

丸太を用いた戸建て住宅の液状化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 雅穂
 福井工業高等専門学校 村田 拓海
 坂川建設 井上 広平
 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

1. はじめに

2011 年東日本大震災では東京湾沿岸部や利根川流域において甚大な液状化被害が発生した。特に、戸建て住宅の沈下や傾斜の被害は甚大であり、長時間の地震動や相次ぎ発生した余震が被害を増大させたことが明らかとなっている。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⁾、既設構造物に対する対策は非常に困難であり、新設であっても経済的な理由で対策が行われない場合が多い。

著者らは、建設工事における木材利用促進を目的として、丸太を液状化対策工法に利用することを提案しており、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模型振動実験により明らかにしている²⁾。さらに、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いるため、今後の利用増大が期待されている。

本研究は、東日本大震災を受けて、長時間地震動に対する対策効果と既設構造物に対する対策方法の 2 点に着目し、丸太を用いた戸建て住宅の液状化対策の有効性について、模型振動実験による検討を行った。

2. 長時間地震動に対する対策効果

図-1 に模型地盤の概要を示す。振動台上にアクリル製の土槽（幅 800mm×奥行き 400mm×高さ 500mm）を設置し、その中に対策地盤と無体策地盤を作製した。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 40%の緩詰めの飽和砂層を、予備加振（正弦波、5Hz、100gal、30 秒）して相対密度約 60%に調整し、層厚を 300mm、地下水位を地表面とした。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、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、対策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 36 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 150mm 四方で、高さ 112mm の防水処理を施した木箱で、重さは 3.45kg、設地圧は 1.5kN/m^2 （べた基礎の 2 階建て木造住宅の接地圧 15kN/m^2 の 10 分の 1 を想定）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。入力波は振動数 5Hz の正弦波で最大加速度 120gal であり、加振時間は 10 秒、30 秒、60 秒の 3 ケースとした。なお、実験中は入力加速度（A1）、構造物模型の応答加速度（A2、A3）、地盤の応答加速度（A4）、地盤内の過剰間隙水圧（P1～P4）、構造物模型の鉛直方向変位量（D1、D2）を計測した。

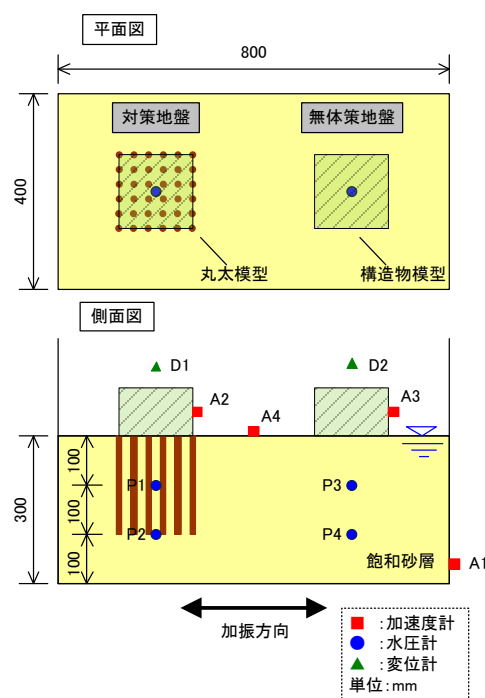


図-1 模型地盤の概要

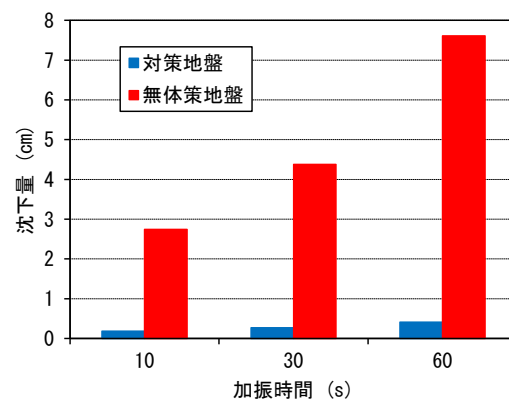


図-2 加振時間別の構造物模型の沈下量

キーワード： 地震、液状化、丸太、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

図-2 は各加振時間における構造物模型の最終沈下量を示したものである。無体策地盤では加振時間の増加とともに沈下量が増大しているが、対策地盤ではほとんど沈下は発生せず、60 秒加振では約 19 分の 1 にまで沈下が抑制されている。既往の実験では、丸太打設地盤の支持力は、丸太の周面摩擦力に加えて、丸太打設による周辺地盤の密度増大効果、丸太周面からの過剰間隙水圧の消散効果、丸太と砂の複合地盤としてのせん断剛性の向上効果が影響を与えていることを明らかにしている³⁾。以上の結果は、これらの効果は長時間地震動を受けた場合でも期待できることを示唆するものである。

3. 既設構造物に対する対策方法

図-3 に模型地盤の概要を示す。丸太模型は直径 12mm で長さ 300mm の円柱状であり、本研究では周囲打設、頭部固定、斜め打設の 3 つの打設方法を提案した。図-3 は周囲打設の場合であり、構造物の周囲に 30mm 間隔で 2 列、計 64 本打設するケースである。頭部固定の打設方法は周囲打設と同じであるが、地表面から突出している丸太頭部に丸太の数だけ穴の空いたアクリル板を設置して、頭部の水平移動を拘束したケースである。図-4 は斜め打設の場合であり、同図の左右端にある丸太 24 本のみを 15 度だけ傾斜させて打設したケースである。いずれのケースも丸太は土槽底部とは固定されておらず、数 cm だけ離れた状態となっている。なお、比較対象として丸太を打設しない無体策地盤のケースも行った。以下、前章の実験と異なる点のみ示す。模型地盤は珪砂 7 号を用いて水中落下法で作製した相対密度約 40% の緩詰め飽和砂層を用いた。入力波は振動数 5Hz の正弦波で最大加速度 120gal であり、加振時間は 20 秒とした。なお、実験中は入力加速度 (A1)、構造物模型と地盤の応答加速度 (A2, A3)、地盤内の過剰間隙水圧 (P1~P4)、構造物模型の鉛直方向変位量 (D1) を計測した。

図-5 は上記 4 ケースにおける構造物模型の沈下量の時刻歴波形を示したものである。全てのケースにおいて沈下の大部分は加振中に発生し、対策地盤では加振終了と同時に沈下が終了している。対策地盤の場合、斜め打設、頭部固定、周囲打設の順に効果が大きく、最も効果の大きかった斜め打設では、無体策の約 3 分の 1 まで沈下を軽減していた。周囲打設の場合、構造物が沈下すると構造物下部地盤は圧縮されて丸太と共に側方に変形するが、頭部固定の場合では、丸太の側方移動が拘束されているため沈下が軽減されたと考えられる。また、斜め打設の場合は、構造物下部の地盤変形領域が狭くなっているため、さらに、沈下が軽減されたと考えられる。以上より、丸太を構造物周囲に打設することにより、沈下が抑制されることが明らかとなった。

4. おわりに

本研究では、丸太を用いた戸建て住宅の液状化対策に関する模型振動実験を実施し、長時間地震動に対する有効性を明らかにし、既設構造物に有効な打設方法を提案することができた。なお、模型実験では福井高専元学生の辻岡 晃氏、宮脇紀亘氏の協力を得た。また、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, 鎮守, 吉田, 宮島, 沼田, 本山: 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, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, CS13, pp.23-24, 2011.

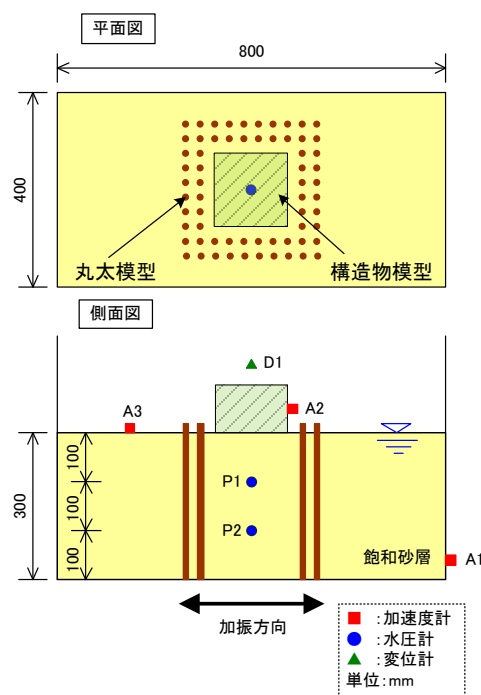


図-3 模型地盤（周囲打設）

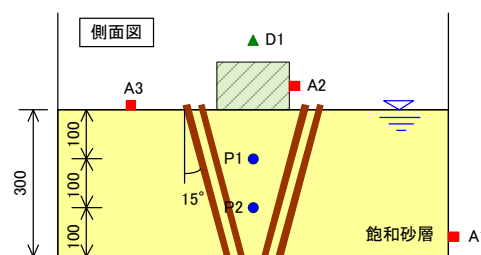


図-4 模型地盤（斜め打設）

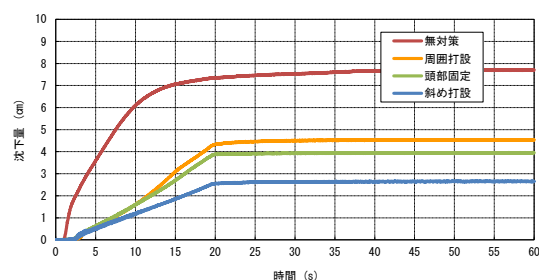


図-5 構造物模型の沈下量の時刻歴波形