

粘土地盤に打設された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

軟弱な粘性土地盤では不同沈下や支持力不足による破壊を防ぐための対策が必要となる．一方で，我が国では森林蓄積が年々増加し木材を大量に利用しなければならない状況であるが，国産木材の自給率は30%と極めて低く，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れば腐朽することが無く極めて高い耐久性を示す．さらに木材の地中利用はCO₂の地中ストックとなり，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と考えられる．丸太を杭基礎として使用する場合，森林から運び出される丸太の長さは一般的に4m-6mであるため，上載荷重の大きさによりその使用が制限される．丸太を継ぐ方法があるが，粘土地盤中における丸太継杭の支持機構は未解明の部分が多い．そこで，本研究では，丸太継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模型実験を行って調べた．本報では丸太継杭の形状と鉛直支持力の関係について考察する．

2. 試験方法

丸太はテーパ形状を呈しているので，丸太を継ぐとその接続部には段差が生じる．そこで，本研究では，丸太継杭の鉛直支持力に及ぼす杭形状の影響を調べるために，丸太継杭の模型杭を用いた鉛直載荷実験を行った．模型丸太継杭は長さ150mmの杭を2本継いでいる．継杭の形状は，テーパ角が1/200で末口径が30mmの杭を2本継いだ杭，すなわち下杭の元口径が上杭の末口径より大きい杭（以後，1/200順継杭と称す）である．そして，末口径が33mmと30mmの杭を上下に継いだ杭，すなわち下杭の元口径が上杭の末口径より小さい杭（以後，1/200逆継杭と称す）である．さらに，比較検討のために，テーパ角が1/50の継杭と，長さ300mm，末口径30mmのストレート形状ならびに1/200のテーパ杭を使用した．模型杭の諸元を図-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内径230mm，高さ720mmの亚克力製の円筒型モールドに，底面にジオテキスタイルと濾紙を敷き，空気を除去しながら充填する．充填後，モールド上部に濾紙，ジオテキスタイルを敷き，ベ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， $44\pm1\%$ であった．

木杭の鉛直載荷試験は，載荷試験装置(図-2)を用いて行った．まず載荷速度2.0mm/minで杭を240mm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（押込試験）．なお，木杭の貫入試験・押込み試験のいずれも，データロガーを用い

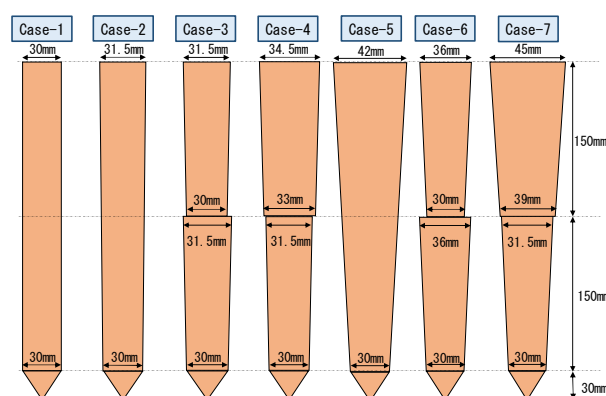


図-1 使用した模型杭の諸元

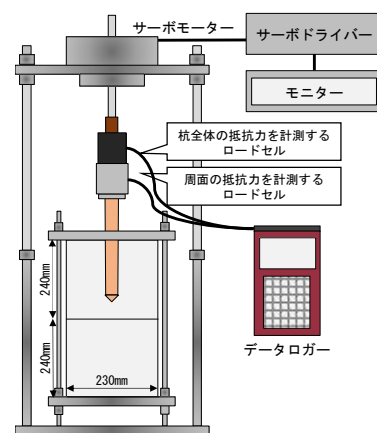


図-2 載荷試験装置の概略図

て、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

押し込み試験時の各杭の荷重-沈下曲線を図-3に示す。テーパー角が1/200の継杭と一本杭の鉛直抵抗力を比較すると、逆継杭が最も大きく、次いで一本杭、順継杭の順となる。逆継杭と順継杭の抵抗力の差は著しく異なる。テーパー角が1/50の継杭と一本杭の鉛直抵抗力の場合では、一本杭が最も大きく、次いで逆継杭、順継杭の順となる。逆継杭と順継杭の抵抗力の差はテーパー角が1/200の場合ほど著しい差異は観察されない。次に、テーパー角の大きさと比較すると、テーパー角が1/200の杭が1/50の杭よりも大きい。荷重沈下曲線における降伏点の貫入量はテーパー角が1/200の杭は2-3mm、1/50の杭は1mm未満である。

各杭の単位面積あたりの周面抵抗力を図-4に示す。テーパー角が1/200の杭の場合は、周面積が最も大きい逆継杭の単位面積あたりの周面抵抗力が最も大きい。ストレート杭と一本杭を比較すると、一本杭は周面積の大きい周面抵抗力はストレート杭よりも小さい。一方で、テーパー角が1/50の杭の場合、逆継杭は一本杭よりも周面抵抗力が小さくなる。これは1/200の杭と異なる傾向を示しており、テーパー角が大きくなると、粘土地盤中の木杭の支持機構が異なると考えられる。

各杭の極限支持力および周面抵抗力と先端抵抗力の比率を図-5に示す。テーパー角の大小にかかわらず、逆継杭の極限支持力は順継杭よりも大きい。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、逆継杭は下杭と上杭、継ぎ部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、逆継杭は上下2本の杭全体で、逆継杭は下杭のみで荷重を支えていることが考えられる。1/200の杭の場合では順継杭を除いて鉛直支持力において周面抵抗力が支配的であることがわかる。一方1/50の杭の場合では継杭において先端抵抗が支配的となる。今回の実験条件ではテーパー角が大きい杭よりも小さい杭のほうが大きく、テーパー角が変わることによって支持メカニズムが変化すると推測される。テーパー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) 丸太継杭の極限支持力は順継杭よりも逆継杭のほうが大きくなる。
- (2) テーパー角1/200の杭では周面抵抗力が支配的となる。
- (3) 丸太杭の先端と周面の荷重分担率はテーパー角で異なる。

参考文献 1)公益社団法人 土木学会 木材工学委員会 木材利用マニュアル作成小委員会委員長 本田秀行：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)本山寛，沼田淳紀，吉田雅穂，久保光：スギ丸太打設による軟弱地盤対策実験，地盤工学ジャーナル，7巻2号，409-420，2012。

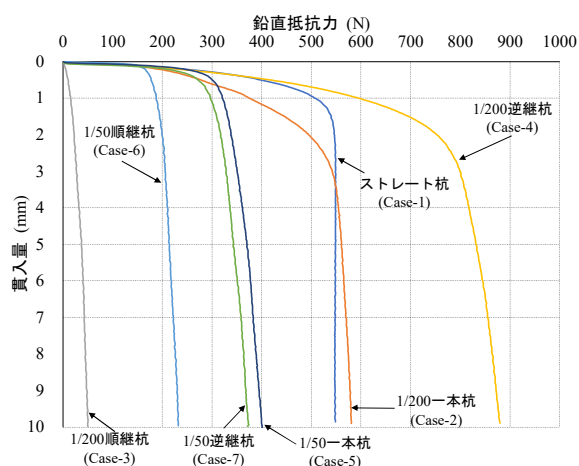


図-3 押し込み試験時の鉛直抵抗力

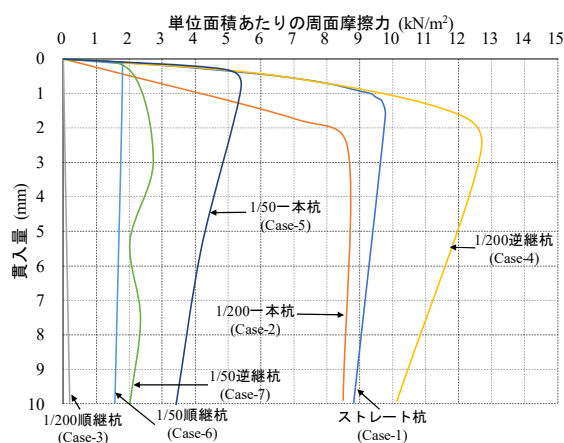


図-4 単位面積あたりの周面抵抗力の変化

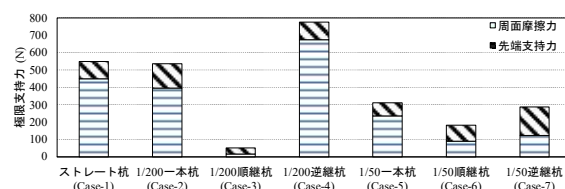


図-5 各杭の極限支持力の比較