

既設戸建住宅の基礎に丸太を連結する液状化対策に関する振動台実験

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 塚本 湧正
 飛島建設 フェロー会員 三輪 滋

1. はじめに

丸太を用いた液状化対策工法は、丸太を地下水位の浅い緩い砂地盤に地盤改良材として打設することで、地盤の密度増大を図る工法である。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、地球温暖化緩和や森林事業活性化への貢献という付加価値を有する工法として位置づけられている。

既往の研究により、新設の戸建住宅の基礎直下に丸太を打設する液状化対策工法は実用化段階に至っているが、既設の戸建住宅への対策は未解明の点が多い。著者等は、丸太圧入で密実化された地盤と丸太で構成される剛な複合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移動を抑制して構造物の沈下を軽減する工法を提案しており、格子状改良工法と同等の効果であることを確認している¹⁾。また、その沈下軽減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ことを指摘している²⁾。さらに、住宅基礎の周囲に設置されるコンクリート製の犬走り部分に丸太を打設して、丸太頭部を犬走りを利用してベタ基礎等の基礎構造と連結し一体化させる方法を提案しており、構造物の沈下を軽減するためには丸太を液状化層の下層まで打設して地盤の側方移動を抑制することが重要であることを示している³⁾。

そこで本研究では、住宅と丸太を連結する犬走り部分の面積が構造物の沈下軽減に与える影響を明らかにするため、模型振動実験を行った。

2. 実験概要

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400mm×高さ500mm)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/cm^3 、平均粒径 0.17 mm 、透水係数 $4.79\times 10^{-3}\text{ cm/s}$)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5Hz、最大加速度100gal、加振時間30秒の正弦波で予備加振を行い、相対密度約60%に調整した。地下水位は地表面と一致している。丸太模型は福井県産のスギ間伐材より作製した直径6mmの円柱状であり、長さは280mmである。その密度は長期間水中保管した結果、約 1.2 g/cm^3 であった。戸建住宅を模擬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1.15kg、接地圧は 0.5 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30分の1縮尺を想定)である。予備加振後に構造物を地表面に静置し、丸太を所定の条件で構造物の周囲に静的に貫入した。その後、構造物壁面から最も遠い丸太の外側に2mm離れた位置まで型枠を設置し、地表面から20mmだけ突出させた丸太頭部を包み込むように層厚10mmの碎石5号(密度 2.56 g/cm^3 、平均粒径 3.55 mm 、透水係数 10.9 cm/s)

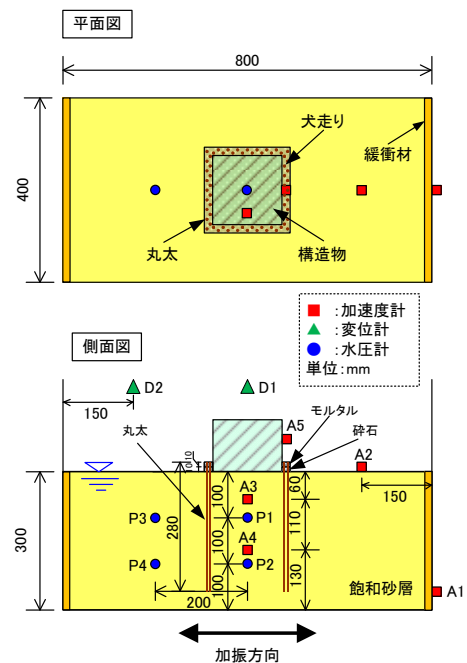
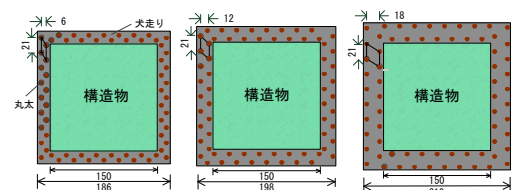


図1 模型地盤の概要



a) 列幅6mm b) 列幅12mm c) 列幅18mm

図2 丸太の打設条件

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

を敷設し、その上に層厚 10mm の速硬型モルタルを流し込み構造物と連結した。

丸太の打設条件を図 2 に示す。構造物の壁面に平行な方向の打設間隔は 21mm 一定とし、壁面直行方向に 2 列で丸太を打設し、その列幅を 6mm, 12mm, 18mm の 3 ケースとした。また、同地盤に丸太を打設しないケースを無対策地盤とし計 4 ケースの実験を行った。なお、各ケースの改良率は順に 22.4%, 11.2%, 7.5% (3 : 1.5 : 1) である。また、図 2 の丸太を外接する直線で囲まれた部分、すなわち、丸太と密実化された地盤とで構成される複合体の面積は、順に $9,408\text{mm}^2$, $13,920\text{mm}^2$, $18,720\text{mm}^2$

(1 : 1.5 : 2) である。入力波は振動数 5 Hz の正弦波で加振時間は 20 秒とし、目標最大加速度を 120gal, 160gal, 200gal と変化させ、同一地盤に計 3 回の加振を行った。

なお、実験中は入力加速度 (A1)、自由地盤の応答加速度 (A2)、構造物直下地盤の過剰間隙水圧 (P1, P2) と応答加速度 (A3, A4)、自由地盤の過剰間隙水圧 (P3, P4)、構造物の応答加速度 (A5)、構造物の鉛直方向変位量 (D1)、自由地盤の鉛直方向変位量 (D2) を計測した。

3. 実験結果および考察

図 3 に 3 回加振後の各ケースにおける構造物の累積沈下量を示す。同図より丸太打設地盤は無対策地盤に対して沈下が軽減されており、列幅が大きい方がその効果は顕著である。列幅が大きくなると改良率が小さくなり丸太で囲まれた部分の締固め度は低下するが、丸太と砂の複合壁体の体積が増加するため、構造物直下地盤のせん断変形抑制効果が高まるとともに、構造物直下地盤が周辺地盤の液状化により側方移動する影響が抑制されたためと考えられる。また、犬走りは構造物と連結されているため、壁体面積の大きい方が構造物の接地圧が小さくなる効果も影響を与えていると考えられる。

図 4 に各ケースの入力加速度と構造物直下地盤のせん断弾性係数の関係を示す。同図は加振開始後 3 秒間の過剰間隙水圧上昇過程における構造物直下 G.L.- 60 ~ -170mm の地盤応答加速度より算出した応力ひずみ曲線より、最も大きなせん断応力を示した時のひずみの比より求めた見かけ上の数値である。同図より、せん断弾性係数は入力加速度の増加に伴い低下するが、丸太を打設したケースでは列幅を大きくすることでせん断弾性係数が増加しており、これは図 3 の結果と調和的である。したがって、構造物周辺の軟弱な砂地盤に剛な丸太を打設することによって丸太と砂の複合体が剛性の高い壁となり、壁体で囲まれた構造物直下地盤では繰返しせん断に伴うせん断剛性の低下が抑制され液状化抵抗が増加することが明らかとなった。

4. まとめ

- (1) 構造物周囲に丸太を打設することで、構造物直下地盤のせん断剛性が高まり液状化抵抗が増加する。
- (2) 丸太と砂で構成される剛性の高い壁体をより広く設置することで、構造物の沈下抑制効果が向上する。

謝辞 模型振動実験では福井高専学生の五十島康平氏、橋本涼氏、宇佐美怜志氏、川端祐輝氏、橋本芹菜氏の協力を得た。また、本研究は科学研究費補助金（課題番号：25282115, 26420489）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) 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. 2) 吉田、五十島、村田、三輪：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、土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集, pp.789-790, 2014. 3) 吉田、坂下、三輪：既設戸建住宅の基礎に丸太を連結する液状化対策に関する模型振動実験、第 50 回地盤工学研究発表会平成 27 年度発表講演集, pp.1813-1814, 2015.

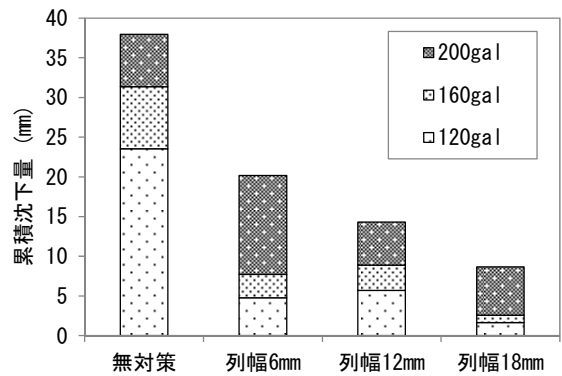


図 3 構造物の累積沈下量

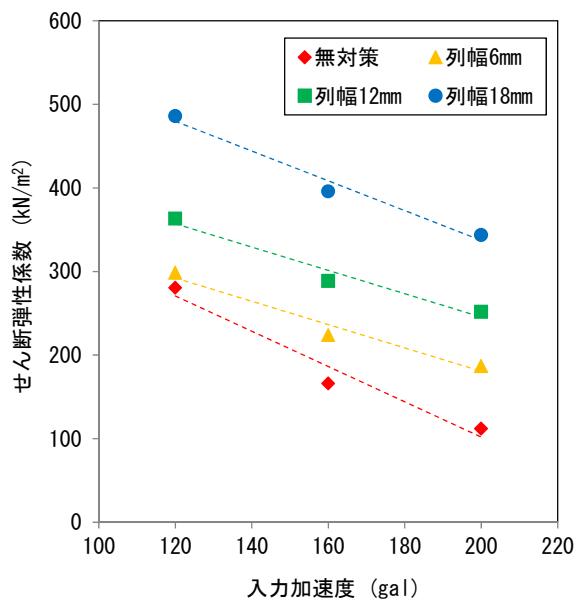


図 4 構造物直下地盤のせん断弾性係数