

第Ⅲ部門

丸太剛性が飽和砂地盤のせん断抵抗に与える影響に関する模型実験

福井工業高等専門学校専攻科	学生員	○下村	成輝
福井工業高等専門学校	正会員	吉田	雅穂
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

2011年東北地方太平洋沖地震以降、戸建て住宅などの小規模構造物を対象とした液状化対策工法の開発が行われ、その一つとして丸太を用いた工法が実用化されている。本工法は、丸太を地下水位以深の緩い砂地盤に打設することで、丸太の体積分の地盤密度の増大を図る締固め工法であるが、液状化抵抗の増加には、密度増大だけではなく、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も含まれていると考えられる。したがって、合理的な設計を行うためには、土と丸太で構成される複合地盤のせん断剛性について適切に評価する必要がある。そこで本研究では、飽和砂地盤に直径と長さは同一で剛性のみ異なる柱状体（丸太、ウレタン丸棒）を設置し、両者のせん断剛性を比較するための単純せん断実験を行い、柱状体の設置されていない無対策地盤の結果と比較することで、丸太の剛性が飽和砂地盤の液状化抵抗に与える影響について検討した。

2. 実験概要

図-1に模型地盤の概要を示す。アクリル製の土槽内に設置したアクリル製のせん断枠は各節点がヒンジ構造となっており、両端の可動壁には土槽との境界から砂の流出を防ぐために隙間テープを貼り付けた。この中に珪砂7号（密度 2.66g/cm^3 、平均粒径 0.17mm 、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。柱状体を用いる場合は密度増大の影響をなくするため、あらかじめ土槽内の所定位置にアクリル製の板で柱状体を固定した状態で水中落下法による地盤作製を行った。柱状体は、直径12mm、長さ300mmのスギの丸太模型と、同寸法で剛性の小さいウレタン丸棒の2種類とした。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算出したせん断弾性係数は、丸太が約 $1.913 \times 10^6\text{N/m}^2$ 、ウレタン丸棒が約 $25 \times 10^6\text{N/m}^2$ であり、その比は76:1であった。実験方法は、模型地盤を作成後、反力壁に取り付けた油圧ジャッキを用いて、地表面における水平変位が約30mmに到達するまで水平方向に載荷して、速度約 0.8mm/s で地盤をせん断変形させた。実験中は載荷重（L1）、水平変位（D1）、地中の間隙水圧（P1、P2）および土圧（E1、E2）の測定を行った。

なお、せん断変形時の地盤と土槽内壁面との摩擦抵抗を定量化するために、ポリエチレン製の摩擦除去シートを用いた無対策地盤の単純せん断実験を行った。シートは1枚を土槽内壁面に貼り付け、もう1枚は固定せずに土槽と地盤の間に挟み込んで摩擦の低減を図った。

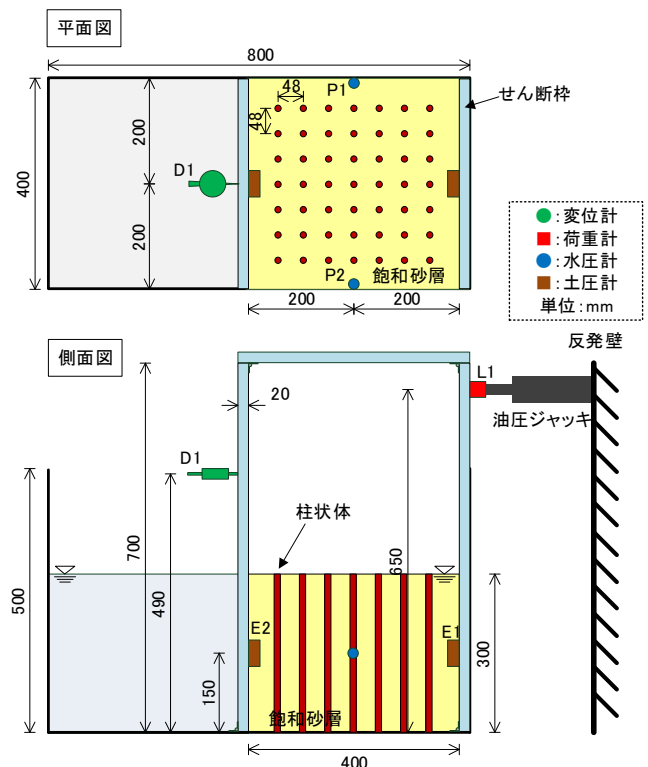


図-1 模型地盤の概要

Naruki SHIMOMURA, Masaho YOSHIDA, Atsunori NUMATA and Takumi MURATA

a26209ns@fukui-nct.ac.jp

3. 実験結果および考察

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、丸太とウレタン丸棒の差はないが、無対策と比べて明らかに大きな土圧が生じている。これは、受動側のせん断砕壁面が剛性の高まった複合地盤から大きな反力を受けたためと考えられる。一方、E2 の値は全て負圧になっている。その値が丸太、ウレタン丸棒、無対策の順に大きくなっていることから、剛性の大きくなった複合地盤が主動側のせん断砕の変形に追いつかないことで土と壁面に隙間が生じたためと考えられる。

図-3 の実線は、水平変位と载荷重より求めたせん断ひずみとせん断応力の関係である。いずれもせん断変形開始直後の勾配は大きいですが、その後一定値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、無対策が約 896N/m^2 、丸太が約 $3,374\text{N/m}^2$ 、ウレタン丸棒が約 $1,651\text{N/m}^2$ となり、その比は約 1 : 4 : 2 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、無対策が約 $2.0 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 、丸太が約 $2.4 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 、ウレタン丸棒が約 $1.9 \times 10^5 \text{N/m}^2$ となった。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、無対策が約 $0.7 \times 10^4 \text{N/m}^2$ 、丸太が約 $3.4 \times 10^4 \text{N/m}^2$ 、ウレタン丸棒が約 $1.3 \times 10^4 \text{N/m}^2$ となった。

ここで、図-3 に示す無対策の点線が壁面除去シートを用いた結果である。本実験ではこの結果と無対策との差分が摩擦の影響と考えて、丸太とアクリル丸棒の実線から差し引いた結果をそれぞれ点線で示した。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、無対策が約 $1.5 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 、丸太が約 $2.0 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 、ウレタン丸棒が約 $1.5 \times 10^5 \text{N/m}^2$ となり、無対策と比較してウレタン丸棒はほぼ同等で、丸太は約 1.3 倍となった。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、無対策が約 $0.5 \times 10^4 \text{N/m}^2$ 、丸太が約 $3.3 \times 10^4 \text{N/m}^2$ 、ウレタン丸棒が約 $1.1 \times 10^4 \text{N/m}^2$ となり、無対策と比較して、丸太は約 6.2 倍、ウレタン丸棒は約 2.1 倍となった。

4. おわりに

本研究によって、丸太やウレタン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上昇し、複合地盤のせん断弾性係数の増加に与える影響は材料の剛性の大きい丸太の方が大きく、その傾向はせん断ひずみの大きさの影響を受けることを明らかにした。このメカニズムとして、せん断ひずみが大きくなると土粒子骨格が乱れて土自体のせん断抵抗が低下し、柱状体の剛性がせん断抵抗に与える影響が大きくなるためと推測する。

今後は、各実験の再現性を確認するとともに、地盤の相対密度や柱状体による改良率が複合地盤のせん断抵抗に与える影響、そして、地震時の液状化抵抗に与える影響を明らかにする予定である。

謝辞 実験では福井工業高等専門学校専攻科の銅健吾氏と田中こころ氏、元学生の黒田勇気氏の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

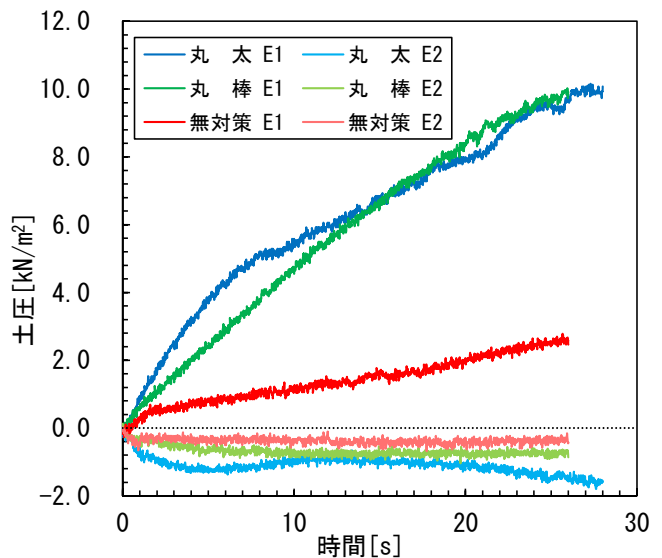


図-2 土圧の時刻歴

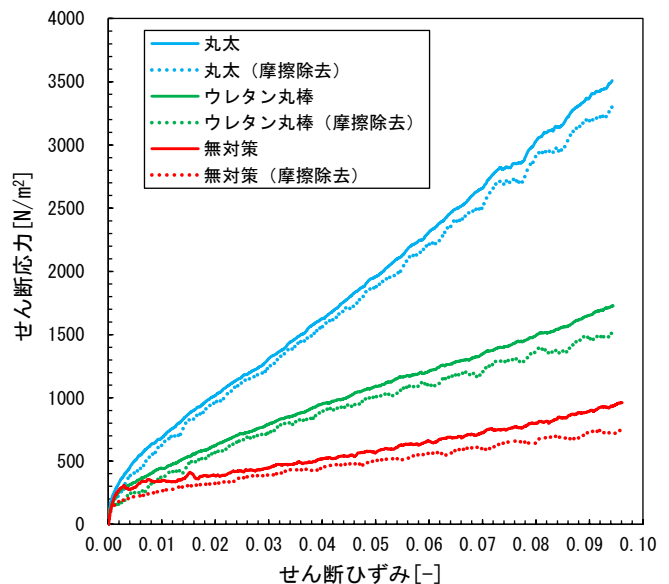


図-3 せん断応力とせん断ひずみの関係