

## 3.2 設計方針

### (1) 設計法

- ① 基礎・杭・杭頭接合部の設計範囲は、原則として許容応力度設計までとする。ただし、上部構造の設計レベルとの関連等において、基礎・杭についても、終局設計まで行うケースも想定される。このため、参考として杭頭接合部・杭体についても終局設計について示す。
- ② 外力は長期・短期を設定し、それぞれ各部位が許容応力度以内であることを確認する。
- ③ 杭体の応力・変形の算出方法は次の2ケースとし、各々の設計条件に応じ選択する。
  - ・ 略算解析法（固定度を考慮した **Chang** の方法を用いる）  
地盤がほぼ均一であり、十分長い杭（ $\beta L \geq 3.0$ ）の場合に用いる。
  - ・ 精算解析法（杭頭回転ばね、杭、地盤を線材又はばねにモデル化し、非線形解析を行う）  
地盤が不均一で、水平地盤反力係数が著しく変化している場合及び、短杭（ $\beta L < 3.0$ ）の場合に用いる。
- ④ PC リング及び杭頭接合部以外の部材(杭、パイルキャップ、基礎梁等)についての材料強度及び許容応力度は、前述の準拠基準による。

### (2) 杭頭接合部設計の要点

- ① 上部構造から杭に伝達される力及び杭頭からパイルキャップ、基礎梁へ戻される力の処理の方法は以下とする。
  - ・ 軸力：圧縮力は、パイルキャップから杭頭接合面を介して杭へ直接伝達され、一方引張力は引張定着筋により杭からパイルキャップへ伝達される。
  - ・ せん断力：圧縮軸力時には接合面摩擦による伝達も幾分あるが、設計上はすべて PC リングにせん断力を負担させる。
  - ・ 杭頭曲げ：杭頭曲げは、引張定着筋を主筋とする杭頭絞り部断面の曲げ抵抗にてパイルキャップへ伝達する。
- ② 杭体と PC リングのせん断力の検定  
PC リングの許容せん断力が、杭体の設計せん断力を上回っていることを確認する。もし満足していない場合には、鋼板リングの厚さをアップさせる。

### (3) 杭頭部の曲げ設計

#### ① 杭頭部(5D)

M-N耐力曲線により、曲げ応力が短期許容耐力以内及び、必要に応じて終局耐力以内であることを確認する。

#### ② 杭頭接合部

短期においては、曲げ応力が短期許容曲げモーメント以内であることを確認する。また、必要に応じて終局時には、杭頭の回転角が限界回転角以内であること、及び PC リングと杭体の重なりを超えて浮き上がらないことの確認をする。

注) 限界回転角は、杭頭接合部実験にて、変形確認した値「0.04rad」とする。

#### (4) 杭頭部のせん断設計

##### 1) 杭頭部のせん断耐力評価

① 杭頭部 (5.0D) については、せん断補強として原則としてウルボンスパイラルを使用する。

但し、杭頭部 1.0D を除くその下部 4.0D については、短期許容応力度のみの設計としたケースに限り、ウルボン材ではなく、普通鉄筋 (SD 材) とすることも可とする。

② せん断耐力の評価は、原則として「BCJ 評定-FD0157-01」の一般評定「場所打ちコンクリート杭のせん断補強としてウルボンを使用する工法」に準拠する。その具体的な評価式を③、④に示す。

③ 短期許容せん断力の評価は

$$Q_{AS} = bj \cdot \{f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.001)\}$$

とする。

ここで、 $wf_t = 585 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$$p_w = a_w / (D \cdot x)$$

とする。

④ 終局せん断耐力の評価は、原則として

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M / (Qd) + 0.12} + 0.846 \sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} bj$$

ここで、 $\sigma_{wy} = 1275 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

とする。ただし、塑性理論に基づく終局せん断耐力式

$$Q_{su2} = b \cdot j_t \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} + k_1 \cdot (1 - k_2) \cdot b \cdot D \cdot v \cdot Fc$$

を用いることも可とする。

##### 2) せん断力検定

① 杭体の設計用せん断力は、

$$\text{短期: } {}_s Q_b = {}_1 Q \times 1.5 \quad \text{※3}$$

$$\text{終局: } {}_u Q_b = {}_2 Q$$

とする。

ここで、 ${}_1 Q$  は、短期時の杭の負担せん断力を示す。

${}_2 Q$  は、終局設計用の杭の負担せん断力を示す。

※3 短期と終局の両方の検討を行う時には短期の設計せん断力は  ${}_s Q_b = {}_1 Q$  とすることができる。

② せん断力の検定

$$\text{短期時: } {}_s Q_b \leq Q_{AS}$$

$$\text{終局時: } {}_u Q_b \leq Q_{su}$$

参考として ※1 別表 3.2.1 「杭体の許容せん断力一覧」参照のこと。

※2 別表 3.2.2 「杭体の終局せん断力一覧」参照のこと。

表 3.2.1 杭体の短期許容せん断力一覧

No.	D (mm)	ウルボンスパイラルせん断補強筋仕様 (p <sub>w</sub> (%))			
	Q <sub>ac</sub> (kN)	短期許容せん断力 : Q <sub>AS</sub> (kN) ( Q <sub>AS</sub> / Q <sub>ac</sub> )			
		1	2	3	4
11	800	U12.6@75 ( 0.42 %)	U12.6@100 ( 0.31 %)	U12.6@125 ( 0.25 %)	U12.6@150 ( 0.21 %)
	332	677 ( 2.04 )	564 ( 1.70 )	495 ( 1.49 )	450 ( 1.35 )
12	900	U12.6@75 ( 0.37 %)	U12.6@100 ( 0.28 %)	U12.6@125 ( 0.22 %)	U12.6@150 ( 0.18 %)
	429	809 ( 1.89 )	678 ( 1.58 )	600 ( 1.40 )	548 ( 1.28 )
13	1000	U12.6@75 ( 0.33 %)	U12.6@100 ( 0.25 %)	U12.6@125 ( 0.20 %)	U12.6@150 ( 0.17 %)
	537	948 ( 1.77 )	801 ( 1.49 )	713 ( 1.33 )	654 ( 1.22 )
14	1100	U12.6@75 ( 0.30 %)	U12.6@100 ( 0.23 %)	U12.6@125 ( 0.18 %)	U12.6@150 ( 0.15 %)
	658	1096 ( 1.67 )	933 ( 1.42 )	834 ( 1.27 )	769 ( 1.17 )
15	1200	U12.6@75 ( 0.28 %)	U12.6@100 ( 0.21 %)	U12.6@125 ( 0.17 %)	U12.6@150 ( 0.14 %)
	791	1252 ( 1.58 )	1072 ( 1.35 )	964 ( 1.22 )	892 ( 1.13 )
16	1300	U15@75 ( 0.35 %)	U15@100 ( 0.26 %)	U15@125 ( 0.21 %)	U15@150 ( 0.17 %)
	936	1701 ( 1.82 )	1433 ( 1.53 )	1272 ( 1.36 )	1165 ( 1.24 )
17	1400	U15@75 ( 0.32 %)	U15@100 ( 0.24 %)	U15@125 ( 0.19 %)	U15@150 ( 0.16 %)
	1094	1898 ( 1.73 )	1607 ( 1.47 )	1432 ( 1.31 )	1316 ( 1.20 )
18	1500	U15@75 ( 0.30 %)	U15@100 ( 0.23 %)	U15@125 ( 0.18 %)	U15@150 ( 0.15 %)
	1264	2102 ( 1.66 )	1789 ( 1.42 )	1601 ( 1.27 )	1475 ( 1.17 )
19	1600	U15@75 ( 0.28 %)	U15@100 ( 0.21 %)	U15@125 ( 0.17 %)	U15@150 ( 0.14 %)
	1446	2315 ( 1.60 )	1979 ( 1.37 )	1777 ( 1.23 )	1643 ( 1.14 )
20	1700	U15@75 ( 0.27 %)	U15@100 ( 0.20 %)	U15@125 ( 0.16 %)	U15@150 ( 0.13 %)
	1640	2537 ( 1.55 )	2177 ( 1.33 )	1962 ( 1.20 )	1818 ( 1.11 )
21	1800	U15@75 ( 0.25 %)	U15@100 ( 0.19 %)	U15@125 ( 0.15 %)	U15@150 ( 0.13 %)
	1846	2766 ( 1.50 )	2384 ( 1.29 )	2155 ( 1.17 )	2002 ( 1.08 )
22	1900	U15@75 ( 0.24 %)	U15@100 ( 0.18 %)	U15@125 ( 0.14 %)	U15@150 ( 0.12 %)
	2065	3003 ( 1.45 )	2599 ( 1.26 )	2356 ( 1.14 )	2194 ( 1.06 )
23	2000	U15@75 ( 0.23 %)	U15@100 ( 0.17 %)	U15@125 ( 0.14 %)	U15@150 ( 0.11 %)
	2295	3249 ( 1.42 )	2822 ( 1.23 )	2565 ( 1.12 )	2395 ( 1.04 )
24	2100	U17@75 ( 0.27 %)	U17@100 ( 0.20 %)	U17@125 ( 0.16 %)	U17@150 ( 0.14 %)
	2538	3971 ( 1.56 )	3404 ( 1.34 )	3064 ( 1.21 )	2837 ( 1.12 )
25	2200	U17@75 ( 0.26 %)	U17@100 ( 0.19 %)	U17@125 ( 0.16 %)	U17@150 ( 0.13 %)
	2793	4257 ( 1.52 )	3661 ( 1.31 )	3304 ( 1.18 )	3065 ( 1.10 )
26	2300	U17@75 ( 0.25 %)	U17@100 ( 0.19 %)	U17@125 ( 0.15 %)	U17@150 ( 0.12 %)
	3061	4551 ( 1.49 )	3926 ( 1.28 )	3552 ( 1.16 )	3302 ( 1.08 )
27	2400	U17@75 ( 0.24 %)	U17@100 ( 0.18 %)	U17@125 ( 0.14 %)	U17@150 ( 0.12 %)
	3340	4853 ( 1.45 )	4200 ( 1.26 )	3808 ( 1.14 )	3547 ( 1.06 )
28	2500	U17@75 ( 0.23 %)	U17@100 ( 0.17 %)	U17@125 ( 0.14 %)	U17@150 ( 0.11 %)
	3632	5163 ( 1.42 )	4481 ( 1.23 )	4073 ( 1.12 )	3800 ( 1.05 )
29	2600	U17@75 ( 0.22 %)	U17@100 ( 0.16 %)	U17@125 ( 0.13 %)	U17@150 ( 0.11 %)
	3936	5482 ( 1.39 )	4771 ( 1.21 )	4345 ( 1.10 )	4061 ( 1.03 )
30	2700	U17@75 ( 0.21 %)	U17@100 ( 0.16 %)	U17@125 ( 0.13 %)	U17@150 ( 0.11 %)
	4252	5808 ( 1.37 )	5069 ( 1.19 )	4626 ( 1.09 )	4331 ( 1.02 )
31	2800	U17@75 ( 0.20 %)	U17@100 ( 0.15 %)	U17@125 ( 0.12 %)	U17@150 ( 0.10 %)
	4581	6143 ( 1.34 )	5376 ( 1.17 )	4915 ( 1.07 )	4608 ( 1.01 )
32	2900	U17@75 ( 0.20 %)	U17@100 ( 0.15 %)	U17@125 ( 0.12 %)	—
	4922	6486 ( 1.32 )	5690 ( 1.16 )	5212 ( 1.06 )	—
33	3000	U17@75 ( 0.19 %)	U17@100 ( 0.14 %)	U17@125 ( 0.11 %)	—
	5274	6837 ( 1.30 )	6013 ( 1.14 )	5518 ( 1.05 )	—
NOTE	1. 杭体コンクリート強度 F <sub>c</sub> =30N/mm <sup>2</sup>				
	2. D (mm) : 杭径				
	3. Q <sub>ac</sub> = b <sub>j</sub> · f <sub>s</sub> ( f <sub>s</sub> =0.89N/mm <sup>2</sup> )			b = (D/4) · π	
	4. Q <sub>AS</sub> = b <sub>j</sub> { f <sub>s</sub> + 0.5 <sub>w</sub> f <sub>t</sub> · (p <sub>w</sub> -0.001) }			p <sub>w</sub> = a <sub>w</sub> / (b · x) · π / 4 = a <sub>w</sub> / (D · x)	
	5. <sub>w</sub> f <sub>t</sub> = 585 N/mm <sup>2</sup>				

表 3.2.2 杭体の終局せん断力一覧

No.	D (mm)	ウルボンスパイラルせん断補強筋仕様 (p <sub>w</sub> (%))			
	Q <sub>ac</sub> (kN)	終局せん断耐力 : Q <sub>su</sub> (kN) ( Q <sub>su</sub> / Q <sub>AS</sub> )			
		1	2	3	4
11	800	U12.6@75 ( 0.42 % )	U12.6@100 ( 0.31 % )	U12.6@125 ( 0.25 % )	U12.6@150 ( 0.21 % )
	332	996 ( 1.47 )	898 ( 1.59 )	832 ( 1.68 )	783 ( 1.74 )
12	900	U12.6@75 ( 0.37 % )	U12.6@100 ( 0.28 % )	U12.6@125 ( 0.22 % )	U12.6@150 ( 0.18 % )
	429	1231 ( 1.52 )	1113 ( 1.64 )	1032 ( 1.72 )	972 ( 1.77 )
13	1000	U12.6@75 ( 0.33 % )	U12.6@100 ( 0.25 % )	U12.6@125 ( 0.20 % )	U12.6@150 ( 0.17 % )
	537	1486 ( 1.57 )	1345 ( 1.68 )	1249 ( 1.75 )	1178 ( 1.80 )
14	1100	U12.6@75 ( 0.30 % )	U12.6@100 ( 0.23 % )	U12.6@125 ( 0.18 % )	U12.6@150 ( 0.15 % )
	658	1761 ( 1.61 )	1596 ( 1.71 )	1484 ( 1.78 )	1401 ( 1.82 )
15	1200	U12.6@75 ( 0.28 % )	U12.6@100 ( 0.21 % )	U12.6@125 ( 0.17 % )	U12.6@150 ( 0.14 % )
	791	2054 ( 1.64 )	1864 ( 1.74 )	1735 ( 1.80 )	1640 ( 1.84 )
16	1300	U15@75 ( 0.35 % )	U15@100 ( 0.26 % )	U15@125 ( 0.21 % )	U15@150 ( 0.17 % )
	936	2633 ( 1.55 )	2382 ( 1.66 )	2210 ( 1.74 )	2084 ( 1.79 )
17	1400	U15@75 ( 0.32 % )	U15@100 ( 0.24 % )	U15@125 ( 0.19 % )	U15@150 ( 0.16 % )
	1094	2996 ( 1.58 )	2714 ( 1.69 )	2521 ( 1.76 )	2378 ( 1.81 )
18	1500	U15@75 ( 0.30 % )	U15@100 ( 0.23 % )	U15@125 ( 0.18 % )	U15@150 ( 0.15 % )
	1264	3379 ( 1.61 )	3063 ( 1.71 )	2847 ( 1.78 )	2688 ( 1.82 )
19	1600	U15@75 ( 0.28 % )	U15@100 ( 0.21 % )	U15@125 ( 0.17 % )	U15@150 ( 0.14 % )
	1446	3779 ( 1.63 )	3430 ( 1.73 )	3191 ( 1.80 )	3015 ( 1.84 )
20	1700	U15@75 ( 0.27 % )	U15@100 ( 0.20 % )	U15@125 ( 0.16 % )	U15@150 ( 0.13 % )
	1640	4199 ( 1.66 )	3814 ( 1.75 )	3551 ( 1.81 )	3357 ( 1.85 )
21	1800	U15@75 ( 0.25 % )	U15@100 ( 0.19 % )	U15@125 ( 0.15 % )	U15@150 ( 0.13 % )
	1846	4636 ( 1.68 )	4215 ( 1.77 )	3927 ( 1.82 )	3715 ( 1.86 )
22	1900	U15@75 ( 0.24 % )	U15@100 ( 0.18 % )	U15@125 ( 0.14 % )	U15@150 ( 0.12 % )
	2065	5091 ( 1.69 )	4633 ( 1.78 )	4320 ( 1.83 )	4089 ( 1.86 )
23	2000	U15@75 ( 0.23 % )	U15@100 ( 0.17 % )	U15@125 ( 0.14 % )	U15@150 ( 0.11 % )
	2295	5564 ( 1.71 )	5067 ( 1.80 )	4728 ( 1.84 )	4478 ( 1.87 )
24	2100	U17@75 ( 0.27 % )	U17@100 ( 0.20 % )	U17@125 ( 0.16 % )	U17@150 ( 0.14 % )
	2538	6543 ( 1.65 )	5942 ( 1.75 )	5531 ( 1.81 )	5228 ( 1.84 )
25	2200	U17@75 ( 0.26 % )	U17@100 ( 0.19 % )	U17@125 ( 0.16 % )	U17@150 ( 0.13 % )
	2793	7088 ( 1.67 )	6441 ( 1.76 )	5999 ( 1.82 )	5674 ( 1.85 )
26	2300	U17@75 ( 0.25 % )	U17@100 ( 0.19 % )	U17@125 ( 0.15 % )	U17@150 ( 0.12 % )
	3061	7650 ( 1.68 )	6957 ( 1.77 )	6484 ( 1.83 )	6134 ( 1.86 )
27	2400	U17@75 ( 0.24 % )	U17@100 ( 0.18 % )	U17@125 ( 0.14 % )	U17@150 ( 0.12 % )
	3340	8230 ( 1.70 )	7489 ( 1.78 )	6984 ( 1.83 )	6611 ( 1.86 )
28	2500	U17@75 ( 0.23 % )	U17@100 ( 0.17 % )	U17@125 ( 0.14 % )	U17@150 ( 0.11 % )
	3632	8827 ( 1.71 )	8038 ( 1.79 )	7500 ( 1.84 )	7102 ( 1.87 )
29	2600	U17@75 ( 0.22 % )	U17@100 ( 0.16 % )	U17@125 ( 0.13 % )	U17@150 ( 0.11 % )
	3936	9442 ( 1.72 )	8604 ( 1.80 )	8031 ( 1.85 )	7609 ( 1.87 )
30	2700	U17@75 ( 0.21 % )	U17@100 ( 0.16 % )	U17@125 ( 0.13 % )	U17@150 ( 0.11 % )
	4252	10074 ( 1.73 )	9185 ( 1.81 )	8579 ( 1.85 )	8131 ( 1.88 )
31	2800	U17@75 ( 0.20 % )	U17@100 ( 0.15 % )	U17@125 ( 0.12 % )	U17@150 ( 0.10 % )
	4581	10723 ( 1.75 )	9783 ( 1.82 )	9142 ( 1.86 )	8668 ( 1.88 )
32	2900	U17@75 ( 0.20 % )	U17@100 ( 0.15 % )	U17@125 ( 0.12 % )	
	4922	11390 ( 1.76 )	10397 ( 1.83 )	9720 ( 1.86 )	
33	3000	U17@75 ( 0.19 % )	U17@100 ( 0.14 % )	U17@125 ( 0.11 % )	
	5274	12073 ( 1.77 )	11027 ( 1.83 )	10313 ( 1.87 )	
N O T E	1. 杭体コンクリート強度 F <sub>c</sub> = 30 N/mm <sup>2</sup> 2. D (mm) : 杭径 3. $Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \cdot p_t^{0.23} \cdot (F_c + 18)}{M/(Q \cdot d) + 0.12} + 0.846 \sqrt{p_w \cdot \sigma_{wy}} \right\} \cdot b \cdot j$ $b = (D/4) \cdot \pi$ $p_w = a_w / (b \cdot x) \cdot \pi / 4 = a_w / (D \cdot x)$ 4. M/(Q·d) = 3 , p <sub>t</sub> = 0.6 % , σ <sub>wy</sub> = 1275 N/mm <sup>2</sup>				