

2.6 日本住宅性能表示基準

- 住宅性能表示制度とは：品確法（住宅の品質確保の促進等に関する法律）の一部を構成、住宅様々な性能をわかりやすく表示するための制度
- 住宅性能表示の対象：構造耐力、省エネルギー性、採光や遮音対策、高齢者への配慮、防犯対策等多岐にわたる

2.6.1 構造の安全に関すること

耐震等級	構造躯体の倒壊等防止	等級 3	極めて稀に発生する地震の 1.5 倍の力でも倒壊しない
		等級 2	極めて稀に発生する地震の 1.25 倍の力でも倒壊しない
		等級 1	極めて稀に発生する地震の力でも倒壊しない
	構造躯体の損傷防止	等級 3	稀に発生する地震の 1.5 倍の力でも損傷を生じない
		等級 2	稀に発生する地震の 1.25 倍の力でも損傷を生じない
		等級 1	稀に発生する地震の力でも損傷を生じない
耐風等級	構造躯体の倒壊等防止	等級 2	極めて稀に発生する暴風（基準法の 1.6 倍）の 1.2 倍の力で倒壊せず、稀に生じる暴風の 1.2 倍の力でも損傷しない
		等級 1	極めて稀に発生する暴風（基準法の 1.6 倍）の力で倒壊せず、稀に生じる暴風でも損傷しない
耐積雪等級	構造躯体の倒壊等防止	等級 2	極めて稀に発生する積雪（基準法の 1.4 倍）の 1.2 倍の力に対し倒壊せず、稀に発生する積雪の 1.2 倍の力でも損傷しない
		等級 1	極めて稀に発生する積雪に対し倒壊せず、稀に発生する積雪でも損傷しない

2.7 構造設計

2.7.1 構造計算の種類

- 荷重種類：常時＝長期荷重（長期許容応力度で確認）、稀に＝短期荷重（短期許容応力度で確認）、極めて稀に＝終局耐力（安全率を加味しない材料強度で確認）
- 建物の状態：常時（長期荷重）・稀に（短期荷重）では一切の損傷不可（損傷限界）、極めて稀に（終局耐力）では一部損傷は可、ただし倒壊・崩壊は不可（安全限界）



2.7.2 構造計算ルート

- ・ ルート：建物の構造種、規模により必要とされる構造計算の手順（ルート）が異なる、大規模になるほどより綿密な安全性の確認が必要
- ・ 構造計算の種類：一次設計（許容応力度計算）、二次設計（層間変形/剛性率/偏心率/塔状比/保有水平耐力）、他（限界耐力計算）、また超高層建築物では時刻歴応答解析等の独自の安全性の確認が必要
- ・ 仕様設計と性能設計：仕様設計は材料、構造や構造計算等が仕様として細かく規定されている設計法、性能設計は必要な性能のみが規定され、その規定を守るための手段は自由であり、新規の技術や材料、構法等が参入しやすい。性能設計の方が新しく（2000 年台以降、代表的なものは限界耐力計算や超高層建築物の構造計算）、新興の構造計算法といえる

表 建物種別

建物種別	建物規模
超高層建築物	60m を超える
大規模建築物	60m 以下で以下の条件 木造：高さ 13m 超・軒高 9m 超 S造：4 階建以上、高さ 13m 超・軒高 9m 超 RC・SRC造：高さ 20m 超
中規模建築物	上記以外で 木造：3 階建以上・延べ面積 500 平米超 木造以外：2 階建以上・延べ面積 200 平米超
小規模建築物	上記以外のもの

表 構造計算種別

建物種別	常時・稀に生じる荷重	極めて稀に生じる荷重
超高層建築物	地震動で時刻歴応答解析	積雪では 1.4 倍、風では 1.6 倍、地震では 5 倍で検討
大規模建築物	許容応力度設計	二次設計 ⇒ルート 2：層間変形角→剛性率・偏心率 ⇒ルート 3：層間変形角→保有水平耐力
	限界耐力計算 ⇒地震以外：許容応力度設計 ⇒地震：損傷限界	限界耐力計算 ⇒地震以外：1.4 倍積雪荷重、1.6 倍風荷重に対し、材料強度で評価 ⇒地震：5 倍地震荷重を対象とした安全限界
中規模建築物	許容応力度設計	不要（ルート 1）
小規模建築物	構造計算不要	不要



2.7.2 1次設計（許容応力度設計）

- ・ 安全性の確認：部材に生じる応力度 \leq 部材の耐えられる応力度（許容応力度）、許容応力度の安全率再チェック
⇒ 荷重や外力が大きくなる場合：低層S造（標準せん断力係数0.3）、筋交いの水平力負担比が高い（地震時の応力を1.5倍）

2.7.3 2次設計

1) 層間変形

- ・ 層間変形角とは：水平荷重を受けた際の水平方向のズレ（傾き）、1/200以下（内装材等に損傷が生じる恐れがない場合は1/120）
⇒ 水平方向変位を計算するために用いる地震荷重算定時の標準せん断力係数は0.2以上

2) 剛性率

- ・ 剛性率とは：各フロアの剛性の剛性全体平均に対する割合、0.6以上
⇒ 剛性率が低いフロアには応力集中が起こり地震時の崩壊/倒壊のリスクが高まる
⇒ 垂壁や腰壁等の剛性の影響も加味して検討

3) 偏心率

- ・ 偏心率とは：剛心と重心のズレ、値が大きいと地震時に大きなねじれ振動が生じる、0.15以下（木造は0.3以下）
⇒ 算定時の留意事項：垂壁や腰壁、付随する階段やエスカレーター等の剛性の影響も加味して検討
⇒ 偏心率が大きいとねじれ振動が生じやすくなるので注意
⇒ 耐震要素は外周部分に設けたほうがねじれ振動防止には有効（建物の転倒防止には連層耐震壁は中心部に寄せたほうが良かったですね）

4) 塔状比

- ・ 塔状比：建物の幅と高さの比率、値が大きいほどノッポ（ペンシルビル）、上限は4
⇒ 値が大きいと転倒リスクが大、クリアできなかったらその他の検証方法で転倒に対する安全性を確認



4) 保有水平耐力

- 保有水平耐力計算：保有水平耐力 (Q_u) \geq 必要保有水平耐力 (Q_{un})、偏心率・剛性率の基準クリアが難しい場合に必要保有水平耐力を割り増して安全性を確認することが可能
- 保有水平耐力：建物が「保有」している耐力
 - ⇒ 建物の一部または全体が地震力によって崩壊メカニズムを形成する場合に、各階の柱/耐力壁/筋交いが負担できる水平耐力のこと
 - ⇒ 脆性な破壊が生じる際には脆性部材に破壊が生じた際の負担水平力となる、各部材の材料強度（JIS の規格品は基準強度を 1.1 倍可能）で評価
 - ⇒ 耐力壁に多くの水平力を負担させると靱性が低下し「必要」保有水平耐力が増、耐力壁の量を増やすだけでも重量化し「必要」保有水平耐力が増
- 必要保有水平耐力：大地震時に崩壊メカニズムを形成する際に必要な水平方向保有力、構造特性係数 (D_s) \times 形状係数 (F_{es}) \times 地震層せん断力 (Q_{ud} ：標準せん断力係数は 1.0 以上)
 - ⇒ 構造特性係数 (D_s)：靱性に富むほど・減衰が大きいほど小さい、S・SRCでは 0.25~0.50、RCでは 0.30~0.55、各フロアの値を求め最も高い値をその建物の D_s とする
 - ⇒ 構造特性係数の求め方：柱・梁、筋交い、耐力壁等の靱性（脆性破壊の有無）や減衰性をもとに各部材ごとの種別を決定（靱性が高い順に A・B・C、脆性破壊を生じる恐れがある場合は D）→ 各部材の耐力負担割合を考慮し、部材群としての種別を決定（同様に A が靱性が最も高い）→ 柱・梁の種別および筋交い・耐力壁の種別より構造特性係数を選択

	各部材ごとの特性		⇒	耐力負担割合加味	⇒	部材群としての特性	
	部材名	部材種別 大 ← 《靱性》 → 小				部材群種別 大 ← 《靱性》 → 小	
S 造	柱・梁	FA / FB / FC / FD	⇒		⇒	A / B / C / D	
	筋交い	BA / BB / BC				A / B / C	
RC 造	柱・梁	FA / FB / FC / FD	⇒		⇒	A / B / C / D	
	耐力壁	WA / WB / WC / WD				A / B / C / D	
SRC 造	柱・梁	FA / FB / FC / FD	⇒		⇒	A / B / C / D	
	耐力壁	WA / WC				A / B / C / D	

			柱・梁の種別				
			大 ← 《靱性》 → 小				
			A	B	C	D	
筋交い・耐力壁の部材群としての種別	大	S	0.25	0.3	0.35	0.40	
		A	RC	0.30~0.40	0.35~0.45	0.40~0.45	0.45~0.55
			SRC	0.25~0.35	0.30~0.40	0.35~0.40	0.40~0.50
	↑	B	S	0.25~0.35	0.30~0.35	0.35~0.40	0.40~0.50
			RC	0.35~0.45	0.35~0.45	0.40~0.50	0.45~0.55
			SRC	0.30~0.40	0.30~0.40	0.35~0.45	0.40~0.50
	↓	C	S	0.30~0.40	0.30~0.40	0.35~0.45	0.40~0.50
			RC	0.35~0.50	0.35~0.50	0.40~0.50	0.45~0.55
			SRC	0.30~0.45	0.30~0.45	0.35~0.45	0.40~0.50
	小	D	RC	0.40~0.55	0.40~0.55	0.45~0.55	0.45~0.55
			SRC	0.35~0.50	0.35~0.50	0.40~0.50	0.40~0.50



2.7.4 限界耐力計算

- ・ 限界耐力計算とは：2000年に施行された性能設計法導入以降に用いられるようになった新興の構造計算、稀に生じる・極めて稀に生じるの2つの荷重を規定し、稀に生じる荷重に関しては「損傷限界」、極めて稀に生じる荷重に関しては「安全限界」を検討する
- ・ 損傷限界と安全限界
 - ⇒ 損傷限界：建築物の耐用年内に少なくとも一度は発生する程度（中規模）の地震に対して、建築物の安全性、使用性および耐久性が低下せず、そのための補修を必要としない限界
 - ⇒ 安全限界：建築物の耐用年内に極めて稀に発生する程度（大規模）の地震に対して、鉛直荷重支持部材がその支持力を保ちつつ水平変形し、倒壊等に至らない限界
- ・ 限界耐力計算による安全性の確認
 - ⇒ 積雪/暴風：稀に生じる→許容応力度設計、極めて稀に生じる→短期の積雪荷重を1.4倍、風荷重を1.6倍として「材料強度」で検討
 - ⇒ 地震：加速度応答スペクトルにより地震力を規定（極めて稀な地震力は、稀な地震力の5倍）、稀に生じる地震に対しては短期許容応力度以下および層間変形1/200以下、極めて稀に生じる地震に対しては減衰の影響も加味しつつ材料強度より求められる保有水平耐力が地震力を上回っていればクリア

2.7.5 耐震性

1) 耐震診断

- ・ 耐震診断：1次から3次診断までであり次数が上がるほど検証が詳しくなる、建築物の有する耐震性を構造耐震指数 I_s と非構造部材耐震指数 I_N の2つで評価
 - ⇒ 1次：耐力壁に耐震性を頼る建物（低層）、2次：ラーメン（柱/壁の破壊が先行、中層）、3次：梁の破壊が先行/基礎等の浮き上がり（高層）
 - ⇒ 構造耐震指数 I_s ：保有性能基本指数（ E_0 ）×形状係数（ S_0 ）×経年指数（ T ）、梁間・桁行それぞれ算定、1次診断では0.8以上、2次/3次診断では0.6以上

2) 免震/制振

- ・ 免震：積層ゴムなどを基礎部分に設置し建物を長周期化することにより応答加速度を低下させる、ただし相対変位は大きくなるので留意（クリアランス）、極めて稀に生じる地震に対する安全性の検証時にも許容応力度設計の採用が可能
- ・ 制振：ダンパーを用いて運動エネルギーを吸収、コンピューター制御で振動を抑制などの特性を付与したものの塑性変形能力が高いほど振動時の減衰性が高い

3) 耐震性/他

- ・ 他分野で示した問題も含め、耐震性に係る問題をピックアップ
- ・ 複数の分野に跨がる等、分類上仕分けができなかったものリスト



3 材料

3.1 木材

3.1.1 分類

- ・ 針葉樹：強度は一般的に低い、真っ直ぐで長い材料を得やすい
- ・ 広葉樹：強度が高いものが多い（南洋材は除く）、長大材は得にくい

3.1.2 用語

- ・ 心材：樹心に近い部分、細胞が古い（水分少ない→強度高い）、含有物が多い（虫が寄り付かない）
- ・ 辺材：樹皮に近い部分、細胞が新しく含水率が高い（強度低い、虫・バクテリアに美味しく食べられる）

3.1.3 性質

(A) 含水状況

- ・ 含水率：木材に含まれる水分の割合、高いほど水分量が多い
⇒ 含水率と強度：水分量が多いほど強度低下（湿潤状態で 0.7 倍）、ただし繊維飽和点以上増えても強度への影響はなし、施工後すぐに荷重を受ける場合（普通受けるよね…）含水率は 20%以下とする

(B) 伸縮

- ・ 含まれる水分が抜けることにより収縮（収縮率：接線方向>半径方向>繊維方向）
- ・ クリープ：荷重が長期的にかかることにより徐々に変形が進む現象

(C) 比重

- ・ 樹種が異なるが含水率が同一ならば比重の高いものほど強度も高い、同一樹種では辺材よりも心材のほうが比重は高い



(D) 強度

- ・ 木材の強度
 - ⇒ 基準強度：樹種・区分・等級ごとに告示で定められている、応力ごとに値が異なる（曲げ＞圧縮＞引張＞（めり込み）＞せん断）
 - ⇒ 許容応力度：各応力ともに長期では 1.1F/3、短期では 2F/3（短期＝長期×2/1.1）
- ・ 荷重期間：木材は荷重の継続期間が長くなると耐力が低下する、継続期間の長期化による耐力低下を見込んで許容応力度が決定されているので、荷重期間が短くなると許容応力度を大きく見積もることも可能
 - ⇒ 例えば、荷重期間が3ヶ月程度（中期、積雪荷重が相当）の場合は、長期許容応力度を 1.3 ばいとすることが可能

(E) 硬度 (F) 耐久性

- ・ 腐朽の条件：養分（木本体）・酸素・水分の1つでも欠けると腐朽は生じない

(G) 燃焼

- ・ 火災危険温度は 260 度、450 度程度で自然発火
- ・ 炭化層は防火層になります

3.1.4 木材の加工品

(A) 合板

- ・ 薄板（ベニヤ）を奇数枚、繊維方向を直行させて張り合わせたもの、構造用合板・コンパネ（型枠）などでも使用

(B) 集成材

- ・ ひき板や小角材を繊維方向を平行に張り合わせたもの、ツーバイフォー等で多用される、節等の排除が可能で強度も高い

(C) 繊維板（ファイバーボード） (D) パーティクルボード（ファイバーボード）

- ・ 無し



3.2 コンクリート

3.2.1 材料

(A) セメント

- ・ 強度の発現
 - ⇒ 早強性：早強ポルトランドセメント・アルミナセメント、初期強度は高いが発熱・ひび割れに注意
 - ⇒ 遅強性：反応熱が少なく、マスコンクリートに適する（大規模構造物）
 - ⇒ 粉末度：粉末度が高い（細かい）ほど水和反応が早い
- ・ セメント種類：高炉セメント B 種・C 種はアルカリ量が少なく、アルカリ骨材反応防止に有効

(B) 骨材

- ・ 不純物：塩化物イオン量は 0.3kg/立米以下（鉄筋の錆防止）
- ・ 骨材の特性：細骨材の微粒子が少ないと打設時の作業能率が低下、および生コンが分離しやすくなる

3.2.2 コンクリートの調合

- ・ 水セメント比：水の分量、水/セメント、値が大きいほど水量が多く弱いコンクリート、水セメント比は 65%以下
- ・ 調合設計：調合時の強度の算定手順、設計基準強度→（保険）→品質基準強度→（ばらつき等考慮）→調合管理強度
 - ⇒ 設計基準強度：構造設計時に用いる基準の強度（F）
 - ⇒ 品質管理強度：設計基準強度または耐久設計基準強度に保険（+3N/mm²）を加えたもの
 - ⇒ 調合管理強度：コンクリートの調合を決定する際に用いられる強度、保険がかかっているので設計基準強度よりも幾分高い強度ですね

3.2.3 コンクリートの性質

(A) 生コンクリートの性質

- ・ ワークability：作業性能のこと、分離の程度・流動性等で決定
- ・ スランプ値：スランプ試験の結果、値が大きいほど柔らかい、33N/mm²未満の場合で 18cm 以下
- ・ 単位水量：単位水量が多くなると流動性が増す（スランプ値大きい）が、材料が分離しやすくなる



(B) 固まったコンクリートの性質

- ・ 各物理的特性：過去問リストより具体的な数値を確認
- ・ 中性化：空気中の炭酸ガスによって中性化（アルカリ→酸性）、水セメント比が小さいほど中性化は遅くなる

(C) コンクリートの強度

- ・ 強度：
 - ⇒ コンクリートの強度は水セメント比（W/C）で決定、水セメント比は 65%以下
 - ⇒ 応力別強度：圧縮：引張＝10：1、両者は比例関係にあるので、圧縮が強いコンクリートは引張も強くなる
 - ⇒ 養生：空気中で養生を行うよりも水中で養生を行うほうが強度の発現が良い（現場では散水を行うこと）
- ・ 強度試験：材齢 4W（4 週間・28 日）の強度を基準とする、寸法の大きいものほど許容応力度は小さくなる傾向、引張試験は割裂試験で求める

(D) コンクリートの硬化・乾燥による収縮と亀裂

- ・ ひび割れの発生原因：材料（骨材の膨張や鉄筋の錆びなど）、施工（打設不良やかぶり厚不足など）、荷重（応力が大きい箇所にて発生）、環境（乾燥収縮など）
- ・ ひび割れ防止（調合時の検討）：
 - ⇒ セメント種類：中庸熱ポルトランドセメントなどの水和反応熱の小さいセメントを選択
 - ⇒ 水量：単位水量を少なくする（自由水が少なくなり、乾燥収縮を抑制可能）
 - ⇒ セメントの性質/量：粉末度は低く（細かいものは比表面積が大きくなり乾燥収縮が大きいのので留意）、単位セメント量も少なく（セメント量が多いと化学反応が激しくなり乾燥収縮が大きくなる）
 - ⇒ セメントも水も増やしちゃダメ?!：単位水量/単位セメント量ともに、骨材を含めたコンクリート全重量に対する割合です、その中でひび割れ防止上アウトにならないぎりぎりのラインでセメント量を決定し、その後水量を検討すれば、強度/ひび割れともに満足できる調合が決定します



3.2.4 各種コンクリート

- ・ AE 剤：空気連行を起こし流動性が増す、気泡が生じるので凍結融解の抵抗が増し耐久性向上
- ・ 高強度コンクリート：組織が緻密なので中性化の進行等の抵抗力にも優れる、火災時の爆裂破壊には注意
- ・ プレキャストコンクリート：あらかじめ固められた工場生産のコンクリート
- ・ プレストレストコンクリート：部材内において引張りが生じる箇所に意図的に圧縮応力を生じさせたもの、ひび割れ応力の低減により、耐力向上ならびに応力ひび割れの予防/ひび割れ耐力向上が期待できる
 - ⇒ プレテンション：硬化以前に埋め込まれた PC 鋼を緊張しておき、コンクリート硬化後に緊張を開放し PC 鋼が縮むことによりプレストレスを与える、コンクリートと PC 鋼の付着によりプレストレスがかかるので、コンクリートの強度は高めな値（ 35N/mm^2 以上）が要求されます
 - ⇒ ポストテンション：コンクリート内部に通された管（シース）の中に PC 鋼を通し、硬化後に現場にて両側から締め上げるによりプレストレスを与える、付着強度を要求されないのでコンクリート強度低め（ 24N/mm^2 以上）で OK

3.3 金属材料

3.3.1 鉄鋼材料

(A) 鉄鋼の種類

- ・ 鋳鉄：炭素量が多い、延性（伸びやすさ）に劣り、曲げモーメント・引張に対して脆性な破壊となる

(B) 製鋼

- ・ 製鋼：炭素含有量は、0.8%程度までは炭素含有量が増すとともに強度上昇、ただし炭素が増すほどに粘りは無くなる
- ・ 調質鋼：製造工程において焼入れ/焼戻しの熱処理を行った鋼材で、強度/硬度を向上させたもの、ただし靱性は低下するので留意
- ・ 加工：鋼材の温度が下がった後に折り曲げる冷間成形は、折り曲げた部分が塑性化しているため部材としての靱性も低下する



(C) 炭素鋼

- ・ 応力度-ひずみ度曲線：比例限界→弾性限界→上位降伏点→下位降伏点→最大強度→破断
- ・ 鋼材の強度
 - ⇒ 基準強度：降伏点強度もしくは引張強さ（材料強度）の0.7倍のいずれか小さい方の値、同種の鋼材でも板厚によって値が異なる（厚いほうが弱い）、JIS適合品は1.1倍可能
 - ⇒ 許容応力度：基準強度に安全率をかけたもの、設計時の耐力算定に用いる、応力種/荷重種によって安全率が異なる
 - ⇒ 保証強度：鋼材の種類を示す記号における数値が品質を保証する強度値、ただしその数値の意味が鉄骨（除く冷間成形角形）の場合は引張強さの下限值、鉄筋/冷間成形角形鋼管の場合は降伏点強度の下限值となる
 - ⇒ 基準強度と保証強度：鉄筋/冷間成形角形鋼管の場合は保証強度＝基準強度、鉄骨の場合は保証強度×0.7程度＝基準強度となる

物理的特性

- ・ ヤング係数：比例限界までの勾配（応力度/ひずみ度）、鋼材強度に関係なし（一般鋼材なら全て一緒）、ステンレス鋼はヤング係数が小さくなる（変形しやすい）
- ・ 降伏比：降伏点強度/最大強度、降伏比が小さいほど、降伏してから最大強度まで余裕があるので靱性（塑性変形能力）が高い
- ・ シャルピー衝撃試験：ハンマーで試験片を叩き割る（ような感じ…）、鋼材の靱性を判定、値が大きいほど靱性が高い（エネルギーの吸収率が高い）、低温化では吸収エネルギーが急激に低下するので留意
- ・ 耐火性：250度程度で強度最大、350度で2/3、500度で1/2、600度で1/3、900度で1/10
 - ⇒ 耐火鋼（FR鋼）は600度における降伏点強度が常温の2/3以上を確保すること

(D) 合金鋼（ステンレス鋼）

- ・ ステンレス鋼とは：空气中・水中で錆びにくい鋼、降伏点がない、SUS304＝クロム18%・ニッケル8%の合金（18-8ステンレス）
- ・ ステンレス鋼の物理的特性：耐食性・耐火性に優れる、鋼材よりもヤング係数・降伏比が小さい、線膨張係数は大きい



3.3.2 非鉄金属材料

(A) アルミニウム

- ・ 軽い割に（鋼の 1/3 程度の重さ）、強度が高い
- ・ ヤング係数は鋼材の 1/3、線膨張係数は鋼材の 2 倍、降伏点は無し
- ・ 大気中で表面に皮膜を作る（耐候性）、ただしアルカリには弱い（コンクリート注意）

(B) アルミニウム合金 (C) 銅

- ・ 無し

3.4 その他材料（石材・プラスチック・接着剤等）

- ・ 無し（近年出題されていません…）

