

軟弱地盤における木杭の活用事例と支持力評価の一考察

NEXCO 東日本 正会員 鈴木 雄吾 渡部 博一

(株)熊谷組 正会員○山口 哲司 正会員 中出 剛

正会員 水谷 真琴 鈴木 勝 矢嶋 英明

1. はじめに

国土の7割が森林である我が国において戦後大量に植林された木々が伐採期を迎えており、森林整備の面も含めて木材の利用促進が求められている。土木学会等でも、豊富な森林資源の利用拡大や地球温暖化対策への貢献等を目的に、土木分野における木材利用推進や木材利用拡大に向けた技術開発支援等の提言を発信している¹⁾。土木分野においては、地中での木材利用として古くから木杭が用いられており、近年では木杭の有する二酸化炭素の固定効果への期待から、液状化対策分野への適用等も試みられている²⁾。

本稿では、地下水位が高く、その流速も早い谷地部の軟弱地盤における調整池(図-1)の築造にあたり、ブロック積擁壁基礎地盤の対策として木杭を活用した事例について報告するとともに、施工データから木杭の支持力特性について考察する。

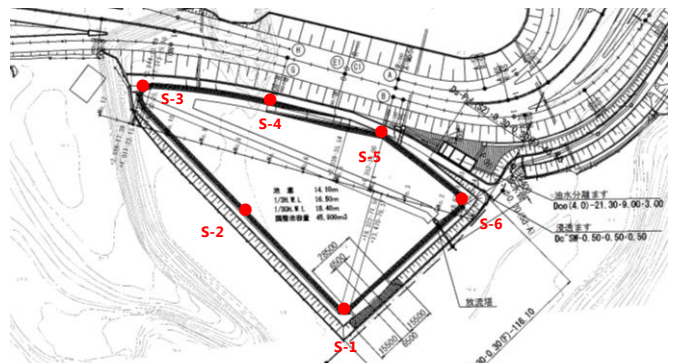


図-1 調整池平面図およびSWS調査位置

表-1 基礎地盤対策工比較表

工法	中層混合処理	杭基礎(RC杭)	杭基礎(木杭)
経済性	1.0	0.6	0.4
施工性	・作業、設備ヤードが大規模となる ・施工日数が最長	・取扱い時や打ち込み時のクラックに留意する必要がある	・軽量で施工しやすい ・施工日数が最短
品質・耐久性	・地下水流がある場合は品質低下に懸念	・打設時に破損があると耐久性が低下	・地下水位以下であり腐朽のおそれは無い
評価	×	△	○

2. 木杭基礎の検討

当該地は鎌田川支流に形成された開折谷における沖積低地部であり、ボーリング調査およびスウェーデンサンディング調査(SWS)を実施したところ、調整池付近では深さ5m程度まで腐植土を含むN値=1程度の軟弱な沖積土が堆積していることが確認された。ブロック積擁壁基礎下面位置における地耐力は概ね50kN/m²以下と推定され、設計地盤反力(238.7kN/m²)を大きく下回ることから、基礎地盤対策として中層混合処理および杭基礎(RC杭、木杭)について比較検討し(表-1)、当該地での経済性、施工性、品質確保及び耐久性から、木杭による杭基礎工法を選定した。

ここで、木杭の許容支持力は以下の推定式により求めた³⁾。

$$Ru = qd \cdot A + U \cdot \sum(Li \cdot fi)$$

$$Ra = \gamma / n \cdot Ru$$

ここに、Ru：地盤から求まる杭の極限支持力(kN)、Ra：杭頭における杭の許容支持力、qd：杭先端における極限支持力度(kN/m²)、A：杭先端面積(m²)、U：木杭の周長(末口)(m)、Li：周面摩擦を考慮する層厚(m)、fi：最大周面摩擦力度(kN/m²)、n：安全率(=3)、γ：安全率の補正係数(=1)

このとき、先端支持力度はqd=100・N(砂層:設計N値=20)、最大周面摩擦力度はfi=2・N=40kN/m²(砂層)、fi=c=24.6kN/m²(粘土層)を考慮した。当該地は地層の不陸が大きいため、S1~S6におけるSWS調査結果により推定した地層深度を基に必要な杭長を求め、杭径φ0.24m、杭長5.0~6.0m(総本数N=1131本)と設定した(図-2,3)。また、水文調査結果から地下水位は杭頭部位置より高い位置にあると推定されたが、当該地におけるボーリング調査時の地下水位が杭頭部付近であったことを踏まえ、杭頭部1mまで防腐処理を施すこととした。

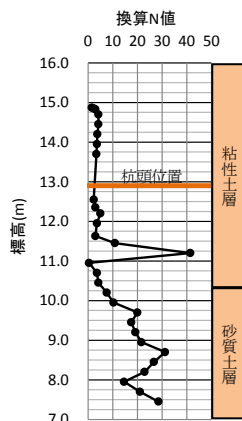


図-2 換算N値分布(S-6)

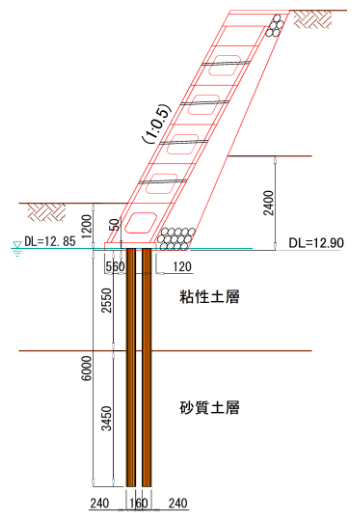


図-3 木杭基礎断面図

キーワード 木杭、軟弱地盤、支持力

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組土木事業本部 TEL 03-3235-8622

3. 試験施工と支持力評価

本施工に先立ち試験施工を実施した。施工は、モンケン (2t) による打ち込み(写真-1)、リバウンド量測定と動的支持力推定法 (旧建設省告示式) による打ち込み管理を行った。その結果、設計長の打ち込みに対して高止まりが生じたことから、支持力の再評価を行った。



写真-1 木杭打設状況

再評価は、SWS 調査における S-5~S-6 の区間にて、図-4 に示すように複数杭に対して 6 カ所で実施し、各試験位置の杭において 1~6m の深度毎に支持力を測定した。図-5 に各試験位置における打設深度と実測支持力、および両者の近似式と重相関係数を示す。同図に設計支持力 (80.6kN, 設計長 6m) を併せて示すが、いずれの試験位置においても深さ 3m の位置において、設計支持力を上回ることが分かる。また、各試験位置における支持力特性は S-5 から S-6 に移行するに従い小さくなる傾向にあるが、SWS 調査において S-6 の方が換算 N 値が小さいことに起因していると考えられる。

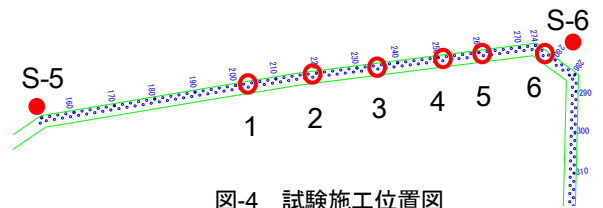


図-4 試験施工位置図

深度増加に伴う増分支持力は 15~30kN/m であり、先端支持力が各深度で同程度と仮定すると、周面摩擦力が設計値 (10kN/m) の 1.5~3 倍程度である

と評価できる。既往の研究例でも、木杭のテーパ効果や地盤との密着性から、本事例で用いた推定式の 2 倍の周面摩擦力を評価する例もあり⁴⁾、当該地においても設計値より大きな周面摩擦力が期待できると考えられた。

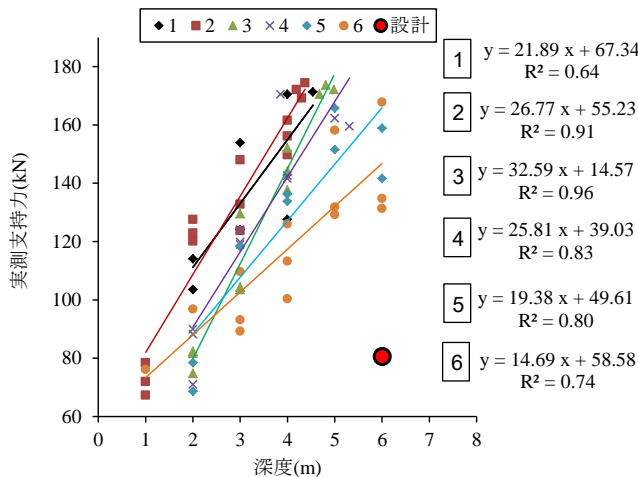


図-5 試験施工における支持力

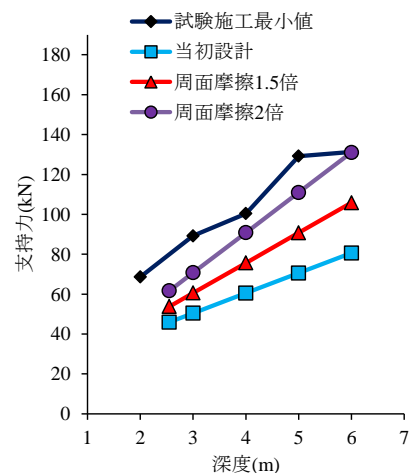


図-6 設計支持力の評価

4. 本施工への反映

図-6 に試験施工における最小支持力と当初設計支持力、および周面摩擦力を再評価した場合の支持力を深度毎に示す。実測支持力は概ね周面摩擦力を 2 倍に評価した場合に近似するが、実施工では安全側を考慮して、周面摩擦力度を 1.5 倍に再評価し、各施工ブロックでの地層区分に応じて杭長を見直した。実施工では、全杭において支持力測定により、設計支持力を満足することを確認した。

表-2 CO₂収支の比較²⁾⁶⁾

(単位: t-CO₂)

工法	中層混合処理	木杭基礎
CO ₂ 排出量	830.0	32.4
CO ₂ 貯蔵量	0.0	-203.6
CO ₂ 収支	830.0	-171.1

5. まとめ

当該地は地下水位が高く、施工性、品質確保及び耐久性確保の観点から木杭を活用することとしたが、経済性に優れる上、セメントを主材料とする中層混合改良に比較して排出 CO₂ を大幅に削減できるとともに、CO₂ 貯蔵による炭素固定化にも寄与できる結果を得たことから(表-2)、環境保全の観点も鑑み、更なる活用を期待したい。本事例における施工データが、今後の同種工事の参考となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会：提言「土木分野での木材利用拡大に向けて」、2017。
- 2) 水谷羊介：木材の地中利用の可能性と利用事例，木材保存，Vol.42(4)，pp190-198，2016。
- 3) 長野県林務部：丸太基礎杭設計マニュアル，2014。
- 4) 久保光，吉田雅穂：杭丸太を活かした小規模構造物の設計方法の検討，近畿地方整備局研究発表会論文集，2012。
- 5) 林野庁木材利用課：平成 27 年度木材利用推進・省エネ省 CO₂ 実証業務報告書，2016。
- 6) 沼田淳紀他：丸太打設液状化対策工法における炭素収支原単位，土木学会第 69 回年次学術講演会概要集，2014。