

既設戸建住宅の液状化対策における丸太の打設方法に関する実験的検討

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

五十島 康平

飛島建設技術研究所

村田 拓海

飛島建設技術研究所

フェロー会員

三輪 滋

1. はじめに

2011 年東日本大震災では計 2 万 7 千棟の戸建住宅に液状化被害が発生した。戸建住宅の場合、新設と既設の 2 通りの液状化対策があるが、特に既設の場合には構造物直下の対策が困難であるため十分な効果が得られないことが課題として上げられる。著者らは、間伐した丸太を液状化対策に利用することを提案し、木材利用によって地球温暖化緩和や森林事業活性化に貢献する付加価値を見出している。また、木材を建設材料として使用する場合、腐朽や虫害による材質劣化が懸念されるが、液状化が問題となる地盤は地下水位以深が対象となるためその心配がなく、今後の利用促進が期待されている。これまでの実験的研究により、構造物の基礎直下に丸太を打設することで液状化による沈下を抑制できることを明らかにしている¹⁾。また、既設構造物に対しては、構造物周辺地盤に丸太を打設することで沈下抑制効果が得られ²⁾、それは、格子状改良工法と同等の効果である³⁾ことを確認している。この液状化対策技術は、丸太を地盤に圧入することで地盤を密実化し、剛な壁体を構造物直下地盤の周囲に構築することで、直下地盤のせん断変形や側方流動を抑制して沈下を防止することを原理としている。しかし、戸建住宅の場合、狭い隣地境界や道路との境界において丸太を打設する必要があるが、施工上の制約が非常に大きく、より効果的かつ経済的な工法の技術開発が求められている。そこで、本研究では丸太打設の範囲や配置が構造物の沈下に与える影響を明らかに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

本研究では 3 ケースの実験を行った。図-1 に用語の定義を示す。ケース 1 は打設範囲に関する検討であり、30mm 間隔の正方形配置とし、構造物周囲に打設する列数を 1 列 (28 本)、2 列 (64 本)、3 列 (108 本) と 3 通りに変化させた。ケース 2 は打設配置に関する検討であり、2 列で置換率 12.6%を満足するように、列幅 30mm, 20mm, 18mm に対し間隔を 30mm, 45mm, 50mm と 3 通りに変化させ、かつ、形状を正方形から平行四辺形に変化させた。また、ケース 3 は丸太を打設しない無対策である。

図-2 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 800 mm×奥行き 400 mm×高さ 500 mm) を設置し、その中に模型地盤を作製した。模型地盤は珪砂 7 号 (密度 2.66 g/cm³, 平均粒径 0.17 mm) を用いて水中落下法で作製した相対密度約 50 %の緩詰め飽和砂層を、振動数 5 Hz, 最大加速度 100 gal, 加振時間 30 秒の正弦波で予備加振を行い、相対密度約 65 %に調整した。地下水位は地

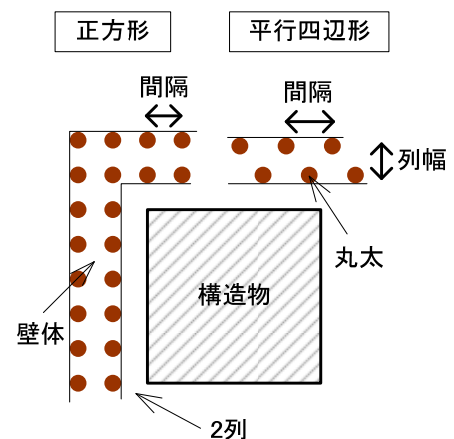


図-1 用語の定義

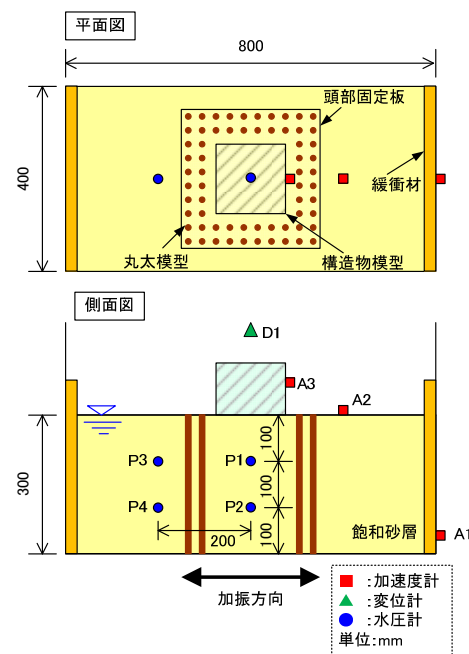


図-2 模型地盤の概要

キーワード： 地震, 液状化, 対策, 戸建住宅, 木材, 振動台実験

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

表面と一致している。丸太模型は直径 12 mm, 長さ 300 mm の円柱状であり, 予備加振後に地盤の所定の位置に静的に貫入した。なお, 丸太の頭部は直径の大きさに穴を開けた塩化ビニル製の板に固定しているが, 底部は土槽底面には固定していない。また, 丸太は福井県産のスギ間伐材より作製したものであり, 長期間水中保管した結果, 密度は約 1.1 g/cm^3 であった。地表面に設置した構造物模型は底面が 150 mm 四方で, 高さ 112 mm の防水処理を施した木箱で, 重さは 3.45 kg, 接地圧は 1.5 kN/m^2 (べた基礎の 2 階建て木造住宅の接地圧 15 kN/m^2 の 10 分の 1 縮尺を想定) である。入力波は振動数 5 Hz の正弦波で最大加速度 120 gal 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), 地盤の応答加速度 (A2), 構造物模型の応答加速度 (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。

3. 実験結果および考察

図-3 に丸太の列数を変化させたケース 1 の過剰間隙水圧比 (P1, G.L.-100mm) の時刻歴波形を示す。無対策の場合, 完全に液状化状態となり加振が終了する 20 秒以降も水圧の高い状態が継続している。一方, 丸太を打設した対策地盤では水圧が抑制されており, 特に 2 列と 3 列の場合には全く発生していない。図-4 は同様にケース 1 における丸太の列数と構造物の沈下量の関係を示したものである。過剰間隙水圧の発生傾向に対応するように, 丸太を 2 列以上することで構造物の沈下抑制効果が得られた。図-5 にケース 1~3 における壁体面積と構造物の沈下量の関係を示す。ここで, 壁体面積とは図-1 に示す丸太を外接する直線で囲まれた部分の面積であり, 丸太と密実化された地盤とで構成される複合体の面積である。同図より壁体面積の増加に伴い沈下量が軽減される傾向が確認できる。また, 平行四辺形のケースで大きな沈下量の発生している結果が存在している。これは, 平行四辺形の場合, 2 列で置換率が同一であっても, 間隔が大きくなり列幅が小さくなると丸太の本数が減るため経済性は向上するが, 壁体の厚みが減るため剛性が低下し, せん断変形の抑制や側方流動への抵抗力が減少した影響と考えられる。したがって, 適切な剛性を担保する丸太打設の範囲や配置を決定する手法を今後検討する必要があると言える。

4. まとめ

- (1) 既設戸建住宅の液状化に伴う沈下抑制対策として, 構造物周囲に丸太を打設する方法の有効性を示した。
- (2) 沈下抑制効果を向上させるためには丸太と周辺地盤で構成する壁体の剛性を大きくすることが必要である。

謝辞 模型実験では福井高専元学生の大塚美槻氏, 玉村航也氏, 奈良本伽莉氏の協力を得た。また, 本研究は科学研究費補助金 (課題番号: 25282115) 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。

参考文献 1) 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. 2) 吉田, 村田, 井上, 宮島, 沼田: 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, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, CS12-011, pp.21-22, 2012. 3) 吉田, 芹川, 村田, 宮島, 沼田: 既設戸建住宅を対象とした丸太を用いた液状化対策工法の開発に関する研究, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, pp.79-80, 2013.

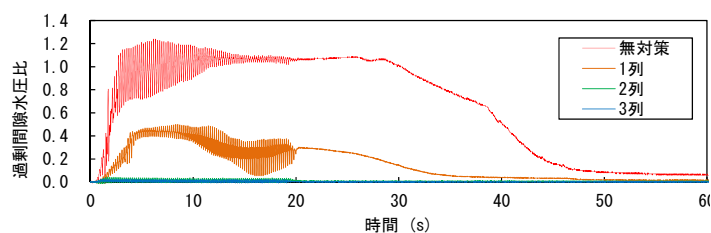


図-3 過剰間隙水圧比の時刻歴波形

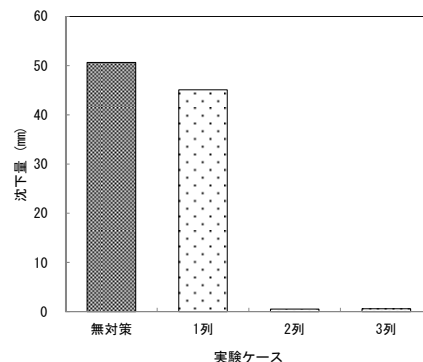


図-4 列数と沈下量の関係

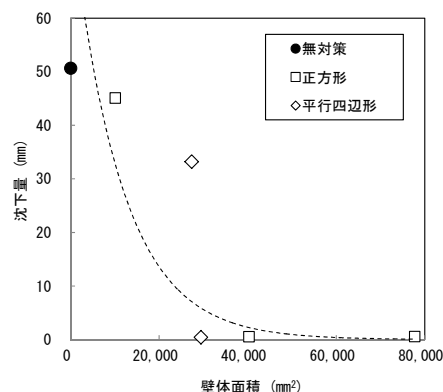


図-5 壁体面積と沈下量の関係