竹杭を用いた液状化対策工法の開発 Development of liquefaction countermeasure method using bamboo piles

福岡大学工学部

〇佐藤 研一 古賀 千佳嗣

















◇竹林の現状と有効利用

本国内の森林面積:約2500万ha

(国土面積の67%)

30年間 🔷 1万7千ha增



· 竹林が<mark>放置され、竹林保護のため</mark>

伐採された竹廃材(廃棄物)が大量に発生 (繁殖力が強いため定期的な伐採が必要)





竹林の遮光性に伴う 他植物への 成長阻害



地下茎の枯渇に伴う 土砂崩れ発生の 可能性



竹林伐採に伴う 竹廃材の 大量発生

◆SDGs「持続可能な開発目標Ⅰ



世界を変えるための17の目標

人類が安定してこの地球で暮らし続けることができるように、 世界のさまざまな問題を整理し、解決に向けて具体的な目標

◆カーボンニュートラル(脱炭素)

「温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること」 二酸化炭素などの温室効果ガスの「排出量」から、 森林などによる「吸収量」を差し引いて、

合計実質的にゼロにする



<u>自然素材の材料</u>として<u>注目</u>されている。



◇本研究の着眼点

□従来の液状化対策工法





振動や衝撃を用いて 地盤の密度を増大

固化工法



固化材等を スラリー状や粉体で混合し、 化学的に固化効果を向上

間隙水圧消散工法



過剰間隙水圧をドレーン等 により上昇を抑制する工法

〕丸太打設液状化対策工法





ここで...ずは

①成長スピードが早い

スギ 30~40年 ★ 竹 4~5年



古来より竹暗渠として排水に利用されてきた

③木杭よりもしなやかで折れにくい性質

そこで...







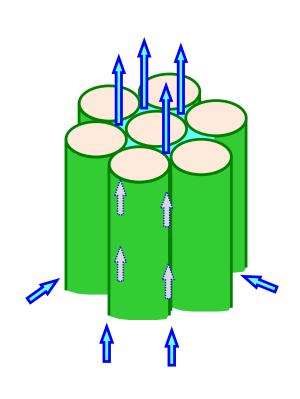


◇本研究の検討内容

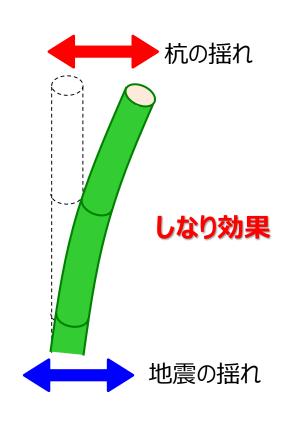
1. はじめに

□小型模型土槽および加振装置





排水能力



曲げ剛性

竹の形状を模擬したモデル杭と小型模型土槽を用いて、

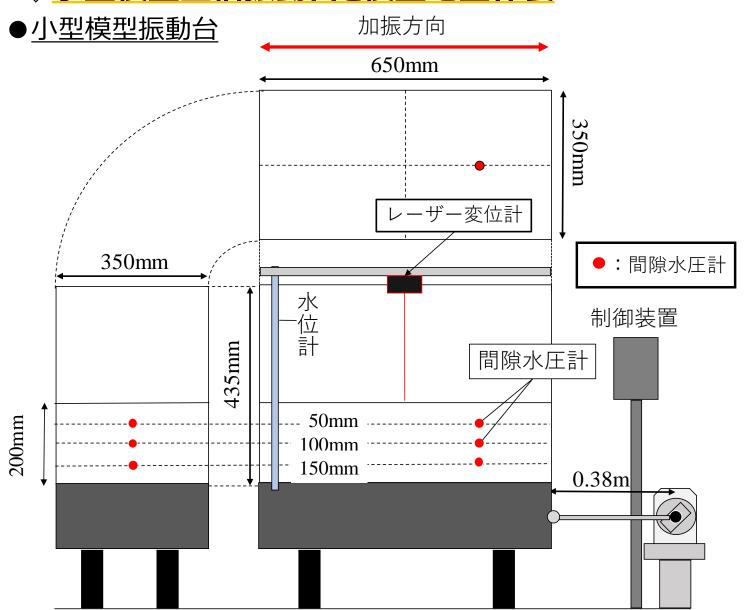
排水能力と曲げ剛性に着目して液状化抑制の有効性を実験的に検討



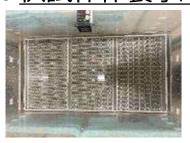
1. はじめに



◇小型模型土槽振動台と模型地盤作製



●供試体作製手順



①水を入れる



③水圧計を入れる



②スコップを水につけながら 砂を入れる(水中落下法)



④杭を挿入して加振する

●概要詳細

模型地盤作製方法…水中落下法 地下水位…地表面に設定

豊浦硅砂…68.5kg 相対密度Dr=60%

振動時間…75秒

振動波…2.5Hz

加速度…150gal(震度5弱)

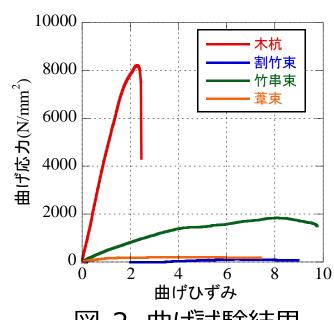


1. はじめに 2. 実験概要 3. 実験結果 4. まとめ



◇モデル杭について

事前に曲げ試験 (JIS R5201)より



曲げ試験結果

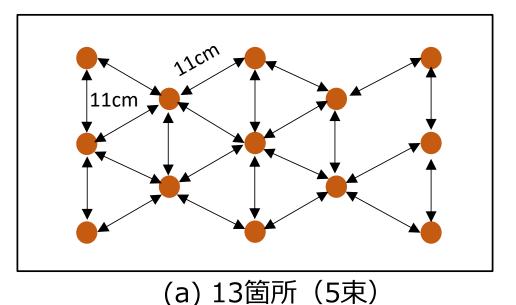
	名称	丸太杭	竹モデル杭									
_	12170	木杭	①割竹束	②竹串束	③ 葦束							
	杭寸法	15cm 1cm 間隙無し	1cm \$\frac{1}{2}\frac{1}{2}\cong 0.50cm 0.1cm	1cm • \$ 0.3cm	1cm 0 0.42cm							
	特徴	全面木製	筒状を半割	竹素材	節あり空洞							
0	断面積 A (cm ²)	0.785	0.503	0.636	0.693							
	間隙率 (%)	0.0	35.9	19.0	11.7							
_	曲げ弾性率 E (GPa)	4.44	0.02	0.70	0.10							

断面積をA=0.785cm²に統一 → 打設に伴う模擬地盤の相対密度変化を統一 間隙率(%) → 断面積に対する間隙面積の比率





◇実験条件



6cm 3cm 4 8 × 8 (b) 64箇所(1本)



図-3 打設配置



■モデル杭の種類の影響

材質の排水能力と曲げ剛性に着目し比較

■竹束モデルの効果

葦杭を**相対密度が同程度**になる本数で比較

モデル杭の打設による地盤の想定相対密度増加※)はDr=66%としている。

※) 沼田ら: 液状化対策における間伐材打設による地盤の密度増加, 第46回地盤工学研究発表会, E-07, pp.2173-2174, 2011.



3. 実験結果 4. まとめ



◇実験実施の様子

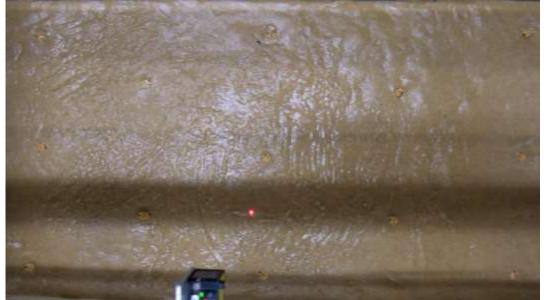
■液状化発生



■液状化なし









3. 実験結果 4. まとめ





◇モデル杭の種類の影響

Dr=66% 150gal 杭本数13本

				<u> </u>															
		木杭			①割竹束				②竹串東						3 葦束				
	間隙率 0.0%				間隙率 35.9%				間隙率 19.0%					間隙率 11.7%					
		曲げ弾性率 4.44			曲げ弾性率 0.02				曲げ弾性率 0.70						60	曲に	曲げ弾性率 0.10		
C	0.0	! !										!			:		:		
C	0.5			-															
ि इ 1	.0	•••																1	
(kPa)	.5			-									···						_
n) ()		1											_					
	2.0						> 7/= 1/L			/\.	! ! !					1			-
間隙水圧	2.5			液状化ライ			17												
三 3	3.0							—									i	DL-5cm	
3	3.5]	DL-10cn	
																<u> </u>]	DL-15cn	n
4	$0 \frac{10}{10}$	20 30	0 40	50 0	10	20 30	40	50	0	10	20	30	40	50	0 10	20	30	40	50
	繰返し回数 N(回)				繰返し回数 N(回)			繰返し回数 N(回)						繰返し回数 N(回)					
		図-4 間隙水圧と繰返し回数の関係																	

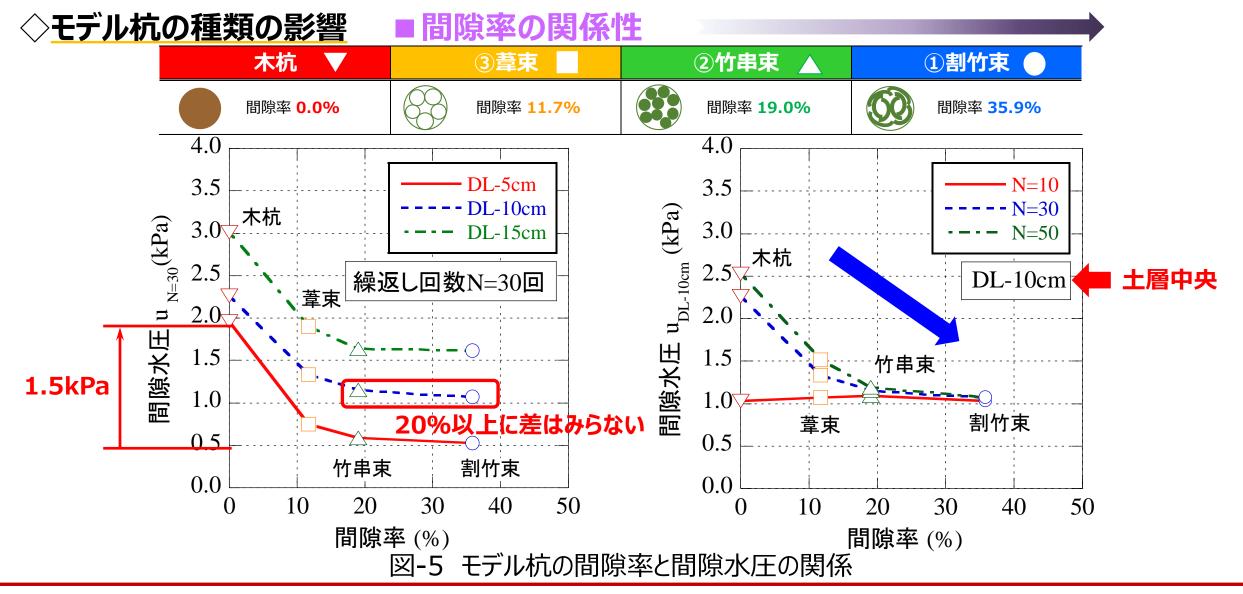
▶ 竹モデル杭の過剰間隙水圧の発生は、木杭に比べると緩やかで、葦束、竹串束、割竹束 の順に発生抑制されていることがわかる。



1. はじめに 2. 実験概要

3. 実験結果 4. まとめ





▶ 竹特有な構造を利用した排水能力による間隙水圧消散効果はかなり大きい



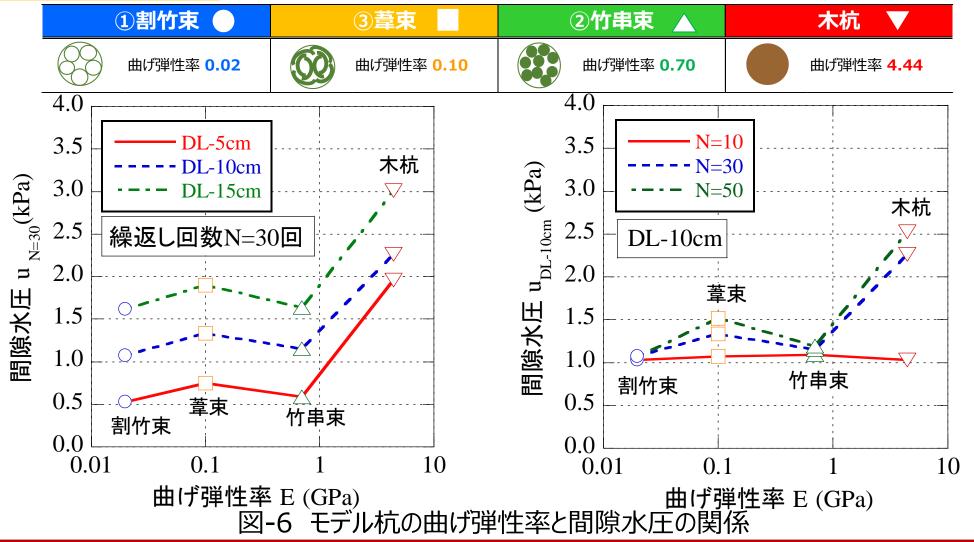
2. 実験概要

3. 実験結果

4. まとめ



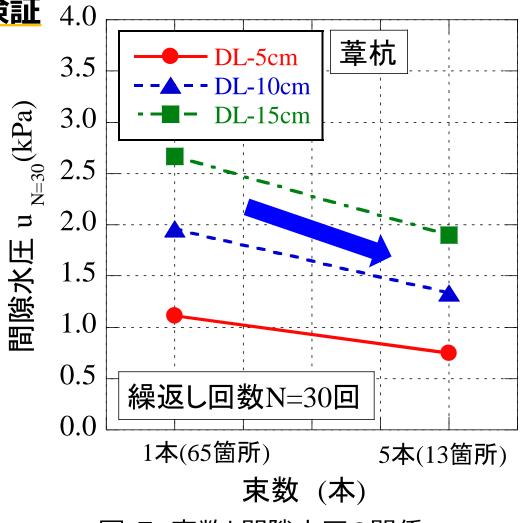
◇モデル杭の種類の影響 ■曲げ剛性率の関係性



▶ 過剰間隙水圧の抑制効果あるが、曲げ弾性率との相関性はみられない







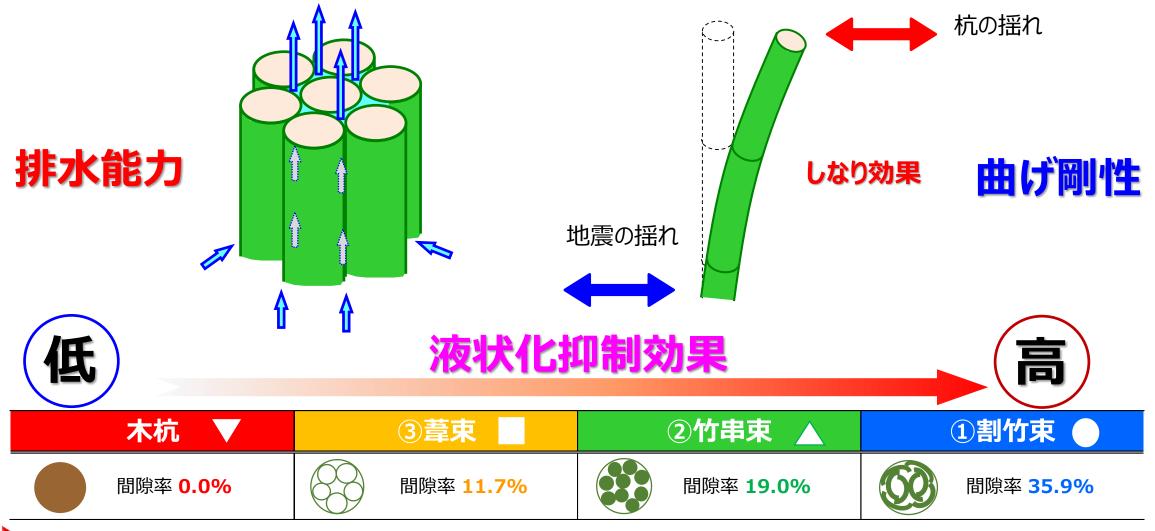
総葦本数は同じ

同じ**Dr=66%**

図-7 束数と間隙水圧の関係

▶ 束にともなう束管の間隙による排水効果が液状化抑制効果に有効である





▶ 竹モデル杭の打設による液状化実験により、モデル杭の剛性よりも
竹の特有の束の間隙による排水能力を活用する方が
過剰間隙水圧の発生を抑制でき、液状化抑制効果があることが明らかとなった。