

III-118 粘土地盤中に打設された摩擦杭の設計法に関する一考察

若築建設(株)○正員 持田末男 佐賀大学理工学部 正員 三浦哲彦
(株) 安部工業所 田中幸夫 九州農業試験所 正員 中村六史

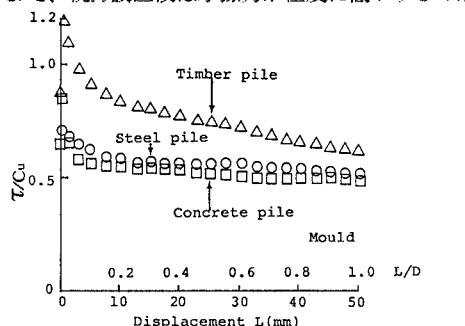
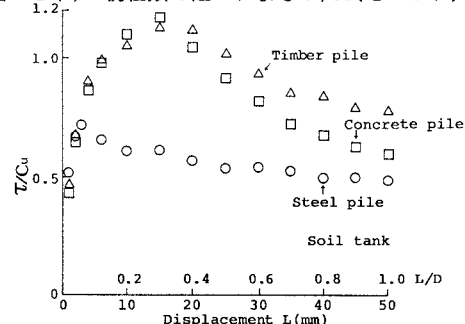
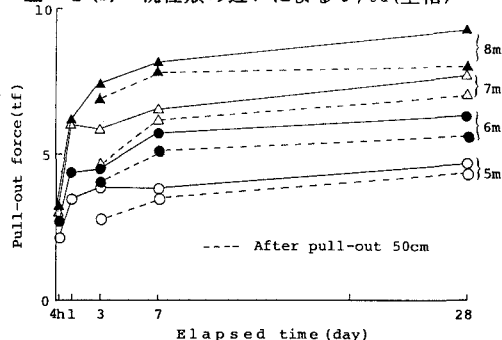
1. はじめに 粘土地盤において構造物基礎に摩擦杭を採用する場合、杭周面摩擦力は粘土の非排水せん断強度で評価するが不明確な点があるために安全率は4にとる、というのが現行設計法の考え方であろう¹⁾。本報は超鋭敏な有明粘土を対象に、合理的な摩擦杭設計法の確立に資すべく杭の貫入・引抜き試験を行い、摩擦力に及ぼすいくつかの要因について検討したものである。

2. 実験概要 実験に用いた有明粘土(佐賀市蓮池)の物理的性質は、比重 $G_s=2.625$ 、自然含水比 $W_n=129\%$ 、液性限界 $W_L=117\%$ 、塑性限界 $W_P=38.6\%$ 、塑性指数 $I_P=78.4$ である。模型杭として、杭径 $d=5\text{cm}$ の木杭(米松)、コンクリート杭、鋼管杭、および鋼管杭の表面にサトペーパー(OC280CwおよびCC100Cw)を張付した杭、の5種類を用いた。これらの杭の周面摩擦力を調べるために、モデル実験と大型土槽実験を行い、さらに木杭については現場実験を実施した。これらの実験方法については文献(2)、(3)に述べている。また、杭打設直後は摩擦力が極度に低下するのが時間と共に回復していく現象を調べるために、液性限界以上の含水比で十分練返し所定期間放置した粘土についてベンゼン断試験を行いサトペーパーの観点から考察した。

3. 実験結果および考察 種類の異なる杭に対する引抜き試験の結果を図-1(a)、(b)に示す。図の縦軸には、周面摩擦力 τ を粘土の非排水せん断強度 C_u で除したパラメータ τ/C_u を用いている。同図において τ/C_u のピーク値は木杭、コンクリート杭ではほぼ同じ値を示し0.8~1.20の範囲にあるが、鋼管杭は約0.7と小さいのが認められる。一方、鋼管杭の表面にサトペーパーを張付した杭の τ/C_u 値は0.9~1.20の範囲にあり、杭の周面摩擦力は表面粗度に強く影響されること、また引抜きに伴う τ/C_u の変化は図-1の木杭、コンクリート杭と類似していること、等が確認された²⁾。以上の実験から、木杭・コンクリート杭の表面状態は粗であって杭移動に伴うすべり破壊は杭表面近くの粘土中で生じており、結果として τ は C_u にほぼ等しくなると理解される。滑らかな鋼管杭の場合には表面に粘土の付着が少なく、すべり破壊は杭表面で生じた³⁾。

図-2は、現場実験(直径20~25cm、根入れ長 $L=5, 6, 7, 8\text{m}$ の米松木杭を所定の期間放置してから引抜き試験を実施)の結果を示す³⁾。図中の破線は根入れ長を50cmだけ深く押し込み、その直後50cm引抜き、所定期間放置後に引抜き試験を行った結果である。この現場実験で求めた28日放置後の τ/C_u は1.20~1.33の範囲にあり、室内実験で得られた結果よりやや大きい、これは引抜きの際に杭先端部に作用した負圧の影響を差し引く必要がある。

図-2中の実線で示した各放置時間の引抜き荷重 P を28日経過後の引抜き荷重 P_{28} で除した無次元量 α を用いて整理し直したのが図-3である。この図より、根入れ長の異なる各杭の値を平均すると、4時間で37%、1日で40%、3日で77%、

図-1(a) 杭種類の違いによる τ/C_u (モールド)図-1(b) 杭種類の違いによる τ/C_u (土槽)図-2 引抜き荷重の時間的推移³⁾

7日で86%の引抜き力の回復があることが分かる。この結果を建築基礎設計基準⁴⁾の経過時間に対する修正係数 α (斜線部)と比較すると斜線内の上限に位置することが認められる。このことは、鋭敏な有明粘土地盤では、杭貫入に伴う地盤の乱れは顕著であるが、その反面強度の回復は非常に早いことを意味する。実際、施工現場では打設直後は摩擦力はゼロに近くなり杭が浮き上がってしまうが暫くすると周面摩擦力が急速に増加すること(吸い付き現象)が知られている。

次に土槽で行った貫入試験の結果を図-4に示す。ある深さまで貫入させた後の放置時間が長い程、その後の貫入抵抗 R は大きくなるのが観察され、1日後では約1.3倍、10・28日後では2倍近くまで達する。しかし、貫入量が増していくと連続貫入させた杭の貫入抵抗に近づいていく。杭の貫入に伴って生じる杭周辺の塑性領域の粘土は攪乱の影響を受けて強度が低下しているが、この周辺粘土の強度はシキトロビー効果によって時間と共に回復していくと考えられる。このことが図-4に示した杭を再貫入させたときの摩擦抵抗 R が増加した一つの要因と考えることができよう。このことを実験的に確かめるために、繰返した有明粘土のシキトロビー効果に関する実験を行った。シキトロビー実験で得られたデータについて、28日強度(ベア試験)を基準値として強度回復率を求め経過時間との関係を示したのが図-5である。同図には、図-3に示した実験結果をも併せて示している。縦軸 α は、(28日経過後の非排水せん断強度 C_u 、同貫入抵抗 R 、同引抜き抵抗 P)に対する(所定期間経過後の C_u 、 R 、 P)の比を表す。この図より、シキトロビーによる強度回復率に較べ貫入に伴う地盤の乱れからの回復の方がやや早い、強度回復のパターンは類似していると見てよい。以上の実験から、有明粘土地盤地帯で観察される杭貫入直後の摩擦抵抗ゼロの状態と吸い付き現象は、超鋭敏粘土の杭貫入に伴う極度の強度低下と、その急速な回復現象に関係が深いと考えた。

4. まとめ (1)有明粘土地盤における杭周面摩擦力 τ_{max} は杭表面の粗さに強く依存し、 $\tau_{max}=\alpha C_u$ で表すと、木杭では $\alpha \approx 1.0$ 、コンクリート杭では $\alpha \approx 0.8$ 、鋼管杭では $\alpha \approx 0.6$ である。(2)杭の貫入で地盤が乱れ杭周面摩擦力はシキトロビー現象で著しく低下するが、3日後には28日経過後の値の約80%に回復する。(3)室内実験および現場実験による検討結果に基づき、有明粘土地盤に摩擦杭を使用する場合の設計摩擦力の算定は、木杭では $\tau_{max}=C_u$ 、コンクリート杭では $\tau_{max}=0.8C_u$ 、鋼管杭では $\tau_{max}=0.6C_u$ とし、安全率3を用いて設計することを提案する。

最後に、本研究をまとめるに当たり御指導いただいた佐賀大学農学部甲本達也助教授に感謝の意を表します。

参考文献 (1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・下部構造編IV, 1985. 5. (2) 三浦他：粘土地盤における摩擦杭の支持力に関する実験, 土木学会西部支部, pp. 454~455, 1988. (3) 中村他：軟弱地盤における木杭の支持力について 68回農土学会九州支部, pp. 183~186, 1987. 11. (4) 建築基礎設計基準・同解説：第10章 基礎の設計, pp. 281.

(5) 持田：有明粘土地盤における杭の周面摩擦力に関する基礎実験, 佐賀大学修士論文, 1988.

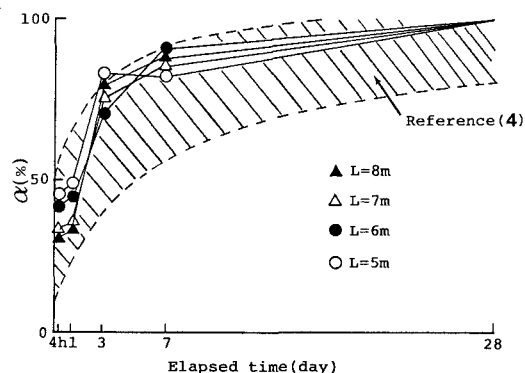


図-3 α の時間的推移³⁾

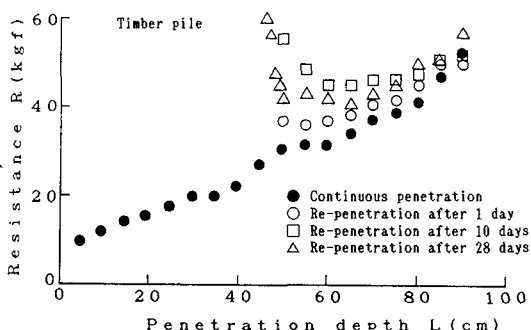


図-4 貫入抵抗に与える放置時間の影響

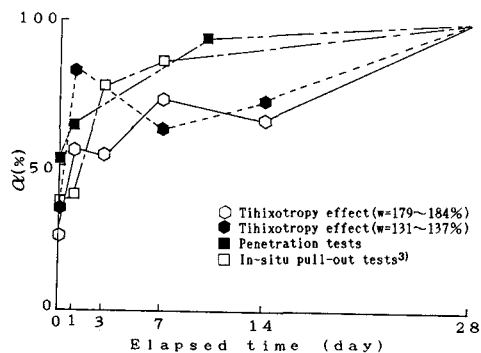


図-5 シキトロビーによる強度回復率と貫入に伴う乱れからの回復率との比較