

2.3 鉄筋コンクリート構造

2.3.1 特性

ポイント

- ・ RC造はコンクリートの弱点である引張強度・脆性破壊を鉄筋がフォローする構造 → 鉄筋の役割が最重要
- ・ コンクリートのクリープ変形（徐々に縮む）も鉄筋がフォロー（鉄筋の圧縮応力は増加するけど…）
- ・ 逆に鉄筋の弱点（耐火性・防錆性・座屈）をコンクリートがフォロー
- ・ コンクリートと鋼材の線膨張係数は等しいのでその他の相性の面でも良
- ・ RC造の鉄筋種類：引張をフォローする主筋とせん断力をフォローするせん断補強筋（あばら筋・帯筋）の2種
- ・ RC造の崩壊でもっとも怖いのはせん断破壊（粘りの無い脆性破壊だから…）

過去問

- ・ 以降各所に散りばめられています…

2.3.2 材料の性質と許容応力度

ポイント

- ・ コンクリート・鉄筋の各許容応力度をチェック
- ・ コンクリートは引張耐力0として構造計算を行う（実際の強度は圧縮：引張＝10：1程度）
- ・ コンクリートは圧縮強度が高いほどヤング係数は大きくなる

表 コンクリートの許容応力度

長期			短期		
圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
$F_c/3$	-	$F_c/30$	長期×2	-	長期×1.5

表 鋼材の許容応力度

長期			短期	
圧縮	引張	曲げ	せん断	全て
$F/1.5$			$F/1.5\sqrt{3}$	長期×1.5

表 鉄筋のコンクリートに対する許容付着応力度

長期		短期
上端筋	その他（下端筋等）	全て
$0.8(F_c/60+0.6)$	$F_c/60+0.6$	長期×1.5

過去問

- ☆ 許容応力度（コンクリート）：長期圧縮＝ $F/3$ 、長期せん断＝ $F/30$ 、短期圧縮＝長期×2、短期せん断＝長期×1.5、引張0
- ☆ 許容応力度：許容付着応力度は上端筋の場合よりも下端筋の方が大きい（上端はブリージングでセメントが薄いから）
- ☆ ヤング係数比：ヤング係数比（鋼材/コンクリート）はコンクリートの設計基準強度が高くなるほど小さくなる
- ☆ 諸係数：断面二次モーメントの値はコンクリート部の断面（全断面）から算定、ヤング係数もコンクリートの値を用いて算定する

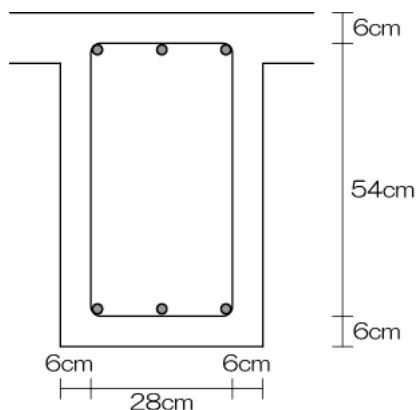


2.3.3 部材の算定

(A) 梁

ポイント

- ・ 釣合い鉄筋比：引張鉄筋とコンクリート縁部の圧縮が同時に許容応力度に達する引張側鉄筋の量
- ・ 釣合い鉄筋比以下（引張側鉄筋の量が少ない）の場合は、引張鉄筋の許容応力度にて梁の耐力が決定、釣合い鉄筋比以上の場合は圧縮側コンクリート、もしくは圧縮側鉄筋の許容応力度にて梁耐力決定
- ・ 必要鉄筋量： $0.008bd$ （断面積の0.8%）以上←柱も同じ、ただし梁の場合は引張側のみで0.4%以上
- ・ あばら筋：せん断補強のみならず靱性確保・主筋の座屈防止・コンクリートの拘束の役割あり、0.2%以上
- ・ せん断破壊よりも曲げ降伏を先行させる、せん断余裕度（梁のせん断強度/両端が曲げ降伏する場合のせん断力）が高いほど靱性を有する
- ・ 梁の引張鉄筋量、梁のせん断補強筋（あばら筋）量（断面積は、D10： 0.7cm^2 、D13： 1.3cm^2 、D25： 5.0cm^2 ）



上端筋：D25×3本
下端筋：D25×3本
あばら筋：D10 @ 20cm

『梁の引張鉄筋の検討』

梁の必要引張鉄筋量

$$a_t = 0.004bd = 0.004 \times 40 \times 60 = 9.6\text{cm}^2$$

鉄筋量

$$a_c = 5.0 \times 3 = 15\text{cm}^2$$

鉄筋量 > 必要鉄筋量よりクリア

『梁のあばら筋の検討』

$$P_w = \frac{a_w}{b \times x} = \frac{2 \times 0.7}{40 \times 20} = 0.0018 (= 0.18\%)$$

あばら筋量 < 0.2%より NG

過去問

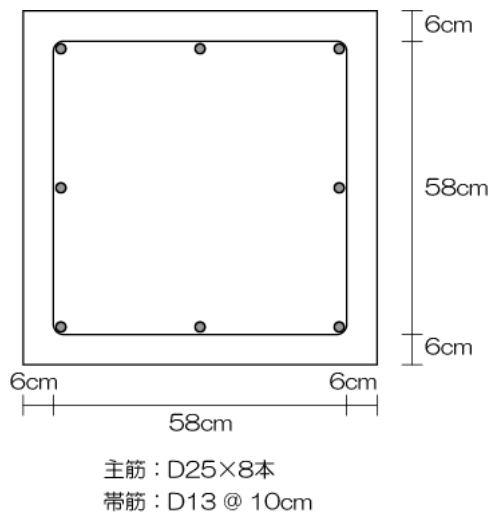
- ☆ 梁の断面寸法；梁せいは梁の有効長さの 1/10 以上
- ☆ 梁の断面寸法；設設備孔（貫通孔）の径は梁せいの 1/3 以下、位置は材端を避け（地震時の応力大）材中央に設ける
- ☆ 梁の断面寸法；スラブと一体型の長方形梁は、スラブの協力幅をプラスした T 型梁とみなすことができる
- ☆ 小梁；過大なたわみを防止するために十分な曲げ剛性を確保する
- ☆ 主筋；引張鉄筋比は 0.4% 以上
- ☆ 主筋；鉄筋コンクリート造の主要な梁は全スパン複筋ばりとする
- ☆ あばら筋； 0.2% 以上（耐震壁付帯ラーメンの梁のあばら筋比も含む）
- ☆ あばら筋；通し配筋とした場合も柱・梁の接合部に十分な定着長さが必要
- ☆ あばら筋；間隔は梁せいの 1/2 以下、かつ 25cm 以下
- ☆ 曲げ降伏；曲げ降伏する部材においては、降伏後のせん断破壊に留意しせん断強度を高めに設定
- ☆ 曲げ降伏；せん断余裕度（梁のせん断強度/両端が曲げ降伏する場合のせん断力）が高いほど、靱性が高い
- ☆ 許容曲げモーメント；引張鉄筋比が釣合鉄筋比以下の場合は、引張鉄筋断面積×鉄筋許容応力度×曲げ材中心間距離
- ☆ 許容曲げ応力度；圧縮の応力度はコンクリートのみならず鉄筋も負担するものとして計算
- ☆ 終局せん断強度；あばら筋を増やすと終局せん断強度向上
- ☆ たわみ；振動障害の検討においてはたわみの検証が必要（弾性たわみを小さくすると振動障害抑制可能）



(B) 柱（含む接合部）

ポイント

- ・ 柱の設計：基本的にはコンクリートの圧縮に対する耐力で決定、ただし高強度コンクリート採用時には圧縮鉄筋の限界で決定することもある
- ・ 柱の設計：主筋を増やすよりも（強度は上がるけど脆性破壊の付着割裂のリスクが高まるので靱性は低下）、帯筋（せん断補強筋）を増やし靱性を持たせたほうが有効（ただし、長期許容せん断耐力の算定時には帯筋の効果は加味できない…なんて複雑な条件もあり…）、また柱の靱性は圧縮力が大きくなるほど低下するので注意
- ・ 柱の全鉄筋量、柱のせん断補強筋（帯筋）量（断面積は、D10：0.7cm²、D13：1.3 cm²、D25：5.0 cm²）



『柱の主筋の検討』

柱の必要鉄筋量

$$a_c = 0.008bd = 0.008 \times 70 \times 70 = 39.2 \text{ cm}^2$$

鉄筋量

$$a_c = 5.0 \times 8 = 40 \text{ cm}^2$$

鉄筋量 > 必要鉄筋量よりクリア

『柱の帯筋の検討』

$$P_w = \frac{a_w}{b \times x} = \frac{2 \times 1.3}{70 \times 10} = 0.0037 (= 0.37\%)$$

帯筋量 > 0.2%よりクリア

過去問

- ☆ 柱の断面寸法：最小径は構造上主要な支点間の 1/15 以上（軽量コンクリートの場合は 1/10 以上）
- ☆ 主筋：引張鉄筋の量が多くなるほど曲げ耐力は大きくなるが、脆性破壊である付着割裂のリスクが増すので靱性は低下する
- ☆ 主筋：地震時等に大きな変動軸力を受ける外柱は、靱性性能が低下するので、内柱よりも多くの主筋を配する必要がある
- ☆ 主筋：主筋継手位置は上から内法高さの 1/4 以下、下から 50cm 以上は避ける
- ☆ 主筋：圧縮力を受ける柱ではコンクリートのクリープによって鉄筋の圧縮応力が徐々に増加する
- ☆ 主筋：鉄筋コンクリート柱・梁の主筋比は 0.8%以上（ただし、梁の引張鉄筋比は 0.4%以上、もしくは応力算定の 4/3 倍）
- ☆ 主筋：圧縮鉄筋はクリープによるたわみの抑制、地震に対する靱性の確保にも効果あり
- ☆ 主筋：帯筋量が規定値を満足する場合には、主筋が多く入っているほど変形能力は低くなる
- ☆ 主筋：主筋は圧縮応力は負担するが、せん断力は負担しないものとして耐力算定を行う
- ☆ 帯筋：長期許容せん断力算定においてはコンクリートのみの効果を考え、帯筋の影響は無視
- ☆ 帯筋：帯筋はφ9 または D10 以上の鉄筋を用い、間隔 100mm 以下、上下端部から径の 1.5 倍の範囲内では 150mm 以下
- ☆ 帯筋：せん断補強筋の端部は 135 度フックにより定着、かつ余長 6d 以上とする、もしくは溶接
- ☆ 帯筋：帯筋比（せん断補強筋比）は 0.2%以上、高強度鉄筋の使用で柱の脆性破壊防止
- ☆ 帯筋：柱の座屈防止のために、所定の間隔を確保する
- ☆ 帯筋：拘束度合いが大きくなると圧縮耐力が大きくなるばかりでなく、最大耐力以降の耐力低下の度合いも緩やかになる



- ・ 曲げ剛性：コンクリートのヤング係数、に留意
- ・ 許容曲げ応力度：弱点（耐力が最も小さい項目）がその部材の許容耐力となります ⇒ 「圧縮側縁がコンクリートの許容圧縮応力度に達したとき」「圧縮側鉄筋が許容圧縮応力度に達したとき」「引張鉄筋が許容引張応力度に達したとき」のいずれか
- ・ 短柱：垂壁・腰壁等がくっ付いて短い柱、せん断耐力は大きい粘り強さが低下するので良いことでは無いです…
- ・ 柱の脆性破壊：主筋過多による付着割裂、圧縮応力過多による靱性低下、せん断破壊、短柱、ひび割れ

過去問

- ☆ 曲げ剛性：柱の曲げ剛性を高めるためにはヤング係数（コンクリート強度）、断面 2 次モーメントを大きくする（鉄筋関係無）
 - ☆ 曲げ剛性：曲げ剛性の算定時の断面二次モーメントの値はコンクリート部の断面から算定、ヤング係数もコンクリートの値を用いて算定する
 - ☆ 許容曲げ応力度：「圧縮側縁がコンクリートの許容圧縮応力度に達したとき」「圧縮側鉄筋が許容圧縮応力度に達したとき」「引張鉄筋が許容引張応力度に達したとき」のいずれかの最小値がその部材の許容曲げ応力度
 - ☆ 靱性：作用する軸圧縮力が大きくなるほどせん断耐力は増すが、靱性は低下する
 - ☆ 靱性：軸方向圧縮力が小さい時は変形能力を有するが、圧縮力が大きくなると脆性破壊を起こす可能性あり（靱性低下）
 - ☆ 短柱：垂壁・腰壁が多い柱は耐力の増強が必要
 - ☆ 短柱：断面形状が同じ場合、短柱の方がせん断強度は大きくなるが、粘り強さ（靱性）は小さくなる
 - ☆ 短柱：腰壁が取り付くことにより柱が短くなる場合にはスリットを設けて短柱となることを防ぐ
 - ☆ 短柱：せん断強度は大きい粘り強さは低下する（脆性破壊に注意）
- ・ 接合部：RC造ではとにかくせん断破壊に注意！
 - ・ せん断強度：帯筋を増やせば靱性は向上するけど、所詮最弱であるコンクリートのせん断耐力で上限が決まってしまう（接合部の断面形状も関係有り）、ではせん断補強筋の役割は？⇒ひびが入ってしまった場合の補強です

過去問

- ☆ 柱梁接合部：柱・梁の接合部は地震時に大きなせん断力を受ける
- ☆ 柱梁接合部：柱に対して梁が偏心して取り付く場合、ねじりモーメントを考慮して設計を行う
- ☆ 柱梁接合部：帯筋量を増やしても接合部せん断強度は向上しない（接合部断面形状・コンクリートの強度等で決定）
- ☆ 柱梁接合部：せん断補強筋はひび割れ発生後のせん断変形の抑制のため
- ☆ 柱梁接合部：せん断補強筋比 0.2%以上、帯筋間隔は 150mm以下、かつ隣接する柱の帯筋間隔の 3/2 倍以下



(C) 床スラブ

ポイント

- ・ 床スラブの厚さは 80mm 以上、かつ短辺方向における有効スパンの $1/40$ 以上（なんて規定がありますが…現状の R C 造では床スラブ 200mm 以上なんてザラです、床振動の見地から）、ほか以下の規定もチェック
- ・ たわみ：材料強度を高くしても抑制不可、たわみの公式を思い出して下さい（ヤング係数・断面二次モーメント・材長、もちろん荷重、以上で決定しますね）
- ・ 水平剛性：面なので水平荷重を負担可能、ただし耐力壁や筋交いにつながる床スラブのみ

過去問

- ☆ 床スラブ厚さ：短辺方向の有効スパンの $1/40$ 以上かつ 80mm 以上、はね出しの場合は $1/10$ 以上
- ☆ 片持ちスラブ：支持端部の厚さは持ち出し長さの $1/10$ 以上とする
- ☆ 主筋：引張鉄筋は D10 以上、または径 6mm 以上の溶接金網とする
- ☆ 主筋：引張鉄筋の間隔は短辺で 200mm 以下、長辺で 300mm 以下かつスラブ厚さの 3 倍以下
- ☆ 主筋：鉄筋比は 0.2%以上、ただしひび割れに対し配慮する場合は 0.4%以上
- ☆ 主筋：最大曲げモーメントを受ける引張鉄筋の間隔は短辺 20cm以下、長辺 30cm以下、かつ床スラブの厚さ 3 倍以下
- ☆ たわみ：長期たわみは、乾燥収縮・ひび割れ・クリープの影響等により増大する
- ☆ たわみ：材料の強度には関係無し、ヤング係数・断面 2 次モーメントで変化、たわみ＝変形能力って考えも
- ☆ 設計：鉛直荷重に対する強度を確保するとともにたわみ・ひび割れ・振動障害にも留意する
- ☆ 水平剛性：耐力壁・筋交いにつながる床スラブは水平力も伝播する（床面には十分な面内剛性・耐力を持たせること）
- ☆ 水平剛性：地震時に生じる面内せん断力に対する耐力や剛性についても考慮する
- ☆ 小梁：小梁は床スラブの過大なたわみを防止するために十分な曲げ剛性を有すること
- ☆ 内法面積は 25 m²以下、設備配管を配する場合は上端筋と下端筋の間に設ける

(D) 曲げ材のせん断補強

ポイント

- ・ 前述の梁・柱に統合しました

過去問

- ☆ 曲げ降伏：曲げ降伏する部材においては、降伏後のせん断破壊に留意しせん断強度を高めに設定



☆ 曲げ降伏：せん断余裕度（梁のせん断強度/両端が曲げ降伏する場合のせん断力）が高いほど、靱性が高い

(E) 定着と付着

ポイント

- ・ 定着と付着：付着とはコンクリートと鉄筋の接着度合い、定着とは鉄筋とその他の部材との接合度合い（梁の鉄筋が柱にめり込むことによる接合など）
- ・ 付着強度：下端筋よりも上端筋の方が許容応力度は小さい（生コンの水分が上昇するので上澄みはセメント濃度が薄い）
- ・ 付着割裂：かぶり部分が鉄筋の節により割れてしまう現象、鉄筋が太い・引張鉄筋比が大きい場合に注意
- ・ 定着長さ：引張鉄筋の部材内における引抜・ズレを防止するために必要な部材内埋め込み長さ（部位により異なる*）

- ・ 必要定着長さ： $l_{ab} = \alpha \frac{S\sigma_t d_b}{10f_b}$ α …補強筋で拘束されたコア内に定着で 1.0/それ以外は 1.25、 S …定着係数、
 σ_t …鉄筋の応力度（当該鉄筋の短期許容応力度が原則）、 d_b …呼び名（鉄筋径のようなもの）、 f_b …付着割裂基準強度
必要長さは、鉄筋径・鉄筋強度に比例し、コンクリートの基準強度に反比例

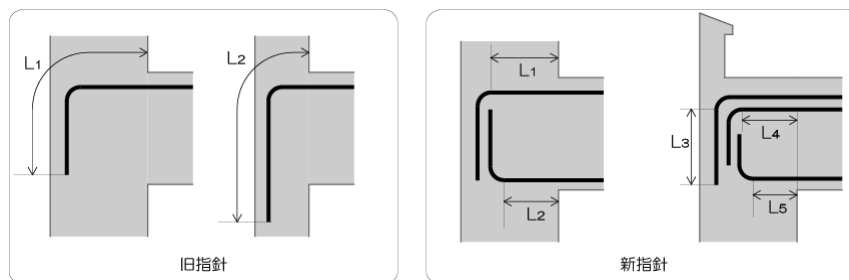


図 定着長さ指針改定 (@1999 年)

新指針は「90° フック起点からの水平定着長さ」に改定（ただし 1 最上階 1 段筋のみは鉛直部分とする、右図 L3）

過去問

- ☆ 付着強度：重ね継手の長さは所定の数値以上確保する
- ☆ 付着割裂：主筋に径の大きい鉄筋を使用する場合はかぶり部分が剥離する付着割裂破壊に注意（D35 以上は重ね継ぎ手禁止）
- ☆ 付着割裂：柱隅部の付着割裂防止のために、細径の鉄筋を配することは有効
- ☆ 付着割裂：付着割裂が生じる部材（脆性破壊のおそれがある）の構造特性係数 D_s は FD とする
- ☆ 定着長さ：梁外端部の主筋は梁せいの 0.75 倍（3/4）以上、上下に折り曲げて定着を確保する
- ☆ 定着長さ：必要な定着長さは、鉄筋径・鉄筋強度に比例し、コンクリートの基準強度に反比例（定着長さを短縮可能）
- ☆ 定着長さ：直線定着の必要長さよりも先端折り曲げ定着の方が、必要定着長さは短い
- ☆ 定着長さ：必要定着長さは、フックがあれば先端部分の折り曲げ角度によらず一定（ただし、折り曲げ後の必要余長は異なる）
- ☆ 定着長さ：通し配筋とした場合も柱・梁の接合部に十分な定着長さが必要
- ☆ 定着性能：梁の通し配筋においては、柱せいが大きいほど定着性能が向上する



☆ 定着性能：定着部の折り曲げ以降の部分、横補強筋で拘束された領域に定着させると、定着性能は向上

(F) 耐力壁

ポイント

- ・ 耐震性：面内剛性が增强されているので水平剛性が高い、水平剛性が高い？⇒地震の荷重をより多く負担しちゃう⇒負担するせん断力を2倍にして安全性を確認しておいてね
- ・ せん断耐力：開口があると著しく低下しちゃうので注意！開口周比は0.4以下、せん断耐力は開口周比等から求められる低減率を用いて耐力低減を…
- ・ 連層耐力壁：耐力壁（建物のコア部分など、エレベーター周りとかね）を上下階で揃えて連層にすること、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、壁式ラーメン RC 造（HFW）とは、梁間は独立連層壁構造、けた行は壁柱と梁から構成されるラーメン構造のこと
- ・ 靱性：やはり脆性なせん断破壊を起こしてはダメ、曲げ降伏を先行させる
- ・ 付帯ラーメン：耐力壁の周りにくっついている柱・梁のこと、耐力・靱性に留意

過去問

- ☆ 鉄筋：厚さが200mmを超える場合は複筋
- ☆ 鉄筋：壁筋はD10以上、見付け面積に対する間隔は300mm以下
- ☆ 鉄筋：せん断補強筋比は各方向に関し、0.25%以上
- ☆ 鉄筋：耐力壁のひび割れの進展を抑制するためにも、所定の鉄筋間隔を確保する
- ☆ 鉄筋：開口周辺（付帯ラーメン）の補強筋は径12mm（D13はOK）以上、主筋の必要断面積は0.8%以上、せん断補強筋比は0.2%以上
- ☆ 断面寸法：厚さ120mm以上、かつ内法高さの1/30以上、ひび割れ等を考慮して厚いほうが良
- ☆ 断面寸法：耐力壁周辺の床スラブには開口部を極力設けない
- ☆ 耐震性：連層耐力壁において回転変形が大きくなる場合には、壁柱脚の固定条件を考慮して負担せん断力を求める
- ☆ 耐震性：破壊形式を特定するためには、耐力壁と同一面内の架構に加えて、耐力壁と直交する架構の部材も考慮し検討する
- ☆ 耐震性：開口のある耐力壁のせん断耐力/剛性は、開口周比等から求められる低減率を用いて無開口状態の耐力/剛性より求める
- ☆ 耐震性：開口部の上下が梁および床に接している（階高分抜けている）場合はの左右の耐力壁は、それぞれ独立した耐力壁として扱う
- ☆ 耐震性：設計用せん断力は柱と耐力壁で分担するが、耐力壁が負担するせん断力はその値を2倍して安全性を確認する
- ☆ 付帯ラーメン（耐力壁4周ラーメン）はひび割れ分散・貫通阻止、耐力・靱性を増強
- ☆ 開口周比：0.4以下とする、開口部の面積を耐力壁面積で除して1/2乗（√）
- ☆ 開口部の低減：開口部による剛性・耐力を低減して安全性を確認する
- ☆ せん断剛性：耐力壁の厚さを増すとせん断耐力向上
- ☆ 終局せん断強度：コンクリートの圧縮強度を高くすると、終局せん断強度は向上する
- ☆ 靱性：耐力壁まわりの柱や梁は耐力壁を拘束するので、耐力壁の靱性は向上する
- ☆ 靱性：全体崩壊メカニズムを形成する際に、曲げ降伏をする耐力壁が脆性破壊をしないようにせん断力の割増を行い靱性を確保する
- ☆ 靱性：曲げ降伏する耐力壁の靱性の向上を目指し、付帯するラーメンの破壊を防止するためにせん断補強筋を増やすことは効果あり



- ☆ 袖壁：厚さ 150mm 以上、複筋、せん断補強筋比 0.4%以上で柱に付随する袖壁は、地震に対して有効な構造部材とみなせる

(G) 鉄筋のかぶり厚さ

ポイント

- ・ かぶり厚の目的：鉄筋に対する耐火被覆・防錆・付着の確保など
- ・ かぶり厚が薄い、鉄筋が太い場合に付着割裂に留意

過去問

- ☆ かぶり厚：鉄筋を覆うコンクリート表面と鉄筋表面との最短距離、部位により異なる（最低でも 3cm）
- ☆ かぶり厚：火災時の鉄筋の温度上昇抑制・鉄筋の防錆効果の働きを有する
- ☆ かぶり厚：圧縮応力に対して耐力を有する、引張部分は有効面積から除くこと
- ☆ 付着割裂：所定の数値以上のかぶり厚を確保する

2.3.4 鉄筋コンクリートの耐震設計

ポイント

- ・ 崩壊：全ての構造体では脆性破壊（粘りのない急激な崩壊）が危険、RC造の脆性破壊→せん断破壊（したがって曲げ降伏よりもせん断破壊が先に起こらないように設計、なんだったら基礎を浮き上がらせてでも良いですよ）、調子に乗って耐力壁を増やしすぎて水平剛性を高めすぎると耐力壁に水平荷重が集中しちゃってせん断破壊起こしますよ
- ・ 曲げ剛性：構造計算上で用いる断面二次モーメントはコンクリート部分（部材断面はコンクリートで構成されていますからね）、ヤング係数もコンクリートの値（コンクリートの方が値が小さいので…）を用いる

過去問

- ☆ せん断耐力：柱・梁の靱性を確保するために部材がせん断破壊（脆性的な破壊）をする前に曲げ降伏させる
- ☆ せん断耐力：曲げ降伏後のせん断破壊を避けるために、曲げ強度に対するせん断強度の比は高い方が良い
- ☆ せん断耐力：壁の多い構造物は水平剛性や水平耐力は大きいですが、脆性的な壁のせん断破壊には留意する
- ☆ せん断耐力：変形能力のある構造体とするためには壁のせん断崩壊の前に基礎を浮き上がらせる
- ☆ せん断耐力：柱・梁の接合部において、帯筋を増やしてもせん断強度は向上しない（コンクリートのせん断強度のみ）



- ☆ 曲げ剛性の検討：断面 2 次モーメント、ヤング係数ともにコンクリート部分の値を用いる（鉄筋の値は無視）
- ・ 構造計算：建物規模/耐震上の特性により必要とされる構造計算ルートが異なる、ある程度以上の規模になったら一次設計（許容応力度計算）のみならず、二次設計（層間変形/剛性率/偏心率/塔状比/保有水平耐力等）が必要、詳しくは次回
- ・ 剛性を低下させて、剛性率・偏心率の許容値を調整してはならない（ただし、応力の大きな部分ではコンクリートのひび割れ・塑性変形の影響を考慮し、剛性を低下させる）
- ・ 構造特性係数（Ds）：必要保有水平耐力を算定する際に用いる係数、部材の崩壊時の特性（脆性破壊が生じるか否か）、耐力壁の量（全耐力中の耐力壁負担の割合）等により変化、値が小さい場合には靱性があるってことになります、値が大きいと必要な保有水平耐力が増えるの意味で良くないことですよ…剛性を低下させて、剛性率・偏心率の許容値を調整してはならない（ただし、応力の大きな部分ではコンクリートのひび割れ・塑性変形の影響を考慮し、剛性を低下させる）
- ・ 構造特性係数（Ds）：必要保有水平耐力を算定する際に用いる係数、部材の崩壊時の特性（脆性破壊が生じるか否か）、耐力壁の量（全耐力中の耐力壁負担の割合）等により変化、値が小さい場合には靱性があるってことになります、値が大きいと必要な保有水平耐力が増えるの意味で良くないことですよ…

過去問

- ☆ 二次設計：RC 造の剛性率・偏心率算定時には腰壁、垂壁、袖壁の剛性も考慮する
- ☆ 層間変形の検討：地盤の変形が大きく無視できない場合には、地盤のパネを設定し各階の変形が大きくなる場合も検討
- ☆ 剛性率：1 階をピロティーとするなどの場合は、1 階の応力集中を避けるためにも 1 階部分の剛性を高める
- ☆ 剛性率：他の層と比べて剛性・強度が低い層は、大地震時に大きな変形が集中するおそれがあるので、当該層の柱には十分な強度・剛性を確保する必要がある
- ☆ 構造特性係数（Ds）：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→F A・F B・F C 材 それ以外→F D
- ☆ 構造特性係数（Ds）：保有水平耐力に対する耐力壁負担の割合が増加する場合は、靱性が低下するのでDs の値も大きくなる
- ・ 耐震補強：偏心 K 型筋交い等で面内剛性を補強、柱に鉄板を巻いてせん断補強等
- ・ エキスパンションジョイント：複雑な平面構成の建物は単純な平面に分割してしましましょう

過去問

- ☆ 耐震設計：損傷低減のために靱性のみならず強度も向上させて対応
- ☆ 耐震設計：細長い平面の場合は、床スラブに生じる応力を分散させる目的からも、耐力壁の配置は外側のみとせず均等にする
- ☆ 耐震設計：地震時に曲げモーメントが特に増大する柱の設計においては、設計基準強度の 1/3 以下とすることが望ましい
- ☆ 耐震補強：既存建物の柱に鉄板を巻いてせん断補強を行い靱性を向上させることが可能（耐震補強）
- ☆ エキスパンションジョイント：L 型平面の場合はエキスパンションジョイントを設けること推奨
- ☆ エキスパンションジョイント：温度応答やコンクリートの乾燥収縮等による変形に対しても有効
- ☆ ひび割れ：地震時に水平力を受ける柱の曲げひび割れは柱頭・柱脚に発生しやすい
- ☆ ひび割れ：許容応力度計算の際に、剛性の低下を加味して安全性を確認する
- ☆ JIS 適合品：JIS に適合する鉄筋を用いた場合には鉄筋の許容応力度を 1.1 倍にすることが可能



☆ 屋外階段：地震力に単独で抵抗できない場合は、建物と一体化させ対応させる

RC おまけ（構造の規定、過去に出題されたものに限る）

断面寸法	梁	梁せい	有効長さの 1/10 以上
	梁	貫通孔	梁せいの 1/3 以下
	柱	最小径	支点間の 1/15 以上（普通コンクリート）、1/10 以上（軽量）
	床スラブ	スラブ厚	80mm 以上、かつ短辺方向有効スパンの 1/40 以上
	耐力壁	厚さ	12cm 以上、かつ内法高さの 1/30 以上
必要鉄筋量	主筋	梁	0.8%以上、ただし引張側のみで 0.4%以上確保
		柱	0.8%以上
	せん断補強筋	あばら筋（梁）	0.2%以上
		帯筋（柱）	0.2%以上
		柱・梁接合部	0.2%以上
		床スラブ	0.2%以上、ただしひび割れに配慮する場合は 0.4%以上
		耐力壁	0.25%以上
鉄筋間隔	せん断補強筋	あばら筋（梁）	梁せいの 1/2 以下、かつ 25cm 以下
		帯筋（柱）	10cm 以下、上下端部柱径の 1.5 倍の範囲では 15cm 以下
		柱梁接合部	15cm 以下、かつ近接する柱の帯筋間隔の 3/2 倍以下
		床スラブ	短辺で 20cm 以下、長辺で 30cm 以下かつスラブ厚の 3 倍以下
		耐力壁	30cm 以下
鉄筋端部	せん断補強筋		135 度フックで定着、かつ 6d 以上の余長（溶接も可能）

2.4 鉄骨鉄筋コンクリート構造

2.4.1 構造の細則

ポイント

- ・ コンクリートのせん断耐力（脆性破壊）を鉄骨が補強、鉄骨の座屈をコンクリートが防止
- ・ 各種規定は RC に準ずる、もしくは S に準ずる場合等様々なので注意！

過去問



☆ SRC の特性：SRCはコンクリートのせん断耐力をSで補強、Sの座屈をコンクリートで補強

☆ SRC の特性：鉄骨を配することによりせん断耐力が向上し、靱性も増す

(A) 柱

ポイント

- ・ RCの基準に準ずる（鉄筋量 0.8%以上）、鉄骨部分断面積も主筋量に含まれますよー
- ・ RC部のみで部材に生じる応力度の条件をクリアできる場合は鉄骨部の耐力算定は不要です
- ・ 軸力（圧縮）が大きくなると、靱性が低下するので注意

過去問

- ☆ 鉄筋量：コンクリート全断面積に対する鋼材全断面積の割合は 0.8%以上
- ☆ 靱性：塑性変形能力は軸力が小さく、曲げ耐力を鉄骨部分が多く負担するほど向上（Ds も小さくなる）
- ☆ 靱性：圧縮力が大きくなると靱性低下（軸圧縮耐力に対する軸方向力の比は小さくすること）
- ☆ せん断耐力：長期許容せん断力は、RC部分のみの許容せん断耐力としてもOK
- ☆ 許容圧縮応力度：圧縮側鉄骨比に応じてコンクリート部の許容応力を低減
- ☆ 軸方向力耐力：軸力は RC 部分の許容軸力以下ならばその全てを RC 部分が負担しても良い
- ☆ 曲げ耐力：細長く、座屈長さが断面せいの 12 倍を超える場合は圧縮力とたわみによる 2 次曲げの影響を考慮

(B) 梁

ポイント

- ・ 鉄骨部材の形状により基準が異なるので注意！（耐力：充腹形＞ラチス形＞格子形）
- ・ 貫通孔の規定もRCと異なります（SRC：せいの 0.4 倍以下、RC：せいの 1/3 以下）

過去問

- ☆ せん断補強筋比：充腹形鋼（一般的なH型鋼など）の場合：0.1%以上、非充腹形鋼の場合：0.2%以上
- ☆ 靱性：鉄骨ウェブの形状別靱性 → 充腹形 > ラチス形 > 格子形
- ☆ 貫通孔：孔径は梁せいの 0.4 倍以下、かつ鉄骨せいの 0.7 倍以下（RC はせいの 1/3 以下）
- ☆ 貫通孔：ウェブ部分に設け、フランジ部分に設けてはならない
- ☆ 局部座屈：鉄骨部材の幅厚比が大きい場合には、鉄骨の局部座屈により構造体の塑性変形能力が低下することがある



☆ たわみ：たわみ算定においては RC 部分と S 部分が一体化していると仮定して算定

☆ ひび割れ：充腹型鉄骨では部材が一体化されるのでひび割れ発生時でも急激な強度低下は起こりにくい（非充腹型よりも）

（C）柱・梁接合部

ポイント

- ・ 鉄筋・鉄骨がたくさんになります…（梁のフランジには孔を空けてはいけません）

過去問

☆ 配筋：帯筋は梁のウェブを貫通させて配筋

☆ 曲げ耐力：柱の S 部分の曲げ耐力の和を、梁の S 部分の曲げ耐力の和の 40%以上とした場合は、両部材間の S 部分の応力伝達に対する安全性の検討を省略可能

☆ 曲げ耐力：接合部の力の流れを円滑にするために、柱と梁の曲げ終局耐力は同程度であることが望ましい

（D）柱脚

ポイント

- ・ 以下一読のこと

過去問

☆ 柱脚：地震時に引張がかかる可能性がある場合は埋め込み式とする

☆ 柱脚：鉄筋量が多いので鉄筋とベースプレートの取り合いに留意

（E）床スラブ・耐力壁

ポイント

- ・ 以下一読のこと

過去問

☆ 床スラブ：下端筋（圧縮になる）がウェブにあたるときはその手前で定着

☆ 連層耐力壁：建物のコア部分（エレベーター周りとかね）を上下階で揃えて連層にすること

（F）ほか

ポイント

- ・ 以下一読のこと

過去問

☆ かぶり厚：鉄骨部のかぶり厚は最小で 50mm、実際の収まりを考えると柱で 150mm 程度、梁で 120mm 程度

☆ 施工時：鉄骨だけになってしまうので注意してね（鉄骨の座屈に注意すること）

☆ CFT（コンクリート充填鋼管）部材ではコンファインド効果（拘束効果）をプラス可能

☆ CFT：梁からのせん断力は充腹コンクリートと鋼管の付着強度で伝搬



- ☆ CFT：鋼管の座屈防止、座屈しても軸力が内部コンクリートへ移行等の理由により塑性変形能力は優れる
- ☆ CFT：内部のコンクリートにひび割れが生じても急激に剛性が低下することは無い

2.4.2 応力算定の基本仮定

ポイント

- ・ 応力の算定は鉄筋コンクリート造に準ずる（基本的に…）
- ・ 前頁に記するようにコンクリートの弱点を如何に鋼材で補強するのかがポイント

過去問

- ・ なし

2.4.3 部材の算定

ポイント

- ・ 耐力算定：部材の耐力は、RCのみの耐力とSのみの耐力を合算できる場合（累加強度）とできない場合があります
- ・ 足せない場合は、せん断耐力（長期・短期荷重時、終局ではない場合）の場合のみ！
- ・ ただし、柱脚におけるS部分の耐力は鉄骨の耐力 or 鉄骨埋め込み部の支圧強度のいずれか小さいほうになります
- ・ 構造特性係数はSRCのほうがRCよりも0.05 小さい（小さいほうが構造体として強い、ってことです）

過去問

- ☆ 耐力算定：コンクリートが充填されていない被覆形鋼管も単純累加強度式の採用可能
- ☆ 耐力算定：柱脚の終局耐力では鉄骨部の終局耐力（鉄骨の終局耐力 or 埋込み部の支圧耐力の小さいほう）+ RC部終局耐力
- ☆ 耐力算定：鋼材の影響が小さい場合はコンクリート部分のみで評価（ヤング係数等）を行うことが可能
- ☆ せん断力耐力：許容応力度に関してはRC・Sそれぞれが負担している曲げモーメント比で分担
- ☆ せん断力耐力：終局耐力に関してはRC・Sの終局せん断度の和、終局以外ではそれぞれ個別に検討
- ☆ せん断力耐力：RC部の許容せん断力はせん断補強筋比が0.6%以上の場合であっても上限0.6%で計算を行う
- ☆ せん断力耐力：RC造耐震壁の周辺にSRCの架構を設ける場合は、十分なせん断耐力と靱性を有する鉄筋を配すること
- ☆ 曲げ耐力：柱・梁の許容曲げモーメントはS・RCそれぞれの許容曲げモーメントの和（累加強度式）



- ☆ 構造特性係数Ds：算定時に、耐力壁の破壊モードがせん断破壊以外である場合には、耐力壁の種別をWAとする
- ☆ 構造特性係数Ds：SRC 造の Ds 値は 0.25 以上（RC よりも 0.05 減）、RC 造は 0.3 以上
- ☆ 付着：鉄骨とコンクリートの付着検討時にはコンクリートの充填しにくい部分（鉄骨の裏とか）を除いた付着面積を用いる

2.5 壁構造

2.5.1 組積造

ポイント

- ・ レンガ、石などの材料をモルタルにより接着組積した構造、組積造の種別：1 種組積造<2 種組積造
- ・ 建物規模：階高は 3m 以下、2 種組積造では、RC の床スラブ+小屋組みで高さ 13m、軒高 9m までOK
- ・ 臥梁（がりょう）：壁頂部に設ける抑え、RC とする、巾は壁厚の 1.5 倍以上かつ 300mm 以上

表 耐力壁基準

壁	厚さ	平屋	200mm 以上（5m 以下）、300mm 以上（5m を超え 10m 以下）
		2 階建て・3 階建て	300mm 以上（5m 以下）、400mm 以上（5m を超え 10m 以下）
	面積	1 種組積造	40m ² 以下
		2 種組積造	60m ² 以下（RC の屋根スラブが無い場合には 40m ² 以下）
	壁スパン		10m 以下
	実長	長さ	はり間・桁行きとも一辺当たり壁の長さの 1/2 まで、総和でも 1/3 以下
	開口	相互間隔	壁厚の 2 倍以上、かつ 60cm 以上

過去問

- ☆ 組積造：芋目地禁止、れんが・石・コンクリートブロックは十分に水洗い
- ☆ 建物規模：壁式プレキャストコンクリートの水平投影面積は最大 60 m²

2.5.2 補強コンクリートブロック造

ポイント

- ・ コンクリートブロック（強度：A 種<B 種<C 種）に鉄筋・コンクリートを用いて組み上げた構造
- ・ 建物規模：階高は 3.5m 以下（平屋では 4m 以下）
- ・ 臥梁（がりょう）：壁頂部に設ける抑え、RC とする、巾は壁厚の 1.5 倍以上かつ 300mm 以上
- ・ 耐力壁：ある長さ以上無いと耐力壁と認めてもらえない → ある長さ=必要長さ
- ・ 壁量：建物の安全性を確保するために必要な壁の量が、ブロック種・建物規模により規定されている
- ・ 壁量算定：梁間・桁行のそれぞれの方向において、耐力壁の実長を合計、その長さを床面積で割る
- ・ 耐力壁の実長：必要長さ以上の長さを持った耐力壁の長さを合算したもの

表 耐力壁基準

壁	厚さ	平屋・最上階	150mm 以上、かつ高さの 1/20 以上
		それ以外	190mm 以上、かつ高さの 1/16 以上
	面積		45m ² 以下、RC の剛な床・屋根スラブありの場合は 60m ²
	長さ		耐力壁厚さの 50 倍以下



	壁量	A 種	平屋・最上階：15cm/m ² 、最上階から 2 つめ：21cm/m ²
		B 種	平屋・最上階：15cm/m ² 、最上階から 2 つめ：18cm/m ² 、最上階から 3 つめ：25cm/m ²
		C 種	平屋・最上階：15cm/m ² 、最上階から 2 つめ：15cm/m ² 、最上階から 3 つめ：20cm/m ²
	実長		550mm 以上、かつ両側開口高さの平均の 30%以上

過去問

- ☆ 建物規模：耐力壁の水平投影面積は通常 45 m²以下、剛な RC 屋根・スラブを有する場合は 60 m²まで
- ☆ 建物規模：A 種コンクリートブロックでは地上 2 階建/軒高 7m 以下、B 種・C 種コンクリートブロックでは地上 3 階建/軒高 11m 以下
- ☆ 必要壁量（A 種）：平屋では 15cm/m²、最上階から 2 つ目では 21cm/m²
- ☆ 必要壁量（B 種）：平屋では 15cm/m²、最上階から 2 つ目では 18cm/m²、最上階から 3 つ目では 25cm/m²
- ☆ 必要壁量（C 種）：平屋では 15cm/m²、最上階から 2 つ目では 15cm/m²、最上階から 3 つ目では 20cm/m²
- ☆ コンクリート強度：壁体中空部に打ち込むコンクリートの設計基準強度は 21N/m²以上
- ☆ 打ち込みコンクリートの厚さ：壁ばりに型枠ブロックを使用する場合、耐力壁内部のコンクリート厚+3cm 以上
- ☆ 構造設計：複層のハイブリッド構造の場合、特に 1 階部分の剛性・耐力に留意、また耐震要素の配置バランスも重要
- ☆ 梁の断面寸法：壁ばりにおいて構造計算を省略する場合はせいはいは 45cm 以上とする
- ☆ 臥梁：耐力壁の頂部には RC の臥梁を設ける、ただし平屋の場合現場打ち RC 造の屋根があれば臥梁不要
- ☆ 控壁：高さ 1.2m を超える場合、塀の長さ 3.4m 以下おきに控壁を設ける
- ☆ 帳壁：主要支点間距離は 3.5m 以下
- ☆ 鉄筋：塀の配筋では構造計算を省略する場合は径 9mm 以上の鉄筋を縦横に 80cm 以下の間隔で配置
- ☆ 継手：縦筋はブロック空洞部内での重ね継ぎ不可

2.5.3 壁式鉄筋コンクリート造

表 耐力壁基準

壁	厚さ	平屋	120mm 以上、かつ高さの 1/25 以上	
		2 階建各階・最上階	150mm 以上、かつ高さの 1/22 以上	
		その他	180mm 以上、かつ高さの 1/22 以上	
		地下階	180mm 以上、かつ高さの 1/18 以上（土に触れている場合には各面ともに+1cm）	
	壁量		平屋・最上階から 3 つめ以上：12cm/m ² 、最上階から 4 つめ以下：15cm/m ² 、地下階：20cm/m ²	
	実長		450mm 以上、かつ同一実長を持つ高さの 30%以上	
	鉄筋	径等	径 9mm の丸鋼、もしくは D10 以上の異型鉄筋（壁梁は D13 以上）、厚さ 200mm 以上で複筋化	
		間隔	300mm 以下	
		必要断面積 （せん断補強）	平屋・2 階建の最上階：0.15%、2 階建の 1 階・3～5 階建の最上階・最上階から 2 つめ：0.20% 地下階・その他の階：0.25%	
	耐力壁端部の曲げ補強筋（開口縁高さ別）	端部高さ 1m 以下	平屋	1-D13
			2 階建て各階、3～5 階建の最上階	1-D13
			3～5 階建の上から 2 つ目	2-D13
			平屋、2 階建の地下階、など（記載以外）	2-D13
			5 階建の 1 階、および地下階	2-D16
		端部高さ	平屋	1-D13



	1m以上	2 階建て各階、3～5 階建ての最上階	2-D13
		3～5 階建ての上から 2 つ目	2-D13
		平屋、2 階建ての地下階、など（記載以外）	2-D16
		5 階建ての 1 階、および地下階	2-D19

- ・ 建物規模：壁式 RC では 5 階建て以下、軒の高さ 20m 以下の構造体は許容応力度設計で設計可能（2 次設計免除）、ただし「壁式ラーメン」鉄筋コンクリート構造の建築物は、地上 15 階建て、軒の高さ 45m まで建設可能
- ・ 壁量：基準値を覚える必要あり？最近あまり出題されていませんが…
- ・ 耐震性：ラーメンよりも壁式の方が水平剛性高いです（が！やはり靱性は乏しくなるので、逆にせん断破壊が怖いですが）、それとラーメンよりも重くなるのでその点も不利かな、基本的に保有水平耐力計算にて安全性をチェックします

過去問

- ☆ 建物規模：内法面積は RC の床スラブありで 60 m²以下、なしの場合は 45 m²以下
- ☆ 建物規模：壁式 RC では 5 階建て以下、軒の高さ 20m 以下の構造体は許容応力度設計で設計可能（2 次設計免除）
- ☆ 建物規模：「壁式ラーメン」鉄筋コンクリート構造の建築物は、地上 15 階建て、軒の高さ 45m まで建設可能
- ☆ 壁式ラーメン RC 造（HFW）とは、梁間は独立連層壁構造、けた行は壁柱と梁から構成されるラーメン構造のこと
- ☆ 壁量：平屋または最上階から 3 つめ以上の階は 12 cm/m²、最上階から 4 つ目以下の階は 15cm/m²、地下階は 20cm/m²
- ☆ 壁量：規定値以下の場合は層間変形（1/200 以下）、剛性率（0.6 以上）・偏心率（0.15 以下）、保有水平耐力を確認
- ☆ 壁量：耐力壁の厚さが規定値よりも大きい場合は壁量を規定値から 3cm/m²引く事が可能
- ☆ 壁量：壁量が規定値に足りない場合でも、層間変形・保有水平耐力計算で安全性が確認できれば OK
- ☆ 耐力壁厚さ：平屋：12 cm 以上かつ h/25 以上、地下階は 18cm 以上かつ土に触れる場合はかぶり厚を 1cm 増やして 19cm
- ☆ 耐力壁厚さ：2 階建ての各階及び 3～5 階の最上階で 15cm 以上かつ h/22 以上、他で 18 cm 以上かつ h/18 以上
- ☆ 耐力壁実長：450mm 以上、かつ同一実長を有する部分の高さの 30%以上必要
- ☆ 耐力壁実長：小開口（換気扇程度）で適切に補強を行ったものは開口とみなさなくて OK
- ☆ 鉄筋：D10 以上（耐力壁の開口部付近では D13 以上）、見付け面積に対する間隔はそれぞれ 30cm 以下
- ☆ 鉄筋：4 階建て 1 階部分の隅部、端部高さが 1m 以内の場合で 2-D13、1m を超える場合は 2-D16
- ☆ 鉄筋：耐力壁厚さが 200mm を超える場合は複筋
- ☆ 鉄筋：開口部の隅角部において、所定の鉄筋量以上を配すれば斜め筋を排除可能
- ☆ せん断補強比：最上階（含む平屋）：0.15%、最上階の 1 ヶ下：0.2%、その他：0.25%
- ☆ 壁梁：幅は接する耐力壁の厚さ以上、せいは 450mm 以上（主筋は D13 以上）



- ☆ 軟弱地盤：基礎ばりを剛強、最上階の床を鉄筋コンクリートとする
- ☆ コンクリートの設計基準強度：18N/mm²以上（強いコンクリートを使用すると壁量規定値が低減される）
- ☆ 保有水平耐力：ラーメンよりも壁式の方が大きい傾向にあるが、耐力壁のせん断破壊（脆性破壊）は生じやすい（靱性は乏しい）
- ☆ 保有水平耐力：建物の保有水平耐力を大きくするために耐力壁を増やすと重量化し、必要保有水平耐力も増加することもあり
- ☆ 保有水平耐力：壁式 RC 造を多雪地域に建設する場合は保有水平耐力の検討が必要

2.3 鉄筋コンクリート構造

2.3.1 特性

2.3.2 材料の性質と許容応力度

- ☆ 許容応力度（コンクリート）：長期圧縮＝ $F/3$ 、長期せん断＝ $F/30$ 、短期圧縮＝長期×2、短期せん断＝長期×1.5、引張 0
- ☆ 許容応力度：許容付着応力度は上端筋の場合よりも下端筋の方が大きい（上端はブリージングでセメントが薄いから）
- ☆ ヤング係数比：ヤング係数比（鋼材/コンクリート）はコンクリートの設計基準強度が高くなるほど小さくなる
- ☆ 諸係数：断面二次モーメントの値はコンクリート部の断面（全断面）から算定、ヤング係数もコンクリートの値を用いて算定する

2.3.3 部材の算定

（A）梁

- ☆ 梁の断面寸法：梁せいは梁の有効長さの 1/10 以上
- ☆ 梁の断面寸法：設設備孔（貫通孔）の径は梁せいの 1/3 以下、位置は材端を避け（地震時の応力大）材中央に設ける
- ☆ 梁の断面寸法：スラブと一体型の長方形梁は、スラブの協力幅をプラスした T 型梁とみなすことができる
- ☆ 小梁：過大なたわみを防止するために十分な曲げ剛性を確保する
- ☆ 主筋：引張鉄筋比は 0.4%以上
- ☆ 主筋：鉄筋コンクリート造の主要な梁は全スパン複筋ばりとする
- ☆ あばら筋：0.2%以上（耐震壁付帯ラーメンの梁のあばら筋比も含む）
- ☆ あばら筋：通し配筋とした場合も柱・梁の接合部に十分な定着長さが必要
- ☆ あばら筋：間隔は梁せいの 1/2 以下、かつ 25cm 以下
- ☆ 曲げ降伏：曲げ降伏する部材においては、降伏後のせん断破壊に留意しせん断強度を高めに設定
- ☆ 曲げ降伏：せん断余裕度（梁のせん断強度/両端が曲げ降伏する場合のせん断力）が高いほど、靱性が高い
- ☆ 許容曲げモーメント：引張鉄筋比が釣合鉄筋比以下の場合は、引張鉄筋断面積×鉄筋許容応力度×曲げ材中心間距離
- ☆ 許容曲げ応力度：圧縮の応力度はコンクリートのみならず鉄筋も負担するものとして計算
- ☆ 終局せん断強度：あばら筋を増やすと終局せん断強度向上
- ☆ たわみ：振動障害の検討においてはたわみの検証が必要（弾性たわみを小さくすると振動障害抑制可能）



(B) 柱（含む接合部）

- ☆ 柱の断面寸法：最小径は構造上主要な支点間の 1/15 以上（軽量コンクリートの場合は 1/10 以上）
- ☆ 主筋：引張鉄筋の量が多くなるほど曲げ耐力は大きくなるが、脆性破壊である付着割裂のリスクが増すので靱性は低下する
- ☆ 主筋：地震時等に大きな変動軸力を受ける外柱は、靱性性能が低下するので、内柱よりも多くの主筋を配する必要がある
- ☆ 主筋：主筋継手位置は上から内法高さの 1/4 以下、下から 50cm 以上は避ける
- ☆ 主筋：圧縮力を受ける柱ではコンクリートのクリープによって鉄筋の圧縮応力が徐々に増加する
- ☆ 主筋：鉄筋コンクリート柱・梁の主筋比は 0.8%以上（ただし、梁の引張鉄筋比は 0.4%以上、もしくは応力算定の 4/3 倍）
- ☆ 主筋：圧縮鉄筋はクリープによるたわみの抑制、地震に対する靱性の確保にも効果あり
- ☆ 主筋：帯筋量が規定値を満足する場合には、主筋が多く入っているほど変形能力は低くなる
- ☆ 主筋：主筋は圧縮応力は負担するが、せん断力は負担しないものとして耐力算定を行う
- ☆ 帯筋：長期許容せん断力算定においてはコンクリートのみの効果を考え、帯筋の影響は無視
- ☆ 帯筋：帯筋はΦ9 または D10 以上の鉄筋を用い、間隔 100mm 以下、上下端部から径の 1.5 倍の範囲内では 150mm 以下
- ☆ 帯筋：せん断補強筋の端部は 135 度フックにより定着、かつ余長 6d 以上とする、もしくは溶接
- ☆ 帯筋：帯筋比（せん断補強筋比）は 0.2%以上、高強度鉄筋の使用で柱の脆性破壊防止
- ☆ 帯筋：柱の座屈防止のために、所定の間隔を確保する
- ☆ 帯筋：拘束度合いが大きくなると圧縮耐力が大きくなるばかりでなく、最大耐力以降の耐力低下の度合いも緩やかになる
- ☆ 曲げ剛性：柱の曲げ剛性を高めるためにはヤング係数（コンクリート強度）、断面 2 次モーメントを大きくする（鉄筋関係無）
- ☆ 曲げ剛性：曲げ剛性の算定時の断面二次モーメントの値はコンクリート部の断面から算定、ヤング係数もコンクリートの値を用いて算定する
- ☆ 許容曲げ応力度：「圧縮側縁がコンクリートの許容圧縮応力度に達したとき」「圧縮側鉄筋が許容圧縮応力度に達したとき」「引張鉄筋が許容引張応力度に達したとき」のいずれかの最小値がその部材の許容曲げ応力度
- ☆ 靱性：作用する軸圧縮力が大きくなるほどせん断耐力は増すが、靱性は低下する
- ☆ 靱性：軸方向圧縮力が小さい時は変形能力を有するが、圧縮力が大きくなると脆性破壊を起こす可能性あり（靱性低下）
- ☆ 短柱：垂壁・腰壁が多い柱は耐力の増強が必要
- ☆ 短柱：断面形状が同じ場合、短柱の方がせん断強度は大きくなるが、粘り強さ（靱性）は小さくなる
- ☆ 短柱：腰壁が取り付くことにより柱が短くなる場合にはスリットを設けて短柱となることを防ぐ
- ☆ 短柱：せん断強度は大きい、粘り強さは低下する（脆性破壊に注意）
- ☆ 柱梁接合部：柱・梁の接合部は地震時に大きなせん断力を受ける
- ☆ 柱梁接合部：柱に対して梁が偏心して取り付く場合、ねじりモーメントを考慮して設計を行う
- ☆ 柱梁接合部：帯筋量を増やしても接合部せん断強度は向上しない（接合部断面形状・コンクリートの強度等で決定）
- ☆ 柱梁接合部：せん断補強筋はひび割れ発生後のせん断変形の抑制のため
- ☆ 柱梁接合部：せん断補強筋比 0.2%以上、帯筋間隔は 150mm 以下、かつ隣接する柱の帯筋間隔の 3/2 倍以下



(C) 床スラブ

- ☆ 床スラブ厚さ：短辺方向の有効スパンの $1/40$ 以上かつ 80mm 以上、はね出しの場合は $1/10$ 以上
- ☆ 片持ちスラブ：支持端部の厚さは持ち出し長さの $1/10$ 以上とする
- ☆ 主筋：引張鉄筋は $D10$ 以上、または径 6mm 以上の溶接金網とする
- ☆ 主筋：引張鉄筋の間隔は短辺で 200mm 以下、長辺で 300mm 以下かつスラブ厚さの 3 倍以下
- ☆ 主筋：鉄筋比は 0.2% 以上、ただしひび割れに対し配慮する場合は 0.4% 以上
- ☆ 主筋：最大曲げモーメントを受ける引張鉄筋の間隔は短辺 20cm 以下、長辺 30cm 以下、かつ床スラブの厚さ 3 倍以下
- ☆ たわみ：長期たわみは、乾燥収縮・ひび割れ・クリープの影響等により増大する
- ☆ たわみ：材料の強度には関係無し、ヤング係数・断面 2 次モーメントで変化、たわみ＝変形能力で考えも
- ☆ 設計：鉛直荷重に対する強度を確保するとともにたわみ・ひび割れ・振動障害にも留意する
- ☆ 水平剛性：耐力壁・筋交いにつながる床スラブは水平力も伝播する（床面には十分な面内剛性・耐力を持たせること）
- ☆ 水平剛性：地震時に生じる面内せん断力に対する耐力や剛性についても考慮する
- ☆ 小梁：小梁は床スラブの過大なたわみを防止するために十分な曲げ剛性を有すること
- ☆ 内法面積は 25 m^2 以下、設備配管を配する場合は上端筋と下端筋の間に設ける

(D) 曲げ材のせん断補強

- ☆ 曲げ降伏：曲げ降伏する部材においては、降伏後のせん断破壊に留意しせん断強度を高めに設定
- ☆ 曲げ降伏：せん断余裕度（梁のせん断強度/両端が曲げ降伏する場合のせん断力）が高いほど、靱性が高い

(E) 定着と付着

- ☆ 付着強度：重ね継手の長さは所定の数値以上確保する
- ☆ 付着割裂：主筋に径の大きい鉄筋を使用する場合はかぶり部分が剥離する付着割裂破壊に注意（ $D35$ 以上は重ね継ぎ手禁止）
- ☆ 付着割裂：柱隅部の付着割裂防止のために、細径の鉄筋を配することは有効
- ☆ 付着割裂：付着割裂が生じる部材（脆性破壊のおそれがある）の構造特性係数 D_s は FD とする
- ☆ 定着長さ：梁外端部の主筋は梁せいの 0.75 倍（ $3/4$ ）以上、上下に折り曲げて定着を確保する
- ☆ 定着長さ：必要な定着長さは、鉄筋径・鉄筋強度に比例し、コンクリートの基準強度に反比例（定着長さを短縮可能）
- ☆ 定着長さ：直線定着の必要長さよりも先端折り曲げ定着の方が、必要定着長さは短い
- ☆ 定着長さ：必要定着長さは、フックがあれば先端部分の折り曲げ角度によらず一定（ただし、折り曲げ後の必要余長は異なる）
- ☆ 定着長さ：通し配筋とした場合も柱・梁の接合部に十分な定着長さが必要
- ☆ 定着性能：梁の通し配筋においては、柱せいが大きいほど定着性能が向上する
- ☆ 定着性能：定着部の折り曲げ以降の部分を、横補強筋で拘束された領域に定着させると、定着性能は向上



(F) 耐力壁

- ☆ 鉄筋：厚さが 200mm を超える場合は複筋
- ☆ 鉄筋：壁筋は D10 以上、見付け面積に対する間隔は 300mm 以下
- ☆ 鉄筋：せん断補強筋比は各方向に関し、0.25%以上
- ☆ 鉄筋：耐力壁のひび割れの進展を抑制するためにも、所定の鉄筋間隔を確保する
- ☆ 鉄筋：開口周辺（付帯ラーメン）の補強筋は径 12mm（D13 は OK）以上、主筋の必要断面積は 0.8%以上、せん断補強筋比は 0.2% 以上
- ☆ 断面寸法：厚さ 120mm 以上、かつ内法高さの 1/30 以上、ひび割れ等を考慮して厚いほうが良
- ☆ 断面寸法：耐力壁周辺の床スラブには開口部を極力設けない
- ☆ 耐震性：連層耐力壁において回転変形が大きくなる場合には、壁柱脚の固定条件を考慮して負担せん断力を求める
- ☆ 耐震性：破壊形式を特定するためには、耐力壁と同一面内の架構に加えて、耐力壁と直交する架構の部材も考慮し検討する
- ☆ 耐震性：開口のある耐力壁のせん断耐力/剛性は、開口周比等から求められる低減率を用いて無開口状態の耐力/剛性より求める
- ☆ 耐震性：開口部の上下が梁および床に接している（階高分抜けている）場合はの左右の耐力壁は、それぞれ独立した耐力壁として扱う
- ☆ 耐震性：設計用せん断力は柱と耐力壁で分担するが、耐力壁が負担するせん断力はその値を 2 倍して安全性を確認する
- ☆ 付帯ラーメン（耐力壁 4 周ラーメン）はひび割れ分散・貫通阻止、耐力・靱性を増強
- ☆ 開口周比：0.4 以下とする、開口部の面積を耐力壁面積で除して 1/2 乗（ $\sqrt{\quad}$ ）
- ☆ 開口部の低減：開口部による剛性・耐力を低減して安全性を確認する
- ☆ せん断剛性：耐力壁の厚さを増すとせん断耐力向上
- ☆ 終局せん断強度：コンクリートの圧縮強度を高くすると、終局せん断強度は向上する
- ☆ 靱性：耐力壁まわりの柱や梁は耐力壁を拘束するので、耐力壁の靱性は向上する
- ☆ 靱性：全体崩壊メカニズムを形成する際に、曲げ降伏をする耐力壁が脆性破壊をしないようにせん断力の割増を行い靱性を確保する
- ☆ 靱性：曲げ降伏する耐力壁の靱性の向上を目指し、付帯するラーメンの破壊を防止するためにせん断補強筋を増やすことは効果あり
- ☆ 袖壁：厚さ 150mm 以上、複筋、せん断補強筋比 0.4%以上で柱に付随する袖壁は、地震に対して有効な構造部材とみなせる

(G) 鉄筋のかぶり厚さ

- ☆ かぶり厚：鉄筋を覆うコンクリート表面と鉄筋表面との最短距離、部位により異なる（最低でも 3cm）
- ☆ かぶり厚：火災時の鉄筋の温度上昇抑制・鉄筋の防錆効果の働きを有する
- ☆ かぶり厚：圧縮応力に対して耐力を有する、引張部分は有効面積から除くこと
- ☆ 付着割裂：所定の数値以上のかぶり厚を確保する



2.3.4 鉄筋コンクリートの耐震設計

- ☆ せん断耐力：柱・梁の靱性を確保するために部材がせん断破壊（脆性的な破壊）をする前に曲げ降伏させる
- ☆ せん断耐力：曲げ降伏後のせん断破壊を避けるために、曲げ強度に対するせん断強度の比は高い方がよい
- ☆ せん断耐力：壁の多い構造物は水平剛性や水平耐力は大きい、脆性的な壁のせん断破壊には留意する
- ☆ せん断耐力：変形能力のある構造体とするためには壁のせん断崩壊の前に基礎を浮き上がらせる
- ☆ せん断耐力：柱・梁の接合部において、帯筋を増やしてもせん断強度は向上しない（コンクリートのせん断強度のみ）
- ☆ 曲げ剛性の検討：断面 2 次モーメント、ヤング係数ともにコンクリート部分の値を用いる（鉄筋の値は無視）
- ☆ 二次設計：RC 造の剛性率・偏心率算定時には腰壁、垂壁、袖壁の剛性も考慮する
- ☆ 層間変形の検討：地盤の変形が大きく無視できない場合には、地盤のパネを設定し各階の変形が大きくなる場合も検討
- ☆ 剛性率：1 階をピロティとするなどの場合は、1 階の応力集中を避けるためにも 1 階部分の剛性を高める
- ☆ 剛性率：他の層と比べて剛性・強度が低い層は、大地震時に大きな変形が集中するおそれがあるので、当該層の柱には十分な強度・剛性を確保する必要がある
- ☆ 構造特性係数（Ds）：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→F A・F B・F C 材 それ以外→F D
- ☆ 構造特性係数（Ds）：保有水平耐力に対する耐力壁負担の割合が増加する場合は、靱性が低下するのでDs の値も大きくなる
- ☆ 耐震設計：損傷低減のために靱性のみならず強度も向上させて対応
- ☆ 耐震設計：細長い平面の場合は、床スラブに生じる応力を分散させる目的からも、耐力壁の配置は外側のみとせず均等にする
- ☆ 耐震設計：地震時に曲げモーメントが特に増大する柱の設計においては、設計基準強度の 1/3 以下とすることが望ましい
- ☆ 耐震補強：既存建物の柱に鉄板を巻いてせん断補強を行い靱性を向上させることが可能（耐震補強）
- ☆ エキスパンションジョイント：L 型平面の場合はエキスパンションジョイントを設けること推奨
- ☆ エキスパンションジョイント：温度応答やコンクリートの乾燥収縮等による変形に対しても有効
- ☆ ひび割れ：地震時に水平力を受ける柱の曲げひび割れは柱頭・柱脚に発生しやすい
- ☆ ひび割れ：許容応力度計算の際に、剛性の低下を加味して安全性を確認する
- ☆ JIS 適合品：JIS に適合する鉄筋を用いた場合には鉄筋の許容応力度を 1.1 倍にすることが可能
- ☆ 屋外階段：地震力に単独で抵抗できない場合は、建物と一体化させ対応させる

2.4 鉄骨鉄筋コンクリート構造

2.4.1 構造の細則

- ☆ SRC の特性：SRC はコンクリートのせん断耐力を S で補強、S の座屈をコンクリートで補強
- ☆ SRC の特性：鉄骨を配することによりせん断耐力が向上し、靱性も増す

（A）柱

- ☆ 鉄筋量：コンクリート全断面積に対する鋼材全断面積の割合は 0.8% 以上
- ☆ 靱性：塑性変形能力は軸力が小さく、曲げ耐力を鉄骨部分が多く負担するほど向上（Ds も小さくなる）



- ☆ 靱性：圧縮力が大きくなると靱性低下（軸圧縮耐力に対する軸方向力の比は小さくすること）
- ☆ せん断耐力：長期許容せん断力は、RC部分のみの許容せん断耐力としてもOK
- ☆ 許容圧縮応力度：圧縮側鉄骨比に応じてコンクリート部の許容応力を低減
- ☆ 軸方向力耐力：軸力はRC部分の許容軸力以下ならばその全てをRC部分が負担しても良い
- ☆ 曲げ耐力：細長く、座屈長さが断面せいの12倍を超える場合は圧縮力とたわみによる2次曲げの影響を考慮

（B）梁

- ☆ せん断補強筋比：充腹形鋼（一般的なH型鋼など）の場合：0.1%以上、非充腹形鋼の場合：0.2%以上
- ☆ 靱性：鉄骨ウェブの形状別靱性 → 充腹形 > ラチス形 > 格子形
- ☆ 貫通孔：孔径は梁せいの0.4倍以下、かつ鉄骨せいの0.7倍以下（RCはせいの1/3以下）
- ☆ 貫通孔：ウェブ部分に設け、フランジ部分に設けてはならない
- ☆ 局部座屈：鉄骨部材の幅厚比が大きい場合には、鉄骨の局部座屈により構造体の塑性変形能力が低下することがある
- ☆ たわみ：たわみ算定においてはRC部分とS部分が一体化していると仮定して算定
- ☆ ひび割れ：充腹型鉄骨では部材が一体化されるのでひび割れ発生時でも急激な強度低下は起こりにくい（非充腹型よりも）

（C）柱・梁接合部

- ☆ 配筋：帯筋は梁のウェブを貫通させて配筋
- ☆ 曲げ耐力：柱のS部分の曲げ耐力の和を、梁のS部分の曲げ耐力の和の40%以上とした場合は、両部材間のS部分の応力伝達に対する安全性の検討を省略可能
- ☆ 曲げ耐力：接合部の力の流れを円滑にするために、柱と梁の曲げ終局耐力は同程度であることが望ましい

（D）柱脚

- ☆ 柱脚：地震時に引張がかかる可能性がある場合は埋め込み式とする
- ☆ 柱脚：鉄筋量が多いので鉄筋とベースプレートの取り合いに留意

（E）床スラブ・耐力壁

- ☆ 床スラブ：下端筋（圧縮になる）がウェブにあたるときはその手前で定着
- ☆ 連層耐力壁：建物のコア部分（エレベーター周りとかね）を上下階で揃えて連層にすること

（F）ほか

- ☆ かぶり厚：鉄骨部のかぶり厚は最小で50mm、実際の収まりを考えると柱で150mm程度、梁で120mm程度
- ☆ 施工時：鉄骨だけになってしまうので注意してね（鉄骨の座屈に注意すること）
- ☆ CFT（コンクリート充填鋼管）部材ではコンファインド効果（拘束効果）をプラス可能
- ☆ CFT：梁からのせん断力は充腹コンクリートと鋼管の付着強度で伝搬
- ☆ CFT：鋼管の座屈防止、座屈しても軸力が内部コンクリートへ移行等の理由により塑性変形能力は優れる
- ☆ CFT：内部のコンクリートにひび割れが生じて急激に剛性が低下することは無い

2.4.2 応力算定の基本仮定



2.4.3 部材の算定

- ☆ 耐力算定：コンクリートが充填されていない被覆形鋼管も単純累加強度式の採用可能
- ☆ 耐力算定：柱脚の終局耐力では鉄骨部の終局耐力（鉄骨の終局耐力 or 埋込み部の支圧耐力の小さいほう）＋RC部終局耐力
- ☆ 耐力算定：鋼材の影響が小さい場合はコンクリート部分のみで評価（ヤング係数等）を行うことが可能
- ☆ せん断力耐力：許容応力度に関してはRC・Sそれぞれが負担している曲げモーメント比で分担
- ☆ せん断力耐力：終局耐力に関してはRC・Sの終局せん断度の和、終局以外ではそれぞれ個別に検討
- ☆ せん断力耐力：RC部の許容せん断力はせん断補強筋比が0.6%以上の場合であっても上限0.6%で計算を行う
- ☆ せん断力耐力：RC造耐震壁の周辺にSRCの架構を設ける場合は、十分なせん断耐力と靱性を有する鉄筋を配すること
- ☆ 曲げ耐力：柱・梁の許容曲げモーメントはS・RCそれぞれの許容曲げモーメントの和（累加強度式）
- ☆ 構造特性係数Ds：算定時に、耐力壁の破壊モードがせん断破壊以外である場合には、耐力壁の種別をWAとする
- ☆ 構造特性係数Ds：SRC造のDs値は0.25以上（RCよりも0.05減）、RC造は0.3以上
- ☆ 付着：鉄骨とコンクリートの付着検討時にはコンクリートの充填しにくい部分（鉄骨の裏とか）を除いた付着面積を用いる

2.5 壁構造

2.5.1 組積造

- ☆ 組積造：芋目地禁止、れんが・石・コンクリートブロックは十分に水洗い
- ☆ 建物規模：壁式プレキャストコンクリートの水平投影面積は最大60㎡

2.5.2 補強コンクリートブロック造

- ☆ 建物規模：耐力壁の水平投影面積は通常45㎡以下、剛なRC屋根・スラブを有する場合は60㎡まで
- ☆ 建物規模：A種コンクリートブロックでは地上2階建/軒高7m以下、B種・C種コンクリートブロックでは地上3階建/軒高11m以下
- ☆ 必要壁量（A種）：平屋では15cm/㎡、最上階から2つ目では21cm/㎡
- ☆ 必要壁量（B種）：平屋では15cm/㎡、最上階から2つ目では18cm/㎡、最上階から3つ目では25cm/㎡
- ☆ 必要壁量（C種）：平屋では15cm/㎡、最上階から2つ目では15cm/㎡、最上階から3つ目では20cm/㎡
- ☆ コンクリート強度：壁体中空部に打ち込むコンクリートの設計基準強度は21N/mm²以上
- ☆ 打ち込みコンクリートの厚さ：壁ばりに型枠ブロックを使用する場合、耐力壁内部のコンクリート厚+3cm以上
- ☆ 構造設計：複層のハイブリッド構造の場合、特に1階部分の剛性・耐力に留意、また耐震要素の配置バランスも重要
- ☆ 梁の断面寸法：壁ばりにおいて構造計算を省略する場合はせいはいは45cm以上とする
- ☆ 臥梁：耐力壁の頂部にはRCの臥梁を設ける、ただし平屋の場合現場打ちRC造の屋根があれば臥梁不要
- ☆ 控壁：高さ1.2mを超える場合、塀の長さ3.4m以下おきに控壁を設ける
- ☆ 帳壁：主要支点間距離は3.5m以下



- ☆ 鉄筋：塀の配筋では構造計算を省略する場合は径 9mm 以上の鉄筋を縦横に 80cm 以下の間隔で配置
- ☆ 継手：縦筋はブロック空洞部内での重ね継ぎ不可

2.5.3 壁式鉄筋コンクリート造

- ☆ 建物規模：内法面積は RC の床スラブありで 60 m²以下、なしの場合は 45 m²以下
- ☆ 建物規模：壁式 RC では 5 階建以下、軒の高さ 20m 以下の構造体は許容応力度設計なので設計可能（2 次設計免除）
- ☆ 建物規模：「壁式ラーメン」鉄筋コンクリート構造の建築物は、地上 15 階建て、軒の高さ 45m まで建設可能
- ☆ 壁式ラーメン RC 造（HFW）とは、梁間は独立連層壁構造、けた行は壁柱と梁から構成されるラーメン構造のこと
- ☆ 壁量：平屋または最上階から 3 つめ以上の階は 12 cm/m²、最上階から 4 つ目以下の階は 15cm/m²、地下階は 20cm/m²
- ☆ 壁量：規定値以下の場合は層間変形（1/200 以下）、剛性率（0.6 以上）・偏心率（0.15 以下）、保有水平耐力を確認
- ☆ 壁量：耐力壁の厚さが規定値よりも大きい場合は壁量を規定値から 3cm/m²引く事が可能
- ☆ 壁量：壁量が規定値に足りない場合でも、層間変形・保有水平耐力計算で安全性が確認できれば OK
- ☆ 耐力壁厚さ：平屋：12 cm 以上かつ h/25 以上、地下階は 18cm 以上かつ土に触れる場合はかぶり厚を 1cm 増やして 19cm
- ☆ 耐力壁厚さ：2 階建ての各階及び 3~5 階の最上階で 15cm 以上かつ h/22 以上、他で 18 cm 以上かつ h/18 以上
- ☆ 耐力壁実長：450mm 以上、かつ同一実長を有する部分の高さの 30%以上必要
- ☆ 耐力壁実長：小開口（換気扇程度）で適切に補強を行ったものは開口とみなさなくて OK
- ☆ 鉄筋：D10 以上（耐力壁の開口部付近では D13 以上）、見付け面積に対する間隔はそれぞれ 30cm 以下
- ☆ 鉄筋：4 階建 1 階部分の隅部、端部高さが 1m 以内の場合で 2-D13、1m を超える場合は 2-D16
- ☆ 鉄筋：耐力壁厚さが 200mm を超える場合は複筋
- ☆ 鉄筋：開口部の隅角部において、所定の鉄筋量以上を配すれば斜め筋を排除可能
- ☆ せん断補強比：最上階（含む平屋）：0.15%、最上階の 1 ヶ下：0.2%、その他：0.25%
- ☆ 壁梁：幅は接する耐力壁の厚さ以上、せいは 450mm 以上（主筋は D13 以上）
- ☆ 軟弱地盤：基礎ばりを剛強、最上階の床を鉄筋コンクリートとする
- ☆ コンクリートの設計基準強度：18N/mm²以上（強いコンクリートを使用すると壁量規定値が低減される）
- ☆ 保有水平耐力：ラーメンよりも壁式の方が大きい傾向にあるが、耐力壁のせん断破壊（脆性破壊）は生じやすい（靱性は乏しい）
- ☆ 保有水平耐力：建物の保有水平耐力を大きくするために耐力壁を増やすと重量化し、必要保有水平耐力も増加することもあり
- ☆ 保有水平耐力：壁式 RC 造を多雪地域に建設する場合は保有水平耐力の検討が必要

