

9 基礎構造物の設計－4 (深い基礎)

9.1 深い基礎の種類

- 基本的に、深い基礎は、支持層が深い場合に採用
- ただし、必ずしも基礎を支持層まで到達させるとは限らない
- 基礎の先端（底面）を支持層に根入れさせるもの：
 - －杭基礎（支持杭）、ケーソン基礎、鋼管矢板基礎など
- 基礎の先端（底面）を支持層に根入れさせないもの：
 - －杭基礎（摩擦杭）、鋼矢板基礎など

9.2 浅い基礎との支持機構の相違点

- 直接基礎などの浅い基礎では,
 - その底面における地盤の抵抗力が基礎の支持力を決定
 - 基礎地盤の圧縮性により破壊の進展が決まる
 - 基礎構築によって, 基礎地盤をあまり乱さないので, 事前の地盤調査結果が有効
- 杭基礎などの深い基礎では,
 - その側面（周面）摩擦力も基礎の支持力に大きく寄与
 - 基礎および基礎地盤の圧縮性により破壊の進展が決まる
 - 基礎構築法によるが, それにより地盤を締固めたり, 緩めたりするので, 地盤の抵抗力（先端・周面とも）は, 杭種・施工法に大きく依存

9.3 杭種と施工法

- 杭種：
 - ― 既製杭：松杭，鋼管杭，PHC 杭など（多種多様）
 - ― 場所打ち杭
- 施工法：
 - ― 打込み杭工法（打撃工法，バイブロ・ハンマー工法など）
 - ― 埋込み杭工法（中掘り^{*}，プレボーリング，（回転）圧入など）
 - ― 場所打ち杭工法（オールケーシング[†]，ベノト[‡]，リバーササーキュレーション[§]，アースドリル[¶]工法など）

^{*}杭中空部に挿入したオーガで杭先端地盤を掘削

[†]杭全長にわたってケーシングを圧入

[‡]ケーシングチューブを揺動しながら油圧ジャッキにて押込む

[§]掘削孔の先端より泥水とともに掘削土砂を地上に吸上げ

[¶]安定液を使用して孔壁を保護

9.4 単杭の支持機構

- 杭頭支持力 $Q_t = \text{周面抵抗力 } Q_s + \text{先端抵抗力 } Q_b$
- 施工時の排土の有無，周辺地盤の乱れが大きく影響
- 地盤が相対的に強く・固いほど杭の深さ方向軸力変化は大きい
(このとき，杭先端抵抗力はほとんど発揮されていない)
- 先端抵抗力 $Q_b = A_p q_b$ ($A_p = \text{杭の断面積}$ ， $q_b = \text{杭先端支持力で}$ ，
浅い基礎と類似の式か，N値を用いた経験式で表現)
- 周面抵抗力 $Q_s = U \sum \tau_s L_i$ ($U = \text{杭周長}$ ，
 $\tau_s = \text{最大周面摩擦力度で}$ ， αs_u ($0 \leq \alpha \leq 1$)， $K \sigma'_v \tan \delta'$ など，
若しくは，N値を用いた経験式で表現， $L_i = \text{層厚}$)

杭先端の極限支持力度（道路橋の場合）

- 打込み杭：支持層への根入れ深さ d と杭径 D の比，杭先端の開閉によって異なる（ q_b の単位は以降全て kN/m^2 ）
 - － $d/D < 5$ の時： $q_b = (40\frac{d}{D} + 100) N$ (閉端), $60\frac{d}{D} N$ (開端鋼管杭)
 - － $d/D \geq 5$ の時： $q_b = 300 N$ ($\leq 12,000$)
- 場所打ち杭：
 - － $q_b = 3,000$ (砂・砂礫層, $N \geq 30$), $5,000$ (良質砂礫層, $N \geq 50$)
 - － $q_b = 3q_u$ (硬質粘性土層, q_u = 一軸圧縮強度)
- プレボーリング杭工法，鋼管ソイルセメント杭：
 - － $q_b = 150 N$ ($\leq 7,500$ 砂層), $200 N$ ($\leq 10,000$ 砂礫層)
- 中掘り杭工法：先端処理法に応じて，打ち込み杭，場所打ち杭，プレボーリング杭工法の値を用いる

杭の最大周面摩擦力度（道路橋の場合）

	砂質土	粘性土
打込み杭工法	$2N (\leq 100)$	c 又は $10N (\leq 150)$
場所打ち杭工法	$5N (\leq 200)$	c 又は $10N (\leq 150)$
中掘り杭工法	$2N (\leq 100)$	$0.8c$ 又は $8N (\leq 100)$
プレボーリング杭工法	$5N (\leq 150)$	c 又は $10N (\leq 100)$
鋼管ソイルセメント杭工法	$10N (\leq 200)$	c 又は $10N (\leq 200)$

※ 摩擦力度の単位は，全て kN/m^2

※ $N \leq 2$ の場合は，上記の N 値による推定式を使ってはいけない

安全性確保の考え方（道路橋の場合）

- 許容押込み支持力：

$$Q_a = \frac{\gamma}{n} (Q_t - W_s) + W_s - W$$

Q_t = 杭の極限支持力

W_s = 杭で置き換えられる部分の土の有効重量

W = 杭および杭内部の土の有効重量

$n = 3$ （常時，支持杭）， 4 （常時，摩擦杭）

$\gamma = 1.0$ （支持力推定式）， 1.2 （載荷試験に基づく）

- 許容引抜き支持力：

$$Q_a = \frac{1}{n} Q_t + W$$

Q_t = 杭の極限引抜き力*， W = 杭の有効重量， $n = 6$ （常時）

*記号は押込み支持力と同じだが，内容は異なる．例えば先端支持力は当然 0

負の周面摩擦力

- 以下の場合には、杭の沈下量よりも周りの土の沈下量が大きくなるため、負の周面摩擦力（地盤が杭を押し下げようとする力）を考慮しなければならない：
 - 未圧密の地盤に杭を建設するとき
 - 基礎の建設に伴い、上載圧が増加したり、水位変動が生じたりするとき
- この場合、負の周面摩擦力が作用したときの、杭の鉛直支持力、杭体応力度、杭頭沈下量についても確認する必要がある

9.5 群杭の考慮

- 基礎の支持力は杭本数に比例しない：
基礎が支えられる力 < 1本の杭が支えられる力 × 本数
- 群杭効果を考慮する必要がある：
 - 群杭効率係数 $\eta = \frac{\text{群杭中の1本あたりの支持力}}{\text{単杭の支持力}}$ などと定義される
係数を使って考慮するか,
 - 群杭周囲を取り囲む仮想ケーソンを考え,
この支持力等により群杭の支持力等を算定する必要がある

9.6 演習 4 — 鋼管杭の許容押込み支持力と許容引抜き力

- 次の頁に示すような土層構成の地盤に杭基礎を建設することを考える.
杭種は鋼管杭（外径 1m, 板厚 17mm, 腐食しろ 1mm）で有効長さ（フーチング下面からの長さ）を 36.9m とする.
この単杭の許容押込み支持力と許容引抜き力を求めよ. 但し,
 - フーチング下面及び地下水位は, 地表面から 4.5m の深さにある
 - 水の単位体積重量は 9kN/m^3 としてよい
 - 自重の小さい鋼管杭では, 許容押込み支持力 $Q_a = \frac{\gamma}{n} Q_t$ としてよい
 - 杭の有効重量は, 鋼管の有効断面積と有効重量から, $W = 85\text{kN}$ としてよい

土層構成

層	土層下端 深さ (m)	土質	平均 N 値	粘着力 $c(\text{kPa})$	単位体積重量 (kN/m^3)
1	4.5	粘土質シルト	2	30	18
2	6.0	シルト	2	30	18
3	13	粘土	3	30	18
4	20	粘土	6	80	19
5	40	粘土混り細砂	14	—	18
6	—	砂礫	50	—	19

演習（レポート）提出期限

- 次回の講義が始まるまで（6/30（月）15:00）
- その後は受け取りません（そのとき解答例を配るため）