

建築構造技術評価報告書

DB ヘッド定着工法 RCS 混合構造設計指針(2022 年)

申込者：株式会社ディビーエス



2022 年 9 月 12 日

複製

技術評価報告書

申込者：株式会社ディビーエス 代表取締役社長 山本 俊輔
愛知県豊橋市豊栄町字東 358 番 1 号

技術名称：DB ヘッド定着工法 RCS 混合構造設計指針 (2022 年)

当法人「建築構造技術審議委員会」において慎重審議の結果、2022年9月12日付けの技術評価書(SABTEC 評価 17-05R2)の通り、一般社団法人建築構造技術支援機構「建築構造技術検証要綱」で定めた技術基準と照らし合わせ、本技術は妥当なものであると判断されたことを報告する。

2022年9月12日

一般社団法人
建築構造技術支援機構
代表理事 益 尾 潔



建築構造技術審議委員会

委員長	窪田敏行	近畿大学	名誉教授
副委員長	田才 晃	横浜国立大学	名誉教授
委員	岸本一蔵	近畿大学建築学部建築学科	教授
〃	田中 剛	神戸大学大学院工学研究科	教授
〃	勅使川原正臣	中部大学工学部建築学科	教授
〃	都祭弘幸	福山大学工学部建築学科	教授
〃	三谷 勲	神戸大学	名誉教授

RCS 混合構造設計指針 (2022 年)

専門部会

主査	田中 剛	神戸大学大学院工学研究科	教授
委員	都祭弘幸	福山大学工学部建築学科	教授



複製

技術評価書

申込者：株式会社ディビーエス 代表取締役社長 山本 俊輔
愛知県豊橋市豊栄町字東 358 番 1 号

技術名称： DB ヘッド定着工法 RCS 混合構造設計指針(2022 年)

技術概要： 本工法 RCS 混合構造設計指針(2022 年)は、SRC 柱梁接合部編、柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部編、鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編および鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編で構成されている。
SABTEC 評価 17-05(2017 年 7 月 21 日)は主として鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編について行われ、SABTEC 評価 17-05R1(2018 年 5 月 15 日)は主として鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編および鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編について行われている。
SABTEC 評価 17-05R2(2022 年 9 月 12 日)は、主として柱主筋の適用鋼種に SD490 を追加した柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部編について行われている。

本委員会は、一般社団法人建築構造技術支援機構「建築構造技術検証要綱」で定めた技術基準と照らし合わせ、下記の通り、本技術は妥当なものであると判断した。

2022 年 9 月 12 日

一般社団法人
建築構造技術支援機構
建築構造技術審議委員会
委員長 窪田 敏行

記

- 評価方法： 申込者提出の下記資料によって、技術評価を行った。
DB ヘッド定着工法 RCS 混合構造設計指針(2022 年)
この資料には、本技術の目標性能達成の妥当性を確認した技術資料がまとめられている。この資料のほかに、関連資料が提出されている。
- 評価内容： 申込者提案の DB ヘッドを用いた異形鉄筋定着部は、設計で保証すべき長期荷重時、短期荷重時および終局耐力時の要求性能を満足すると判断される。

技術評価内容

申込者

株式会社 ディービーエス
代表取締役社長 山本 俊輔
愛知県豊橋市豊栄町字東 358 番 1 号

技術名称

DB ヘッド定着工法 RCS 混合構造設計指針(2022 年)

適用範囲

- (1) 建築物の構造 鉄骨鉄筋コンクリート造およびそのプレキャストコンクリート造
ならびに柱 RC 梁 S 混合構造、柱 SRC 梁 S 混合構造、
鉄骨柱脚と接続する鉄筋コンクリート造
- (2) 「コンクリートの設計基準強度」： 21 N/mm²以上かつ 60 N/mm² 以下
「鉄筋」 (種類) SD295、SD345、SD390、SD490 (呼び名) D16～D41
ただし、柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部編において、柱主筋鋼種を
SD490 とする場合、コンクリートの設計基準強度は、24 N/mm² 以上かつ 60 N/mm²
以下とする。
「DB リング」 球状黒鉛鋳鉄品 FCD700-2(JIS G 5502)
- (3) 適用箇所 柱梁接合部への大梁主筋の定着、柱梁接合部および基礎への柱主筋の定着、
鉄骨柱脚と接続する柱型部への基礎梁主筋およびアンカーボルトの定着

技術評価の主な審議事項

今回の技術評価では、DB ヘッド定着工法 RCS 混合構造設計指針(2022 年)において、主として柱主筋の適用鋼種に SD490 を追加した柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部編の妥当性について、審議が行われた。

技術評価の経過

2022 年 6 月 24 日開催の第 54 回建築構造技術審議委員会(以下、本委員会と略記する)において、申込者提出の技術資料について検討し、詳細検討は、専門部会を設けて行うこととした。専門部会では、本委員会での指摘事項を踏まえて修正された技術資料について、慎重に審議を行い、結果を 2022 年 9 月 12 日開催の第 55 回建築構造技術審議委員会に報告した。

建築構造技術審議委員会では、申込者提出の技術資料について慎重に審議を行い、本技術は妥当なものであると判断した。

以上

DB ヘッド定着工法 RCS 混合構造設計指針(2022 年)

- SRC 柱梁接合部編
- 柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部編
- 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編
- 鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編
- RCS 混合構造・標準配筋詳細仕様書

【SRC 柱梁接合部編】

設計指針(2022 年)

目 次

1 章 適用範囲	設計 1-1
2 章 材料	設計 1-2
3 章 SRC 柱梁接合部の基本事項	設計 1-5
4 章 SRC 柱梁接合部の設計方針	設計 1-6
5 章 SRC 造ト形接合部の設計	設計 1-10
5.1 終局強度設計用せん断力の算定	
5.2 接合部せん断終局耐力の算定	
5.3 構造規定	
6 章 SRC 造 T 形、L 形接合部の設計	設計 1-13
6.1 終局強度設計用せん断力の算定	
6.2 接合部せん断終局耐力の算定	
6.3 構造規定	
7 章 SRC 柱梁接合部の標準配筋詳細	設計 1-17
SRC 柱梁接合部関連の参考文献	設計 1-19

1章 適用範囲

本編は、DB ヘッド定着工法による鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造およびそのプレキャストコンクリート造の柱梁接合部におけるせん断設計ならびに主筋定着設計に適用する。

本編に記載のない事項は、DB ヘッド定着工法 RC 構造設計指針(2022年)・基本設計編および応用設計編(以下、RC 構造設計指針と略記する)の関連する章、ならびに関連する法令および基・規準類による。

(関連する法令および基・規準類)

[日本建築学会]

- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2018年)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2014年)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説(2005年)
- ・各種合成構造設計指針・同解説(2010年)

[国土交通省国土技術政策総合研究所 国立研究開発法人建築研究所 監修]

- ・2020年版 建築物の構造関係技術基準解説書

2章 材料

(1) コンクリート

- ① 種類：普通コンクリート
- ② 設計基準強度 (Fc) : 21N/mm²以上、かつ、60N/mm²以下

【解説】

コンクリートの設計基準強度は、柱梁接合部せん断耐力および梁、柱主筋定着耐力の妥当性が実験で確認された範囲で設定されている。

(2) 鉄筋

- ① 規格： JIS G 3112(鉄筋コンクリート用棒鋼)の規格に適合する異形鉄筋
- ② 鋼種： SD295, SD345, SD390, SD490
- ③ 主筋の呼び名：D16～D41
接合部横補強筋の呼び名：D10, D13, D16

鉄筋の許容応力度は、表 2.1 による。

表 2.1 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

鋼種	長期		短期	
	引張、圧縮	せん断補強	引張、圧縮	せん断補強
SD295	195	195	295	295
SD345	215 (※195)	195	345	345
SD390	215 (※195)	195	390	390
SD490	215 (※195)	195	490	490

(注) 呼び名がD29以上の鉄筋に対しては、()内の※を付した数値とする。

(3) DB ヘッド

DB リングの材質は表 2.2、DB ヘッド各部の標準寸法は表 2.3 による。

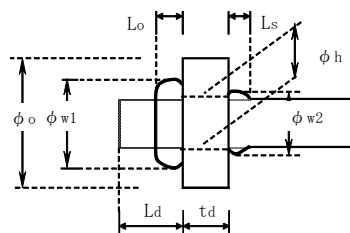
表 2.2 DB リングに用いる球状黒鉛鋳鉄品 (FCD700-2) の機械的性質と適用鉄筋の鋼種

JIS規格	機械的性質		適用鉄筋 鋼種
	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	
JIS G 5502 (球状黒鉛鋳鉄品) FCD 700-2	420以上	700以上	SD295A, B ～SD490

表 2.3 DB ヘッド各部の標準寸法

(寸法単位: mm)

呼び名	背面側こぶ		内面側こぶ	
	突出長さ L_o	直径 ϕ_{w1}	膨らみ長さ L_s	直径 ϕ_{w2}
D16	10	24	11	19
D19	11	29	13	23
D22	13	33	15	26
D25	15	38	18	30
D29	17	44	20	35
D32	19	48		38
D35	21	53		42
D38	23	57		46
D41	25	62		49



【解説】

(1) 基本事項

SABTEC 評価 11-03R1 (2012 年 9 月 20 日) の技術評価では、鉄筋の適用範囲に SD490 が追加されている。これは、DB ヘッド標準製造要領書に示すように、製造条件を精度よく自動制御できる自動装置および高周波誘導加熱方式に限定される。

一方、鉄筋の許容応力度は、表 2.1 の平成 12 年建設省告示 2464 号および平成 13 年国土交通省告示 1024 号による値とした。

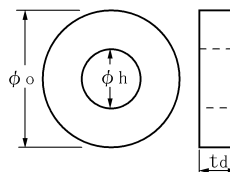
(2) DB ヘッドの各部寸法

DB リングの外径 ϕ_o は、鉄筋直径の 2.5 倍程度を目安にし、解表 2.1 に示すように、DB ヘッドの支圧面積比 α_p が 5.0 程度となるように定められている。また、DB リングの孔径 ϕ_h は、RC 配筋指針¹⁻⁵⁾に示されている異形鉄筋の最外径を参考にして定められており、DB リングの厚さ t_d は、DB リングの面外強度を考慮し、鉄筋直径 d_b の 0.6 倍程度としている。

また、メーカーごとの鉄筋の最外径を考慮し、SABTEC 評価 11-03R1 (2012 年 9 月 20 日) では D35 用、SABTEC 評価 11-03R4 (2017 年 7 月 21 日) では D38 用、SABTEC 評価 17-07R1 (2018 年 11 月 2 日) では D29 と D32 用の DB リングを適用範囲に追加している。

解表 2.1 DB リングの標準寸法

鉄筋呼び名	外径 ϕ_o (mm)	孔径 ϕ_h (mm)	板厚 t_d (mm)	支圧面積比 α_p
D16	40	18.0	10	5.3
D19	45	20.5	12	4.5
D22	55	24.0	14	5.1
D25	60	27.0	15	4.6
D29	70	31.0 32.5	18	5.0
D32	80	34.0 35.5	20	5.3
D35	85	37.5 39.5	21	4.9
D38	95	41.5 42.5	23	5.2
D41	100	44.5	25	4.9



(4) 鋼材

鋼材は、表 2.4 とする。ただし、同表の鋼材と同等以上の機械的性質を有する鋼材は使用してもよい。

表 2.4 鋼材の材質規格

記号	規格
SN400A, B, C, SN490B, C	JIS G 3136 (建築構造用圧延鋼材)
SS400	JIS G 3101 (一般構造用圧延鋼材)
SM400A, B, C, SM490A, B, C, SM490YA, YB, SM520B, C	JIS G 3106 (溶接構造用圧延鋼材)
SMA400A, B, C, SMA490A, B, C	JIS G 3114 (溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材)
STKN400W, B, STKN490B	JIS G 3475 (建築構造用炭素鋼鋼管)
STK400, STK490	JIS G 3444 (一般構造用炭素鋼鋼管)
STKR400, STKR490	JIS G 3466 (一般構造用角形鋼管)
BCR295	建築構造用冷間ロール成形角形鋼管
BCP235, BCP325	建築構造用冷間プレス成形角形鋼管
BCP325T	建築構造用高性能冷間プレス成形角形鋼管

3章 SRC 柱梁接合部の基本事項

本編を適用できる SRC 柱梁接合部は、図 3.1 に示すように、梁主筋と平行な鉄骨ウェブが存在し、かつ、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着および貫通型定着の場合とする。

ただし、図 3.2 に示すように、梁主筋と平行な鉄骨ウェブが存在しない場合、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着、貫通型定着に係わらず、RC 柱梁接合部とみなし、RC 構造設計指針 4 章～10 章を準用して設計する。

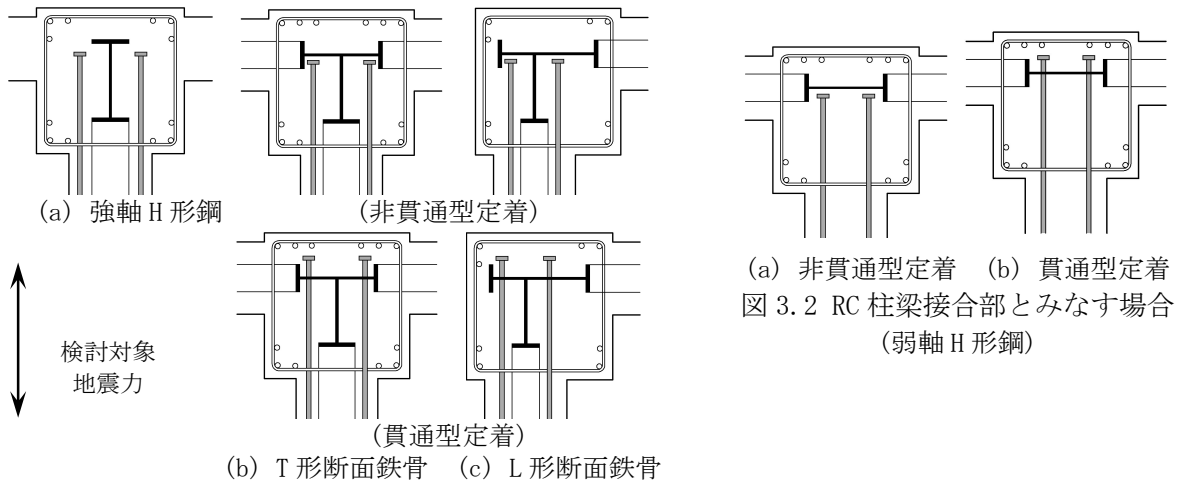


図 3.1 本編を適用できる SRC 柱梁接合部

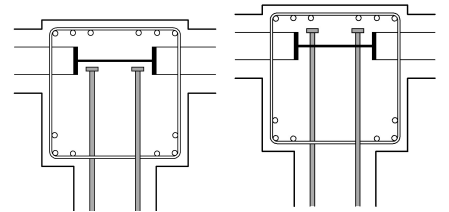


図 3.2 RC 柱梁接合部とみなす場合 (弱軸 H 形鋼)

【解説】

(1) 本編の特長

SRC 計算規準¹⁾および SRC 造配筋指針²⁾は、折曲げ定着工法による直交鉄骨ウェブへの梁主筋貫通定着を適用範囲にしている。本編は、文献 4)～7)の実験を基に、梁主筋と平行な鉄骨ウェブが存在し、機械式定着工法による直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着および貫通型定着とした SRC 柱梁接合部の設計に適用できるとしている。この点が本編の特長である。なお、図 3.2 に示すように、梁主筋と平行な鉄骨ウェブが存在せず、RC 柱梁接合部とみなす場合、非貫通型定着、貫通型定着に係わらず、梁主筋定着長さは RC 構造設計指針 8.1 節(1)の規定によるものとする。

(2) SRC 計算規準に従って設計した柱梁接合部との関係

文献 4)～7)によると、SRC 造ト形、T 形、L 形接合部ともに、SRC 規準式のせん断終局耐力は、最大耐力実験値に対し、本編指針式よりもばらつきは大きいですが、安全側に評価される。また、本編の主筋定着部の構造規定を満足する場合、本編指針式と同様、SRC 規準式のせん断終局耐力によっても、目標変形性能を満足することが実験で確認されている。

これらによると、機械式定着による SRC 柱梁接合部は、本編の接合部横補強筋比と柱、梁主筋定着部の構造規定を満足する場合、SRC 計算規準に従ってせん断設計を行ってもよい。

4章 SRC 柱梁接合部の設計方針

- 1) SRC 造ト形接合部の設計は RC 構造設計指針・式(4.1)、SRC 造 T 形、L 形接合部の設計は RC 構造設計指針・式(4.2)による。
SRC 造ト形、T 形、L 形接合部ともに、接合部耐力余裕度 λ_p は 1.0 以上とする。ただし、RC 構造設計指針 4.1 節の目標性能②を満足する必要がある場合、 λ_p は 1.2 以上とする。
設計で想定する破壊形式は、原則として、SRC 造ト形、L 形接合部では梁曲げ降伏型、SRC 造 T 形接合部では柱曲げ降伏型とする。
- 2) SRC 造ト形接合部は本編 5 章、SRC 造 T 形、L 形接合部は本編 6 章に従い、それぞれ終局強度設計用せん断力および接合部せん断終局耐力を算定する。
- 3) SRC 柱梁接合部に接続する柱梁鉄骨部の曲げ耐力比は、SRC 計算規準による。
- 4) SRC 造ト形、T 形、L 形接合部ともに、接合部横補強筋比 p_{jwh} は、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着の場合には 0.2%以上、貫通型定着の場合には 0.1%以上とする。接合部横補強筋 p_{jwh} は、RC 構造設計指針・式(7.1)による。
- 5) 梁鉄骨ウェブのせん断補強筋貫通孔は、式(4.1)を満足しなければならない。ただし、貫通孔による断面欠損を考慮した塑性断面係数比 Z_{pn}/Z_{po} は、80%以上とすることが望ましい。

$$Z_{pn}/Z_{po} \geq Y \cdot \nu \quad (4.1)$$

ここに、 Z_{pn} ：貫通孔による断面欠損を考慮した塑性断面係数

Z_{po} ：梁鉄骨全断面の塑性断面係数

Y ：鋼材の降伏比で、SN400, SS400, SM400 級の鋼材では 0.59、SN490, SM490 級の鋼材では 0.66 とする。

ν ：材料強度のばらつきなどを考慮した安全率で、SN400, SS400, SM400 級の鋼材では 1.2、その他の鋼材では 1.1 とする。

【解説】

(1) SRC 柱梁接合部の終局強度設計

本編によって終局強度設計を行った SRC 柱梁接合部は、RC 構造設計指針 3 章の解説(1)に示した長期および短期荷重時の目標性能を満足することが実験で確認されているので、RC 柱梁接合部と同様、許容応力度設計を省略できる。

また、RC 柱梁接合部と同様、実験^{4)~7)}を基に、原則として、SRC 造ト形、L 形接合部の破壊形式は梁曲げ降伏型、SRC 造 T 形接合部の破壊形式は柱曲げ降伏型とした。梁曲げ降伏型 SRC 造 L 形接合部の目標性能の達成を確認した実験では、L 形が閉じる正加力時の柱梁耐力比 cQ_{cu}/cQ_{gu} は 1.6 程度であるので、正加力時に $cQ_{cu}/cQ_{gu} \geq 1.6$ とし、梁曲げ降伏を実現させることが望ましい。 cQ_{cu} は柱曲げ終局時、 cQ_{gu} は梁曲げ終局時の柱せん断力である。

(2) SRC 柱梁接合部の目標性能達成の確認

SRC 造ト形接合部については、実験^{4)~6)}によると、本編による梁主筋定着部の規定を満足すれば、 $gQ_{puh}/gQ_{muh} \geq 1.2$ の場合、 $R80 \geq 1/25$ の変形性能を確保できる。 gQ_{puh} は接合部せん断終局耐力時、 gQ_{muh} は梁曲げ終局耐力時の梁せん断力、 gQ_{puh}/gQ_{muh} は RC 構造設計指針 4.2 節の接合部耐

力余裕度 λ_p と同義であり、R80 は耐力が最大耐力の 80% に低下した時の層間変形角実験値である。これらよると、 $\lambda_p \geq 1.0$ とすれば、RC 構造設計指針 4.1 節で定義した目標性能①、 $\lambda_p \geq 1.2$ とすれば、目標性能②を満足する。

SRC 造 T 形、L 形接合部についても、実験⁷⁾によると、内蔵鉄骨の効果により $cQ_{pu}/Q_{cu} \geq 1.2$ の場合、目標性能②を満足する。 cQ_{pu} は接合部せん断終局耐力時、 Q_{cu} は柱または梁の曲げ終局耐力時の柱せん断力であり、 cQ_{pu}/Q_{cu} は RC 構造設計指針 4.2 節の接合部耐力余裕度 λ_p と同義である。

(3) SRC 柱梁接合部内の柱と梁の応力伝達

SRC 柱梁接合部内の柱と梁の間の応力伝達能力を保証するために、柱梁鉄骨部の曲げ耐力比は、SRC 計算規準¹⁾によるとした。すなわち、柱と梁の鉄骨部の許容曲げモーメントの比が式(解 4.1)を満足することが、柱梁鉄骨部の応力伝達に関する設計条件である。

$$0.4 \leq sCMA/sBMA \leq 2.5 \quad (\text{解 4.1})$$

ここに、 $sCMA$: 柱鉄骨部の許容曲げモーメント、 $sBMA$: 梁鉄骨部の許容曲げモーメント

SRC 造柱梁接合部の場合、梁曲げ降伏後の変形性能は、接合部鉄骨パネルのせん断終局耐力に依存する。文献 6) の実験では、接合部鉄骨パネルのせん断終局耐力 sV_{puh} を SRC 柱梁接合部のせん断終局耐力 V_{puh} の 0.17 倍および 0.12 倍とした梁主筋非貫通型定着の SRC 造・ト形接合部(4 体)について、接合部耐力余裕度 $\lambda_p \geq 1.2$ の場合、目標性能②を満足することを確認している。

$sV_{puh}/V_{puh} = 0.3, 0.17, 0.12$ の場合、柱梁鉄骨部の曲げ耐力比 M_{cy}/M_{gy} は 1.0, 0.75, 0.43 となる。すなわち、機械式定着による梁主筋非貫通型定着の SRC 柱梁接合部についても、SRC 計算規準と同様、柱梁鉄骨部の曲げ耐力比 $sCMA/sBMA$ が式(解 4.1)を満足すれば、柱と梁の間の応力伝達能力を保証することができる。

(4) 梁主筋の非貫通型定着と貫通型定着の場合

SRC 造ト形、T 形、L 形接合部ともに、実験^{4)~6)}を基に、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着の場合、接合部横補強筋比 p_{jwh} は 0.2% 以上とし、貫通型定着の場合、SRC 計算規準と同様、接合部横補強筋比 p_{jwh} は 0.1% 以上とした。これは、図 3.1(b), (c) に示すように、直交鉄骨ウェブへの梁主筋貫通型定着の場合、鉄骨ウェブ前面で大きな支圧耐力を期待できるので、梁主筋定着破壊の恐れは少ないことを考慮して規定されている。

(5) 技術基準解説書に従う機械式定着による SRC 柱梁接合部の設計

機械式定着による SRC 柱梁接合部は、3 章の解説(2)で前述のように、本編の接合部横補強筋比と柱、梁主筋定着部の構造規定を満足する場合、SRC 計算規準に従ってせん断設計を行ってもよい。また、RC 構造設計指針 10 章と同様、機械式定着による SRC 柱梁接合部は、一貫構造計算プログラムによって技術基準解説書に従い、折曲げ定着を想定した SRC 柱梁接合部のせん断検定を行い、本編 4 章 4) の接合部横補強筋比および 5.3 節、6.3 節の柱、梁主筋定着部の構造規定を満足すればよい。

(6) 梁鉄骨ウェブの接合部横補強筋貫通孔

4章5)では、SRC配筋指針²⁾と同様、梁鉄骨ウェブの接合部横補強筋貫通孔は、式(4.1)を満足しなければならないとし、SRC計算規準¹⁾の規定を踏まえ、貫通孔による断面欠損を考慮した塑性断面係数比 Z_{pn}/Z_{po} は、80%以上とすることが望ましいとした。

SRC配筋指針では、貫通孔の縁端は、溶接ビードや他の鉄筋貫通孔の縁端から15mm程度離すとしているため、それらの点にも注意する必要がある。

梁鉄骨ウェブの接合部横補強筋貫通孔の断面欠損の検定例を解表4.1に示す。この検定例では、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着を想定し、接合部横補強筋比 p_{jwh} は0.2%以上とし、接合部横補強筋5組のうち、2組は梁鉄骨の範囲外に配置し、3組は梁鉄骨ウェブの鉄筋貫通孔に貫通させるとしている。

解表4.1によると、貫通孔による断面欠損を考慮した塑性断面係数比 Z_{pn}/Z_{po} は0.96であり、鋼材の降伏比と安全率の積 $Y \cdot \nu$ よりも小さい。通常、梁鉄骨ウェブの接合部横補強筋貫通孔は、式(4.1)の制限を満足する。

解表 4.1 梁鉄骨ウェブの接合部横補強筋貫通孔の断面欠損の検定例
(a) 検定諸元

接合部横補強筋諸元						鉄骨断面諸元					
B_c (mm)	j_{tgo} (mm)	呼び名	a_w (mm ²)	組数	p_{jwh}	断面	鋼種	Y	ν	Z_{po} (mm ³)	t_w (mm)
900	600	D13	254	5	0.24%	H450×200×9×12	SN490	0.66	1.1	1490000	9

B_c : 柱幅、 j_{tgo} : 梁上下最外縁主筋中心間距離、 a_w : 接合部横補強筋1組の断面積
 p_{jwh} : 接合部横補強筋比、 t_w : 鉄骨ウェブ厚さ、 Z_{po} : 鉄骨全断面の全塑性断面係数
 Y : 鋼材の降伏比、 ν : 割増し係数

(b) 検定結果

ウェブ断面欠損							検定		
ϕ_o (mm)	D_o (mm)	ΔZ_{o1} (mm ³)	ΔZ_{o2} (mm ³)	Δz_o (mm ³)	ΔZ_o (mm ³)	Z_{pn} (mm ³)	Z_{pn}/Z_{po}	$Y \cdot \nu$	判定
24	300	236196	171396	1296	66096	1423904	0.96	0.73	OK

ϕ_o : 貫通孔直径、 D_o : 両側鉄筋貫通孔の中心間距離

$\Delta Z_{o1} = (D_o + \phi_o)^2 \cdot t_w / 4$, $\Delta Z_{o2} = (D_o - \phi_o)^2 \cdot t_w / 4$, $\Delta z_o = \phi_o^2 \cdot t_w / 4$

$\Delta Z_o = \Delta Z_{o1} - \Delta Z_{o2} + \Delta z_o$

$Z_{pn} = Z_{po} - \Delta Z_o$: 断面欠損を考慮した鉄骨断面の全塑性モーメント

(検定式) $Z_{pn}/Z_{po} \geq Y \cdot \nu$

(7) 梁主筋のスラブ内配置

SRC配筋指針²⁾では、梁主筋のスラブ内配置を許容している。この場合、スラブ内配置の梁主筋は、柱梁接合部に接続する直交梁断面内に折曲げ定着される。機械式定着工法の場合、直交梁断面内の梁主筋定着部は、ト形接合部内の梁主筋定着部と異なり、上部からの拘束を期待できないので、小梁主筋定着部と同様、上面押し出し定着破壊を早期に起こす恐れがある(RC構造設計指針15.1節参照)。これらより、機械式定着による梁主筋定着部は、特別の補強を行った場合を除き、スラブ内に配置してはならない。

(8) 鋼管コンクリート構造柱梁接合部への応用

SRC 計算規準¹⁾では、6章「鋼管コンクリート構造の設計」として、被覆形、充填被覆形の鋼管コンクリート柱と SRC 梁、RC 梁からなる鋼管コンクリート構造柱梁接合部を適用範囲に含めている。同柱梁接合部のせん断終局耐力は、実験が不足するため、被覆形、充填被覆形の鉄骨鉄筋コンクリート構造の柱梁接合部に準じて算定することになっている。

本編3章の解説(2)で前述のように、本編の接合部横補強筋比と柱、梁主筋定着部の構造規定を満足する場合、機械式定着による SRC 柱梁接合部は、SRC 計算規準に従ってせん断設計を行ってもよい。これらより、被覆型、充填被覆型の鋼管コンクリート柱と SRC 梁、RC 梁からなる鋼管コンクリート構造柱梁接合部の場合、梁、柱主筋を機械式定着としてもよいと考えられる。

ただし、鋼管コンクリート構造柱梁接合部に梁主筋の機械式定着を適用する場合、内蔵鋼管の貫通孔による断面欠損の補強、ならびに梁、柱主筋の配筋施工手順について慎重に検討する必要がある。

また、被覆型鋼管コンクリート構造柱梁接合部の場合、鋼管内にコンクリートが充填されていないため、定着金物から伝達される負担力が鋼管壁に作用すると、鋼管壁に局部曲げ変形が発生し、所定の梁主筋定着耐力を発揮できない恐れがある。そのため、被覆型鋼管コンクリート構造柱梁接合部内で機械式定着による梁主筋定着とする場合、梁主筋を内蔵鋼管に貫通させず、特別に検討した接合部配筋詳細とする必要がある。

一方、SRC 計算規準7条「構造細則」2.(3)¹⁾によると、被覆型、充填被覆型鋼管コンクリート柱の場合、帯筋比 $p_w = a_w / (b' \cdot x)$ とし、 b' は柱幅 b から鋼管幅を除いた幅としてもよいとしている。これらより、本編では、被覆型、充填被覆型鋼管コンクリートの接合部横補強筋比 p_w は、RC 構造設計指針7.1節の式(7.2)中の柱幅 B_c を、柱幅 B_c から鋼管幅を除いた幅 B_c' として算出してもよいとする。ただし、この定義の場合も、接合部横補強筋比の最小規定は本編4章4)による。

(9) 柱、梁主筋を機械式定着とした十字形接合部

SRC 造十字形接合部内に柱、梁主筋を機械式直線定着とし、下記1), 2)のように、柱、梁主筋定着部詳細を定めた場合、SRC 造十字形接合部のせん断終局耐力は、SRC 計算規準35条¹⁾によって算定することができる。

- 1) 梁主筋定着部詳細は、5.3節「構造規定」に準じて定める。
- 2) 柱主筋定着部詳細は、6.3節「構造規定」に準じて定める。

5章 SRC 造ト形接合部の設計

5.1 終局強度設計用せん断力の算定

終局強度設計用せん断力 V_{muh} は、RC 構造設計指針・式(5.1)による。

RC 構造設計指針・式(5.2)中の梁の基準曲げ終局耐力 M_{guo} は、式(5.1)または式(5.2)、RC 構造設計指針・式(5.1)中の架構形状に関する係数 ξ_h は、式(5.3)による。

$$\text{梁上端筋が引張側の場合、} \quad M_{guo} = rM_{guo} + M_{gpu} = (T_{gy} + T_{sy}) \cdot r_{jtg} + Z_p \cdot \sigma_{sy} \quad (5.1)$$

$$\text{梁下端筋が引張側の場合、} \quad M_{guo} = rM_{guo} + M_{gpu} = T_{gy} \cdot r_{jtg} + Z_p \cdot \sigma_{sy} \quad (5.2)$$

$$\xi_h = (h/l) \cdot (l_o/jtge) - 1 \quad (5.3)$$

$$jtge = (ratg \cdot r_{jtg} + Afg \cdot sdg) / (ratg + Afg) \quad (5.4)$$

ここに、 rM_{guo} ：梁 RC 部の基準曲げ終局耐力、 M_{gpu} ：梁鉄骨部の全塑性モーメント

T_{gy} ：梁引張側主筋の上限引張力、 r_{jtg} ：梁上下主筋の重心間距離

T_{sy} ：有効幅内に定着されたスラブ筋の上限引張力の総和

Z_p ：梁鉄骨の塑性断面係数、 σ_{sy} ：梁鉄骨の材料強度

h ：階高、 l ：スパン長(柱心間距離)、 $l_o = l - D_c$ ：梁内法スパン長、 D_c ：柱せい

$ratg$ ：梁引張側主筋の断面積、 $jtge$ ：SRC 造梁の等価応力中心距離

Afg ：梁鉄骨フランジの断面積、 sdg ：梁鉄骨上下フランジの中心間距離

梁引張側主筋の上限引張力 T_{gy} およびスラブ筋の上限引張力 T_{sy} は、それぞれ上限強度算定用材料強度を用いて算定する。

5.2 接合部せん断終局耐力の算定

SRC 造ト形接合部のせん断終局耐力 V_{puh} は、式(5.5)による。

$$V_{puh} = cV_{puh} + sV_{puh} \quad (5.5)$$

$$cV_{puh} = F_j \cdot \{ \phi \cdot \kappa_c \cdot (b_j - B_s) \cdot D_{cjh} + \kappa_s \cdot B_s \cdot D_{sjh} \} \quad (5.6)$$

$$sV_{puh} = 1.2t_p \cdot (D_{sh} - t_{cf}) \cdot s\sigma_{wy} / \sqrt{3} \quad (5.7)$$

ここに、 cV_{puh} ：RC 部のせん断終局耐力、 sV_{puh} ：鉄骨部のせん断終局耐力

κ_c ：鉄骨で囲まれない RC 部の接合部形状係数 ($\kappa_c = 0.7$ とする。)

κ_s ：鉄骨で囲まれた RC 部の接合部形状係数 ($\kappa_s = 1.4$ とする。)

D_{cjh} ：鉄骨で囲まれない RC 部の有効せい、ト形接合部では、 $D_{cjh} = l_{ag}$ とする。

$D_{sjh} = (D_c + D_{sh}) / 2$ ：鉄骨で囲まれた RC 部の有効せい、 D_c ：柱せい、 D_{sh} ：柱鉄骨せい

B_s ：柱鉄骨フランジ幅、 t_{cf} ：柱鉄骨フランジの厚さ、 t_p ：接合部鉄骨パネルの厚さ

$s\sigma_{wy}$ ：接合部鉄骨パネルの規格降伏点、その他の記号の定義は RC 構造設計指針 6 章による。

5.3 構造規定

- 1) 梁主筋定着長さ l_{ag} は、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着の場合、RC 構造設計指針・式(8.1)の必要定着長さ l_{ao} 以上 $12d_b$ 以上かつ $D_c/2$ 以上とし、貫通型定着の場合、 $12d_b$ 以上かつ $D_c/2$ 以上とする。
- 2) 梁主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s は、RC 構造設計指針 8.1 節による。

【解説】

(1) SRC 造ト形接合部の終局強度設計用せん断力

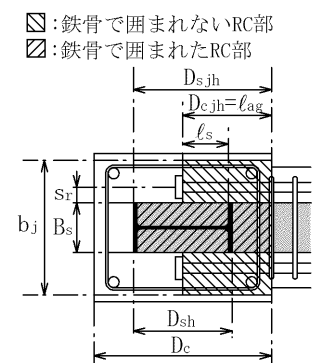
SRC 造ト形接合部の終局強度設計用せん断力 V_{muh} は RC 構造設計指針・式(5.1)で算定し、RC 構造設計指針・式(5.2)中の梁基準曲げ終局耐力 M_{guo} は、RC 部と鉄骨部の曲げ終局耐力を単純累加した式(5.1)または式(5.2)で算定する。式(3.1)では、RC 柱梁接合部と同様、梁上端筋が引張側の場合、スラブ有効幅内のスラブ筋の耐力を累加している。

一方、SRC 造部材の終局耐力の算定に用いる鉄骨の材料強度 σ_{sy} は、建設省告示 2464 号(平成 12 年 12 月 26 日)による材料強度を考慮し、原則として、規格降伏点の 1.1 倍とする(本設計指針・表 2.3 参照)。

(2) SRC 造ト形接合部のせん断終局耐力

SRC 造ト形接合部のせん断終局耐力は、実験^{4)~6)}を基に、RC 部のせん断終局耐力 cV_{puh} と鉄骨部のせん断終局耐力 sV_{puh} を累加し、式(5.5)で算定する。式(3.6)による RC 部のせん断終局耐力 cV_{puh} は、解図 5.1 に示すように、鉄骨で囲まれない RC 部の第 1 項と鉄骨で囲まれた RC 部の第 2 項の和とした。

第 1 項は、靱性保証型指針³⁾と同じ接合部形状係数 κ_c を用い、第 2 項は、直交梁の有無に係わらず、鉄骨で囲まれた RC 部の効果を反映できるように、接合部形状係数 κ_s を考慮して定式化されている。また、接合部形状係数 κ_s は、最大耐力実験値との適合性を考慮して 1.4 としている。式(5.7)による鉄骨部のせん断終局耐力 sV_{puh} は、SRC 計算規準と同じである。



解図 5.1 SRC 造ト形接合部における RC 部のモデル化

(3) SRC 造ト形接合部における梁主筋定着部

(a) 梁主筋定着長さ

実験^{4)~6)}によると、SRC 造ト形接合部内の梁主筋は、 $l_{ag} \geq D_c/2$ の場合、内蔵鉄骨の効果によって掻き出し定着破壊を起こさず、梁主筋の側面剥離定着耐力は、RC 造ト形接合部内の梁主筋に対する益尾・窪田式で精度よく評価できる(RC 構造設計指針 8.1 節の解説(3) 参照)。これらより、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着の場合、梁主筋定着長さ l_{ag} は、RC 構造設計指針・式(8.1)の必要定着長さ l_{ao} 以上、 $12db$ 以上かつ $D_c/2$ 以上とすればよい。

同実験では、解図 5.1 中の定着板内面と鉄骨フランジ内面との距離 l_s を $5.1 \sim 9.1db$ 、梁主筋中心と鉄骨フランジ側面との距離 s_r を $1.6 \sim 1.8db$ とし、 l_s/s_r の最小値を 2.8 としている。 db は梁主筋直径を示す。これによると、梁主筋定着耐力の確保のために、直交梁が接続しない側の梁主筋の l_s/s_r は、3 以上とする必要がある。

しかし、文献 8) の実験によると、梁主筋定着耐力は、両側直交梁付きの場合、直交梁なしに比べて明らかに増大する。一方、SRC 柱梁接合部では、片側直交梁付きでも、直交梁が接続する側の鉄骨のねじり抵抗を期待できる。これらの点を考慮し、本編では、 l_s/s_r の値を規定しないことにした。

ただし、両側ともに、直交梁の効果を見込めず、かつ、 l_s/s_r が 3 未満の場合、梁主筋定着部は、RC 構造設計指針・式(解 4. 2)と同様、下式を満足しなければならない。

$$\min(V_{puh}, \text{SRC 造 } V_{cu}) > \lambda p \cdot V_{muh} \quad (\text{解 5. 1})$$

$$\text{SRC 造 } V_{cu} = V_{cu} + sV_{puh} \quad (\text{解 5. 2})$$

ここに、SRC 造 V_{cu} ：梁主筋掻き出し定着耐力時の接合部せん断力

sV_{puh} ：式(3. 7)による鉄骨部のせん断終局耐力

V_{cu} ：RC 部の梁主筋掻き出し定着耐力時の接合部せん断力

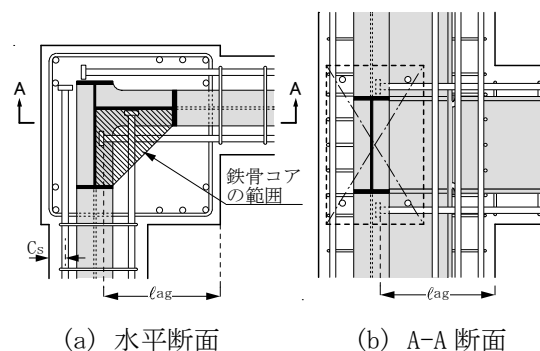
また、図 3. 1(b), (c)の直交鉄骨ウェブへの梁主筋貫通型定着の場合、梁主筋定着耐力は、その抵抗機構より、非貫通型定着よりも明らかに増大するので、RC 構造設計指針・式(8. 1)の必要定着長さ l_{ao} に係わらず、 $l_{ag} \geq 12db$ かつ $l_{ag} \geq D_c/2$ とした。

(b) 梁主筋の必要定着長さ比

SRC 造ト形接合部内の梁主筋必要定着長さ比 l_{ao}/db は、RC ト形接合部と同様、RC 構造設計指針・解表 8. 1 によることができる。ただし、同表の l_{ao}/db の値は、 $p_{jwh}=0. 2\%$ として算出されているので、梁主筋貫通型定着の場合に $p_{jwh}=0. 1\%$ とする時には、その点を考慮し、 l_{ao}/db の値を決定する必要がある(4 章 4) 参照)。 p_{jwh} は接合部横補強筋比を示す。

(c) 梁主筋定着長さの推奨事項

隅柱梁接合部では、梁主筋定着耐力および接合部せん断終局耐力確保のために、解図 5. 2 のように、RC 造ト形接合部と同様、梁主筋定着長さは、柱せいの(2/3)倍以上、かつ、鉄骨フランジとウェブで囲まれた鉄骨コアの範囲に定着金物を配置し、出隅側の梁主筋定着長さはできるだけ長くする。同図(a)のように、左右梁主筋の定着長さが異なる場合、ト形接合部のせん断終局耐力算定用の RC 部の有効せい D_{cjh} は、左右梁主筋の直径、本数、定着長さを考慮した重み付き平均値としてもよい。



(a) 水平断面 (b) A-A 断面
解図 5. 2 SRC 造ト形接合部の配筋詳細例

(d) 側面かぶり厚さ C_s

梁主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s は、実験^{4)~6)}を基に、RC 構造設計指針・8. 1 節によるとした。ただし、SRC 造ト形接合部では、内蔵鉄骨の存在によって、RC 造ト形接合部で懸念される梁主筋の定着金物背面側への押し抜き破壊は発生し難いので、5. 3 節では、梁主筋の背面かぶり厚さを規定していない。

6章 SRC造T形、L形接合部の設計

6.1 終局強度設計用せん断力の算定

終局強度設計用せん断力 V_{muh} および V_{muv} は、RC 構造設計指針・式(5.3)による。

RC 構造設計指針・式(5.5)中の梁の基準曲げ終局耐力 M_{guo} は式(5.1)または式(5.2)、柱の基準曲げ終局耐力 M_{cuo} は式(6.1)で算定し、 M_{guo}' は式(5.1)または式(5.2)に準じて算定する。また、RC 構造設計指針・式(5.3)中の架構形状に関する係数 ξ_h は式(5.3)、 ξ_v は式(6.2)で算定する。

$$M_{cuo} = (T_{cye} + N_c L / 2) \cdot r_{jtce} + Z_p \cdot \sigma_{sy} \quad (6.1)$$

$$\xi_v = (h_o / j_{tce}) - h / \ell \quad (6.2)$$

$$j_{tce} = (r_{atc} \cdot r_{jtce} + A_{fc} \cdot s_{dc}) / (r_{atc} + A_{fc}) \quad (6.3)$$

ここに、 T_{cye} ：柱主筋の等価上限引張力、 r_{jtce} ：柱両側主筋の重心間距離

Z_p ：柱鉄骨の塑性断面係数、 σ_{sy} ：柱鉄骨の材料強度、 $N_c L$ ：長期柱軸力

r_{atc} ：柱引張側主筋の断面積、 j_{tce} ：SRC造柱の等価応力中心距離

A_{fc} ：柱鉄骨フランジの断面積、 s_{dc} ：柱鉄骨両側フランジの中心間距離

h ：階高、 ℓ ：スパン長(柱心間距離)、 $h_o = h - D_g$ ：柱の内法高さ、 D_g ：梁せい

ただし、柱主筋の等価上限引張力 T_{cye} は、上限強度算定用材料強度を用いて算定する。

SRC造L形接合部の場合、梁曲げ終局耐力時柱せん断力 cQ_{gu} および柱曲げ終局耐力時柱せん断力 cQ_{cu} は式(6.4)で算定し、式(5.11)中の η_c と η_g は式(6.5)で算定する。

$$cQ_{cu} = 2 \{ (T_{cye} / \eta_c + N_c L / 2) \cdot r_{jtce} + M_{cpu} \} / h_o, \quad cQ_{gu} = 2 \{ (r M_{guo} / \eta_g + M_{gpu}) / \ell_o \} \cdot (\ell / h) \quad (6.4)$$

$$\eta_c = 1 \mp (j_{tce} / h_o) \cdot (h / \ell), \quad \eta_g = 1 \mp (j_{tge} / \ell_o) \cdot (\ell / h) \quad (6.5)$$

ここに、 M_{cpu} ：柱鉄骨の全塑性モーメント、 M_{gpu} ：梁鉄骨の全塑性モーメント

ただし、式(6.5)の右辺の符号 \mp は正加力時に $-$ 、負加力時に $+$ とする。

6.2 接合部せん断終局耐力の算定

水平方向の接合部せん断終局耐力 V_{puh} は式(5.5)、鉛直方向の接合部せん断終局耐力 V_{puv} は式(6.6)による。ただし、式(5.6)中の鉄骨で囲まれないRC部の有効せい D_{cjh} は、T形接合部では $D_{cjh} = D_c$ 、L形接合部では、正加力時 $D_{cjh} = \ell_{dh}$ 、負加力時 $D_{cjh} = \ell_{ag}$ とし、T形、L形接合部ともに、式(6.7)中の D_{cjh} は ℓ_{ac} とする。 ℓ_{dh} は梁上端筋の投影定着長さ、 ℓ_{ag} は梁下端筋の定着長さ、 ℓ_{ac} は柱主筋定着長さを示す。

$$V_{puv} = cV_{puv} + sV_{puv} \quad (6.6)$$

$$cV_{puv} = F_j \cdot \{ \phi \cdot \kappa_c \cdot (b_j - B_s) \cdot D_{cjh} + \kappa_s \cdot B_s \cdot D_{sjv} \} \quad (6.7)$$

$$sV_{puv} = 1.2 t_w \cdot (D_{sv} - t_{gf}) \cdot s \sigma_{wy} / \sqrt{3} \quad (6.8)$$

ここに、 cV_{puv} ：RC部のせん断終局耐力、 sV_{puv} ：鉄骨部のせん断終局耐力

κ_c 、 κ_s ：鉄骨で囲まれないRC部および鉄骨で囲まれたRC部の接合部形状係数

T形接合部では $\kappa_c = 0.7$ 、 $\kappa_s = 1.4$ とし、L形接合部では、正加力時 $\kappa_c = 0.6$ 、 $\kappa_s = 1.2$ 、負加力時 $\kappa_c = 0.4$ 、 $\kappa_s = 0.8$ とする。

D_{cjh} ：鉄骨で囲まれないRC部の鉛直方向の有効せい、 t_{gf} ：梁鉄骨フランジの厚さ

$D_{sjv} = (D_g + D_{sv}) / 2$ ：鉄骨で囲まれたRC部の鉛直方向の有効せい、 D_g ：梁せい、

D_{sv} ：梁鉄骨せい、その他の記号の定義はRC構造設計指針6章および本編5.2節による。

6.3 構造規定

(1) SRC造T形、L形接合部の柱主筋定着部

- 1) SRC造T形、L形接合部の柱主筋定着長さ l_{ac} は、RC構造設計指針8.2節の必要定着長さ l_{ao} 以上、 $16db$ 以上、かつ、定着金物底面が梁鉄骨フランジ上面を超える長さ以上とする。
- 2) 柱主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s は $2.0db$ 以上とする。 db は柱主筋直径を示す。

(2) SRC造L形接合部の梁主筋定着部

- 1) SRC造L形接合部の梁上端筋の定着部は、RC構造設計指針8.3節による。
- 2) 梁下端筋の定着長さ l_{ag} は、非貫通型定着の場合、RC構造設計指針・式(8.1)の必要定着長さ l_{ao} 以上 $14db$ 以上かつ $D_c/2$ 以上とし、貫通型定着の場合、 $14db$ 以上かつ $D_c/2$ 以上とする。 db は梁主筋直径を示す。
- 3) 梁主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s は、RC構造設計指針8.3節による。

(3) 接合部横補強筋およびかんざし筋

- 1) 柱主筋の定着金物と梁鉄骨フランジ上面の間に、1組以上の接合部横補強筋を配置する。
- 2) RC構造設計指針・図7.2に示すように、地震力方向に係わらず、XY方向ともに、かんざし筋比 p_{jvw} が0.15%以上のかんざし筋を配置する。 p_{jvw} はRC構造設計指針・式(7.4)による。

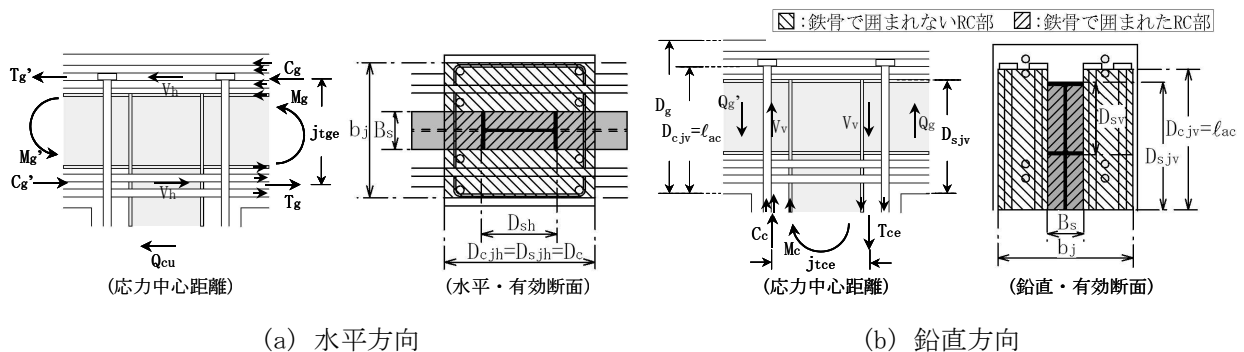


図 6.1 SRC造T形柱梁接合部における応力中心距離および有効断面

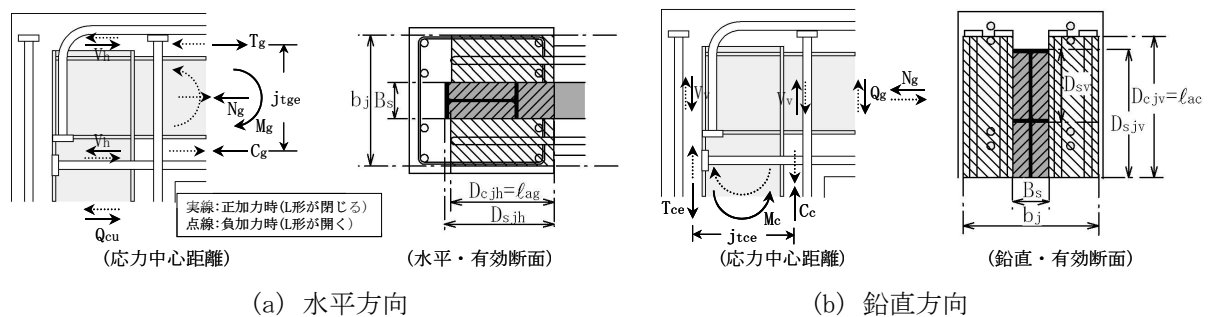


図 6.2 SRC造L形柱梁接合部における応力中心距離および有効断面

【解説】

(1) SRC 造 T 形および L 形接合部の終局強度設計用せん断力

SRC 造 T 形、L 形接合部⁷⁾の終局強度設計用せん断力 V_{muh} および V_{muv} は、RC 造 T 形、L 形接合部と同様、RC 構造設計指針・式(5.3)で算定する。RC 構造設計指針・式(5.5)中の梁基準曲げ終局耐力 M_{guo} は、SRC 造 T 形接合部と同様、式(5.1)、式(5.2)で算定し、柱基準曲げ終局耐力 M_{cuo} は式(6.1)で算定する。RC 構造設計指針・式(5.3)中の架構形状に関する係数 ξ_h は、式(5.4)の SRC 造梁の等価応力中心距離 j_{tge} を用い、式(5.3)で算定し、 ξ_v は、式(6.3)の SRC 造柱の等価応力中心距離 j_{tce} を用い、式(6.2)で算定する。

また、L 形接合部の場合、RC 接合部と同様、式(6.4)および式(6.5)は、RC 構造設計指針 5.1.1 項の解説(5)と同様の手順で導出される。

(2) 接合部せん断終局耐力

SRC 造 T 形、L 形接合部のせん断終局耐力 V_{puh} および V_{puv} は、実験⁷⁾を基に、SRC 造 T 形接合部と同様、RC 部と鉄骨部のせん断終局耐力を累加して算定するとした。また、SRC 造 L 形接合部の場合、RC 構造設計指針 6 章の RC 接合部と同様、RC 部の水平方向の有効せいは、正加力時 $D_{c,jh} = l_{dh}$ 、負加力時 $D_{c,jh} = l_{ag}$ とした。

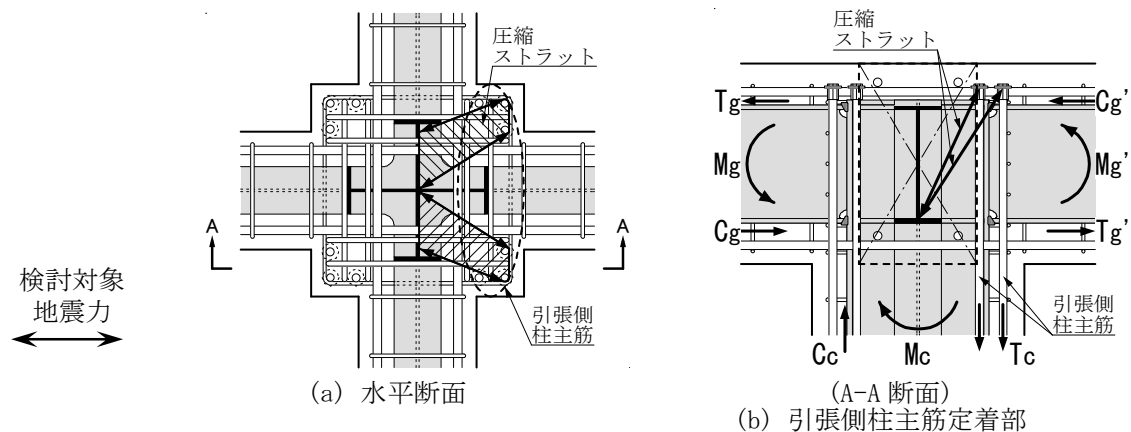
(3) 構造規定

(a) SRC 造 T 形、L 形接合部の柱主筋定着部

解図 6.1 に示すように、柱主筋定着部に引張力が作用すると、隣接する梁鉄骨フランジが押し下げられ、その結果、柱 RC 部の抵抗モーメントが SRC 柱梁接合部に伝達されると考えられる。これらより、SRC 造 T 形、L 形接合部の柱主筋定着長さ l_{ac} は、定着金物底面が梁鉄骨フランジ上面を超える長さ以上とした。

また、引張側柱主筋の定着部には、隣接する梁鉄骨フランジとウェブの交点から派生する圧縮ストラットによって、外側への押し出し力が作用する。この押し出し力に抵抗するように、柱主筋の定着金物と梁鉄骨フランジ上面の間に、1 組以上の接合部横補強筋を配置するとした。

RC 構造設計指針 8.2 節と同様、柱主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s は $2.0d_b$ 以上とし、SRC 造 T 形接合部と同様、SRC 造 T 形、L 形接合部における柱主筋の背面かぶり厚さは規定していない。



解図 6.1 SRC 造 T 形接合部の配筋詳細例

(b) SRC 造 L 形接合部の梁主筋定着部

SRC 造 L 形接合部の梁上端筋の投影定着長さ l_{dh} は、実験⁷⁾の配筋詳細を基に規定し、下端筋定着長さ l_{ag} は、非貫通型定着の場合、SRC 造 T 形接合部内の梁主筋に準じて規定した。ただし、下端筋定着長さは、SRC 造 T 形接合部と同様、鉄骨フランジとウェブで囲まれた鉄骨コアの範囲に定着金物を配置し、隅柱出隅側では、できるだけ長くする(解図 5.2 参照)。

梁上端筋、下端筋ともに、梁主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s は、RC 構造設計指針 8.3 節によるとし、SRC 造 T 形接合部と同様、梁主筋の背面かぶり厚さを規定していない。

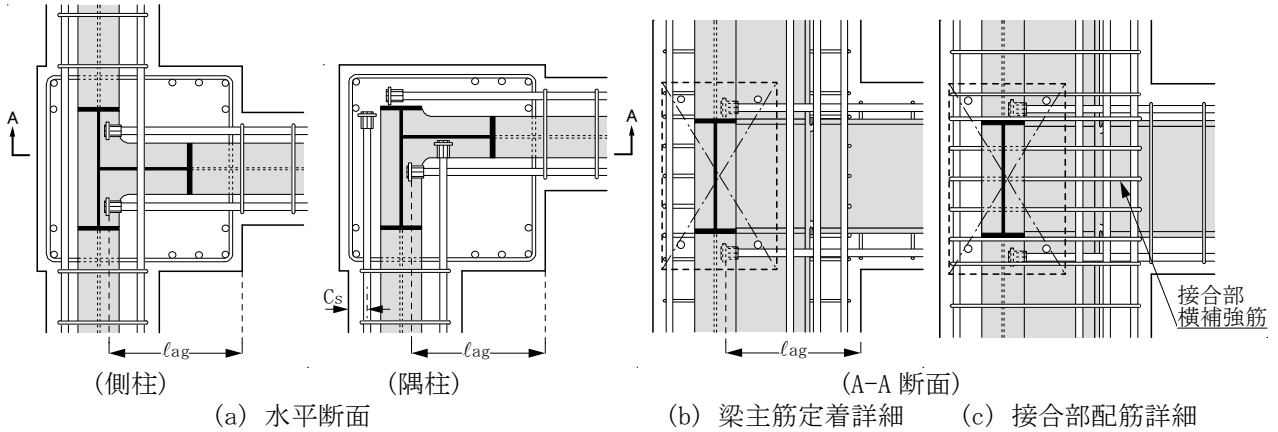
(c) SRC 造 T 形、L 形接合部のかんざし筋

かんざし筋のかんざし筋比 p_{jw} は、【柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 造梁 S 接合部編】5.3 節と同様に規定した。

7章 SRC 柱梁接合部の標準配筋詳細

【ト形接合部】

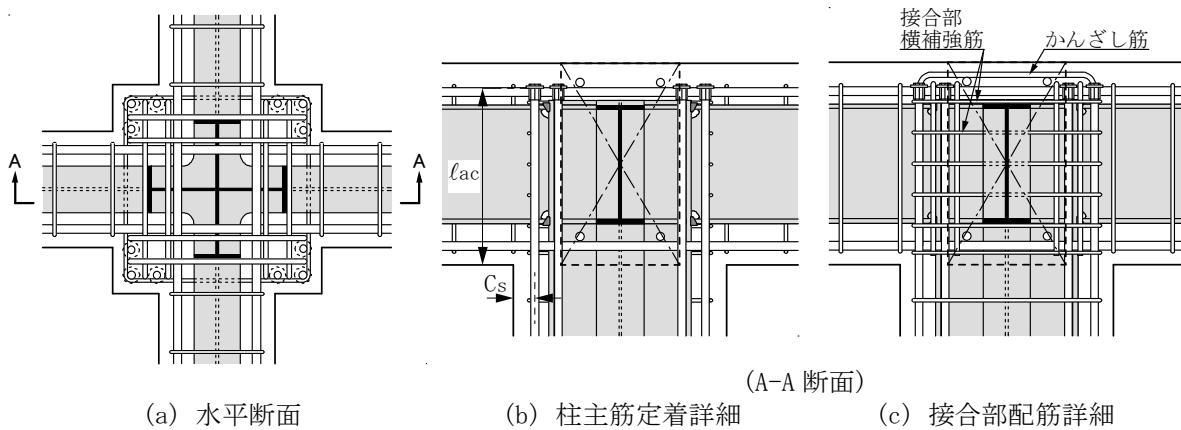
- ・ 梁主筋非貫通型定着の場合、 $p_{jwh} \geq 0.2\%$ 、 $l_{ag} \geq \max\{l_{ao}, 12db, D_c/2\}$
 ただし、出隅柱梁接合部では、 $l_{ag} \geq (2/3)D_c$ かつ鉄骨フランジとウェブで囲まれた鉄骨コアの範囲に定着金物を配置し、出隅側では、梁上下主筋定着長さはできるだけ長くする。
- ・ 梁主筋貫通型定着の場合、 $p_{jwh} \geq 0.1\%$ 、 $l_{ag} \geq \max\{12db, D_c/2 \text{ かつ 梁主筋貫通}\}$
 p_{jwh} ：接合部横補強筋比、 l_{ag} ：梁主筋定着長さ、 l_{ao} ：必要定着長さ、 D_c ：柱せい、 db ：梁主筋直径
- ・ 梁主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s は、 $3db$ 以上とする。



詳細図 1 SRC 造ト形接合部

【T形接合部】

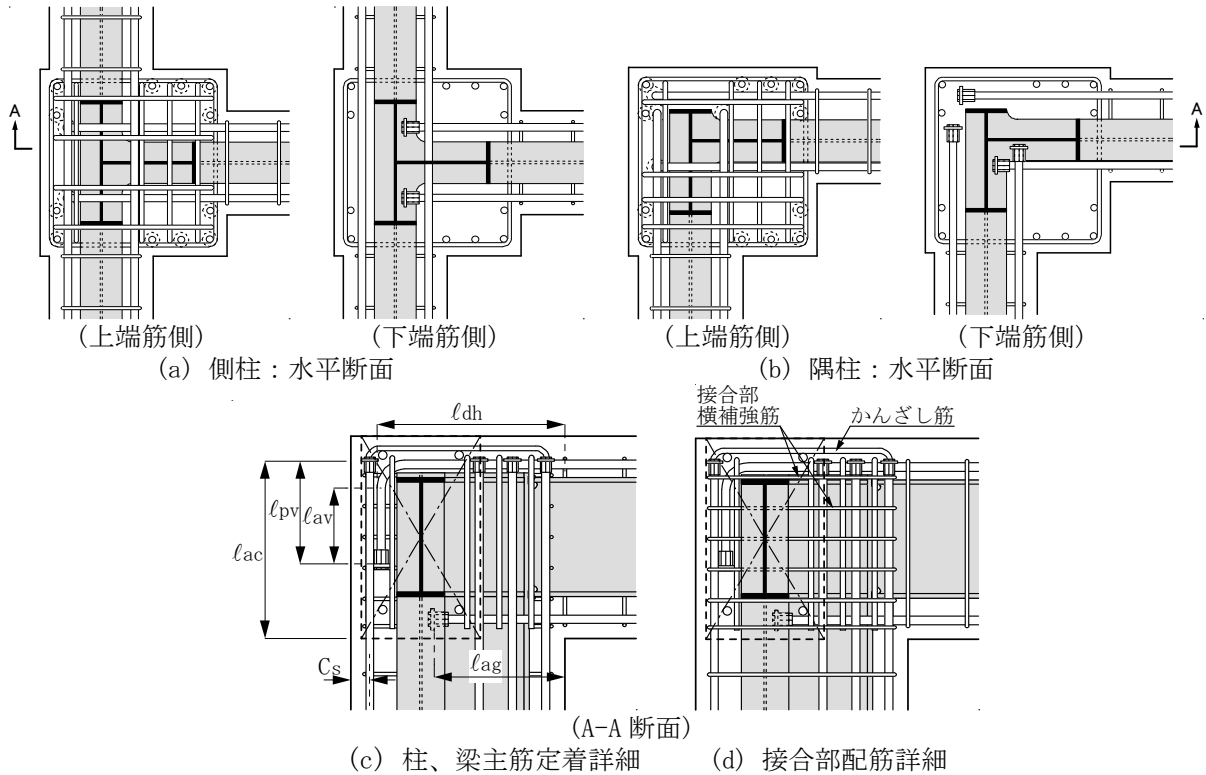
- ・ 梁主筋非貫通型定着の場合、 $p_{jwh} \geq 0.2\%$
- ・ 梁主筋貫通型定着の場合、 $p_{jwh} \geq 0.1\%$
 ただし、柱主筋の定着金物と梁鉄骨フランジ上面の間に、1組以上の接合部横補強筋を配置する。
- ・ 柱主筋の定着長さ $l_{ac} \geq \max\{l_{ao}, 16db \text{ かつ 定着金物底面が梁鉄骨フランジ上面を超える長さ}\}$
- ・ 柱主筋中心からの側面かぶり厚さ $C_s \geq 2db$
 l_{ao} ：必要定着長さ、 db ：柱主筋直径
- ・ XY 方向ともに、かんざし筋比 $p_{jvw} \geq 0.15\%$ のかんざし筋を配置する。



詳細図 2 SRC 造 T 形接合部

【L形接合部】

- ・ 梁上端筋の投影定着長さ $l_{dh} \geq \max \{l_{ao}, 16db, (3/4)D_c\}$
 折曲げ後の余長は、RC 構造設計指針 8.3 節による。
- ・ 梁下端筋の定着長さ $l_{ag} \geq \max \{l_{ao}, 14db, D_c/2\}$
 ただし、出隅柱梁接合部では、 $l_{ag} \geq (2/3)D_c$ かつ鉄骨フランジとウェブで囲まれた鉄骨コアの範囲に定着金物を配置し、出隅側の梁上下主筋定着長さはできるだけ長くする。
 l_{ao} : 必要定着長さ、 db : 梁主筋直径、 D_c : 柱せい
- ・ 接合部横補強筋比、柱主筋定着長さ、側面かぶり厚さ、かんざし筋の規定は、T 形接合部と同じ。



詳細図 3 SRC 造 L 形接合部

【SRC 柱梁接合部関連の参考文献】

- 1) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、2014
- 2) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説、2010
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、1999
- 4) 向出静司、益尾潔：機械式定着工法による SRC 造ト形接合部の終局耐力に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、第 600 号、pp.195-2001, 2006. 2
- 5) 足立将人、田川浩之、益尾潔：機械式定着工法による SRC 造ト形柱梁接合部の構造性能に関する実験的研究、JCI 年次論文報告集、Vol. 30, No. 3, pp.1381-1386, 2008. 7
- 6) 足立将人、益尾潔：機械式定着工法による SRC 造ト形柱梁接合部の構造性能に関する実験的研究、日本建築学会大会梗概集、構造Ⅲ、pp.1139-1140, 2009. 8
- 7) 益尾潔、田川浩之、足立将人：機械式定着による SRC 造 T 形および L 形柱梁接合部の終局耐力に関する設計条件、日本建築学会構造系論文集、第 637 号、pp.543-550, 2009. 3
- 8) 益尾潔、足立将人：機械式定着による RC 造ト形柱梁接合部の構造性能、日本建築学会構造系論文集、第 627 号、pp.819-826, 2008. 5

【柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部編】

設計指針(2022 年)

目 次

1 章 適用範囲	設計 2-1
2 章 材料	設計 2-1
3 章 本編の基本事項	設計 2-2
4 章 柱主筋定着設計	設計 2-5
4.1 機械式定着工法柱主筋定着部	
4.2 柱主筋必要定着長さ	
4.3 □形プレートの設計	
5 章 各部構造規定	設計 2-14
5.1 梁鉄骨およびふさぎ板	
5.2 SRC 柱内蔵鉄骨および接合部せん断補強筋	
5.3 かんざし筋および定着部拘束筋	
柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部関連の参考文献	設計 2-22

1章 適用範囲

本編は、DB ヘッド定着工法による柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部における柱主筋定着設計に適用する。

本編に記載のない事項は、DB ヘッド定着工法 RC 構造設計指針(2022 年)・基本設計編および応用設計編(以下、RC 構造設計指針と略記する)の関連する章、ならびに関連する法令および基・規準によるほか、第三者機関の技術評価を取得した柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部に関する設計指針によるものとする。

(関連する法令および基・規準類)

[日本建築学会]

- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2018 年)
- ・鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計指針(2021 年)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2014 年)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説(2005 年)
- ・各種合成構造設計指針・同解説(2010 年)

[国土交通省国土技術政策総合研究所 国立研究開発法人建築研究所 監修]

- ・2020 年版 建築物の構造関係技術基準解説書

2章 材料

(1) コンクリート

SRC 柱梁接合部編 2 章(1)による。ただし、柱主筋鋼種 SD490 の場合、コンクリート設計基準強度 F_c は 24N/mm^2 以上とする。

(2) 鉄筋

本編で用いる柱主筋鋼種は、SRC 柱梁接合部編・表 2.1 による。

(3) DB ヘッド

SRC 柱梁接合部編 2 章(3)による。

(4) 鋼材

3 章 本編の基本事項 1)による。

【解説】

本編では、本編設計指針の妥当性を検証した文献 6)の実験ならびに(日本建築学会)鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計指針(2021 年)6.3 節「最上階柱梁接合部」に基づき、柱主筋の適用鋼種は SD295～SD490 としている。ただし、本編 2 章(1)コンクリートでは、柱主筋鋼種 SD295～SD390 の場合、コンクリート設計基準強度 F_c は 21N/mm^2 以上とし、柱主筋鋼種 SD490 の場合、 F_c は 24N/mm^2 以上としている。

3章 本編の基本事項

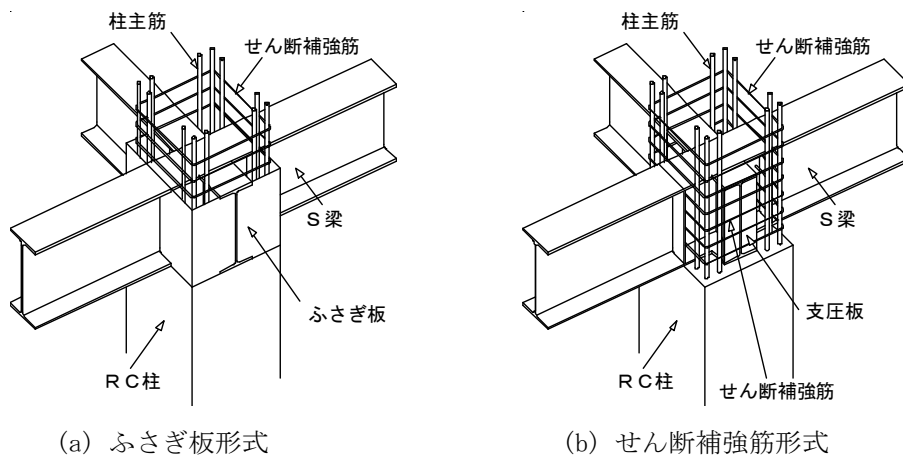
本編は、SABTEC 技術評価を取得した機械式定着工法柱主筋定着部を適用対象とし、本編による T 形、L 形の柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部の設計で想定する破壊形式は、柱梁接合部せん断破壊および柱主筋定着破壊を起こさない柱曲げ降伏型とする。

【解説】

(1) 柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部の特長

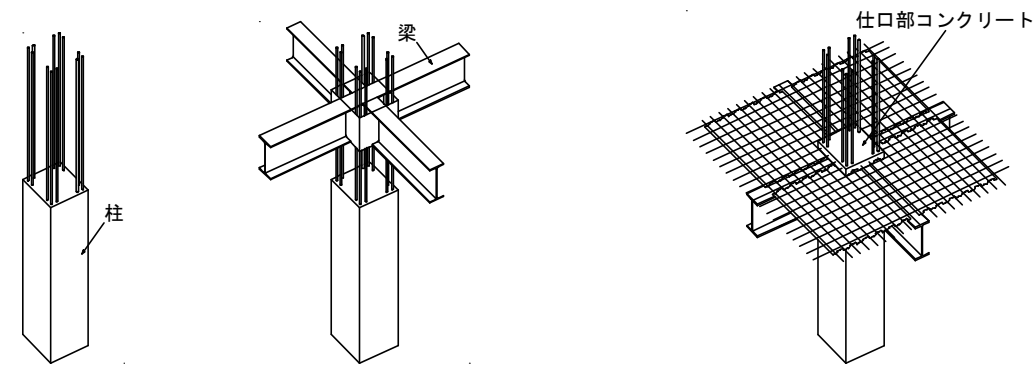
柱 RC 梁 S 接合部は、大型店舗や物流倉庫などに適した純ラーメン混合構造であり、同構造は、RC 柱コンクリート打設後、鉄骨梁、接合部コンクリートと合成スラブが施工される。また、柱 SRC 梁 S 接合部の場合、小鉄骨柱を建方後、SRC 柱とするので、狭隘敷地での現場施工が可能となる。近年、第三者機関の技術評価工法による柱 RC 梁 S 接合部が普及している。これに対して、本編は、既往工法では適用対象としていない各種定着金物を用いた機械式定着工法柱主筋定着部を適用対象としている。

柱 RC 梁 S 接合部には、解図 3.1 のふさぎ板形式とせん断補強筋形式があり、ふさぎ板形式の柱 RC 梁 S 混合構造骨組の現場施工フローを解図 3.2 に示す。



解図 3.1 柱 RC 梁 S 接合部の補強形式

【注記】①柱 CON 打設後、②鉄骨建方およびデッキプレート敷込みを行い、③仕口 CON とスラブ CON の打設が行われる。



① 柱 CON 打設 ②鉄骨建方 ③仕口部 CON 打設
解図 3.2 ふさぎ板形式の柱 RC 梁 S 混合構造骨組の現場施工フロー

(2) 柱 RC 梁 S 接合部開発研究の経緯

- 1) 柱 RC 梁 S 接合部の開発実験は、1990 年前後より、ゼネコンの技研を中心に行われ、日本建築学会より、柱 RC 梁 S 接合部に関する研究の現状報告が 2001 年に発刊されている^{※1}。
- 2) 柱 RC 梁 S 接合部の技術評価として、GBRC の性能証明が 2000 年から開始し、性能証明案件数は 2000 年～2007 年(6 件)、2008 年～2016 年(5 件)、2017 年～2021 年(13 件)あり、2017 年頃より、物流関連建物の施工実績と相まって急増している。
- 3) 上記の開発研究の経緯を踏まえ、日本建築学会・鋼コンクリート合成構造運営委員会では、2015 年より柱 RC 梁 S 混合構造設計小委員会で RCS 構造の設計施工指針の作成に着手し、鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計指針が 2021 年に発刊されている^{※2}。
- 4) RCS 混合構造設計指針(2018 年)の柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部編は、当初、DS ネジプレート定着工法(JFE 条鋼(株) : SABTEC 評価 12-01(2012 年 5 月 22 日))として技術評価が行われ、柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部編の根拠論文が日本建築学会 構造系論文集 2013 年 7 月号に掲載されるとともに、SABTEC 指針(2014 年)に組み込まれている。

なお、DS ネジプレート定着工法 技術評価報告書に示されている柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部の実験は、当初、現 JFE 条鋼(株)(旧ダイワスチール(株))が DS ネジプレート定着工法として GBRC 性能証明 第 07-18 号 改 2(2011 年 6 月 11 日)取得の際に行われている。

※1 日本建築学会：鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造の設計と施工、2001

※2 日本建築学会：鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計施工指針、2021

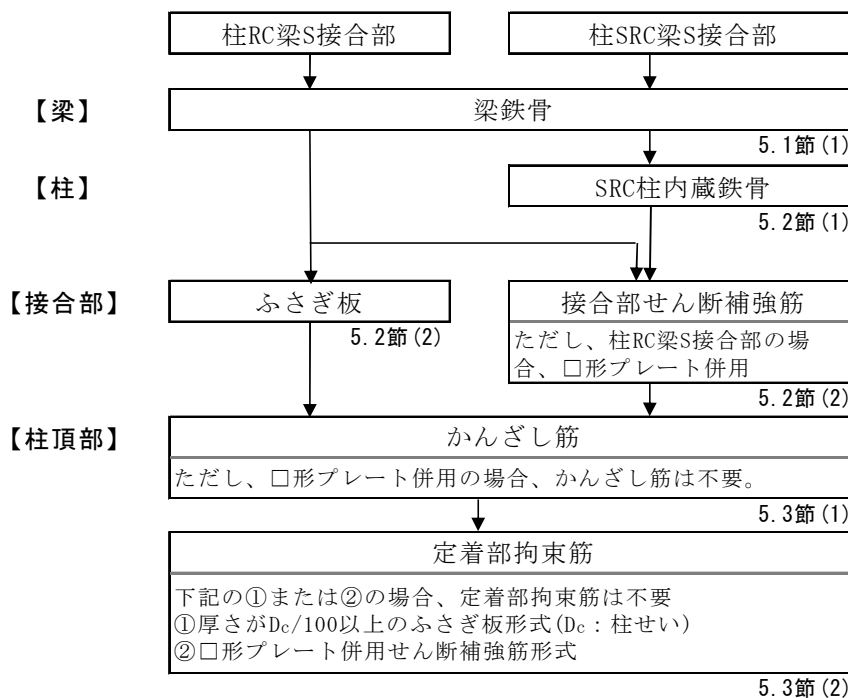
(3) 本編設計規定の基本事項

本編では、実験⁶⁾を基に、T 形、L 形の柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部ともに、設計で想定する破壊形式は、保証メカニズム時層間変形角 R_{uD} (3/100) に達するまで、接合部せん断破壊および柱主筋定着破壊を起こさない柱曲げ降伏型としている。

本編 2 章～4 章の構成を解図 3.3、5 章「各部構造規定」の構成を解図 3.4 に示す。

材料 (2章)	柱主筋鋼種とコンクリート設計基準強度 F_c の組合せ	
	SD295～SD390柱主筋	$F_c 21\text{N/mm}^2$ 以上
	SD490柱主筋	$F_c 24\text{N/mm}^2$ 以上
	定着金物：SABTEC技術評価取得機械式定着工法	
	鋼材：SS400, SN400A, B, C, SN490B, C, SM400A, B, C, SM490A, B, C, SM490YA, YB, SM520B, C	
本編の 基本事項 (3章)	最終破壊形式：柱曲げ降伏先行後の柱主筋定着破壊型	
	目標性能： 柱降伏後、保証メカニズム時層間変形角(3/100)以上	
柱主筋 定着設計 (4章)	4.1節 柱主筋定着形式	
	ふさぎ板形式	柱RC梁S接合部、柱SRC梁S接合部とも
	せん断補強筋形式	柱RC梁S接合部は□形プレート併用
		柱SRC梁S接合部
	4.2節 柱主筋必要定着長さ	
	ふさぎ板形式	指針式(4.1)
	せん断補強筋形式	指針式(4.2) 柱RC梁S接合部は□形プレート併用
4.3節 □形プレートの設計		

解図 3.3 本編 2 章～4 章の構成



解図 3.4 本編 5 章「各部構造規定」の構成

4章 柱主筋定着設計

4.1 機械式定着工法柱主筋定着部

図 4.1 に示すように、柱 RC 梁 S 接合部ではふさぎ板形式と□形プレート併用せん断補強筋形式の場合、柱 SRC 梁 S 接合部ではふさぎ板形式とせん断補強筋形式の場合、それぞれ機械式定着工法柱主筋定着部としてもよい。ただし、柱主筋鋼種 SD490 の場合、□形プレート併用を適用できない。

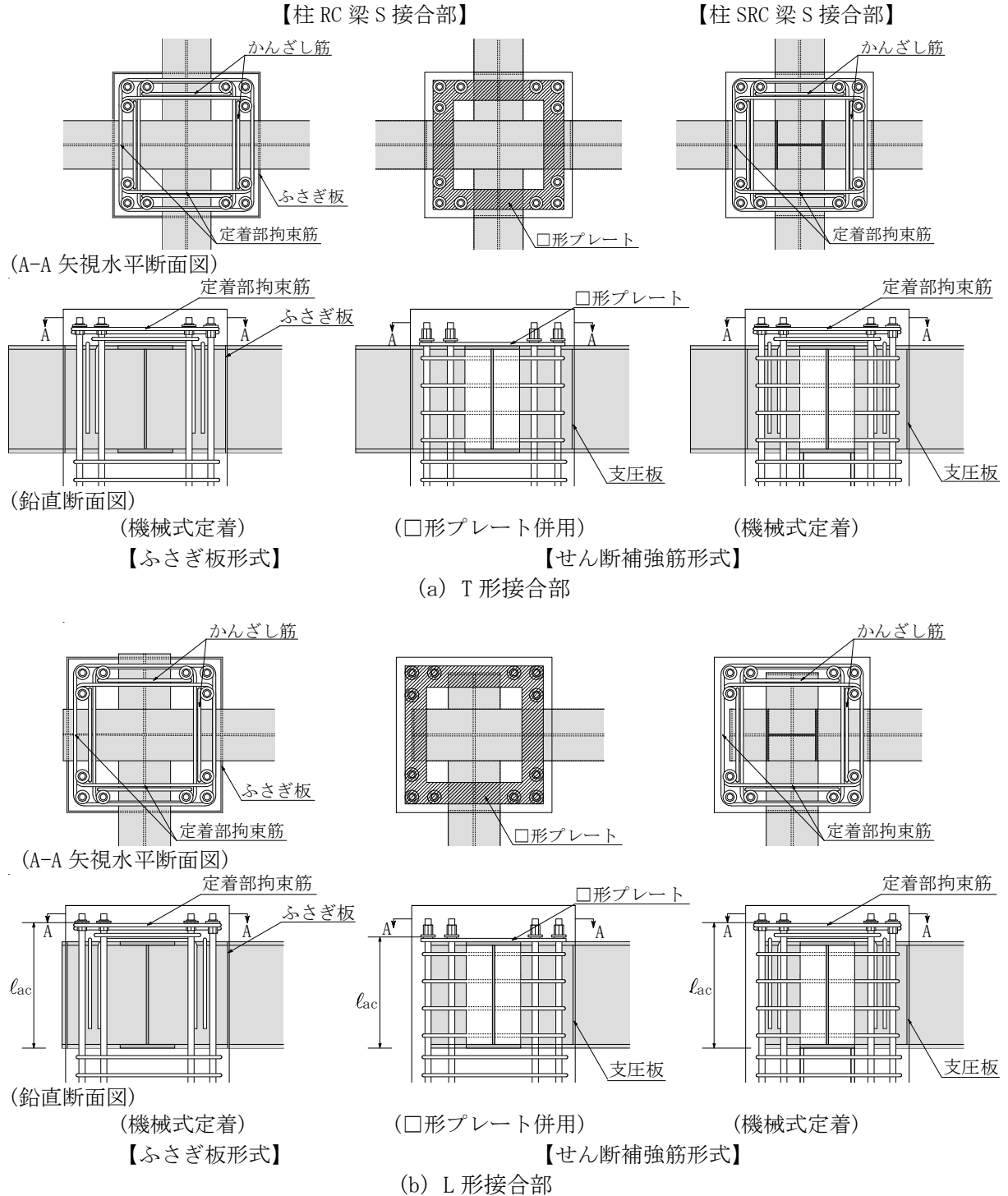


図 4.1 機械式定着工法柱主筋定着部とした柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部

4.2 柱主筋必要定着長さ

柱主筋定着長さ l_{ac} は、梁鉄骨下フランジ下面から定着板内面までとし、ふさぎ板形式では式(4.1)、せん断補強筋形式では式(4.2)の必要定着長さ l_{ab} 以上とする。

$$\text{(ふさぎ板形式)} \quad l_{ab} = \max \{ S \cdot \sigma_t \cdot d_b / (10f_b), 18d_b \} \quad (4.1)$$

$$\text{(せん断補強筋形式)} \quad l_{ab} = \max \{ 1.25S \cdot \sigma_t \cdot d_b / (10f_b), 21d_b \} \quad (4.2)$$

ただし、柱 RC 梁 S 接合部の場合、□形プレート併用せん断補強筋形式とする。

ここに、 $f_b = (F_c/40) + 0.9$: 付着割裂基準強度 (N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)、 d_b : 柱主筋呼び名の値

σ_t : 仕口面での柱主筋の引張応力で、短期引張許容応力度 (N/mm²) とする。

S : 必要定着長さ係数で、 $S=0.7$ とする。

4.3 □形プレートの設計

1) 梁鉄骨上フランジで支持された□形プレートの設計は、式(4.3)による(図4.2)。

$$Q_{mu} \geq T_{py}, \quad Q_{mu} = (M_p + M_t) / L_e, \quad T_{py} = \gamma_p \cdot T_{ryo} / 2 \quad (4.3)$$

$$L_e = \alpha_p \cdot L_r \quad (4.4)$$

ここに、 Q_{mu} : 柱断面隅角部 1 箇所あたりの□形プレートの終局時せん断力

T_{py} : 柱断面隅角部 1 箇所あたりの全柱隅筋の終局時引張力

γ_p : 引張力有効係数で、柱主筋の鋼種に応じて決定する。

SD295 : $\gamma_p=0.3$ 、SD345、SD390 : $\gamma_p=0.25$

M_p : □形プレートの全塑性モーメント ($M_p = \sigma_{sy} \cdot B_p \cdot t_p^2 / 4$)

M_t : □形プレートの降伏ねじりモーメント ($M_t = \tau_{sy} \cdot B_p \cdot t_p^2 / 3$)

σ_{sy} 、 τ_{sy} : □形プレートの引張強度およびせん断強度 ($\tau_{sy} = \sigma_{sy} / \sqrt{3}$)

SS400、SN490、SM490 の場合、 $\sigma_{sy} = 1.1 \sigma_{syo}$ としてもよい。

σ_{syo} : 規格降伏点 B_p 、 t_p : □形プレートの幅および厚さ

T_{ryo} : 柱断面隅角部 1 箇所あたりの全柱隅筋の規格降伏引張力

L_e : □形プレート隅角部の有効長さ、 α_p : 有効長さ係数 ($\alpha_p=0.2$ とする。)

L_r : 梁鉄骨フランジ先端から柱隅筋中心までの距離

2) □形プレートの厚さ t_p は 12mm 以上、幅 B_p は $3d_b$ 以上とし、□形プレートの外面は、JASS5 の設計かぶり厚さを確保する(図4.3)。

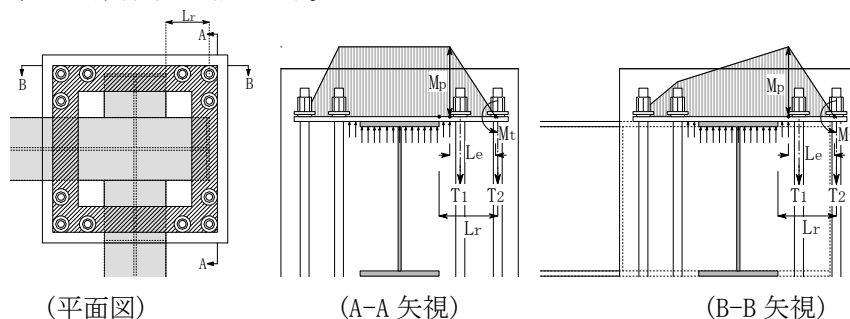
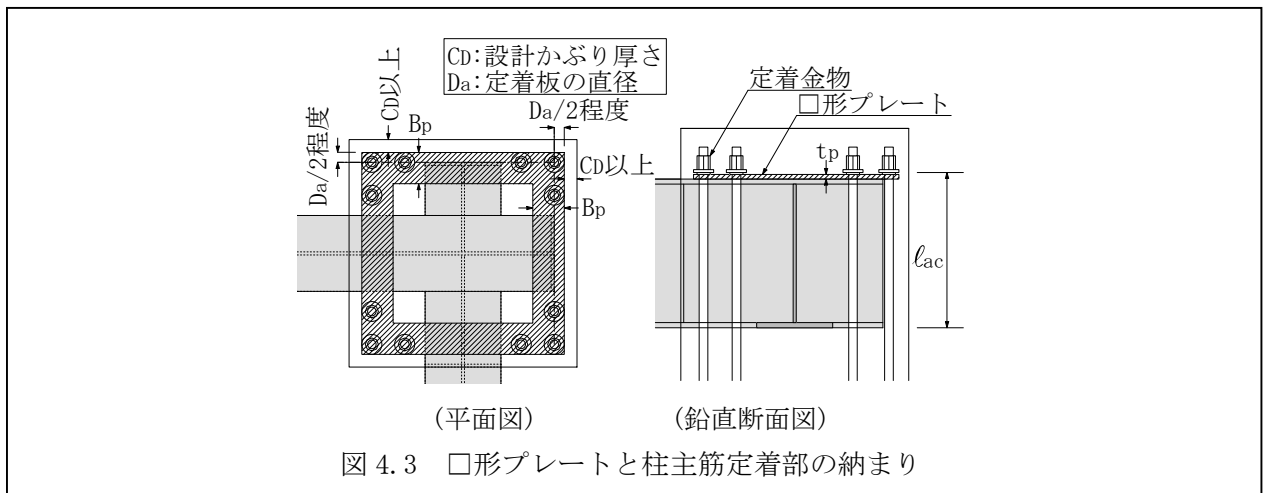


図 4.2 □形プレートの抵抗機構および有効スパン長



【解説】

(1) 機械式定着工法柱主筋定着部に関する検討結果

(a) 柱 RC 梁 S 接合部における柱主筋定着部

L 形接合部実験⁶⁾によると、解図 4.1 に示すように、機械式定着工法柱主筋定着部としたふさぎ板形式・柱 RC 梁 S 接合部の場合、設計目標の変形性能 ($R_{80} \geq 3/100$) が確保される。一方、機械式定着工法柱主筋定着部としたせん断補強筋形式・柱 RC 梁 S 接合部の場合、柱曲げ降伏後、早期に定着破壊を起こす恐れがある。

同図中、 Q_c は柱せん断力、 Q_{cu} は柱曲げ終局耐力時せん断力、 R は層間変形角、 R_{80} は最大耐力の 80% 耐力低下時の限界層間変形角実験値である。

また、文献 2)～5) の柱 RC 梁 S 接合部および RC 柱梁接合部の実験では、□形プレート併用せん断補強筋形式の場合、□形プレートの曲げ抵抗が柱主筋定着耐力に付加されるので、柱曲げ降伏後、設計目標の変形性能が確保される。

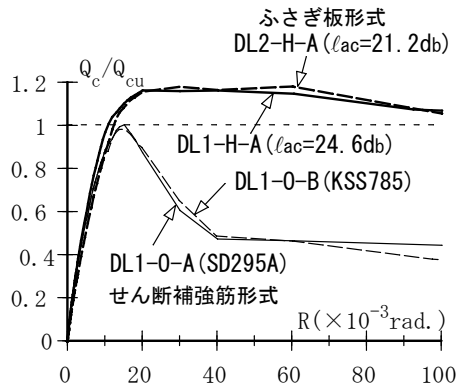
これらより、4.1 節では、柱 RC 梁 S 接合部では、ふさぎ板形式および□形プレート併用せん断補強筋形式の場合、機械式定着工法柱主筋定着部を適用できるとした。

(b) 柱 SRC 梁 S 接合部における柱主筋定着部

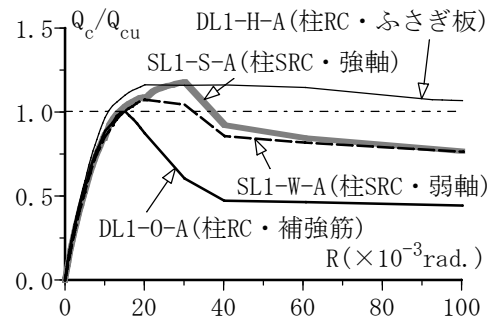
柱 SRC 梁 S 接合部の実験⁶⁾では、解図 4.2 に示すように、せん断補強筋形式の場合、柱内蔵鉄骨による柱主筋定着破壊遅延効果で、最大耐力が柱 RC 梁 S 接合部よりも向上し、設計目標の変形性能 ($R_{80} \geq 3/100$) が確保される。

同図中、SL1-S-A, SL1-W-A はせん断補強筋形式・柱 SRC 梁 S 接合部試験体であり、DL1-H-A はふさぎ板形式、DL1-O-A はせん断補強筋形式・柱 RC 梁 S 接合部試験体である。

これらより、4.1 節では、柱 SRC 梁 S 接合部の場合、ふさぎ板形式、せん断補強筋形式ともに、機械式定着工法柱主筋定着部を適用できるとした。



解図 4.1 せん断補強筋形式とふさぎ板形式
柱 RC 梁 S 接合部の Q_c-R 関係の比較



解図 4.2 柱 SRC 梁 S 接合部と
柱 RC 梁 S 接合部の $Q_c/Q_{cu}-R$ 関係の比較

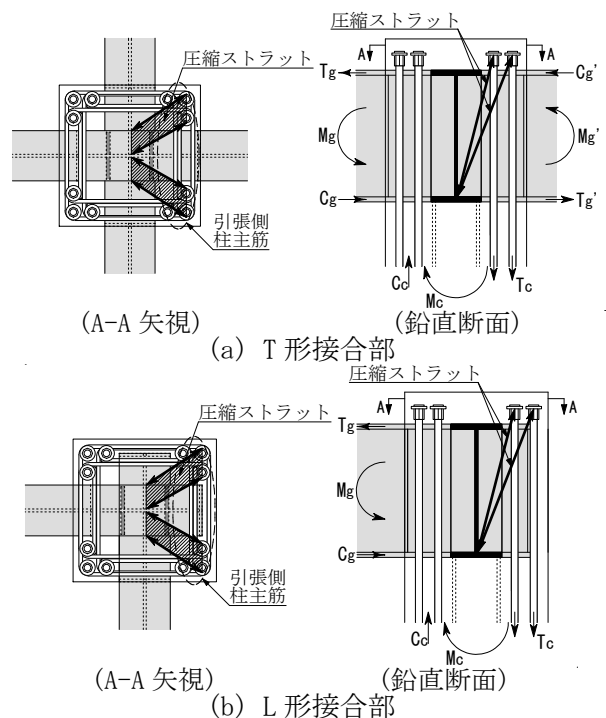
(c) 柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部における柱主筋定着部の抵抗機構と必要定着長さ

柱 RC 梁 S 接合部での柱主筋定着部の抵抗機構では、文献 6) の実験を基に、SABTEC 設計指針・解図 8.2 の RC 造 L 形接合部での抵抗機構と同様、解図 4.3 に示すように、引張側柱主筋定着部と隣接する直交梁鉄骨下フランジ間に圧縮ストラットが形成されるとしている。

これらより、本編では、柱主筋定着長さ l_{ac} は、RC 計算標準 17 条の算定式に準じ、AIJ 鉄筋コンクリート柱鉄骨梁混合構造設計指針 (2021 年) 6.3 節¹⁾ の最上階柱梁接合部での柱主筋定着部と同様、式 (4.1) または式 (4.2) の必要定着長さ l_{ab} 以上としている。

一方、柱 RC 梁 S 接合部・SRC 梁 S 接合部の場合、柱主筋定着耐力に伴う圧縮ストラットに対する水平成分の影響を考慮し、5.3 節で規定する定着部拘束筋を配置するとしている。また、4.2 節では、文献 6) のせん断補強筋形式の柱 SRC 梁 S 接合部の実験より、柱主筋定着 l_{ac} を 21db 以上としている ((2) 項 参照)。

なお、柱梁接合部内で柱主筋定着長さを確保できない場合でも、柱主筋定着部の上部を突出させ、SABTEC 指針 12.1 節で規定する鉛直スタブ付きとすれば、設計で保証すべき柱主筋定着耐力を確保できると考えられる。



解図 4.3 柱 RC 梁 S 接合部での
柱主筋定着部の抵抗機構

(d) コンクリート設計基準強度と柱主筋鋼種の組合せ

2018年版柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編では、文献6)の実験に供した柱主筋鋼種をSD390としていたので、柱主筋鋼種SD295～SD390、コンクリートの設計基準強度 21N/mm^2 以上かつ 60N/mm^2 以下とした。一方、2022年版では、AIJ鉄筋コンクリート柱鉄骨梁混合構造設計指針(2021年)¹⁾と同様、柱主筋鋼種をSD295～SD490している(SRC柱梁接合部編・表2.1参照)。

AIJ鉄筋コンクリート柱鉄骨梁混合構造設計指針(2021年)¹⁾の2.3節では、鉄筋鋼種SD295～SD490について、2.4節では、コンクリートの設計基準強度 24N/mm^2 以上かつ 60N/mm^2 以下とし、本編4.2節の柱主筋必要定着長さと同様、文献6)の実験を引用した上で、6.3節で最上階柱梁接合部における柱主筋必要定着を規定している。

これらより、AIJ鉄筋コンクリート柱鉄骨梁混合構造設計指針(2021年)6.3節と同様、2022年版では、2章「材料」(1)でコンクリート設計基準強度と柱主筋鋼種の組合せを規定した上で、4.2節で柱主筋必要定着長さを規定している。

(2) 柱RC梁S接合部および柱SRC梁S接合部の目標性能の検証

(a) T形・柱RC梁S接合部試験体の検証

検討対象のT形接合部試験体の柱主筋定着方法と破壊形式を解表4.1、 $R_{80} - l_{ac}/l_{ab}$ 関係を解図4.4に示す。 R_{80} は最大耐力の80%耐力低下時の限界層間変形角実験値である。

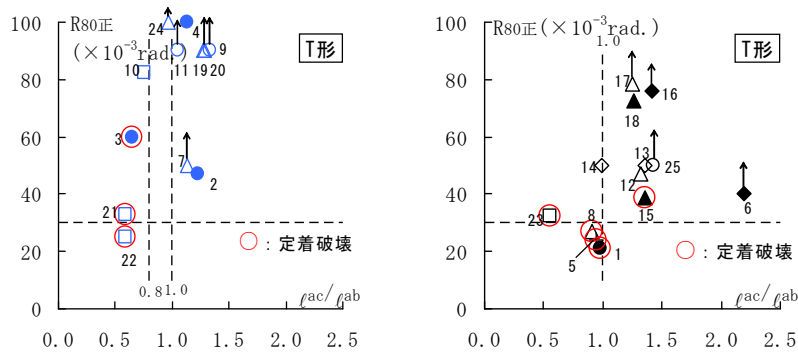
解図4.4によると、 $l_{ac}/l_{ab} \geq 1$ の時、 $R_{80} \geq 3/100$ の試験体は、ふさぎ板形式の場合、定着金物(通しNo.2, No.4)、ナット定着(通しNo.7, No.19, No.20, No.24)、せん断補強筋形式の場合、□形プレート(P1)形式および2分割プレート(P2)形式の(通しNo.6, No.13, No.14, No.16)である。せん断補強筋形式の場合、 $l_{ac}/l_{ab} \approx 1$ の定着金物(通しNo.1)、ナット定着(通しNo.8)の R_{80} は $3/100$ を下回った。

解表 4.1 検討対象T形接合部試験体の
柱主筋定着形式と破壊形式

補強形式	柱主筋定着方法	破壊形式					凡例	文献
		柱	梁	接	定	計		
補強筋	直線定着(S)	0	0	0	1	1	□	T(11)
	全フック(H1)	1	0	0	0	1	○	T(13)
	隅筋フック(H2)	1	0	0	1	2	▲	T(8), T(9)
	ナット定着(N)	2	0	0	1	3	△	T(5), T(7), T(9)
	機械式定着(M)	0	0	0	1	1	●	T(1)
	□形プレート(P1)	2	0	0	0	2	◆	T(4), T(8)
	2分割プレート(P2)	2	0	0	0	2	◇	T(7)
	4分割プレート(P3)	0	0	0	1	1	+	T(3)
	合計	8	0	0	5	13		
ふさぎ板	直線定着(S)	1	0	0	2	3	□	T(6), T(11)
	全フック(H1)	2	0	0	0	2	○	T(6)
	ナット定着(N)	4	0	0	0	4	△	T(5), T(10), T(12)
	機械式定着(M)	2	0	0	1	3	●	T(1), T(2)
		合計	9	0	0	3	12	

【破壊形式】柱：柱曲げ破壊型、梁：梁曲げ破壊型、接：接合部せん断破壊型、定：柱主筋定着破壊型

(注) 図中の数値は、試験体の通し No. を示す。



(a) ふさぎ板形式 (b) せん断補強筋形式
解図 4.4 T形・柱 RC 梁 S 接合部試験体の R80-lac/lab 関係

(b) L形・柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部試験体の検証結果

文献6)と文献L(1),L(2)の実験によるL形接合部試験体の柱主筋定着方法と破壊形式を解表 4.2、R80-lac/lab 関係を解図 4.5 に示す。

同図によると、lac/lab ≥ 1 の時、柱 RC 梁 S 接合部の場合、ふさぎ板形式では、定着金物試験体 (DL1-H-A, DL2-H-A) ⁶⁾でも、R80 ≥ 3/100 を満足する。

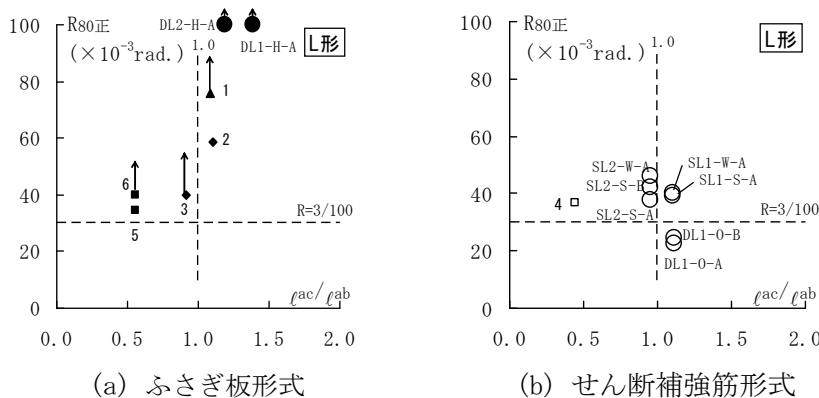
せん断補強筋形式試験体では、lac/lab ≒ 1 の定着金物試験体 (DL1-0-A, B) ⁶⁾の R80 は、3/100 を下回った。ただし、柱 SRC 梁 S 接合部の場合、せん断補強筋形式でも、lac/lab ≥ 1 の定着金物試験体 (SL1-S-A, SL1-W-A) ⁶⁾の R80 は 3/100 以上となる。

また、lac/lab < 1 の SL2-S-A, B, SL2-W-A の R80 は 3/100 以上となった。これは、柱 SRC 梁 S 接合部では、柱主筋定着長さよりも、内蔵柱鉄骨の効果が卓越するためであると考えられる。

解表 4.2 検討対象 L 形接合部試験体の柱主筋定着形式と破壊形式

補強形式	柱主筋定着方法	破壊形式					文献	凡例	
		柱	梁	接	定	計		L(1,2)	本実験
補強筋	直線(S)	0	0	0	1	1	L(2)	□	
	機械式定着(M)	0	0	0	7	7	RCS, SRCS		○
合計		0	0	0	1	8			
ふさぎ板	直線(S)	0	1	0	1	2	L(2)	■	
	全フック(H1)	1	0	1	0	2	L(1)	◆	
	隅筋フック(H2)	0	1	0	0	1	L(1)	▲	
	機械式定着(M)	2	0	0	0	2	RCS		●
合計		1	2	1	1	7			

【破壊形式】柱：柱曲げ破壊型、梁：梁曲げ破壊型、接：接合部せん断破壊型、定：柱主筋定着破壊型
(注) 文献 RCS, SRCS は、文献 6) を指す。



(注) 図中の数値は、文献 L(1), L(2) の試験体の通し No. を示す。

(a) ふさぎ板形式 (b) せん断補強筋形式
解図 4.5 L形・柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部試験体の R80-lac/lab 関係 (正加力)

(3) 柱 RC 梁 S 接合部の口形プレート併用せん断補強筋形式

(a) 口形プレートの設計条件

梁鉄骨上フランジ上面を跨ぐ口形プレートの場合、図 4.2 に示すように、引張側柱主筋の引張力によって、梁鉄骨上フランジで支持された口形プレート付け根に曲げモーメントが生じ、口形プレート隅角部(交差部)にねじりモーメントが生じる。柱断面隅角部 1 箇所配置される柱主筋に引張力 T_1, T_2 が生じるとし、以下の仮定を設けると、口形プレートの柱断面隅角部 1 箇所あたりの終局時せん断力 Q_{mu} は、式(4.3)の第 2 式で求められる。

- ① 柱隅筋中心から有効長さ L_e だけ柱中央側に入った箇所では、口形プレート下面のコンクリートからの支圧反力は発生し、それより外側では、支圧反力は発生しない。
- ② T_1 側と T_2 側の柱主筋はともに引張降伏する。
- ③ H 形鋼フランジ先端から $L_r - L_e$ の位置で、口形プレートの曲げモーメントは全塑性モーメント M_p に達し、 L_r (柱隅筋中心) の位置で、直交方向の口形プレートから伝達されるねじりモーメントが降伏ねじりモーメント M_t に達する。

せん断補強筋形式で、機械式定着工法による実験⁶⁾の場合、柱主筋定着長さ l_{ac} を必要定着長さ l_{ab} と同程度とすることで、解図 4.1 に示すように、柱曲げ終局耐力時柱主筋引張力と同程度の定着耐力が確保されるが、設計で保証すべき柱曲げ降伏後の変形性能は確保されない。変形性能確保のためには、せん断補強筋形式の実験で確認できた定着耐力の「 $\gamma_p = (\sigma_y / \sigma_{yo}) - 1$ 」倍以上の付加耐力を口形プレートの曲げ抵抗で確保する必要がある。 γ_p は引張力有効係数、 σ_y 、 σ_{yo} は柱主筋の上限強度算定用材料強度および規格降伏点である (SABTEC 設計指針・解表 5.1 参照)。

これらより、口形プレートの柱断面隅角部 1 箇所あたりの終局時せん断力 Q_{mu} は、式(4.3)に示すように、全柱隅筋の終局時引張力 T_{py} 以上としなければならない。式(4.3)の第 2 式と第 3 式を等値すると、基準有効長さ L_{eo} および基準有効長さ係数 α_{po} が下式で求まる。

$$L_{eo} = 2(M_p + M_t) / (\gamma_p \cdot T_{ry0}) \quad (\text{解 4.1})$$

$$\alpha_{po} = L_{eo} / L_r \quad (\text{解 4.2})$$

文献 2), 3) の実験について算出した基準有効長さ係数 α_{po} を解表 4.3 に示す。最小の α_{po} は 0.16 であるので、安全側の値として、式(4.4)中の有効長さ係数 α_p を「0.2」とした。

解表 4.3 既往実験より算出した基準有効長さ係数 α_{po}

	試験体	柱主筋					口形プレート						
		配筋	σ_{ryo} (N/mm ²)	γ_p	T_{ry0} (kN)	L_r (mm)	B_p (mm)	t_p (mm)	σ_{sy} (N/mm ²)	M_p (kN・mm)	M_t (kN・mm)	L_{eo} (mm)	α_{po}
文献2)	No. 12	3-D16	390	0.25	233	96	50	16	264	844.8	650	51	0.54
文献3)	NU2	3-D16	390	0.25	233	100	50	9	264	267.3	206	16	0.16

(注) $L_{eo} = 2(M_p + M_t) / (\gamma_p \cdot T_{ry0})$ 、 $\alpha_{po} = L_{eo} / L_r$

【□形プレートの計算例】

下記の仕様について、式(4.3)による□形プレートの検討結果を解表 4.4 に示す。
 (柱主筋) 柱断面隅角部 1 箇所当たりの全柱隅筋本数： 3 本、 鋼種： SD390
 呼び名： D25, D29, D32, D35, D38, D41、柱隅筋位置： $L_r=5.5db$
 (□形プレート) 鋼種： SS400, SN490、 $B_p=4db$ 、 db ：柱主筋直径(呼び名の値)

解表 4.4 □形プレートの計算例

	柱主筋					□形プレート						
	配筋	σ_{ryo} (N/mm^2)	L_r (mm)	T_{ryo} (kN)	T_{py} (kN)	B_p (mm)	t_p (mm)	σ_{sy} (N/mm^2)	M_p ($kN\cdot mm$)	M_t ($kN\cdot mm$)	Q_{mu} (kN)	Q_{mu}/T_{py}
SS 400	3-D25	390	138	593	74	100	16	264	1690	1301	109	1.47
	3-D29	390	160	751	94	116	16	264	1960	1509	109	1.16
	3-D32	390	176	929	116	128	19	264	3050	2348	153	1.32
	3-D35	390	193	1120	140	140	19	264	3336	2568	153	1.10
	3-D38	390	209	1334	167	152	22	264	4855	3738	206	1.23
	3-D41	390	226	1568	196	164	22	264	5239	4033	206	1.05
SN 490	3-D25	390	138	593	74	100	12	357.5	1287	991	83	1.12
	3-D29	390	160	751	94	116	16	357.5	2654	2043	147	1.57
	3-D32	390	176	929	116	128	16	357.5	2929	2254	147	1.27
	3-D35	390	193	1120	140	140	19	357.5	4517	3477	208	1.48
	3-D38	390	209	1334	167	152	19	357.5	4904	3775	208	1.25
	3-D41	390	226	1568	196	164	22	357.5	7094	5461	278	1.42

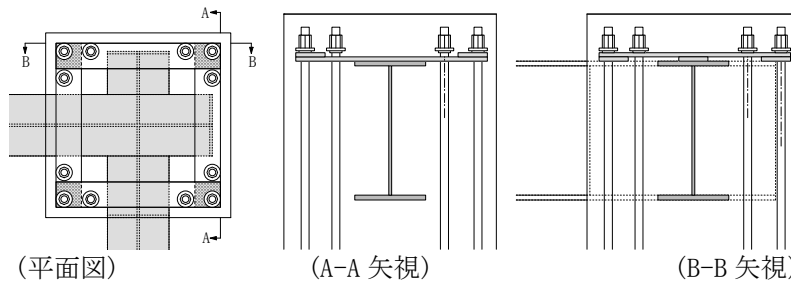
1) $L_e = \alpha_p \cdot L_r$ 、 $\alpha_p = 0.2$ 、 $B_p = 4db$ 、 $L_r = 5.5db$ 、 db ：柱主筋直径(呼び名の値)
 2) □形プレート鋼種：SS400, SN490、柱主筋鋼種：SD390 ($\gamma_p = 0.25$)

(b) □形プレートと柱主筋定着部との納まり

文献 2)～5)の実験では、柱断面が $450mm \times 450mm$ または $400mm \times 400mm$ に対して、□形プレートの厚さ t_p は 6mm、9mm、16mm、幅 B_p は柱主筋直径の 3 倍程度としている。これらより、□形プレートの厚さ t_p は 12mm 以上、幅 B_p は $3db$ 以上とした。 db は柱主筋呼び名の値を示す。

柱主筋中心から□形プレートの外面までの距離を $1.25db$ とすれば、□形プレートと定着板の外面がほぼ一致する。解図 4.6 に示すように、柱主筋定着長さ l_{ac} が梁鉄骨せいを超える場合、梁鉄骨上フランジ上部にライナープレート挿入するなどの措置を講じればよい。

一方、□形プレートを 1 枚の鋼板より切り出すと、加工費用が嵩む場合、解図 4.6 に示すように、□形プレートを 4 枚の帯鋼板を組み合わせて製作すればよい。ただし、この場合、帯鋼板同士の交差部では、ねじり抵抗を期待できないので、式(4.3)中の降伏ねじりモーメント M_t を「0」とし、□形プレートを設計しなければならない。

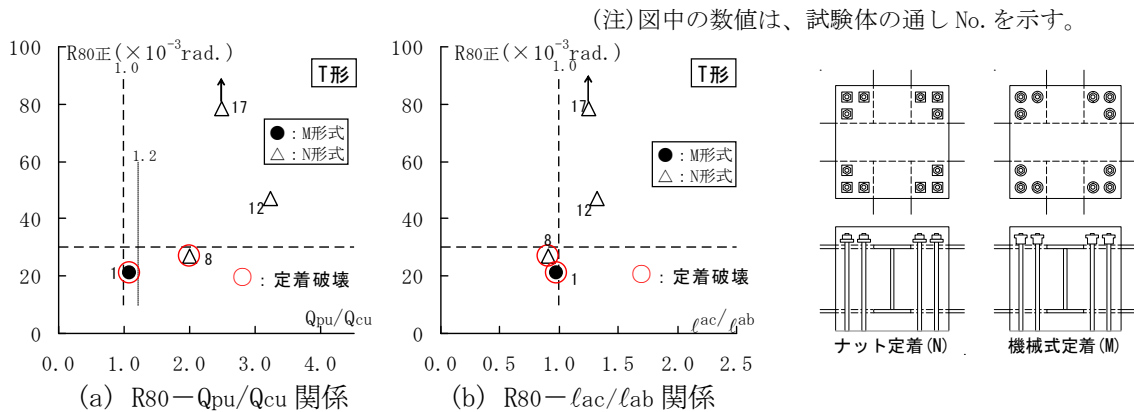


解図 4.6 4 枚の帯鋼板を組み合わせた□形プレート

(c) せん断補強筋形式・柱 RC 梁 S 接合部の特例

文献 T(1)～T(13)の実験によると、せん断補強筋形式で定着金物(M形式)と類似したナット(N形式)でも、解図 4.7 に示すように、 $l_{ac}/l_{ab} \geq 1.3$ 程度、 $l_{ac} \geq 25db$ かつ $Q_{pu}/Q_{cu} \geq 2$ 程度の場合、柱主筋は定着破壊を起こさず、 $R_{80} \geq 3/100$ の変形性能が確保される(解表 4.1 参照)。この場合、せん断補強筋形式の柱 RC 梁 S 接合部でも、定着金物を用いた機械式定着としてもよい。

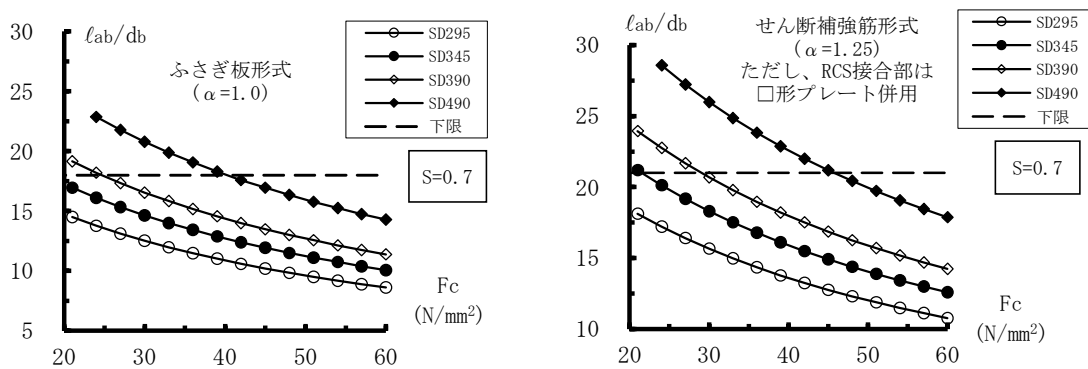
Q_{cu} : 柱曲げ終局耐力時柱せん断力、 Q_{pu} : 接合部せん断終局耐力時柱せん断力



解図 4.7 せん断補強筋形式の柱 RC 梁 S 接合部による機械式定着(M)およびナット定着(N)

(4) 柱主筋必要定着長さ比の算定例

柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部の式(4.1)と式(4.2)の柱主筋必要定着長さ比(l_{ab}/db)—コンクリート設計基準強度 F_c 関係を解図 4.8 に示す。同図の(l_{ab}/db)は、柱主筋鋼種 SD295～SD390、 $F_c \geq 21N/mm^2$ の場合、式(4.1)のふさぎ板形式では 18 以上、式(4.2)のせん断補強筋形式では 21 以上とし、柱主筋鋼種 SD490 の場合、ふさぎ板形式では、 $F_c=24N/mm^2$ の時には(l_{ab}/db)=23、せん断補強筋形式では、 $F_c=24N/mm^2$ の時には(l_{ab}/db)=29 になる。



(a) ふさぎ板形式の場合

(b) せん断補強筋形式の場合

解図 4.8 柱主筋必要定着長さ比(l_{ab}/db)—コンクリート設計基準強度 F_c 関係

5章 各部構造規定

5.1 梁鉄骨およびふさぎ板

(1) 梁鉄骨

- 1) 梁鉄骨は、XY 方向ともに、原則として、柱梁接合部内を貫通させ、ふさぎ板形式では、梁鉄骨先端部とふさぎ板を溶接し、せん断補強筋形式では、L 形接合部内の梁鉄骨先端部は、せん断補強筋の内側に配置する。
- 2) T 形接合部内および L 形接合部内の梁鉄骨柱面には、原則として、梁鉄骨ウェブの厚さ以上の支圧板を溶接する。

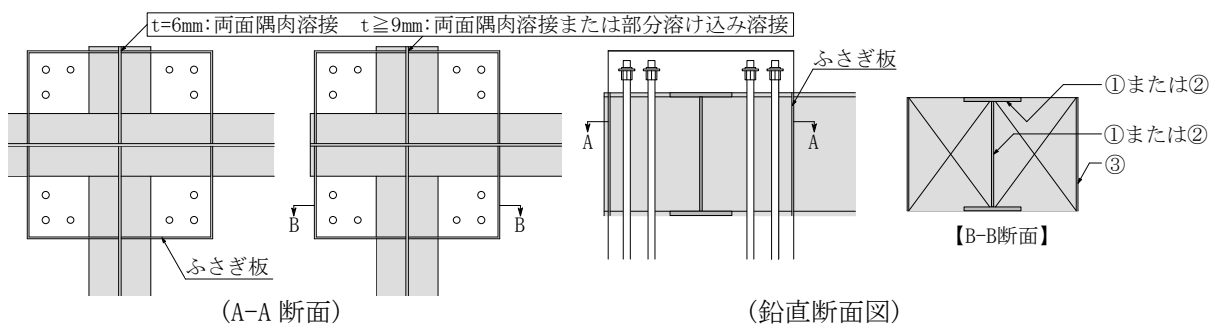
(2) ふさぎ板

- 1) ふさぎ板の厚さは 6mm 以上、かつ、柱せい D_c の $1/125$ 以上とする。
- 2) ふさぎ板と梁鉄骨との接合は、ふさぎ板の厚さが 6mm の場合、両面隅肉溶接とし、9mm 以上の場合、両面隅肉溶接または部分溶け込み溶接とする。

【解説】

(1) 鉄骨梁とふさぎ板との標準接合詳細

解図 5.1 の鉄骨梁とふさぎ板との標準接合詳細では、③コーナー部の溶接は突き合せ溶接としている。ただし、JASS 6(鉄骨工事技術指針・工場製作編、4.12 曲げ加工)による場合、ふさぎ板を折曲げ加工としてもよい。



①隅肉溶接		②部分溶け込み溶接		③コーナー部(突き合せ溶接)			
$(t \leq 16)$		$(12 \leq t \leq 19)$	$(16 \leq t \leq 19)$	$(t=6)$		$(6 < t \leq 19)$	
両面溶接		片面溶接	両面溶接	裏板あり	裏板なし	裏板あり	裏板なし
サイズ							
$\begin{matrix} t & 6 & 9 & 12 & 16 \\ s & 5 & 7 & 9 & 12 \end{matrix}$	$\begin{matrix} t & 12 & 16 & 19 \\ D & 10 & 11 & 12 \end{matrix}$	$D1 = (t-2)/2$ $D2 = (t-2)/2$		$G = t$			
		$t/4 \leq s \leq 10$		$t/4 \leq s \leq 10$			

(単位:mm)

解図 5.1 梁鉄骨とふさぎ板との標準接合詳細

(2) ふさぎ板の厚さ

ふさぎ板形式の T 形接合部実験 (柱断面 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 、ふさぎ板厚さ $t=3.2\text{mm}$ の T 形接合部・通し No. 2 試験体^{T(1)}) を基に、ふさぎ板厚さ比 (t/D_c) は $(1/125)$ 以上とした。

5.2 SRC 柱内蔵鉄骨および接合部せん断補強筋

(1) SRC 柱内蔵鉄骨

SRC 柱内蔵鉄骨は、式(5.1)の強軸方向・短期許容曲げ耐力比 $sCMA/sBMA$ を満足する広幅型 H 形鋼を基本とする。

$$sCMA/sBMA \geq 0.2 \quad (5.1)$$

ここに、 $sCMA$ ：SRC 柱内蔵鉄骨の強軸方向・短期許容曲げモーメント

$sBMA$ ：梁鉄骨の短期許容曲げモーメント

(2) 接合部せん断補強筋

1) 接合部せん断補強筋は、原則として、フレア溶接・閉鎖型とする。ただし、フレア溶接・閉鎖型と同等の接合部せん断耐力を有するせん断補強筋であれば用いてもよい。

2) 接合部せん断補強筋の鋼種は SD295～SD490、呼び名は D10～D16 とし、式(5.2)のせん断補強筋比 p_{jwh} は 0.2%以上とする。

$$p_{jwh} = n_w \cdot a_w / (B_c \cdot D_{sg}) \quad (5.2)$$

a_w , n_w ：せん断補強筋 1 組の断面積および梁鉄骨せい D_{sg} 区間内の組数、 B_c ：柱幅

3) 梁鉄骨ウェブのせん断補強筋貫通孔の断面欠損(孔径および個数)は、日本建築学会「鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」7 条 6. 柱梁接合部の解説に示された条件を満足しなければならない(【SRC 柱梁接合部編】4 章 参照)。

【解説】

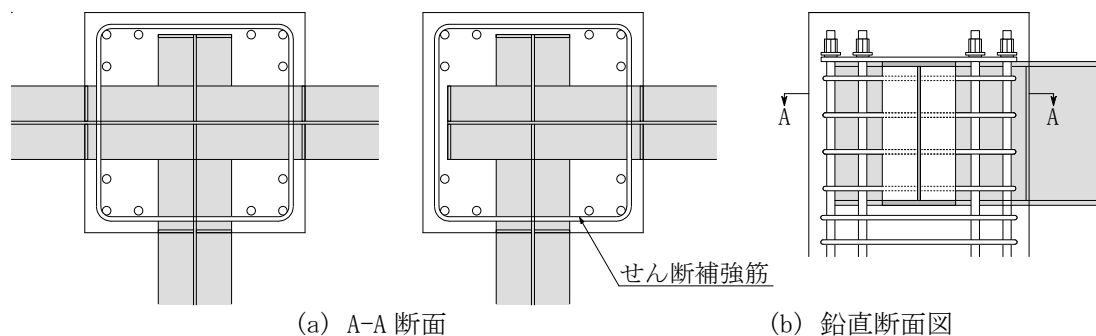
(1) SRC 柱内蔵鉄骨の強軸方向・鉄骨柱梁曲げ耐力比 $sCMA/sBMA$

柱 SRC 梁 S 接合部実験⁶⁾では、解図 4.2 に示すように、SRC 柱内蔵鉄骨による柱主筋定着破壊遅延効果によって、強軸、弱軸方向ともに、最大耐力実験値は柱 RC 梁 S 接合部試験体よりも向上し、変形性能が $R_{80} \geq 3/100$ となり、式(5.1)の鉄骨柱梁曲げ耐力比 $sCMA/sBMA$ を規定した。

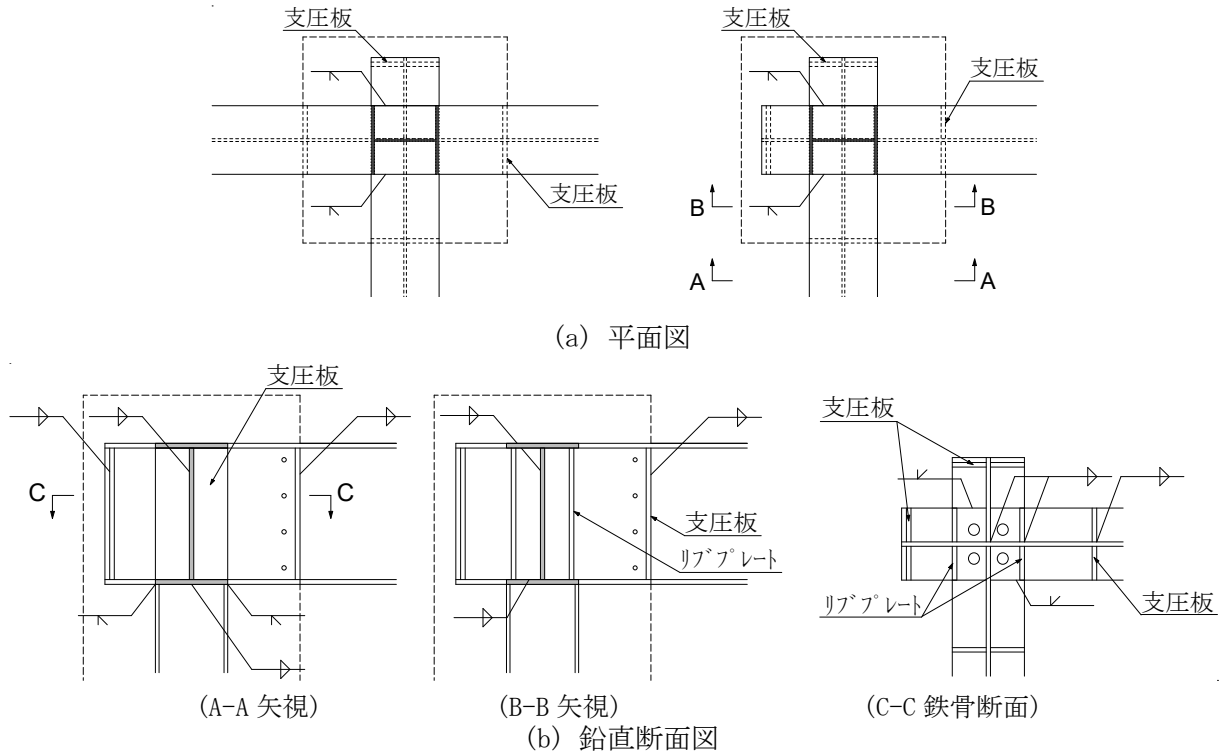
同実験では、広幅型 H 形鋼を SRC 柱内蔵鉄骨とし、強軸および弱軸方向の鉄骨柱梁曲げ耐力比 $sCMA/sBMA$ は、0.17～0.18 および 0.08 としている。

(2) 接合部せん断補強筋の標準配筋詳細および柱 SRC 梁 S 接合部の標準鉄骨詳細

接合部せん断補強筋の標準配筋詳細を解図 5.2、柱 SRC 梁 S 接合部の標準鉄骨詳細を解図 5.3 に示す。接合部せん断補強筋比の最小値は、文献 6) の実験を基に定めた。



解図 5.2 接合部せん断補強筋の標準配筋詳細



解図 5.3 柱 SRC 梁 S 接合部の標準鉄骨詳細

(3) 梁鉄骨ウェブのせん断補強筋貫通孔

日本建築学会「鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針」2.7節の解説(7)によると、梁鉄骨ウェブのせん断補強筋貫通孔は、式(解 5.1)を満足しなければならない。ただし、貫通孔による断面欠損を考慮した塑性断面係数比 Z_{pn}/Z_{po} は、概ね 80%以上とすることが望ましい(日本建築学会「鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」7条 6. 柱梁接合部の解説 参照)。

$$Z_{pn}/Z_{po} \geq Y \cdot \nu \quad (\text{解 5.1})$$

ここに、 Z_{pn} ：貫通孔による断面欠損を考慮した塑性断面係数

Z_{po} ：梁鉄骨全断面の塑性断面係数

Y ：鋼材の降伏比で、SN400, SS400, SM400 級の鋼材では 0.59、SN490, SM490 級の鋼材では 0.66 とする。

ν ：材料強度のばらつきなどを考慮した安全率で、SN400, SS400, SM400 級の鋼材では 1.2、その他の鋼材では 1.1 とする。

(4) 被覆型角形鋼管 SRC 柱とした柱 SRC 梁 S 接合部

解図 5.4 の被覆型角形鋼管 SRC 柱とした柱 SRC 梁 S 接合部は、構造規定 1), 2) を満足する場合、ふさぎ板形式、せん断補強筋形式ともに、鉄骨根巻き柱脚編の根巻き柱主筋定着部に準拠し、機械式定着工法柱主筋定着部としてもよい。また、上階柱が角形鋼管柱の場合、下階柱を被覆型角形鋼管 SRC 柱とする場合も機械式定着工法柱主筋定着部とすることができる。

(構造規定)

- 1) 角形鋼管柱の強軸方向・短期許容曲げ耐力比 s_{CMA}/s_{BMA} が 5.2 節(1)の式(5.1)を満足するとともに、鋼管柱の幅厚比は、幅厚比種別 FA ランクとする。
- 2) 接合部せん断補強筋は 5.2 節を満足し、かんざし筋および定着部拘束筋は 5.3 節を満足することとする。ただし、接合部せん断補強筋比 p_{jwh} は、SRC 計算規準 7 条「構造の細則」2.の式(7.1)に準じ、式(解 5.2)で算定する。

$$p_{jwh} = n_h \cdot a_w / (B_c' \cdot D_{sg}) \quad (\text{解 5.2})$$

ここに、 $B_c' = B_c - B_s$: 被覆型鋼管コンクリートの有効幅、 B_c : SRC 柱幅、 B_s : 角形鋼管柱幅

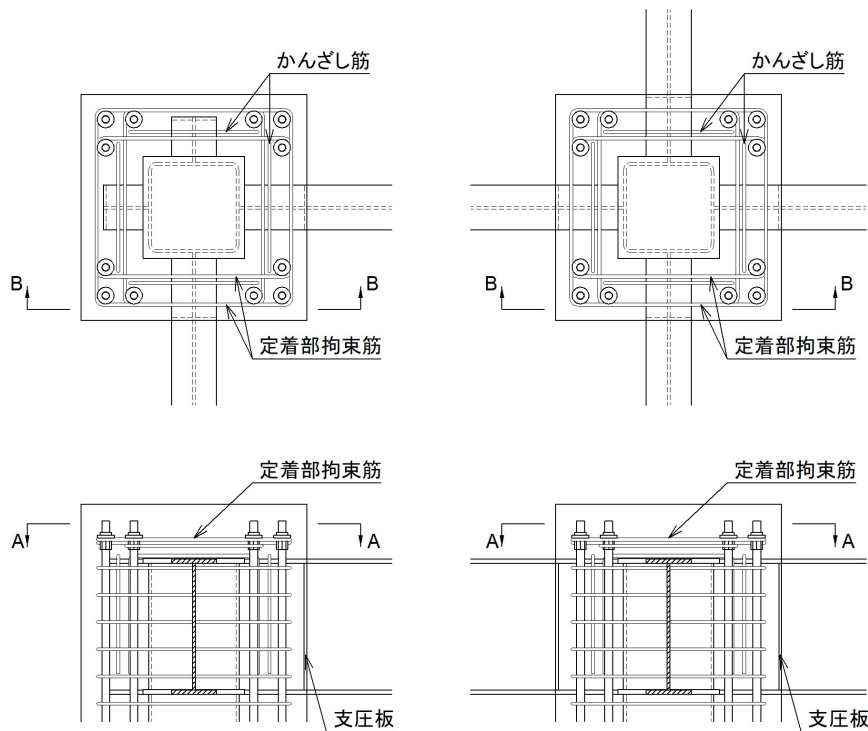
「解図 5.4 の被覆型角形鋼管 SRC 柱諸元」

SRC 柱断面 : 1000×1000mm、 角形鋼管 : 400×400×19mm (幅厚比種別 FA)

梁 H-600×200×12×20mm (幅厚比種別 FA)、「柱梁接合部」通しダイヤフラム $t=22\text{mm}$

接合部せん断補強筋 2-D13-5 組

$$p_{jwh} = n_h \cdot a_w / (B_c' \cdot D_{sg}) = 3 \times 2 \times 127 / \{(1000 - 400) \times 600\} = 0.21\% \geq 0.2\%$$



(a) L 形接合部

(b) T 形接合部

解図 5.4 被覆型角形鋼管柱 SRC 梁 S 接合部の配筋詳細

5.3 かんざし筋および定着部拘束筋

(1) かんざし筋

1) 梁鉄骨上フランジを跨ぐかんざし筋を1組以上配置する。

ただし、□形プレート併用の場合、かんざし筋を配置しなくてもよい。

2) 式(5.3)のかんざし筋比 p_{jw} を0.15%以上とし、足部全長を $30d$ 以上とする。

$$p_{jw} = \Sigma a_{jv} / (B_c \cdot D_c) \quad (5.3)$$

ここに、 Σa_{jv} : かんざし筋足部の全断面積、 B_c, D_c : 柱幅および柱せい
 d : かんざし筋呼び名の値

(2) 定着部拘束筋

ふさぎ板形式、せん断補強筋形式ともに、柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部の場合、式(5.4)を満足する1組以上の中子形式の定着部拘束筋を柱主筋定着金物周囲に配置する。

ただし、□形プレート併用せん断補強筋形式の場合、定着部拘束筋は配置しなくてもよい。

$$T_{Hy} \geq \gamma_H \cdot T_{cy}, \quad T_{Hy} = A_H \cdot \sigma_{Hy}, \quad T_{cy} = a_{ct} \cdot \sigma_{cy} / (c_{Qcu} / c_{Qgu}) \quad (5.4)$$

ここに、 T_{Hy} , A_H : 定着部拘束筋の全降伏引張力および全断面積

σ_{Hy} : 定着部拘束筋の降伏強度

ただし、定着部拘束筋の鋼種に係わらず、 $\sigma_{Hy} = 295 \text{ N/mm}^2$ とする。

T_{cy} : 柱梁耐力比 c_{Qcu} / c_{Qgu} を考慮した引張側柱主筋の降伏引張力

a_{ct} : 引張側柱主筋の全断面積、 σ_{cy} : 柱主筋の降伏強度 (規格降伏点とする。)

c_{Qcu} / c_{Qgu} : 柱梁耐力比

ただし、柱曲げ降伏先行型の T 形、L 形接合部の場合、 $c_{Qcu} / c_{Qgu} = 1.0$ とする。

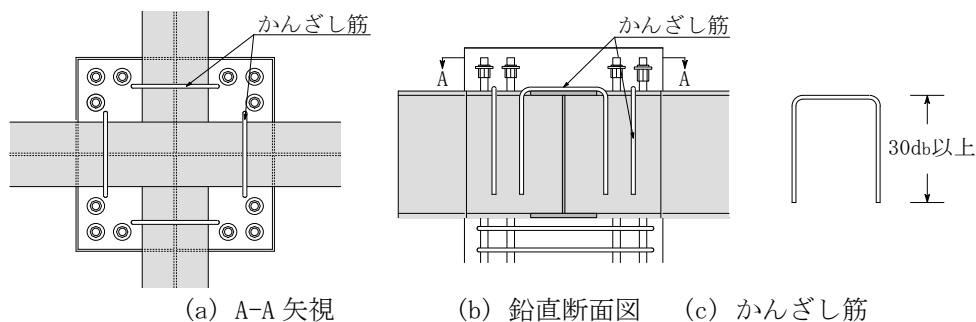
c_{Qcu} : 柱曲げ終局耐力時柱せん断力、 c_{Qgu} : 梁曲げ終局耐力時柱せん断力

γ_H : 定着部拘束筋の引張力伝達係数 ($\gamma_H = 0.15$ とする。)

【解説】

(1) かんざし筋の配筋詳細

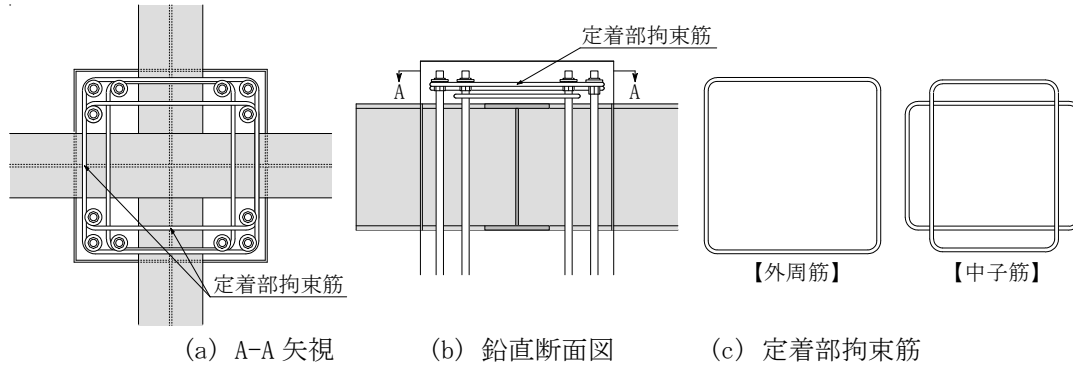
かんざし筋は、文献 6) の実験を基に規定した。かんざし筋の標準配筋詳細を解図 5.5 に示す。□形プレート併用の場合、図 4.1 に示すように、□形プレートで接合部コンクリートストラットの有効性を高めているので、かんざし筋を配置しなくてもよいとした。



解図 5.5 かんざし筋の標準配筋詳細

(2) 定着部拘束筋の配筋詳細

定着部拘束筋の標準配筋詳細を解図 5.6 に示す。ふさぎ板形式の場合、定着部拘束筋のひずみ実測値⁶⁾は、ふさぎ板の横拘束効果に起因してほとんど発現していない。ただし、定着部拘束筋は、ふさぎ板の場合も配置するとした。

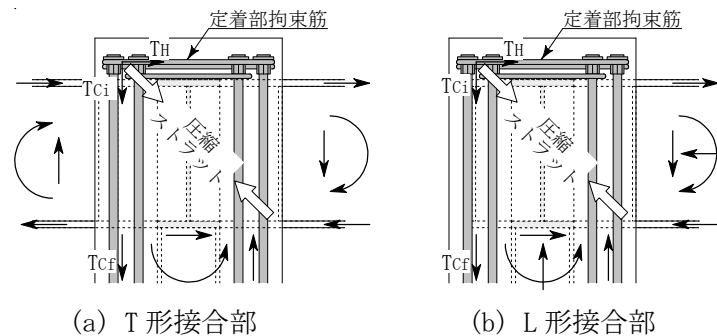


解図 5.6 定着部拘束筋の標準配筋詳細

(3) 定着部拘束筋の抵抗機構および引張力伝達率

T形、L形柱 RC 梁 S 接合部と SRC 梁 S 接合部について、解図 5.7 の抵抗機構を基に、式(5.4)による接合部実験⁶⁾の定着部拘束筋の引張力基準伝達係数 γ_{Ho} ($=T_{Hy}/T_{cy}$) を解表 5.1 に示す。

T_{Hy} は定着部拘束筋の全降伏引張力、 T_{cy} は引張側柱主筋の降伏引張力を示す。同表によると、定着部拘束筋が SD295 の場合、 $\gamma_{Ho}=0.13$ 、785N/mm² 級の場合、 $\gamma_{Ho}=0.27$ となる。



解図 5.7 柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部の抵抗機構

解表 5.1 定着部拘束筋の引張力基準伝達係数 γ_{Ho}

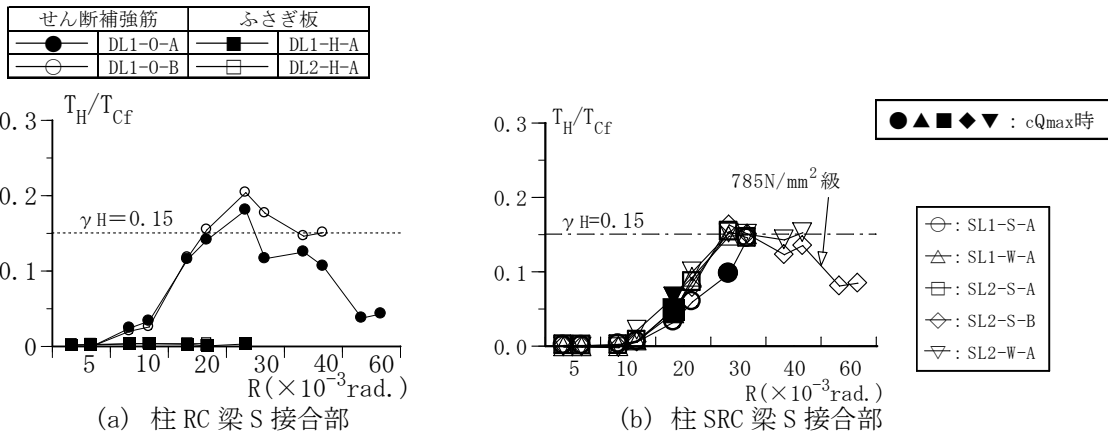
定着部 拘束筋 鋼種	引張側柱主筋				定着部拘束筋				γ_{Ho}
	配筋	a_{ct} (mm ²)	σ_{cy} (N/mm ²)	T_{cy} (kN)	配筋	A_H (mm ²)	σ_{Hy} (N/mm ²)	T_{Hy} (kN)	
SD295	6-D19	1722	449	773	4-D10	284	367	104	0.13
785級					4-S8	200	1040	208	0.27

(注) $\gamma_{Ho}=T_{Hy}/T_{cy}$

(4) L形柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部試験体の TH/Tcf の推移

L形柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部試験体の TH/Tcf の推移を解図 5.8 に示す⁶⁾。Tcf は柱頭部仕口面の引張側柱主筋の応力測定値 σ_c に全断面積 a_{ct} を乗じ、TH は定着部拘束筋の応力測定値 σ_H に全断面積 A_H を乗じて算出した全引張力である。引張側柱主筋全断面積 a_{ct} は、引張側の柱断面隅角部 2 箇所全柱主筋の断面積で、この検討では、引張側全柱主筋の本数は 3 本 \times 2=6 本であり、定着部拘束筋の全断面積 A_H は組数 \times 1 組の断面積として算出される。

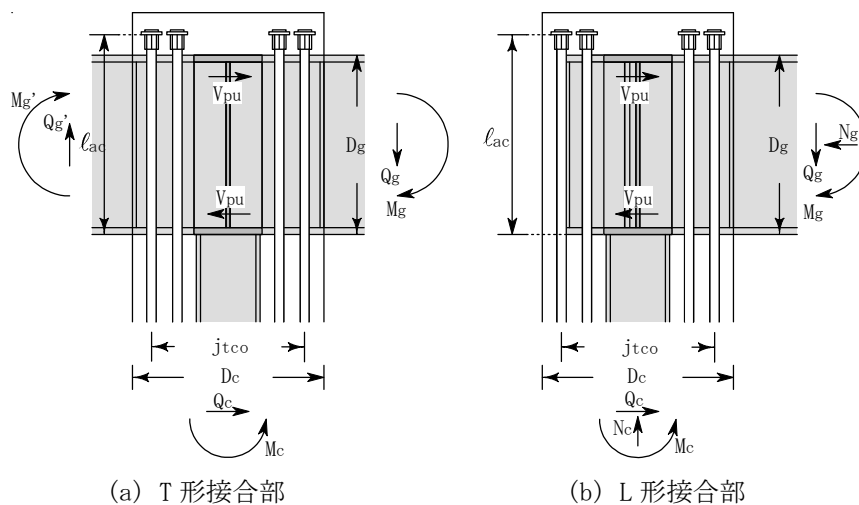
同図によると、せん断補強筋形式の柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部試験体では、いずれも柱頭部仕口面の柱主筋が降伏ひずみに達した後、TH/Tcf はほぼ 0.15 に達した。



解図 5.8 L形柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部試験体の TH/Tcf の推移

一方、接合部コンクリートストラットの水平成分は、ストラット角度によって変化する可能性がある(解図 5.9 参照)。文献 6) の実験では、解図 5.8(b) に示すように、柱主筋定着長さ l_{ac} を 24.6db (SL1-S-A, SL1-W-A) および 21.2db (SL2-S-A, B, SL2-W-A) としても、最大耐力時の TH/Tcf は大差なかった。また、4.2 節では、柱主筋定着長さ l_{ac} は 21db 以上としている。

これらより、5.3 節(2)では、ストラット角度に係わらず、式(5.4)中の定着部拘束筋の引張力伝達係数 $\gamma_H=0.15$ とした。



解図 5.9 柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部の各部諸元

(5) 定着部拘束筋に係わる構造規定

文献6)の実験では、柱 RC 梁 S 接合部、柱 SRC 梁 S 接合部ともに、定着部拘束筋が 785N/mm² 級の場合、最大耐力および変形性能は SD295 の試験体と同程度であり、定着部拘束筋のひずみ実測値は、鋼種に係わらず、SD295 の降伏ひずみ ϵ_y 以下であった。これらより、定着部拘束筋の降伏強度 σ_{Hy} は、鋼種に係わらず、295N/mm² とした。

一方、ふさぎ板形式の場合、解図 5.8(a)に示すように、柱 RC 梁 S 接合部試験体の T_H/T_{cf} はほぼ「0」であり、定着部拘束筋のひずみ実測値はほとんど発現しなかったので、5.2 節(3)では、 $D_c/125$ 以上のふさぎ板の場合、定着部拘束筋を配置しなくてもよいとした。

また、4.3 節で規定する□形プレート併用せん断補強筋形式の場合、定着部拘束筋を配置しなくてもよいとした。ただし、□形プレートの断面積は、柱主筋の貫通孔の断面積を考慮した値としなければならない。

【定着部拘束筋の計算例】

「計算条件」 柱主筋の鋼種：SD390、定着部拘束筋の鋼種：SD295

解表 5.2 定着部拘束筋の計算例

引張側柱主筋				定着部拘束筋				$T_H / \gamma H \cdot T_{cy}$
配筋	a_{ct} (mm ²)	σ_{cy} (N/mm ²)	T_{cy} (kN)	配筋	A_H (mm ²)	σ_{Hy} (N/mm ²)	T_H (kN)	
6-D25	3042	390	1186	4-D16	796	295	235	1.32
6-D29	3852		1502	4-D16	796		235	1.04
6-D32	4764		1858	6-D16	1194		352	1.26
6-D35	5742		2239	6-D16	1194		352	1.05
6-D38	6840		2668	8-D16	1592		470	1.17
6-D41	8040		3136	8-D19	2296		677	1.44

【柱 RC 梁 S 接合部・柱 SRC 梁 S 接合部関連の参考文献】

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計指針、2021 年
- 2) 楊柳、村田義行、藤本純一：柱 RC 梁 S からなる混合構造物の架構実験(その 3 T 字型架構実験)、日本建築学会大会梗概集、構造Ⅲ、pp. 1673-1674、1994.9 (文献 T(8))
- 3) 渡辺一弘：高強度材料を用いた柱 RC 梁 S 接合部に関する実験的研究、日本建築学会大会梗概集、構造Ⅲ、pp. 1197-1198、2008.9
- 4) 戸田建設(株)：戸田式柱 RC 梁 S 接合構法(T0-RCS) 構法—梁貫通型柱 RC 梁 S 接合構法—、建築技術性能証明評価概要報告書(GBRC 性能証明第 08-08 号)、2008 年 7 月 1 日
- 5) 太田行孝、清水隆、和泉信之、菊田繁美ほか 4 名：プレキャスト鉄筋コンクリート造の T 形部分架構に関する実験研究、日本建築学会大会梗概集、構造Ⅳ、pp. 167-168、2008.9
- 6) 益尾潔、田川浩之、市岡友香子、足立将人：機械式定着による最上階 L 形柱 RC 梁 S 接合部および柱 SRC 梁 S 接合部の終局耐力に関する設計条件、日本建築学会構造系論文集、第 78 巻、第 689 号、pp. 1281-1288、2013 年 7 月

【T 形接合部実験の参考文献】

- T(1) 樋渡健、竹内健一、井上重信、小田初次、飯塚信一、中岡章郎、堂下航：高強度材料を用いた柱 RC 梁 S ハイブリッド構法に関する実験的研究、日本建築学会大会梗概集、構造 C-1、pp. 1301-1304、2010.9
- T(2) 塩崎裕也、堀信輔、荒金直樹、足立将人：柱 RC 梁 S 混合構造架構の構造性能(その 2：T 字形接合部実験の概要)、日本建築学会大会梗概集、構造 C-1、pp. 1111-1112、2009.8
- T(3) 鴨下直樹、石橋一彦、渡辺一弘、黒沢明、菊川和俊、中嶋 和子：柱鉄筋コンクリート造、梁鉄骨造の接合部に関する研究(その 24 T 字型架構の実験)、日本建築学会大会梗概集、構造 C-1、pp. 1039-1040、1997.9
- T(4) 渡邊一弘：高強度材料を用いた柱 RC 梁 S 接合部に関する実験的研究、日本建築学会大会梗概集、構造 C-1、pp. 1197-1198、2008.9
- T(5) 富永博夫、村井義則、高瀬雄一、坂口昇、小川雄一郎、友永久雄：鉄筋コンクリート柱と鉄骨梁で構成される(RCSS 構法)の耐力および変形性能(その 1~3)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 1427-1432、1986.8
- T(6) 中江晃彦、安倍勇、早川邦夫、細矢博、平野晋、舟山勇司：柱 RC、梁 S から成る構造物の部分架構実験(その 3)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 1879-1880、1992.8
- T(7) 勝倉靖、成原弘之、飯島昭治、佐藤竜生：簡易な仕口による柱 RC 梁 S 複合構造の実験(その 3)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 1847-1848、1993.9
- T(8) 楊柳、村田義行、藤本純一：柱 RC 梁 S から成る混合構造物の架構実験(その 3)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 1673-1674、1994.9
- T(9) 藤本利昭、宮野洋一、八ツ繁公一：柱 RC・梁 S で構成される架構の実験的研究(その 4)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 1687-1688、1994.9
- T(10) 早川邦夫、細矢博、中江晃彦、河野政典、野口聡：柱 RC、梁 S から成る構造物の部分架構実験(その 6)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 903-904、1995.8
- T(11) 磯雅人、小澤潤治、山本俊彦、豊嶋学：RC 柱・S 造はりで構成される合成架構に関する研究(その 4)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 945-946、1995.8
- T(12) 小澤潤治、青木雅秀、公塚正行、岩倉知行、吉田徳雄：RC 柱・S 造はりで構成される合成架構に関する研究(その 6)、日本建築学会大会梗概集、構造 C-1、pp. 1081-1082、1996.9
- T(13) 岩渕一徳、吉松賢二、坂尾恵司、浜田真：柱 RC・梁 S 混合構造の柱梁接合部に関する実験的研究(その 1)、日本建築学会大会梗概集、構造 C-1、pp. 1015-1016、1997.9

【L 形接合部実験の参考文献】

- L(1) 中江晃彦、安倍勇、早川邦夫、細矢博、平野晋、舟山勇司：柱 RC、梁 S から成る構造物の部分架構実験(その 4)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 1881-1882、1992.8
- L(2) 磯雅人、小澤潤治、山本俊彦、豊嶋学：RC 柱・S 造はりで構成される合成架構に関する研究(その 4)、日本建築学会大会梗概集、構造 C、pp. 945-946、1995.8

【鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編】

設計指針

目次

1章 適用範囲	設計 3-1
2章 材料	設計 3-4
3章 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の基本事項	設計 3-6
4章 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の設計	設計 3-11
4.1 アンカーボルト定着部	
4.2 基礎梁主筋定着部	
5章 柱型部せん断設計	設計 3-16
5.1 終局強度設計用せん断力の算定	
5.2 柱型部せん断終局耐力の算定	
5.3 柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量	
5.4 定着部拘束筋	
5.5 かんざし筋	
6章 柱型部配筋詳細設計例	設計 3-28
6.1 本編による検定計算の概要	
6.2 既製品露出柱脚の適用柱サイズおよび製品記号	
6.3 検討建物の検定計算例	
6.4 検討建物の柱型部配筋詳細図	
鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部関連の参考文献	設計 3-52
(付録1) 開発実験概要	設計 3-53
(付録2) 中段筋を有する基礎梁の曲げ終局耐力	設計 3-56
(付録3) 単純累加強度式による柱脚部全塑性モーメントの検討結果	設計 3-61
(付録4) 本編で用いた記号一覧	設計 3-62

1章 適用範囲

- 1) 本編は、SRC 柱梁接合部編 1 章「適用範囲」に記載の SABTEC 技術評価取得工法による鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の設計に適用する。
- 2) 鉄骨露出柱脚部は、本編の規定ならびに下記の①または②の規定を満足することを基本とする。
 - ① 技術基準解説書¹⁾および鋼構造接合部設計指針²⁾
 - ② 第三者機関の技術評価を取得した既製品露出柱脚の標準仕様
- 3) 本編に記載のない事項は、SABTEC 機械式定着工法 RC 構造設計指針(2022 年)基本設計編、応用設計編(以下、RC 構造設計指針と略記)に関連する章、ならびに関連法令および基・規準類による。

【解説】

(1) 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の研究開発の背景

鉄骨露出柱脚部は、技術基準解説書¹⁾および鋼構造接合部設計指針²⁾に基づいて設計されるか、第三者機関の技術評価を取得した既製品露出柱脚を用いて設計される。一方、露出柱脚部と組合せた基礎梁主筋定着部は、折曲げ定着とすると、鉄骨柱の大型化、基礎梁主筋の太径化に伴い、露出柱脚が埋め込まれる柱型部では、アンカーボルト、基礎梁主筋、柱型主筋、柱型横補強筋が輻輳し、施工が難しい。

これらより、(一社)建築構造技術支援機構は、機械式定着工法による露出柱脚・基礎梁主筋定着部の設計法の構築を目的とし、2014 年 12 月より、鉄骨柱脚部・基礎梁主筋定着研究会(委員長 三谷勲 神戸大学 名誉教授)として開発研究に着手し、同研究会参加会社への支援業務として 2015 年度実験および 2016 年度実験が行われた。

本開発実験は、技術基準解説書¹⁾および鋼構造接合部指針²⁾に基づき設計された露出柱脚部、ならびに第三者機関の技術評価を取得した既製品露出柱脚と組合せて用いる機械式基礎梁主筋定着部を想定した実験であり、本編の設計法は、同実験を基に構築されている。

(2) 本編の作成方針

本編は、1 章「適用範囲」、2 章「材料」、3 章「鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の基本事項」、4 章「鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の設計」、5 章「柱型部せん断設計」、6 章「柱型部配筋詳細設計例」からなる。

3 章では、開発実験を基に、鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の基本事項として、(1)本編の適用可能な露出柱脚部、(2)柱型部配筋詳細の構造規定、(3)柱型部せん断設計条件を示している。(2)柱型部配筋詳細の構造規定では、アンカーボルト、柱型主筋、柱型横補強筋、定着部拘束筋、基礎梁主筋定着部を規定している。4 章では、4.1 節でアンカーボルト定着部、4.2 節で基礎梁主筋定着部を規定し、5 章では、5.1 節～5.5 節で柱型部せん断設計に係わる規定を示している。

本編(2018 年)は、本編(2017 年)発刊後、主として、実物件での露出柱脚の検討結果を踏まえて改定されている。本編 3 章～5 章の検討項目一覧を表 1 に示す。また、本編(2022 年)では、SABTEC 機械式定着工法 RC 構造設計指針(2022 年)および SRC 柱梁接合部編(2022 年)との整合性を図っている。

表 1 本編 3 章～5 章の検討項目一覧

検討項目	検討内容	式番号
3章 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の基本事項		
(1) 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部設計の原則		
既製品露出柱脚部の規定を満足し、かつ、本編3章(2)、(3)の規定を満足すること		
(2) 柱型部配筋詳細の構造規定		
(a) アンカーボルト	① 定着長さ L_{ab} : (JIS適合アンカーボルト) $L_{ab} \geq 20d_a$ (既製品露出柱脚)既製品メーカー仕様による。	
	② アンカーボルト中心の側面かぶり厚さ C_{sa} : $4d_a$ 以上	
(b) 柱型主筋	① 柱型主筋本数 : 各辺3本以上、計8本以上	
	② 柱型主筋比 p_g : 0.6%以上	
	③ 柱型主筋全長 : (柱型主筋上端・定着金物付き) $30d$ 以上 (柱型主筋上端・直線定着) $40d$ 以上	
	④ 基礎梁下端筋(1段筋)中心からの柱型主筋突出長さ C_{Bot} : (柱型主筋下端・定着金物付きまたは 90° フック定着) $3d$ 以上 (柱型主筋下端・直線定着) $5d$ 以上	
	⑤ 柱型主筋中心のかぶり厚さ : $3d$ 以上	
	⑥ 定着金物のかぶり厚さ : JASS 5の設計かぶり厚さ以上	
(c) 柱型横補強筋	・柱型横補強筋比 p_{jwh} : 0.3%以上	
(d) 定着部拘束筋	・基礎梁下端筋(1段筋)中心から $3d$ 以内に、2組以上の外周筋または1組以上の中子筋併用の定着部拘束筋を配置する。	
(3) 柱型部せん断設計条件	$\lambda_p = \min(V_{puh}/V_{muh}, V_{puv}/V_{muv})$ または $\lambda_p = V_{puh}/V_{muh}$, $\lambda_p \geq 1.0$	式(3.2~3)
4章 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の設計		
4.1 アンカーボルト定着部		
引張側アンカーボルト 定着耐力 T_{au}	$T_{au} = \beta_c \cdot \{0.31\sqrt{F_c} \cdot b_e \cdot (L_{abo} + C_{sa}) + \gamma_c \cdot T_{ey}\}$ $T_{ey} = n_{ct} \cdot a_{ct} \cdot \sigma_{cy}$ $L_{abo} = \min(L_{ab}, D_c - C_{sa})$, $\beta_c = 0.6$, $\gamma_c = 0.7$	式(4.1)
	$T_{au} \geq \alpha_a \cdot \sum T_{ay}$, $\sum T_{ay} = (n_{at} + n_{an}/2) \cdot T_{ay}$, $\alpha_a = 1.2$	式(4.4)
圧縮応力の中立軸比 X_n/D_p	$X_n/D_p = \sum T_{ay} / (0.85F_c \cdot B_p \cdot D_p) \leq 0.25$	式(4.5)
柱型主筋の全降伏引張耐力 N_{cy}	$N_{cy} = \sum a_c \cdot \sigma_{cy} \geq N_{ay}$, $N_{ay} = \sum n_a \cdot T_{ay}$	式(4.6)
4.2 基礎梁主筋定着部		
	【基礎梁上端筋】機械式直線定着としてもよい。	
	【基礎梁下端筋】 (直接基礎) 基礎梁中段筋を配置することで、基礎梁上下主筋定着部の応力を緩和した場合には、機械式直線定着としてもよい。 (杭基礎) 杭頭補強筋の定着長さが柱型部下面から L_2 または L_{2h} 以上の場合、機械式直線定着としてもよい。	
	【基礎梁中段筋】 基礎梁中段筋は基礎梁上下端面から $D_g/3$ を除いた中央部に配置する。	
	① 定着長さ $\ell_{ag} \geq \max(\ell_{ao}, 16d_b, (D_c + j_{ta})/2)$ かつ $\ell_{ao} \leq 25d_b$	
	② j_{ta} 区間の基礎梁主筋定着部 : RC構造設計指針14.2節(2)、(3)	
	③ 基礎梁主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s : $3d_b$ 以上	
	④ 基礎梁主筋先端の定着金物各部のかぶり厚さ : JASS 5の規定	
5章 柱型部のせん断設計		
5.1 終局強度設計用せん断力の算定		
柱型部終局強度設計用せん断力 (L形柱型部の場合)	$V_{muh} = \xi_h \cdot Q_{cu}/2$, $V_{muv} = \xi_v \cdot Q_{cu}/2$	式(5.1.1)
	$Q_{cu} = \min(cQ_{cu}, cQ_{gu})$	式(5.1.2)
	$cQ_{cu} = 2 \min(M_{spo}, M_{ap}) / h_{ol}$	式(5.1.3)
	$M_{spo} = M_{sp} / (1 - 2L_{to}/h_{ol})$, $M_{ap} = \sum T_{ay} \cdot d_{ta}$	式(5.1.4, 5)
	$cQ_{gu} = \{2M_{gu} / (\eta_g \cdot \ell_o)\} \cdot (\ell/h_i)$, $\eta_g = 1(-+)(j_{tg}/\ell_o) \cdot (\ell/h_i)$	式(5.1.6)
	$\xi_h = (h/\ell) \cdot (\ell_o/j_{tg}) - 1$, $\xi_v = (h_{ol}/j_{tae}) - h_1/\ell$	式(5.1.8)
	$M_{gu} = (a_{gt} + a_{gn}/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot j_{tg}$, $M_{gu}' = (a_{gt}' + a_{gn}'/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot j_{tg}$	式(5.1.12)
5.2 柱型部せん断終局耐力 の算定	$V_{puh} = \kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_{jh} \cdot D_{jh}$, $V_{puv} = \kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_{jv} \cdot D_{jv}$	式(5.2.1)
	$F_j = 0.8F_c^{0.7}$, $b_{jh} = B_g + ba_1 + ba_2$, $b_{jv} = B_p + ba_1 + ba_2$ 【水平方向】(L形、ト形) $D_{jh} = \ell_{ag}$ (T形、十字形) $D_{jh} = D_c$ 【鉛直方向】(L形、T形) $D_{jv} = L_{ab}$	式(5.2.2~5)
5.3 柱型横補強筋量および 定着部拘束筋量	$\sum (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}) \geq \{(\phi_s \cdot R_{ud}/R_{80a}) - \alpha_{wo}\} \cdot F_c / \beta_w$	式(5.3.1)
	$\sum p_{jwh} = p_{jwh} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wyH} / \sigma_{wy}$	式(5.3.2)
5.4 定着部拘束筋	$T_{Hy} \geq \gamma_{Hg} \cdot T_{gy}$, $T_{Hy} = A_H \cdot \sigma_{wyH}$, $T_{gy} = a_{gt} \cdot \sigma_{gy}$, $\gamma_{Hg} = 0.1$	式(5.4.1~3)
5.5 かんざし筋	$p_{jvv} = \sum a_{jv} / (B_c \cdot D_c)$	式(5.5.1)

(注) 上表中の記号の定義は、(付録5)本編に用いた記号一覧および該当箇所の記載による。

(3) 関連法令および基・規準類

[日本建築学会]

- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2014年)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説(2005年)
- ・各種合成構造設計指針・同解説(2010年)
- ・鋼構造接合部設計指針(2021年)
- ・鋼構造許容応力度設計規準(2019年)
- ・鋼構造塑性設計指針(2017年)

[国土交通省国土技術政策総合研究所 国立研究開発法人建築研究所 監修]

- ・2020年版 建築物の構造関係技術基準解説書

2章 材料

(1) コンクリート

SRC 柱梁接合部編 2 章(1)による。

(2) 鉄筋

SRC 柱梁接合部編 2 章(2)による。

(3) 定着金物

SRC 柱梁接合部編 2 章(3)による。

(4) 鋼材

SRC 柱梁接合部編 2 章(4)による。

(5) アンカーボルト

アンカーボルトは、JIS B 1220(構造用両ねじアンカーボルトセット)に適合するアンカーボルト、および第三者機関の技術評価を取得した既製品露出柱脚アンカーボルトとする。

【解説】

(1) コンクリートおよび鉄筋の適用範囲

鋼構造接合部設計指針²⁾では、コンクリートおよび鉄筋は、日本建築学会「RC 構造計算規準・同解説(以下、RC 構造計算規準と略記)」3 条および 4 条によるとしている。しかし、鉄筋定着を規定する RC 構造計算規準 17 条では、露出柱脚の柱型部に接続する基礎梁主筋定着について言及していない。また、既製品露出柱脚の設計ハンドブックでは基礎梁主筋について規定していない。これらより、通常、露出柱脚の柱型部に接続する基礎梁主筋には SD390 までの鉄筋が用いられる。

一方、本編では、鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の開発実験ならびに SRC 造および RC 造柱梁接合部実験を基に、コンクリートおよび鉄筋は SRC 柱梁接合部編 2 章(1)と(2)によるとし、設計基準強度 F_c が 21N/mm^2 以上かつ 60N/mm^2 以下のコンクリートと SD490 までの鉄筋を適用範囲としている。

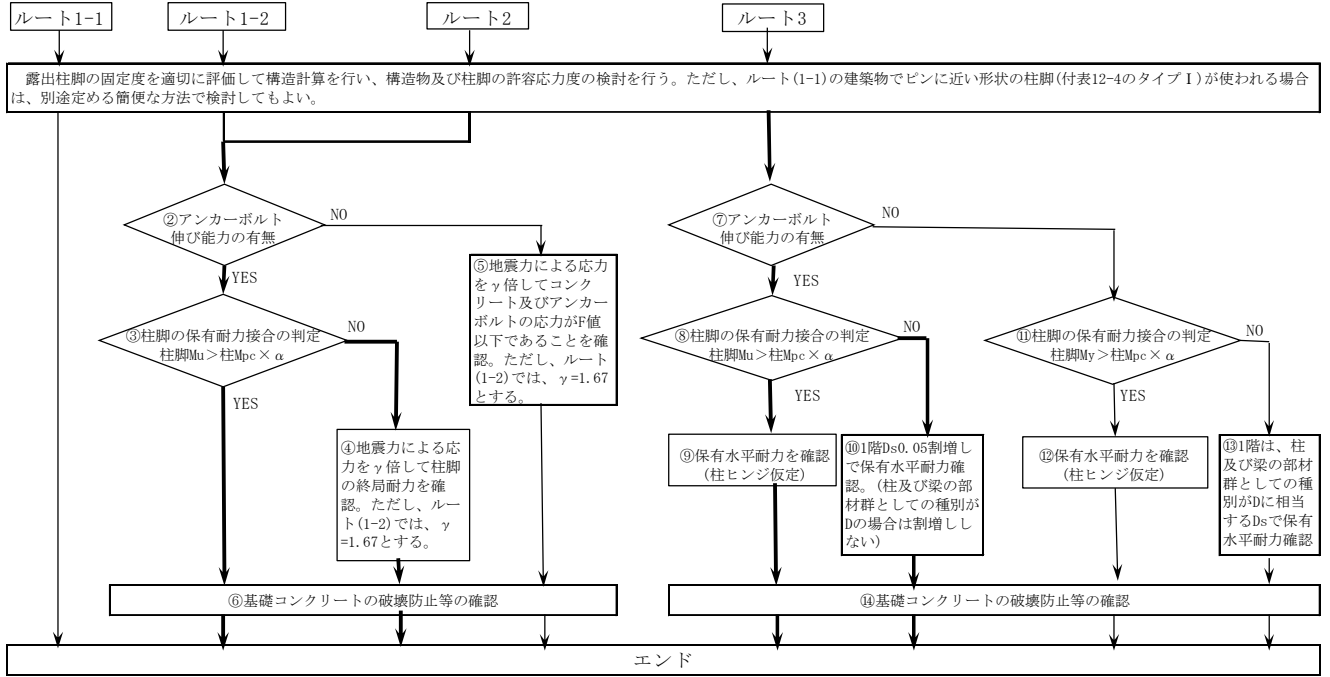
すなわち、本編によると、既製品露出柱脚と組み合わせ、設計基準強度 F_c が 21N/mm^2 以上かつ 60N/mm^2 以下のコンクリートを用い、SD490 の基礎梁主筋を柱型部内で機械式定着とすることができる。その結果、SD390 までの場合よりも、基礎梁主筋本数を減らすか、基礎梁主筋呼び名を小さくできるので、柱型部配筋の納まりの改善効果によって、鉄筋工事の施工性の大幅な向上が期待できる。

(2) アンカーボルトの適用範囲

本編では、伸び能力を有するアンカーボルトを用いることを基本としている。JIS B 1220 に適合するアンカーボルト(以下、JIS 適合アンカーボルトと略記)は、両端転造ねじと両端切削ねじで構成される。技術基準解説書¹⁾によると、解図 2.1 に示すように、露出柱脚を用いた鉄骨建物では、設計ルートごとに、アンカーボルトの伸び能力と露出柱脚の保有耐力接合に応じた判定条件が定められている。

本編による設計では、解図 2.1 中、フロー③とフロー⑧による露出柱脚の保有耐力接合の判定が”YES”の場合は 3 章、4 章、5.3 節～5.5 節、”NO”の場合は前記の規定のほかに 5.1 節と 5.2 節の規定を満足しなければならない。

(注) 太線：本編による露出柱脚の場合



解図 2.1 露出柱脚を用いた鉄骨建物の設計ルート別の設計フロー¹⁾

3章 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の基本事項

(1) 本編の適用可能な露出柱脚

本編の適用可能な露出柱脚は、設計ルート2または設計ルート3で設計された骨組に用いる柱型からの立上りを設けない露出柱脚とする。ただし、既製品露出柱脚の場合、既製品メーカー仕様を満足する柱型からの立上りは設けてもよい。

(2) 柱型部配筋詳細の構造規定

(a) アンカーボルト

1) アンカーボルト定着長さ L_{ab} :

(JIS 適合アンカーボルト) $L_{ab} \geq 20d_a$ 、 d_a : アンカーボルト軸部直径

(既製品露出柱脚アンカーボルト) 既製品メーカー仕様を満足するアンカーボルト定着長さ

2) 最外縁アンカーボルト中心からの柱型側面かぶり厚さ C_{sa} : $4d_a$ 以上

(b) 柱型主筋

1) 柱型主筋本数 : 各辺 3 本以上、計 8 本以上

2) 柱型主筋比 p_g : 0.6% 以上

$p_g = \Sigma a_c / (B_c \cdot D_c)$ 、 Σa_c : 柱型主筋全断面積、 B_c, D_c : 柱型幅とせい

3) 柱型主筋全長 :

(柱型主筋上端・定着金物付き) $30d$ 以上

(柱型主筋上端・直線定着) $40d$ 以上、 d : 柱型主筋呼び名の値

4) 基礎梁下端 1 段筋中心からの柱型主筋突出長さ C_{Bot} :

(柱型主筋下端・定着金物付きまたは 90° フック定着) $3d$ 以上、フックの余長 : $8d$ 以上

(柱型主筋下端・直線定着) $5d$ 以上

ただし、XY 方向ともに、基礎梁下端 1 段筋中心から $3d$ 以内に、2 組以上の外周筋または 1 組以上の中子筋併用の定着部拘束筋を配置する。

5) 柱型主筋のかぶり厚さ :

(柱型主筋中心からの側面かぶり厚さ) $3d$ 以上

(柱型上下面からの柱型主筋上下かぶり厚さ) JASS 5 の設計かぶり厚さ以上

6) 定着金物のかぶり厚さ : JASS 5 の設計かぶり厚さ以上

(c) 柱型横補強筋および定着部拘束筋

柱型横補強筋比 $p_{jwh} \geq 0.3\%$ の柱型横補強筋を基礎梁上下最外縁主筋間に配置し、5.4 節で規定する定着部拘束筋を基礎梁下端筋直下の柱型主筋定着部に配置する。

$$p_{jwh} = n_w \cdot a_{wh} / (B_c \cdot j_{tgo}) \quad (3.1)$$

n_w : j_{tgo} 区間内の柱型横補強筋の組数、 a_{wh} : 1 組の柱型横補強筋断面積

B_c : 柱型幅、 j_{tgo} : 基礎梁最外縁主筋の上下中心間距離

(d) 基礎梁主筋定着部

【基礎梁上端筋定着部】 基礎形式に係わらず、機械式直線定着としてもよい。

【基礎梁下端筋定着部】

(直接基礎)

直接基礎の場合、基礎梁中段筋を配置し、基礎梁上下主筋定着部の応力を緩和すれば、基礎梁下端筋は機械式直線定着としてもよい。

(杭基礎)

杭基礎の場合、杭頭補強筋の定着長さが柱型部下面から L_2 または L_{2h} 以上とすれば、基礎梁下端筋は機械式直線定着としてもよい。ただし、引抜き力が生じる 1 本杭基礎の場合、柱型主筋と杭頭補強筋の間をあき重ね継手⁶⁾とする。 L_2, L_{2h} は JASS 5⁵⁾ の直線定着長さおよびフック付き定着長さを示す。

【基礎梁中段筋定着部】

- 1) 基礎梁中段筋は、基礎梁上下端面から基礎梁せい $D_g/3$ の位置に配置する。
- 2) 基礎梁中段筋の定着長さは、基礎梁上下主筋の定着長さ l_{ag} と同じとする。

(3) 柱型部せん断設計条件

柱型部せん断設計では、RC 構造設計指針 4.3 節と同様、直接基礎では式(3.2)、杭基礎では式(3.3)を満足しなければならない。ただし、保有水平耐力の設計条件 Q_u/Q_{un} を満足し、かつ、露出柱脚の保有耐力接合の条件を満足する場合、式(3.2)および式(3.3)の柱型部せん断検定を省略してもよい。

Q_u は保有水平耐力、 Q_{un} は必要保有水平耐力を示す。

$$\lambda_p = \min(V_{puh}/V_{muh}, V_{puv}/V_{muv}) \geq 1.0 \quad (3.2)$$

$$\lambda_p = V_{puh}/V_{muh} \geq 1.0 \quad (3.3)$$

ここに、 λ_p : 柱型部せん断余裕度

V_{muh}, V_{muv} : 式(5.1.1)、式(5.1.9)の水平、鉛直方向の柱型部終局強度設計用せん断力

V_{puh}, V_{puv} : 式(5.2.1)の水平、鉛直方向の柱型部せん断終局耐力

【解説】

(1) 基本事項

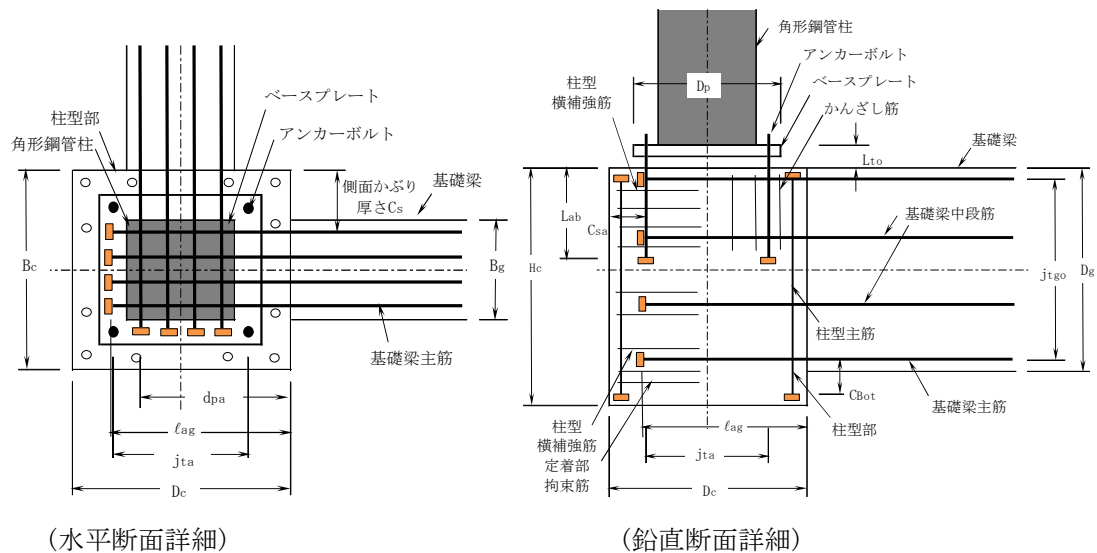
鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の開発実験(付録 1)では、柱型からの立上りを設けず、基礎梁下面に地反力が生じない直接基礎を想定し、幅広梁付き RC 造 L 形接合部実験^{14), 15)}を基に考案された鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の抵抗機構ならびに本編の計算耐力の妥当性を確認している。柱型部詳細各部名称を解図 3.1 に示す。

また、本編は、6 章「柱型部配筋詳細設計例」で検討対象とした解表 3.1 の既製品露出柱脚に適用可能であり、コンクリート充填鋼管柱(CFT 柱)^{*}に用いる既製品露出柱脚にも適用可能である。

一方、露出柱脚の保有耐力接合の場合、骨組のメカニズム時まで露出柱脚部破壊は防止されるので、3 章(3)では式(3.2)および式(3.3)の柱型部せん断検定を省略してもよいとした。

解表 3.1 柱型部配筋詳細を確認した既製品露出柱脚

商品名	開発会社
ベースパック	岡部(株)、旭化成建材(株)
ハイベース	センクシア(株)
NCベース	日本 Casting(株)



解図 3.1 柱型部配筋詳細の各部名称

(2) 柱型部配筋詳細の構造規定

(a) アンカーボルト

アンカーボルト定着長さ Lab は、JIS 適合アンカーボルトの場合、鋼構造接合部設計指針²⁾と同様、 $Lab \geq 20da$ とし、既製品露出柱脚アンカーボルトの場合、既製品メーカー仕様を満足することとした。JIS 適合アンカーボルトの場合には、ベースプレートの設計、ベースプレートのアンカーボルト孔のクリアランス等、露出柱脚の基本事項は鋼構造接合部設計指針²⁾によるとしている。

4.1 節「アンカーボルト定着部」では、アンカーボルト種別に係わらず、アンカーボルトによる掻き出し定着破壊を考慮し、アンカーボルト定着耐力検定比 $\tau \geq \alpha a \cdot \Sigma \tau_{ay}$ ($\alpha a = 1.2$) を式(4.4)で規定している。 $\Sigma \tau_{ay}$ は引張側と中段アンカーボルトで決定する全降伏引張耐力であり、開発実験の柱型部配筋詳細を基に、最外縁アンカーボルト中心の柱型側面かぶり厚さ Csa を $4da$ 以上としている。

(b) 柱型主筋

開発実験の柱型主筋ひずみ測定値によると、柱型主筋上部ひずみは最も小さく、正加力の場合、屋外側柱型主筋中間と下部の引張応力の最大値は $160 \sim 200 \text{ N/mm}^2$ 程度、負加力の場合、基礎梁端側柱型主筋中間と下部の引張応力の最大値は $260 \sim 320 \text{ N/mm}^2$ 程度であり、いずれの測定箇所も柱型主筋の引張応力は弾性域に留まっている。ここで、柱型主筋上部の引張応力を 0、下部の引張応力を 320 N/mm^2 とすると、柱型主筋に沿う平均付着応力 τ は 2.7 N/mm^2 であり、コンクリート実圧縮強度 $\sigma_B = 26.6 \text{ N/mm}^2$ として求めた短期許容付着応力度 (3.6 N/mm^2 : その他の鉄筋) 以下となる。

これらより、柱型主筋の構造規定³⁾では、柱型主筋上端・定着金物付きの場合、開発実験と同様、柱型主筋全長を $30d$ 以上とし、柱型主筋上端・直線定着の場合、 $30d$ に JASS⁵⁾ のフック付き定着長さ L_{2h} と直線定着 L_2 との差 $10d$ を加えて $40d$ 以上としている。

一方、既製品露出柱脚の場合、それぞれ実験を基に標準仕様として柱型主筋量を定めているので、本編では、既製品露出柱脚の柱型主筋量は既製品メーカー仕様によるとしている(4.1 節の解説(5) 参照)。

また、柱型主筋の構造規定⁴⁾では、RC 構造設計指針 柱主筋外定着方式編 5 章(1)と同様、基礎梁下端 1 段筋中心からの柱主筋突出長さ C_{Bot} は、柱主筋下端・定着金物付きまたは 90° フック定着の場合 $3d$ 以上とし、柱主筋下端・直線定着の場合 $5d$ 以上としている(RC 構造設計指針 14.2 節の解説(1) 参照)。

(c) 柱型横補強筋および定着部拘束筋

靱性保証型指針⁷⁾と同様、柱型横補強筋比を0.3%以上とし、柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量を5.3節で定め、基礎梁下端筋の降伏引張耐力に応じて、5.4節で定着部拘束筋を定めている。

(d) 基礎梁主筋定着部

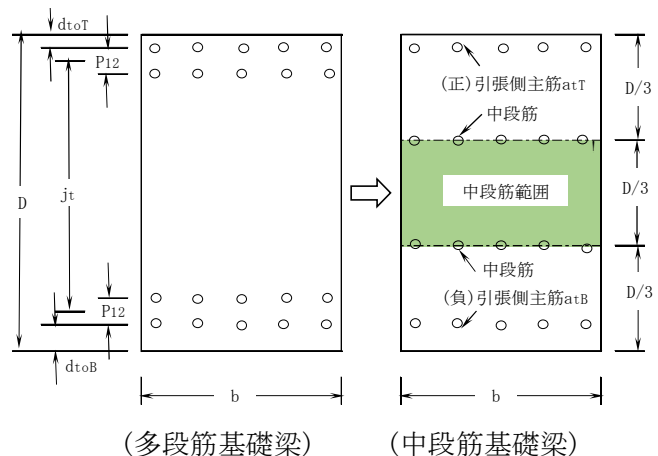
開発実験では、(付録1)に示すように、基礎梁下面に地反力が発生しない直接基礎を想定し、柱型下面を拘束しない最上階のRC造L形接合部と同様の加力方法¹⁰⁾を採用している。

開発実験によると、L形が閉じる正加力時でも、アンカーボルト引張降伏後、基礎梁上端筋定着部近傍での柱型部せん断ひび割れの進展に伴い、損傷は顕在化しない。ただし、L形が閉じる正加力時には、アンカーボルト引張降伏後、基礎梁下端筋定着部近傍での柱型部せん断ひび割れの進展に伴い、基礎梁主筋U型定着による折曲げ後の余長の効果を期待できない。

これらより、基礎梁上端筋は、基礎形式に係わらず、機械式直線定着としてもよいとし、基礎梁下端筋は、直接基礎の場合、基礎梁中段筋を配置し、基礎梁上下主筋定着部の応力を緩和すれば、機械式直線定着としてもよいとした。また、基礎梁中段筋は、基礎梁曲げ終局耐力に及ぼす基礎梁中段筋の影響を調べた付録2による本編で採用した式(5.1.12)(略算式)と精算式との比較検討結果に基づき、解図3.2に示すように、基礎梁上下端面から基礎梁せい $D_g/3$ の中央部に配置するとした。

(付録2)によると、精算式による曲げ終局耐力時には、上側と下側の中段筋は、いずれも降伏引張耐力に達し、基礎梁圧縮縁から中立軸位置までの距離は、基礎梁せい D_g の0.1~0.2倍程度となる。

この検討結果によると、解図3.2に示すように、基礎梁主筋の合計本数を変えず、上下2段目主筋の代わりに、中央部に中段筋を配置した中段筋基礎梁の略算式による曲げ終局耐力は、多段筋基礎梁の精算式による曲げ終局耐力と比較し、実用上十分な精度で評価される。



解図3.2 多段筋基礎梁と中段筋基礎梁

杭基礎の場合、杭頭補強筋の定着長さが柱型部下面から L_2 または L_2h 以上とすれば、基礎梁下端筋は機械式直線定着としてもよいとしている。ただし、引抜き力が生じる1本杭基礎の場合、柱型主筋と杭頭補強筋の間をあき重ね継手⁶⁾にしている。通常、複数本杭基礎の場合、当該基礎フーチングの設計応力 ** に応じてはかま筋等の補強筋量が決定する。

一方、中段筋基礎梁の詳細については、SABTEC 高強度せん断補強筋設計施工指針(2021年)¹⁶⁾、7章「中段筋基礎梁の設計」に、本編(2018年)以降の知見が盛り込まれているので、同指針をご覧いただきたい。

※ 松井千秋：コンクリート充填鋼管構造(CFT構造の性能と設計)4.4 柱脚の設計、オーム社、pp.80-92, 2009年

※※ 益尾潔：連載「機械式定着工法による接合部配筋詳細設計」第2回 最下階柱・基礎梁接合部、建築技術 2015年5月号、pp.34-37

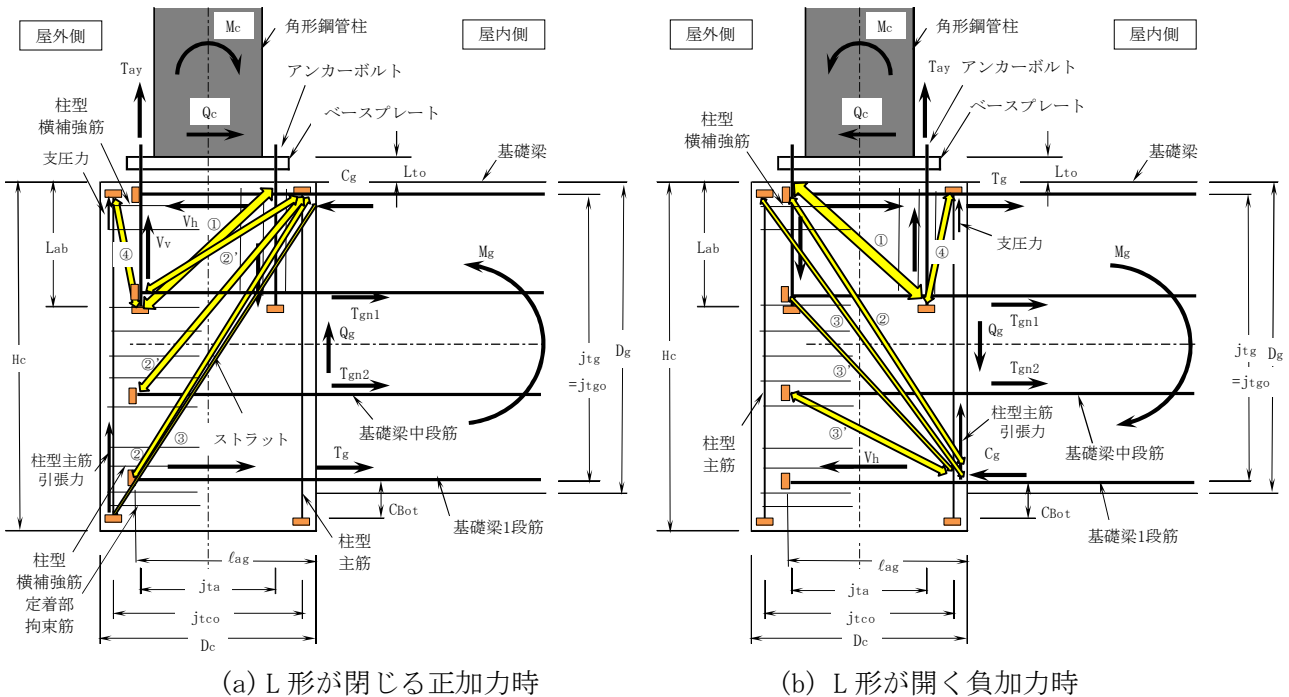
(3) 本編で想定した中段筋を有する基礎梁付きL形柱型部の抵抗機構

本編では、直接基礎の場合、解図 3.3 の抵抗機構を想定し、正加力時には屋外側アンカーボルトと基礎梁下端筋が引張側、負加力時には屋内側アンカーボルトと基礎梁上端筋が引張側となるとしている。これらの場合、正負加力時ともに、主ストラット①～③と補助ストラット④が存在し、このほかに、正加力時には上側と下側の②'が存在し、負加力時には上側と下側の③'が存在する。

正加力時の①～③は各定着部から圧縮側基礎梁上端部と屋内側ベースプレート縁端部に向かう。④は屋外側アンカーボルト定着部から屋外側柱型主筋頭部に向かうストラットであり、④の鉛直成分は屋外側柱型主筋の引張力と釣り合い、水平成分は柱型上部の柱型横補強筋による横拘束力と釣り合う。負加力時の①～③は圧縮側基礎梁下端部から屋外側ベースプレート縁端部、基礎梁上端筋定着部および柱型主筋頭部に向かい、②の水平成分は柱型上部の柱型横補強筋による横拘束力と釣り合い、④は屋内側アンカーボルト定着部から屋内側柱型主筋頭部に向かう。

中段筋有の場合、正負加力ともに、基礎梁上下1段目主筋の定着部応力は中段筋無よりも緩和される。また、正加力の場合、上側の中段筋定着部は、引張側アンカーボルト定着部から派生するストラット①によって拘束されるので、(付録 1)に示した開発実験の試験体 No. 16 と同様、L形柱型部せん断終局耐力を高める効果を有する。さらに、基礎梁下端1段目主筋定着部および下側中段筋定着部は、柱型主筋下端・定着金物または90°フック定着部から派生するストラット③によって拘束される。

以上より、本編では、解図 3.3 に示すように、上側中段筋は必ずアンカーボルト定着部よりも上部に配置し、柱型主筋下端は定着金物付きまたは90°フック定着とするとした。ただし、3章(2)(b)4)による基礎梁下端1段筋中心からの柱型主筋突出長さ $C_{Bot} \geq 5d$ の場合、柱型主筋下端を直線定着としてもよいとしている。



(a) L形が閉じる正加力時 (b) L形が開く負加力時
 解図 3.3 本編で想定した中段筋を有する基礎梁付きL形柱型部の抵抗機構

4章 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の設計

4.1 アンカーボルト定着部

- 1) 引張側アンカーボルト定着耐力 τ は(4.1)で算定し、露出柱脚の保有耐力接合の条件に係わらず、式(4.4)を満足しなければならない。また、ベースプレート下コンクリートの中立軸比 X_n/D_p は式(4.5)を満足するとともに、柱型主筋は式(4.6)を満足しなければならない。

設計ルート3の場合、露出柱脚の保有耐力接合の条件は、式(4.2)および式(4.3)による。

- 2) 既製品露出柱脚の場合、1)項のアンカーボルト定着耐力に関する検定は省略してもよい。
3) 露出柱脚の保有耐力接合の条件を満足する場合、1階鉄骨柱ヒンジを形成するので、1)項のアンカーボルト定着耐力に関する検定は省略してもよい。

$$\tau = \beta_c \cdot \{0.31\sqrt{F_c} \cdot b_e \cdot (L_{ab} + C_{sa}) + \gamma_c \cdot T_{cy}\}, \quad T_{cy} = n_{ct} \cdot a_{ct} \cdot \sigma_{cy} \quad (4.1)$$

ただし、 $L_{ab} = \min(L_{ab}, D_c - C_{sa})$ とする。

$$M_u > \alpha \times M_{pc}, \quad M_u = \sum T_{am} \cdot d_{ta}, \quad \sum T_{am} = (n_{at} + n_{an}/2) \cdot T_{am} \quad (4.2)$$

$$Q_u > \text{一次設計の地震力で柱脚に発生するせん断力の}\gamma\text{倍} \quad (4.3)$$

ただし、 α および γ の値は、保有耐力接合の安全率で、既製品露出柱脚の場合、技術評価の値とし、それ以外の場合、技術基準解説書¹⁾による。

$$\tau \geq \alpha_a \cdot \sum T_{ay}, \quad \sum T_{ay} = (n_{at} + n_{an}/2) \cdot T_{ay} \quad (4.4)$$

$$X_n/D_p = \sum T_{ay} / (0.85F_c \cdot B_p \cdot D_p) \leq 0.25 \quad (4.5)$$

$$N_{cy} = \sum a_c \cdot \sigma_{cy} \geq N_{ay}, \quad N_{ay} = \sum n_a \cdot T_{ay} \quad (4.6)$$

ここに、 τ ：引張側アンカーボルト定着耐力、 F_c ：コンクリートの設計基準強度

L_{ab} ：アンカーボルト定着長さ、 C_{sa} ：アンカーボルト中心からの柱型側面かぶり厚さ

$b_e = j_{ta} + C_{e1} + C_{e2}$ ：柱型有効幅、 j_{ta} ：最外縁アンカーボルト中心間距離

C_{e1}, C_{e2} ：最外縁アンカーボルト中心からの柱型側面かぶり厚さ ($\leq 0.8L_{ab}$)

β_c ： τ の低減係数、 γ_c ： T_{cy} の低減係数で、 $\beta_c = 0.6$ 、 $\gamma_c = 0.7$ とする。

M_u ：柱脚部の最大曲げ耐力、 M_{pc} ：鉄骨柱の全塑性曲げモーメント、 Q_u ：柱脚部のせん断耐力

$\sum T_{am}$ ：引張側と中段アンカーボルトで決定する全最大引張耐力

T_{am} ：アンカーボルト軸部の1本当たりの最大引張耐力

$d_{ta} = (D_p + j_{tae})/2$ ：柱脚部有効せい、 j_{tae} ：両側アンカーボルト重心間距離

$\sum T_{ay}$ ：引張側と中段アンカーボルトで決定する全降伏引張耐力

T_{ay} ：アンカーボルト軸部の1本当たりの降伏引張耐力

n_{at} ：引張側アンカーボルト本数、 $n_{an} = \sum n_a - 2n_{at}$ ：中段アンカーボルト本数

$\sum n_a$ ：全アンカーボルト本数、 N_{ay} ：アンカーボルトの全降伏引張耐力

T_{cy} ：引張側柱型主筋の降伏引張耐力、 N_{cy} ：柱型主筋の全降伏引張耐力

n_{ct} ：引張側柱型主筋本数、 a_{ct}, σ_{cy} ：柱型主筋の断面積および降伏強度

$\sum a_c$ ：全柱型主筋断面積、 α_a ： $\sum T_{ay}$ の割増し係数で、 $\alpha_a = 1.2$ とする。

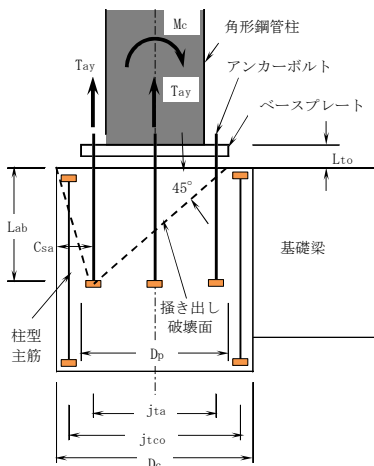
D_c ：柱型せい、 B_p, D_p ：ベースプレート幅およびせい

【解説】

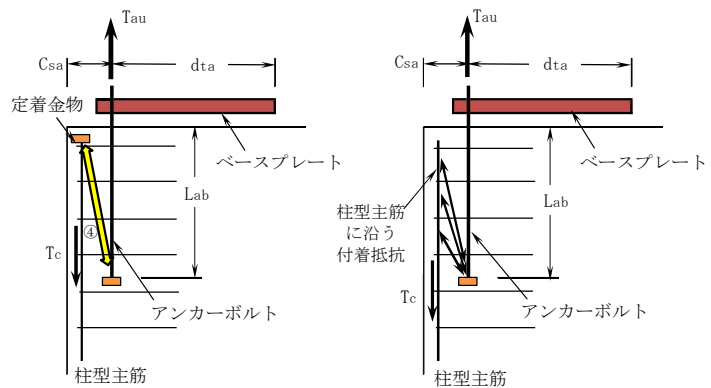
(1) 引張側アンカーボルトの定着機構

開発実験による主要な柱型部せん断ひび割れは、概ね、解図 4.1 の掻き出し破壊面に沿って発生した。これらより、解図 4.2(a), (b) に示すように、補助ストラット④の鉛直力は、機械式定着金物付きの場合、柱型主筋頭部定着金物直下に支圧力として伝達され、直線定着の場合、あき重ね継手⁶⁾と同様、柱型主筋頭部から下部の付着抵抗によって伝達される。これらより、引張側アンカーボルト引張耐力 τ は式 (4.1) で算定するとした。

式 (4.1) では、本実験の知見を基に、RC 造ト形接合部内梁主筋定着部の掻き出し定着耐力式¹¹⁾と同様、コンクリート寄与分 T_{co} に柱型主筋降伏引張耐力の寄与分 $\gamma_c \cdot T_{cy}$ を加えている。コンクリート寄与分 T_{co} は、コンクリートの掻き出しせん断強度 $0.31\sqrt{F_c}$ に掻き出しせん断面積 $b_e \cdot (L_{ab} + C_{sa})$ を乗じて求められる。 b_e は柱型有効幅、 $L_{ab} + C_{sa}$ は掻き出し破壊面の水平投影長さを示す(解図 4.1 参照)。



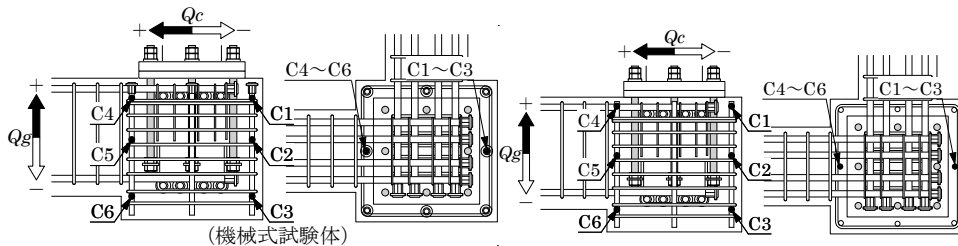
解図 4.1 アンカーボルト掻き出し破壊面



(a) 機械式定着金物付き (b) 直線定着
解図 4.2 引張側アンカーボルト定着耐力の伝達機構

開発実験による解図 4.3 の測定位置での柱型主筋ひずみ測定値では、柱型主筋頭部が定着金物付きの系列 1, 2 と直線定着の系列 3~5 試験体に係わらず、

- 1) 正加力の屋外側柱型主筋ひずみ $\epsilon_{C1} \sim \epsilon_{C3}$ の場合、上部の ϵ_{C1} が最も小さく、中間の ϵ_{C2} および下部の ϵ_{C3} の最大値は $0.8 \sim 1.0 \times 10^{-3}$ 程度である。
- 2) 負加力の基礎梁端側柱型主筋ひずみ $\epsilon_{C4} \sim \epsilon_{C6}$ の場合、上部の ϵ_{C4} が最も小さく、中間の ϵ_{C5} および下部の ϵ_{C6} の最大値は $1.3 \sim 1.6 \times 10^{-3}$ 程度である。



解図 4.3 柱型主筋ひずみの測定位置

上記の測定値から求まる最大引張応力は、正加力の屋外側柱型主筋では 200N/mm² 程度、負加力の基礎梁端側柱型主筋では 300N/mm² 程度であるので、SD345 の規格降伏点 345N/mm² に対する柱型主筋の最大引張応力の比は、屋外側柱型主筋では 0.6 程度、基礎梁端側柱型主筋では 0.9 程度である。これらより、アンカーボルト定着耐力 T_{au} の算定時には、靱性保証型設計指針式⁷⁾と同様、 T_{cy} の低減係数 γ_c を 0.7 とてよいとした。

(2) 柱軸力が作用しないとした柱脚部の全塑性曲げモーメント M_{ap}

解表 4.1 に、機械式定着試験体の正加力時アンカーボルト定着耐力余裕度 $T_{au}/\Sigma T_{ay}$ 、柱型部せん断終局耐力安全率 Q_{max}/cQ_{pu} および終局耐力安全率 Q_{max}/Q_{cu} を示す。 Q_{max} は最大耐力実験値(柱せん断力)、 Q_{cu} は式(5.1.2)による柱型部終局強度設計用柱せん断力(柱脚部曲げ終局耐力時柱せん断力)、 cQ_{pu} は式(解 5.2.1)による柱型部せん断終局耐力時柱せん断力である。同表中には、柱型部せん断余裕度 cQ_{pu}/Q_{cu} を併記した。計算耐力は、材料試験結果の実強度を用いて算定した。

解表 4.1 に示すように、アンカーボルト引張降伏後、概ね、柱型部せん断余裕度 $cQ_{pu}/Q_{cu} \geq 0.9$ の試験体の終局耐力安全率 Q_{max}/Q_{cu} は 1.0 を上回った。これらにより、式(5.1.3)中の柱脚部全塑性曲げモーメント M_{ap} は、露出柱脚部を引張側アンカーボルトと柱型部コンクリートからなる RC 柱と仮定し、柱軸力が作用しないとした式(5.1.5)で算定できる。

解表 4.1 機械式定着試験体のアンカーボルト定着耐力余裕度および耐力安全率

	系列1、系列2試験体						系列3～系列5試験体							
	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16
T_{cy} (kN)	452	456	452	456	323		324							
T_{co} (kN)	1477		1801		1477	1801	1396				1799			
$\gamma_c \cdot T_{cy}/T_{co}$	0.21	0.22	0.18	0.18	0.15	0.13	0.16				0.13			
T_{au} (kN)	1076	1078	1271	1272	1029	1223	973				1215			
ΣT_{ay} (kN)	817				613		831		624			831		
$T_{au}/\Sigma T_{ay}$	1.32	1.32	1.55	1.56	1.68	2.00	1.17		1.56			1.17	1.46	
cQ_{pu}/Q_{cu}	0.68		0.90		0.91		1.20		0.62				0.86	
cQ_{gu}/cQ_{cu}	1.56	1.01	1.56	1.53	1.33		1.43	1.48	1.36	1.35		1.38	1.43	
Q_{max}/Q_{cu}	0.86	0.58	1.08	0.99	1.13	1.33	0.80	0.83	0.83	0.91	0.89	0.96	0.94	1.24
Q_{max}/cQ_{pu}	1.27	1.29	1.20	1.10	1.25	1.11	1.30	1.34	1.34	1.10	1.08	1.17	1.52	1.44
X_n/D_p	0.16		0.11		0.12	0.08	0.18		0.14			0.18		

(注) cQ_{pu}/Q_{cu} 、 cQ_{gu}/cQ_{cu} 、 Q_{max}/Q_{cu} 、 Q_{max}/cQ_{pu} は、それぞれ正加力時の値を示す。

(3) アンカーボルト定着耐力余裕度および柱型部せん断終局耐力安全率

解表 4.1 によると、機械式定着試験体 No. 2～No. 16 の場合、アンカーボルト定着耐力余裕度 $T_{au}/\Sigma T_{ay}$ は 1.2～2.0 程度であり、柱型部せん断破壊型 ($cQ_{pu}/Q_{cu} < 1.0$) の場合、柱型部せん断耐力安全率 $Q_{max}/cQ_{pu} = 1.1 \sim 1.5$ 程度、柱脚部曲げ破壊型 ($cQ_{pu}/Q_{cu} \geq 1.0$) の場合、終局耐力安全率 $Q_{max}/Q_{cu} = 1.3$ 程度である。

すなわち、RC 造ト形接合部試験体¹¹⁾と同様、 T_{au} の低減係数 $\beta_c = 0.6$ とし、式(4.4)によるアンカーボルト定着耐力余裕度 $T_{au}/\Sigma T_{ay}$ を 1.2 以上とすれば、柱型部せん断破壊型 ($cQ_{pu}/Q_{cu} < 1.0$) の場合、 $Q_{max}/cQ_{pu} \geq 1.0$ となり、柱脚部曲げ破壊型 ($cQ_{pu}/Q_{cu} \geq 1.0$) の場合、 $Q_{max}/Q_{cu} \geq 1.0$ となる(5.2 節の解説(2) 参照)。なお、解表 4.1 に示すように、式(4.1)中のコンクリートの掻き出し耐力分 T_{co} に対する柱型主筋の引張力分 $\gamma_c \cdot T_{cy}$ の比は 0.13～0.22 である。

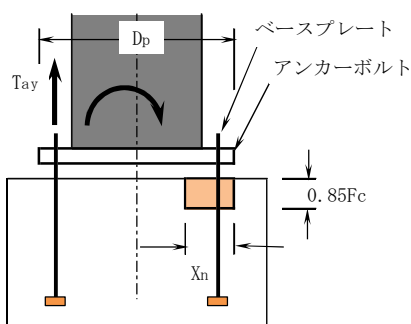
一方、既製品露出柱脚の場合、アンカーボルト定着耐力に係わる標準仕様が定められているので、4.1 節 1) 項のアンカーボルト定着耐力に関する検定は省略してもよいとした。

また、露出柱脚の保有耐力接合の条件を満足する場合¹⁾、1階鉄骨柱ヒンジを形成するので、4.1節1)項のアンカーボルト定着耐力に関する検定は省略してもよいとした(3章(3)参照)。

(4) ベースプレート下コンクリートの中立軸比 X_n/D_p

伸び能力を有するアンカーボルトを用いた場合、解図4.4に示したベースプレート下コンクリート圧縮応力分布¹⁾を仮定すると、ベースプレート下コンクリートの中立軸比 X_n/D_p は式(4.5)で算定できる。解表4.1の開発実験の中立軸比 X_n/D_p は0.08~0.18である。

一方、6章「柱型部配筋詳細設計例」の既製品露出柱脚の場合、同一サイズ角形鋼管でも、引張側アンカーボルト軸径の増加に伴い、式(4.5)の X_n/D_p の値は増加し、 X_n/D_p の最大値は0.24となる。これらより、式(4.5)では、 X_n/D_p の上限値を0.25とした。



解図4.4 ベースプレート下コンクリートの圧縮応力分布

(5) 柱型主筋量

(1)項で前述したように、柱型主筋ひずみ測定値によると、SD345の規格降伏点 345N/mm^2 に対する柱型主筋の最大引張応力の比は、屋外側柱型主筋では0.6程度、基礎梁端側柱型主筋では0.9程度であり、いずれも弾性域に留まった。上記の開発実験の知見に基づく、柱型主筋量は、3章(2)(b)2)で定めた柱型主筋比 p_g の最小値(0.6%)以上とすればよく、式(4.6)による本実験の N_{cy}/N_{ay} は0.52~0.74である。

しかし、本開発実験だけでは必ずしも十分であるとは言えないので、既製品露出柱脚の標準仕様による柱型主筋量を踏まえ、4.1節2)では、式(4.6)を満足しなければならないとした(6章(4)参照)。

一方、既製品露出柱脚の場合、柱型主筋量は既製品露出柱脚の標準仕様によるものとした。ただし、既製品露出柱脚によっては、柱型主筋比 p_g を既製品露出柱脚の標準仕様以上とすることで、柱型部配筋詳細の納まりを考慮し、柱型主筋の1列の本数を減らすことができる(6章(3)参照)。Labはアンカーボルト定着長さ、 d_a はアンカーボルト軸部直径を示す。

4.2 基礎梁主筋定着部

- 1) 機械式直線定着による基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は、上端筋、下端筋、中段筋ともに、RC 構造設計指針 8.1 節(1)1)によることを基本とし、RC 構造設計指針・式(8.1)による必要定着長さ l_{ao} 以上、 $16db$ 以上、かつ、 $(Dc+jta)/2$ 以上とする。 Dc は柱型せい、 jta は最外縁アンカーボルト中心間距離(解図 3.1)、 db は基礎梁主筋呼び名の値を示す。
- 2) 最外縁アンカーボルト中心間距離 jta 区間外の基礎梁上端筋定着部は RC 構造設計指針 14.2 節(2)、基礎梁下端筋定着部は同指針 14.2 節(3)による。
- 3) 基礎梁主筋中心から柱型部側面までの側面かぶり厚さ C_s は $3db$ 以上とし、基礎梁主筋先端の定着金物各部のかぶり厚さは、JASS 5 の設計かぶり厚さ以上とする。

【解説】

解図 3.1 に示すように、アンカーボルト中心で囲まれた範囲を超える位置に配置した基礎梁主筋定着部に関する開発実験を基に、RC 構造設計指針 8.1 節(1)1)によることを基本とし、4.2 節 1)では $l_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db, L_{ag})$ とした。 $L_{ag} = (Dc + jta) / 2$ を示す。

4.2 節 2)では、柱型部と基礎梁側面の外面合せなどで jta 区間外となる基礎梁上端筋定着部は RC 構造設計指針 14.2 節(2)、基礎梁下端筋定着部は同指針 14.2 節(3)によるとした。

すなわち、本編の各規定を満足する jta 区間内の基礎梁上端筋および下端筋定着部は、機械式直線定着としてもよい。 jta 区間外の基礎梁上端筋定着部は、RC 構造設計指針 14.2 節(2)を満足する場合、機械式直線定着としてもよいが、 jta 区間外の基礎梁下端筋定着部は、RC 構造設計指針 14.2 節(3)の諸条件に応じて、機械式直線定着、曲上げ定着 A タイプ、曲上げ定着 B タイプのいずれかの定着タイプを選定するとしている。 jta 区間外の基礎梁上下主筋定着部は、柱型部内の納まりに注意が必要である。

次に、RC 構造設計指針 8.1 節(2)と同様、基礎梁主筋中心から柱型部側面までの側面かぶり厚さ C_s および定着金物各部のかぶり厚さを規定した。一方、直接基礎(L 形柱型部)の場合に配置する基礎梁中段筋は、付録 3 に示すように、基礎梁中央部側でカットオフされることがあり、柱型部面からカットオフ位置までの寸法は、所要の付着長さおよび余長とする必要がある⁶⁾。

解表 4.2 に、基礎梁主筋の必要定着長さ比 l_{ao}/db を示す。同表の計算値は、RC 構造設計指針・解表 8.1 と同様、 $j_{tg}/db=20$ 、 $p_{jwh}=0.45\%$ とし、上限強度算定用材料強度 σ_{sy} を用いて求めた。

解表 4.2 梁主筋の必要定着長さ比 l_{ao}/db ($p_{jwh}=0.45\%$)

(a) 両側直交梁付き以外の場合

鋼種	呼び名	Fc (N/mm ²)															
		21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60		
SD295	D38以下	16															
	D41	17	16														
SD345	D32以下	16															
	D35	17	16														
	D38	19	17	16													
	D41	20	19	17	16												
SD390	D25以下	17	16														
	D29	19	17	16													
	D32	20	18	17	16												
	D35	21	20	18	17	16											
	D38	23	21	20	18	16											
	D41	25	23	21	20	17	16										
SD490	D25以下	22	20	19	17	16											
	D29	24	22	20	19	16											
	D32	25	23	22	20	18	16										
	D35	—	25	23	22	19	17	16									
	D38	—	—	25	23	21	18	16									
	D41	—	—	—	25	22	20	17	16								

“—”を付した場合は、 $l_{ao}/db > 25$ に該当する。

(b) 両側直交梁付きの場合

鋼種	呼び名	Fc (N/mm ²)															
		21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60		
SD295	D41以下	16															
SD345																	
SD390	D38以下	16															
	D41	17	16														
SD490	D29以下	16															
	D32	17	16														
	D35	19	17	16													
	D38	20	19	17	16												
	D41	22	20	19	17	16											

5章 柱型部せん断設計

5.1 終局強度設計用せん断力の算定

(1) 直接基礎の場合(L形、T形柱型部)

終局強度設計用せん断力 V_{muh} , V_{muv} は、式(5.1.1)による。ここで、終局強度設計用せん断力 V_{muh} , V_{muv} は、1階鉄骨柱の反曲点位置 $h_0/2$ および基礎梁の反曲点位置 $l_0/2$ として算定した上で、メカニズム時設計せん断力以上となることを確認する。

$$V_{muh} = \xi_h \cdot Q_{cu} / 2, \quad V_{muv} = \xi_v \cdot Q_{cu} / 2 \quad (5.1.1)$$

$$Q_{cu} = \min(cQ_{cu}, cQ_{gu}) \quad (5.1.2)$$

$$cQ_{cu} = 2 \cdot \min(M_{spo}, M_{ap}) / h_0 \quad (5.1.3)$$

$$M_{spo} = M_{sp} / (1 - 2L_{to} / h_0) \quad (5.1.4)$$

$$M_{ap} = \sum T_{ay} \cdot d_{ta} \quad (5.1.5)$$

$$\text{(L形柱型部)} \quad cQ_{gu} = \{2M_{gu} / (\eta_g \cdot l_0)\} \cdot (l/h_1), \quad \eta_g = 1 \mp (j_{tg} / l_0) \cdot (l/h_1) \quad (5.1.6)$$

$$\text{(T形柱型部)} \quad cQ_{gu} = 2 \{ (M_{gu} + M_{gu}') / l_0 \} \cdot (l/h_1) \quad (5.1.7)$$

$$\xi_h = (h/l) \cdot (l_0 / j_{tg}) - 1, \quad \xi_v = (h_0 / j_{tae}) - h_1 / l \quad (5.1.8)$$

(2) 杭基礎の場合(ト形、十字形柱型部)

終局強度設計用せん断力 V_{muh} は、式(5.1.9)による。また、同式中の終局強度設計用柱せん断力 Q_{cu} は式(5.1.3)による。ただし、安全側に $Q_{cu} = cQ_{gu}$ としてもよい。

$$V_{muh} = \xi_h \cdot Q_{cu} \quad (5.1.9)$$

$$\text{(ト形柱型部)} \quad cQ_{gu} = (M_{gu} / l_0) \cdot (l/h) \quad (5.1.10)$$

$$\text{(十字形柱型部)} \quad cQ_{gu} = \{ (M_{gu} + M_{gu}') / l_0 \} \cdot (l/h) \quad (5.1.11)$$

(3) 基礎梁曲げ終局耐力

基礎梁曲げ終局耐力 M_{gu} , M_{gu}' は、式(5.1.12)による。

$$M_{gu} = (a_{gt} + a_{gn} / 2) \cdot \sigma_{gy} \cdot j_{tg}, \quad M_{gu}' = (a_{gt}' + a_{gn}' / 2) \cdot \sigma_{gy} \cdot j_{tg} \quad (5.1.12)$$

ここに、 Q_{cu} ：終局強度設計用柱せん断力、 M_{sp} ：鉄骨柱全塑性モーメント

M_{ap} ：柱脚部全塑性モーメント、 L_{to} ：基礎梁上面からベースプレート上までの寸法

$\sum T_{ay}$ ：式(4.4)の引張側と中段アンカーボルトで決定する全降伏引張耐力

T_{ay} ：引張側アンカーボルトの降伏引張耐力(式(4.4))

d_{ta} ：柱脚部有効せい、 j_{tae} ：両側アンカーボルト重心間距離

a_{gt} , a_{gt}' ：引張側基礎梁主筋の断面積、 a_{gn} , a_{gn}' ：基礎梁中段筋の断面積

σ_{gy} ：基礎梁主筋降伏強度、 j_{tg} ：基礎梁上下主筋重心間距離

(L形、T形柱型部) $h = h_1$ 、(ト形、十字形柱型部) $h = (h_1 + h_2) / 2$

h_1 ：1階構造階高、 h_0 ：1階鉄骨柱内法高さ、 h_2 ：杭のせん断長さの2倍

l ：スパン長(柱心間距離)、 $l_0 = l - D_c$ ：基礎梁内法スパン長、 D_c ：柱型せい

基礎梁主筋降伏強度 σ_{gy} は、RC構造設計指針 8.1 節(1)と同様、SD390 以下の場合 $1.1 \times \sigma_{yo}$ 、SD490 の場合 $1.0 \times \sigma_{yo}$ としてもよい。 σ_{yo} は規格降伏点を示す。

【解説】

(1) 終局強度設計用せん断力 V_{muh} , V_{muv} の算定式

直接基礎の場合、最下階 L 形、T 形柱型部終局強度設計用せん断力 V_{muh} , V_{muv} は、RC 構造設計指針 5.1.1

項のL形、T形接合部と同様、解図5.1.1の応力状態を考慮した式(5.1.1)で算定する。

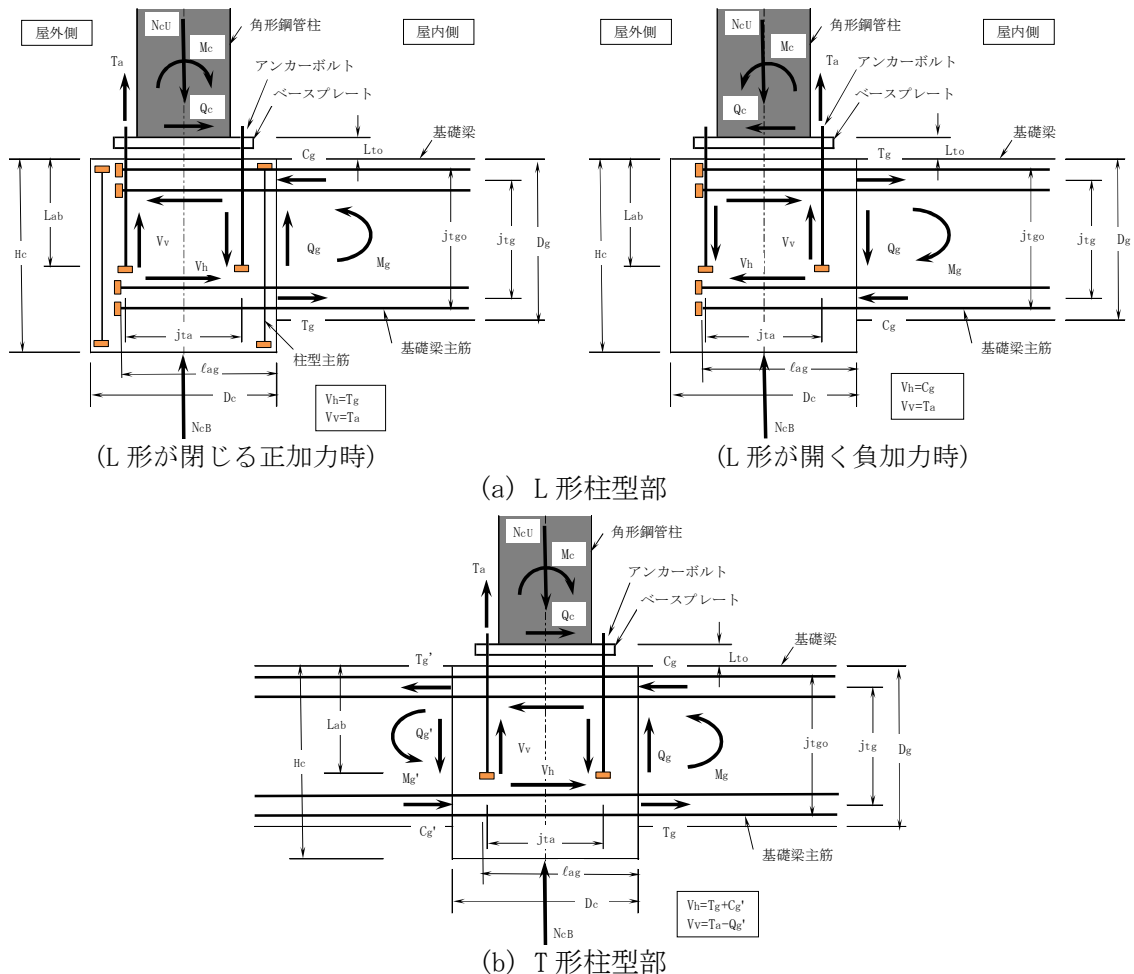
杭基礎の場合、鉄骨柱、基礎梁、柱型部および杭は、外端柱側ではト形柱型部、中柱側では十字形柱型部を形成するので、RC構造設計指針5.1.1項と同様、解図5.1.3の応力状態を考慮することで、ト形、十字形柱型部の終局強度設計用せん断力 V_{muh} は式(5.1.9)で算定する。また、終局強度設計用柱せん断力 Q_{cu} は式(5.1.3)で算定するとした。

ここで、式(5.1.1)の終局強度設計用せん断力 V_{muh} 、 V_{muv} は、根巻き柱脚編5.2節と同様、1階鉄骨柱の反曲点位置 $h_0/2$ および基礎梁の反曲点位置 $l_0/2$ として算定した上で、メカニズム時設計せん断力以上となることを確認するとした。

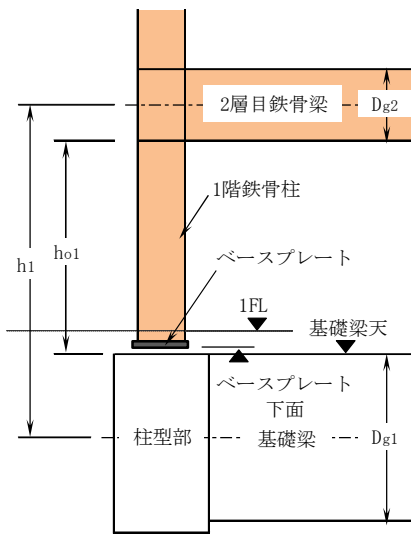
解図5.1.3中の杭のせん断長さの2倍 h_2 は、根巻き柱脚編4.1節の解説(1)によると、杭頭に作用する水平力に対する杭の水平抵抗力と水平変位の算定式で求められる杭の最大モーメント発生位置*で決まる。ただし、杭基礎の場合、根巻き柱脚編(付録2)に示すように、通常、 $h_0 \geq 4D_p$ となるので、根巻き柱脚編4.1節と同様、同編3章の解説(3)に示したト形架構実験を基に、 $h_0 = 4D_p$ (D_p : 杭直径)とした。

また、式(5.1.3)中の柱脚部全塑性モーメント M_{ap} および式(5.1.4)中の鋼管柱全塑性モーメント M_{sp} は、(2)項と(3)項に示すように、柱軸力 N_c を考慮して求められる。ただし、柱型部のせん断検定時には、開発実験の応力状態を基に、 M_{ap} および M_{sp} は、 $N_c = 0$ として算定する。

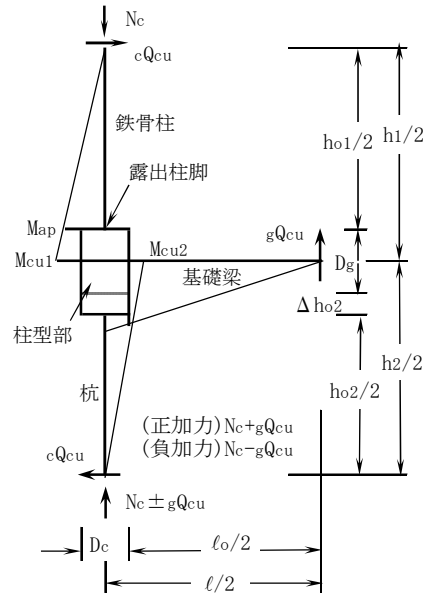
次に、3章(2)(d)で定義する基礎梁中段筋を考慮した基礎梁曲げ終局耐力は、(付録2)の検討結果に基づき、式(5.1.12)で算定するとした。



解図5.1.1 最下階L形、T形柱型部の応力状態



解図 5. 1. 2 1階構造階高と内法高さ



解図 5. 1. 3 1階ト形架構の応力状態

(2) 柱脚部全塑性モーメント M_{ap} の算定式

(a) 略算式

開発実験では、3章の解説(4)で前述のように、柱軸力を加力せずに水平加力を行っているので、柱型部の設計時には、式(5. 1. 5)の柱軸力を考慮しない柱脚部全塑性曲げモーメント M_{ap} を用いて検定する。

(b) 単純累加強度式

ここでは、鋼構造接合部設計指針²⁾と同様、柱脚部はベースプレートの大きさと等断面のコンクリートと引張側アンカーボルトからなるRC断面柱とし、中間アンカーボルトを考慮した単純累加強度式(式(解5. 1. 1))で柱脚部全塑性モーメント M_{ap} を算定してもよいとした。式(解5. 1. 1)中の dt は、解図5. 1. 4のアンカーボルト配置の場合、各アンカーボルト配置位置より算定できる。

同図の角配置の場合、XY方向ともに、角配置のアンカーボルト4本は、それらの重心位置に配置されているとし、式(解5. 1. 1)を適用すればよい。また、12本タイプや16本タイプの場合、最外縁以外の中間アンカーボルトは、ベースプレート中心軸位置に集中して配置されるとし、式(解5. 1. 1)を適用すればよい。なお、同図の均等配置の場合、 $j_{tae}=j_{ta}$ (両側最外縁アンカーボルト中心間距離)となる。

式(解5. 1. 1)による柱脚部全塑性モーメント M_{ap} と柱軸力 N_c との相関関係を解図5. 1. 5に示す。この場合、中間アンカーボルトを考慮し、柱脚部全引張耐力 $-(T_{ay}+T_{any})$ から軸圧縮耐力 N_u の間の5区間について M_{ap} を算定している。露出柱脚の場合、通常、圧縮側アンカーボルトは圧縮力を負担しないので、式(解5. 1. 1)では、柱型部の軸圧縮耐力 N_u に圧縮側アンカーボルトの耐力を算入していない。

$$(i) \quad N_u \geq N_c > N_u - T_{ay} : \quad M_{ap} = (N_u - N_c) \cdot dt$$

$$(ii) \quad N_u - T_{ay} \geq N_c > (N_u/2) - T_{ay} : \quad M_{ap} = T_{ay} \cdot dt + (N_c + T_{ay}) \cdot D_p \cdot \{1 - (N_c + T_{ay})/N_u\} / 2$$

$$(iii) \quad (N_u/2) - T_{ay} \geq N_c > (N_u/2) - (T_{ay} + T_{any}) : \quad M_{ap} = T_{ay} \cdot dt + N_u \cdot D_p / 8 \quad (\text{解 5. 1. 1})$$

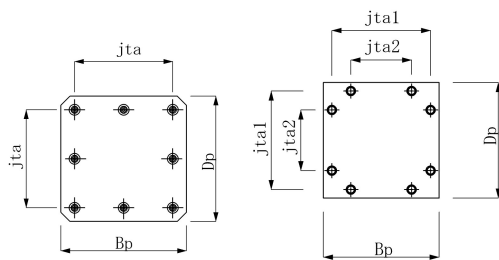
$$(iv) \quad (N_u/2) - (T_{ay} + T_{any}) \geq N_c > -(T_{ay} + T_{any}) : \quad M_{ap} = T_{ay} \cdot dt + (N_c + T_{ay} + T_{any}) \cdot D_p \cdot \{1 - (N_c + T_{ay} + T_{any})/N_u\} / 2$$

$$(v) \quad -(T_{ay} + T_{any}) \geq N_c > -(2T_{ay} + T_{any}) : \quad M_{ap} = (N_c + 2T_{ay} + T_{any}) \cdot dt$$

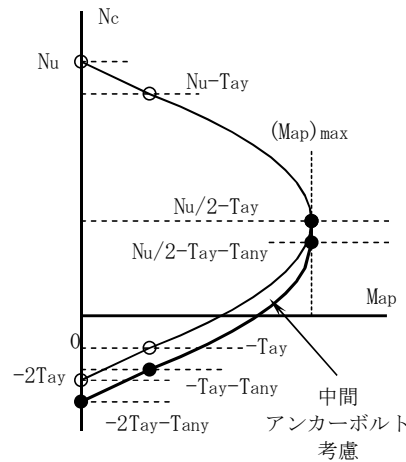
ここに、 N_c : 柱軸力、 $N_u = 0.85F_c \cdot B_p \cdot D_p$: 柱型部軸圧縮耐力

F_c : コンクリート設計基準強度、 $B_p(D_p)$: ベースプレート幅(せい)

$dt = j_{tae}/2$: 柱断面中心と引張側アンカーボルト重心間距離



(均等配置) (角配置)
解図 5.1.4 アンカーボルト配置例
【8本タイプ】



解図 5.1.5 鉄骨露出柱脚部の M-N 相関関係

(2) 鉄骨柱全塑性モーメント M_{sp} の算定式

軸力 N_c と曲げモーメント M が作用する角形鋼管柱断面、円形鋼管柱断面および H 形鋼柱断面の全塑性モーメント M_{sp} は、式(解 5.1.2)～式(解 5.1.5)で算定してもよい(解図 5.1.6 参照)。

(角形鋼管柱断面)

① 冷間成形角形鋼管マニュアルによる場合^{**}

$$N_c/N_Y \leq 0.5 \text{ の時、 } M_{sp} = \{1 - 4(N_c/N_Y)^2/3\} \cdot M_p \quad (\text{解 5.1.2})$$

$$N_c/N_Y > 0.5 \text{ の時、 } M_{sp} = 4\{(1 - N_c/N_Y)/3\} \cdot M_p$$

② 塑性設計指針による場合⁴⁾

$$N_c/N_Y \leq A_w/(2A) \text{ の時、 } M_{sp} = M_p \quad (\text{解 5.1.3})$$

$$N_c/N_Y > A_w/(2A) \text{ の時、 } M_{sp} = 1.14(1 - N_c/N_Y) \cdot M_p$$

(円形鋼管柱断面)⁴⁾

$$N_c/N_Y \leq 0.2 \text{ の時、 } M_{sp} = M_p \quad (\text{解 5.1.4})$$

$$N_c/N_Y > 0.2 \text{ の時、 } M_{sp} = 1.25(1 - N_c/N_Y) \cdot M_p$$

(H 形鋼柱断面)⁴⁾

H 形鋼断面の強軸回り曲げの全塑性モーメントは、式(解 5.1.3)による。

H 形鋼断面の弱軸回り曲げの全塑性モーメントは、下式による。

$$N_c/N_Y \leq A_w/A \text{ の時、 } M_{sp} = M_p \quad (\text{解 5.1.5})$$

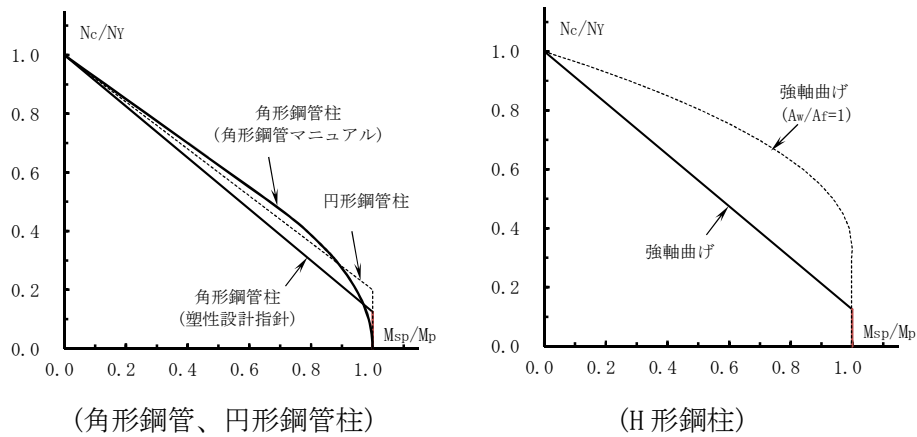
$$N_c/N_Y > A_w/A \text{ の時、 } M_{sp} = \{1 - [(N_c - N_w Y)/(N_Y - N_w Y)]^2\} \cdot M_p$$

ただし、 $N_w Y = A_w \cdot \sigma Y$

ここに、 N_Y : 降伏軸力、 A_w : 角形鋼管ウェブおよび H 形鋼ウェブの断面積

$A = A_w + 2A_f$: 全断面積、 A_w : ウェブの断面積、 A_f : フランジの断面積

σY : 降伏強度、 M_p : $N_c = 0$ 時の全塑性モーメント



解図 5.1.6 角形鋼管、円形鋼管柱、H形鋼柱断面の M-N 相関関係

※※ 日本建築センター 企画、建築研究所 監修：2008 年版冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル、第 2 章 骨組の耐震設計、2.2.2 ルート 2(許容応力度等計算)による計算、pp.38-48, 2008.12

5.2 柱型部せん断終局耐力の算定

水平および鉛直方向の柱型部せん断終局耐力 V_{puh} , V_{puv} は、式(5.2.1)による。

$$V_{puh} = \kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_{jh} \cdot D_{jh}, \quad V_{puv} = \kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_{jv} \cdot D_{jv} \quad (5.2.1)$$

ここに、 κ_u ：柱型部の形状係数

【直接基礎の場合(L形、T形柱型部)】

(L形柱型部) $\kappa_u=0.4$ 、(T形柱型部) $\kappa_u=0.7$

【杭基礎の場合(ト形、十字形柱型部)】

(ト形柱型部) $\kappa_u=0.7$ 、(十字形柱型部) $\kappa_u=1.0$

ϕ ：直交梁の有無による補正係数

両側直交梁付き接合部の場合： $\phi=1.0$

それ以外の場合： $\phi=0.85$

$$F_j = 0.8F_c^{0.7} \quad (5.2.2)$$

F_c ：コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

$$b_{jh}=B_g+ba_1+ba_2, \quad b_{jv}=B_p+ba_1+ba_2 \quad (5.2.3)$$

：柱型部水平および鉛直有効幅

B_g ：梁幅、 B_p ：ベースプレート幅

ba_i ： $b_i/2$ または $D_c/4$ の小さい方

b_i ：梁側面またはベースプレート側面から平行する柱側面までの長さ

B_c ：柱型幅、 D_c ：柱型せい、 D_{jh} , D_{jv} ：水平および鉛直柱型部有効せい

【水平方向】(L形、ト形柱型部) $D_{jh}=\ell_{ag}$

(T形、十字形柱型部) $D_{jh}=D_c \quad (5.2.4)$

【鉛直方向】(L形、T形柱型部) $D_{jv}=L_{ab} \quad (5.2.5)$

ただし、 $L_{ab} \geq D_g$ の場合、 $D_{jv}=D_g$ とする。

ℓ_{ag} ：基礎梁主筋定着長さ、 L_{ab} ：アンカーボルト定着長さ、 D_g ：基礎梁せい

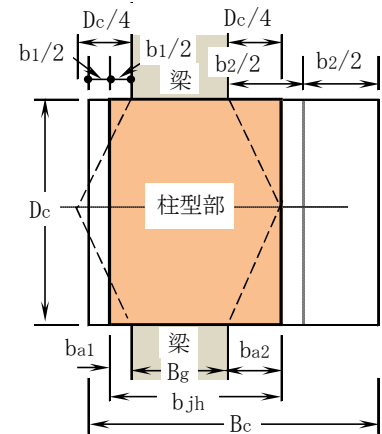


図 5.2.1 柱型部水平有効幅

【解説】

(1) 柱型部せん断終局耐力 V_{puh} , V_{puv} の算定式

水平および鉛直方向の柱型部せん断終局耐力 V_{puh} , V_{puv} は、RC 構造設計指針 6 章の柱梁接合部と同様、靱性保証型設計指針⁷⁾に準じ、式(5.2.1)で算定する。ここで、実験値との適合性を考慮し、直接基礎を想定した L 形柱型部の場合、正負加力ともに、柱型部の形状係数 $\kappa_u=0.4$ とした。

また、直接基礎を想定した L 形、T 形柱型部の水平有効幅 b_{jh} は梁幅 B_g 、鉛直有効幅 b_{jv} はベースプレート幅 B_p を用いて式(5.2.3)で算定し、水平方向の有効せいは、(L 形) $D_{jh}=\ell_{ag}$ 、(T 形) $D_{jh}=D_c$ 、鉛直方向の有効せいは、L 形、T 形接合部ともに、 $D_{jv}=L_{ab}$ とした。

(2) 柱型部せん断終局耐力時柱せん断力の検討結果

略算式(式(5.1.5))の柱脚部全塑性モーメント M_{ap} を用いて算定した柱型部せん断終局耐力時柱せん断力の検討結果として、各試験体の終局耐力計算値と実験値一覧を解表 5.2.1、耐力安全率 Q_{max}/Q_{cu} - 柱型部せん断余裕度 cQ_{pu}/Q_{cu} 関係を解図 5.2.1 に示す。

Q_{max} は最大耐力実験値(柱せん断力)、 Q_{cu} は式(5.1.2)の柱型部の終局強度設計用せん断力(柱脚部曲げ終局耐力時柱せん断力)、 cQ_{pu} は式(解 5.2.1)の柱型部せん断終局耐力時柱せん断力である。

$$cQ_{pu} = \min(cQ_{puh}, cQ_{puv}) \quad (\text{解5.2.1})$$

$$cQ_{puh} = 2V_{puh} / \xi h, \quad cQ_{puv} = 2V_{puv} / \xi v \quad (\text{解5.2.2})$$

解図 5.2.1 中、 $\lambda_p < 1$ の斜め線は cQ_{pu} 到達時の計算耐力、 $\lambda_p \geq 1$ の水平線は Q_{cu} 到達時の計算耐力を示す。 $\lambda_p = cQ_{pu} / Q_{cu}$ は柱型部せん断余裕度である。

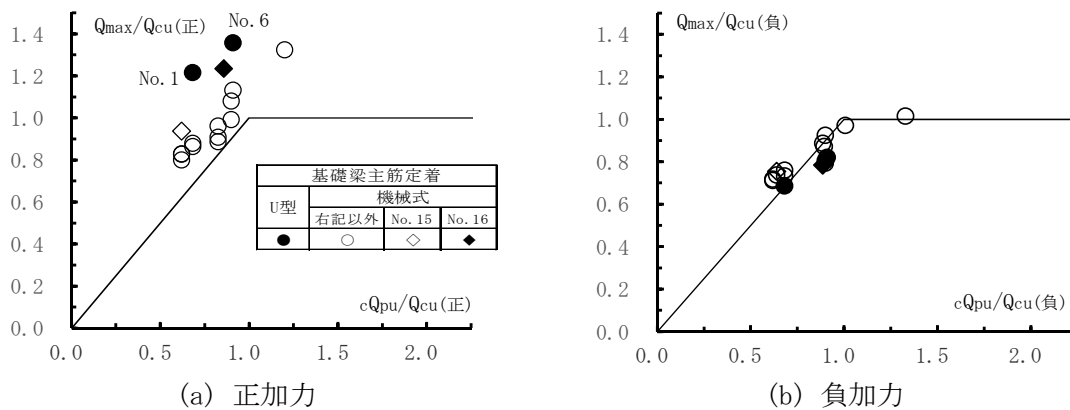
同図によると、正加力の Q_{max} は、柱型部せん断破壊型 ($\lambda_p < 1$) では cQ_{pu} を上回り、柱脚部曲げ破壊型 ($\lambda_p \geq 1$) では Q_{cu} を上回る。また、負加力時には、機械式定着試験体の場合、概ね、 $\lambda_p \geq 1$ の Q_{max} は Q_{cu} を上回り、 $\lambda_p < 1$ の Q_{max} は cQ_{pu} を上回る。

すなわち、3章(3)の式(3.2)および式(3.3)を満足すれば、直接基礎を想定した L 形、T 形柱型部のせん断破壊は防止できる。

解表 5.2.1 各試験体の終局耐力計算値と実験値一覧

試験体	Q _{max} (kN)		Q _{max} / Q _{cu}		Q _{max} / cQ _{pu}		Q _{max} / cQ _{cu} (鉄骨柱)		Q _{max} / cQ _{pu}		R _{max} (×10 ⁻³)		R ₈₀ (×10 ⁻³)		
	正	負	正	負	正	負	正	負	正	負	正	負	正	負	
系列 1	No. 1	418	236	1.22	0.69	0.79	0.66	0.80	0.45	1.79	1.01	40.1	20.1	55.4	40 ↑
	No. 2	297	252	0.86	0.73	0.56	0.70	0.57	0.48	1.27	1.08	13.0	30.2	45.4	40 ↑
	No. 3	303	261	0.88	0.76	0.58	0.73	0.58	0.50	1.29	1.12	13.7	30.1	43.6	40 ↑
	No. 4	372	273	1.08	0.79	0.69	0.75	0.71	0.52	1.20	0.88	19.0	39.1	50.9	40 ↑
	No. 5	342	277	0.99	0.81	0.65	0.78	0.65	0.53	1.10	0.90	16.1	40.1	43.0	40 ↑
系列 2	No. 6	350	212	1.36	0.82	0.91	0.81	0.67	0.41	1.49	0.90	30.1	40.2	40.8	40 ↑
	No. 7	292	226	1.13	0.97	0.85	0.97	0.56	0.43	1.25	0.97	16.0	40.2	43.6	40 ↑
	No. 8	342	237	1.33	1.02	1.00	1.02	0.65	0.45	1.11	0.76	28.1	40.2	35.1	40 ↑
系列 3	No. 9	280	250	0.80	0.74	0.56	0.74	0.54	0.48	1.30	1.15	20.1	20.1	43.7	40 ↑
	No. 10	290	252	0.83	0.72	0.56	0.72	0.55	0.48	1.34	1.16	20.1	20.1	36.7	40 ↑
	No. 11	290	250	0.83	0.71	0.56	0.71	0.56	0.48	1.34	1.15	13.7	20.1	32.3	40 ↑
系列 4	No. 12	239	212	0.91	0.87	0.67	0.87	0.46	0.41	1.10	0.98	12.0	20.0	34.2	40 ↑
	No. 13	233	223	0.89	0.93	0.66	0.93	0.45	0.43	1.08	1.03	13.9	40.1	31.5	40 ↑
	No. 14	253	217	0.96	0.89	0.70	0.89	0.48	0.42	1.17	1.00	12.9	40.2	32.1	40 ↑
系列 5	No. 15	328	256	0.94	0.75	0.66	0.75	0.63	0.49	1.52	1.18	18.9	30.1	40.9	40 ↑
	No. 16	432	265	1.24	0.78	0.86	0.78	0.83	0.51	1.44	0.88	64.8	30.1	100 ↑	40 ↑

Q_{max} : 最大耐力、R_{max} : 最大耐力時層間変形角、R₈₀ : 限界層間変形角 (↑は同値以上であることを表す)



解図 5.2.1 耐力安全率 Q_{max}/Q_{cu} —柱型部せん断余裕度 cQ_{pu}/Q_{cu} 関係

5.3 柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量

各地震力方向の柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量 $\Sigma(p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$ は、下式による。

$$\Sigma(p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}) \geq \{(\phi_s \cdot RuD/R80a) - \alpha_{wo}\} \cdot F_c / \beta_w \quad (5.3.1)$$

$$\Sigma p_{jwh} = p_{jwh} + (p_{jwh})H \cdot \sigma_{wyH} / \sigma_{wy} \quad (5.3.2)$$

ここに、 RuD ：表 5.3.1 による設計限界層間変形角、 $\phi_s=2.0$ ：安全率

$R80a$ ：柱型部せん断余裕度 λ_p で決定する限界層間変形角(表 5.3.2)

α_{wo}, β_w ：表 5.3.2 による補正係数

F_c ：コンクリートの設計基準強度

p_{jwh} ：柱型横補強筋比(式(3.1))

$(p_{jwh})H = nH \cdot a_wH / (B_c \cdot j_{tgo})$ ：定着部拘束筋による等価横補強筋比

nH, a_wH ：定着部拘束筋の組数および 1 組の断面積

B_c ：柱型幅、 j_{tgo} ：基礎梁上下最外縁主筋の中心間距離

$\sigma_{wy}, \sigma_{wyH}$ ：柱型横補強筋と定着部拘束筋の降伏強度

柱型横補強筋の降伏強度 σ_{wy} は、SD295A～SD390 では規格降伏点の 1.1 倍、SD490、685N/mm² 級および 785N/mm² 級では規格降伏点の 1.0 倍とし、1275N/mm² 級では 785N/mm² とする(RC 構造設計指針 7.1 節 参照)。また、定着部拘束筋の降伏強度 σ_{wyH} は、SD490 以下の場合、規格降伏点とし、SD490 を超える場合、490N/mm² とする。

表 5.3.1 設計限界

層間変形角 RuD の下限値

設計区分	
I	II
1/75	1/50

表 5.3.2 $R80a$ の算定式および補正係数 α_{wo}, β_w

	$R80a$ の算定式	α_{wo}			β_w
		直交梁なし	片側直交梁付き	両側直交梁付き	
ト形、十字形接合部	$R80a=0.03 \lambda_p$	0.4	0.6	1.0	19
T形接合部	$R80a=0.024 \lambda_p$	0.6	0.7	1.2	4.8
L形接合部	$R80a=0.03 \lambda_p$	0.6	0.8	1.2	8.9

【解説】

(1) 基本事項

式(5.3.2)は、RC 構造設計指針・柱主筋外定着方式編の式(2)と同様、柱型横補強筋と定着部拘束筋を加えた全補強筋比 Σp_{jwh} の算定式であり、同式中の定着部拘束筋の降伏強度 σ_{wyH} は、SD490 以下では規格降伏点とし、SD490 超では 490N/mm² とした(柱主筋外定着方式編 2 章(2) 参照)。

(2) 本編・開発実験の限界層間変形角 $R80$

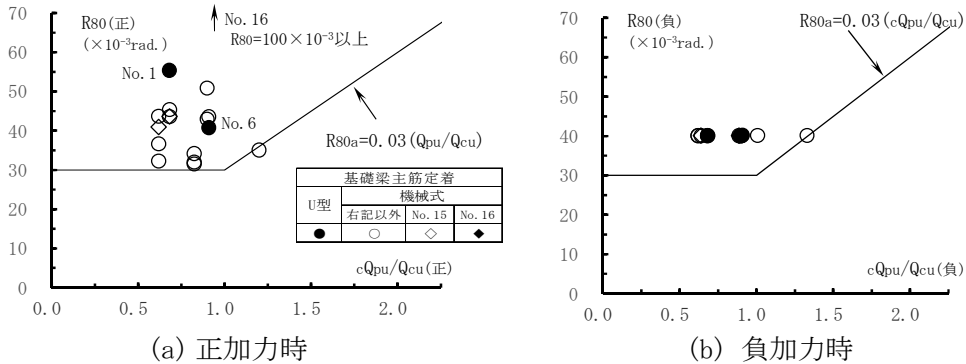
本編・開発実験の限界層間変形角 $R80$ —柱型部せん断余裕度 cQ_{pu}/Q_{cu} 関係を解図 5.3.1 に示す。 $R80$ は最大耐力 Q_{max} の 80%耐力低下時限界層間変形角実験値であり、同図中には、柱型部せん断余裕度 cQ_{pu}/Q_{cu} で決定する限界層間変形角 $R80a$ を併記した(表 5.3.2 参照)。

これによると、U型定着、機械式定着試験体ともに、正負加力時の $R80$ は $R80a$ を概ね上回る。ここで、U型定着試験体の場合、柱型部せん断ひび割れ発生後、基礎梁主筋折曲げ余長部の効果によって正加力時の限界部材角 $R80$ の増加を期待できる。

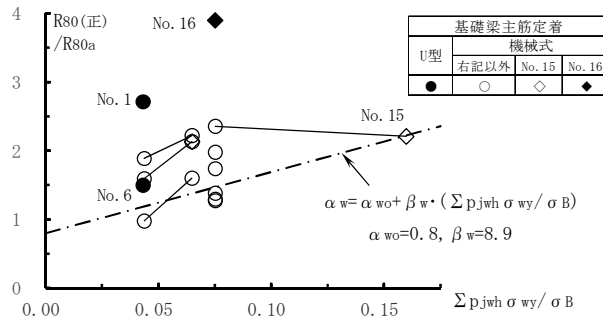
解図 5.3.2 に、正加力時 $R80/R80a - \Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B$ 関係を示す。 Σp_{jwh} は式(5.3.2)による柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋比、 σ_{wy} は柱型横補強筋の降伏強度である。同図によると、 $R80(\text{正})/R80a$ の実験値は、破線で示した式(解 5.3.2)の補正係数 α_w を概ね上回る。同図中の α_w は式(解 5.3.1)中の係数であり、式(解 5.3.1)中の $R80a$ の算定式と式(解 5.3.2)中の補正係数 α_{wo} 、 β_w は、表 5.3.2 に示すように、RC 構造設計指針 4.2 節の表 4.2 と同じにした。

$$R80_{\min} = R80a \cdot \alpha_w \quad (\text{解 5.3.1})$$

$$\alpha_w = \alpha_{wo} + \beta_w \cdot (\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B) \quad (\text{解 5.3.2})$$



解図 5.3.1 限界層間変形角 R80—柱型部せん断余裕度 cQ_{pu}/Q_{cu} 関係



解図 5.3.2 正加力時 $R80/R80a - \Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B$ 関係

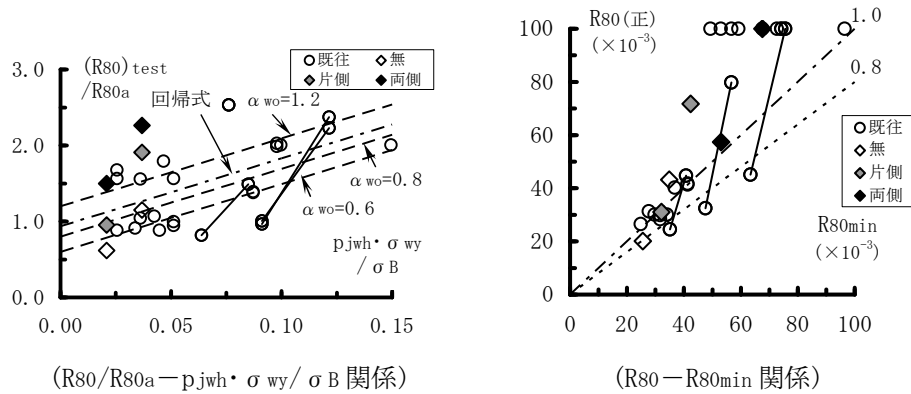
(3) RC ト形、T 形、L 形接合部実験の限界層間変形角 R80

RC 構造設計指針 4.2 節の式(4.2)の実験的根拠とした RC 造 L 形接合部実験の限界層間変形角 R80 の検証結果を解図 5.3.3 に示す。同図の $R80/R80a - p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B$ 関係では、それぞれ直交梁なし実験値の回帰式を一点鎖線で示し、直交梁の影響を調べた実験値を併示している。

同図によると、解図 5.3.2 の露出柱脚・基礎梁主筋定着部実験の $R80/R80a - \Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B$ 関係は、解図 5.3.3 の RC 造 L 形接合部の $R80/R80a - p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B$ 関係と同範囲に入る。

また、RC 構造設計指針・柱主筋外定着方式編 2 章の解説(2)に示すように、RC 造 L 形接合部の保証限界層間変形角 $R80_{\min}$ は、式(解 5.3.1)と同様、柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量 $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B$ の関数として評価できる。

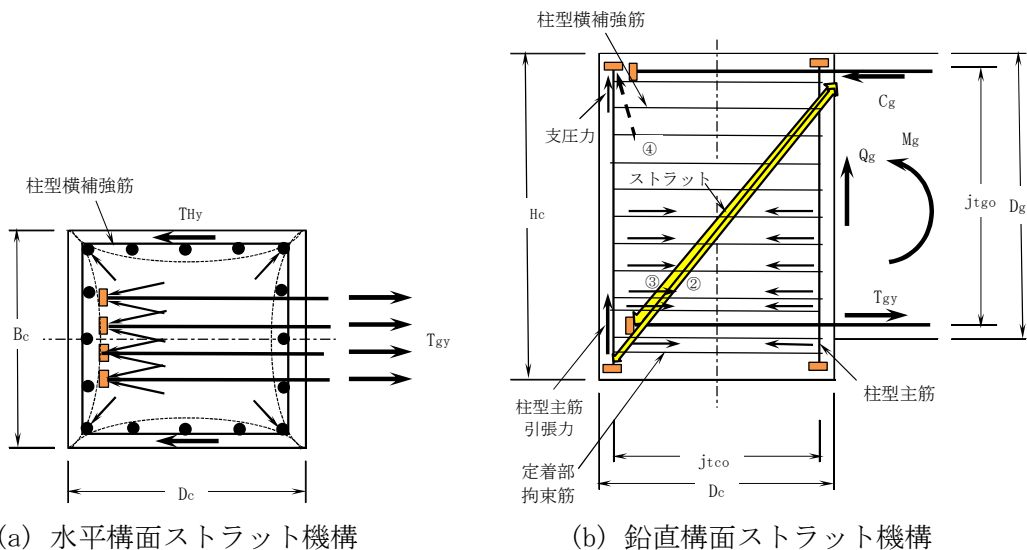
これらより、本編では、式(解 5.3.1)の保証限界層間変形角 $R80_{\min}$ に基づき、式(5.3.1)の柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量 $\Sigma (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$ を規定した。その際、RC 構造設計指針 4.1 節(2)と同様、式(5.3.1)中の設計限界層間変形角 R_{uD} は表 5.3.1 によるとし、同表中の設計区分の定義は RC 構造設計指針 4.1 節(1)によっている。



解図 5.3.3 RC 造 L 形接合部実験の限界層間変形角 R80 の検証結果

(4) 基礎梁下端筋引張力によって生じる柱型ストラット機構

RC 構造設計指針・柱主筋外定着方針編 1 章の解図 1.1、解図 1.2 と同様、基礎梁下端筋の降伏引張耐力 T_{gy} が作用すると、柱型部内には、解図 5.3.4 の水平構面と鉛直構面ストラット機構が形成される。すなわち、Richart ら*の横拘束式と同様、解図 5.3.2 中の保証限界層間変形角 R80min の式(解 5.3.2)による α_w は、柱型横補強筋と定着部拘束筋の全横補強筋量 $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B$ の関数で表され、柱型部に対する横拘束力は、柱型横補強筋と定着部拘束筋の全降伏引張耐力 ΣT_{Hy} に支配される。



(a) 水平構面ストラット機構

(b) 鉛直構面ストラット機構

解図 5.3.4 基礎梁下端筋引張力によって生じる柱型部ストラット機構

* F. E. Richart et al. : A Study of the Failure of Concrete Under Combined Compressive Stresses, University of Illinois Engineering Experimental Station, Bulletin No.185, 104pp, 1928

5.4 定着部拘束筋

XY 方向ともに、基礎梁下端 1 段筋直下に外周筋 2 組以上または中子筋(副帯筋 2 本)併用筋 1 組以上とし、式(5.4.1)を満足する定着部拘束筋を配置する。

$$T_{Hy} \geq \gamma_{Hg} \cdot T_{Gy} \quad (5.4.1)$$

$$T_{Hy} = A_H \cdot \sigma_{wyH} \quad (5.4.2)$$

$$T_{Gy} = a_{gt} \cdot \sigma_{gy} \quad (5.4.3)$$

ここに、 T_{Hy} ：定着部拘束筋足部の全降伏引張耐力、 T_{Gy} ：基礎梁下端筋の降伏引張耐力
 A_H ：定着部拘束筋足部の全断面積、 σ_{wyH} ：定着部拘束筋の降伏強度(式(5.3.2)参照)
 a_{gt} ：基礎梁下端筋の全断面積、 σ_{gy} ：基礎梁下端筋の降伏強度(規格降伏点とする)
 γ_{Hg} ：基礎梁下端筋から定着部拘束筋への引張力伝達係数 ($\gamma_{Hg}=0.1$ とする)

【解説】

RC 構造設計指針・柱主筋外定着方針編 4.1 節と同様、本編では、開発実験を基に、5.4 節で定める定着部拘束筋を柱型主筋下部に配置するとした。開発実験の基礎梁主筋機械式定着試験体では、柱型横補強筋と定着部拘束筋の平均ひずみは、降伏ひずみ ϵ_y 到達時の $R=20 \times 10^{-3} \text{rad}$. 以降に急増した。すなわち、柱型横補強筋と定着部拘束筋は、柱型部せん断ひび割れ進展防止および基礎梁下端筋定着耐力の向上に寄与した。

解表 5.4.1 に、本実験および文献(14)、(15)の幅広梁付き RC 造 L 形試験体 WL4-6-400-P1, P2 および GL-4-500, 600-B の定着部拘束筋の引張力伝達係数 γ_{Hg} を示す。同表によると、本実験の横補強筋鋼種 SD295A を用いた試験体の γ_{Hg} は、アンカーボルト 8 本タイプで基礎梁主筋鋼種 SD490 の場合 0.09~0.10 であり、アンカーボルト 6 本タイプで基礎梁主筋鋼種 SD345 の場合 0.13~0.14 である(解表 3.2 参照)。

上記の各試験体ともに、解図 5.2.1 に示すように、最大耐力実験値は終局耐力計算値を上回るもので、式(5.4.1)中の γ_{Hg} は、 $\gamma_{Hg}=0.1$ としてもよいとした。なお、柱主筋外定着方式編では、解表 5.4.1 中に示した幅広梁付き RC 造 L 形試験体では、 $\gamma_{Hg}=0.04 \sim 0.05$ であるが、安全側に $\gamma_{Hg}=0.1$ としている。

解表 5.4.1 定着部拘束筋の引張力伝達係数 γ_{Hg} 一覧

試験体	定着部拘束筋			基礎梁下端筋(梁上端筋)			γ_{Hg}	文献		
	配筋	A_H (mm^2)	σ_{Hy} (N/mm^2)	T_{Hy} (kN)	配筋	a_t (mm^2)			σ_{gy} (N/mm^2)	T_{Gy} (kN)
No. 2, No. 4	2-D10 2組	284	345	98.0	4- D25	2028	555	1126	0.09	本 実 験
No. 3, No. 5						2028	546	1107	0.09	
No. 7, No. 8						2028	356	722	0.14	
No. 9			2028	518		1051	0.10			
No. 10			2028	538		1091	0.09			
No. 11			2028	541		1097	0.09			
No. 12			2028	371		752	0.13			
No. 13			2028	368		746	0.14			
No. 14			2028	374		758	0.13			
No. 15			873	248		2028	518	1051	0.24	
No. 16			357	101		2028	518	1051	0.10	
WL4-6-400-P1			4-D10 1組	284		312	88.6	6- D19	1722	
WL4-6-400-P2	2-D10 1組	142	363	51.5	6-D19	1722	558	961	0.05	15)
GWL4-550-B	8-D19	2296	1281	0.04						

$\gamma_{Hg} = T_{Hy} / T_{Gy}$: 定着部拘束筋の引張力伝達係数

5.5 かんざし筋

柱型部仕口面から埋め込まれた基礎梁上端筋定着部の上部には、式(5.5.1)によるかんざし筋比 $p_{jwv} \geq 0.10\%$ のかんざし筋を配置する。ただし、基礎梁上端筋定着部は上部側(2次筋側)だけでもよい。

$$p_{jwv} = \Sigma a_{jv} / (B_c \cdot D_c) \quad (5.5.1)$$

ここに、 Σa_{jv} : かんざし筋足部の全断面積、 B_c : 柱型部幅、 D_c : 柱型部せい

また、かんざし筋は、D10 以上かつ SD295A, B, SD345, SD390 のいずれかの異形鉄筋とし、足部の全長は $40d$ 以上とする。 d はかんざし筋呼び名の値を示す。

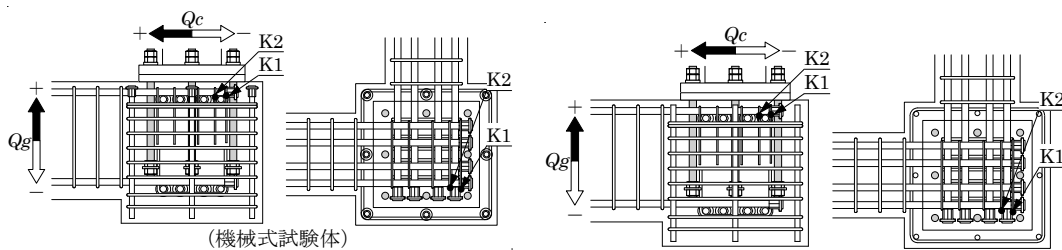
【解説】

柱主筋外定着方針編の妥当性を確認した実験^{14),15)}と同様、露出柱脚・基礎梁主筋定着実験に供した L 形柱型部では、上部側(2次筋側)の基礎梁上端筋定着部の上部から $p_{jwv} = 0.09\%$ 、足部全長 $40d$ (SD295A) のかんざし筋を配置した(3章の解説(4)(c)参照)。これらより、 $p_{jwv} \geq 0.10\%$ のかんざし筋を配置し、かんざし筋足部の全長は $40d$ 以上とした。

開発実験による解図 5.5.1 のひずみ測定位置 K1, K2 での測定値では、

- 1) 各試験体ともに、L 形が閉じる正加力の場合、上部かんざし筋ひずみ ϵ_{K1} , ϵ_{K2} はあまり進展せず、L 形が開く負加力の場合、概ね、柱型部せん断ひび割れが発生した $R = -10 \sim -20 \times 10^{-3} \text{rad}$ 程度より急増し、系列 2 の No. 7 の場合、 ϵ_{K1} が $R = -30 \times 10^{-3} \text{rad}$ で降伏ひずみ ϵ_y に達した。
- 2) すなわち、負加力の場合、基礎梁端側アンカーボルトの引張降伏に伴い、アンカーボルト近傍のベースプレート下面と基礎梁上面の間に隙間が生じたことで、上部かんざし筋が基礎梁上端筋定着部の上面方向への移動を拘束した結果、 ϵ_{K1} , ϵ_{K2} が発現したと考えられる。

一方、4.2 節 2) の最外縁アンカーボルト中心間距離 j_{ta} 区間外の場合、上部側(2次筋側)の基礎梁上端筋定着部は、露出柱脚ベースプレートによる拘束が大きくないので、RC 造配筋指針 9.4 節⁶⁾に準じ、柱型部に接続する基礎梁肋筋と同径、同間隔の肋筋または L 形かんざし筋を配置することが望ましい(RC 構造設計指針(2017 年)13.2 節の解説(1)(a)参照)。



解図 5.5.1 ひずみ測定位置

6章 柱型部配筋詳細設計例

6.1 本編による検定計算の概要

6.1.1 検討対象の露出柱脚

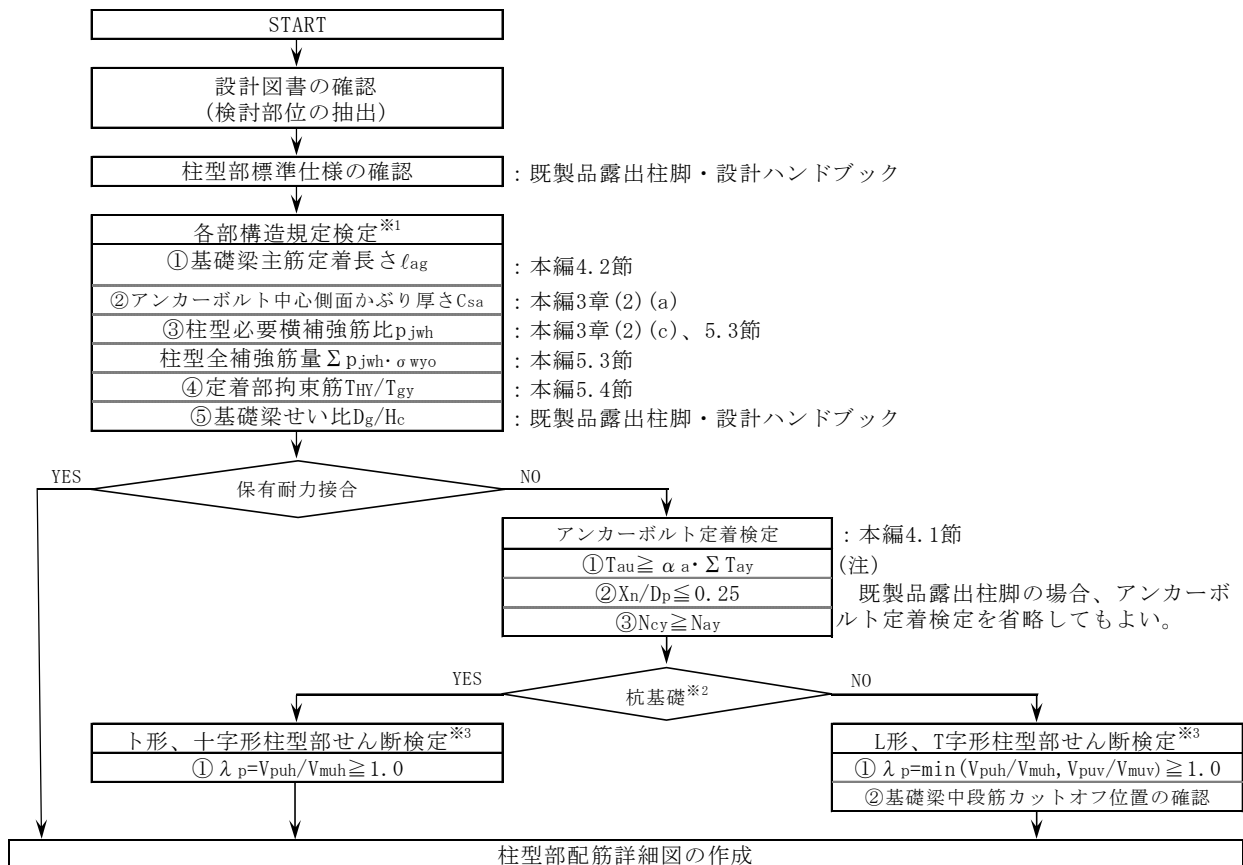
本設計例の検討対象は、ベースパック、ハイベース NEO 工法、NC ベース (P シリーズ) の角形鋼管柱用既製品露出柱脚とする。

6.1.2 検定計算フロー

本編による検定計算では、図 6.1.1 に示すように、設計図書、柱型部標準仕様を確認し、各部構造規定検定を行った後、露出柱脚の保有耐力接合の可否を判別する。

保有耐力接合の場合、1 階鉄骨柱ヒンジの形成を想定しているため、アンカーボルト定着検定および柱型部せん断検定を省略してもよい(本編 4.1 節 3) 参照)。非保有耐力接合の場合、アンカーボルト定着検定後、杭基礎の場合にはト形、十字形柱型部せん断検定を行い、直接基礎の場合には L 形、T 形柱型部せん断検定を行う。ただし、既製品露出柱脚の場合、アンカーボルト定着耐力に係わる標準仕様が定められているため、アンカーボルト定着検定を省略する(本編 4.1 節 2) 参照)。

検定計算に当たっては、柱型部配筋詳細図の基本事項を確認することが重要である。



※1：検討部位ごとに各部構造規定の可否を検定する。

※2：検討部位の基礎種別(直接基礎、杭基礎)を確認する。

※3：柱型部せん断検定は、本編 3 章(3)、5.1 節、5.2 節による。

図 6.1.1 本編による検定計算フロー

6.1.3 検定計算の注意事項

(1) 一般事項

- 1) 基礎梁主筋定着は、主として隅、側柱の柱型部内で行われ、左右材端部で基礎梁主筋本数が異なる中柱の柱型部内でも行われる。
- 2) 露出柱脚の検定に係わる 1 階鉄骨柱内法高さ h_{o1} は、解図 5.1.2 に示すように、1 階構造階高 h_1 、基礎梁せい D_{g1} 、2 層目鉄骨梁せい D_{g2} より、 $h_{o1}=h_1-(D_{g1}+D_{g2})/2$ として算出されるので、設計図から D_{g1} 、 D_{g2} と h_{o1} の値を読み取り、1 階構造階高 h_1 を定める(本編 5.1 節 参照)。
- 3) 本検定計算では、安全側として、終局強度設計用柱せん断力 $Q_{cu}=cQ_{gu}$ とする(5.1 節(2) 参照)。
- 4) 本検定計算では、式(5.1.9)の V_{muh} は、1 階鉄骨柱の反曲点位置 $h_{o1}/2$ を 1 階鉄骨柱内法高さ中央、基礎梁の反曲点位置 $l_o/2$ を基礎梁内法スパン長中央として計算する(解図 5.1.3 参照)。

(2) 各部構造規定の確認

- 1) 図 6.1.1 の検定計算フロー中「各部構造規定検定」の基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は、本編 4.2 節「基礎梁主筋定着部」の規定 $l_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db, Lag)$ かつ $l_{ao} \leq 25db$ となることを確認する。 l_{ao} は RC 構造設計指針・式(8.1)の必要定着長さ、 db は基礎梁主筋呼び名の値、 $Lag=(Dc+jta)/2$ を示す。
 Dc は柱型せい、 jta は最外縁アンカーボルト中心間隔であり、その他の注意点を以下に示す。
 - ① □-350×350mm サイズ以上の既製品露出柱脚の場合、 $l_{ag} \geq Lag$ の条件より、基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は $0.8Dc$ 前後の値になる。この場合、基礎梁主筋定着部の柱型部内の納まりに注意が必要である。特に、柱型部と基礎梁側面の外面合せなどで jta 区間外となる基礎梁上端筋と下端筋定着部は、柱型部内の納まりが難しい(本編 4.2 節 2))。
 - ② SD490 の基礎梁主筋を用い、コンクリート設計基準強度 F_c が $30N/mm^2$ 未満の場合、 l_{ao} の上限が $25db$ を超えることがあるので注意が必要である。
 - ③ 基礎梁主筋と関連し、終局強度設計用せん断力 V_{muh} は、基礎梁主筋の降伏引張耐力 T_{gy} の最大値で決まるため、本編 5.1 節(3)基礎梁曲げ終局耐力 M_{gu}, M_{gu}' の算定時には、基礎梁上端筋断面積と下端筋断面積のどちらか大きい方を用いる。また、本編 5.4 節「定着部拘束筋」の検定時には、基礎梁下端筋の断面積と降伏強度を用いる。
- 2) 柱型必要横補強筋比は、柱型最小横補強筋比=0.3%であるので、 $p_{jwh}=\max(0.3\%, p_w)$ として算出する(本編 3 章(2)(c))。 p_w は既製品露出柱脚の標準仕様による柱型帯筋比を示す。
- 3) 本編 5.3 節に示すように、柱型横補強筋の降伏強度 σ_{wy} と定着部拘束筋の規格最小降伏点 σ_{wyo} を用い、式(5.3.1)で規定する柱型全横補強筋量 $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}$ を確認する。
- 4) 本編 5.4 節の式(5.4.1)で規定する定着部拘束筋の引張力伝達係数 THY/T_{gy} を確認する。
- 5) 既製品露出柱脚の場合、標準仕様による柱型せいの最小高さ H_c が $(D_g-50mm \times 2)$ 以上となることを確認する。 D_g は基礎梁せいを示す。

(3) 露出柱脚の保有耐力接合の判定

本編 4.1 節「アンカーボルト定着部」では、露出柱脚の保有耐力接合を満足する場合、本編 3 章(3)の柱型部せん断検定および 4.1 節のアンカーボルト定着部検定を省略してもよいとしている。

ベースパックの場合、後述の 6.2 節(1)に示すように、保有耐力接合と非保有耐力接合の製品記号を区別しているので、両者の違いは製品記号で判別できる。

一方、ハイベース NEO 工法および NC ベース工法の場合、解析結果による柱脚部の設計応力(曲げモー

メントおよびせん断力)を用い、設計者が保有耐力接合と非保有耐力接合を選定するので、いずれの接合かを設計者に確認する。

(4) アンカーボルト定着検定

アンカーボルト定着検定は、本編 4.1 節 2) に示すように、既製品露出柱脚の場合、アンカーボルト定着耐力に係わる標準仕様が定められているので省略してもよい。

(5) 基礎種別

まず、基礎種別(杭基礎、直接基礎)を確認した上で、図 6.1.1 に示すように、本編 5.1 節に従い、杭基礎の場合、ト形、十字形柱型部せん断検定を行い、直接基礎の場合、L 形、T 形柱型部せん断検定を行う。□-400×400 程度以上の角形鋼管を用いる鉄骨建物では、杭基礎とすることが多い。

杭基礎の場合、杭頭補強筋、アンカーボルト定着部、柱型主筋、基礎梁主筋定着部の柱型部内の納まりに注意する。

(6) 上層階 S 下層階 RC 骨組における下層階柱脚が露出柱脚の場合

上層階 S 下層階 RC 骨組における下層階柱脚が露出柱脚の場合、図 6.1.2 の地上階 S 地下階 RC 骨組における 1 階柱脚が露出柱脚の場合と同様、解図 5.1.3 に準じ、地下 1 階の構造階高を h_2 とすれば、1 階露出柱脚部の検定を行うことができる。

この場合、3 章 (2) (b) 4) と同様、基礎梁下端筋(1 段筋)中心から $5d$ 以内の範囲を C_{Bot} とし、同範囲内の地下 1 階柱横補強筋を定着部拘束筋とみなし、5.4 節と同様、1F 梁下端筋の降伏引張耐力 T_{gy} に対して、定着部拘束筋足部の全降伏降伏引張耐力 T_{Hy} が $\gamma H_g (=0.1)$ 倍以上となることを確認する。 d は地下 1 階柱主筋の呼び名の値を示す。

ただし、地下 1 階柱の横補強筋量は、 C_{Bot} の範囲内で定着部拘束筋とみなした地下 1 階柱横補強筋量のほかに、せん断設計に必要な横補筋量を加えた値とする。

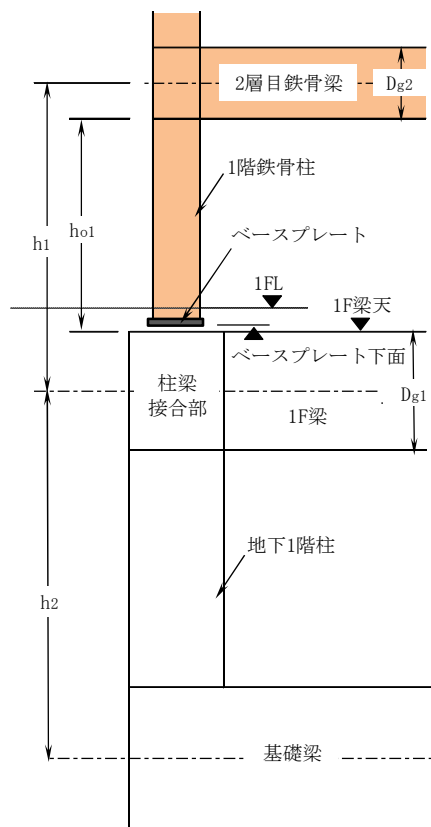


図 6.1.2 地上階 S 地下階 RC 骨組モデル
(上層階 S 下層階 RC 骨組モデル)

6.2 既製品露出柱脚の適用柱サイズおよび製品記号

(1) ベースパック

角形鋼管用ベースパックの適用柱サイズ一覧を表 6.2.1(1)、製品記号一覧を表 6.2.1(2)に示す。表 6.2.1(2)中には、鉄骨柱サイズ、アンカーボルト本数と呼び名を併記した。同表は、ベースパック柱脚工法設計ハンドブック(HP 公開資料)を基に作成した。

(2) ハイベース NEO 工法

角形鋼管用ハイベースの適用柱サイズ一覧を表 6.2.2(1)、製品記号一覧を表 6.2.2(2)に示す。表 6.2.2(2)中には、鉄骨柱サイズ、アンカーボルト本数と軸径を併記した。同表は、ハイベースハンドブック NEO 工法(HP 公開資料)を基に作成した。ハイベース NEO 工法設計ハンドブックでは、G タイプの場合、表 6.2.2(2)の製品以外に□-1200×1200 サイズまでの製品が示されている。

(3) NC ベース

角形鋼管用 NC ベースの適用柱サイズ一覧を表 6.2.3(1)、製品記号一覧を表 6.2.3(2)に示す。表 6.2.3(2)中には、鉄骨柱サイズ、アンカーボルト本数と軸径を併記した。同表は、NC ベース設計ハンドブック(HP 公開資料)を基に作成した。NC ベース設計ハンドブックでは、8 本タイプの場合、表 6.3.3(2)の製品以外に□-900×900 サイズまで、12 本タイプの場合、表 6.3.3(2)の製品以外に□-1000×1000 サイズまでの製品が示されている。

表 6.2.1(1) ベースパックの角形鋼管適用柱サイズ一覧

ベースパック 型式	柱材	適用柱サイズ													
	F値	□150	□175	□200	□250	□300	□350	□400	□450	□500	□550	□600	□650	□700	□750
I・II型	295N/mm ² 以下	I型(保有耐力接合タイプ)					II型(保有耐力接合タイプ)					—	—	—	—
NT	FX3	FX3(保有耐力接合タイプ)													
	S3	S3(柱脚ヒンジタイプ)													

表 6.2.1(2) ベースパック製品記号一覧

鉄骨柱 サイズ	製品記号	アンカー ボルト
	F値295N/mm ² 以下 保有耐力接合	本数・呼び
□-150 ×150	15-12V	4-M27
□-175 ×175	17-12V	4-M30
□-200 ×200	20-09V	4-M30
	20-12V	4-M33
□-250 ×250	25-09V	8-M27
	25-12V	8-M30
	25-16V	8-M33
□-300 ×300	30-09V	8-M30
	30-12V	8-M33
	30-16V	8-M36
□-350 ×350	30-19V	8-M36
	35-16R	8-D38
	35-19R	8-D38
□-400 ×400	35-22R	8-D41
	40-16R	8-D41
	40-19R	8-D41
□-450 ×450	40-22R	12-D38
	40-25R	12-D41
	45-19R	12-D38
□-500 ×500	45-22R	12-D41
	45-25R	12-D41H
	50-19R	12-D41
□-550 ×550	50-22R	12-D41H
	50-25R	12-D51
	55-19R	12-D41H
□-600 ×600	55-22R	12-D41H
	55-25R	12-D51

鉄骨柱 サイズ	製品記号	アンカー ボルト	製品記号	アンカー ボルト
	F値325N/mm ² 以下 保有耐力接合	本数・呼び	F値325N/mm ² 以下 柱脚ヒンジ	本数・呼び
□-300 ×300	30-19FX3	8-M36	30-19S3	4-M39
□-350 ×350	35-16FX3	8-M36	35-16S3	4-M45
	35-19FX3	8-M39	35-19S3	8-M36
	35-22FX3	8-M42	35-22S3	8-M36
	35-25FX3	8-M42	35-25S3	8-M39
□-400 ×400	40-16FX3	8-M42	40-16S3	8-M36
	40-19FX3	8-M45	40-19S3	8-M39
	40-22FX3	8-M48	40-22S3	8-M39
	40-25FX3	8-M48	40-25S3	8-M42
□-450 ×450	45-16FX3	8-M45	45-16S3	8-M39
	45-19FX3	8-M48	45-19S3	8-M42
	45-22FX3	8-M52	45-22S3	8-M42
	45-25FX3	8-M52	45-25S3	8-M45
□-500 ×500	45-28FX3	8-M56	45-28S3	8-M48
	50-19FX3	8-M52	50-19S3	8-M45
	50-22FX3	8-M56	50-22S3	8-M45
	50-25FX3	8-M56	50-25S3	8-M48
	50-28FX3	8-M60	50-28S3	8-M52
□-550 ×550	50-32FX3	8-M64	50-32S3	8-M52
	55-19FX3	8-M56	55-19S3	8-M45
	55-22FX3	8-M60	55-22S3	8-M48
	55-25FX3	8-M60	55-25S3	8-M52
	55-28FX3	12-M56	55-28S3	8-M52
□-600 ×600	55-32FX3	12-M56	55-32S3	8-M56
	60-19FX3	12-M48	60-19S3	8-M48
	60-22FX3	12-M52	60-22S3	8-M52
	60-25FX3	12-M56	60-25S3	8-M56
	60-28FX3	12-M56	60-28S3	8-M56
□-650 ×650	60-32FX3	12-M60	60-32S3	8-M60
	65-22FX3	12-M56	65-22S3	12-M45
	65-25FX3	12-M60	65-25S3	12-M48
	65-28FX3	12-M60	65-28S3	12-M52
□-700 ×700	65-32FX3	12-M64	65-32S3	12-M52
	70-22FX3	16-M52	70-22S3	12-M48
	70-25FX3	16-M56	70-25S3	12-M52
	70-28FX3	16-M56	70-28S3	12-M52
□-750 ×750	70-32FX3	16-M60	70-32S3	12-M56
	75-22FX3	16-M52	75-22S3	12-M52
	75-25FX3	16-M56	75-25S3	12-M52
	75-28FX3	16-M60	75-28S3	12-M56
□-750 ×750	75-32FX3	16-M64	75-32S3	12-M56

表 6.2.2(1) ハイベース NEO 工法の角形鋼管適用柱サイズ一覧

適用柱サイズ													
□150	□175	□200	□250	□300	□350	□400	□450	□500	□550	□600	□650	□700	□750
エコタイプ(鋼製ベースプレート)										—	—	—	—
—	—	—	—	Gタイプ(鋳鋼製ベースプレート)									

表 6.2.2(2) ハイベース NEO 工法製品記号一覧

エコタイプ 製品記号	鉄骨柱 サイズ	アンカーボルト		Gタイプ 製品記号	鉄骨柱 サイズ	アンカーボルト	
		本数	軸径 da(mm)			本数	軸径 da(mm)
EB150-4-24	□-150 ×150	4	24	GB350-4-42	□-350 ×350	4	42
EB175-4-24	□-175 ×175	4	24	GB350-4-48		4	48
EB200-4-24	□-200 ×200	4	24	GB350-8-30		8	30
EB200-4-30		4	30	GB350-8-36		8	36
EB200-4-36		4	36	GB350-8-42		8	42
EB250-4-24	□-250 ×250	4	24	GB400-4-42	□-400 ×400	4	42
EB250-4-30		4	30	GB400-4-48		4	48
EB250-4-36		4	36	GB400-8-36		8	36
EB250-8-30		8	30	GB400-8-42		8	42
EB300-4-30	□-300 ×300	4	30	GB400-8-48	8	48	
EB300-4-36		4	36	GB450-4-42	□-450 ×450	4	42
EB300-8-30		8	30	GB450-4-48		4	48
EB300-8-36		8	36	GB450-8-36		8	36
EB350-4-30	4	30	GB450-8-42	8		42	
EB350-8-30	□-350 ×350	8	30	GB450-8-48	8	48	
EB350-8-36		8	36	GB500-4-42	□-500 ×500	4	42
EB350-8-42		8	42	GB500-4-48		4	48
EB400-8-30	8	30	GB500-8-36	8		36	
EB400-8-36	□-400 ×400	8	36	GB500-8-42		8	42
EB400-8-42		8	42	GB500-8-48		8	48
EB450-8-36		8	36	GB500-8-64		8	64
EB450-8-42	□-450 ×450	8	42	GB500-12-48	12	48	
EB500-8-36		8	36	GB500-12-56	12	56	
EB500-8-42	□-500 ×500	8	42	GB550-4-48	□-550 ×550	4	48
EB500-12-42		12	42	GB550-4-56		4	56
EB550-8-42		8	42	GB550-8-36		8	36
EB550-12-42	□-550 ×550	12	42	GB550-8-42		8	42
EB550-8-42		8	42	GB550-8-48		8	48
EB550-12-42	12	42	GB550-8-64	8		64	
				GB550-12-48	12	48	
				GB550-12-56	12	56	
				GB600-8-42	□-600 ×600	8	42
				GB600-8-48		8	48
				GB600-8-64		8	64
				GB600-12-48		12	48
				GB600-12-56		12	56
				GB600-12-64		12	64
				GB650-8-42	□-650 ×650	8	42
				GB650-8-48		8	48
				GB650-8-56		8	56
				GB650-8-64		8	64
				GB650-8-72		8	72
				GB650-12-56		12	56
				GB650-12-64	12	64	
				GB700-8-42	□-700 ×700	8	42
				GB700-8-48		8	48
				GB700-8-56		8	56
				GB700-8-64		8	64
				GB700-8-72		8	72
				GB700-12-56		12	56
				GB700-12-64	12	64	
				GB750-8-48	□-750 ×750	8	48
				GB750-12-48		12	48
				GB750-12-56		12	56
				GB750-12-64		12	64
				GB750-12-72		12	72

表 6.2.3(1) NC ベースの角形鋼管適用柱サイズ一覧

適用柱サイズ													
□150	□175	□200	□250	□300	□350	□400	□450	□500	□550	□600	□650	□700	□750
4本タイプ							—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	8本タイプ								
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12本タイプ	

表 6.2.3(2) NC ベース製品記号一覧

4本タイプ 製品記号	鉄骨柱 サイズ	アンカーボルト	
		本数	軸径 da (mm)
PK-150-4C-24	□-150 ×150	4	24
PK-175-4C-24	□-175 ×175	4	24
PK-200-4C-24	□-200 ×200	4	24
PK-200-4S-27		4	27
PK-200-4M-30		4	30
PK-250-4C-24	□-250 ×250	4	24
PK-250-4S-27		4	27
PK-250-4M-30		4	30
PK-250-4L-36		4	36
PK-300-4S-27	□-300 ×300	4	27
PK-300-4M-30		4	30
PK-300-4L-36		4	36
PK-300-4L-42		4	42
PK-350-4C-30	□-350 ×350	4	30
PK-350-4S-36		4	36
PK-350-4M-42		4	42
PK-350-4L-48		4	48
PK-400-4C-30	□-400 ×400	4	30
PK-400-4S-36		4	36
PK-400-4M-42		4	42
PK-400-4L-48		4	48
PK-400-4X-56		4	56

8本タイプ 製品記号	鉄骨柱 サイズ	アンカーボルト	
		本数	軸径 da (mm)
PK-350-8S-30	□-350 ×350	8	30
PK-350-8M-36		8	36
PK-350-8M-42	□-400 ×400	8	42
PK-400-8S-30		8	30
PK-400-8M-36		8	36
PK-400-8L-42		8	42
PK-450-8C-30	□-450 ×450	8	30
PK-450-8S-36		8	36
PK-450-8M-42		8	42
PK-450-8L-48		8	48
PK-500-8C-30	□-500 ×500	8	30
PK-500-8C-36		8	36
PK-500-8S-42		8	42
PK-500-8M-48		8	48
PK-500-8X-56	□-550 ×550	8	56
PK-550-8C-36		8	36
PK-550-8S-42		8	42
PK-550-8M-48		8	48
PK-550-8X-56	□-600 ×600	8	56
PK-550-8WX-64		8	64
PK-600-8S-42		8	42
PK-600-8M-48		8	48
PK-600-8L-56	□-650 ×650	8	56
PK-600-8X-64		8	64
PK-650-8S-42		8	42
PK-650-8S-48		8	48
PK-650-8L-56	□-700 ×700	8	56
PK-650-8X-64		8	64
PK-650-8WX-72		8	72
PK-700-8S-42		8	42
PK-700-8S-48	□-750 ×750	8	48
PK-700-8L-56		8	56
PK-700-8X-64		8	64
PK-700-8WX-72		8	72
PK-750-8S-48	□-750 ×750	8	48
PK-750-8S-56		8	56
PK-750-8M-64		8	64
PK-750-8L-72		8	72

12本タイプ 製品記号	鉄骨柱 サイズ	アンカーボルト	
		本数	軸径 da (mm)
PK-700-12S-42	□-700 ×700	12	42
PK-700-12S-48		12	48
PK-700-12L-56		12	56
PK-700-12X-64	□-750 ×750	12	64
PK-750-12S-48		12	48
PK-750-12S-56		12	56
PK-750-12M-64		12	64
PK-750-12L-72	12	72	

6.3 検討建物の検定計算例

6.3.1 検討建物の概要

検討建物は、図 6.3.1(1)～(3)の A 建物、B 建物、C 建物の 3 棟であり、検討建物の概要を表 6.3.1 に示す。同図中に検討部位を示すとともに、表 6.3.1 では、検定計算時の確認事項として、既製品露出柱脚種別と柱脚の保有耐力接合の適否を記載している(図 6.1.1 参照)。

表 6.3.1 中の 1 階構造階高 h_1 は、基礎梁せいと 2 層目鉄骨梁せいの中心間距離であり、下式で算出される(解図 5.1.2 参照)。同式中の各値は設計図より読み取る。なお、保有耐力接合の場合、柱型部せん断検定計算を省略する時には必要ない。

$$1 \text{ 階構造階高 } h_1 = 1\text{FL からの基礎梁天までの寸法} + 1\text{FL からの 2 層目鉄骨梁天までの寸法} - (\text{基礎梁せい} + 2 \text{ 層目鉄骨梁せい}) / 2 \quad (\text{検定 1})$$

表 6.3.1 検討建物の概要

		A建物	B建物	C建物
用途		倉庫	工場	事務所
規模	桁行(X)	3スパン	13スパン	3スパン
	張間(Y)	1スパン	24スパン	2スパン
階数		3階	2階(中2階)	14階
塔屋		1階	—	—
最高高さ		15.9m	19.05m	57.95m
1階構造階高 h_1		6.64m	12.8m	7.085m
基礎種別		杭基礎(SC杭)	杭基礎(PHC杭)	杭基礎(場所打ち杭)
杭直径 ϕF		600mm	700mm	1800mm
基礎コンクリート F_c		24N/mm ²	24N/mm ²	36N/mm ²
鉄筋	D10～D16	SD295A	SD295A	SD295A
	D19～D25	SD345	SD345	SD345
	D29以上	SD390	SD390	SD390, SD490
既製品露出柱脚		ベースパック II 型	ハイベースNEO(Gタイプ)	NCベースP(8本タイプ)
1階鉄骨柱		□-400×400×22	□-750×750×28	□-700×700×32
		□-500×500×22	□-600×600×28	□-700×700×28
角形鋼管材質		BCR295	BCP325	BCP325
2層目鉄骨梁せい		(X, Y) 800mm	(X) 1200mm, (Y) 700mm	(X, Y) 800mm
柱脚製品記号		40-22R 50-22R	GB750-12-48 GB600-12-48	PK-700-8X-64 PK-700-8L-56
保有耐力接合の適否		保有耐力接合	保有耐力接合	非保有耐力接合
備考		—	X方向中間柱基礎：2本打ち杭	鉄骨柱：CFT柱

(注) 1階構造階高 h_1 ：基礎梁中心と2層目鉄骨梁中心間距離、2層目鉄骨梁せい：1階内法高さ h_{o1} の算出に用いる値

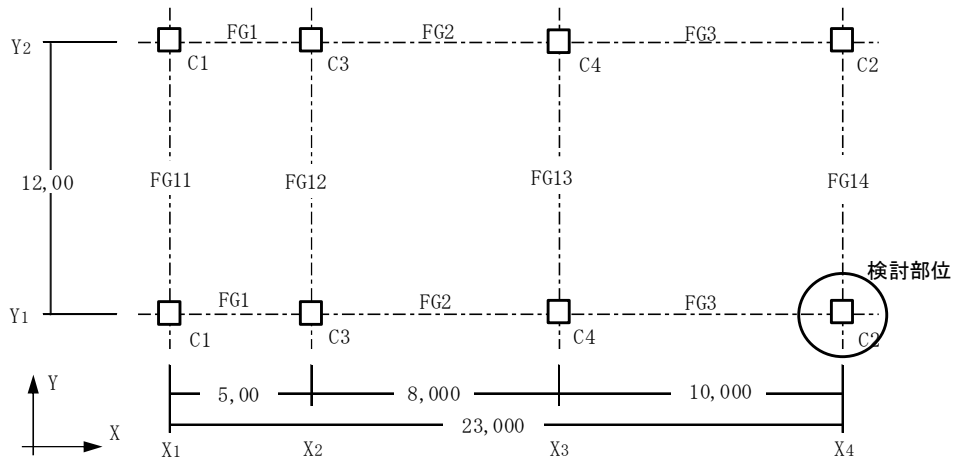


図 6.3.1(1) A 建物の柱型部・基礎梁伏図

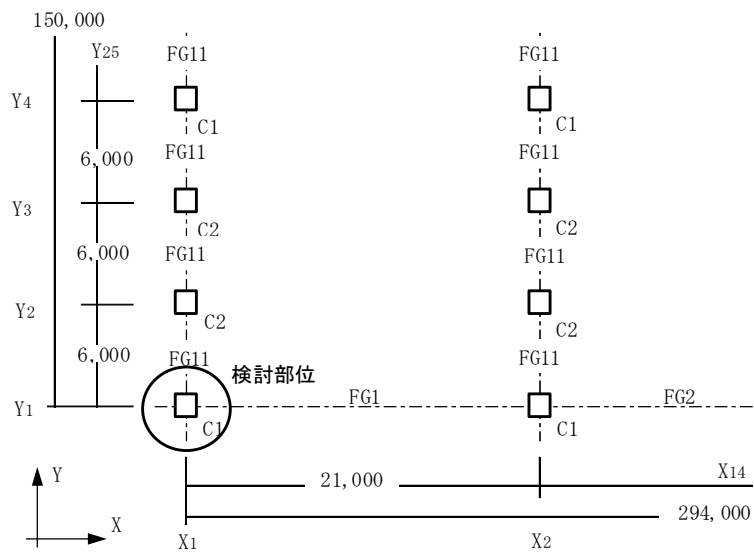


図 6.3.1(2) B 建物の柱型部・基礎梁伏図

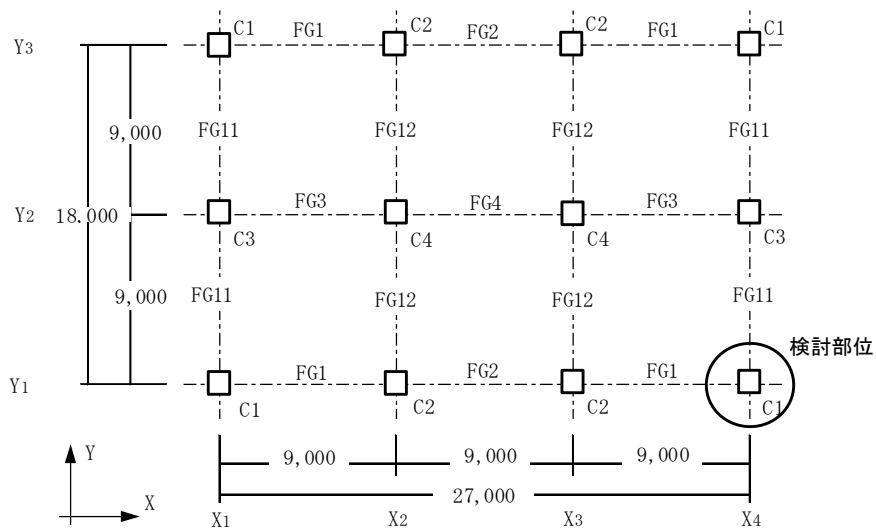


図 6.3.1(3) C 建物の柱型部・基礎梁伏図

6.3.2 検討建物の柱型諸元

検討建物の柱型諸元の設計値を表 6.3.2(1)～(3)に示す。A 建物ではベースパック II 型、B 建物ではハイベース NEO(G タイプ)、C 建物では NC ベース(8 本タイプ)を採用している。

A 建物の柱型諸元の設計値はベースパック II 型の標準仕様と同じであり、B 建物と C 建物の場合、柱型諸元の設計値は、ハイベース NEO(G タイプ)および NC ベースの標準仕様の値を一部変更している。B 建物の場合、 $C_{sa} \geq 4.0d_a$ を満足するように柱型部の幅(せい) $B_c(D_c)$ を一部大きくしている。また、C 建物の場合、 $C_{sa} \geq 4.0d_a$ を満足するように $B_c(D_c)$ を一部大きくするとともに、柱型主筋比 p_g および柱型横補強筋比(柱型帯筋比) p_w の(設計値) \geq (標準仕様)とすることを条件に、柱型主筋量および柱型横補強筋量を一部変更している。

これらより、C 建物については、表 6.3.2(3)に示すように、柱型部幅(せい)、柱型主筋量、柱型横補強筋量の設計値と標準仕様との検定結果を併せて示している。同表の脚注に記載のように、 $B_{co} < B_c$ の場合、同表(b)には、下式による標準仕様の柱型横補強筋比(柱型帯筋比) p_{wo} を示している。同式の p_{wo} は、標準仕様の柱型部せん断耐力を簡略的に把握するための簡略式による柱型横補強筋である。

$$p_{wo} = \{a_{wo} / (B_{co} \cdot X_o)\} \cdot (B_{co} / B_c) \quad (\text{検定 2})$$

ここに、 p_{wo} : 柱型横補強筋比(柱型帯筋比)、 B_{co}, B_c : 標準仕様および設計による柱型幅
 X_o : 標準仕様による柱型横補強筋(柱型帯筋)

表 6.3.2(1) A 建物(ベースパック II 型)の柱型諸元(標準仕様)

柱記号	設計																	
	ベースパック II 型製品記号	柱位置	角形鋼管	$B_c(D_c)$ (mm)	柱型主筋							柱型横補強筋						
					本数	呼び名	鋼種	σ_{ry} (N/mm ²)	a (mm ²)	p_g (%)	判定	呼び名	鋼種	n_w (本)	a_w (mm ²)	X (mm)	p_w (%)	判定
C1	40-22R	隅	□-400×400×22	900	16	D25	SD345	345	507	1.00	OK	D13	SD295A	2	127	100	0.28	OK
C2	50-22R	隅	□-500×500×22	1050	24	D25	SD345	345	507	1.10	OK	D16	SD295A	2	199	100	0.38	OK
C3, C4	50-22R	側	□-500×500×22	1050	24	D25	SD345	345	507	1.10	OK	D16	SD295A	2	199	100	0.38	OK

【柱型主筋および柱型横補強筋の判定】 p_g と p_w の設計値 \geq 標準仕様の値の場合“OK”、設計値 $<$ 標準仕様の値の場合“NG”、 $p_g = \{n \cdot a / (B_c \cdot D_c)\}$ 、 $p_w = a_w / (B_c \cdot X)$
(設計) p_g : 柱型主筋比、 B_c, D_c : 柱型幅とせい、 σ_{ry} : 降伏強度、 p_w : 柱型帯筋比、 n_w, a_w, X : 1組の柱型横補強筋本数、断面積と間隔

表 6.3.2(2) B 建物(ハイベース NEO 工法 G タイプ)の柱型諸元(標準仕様)

柱記号	設計																	
	ハイベース NEO G 型製品記号	柱位置	角形鋼管	$B_c(D_c)$ (mm)	柱型主筋							柱型横補強筋						
					本数	呼び名	鋼種	σ_{ry} (N/mm ²)	a (mm ²)	p_g (%)	判定	呼び名	鋼種	n_w (本)	a_w (mm ²)	X (mm)	p_w (%)	判定
C1	GB750-12-48	隅・側	□-750×750×28	1300	40	D29	SD390	390	642	1.52	OK	D16	SD295A	4	199	100	0.61	OK
C2	GB600-12-48	側	□-600×600×28	1100	40	D29	SD390	390	642	2.12	OK	D16	SD295A	4	199	100	0.72	OK

【柱型主筋および柱型横補強筋の判定】 p_g と p_w の設計値 \geq 標準仕様の値の場合“OK”、設計値 $<$ 標準仕様の値の場合“NG”、 $p_g = \{n \cdot a / (B_c \cdot D_c)\}$ 、 $p_w = a_w / (B_c \cdot X)$
(設計) p_g : 柱型主筋比、 B_c, D_c : 柱型幅とせい、 σ_{ry} : 降伏強度、 p_w : 柱型帯筋比、 n_w, a_w, X : 1組の柱型横補強筋本数、断面積と間隔

表 6.3.2(3) C 建物(NC ベース 8 本タイプ)の柱型諸元

(a) 設計

柱記号	設計																	
	NCベース 製品記号	柱位置	角形 鋼管	Bc (Dc) (mm)	柱型主筋						柱型横補強筋							
					本数	呼び名	鋼種	σ_{ry} (N/mm ²)	a (mm ²)	p _g (%)	判定	呼び名	鋼種	n _w (本)	a _w (mm ²)	X (mm)	p _w (%)	判定
C1	PK-700-8X-64	隅	□-700×700×32	1400	40	D32	SD390	390	794	1.62	OK	D16	SD295A	4	199	150	0.38	OK
C4	PK-700-8X-64	中	□-700×700×32	1400	20	D29	SD390	390	642	0.66	OK	D16	SD295A	4	199	110	0.52	OK
C2, C3	PK-700-8L-56	側	□-700×700×28	1350	36	D29	SD390	390	642	1.27	OK	D16	SD295A	4	199	150	0.39	OK

【柱型主筋および柱型横補強筋の判定】 p_gとp_wの設計値≧標準仕様の値の場合“OK”、設計値<標準仕様の値の場合“NG”、p_g= {n・a/(Bc・Dc)}、p_w=aw/(Bc・X)
 (設計) p_g: 柱型主筋比、Bc, Dc: 柱型幅とせい、σ_{ry}: 降伏強度、p_w: 柱型帯筋比、n_w, a_w, X: 1組の柱型横補強筋本数、断面積と間隔

(b) 標準仕様

柱記号	標準仕様												
	Bco (Dco) (mm)	柱型主筋					柱型横補強筋						
		本数	呼び名	鋼種	σ _{ryo} (N/mm ²)	a _o (mm ²)	p _{go} (%)	呼び名	鋼種	n _w (本)	a _{wo} (mm ²)	X _o (mm)	p _{wo} (%)
C1	1300	48	D29	SD390	390	642	1.57	D16	SD295A	2	199	75	0.38
C4	1300	20	D29	SD390	390	642	0.66	D16	SD295A	3	199	85	0.50
C2, C3	1200	48	D25	SD345	345	507	1.18	D16	SD295A	2	199	90	0.33

$$p_{go} = \{n \cdot a_o / (B_{co} \cdot D_{co})\} \cdot \{(B_{co} \cdot D_{co}) / (B_c \cdot D_c)\} \cdot (\sigma_{ry} / \sigma_{ryo}), \quad p_{wo} = a_{wo} / (B_{co} \cdot X_o)$$

ただし、B_{co}<B_cの場合、p_{wo}= {a_{wo} / (B_{co}・X_o)} ・(B_{co}/B_c)

(標準仕様) p_{go}: 柱型主筋比、B_{co}, D_{co}: 柱型幅とせい、p_{wo}: 柱型帯筋比、n_w, a_{wo}, X_o: 1組の帯筋の本数、断面積と間隔

(注) 標準仕様の柱型主筋および柱型帯筋は、隅柱、側柱では引張領域の値、中柱では圧縮領域の値とした。

6.3.3 検討建物の検定結果

(1) A 建物

A 建物で採用したベースパック II 型は保有耐力接合であるので、「各部構造規定検定」を行う。A 建物の柱脚・柱型諸元を表 6.3.3(1.1)、基礎梁断面リストを表 6.3.3(1.2)、各部構造規定検定結果を表 6.3.3(1.3)に示す。表 6.3.3(1.1)では、「各部構造規定検定」で用いる柱型諸元を表 6.3.2(1)より転記している。

表 6.3.3(1.3)では、図 6.3.1(1)の検討部位 C2 のほかに C1 の「各部構造規定検定結果」①～⑤(図 6.1.1 の検定計算フロー 参照)を示すとともに、下式の柱型横補強筋・必要組数を示している。

$$\text{柱型横補強筋・必要組数} = \text{Roundup}(Bc \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo} / a_w, 0) + 1 \quad (\text{検定 3})$$

ここに、 p_{jwh} : 柱型必要横補強筋比、 a_w : 柱型横補強筋 1 組の断面積

Bc : 柱型幅、 j_{tgo} : 基礎梁上下最外縁主筋の中心間距離(RC 構造設計指針・式(7.2) 参照)

式(検定 3)では、ベースパック設計ハンドブック 5 章「標準柱脚仕様」5.1.3 による柱型頂部フープ筋ダブル巻きの規定を考慮して 1 組加算している。

ここで、保有耐力接合の場合、判定③の条件式右辺の柱型必要補強筋量の計算に用いる柱型部せん断余裕度 λ_p で決定する限界層間変形角 R_{ua} は、 $\lambda_p=1$ を仮定し、 $R_{ua}=0.03$ としている。

表 6.3.3(1.1) A 建物の柱脚・柱型諸元

柱 記号	製品 記号	アンカーボルト			ベースプレート			柱型諸元												柱型 最小 He (mm)	
		本数	軸径 da (mm)	Lab (mm)	Lab /da	t (mm)	Bp (Dp) (mm)	j _{tal} (mm)	Fc (N/mm ²)	Bc (Dc) (mm)	柱型主筋					柱型横補強筋					
											本数	呼び 名	d (mm)	a (mm ²)	pg (%)	呼び 名	n _w (本)	a _w (mm ²)	X (mm)		p _w (%)
C1	40-22R	12	38	850	22.4	48	700	570	24	900	16	D25	25	507	1.00	D13	2	127	100	0.28	800
C2~C4	50-22R	12	41	995	24.3	60	820	690	24	1050	24	D25	25	507	1.10	D16	2	199	100	0.38	850

Lab : アンカーボルト定着長さ、t : 最大厚さ、Bp, Dp : ベースプレート幅(せい)、j_{tal} : 最外縁アンカーボルト中心間距離、Bc, Dc : 柱型幅(せい)
a : 柱型主筋断面積、pg : 柱型主筋比、n_w, a_w, X : 1組の柱型横補強筋の本数、断面積と間隔、p_w=a_w/(Bc·X) : 帯筋比
(柱型主筋鋼種) D16の場合 : SD295A、D19~D25の場合 : SD345、D29以上 : SD390、(柱型横補強筋鋼種)すべてSD295A
(柱型諸元) 設計ハンドブックによる標準仕様
(注) Lab=L-140mm (Mアンカーボルト)、Lab=L-180mm (Dアンカーボルト)、L : アンカーボルト全長
設計ハンドブック 6.1 アンカーボルト・ナットに記載の形状寸法の値による。

表 6.3.3(1.2) A 建物の基礎梁断面リスト

位置	FG1	FG2			FG3			FG11		FG12, FG14		FG13	
	全断面	X2端	中央	X3端	X3端	中央	X4端	外端	中央	外端	中央	外端	中央
D _g ×D _g (mm)	600×1500	600×1500			600×1500			600×1500		650×2800		650×2800	
上端筋	5+3-D29	5+3-D29	5-D29	5+5-D29	5+5-D29	5-D29	5+3-D29	5+4-D29	5-D29	6+3-D29	6+3-D29	6+5-D29	6+4-D29
下端筋	5+3-D29	5+3-D29	5+3-D29	5+5-D29	5+5-D29	5+3-D29	5+3-D29	5+4-D29	5+4-D29	6+3-D29	6+6-D29	6+5-D29	6+6-D29
スタラップ	4-D13@100	3-D13@150			3-D13@150			2-D13@200		2-D13@150		2-D13@150	

表 6.3.3(1.3) A 建物の各部構造規定検定結果

柱記号		C1	C2	C2
基礎梁記号		FG11	FG3	FG14
アンカーボルトの種類(既製品、非既製品)		既製品	既製品	既製品
設計区分(Ⅱ,Ⅰ)		Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
直交梁の種類別(両側,片側,無)		片側	片側	片側
コンクリート設計基準強度	$F_c(N/mm^2)$	24	24	24
基礎梁せい	$D_g(mm)$	1500	1500	2800
梁上1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tT}(mm)$	140	140	140
梁下1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tB}(mm)$	90	90	90
1段筋と2段筋の中心間距離	$P_{12}(mm)$	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390
	呼び名(db)	D29	D29	D29
上端1段筋本数	$n_{1上}$	5	6	6
上端2段筋本数	$n_{2上}$	4	3	3
下端1段筋本数	$n_{1下}$	4	6	5
下端2段筋本数	$n_{2下}$	4	3	3
基礎梁主筋定着長さ(入力値)	$l_{ag}(mm)$	735	870	870
柱型幅	$B_c(mm)$	900	1050	1050
柱型せい	$D_c(mm)$	900	1050	1050
柱型最小高さ	$H_c(mm)$	800	850	850
柱型横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D13	D16	D16
	1組の本数	2	2	2
	間隔X(mm)	90	100	100
定着部拘束筋	1組の本数	2	2	2
	組数nH	4	3	3
(アンカーボルト)	軸径 $d_a(mm)$	38	41	41
最外縁アンカーボルト中心間距離 $j_{ta1}(mm)$		570	690	690
基礎梁主筋定着長さ比	l_{ag}/db	25.3	30.0	30.0
	l_{ag}/D_c	0.82	0.83	0.83
基礎梁主筋必要定着長さ	l_{ao}/db	18.8	18.6	23.2
	$\max\{l_{ao}/db, 16\}$	18.8	18.6	23.2
	$L_{ag}=(D_c+j_{ta1})/2(mm)$	735	870	870
判定①($l_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db, L_{ag})$ かつ $l_{ao}/db \leq 25$)		OK	OK	OK
アンカボルト中心かぶり厚さ	$C_{sa}(mm)$	165	180	180
	C_{sa}/d_a	4.3	4.4	4.4
判定②($C_{sa}/d_a \geq 4$)		OK	OK	OK
柱型帯筋比 $p_w=a_w/(B_c \cdot X)(\%)$		0.31%	0.38%	0.38%
柱型必要横補強筋比 $p_{jwh}=\max(0.3\%, p_w)(\%)$		0.31%	0.38%	0.38%
柱型横補強筋・必要組数		16	14	27
柱型全補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}(N/mm^2)$		1.28	1.49	1.36
$\Sigma p_j \cdot \sigma_y = \{(\phi_s \cdot R_{uD}/R_{uA}) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w (N/mm^2)$		0.93	0.93	0.93
判定③($p_w \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_j \cdot \sigma_y$)		OK	OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{wyH}(kN)$		300	352	352
引張力伝達係数 T_{Hy}/T_{gy}		0.14	0.14	0.16
判定④($T_{Hy}/T_{gy} \geq 0.1$)		OK	OK	OK
基礎梁せい比	D_g/H_c	1.88	1.76	3.29
判定⑤($D_g/H_c \geq 1.0$)		OK	OK	OK

(2) B 建物

B 建物で採用したハイベース NEO(G タイプ)は保有耐力接合であるが、非保有耐力接合として、「各部構造規定検定」と「柱型部せん断検定」を行う。B 建物の柱脚・柱型諸元を表 6.3.3(2.1)、基礎梁断面リストを表 6.3.3(2.2)、各部構造規定検定結果および柱型部せん断検定結果を表 6.3.3(2.3)に示す。表 6.3.3(2.1)では、「各部構造規定検定」で用いる柱型諸元を表 6.2.2(2)より転記している。

表 6.3.3(2.3)では、図 6.3.1(2)に示した検討部位 C1 の「各部構造規定検定結果」①～⑤および「柱型部せん断検定結果」⑥(図 6.1.1 の検定計算フロー 参照)を示すとともに、式(検定 4)の柱型横補強筋・必要組数を示している。

$$\text{柱型横補強筋・必要組数} = \text{Roundup}(Bc \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo} / a_w, 0) \quad (\text{検定 4})$$

式(検定 4)中の記号の定義：式(検定 3)と同じ。

一方、ト形柱型部設計せん断力 V_{muh} の算定に用いる杭のせん断長さ h_2 は、 $h_0=4D_p$ (D_p : 杭径) として算出している(5.1 節の解説(1) 参照)。

表 6.3.3(2.1) B 建物の柱脚・柱型諸元

柱記号	製品記号	アンカーボルト				ベースプレート			柱型諸元												柱型最小 h (mm)
		本数	軸径 da (mm)	Lab (mm)	Lab / da	t (mm)	Bp (Dp) (mm)	j _{tal} (mm)	Fc (N/mm ²)	Bc (Dc) (mm)	柱型主筋					柱型横補強筋					
											本数	呼び名	d (mm)	a (mm ²)	p _g (%)	呼び名	n _w (本)	a _w (mm ²)	X (mm)	p _w (%)	
C1	GB750-12-48	12	48	910	19	47	1030	900	24	1300	40	D29	29	642	1.52	D16	4	199	100	0.61	1300
C2	GB600-12-48	12	48	910	19	52	880	750	24	1100	40	D29	29	642	2.12	D16	4	199	100	0.72	1300

Lab : アンカーボルト定着長さ、 t : 最大厚さ、 Bp, Dp : ベースプレート幅(せい)、 j_{tal} : 最外縁アンカーボルト中心間距離、 Bc, Dc : 柱型幅(せい)
a : 柱型主筋断面積、 p_g : 柱型主筋比、 n_w, a_w, X : 1組の柱型横補強筋の本数、断面積と間隔、 p_w=a_w/(Bc・X) : 帯筋比
(柱型主筋鋼種) D16の場合 : SD295A、 D19~D25の場合 : SD345、 D29以上 : SD390、 (柱型横補強筋鋼種)すべてSD295A
(柱型諸元) 設計ハンドブックによる標準仕様

表 6.3.3(2.2) B 建物の基礎梁断面リスト

位置	FG1			FG2		FG11
	外端	中央	内端	端部	中央	全断面
D _g ×D _g (mm)	900×2000			900×2000		900×1500
上端筋	7-D35	7-D35	7+7-D35	7+7-D35	7-D35	7+2-D32
下端筋	7-D35	7+3-D35	7+2-D35	7+2-D35	7+5-D35	7+2-D32
スタラップ	2-D16@150			2-D16@100		2-D16@150

表 6.3.3(2.3) B 建物の各部構造規定検定結果および柱型部せん断検定結果

柱記号		C1	C1
基礎梁記号		FG1	FG11
アンカーボルトの種類(既製品、非既製品)		既製品	既製品
設計区分(Ⅱ,Ⅰ)		Ⅱ	Ⅱ
直交梁の種類(両側,片側,無)		片側	片側
コンクリート設計基準強度 $F_c(N/mm^2)$		24	24
1階構造階高 $h_1(mm)$		12800	12800
スパン長 $l(mm)$		21000	21000
2層目鉄骨梁せい $D_{sg}(mm)$		1200	800
基礎梁幅 $B_g(mm)$		900	900
基礎梁せい $D_g(mm)$		2000	1500
梁上1段筋中心のかぶり厚さ $dtT(mm)$		140	140
梁下1段筋中心のかぶり厚さ $dtB(mm)$		100	100
1段筋と2段筋の中心間距離 $P_{12}(mm)$		115	115
(基礎梁主筋) 鋼種		SD390	SD390
呼び名		D35	D35
上端1段筋本数 $n_{1上}$		7	7
上端2段筋本数 $n_{2上}$		0	2
上端3段筋本数 $n_{3上}$		0	0
下端1段筋本数 $n_{1下}$		7	7
下端2段筋本数 $n_{2下}$		0	2
下端3段筋本数 $n_{3下}$		0	0
基礎梁主筋定着長さ(入力値) $l_{ag}(mm)$		1100	1100
柱型幅 $B_c(mm)$		1300	1300
柱型せい $D_c(mm)$		1300	1300
柱型最小高さ $H_c(mm)$		1300	1300
(柱型主筋) 鋼種		SD390	SD390
呼び名		D29	D29
柱型主筋全本数 $n_c(本)$		40	40
柱型部横補強筋 鋼種		SD295	SD295
呼び名		D16	D16
1組の本数		4	4
間隔 $X(mm)$		100	100
定着部拘束筋 1組の本数		2	2
組数 n_H		3	4
(アンカーボルト) 軸径 $d_a(mm)$		48	48
最外縁アンカーボルト中心間距離 $j_{ta1}(mm)$		900	900
杭直径 $D_p(mm)$		700	700
フーチング出寸法 $\Delta h_2(mm)$		450	950
基礎梁主筋定着長さ比 l_{ag}/db		31.4	31.4
l_{ag}/D_c		0.85	0.85
必要定着長さ比 l_{ao}/db		22.3	19.4
$\max\{l_{ao}/db, 16\}$		22.3	19.4
$L_{ag}=(D_c+j_{ta1})/2(mm)$		1100	1100
判定① ($l_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db, L_{ag})$ かつ $l_{ao}/db \leq 25$)		OK	OK
アンカボルト中心かぶり厚さ $C_{sa}(mm)$		200	200
C_{sa}/d_a		4.2	4.2
判定② ($C_{sa}/d_a \geq 4$)		OK	OK
柱型帯筋比 $p_w=a_w/(B_c \cdot X)(\%)$		0.61%	0.61%
柱型必要横補強筋比 $p_{jwh}=\max(0.3\%, p_w)(\%)$		0.61%	0.61%
柱型横補強筋・必要組数		18	13
柱型全補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}(N/mm^2)$		2.14	2.27
$\Sigma p_j \cdot \sigma_y = \{(\phi_s \cdot RuD/Rua) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w (N/mm^2)$		0.00	0.25
判定③ ($p_w \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_j \cdot \sigma_y$)		OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{wyH}(kN)$		352	470
引張力伝達係数 T_{Hy}/T_{gy}		0.12	0.13
判定④ ($T_{Hy}/T_{gy} \geq 0.1$)		OK	OK
柱型最小寸法比 D_g/H_c		1.54	1.15
判定⑤ ($D_g/H_c \geq 1.0$)		OK	OK
柱型部設計せん断力 $V_{muh}=\xi \cdot h \cdot Q_{cu}(kN)$		2291	3194
柱型部せん断終局耐力 $V_{puh}=\kappa \cdot u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}(kN)$		5328	5328
柱型部せん断余裕度 $\lambda_p=V_{puh}/V_{muh}$		2.33	1.67
判定⑥ ($\lambda_p \geq 1.0$)		OK	OK

(3) C 建物

C 建物で採用した NC ベース (8 本タイプ) は非保有耐力接合として、「各部構造規定検定」と「柱型部せん断検定」を行う。C 建物の柱脚・柱型諸元を表 6.3.3(3.1)、基礎梁断面リストを表 6.3.3(3.2)、各部構造規定検定結果および柱型部せん断検定結果を表 6.3.3(3.3) に示す。表 6.3.3(3.1) では、「各部構造規定検定」で用いる柱型諸元を表 6.3.2(3.1) より転記している。

表 6.3.3(3.3) では、図 6.3.1(3) の検討部位 C1 の「各部構造規定検定結果」①～⑤および「柱型部せん断検定結果」⑥(図 6.1.1 の検定計算フロー 参照)を示すとともに、式(検定 3)の柱型横補強筋・必要組数を示している。式(検定 3)では、NC ベース工法(P シリーズ)設計ハンドブック 3.4 節「RC 基礎柱型部の設計 3.4.4 による柱型頂部フープ筋ダブル巻きの規定を考慮して 1 組加算している。

また、表 6.3.3(3.3) の算定時には、後述の詳細図 3 の柱型配筋詳細を考慮し、基礎梁上下 1 段筋中心かぶり厚さ dt_t , dt_b および 1 段筋と 2 段筋の中心間距離 P_{12} を通常値よりも大きくしている。

一方、B 建物と同様、ト形柱型部設計せん断力 V_{muh} の算定に用いる杭のせん断長さ h_2 は、 $h_{o2}=4D_p$ (D_p : 杭径) として算出している(5.1 節の解説(1) 参照)。

表 6.3.3(3.1) C 建物の柱脚・柱型諸元

柱記号	製品記号	アンカーボルト			ベースプレート			柱型諸元												柱型最小 h (mm)	
		本数	軸径 d_a (mm)	Lab (mm)	Lab / d_a	t (mm)	B_p (D_p) (mm)	j _{tal} (mm)	F_c (N/mm^2)	B_c (D_c) (mm)	柱型主筋				柱型横補強筋						
											本数	呼び名	d (mm)	a (mm^2)	p_g (%)	呼び名	n_w (本)	a_w (mm^2)	X (mm)		p_w (%)
C1	PK-700-8X-64	8	64	1280	20	75	1030	875	30	1400	40	D32	32	794	1.62	D16	4	199	150	0.38	1487
C4	PK-700-8X-64	8	64	1280	20	75	1030	875	30	1400	20	D29	29	642	0.66	D16	4	199	110	0.52	1487
C2, C3	PK-700-8L-56	8	56	1120	20	70	1000	865	30	1350	36	D29	29	642	1.27	D16	4	199	150	0.39	1323

Lab: アンカーボルト定着長さ、t: 最大厚さ、 B_p, D_p : ベースプレート幅(せい)、j_{tal}: 最外縁アンカーボルト中心間距離、 B_c, D_c : 柱型幅(せい)
a: 柱型主筋断面積、 p_g : 柱型主筋比、 n_w, a_w, X : 1組の柱型横補強筋の本数、断面積と間隔、 $p_w=a_w/(B_c \cdot X)$: 帯筋比
(柱型主筋鋼種) D16の場合: SD295A、D19~D25の場合: SD345、D29以上: SD390、(柱型横補強筋鋼種)すべてSD295A
(柱型諸元) 設計ハンドブックによる標準仕様

表 6.3.3(3.2) C 建物の基礎梁断面リスト

位置	FG1			FG2			FG3			FG4			FG11			FG12		
	外端	中央	内端	端部	中央	端部	中央	内端	端部	中央	外端	中央	内端	外端	中央	内端		
$D_g \times D_g$ (mm)	1000×2500			1000×2500			1000×2500			1000×2500			1000×2500			1000×2500		
上端筋	8+6-D38	8-D38	8+2-D38	8+2-D38	8-D38	8+8-D38	8+4-D38	8+4-D38	8+4-D38	8+2-D38	8+4-D38	8-D38	8+2-D38	8+8-D38	8+4-D38	8+6-D38		
下端筋	6+4-D38	6+2-D38	6+2-D38	6+2-D38	6+2-D38	6+6-D38	6+4-D38	6+4-D38	6+4-D38	6+4-D38	6+4-D38	6+2-D38	6+2-D38	6+6-D38	6+4-D38	6+4-D38		
スタラップ	4-D13@200			4-D13@200			4-D13@200			4-D13@200			4-D13@200			4-D13@200		

表 6.3.3(3.3) C 建物の各部構造規定検定結果および柱型部せん断検定結果

柱記号		C1	C1
基礎梁記号		FG1	FG11
アンカーボルトの種類(既製品、非既製品)		既製品	既製品
設計区分(Ⅱ,Ⅰ)		Ⅱ	Ⅱ
直交梁の種類(両側,片側,無)		片側	片側
コンクリート設計基準強度	$F_c(N/mm^2)$	36	36
1階・構造階高	$h1(mm)$	7085	7085
スパン長	$l(mm)$	9000	9000
2層目鉄骨梁せい	$D_{sg}(mm)$	800	800
基礎梁幅	$B_g(mm)$	1000	1000
基礎梁せい	$D_g(mm)$	2500	2500
梁上1段筋中心のかぶり厚さ	$dtT(mm)$	165	165
梁下1段筋中心のかぶり厚さ	$dtB(mm)$	125	125
1段筋と2段筋の中心間距離	$P_{12}(mm)$	135	135
(基礎梁主筋)	鋼種	SD490	SD490
	呼び名	D38	D38
上端1段筋本数	$n_{1上}$	8	8
上端2段筋本数	$n_{2上}$	6	4
上端3段筋本数	$n_{3上}$	0	0
下端1段筋本数	$n_{1下}$	6	6
下端2段筋本数	$n_{2下}$	4	4
下端3段筋本数	$n_{3下}$	0	0
基礎梁主筋定着長さ(入力値)	$l_{ag}(mm)$	1140	1140
柱型幅	$B_c(mm)$	1400	1400
柱型せい	$D_c(mm)$	1400	1400
柱型最小高さ	$H_c(mm)$	1487	1487
(柱型主筋)	鋼種	SD390	SD390
	呼び名	D32	D32
柱型主筋全本数	$n_c(本)$	40	40
柱型部横補強筋	鋼種	SD295	SD295
	呼び名	D16	D16
	1組の本数	4	4
	間隔 $X(mm)$	150	150
定着部拘束筋	1組の本数	4	4
	組数 n_H	4	4
(アンカーボルト)	軸径 $d_a(mm)$	64	64
最外縁アンカーボルト中心間距離	$j_{ta1}(mm)$	875	875
杭直径	$D_p(mm)$	1800	1800
フーチング出寸法	$\Delta h2(mm)$	400	400
基礎梁主筋定着長さ比	l_{ag}/d_b	30.0	30.0
	l_{ag}/D_c	0.81	0.81
必要定着長さ比	l_{ao}/d_b	21.2	21.3
	$\max\{l_{ao}/d_b, 16\}$	21.2	21.3
	$L_{ag}=(D_c+j_{ta1})/2(mm)$	1138	1138
判定①($l_{ag} \geq \max\{l_{ao}, 16d_b, L_{ag}\}$ かつ $l_{ao}/d_b \leq 25$)		OK	OK
アンカボルト中心かぶり厚さ	$C_{sa}(mm)$	262.5	262.5
	C_{sa}/d_a	4.1	4.1
判定②($C_{sa}/d_a \geq 4$)		OK	OK
柱型帯筋比 $p_w=a_w/(B_c \cdot X)(\%)$		0.38%	0.38%
柱型必要横補強筋比 $p_{jwh}=\max(0.3\%, p_w)(\%)$		0.38%	0.38%
柱型横補強筋・必要組数		16	16
柱型全補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}(N/mm^2)$		1.53	1.53
$\Sigma p_j \cdot \sigma_y = \{(\phi_s \cdot RuD/Rua) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w (N/mm^2)$		0.64	0.38
判定③($p_w \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_j \cdot \sigma_y$)		OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{wyH}(kN)$		939	939
引張力伝達係数 T_{Hy}/T_{gy}		0.17	0.17
判定④($T_{Hy}/T_{gy} \geq 0.1$)		OK	OK
柱型最小寸法比 D_g/H_c		1.68	1.68
判定⑤($D_g/H_c \geq 1.0$)		OK	OK
柱型部設計せん断力 $V_{muh}=\xi \cdot h \cdot Q_{cu}(kN)$		5615	4789
柱型部せん断終局耐力 $V_{puh}=\kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}(kN)$		8000	8000
柱型部せん断余裕度 $\lambda_p=V_{puh}/V_{muh}$		1.42	1.67
判定⑥($\lambda_p \geq 1.0$)		OK	OK

6.4 検討建物の柱型部配筋詳細図

6.4.1 基本事項

(1) 基礎梁主筋の配置

本編 4.2 節 1) では、最外縁アンカーボルト中心間距離 j_{ta} 区間内の基礎梁主筋定着長さ $l_{ag} \geq \min(l_{ao}, 16d_b, L_{ag})$ を規定し、本編 4.2 節 2) では、 j_{ta} 区間外の基礎梁上端筋定着部は RC 構造設計指針 14.2 節 (2)、基礎梁下端筋定着部は同指針 14.2 節 (3) によるとした。 l_{ao} は必要定着長さ、 d_b は基礎梁主筋呼び名の値、 $L_{ag} = (D_c + j_{ta}) / 2$ であり、 D_c は柱型部せいを示す。本編では、基礎梁主筋の間隔が JASS5 の鉄筋間隔以上となるように、 j_{ta} 区間内と j_{ta} 区間外の基礎梁主筋本数を定めることにしている。

既製品露出柱脚の場合、図 6.4.1 の最外縁アンカーボルト中心間距離 j_{ta1} 区間で、下式の基礎梁主筋平均間隔 X_g が JASS5 の鉄筋間隔以上とし、柱型部内でアンカーボルトと基礎梁主筋が干渉しないように、基礎梁主筋 1 列の本数 n_{ag} を決定する。

$$X_g = j_{ta1} / (n_{ag} - 1)$$

(検定 5)

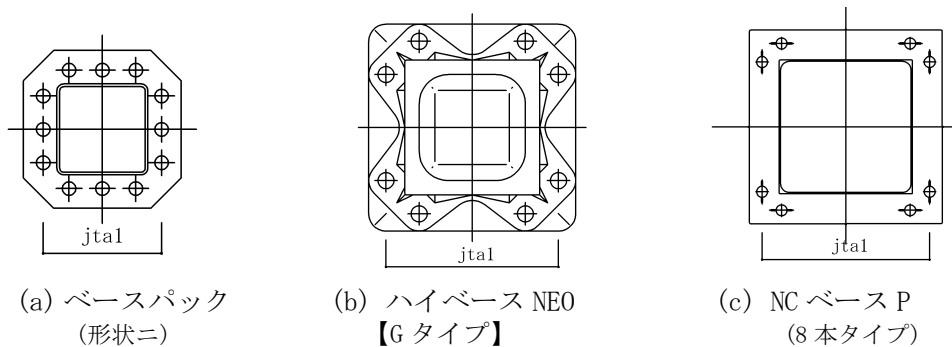


図 6.4.1 既製品露出柱脚の j_{ta1} 区間(例)

(2) 柱型主筋の配置

既製品露出柱脚の場合、アンカーボルト位置は各製品で定まるので、JASS5 の鉄筋間隔を確保しつつ、柱型部内のアンカーボルト、柱型主筋、基礎梁主筋が干渉しないように、柱型主筋位置を決定する。

その際、柱型主筋(隅筋)中心かぶり厚さ dt は柱型主筋(隅筋)中心の寄り寸法 Δ_{co} を考慮して定め、下式による柱型主筋中心の平均間隔 X_c が JASS5 の鉄筋間隔を上回ることを確認する。

$$X_c = (B_c - 2dt) / n_{co}, \quad n_{co} = (n_c / 4) + 1 \quad (\text{検定 6})$$

ここに、 B_c : 柱型幅、 dt : 柱型主筋(隅筋)中心かぶり厚さ

n_c : 柱型主筋全本数、 n_{co} : 柱型主筋 1 列の本数

(3) 各検討建物の共通事項

各検討建物ともに、柱型主筋(隅筋)中心かぶり厚さ dt (表 6.4.1(1)、表 6.4.2(1)、表 6.4.3(1) および基礎梁主筋(隅筋)中心かぶり厚さ dt_{xo} (表 6.4.1(2)、表 6.4.2(2)、表 6.4.3(2)) は、それぞれ直接土に接する柱・梁・壁・床および布基礎の立上り部分の設計かぶり厚さ (50mm) を考慮した AIJ 「RC 造配筋指針」 記載の値とした。

表 6.4.1(2)、表 6.4.2(2)、表 6.4.3(2) 中の dt_{xo} は基礎梁主筋(隅筋)中心側面かぶり厚さの最小値であり、同表中の基礎梁定着長さ l_{ag} は詳細図 1～詳細図 3 による値である。

一方、詳細図 1～詳細図 3 では、パイルキャップと杭は姿図のみを示し、アンカーフレームとの干渉は考慮していない。また、杭頭補強筋の定着長さは、本編 3 章 (2) (d) に従い柱型部下面から L2 または

L2h以上とし、柱型主筋と杭頭補強筋との間には、AIJ「RC造配筋指針」によるあき重ね継手とする。L2, L2hはJASS 5の直線定着長さおよびフック付き定着長さを示す。

6.4.2 各建物の柱型部配筋詳細図

(1) A建物

A建物の柱型部配筋詳細(ベースパックII型50-22R)を詳細図1、柱型主筋1列の本数 n_{co} と平均間隔 X_c を表6.4.1(1)、 j_{ta1} 区間の基礎梁主筋平均間隔 X_g と基礎梁主筋定着長さ l_{ag} を表6.4.1(2)に示す。

詳細図1では、柱型主筋下端を定着金物付きとし、FG14下端筋の直下に、 $\gamma_{Hg}=T_{Hy}/T_{gy}=0.1$ 以上の定着部拘束筋2-D16-3組を配置している。 T_{Hy} は定着部拘束筋足部の全降伏引張耐力、 T_{gy} は基礎梁下端筋の降伏引張耐力である(本編5.4節参照)。

また、FG14主筋を下側、FG3主筋を上側に配置し、FG3主筋の上部より、かんざし筋(必要組数)を、順次、定着金物近傍より配置している。

かんざし筋の必要組数=Roundup(aw_v/aw_vo), $aw_v=p_{jwv} \cdot B_c \cdot D_c$

p_{jwv} : かんざし筋比(0.1%)、 aw_vo : かんざし筋1組の断面積、 B_c, D_c : 柱型部の幅とせい

表 6.4.1(1) A建物の柱型主筋1列の本数 n_{co} と平均間隔 X_c

柱記号	B_c (mm)	n_c (本)	d_b (mm)	d_t (mm)	R_x (mm)	n_{co} (本)	X_c (mm)	X_c / d_b	d_{to} (mm)	d_{to} / d_b	判定
C1	900	16	25	85	730	5	183	7.3	66	2.6	OK
C2~C4	1050	24	25	85	880	7	147	5.9	66	2.6	OK

B_c : 柱型幅、 n_c : 柱型主筋全本数、 n_{co} : 柱型主筋1列の本数、 d_b : 主筋呼び名の値
 d_t : 柱型主筋(隅筋)中心かぶり厚さ、 $R_x=B_c-2d_t$ 、 X_c : 柱型主筋平均間隔
 d_{to} : JASS5の鉄筋間隔、判定: $X_c \geq d_{to}$ の時"OK"

表 6.4.1(2) A建物の j_{ta1} 区間の基礎梁主筋平均間隔 X_g および基礎梁主筋定着長さ l_{ag}

基礎梁記号	n_{ag} (本)	d_b (mm)	j_{ta1} (mm)	X_g (mm)	X_g / d_b	d_{to} (mm)	d_{to} / d_b	判定	d_{txo} (mm)	l_{ag} (mm)	l_{ag} / D_c	l_{ag} / d_b
FG1~FG3, FG11	5	29	690	173	5.9	77	2.6	OK	90	930	0.89	32.1
FG12~FG14	6	29	690	138	4.8	77	2.6	OK	90	930	0.89	32.1

n_{ag} : j_{ta1} 区間の基礎梁主筋本数、 d_b : 主筋呼び名の値、 d_{to} : JASS5の鉄筋間隔
 j_{ta1} : 最外縁アンカーボルト中心間距離、 X_g : j_{ta1} 区間の平均間隔、判定: $X_g \geq d_{to}$ の時"OK"
 d_{txo} : 基礎梁主筋(隅筋)中心側面かぶり厚さの最小値、 D_c : 柱型部せい

柱記号	鉄骨柱サイズ	露出柱脚製品番号	アンカーボルト		ベースプレート			(柱型諸元)		定着部拘束筋	かんざし筋	
			本数-呼び	Lab(mm)	t(mm)	Bp(Dp)	jta1(mm)	Bc(Dc)(mm)	主筋			横補強筋
C2	□-500×500×22	50-22R	12-D41	695	60	820	690	1050	24-D25	2-D16-27組	2-D16-3組	U-D13-5組

Lab : アンカーボルト定着長さ、 t : 最大厚さ、 Bc, Dc : 柱型部幅(せい)、 Bp(Dp) : ベースプレート幅(せい)、 jta1 : 最外縁アンカーボルト中心間距離
 柱型主筋鋼種 : SD345、 柱型横補強筋、 定着部拘束筋、 かんざし筋鋼種 : SD295A

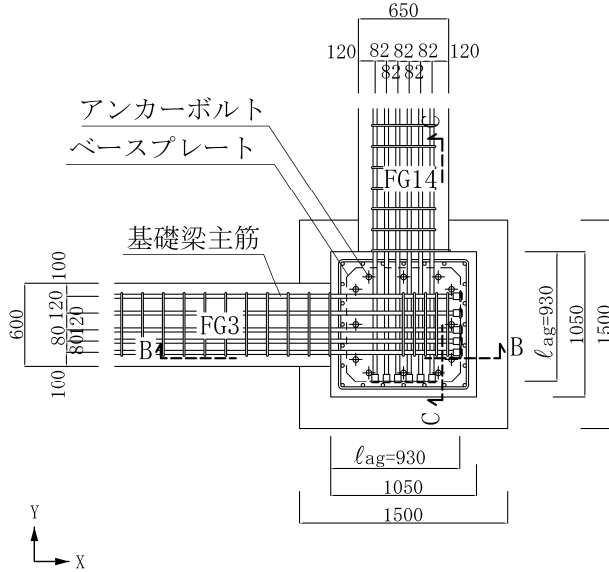
基礎梁記号	B _g ×D _g (mm)	上端筋	下端筋	横補強筋
FG3	650×2800	6+3-D29	6+3-D29	3-D13@150
FG14	600×1500	5+3-D29	5+3-D29	3-D13@150

B_g, D_g : 基礎梁断面幅(せい)、 (鋼種)主筋 : SD390、 横補強筋 : SD295A

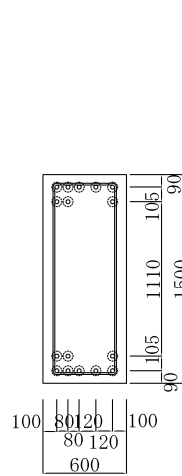
基礎記号	基礎形状寸法(mm)			杭別	杭寸法(mm)	
	幅(せい)	高さ	出寸法		直径	杭頭根入
F2	1500	2250	650	SC杭	600	250

出寸法 : 基礎梁底から基礎底までの寸法

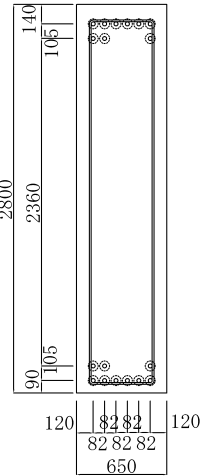
杭頭根入 : 基礎底から杭天端までの寸法



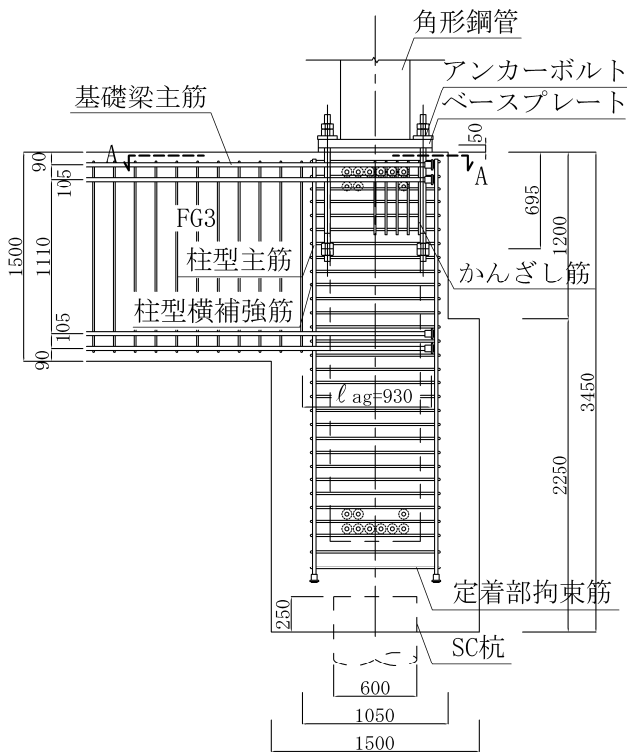
(A-A 断面図)



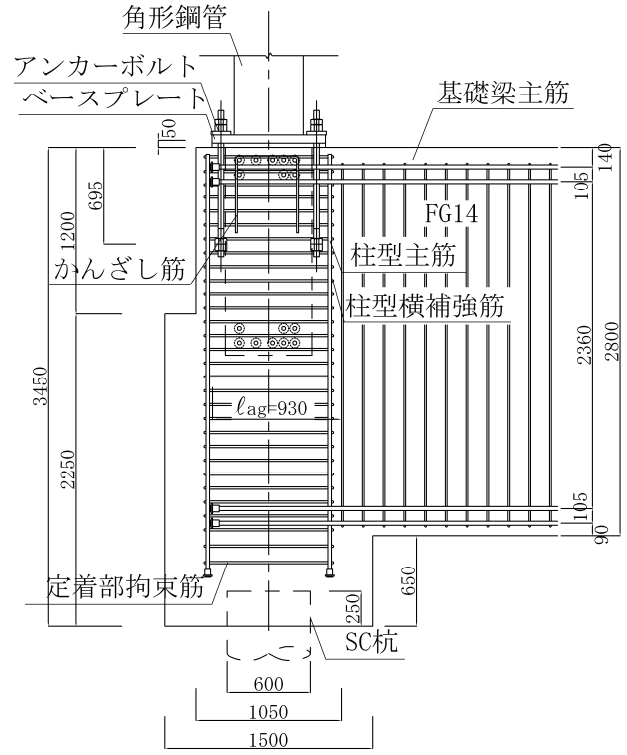
(FG14 断面図)



(FG3 断面図)



(B-B 断面図)



(C-C 断面図)

(寸法単位 : mm)

詳細図 1 A 建物の柱型部配筋詳細(ベースパック II 型 50-22R)

(2) B 建物

B 建物の柱型部配筋詳細(ハイベース NEO(G タイプ))を詳細図 2、柱型主筋 1 列の本数 n_{co} と平均間隔 X_c を表 6.4.2(1)、jta1 区間の基礎梁主筋平均間隔 X_g と基礎梁主筋定着長さ l_{ag} を表 6.4.2(2)に示す。

詳細図 2 では、柱型主筋下端を定着金物付きとし、FG1 下端筋の直下に、 $\gamma H_g = T_{Hy} / T_{gy} = 0.1$ 以上の定着部拘束筋 2-D16-3 組を配置している。 T_{Hy} は定着部拘束筋足部の全降伏引張耐力、 T_{gy} は基礎梁下端筋の降伏引張耐力である(本編 5.4 節 参照)。一方、FG11 下端筋定着部は、RC 構造設計指針 12.1 節(1)の鉛直スタブ付き L 形接合部における梁上端筋と同様に扱うことができる。

また、FG1 主筋を下側、FG11 主筋を上側に配置し、FG11 主筋の上部より、かんざし筋(必要組数)を、順次、定着金物近傍より配置している。

$$\text{かんざし筋の必要組数} = \text{Roundup}(a_{wv} / a_{wvo}), \quad a_{wv} = p_{jwv} \cdot B_c \cdot D_c$$

p_{jwv} : かんざし筋比(0.1%)、 a_{wvo} : かんざし筋 1 組の断面積、 B_c, D_c : 柱型部の幅とせい

表 6.4.2(1) B 建物の柱型主筋 1 列の本数 n_{co} と平均間隔 X_c

柱 記号	B_c (mm)	n_c (本)	d_b (mm)	d_t (mm)	R_x (mm)	n_{co} (本)	X_c (mm)	X_c / d_b	d_{to} (mm)	d_{to} / d_b	判 定
C1	1300	40	29	90	1120	11	112	3.9	77	2.6	OK
C2	1100	40	29	90	920	11	92	3.2	77	2.6	OK

B_c : 柱型幅、 n_c : 柱型主筋全本数、 n_{co} : 柱型主筋 1 列の本数、 d_b : 主筋呼び名の値
 d_t : 柱型主筋(隅筋)中心かぶり厚さ、 $R_x = B_c - 2d_t$ 、 X_c : 柱型主筋平均間隔
 d_{to} : JASS5 の鉄筋間隔、判定 : $X_c \geq d_{to}$ の時 "OK"

表 6.4.2(2) B 建物の jta1 区間の基礎梁主筋平均間隔 X_g および基礎梁主筋定着長さ l_{ag}

基礎梁 記号	n_{ag} (本)	d_b (mm)	jta1 (mm)	X_g (mm)	X_g / d_b	d_{to} (mm)	d_{to} / d_b	判 定	d_{txo} (mm)	l_{ag} (mm)	l_{ag} / D_c	l_{ag} / d_b
FG1, FG2	7	35	900	150	4.3	93	2.6	OK	100	1160	0.89	33.1
FG11	7	32	900	150	4.7	84	2.6	OK	100	1160	0.89	36.3

n_{ag} : jta1 区間の基礎梁主筋本数、 d_b : 主筋呼び名の値、 d_{to} : JASS5 の鉄筋間隔
jta1 : 最外縁アンカーボルト中心間距離、 X_g : jta1 区間の平均間隔、判定 : $X_g \geq d_{to}$ の時 "OK"
 d_{txo} : 基礎梁主筋(隅筋)中心側面かぶり厚さの最小値、 D_c : 柱型部せい

柱記号	鉄骨柱サイズ	露出柱脚製品番号	アンカーボルト		ベースプレート				(柱型諸元)			定着部拘束筋	かんざし筋
			本数-呼び	Lab(mm)	t(mm)	Bp(Dp)	jta1(mm)	Bc(Dc)(mm)	主筋	横補強筋			
C1	□-750×750×28	G750-12-48	12-M48	910	47	1030	900	1300	40-D29	4-D16-18(13)組	2-D16-3組	U-D13-7組	

Lab: アンカーボルト定着長さ、t: 最大厚さ、Bc, Dc: 柱型部幅(せい)、Bp(Dp): ベースプレート幅(せい)、jta1: 最外縁アンカーボルト中心間距離
(鋼種)柱型主筋: SD345、柱型横補強筋、定着部拘束筋、かんざし筋: SD295A

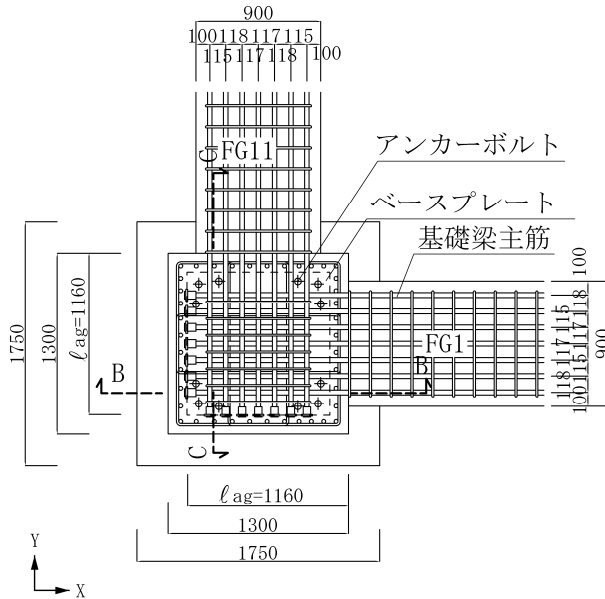
基礎梁記号	B _g ×D _g (mm)	上端筋	下端筋	横補強筋
FG1	900×2000	7-D35	7-D35	2-D16@150
FG11	900×1500	7+2-D32	7+2-D32	2-D16@150

B_g, D_g: 基礎梁断面幅(せい)、(鋼種)主筋: SD390、横補強筋: SD295A

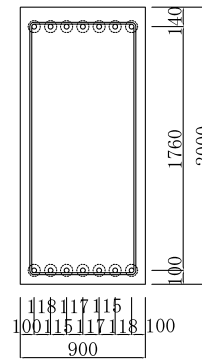
基礎記号	基礎形状寸法(mm)			杭別	杭寸法(mm)	
	幅(せい)	高さ	出寸法		直径	杭頭根入
F1	1750	1600	450	PHC杭	700	100

出寸法: 基礎梁底から基礎底までの寸法

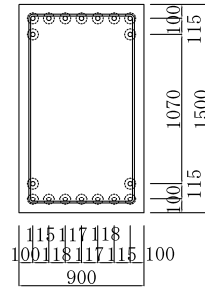
杭頭根入: 基礎底から杭天端までの寸法



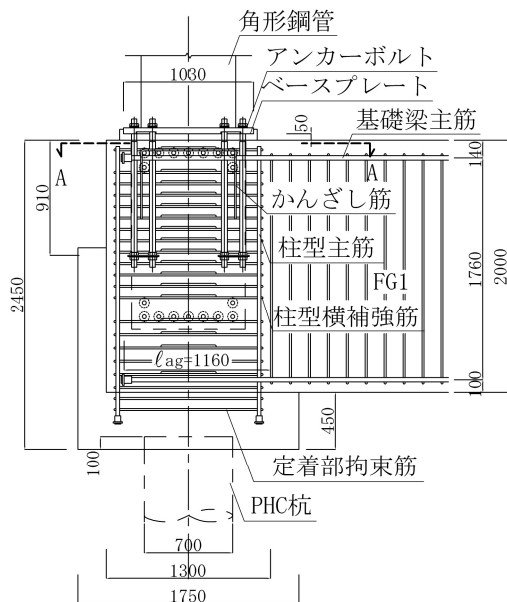
(A-A 断面図)



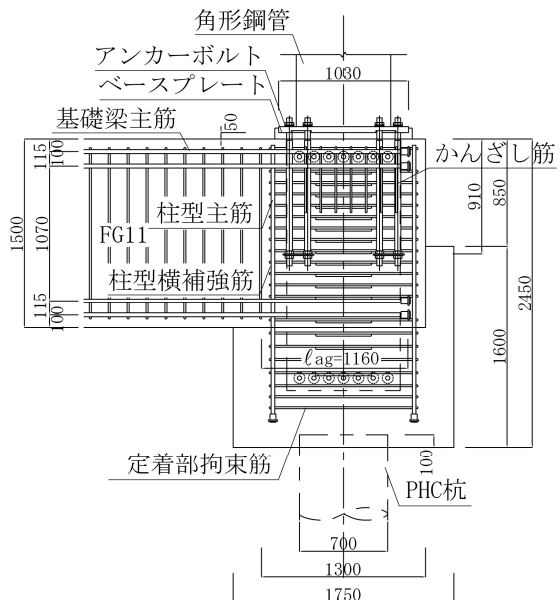
(FG1 断面図)



(FG11 断面図)



(B-B 断面図)



(C-C 断面図)

(寸法単位: mm)

詳細図 2 B 建物の柱型部配筋詳細(ハイベース NEO(G タイプ))

(3) C 建物

C 建物の柱型部配筋詳細(NC ベース(8 本タイプ))を詳細図 3、柱型主筋 1 列の本数 n_{co} と平均間隔 X_c を表 6.4.3(1)、jta1 区間の基礎梁主筋平均間隔 X_g と基礎梁主筋定着長さ l_{ag} を表 6.4.3(2)に示す。

C 建物の場合、基礎梁上下主筋 FG1, FG11 はいずれも 2 段筋であり、柱型横補強筋は XY 両方向ともに中子筋併用の 4-D16-16 組としているので、基礎梁上下 1 段筋中心かぶり厚さ dt_T, dt_B および 1 段筋と 2 段筋の中心間距離 P_{12} を通常値よりも大きくしている(6.3.3 項(3) 参照)。

詳細図 3 では、柱型主筋下端を定着金物付きとし、FG1 下端筋の直下に、 $\gamma H_g = T_{Hy} / T_{gy} = 0.1$ 以上の定着部拘束筋 2-D16-8 組を配置している。 T_{Hy} は定着部拘束筋足部の全降伏引張耐力、 T_{gy} は基礎梁下端筋の降伏引張耐力である(本編 5.4 節 参照)。

また、FG1 主筋を下側、FG11 主筋を上側に配置し、FG11 主筋の上部より、かんざし筋(必要組数)を、順次、定着金物近傍より配置している。

かんざし筋の必要組数 = Roundup(aw_v / aw_o), $aw_v = p_{jwv} \cdot B_c \cdot D_c$

p_{jwv} : かんざし筋比(0.1%)、 aw_o : かんざし筋 1 組の断面積、 B_c, D_c : 柱型部の幅とせい

表 6.4.3(1) C 建物の柱型主筋 1 列の本数 n_{co} と平均間隔 X_c

柱記号	B_c (mm)	n_c (本)	db (mm)	dt (mm)	R_x (mm)	n_{co} (本)	X_c (mm)	X_c /db	d_{to} (mm)	d_{to} /db	判定
C1	1400	40	32	90	1220	11	122	3.8	84	2.6	OK
C2	1350	36	29	90	1170	10	130	4.5	80	2.7	OK

B_c : 柱型幅、 n_c : 柱型主筋全本数、 n_{co} : 柱型主筋 1 列の本数、 db : 主筋呼び名の値
 dt : 柱型主筋(隅筋)中心かぶり厚さ、 $R_x = B_c - 2dt$ 、 X_c : 柱型主筋平均間隔
 d_{to} : JASS5 の鉄筋間隔、判定 : $X_c \geq d_{to}$ の時 "OK"

表 6.4.3(2) C 建物の jta1 区間の基礎梁主筋平均間隔 X_g および基礎梁主筋定着長さ l_{ag}

基礎梁記号	n_{ag} (本)	db (mm)	j_{ta1} (mm)	X_g (mm)	X_g /db	d_{to} (mm)	d_{to} /db	判定	d_{txo} (mm)	l_{ag} (mm)	l_{ag} /D_c	l_{ag} /d_b
FG1~FG3, FG11, FG12	8	38	875	125	3.3	100	2.6	OK	105	1250	0.89	32.9

n_{ag} : jta1 区間の基礎梁主筋本数、 db : 主筋呼び名の値、 d_{to} : JASS5 の鉄筋間隔
 j_{ta1} : 最外縁アンカーボルト中心間距離、 X_g : jta1 区間の平均間隔、判定 : $X_g \geq d_{to}$ の時 "OK"
 d_{txo} : 基礎梁主筋(隅筋)中心側面かぶり厚さの最小値、 D_c : 柱型部せい

柱記号	鉄骨柱サイズ	露出柱脚製品番号	アンカーボルト		ベースプレート			(柱型諸元)			定着部拘束筋	かんざし筋
			本数-呼び	Lab(mm)	t(mm)	Bp(Dp)	jta1(mm)	Bc(Dc)(mm)	主筋	横補強筋		
C1	□-700×700×32	PK700-8X-64	8-M64	1280	75	1030	875	1400	40-D32	4-D16-17組	4-D16-4組	U-D13-8組

Lab: アンカーボルト定着長さ、t: 最大厚さ、Bc, Dc: 柱型部幅(せい)、Bp(Dp): ベースプレート幅(せい)、jta1: 最外縁アンカーボルト中心間距離
(鋼種)柱型主筋: SD345、柱型横補強筋、定着部拘束筋、かんざし筋: SD295A

基礎梁記号	Bg×Dg(mm)	上端筋	下端筋	横補強筋
FG11	1000×2500	8+4-D38	6+4-D38	4-D13@200

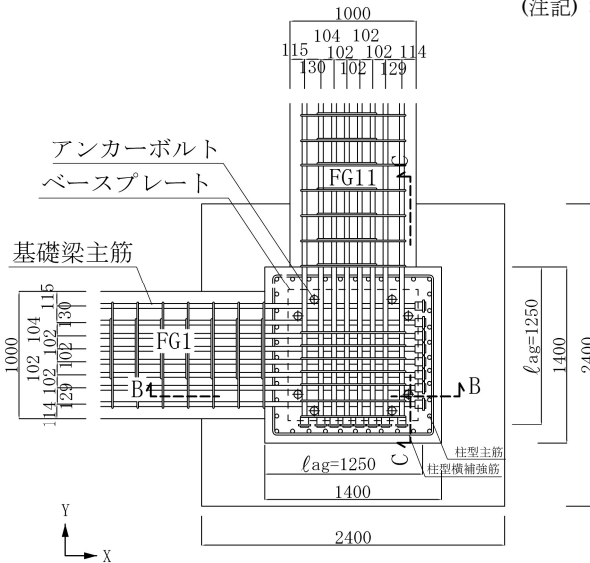
Bg, Dg: 基礎梁断面幅(せい)、(鋼種)主筋: SD490、横補強筋: SD295A

基礎記号	基礎形状寸法(mm)			杭種別	杭直径(mm)
	幅(せい)	高さ	出寸法		
F1	2400	2000	400	場所打ち杭	1800

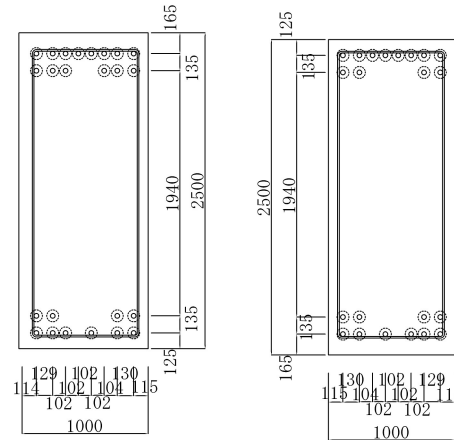
出寸法: 基礎梁底から基礎底までの寸法

杭頭根入(300mm): 基礎底から杭天端までの寸法

(注記) 柱型横補強筋および定着部拘束筋は、すべて囲形中子筋併用とする。

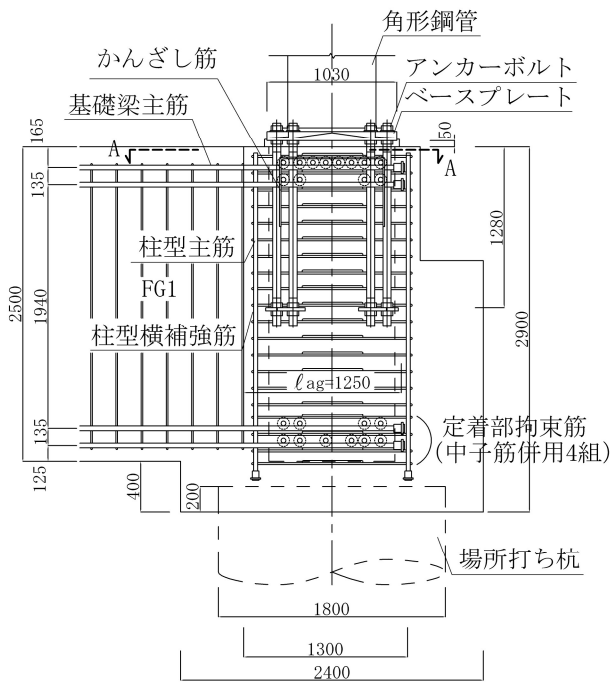


(A-A 断面図)

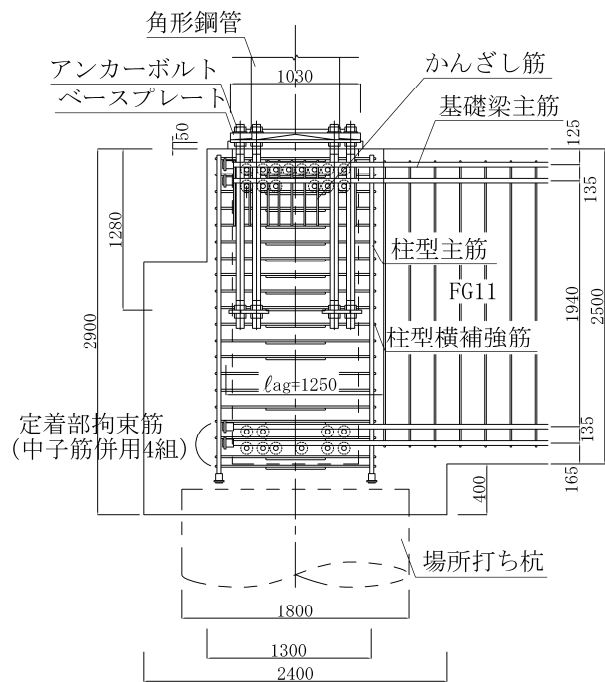


(FG1 断面図)

(FG11 断面図)



(B-B 断面図)



(C-C 断面図)

(寸法単位: mm)

詳細図 3 C 建物の柱型部配筋詳細(NC ベース(8 本タイプ))

【鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部関連の参考文献】

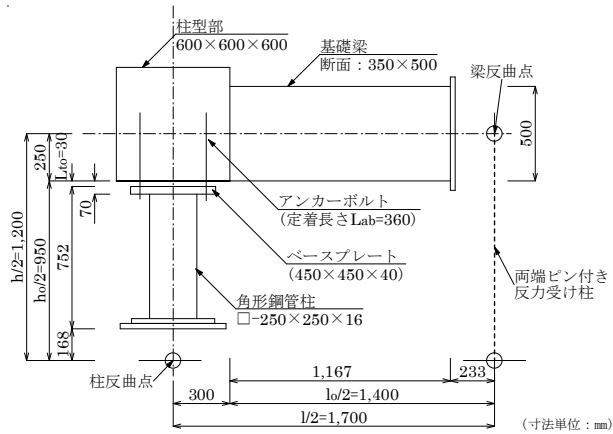
- 1) 国土交通省住宅局監修：2020 年版 建築物の構造関係技術基準解説書、付 1-2.6 柱脚の設計の考え方、pp. 633-655, 2020
- 2) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針 7.2 露出柱脚の設計、pp. 298-336, 2021
- 3) 日本建築学会：鋼構造許容応力度設計規準(2019 年)
- 4) 日本建築学会：鋼構造塑性設計指針(2017 年)
- 5) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事、10 節 鉄筋工事、2015
- 6) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説、2021
- 7) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、1999
- 8) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説 8 章 柱梁接合部の性能評価法、pp. 232-247, 2004
- 9) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説、第 4 編 各種アンカーボルト設計指針 4.2 節 頭付きアンカーボルトの設計、pp. 2376-246, 2010
- 10) 益尾潔、堂下航、足立将人、田川浩之：機械式柱主筋外定着方式による最上階 RC 造 L 形接合部の構造性能、日本建築学会構造系論文集、第 697 号、pp. 411-418, 2014. 3
- 11) 益尾潔、窪田敏行：機械式定着工法による RC 造ト形接合部の終局耐力に関する設計条件、日本建築学会構造系論文集、第 590 号、pp. 87-94, 2005. 4
- 12) 益尾潔、井上寿也、足立将人：機械式定着工法によるト形、T 形、L 形接合部のひび割れ損傷の評価(その 1～その 3)、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、pp. 271-276, 2005. 8
- 13) 益尾潔、堂下航、足立将人、田川浩之：機械式柱主筋外定着方式による最上階 RC 造 L 形柱梁接合部の構造性能、日本建築学会構造系論文集、第 697 号、pp. 411-418, 2014. 3
- 14) 益尾潔、堂下航、足立将人：機械式定着による幅広梁付き RC 造 L 形接合部の構造性能、日本建築学会技術報告集、第 20 巻、第 46 号、pp. 951-956, 2014. 10
- 15) 益尾潔、申範昊：円形定着板で梁主筋を定着した幅広梁付き RC 造 L 形接合部の構造性能、日本建築学会技術報告集、第 22 巻、第 51 号、pp. 517-521, 2016. 6
- 16) (一社)建築構造技術支援機構：SABTEC 高強度せん断補強筋設計施工指針(2021 年)、7 章「中段筋基礎梁の設計」、pp. 34-49, 2021. 9

(付録 1) 開発実験概要

(1) 実験計画の基本事項

本実験では、基礎梁下面に地反力が生じない直接基礎を想定した L 形架構試験体について、RC 造 L 形接合部実験¹⁰⁾と同様、付図 1 の加力方法によって正負繰り返し加力を行った。ただし、試験体製作時には、基礎梁を下側、鋼管柱を上側にして施工し、実験前に試験体を反転させて加力した。

実験計画では、直交基礎梁の最外縁主筋を超えた位置に基礎梁端部の定着金物を配置することを基本とし、基礎梁主筋、柱型主筋とアンカーボルトが干渉しないように、柱型部配筋詳細を決定した。



付図 1 試験体全体寸法および加力方法

(2) 試験体形状寸法および実験因子

実験計画一覧を付表 1、代表的試験体の柱型部配筋詳細を付図 2、アンカーボルト定着部詳細を付図 3 に示す。付図 2 はアンカーボルト 8 本タイプ試験体の柱型部配筋詳細であり、アンカーボルト 6 本タイプ試験体の柱型部配筋詳細は付図 2 中の中段アンカーボルト (2 本) をなくした場合となる。

実験因子は①基礎梁主筋定着種別 (U 型定着、機械式定着)、②定着金物種別 (ネジ節鉄筋型、円形定着板型)、③アンカーボルト本数 (8 本, 6 本)、④コンクリートの目標圧縮強度 (F_c27 , F_c40)、⑤柱型主筋頭部定着金物の有無 (有 : 系列 1, 2、無 : 系列 3~5)、⑥柱型横補強筋鋼種 (SD295A、785N/mm² 級)、⑦アンカーボルト定着長さ L_{ab} (12 d_a 、16.7 d_a) とした。 d_a はアンカーボルト軸部の直径を示す。

- 1) 基礎梁主筋鋼種は、柱型部せん断余裕度に応じて、アンカーボルト 8 本タイプでは SD490、6 本タイプでは SD345 とし、基礎梁曲げ終局耐力は鋼管柱全塑性曲げ耐力 M_{sp} の 0.6~0.9 倍程度とした。
- 2) 機械式定着ではネジ節 1 (ネジプレート (JFE 条鋼))、ネジ節 2 (タフナット (共英製鋼))、円形 1 (FRIP 定着板 (伊藤製鐵所))、円形 2 (EG 定着板 (合同製鐵))、円形 3 (DB ヘッド (ディビーエス)) とした。
- 3) 系列 1, 2 の場合、柱型主筋鋼種は、アンカーボルト 8 本タイプが SD490、6 本タイプが SD345 とし、機械式定着試験体の柱型主筋頭部は定着金物付きとした。系列 3~5 の場合、系列 1, 2 の実験結果を踏まえ、いずれも柱型主筋鋼種は SD345 とし、柱型主筋頭部は直線定着とした。
- 4) 系列 1, 2 の場合、基礎梁主筋機械式定着試験体のアンカーボルト 8 本タイプおよび 6 本タイプについて、それぞれコンクリートの目標圧縮強度を F_c27 と F_c40 とした。
- 5) 系列 1, 2 の実験結果を踏まえ、系列 5 の試験体 No. 15 では柱型横補強筋鋼種の影響、試験体 No. 16 ではアンカーボルト定着長さの影響を調べた。

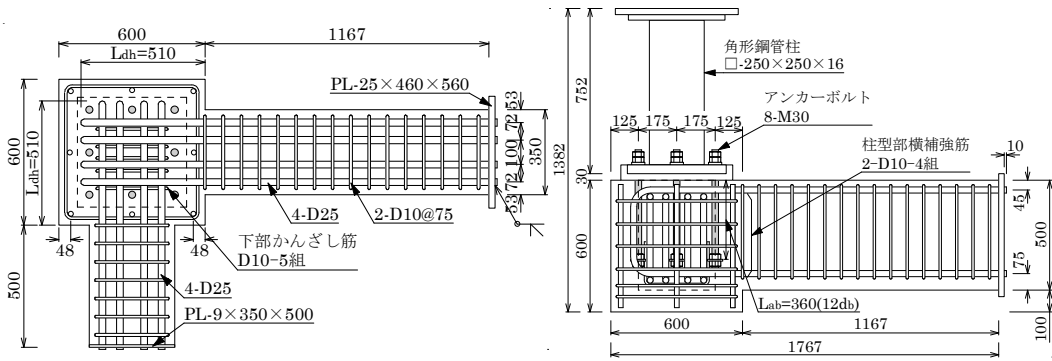
付表1 実験計画一覧

	試験体	定着種別	定着金物種別	A. Bolt		Fc N/mm ²	基礎梁 主筋 鋼種	柱型部横補強筋		柱型主筋 頭部定着 金物						
				na (本)	Lab (mm)			鋼種	組数 (p _{jwh})							
系列 1	No. 1	U型	—	8	360 (12da)	27	SD 490	SD 295A	4組 (0.25%)	有						
	No. 2	機械式	ネジ節1													
	No. 3		円形1													
	No. 4		ネジ節1													
	No. 5		円形1													
系列 2	No. 6	U型	—	6	360 (12da)	27	SD 345	SD 295A	4組 (0.25%)	有						
	No. 7	機械式	ネジ節1													
	No. 8		ネジ節1													
系列 3	No. 9	機械式	ネジ節2	8	360 (12da)	27	SD 490	SD 295A	7組 (0.44%)	無						
	No. 10		円形2													
	No. 11		円形3													
系列 4	No. 12		ネジ節2	6							360 (12da)	27	SD 345	SD 295A	7組 (0.44%)	無
	No. 13		円形2													
	No. 14	円形3														
系列 5	No. 15	機械式	ネジ節2	8	500 (17da)	40	SD 490	SD 295A	785	無						
	No. 16															

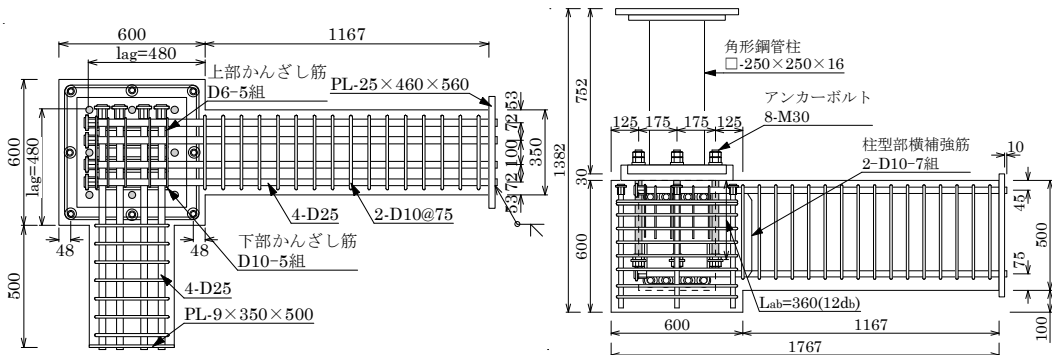
【架構寸法】 スパン長L/2=1700mm、階高h/2=1200mm
 【鋼管柱】 サイズ：□-250×250×16、鋼種：BCR295
 【ベースプレート】 SN490B、寸法：450×450×40mm 【アンカーボルト】 ABR490, M30
 【柱型部】 断面(Bc×Dc)：600×600mm、主筋：8-D19(p_g=0.64%)
 柱型部横補強筋：2-D10、定着部拘束筋：2-D10-2組(外周筋)
 【基礎梁】 断面(B_g×D_g)：350×500mm、上下主筋4-D25(p_t=1.29%)
 定着長さl_{ag}(l_{dh})=480(490)mm, 19.2(19.6)d_b, 0.8(0.82)D_c
 【上部かんざし筋】 2-D6-5組(SD295A), かんざし筋比p_{jwv}=0.09%
 na：アンカーボルト本数、Lab, da：アンカーボルト定着長さおよびボルト軸部直径
 Fc：コンクリート目標圧縮強度、p_{jwh}：柱型部横補強筋比、p_g：柱型主筋比
 p_t：基礎梁引張鉄筋比、d_b：基礎梁主筋呼び名の値、D_c：柱型部せい

(3) 各系列共通事項

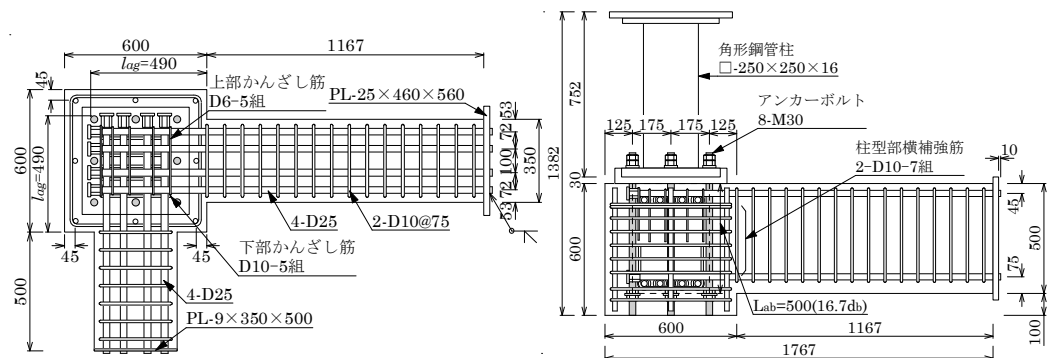
- 1) 柱型主筋本数は計8本、柱型主筋比 p_g=0.64%、柱型主筋全長=29d とした。d：柱型主筋呼び名の値
- 2) 機械式基礎梁主筋定着部には、上部かんざし筋(U形筋 D6-5組(p_{jwv}=0.09%)SD295A, 足部全長 240mm (40d))および下部かんざし筋(U形筋 D10-5組, SD295A, 足部全長 100mm(10d))を配置した。p_{jwv}：かんざし筋比(5.5節 参照)、d：かんざし筋呼び名の値
- 3) 鋼材の材質は、角形鋼管 BCR295、アンカーボルト ABR490 (JIS B 1220)両端転造ねじアンカーボルト(特注品)、ベースプレート SN490B とした。系列1,2の実験では、角形鋼管柱は一部圧縮降伏ひずみを超えた程度で、ベースプレートは、いずれの測定位置も降伏ひずみに到達せず、局部変形も認められなかったため、系列3~5の実験では、系列1,2の角形鋼管柱を再使用した。
- 4) ベースプレートの材質は SN490(JIS G 3136)とし、ベースプレートの大きさおよびアンカーボルト孔位置は、アンカーボルトの降伏引張耐力以上に相当するベースプレートの耐力が確保されるように定めた。ベースプレートのアンカーボルト貫通孔径は、アンカーボルト軸部直径+5mm とし、ベースプレート直上に溝付き座金(解図 3.6)を取り付け、グラウト材の充填性を施工試験で確認後、ベースプレート直下にグラウト材(無収縮性グラウトペースト)を充填した。
- 5) アンカーボルト定着部は、付図3に示すように、円形定着板(直径φ=70mm=2.3da(アンカーボルト軸部直径)、厚さt=9mm)を両側ナット締めとした。



(a) 系列1 試験体 No. 1 : U型定着

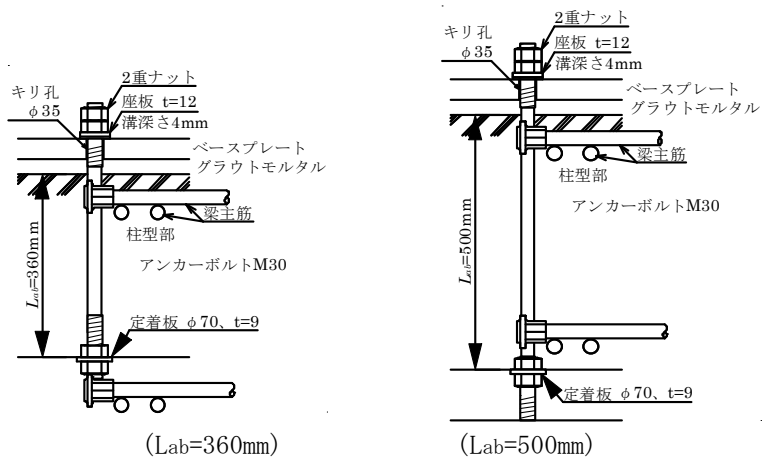


(b) 系列1 試験体 No. 2, No. 4 (ネジ節型1)



(c) 系列5 試験体 No. 16 (ネジ節型2)

付図2 代表的試験体の柱型部配筋詳細



(Lab=360mm)

(Lab=500mm)

付図3 アンカーボルト定着部詳細

(付録 2) 中段筋を有する基礎梁の曲げ終局耐力

2. パラメトリックスタディ

1.1 検討方針

ここでは、基礎梁断面せい D_g と基礎梁中段筋位置をパラメトリックに変化させ、5.1 節の式 (5.1.11) (以下、略算式と呼ぶ) と精算式によって求めた基礎梁曲げ終局耐力を比較検討する。

精算式は、付図 1 のように断面内ひずみ分布を平面保持仮定とし、コンクリート断面を微小要素に分割した上で、コンクリートの応力ひずみ関係を e 関数式とした計算方法であり、この場合、各主筋位置と主筋量が考慮できる。本検討では、コンクリートの圧縮限界ひずみ $\epsilon_{cu}=3.0 \times 10^{-3}$ 、付図 1 (b) のコンクリート分割要素数 $m=20$ としている。

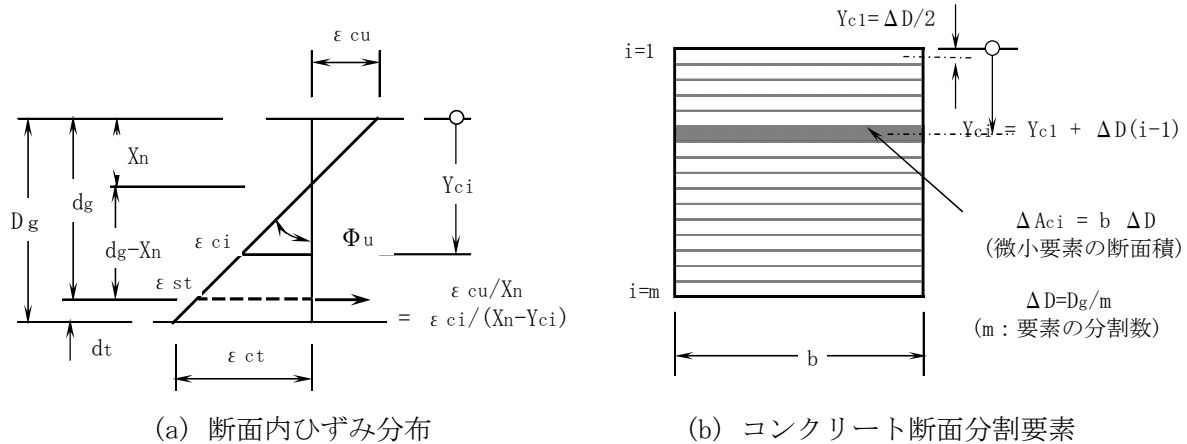
計算対象は、以下の各諸元について、基礎梁上下縁から $\pm D_g/n$ を除いた中央部に中段筋を配置した場合とし、中段筋位置係数 n は、 $n=4.0, 3.0, 2.5, 2.0$ とした。(本編 3 章の解図 3.2 参照)。

コンクリート設計基準強度 $F_c : 27\text{N/mm}^2$ 、主筋降伏強度 $\sigma_{gy} : 390\text{N/mm}^2$ (SD390)

梁内法スパン長 : 3000mm、断面寸法 : 600mm \times 1000mm, 1500mm, 2000mm

主筋合計本数 : 中段筋無 (8-D32)、中段筋有 (4+8-D32) (中段筋無と中段筋有の合計本数は同じ。)

1 段筋位置 dt : 115mm、1 段筋 \cdot 2 段筋間隔 $P12$: 95mm



付図 1 精算式の計算仮定

1.2 検討結果

略算式と精算式による基礎梁曲げ終局耐力時せん断力を付表 1 に示す。同表中の X_n/D_g と Φ_u は、精算式による曲げ終局耐力時の中立軸比および終局曲率を示す。

同表によると、基礎梁せい 1000mm, 1500mm, 2000mm とともに、略算式による中段筋有の基礎梁曲げ終局耐力時せん断力 Q_{gu1} は、精算式の Q_{gu2} と同程度かやや小さく、かつ、中段筋無の上下主筋だけとした精算式の Q_{gu20} の 0.99~1.0 程度になる。すなわち、主筋合計本数が同じ場合、上下 2 段目主筋をなくした中段筋有の略算式による Q_{gu1} は、精算式による Q_{gu2} および Q_{gu20} と比較して安全側に評価される。

精算式による曲げ終局耐力時の基礎梁断面各部ひずみ計算値を付表 2、基礎梁断面各部ひずみ分布を付図 2 に示す。同表中の $\epsilon_{s上,下}$ は基礎梁上下主筋ひずみ、 $\epsilon_{n上,下}$ は上側と下側の基礎梁中段筋ひずみ、 $\epsilon_{c1} \sim \epsilon_{c3}$ と $\epsilon_{c下}$ は基礎梁圧縮縁から $i=1 \sim 3$ および基礎梁引張縁側のコンクリート分割要素中心ひずみを示す。

付表2、付図2によると、

- 1) 引張側の基礎梁下端筋ひずみ ϵ_s 下は、 $D_g=1000\text{mm}, 1500\text{mm}, 2000\text{mm}$ の順に大きくなる。
- 2) それぞれ $n=2\sim 3$ の場合、中段筋有の各部ひずみは中段筋無の各部ひずみよりも小さい。
- 3) $D_g=1500\text{mm}, 2000\text{mm}$ の $n=2\sim 4$ の場合、基礎梁中段筋はいずれも引張降伏し、 ϵ_s 下/ ϵ_{sy} は同じ値である。
- 4) これらより、基礎梁中段筋は、基礎梁上下端面から $D_g/3$ を除いた範囲に配置するとした(本編3章(2)(d)参照)。

付表1 略算式と精算式による基礎梁曲げ終局耐力時せん断力

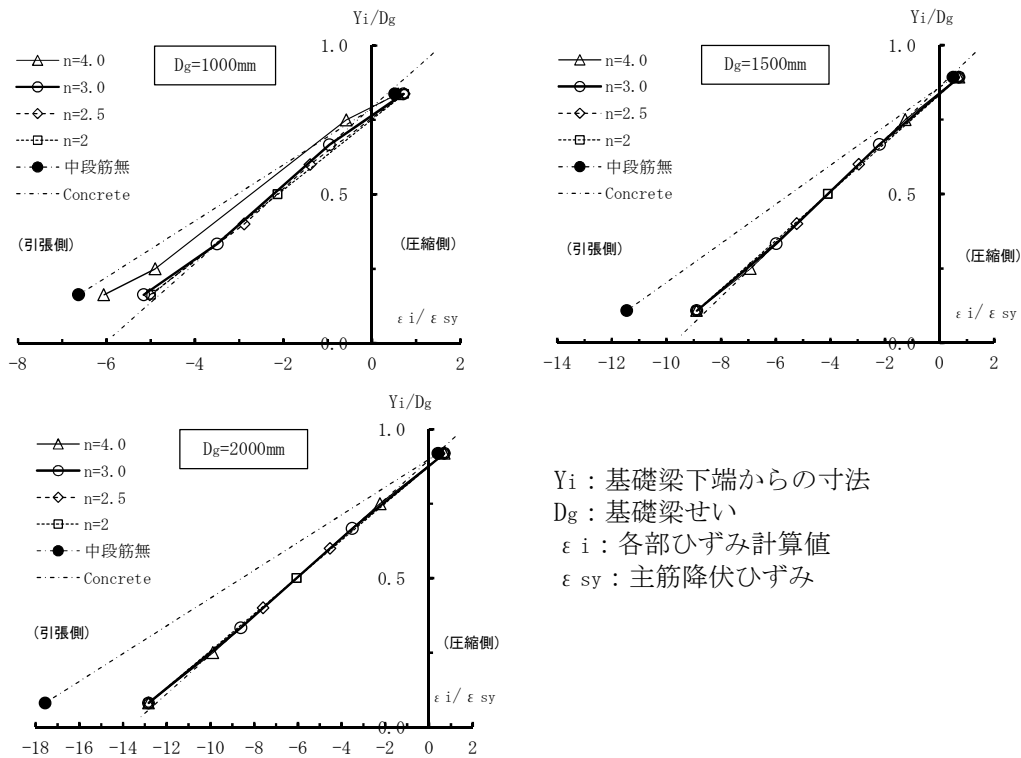
基礎梁せい D_g (mm)	中段筋有無	配筋	中段筋位置係数 n	略算式	精算式			Q_{gu1}/Q_{gu2}	中段筋有/中段筋無		
				Q_{gu1} (kN)	Q_{gu2} (kN)	X_n/D_g	$D_g\Phi_u$ ($\times 10^{-3}$)		Q_{gu1}/Q_{gu10}	Q_{gu1}/Q_{gu20}	Q_{gu2}/Q_{gu20}
1000	無	8-D32	—	1115	1280	0.17	17.6	0.87	—	—	—
	有	4+8-D32	4.0	1272	1278	0.19	16.4	1.00	1.14	0.99	1.00
		4+8-D32	3.0	1272	1301	0.21	14.4	0.98	1.14	0.99	1.02
		4+8-D32	2.5	1272	1310	0.21	14.1	0.97	1.14	0.99	1.02
1500	無	8-D32	—	1941	2104	0.12	26.7	0.92	—	—	—
	有	4+8-D32	4.0	2097	2136	0.14	21.5	0.98	1.08	1.00	1.02
		4+8-D32	3.0	2097	2136	0.14	21.5	0.98	1.08	1.00	1.02
		4+8-D32	2.5	2097	2136	0.14	21.5	0.98	1.08	1.00	1.02
2000	無	8-D32	—	2766	2922	0.09	38.5	0.95	—	—	—
	有	4+8-D32	4.0	2923	2959	0.11	29.0	0.99	1.06	1.00	1.01
		4+8-D32	3.0	2923	2959	0.11	29.0	0.99	1.06	1.00	1.01
		4+8-D32	2.5	2923	2959	0.11	29.0	0.99	1.06	1.00	1.01
2000	有	4+8-D32	2.0	2923	2959	0.11	29.0	0.99	1.06	1.00	1.01

(記号) Q_{gu1} : 略算式の曲げ終局耐力、 Q_{gu2} : 精算式の曲げ終局耐力、 X_n : 終局時中立軸位置、 Φ_u : 終局時曲率
 Q_{gu10}, Q_{gu20} : 中段筋無の略算式および精算式の曲げ終局耐力時せん断力、内法スパン長=3000mm
 (材料強度)主筋降伏強度 $\sigma_{gy}=390\text{N/mm}^2$ 、コンクリート設計基準強度 $F_c=27\text{N/mm}^2$

付表2 精算式による曲げ終局耐力時の基礎梁断面各部ひずみ計算値

基礎梁せい D_g (mm)	中段筋有無	配筋	中段筋位置係数 n	鉄筋位置ひずみ				コンクリート要素位置ひずみ			
				$\epsilon_{s上}/\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{n上}/\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{n下}/\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{s下}/\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{c1}/\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{c2}/\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{c3}/\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{c下}/\epsilon_{sy}$
1000	無	8-D32	—	0.52	—	—	-6.63	1.35	0.89	0.42	-7.46
	有	4+8-D32	4.0	0.59	-0.58	-4.90	-6.06	1.37	0.94	0.50	-6.84
		4+8-D32	3.0	0.71	-0.96	-3.50	-5.16	1.39	1.01	0.63	-5.85
		4+8-D32	2.5	0.73	-1.40	-2.89	-5.02	1.40	1.02	0.65	-5.69
1500	無	8-D32	—	0.50	—	—	-11.45	1.23	0.53	-0.18	-12.18
	有	4+8-D32	4.0	0.71	-1.25	-6.92	-8.89	1.30	0.73	0.17	-9.47
		4+8-D32	3.0	0.71	-2.20	-5.98	-8.89	1.30	0.73	0.17	-9.47
		4+8-D32	2.5	0.71	-2.95	-5.22	-8.89	1.30	0.73	0.17	-9.47
2000	無	8-D32	—	0.42	—	—	-17.56	1.08	0.06	-0.96	-18.22
	有	4+8-D32	4.0	0.70	-2.24	-9.89	-12.83	1.20	0.44	-0.33	-13.33
		4+8-D32	3.0	0.70	-3.51	-8.61	-12.83	1.20	0.44	-0.33	-13.33
		4+8-D32	2.5	0.70	-4.53	-7.59	-12.83	1.20	0.44	-0.33	-13.33
2000	有	4+8-D32	2.0	0.70	-6.06	-6.06	-12.83	1.20	0.44	-0.33	-13.33

【記号】基礎梁上下縁からの中段筋位置: $\pm D_g/n$ 、 $\epsilon_{sy}=\sigma_{sy}/E_s=1.89\times 10^{-3}$ 、 $\epsilon_{cu}=3\times 10^{-3}$
 (計算諸元)主筋降伏強度 $\sigma_{gy}=390\text{N/mm}^2$ 、コンクリート設計基準強度 $F_c=27\text{N/mm}^2$ 、内法スパン長=3000mm



Y_i : 基礎梁下端からの寸法
 D_g : 基礎梁せい
 ϵ_i : 各部ひずみ計算値
 ϵ_{sy} : 主筋降伏ひずみ

付図2 精算式による曲げ終局耐力時の基礎梁断面各部ひずみ分布

3. 精算式と慣用式による基礎梁曲げ終局耐力の比較検討

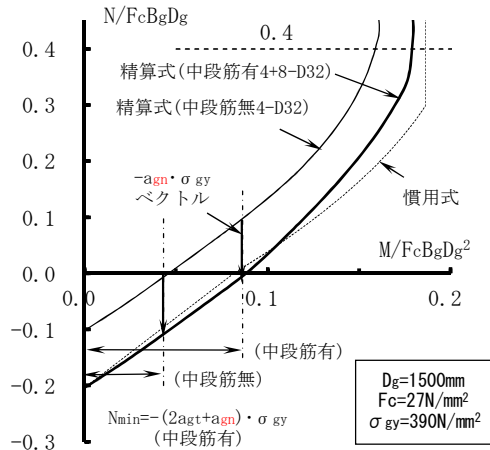
付図3に、1.項の検討対象のうち、基礎梁断面600mm×1500mm、中段筋有(4+8-D32)について、コンクリート設計基準強度 $F_c=27\text{N/mm}^2$ 、基礎梁主筋降伏強度 $\sigma_{gy}=390\text{N/mm}^2$ (SD390)とし、精算式と慣用式で求めた基礎梁のN-M相関関係を示す。同図中には、比較のために、中段筋無(4-D32)とし、精算式で求めた基礎梁のN-M相関関係を併せて示した。

慣用式によるN-M相関関係は、式(付1)に示すように、技術基準解説書に示された慣用式^{*1}によるRC柱の曲げ終局耐力に、中段筋の効果として軸力ベクトル $\pm a_{gn} \cdot \sigma_{gy}$ を累加した曲げ終局耐力^{*2}である。軸力 $N=0$ の場合、式(付1)より、式(付2)が得られる。

$$\begin{aligned}
 N_{\min} \leq N < 0 : \quad & \mu = 0.8(a_{gt} + a_{gn}/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot D_g + 0.4N \cdot D_g \\
 0 \leq N < 0.4(F_c \cdot B_g \cdot D_g - a_{gn} \cdot \sigma_{gy}) : \quad & \mu = 0.8(a_{gt} + a_{gn}/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot D_g + 0.5N \cdot D_g \{1 - N / (F_c \cdot B_g \cdot D_g)\} \quad (\text{付1}) \\
 0.4(F_c \cdot B_g \cdot D_g - a_{gn} \cdot \sigma_{gy}) \leq N < 0.4(F_c \cdot B_g \cdot D_g + a_{gn} \cdot \sigma_{gy}) : \quad & \mu = 0.8(a_{gt} + a_{gn}/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot D_g + 0.12 F_c \cdot B_g \cdot D_g^2 \\
 0.4(F_c \cdot B_g \cdot D_g + a_{gn} \cdot \sigma_{gy}) \leq N \leq N_{\max} : \quad & \\
 \mu = 0.8(a_{gt} + a_{gn}/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot D_g + 0.12 F_c \cdot B_g \cdot D_g^2 \{ (N_{\max} - N) / [N_{\max} - 0.4(F_c \cdot B_g \cdot D_g + a_{gn} \cdot \sigma_{gy})] \} \\
 N_{\min} = -(2a_{gt} + a_{gn}) \cdot \sigma_{gy}, \quad N_{\max} = F_c \cdot B_g \cdot D_g + (2a_{gt} + a_{gn}) \cdot \sigma_{gy} \\
 N=0 \text{ の時、} \quad & \mu = 0.8(a_{gt} + a_{gn}/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot D_g \quad (\text{付2})
 \end{aligned}$$

ここに、 N : 軸力、 F_c : コンクリートの設計基準強度、 B_g, D_g : 基礎梁幅およびせい
 a_{gt} : 引張鉄筋断面積、 a_{gn} : 中段筋断面積、 σ_{gy} : 基礎梁主筋の降伏強度

軸力 $N=0$ の場合、式(付1)、式(付2)中の $0.8D_g$ を式(5.1.11)中の j_{tg} と読み替えると、慣用式の曲げ終局耐力は、1.項で示した略算式の曲げ終局耐力と一致し、付図3に示すように、中段筋有の場合、軸力レベル $N / (F_c \cdot B_g \cdot D_g)$ が0.1程度以下では、精算式と慣用式による曲げ終局耐力はよく一致する。



※1 国土交通省住宅局監修：2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書、付1-3.1 鉄筋コンクリート部材の力学モデルに関する技術資料、(2)柱⑥終局強度、pp. 655-656, 2015

※2 日本建築防災協会：既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説(2009年)、【付則】1.1 長方形断面柱 1.1.1 曲げ終局強度、pp. 205-206, 2009年12月

付図3 精算式と慣用式による基礎梁のN-M 相関関係

4. 軸力 N=0 の中段筋を有する RC 柱部材の実験結果

ここでは、既往実験^{*}による軸力 N=0 の中段筋を有する RC 柱部材の実験結果と略算式による曲げ終局耐力せん断力について比較検討する。本実験は、主として、685N/mm²級高強度せん断補強筋の損傷短期許容耐力の妥当性を確認するために、逆対称加力で行われている。実験計画を付表3、試験体の形状寸法および配筋を付図4に示す。コンクリートの実圧縮強度 σ_B は、試験体 C1-1, 2 では 35.3N/mm²、試験体 C2-1, 2 では 73.0N/mm² である。各試験体の柱せん断力 Q_c - 部材角 R 関係を付図5に示す。

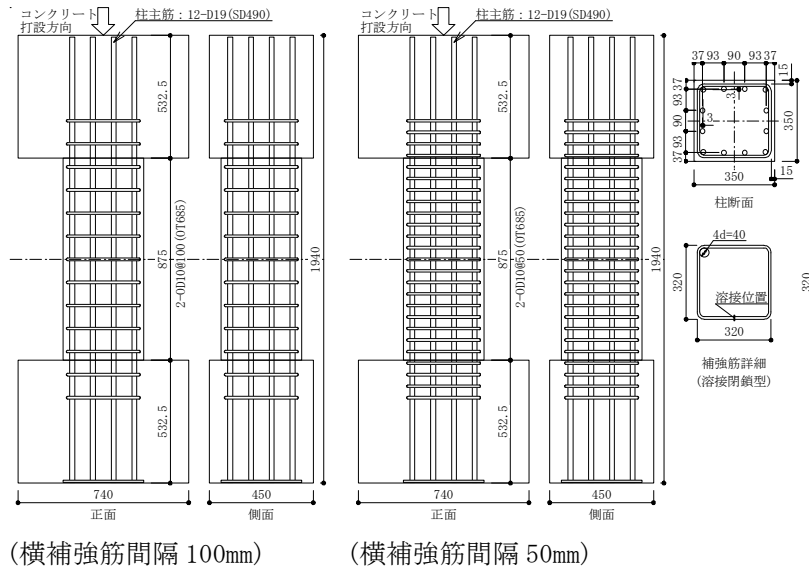
付表4に示すように、各試験体のせん断余裕度 Q_{su}/Q_{fuo} は 0.6~1.0 であり、 $Q_{su}/Q_{fuo}=0.9~1.0$ の場合、耐力安全率 Q_{max}/Q_{fuo} は 1.0 以上となる。 Q_{fuo} は略算式による曲げ終局耐力時せん断力、 Q_{su} は荒川 mean 式によるせん断終局耐力、 Q_{max} は最大耐力実験値である。

これらによると、 $Q_{su}/Q_{fuo} \geq 1.1$ (曲げ破壊型) の場合、N=0 の中段筋を有する RC 部材の曲げ終局耐力時せん断力は略算式で安全側に評価されると言える。

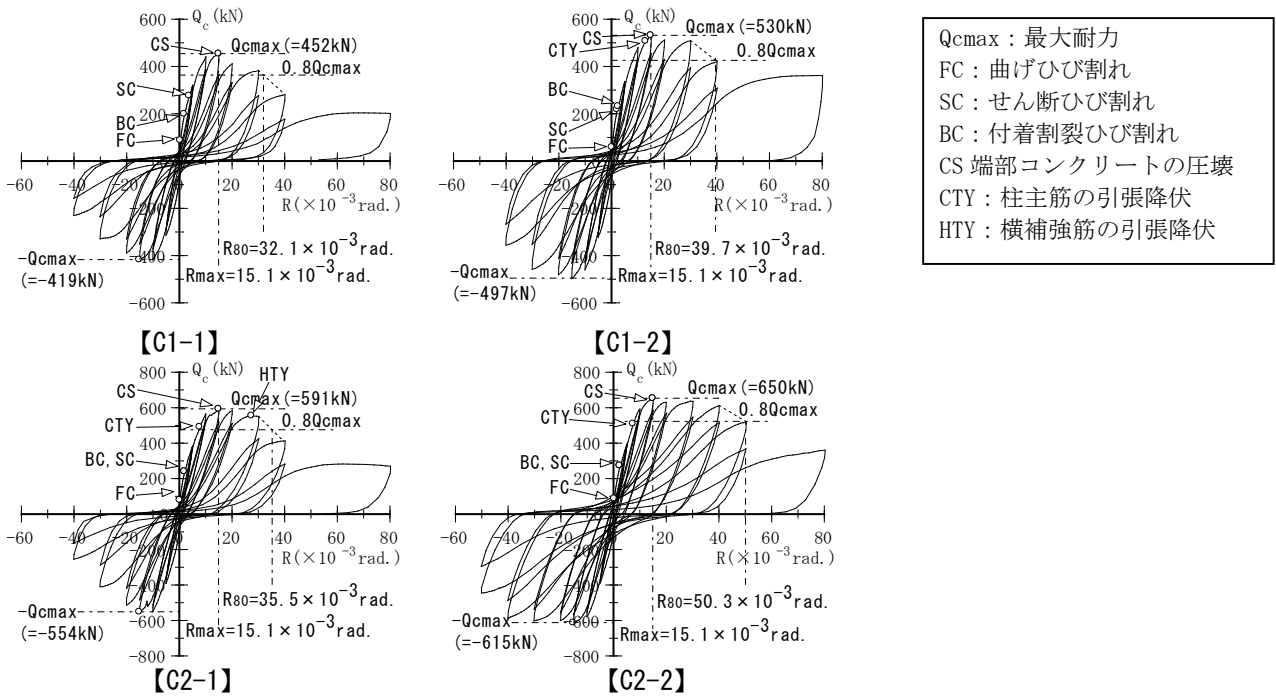
付表3 実験計画

試験体	Fc (N/mm ²)	主筋 (pg)	横補強筋	
			配筋	pw
C1-1	30	12-D19 (2.81%)	2-0D10@100	0.41%
C1-2			2-0D10@50	0.81%
C2-1	60		2-0D10@100	0.41%
C2-2			2-0D10@50	0.81%

内法高さ H=875mm (H/D=2.5)、断面 B×D=350mm×350mm
 主筋：SD490 (538N/mm²)、横補強筋：OT685 (739N/mm²)
 ()内の値：実降伏強度
 pg：全鉄筋比、pw：横補強筋比、Fc：コンクリート目標圧縮強度



付図4 試験体の形状寸法および配筋



付図5 各試験体の柱せん断力 Q_c - 部材角 R 関係

付表4 軸力 $N=0$ の RC 柱部材の実験値および略算式による曲げ終局耐力時せん断力

試験体	曲げ			荒川mean式			実験値					
	Q_{fu} (kN)	Q_{fuo} (kN)	Q_{fuo}/Q_{fu}	Q_{su} (kN)	Q_{su}/Q_{fu}	Q_{su}/Q_{fuo}	Q_{max} (kN)	R_{max} ($\times 10^{-3}$)	R_{80} ($\times 10^{-3}$)	Q_{max}/Q_{fu}	Q_{max}/Q_{fuo}	Q_{max}/Q_{su}
C1-1	586	584	1.00	375	0.64	0.64	452	15.1	32.1	0.77	0.77	1.21
C1-2				433	0.74	0.74	530	15.1	39.7	0.90	0.91	1.22
C2-1	637	584	0.92	539	0.85	0.92	591	15.1	35.5	0.93	1.01	1.10
C2-2				597	0.94	1.02	650	15.1	50.3	1.02	1.11	1.09

【記号】 Q_{fu} : 平面保持仮定による曲げ耐力時せん断力、 Q_{fuo} : 略算式による曲げ終局耐力時せん断力
 Q_{su} : 荒川mean式によるせん断終局耐力、 Q_{max} : 最大耐力実験値
 R_{max} : Q_{max} 時部材角実験値、 R_{80} : Q_{max} の80%耐力低下時部材角実験値

※ 益尾潔、堂下航、森裕重: 685N/mm²級横補強筋を用いた RC 柱の短期許容せん断力およびせん断終局耐力、日本建築学会技術報告集、第19巻、第42号、pp. 555-560, 2013.6

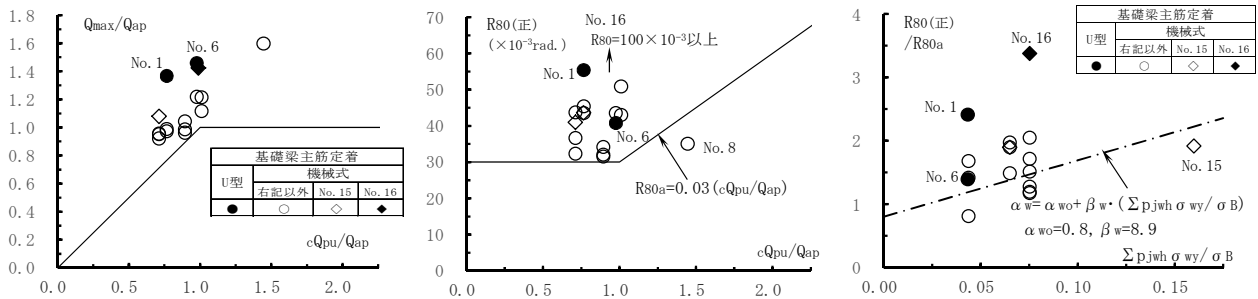
(付録3) 単純累加強度式による柱脚部全塑性モーメントの検討結果

試験体 No. 1～No. 16 の単純累加式による終局耐力および変形性能の検討結果を付図 1、略算式(式(解 4. 1))と単純累加式(式(解 5. 1. 1))による柱脚部全塑性モーメント M_{ap} 時柱せん断力 Q_{ap} と最大耐力実験値 Q_{max} を付表 1 に示す。図(a)は耐力安全率 Q_{max}/Q_{ap} —柱型部せん断余裕度 cQ_{pu}/Q_{ap} 関係、図(b)は限界層間変形角 $R80-cQ_{pu}/Q_{ap}$ 関係、図(c)は $R80/R80a-\Sigma p_{jwh}\cdot\sigma_{wy}/\sigma_B$ 関係を示す(解図 5. 2. 1、解図 5. 3. 1、解図 5. 3. 2 参照)。

$R80$ は Q_{max} の 80%耐力低下時の限界層間変形角実験値であり、 Q_{max} 、 $R80$ とともに、正加力時実験値である。また、 $Q_{ap}(=2M_{ap}/h_o)$ は単純累加式による柱脚部全塑性モーメント時柱せん断力であり、 h_o は内法柱高さ、 $\Sigma p_{jwh}\cdot\sigma_{wy}/\sigma_B$ は柱型全横補強筋量を示し、 $R80a$ は表 5. 3. 2 の柱型部せん断余裕度で決定する限界層間変形角を示す。

各試験体ともに、解図 5. 2. 1(a)と同様、柱型部せん断破壊型 ($\lambda_p < 1$) の Q_{max} は柱型部せん断終局耐力時柱せん断力 cQ_{pu} を上回り、アンカーボルト降伏型 ($\lambda_p \geq 1$) の Q_{max} は柱脚部全塑性モーメント時柱せん断力 Q_{ap} を上回る。 λ_p は柱型部せん断余裕度 cQ_{pu}/Q_{ap} を示す。また、図(c)に示すように、解図 5. 4. 2 と同様、図中の α_w は $R80/R80a$ に概ね対応する。

これらより、式(5. 1. 3)の柱終局耐力時せん断力 cQ_{cu} と式(5. 4. 1)の全補強筋量 $\Sigma(p_{jwh}\cdot\sigma_{wy})$ は、略算式と同様、単純累加式による柱脚部全塑性モーメント M_{ap} を用いて算定してもよいと判断できる。



(a) $Q_{max}/Q_{ap}-cQ_{pu}/Q_{ap}$ 関係 (b) $R80-cQ_{pu}/Q_{ap}$ 関係 (c) $R80/R80a-\Sigma p_{jwh}\cdot\sigma_{wy}/\sigma_B$ 関係
付図 1 単純累加式による終局耐力および変形性能の検討結果

付表 1 柱脚部全塑性モーメント M_{ap} 時柱せん断力 Q_{ap} と最大耐力実験値 Q_{max}

	Fc	アンカーボルト	Map (kN·m)		Qap (kN)		Qmax (kN)		Qmax/Qap (略算式)		Qmax/Qap (累加式)	
			略算式	累加式	略算式	累加式	max	min	max	min	max	min
2015年度 実験	Fc27	8本	327	291	344	306	303	297	0.88	0.86	0.99	0.97
		6本	245	228	258	240	372	342	1.44	1.33	1.55	1.43
	Fc40	6本	245	203	258	214	342	—	1.33	—	1.60	—
2016年度 実験	Fc27	8本	333	289	351	304	290	280	0.83	0.80	0.95	0.92
		6本	249	230	262	242	252	239	0.96	0.91	1.04	0.99

$Q_{ap}=2M_{ap}/h_o$: 柱脚部曲げ耐力時せん断力、 M_{ap} : 柱脚部曲げ耐力、 $h_o=950\times 2$ (mm) : 内法高さ

Q_{max} : 正加力時最大耐力実験値

(付録4) 本編で用いた記号一覧

(アンカーボルト定着部に関する記号)

Lab : アンカーボルト定着長さ、 d_a : アンカーボルト軸部直径
Csa : 最外縁アンカーボルト中心からの柱型側面かぶり厚さ
nat : 引張側アンカーボルト本数、 $n_{an} = \sum n_a - 2n_{at}$: 中段アンカーボルト本数
 $\sum n_a$: 全アンカーボルト本数、 τ_{ay} : 引張側アンカーボルト定着耐力
 $\sum T_{ay}$: 引張側と中段アンカーボルトで決定する全降伏引張耐力
 T_{ay} : アンカーボルト軸部の1本当たりの降伏引張耐力
 β_c : τ_{ay} の低減係数、 α_a : $\sum T_{ay}$ の割増し係数
 N_{ay} : アンカーボルトの全降伏引張耐力、 X_n/D_p : ベースプレート下コンクリートの中立軸比
be : 柱型有効幅、 j_{ta} : 最外縁アンカーボルト中心間距離
 B_p, D_p : ベースプレート幅とせい、 F_c : コンクリートの設計基準強度

(柱型主筋に関する記号)

d : 柱型主筋呼び名の値、 $p_g = \sum a_c / (B_c \cdot D_c)$: 柱型主筋比、 B_c, D_c : 柱型幅とせい
nct : 引張側柱型主筋本数、act, σ_{cy} : 柱型主筋の断面積および降伏強度
CBot : 基礎梁下端筋(1段筋)中心からの柱型主筋突出長さ
 T_{cy} : 引張側柱型主筋の降伏引張耐力、 γ_c : T_{cy} の低減係数
 N_{cy} : 柱型主筋の全降伏引張耐力、 $\sum a_c$: 全柱型主筋断面積

(柱型横補強筋および定着部拘束筋に関する記号)

$p_{jwh} = n_w \cdot a_{wh} / (B_c \cdot j_{tgo})$: 柱型横補強筋比、 j_{tgo} : 基礎梁上下最外縁主筋の中心間距離
 n_w : j_{tgo} 区間内の柱型横補強筋の組数、 a_{wh} : 1組の柱型横補強筋断面積
 $\sum (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$: 柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量
 $\sum p_{jwh}$: 柱型横補強筋と定着部拘束筋との全補強筋比
 $(p_{jwh})_H$: 定着部拘束筋による等価横補強筋比、 σ_{wy} : 柱型横補強筋の降伏強度
 σ_{wyH} : 定着部拘束筋の降伏強度、 n_H : 定着部拘束筋の組数、 a_{wH} : 1組の定着部拘束筋の断面積
 $R_{u\delta}$: 設計限界層間変形角、 ϕ_s : 安全率、 R_{80a} : 柱型部せん断余裕度 λ_p で決定する限界層間変形角
 α_{wo}, β_w : 補正係数、 α_w : 保証限界層間変形角 R_{80min} に対する全補強筋量 $\sum p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / F_c$ に係わる係数
 T_{Hy} : 定着部拘束筋足部の全降伏引張耐力、 T_{gy} : 基礎梁下端筋の降伏引張耐力
 A_H : 定着部拘束筋足部の全断面積、 a_{gt} : 基礎梁下端筋の全断面積
 γ_{Hg} : 基礎梁下端筋から定着部拘束筋への引張力伝達係数

(基礎梁主筋定着部に関する記号)

l_{ag} : 基礎梁主筋定着長さ、 d_{pa} : 柱型部仕口面から直交基礎梁最外縁主筋位置までの距離
 l_{ao} : RC構造設計指針・式(8.1)の必要定着長さ、 d_b : 基礎梁主筋呼び名の値、 D_g : 基礎梁せい

(柱型部せん断設計に関する記号)

V_{muh}, V_{muv} : 式(5.1.1)、式(5.1.8)の水平、鉛直方向の終局強度設計用せん断力
 V_{puh}, V_{puv} : 式(5.2.1)の水平、鉛直方向の柱型部せん断終局耐力、 λ_p : 柱型部せん断余裕度
 Q_{cu} : 終局強度設計用柱せん断力、 cQ_{cu}, cQ_{gu} : 柱および梁曲げ終局耐力時柱せん断力
 M_{sp} : 鉄骨柱全塑性モーメント、 M_{ap} : 柱脚部全塑性モーメント、 N_c : 柱軸力
 L_{to} : 基礎梁上面からベースプレート上面までの寸法、 M_{gu}, M_{gu}' : 基礎梁曲げ終局耐力
 a_{gt}, a_{gt}' : 引張側基礎梁主筋の断面積、 a_{gn}, a_{gn}' : 基礎梁中段筋の断面積、 σ_{gy} : 基礎梁主筋の降伏強度
 j_{tae} : 両側アンカーボルト重心間距離、 d_t : 柱断面中心と引張側アンカーボルト重心間距離
 j_{tg} : 基礎梁上下主筋重心間距離、 h_1 : 1階構造階高、 $h_{o1} = h_1 - (D_{g1} + D_{g2}) / 2$: 1階鉄骨柱内法高さ
(L形、T形柱型部) $h = h_1$ 、(ト形、十字形柱型部) $h = h_1 + h_2$ 、 h_2 : 杭のせん断長さの2倍
 D_{g1} : 基礎梁せい、 D_{g2} : 2層目梁せい、 ℓ : スパン長(柱心間距離) $\ell_o = \ell - D_c$: 基礎梁内法スパン長
 D_c : 柱型せい、 κ_u : 柱型部の形状係数、 ϕ : 直交梁の有無による補正係数
 b_{jh} : 柱型部水平および鉛直有効幅、 D_{jh}, D_{jv} : 水平および鉛直柱型部有効せい

(かんざし筋に関する記号)

$p_{jvw} = \sum a_{jv} / (B_c \cdot D_c)$: かんざし筋比、 $\sum a_{jv}$: かんざし筋足部の全断面積
d : かんざし筋呼び名の値、 B_c, D_c : 柱型幅とせい

【鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編】

設計指針

目次

1 章 適用範囲	設計 4-1
2 章 材料	設計 4-4
3 章 根巻き柱・基礎梁主筋定着部の基本事項	設計 4-5
3.1 根巻き柱脚を有する鉄骨柱の弾性剛性	
3.2 根巻き柱の基本事項	
3.3 根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着部	
3.4 接合部横補強筋および定着部拘束筋	
3.5 基礎梁主筋定着部	
4 章 根巻き柱せん断設計	設計 4-13
4.1 根巻き柱設計せん断力	
4.2 根巻き柱せん断耐力	
4.3 根巻き拘束筋の必要断面積	
5 章 柱梁接合部せん断設計	設計 4-17
5.1 接合部せん断条件	
5.2 終局強度設計用せん断力の算定	
5.3 接合部せん断終局耐力の算定	
6 章 配筋詳細設計例	設計 4-23
6.1 本編による検定計算の概要	
6.2 検討建物の構造概要	
6.3 検討建物の検討結果	
6.4 検討建物の配筋詳細図	
根巻き柱・基礎梁主筋定着部関連の参考文献	設計 4-52
(付録 1) 開発実験概要	設計 4-53
(付録 2) 杭の最大曲げモーメント発生深さ	設計 4-58
(付録 3) 本編で用いた記号一覧	設計 4-60

1章 適用範囲

本編は、SRC 柱梁接合部編 1 章「適用範囲」に記載の SABTEC 技術評価取得工法による根巻き柱・基礎梁主筋定着部の設計に適用する。

本編に記載のない事項は、SABTEC 機械式定着工法 RC 構造設計指針(2022 年)基本設計編、応用設計編(以下、RC 構造設計指針と略記)に関連する章、ならびに関連法令および基・規準類による。

【解説】

(1) 根巻き柱・基礎梁主筋定着部の研究開発の背景

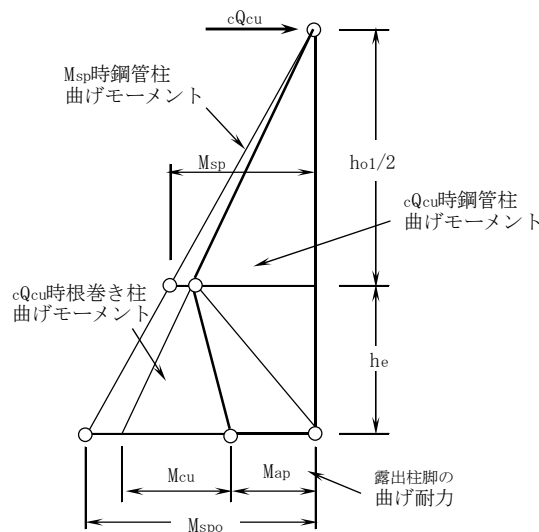
従来、根巻き柱は、鉄骨柱の周囲に根巻き柱主筋を配置し、根巻き柱主筋フックと根巻き柱帯筋ならびに鉄骨柱下部のベースプレートとアンカーボルトによって、鉄骨柱が負担する力を基礎に伝達としているが、鉄骨柱と根巻き柱外面間寸法は、根巻き柱主筋フック寸法の制約を受ける^{1),2)}。JASS 5³⁾ のフック内法直径は、SD390 の D41 以下では 5d 以上としている。d は呼び名の値を示す。

(一社)建築構造技術支援機構では、鉄骨柱脚部・基礎梁主筋定着研究会(委員長 三谷勲 神戸大学 名誉教授)を立ち上げ、参加会社への支援業務として、機械式定着工法による根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部に関する 2016 年度実験と 2017 年度実験を行い、同実験を基に本編を構築している。

(2) 既往の根巻き柱脚工法

鋼構造接合部設計指針 7.3 節²⁾では、解図 1.1 の応力状態を想定し、根巻き柱頭部帯筋位置に作用するせん断力による根巻き柱のせん断破壊防止のための設計式が示されている。同指針では、アンカーボルトを配置した場合、ベースプレート下面位置の根巻き柱脚全塑性曲げ耐力 M_{cu} に露出柱脚部全塑性曲げモーメント M_{ap} を加算できるとしている。

一方、鋼コンクリート構造接合部の応力伝達と抵抗機構⁵⁾ 4 章 鉄骨部材と鉄筋コンクリート部材を直列的に結合する接合部では、既往研究^{6),7)}による抵抗機構を踏まえた根巻き柱の応力伝達に関する設計式が示されている。これらの設計式の妥当性は、スパン中央部が S 造、材端部が RC 造または SRC 造に関する既往研究^{6),7)}で確認されているが、根巻き柱脚部については確認されていない。

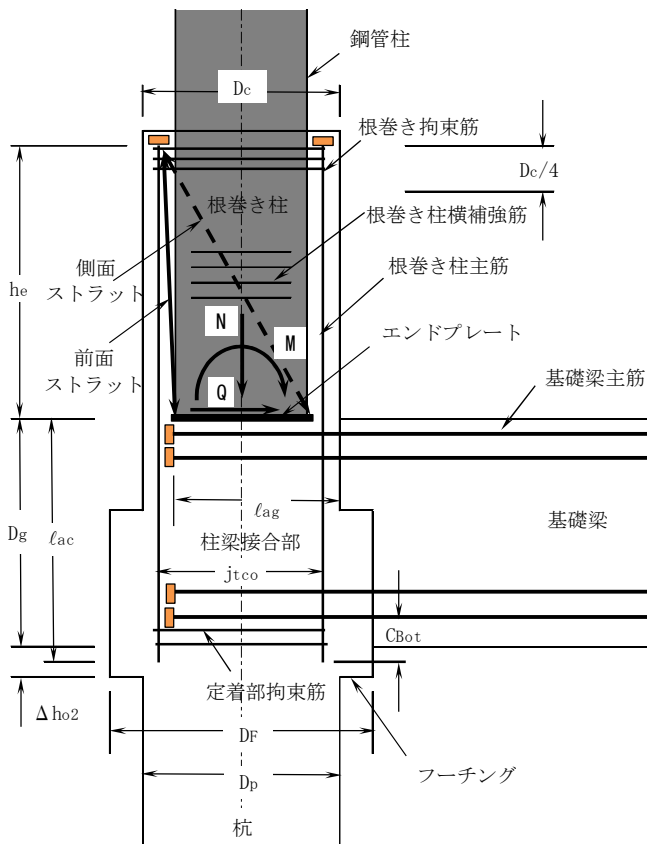


解図 1.1 鋼構造接合部設計指針による根巻き柱の応力状態²⁾

(3) 本編による根巻き柱・基礎梁主筋定着工法の概要

本工法は、解図 1.2 に示すように、基礎梁上面に鋼管柱脚部エンドプレート下面を設置し、その上部に根巻き柱を構築する工法である。また、本編 3 章では、解図 1.2 に示すように、引張側根巻き柱主筋定着部から派生する前面ストラットと側面ストラットによる角形鋼管柱下端エンドプレートの押え効果によって、構造物アンカーボルトを用いず、基礎梁上下主筋定着部を機械式直線定着としてもよいとしている。

本編による根巻き柱・基礎梁主筋定着工法の妥当性確認のために、(付録 1) に示すように、角形鋼管柱、根巻き柱、基礎梁、杭およびフーチングからなるト形接合部試験体を用いた実験を行っている。本編では、同実験を基に、根巻き柱端主筋の引張降伏後の根巻き柱および基礎梁主筋定着部、ならびに柱梁接合部の脆性破壊防止の設計条件を定めている。



(注)

- 1) 根巻き拘束筋は、 $D_c/4$ の範囲内で、根巻き柱主筋定着金物直下側に寄せて配置する。
- 2) 根巻き柱横補強筋は、根巻き拘束筋最下段の下側から基礎梁上端 1 段筋の上側の間に、等間隔で配置する。

解図 1.2 本編による根巻き柱各部配筋

(4) 本編の作成方針

本編は、1 章「適用範囲」2 章「材料」3 章「根巻き柱・基礎梁主筋定着部の基本事項」4 章「根巻き柱せん断設計」5 章「柱梁接合部せん断設計」6 章「配筋詳細設計例」からなる。

3 章では、3.1 根巻き柱脚を有する鉄骨柱の弾性剛性、3.2 根巻き柱の基本事項、3.3 根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着部、3.4 接合部横補強筋および定着部拘束筋、3.5 基礎梁主筋定着部を規定している。

4 章では、4.1 根巻き柱設計せん断力、4.2 根巻き柱せん断耐力、4.3 根巻き柱拘束筋の必要断面積を規定し、5 章では、5.1 接合部せん断条件、5.2 終局強度設計用せん断力の算定、5.3 接合部せん断終局耐力の算定を規定している。本編 2 章～5 章の検討項目を解表 1 に示す。

(5) 関連法令および基・規準類

[日本建築学会]

- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2014年)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説(2005年)
- ・鋼構造接合部設計指針(2021年)
- ・鋼構造許容応力度設計規準(2019年)
- ・鋼構造塑性設計指針(2017年)

[国土交通省国土技術政策総合研究所 国立研究開発法人建築研究所 監修]

- ・2020年版 建築物の構造関係技術基準解説書

解表1 本編2章～5章の検討項目

検討項目	検討内容	式番号
2章 材料		
(4) 鋼材	本編で用いる角形鋼管の幅厚比：幅厚比種別FAランク	
3章 根巻き柱・基礎梁主筋定着部の基本事項		
3.2 根巻き柱の基本事項	①根巻き柱の有効高さ h_e ：2.2 D_s 以上、25 db 以上	
	②根巻き柱横補強筋比 p_{wr} ：0.3%以上、 $p_{wr}=n_{wr} \cdot a_{wr}/(B_e \cdot h_e)$	式(3.1)
	③根巻き柱拘束筋：副帯筋2本以上の中子筋併用1組以上	
	④エンドプレート突出部直下の局部支圧力 σ_{co} $\sigma_{co}=T_{cy}/(B_{ep} \cdot L_E) \leq \alpha_{co} \cdot F_c$, $T_{cy}=\sigma_{cy} \cdot a_{ct}$, $\alpha_{co}=1.8$	式(3.2, 3)
	⑤エンドプレート突出部面外曲げモーメント M_{EL} ： $M_{EL}=T_{rv} \cdot L_E/2$, $M_{pE} \geq 1.1M_{EL}$, $M_{pE}=\sigma_{Ev} \cdot Z_{pE}$, $Z_{pE}=B_{ep} \cdot T_E^2/4$, $B_{ep}=B_s+2L_E$	式(3.4, 5)
	$T_{eu}=8m_p \cdot (1+B_s/2L_E)$, $m_p=\sigma_{Ev} \cdot Z_{ep}$, $Z_{ep}=T_E^2/4$ $T_{eu}/T_{cta} \geq 1.0$ かつ $\sigma_{Ev} \geq \sigma_{sy}$, $T_E \geq 1.3t_s$, $\sum T_{ry}=\sigma_{cy} \cdot \sum a_c$ $N_{ct} \leq 0.3 \sum T_{ry}$: $T_{cta}=0.3 \sum T_{ry}$, $N_{ct} > 0.3 \sum T_{ry}$: $T_{cta}=N_{ct}$	式(3.6)
3.3 根巻き柱主筋の 柱梁接合部内定着部	$T_{Hy} \geq \gamma_{Hc} \cdot T_{cy}$, $T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{Hy}$, $T_{cy}=a_{ct} \cdot \sigma_{cy}$, ($\gamma_{Hc}=0.1$)	式(3.7~9)
	①定着長さ l_{ac} ： L_2 以上かつ基礎梁下端筋の下部まで延長する	
	②主筋中心側面かぶり厚さ C_s ：2 db 以上	
3.4 柱梁接合部横補強筋 および定着部拘束筋	③定着金物のかぶり厚さは：JASS 5の設計かぶり厚さ以上	
	柱梁接合部横補強筋比 p_{jwh} ：0.2%以上 $\sum (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}) \geq \{(\phi_s \cdot R_{ud}/R_{80a}) - \alpha_{wo}\} \cdot F_c / \beta_w$ $\sum p_{jwh}=p_{jwh} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wyH} / \sigma_{wy}$, $p_{jwh}=\eta_h \cdot a_{wh} / (B_e \cdot j_{tg})$	式(3.10) 式(3.11, 12)
3.5 基礎梁主筋定着部	①定着長さ $l_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db, d_p+db/2)$ かつ $l_{ao} \leq 25db$	
	②直交基礎梁最外縁主筋 d_{pa} 区間の基礎梁主筋定着部： RC構造設計指針14.2節(2), (3)	
	③基礎梁主筋中心側面かぶり厚さ C_s ：3 db 以上	
	④基礎梁主筋定着金物かぶり厚さ：JASS 5の設計かぶり厚さ	
4章 根巻き柱せん断設計		
4.1 根巻き柱設計せん断力	$Q_{cuo}=\min(cQ_{cuo}, cQ_{gu})$, $cQ_{cuo}=M_{cuo}/h_e$, $M_{cuo}=(T_{cy}+T_{eny}/2) \cdot j_{tco}$	式(4.1, 2)
4.2 根巻き柱せん断耐力	$V_{suo}=\min(V_{su}, V_{bu})$, $V_{su}=\min(V_{u1}, V_{u2}, V_{u3})$, $V_{u1}=V_{ut1}+V_{ua1}$, $V_{suo} \geq 1.3Q_{cu}$	式(4.3, 4)
	$V_{u2}=(\lambda \cdot \nu \cdot F_c + p_{we} \cdot \sigma_{wy}) \cdot B_e' \cdot j_e/3$, $V_{u3}=\lambda \cdot \nu \cdot F_c \cdot B_e' \cdot j_e/2$	式(4.8, 9)
	$\cot \phi = \min(2, h_e/j_e)$, $p_{we}=a_{wr}/(B_e' \cdot s)$	式(4.10, 11)
4.3 根巻き拘束筋の必要断面積	$\mu = \cot \phi \cdot \mu_o$, $\mu_o=0.8$, $\nu = \cot \phi \cdot \nu_R \cdot \nu_o$, $\nu_R=0.6$, $\nu_o=0.7-F_c/200$ $Q_{ju}=Q_{cuo}+V_{ua1}$, $a_{wo}=Q_{ju}/\sigma_{wyo}$	式(4.12, 13) 式(4.15, 16)
5章 柱梁接合部せん断設計		
5.1 柱梁接合部せん断設計	$V_{puh} > \lambda_p \cdot V_{muh}$, $\lambda_p \geq 1.1$	式(5.1)
5.2 終局強度設計用せん断力の算定	$V_{muh}=\xi_h \cdot Q_{cu}$, $Q_{cu}=\min(cQ_{cu}, cQ_{gu})$, $cQ_{cu}=2M_{cu}/(h_o1+2h_e)$	式(5.2.1, 2)
	(ト形接合部) $cQ_{gu}=(M_{gu}/l_o) \cdot (l/h)$	式(5.2.3)
	(十字形接合部) $cQ_{gu}=\{(M_{gu}+M_{gu}')/l_o\} \cdot (l/h)$	式(5.2.4)
	$\xi_h=(h/l) \cdot (l_o/j_{tg}) - 1$	式(5.2.5)
	$M_{gu}=T_{gy} \cdot j_{tg}$, $M_{gu}'=T_{gy}' \cdot j_{tg}$	式(5.2.6)
	$h_o2=h_2-D_g-2 \Delta h_o2$, $h_o2=4D_p$, D_p ：杭直径 Δh_o2 ：基礎梁下面からのフーチング底面の出寸法	
5.3 接合部せん断終局耐力の算定	$V_{puh}=\kappa_u \cdot \phi \cdot F_i \cdot b_{ih} \cdot D_{ih}$, $F_i=0.8F_c^{0.7}$, $b_{ih}=B_g+ba_1+ba_2$	式(5.3.1~3)
	(ト形) $\kappa_u=0.7$, $D_{ih}=l_{ag}$, (十字形) $\kappa_u=1.0$, $D_{ih}=D_c$	式(5.3.4)

(注) 上表中の記号の定義は、(付録3)本編に用いた記号一覧および該当箇所の記載による。

2章 材料

(1) コンクリート

SRC 柱梁接合部編 2 章(1)による。

(2) 鉄筋

SRC 柱梁接合部編 2 章(2)による。

ただし、4.2 節の根巻き柱横補強筋および 4.3 節の根巻き拘束筋は、大臣認定を取得した高強度せん断補強筋を用いてもよい。

(3) 定着金物

SRC 柱梁接合部編 2 章(3)による。

(4) 鋼材

SRC 柱梁接合部編 2 章(4)による。

ただし、本編で用いる角形鋼管の幅厚比は、幅厚比種別 FA ランクとする。

【解説】

本編の材料は、根巻き柱・基礎梁主筋定着部実験で確認された範囲で設定されている。

開発実験では、(付録 1)に示すように、785N/mm² 級高強度せん断補強筋を用いて、根巻き柱せん断耐力および根巻き拘束筋の必要断面積の妥当性を確認している。これらより、4.2 節の根巻き柱横補強筋および 4.3 節の根巻き拘束筋は、大臣認定を取得した高強度せん断補強筋を用いてもよいとした。

また、開発実験では、角形鋼管□-250×250 サイズで幅厚比種別 FA ランクの最小幅厚比の□-250×250×9mm および最大幅厚比の□-250×250×16mm を用いた試験体について、本編の妥当性を確認している。一方、本編では、建方用アンカーボルトのみ用い、構造用アンカーボルトを用いないので、アンカーボルトを規定していない。

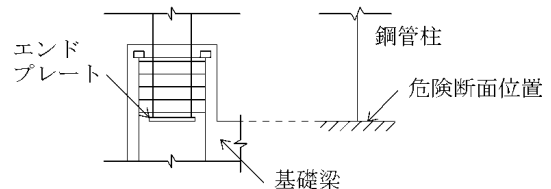
3章 根巻き柱・基礎梁主筋定着部の基本事項

3.1 根巻き柱脚を有する鉄骨柱の弾性剛性

根巻き柱脚を有する鉄骨柱の弾性剛性は、鋼構造接合部設計指針²⁾と同様、基礎梁上面(エンドプレート下面位置)を固定として算定する。

【解説】

本編による根巻き柱・基礎梁主筋定着部の妥当性は、(付録1)の角形鋼管柱、根巻き柱、基礎梁、杭およびフーチングからなるト形接合部試験体を用いた実験で確認している。これらより、根巻き柱脚を有する鉄骨柱の弾性剛性は、解図3.1に示すように、鋼構造接合部設計指針²⁾と同様、基礎梁上面(エンドプレート下面位置)を固定として算定するとした。



解図 3.1 弾性剛性の計算仮定²⁾

3.2 根巻き柱の基本事項

(1) 根巻き柱脚設計の原則

根巻き柱脚の設計では、鋼構造接合部設計指針7.3節(1)²⁾に準じ、柱脚部エンドプレートを介して、根巻き柱脚のメカニズム時設計軸力を柱梁接合部に伝達し、根巻き柱を介して、メカニズム時設計曲げモーメントおよびせん断力を柱梁接合部に伝達する。

(2) 根巻き柱の有効高さ h_e

根巻き柱の有効高さ h_e は、基礎梁上面(エンドプレート下面)から根巻き柱主筋定着金物の定着板内面までの距離とし、 $2 \cdot 2D_s$ 以上かつ $25d_b$ 以上とする。また、根巻き柱主筋定着金物のかぶり厚さは、JASS 5 の設計かぶり厚さ以上とする。 D_s : 角形鋼管柱せい、 d_b : 根巻き柱主筋呼び名の値

(3) 根巻き拘束筋および根巻き柱横補強筋

XY 方向ともに、根巻き柱主筋定着金物の直下から根巻き柱せい $D_c/4$ 以内に根巻き拘束筋を1組以上配置し、根巻き拘束筋の下方に根巻き柱横補強筋を配置する。ただし、根巻き拘束筋は、式(4.16)の必要断面積 a_{wo} を有する副帯筋(サブタイ)2本以上の中子筋併用とし、式(3.1)の根巻き柱横補強筋比 $p_{wr} \geq 0.3\%$ とする。

$$p_{wr} = n_{wr} \cdot a_{wr} / (B_c \cdot h_e) \quad (3.1)$$

n_{wr} , a_{wr} : h_e 区間内の根巻き柱横補強筋の組数および1組の断面積、 B_c : 根巻き柱幅

(4) エンドプレート突出部直上の局部支圧応力 σ_{co}

局部支圧応力 σ_{co} は式(3.2)で算定し、式(3.3)の条件を満足しなければならない。

$$\sigma_{co} = T_{cy} / (B_{ep} \cdot LE), \quad T_{cy} = \sigma_{cy} \cdot a_{ct} \quad (3.2)$$

$$\alpha_{co} \cdot F_c \geq \sigma_{co} \quad (3.3)$$

T_{cy} , a_{ct} : 根巻き柱主筋1列の降伏引張力および断面積、 σ_{cy} : 根巻き柱主筋の降伏強度

$B_{ep} = B_s + 2LE$: エンドプレートの有効幅、 B_s : 鋼管柱幅

LE : 角形鋼管柱外面からのエンドプレートの出寸法、 F_c : コンクリートの設計基準強度

α_{co} : コンクリートの局部支圧強度割増し係数($\alpha_{co} = 1.8$ とする。)

(5) エンドプレート突出部の面外曲げモーメント MEL

面外曲げモーメント MEL は、式(3.4)で算定し、式(3.5)の条件を満足しなければならない。

$$MEL = T_{ry} \cdot LE / 2, \quad T_{ry} = \sigma_{cy} \cdot (a_{ct} + a_{cn} / 2) \quad (3.4)$$

$$M_{pE} \geq 1.1MEL \quad (3.5)$$

$M_{pE} (= \sigma_{Ey} \cdot Z_{pE})$: エンドプレートの全塑性モーメント

σ_{Ey} : エンドプレートの降伏強度、 $Z_{pE} = B_{ep} \cdot TE^2 / 4$: エンドプレートの全塑性断面係数

TE : エンドプレートの厚さ、 $B_{ep} = B_s + 2LE$: エンドプレート有効幅

$a_{cn} = \Sigma a_c - 2a_{ct}$: 根巻き柱中段筋の断面積、 Σa_c : 根巻き柱全主筋の断面積

(6) エンドプレートの引張終局耐力 T_{eu}

エンドプレートの引張終局耐力 T_{eu} は、式(3.6)で算定し、 $T_{eu} / T_{cta} \geq 1.0$ 、かつ、 $\sigma_{Ey} \geq \sigma_{sy}$ 、 $TE \geq 1.3t_s$ とする。 σ_{sy} は角形鋼管の降伏強度、 t_s は角形鋼管の厚さを示す。

$$T_{eu} = 8m_p \cdot (1 + B_s / 2LE) \quad (3.6)$$

$m_p = \sigma_{Ey} \cdot z_{pe}$: 単位長さあたりのエンドプレートの全塑性モーメント

$z_{pe} = TE^2 / 4$: 単位長さあたりのエンドプレートの塑性断面係数

T_{cta} はメカニズム時保証引張軸力であり、 T_{cta} は下記の条件を満足することとする。

$$|N_{ct}| \leq 0.3 \Sigma T_{ry} \text{ の時 : } T_{cta} = 0.3 \Sigma T_{ry}, \quad |N_{ct}| > 0.3 \Sigma T_{ry} \text{ の時 : } T_{cta} = N_{ct}$$

N_{ct} : 鋼管柱から伝達されるメカニズム時設計引張軸力

【解説】

(1) 根巻き柱脚設計の原則

鋼構造接合部設計指針 7.3 節(1)²⁾より、1階鉄骨柱の圧縮軸力は柱端部エンドプレートを介して柱梁接合部に伝達されることを踏まえ、3.2 節(1)では、同指針 7.3 節(1)に準じ、根巻き柱脚設計の原則を定めた。ここで、一貫構造計算プログラム^{*1}による場合、鋼構造接合部設計指針 7.3 節(1)1)に準じ、許容応力度設計によって根巻き柱の断面算定を行った後、増分解析によるメカニズム時設計軸力を、柱脚部エンドプレートを介して柱梁接合部に伝達し、メカニズム時設計曲げモーメントおよびせん断力を、根巻き柱を介して柱梁接合部に伝達するとしている。

これらより、本編の設計条件を満足する場合、本編 3.2 節(2)～(5)で定める根巻き柱の構造諸元を採用することで、根巻き柱主筋頭部および基礎梁主筋端部を機械式定着としてもよいとしている。

一方、(付録 1)の開発実験を基に、本編 5.3 節の解説(2)に示すように、5.1 節による接合部せん断余裕度 $\lambda_p \geq 1.0$ の場合、柱梁接合部仕口面で基礎梁主筋が短期許容応力度に達しても、柱梁接合部と同様、根巻き柱に修復性を損なうひび割れは発生しないので、短期許容応力度設計を省略するとしている。

(2) 根巻き柱の有効高さ

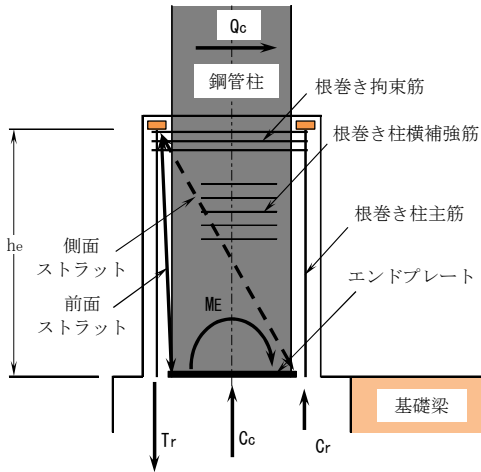
根巻き柱の有効高さ h_e は、開発実験を基に規定した。

(3) 根巻き拘束筋および根巻き柱横補強筋

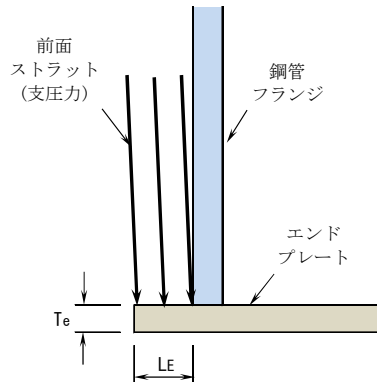
根巻き柱横補強筋比 p_{wr} は、靱性保証型設計指針⁸⁾と同様、0.3%以上とし、根巻き柱拘束筋の必要断面積 a_{wo} は、開発実験を基に、式(4.16)によるとした。

(4) エンドプレート突出部直上の局部支圧応力

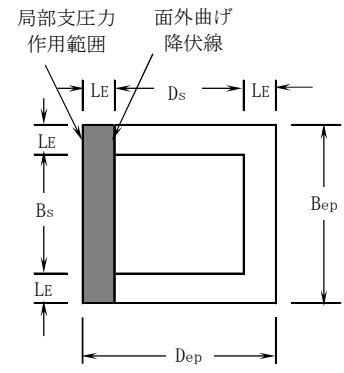
3.2節(5)では、解図 3.2、解図 3.3 に示すように、根巻き柱脚に時計回りの曲げモーメント ME が作用した時、前面ストラットを介して伝達される引張側根巻き柱主筋の降伏引張力 T_{cy} によって、式(3.2)のエンドプレート突出部直上の局部支圧応力 σ_{co} が生じるとしている。解表 3.1 に示すように、局部支圧応力検定比 $\sigma_{co}/(\alpha_{co} \cdot \sigma_B)$ は 0.6~1.0 であるので、 σ_{co} を式(3.3)で規定した。 σ_B はコンクリートの実圧縮強度を示す。



解図 3.2 根巻き柱の抵抗機構



(a) 前面ストラット



(b) 局部支圧力範囲と降伏線

解図 3.3 エンドプレート突出部の面外曲げと支圧力

解表 3.1 エンドプレート直上の局部支圧応力および突出部面外曲げの検定結果

試験体	支圧応力検定				エンドプレート曲げ検定		
	σ_B (N/mm^2)	σ_{cy} (N/mm^2)	σ_{co} (N/mm^2)	$\sigma_{co} / \alpha_{co} \cdot \sigma_B$	MEL ($kN \cdot mm$)	MpE ($kN \cdot mm$)	MpE / MEL
No. 1, No. 2	28.1	539	46.4	0.92	12516	14291	1.14
No. 3, No. 4	45.7	539	46.4	0.56	12516	14291	1.14
No. 5	25.3	548	47.1	1.03	12725	14291	1.12
No. 6	25.3	545	46.9	1.03	12655	14291	1.13
No. 7	25.3	519	44.6	0.98	12051	14291	1.19
No. 8	28.0	540	46.4	0.92	12539	14291	1.14
No. 9	28.0	548	47.1	0.94	12725	9764	0.77
No. 10	42.8	547	47.0	0.61	12701	9764	0.77

(エンドプレート塑性断面係数) $Z_{pE} = B_{ep} \cdot T_e^2 / 4$ 、 $B_{ep} = B_s + 2LE$ 、 B_s : 鋼管柱幅

LE: エンドプレート出寸法、 T_e : エンドプレートの厚さ

(5) エンドプレート突出部の面外曲げモーメント

解図 3.3(a) に示すように、根巻き柱脚に時計回りの曲げモーメント ME の作用時には、エンドプレート突出部に式(3.4)の面外曲げモーメント MEL が発生する。そこで、解図 3.3(b) に示すように、面外曲げの降伏線長さをエンドプレート全幅 B_{ep} として求めたエンドプレートの全塑性モーメント M_{pE} を、解表 3.1 中の面外曲げ応力検定比 M_{pE}/MEL (0.8~1.2) を基に、式(3.5)で規定した。

(6) エンドプレートの引張終局耐力 T_{eu}

3.2節(6)では、解図 3.4 に示すように、根巻き柱主筋定着部からのストラット効果によって、鋼管柱から伝達されるメカニズム時設計引張軸力 N_{ct} を受けるとし、降伏線理論によるエンドプレートの引張終局耐力 T_{eu} を式(3.6)で算定するとしている。同式は、解図 3.5 に示すように、①と②の稜線および③-③断面の直交軸に発生する降伏線を仮定して導出される^{※2}。

ここで、降伏線に沿う内力仕事 I_w は式(解 3.1)で求まるので、内力仕事 I_w =外力仕事 E_w より、エンドプレートの引張終局耐力 T_{eu} は式(解 3.2)で算定できる。また、 $E_w=T_{eu} \cdot \Delta$ であり、式(解 3.1)では $a=c$, $b'=d'$, $\phi_1=\phi_2$ とし、式(解 3.2)において、 $d'=B_s/2$, $c=LE$ とすると、式(3.6)の T_{eu} が得られる。

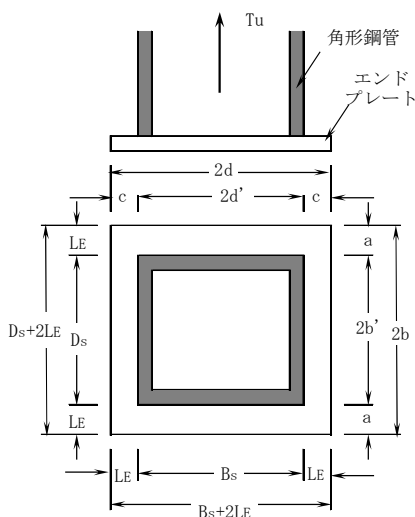
$$I_w=8m_p \cdot (1+d'/c) \cdot \Delta \quad \text{(解 3.1)}$$

$$T_{eu}=8m_p \cdot (1+d'/c) \quad \text{(解 3.2)}$$

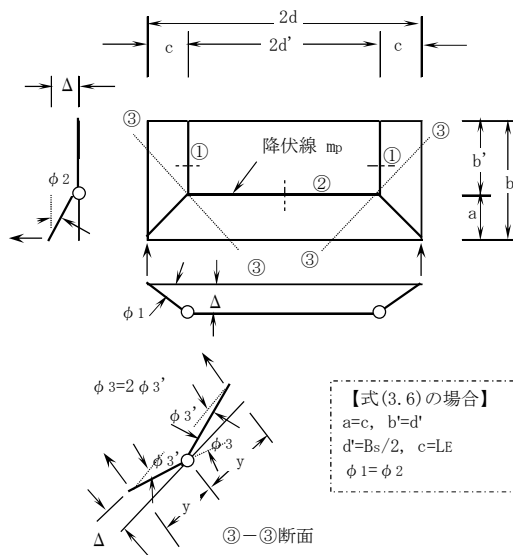
解表 3.2 によると、開発実験に供したエンドプレートの $T_{eu}/\Sigma T_{ry}$ は 0.77~1.14 となる。

一方、文献※3の研究結果および文献※4のSRC耐震診断基準を踏まえ、3.2節(6)では、降伏線理論によるエンドプレートの引張終局耐力 T_{eu} はメカニズム時保証引張軸力 T_{cta} 以上とするとともに、角形鋼管壁とエンドプレートとの突合せ溶接を考慮し、 $\sigma_{Ey} \geq \sigma_{sy}$, $T_E \geq 1.3t_s$ としている。

文献※3では、兵庫県南部地震でのSRC造建物の柱脚部被害の場合、引張軸力比の増加に伴い、限界変形が低下するとしている。これらの点を踏まえ、文献※4では、SRC柱脚部を含む柱の靱性能は、引張軸力比が0.3より大きくなると低下し、引張軸力比0.7を限界引張軸力比としている。これらより、地震時に高引張力を受ける外柱のメカニズム時設計引張軸力 N_{ct} 下で根巻き柱脚の変形性能を保證することを意図し、3.2節(6)では、メカニズム時保証引張軸力 T_{cta} を定めた。



解図 3.4 角形鋼管柱とエンドプレート



解図 3.5 引張力下のエンドプレートの降伏線

解表 3.2 開発実験に供したエンドプレートの引張終局耐力の検討結果

試験体	根巻き柱主筋			エンドプレート							
	σ_{cy} (N/mm^2)	Σa_c (mm^2)	ΣT_{ry} (kN)	σ_{Ey} (N/mm^2)	T_E (mm)	B_s (mm)	LE (mm)	z_{ep} (mm^3/mm)	m_p ($kN \cdot mm/mm$)	T_{eu} (kN)	$T_{eu} / \Sigma T_{ry}$
No. 1~No. 4	539	3096	1669	381	22	250	30	121	46.1	1906	1.14
No. 9, No. 10	548	3096	1697	349	19	250	30	90	31.5	1302	0.77

σ_{cy} : 根巻き柱主筋の降伏強度、 Σa_c , ΣT_{ry} : 根巻き柱全主筋の断面積および降伏引張力

σ_{Ey} , T_E , LE : エンドプレートの降伏強度、厚さ、寸法

z_{ep} , m_p : 単位長さ当たりのエンドプレートの塑性断面係数、全塑性モーメント

T_{eu} : エンドプレートの引張終局耐力

※1 たとえば、ユニオンシステム(株): Supper Build/SS7 解説書(計算編)6.8 S 造(柱脚)断面算定、9.6 S 造(柱脚)部材復元力特性、2017年8月8日版

※2 益尾潔、山田長美: スプリットティー引張接合による角形鋼管柱・H形鋼はり接合部終局耐力に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文報告集、No. 424, pp. 91-103, 1991. 6

※3 称原良一、南宏一：兵庫県南部地震における SRC 造建物の柱脚部の被害分析、日本建築学会構造系論文報告集、No. 537, pp. 135-140, 2000. 11

※4 日本建築防災協会：2009 年改訂版 既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準 同解説 3. 2. 3 靱性指標 F の算定 (3) 第 3 次診断法による場合 (c) 非埋込柱脚を有する柱、pp. 137-166、2009. 12

3. 3 根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着部

- 1) 根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着長さ l_{ac} は、基礎梁上面を定着起点として JASS 5 の直線定着長さ L_2 以上とし、かつ、基礎梁下端筋の下部まで延長する (RC 構造設計指針 14. 2 節 (1) 参照)。ただし、引抜き力が生じる 1 本杭基礎の場合、根巻き柱主筋と杭頭補強筋の間はあき重ね継手⁴⁾とする。
- 2) 基礎梁下端筋 (1 段筋) 中心から根巻き柱主筋下端までの寸法 C_{Bot} は $5db$ 以上とし、 $3db$ 以内に定着部拘束筋を配置する。 db は根巻き柱主筋呼び名の値を示す。
- 3) 定着部拘束筋は式 (3. 7) を満足し、接合部横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量 $\Sigma (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$ は、3. 4 節の規定を満足しなければならない。

$$T_{Hy} \geq \gamma_{Hc} \cdot T_{cy} \quad (3. 7)$$

$$T_{Hy} = A_H \cdot \sigma_{Hy} \quad (3. 8)$$

$$T_{cy} = a_{ct} \cdot \sigma_{cy} \quad (3. 9)$$

ここに、 T_{Hy} ：定着部拘束筋足部の全降伏引張力

T_{cy} ：根巻き柱引張側主筋 1 列の降伏引張力、 A_H ：定着部拘束筋足部の全断面積

σ_{Hy} ：定着部拘束筋の降伏強度（規格降伏点とする。）

ただし、定着部拘束筋鋼種が SD490 を超える場合、 $\sigma_{Hy}=490\text{N/mm}^2$ とする。

a_{ct} ：根巻き柱主筋 1 列の全断面積、 σ_{cy} ：柱主筋の降伏強度（規格降伏点とする。）

γ_{Hc} ：根巻き柱主筋から定着部拘束筋への引張力伝達係数（ $\gamma_{Hc}=0.1$ としてもよい。）

- 4) 根巻き柱主筋中心の側面かぶり厚さは $2db$ 以上とし、根巻き柱主筋定着金物のかぶり厚さは、JASS 5 の設計かぶり厚さ以上とする。

【解説】

(1) 根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着長さ

根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着長さ l_{ac} は、(付録 1) の開発実験を基に、RC 構造設計指針 14. 2 節 (1) 「最下階柱主筋定着部」と同様、基礎梁上面を定着起点として、JASS 5 の直線定着長さ L_2 以上とし、かつ、基礎梁下端筋の下部まで延長するとした。ただし、引抜き力が生じる 1 本杭基礎の場合、根巻き柱主筋と杭頭補強筋の間はあき重ね継手⁴⁾とした。

また、根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着部は、通常、直線定着とするので、基礎梁下端筋 (1 段筋) 中心から根巻き柱主筋定着金物 (定着板) 内面までの寸法 C_{Bot} は $5db$ 以上とし、 $3db$ 以内に定着部拘束筋を配置するとした。

(2) 定着部拘束筋

本編では、角形鋼管柱、根巻き柱、基礎梁、杭、フーチングからなるト形、十字形架構を検討対象にしている。この場合、RC 構造設計指針・柱主筋外定着方式編 5 章 (3) と同様、定着部拘束筋は式 (3. 7) を満足し、根巻き柱主筋から定着部拘束筋への引張力伝達係数 $\gamma_{Hc}=0.1$ としてもよいとし、接合部横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量 $\Sigma (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$ は 3. 4 節の規定を満足しなければならないとした。

3.4 接合部横補強筋および定着部拘束筋

ト形、十字形接合部ともに、地震力方向ごとに、接合部横補強筋比 p_{jwh} は 0.2%以上とし、かつ、接合部横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量 $\Sigma(p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$ は、式(3.10)を満足しなければならない。

$$\Sigma(p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}) \geq \{(\phi_s \cdot RuD/R80a) - \alpha_{wo}\} \cdot F_c / \beta_w \quad (3.10)$$

$$\Sigma p_{jwh} = p_{jwh} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wyH} / \sigma_{wy} \quad (3.11)$$

$$p_{jwh} = n_h \cdot a_{wh} / (B_c \cdot j_{tgo}) \quad (3.12)$$

ここに、 F_c ：コンクリートの設計基準強度、 σ_{wy} ：接合部横補強筋の降伏強度

RuD ：表 3.1 による設計限界層間変形角、 $\phi_s=2.0$ ：安全率

$R80a$ ：接合部せん断余裕度 λ_p で決定する限界層間変形角(表 3.2)

α_{wo} , β_w ：表 3.2 による補正係数

$(p_{jwh})_H (=n_h \cdot a_{wh} / (B_c \cdot j_{tgo}))$ ：定着部拘束筋による等価横補強筋比

n_h , a_{wh} ：定着部拘束筋の組数および 1 組の断面積

B_c ：柱幅、 j_{tgo} ：梁最外縁主筋の上下中心間距離

n_h , a_{wh} ： j_{tgo} 区間内の接合部横補強筋の組数および 1 組の断面積

σ_{wy} , σ_{wyH} ：接合部横補強筋および定着部拘束筋の降伏強度

接合部横補強筋の降伏強度 σ_{wy} は、SD295～SD390 では規格降伏点の 1.1 倍、SD490、685N/mm² 級、785 N/mm² 級では規格降伏点の 1.0 倍とし、1275N/mm² 級では 785N/mm² とする(RC 構造設計指針 7.1 節 参照)。

また、定着部拘束筋の降伏強度 σ_{wyH} は、SD490 以下の場合、規格降伏点とし、SD490 を超える場合、490N/mm² とする(RC 構造設計指針・柱主筋外定着方式編 2 章(2) 参照)。

表 3.1 RuD の下限値

設計区分	
I	II
1/75	1/50

表 3.2 $R80a$ の算定式および補正係数 α_{wo} , β_w

接合部種類	$R80a$ の算定式	α_{wo}			β_w
		直交梁なし	片側直交梁付き	両側直交梁付き	
ト形、十字形	$R80a=0.03\lambda_p$	0.4	0.6	1.0	19

【解説】

開発実験による限界層間変形角 $R80$ —接合部せん断余裕度 gQ_{pu}/gQ_{gu} 関係を解図 3.6 に示す。 $R80$ は、最大耐力 Q_{max} の 80%耐力低下時限界層間変形角実験値であり、同図によると、正負加力ともに、接合部せん断余裕度 gQ_{pu}/gQ_{gu} で決定する限界層間変形角 $R80a$ を上回る。

解図 3.7 に、 $R80/R80a - p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B$ 関係を示す。同図中には、式(解 3.4)による接合部横補強筋量の補正係数 α_w を破線で示した。

$$R80_{min} = R80a \cdot \alpha_w \quad (解 3.3)$$

$$\alpha_w = \alpha_{wo} + \beta_w \cdot (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / \sigma_B) \quad (解 3.4)$$

σ_B ：コンクリートの実圧縮強度

解図 3.7 に示すように、785N/mm² 級高強度せん断補強筋を用いた No.9 を除き、式(解 3.4)の接合部横補強筋量の補正係数 α_w は、正負加力ともに、 $R80/R80a$ と概ね対応する。No.9 の場合、接合部せん断余裕度 $\lambda_p = gQ_{pu}/gQ_{gu} = 0.81$ であり、基礎梁端曲げ降伏後、根巻き柱せん断破壊型となったため、 $R80$ は、SD295 普通強度せん断補強筋を用いた No.2 と同程度に留まったと考えられる。

3.5 基礎梁主筋定着部

1) 基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は、RC 構造設計指針 8.1 節(1)1)によることを基本とし、RC 構造設計指針・式(8.1)による必要定着長さ l_{ao} 以上、 $16db$ 以上、かつ、 $(d_p+db/2)$ 以上、かつ、 $0.75D_c$ 以上とした場合、根巻き柱面から基礎梁主筋定着金物の定着板内面までの機械式直線定着とすることができる。

d_p ：巻き柱面から直交基礎梁最外縁主筋位置までの距離

db ：基礎梁主筋呼び名の値、 D_c ：柱せい

2) 直交基礎梁最外縁主筋 d_{pa} 区間外の基礎梁上端筋定着部は RC 構造設計指針 14.2 節(2)、基礎梁下端筋定着部は同指針 14.2 節(3)の規定を満足しなければならない。

3) 基礎梁主筋中心から根巻き柱面までの側面かぶり厚さ C_s は $3db$ 以上とし、基礎梁主筋先端の定着金物各部のかぶり厚さは、JASS 5 の設計かぶり厚さ以上とする。

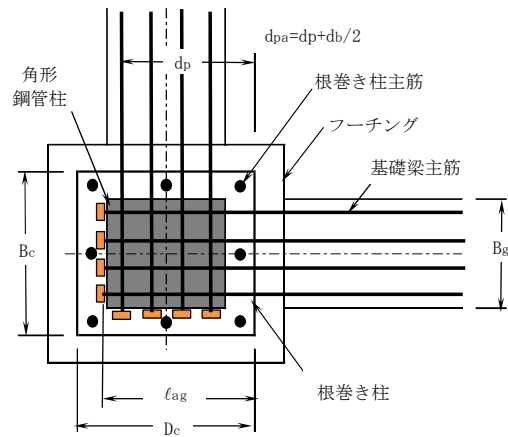
【解説】

開発実験を基に、基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は、RC 構造設計指針 8.1 節(1)1)によることを基本とし、直交基礎梁主筋を超えるように、 $l_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db, d_{pa}, 0.75D_c)$ した場合は、根巻き柱面から基礎梁主筋定着金物の定着板内面までの機械式直線定着とすることができるとした。

ただし、 d_{pa} 区間外となる基礎梁上端筋定着部は RC 構造設計指針 14.2 節(2)、基礎梁下端筋定着部は同指針 14.2 節(3)を満足しなければならないとした。 $d_{pa}=d_p+db/2$ であり、 d_{pa} 区間外となる基礎梁主筋は、柱型部と基礎梁側面の内面合せの長方形断面柱など

の場合に発生する。また、同指針 8.1 節(2)と同様、基礎梁主筋中心から根巻き柱面までの側面かぶり厚さ C_s および定着金物各部のかぶり厚さを規定した。

解表 3.3 に、基礎梁主筋の必要定着長さ比 l_{ao}/db を示す。同表の計算値は、RC 構造設計指針・解表 8.1 と同様、 $j_{tg}/db=20$ 、 $p_{jwh}=0.3\%$ とし、上限強度算定用材料強度 σ_{sy} を用いて求めた。



解図 3.8 本編による根巻き柱の水平断面形状

解表 3.3 基礎梁主筋の必要定着長さ比 l_{ao}/db ($p_{jwh}=0.3\%$)

(a) 両側直交梁付き以外の場合

(b) 両側直交梁付きの場合

鋼種	呼び名	F_c (N/mm ²)												
		21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
SD295	D38以下	16												
	D41	17	16											
SD345	D32以下	17	16											
	D35	18	16											
	D38	19	18	16										
	D41	21	19	18	17									
SD390	D25以下	18	16											
	D29	19	18	16										
	D32	21	19	18	16									
	D35	22	20	19	18	16								
	D38	24	22	20	19	16								
	D41	25	24	22	21	18	16							
SD490	D25以下	23	21	19	18	17	16							
	D29	24	23	21	20	17	16							
	D32	-	24	22	21	18	16							
	D35	-	25	24	23	20	17	16						
	D38	-	-	25	24	21	19	16						
	D41	-	-	-	-	23	20	18	16					

"-"を付した場合は、 $l_{ao}/db > 25$ に該当する。

鋼種	呼び名	F_c (N/mm ²)												
		21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
SD295 SD345	D41以下	16												
	D38以下	16												
SD390	D41	18	16											
	D29以下	17	16											
SD490	D32	18	16											
	D35	20	18	16										
	D38	21	19	18	17									
	D41	23	21	19	18	16								

4章 根巻き柱せん断設計

4.1 根巻き柱設計せん断力

根巻き柱設計せん断力 Q_{cuo} は式(4.1)で算定し、根巻き柱せん断設計用曲げ耐力 M_{cuo} は式(4.2)で算定する。

$$Q_{cuo} = \min(cQ_{cuo}, cQ_{gu}), \quad cQ_{cuo} = M_{cuo}/h_e \quad (4.1)$$

$$M_{cuo} = (T_{cy} + T_{cny}/2) \cdot j_{tco} \quad (4.2)$$

ここに、 cQ_{cuo} :根巻き柱曲げ耐力時せん断力

cQ_{gu} : 式(5.2.3)または式(5.2.4)による基礎梁曲げ耐力時柱せん断力

T_{cy}, T_{cny} : 根巻き柱主筋1列および中段主筋の降伏引張力

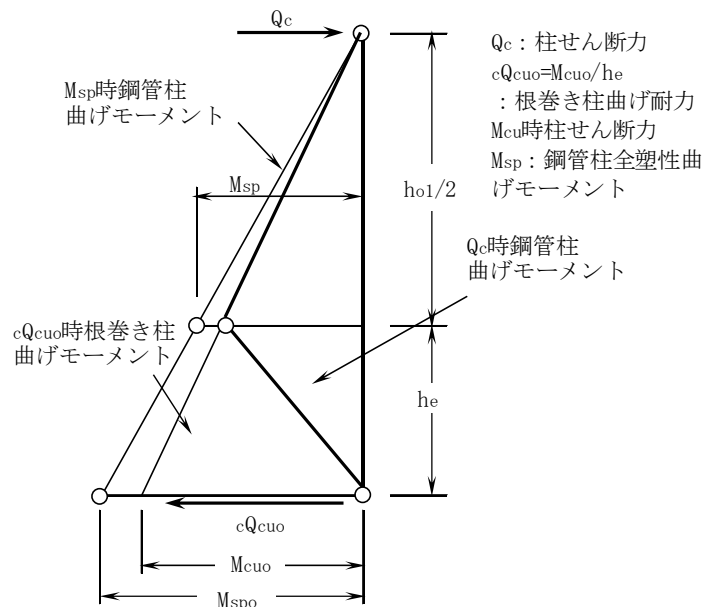
j_{tco} : 根巻き柱両側最外縁主筋の中心間距離、 h_e : 根巻き柱の有効高さ

根巻き柱主筋の降伏引張力 T_{cy}, T_{cny} の算定に用いる主筋の降伏強度は、SD390以下では $1.1\sigma_{yo}$ 、SD490では $1.0\sigma_{yo}$ とする。 σ_{yo} は規格降伏点を示す。

【解説】

4.1節では、解図4.1の根巻き柱の応力状態を基に、根巻き柱設計せん断力 cQ_{cuo} は式(4.1)で算定し、3.2節の解説(1)で前述したように、1階鉄骨柱の圧縮軸力は柱端部エンドプレートを通じて柱梁接合部に伝達されることを勘案し、根巻き柱せん断設計用曲げ耐力 M_{cuo} は式(4.2)で算定するとした。

一方、1階鉄骨柱が引張軸力を受ける場合、根巻き柱曲げ耐力は減少するので、式(4.3)の根巻き柱せん断耐力 V_{suo} が安全側の値となるように、式(4.2)では、引張軸力の影響を無視した。



解図 4.1 根巻き柱の応力状態

4.2 根巻き柱せん断耐力

根巻き柱せん断耐力 V_{suo} は式(4.3)で算定し、式(4.1)の根巻き柱設計せん断力 Q_{cuo} の1.3倍以上となることを確認する。

$$V_{suo} = \min(V_{su}, V_{bu}) \quad (4.3)$$

ここに、 V_{su} ：塑性式によるせん断耐力、 V_{bu} ：付着割裂耐力

【塑性式によるせん断耐力】

$$V_{su} = \min(V_{u1}, V_{u2}, V_{u3}) \quad (4.4)$$

$$V_{u1} = V_{ut1} + V_{ua1} \quad (4.5)$$

$$V_{ut1} = \mu \cdot p_{we} \cdot \sigma_{wy} \cdot Be' \cdot je \quad (4.6)$$

$$V_{ua1} = \{ \nu \cdot F_c - (1 + \cot^2 \phi) \cdot p_{we} \cdot \sigma_{wy} / \lambda \} \cdot Be' \cdot D_c \cdot \tan \theta / 2 \quad (4.7)$$

$$V_{u2} = (\lambda \cdot \nu \cdot F_c + p_{we} \cdot \sigma_{wy}) \cdot Be' \cdot je / 3 \quad (4.8)$$

$$V_{u3} = \lambda \cdot \nu \cdot F_c \cdot Be' \cdot je / 2 \quad (4.9)$$

$$\cot \phi = \min(2, h_e / je) \quad (4.10)$$

$$p_{we} = a_{wr} / (Be' \cdot s) \quad (4.11)$$

：根巻き柱の有効横補強筋比

$$\mu = \cot \phi \cdot \mu_R \quad (4.12)$$

μ_R ：トラス機構の角度を表す低減係数

$$\mu_R = 0.8 \text{ とする。}$$

$$\nu = \cot \phi \cdot \nu_R \cdot \nu_o, \quad \nu_o = 0.7 - F_c / 200 \quad (4.13)$$

：コンクリート圧縮強度の有効係数

ν_R ：コンクリート圧縮強度の有効係数

の低減係数で、 $\nu_R = 0.6$ とする。

ここに、 D_c ：根巻き柱せい、 h_e ：根巻き柱の有効高さ

$Be = B_c - B_s$, $Be' = Be - (2C + d_{wr})$ ：根巻き柱せん断有効幅(図4.1)

$je = D_c - (2C + d_{wr})$ ：トラス機構の有効せい

$\lambda = 1 - s / 2je - Be' / 4je$ ：トラス機構の有効係数、 $\tan \theta = 0.9D_c / (2 \times 2h_e)$

C ：根巻き柱のかぶり厚さ、 d_{wr} ：根巻き柱横補強筋呼び名の値

a_{wr} ：根巻き柱横補強筋1組の断面積、 $s = h_e / (n_{wr} - 1)$ ：根巻き柱横補強筋の平均間隔

n_{wr} ：根巻き柱横補強筋の組数、 σ_{wy} ：根巻き柱横補強筋の降伏強度(単位：N/mm²)

F_c ：コンクリートの設計基準強度(単位：N/mm²)

【付着割裂耐力】

$$V_{bu} = \Sigma (\tau_{bu} \cdot \phi) \cdot je + \{ \nu_b \cdot F_c - 2.5 \Sigma (\tau_{bu} \cdot \phi) / (\lambda \cdot Be') \} \cdot Be' \cdot D_c \cdot \tan \theta / 2 \quad (4.14)$$

根巻き柱主筋の付着強度： $\tau_{bu} = \alpha_t \cdot \{ (0.085b_i + 0.10) \cdot \sqrt{F_c} + k_{st} \}$

(梁上端筋以外の主筋の付着強度低減係数) $\alpha_t = 1$

b_i ：根巻き柱主筋の割裂線長さ比($b_i = b_{si}$ とする。)

$b_{si} = (B_c - N \cdot d_b) / (N \cdot d_b)$ ：サイドスプリットの場合

$$k_{st} = (54 + 45N_w / N) \cdot (b_{si} + 1) \cdot p_{we}$$

ここに、 $\Sigma \phi$ ：根巻き柱主筋1列の周長の合計、 N ：根巻き柱主筋1列の本数、 d_b ：主筋呼び名の値

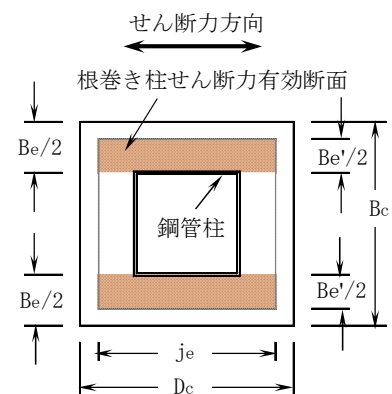


図4.1 根巻き柱せん断力有効断面

k_{st} : 横補強筋の効果、 N_w : 1組の横補強筋足の本数($N_w=2$)

A_w : 横補強筋1本の断面積、 s : 横補強筋の間隔、 ν_b : 付着強度の低減係数($\nu_b=0.8$ とする。)

根巻き柱横補強筋の降伏強度 σ_{wy} は、SD390以下では $1.1\sigma_{yo}$ 、SD490、685N/mm²級、785N/mm²級では $1.0\sigma_{yo}$ 、1275N/mm²級では 785N/mm²とする(RC構造設計指針7.1節参照)。 σ_{yo} は規格降伏点を示す。

【解説】

文献5)の4章 鉄骨部材と鉄筋コンクリート部材の直列的に結合する接合部で紹介されている文献6)では、靱性保証型指針⁸⁾に準じた式(4.4)(塑性式)によるせん断耐力 V_{su} を提案している。これらより、式(4.3)の根巻き柱せん断耐力 V_{suo} は、SABTEC 高強度せん断補強筋 設計施工指針(2016年)¹³⁾提案の塑性式によるせん断耐力 V_{su} と付着割裂耐力 V_{bu} のいずれか小さい方として算定するとした。

この場合、 $\cot\phi$ は、根巻き柱の有効高さ h_e を用いて式(4.10)で定義した。また、トラス機構の角度を表す低減係数 μ_R 、コンクリート圧縮強度の有効係数の低減係数 ν_R 、付着強度の低減係数 ν_b は、靱性保証型指針⁸⁾に準じ、式(解4.1)で算定するとし、4.2節では、塑性変形能力確保のために、靱性保証型指針⁸⁾による降伏ヒンジ部材(梁)の終局部材角の目安値と同様、 $R_p'=1/50$ とすることで、 $\mu_R=0.8$ 、 $\nu_R=0.6$ 、 $\nu_b=0.8$ とした。

$$\mu_R=1-10R_p', \quad \nu_R=1-20R_p', \quad \nu_b=1-10R_p' \quad (\text{解 4.1})$$

ここに、 R_p' : 根巻き RC 柱の塑性変形角

開発実験各試験体の式(4.4)の根巻き柱せん断耐力 V_{su} と設計せん断力 Q_{cuo} を解表4.1に示す。同表によると、根巻き柱せん断耐力 V_{su} は、設計せん断力 Q_{cuo} の1.3倍程度以上となる。同表の計算耐力は材料試験による実強度を用いて算定した。この場合、 Q_{cuo} は基礎梁曲げ終局耐力時柱せん断力 cQ_{gu} で決定するとしている。ただし、式(4.2)の根巻き柱せん断耐力 V_{suo} は、式(4.3)の付着割裂耐力 V_{bu} を考慮しているが、式(4.1)の設計せん断力 Q_{cuo} の1.3倍以上となることを確認するとした。

一方、鋼構造接合部設計指針²⁾では、根巻き柱降伏せん断耐力 Q_{cy} を下式で算定するとしている。

$$Q_{cy}=B_e \cdot j_r \cdot (F_{csy}+0.5F_{wy} \cdot p_{wre}) \quad (\text{解 4.2})$$

ここに、 $B_e=(B_c-B_s)$: 根巻き柱のせん断有効幅

$j_r=(7/8)d_r$: 根巻き柱の応力中心距離、 d_r : 根巻き柱の有効せい

F_{csy} : コンクリートの降伏せん断強度で、コンクリートの短期許容せん断応力度を用いる。

F_{wy} : せん断補強筋(帯筋)の降伏強度で、短期許容引張応力度とする。

$p_{wre}(=a_{wr}/(B_e \cdot x))$: 帯筋比、 $p_{wre} \geq 1.2\%$ の場合、 $p_{wre}=1.2\%$ とする。 x : 帯筋間隔

解表4.1に示すように、式(解4.2)の根巻き柱降伏せん断耐力 Q_{cy} は、式(4.4)の根巻き柱せん断耐力 V_{su} の0.8~0.9倍程度である。 Q_{cy} 算定時の785N/mm²級高強度せん断補強筋の短期許容引張応力度(F_{wy})は、590N/mm²(大臣認定の短期許容引張応力度)としている。

解表 4.1 根巻き柱せん断耐力 V_{su} と設計せん断力 Q_{cuo}

試験体	根巻き柱せん断耐力											鉄骨柱、根巻き柱、基礎梁曲げ耐力				
	V_{ut1} (kN)	V_{ua1} (kN)	V_{u1} (kN)	V_{u2} (kN)	V_{u3} (kN)	V_{su} (kN)	Q_{cuo} (kN)	V_{su}/Q_{cuo}	Q_{cy} (kN)	Q_{cy}/V_{su}	Q_{cy}/Q_{cuo}	cQ_{sp} (kN)	cQ_{cu} (kN)	cQ_{gu} (kN)	cQ_{sp}/cQ_{gu}	cQ_{cu}/cQ_{gu}
No. 1	372	0	372	399	412	372	194	1.92	284	0.76	1.46	734	622	194	3.79	3.21
No. 2	372	0	372	399	412	372	245	1.51	284	0.76	1.16	734	622	245	2.99	2.53
No. 3	372	24	396	499	562	396	245	1.61	310	0.78	1.26	734	622	245	2.99	2.53
No. 4	372	24	396	499	562	396	297	1.33	310	0.78	1.04	734	622	297	2.47	2.09
No. 5	364	0	364	373	377	364	234	1.55	276	0.76	1.18	725	632	234	3.10	2.70
No. 6	364	0	364	373	377	364	246	1.48	276	0.76	1.12	725	629	246	2.94	2.55
No. 7	364	0	364	373	377	364	245	1.48	276	0.76	1.12	725	599	245	2.96	2.44
No. 8	817	0	817	544	405	405	246	1.64	364	0.90	1.48	725	623	246	2.94	2.53
No. 9	385	0	385	402	409	385	250	1.54	289	0.75	1.16	449	632	250	1.80	2.53
No. 10	385	14	399	491	543	399	240	1.66	311	0.78	1.30	449	631	240	1.87	2.63

V_{ut1} : トラス機構せん断耐力、 V_{ua1} : アーチ機構せん断耐力、 $V_{u1}=V_{ut1}+V_{ua1}$ 、 $V_{su}=\min(V_{u1}, V_{u2}, V_{u3})$

cQ_{sp} 、 cQ_{cu} 、 cQ_{gu} : 鉄骨柱全塑性モーメント時および根巻き柱、基礎梁曲げ耐力時柱せん断力、 $Q_{cuo}=\min(cQ_{cu}, cQ_{gu})$

Q_{cy} : 鋼構造接合部設計指針による根巻き柱降伏せん断力

4.3 根巻き拘束筋の必要断面積

根巻き拘束筋算定用せん断力は式(4.15)、根巻き拘束筋の必要断面積 a_{wo} は式(4.16)で算定する。

$$Q_{ju}=Q_{cuo}+V_{ua1} \quad (4.15)$$

$$a_{wo}=Q_{ju}/\sigma_{wyo} \quad (4.16)$$

ここに、 Q_{cuo} : 式(4.1)の根巻き柱設計せん断力

V_{ua1} : アーチ機構せん断耐力(式(4.6))、 σ_{wyo} : 根巻き拘束筋の降伏強度

根巻き拘束筋の降伏強度 σ_{wyo} は、4.2節の根巻き柱横補強筋の降伏強度 σ_{wy} と同様に定める。

【解説】

根巻き拘束筋の必要断面積 a_{wo} は、文献(6)と同様、式(4.16)で算定するとした。開発実験に供した各試験体の根巻き拘束筋の必要断面積と決定組数を解表4.2に示す。同表によると、根巻き拘束筋の決定組数は必要組数と同程度である。

この場合、785N/mm²級高強度せん断補強筋を用いた試験体No.8を含め、5.3節の解図5.2に示すように、最大耐力実験値は計算耐力を上回り、3.4節の解図3.6に示すように、接合部せん断余裕度 $gQ_{pu}/gQ_{gu} \geq 1.0$ の場合、設計で保証すべき変形性能が確保される。

解表 4.2 根巻き拘束筋の必要断面積と決定組数

試験体	Q_{ju} (kN)	a_{wo} (mm ²)	必要組数	決定組数
No. 1	194	582	2.3	3
No. 2	245	737	2.9	
No. 3	270	810	3.2	4
No. 4	321	965	3.8	
No. 5	234	664	2.6	3
No. 6	246	698	2.7	
No. 7	245	695	2.7	
No. 8	246	286	1.1	1
No. 9	250	707	2.8	3
No. 10	254	719	2.8	4

Q_{ju} : 根巻き柱の設計せん断力

a_{wo} : 根巻き部拘束筋の必要断面積

必要組数= a_{wo}/a_w 、 a_w : 1組の断面積

5章 柱梁接合部せん断設計

5.1 接合部せん断設計条件

ト形、十字形柱梁接合部は、RC 構造設計指針 4.3 節と同様、式(5.1)を満足するように設計し、3.4 節の規定を満足する接合部横補強筋を配置する。

$$V_{puh} > \lambda_p \cdot V_{muh} \quad (5.1)$$

ここに、 λ_p ：柱梁接合部せん断余裕度で、 $\lambda_p \geq 1.1$ とする。

V_{muh} ：式(5.2.1)の水平方向の接合部終局強度設計用せん断力

V_{puh} ：式(5.3.1)の水平方向の接合部せん断終局耐力

【解説】

5.3 節の解説で後述する開発実験の知見を基に、5.1 節では、接合部せん断余裕度 $\lambda_p \geq 1.1$ とした。

5.2 終局強度設計用せん断力の算定

水平方向の終局強度設計用せん断力 V_{muh} は、式(5.2.1)による。

ここで、終局強度設計用せん断力 V_{muh} は、1 階鉄骨柱の反曲点位置 $h_{o1}/2$ を 1 階鉄骨柱内法高さ中央、基礎梁の反曲点位置 $l_o/2$ を基礎梁内法スパン中央として算定した上で、メカニズム時設計せん断力以上となることを確認する。

$$V_{muh} = \xi h \cdot Q_{cu} \quad (5.2.1)$$

$$Q_{cu} = \min(cQ_{cu}, cQ_{gu}), \quad cQ_{cu} = 2M_{cu} / (h_{o1} + 2h_e) \quad (5.2.2)$$

$$(\text{ト形接合部}) \quad cQ_{gu} = (M_{gu} / l_o) \cdot (l/h) \quad (5.2.3)$$

$$(\text{十字形接合部}) \quad cQ_{gu} = \{(M_{gu} + M_{gu}') / l_o\} \cdot (l/h) \quad (5.2.4)$$

$$\xi h = (h/l) \cdot (l_o / j_{tg}) - 1 \quad (5.2.5)$$

$$M_{gu} = T_{gy} \cdot j_{tg}, \quad M_{gu}' = T_{gy}' \cdot j_{tg} \quad (5.2.6)$$

ここに、 cQ_{cu} ：柱曲げ耐力時せん断力、 M_{cu} ：メカニズム圧縮軸力時根巻き柱曲げ終局耐力

cQ_{gu} ：基礎梁曲げ終局耐力時柱せん断力、 M_{gu}, M_{gu}' ：左右基礎梁の曲げ終局耐力

T_{gy}, T_{gy}' ：左右基礎梁主筋の降伏引張力、 j_{tg} ：基礎梁上下主筋の重心間距離

h_e ：根巻き柱の有効高さ、 $h = (h_1 + h_2) / 2$ 、 h_1 ：1 階構造階高、 h_2 ：杭せん断長さの 2 倍

$h_{o2} = h_2 - D_g - 2 \Delta h_{o2}$ 、ただし、 $h_{o2} = 4D_p$ とする。 D_p ：杭直径

Δh_{o2} ：基礎梁下面からフーチング底面までの出寸法

l ：スパン長(柱心間距離)、 $l_o = l - D_c$ ：基礎梁内法スパン長、 D_c ：柱せい

【解説】

(1) 基本事項

終局強度設計用せん断力 V_{muh} は、RC 構造設計指針 5.1.1 項と同様、解図 5.1 の応力状態を基に、式(5.2.2)の終局強度設計用柱せん断力 Q_{cu} を用い、式(5.2.1)で算定するとした。解図 5.1 では、 $h_{o2} = h_2 - D_g - 2 \Delta h_{o2}$ とし、杭せん断長さの 2 倍 h_2 は、杭頭に水平力を受ける杭の水平抵抗力と水平変位の算定式による杭の最大モーメント発生位置¹⁰⁾で決まるとしている。開発実験では $h_{o2}/2 = 950\text{mm}$ 、 $D_p = 500\text{mm}$ 、 $h_{o2}/D_p = 3.8$ としている。杭基礎の場合、杭せん断長さ h_2 が小さいと、根巻き柱終局耐力時せん断力は大きくなり、通常、(付録 1)に示すように、 $h_{o2} \geq 4D_p$ となるので、5.2 節では、 $h_{o2} = 4D_p$ とした。

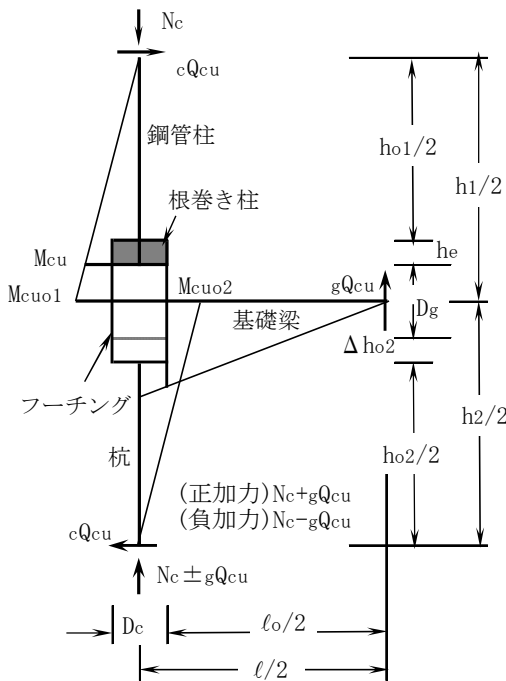
(2) メカニズム圧縮軸力 N_c 時根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu}

式(5.2.1)の水平方向の終局強度設計用せん断力 V_{muh} は1階鉄骨柱の反曲点位置 $h_o/2$ を1階鉄骨柱内法高さ中央、基礎梁の反曲点位置 $l_o/2$ を基礎梁内法スパン中央として算定した上で、メカニズム時設計せん断力以上となることを確認するか、安全側の柱梁接合部せん断設計となるように、釣合い軸力時曲げ終局耐力 M_{cu} を用いて算定すればよい。ここで、メカニズム圧縮軸力 N_c 時根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} は、解図 5.2 のエンドプレート下の根巻き柱断面に対して、単純累加式*で算定することができる。単純累加式は、解表 5.1 に示すように、慣用式(式(解 5.1))による長方形断面柱の曲げ終局耐力に、中段主筋の耐力ベクトル($\pm a_n \cdot \sigma_{ry}$)を加えることで導出される(解図 5.3 参照)。

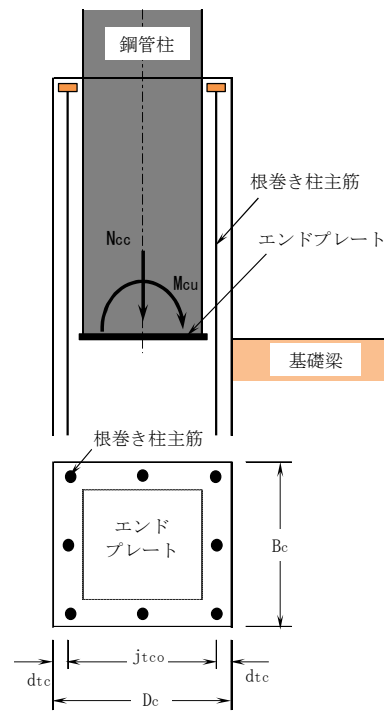
$$N_{max} \geq N_c > 0, 4B_c \cdot D_c \cdot F_c : M_{cu} = (0.8at \cdot \sigma_{ry} \cdot D_c + 0.12B_c \cdot D_c \cdot 2F_c) \cdot \{(N_{max} - N_c) / (N_{max} - 0.4B_c \cdot D_c \cdot F_c)\}$$

$$B_c \cdot D_c \cdot F_c \geq N_c > 0 : M_{cu} = 0.8at \cdot \sigma_{ry} \cdot D_c + 0.5N_c \cdot D_c \{1 - N_c / (B_c \cdot D_c \cdot F_c)\} \quad (解 5.1)$$

$$0 \geq N_c > N_{min} : M_{cu} = 0.8at \cdot \sigma_{ry} \cdot D_c + 0.4N_c \cdot D_c$$



解図 5.1 実験ト形架構の応力状態



解図 5.2 エンドプレート下の根巻き柱断面

解表 5.1 単純累加式による根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu}

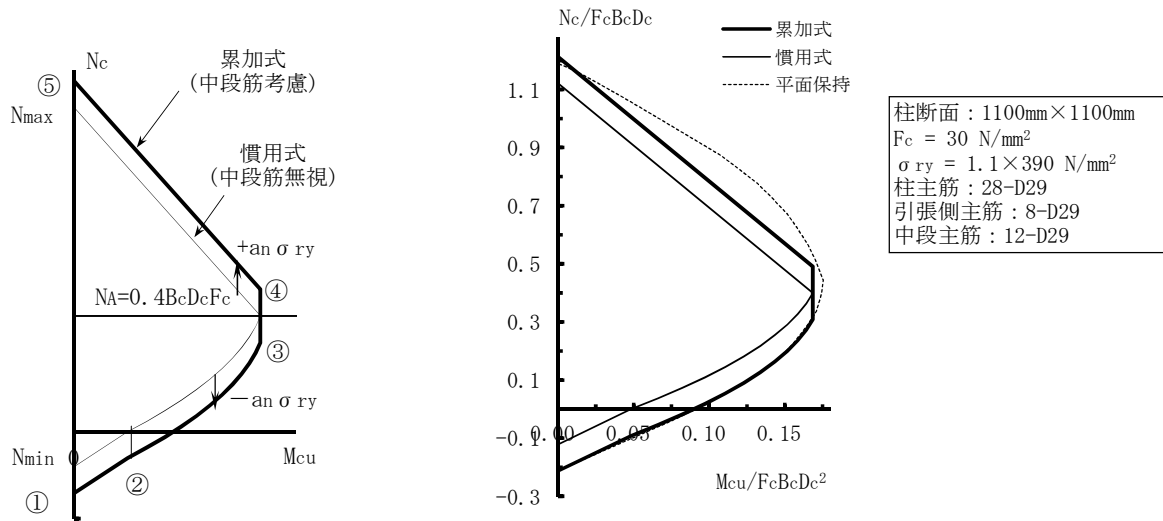
軸力範囲	曲げ終局耐力	特性値	
$N_5 \geq N_c > N_4$	$M_{cu} = M_{mu} \cdot (N_5 - N_c) / (N_5 - N_4)$	$N_1 = N_{min} - a_n \cdot \sigma_{ry}$	$N_2 = -a_n \cdot \sigma_{ry}$
$N_4 \geq N_c > N_3$	$M_{cu} = M_{mu}$	$N_3 = 0.4B_c \cdot D_c \cdot F_c - a_n \cdot \sigma_{ry}$	$N_4 = 0.4B_c \cdot D_c \cdot F_c + a_n \cdot \sigma_{ry}$
$N_3 \geq N_c > N_2$	$M_{cu} = M_{ru} + 0.5N' \cdot D_c \cdot \{1 - N' / (B_c \cdot D_c \cdot F_c)\}$	$N_5 = N_{max} + a_n \cdot \sigma_{ry}$	$N' = N_c - N_2$
$N_2 \geq N_c > N_1$	$M_{cu} = M_{ru} \cdot (1 - N' / N_{min})$	$N_{min} = -2at \cdot \sigma_{ry}$	$N_{max} = B_c \cdot D_c \cdot F_c + 2at \cdot \sigma_{ry}$
σ_{ry} : 鉄筋降伏強度、 F_c : コンクリート設計基準強度		$M_{ru} = 0.8at \cdot \sigma_{ry} \cdot D_c$	$M_{cuo} = 0.12B_c \cdot D_c^2 \cdot F_c$
at, a_n : 引張側主筋および中段主筋の断面積		$M_{mu} = M_{ru} + M_{cuo}$	

解図 5.4 に、単純累加式と慣用式による根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} の計算結果を示す。同図中には、計算対象の根巻き柱の構造諸元を併記し、コンクリートの圧縮応力-ひずみ関係を e 関数式とした平面保持仮定による計算結果を併せて示した。同図に示すように、単純累加式による根巻き柱曲げ終局耐力

M_{cu} は、全軸力範囲で平面保持仮定による計算結果とよく一致する。釣合い軸力 N_A および N_A 時の最大曲げ終局耐力 M_{mu} は、単純累加式による解表 5.1 より下式で求めることができる。

$$N_A = N_3 = 0.4B_c \cdot D_c \cdot F_c - a_n \cdot \sigma_{ry}, \quad M_{mu} = 0.8a_t \cdot \sigma_{ry} \cdot D_c + 0.12B_c \cdot D_c^2 \cdot F_c \quad (\text{解 5.2})$$

なお、式(解 5.1)の単純累加式による曲げ終局耐力は、一貫構造計算プログラム(弾塑性増分解析)によるメカニズム圧縮軸力時根巻き柱曲げモーメントよりも一般に大きい。



解図 5.3 単純累加式と慣用式による根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu}

解図 5.4 根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} の計算結果

※ 日本建築防災協会：既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説(2009年)、【付則】1.1 長方形断面柱 1.1.1 曲げ終局強度、pp. 205-2011, 2009年12月

5.3 接合部せん断終局耐力の算定

水平方向の接合部せん断終局耐力 V_{puh} は、式(5.3.1)による。

$$V_{puh} = \kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_{jh} \cdot D_{jh} \quad (5.3.1)$$

ここに、 κ_u ：柱型部の形状係数

(ト形接合部) $\kappa_u = 0.7$ 、(十字形接合部) $\kappa_u = 1.0$

ϕ ：直交梁の有無による補正係数

両側直交梁付き接合部の場合： $\phi = 1.0$

それ以外の場合： $\phi = 0.85$

$$F_j = 0.8F_c^{0.7} \quad (5.3.2)$$

F_c ：コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

$$b_{jh} = B_g + b_{a1} + b_{a2} \quad (5.3.3)$$

：柱梁接合部の有効幅

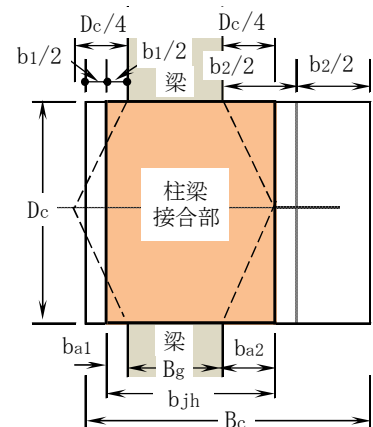


図 5.1 柱梁接合部有効幅

【水平方向の柱梁接合部有効せい】

$$(ト形接合部) D_{jh} = l_{ag}, \quad (\text{十字形接合部}) D_{jh} = D_c \quad (5.3.4)$$

B_g ：梁幅、 b_{a1} ： $b_i/2$ または $D_c/4$ の小さい方、 b_i ：梁側面から平行する柱側面までの長さ

B_c , D_c ：柱梁接合部の幅とせい、 l_{ag} ：基礎梁主筋の定着長さ

【解説】

(1) 接合部せん断終局耐力

水平方向の接合部せん断終局耐力 V_{puh} は、RC 構造設計指針 6 章と同様、式(5.3.1)で算定するとした。開発実験各試験体の計算耐力一覧を解表 5.2、耐力安全率一覧を解表 5.3、 $Q_{max}/gQ_{gu}-gQ_{pu}/gQ_{gu}$ 関係を解図 5.5 に示す。 Q_{max} は最大耐力実験値、 gQ_{pu}/gQ_{gu} は接合部せん断余裕度であり、耐力安全率は Q_{max}/gQ_{gu} 、 Q_{max}/gQ_{pu} 、 Q_{max}/gQ_{au} を示す。

gQ_{gu} は梁曲げ終局耐力時梁せん断力、 gQ_{pu} は接合部せん断終局耐力時梁せん断力、 gQ_{au} は梁主筋側面剥離耐力時梁せん断力、式(解 5.3)中の $\Sigma \tau$ は基礎梁全主筋の側面剥離定着耐力¹⁾であり、それ以外の記号の定義は 5.2 節と同じである。

$$gQ_{gu}=2M_{gu}/l_0, \quad gQ_{pu}=(V_{puh}/\xi h) \cdot (h/l), \quad gQ_{au}=2 \Sigma \tau \cdot j_{tg}/l_0 \quad (\text{解 5.3})$$

これらによると、正負加力ともに、

- 1) 接合部せん断余裕度 $gQ_{pu}/gQ_{gu} < 1.0$ の No. 2, No. 4~No. 9 の耐力安全率 Q_{max}/gQ_{pu} は 1.0 を上回り、 $gQ_{pu}/gQ_{gu} \geq 1.0$ の No. 1, No. 3, No. 10 の耐力安全率 Q_{max}/gQ_{gu} は 1.0 を上回った。
- 2) 円形定着板型 No. 5~No. 7 の Q_{max}/gQ_{pu} は、ネジ節鉄筋型 No. 2 と同様、1.0 を上回った。
- 3) 785N/mm² 級高強度せん断補強筋を用いた No. 8 の Q_{max}/gQ_{pu} は、SD295A 普通強度せん断補強筋を用いた No. 2 と同様、1.0 を上回った。
- 4) □250×250×9mm を用いた $gQ_{pu}/gQ_{gu} < 1.0$ の No. 9 の Q_{max}/gQ_{pu} は、□250×250×12mm を用いた No. 2 と同様、1.0 を上回り、□250×250×9mm を用いた $gQ_{pu}/gQ_{gu} \geq 1.0$ の No. 10 の Q_{max}/gQ_{gu} は、正負加力ともに、1.0 を上回った。

これらより、FA ランクの角形鋼管を用いた根巻き柱の場合、解表 5.3 に示すように、ネジ節鉄筋型、円形定着板型を用いた基礎梁主筋定着部に係わらず、 $gQ_{pu}/gQ_{gu} \geq 1.1$ の試験体 No. 1, No. 3, No. 10 の場合、耐力安全率 Q_{max}/gQ_{gu} は 1.1~1.2 程度であり、実験結果の破壊形式は基礎梁曲げ破壊型となった。

以上より、5.1 節では、接合部せん断余裕度 $\lambda_p (=gQ_{pu}/gQ_{gu}) \geq 1.1$ とした。

解表 5.2 各試験体の計算耐力一覧

試験体	終局耐力時基礎梁せん断力								耐力余裕度				破壊形式	
	梁 gQ_{gu} (kN)	根巻き柱 gQ_{cu} (kN)		gQ_{cu} / gQ_{gu}		鋼管柱 gQ_{sp} (kN)	gQ_{cu} / gQ_{sp}	接合部 gQ_{pu} (kN)	梁主筋 定着部 gQ_{au} (kN)	gQ_{pu} / gQ_{gu}	gQ_{au} / gQ_{gu}	gQ_{au} / gQ_{pu}		
		正	負	正	負									
2016 年度	No. 1	313	655	788	2.09	2.51	1187	0.55	357	451	1.14	1.44	1.26	曲げ
	No. 2	397	663	827	1.67	2.08	1187	0.56	323	574	0.81	1.45	1.78	接合部
	No. 3	397	663	827	1.67	2.08	1187	0.56	452	675	1.14	1.70	1.49	曲げ
	No. 4	481	663	846	1.38	1.76	1187	0.56	426	819	0.89	1.70	1.93	接合部
2017 年度	No. 5	379	674	837	1.78	2.21	1173	0.57	299	551	0.79	1.45	1.84	接合部
	No. 6	398	670	834	1.68	2.09	1173	0.57	299	551	0.75	1.38	1.84	接合部
	No. 7	397	639	802	1.61	2.02	1173	0.54	299	551	0.75	1.39	1.84	接合部
	No. 8	398	664	828	1.67	2.08	1173	0.57	321	572	0.81	1.43	1.78	接合部
	No. 9	404	674	837	1.67	2.07	726	0.93	321	572	0.79	1.42	1.78	接合部
	No. 10	388	672	836	1.73	2.16	726	0.93	432	661	1.11	1.70	1.53	曲げ

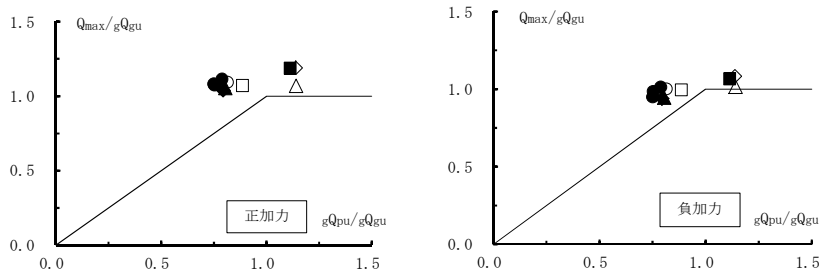
(注) gQ_{gu} : 基礎梁曲げ終局耐力時せん断力、 gQ_{cu} : 根巻き柱曲げ終局耐力時基礎梁せん断力
 gQ_{pu} : 柱梁接合部せん断耐力時梁せん断力、 gQ_{au} : 梁主筋定着耐力時梁せん断力
 gQ_{sp} : 鋼管柱全塑性曲げ耐力時梁せん断力、「破壊形式」曲げ : 梁曲げ破壊型、接合部 : 接合部せん断破壊型

解表 5.3 各試験体の耐力安全率一覧

試験体	最大耐力		耐力安全率						限界層間変形角実験値		正加力時 実験結果 の破壊形式
	Q _{max} (kN)		Q _{max} gQ _{gu}		Q _{max} gQ _{pu}		Q _{max} gQ _{au}		R ₈₀ (×10 ⁻³ rad.)		
	正	負	正	負	正	負	正	負	正	負	
No. 1	335	318	1.07	1.01	0.94	0.89	0.74	0.70	55.1	40.1 ↑	○
No. 2	434	397	1.09	1.00	1.34	1.23	0.76	0.69	38.6	39.1	△
No. 3	472	430	1.19	1.08	1.04	0.95	0.70	0.64	46.9	40.1 ↑	○
No. 4	515	479	1.07	1.00	1.21	1.12	0.63	0.58	48.0	37.7	△
No. 5	423	384	1.11	1.01	1.41	1.29	0.77	0.70	38.2	40.2 ↑	△
No. 6	431	378	1.08	0.95	1.44	1.27	0.78	0.69	39.3	40.2 ↑	△
No. 7	427	391	1.07	0.98	1.43	1.31	0.77	0.71	39.2	40.1 ↑	△
No. 8	420	376	1.05	0.94	1.31	1.17	0.73	0.66	38.6	40.1 ↑	△
No. 9	419	379	1.04	0.94	1.31	1.18	0.73	0.66	37.5	40.2 ↑	△
No. 10	461	414	1.19	1.07	1.07	0.96	0.70	0.63	50.1	40.3 ↑	○

gQ_{max} : 最大耐力実験値、 R₈₀ : gQ_{max}の80%低下時の限界層間変形角実験値(↑は同値以上)
 (実験結果の破壊形式) ○ : 基礎梁曲げ破壊型、 △ : 基礎梁曲げ降伏後の根巻き柱せん断破壊型

Fc27		Fc40		Fc27		Fc27		Fc40	
□-250×250×16		□-250×250×16		□-250×250×9		□-250×250×9		□-250×250×9	
ネジ節				円形		ネジ節			
No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5~No. 7	No. 8(785級)	No. 9	No. 10	No. 9	No. 10
△	○	◇	□	●	▲	◆	■	◆	■



解図 5.5 耐力安全率 Q_{max}/gQ_{gu}—接合部せん断余裕度 gQ_{pu}/gQ_{gu} 関係

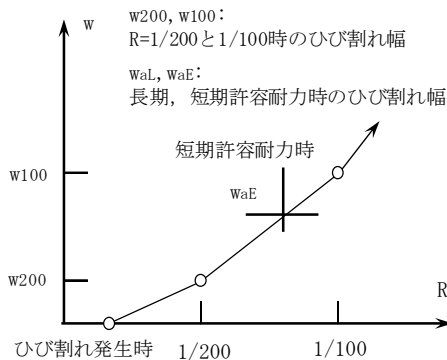
(2) 基礎梁短期許容せん断力時の各部ひび割れ幅

開発実験では、正負繰り返し載荷の第1サイクル目所定変形時に、クラックスケールでひび割れ幅 w を測定し、同ひび割れ幅測定値を用い、基礎梁主筋の短期許容応力度で決まる式(解 5.6)の短期許容せん断力 gQ_a 時ひび割れ幅を解図 5.6 の算定方法で求めた¹²⁾。

$$gQ_a = 2 \text{ agt} \cdot \text{ftaE} \cdot \text{jg} / \text{l}_0 \quad (\text{解 5.6})$$

ここに、ftaE : 引張側基礎梁主筋の短期許容引張応力度、agt : 引張側基礎梁主筋の断面積

jg=(7/8)dg : 基礎梁の応力中心距離、dg : 基礎梁の有効せい、l₀ : 基礎梁内法スパン長

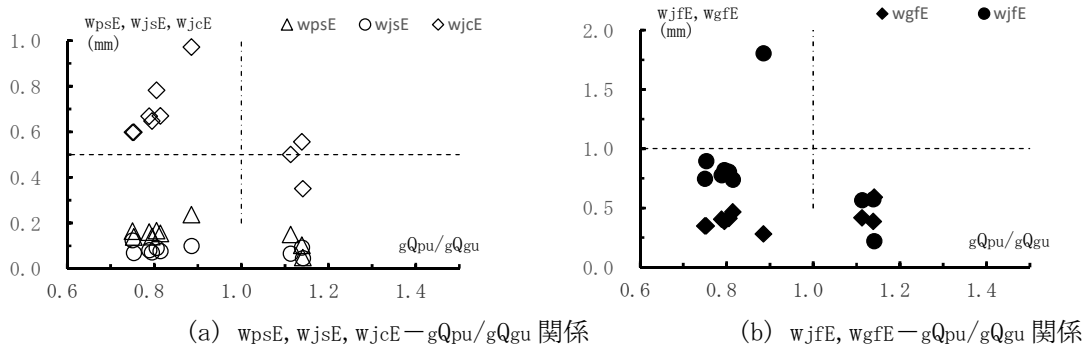


解図 5.6 短期許容せん断力時ひび割れ幅の算定方法

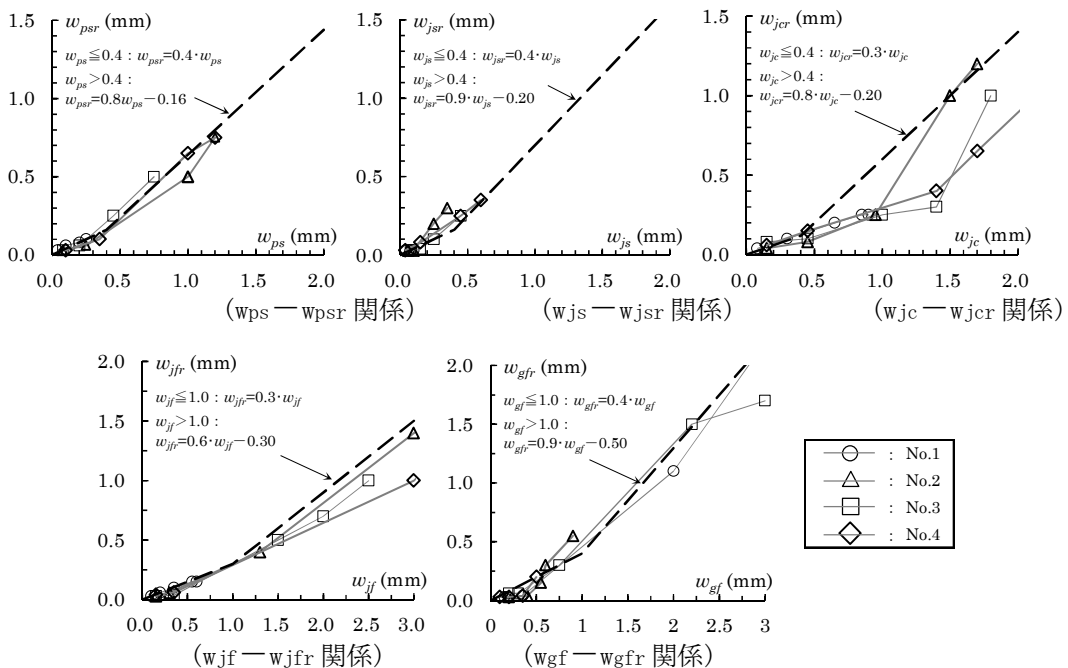
短期許容せん断力時接合部せん断ひび割れ幅 w_{psE} 、根巻き柱せん断ひび割れ幅 w_{jsE} 、根巻き柱頭部支圧ひび割れ幅 w_{jcE} 、根巻き柱端曲げひび割れ幅 w_{jfE} 、基礎梁端曲げひび割れ幅 w_{gfE} を解図 5.7 に示す。同図によると、接合部せん断余裕度 $gQ_{pu}/Q_{gu} \geq 1$ の (a) w_{psE} 、 w_{jsE} 、 w_{jcE} 、(b) w_{jfE} 、 w_{gfE} の上限は、試験体の縮小率(1/2 程度)を考慮すると、耐震性能評価指針案⁹⁾による修復限界状態 I (容易に補修しうる状態)の残留ひび割れ幅の最大値(接合部せん断ひび割れ 0.5mm、梁端曲げひび割れ幅 1.0mm)に留まる。

すなわち、縮小率による最大ひび割れ幅の増大率を 2.0、ピーク時ひび割れ幅に対する残留ひび割れ幅の比を 0.5 とすると、(a) w_{psE} 、 w_{jsE} 、 w_{jcE} 、(b) w_{jfE} 、 w_{gfE} の上限は、それぞれ修復限界状態 I の残留ひび割れ幅の最大値に相当する。試験体 No. 1~No. 4 のピーク時ひび割れ幅—残留ひび割れ幅関係を解図 5.8 に示す。同図によると、ピーク時ひび割れ幅に対する残留ひび割れ幅の比 (w_{psr}/w_{ps} 、 w_{jsr}/w_{js} 、 w_{jcr}/w_{jc} と w_{jfr}/w_{jf} 、 w_{gfr}/w_{gf}) はそれぞれ 0.3~0.4 程度である。

これらより、接合部せん断余裕度 $gQ_{pu}/gQ_{gu} \geq 1$ の場合、柱梁接合部と同様、根巻き柱には短期許容せん断力時に修復性を損なうひび割れは発生しないので、短期許容応力度設計を省略してもよいと判断できる(RC 構造設計指針 3 章の解説(1) 参照)。



解図 5.7 短期許容せん断力時各部ひび割れ幅



解図 5.8 試験体 No. 1~No. 4 のピーク時ひび割れ幅—残留ひび割れ幅関係

6章 配筋詳細設計例

6.1 本編による検定計算の概要

6.1.1 本編による検定計算フローおよび検定計算方式の選定

本編による検定計算は、図 6.1.1 に示した「性能検定方式」または「置換え方式」のいずれかで行う。

性能検定方式は、本編 3 章～5 章の判定①～⑩の検定計算であり、全規定を満足する場合、本編による根巻き柱脚、ならびに基礎梁主筋定着とすることができる。なお、本編 3.2 節の解説(1)に示すように、接合部せん断余裕度 $\lambda_p \geq 1.0$ の場合、柱梁接合部と同様、根巻き柱に修復性を損なうひび割れは発生しないので、短期許容応力度設計を省略してもよいとしている。

置換え方式では、一貫構造計算プログラム*によるメカニズム到達後、本編 3.2 節(2)の根巻き柱有効高さ h_e 、本編 3.3 節～3.5 節の機械式定着工法による基礎梁主筋定着、ならびに本編 5 章の柱梁接合部せん断設計の検定を行う。性能検定方式の適用は、角形鋼管柱を用いた根巻き柱脚に限定されるが、置換え方式は、機械式定着工法による基礎梁主筋定着の検定計算であるので、角形鋼管柱に限らず、H 形鋼柱や組立鉄骨柱の場合にも適用できる。

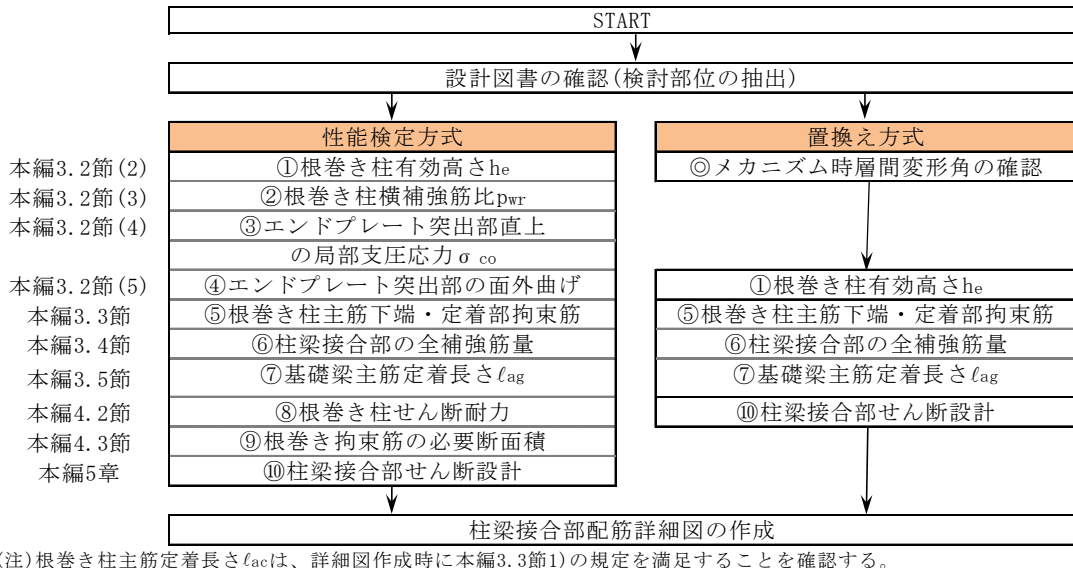


図 6.1.1 本編による検定計算フロー

* たとえば、ユニオンシステム(株) : Supper Build/SS7 解説書(計算編)6.8 S 造(柱脚)断面算定、9.6 S 造(柱脚)部材復元力特性、2017 年 8 月 8 日版

6.1.2 検定計算の準備計算

(1) 基礎梁主筋最小定着長さ L_{ag}

本編 3.5 節「基礎梁主筋定着部」の $l_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db, L_{ag})$ かつ $l_{ao} \leq 25db$ の規定より、基礎梁主筋最小定着長さ L_{ag} を下式で定義する(図 6.1.2 参照)。 l_{ag} は基礎梁主筋定着長さを示す。

$$L_{ag} = \max(dpa, 0.75D_c), \quad dpa = B_{gr} + P2A + C + \Delta B_{g} + db/2 \quad (\text{検定 1})$$

ここに、 $dpa = dp + db/2$, dp : 根巻き柱面から直交基礎梁最外側位置までの距離

$B_{gr} = \text{JASS5 基礎梁主筋間隔} \times (n_g - 1)$: 基礎梁最外側主筋間距離

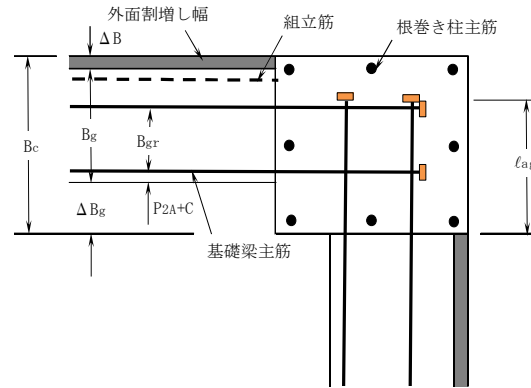
(外面合せ柱梁接合部) $\Delta B_g = B_c - (B_g + \Delta B)$: 柱内面から屋内側梁面までの距離

(心合せ柱梁接合部) $\Delta B_g = (B_c - B_g) / 2$

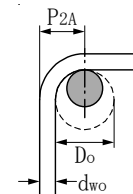
B_g : 梁幅、ΔB : 外側割増し幅、C : JASS 5 による設計かぶり厚さ

B_c : 柱幅、D_c : 柱せい、n_g : 基礎梁主筋 1 列の本数、d_b : 基礎梁主筋呼び名の値

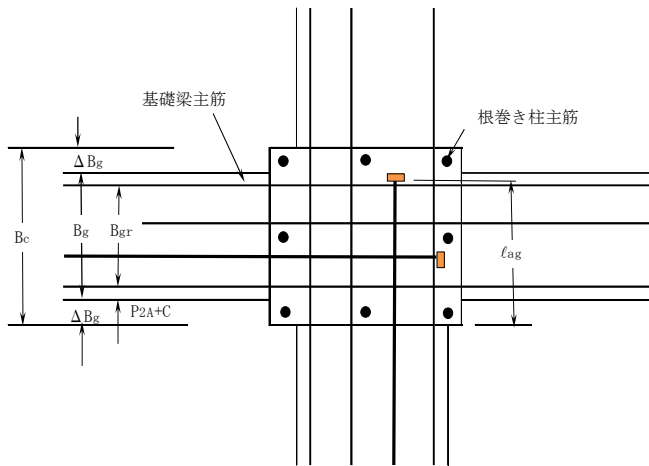
P2A : RC 配筋指針による基礎梁隅筋中心から基礎梁横補強筋外面までの距離



(a) 外面合せ柱梁接合部の場合



(P2A の定義)



(b) 心合せ柱梁接合部の場合

図 6.1.2 基礎梁主筋最小定着長さ Lag

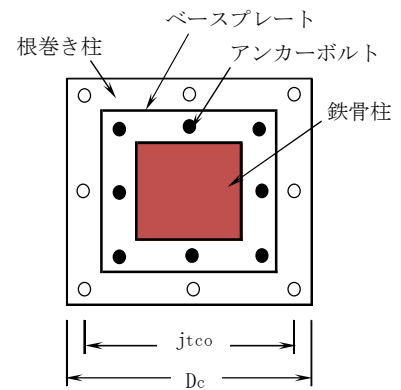


図 6.1.3 根巻き柱脚におけるアンカーボルトの構成

(2) アンカーボルト付加曲げ耐力 Map

根巻き柱脚の場合、図 6.1.3 に示すように、通常、根巻き柱主筋のほかアンカーボルトが配置され、アンカーボルトの付加曲げモーメント Map が柱梁接合部に伝達される。この場合、アンカーボルトの全降伏引張耐力は、柱梁接合部に対して中段アンカーボルトとして抵抗する。

これらより、メカニズム設計軸力 Ncc 時根巻き柱脚部の曲げモーメント Mcu は、本編 5.2 節の解説 (2) の単純累加式で算定し、付加曲げモーメント Map は、露出柱脚編 5.1 節 (1) の式 (5.1.5) に準じた下式で算定する。

$$M_{ap} = (\sum n_a \cdot T_{ay} + N_{cc}) \cdot j_{tco} / 2 \quad (\text{検定 2})$$

ここに、 $\sum n_a$: アンカーボルト全本数、 T_{ay} : アンカーボルト降伏引張耐力

j_{tco} : 根巻き柱両側最外縁主筋中心間距離

6.1.3 検定計算における注意事項

(1) 外面割増し幅を考慮した基礎梁配筋詳細

図 6.1.2 に示すように、外面合せ柱梁接合部の場合、外面割増し幅の配置に伴い、屋外側基礎梁主筋位置と屋外側基礎梁側面の間は、屋内側基礎梁主筋位置の場合よりも大きくなる。この場合、屋外側基礎梁主筋位置に沿わせて配置した組立筋に基礎梁横補強筋を掛ける必要がある (SABTEC 機械式定着工法デザインマニュアル 4.7.4 接合部配筋詳細図 参照)。

(2) 根巻き柱各部配筋の注意事項

本編による根巻き柱各部配筋の注意事項を以下に示す (図 6.1.4 (本編・解図 1.2) 参照)。

- 1) 根巻き柱有効せい h_e は、根巻き柱高さ - (根巻き柱主筋定着板内面から根巻き柱天端までの寸法 d_{ao}) であるので、根巻き柱主筋が D29~D35 の場合、 $d_{ao}=80\sim 100\text{mm}$ 程度になる (本編 3.2 節 (2) 参照)。
- 2) 根巻き拘束筋は、根巻き柱主筋定着板内面から $D_c/4$ の範囲内で、根巻き柱主筋定着金物直下側に寄せて配置し、根巻き柱横補強筋は、根巻き拘束筋最下段の下側から基礎梁上端 1 段筋の上側の間に、等間隔で配置する。
- 3) 基礎梁下端筋 (1 段筋) 中心から根巻き柱主筋下端までの寸法 C_{Bot} は $5d_b$ 以上とし、 $3d_b$ 以内に定着部拘束筋を配置する (本編 3.3 節 (2) 参照)。
- 4) 直交基礎梁最外縁主筋 d_{pa} 区間外の基礎梁上端筋定着部は RC 構造設計指針 14.2 節 (2)、基礎梁下端筋定着部は同指針 14.2 節 (3) による (本編 3.5 節 (2) 参照)。

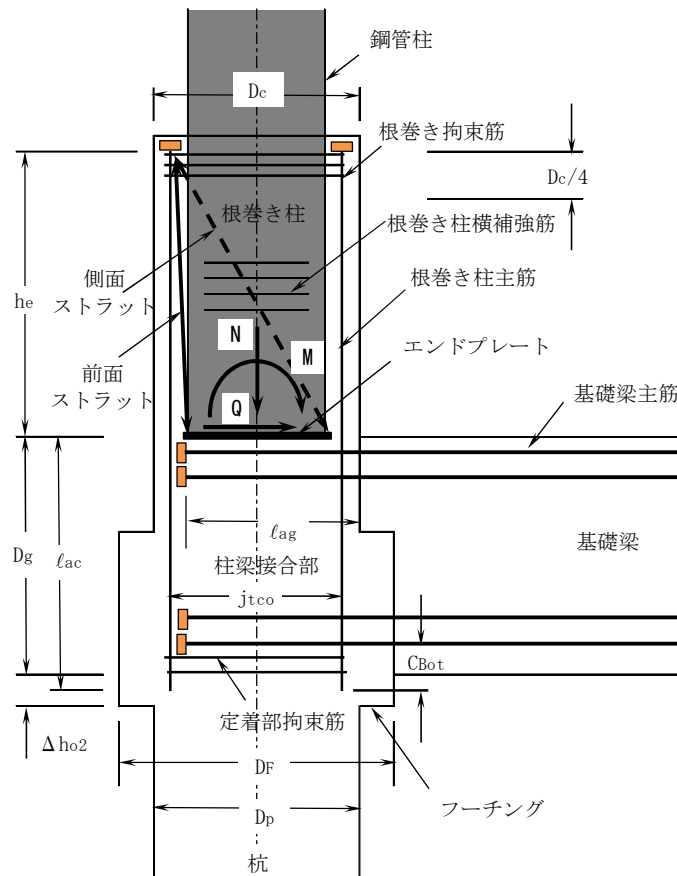


図 6.1.4 本編による根巻き柱各部配筋

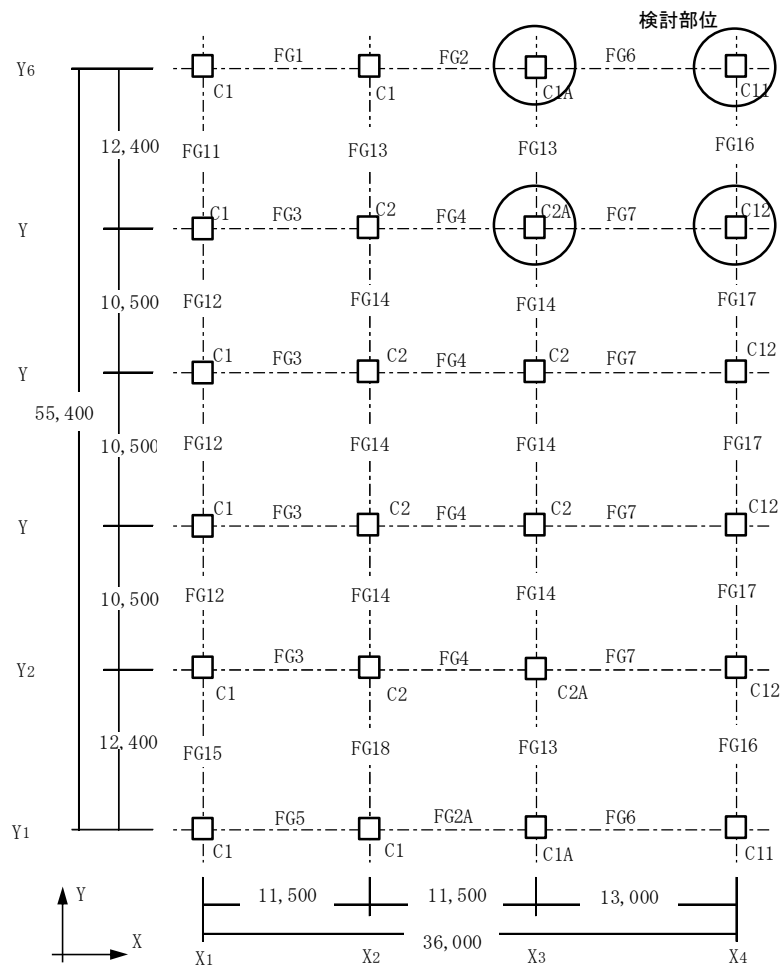
6.2 検討建物の構造概要

6.2.1 物流倉庫 A

根巻き柱・基礎梁伏図を図 6.2.1、検討対象・基礎梁断面リストを表 6.2.1(1)、検討対象・根巻き柱断面リストを表 6.2.1(2)に示す。

表 6.2.1(1)に示すように、X 方向基礎梁の断面寸法は Y 方向基礎梁よりも大きい。表 6.2.1(2)に示すように、本建物の原設計では、根巻き柱脚は、ベースプレートとアンカーボルトで構成された露出柱脚を併用している。

一方、本設計例では、コンクリートの設計基準強度 F_c を 33N/mm^2 とした上で、アンカーボルトを用いず、エンドプレートの寸法を小さくするとともに、厚さを 32mm または 36mm とし、本編 3.2 節(3)による根巻き柱横補強筋 2-D16@100mm ($p_w \geq 0.3\%$) および本編 4.3 節による根巻き拘束筋を配置している。



(注) 基礎梁屋外面と柱梁接合部面は、すべて外面合せとする。

図 6.2.1 物流倉庫 A の根巻き柱・基礎梁伏図

表 6.2.1(1) 検討対象・基礎梁断面リスト
(a) X方向基礎梁

位置	FG2		FG4		FG6		FG7	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
B _g ×D _g (mm)	950×1800		950×1800		950×1800		950×1800	
上端筋	8+6-D32	8+6-D32	8+8-D32	8+8-D32	8+7-D32	8+7-D32	8+8-D32	8+8-D32
下端筋	8+6-D32	8+2-D32	8+8-D32	8+8-D32	8+6-D32	8+6-D32	8+8-D32	8+8-D32

(b) Y方向基礎梁

位置	FG13		FG14		FG16		FG17	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
B _g ×D _g (mm)	700×1800		700×1800		750×1800		750×1800	
上端筋	6+6-D32	6+6-D32	6+2-D32	6+2-D32	6+2-D32	6+2-D32	6+4-D32	6+4-D32
下端筋	6+6-D32	6+6-D32	6+2-D32	6+2-D32	6+2-D32	6+2-D32	6+4-D32	6+4-D32

B_g, D_g : 基礎梁幅およびせい、(基礎梁主筋鋼種) SD390

表 6.2.1(2) 検討対象・根巻き柱断面リスト

(a) 原設計

柱記号	根巻き柱										根巻き拘束筋組数	鉄骨柱			ベースプレート			アンカーボルト		
	F _c (N/mm ²)	B _c (D _c) (mm)	根巻き柱主筋					根巻き柱横補強筋				サイズ	厚さ t (mm)	幅B _p (せいD _p) (mm)	出寸法 L _E (mm)	本数	呼び名	鋼種		
			Σn _c (本)	n _{ctx} (本)	n _{cty} (本)	呼び名	p _g (%)	呼び名	n _w (本)	X (mm)									p _w (%)	
C11	24	1250	26	8	7	D29	1.07	D13	2	100	0.20	2	□-550×550×22	25	900	175	8	M30	ABR400	
C1A	24	1250	26	8	7	D29	1.07	D13	2	100	0.20	2	□-550×550×25	25	900	175	8	M30	ABR400	
C12	24	1250	24	8	6	D29	0.99	D13	2	100	0.20	2	□-550×550×22	25	900	175	8	M30	ABR400	
C2A	24	1250	26	8	7	D29	1.07	D13	2	100	0.20	2	□-550×550×25	25	900	175	8	M30	ABR400	

(b) 本編による設計

柱記号	根巻き柱										根巻き拘束筋組数	鉄骨柱			エンドプレート		
	F _c (N/mm ²)	B _c (D _c) (mm)	根巻き柱主筋					根巻き柱横補強筋				サイズ	厚さ t (mm)	幅B _p (せいD _p) (mm)	出寸法 L _E (mm)		
			Σn _c (本)	n _{ctx} (本)	n _{cty} (本)	呼び名	p _g (%)	呼び名	n _w (本)	X (mm)						p _w (%)	
C11	33	1250	26	8	7	D29	1.07	D16	2	100	0.32	6	□-550×550×22	36	750	100	
C1A	33	1250	26	8	7	D29	1.07	D16	2	100	0.32	6	□-550×550×25	36	750	100	
C12	33	1250	24	8	6	D29	0.99	D16	2	100	0.32	7	□-550×550×22	32	750	100	
C2A	33	1250	26	8	7	D29	1.07	D16	2	100	0.32	7	□-550×550×25	36	750	100	

F_c : コンクリート設計基準強度、B_c(D_c) : 柱(せい)、Σn_c : 根巻き柱主筋全本数、n_{ctx}, n_{cty} : X, Y方向の根巻き柱引張側主筋本数
p_g : 柱全主筋比、n_w : 根巻き柱横補強筋1組の本数、X : 根巻き柱横補強筋の間隔、p_w : 帯筋比
(根巻き柱主筋鋼種) SD390、(根巻き柱横補強筋鋼種) 「原設計」 SD295A、「本編設計」 685N/mm²級高強度せん断補強筋

表 6.2.2(1) 検討対象・基礎梁断面リスト
(a) X方向基礎梁

位置	FG1			FG2		FG3	
	外端部	中央	内端部	端部	中央	端部	中央
B _g ×D _g (mm)	550×1300			550×1300		550×1300	
上端筋	4+2-D29	4-D29	4+3-D29	4+3-D29	4-D29	4+2-D29	4-D29
下端筋	4-D29	4-D29	4-D29	4-D29	6-D29	4-D29	4-D29

(b) Y方向基礎梁

位置	FG11			FG12		FG13			FG14	
	根巻き柱端	中央	東柱端	端部	中央	根巻き柱端	中央	東柱端	端部	中央
B _g ×D _g (mm)	600×1300			600×1300		600×1300			600×1300	
上端筋	5+2-D29	4-D29	5-D29	5-D29	4-D29	5+2-D29	4-D29	4-D29	5+2-D29	5-D29
下端筋	5-D29	5-D29	4-D29	4-D29	4-D29	4-D29	4-D29	4-D29	4-D29	4-D29

B_g, D_g : 基礎梁幅およびせい、(基礎梁主筋鋼種) SD345

表 6.2.2(2) 検討対象・根巻き柱断面リスト

(a) 原設計

柱記号	根巻き柱											根巻き拘束筋組数	鉄骨柱	ベースプレート			アンカーボルト		
	F _c (N/mm ²)	B _c (D _c) (mm)	根巻き柱主筋					根巻き柱横補強筋					サイズ	厚さ t (mm)	幅B _p (せいD _p) (mm)	出寸法 LE (mm)	本数	呼び名	鋼種
			Σnc (本)	nctx (本)	ncty (本)	呼び名	p _g (%)	呼び名	n _w (本)	X (mm)	p _w (%)								
C1	24	850	24	7	7	D25	1.68	D13	2	100	0.30	2	□-450× 450×16	25	510	30	4	M20	ABR400
C2	24	850	24	7	7	D29	2.13	D13	2	100	0.30	2	□-450× 450×22	25	510	30	4	M20	ABR400

(b) 本編による設計

柱記号	根巻き柱											根巻き拘束筋組数	鉄骨柱	エンドプレート		
	F _c (N/mm ²)	B _c (D _c) (mm)	根巻き柱主筋					根巻き柱横補強筋					サイズ	厚さ t (mm)	幅B _p (せいD _p) (mm)	出寸法 LE (mm)
			Σnc (本)	nctx (本)	ncty (本)	呼び名	p _g (%)	呼び名	n _w (本)	X (mm)	p _w (%)					
C1	24	850	24	7	7	D25	1.68	D13	2	95	0.31	2	□-450× 450×16	28	600	75
C2	24	850	24	7	7	D29	2.13	D13	2	95	0.31	2	□-450× 450×22	32	600	75

F_c : コンクリート設計基準強度、B_c(D_c) : 柱(せい)、Σnc : 根巻き柱主筋全本数、nctx, ncty : X, Y方向の根巻き柱引張側主筋本数
p_g : 柱全主筋比、n_w : 根巻き柱横補強筋1組の本数、X : 根巻き柱横補強筋の間隔、p_w : 帯筋比
(根巻き柱主筋鋼種) SD345、(根巻き柱横補強筋鋼種) SD295A

6.3 検討建物の検定計算結果

6.3.1 物流倉庫 A

(1) 準備計算結果

基礎梁主筋最小定着長さ L_{ag} の計算結果を表 6.3.1(A1)、式(検定 2)によるメカニズム圧縮柱軸力 N_{cc} 時アンカーボルト付加曲げ耐力 M_{ap} の計算結果を表 6.3.1(A2)に示す。

表 6.3.1(A1)によると、ト形接合部(外面合せ)の場合、式(検定 1)の基礎梁主筋最小定着長さ比 L_{ag}/db は 29.7~32.2、 L_{ag}/D_c は 0.76~0.82 である。これらの値は接合部配筋詳細の納まりを保証していないので、鉄筋工事で採用する基礎梁主筋定着長さは、接合部配筋詳細の納まりを考慮して決定する必要がある。同表中には、JASS5 の基礎梁主筋中心間隔を併記している。

一方、十字形接合部(心合せ)の場合、すべて L_{ag}/db は 29.3、 L_{ag}/D_c は 0.75 で決定する。

また、表 6.3.1(A2)には、 $\Sigma M_{cu}/M_{ap}$ の比を併記した。 ΣM_{cu} は後述の表 6.3.1(A2)に示したメカニズム圧縮柱軸力時全曲げモーメントであり、 $M_{ap}/\Sigma M_{cu}$ は 0.1 程度である。

表 6.3.1(A1) 基礎梁主筋最小定着長さ L_{ag} の計算結果

柱記号	ト形接合部				十字形接合部			
	C11	C11	C12	C1A	C1A	C2A	C2A	C12
基礎梁記号	FG6	FG16	FG7	FG13	FG6	FG7	FG13	FG16
根巻き柱幅、せい $B_c=D_c$ (mm)	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
基礎梁幅 B_g (mm)	950	750	950	700	950	950	700	750
基礎梁主筋呼び名	D32	D32	D32	D32	D32	D32	D32	D32
基礎梁主筋1列本数 n_g	8	6	8	6	8	8	6	6
外面合せ割増し幅 ΔB (mm)	50	50	50	50	-	-	-	-
P_{2A} (mm)	40	40	40	40	40	40	40	40
基礎梁スタラップ設計かぶり厚さ C (mm)	50	50	50	50	50	50	50	50
基礎梁内面寸法 ΔB_g (mm)	250	450	250	500	150	150	275	250
JASS5の基礎梁主筋中心間隔 (mm)	84	84	84	84	84	84	84	84
基礎梁最外側主筋間隔 B_{gr} (mm)	590	420	590	420	590	590	420	420
直交基礎梁最外縁主筋位置 d_p (mm)	930	960	930	1010	830	830	790	760
基礎梁主筋最小定着長さ L_{ag} (mm)	950	980	950	1030	938	938	938	938
L_{ag}/db	29.7	30.6	29.7	32.2	29.3	29.3	29.3	29.3
L_{ag}/D_c	0.76	0.78	0.76	0.82	0.75	0.75	0.75	0.75

$$L_{ag} = \max(d_{pa}, 0.75D_c), \quad d_{pa} = \text{Roundup}(B_{gr} + P_{2A} + C + \Delta B_g + db/2, -1), \quad d_p = \text{Roundup}(B_{gr} + P_{2A} + C + \Delta B_g, -1)$$

$$B_{gr} = \text{JASS5の基礎梁主筋中心間隔} \times (n_g - 1), \quad (\text{外面合せ}) \Delta B_g = B_c - (B_g + \Delta B), \quad (\text{心合せ}) \Delta B_g = (B_c - B_g) / 2$$

表 6.3.1(A2) メカニズム設計軸力時のアンカーボルト付加曲げ耐力 M_{ap} の計算結果

柱記号	ト形接合部				十字形接合部			
	C11	C11	C12	C1A	C1A	C2A	C2A	C12
基礎梁記号	FG6	FG16	FG7	FG13	FG6	FG7	FG13	FG16
メカニズム圧縮柱軸力 N_{cc} (kN)	17871	17320	18422	17871	13464	13464	13464	14015
軸部降伏引張耐力 T_{ay} (kN)	140	140	140	140	140	140	140	140
全本数 Σn_a	8	8	8	8	8	8	8	8
j_{tco} (mm)	1192	1192	1192	1192	1192	1192	1192	1192
付加曲げ耐力 M_{ap} (kN·m)	11319	10990	11647	11319	8692	8692	8692	9020
$M_{ap}/\Sigma M_{cu}$	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09

$$M_{ap} = (\Sigma n_a \cdot T_{ay} + N_{cc}) \cdot j_{tco} / 2, \quad j_{tco} : \text{根巻き柱両側最外縁主筋中心間距離}$$

アンカーボルト鋼種/呼び名：すべて ABR400/M30

$$\Sigma M_{cu} = M_{cu} + M_{ap}, \quad M_{cu} : \text{根巻き柱脚の設計柱曲げモーメント}$$

(2) 性能検定方式による検定計算結果

(a) ト形接合部の場合

ト形接合部の入力データを表 6.3.2(A1)、検定計算結果を表 6.3.2(A2)に示す。

表 6.3.2(A1)中のメカニズム圧縮柱軸力倍率 n_{cca} は、本編 3.2 節の式(解 5.2)による根巻き柱釣合い軸力 N_A に対する倍率であり、メカニズム圧縮柱軸力 $N_{cc} = n_{cca} \cdot N_A$ 、 $n_{cca} = 1.0$ とし、メカニズム引張柱軸力倍率 n_{cta} は、本編 3.2 節(5)で定義したメカニズム時保証引張軸力 $T_{cta} (=0.3 \Sigma T_{ry})$ に対する倍率であり、 $n_{cta} = 1.0$ としている。

すなわち、 $N_{cc} \geq N_A$ 時には、柱梁接合部せん断破壊防止の観点より、表 6.3.2(A2)中の N_{cc} 時根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} は、根巻き柱の釣合い軸力 N_A 時の最大曲げ終局耐力 M_{mu} としている(本編 5.2 節の解説(2) 参照)。

表 6.3.2(A2)に示すように、表 6.3.2(A1)中の諸元を設定することで、判定①～⑩の検定条件をすべて満足した。これらの検定計算結果で特筆すべき事項を以下に示す。

- 1) エンドプレート出寸法 LE を 100mm、板厚 TE を 32mm または 36mm とした結果、判定③のエンドプレート直上の局部支圧応力 σ_{co} は $26 \sim 29 \text{N/mm}^2$ ($\sigma_{co}/F_c = 0.8 \sim 0.9 \leq 1.8$) で、判定④のメカニズム時限界引張軸力 T_{cta} に対するエンドプレート引張終局耐力 T_{eu} の比は 1.3～1.6 程度となる。
- 2) 接合部横補強筋比 p_{wjh} を 0.32% ($\geq 0.3\%$)、定着部拘束筋を外周筋 2 組とすることで、判定⑤、⑥を満足した。
- 3) コンクリートの設計基準強度を 33N/mm^2 、根巻き柱横補強筋と根巻き拘束筋を 685N/mm^2 級高強度せん断補強筋とし、判定⑨を満足するように根巻き柱横補強筋および XY 両方向の根巻き拘束筋組数を決定した。その結果、判定⑧の根巻き柱せん断検定比 V_{suo}/Q_{cuo} は $2.6 \sim 5.2$ (≥ 1.8)、判定⑨の根巻き拘束筋必要断面積比 A_H/awo は $1.6 \sim 2.1$ (≥ 1.0) となる。
- 4) 判定⑩の接合部せん断余裕度 λ_p は $1.5 \sim 2.6$ で、いずれも 1.0 以上となった。これは、主として、終局強度設計用柱せん断力 Q_{cu} が基礎梁曲げ終局耐力時せん断力で決定することに起因する。

(b) 十字形接合部の場合

十字形接合部の入力データを表 6.3.2(A3)、検定計算結果を表 6.3.2(A4)に示す。

本検定計算では、終局強度設計用せん断力の算定に用いる柱梁接合部左右材端部の基礎梁曲げ終局耐力は、安全側として、基礎梁主筋本数の多い方の値の 2 倍とし、ト形接合部と同様の点に留意し、表 6.3.2(A3)の各諸元を定めることで、表 6.3.2(A4)に示すように判定①～⑩の検定条件をすべて満足した。

ここで、十字形接合部内で基礎梁主筋を定着する場合、表 6.3.2(A4)に示すように、判定⑦を満足することが基本である。ただし、RC 構造設計指針(2017 年)11.1 節の解説(7)に示すように、十字形接合部内で定着される基礎梁主筋は、反対側の最外縁柱主筋の外側までの貫通定着または準貫通定着とすることが望ましい。

表 6.3.2(A1) ト形接合部の入力データ

柱記号		C11	C11	C12	C1A
基礎梁記号		FG6	FG16	FG7	FG13
直交梁の種別 (両側, 片側, 無)		片側	片側	両側	両側
メカニズム圧縮柱軸力倍率 $n_{cca}=1.0$		1.0	1.0	1.0	1.0
メカニズム引張柱軸力倍率 $n_{cta} \geq 1$		1.0	1.0	1.0	1.0
コンクリート設計基準強度 $F_c(N/mm^2)$		33	33	33	33
1階構造階高 $h1(mm)$		8750	8750	8750	8750
スパン長 $l(mm)$		13000	11500	13000	11500
2層目鉄骨梁せい $D_{sg}(mm)$		900	900	900	900
基礎梁幅 $B_g(mm)$		950	750	950	700
基礎梁せい $D_g(mm)$		1800	1800	1800	1800
梁上1段筋中心のかぶり厚さ $dtT(mm)$		130	130	130	130
梁下1段筋中心のかぶり厚さ $dtB(mm)$		90	90	90	90
1段筋と2段筋の中心間距離 $P12H(mm)$		105	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390	SD390
	呼び名	D32	D32	D32	D32
	上端1段筋本数 $n1上$	8	6	8	6
	上端2段筋本数 $n2上$	7	2	8	6
	上端3段筋本数 $n3上$	0	0	0	0
	下端1段筋本数 $n1下$	8	6	8	6
	下端2段筋本数 $n2下$	6	2	8	6
	下端3段筋本数 $n3下$	0	0	0	0
	根巻き柱幅、せい $B_c=D_c(mm)$	1250	1250	1250	1250
	根巻き柱有効高さ $h_e(mm)$	1320	1320	1320	1320
(根巻き柱主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390	SD390
	呼び名	D29	D29	D29	D29
	柱主筋全本数 Σn_c (本)	26	26	24	26
	柱引張側主筋本数 n_{ct} (本)	8	7	8	8
	柱中段主筋本数 n_{cn} (本)	10	12	8	10
根巻き柱横補強筋	鋼種	SD685	SD685	SD685	SD685
	呼び名	D16	D16	D16	D16
	1組の本数	2	2	2	2
	間隔X(mm)	100	100	100	100
根巻き拘束筋	1組の本数	4	4	4	4
	組数 n_{wr}	6	6	7	6
柱梁接合部横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D16	D16	D16	D16
	1組の本数	2	2	2	2
	間隔X(mm)	100	100	100	100
定着部拘束筋	1組の本数	2	2	2	2
	組数 n_H	2	2	2	2
(角形鋼管)	幅(せい) D_s (mm)	550	550	550	550
	板厚 t_s (mm)	22	22	22	25
	降伏強度 (N/mm^2)	325	325	325	325
(エンドプレート)	降伏強度 $\sigma_{EY}(N/mm^2)$	325	325	325	325
	出寸法 L_E (mm)	100	100	100	100
	板厚 T_E (mm)	32	32	32	36
	杭直径 D_p (mm)	600	600	600	600
	フーチング出寸法 $\Delta h2$ (mm)	750	750	450	750
	アンカーボルト付加曲げ耐力 $M_{ap}(kN \cdot m)$	11319	10990	11647	11319

表 6.3.2 (A2) ト形接合部の検定計算結果

柱記号	C11	C11	C12	C1A
基礎梁記号	FG6	FG16	FG7	FG13
(根巻き柱有効せい)	h_e/D_s	2.40	2.40	2.40
	h_e/d_b	45.5	45.5	45.5
判定① ($h_e/D_s \geq 2.2$ かつ $h_e/d_b \geq 25$)	OK	OK	OK	OK
(根巻き柱横補強筋) 組数 $n_{wr} = \text{Roundup}(h_e/X, 0)$	14	14	14	14
横補強筋比 $p_{wr} = n_{wr} \cdot a_{wr} / (B_c \cdot h_e)$	0.34%	0.34%	0.34%	0.34%
判定② ($p_{wr} \geq 0.3\%$)	OK	OK	OK	OK
(エンドプレート突出部直上支圧応力) $B_{ep}(D_{ep}) = D_s + 2L_E$ (mm)	750	750	750	750
$\sigma_{co} = T_{cy} / (B_{ep} \cdot L_E)$ (N/mm ²)	29.4	25.7	29.4	29.4
判定③ ($\sigma_{co} \leq \alpha_{co} \cdot F_c$) ($\alpha_{co} = 1.8$)	OK	OK	OK	OK
(エンドプレートの面外曲げ)	$MEL = T_{ry} \cdot LE / 2$ (kN·m)	179	179	165
	$M_{pE} = \sigma_{Ey} \cdot Z_{pE}$ (kN·m)	62400	62400	62400
エンドプレート引張終局耐力 $T_{eu} = 8m_p \cdot (1 + B_s / 2L_E)$ (kN)	2496	2496	2496	3159
根巻き柱全主筋の降伏引張力 $\Sigma T_{ry} = \sigma_{cy} \cdot \Sigma a_c$ (kN)	6510	6510	6009	6510
根巻き柱のメカニズム時保証引張軸力 $T_{cta} = 0.3n_{cta} \cdot \Sigma T_{ry}$ (kN)	1953	1953	1803	1953
	T_{eu} / T_{cta}	1.28	1.28	1.38
判定④ ($M_{pE} \geq 1.1MEL$, $T_{ep} / T_{cta} \geq 1$, $\sigma_{Ey} \geq \sigma_{sy}$, $TE \geq 1.3ts$)	OK	OK	OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy} = A_H \cdot \sigma_{wyH}$ (kN)	235	235	235	235
引張力伝達係数 T_{Hy} / T_{cy}	0.11	0.12	0.11	0.11
判定⑤ ($T_{Hy} / T_{cy} \geq 0.1$)	OK	OK	OK	OK
接合部横補強筋比 $p_{wo} = a_w / (B_c \cdot X)$ (%)	0.32%	0.32%	0.32%	0.32%
接合部必要横補強筋比 $p_{jwh} = \max(0.3\%, p_{wo})$ (%)	0.32%	0.32%	0.32%	0.32%
接合部横補強筋・必要組数 = $\text{Roundup}(B_c \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo} / a_{wh}, 0)$	16	16	16	16
全横補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} = p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wyo}$ (N/mm ²)	1.15	1.15	1.15	1.15
必要横補強筋量 $\Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy} = \{(\phi_s \cdot R_{uB} / R_{uA}) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w$ (N/mm ²)	0.55	0.00	0.00	0.00
判定⑥ ($p_{wo} \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy}$)	OK	OK	OK	OK
基礎梁主筋必要定着長さ比	l_{ao} / d_b	14.3	14.5	5.7
	$\max\{l_{ao} / d_b, 16\}$	16.0	16.0	16.0
基礎梁主筋最小定着長さ $L_{ag} = \max(d_{pa}, 0.75D_c)$ (mm)	950	980	950	1030
	L_{ag} / d_b	29.7	30.6	29.7
判定⑦ ($L_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16d_b)$ かつ $l_{ao} / d_b \leq 25$)	OK	OK	OK	OK
根巻き柱曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{cuo} = M_{cu} / h_e$ (kN)	3233	3233	2985	3233
基礎梁曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{gu} = (M_{gu} / l_o) \cdot (l/h)$ (kN)	1160	646	1284	936
根巻き柱設計せん断力 $Q_{cuo} = \min(cQ_{cuo}, cQ_{gu})$ (kN)	1160	646	1284	936
(根巻き柱)塑性式・せん断耐力 $V_{su} = \min(V_{u1}, V_{u2}, V_{u3})$ (kN)	3374	3374	3374	3374
付着割裂耐力 V_{bu} (kN)	4845	4870	4845	4845
$V_{suo} = \min(V_{su}, V_{bu})$ (kN)	3374	3374	3374	3374
	V_{suo} / Q_{cuo}	2.91	5.22	2.63
判定⑧ ($V_{suo} / Q_{cuo} \geq 1.3$)	OK	OK	OK	OK
根巻き柱拘束筋算定用せん断力 $Q_{ju} = Q_{cuo} + V_{ua1}$ (kN)	2063	1549	2187	1839
根巻き拘束筋必要断面積 $a_{wo} = Q_{ju} / \sigma_{wyo}$	3011	2262	3193	2685
根巻き拘束筋全断面積 $A_H = n_{wr} \cdot a_{wr}$ (mm ²)	4776	4776	5572	4776
	A_H / a_{wo}	1.59	2.11	1.74
判定⑨ ($A_H / a_{wo} \geq 1.0$)	OK	OK	OK	OK
根巻き柱のメカニズム圧縮軸力 $N_{cc} = n_{cca} \cdot N_A$ (kN)	17871	17320	18422	17871
単純累加式による N_{cc} 時根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} (kN·m)	99377	96623	99377	99377
設計柱全曲げモーメント $\Sigma M_{cu} = M_{cu} + M_{ap}$ (kN·m)	110696	107613	111024	110696
柱曲げ耐力時せん断力 $cQ_{cu} = \Sigma M_{cu} / (h_o1 + 2h_e)$ (kN)	25389	24682	25464	25389
終局強度設計用柱せん断力 $Q_{cu} = \min(cQ_{cu}, cQ_{gu})$ (kN)	1160	646	1284	936
接合部設計せん断力 $V_{muh} = \xi \cdot h \cdot Q_{cu}$ (kN)	3950	2079	4166	3151
接合部せん断終局耐力 $V_{puh} = \kappa \cdot u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}$ (kN)	5750	5393	6765	6501
接合部せん断余裕度 $\lambda_p = V_{puh} / V_{muh}$	1.46	2.59	1.62	2.06
判定⑩ ($\lambda_p \geq 1.1$)	OK	OK	OK	OK

表 6.3.2 (A3) 十字形接合部の入力データ

柱記号		C1A	C2A	C2A	C12
基礎梁記号		FG6	FG7	FG13	FG16
直交梁の種別 (両側, 片側, 無)		片側	両側	両側	片側
メカニズム圧縮柱軸力倍率 $n_{cca}=1.0$		1.0	1.0	1.0	1.0
メカニズム引張柱軸力倍率 $n_{cta} \geq 1$		1.0	1.0	1.0	1.0
コンクリート設計基準強度	$F_c (N/mm^2)$	33	33	33	33
1階構造階高	$h_1 (mm)$	8750	8750	8750	8750
スパン長	$l (mm)$	12250	12250	11000	11000
2層目鉄骨梁せい	$D_{sg} (mm)$	900	900	900	900
基礎梁幅	$B_g (mm)$	950	950	700	750
基礎梁せい	$D_g (mm)$	1800	1800	1800	1800
梁上1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tT} (mm)$	130	130	130	130
梁下1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tB} (mm)$	90	90	90	90
1段筋と2段筋の中心間距離	$P_{12H} (mm)$	105	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390	SD390
	呼び名	D32	D32	D32	D32
上端1段筋本数	$n_{1上}$	8	8	6	6
上端2段筋本数	$n_{2上}$	7	8	6	2
上端3段筋本数	$n_{3上}$	0	0	0	0
下端1段筋本数	$n_{1下}$	8	8	6	6
下端2段筋本数	$n_{2下}$	6	8	6	2
下端3段筋本数	$n_{3下}$	0	0	0	0
根巻き柱幅、せい	$B_c=D_c (mm)$	1250	1250	1250	1250
根巻き柱有効高さ	$h_e (mm)$	1320	1320	1320	1320
(根巻き柱主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390	SD390
	呼び名	D29	D29	D29	D29
	柱主筋全本数 Σn_c (本)	26	26	26	24
	柱引張側主筋本数 n_{ct} (本)	8	8	7	6
	柱中段主筋本数 n_{cn} (本)	10	10	12	12
根巻き柱横補強筋	鋼種	SD685	SD685	SD490	SD490
	呼び名	D16	D16	D16	D16
	1組の本数	2	2	2	2
根巻き拘束筋	間隔X(mm)	100	100	100	100
	1組の本数	4	4	4	4
	組数 n_{wr}	6	7	7	6
柱梁接合部横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D16	D16	D16	D16
	1組の本数	2	2	2	2
定着部拘束筋	間隔X(mm)	100	100	100	100
	1組の本数	2	2	2	2
	組数 n_H	2	2	2	2
(角形鋼管)	幅(せい) D_s (mm)	550	550	550	550
	板厚 t_s (mm)	25	25	25	22
	降伏強度 (N/mm^2)	325	325	325	325
(エンドプレート)	降伏強度 $\sigma_{Ev} (N/mm^2)$	325	325	325	325
	出寸法 L_E (mm)	100	100	100	100
	板厚 T_E (mm)	36	36	36	32
杭直径	D_p (mm)	600	600	600	600
フーチング出寸法	Δh_2 (mm)	750	750	750	450
	アンカーボルト付加曲げ耐力 M_{ap} (kN・m)	8692	8692	8692	9020

表 6.3.2 (A4) 十字形接合部の検定計算結果

柱記号	C1A	C2A	C2A	C12
基礎梁記号	FG6	FG7	FG13	FG16
(根巻き柱有効せい)	h_e/D_s	2.40	2.40	2.40
	h_e/db	45.5	45.5	45.5
判定① ($h_e/D_s \geq 2.2$ かつ $h_e/db \geq 25$)	OK	OK	OK	OK
(根巻き柱横補強筋) 組数 $n_{wr}=\text{Roundup}(h_e/X, 0)$	14	14	14	14
横補強筋比 $p_{wr}=n_{wr} \cdot a_{wr}/(B_c \cdot h_e)$	0.34%	0.34%	0.34%	0.34%
判定② ($p_{wr} \geq 0.3\%$)	OK	OK	OK	OK
(エンドプレート突出部直上支圧応力) $B_{ep}(D_{ep})=D_s+2LE$ (mm)	750	750	750	750
$\sigma_{co}=T_{cy}/(B_{ep} \cdot LE)$ (N/mm^2)	29.4	29.4	25.7	22.0
判定③ ($\sigma_{co} \leq \alpha_{co} \cdot F_c$) ($\alpha_{co}=1.8$)	OK	OK	OK	OK
(エンドプレートの面外曲げ)	$MEL=T_{ry} \cdot LE/2$ (kN·m)	179	179	179
	$M_{pE}=\sigma_{Ey} \cdot Z_{pE}$ (kN·m)	78975	78975	78975
エンドプレート引張終局耐力 $T_{eu}=8m_p \cdot (1+B_s/2LE)$ (kN)	3159	3159	3159	2496
根巻き柱全主筋の降伏引張力 $\Sigma T_{ry}=\sigma_{cy} \cdot \Sigma a_c$ (kN)	6510	6510	6510	6009
根巻き柱のメカニズム時保証引張軸力 $T_{cta}=0.3n_{eta} \cdot \Sigma T_{ry}$ (kN)	1953	1953	1953	1803
	T_{eu}/T_{cta}	1.62	1.62	1.62
判定④ ($MPE \geq 1.1MEL, T_{ep}/T_{cta} \geq 1, \sigma_{Ey} \geq \sigma_{sy}, TE \geq 1.3t_s$)	OK	OK	OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{wyH}$ (kN)	235	235	235	235
引張力伝達係数 T_{Hy}/T_{cy}	0.11	0.11	0.12	0.14
判定⑤ ($T_{Hy}/T_{cy} \geq 0.1$)	OK	OK	OK	OK
接合部横補強筋比 $p_{wo}=a_{wr}/(B_c \cdot X)$ (%)	0.32%	0.32%	0.32%	0.32%
接合部必要横補強筋比 $p_{jwh}=\max(0.3\%, p_{wo})$ (%)	0.32%	0.32%	0.32%	0.32%
接合部横補強筋・必要組数 $=\text{Roundup}(B_c \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo}/a_{wh}, 0)$	16	16	16	16
全横補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}=p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} + (p_{jwh})H \cdot \sigma_{wyo}$ (N/mm^2)	1.15	1.15	1.15	1.15
必要横補強筋量 $\Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy} = \{(\phi_s \cdot RuD/Rua) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w$ (N/mm^2)	0.65	0.00	0.00	0.00
判定⑥ ($p_{wo} \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy}$)	OK	OK	OK	OK
基礎梁主筋必要定着長さ比	l_{ao}/db	14.3	5.7	5.7
	$\max\{l_{ao}/db, 16\}$	16.0	16.0	16.0
基礎梁主筋最小定着長さ	$L_{ag}=\max(d_{pa}, 0.75D_c)$ (mm)	938	938	938
	L_{ag}/db	29.3	29.3	29.3
判定⑦ ($L_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db)$ かつ $l_{ao}/db \leq 25$)	OK	OK	OK	OK
根巻き柱曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{cuo}=M_{cu}/h_e$ (kN)	3233	3233	3233	2985
基礎梁曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{gu}=(M_{gu}/l_o) \cdot (l/h)$ (kN)	2334	2478	1883	1356
根巻き柱設計せん断力 $Q_{cuo}=\min(cQ_{cuo}, cQ_{gu})$ (kN)	2334	2478	1883	1356
(根巻き柱)塑性式・せん断耐力 $V_{su}=\min(V_{u1}, V_{u2}, V_{u3})$ (kN)	3374	3374	2983	2983
付着割裂耐力 V_{bu} (kN)	4845	4845	4870	4905
$V_{suo}=\min(V_{su}, V_{bu})$ (kN)	3374	3374	2983	2983
	V_{suo}/Q_{cuo}	1.45	1.36	1.58
判定⑧ ($V_{suo}/Q_{cuo} \geq 1.3$)	OK	OK	OK	OK
根巻き柱拘束筋算定用せん断力 $Q_{ju}=Q_{cuo}+V_{ua1}$ (kN)	3237	3381	2806	2280
根巻き拘束筋必要断面積 $a_{wo}=Q_{ju}/\sigma_{wyo}$	4726	4936	5727	4652
根巻き拘束筋全断面積 $A_H=n_{wr} \cdot a_{wr}$ (mm^2)	4776	5572	5572	4776
	A_H/a_{wo}	1.01	1.13	0.97
判定⑨ ($A_H/a_{wo} \geq 1.0$)	OK	OK	NG	OK
根巻き柱のメカニズム圧縮軸力 $N_{cc}=N_{cca} \cdot N_A$ (kN)	13464	13464	13464	14015
単純累加式による N_{cc} 時根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} (kN·m)	91515	91515	90001	88414
設計柱全曲げモーメント $\Sigma M_{cu}=M_{cu}+M_{ap}$ (kN·m)	100207	100207	98693	97434
柱曲げ耐力時せん断力 $cQ_{cu}=\Sigma M_{cu}/(h_o1+2h_e)$ (kN)	22983	22983	22636	22347
終局強度設計用柱せん断力 $Q_{cu}=\min(cQ_{cu}, cQ_{gu})$ (kN)	2334	2478	1883	1356
接合部設計せん断力 $V_{muh}=\xi_h \cdot Q_{cu}$ (kN)	7885	8422	6292	4094
接合部せん断終局耐力 $V_{puh}=\kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}$ (kN)	10809	12716	11271	9826
接合部せん断余裕度 $\lambda_p=V_{puh}/V_{muh}$	1.37	1.51	1.79	2.40
判定⑩ ($\lambda_p \geq 1.1$)	OK	OK	OK	OK

(3) 置換え方式による検定計算結果

ト形接合部の入力データを表 6.3.2(A5)、検定計算結果を表 6.3.2(A6)、十字形接合部の入力データを表 6.3.2(A7)、検定計算結果を表 6.3.2(A8)に示す。

置換え方式の場合、根巻き柱の構造諸元は原設計と同じすることを基本とし、図 6.1.1 に示すように、一貫構造計算プログラムでメカニズム到達を確認した上で、判定①、判定⑤～⑦、判定⑩を満足すればよいとしている。本検討例では、原設計と同様、コンクリートの設計基準強度 F_c を 24N/mm^2 としても上記の判定条件を満足している。

表 6.3.2(A5) ト形接合部の入力データ

柱記号		C11	C11	C12	C1A
基礎梁記号		FG6	FG16	FG7	FG13
直交梁の種類(両側, 片側, 無)		片側	片側	両側	両側
コンクリート設計基準強度	$F_c(N/mm^2)$	24	24	24	24
1階構造階高	$h1(mm)$	8750	8750	8750	8750
スパン長	$l(mm)$	13000	11500	13000	11500
2層目鉄骨梁せい	$D_{sg}(mm)$	900	900	900	900
基礎梁幅	$B_g(mm)$	950	750	950	700
基礎梁せい	$D_g(mm)$	1800	1800	1800	1800
梁上1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tT}(mm)$	130	130	130	130
梁下1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tB}(mm)$	90	90	90	90
1段筋と2段筋の中心間距離	$P_{12H}(mm)$	105	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390	SD390
	呼び名	D32	D32	D32	D32
上端1段筋本数	$n_{1上}$	8	6	8	6
上端2段筋本数	$n_{2上}$	7	2	8	6
上端3段筋本数	$n_{3上}$	0	0	0	0
下端1段筋本数	$n_{1下}$	8	6	8	6
下端2段筋本数	$n_{2下}$	6	2	8	6
下端3段筋本数	$n_{3下}$	0	0	0	0
根巻き柱幅、せい	$B_c=D_c(mm)$	1250	1250	1250	1250
根巻き柱有効高さ	$h_e(mm)$	1320	1320	1320	1320
(根巻き柱主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390	SD390
	呼び名	D29	D29	D29	D29
	柱主筋全本数 Σn_c (本)	26	26	24	26
	柱引張側主筋本数 n_{ct} (本)	8	7	8	8
	柱中段主筋本数 n_{cn} (本)	10	12	8	10
柱梁接合部横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D16	D16	D16	D16
	1組の本数	2	2	2	2
	間隔 $X(mm)$	100	100	100	100
定着部拘束筋	1組の本数	2	2	2	2
	組数 n_H	2	2	2	2
(角形鋼管)	幅(せい) $D_s(mm)$	550	550	550	550
杭直径	$D_p(mm)$	600	600	600	600
フーチング出寸法	$\Delta h2(mm)$	750	750	450	750

表 6.3.2(A6) ト形接合部の検定計算結果

柱記号		C11	C11	C12	C1A
基礎梁記号		FG6	FG16	FG7	FG13
(根巻き柱有効せい)	h_e/D_s	2.40	2.40	2.40	2.40
	h_e/d_b	45.5	45.5	45.5	45.5
	判定④ ($h_e/D_s \geq 2.2$ かつ $h_e/d_b \geq 25$)	OK	OK	OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{wyH}$ (kN)		235	235	235	235
引張力伝達係数 T_{Hy}/T_{cy}		0.11	0.12	0.11	0.11
	判定⑤ ($T_{Hy}/T_{cy} \geq 0.1$)	OK	OK	OK	OK
接合部横補強筋比 $p_{wo}=a_w/(B_c \cdot X)$ (%)		0.32%	0.32%	0.32%	0.32%
接合部必要横補強筋比 $p_{jwh}=\max(0.3\%, p_{wo})$ (%)		0.32%	0.32%	0.32%	0.32%
接合部横補強筋・必要組数=Roundup($B_c \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo}/a_{wh}, 0$)		16	16	16	16
全横補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} = p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wo}$ (N/mm ²)		1.15	1.15	1.15	1.15
必要横補強筋量 $\Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy} = \{(\phi_s \cdot RuD/Rua) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w$ (N/mm ²)		0.69	0.05	0.03	0.00
	判定⑥ ($p_{wo} \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy}$)	OK	OK	OK	OK
基礎梁主筋必要定着長さ	l_{ao}/d_b	21.5	21.7	12.0	12.0
	$\max\{l_{ao}/d_b, 16\}$	21.5	21.7	16.0	16.0
基礎梁主筋最小定着長さ	$L_{ag}=\max(d_{pa}, 0.75D_c)$ (mm)	950	980	950	1030
	L_{ag}/d_b	29.7	30.6	29.7	32.2
	判定⑦ ($L_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16d_b)$ かつ $l_{ao}/d_b \geq 25$)	OK	OK	OK	OK
基礎梁曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{gu}=(M_{gu}/l_o) \cdot (l/h)$ (kN)		1160	646	1284	936
終局強度設計用柱せん断力 $Q_{cu}=cQ_{gu}$ (kN)		1160	646	1284	936
接合部設計せん断力 $V_{muh}=\xi \cdot h \cdot Q_{cu}$ (kN)		3950	2079	4166	3151
接合部せん断終局耐力 $V_{puh}=\kappa \cdot u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}$ (kN)		4601	4315	5413	5202
接合部せん断余裕度 $\lambda_p=V_{puh}/V_{muh}$		1.16	2.08	1.30	1.65
	判定⑩ ($\lambda_p \geq 1.0$)	OK	OK	OK	OK

表 6. 3. 2 (A7) 十字形接合部の入力データ

柱記号		C1A	C2A	C2A	C12
基礎梁記号		FG6	FG7	FG13	FG16
直交梁の種別 (両側, 片側, 無)		片側	両側	両側	片側
コンクリート設計基準強度	$F_c(N/mm^2)$	24	24	24	24
1階構造階高	$h_1(mm)$	8750	8750	8750	8750
スパン長	$l(mm)$	12250	12250	11000	11000
2層目鉄骨梁せい	$D_{sg}(mm)$	900	900	900	900
基礎梁幅	$B_g(mm)$	950	950	700	750
基礎梁せい	$D_g(mm)$	1800	1800	1800	1800
梁上1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tT}(mm)$	130	130	130	130
梁下1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tB}(mm)$	90	90	90	90
1段筋と2段筋の中心間距離	$P_{12H}(mm)$	105	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390	SD390
	呼び名	D32	D32	D32	D32
上端1段筋本数	$n_{1上}$	8	8	6	6
上端2段筋本数	$n_{2上}$	7	8	6	2
上端3段筋本数	$n_{3上}$	0	0	0	0
下端1段筋本数	$n_{1下}$	8	8	6	6
下端2段筋本数	$n_{2下}$	6	8	6	2
下端3段筋本数	$n_{3下}$	0	0	0	0
根巻き柱幅、せい	$B_c=D_c(mm)$	1250	1250	1250	1250
根巻き柱有効高さ	$h_e(mm)$	1320	1320	1320	1320
(根巻き柱主筋)	鋼種	SD390	SD390	SD390	SD390
	呼び名	D29	D29	D29	D29
	柱主筋全本数 Σn_c (本)	26	26	26	24
	柱引張側主筋本数 n_{ct} (本)	8	8	7	6
	柱中段主筋本数 n_{cn} (本)	10	10	12	12
柱梁接合部横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D16	D16	D16	D16
	1組の本数	2	2	2	2
	間隔X(mm)	100	100	100	100
定着部拘束筋	1組の本数	2	2	2	2
	組数nH	2	2	2	2
(角形鋼管)	幅(せい) D_s (mm)	550	550	550	550
	杭直径	$D_p(mm)$	600	600	600
	フーチング寸法	$\Delta h_2(mm)$	750	750	450

表 6. 3. 2 (A8) 十字形接合部の検定計算結果

柱記号		C1A	C2A	C2A	C12
基礎梁記号		FG6	FG7	FG13	FG16
(根巻き柱有効せい)	h_e/D_s	2.40	2.40	2.40	2.40
	h_e/db	45.5	45.5	45.5	45.5
	判定① ($h_e/D_s \geq 2.2$ かつ $h_e/db \geq 25$)	OK	OK	OK	OK
	定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{wyH}$ (kN)	235	235	235	235
	引張力伝達係数 T_{Hy}/T_{cy}	0.11	0.11	0.12	0.14
	判定⑤ ($T_{Hy}/T_{cy} \geq 0.1$)	OK	OK	OK	OK
	接合部横補強筋比 $p_{wo}=a_w/(B_c \cdot X)$ (%)	0.32%	0.32%	0.32%	0.32%
	接合部必要横補強筋比 $p_{jwh}=\max(0.3\%, p_{wo})$ (%)	0.32%	0.32%	0.32%	0.32%
	接合部横補強筋・必要組数=Roundup($B_c \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo}/a_{wh}, 0$)	16	16	16	16
	全横補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} = p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wyo}(N/mm^2)$	1.15	1.15	1.15	1.15
	必要横補強筋量 $\Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy} = \{(\phi_s \cdot RuD/Rua) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w (N/mm^2)$	0.78	0.13	0.00	0.12
	判定⑥ ($p_{wo} \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy}$)	OK	OK	OK	OK
	基礎梁主筋必要定着長さ比	l_{ao}/db	21.5	12.0	12.0
	$\max\{l_{ao}/db, 16\}$	21.5	16.0	16.0	21.7
	基礎梁主筋最小定着長さ	$L_{ag}=\max(d_{pa}, 0.75D_c)$ (mm)	938	938	938
	L_{ag}/db	29.3	29.3	29.3	29.3
	判定⑦ ($L_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db)$ かつ $l_{ao}/db \leq 25$)	OK	OK	OK	OK
	基礎梁曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{gu}=(M_{gu}/l_o) \cdot (l/h)$ (kN)	2334	2478	1883	1356
	終局強度設計用柱せん断力 $Q_{cu}=cQ_{gu}$ (kN)	2334	2478	1883	1356
	接合部設計せん断力 $V_{muh}=\xi \cdot h \cdot Q_{cu}$ (kN)	7885	8422	6292	4094
	接合部せん断終局耐力 $V_{puh}=\kappa \cdot u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}$ (kN)	8649	10175	9019	7863
	接合部せん断余裕度 $\lambda_p=V_{puh}/V_{muh}$	1.10	1.21	1.43	1.92
	判定⑩ ($\lambda_p \geq 1.0$)	OK	OK	OK	OK

6.3.2 物流倉庫 B

(1) 準備計算結果

基礎梁主筋最小定着長さ L_{ag} の計算結果を表 6.3.1(B1)、式(検定 2)によるメカニズム圧縮柱軸力 N_{cc} 時アンカーボルト付加曲げ耐力 M_{ap} の計算結果を表 6.3.1(B2)に示す。

表 6.3.1(B1)によると、ト形接合部(外面合せ)の場合、式(検定 1)の基礎梁主筋最小定着長さ比 L_{ag}/d_b はすべて 22.0、 L_{ag}/D_c は 0.75 で決定する。これらの値は接合部配筋詳細の納まりを保証していないので、鉄筋工事で採用する基礎梁主筋定着長さは、接合部配筋詳細の納まりを考慮して決定する必要がある。同表中には、JASS5 の基礎梁主筋中心間隔を併記している。

また、十字形接合部(心合せ)の場合、すべて L_{ag}/d_b は 22.0、 L_{ag}/D_c は 0.75 で決定する。表 6.3.1(B2)には、 $\Sigma M_{cu}/M_{ap}$ の比を併記した。 ΣM_{cu} は後述の表 6.3.2(B2)に示したメカニズム圧縮柱軸力時全曲げモーメントであり、 $M_{ap}/\Sigma M_{cu}$ は 0.02~0.1 程度である。

表 6.3.1(B1) 基礎梁主筋最小定着長さ L_{ag} の計算結果

柱記号	ト形接合部				十字形接合部		
	C1	C1	C1	C1	C1	C2	C2
基礎梁記号	FG11	FG1	FG14	FG3	FG2	FG1	FG13
根巻き柱幅、せい $B_c=D_c$ (mm)	850	850	850	850	850	850	850
基礎梁幅 B_g (mm)	600	550	600	550	550	550	600
基礎梁主筋呼び名	D29	D29	D29	D29	D29	D29	D29
基礎梁主筋1列本数 n_g	5	4	5	4	4	4	5
外面合せ割増し幅 ΔB (mm)	50	50	50	50	-	-	-
P_{2A} (mm)	40	40	40	40	40	40	40
基礎梁スタラップ設計かぶり厚さ C (mm)	50	50	50	50	50	50	50
基礎梁内面寸法 ΔB_g (mm)	200	250	200	250	150	150	125
JASS5の基礎梁主筋中心間隔 (mm)	77	77	77	77	77	77	77
基礎梁最外側主筋間隔 B_{gr} (mm)	310	230	310	230	230	230	310
直交基礎梁最外縁主筋位置 d_p (mm)	600	570	600	570	470	470	530
基礎梁主筋最小定着長さ L_{ag} (mm)	638	638	638	638	638	638	638
L_{ag}/d_b	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
L_{ag}/D_c	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

$$L_{ag} = \max(d_{pa}, 0.75D_c), \quad d_{pa} = \text{Roundup}(B_{gr} + P_{2A} + C + \Delta B_g + d_b/2, -1), \quad d_p = \text{Roundup}(B_{gr} + P_{2A} + C + \Delta B_g, -1)$$

$$B_{gr} = \text{JASS5の基礎梁主筋中心間隔} \times (n_g - 1)$$

$$\text{(外面合せ) } \Delta B_g = B_c - (B_g + \Delta B), \quad \text{(心合せ) } \Delta B_g = (B_c - B_g)/2$$

表 6.3.1(B2) メカニズム設計軸力時のアンカーボルト付加曲げ耐力 M_{ap} の計算結果

柱記号	ト形接合部				十字形接合部		
	C1	C1	C1	C1	C1	C2	C2
基礎梁記号	FG11	FG1	FG14	FG3	FG2	FG1	FG13
メカニズム圧縮柱軸力 N_{cc} (kN)	5012	5012	5012	5012	2318	2318	1089
軸部降伏引張耐力 T_{ay} (kN)	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1
全本数 Σn_a	4	4	4	4	4	4	4
j_{tco} (mm)	800	800	800	800	800	800	792
付加曲げ耐力 M_{ap} (kN·m)	2103	2103	2103	2103	1025	1025	528
$M_{ap}/\Sigma M_{cu}$	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.04	0.02

$$M_{ap} = (\Sigma n_a \cdot T_{ay} + N_{cc}) \cdot j_{tco}/2, \quad j_{tco} : \text{根巻き柱両側最外縁主筋中心間距離}$$

アンカーボルト鋼種/呼び名：すべて ABR400/M20

$\Sigma M_{cu} = M_{cu} + M_{ap}$ 、 M_{cu} ：根巻き柱脚の設計柱曲げモーメント

(2) 性能検定方式による検定計算結果

(a) ト形接合部の場合

ト形接合部の入力データを表 6.3.2(B1)、検定計算結果を表 6.3.2(B2)に示す。

表 6.3.2(B1)中のメカニズム圧縮柱軸力倍率 n_{cca} は、本編 3.2 節の式(解 5.2)による根巻き柱釣合い軸力 N_A に対する倍率であり、メカニズム圧縮柱軸力 $N_{cc} = n_{cca} \cdot N_A$ 、 $n_{cca} = 1.0$ とし、メカニズム引張柱軸力倍率 n_{cta} は、本編 3.2 節(5)で定義したメカニズム時保証引張軸力 $T_{cta} (=0.3 \Sigma T_{ry})$ に対する倍率であり、 $n_{cta} = 1.0$ としている。

すなわち、 $N_{cc} \geq N_A$ 時には、柱梁接合部せん断破壊防止の観点より、表 6.3.2(B2)中の N_{cc} 時根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} は、根巻き柱の釣合い軸力 N_A 時の最大曲げ終局耐力 M_{mu} としている。

表 6.3.2(B2)に示すように、表 6.3.2(B1)中の諸元を設定することで、判定①～⑩の検定条件をすべて満足した。これらの検定計算結果で特筆すべき事項を以下に示す。

- 1) エンドプレート出寸法 LE を 75mm、板厚 TE を 28mm とした結果、判定③のエンドプレート直上の局部支圧応力 σ_{co} は 30N/mm^2 ($\sigma_{co}/F_c = 1.3 \leq 1.8$) で、判定④のメカニズム時限界引張軸力 T_{cta} に対するエンドプレート引張終局耐力 T_{eu} の比は 1.6 程度となる。
- 2) 接合部横補強筋比 p_{wjh} を 0.32% ($\geq 0.3\%$)、定着部拘束筋を外周筋 2 組とすることで、判定⑤、⑥を満足した。
- 3) コンクリートの設計基準強度を 24N/mm^2 、根巻き柱横補強筋と根巻き拘束筋を SD295A とし、判定⑨を満足するように根巻き柱横補強筋および XY 両方向の根巻き拘束筋組数を決定した。その結果、判定⑧の根巻き柱せん断検定比 V_{suo}/Q_{cuo} は 4.2～5.3 (≥ 1.8)、判定⑨の根巻き拘束筋必要断面積比 AH/a_{wo} は 1.5～1.7 (≥ 1.0) となる。
- 4) 判定⑩の接合部せん断余裕度 λ_p は 1.5～1.7 で、いずれも 1.0 以上となった。これは、主として、終局強度設計用柱せん断力 Q_{cu} が基礎梁曲げ終局耐力時せん断力で決定することに起因する。

(b) 十字形接合部の場合

十字形接合部の入力データを表 6.3.2(B3)、検定計算結果を表 6.3.2(B4)に示す。

本検定計算では、終局強度設計用せん断力の算定に用いる柱梁接合部左右材端部の基礎梁曲げ終局耐力は、安全側として、基礎梁主筋本数の多い方の値の 2 倍とし、ト形接合部と同様の点に留意し、表 6.3.2(B3)の各諸元を定めることで、表 6.3.2(B4)に示すように判定①～⑩の検定条件をすべて満足した。

ここで、十字形接合部内で基礎梁主筋を定着する場合、表 6.3.2(B4)に示すように、判定⑦を満足することが基本である。ただし、RC 構造設計指針(2017 年)11.1 節の解説(7)に示すように、十字形接合部内で定着される基礎梁主筋は、反対側の最外縁柱主筋の外側までの貫通定着または準貫通定着とすることが望ましい。

表 6.3.2(B1) ト形接合部の入力データ

柱記号		C1	C1	C1	C1
基礎梁記号		FG11	FG1	FG14	FG3
直交梁の種別 (両側, 片側, 無)		片側	片側	両側	両側
メカニズム圧縮柱軸力倍率 $n_{cca}=1.0$		1.0	1.0	1.0	1.0
メカニズム引張柱軸力倍率 $n_{cta} \geq 1$		1.0	1.0	1.0	1.0
コンクリート設計基準強度 $F_c(N/mm^2)$		24	24	24	24
1階構造階高 $h1(mm)$		7000	7000	7000	7000
スパン長 $l(mm)$		6000	10000	6000	10000
2層目鉄骨梁せい $D_{sg}(mm)$		700	700	700	700
基礎梁幅 $B_g(mm)$		600	550	600	550
基礎梁せい $D_g(mm)$		1300	1300	1300	1300
梁上1段筋中心のかぶり厚さ $dtT(mm)$		115	115	115	115
梁下1段筋中心のかぶり厚さ $dtB(mm)$		80	80	80	80
1段筋と2段筋の中心間距離 $P12H(mm)$		105	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD345	SD345	SD345	SD345
	呼び名	D29	D29	D29	D29
	上端1段筋本数 $n1上$	5	4	5	4
	上端2段筋本数 $n2上$	2	2	2	2
	上端3段筋本数 $n3上$	0	0	0	0
	下端1段筋本数 $n1下$	5	4	5	4
	下端2段筋本数 $n2下$	0	0	0	0
	下端3段筋本数 $n3下$	0	0	0	0
	根巻き柱幅、せい $B_c=D_c(mm)$	850	850	850	850
	根巻き柱有効高さ $h_e(mm)$	1570	1570	1570	1570
(根巻き柱主筋)	鋼種	SD345	SD345	SD345	SD345
	呼び名	D25	D25	D25	D25
	柱主筋全本数 Σn_c (本)	24	24	24	24
	柱引張側主筋本数 n_{ct} (本)	7	7	7	7
	柱中段主筋本数 n_{cn} (本)	10	10	10	10
根巻き柱横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D13	D13	D13	D13
	1組の本数	2	2	2	2
	間隔X(mm)	100	100	100	100
根巻き拘束筋	1組の本数	4	4	4	4
	組数 n_{wr}	6	6	6	6
柱梁接合部横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D13	D13	D13	D13
	1組の本数	2	2	2	2
	間隔X(mm)	95	95	95	95
定着部拘束筋	1組の本数	2	2	2	2
	組数 n_H	2	2	2	2
(角形鋼管)	幅(せい) D_s (mm)	450	450	450	450
	板厚 t_s (mm)	16	16	16	16
	降伏強度 (N/mm^2)	295	295	295	295
(エンドプレート)	降伏強度 $\sigma_{EY}(N/mm^2)$	325	325	325	325
	出寸法 L_E (mm)	75	75	75	75
	板厚 T_E (mm)	28	28	28	28
杭直径 $D_p(mm)$		800	800	800	800
フーチング出寸法 $\Delta h2(mm)$		1090	1090	1090	1090
アンカーボルト付加曲げ耐力 $M_{ap}(kN \cdot m)$		2103	2103	2103	2103

表 6.3.2 (B2) ト形接合部の検定計算結果

柱記号	C1	C1	C1	C1
基礎梁記号	FG11	FG1	FG14	FG3
(根巻き柱有効せい)	h_e/D_s	3.49	3.49	3.49
	h_e/db	62.8	62.8	62.8
判定① ($h_e/D_s \geq 2.2$ かつ $h_e/db \geq 25$)	OK	OK	OK	OK
(根巻き柱横補強筋) 組数 $n_{wr} = \text{Roundup}(h_e/X, 0)$	16	16	16	16
横補強筋比 $p_{wr} = n_{wr} \cdot a_{wr} / (B_c \cdot h_e)$	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%
判定② ($p_{wr} \geq 0.3\%$)	OK	OK	OK	OK
(エンドプレート突出部直上支圧応力) $B_{ep}(D_{ep}) = D_s + 2L_E$ (mm)	600	600	600	600
$\sigma_{co} = T_{cy} / (B_{ep} \cdot L_E)$ (N/mm ²)	29.9	29.9	29.9	29.9
判定③ ($\sigma_{co} \leq \alpha_{co} \cdot F_c$) ($\alpha_{co} = 1.8$)	OK	OK	OK	OK
(エンドプレートの面外曲げ) $MEL = T_{ry} \cdot L_E / 2$ (kN·m)	87	87	87	87
$M_{dE} = \sigma_{Ey} \cdot Z_{dE}$ (kN·m)	38220	38220	38220	38220
エンドプレート引張終局耐力 $T_{eu} = 8m_p \cdot (1 + B_s / 2L_E)$ (kN)	2038	2038	2038	2038
根巻き柱全主筋の降伏引張力 $\Sigma T_{ry} = \sigma_{cy} \cdot \Sigma a_c$ (kN)	4198	4198	4198	4198
根巻き柱のメカニズム時保証引張軸力 $T_{cta} = 0.3n_{cta} \cdot \Sigma T_{ry}$ (kN)	1259	1259	1259	1259
T_{eu} / T_{cta}	1.62	1.62	1.62	1.62
判定④ ($MPE \geq 1.1MEL$, $T_{ep} / T_{cta} \geq 1$, $\sigma_{Ey} \geq \sigma_{sy}$, $TE \geq 1.3t_s$)	OK	OK	OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy} = A_H \cdot \sigma_{wyH}$ (kN)	150	150	150	150
引張力伝達係数 T_{Hy} / T_{cy}	0.11	0.11	0.11	0.11
判定⑤ ($T_{Hy} / T_{cy} \geq 0.1$)	OK	OK	OK	OK
接合部横補強筋比 $p_{wo} = a_w / (B_c \cdot X)$ (%)	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%
接合部必要横補強筋比 $p_{jwh} = \max(0.3\%, p_{wo})$ (%)	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%
接合部横補強筋・必要組数 = $\text{Roundup}(B_c \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo} / a_{wh}, 0)$	12	12	12	12
全横補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} = p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wyo}$ (N/mm ²)	1.18	1.18	1.18	1.18
必要横補強筋量 $\Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy} = ((\phi_s \cdot RuB / Rua) - \alpha_{wo}) F_c / \beta_w$ (N/mm ²)	0.40	0.29	0.00	0.00
判定⑥ ($p_{wo} \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy}$)	OK	OK	OK	OK
基礎梁主筋必要定着長さ l_{ao} / db	13.2	13.2	5.3	5.3
	$\max\{l_{ao} / db, 16\}$	16.0	16.0	16.0
基礎梁主筋最小定着長さ $L_{ag} = \max(d_{pa}, 0.75D_c)$ (mm)	638	638	638	638
	L_{ag} / db	22.0	22.0	22.0
判定⑦ ($L_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db)$ かつ $l_{ao} / db \geq 25$)	OK	OK	OK	OK
根巻き柱曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{cuo} = M_{cu} / h_e$ (kN)	1176	1176	1176	1176
基礎梁曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{gu} = (M_{gu} / l_o) \cdot (l/h)$ (kN)	304	242	304	242
根巻き柱設計せん断力 $Q_{cuo} = \min(cQ_{cuo}, cQ_{gu})$ (kN)	304	242	304	242
(根巻き柱)塑性式・せん断耐力 $V_{su} = \min(V_{u1}, V_{u2}, V_{u3})$ (kN)	1285	1285	1285	1285
付着割裂耐力 V_{bu} (kN)	2028	2028	2028	2028
$V_{suo} = \min(V_{su}, V_{bu})$ (kN)	1285	1285	1285	1285
V_{suo} / Q_{cuo}	4.23	5.32	4.23	5.32
判定⑧ ($V_{suo} / Q_{cuo} \geq 1.3$)	OK	OK	OK	OK
根巻き柱拘束筋算定用せん断力 $Q_{ju} = Q_{cuo} + V_{ua1}$ (kN)	649	587	649	587
根巻き拘束筋必要断面積 $a_{wo} = Q_{ju} / \sigma_{wyo}$	2000	1810	2000	1810
根巻き拘束筋全断面積 $A_H = n_{wr} \cdot a_{wr}$ (mm ²)	3048	3048	3048	3048
A_H / a_{wo}	1.52	1.68	1.52	1.68
判定⑨ ($A_H / a_{wo} \geq 1.0$)	OK	OK	OK	OK
根巻き柱のメカニズム圧縮軸力 $N_{cc} = n_{cca} \cdot N_A$ (kN)	5012	5012	5012	5012
単純累加式による N_{cc} 時根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} (kN·m)	26845	26845	26845	26845
設計柱全曲げモーメント $\Sigma M_{cu} = M_{cu} + M_{ap}$ (kN·m)	28948	28948	28948	28948
柱曲げ耐力時せん断力 $cQ_{cu} = \Sigma M_{cu} / (h_o1 + 2h_e)$ (kN)	7648	7648	7648	7648
終局強度設計用柱せん断力 $Q_{cu} = \min(cQ_{cu}, cQ_{gu})$ (kN)	304	242	304	242
接合部設計せん断力 $V_{muh} = \xi \cdot h \cdot Q_{cu}$ (kN)	1402	1220	1402	1220
接合部せん断終局耐力 $V_{puh} = \kappa \cdot u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}$ (kN)	2035	1965	2394	2312
接合部せん断余裕度 $\lambda_p = V_{puh} / V_{muh}$	1.45	1.61	1.71	1.89
判定⑩ ($\lambda_p \geq 1.1$)	OK	OK	OK	OK

表 6.3.2 (B3) 十字形接合部の入力データ

柱記号		C1	C2	C2
基礎梁記号		FG2	FG1	FG13
直交梁の種類(両側, 片側, 無)		片側	両側	両側
メカニズム圧縮柱軸力倍率 $n_{cca}=1.0$		1.0	1.0	1.0
メカニズム引張柱軸力倍率 $n_{cta} \geq 1$		1.0	1.0	1.0
コンクリート設計基準強度	$F_c(N/mm^2)$	24	24	24
1階構造階高	$h1(mm)$	7000	7000	7000
スパン長	$l(mm)$	10000	10000	6000
2層目鉄骨梁せい	$D_{sg}(mm)$	700	700	700
基礎梁幅	$B_g(mm)$	550	550	600
基礎梁せい	$D_g(mm)$	1300	1300	1300
梁上1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tT}(mm)$	130	130	130
梁下1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tB}(mm)$	90	90	90
1段筋と2段筋の中心間距離	$P12H(mm)$	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD345	SD345	SD345
	呼び名	D29	D29	D29
上端1段筋本数	$n1上$	4	4	5
上端2段筋本数	$n2上$	3	3	2
上端3段筋本数	$n3上$	0	0	0
下端1段筋本数	$n1下$	4	4	4
下端2段筋本数	$n2下$	0	0	0
下端3段筋本数	$n3下$	0	0	0
根巻き柱幅、せい	$B_c=D_c(mm)$	850	850	850
根巻き柱有効高さ	$h_e(mm)$	1570	1570	1570
(根巻き柱主筋)	鋼種	SD345	SD345	SD345
	呼び名	D25	D25	D29
	柱主筋全本数 Σn_c (本)	24	24	24
	柱引張側主筋本数 n_{ct} (本)	7	7	7
	柱中段主筋本数 n_{cn} (本)	10	10	10
根巻き柱横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D13	D13	D13
	1組の本数	2	2	2
根巻き拘束筋	間隔 X (mm)	100	100	100
	1組の本数	4	4	4
柱梁接合部横補強筋	組数 n_{wr}	6	7	7
	鋼種	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D13	D13	D13
定着部拘束筋	1組の本数	2	2	2
	間隔 X (mm)	95	95	95
(角形鋼管)	1組の本数	2	2	2
	組数 n_H	2	3	3
	幅(せい) D_s (mm)	450	450	450
	板厚 t_s (mm)	16	22	22
(エンドプレート)	降伏強度 (N/mm^2)	295	295	295
	降伏強度 $\sigma_{EY}(N/mm^2)$	325	325	325
	出寸法 LE (mm)	75	75	75
	板厚 TE (mm)	28	32	32
杭直径	$D_p(mm)$	800	600	600
フーチング出寸法	$\Delta h2$ (mm)	1090	1090	1090
	アンカーボルト付加曲げ耐力 $M_{ap}(kN \cdot m)$	1025	1025	528

表 6.3.2 (B4) 十字形接合部の検定計算結果

柱記号	C1	C2	C2
基礎梁記号	FG2	FG1	FG13
(根巻き柱有効せい)	h_e/D_s 3.49	3.49	3.49
	h_e/db 62.8	62.8	54.1
判定① ($h_e/D_s \geq 2.2$ かつ $h_e/db \geq 25$)	OK	OK	OK
(根巻き柱横補強筋) 組数 $n_{wr} = \text{Roundup}(h_e/X, 0)$	16	16	16
横補強筋比 $p_{wr} = n_{wr} \cdot a_{wr} / (B_c \cdot h_e)$	0.30%	0.30%	0.30%
判定② ($p_{wr} \geq 0.3\%$)	OK	OK	OK
(エンドプレート突出部直上支圧応力) $B_{ep}(Dep) = D_s + 2LE$ (mm)	600	600	600
$\sigma_{co} = T_{cy} / (B_{ep} \cdot LE)$ (N/mm ²)	29.9	29.9	37.9
判定③ ($\sigma_{co} \leq \alpha_{co} \cdot F_c$) ($\alpha_{co} = 1.8$)	OK	OK	OK
(エンドプレートの面外曲げ)	$M_{EL} = T_{ry} \cdot LE / 2$ (kN・m)	87	87
	$M_{pE} = \sigma_{Ey} \cdot Z_{pE}$ (kN・m)	38220	49920
エンドプレート引張終局耐力 $T_{eu} = 8m_p \cdot (1 + B_s / 2LE)$ (kN)	2038	2662	2662
根巻き柱全主筋の降伏引張力 $\Sigma T_{ry} = \sigma_{cy} \cdot \Sigma a_c$ (kN)	4198	4198	5316
根巻き柱のメカニズム時保証引張軸力 $T_{cta} = 0.3n_{cta} \cdot \Sigma T_{ry}$ (kN)	1259	1259	1595
	T_{eu} / T_{cta} 1.62	2.11	1.67
判定④ ($MPE \geq 1, 1MEL, T_{ep} / T_{cta} \geq 1, \sigma_{Ey} \geq \sigma_{sy}, TE \geq 1.3ts$)	OK	OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy} = AH \cdot \sigma_{wyH}$ (kN)	150	225	225
引張力伝達係数 T_{Hy} / T_{cy}	0.11	0.17	0.13
判定⑤ ($T_{Hy} / T_{cy} \geq 0.1$)	OK	OK	OK
接合部横補強筋比 $p_{wo} = a_{wr} / (B_c \cdot X)$ (%)	0.31%	0.31%	0.31%
接合部必要横補強筋比 $p_{jwh} = \max(0.3\%, p_{wo})$ (%)	0.31%	0.31%	0.31%
接合部横補強筋・必要組数 $= \text{Roundup}(B_c \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo} / a_{wr}, 0)$	12	12	12
全横補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} = p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wyo}$ (N/mm ²)	1.18	1.27	1.27
必要横補強筋量 $\Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy} = \{(\phi_s \cdot RuD / Rua) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w$ (N/mm ²)	0.53	0.00	0.00
判定⑥ ($p_{wo} \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy}$)	OK	OK	OK
基礎梁主筋必要定着長さ比	l_{ao} / db 12.9	5.2	5.3
	$\max\{l_{ao} / db, 16\}$ 16.0	16.0	16.0
基礎梁主筋最小定着長さ	$L_{ag} = \max(d_{pa}, 0.75D_c)$ (mm) 638	638	638
	L_{ag} / db 22.0	22.0	22.0
判定⑦ ($L_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db)$ かつ $l_{ao} / db \leq 25$)	OK	OK	OK
根巻き柱曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{cuo} = M_{cu} / h_e$ (kN)	1176	1176	1475
基礎梁曲げ耐力時柱せん断力 $cQ_{gu} = (M_{gu} / l_o) \cdot (l / h)$ (kN)	540	573	629
根巻き柱設計せん断力 $Q_{cuo} = \min(cQ_{cuo}, cQ_{gu})$ (kN)	540	573	629
(根巻き柱)塑性式・せん断耐力 $V_{su} = \min(V_{u1}, V_{u2}, V_{u3})$ (kN)	1285	1285	1285
付着割裂耐力 V_{bu} (kN)	2028	2028	1971
$V_{suo} = \min(V_{su}, V_{bu})$ (kN)	1285	1285	1285
	V_{suo} / Q_{cuo} 2.38	2.24	2.04
判定⑧ ($V_{suo} / Q_{cuo} \geq 1.3$)	OK	OK	OK
根巻き柱拘束筋算定用せん断力 $Q_{ju} = Q_{cuo} + V_{u1}$ (kN)	885	919	975
根巻き拘束筋必要断面積 $a_{wo} = Q_{ju} / \sigma_{wyo}$	2727	2831	3004
根巻き拘束筋全断面積 $AH = n_{wr} \cdot a_{wr}$ (mm ²)	3048	3556	3556
	AH / a_{wo} 1.12	1.26	1.18
判定⑨ ($AH / a_{wo} \geq 1.0$)	OK	OK	OK
根巻き柱のメカニズム圧縮軸力 $N_{cc} = n_{cca} \cdot N_A$ (kN)	2318	2318	1089
単純累加式による N_{cc} 時根巻き柱曲げ終局耐力 M_{cu} (kN・m)	22777	22777	23533
設計柱全曲げモーメント $\Sigma M_{cu} = M_{cu} + M_{ap}$ (kN・m)	23802	23802	24061
柱曲げ耐力時せん断力 $cQ_{cu} = \Sigma M_{cu} / (h_{o1} + 2h_e)$ (kN)	6289	6289	6357
終局強度設計用柱せん断力 $Q_{cu} = \min(cQ_{cu}, cQ_{gu})$ (kN)	540	573	629
接合部設計せん断力 $V_{muh} = \xi \cdot h \cdot Q_{cu}$ (kN)	2871	2838	2782
接合部せん断終局耐力 $V_{puh} = \kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}$ (kN)	3743	4403	4560
接合部せん断余裕度 $\lambda_p = V_{puh} / V_{muh}$	1.30	1.55	1.64
判定⑩ ($\lambda_p \geq 1.1$)	OK	OK	OK

(3) 置換え方式による検定計算結果

ト形接合部の入力データを表 6.3.2(B5)、検定計算結果を表 6.3.2(B6)、十字形接合部の入力データを表 6.3.2(B7)、検定計算結果を表 6.3.2(B8)に示す。

置換え方式の場合、根巻き柱の構造諸元は原設計と同じすることを基本とし、図 6.1.1 に示すように、一貫構造計算プログラムでメカニズム到達を確認した上で、判定①、判定⑤～⑦、判定⑩を満足すればよいとしている。

表 6.3.2 (B5) ト形接合部の入力データ

柱記号		C1	C1	C1	C1
基礎梁記号		FG11	FG1	FG14	FG3
直交梁の種別 (両側, 片側, 無)		片側	片側	両側	両側
コンクリート設計基準強度	$F_c(N/mm^2)$	24	24	24	24
1階構造階高	$h1(mm)$	7000	7000	7000	7000
スパン長	$l(mm)$	6000	10000	6000	10000
2層目鉄骨梁せい	$D_{sg}(mm)$	700	700	700	700
基礎梁幅	$B_g(mm)$	600	550	600	550
基礎梁せい	$D_g(mm)$	1300	1300	1300	1300
梁上1段筋中心のかぶり厚さ	$dtT(mm)$	115	115	115	115
梁下1段筋中心のかぶり厚さ	$dtB(mm)$	80	80	80	80
1段筋と2段筋の中心間距離	$P12H(mm)$	105	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD345	SD345	SD345	SD345
	呼び名	D29	D29	D29	D29
上端1段筋本数	$n1上$	5	4	5	4
上端2段筋本数	$n2上$	2	2	2	2
上端3段筋本数	$n3上$	0	0	0	0
下端1段筋本数	$n1下$	5	4	5	4
下端2段筋本数	$n2下$	0	0	0	0
下端3段筋本数	$n3下$	0	0	0	0
根巻き柱幅、せい	$B_c=D_c(mm)$	850	850	850	850
根巻き柱有効高さ	$h_e(mm)$	1570	1570	1570	1570
(根巻き柱主筋)	鋼種	SD345	SD345	SD345	SD345
	呼び名	D25	D25	D25	D25
	柱主筋全本数 Σn_c (本)	24	24	24	24
	柱引張側主筋本数 n_{ct} (本)	7	7	7	7
	柱中段主筋本数 n_{cn} (本)	10	10	10	10
柱梁接合部横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D13	D13	D13	D13
	1組の本数	2	2	2	2
	間隔 $X(mm)$	95	95	95	95
定着部拘束筋	1組の本数	2	2	2	2
	組数 nH	2	2	2	2
(角形鋼管)	幅(せい) $D_s(mm)$	450	450	450	450
杭直径	$D_p(mm)$	800	800	800	800
フーチング出寸法	$\Delta h2(mm)$	1090	1090	1090	1090

表 6.3.2 (B6) ト形接合部の検定計算結果

柱記号		C1	C1	C1	C1
基礎梁記号		FG11	FG1	FG14	FG3
(根巻き柱有効せい)	h_e/D_s	3.49	3.49	3.49	3.49
	h_e/db	62.8	62.8	62.8	62.8
判定① ($h_e/D_s \geq 2.2$ かつ $h_e/db \geq 25$)		OK	OK	OK	OK
定着部拘束筋引張耐力	$T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{wyH}$ (kN)	150	150	150	150
	引張力伝達係数 T_{Hy}/T_{Cy}	0.11	0.11	0.11	0.11
判定⑤ ($T_{Hy}/T_{Cy} \geq 0.1$)		OK	OK	OK	OK
接合部横補強筋比	$p_{wo}=a_w/(B \cdot X)$ (%)	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%
接合部必要横補強筋比	$p_{jwh}=\max(0.3\%, p_{wo})$ (%)	0.31%	0.31%	0.31%	0.31%
接合部横補強筋・必要組数	$=\text{Roundup}(B \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo}/a_w, 0)$	12	12	12	12
全横補強筋量(設計値)	$\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}=p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wy0}(N/mm^2)$	1.18	1.18	1.18	1.18
必要横補強筋量	$\Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy} = \{(\phi_s \cdot R_{ud}/R_{ua}) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w$ (N/mm ²)	0.40	0.29	0.00	0.00
判定⑥ ($p_{wo} \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy}$)		OK	OK	OK	OK
基礎梁主筋必要定着長さ比	l_{ao}/db	13.2	13.2	5.3	5.3
	$\max\{l_{ao}/db, 16\}$	16.0	16.0	16.0	16.0
基礎梁主筋最小定着長さ	$L_{ag}=\max(d_{pa}, 0.75D_c)$ (mm)	637.5	637.5	637.5	637.5
	L_{ag}/db	22.0	22.0	22.0	22.0
判定⑦ ($L_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16db)$ かつ $l_{ao}/db \leq 25$)		OK	OK	OK	OK
基礎梁曲げ耐力時柱せん断力	$cQ_{gu}=(M_{gu}/l_o) \cdot (l/h)$ (kN)	304	242	304	242
終局強度設計用柱せん断力	$Q_{cu}=cQ_{gu}$ (kN)	304	242	304	242
接合部設計せん断力	$V_{muh}=\xi \cdot h \cdot Q_{cu}$ (kN)	1402	1220	1402	1220
接合部せん断終局耐力	$V_{puh}=\kappa \cdot u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}$ (kN)	2035	1965	2394	2312
接合部せん断余裕度	$\lambda_p=V_{puh}/V_{muh}$	1.45	1.61	1.71	1.89
判定⑩ ($\lambda_p \geq 1.0$)		OK	OK	OK	OK

表 6.3.2 (B7) 十字形接合部の入力データ

柱記号		C1	C2	C2
基礎梁記号		FG2	FG1	FG13
直交梁の種別 (両側, 片側, 無)		片側	両側	両側
コンクリート設計基準強度	$F_c(N/mm^2)$	24	24	24
1階構造階高	$h_1(mm)$	7000	7000	7000
スパン長	$l(mm)$	10000	10000	6000
2層目鉄骨梁せい	$D_{sg}(mm)$	700	700	700
基礎梁幅	$B_g(mm)$	550	550	600
基礎梁せい	$D_g(mm)$	1300	1300	1300
梁上1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tT}(mm)$	130	130	130
梁下1段筋中心のかぶり厚さ	$d_{tB}(mm)$	90	90	90
1段筋と2段筋の中心間距離	$P_{12H}(mm)$	105	105	105
(基礎梁主筋)	鋼種	SD345	SD345	SD345
	呼び名	D29	D29	D29
上端1段筋本数	$n_{1上}$	4	4	5
上端2段筋本数	$n_{2上}$	3	3	2
上端3段筋本数	$n_{3上}$	0	0	0
下端1段筋本数	$n_{1下}$	4	4	4
下端2段筋本数	$n_{2下}$	0	0	0
下端3段筋本数	$n_{3下}$	0	0	0
根巻き柱幅、せい	$B_e=D_e(mm)$	850	850	850
根巻き柱有効高さ	$h_e(mm)$	1570	1570	1570
(根巻き柱主筋)	鋼種	SD345	SD345	SD345
	呼び名	D25	D25	D29
	柱主筋全本数 Σn_c (本)	24	24	24
	柱引張側主筋本数 n_{ct} (本)	7	7	7
	柱中段主筋本数 n_{cn} (本)	10	10	10
柱梁接合部横補強筋	鋼種	SD295	SD295	SD295
	呼び名	D13	D13	D13
	1組の本数	2	2	2
	間隔X(mm)	95	95	95
定着部拘束筋	1組の本数	2	2	2
	組数nH	2	3	3
(角形鋼管)	幅(せい) D_s (mm)	450	450	450
	杭直径 D_p (mm)	800	600	600
	フーチング出寸法 Δh_2 (mm)	1090	1090	1090

表 6.3.2 (B8) 十字形接合部の検定計算結果

柱記号		C1	C2	C2
基礎梁記号		FG2	FG1	FG13
(根巻き柱有効せい)	h_e/D_s	3.49	3.49	3.49
	h_e/d_b	62.8	62.8	54.1
	判定① ($h_e/D_s \geq 2.2$ かつ $h_e/d_b \geq 25$)	OK	OK	OK
定着部拘束筋引張耐力 $T_{Hy}=A_H \cdot \sigma_{wyH}$ (kN)		150	225	225
引張力伝達係数 T_{Hy}/T_{Cy}		0.11	0.17	0.13
	判定⑤ ($T_{Hy}/T_{Cy} \geq 0.1$)	OK	OK	OK
接合部横補強筋比 $p_{wo}=a_w/(B_c \cdot X)$ (%)		0.31%	0.31%	0.31%
接合部必要横補強筋比 $p_{jwh}=\max(0.3\%, p_{wo})$ (%)		0.31%	0.31%	0.31%
接合部横補強筋・必要組数=Roundup($B_c \cdot p_{jwh} \cdot j_{tgo}/a_{wh}, 0$)		12	12	12
全横補強筋量(設計値) $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}=p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} + (p_{jwh})_H \cdot \sigma_{wyo}(N/mm^2)$		1.18	1.27	1.27
必要横補強筋量 $\Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy} = \{(\phi_s \cdot RuD/Rua) - \alpha_{wo}\} F_c / \beta_w$ (N/mm^2)		0.53	0.00	0.00
	判定⑥ ($p_{wo} \geq p_{jwh}$ かつ $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq \Sigma p_{jwho} \cdot \sigma_{wy}$)	OK	OK	OK
基礎梁主筋必要定着長さ比	l_{ao}/d_b	12.9	5.2	5.3
	$\max\{l_{ao}/d_b, 16\}$	16.0	16.0	16.0
基礎梁主筋最小定着長さ	$L_{ag}=\max(d_{pa}, 0.75D_c)$ (mm)	638	638	638
	L_{ag}/d_b	22.0	22.0	22.0
	判定⑦ ($L_{ag} \geq \max(l_{ao}, 16d_b)$ かつ $l_{ao}/d_b \leq 25$)	OK	OK	OK
基礎梁曲げ耐力時柱せん断力 $c_{Q_{gu}}=(M_{gu}/l_o) \cdot (l/h)$ (kN)		540	573	629
終局強度設計用柱せん断力 $Q_{cu}=c_{Q_{gu}}$ (kN)		540	573	629
接合部設計せん断力 $V_{muh}=\xi_h \cdot Q_{cu}$ (kN)		2871	2838	2782
接合部せん断終局耐力 $V_{puh}=\kappa_u \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_{jh}$ (kN)		3743	4403	4560
接合部せん断余裕度 $\lambda_p=V_{puh}/V_{muh}$		1.30	1.55	1.64
	判定⑩ ($\lambda_p \geq 1.0$)	OK	OK	OK

6.4 検討建物の配筋詳細図

(1) 物流倉庫 A

物流倉庫 A の C11 根巻き柱・柱梁接合部配筋詳細を詳細図 1 に示す。

同図に示した基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は、柱梁接合部配筋詳細の納まりを考慮して定めている。

また、表 6.3.2(A2) に示すように、同図中に示した定着部拘束筋(2-D16-2 組) 足部の全降伏引張耐力 T_{Hy} は、判定⑤の根巻き柱主筋 1 列降伏引張耐力 T_{cy} の 0.1 倍以上の条件を満足する。

詳細図 1 の作図要領を以下に示す。なお、C11 根巻き柱主筋 1 列の平均間隔 X_c を表 6.4.1 に示す。

- 1) 基礎梁 FG6 上端筋位置は下側、FG16 上端筋位置は上側とする。
- 2) 基礎梁 FG6, FG16 とともに、基礎梁主筋 1 列の本数(8-D32 または 6-D32) は、屋内側の隅筋より、順次、原則として、JASS5 の鉄筋中心間隔(84mm)で配置する。その際、基礎梁主筋と根巻き柱主筋が干渉しないことを確認する。
- 3) 基礎梁主筋定着金物位置は、FG6, FG16 とともに、それぞれ最外側直交筋を超え、かつ、定着金物同士が干渉しない位置とし、基礎梁主筋定着長さ l_{ag} を決定する。
- 4) 根巻き柱主筋位置は、根巻き拘束筋(中子筋)位置に応じて決定する。
- 5) 基礎梁屋外面の割増し部に組立筋(1-D22)を配置し、基礎梁スタラップは、基礎梁主筋と組立筋を合せてかけ渡す。

表 6.4.1 C11 根巻き柱主筋 1 列の平均間隔 X_c

柱記号	B_c (mm)	n_c (本)	n_{co} (本)	d_b (mm)	d_t (mm)	R_x (mm)	X_c (mm)	X_c / d_b	d_{to} (mm)	d_{to} / d_b	判定
C11	1250	26	8	29	90	1070	153	5.3	77	2.6	OK

B_c : 柱幅、 n_c : 柱主筋全本数、 n_{co} : 柱主筋1列の本数、 d_b : 主筋呼び名の値
 d_t : 隅筋中心かぶり厚さ、 $R_x = B_c - 2d_t$ 、 X_c : 柱主筋平均間隔
 d_{to} : JASS5の鉄筋間隔、判定 : $X_c \geq d_{to}$ の時"OK"

柱記号	鉄骨柱サイズ	根巻き柱					エンドプレート		柱梁接合部	
		$B_c(D_c)$ (mm)	h_e (mm)	主筋	根巻き柱横補強筋	根巻き拘束筋	$BE(DE)$ (mm)	TE (mm)	柱梁接合部横補強筋	定着部拘束筋
C11	□-550×550×22	1250	1310	26-D29	2-D16-15組	4-D16-6組	750	32	2-D16-16組	2-D16-2組

B_c, D_c : 根巻き柱幅(せい)、 h_e : 根巻き柱有効高さ、 $BE(DE), TE$: エンドプレート幅(せい)および厚さ

(鋼種)根巻き柱主筋 : SD390、根巻き柱横補強筋、根巻き拘束筋 : 685N/mm²級、柱梁接合部横補強筋、定着部拘束筋 : SD295A

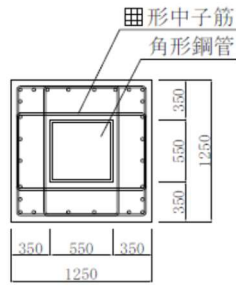
(材質)角形鋼管 : BCP325、エンドプレート : SN490B、(角形鋼管端部とエンドプレートの溶接)突合せ溶接

基礎梁記号	$B_g \times D_g$ (mm)	上端筋	下端筋	定着長さ l_{ag} (mm)	横補強筋	基礎形状寸法(mm)			杭種別	杭直径 (mm)	
						幅(せい)	高さ	出寸法			
FG6	950×1800	8+7-D32	8+6-D32	1000	4-D13@150						
FG16	750×1800	6+2-D32	6+2-D32	1000	4-D13@200						
基礎記号						F5	1500	1500	750	SC杭	600

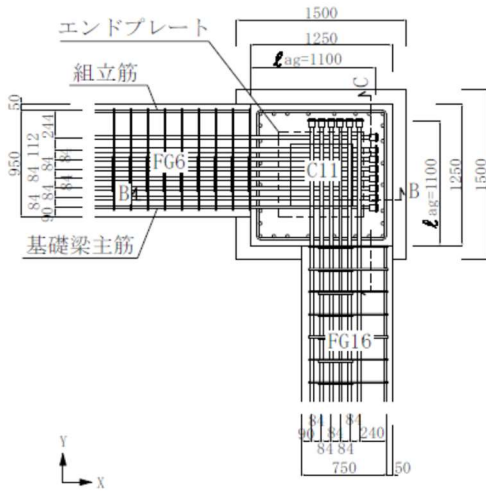
B_g, D_g : 基礎梁断面幅(せい)、(鋼種)主筋 : SD390、横補強筋 : SD295A

出寸法 : 基礎梁底から基礎底までの寸法

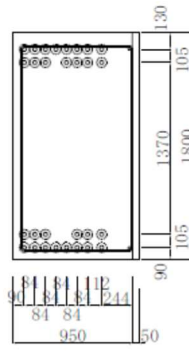
杭頭根入(100mm) : 基礎底から杭天端までの寸法



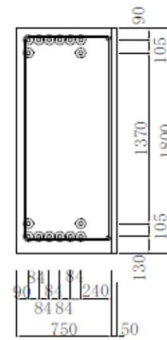
(D-D 断面図)



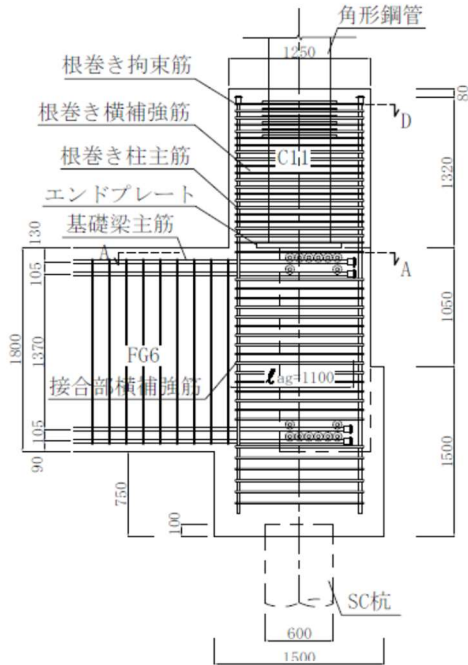
(A-A 断面図)



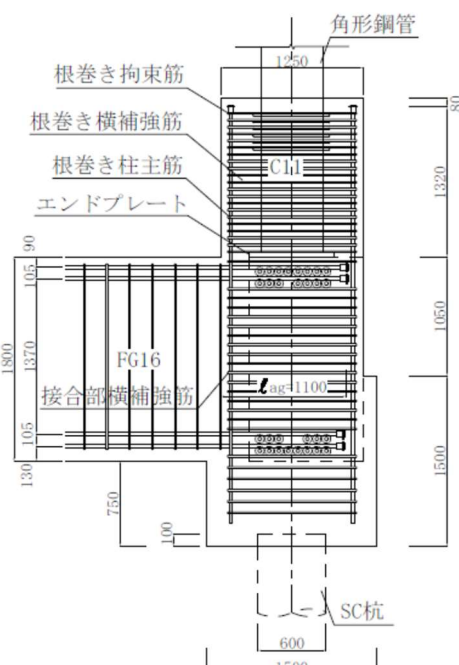
(FG16 断面図)



(FG6 断面図)



(B-B 断面図)



(C-C 断面図)

(寸法単位：mm)

詳細図1 物流倉庫AのC11根巻き柱・柱梁接合部配筋詳細

(2) 物流倉庫 B

物流倉庫 B の C1 根巻き柱・柱梁接合部配筋詳細を詳細図 2 に示す。

同図に示した基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は、柱梁接合部配筋詳細の納まりを考慮して定めている。

また、表 6.3.2(B2) に示すように、同図中に示した定着部拘束筋(2-D13-2 組) 足部の全降伏引張耐力 T_{Hy} は、判定⑤の根巻き柱主筋 1 列降伏引張耐力 T_{cy} の 0.1 倍以上の条件を満足する。

詳細図 2 の作図要領を以下に示す。なお、C1 根巻き柱主筋 1 列の平均間隔 X_c を表 6.4.2 に示す。

- 1) 基礎梁 FG11 上端筋位置は下側、FG1 上端筋位置は上側とする。
- 2) 基礎梁 FG11, FG1 とともに、基礎梁主筋 1 列の本数(5-D29 または 4-D29) は、屋内側の隅筋より、順次、原則として、JASS5 の鉄筋中心間隔(77mm)で配置する。その際、基礎梁主筋と根巻き柱主筋が干渉しないことを確認する。
- 3) 基礎梁主筋定着金物位置は、FG11, FG1 とともに、それぞれ最外側直交筋を超え、かつ、定着金物同士が干渉しない位置とし、基礎梁主筋定着長さ l_{ag} を決定する。
- 4) 根巻き柱主筋位置は、根巻き拘束筋(中子筋)位置に応じて決定する。
- 5) 基礎梁屋外面の割増し部に組立筋(1-D19)を配置し、基礎梁スタラップは、基礎梁主筋と組立筋を合せてかけ渡す。

表 6.4.2 C1 根巻き柱主筋 1 列の平均間隔 X_c

柱記号	Bc (mm)	nc (本)	nco (本)	db (mm)	dt (mm)	Rx (mm)	Xc (mm)	Xc / db	dto (mm)	dto / db	判定
C1	850	24	7	25	90	670	112	4.5	66	2.6	OK

Bc : 柱幅、nc : 柱主筋全本数、nco : 柱主筋 1 列の本数、db : 主筋呼び名の値
 dt : 隅筋中心かぶり厚さ、Rx=Bc-2dt、Xc : 柱主筋平均間隔
 dto : JASS5 の鉄筋間隔、判定 : $X_c \geq dto$ の時 "OK"

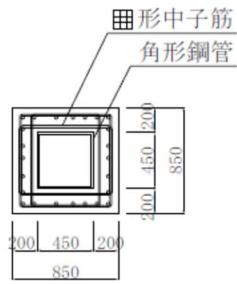
柱記号	鉄骨柱サイズ	根巻き柱					エンドプレート		柱梁接合部	
		Bc (Dc) (mm)	he (mm)	主筋	根巻き柱横補強筋	根巻き拘束筋	BE (DE) (mm)	TE (mm)	柱梁接合部横補強筋	定着部拘束筋
C1	□-450×450×16	850	1570	24-D25	2-D13-17組	4-D13-6組	600	28	2-D13-12組	2-D13-2組

Bc, Dc : 根巻き柱幅(せい)、he : 根巻き柱有効高さ、BE (DE), TE : エンドプレート幅(せい)および厚さ
 (鋼種)根巻き柱主筋 : SD345、根巻き柱横補強筋、根巻き拘束筋、柱梁接合部横補強筋、定着部拘束筋 : SD295A
 (材質)角形鋼管 : BCR295、エンドプレート : SN490B、(角形鋼管端部とエンドプレートの溶接)突合せ溶接

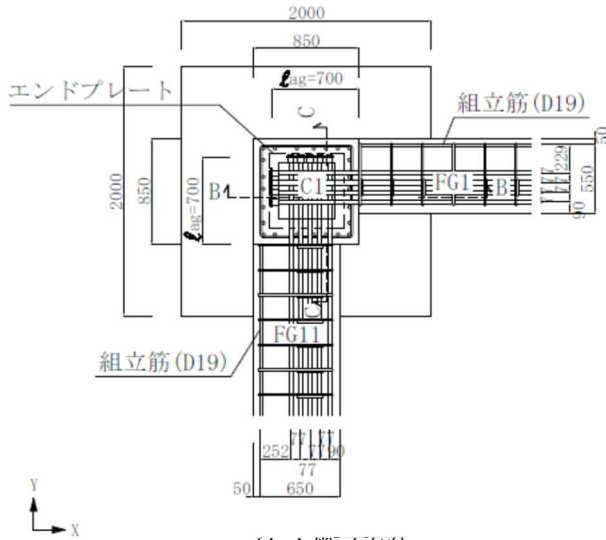
基礎梁記号	Bg×Dg (mm)	上端筋	下端筋	定着長さ l_{ag} (mm)	横補強筋	基礎記号	基礎形状寸法 (mm)			杭種別	杭直径 (mm)
							幅(せい)	高さ	出寸法		
FG1	550×1300	4+2-D29	4-D29	640	4-D13@250	F1	2000	1200	1090	PHC杭	800
FG11	600×1300	5+2-D29	5-D29	640	4-D13@200						

Bg, Dg : 基礎梁断面幅(せい)、(鋼種)主筋 : SD345、横補強筋 : SD295A

出寸法 : 基礎梁底から基礎底までの寸法
 杭頭根入(100mm) : 基礎底から杭天端までの寸法



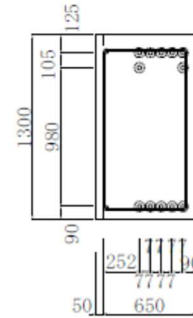
(D-D 断面図)



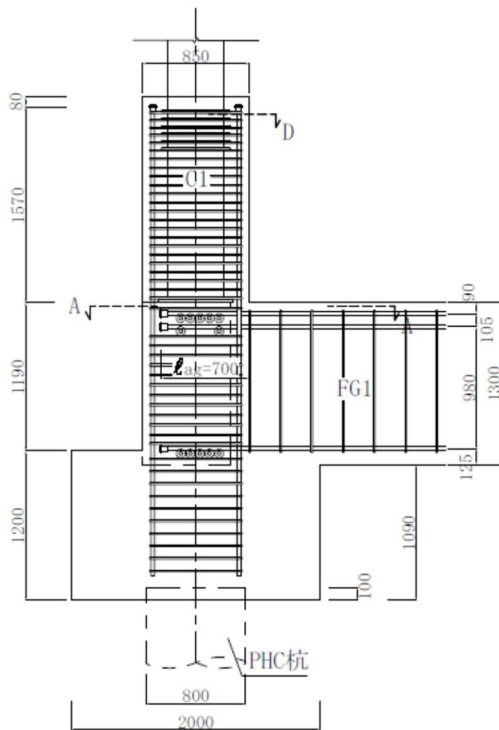
(A-A 断面図)



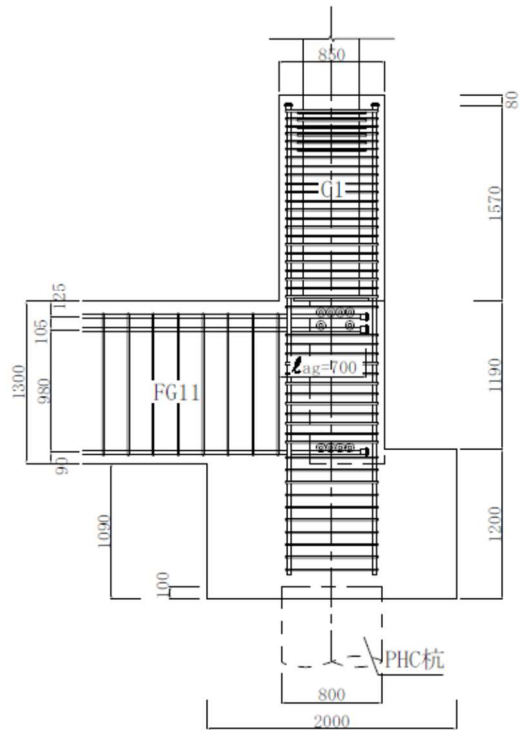
(FG1 断面図)



(FG11 断面図)



(B-B 断面図)



(C-C 断面図)

(寸法単位：mm)

詳細図 2 物流倉庫 B の C1 根巻き柱・柱梁接合部配筋詳細

【根巻き柱・基礎梁主筋定着部関連の参考文献】

- 1) 国土交通省住宅局監修：2020年版 建築物の構造関係技術基準解説書、付1-2.6 柱脚の設計の考え方、pp. 633-655, 2020
- 2) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針 7.3 根巻き柱脚の設計、pp. 335-345, 2021
- 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事、10節 鉄筋工事、2015
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説、2021
- 5) 日本建築学会：鋼コンクリート構造接合部の応力伝達と抵抗機構、4章 鉄骨部材と鉄筋コンクリート部材の直列的に結合する接合部、pp. 102-117, 2011.2
- 6) 金本清臣、真瀬伸治、山野辺宏治：鉄筋コンクリート柱に接合される鉄骨梁端部を鉄筋コンクリートで巻いた混合構造梁構法の耐力評価、日本建築学会構造系論文集、第76巻、第659号、pp. 205-211, 2011.1
- 7) 鈴木英之、西原寛：材端部RC造中央部鉄骨造で構成される複合構造梁のせん断耐力と変形性能、日本建築学会構造系論文集、第73巻、第631号、pp. 1673-1680, 2008.9
- 8) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、1999
- 9) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説 8章 柱梁接合部の性能評価法、pp. 232-247, 2004
- 10) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針 6章 杭基礎、6.6節 水平抵抗力および水平変位、pp. 262-296, 2001
- 11) 益尾潔、窪田敏行：機械式定着工法によるRC造ト形接合部の終局耐力に関する設計条件、日本建築学会構造系論文集、第590号、pp. 87-94, 2005.4
- 12) 益尾潔、足立将人：機械式定着によるRC造ト形柱梁接合部の構造性能、日本建築学会構造系論文集、第627号、pp. 819-826, 2008.5
- 13) (一社)建築構造技術支援機構：SABTEC 高強度せん断補強筋 設計施工指針(2021年)(付録)修正靱性指針式による終局強度設計、pp. 設計-52-58, 2021

(付録 1) 開発実験概要

1. 実験計画

開発実験の試験体は、角形鋼管柱、根巻き柱、基礎梁、杭、フーチングからなるト形接合部試験体とし、杭は正方形断面柱にモデル化した上で、杭主筋と根巻き柱主筋との継手耐力は鉄筋母材耐力と同等以上とし、それらの主筋を連続の主筋とした。また、根巻き柱、基礎梁、杭の間を柱梁接合部とし、柱梁接合部の周囲にフーチングを配置するとともに、フーチング形状寸法を単純化している。

表 1 に示すように、2016 年度実験の試験体は、根巻き柱の破壊形式の解明を意図し、 \square -250×250×16mm とし、基礎梁主筋本数を変えることで、接合部せん断余裕度 gQ_{pu}/gQ_{mu} を 1 前後とした 4 体である。基礎梁主筋と根巻き柱主筋の定着金物はネジ節鉄筋型であり、実験因子は、コンクリートの目標圧縮強度 (F_c27 、 F_c40) と基礎梁上下主筋量 (4-D25, 4+2-D25, 4+4-D25) とした。 gQ_{pu} は接合部せん断終局耐力時梁せん断力、 gQ_{mu} は梁曲げ終局耐力時せん断力である。

2017 年度実験の試験体は、下記の 3 項目の影響を調べた 6 体である。

- ① 定着金物種別の影響： 円形定着板型 (FRIP 定着板、EG 定着板、DB ヘッド)
- ② 高強度せん断横補強筋の影響： 785N/mm² 級高強度せん断補強筋
- ③ 角形鋼管サイズの影響： \square -250×250×9mm

- 1) F_c27 の No. 5～No. 7 は、2016 年度実験のネジ節鉄筋型を用いた No. 2 と同様、基礎梁上下主筋量 4+2-D25 とし、円形定着板型 (FRIP 定着板、EG 定着板、DB ヘッド) を用いた試験体である。
- 2) F_c27 の No. 8 は、基礎梁上下主筋量 4+2-D25 について、接合部横補強筋、根巻き柱横補強筋、根巻き拘束筋を 785N/mm² 級高強度せん断補強筋とした試験体である。
- 3) F_c27 の No. 9 と F_c40 の No. 10 は、2016 年度実験の F_c27 の No. 2 と F_c40 の No. 3 の \square -250×250×16mm に対して、 \square -250×250×9mm を用いた試験体である。

\square -250×250×16mm は \square -250×250 サイズの FA ランクの最大幅厚比、 \square -250×250×9mm は最小幅厚比の角形鋼管である。

全試験体ともに、基礎梁主筋および柱主筋鋼種は SD490 とし、基礎梁上面から根巻き柱主筋定着板内面までの根巻き柱有効高さ h_e は 550mm ($h_e/D_s=2.2$, $h_e/db=25$) としている。また、フーチング外面から基礎梁主筋定着板内面までの基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は 500mm ($l_{ag}/DF=0.77$, $l_{ag}/db=20$) としている。 D_s は鋼管柱せい、 DF はフーチングせい、 db は主筋呼び名の値を示す。

2016 年度実験試験体 (No. 1～No. 4) 配筋詳細を図 1、根巻き柱部配筋詳細を図 2、水平断面配筋詳細を図 3、材料試験結果を表 2 に示す。

表1 実験計画

	試験体	Fc N/mm ²	鋼管柱 サイズ	定着 金物 種別	RC杭(柱)				RC基礎梁				フーチング		柱梁接合部	
					断面寸法		主筋		断面寸法		上下主筋		断面寸法		横補強筋	
					Bc (mm)	Dc (mm)	配筋 (ρg)	鋼種	Bg (mm)	Dg (mm)	配筋 (ρt)	鋼種	Bj (mm)	Dj (mm)	配筋 (鋼種)	組数 (pjwh)
2016 年度	No. 1	27	□-250 ×250 ×16	ネジ節1	500	500	8- D22 (1.24%)	SD 490	350	500	4-D25 (1.29%)	SD 490	650	650	2-D10 (SD295A)	4組 (0.28%)
	No. 2										4+2-D25 (1.85%)					
	No. 3	4+4-D25 (2.41%)														
	No. 4	4+2-D25 (1.85%)														
2017 年度	No. 5	27	□-250 ×250 ×9	円形1	500	500	8- D22 (1.24%)	SD 490	350	500	4+2-D25 (1.85%)	SD 490	650	650	2-D10 (785)	4組 (0.28%)
	No. 6			円形2												
	No. 7			円形3												
	No. 8	ネジ節1		2-D10 (785)												
	No. 9	ネジ節2		2-D10 (SD295A)												
	No. 10	ネジ節3		2-D10 (SD295A)												

- 【記号】 Fc：コンクリート目標圧縮強度、pt：基礎梁引張鉄筋比、Dg：柱全主筋比
 【架構寸法】 スパン長 $l/2=1700\text{mm}$ 、内法スパン長 $l_o/2=1375\text{mm}$ 、階高 $h_1/2=1450\text{mm}$ 、 $h_2/2=1300\text{mm}$
 【基礎梁主筋定着長さ】 $l_{ag}=500\text{mm}$ 、20.0db、1.0Dc
 【基礎梁横補強筋】 No. 1：2-D10@100mm、 $p_w=0.41\%$ 、No. 2, No. 3：75mm、 $p_w=0.54\%$ 、No. 4：50mm、 $p_w=0.81\%$ (SD295A)
 No. 5~No. 10：75mm、 $p_w=0.54\%$ (No. 5~No. 7, No. 9, No. 10：SD295A、No. 8：785N/mm²級)
 【柱横補強筋】 各試験体ともに、2-D10@60mm ($p_w=0.47\%$ 、SD295A)
 【根巻き柱】 有効高さ $h_e=550\text{mm}$ ($h_e/D_s=550/250=2.2$ 、 $h_e/db=550/22=25$)
 根巻き横補強筋 2-D10@60、根巻き拘束筋2-D13 (SD295A、785N/mm²級)
 根巻き拘束筋組数 No. 1, No. 2, No. 5~No. 7, No. 9：3組、No. 3, No. 4, No. 10：4組、No. 8：1組
 【フーチング】 高さ=600mm、出寸法 $\Delta h_{o2}=100\text{mm}$
 縦筋12-D13 (SD295A)、 $p_g=0.36\%$ 、外周筋2-D6、7+2組 ($p_w=0.18\%$ 、SD295A)
 【柱軸力】 No. 1：Nc=350kN (Nc/FcBcDc=0.05)、No. 2, No. 3, No. 5~No. 10：Nc=450kN (Nc/FcBcDc=0.07、0.05)
 No. 4：Nc=500kN (Nc/FcBcDc=0.05)
 【定着金物】 ネジ節1：プレートナット(東京鉄鋼)、ネジ節2：ネジプレート(JFE条鋼)
 ネジ節3：タフネジナット(共英製鋼)、円形1：FRIP定着板(伊藤製鐵所)、円形2：EG定着板(合同製鐵)
 円形3：DBヘッド(ディビーエス)
 【角形鋼管材質】 BCR295、【エンドプレート】 PL-310×310×22, 20 (SN490B)

表2 材料試験結果

(a) コンクリート

	Fc (N/mm ²)	試験体	σ_B (N/mm ²)	ϵ_{co} ($\times 10^{-3}$)	Ec (kN/mm ²)	σ_t (N/mm ²)
2016 年度	27	No. 1, No. 2	28.3	2.13	26.6	2.46
	40	No. 3, No. 4	45.7	2.36	31.9	3.53
2017 年度	27	No. 5~No. 7	25.3	1.77	24.5	2.30
	40	No. 8, No. 9	28.0	2.11	26.5	2.69
		No. 10	42.8	2.44	30.0	3.54

Fc：目標圧縮強度、 σ_B ：実圧縮強度
 ϵ_{co} ： σ_B 時ひずみ、Ec：ヤング係数、 σ_t ：割裂強度

(b) 鋼材

	使用部位	サイズ	鋼種	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	伸び (%)	降伏比 (%)
2016 年度	鋼管柱	□-250×250×16	BCR295	355	440	42	81
	ENDプレート	PL-22	SN490B	381	535	27	71
2017 年度	鋼管柱	□-250×250×16	BCR295	351	412	46	85
		□-250×250×9	BCR295	355	441	41	80
	ENDプレート	PL-22	SN490B	381	531	29	72
		PL-19	SN490B	349	517	27	68

σ_y ：降伏点、 σ_u ：引張強度

(c) 鉄筋

	使用部位	節形状	鋼種	呼び 名	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	伸び (%)
2016 年度	基礎梁主筋	ネジ節1	SD490	D25	531	710	23
	柱主筋			D22	539	720	18
	横補強筋	竹節	SD295A	D10	357	498	27
	根巻き拘束筋			D13	333	482	28
2017 年度	基礎梁主筋	ネジ節1	SD490	D25	533	712	21
		ネジ節2			540	737	20
		ネジ節3			519	695	22
		竹節1			507	686	24
		竹節2			533	675	22
		竹節3			531	721	21
	柱主筋	ネジ節1	SD490	D22	540	722	19
		ネジ節2			548	749	17
		ネジ節3			547	723	18
		竹節1			548	719	19
		竹節2			545	693	19
		竹節3			519	704	17
	横補強筋	竹節	SD295A	D10	370	515	28
					斜め節 785級	876	1058
根巻き拘束筋		竹節	SD295A	D13	353	508	29
					斜め節 785級	861	1050

横補強筋：基礎梁、柱梁接合部、根巻き柱、 σ_y ：降伏点、 σ_u ：引張強度
 ただし、RC柱(杭)横補強筋はすべてSD295A

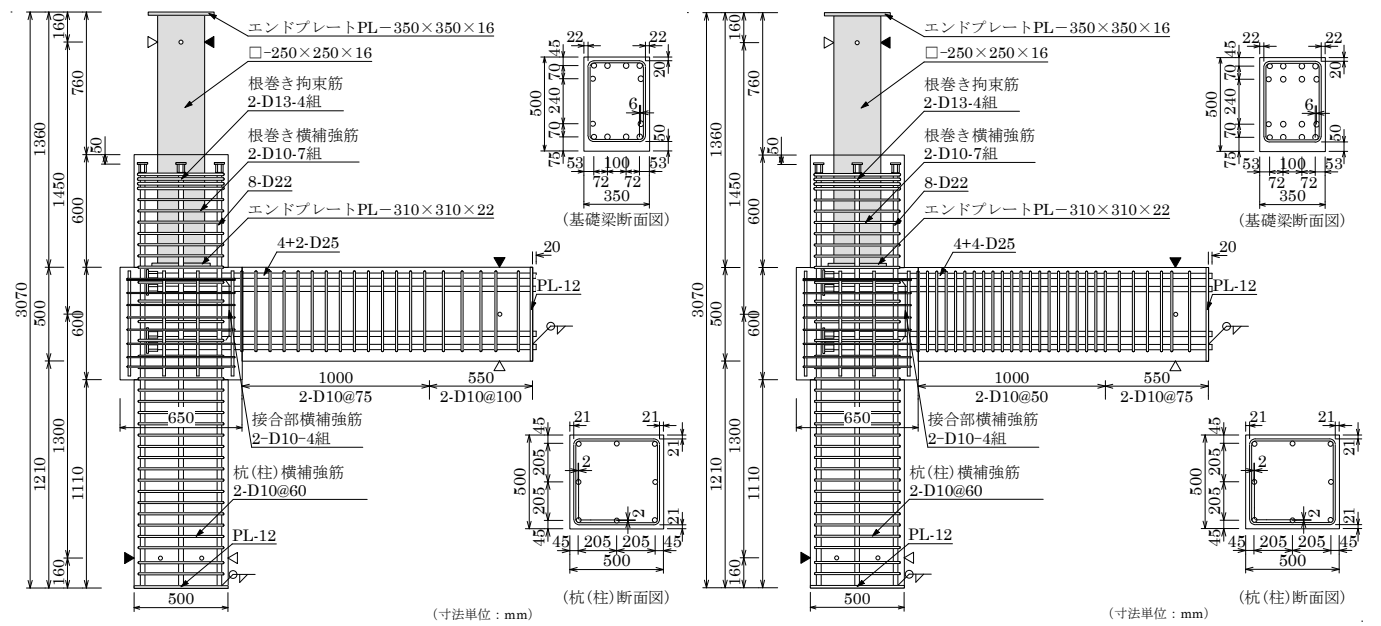
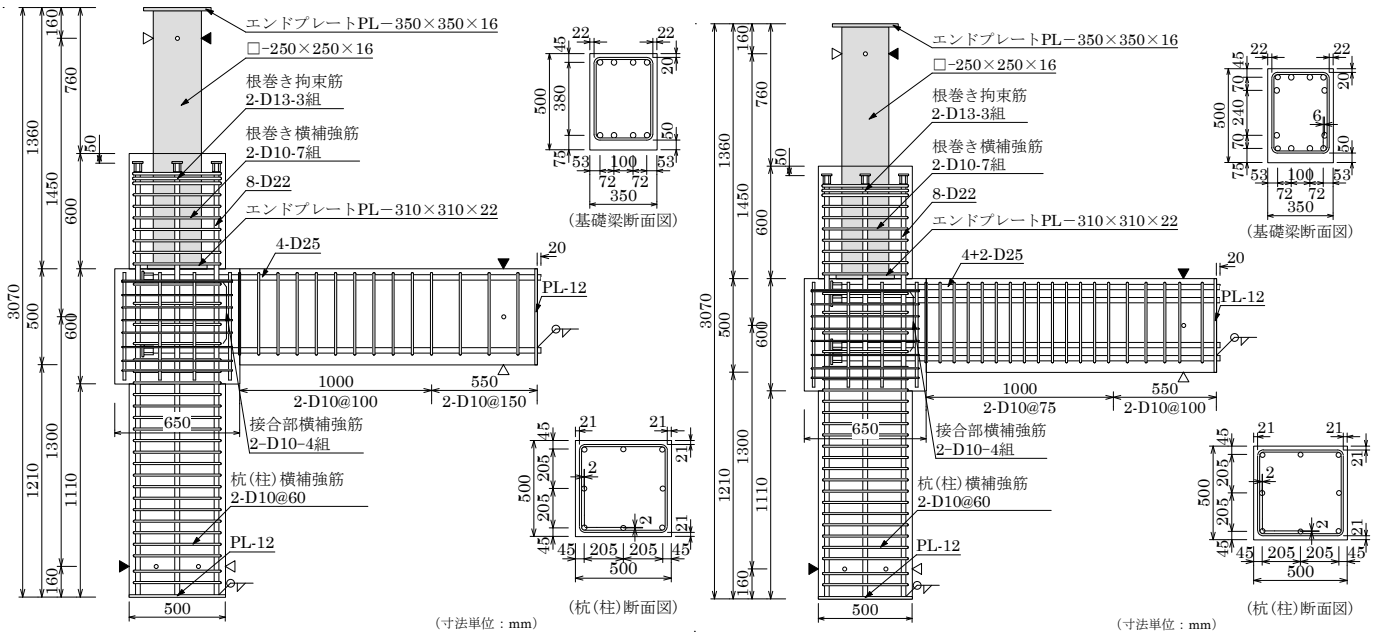


図1 2016年度実験試験体(No. 1~No. 4)配筋詳細

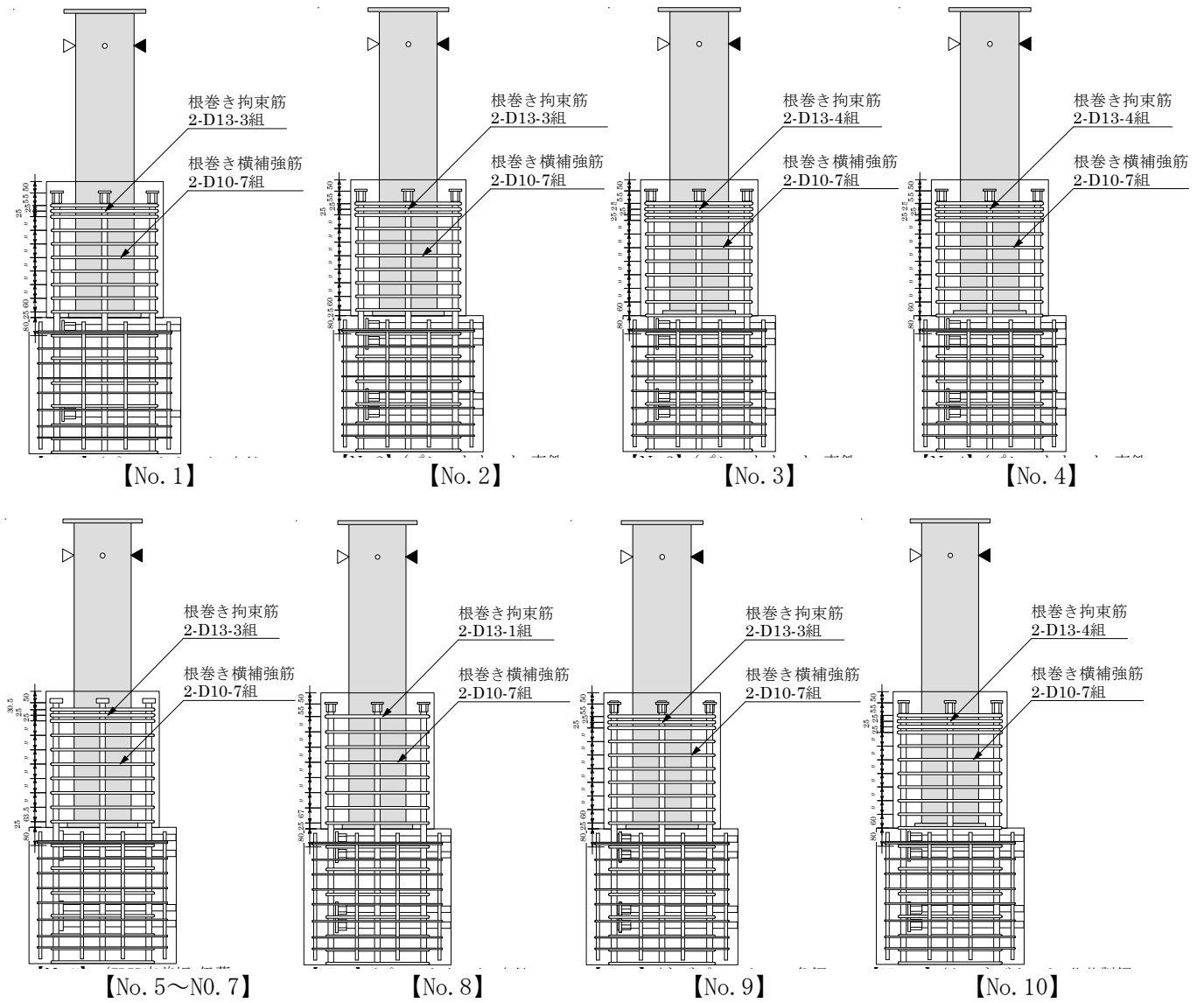


図2 根巻き柱部配筋詳細

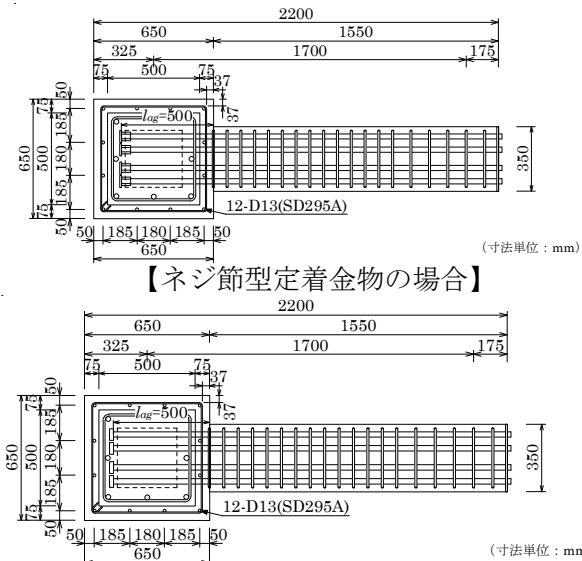


図3 水平断面配筋詳細

2. 実験方法

本実験では、図4に示すように、軸力荷側側の鉄骨柱(上柱)に一定軸力 N_c を油圧ジャッキで加え、柱反曲点位置をピン・ローラー支持し、梁反曲点位置に正負繰返しせん断力を押し引き型油圧ジャッキで加力した。各試験体ともに、一定軸力 N_c は $350 \sim 500 \text{kN}$ ($0.05 \sim 0.07 F_c B_c D_c$) とした。 F_c はコンクリートの目標圧縮強度、 B_c 、 D_c は柱幅とせいを示す。

荷重履歴は、目標層間変形角 $R=5, 10, 20, 30, 40$ ($\times 10^{-3} \text{rad}$) での2サイクルずつの正負交番繰返し荷重およびその後の正加力方向への単調荷重とした。

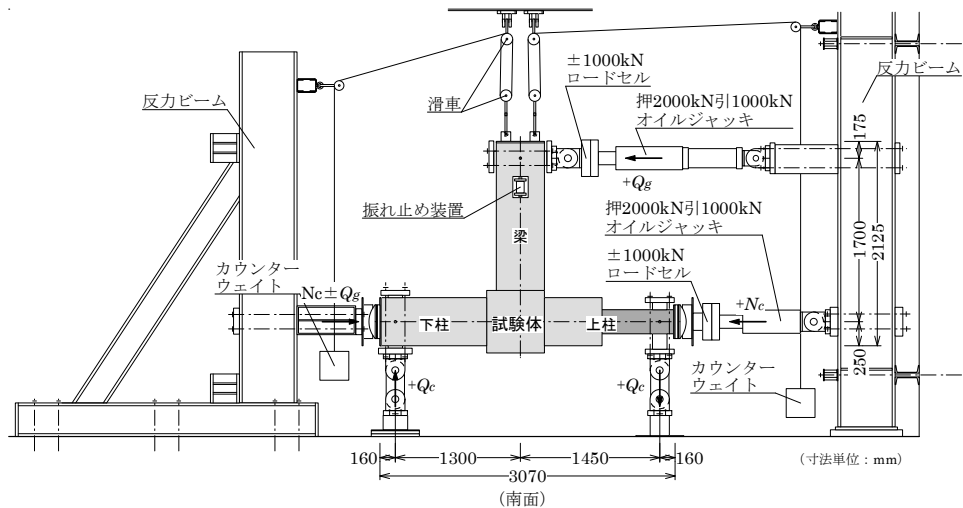


図4 実験装置

3. 実験結果

本実験では、下記の知見を得た。【実験資料】を巻末に示す。

- 1) 試験体 No. 1~No. 4 とともに、基礎梁端主筋が引張降伏(BY)した後、No. 1 の場合、接合部横補強筋の引張降伏(JHY)に伴い、基礎梁せん断ひび割れ幅が急増し、最大耐力 Q_{max} および限界層間変形角 R_{80} に到達した。また、No. 2~No. 4 の場合、根巻き柱端最外縁主筋の引張降伏(CNY)、根巻き柱横補強筋の引張降伏(CNHY)、接合部横補強筋の引張降伏(JHY)を伴い、最大耐力 Q_{max} に達した後、根巻き柱頭部支圧ひび割れ幅が急増し、限界層間変形角 R_{80} に到達した。

すなわち、根巻き柱端最外縁主筋の引張降伏(CNY)降伏後、同主筋のひずみ効果および根巻き柱端中段主筋ひずみの増大に伴い、基礎梁のせん断力が増大し、最大耐力 Q_{max} に達した。

- 2) 円形定着板型を用いた No. 5~No. 7 の基準化梁せん断力 Q_g/gQ_{mu} —層間変形角 R 関係は、いずれもネジ節鉄筋型を用いた No. 2 の場合と概ね同じである。 gQ_{mu} は梁曲げ終局耐力時せん断力である。
- 3) 785N/mm^2 級高強度せん断補強筋を用いた No. 8 は、SD295A 普通強度せん断補強筋を用いた No. 2 と同様、 $R=+30 \times 10^{-3} \text{rad}$. 以降、根巻き柱頭部支圧ひび割れ幅が急増し、限界層間変形角 R_{80} に到達した。
- 4) \square -250 \times 250 \times 9mm を用いた $F_c 27$ の No. 9 の初期剛性は \square -250 \times 250 \times 12mm を用いた No. 2 よりも低いが、 $R=+30 \times 10^{-3} \text{rad}$. 以降、No. 2 と同様、根巻き柱頭部支圧ひび割れ幅が急増し、限界層間変形角 R_{80} に到達した。また、 \square -250 \times 250 \times 9mm を用いた $F_c 40$ の No. 10 の最大耐力および変形性能は、No. 2 よりも改善され、限界層間変形角 R_{80} に到達した。

(付録 2) 杭の最大曲げモーメント発生深さ

1. 計算式

一様な地盤で支持された弾性支承梁の基本式および一般解は、式(付 1)および式(付 2)である。杭長無限大とすると、 $x=\infty$ の時 $y=0$ となるので、式(付 3)が得られる*。

杭頭固定で杭頭にせん断力 Q_0 が作用する場合、 $B=Q_0/4EI\beta^3$ 、 $-A+B=0$ となり、式(付 5)および式(付 6)が得られる。式(付 6)より、 $(d/dx) \cdot \{e^{-\beta x}(\sin \beta x - \cos \beta x)\} = 0$ となる $x=l_m$ では、 $\cos \beta x=0$ 、 $\beta x=\pi/2$ であるので、杭の最大曲げモーメント深さ l_m は式(付 7)、最大曲げモーメント M_{max} は式(付 8)で得られる。

$$EI d^4 y / dx^4 + kh D y = 0 \quad (\text{付 1})$$

$$y = e^{\beta x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) + e^{-\beta x} (C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x) \quad (\text{付 2})$$

$$y = e^{-\beta x} (A \cos \beta x + B \sin \beta x) \quad (\text{付 3})$$

$$\beta = \sqrt[4]{khD / (4EI)} \quad (\text{付 4})$$

$$y = (Q_0 / 4EI \beta^3) \cdot e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x) \quad (\text{付 5})$$

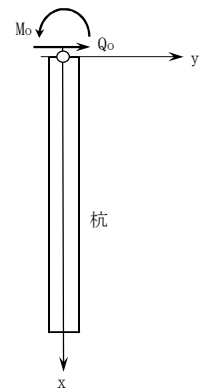
$$M = -EI \cdot (d^2 y / dx^2) = -(Q_0 / 2 \beta) \cdot e^{-\beta x} (\sin \beta x - \cos \beta x) \quad (\text{付 6})$$

$$l_m = \pi / 2 \beta \quad (\text{付 7})$$

$$M_{max} = -(Q_0 / 2 \beta) \cdot e^{-\pi/2} \quad (\text{付 8})$$

ここに、 EI ：杭の曲げ剛性 ($kN \cdot m^2$)、 D ：杭径 (m)

β ：基礎の特性値、 kh ：水平方向地盤反力係数 (kN/m^3)



【基本式の座標軸】

2. 計算条件

杭径 D ：800mm, 1200mm

水平方向地盤反力係数 kh ：20000, 10000 kN/m^3 (付表 1、付表 2)

付表 1 杭の計算条件

kh (kN/m^3)	D (mm)	EI ($\times 10^6 kN \cdot m^2$)	β ($1/m$)
20000	800	0.483	0.302
	1200	2.443	0.223
10000	800	0.483	0.254
	1200	2.443	0.187

kh ：水平方向地盤反力係数、 D ：杭直径

E ：コンクリートのヤング係数

$I = \pi D^4 / 64$ ：杭の断面2次モーメント

$\beta = \{khD / (4EI)\}^{(1/4)}$ (注) $E = 24 kN/mm^2$

付表 2 水平方向地盤反力係数 kh と地盤諸元

kh (kN/m^3)	相当 N値	q (kN/m^2)
20000	12	150
10000	6	80

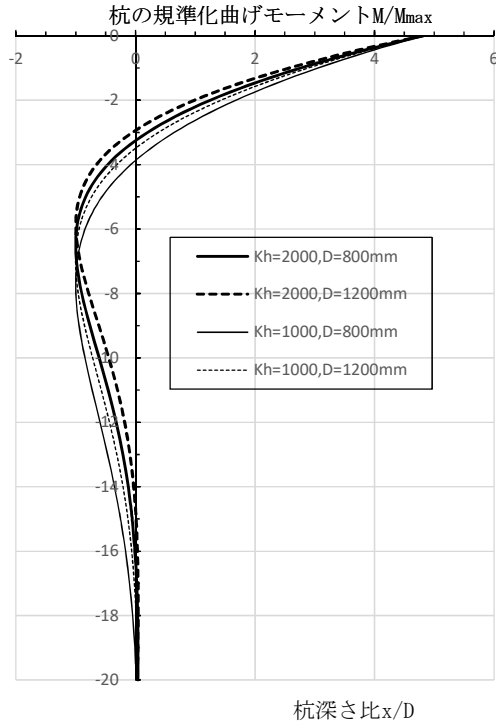
相当N値：砂質土とみた場合

q ：粘性土とみた場合の相当一軸
圧縮強さ

3. 計算結果

杭の規準化曲げモーメント分布を付図 1、最大曲げモーメント発生深さ計算結果を付表 3 に示す。

これらによると、水平方向地盤反力係数 kh および杭径 D に係わらず、最大曲げモーメント M_{max} は杭頭モーメント M_0 の 0.21 倍、最大曲げモーメント発生深さ l_m は杭径 D の 5.9~7.7 倍となる。



付図1 杭の規準化曲げモーメント分布

付表2 杭の最大曲げモーメント発生深さ計算結果

k_h (kN/m^3)	D (mm)	β ($1/\text{m}$)	M_0 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	M_{max} ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	M_{max}/M_0	l_m /D
20000	800	0.302	166	-34.4	-0.21	6.51
20000	1200	0.223	225	-46.7	-0.21	5.88
10000	800	0.254	197	-41.0	-0.21	7.74
10000	1200	0.187	267	-55.5	-0.21	6.99

$M_0 = Q_0 / (2\beta)$: 杭頭曲げモーメント

(注) $Q_0 = 100\text{kN}$

※ 日本建築学会：建築基礎構造設計指針 6 章 杭基礎、6.6 節 水平抵抗力および水平変位、pp. 262-296, 2001

(付録3) 本編で用いた記号一覧

(根巻き柱に関する記号)

B_s, D_s : 角形鋼管柱幅とせい、 M_{sp} : 鉄骨柱全塑性モーメント
 $Q_{cuo}, cQ_{cuo}, cQ_{gu}$: 根巻き柱設計せん断力、根巻き柱曲げ耐力時および基礎梁曲げ耐力時柱せん断力
 V_{suo} : 根巻き柱せん断耐力、 V_{su} : 塑性式によるせん断耐力、 V_{bu} : 付着割裂耐力
 h_1 : 1階柱構造階高、 h_{o1} : 1階鉄骨柱内法高さ、 h_e : 根巻き柱の有効高さ
 Δh_{o2} : 基礎梁下面からフーチング底面までの出寸法、 D_g : 基礎梁せい、 N_c : 鉄骨柱の軸力
 T_{ry} : 根巻き柱等価引張主筋の降伏引張力、 T_{cy}, T_{cny} : 根巻き柱主筋1列および中段主筋の降伏引張力
 ΣT_{ry} : 根巻き柱全主筋の降伏引張力、 M_{cuo} : 根巻き柱せん断設計用曲げ耐力、 B_c, D_c : 根巻き柱幅とせい
 σ_{cy} : 根巻き柱主筋の降伏強度、 j_{tco} : 根巻き柱両側最外縁主筋の中心間距離
 a_{ct}, a_{cn} : 根巻き柱引張側主筋と中段主筋の断面積、 Σa_c : 根巻き柱全主筋の断面積
 l_{ac} : 根巻き柱主筋定着長さ、 d_b : 根巻き柱主筋呼び名の値
 p_{we} : 根巻き柱有効横補強筋比、 n_{wr}, a_{wr} : 根巻き柱横補強筋の組数と1組の断面積
 s : 根巻き柱横補強筋の平均間隔、 d_{wr} : 根巻き柱横補強筋呼び名の値、 a_{wo} : 根巻き拘束筋の必要断面積
 σ_{wy} : 根巻き柱横補強筋の降伏強度、 σ_{wyo} : 根巻き柱拘束筋の降伏強度
 Q_{ju} : 根巻き拘束筋算定用せん断力、 L_E : 鋼管柱外面からエンドプレート端までの出寸法
 σ_{co} : エンドプレート突出部直上の局部支圧応力、 α_{co} : コンクリートの局部支圧強度割増し係数
 MEL : エンドプレート突出部の面外曲げモーメント、 M_{pE} : エンドプレートの全塑性モーメント
 Z_{pE} : エンドプレートの塑性断面係数
 $B_{ep}, D_{ep}, T_E, \sigma_{Ey}$: エンドプレートの有効幅、有効せい、厚さおよび降伏強度
 t_s : 角形鋼管の降伏強度、 F_c : コンクリートの設計基準強度
 T_{eu} : エンドプレートの引張終局耐力、 m_p : 単位長さあたりのエンドプレートの全塑性モーメント
 z_{pe} : 単位長さあたりのエンドプレートの塑性断面係数
 T_{cta} : メカニズム時保証引張軸力、 N_{ct} : メカニズム時設計引張軸力

(基礎梁主筋定着部に関する記号)

l_{ag} : 基礎梁主筋定着長さ、 l_{ao} : 基礎梁主筋必要定着長さ
 d_p : 根巻き柱面から直交基礎梁最外縁主筋位置までの距離、 d_b : 基礎梁主筋呼び名の値

(柱梁接合部せん断設計に関する記号)

V_{muh} : 水平方向の終局強度設計用せん断力、 V_{puh} : 水平方向の接合部せん断終局耐力
 Q_{cu} : 終局強度設計用柱せん断力、 $\lambda_p = gQ_{pu}/gQ_{gu}$: 接合部せん断余裕度
 cQ_{cu} : メカニズム時柱軸力を考慮した柱曲げ耐力時せん断力
 cQ_{gu}, gQ_{gu} : 基礎梁曲げ終局耐力時柱せん断力および梁せん断力
 gQ_{pu} : 接合部せん断終局耐力時梁せん断力、 M_{gu}, M_{gu}' : 左右基礎梁の曲げ終局耐力
 T_{gy}, T_{gy}' : 左右基礎梁主筋の降伏引張力、 j_{tg} : 基礎梁上下主筋重心間距離
 a_g, a_g' : 引張側基礎梁主筋の断面積、 σ_{gy} : 基礎梁主筋の降伏強度
 h_1 : 1階構造階高、 h_{o1} : 1階柱内法高さ、 h_2 : 杭せん断長さの2倍
 l : スパン長(柱心間距離)、 $l_o = l - D_c$: 基礎梁内法スパン長、 B_c, D_c : 柱梁接合部幅とせい
 κ_u : 柱梁接合部の形状係数、 ϕ : 直交梁の有無による補正係数
 b_{jh} : 柱梁接合部の有効幅、 D_{jh} : 柱梁接合部の有効せい、 D_p : 杭直径

(柱梁接合部横補強筋および定着部拘束筋に関する記号)

$p_{jwh} = n_h \cdot a_{wh} / (B_c \cdot j_{tgo})$: 柱梁接合部横補強筋比
 B_c : 柱梁接合部幅、 j_{tgo} : 基礎梁上下最外縁主筋の中心間距離
 T_{Hy} : 定着部拘束筋の全降伏引張力、 A_H : 定着部拘束筋足部の全断面積
 n_h, a_{wh} : j_{tgo} 区間内の柱梁接合部横補強筋の組数と1組の断面積
 $\Sigma (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$: 柱梁接合部横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量
 $(p_{jwh})_H (= n_h \cdot a_{wh} / (B_c \cdot j_{tgo}))$: 定着部拘束筋による等価横補強筋比
 n_H, a_{wH} : 定着部拘束筋の組数と1組の断面積
 $\sigma_{wy}, \sigma_{wyH}$: 柱梁接合部横補強筋と定着部拘束筋の降伏強度
 R_{uD} : 設計限界層間変形角、 R_{80a} : 柱梁接合部せん断余裕度 λ_p で決定する限界層間変形角
 ϕ_s : 安全率、 α_{wo}, β_w : 補正係数
 α_w : 保証限界層間変形角 R_{80min} に対する接合部補強筋量 $p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} / F_c$ に係わる係数

【目次】

1. 適用範囲
2. 各編共通事項
 - 2.1 一般事項
 - (1) かぶり厚さ
 - (2) 鉄筋のあきと間隔
 - (3) 鉄筋の最外径
 - (4) 鉄筋の加工形状
 - (5) 直線定着および折曲げ定着長さ
 - 2.2 材料
 - (1) コンクリート
 - (2) 鉄筋
 - (3) 定着金物
 - (4) 鋼材
 - (5) アンカーボルト
3. SRC柱梁接合部編
 - 3.1 基本事項
 - 3.2 SRC造ト形接合部配筋詳細
 - 3.3 SRC造T形、L形接合部配筋詳細
4. 柱RC梁S接合部・柱SRC梁接合部編
 - 4.1 基本事項
 - 4.2 柱主筋定着部
 - 4.3 構造規定
5. 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編
 - 5.1 本編の適用可能な露出柱脚
 - 5.2 柱型部配筋詳細の構造規定
 - 5.3 既製品露出柱脚の柱型部配筋詳細例
6. 鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編
 - 6.1 根巻き柱・基礎梁主筋定着部
 - 6.2 根巻き柱・基礎梁主筋定着部の各部諸元
 - 6.3 根巻き柱・基礎梁主筋定着部の構造規定
 - 6.4 根巻き柱・柱梁接合部配筋詳細例

1. 適用範囲

本仕様書は、機械式定着工法RCS混合構造設計指針(2022年)(以下、RCS設計指針と略記)に準拠した下記の4編の標準配筋詳細に適用する。

- (1) SRC柱梁接合部編
- (2) 柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編
- (3) 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編
- (4) 鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編

2. 各編共通事項

2.1 一般事項

下記の(1)～(5)の事項は、機械式定着工法RC構造設計指針(2022年)(以下、RC設計指針と略記)に準拠した標準配筋仕様書と同じとする。

- (1) かぶり厚さ
- (2) 鉄筋のあきと間隔
- (3) 鉄筋の最外径
- (4) 鉄筋の加工形状
- (5) 直線定着長さおよび折曲げ定着長さ

2.2 材料

- (1) コンクリート
 - 1) 種類：普通コンクリート
 - 2) 設計基準強度 (Fc)：21N/mm²以上、かつ、60N/mm²以下
ただし、柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編では、柱主筋SD490の場合、Fcは24N/mm²以上とする。

(2) 鉄筋

本仕様書で使用できる鉄筋を表2.1に示す。
ただし、機械式定着工法で用いる主筋は、SABTEC技術評価取得工法で定められたSD295～SD490、接合部横補強筋はSD295～SD490とし、定着部拘束筋はSRC柱梁接合部編以外の各編で規定されている。一方、鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編で規定されている根巻き横補強筋と根巻き拘束筋には、大臣認定取得の高強度せん断補強筋を用いてもよい。

表2.1 本仕様書で使用できる鉄筋の鋼種と呼び名

使用箇所	鋼種	呼び名
主筋	SD295, SD345, SD390, SD490	D13～D41
接合部 横補強筋 (定着部拘束筋)	SD295, SD345, SD390, SD490	D10, D13, D16
かんざし筋	SD295, SD345, SD390	D10, D13, D16

(3) 定着金物

定着金物は、SABTEC技術評価取得工法で定められた定着金物とし、本仕様書で適用可能な主筋の鋼種と呼び名の組合せを表2.2に示す。

表2.2 本仕様書で適用可能な主筋の鋼種と呼び名の組合せ

工法名称	商品名またはJIS規格	鋼種	呼び名
オニプレート 定着工法	普通強度鉄筋 ネジonicon	SD345～SD490	D19～D41
FRIP定着工法	JIS G 3112異形棒鋼	SD295～SD490	D13～D41
タフ 定着工法	タフネジ ナット	普通強度鉄筋 タフネジバー	SD345～SD490 D19～D41
	タフヘッド	普通強度鉄筋 タフネジバー	SD345, SD390 D13～D41 SD490 D16～D41
		竹節鉄筋タフコン	SD295～SD390 D13～D41
EG定着板工法	JIS G 3112異形棒鋼	SD295～SD490	D13～D41
ネジプレート 定着工法	普通強度鉄筋 ネジバー	SD295～SD490	D13～D41
DBヘッド定着工法	JIS G 3112異形棒鋼	SD295～SD490	D16～D41

RCS混合構造・標準配筋詳細仕様書(2)

(4) 鋼材

本仕様書で使用できる鋼材は、表2.3としている。

ただし、柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編で用いる鋼材は、SS400, SN400A, B, C, SN490B, C, SM400A, B, C, SM490A, B, Cとし、鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編で用いる角形鋼管の幅厚比は、幅厚比種別FAランクとしている。

また、表2.3の鋼材と同等以上の機械的性質を有する鋼材は使用してもよいとしている。

表2.3 本仕様書で使用できる鋼材の材料規格

記号	規格
SN400A, B, C, SN490B, C	JIS G 3136 (建築構造用圧延鋼材)
SS400	JIS G 3101 (一般構造用圧延鋼材)
SM400A, B, C, SM490A, B, C, SM490YA, YB, SM520B, C	JIS G 3106 (溶接構造用圧延鋼材)
SMA400A, B, C, SMA490A, B, C	JIS G 3114 (溶接構造用耐候性圧延鋼材)
STKN400W, B, STKN490B	JIS G 3475 (建築構造用炭素鋼鋼管)
STK400, STK490	JIS G 3444 (一般構造用炭素鋼鋼管)
STKR400, STKR490	JIS G 3466 (一般構造用角形鋼管)
BCR295	建築構造用冷間ロール成形角形鋼管
BCP235, BCP325	建築構造用冷間プレス成形角形鋼管
BCP325T	建築構造用高性能冷間プレス成形角形鋼管

(5) アンカーボルト

鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部で用いるアンカーボルトは、JIS B 1220(構造用両ねじアンカーボルトセット)に適合するアンカーボルトとし、既製品露出柱脚の場合、表2.4の既製品露出柱脚は適用可能とする。

表2.4 本仕様書で適用可能な既製品露出柱脚

商品名	開発会社
ベースバック	岡部(株)、旭化成建材(株)
ハイベース	センクシア(株)
NCベース	日本铸造(株)

3. SRC柱梁接合部編

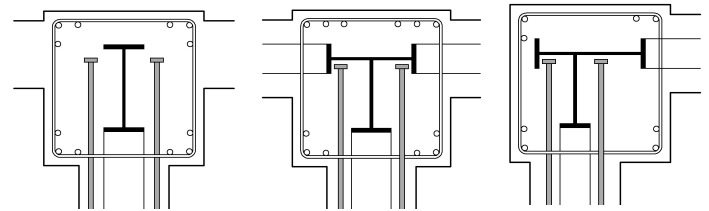
3.1 基本事項

(1) 本編を適用できるSRC柱梁接合部 (図3.1)

梁主筋と平行な鉄骨ウェブが存在し、かつ、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着および貫通型定着の場合とする。

(2) RC柱梁接合部とみなす場合 (図3.2)

梁主筋と平行な鉄骨ウェブが存在しない場合は、直交鉄骨ウェブへの梁主筋非貫通型定着と貫通型定着に係わらず、RC柱梁接合部とみなす。

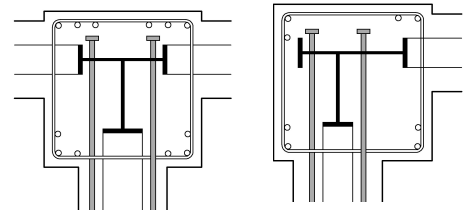


(a) 強軸H形鋼

(非貫通型定着)



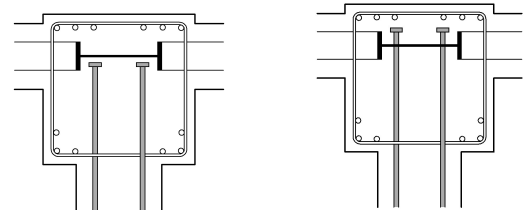
検討対象



(貫通型定着)

(b) T形断面鉄骨 (c) L形断面鉄骨

図3.1 本編を適用できるSRC柱梁接合部



(a) 非貫通型定着

(b) 貫通型定着

図3.2 RC柱梁接合部とみなす場合 (弱軸H形鋼)

3.2 SRC造ト形接合部配筋詳細 (図3.3)

(1) 梁主筋非貫通型定着の場合

$$p_{jwh} \geq 0.2\%, \quad l_{ag} \geq \max \{l_{ao}, 12db, D_c/2\}$$

ただし、出隅柱梁接合部では、 $l_{ag} \geq (2/3)D_c$ かつ鉄骨フランジとウェブで囲まれた鉄骨コアの範囲に定着金物を配置し、出隅側では梁上下主筋定着長さをできるだけ長くする。

(2) 梁主筋貫通型定着の場合

$$p_{jwh} \geq 0.1\%, \quad l_{ag} \geq \max \{12db, D_c/2\}$$

(3) 梁主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s : $3db$ 以上

【記号】

D_c : 柱せい、 db : 梁、柱主筋呼び名の値

l_{ag} : 梁主筋定着長さ、 l_{dh} : 梁上端筋投影定着長さ

l_{ac} : 柱主筋定着長さ

p_{jwh} : 接合部横補強筋比

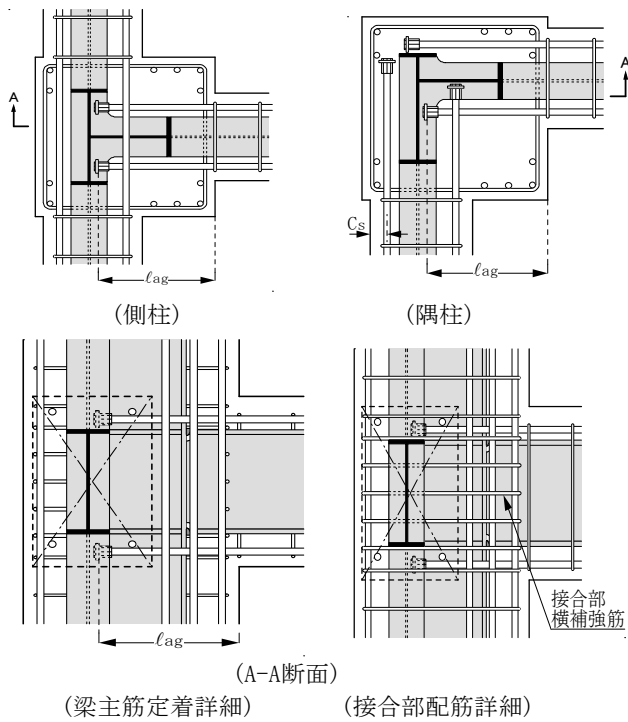


図3.3 梁主筋非貫通としたSRC造T形接合部配筋詳細

3.3 SRC造T形、L形接合部配筋詳細 (図3.4、図3.5)

(1) 梁上端筋影定着長さ

$$l_{dh} \geq \max \{ l_{ao}, 16db, (3/4)D_c \}$$

折曲げ後の余長は、RC設計指針8.3節による。

(2) 梁下端筋定着長さ

$$l_{ag} \geq \max \{ l_{ao}, 14db, D_c/2 \}$$

ただし、出隅柱梁接合部では、 $l_{ag} \geq (2/3)D_c$ かつ鉄骨フランジ

とウェブで囲まれた鉄骨コアの範囲に定着金物を配置し、出隅側の梁上下主筋定着長さをできるだけ長くする。

(3) 柱主筋定着部

(a) 柱主筋定着長さ

$$l_{ac} \geq \max \{ l_{ao}, 16db, \text{かつ、定着金物底面が梁鉄骨フランジ上面を超える長さ} \}$$

(b) 柱主筋中心からの側面かぶり厚さ C_s : $2db$ 以上

(4) 接合部横補強筋

(a) 梁主筋非貫通型定着の場合 : $p_{jwh} \geq 0.2\%$

(b) 梁主筋貫通型定着の場合 : $p_{jwh} \geq 0.1\%$

ただし、柱主筋の定着金物と梁鉄骨フランジ上面の間に、1組以上の接合部横補強筋を配置する。

$$p_{jwh} = n_h \cdot a_{wh} / (B_c \cdot j_{tgo})$$

B_c : 柱幅、 j_{tgo} : 梁最外縁主筋の上下中心間距離

n_h : j_{tgo} 区間内接合部横補強筋の組数

a_{wh} : 接合部横補強筋1組の断面積

(5) かんざし筋比 p_{jvw} : XY方向ともに、0.15%以上

$$p_{jvw} = n_v \cdot a_{vw} / (B_{ce} \cdot D_{ce})$$

B_{ce}, D_{ce} : かんざし筋配置断面幅およびせい

n_v : かんざし筋の該当組数

a_{vw} : かんざし筋1組の断面積(足部全本数の断面積)

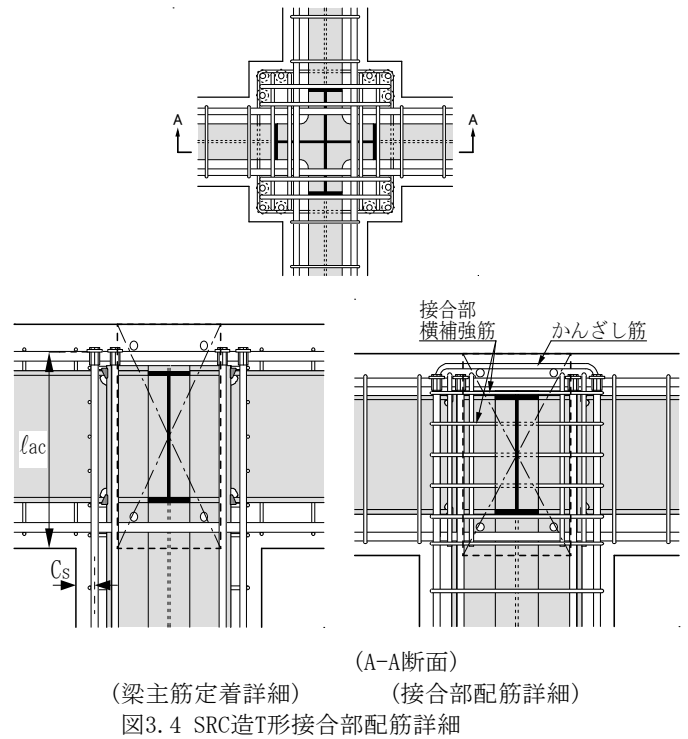


図3.4 SRC造T形接合部配筋詳細

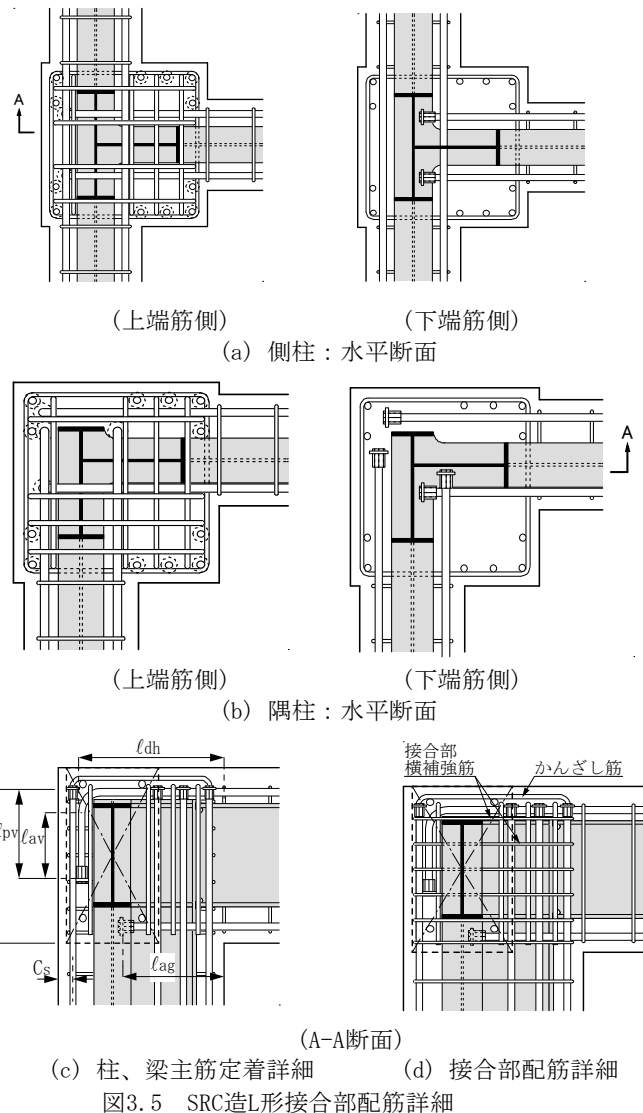


図3.5 SRC造L形接合部配筋詳細

RCS混合構造・標準配筋詳細仕様書(4)

4. 柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編

4.1 基本事項

本編は、図4.1のふさぎ板形式およびせん断補強筋形式による柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部における機械定着工法柱主筋定着部に適用する。

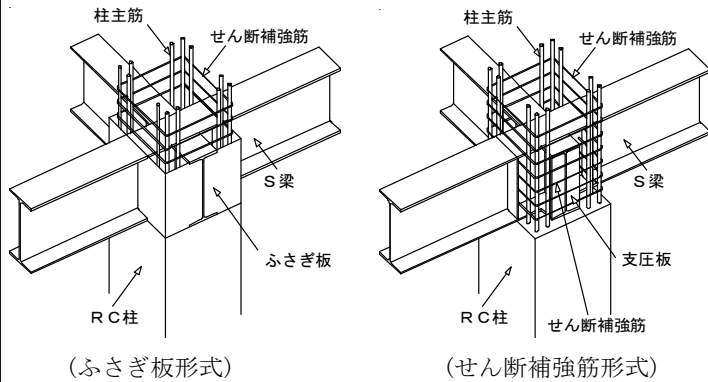


図4.1 ふさぎ板形式およびせん断補強筋形式の柱RC梁S接合部

4.2 柱主筋定着部

(1) 機械式定着工法・柱主筋定着形式

(a) 柱RC梁S接合部の場合(図4.2)

ふさぎ板形式：機械式定着工法適用可

せん断補強筋形式：□形プレート併用機械式定着適用可

(b) 柱SRC梁S接合部(図4.3)

ふさぎ板形式、せん断補強筋形式ともに、
：機械式定着工法適用可

(2) 柱主筋定着長さ l_{ac}

柱主筋定着長さ l_{ac} は、ふさぎ板形式の場合は指針式(4.1)、せん断補強筋形式の場合は指針式(4.2)の必要定着長さ以上とする。

① ふさぎ板形式

$$l_{ab1} = \max \{ S \cdot \sigma_t \cdot d_b / (10f_b), 18d_b \} \quad \text{指針式(4.1)}$$

② せん断補強筋形式

$$l_{ab2} = \max \{ 1.25S \cdot \sigma_t \cdot d_b / (10f_b), 21d_b \} \quad \text{指針式(4.2)}$$

ただし、柱RC梁S接合部の場合、□形プレート併用せん断補強筋形式とする。

$f_b = (F_c/40) + 0.9$: 付着割裂基準強度(N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

σ_t : 仕口面での柱主筋の引張応力(短期引張許容応力度)

S : 必要定着長さ係数で、S=0.7

d_b : 柱主筋呼び名の値

(3) コンクリート設計基準強度

柱主筋SD295, SD345, SD390の場合、コンクリート設計基準強度 F_c は21N/mm²以上、柱主筋SD490の場合、 F_c は24N/mm²以上とする。

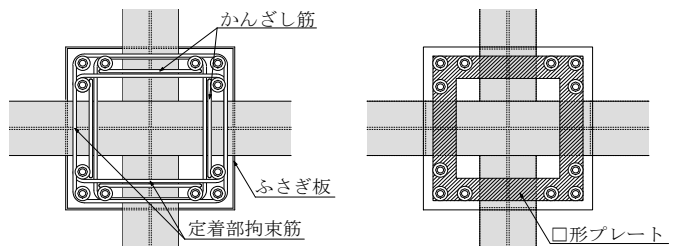
(4) □形プレート寸法

① □形プレートの厚さ t_p は12mm以上、幅 B_p は $3d_b$ 以上とする。

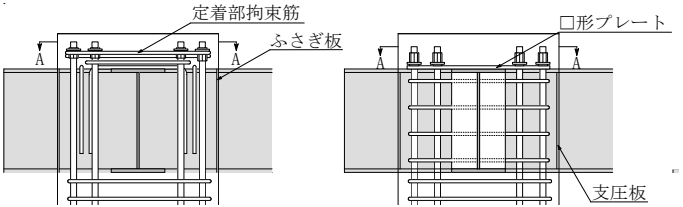
② □形プレートの外面は、JASS5の設計かぶり厚さを確保する。

d_b : 柱主筋呼び名の値

【ふさぎ板形式】 【□形プレート併用せん断補強筋形式】

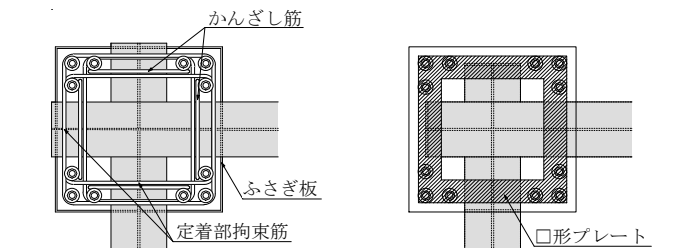


(A-A) 矢視水平断面図

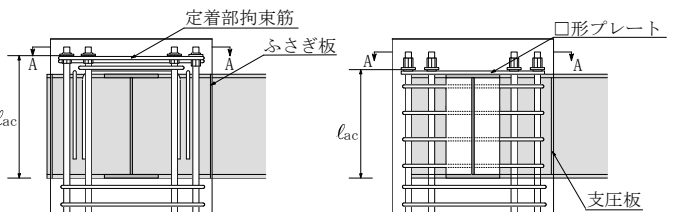


(鉛直断面図)

(a) T形接合部



(A-A) 矢視水平断面図

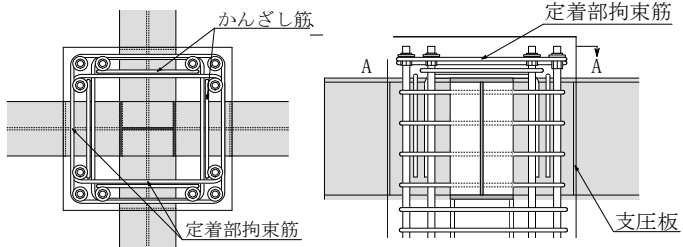


(鉛直断面図)

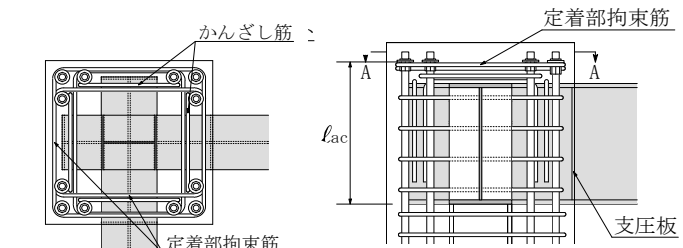
(b) L形接合部

図4.2 機械式定着工法柱主筋定着部とした柱RC梁S接合部

【せん断補強筋形式】

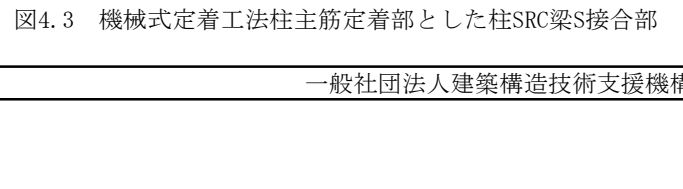


(A-A) 矢視水平断面図



(鉛直断面図)

(a) T形接合部



(A-A) 矢視水平断面図



(鉛直断面図)

(b) L形接合部

図4.3 機械式定着工法柱主筋定着部とした柱SRC梁S接合部

4.3 構造規定

(1) 梁鉄骨

柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部における梁鉄骨は、原則として、柱梁接合部内を貫通させ、梁鉄骨柱面には、梁鉄骨ウェブの厚さ以上の支圧板を溶接する。

(2) ふさぎ板

- 1) ふさぎ板の厚さは6mm以上かつ柱せい D_c の1/125以上とする。
- 2) ふさぎ板と梁鉄骨との接合は、ふさぎ板の厚さが6mmの場合、両面隅肉溶接とし、9mm以上の場合、両面隅肉溶接または部分溶け込み溶接とする。

(3) SRC内蔵鉄骨

SRC柱内蔵鉄骨は広幅型H形鋼とし、強軸方向・短期許容曲げモーメント s_{CMA} は、指針式(5.1)を満足しなければならない。

$$s_{CMA}/s_{BMA} \geq 0.2 \quad \text{指針式(5.1)}$$

s_{CMA} : SRC柱内蔵鉄骨の強軸方向の短期許容曲げモーメント
 s_{BMA} : 梁鉄骨の短期許容曲げモーメント

(4) 接合部せん断補強筋

1) 接合部せん断補強筋の鋼種はSD295～SD490、呼び名はD10～D16とし、せん断補強筋比 p_{jwh} は0.2%以上とする。

$$p_{jwh} = n_w \cdot a_w / (B_c \cdot D_{sg})$$

B_c : 柱幅、 n_w : 梁鉄骨せい D_{sg} 区間内接合部せん断補強筋の組数
 a_w : 接合部せん断補強筋1組の断面積

2) 接合部せん断補強筋は、原則として、フレア溶接・閉鎖型とする。ただし、フレア溶接・閉鎖型と同等の接合部せん断耐力を有するせん断補強筋であれば用いてもよい。

接合部せん断補強筋の標準配筋詳細を図4.4に示す。

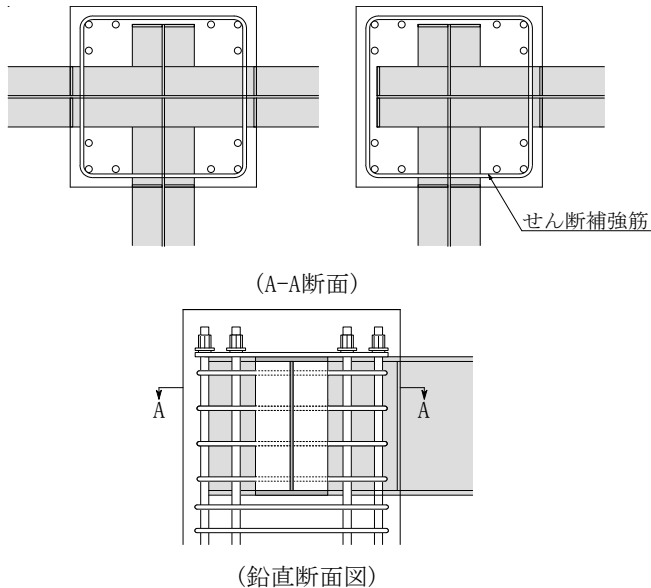


図4.4 接合部せん断補強筋の標準配筋詳細

(5) かんざし筋

1) 柱梁接合部内には、梁鉄骨上フランジを跨ぐかんざし筋を1組以上配置する。ただし、□形プレート併用機械式定着の場合、かんざし筋を配置しなくてもよい。

2) かんざし筋比 p_{jwv} は、0.15%以上とする。

$$p_{jwv} = \sum a_{jv} / (B_c \cdot D_c)$$

$\sum a_{jv}$: かんざし筋足部の全断面積、 B_c, D_c : 柱幅および柱せい

3) かんざし筋足部の全長は、30d以上とする。

d : かんざし筋呼び名の値

かんざし筋の標準配筋詳細を図4.5に示す。

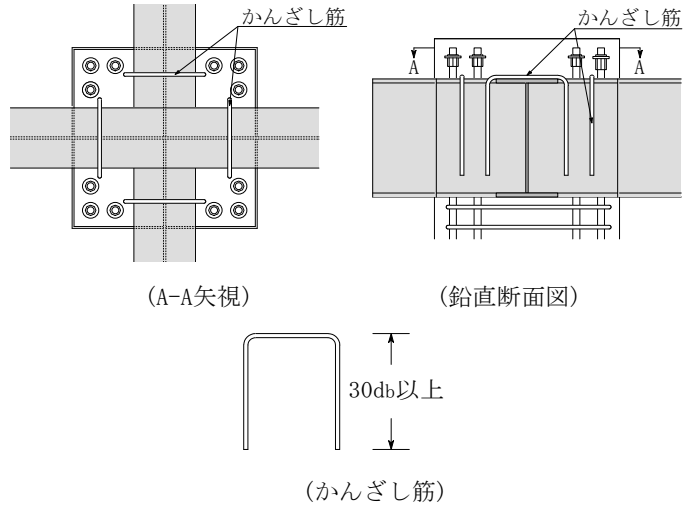


図4.5 かんざし筋の標準配筋詳細

(6) 定着部拘束筋

柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部では、柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編5.3節(2)に従い、T形、L形接合部ともに、柱主筋定着部の定着金物周囲に、中子形式の定着部拘束筋を1組以上配置する。ただし、□形プレート併用機械式定着の場合、定着部拘束筋を配置しなくてもよい。

定着部拘束筋の標準配筋詳細を図4.6に示す。

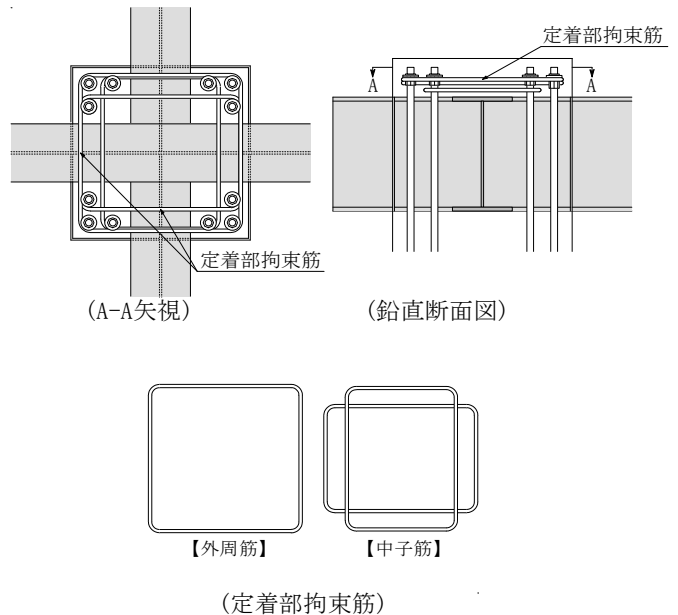


図4.6 定着部拘束筋の標準配筋詳細

RCS混合構造・標準配筋詳細仕様書(6)

5. 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編

5.1 本編の適用可能な露出柱脚

本編の適用可能な露出柱脚は、設計ルート2または設計ルート3で設計された骨組に用いる柱型からの立上りを設けない露出柱脚とする。ただし、既製品露出柱脚の場合、既製品メーカー仕様を満足する柱型からの立上りは設けてもよい。

5.2 柱型部配筋詳細の構造規定 (図5.1)

(1) アンカーボルト

1) 定着長さ l_{ab}

(JIS適合アンカーボルト) $l_{ab} \geq 20d_a$

(既製品露出柱脚アンカーボルト)

既製品メーカー仕様を満足するアンカーボルト定着長さ

2) 最外縁アンカーボルト中心からの柱型側面かぶり厚さ C_{sa} ：
 $4d_a$ 以上 d_a ：アンカーボルト軸部直径

(2) 柱型主筋

1) 柱型主筋本数： 各辺3本以上、計8本以上

2) 柱型主筋比 p_g ： 0.6%以上

$$p_g = \sum a_c / (B_c \cdot D_c)$$

$\sum a_c$ ：柱型主筋全断面積、 B_c 、 D_c ：柱型幅とせい

3) 柱型主筋全長：

(柱型主筋上端・定着金物付き) 30d以上

(柱型主筋上端・直線定着) 40d以上

4) 基礎梁下端1段筋中心からの柱型主筋突出長さ C_{Bot} ：

(柱型主筋下端・定着金物付きまたは90°フック定着) 3d以上
 (フックの余長：8d以上)

(柱型主筋下端・直線定着) 5d以上

ただし、XY方向ともに、基礎梁下端1段筋中心から3d以内に、2組以上の外周筋または1組以上の中子筋併用の定着部拘束筋を配置する。

5) 柱型主筋のかぶり厚さ：

(柱型主筋中心からの側面かぶり厚さ) 3d以上

(柱型上下面からの柱型主筋上下かぶり厚さ)

JASS 5の設計かぶり厚さ以上

6) 定着金物のかぶり厚さ：JASS 5の設計かぶり厚さ以上

d ：柱型主筋呼び名の値

(3) 柱型横補強筋および定着部拘束筋

1) 柱型部XY方向ともに、柱型横補強筋比 $p_{jwh} \geq 0.3\%$ の柱型横補強筋を基礎梁上下最外縁主筋間に配置する。

$$p_{jwh} = n_w \cdot a_{wh} / (B_c \cdot j_{tgo})$$

B_c ：柱型幅、 j_{tgo} ：基礎梁最外縁主筋の上下中心間距離

n_w ： j_{tgo} 区間内柱型横補強筋の組数

a_{wh} ：型横補強筋 1組の柱断面積

2) XY方向ともに、基礎梁下端1段筋直下に、2組以上の外周筋または1組以上の中子筋(副帯筋2本)併用の定着部拘束筋を配置する。ただし、定着部拘束筋は、本編の式(5.4.1)を満足しなければならない。

3) また、各地震力方向の柱型横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量 $\sum (p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$ は、本編の式(5.3.1)を満足しなければならない。
 σ_{wy} ：柱型横補強筋の降伏強度

(4) 基礎梁主筋定着部

① 基礎梁上端筋定着部

基礎形式に係わらず、機械式直線定着としてもよい。

② 基礎梁下端筋定着部

(直接基礎)

直接基礎の場合、基礎梁中段筋を配置し、基礎梁上下主筋定着部の応力を緩和すれば、基礎梁下端筋は機械式直線定着としてもよい。

(杭基礎)

杭基礎の場合、杭頭補強筋の定着長さが柱型部下面から L_2 または L_{2h} 以上すれば、基礎梁下端筋は機械式直線定着としてもよい。ただし、引抜き力が生じる1本杭基礎の場合、柱型主筋と杭頭補強筋の間をあき重ね継手とする。

L_2 、 L_{2h} ：JASS 5の直線定着長さおよびフック付き定着長さ

③ 基礎梁中段筋定着部 (図5.2)

基礎梁中段筋は基礎梁上下端面から $D_g/3$ の位置に配置し、基礎梁中段筋定着長さは基礎梁上下主筋の定着長さ l_{ag} と同じとする。

④ 基礎梁主筋定着長さ

機械式直線定着による基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は、上端筋、下端筋、中段筋ともに、RC設計指針8.1節(1)1)によることを基本とし、RC設計指針・式(8.1)による必要定着長さ l_{ao} 以上、 $16d_b$ 以上、かつ、 $(D_c + j_{ta})/2$ 以上とする。

D_c ：柱型せい、 j_{ta} ：最外縁アンカーボルト中心間距離

d_b ：基礎梁主筋呼び名の値

⑤ 基礎梁主筋および定着金物のかぶり厚さ

基礎梁主筋中心から柱型部側面までの側面かぶり厚さ C_s は $3d_b$ 以上とし、基礎梁主筋先端の定着金物各部のかぶり厚さはJASS 5の設計かぶり厚さ以上とする。

(5) かんざし筋

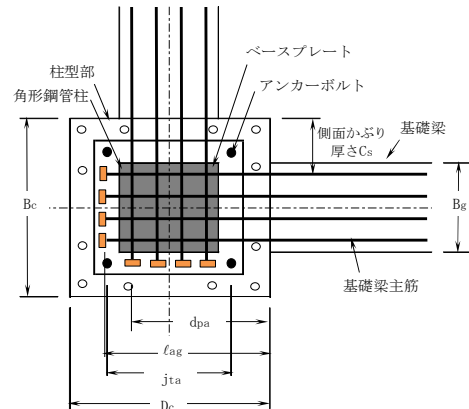
1) 柱型部仕口面から埋め込まれた基礎梁上端筋定着部の上部に、 $p_{jvw} \geq 0.10\%$ のかんざし筋を配置する。ただし、基礎梁上端筋定着部は上部側(2次筋側)だけとしてもよい。

$$p_{jvw} = \sum a_{jv} / (B_c \cdot D_c)$$

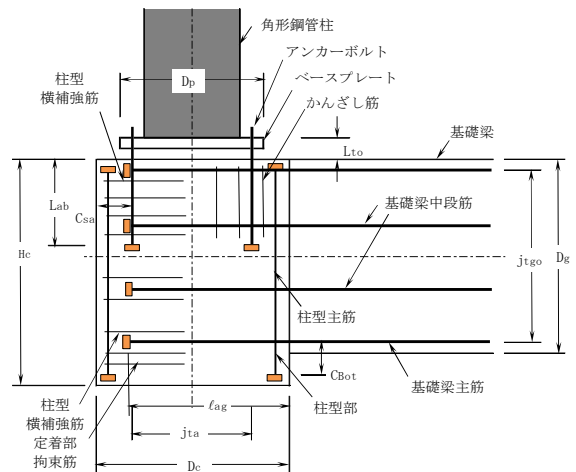
$\sum a_{jv}$ ：かんざし筋足部の全断面積

B_c ：柱型部幅、 D_c ：柱型部せい

2) かんざし筋は、D10以上かつSD295、SD345、SD390のいずれかの異形鉄筋とし、足部の全長は40d以上とする。 d ：かんざし筋呼び名の値



(水平断面詳細)



(鉛直断面詳細)

図5.1 柱型部配筋詳細各部名称

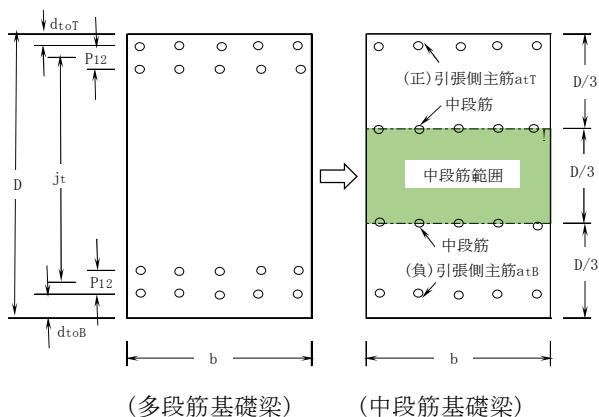


図5.2 多段筋基礎梁と中段筋基礎梁

5.3 既製品露出柱脚の柱型部配筋詳細例

(1) 既製品露出柱脚の基礎梁主筋定着部

本編4.2節では、既製品露出柱脚の場合、基礎梁主筋定着部は、図5.3に例示した最外縁アンカーボルト中心間距離 j_{tal} 区間で、基礎梁主筋平均区間 X_g をJASS5の鉄筋間隔以上とし、かつ、柱型部内でアンカーボルトと基礎梁主筋が干渉しないように、基礎梁主筋1列の本数 n_{ag} を決定する。

$$X_g = j_{tal} / (n_{ag} - 1)$$

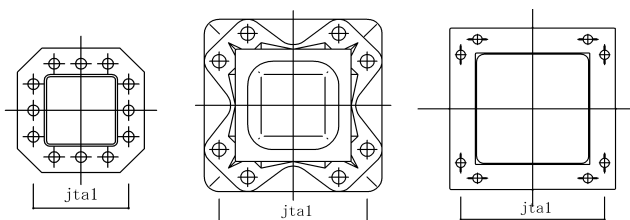
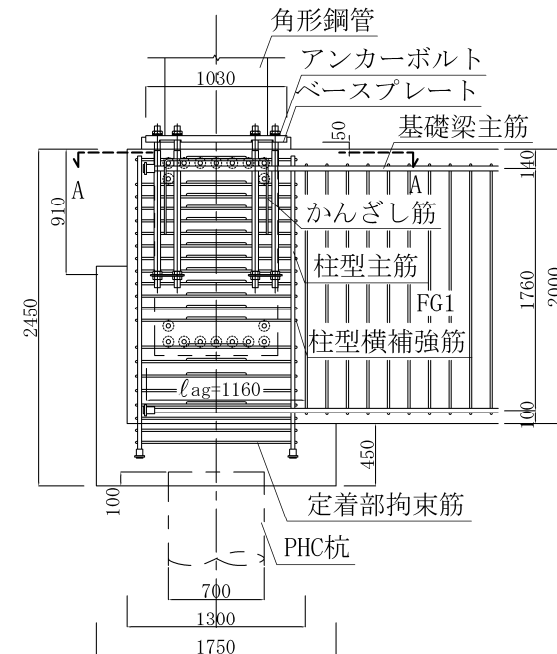
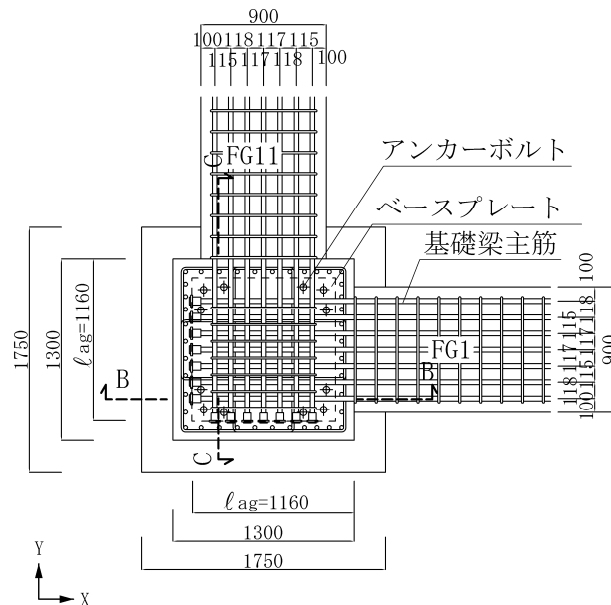


図5.3 既製品露出柱脚の j_{tal} 区間(例)

(2) 柱型部配筋詳細例

本編で適用対象としている既製品露出柱脚ベースパック、ハイベースNEO、NCベースを用いた本編6章の柱型部配筋詳細例のうち、ハイベースNEO(Gタイプ)を用いた柱型部配筋詳細設計例を図5.4に示す。

本編6章では、同図の配筋詳細設計例の設計方針、設計諸元および検定結果を示している。



(B-B断面図)

図5.4 柱型部配筋詳細設計例 (ハイベースNEO(Gタイプ))

6. 鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編

6.1 根巻き柱・基礎梁主筋定着部

根巻き柱・基礎梁主筋定着工法では、引張側根巻き柱主筋定着部から派生する前面ストラットと側面ストラットによる角形鋼管柱下端エンドプレートの押え効果によって、構造物アンカーボルトを用いず、基礎梁上下主筋定着部を機械式直線定着としてもよいとしている。本編の根巻き柱・基礎梁主筋定着部の各部分名称を図6.1に示す。

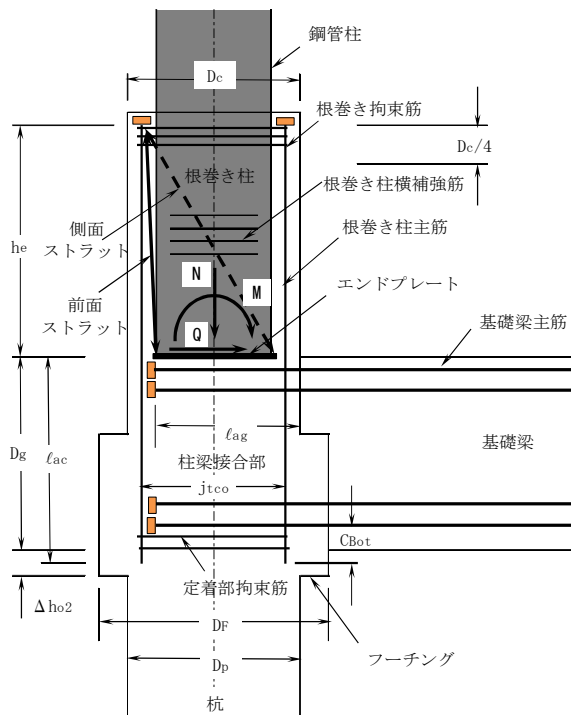


図6.1 本編による根巻き柱・基礎梁主筋定着部の各部分名称

6.2 根巻き柱・基礎梁主筋定着部の各部分諸元

(1) 根巻き柱の有効高さ h_e

根巻き柱の有効高さ h_e は、基礎梁上面(エンドプレート下面)から根巻き柱主筋定着金物の定着板内面までの距離とし、 $2 \cdot 2D_s$ 以上かつ $25d_b$ 以上とする。また、根巻き柱主筋定着金物のかぶり厚さは、JASS 5の設計かぶり厚さ以上とする。

D_s : 角形鋼管柱せい、 d_b : 根巻き柱主筋呼び名の値

(2) 根巻き拘束筋および根巻き柱横補強筋 (図6.2)

XY方向ともに、根巻き柱主筋定着金物の直下から根巻き柱せい $D_c/4$ 以内に根巻き拘束筋を1組以上配置し、根巻き拘束筋の下方に根巻き柱横補強筋を配置する。ただし、根巻き拘束筋は副帯筋(サプタイ) 2本以上の中子筋併用とし、根巻き拘束筋の必要断面積 awo は本編4.3節の式(4.16)で算定し、根巻き柱横補強筋比 p_{wr} は0.3%以上とする。

$$p_{wr} = n_{wr} \cdot a_{wr} / (B_c \cdot h_e)$$

n_{wr} , a_{wr} : h_e 区間内根巻き柱横補強筋の組数と1組の断面積
 B_c : 根巻き柱幅

(3) エンドプレート突出部の面外曲げモーメント M_{pE}

$$M_{pE} \geq 1.1M_{EL}$$

$$M_{EL} = T_{ry} \cdot LE / 2, \quad T_{ry} = \sigma_{cy} \cdot (act + acn / 2)$$

M_{pE} ($= \sigma_{Ey} \cdot Z_{pE}$): エンドプレートの全塑性モーメント

σ_{Ey} : エンドプレートの降伏強度

$Z_{pE} = B_{ep} \cdot T_E^2 / 4$: エンドプレートの全塑性断面係数

T_E : エンドプレートの厚さ

$B_{ep} = B_s + 2LE$: エンドプレート有効幅

$acn = \sum ac - 2act$: 根巻き柱中段筋の断面積

$\sum ac$: 根巻き柱全主筋の断面積

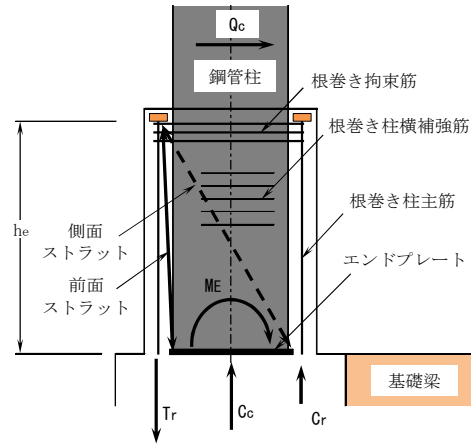


図6.2 根巻き柱の抵抗機構

(4) エンドプレート突出部直上の局部支圧応力 σ_{co} (図6.3)

$$\alpha_{co} \cdot F_c \geq \sigma_{co}$$

$$\sigma_{co} = T_{cy} / (B_{ep} \cdot LE), \quad T_{cy} = \sigma_{cy} \cdot act$$

T_{cy} , act : 根巻き柱主筋1列の降伏引張力および断面積

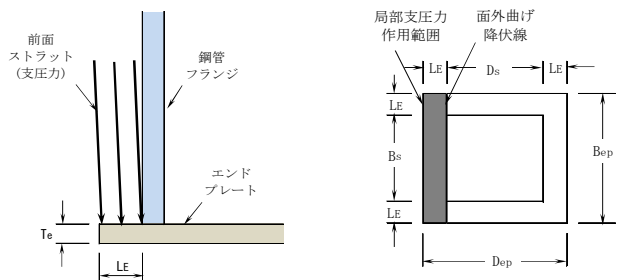
σ_{cy} : 根巻き柱主筋の降伏強度

$B_{ep} = B_s + 2LE$: エンドプレートの有効幅、 B_s : 鋼管柱幅

LE : 角形鋼管柱外面からのエンドプレートの出寸法

F_c : コンクリートの設計基準強度

α_{co} : コンクリートの局部支圧強度割増し係数 ($\alpha_{co} = 1.8$)



(a) 前面ストラット

(b) 局部支圧力作用範囲と降伏線

図6.3 エンドプレート突出部の面外曲げと支圧力

(5) エンドプレートの引張終局耐力 T_{eu} (図6.4)

$$T_{eu} / T_{cta} \geq 1.0, \text{ かつ } \sigma_{Ey} \geq \sigma_{sy}, T_E \geq 1.3t_s$$

$$m_p = \sigma_{Ey} \cdot Z_{pE}$$

: 単位長さあたりのエンドプレートの全塑性モーメント

$$z_{pE} = T_E^2 / 4$$

: 単位長さあたりのエンドプレートの塑性断面係数

T_{cta} : メカニズム時保証引張軸力

$$|N_{ct}| \leq 0.3 \sum T_{ry} \text{ の時 } : T_{cta} = 0.3 \sum T_{ry}$$

$$|N_{ct}| > 0.3 \sum T_{ry} \text{ の時 } : T_{cta} = N_{ct}$$

N_{ct} : 鋼管柱から伝達されるメカニズム時設計引張軸力

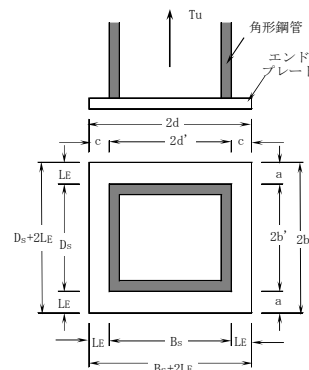


図6.4 角形鋼管とエンドプレート

6.3 根巻き柱・基礎梁主筋定着部の構造規定

(1) 根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着部 (図6.1)

- 1) 根巻き柱主筋の柱梁接合部内定着長さ l_{ac} は、基礎梁上面を定着起点とし、JASS 5の直線定着長さ L_2 以上として基礎梁下端筋の下部まで延長する。ただし、引抜き力が生じる1本杭基礎の場合、根巻き柱主筋と杭頭補強筋の間はあき重ね継手とする。
- 2) 基礎梁下端筋(1段筋)中心から根巻き柱主筋下端までの寸法 C_{Bot} を $5d_b$ 以上とし、 $3d_b$ 以内に定着部拘束筋を配置する。
- 3) 根巻き柱主筋中心の側面かぶり厚さは $2d_b$ 以上とし、根巻き柱主筋定着金物のかぶり厚さはJASS 5の設計かぶり厚さ以上とする。 d_b : 根巻き柱主筋呼び名の値

(2) 接合部横補強筋および定着部拘束筋

ト形、十字形接合部ともに、地震力方向ごとに、接合部横補強筋比 $p_{jwh} \geq 0.2\%$ とし、かつ、接合部横補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量 $\Sigma(p_{jwh} \cdot \sigma_{wy})$ は、本編3.4節の式(3.10)を満足しなければならない。また、定着部拘束筋は、本編3.3節の式(3.7)を満足しなければならない。

(3) 基礎梁主筋定着部 (図6.5)

- 1) 基礎梁主筋定着長さ l_{ag} は、RC設計指針・式(8.1)による必要定着長さ l_{ao} 以上、 $16d_b$ 以上、かつ、 $(d_p + d_b/2)$ 以上、かつ、 $0.75D_c$ 以上の場合、根巻き柱面から基礎梁主筋定着金物の定着板内面までの機械式直線定着とすることができる。
 d_p : 根巻き柱面から直交基礎梁最外縁主筋位置までの距離
 d_b : 基礎梁主筋呼び名の値、 D_c : 柱せい

2) 直交基礎梁最外縁主筋 d_{pa} 区間外の基礎梁上端筋定着部は、RC構造設計指針14.2節(2)、基礎梁下端筋定着部は同指針14.2節(3)の規定を満足しなければならない。

3) 基礎梁主筋中心から根巻き柱面までの側面かぶり厚さ C_s は $3d_b$ 以上とし、基礎梁主筋先端の定着金物各部のかぶり厚さはJASS 5の設計かぶり厚さ以上とする。

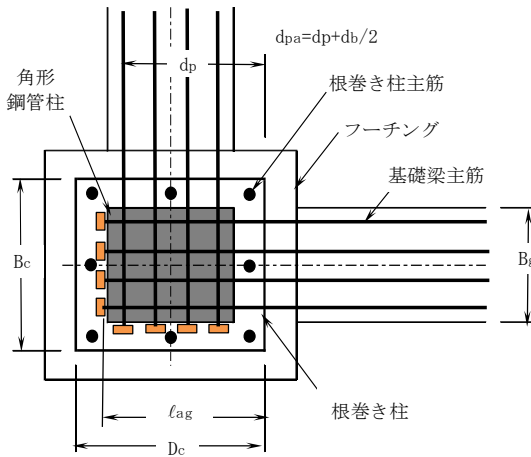
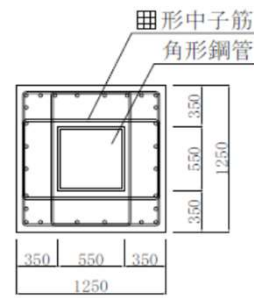


図6.5 本編による根巻き柱の水平断面形状

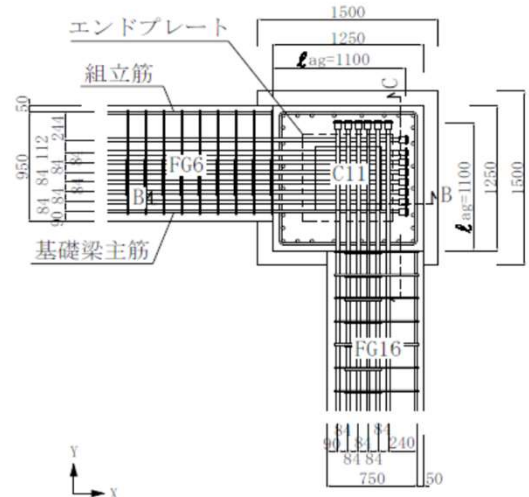
6.4 根巻き柱・柱梁接合部配筋詳細例

本編6章による試設計骨組の根巻き柱・柱梁接合部配筋詳細設計例を図6.6に示す。

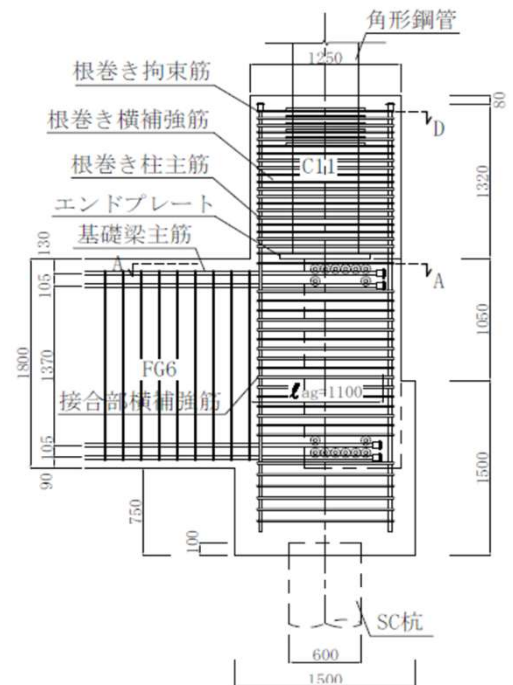
本編6章では、同図の配筋詳細設計例の設計方針、設計諸元および検定結果の詳細を示している。



(D-D断面図)



(A-A断面図)



(B-B断面図)

図6.6 根巻き柱・柱梁接合部配筋詳細設計例