

第 5 章

設計例 3：共同住宅 B（杭頭半剛接合工法）

5.1 対象建築物

5.1.1 建築物概要

以下のように対象建築物の概要を示す。

- 階数： 地上8階 塔屋2階
- 建築面積： 292 m²
- 延床面積： 2,409 m²
- 建物高さ： 24.05m
- 構造形式： X方向：ラーメン架構 Y方向：耐震壁付ラーメン架構
- 構造種別： 鉄骨鉄筋コンクリート造
- 使用材料： コンクリート 1階立上り 24N/mm² その他 21 N/mm²
鉄筋 SD295A,SD345 鉄骨 SS400,SM490A



図 5.1.1-1 建物外観パース（南面）

5.1.2 構造図面

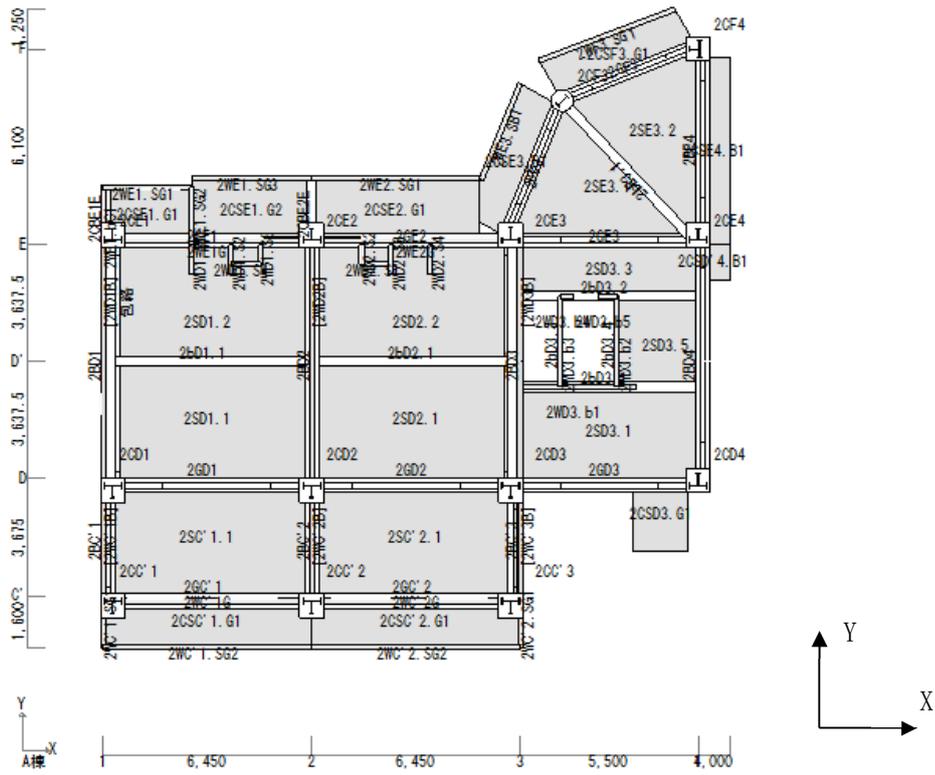


图 5.1.2-1 基準階伏図

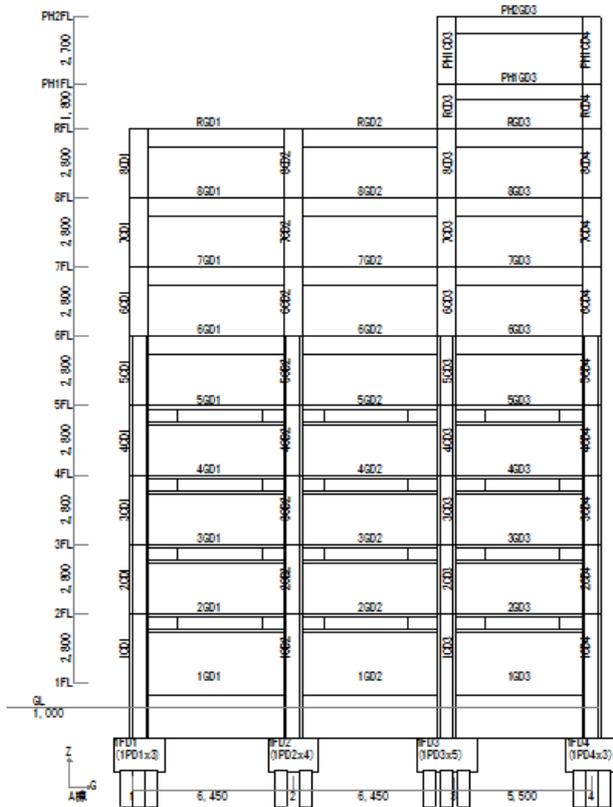


图 5.1.2-3 D通軸組図

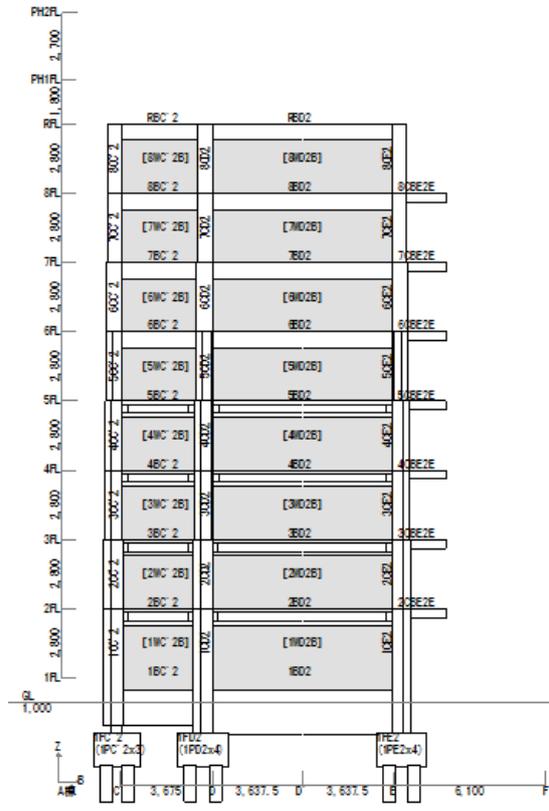


图 5.1.2-3 2通軸組図

5.1.3 地盤概要

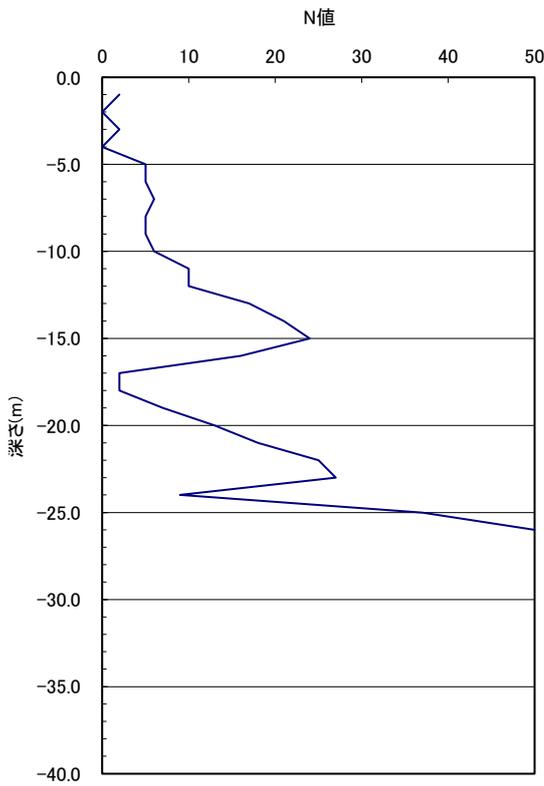


図 5.1.2-4 柱状図

表 5.1.2-1 地盤モデル

□地盤モデル							
H	N値	土層	密度	Vs	Vp	c	ϕ
(m)				(m/s)	(m/s)	(kN/m ²)	(deg)
-1.0	2	C	1.8	110	1360	25.0	1.0
-2.0	0	C	1.8	110	1360	25.0	1.0
-3.0	2	C	1.8	110	1360	25.0	1.0
-4.0	0	C	1.8	110	1360	25.0	1.0
-5.0	5	C	1.8	110	1360	25.0	1.0
-6.0	5	S	1.6	150	1560	1.0	35.0
-7.0	6	S	1.6	150	1560	1.0	35.0
-8.0	5	S	1.6	150	1560	1.0	35.0
-9.0	5	S	1.6	150	1560	1.0	35.0
-10.0	6	S	1.6	150	1560	1.0	35.0
-11.0	10	S	1.8	210	1560	1.0	35.0
-12.0	10	S	1.8	210	1560	1.0	35.0
-13.0	17	S	1.8	210	1560	1.0	35.0
-14.0	21	S	1.8	210	1560	1.0	35.0
-15.0	24	S	1.8	210	1560	1.0	35.0
-16.0	16	S	1.8	210	1560	1.0	35.0
-17.0	2	S	1.8	210	1560	1.0	35.0
-18.0	2	C	1.7	150	1560	25.0	1.0
-19.0	7	C	1.7	150	1560	25.0	1.0
-20.0	13	S	1.8	260	1560	1.0	35.0
-21.0	18	S	1.8	260	1560	1.0	35.0
-22.0	25	S	1.8	260	1560	1.0	35.0
-23.0	27	S	1.8	260	1560	1.0	35.0
-24.0	9	S	1.8	260	1560	1.0	35.0
-25.0	37	S	1.8	260	1560	1.0	35.0
-26.0	50		1.8	390	1700		

土層 S：砂 C：粘土

5.2 上部構造の耐震設計

上部構造の耐震設計結果は4章と同一である。詳細は4.2節を参照のこと。

5.3 基礎構造の1次設計

5.3.1 ケースB4

本設計例では、Sグレードで二次設計外力に対して許容応力度設計を行うため、一次設計における水平外力に対する検討は割愛し、長期荷重に対する支持力の検討のみを行う。

(1) 設計条件

一次設計外力に対する耐震設計は行わないため、省略する。

(2) 既製杭の耐震設計

一次設計外力に対する耐震設計は行わないため、省略する。

(3) パイルキャップの耐震設計

一次設計外力に対する耐震設計は行わないため、省略する。

(4) 基礎梁の耐震設計

本章では基礎梁の設計は行わないため、省略する。

(5) 1次設計の検討結果

1) 杭工法および地盤概要（5.4.1の二次設計の結果による）

- ・杭径および杭長： 杭径 1200φ×13本，杭長 25m
- ・杭工法： PHC杭（埋込み工法， $\alpha=200$ ）
- ・杭天端： GL-2.5m
- ・支持層： GL-27.5m（N値 50以上）
- ・杭頭半剛接合法： F.T.Pile構法 既製コンクリート杭

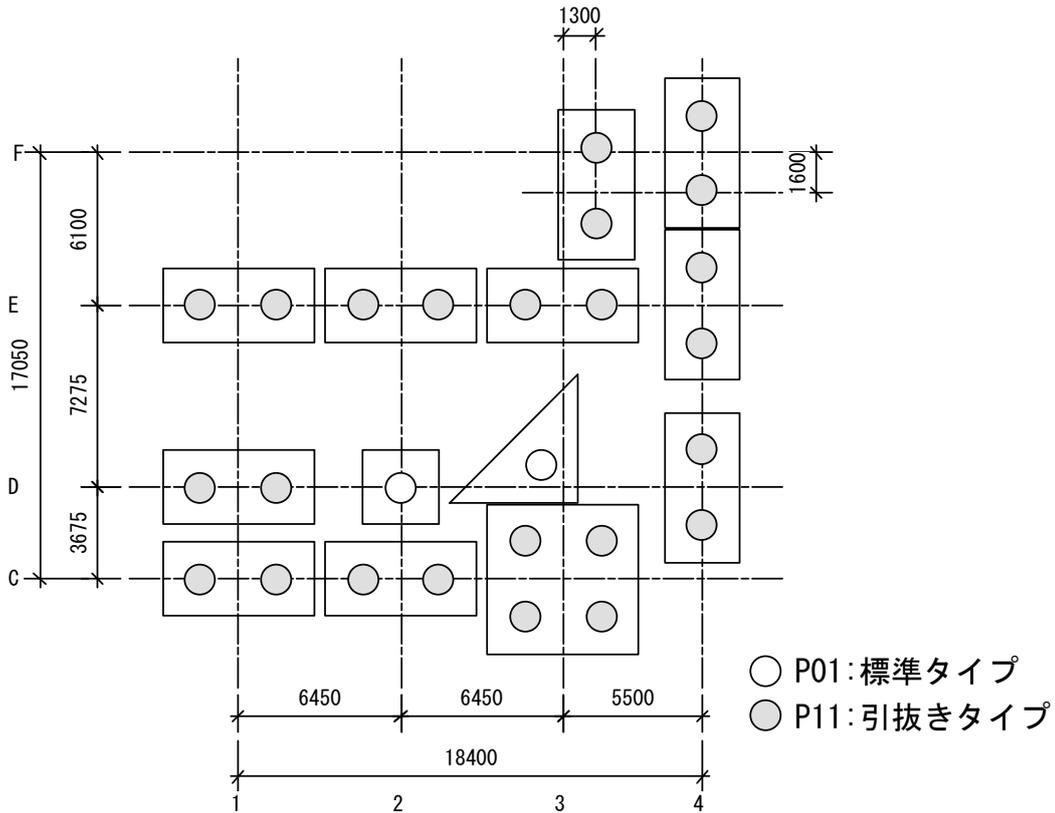


図 5.2.1-1 杭配置

表 5.3.1-1 杭の仕様

符号	杭径 (mm)	杭全長 (m)	上杭		中杭		下杭		F.T.Pile構法 タイプ	引抜抵抗用鋼棒			
			杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)		鋼棒種別	長さ (m)	本数 (本)	配置直径 (mm)
P01	1200	25	SC(t=9mm, SKK490)	12	PHC(C種)	8	PHC(C種)	5	標準タイプ	-	-	-	-
P11	1200	25	SC(t=9mm, SKK490)	12	PHC(C種)	8	PHC(C種)	5	引抜タイプ	PC鋼棒φ11-C種	1750	26	1050

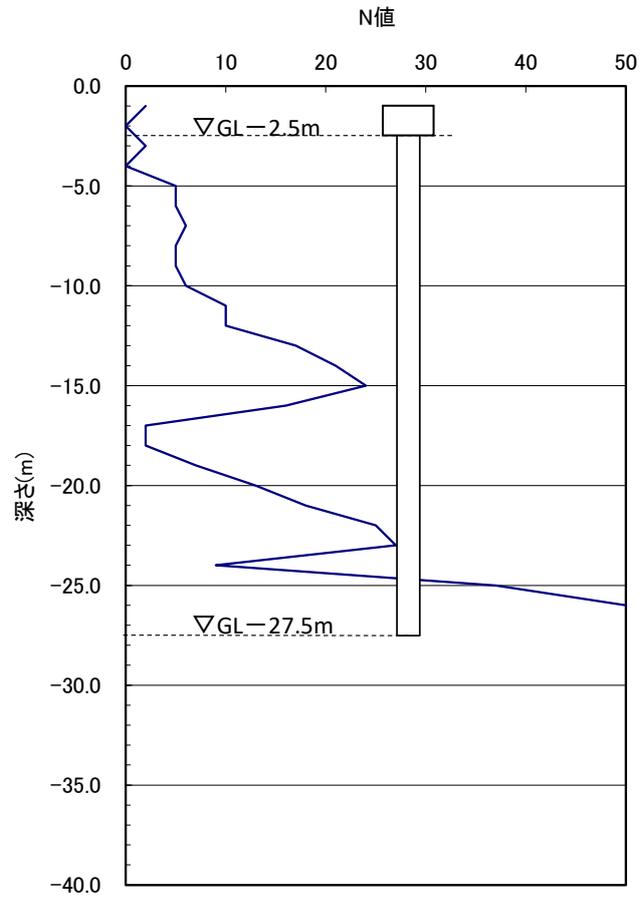


図 5.3.1-2 地盤 2 と杭レベル

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

2) 鉛直支持力の算定

地盤の長期支持力から決まる許容支持力は下記(告示式)による。

P01 と P11 は杭頭仕様が異なるだけのため、支持力は同じである。

表 5.3.1-2 鉛直支持力の検討

□PHC杭の許容支持力(告示式、埋め込み杭： $\alpha=200$)

軸径(cm)	120
先端径(cm)	120
先端N値	35
杭長(m)	25.0
杭断面Ac(cm ²)	4948
コンクリート強度Fc(N/mm ²)	85
長期許容応力度fc(N/mm ²)	21
有効プレストレス力 σ_e (N/mm ²)	10
継手低減 α	0
摩擦砂Ns1	5.4
摩擦砂Ls1(m)	5.0
摩擦砂Ns2	14.3
摩擦砂Ls2(m)	7.0
摩擦砂Ns3	28.6
摩擦砂Ls3(m)	8.5
摩擦砂Ns4	
摩擦砂Ls4(m)	
摩擦粘土qu1(kN/m ²)	50.0
摩擦粘土Lc1(m)	2.5
摩擦粘土qu2(kN/m ²)	50.0
摩擦粘土Lc2(m)	2.0
摩擦粘土qu3(kN/m ²)	0.0
摩擦粘土Lc3(m)	0.0
拡低比率(面積)	1.00
軸部周長 Φ (m)	3.77
極限周面摩擦抵抗(kN)	5031
先端部断面積Ap(m ²)	1.13
先端基準支持力(kN)	7917
杭重量Wp(kN)	315
長期許容杭材支持力(kN)	5567
長期許容地盤支持力(kN)	4316
長期引抜き力(kN)	1657
降伏引抜き力(kN)	2998
残留引抜き抵抗(kN)	3669
採用長期許容支持力(kN)	4316

計算は告示式による。

極限先端支持力

$$P_p = 200 N A_p \quad (N \leq 60)$$

極限周面摩擦抵抗

$$P_f = [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (q_u/2 \cdot L_c)] \times \Phi \quad (N_s \leq 30, q_u \leq 200 \text{ kN/m}^2)$$

長期許容支持力

$$\text{MIN}((P_p + P_f)/3, A_c \times (1 - \alpha) \times (f_c - \sigma_e))$$

$$q_u = 12.5N (=2C)$$

長期許容引き抜き力

$$4/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (q_u/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

短期(降伏)引き抜き力

$$8/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (q_u/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

残留引抜き抵抗(告示/1.2)

$$1/1.2 \times 12/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (q_u/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

・支持反力と支持力比

表 5.3.1-3 設計軸力と支持力比

長期軸力(kN/本)					□長期支持力比				
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			618	590	Y_ F			0.14	0.14
Y_ E	1,306	1,825	2,031	1,520	Y_ E	0.30	0.42	0.47	0.35
Y_ D	1,077	3,411	3,740	1,233	Y_ D	0.25	0.79	0.87	0.29
Y_ C	742	1,239	357		Y_ C	0.17	0.29	0.08	

長期支持反力(kN/本)と支持力比

3) 水平時の杭応力の算定

一次設計外力に対する耐震設計は行わないため、省略する。

4) 付加曲げを考慮した杭軸力の算定

一次設計外力に対する耐震設計は行わないため、省略する。

5) 杭体の検討

一次設計外力に対する耐震設計は行わないため、省略する。

6) 基礎梁の検討

本章では基礎梁の設計は行わないため、省略する。

7) パイルキャップの検討

一次設計外力に対する耐震設計は行わないため、省略する。

8) 1次設計のまとめ

一次設計外力に対する耐震設計は行わないため、省略する。

5.3.2 ケースB5

本検討では、杭頭半剛接合法は F.T.Pile 構法と限定していないが、以下の設計式、評価式などは、F.T.Pile 構法の式を準用する。

なお、杭頭固定杭と異なり、一次設計においても杭頭回転角の検定が必要になる。

(1) 設計条件

- ・杭モデル 群杭フレームモデル（多層地盤モデル）
- ・基礎梁 剛体とする。
- ・杭設計用地震力

上部構造の地震力($C_0=0.20$) $Q_1=4782$ kN

1階部分の重量 $W1=4784$ kN

基礎重量 $Wf=2415$ kN

地下部設計震度 $K=0.1, Z=0.9$

杭設計用地震力 $\Sigma Q_p = Q_1 + Z \cdot K \cdot (W1 + Wf) = 5430$ kN

- ・杭強制変位 考慮しない
- ・杭設計用軸力 鉛直荷重時および地震時 $C_0=0.20$ 相当時の支点反力を用いる。
- ・杭工法は、セメントミルク工法による埋込み杭（先端支持力係数 $\alpha=200$ ）とする。

表 5.3.2-1 検討用軸力（設計せん断力時： $C_0=0.2$ ）

X	Y	長期(kN)	水平時軸力(kN)		短期軸力(kN)			
			X	Y	EX+	EX-	EY+	EY-
1	C	1,485	-1,389	-1,125	96	2,874	360	2,610
1	D	2,154	-1,861	-199	293	4,015	1,955	2,352
1	E	2,613	-1,437	1,392	1,175	4,050	4,005	1,221
2	C	2,478	93	-1,590	2,571	2,386	889	4,068
2	D	3,411	81	-352	3,492	3,330	3,059	3,763
2	E	3,650	-70	1,907	3,580	3,720	5,557	1,744
3	C	1,430	1,026	-2,193	2,456	404	-763	3,623
3	D	3,740	323	-697	4,063	3,417	3,043	4,437
3	E	4,062	-672	2,490	3,390	4,734	6,552	1,572
3	F	1,237	-765	334	472	2,001	1,570	903
4	D	2,466	2,131	-1,647	4,597	335	819	4,113
4	E	3,040	1,629	1,265	4,669	1,410	4,304	1,775
4	F	1,181	911	415	2,092	269	1,596	765

(2) 既製杭の耐震設計

1) 地震時応力算定方法

- ・杭体は弾性モデルとする。
- ・杭先端の境界条件はローラー支持とする。
- ・杭頭部には、杭頭半剛接合法による杭頭回転ばね（ $M-\theta$ 関係）を設ける。
- ・解析は、慣性力を漸増させ等価線形解析で行う。
- ・水平地盤ばねは「建築基礎構造設計指針」^[5-3]（以下、「基礎指針」）に準じる。

$$\text{水平地盤反力係数 } k_h = 80 \cdot E_0 \cdot B^{3/4}$$

E_0 ：対象土層の平均 N 値より 700N で推定した地盤変形係数

$$N = (2+0+5+5+6) / 5 = 3.6 \text{ (杭天端から 5m)}$$

- ・水平地盤ばねは「基礎構造設計指針」に準じて、群杭係数($\xi = 0.61$)を考慮した非線形ばねを用いる。
- ・杭体の変位(y)が 1.0cm を超えた場合は、水平地盤反力係数を ($y^{-1/2}$) により低減し、杭頭変位が収束するまで繰り返し計算を行う。
- ・基礎の根入れ効果(または、土圧合力ばね)は考慮しない。
- ・杭頭曲げ応力に伴う付加軸力を考慮する。杭頭半剛接合法による杭頭回転ばねは、杭軸力に依存するため、付加軸力によって杭頭曲げ応力が変化する。このため、収斂計算を行う。

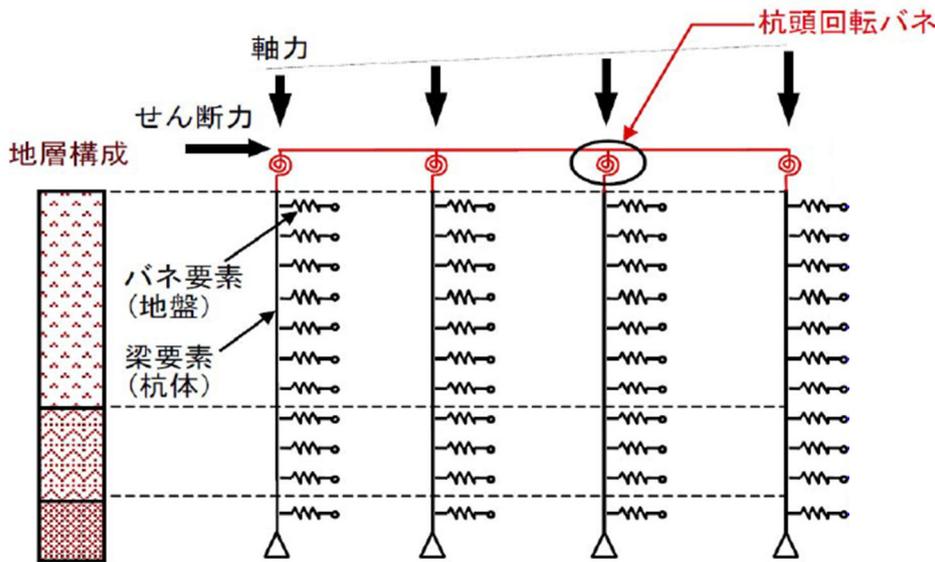


図 5.3.2-1 杭応力解析モデル図

表 5.3.2-2 地盤モデル

下端 深度 (m)	層厚 (m)	土質名	N値	E ₀ の 算定方法	E ₀ (kN/m ²)	α	群杭 係数 ξ
1.00	1.00	粘土	2.0	N値から算定	1400	80	0.61
2.00	1.00	粘土	0.0	N値から算定	0	80	0.61
3.00	1.00	粘土	2.0	N値から算定	1400	80	0.61
4.00	1.00	粘土	0.0	N値から算定	0	80	0.61
5.00	1.00	粘土	5.0	N値から算定	3500	80	0.61
6.00	1.00	砂	5.0	N値から算定	3500	80	0.61
7.00	1.00	砂	6.0	N値から算定	4200	80	0.61
8.00	1.00	砂	5.0	N値から算定	3500	80	0.61
9.00	1.00	砂	5.0	N値から算定	3500	80	0.61
10.00	1.00	砂	6.0	N値から算定	4200	80	0.61
11.00	1.00	砂	10.0	N値から算定	7000	80	0.61
12.00	1.00	砂	10.0	N値から算定	7000	80	0.61
13.00	1.00	砂	17.0	N値から算定	11900	80	0.61
14.00	1.00	砂	21.0	N値から算定	14700	80	0.61
15.00	1.00	砂	24.0	N値から算定	16800	80	0.61
16.00	1.00	砂	16.0	N値から算定	11200	80	0.61
17.00	1.00	砂	2.0	N値から算定	1400	80	0.61
18.00	1.00	粘土	2.0	N値から算定	1400	80	0.61
19.00	1.00	粘土	7.0	N値から算定	4900	80	0.61
20.00	1.00	砂	13.0	N値から算定	9100	80	0.61
21.00	1.00	砂	18.0	N値から算定	12600	80	0.61
22.00	1.00	砂	25.0	N値から算定	17500	80	0.61
23.00	1.00	砂	27.0	N値から算定	18900	80	0.61
24.00	1.00	砂	9.0	N値から算定	6300	80	0.61
25.00	1.00	砂	37.0	N値から算定	25900	80	0.61
26.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
27.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
28.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
29.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
30.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
31.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
32.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
33.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
34.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
35.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
36.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
37.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
38.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
39.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
40.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
41.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61
42.00	1.00	砂	50.0	N値から算定	35000	80	0.61

2) 杭頭接合部の回転剛性（杭頭回転ばね）

杭頭半剛接合法を採用した杭頭接合部の回線性状は、軸力に応じた非線形挙動を示す。応力解析では、杭頭接合部の回転性状をモデル化し、杭頭接合部の応力変形状態に対応した回転剛性を収斂計算によって用いている。

①M-θ関係の基本式

杭頭の曲げモーメントMと回転角θの関係（以下、M-θ関係）を下式でモデル化して用いる。

図5.3.2-2にM-θ関係のモデル化の概要を示す。

$$(0 \leq \theta \leq \theta_c \text{の時}) \quad M = K_0 \cdot \theta$$

$$(\theta > \theta_c \text{の時}) \quad M = \frac{\theta}{\theta + \theta_f} \cdot M_{\max}$$

ここで、

- M : 杭頭接合部の曲げモーメント (kN・m)
- θ : 杭頭接合部の回転角 (rad)
- θ_c : 浮き上がり回転角 (rad)
- θ_f : 基準回転角 (rad)
- K₀ : 初期回転剛性 (kN・m/rad)
- M_{max} : 最大抵抗モーメント (kN・m)

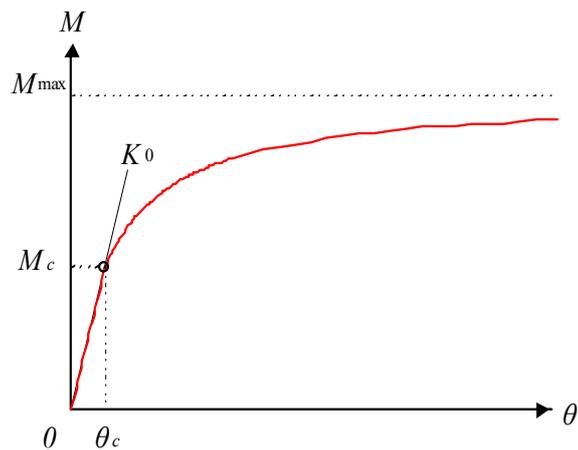


図5.3.2-2 M-θ関係のモデル化の概要

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

浮き上がり回転角 θ_c は、下式により算定する。

$$\theta_c = \frac{M_c}{K_0}$$

ここで、

- θ_c : 浮き上がり回転角 (rad)
- M_c : 浮き上がりモーメント (kN・m)
- K_0 : 初期回転剛性 (kN・m/rad)

浮き上がりモーメント M_c は、杭頭引張縁の鉛直応力がゼロになる時の曲げモーメントに等しいと考え、下式により算定する。

$$M_c = \frac{D_1^2 + D_2^2}{8D_1} \cdot N \quad \text{ただし、} M_c \geq 0$$

ここで、

- M_c : 浮き上がりモーメント (kN・m)
- D_1 : 杭の外径 (m)
- D_2 : 杭の内径 (m)
- N : 軸力 (kN)

基準回転角 θ_f は、下式により求めることができる。

$$\theta_f = \frac{M_{\max} - M_c}{K_0}$$

ここで、

- θ_f : 基準回転角 (rad)
- M_{\max} : 最大抵抗モーメント (kN・m)
- M_c : 浮き上がりモーメント (kN・m)
- K_0 : 杭頭接合部の初期回転剛性 (kN・m/rad)

以降に、初期回転剛性 K_0 と最大抵抗モーメント M_{\max} の設定方法を示す。

②初期回転剛性 K_0 の設定方法

初期回転剛性は、杭頭に圧縮軸力が作用する場合と圧縮軸力が作用しない場合に分け、以下のよう求める。

i) 圧縮軸力が作用する場合（ $N > 0$ ）

圧縮軸力が作用する場合、杭頭接合部の初期回転剛性 K_0 は、図5.3.2-3に示すように、パイルキャップを半無限弾性体、杭頭を円環形状の基礎にみたて、基礎の回転剛性として弾性理論により求める。下式に圧縮軸力が作用する場合の初期回転剛性 K_0 の算定式を示す。

$$K_0 = \frac{\pi \cdot E}{32(1-\nu^2)} (D_1^3 - D_2^3) \times 10^3$$

ここで、

- K_0 : 初期回転剛性 (kN・m/rad)
- E : パイルキャップコンクリートの弾性係数 (N/mm²)
- ν : パイルキャップコンクリートのポアソン比
- D_1 : 杭の外径 (m)
- D_2 : 杭の内径 (m)

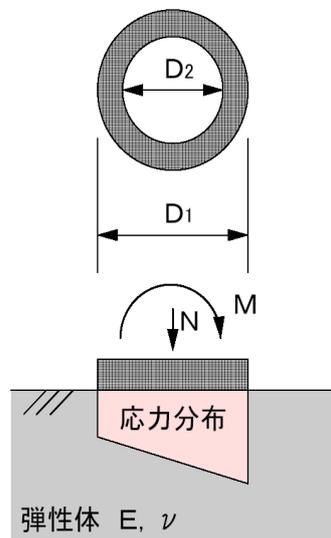


図 5.3.2-3 初期回転剛性を求める際の仮定

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合工法）

ii) 圧縮軸力が作用しない場合（ $N \leq 0$ ）

圧縮軸力が作用しない場合の初期回転剛性 K_0 は、引き抜き抵抗用鋼棒が弾性域における回転剛性として下式により求める。

$$K_0 = \frac{M_a}{\theta_a}$$

ここで、

- K_0 : 杭頭接合部の初期回転剛性 (kN・m/rad)
- M_a : 杭頭接合面の許容モーメント (kN・m)
- θ_a : 許容回転角 (rad)

杭頭接合面の許容モーメント M_a は、杭頭接合部の鋼棒量、配置間隔、許容応力、および作用軸力から下式により算定する。下式は杭頭の回転中心を圧縮側鋼棒の中心位置とした平面保持の仮定と力のつり合いから導いた(後出の図5.3.2-5参照)。

$$M_a = 3.75 \times 10^{-4} \times a_g \cdot f_t \cdot D_s + 0.5N \cdot D_s$$

ここで、

- M_a : 引抜き対応タイプの許容モーメント (kN・m)
- a_g : 引抜き抵抗用鋼棒の全断面積 (mm^2)
- f_t : 引抜き抵抗用鋼棒の許容応力度 (N/mm^2)
- D_s : 引抜き抵抗用鋼棒の配置距離 (m)
- N : 軸力 (kN)

許容回転角 θ_a は、鋼棒の許容ひずみと有効長さ（定着長さ）、および鋼棒の配置距離から、下式により算定する。

$$\theta_a = \frac{\delta_a}{D_s}$$

ここで、

- θ_a : 許容回転角 (rad)
- δ_a : 鋼棒の許容伸び ($\delta_a = \varepsilon_a \times L_s$) (m)
- ε_a : 鋼棒の許容ひずみ ($\varepsilon_a = f_t / E_s$)
- f_t : 鋼棒の許容応力度 (N/mm^2)
- E_s : 鋼棒の弾性係数 (N/mm^2)
- L_s : 鋼棒の有効長さ (m)
- D_s : 鋼棒の配置距離 (m)

③最大抵抗モーメント M_{\max} の設定方法

最大抵抗モーメントは、高軸力下における曲げモーメントの補正係数を考慮し、下式により算定する。

$$M_{\max} = \eta \cdot M_e$$

ここで、

- M_{\max} : 最大抵抗モーメント(kN・m)
- η : 補正係数
- M_e : 基準抵抗モーメント(kN・m)

補正係数 η は、下式により算定する。

$$\eta = -0.16 \frac{\sigma_n}{F_c} + 1.0 \quad (\text{ただし, } 0.85 \leq \eta \leq 1.0)$$

ここで、

- σ_n : パイルキャップの軸応力度(N/mm²)

$$\sigma_n = \frac{N}{A_p} \times 10^{-3} \quad (\text{ただし, } \sigma_n \geq 0)$$

- N : 軸力(kN), A_p : 杭頭面積(m²)
- F_c : パイルキャップのコンクリートの設計基準強度(N/mm²)

標準タイプの基準抵抗モーメント M_e は、軸力による最大偏心モーメントとして、下式により算定する。

標準タイプ: $M_e = 0.5N \cdot D_1$

ここで、

- N : 軸力(kN)
- D_1 : 杭の外径(m)

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

引抜き対応タイプの基準抵抗モーメント M_e は、軸力と引抜き抵抗用鋼棒を考慮して、下式により算定する。同式は、図5.3.2-4に示すように、鋼棒の応力分布を引張側鋼棒の半分が引張耐力 f_u に達するとして、力のつり合いから導いた。

引抜き対応タイプ：
$$M_e = 5 \times 10^{-4} \times a_g \cdot f_u \cdot D_s + 0.5N \cdot D_s$$

ここで、

- a_g : 鋼棒の全断面積 (mm^2)
- f_u : 鋼棒の引張耐力 (N/mm^2)
- N : 軸力 (kN)
- D_s : 鋼棒の配置距離 (m)

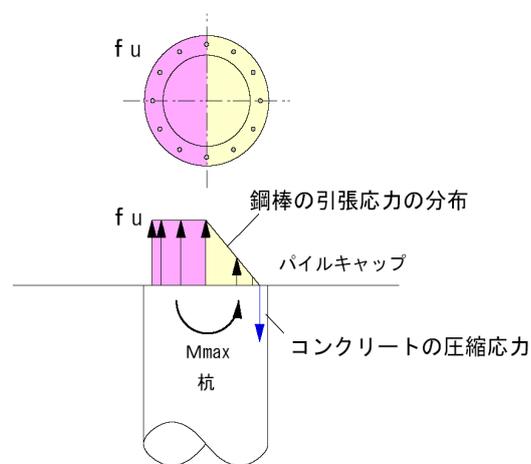


図5.3.2-4 引抜き対応タイプにおける M_e 算定時の鋼棒の応力分布

表 5.3.2-3 杭頭回転ばね一覧

杭位置		地盤					杭頭接合部							
柱番号	柱位置	地盤データ名	杭頭レベル (m)	地盤の弾性係数 ^{*1} E ₀ (kN/m ²)	基準水平地盤反力係数 ^{*2} k _{h0} (kN/m ³)	水平地盤反力係数 ^{*3} k _h (kN/m ³)	杭頭接合法	パイルキャップ		初期回転剛性 ^{*4} K ₀ (kN・m/rad)	最大抵抗モーメント ^{*4} M _{max} (kN・m)	引抜き抵抗用鋼棒		
								設計基準強度 F _c (N/mm ²)	弾性係数 E (N/mm ²)			鋼棒種別	本数 (本)	有効長さ (mm)
1	1/C	1	2.5	1400	2255	1832	引抜きタイプ	42	28518	2913487	2514	φ11-C種	26	1730
2	1/D	1	2.5	1400	2255	1826	標準タイプ	42	28518	2913487	2634	-	-	-
3	1/E	1	2.5	1400	2255	1822	標準タイプ	42	28518	2913487	2658	-	-	-
4	2/C	1	2.5	1400	2255	1825	標準タイプ	42	28518	2913487	2870	-	-	-
5	2/D	1	2.5	1400	2255	1822	標準タイプ	42	28518	2913487	1983	-	-	-
6	2/E	1	2.5	1400	2255	1821	標準タイプ	42	28518	2913487	3494	-	-	-
7	3/C	1	2.5	1400	2255	1822	引抜きタイプ	42	28518	2913487	2940	φ11-C種	26	1730
8	3/D	1	2.5	1400	2255	1822	標準タイプ	42	28518	2913487	2160	-	-	-
9	3/E	1	2.5	1400	2255	1821	標準タイプ	42	28518	2913487	3432	-	-	-
10	3/F	1	2.5	1400	2255	1823	引抜きタイプ	42	28518	2913487	2312	φ11-C種	26	1730
11	4/D	1	2.5	1400	2255	1820	標準タイプ	42	28518	2913487	3021	-	-	-
12	4/E	1	2.5	1400	2255	1820	標準タイプ	42	28518	2913487	3160	-	-	-
13	4/F	1	2.5	1400	2255	1822	引抜きタイプ	42	28518	2913487	2200	φ11-C種	26	1730

*1 杭頭レベルの地盤の弾性係数を示す。*2 杭頭の基準地盤反力係数を示す。

*3 収束時の値(検討地震力(±X, Y方向)における最小値)を示す。*4 検討地震力(±X, Y方向)における最大値を示す。

(3) パイルキャップの耐震設計

1) クライテリア

- 標準タイプにおいては、杭頭接合部の回転角がパイルキャップのひび割れ発生限界によって求まる回転角 θ_{ac} を超えないこと。
- 引抜き対応タイプにおいては、杭頭接合部の回転角がパイルキャップのひび割れ発生限界によって求まる回転角 θ_{ac} を超えないこと、かつ引抜き抵抗用鋼棒の短期許容応力度から求まる回転角 θ_{as} を超えないこと。
- 杭頭接合部のせん断力が短期許容せん断力を超えないこと。

表 5.3.2-4 杭頭接合部と杭の設計クライテリア

部位	杭頭接合部		杭体
	標準タイプ	引抜き対応タイプ	
曲げ・軸力	回転角 $\leq \theta_{ac}$	回転角 $\leq \min(\theta_{ac}, \theta_{as})$	短期許容耐力以内
せん断	パイルキャップのコンクリートの短期許容せん断力以内		短期許容耐力以内

2) 許容回転角の応力検定

杭頭接合部の許容回転角 θ_a は、パイルキャップにひび割れが発生する回転角 θ_{ac} 以下かつ、引抜き対応タイプにおいては引抜き抵抗用鋼棒が短期許容応力に達する回転角 θ_{as} 以下とし、次式によって定める。

$$\theta_a = \min(\theta_{ac}, \theta_{as})$$

$$\theta_{ac} = 0.03 - 0.05 \frac{\sigma_{nc}}{\phi_c \cdot F_c}$$

$$\theta_{as} = \frac{\delta_a}{D_s}$$

ここで、

θ_a : 許容回転角(rad)

θ_{ac} : パイルキャップのひび割れで決まる許容回転角(rad)

θ_{as} : 引抜き抵抗用鋼棒の短期許容応力で決まる許容回転角(rad)

(図 7.2-5 参照)

σ_{nc} : 圧縮合力による軸応力度(N/mm²)

$$\sigma_{nc} = \frac{N_c}{A_p} \times 10^{-3}$$

N_c : コンクリートの圧縮合力

(標準タイプ： $N_c=N$ ，引抜きタイプ：以下による)

i) $N \leq 0$ (引張)かつ $|N/2| > |M/D_s|$ → $N_c=0$

ii) $|N/2| < |M/D_s|$ → $N_c=|M/D_s|+N/2$

iii) $N > 0$ (圧縮)かつ $|N/2| > |M/D_s|$ → $N_c=N$

ここで、

N : 杭頭の軸力(kN)

M : 杭頭の曲げモーメント(kN・m)

D_s : 鋼棒の配置距離(m)

A_p : 支圧面積(杭頭面積)(m²)

ϕ_c : 支圧係数, $\phi_c = \sqrt{A_c/A_p}$ ただし, $\phi_c \leq 4.0$

A_c : 支承面積(パイルキャップ面積)(m²)

F_c : パイルキャップのコンクリートの設計基準強度(N/mm²)

δ_a : 鋼棒の許容伸び($\delta_a = \varepsilon_s \times L_s$)(m)

ε_s : 鋼棒の許容ひずみ($\varepsilon_s = f_t/E_s$)

f_t : 鋼棒の短期許容応力度(N/mm²)

E_s : 鋼棒の弾性係数(N/mm²)

L_s : 鋼棒の有効長さ*(m)

*有効長さは、鋼棒の全長から20mm（鋼棒両端にあるボタンヘッドの厚み）を差し引いた値とする。

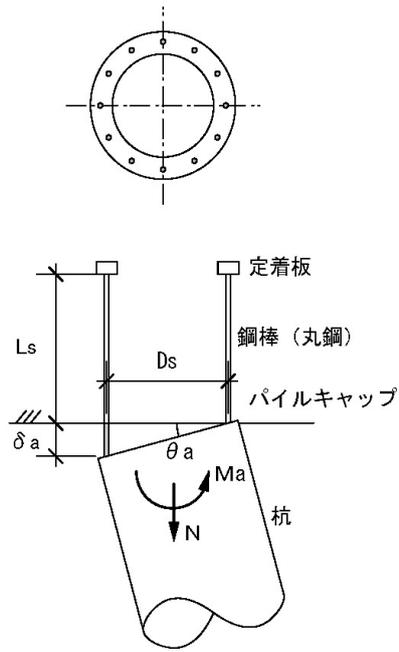


図 5. 3. 2-5 引抜き抵抗用鋼棒の短期許容応力で決まる許容回転角

3) パイルキャップの応力検定

設計用地震力による杭頭せん断力が、杭頭接合部の短期許容せん断力以内であることを確認する。杭頭接合部の短期許容せん断力は、杭頭の摩擦抵抗とパイルキャップ(へりあき)のせん断抵抗を考慮した下式により算定する。(図5.3.2-6参照)

$$Q_a = \mu_a \cdot N_c + Q_{ha}$$

ここで、

Q_a : 杭頭接合部の短期許容せん断力 (kN)

μ_a : 許容摩擦係数 ($\mu_a = 0.2$)

N_c : コンクリートの圧縮合力 (kN)

(標準タイプ： $N_c = N$ ，引抜きタイプ：以下による)

i) $N \leq 0$ (引張) かつ $|N/2| > |M/D_s|$

$$N_c = 0$$

ii) $|N/2| < |M/D_s|$

$$N_c = |M/D_s| + N/2$$

iii) $N > 0$ (圧縮) かつ $|N/2| > |M/D_s|$

$$N_c = N$$

N : 杭頭の軸力 (kN)

M : 杭頭の曲げモーメント (kN・m)

D_s : 鋼棒の配置距離 (m)

Q_{ha} : パイルキャップの短期許容せん断抵抗 (kN)

$$Q_{ha} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{ct} \cdot A_{ct} \times 10^{-3}$$

σ_{ct} : コンクリートの引張抵抗 (N/mm²)

$$\sigma_{ct} = 0.19\sqrt{F_c}$$

A_{ct} : 破断面の水平投影面積 (mm²)，(図7.3-6参照)

$$A_{ct} = \frac{\pi}{4} B h + d_e (B - D)$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

B : パイルキャップの短辺 (mm)

h : へりあき (mm)

d_e : 杭頭の有効埋込み深さ (mm)， $d_e = \min(d, h)$

d : 杭頭の埋込み深さ (mm)

D : 杭径 (mm)

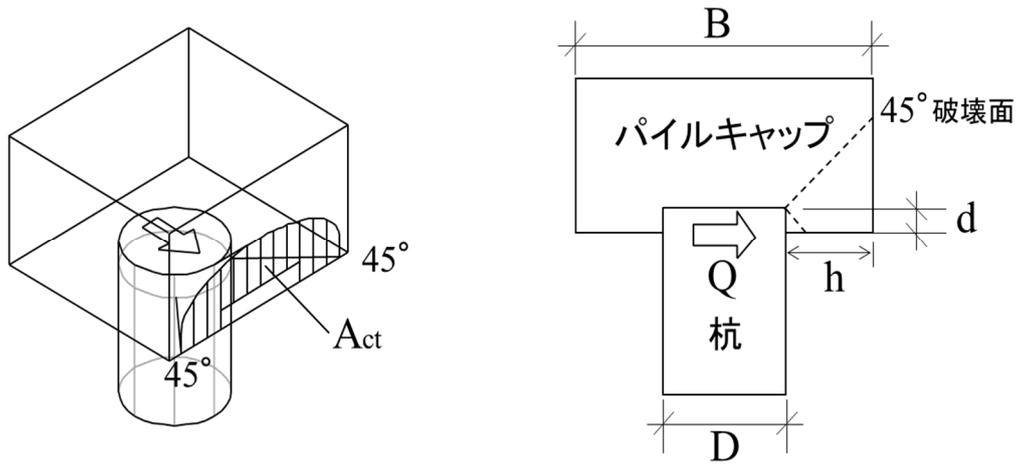


図 5.3.2-6 破壊面の水平投影面積

(4) 基礎梁の耐震設計

本章では基礎梁の設計は行わないため，省略する。

(5) 1次設計時の検討結果

1) 杭工法および地盤概要

- ・杭径および杭長： 杭径 1200φ×13本, 杭長 25m
- ・杭工法： PHC杭（埋込み工法, α=200）
- ・杭天端： GL-2.5m
- ・支持層： GL-27.5m（N値 50以上）
- ・杭頭半剛接合法を採用

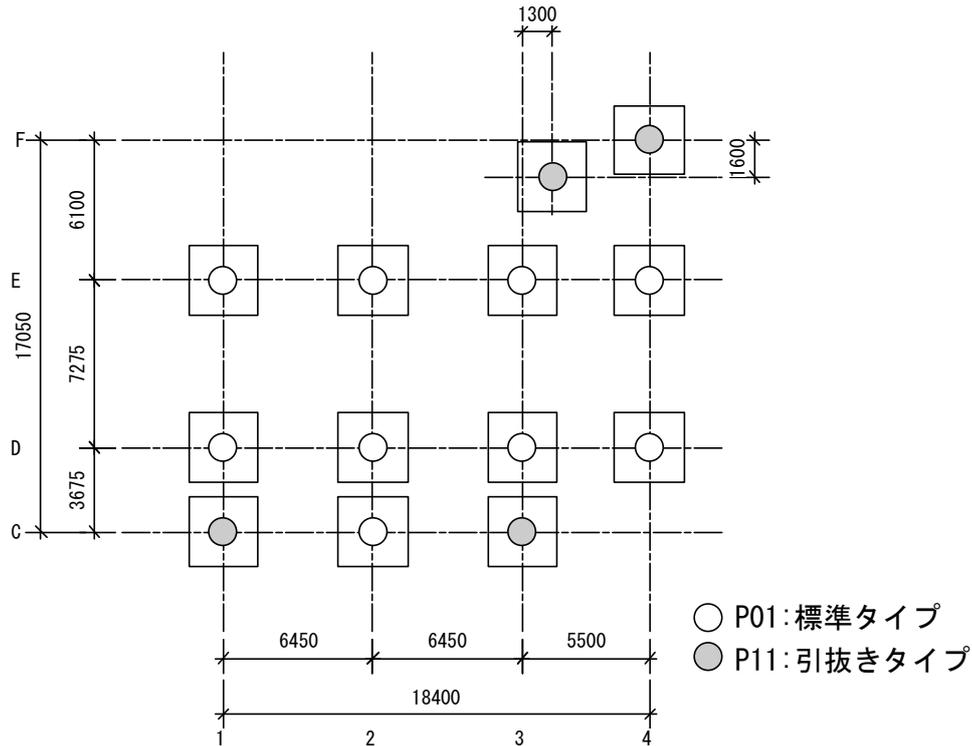


図 5.3.2-7 杭配置

表 5.3.2-5 杭の仕様

符号	杭径 (mm)	杭全長 (m)	上杭		中杭		下杭		F.T.Pile構法 タイプ	引抜抵抗用鋼棒			
			杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)		鋼棒種別	長さ (m)	本数 (本)	配置直径 (mm)
P01	1200	25	PHC(B種)	12	PHC(B種)	8	PHC(B種)	5	標準タイプ	-	-	-	-
P11	1200	25	PHC(B種)	12	PHC(B種)	8	PHC(B種)	5	引抜タイプ	PC鋼棒φ11-C種	1750	26	1050

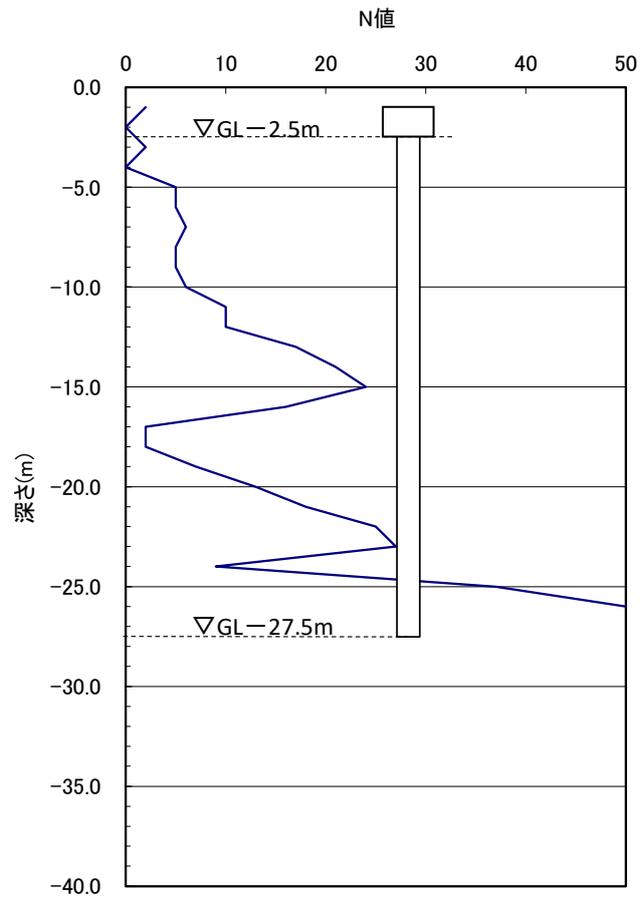


図 5.3.2-8 地盤 2 と杭レベル

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

2) 鉛直支持力の算定

地盤の長期および短期支持力から決まる許容支持力は下記(告示式)による。

P01 と P11 は杭頭仕様が異なるだけのため、支持力は同じである。

表 5.3.2-6 鉛直支持力の検討

□PHC杭の許容支持力(告示式、埋め込み杭： $\alpha=200$)

軸径(cm)	120
先端径(cm)	120
先端N値	35
杭長(m)	25.0
コンクリート強度 $F_c(N/mm^2)$	85
有効プレストレス力 $\sigma_e(N/mm^2)$	10
継手低減 α	0
摩擦砂 N_{s1}	5.4
摩擦砂 $L_{s1}(m)$	5.0
摩擦砂 N_{s2}	14.3
摩擦砂 $L_{s2}(m)$	7.0
摩擦砂 N_{s3}	28.6
摩擦砂 $L_{s3}(m)$	8.5
摩擦砂 N_{s4}	
摩擦砂 $L_{s4}(m)$	
摩擦粘土 $q_{u1}(kN/m^2)$	50.0
摩擦粘土 $L_{c1}(m)$	2.5
摩擦粘土 $q_{u2}(kN/m^2)$	50.0
摩擦粘土 $L_{c2}(m)$	2.0
摩擦粘土 $q_{u3}(kN/m^2)$	
摩擦粘土 $L_{c3}(m)$	
掘低比率(面積)	1.00
軸部周長 $\Phi(m)$	3.77
極限周面摩擦抵抗(kN)	5031
先端部断面積 $A_p(m^2)$	1.13
先端基準支持力(kN)	7917
杭重量 $W_p(kN)$	297
長期許容杭材支持力(kN)	5567
長期許容地盤支持力(kN)	4316
短期許容杭材支持力(kN)	16081
短期許容地盤支持力(kN)	8632
終局支持力(kN)	12948
長期引抜き力(kN)	1638
降伏引抜き力(kN)	2980
残留引抜き抵抗(kN)	3651
採用長期許容支持力(kN)	4316
短期短期許容支持力(kN)	8632

計算は告示式による。

極限先端支持力

$$P_p = 200 N A_p \quad (N \leq 60)$$

極限周面摩擦抵抗

$$P_f = [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (q_u/2 \cdot L_c)] \times \Phi \quad (N_s \leq 30, q_u \leq 200 kN/m^2)$$

長期許容支持力

$$\text{MIN}((P_p + P_f)/3, A_c \times (1 - \alpha) \times (f_c - \sigma_e))$$

$$q_u = 12.5N (=2C)$$

長期許容引き抜き力

$$4/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (q_u/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

短期(降伏)引き抜き力

$$8/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (q_u/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

残留引抜き抵抗(告示/1.2)

$$1/1.2 \times 12/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (q_u/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

・支持反力と支持力比

表 5.3.2-7 設計軸力と支持力比

□杭符号

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			P11	P11
Y_E	P01	P01	P01	P01
Y_D	P01	P01	P01	P01
Y_C	P11	P01	P11	

□長期軸力(kN/本)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			1,237	1,181
Y_E	2,613	3,650	4,062	3,040
Y_D	2,154	3,411	3,740	2,466
Y_C	1,485	2,478	1,430	

□長期支持力比

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			0.29	0.27
Y_E	0.61	0.85	0.94	0.70
Y_D	0.50	0.79	0.87	0.57
Y_C	0.34	0.57	0.33	

長期支持反力(kN/本)と支持力比

□短期軸力(kN/本)

X正(→)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			472	2,092
Y_E	1,175	3,580	3,390	4,669
Y_D	293	3,492	4,063	4,597
Y_C	96	2,571	2,456	

Y正(↑)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			1,570	1,596
Y_E	4,005	5,557	6,552	4,304
Y_D	1,955	3,059	3,043	819
Y_C	360	889	-763	

X負(←)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			2,001	269
Y_E	4,050	3,720	4,734	1,410
Y_D	4,015	3,330	3,417	335
Y_C	2,874	2,386	404	

Y正(↓)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			903	765
Y_E	1,221	1,744	1,572	1,775
Y_D	2,352	3,763	4,437	4,113
Y_C	2,610	4,068	3,623	

短期支持反力(kN/本)

□短期支持力比

X正(→)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			0.05	0.24
Y_E	0.14	0.41	0.39	0.54
Y_D	0.03	0.40	0.47	0.53
Y_C	0.01	0.30	0.28	

Y正(↑)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			0.18	0.18
Y_E	0.46	0.64	0.76	0.50
Y_D	0.23	0.35	0.35	0.09
Y_C	0.04	0.10	-0.26	

X負(←)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			0.23	0.03
Y_E	0.47	0.43	0.55	0.16
Y_D	0.47	0.39	0.40	0.04
Y_C	0.33	0.28	0.05	

Y正(↓)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_F			0.10	0.09
Y_E	0.14	0.20	0.18	0.21
Y_D	0.27	0.44	0.51	0.48
Y_C	0.30	0.47	0.42	

短期支持力比（符号マイナスは引抜側）

3) 水平時の杭応力の算定

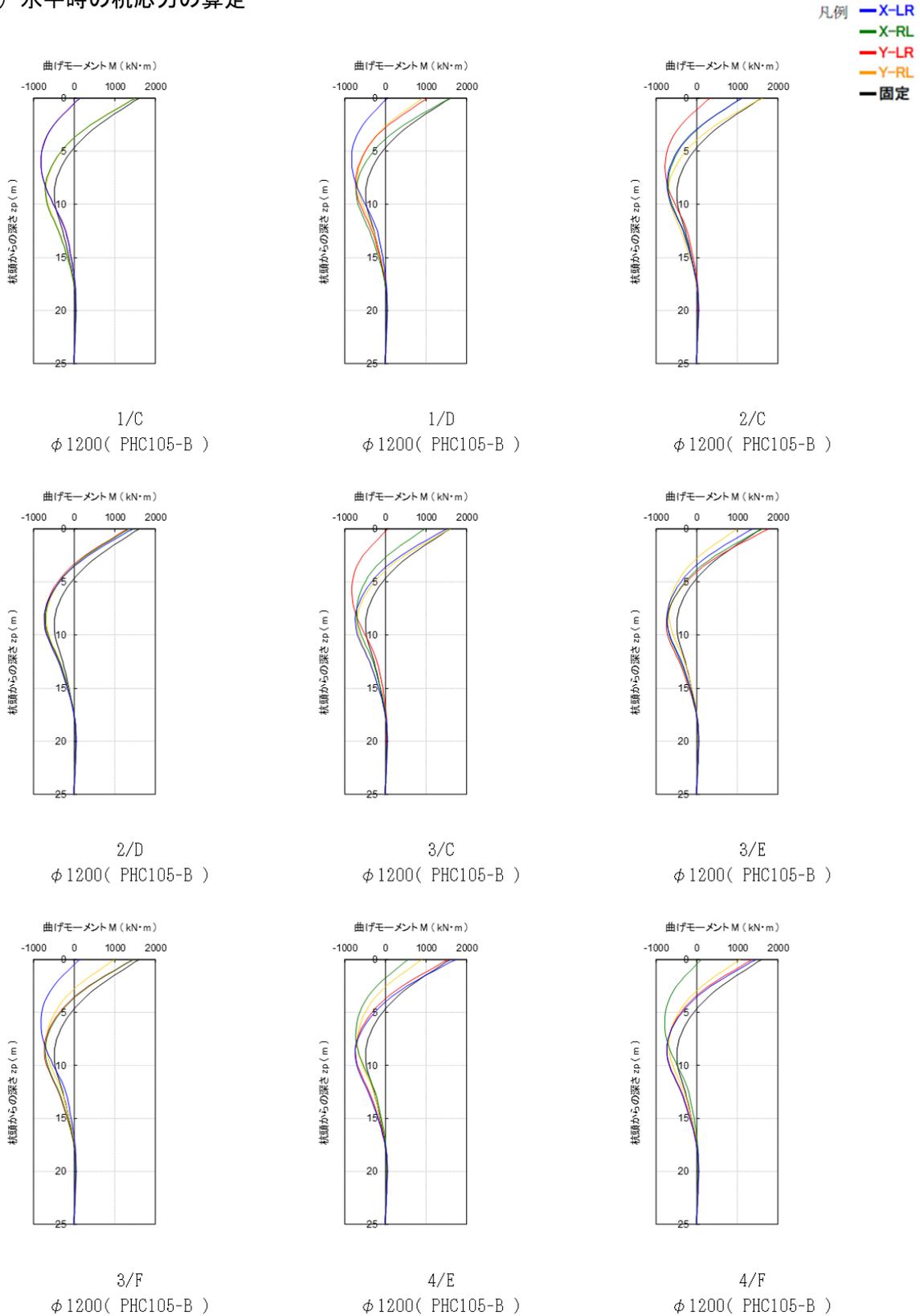


図 5.3.2-9 杭の曲げモーメント図

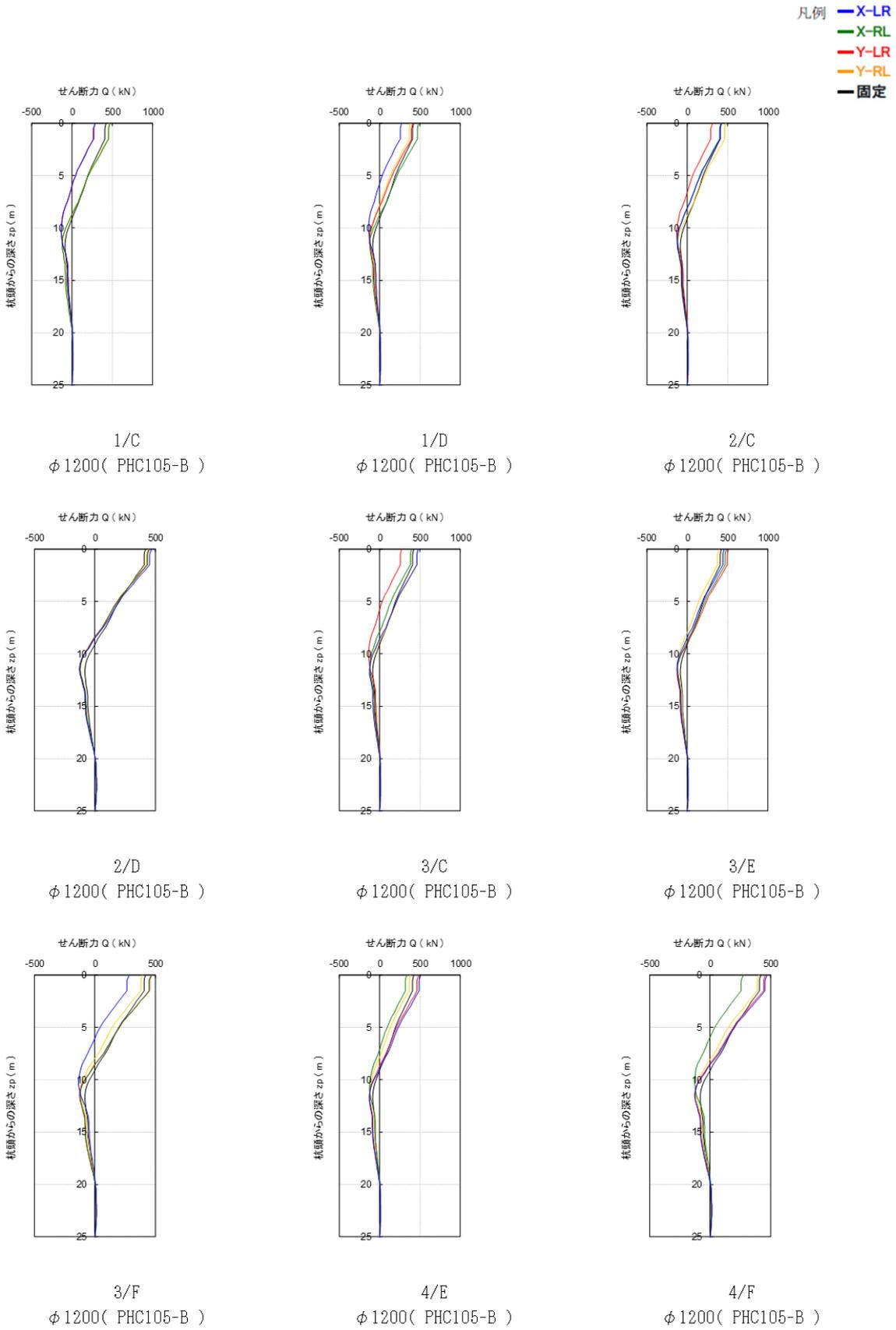


図 5.3.2-10 杭のせん断力図

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

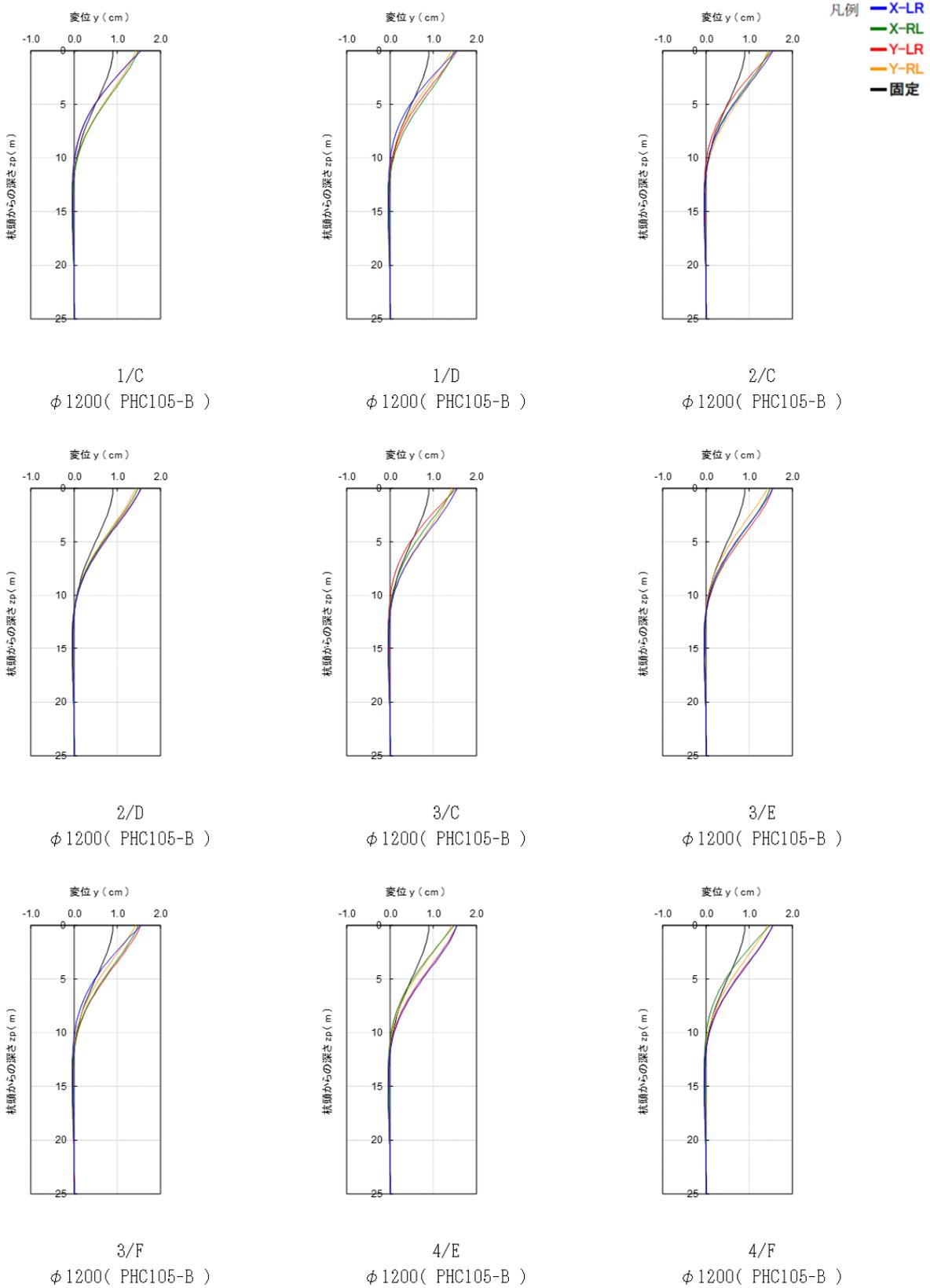


図 5.3.2-11 杭の変位分布図

4) 付加曲げを考慮した杭軸力の算定

基礎梁を格子梁にモデル化し、杭頭曲げモーメントを考慮して算出。

$$M = M_p + Q_p \times (H/2 + 0.1)$$

M：基礎梁設計用の杭頭曲げモーメント

M_p ：杭頭曲げモーメント

Q_p ：杭頭せん断力

H：基礎梁せい (H=2.5m)， 0.1(m)は基礎梁下端と杭天端のレベル差

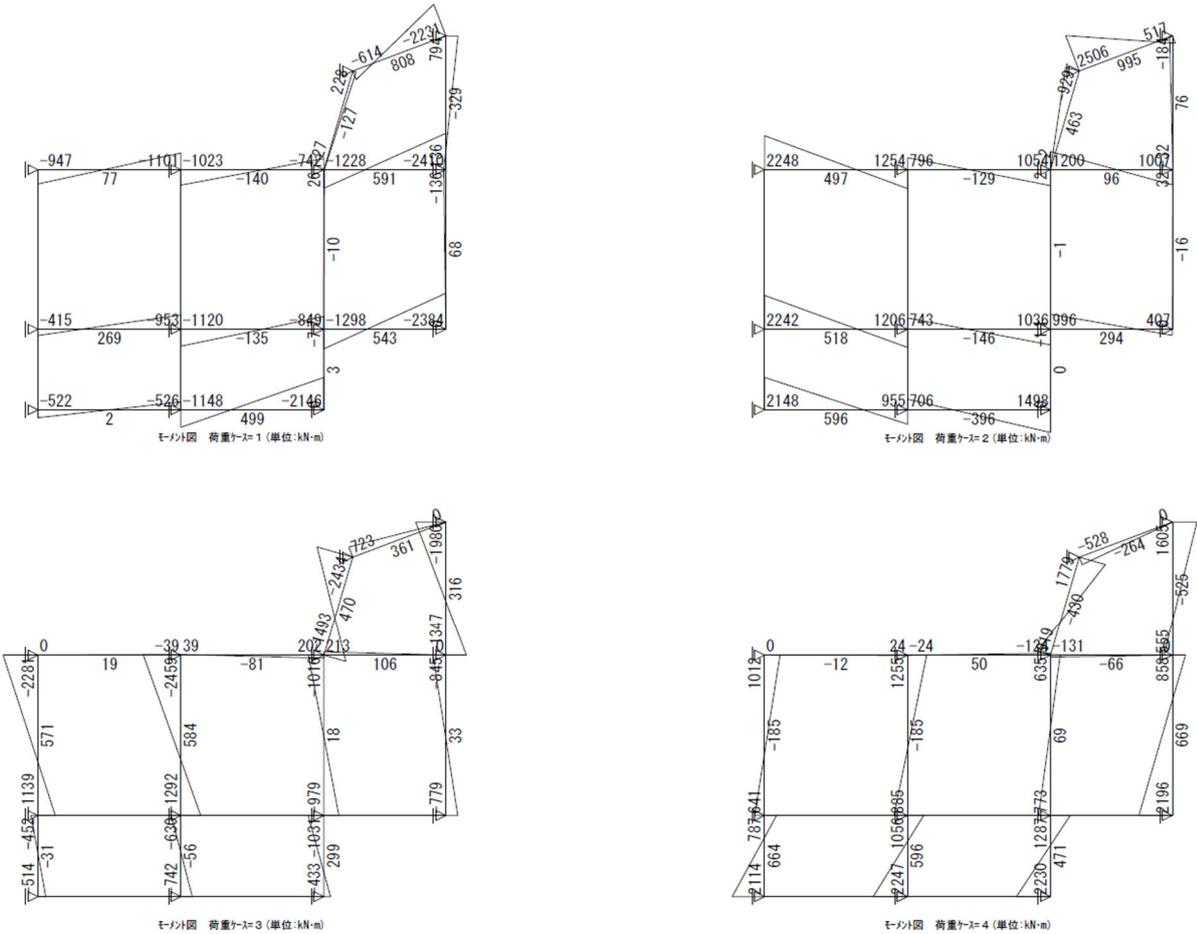


図 5.3.2-12 格子梁モデルのモーメント図

表 5.3.2-8 付加曲げを考慮した支持点反力

X正(→)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y ₋ F			-204	2,573
Y ₋ E	858	3,624	3,041	5,501
Y ₋ D	81	3,399	3,705	5,247
Y ₋ C	-67	2,223	2,965	

Y正(↑)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y ₋ F			2,570	1,981
Y ₋ E	4,469	6,116	5,989	3,943
Y ₋ D	1,748	2,917	3,168	596
Y ₋ C	97	515	-1,162	

X負(←)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y ₋ F			2,873	-368
Y ₋ E	4,593	3,464	4,649	970
Y ₋ D	4,549	3,072	3,397	85
Y ₋ C	3,355	2,246	62	

Y正(↓)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y ₋ F			209	529
Y ₋ E	997	1,423	1,954	1,733
Y ₋ D	1,790	3,159	3,673	4,533
Y ₋ C	3,399	4,967	4,580	

短期支持反力 (kN)

X正(→)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y ₋ F			-0.07	0.30
Y ₋ E	0.10	0.42	0.35	0.64
Y ₋ D	0.01	0.39	0.43	0.61
Y ₋ C	-0.02	0.26	0.34	

Y正(↑)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y ₋ F			0.30	0.23
Y ₋ E	0.52	0.71	0.69	0.46
Y ₋ D	0.20	0.34	0.37	0.07
Y ₋ C	0.01	0.06	-0.39	

X負(←)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y ₋ F			0.33	-0.12
Y ₋ E	0.53	0.40	0.54	0.11
Y ₋ D	0.53	0.36	0.39	0.01
Y ₋ C	0.39	0.26	0.01	

Y正(↓)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y ₋ F			0.02	0.06
Y ₋ E	0.12	0.16	0.23	0.20
Y ₋ D	0.21	0.37	0.43	0.53
Y ₋ C	0.39	0.58	0.53	

短期支持力比（符号マイナスは引抜側）

5) 杭体の検討

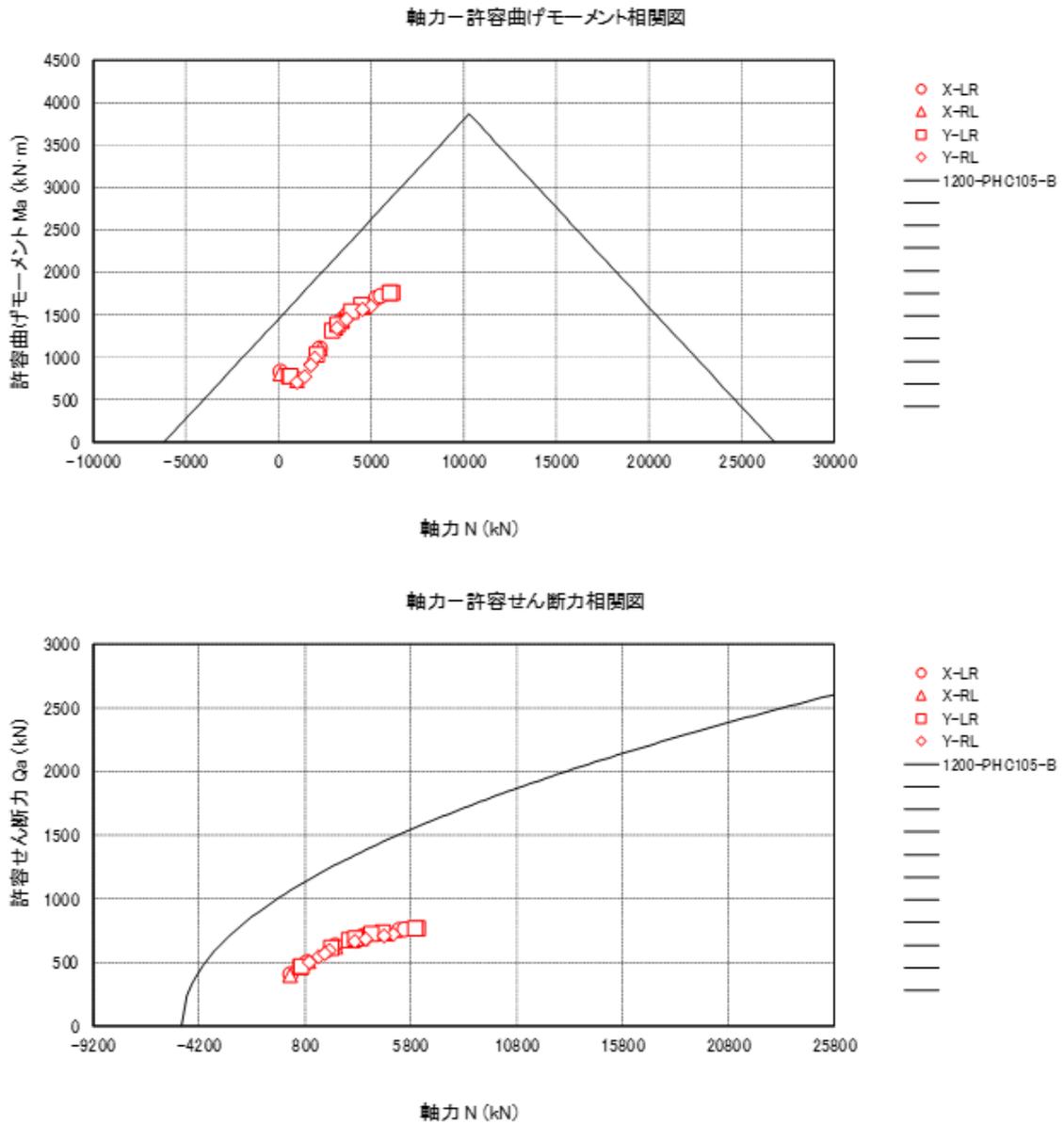


図 5.3.2-13 N-M, N-Q 相関図（引抜無し）上杭（中杭, 下杭は上杭と同断面なので割愛）

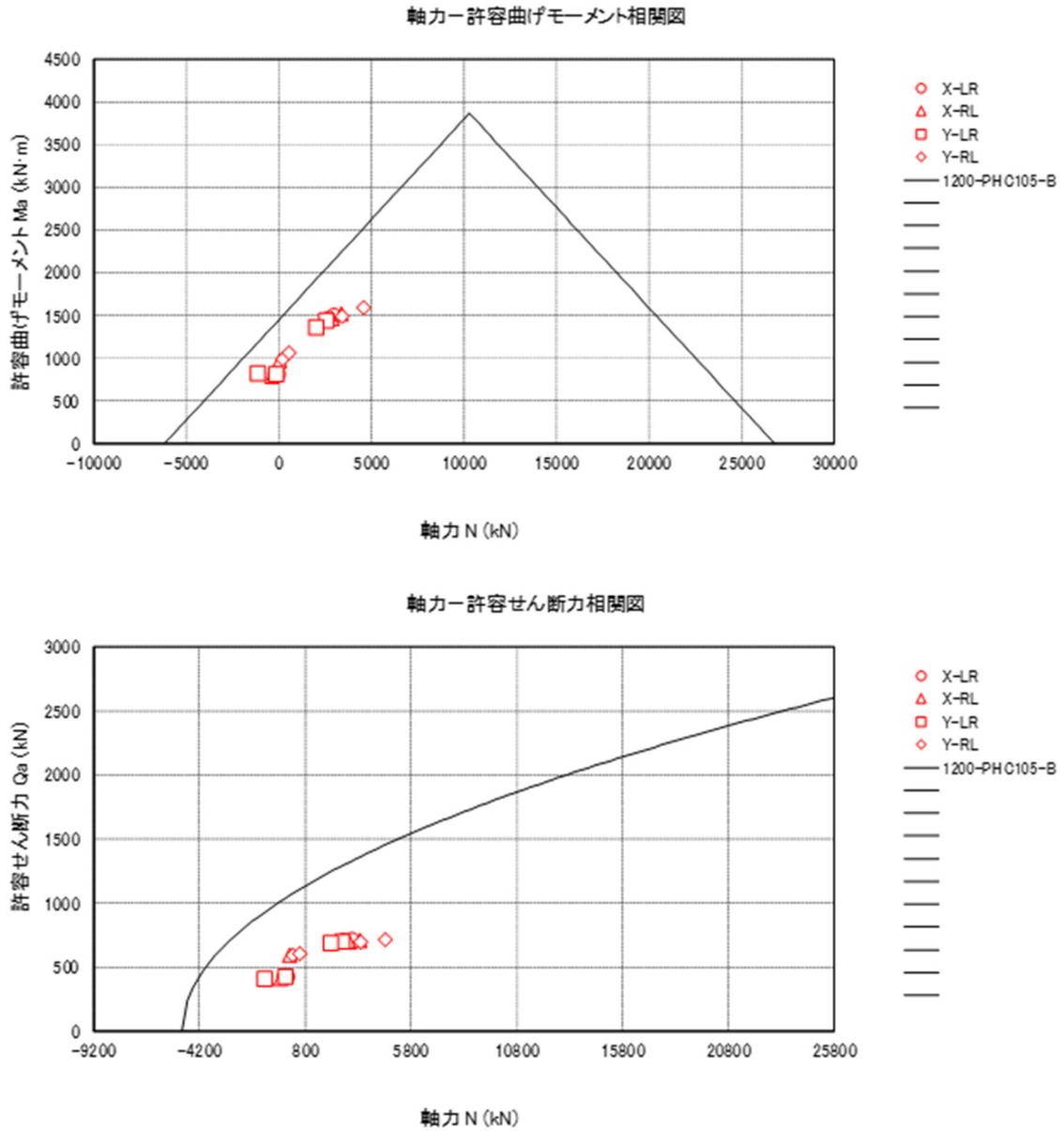


図 5.3.2-14 N-M, N-Q 相関図（引抜有り）上杭（中杭, 下杭は上杭と同断面なので割愛）

6) 基礎梁の検討

本章では基礎梁の設計は行わないため，省略する。

7) パイルキャップの検討

表 5.3.2-9 パイルキャップのせん断検定結果（X方向加力時）

■短期変動荷重 X-LR

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(PHC105-B)

柱番号 合計 9	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 5501 最小 82	杭頭 せん断力 最大 508 最小 271	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
2	1/D	3200	3200	1000	1000	82	271	2071	7.64	OK
3	1/E	3200	3200	1000	1000	872	335	2229	6.65	OK
4	2/C	3200	3200	1000	1000	2221	421	2499	5.93	OK
5	2/D	3200	3200	1000	1000	3395	468	2734	5.83	OK
6	2/E	3200	3200	1000	1000	3603	474	2775	5.85	OK
8	3/D	3200	3200	1000	1000	3706	477	2796	5.86	OK
9	3/E	3200	3200	1000	1000	3050	457	2665	5.83	OK
11	4/D	3200	3200	1000	1000	5248	505	3104	6.15	OK
12	4/E	3200	3200	1000	1000	5501	508	3155	6.21	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(PHC105-B)

柱番号 合計 4	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 2966 最小 -205	杭頭 せん断力 最大 477 最小 283	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
1	1/C	3200	3200	1000	1000	-67	284	2083	7.33	OK
7	3/C	3600	3600	1200	1200	2966	477	3456	7.24	OK
10	3/F	3200	3200	1000	1000	-205	283	2067	7.30	OK
13	4/F	3200	3200	1000	1000	2574	470	2675	5.69	OK

■短期変動荷重 X-RL

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(PHC105-B)

柱番号 合計 9	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 4629 最小 86	杭頭 せん断力 最大 484 最小 264	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
2	1/D	3200	3200	1000	1000	4550	482	2965	6.14	OK
3	1/E	3200	3200	1000	1000	4593	483	2973	6.15	OK
4	2/C	3200	3200	1000	1000	2244	414	2503	6.04	OK
5	2/D	3200	3200	1000	1000	3073	448	2669	5.96	OK
6	2/E	3200	3200	1000	1000	3469	460	2748	5.97	OK
8	3/D	3200	3200	1000	1000	3393	458	2733	5.97	OK
9	3/E	3200	3200	1000	1000	4629	484	2980	6.16	OK
11	4/D	3200	3200	1000	1000	86	264	2072	7.85	OK
12	4/E	3200	3200	1000	1000	987	336	2252	6.70	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(PHC105-B)

柱番号 合計 4	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 3356 最小 -368	杭頭 せん断力 最大 471 最小 273	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
1	1/C	3200	3200	1000	1000	3356	471	2768	5.87	OK
7	3/C	3600	3600	1200	1200	63	395	3032	7.68	OK
10	3/F	3200	3200	1000	1000	2873	464	2706	5.83	OK
13	4/F	3200	3200	1000	1000	-368	273	2055	7.52	OK

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

表 5.3.2-10 パイルキャップのせん断検定結果（Y方向加力時）

■短期変動荷重 Y-LR

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(PHC105-B)

柱番号 合計 9	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 6112 最小 556	杭頭 せん断力 最大 513 最小 310	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
2	1/D	3200	3200	1000	1000	2038	411	2462	5.98	OK
3	1/E	3200	3200	1000	1000	4448	492	2944	5.97	OK
4	2/C	3200	3200	1000	1000	556	310	2166	6.97	OK
5	2/D	3200	3200	1000	1000	2878	450	2630	5.83	OK
6	2/E	3200	3200	1000	1000	6112	513	3277	6.38	OK
8	3/D	3200	3200	1000	1000	3167	461	2688	5.83	OK
9	3/E	3200	3200	1000	1000	5998	512	3254	6.35	OK
11	4/D	3200	3200	1000	1000	612	315	2177	6.91	OK
12	4/E	3200	3200	1000	1000	3930	482	2841	5.89	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(PHC105-B)

柱番号 合計 4	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 2554 最小 -1157	杭頭 せん断力 最大 469 最小 273	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
1	1/C	3200	3200	1000	1000	-171	283	2071	7.32	OK
7	3/C	3600	3600	1200	1200	-1157	273	2784	10.19	OK
10	3/F	3200	3200	1000	1000	2554	469	2672	5.69	OK
13	4/F	3200	3200	1000	1000	1981	457	2594	5.67	OK

■短期変動荷重 Y-RL

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(PHC105-B)

柱番号 合計 9	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 4974 最小 1008	杭頭 せん断力 最大 478 最小 332	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
2	1/D	3200	3200	1000	1000	1762	382	2407	6.30	OK
3	1/E	3200	3200	1000	1000	1008	332	2256	6.80	OK
4	2/C	3200	3200	1000	1000	4974	478	3049	6.37	OK
5	2/D	3200	3200	1000	1000	3145	442	2684	6.06	OK
6	2/E	3200	3200	1000	1000	1428	361	2340	6.48	OK
8	3/D	3200	3200	1000	1000	3673	456	2789	6.11	OK
9	3/E	3200	3200	1000	1000	1952	392	2445	6.23	OK
11	4/D	3200	3200	1000	1000	4534	472	2961	6.26	OK
12	4/E	3200	3200	1000	1000	1732	380	2401	6.32	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(PHC105-B)

柱番号 合計 4	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 4582 最小 211	杭頭 せん断力 最大 476 最小 393	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
1	1/C	3200	3200	1000	1000	3417	463	2769	5.98	OK
7	3/C	3600	3600	1200	1200	4582	476	3700	7.76	OK
10	3/F	3200	3200	1000	1000	211	393	2324	5.91	OK
13	4/F	3200	3200	1000	1000	530	403	2373	5.89	OK

表 5.3.2-11 杭頭回転角の検定結果（X方向加力時）

■短期変動荷重 X-LR

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント				せん断力		回転角		杭頭モーメント (固定)	固定度
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度	地中部 最大9.00	杭頭	杭頭	許容	判定		
合計 13							合計 13	最大 5501 最小 -205	最大 1724 最小 139	最大 830 最小 733	最大 9.00 最小 6.00	最大 508 最小 271						
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(x10 ⁻³ rad)	(x10 ⁻³ rad)	OK/NG	(kN・m)		
1	1/C	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	-67	139	813	6.00	284	2.4	11.7	OK	1587	0.09	
2	1/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	82	49	830	6.00	271	2.5	30.0	OK	1587	0.03	
3	1/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	872	495	761	7.00	335	2.0	29.5	OK	1587	0.31	
4	2/C	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	2221	1105	733	8.00	421	1.4	28.7	OK	1587	0.70	
5	2/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3395	1441	736	8.50	468	1.1	28.0	OK	1587	0.91	
6	2/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3603	1483	737	8.50	474	1.0	27.8	OK	1587	0.93	
7	3/C	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	2966	1502	737	8.50	477	1.0	11.7	OK	1587	0.95	
8	3/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3706	1503	737	8.50	477	1.0	27.8	OK	1587	0.95	
9	3/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3050	1360	734	8.50	457	1.1	28.2	OK	1587	0.86	
10	3/F	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	-205	130	815	6.00	283	2.4	11.7	OK	1587	0.08	
11	4/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	5248	1703	744	9.00	505	0.8	26.8	OK	1587	1.07	
12	4/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	5501	1724	745	9.00	508	0.8	26.7	OK	1587	1.09	
13	4/F	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	2574	1451	736	8.50	470	1.0	11.7	OK	1587	0.91	

■短期変動荷重 X-RL

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント				せん断力		回転角		杭頭モーメント (固定)	固定度
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度	地中部 最大9.00	杭頭	杭頭	許容	判定		
合計 13							合計 13	最大 4629 最小 -368	最大 1600 最小 51	最大 801 最小 706	最大 9.00 最小 5.50	最大 484 最小 264						
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(x10 ⁻³ rad)	(x10 ⁻³ rad)	OK/NG	(kN・m)		
1	1/C	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3356	1512	711	8.50	471	0.9	11.7	OK	1587	0.95	
2	1/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	4550	1591	713	9.00	482	0.8	27.3	OK	1587	1.00	
3	1/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	4593	1596	714	9.00	483	0.8	27.2	OK	1587	1.01	
4	2/C	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	2244	1102	706	8.00	414	1.3	28.7	OK	1587	0.69	
5	2/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3073	1344	707	8.50	448	1.1	28.2	OK	1587	0.85	
6	2/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3469	1429	709	8.50	460	1.0	27.9	OK	1587	0.90	
7	3/C	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	63	966	707	8.00	395	1.4	11.7	OK	1587	0.61	
8	3/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3393	1414	709	8.50	458	1.0	28.0	OK	1587	0.89	
9	3/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	4629	1600	714	9.00	484	0.8	27.2	OK	1587	1.01	
10	3/F	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	2873	1458	710	8.50	464	0.9	11.7	OK	1587	0.92	
11	4/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	86	51	801	5.50	264	2.4	29.9	OK	1587	0.03	
12	4/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	987	554	727	7.00	336	1.9	29.4	OK	1587	0.35	
13	4/F	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	-368	115	788	6.00	273	2.3	11.7	OK	1587	0.07	

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

表 5.3.2-12 杭頭回転角の検定結果（Y方向加力時）

■短期変動荷重 Y-LR

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力		回転角		杭頭モーメント (固定)	固定度
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度	杭頭	杭頭	許容	判定		
合計 13							合計 13	最大 6112 最小 -1157	最大 1766 最小 65	最大 826 最小 732	最大 9.00 最小 6.00	最大 513 最小 273					
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(×10 ⁻³ rad)	(×10 ⁻³ rad)	OK/NG	(kN・m)	
1	1/C	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	-171	132	813	6.00	283	2.4	11.7	OK	1587	0.08
2	1/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	2038	1036	733	8.00	411	1.5	28.8	OK	1587	0.65
3	1/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	4448	1616	739	9.00	492	0.9	27.3	OK	1587	1.02
4	2/C	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	556	323	781	6.50	310	2.2	29.7	OK	1587	0.20
5	2/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	2878	1314	732	8.50	450	1.2	28.3	OK	1587	0.83
6	2/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	6112	1766	747	9.00	513	0.7	26.3	OK	1587	1.11
7	3/C	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	-1157	65	826	6.00	273	2.4	11.7	OK	1587	0.04
8	3/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3167	1388	734	8.50	461	1.1	28.1	OK	1587	0.87
9	3/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	5998	1759	746	9.00	512	0.7	26.4	OK	1587	1.11
10	3/F	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	2554	1447	735	8.50	469	1.0	11.7	OK	1587	0.91
11	4/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	612	354	777	6.50	315	2.2	29.6	OK	1587	0.22
12	4/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3930	1541	737	8.50	482	1.0	27.6	OK	1587	0.97
13	4/F	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	1981	1363	733	8.50	457	1.1	11.7	OK	1587	0.86

■短期変動荷重 Y-RL

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力		回転角		杭頭モーメント (固定)	固定度
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度	杭頭	杭頭	許容	判定		
合計 13							合計 13	最大 4974 最小 211	最大 1601 最小 564	最大 704 最小 685	最大 9.00 最小 7.00	最大 478 最小 332					
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(×10 ⁻³ rad)	(×10 ⁻³ rad)	OK/NG	(kN・m)	
1	1/C	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3417	1489	690	8.50	463	0.8	11.7	OK	1587	0.94
2	1/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	1762	913	686	8.00	382	1.4	28.9	OK	1587	0.58
3	1/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	1008	564	704	7.00	332	1.8	29.4	OK	1587	0.36
4	2/C	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	4974	1601	694	9.00	478	0.7	27.0	OK	1587	1.01
5	2/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3145	1344	687	8.50	442	1.0	28.1	OK	1587	0.85
6	2/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	1428	767	692	7.50	361	1.6	29.1	OK	1587	0.48
7	3/C	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	4582	1587	693	9.00	476	0.7	11.7	OK	1587	1.00
8	3/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	3673	1444	689	8.50	456	0.9	27.8	OK	1587	0.91
9	3/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	1952	989	686	8.00	392	1.4	28.8	OK	1587	0.62
10	3/F	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	211	991	686	8.00	393	1.4	11.7	OK	1587	0.62
11	4/D	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	4534	1559	692	8.50	472	0.8	27.3	OK	1587	0.98
12	4/E	標準タイプ	1200	7249737	2.50	25	1	1732	901	686	8.00	380	1.4	29.0	OK	1587	0.57
13	4/F	引抜きタイプ	1200	7249737	2.50	25	1	530	1061	685	8.00	403	1.3	11.7	OK	1587	0.67

8) 1次設計のまとめ

杭頭半剛接合法を採用した場合の一次設計（ケース B5：ランク A）の検討を行った結果、杭は以下の仕様となった。

- ・杭径および杭長： 杭径 1200φ×13本，杭長 25m
- ・杭工法： PHC 杭（埋込み工法， $\alpha=200$ ）
- ・杭天端： GL-2.5m
- ・支持層： GL-27.5m（N 値 50 以上）
- ・杭頭半剛接合法を採用

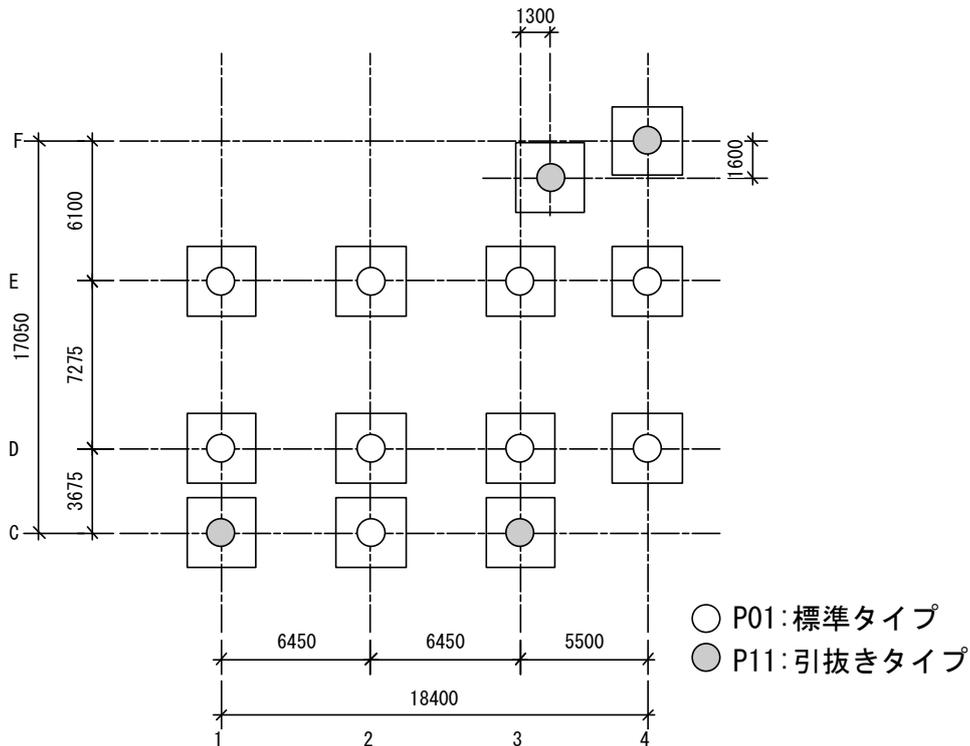


図 5.3.2-15 杭配置

表 5.3.2-13 杭の仕様

符号	杭径 (mm)	杭全長 (m)	上杭		中杭		下杭		F.T.Pile構法 タイプ	引抜抵抗用鋼棒			
			杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)		鋼棒種別	長さ (m)	本数 (本)	配置直径 (mm)
P01	1200	25	PHC(B種)	12	PHC(B種)	8	PHC(B種)	5	標準タイプ	-	-	-	-
P11	1200	25	PHC(B種)	12	PHC(B種)	8	PHC(B種)	5	引抜タイプ	PC鋼棒φ11-C種	1750	26	1050

4章で示された杭頭剛接合の試設計結果（表 4.3.1-2）では、杭頭が PHC（C 種）となっており、杭頭固定度低減による杭頭曲げモーメント低減効果が設計結果にあらわれている。しかしながら、杭頭剛接合による試設計結果では上杭の範囲は 5m であり、上記の杭頭半剛接合の場合よりも短い。これは、杭頭半剛接合により杭頭曲げモーメントが低減されるが、逆に杭中間の曲げモーメントは大きくなり、曲げ耐力が必要な範囲が増えてしまうことによる。

5.4 基礎構造の2次設計及び保証設計

5.4.1 ケースB4：ランクS

(1) 設計条件

- ・耐震性能 継続使用性確保のための目標ランクSを対象とし、張り間（Y）方向の必要保有水平耐力相当（ $D_s=0.55$ 相当）の慣性力と地盤の応答変位による応力の組合せによる許容応力度設計（2次設計レベル）を行う。
- ・杭モデル 群杭フレームモデル（多層地盤モデル）
- ・基礎梁 剛体とする。
- ・杭設計用地震力
上部構造の必要保有水平耐力相当（ $D_s=0.55$ ）を水平力とする。
（X方向の D_s 値は0.55ではないがY方向に合わせる）
地上部分の慣性力 $BQ_2=4782 \times 0.55/0.2=13151$ kN
地下部設計震度（ $K=0.4, Z=0.9$ ）を水平力とする。
 $W1=4784$ kN
 $Wf=7068$ kN
地下部分の慣性力 $fQ_2=Z \cdot K \cdot (W1+Wf)=4267$ kN
- ・杭設計の支持反力は、一次設計時の水平支点反力を必要保有水平耐力と設計せん断力の比率で割り増した支点反力を用いる。
- ・杭の検討は、杭の曲げ戻し応力による付加軸力を考慮する。

表 5.4.1-1 $D_s=0.55$ の終局時支持点反力(kN)

X正(→)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-866	3,687
Y_ E	-1,340	3,458	2,214	7,520
Y_ D	-2,964	3,633	4,628	8,325
Y_ C	-2,335	2,734	4,252	

Y正(↑)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			2,154	2,323
Y_ E	6,441	8,894	10,909	6,517
Y_ D	1,608	2,443	1,824	-2,064
Y_ C	-1,609	-1,893	-4,601	

X負(←)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			3,340	-1,326
Y_ E	6,565	3,843	5,909	-1,441
Y_ D	7,272	3,189	2,852	-3,393
Y_ C	5,304	2,223	-1,392	

Y正(↓)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			319	38
Y_ E	-1,216	-1,593	-2,786	-438
Y_ D	2,700	4,380	5,656	6,996
Y_ C	4,579	6,850	7,461	

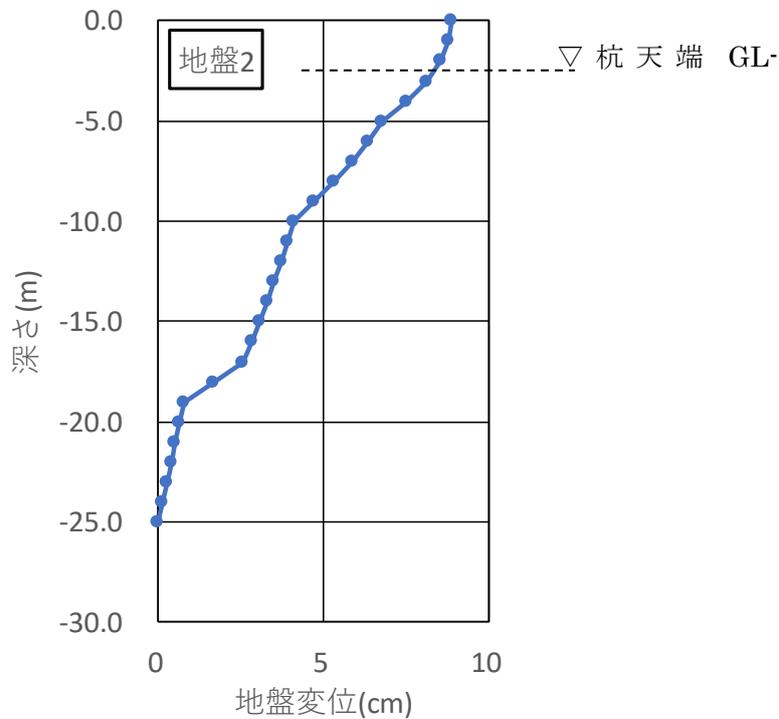
・杭強制変位

地盤変位は、応答スペクトル法とする。

表 5.4.1-2 地盤2の地盤変位の深さ方向分布 (Z=0.9)

地盤2					式(例2.1) 式(例2.2)		式(4.5.8)	式(4.5.9)	式(4.5.7)			式(4.5.10)	
層番号	層厚	上面深度	土質	単位体積重量	質点質量	初期S波速度	$(\)^\beta$	等価S波速度	等価せん断ばね剛性		仮の無次元化水平変位	調整した無次元化水平変位	地盤の水平変位
i	H _i (m)	(m)		γ_i (kN/m ³)	m_i (Mg)	V_{soi} (m/s)		V_{sei} (m/s)	k_i (kN/m)	$\Sigma (m_i \cdot u_i)$	u_i	u^*i	$D_{max} \times u^*i$ (cm)
1	1.0	0.0	cray	18	0.918	110	0.452	49.77	4549	0.918	1.000	1.000	8.88
2	1.0	-1.0		18	1.837	110	0.452	49.77	4549	2.743	0.993	0.990	8.79
3	1.0	-2.0		18	1.837	110	0.452	49.77	4549	4.531	0.974	0.961	8.53
4	1.0	-3.0		18	1.837	110	0.452	49.77	4549	6.259	0.941	0.913	8.10
5	1.0	-4.0	sand	18	1.837	110	0.452	49.77	4549	7.904	0.895	0.846	7.51
6	1.0	-5.0		16	1.735	150	0.510	76.56	9569	9.358	0.838	0.761	6.76
7	1.0	-6.0		16	1.633	150	0.510	76.56	9569	10.674	0.806	0.714	6.34
8	1.0	-7.0		16	1.633	150	0.510	76.56	9569	11.930	0.769	0.660	5.86
9	1.0	-8.0	sand	16	1.633	150	0.510	76.56	9569	13.119	0.728	0.599	5.32
10	1.0	-9.0		16	1.633	150	0.510	76.56	9569	14.234	0.683	0.532	4.73
11	1.0	-10.0		18	1.735	210	0.678	142.48	37285	15.335	0.634	0.460	4.09
12	1.0	-11.0		18	1.837	210	0.678	142.48	37285	16.475	0.621	0.440	3.91
13	1.0	-12.0	sand	18	1.837	210	0.678	142.48	37285	17.588	0.606	0.419	3.72
14	1.0	-13.0		18	1.837	210	0.678	142.48	37285	18.673	0.591	0.396	3.51
15	1.0	-14.0		18	1.837	210	0.678	142.48	37285	19.727	0.574	0.372	3.30
16	1.0	-15.0		18	1.837	210	0.678	142.48	37285	20.750	0.557	0.346	3.07
17	1.0	-16.0	cray	18	1.837	210	0.678	142.48	37285	21.739	0.538	0.319	2.83
18	1.0	-17.0		17	1.786	150	0.530	79.52	10970	22.666	0.519	0.290	2.58
19	1.0	-18.0		17	1.735	150	0.530	79.52	10970	23.449	0.451	0.190	1.69
20	1.0	-19.0		18	1.786	260	0.776	201.66	74695	24.129	0.381	0.086	0.77
21	1.0	-20.0	sand	18	1.837	260	0.776	201.66	74695	20.408	0.370	0.071	0.63
22	1.0	-21.0		18	1.837	260	0.776	201.66	74695	21.071	0.361	0.057	0.51
23	1.0	-22.0		18	1.837	260	0.776	201.66	74695	21.718	0.352	0.044	0.39
24	1.0	-23.0		18	1.837	260	0.776	201.66	74695	22.346	0.342	0.029	0.26
25	1.0	-24.0	18	1.837	260	0.776	201.66	74695	22.957	0.333	0.015	0.13	
基盤	1.0	-25.0		18		390				0.322	0.000	0.00	

To= 0.594 式(4.5.6)
 α = 1.856 式(4.5.3)
Rzo= 0.465 式(4.5.5)
 β = 0.627 式(4.5.9)
Dmax= 8.878 式(4.5.1)



(2) 計算条件

以下以外は、5.3.2(2)1と同様とする。

- ・解析は、慣性力と地盤強制変形を同時に作用させた等価線形解析で行う。
- ・設計用応力は、建物周期（略算周期）と等価地盤周期より、「建築基礎構造設計指針（2019）」（以下、基礎構造設計指針）のによる位相と低減係数を採用して重ね合わせを考慮し求める。4章と同様の値を用いる。（低減係数=1.0）

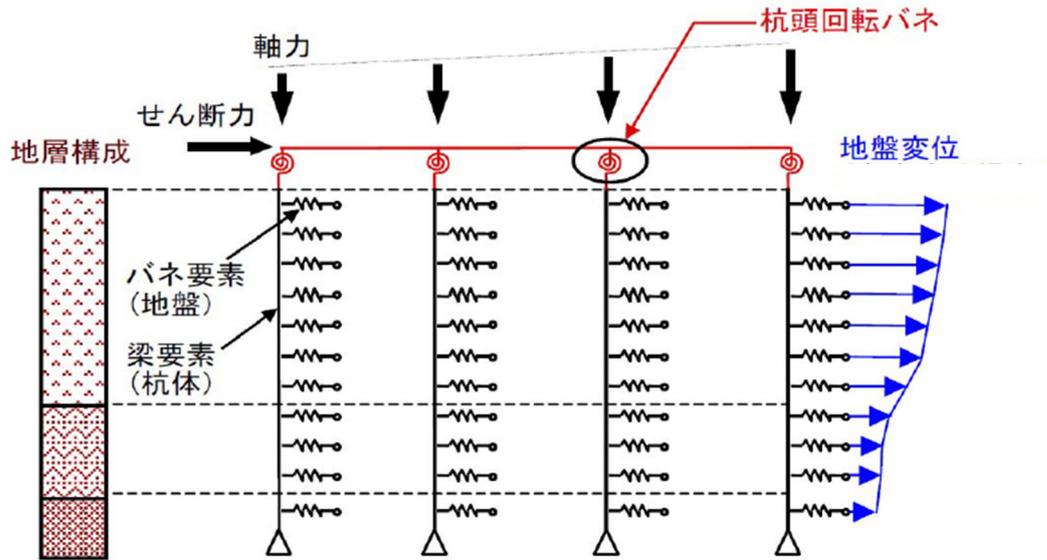


図 5.4.1-1 杭応力解析モデル図

1) 杭頭接合部の回転剛性（杭頭回転ばね）

算定方法は 5.3.2(2)1と同様。

表 5.4.1-3 杭頭回転ばね一覧

柱番号	柱位置	地盤						杭頭接合部						
		地盤データ名	杭頭レベル (m)	地盤の弾性係数 ^{*1} E ₀ (kN/m ²)	基準水平地盤反力係数 ^{*2} K _{h0} (kN/m ³)	水平地盤反力係数 ^{*3} K _h (kN/m ³)	杭頭接合法	パイロキャップ設計基準強度 F _c (N/mm ²)	パイロキャップ弾性係数 E (N/mm ²)	初期回転剛性 ^{*4} K ₀ (kN・m/rad)	最大抵抗モーメント ^{*4} M _{max} (kN・m)	鋼棒種別	本数 (本)	有効長さ (mm)
1	1/C	1	2.5	1400	2255	1420	引抜きタイプ	27	28518	2913487	3445	φ11-C種	26	1730
2	1/D	1	2.5	1400	2255	1425	引抜きタイプ	27	28518	2913487	2673	φ11-C種	26	1730
3	1/E	1	2.5	1400	2255	1428	引抜きタイプ	27	28518	2913487	3546	φ11-C種	26	1730
4	2/C	1	2.5	1400	2255	1419	引抜きタイプ	27	28518	2913487	3897	φ11-C種	26	1730
5	2/D	1	2.5	1400	2255	1426	標準タイプ	27	28518	2913487	2568	-	-	-
6	2/E	1	2.5	1400	2255	1428	引抜きタイプ	27	28518	2913487	4129	φ11-C種	26	1730
7	3/C	1	2.5	1400	2255	1421	引抜きタイプ	27	28518	2913487	3069	φ11-C種	26	1730
8	3/D	1	2.5	1400	2255	1428	標準タイプ	27	28518	2913487	3305	-	-	-
9	3/E	1	2.5	1400	2255	1428	引抜きタイプ	27	28518	2913487	3612	φ11-C種	26	1730
10	3/F	1	2.5	1400	2255	1428	引抜きタイプ	27	28518	2913487	3020	φ11-C種	26	1730
11	4/D	1	2.5	1400	2255	1419	引抜きタイプ	27	28518	2913487	3637	φ11-C種	26	1730
12	4/E	1	2.5	1400	2255	1428	引抜きタイプ	27	28518	2913487	2858	φ11-C種	26	1730
13	4/F	1	2.5	1400	2255	1428	引抜きタイプ	27	28518	2913487	2476	φ11-C種	26	1730

*1 杭頭レベルの地盤(最上部の地層)の弾性係数を示す。

*2 杭頭から25cmの範囲の基準地盤反力係数を示す。25cmの区間に複数の地層が存在する場合は、各地層の基準地盤反力係数の平均値(各地層の支配長さに応じた加重平均値)を示す。

*3 収束時の値(検討地震力(±X, Y方向)における最小値)を示す。*4 検討地震力(±X, Y方向)における最大値を示す。

(3) パイルキャップの耐震設計

二次設計時外力に対して、5.3.2(3)と同様な確認を行う。

(4) 2次設計時の検討結果

1) 杭工法および地盤概要

- ・杭径および杭長： 杭径 1200φ×13本，杭長 25m
- ・杭工法： PHC杭（埋込み工法， $\alpha=200$ ）
- ・杭天端： GL-2.5m
- ・支持層： GL-27.5m（N値50以上）
- ・杭頭半剛接合法： F.T.Pile構法 既製コンクリート杭

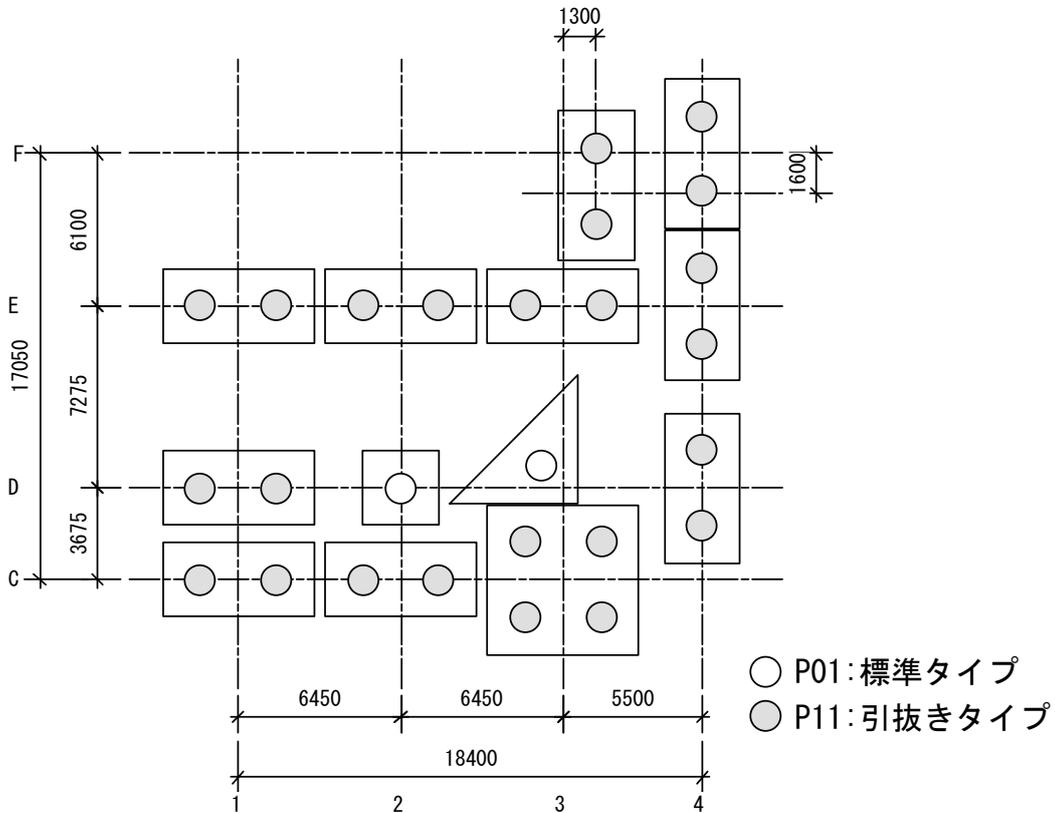


図 5.4.1-2 杭配置

表 5.4.1-4 杭の仕様

符号	杭径 (mm)	杭全長 (m)	上杭		中杭		下杭		F.T.Pile構法 タイプ	引抜抵抗用鋼棒			
			杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)		鋼棒種別	長さ (m)	本数 (本)	配置直径 (mm)
P01	1200	25	SC(t=9mm, SKK490)	12	PHC(C種)	8	PHC(C種)	5	標準タイプ	-	-	-	-
P11	1200	25	SC(t=9mm, SKK490)	12	PHC(C種)	8	PHC(C種)	5	引抜タイプ	PC鋼棒φ11-C種	1750	26	1050

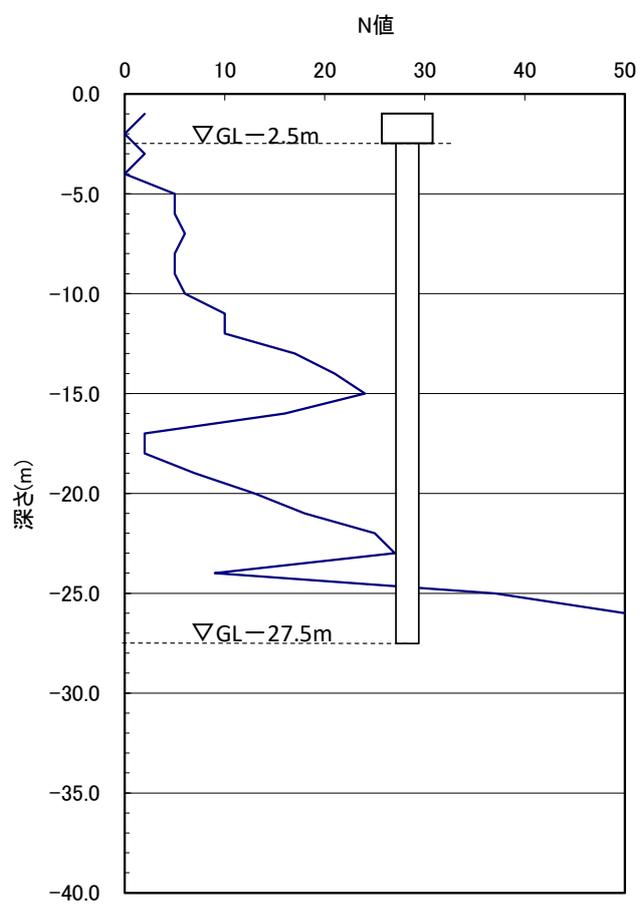


図 5.4.1-5 地盤 2 と杭レベル

2) 鉛直支持力の算定

地盤の短期許容支持力から決まる許容支持力は下記(告示式)による。

P01 と P11 は杭頭仕様が異なるだけのため、支持力は同じである。

表 5.4.1-5 鉛直支持力の検討

□PHC杭の許容支持力(告示式、埋め込み杭： $\alpha = 200$)

軸径(cm)	120
先端径(cm)	120
先端N値	35
杭長(m)	25.0
杭断面Ac(cm ²)	4948
コンクリート強度Fc(N/mm ²)	85
長期許容応力度fc(N/mm ²)	21
有効プレストレスカ σ_e (N/mm ²)	10
継手低減 α	0
摩擦砂Ns1	5.4
摩擦砂Ls1(m)	5.0
摩擦砂Ns2	14.3
摩擦砂Ls2(m)	7.0
摩擦砂Ns3	28.6
摩擦砂Ls3(m)	8.5
摩擦砂Ns4	
摩擦砂Ls4(m)	
摩擦粘土qu1(kN/m ²)	50.0
摩擦粘土Lc1(m)	2.5
摩擦粘土qu2(kN/m ²)	50.0
摩擦粘土Lc2(m)	2.0
摩擦粘土qu3(kN/m ²)	0.0
摩擦粘土Lc3(m)	0.0
拡低比率(面積)	1.00
軸部周長 Φ (m)	3.77
極限周面摩擦抵抗(kN)	5031
先端部断面積Ap(m ²)	1.13
先端基準支持力(kN)	7917
杭重量Wp(kN)	315
長期許容杭材支持力(kN)	5567
長期許容地盤支持力(kN)	4316
短期許容杭材支持力(kN)	16081
短期許容地盤支持力(kN)	8632
終局支持力(kN)	12948
長期引抜き力(kN)	1657
降伏引抜き力(kN)	2998
残留引抜き抵抗力(kN)	3669
採用長期許容支持力(kN)	4316
短期短期許容支持力(kN)	8632

計算は告示式による。

極限先端支持力
極限周面摩擦抵抗
長期許容支持力

$$P_p = 200 N A_p \quad (N \leq 60)$$

$$P_f = [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (qu/2 \cdot L_c)] \times \Phi \quad (N_s \leq 30, qu \leq 200 \text{ kN/m}^2)$$

$$\text{MIN}((P_p + P_f)/3, A_c \times (1 - \alpha) \times (f_c - \sigma_e))$$

$$qu = 12.5N (= 2C)$$

長期許容引き抜き力
短期(降伏)引き抜き力
残留引抜き抵抗力(告示/1.2)

$$4/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (qu/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

$$8/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (qu/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

$$1/1.2 \times 12/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (qu/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$$

表 5.4.1-6 設計軸力と支持力比（杭1本あたり）

□終局時軸力(kN/本)

X正(→)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-1,598	2,660
Y_ E	-1,080	1,774	379	5,237
Y_ D	-1,744	3,987	2,635	5,206
Y_ C	-1,332	175	1,742	

Y正(↑)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			2,930	1,783
Y_ E	4,065	5,373	4,201	2,577
Y_ D	367	906	2,401	-1,338
Y_ C	-1,224	-1,021	-1,447	

X負(←)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			3,268	-1,832
Y_ E	4,268	1,373	2,652	-1,291
Y_ D	4,503	1,496	3,387	-1,976
Y_ C	3,544	734	-606	

Y正(↓)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-421	-81
Y_ E	-875	-1,005	-909	-772
Y_ D	60	1,891	983	4,268
Y_ C	3,849	4,853	3,035	

二次設計軸力（付加曲げ考慮）

□終局時支持力比(短期許容支持力に対する)

X正(→)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-0.54	0.31
Y_ E	-0.36	0.21	0.04	0.61
Y_ D	-0.59	0.46	0.31	0.60
Y_ C	-0.45	0.02	0.20	

Y正(↑)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			0.34	0.21
Y_ E	0.47	0.62	0.49	0.30
Y_ D	0.04	0.10	0.28	-0.45
Y_ C	-0.41	-0.34	-0.49	

X負(←)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			0.38	-0.61
Y_ E	0.49	0.16	0.31	-0.43
Y_ D	0.52	0.17	0.39	-0.66
Y_ C	0.41	0.09	-0.20	

Y正(↓)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-0.14	-0.03
Y_ E	-0.29	-0.34	-0.31	-0.26
Y_ D	0.01	0.22	0.11	0.49
Y_ C	0.45	0.56	0.35	

短期支持力比（符号マイナスは引抜側）

3) 水平時の杭応力の算定

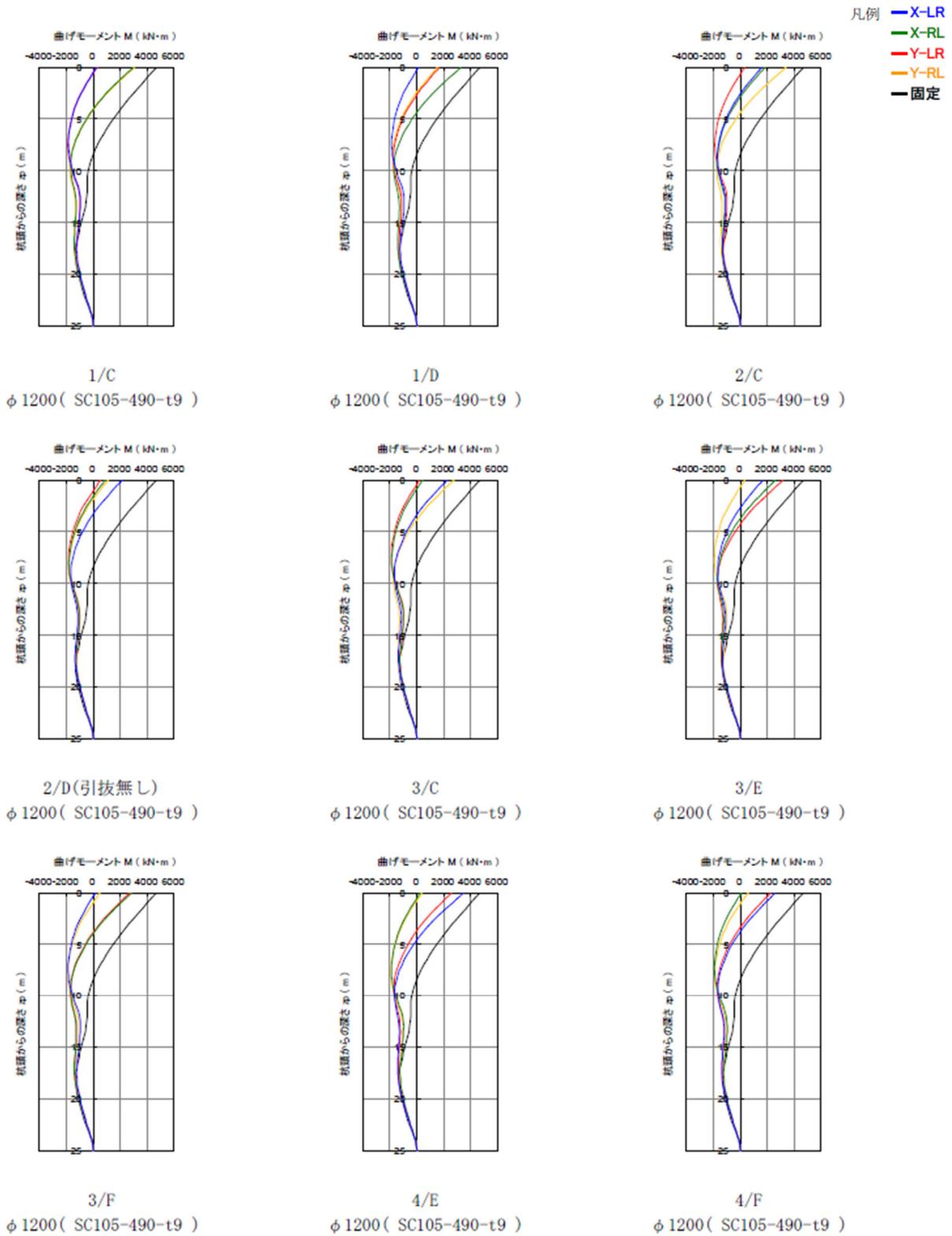


図 5.4.1-6 杭の曲げモーメント図

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

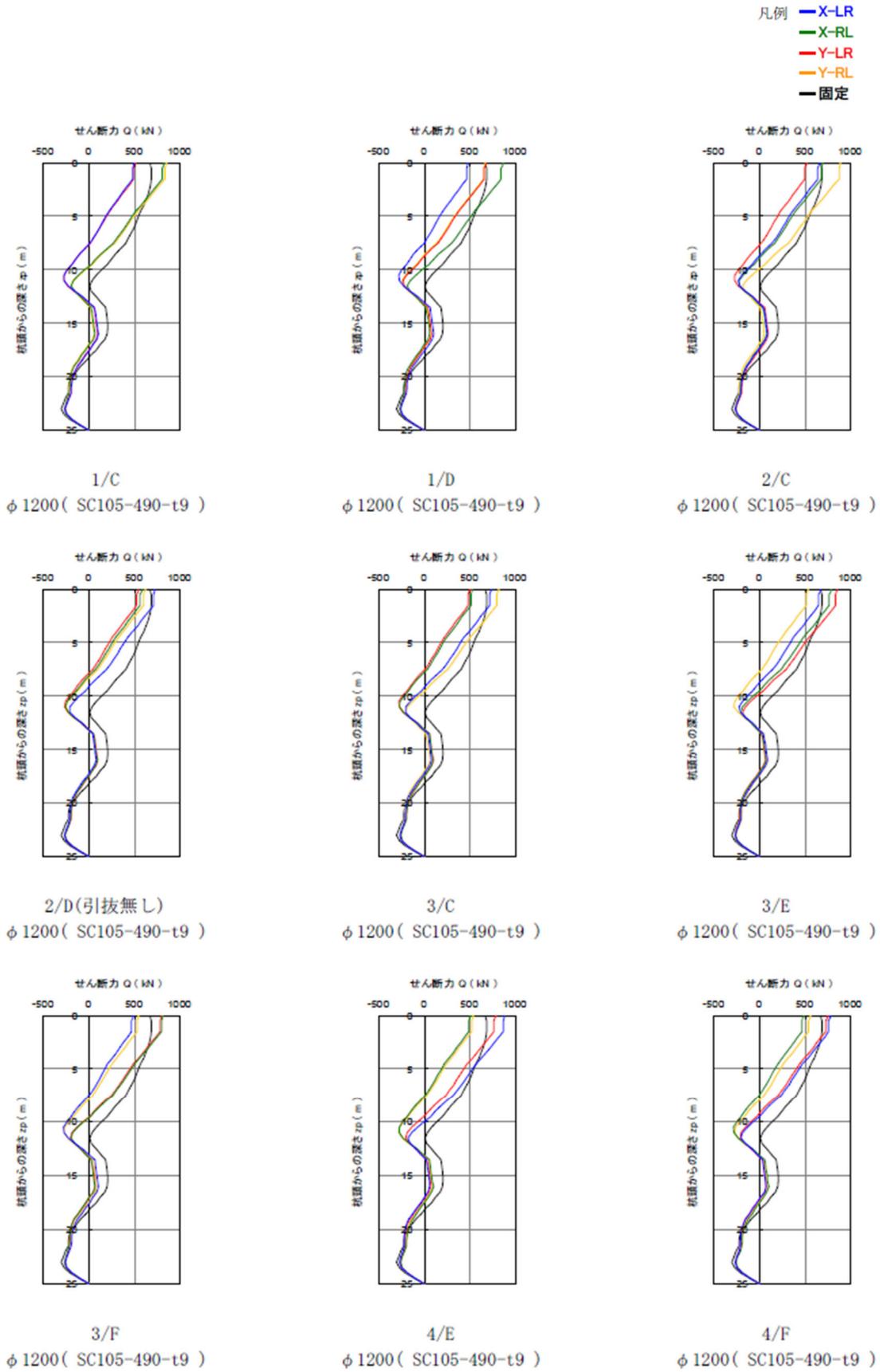


図 5.4.1-7 杭のせん断力図

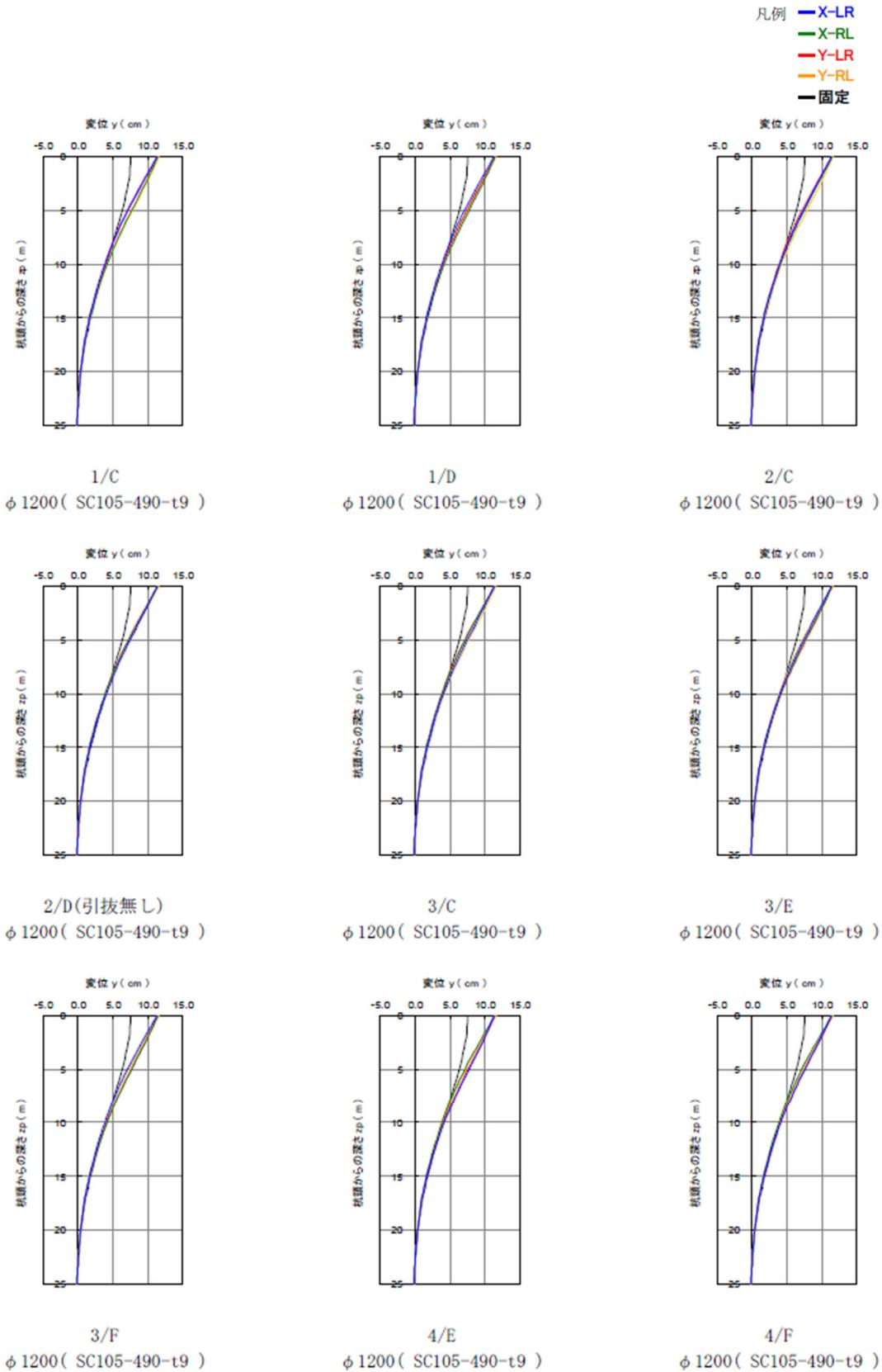


図 5. 4. 1-8 杭の変位分布図

4) 付加曲げを考慮した杭軸力の算定

基礎梁を格子梁にモデル化し、杭頭曲げモーメントを考慮して算出。

$$M = M_p + Q_p \times (H/2 + 0.1)$$

M：基礎梁設計用の杭頭曲げモーメント

M_p ：杭頭曲げモーメント

Q_p ：杭頭せん断力

H：基礎梁せい（H=2.5m）， 0.1(m)は基礎梁下端と杭天端のレベル差

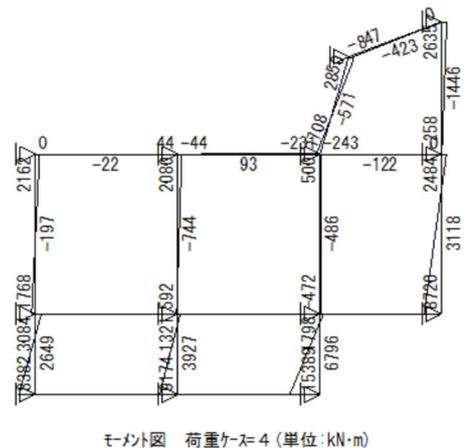
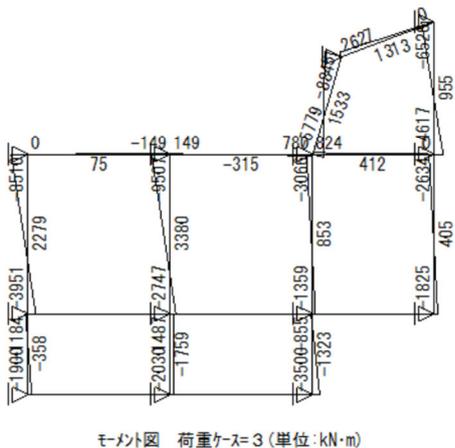
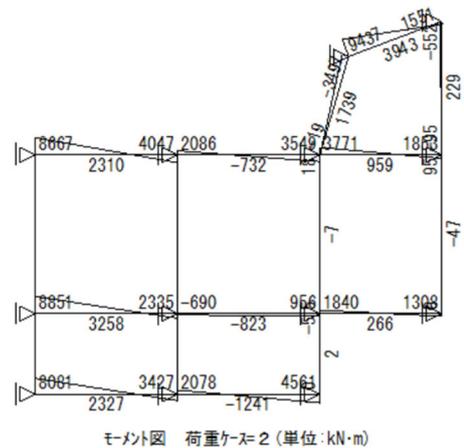
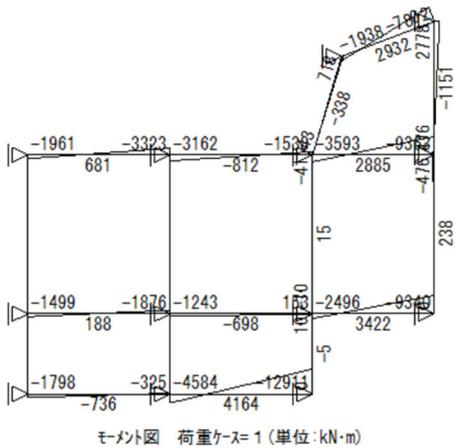


図 5.4.1-9 格子梁モデルのモーメント図

表 5.4.1-7 Ds=0.55 の終局時支持点反力 (kN)

X正(→)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-866	3,687
Y_ E	-1,340	3,458	2,214	7,520
Y_ D	-2,964	3,633	4,628	8,325
Y_ C	-2,335	2,734	4,252	

Y正(↑)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			2,154	2,323
Y_ E	6,441	8,894	10,909	6,517
Y_ D	1,608	2,443	1,824	-2,064
Y_ C	-1,609	-1,893	-4,601	

X負(←)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			3,340	-1,326
Y_ E	6,565	3,843	5,909	-1,441
Y_ D	7,272	3,189	2,852	-3,393
Y_ C	5,304	2,223	-1,392	

Y正(↓)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			319	38
Y_ E	-1,216	-1,593	-2,786	-438
Y_ D	2,700	4,380	5,656	6,996
Y_ C	4,579	6,850	7,461	

付加曲げなし

X正(→)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-3,196	5,321
Y_ E	-2,159	3,549	757	10,474
Y_ D	-3,487	3,987	2,635	10,412
Y_ C	-2,664	350	6,967	

Y正(↑)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			5,861	3,565
Y_ E	8,131	10,746	8,401	5,154
Y_ D	734	906	2,401	-2,677
Y_ C	-2,448	-2,041	-5,786	

X負(←)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			6,535	-3,664
Y_ E	8,536	2,746	5,304	-2,582
Y_ D	9,006	1,496	3,387	-3,953
Y_ C	7,088	1,468	-2,423	

Y正(↓)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-842	-163
Y_ E	-1,749	-2,010	-1,818	-1,544
Y_ D	120	1,891	983	8,536
Y_ C	7,699	9,706	12,138	

付加曲げ考慮（収斂計算後の最終的な値）

5) 杭体の検討

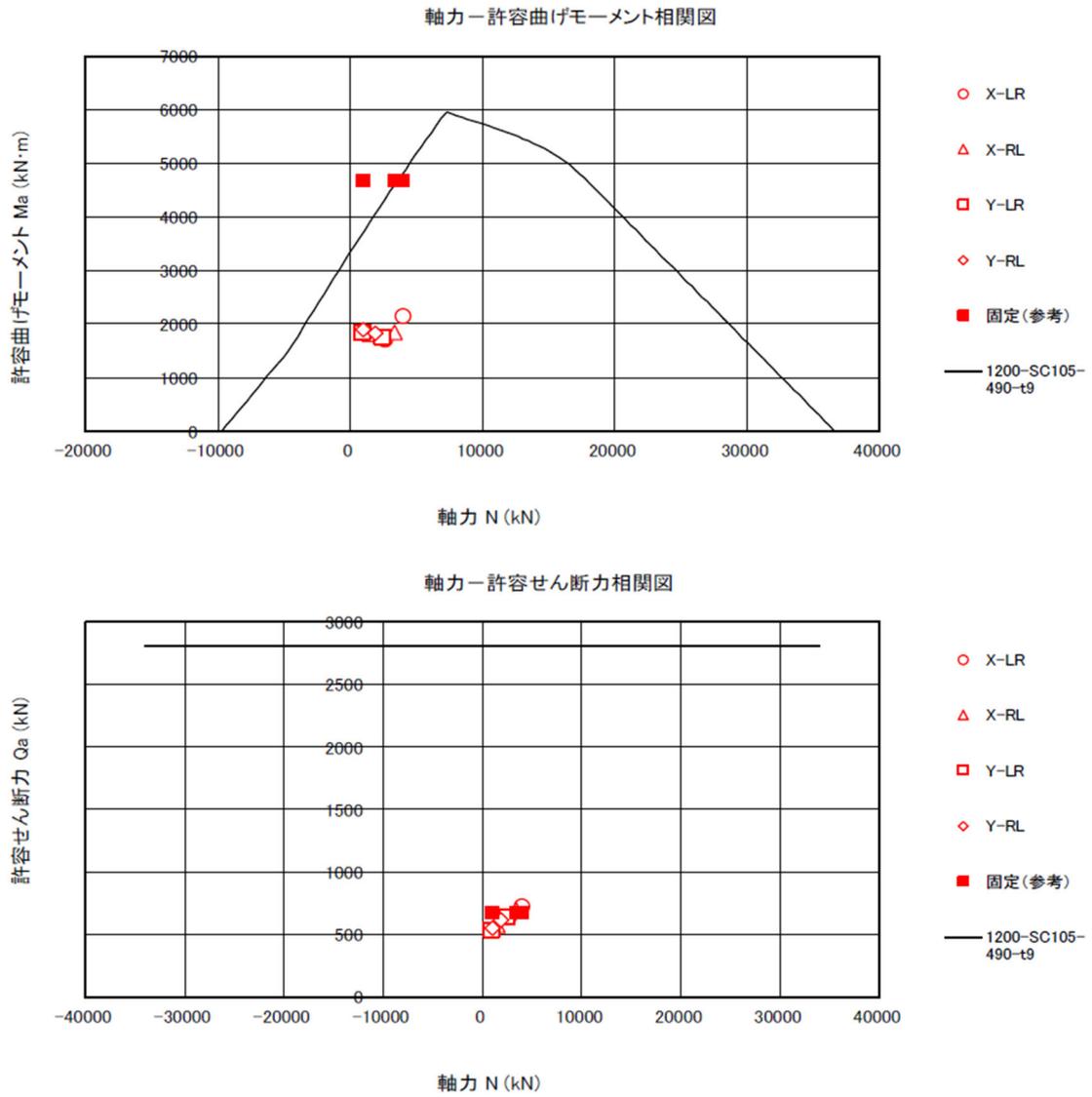


図 5.4.1-10 N-M, N-Q 相関図（引抜無し）上杭

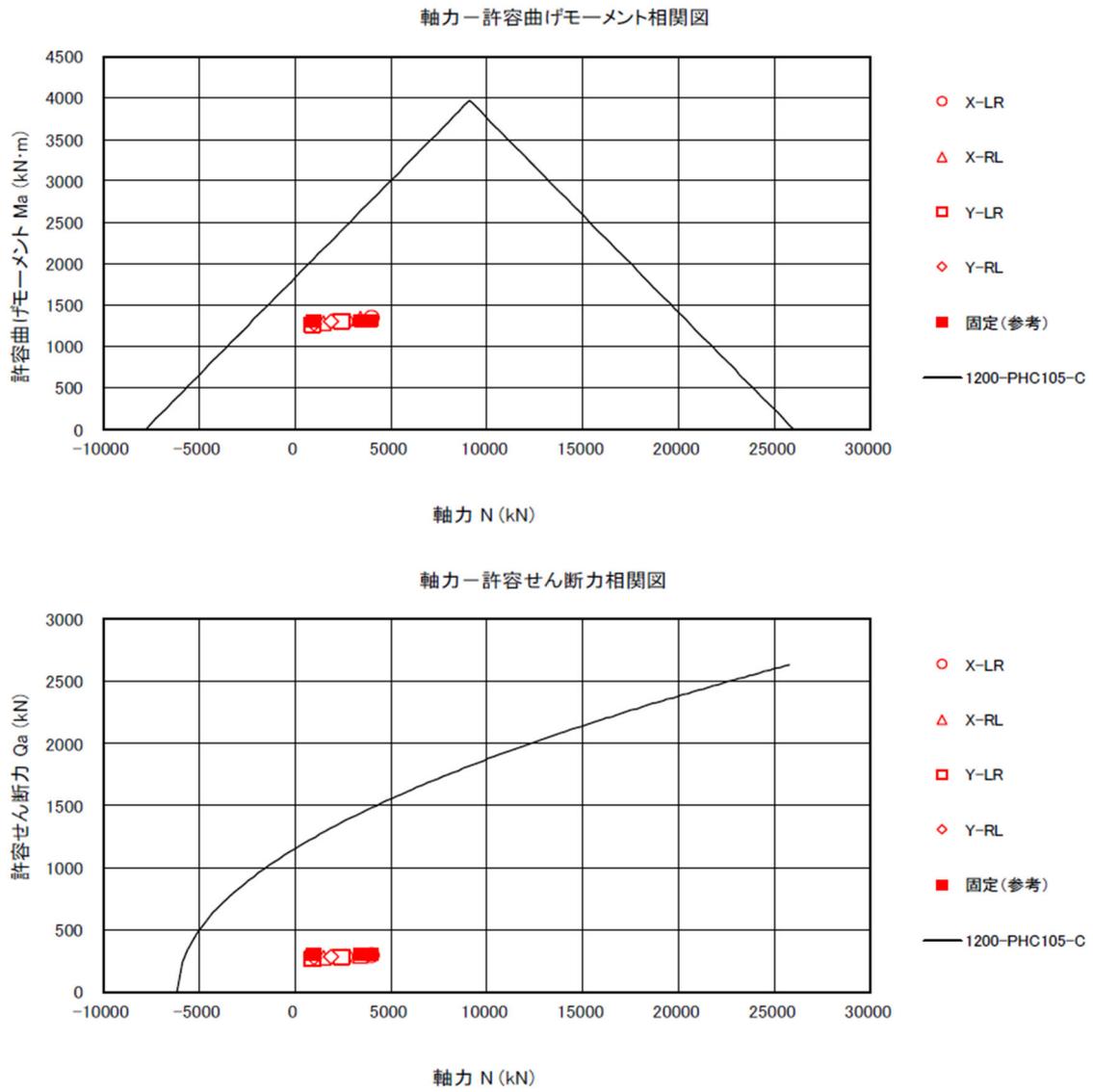


図 5.4.1-11 N-M, N-Q 相関図（引抜無し）中杭（下杭は中杭と同断面なので割愛）

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合工法）

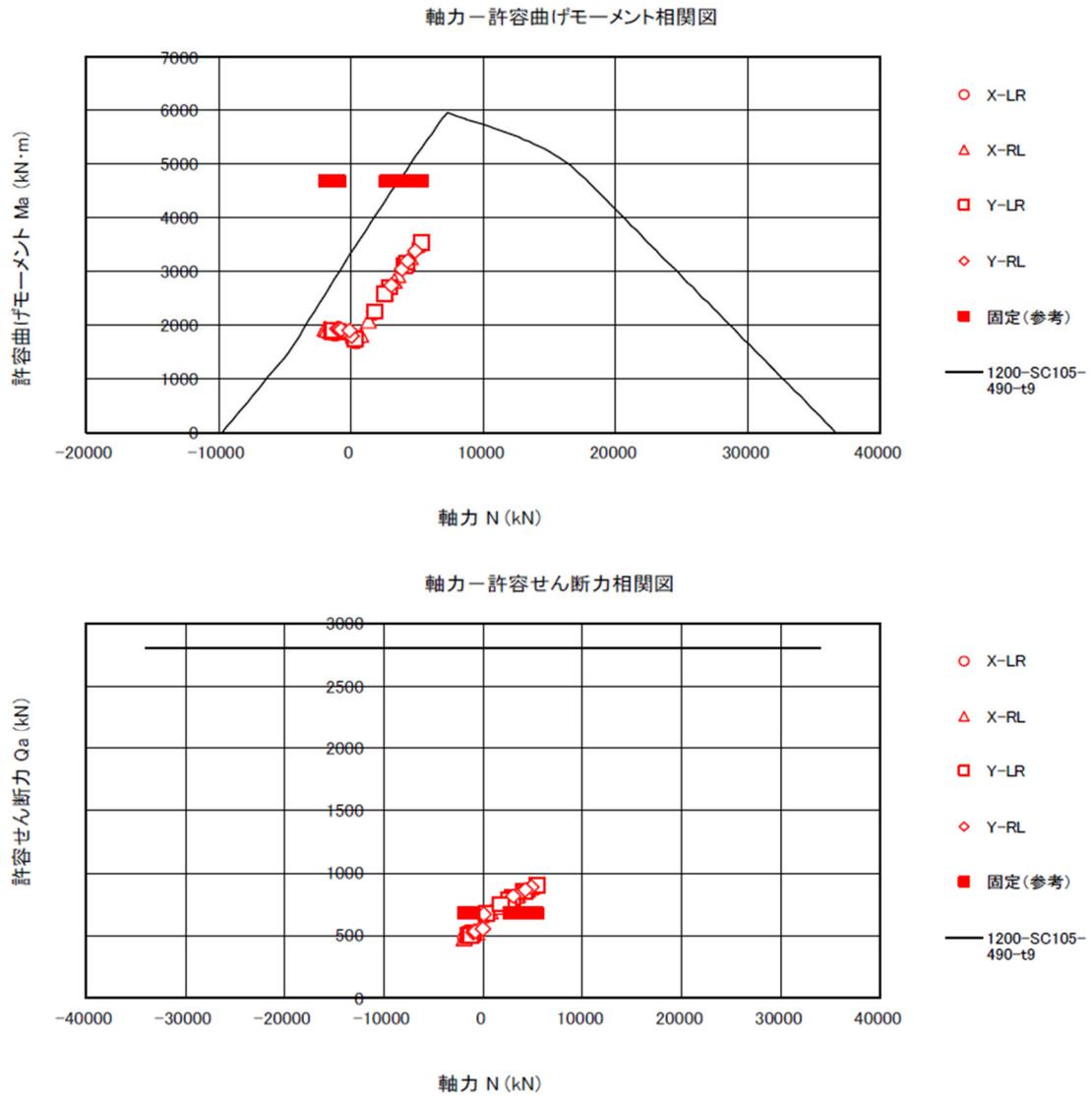


図 5.4.1-12 N-M, N-Q 相関図（引抜有り）上杭

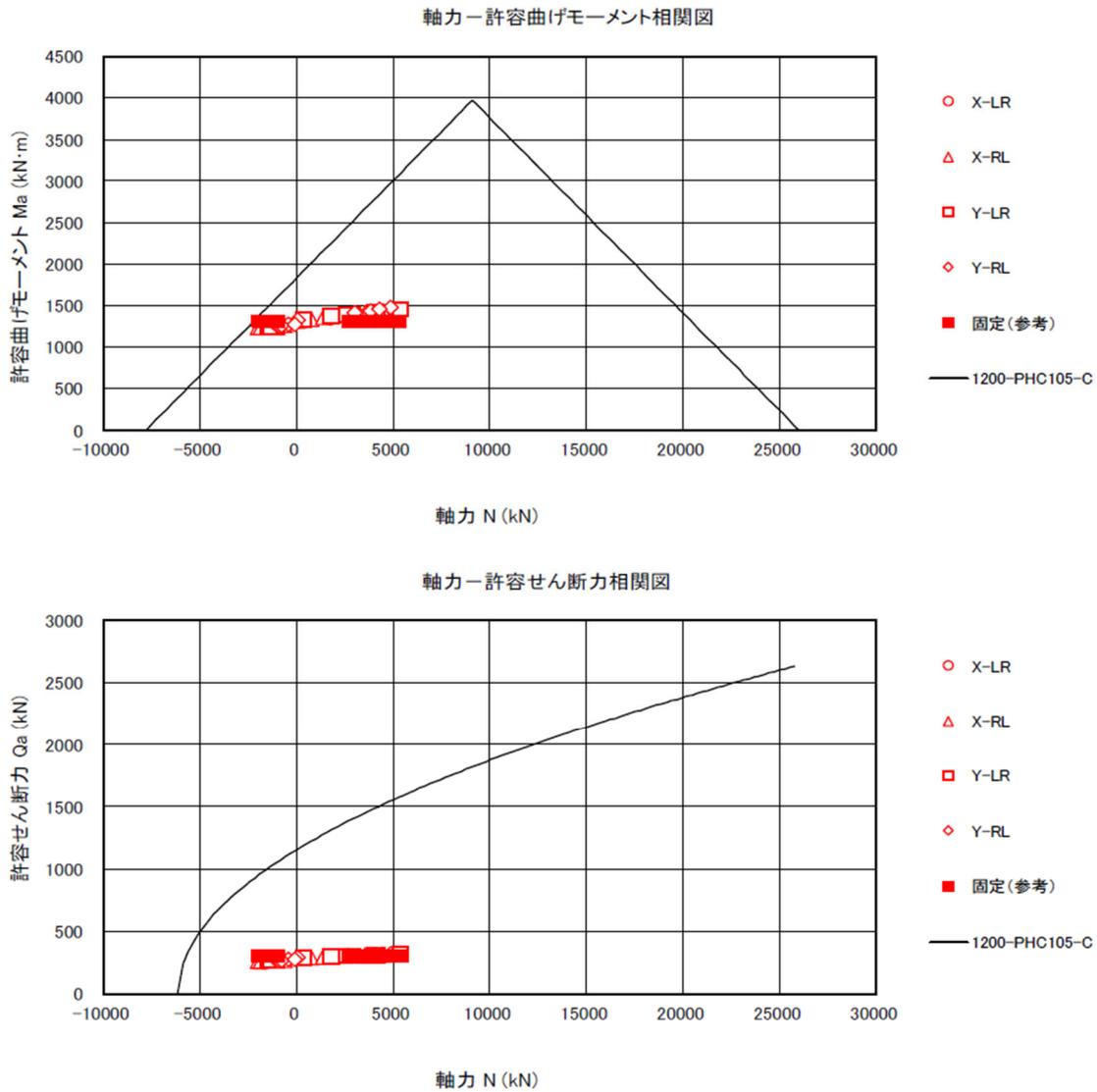


図 5.4.1-13 N-M, N-Q 相関図（引抜有り）中杭（下杭は中杭と同断面なので割愛）

6) 基礎梁の検討

本章では基礎梁の設計は行わないため、省略する。

7) パイルキャップの検討

①杭の軸力に対する複数本杭パイルキャップの検討

1本杭のパイルキャップについては、②の耐震設計で形状は決まるが、配筋はひび割れ防止程度の配筋で良いと考えられる。引抜抵抗鋼棒の長さで2200mmの成であるのでD19@200縦横ダブル程度となる。（2本杭パイルキャップの1本杭方向も同様）

表 5.4.1-8 パイルキャップの杭軸力による断面算定結果（2本杭パイルキャップ）

<p>2-1200φ 基礎自重(kN)：考慮しない 設計軸力(kN)：長期 2031, 短期 10909</p> <p>長期の計算 → ↓ 単位</p> <table border="1"> <tr><td>Mt</td><td>0</td><td>0</td><td>kN・m</td></tr> <tr><td>Rmin Rmax</td><td>1016 1016</td><td></td><td>kN</td></tr> <tr><td>M at</td><td>1142 2865</td><td></td><td>kN・m, mm2</td></tr> <tr><td>Q</td><td>1016</td><td>381</td><td>kN</td></tr> <tr><td>τ fs</td><td>0.18 < 0.70</td><td>0.03 < 0.70</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>τ al fa</td><td>0.36 < 2.10</td><td>0.57 < 2.10</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>必要配筋</td><td>6-D25</td><td>2-D19</td><td></td></tr> <tr><td>設計配筋</td><td>19-D25</td><td>6-D19</td><td></td></tr> </table> <p>短期の計算 → ↓ 単位</p> <table border="1"> <tr><td>Mt</td><td>0</td><td>0</td><td>kN・m</td></tr> <tr><td>Rmin Rmax</td><td>5454 5454</td><td></td><td>kN</td></tr> <tr><td>M at</td><td>6136 9588</td><td></td><td>kN・m, mm2</td></tr> <tr><td>Q</td><td>5454</td><td>2045</td><td>kN</td></tr> <tr><td>τ fs</td><td>0.98 < 1.05</td><td>0.18 < 1.05</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>τ al fa</td><td>1.93 < 3.15</td><td>3.06 < 3.15</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>必要配筋</td><td>19-D25</td><td>2-D19</td><td></td></tr> <tr><td>設計配筋</td><td>19-D25</td><td>6-D19</td><td></td></tr> </table>	Mt	0	0	kN・m	Rmin Rmax	1016 1016		kN	M at	1142 2865		kN・m, mm2	Q	1016	381	kN	τ fs	0.18 < 0.70	0.03 < 0.70	N/mm2	τ al fa	0.36 < 2.10	0.57 < 2.10	N/mm2	必要配筋	6-D25	2-D19		設計配筋	19-D25	6-D19		Mt	0	0	kN・m	Rmin Rmax	5454 5454		kN	M at	6136 9588		kN・m, mm2	Q	5454	2045	kN	τ fs	0.98 < 1.05	0.18 < 1.05	N/mm2	τ al fa	1.93 < 3.15	3.06 < 3.15	N/mm2	必要配筋	19-D25	2-D19		設計配筋	19-D25	6-D19		<p>基礎自重(kN)：考慮しない 設計軸力(kN)：長期 2031, 短期 10909</p>
	Mt	0	0	kN・m																																																													
	Rmin Rmax	1016 1016		kN																																																													
	M at	1142 2865		kN・m, mm2																																																													
Q	1016	381	kN																																																														
τ fs	0.18 < 0.70	0.03 < 0.70	N/mm2																																																														
τ al fa	0.36 < 2.10	0.57 < 2.10	N/mm2																																																														
必要配筋	6-D25	2-D19																																																															
設計配筋	19-D25	6-D19																																																															
Mt	0	0	kN・m																																																														
Rmin Rmax	5454 5454		kN																																																														
M at	6136 9588		kN・m, mm2																																																														
Q	5454	2045	kN																																																														
τ fs	0.98 < 1.05	0.18 < 1.05	N/mm2																																																														
τ al fa	1.93 < 3.15	3.06 < 3.15	N/mm2																																																														
必要配筋	19-D25	2-D19																																																															
設計配筋	19-D25	6-D19																																																															
<p>長期の計算 → ↓ 単位</p> <table border="1"> <tr><td>Mt</td><td>0</td><td>0</td><td>kN・m</td></tr> <tr><td>Rmin Rmax</td><td>1016 1016</td><td></td><td>kN</td></tr> <tr><td>M at</td><td>1142 2865</td><td></td><td>kN・m, mm2</td></tr> <tr><td>Q</td><td>1016</td><td>381</td><td>kN</td></tr> <tr><td>τ fs</td><td>0.18 < 0.70</td><td>0.03 < 0.70</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>τ al fa</td><td>0.36 < 2.10</td><td>0.57 < 2.10</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>必要配筋</td><td>6-D25</td><td>2-D19</td><td></td></tr> <tr><td>設計配筋</td><td>19-D25</td><td>6-D19</td><td></td></tr> </table>	Mt	0	0	kN・m	Rmin Rmax	1016 1016		kN	M at	1142 2865		kN・m, mm2	Q	1016	381	kN	τ fs	0.18 < 0.70	0.03 < 0.70	N/mm2	τ al fa	0.36 < 2.10	0.57 < 2.10	N/mm2	必要配筋	6-D25	2-D19		設計配筋	19-D25	6-D19																																		
Mt	0	0	kN・m																																																														
Rmin Rmax	1016 1016		kN																																																														
M at	1142 2865		kN・m, mm2																																																														
Q	1016	381	kN																																																														
τ fs	0.18 < 0.70	0.03 < 0.70	N/mm2																																																														
τ al fa	0.36 < 2.10	0.57 < 2.10	N/mm2																																																														
必要配筋	6-D25	2-D19																																																															
設計配筋	19-D25	6-D19																																																															
<p>短期の計算 → ↓ 単位</p> <table border="1"> <tr><td>Mt</td><td>0</td><td>0</td><td>kN・m</td></tr> <tr><td>Rmin Rmax</td><td>5454 5454</td><td></td><td>kN</td></tr> <tr><td>M at</td><td>6136 9588</td><td></td><td>kN・m, mm2</td></tr> <tr><td>Q</td><td>5454</td><td>2045</td><td>kN</td></tr> <tr><td>τ fs</td><td>0.98 < 1.05</td><td>0.18 < 1.05</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>τ al fa</td><td>1.93 < 3.15</td><td>3.06 < 3.15</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>必要配筋</td><td>19-D25</td><td>2-D19</td><td></td></tr> <tr><td>設計配筋</td><td>19-D25</td><td>6-D19</td><td></td></tr> </table>	Mt	0	0	kN・m	Rmin Rmax	5454 5454		kN	M at	6136 9588		kN・m, mm2	Q	5454	2045	kN	τ fs	0.98 < 1.05	0.18 < 1.05	N/mm2	τ al fa	1.93 < 3.15	3.06 < 3.15	N/mm2	必要配筋	19-D25	2-D19		設計配筋	19-D25	6-D19																																		
Mt	0	0	kN・m																																																														
Rmin Rmax	5454 5454		kN																																																														
M at	6136 9588		kN・m, mm2																																																														
Q	5454	2045	kN																																																														
τ fs	0.98 < 1.05	0.18 < 1.05	N/mm2																																																														
τ al fa	1.93 < 3.15	3.06 < 3.15	N/mm2																																																														
必要配筋	19-D25	2-D19																																																															
設計配筋	19-D25	6-D19																																																															
<p>dt = 80mm 使用材料：Fc21 SD345 軸力(kN) NL = 2031, NE = 8878 曲げ(kN・m)：なし</p>																																																																	

表 5.4.1-9 パイルキャップの杭軸力による断面算定結果（4本杭パイルキャップ）

<p>4-1200φ 基礎自重(kN)：考慮しない 設計軸力(kN)：長期 357, 短期 7461</p> <p>長期の計算 → ↓ 単位</p> <table border="1"> <tr><td>Mt</td><td>0</td><td>0</td><td>kN・m</td></tr> <tr><td>Rmin Rmax</td><td>89 89</td><td></td><td>kN</td></tr> <tr><td>M at</td><td>201 504</td><td>201 504</td><td>kN・m, mm2</td></tr> <tr><td>Q</td><td>178</td><td>178</td><td>kN</td></tr> <tr><td>τ fs</td><td>0.02 < 0.70</td><td>0.02 < 0.70</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>τ al fa</td><td>0.07 < 2.10</td><td>0.80 < 2.10</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>必要配筋</td><td>2-D19</td><td>2-D19</td><td></td></tr> <tr><td>設計配筋</td><td>23-D19</td><td>23-D19</td><td></td></tr> </table> <p>短期の計算 → ↓ 単位</p> <table border="1"> <tr><td>Mt</td><td>0</td><td>0</td><td>kN・m</td></tr> <tr><td>Rmin Rmax</td><td>1865 1865</td><td></td><td>kN</td></tr> <tr><td>M at</td><td>4197 6558</td><td>4197 6558</td><td>kN・m, mm2</td></tr> <tr><td>Q</td><td>3730</td><td>3730</td><td>kN</td></tr> <tr><td>τ fs</td><td>0.34 < 1.05</td><td>0.34 < 1.05</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>τ al fa</td><td>1.46 < 3.15</td><td>1.46 < 3.15</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>必要配筋</td><td>23-D19</td><td>23-D19</td><td></td></tr> <tr><td>設計配筋</td><td>23-D19</td><td>23-D19</td><td></td></tr> </table>	Mt	0	0	kN・m	Rmin Rmax	89 89		kN	M at	201 504	201 504	kN・m, mm2	Q	178	178	kN	τ fs	0.02 < 0.70	0.02 < 0.70	N/mm2	τ al fa	0.07 < 2.10	0.80 < 2.10	N/mm2	必要配筋	2-D19	2-D19		設計配筋	23-D19	23-D19		Mt	0	0	kN・m	Rmin Rmax	1865 1865		kN	M at	4197 6558	4197 6558	kN・m, mm2	Q	3730	3730	kN	τ fs	0.34 < 1.05	0.34 < 1.05	N/mm2	τ al fa	1.46 < 3.15	1.46 < 3.15	N/mm2	必要配筋	23-D19	23-D19		設計配筋	23-D19	23-D19		<p>基礎自重(kN)：考慮しない 設計軸力(kN)：長期 357, 短期 7461</p>
	Mt	0	0	kN・m																																																													
	Rmin Rmax	89 89		kN																																																													
	M at	201 504	201 504	kN・m, mm2																																																													
Q	178	178	kN																																																														
τ fs	0.02 < 0.70	0.02 < 0.70	N/mm2																																																														
τ al fa	0.07 < 2.10	0.80 < 2.10	N/mm2																																																														
必要配筋	2-D19	2-D19																																																															
設計配筋	23-D19	23-D19																																																															
Mt	0	0	kN・m																																																														
Rmin Rmax	1865 1865		kN																																																														
M at	4197 6558	4197 6558	kN・m, mm2																																																														
Q	3730	3730	kN																																																														
τ fs	0.34 < 1.05	0.34 < 1.05	N/mm2																																																														
τ al fa	1.46 < 3.15	1.46 < 3.15	N/mm2																																																														
必要配筋	23-D19	23-D19																																																															
設計配筋	23-D19	23-D19																																																															
<p>長期の計算 → ↓ 単位</p> <table border="1"> <tr><td>Mt</td><td>0</td><td>0</td><td>kN・m</td></tr> <tr><td>Rmin Rmax</td><td>89 89</td><td></td><td>kN</td></tr> <tr><td>M at</td><td>201 504</td><td>201 504</td><td>kN・m, mm2</td></tr> <tr><td>Q</td><td>178</td><td>178</td><td>kN</td></tr> <tr><td>τ fs</td><td>0.02 < 0.70</td><td>0.02 < 0.70</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>τ al fa</td><td>0.07 < 2.10</td><td>0.80 < 2.10</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>必要配筋</td><td>2-D19</td><td>2-D19</td><td></td></tr> <tr><td>設計配筋</td><td>23-D19</td><td>23-D19</td><td></td></tr> </table>	Mt	0	0	kN・m	Rmin Rmax	89 89		kN	M at	201 504	201 504	kN・m, mm2	Q	178	178	kN	τ fs	0.02 < 0.70	0.02 < 0.70	N/mm2	τ al fa	0.07 < 2.10	0.80 < 2.10	N/mm2	必要配筋	2-D19	2-D19		設計配筋	23-D19	23-D19																																		
Mt	0	0	kN・m																																																														
Rmin Rmax	89 89		kN																																																														
M at	201 504	201 504	kN・m, mm2																																																														
Q	178	178	kN																																																														
τ fs	0.02 < 0.70	0.02 < 0.70	N/mm2																																																														
τ al fa	0.07 < 2.10	0.80 < 2.10	N/mm2																																																														
必要配筋	2-D19	2-D19																																																															
設計配筋	23-D19	23-D19																																																															
<p>短期の計算 → ↓ 単位</p> <table border="1"> <tr><td>Mt</td><td>0</td><td>0</td><td>kN・m</td></tr> <tr><td>Rmin Rmax</td><td>1865 1865</td><td></td><td>kN</td></tr> <tr><td>M at</td><td>4197 6558</td><td>4197 6558</td><td>kN・m, mm2</td></tr> <tr><td>Q</td><td>3730</td><td>3730</td><td>kN</td></tr> <tr><td>τ fs</td><td>0.34 < 1.05</td><td>0.34 < 1.05</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>τ al fa</td><td>1.46 < 3.15</td><td>1.46 < 3.15</td><td>N/mm2</td></tr> <tr><td>必要配筋</td><td>23-D19</td><td>23-D19</td><td></td></tr> <tr><td>設計配筋</td><td>23-D19</td><td>23-D19</td><td></td></tr> </table>	Mt	0	0	kN・m	Rmin Rmax	1865 1865		kN	M at	4197 6558	4197 6558	kN・m, mm2	Q	3730	3730	kN	τ fs	0.34 < 1.05	0.34 < 1.05	N/mm2	τ al fa	1.46 < 3.15	1.46 < 3.15	N/mm2	必要配筋	23-D19	23-D19		設計配筋	23-D19	23-D19																																		
Mt	0	0	kN・m																																																														
Rmin Rmax	1865 1865		kN																																																														
M at	4197 6558	4197 6558	kN・m, mm2																																																														
Q	3730	3730	kN																																																														
τ fs	0.34 < 1.05	0.34 < 1.05	N/mm2																																																														
τ al fa	1.46 < 3.15	1.46 < 3.15	N/mm2																																																														
必要配筋	23-D19	23-D19																																																															
設計配筋	23-D19	23-D19																																																															
<p>dt = 80mm 使用材料：Fc21 SD345 軸力(kN) NL = 357, NE = 7104 曲げ(kN・m)：なし</p>																																																																	

②パイルキャップの耐震設計

表 5.4.1-10 パイルキャップのせん断検定結果（X方向加力時）

■短期変動荷重 X-LR

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 3987 最小 2635	杭頭 せん断力 最大 723 最小 644	パイルキャップせん断力			
		断面形状		最小ヘリあき寸法				杭頭の 埋込み 深さ	許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向						
合計 2											
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG	
5	2/D	3000	3000	900	900	100	3987	723	2061	2.84	OK
8	3/D	3000	3000	900	900	100	2635	644	1790	2.78	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 5238 最小 -1744	杭頭 せん断力 最大 882 最小 478	パイルキャップせん断力			
		断面形状		最小ヘリあき寸法				杭頭の 埋込み 深さ	許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向						
合計 11											
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
1	1/C	6000	3000	900	900	100	-1332	494	1263	2.55	OK
2	1/D	6000	3000	900	900	100	-1744	478	1263	2.64	OK
3	1/E	6000	3000	900	900	100	-1080	502	1263	2.51	OK
4	2/C	6000	3000	900	900	100	175	655	1580	2.41	OK
6	2/E	6000	3000	900	900	100	1774	736	1869	2.53	OK
7	3/C	6000	6000	900	900	100	1742	734	1863	2.53	OK
9	3/E	6000	3000	900	900	100	379	666	1617	2.42	OK
10	3/F	6000	3000	900	900	100	-1598	484	1263	2.60	OK
11	4/D	6000	3000	900	900	100	5206	881	2447	2.77	OK
12	4/E	6000	3000	900	900	100	5238	882	2452	2.77	OK
13	4/F	6000	3000	900	900	100	2661	777	2024	2.60	OK

■短期変動荷重 X-RL

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 3388 最小 1496	杭頭 せん断力 最大 697 最小 579	パイルキャップせん断力			
		断面形状		最小ヘリあき寸法				杭頭の 埋込み 深さ	許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向						
合計 2											
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
5	2/D	3000	3000	900	900	100	1496	579	1562	2.70	OK
8	3/D	3000	3000	900	900	100	3388	697	1941	2.78	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 4503 最小 -1977	杭頭 せん断力 最大 863 最小 476	パイルキャップせん断力			
		断面形状		最小ヘリあき寸法				杭頭の 埋込み 深さ	許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向						
合計 11											
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
1	1/C	6000	3000	900	900	100	3545	824	2175	2.64	OK
2	1/D	6000	3000	900	900	100	4503	863	2335	2.70	OK
3	1/E	6000	3000	900	900	100	4269	854	2296	2.68	OK
4	2/C	6000	3000	900	900	100	734	693	1683	2.42	OK
6	2/E	6000	3000	900	900	100	1373	725	1798	2.48	OK
7	3/C	6000	6000	900	900	100	-606	526	1285	2.44	OK
9	3/E	6000	3000	900	900	100	2653	785	2023	2.57	OK
10	3/F	6000	3000	900	900	100	3268	812	2129	2.62	OK
11	4/D	6000	3000	900	900	100	-1977	476	1263	2.65	OK
12	4/E	6000	3000	900	900	100	-1291	504	1263	2.50	OK
13	4/F	6000	3000	900	900	100	-1832	483	1263	2.61	OK

表 5.4.1-11 パイルキャップのせん断検定結果（Y方向加力時）

■短期変動荷重 Y-LR

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ					軸力 (杭1本当) 最大 2401 最小 906	杭頭 せん断力 最大 638 最小 539	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小ヘリあき寸法		杭頭の 埋込み 深さ			許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向						
合計 2											
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
5	2/D	3000	3000	900	900	100	906	539	1444	2.67	OK
8	3/D	3000	3000	900	900	100	2401	638	1743	2.73	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ					軸力 (杭1本当) 最大 5373 最小 -1447	杭頭 せん断力 最大 897 最小 499	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小ヘリあき寸法		杭頭の 埋込み 深さ			許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向						
合計 11											
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
1	1/C	6000	3000	900	900	100	-1224	507	1263	2.49	OK
2	1/D	6000	3000	900	900	100	367	675	1616	2.39	OK
3	1/E	6000	3000	900	900	100	4066	847	2263	2.67	OK
4	2/C	6000	3000	900	900	100	-1021	514	1263	2.46	OK
6	2/E	6000	3000	900	900	100	5373	897	2475	2.75	OK
7	3/C	6000	6000	900	900	100	-1447	499	1263	2.52	OK
9	3/E	6000	3000	900	900	100	4201	852	2285	2.68	OK
10	3/F	6000	3000	900	900	100	2931	798	2071	2.59	OK
11	4/D	6000	3000	900	900	100	-1338	503	1263	2.50	OK
12	4/E	6000	3000	900	900	100	2577	783	2010	2.56	OK
13	4/F	6000	3000	900	900	100	1783	746	1871	2.50	OK

■短期変動荷重 Y-FL

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ					軸力 (杭1本当) 最大 1891 最小 983	杭頭 せん断力 最大 617 最小 556	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小ヘリあき寸法		杭頭の 埋込み 深さ			許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向						
合計 2											
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
5	2/D	3000	3000	900	900	100	1891	617	1641	2.66	OK
8	3/D	3000	3000	900	900	100	983	556	1460	2.62	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ					軸力 (杭1本当) 最大 4853 最小 -1008	杭頭 せん断力 最大 889 最小 526	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小ヘリあき寸法		杭頭の 埋込み 深さ			許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向						
合計 11											
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
1	1/C	6000	3000	900	900	100	3850	849	2228	2.62	OK
2	1/D	6000	3000	900	900	100	61	669	1559	2.32	OK
3	1/E	6000	3000	900	900	100	-875	531	1263	2.38	OK
4	2/C	6000	3000	900	900	100	4853	889	2394	2.69	OK
6	2/E	6000	3000	900	900	100	-1006	526	1263	2.40	OK
7	3/C	6000	6000	900	900	100	3035	814	2090	2.56	OK
9	3/E	6000	3000	900	900	100	-909	529	1263	2.38	OK
10	3/F	6000	3000	900	900	100	-421	545	1313	2.41	OK
11	4/D	6000	3000	900	900	100	4268	866	2298	2.65	OK
12	4/E	6000	3000	900	900	100	-772	534	1263	2.36	OK
13	4/F	6000	3000	900	900	100	-82	555	1363	2.45	OK

表 5.4.1-12 杭頭回転角の検定結果（X方向加力時）

■短期変動荷重 X-LR

柱番号	柱位置	杭頭 接合法	杭径	断面2次 モーメント	杭頭 レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力	回転角			杭頭 モーメント (固定)	固定度
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度		杭頭	杭頭	許容		
合計 13							合計 26	最大 3238 最小 -1744	最大 3490 最小 104	最大 1872 最小 1884	最大 10.00 最小 7.50	最大 882 最小 478					
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(x10 ⁻³ rad)	(x10 ⁻³ rad)	OK/NG	(kN・m)	
1	1/C	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1332	232	1852	7.50	494	8.8	9.9	OK	4684	0.05
2	1/D	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1744	104	1872	7.50	478	9.0	9.9	OK	4684	0.02
3	1/E	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1080	302	1841	7.50	502	8.8	9.9	OK	4684	0.06
4	2/C	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	175	1570	1706	8.50	655	7.6	9.9	OK	4684	0.34
5	2/D	換型タイプ	1200	9074000	2.50	25	1	3987	2143	1675	9.00	723	7.0	26.3	OK	4684	0.46
6	2/E	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	1774	2249	1671	9.00	736	6.9	9.9	OK	4684	0.48
7	3/C	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	4	1742	2236	1671	9.00	734	6.9	9.9	OK	4684	0.48
8	3/D	換型タイプ	1200	9074000	2.50	25	1	2635	1474	1713	8.50	644	7.7	27.5	OK	4684	0.31
9	3/E	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	379	1660	1699	8.50	666	7.5	9.9	OK	4684	0.35
10	3/F	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1598	152	1865	7.50	484	8.9	9.9	OK	4684	0.03
11	4/D	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	5206	3480	1673	10.00	881	5.7	9.9	OK	4684	0.74
12	4/E	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	5238	3490	1673	10.00	882	5.7	9.9	OK	4684	0.75
13	4/F	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	2661	2596	1664	9.50	777	6.6	9.9	OK	4684	0.55

■短期変動荷重 X-RL

柱番号	柱位置	杭頭 接合法	杭径	断面2次 モーメント	杭頭 レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力	回転角			杭頭 モーメント (固定)	固定度
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度		杭頭	杭頭	許容		
合計 13							合計 26	最大 4303 最小 -1977	最大 3280 最小 12	最大 1925 最小 1700	最大 10.00 最小 7.50	最大 863 最小 476					
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(x10 ⁻³ rad)	(x10 ⁻³ rad)	OK/NG	(kN・m)	
1	1/C	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	3545	2928	1700	9.50	824	6.4	9.9	OK	4684	0.63
2	1/D	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	4503	3260	1702	10.00	863	6.1	9.9	OK	4684	0.70
3	1/E	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	4269	3181	1700	9.50	854	6.1	9.9	OK	4684	0.68
4	2/C	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	734	1817	1726	9.00	693	7.5	9.9	OK	4684	0.39
5	2/D	換型タイプ	1200	9074000	2.50	25	1	1496	864	1806	8.00	579	8.4	28.6	OK	4684	0.18
6	2/E	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	1373	2088	1715	9.00	725	7.2	9.9	OK	4684	0.45
7	3/C	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	4	-606	430	1859	7.50	526	8.8	9.9	OK	4684	0.09
8	3/D	換型タイプ	1200	9074000	2.50	25	1	3388	1855	1725	9.00	697	7.4	26.8	OK	4684	0.40
9	3/E	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	2653	2598	1701	9.50	785	6.7	9.9	OK	4684	0.55
10	3/F	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	3268	2828	1700	9.50	812	6.5	9.9	OK	4684	0.60
11	4/D	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1977	12	1925	7.50	476	9.2	9.9	OK	4684	0.00
12	4/E	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1291	246	1888	7.50	504	8.9	9.9	OK	4684	0.05
13	4/F	引換タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1832	72	1916	7.50	483	9.1	9.9	OK	4684	0.02

表 5.4.1-13 杭頭回転角の検定結果（Y方向加力時）

■短期変動荷重 Y-LR

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力	回転角			杭頭モーメント (固定)	固定度
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度		杭頭	許容	判定		
合計 13							合計 26	最大 3373 最小 -1447	最大 3543 最小 201	最大 1899 最小 1704	最大 10.00 最小 7.50	最大 897 最小 499					
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	($\times 10^{-3}$ rad)	($\times 10^{-3}$ rad)	OK/NG	(kN・m)	
1	1/C	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1224	265	1889	7.50	507	8.9	9.9	OK	4684	0.06
2	1/D	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	367	1657	1741	8.50	675	7.6	9.9	OK	4684	0.35
3	1/E	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	4066	3112	1704	9.50	847	6.2	9.9	OK	4684	0.66
4	2/C	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1021	321	1880	7.50	514	8.9	9.9	OK	4684	0.07
5	2/D	標準タイプ	1200	9074000	2.50	25	1	906	532	1848	8.00	539	8.7	29.1	OK	4684	0.11
6	2/E	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	5373	3543	1714	10.00	897	5.8	9.9	OK	4684	0.76
7	3/C	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	4	-1447	201	1899	7.50	499	9.0	9.9	OK	4684	0.04
8	3/D	標準タイプ	1200	9074000	2.50	25	1	2401	1353	1764	8.50	638	7.9	27.7	OK	4684	0.29
9	3/E	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	4201	3159	1704	9.50	852	6.2	9.9	OK	4684	0.67
10	3/F	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	2931	2703	1704	9.50	798	6.6	9.9	OK	4684	0.58
11	4/D	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1338	233	1894	7.50	503	9.0	9.9	OK	4684	0.05
12	4/E	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	2577	2569	1705	9.50	783	6.7	9.9	OK	4684	0.55
13	4/F	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	1783	2256	1712	9.00	746	7.0	9.9	OK	4684	0.48

■短期変動荷重 Y-RL

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力	回転角			杭頭モーメント (固定)	固定度
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度		杭頭	許容	判定		
合計 13							合計 26	最大 4833 最小 -1008	最大 3387 最小 330	最大 1931 最小 1754	最大 10.00 最小 7.50	最大 889 最小 526					
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	($\times 10^{-3}$ rad)	($\times 10^{-3}$ rad)	OK/NG	(kN・m)	
1	1/C	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	3850	3045	1754	9.50	849	6.4	9.9	OK	4684	0.65
2	1/D	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	61	1522	1804	8.50	669	7.9	9.9	OK	4684	0.32
3	1/E	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-875	365	1925	7.50	531	9.0	9.9	OK	4684	0.08
4	2/C	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	4853	3387	1760	10.00	889	6.1	9.9	OK	4684	0.72
5	2/D	標準タイプ	1200	9074000	2.50	25	1	1891	1081	1837	8.00	617	8.3	28.2	OK	4684	0.23
6	2/E	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-1006	330	1931	7.50	526	9.0	9.9	OK	4684	0.07
7	3/C	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	4	3035	2748	1755	9.50	814	6.7	9.9	OK	4684	0.59
8	3/D	標準タイプ	1200	9074000	2.50	25	1	983	576	1895	8.00	556	8.8	29.1	OK	4684	0.12
9	3/E	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-909	356	1926	7.50	529	9.0	9.9	OK	4684	0.08
10	3/F	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-421	483	1906	8.00	545	8.9	9.9	OK	4684	0.10
11	4/D	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	4268	3190	1754	9.50	866	6.3	9.9	OK	4684	0.68
12	4/E	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-772	392	1920	7.50	534	9.0	9.9	OK	4684	0.08
13	4/F	剛接合タイプ	1200	9074000	2.50	25	2	-82	568	1896	8.00	555	8.8	9.9	OK	4684	0.12

8) メカニズム状態の確認

本建築物における代表的なメカニズム状態として、表5.4.1-14にX1-Y1位置における、基礎構造システム全体のメカニズム状態を示す。表5.4.1-14は、同じ設計用応力に対して各部材の耐力がどの程度余裕があるのかを表している。

表5.4.1-14 基礎構造システムのメカニズム時の状態

検討場所：4通り-D通り		2次設計	
余裕度=各耐力/設計応力 (耐力=許容応力度)		杭引張軸力 杭-梁開方向	杭圧縮軸力 杭-梁閉方向
柱曲げ		4章と同じ	
柱せん断		4章と同じ	
基礎梁曲げ		-※	
基礎梁せん断		-※	
杭曲げ	杭頭	1.33	1.51
	杭軸部	1.11	1.94
杭せん断	杭頭	5.57	3.18
	杭軸部	3.57	4.73
杭頭接合部		1.08	1.57
パイルキャップ (RC 規準)		1.18	
パイルキャップ (RC 基礎部材指針)		-	
パイルキャップ (論文)		2.50	2.65
杭支持力		1.52	1.64

※本章では基礎梁の検討は行っていない。

5.4.2 ケースB5：ランクA

(1) 設計条件

- ・耐震性能 継続使用性確保のための目標ランクAを対象とし、張り間（Y）方向の必要保有水平耐力相当（Ds=0.55相当）の慣性力と地盤の応答変位による応力の組合せによる設計（2次設計レベル）を行う。
- ・杭モデル 群杭フレームモデル（多層地盤モデル）
- ・基礎梁 剛体とする。
- ・杭設計用地震力
 上部構造の必要保有水平耐力相当（Ds=0.55）を水平力とする。
 （X方向のDs値は0.55ではないがY方向に合わせる）
 地上部分の慣性力 $BQ_2 = 4782 \times 0.55 / 0.2 = 13151 \text{ kN}$
 地下部分設計震度（K=0.4, Z=0.9）を水平力とする。
 $W1 = 4784 \text{ kN}$
 $Wf = 7068 \text{ kN}$
 地下部分の慣性力 $fQ_2 = Z \cdot K \cdot (W1 + Wf) = 4267 \text{ kN}$
- ・杭設計の支持反力は、一次設計時の水平支点反力を必要保有水平耐力と設計せん断力の比率で割り増した支点反力を用いる。
- ・杭の検討は、杭の曲げ戻し応力による付加軸力を考慮する。

表 5.4.2-1 Ds=0.55の終局時支持点反力(kN)

X正(→)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			-866	3,687
Y_ E	-1,340	3,458	2,214	7,520
Y_ D	-2,964	3,633	4,628	8,325
Y_ C	-2,335	2,734	4,252	

Y正(↑)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			2,154	2,323
Y_ E	6,441	8,894	10,909	6,517
Y_ D	1,608	2,443	1,824	-2,064
Y_ C	-1,609	-1,893	-4,601	

X負(←)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			3,340	-1,326
Y_ E	6,565	3,843	5,909	-1,441
Y_ D	7,272	3,189	2,852	-3,393
Y_ C	5,304	2,223	-1,392	

Y正(↓)

	X_1	X_2	X_3	X_4
Y_ F			319	38
Y_ E	-1,216	-1,593	-2,786	-438
Y_ D	2,700	4,380	5,656	6,996
Y_ C	4,579	6,850	7,461	

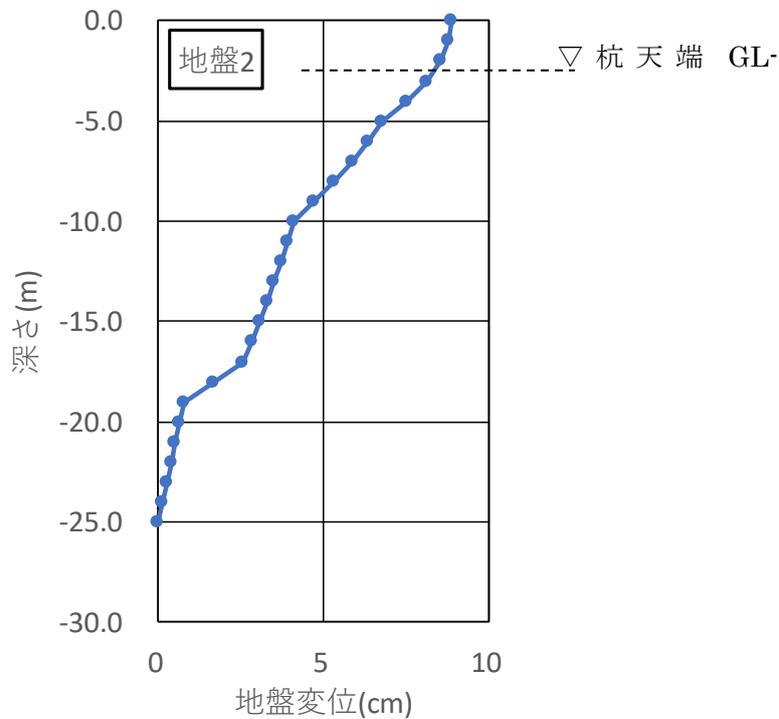
・杭強制変位

地盤変位は、応答スペクトル法とする。

表 5.4.2-2 地盤2の地盤変位の深さ方向分布 (Z=0.9)

地盤2					式(例2.1) 式(例2.2)		式(4.5.8)	式(4.5.9)	式(4.5.7)			式(4.5.10)	
層番号	層厚	上面深度	土質	単位体積重量	質点質量	初期S波速度	$(\)^{\beta}$	等価S波速度	等価せん断ばね剛性		仮の無次元化水平変位	調整した無次元化水平変位	地盤の水平変位
i	H _i (m)	(m)		γ_i (kN/m ³)	m_i (Mg)	V_{soi} (m/s)		V_{sei} (m/s)	k_i (kN/m)	$\Sigma (m_i \cdot u_i)$	u_i	u_i^*	$D_{max} \times u_i^*$ (cm)
1	1.0	0.0	cray	18	0.918	110	0.452	49.77	4549	0.918	1.000	1.000	8.88
2	1.0	-1.0		18	1.837	110	0.452	49.77	4549	2.743	0.993	0.990	8.79
3	1.0	-2.0		18	1.837	110	0.452	49.77	4549	4.531	0.974	0.961	8.53
4	1.0	-3.0		18	1.837	110	0.452	49.77	4549	6.259	0.941	0.913	8.10
5	1.0	-4.0	sand	18	1.837	110	0.452	49.77	4549	7.904	0.895	0.846	7.51
6	1.0	-5.0		16	1.735	150	0.510	76.56	9569	9.358	0.838	0.761	6.76
7	1.0	-6.0		16	1.633	150	0.510	76.56	9569	10.674	0.806	0.714	6.34
8	1.0	-7.0		16	1.633	150	0.510	76.56	9569	11.930	0.769	0.660	5.86
9	1.0	-8.0	sand	16	1.633	150	0.510	76.56	9569	13.119	0.728	0.599	5.32
10	1.0	-9.0		16	1.633	150	0.510	76.56	9569	14.234	0.683	0.532	4.73
11	1.0	-10.0		18	1.735	210	0.678	142.48	37285	15.335	0.634	0.460	4.09
12	1.0	-11.0		18	1.837	210	0.678	142.48	37285	16.475	0.621	0.440	3.91
13	1.0	-12.0	sand	18	1.837	210	0.678	142.48	37285	17.588	0.606	0.419	3.72
14	1.0	-13.0		18	1.837	210	0.678	142.48	37285	18.673	0.591	0.396	3.51
15	1.0	-14.0		18	1.837	210	0.678	142.48	37285	19.727	0.574	0.372	3.30
16	1.0	-15.0		18	1.837	210	0.678	142.48	37285	20.750	0.557	0.346	3.07
17	1.0	-16.0	cray	18	1.837	210	0.678	142.48	37285	21.739	0.538	0.319	2.83
18	1.0	-17.0		17	1.786	150	0.530	79.52	10970	22.666	0.519	0.290	2.58
19	1.0	-18.0		17	1.735	150	0.530	79.52	10970	23.449	0.451	0.190	1.69
20	1.0	-19.0		18	1.786	260	0.776	201.66	74695	24.129	0.381	0.086	0.77
21	1.0	-20.0	sand	18	1.837	260	0.776	201.66	74695	20.408	0.370	0.071	0.63
22	1.0	-21.0		18	1.837	260	0.776	201.66	74695	21.071	0.361	0.057	0.51
23	1.0	-22.0		18	1.837	260	0.776	201.66	74695	21.718	0.352	0.044	0.39
24	1.0	-23.0		18	1.837	260	0.776	201.66	74695	22.346	0.342	0.029	0.26
25	1.0	-24.0	18	1.837	260	0.776	201.66	74695	22.957	0.333	0.015	0.13	
基盤	1.0	-25.0		18		390				0.322	0.000	0.00	

To= 0.594 式(4.5.6)
 α = 1.856 式(4.5.3)
Rzo= 0.465 式(4.5.5)
 β = 0.627 式(4.5.9)
Dmax= 8.878 式(4.5.1)



第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

(2) 計算条件

以下以外は、5.4.1(2)と同様とする。

- ・土圧合力ばねは、基礎部変位と地盤変位が同程度であり、基礎部変位の方が地盤変位よりも若干大きいため考慮しない。

1) 杭頭接合部の回転剛性（杭頭回転ばね）

算定方法は一次設計時と同様。

表 5.4.2-3 杭頭回転ばね一覧

杭位置		地盤					杭頭接合部							
柱番号	柱位置	地盤データ名	杭頭レベル (m)	地盤の弾性係数*1 E ₀ (kN/m ²)	基準水平地盤反力係数*2 k _{h0} (kN/m ³)	水平地盤反力係数*3 k _h (kN/m ³)	杭頭接合法	パイルキャップ		初期回転剛性*4 K ₀ (kN・m/rad)	最大抵抗モーメント*4 M _{max} (kN・m)	引抜き抵抗用鋼棒		
								設計基準強度 F _c (N/mm ²)	弾性係数 E (N/mm ²)			鋼棒種別	本数 (本)	有効長さ (mm)
1	1/C	1	2.5	1400	2255	736	引抜きタイプ	42	28518	2913487	6379	φ11-C種	80	1730
2	1/D	1	2.5	1400	2255	737	引抜きタイプ	42	28518	2913487	6805	φ11-C種	80	1730
3	1/E	1	2.5	1400	2255	738	引抜きタイプ	42	28518	2913487	6649	φ11-C種	80	1730
4	2/C	1	2.5	1400	2255	735	引抜きタイプ	42	28518	2913487	7013	φ11-C種	80	1730
5	2/D	1	2.5	1400	2255	738	標準タイプ	42	28518	2913487	2363	-	-	-
6	2/E	1	2.5	1400	2255	738	引抜きタイプ	42	28518	2913487	7335	φ11-C種	80	1730
7	3/C	1	2.5	1400	2255	735	引抜きタイプ	42	28518	2913487	9114	φ11-C種	120	1730
8	3/D	1	2.5	1400	2255	738	標準タイプ	42	28518	2913487	2164	-	-	-
9	3/E	1	2.5	1400	2255	738	引抜きタイプ	42	28518	2913487	6549	φ11-C種	80	1730
10	3/F	1	2.5	1400	2255	737	引抜きタイプ	42	28518	2913487	7987	φ11-C種	120	1730
11	4/D	1	2.5	1400	2255	735	引抜きタイプ	42	28518	2913487	9036	φ11-C種	120	1730
12	4/E	1	2.5	1400	2255	737	引抜きタイプ	42	28518	2913487	9049	φ11-C種	120	1730
13	4/F	1	2.5	1400	2255	738	引抜きタイプ	42	28518	2913487	5760	φ11-C種	80	1730

*1 杭頭レベルの地盤の弾性係数を示す。*2 杭頭の基準地盤反力係数を示す。

*3 収束時の値(検討地震力(±X, Y方向)における最小値)を示す。*4 検討地震力(±X, Y方向)における最大値を示す。

(3) パイルキャップの耐震設計

二次設計時外力に対して、以下を確認する。

1) クライテリア

- ・標準タイプにおいては、杭頭接合部の回転角がパイルキャップの終局限界によって求まる回転角 θ_{uc} を超えないこと。
- ・引抜き対応タイプにおいては、杭頭接合部の回転角がパイルキャップの終局限界によって求まる回転角 θ_{uc} を超えないこと、かつ引抜き抵抗用鋼棒の終局ひずみから求まる回転角 θ_{us} を超えないこと。
- ・杭頭接合部のせん断力が終局許容せん断力を超えないこと。

表 5.4.2-4 杭頭接合部と杭の設計クライテリア

部位	杭頭接合部		杭体
	標準タイプ	引抜き対応タイプ	
曲げ・軸力	回転角 $\leq \theta_{uc}$	回転角 $\leq \min(\theta_{uc}, \theta_{us})$	許容耐力以内
せん断	パイルキャップのコンクリートの終局せん断耐力以内		許容耐力以内

2) 許容回転角の応力検定

杭頭接合部の終局回転角 θ_u は、パイルキャップに最大耐力時に対して5%の耐力低下が発生する回転角 θ_{uc} に達しないものとして、次式によって定める。

$$\theta_u = \min(\theta_{uc}, \theta_{us})$$

$$\theta_{uc} = 0.1 - 0.167 \frac{\sigma_{nc}}{\phi_c \cdot \sigma_B}$$

$$\theta_{us} = \frac{\delta_u}{D_s}$$

ここで、

θ_u : 終局回転角(rad)

θ_{uc} : パイルキャップの終局限界によって決まる終局回転角(rad)

σ_{nc} : 圧縮合力による軸応力度(N/mm²)

$$\sigma_{nc} = \frac{N_c}{A_p} \times 10^{-3}$$

N_c : コンクリートの圧縮合力 (kN) (4.3.2 参照)

A_p : 支圧面積 (杭頭面積) (mm²)

ϕ_c : 支圧係数, $\phi_c = \sqrt{A_c / A_p}$ ただし, $\phi_c \leq 4.0$

A_c : 支承面積 (パイルキャップ面積) (m²)

F_c : パイルキャップのコンクリートの設計基準強度(N/mm²)

δ_u : 鋼棒の破断伸び (軸ひずみ5%相当) (m)

D_s : 鋼棒の配置距離(m)

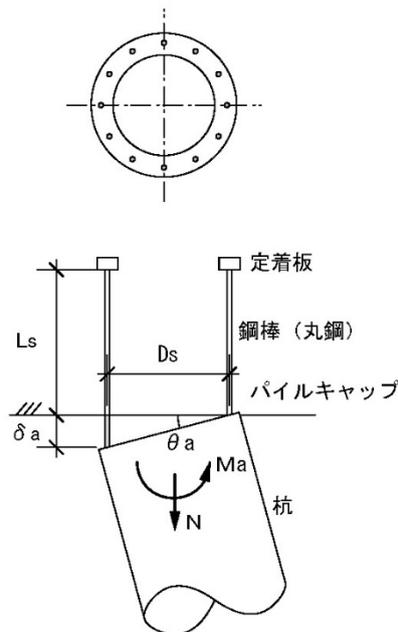


図 5. 4. 2-1 引抜き抵抗用鋼棒の破断伸びで決まる許容回転角

3) パイルキャップの応力検定

一次設計時と同様とする。

(4) 2次設計時の検討結果

1) 杭工法および地盤概要

- ・杭径および杭長： 杭径 1200φ×13本，杭長 25m
- ・杭工法： PHC杭（埋込み工法， $\alpha=200$ ）
- ・杭天端： GL-2.5m
- ・支持層： GL-27.5m(P01)，GL-40.5m（P11,P12）（N値50以上）
- ・杭頭半剛接合構法を採用

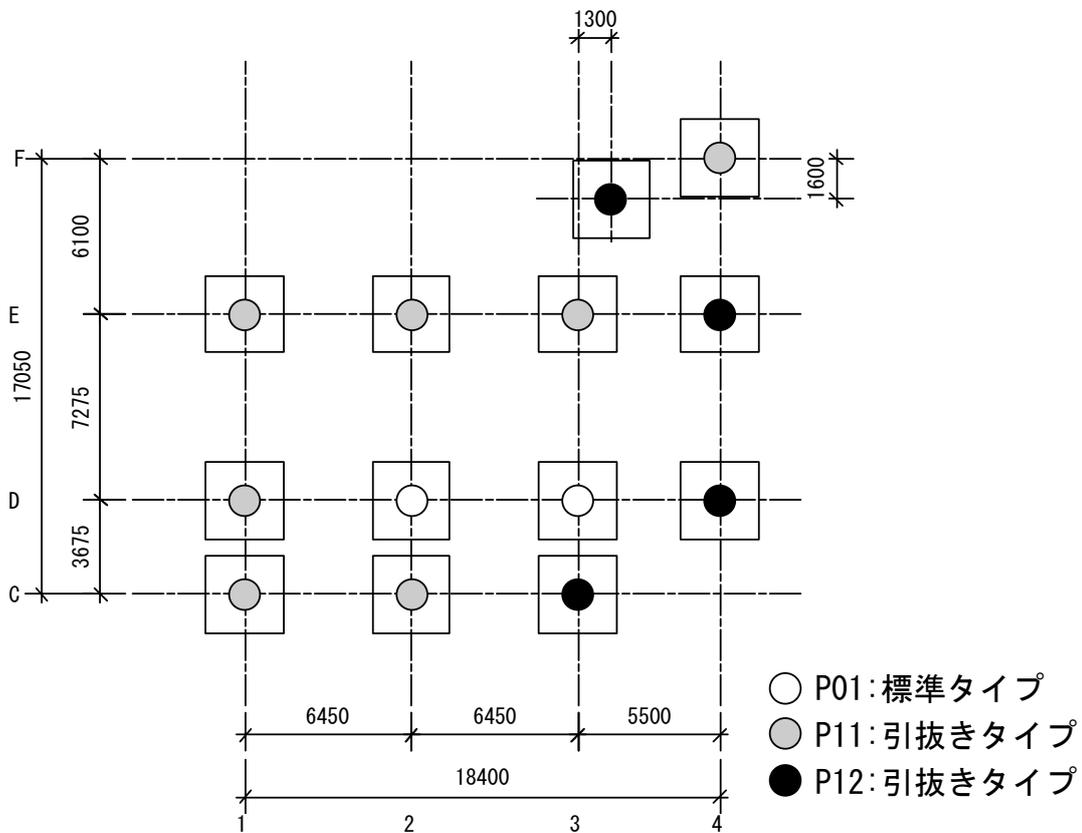


図 5.4.2-2 杭配置

表 5.4.2-5 杭の仕様

杭符号	杭径 (mm)	上杭		中杭		下杭 杭種名称	杭本数 (セット)	杭頭 接合法	引抜き抵抗用鋼棒			
		杭種名称	長さ (m)	杭種名称	長さ (m)				鋼棒 種別	全長 (mm)	本数 (杭1本 あたり)	配置 直径 (mm)
P01	1200	SC105-490-t9	12	PHC105-C	8	PHC105-C	2	標準タイプ	-	-	-	-
P11	1200	SC105-490-t12	12	PHC105-C	8	PHC105-C	7	引抜きタイプ	φ11-C種	1750	80	800
P12	1200	SC105-490-t19	12	SC105-490-t12	8	PHC105-C	4	引抜きタイプ	φ11-C種	1750	120	800

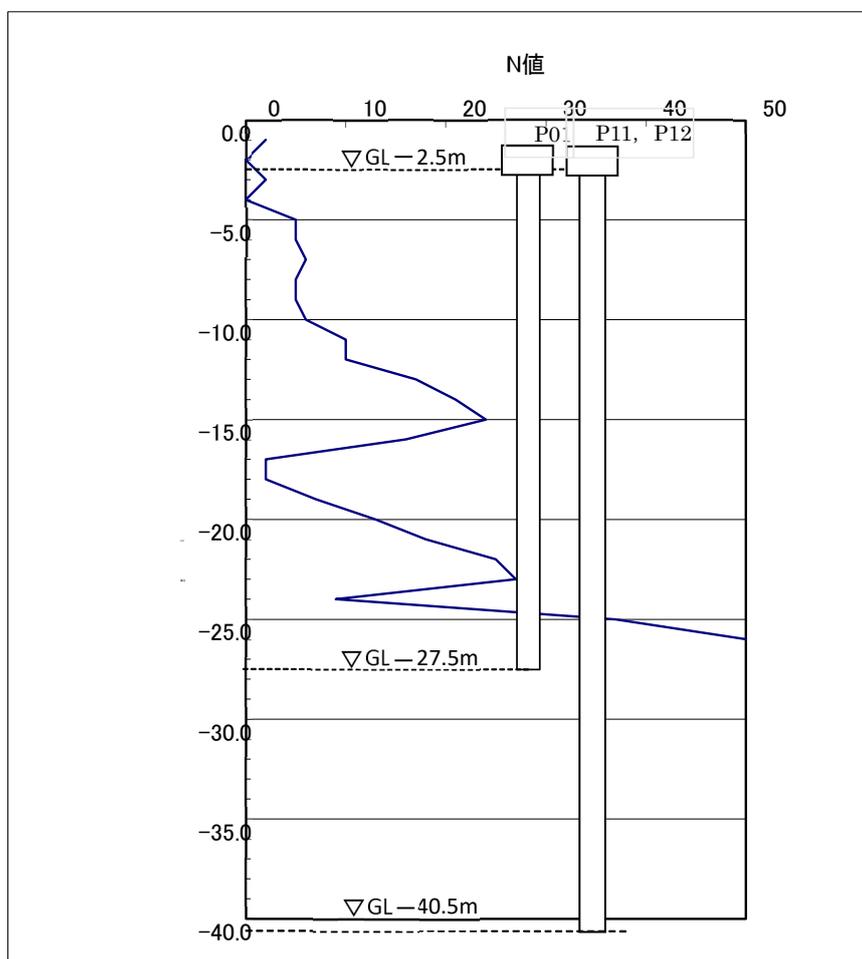


図 5.4.2-3 地盤 2 と杭レベル

2) 鉛直支持力の算定

地盤の短期許容支持力から決まる許容支持力は下記(告示式)による。

P01 と P11 は杭頭仕様が異なるだけのため、支持力は同じである。

表 5.4.2-6 鉛直支持力の検討

□PHC杭の許容支持力(告示式、埋め込み杭： $\alpha=200$)

杭符号	P01	P11	P12
軸径(cm)	120	120	120
先端径(cm)	120	120	120
厚さ(cm)	15	15	15
先端N値	35	50	50
杭長(m)	25.0	38.0	38.0
コンクリート強度 $F_c(N/mm^2)$	105	105	105
長期許容応力度 $f_c(N/mm^2)$	26	26	26
有効プレストレス $\sigma_e(N/mm^2)$	10	10	10
継手低減 α	0	0	0
摩擦砂 N_{s1}	5.4	5.4	5.4
摩擦砂 $L_{s1}(m)$	5.0	5.0	5.0
摩擦砂 N_{s2}	14.3	14.3	14.3
摩擦砂 $L_{s2}(m)$	7.0	7.0	7.0
摩擦砂 N_{s3}	28.6	28.6	28.6
摩擦砂 $L_{s3}(m)$	8.5	8.0	8.0
摩擦砂 N_{s4}		30	30
摩擦砂 $L_{s4}(m)$		13.5	13.5
摩擦粘土 $qu1(kN/m^2)$	50.0	50.0	50.0
摩擦粘土 $L_{c1}(m)$	2.5	2.5	2.5
摩擦粘土 $qu2(kN/m^2)$	50.0	50.0	50.0
摩擦粘土 $L_{c2}(m)$	2.0	2.0	2.0
摩擦粘土 $qu3(kN/m^2)$			
摩擦粘土 $L_{c3}(m)$			
拡低比率(面積)	1.00	1.00	1.00
軸部周長 $\Phi(m)$	3.77	3.77	3.77
極限周面摩擦抵抗(kN)	5031	9891	9891
先端部断面積 $A_p(m^2)$	1.13	1.13	1.13
先端基準支持力(kN)	7917	11310	11310
杭重量 $W_p(kN)$	297	451	451
長期許容杭材支持力(kN)	8041	8041	8041
長期許容地盤支持力(kN)	4316	7067	7067
短期許容杭材支持力(kN)	21029	21029	21029
短期許容地盤支持力(kN)	8632	14134	14134
終局支持力(kN)	12948	21201	21201
長期引抜き力(kN)	1638	3089	3089
降伏引抜き力(kN)	2980	5727	5727
残留引抜き抵抗(kN)	3651	7046	7046
採用長期許容支持力(kN)	4316	7067	7067
短期短期許容支持力(kN)	8632	14134	14134

計算は告示式による。

極限先端支持力 $P_p = 200 N A_p \quad (N \leq 60)$
 極限周面摩擦抵抗 $P_f = [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (qu/2 \cdot L_c)] \times \Phi \quad (N_s \leq 30, qu \leq 200kN/m^2)$
 長期許容支持力 $MIN((P_p + P_f)/3, A_c \times (1 - \alpha) \times (f_c - \sigma_e))$
 $qu = 12.5N (=2C)$

 長期許容引き抜き力 $4/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (qu/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$
 短期(降伏)引き抜き力 $8/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (qu/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$
 残留引抜き抵抗(告示/1.2) $1/1.2 \times 12/15 \times [\sum (3 \cdot 3N_s \cdot L_s) + \sum (qu/2 \cdot L_c)] \times \Phi + W_p \quad (N_s \leq 30)$

表 5.4.2-7 設計軸力と支持力比（杭1本あたり）

□終局時軸力(kN/本)

X正(→)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			-866	3,687
Y_ E	-1,340	3,458	2,214	7,520
Y_ D	-2,964	3,633	4,628	8,325
Y_ C	-2,335	2,734	4,252	

Y正(↑)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			2,154	2,323
Y_ E	6,441	8,894	10,909	6,517
Y_ D	1,608	2,443	1,824	-2,064
Y_ C	-1,609	-1,893	-4,601	

X負(←)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			3,340	-1,326
Y_ E	6,565	3,843	5,909	-1,441
Y_ D	7,272	3,189	2,852	-3,393
Y_ C	5,304	2,223	-1,392	

Y正(↓)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			319	38
Y_ E	-1,216	-1,593	-2,786	-438
Y_ D	2,700	4,380	5,656	6,996
Y_ C	4,579	6,850	7,461	

二次設計軸力（付加曲げ考慮）

□終局時支持力比

X正(→)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			-0.15	0.26
Y_ E	-0.23	0.24	0.16	0.53
Y_ D	-0.52	0.42	0.54	0.59
Y_ C	-0.41	0.19	0.30	

Y正(↑)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			0.15	0.16
Y_ E	0.46	0.63	0.77	0.46
Y_ D	0.11	0.28	0.21	-0.36
Y_ C	-0.28	-0.33	-0.80	

X負(←)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			0.24	-0.23
Y_ E	0.46	0.27	0.42	-0.25
Y_ D	0.51	0.37	0.33	-0.59
Y_ C	0.38	0.16	-0.24	

Y正(↓)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			0.02	0.00
Y_ E	-0.21	-0.28	-0.49	-0.08
Y_ D	0.19	0.51	0.66	0.49
Y_ C	0.32	0.48	0.53	

短期支持力比（符号マイナスは引抜側）

3) 水平時の杭応力の算定

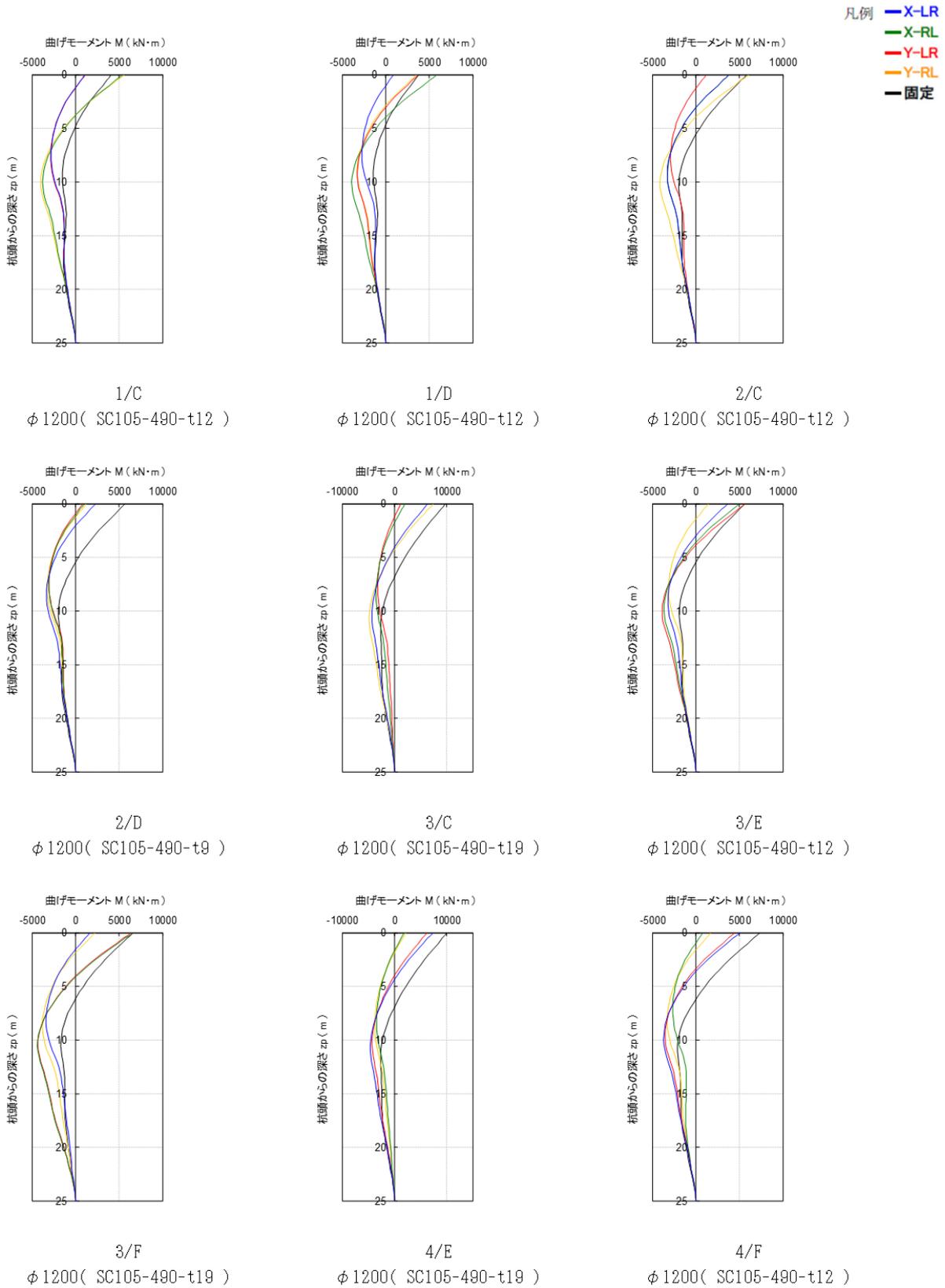


図 5.4.2-4 杭の曲げモーメント図

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合工法）

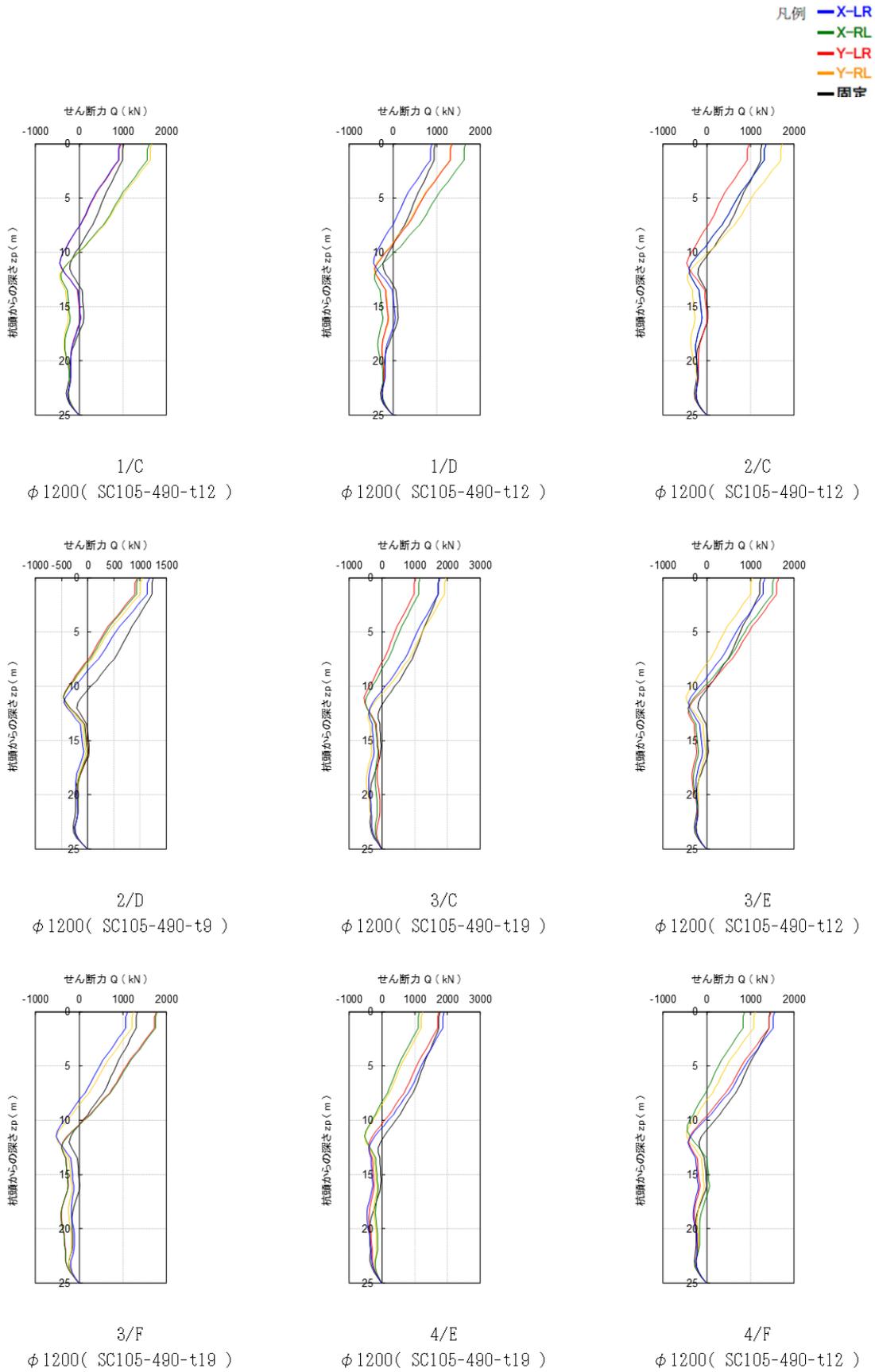


図 5.4.2-5 杭のせん断力図

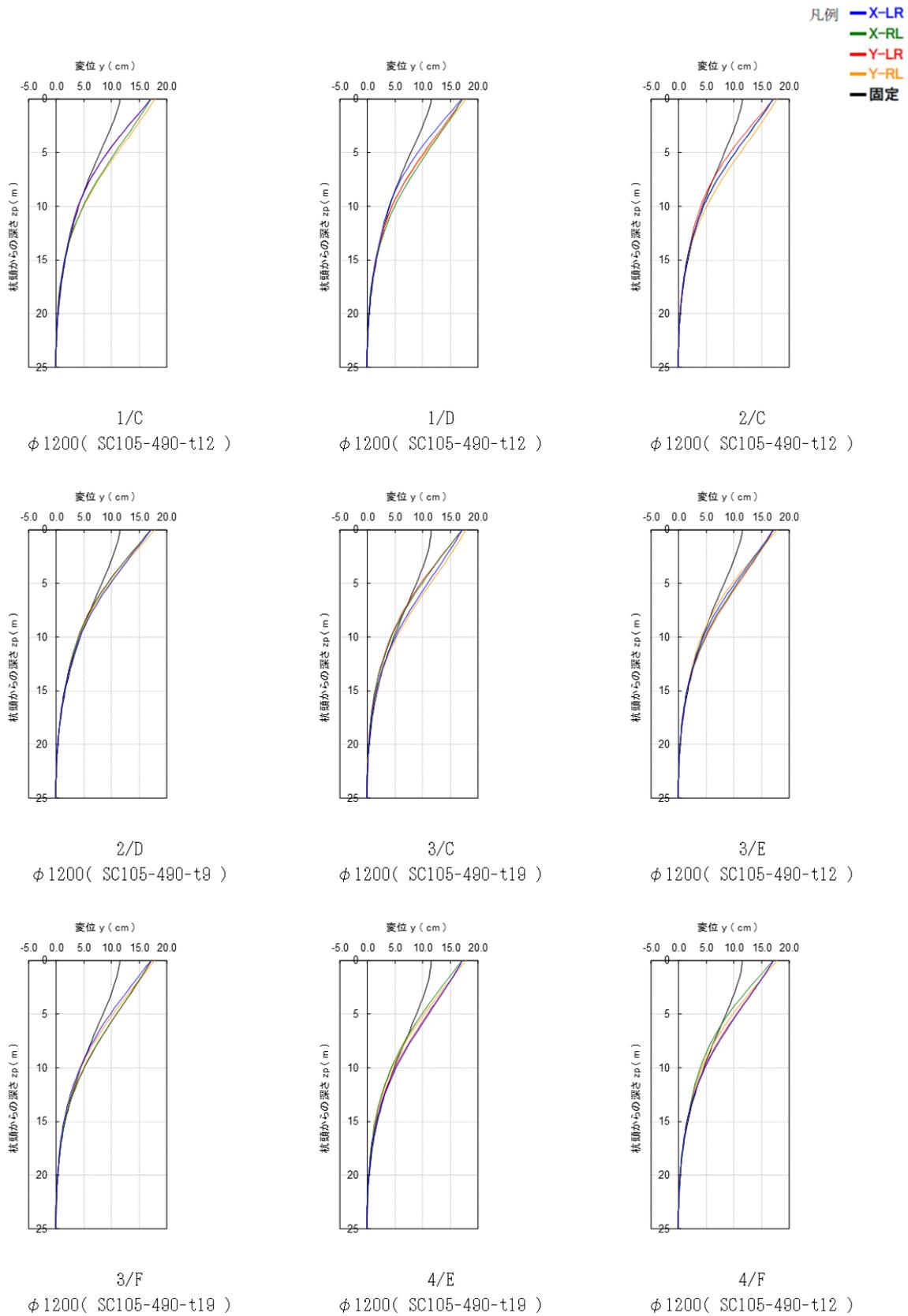


図 5.4.2-6 杭の変位分布図

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

4) 付加曲げを考慮した杭軸力の算定

基礎梁を格子梁にモデル化し、杭頭曲げモーメントを考慮して算出

$$M = M_p + Q_p \times (H/2 + 0.1)$$

M：基礎梁設計用の杭頭曲げモーメント

M_p ：杭頭曲げモーメント

Q_p ：杭頭せん断力

H：基礎梁せい (H=2.5m)， 0.1(m)は基礎梁下端と杭天端のレベル差

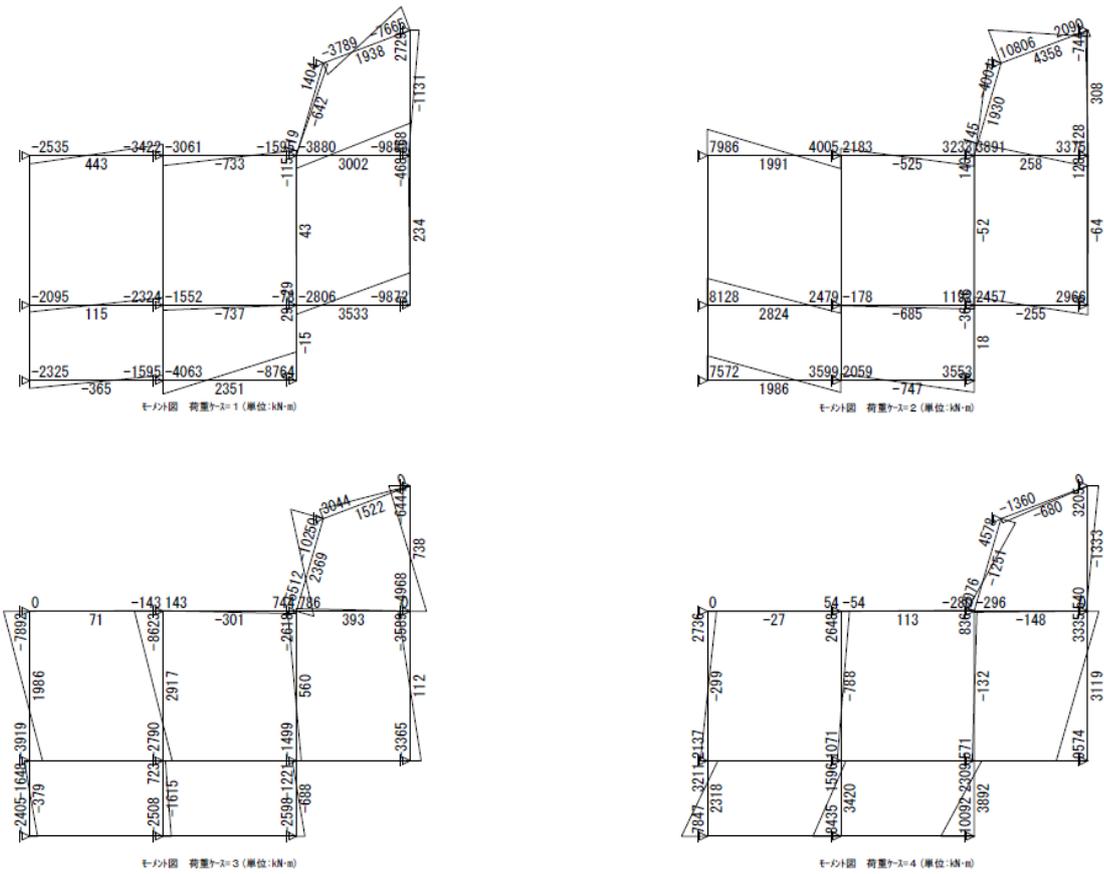


図 5. 4. 2-7 格子梁モデルのモーメント図

表 5.4.2-8 Ds=0.55 の終局時支持点反力(kN)

□終局時軸力(kN/本)

X正(→)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			-3.740	5.712
Y_ E	-2.263	3.659	779	10.610
Y_ D	-3.649	4.066	2.548	10.566
Y_ C	-2.943	1.353	6.248	

Y正(↑)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			6.197	3.516
Y_ E	8.043	10.623	8.115	5.459
Y_ D	1.087	1.360	2.298	-3.020
Y_ C	-2.712	-2.379	-5.641	

X負(←)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			7.095	-4.052
Y_ E	8.424	2.824	5.481	-2.922
Y_ D	8.916	1.702	3.714	-4.362
Y_ C	7.036	1.361	-2.272	

Y正(↓)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			-1.404	-273
Y_ E	-1.877	-2.165	-1.560	-1.545
Y_ D	361	2.161	2.475	8.770
Y_ C	7.587	9.580	10.836	

付加曲げなし

□終局時支持力比

X正(→)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			-0.65	0.40
Y_ E	-0.40	0.26	0.06	0.75
Y_ D	-0.64	0.47	0.30	0.75
Y_ C	-0.51	0.10	0.44	

Y正(↑)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			0.44	0.25
Y_ E	0.57	0.75	0.57	0.39
Y_ D	0.08	0.16	0.27	-0.53
Y_ C	-0.47	-0.42	-0.98	

X負(←)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			0.50	-0.71
Y_ E	0.60	0.20	0.39	-0.51
Y_ D	0.63	0.20	0.43	-0.76
Y_ C	0.50	0.10	-0.40	

Y正(↓)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y_ F			-0.25	-0.05
Y_ E	-0.33	-0.38	-0.27	-0.27
Y_ D	0.03	0.25	0.29	0.62
Y_ C	0.54	0.68	0.77	

付加曲げ考慮（収斂計算後の最終的な値）

5) 杭体の検討

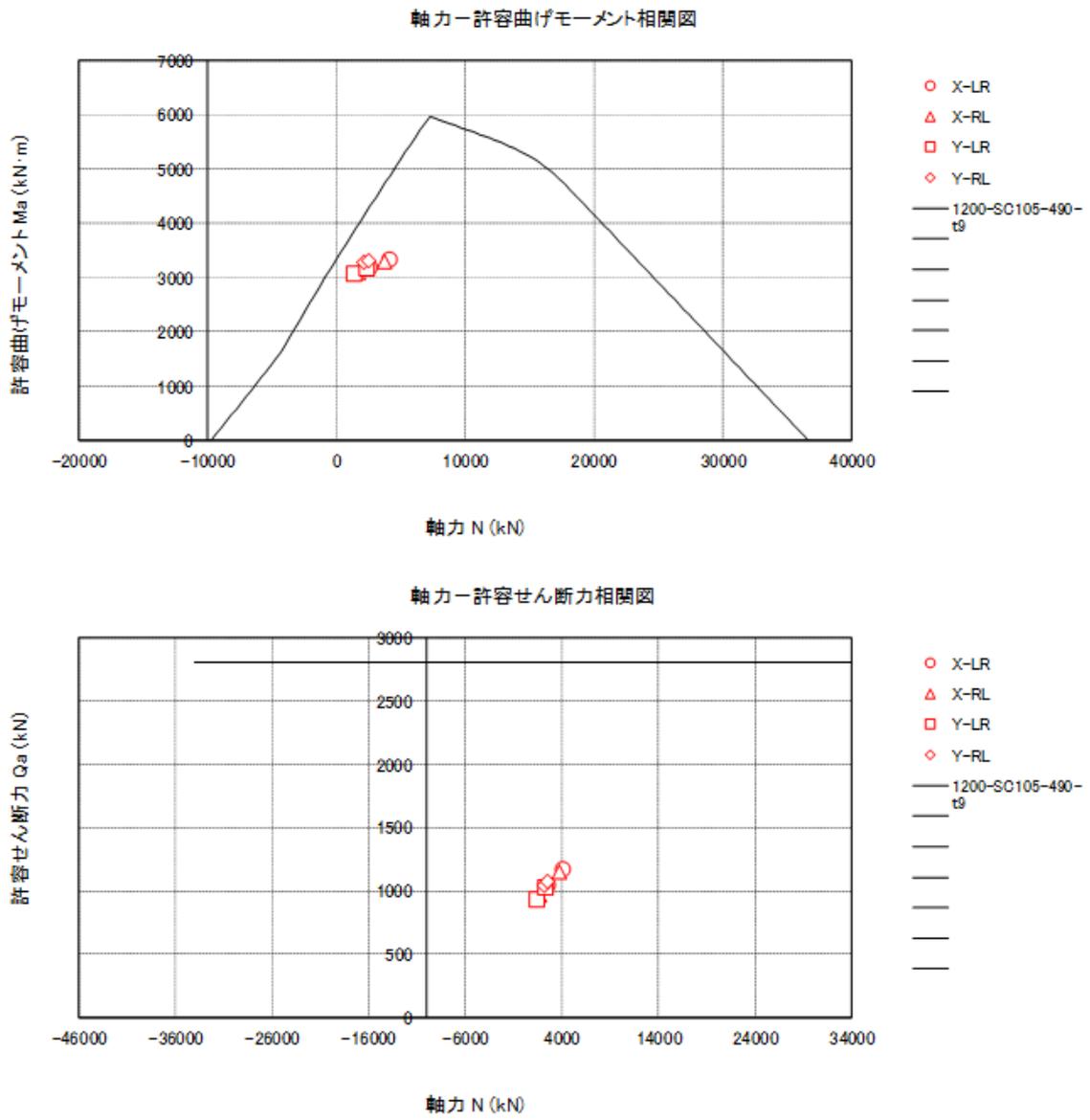
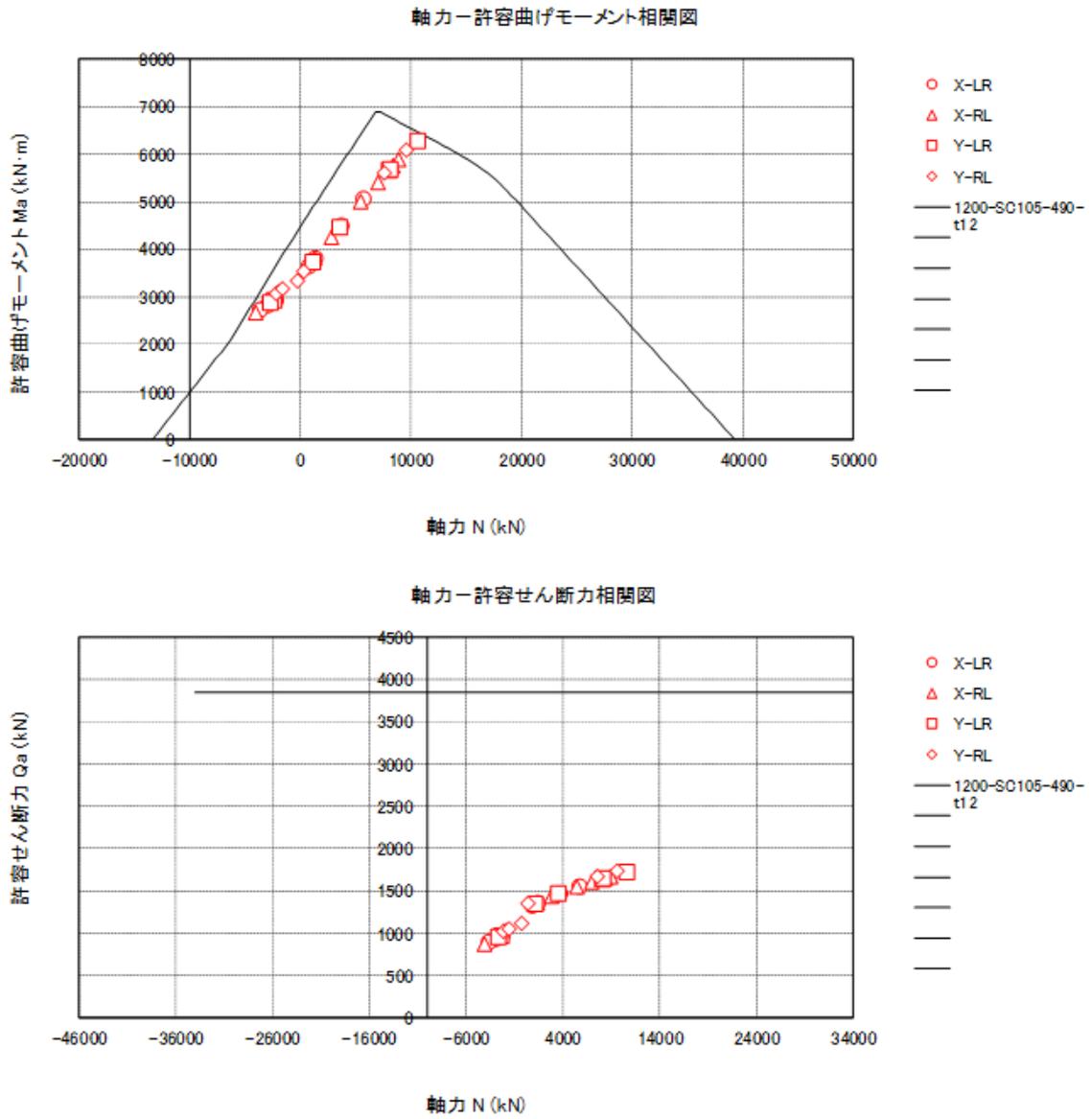
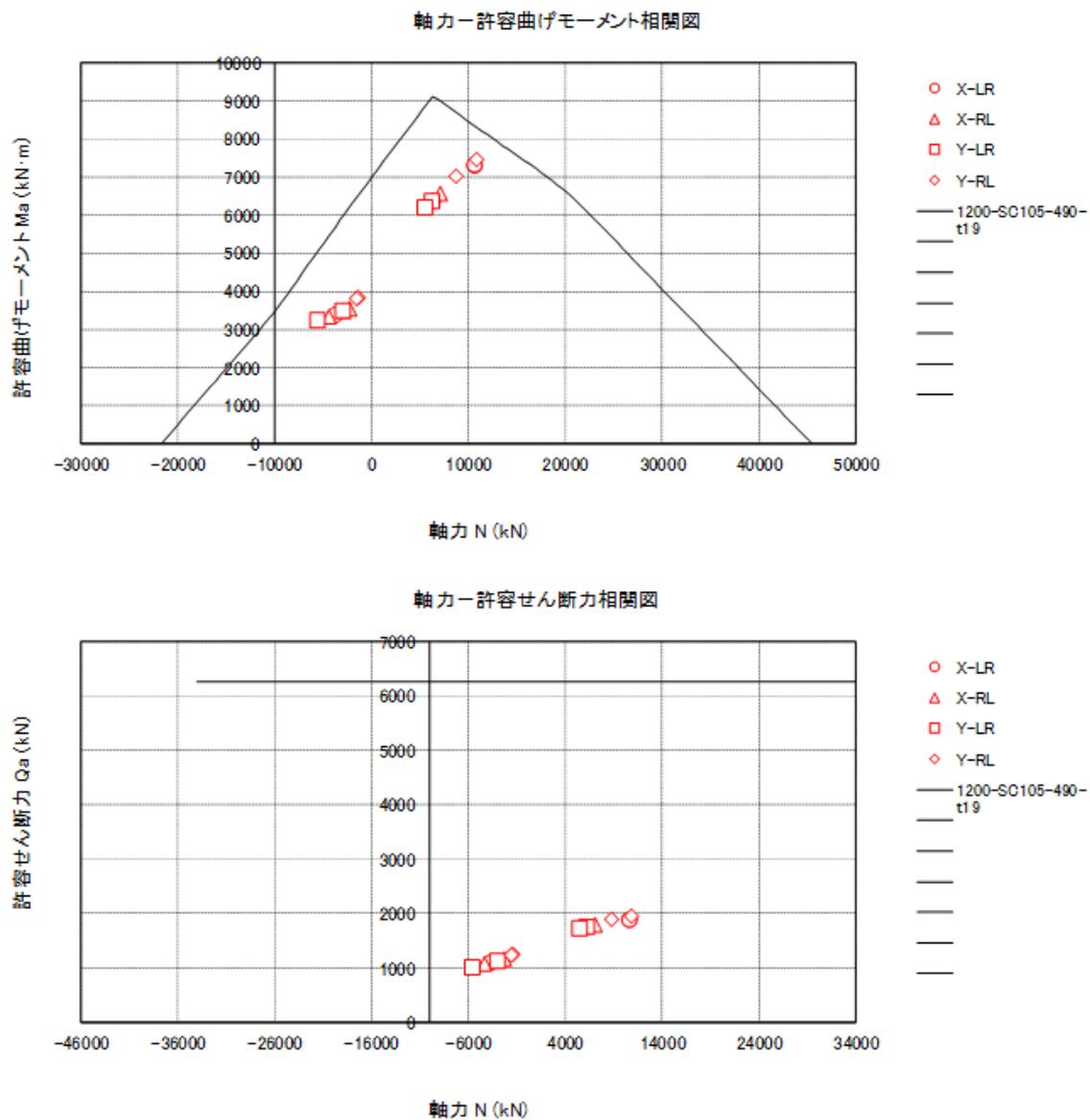


図 5.4.2-8 N-M, N-Q 相関図 (P01) 上杭





6) 基礎梁の検討

本章では基礎梁の設計は行わないため、省略する。

7) パイルキャップの検討

表 5.4.2-9 パイルキャップのせん断検定結果（X方向加力時）

■終局変動荷重 X-LR

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 4066 最小 2548	杭頭 せん断力 最大 1178 最小 1048	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
合計 2										
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
5	2/D	3200	3200	1000	1000	4066	1178	2868	2.43	OK
8	3/D	3200	3200	1000	1000	2548	1048	2564	2.44	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t12)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 5712 最小 -3649	杭頭 せん断力 最大 1556 最小 900	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
合計 7										
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
1	1/C	3200	3200	1000	1000	-2942	940	1466	1.56	OK
2	1/D	3200	3200	1000	1000	-3649	900	1325	1.47	OK
3	1/E	3200	3200	1000	1000	-2263	976	1602	1.64	OK
4	2/C	3200	3200	1000	1000	1352	1363	2325	1.70	OK
6	2/E	3200	3200	1000	1000	3659	1471	2786	1.89	OK
9	3/E	3200	3200	1000	1000	779	1333	2210	1.65	OK
13	4/F	3200	3200	1000	1000	5712	1556	3197	2.05	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t19)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 10611 最小 -3740	杭頭 せん断力 最大 1893 最小 1107	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
合計 4										
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
7	3/C	3600	3600	1200	1200	6249	1763	4034	2.28	OK
10	3/F	3200	3200	1000	1000	-3740	1107	1307	1.18	OK
11	4/D	3200	3200	1000	1000	10566	1892	4168	2.20	OK
12	4/E	3200	3200	1000	1000	10611	1893	4177	2.20	OK

■終局変動荷重 X-RL

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 3714 最小 1702	杭頭 せん断力 最大 1147 最小 968	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
合計 2										
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
5	2/D	3200	3200	1000	1000	1702	968	2395	2.47	OK
8	3/D	3200	3200	1000	1000	3714	1147	2797	2.43	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t12)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 8916 最小 -4052	杭頭 せん断力 最大 1667 最小 874	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
合計 7										
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
1	1/C	3200	3200	1000	1000	7036	1603	3462	2.15	OK
2	1/D	3200	3200	1000	1000	8916	1667	3838	2.30	OK
3	1/E	3200	3200	1000	1000	8425	1651	3740	2.26	OK
4	2/C	3200	3200	1000	1000	1361	1361	2327	1.70	OK
6	2/E	3200	3200	1000	1000	2823	1431	2619	1.82	OK
9	3/E	3200	3200	1000	1000	5481	1544	3151	2.04	OK
13	4/F	3200	3200	1000	1000	-4052	874	1244	1.42	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t19)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 7095 最小 -4362	杭頭 せん断力 最大 1789 最小 1077	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
合計 4										
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	OK/NG	
7	3/C	3600	3600	1200	1200	-2272	1166	2329	1.99	OK
10	3/F	3200	3200	1000	1000	7095	1789	3474	1.94	OK
11	4/D	3200	3200	1000	1000	-4362	1077	1182	1.09	OK
12	4/E	3200	3200	1000	1000	-2922	1139	1470	1.29	OK

表 5.4.2-10 パイルキャップのせん断検定結果（Y方向加力時）

■終局変動荷重 Y-LR

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 2298 最小 1359 (kN)	杭頭 せん断力 最大 1029 最小 939 (kN)	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
5	2/D	3200	3200	1000	1000	1359	939	2326	2.47	OK
8	3/D	3200	3200	1000	1000	2298	1029	2514	2.44	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t12)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 10622 最小 -2712 (kN)	杭頭 せん断力 最大 1727 最小 956 (kN)	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
1	1/C	3200	3200	1000	1000	-2712	956	1512	1.58	OK
2	1/D	3200	3200	1000	1000	1087	1353	2272	1.67	OK
3	1/E	3200	3200	1000	1000	8043	1645	3663	2.22	OK
4	2/C	3200	3200	1000	1000	-2379	974	1579	1.62	OK
6	2/E	3200	3200	1000	1000	10622	1727	4179	2.41	OK
9	3/E	3200	3200	1000	1000	8115	1648	3678	2.23	OK
13	4/F	3200	3200	1000	1000	3517	1469	2758	1.87	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t19)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 6197 最小 -5641 (kN)	杭頭 せん断力 最大 1767 最小 1027 (kN)	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
7	3/C	3600	3600	1200	1200	-5641	1027	1656	1.61	OK
10	3/F	3200	3200	1000	1000	6197	1767	3294	1.86	OK
11	4/D	3200	3200	1000	1000	-3020	1142	1451	1.27	OK
12	4/E	3200	3200	1000	1000	5460	1741	3147	1.80	OK

■終局変動荷重 Y-RL

■φ1200 杭頭接合法(標準タイプ) 杭種(SC105-490-t9)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 2475 最小 2162 (kN)	杭頭 せん断力 最大 1074 最小 1045 (kN)	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
5	2/D	3200	3200	1000	1000	2162	1045	2487	2.37	OK
8	3/D	3200	3200	1000	1000	2475	1074	2550	2.37	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t12)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 9579 最小 -2165 (kN)	杭頭 せん断力 最大 1736 最小 1018 (kN)	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
1	1/C	3200	3200	1000	1000	7588	1668	3572	2.14	OK
2	1/D	3200	3200	1000	1000	361	1346	2127	1.58	OK
3	1/E	3200	3200	1000	1000	-1877	1033	1679	1.62	OK
4	2/C	3200	3200	1000	1000	9579	1736	3970	2.28	OK
6	2/E	3200	3200	1000	1000	-2165	1018	1622	1.59	OK
9	3/E	3200	3200	1000	1000	-1561	1050	1742	1.66	OK
13	4/F	3200	3200	1000	1000	-273	1112	2000	1.79	OK

■φ1200 杭頭接合法(引抜きタイプ) 杭種(SC105-490-t19)

柱番号	柱位置	パイルキャップ				軸力 (杭1本当) 最大 10835 最小 -1544 (kN)	杭頭 せん断力 最大 1950 最小 1244 (kN)	パイルキャップせん断力		
		断面形状		最小へりあき寸法				許容	安全率	判定
		X方向	Y方向	X方向	Y方向					
No.		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		OK/NG
7	3/C	3600	3600	1200	1200	10835	1950	4951	2.53	OK
10	3/F	3200	3200	1000	1000	-1403	1249	1774	1.41	OK
11	4/D	3200	3200	1000	1000	8770	1892	3809	2.01	OK
12	4/E	3200	3200	1000	1000	-1544	1244	1746	1.40	OK

表 5.4.2-11 杭頭回転角の検定結果（X方向加力時）

■終局変動荷重 X-LR

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力		回転角	
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度	杭頭	杭頭	許容	判定
合計 13							合計 13	最大 10611 最小 -3740	最大 7327 最小 881	最大 4631 最小 2740	最大 10.50 最小 7.50	最大 1893 最小 900			
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(×10 ⁻³ rad)	(×10 ⁻³ rad)	OK/NG
1	1/C	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-2942	1056	2839	7.50	940	16.3	100.0	OK
2	1/D	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-3649	881	2740	7.50	900	16.7	100.0	OK
3	1/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-2263	1217	2928	8.00	976	16.0	99.2	OK
4	2/C	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	1352	3819	3300	9.50	1363	12.3	89.1	OK
5	2/D	標準タイプ	1200	9074356	2.50	25	1	4066	2286	3347	8.50	1178	14.3	91.8	OK
6	2/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	3659	4497	3548	9.50	1471	11.6	85.0	OK
7	3/C	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	6249	6384	4334	10.50	1763	10.3	77.7	OK
8	3/D	標準タイプ	1200	9074356	2.50	25	1	2548	1469	3192	8.00	1048	15.3	94.9	OK
9	3/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	779	3643	3232	9.00	1333	12.5	90.1	OK
10	3/F	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	-3740	1657	3400	8.00	1107	14.7	99.6	OK
11	4/D	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	10566	7318	4629	10.50	1892	9.6	71.0	OK
12	4/E	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	10611	7327	4631	10.50	1893	9.6	70.9	OK
13	4/F	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	5712	5063	3720	10.00	1556	11.0	81.5	OK

■終局変動荷重 X-RL

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力		回転角	
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度	杭頭	杭頭	許容	判定
合計 13							合計 13	最大 8916 最小 -4362	最大 6573 最小 774	最大 4398 最小 2675	最大 10.50 最小 7.50	最大 1789 最小 874			
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(×10 ⁻³ rad)	(×10 ⁻³ rad)	OK/NG
1	1/C	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	7036	5408	3810	10.00	1603	10.7	79.4	OK
2	1/D	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	8916	5877	3922	10.00	1667	10.3	76.3	OK
3	1/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	8425	5757	3896	10.00	1651	10.4	77.1	OK
4	2/C	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	1361	3820	3294	9.50	1361	12.3	89.0	OK
5	2/D	標準タイプ	1200	9074356	2.50	25	1	1702	995	3091	7.50	968	16.0	96.6	OK
6	2/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	2823	4255	3459	9.50	1431	11.8	86.5	OK
7	3/C	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	-2272	1979	3545	8.50	1166	14.3	97.3	OK
8	3/D	標準タイプ	1200	9074356	2.50	25	1	3714	2100	3304	8.50	1147	14.5	92.5	OK
9	3/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	5481	4999	3692	10.00	1544	11.0	81.9	OK
10	3/F	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	7095	6573	4398	10.50	1789	10.1	76.4	OK
11	4/D	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	-4362	1512	3330	8.00	1077	14.9	100.0	OK
12	4/E	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	-2922	1837	3473	8.50	1139	14.5	98.3	OK
13	4/F	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-4052	774	2675	7.50	874	16.9	100.0	OK

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

表 5.4.2-12 杭頭回転角の検定結果（Y方向加力時）

■終局変動荷重 Y-LR

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力		回転角	
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度	杭頭	杭頭	許容	判定
合計 13							合計 13	最大 10622 最小 -5641	最大 6379 最小 799	最大 4349 最小 2884	最大 10.50 最小 7.50	最大 1767 最小 939			
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(×10 ⁻³ rad)	(×10 ⁻³ rad)	OK/NG
1	1/C	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-2712	1115	2884	7.50	956	16.3	99.9	OK
2	1/D	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	1087	3740	3283	9.00	1353	12.5	89.5	OK
3	1/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	8043	5671	3902	10.00	1645	10.5	77.7	OK
4	2/C	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-2379	1193	2927	7.50	974	16.1	99.4	OK
5	2/D	標準タイプ	1200	9074356	2.50	25	1	1359	799	3078	7.50	939	16.4	97.3	OK
6	2/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	10622	6291	4021	10.00	1727	10.0	73.5	OK
7	3/C	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	-5641	1212	3242	8.00	1027	15.4	100.0	OK
8	3/D	標準タイプ	1200	9074356	2.50	25	1	2298	1331	3179	8.00	1029	15.6	95.4	OK
9	3/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	8115	5689	3906	10.00	1648	10.5	77.6	OK
10	3/F	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	6197	6379	4349	10.50	1767	10.3	77.8	OK
11	4/D	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	-3020	1823	3491	8.50	1142	14.6	98.5	OK
12	4/E	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	5460	6206	4279	10.50	1741	10.5	78.9	OK
13	4/F	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	3517	4460	3552	9.50	1469	11.7	85.3	OK

■終局変動荷重 Y-RL

柱番号	柱位置	杭頭接合法	杭径	断面2次モーメント	杭頭レベル	杭長	杭本数 (柱単位)	軸力 (杭1本当)	モーメント			せん断力		回転角	
									杭頭	地中部 最大	地中部 最大深度	杭頭	杭頭	許容	判定
合計 13							合計 13	最大 10835 最小 -2165	最大 7459 最小 1256	最大 4855 最小 3075	最大 10.50 最小 8.00	最大 1950 最小 1018			
No.			(mm)	(cm ⁴)	(m)	(m)	本	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(m)	(kN)	(×10 ⁻³ rad)	(×10 ⁻³ rad)	OK/NG
1	1/C	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	7588	5595	4033	10.00	1668	11.3	78.3	OK
2	1/D	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	361	3531	3316	9.00	1346	13.4	90.8	OK
3	1/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-1877	1341	3117	8.00	1033	16.6	98.5	OK
4	2/C	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	9579	6092	4150	10.00	1736	10.8	75.1	OK
5	2/D	標準タイプ	1200	9074356	2.50	25	1	2162	1256	3283	8.00	1045	16.5	95.7	OK
6	2/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-2165	1273	3075	8.00	1018	16.7	99.0	OK
7	3/C	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	10835	7459	4855	10.50	1950	10.2	70.4	OK
8	3/D	標準タイプ	1200	9074356	2.50	25	1	2475	1430	3318	8.00	1074	16.2	95.0	OK
9	3/E	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-1561	1414	3161	8.00	1050	16.4	98.0	OK
10	3/F	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	-1403	2227	3824	8.50	1249	14.8	95.8	OK
11	4/D	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	8770	7021	4730	10.50	1892	10.5	73.6	OK
12	4/E	引抜きタイプ	1200	11682300	2.50	25	1	-1544	2196	3810	8.50	1244	14.9	96.0	OK
13	4/F	引抜きタイプ	1200	9870789	2.50	25	1	-273	1703	3327	8.00	1112	15.9	96.0	OK

8) メカニズム状態の確認

本建築物における代表的なメカニズム状態として、表5.4.2-13にX1-Y1位置における、基礎構造システム全体のメカニズム状態を示す。表5.4.2-13は、同じ設計用応力に対して各部材の耐力がどの程度余裕があるのかを表している。

表5.4.2-13 基礎構造システムのメカニズム時の状態

検討場所：4通り-D通り		2次設計	
余裕度=各耐力/設計応力 (耐力=許容応力度)		杭引張軸力 杭-梁開方向	杭圧縮軸力 杭-梁閉方向
柱曲げ		4章と同じ	
柱せん断		4章と同じ	
基礎梁曲げ		-※	
基礎梁せん断		-※	
杭曲げ	杭頭	1.30	1.20
	杭軸部	1.59	1.56
杭せん断	杭頭	3.50	3.50
	杭軸部	9.30	9.25
杭頭接合部		2.01	2.20
パイルキャップ (RC 規準)		-	
パイルキャップ (RC 基礎部材指針)		-	
パイルキャップ (論文)		7.00	7.39
杭支持力		1.69	1.69

※本章では基礎梁の検討は行っていない。

5.5 結論

5.5.1 まとめ

(1) ケースB4：ランクS

共同住宅Bにおいて、杭頭半剛接合法（F.T.Pile構法）を採用した場合の二次設計（ケースB4：ランクS）の検討を行った結果、杭は以下の仕様となった。

- ・杭径および杭長： 杭径 1200φ×13本、杭長 25m
- ・杭工法： PHC杭（埋込み工法、 $\alpha=200$ ）
- ・杭天端： GL-2.5m
- ・支持層： GL-27.5m（N値50以上）
- ・杭頭半剛接合法： F.T.Pile構法 既製コンクリート杭

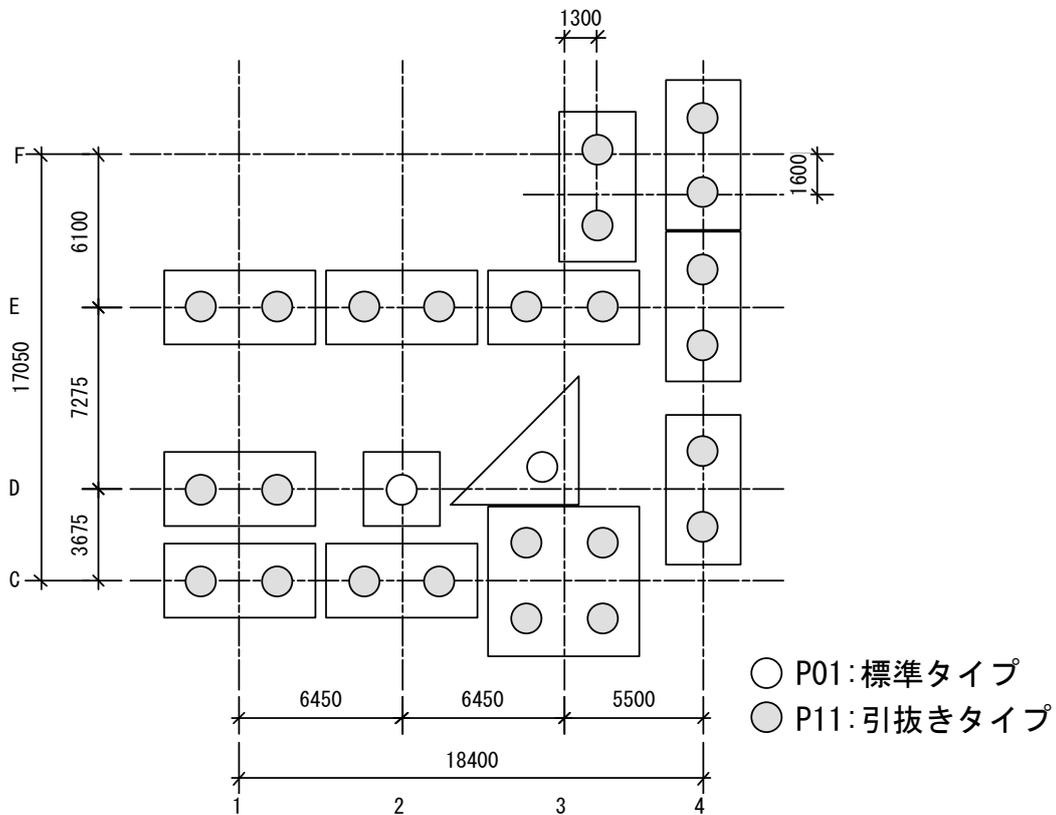


図 5.5.1-1 杭配置

表 5.5.1-1 杭の仕様

符号	杭径 (mm)	杭全長 (m)	上杭		中杭		下杭		F.T.Pile構法 タイプ	引抜抵抗用鋼棒			
			杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)	杭種	長さ (m)		鋼棒種別	長さ (m)	本数 (本)	配置直径 (mm)
P01	1200	25	SC(t=9mm, SKK490)	12	PHC(C種)	8	PHC(C種)	5	標準タイプ	-	-	-	-
P11	1200	25	SC(t=9mm, SKK490)	12	PHC(C種)	8	PHC(C種)	5	引抜タイプ	PC鋼棒φ11-C種	1750	26	1050

表 5.5.1-2 杭の軸力比

符号	設計軸力N (kN)		上杭				中杭・下杭			
			${}_uN_{min}$	${}_uN_{max}$	引張側	圧縮側	${}_uN_{min}$	${}_uN_{max}$	引張側	圧縮側
	最小	最大	(kN)	(kN)	$N/{}_uN_{min}$	$N/{}_uN_{max}$	(kN)	(kN)	$N/{}_uN_{min}$	$N/{}_uN_{max}$
P01	引張無し	3987	-	64536	-	0.06	-	60930	-	0.07
P11	-1976	5237	-16120	64536	0.12	0.08	-8976	60930	0.22	0.09

表 5.5.1-3 パイルキャップリスト

□単杭のパイルキャップリスト

杭径 (mm)	パイルキャップ		
	BxDxH (mm)	下端筋 縦横・共	はかま筋（上端筋） 縦横・共
1200	3000x3000x2200	16-D19	D19-@200

□2本打ち杭のパイルキャップリスト

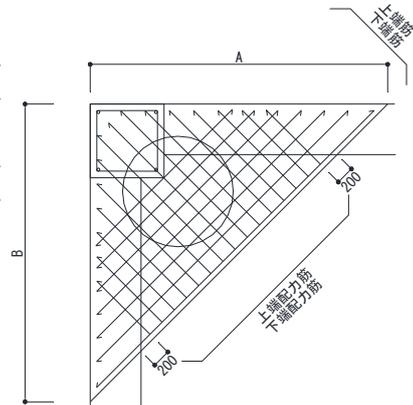
杭径 (mm)	パイルキャップ		
	BxDxH (mm)	主筋 上端下端	帯筋
1200	3000x6000x2200	19-D25	D19-@200

□4本打ち杭のパイルキャップリスト

杭径 (mm)	パイルキャップ	
	BxDxH (mm)	配筋 縦横、上端下端・共
1200	6000x6000x2200	23-D19

□単杭の三角パイルキャップリスト

杭径 (mm)	パイルキャップ		
	AxBxD (mm)	主筋 上端下端	帯筋
1200	5150x5150x2200	15-D25	D16-@200



第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合工法）

本設計例では、 $D_s=0.55$ の場合の変動軸力を用いたため、非常に大きな引抜力が発生し、殆どの位置で引抜対応タイプのパイルキャップとしなければならなかった。引抜対応タイプでは、引抜抵抗用鋼棒により杭頭の引抜力を杭に伝達するが、引抜力が大きい場合には多数の引抜抵抗用鋼棒が必要となる。一方、既製杭の最大径である $\phi 1200$ においても、配置できる引抜抵抗用鋼棒本数が決まっていることから、本設計例では複数杭のパイルキャップとならざるを得なかった。また、引抜抵抗用鋼棒を杭に対して多く配置すると、通常の鋼棒長さでは許容回転角は小さくなるため、杭頭回転角が許容値に納まらなくなる。このため、本検討ではパイルキャップの成を2200mmとするとともに、引抜抵抗用鋼棒の長さを長くして対応している。このように、本設計例では、引抜がF.T.Pile構法で想定している範囲を超えていたため、あまり現実的でない検討結果となっている。これに対する解決方法としては、配置できる引抜抵抗用鋼棒本数を増やし、かつ許容回転角が大きくできる工法を開発する必要があると考えられる。

一方、図5.4.1-6の曲げモーメント図に、参考で示している杭頭固定の場合の杭頭曲げモーメントに対して、F.T.Pile構法では6割程度に低減されている。この結果、基礎梁に生じる付加曲げ応力は小さくなり、杭頭固定の場合よりも断面サイズを低減できると考えられる。このように、杭頭半剛接合構法としての優位性は大きいため、過大な引抜に対して対処などの課題を解決することで、より合理的な設計が可能となると考えられる。

なお、今回の検討ケースにおいて、引抜が生じる杭（引抜対応タイプのパイルキャップの杭）を杭頭固定杭に変更して解析した場合も、上杭のSC杭の鋼管厚を9mmから19mmに変更することでランクSは満足することが出来る。

(2) ケース B5：ランク A

共同住宅Bにおいて、杭頭半剛接合法を採用した場合の二次設計（ケース B5：ランク A）の検討を行った結果、杭は以下の仕様となった。

- ・杭径および杭長： 杭径 1200φ×13本，杭長 25m(P01)，38m（P11,P12）
- ・杭工法： PHC 杭（埋込み工法， $\alpha=200$ ）
- ・杭天端： GL-2.5m
- ・支持層： GL-27.5m（P01），40.5m(P11，P12）（N値50以上）
- ・杭頭半剛接合法（構法は限定しないが，F.T.Pile 構法による評価法を準用）を採用

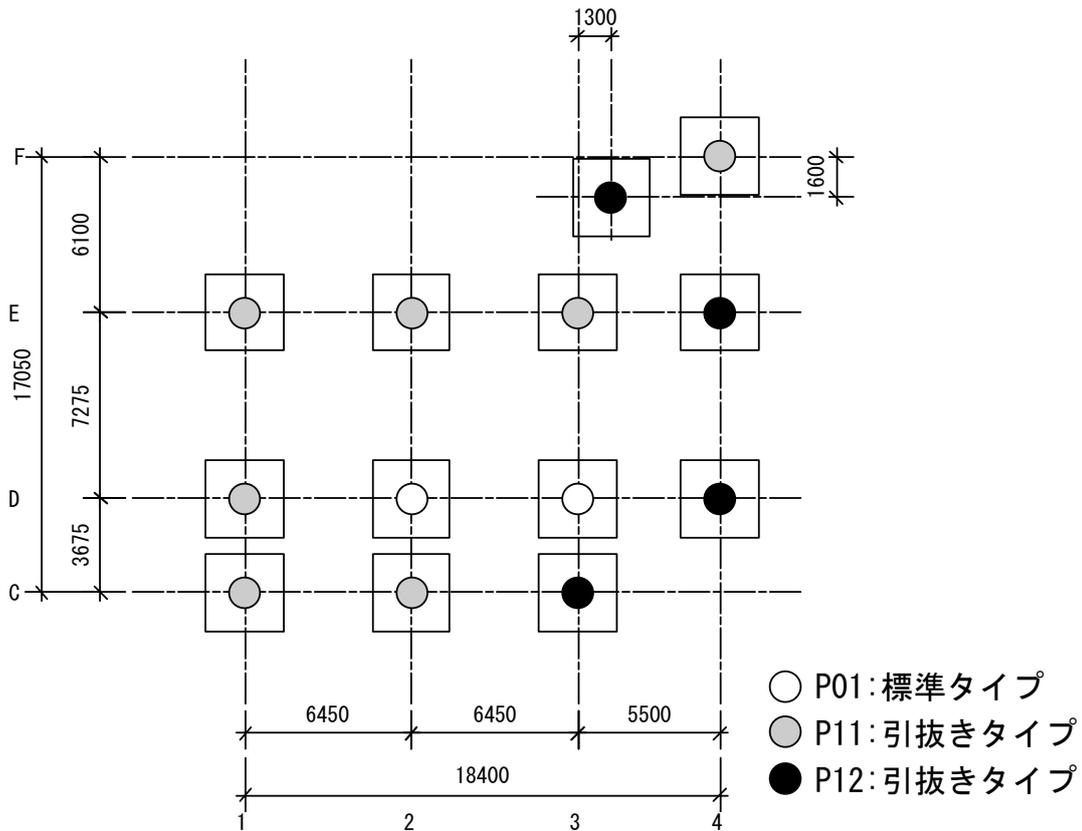


図 5.5.1-2 杭配置

表 5.5.1-4 杭の仕様

杭符号	杭径 (mm)	上杭		中杭		下杭	杭本数 (セット)	杭頭 接合法	引抜き抵抗用鋼棒			
		杭種名称	長さ (m)	杭種名称	長さ (m)				鋼棒 種別	全長 (mm)	本数 (杭1本 あたり)	配置 直径 (mm)
P01	1200	SC105-490-t9	12	PHC105-C	8	PHC105-C	2	標準タイプ	-	-	-	-
P11	1200	SC105-490-t12	12	PHC105-C	8	PHC105-C	7	引抜きタイプ	φ11-C種	1750	80	800
P12	1200	SC105-490-t19	12	SC105-490-t12	8	PHC105-C	4	引抜きタイプ	φ11-C種	1750	120	800

第5章 設計例3：共同住宅B（杭頭半剛接合法）

ケースB4：ランクSの試設計では、既往の杭頭半剛接合法（F.T.Pile構法）による検討であったため、既製杭の最大径であるφ1200で配置できる引抜抵抗用鋼棒本数の上限が決まっており、複数杭のパイルキャップとならざるを得なかった。継続使用性確保のための目標ランクSをランクAとしても引抜力が変わらないことにより、必要な引抜抵抗用鋼棒の本数が上限を超えてしまい複数杭となることから、検討結果の設計仕様はほぼ同様な結果となってしまう。

このことから、ケースB5：ランクAでは、仮に引抜に対して高い抵抗力を発揮する構法が開発された場合を想定し、配置できる引抜抵抗用鋼棒本数の上限を撤廃し、杭頭に上限以上の引抜抵抗用鋼棒を配置できるものとして検討を行った。

前述のように、ケースB4：ランクSの試設計では、引抜抵抗用鋼棒本数の上限を設けていたため、ケースB5：ランクAの結果と単純な比較は出来ないが、ランクSでは複数杭だったものが、ケースB5：ランクAは全て単杭でおさまっている。これは、引抜に対して高い抵抗力が確保できれば、ランクAでの合理的な設計が可能となることを示唆している。

一方、杭頭固定杭で今回と同様なランクAを設定して、同じ設計条件で検討された4章の試設計の結果との比較では、杭配置も異なるため単純な比較は出来ないが、杭頭半剛接合法を採用することで杭頭部の曲げモーメントは低減され、杭頭固定杭でSC杭の鋼管厚が22mmだったものが、杭頭半剛接合法では19mmとなっている。このことから、杭頭半剛接合法の採用により、杭材、基礎梁およびパイルキャップにおいて合理的な設計が行えると考えられる。

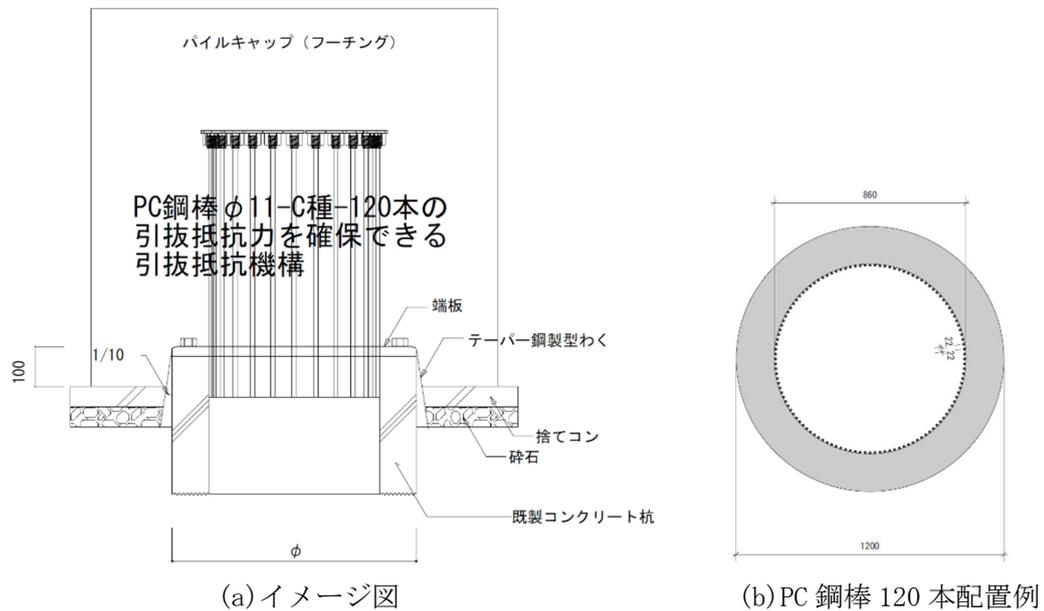


図 5. 5. 1-3 本検討結果の杭頭おさまりの概念図

5.5.2 今後の検討課題

本試設計結果より、二次設計時におけるランクSを目的として、杭頭半剛接合法を採用し、より合理的な設計を行うための今後の課題を以下に列記する。

- ・引抜抵抗が高く、かつ杭頭回転性能を高める（許容杭頭回転角の大きくする）改良が必要。
- ・引抜抵抗用鋼棒を現状のSBPR 1080/1230（ ϕ 11mm-C種PC鋼棒）以上の強度および径のものが使えるようにする。（鋼棒の大臣認定を変更する必要あり）
- ・現状の杭頭半剛接合法のまま、二次設計を行う場合には、変動軸力の大きな杭を杭頭固定杭として、残りの杭を杭頭半剛接合杭とすることで、杭頭半剛接合杭とした杭では圧縮軸力時の応力低減効果などのメリットが得られるため、杭頭固定杭と杭頭半剛接合杭の併用が可能となる設計法の開発が必要。

参考文献

- [5-1] 青島一樹，島田博志，小室努：改良型簡易接合法を採用した既製コンクリート杭杭頭部の力学性状，日本建築学会構造系論文集，No. 607，pp. 125-132，2006.9
- [5-2] 青島一樹，堀井良浩，小林治男，安達俊夫：改良型簡易接合法を採用した既製コンクリート杭杭頭部の高軸力下における構造性能，日本建築学会構造系論文集，Vol. 75，No. 653，pp. 1271-1278，2020.7
- [5-3] 日本建築学会：建築基礎構造設計指針（2019）