

## 飽和砂層中の丸太が地盤のせん断抵抗に与える影響に関する単純せん断試験

福井工業高等専門学校 正会員 ○吉田 雅穂  
 福井工業高等専門学校 下村 成輝  
 飛島建設 正会員 沼田 淳紀  
 飛島建設 正会員 村田 拓海

### 1. はじめに

液状化対策の一つとして、丸太を地下水位以深の緩い砂地盤に打設することで、丸太の体積分に相当する地盤の密度を増大させる工法が提案されている。同工法の設計法は締固め工法の原理に基づいており、地盤内に土よりも剛性が大きい木材が存在することによる影響、すなわち、土と丸太で構成される複合地盤のせん断抵抗に起因する液状化強度の増加については考慮されていない。著者等が行った模型振動実験によれば、相対密度が同一で丸太の置換率が異なる飽和砂地盤の過剰間隙水圧や地上構造物のめり込み沈下量を比較した結果、丸太の置換率が大きいと液状化強度が増加することを明らかにしている<sup>1)</sup>。そこで本研究では、飽和砂地盤内に直径と長さは同一で剛性のみ異なる 2 種類の柱状体を埋設し、同地盤のせん断抵抗を比較する単純せん断試験を行い、地盤補強材としての柱状体の剛性が飽和砂地盤のせん断抵抗に与える影響を明らかにした。

### 2. 試験概要

図-1 に単純せん断試験の概要を示す。アクリル製の土槽（内寸：幅 800mm×奥行 400mm×高さ 500mm）内に、上下端をヒンジ構造としたアクリル製の 2 枚の可動壁（外寸：厚さ 20mm，奥行 398mm，高さ 700mm）を設置し、その中に珪砂 7 号（密度  $2.66\text{g/cm}^3$ ，平均粒径  $0.17\text{mm}$ ，透水係数  $4.79 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ ）を用いて、水中落下法により相対密度約 40%，層厚 300mm，地下水位が地表面となる飽和砂地盤を作製した。可動壁の奥行長さは土槽の幅より 2mm 小さいため、その境界部には砂の流出を防ぐ隙間テープを貼り付けた。実施工では地盤に丸太を打設するが、各試験において打設による地盤密度のばらつきを除去するために、水を満たした土槽内の所定位置に、柱状体を下端を固定しない状態でアクリル製の板で配置した後に、水中落下法で地盤を作製した。その間隔は柱状体の直径の 4 倍となる 48mm，置換率は 4.9% である。

単純せん断試験は、反力壁に取り付けた油圧ジャッキで可動壁を紙面左水平方向に押して地盤をせん断変形させており、速度約  $0.8\text{mm/s}$  で地表面での水平変位が約 30mm に達した時点で試験を終了した。試験中は可動壁の荷重（L1）と水平変位（D1）、地中の間隙水圧（P1，P2）と土圧（E1，E2）を測定した。なお、せん断変形時の地盤と土槽内壁面との摩擦

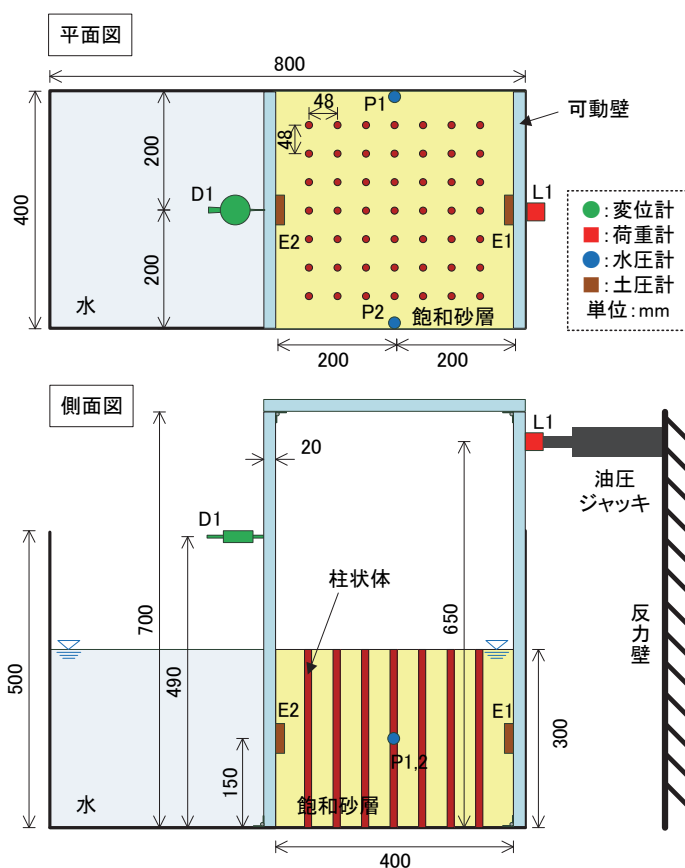


図-1 模型地盤の概要

キーワード 地震，液状化，地盤補強，木材，せん断抵抗，単純せん断試験

連絡先 〒916-8507 福井県鯖江市下司町 Tel&Fax: (0778) 62-8305 Email: masaho@fukui-nct.ac.jp

抵抗は、全ての試験で生じるものとしてその影響は無視する。柱状体として使用したスギの丸太（密度  $0.75\text{g/cm}^3$ ）とウレタン製の丸棒（密度  $1.13\text{g/cm}^3$ ）は直径  $12\text{mm}$  で長さ  $300\text{mm}$  の同寸法である。同材料を片持ち梁とした載荷試験で得られたヤング係数より概算したせん断弾性係数は、丸太が約  $1,913\text{MN/m}^2$ 、丸棒が約  $25\text{MN/m}^2$  となり、その比は  $76:1$  であった。この2種類の試験結果を柱状体を設置していない無対策地盤の結果と比較検討した。

### 3. 試験結果および考察

図-2 に土圧の時刻歴を示す。受動土圧に相当する E1 の値は、丸太と丸棒の差はないが、無対策と比べると明らかに大きな土圧が生じており、柱状体の存在により剛性が高まった複合地盤によって受動側の可動壁が大きな反力を受けたと考えられる。一方、E2 の値は全て負圧であり、その値が丸太、丸棒、無対策の順に大きくなっていることから、剛性が大きくなった複合地盤が主動側の可動壁の変形に追いつかず壁面境界に隙間が生じたことが考えられる。

図-3 にせん断ひずみとせん断応力の関係を示す。いずれもせん断変形開始直後の勾配が大きく、その後一定勾配となる比例関係を示している。結果が比較的安定しているせん断ひずみ  $0.09$  の時のせん断応力を求めると、丸太が約  $3,374\text{N/m}^2$ 、丸棒が約  $1,651\text{N/m}^2$ 、無対策が約  $896\text{N/m}^2$  となり、その比はおおよそ  $4:2:1$  となった。せん断ひずみ  $0.001$  の時の割線勾配よりせん断弾性係数を求めると、丸太が約  $243\text{kN/m}^2$ 、丸棒が約  $186\text{kN/m}^2$ 、無対策が約  $197\text{kN/m}^2$  であり、無対策と比較して丸棒はほぼ同等で、丸太は約  $1.2$  倍であった。また、せん断ひずみが  $0.04$  から  $0.06$  の範囲を抽出し、同範囲の一次回帰式よりせん断弾性係数を求めると、丸太が約  $34\text{kN/m}^2$ 、丸棒が約  $13\text{kN/m}^2$ 、無対策が約  $7\text{kN/m}^2$  となり、無対策と比較して丸太は約  $4.6$  倍、丸棒は約  $1.8$  倍となった。

### 4. おわりに

本試験によって、丸太や丸棒の柱状体を軟弱な飽和砂地盤に打設することでせん断抵抗が増加し、その影響は柱状体材料の剛性の影響を受けることを明らかにした。また、本試験条件においてせん断ひずみが比較的大きい場合、丸太の存在によって飽和砂地盤のせん断弾性係数が  $4$  倍程度増加することを示した。

**謝辞** 単純せん断試験は福井高専元学生の銅健吾氏、黒田勇気氏、田中こころ氏の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

**参考文献** 1) 吉田雅穂, 橋本拓弥, 村田拓海, 沼田淳紀: 飽和砂地盤内にある丸太の剛性が液状化抵抗に与える影響に関する模型振動実験, 土木学会第 76 回年次学術講演会講演概要集, V-271, 2p., 2021.

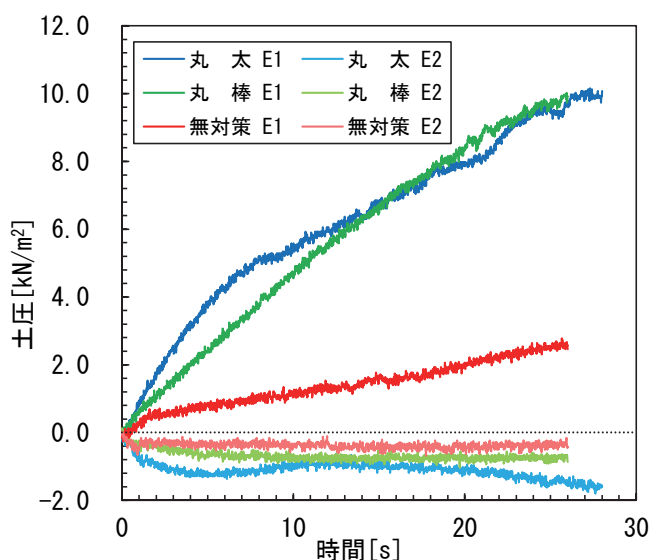


図-2 土圧の時刻歴

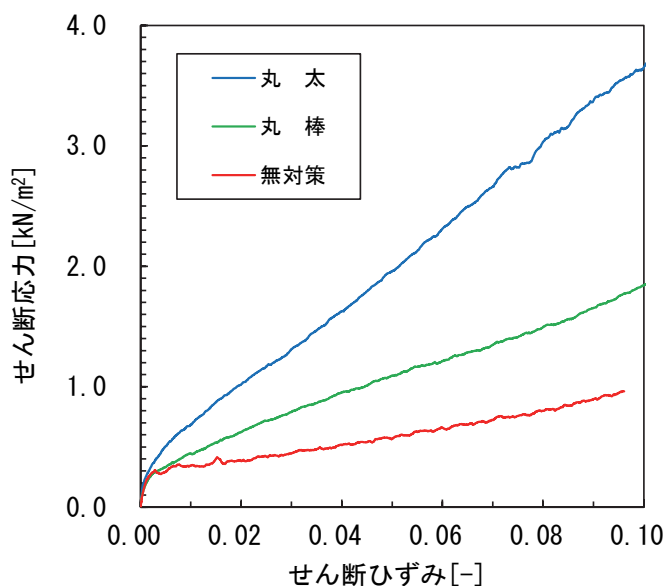


図-3 せん断応力とせん断ひずみの関係