

SABTEC機械式定着工法RCS混合構造設計指針(2018年)
鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編とSS7組込プログラム
「兵庫県建築技術研究会(2019.2.21)」講演PPT原稿

【講演骨子】

- (1) RCS混合構造設計指針(2018年)
- (2) 露出柱脚編
- (3) SS7組込プログラム

一般社団法人建築構造技術支援機構
(略称：SABTEC機構) 代表理事
益尾 潔

1

RCS混合構造設計指針(2018年)

- RCS混合構造設計指針(2018年)は、同設計指針(2014年)掲載のSRC柱梁接合部編、柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編、と新規の鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編(以下、露出柱脚編)と鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編(以下、根巻き柱脚編)からなる。
- 露出柱脚編と根巻き柱脚編は、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)参加会社への支援業務として、2015年度～2017年度に当機構が行った開発実験を基に、JFE条鋼(株)、共英製鋼(株)、合同製鐵(株)、(株)伊藤製鐵所、(株)ディビーエス5社開発の機械式定着工法共通設計としてまとめられている。

鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部開発の背景

- 鉄骨露出柱脚部は、技術基準解説書および鋼構造接合部設計指針(以下、従来型露出柱脚)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ことが多い。
- 露出柱脚部と組合せた基礎梁主筋定着部は、通常、折曲げ定着としているが、鉄骨柱の大型化および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。
- 上記の施工性改善を意図し、従来型露出柱脚および既製品露出柱脚と組合せて用いる機械式定着工法による基礎梁主筋定着部を開発することとした。

3

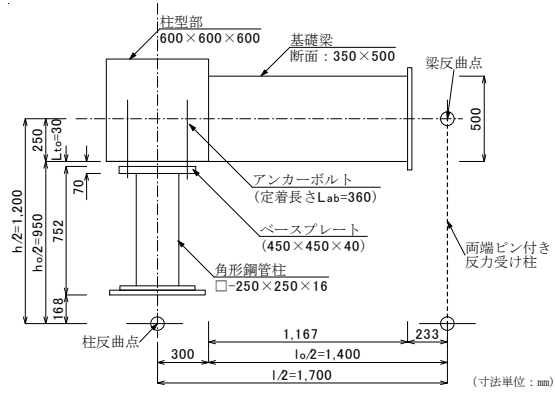
【開発実験】実験計画一覧

	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 (piwt)	
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	ネジ筋1						7組 (0.44%)	
	No. 3		円形1						7組 (0.44%)	
	No. 4		ネジ筋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	ネジ筋1						7組 (0.44%)	
	No. 8									
系列 3	No. 9	機械式	ネジ筋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	機械式	ネジ筋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	ネジ筋2	8	360 (12da)	27	SD 490	SD 295A	7組 (0.44%)	無
	No. 16									

- 実験因子は①基礎梁主筋定着種別(従来定着工法、機械式定着工法)、②定着金物種別(ネジ筋鉄筋型、円形定着板型)、③アンカーボルト本数(8本、6本)、④コンクリート目標圧縮強度(Fc27、Fc40)、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Lab(12da、16.7da)とした。
da: アンカーボルト軸部の直径

4

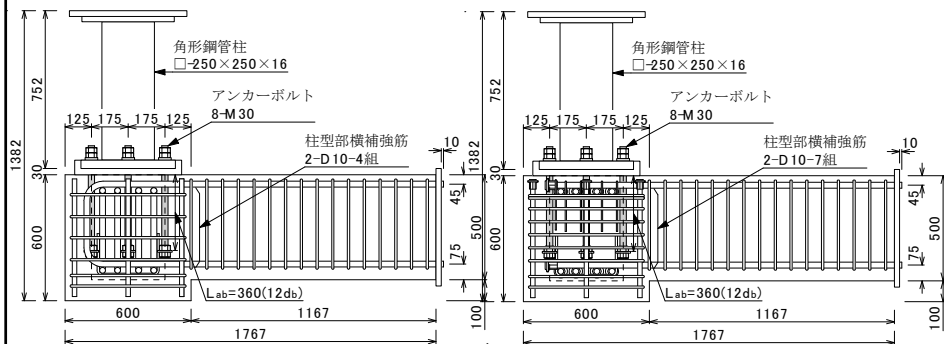
【開発実験】試験体全体寸法および加力方法



- 基礎梁を下側、鋼管柱を上側にして試験体を製作し、実験前に試験体を反転させた後、基礎梁下端筋が上部から拘束されない**直接基礎を想定したL形架橋試験体について**、RC造L形接合部実験と同様の加力方法によって実験を行っている。

5

代表的試験体の柱型部配筋詳細



(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)

- 機械式基礎梁主筋定着部には、**付着劣化防止用の上部かんざし筋(U形筋D6-5組 (pjwv=0.09%)SD295A, 足部全長240mm(40d))**を配置した。pjwv: かんざし筋比
- 機械式定着試験体の基礎梁下端筋定着部の応力条件は実際の直接基礎よりも厳しいので、**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。

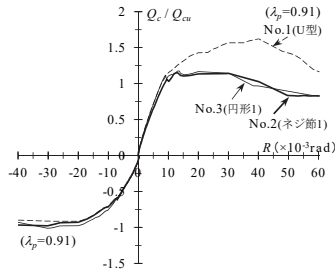
6

【U型定着と機械式定着の比較】 実験因子ごとの 基準化柱せん断力 Q_c/Q_{cu} - R 関係包絡線

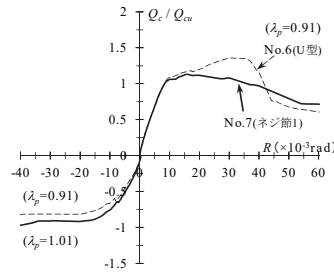
Q_{cu} : 式(5.1.2)のL形架構終局耐力

$\lambda_p = cQ_{pu}/Q_{cu}$: 柱型部せん断余裕度

cQ_{pu} : 式(解5.2.1)の柱型部せん断終局耐力時柱せん断力



(a) 系列1 (8本タイプ) Fc27試験体

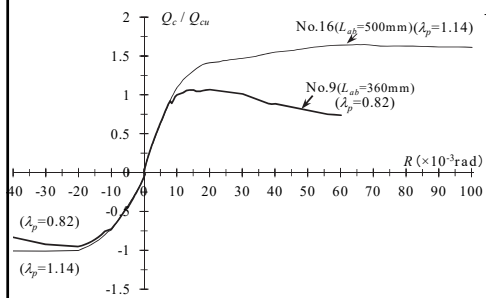


(b) 系列2 (6本タイプ) Fc27試験体

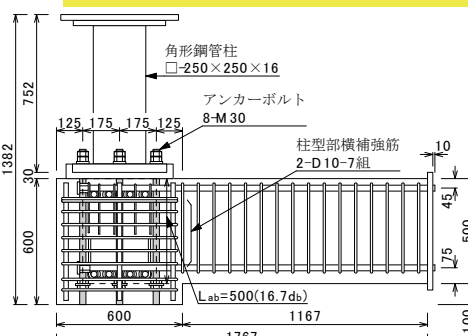
「正加力」U型定着の場合、柱型部内の基礎梁主筋折曲げ余長部の効果によって、基礎梁主筋定着耐力が機械式定着試験体よりも増加し、機械式定着の場合、定着金物種別に係わらず、正加力時 $\lambda_p < 1$ の Q_{max} は cQ_{pu} を上回った。
「負加力」U型定着と機械式定着試験体の Q_{max}/Q_{cu} は同程度となり、U型定着試験体でも、基礎梁上端筋の折曲げ余長部の効果は現れない。

【外定着の効果】 実験因子ごとの 基準化柱せん断力 Q_c/Q_{cu} - R 関係包絡線

$\lambda_p = cQ_{pu}/Q_{cu}$: 柱型部せん断余裕度



(f) アンカーボルト長さ L_{ab} の影響
No. 9とNo. 16の比較



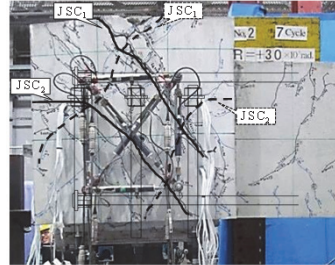
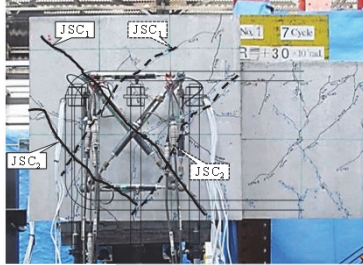
【系列5試験体No.16 (ネジ節型2)】

「正加力」 $L_{ab}=500\text{mm}$ の試験体No.16の正加力時の Q_{max}/cQ_{pu} および R_{80} は、外定着の効果により、 $L_{ab}=360\text{mm}$ のNo.9よりも明らかに増加した。
「負加力」 $L_{ab}=500\text{mm}$ のNo.16の Q_{max}/Q_{cu} は $L_{ab}=360\text{mm}$ のNo.9よりも0.1程度大きい。

典型的な柱型部せん断ひび割れ発生状況 ($R=+30.0 \times 10^{-3}$ rad. 時)

JSC1,2: 柱型部せん断ひび割れ ——— (正加力時) - - - (負加力時)

柱型部下面



柱型部上面

系列1試験体No. 1 (U型定着, Fc27)

系列1試験体No. 2 (ネジ節型, Fc27)

「正加力」

- U型定着試験体No.1では、 $R=+30 \times 10^{-3}$ rad.以降、柱型部せん断ひび割れ(JSC₂)の進展に伴い、 $R=+40 \times 10^{-3}$ rad.時にQ_{max}に達した。
- 機械式定着試験体No.2では、柱型部せん断ひび割れ(JSC₁)の進展に伴い、柱型横補強筋の引張降伏(JHY)が生じ、 $R=+13 \times 10^{-3}$ rad.時にQ_{max}に達した。

9

露出柱脚編 (2018年) 【目次】

- 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
 - 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
 - 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 柱型部横補強筋量および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
 - 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 検定建物の検定計算例
 - 6.4 検定建物の柱型部配筋詳細図

10

露出柱脚編1章適用範囲

- 1) 本編は、[SABTEC技術評価取得5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 従来型露出柱脚
技術基準解説書および鋼構造接合部設計指針
- ② 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	日本鑄造(株)

11

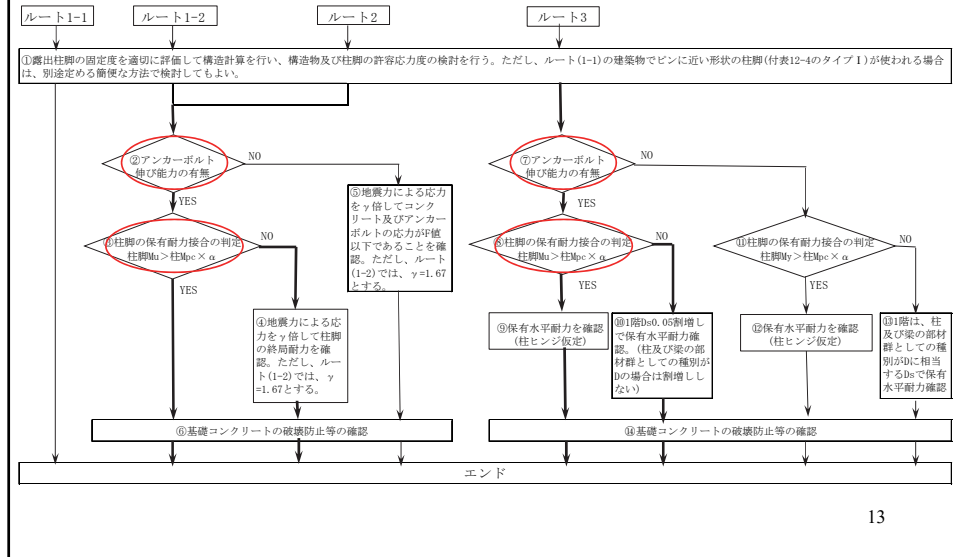
露出柱脚編2章 材料

- (1) コンクリート設計基準強度 F_c : 21N/mm²以上、60N/mm²以下
- (2) 鉄筋鋼種 : SD295A~SD490
- (3) 定着金物 : SABTEC技術評価を取得した定着金物
- (4) 鋼材 : JIS G 3136, 3101, 3106, 3114, 3475, 3466
BCR295, BCP235, BCP325, BCP325T
- (5) アンカーボルト : [JIS B 1220\(構造用両ねじアンカーボルトセット\)](#)適合アンカーボルトおよび既製品鉄骨露出柱脚アンカーボルト

メーカー名	工法名称	商品名またはJIS規格	鋼種	呼び名
(株)伊藤製鐵所	オニプレート 定着工法	普通強度鉄筋 ネジonicon	SD345, SD390, SD490	D19~D41
	FRIP定着工法	JIS G 3112異形棒鋼	SD295A, SD345, SD390, SD490	D13~D41
共英製鋼(株)	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, SD390, SD490 D13~D41
		タフ ヘッド	普通強度鉄筋 タフネジバー	SD345, SD390, SD490 D16~D41
		竹節鉄筋タフコン	SD295A, SD345, SD390	D13~D41
合同製鐵(株)	EG 定着板工法	JIS G 3112異形棒鋼	SD295A, SD345, SD390, SD490	D13~D41
JFE条鋼(株)	ネジプレート 定着工法	普通強度鉄筋 ネジバー	SD295A, SD345, SD390, SD490	D13~D41
(株)ディビーエス	DBヘッド定着工法	JIS G 3112異形棒鋼	SD295A, B, SD345, SD390, SD490	D16tD41

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

(注) 太線: 本編による露出柱脚の場合



13

3章 鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部の基本事項

(1) 本編の適用可能な鉄骨露出柱脚

- 設計ルート2または設計ルート3で設計された骨組において、本編の設計規定を満足す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、それぞれの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} :

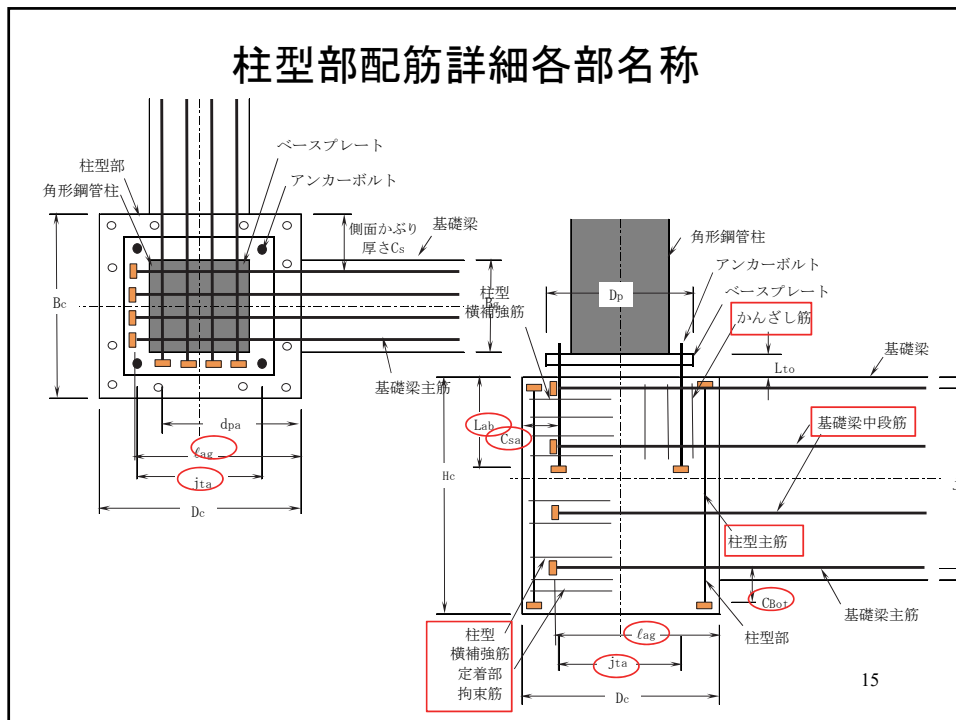
(JIS適合アンカーボルト) $L_{ab} \geq 20d_a$, d_a : アンカーボルト軸部直径

(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こと。

2) 最外縁アンカーボルト中心の柱型部側面かぶり厚さ $C_{sa} \geq 4d_a$

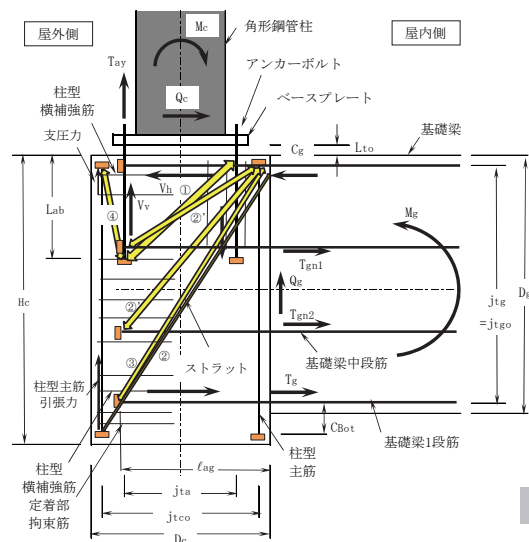
14

柱型部配筋詳細各部名称



15

中段筋を有する基礎梁付きL形柱型部の抵抗機構



(a) L形が閉じる正加力時

- 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。

16

(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
 $p_g = a_c / (B_c \cdot D_c)$ 、 a_c : 柱型主筋全断面積、 B_c, D_c : 柱型部断面寸法
- 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) 基礎梁下端筋(1段筋)中心からの柱主筋の突出長さ 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) 柱型主筋のかぶり厚さ:
(柱型主筋中心の側面かぶり厚さ) 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

- 柱型部内において、基礎梁上下最外縁主筋間に柱型横補強筋を配置し、
基礎梁下端筋の直下に、5.4節で規定する定着部拘束筋を配置する。
柱型横補強筋比 p_{iwh} : 0.3%以上

17

(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)

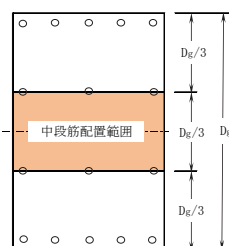
- 基礎梁中段筋を配置し、基礎梁上下主筋定着部の応力を緩和した場合、基礎梁下端筋は機械式直線定着としてもよい。

(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、基礎梁下端筋は機械式直線定着としてもよい。

【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 $D_g/3$ を除いた中央部に配置する。
- 2) 基礎梁中段筋の定着長さ l_{ag} は、基礎梁上下主筋定着長さと同じとする。



- 基礎梁中段筋定着部は、基礎梁曲げ終局耐力に及ぼす基礎梁中段筋の影響について本編の式(5.1.11)(略算式)と精算式との比較検討結果に基づき、基礎梁上下端面から $D_g/3$ を除いた中央部に配置する。

基礎梁中段筋配置範囲

18

(3) 柱型部せん断設計条件

- 柱型部せん断設計は、RC構造設計指針4.3節と同様、式(3.2)または式(3.3)を満足するように行う。
- 露出柱脚で、保有耐力接合の条件を満足する場合、柱型部せん断検定を省略してもよい。

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

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

ここに、 λ_p : 柱型部せん断余裕度

V_{muh}, V_{muv} : 式(5.1.1)、式(5.1.8)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

- 露出柱脚で、保有耐力接合の条件を満足する場合、柱型部せん断耐力到達前に、鉄骨柱ヒンジを形成するので、柱型部せん断検定を省略してもよい。

19

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 T_{au} は式(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。
- 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) 露出柱脚で、保有耐力接合の条件を満足する場合、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。

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

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

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

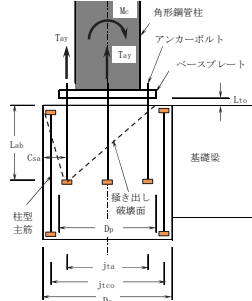
$$X_n/D_p = \sum T_{ay} / (0.85 F_c \cdot B_p \cdot D_p) \leq 0.25 \quad (4.5)$$

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

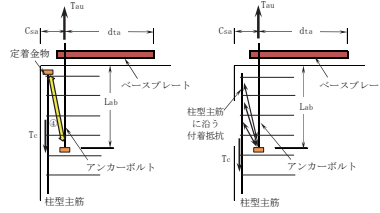
20

(1) 引張側アンカーボルトの定着機構

$$T_{au} = \beta_{c} \cdot [0.31 \sqrt{F_c} \cdot b_e \cdot (L_{abo} + C_{sa}) + \gamma_{c} \cdot T_{cy}], T_{cy} = n_{ct} \cdot a_{ct} \cdot \sigma_{cy} \quad (4.1)$$



アンカーボルト
揺き出し破壊面



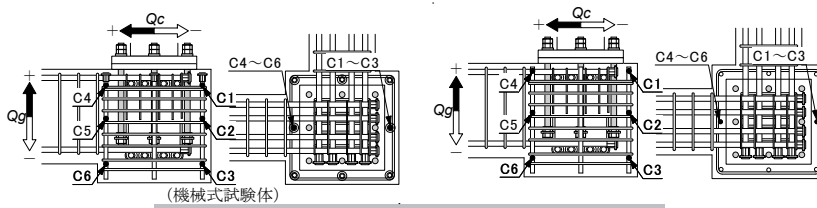
(a)機械式定着金物付き

(b)直線定着

引張側アンカーボルト
定着耐力の伝達機構

- 本実験の主要な柱型部せん断ひび割れは、概ね、アンカーボルトの揺き出し破壊面に沿って発生した。これに伴い、
- 図(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 T_{au} は、式(4.1)で算定するとした。

【柱型主筋ひずみ測定値】



柱型主筋ひずみの測定位置

- 柱型主筋ひずみ測定値から求める最大引張応力は、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、式(4.1)の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と同様、 T_{cy} の低減係数 γ_{c} を0.7とした。

(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

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柱型部せん断終局耐力安全率

	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	
Tey (kN)	452	456	452	456	323			324								
Tco (kN)	1477		1801		1477		1801	1396								1799
$\gamma \cdot c \cdot Tey / Tco$	0.21	0.22	0.18	0.18	0.15	0.13		0.16								0.13
Tau (kN)	1076	1078	1271	1272	1029		1223	973								1215
ΣT_{ay} (kN)	817				613			831			624			831		
$Tau / \Sigma T_{ay}$	1.32	1.32	1.55	1.56	1.68	2.00		1.17			1.56			1.17	1.46	
cQpu/Qcu	0.68		0.90		0.91		1.29	0.62								0.86
cQgu/Qcu	1.56	1.01	1.56	1.53	1.33			1.43	1.48	1.36	1.35		1.38	1.43		
Qmax/Qcu	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	
Qmax/cQpu	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	
Xn/Dp	0.16		0.11		0.12		0.08	0.18			0.14			0.18		

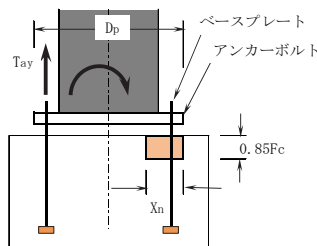
(注)cQpu/Qcu, cQgu/Qcu, Qmax/Qcu, Qmax/cQpuは、それぞれ正加力時の値を示す。

- No.9～No.15の場合、 $Tau / \Sigma T_{ay} = 1.17 \sim 1.56$ であり、 $cQpu / Qcu = 0.62$ の柱型部せん断破壊型と判別され、 $Qmax / cQpu = 1.1 \sim 1.5$ 程度である。
- これらより、 $Qmax / cQpu$ または $Qmax / Qcu$ に基づき、式(4.1)では低減係数 $\beta_c = 0.6$ とした。
- また、 $Tau / \Sigma T_{ay}$ の実験値を基に、式(4.2)では ΣT_{ay} の割増し係数 $\alpha_a = 1.2$ とした。
- 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、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。
- 露出柱脚の保有耐力接合の場合、アンカーボルト定着耐力到達前または柱型部せん断耐力到達前に、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。

(4) ベースプレート下コンクリート の中立軸比 X_n / D_p

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

- 伸び能力を有するアンカーボルトを用いた場合、下図のベースプレート下コンクリート圧縮応力分布を仮定すると、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)で算定することができる。
- 開発実験の X_n / D_p は $0.08 \sim 0.18$ であり、6章「設計例」の既製品露出柱脚の場合、同一サイズ角形鋼管における式(4.3)の X_n / D_p の最大値は 0.24 である。
- これらより、式(4.3)の X_n / D_p の上限値を 0.25 とする。



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

$$N_{cy} = \sum a_c \cdot \sigma_{cy} \geq 0.1 N_{ay}, N_{ay} = \sum n_a \cdot T_{ay} \quad (4.6)$$

N_{cy} : 柱型主筋の全降伏引張耐力

$\sum n_a$: 全アンカーボルト本数

T_{ay} : アンカーボルト軸部の1本当たりの降伏引張耐力

- 柱型主筋ひずみ測定値によると、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程度であり、両柱型主筋ともに、引張側アンカーボルト定着耐力 τ 到達時でも弾性域に留まった。
- これらの本実験の知見によると、柱型主筋量は、3章(2)(b)2)で定めた柱型主筋比 ρ_g の最小値(0.6%)以上とすればよい。
- 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、4.1節2)では、既製品露出柱脚の標準仕様による柱型主筋量を考慮し、柱型主筋は式(4.6)を満足しなければならない。

25

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・式(8.1)による必要定着長さ l_{ao} 以上、16db以上、かつ、 $(D_c + j_{ta})/2$ 以上とする。

D_c は柱型せい、 j_{ta} は最外縁アンカーボルト中心間距離、db:主筋呼び名の値

- 2) 最外縁アンカーボルト中心間距離 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。

- 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。 $L_{ag} = (D_c + j_{ta})/2$ 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 j_{ta} 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。

26

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)

- 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。

$$V_{muh} = \xi h \cdot Q_{cu} / 2, \quad V_{muv} = \xi v \cdot Q_{cu} / 2 \quad (5.1.1)$$

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

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

$$M_{spo} = M_{sp} \cdot (1 + L_{to} / h_o) \quad (5.1.4)$$

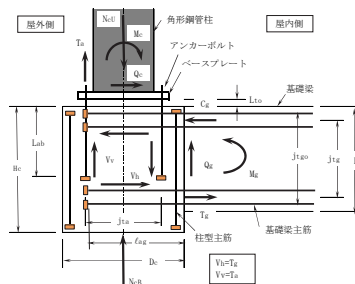
$$\text{(L形柱型部)} \quad cQ_{gu} = \{2M_{gu} / (\eta_g \cdot l_o)\} \cdot (l/h), \quad \eta_g = 1 \mp (j_{tg} / l_o) \cdot (l/h) \quad (5.1.5)$$

$$\text{(T形柱型部)} \quad cQ_{gu} = 2\{(M_{gu} + M_{gu}') / l_o\} \cdot (l/h) \quad (5.1.6)$$

$$\xi h = (h/l) \cdot (l_o/j_{tg}) - 1, \quad \xi v = (h_o/j_{tae}) - h/l \quad (5.1.7)$$

最下階L形柱型部の応力状態

(L形が閉じる正加力時)



27

(2) 杭基礎の場合(ト形、十字形柱型部)

- 柱型部終局強度設計用せん断力 V_{muh} は、式(5.1.8)による。

$$V_{muh} = \xi h \cdot Q_{cu} \quad (5.1.8)$$

$$\text{(ト形柱型部)} \quad Q_{cu} = cQ_{gu} = (M_{gu} / l_o) \cdot (l/h) \quad (5.1.9)$$

$$\text{(十字形柱型部)} \quad Q_{cu} = cQ_{gu} = \{(M_{gu} + M_{gu}') / l_o\} \cdot (l/h) \quad (5.1.10)$$

- 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、ト形、十字形柱型部の終局強度設計用せん断力 V_{muh} は、RC構造設計指針5章の算定式と同様、式(5.1.8)で算定できる。

- 杭基礎の設計では、 Q_{cu} は基礎梁端曲げ終局耐力で決定するように、杭および杭頭補強筋を定める必要がある。

28

(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(5.1.11)による。

$$M_{gu} = (a_{gt} + a_{gn}/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot j_{tg}, \quad M_{gu}' = (a_{gt}' + a_{gn}'/2) \cdot \sigma_{gy} \cdot j_{tg} \quad (5.1.11)$$

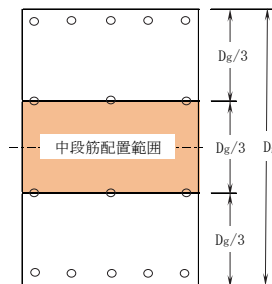
ここに、 a_{gt}, a_{gt}' : 引張側基礎梁主筋の断面積

a_{gn}, a_{gn}' : 基礎梁中段筋の断面積

σ_{gy} : 引張側基礎梁主筋の降伏強度、 j_{tg} : 基礎梁上下主筋重心間距離

- 基礎梁中段筋は、3章(2)(d)で定義するように、基礎梁上下主筋定着部の応力緩和のために配置し、曲げ終局耐力 M_{gu}, M_{gu}' は式(5.1.11)で算定するとした。
- 式(5.1.11)の基礎梁曲げ終局耐力の評価精度は、平面保持仮定(精算式)による検討結果に基づき確認している。

基礎梁中段筋配置範囲

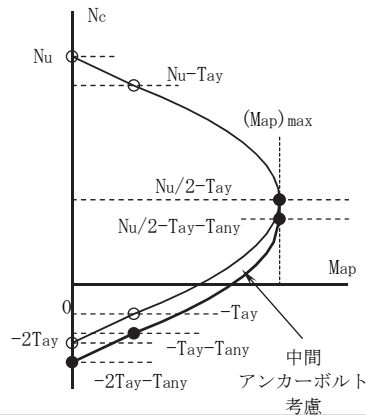


29

柱型部全塑性モーメント M_{ap} の算定式 【単純累加強度式による露出柱脚部のM-N相関関係】

- 単純累加強度式の場合、中間アンカーボルトを考慮すると、式(解5.1.1)により、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。

鉄骨露出柱脚部のM-N相関関係



30

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。

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

κ_u : 柱型部の形状係数

【直接基礎の場合】(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

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

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

D_{jh}, D_{jv} : 水平および鉛直柱型部有効せい

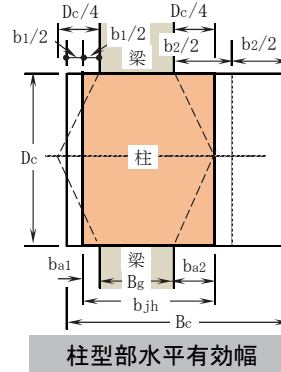
【水平方向】(L形、ト形柱型部) $D_{jh} = \ell_{ag}$

(T形、十字形柱型部) $D_{jh} = D_c$ (5.2.4)

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

ℓ_{ag} : 基礎梁主筋定着長さ、

L_{ab} : アンカーボルト定着長さ

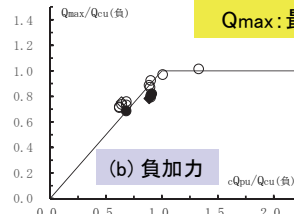
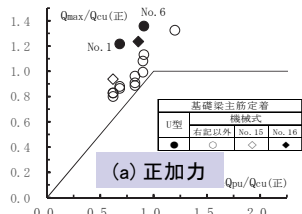


31

【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に準じ、式(5.2.1)で算定する。

ただし、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 κ_u は0.4とした。



Q_{max} : 最大耐力実験値

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

- 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。
 $cQ_{pu} = \min(cQ_{puh}, cQ_{puv})$ (解5.2.1)
 $cQ_{puh} = 2V_{puh}/\xi h, \quad cQ_{puv} = 2V_{puv}/\xi v$ (解5.2.2)

上図によると、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。すなわち、3章(3)の式(3.2)および式(3.3)を満足すれば、L形、T形柱型部のせん断破壊を防止できる。

2

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。

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

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

RuD : 設計限界層間変形角(表5.3.1による)

$R80a, \alpha_{wo}, \beta_w$: 表5.3.2による。

$\phi_s=2.0$: 安全率、 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))

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

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

33

5.4 定着部拘束筋

定着部拘束筋は、XY方向ともに、式(5.4.1)を満足するように定め、基礎梁下端1段筋直下に、2組以上の外周筋または1組以上の中子筋併用の定着部拘束筋を配置する。ただし、1組の中子筋は2本以上の副帯筋(サブタイ)とする。

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

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

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

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

AH : 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

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)

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)

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、かんざし筋比 $p_{jvw} \geq 0.10\%$ のかんざし筋を配置する。

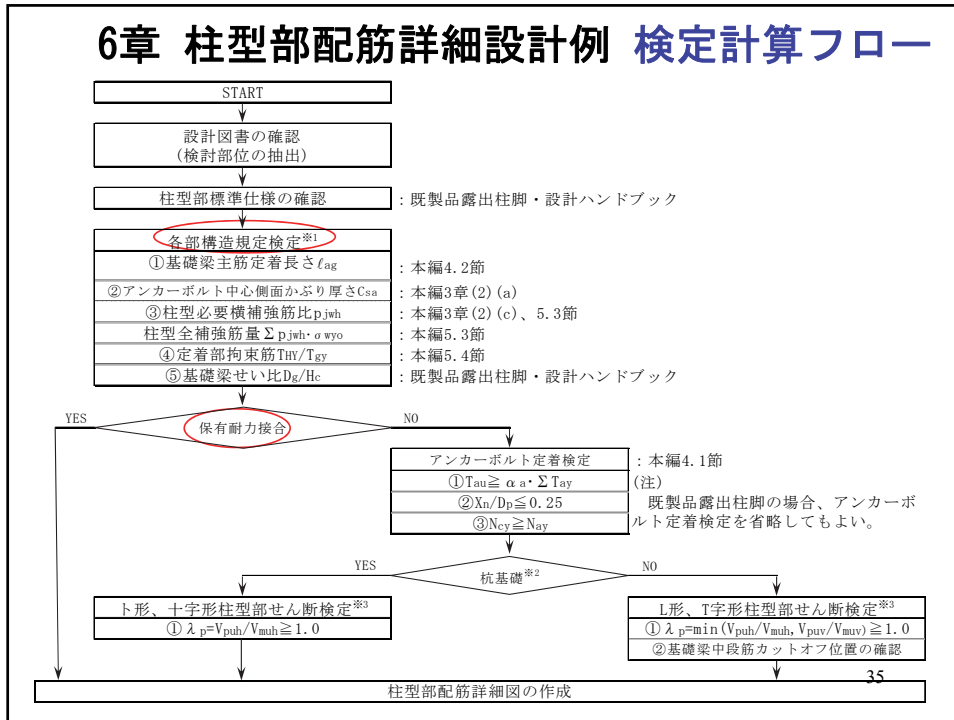
ただし、基礎梁上端筋定着部は上部側(2次筋側)だけとしてもよい。

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

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

34

6章 柱型部配筋詳細設計例 検定計算フロー



既製品露出柱脚の概要

角形鋼管用ベースパックの適用柱サイズ一覧

ベースパック 型式	柱材 F値	適用柱サイズ															
		□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)											

角形鋼管用ハイベースNEOの適用柱サイズ一覧

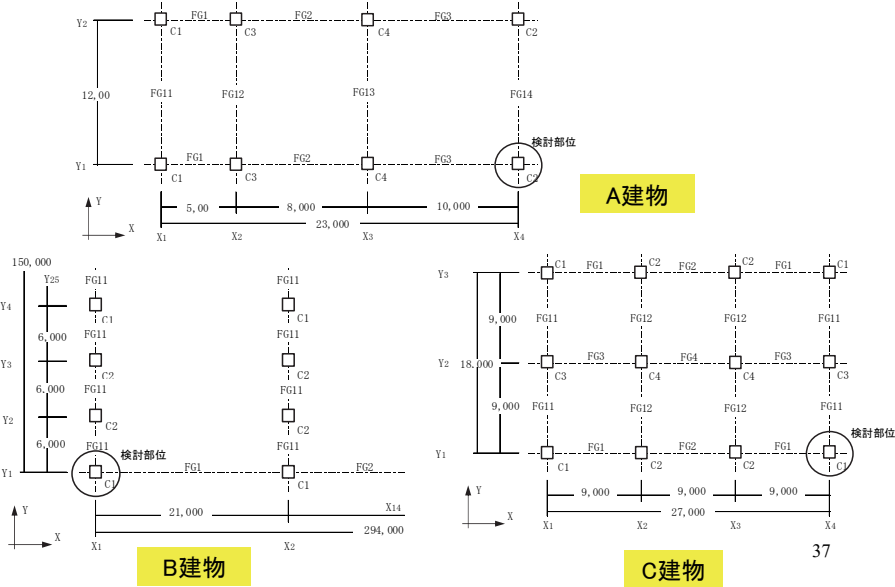
適用柱サイズ													
□150	□175	□200	□250	□300	□350	□400	□450	□500	□550	□600	□650	□700	□750
エコタイプ(鋼製ベースプレート)										—	—	—	—
—										Gタイプ(鋳鋼製ベースプレート)			

角形鋼管用NCベースの適用柱サイズ一覧

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

36

検討建物の概要 柱型部・基礎梁伏図



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
	張間(Y)	1スパン	24スパン
	階数	3階	2階(中2階)
塔屋	1階	—	—
最高高さ	15.9m	19.05m	57.95m
1階構造階高h1	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Fc	24N/mm ²	24N/mm ²	36N/mm ²
鉄筋	D10~D16	SD295A	SD295A
	D19~D25	SD345	SD345
	D29以上	SD390	SD390
既製品露出柱脚	ベースバック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	GB750-12-48	PK-700-8X-64
	50-22R	GB600-12-48	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h1：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

詳細図3 C建物の柱型部配筋詳細 NCベースP(8本タイプ)

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	L _{ab} (mm)	t(mm)	B _p (D _p)	j _{ta1} (mm)	B _c (D _c)(mm)	主筋			横補強筋
C1	□-700×700×32	PK700-8X-64	8-M64	1280	75	1030	875	1400	40-D32	4-D16-16組	2-D16-8組	U-D13-8組

L_{ab}: アンカーボルト定着長さ、t: 最大厚さ、B_c, D_c: 柱型部幅(せい)、B_p(D_p): ベースプレート幅(せい)、j_{ta1}: 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	1000×2500	8+6-D38	6+4-D38	4-D13@200
FG11	1000×2500	8+4-D38	6+4-D38	4-D13@200

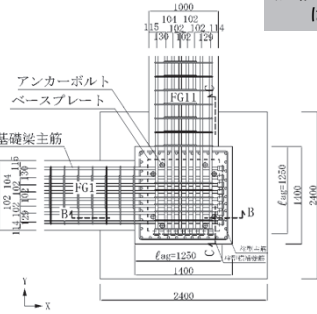
B_g, D_g: 基礎梁断面幅(せい)、(鋼種)主筋: SD490、横補強筋: SD295A

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

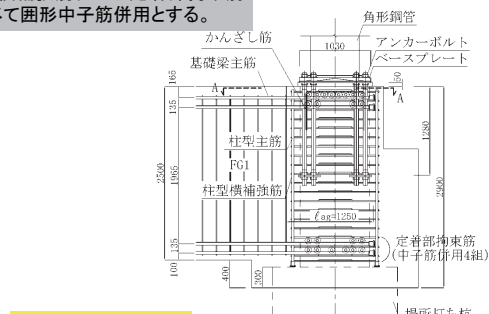
出寸法: 基礎梁底から基礎底までの寸法

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、すべて円形中子筋併用とする。



A-A断面図



C-C断面図

SS7組込プログラム 別途計算機能概要

SS7本体
別途計算機能
<input checked="" type="checkbox"/> 1.機械式定着の検定
<input type="checkbox"/> 1.1 RC接合部(Ver.2019.1)
<input type="checkbox"/> 1.2 露出柱脚基礎梁
1.2.1 データ入力 <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1.1 対象結果の選択 1.2.1.2 標準使用材料と計算条件 1.2.1.3 柱型部横補強筋比 1.2.1.4 定着耐力の低減係数 1.2.1.5 断面検定省略部材 1.2.1.6 基礎柱 1.2.1.7 定着金物および検定結果
1.2.2 検定結果
1.2.3 出力指定

SS7組込プログラムにおける検討項目

検討項目	在来柱脚		既製品 露出柱脚
	非保有耐力 接合	保有耐力 接合	
①基礎梁主筋定着長さ確保の検定(4.2節)	○	○	○
②アンカーボルト定着耐力から基礎柱主筋の選定(4.1節)	○	×	×
③柱型横補強筋組数の選定(3章)	○	○	○
④定着部拘束筋の必要組数の選定(5.4節)	○	○	○
⑤柱型補強筋と定着部拘束筋の全補強筋量の検定(5.3節)	○	○	○
⑥柱型部せん断設計(5.1節、5.2節)	○	×	△
かんざし筋(5.5節)		×	
かぶり厚さ(3章(2)(b)5)、4.2節3))		×	

43

標準使用材料と計算条件

項目	説明	初期値
標準使用材料		
1.部材ごとの鉄筋		
基礎柱	基礎柱の主筋をリストから選択指定	
横補強筋	基礎柱の横補強筋をリストから選択指定	
2.基礎柱の鉄筋位置		
入力方法	dtとかぶりの入力方法の選択	
dt	基礎柱面からのXY方向主筋中心位置の入力指定	60
かぶり	XY方向のかぶり厚さの入力指定	40
計算条件		
基礎梁主筋必要定着長さ比 lag/Lag	基礎梁主筋定着長さの検定に用いるlag/Lagを指定	1.00
柱型主筋上端	柱型主筋上端の定着方法(直線定着または定着金物付き)の指定	直線 定着
設計限界層間変形角 X方向、Y方向	$\Sigma pjwh$ 検定に用いる設計限界層間変形角RUD(1/50 または1/75)の選択	1/50
ト形、十字形の終局強度設 計用せん断力Qcu	せん断設計に用いるcQgu(cQcu)指針式(5.1),または min(cQgu,cQcu)の選択	cQgu 指針式(5.1)
L形、T形反曲点位置	せん断設計に用いるho1およびho(M/Q,ho/2,または max(M/Q,ho/2))の選択	M/Q

既製品露出柱脚・適用柱サイズ

製品名	適用柱サイズ													
	□150	□175	□200	□250	□300	□350	□400	□450	□500	□550	□600	□650	□700	□750
ベース パック	I型(保有耐力接合タイプ)					II型(保有耐力接合タイプ)					—	—	—	—
	—	—	—	—	FX3(保有耐力接合タイプ)									
	—	—	—	—	S3(柱脚ヒンジタイプ)									
ハイベース NEO	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)									
NCベースP	4本タイプ						—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	8本タイプ									
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12本タイプ	

45

既製品露出柱脚・各部寸法一覧

ベースパック・S3型(柱脚ヒンジタイプ)					
製品記号	Lab [mm]	Lto [mm]	t [mm]	da [mm]	Dc0 [mm]
NT30-19S3	600	80	50	39	800
NT35-16S3	650	80	50	45	800
NT35-19S3	600	80	50	36	850
NT35-22S3	600	80	50	36	850
NT35-25S3	600	80	50	39	850
NT40-16S3	600	80	50	36	900
NT40-19S3	600	80	50	39	900
NT40-22S3	600	80	50	39	900
NT40-25S3	650	85	55	42	950
NT45-16S3	600	85	55	39	950
NT45-19S3	650	85	55	42	1000
NT45-22S3	650	85	55	42	1000
NT45-25S3	650	90	60	45	1050
NT45-28S3	700	95	65	48	1100

ベースパック全製品のグラウト厚さ: すべて30mm

(注)2018.12版では、Dc0をベースプレートサイズ+200mmとし、
2019.4版では、daとDc0をメーカー設計ハンドブックの値とする。

46

出力項目ごとの出力内容

出力項目		出力内容
定着金物		選択した定着金物の表示
柱脚形式		検定対象柱脚形式名の表示
基礎梁 定着	不足	定着長さが柱型内に納まらない箇所数の表示
	不適	選択材料がSABTEC指針適用外箇所数の表示
	不可	鉄筋の計算ができない部材数の表示
	要確認	設計図で形状を確認すべき箇所数の表示
アンカーボルト および基礎柱NG		・アンカーボルト間鉄筋間隔の規定、柱主筋比 $p_g \geq 0.6\%$ 、 $X_n/D_p \leq 0.25$ 、最小長さの規定を満足しない箇所数の表示 ・Dc*付き、Dc+付き(柱寸法自動算出)箇所数の表示
基礎柱補強筋NG		$\sum p_{jwh} \cdot \sigma_{wy} \geq$ 必要補強筋量を満足しない箇所数の表示 ($\lambda_p < 1.0$ の時は $\lambda_p = 1.0$ として計算し、NGを出力)
柱型部せん断設計NG		$\lambda_p \geq 1.0$ を満足しない箇所数の表示

47

今後の予定

- 2019.4版では、アンカーボルト中心かぶり厚さ $Csa \geq 4da$ の検定を追加する。既製品露出柱脚の柱せいDcは、設計ハンドブックの値を採用する。
- 2019.4版では、併せて、RC接合部編をRC構造設計指針(2017年)に適合するように改定する。

2019.4版による柱せいDcの採用方法

柱せい入力値 ^{※1}	既製品露出柱脚	在来柱脚
"-1"を入力	柱せい自動算出 ^{※2}	柱せい入力値の採用
"0"を入力 または入力なし	柱せい入力値の採用 ^{※3}	柱せい入力値の採用
"1以上"を入力	左記の入力値	左記の入力値

※1: 柱せいDc入力時のコマンド、入力はDx,Dyごとに設定

※2: 柱せいDcの自動算出は、既製品露出柱脚の柱せい設計値を用いて行う。

※3: 柱せいDc入力値なしの場合、Dc=ベースプレート寸法+200mmとする。

48