

# 排水機能付丸太の 液状化対策効果に関する模型実験

吉田 雅穂<sup>1</sup>・松浦 透<sup>2</sup>・五十島 康平<sup>3</sup>・川端 祐輝<sup>4</sup>・沼田 淳紀<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 福井工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒916-8507 福井県鯖江市下司町)

E-mail: masaho@fukui-nct.ac.jp

<sup>2</sup>福井工業高等専門学校 専攻科環境システム工学専攻 (〒916-8507 福井県鯖江市下司町)

E-mail: a20210tm@fukui.kosen.ac.jp

<sup>3</sup>株式会社ホクコン 技術本部 (〒918-8152 福井県福井市今市町 66-20-2)

E-mail: k\_isoshima@mail.hokukon.co.jp

<sup>4</sup>株式会社帝国コンサルタンツ 技術部 (〒915-0082 福井県越前市国高1丁目 6-1)

E-mail: kawabata-y@c-teikoku.co.jp

<sup>5</sup>正会員 飛鳥建設株式会社 技術研究所 (〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472)

E-mail: atsunori\_numata@tobishima.co.jp

丸太を地盤に圧入する液状化対策は密度増大を原理とする工法である。しかし、レベル1地震動を超える地震外力に対しては、部分的な液状化を許容しているため、地盤を密実化すること以外の機能を付加した工法の高度化が必要である。本研究では、丸太に孔を設けて排水機能を付加した丸太を地盤に圧入する工法を提案し、その透水性能と液状化対策効果を実験的に検討した。その結果、排水機能付丸太は過剰間隙水圧の早期消散効果を有し、構造物の沈下抑制にも有効であることを明らかにした。また、排水孔にココナッツやヘチマのフィルター材を取り付けることで目詰まりを防止できることを明らかにした。

**Key Words:** earthquake, liquefaction, log, drainage, permeability test, shaking table test

## 1. はじめに

東日本大震災以降、住宅などの小規模構造物を対象とした液状化対策工法の開発や従来工法の改良等が精力的に行われている。著者等は地下水位の浅い緩い砂地盤に丸太を改良材として打設することで、地盤密度の増大を図る液状化対策工法を提案し<sup>1)</sup>、現在では実用化に至っている<sup>2)</sup>。また、同工法は丸太に生物劣化を生じさせることなく地中に長期間炭素貯蔵を行うことができるため環境負荷が小さいという特徴を有している。同工法の液状化に対する目標性能の設定では、レベル1地震動に対しては全層の液状化安全率 $F_L$ が1を上回ることを基本としているが、レベル1地震動を超える地震外力に対しては、安全率が部分的に1以下となることを許容し、地盤全体として目標性能を満足するように設計を行っている<sup>2)</sup>。したがって、レベル2地震動に対する耐震性能を確保するためには、既存工法との併用や新たな機能を付

加した工法の高度化が必要である。

著者等は、木材がコンクリートや鋼と比べて加工しやすいという特徴に着目し、丸太に孔を空けて排水機能を付加した「排水機能付丸太(排水丸太)」を考案し、レベル1地震動に対しては密度増大の原理で液状化の発生を抑制し、レベル2地震動が作用して液状化が発生した場合には、密度増大の原理に付加して間隙水圧消散の原理で水圧を早期に消散させるアイデアを提案している<sup>3)</sup>。

本研究では、まず、提案する排水丸太の模型を用いて、その性能を透水試験、目詰まり試験、模型振動実験で調査した。つぎに、戸建住宅の液状化対策として排水丸太を適用することを想定し、新設ならびに既設構造物の沈下対策の有効性を模型振動実験で検討した。さらに、実物の丸太を用いて作製した排水丸太の液状化対策効果を模型振動実験で検討した。また、排水時の目詰まり防止のためのフィルター材として自然材料であるココナッツ繊維とヘチマを取り上げ、その効果を調査した。

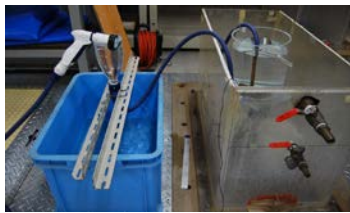
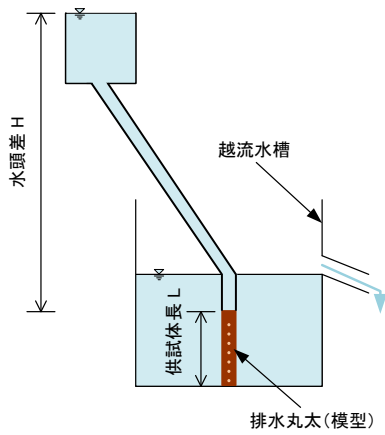


図-1 透水試験の概要

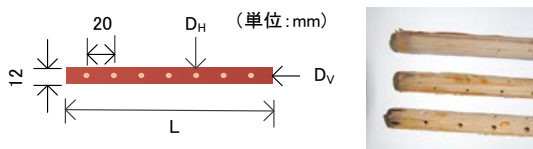


図-2 排水丸太 (模型)

表-1 試験ケース

試験ケース	軸方向		軸直方向	
	長さ	横孔直径	横孔个数	排水面積
	L	D <sub>H</sub>	-	A <sub>d</sub>
D1	mm	mm	個	mm <sup>2</sup>
D2	150	1	28	22
D3		2		88
		3		198

## 2. 排水丸太の透水試験および目詰まり試験

### (1) 概説

産地により異なるがスギの間伐材は末口直径 140～200mm 程度の丸太が流通している。そこで、3章と4章の模型振動実験ではその 10～20 分の 1 の範囲にある直径 12mm の丸太 (模型丸太) を用いた。また、5章の模型振動実験では直径 200mm の実物の丸太 (実丸太) を用いた。本章では模型振動実験で用いる模型丸太と実丸太に孔を空けた排水丸太の透水性能を調べるために透水試験を行った。また、目詰まり試験を行いフィルター材に混入する土粒子の量を調べた。

### (2) 透水試験

#### a) 模型丸太の場合

図-1 に透水試験の概要を示す。越流水槽内に地盤内

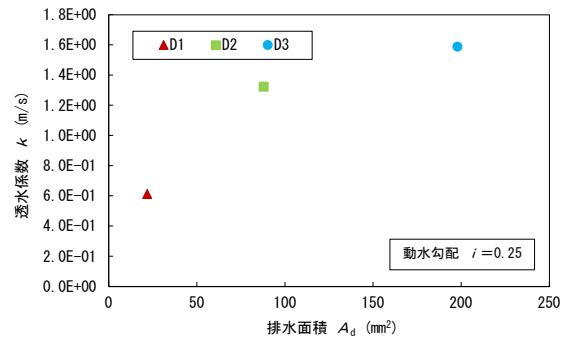


図-3 排水面積と透水係数

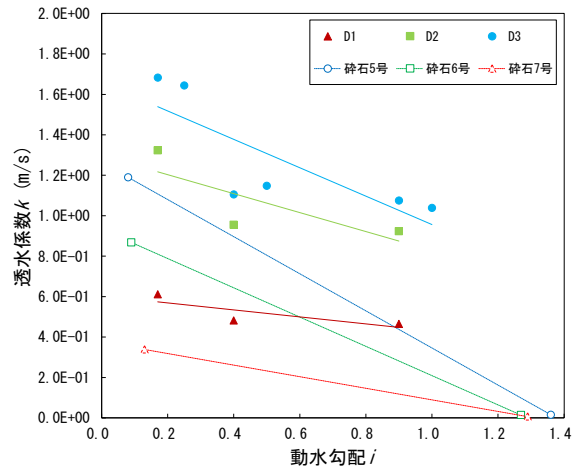


図-4 動水勾配と透水係数

で使用するときと同じように排水丸太を直立させた状態で定水位透水試験を行い、丸太の平均的な透水係数を求めた。なお、流量は水層から溢れた水を水圧計を設置した水槽で受けることで計測した。図-2 に排水丸太模型の概要、表-1 に試験ケースを示す。丸太の樹種はスギであり、直径 12mm の円柱状で長さ L は 150mm、軸方向中心位置の縦孔の直径 D<sub>v</sub> は 4mm で、底部は密閉、頭部は開放となっている。軸直方向の横孔は鉛直方向に 20mm 間隔で、円周方向は 90 度ごとに 4 方向から縦孔と繋がるように計 28 個穿孔し、直径 D<sub>H</sub> を 1mm, 2mm, 3mm の 3 種類とした。排水面積は横孔の全面積である。なお、各ケースで 4 本の異なる丸太を使用しその平均値を結果とした。また、水頭差 H を変えて、動水勾配 i が 0.25, 0.5, 1.0 の 3 ケースの試験を行った。なお、透水係数 k はレイノルズ数 R<sub>e</sub> より層流と判断されたため以下の式より求めた。ここで、v は流速 (m/s), i は動水勾配である。

$$k = vi \tag{1}$$

図-3 に動水勾配 0.25 の時の排水面積と透水係数の関係を示す。同図より、排水面積の増加に伴い透水係数が大きくなることが確認できる。高い排水性能を得るためには排水面積を大きくする必要があるが、砂の混入による目詰まりなどの問題が懸念されるため、最適な排水孔の大きさについて検討する必要がある。

表-2 透水係数の参考値<sup>5)</sup>

項目	記号	単位	グリッドドレーン	スパイラルドレーン	有孔円形パイプ	樹脂ストリングパイプ
動水勾配	$i$	-	0.25	0.2	-	0.25
透水係数	$k$	m/s	7.0E+00	9.8E+00	2.0E+01	9.0E+00

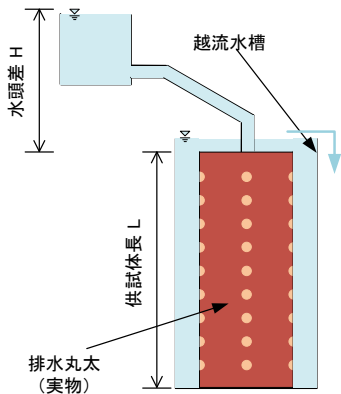


図-5 透水試験の概要

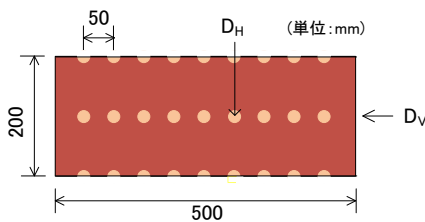


図-6 排水丸太 (実物)

図-4 に動水勾配と透水係数の関係を示す。同図より、動水勾配の増加に伴い透水係数が低下することが確認できる。同図には、過剰間隙水圧消散工法の1つであるグラベルドレーン工法に用いられている砕石5号、6号、7号の結果<sup>4)</sup>を参考に示した。それらと比較すると、ケースD2、D3においては砕石5号を上回る透水性能を有する。表-2 に人工ドレーン材の透水係数の参考値<sup>5)</sup>を示す。動水勾配0.25の時のグリッドドレーンと比較すると、排水丸太模型の透水性は最も透水係数の大きいD3のケースで約4分の1であることが明らかとなった。

b) 実丸太の場合

図-5 に透水試験の概要を示す。越流水槽内に排水丸太模型を直立させて定水位透水試験を行い、流量は流入

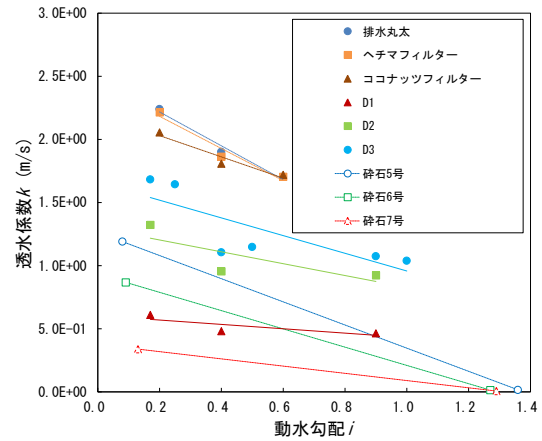


図-7 動水勾配と透水係数

水の流量計の数値を用いた。図-6 に排水丸太の概要を示す。排水丸太の樹種はスギ、直径200mmの円柱状で長さLは500mmであり、丸太の軸方向には直径Dvが30mmの縦孔を設け底部は密閉、頭部は開放となっている。軸直行方向の横孔の直径Dhは20mmであり、鉛直方向に50mm間隔で、円周方向は90度ごとに4方向から縦孔と繋がるように計36個穿孔した。排水丸太の目詰まり防止のためのフィルター材として、自然材料である椰子の実の外皮繊維(ココナッツ)と乾燥したヘチマ(ヘチマ)を用い、それぞれ直径20mm、厚さ20mm、重さ約2gの円柱状に加工し、全ての横孔に挿入した。また、水流でフィルター材が丸太の孔から出ないように、2mm四方の格子状に組み立てられたステンレス製のメッシュ(直径0.47mm)を横孔の外側に取り付けた。

図-7 は透水試験で得られた排水丸太とフィルター材付排水丸太の透水係数の結果を図-4 に加筆したものであり、3種類の動水勾配で2回計測した結果の平均値を用いた。なお、透水係数kはレイノルズ数Reより乱流と判断されたため以下の式より求めた。

$$k = v\sqrt{i} \quad (2)$$

同図より、フィルター材付排水丸太と排水丸太を比較するとフィルター材による透水係数の低下は僅かである。さらに、ヘチマの方がその影響が小さい。これより、目詰まり防止対策を行っても透水性は大きく変化せず、フィルター材付排水丸太の透水係数は間隙水圧消散工法の1つのグラベルドレーン工法に用いられている砕石よりも大きいことが明らかとなった。

### (3) 目詰まり試験

図-8 に目詰まり試験の概要を示す。まず、内径100mm、高さ127mmの透水円筒内底部に、図-9 に示す直径100mmで厚さ7mmの寸法を目標として加工したココナッツまたはヘチマのフィルター材を敷き、その上に次章以降の模型振動実験で用いる珪砂7号(密度2.66

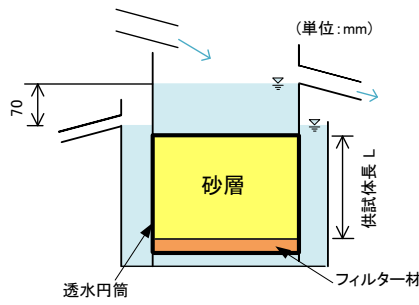
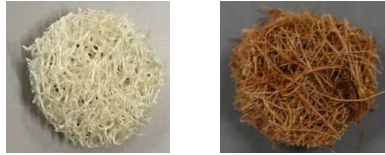


図-8 目詰まり試験の概要



a) ヘチマ b) ココナッツ

図-9 フィルター材

表-3 目詰まり試験の結果

フィルター材の種類	単位	実験ケース		
		ココナッツ	ヘチマ	なし
供試体長	mm	122	120	127
相対密度	%	66.9	64.8	60.0
透水係数	m/s	1.18E-03	1.24E-03	3.59.E-03
混入土粒子	g	7.3	28.7	

g/cm<sup>3</sup>, 平均粒径 0.17 mm) を、突固めによる土の締固め試験 JIS A 1210 に準拠して供試体を作製した。相対密度は第 4 章と第 5 章の模型振動実験における飽和砂地盤と同じ 60% を目標とした。その後、土の透水試験 JIS A 1218 に準拠した定水位透水試験を行い、試験後にフィルター材を乾燥させて混入した土粒子の量を計測し、目詰まりを評価した。

表-3 に供試体内にココナッツまたはヘチマのフィルター材を入れた場合、また、フィルター材を入れない場合の計 3 ケースの試験結果を示す。同結果は 7 回の試験の平均値であり、通水時間は約 50 秒であった。同表よりフィルター材を入れることで土の透水係数は幾分低下するが、両者の違いは大きくない。ここで、フィルター材を入れた場合の透水係数は目詰まりを許容した 50 秒間の平均的な値であるため、両者の差が有意であるかの判断は難しい。一方、混入土粒子はヘチマの方が多結果となった。これは、ココナッツが細かい繊維が層状に重なる構造であるため空隙が層直交方向に連続していないのに対して、ヘチマは細かい繊維が空隙を作りながら網目状に重なる構造であるため、水の流れの生じる層直交方向の空隙が相対的に多いという、構造の違いに起因していると考えられる。したがって、長時間の排水がある場合にはヘチマをフィルター材に用いると透水性能が低下する恐れがある。

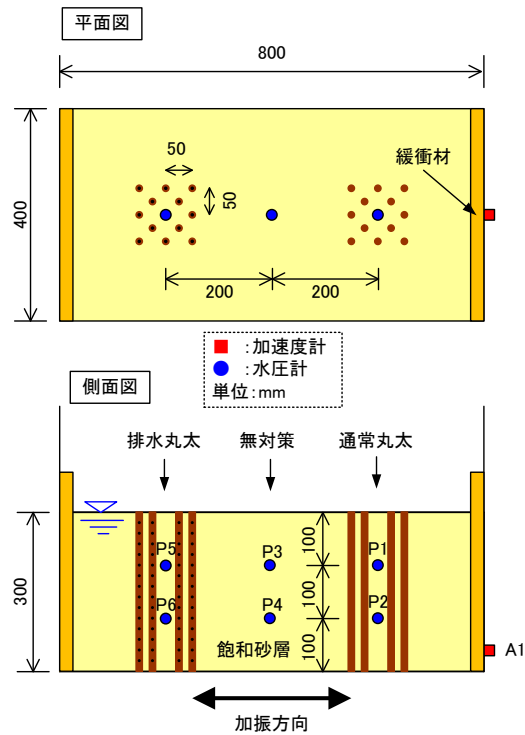


図-10 模型地盤の概要

### 3. 間隙水圧消散効果に関する模型振動実験

#### (1) 概説

本章では、模型の排水丸太の過剰間隙水圧消散効果を確認するために模型振動実験を行った。なお、本実験では基礎的で定性的な特性を把握することに重点をおいているため、相似則については特に考慮しておらず、これは第 4 章と第 5 章についても同様である。

#### (2) 実験概要

図-10 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、その中に珪砂 7 号 (密度 2.66 g/cm<sup>3</sup>, 平均粒径 0.17 mm) を用いて水中落下法で飽和砂地盤を作製した。層厚は 300mm, 相対密度は約 50% であり、地下水位は地表面と一致している。排水丸太の概要は図-2 に示すとおりであり、直径は 12mm, 長さ L は 300mm, 縦孔の直径 D<sub>V</sub> は 4mm, 底部は密閉, 頭部は開放となっている。横孔の直径 D<sub>H</sub> は 3mm であり、同孔には目詰まり防止のためのフィルター材は取り付けしていない。

図-10 の平面図に示すように、同地盤の左側に排水丸太 12 本を 5cm 間隔で千鳥状に静的圧入した。同様に、右側は孔の空いていない通常丸太であり、中央を無対策地盤とした。入力波は図-11 に示すように振動数 5Hz の正弦波, 目標最大加速度 140gal, 加振時間 4 秒とした。なお、実験中は入力加速度 (A1) と地盤の過剰間隙水圧 (P1~P6) を計測した。

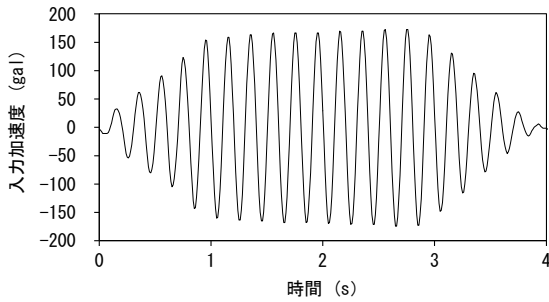


図-11 入力加速度の時刻歴

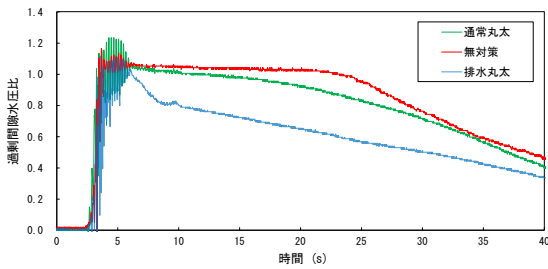


図-12 過剰間隙水圧比の時刻歴

(3) 実験結果および考察

図-12 に G.L.-100mm (P1, P3, P5) における過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。すべてのケースにおいて、過剰間隙水圧比が 1.0 に達して液状化しているが、排水丸太では、他のケースより消散が早まっている。また、通常丸太でも僅かではあるが消散が早まる現象が見られた。これは、丸太周面に沿って地表面方向に排水された影響と考えられる既往の実験結果<sup>7)</sup>と調和的である。

4. 沈下抑制効果に関する模型振動実験

(1) 概説

前章において排水丸太は高い透水性能を有するため、液状化時に発生する過剰間隙水圧を早期に消散する機能を有することを明らかにした。本章では、戸建住宅のような小規模構造物の液状化対策として排水丸太を適用した場合の構造物の沈下抑制効果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。なお、対象構造物は、新設と既設の2種類とし、前者の構造物の下部地盤に丸太を打設するケース（下部打設）と、後者の既設構造物の周囲に丸太を打設するケース（周囲打設）の2種類とした。また、排水丸太の効果を確認するために、排水機能のない丸太を打設するケース（通常丸太）と、丸太を打設していない地盤のケース（無対策）を行い、それらの結果を比較検討した。

(2) 実験概要

図-13 に下部打設、図-14 に周囲打設の模型地盤の概要を示す。また、同地盤に丸太を打設しないものを無対

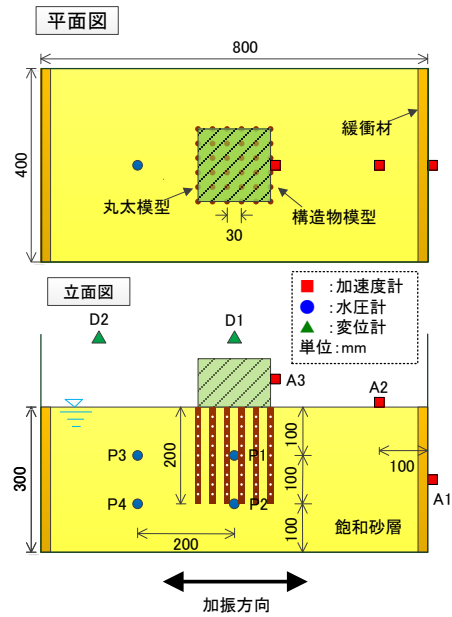


図-13 模型地盤の概要（下部打設）

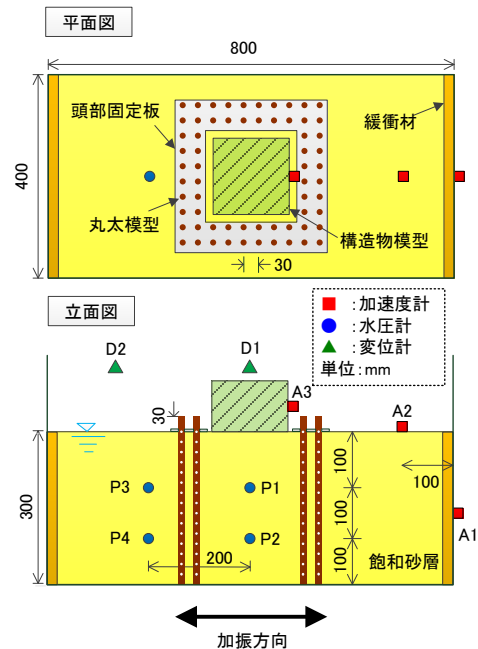


図-14 模型地盤の概要（周囲打設）

策とした。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、その中に珪砂7号を用いて水中落下法で飽和砂地盤を作製し、振動締め固め（5Hz, 正弦波, 目標加速度 100gal, 加振時間 30s）によって層厚 300mm, 相対密度約 60%, 地下水位が地表面に一致する模型地盤を作製した。排水丸太の概要は図-2 に示すとおりであり、直径 12mm, 長さ  $L$  は下部打設の場合 200m, 周囲打設の場合 330mm である。丸太の軸方向には直径  $D_V$  が 4mm の縦孔を設け、底部は密閉、頭部は開放となっている。横孔の直径  $D_H$  は 2mm であり、同孔には目詰まり防止のためのフィルター材は取り付けしていない。なお、同丸太に孔の空いていないものを通常丸

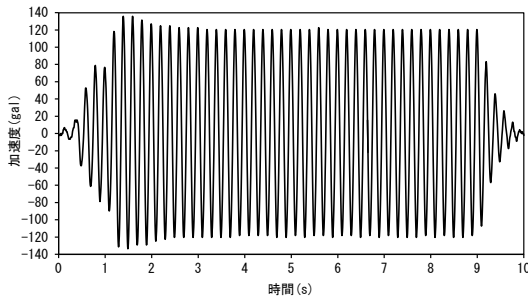


図-15 入力加速度の時刻歴

太とした。また、丸太は飽和状態であり、排水丸太の密度は  $1.1\text{g/cm}^3$ 、通常丸太は  $1.2\text{g/cm}^3$  であった。

下部打設の場合、同地盤に丸太 36 本を 30mm 間隔で正方形に配置した。丸太の打設順番は地盤中央から外側に向かって時計回りに打設し、打設方法は振動締め固め後に地盤をできるだけ乱さないように静的に貫入させた。構造物模型は 150mm 四方、高さ 115mm の木箱で、重さ 3.45kg、接地圧は  $1.5\text{kN/m}^2$  (べた基礎の 2 階建木造住宅の 10 分の 1 縮尺を想定) である。なお、構造物模型は丸太頭部に静置してあるだけで連結されていない。

一方、周囲打設の場合、構造物模型の外壁から 30mm 離れた位置が 1 列目の丸太の中心となるよう 64 本の丸太を 30mm 間隔で正方形に配置した。また、地表面から 30mm 突出させた丸太頭部をアクリル製の板で固定し、丸太の水平方向の移動を拘束した。なお、丸太底部は土槽と連結されていない。

入力波は図-15 に示すように振動数 5Hz の正弦波、加振時間 10 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)、地盤と構造物の応答加速度 (A2, A3) と鉛直変位 (D1, D2)、地盤の過剰間隙水圧 (P1~P4) を計測した。

### (3) 実験結果および考察

図-16 に下部打設の場合の構造物模型の累積沈下量を示す。無対策の最終沈下量と比較すると、通常丸太は 52%、排水丸太は 38% に減少している。特に排水丸太は 160gal と 200gal の大きな入力加速度の場合の効果が顕著である。図-17 は 200gal 入力時の構造物直下 100mm の位置 (P1) における過剰間隙水圧比の時刻歴であり、移動平均法により平滑化してある。無対策と比較すると、排水丸太は水圧の上昇を抑制し、早期に消散している様子が確認できる。通常丸太の場合、水圧上昇過程は無対策と同様であったが、消散開始時間は早まる結果となった。これは、既往の実験<sup>7)</sup>で明らかにしている丸太周面から

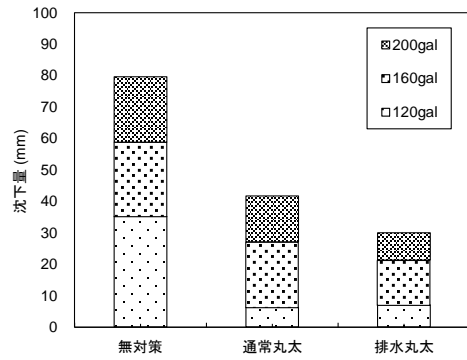


図-16 構造物模型の累積沈下量 (下部打設)

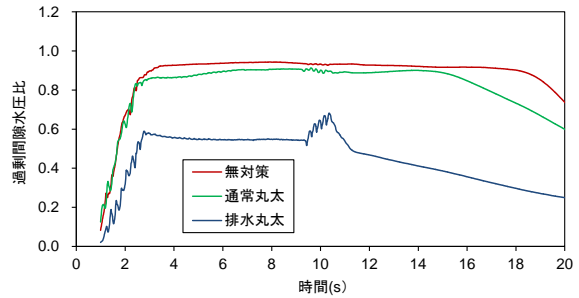


図-17 過剰間隙水圧比の時刻歴 (下部打設, 200gal, P1)

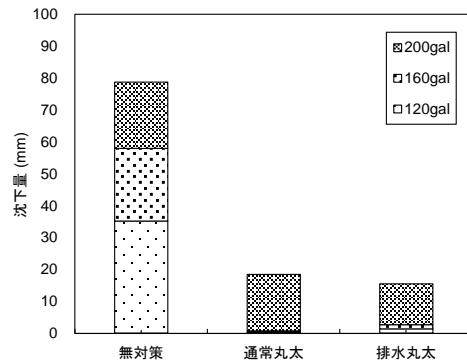


図-18 構造物模型の累積沈下量 (周囲打設)

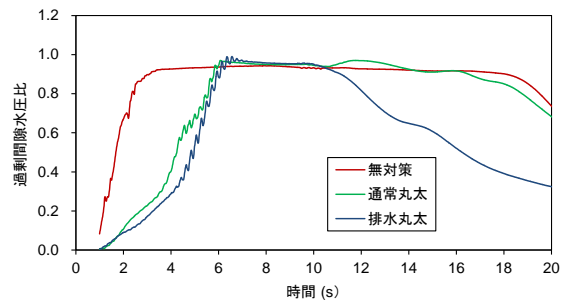


図-19 過剰間隙水圧比の時刻歴 (周囲打設, 200gal, P1)

地表面方向への水圧消散効果と考えられる。なお、加振時間 10 秒付近に確認できる水圧の変動は加振終了時に生じる地盤動揺で発生した水圧である。

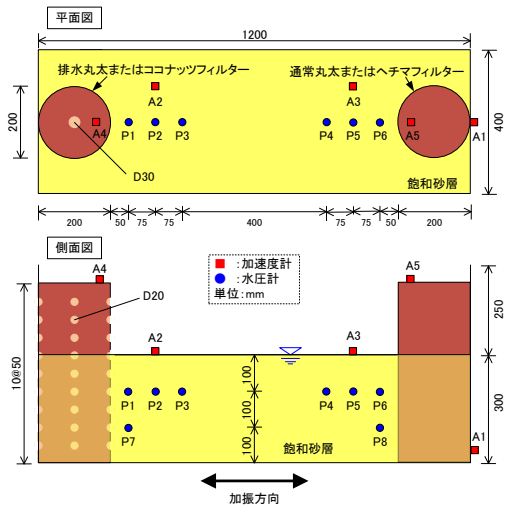


図-20 模型地盤の概要

図-18 に周囲打設の場合の構造物模型の累積沈下量を示す。無対策と比較すると通常丸太は23%、排水丸太は20%に減少しているが、排水効果による沈下の差は明瞭ではなかった。周囲打設による液状化対策の原理は、構造物周囲に丸太を打設することで丸太と砂が複合された剛な壁体を形成し、構造物下部地盤のせん断変形と側方流動を抑制することであり、それによって液状化抵抗が増加し構造物の沈下が軽減される。本実験の丸太を打設した場合、120gal と 160gal の入力加速度のケースでは過剰間隙水圧はほとんど発生しなかったが、図-19 に示すように 200gal 入力時に液状化が発生した。無対策と比較すると、通常丸太と排水丸太は共に水圧上昇過程での液状化抵抗の増加が確認できる。また、排水丸太は早期に水圧消散が開始しており、耐震性能を上回るような地震動が発生した場合、液状化を早期に終了させる付加的效果を有することが明らかとなった。

## 5. 実丸太を用いた模型振動実験

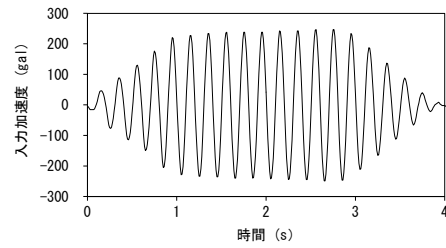
### (1) 概説

第3章と第4章の模型丸太を用いた実験結果より、排水丸太の過剰間隙水圧消散効果と構造物の沈下抑制効果を確認することができた。

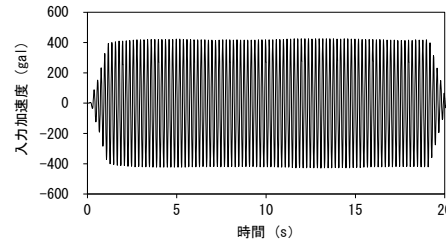
本章では、このうち過剰間隙水圧の消散に関して、実物の丸太を用いて作製した排水丸太に目詰まり防止のためのフィルター材を取り付けて、その効果を確認する模型振動実験を行った。なお、フィルター材としてココナツとヘチマを用い、排水機能のない通常丸太、フィルター材を取り付けていない排水丸太の結果と比較検討した。

### (2) 実験概要

図-20 に模型地盤の概要を示す。振動台上にアクリル



a) 目標加速度 200gal



b) 目標加速度 350gal

図-21 入力加速度の時刻歴

製の土槽（長さ 1200mm×奥行 400mm×高さ 550mm）を設置し、土槽内の所定の位置に排水丸太を設置した後に珪砂7号を用いて水中落下法で飽和砂地盤を作製し、前章同様の振動締め固めによって層厚 300mm、相対密度約 60%、地下水位が地表面に一致する模型地盤を作製した。したがって、本実験では丸太打設による地盤の締め固め効果は加味していない。排水丸太の概要は図-6 に示すとおり直径 200mm、長さ 500mm であり、縦孔  $D_V$  は直径 30mm、底部は密閉、頭部は開放となっている。横孔の直径  $D_H$  は 20mm であり、フィルター材（直径 20mm、厚さ 20mm、重さ約 2g）を全ての横孔に取り付けた。

入力波は図-21 に示すように振動数 5Hz の正弦波とし、中地震として目標最大加速度 200gal、加振時間 4s で模型地盤を加振した。その後、地盤変位の計測等を行った後に、大地震として目標加速度 350gal、加振時間 20s の地震動を同一地盤に与えた。なお、実験中は入力加速度（A1）、地盤と丸太の応答加速度（A2～A5）、地盤の過剰間隙水圧（P1～P8）を計測した。

### (3) 実験結果および考察

図-22 に過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。水圧には地盤や丸太の振動に起因する動的振幅が含まれていたため移動平均法により平滑化した。その結果、振幅が等振幅でない場合にその水圧値が多少上下する場合がある。

図 a)～b) の 200gal 加振の場合、丸太に近い 50mm の位置では、全てのケースで加振中に一端液状化状態となるが、フィルター材付排水丸太ではその後速やかに水圧が消散している。丸太から離れた 125mm の位置でも同様の傾向である。フィルター材の種類については、ココナツの方が消散効果が高い傾向を示したが、これは図-7

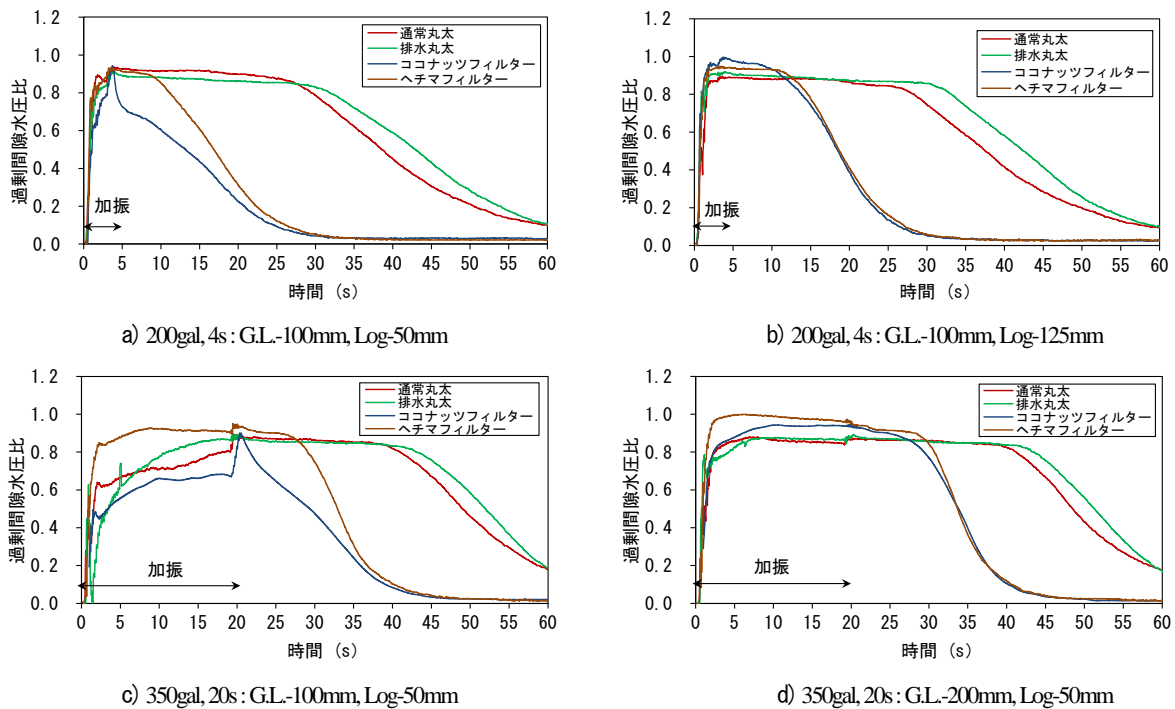


図-22 過剰間隙水圧比の時刻歴

の透水係数とは相反する結果となった。これは、第2章で示したようにヘチマの方が土粒子が混入しやすい構造であったためと考えられる。一方、丸太から離れた125mmの位置では地表面方向への水圧消散も生じるためその影響は明瞭ではない。一方、排水丸太は目詰まりのため顕著な水圧消散効果を発揮できず、通常丸太より遅れて消散が開始する現象が確認された。この原因については別途検討を要する。

つぎに、図(c)~(d)の350gal加振の場合、全体的な傾向は200gal加振と同様であった。丸太近傍の地表面地盤は大きな振幅で波打つため、図(c)に示す水圧が大きく変動する現象が見られたが、加振終了後にはフィルター材付排水丸太の水圧消散効果が確認された。

## 6. おわりに

本研究は、丸太を用いた液状化対策工法の高度化を目指して排水機能付丸太を提案し、その有効性について透水試験ならびに模型振動実験により検討を行った。その結果、以下の結論を得た。

- (1) 排水丸太の透水性能は、自然材料である砕石と人工ドレーン材の中間に位置する。また、排水孔の目詰まりを防止するためのフィルター材としてココナッツやヘチマを取り付けた場合でも、その性能は大きく低下しない。
- (2) 排水丸太は液状化時の過剰間隙水圧を早期に消散する効果を有する。また、同丸太を構造物の直下また

は周囲に打設することで、液状化に伴う構造物の沈下が抑制される。

- (3) フィルター材のない排水丸太は目詰まり現象により、過剰間隙水圧の消散効果は期待できない。一方、フィルター材として用いたココナッツとヘチマは目詰まり防止に有効であり、耐震性能を上回るような地震動が発生した場合、過剰間隙水圧消散効果が付加的に機能する。しかし、ヘチマの方が土粒子が混入しやすく長期的に使用した場合、透水性能が低下する恐れがある。

**謝辞：** 模型実験では福井工業高等専門学校専攻科学生の勝見大雅氏の協力を得た。また、本研究は科学研究費補助金（課題番号：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) 吉田雅穂, 沼田淳紀, 上杉章雄, 久保光, 宮島昌克：スギ丸太を用いた液状化対策工法の検討, 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, pp.43-44, 2008.
- 2) 飛鳥建設株式会社, 兼松日産農林株式会社, 昭和マテリアル株式会社：丸太打設液状化対策&カーボンストック工法, 先端建設技術・技術審査証明報告書, 先端建設技術センター, 2014.
- 3) 五十島康平, 吉田雅穂：排水機能付き丸太を用いた液状化対策に関する基礎的検討, 第50回地盤工学研究発表会平成27年度発表講演集, pp.1815-1816, 2015.
- 4) 浅野勇, 林田洋一, 増川晋, 田頭秀和：ポーラスコ



- ンクリートを通過する流れの流速と導水勾配の関係, 農工研技法, pp.227-232, 2009.
- 5) DEPP 工法研究会 : DEPP 工法 (液状化対策工法) 技術資料 (改訂版), pp.15-17, 2011.
  - 6) 国土技術政策総合研究所都市研究部 : 柱状ドレーンによる液状化対策効果の計測, p.3, 2011.
  - 7) 吉田雅穂, 宮島昌克, 沼田淳紀, 木内貴之, 渡邊雄

大, 内藤法子 : 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.

(2018.8.31 受付)

## STUDY ON LIQUEFACTION COUNTERMEASURE TECHNIQUE BY USING LOGS WITH DRAINAGE FUNCTION

Masaho YOSHIDA, Toru MATSUURA, Kohei ISOSHIMA, Yuki KAWABATA  
and Atsunori NUMATA

A technique of ground reinforcement by installing logs into loose saturated sand layer was proposed as a countermeasure against soil liquefaction. The principle of this method is based on compaction of soil. Because a target performance of the method is set against the Level 1 earthquake ground motions in Japanese seismic design code, it is necessary to improve the method by using other technique together or adding a new function in order to guarantee the seismic performance against Level 2 earthquake ground motions. The log with drainage function based on a water pressure dissipation method was proposed in this study. This log was made by opening holes in a core and on the surface. The principle of the method is to dissipate water pressure when an excess pore water pressure increases by Level 2.

Permeability tests and small scale shaking table tests were conducted to evaluate the effectiveness of the log with drainage function. As a result, the log with drainage had high permeability same as crushed stones, and it could reduce the rate of accumulation of excess pore water pressure and increase the velocity of its dissipation. Furthermore, the settlement of house could be mitigated because the effect of log with drainage improved liquefaction resistance and seismic performance.