

粘土地盤中の丸太継杭の鉛直支持力に及ぼす杭形状の影響

宮崎大学	学生会員	○那須龍斗
宮崎大学	正会員	末次大輔
宮崎大学	正会員	神山 惇
宮崎大学	正会員	福林良典

1. はじめに

粘土地盤では不同沈下や支持力不足による破壊を防ぐ対策が必要である。一方で、日本では森林蓄積が増え利用に適している木材が大量にあり、更なる利用分野の拡大が求められている。木材は地下水位以下で使用することで腐朽せず、高い耐久性を示す。さらに木材の地中使用はCO₂の地中貯蓄となり、軟弱地盤対策に木材を使用できれば、現代の環境問題に適応できる有効な技術となり得る。丸太を杭基礎として使用すると、森林から運び出される丸太の長さに制約があるため、上載荷重の大きさによりその使用が制限される。丸太を数本継ぐ方法があるが、粘土地盤中における木杭の支持機構は未解明の部分が多いため、そこで本研究では、木杭の支持機構を明らかにするために、丸太継杭の鉛直支持力に及ぼす杭形状の影響を明らかにするために模型杭の鉛直載荷実験を行った。本報では、丸太継杭の鉛直支持力が杭形状によってどのように変化するか報告する。

2. 試験方法

丸太はテーパ形状を呈しているため、丸太を継ぐとその接続部に段差が生じる。模型木杭の鉛直載荷試験は、末次らの研究と同じ条件で行った。模型杭は継いでいない単体の模型杭（一本杭と称す）と、長さ150mmの杭を2本継いだ継杭を使用した。継杭の形状は、下杭の元口径が上杭の末口径より大きい杭（順継杭と称す）と、下杭の元口径が上杭の末口径より小さい杭（逆継杭と称す）である。それぞれのテーパ角 α は、Case-2が1/400、Case-3～5が1/200、Case-6～8が1/50とした。さらに、比較検討のために、ストレート形状の木杭ならびに真鍮杭を使用した。模型杭の諸元を表-1、図-1に示す。模型木杭に使用した樹種は宮崎県産のスギである。

模型粘土地盤には、カオリン粘土($\rho_s=2.65\text{g/cm}^3$, $w_L=52.2\%$, $w_p=33.0\%$)を使用した。模型地盤の作製方法は次のとおりである。まず、液性限界の1.5倍の含水比に調整したカオリン粘土をアクリル製の円筒型モールドに、空気を除去しながら充填する。充填後、載荷板を敷き、ペロフラムシリンダーを設置し、30kPaの上載圧力で6日間、その後80kPaの上載圧力で3日間圧密した。なお、これらの圧密時間は3t法で決定した。圧密後の地盤の含水比は、 $44\pm 1\%$ であった。

木杭の鉛直載荷試験は、まず載荷速度2.0mm/minで杭を280mm貫入して粘土中に設置し、木杭の吸水性による地盤の強度回復を待つために1週間静置した（貫入試験）。その後、載荷速度0.2mm/minで10mm押し込んだ（押し込み試験）。なお、木杭の貫入試験・押し込み試験のいずれも、杭全体の抵抗力と周面にかかる抵抗力を計測した。

3. 試験結果と考察

押し込み試験時の荷重-沈下曲線を図-2、図-3に示す。同図には、押し込み試験時の抵抗値に静置期間中までの鉛直抵抗力 P が加算されて示されている。テーパを有する木杭の P はほぼ等しい値を示した。継杭の場合は $\alpha=1/200$ の杭は一本杭と比べて P に著しい差異は見られなかった。 $\alpha=1/50$ の杭を一本杭のそれと比較すると、順継杭では-350N、逆継杭では+800Nとなり、 P の差は α が小さい杭と比べて著しく異なる。

一連の載荷試験における極限支持力 Q_u を、図-2 および図-3 に示す荷重-沈下曲線において、末口径の10%となる貫入量 $d=3\text{mm}$ のときの荷重値と定義した。各杭の Q_u および周面荷重 Q_s と先端荷重 Q_e の比率を図-4に示す。 $\alpha=1/400$ と $\alpha=1/200$ の杭ならびに1/50一本杭において、 Q_u はほぼ近い値を示した。試験後の木杭を観察したところ、順継杭は主に下杭に粘土が付着し、上杭と継ぎ部には粘土が少量しか付着していなかったのに対し、一本杭と逆継杭は杭全体に粘土がしっかりと付着していたのを確認した。このことから、杭の極限支持力は、杭と地盤の接触面積によって明確になった。また、テーパ角が大きくなりすぎると支持機構が著しく異なると推測

表-1 模型杭の各種パラメータ

実験ケース	材質	形状	テーパ角 α		杭長 L (mm)	末口径 ϕ_e (mm)	元口径 ϕ_o (mm)
Case-1	木材	ストレート	-	-	300	30.0	30.0
Case-2	木材	テーパ	1/400	-	300	30.0	31.5
Case-3	木材	テーパ	1/200	-	300	30.0	33.0
Case-4	木材	順継杭	1/200	上杭	150	30.0	31.5
				下杭	150	30.0	31.5
Case-5	木材	逆継杭	1/200	上杭	150	30.0	31.5
				下杭	150	33.0	34.5
Case-6	木材	テーパ	1/50	-	300	30.0	42.0
Case-7	木材	順継杭	1/50	上杭	150	30.0	36.0
				下杭	150	30.0	36.0
Case-8	木材	逆継杭	1/50	上杭	150	30.0	36.0
				下杭	150	39.0	45.0
Case-9	真鍮	ストレート	-	-	300	30.0	30.0

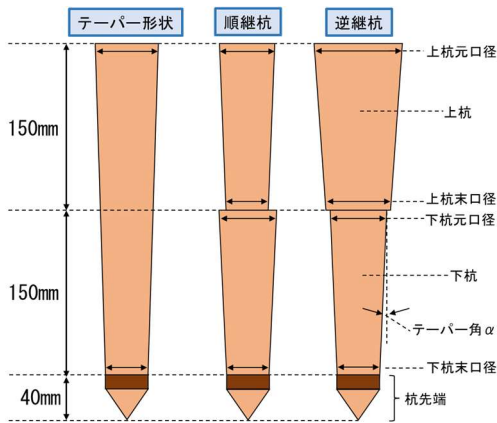


図-1 使用した模型杭の諸元

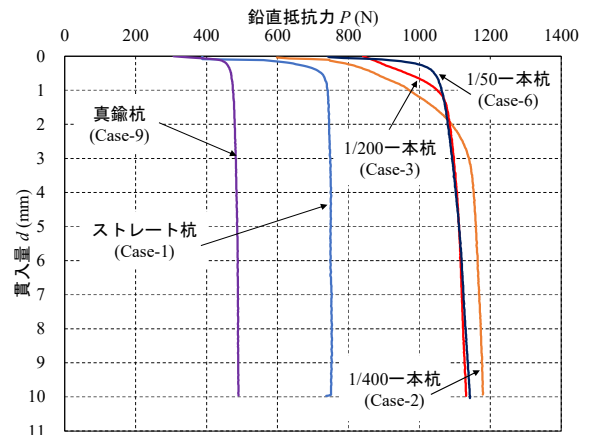


図-2 押込み試験時の一本杭の鉛直抵抗力

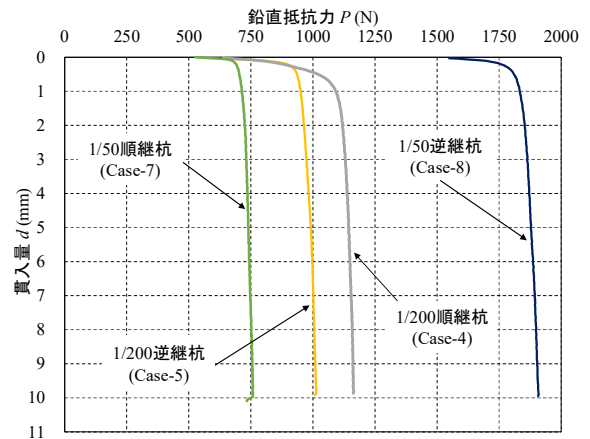


図-3 押込み試験時の継杭の鉛直抵抗力

される。テーパ角の影響については今後詳細に検討する必要がある。

4. まとめ

本研究で得られた知見は以下に示すとおりである。

- (1) テーパ角が大きくなると、周面荷重の分担割合が小さくなる。
- (2) テーパ角が小さい場合、継ぎによる影響は少なく、極限支持力は継ぎの有無に関係なくほぼ等しくなる。
- (3) テーパ角が大きい場合、継ぎによる影響は大きく、木杭の支持力は杭と地盤との密着具合によって大きく変化する。

参考文献 1)公益社団法人 土木学会 木材工学委員会:土木技術者のための木材工学入門, 2017. 2) 三浦哲彦, 呉文経, 中村六史, 一瀬智郎:軟弱粘土中杭の周面支持機構に関する実験的考察, 土木学会論文集, No.517/III-31, 63-72, 1995. 3)末次大輔, 那須龍斗, 福林良典, 神山惇:粘性土中に打設される木杭の鉛直支持力に及ぼす杭形状の影響, 土木学会論文集E2 (材料・コンクリート構造), 77巻5号, p. I77-I83, 2021.

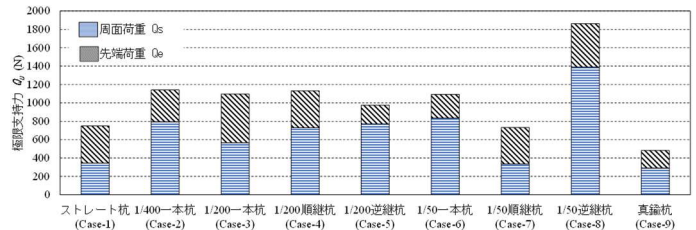


図-4 各杭の極限支持力の比較