

鉄骨造建物の構造計算

□ 鉄骨用語

鋼材の材料特性, 座屈, 幅厚比, 細長比, 全塑性・弾性断面係数
塑性ヒンジ, 保有耐力接合, 保有耐力横補剛, 降伏比

□ 鋼材の種類

□ 鋼材の基準強度および許容応力度

□ 特殊な許容応力度

□ 許容圧縮応力度

□ 許容曲げ応力度

□ 接合部 【溶接・ボルト・柱脚】

□ 仕様規定 鉄骨造

□ 断面算定 (一次設計)

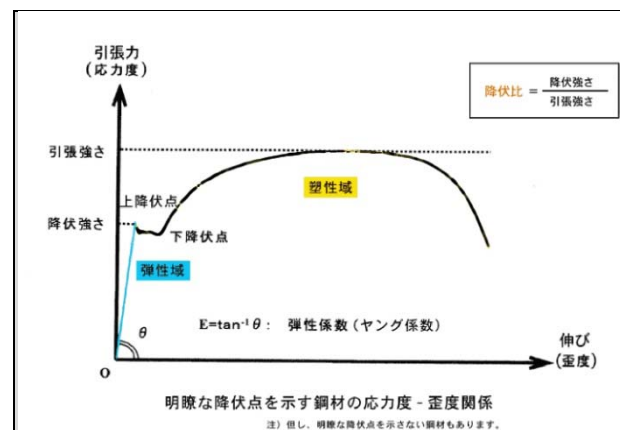
- ・二次部材 小梁・母屋・横胴縁・縦胴縁・間柱
- ・一次部材 梁・柱・ブレース・柱梁接合部パネル・柱脚

□ 断面算定 (二次設計)

幅厚比, 保有耐力横補剛, 保有耐力接合 (ブレース・仕口・継手・柱脚)
冷間成形鋼管規定

■ 鉄骨用語

□ 鋼材の材料特性



出展：JFE スチール HP

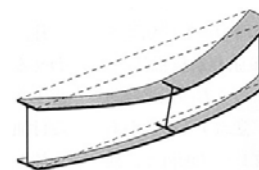
□ 座屈 (S 造の場合に非常に重要)

細長い、薄い材料がその耐力を発揮する前に圧縮力により、面外方向へ折れ曲がる現象

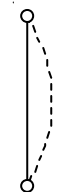
- ・オイラー座屈 ← 圧縮許容応力度低減 < 細長比 >
- ・横座屈 ← 曲げ許容応力度低減 < 横補剛 >
- ・局部座屈 ← 使用断面制限 < 幅厚比 >

$$\text{※オイラー座屈荷重} \quad P_{cr} = \left(\frac{\pi}{l_k} \right)^2 E \cdot I$$

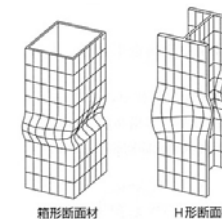
横座屈



オイラー座屈



局部座屈



箱形断面材 H形断面材

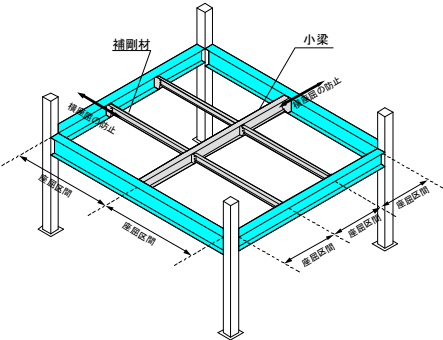
□ 細長比 <圧縮を受ける部材の圧縮許容応力度算定に用いる。主に柱>

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad (\text{座屈長さ} / \text{断面二次半径})$$

移動条件	拘束 (ブレース構造)			自由 (ラーメン構造)	
回転条件	両端自由	両端拘束	一端自由 他端拘束	両端拘束	一端自由 他端拘束
座屈型					
l_k	L	0.5L	0.7L	L	2L

□ 横補剛 <曲げを受ける部材の曲げ許容応力度算定に用いる。主にH型鋼の柱梁>

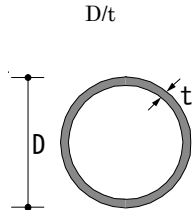
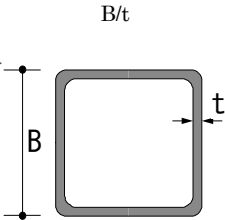
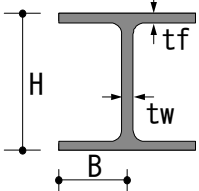
曲げを受ける部材の座屈区間を短くし、横座屈を生じにくくするために、小梁又は補剛材を配置する



□ 幅厚比 <材料をFA~FDのランク分けして、計算ルートにより使用材料の制限を行う>

鉄骨部材の各構成要素 (フランジ、ウェブ、角形断面の1辺) の幅に対する厚さの比

フランジ: B/t_f
ウェブ: H/t_w

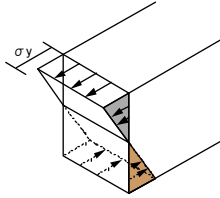


※SN材の場合は、部材ランクの緩和規定あり <<2007 技術基準解説書 P583 参照>>

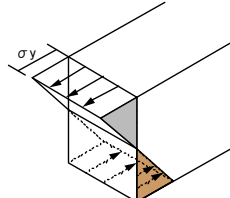
□ 塑性ヒンジ

部材 (柱、梁) の端部が全断面塑性状態 (D:全塑性モーメント) になり、それ以上曲げモーメントを負担できずに回転変形が増大 (ピン状態) する状況

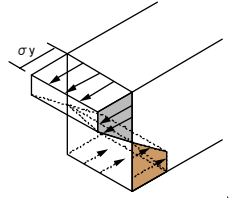
部材の曲げモーメントの推移
A:弾性範囲



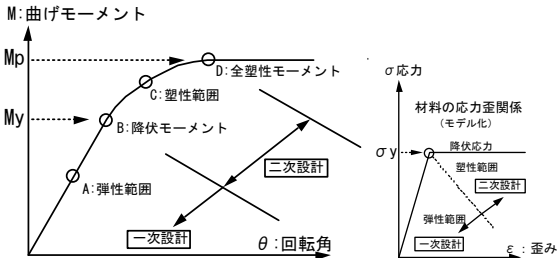
B:降伏モーメント



C:塑性範囲



部材の曲げによる状態変化



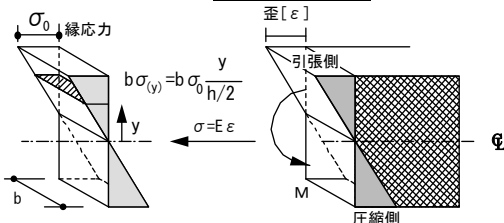
※鉄骨材料の「曲げモーメント」と「縁部応力」、「断面係数」の関係は下記となる

$$M = Z \cdot \sigma = \frac{I_{(\text{断面二次モーメント})}}{H_{(\text{梁せい})}/2} \cdot \sigma$$

「D:全塑性モーメント」時の断面係数を Z_p 【全塑性断面係数】

「B:降伏モーメント」時の断面係数を Z_y 【塑性断面係数】

※降伏曲げモーメント $M = Z_y \cdot \sigma$



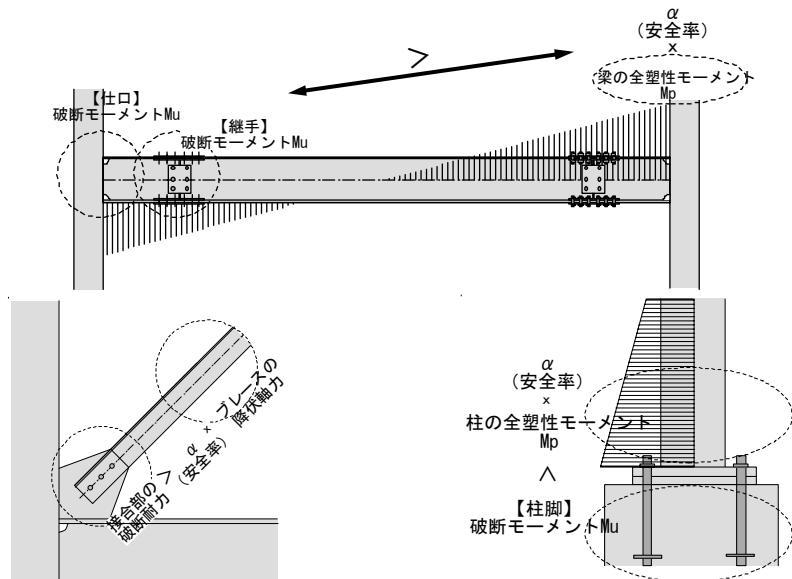
$$M = \int_{-h/2}^{h/2} \{b \cdot \sigma(y) \cdot y\} dy$$

$$= \int_{-h/2}^{h/2} \{b \cdot \sigma_0 \cdot \frac{y}{h/2} \cdot y\} dy$$

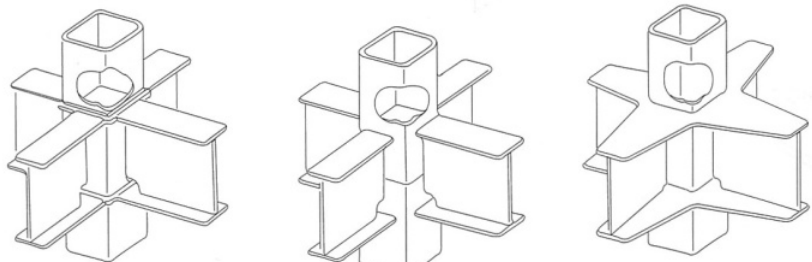
$$= \frac{b\sigma_0}{h/2} \int_{-h/2}^{h/2} \{y^2\} dy = \frac{\sigma_0}{h/2} I = \sigma_0 \cdot Z_y$$

□ 保有耐力接合

部材（柱、梁、ブレース）が全塑性状態に至った場合でも、部材の仕口・継ぎ手・接合部・柱脚が破断しないことを保証する接合方法



□ ダイヤフラム



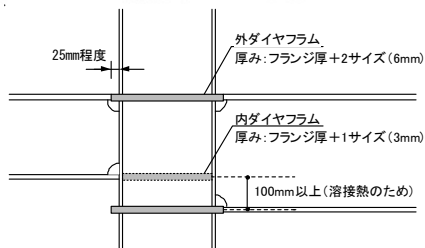
(A)通しダイヤフラム形式

(B)内ダイヤフラム形式

(C)外ダイヤフラム形式

◇一般的なダイヤフラム形式

- ・一般的には通しダイヤフラムを用いる。
- ・梁せいの異なる梁が接続する場合は、梁せいの小さい下端フランジは内ダイヤフラムとする



■ 鋼材の種類

主要形状	記号	一般名称	JIS番号
		解説	
H型	SS	一般構造用圧延鋼材 (Steel Structure)	JIS-G-3101
		最も広く使われている鋼材で、溶接性も比較的良好	
	SN	建築構造用圧延鋼材 (SN-A,B,Cの3種類がある) 材料組成、性能許容公差を厳しくし、品質を上げた鋼材	JIS-G-3136
	SM	溶接構造用圧延鋼材 (Steel Marine)	JIS-G-3106
		溶接用鋼材として使われている	
C型,L型他	SSC	一般構造用軽量形鋼 (Steel Structure Cold)	JIS-G-3350
		厚さ4mm以下の薄い肉厚の鋼材、胴縁、間柱など	
○型	STK	一般構造用炭素鋼鋼管 (Steel Tube KOZO)	JIS-G-3466
		JIS製品の丸型鋼管	
□型	STKR	一般構造用炭素鋼鋼管 (Steel Tube KOZO Rectangular)	JIS-G-3466
		JIS製品の角形鋼管	
	BCR	建築用冷間ロール成形角形鋼管 (Box Column Roll)	認定品
		丸型の鋼管を押しつぶし角形に成形。主に細い柱	
BCP	冷間成形角形鋼管 (Box Column Press)	認定品	
	平板を折り曲げて、角形に成形。主に太い柱		

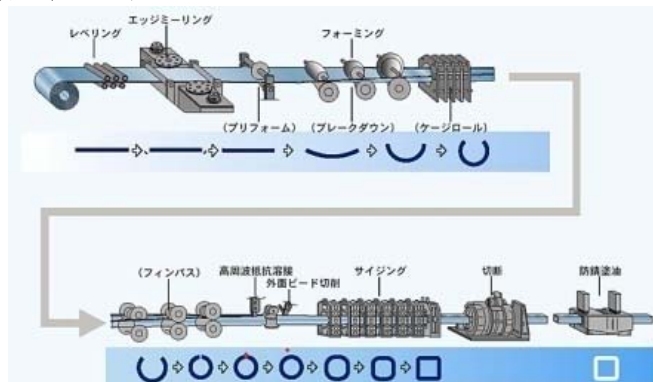
◇その他の鋼材

- FR鋼** 耐火鋼(Fire Resistant Steel) 鉄骨造建築物の耐火性能確保に必要な耐火被覆を低減または省略することを目的として開発された鋼材。
- SHC** スーパーホットコラム (熱間成形角形鋼管) <楕ナカジマ鋼管> 熱間で成形するため、基準強度が高く柱重量の低減が可能
- TCMP** 低降伏点鋼 降伏点が低く、伸びがあるため、制震ダンパーなどに用いられる。溶接性も良い

◇参考:冷間成形鋼管の製造工程

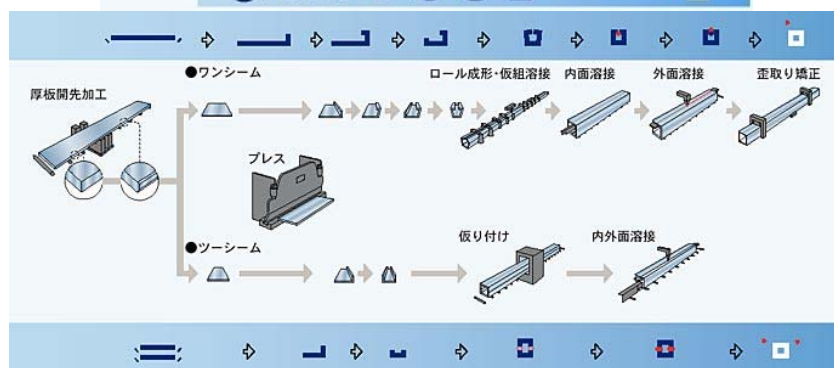
【BCR】

Box
Column
Roll



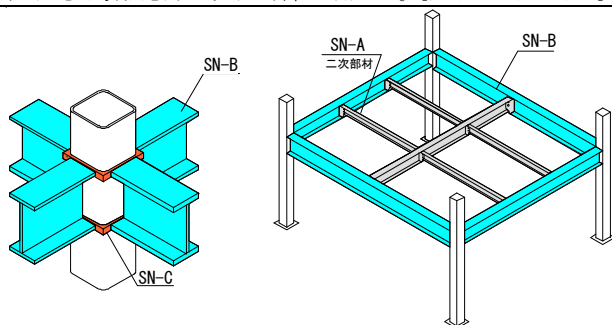
【BCP】

Box
Column
Press



◇SN 材の材料区分

種別	使用区分
A種	小梁、間柱、母屋、胴縁等、主要構造部以外の弾性範囲で使用する部位に用いる。
B種	C種の使用区分以外で、広く一般の構造部位に用いる
C種	溶接 4 面ボックス柱のスキンプレートやダイヤフラムの様に大入熱溶接や板厚方向に大きな引張応力をうける部位に用いる。【ダイヤフラムなど】



■鋼材の基準強度および許容応力度

◇鋼材のヤング係数 [E]

205,000N/mm²

◇基準強度, 材料強度, 許容応力度とは

基準強度とは 材料の弾性限耐力で、材料強度、許容応力度を決める元になる値
 許容応力度とは 一次設計の際に用いる材料に許容される応力で、短期、長期の値がある
 材料強度とは 保有水平耐力計算を行うときに材料に許容される応力

◇主な鋼材の基準強度 [F]

<H12 告示第 2464 号参照>

材種	破断強度	基準強度[F]	
		厚さ 40mm 以下	厚さ 40mm 超
400 N 級	400 N/mm ²	235 N/mm ²	215 N/mm ²
490 N 級	490 N/mm ²	325 N/mm ²	295 N/mm ²

※上記の他に 520N 級,540N 級などがあるが、一般的には使用されていない。

◇鋼材の許容応力度・材料強度

<令 90 条, 令 96 条参照>

応力種別		圧縮	引張	曲げ	せん断
許容応力度	長期	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F/\sqrt{3}}{1.5}$
	短期	F	F	F	F/√3
材料強度		F	F	F	F/√3

※ の範囲、支圧の許容応力度、材料強度、は <令 94,96 条, H13 告 1024 号参照>

※各鋼材種別による許容応力度・材料強度は別紙資料による

■特殊な許容応力度・材料強度

平成 13 年告示第 1024 号

【特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件】

第 1 特殊な許容応力度

- 一 木材のめりこみ及び木材の圧縮材の座屈の許容応力度
- 二 集成材等の繊維方向、集成材等のめりこみ及び集成材等の圧縮材の座屈の許容応力度
- 三 鋼材等の支圧、鋼材等の圧縮材の座屈及び鋼材等の曲げ材の座屈の許容応力度
- 四 溶融亜鉛メッキ等を施した高力ボルト摩擦接合部の高力ボルトの軸断面に対する許容せん断応力度
- 五 ターンバックルの引張りの許容応力度
- 六 高強度鉄筋の許容応力度
- 七 タッピンねじ等の許容応力度
- 八 アルミニウム合金材、AL 合金材の溶接継目のど断面、AL 合金材の支圧、AL 合金材の圧縮材の座屈、AL 合金材の曲げ材の座屈、AL 合金材の高力ボルト摩擦接合部及びタッピンねじ又はドリリングタッピンねじを用いた AL 合金材の接合部の許容応力度（AL=アルミニウム）
- 九 トラス用機械式継手の許容応力度
- 十 コンクリート充填鋼管造の鋼管の内部に充填されたコンクリートの圧縮、せん断及び付着の許容応力度
- 十一 組積体の圧縮及びせん断並びに鉄筋コンクリート組積体の付着の許容応力度
- 十二 鉄線の引張りの許容応力度
- 十三 令第 67 条第 1 項の国土交通大臣の認定を受けた鋼材の接合、同条第 2 項の国土交通大臣の認定を受けた継手又は仕口及び令第 68 条第 3 項の国土交通大臣の認定を受けた高力ボルト接合の許容応力度
- 十四 あと施工アンカー（既存の鉄筋コンクリート造等の部材とこれを補強するための部材との接合に用いるものをいう。第 2 第十三号において同じ。）の接合部の引張り及びせん断の許容応力度
- 十五 丸鋼とコンクリートの付着の許容応力度
- 十六 既存の鉄筋コンクリート造等の柱、はり等を補強するために用いる炭素繊維、アラミド繊維その他これらに類する材料の引張りの許容応力度
- 十七 緊張材の許容応力度
- 十八 軽量気泡コンクリートパネルに使用する軽量気泡コンクリートの圧縮及びせん断の許容応力度

第 2 特殊な材料強度

- 一 木材のめりこみ及び木材の圧縮材の座屈の材料強度
- 二 集成材等の繊維方向、集成材等のめりこみ及び集成材等の圧縮材の座屈の材料強度
- 三 鋼材等の支圧及び鋼材等の圧縮材の座屈の材料強度
- 四 ターンバックルの引張りの材料強度
- 五 高強度鉄筋の材料強度
- 六 タッピンねじ等の材料強度
- 七 アルミニウム合金材、AL 合金材の溶接継目のど断面、AL 合金材の支圧、AL 合金材の圧縮材の座屈及びタッピンねじ又はドリリングタッピンねじを用いた AL 合金材の接合部の材料強度（AL=アルミニウム）
- 八 トラス用機械式継手の材料強度
- 九 コンクリート充填鋼管造の鋼管の内部に充填されたコンクリートの圧縮、せん断及び付着の材料強度
- 十 鉄筋コンクリート組積体の圧縮の材料強度
- 十一 鉄線の引張りの材料強度
- 十二 令第 67 条第 1 項の国土交通大臣の認定を受けた鋼材の接合、同条第 2 項の国土交通大臣の認定を受けた継手又は仕口及び令第 68 条第 3 項の国土交通大臣の認定を受けた高力ボルト接合の材料強度
- 十三 あと施工アンカーの接合部の引張り及びせん断の材料強度
- 十四 丸鋼とコンクリートの付着の材料強度
- 十五 既存の鉄筋コンクリート造等の柱、はり等を補強するために用いる炭素繊維、アラミド繊維その他これらに類する材料の引張りの材料強度
- 十六 緊張材の材料強度
- 十七 軽量気泡コンクリートパネルに使用する軽量気泡コンクリートの圧縮及びせん断の材料強度

第 3 基準強度

- 一 木材のめりこみに対する基準強度
- 二 集成材等の繊維方向の基準強度
- 三 前各号に掲げる木材及び集成材等以外の基準強度
- 四 第 1 第五号に規定するターンバックルの基準強度
- 五 第 1 第六号に規定する高強度鉄筋の基準強度
- 六 第 1 第七号に規定するタッピンねじ等の基準強度
- 七 第 1 第八号イに規定するアルミニウム合金材の基準強度及び溶接部の基準強度並びに第 1 第八号トに規定するタッピンねじを用いた接合部の基準強度
- 八 第 1 第十二号に規定する鉄線の基準強度

■許容圧縮応力度

◇オイラー座屈が生じるため、細長比により、圧縮応力度が低減される

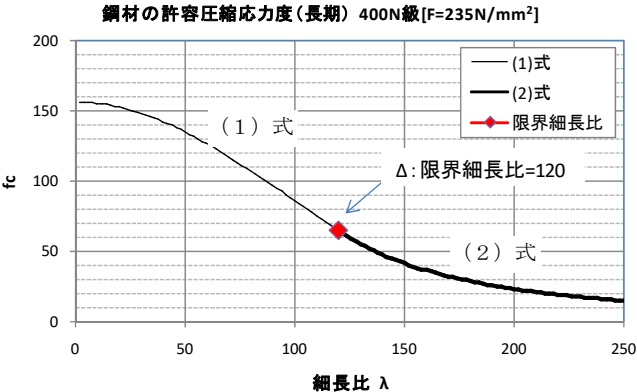
$$\lambda \leq \Delta \text{ の時 } f_{cL} = \frac{\left\{1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Delta}\right)^2\right\} \cdot F}{\nu} \dots (1)$$

$$\lambda \geq \Delta \text{ の時 } f_{cL} = \frac{0.277F}{\left(\frac{\lambda}{\Delta}\right)^2} \dots (2)$$

ここで F : 基準強度 λ : 細長比 = $\frac{l_k : \text{座屈長さ}}{r : \text{断面二次半径}}$
 ν : 安全率 = $\frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Delta}\right)^2$ Δ : 限界細長比 = $\sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}} = \frac{1500}{\sqrt{F/1.5}}$

※座屈長さの補正

移動条件	拘束 (ブレース構造)			自由 (ラーメン構造)	
	両端自由	両端拘束	一端自由 他端拘束	両端拘束	一端自由 他端拘束
回転条件	両端自由	両端拘束	一端自由 他端拘束	両端拘束	一端自由 他端拘束
座屈型					
l_k	L	0.5L	0.7L	L	2L



■400N 級鋼材の長期許容圧縮応力度 (短期は長期 x1.5)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		157	157	157	157	156	156	156	156	156
10	156	156	155	155	155	155	154	154	154	153
20	153	153	152	152	151	151	151	150	150	149
30	149	148	148	147	146	146	145	145	144	143
40	143	142	141	141	140	139	138	138	137	136
50	135	134	134	133	132	131	130	129	129	128
60	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118
70	117	116	116	115	114	113	112	111	110	108
80	107	106	105	104	103	102	101	100	99.1	98.1
90	97.0	95.9	94.9	93.8	92.7	91.7	90.6	89.5	88.5	87.4
100	86.3	85.2	84.2	83.1	82.0	80.9	79.9	78.8	77.7	76.6
110	75.6	74.5	73.4	72.4	71.3	70.2	69.2	68.1	67.0	66.0
120	64.9	63.9	62.8	61.8	60.8	59.8	58.9	58.0	57.1	56.2
130	55.3	54.5	53.7	52.9	52.1	51.3	50.5	49.8	49.1	48.4
140	47.7	47.0	46.4	45.7	45.1	44.5	43.9	43.3	42.7	42.1
150	41.6	41.0	40.5	39.9	39.4	38.9	38.4	37.9	37.4	37.0
160	36.5	36.1	35.6	35.2	34.8	34.3	33.9	33.5	33.1	32.7
170	32.3	32.0	31.6	31.2	30.9	30.5	30.2	29.8	29.5	29.2
180	28.9	28.5	28.2	27.9	27.6	27.3	27.0	26.7	26.5	26.2
190	25.9	25.6	25.4	25.1	24.8	24.6	24.3	24.1	23.8	23.6
200	23.4	23.1	22.9	22.7	22.5	22.2	22.0	21.8	21.6	21.4

■490N 級鋼材の長期許容圧縮応力度 (短期は長期 x1.5)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		217	217	217	216	216	216	216	216	215
10	215	215	214	214	213	213	212	212	211	210
20	210	209	208	208	207	206	205	204	203	202
30	201	200	199	198	197	196	195	194	193	192
40	190	189	188	186	185	184	182	181	180	178
50	177	175	174	172	171	169	168	166	165	163
60	162	160	159	157	155	154	152	150	149	147
70	145	144	142	140	139	137	135	133	132	130
80	128	126	125	123	121	119	118	116	114	112
90	111	109	107	105	104	102	100	98.5	96.7	95.0
100	93.3	91.6	89.9	88.1	86.4	84.8	83.2	81.7	80.2	78.7
110	77.3	75.9	74.5	73.2	71.9	70.7	69.5	68.3	67.1	66.0
120	64.9	63.9	62.8	61.8	60.8	59.8	58.9	58.0	57.1	56.2
130	55.3	54.5	53.7	52.9	52.1	51.3	50.5	49.8	49.1	48.4
140	47.7	47.0	46.4	45.7	45.1	44.5	43.9	43.3	42.7	42.1
150	41.6	41.0	40.5	39.9	39.4	38.9	38.4	37.9	37.4	37.0
160	36.5	36.1	35.6	35.2	34.8	34.3	33.9	33.5	33.1	32.7
170	32.3	32.0	31.6	31.2	30.9	30.5	30.2	29.8	29.5	29.2
180	28.9	28.5	28.2	27.9	27.6	27.3	27.0	26.7	26.5	26.2
190	25.9	25.6	25.4	25.1	24.8	24.6	24.3	24.1	23.8	23.6
200	23.4	23.1	22.9	22.7	22.5	22.2	22.0	21.8	21.6	21.4

■許容曲げ応力度

◇強軸まわりに曲げを受ける材（強軸と弱軸のある材料）

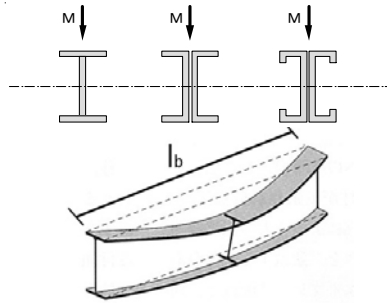
横座屈が生じるため、細長比、荷重状態により曲げ応力度が低減される

$$\left\{ \frac{2}{3} - \frac{4}{15C} \left(\frac{\lambda_b (=l_b/i_b)}{\Delta} \right)^2 \right\} \cdot F \dots (1) \text{式}$$

$$\frac{89,000}{l_b h / A_f} \text{ かつ } f_b \leq f_t \dots (2) \text{式}$$

$$f_{b(\text{長期})} = \max[(1) \text{式}, (2) \text{式}]$$

$$f_{b(\text{短期})} = f_{b(\text{長期})} \times 1.5$$



ここで

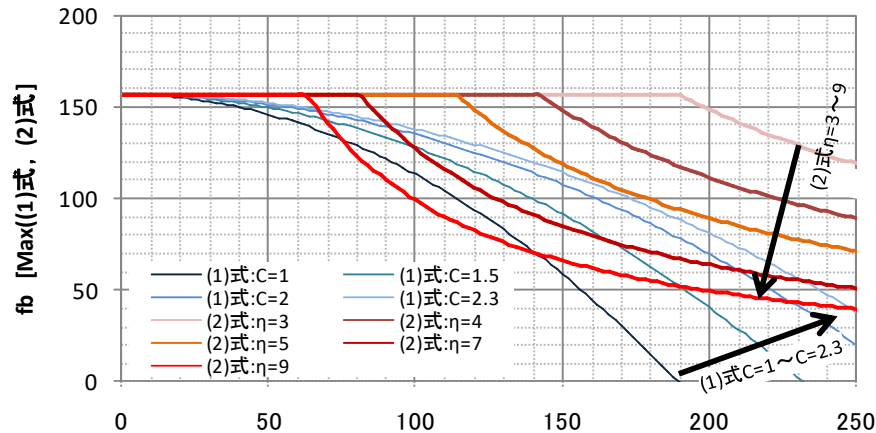
i_b : 圧縮フランジと梁せいとの1/6 とからなるT形断面のウェブ軸まわりの断面2次半径

l_b : 座屈長さ（横補剛間隔） Δ : 限界細長比 = $\sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6 F}} = \frac{1500}{\sqrt{F/1.5}}$

h : 材のせい A_f : 圧縮フランジ断面積
(フランジ厚 x 梁幅)

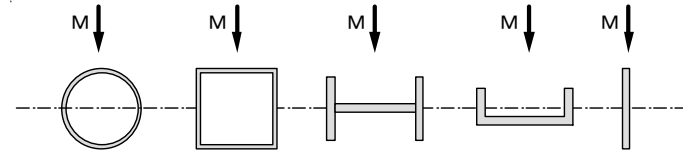
$$C = 1.75 - 1.05 \left(\frac{M_{小}}{M_{大}} \right) + 0.3 \left(\frac{M_{小}}{M_{大}} \right)^2 \text{ かつ } 2.3 \text{ 以下}$$

鋼材の許容曲げ応力度（長期）400N級[F=235N/mm²]



上図において、 $\eta = \frac{i_b \cdot h}{A_f}$, $\lambda_b = \frac{l_b}{i_b}$

◇弱軸周りに曲げをうける材、角形鋼管など

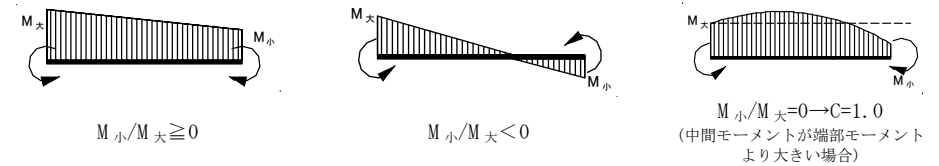


$$f_{b(\text{長期})} = f_t = F/1.5 = 156 \text{ N/mm}^2 \text{ (400N級)}$$

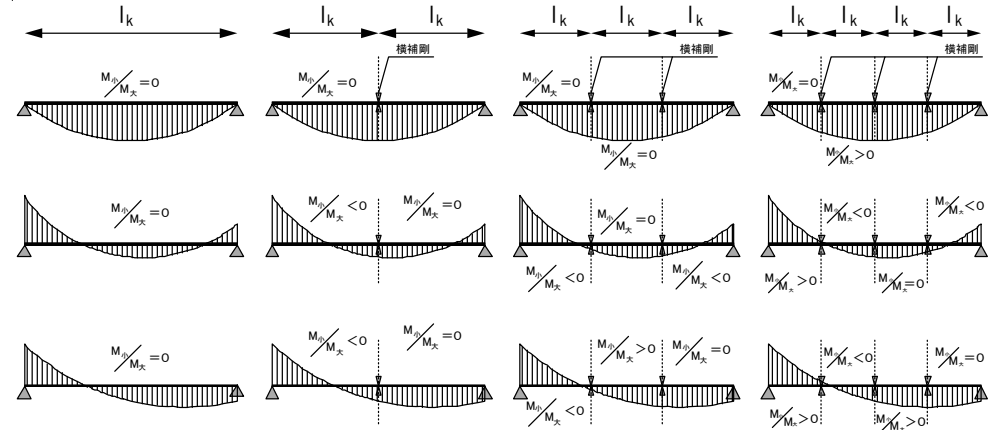
$$= 216 \text{ N/mm}^2 \text{ (490N級)}$$

$$f_{b(\text{短期})} = f_{b(\text{長期})} \times 1.5$$

※座屈区間における $M_{小}/M_{大} \geq 0$ の符号



※ $M_{小}/M_{大}$ の例



■鋼材の接合部<溶接>

□溶接方法

アーク溶接 融接（溶融溶接の略。）に分類される溶接方法の一種

アークの熱を熱源として行う溶接のことです。一般的に、アーク溶接は、電極と母材間にアークを発生させて、そのアークに伴うアークエネルギーで母材と溶加材を溶融させ、溶接ビードを形成します。

○ガスシールドアーク溶接

アーク溶接（アークを熱源とする溶接）の一種で、**アルゴン（Ar）や炭酸ガス（CO2）などのシールドガス**によってアークと溶着金属（溶加材から溶接部に移行した金属）を大気からシールド（遮蔽）しながら行う溶接方法の総称です。

○セルフシールドアーク溶接

アーク溶接（アークを熱源とする溶接）の一種であり、ティグ溶接（TIG溶接）やミグ溶接、マグ溶接などに代表されるガスシールドアーク溶接とは異なり、**アークや溶着金属を大気から遮へいするためのシールドガスを外部から供給しないで行うアーク溶接のこと**です。セルフシールドアーク溶接は、外部からシールドガスを供給しないかわりに、**フラックス入りワイヤを用います**。フラックス入りワイヤとは、管状になっていて、金属外皮の内部にアーク安定剤、脱酸剤、スラグ形成剤、金属粉末などが充てんされている溶接ワイヤです。

○サブマージアーク溶接


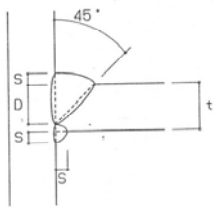


アーク溶接（アークを熱源とする溶接）の一種であり、自動アーク溶接（溶接ワイヤの送りが自動的にでき、連続的に溶接が進行する装置を用いて行うアーク溶接）に用いられる溶接です。サブマージアーク溶接は、溶接線上にあらかじめ粒状のフラックスを散布しておいて、その中に溶接ワイヤを自動的に送込み、フラックス中において溶接ワイヤと母材との間のアークから生じるアーク熱で溶接する方法です。

エレクトロスラグ溶接 融接（溶融溶接の略。）に分類される溶接方法の一種

溶融したスラグ浴の中に溶接ワイヤ供給ローラーを介して溶接ワイヤを連続給し、主に溶融スラグの抵抗熱を利用することにより、母材と溶接ワイヤを溶融させて行う溶接です。一般的にエレクトロスラグ溶接では、溶融スラグの抵抗熱で溶融した母材と溶接ワイヤとの溶接金属を、順次上方向に盛り上げて溶接していきます。

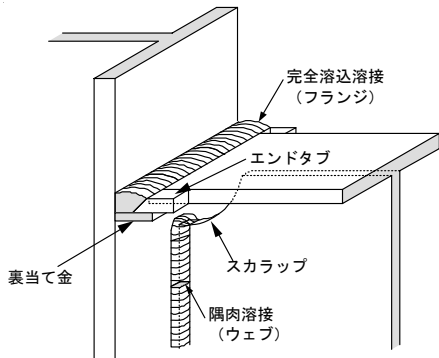
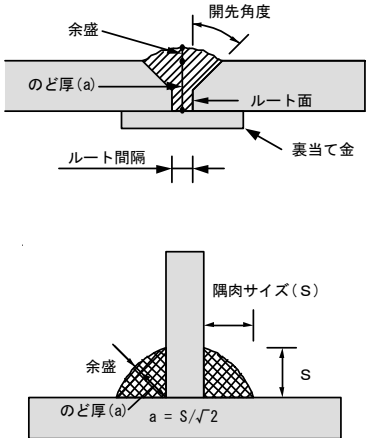
出典：http://w.jisw.com/

□溶接継手

溶接継手	図	解説
完全溶込溶接		母材同等に溶接を行う
部分溶込溶接		開先のルート部に不溶着部分が残ることを前提とした溶接であるので、完全溶込み溶接に比べて性能が劣り、溶接線と直角方向に引張力が作用する場合、および溶接線を軸とする曲げが作用する場合に適用することはできない。※
隅肉溶接		曲げが作用しない箇所への溶接
フレア溶接		

※出典：日本溶接協会 <http://www-it.jwes.or.jp>

■溶接用語



アンダーカット	溶接の止端に沿って母材が掘られて、溶着金属が満たされないで溝となって残っている部分。	
フィレット	ろう接の重ね、T形などの継手において、継手のすきまからはみ出したろう又ははんだの部分。	

■許容応力度

施行令 92 条, 98 条

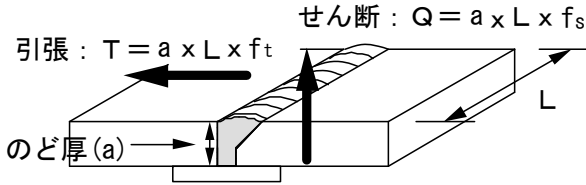
■突合溶接(完全溶け込み溶接) 【単位 N/mm²】

種類	基準強度	許容応力度				材料強度		破断応力
		長期		短期		圧縮 曲げ 引張	せん断	
		圧縮 曲げ 引張	せん断	圧縮 曲げ 引張	せん断			
F	F/1.5	F/√3/1.5	F	F/√3	F	F/√3	F _u	
400N 級	235	156	90	235	135	235	135	400
490N 級	325	216	125	325	187	325	187	490

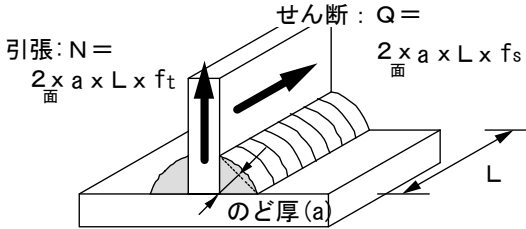
■突合溶接以外(隅肉溶接) 【単位 N/mm²】

種類	基準強度	長期	短期	材料強度	破断応力
		引張・せん断	圧縮・曲げ 引張・せん断	圧縮・曲げ 引張・せん断	
		F	(F/√3) /1.5	(F/√3)	
400N 級	235	90	135	135	400
490N 級	325	125	187	187	490

突合せ継ぎ手
(完全溶け込み溶接)



隅肉溶接



■溶接記号

実務図表 10・6 溶接記号 (基本記号, 補助記号)

名称	継手形式	溶接の種類	記号	備考	
突合せ溶接	突合せ継手		I形		平行線
			V形	∨	角度90°
			X形	×	同上
			レ形	∨	記号の縦の線は左側に書く 角度45°
			K形	∟	同上
	かど継手		レ形	∨	同上
			K形	∟	同上
			フレアV形	∨	2つの1/4円
			フレアX形	×	2つの半円
			フレアレ形	∨	記号の縦の線は左側に書く 1/4円
			フレアK形	∟	1/2円

実務図表 10・6 (続き)

すみ肉溶接	重ね継手		▽	記号の縦線は左側に書く 直角 2等辺 3角形
	かど継手		▽	同上
ブラク溶接	重ね継手		∟	
スロット溶接			∟	
溶接スポット			*	重ね継手の抵抗溶接 (スポット)
補助記号	現場溶接		∟	
	全周溶接		○	全周溶接が明らかなきときは省略してもよい。
	現場全周溶接		⊙	
	溶接部の表面形状	たいら	—	
		とつ	∩	基線の外に向かって凸とする
		へこみ	∪	基線の外に向かって凹とする
溶接部の仕上方法	チップング	C		
	研削	G	グラインダ仕上げの場合	
	切削	M	機械仕上げの場合	
	指定せず	F	仕上げ方法を指定しない場合	

実務から見た鉄骨構造設計 学芸出版社より

■鋼材の接合部<ボルト>

□ボルトの種類

分類		姿図	機械的性質
高力ボルト ハイテンション ボルト <HTB>	JIS 型 (JIS-B1186)		F8T F10T F11T*
	トルシア型 (認定)		S10T (F10T 相当)
	熔融亜鉛メッキ (JIS-B1186)		F8T 相当
中ボルト (仕上ボルト) (JIS-B-1180,1181)			F4T

※中ボルトとは 市場にあるのは J I S 規格 II 欄の「中」の等級。軸部全てにねじが切られたものは、全ねじ（フルスレッド）と呼び、先端部から特定の長さだけねじが切られたものは、半ねじ（中ボルト）と呼ぶ。

※F11T は遅れ破壊があるため通常使用しない

※F8T→FrictionJoint, 8tonf/cm²(800N/mm²), TensileStrength (引張力=破断耐力)

※高力ボルトはボルトに導入した軸力による摩擦力により応力を伝達する

□機械的性質 <詳細は別紙材料諸元参照>

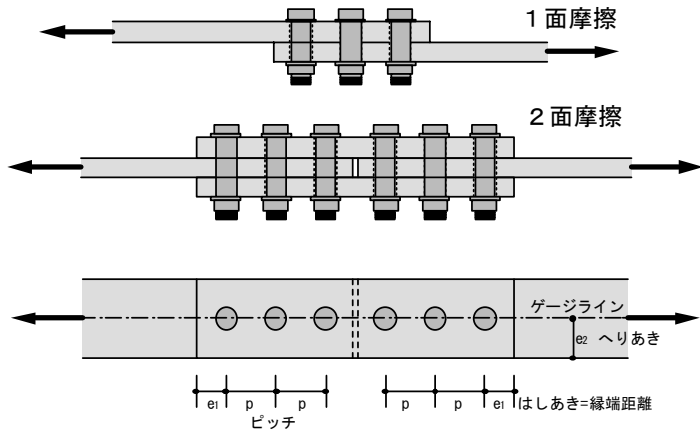
■ボルトの強さ												
種別	基準張力 T ₀	長期許容応力度				短期許容 応力度 長期 x1.5	材料強度				破断強度	
		引張 ft	せん断(f _s)		引張 F _y		引張	せん断		破断 F _u	せん断	
			1面	2面				1面	2面			
F8T	400	250	120	240	長期 x1.5	640	640	369	739	800	600	1,200
F10T	500	310	150	300		900	900	519	1,039	1,000	750	1,500
中ボルト	240	160	120			240	240	180		400		

単位: N/mm²

□ボルトの諸規定

	分類	M12	M16	M20	M22	M24	備考
ボルト穴径	中ボルト	13	17	21.5	23.5	25.5	令 68 条 4 項
	高力ボルト	14	18	22	24	26	令 68 条 2 項
ピッチ [p]	最小(2.5d)	30	40	50	55	60	令 68 条 1 項
縁端距離 [e ₁]	せん断縁他	22	28	34	38	44	令 67 条 2 項 H12 告 1464 号
	機械仕上	18	22	26	28	32	
	2.5d*	30	40	50	55	60	学会 S 指針
へりあき [e ₂]	1.5d	30	25	30	35	40	

※応力方向にボルトが3本以上並ばない時



・摩擦面の処理 (高力ボルト接合設計施工指針)
 摩擦面の状態は、すべり係数 0.45 が得られるものとする。一般には赤錆処理、ショットブラスト、グリッドブラストとする。

■鋼材の接合部<柱脚>

□S造柱脚の形態

露出柱脚	根巻型柱脚	埋込柱脚
半剛接合 回転剛性を考慮	剛接合	剛接合

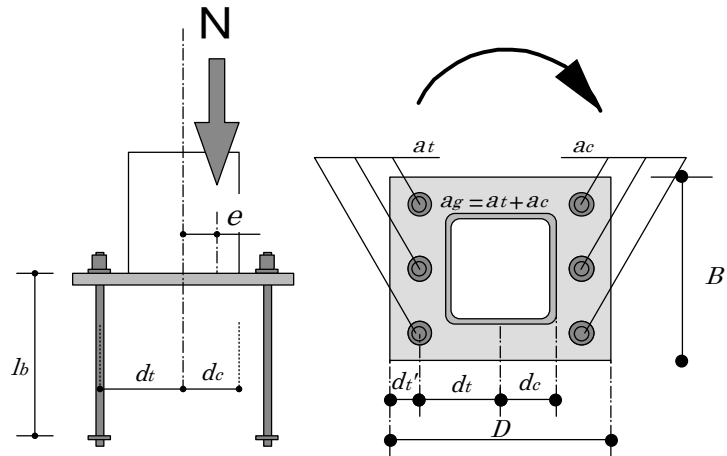
□露出柱脚

- ・認定品 アンカーボルト、ベースプレートの認定を行い、計算方法の評定を行うことで柱脚の設計の明瞭化、施工の簡略化を行った製品
 例： ベースバック 旭化成建材（株）、岡部（株）
 ハイベース 日立機材（株）
 ISベース アイエスケー（株）
 ジャストベース コトブキ技研工業（株）
- ・一般品 通常の鋼材及びアンカーボルトを用い、柱脚を形成する

□露出柱脚の回転バネ剛性

$$K_{BS} = \frac{E \cdot n_t \cdot A_b (d_t + d_c)^2}{2 \cdot l_b}$$

ここで、 E : アンカーボルトのヤング係数(N/mm²)
 n_t : 引張側アンカーボルト数
 A_b : 1本のアンカーボルトの軸部断面積
 d_t : 柱断面図心より引張側アンカーボルトの断面群までの距離
 d_c : 柱断面図心より圧縮の柱フランジ外縁までの距離
 l_b : アンカーボルトの長さ



ベースバック例	一般品
<p>ベースバック 圧延鋼材のベースプレートと異形棒鋼の組み合わせを用いたシリーズ</p> <p>ベースプレート (圧延鋼材)</p>	

■仕様規定 鉄骨造

【適用の範囲】

第 63 条 この節の規定は、鉄骨造の建築物又は鉄骨造と鉄筋コンクリート造その他の構造とを併用する建築物の鉄骨造の構造部分に適用する。

【材料】

第 64 条 鉄骨造の建築物の構造耐力上主要な部分の材料は、炭素鋼若しくはステンレス鋼（この節において「鋼材」という。）又は鋳鉄としなければならない。

2 鋳鉄は、圧縮応力又は接触応力以外の応力が存在する部分には、使用してはならない。

※鋳鉄：通常の鋼材より炭素が多い。硬いがもろい。鋳物に使用（通常不使用）

【圧縮材の有効細長比】

第 65 条 構造耐力上主要な部分である鋼材の圧縮材(圧縮力を負担する部材をいう。以下同じ)の有効細長比は、柱にあっては 200 以下、柱以外のものにあっては 250 以下としなければならない。

$$\text{細長比 } \lambda = \frac{l_k(\text{座屈長さ})}{l(\text{断面二次半径})} \leq 200(\text{柱}), \quad 250(\text{柱以外})$$

$$\text{※断面二次半径: } l = \sqrt{\frac{I(\text{断面二次モーメント})}{A(\text{断面積})}}$$

【柱の脚部】

第 66 条 構造耐力上主要な部分である柱の脚部は、**国土交通大臣が定める基準**に従ったアンカーボルトによる緊結その他の構造方法により基礎に緊結しなければならない。ただし、滑階構造である場合においては、この限りでない。

⇒H12 告 1456 号 鉄骨造の柱の脚部を基礎に緊結する構造方法の基準を定める件

【接合】

第 67 条 構造耐力上主要な部分である鋼材の接合は、ボルトが緩まないように次の各号のいずれかに該当する措置を講じたボルト接合（延べ面積が 3,000 m²を超える建築物又は軒の高さが 9m を超え、若しくは張り間が 13m を超える建築物であつて、接合される鋼材が炭素鋼であるときは高力ボルト接合、溶接接合若しくはリベット接合（構造耐力上主要な部分である継手又は仕口に係るリベット接合にあっては、添板リベット接合）又はこれらと同等以上の効力を有するものとして国土交通大臣の認定を受けた接合方法、接合される鋼材がステンレス鋼であるときは高力ボルト接合若しくは溶接接合又はこれらと同等以上の効力を有するものとして国土交通大臣の認定を受けた接合方法）によらなければならない。

- 一 当該ボルトをコンクリートで埋め込むこと。
- 二 当該ボルトに使用するナットの部分を溶接すること。
- 三 当該ボルトにナットを 2 重に使用すること。
- 四 前 3 号に掲げるもののほか、これらと同等以上の効力を有する戻り止めをすること。

2 構造耐力上主要な部分である継手又は仕口の構造は、その部分の存在応力を伝えることができるものとして、**国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの**又は**国土交通大臣の認定を受けたもの**としなければならない。この場合において、柱の端面を削り仕上げとし、密着する構造とした継手又は仕口で引張り応力が生じないものは、その部分の圧縮力及び曲げモーメントの 1/4（柱の脚部においては、1/2）以内を接触面から伝えている構造とみなすことができる。

⇒H12 告 1464 号 鉄骨造の継手又は仕口の構造方法を定める件

【高力ボルト、ボルト及びリベット】

第 68 条 高力ボルト、ボルト又はリベットの相互間の中心距離は、その径の 2.5 倍以上としなければならない。

- 2 高力ボルト孔の径は、高力ボルトの径より 2 mm を超えて大きくしてはならない。ただし、高力ボルトの径が 27 mm 以上であり、かつ、構造耐力上支障がない場合においては、高力ボルト孔の径を高力ボルトの径より 3 mm まで大きくすることができる。
- 3 前項の規定は、同項の規定に適合する高力ボルト接合同等以上の効力を有するものとして**国土交通大臣の認定を受けた高力ボルト接合**については、適用しない。
- 4 ボルト孔の径は、ボルトの径より 1 mm を超えて大きくしてはならない。ただし、ボルトの径が 20 mm 以上であり、かつ、構造耐力上支障がない場合においては、ボルト孔の径をボルトの径より 1.5 mm まで大きくすることができる。
- 5 リベットは、リベット孔に充分埋まるように打たなければならない。

【斜材、壁等の配置】

第 69 条 軸組、床組及び小屋ばり組には、すべての方向の水平力に対して安全であるように、**国土交通大臣が定める基準**に従った構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合を除き、形鋼、棒鋼若しくは構造用ケーブルの斜材又は鉄筋コンクリート造の壁、屋根版若しくは床版を釣合い良く配置しなければならない。

⇒S62 告 1899 号 木造若しくは鉄骨造の建築物又は建築物の構造部分が ...

【柱の防火被覆】

第 70 条 地階を除く階数が 3 以上の建築物（法第 2 条第九号の二に掲げる基準に適合する建築物及び同条第九号の三に該当する建築物を除く。）にあっては、1 の柱のみの火熱による耐力の低下によって建築物全体が容易に倒壊するおそれがある場合として**国土交通大臣が定める場合**においては、当該柱の構造は、通常の火災による火熱が加えられた場合に、加熱開始後 30 分間構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じないものとして**国土交通大臣が定めた構造方法**を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。

⇒H12 告 1356 号 鉄骨造の建築物について 1 の柱のみの火熱による耐力の ...

■鉄骨造 仕様規定 施行令 第3章-5節

- ★ 耐久性関係規定(保有耐力計算用)
- 耐久性関係規定(限界耐力計算用)

★令63条【適用範囲】

S造及びSRC造の鉄骨部分に適用

★令64条【材料】

- ① 使用材料は炭素鋼・ステンレス鋼・鋳鉄
- ② 鋳鉄は圧縮・接触応力のみを用いる

★令65条【圧縮材の有効細長比】※構造耐力上主要な部分に限る

$$\text{有効細長比} \left[\frac{\text{座屈長さ}}{\text{断面二次半径}} \right] < 200 \text{ (柱)}$$

$$\left[\frac{\text{座屈長さ}}{\text{断面二次半径}} \right] < 250 \text{ (柱以外)}$$

★令66条【柱の脚部】

基礎に緊結すること ※滑動構造は除く

令67条【接合】

- ① 延床 3,000㎡以下、軒高9m 張間13m以下の場合
ボルト接合の場合 一号～四号の緩み止め措置を行うこと
 - ★ 一号 コンクリートで埋め込む
 - ★ 二号 ナット溶接
 - ★ 三号 2重ナット
 - ★ 四号 同等の効力のある戻り止め (JISバネ座金等)
- 延床 3,000㎡超、軒高9m 張間13m超の場合

接合方法→	高力ボルト	溶接	リベット※	認定工法
炭素鋼	○	○	○	○
ステンレス鋼	○	○		○

※継手・仕口は添え板リベット接合

★② 構造耐力上主要な継手・仕口の構造

- ・大臣の定めた構造方法
- ・認定工法
- ※柱端面を削り仕上げ、密着し、引張力が働かない場合<メタルタッチ> → 曲げモーメントの1/2を接触面から伝達可能 (柱脚は1/4)

令68条【高力ボルト、ボルト、リベット】

- ★ ① 相互中心距離は径の2.5倍
- ★ ② 高力ボルト孔の径 27mm未満→ ボルト径+2mm
27mm以上→ ボルト径+3mm
- ★ ③ 認定ボルトの場合、2項は不適用
- ★ ④ ボルト孔の径 20mm未満→ ボルト径+1mm
20mm以上→ ボルト径+1.5mm
- ★ ⑤ リベットは孔に充填すること

★令69条【斜材、壁等の配置】

斜材・RC壁・屋根版・床版を釣り合い良く配置すること

★令70条【柱の耐火被覆】

- 3階(地階除く)以上の鉄骨造の場合<耐火構造・準耐火構造を除く>
- ・1の柱の耐力低下により、支障のある損傷を生じないこと
- ・認定を受けた構造とすること

■H12告1456号※ ○ は許容応力度計算を行った場合は除外【令82条1号～3号】

一号【露出柱脚】

- ① アンカーボルトは均等に配置すること
- ② アンカーボルトには座金を用い、溶接、二重ナット等の戻り止めを行うこと
- ③ アンカーボルトの定着長さ ≥ アンカーボルト径 × 20
・先端折り曲げ又は定着金物を使用すること
※アンカーボルトの付着、基礎の破壊が生じないことを確かめたものを除く
- ④ アンカーボルトの径の和 ≥ 柱脚の断面積の20%
- ⑤ ベースプレートの厚さ ≥ アンカーボルトの径 × 1.3
- ⑥ アンカーボルトの孔の径 ≤ アンカーボルトの径 + 5mm
・縁端距離

縁端距離 ↓

二号【根巻柱脚】

- ① 根巻き部の高さ ≥ 柱幅 × 2.5
- ② 根巻部の立ち上がり主筋 4本以上
・頂部を折り曲げること
- ・主筋の定着長さ ※付着力を考慮し、同等以上の定着効果を確認した場合を除く

定着位置	異形鉄筋	丸鋼
根巻き部	25 × 鉄筋径	35 × 鉄筋径
基礎	40 × 鉄筋径	50 × 鉄筋径

- ③ 帯筋は主筋と緊結(令77条2項)
帯筋の径は6mm以上、ピッチ 150mm以下かつ最細径×15以下(令77条3項)
※保有水平耐力計算を行った場合を除く

三号【埋込柱脚】

- ① 柱の埋め込み深さ ≥ 柱幅 × 2
- ② 側柱・隅柱の場合 9mm以上のU型筋他で補強すること
- ③ 鉄骨のかぶり厚さ(柱脚部) ≥ 鉄骨の柱幅

ロアンカーボルト、高力ボルトの縁端距離(下表以上とする)

アンカーボルト径 高力ボルト径	せん断縁 手動ガス切断縁	圧延縁、自動ガス 切断縁、機械仕上等
径 ≤ 10mm	18 mm	16 mm
10mm < 径 ≤ 12mm	22 mm	18 mm
12mm < 径 ≤ 16mm	28 mm	22 mm
16mm < 径 ≤ 20mm	34 mm	26 mm
20mm < 径 ≤ 22mm	38 mm	28 mm
22mm < 径 ≤ 24mm	44 mm	32 mm
24mm < 径 ≤ 27mm	49 mm	36 mm
27mm < 径 ≤ 30mm	54 mm	40 mm
30mm < 径	9 × 径 / 5 mm	4 × 径 / 3 mm

ロ溶接のずれ、欠陥

(1) 内ダイヤフラム		$t_1 \geq t_2$ $e \leq t_1/5, e \leq 4mm$ $t_1 < t_2$ $e \leq t_1/4, e \leq 5mm$
(2) 突合せ継手		$t \geq 15mm$ $e \leq 1.5 mm$ $t > 15mm$ $e \leq t/10, e \leq 3mm$
通しダイヤフラム		フランジはダイヤフラムの厚み内で溶接
(3) アンダーカット		$e > 0.3mm$ 溶接長の1/10以下かつ断面が鋭角でない場合 → 1mm以下

※(1),(2)は長期、短期応力に対して適切な補強を行った場合を除く

■H12告1464号

一号【高力ボルト・ボルト・リベット】

- ① ボルトの縁端距離 ※令82条1号～3号を行った場合を除く
- ② 高力ボルトの摩擦面 ※すべり係数を低減した場合は亜鉛メッキも可(令92条の2)
 - (1)炭素鋼 赤さび発生、ショットブラスト、グリッドブラスト
 - (2)ステンレス鋼 無機SUS粉末入り塗装処理
SUS粉末プラズマ溶射処理等とし、(1)同等

二号【溶接】

- ① 溶接部は、割れ、内部欠陥等の構造耐力上支障のある欠陥がないこと
(1) (2) (3)
- ② 溶接材料は母材同等の性能を有すること

■S62告1899号

- 一号 許容応力度計算を行う【令82条1号～4号】
- 二号 層間変形角 < 1/200, (1/120緩和あり)【令82条の2】
※許容応力度計算(O0=0.3)を行った場合を除く【令82条1号～3号】
- 三号 木造の場合(省略)

■S62告1356号

- 一号 1の柱を除いて応力解析を行う
→ 長期荷重時(P+G, P+G+0.35S)の部材応力 < 短期許容応力度
- 二号 <一号>を満たさない場合の柱の耐火被覆
 - ・石膏ボード、窯業系サイディング、繊維強化セメント板 厚 9mm
 - ・石膏ボード厚9mm + (石膏ボード or 難燃合板)
 - ・鉄網モルタル塗り 厚15mm

■ S 造の断面算定（一次設計）

■【保有水平耐力計算】[令 82 条 1 項]

二 前号の構造耐力上主要な部分の断面に生ずる長期及び短期の各応力度を次の表に掲げる式によって計算すること。

状態	検討項目	一般の場合	多雪地域(積雪量 1m 以上・島根県)の場合
長期	常時	[G(固定)+P(積載)]	[G(固定)+P(積載)]
	積雪時		[G(固定)+P(積載)] + 0.7S(積雪)
短期	積雪時	[G(固定)+P(積載)]+S(積雪)	[G(固定)+P(積載)] + S(積雪)
	暴風時	[G(固定)+P(積載)]+W(風)	[G(固定)+P(積載)] + W(風)
			[G(固定)+P(積載)]+W(風) + 0.35S(積雪)
地震時	[G(固定)+P(積載)]+K(地震)	[G(固定)+P(積載)]+K(地震)+0.35S(積雪)	
検討項目		計 4 ケース	計 6 ケース

三 第一号の構造耐力上主要な部分ごとに、前号の規定によって計算した長期及び短期の各応力度が、それぞれ第 3 款の規定による長期に生ずる力又は短期に生ずる力に対する各許容応力度を超えないことを確かめること。

◇検討

外力により生じた **長期設計応力** < 材料の **長期許容応力**

外力により生じた **短期設計応力** < 材料の **短期許容応力**

四 国土交通大臣が定める場合においては、構造耐力上主要な部分である構造部材の変形又は振動によって建築物の使用上の支障が起らないことを国土交通大臣が定める方法によって確かめること。

◇検討 → G (固定) + P (積載) 荷重時

$$\delta / L \leq 1 / 250$$

※ δ の変形増大係数 デッキプレート : 1.5, 梁 1.0

■部材の断面算定（二次部材）

□二次部材の基本事項

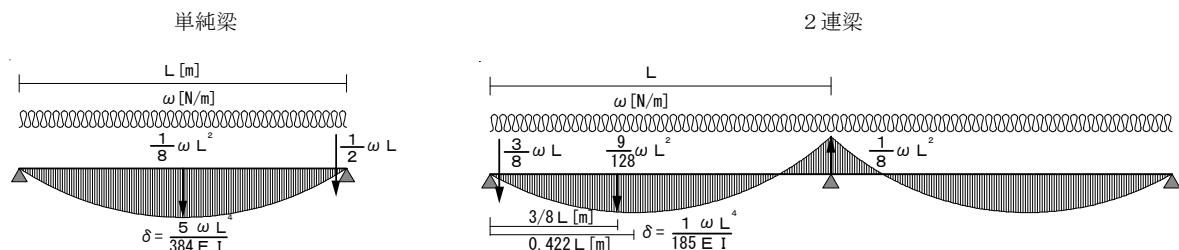
種類 小梁・母屋・横胴縁・縦胴縁・間柱

支持方法 端部ピン

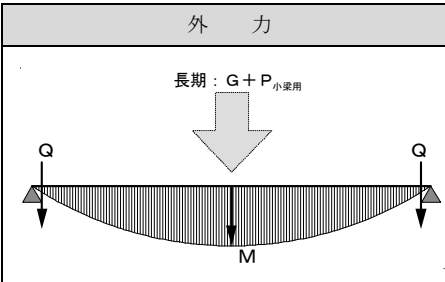
設計応力 水平部材（小梁・母屋・横胴縁） M, Q
鉛直部材（縦胴縁・間柱） M, N, Q

断面算定 M → [fb]鋼材の許容曲げモーメント (最大位置：通常は中央)
N → [fc]鋼材の許容圧縮力
Q → [fbolt]ボルトの許容応力
※S 造の場合、部材のせん断応力度は一般的に材料の許容応力度を超えないことが多いため、省略する
 $\delta / L \rightarrow [1/250]$ たわみ 令 82 条第 4 項 [変形増大率 = 1]

※等分布荷重時の梁曲げモーメント

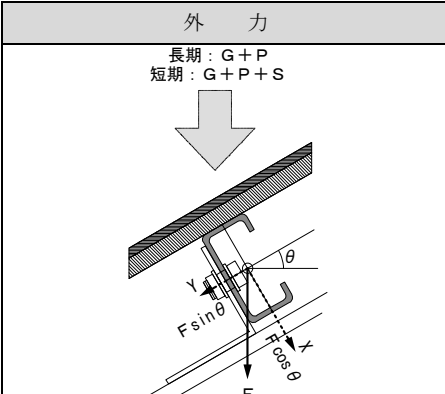


□小梁の断面算定

外力	検討外力	応力	検討式
 <p>長期：G+P_{小梁用}</p>	長期 [G+P]	$M : \sigma = \frac{M}{Z}$	$\rightarrow \frac{\sigma}{f_b} \leq 1.0$
		$Q : q = \frac{Q}{n[\text{ボルト数}]}$	$\rightarrow \frac{q}{f_{\text{bolt}}} \leq 1.0$
		たわみ： δ	$\rightarrow \frac{\delta}{L} \leq \frac{1}{250}$

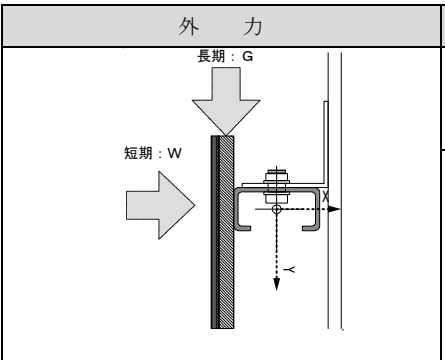
※ f_b ：横補剛区間を元に算定

□母屋の断面算定

外力	検討外力	応力	検討式
 <p>長期：G+P 短期：G+P+S</p>	長期 [G+P]	$My : \sigma_y = \frac{M_y}{Z_y}$ $Mx : \sigma_x = \frac{M_x}{Z_x}$	$\rightarrow \frac{\sigma_x}{f_b} + \frac{\sigma_y}{f_b} \leq 1.0$
		$Q : q = \frac{Q(G+P)}{n[\text{ボルト数}]}$	$\rightarrow \frac{q}{f_{\text{bolt}}} \leq 1.0$
	短期 [G+P+S]	$My : \sigma_y = \frac{M_y}{Z_y}$ $Mx : \sigma_x = \frac{M_x}{Z_x}$	\rightarrow 長期検討と同様
		$Q : q = \frac{Q(G+P+S)}{n[\text{ボルト数}]}$	\rightarrow 長期検討と同様

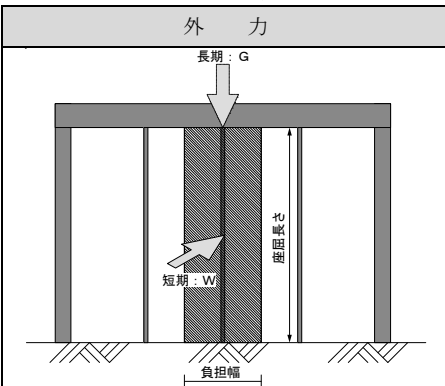
※ $f_b=f_t$ ：部材の圧縮側フランジが屋根または外壁により拘束され、横座屈が生じないため。
 ※建物によっては、風荷重による吹き上げ力による検討も必要な場合があります。

□横胴縁の断面算定

外力	検討外力	応力	検討式
 <p>長期：G 短期：W</p>	長期 [G]	$My : \sigma_y = \frac{M_y(G)}{Z_y}$	$\rightarrow \frac{\sigma_y}{f_b (= f_t)} \leq 1.0$
	短期 [G+W]	$My : \sigma_y = \frac{M_y(G)}{Z_y}$ $Mx : \sigma_x = \frac{M_x(W)}{Z_x}$	$\rightarrow \frac{\sigma_x}{f_b} + \frac{\sigma_y}{f_b} \leq 1.0$
		$Q : q = \frac{Q(W)}{n[\text{ボルト数}]}$	$\rightarrow \frac{q}{f_{\text{bolt}}} \leq 1.0$

※ $f_b=f_t$ ：部材の圧縮側フランジが屋根または外壁により拘束され、横座屈が生じないため。

□縦胴縁・間柱の断面算定

外力	検討外力	応力	検討式
 <p>長期：G 短期：W</p>	長期 [G]	$N : \sigma_c = \frac{N(G)}{A}$	$\rightarrow \frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1.0$
		$Q : q = \frac{Q(G)}{n[\text{ボルト数}]}$	$\rightarrow \frac{q}{f_{\text{bolt}}} \leq 1.0$
	短期 [G+W]	$N : \sigma_c = \frac{N(G)}{A}$ $M : \sigma_b = \frac{M(W)}{Z}$	$\rightarrow \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{b} \leq 1.0$
		$Q : q = \frac{Q(G)+Q(W)}{n[\text{ボルト数}]}$	\rightarrow 長期検討と同様

※ f_c ：座屈長さを元に算定
 f_b ：横補剛区間を元に算定

■部材の断面算定（一次部材）

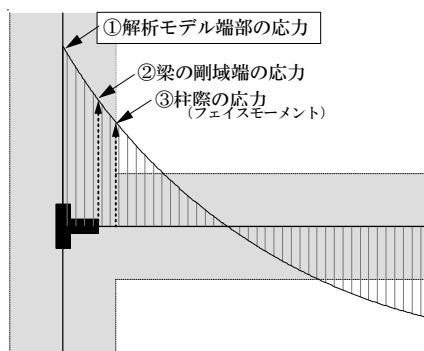
□基本事項

種類 梁・柱・ブレース・柱梁接合部パネル・柱脚（露出）

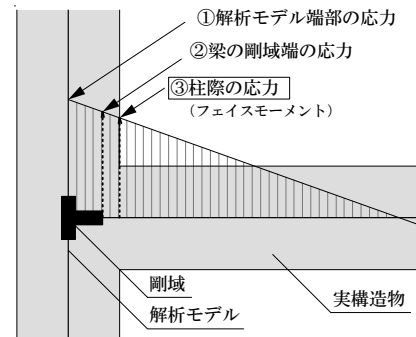
設計応力

部位	M : 曲げモーメント	Q : せん断力	N : 軸力	組み合わせ
梁	○	○		M+Q
柱	○	○	○	2軸(X,Y)曲げ M+Q
ブレース			○	
柱梁パネル	○	○	○	M+Q
柱脚	○	○	○	M+N Q+N

設計用曲げモーメントの採用位置



長期荷重時のモーメント図



短期荷重の曲げモーメント図

※通常

RC造の場合は

長期荷重時は①解析モデル端部の応力

短期荷重時は③柱際の応力 (フェイスモーメント)

を設計用曲げモーメントとする。

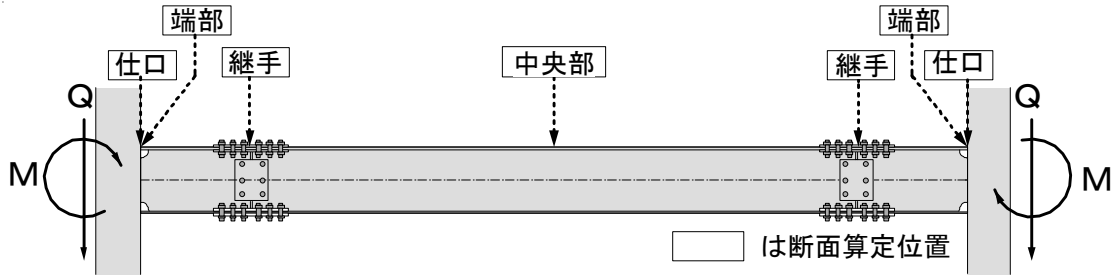
S造の場合は、剛域がないので、長期、短期共に

①解析モデル端部の応力

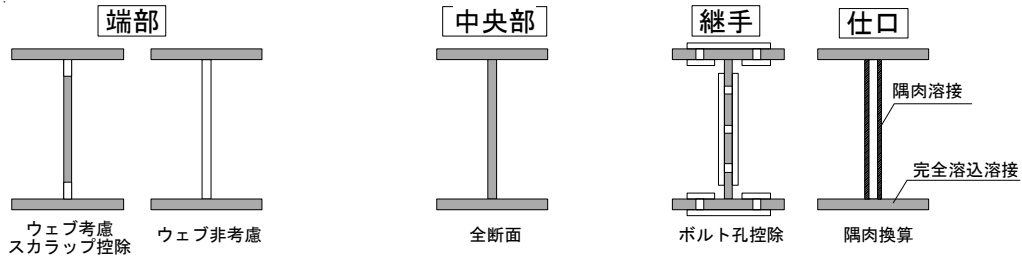
を設計用曲げモーメントとする。

■ 梁の断面算定

○ 梁の検討応力と断面検定位置



○ 梁の有効断面性能



○ 梁の断面検定

M (曲げモーメント)
 $\sigma = \frac{M}{Z} \rightarrow$

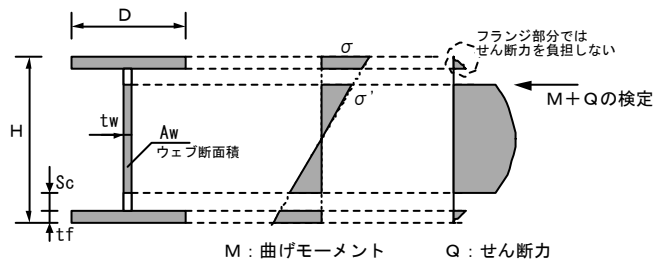
$$\frac{\sigma}{f_b} \leq 1.0$$

Q (せん断力)
 $\tau = \frac{Q}{A_w} \rightarrow$

$$\frac{\tau}{f_s} \leq 1.0$$

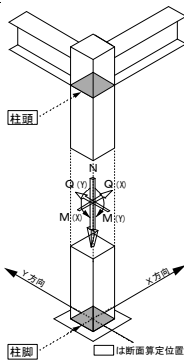
M+Q (組合せ応力)
 $\sigma' = \sigma \cdot \frac{H-2t_f-2Sc}{H} \rightarrow$

$$\sqrt{\frac{\sigma'^2 + 3 \cdot \tau^2}{f_t}} \leq 1.0$$



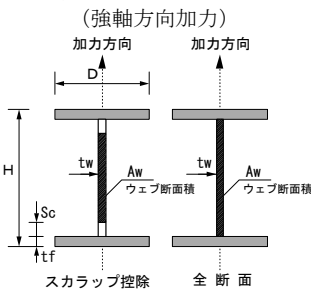
■ 柱の断面算定

○ 柱の検討応力と断面検定位置

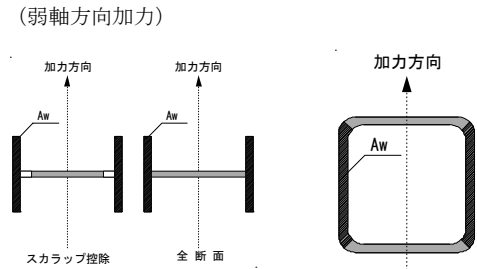


○ 柱の有効断面性能

H型鋼の場合

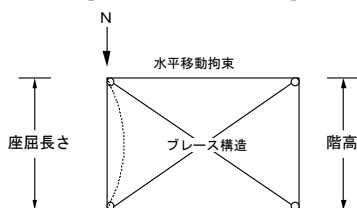


角形鋼管の場合

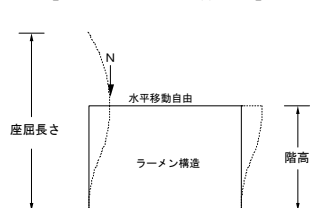


○ 柱の座屈長さ

ブレース構造の場合
 【座屈長さ = 階高】



ラーメン構造の場合
 【座屈長さ > 階高】



※座屈長さの詳細については、鋼構造塑性設計指針（日本建築学会）P129 参照

○柱の断面検定

N (軸力)

$$\sigma_c = \frac{N}{A} \rightarrow \frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1.0$$

M (曲げモーメント) (H型鋼, 角形鋼管)

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \rightarrow \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

Q (せん断力)

$$\tau = \frac{Q}{A_w} \rightarrow \frac{\tau}{f_s} \leq 1.0$$

N+M (二軸曲げの考慮)

・長期検討時 (X, Y 両方向の曲げ応力を加算する)

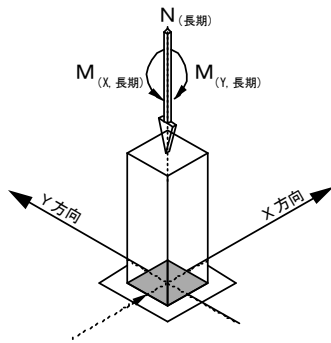
$$\frac{\sigma_c \left(= \frac{N_{\text{長期}}}{A} \right)}{f_{c(\text{長期})}} + \frac{\sigma_{b(X)} \left(= \frac{M_{(X, \text{長期})}}{Z(X)} \right)}{f_{b(X, \text{長期})}} + \frac{\sigma_{b(Y)} \left(= \frac{M_{(Y, \text{長期})}}{Z(Y)} \right)}{f_{b(Y, \text{長期})}} \leq 1.0$$

・短期検討時 (直交方向の長期応力検定比を加算する)

X 方向
$$\frac{\sigma_c \left(= \frac{N_{\text{短期}}}{A} \right)}{f_{c(\text{短期})}} + \frac{\sigma_{b(X)} \left(= \frac{M_{(X, \text{短期})}}{Z(X)} \right)}{f_{b(X, \text{短期})}} + \frac{\sigma_{b(Y)} \left(= \frac{M_{(Y, \text{長期})}}{Z(Y)} \right)}{f_{b(Y, \text{短期})}} \leq 1.0$$

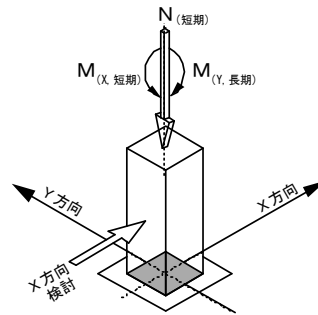
Y 方向
$$\frac{\sigma_c \left(= \frac{N_{\text{短期}}}{A} \right)}{f_{c(\text{短期})}} + \frac{\sigma_{b(X)} \left(= \frac{M_{(X, \text{長期})}}{Z(X)} \right)}{f_{b(X, \text{長期})}} + \frac{\sigma_{b(Y)} \left(= \frac{M_{(Y, \text{短期})}}{Z(Y)} \right)}{f_{b(Y, \text{短期})}} \leq 1.0$$

<長期検討時>

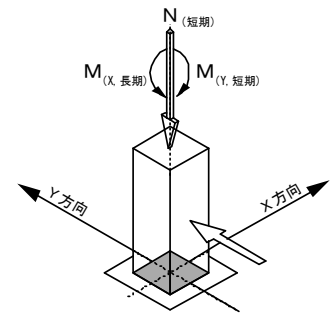


<短期検討時>

【X 方向】



【Y 方向】



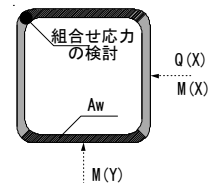
M+Q (組み合わせ応力)

・H型鋼の場合 (梁と同じ)

$$\sigma' = \sigma \cdot \frac{H - 2t_f - 2Sc - 2S^{**}}{H} \rightarrow \frac{\sqrt{\{\sigma'^2 + 3 \cdot \tau^2\}}}{f_t} \leq 1.0$$

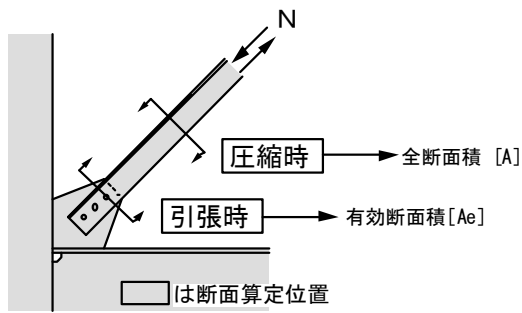
・角形鋼管の場合

$$\frac{\sqrt{\{(\sigma_c + \sigma_{b(X)} + \sigma_{b(Y)})^2 + 3 \cdot \tau^2\}}}{f_t} \leq 1.0$$



■ブレースの断面算定

○ブレースの検討応力と断面検定位置



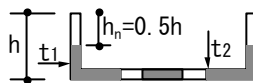
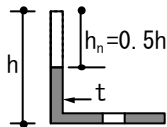
○ブレースの断面性能

丸鋼の場合	L型アンクルの場合	
	偏心がない場合	偏心がある場合
<p>$A_e = 0.75A$</p>	<p>全断面積 [A] 有効断面積 [Ae = A - Ad] 【ボルト穴控除】 [Ad = $\phi_d \times t$]</p>	<p>全断面積 [A] 有効断面積 [Ae] 【ボルト穴控除】 【偏心による断面控除】</p>

※偏心がある場合の有効断面積

$$A_e = A - \phi_d \cdot t - h_n \cdot t \quad \dots \text{山形鋼}$$

$$A_e = A - \phi_d \cdot t - 2 \cdot h_n \cdot t \quad \dots \text{溝型鋼}$$



○ブレースの断面算定

N (圧縮軸力)

$$\sigma_c = \frac{N}{A} \quad \rightarrow \quad \frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1.0$$

N (引張軸力)

$$\sigma_t = \frac{N}{A_e} \quad \rightarrow \quad \frac{\sigma_t}{f_t} \leq 1.0$$

■柱梁接合部パネル

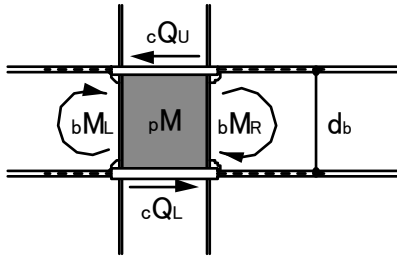
○柱梁接合部の設計モーメント

pM (短期パネルモーメント)

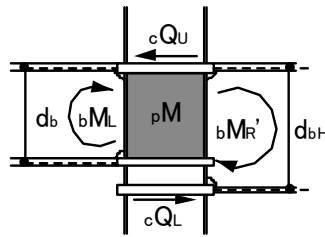
$$pM = {}_bM_R + {}_bM_{R'} - ({}_cQ_U + {}_cQ_L) \cdot \frac{d_b}{2}$$

${}_bM_{R,L}$ 梁端部の短期曲げモーメント
 ${}_cQ_{U,L}$ 柱端部の短期せん断力
 d_b 梁フランジの板厚中心間距離

標準接合部パネル



左右の梁せいが大きく異なる場合 ${}_bM_R \rightarrow {}_bM_{R'}$



※梁せいの差が150mm以上の場合は
 ${}_bM_R$ の補正を行う

$${}_bM_{R'} = {}_bM_R \cdot \frac{d_b}{d_{bH}}$$

○接合部パネルの降伏耐力

$${}_pM_y = \frac{V_e}{\kappa} \sqrt{1 - n^2} \cdot \frac{F_y}{\sqrt{3}}$$

n 接合部パネルの軸力比 $n = \frac{N}{F_y \cdot A(\text{断面積})}$
 N 接合部パネルの短期軸力 (上下階の平均)
 ※ブレース接合の場合は、ブレースの鉛直成分も加算
 A 接合部パネルの断面積
 F_y 接合部パネルの降伏強さ
 V_e 接合部パネルの有効体積
 κ せん断に関する形状係数

H型鋼 (強軸)

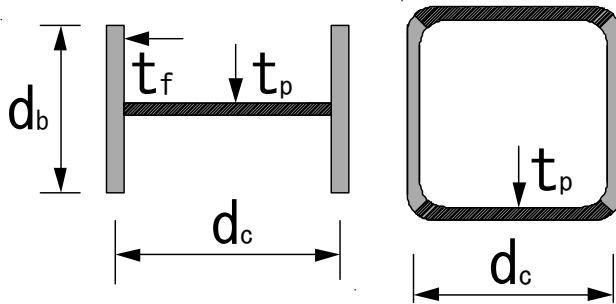
$$V_e = d_c \cdot d_b \cdot t_p$$

$$\kappa = \frac{1}{\frac{2}{3} + \frac{4b_c \cdot t_f}{d_c \cdot t_p}} + \frac{1}{1 + \frac{d_c \cdot t_p}{6b_c \cdot t_f}}$$

角型鋼管

$$V_e = 2 \cdot d_c \cdot d_b \cdot t_p$$

$$\kappa = \frac{9}{8}$$



○接合部パネルの断面算定

$${}_pM_y \text{ (パネル降伏耐力)} \geq {}_pM \text{ (パネル設計モーメント)}$$

■柱脚の断面算定【露出柱脚】

《鋼構造接合部設計指針（日本建築学会）参照》

○露出柱脚の応力状態

軸力	Case	条件	応力状態	応力式
N > 0 【圧縮】	1	$e \leq \frac{D}{6}$ 【全面圧縮】		$\sigma_c = \frac{N}{B \cdot D} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{D}\right)$ T = 0
	2	$\frac{D}{6} < e \leq \frac{D}{6} + \frac{d_t'}{3}$ 【局部圧縮】		$\sigma_c = \frac{2N}{3B \cdot \left(\frac{D}{2} - e\right)}$ T = 0
	3-1	$\frac{D}{6} + \frac{d_t'}{3} < e$ 【局部圧縮】 【A. Bolt 引張】		$\sigma_c = \frac{2N \left(e + \frac{D}{2} - d_t'\right)}{b \cdot x_n \cdot \left(D - d_t' - \frac{x_n}{3}\right)}$ $T = \frac{N \cdot \left(e - \frac{D}{2} + \frac{x_n}{3}\right)}{D + d_t' - \frac{x_n}{3}}$ $x_n^3 + 3 \left(e - \frac{D}{2}\right) x_n^2 - \frac{6n \cdot a_t}{b} \left(e + \frac{D}{2} - d_t'\right) \cdot \left(D - d_t' - x_n\right) = 0$
N = 0	3-2	N=0		$\sigma_c = \frac{2M}{b \cdot x_n \cdot \left(D - d_t' - \frac{x_n}{3}\right)}$ $T = \frac{M}{D + d_t' - \frac{x_n}{3}}$
N < 0 【引張】	3-3	$\frac{D}{6} + \frac{d_t'}{3} < e$ 【局部圧縮】 【A. Bolt 引張】		3-1と同じ
	4	$x_n < d_t'$ 【局部圧縮】 【全 A. Bolt 引張】		$\sigma_c = \frac{2N \left(e - \frac{D}{2} - d_t'\right)}{b \cdot x_n \left(D - d_t' - \frac{x_n}{3}\right) - \frac{2n \cdot a_t (d_t' - x_n)(D - 2d_t')}{x_n}}$ $T = n \cdot a_t \cdot \sigma_c \frac{D - d_t' - x_n}{x_n}$ $x_n^3 + 3 \left(e - \frac{D}{2}\right) x_n^2 - \frac{12n \cdot a_t}{b} \left\{ e \left(\frac{D}{2} - x_n\right) + \left(\frac{D}{2} - d_t'\right)^2 \right\} = 0$
	5	$ e \leq \frac{2 \left(\frac{D}{2} - d_t'\right)^2}{D}$ 【全 A. Bolt 引張】		$\sigma_c = 0$ $T = \frac{M}{D - 2d_t'} - \frac{N \cdot a_t}{a_g}$

○露出柱脚の断面算定

軸力、曲げモーメントに対する検討

$$\text{アンカーボルトの引張耐力} \quad \rightarrow \quad \frac{T/n_t}{F_{A.Bolt}} \leq 1.0$$

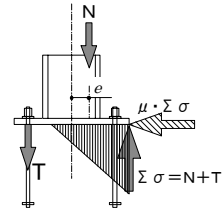
$$\text{コンクリートの圧縮耐力} \quad \rightarrow \quad \frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1.0$$

せん断力に対する検討

・ベースプレート下の摩擦力 ($\mu=0.4$) で負担する場合

【Case1, 2, 4, 5】 $|e| \leq \frac{D}{6} + \frac{d_t'}{3}$ $Q_a = 0.4 \cdot N$ $\rightarrow \frac{Q}{Q_a} \leq 1.0$

【Case3, 4】 $|e| > \frac{D}{6} + \frac{d_t'}{3}$ $Q_a = 0.4(N + T)$ $\rightarrow \frac{Q}{Q_a} \leq 1.0$



・上記を満足しない場合は、アンカーボルトのせん断力でQを負担

ボルトのせん断耐力の確認 $\rightarrow \frac{\tau}{f_s} = \frac{Q/a_g}{f_s} \leq 1.0$

せん断を受ける A. Bolt の引張耐力の確認 $\rightarrow \frac{\sigma_t}{f_{ts}} = \frac{T/a_t}{f_{ts}} \leq 1.0$

ここで、

a_g : ボルトの総断面積

a_t : 引張側ボルトの総断面積

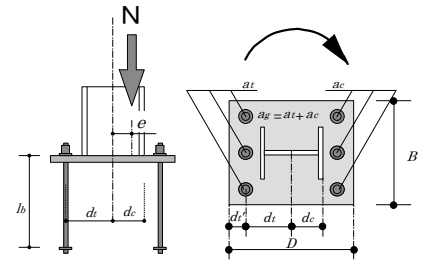
f_s : A. Bolt の許容せん断応力度 (長期 : 0.38F, 短期 : 長期 x1.5)

f_{t0} : A. Bolt の許容引張応力度 (長期 : 0.5F, 短期 : 長期 x1.5)

f_{ts} : せん断を受けるボルトの許容引張応力度

$f_{ts} = 1.4f_{t0} - 1.6\tau$ かつ $f_{ts} \leq f_{ts}$

n_t : 引張側アンカーボルト本数



アンカーボルトの定着の検討

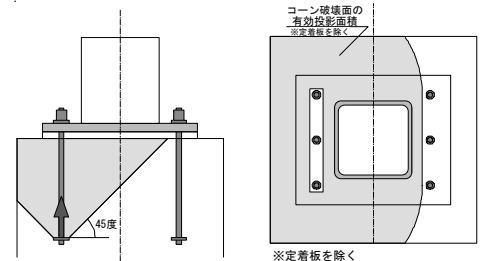
コーンの破壊耐力 $\rightarrow \frac{T/n_t}{T_p} \leq 1.0$

$T_p = \phi_1 \cdot \sqrt{\frac{F_c}{9.80665}} \cdot A_c = 0.31\phi_1 \cdot \sqrt{F_c} \cdot A_c$

ϕ_1 : 低減係数 0.6(短期)

A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積 [mm²]

※定着板を除く



ベースプレートの検討

ベースプレートの曲げの検討 $\rightarrow \frac{\sigma}{f_b(=f_t)} = \frac{M/Z}{f_b(=f_t)} \leq 1.0$

ここで アンカーボルトの引張の場合

$M = T/n_t \cdot L$

$Z = \frac{b_0 t^2}{6}$

コンクリートの圧縮 (1 辺固定) の場合

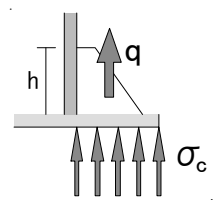
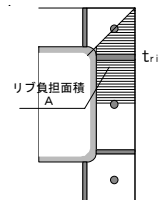
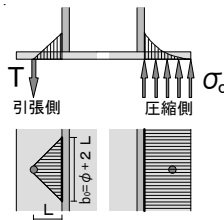
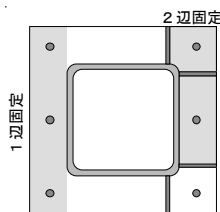
$M = \frac{1}{2} \sigma_c \cdot L^2$

$Z = \frac{t^2}{6}$

コンクリートの圧縮 (2, 3 辺固定) の場合 $M \rightarrow$ [図表より]

$Z = \frac{t^2}{6}$

図表は RC 設計資料集 (日本建築学会) より



※詳細 2008 技術基準解説書 P610

ベースプレートリブの検討

リブプレートのせん断力の検討 $\rightarrow \frac{\tau}{f_s} = \frac{q/h \cdot t_{rib}}{f_s} \leq 1.0$

リブプレート溶接長 (lw) の検討 $\rightarrow l_w \geq \frac{q}{0.7S_w f_s}$

ここで、 $q = \sigma_c \cdot A$ (リブ負担面積)

f_s : 隅肉溶接の許容応力度

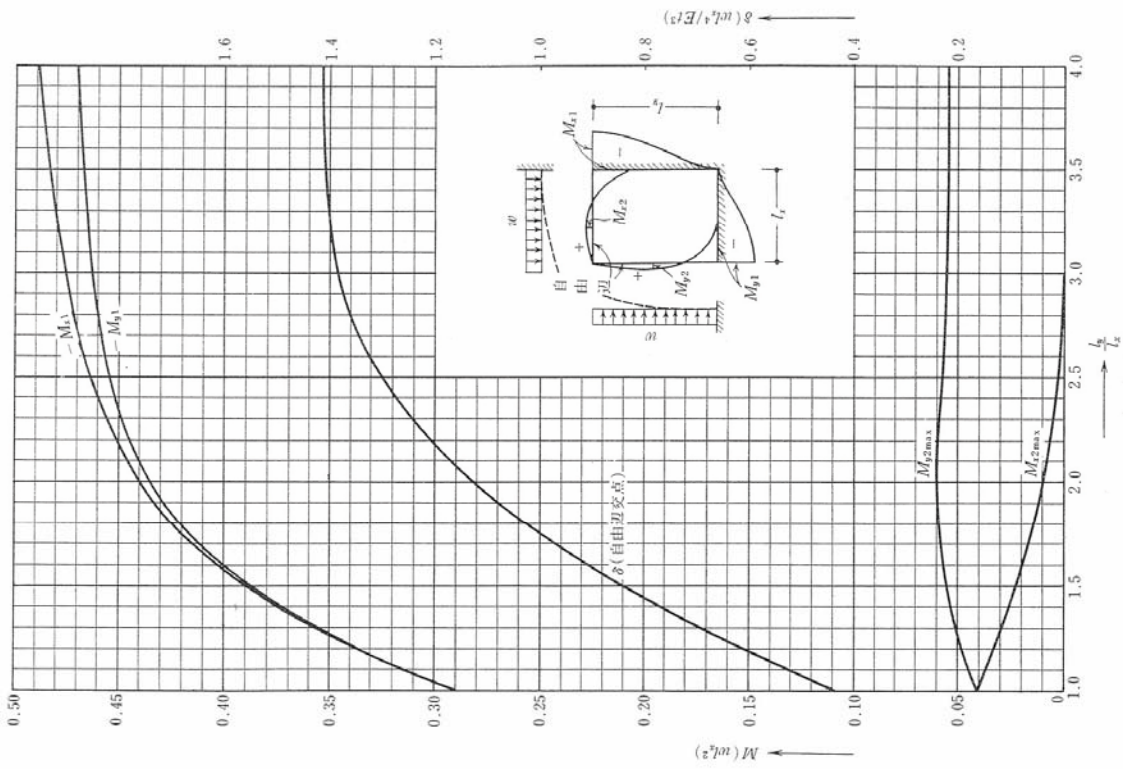


図 6.5 等分布荷重時 2 隣辺固定他自由スラブの応力図と自由辺交点のたわみ δ^1 ($\nu = 0$)

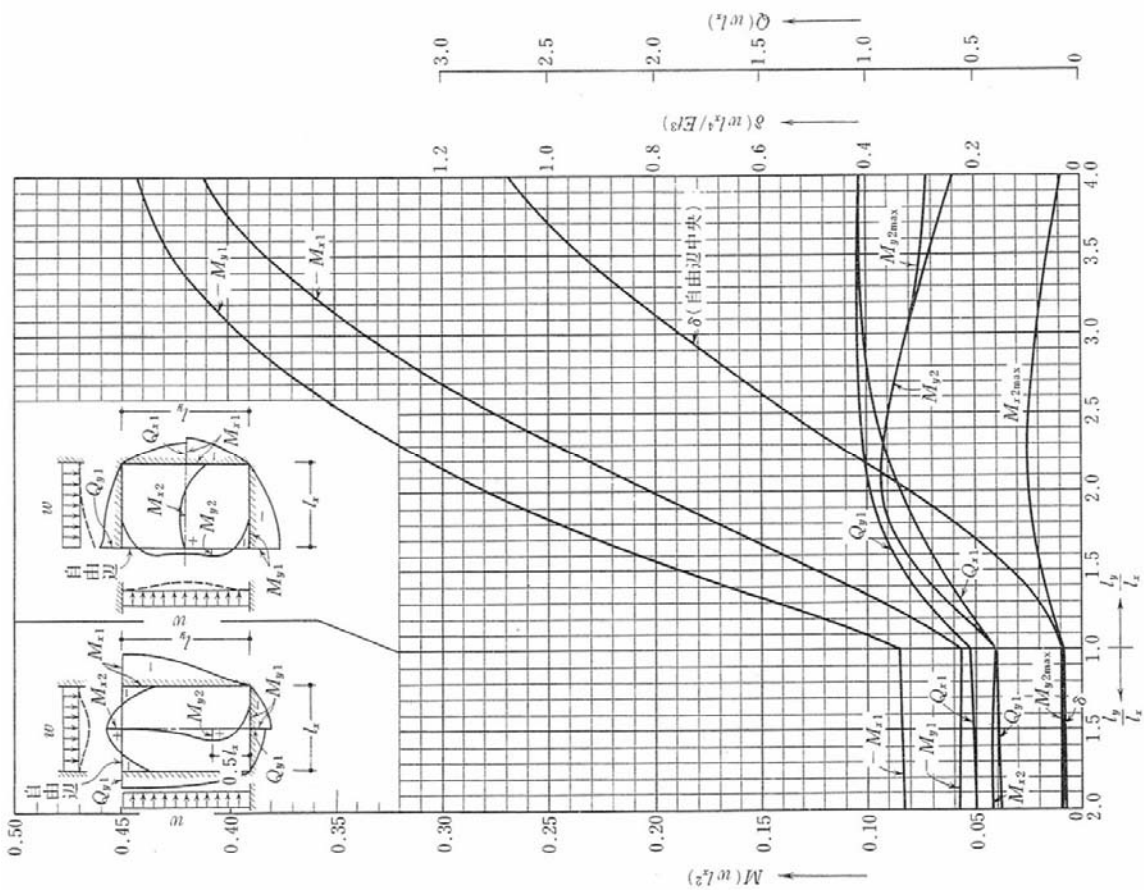


図 6.3 等分布荷重時 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力図と自由辺中央のたわみ δ^1 ($\nu = 0$)

S 造の断面算定（二次設計）

■構造計算ルート別の規定一覧（S造の場合）

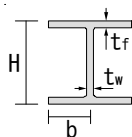
		ルート【1-1】	ルート【1-2】	ルート【2】	ルート【3】
階数		3階以下 (地階を除く)	2階以下 (地階を除く)	—	—
高さ		高さ13m以下 軒高9m以下	高さ13m以下 軒高9m以下	高さ31m以下	—
スパン		6m以下	12m以下	—	—
面積		500㎡以下	2階建 500㎡以下 平屋 3000㎡以下	—	—
C_0		0.3	0.3	筋かい分担割増 ($\beta=1.0\sim 1.5$)	1.0
層間変形角		—	—	○	○
偏心率		—	○	○	—
剛性率		—	—	○	—
冷間成形鋼管		○	○	○	○
筋かい端部		保有耐力接合	保有耐力接合	保有耐力接合	保有耐力接合
脆性破壊の検討	幅厚比	—	○	○	△
	仕口・継手	保有耐力接合	保有耐力接合	保有耐力接合	△
	梁	—	保有耐力横補剛	保有耐力横補剛	△
	柱脚	○	○	○	△
保有水平耐力計算		—	—	—	○
塔状建物		—	—	塔状比4以下	転倒の検討

※ルート3における△は、必要保有水平耐力算定時の D_s 決定において考慮する

■幅厚比

※詳細 2008 技術基準解説書 P583

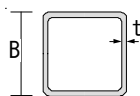
○幅厚比の算定方法



H-300x300x10x15 の場合【SS400 級、柱の場合】

$$\text{フランジ} : \frac{b}{t_f} = \frac{150}{15} = 10.0 \rightarrow \text{FB}$$

$$\text{ウェブ} : \frac{H-2t_f}{t_w} = \frac{300-2 \times 15}{10} = 27.0 \rightarrow \text{FA}$$



□-200x200x8 の場合【SS400 級の場合】

$$\frac{B}{t} = \frac{200}{8} = 25.0 \rightarrow \text{FA}$$



○-318.5-9.0 の場合【SS400 級場合】

$$\frac{D}{t} = \frac{318.5}{9.0} = 35.4 \rightarrow \text{FA}$$

○幅厚比の規定 [下表以下とする]

SS400 級		【SS400 , SN400 , SM400 , STKR400, BCP235、STKN400 他】		F= 235			
		【BCR295】		F= 295			
部材	断面	部位	ルート 1-2 ルート 2	ルート 3			
				FA	FB	FC	FD
柱	H 形鋼	フランジ	9.5	9.5	12	15.5	左記 以上
		ウェブ	43	43	45	48	
	角形鋼管	BCP, STKR	33	33	37	48	
		BCR295	29.4	29.4	33.0	42.8	
円形鋼管	STKN	50	50	70	100		
	H 形鋼	フランジ	9	9	11	15.5	左記 以上
ウェブ		60	60	65	71		

SS490 級		【SS490, SM490A, SN490, STKR490, BCP325, STKN490 他】		F= 275			
部材	断面	部位	ルート 1-2 ルート 2	ルート 3			
				FA	FB	FC	FD
柱	H 形鋼	フランジ	8.8	8.8	11.1	14.3	左記 以上
		ウェブ	39.7	39.7	41.6	44.4	
	角形鋼管	STKR, BCP	30.5	30.5	34.2	44.4	
		STKN	42.7	42.7	59.8	85.5	
梁	H 形鋼	フランジ	8.3	8.3	10.2	14.3	左記 以上
		ウェブ	55.5	55.5	60.1	65.6	

■梁の保有耐力横補剛

※詳細 2008 技術基準解説書 P593

下記の方法 1 または方法 2 により梁の横座屈を防ぐ

◇方法 1 : 梁全長にわたって均等に横補剛を設ける方法

必要横補剛数[n]

鋼材の分類	一般式	実務式
400N 級の場合	$\lambda_y \leq 170 + 20n$	$n \geq \frac{\lambda_y}{20} - 8.5$
490N 級の場合	$\lambda_y \leq 130 + 20n$	$n \geq \frac{\lambda_y}{20} - 6.5$

 λ_y : 梁の弱軸まわりの細長比 ($=l/i_y$)

l : 梁の長さ

 i_y : 梁の弱軸まわりの断面二次半径 ($=\sqrt{I_y/A}$)

◇方法 2 : 主として梁端部に近い部分に横補剛を設ける方法

○設計用応力 : 原則として両端部が全塑性モーメント時の応力に安全率を乗じた応力とする

鋼材の分類	安全率 (α)
400N 級の場合	1.2
490N 級の場合	1.1

○補剛範囲 : 設計応力が降伏モーメントを上回る範囲

○補剛間隔 : 下記を満たす間隔で補剛を行う

400N 級の場合	$\min \left[l_b \leq \frac{250A_f}{h}, l_b \leq 65i_y \right]$
490N 級の場合	$\min \left[l_b \leq \frac{200A_f}{h}, l_b \leq 50i_y \right]$

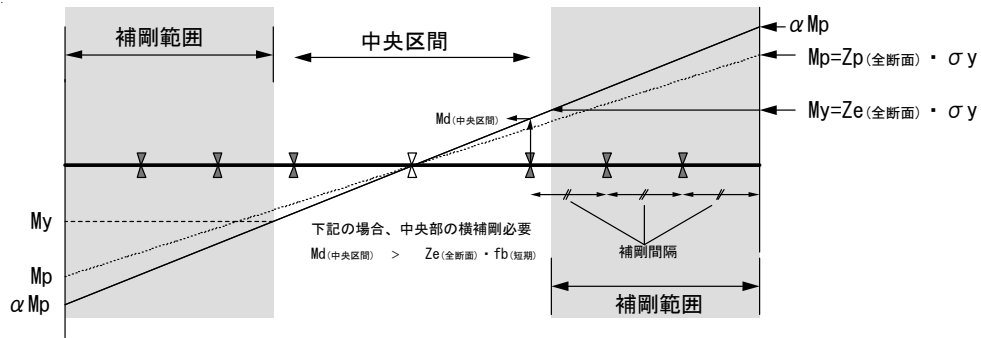
 l_b : 横補剛間隔

h : 梁せい

 A_f : 圧縮フランジ断面積 i_y : 梁の弱軸まわりの断面二次半径 ($=\sqrt{I_y/A}$)

○中央区間 : 中央区間の端部曲げモーメントが短期曲げ許容応力度による曲げモーメントを超える場合は、中央区間の中央部に横補

剛が必要



図：端部に近い部分に横補剛を入れる場合

◇横補剛材の要求性能

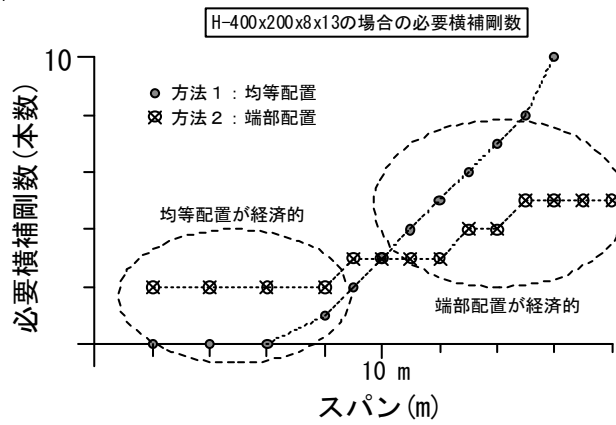
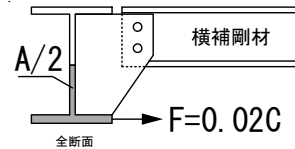
※詳細：鋼構造塑性設計指針 P101

強度 はり断面に生じる曲げ応力による圧縮側合力の 2%の集中横力[C]を圧縮側フランジに作用させた場合に耐える強度

$$\text{集中横力 } F = 0.02 \cdot C = 0.02 \cdot \frac{\sigma_y \cdot A}{2}$$

剛性 圧縮側合力の 5 倍の力を横補剛間隔 [l_b]長さで除して求めた値以上の剛性

$$K \geq 5 \cdot \frac{C}{l_b} = 5 \cdot \frac{\sigma_y \cdot A/2}{l_b}$$



■筋かい端部の保有耐力接合

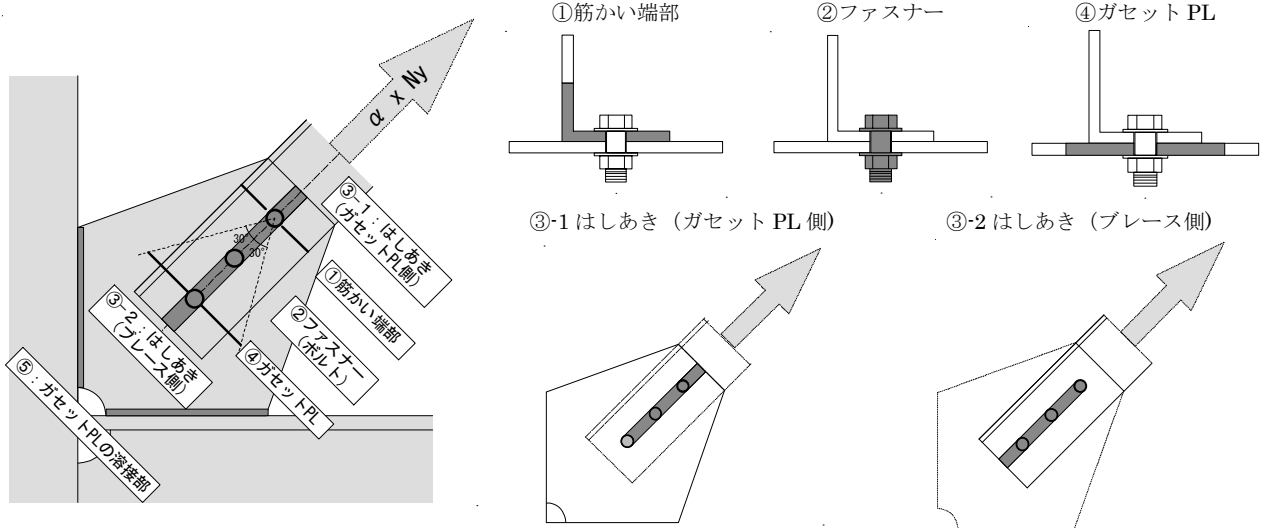
2007 技術基準解説書 P584 参照

○検討内容 : 筋かい軸部が降伏耐力に達しても、端部が破断しないことを確認

$$\begin{matrix} \boxed{\text{端部の破断耐力}} & \geq & \boxed{\text{安全率} \cdot \text{軸部の降伏耐力}} \\ A_j \cdot \sigma_u & \geq & \alpha \cdot A_g \cdot F \end{matrix}$$

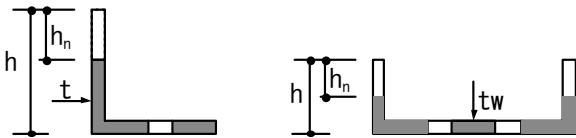
- A_j : 接合部の破断形式に応じた接合部の有効断面積
- σ_u : 接合部の破断形式に応じた接合部の破断応力度 400N/mm² [400N 級]
- A_g : 筋かい材の全断面積
- F : 筋かい材の基準強度 (降伏応力度) 235N/mm² [400N 級]
- α : 安全率 (炭素鋼は 1.2, ステンレス鋼は 1.5)

○検討箇所



※偏心ブレースの有効断面積(Ae)の求め方

※鋼構造塑性設計指針 P238 < 建築学会 >



突出無効部分の長さ h_n

応力方向の ボルト本数	1	2	3	4	5
山形鋼	$h-t$	$0.7h$	$0.5h$	$0.33h$	$0.25h$
溝型鋼	$h-t_w$	$0.7h$	$0.4h$	$0.25h$	$0.2h$

留意事項

- ・丸鋼、L型アングル等は筋かきの芯に対して偏心するため、小規模建築を除いては採用しない方が望ましい。(L型 x2 の場合は除く)
- ・接合ファスナー (リベット、高力ボルト) は 2 本以上が望ましい。1 本では材端の拘束が弱く、偏心により耐力が低下する

◇参考

	M12	M16	M20	M22	M24
ボルト穴径	14	18	22	24	26
ピッチ [p]	30	40	50	55	60
へりあき [e ₂]	30	25	30	35	40

■柱、梁の仕口、継手の保有耐力接合

2007 技術基準解説書 P589 参照

○検討内容 : 梁両端が全塑性曲げモーメントに達しても、仕口・継手が破断しない事を確認

$$\begin{array}{l} \boxed{\text{仕口・継ぎ手の破断耐力}} \\ M_u \\ Q_u \end{array} \geq \begin{array}{l} \boxed{\text{安全率・継手,仕口の設計荷重}} \\ \alpha \cdot M_p \\ \alpha \cdot Q_p \end{array}$$

	仕口の場合		継手の場合	
	400N 級	490N 級	400N 級	490N 級
割増率[α]				
炭素鋼	1.3	1.2	1.3(1.2)	1.2(1.1)
SUS 鋼	1.6	1.6	1.5	1.5
設計応力				

※ () 内は継手が塑性化領域にある場合の割増率

○設計用荷重

$$\text{設計用曲げモーメント} \quad \alpha \cdot M_p = \alpha \cdot Z_{p(\text{全断面})} \cdot \sigma_y$$

$$\text{設計用せん断力} \quad \alpha \cdot Q_p = \alpha \cdot \frac{M_{pR} + M_{pL}}{L}$$

○仕口部の破断耐力

$$\text{破断曲げモーメント} \quad M_u = \min \left\{ Z_{(\text{仕口部})}, Z_{(\text{梁端部})} \right\} \cdot \sigma_u$$

$$\text{破断せん断力} \quad Q_u = \min \left\{ A_{(\text{仕口部})}, A_{(\text{梁端部})} \right\} \cdot \frac{\sigma_u}{\sqrt{3}}$$

○継手部の破断耐力

詳細は 「SCSS-H97 鉄骨構造標準接合部 H 形鋼編 (建築業協会)」 参照

留意事項

- ・ 冷間成形角形鋼管柱へ接続する梁仕口の終局モーメントの算定にはウェブを考慮しない。
- ・ 柱の板厚不足のため、パネルの面外変形により、十分な耐力が確保できないため。
- ※ 柱、梁耐力比の算定の場合には、ウェブを考慮する

■冷間成形鋼管の規定

※冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル（日本建築センター）参照

○冷間成形鋼管とは

冷間成形鋼管は鋼板から丸型または角形の鋼管に加工して製作するため、鋼管製作時に鋼材に塑性変形を生じさせる。そのため、角部など既塑性化領域の塑性変形能力が十分でないため、応力の割り増し、崩壊形の確認などの規定が定められている。

○計算ルート別の規定

規定内容	STKR			BCR / BCP		
	ルート1	ルート2	ルート3	ルート1	ルート2	ルート3
①柱の地震力の割増	○ すべての柱	○ 1階の柱脚	○ 1階の柱脚	○ すべての柱	—	—
②柱・梁耐力比の確認	—	○	○	—	○	—
③全体崩壊形の確認	—	—	—	—	—	○ 除外規定あり

①柱の地震力の割増

柱の地震力を割ります

ルート1の場合
ルート2・3【STKR材】

すべての柱
1階の柱脚

※柱脚（アンカーボルト、ベースプレート等）の断面算定での割増は不要。

地震力の割増率 [α]		STKR	BCR	BCP
ダイヤフラム形式	内ダイヤフラム (落込を除く)	1.3	1.2	1.1
	上記以外	1.4	1.3	1.2

②柱・梁耐力比の確認

すべての柱・梁接合部で柱・梁耐力比 ≥ 1.5 を満足すること（※最上階柱頭、1階柱脚除く）

$$\frac{\text{上下の柱の全塑性モーメントの和}}{\text{左右の梁の全塑性モーメントの和}} = \frac{M_{p,柱,上} + M_{p,柱,下}}{M_{p,梁,左} + M_{p,梁,右}} \geq 1.5$$

$$M_{p,梁} = Z_{p(梁端部)} \cdot \sigma_y$$

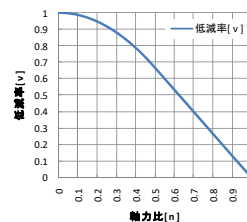
$$M_{p,柱} = v \cdot Z_{p(柱)} \cdot \sigma_y$$

v: 軸力比[n]による柱耐力の低減

$$\text{軸力比 } n \leq 0.5 \rightarrow v = \frac{4}{3} \{1 - n\}$$

$$n > 0.5 \rightarrow v = \left\{1 - \frac{4}{3} \cdot n^2\right\}$$

$$n = \frac{\text{存在軸力}}{\text{全塑性軸力}} = \frac{N_{長期} + 1.5 \cdot N_{地震時}}{A \cdot \sigma_y}$$



※1次設計を $C_0=0.2$ とし、2次設計を $C_0=0.3$ と仮定し、地震時の軸力を1.5倍した軸力を採用する

③全体崩壊形の確認

各層ごとにパネル耐力の確保、梁降伏先行型となる全体崩壊形とすること

※最上階柱頭、1階柱脚除く

$$\frac{\text{柱の全塑性モーメントの和}}{\text{梁の全塑性モーメントの和}} = \frac{\Sigma M_{pc}}{\Sigma M_{pb}} \geq 1.5$$

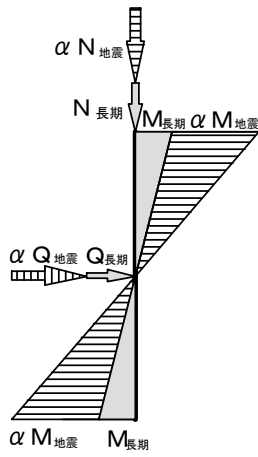
$$\frac{\text{柱の全塑性モーメントの和}}{\text{パネルの全塑性モーメントの和}} = \frac{\Sigma M_{pc}}{\Sigma M_{pp}} \geq 1.3$$

※除外規定

上記を満たさない場合は、局部崩壊とし、当該床位置の柱、最上階の柱頭、1階の柱脚の耐力を低減し、必要保有耐力の確認をする。この際、梁端部は塑性化しないこと。

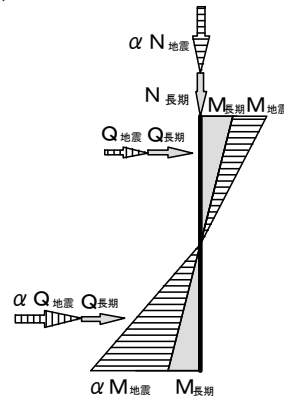
柱耐力の低減		BCR	BCP
ダイヤフラム形式	内ダイヤフラム (落込を除く)	0.80	0.85
	上記以外	0.75	0.80

◇柱の地震力の割増



短期設計荷重

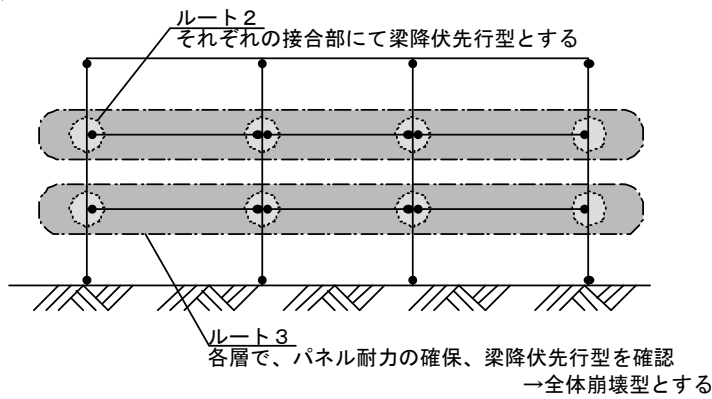
ルート1の場合
柱のすべての応力を割り増す



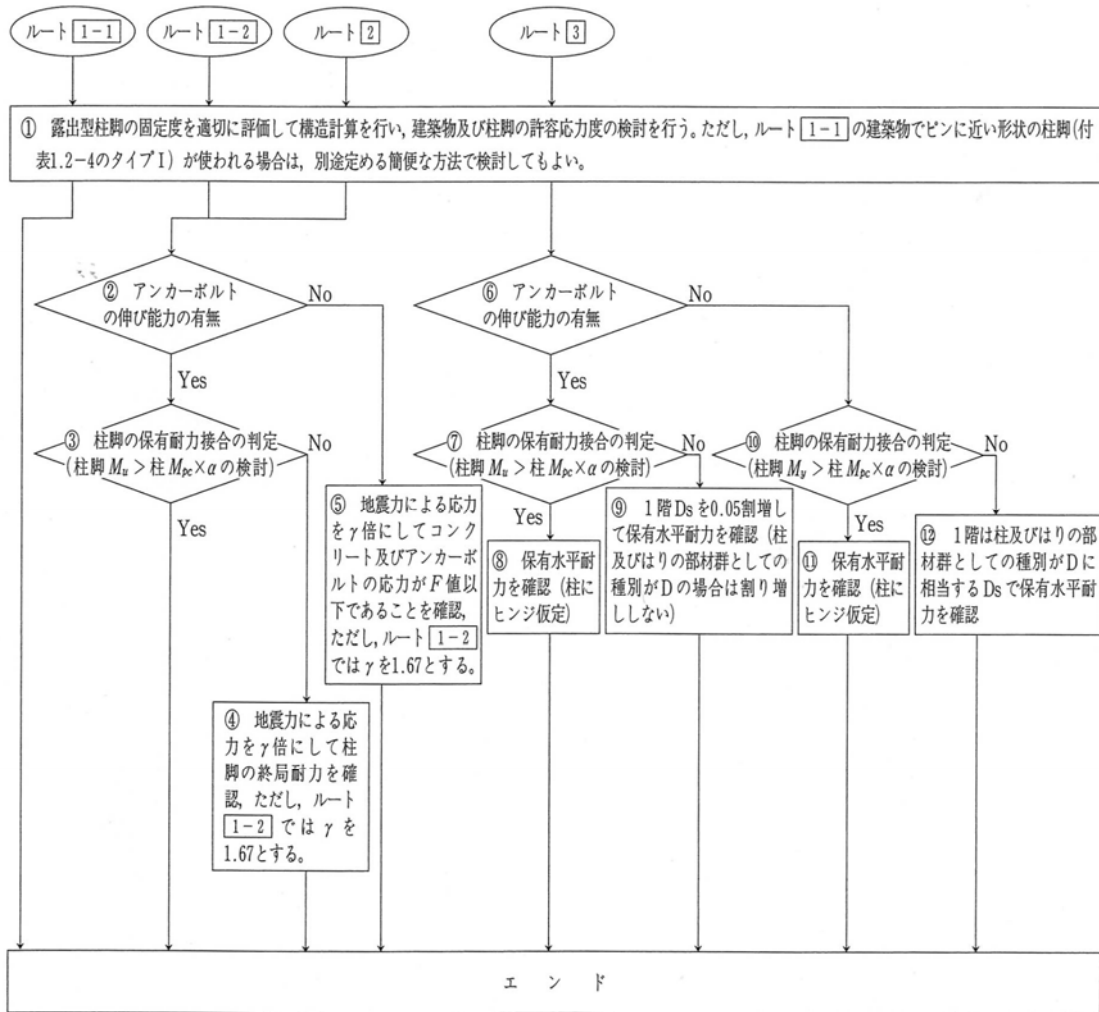
短期設計荷重

【STKR材】 ルート2・ルート3の場合
1階柱脚のみを割り増す

◇柱・梁耐力比、全体崩壊形の確認



○柱脚の検討フロー



柱脚のモデル化

<フロー①> 柱脚は回転剛性を考慮してモデル化

※【ルート1-1】で柱内部にアンカーボルトを配置する場合<タイプIの柱脚>柱脚はピンでモデル化し、柱頭の3割の曲げモーメントを柱脚に作用させる

検討応力（二次設計）

◇ルート1-2、ルート2の時

→一次設計の地震時応力をγ倍割増した値

終局 $M = 柱 M_L (長期) + \gamma M (地震)$
 終局 $Q = 柱 Q_L (長期) + \gamma Q (地震)$
 終局 $N = 柱 N_L (長期) + \gamma N (地震)$

計算ルート		γ
ルート1-2		1.67
ルート2	ブレース構造	$2+0.7\beta$
	ラーメン	2.0

※（βはブレース割合による割増率）

◇ルート3の時

→崩壊メカニズム時（保有水平耐力時）の柱脚応力

ルート 1-1, ルート 2 の検討

◆フロー③ <柱の脚部が全塑性になるまで、柱脚が破断しないことの確認（保有耐力接合）>

$$\begin{array}{l} \text{終局曲げモーメント} \\ [M_u]_{\text{柱脚}} \end{array} > \alpha \begin{array}{l} \text{柱の全塑性モーメント} \\ [M_{pc}]_{\text{柱}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{終局せん断力} \\ [Q_u]_{\text{柱脚}} \end{array} > \text{柱の終局 } Q$$

種別	400N 級 BCR295	490N 級
α	1.3	1.2

※ M_u, Q_u, M_{pc} 算定時の軸力は終局 N とする

◆フロー④ <終局応力時に、柱脚が破断しないことの確認>

$$[M_u]_{\text{柱脚}} > [終局 M]$$

$$[Q_u]_{\text{柱脚}} > [終局 Q]$$

◆フロー⑤ <ボルトの伸びが期待できないため、アンカーボルトの降伏、コンクリートの圧壊が生じないことの確認>

$$\begin{array}{l} \text{終局時のコンクリート圧縮応力} [\sigma_c] \\ \text{終局時のアンカーボルト引張応力} [T_b] \\ \text{終局時のせん断力} [Q] \end{array} < \begin{array}{l} F_c[\text{コンクリート設計基準強度}] \\ P_b[\text{アンカーボルトねじ部降伏耐力}] \\ Q_u[\text{柱脚の終局せん断力}] \end{array}$$

ここで、 P_b ： アンカーボルトのネジ部降伏耐力（ネジ部断面積×アンカーボルトの F 値）

- ・追加検討 基礎コンクリート立ち上がり部の破断防止
アンカーボルトのコーン破壊の防止

ルート 3 の検討

◆フロー⑦ <メカニズム時の保有耐力接合の確認（アンカーボルトの伸びがある場合）>

$$\begin{array}{l} [M_u]_{\text{柱脚}} \\ [Q_u]_{\text{柱脚}} \end{array} > \begin{array}{l} \alpha \cdot [\text{柱 } M_{pc}] \\ [Q_{(\text{メカニズム時})}] \end{array}$$

- ・ M_u, Q_u, M_{pc} 算定時の軸力はメカニズム時の軸力とする。
- ・ $Q_{(\text{メカニズム時})}$ は当該柱に塑性ヒンジを仮定して計算したメカニズム時の柱のせん断力

◆フロー⑧, ⑩ <柱脚の保有耐力接合が満足される場合>

- ・柱に塑性ヒンジを仮定して保有水平耐力の検討を行う
- ・ D_s は上部構造によって決定する

◆フロー⑨ <アンカーボルトに伸びがあり、柱脚が保有耐力接合にならない場合> <柱脚が塑性化する可能性がある>

- ・ $\min[M_u]_{\text{柱脚}}, \text{柱 } M_{pc}$ に塑性ヒンジを仮定して保有水平耐力の検討を行う
- ・ D_s を 0.05 割り増す（柱・梁の部材群の種別が D の場合を除く）
- ・追加検討 基礎コンクリートの破断防止
柱脚のせん断破壊防止
ベースプレートの破断防止

◆フロー⑩ <メカニズム時の柱脚の塑性化の確認（アンカーボルトの伸びがない場合）>

$$\begin{array}{l} [M_y]_{\text{柱脚}} \\ [Q_y]_{\text{柱脚}} \end{array} > \begin{array}{l} \alpha \cdot [\text{柱 } M_{pc}] \\ [Q_{(\text{メカニズム時})}] \end{array}$$

- ・ M_u, Q_u, M_{pc} 算定時の軸力はメカニズム時の軸力とする。
- ・ $Q_{(\text{メカニズム時})}$ は当該柱に塑性ヒンジを仮定して計算した柱のせん断力

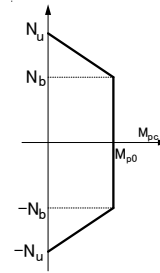
◆フロー⑫ <アンカーボルトに伸びがなく、柱脚が保有耐力接合にならない場合> <柱脚に塑性変形能力が期待できない>

- ・ $\min[M_u]_{\text{柱脚}}, \text{柱 } M_{pc}$ に塑性ヒンジを仮定して保有水平耐力の検討を行う
- ・1階の柱・梁の部材群の種別を D として D_s を算定する
- ・ $[Q_y]_{\text{柱脚}} > [Q_{(\text{メカニズム時})}]$
- ・早期に塑性化する可能性がある場合は、柱脚の弾性限界で保有耐力を決定

○柱の終局耐力 (全塑性モーメント) M_{pc}

鋼構造塑性設計指針(日本建築学会) 参照
SuperBuild/SS2 マニュアル P10-34 参照

鋼材	Nb	$N > N_b$	$N \leq N_b$
H 型鋼 (強軸) 角形鋼管	$\frac{A_w}{2} \cdot F_y$	$1.14 \left(1 - \frac{N}{N_u}\right) \cdot M_{p0}$	M_{p0}
H 型鋼 (弱軸)	$A_w \cdot F_y$	$\left\{1 - \left(\frac{N - N_b}{N_u - N_b}\right)^2\right\} \cdot M_{p0}$	
丸型鋼管	$0.2A \cdot F_y$	$1.25 \left(1 - \frac{N}{N_u}\right) \cdot M_{p0}$	
SS2	上記の通り	$\left\{1 - \frac{N - N_b}{N_u - N_b}\right\} \cdot M_{p0}$	



ここで $N_u = A \cdot F_y$, $M_{p0} = Z_p \cdot F_y$

○柱脚の終局耐力 M_u, Q_u

軸力[N]	(式)	終局曲げモーメント	終局せん断耐力 $Q_u = \max\{Q_{fu}, Q_{su}\}$	
		M_u	ベースプレート下の摩擦 Q_{fu}	アンカーボルトのせん断 Q_{su}
$N_u - T_u < N \leq N_u$	式(1)	$(N_u - N) \cdot d_t$	0.5N	$2S_u$
$-T_u < N \leq N_u - T_u$	式(2)	$T_u \cdot d_t + \frac{(N + T_u) \cdot D}{2} \left(1 - \frac{N + T_u}{N_u}\right)$	$0.5(N + T_u)$ かつ $Q_{fu} \leq 0.5(N_u - T_u)$	$S_u \left\{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T}{T_u}\right)^2}\right\}$ ※ $T = N_u - T_u - N$ かつ $T \leq T_u$
$-2T_u < N \leq -T_u$	式(3)	$M_u = (N_u - N) \cdot d_t$	0	$S_u \sqrt{1 - \left(\frac{T}{T_u}\right)^2}$ ※ $T = -T_u - N$
柱脚終局耐力の概略図				

○アンカーボルトのねじ部降伏で決まる耐力 M_y, Q_y

• $M_{y \text{ 柱脚}} = n_t \cdot b_a e \cdot b \sigma_y \cdot (d_t + d_c) + N \cdot d_c$

• $Q_{y \text{ 柱脚}} = \max[\text{摩擦力}(Q_A), \text{アンカーボルト許容せん断力}(bQ_A)]$

【 Q_A 】 $|e| \leq \frac{D}{6} + \frac{d_t'}{3}$ $Q_A = 0.4 \cdot N$

$|e| > \frac{D}{6} + \frac{d_t'}{3}$ $Q_A = 0.4(N + T)$

【 bQ_A 】 $\min\left\{f_s \cdot a_g, \frac{1.4f_{ts} - \sigma_t}{1.6} \cdot a_g\right\}$ ($f_{t0} = 0.75F$, σ_t :メカニズム時のボルト引張応力)