

洪積互層地盤における杭基礎の支持力評価

九州大学工学部 学○田中 亮 正 落合英俊 正 安福規之
正 大嶺 聖 正 大野司郎

1. はじめに

杭の鉛直支持力は、杭先端地盤の鉛直抵抗と杭と地盤の周面摩擦抵抗の和として求められる。しかし先端支持力が発揮されるまでには大きな相対変位を必要とするために、実務設計における許容変位の範囲内では周面摩擦力が鉛直支持力の主要な部分となり周面摩擦力の評価が重要となる。杭の周面摩擦力の算定には様々な方法があり、それぞれの方法により求められる周面摩擦力の値は異なる。また周面摩擦力算定式に用いられる土の定数の求め方にもいくつかの方法があり、その違いによっても求められる周面摩擦力の値は異なる。この研究では新北九州空港連絡橋の基礎となる地盤における土質試験結果を用いて、砂質土層、粘性土層が交互に存在する複雑な洪積互層地盤における杭の周面摩擦力を算定し、その結果を比較、検討する。

2. 鉛直支持力の算定方法

本研究では、図-1に示す互層地盤に打ち込んだ試験杭T1 (l=32m)とT2 (l=25m) (ともに杭径=1500mm、肉厚=22mm)について周面摩擦力を算定した。算定には有効応力に基づく方法を用い、比較の対象として周面摩擦力算定法としては一般的なN値による方法を用いた。

1) 有効応力に基づく周面摩擦力度fの評価

①地盤内破壊：地盤内でせん断破壊が生じる場合は次式による。

$$\text{砂質土、粘性土ともに } f = C' + K \sigma'_v \tan \phi'$$

②接触面破壊：杭と地盤の接触面でせん断破壊が生じる場合は次式による。

$$\text{砂質土、粘性土ともに } f = C' + K \sigma'_v \tan \delta$$

C'：土の付着力 (tf/m²) ϕ' ：地盤の内部摩擦角 (°)

K：水平土圧係数 σ'_v ：有効上載圧 (tf/m²)

δ ：土と杭の摩擦角 ($\approx 2/3 \phi'$)

2) N値による周面摩擦力度fの評価

砂質土： $f = N/5$ (≤ 10)

粘性土： $f = N$ (≤ 15) ($N > 15$ のときは $f = 15$ とする)

N：各層の平均N値

3. 水平土圧係数と強度定数の決定

1) 水平土圧係数Kについて

周面摩擦力算定に用いた水平土圧係数Kは以下に示す3つの方法により求めた。

1) $K = 1 - \sin \phi'$, 2) $K = (1 - \sin \phi') \text{OCR}^{\sin \phi'}$, 3) $K = 1.0$

OCR = p_c / σ'_v , OCR：過圧密比 p_c ：圧密降伏応力 (tf/m²)

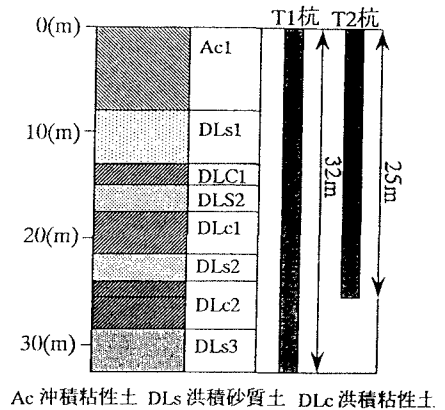


図-1 試験杭を打ち込んだ地盤

表-1 土の強度定数

地層	層厚 (m)	σ_v (tf/m ²)	N値	OCR	①		②		③	
					C' (tf/m ²)	ϕ' (°)	C' (tf/m ²)	ϕ' (°)	C' (tf/m ²)	ϕ' (°)
Ac1	8.1	2.11	0	-	-	-	-	-	-	-
DLs1	4.4	6.06	18	-	3.3	22.48	-	-	-	-
DLc1	2.0	8.86	24	10.82	1.5	37.31	0.0	37.98	2.5	37.23
DLs2	3.1	11.34	39	-	14.5	31.45	-	-	-	-
DLc1	3.9	14.73	24	6.50	1.5	37.31	0.0	37.98	2.5	37.23
DLs2	2.0	17.52	39	-	9.5	33.26	-	-	-	-
DLc2	1.5	19.28	32	6.98	7.5	21.46	0.0	26.56	11.5	20.14
DLc2	3.6	21.73	32	6.19	7.5	21.46	0.0	26.56	11.5	20.14
DLs3	3.4	25.04	40	-	5.0	32.58	-	-	-	-

2) 土の強度定数 C' 、 ϕ' について

C' 、 ϕ' は三軸圧縮試験結果からモール円を描き、その破壊包絡線から決定した。また砂質土については、すべて以下に示す①の方法で決定したが、粘性土においては過圧密状態を考慮して以下の①～③の方法によりそれぞれの C' 、 ϕ' を決定し、その値を用いた。表-1には①～③の方法で求めた C' 、 ϕ' を表わしている。

- ① 描かれたモール円をもとにベストフィットする破壊包絡線を描き、その線から C' 、 ϕ' を決定する。
- ② $C' = 0$ として破壊包絡線を描き、その線から C' 、 ϕ' を決定する。
- ③ 過圧密状態を考慮して p_c を用いて過圧密状態での破壊包絡線を描き、その線から C' 、 ϕ' を決定する。

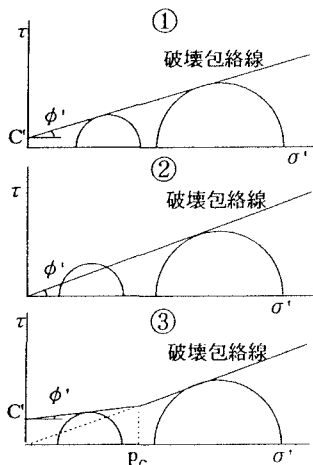


図-2 C' 、 ϕ' の求め方

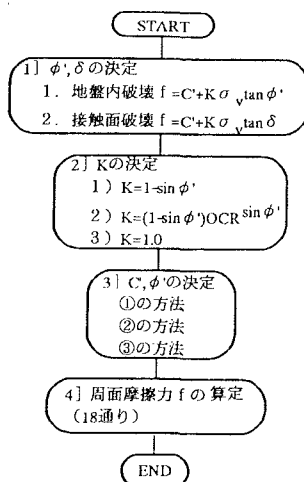


図-3 周面摩擦力の算定法

4. 鉛直支持力の算定結果と考察

水平土圧係数 K の3つの評価法、1) $K = 1 - \sin \phi'$ 、2) $K = (1 - \sin \phi') OCR^{\sin \phi'}$ 、3) $K = 1.0$ に対して、それぞれ①、②、③の方法で求めた C' 、 ϕ' を用いて周面摩擦力を1) 地盤内破壊と2) 接触面破壊の方法でそれぞれ求めたので1本の試験杭に対して合計18通りの鉛直支持力が求まった。図-4はその結果を示したものである。図中の直線はN値による方法で求めた周面摩擦力であり有効応力に基づく方法で求めた周面摩擦力との比較の対象として示した。有効応力に基づく周面摩擦力度 f の評価式において水平土圧係数 K 、強度定数 C' 、 ϕ' が異なれば算定される周面摩擦力の値には大きな誤差が生じることが図-4よりわかる。また $K = 1.0$ として計算したものが比較的大きくなり、 $C' = 0$ として強度定数 C' 、 ϕ' を求めたものが小さくなる。

5. まとめ

以上のように強度定数 C' 、 ϕ' 、水平土圧係数 K に着目することにより1本の杭に対して様々な周面摩擦力の値が求められる。この中で最も実際の状況に近いと思われる算定方法は以下に示すように粘性土地盤において過圧密状態を考慮して f 、 K 、 C' 、 ϕ' を決定したものだと考えられる。

f : 接触面破壊 ($f = C' + K \sigma'_v \tan \delta$)

K : $K = (1 - \sin \phi') OCR^{\sin \phi'}$

C' 、 ϕ' : ③の方法で決定したもの

この方法で算定した周面摩擦力は図-4の接触面破壊2)③が表わしている。この値はN値による方法で算定した値と比較するとT1杭、T2杭とも約1.6倍大きな値となっている。

6. 参考文献

土質工学会：土質調査試験結果の解釈と適用例、土質工学会編、pp.60～73
土質工学会：土質試験法、土質工学会編、pp.429～449

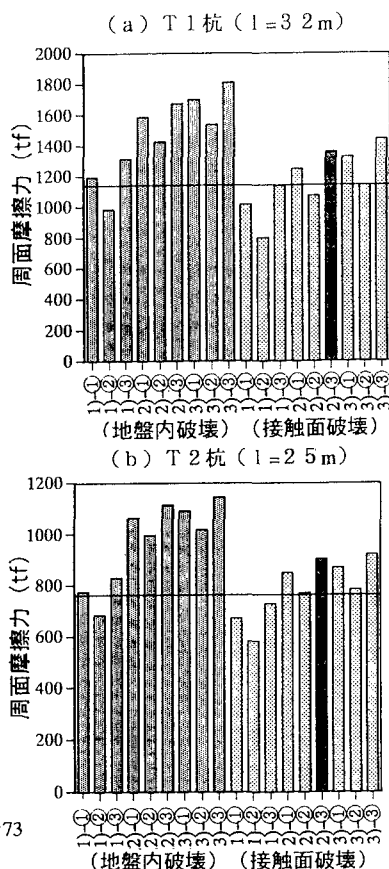


図-4 杭の周面摩擦力