

2.3 鉄筋コンクリート構造

2.3.1 特性

➤ 鉄筋コンクリートの弱点

⇒ **引張強度**：

⇒ **脆性破壊**：

→ せん断補強筋でフォロー、せん断破壊よりも曲げ降伏を先行させる、短柱に注意

2.3.2 材料の性質と許容応力度

➤ 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

→ 付着強度：コンクリートと鉄筋の接着度合い、コンクリート乾燥時の収縮により上端に割れが生じる可能性

→ JIS 適合鋼材：基準強度 1.1 倍（鉄筋に限らず鋼材全般）

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
$F_c/15$	$F_c/10$	長期×1.5

➤ 物理的特性

⇒ **ヤング係数**：

→ ヤング係数比：鋼材 E/コンクリート E、コンクリートの設計基準強度が高くなるほど小さい

→ RC 部材の剛性算定：コンクリートの値を採用、コンクリートの方が値は小さい（変形しやすい）ので

⇒ **線膨張係数**：熱を受けた際の膨張の度合い、コンクリートと鋼材はほぼ同じ



2.3.3 部材の算定

(A) 梁

➤ 梁の仕様規定

⇒ **梁の断面寸法**：梁せいは梁の有効長さの 1/10 以上

⇒ **梁の貫通孔**：梁せいの 1/3 以下、断面中央近傍に設ける

➤ 配筋

⇒ **鉄筋量**：断面積あたりの必要量（%）が規定されている

→ **主筋**：引張鉄筋比は 0.4%以上（主筋全鉄筋量に関しては 0.8%以上）、または存在応力によって必要とされる量の 4/3 倍

→ **あばら筋**：0.2%以上（柱/床もせん断補強筋比は同値）、耐震壁付帯ラーメンの梁のあばら筋比も含む

⇒ **圧縮鉄筋**：

➤ 梁の曲げ耐力検証

⇒ **許容曲げモーメントの検討**：

→ **許容曲げモーメント**：

➤ 通常は引張鉄筋で決定することが多いことから、コンクリートの圧縮強度を増しても許容応力度の向上には寄与しない

➤ 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

→ **曲げモーメント算定時の留意点**：スパンは柱縁からの距離で OK（柱心間隔としなくても良い）、スラブ一体型の梁はスラブ協力幅を断面積に加算 OK（T 型梁とみなせる）

→ **終局曲げ耐力**：スラブ筋による強度の上昇を考慮可能

➤ 梁のせん断耐力

⇒ **せん断力に対する検討**：

→ **せん断余裕度**：



(B) 柱 (含む接合部)

➤ 柱の仕様規定

⇒ 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)

➤ 配筋

⇒ 鉄筋量：主筋：主筋比 0.8%以上、帯筋：0.2%以上 (梁/床も同値)

⇒ せん断補強筋：

➤ 柱の曲げ耐力検証

⇒ 許容曲げモーメントの検討：

→ 釣合い鉄筋比：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 (梁も同様)

➢ 引張鉄筋の強度を高くしても曲げ剛性は向上しない (梁と異なる)

⇒ 外柱 (隅柱)：

➤ 柱のせん断耐力検証

⇒ 軸力との関係：

⇒ 帯筋の役割：

➤ 柱の靱性

⇒ 軸力との関係：

⇒ 帯筋の役割：ひび割れの拡大を防ぎ、脆性破壊を防止 (靱性が向上する)

→ 耐震改修：既存建築物の改修工事において柱に炭素繊維を巻きつけることも、変形能力を向上させることに有効 (靱性向上)



➤ 短柱

⇒ **短柱とは：**

→ 柱際に十分なクリアランスを有する完全スリットを設けて短柱となることを防ぐ

➤ ただし、完全スリットが入った場合でも、梁剛性の検討の場合は垂壁や腰壁の梁剛性へ影響は考慮（柱剛性への影響は無視）

➤ 柱梁接合部

⇒ **鉄筋量：**せん断補強筋比 0.2%以上

→ ただし、帯筋（せん断補強筋）を増やしても柱・梁接合部せん断強度は向上しない（あくまで脆性破壊の防止）

(C) 床スラブ

➤ 床スラブの仕様規定

⇒ **断面寸法：**厚さは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

➤ 配筋

⇒ **必要鉄筋量：**鉄筋比は 0.2%以上

→ ただし、ひび割れ（温度応力や収縮応力にて生じる）に対し配慮する場合は 0.3%以上（過去問の 0.4%でももちろん問題なし）

➤ たわみ等

⇒ 曲げ剛性：小梁等により曲げ剛性を補強し、たわみを防止

⇒ 振動障害：スラブ厚薄いと床振動の問題が生じることもあります

⇒ **水平剛性：**耐力壁や筋交いを耐震要素として有効に働かすためには、床スラブにも十分な面内剛性・耐力を持たせる

(D) 曲げ材のせん断補強

⇒ 設計の考え方：長期荷重に関してはひび割れ発生させず、短期荷重時にはひび割れの拡大を防止



(E) 定着と付着

➤ 定着

⇒ **定着とは**：

→ 必要定着長さ：コンクリート強度が高いほど短く、主筋強度が高い/鉄筋径が太いほど長くなる

$$l_{ab} = \alpha \frac{S\sigma_t d_b}{10f_b}$$

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

⇒ **せん断補強筋の定着**：せん断補強筋の端部は 135 度フックにより定着

→ 必要定着長さを満たした片面溶接でも可

➤ 付着

⇒ **重ね継手**：コンクリート内部において鉄筋を重ねて配筋 → 生コンを打設することにより主筋を継ぐ

→ 継手位置等：柱主筋の継手位置は柱中央が理想

→ その他の継手：ガス圧接(熱を加えつつ接合部をギュッと潰して接合)

⇒ **付着割裂**：

→ 鉄筋：太い鉄筋(細いほうが生じにくい)、鉄筋量が多い場合も留意

(F) 耐力壁

➤ 耐力壁の仕様規定

⇒ **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

⇒ **配筋**：せん断補強筋比は各方向に関し 0.25% 以上(せん断補強筋が 0.25% となるのは耐力壁のみ、他は全て 0.2%)、開口周辺(付帯ラーメン)の補強筋は径 12mm (D13 は OK) 以上



➤ 開口部

⇒ **開口による耐力低減**：開口による剛性および耐力の低減を考慮し構造計算

→ **開口周比**：開口の高さ/幅、壁そのものの高さ/幅より求められる、値が大きいほど開口が大、開口周比を考慮したせん断耐力は 1 より開口周比を引いた値を乗じて求める

➤ 靱性/耐震性

⇒ **靱性の確保**：

⇒ **耐震性**：

→ 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等

(G) 鉄筋のかぶり厚さ

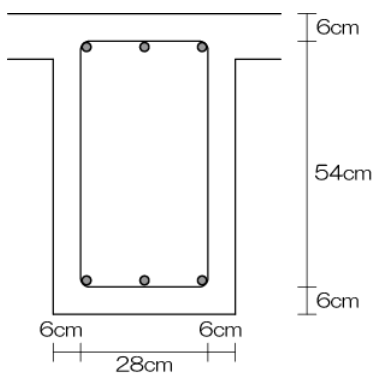
➤ かぶり厚

⇒ かぶり厚とは：鉄筋を覆うコンクリート表面と鉄筋表面との最短距離

→ 主筋の付着や部材の耐久性（コンクリートの中酸化）、耐火性も考慮し最小厚さを検討

【鉄筋量の検証】

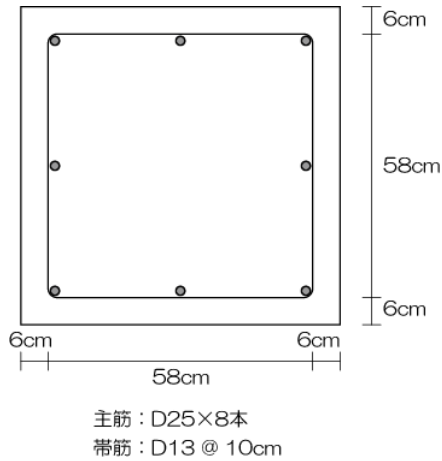
1) 梁の引張鉄筋量、梁のせん断補強筋（あばら筋）量（断面積：D10：0.7cm²、D13：1.3 cm²、D25：5.0 cm²）



上端筋：D25×3本
下端筋：D25×3本
あばら筋：D10 @ 20cm



2) 柱の全鉄筋量、柱のせん断補強筋（帯筋）量（断面積：D10：0.7cm²、D13：1.3 cm²、D25：5.0 cm²）



2.3.4 鉄筋コンクリートの耐震設計

➤ 構造計算（1次設計）

- ⇒ 固定荷重：有筋の場合の単位容積重量は、無筋コンクリートの場合＋1kN/m³
- ⇒ 応力計算：断面を有する部材に取り付く部分（接合部の剛域）も考慮し計算

➤ 構造計算（2次設計）

- ⇒ **剛性率**：全フロアの剛性の平均と各フロア剛性の比、全てのフロアで 60%（0.6）以上を確保する
 - 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、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
- ⇒ **偏心率**：剛心と重心のズレ、大きいとねじれ振動が生じて建物に大ダメージ、0.15以下
 - 耐震壁が偏在している場合には剛心と重心の距離（偏心率）が大きくなるように留意、垂壁や腰壁等においては強度は無視（耐震要素に加算しない）するが剛性に関しては考慮
- ⇒ **塔状比**：建物高さと建物幅の比、値が大きいとペンシルビル、4以下
 - 塔状比 4 をクリアできない場合には保有水平耐力での検証必要



⇒ **保有水平耐力**：必要保有水平耐力 < 保有水平耐力、必要保有水平耐力 = 地震

の水平力 × 構造特性係数 (Ds) × 形状係数

→ 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、脆性破壊の恐れ 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（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 ↑ 靱性	A	S	0.25	0.3	0.35	0.40
			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
	↓ 小	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
		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

➤ 耐震性他

⇒ **エキスパンションジョイント**：

⇒ **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、許容応力度計算の際には、ひび割れによる剛性の低下も加味して安全性を確認



➤ プレストレストコンクリート

⇒ **プレストレストコンクリート**とは：高強度の PC 鋼にて横架材にて生じる

引張り応力を打ち消す、長大な架構にて採用される

→ 特徴：鉄筋コンクリート構造に比べて大きなスパンが可能、ひび割れが生じにくく耐久性に優る（曲げひび割れを特定の値までは許容）、鉄筋コンクリート構造の架構の一部にプレストレストコンクリート架構を併用することも可、でもプレスト力は各種要因で弱ってくるので留意

⇒ 構法：プレテンション方式、ポストテンション方式の 2 種

→ **ポストテンション方式**：予めシース（管）を埋設し PC 鋼材を内部に通し、コンクリート硬化後に両端から締め上げ圧縮力を加える構法

RC おまけ（構造の仕様規定）

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

➤ SRC の構成

⇒ 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

➤ 耐力の発現

⇒ RC 部分ならびに S 部分の耐力合算

→ 基本的に両部分の耐力を個別に求め耐力を合算して検討を行う、ただし、長期/短期のせん断耐力のみは個別に安全性を確認する（終局船団耐力はこの限りではない）

(A) 柱

➤ 柱の設計

⇒ **鉄筋量**：主筋は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）、帯筋はオマケあり（基本は 0.2%以上、ウェブ部分が充腹されている場合には 0.1%まで低減）

⇒ **韌性**：

→ 韌性確保：軸圧縮耐力に対する軸圧縮力（生じている応力）の比が小さい（圧縮応力/圧縮耐力）ほど韌性高い

(B) 梁

➤ 梁の設計

⇒ **貫通孔**：RCと異なります（SRC：せいの 0.4 倍以下、RC：せいの 1/3 以下）

⇒ **ひび割れ**：ウェブ部分（せん断耐力）に着目、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（非充腹型よりも耐震性が高い）

(C) 柱・梁接合部

➤ 接合部の設計

⇒ 配筋：鉄骨への貫通孔はウェブ部分へ



(D) 柱脚

➤ 柱脚の設計

⇒ 曲げ耐力

→ **非埋込み式柱脚**：鉄骨部分の応力負担が期待できないので RC 造とみなし耐震計算

→ **埋込み式柱脚**：終局曲げ耐力は、鉄骨部分と RC 部分それぞれの終局曲げ耐力を累加し検討を行う、ただし鉄骨部分の終局曲げ耐力は鉄骨断面における終局曲げ耐力と柱脚埋込み部の支圧力による終局耐力のいずれか小さい方の値

(E) 床スラブ・耐力壁

➤ 連層耐力壁

⇒ **連層耐力壁とは**：

(F) ほか

➤ 施工

⇒ かぶり厚：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

⇒ 施工時の留意点：施工時に鉄骨だけになってしまうので注意

➤ CFT

⇒ **CFT とは**：

2.4.2 応力算定の基本仮定

➤ 応力算定の留意点

⇒ 応力算定時の留意点：RC 部分と S 部分は独立し個別に耐力を有する、両耐力を合算し検討するのか？個別に検討するのか？がポイント

2.4.3 部材の算定

➤ 応力算定

⇒ **圧縮耐力**：

→ ただし、コンクリート部の許容圧縮応力度は、圧縮側鉄骨比に応じて低減



⇒ **せん断耐力**：

- 長期/短期荷重時のせん断力の検討：鉄骨部分ならびに RC 部分の許容耐力が、それぞれの設計用せん断力を下回らないように検討を行う
- 終局せん断耐力：鉄骨部分ならびに RC 部分の終局耐力の和を用いて検討、実際の両者の耐力とは「せん断で決まる耐力」と「曲げで決まる耐力」のいずれか小さい方の値

⇒ **曲げ耐力**：

2.5 壁構造

2.5.1 組積造

➤ 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

➤ 仕様規定

- ⇒ 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
- ⇒ 水平投影面積 45m² 以下 (剛な RC 屋根・スラブを有する場合でも 60m² まで)

➤ 施工上の留意点

- ⇒ 臥梁 (がりょう)：壁頂部に設ける抑え、RC とする



表 耐力壁基準

壁	厚さ	平屋・最上階	15cm 以上、かつ高さの 1/20 以上
		それ以外	19cm 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

➤ 壁式鉄筋コンクリート造の特徴

⇒ **壁量**：壁構造なので、やはり壁に関する仕様規定には留意（ただし、具体的な数値に関する問題は近年少ない）

⇒ **耐震性**：ラーメンよりも壁式の方が水平剛性高い、ただし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

➤ 耐力壁仕様規定

⇒ 建物規模：壁式 RC では 5 階建以下、軒の高さ 16m 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

⇒ 必要壁量：建物規模/対象階によって基準値異なる、基本は 12cm/m²、ただし、4 階建 1 階/5 階建 2 階/5 階建 1 階は 15cm/m²、地階は 20cm/m²、

⇒ 実長：所定の基準をクリア（45cm 以上等）しないと耐力壁として認められません

⇒ 必要厚さ：建物規模/対象階によって基準値異なる…

➤ 配筋

⇒ 必要鉄筋量：せん断補強比は最上階（含む平屋）で 0.15%、最上階の 1 ヶ下で 0.2%、その他において 0.25%

➤ 構造設計

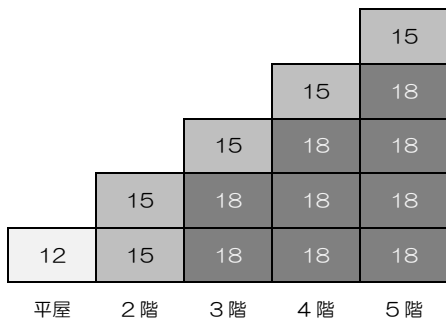
⇒ 構造設計時の留意点：ラーメンよりも壁式の方が水平剛性は高い傾向にあるが、耐力壁のせん断破壊（脆性破壊）は生じやすい（靱性は低い）

⇒ **壁式ラーメン RC 造（HFW）**：

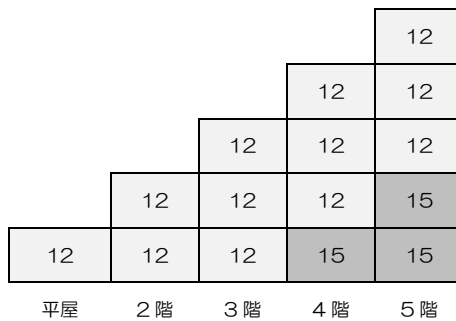


表 耐力壁基準

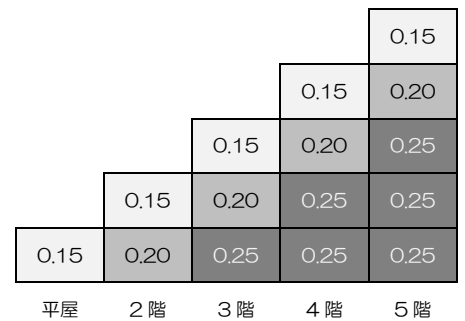
壁	厚さ	平屋	12cm 以上、かつ高さの 1/25 以上		
		2 階建各階・最上階	15cm 以上、かつ高さの 1/22 以上		
		その他	18cm 以上、かつ高さの 1/22 以上		
		地下階	18cm 以上、かつ高さの 1/18 以上（土に触れている場合には各面とも+1cm）		
	壁量	平屋/最上階から 3 つめ以上：12cm/m ² 、最上階から 4 つめ以下：15cm/m ² 、地下階：20cm/m ²			
	実長	45cm 以上、かつ同一実長を持つ高さの 30%以上			
	鉄筋	径等	径 9mm の丸鋼、もしくは D10 以上の異型鉄筋（壁梁は D13 以上）、厚さ 200mm 以上で複筋		
		間隔	30cm 以下		
		必要断面積 （せん断補強）	最上階（含む平屋）で 0.15%（最上階の 1 ヶ下で 0.2%、その他において 0.25%） 地下階：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		



必要壁厚 (cm)



必要壁量 (cm/m²)



必要鉄筋量 (%)

