

開端圧入杭の閉塞メカニズムに関する研究

高知工業高等専門学校建設工学専攻 学生会員 ○社城尚晃
 高知工業高等専門学校 正会員 岡林宏二郎
 株式会社技研製作所 正会員 尾川七瀬

1. 緒 言

振動・騒音などの環境問題のため杭の施工において圧入工法の採用が主流になっている。この工法において、圧入時の圧入抵抗、杭完成後の鉛直・水平支持力及び引抜き時の引抜き抵抗の推定法が明らかでない。これらは圧入機械の仕様、杭圧入後の杭の性能に係わるものであり重要な課題である。ここでは、これらの現象の支配要因の一つである開端杭圧入時の杭内土による杭の閉塞について、そのメカニズムを解明するために理論検討及び実験を行い解析定数、根入れ長、杭径などの条件を変えて精度や適用範囲について検討を行った。

2. 閉塞の理論検討

閉塞時杭内部の土の微小水平要素に作用する力の釣り合いを図1に示す。この場合、次の仮定を置く。
 ①閉塞が起きていない開端杭が深さ h まで貫入されている状態を考える。
 ②その杭内の土塊の深さ Z の位置における厚さ dz の微小要素を取り出す。
 ③その微小要素に働く鉛直方向の釣り合いを考える。これらの仮定の下基礎式は次のように表される。¹⁾

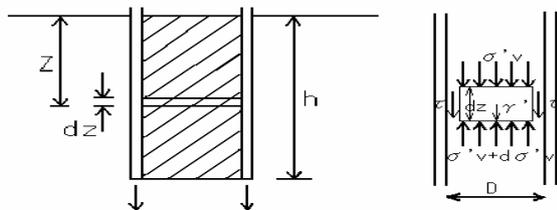


図1 杭内土の微小要素

$$\frac{d\sigma'_v}{dz} = \gamma' + \frac{4\tau}{D} \quad (1)$$

砂質土は $\tau = k \sigma'_v \tan \delta$ 、粘性土は $\tau = c$ とし、 $Z=0$ の時 $\sigma'_v=0$ という境界条件で解く。

$$\text{砂質土: } \sigma'_v = A \exp\left(\frac{4K \tan \delta}{D} z\right) - \frac{\gamma' D}{4K \tan \delta} \quad (2)$$

$$\text{粘性土: } \sigma'_v = \left(\gamma' + \frac{4C}{D}\right) Z + B \quad (3)$$

これらの式より、地層を水平分割し各層ごとの杭内の土塊の長さ Z と層の境界における応力の境界条件より求めた定数 A, B を代入して、1層目から順に各層ごとの内面摩擦力 Q_i についての具体的な予測式を算出していく。

3. 杭の圧入抵抗力の推定

図2より杭の圧入抵抗は次に示す閉塞圧入力 Q_{plug} と非閉塞圧入力 Q_{unplug} の小さい方で決まると考えられる。

$$Q_{plug} = Q_{p-plug} + Q_o + W_p \quad (4)$$

$$Q_{unplug} = Q_{p-unplug} + Q_o + Q_i \quad (5)$$

ここに、

- Q_{p-plug} : 閉塞時の先端抵抗力
- $Q_{p-unplug}$: 非閉塞時のときの先端抵抗力
- Q_o : 外周面摩擦力
- Q_i : 内面摩擦力
- A_g : 土を含めた杭先端の全面積
- W_p : 杭に詰まっている土塊重量
- A_n : 杭先端の純面積

先端支持力及び外周面摩擦力等についてはAPI RP-2A²⁾などにより推定する。

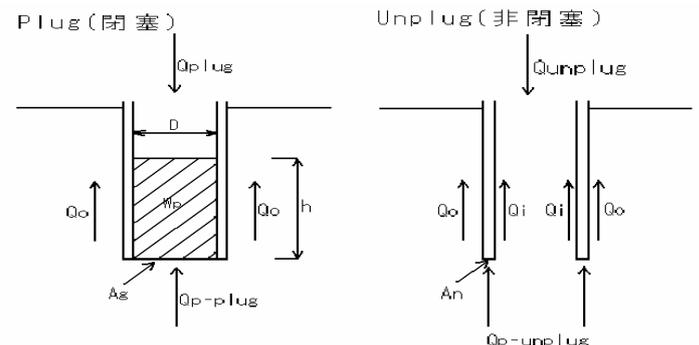


図2 圧入抵抗力

4. 杭の圧入実験

実験場所の地盤特性を図3と表1に示す。実験実施場所の地盤は砂と粘土・シルト・砂礫などから成っている。圧入実験は形状外形 318.5mm、内径 298mmの開端杭を 150 t 型圧入機による断続圧入して行った。

キーワード：圧入工法 圧入開端杭 閉塞

連絡先 : 〒783-8508 高知県南国市物部乙 200-1 高知工業高等専門学校地盤工学研究室 TEL 088-864-5589

表1 解析定数

地層	SPT	CPT	γ'
	ϕ (°)	ϕ (°)	
礫	35	39	18
礫混じり粘土	0	0	17
礫混じり粘土	0	0	9.2
シルト	35	39	9.2
砂礫	35	44	10.2
シルト質砂	35	39	9.7
砂	35	42	10.2
シルト質砂	35	39	9.31
シルト	35	39	8.82
砂礫	35	44	9.8

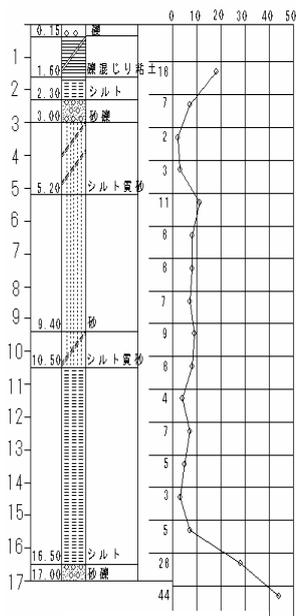


図3 柱状図

5. 実験結果及び考察

図4はφ318.5mmの開端杭において閉塞が起こった深さに対する杭内部の土塊の長さの実験結果と解析値を示す。ここで比較に用いる解析値は2007年に解析した解析値をケース1、プログラムを改良し根入れ長を17mまで伸ばした場合の解析値をケース2、Cone Penetration Testより求めた定数を用いた場合の解析値をケース3とする。図4から、ケース1よりもケース2・ケース3の方が実測値に近い結果を示しており、閉塞位置の精度を上げることができた。また、図4より杭径318.5mmにおいて解析に用いた理論は根入れ長を長くした場合にも適応できることがわかる。しかし、ケース2とケース3を比較すると閉塞位置と杭内部の土塊の長さが異なっている。これは内部摩擦角φをそれぞれ変えて仮定し解析を行っているためである。よって、精度を上げるにはより現場の地盤に近い土質定数の設定が必要だということがわかる。

図5は杭径600mmの開端杭における実験値と解析値を示し、図6は閉塞状況を地層ごとに表示したものである。実験値と解析値を比較すると一度閉塞が起きるとそれ以降は閉塞したままという傾向は同じであるものの、閉塞位置は大きく異なっている。原因として杭径が大きくなると、先端抵抗力や周面・内面摩擦力が根入れ長が深くなるに従い急激に増加するということがあげられる。また、図6より解析では各層厚を大きく分割したが、実際の杭内部の地層は細かく変化しており、この点を考慮する必要がある。また、杭径が大きい場合での理論の検討が必要である。

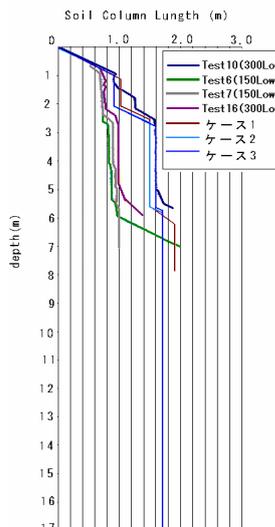


図4 φ318.5mmの解析値と実験値

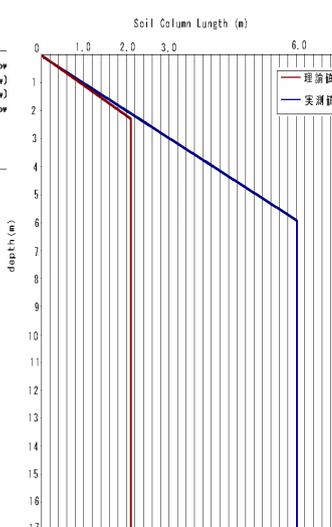


図5 φ600mmの解析値と実験値

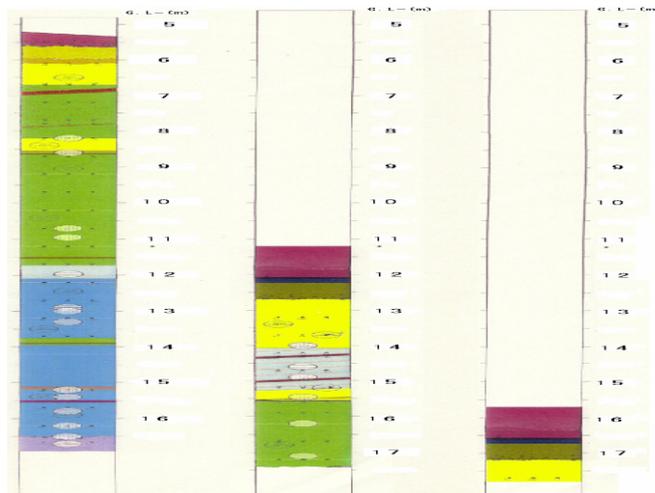


図6 φ600の閉塞状況の比較

6. 結 言

φ318.5mmの解析より根入れ長が長い場合でも理論が適用できるということがわかった。しかし精度を上げるには土質定数の選択を考慮をする必要がある。

φ600mmの解析より杭径が大きい場合は先端抵抗力や周面・内面摩擦力の急激な増大、地層分割数が誤差の要因となることがわかった。また、杭径が大きい場合の理論の適用性を再検討する必要がある。

文 献

- 1) David White, PRES-IN PILING:THE INFLUENCE OF P ULUGGING ON DRIVEABILITY,2000
- 2) API RP-2A,Recommended practice of planning,designing and constructing fixed offshore platforms-Working stressdesign,20th edition, washington pp.59-61,1993.