



放置竹林対策を考えた竹杭打設による 液状化対策工法の開発に関する研究



SUSTAINABLE
 DEVELOPMENT
 GOALS

9 産業と技術革新の
 基盤をつくらう

11 住み続けられる
 まちづくりを

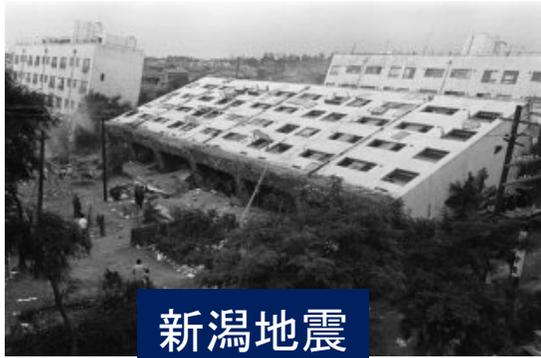
13 気候変動に
 具体的な対策を

15 陸の豊かさも
 守ろう



福岡大学 工学部 社会デザイン工学科
道路・土質研究室

□過去の液状化被害



新潟地震
(1964)

特徴

鉄筋コンクリート造の建物が基礎ごと倒れ、傾いた液状化現象の研究が行われる契機となった



阪神淡路大震災
(1995)

埋め立て土として液状化に強いとされていたまさ土であったが強い地震により液状化が発生した



東日本大震災
(2011)

強い地震動の継続時間が長かったことや余震による影響から過去最大級の広範囲にわたって液状化が発生



熊本地震
(2015)

短期間に大きな地震外力が複数回作用したことや、旧河道部の一部で液状化の帯として限定的に生じた

今後同様の被害が懸念されるため
さらに液状化対策の研究を進める必要がある

◎研究背景



～新しい液状化対策工法の開発～

□液状化対策工法

⇒従来は締固め工法、固化工法、間隙水圧消散工法などが用いられてきた



締固め工法

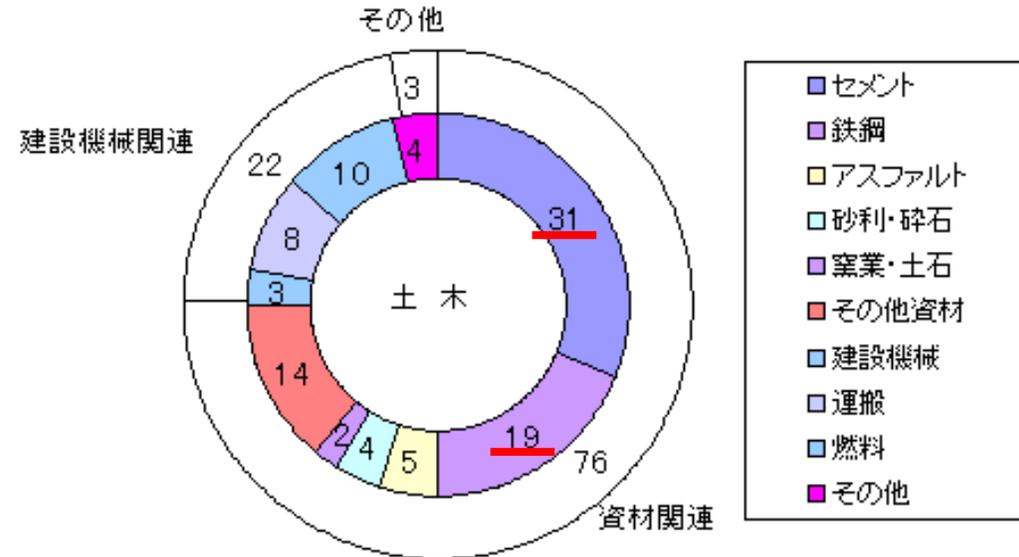


固化工法



間隙水圧消散工法

セメントや鉄鋼の代替材として
自然素材を用いた液状化対策工法
の開発が求められている



土木分野における
二酸化炭素排出構成比



循環型社会の
実現に向けて



丸太打設液状化対策工法

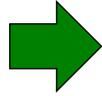
◎研究背景



～自然素材を用いた液状化対策工法(既存工法)～

地球温暖化緩和

林業再生



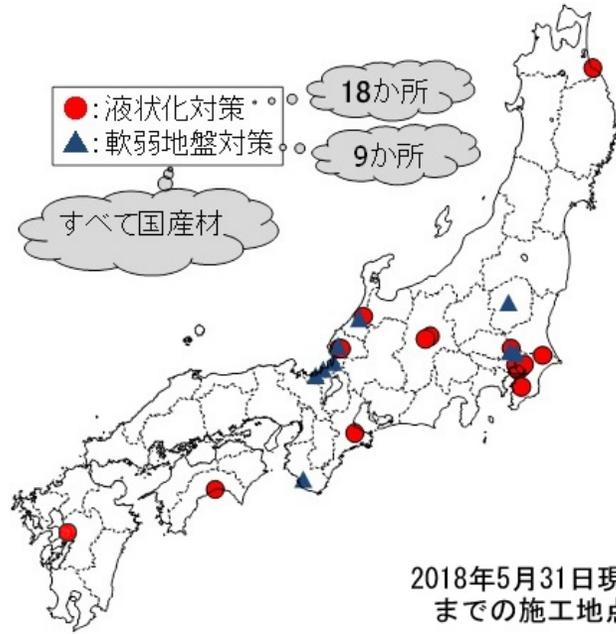
丸太打設による
液状化対策の開発

丸太打設液状化対策工法



出典: 兼松サステック株式会社HP

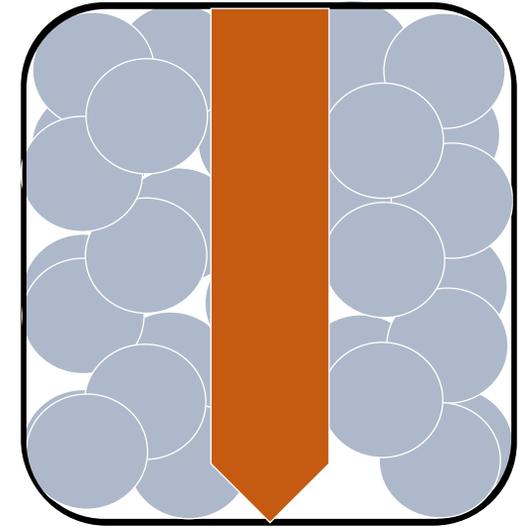
- ・ **密度増大**が対策原理
- ・ 間伐材の利用が可能
- ・ **CO₂排出量の削減**
- ・ 木材利用の活性化



出典: 飛鳥建設株式会社HP

既に多くの**実施工実績**
をあげている

密度増大原理
丸太の体積分砂が
押しつけられ地盤が
密になる原理



密度増大イメージ

◎研究背景



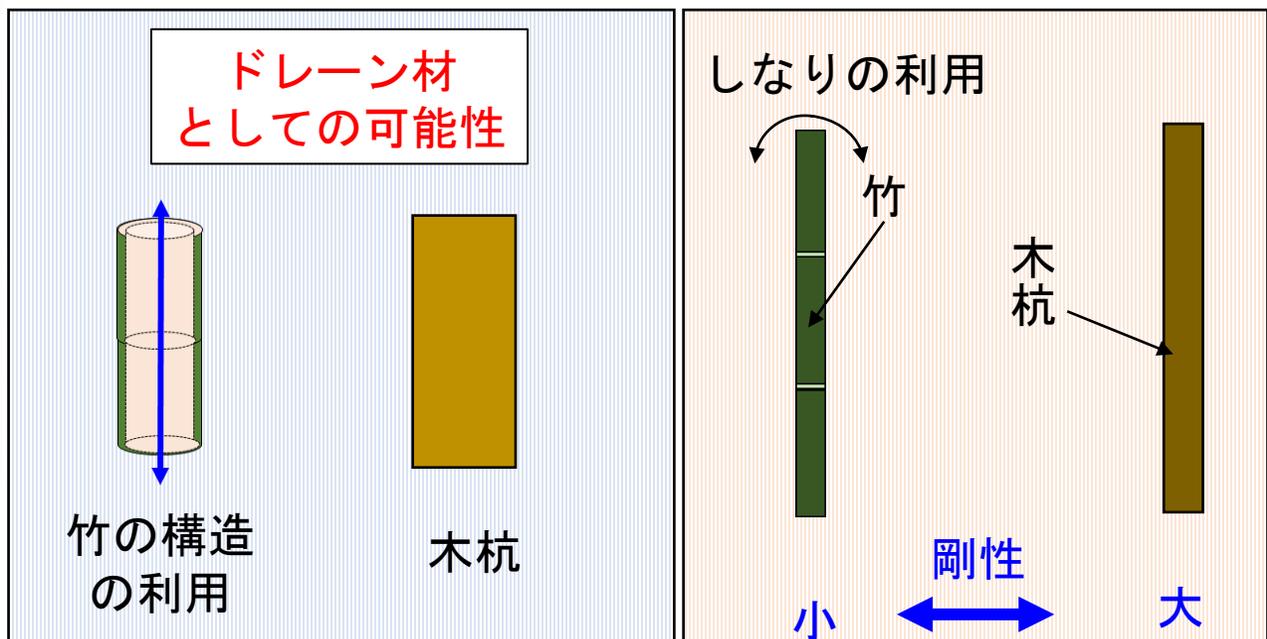
□竹の優位性(丸太と比べて・・・)

⇒本数管理ができてい限り毎年継続的に同量生産、供給が可能

⇒弾力性・曲げ剛性・割裂性が大きいいため加工しやすい



竹の構造に着目すると・・・



□竹林面積は年々増加傾向にある
⇒放置された竹林は約9万ha (竹林面積の約6割)

定期的な伐採と伐採後の有効利用が必要

大量消費が期待できる土木分野での有効利用

密度増大に加え排水機能をもたせた液状化対策杭として利用

◎研究背景



□竹の優位性(丸太と比べて・・・)

⇒本数管理ができている限り毎年継続的に同量生産、供給が可能

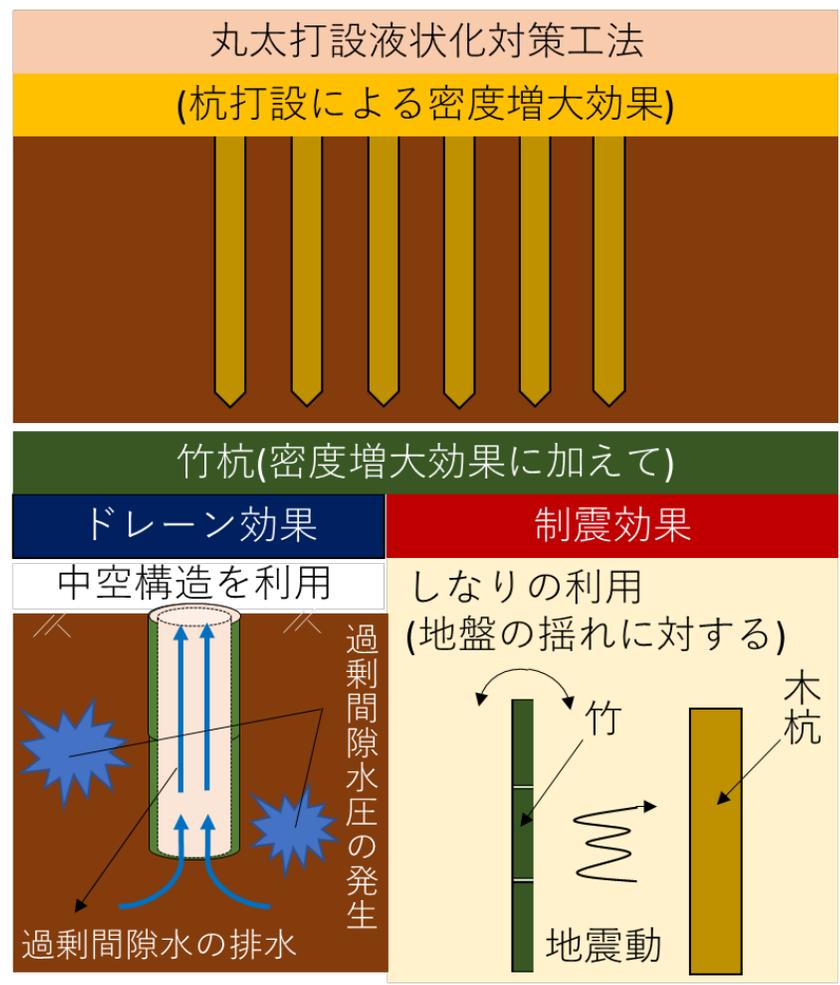
⇒弾力性・曲げ剛性・割裂性が大きいいため加工しやすい



□竹林面積は年々増加傾向にある
⇒放置された竹林は約9万ha (竹林面積の約6割)

定期的な伐採と
伐採後の有効利用が必要

大量消費が期待できる
土木分野での有効利用



本研究では、竹杭打設による液状化対策工法の開発を目的に振動台実験による実験的検討を行った

本研究のフローチャート

竹杭打設による液状化対策工法の開発

2章 竹の現状および特性と従来の液状化対策の課題の把握

小型振動台を用いた杭打設による液状化対策の基礎的検討

4章 木杭打設による液状化対策効果の把握

- ・ 杭の打設間隔の違いによる改良効果
- ・ 砂地盤上部における非液状化層の有無による影響
- ・ 加振時の改良地盤における構造物設置の影響

竹の液状化対策杭としての性能の検討

5章 竹の構造に着目した
ドレーン材適用性に関する検討

- ・ 実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証
- ・ 加速度毎における最適な改良条件の検証

6章 液状化対策杭の剛性に関する検討

- ・ 砂地盤下部における非液状化層の有無による影響
- ・ 杭の剛性の違いによる改良効果

竹杭の液状化対策杭としての性能の評価

竹杭打設による液状化対策工法の提案

◎実験概要

●土質試料



単一粒径であるため
液状化実験でよく用いられる



小型振動台



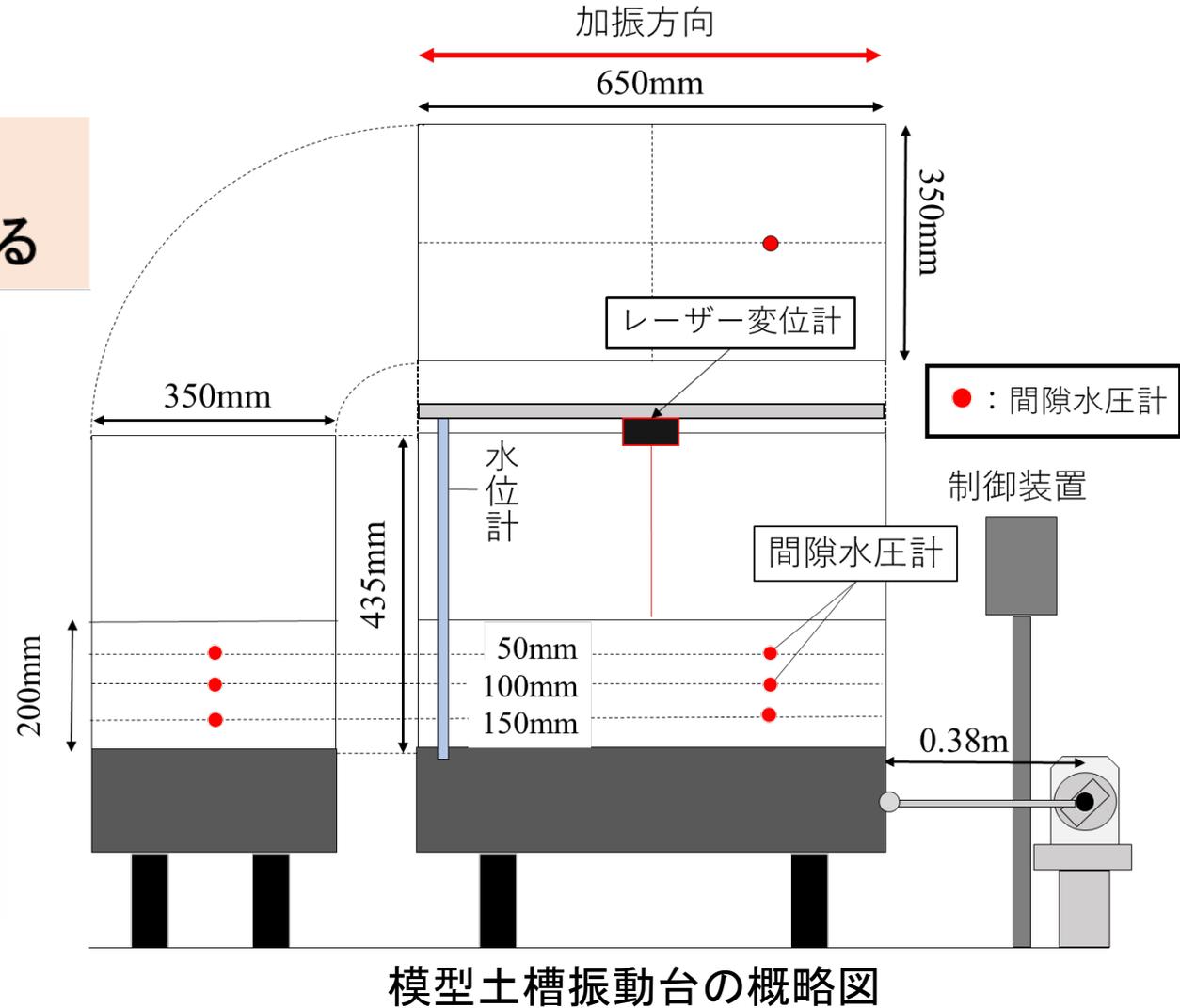
小型間隙水圧計



レーザー変位計



水位計



模擬地盤概要

模擬地盤作製方法・・・水中落下法 振動波・・・2.5Hz 地下水位・・・地表面(20cm)

初期地盤相対密度・・・ $Dr=60\%$ 最大加速度・・・200gal(震度5強)

◎木杭打設による液状化対策効果の把握



竹杭打設による液状化対策工法の開発

第4章 木杭打設による液状化対策効果の把握

把握

目的：同様の自然素材の杭打設による液状化対策である既往の丸太打設液状化対策で用いられる丸太を模擬した木杭を竹の比較材料とし、竹に対する検討の前にその効果を把握するため

- ・ 杭の打設間隔の違いによる改良効果
- ・ 非液状化層の有無による影響
- ・ における構造物設置の影響

◆ 検討項目
杭の打設間隔の違いによる改良効果

丸太打設液状化対策工法



5章 竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

- ・ 実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証
- ・ 加速度毎における最適な改良条件の検証

6章 液状化対策杭の剛性に関する検討

- ・ 砂地盤下部における非液状化層の有無による改良効果
- ・ 杭の剛性の違いによる改良効果

竹杭の液状化対策杭としての性能の評価

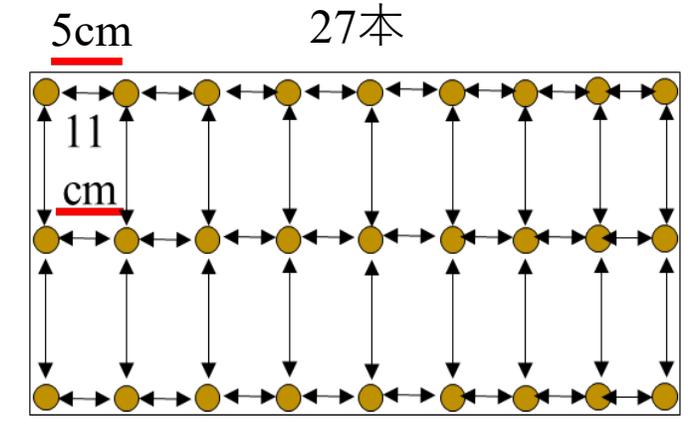
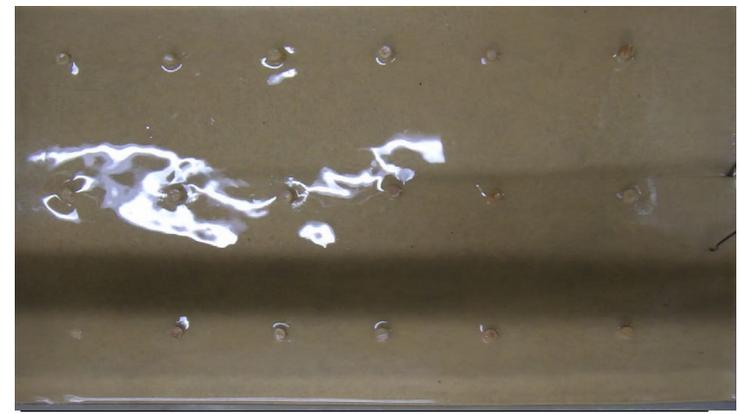
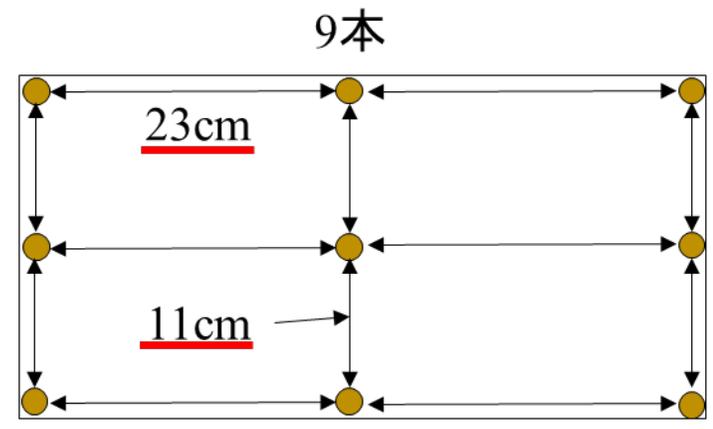
竹杭打設による液状化対策工法の提案

◎木杭打設による液状化対策効果の把握

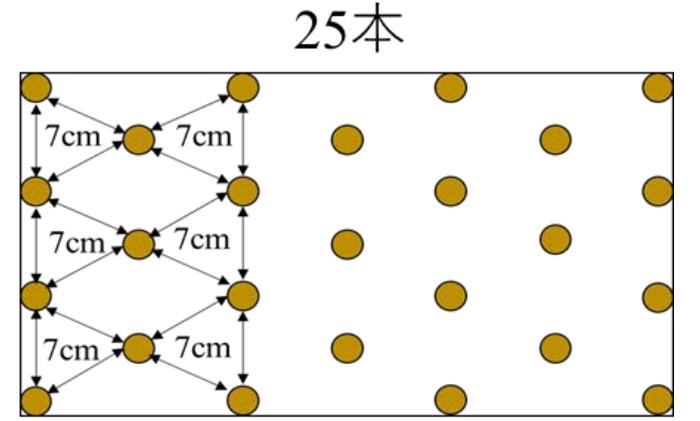
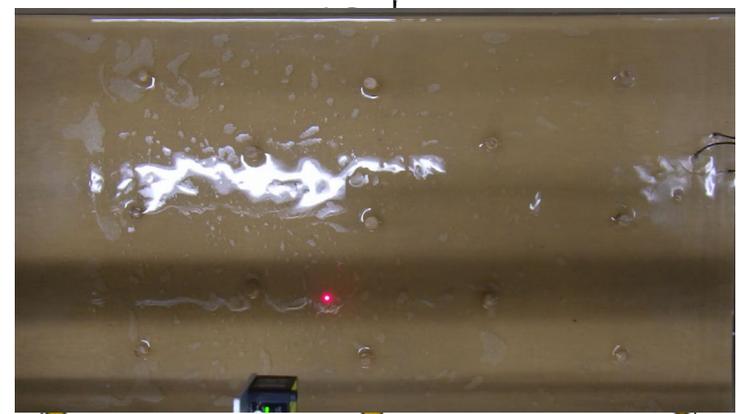
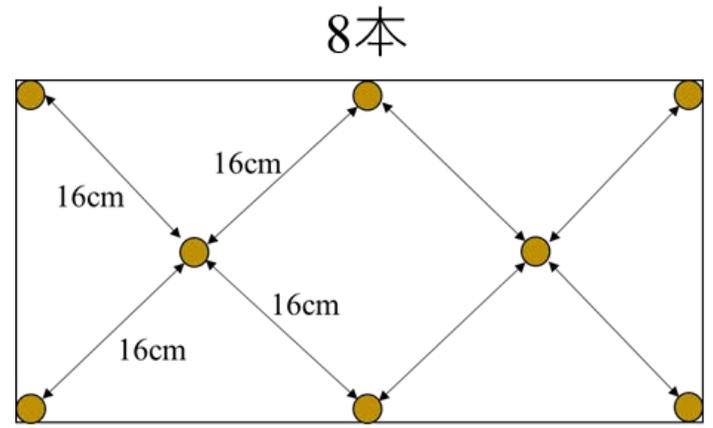


●杭の打設間隔の違いによる影響

直列配置：土槽内での打設本数のみ考慮し、配置を行った



千鳥配置：杭の打設間隔を等間隔に配置した

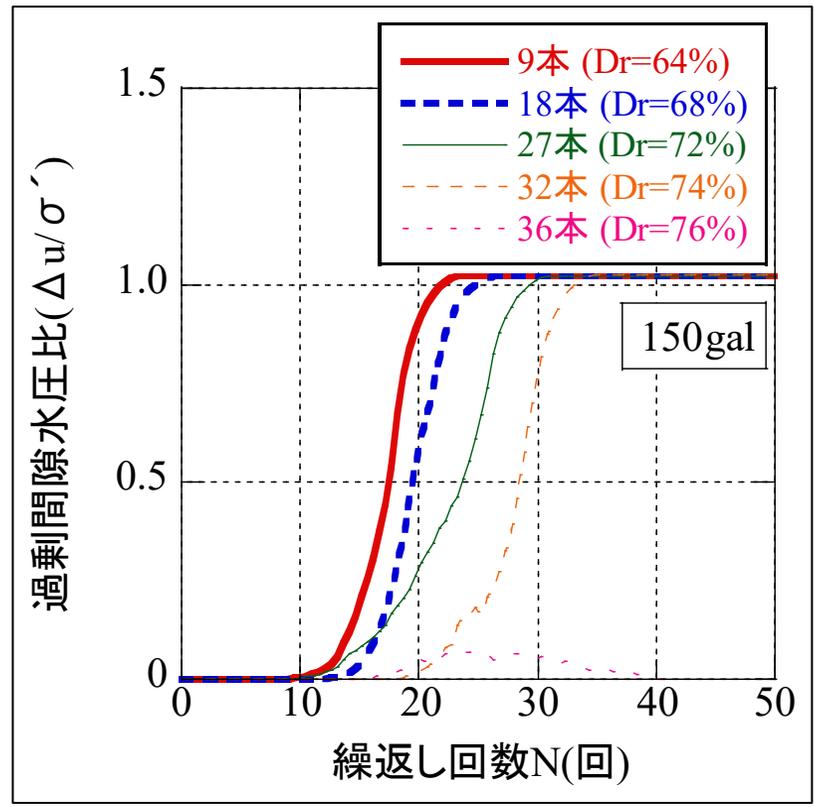


◎木杭打設による液状化対策効果の把握



●杭の打設間隔の違いによる影響

直列配置



繰返し回数-過剰間隙水圧比

実験条件

土質試料	モデル杭	杭配置	打設本数 (本)	想定相対密度 Dr(%)	加速度 (gal)
豊浦砂	木杭	直列配置	9	64	150
			18	68	
			27	72	
			32	74	
			36	76	
		8	64		

理論式(改良範囲内だけで砂が移動したと仮定)

$$\frac{A}{B^2} \times 100(\%)$$

$$D_r = D_{r0} \left(1 - \frac{a_s}{100} \right) + \frac{a_s(1 + e_{max})}{(e_{max} - e_{min})}$$

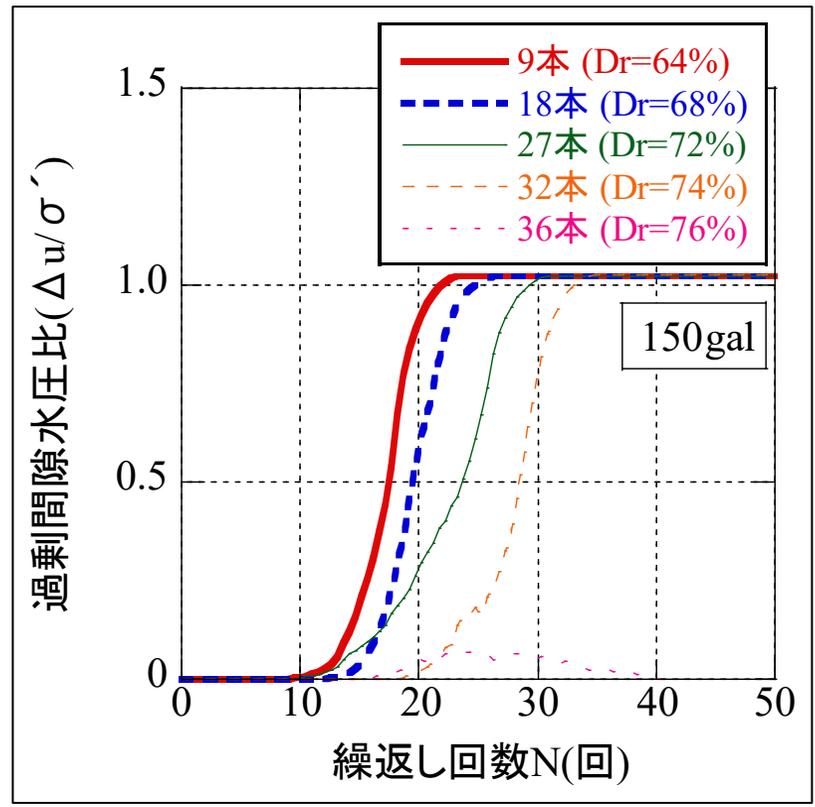
- A: 杭材断面積(m²)
- B: 地盤の幅(m)
- a_s: 間伐材打設による地盤改良率(%)
- D_r: 杭材間の想定相対密度(%)
- D_{r0}: 打設前の初期地盤の相対密度(%)
- e_{max}: 地盤の最大間隙比
- e_{min}: 地盤の最小間隙比

◎木杭打設による液状化対策効果の把握

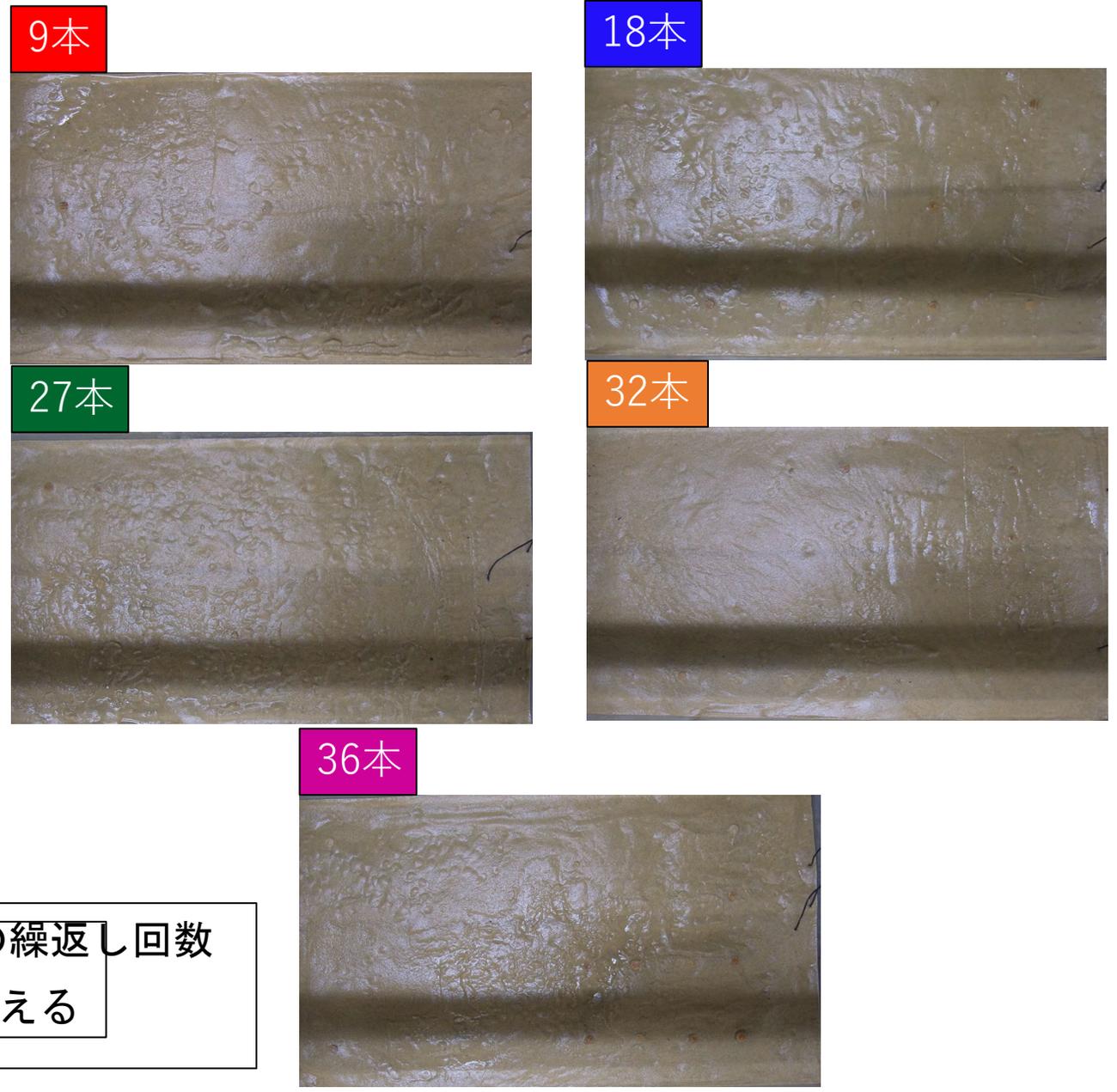


●杭の打設間隔の違いによる影響

直列配置



繰返し回数-過剰間隙水圧比



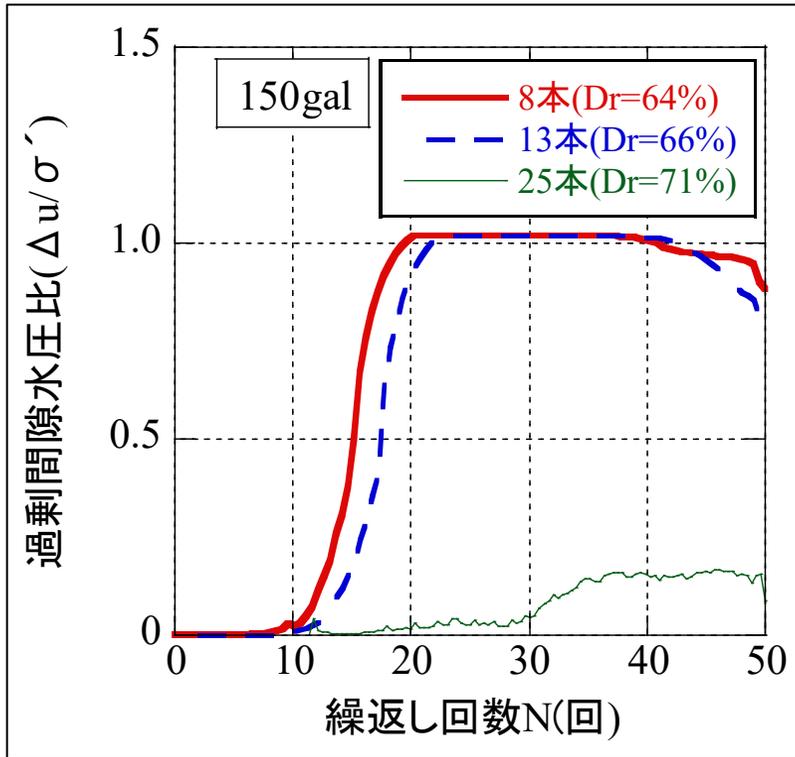
本数が多くなるのに伴って液状化に至るまでの繰返し回数
 が多くなる。打設本数が多くなるのこともあって
 地盤の相対密度が増大したことによるものと考え
 大きく過剰間隙水圧が抑制されている

◎木杭打設による液状化対策効果の把握

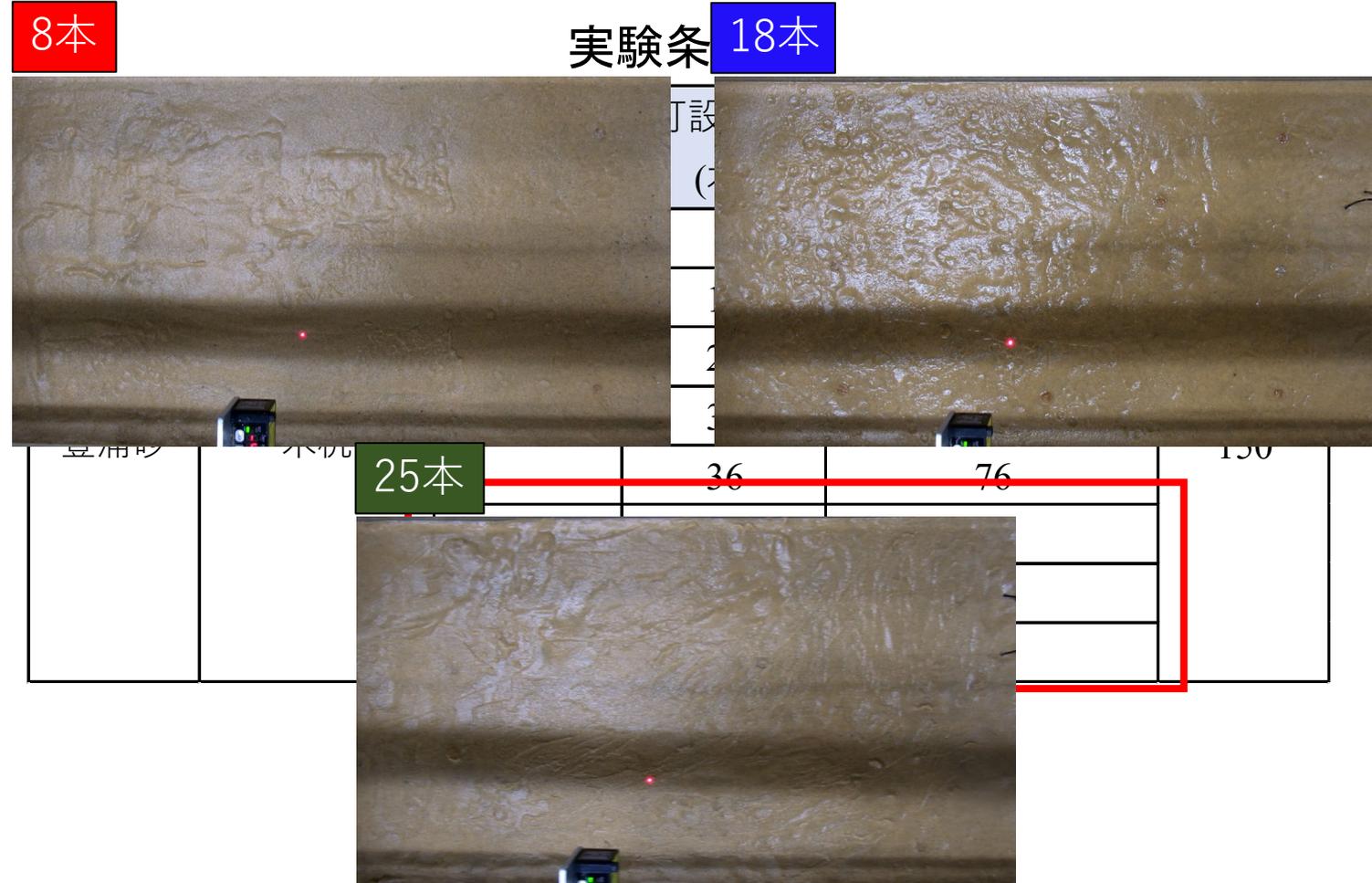


●杭の打設間隔の違いによる影響

千鳥配置



繰返し回数-過剰間隙水圧比



☑直列配置と同様に打設本数が増えるのにもなって液状化に至るまでの繰返し回数が多くなる傾向がみられた
⇒直列配置と同様に杭打設による密度増大によるものと考えられる。

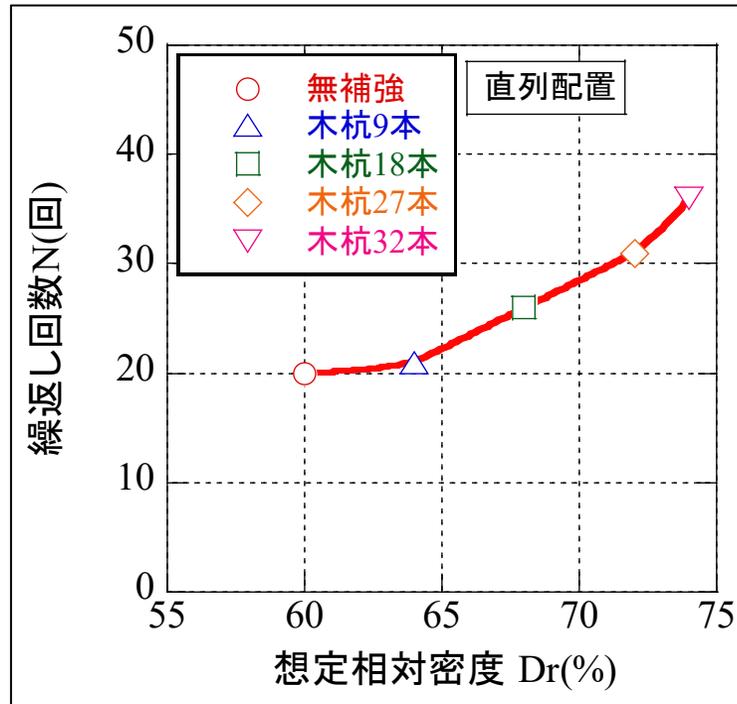
◎木杭打設による液状化対策効果の把握



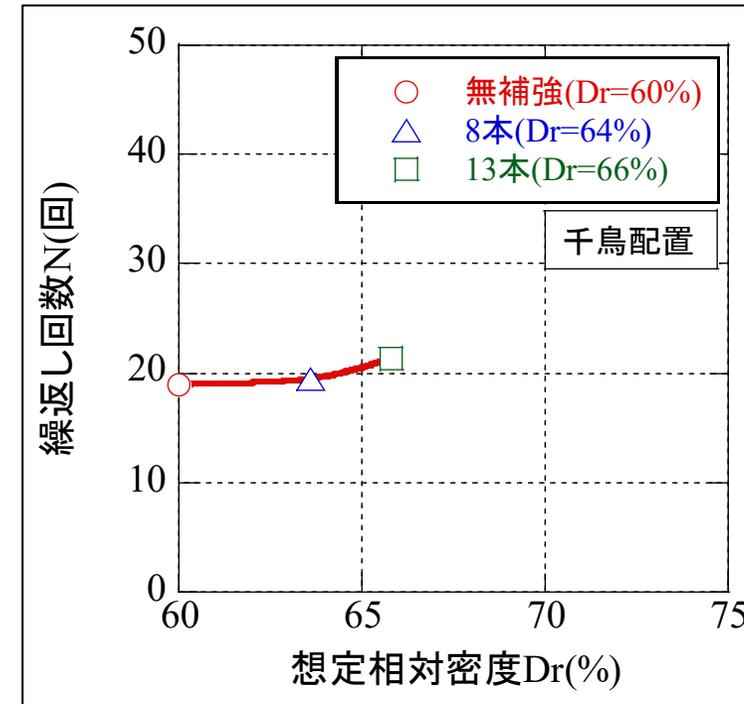
●杭の打設間隔の違いによる影響

杭配置の違いに着目すると・・・

直列配置



千鳥配置



想定相対密度-繰返し回数(液状化に至るまでの)

☑千鳥配置の方が、少ない本数で高い改良効果を示した。

⇒ 直列配置の打設間隔が等間隔でなかったために計算上の相対密度に達してなかった可能性がある

◎木杭打設による液状化対策効果の把握



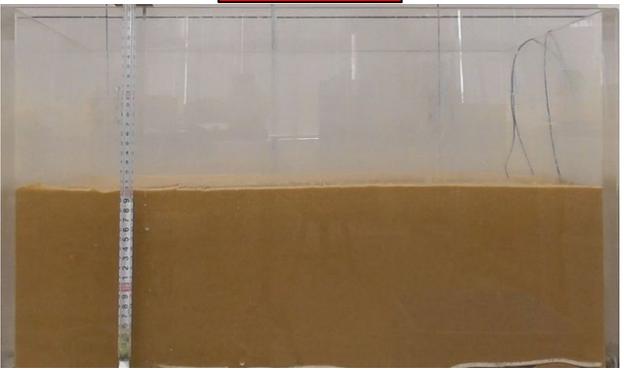
●杭の打設間隔の違いによる影響

直列配置-木杭27本(Dr=72%)

上面図



正面図

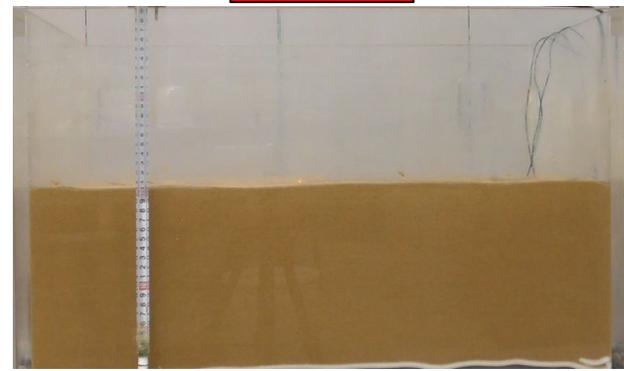


千鳥配置-25本(Dr=70%)

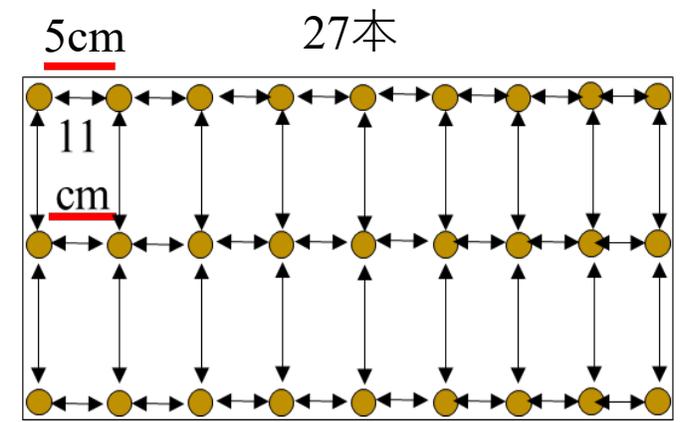
上面図



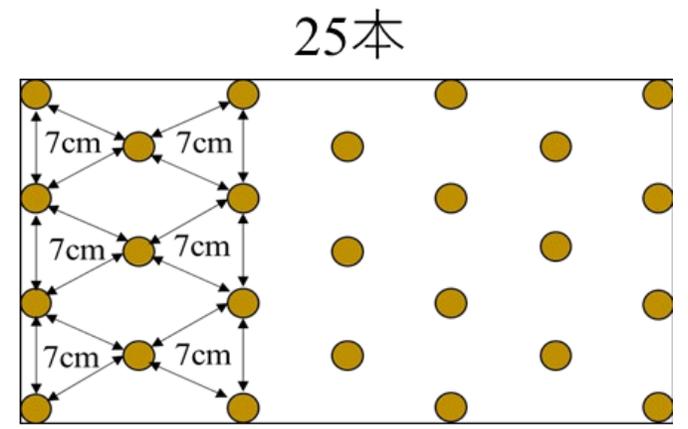
正面図



直列配置



千鳥配置

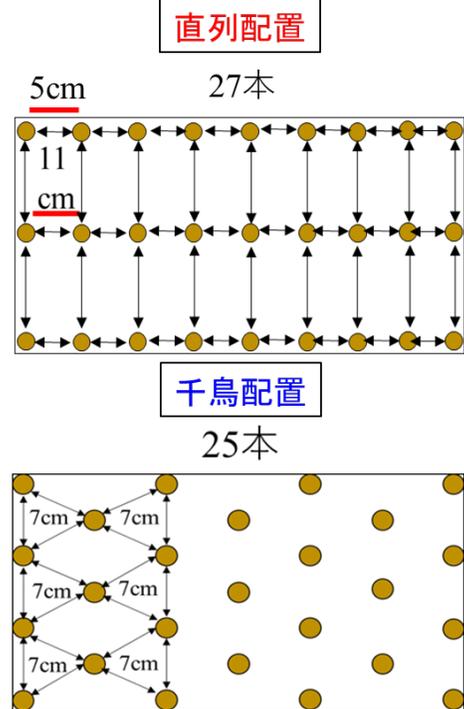


☑同程度の相対密度にも関わらず、対策効果に大きく差異が生じている。
これは、直列配置の打設本数27本では、モデル杭の打設がアクリル板に近く、杭間の縦幅が横幅と比べ大きく改良効果に偏りが現れたと考えられる。

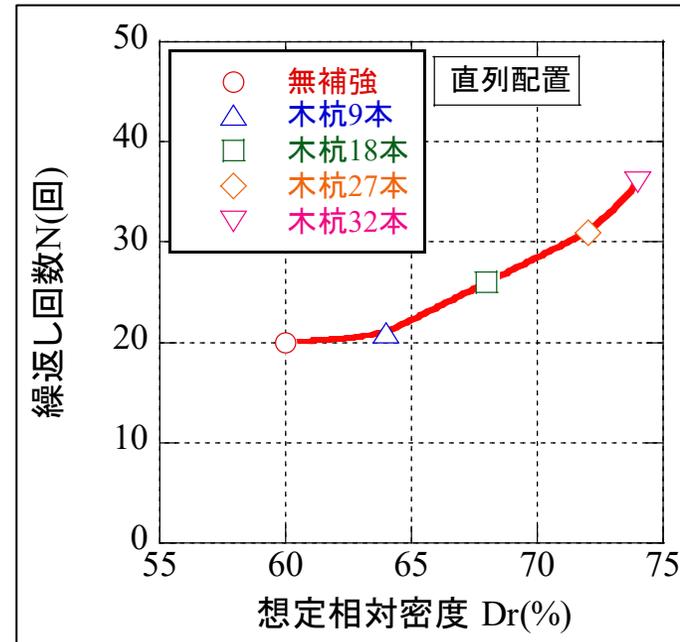
◎木杭打設による液状化対策効果の把握

・杭配置の違いによる影響

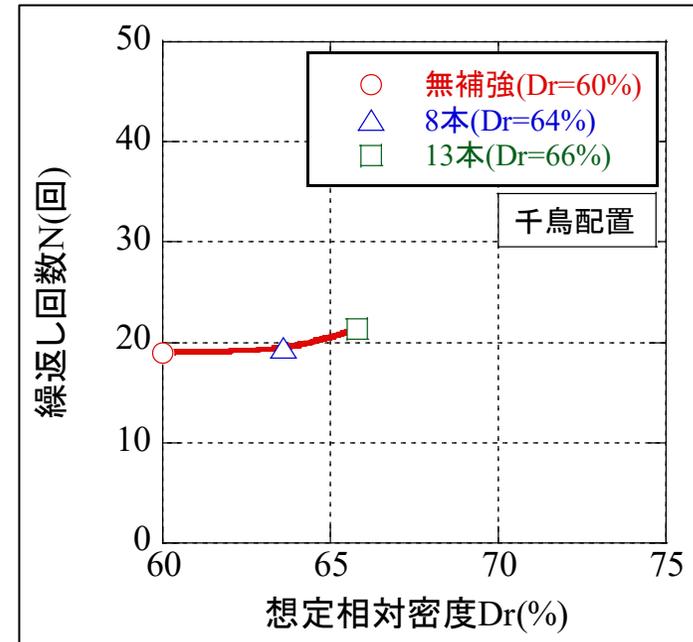
杭打設による**密度増大**による液状化対策効果を確認できた。
杭打設による液状化対策において杭の打設間隔の影響は**大きく**
杭を**等間隔**でかつ**改良範囲**を考慮して配置した方が、**より効果的に改良**できることがわかった。



直列配置



千鳥配置



以上の模擬テストを踏まえ、
竹モデル杭を用いて竹杭打設による液状化対策効果について検討する

◎竹の液状化対策杭としての性能の検討



竹杭打設による液状化対策工法の開発

第5章 竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

2章 竹の現状および特性と従来の液状化対策の課題の把握

目的：竹の液状化対策杭としての性能の検討として、丸太と異なる竹の構造に着目し、竹杭をドレーン材として適用するために、構造の異なるモデル杭を用いて検討を行う。

4章 本杭打設による液状化対策効果の把握

- ◆ 検討項目
- ① 実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証
- ② 加速度毎における最適な改良条件の検証

5章 竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

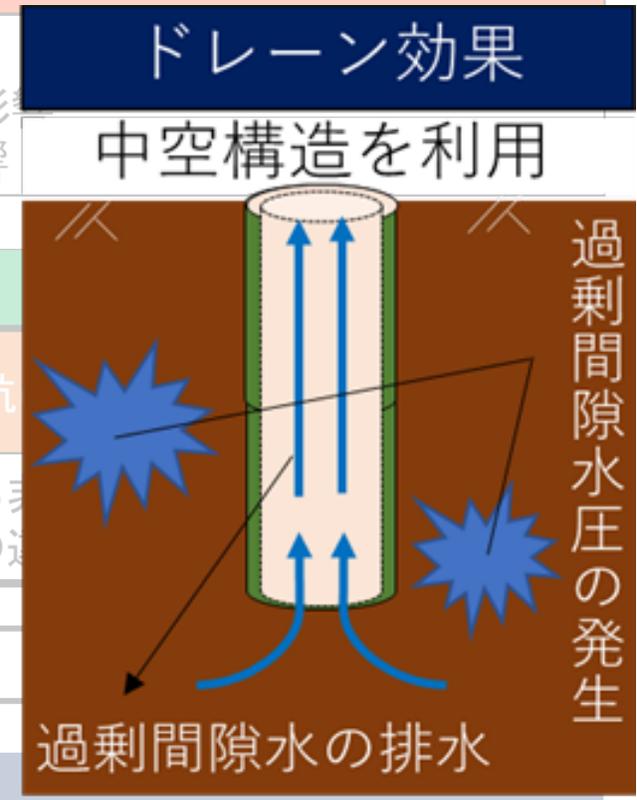
- ・ 実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証
- ・ 加速度毎における最適な改良条件の検証

6章 液状化対策杭

- ・ 砂地盤下部における
- ・ 杭の剛性の

竹杭の液状化対策杭としての性能の評価

竹杭打設による液状化対策工法の提案



●本研究では、竹の構造に着目し、ドレーン材としての適用性について検討を行う

① 竹モデル杭(節あり)

砂や水が流入しないようテープで閉じた

中空

杭断面

水を通さない構造

加工せず、そのまま用いることを想定したモデル

② 竹モデル杭(節ぬき)

水のみ通すメッシュ素材で閉じている

水のみ通すメッシュ素材で閉じている

杭断面

節をぬき排水構造をもたせたモデル

③ 竹モデル杭(割竹束)

・・・竹の杭径を考慮し、割竹を複数束を

中に土がないよう

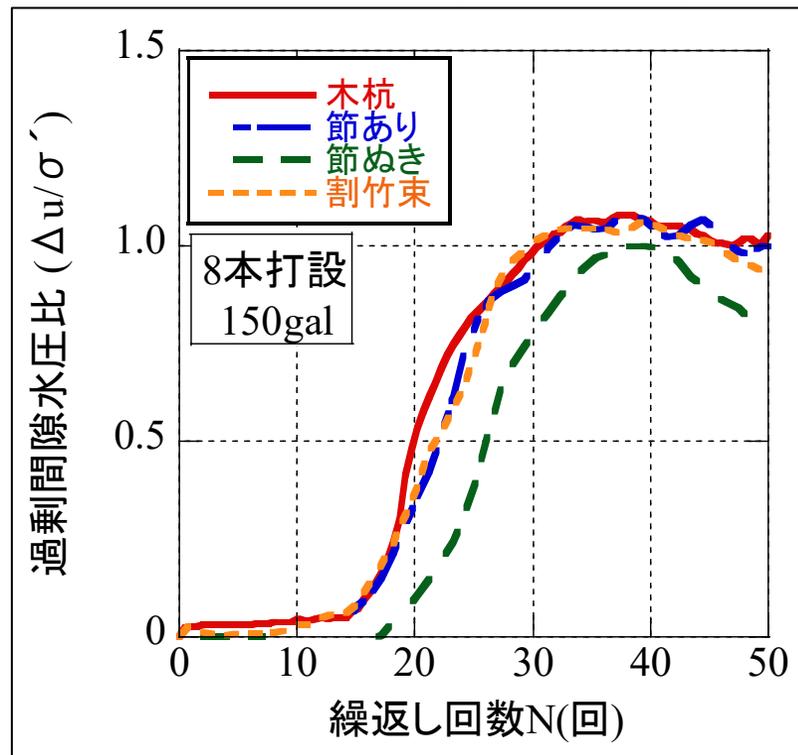
拡大図

これら間隙からドレーン効果を期待

◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

●実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証

8本打設 (Dr=64%)



繰返し回数-過剰間隙水圧比

いずれのモデル杭でも過剰間隙水圧比が1.0に達し液状化が発生している。
 ⇒8本では、杭打設による液状化対策が十分でなく杭の種類に差異はみられなかった

実験条件

杭の種類	加速度 (gal)	打設本数 (本)	初期相対密度 Dr_0 (%)
木杭	150	8	60
節あり		13	
節ぬき			
割竹束			

木杭



節あり



節ぬき



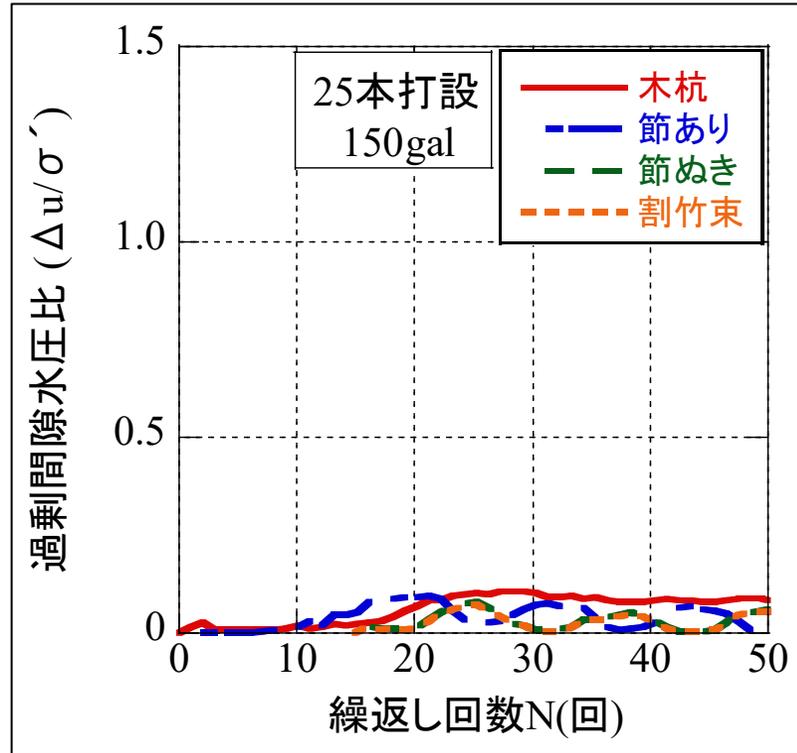
割竹束



◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

●実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証

25本打設 (Dr=70%)



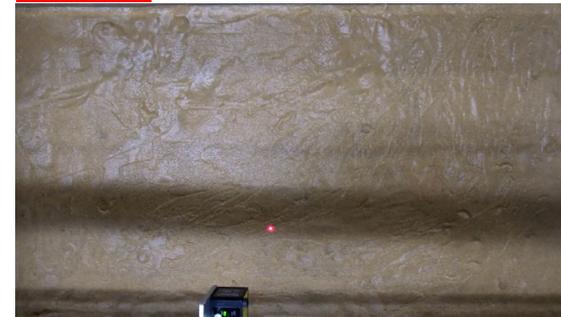
繰返し回数-過剰間隙水圧比

✓ いずれのモデル杭でも過剰間隙水圧の上昇が大きく抑制されている
⇒打設本数増加に伴う密度増加が確認できた。

実験条件

杭の種類	加速度 (gal)	打設本数 (本)	初期相対密度 Dr_0 (%)
木杭	150	8	60
節あり		13	
節ぬき		25	
割竹束		25	

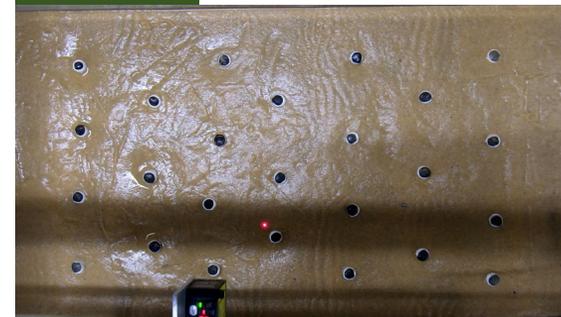
木杭



節あり



節ぬき



割竹束

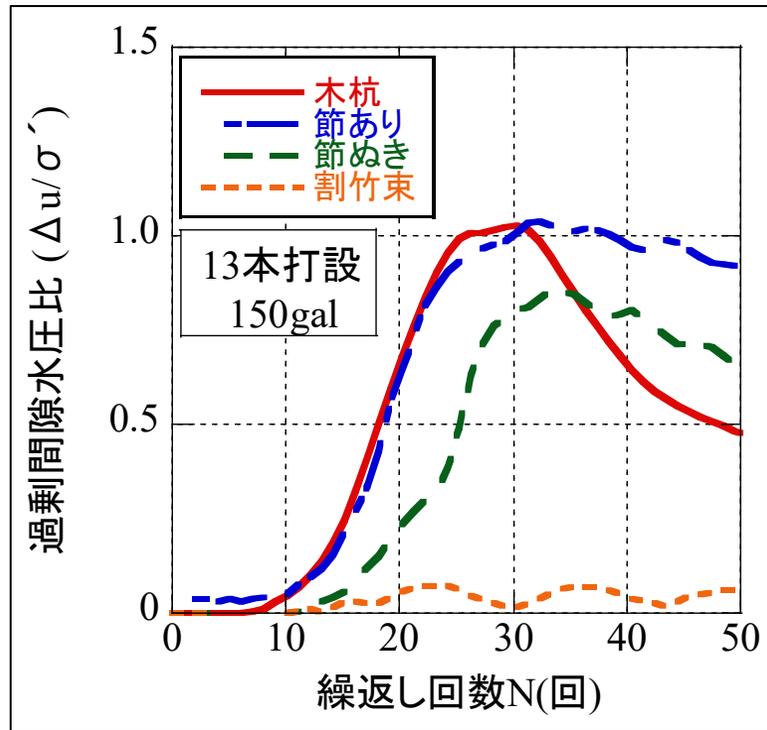


◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

●実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証

杭の種類に着目すると・・・

13本打設(Dr=66%)



繰返し回数-過剰間隙水圧比

☑竹本来の構造である節ありモデルでは、動画に示すように杭が中空構造であることと浮力により、杭が地盤中から浮き出てしまい、杭の耐震効果を示すことができなかったと考えられる

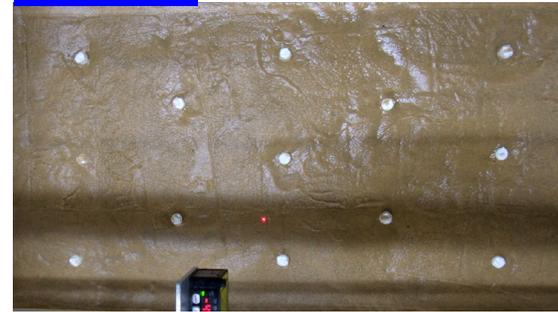
実験条件

杭の種類	加速度 (gal)	打設本数 (本)	初期相対密度 Dr ₀ (%)
木杭	150	8	60
節あり		13	
節ぬき		25	
割竹束			

木杭



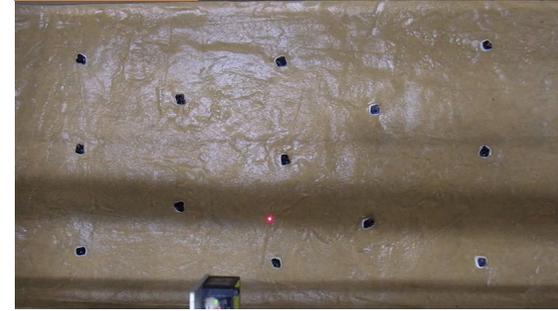
節あり



節ぬき

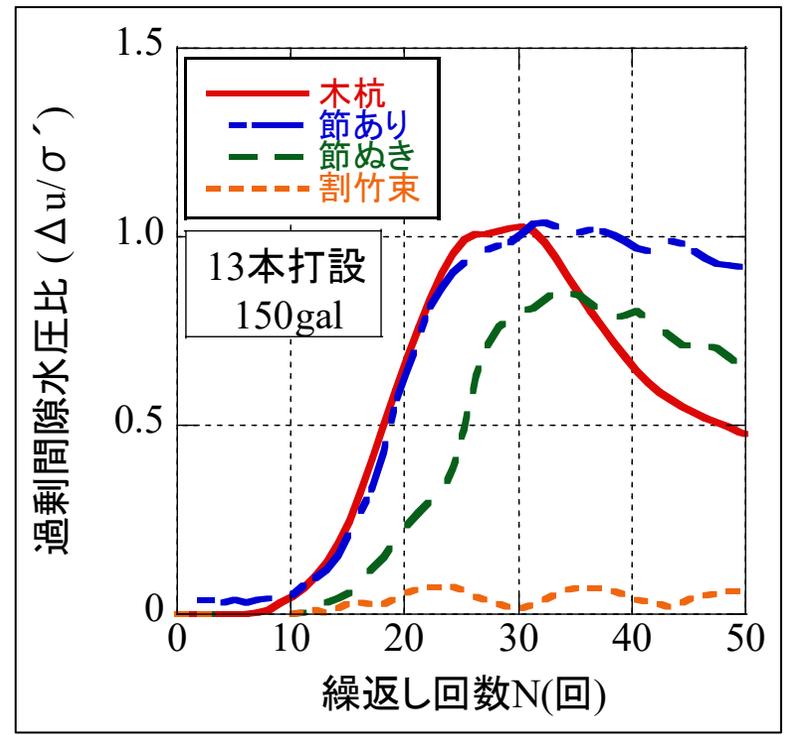


割竹束



●実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証

13本打設(Dr=66%)



繰返し回数-過剰間隙水圧比

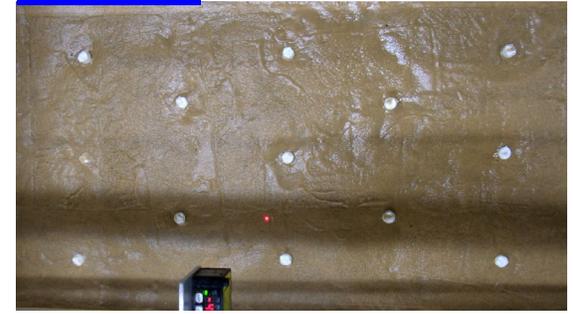
実験条件

杭の種類	加速度 (gal)	打設本数 (本)	初期相対密度 $Dr_0(\%)$
木杭	150	8	60
節あり		13	
節ぬき		13	
割竹束		25	

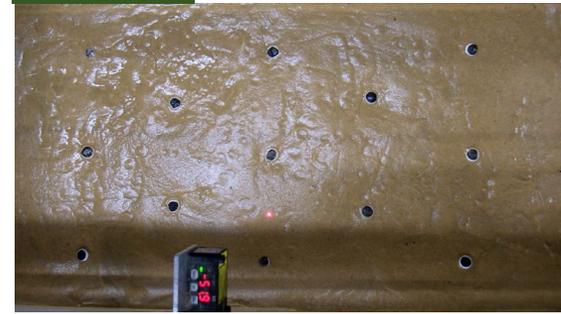
木杭



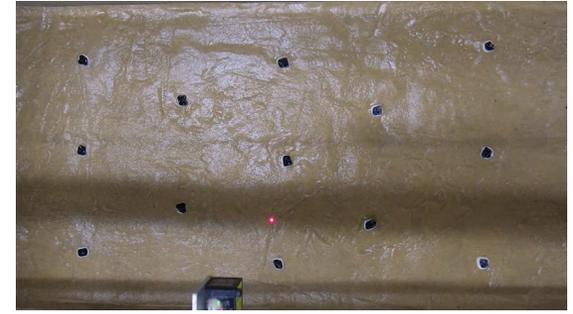
節あり



節ぬき



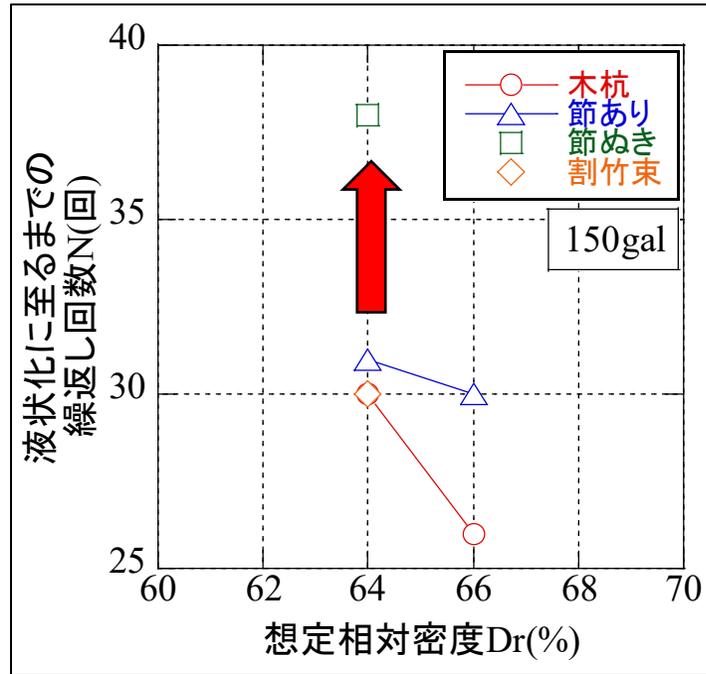
割竹束



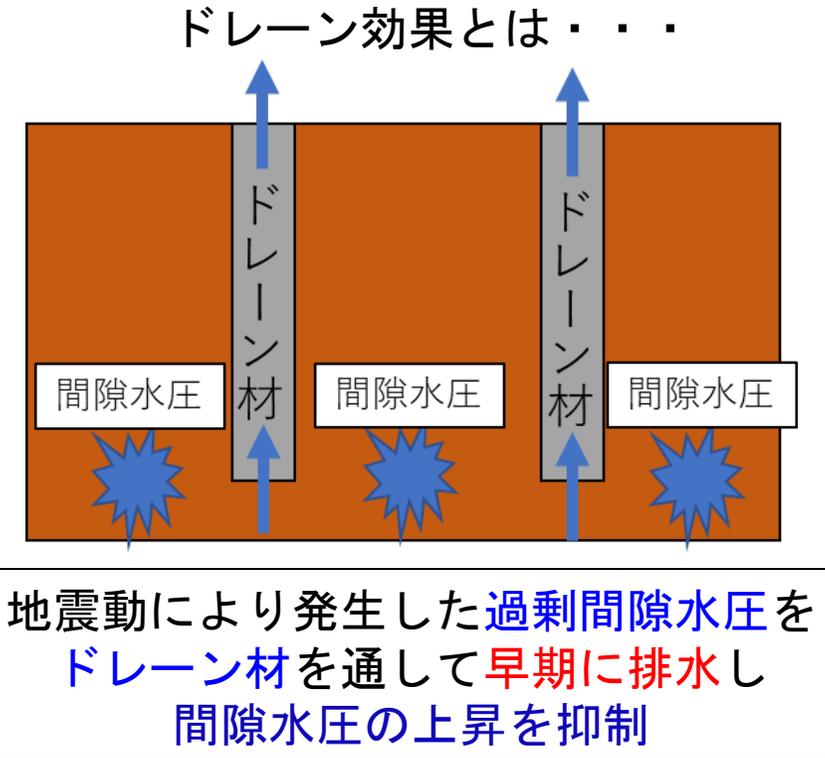
☑ 節ぬきと割竹束では、繰返し回数が50回を超えても過剰間隙水圧比は1.0に至らず、液状化発生が抑制されていることが確認できる。
 ⇒排水構造によるドレーン効果ははたらいたと考えられる

◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

●実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証



想定相対密度-繰返し回数

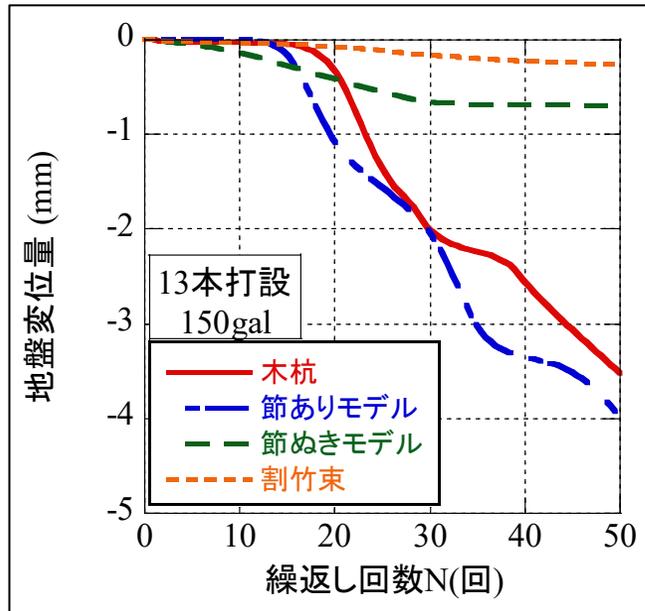


- ☑節ぬきと割竹束とでは、想定相対密度 $Dr=64\%$ 以上では液状化しない結果となった。
- また、節ぬきでは、想定相対密度 $Dr=64\%$ でも他のモデル杭と比べ、液状化に至るまでの繰返し回数が大きくなった
- ⇒いずれもドレーン効果が働いたことによるものと考え

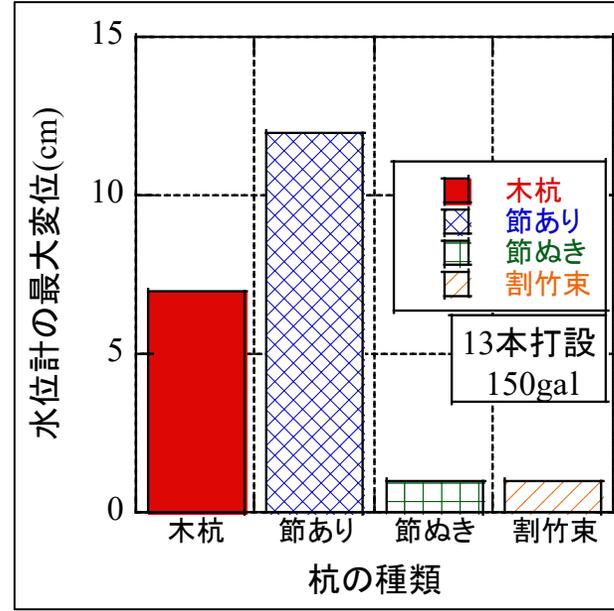
◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

●実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証

13本打設(Dr=66%)



繰返し回数-地盤変位量



水位計の最大変位

実験条件

杭の種類	加速度 (gal)	打設本数 (本)	初期相対密度 Dr_0 (%)
木杭	150	8	60
節あり		13	
節ぬき		25	
割竹束		25	

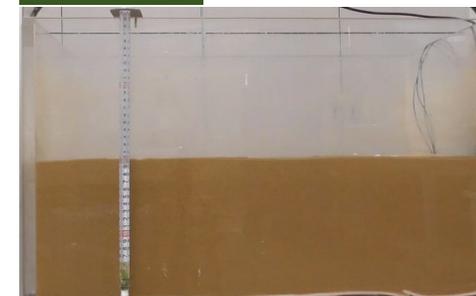
節ぬき



割竹束



節ぬき



割竹束

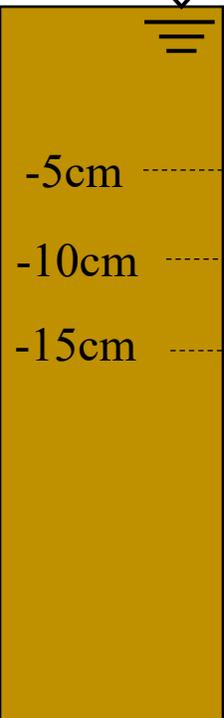


✓ 節ぬきと割竹束は、地盤変位量と水位計の最大水位も低い値を示していることがわかる。
⇒これらによりドレーン効果が確認でき、排水による液状化抑制効果が確認できる

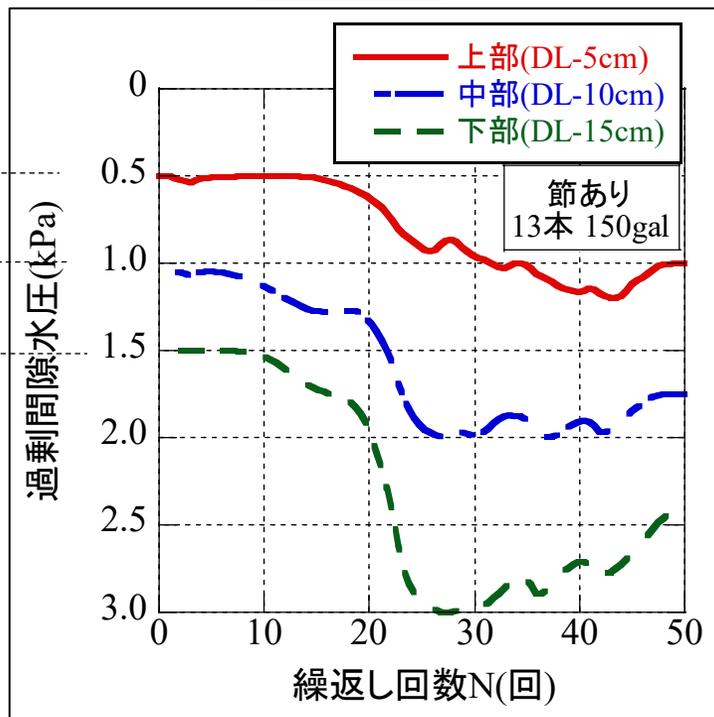
◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

●ドレーン考察

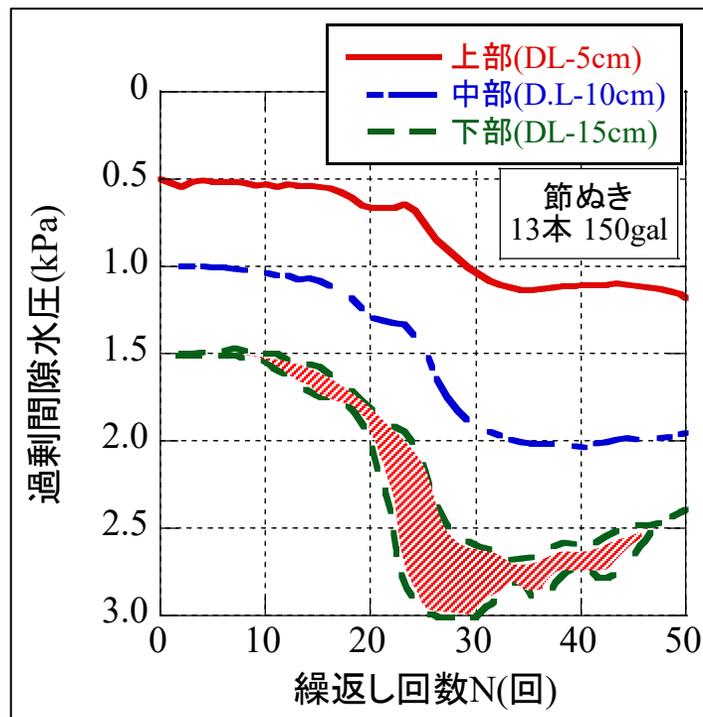
地表面



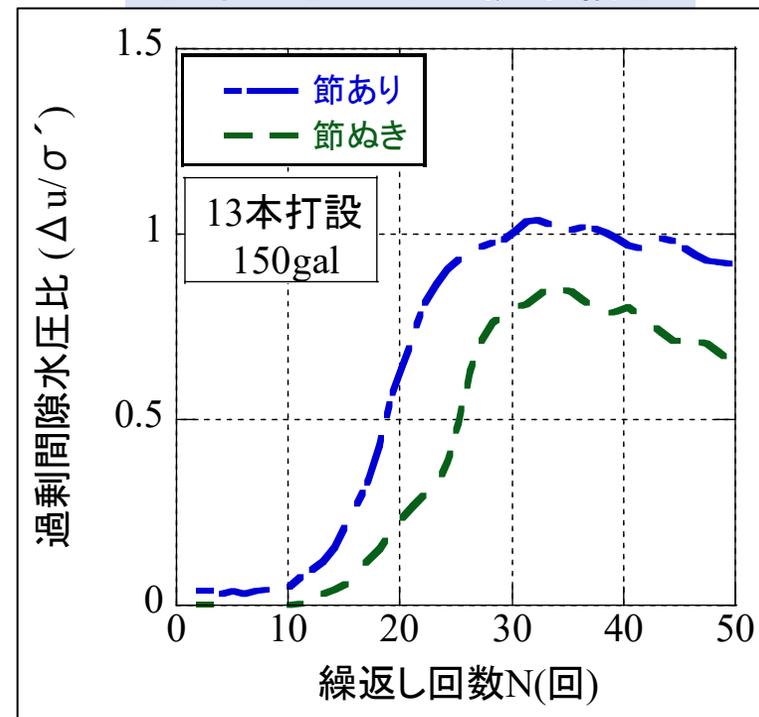
節あり



節ぬき



横方向からの排水はない
下部からのみの排水構造



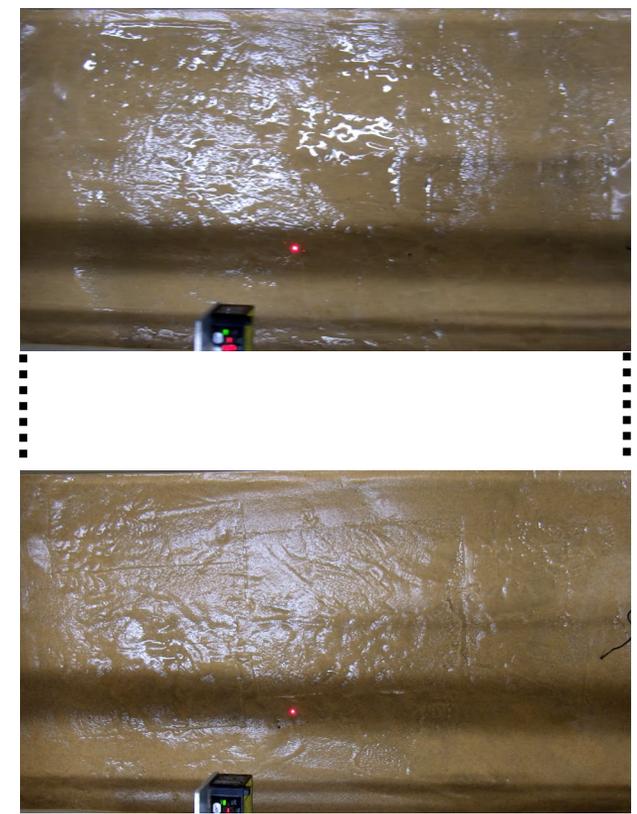
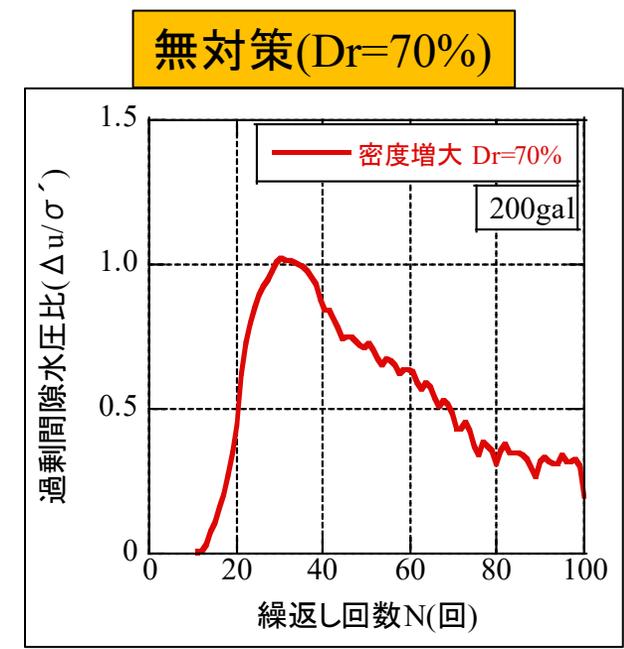
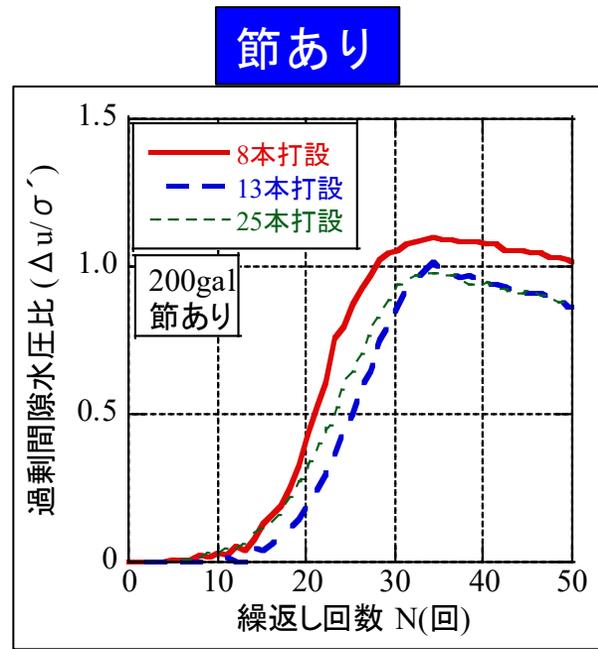
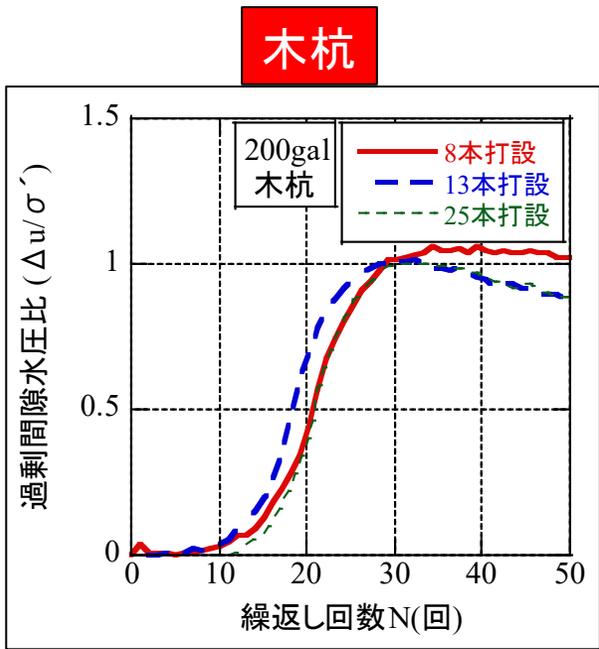
繰返し回数-過剰間隙水圧
(深さ方向)

繰返し回数-過剰間隙水圧比

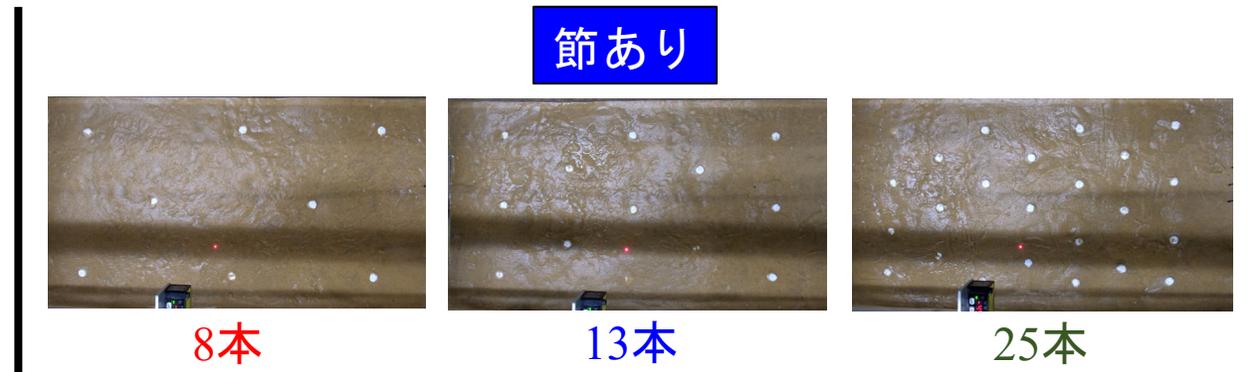
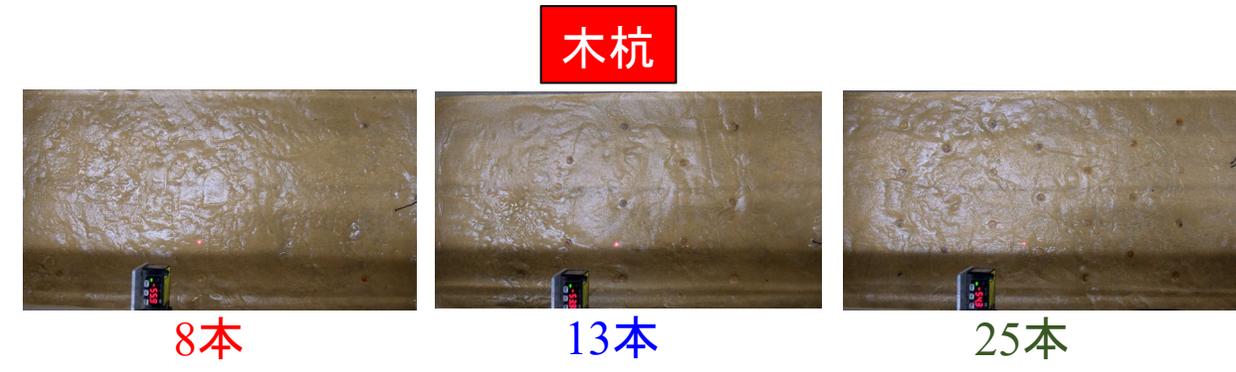
☑ 水圧計上部と中部では、過剰間隙水圧比が1.0に達せず液状化が抑制されている条件においても過剰間隙水圧の挙動に差異がみられなかった
下部では、節ぬきの方が節ありと比べ過剰間隙水圧を抑制している
⇒これは、設置したドレーンの構造が下部からの水圧の流入のみを許す構造であるためと考えられる

◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

● 加速度毎における最適な改良条件の検証 (加速度200gal 震度5強相当)



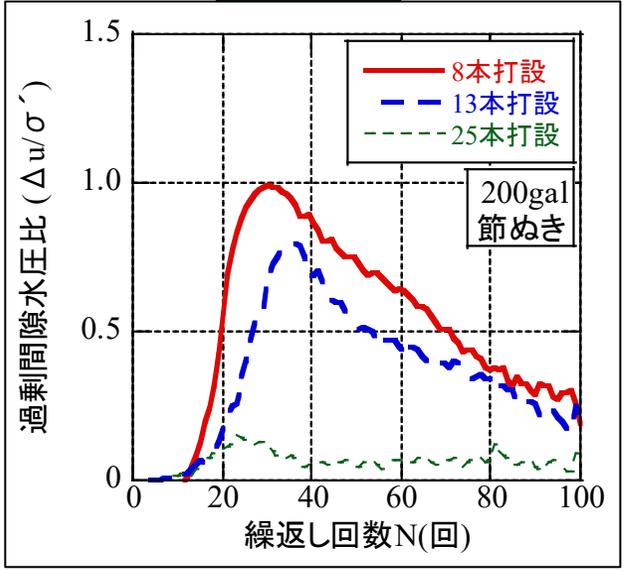
☑ 200galの**木杭**と**節あり**では、いずれの打設本数においても過剰間隙水圧比が1.0に達し液状化が発生している。



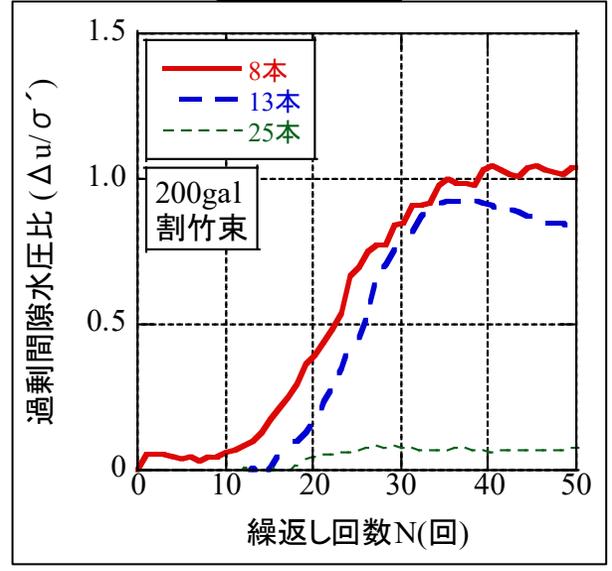
◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

● 加速度毎における最適な改良条件の検証 (加速度200gal 震度5強相当)

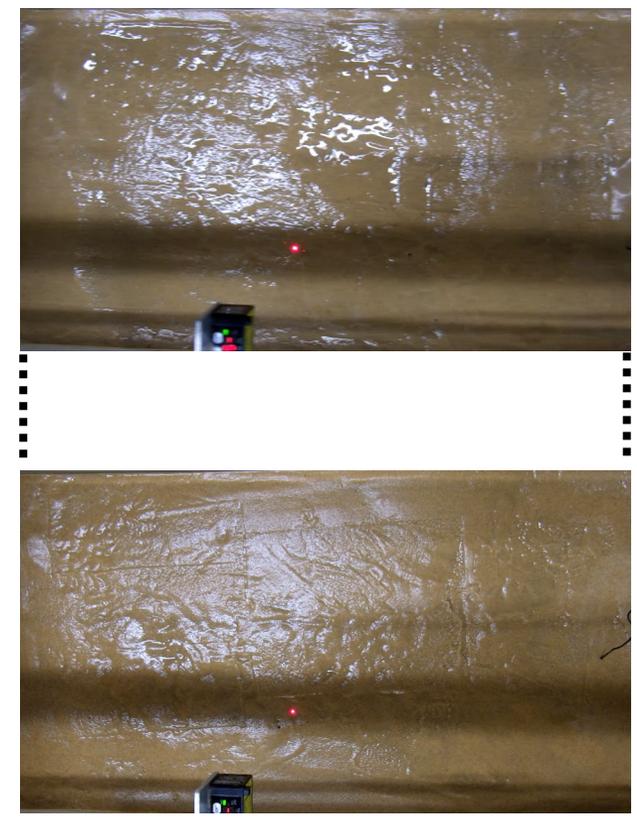
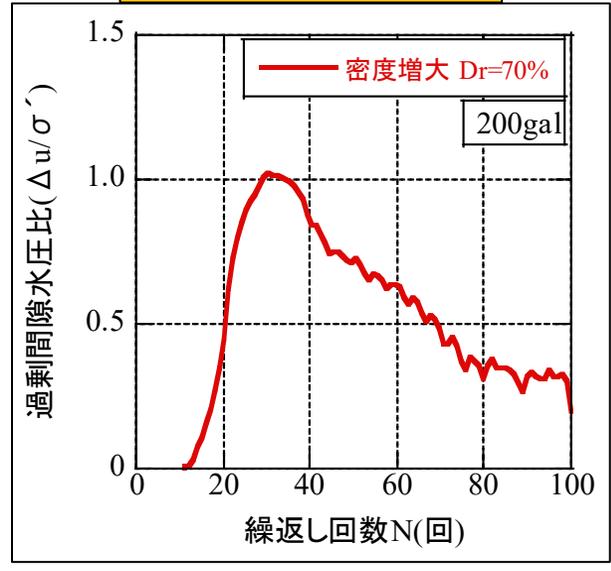
節ぬき



割竹束



無対策(Dr=70%)



✓ 大きい加速度でも節ぬきと割竹束では打設本数が増えるのにもなって液状化抑制効果を確認できた。

節ぬき



割竹束



8本

13本

25本

8本

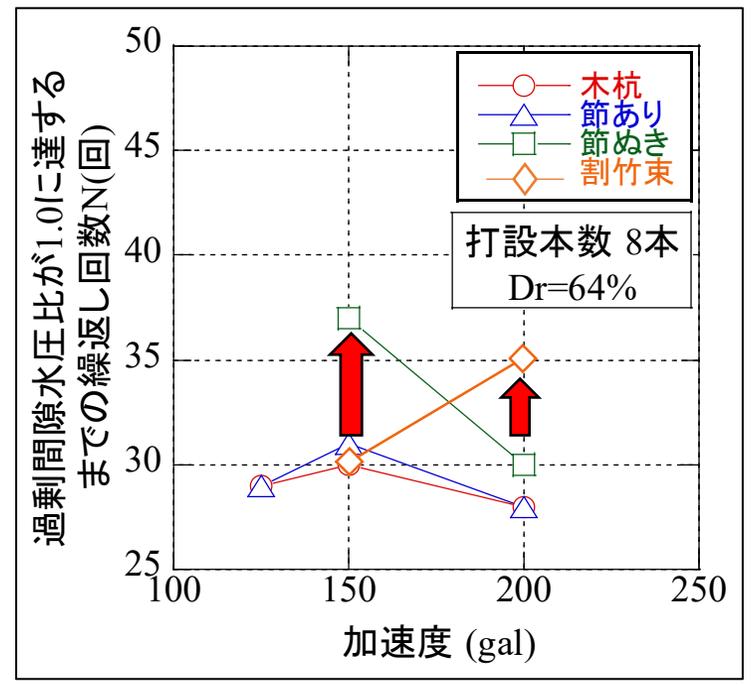
13本

25本

●加速度毎における最適な改良条件の検証

液状化対策評価表

○ : 液状化対策 有効
 × : 液状化発生



加速度-繰返し回数

木杭

		打設本数(本)		
		8	13	25
加速度 (gal)	125	×	○	○
	150	×	×	○
	200	×	×	×

節あり

		打設本数(本)		
		8	13	25
加速度 (gal)	125	×	○	○
	150	×	×	○
	200	×	×	×

節ぬき

		打設本数(本)		
		8	13	25
加速度 (gal)	125	○	○	○
	150	×	○	○
	200	×	○	○

割竹束

		打設本数(本)		
		8	13	25
加速度 (gal)	125	○	○	○
	150	×	○	○
	200	×	○	○

☑ いずれの加速度でも木杭と節ありに比べ、節ぬきと割竹束の方が高い液状化対策効果を示している。
 ⇒ 広い範囲で、竹は節をぬき排水構造を持たせたり、割竹を束ねることで木杭と比べて、少ない打設本数で高い改良効果を示す可能性が示唆された

◎竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

まとめ

液状化対策評価表

○：液状化対策 有効
×：液状化発生

木杭

		打設本数(本)		
		8	13	25
加速度 (gal)	125	×	○	○
	150	×	×	○
	200	×	×	×

節あり

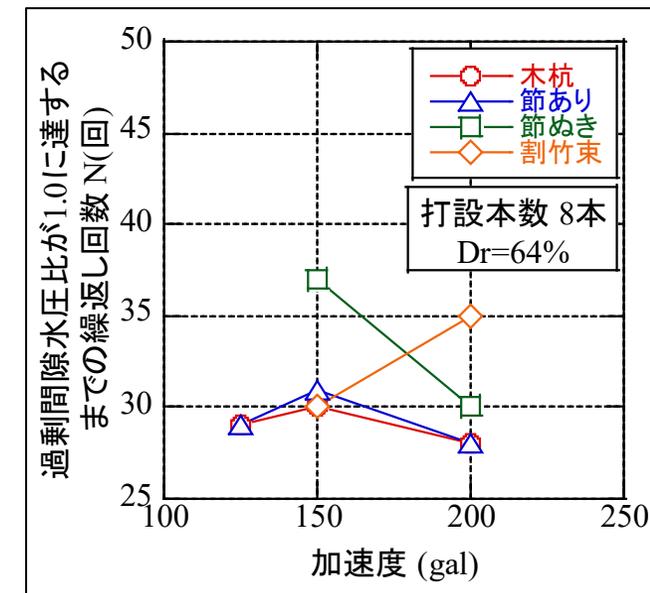
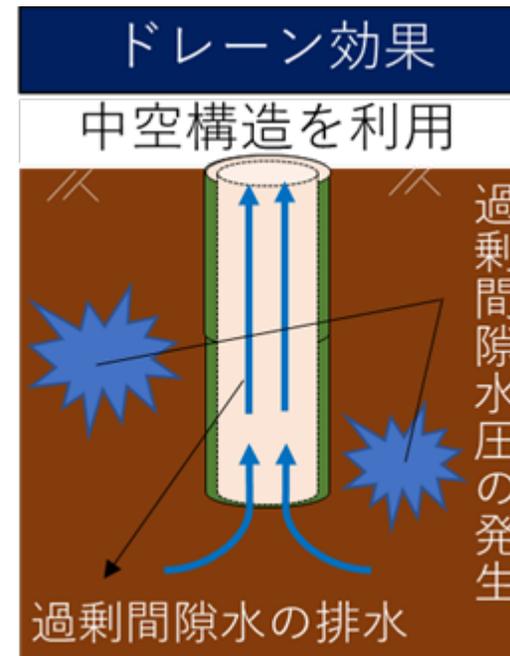
		打設本数(本)		
		8	13	25
加速度 (gal)	125	×	○	○
	150	×	×	○
	200	×	×	×

節ぬき

		打設本数(本)		
		8	13	25
加速度 (gal)	125	○	○	○
	150	×	○	○
	200	×	○	○

割竹束

		打設本数(本)		
		8	13	25
加速度 (gal)	125	○	○	○
	150	×	○	○
	200	×	○	○



実施工を考慮した竹杭の最適な打設方法の検証

- 竹杭の構造から、節を抜き、割竹を束ねることでドレーン効果により木杭と比べて高い液状化抑制効果を示すことが明らかとなった。

加速度毎における最適な改良条件の検証

- 大きい加速度でも節を抜いたモデルと割竹束では、高い液状化抑制効果を示し、節を抜いたモデルと割竹束は、広い範囲で木杭と無加工の竹に比べ、少ない打設本数で高い改良効果を示した。

◎竹の液状化対策杭としての性能の検討



竹杭打設による液状化対策工法の開発

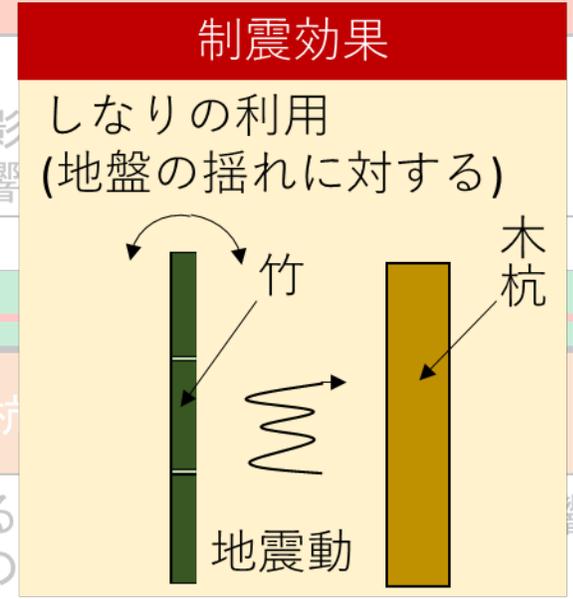
第6章 液状化対策杭の剛性に関する検討

2章 竹の現状および特性と従来の液状化対策の課題の把握

目的：竹の液状化対策杭としての性能の検討として、丸太と異なる竹のしなりに着目し、杭の制震効果に期待し、剛性の異なるモデル杭を用いて検討を行う。

4章 木杭打設による液状化対策効果の把握

- ◆ 検討項目
- ① 砂層下部における非液状化層の有無による影響
- ② 杭の剛性の違いによる影響



5章 竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

- ・ 実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証
- ・ 加速度毎における最適な改良条件の検証

6章 液状化対策材

- ・ 砂地盤下部における
- ・ 杭の剛性の

竹杭の液状化対策杭としての性能の評価

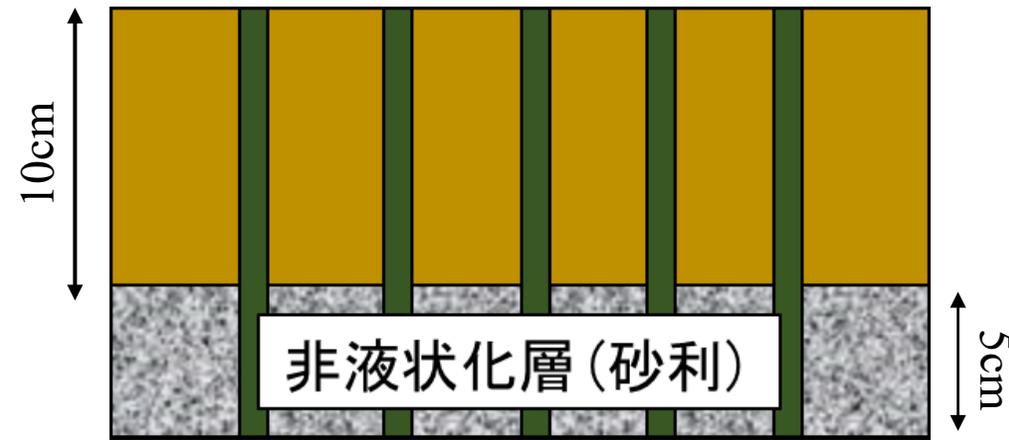
竹杭打設による液状化対策工法の提案

◎液状化対策杭の剛性に関する検討

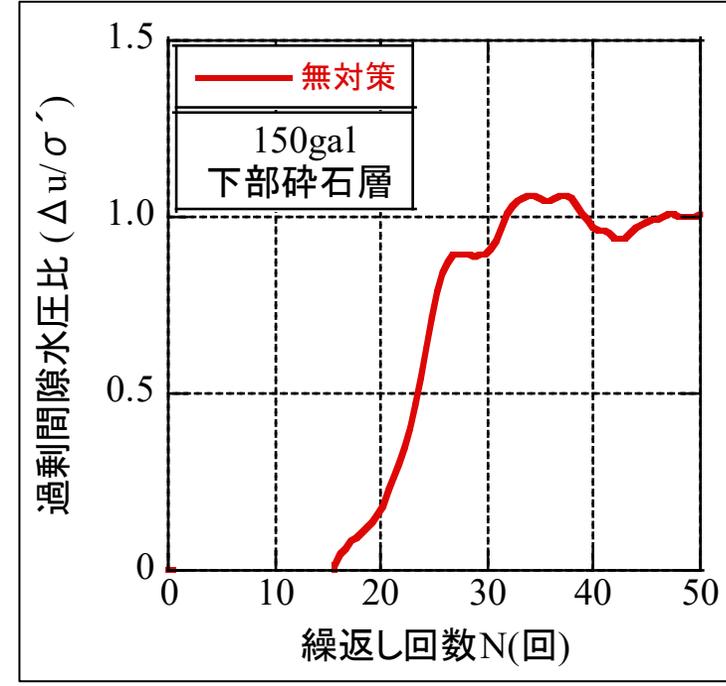


●砂層下部における非液状化層の有無による影響

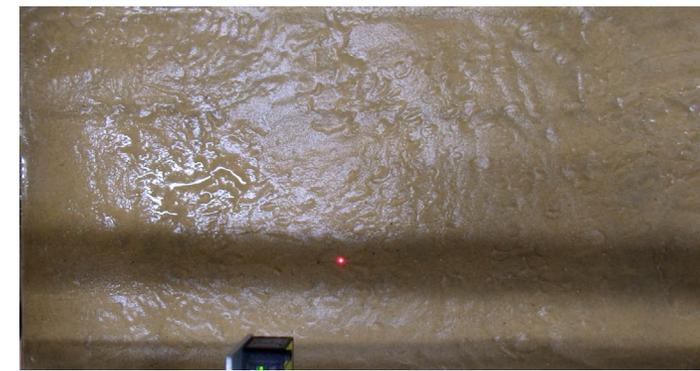
底部に非液状化層を敷き、
剛性の違う杭を用いて杭の制震効果
がもたらす液状化対策効果の把握を行う



無補強



繰返し回数-過剰間隙水圧比

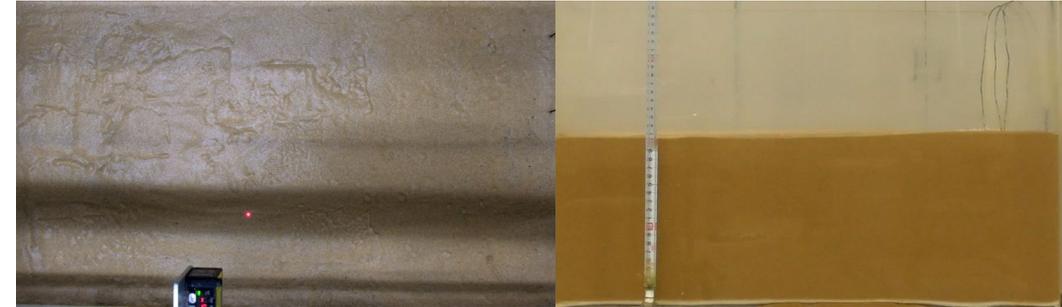


✓ 無補強では、150galで下部に碎石層を敷いた条件でも過剰間隙水圧の上昇がみられ、液状化が確認できた。

◎液状化対策杭の剛性に関する検討

●砂層下部における非液状化層の有無による影響

下部碎石層なし

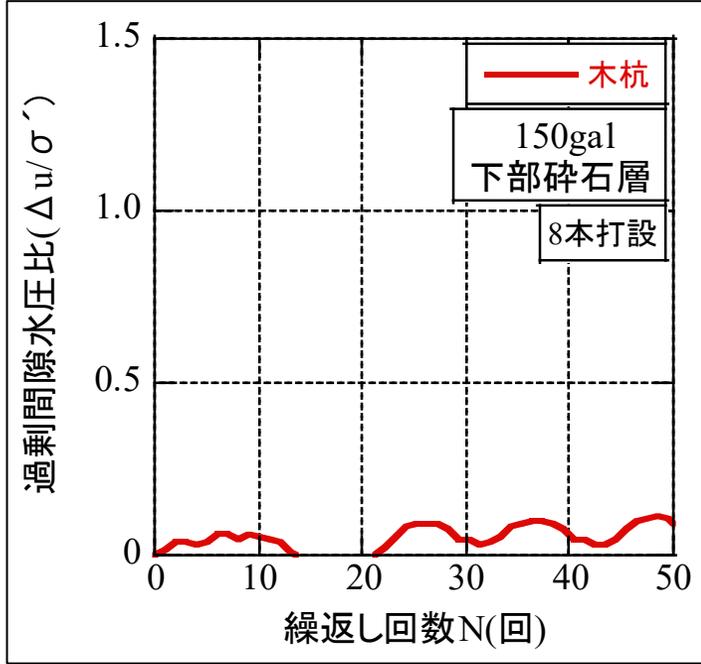
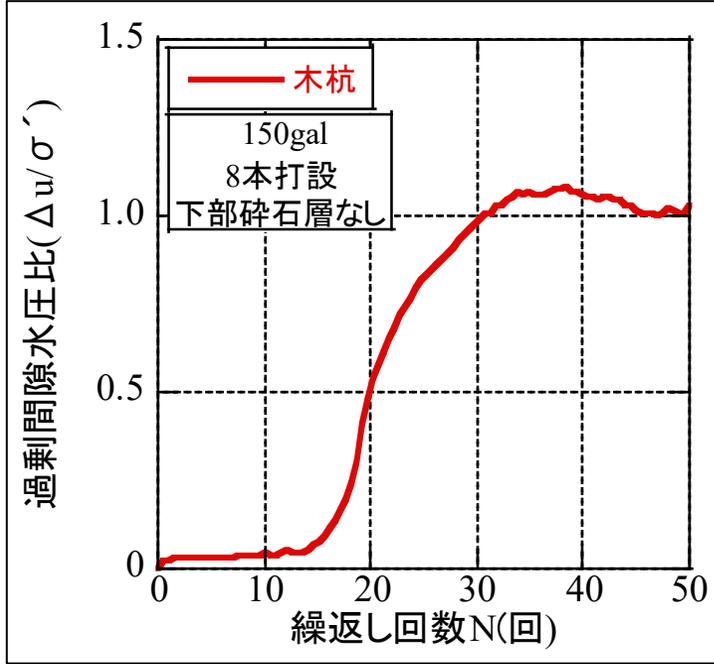


下部碎石層あり



下部碎石層なし

下部碎石層あり



繰返し回数-過剰間隙水圧比

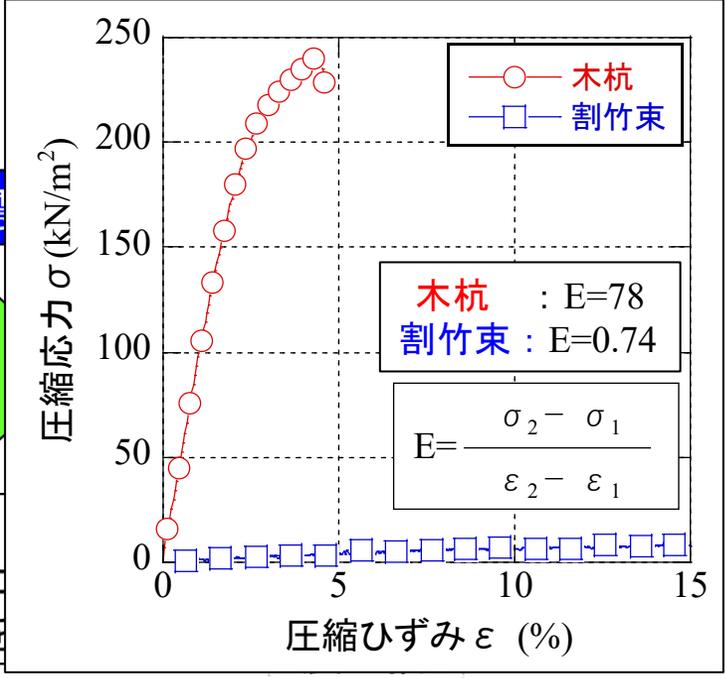
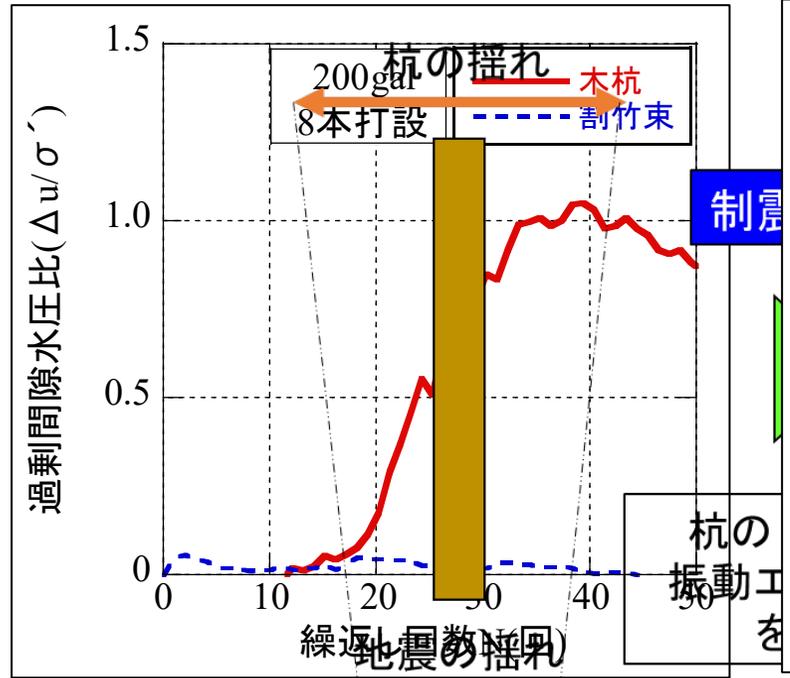
☑ 下部に碎石層を敷き、碎石層に杭を打設することで大きく過剰間隙水圧が抑制された
⇒ これは、杭が碎石層によって固定されることで複合地盤としてのせん断抵抗が増大したことによるものと考えられる

➡ 非液状化層に杭を打設し固定することで杭の剛性によるせん断抵抗が増大する可能性が示唆された



◎液状化対策杭の剛性に関する検討

●杭の剛性の違いによる影響



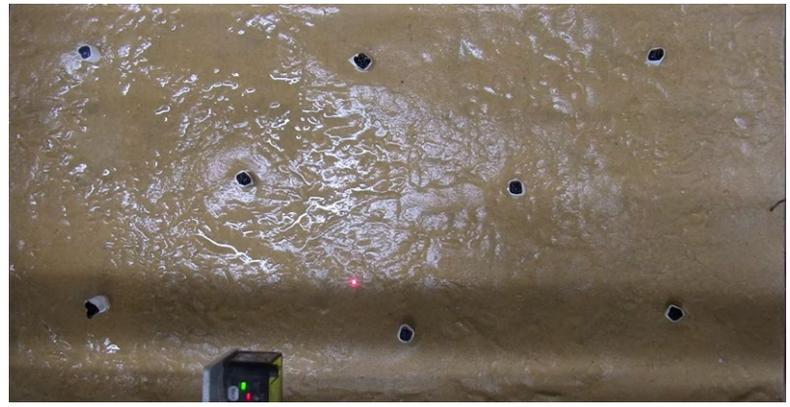
繰返し回数-過剰間隙水圧比

応力-ひずみ曲線(曲げ試験結果)

木杭



割竹束



大きく「しなり」のあるモデル杭の方が大きく過剰間隙水圧を抑制し高い改良効果を示した
 木杭

割竹束 ※排水構造ではない

杭のしなりによる制震効果があられ液状化抵抗性が増加したと考えられる



◎液状化対策杭の剛性に関する検討



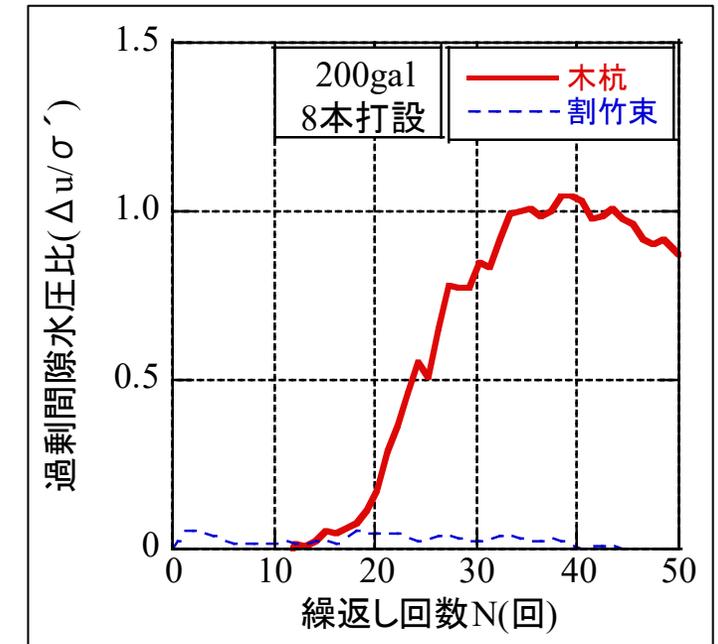
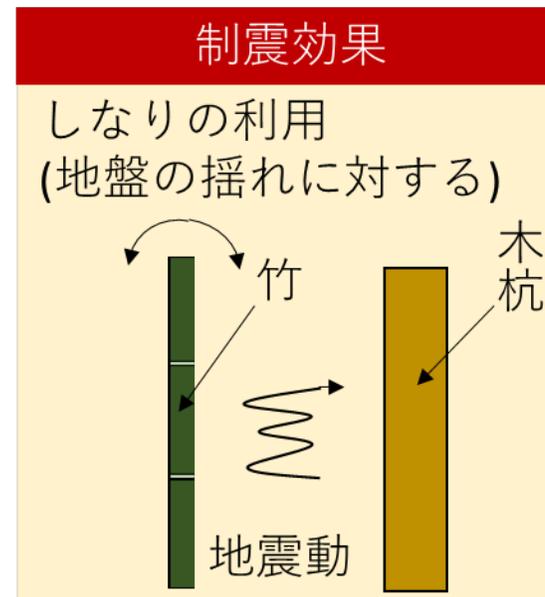
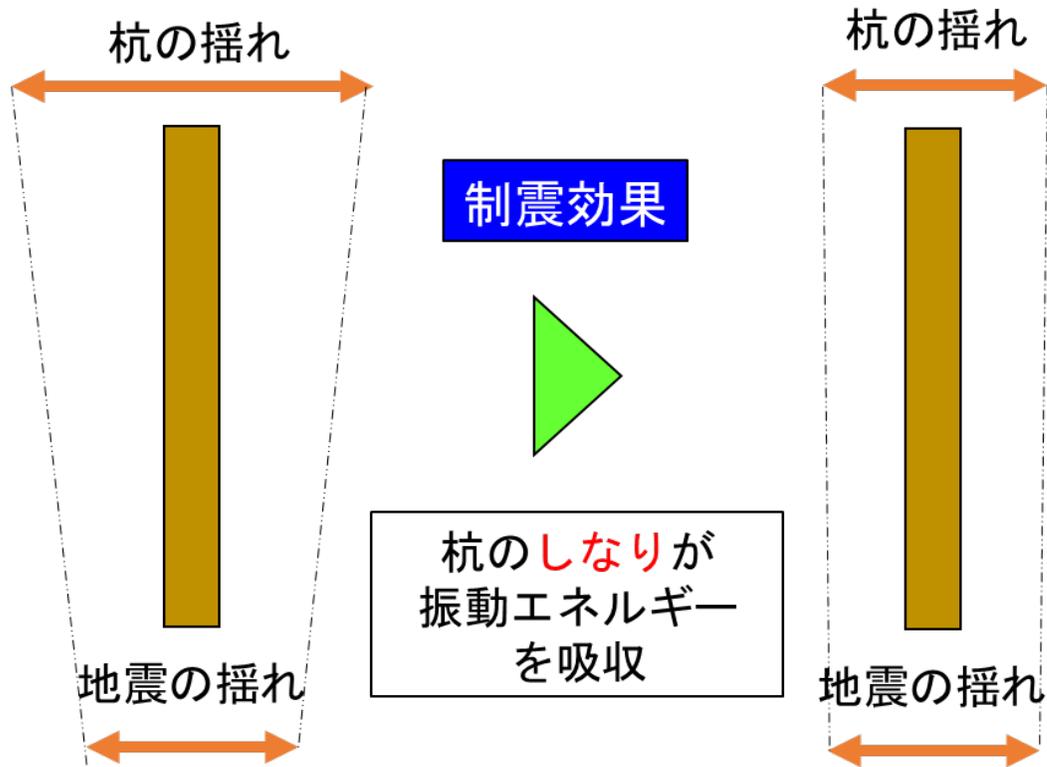
まとめ

砂層下部における非液状化層設置の有無による影響

非液状化層に杭を打設し固定することで杭の剛性によるせん断抵抗が増大する可能性が示唆された

杭の剛性の違いによる影響

杭の剛性の違いにより、竹のしなりが振動エネルギーを吸収する制震効果により木杭に比べ液状化抵抗性が向上することが明らかとなった。





第4章 木杭打設による液状化対策効果の把握

杭打設による密度増大による液状化対策効果を確認でき、杭の打設間隔を等間隔にすることで改良効果を向上することが示された。

第5章 竹の構造に着目したドレーン材適用性に関する検討

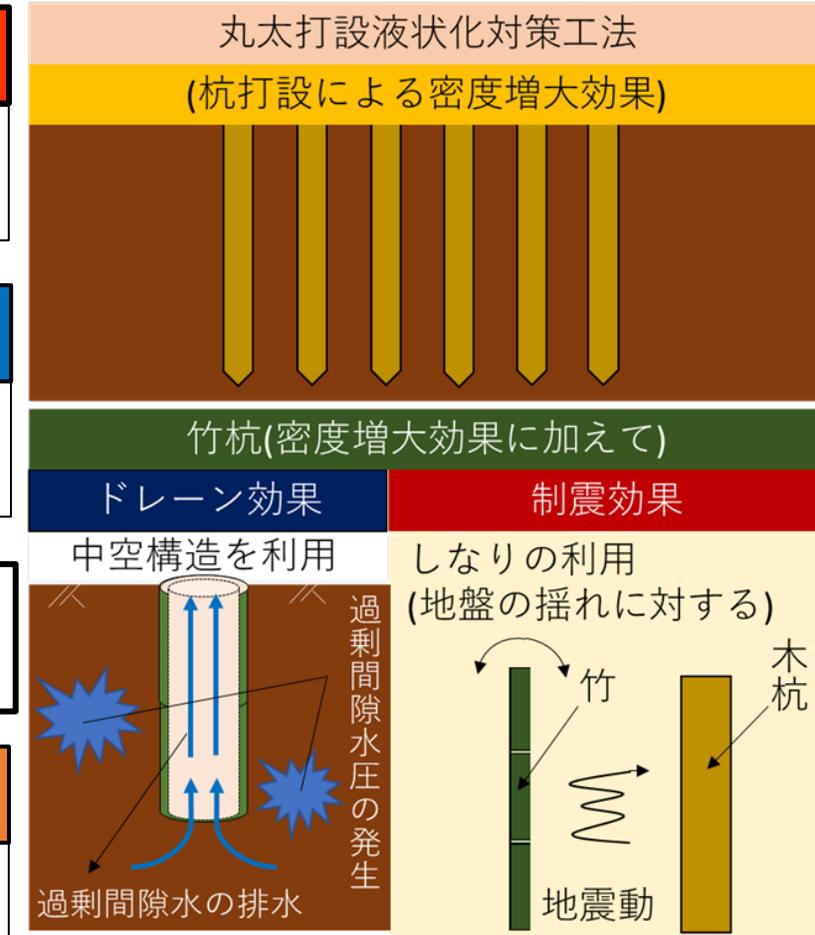
竹杭の構造から、節を抜き、割竹を束ねることでドレーン効果により木杭と比べ高い液状化抑制効果を示すことが明らかとなった。

☑密度増加に加えてドレーン効果は丸太打設液状化対策工法と比べて大きな優位性があることがわかる

第6章 液状化対策杭の剛性に関する検討

杭の剛性の違いにより、竹のしなりが振動エネルギーを吸収する制震効果により木杭に比べ液状化抵抗性が向上することが明らかとなった。

☑竹のしなりによる制震効果により地震発生時に杭の受けるせん断力の低下が見込めるため杭の高い長期耐久性にも期待ができることが示唆された



竹杭打設による液状化対策工法

本研究のフローチャート

竹杭打設による液状化対策工法の開発

2章 竹の現状および特性と従来の液状化対策の課題の把握

小型振動台を用いた杭打設による液状化対策の基礎的検討

4章 木杭打設による液状化対策効果の把握

- ・ 杭の打設間隔の違いによる改良効果
- ・ 砂地盤上部における非液状化層の有無による影響
- ・ 加振時の改良地盤における構造物設置の影響

竹の液状化対策杭としての性能の検討

5章

竹の構造に着目した
ドレーン材適用性に関する検討

- ・ 実施工を考慮した最適な竹杭の打設方法の検証
- ・ 加速度毎における最適な改良条件の検証

6章

液状化対策杭の剛性に関する検討

- ・ 砂地盤下部における非液状化層の有無による影響
- ・ 杭の剛性の違いによる改良効果

竹杭の液状化対策杭としての性能の評価

竹杭打設による液状化対策工法の提案

◎竹の液状化対策杭としての性能評価

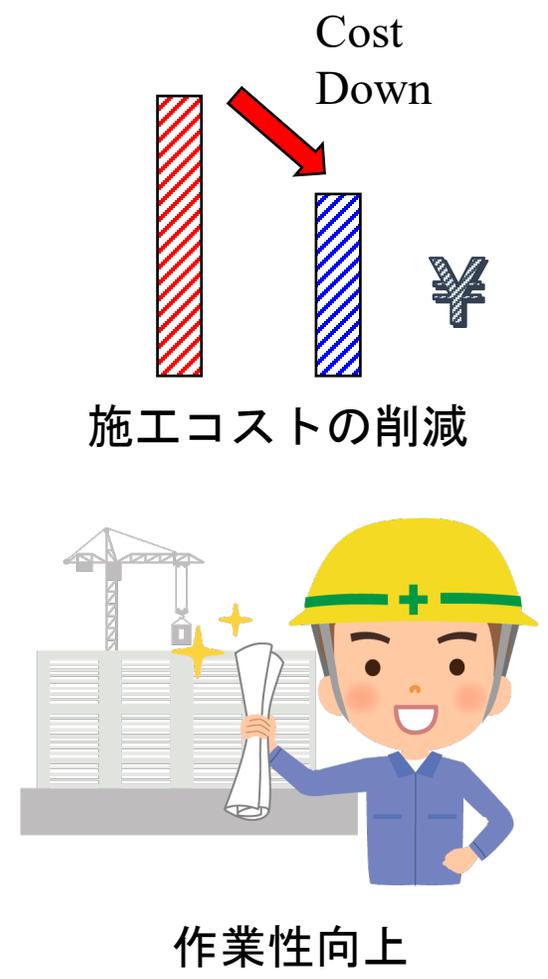
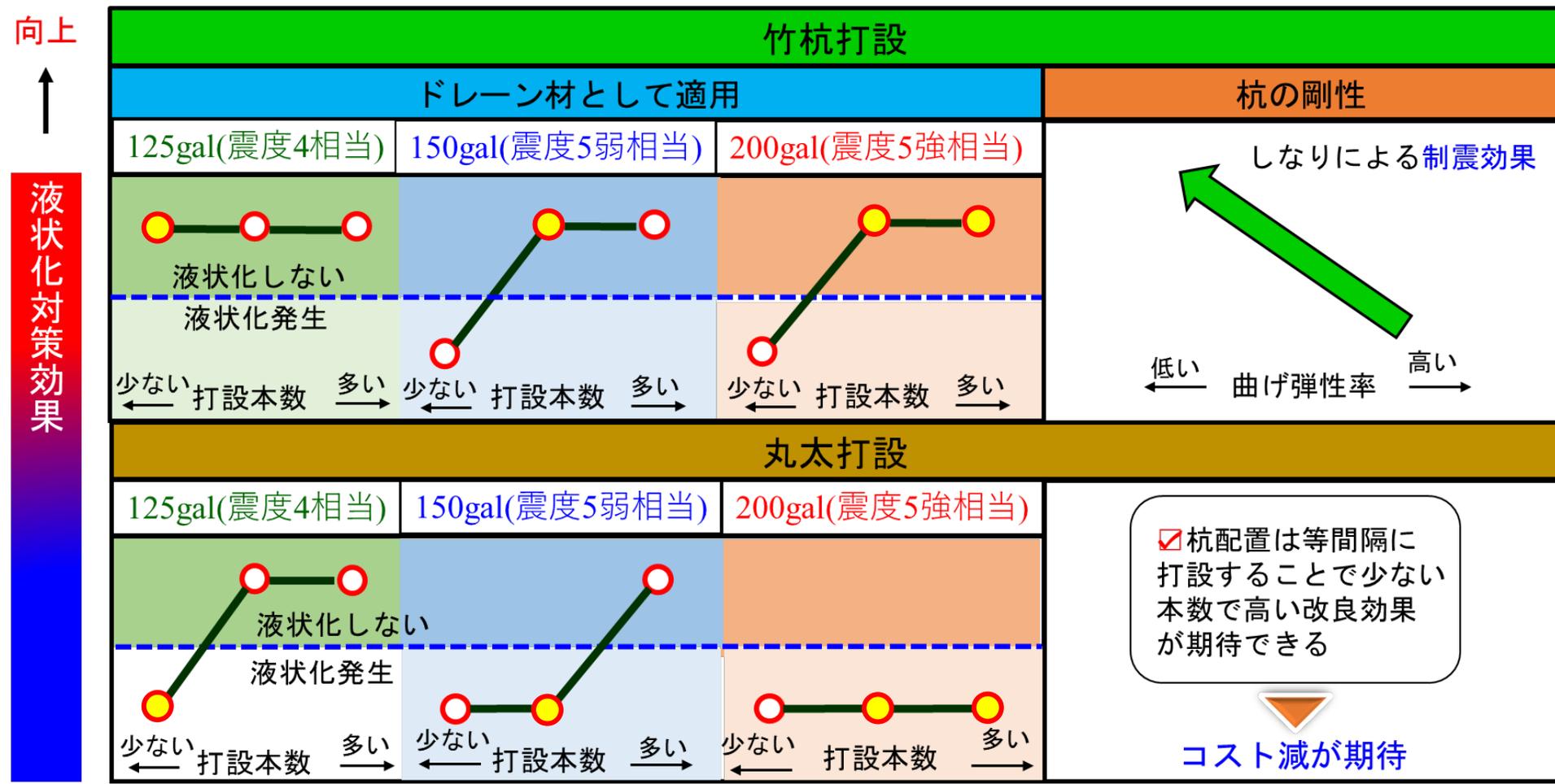


図 竹杭の液状化対策杭としての性能評価

竹杭打設による液状化対策工法は、いずれの条件でも**少ない打設本数**で**高い改良効果**を示している
 ⇒ **丸太打設**と比べ**施工コストの削減**と**作業性向上**が期待できる

ご清聴ありがとうございました