

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月9日現在

機関番号：53401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560504

研究課題名（和文）

温暖化対策と林業活性化に貢献する間伐材を用いた地盤補強技術の開発

研究課題名（英文）

Development of Ground Reinforcement Technique by using Thinned Wood for Contribution to Mitigation of Global Warming and Revitalization of Forestry Activities

研究代表者

吉田 雅穂（YOSHIDA MASAHO）

福井工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号：90210723

研究成果の概要（和文）：

本研究では、木材の腐朽の心配のない地下水位以深の軟弱地盤を対象として、間伐材を用いた地盤補強技術の開発を行った。軟弱粘性土地盤に施工する道路盛土の補強技術に関しては、現場施工実験と室内模型実験により、丸太打設後に地盤支持力が増加することを明らかにした。また、戸建住宅の直下に丸太を打設する液状化対策技術に関しては、模型振動実験により、住宅の沈下抑制効果を明らかにした。さらに、既設構造物の周囲に丸太を打設する対策方法の有効性も示した。

研究成果の概要（英文）：

This study deals with a development of ground reinforcement technique by installing thinned wood into the loose soil. Field and small-scale model experiments for road embankment were conducted to investigate the effectiveness of installing woods into loose clay soil. As a result, the bearing capacity of reinforced ground could be increased. Small-scale shaking table tests were carried out for a countermeasure of residential house against soil liquefaction. It was clarified that the installing woods into the loose sandy soil layer could mitigate the settlement of house. Furthermore, the countermeasures for existing house were proposed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：地球温暖化，林業，間伐材，地盤補強，地震，液状化，スギ

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化緩和策として、温室効果ガスを対象とした排出源対策と吸収源対策の2つ

が提案されている。このうち後者は、森林が持つCO₂吸収・固定能力に期待したものであり、2005年に発効された京都議定書では、我

が国のCO₂削減目標6%のうち3.8%を、この森林吸収に期待している。この数値目標を実現するには、CO₂吸収能力の衰えた老齢木を伐採し若い樹木を植林すること、また、樹木の生長を促進するために適切な間伐を行うこと、そして、植林→育成→伐採→流通→加工→利用→植林という森林経営のサイクルを長期的かつ安定的に循環させることが大前提となっている。しかしながら現状は、安価な外国産木材の輸入によって国産材の価格が下落、林業に従事する人材が減少、間伐された木材は利用されず山中に放置というように、循環を阻害する問題が数多く存在している。したがって、持続可能な森林経営サイクルを実現するためには、国産材を積極的に大量に利用するための木材マーケットの拡大が求められている。

この様な背景の基、申請者らは平成18年度より、木材の用途拡大を目的として、丸太を土木事業で利用するための産学官共同研究に着手している。丸太は、昭和30年頃までは基礎杭として利用されていたが、高度経済成長に伴う木材需要の増加で国内の木材資源が枯渇化したことにより、鋼やコンクリートに材料が転換され、それ以降、土木事業における木材利用は衰退することとなった。現在では、木材利用に占める土木事業の割合は約2%にまで減少しているが、その大きな要因となっているのが腐朽による強度低下の懸念である。しかしながら、地下水位変動域以深に埋設された木材は、樹種に関係なく健全であり、このような環境下では土木資材として十分な期間、健全性を保つことを文献調査より明らかにしている。また、平成18年に福井県福井市を流れる足羽川において、橋脚基礎として利用されていたスギの木杭が59年ぶりに掘り出され、河床面以下では腐朽することなく健全性を保持していたことを室内試験で明らかにしている。

2. 研究の目的

福井県の総面積に占める森林面積の割合は75%と全国平均に比べて高く、その中の人工林12万haのうち約90%がスギである。また、年間10万m³の間伐材が出るが、利用されるのは約30%に留まり、残りは山中に放置されたままというのが現状である。一方、1ha当たりのCO₂吸収量を樹種別に比較すると、スギが最も多く、ヒノキの4倍、マツやカラマツ等の8倍程度の値となっている。これは、スギの生長の速さに起因するものであり、温暖化対策の効率化という点では、スギの方が有利と言える。

申請者らは、これまでの共同研究において、地下水位の浅い埋立地盤などの広大な敷地の軟弱地盤対策や液状化対策をターゲットに丸太の活用について検討を行ってきた。

本研究では木材マーケットの拡大という観点から、宅地等の小規模建築物基礎や道路・軌道等の路盤を対象とし、安価で環境負荷の少ない地盤補強技術を確立することを目的とする。さらに、福井県という地域性を考慮して県産のスギ丸太を活用し、資材の地産地消によって林業活性化に貢献する建設事業モデルの構築を目指す。

3. 研究の方法

福井県産スギ丸太を道路盛土の軟弱地盤対策ならびに戸建住宅の液状化対策に利用するため、以下の方法を用いて研究を行った。

対象構造物	道路盛土	戸建住宅
アンケート調査		○
現場施工実験	○	
室内模型実験	○	○

4. 研究成果

(1) 福井県における地盤補強工事に関するアンケート調査

福井県内の建設会社の協力を得て、県内の住宅建築工事における軟弱地盤の補強工事の実施状況について調査を行った。具体的には、対象構造物、地盤調査の方法、工法の選定方法、改良の程度、経費等をアンケートやヒアリングにより調査するものである。その結果、福井県内の住宅建築工事の約半数で軟弱地盤対策を施しており、その費用は100万～500万円の範囲であった。

また、一般市民を対象として、戸建住宅の液状化対策工法の需要と費用対効果に関するアンケート調査を実施した。その結果、条件が揃えば液状化対策を行いたいという回答が約6割であり、条件として最も多かったのは経済的余裕であった。また、実施を決断できる工事費用に関しては、平均額で115万円、200万円未満が8割を占めたため、200万円を超えないことが戸建住宅の液状化対策を促進させる工費目標の1つの目安になることが明らかとなった。

(2) スギ丸太打設による地盤補強効果に関する現場施工実験

福井県小浜土木事務所管内の道路拡幅工事現場において、スギ丸太を用いた地盤補強効果の検討を行う現場施工実験を実施した。試験区は幅5mで長さ10mを1区画とし、計3区画を設けた。丸太は福井県産のスギ間伐材であり、末口直径12cmで長さ4mとし、打設間隔を1.0mと1.5mの2種類とした。また、表層のサンドマットには購入土と現地盤を石灰改良した土の2種類とした。以上の施工区画の設計を行い、施工前後において地盤物性値の計測を行った。丸太の打設前後の地盤においてポータブルコーン貫入試験を行った結果、丸太打設から1週間で丸太間強度が1.3倍に増加することが明らかとなった。

(3) スギ丸太打設による地盤補強効果に関する室内模型実験

福井県小浜市で実施した現場施工実験を尺度 20 分の 1 で模擬した軟弱粘性土の模型地盤（長さ 900 mm×奥行 200 mm×高さ 450 mm）と丸太模型（直径 6mm, 長さ 200mm）を用いて、丸太打設による地盤補強の効果を検討した。検討方法として、圧密試験、静的載荷試験、コーン貫入試験、密度試験、および、丸太打設時の土圧と間隙水圧の計測を行った。実験の結果、丸太杭打設地盤では打設後に間隙水圧の消散や土圧が上昇する現象が確認された。また、鉛直載荷試験より、丸太杭打設地盤の鉛直支持力が約 2 倍に増加していることが明らかとなり、このことはコーン貫入試験の結果からも確認された。

また、丸太の形状や打設条件が地盤補強効果に与える影響に関する模型実験の結果、①軟弱粘性土地盤に丸太を打設すると、周辺地盤が締め固められて支持力が増加する、②乾燥丸太の場合、打設時に周辺地盤を乱す影響が大きい、③錘状丸太の場合、打設時に周辺地盤を乱す影響は小さいが、その後の水圧消散において遅れを発生させることが明らかとなった。

(4) スギ丸太打設による液状化対策効果に関する模型振動実験

丸太打設による液状化対策を新設の戸建住宅に適用した場合を想定し、構造物直下に丸太を打設する方法の有効性について模型振動実験による検討を行った。模型地盤（長さ 800 mm×奥行 400 mm×高さ 300 mm）上にべた基礎の 2 階建て木造住宅の 10 分の 1 の接地圧の模型を設置し、地盤の液状化と模型の沈下の抑制効果を調べた。

丸太打設地盤の液状化時の挙動を検討する模型振動実験を行った結果、丸太打設地盤に設置した構造物模型の沈下量は未改良地盤の 10 分の 1 程度に抑制され、丸太と丸太間の土が複合地盤として一体となり、上載荷重を支持することが明らかとなった。また、長時間地震動に対する検討を行った結果、地震動継続時間が長くなっても沈下抑制効果が維持されることが明らかとなった。

一方、既設構造物への対策方法を検討した結果、構造物の周囲に丸太を打設することで構造物の沈下抑制効果が得られることが明らかとなった。また、この効果は、杭頭の固定や、丸太を斜めに打設することで、より向上することが確認された。さらに、既設構造物の液状化対策工法として浦安市で提案されている格子状改良工法を比較対象として、構造物周辺地盤に丸太を打設する方法の有効性について検討を行った結果、丸太打設は格子壁設置と同等の沈下抑制効果があるが、より効果を高めるためには丸太頭部を固定する必要があることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 3 件）

- ① 村田拓海, 井上広平, 吉田雅穂, 宮島昌克, 沼田淳紀: 丸太を用いた戸建て住宅の液状化対策技術に関する実験的検討—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—, 木材利用研究論文報告集 11, 査読なし, 土木学会木材工学委員会, pp. 55-60, 2012.
- ② 久保 光, 吉田雅穂, 沼田淳紀, 平山竜朗, 正田大輔: 福井県における小規模構造物の軟弱地盤対策に杭丸太を用いた施工事例, 木材利用研究論文報告集 11, 査読なし, 土木学会木材工学委員会, pp. 67-73, 2012.
- ③ 吉田雅穂, 宮島昌克, 久保 光, 沼田淳紀: 丸太を用いた地盤補強技術, 北陸路, 査読なし, 59 号, pp. 10-15, 2012.

〔学会発表〕（計 16 件）

- ① 吉田雅穂, 芹川由布子, 村田拓海, 宮島昌克, 沼田淳紀: 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, 2013. 9. 5, 日本大学.
- ② 吉田雅穂, 小林俊晴, 久保 光, 沼田淳紀: 丸太を用いた軟弱粘性土の地盤補強技術に関する模型実験（その 2）—丸太の打設条件による影響—, 第 48 回地盤工学研究発表会, 2013. 7. 25, 富山国際会議場.
- ③ 久保 光, 吉田雅穂, 沼田淳紀: 丸太を用いた軟弱粘性土の地盤補強技術に関する現場実験, 第 48 回地盤工学研究発表会, 2013. 7. 25, 富山国際会議場.
- ④ Yoshida, M., Miyajima, M. and Numata, A.: Application of Liquefaction Countermeasure Technique by Log Piling for Water Purification and Sewage Treatment Plant, Proc. of the 6th China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering, 2013. 5. 29, Jinniu Hotel, 中国.
- ⑤ Yoshida, M., Miyajima, M. and Numata, A.: Proposal of Liquefaction Countermeasure Technique by Log Piling for Residential Houses, Proc. of the 10th International Symposium on Mitigation of Geo-disasters in Asia, 2012. 10. 8, Shimane Civil Center.
- ⑥ Yoshida, M., Miyajima, M. and Numata, A.: Experimental Study on

- Liquefaction Countermeasure Technique by Log Piling for Residential Houses, Proc. of the 15th World Conference on Earthquake Engineering, 2012. 9. 24 , Lisbon Congress Center, ポルトガル.
- ⑦ 吉田雅徳, 村田拓海, 井上広平, 宮島昌克, 沼田淳紀: 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, 2012. 9. 7, 名古屋大学.
- ⑧ 久保 光, 吉田雅徳, 沼田淳紀, 本山寛: 丸太杭打設による杭間隔の違いが地盤に及ぼす影響, 土木学会第 67 回年次学術講演会, 2012. 9. 7, 名古屋大学.
- ⑨ 吉田雅徳, 宮脇紀巨, 久保 光, 沼田淳紀, 本山寛: 丸太を用いた軟弱粘性土の地盤補強技術に関する模型実験, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012. 8. 15, 八戸工業大学.
- ⑩ 久保 光, 吉田雅徳, 本山 寛, 沼田淳紀: 軟弱粘性土地盤での丸太打設による丸太間強度増加の実測, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012. 8. 15, 八戸工業大学.
- ⑪ 久保 光, 吉田雅徳: 杭丸太を活かした小規模構造物の設計方法の検討, 平成 24 年度近畿地方整備局研究発表会, 2012. 7. 12, 国土交通省近畿地方整備局大阪合同庁舎.
- ⑫ 吉田雅徳, 鎮守佑介, 吉田友美, 宮島昌克, 沼田淳紀, 本山 寛: 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, 2011. 9. 8, 愛媛大学.
- ⑬ 吉田雅徳, 渡邊雄大, 宮島昌克, 濱田政則, 沼田淳紀, 本山寛: スギ丸太打設による液状化地盤の側方流動対策に関する模型振動実験, 第 46 回地盤工学研究発表会, 2011. 7. 7, 神戸国際会議場.
- ⑭ 久保 光, 源濟英樹, 野村崇, 吉田雅徳, 沼田淳紀, 本山寛: 約 60 年間地盤中であつたスギ丸太の含水比調査, 第 46 回地盤工学研究発表会, 2011. 7. 7, 神戸国際会議場.
- ⑮ Yoshida, M., Miyajiam, M.: A Proposal of Ground Reinforcement by Installing Logs into Liquefiable Soil layer, Proc. of the 8th International Symposium on Mitigation of Geo-hazards in Asia, 6p., 2010. 9. 22 , Far-Eastern National Technical University , ロシア.
- ⑯ Yoshida, M., Miyajiam, M. and Numata, A.: Liquefaction Countermeasure Technique by using Logs for Carbon Storage against Global Warming, Proc. of the 5th International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor I.M. Idriss, 2010. 5. 26-29, Marriot Mission Valley, 米国.
- 〔図書〕 (計 3 件)
- ① 福井県木材利用研究会・福井県雪対策・建設技術研究所: 丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計・施工マニュアル, 2013, 100p..
- ② Yoshida, M., Miyajima, M. and Numata, A.: Springer, Progress of Geo-Disaster Mitigation Technology in Asia, 2012, 624p. (pp. 293-311).
- ③ 吉田雅徳: 土木学会木材工学特別委員会, 2010 年度土木における木材の利用拡大に関する横断的研究報告書, 2011, 170p. (pp. 131-136).
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
吉田 雅徳 (YOSHIDA MASAHO)
福井工業高等専門学校・
環境都市工学科・教授
研究者番号: 90210723
- (2) 研究分担者
宮島 昌克 (MIYAJIMA MASAKATSU)
金沢大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 70143881
久保 光 (KUBO HIKARU)
福井県雪対策・建設技術研究所.
環境・建設技術研究 G. 研究員
研究者番号: 80470160
- (3) 連携研究者
沼田 淳紀 (NUMATA ATSUNORI)
飛鳥建設株式会社・技術研究所・室長
研究者番号: 10443649