

2.3 鉄筋コンクリート構造

2.3.1 特性

- ・ 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…）
- ・ 配筋：主筋とせん断補強筋の役割

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・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）
 - ⇒ 付着強度（コンクリートと鉄筋の接着度合い）にも留意、型枠上部はブリージング（生コンの水分が浮き上がる）により、セメント濃度が薄いので耐力低下します
- ・ ヤング係数：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

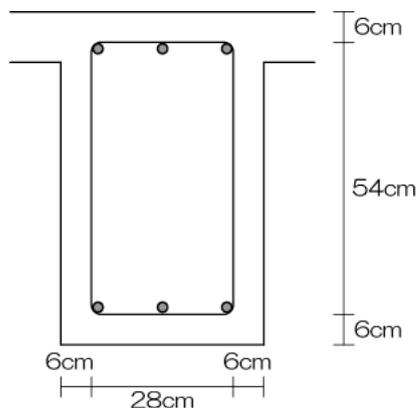
長期		短期
上端筋	その他（下端筋等）	全て
$0.8(F_c/60+0.6)$	$F_c/60+0.6$	長期×1.5



2.3.3 部材の算定

(A) 梁

- ・ 梁の設計：梁なので曲げに注意と思いきや…やはり脆性破壊のせん断力への対策も重要です
- ・ 断面寸法：基準値（貫通孔も含め）確認、RC 造の梁は床スラブと一体化しているのでスラブ部分をボーナス（T 型梁）
- ・ 鉄筋量：主筋とせん断補強筋（梁の場合はあばら筋）
 - ⇒ 主筋：引張側鉄筋の必要鉄筋量（必要断面積）は、梁断面積比 0.4%以上
 - ⇒ あばら筋：0.25 以上、施工時の基準もチェック
- ・ 曲げに関する留意事項
 - ⇒ 許容曲げモーメント：鉄筋側で壊れるの？コンクリートが先に限界？釣り合い鉄筋比以下（※以下参照）の場合は鉄筋側が先に限界を迎えます
 - ⇒ 圧縮に対する検討：圧縮側コンクリート内の鉄筋も圧縮力を受けるので留意
- ・ 終局耐力：終局＝変形も元に戻らないし…（塑性）もう壊れる寸前の状態
 - ⇒ せん断破壊を先行させてはならない→絶対に曲げ降伏を先行させる
 - ⇒ 曲げ降伏後のせん断破壊に留意、せん断余裕度が高いほど良い（靱性がある）、あばら筋を増やしてせん断耐力増強
- ・ 釣り合い鉄筋比：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
- ・ 釣り合い鉄筋比以下（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、釣り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
- ・ 梁の引張鉄筋量、梁のせん断補強筋（あばら筋）量（断面積は、D10：0.7cm²、D13：1.3 cm²、D25：5.0 cm²）



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

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

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

鉄筋量 > 必要鉄筋量よりクリア

『梁のあばら筋の検討』

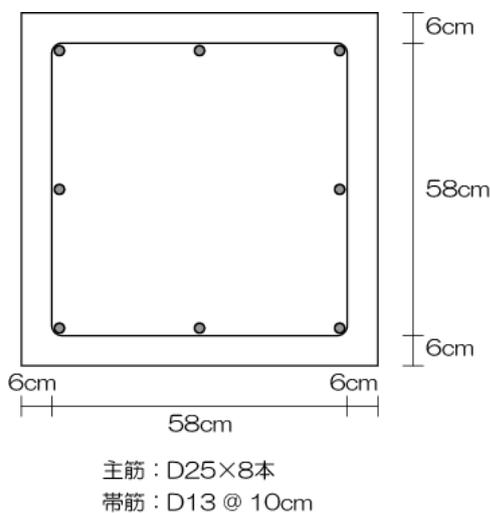
$$P_w = \frac{a_w}{b \times x} = \frac{2 \times 0.7}{40 \times 20} = 0.0018 (= 0.18\%)$$

あばら筋量 < 0.2%より NG



(B) 柱（含む接合部）

- ・ 柱の設計：風・地震共に水平荷重であることから柱に対して過大なせん断力を生じさせます、RC造ではせん断破壊を絶対に生じさせてはならないので…せん断耐力に関する問題が多数出題
- ・ 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、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
- ・ 断面寸法：普通コンクリートと軽量コンクリートで基準が異なります（もちろん軽量の方が太い）
- ・ 鉄筋量：必要鉄筋→主筋0.8%以上、帯筋（せん断補強筋）0.2%以上等の施工基準確認
 - ⇒ 主筋：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：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…）
- ・ 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

- ・ 曲げに関する留意事項
 - ⇒ 許容曲げモーメント：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、梁と同じです
 - ⇒ 曲げ剛性：コンクリート部分のヤング係数・断面2次モーメントが影響（鉄筋関係ありません）
- ・ 靱性：作用する圧縮力が大きくなるほど靱性が低下するので留意
- ・ 短柱：垂壁・腰壁等がくっついて短い柱、せん断耐力は大きいですが粘り強さが低下するので良いことでは無いです…
- ・ 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



(C) 床スラブ

- ・ 設計基準：スラブ厚・片持ち長さ・配筋等、具体的な数値を確認
- ・ 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）
 - ⇒ 乾燥収縮・ひび割れ・クリープの影響も受けます
- ・ 水平剛性：耐力壁や筋交いにつながる床スラブは水平荷重を負担可能、ゆえに面内剛性や地震時のせん断耐力にも留意

(D) 曲げ材のせん断補強

- ・ 曲げ降伏：せん断破壊を曲げ降伏よりも先行させない、曲げ降伏後のせん断破壊にも留意しせん断強度を高めに設定

(E) 定着と付着

- ・ 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（鉄筋量が多い）場合に注意、割裂は脆性破壊に相当するので構造計算上の耐力は大幅減になります（構造特性係数がFクラスとなる）
- ・ 定着
 - ⇒ 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*）、各部材の主筋はその材と直交する材（梁の主筋ならば柱、柱ならば梁）にどれだけ入り込ませているのか？
 - ⇒ 定着性能：定着部分の折り曲げ方等確認
- ・ 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

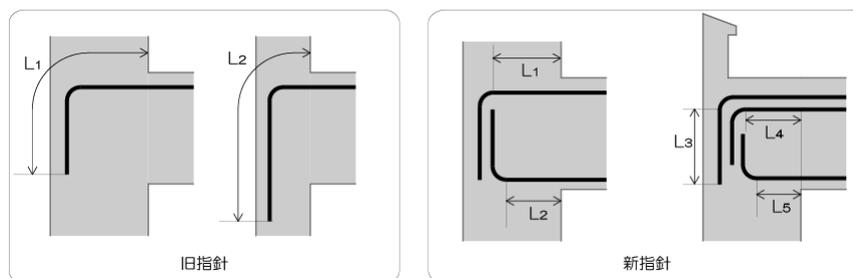


図 定着長さ指針改定（@1999年）

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



(F) 耐力壁

- ・ 設計基準：配筋、および断面寸法に関する具体的な基準値を確認
- ・ 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
 - ⇒ 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
 - ⇒ 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…
- ・ 終局耐力：壊れる直前の状態、最終的に持っている耐力のフルパワー
 - ⇒ 終局せん断強度：コンクリートの圧縮強度を高くすると増加
 - ⇒ 終局曲げ強度：コンクリートの圧縮強度を高くしても向上しない（曲げ強度は基本的に引張鉄筋の強度で決定）
- ・ 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

(G) 鉄筋のかぶり厚さ

- ・ 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

2.3.4 鉄筋コンクリートの耐震設計

- ・ せん断耐力：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）、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うってせん断破壊起こしますよ
 - ⇒ 曲げ強度（耐力）に対するせん断強度（耐力）の比：高いほうが良い（曲げ強度/耐力の方を大きくしましょう）
 - ⇒ 圧縮強度（耐力）に対する圧縮応力度（生じている応力度）の比：低いほうが良い（耐力に対する実際に生じている応力度の比なので、低いほど余裕が高く靱性も良しです）
 - ⇒ 圧縮強度（耐力）に対するせん断応力度（生じている応力度）の比：低いほうが良い（せん断破壊のリスクが減ります）
- ・ 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



- ・ 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
- ・ 二次設計（一部）
 - ⇒ 層間変形：水平荷重を受けた際のフロアごとの水平方向のズレの度合い
 - ⇒ 剛性率：全フロアの剛性平均と当該フロアの剛性の比、値が小さいってことは全体平均に対して極端に剛性が低いうて意味です
 - ⇒ 構造特性係数（Ds）：必要保有水平耐力（地震時に必要な/要求される水平方向の耐力）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（値が大きい場合は、必要な耐力が大きいうて意味で良くないことですよ…）
- ・ 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

RC おまけ（構造の規定、主に過去に出題されたもの）

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、位置は材端を避け（地震時の応力大）材中央に設ける
	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（はね出しは 1/10 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%以上確保もしくは応力算定の 4/3 倍
		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

- ・ 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！
- ・ 耐力に関しては、RC・S両者の耐力を合算できるのか？に着目してみましょう

(A) 柱

- ・ 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
⇒ ただし、軸力（圧縮）が大きくなると、靱性が低下するので注意

(B) 梁

- ・ 鉄骨部材の形状により配筋の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）

(C) 柱・梁接合部

- ・ 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）

(D) 柱脚

- ・ 露出型：地震時の引張（転倒による）、曲げ降伏に留意、

(E) 床スラブ・耐力壁

- ・ 耐力壁に関する考え方はRC造と全く一緒です



(F) ほか

- ・ CFT：コンクリート充填鋼管、鋼管柱の中にコンクリートを埋め込んだもの、座屈生じない・内部コンクリートにひび割れが生じても一気に塑性しない等、耐力上優れた構造

2.4.2 応力算定の基本仮定

- ・ 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がポイント

2.4.3 部材の算定

- ・ 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
 - ⇒ 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（小さいほうが耐震性は良い、ってことですね）



2.5 壁構造

2.5.1 組積造

- 組積造とは：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

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

2.5.2 補強コンクリートブロック造

- 建物規模：水平投影面積45m²以下、RCの剛な床・屋根スラブありの場合は60m²、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：建物の安全性を確保するために必要な壁の量、ブロック種・建物規模により規定されている、以下の表を確認
- 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・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	



2.5.3 壁式鉄筋コンクリート造

- ・ 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での設計可能（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）、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

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+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 1m 以上		平屋	1-D13	
		2 階建て各階、3～5 階建の最上階	2-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-D16	
		5 階建の 1 階、および地下階	2-D19	

