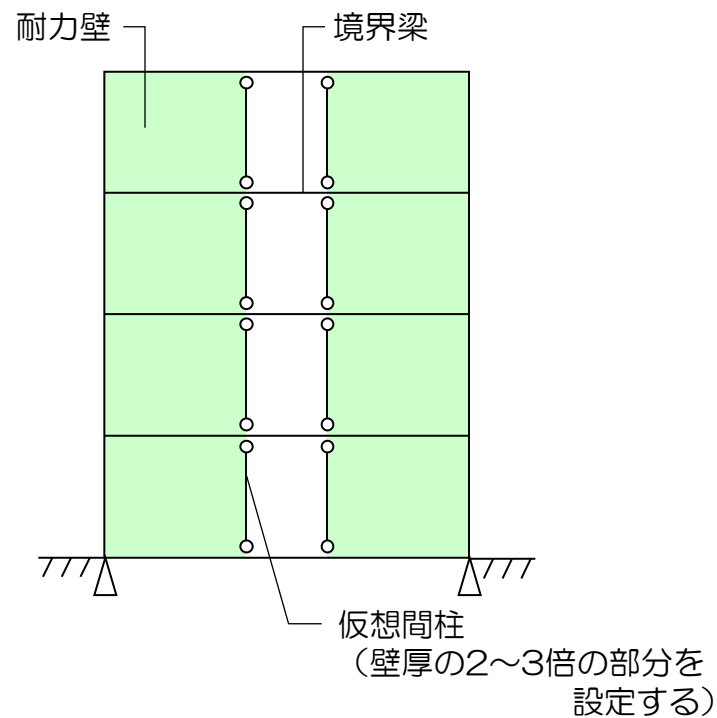


図2-5-10 縦スリット状開口を有する耐力壁のモデル化

## ◆ 解析方法

## ① 平面フレーム解析

架構（平面フレーム）相互の位置関係や、直交架構との連成を考慮しない解析で、現在の法体系がイメージしている解析方法である。**偏心補正による応力補正が必要**となる。

## ② 擬似立体解析

直交する平面フレームが共有する柱について軸変形を整合させる解析手法で、直交架構への軸力の伝達などが考慮できる解析方法である。通常はねじれの自由度は考慮されないのので、地震時応力などの検討において平面フレーム解析と同様に**偏心による応力補正が必要**となる。

## ③ 立体解析

立体解析では偏心に伴う床面の回転を拘束する**並進形の解析**と、床面の回転を拘束しない**ねじれを考慮した解析**方法がある。ねじれを考慮した解析を行うことにより偏心に伴う応力の補正計算が不要となる。この解析により求めた剛心は法で規定している剛心と異なる。従って、剛心を決定するための並進形の解析を別途行うか、偏心に伴い各点の水平変形が異なることを考慮して各部材の等価剛性を算出し、剛心を計算する必要がある。

## ◆ 基礎の扱い

建物の応力解析では建物基礎の取扱い方により、図2-5-11に示す以下の3種類の方法がある。

## ① 柱脚固定

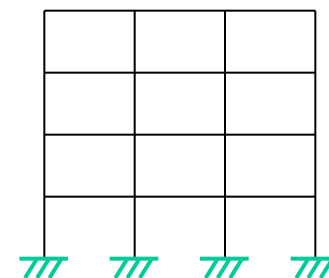
基礎梁の中心で柱が固定されているものとして扱うモデルで、基礎梁の剛性（剛比）が柱の剛性（剛比）の3倍以上ある建物などで採用される。このモデルでは基礎梁の応力は別途計算する必要がある。

## ② 基礎ピン支持

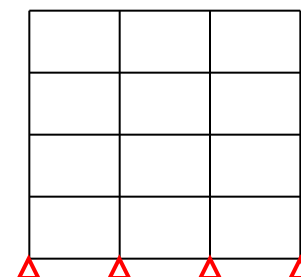
柱芯と基礎梁芯の交点で建物が杭もしくは地盤にピン支持されていると仮定するモデルで、最も一般的に用いられている。

## ③ 基礎バネ支持

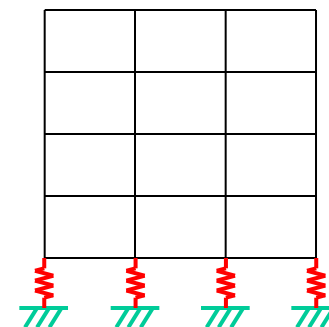
杭や地盤の剛性が大きくない建物などで、基礎の変形を建物の応力解析に考慮する必要がある場合に用いるモデルで柱の直下に杭または地盤の鉛直剛性を与えるバネを配置する。



(a) 柱脚固定



(b) 基礎ピン支持



(c) 基礎バネ支持

図2-5-11 基礎のモデル化

## ◆ 部材変形

- 応力解析においては柱・梁・壁およびパネル（柱・梁接合部）の変形を考慮するが、変形が十分小さいと判断できるものについては、無視することがある。
- 柱については、常時応力の算定において軸変形の影響は一般的には無視することが多いが、地震時応力の算定において影響が大きいので軸変形も必ず考慮する必要がある。
- 大梁については、床スラブが取付いていることなどから、床が剛であるとみなし通常は軸変形は考慮しない。

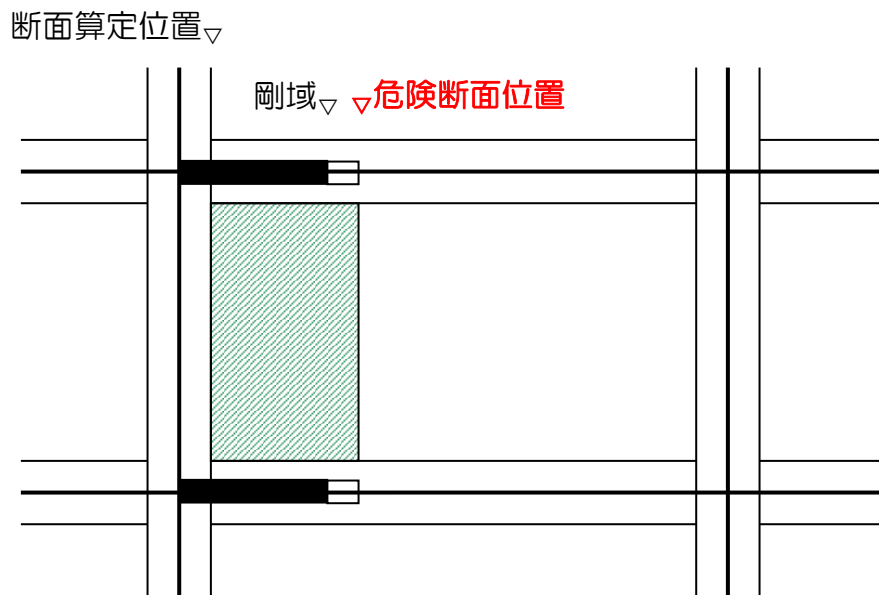
表2-5-1 考慮する部材変形

	柱	大梁	壁	パネル
軸変形	○～×	×	○～×	△～×
せん断変形	○～△	○～△	○	○～×
曲げ変形	○	○	○	×

○：通常は考慮する  
△：考慮しないこともある  
×：通常は考慮しない

## ◆ 部材のモデル化

- ・ 柱・梁などの部材は、断面の図芯位置における線材として置換する。
- ・ 雑壁などが取付く部材は剛域、危険断面位置、断面算定位置などを適切に設定する。



剛域 : 断面が大きく変形が生じないものとみなせる範囲  
断面算定位置 : 1次設計における断面検定を行う位置  
危険断面位置 : 2次設計などにおける部材の降伏位置

図2-5-12 剛域等の設定

## ◆ 耐震壁のモデル化

### ① 線材置換

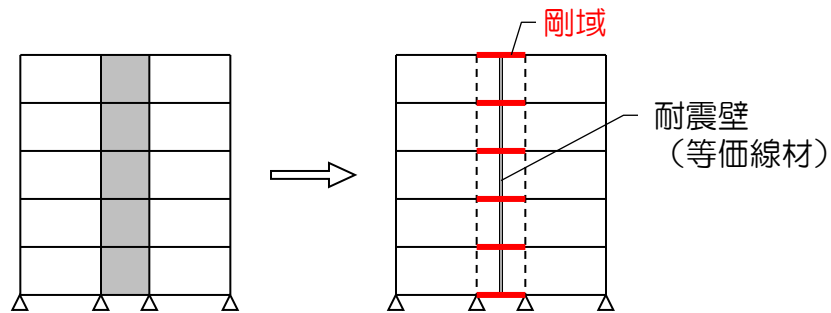


図2-5-13 耐震壁の線材置換

### ③ 壁エレメント置換

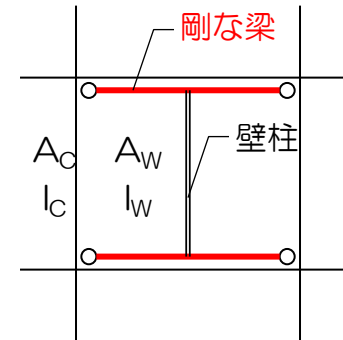
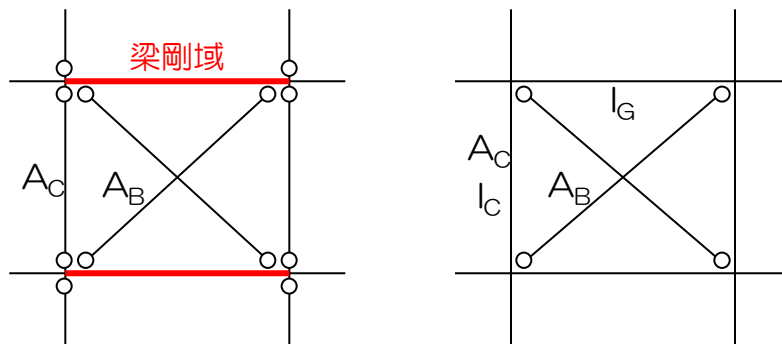


図2-5-15 壁エレメント置換モデル

### ② ブレース置換



(a) モデル1

(b) モデル2

図2-5-14 ブレース置換モデル

## ◆ 雑壁のモデル化（第6章 鉄筋コンクリート造）

過去の大地震時におけるRC造建物の被害状況と安全性確保の状況を踏まえ、表6-2-5などを参考に設計ルートごとに壁の扱いを明確にし、設計を行う必要性がある。

表6-2-5 耐震ルートと非構造壁の扱いについての一案

耐震ルート	ルート1	ルート2-1, ルート2-2	ルート3
大地震の教訓	雑壁の存在を無視してきた過去の設計法で安全であった	偏心や剛性率に配慮すれば過去の設計法で安全であった	雑壁の影響で大きな被害が生じた
雑壁の取扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 雑壁による余力を確保する設計を行う</li> <li>・ 原則、応力解析には雑壁は無視する</li> <li>・ 極短柱やシアスパンの小さい大梁は、早期にせん断破壊しない配慮を行う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 雑壁の配慮バランスに留意する</li> <li>・ 雑壁の架構剛性への影響を略算的に考慮して剛性バランスに配慮した設計を行う</li> <li>・ 雑壁による余力を確保する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 雑壁の構造体への影響を実状に応じて考慮する</li> <li>・ 雑壁の影響で構造体が脆性破壊しないことを確認する</li> </ul>



## ◆ 断面算定

令第82条により組合せ、応力度が許容応力度以内であることを確認する。

表2-5-3 応力の組合せ

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	一般の場合	第86条第2項ただし書の規定により特定行政庁が指定する多雪区域における場合	備 考
長期に生ずる力	常 時	G+P	G+P	
	積雪時		G+P+0.7S	
短期に生ずる力	積雪時	G+P+S	G+P+S	建築物の転倒、柱の引抜き等を検討する場合には、Pについては、建築物の実況に応じて積載荷重を減らした数値によるものとする。
	暴風時	G+P+W	G+P+W	
			G+P+0.35S+W	
	地震時	G+P+K	G+P+0.35S+K	

この表において、G、P、S、W及びKは、それぞれ次の力（軸方向力、曲げモーメント、せん断力等をいう。）を表すものとする。

G：第84条に規定する固定荷重によって生ずる力

P：第85条に規定する積載荷重によって生ずる力

S：第86条に規定する積雪荷重によって生ずる力

W：第87条に規定する風圧力によって生ずる力

K：第88条に規定する地震力によって生ずる力

## ◆ 保有水平耐力の計算方法

旧来は節点振り分け法、層モーメント分割法、仮想仕事法、極限解析法等によって計算されていたが、コンピュータ能力の向上とともに荷重増分解析が主流となっており、現行法も荷重増分解析による保有水平耐力計算を行うことを前提とした記述が行われている。

## ◆ 保有水平耐力計算の原則

- ② 構造部材の終局耐力は、「建築物の構造関係技術基準解説書」に規定された諸式により算定する。
- ③ 塔状比が4.0を超える建物を除き、基礎は原則としてピン支持（浮上りを考慮しない）とし、上部構造の破壊モードと耐力を検討する。
- ④ **Ai分布に基づく外力分布**による荷重増分解析により、図2-6-3に示す全体崩壊、部分崩壊、局部崩壊のいずれかの**崩壊メカニズム**を確認する。
- ⑤ 未崩壊層についても構造特性係数（Ds）を決定する必要があるため、原則として**すべての層が崩壊するまで解析を行う**。

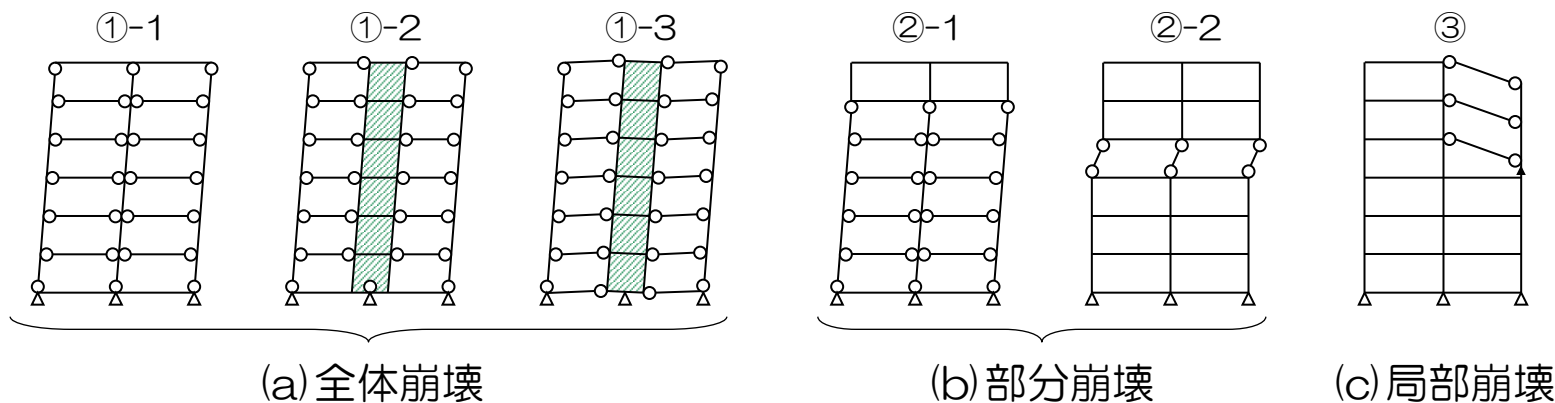
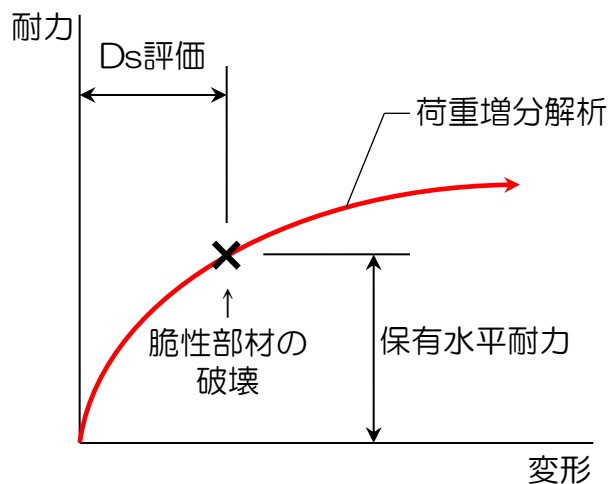


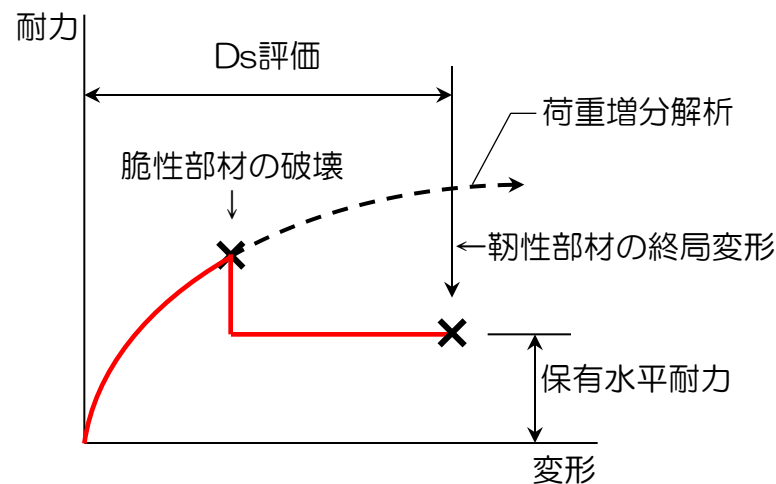
図2-6-3 崩壊メカニズム (2007年版 技術基準解説書)

## ◆ 保有水平耐力計算の原則

- ⑥ 全体崩壊形が確認された建物については、**必要保有水平耐力分布**による外力分布を用いて**保有水平耐力**計算を行うことができる。
- ⑦ **脆性的に破壊する部材を有する建物**は、その部材が破壊するときの層の耐力を保有耐力とし、脆性的な破壊を考慮した構造特性係数を設定する。ただし、**局部崩壊等の被害が生じる恐れが無い場合**には、靱性部材による層の耐力を保有耐力とし、構造特性係数 ( $D_s$ ) は脆性部材の存在を無視して設定することができる。
- ⑧ **鉄骨造**では接合部が保有耐力接合であること、所定の横補剛がなされていること、幅厚比がCランク以上であることの3条件が保有水平耐力計算の前提となる。
- ⑨ **アスペクト比が4を超える建築物**は、 $C_o \geq 0.3$ とした地震力作用時または上部構造の保有水平耐力時に、転倒しないことを確かめる。



(a) 脆性部材を考慮



(b) 脆性部材を無視

図2-6-4 架構の復元力特性

## ◆ 保有水平耐力計算の留意事項

⑥ 荷重増分解析に用いる部材の復元力特性は、**Tri-linear型**の特性を用いるなどして、実挙動に近い復元力特性モデルを用いることが望ましいが、**bi-linear型**の復元力特性を用いる場合には、剛性の大きな壁などでは保有水平耐力算定時の割線剛性に対応する剛性低下率を用いる必要がある。

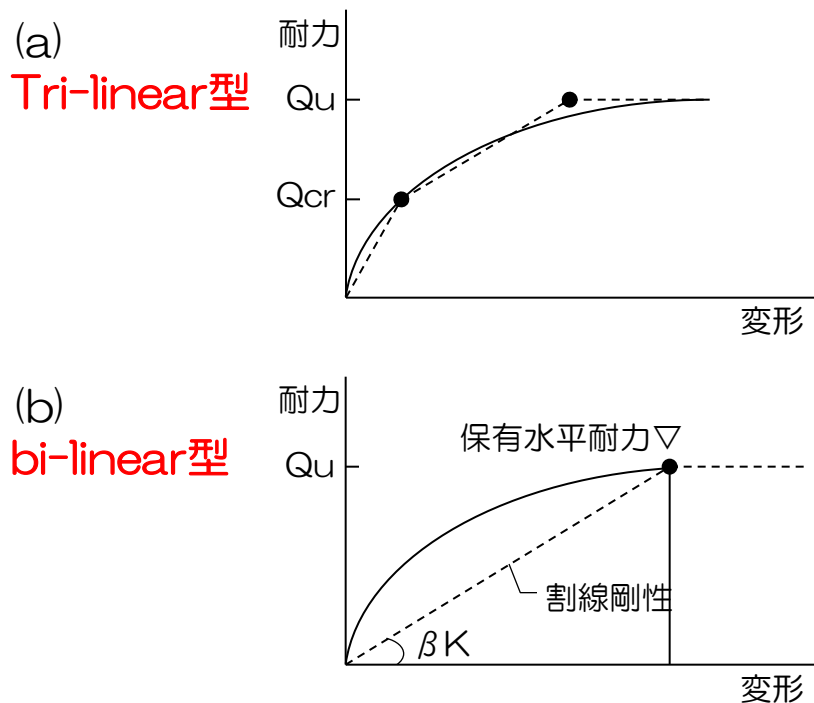


図2-6-5 架構の復元力特性

⑦ 保有水平耐力を求めるための荷重増分解析における**層間変形角**と、大地震時に想定される変形角には関連性がない。層間変形角1/100で保有水平耐力を決定した場合、構造特性係数が0.3の建物であれば降伏変形の6倍程度の変形が生じることになる。

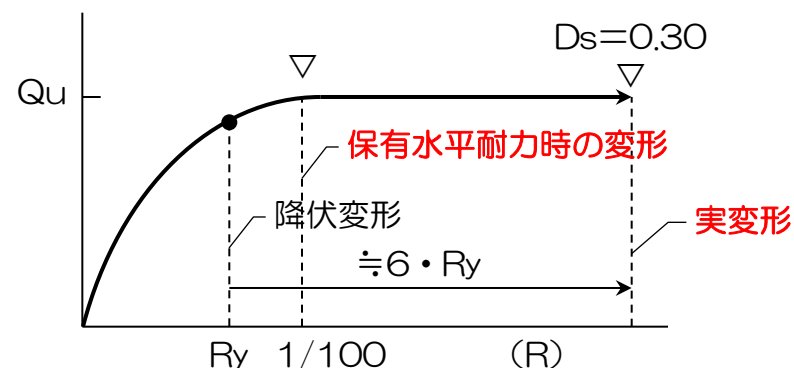


図2-6-6 保有水平耐力計算における変形と実変形

◆ 必要保有水平耐力 ( $Q_{un}$ )

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$$

$D_s$  : 各階の構造特性係数

$F_{es}$  : 各階の形状係数

$Q_{ud}$  : 弾性応答を想定したときの地震力によって各階に生じる水平力

$$Q_{ud} = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_o \cdot \sum W_i$$

$Z$  : 地域係数

$R_t$  : 振動特性係数

$A_i$  : 地震層せん断力係数の分布係数

$C_o$  : 標準せん断力係数 ( $\geq 1.0$ )

$D_s$ は架構の設計目標性能として設定すべきものであるが、実態としては崩壊メカニズム算定結果において塑性化している部材の変形能のランクから算定するため、 $D_s$ 算定用の外力分布は $A_i$ 分布とし、基礎はピン支持、大変形まで押し切るなど、前述した解析上の用件が告示に示されている。なお、実験または解析による場合の $D_s$ の評価法については種々の提案があるが、下記の式はその一例である。

$$D_s = \frac{D_h}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad \dots \quad 2-6-8\text{式}$$

$$D_h = \frac{1.5}{1 + 10h}$$

$\mu$  : 構造骨組の各階の塑性率

$h$  : 減衰定数

### ◆ 保証設計

保証設計とは、建物の靱性を確保するために変動が予想される地震外力などに対して、設計者が想定した**良好な降伏メカニズムが確実に形成されることを保証するための設計**のことである。

### ◆ RC造における付着破壊等の防止の方法

鉄筋コンクリート造建物の耐震性能を確保するためには、せん断破壊や付着破壊などの脆性破壊を防止する必要がある。これらの脆性破壊を防止するには以下の2つの方法があり、**②については保証設計が必要となる**。

- ① 建物の耐力を増大させることにより、想定される大地震時の応力に対して部材が脆性破壊しないようにする。
- ② 建物がメカニズムに達する時の応力に対して、部材が脆性破壊しないようにする。**

### ◆ 1次設計における付着破壊等の防止設計

1次設計においては設計用せん断力を $n$ 倍に割増して、RC規準の許容応力度式により許容せん断耐力および付着応力度の検討を行う。

### ◆ 2次設計における付着破壊等の防止設計

ルート1、ルート2の建物は、強度型の建物であり、十分な壁量と柱量を有していることが確認されていること、および1次設計時の応力に対して付着強度の余力確保の設計がなされているので、特別な検討は不要と考えられる。  
ルート3の建物では建物の性状に応じた検討が必要となる。

表2-6-2 耐震設計ルートにおける付着破壊等に対する検討

耐震設計ルート			ルート1	ルート2	ルート3					
付着破壊等の検討										
構造特性係数 (Ds)			(1.0) * 1	(0.75) * 1	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
想定される破壊モード			せん断 (急激な耐力低下が生じる恐れがあるモード)					曲げ		
付着破壊等の防止の方法			①建物の保有水平耐力を増し、 作用応力に対して付着破壊を防止する					②メカニズム時の応力に対して 付着破壊等を防止する		
1次設計	設計用せん断力の割増し (n)		1.5	2.0	1.5					
	せん断設計		RC規準による許容せん断耐力式							
	付着の検討	通し筋	周長もしくは付着長さの検討を行う (RC規準1991年版による*2)							
		カットオフ筋	周長もしくは余長の検討を行う (RC規準1991年版による*2)							
2次設計	せん断破壊	通し筋	1次設計により せん断破壊の 防止を図る*3		せん断破壊 モードを許容*4		せん断破壊モードを 許容せず*4			
		カットオフ筋								
	付着破壊	通し筋	1次設計により 付着破壊の防止 を図る*3		付着破壊 モードを許容*5		付着破壊モードを 許容せず*5			
		カットオフ筋								付着破壊 モードを許容*6



RC造においてFD部材の存在を許容しない建物ではメカニズム時の応力に対して、表2-6-3に示すせん断余裕度が求められる。

### 1) せん断余裕度

表2-6-2 保有水平耐力計算における保証設計

部 位	保証設計式	両端ヒンジ部材	その他
梁	$Q_g \geq Q_c + nQ_M$	$n \geq 1.1$	$n \geq 1.2$
柱	$Q_c \geq nQ_M$	$n \geq 1.1$	$n \geq 1.25$
耐力壁	$Q_w \geq nQ_M$	—	$n \geq 1.25$

### 2) 柱梁接合部

柱接合部についても架構に急激な耐力低下が生じないことが求められている。

### 3) 柱の曲げ耐力の余裕度

今回の改定では特に定められていないが、**全体崩壊形を確実なものとするためには、柱の曲げ耐力にも余裕を持たせる必要がある。**メカニズム時の柱の曲げ応力に対して、柱の終局耐力に1.1倍以上の余裕をみるのが望ましい。



## ◆ 目標性能（1）

建物の耐震設計にあたっては、建築主のニーズ、建物の用途、建設地の状況などを踏まえて**適切に目標耐震性能を定めて**合理的な耐震設計を行う必要がある。  
法では最低基準が定められているので、建物に求められる性能に応じて法の設計用地震力を割増すなどして適切に設計する必要がある。

表2-8-1 官庁施設の必要保有水平耐力の割増し係数<sup>1), 9)</sup>

区分	建物種別	震後に求める性能	割増し係数
I 種	防災拠点など、極めて重要な施設	安全性の確保と機能確保	1.5
II 種	重要施設	安全性の確保と損傷の軽減	1.25
III 種	一般	安全性の確保	1.0

表2-8-2 耐震等級

区 分	耐震性能
耐震等級 1	建築基準法と同程度の建物
耐震等級 2	等級 1 で想定する地震の <b>1.25倍</b> に耐えられる
耐震等級 3	等級 1 で想定する地震の <b>1.5倍</b> に耐えられる

## ◆ 目標性能 (2)

表2-8-3 密集市街地に建つ建物の1次設計用地震力および  
必要保有水平耐力の割増し係数

構造種別	建物高さ			
	30m	40m	50m	60m
S造	1.15	1.30	1.45	1.60
RC造、SRC造	1.05	1.05	1.1	1.1

表2-8-4 大地震時における建物変形を抑制するための  
必要保有水平耐力の割増し係数

構造種別	構造特性係数 (Ds)	大地震時における層間変形角の制限			
		1/100	1/75	1/50	1/30
S造	0.25	2.8	2.3	1.8	1.3
	0.35	2.0	1.6	1.3	1.0
RC造	0.30	1.9	1.6	1.3	1.05
	0.40	1.4	1.2	1.0	1.0

## ◆ 概要

平成15年 十勝沖地震における空港ターミナル、平成23年 東日本大震災における東京の大ホール天井の落下などを受けて、平成25年に国土交通省告示第771号「特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造を定める件」が示された。

## ◆ 天井の種類と構成要素

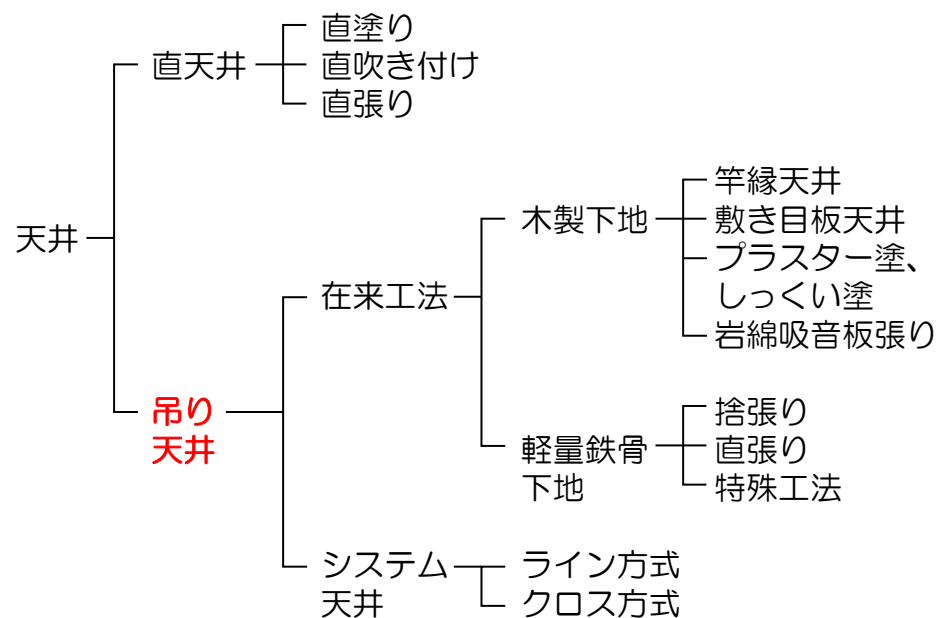
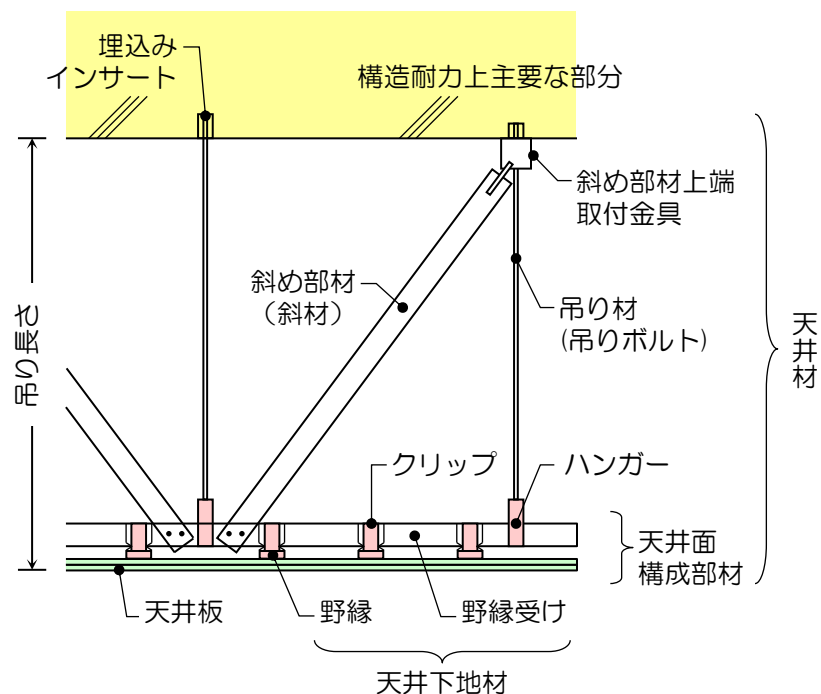
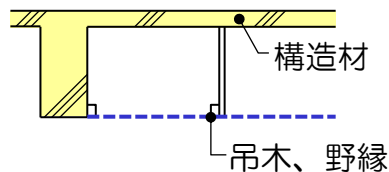
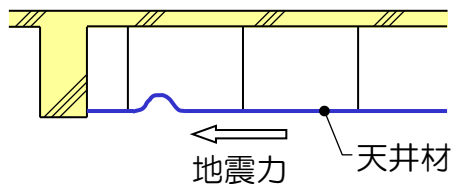
図2-8-7 天井の分類<sup>5)</sup>

図2-8-10 吊り天井の構成（隙間・斜め部材有りの場合）

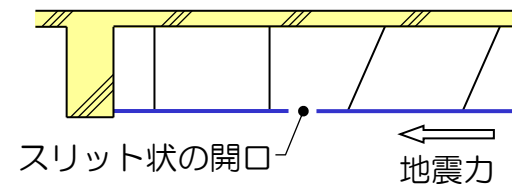
## ◆ 天井の地震被害



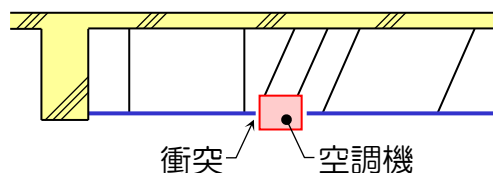
(a) 木軸天井の老朽化



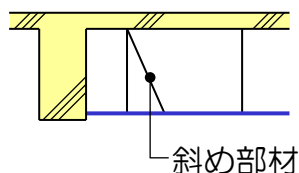
(b) 大スパン天井材の座屈



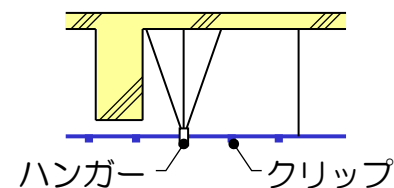
(c) スリット状開口部での脱落



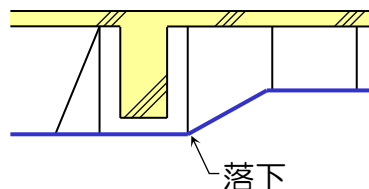
(d) 設備機器との衝突による落下



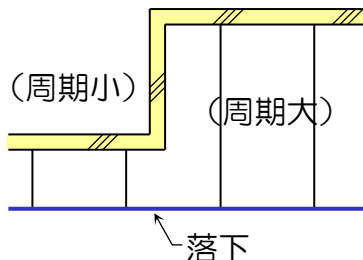
(e) 斜め部材が少ないことによる損傷



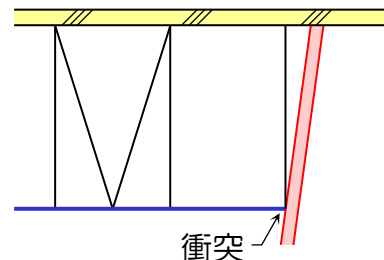
(f) 応力集中によるハンガークリップの破損



(g) 折曲り部での落下



(h) 振動周期差による衝突



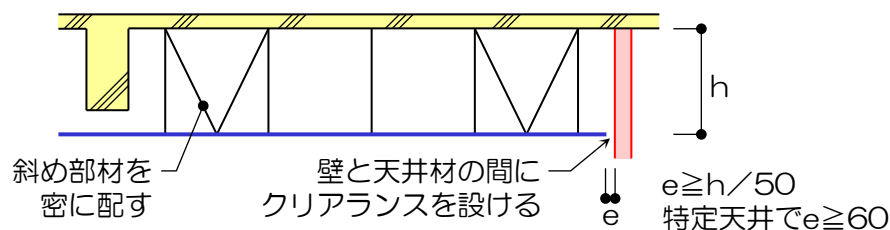
(i) 壁との衝突

図2-8-11 天井の地震被害のパターン

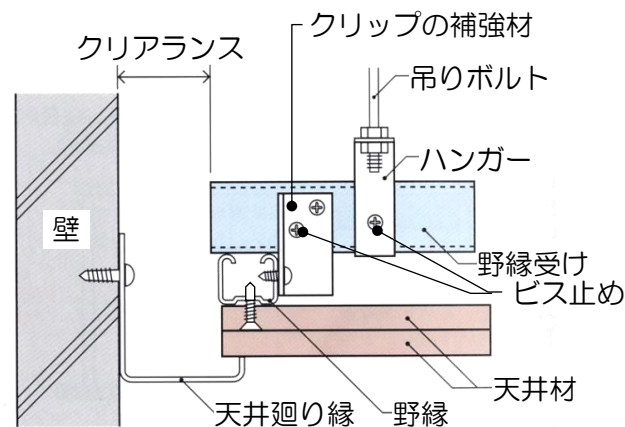
## ◆ 天井の落下防止対策



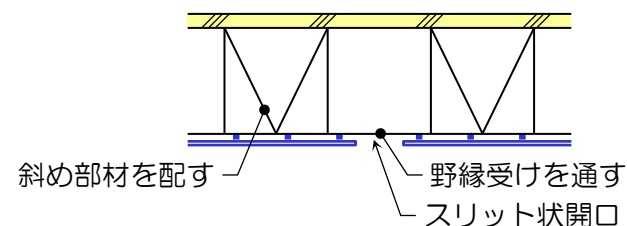
図2-8-12 小規模天井の地震対策の概念図



### 図2-8-13 吊り長さの大きい天井の地震対策の概念図



### 図2-8-14 ハンガーとクリップの補強



### 図2-8-15 スリット状開口部の補強

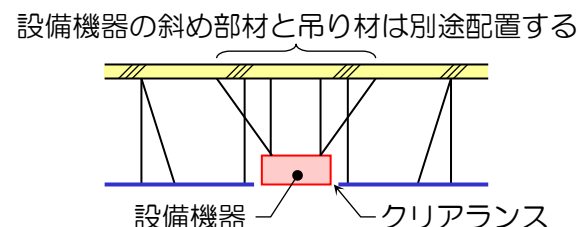


図2-8-16 設備機器との取合い

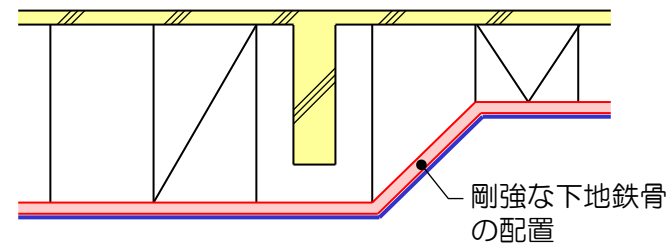


図2-8-17 天井折曲り部の処理

## ◆ 特定天井

平成25年国土交通省告示第771号で規定されている特定天井は、図2-8-19に示す以下の**すべてに該当**するものとされている。

- ① 吊り天井である。
- ② 居室、廊下、その他の**人が日常立ち入る**場所に設けられているもの。
- ③ **高さが6mを超える天井**の部分で、その水平投影面積が**200m<sup>2</sup>を超えるもの**を含むもの。
- ④ 天井面構成部材等の**単位面積質量**（天井面の面積の1m<sup>2</sup>当りの質量）**が2kgを超えるもの**。

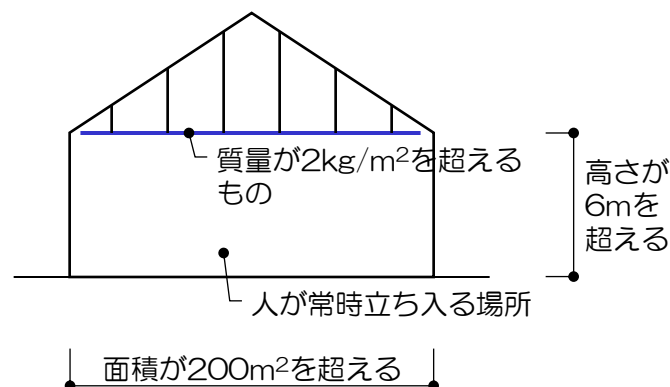


図2-8-19 特定天井

## ◆ 耐震設計ルートの種類

- ① **仕様ルート**
  - ①-1：隙間・斜め部材有り
  - ①-2：隙間・斜め部材無し（平成28年追加基準）
- ② **計算ルート**
  - ②-1：水平震度法
  - ②-2：簡易スペクトル法
  - ②-3：応答スペクトル法
- ③ **大臣認定ルート**

## ◆ 仕様ルート（隙間斜め材有り）

### ① 適用の条件

- 単位面積質量を20kg/m<sup>2</sup>以下とする。
- 吊り長さを3m以下とし、概ね均一とすること。

### ② 設計用震度

表2-8-5 天井の設計用水平震度 (K)

	1階建て	2階建て	3階建て	4階建て	5階建て
5階天井					2.20
4階天井				2.02	2.20
3階天井			1.84	2.02	1.30
2階天井		1.65	1.09	1.20	1.30
1階天井	1.47	0.98	1.09	1.20	0.50

### ③ 吊り材の配置

吊り材は図2-8-20に示すように天井を鉛直方向に支持し、平均的に**1本/m<sup>2</sup>以上**を釣合い良く配置する。

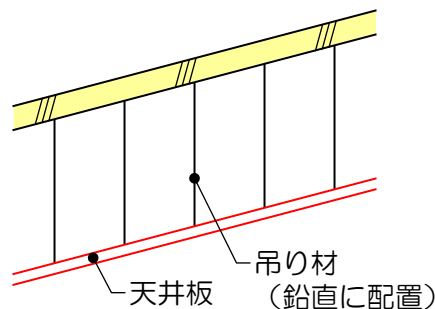


図2-8-20 吊り材の配置

### ④ 斜め部材の配置

斜め部材は、2本の斜め部材の下端をV字状に配置したものを一組とし、2-8-7式により算出した組数以上を両方向に釣合い良く配置する。

$$n = \frac{KW}{3\alpha\beta} \cdot r \cdot L_b^3$$

..... 2-8-7式

### ⑤ 壁等とのクリアランス

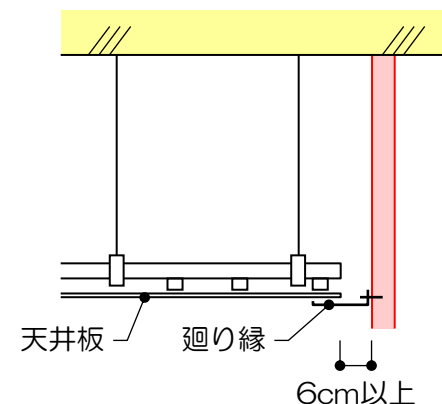


図2-8-21 壁等とのクリアランス

## ◆ 車路の崩落

平成23年3月の東日本大震災において、震源から遠く離れた東京郊外に建つ店舗の車路が崩落した。

この建物はS造の純ラーメン構造（車路はブレース構造）で、図2-8-27に示すように車路が突出して配置されており、**車路部分と店舗部分の床スラブは切り離されていたものの**、スロープを支える鉄骨梁がウェブのみで店舗部分の鉄骨に接合されていた。

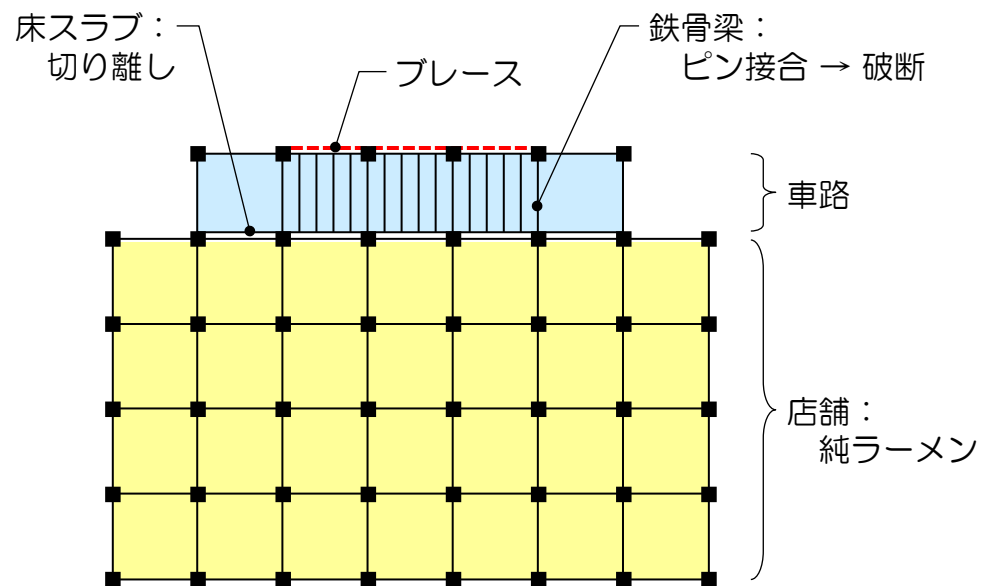


図2-8-27 車路の崩壊

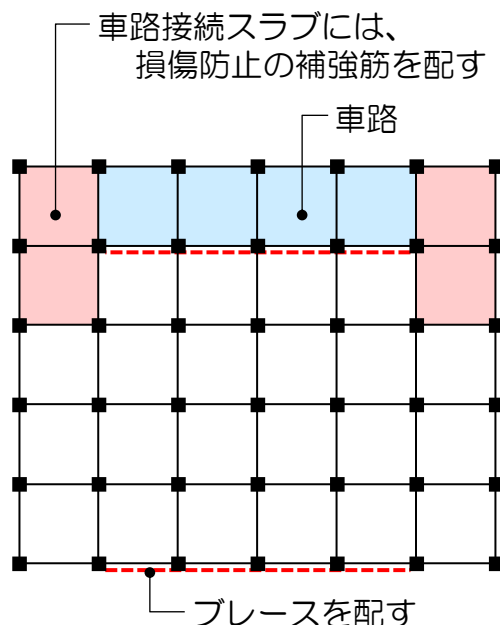
## ◆ 車路の設計上の留意点

- ① 車路は地震時にブレース効果を発揮する。
- ② 車路は対称配置とし、偏心が生じないように留意する。
- ③ 車路のために短柱化する柱は、地震時の応力集中に留意する。
- ④ スキップフロアーとなる建物では、構造計算上の階の設定を適切に行い、偏心率や剛性率などを計算する。



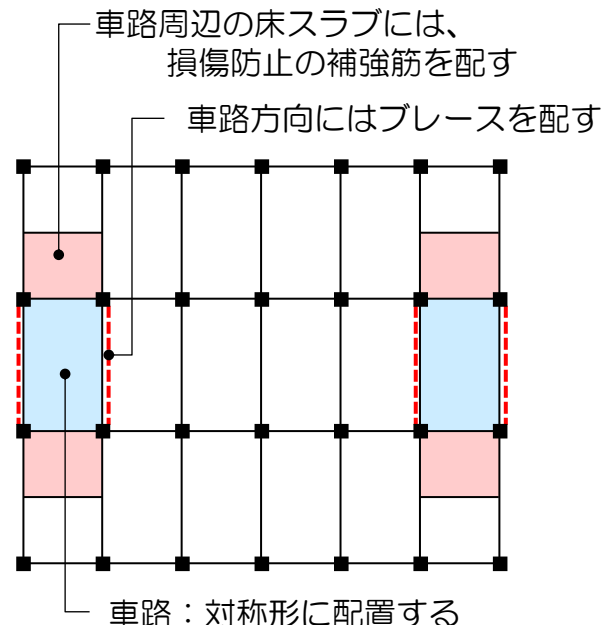
## ◆ 車路の配置計画

車路を外部配置するタイプでは、エキスパンションジョイントを配して車路を独立させるのが構造計画上は明快である。このタイプで車路を建物本体と一体とする計画では、本体部分にブレースを配置するなどして剛性を高め、スロープと本体が接続するスラブ部分の配筋を増して、車路のブレース効果に伴う応力が発生しても損傷しないように留意する。



(a) 車路の外部配置

車路を建物内部に配置するタイプでは、車路を対称形に配して建物が偏心しないように留意するとともに、車路のブレース効果に伴い発生する応力を軽減するため、車路方向にブレースを配して架構の剛性を高めることが望ましい。



(b) 車路の内部配置

図2-8-28 車路の配置計画

## ◆ エスカレーターの脱落

平成23年3月に発生した東日本大震災では、エスカレーターが地震時に発生する層間変位に追従できなく、脱落する被災が複数発生した。平成25年国土交通省告示第1046号（地震その他の震動によってエスカレーターが脱落するおそれがない構造を定める件）が示された。

## ◆ 脱落の方法

告示に定められているエスカレーターの脱落防止の方法は、図2-8-29に示すようにエレベーターのかかり代長さの程度、支持状態、および隙間の程度、について2～3水準が定められており、これらを組合わせて設計できる体系となっている。

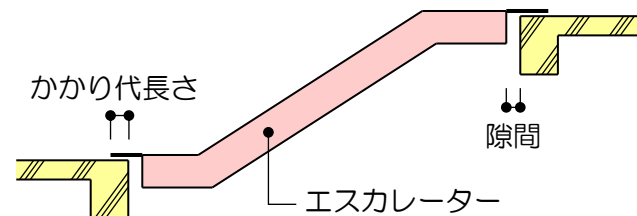
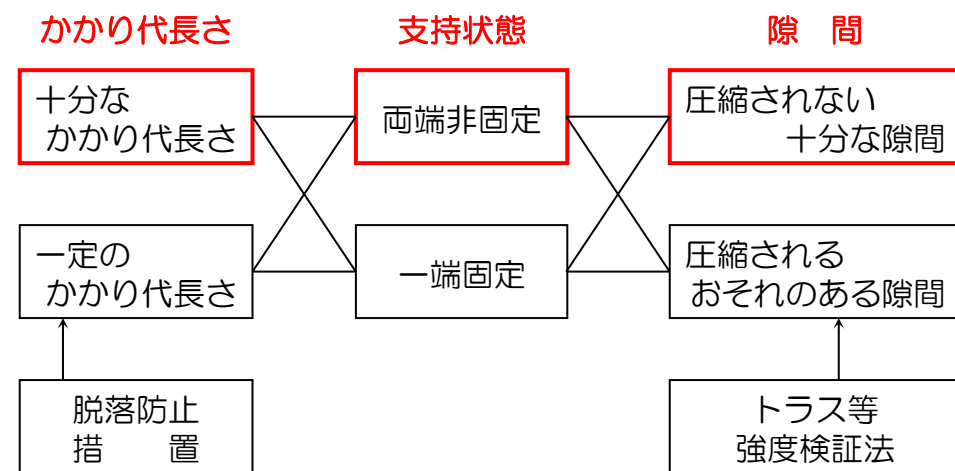


図2-8-29 エスカレーターの脱落防止の方法

## ◆ かかり代長さと隙間

両端非固定のエスカレーターにおける図2-8-30に示すかかり代長さ（B）は2-8-14式に、エスカレーターと躯体との隙間（CおよびD）は2-8-15式による。

$$B \geq \gamma \cdot H + D + 20$$

・・・・・・・・ 2-8-14式

$$C + D \geq \gamma \cdot H$$

・・・・・・・・ 2-8-15式

- B : かかり代長さ (mm)
- C : 計算しようとする1端の隙間 (mm)
- D : 他端の隙間 (mm)
- H : エスカレーターの上端と下端の間の揚程で、通常は階高 (mm)
- $\gamma$  : 前述した設計用層間変形角

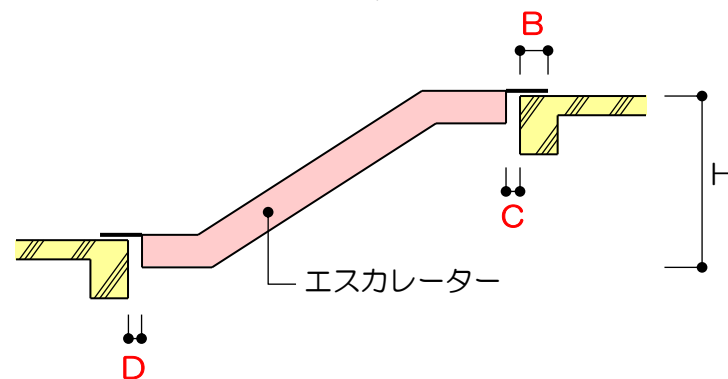


表2-8-8 設計用層間変形角（ $\gamma$ ）

No.	エスカレーターを設置する建物の構造	設計用層間変形角（ $\gamma$ ）
1	ルート1の鉄筋コンクリート造および鉄骨鉄筋コンクリート造の建物	1/100
2	ルート1の鉄骨造の建物で、地震力の大部分を筋交いで負担するもの	
3	地震歴応答解析、限界耐力計算によって大規模地震時の層間変形角を求めた建物	大規模地震時の層間変形角 （ただし1/100以上）
4	ルート2、ルート3の建物	中規模地震時の層間変形角の5倍 （ただし1/100以上）
5	構造計算により層間変形角を求めない建物で、No.1、No.2以外の建物	1/24

## ◆ 構造計算の変遷

構造計算には1970年代頃からコンピューターが利用され始め、これに伴い構造計算は時代とともに高度化し、膨大なデータを扱う複雑な計算となっている。

時代のニーズに応じて建物は複雑化し、構造計算の技術もこれに応じて高度化している。法が想定していないような建物を、**法が規定していない高度な計算技術を駆使して設計する時代にあって、設計者は法の合理的な運用について考える必要がある。**

表2-8-9 構造計算の方法の変遷

年 代	1970年	1980年	1990年	2000年以降
事象等	・せん断設計の強化 (1971年)	・新耐震設計法 (1981年)	・阪神大震災 (1995)	・構造計算の厳格化 (2007)
応力計算法	固定モーメント法 D値法	平面フレーム解析	立体フレーム解析	
保有水平耐力 計算方法		節点振分け法 仮想仕事法	荷重増分解析 (bi-linear)	荷重増分解析 (Tri-linear)
保有水平耐力 計算の主な 変更点	—	—	・応力計算の厳格化 ・設計ルートの見直し ・Fsの上限値の変更	・構造計算の厳格化 ・変形の適合性 ・保証設計

## ◆ 現行の保有水平耐力計算法の問題点

構造計算方法の変遷の結果として、現行の保有水平耐力計算方法には以下の問題点が残されているので、構造設計にあたってはこれらの問題点が設計しようとする建物の安全性に悪影響しないように留意する必要がある。

### ① 階の概念

現行法では階ごとに計算することが求められている。吹抜け空間を有する大ホール、大空間のアリーナなど特殊な架構を有する建物については、実態に則した応力解析は可能であるものの、階ごとの諸性能を計算することが困難な場合がある。このため、性状の把握を優先し、階の定義は別途合理的に運用することが望ましい。

### ② 想定する外力分布と要求する必要保有水平耐力のミスマッチ

中地震時、大地震時には建物には $A_i$ に基づく分布による外力が作用すると考えられており、1次設計時の設計用せん断力は $A_i$ 分布となっている。しかしながら、現行法の必要保有水平耐力( $Q_{un}$ )は、 $A_i \cdot F_{es} \cdot D_s$ 分布となっており、 $A_i$ 分布と大きく異なる耐力分布が求められることがある。

### ③ 構造特性係数 ( $D_s$ ) は建物で1つの値であるべき

現行の法体系では、構造特性係数 ( $D_s$ ) は方向別に各階ごとに設定できる。しかしながら、現行法が用いている耐震性能の評価方法は1質点の振動モデルの特性から導かれたものであるから、構造特性係数 ( $D_s$ ) は建物で方向別に1つの値であるべきである。

### ④ 偏心のある建物の計算

偏心のある建物に対して立体解析により保有水平耐力計算を行うと、ねじれ変形の影響により保有水平耐力が抑制される。一方、必要保有水平耐力は形状係数 ( $F_e$ ) により割増しされるため、このような計算を行うと偏心のペナルティがダブルで課せられることとなる。

～ ご清聴ありがとうございました ～

