

国土交通省 震災対応型技術開発公募

鋼矢板囲い込み・地下水位低下 併用による 液状化抑止工法の開発

平成24年10月26日（金）

千葉大学

中井 正一

関口 徹

日鐵住金建材

川端 規之

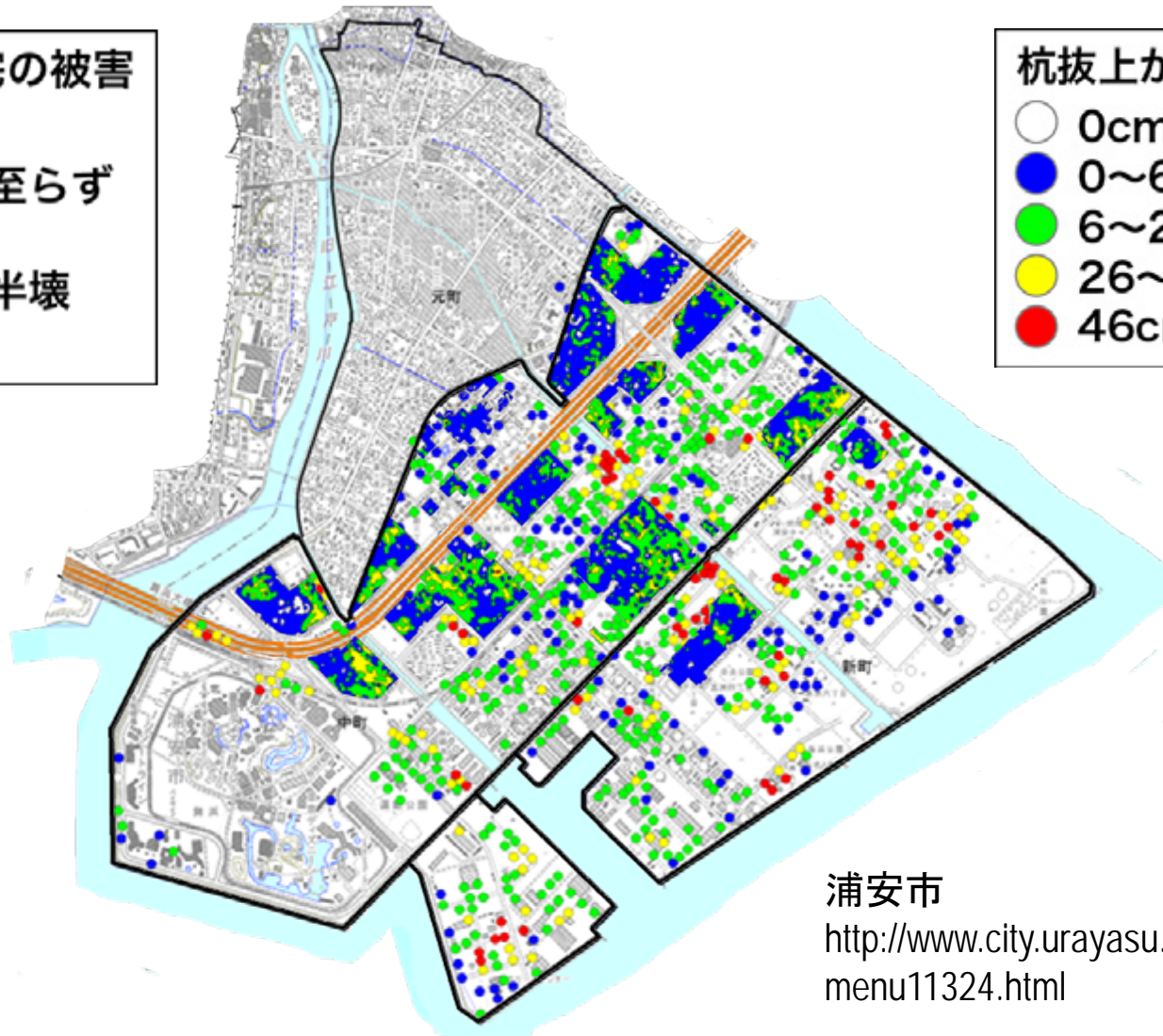
岩佐 直人

古谷 浩平

東電設計

間瀬 辰也

浦安での液状化被害概要分析 (建物被害)

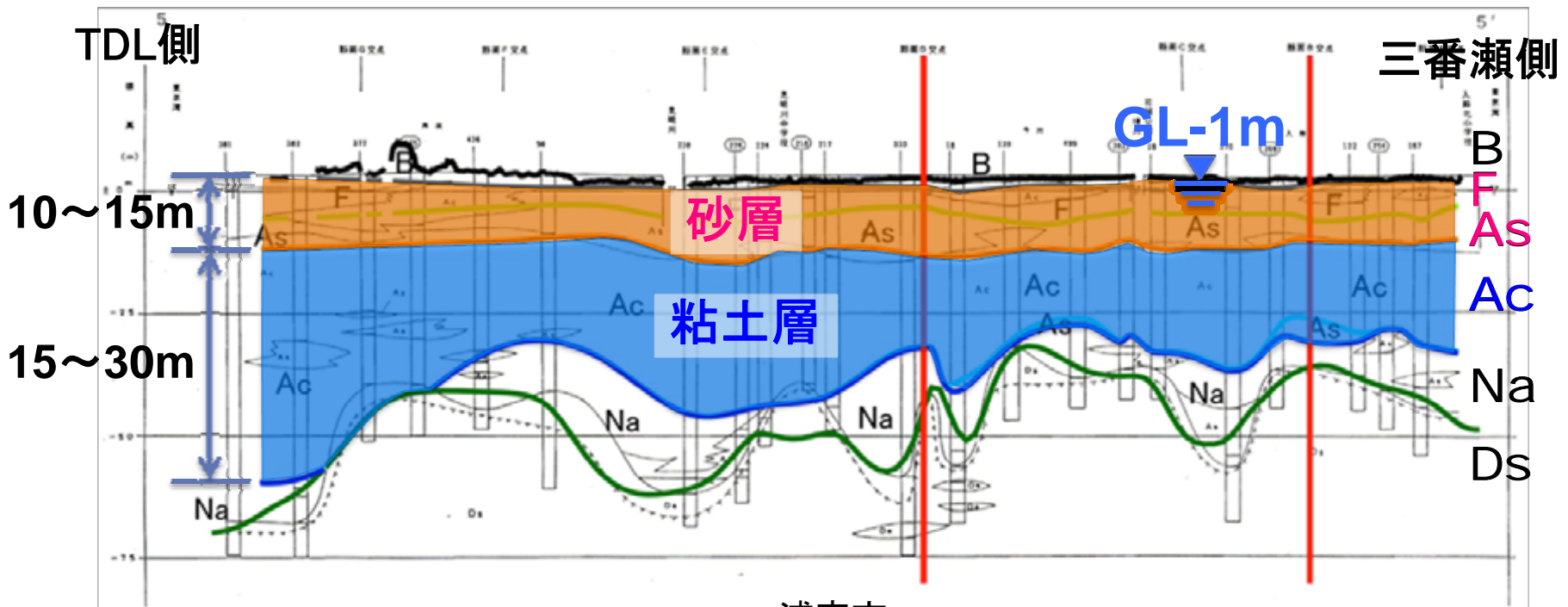


浦安市

[http://www.city.urayasu.chiba.jp/
menu11324.html](http://www.city.urayasu.chiba.jp/menu11324.html)

浦安での液状化被害概要分析 (地盤構造)

- 表層に砂層／高い地下水位 → 地震時に液状化
- 下層に軟弱な粘土層 → 長年にわたる圧密沈下

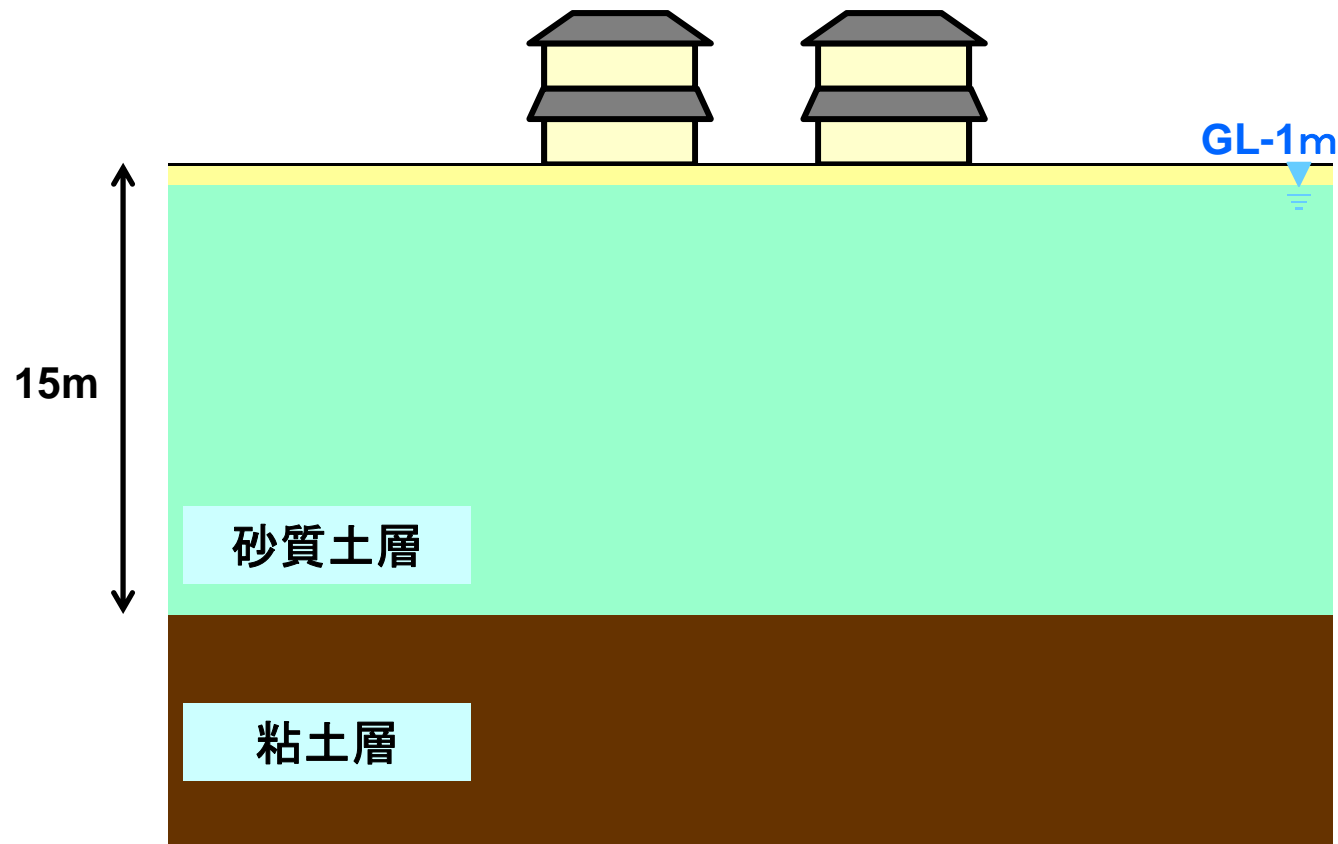


浦安市

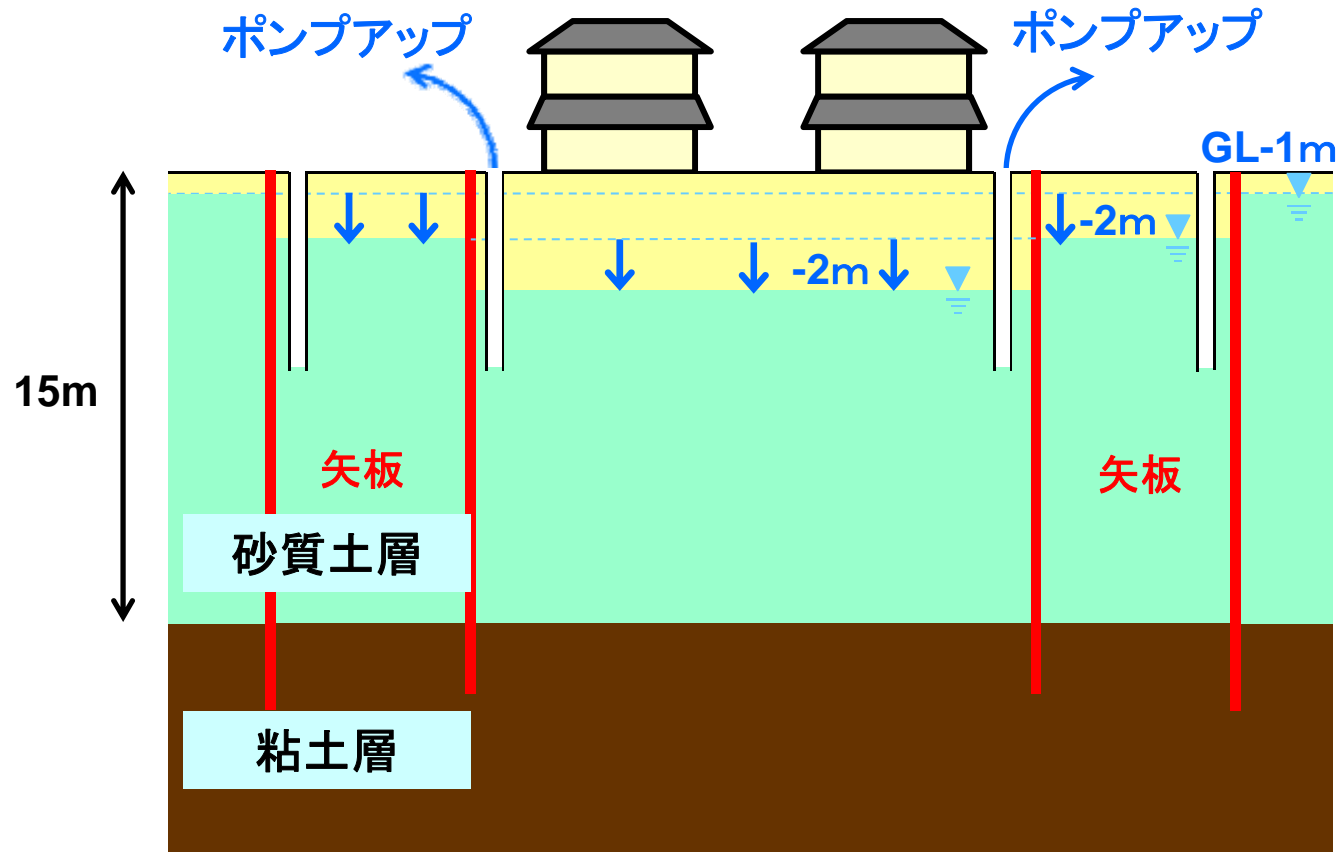
<http://www.city.urayasu.chiba.jp/menu11324.html>

提案工法の概要

(浦安の現状)

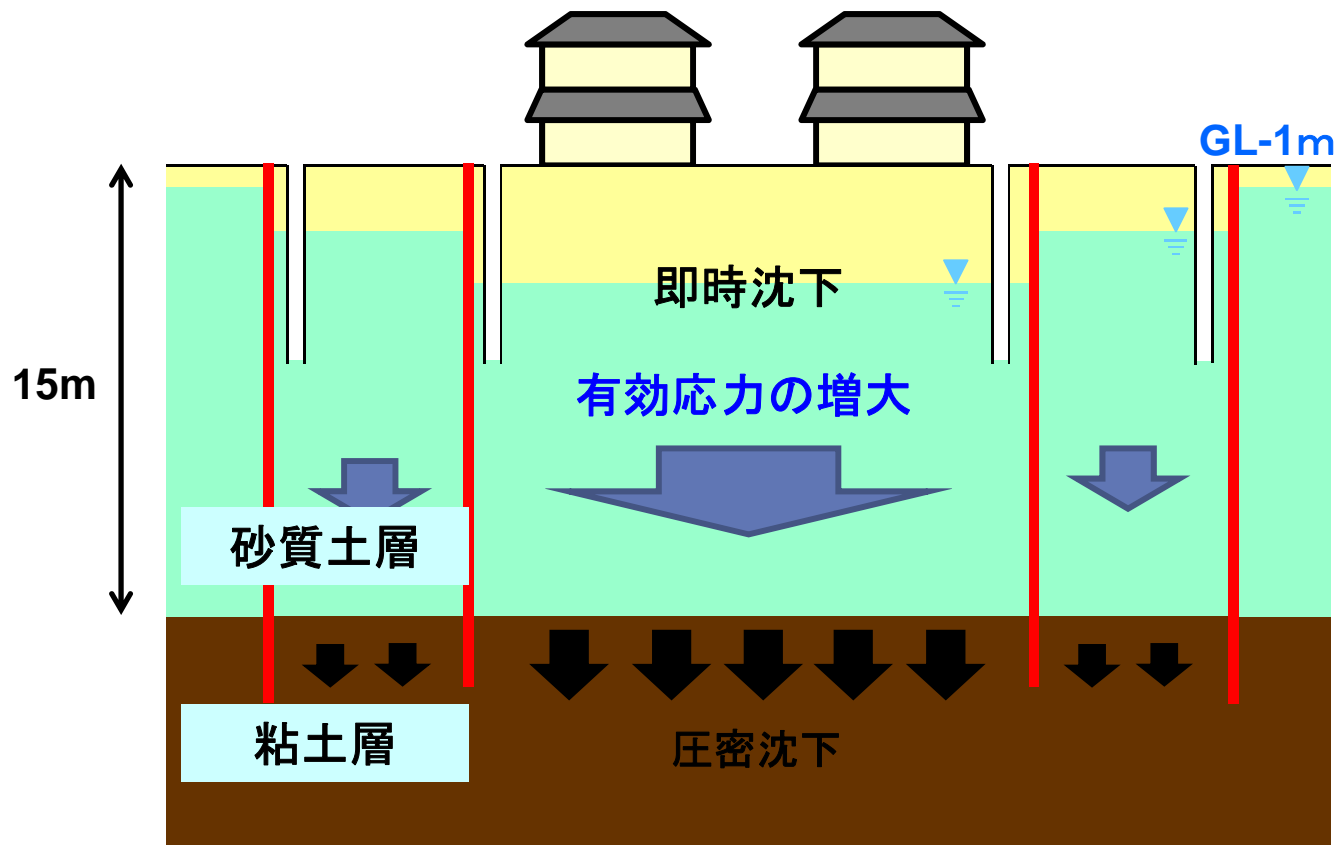


提案工法の概要



提案工法の概要

(考慮すべき問題)



研究開発概要

- 液状化対策効果の確認
- 圧密沈下量の予測

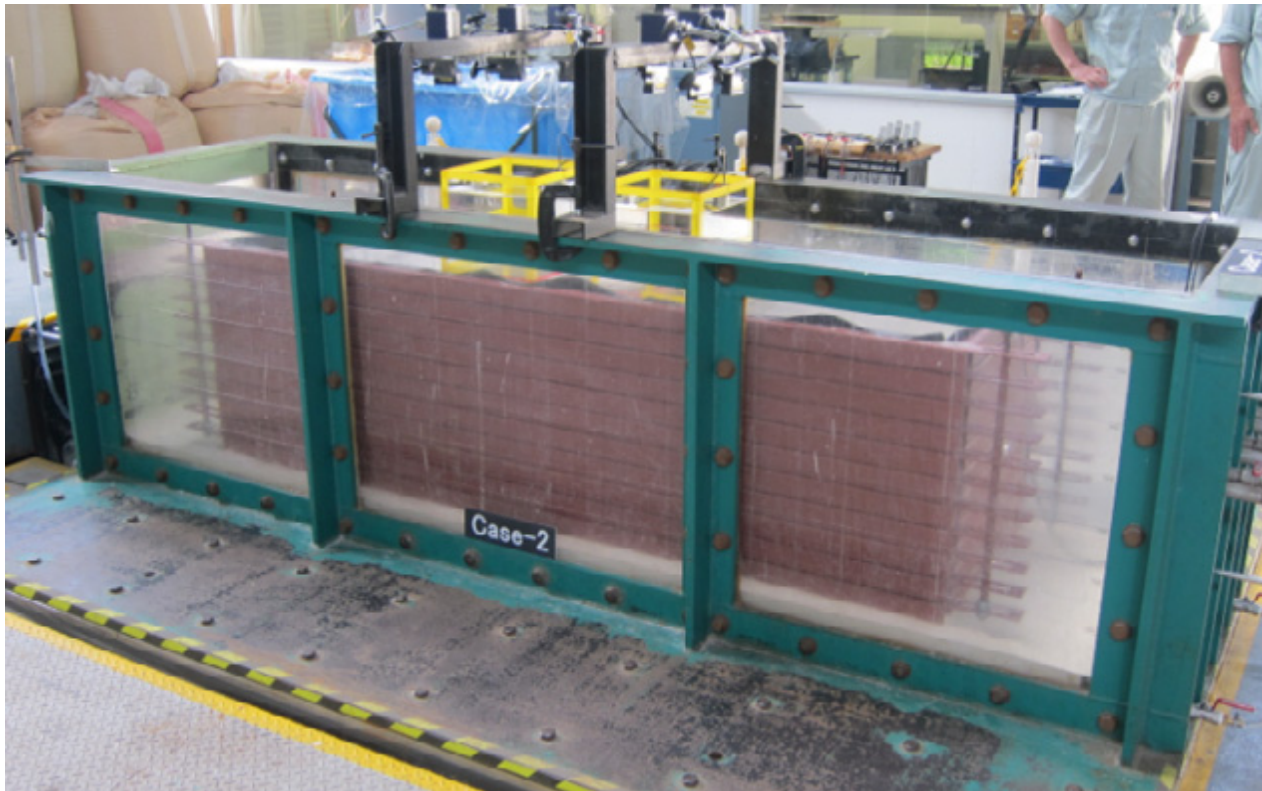
- **遠心模型実験**による地下水位低下による液状化抑止効果の検証
- **1g場振動台実験**による鋼矢板囲い込みによる不同沈下抑制効果の検証
- **数値解析**による即時・圧密沈下量予測

研究開発概要

- 液状化対策効果の確認
- 圧密沈下量の予測
- 遠心模型実験による地下水位低下による液状化抑止効果の検証
- 1g場振動台実験による鋼矢板囲い込みによる不同沈下抑制効果の検証
- 数値解析による即時・圧密沈下量予測

1g場での模型振動台実験

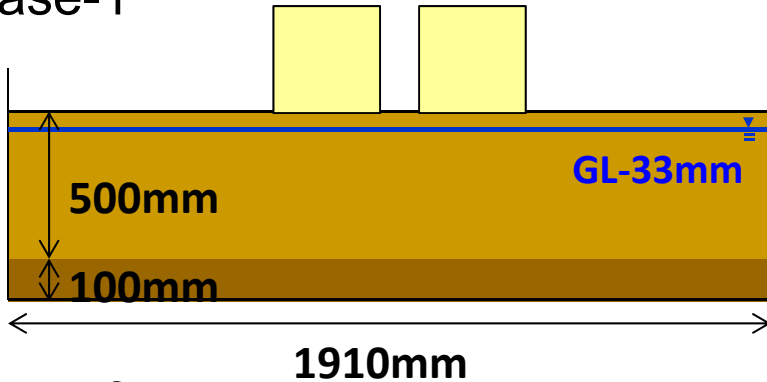
- 目的: 矢板で囲むことによる建物の不同沈下抑止効果の検証
- 方法: せん断土槽を用いた1g場での振動台実験



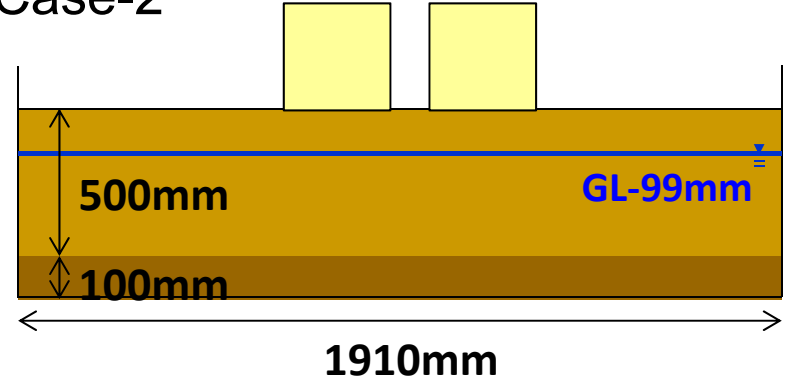
実験概要(実験条件)

ケース名	液状化層(加振前)		矢板の有無	矢板		地下水位		最大入力加速度 [gal]
	層厚	相対密度[%]		板厚	曲げ剛性	矢板内部	矢板外部	
	[mm]	[%]		[mm]	[MN・m ² /m]	[mm]	[mm]	
case1-1	500	45	無し	2.88	4.04×10^{-4}	33	33	215
case2-1			無し			99	99	211
case3-1			有り			99	99	210

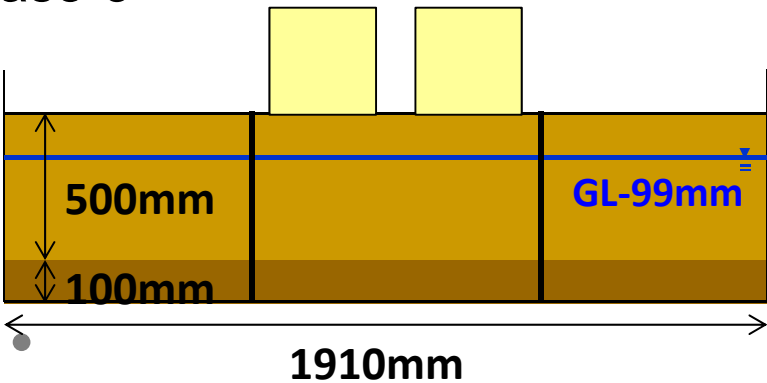
Case-1



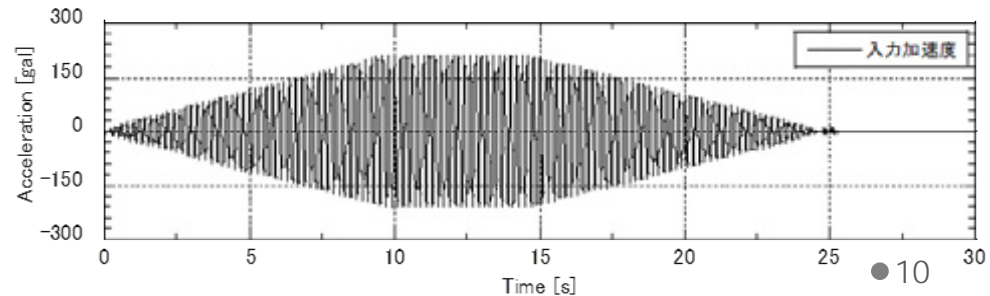
Case-2



Case-3

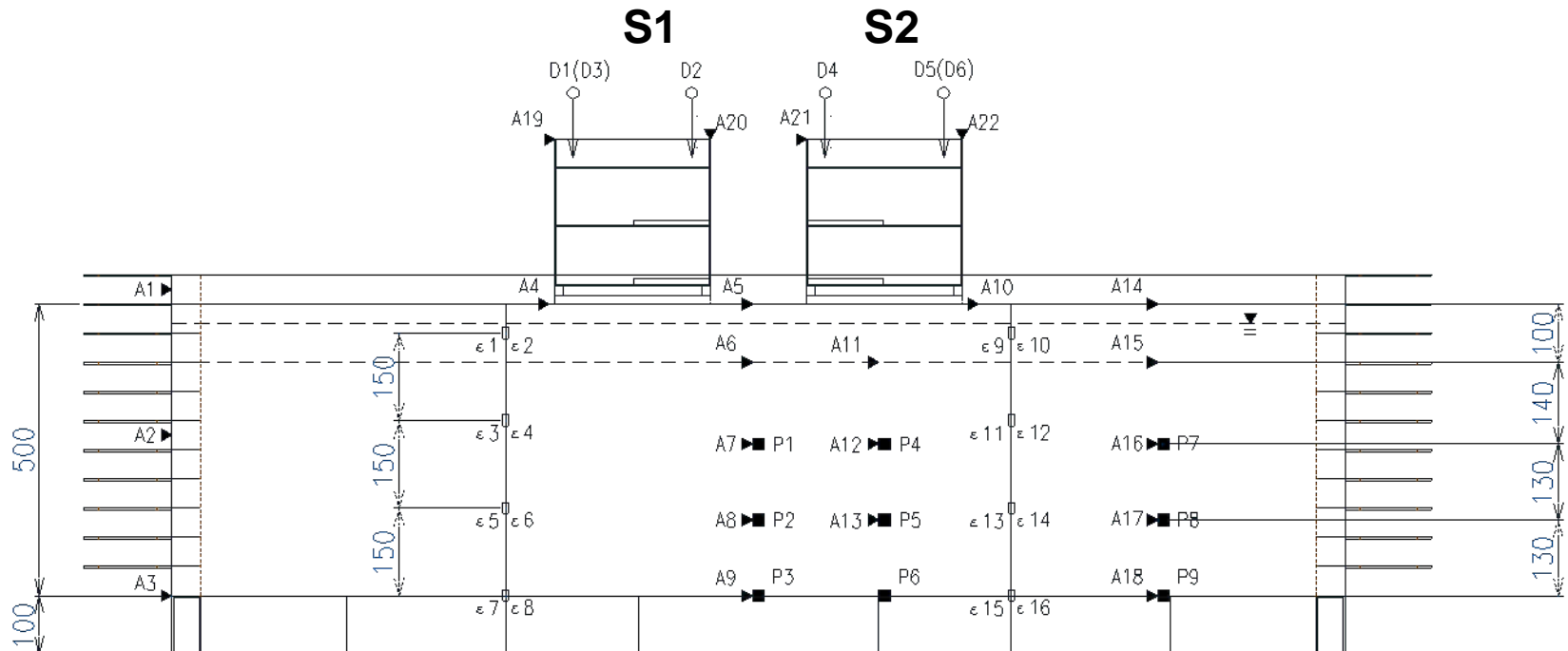


入力加速度



実験概要(計測項目)

- ・模型変位・・・不同沈下・絶対沈下の計測
- ・間隙水圧・・・液状化の発生確認
- ・加速度・・・地盤・模型の応答確認
- ・矢板のひずみ・・・矢板の変形確認



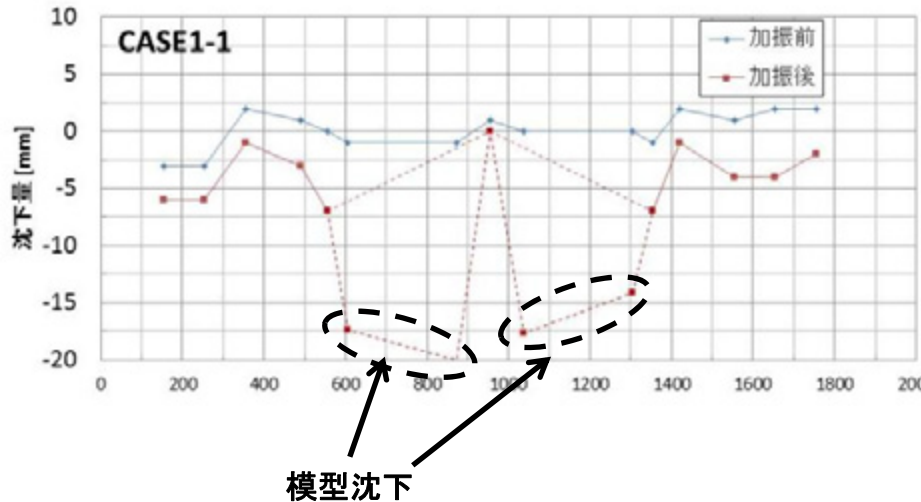
実験結果

住宅模型・地盤沈下量

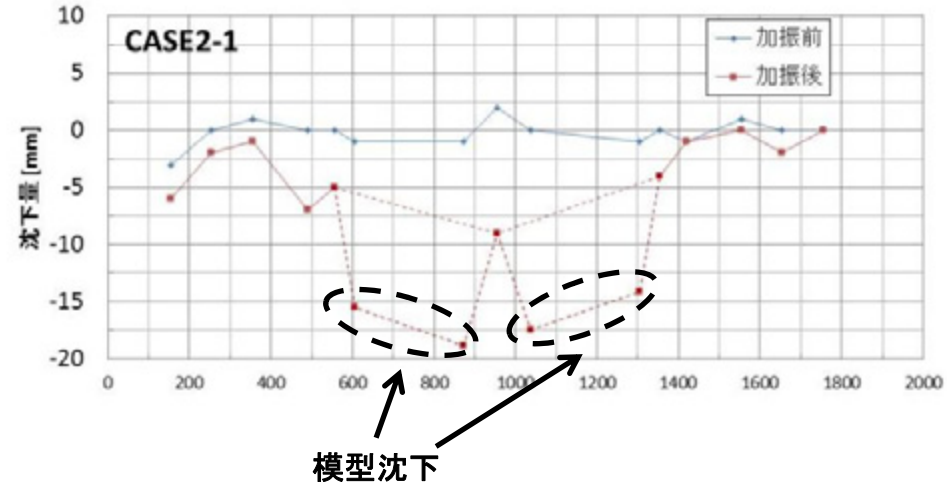
実験結果(模型・地表面沈下量)

— 地下水位低下による影響 —

矢板なし+地下水位GL-1m



矢板なし+地下水位GL-3m



地下水位低下による影響

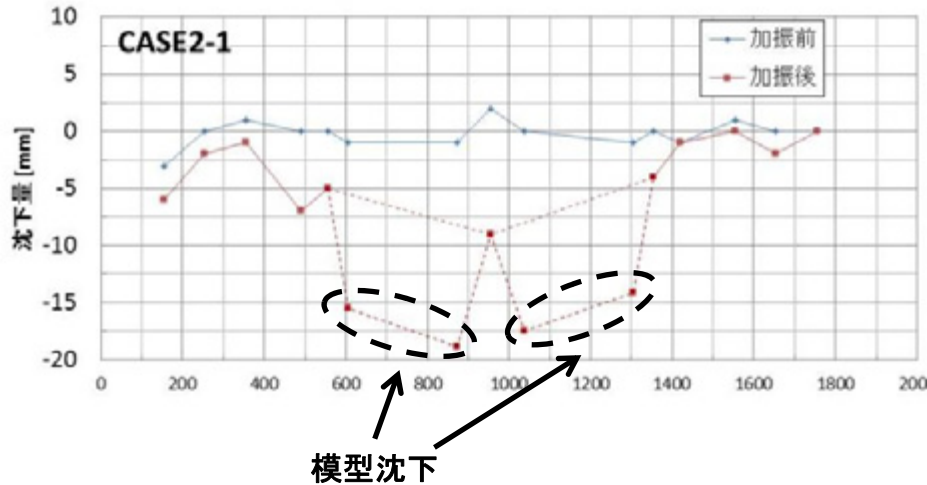
- ・住宅模型の沈下量はほとんど同じ(やや小さい)
- ・住宅模型のめり込み量は小さくなる
- ・模型周辺の地表面沈下は大きくなる

・不飽和層の
パンチング沈下

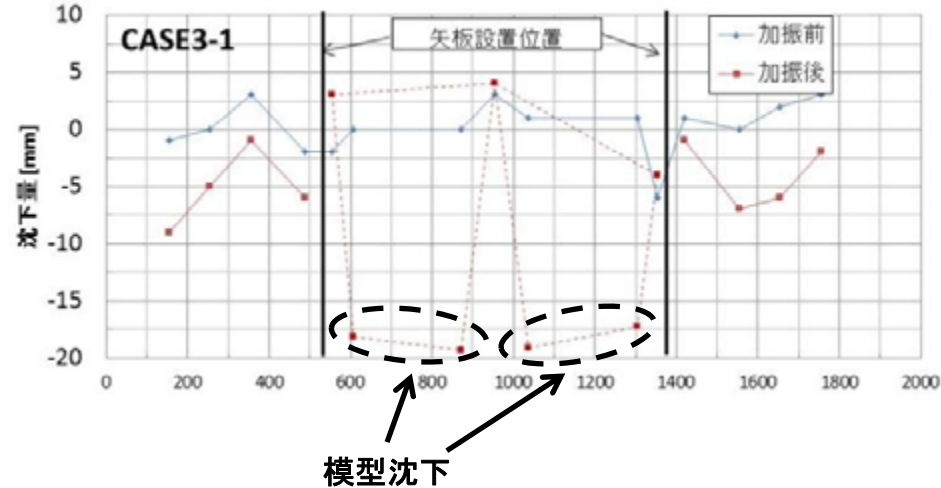
実験結果(模型・地表面沈下量)

— 矢板囲い込みによる影響 —

矢板なし+地下水位GL-3m



矢板あり+地下水位GL-3m



矢板囲い込みの影響

- ・住宅模型の沈下はやや大きくなる
- ・模型周辺の地表面沈下は小さくなる



- ・矢板の側方拘束効果
- ・矢板による加速度応答の増加
- ・矢板の自由振動

実験結果

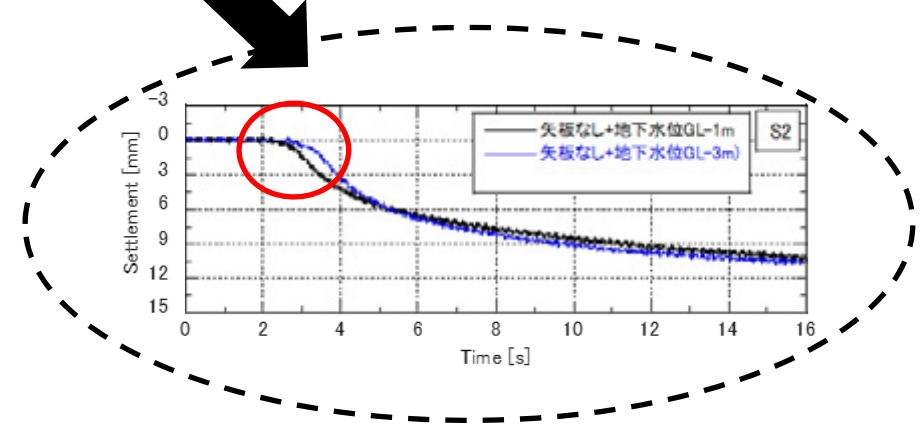
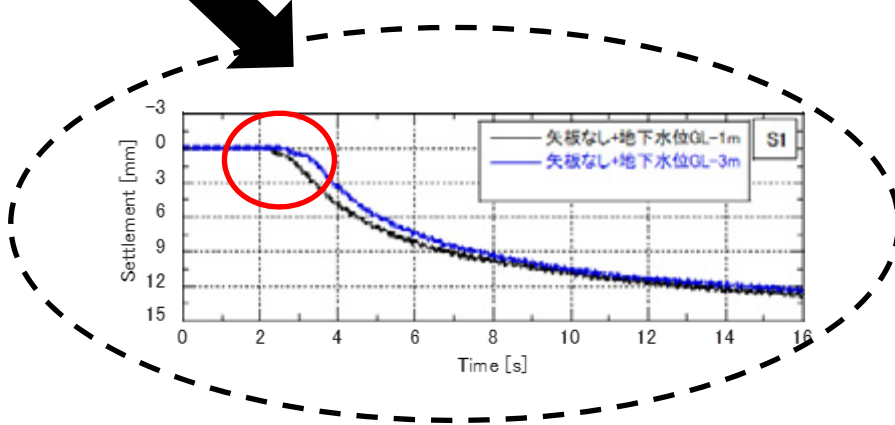
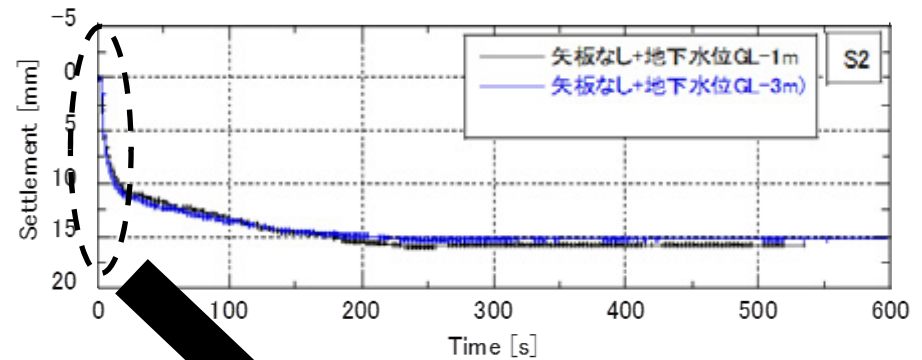
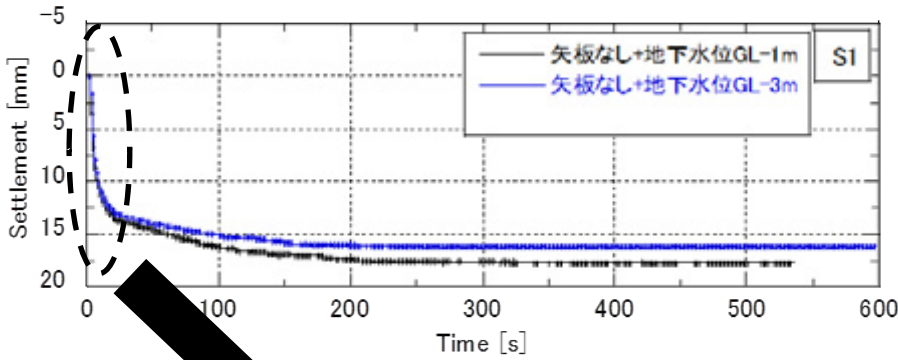
住宅模型中央の絶対沈下量

実験結果(住宅模型中央の絶対沈下量)

— 地下水位低下による影響 —

S1

S2



水位低下による影響

- ・沈下の開始時間が遅延化
- ・最終的な沈下量はほとんど同じ(やや小さい)



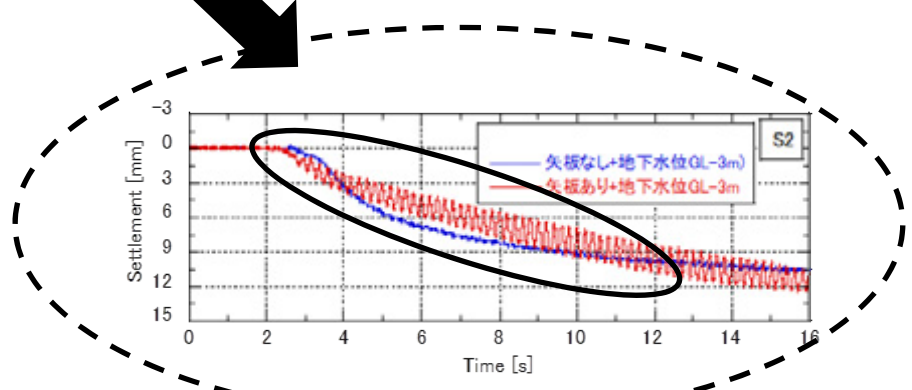
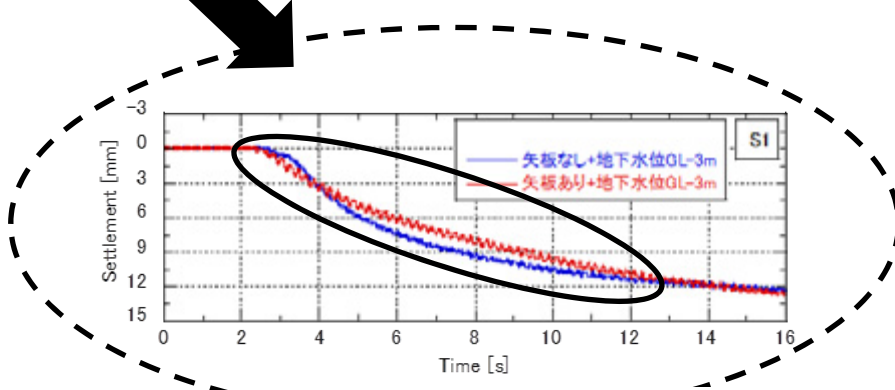
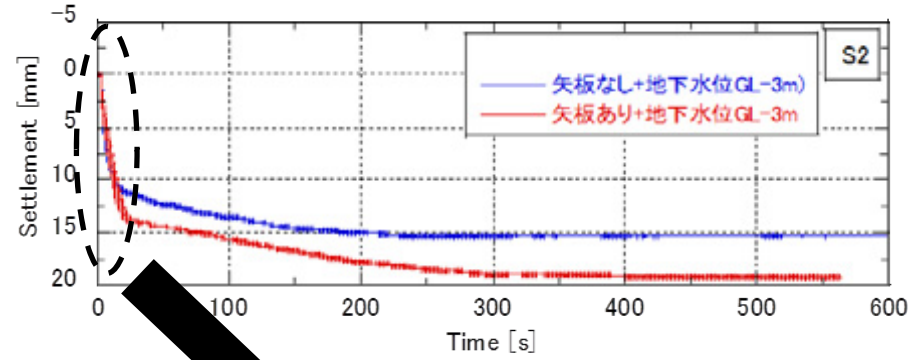
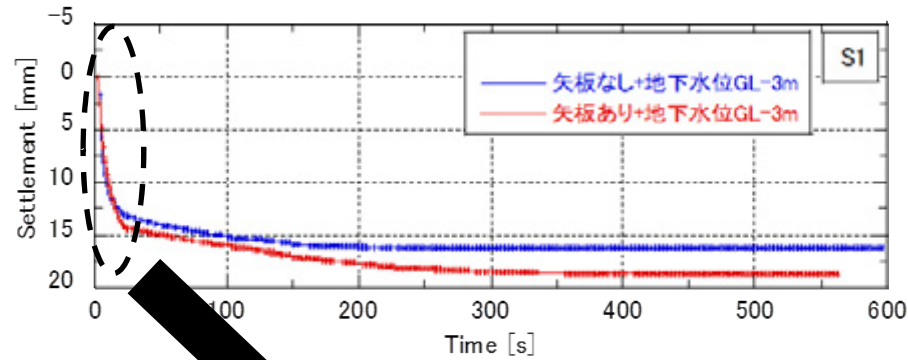
- ・液状化抵抗比が増大

実験結果(住宅模型中央の絶対沈下量)

— 矢板囲い込みによる影響 —

S1

S2



矢板囲い込みの影響

- ・住宅模型の沈下開始時間は早くなる
- ・しかし、加振初期の沈下速度は小さい
- ・沈下終了までの時間が長く、最終的な沈下量が大きい

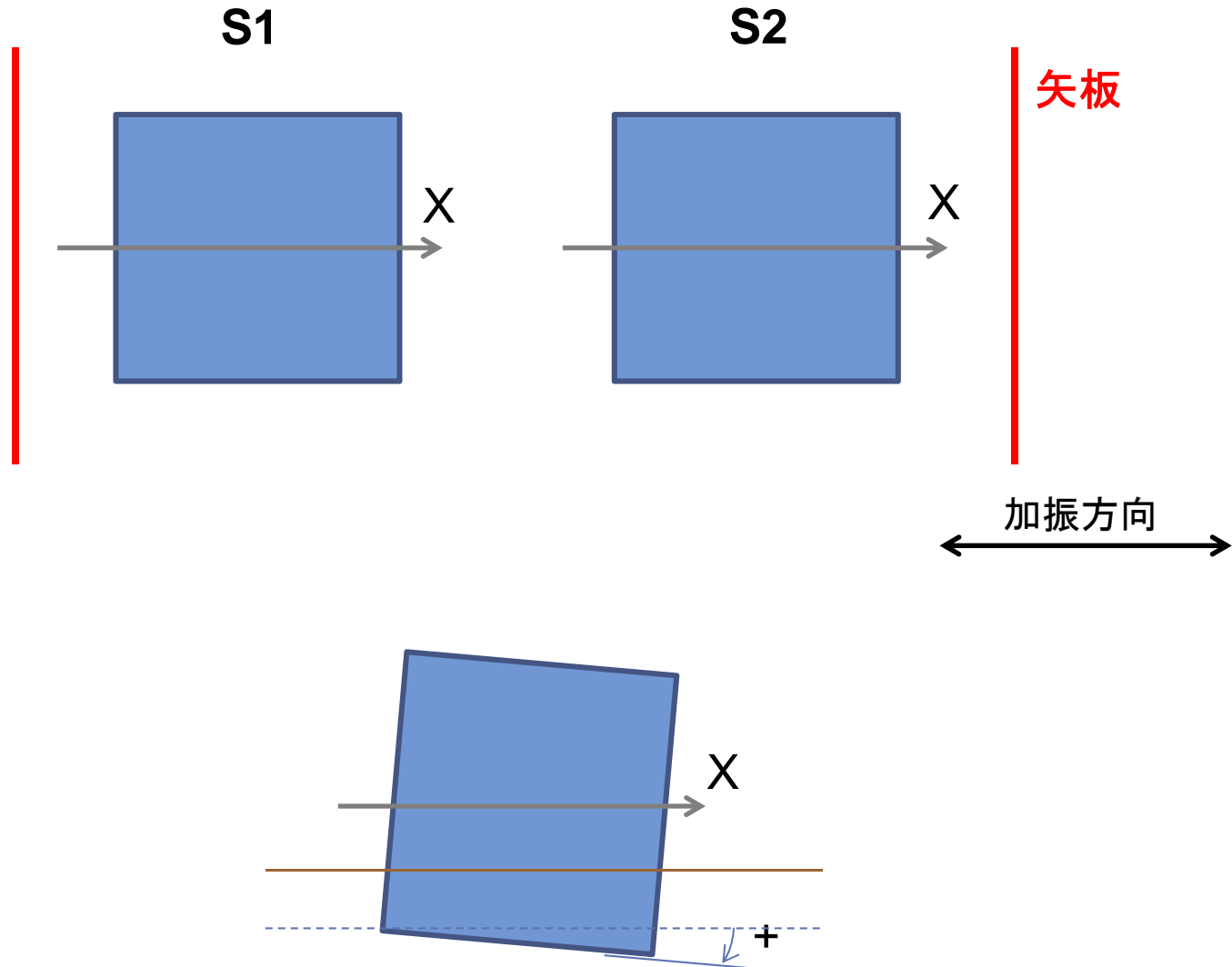


- ・矢板の自由振動
- ・矢板の側方拘束効果
- ・矢板の遮水効果

実験結果

住宅模型の傾斜

実験結果(住宅模型の傾斜)

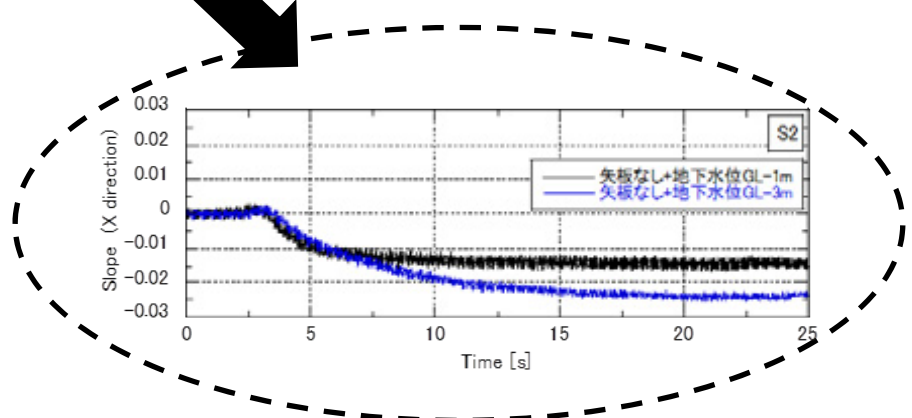
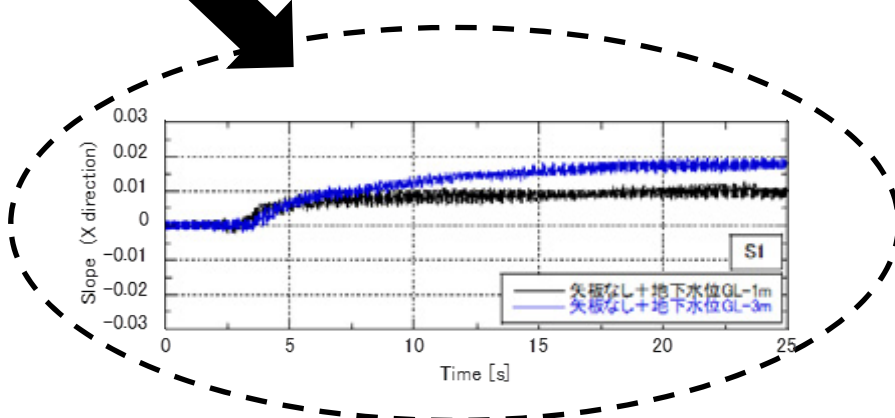
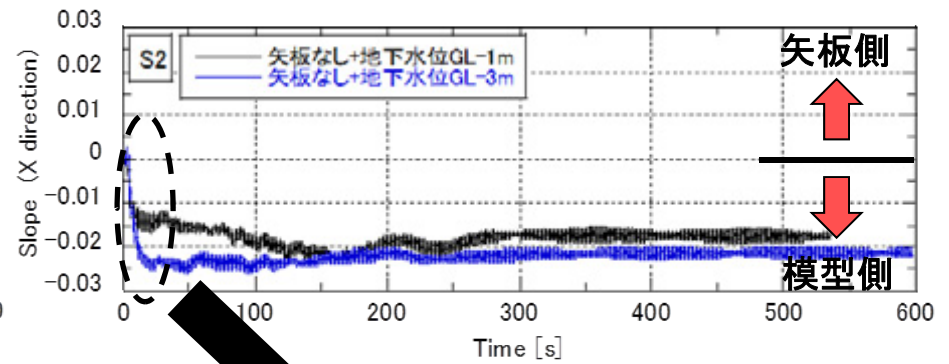
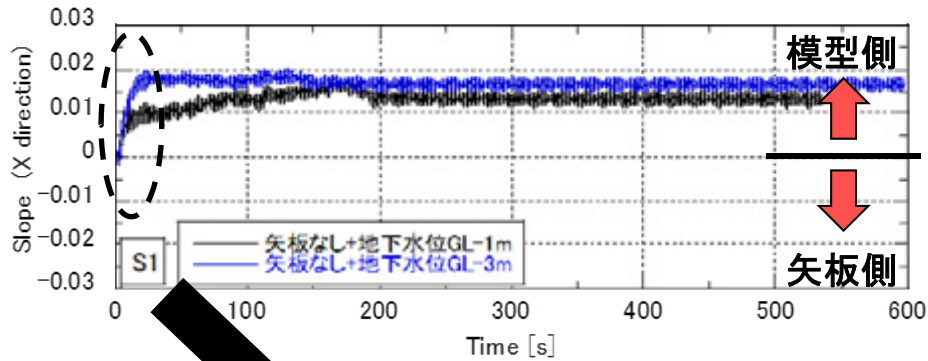


実験結果(住宅模型の傾斜)

— 地下水位低下による影響 —

S1

S2



地下水位低下による影響

- ・模型の初期傾斜が大きい



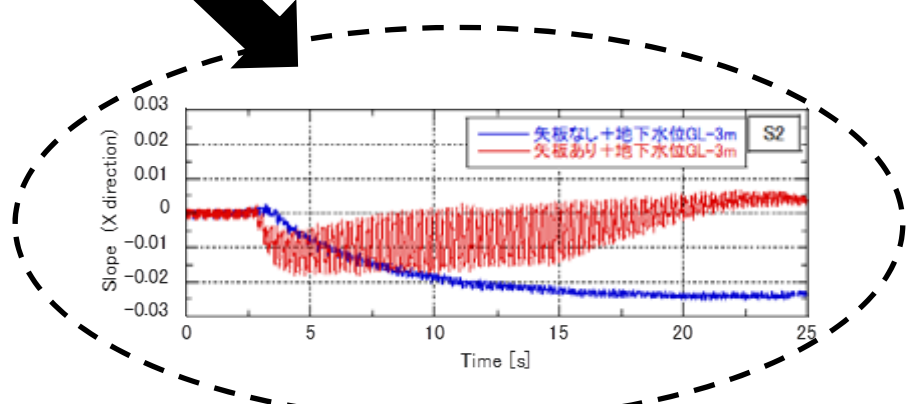
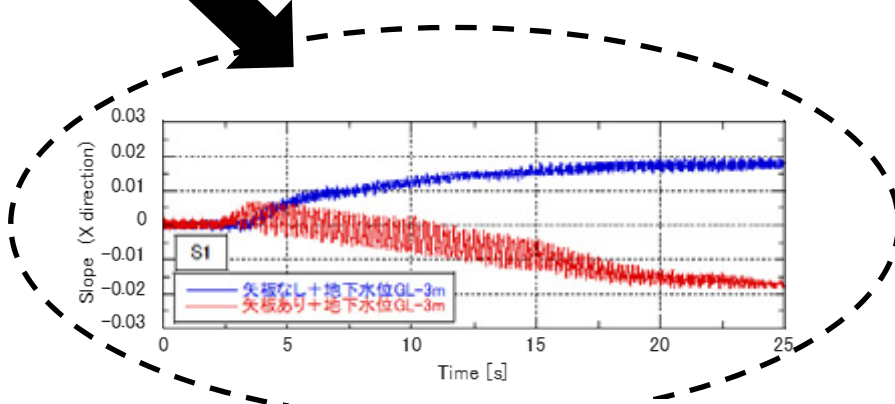
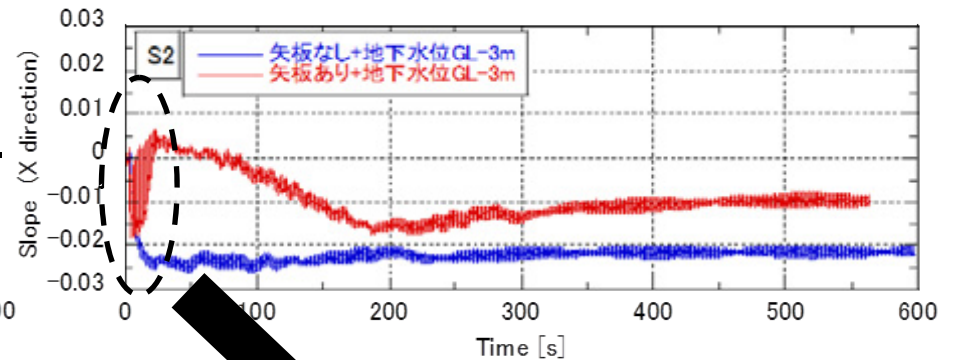
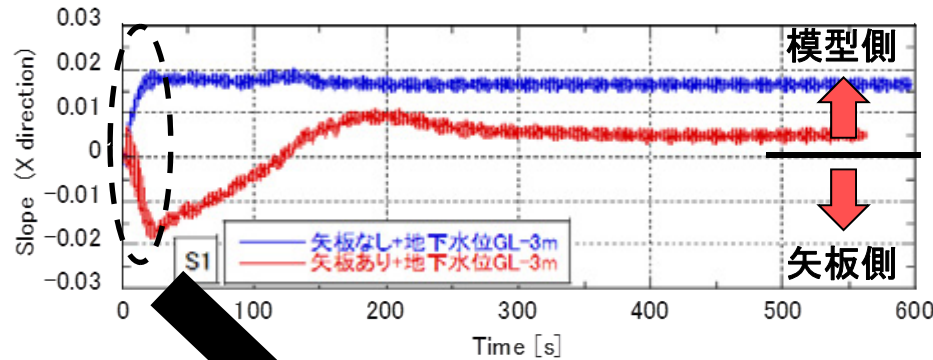
- ・不飽和層の液状化により、模型の偏心荷重分の回転が発生した

実験結果（住宅模型の傾斜）

— 矢板囲い込みによる影響 —

S1

S2



矢板囲い込みによる影響

- ・模型の傾斜は、加振初期は模型中央側に傾斜するが、4sec後は矢板側に反転し、加振終了まで矢板側に傾く
- ・最終傾斜は小さくなる

- ・矢板の自由振動による周辺地盤の液状化
- ・住宅模型の偏心による回転沈下が生じた

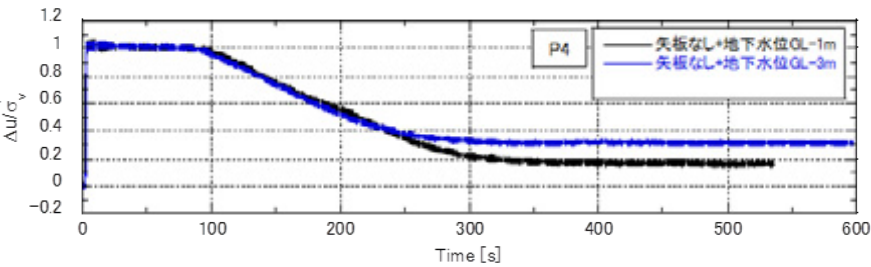
実験結果

過剰間隙水圧

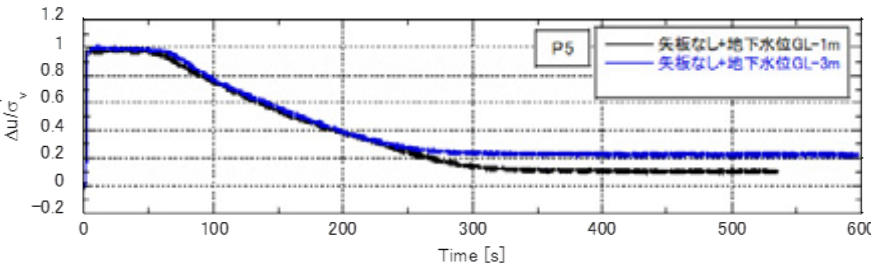
※過剰間隙水圧比を計算する際の有効上載
圧の計算は、 $\gamma_t = \gamma_{\text{sat}}$ として計算している。

実験結果(過剰間隙水圧: 模型直下)

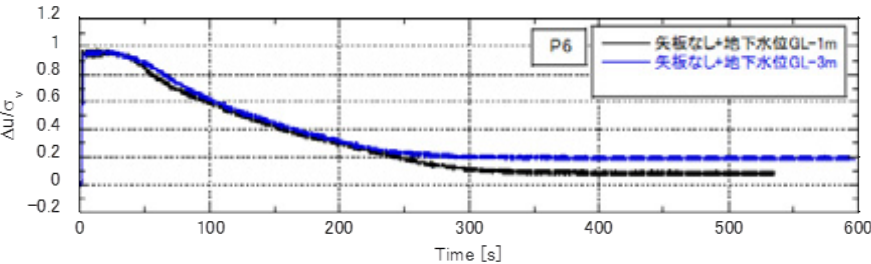
GL-240mm



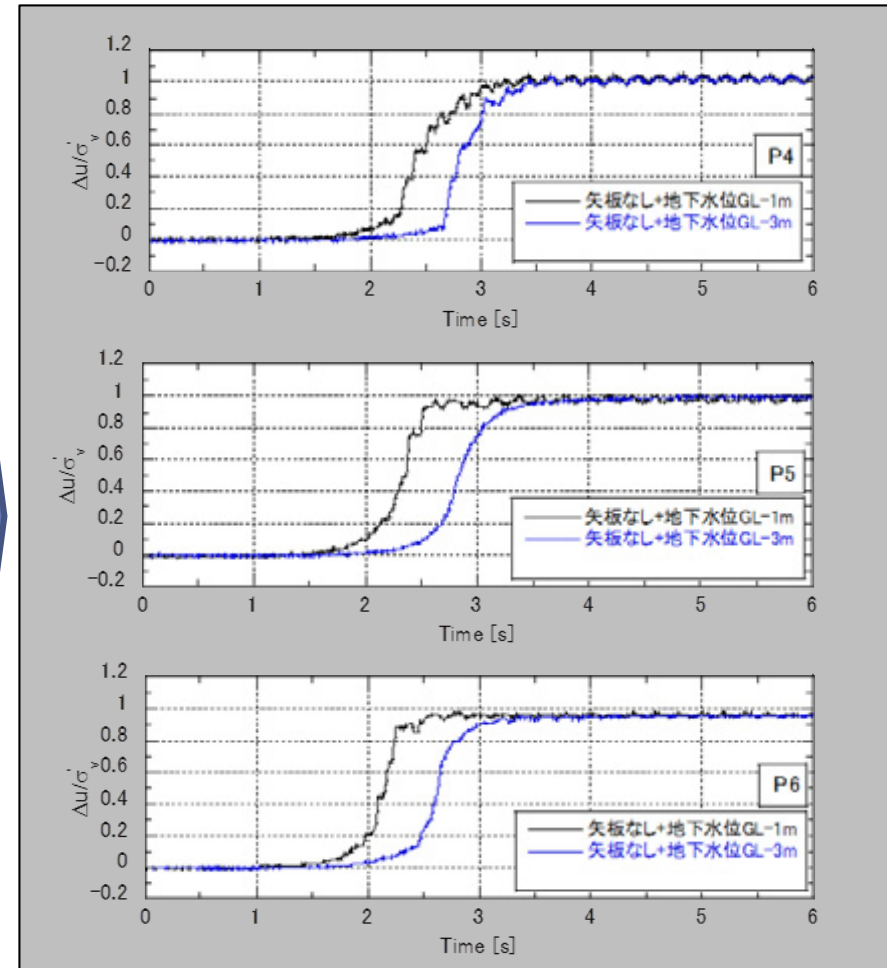
GL-370mm



GL-500mm



拡大



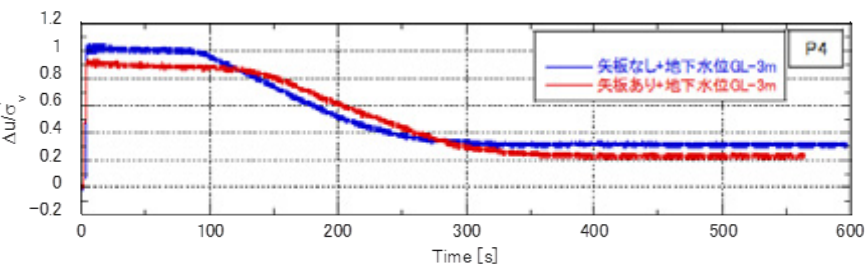
地下水位低下による影響

- ・過剰間隙水圧の上昇開始が遅くなる
- ・水圧の消散速度はほとんど同じ

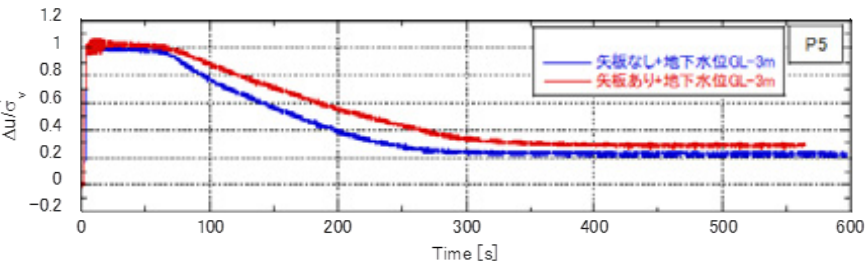
- ・地下水位低下により液状化抵抗比が大きくなったため

実験結果(過剰間隙水圧: 模型直下)

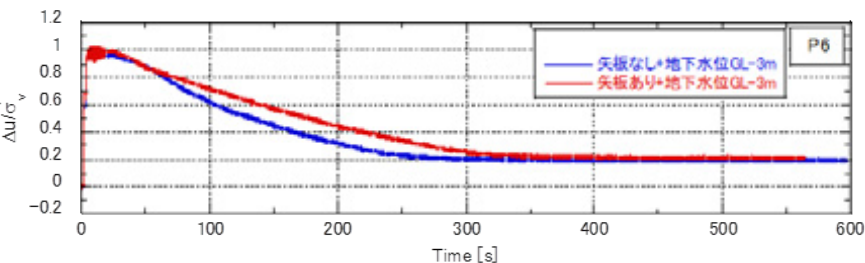
GL-240mm



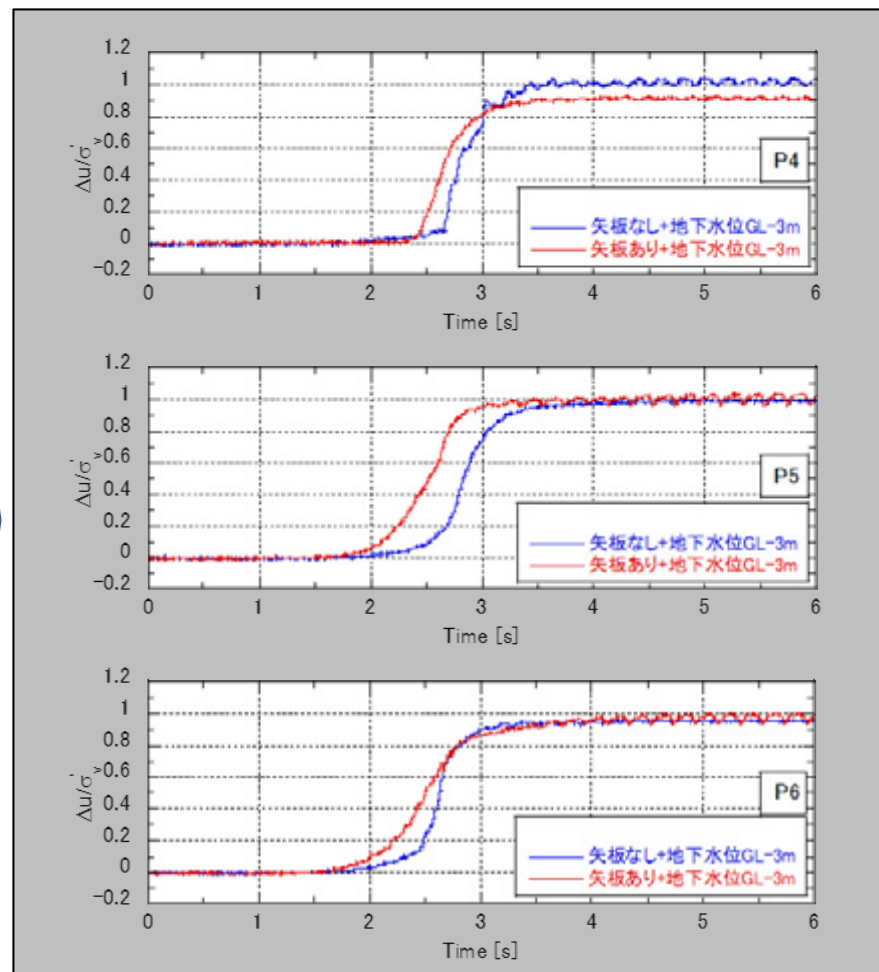
GL-370mm



GL-500mm



拡大



矢板囲い込みによる影響

- ・過剰間隙水圧の上昇開始が早くなる (浅い程顕著)
- ・水圧の消散速度が遅くなる

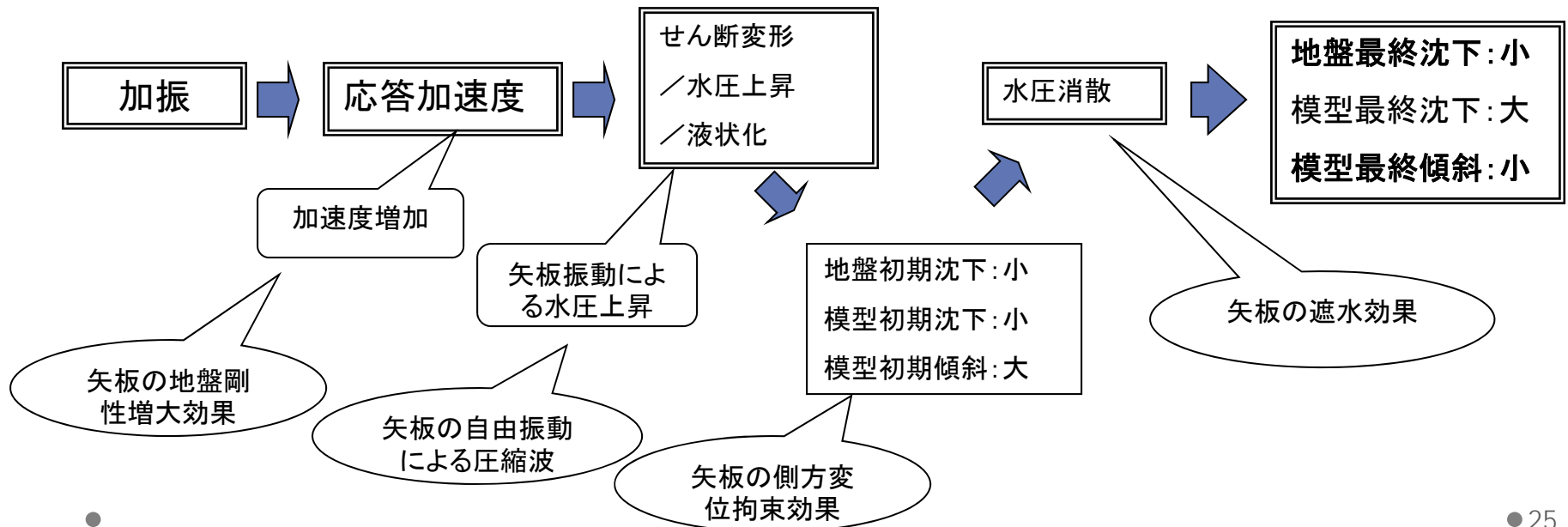


- ・矢板に自由振動、又は地盤剛性の増加
- ・矢板による遮水効果

考察(住宅模型・地盤沈下量)

住宅模型・地盤沈下量

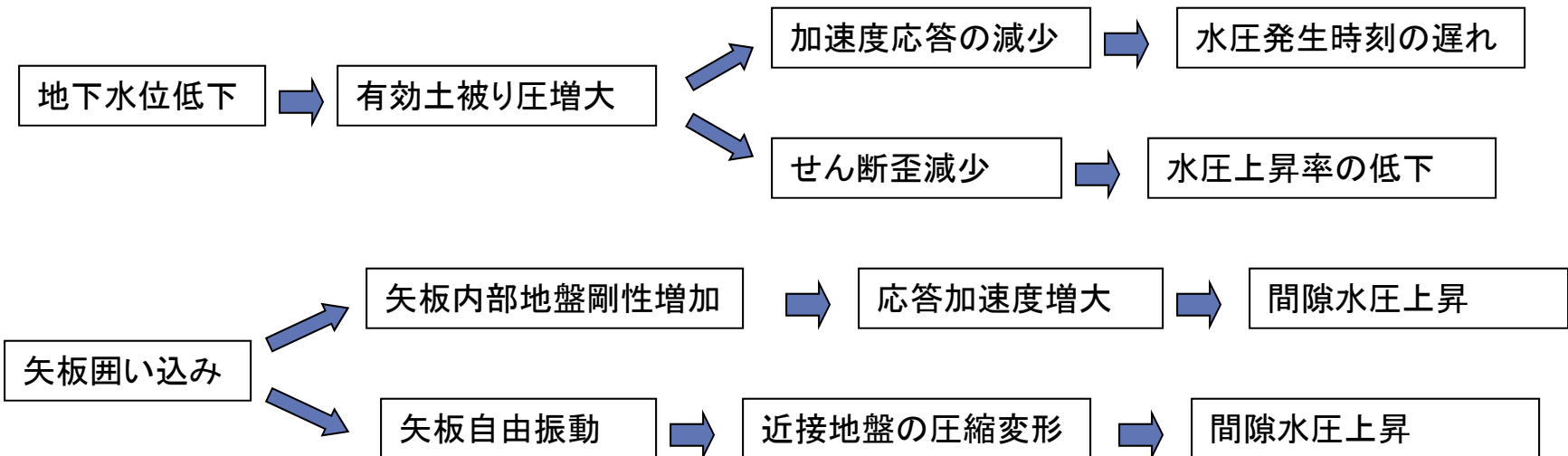
- ①矢板の囲い込みにより、住宅模型の最終傾斜の抑制効果が見られた。
但し、加振中・加振後の不同沈下の方向が反転する。
- ②矢板の囲い込みにより、加振開始から約10sec間は初期沈下量は減少する。
但し、加振時間が長くなると最終的な沈下量は増大する。
- ③液状化により住宅模型は地盤中にめり込み沈下をしている
矢板を入れることで、めり込み沈下は増大した。



考察(過剰間隙水圧)

過剰間隙水圧

- ① 地下水位低下により、模型周辺の過剰間隙水圧の上昇は、抑制される。
- ② 矢板で囲まれた内部および周辺では、過剰間隙水圧の発生が早まる。
- ③ 矢板で囲まれた内部では、過剰間隙水圧の消散が遅くなる。
- ④ 矢板で囲まれた内部では、深度により過剰間隙水圧の発生時間の差が小さくなる。



結論

- ① 地下水位低下による液状化対策効果はある。
- ② 矢板囲込みにより、初期沈下と不同沈下を抑制する。
- ③ 矢板の剛性や振動モードが、水圧上昇の要因ともなる。

矢板囲込みによる液状化工法の実用化においては、

- ① 矢板と地盤の振動モードの評価（剛性と固有周期）。
 - ② 矢板の自由振動を抑止する頭部固定構造の工夫。
 - ③ 不飽和層（表層）の液状化抑止の工夫（排水構造）。
- 等の対応が課題となる。

今後の予定

- 1g場振動台実験

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">① 実験結果のシュミレーション(FLIP-2D)
入力波の大きさ・時間・周波数による効果の相違を検討③ 矢板剛性を変化させた追加実験(軽量鋼矢板剛性)
入力波形と矢板剛性を変化させた2ケースを追加。 |
|--|

- 遠心模型実験の実施

地下水位低下による液状化抑止効果の検証

- 数値解析の実施

地下水位低下による即時・圧密沈下量の予測

今後の予定

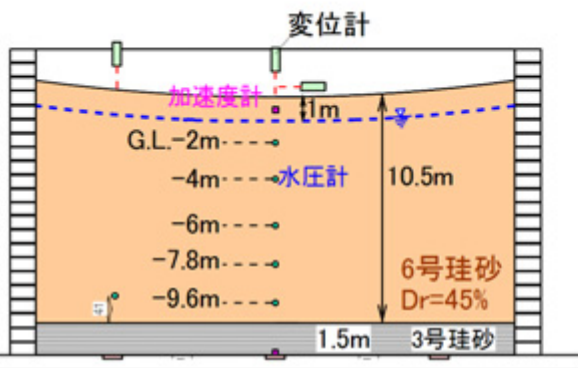
- 遠心模型実験の実施

地下水位低下による液状化抑止効果の検証

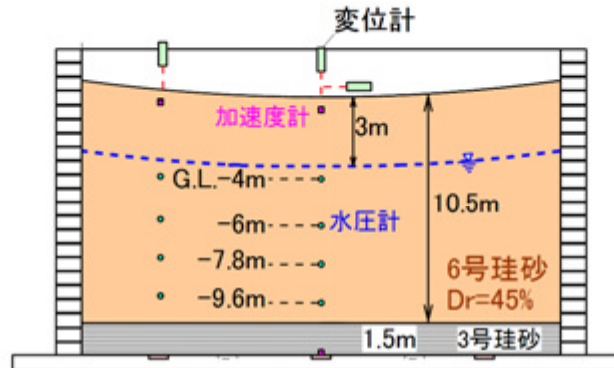
＜実験ケース＞

- CASE1: 地下水位G.L.-1m(原地盤)
- CASE2: 地下水位G.L.--3m
- CASE3: CASE2の条件で鋼矢板を土槽中央部に設置。
矢板間の水位をG.L.-5mに。

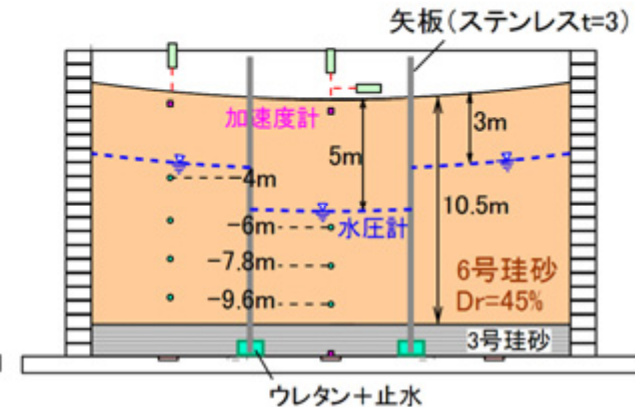
CASE-1



CASE-2



CASE-3



● 現在CASE-1,2は実験済み。データ整理中。

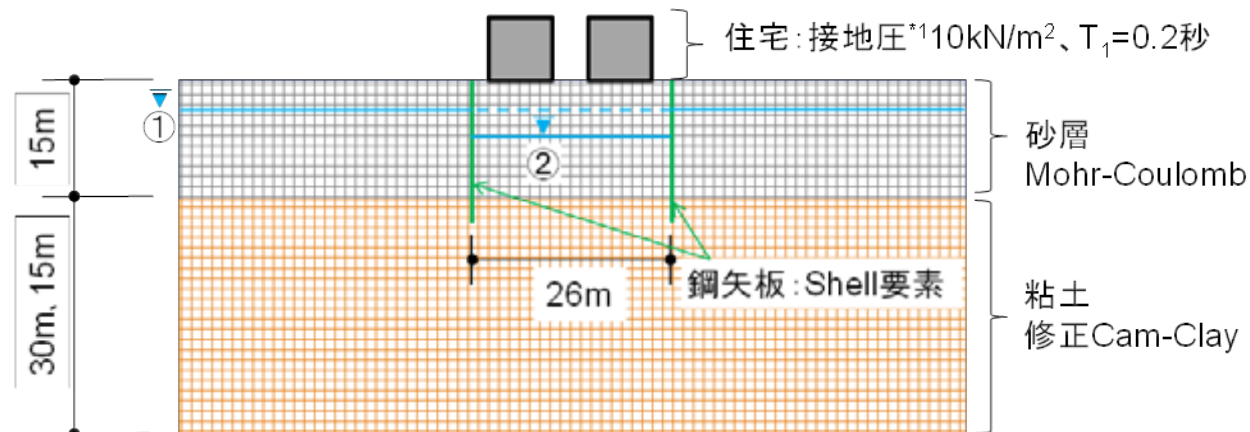
今後の予定

- 数値解析の実施

地下水位低下による即時・圧密沈下量の予測と
土質定数の妥当性検討

<解析手順>

- (1) 地下水位レベル①G.L.-1mの初期状態を解析
- (2) 地下水位レベル①G.L.-3mに低下させた場合の地盤状態を解析
- (3) 鋼矢板のShell要素追加後の地盤状態を解析
- (4) 鋼矢板囲い内部の地下水位レベル②G.L.-5mとして不同沈下解析



※排水境界: GL面のみ排水条件、鋼矢板部: 不透水
※変位境界: 側面を縦ローラー、底面を横ローラー