既存丸太と新規丸太の押込み試験結果

飛島建設　正会員　○沼田 淳紀　正会員　村田 拓海
東急建設　非会員　古垣内 靖　非会員　張 媛

1. はじめに

杭といえば，かつては洋の東西を問わず木杭であったが，現在ではほとんど使われなくなり，各種設計法からも姿を消した[1]．姿を消した理由として，①1950 年代まで日本は森林資源が枯渇していたこと，②地下資源に依存しコンクリートや鉄などで安定した品質の工業製品ができるようになったこと，③木材は腐朽や蟻害といった生物劣化を生じ杭としての機能が失われること，があげられる．

しかしながら，時代は大きく変化していると認識すべきである．日本の森林資源は現在飽和状態で，育てるよりもむしろ積極的に使わなければならない時代となっている．また，地下資源に極度に依存した社会は，いずれ資源が枯渇することが明らかであるばかりか，温室効果ガスを大量に排出し気候変動をもたらし，地球規模の危機を招いていており，脱地下資源化をせざるを得ない．さらに，木材は確かに生物劣化を生じるが，地中の地下水以深など生物劣化の条件が揃わない環境下では数百年経過しても生物劣化しない[2]．木材は腐るので使えないのではなく，ある条件が揃った場合のみ腐るので注意が必要なのである．

筆者らは，このような背景から持続可能な発展を実現する材料として木材が有効であると考えている．特に，地下水位の浅い軟弱地盤では地盤対策が必要となるのが一般的で，軟弱地盤における木杭や丸太を用いた地盤補強について，現在の視点に立ち，具体的な利用方法の研究開発を進めている．

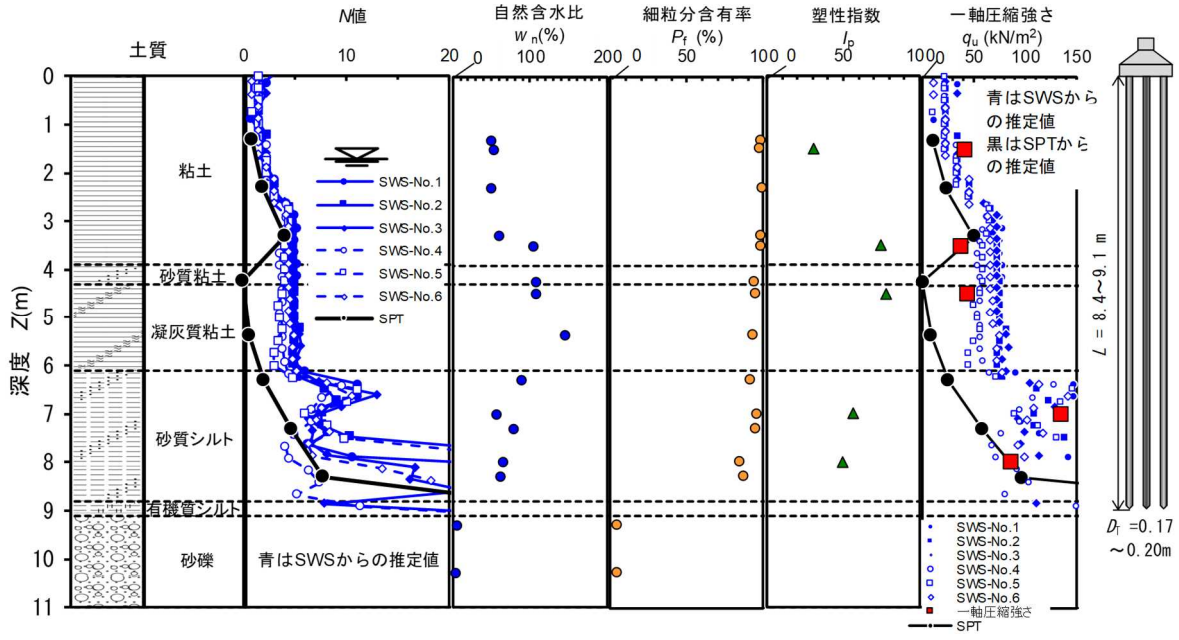
ここでは，約 60 年経過した木杭の押込み試験を実施した地点[3)4)]で，掘出した木杭と同じ寸法の丸太を打設し，押込み試験を実施し，両者の比較を行ったので，その結果を示す．

表−1　使用した丸太の寸法と形状

種別	ケース名	寸法・形状					事前調査
		直径		長さ	テーパー	先端形状	衝撃載荷試験
		末口 D_T m	元口 D_B m	L m	$(D_B-D_T)/L$		
既存木杭再打設	P1	0.183	0.244	9.162	0.007	先付け	なし
	P2	0.191	0.244	9.140	0.006	先付け	なし
	P3	0.204	0.270	8.914	0.007	先付け	あり
新規丸太	P4	0.190	0.291	9.290	0.011	先付け	なし
	P5	0.191	0.296	9.300	0.011	先付け	なし
	P6	0.173	0.268	9.290	0.010	平坦	あり

2. 試験方法

丸太は，約 60 年間 4 階建て RC 構造を支えていた木杭を掘り出したもの（以降，「既存木杭」と記す）3 本と，新たに購入したほぼ同寸法のもの（以降，「新規丸太」と記す）3 本を用いた．これらの丸太を木杭掘り出し地点の近傍で掘り出す前の木杭と同じ深度になるように打設し，約 1 ヶ月養生後に押込み試験を実施した．**表−1** に，これらの丸太の寸法と形状を示す．末口径は 0.17～0.20m，長さは 9m 程度である．既存木杭は，いずれも先付け（先端部をペンシル状に尖られたもの）があり，新規丸太は 3 本のうち 1 本は丸太下端が平坦で，その他は既存



図−1　地盤の調査結果

キーワード　丸太，支持力，押し込み試験
連絡先　〒270-0222　千葉県野田市木間ケ瀬 5472，TEL 04-7198-7572，E-mail atsunori_numata@tobishima.co.jp

© Japan Society of Civil Engineers

木杭と同様に先付けがある．皮はいずれも剥いである．なお，P-3 と P-6 は，押込み試験実施前に，衝撃載荷試験を実施した．

図-1 に，対象地盤における地盤調査結果を示す．標準貫入試験（以降，「SPT」と記す）の N 値の深度分布には，スウェーデン式サウンディング試験（以降，「SWS」と記す）結果からの推定値（N=3W_{sw}+0.050N_{sw}），一軸圧縮さ q_u には N 値からと SWS からの推定値（q_u=12.5×N，q_u=45W_{sw}+0.75N_{sw}）も併記した．図には，掘り出し前の木杭の位置も示した．地盤は，GL-8.8m 付近までは軟弱な粘性土またはシルトで，GL-6～-8.8m の砂質シルトは深くなるにしたがい N 値が大きくなり，GL-9.1m 以深は N 値の大きな砂礫層がある．木杭下端は，この砂礫層に僅かに届いていない．

丸太は，先端閉塞の鋼管（外径 165.2mm の）を GL-5m まで無排土で先行回転圧入し，その後圧入した．丸太の押込み試験は，JGS1811-2002 に準拠した．試験方法の詳細は，文献 3)に詳しい．

3. 試験結果

図-2 に，押し込み試験より求められた極限鉛直支持力示す．極限鉛直支持力は，第 2 限界抵抗力とした．図中には，SWS，N 値，N 値と q_u から次式より推定した極限鉛直支持力 R_{uD} も併記した．なお，計算で丸太は円柱状と仮定し，径には末口径を用いた．

$$R_{uD} = 200\overline{N_0}A_{p0} + \left(\sum_{i=1}^{n}(3.33\overline{N_i} + 0.5\overline{q_{ui}})L_i\psi\right)$$

推定値から求めた極限鉛直支持力は，SPT，SPT と q_u，SWS の順に大きくなる．推定値の差異は，丸太寸法の差異を示しているが，そのばらつきは小さい．一方，押し込み試験より得られた極限鉛直支持力は，330～530kN と推定値よりもかなり大きく，新規丸太の方が大きい傾向が認められる．これらは寸法の影響を受けているので，この影響を少なくするために，実測値の値 R_{us} を推定値 R_{uD} で除して（=R_{us}/R_{uD}）正規化した．**図-3** に，各丸太の R_{us}/R_{uD} を示す．P2 と P3 を比較すると，差は少なく衝撃載荷試験の影響は少ない．

推定の計算には，テーパー効果が考慮されていないことから，テーパー角（(D_B-D_T)/L）を考える．**図-4** に，テーパー角と R_{us}/R_{uD} の関係を示す．P6 を除き，テーパー角が大きなほど R_{us}/R_{uD} が大きくなる傾向が認められる．したがって，新規丸太の極限鉛直支持力が大きい傾向を示した理由として，テーパー角が大きいことが考えられる．これを考慮すると，既存木杭と新規丸太の極限鉛直支持力はほぼ同程度であった．P6 が大きいのは，先付け丸太は丸太下端部が尖っているため，末口径になる断面と N 値の大きな砂礫層までの距離が末口径の数倍程度あるが，P6 は丸太下端が平坦であるので，N 値の大きな砂礫層との距離が小さく，先端支持力が大きくなったためだと考えられる．

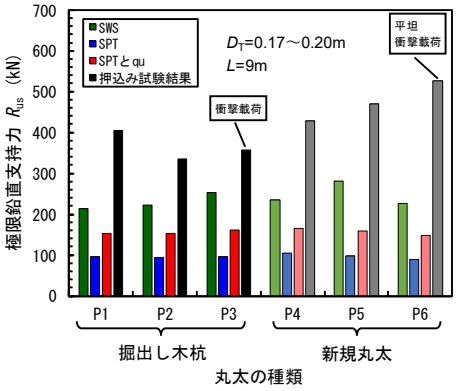


図-2 各丸太の極限鉛直支持力

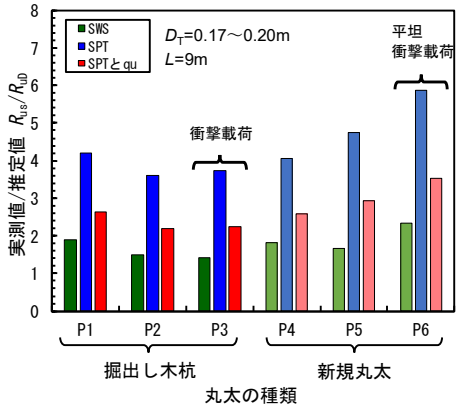


図-3 各丸太の実測値と推定値の比

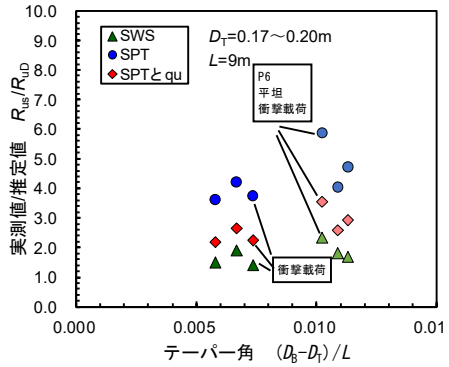


図-4 テーパー角と R_{us}/R_{uD} の関係

4. まとめ

(1) 9m の極限鉛直支持支持力は 330～530kN 程度あり，地盤調査結果からの推定値よりかなり大きい．
(2) 押込み試験の事前に実施した衝撃載荷試験の押込み試験結果に与える影響は少ない．
(3) 約 60 年前の木杭を掘り出した既存木杭と，新規丸太の極限鉛直支持力はほぼ同程度であった．

参考文献

1) 沼田淳紀：基礎杭への木材の利用，木材情報，通巻 218 号，pp.8-11，2009.
2) 中村裕昭，濱田政則，沼田淳紀：土木分野での木材地中使用の歴史的事例，木材利用研究論文報告集 11，土木学会木材工学委員会，pp.95-101，2012.
3) 沼田淳紀，村田拓海，古垣内靖，張媛：約 60 年経過した木杭の押込み試験概要，土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ-296，2019.
4) 村田拓海，沼田淳紀，古垣内靖，張媛：約 60 年経過した木杭の押込み試験，土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集，Ⅴ-297，2019.

© Japan Society of Civil Engineers