

丸太を用いた液状化時の構造物の沈下対策に関する模型振動実験

福井工業高等専門学校	正会員○吉田雅徳
福井工業高等専門学校	鎮守佑介, 吉田友美
金沢大学	正会員 宮島昌克
飛島建設技術研究所	正会員 沼田淳紀
飛島建設技術研究所	正会員 本山 寛

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では東京湾沿岸部において甚大な液状化被害が発生した。写真-1は千葉県千葉市美浜区磯辺地区において、木造2階建て住宅が液状化により不同沈下した様子であり、同区内では住宅やブロック塀の液状化による被害が多数確認された。戸建て住宅のような小規模建築物の液状化対策工法としては、杭状地盤補強や杭基礎、矢板壁、べた基礎、浅層混合処理などが提案されているが¹⁾、経済的な問題によって対策が行われていない場合が多いのが現状である。

著者らは、建設工事における木材利用促進を目的として、丸太を地盤改良用資材として利用することを提案し、その一手段として液状化対策工法への適用を検討している。木材の利用は地球温暖化防止対策や森林事業再生に貢献する付加価値を有しており、今後の促進が期待されている。これまでの模型振動実験により、木材の腐朽の心配のない地下水位以深の軟弱な砂質土地盤にスギ丸太を打設することにより、液状化時の構造物の沈下抑制効果を明らかにしている²⁾。

ところで、丸太打設地盤は液状化しやすい緩い地盤に対して剛性の高い木材が介在しているため、地盤全体としては高い剛性を有しており、さらに、丸太は鋼管杭やセメント系柱状固化体と比べて密度が小さいという特徴を有している。本研究では、この複合地盤としての効果を検討することを目的として模型振動実験を行った。

2. 実験概要

図-1に対策地盤の場合の実験装置の概要を示す。振動台上にアクリル製の土槽(幅800mm×奥行400mm×高さ500mm)を設置し、その中に模型地盤を作製して振動実験を実施した。模型地盤は珪砂7号(密度 2.66g/cm^3 、平均粒径 0.85mm)を用いて水中落下法で作製した相対密度約30%の緩詰め飽和砂層であり、層厚は300mmで地下水位は地表面とした。土槽の加振方向の壁面内側にはスポンジ製の緩衝材を設置してある。丸太模型は福井県産のスギ間伐材より作製したものであり、直径12mmで長さ200mmの円柱状である。丸太の打設方法は、飽和砂地盤作製後に周辺地盤をできるだけ乱さないように静的に貫入するものとし、改良地盤の中央から外側に向かって時計回りに打設した。打設間隔は30mm、打設本数は104本である。また、丸太は長期間水中保管したものを使用し、その密度は約 1.1g/cm^3 であった。地表面に設置した構造物模型は底面が $150\text{mm}\times 360\text{mm}$ の長方形で、高さ112mmの防水処理を施した木箱で、重さは14.4kg、設地圧は 2.6kN/m^2 である。なお、構造物模型は丸太頂部に静置してあるだけで連結されていない。地盤変位を計測するために地盤内に設置したマーカーは、直径3mmで長さ120mmのアルミニウムの丸棒に直径20mmの吸盤を取り付けたものを用いており、地盤の変位に追従できるように、吸盤と土槽壁面の間にはシリコン潤滑剤を塗布した。入力波は振動数5Hzの正弦波で加



写真-1 液状化による戸建て住宅の不同沈下

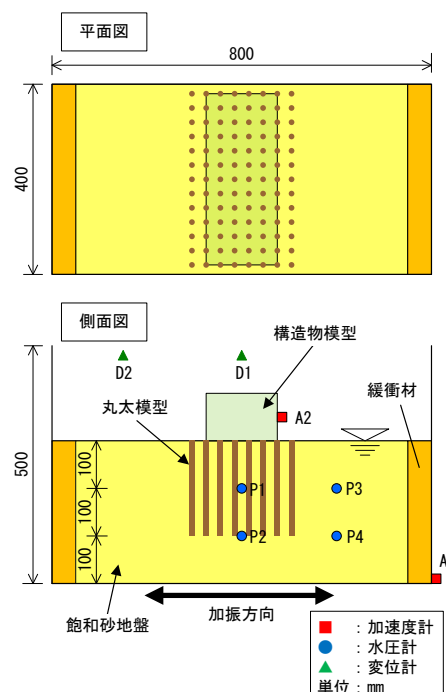


図-1 実験装置(対策地盤)

地盤変位を計測するために地盤内に設置したマーカーは、直径3mmで長さ120mmのアルミニウムの丸棒に直径20mmの吸盤を取り付けたものを用いており、地盤の変位に追従できるように、吸盤と土槽壁面の間にはシリコン潤滑剤を塗布した。入力波は振動数5Hzの正弦波で加

キーワード：地震、液状化、丸太、不同沈下、戸建て住宅

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

振時間を4秒間とし、100gal、120gal、180galと最大加速度を順に変えた実験を行い、同一地盤に対して計3回の加振を与えた。なお、実験中は入力加速度(A1)と構造物模型の応答加速度(A2)、地盤内の過剰間隙水圧(P1～P4)、構造物模型と地盤の鉛直方向変位量(D1～D2)を計測した。なお、丸太を打設していない無対策地盤による実験も行い両者を比較検討した。

3. 実験結果および考察

図-2は120gal加振時の構造物模型直下100mmの深さ(P1)で計測した過剰間隙水圧比の時刻歴波形を示したものである。無対策地盤では加振中(時間軸の1秒～5秒)に完全液状化状態となり、加振終了後も水圧の高い状態が継続している。一方、対策地盤では水圧比は0.8程度で頭打ちとなり、無対策地盤よりも早く水圧の消散が開始している。これは、丸太周辺地盤で発生した水圧が丸太周面に沿って地表面方向に消散したためである³⁾。

表-1は構造物模型の加速度(A2)を入力加速度(A1)に対する応答倍率で示したものである。同図より、液状化により軟化した無対策地盤では約1.3の倍率であるのに対し、対策地盤では1.7～2.2の倍率となっており、丸太打設によって地盤剛性が高まり無対策地盤より加速度応答が大きくなっていることがわかる。

図-3は変位マーカーを加振前後に地盤側面から撮影し、画像解析により求めた地盤変位ベクトルを示したものである。無対策地盤において大きな変位を示したのは、地表面から150mmの深さで、構造物模型の底板の幅の範囲内のマーカーのみであり、構造物模型の下に放物線状に分布していることがわかる。これに対して、対策地盤における変位は全ての地点において極めて小さかった。

図-4は構造物模型の加振ごとの累積沈下量を示したものである。同図より、対策地盤では各加振レベルにおいてほとんど沈下は発生しておらず、最終沈下量は無対策地盤の8分の1程度にまで軽減されていた。

既往の実験結果⁴⁾では、丸太打設地盤の支持力は丸太の周面摩擦力による影響が大きいことが明らかとなっているが、以上の結果より、丸太と砂の複合地盤には、過剰間隙水圧の早期消散効果と、せん断剛性の向上による液状化抵抗力の増加という効果が期待できることを明らかにした。

4. おわりに

模型振動実験により、液状化時の構造物の沈下対策として丸太打設の有効性を示すことができた。また、今後の合理的な設計を確立するため、複合地盤としての効果を考慮する必要性を示唆した。なお、本研究は科学研究費補助金(課題番号:22560504)の補助を受けて実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1) 日本建築学会:小規模建築物基礎設計指針,丸善,pp.91-92,2008. 2) 吉田,宮島,沼田,木内,渡邊,内藤:スギ丸太を利用した液状化対策工法に関する模型振動実験,第44回地盤工学研究発表会平成21年度発表講演集,pp.1425-1426,2009. 3) 吉田,平野,宮島,沼田,上杉:丸太打設による液状化対策に関する基礎的模型振動実験,第43回地盤工学研究発表会平成20年度発表講演集,pp.1605-1606,2008. 4) 吉田,石崎,木野,代田,宮島,濱田,沼田:スギの間伐丸太打設による液状化地盤の支持力増大効果に関する模型振動実験,第45回地盤工学研究発表会平成22年度発表講演集,pp.1459-1460,2010.

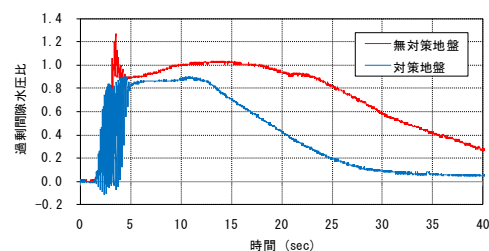
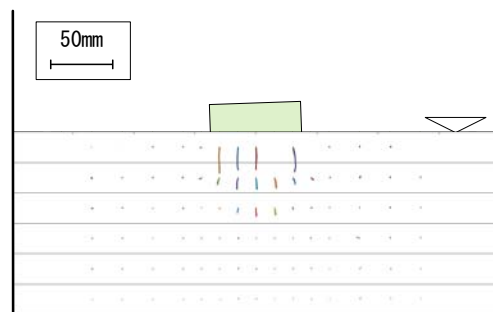


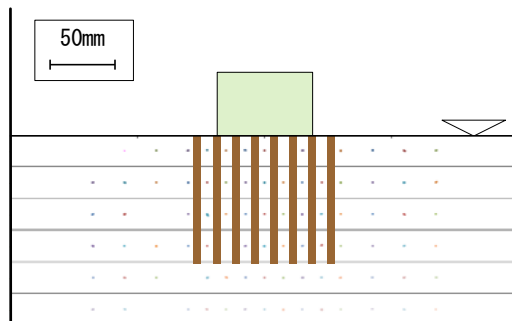
図-2 過剰間隙水圧比の時刻歴波形
(120gal加振時)

表-1 構造物模型の加速度応答倍率

入力加速度	100gal	120gal	180gal
無対策地盤	1.3	1.3	1.3
対策地盤	1.7	1.9	2.2



a) 無対策地盤



b) 対策地盤

図-3 地盤側面の変位(180gal加振後)

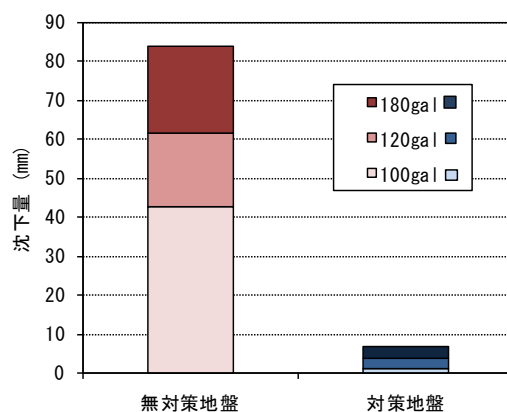


図-4 構造物模型の沈下量