

2.7 構造設計

2.7.1 構造計算の種類

ポイント

- ・ 荷重種類：常時＝長期荷重、稀に＝短期荷重、極めて稀に＝終局耐力
- ・ 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）

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	左記の荷重の積雪では 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	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	限界耐力計算
	地震以外：許容応力度設計 地震：損傷限界	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：安全限界
中規模建築物	許容応力度設計	不要
小規模建築物	構造計算不要	不要

過去問

- ☆ 超高層建築物の構造計算においては継続時間 60 秒以上の地震動入力波で安全性の確認を行う
- ☆ 高さ 40m、SRC造、地上 10 階建ての建築物はルート 3（保有水平耐力の検討が必要）
- ☆ 高さ 20m、S造、地上 5 階建ての建築物はルート 3（保有水平耐力の検討が必要）
- ☆ 高さ 10m、RC造、地上 3 階建ての建築物は構造計算不要（小規模建築）
- ☆ 延べ面積 100 平米、高さ 5m、RC造、平屋の建築物はルート 1（2 次設計は不要）
- ☆ 建物高さ 60m を超える建築物は、時刻歴応答解析等の大臣が定める基準において独自にチェック
- ☆ 高さ 60m を超える超高層建築物の耐震安全設計の検証は、地震動等に対する時刻歴応答解析により行う
- ☆ ルート 1 を適用する場合、地震力の算定においては、標準せん断力係数を 0.3 以上とする
- ☆ ルート 2 で、偏心率で不可となったら、ルートを変更し保有水平耐力の算定にて安全性を確認
- ☆ ルート 2 は剛性メインの計算、幅圧比を大きくすると局部座屈が生じやすくなり塑性変形能力が低下する
- ☆ 塔状比：4 を超える場合には保有水平耐力の検討が必須
- ☆ 1 つの建築物において、張り間・けた行方向のそれぞれに異なる耐震設計ルートを用いることは可能
- ☆ 超高層建築物の構造計算においては継続時間 60 秒以上の地震動入力波で安全性の確認を行う
- ☆ 時刻歴解析：地震時の時刻歴応答解析においては、地域係数が同じ地域でも入力波は異なる
- ☆ 変位応答スペクトル（水平変位）：周期が長い建物ほど大きくなる（同一加速度の場合）
- ☆ 損傷限界：建物耐用年数内に一度は発生すると思われる中規模程度の地震を対象、一切の損傷不可
- ☆ 安全限界：ごく稀に（耐用年数以上）発生する大規模地震を対象、倒壊・崩壊はしないこと
- ☆ 安全限界：検証に用いられる地震外力は損傷限界検討時の 5 倍の大きさ

2.7.2 1 次設計（許容応力度設計）

ポイント

- ・ 部材に生じる応力度 ≤ 部材の耐えられる応力度（許容応力度）
- ・ 荷重の項目参照のこと

2.7.3 2 次設計

ポイント

- ・ 層間変形角：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）、標準せん断力係数は 0.2 以上
- ・ 剛性率：0.6 以上、偏心率：0.15 以下（木造は 0.3 以下）
- ・ 保有水平耐力：保有水平耐力 ≥ 必要保有水平耐力
- ・ 必要保有水平耐力：構造特性係数 × 形状係数 × 地震層せん断力（標準せん断力係数は 1.0 以上）
- ・ 構造特性係数：靱性に富むほど・減衰が大きいかほど小さい、各部材の種別により値が異なる（A種が良）、S・SRC では 0.25~0.50、RCでは 0.30~0.55

過去問

- ☆ 層間変形：1/200 以下、ただし外装・内装・設備に著しい損傷が発生しないならば 1/120 以下まで低減
- ☆ 層間変形：内装材・外装材等の取り付け部分は地震時に生じる層間変位も考慮する
- ☆ 剛性率は各階ともに 0.6 以上、剛性の低いフロアには大地震時に大きな変形が集中する可能性あり
- ☆ 偏心：剛性と重心のずれ（ねじれ誘発）、検討時に大地震で剛性が低下する事が明らかな場合は剛性低下で算定可能
- ☆ 偏心：偏心の大きな構造体は隅部で過大な変形を強いられる部材が生じる可能性がある
- ☆ 偏心：ねじれの抑制のためには耐震要素を外周部付近に配置した方が有効
- ☆ 偏心：偏心率 0.15 以下（木造は 0.3 以下）
- ☆ 偏心：床の剛性が高い場合は床面がねじれを生じやすく、床の剛性が低い場合は床面が変形する
- ☆ 必要保有水平耐力：偏心率・剛性率が基準値をクリアしない場合は必要保有水平耐力を増して検討を行う
- ☆ 必要保有水平耐力：全水平耐力に対し、耐力壁（筋交い）による水平耐力の割合が多い場合は塑性低下に留意
- ☆ 必要保有水平耐力：耐力壁の水平耐力の和の保有水平耐力に対する割合が高い場合（耐力壁に依存する割合が高い）は塑性が低下（構造特性係数は大きくなる）
- ☆ 必要保有水平耐力：耐力壁を多く配置しすぎると増加する場合がある
- ☆ 構造特性係数：値が小さい建物は塑性に富む（良いってことね）
- ☆ 構造特性係数：RC の D_s : 0.30 から 0.55、S および SRC : 0.25 から 0.50
- ☆ 構造特性係数：柱・梁の大部分が鉄骨造である階にあっては鉄骨造の構造特性係数を用いて安全性を確認
- ☆ 構造特性係数 (D_s)：構造耐力上支障のある急激な耐力の低下（せん断破壊、付着割裂破壊および圧縮破壊）のおそれがある破壊を生じない→FA・FB・FC材 それ以外→FD

2.7.4 限界耐力計算

ポイント

- ・ 積雪・暴風と地震で大きく異なります
- ・ 積雪・暴風：稀に生じる積雪・暴風→許容応力度設計と同じ
- ・ 積雪・暴風：極めて稀に生じる→短期荷重における積雪荷重を 1.4 倍、風荷重を 1.6 倍として「材料強度」で検討
- ・ 地震：稀に生じる地震→損傷限界を検討（建物の固有周期等を求め、地震時の実際の応答で検討）
- ・ 地震：稀に起こる地震（中規模地震）の 5 倍の地震に対して安全限界の検討を行う（こっちも応答で検討）

過去問

- ☆ 大規模地震を対象とする限界耐力計算における水平保有耐力算定時には構造特性係数 (D_s) は使用不可
- ☆ 塑性化の程度が大きいほど、限界時の各部材の減衰特性は大きくなる（良いことね）
- ☆ 複層階の建物の場合、構成する階のうち最も限界能力の低い階の耐力をその建物の限界耐力とする

2.7.5 耐震性

ポイント

- ・ 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、 I_S に関しては構造耐震判定指数 I_{S0} よりも大きければ (I_S / I_{S0} が 1.0 以上で) 安全
- ・ 構造耐震指数 I_S ：保有性能基本指数 (E_0) × 形状係数 (S_D) × 経年指数 (T)、梁間・桁行それぞれ算定
- ・ 構造耐震判定指数 I_{S0} ：耐震判定基本指数 (E_S) × 地域係数 (Z) × 地盤指数 (G) × 用途指数 (U)、 E_S は 1 次診断では 0.8、2・3 次診断では 0.6
- ・ 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
- ・ 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

過去問

- ☆ 耐震診断：耐震診断における算定法の詳しさ：3 次診断 > 2 次診断 > 1 次診断
- ☆ 耐震診断：1 次診断における、構造耐震指数 I_S は 0.8 以上とする
- ☆ 耐震診断：1 次診断では、建築年数や建築物の変形や壁・柱などのひび割れ等を考慮して経年指数 T を 0.7~1.0 の間とする
- ☆ 耐震診断：1 次診断における形状指数 S_D はピロティ・吹き抜け等がある場合は 1.0 から値を差し引く (0.5~1.0 の間)
- ☆ 耐震診断：幹線道路沿いの建物は、災害時の交通に支障をきたすことの無いように、自主的に耐震診断を行うことも大切
- ☆ 耐震性：昭和 56 年 6 月 1 日における基準法の規定 (新耐震) に適合している場合は耐震診断の必要性は低い
- ☆ 耐震性：構造体の強度向上、靱性向上、軽量化により耐震性向上
- ☆ 耐震性：耐震改修：炭素繊維巻き付け補強、柱の変形能力の向上
- ☆ 耐震性：制振・免震機器は地震のみならず暴風時の挙動も考慮すること
- ☆ 耐震性：地震時の柱の軸方向力の変動は、中柱よりも隅柱のほうが大きい
- ☆ 耐震性：耐力壁の頂部を剛性の高い梁で頭つなぎを行うと曲げ変形が制御され耐力壁の剛性向上
- ☆ 耐震性：超高層建築物は、長周期成分が卓越する地震動に対して、低層建築物よりも影響を受けやすい
- ☆ 免震：積層ゴムで支持された免震建物は地震力による水平力を低減可能、ただし相対変位は大きくなる
- ☆ 免震：積層ゴムを用いた免震構造は、建物の固有周期を長くすることにより地震時の応答加速度を低減する
- ☆ 免震：免震構造を採用している構造体では、極めて稀に起こる地震に対しても許容応力度設計を採用可能
- ☆ 免震：中間層免震構造を採用する場合には、免震装置に耐火皮膜を施す必要あり
- ☆ 免震：天然ゴム系アイソレータは引張力に抵抗できないので、転倒モーメント等による引張軸力が生じる可能には採用不可
- ☆ 免震：基礎免震採用時には、下部構造と上部構造との相対変位増加に対するクリアランスに留意
- ☆ 免震：天然ゴム系アイソレータのみでは減衰能力が足りない場合には、ダンパーを追加し併用することも可能
- ☆ 制振：塑性変形能力が高い材料 (柔な材料) ほど振動時の減衰性が高い
- ☆ 制振：有効な鋼材ダンパーを用いると地震時の振動を抑制する効果 (減衰性能の向上) あり
- ☆ 付随する階段・エスカレーター等の影響 (筋交いのように働くことも) も考慮すること

過去問

- ☆ 床振動：鉛直方向の固有振動数が小さい（周期が長い）場合には、居住性への障害の可能性に留意
- ☆ エキスパンションジョイント：温度変化による変形、材料の収縮にも対応可能
- ☆ フラットスラブ：地震力の全てを負担させるのは危険、ラーメンや耐震壁も併用すること
- ☆ スリット：柱付き壁に設置すると脆性破壊防止、偏心率の低減効果あり（保有水平耐力は低下）
- ☆ スリット：短柱防止のスリットを設けた場合でも、梁剛性の検討時には腰壁・垂壁の影響も考慮（柱剛性では不要）
- ☆ 地上階よりも地下階の床面積の方が大きい場合、1階床面の地下階との水平せん断力の伝達に関し要検討
- ☆ 境界ばりには地震時に大きな塑性変形能力が得られるように、せん断補強筋の量を多めに
- ☆ RC造大梁の地震時曲げモーメント検討時には、柱面位置（柱の中心でなく）での曲げモーメントの値を用いることができる
- ☆ 連層耐力壁：縁部分に配するよりも中央部分に配したほうが転倒に対する抵抗力が大きい
- ☆ 連層耐力壁：接続する梁（境界梁）は耐震壁の回転による基礎の浮き上がり防止にも効果あり
- ☆ 各層の剛度の割合において（剛比）極端に値が低い階において変形や損傷が発生しやすい
- ☆ ハイブリッド構造では剛性・耐力の連続性に留意
- ☆ 大スパンの構造体では梁・床スラブ等の振動にも留意
- ☆ 純ラーメンの方が筋交いがあるよりも靱性あり（筋交いの耐力負担を増す場合には構造特性係数を増す）
- ☆ ピロティ階は剛性が低くなるので、柱に十分な靱性・強度を持たせること、直上の耐力壁が先に崩壊
- ☆ 駐車場の転落防止：250kNの衝撃力を吸収できるように設計
- ☆ RCとSRCの混構造の場合には、長辺方向がSRC、短辺方向がRC
- ☆ 構造設計にあたっては、基準法の遵守のみならず施主の要求把握や目標とする性能の設定にも努める

3 材料

3.1 木材

3.1.1 分類

ポイント

- ・ 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

ポイント

- ・ 心材：樹心に近い部分、細胞が古い（水分少ない→强度高い）、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）

過去問

- ☆ 辺材と心材：心材の方が强度高い、防蟻・防腐効果高い
- ☆ 熱伝導率：普通コンクリートに比べて小さい（熱を伝えにくい）

3.1.3 性質

(A) 含水状況

ポイント

- ・ 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

過去問

- ☆ 気乾状態の含水率は 15%程度
- ☆ 強度は含水率が上昇するにつれ低下（含水率 30%以上では一定）、湿潤状態の強度は気乾状態の 70%程度
- ☆ 湿潤状態の材の含水影響係数は 0.7 とする
- ☆ 繊維飽和点以下の木材において、膨張・収縮はほぼ含水率に比例
- ☆ 弾性係数は含水率低下にともない向上する（繊維飽和点以下の場合は）

(B) 伸縮

ポイント

- ・ 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減少

過去問

- ☆ 収縮率：接線方向 > 半径方向 > 繊維方向
- ☆ 変形：クリープによる変形とは荷重が継続してかかる場合に発生
- ☆ 変形：クリープによる変形気乾状態では初期変形×2、湿潤または湿潤を繰返し状態では初期変形×3
- ☆ 変形：木表は凹、木裏は凸

(C) 比重

ポイント

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

(D) 強度

ポイント

- ・ 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
- ・ 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

過去問

- ☆ 方向別強度：繊維方向 > 年輪半径方向 > 年輪円周方向
- ☆ 基準強度：一般に気乾比重の大きい樹種ほど強度は高い
- ☆ 基準強度： F_b （曲げ） > F_c （圧縮） > F_t （引張） > めり込み > F_s （せん断）
- ☆ 基準強度：合板等を貼り付けた垂木・根太等の並列材は強度の割り増しが可能（各部材における強度のバラつきを補正・補強）
- ☆ 強度試験：試験片の平均含水率は 15%（気乾状態）以下であること
- ☆ 許容応力度：短期許容応力度は圧縮・引張・曲げ・せん断ともに $(1.1/3) F$
- ☆ 許容応力度：短期許容応力度 = 長期 × $2/1.1$ （短期許容応力度 = 基準強度 × $2/3$ ）
- ☆ 許容応力度：長期の積雪荷重を対象とする場合、木材の長期許容応力度を 1.3 倍とすることが可能
- ☆ 許容応力度：3 ヶ月程度の場合は長期許容応力度の 1.3 倍（ $1.43F/3$ ）、3 日間程度の場合は短期の 0.8 倍（ $1.6F/3$ ）
- ☆ 許容応力度：仮設的構造物は長期許容応力度を割増可、1 週間以内：1.3 倍、1 週~1 ヶ月：1.25 倍、1 ヶ月~3 ヶ月：1.2 倍
- ☆ 許容応力度：木材の種類・品質によって変化する（1 級 > 2 級 > 3 級 > 無級）
- ☆ 許容応力度：繊維直角方向許容圧縮応力度 = 繊維方向圧縮応力度 × $1/10 \sim 1/5$
- ☆ 許容応力度：垂木・根太などの平行材に構造用合板を張り込んだ場合は、曲げに対する基準強度を割りますことが可能
- ☆ ヤング係数：繊維直角方向 = 繊維方向 × $1/25$ （繊維方向のほうが大きい＝変形しにくい）

(E) 硬度 (F) 耐久性

ポイント

- ・ 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

過去問

- ☆ 腐朽：木材全体が防腐処理をしていたとしても、仕口等の加工後に再防腐処理必要
- ☆ 腐朽：含水率 15% 以下では腐朽しにくい（25~35% を超えると腐朽しやすくなる）
- ☆ 腐朽：腐朽の条件酸素・養分・水分、一つでも欠けると腐朽は生じない
- ☆ 腐朽：ベイスギのほうがベイツガよりも防腐効果が高い
- ☆ 腐朽：土台は防腐効果を考慮し心材を用いる
- ☆ 防蟻：土壌処理は必要最低限とし、建築材料側で対策（シロアリ侵入防止・木材の乾燥等）
- ☆ 防蟻：ヤマトシロアリは建物下部に多く、イエシロアリは建物上部にまで及び（コッチのほうがヤバイ）

(G) 燃焼

ポイント

- ・ 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

過去問

- ☆ 大断面木造建築の柱・梁は火災時の安全性を考慮し、表面から 25mm 差し引いても長期応力に耐えうる事
- ☆ 火災時の炭化層は内部延焼を防ぐ効果あり
- ☆ 火災危険温度 260 度で引火、450 度で自然発火
- ☆ 燃え代を除いた断面に長期荷重により生じる応力度が短期許容応力度を越えないことを確認する方法有り

3.1.4 木材の加工品

(A) 合板

ポイント

- ・ 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

過去問

- ☆ 構造用合板においては含水率が 15%を超えると許容応力度を低減
- ☆ 合板は単板の繊維方向が直角になるように奇数枚張り合わせたもの
- ☆ 同じ樹種の場合、繊維方向の許容応力度は構造用集成材とした方が高い
- ☆ 合板は転がり破壊に注意
- ☆ ハードボードパーティクルボードは耐力壁として使用可能

(B) 集成材

ポイント

- ・ 小角材を繊維方向を平行に張り合わせたもの、ツーバイ等で多様される、節等の排除が可能で強度も高い

過去問

- ☆ 集成材：ひき板・小角材などを繊維方向をほぼ並行に接着したもの
- ☆ 集成材の許容応力度：特級 > 一級 > 二級
- ☆ 集成材の梁は梁せいが大きくなるにつれ単位面積あたりの曲げ強度が小さくなる
- ☆ 許容応力度：集成材 > 普通構造材、節・割れなどの欠点を取り除いているので強度が高い
- ☆ 集成材の短期許容圧縮応力度＝基準強度×2/3
- ☆ アーチ材：湾曲部の極率半径が小さいほど薄い薄板を用いる
- ☆ 強度：強度等級は集成するひき板の等級、積層数によって異なる（席総数は多いほど強度高い）
- ☆ 梁等の高い曲げ性能を必要とする部分では、曲げ応力を受ける方向が積層面に平行になるようにする

(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）

ポイント

- ・ 無し

3.2 コンクリート

3.2.1 材料

(A) セメント

ポイント

- ・ 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）
- ・ 粉末度が高い（細かい）ほど水和反応が早い
- ・ 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

過去問

- ☆ 大容量のコンクリートを打設する際はマスコンクリート（高炉セメントなど）を使用
- ☆ アルカリ骨材反応：セメントのアルカリ成分に反応し骨材が膨張する現象、高炉セメントBで防止
- ☆ 気温が低い（2℃以下）条件下では強度の発現が遅延する
- ☆ エコ：高炉スラグは溶鉱炉の産廃、フライアッシュは発電所の産廃

(B) 骨材

ポイント

- ・ 不純物：塩化物イオン量は0.3kg/立米以下（鉄筋の錆防止）
- ・ 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

過去問

- ☆ 塩化イオンの上限は0.30kg/m³

3.2.2 コンクリートの調合

ポイント

- ・ 無し

3.2.3 コンクリートの性質

(A) 生コンクリートの性質

ポイント

- ・ ワークビリティ：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

過去問

- ☆ スランプ値：単位水量が小さいほどスランプ値は小さくなる、小さいほど耐久性良
- ☆ スランプ値：品質基準強度33N/mm²以下のコンクリートは18cm以下、33N/mm²以上では21cm以下

(B) 固まったコンクリートの性質

ポイント

- ・ 各物理的係数をチェック（以下の過去問）
- ・ 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

過去問

- ☆ 重量：普通コンクリートの気乾単位容積重量は約 23kN/m³
- ☆ 重量：軽量コンクリートの重量は、1 種 > 2 種
- ☆ ヤング係数：圧縮強度が大きいほど高い（比例はしないけど）、最大応力度の 1/3~1/4 の点と原点を結ぶ傾き
- ☆ ヤング係数：単位体積重量が大きいほど大きい
- ☆ ひずみ度：軽量コンクリート > 普通コンクリート（ 1×10^{-2} 程度）
- ☆ ポアソン比：0.2 程度
- ☆ 膨張係数：鋼材・コンクリート・ガラスの線膨張係数はほぼ等しい
- ☆ 中性化：水セメント比が小さいほど中性化の速度は緩やか、圧縮強度が大きい程進行遅い
- ☆ 中性化：コンクリート表面から空気中の炭酸ガスを吸収することにより生じる
- ☆ 中性化：高強度コンクリートの方が中性化の進行や塩化物イオンの浸透に対する抵抗に優れる
- ☆ ひび割れ：単位水量が多いほど生じやすい
- ☆ クリープ：長期間にわたる荷重がかかった際に生じる変形、荷重が抜けても変形は残る

(C) コンクリートの強度

ポイント

- ・ 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
- ・ 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

過去問

- ☆ 強度：水セメント比が大きいほど低い、水中養生の方が高い
- ☆ 強度：設計基準強度とは構造計算において基準としたコンクリートの圧縮強度のこと
- ☆ 強度：引張 = 圧縮×1/10（圧縮強度が高いほど、引張強度も高い）
- ☆ 強度：最大圧縮強度を超えてからの応力低下：普通コンクリート > 軽量コンクリート
- ☆ 強度：硬化後は散水、水中養生の方が強度が高い
- ☆ 支圧強度：局部圧縮 > 全断面圧縮
- ☆ 許容応力度：付着強度は梁上端の方が下端筋よりも許容値が小さい
- ☆ 許容応力度：軽量コンクリートのせん断応力度は普通コンクリートの 0.9 倍
- ☆ 水セメント比：65%以下、大きい程強度低下
- ☆ 強度試験：圧縮試験においては荷重速度が速いほど大きい値を示す
- ☆ 強度試験：引張強度試験は円柱供試体の割裂試験により間接的に求める
- ☆ 強度試験：供試体の単位面積あたりの圧縮強度は断面積が大きくなるほどに低い値となる
- ☆ 強度試験：テストピース（供試体）は現場で 3 本、運搬車 3 台からそれぞれ 1 本ずつ

(D) コンクリートの硬化・乾燥による収縮と亀裂

ポイント

- ・ 単位セメント量が少ないほど。乾燥収縮は少ない（ひび割れも生じにくい）

過去問

- ☆ ひび割れ：コンクリート中の水分が硬化中に蒸発することにより生じる
- ☆ 膨張変形：硬化過程の膨張変形は、発熱量が大きい・放熱量が少ない場合に大きくなる

3.2.4 各種コンクリート

ポイント

- ・ 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

過去問

- ☆ AE 剤：ワーカビリティや耐久性等の性質改善に利用、ただしブリージングに注意
- ☆ AE 剤：耐凍結性・耐久性向上、空気量は 4～5%とする
- ☆ プレキャストコンクリート：国交大臣が認めればかぶり厚を 3cm 未満とすることも可能
- ☆ プレストレストコンクリート：引張のかかる場所に圧縮応力をかけたもの、大スパンの構造体が可能、梁部材に採用する
- ☆ プレストレストコンクリート：プレテンションでは 35N/mm^2 以上、ポストテンションでは 24N/mm^2 以上の強度
- ☆ プレストレストコンクリート：一般コンクリートに比べひび割れの危険性は低く、耐久性に優れる
- ☆ プレストレストコンクリート：一般の RC 梁との併用可能
- ☆ プレストレストコンクリート：プレレスト力は時間の経過とともに減少するので注意

3.3 金属材料

3.3.1 鉄鋼材料

(A) 鉄鋼の種類

ポイント

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

(B) 製鋼

ポイント

- ・ 無し

(C) 炭素鋼

ポイント

- 炭素含有量：炭素量が増えると強度が増すが、靱性は低下する
- 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
- 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）
- 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）
- 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
- 耐火性：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

過去問

- ☆ 強度：長期許容引張応力度 $=F/1.5$ 、許容支圧応力度 $=F/1.1$
 - ☆ 強度：JIS 適合品は基準強度 1.1 倍まで可能
 - ☆ 強度：許容せん断応力度 $=$ 許容引張応力度 $\times 1/\sqrt{3}$
 - ☆ 強度：基準強度 F は降伏点強度もしくは最大応力度のいずれか小さい方
 - ☆ 強度：両端が拘束されている場合は温度変化による圧縮・引張力も考慮
 - ☆ 強度：SS400 級の部材を用いた接合部の仕口の最大曲げ応力度は全塑性モーメントの 1.3 倍以上必要
 - ☆ 強度：ステンレス鋼材 SUS304A と SN400B の基準強度は同じ
 - ☆ 強度：同じ鋼塊から圧延された鋼材は板厚が厚いほど降伏点は低くなる
 - ☆ 強度：鉄骨材の許容引張応力度は板厚により異なる
- ↑ SN490 の場合、40mm 以下で 325N/mm^2 、40-100mm で 295N/mm^2
- ☆ 強度：リン・硫黄は不純物扱い（靱性が低下する）、マンガンは溶接性向上させるので OK
 - ☆ シャルピー衝撃試験：重りを振り下ろして鋼材を破断させる試験、鋼材のエネルギー吸収度合いが分かる
 - ☆ シャルピー衝撃試験：試験温度が低いと吸収エネルギーが急激に低下し、脆性破壊を起こしやすくなる
 - ☆ シャルピー衝撃試験：硫黄の含有量が少ないほどシャルピー吸収エネルギー・板厚方向の絞り値はともに大きくなる
 - ☆ 耐火：温度特性、250℃：強度最大、350℃：2/3、500℃：1/2、600℃：1/3、900℃：1/10、1000℃：ほぼ 0
 - ☆ 耐火：耐火鋼では 600℃で強度 2/3 程度
 - ☆ ヤング係数：SN400B と SN490B はヤング係数が同じなので梁のたわみは同じ、幅圧比は低減可能
 - ☆ ヤング係数：アルミニウムのヤング係数は鋼の 1/3、SS と SM のヤング係数は同じ
 - ☆ ヤング係数：ステンレス鋼材 SUS304A よりも SN400B の方が大きい
 - ☆ 降伏比：小さい材料ほど靱性変形能力が高く、耐震性も良
 - ☆ 降伏比：降伏比 $=$ 降伏点強度 / 引張強さ
 - ☆ メタルタッチ継ぎ手：引張が生じない箇所に施工可能、圧縮・曲げ M の 1/4 を伝搬可能
 - ☆ 鉄筋：高強度鉄筋の長期許容応力度は基準強度の 2/3 よりも小さい場合がある
 - ☆ 炭素含有量：0.8%程度までは炭素含有量が増すとともに強度上昇、炭素が増すほどに粘りは無くなる
 - ☆ 低降伏点鋼：極軟鋼とも呼ばれる、延性が非常に高いので制振ダンパーとして用いられる
 - ☆ 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
 - ☆ 加工：焼き入れは強度・硬性は向上するが、靱性は低下

(D) 合金鋼（ステンレス鋼）

ポイント

- ・ 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）、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

過去問

- ☆ 製品：ステンレス鋼 SUS304 の応力-ひずみ曲線には明確な降伏点はない
- ☆ 製品：ステンレス鋼 SUS304 は溶接性能、耐火性に優れる
- ☆ 強度：ステンレス鋼材 SUS304A と SN400B の基準強度は同じ
- ☆ ヤング係数：鋼材とほぼ同じ
- ☆ ステンレス鋼：耐食性・耐火性に優れる

3.3.2 非鉄金属材料

(A) アルミニウム

ポイント

- ・ 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）

過去問

- ☆ ヤング係数：アルミニウムのヤング係数は鋼の 1/3、SS と SM のヤング係数は同じ
- ☆ 線膨張係数：鋼の約 2 倍（アルミニウム合金＞ステンレス鋼＞炭素鋼）、アルミニウム部材の取り付け時には逃げ代を設ける
- ☆ アルミニウム合金材の接合に用いる高力ボルトは、溶融亜鉛めっきを施したものをを用いる

(B) アルミニウム合金 (C) 銅

ポイント

- ・ 無し

3.4 その他材料（石材・プラスチック・接着剤等）

ポイント

- ・ 無し（近年出題されていません…）