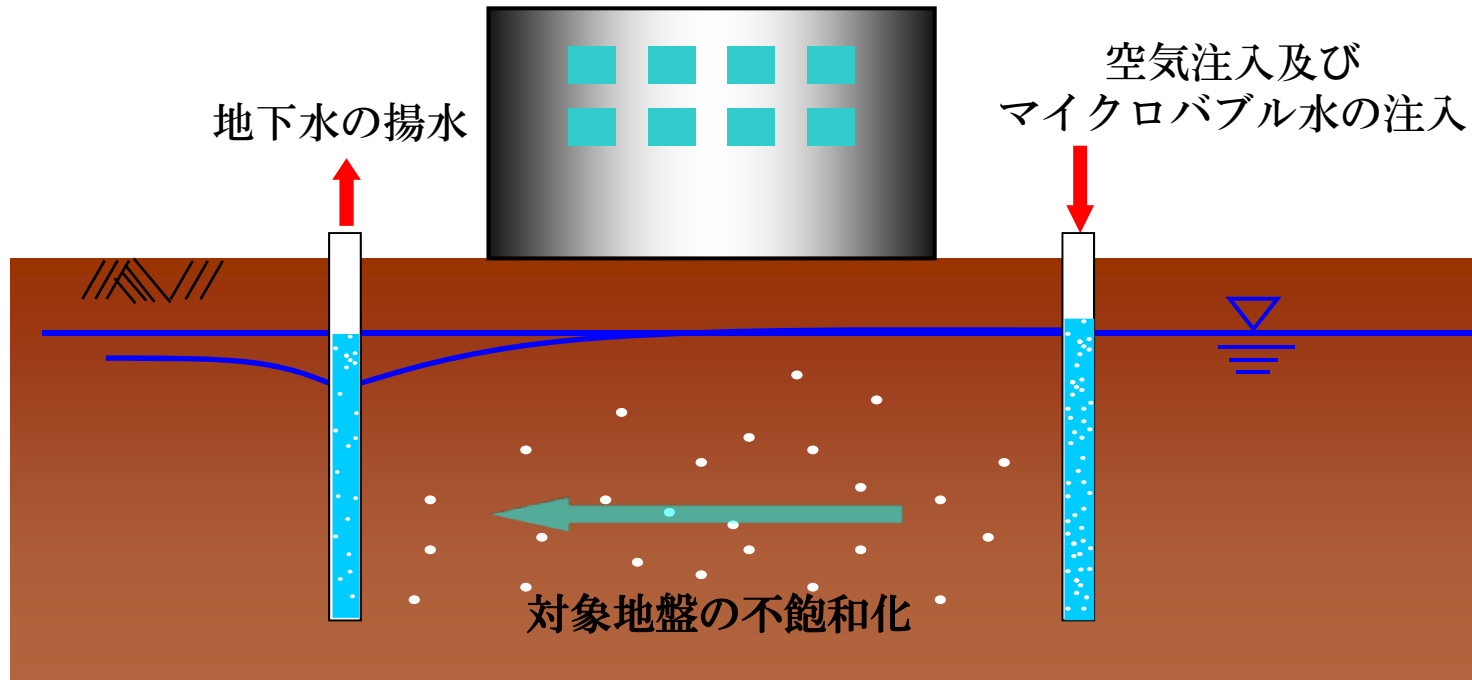


基礎地盤不飽和化による  
液状化対策工法の実証的研究  
中間報告 (2012/10/26)

千葉工業大学  
東京ソイルリサーチ株式会社

# 工法の概要と研究の目的



地盤不飽和化工法概略図

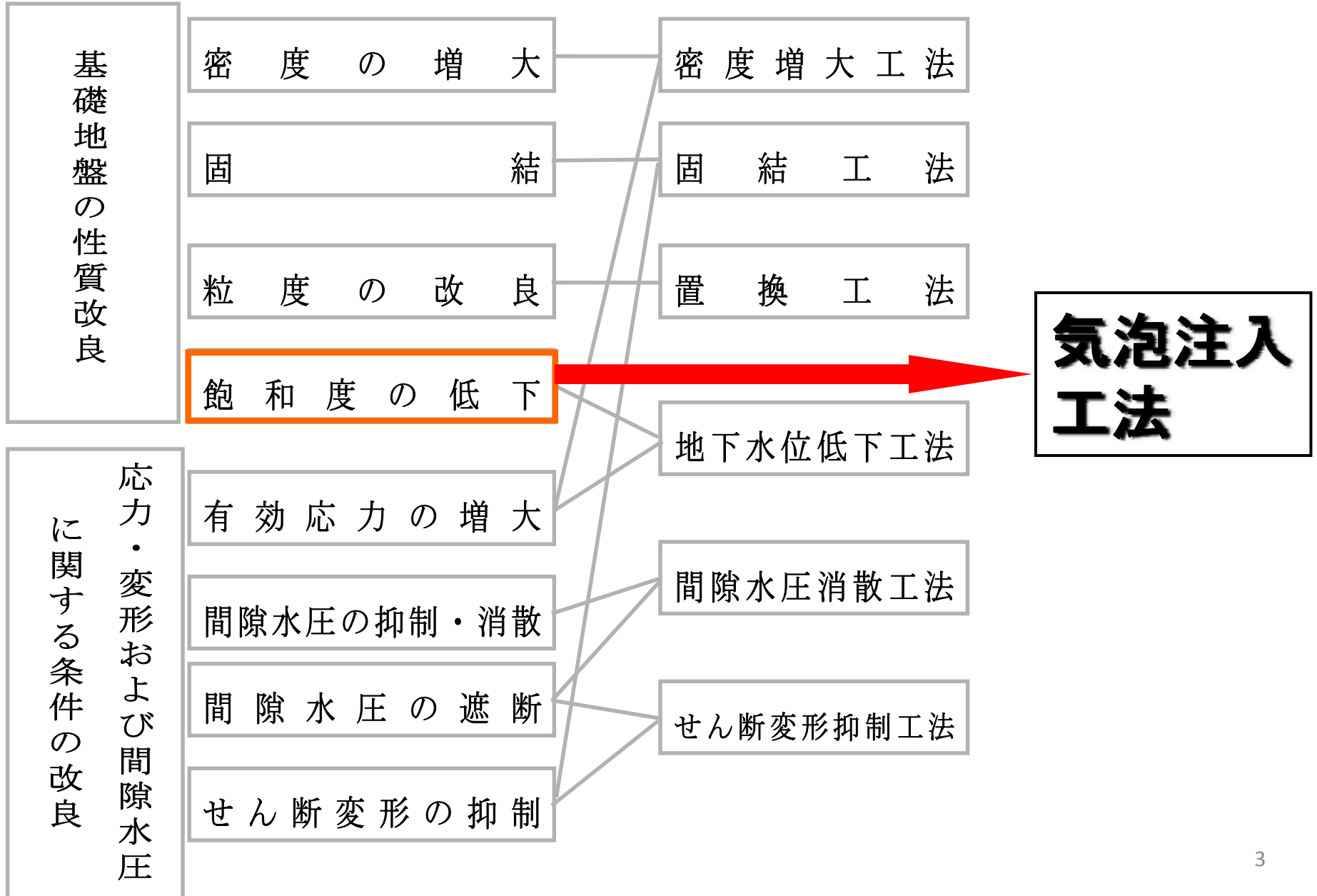
研究の目的：

既存構造物がある場合の基礎地盤の液状化対策工法の開発

工法の概要：

飽和砂地盤中に空気あるいはマイクロバブル水を注入することにより飽和度を低下させて基礎地盤の液状化強度を増加させる工法

# 液状化対策工法における本工法の位置づけ



# 実証的研究の課題

## ●設計法の課題

課題① 実大規模での液状化被害低減効果の確認

➡ 遠心载荷試験

課題② 液状化強度の評価

➡ 不攪乱試料を用いた室内液状化強度試験

## ●施工法の課題

課題③ 不飽和化システムの確立

➡ 原位置施工による検証

課題④ 不飽和領域の評価法の確立

➡ 飽和度の測定法検証

# 研究工程

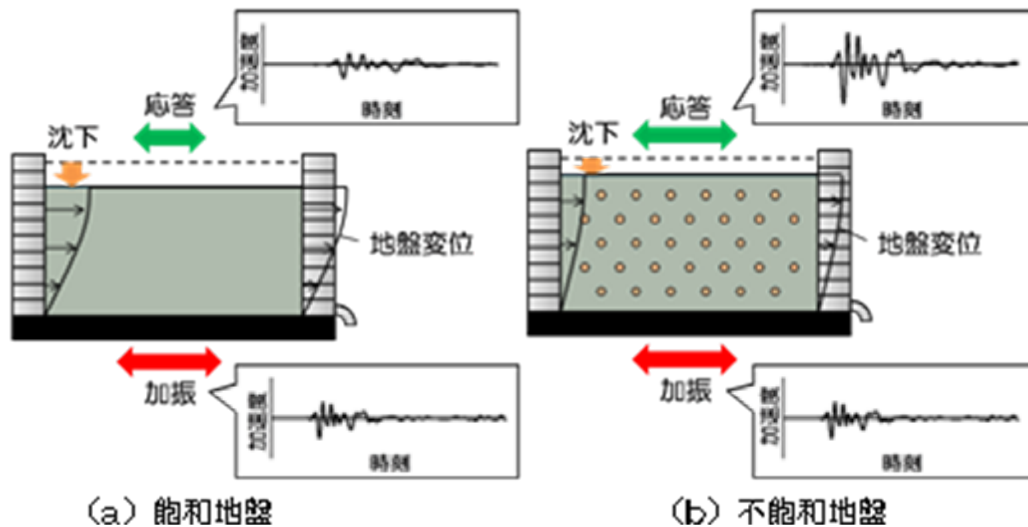
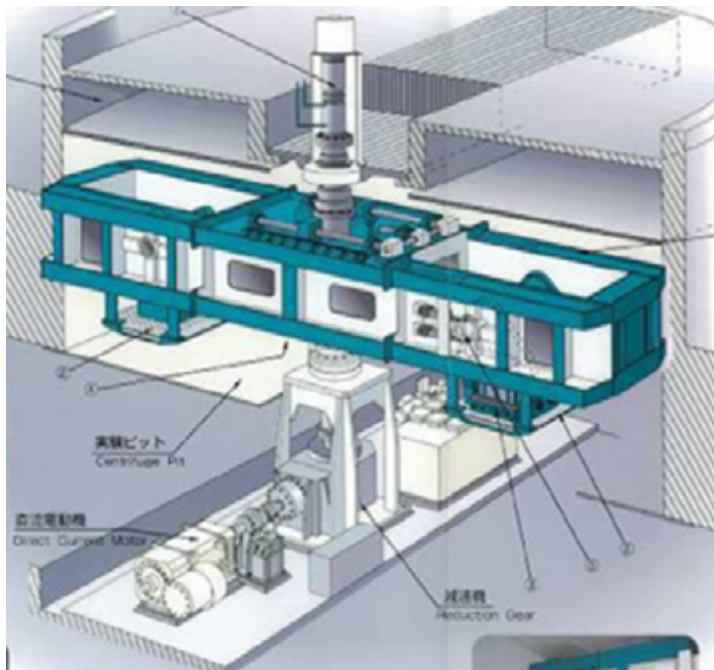
区分		日程		平成24年					平成25年		
				6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
設計法	課題①	実大規模の確認 (遠心載荷実験)		準備工		飽和加振(3ケース)			不飽和加振		
	課題②	液状化強度の評価 (室内試験)		試加振					繰返し3軸試験		
施工法	課題③	不飽和化のシステム確立	地盤調査			P波, 飽和度 (飽和)		P波, 飽和度 (不飽和)			
			井戸設置作業			注水井, 揚水井, 観測井					
			注入実験 モニタリング			準備工		↓気泡注入開始 (マイクロバブル水, 空気)			
	課題④	不飽和領域の評価法	三次元空間の飽和度測定			センサー設置 注入前の測定		乱さない試料採取 (注入後地盤)			
原位置地盤凍結サンプリング							不飽和地盤				
原位置飽和度実測					飽和地盤 (短尺サンプラー)		不飽和地盤 (短尺サンプラー)				

# 課題①

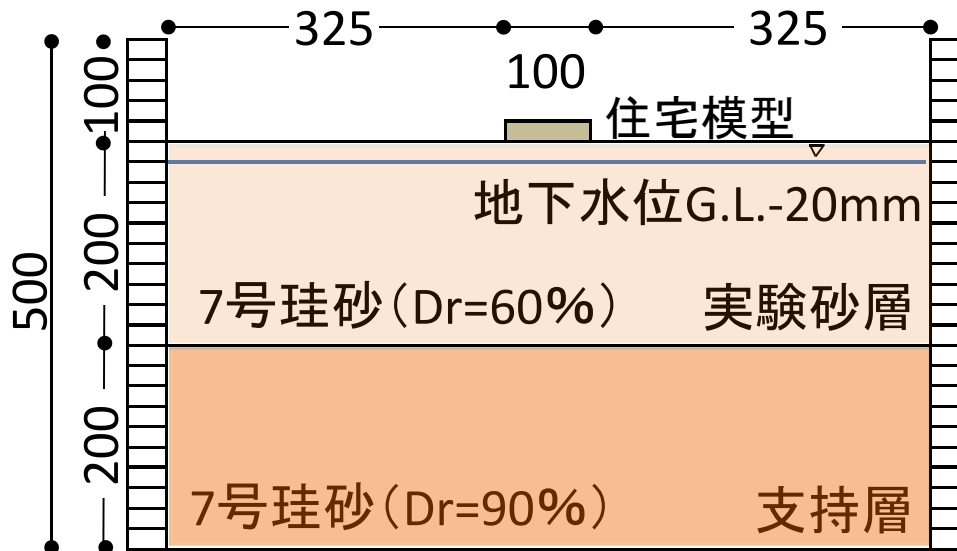
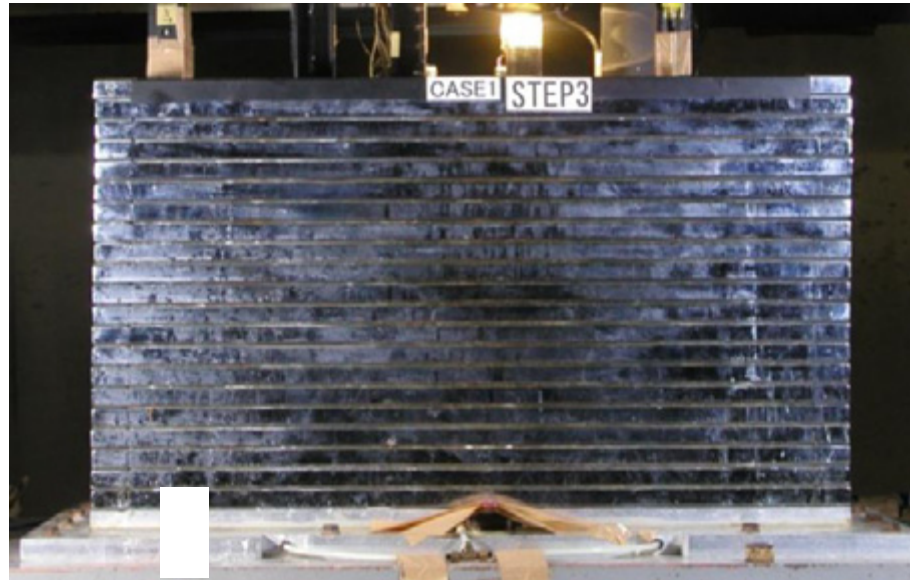
## 遠心載荷試験による実大規模不飽和地盤の液状化被害低減効果の確認

(飽和試料実験終了、不飽和試料実験10月末の予定)

遠心載荷装置を用いた振動実験を行い、地盤振動による沈下量を測定し、不飽和化工法の液状化被害低減効果を評価する。



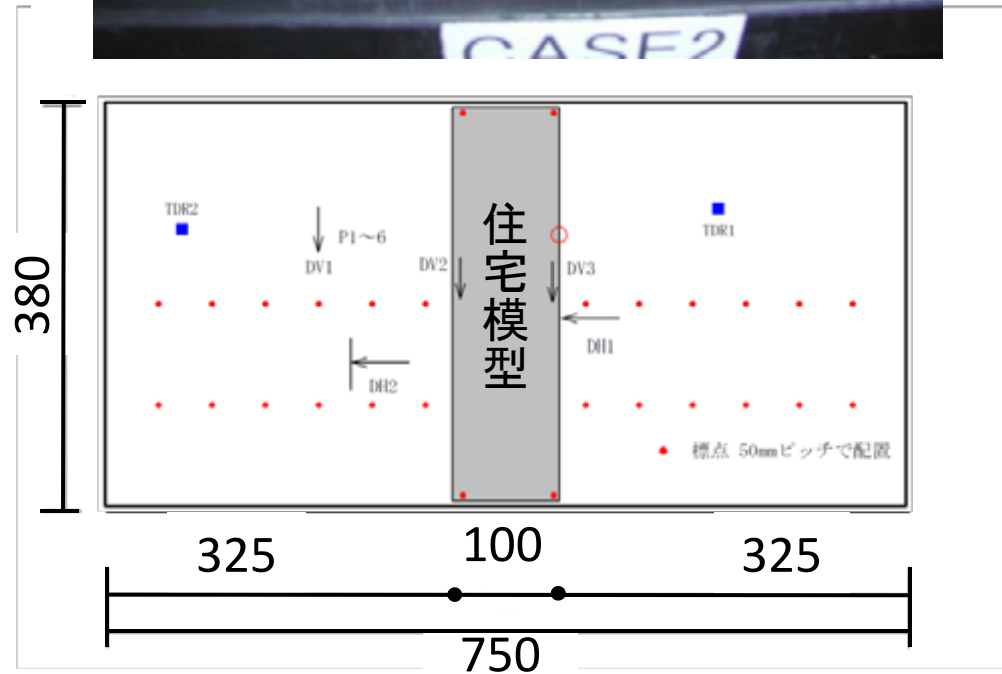
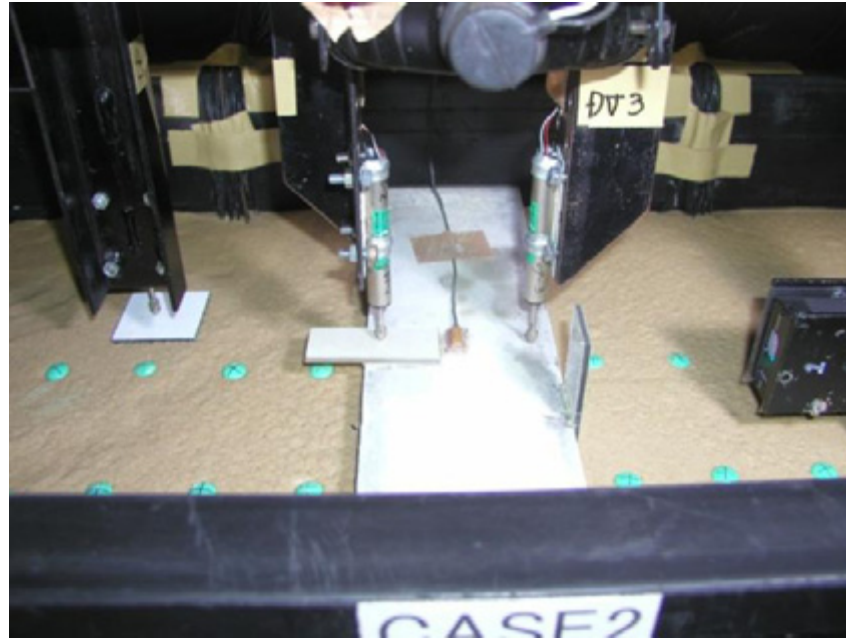
# せん断土層



側面図

単位 (mm)

# 実験地盤

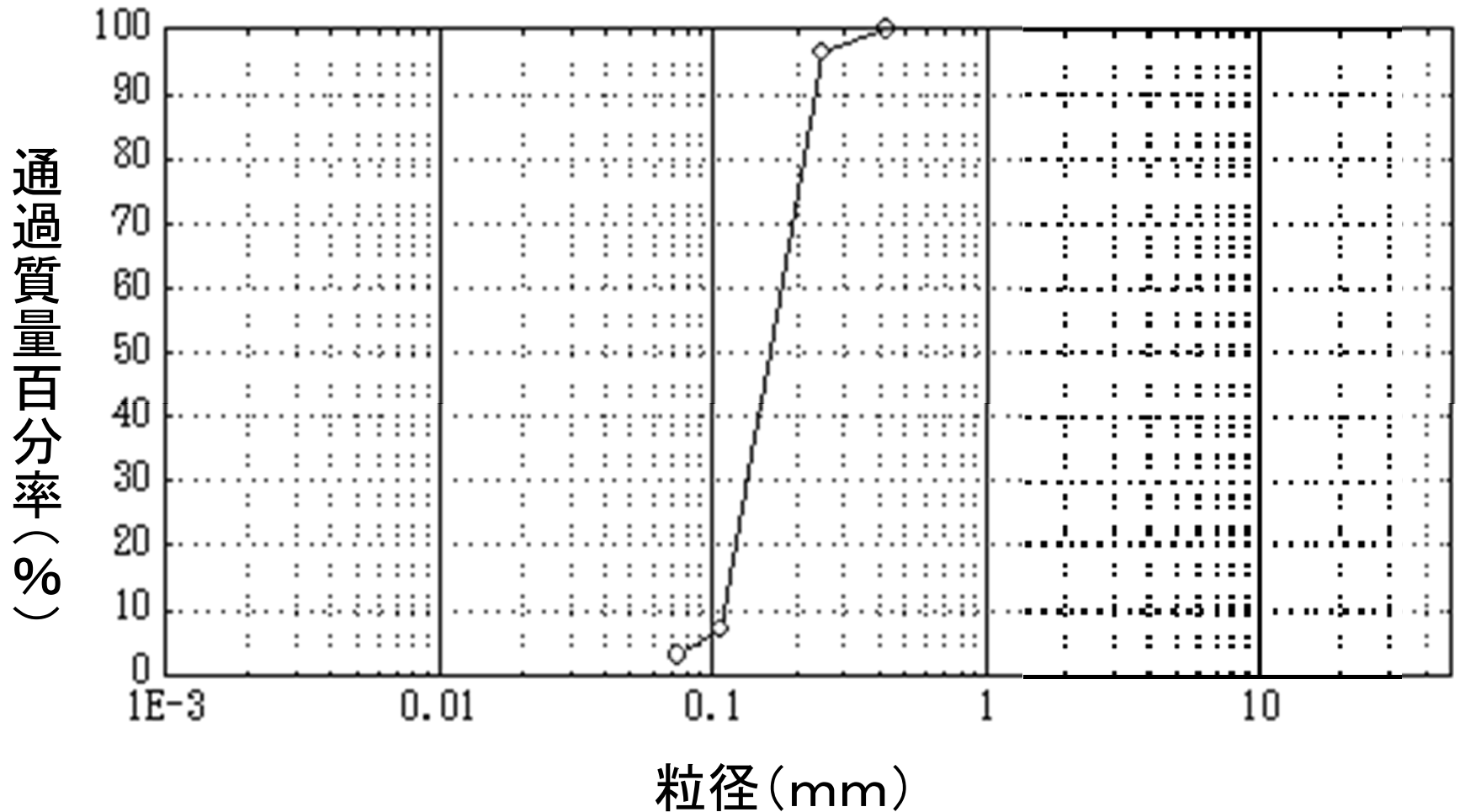


平面図

単位(mm)



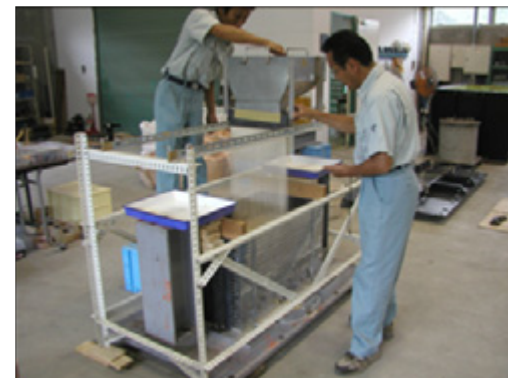
## 実験地盤の材料（7号硅砂）



- 最大乾燥密度 $1.573\text{g}/\text{cm}^2$ , 最小乾燥密度 $1.126\text{g}/\text{cm}^2$

# 実験土層作成方法

- 支持層地盤の作成（相対密度90%）
  - － 突き固め棒により締固めて作成した。
- 実験対象地盤の作成（相対密度60%）
  - － 実験地盤は手動のサンドホッパーを用いた空中落下法より作成した。地盤の相対密度は所定の高さまで地盤を作成し、投入した砂の重量と体積を測定することで管理した。
- 実験対象地盤の飽和
  - － 脱気槽を用いた負圧法より行う。

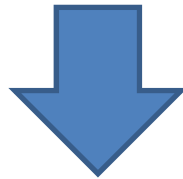


# 不飽和地盤の作成（計画）

- 飽和地盤を遠心重力20Gまで上昇させた状態で、間隙水を排水させる。

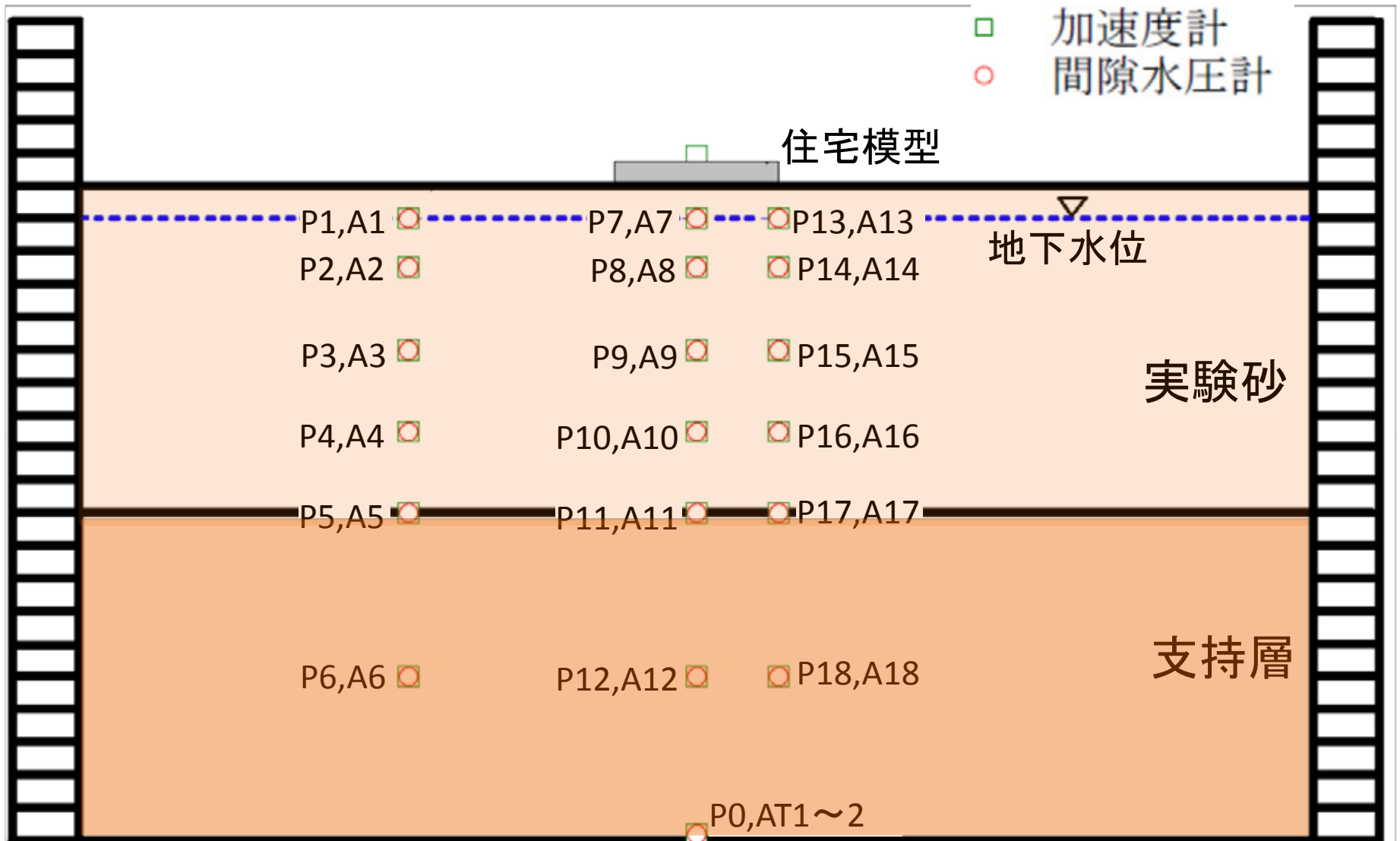


- 排水完了後、遠心重力20Gで地盤内に間隙水（MB水）を、外部注入タンクを通じて土層底面から注入する。



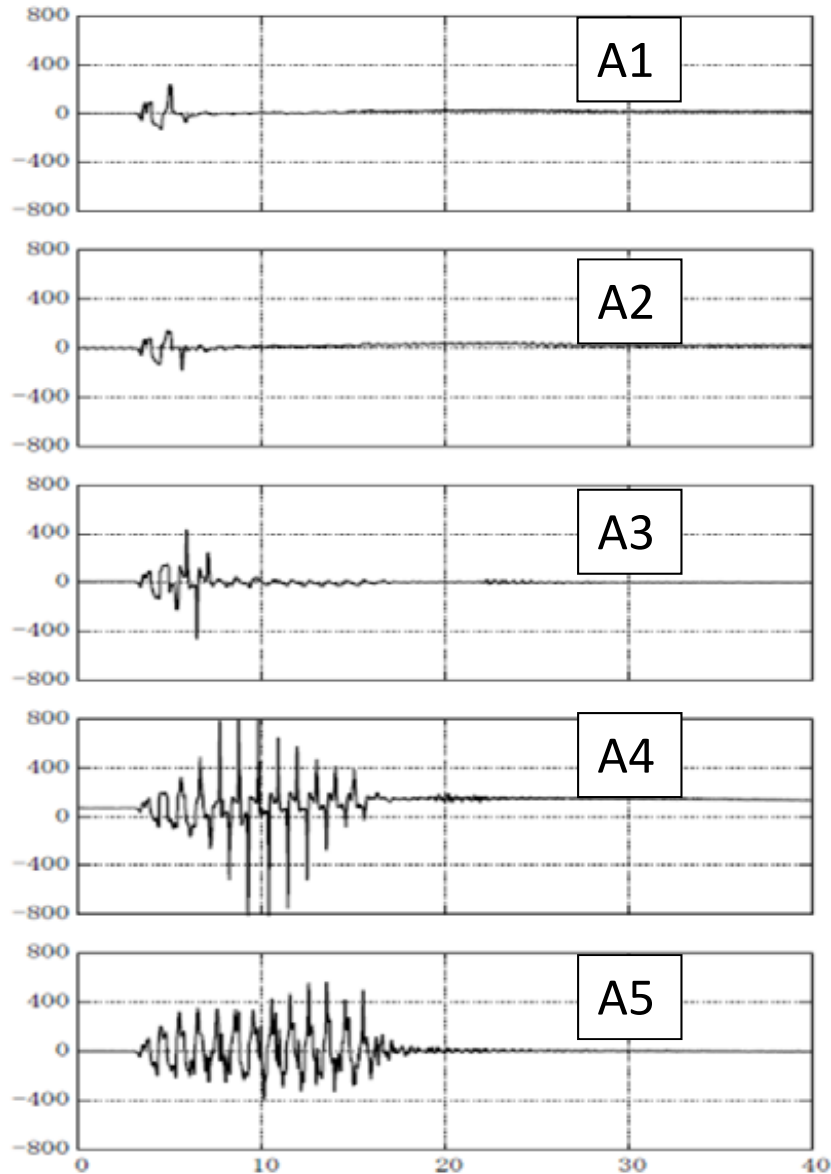
- 所定の位置まで水位を上昇させた段階で、排水弁を閉じる。

# 水圧計と加速度計の位置図



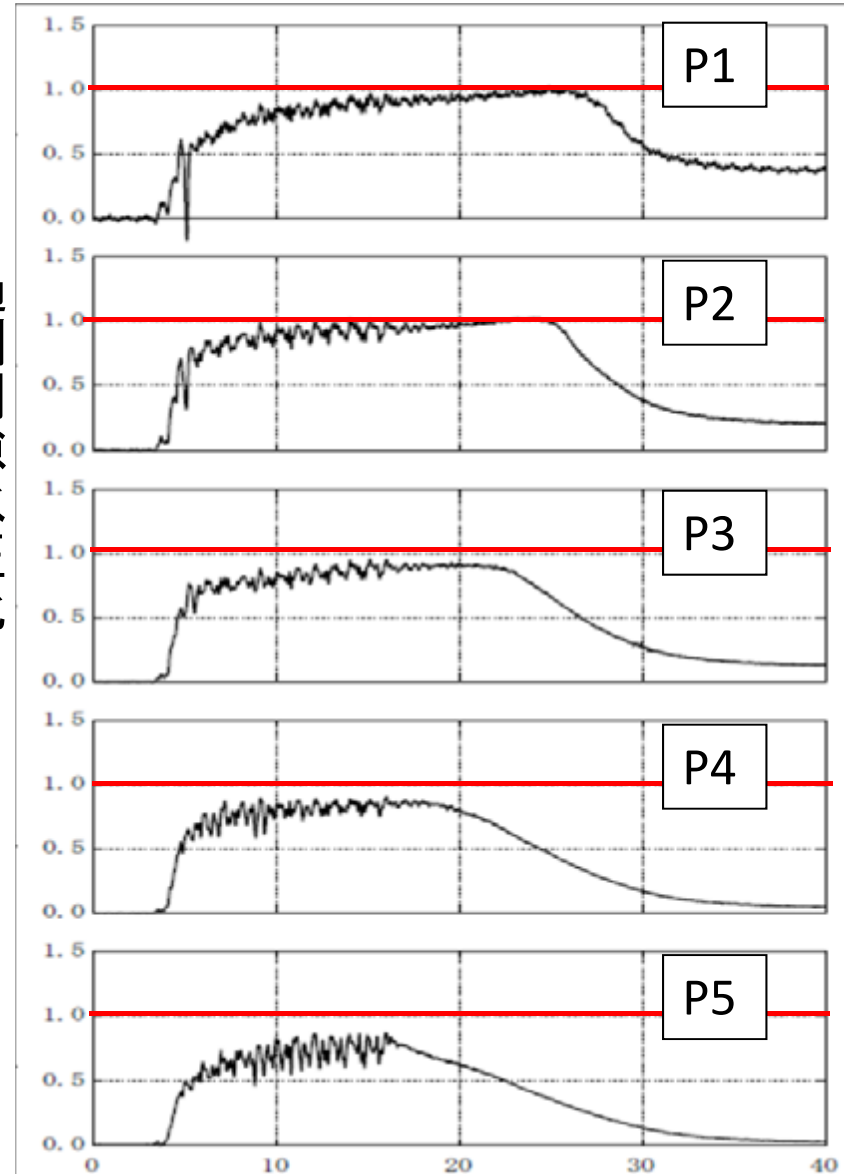
# 自由地盤加速度と過剰間隙水圧比の時刻歴

加速度 (gal)



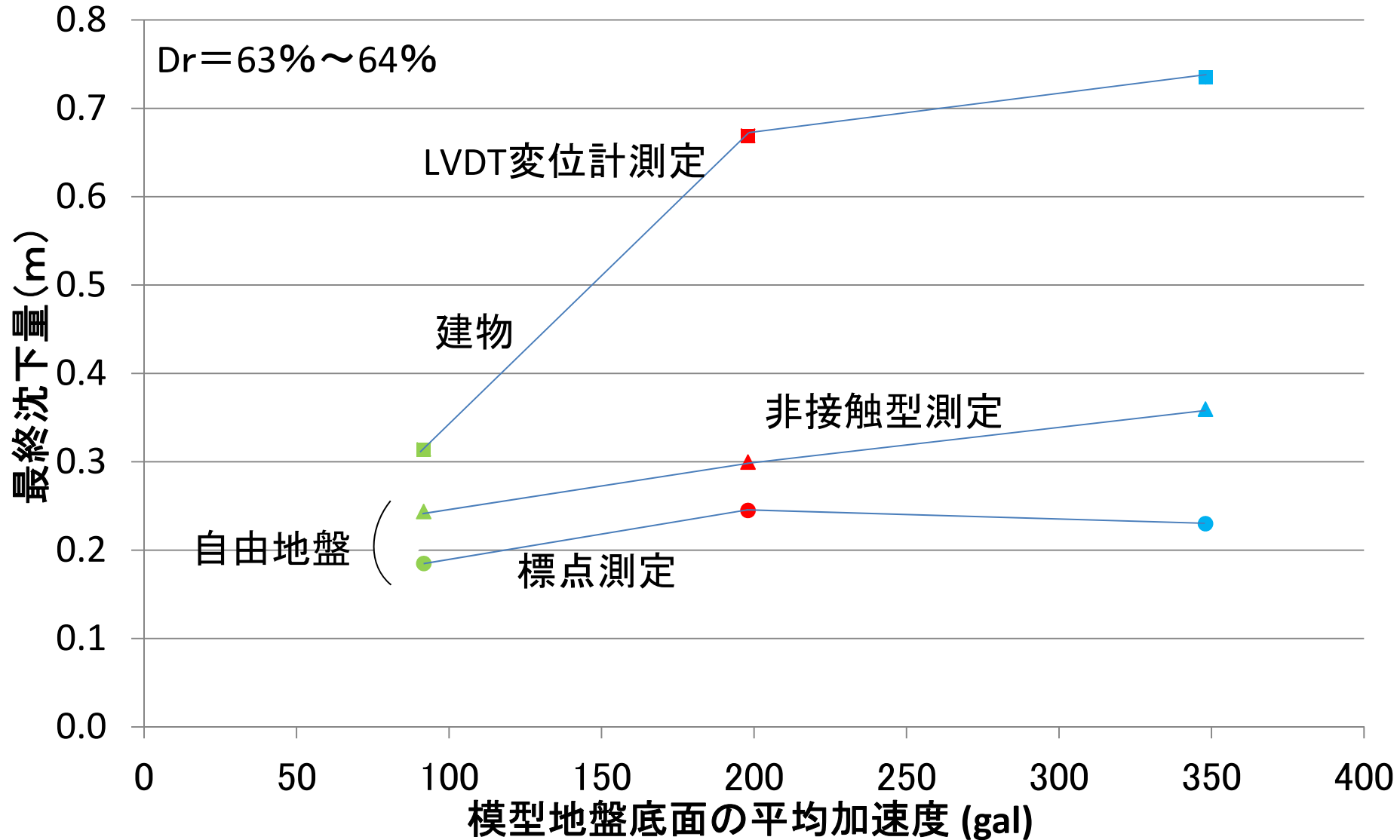
時刻(sec)

過剰間隙水圧比



時刻(sec)

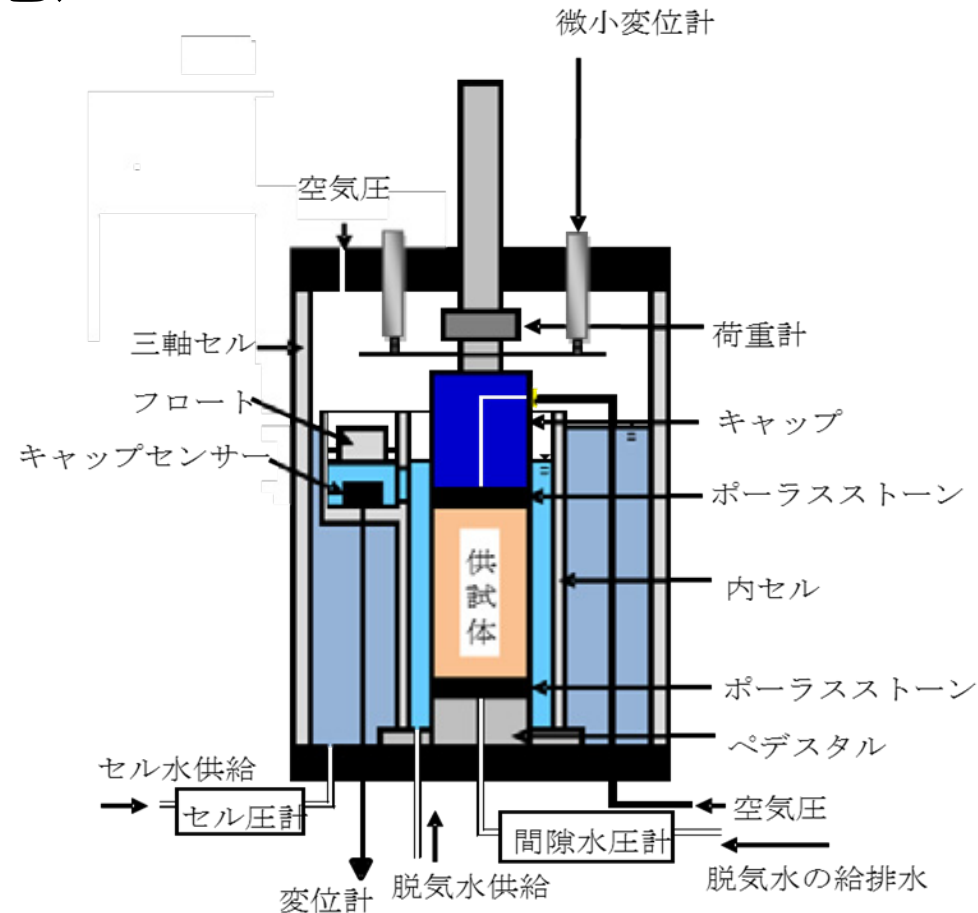
# 沈下量と入力加速度の関係



## 課題②：

# 不攪乱試料を用いた不飽和試料の液状化強度の評価（12月以降に実施）

原位置地盤凍結サンプリング法により採取した不攪乱試料を用いて液状化強度を求め、不飽和化の効果を確認し、実地盤の飽和度と液状化強度の関係を確認する。



不飽和試料用繰り返し三軸試験装置

# 課題③ 不飽和化システムの確立 (現位置施工による検証)

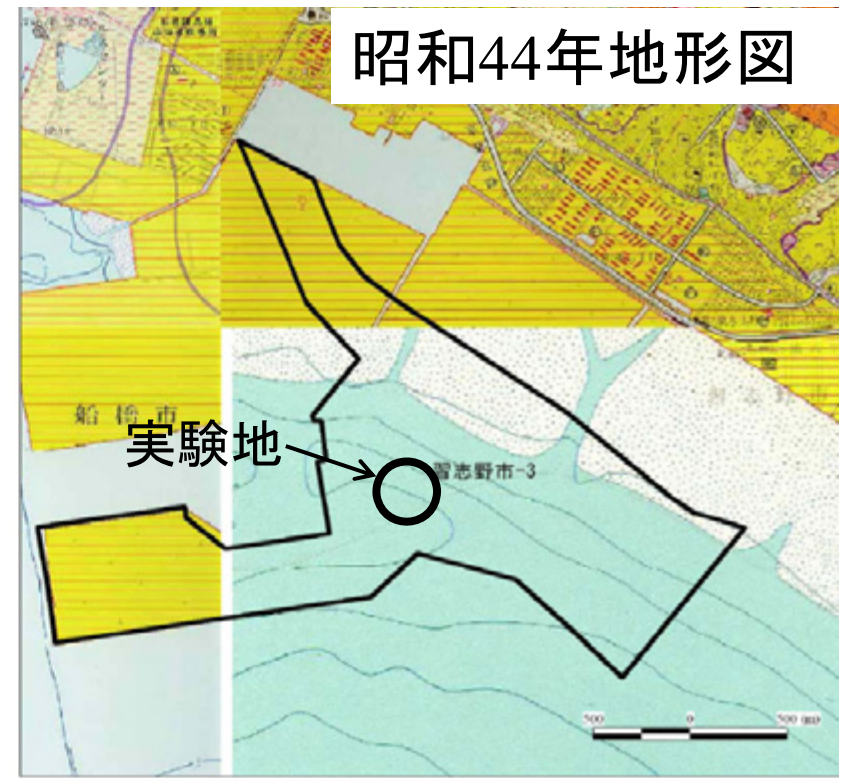
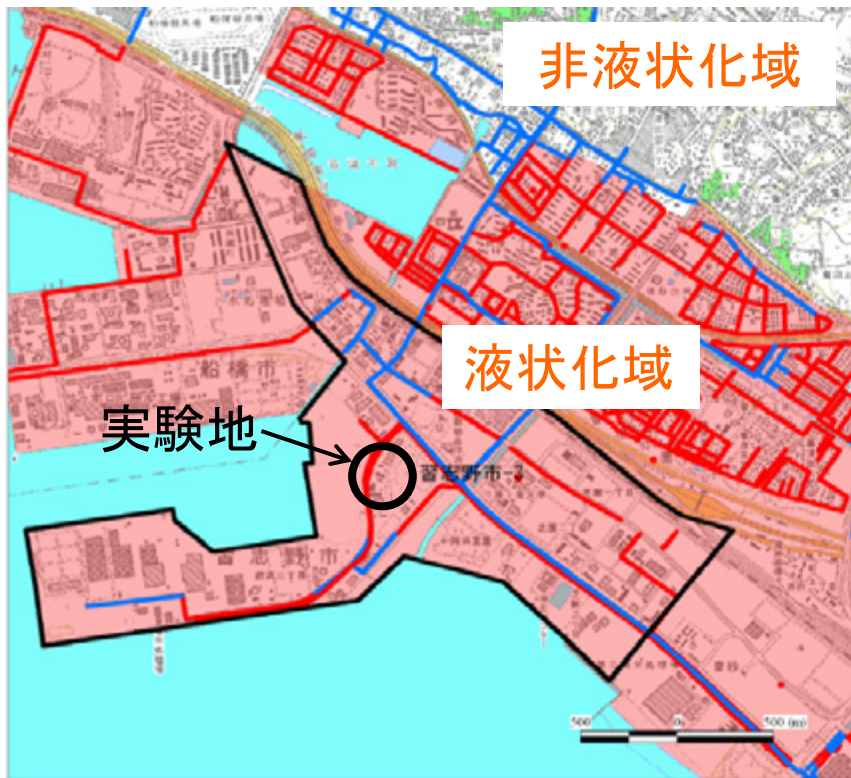
- 実験地盤の選定と地盤の把握
  - ・ 埋め立て地盤・液状化地盤
  - ・ 事前調査
- 不飽和化システム
  - ・ 注入井,観測井,揚水井の設置
  - ・ 飽和度測定センサーの設置
  - ・ 気泡及びマイクロバブル水注入装置の作成
- 不飽和化実験と飽和度測定
  - ・ 気泡の注入・マイクロバブル水注入



# 実験地盤の選定 (習志野市茜浜地区)

(土層の適性、電気、水の安定供給、セキュリティから判断)

## 液状化発生状況



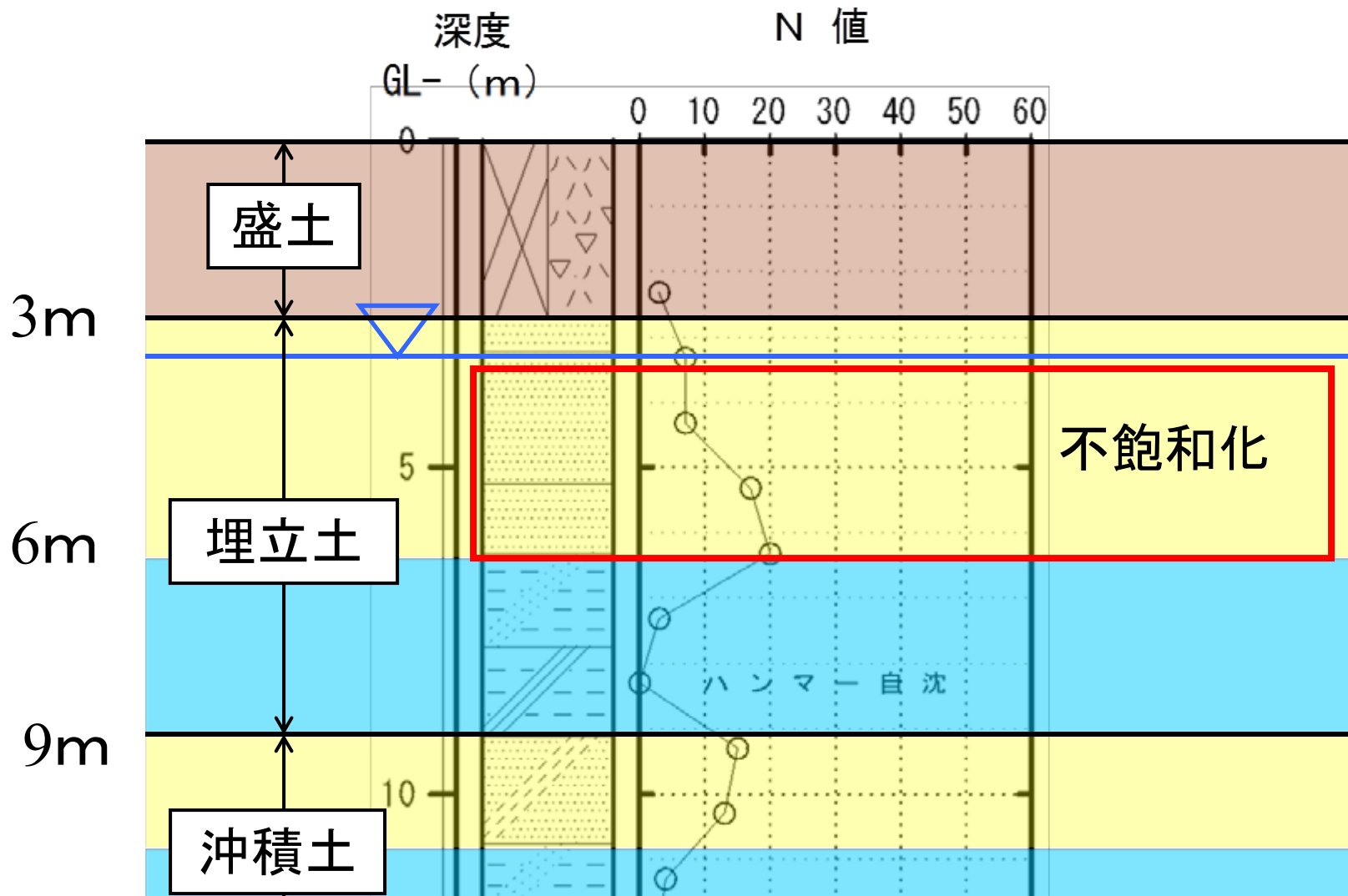
(出典：国土交通省関東地方整備局，

東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態調査結果)

# 実験現場付近での液状化被害



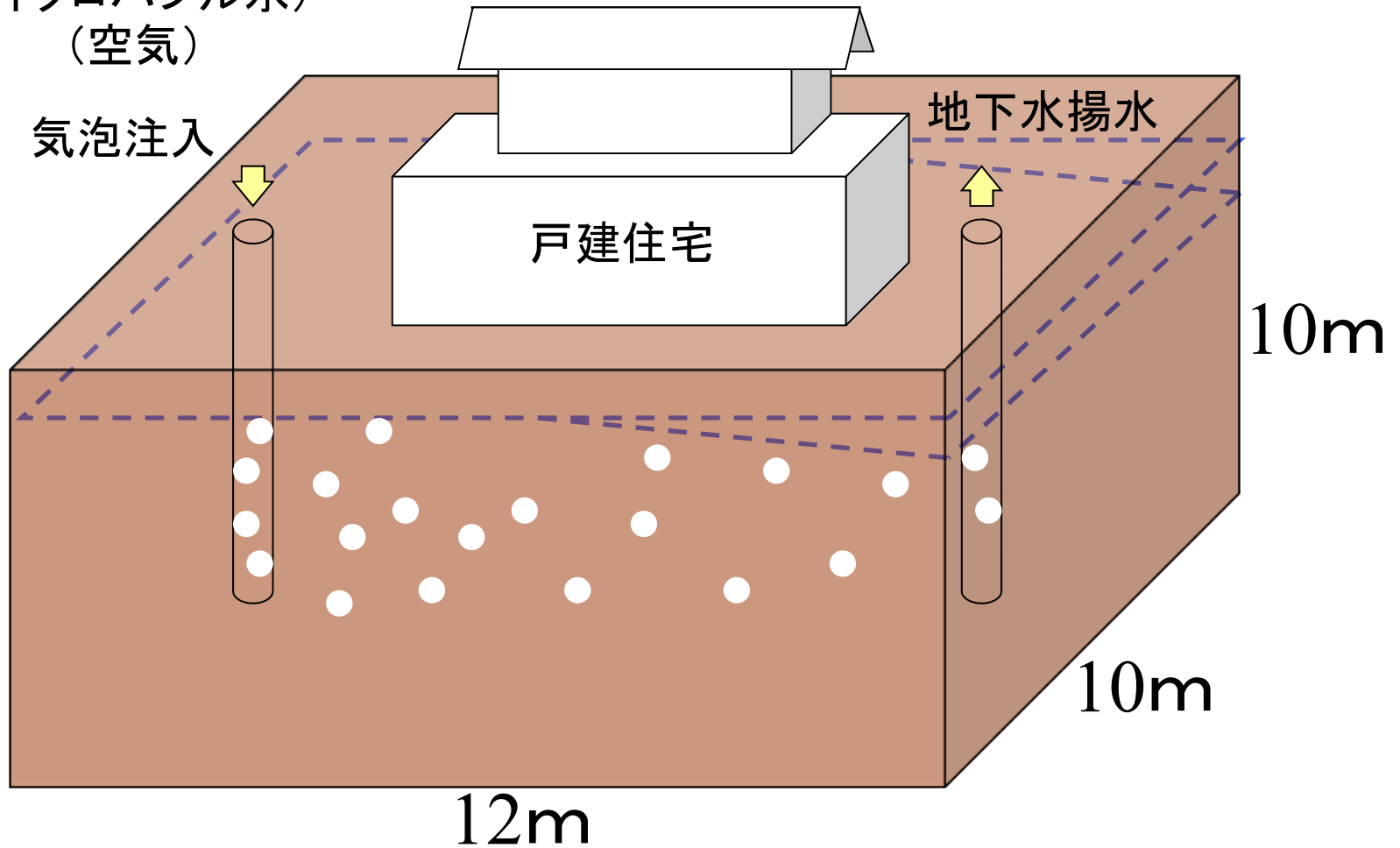
# 実験地盤の土層構成



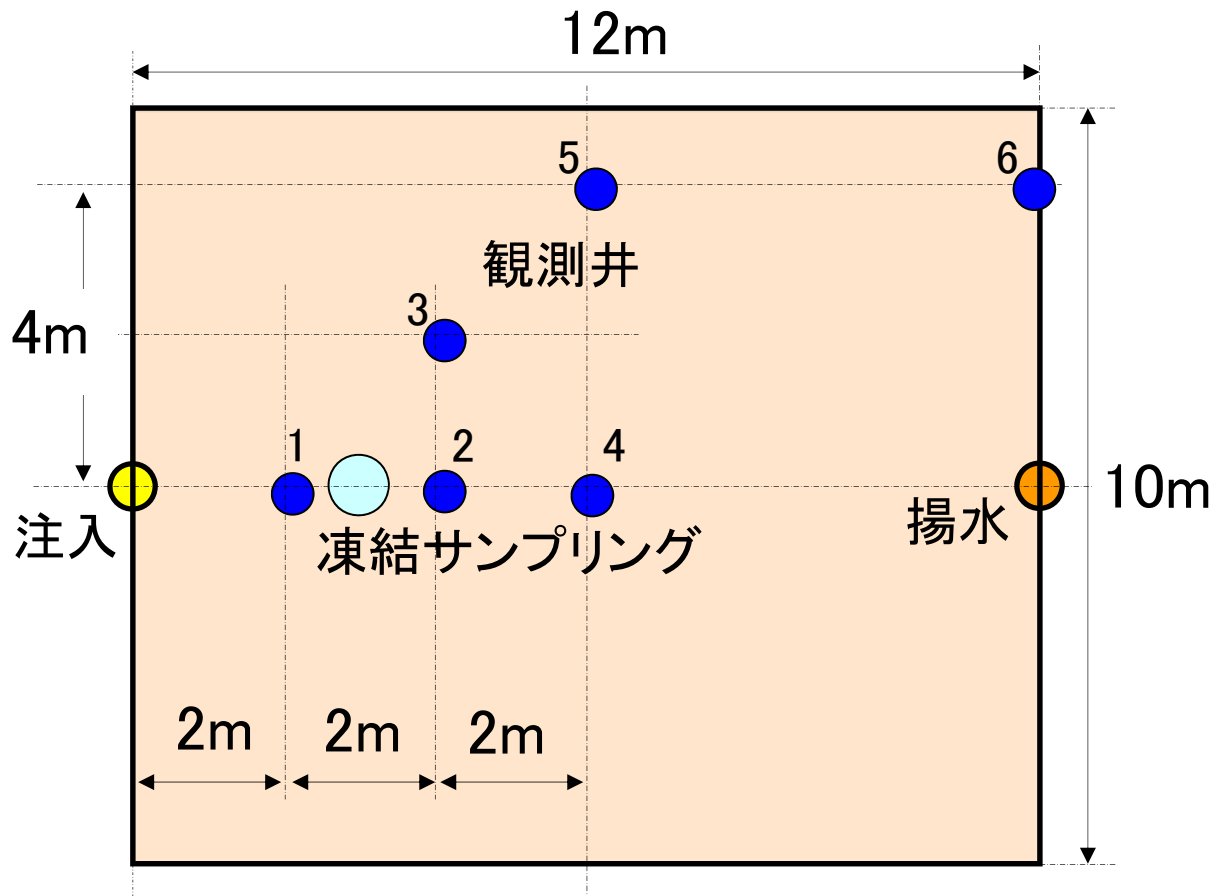
# 不飽和化システム（原位置実験）

(マイクロバブル水)  
(空気)

気泡注入

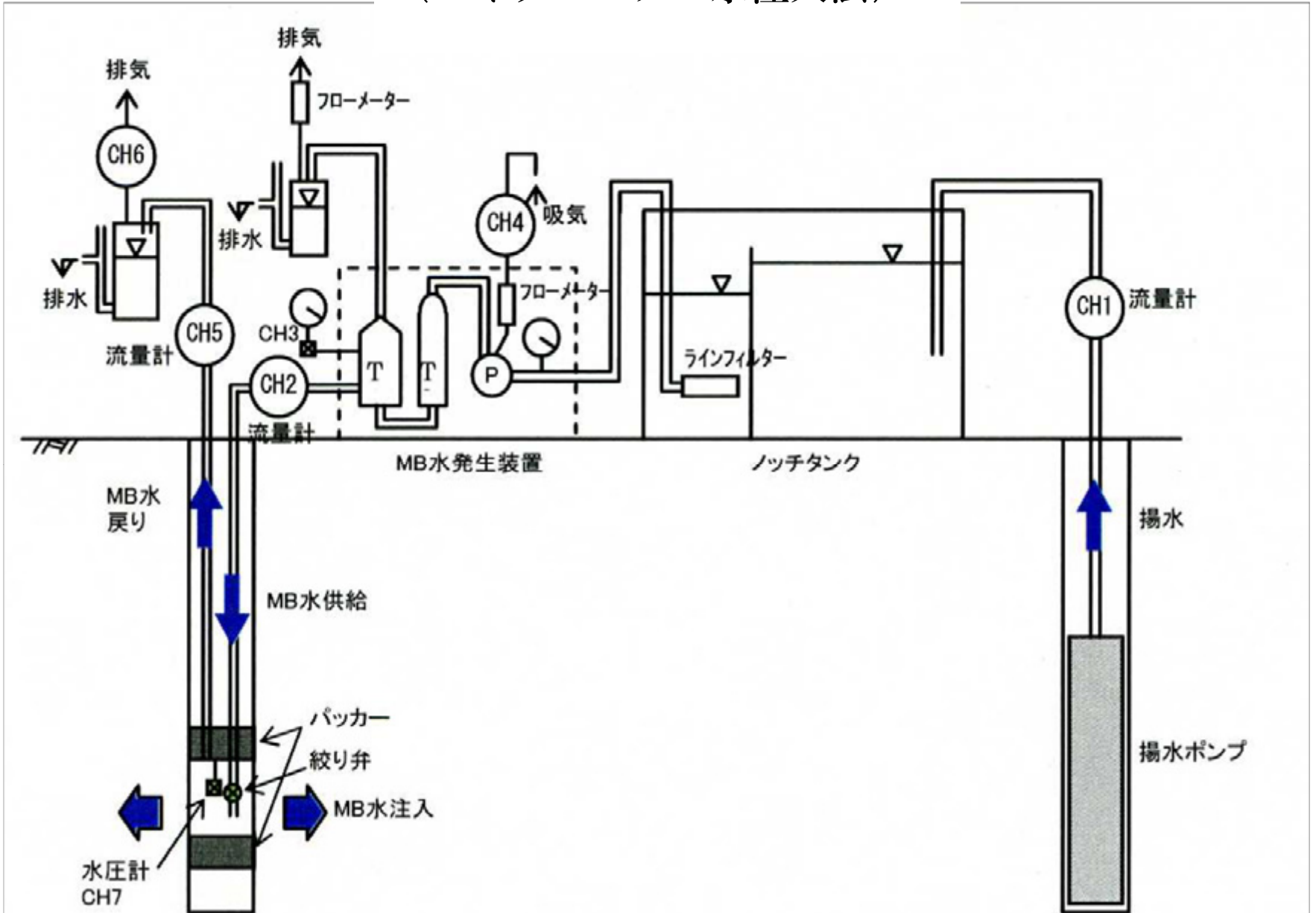


# 注入井,観測井,揚水井の設置位置



飽和度観測井 : No,1.No,2.No,3.No,4.No,5.No,6  
水位測定井戸 : 注入井,揚水井,No,5(注入前)  
No,5(注入後)

# 地盤不飽和化システムの機構図 (マイクロバブル水注入法)



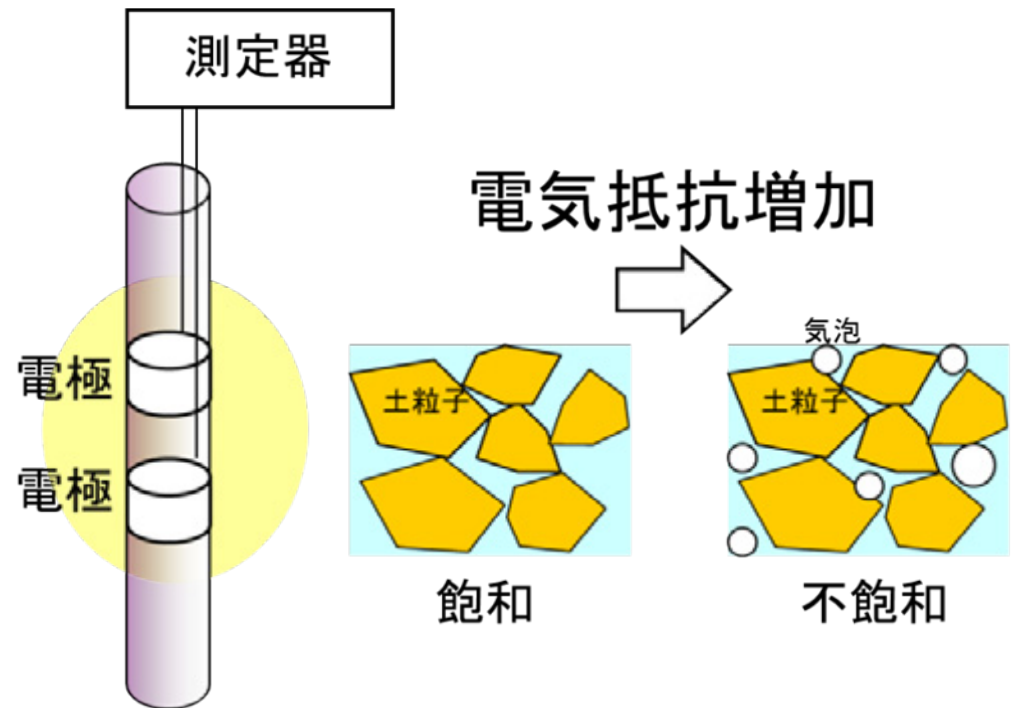
# 課題④地盤の飽和度及び不飽和領域の評価法の確立

## (a) 各種方法による飽和度測定法の検証

- P波速度
- 電気抵抗法
- 比抵抗法
- 孔内カメラによる視察

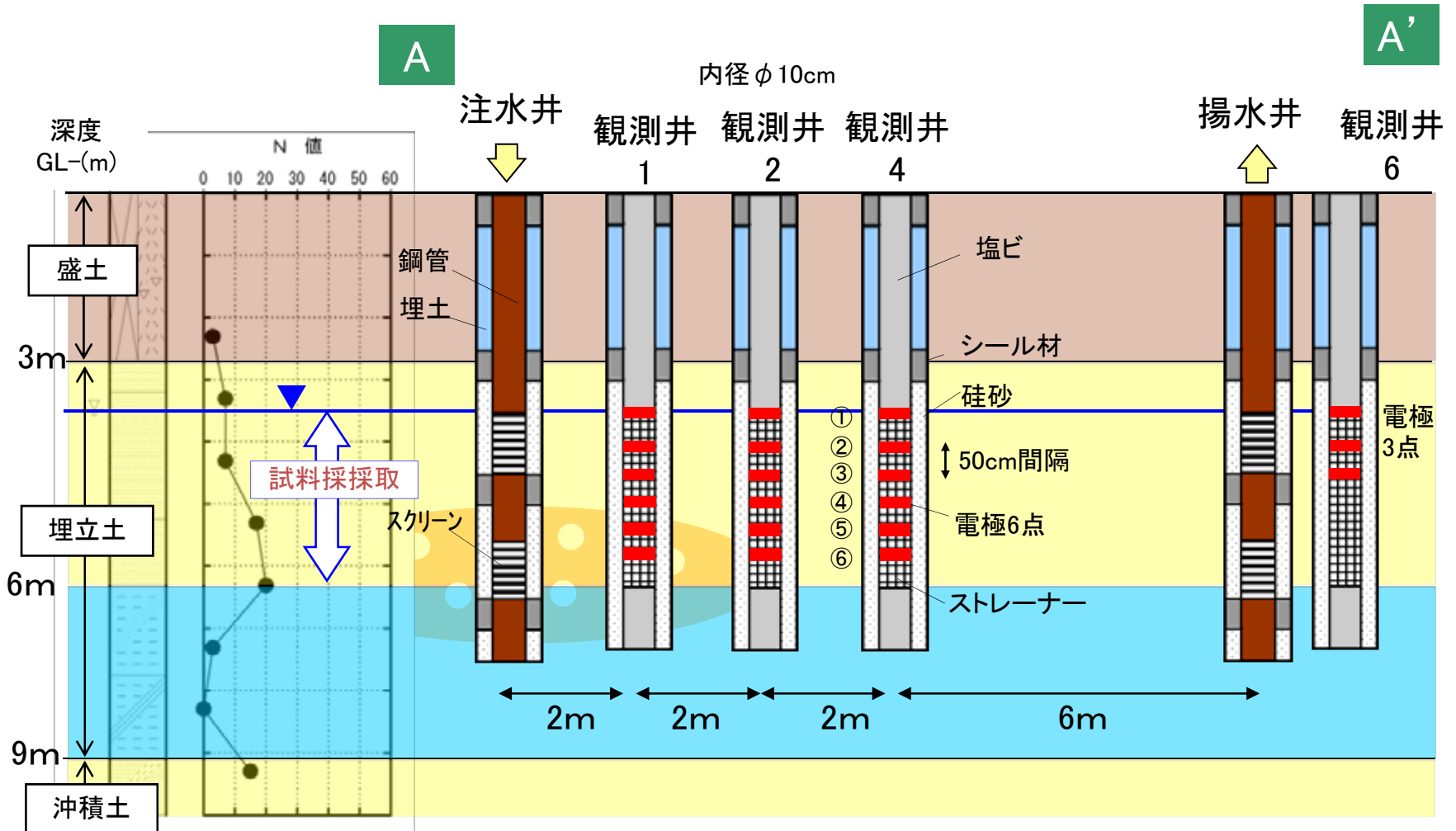


孔内カメラ



# 不飽和領域の評価

- 不飽和化範囲の把握(深さの広がり)



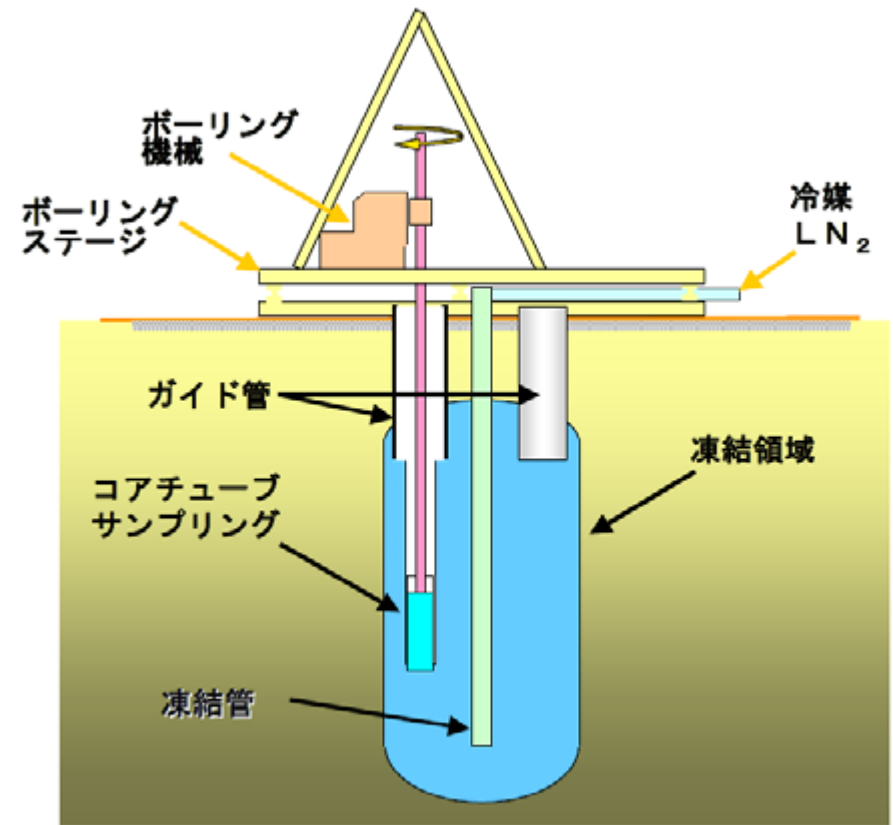


## 課題④

# 地盤の飽和度及び不飽和領域の評価法の確立

## (b) 不攪乱試料を用いた飽和度の実測

原地盤について短尺サンプラー法で飽和度を求め、不飽和地盤では凍結サンプリング法で得られる不攪乱試料で飽和度を求め、他の飽和度測定方法による測定の結果と比較検討する。



原位置凍結サンプリングの概念図

# 実験現場の現状

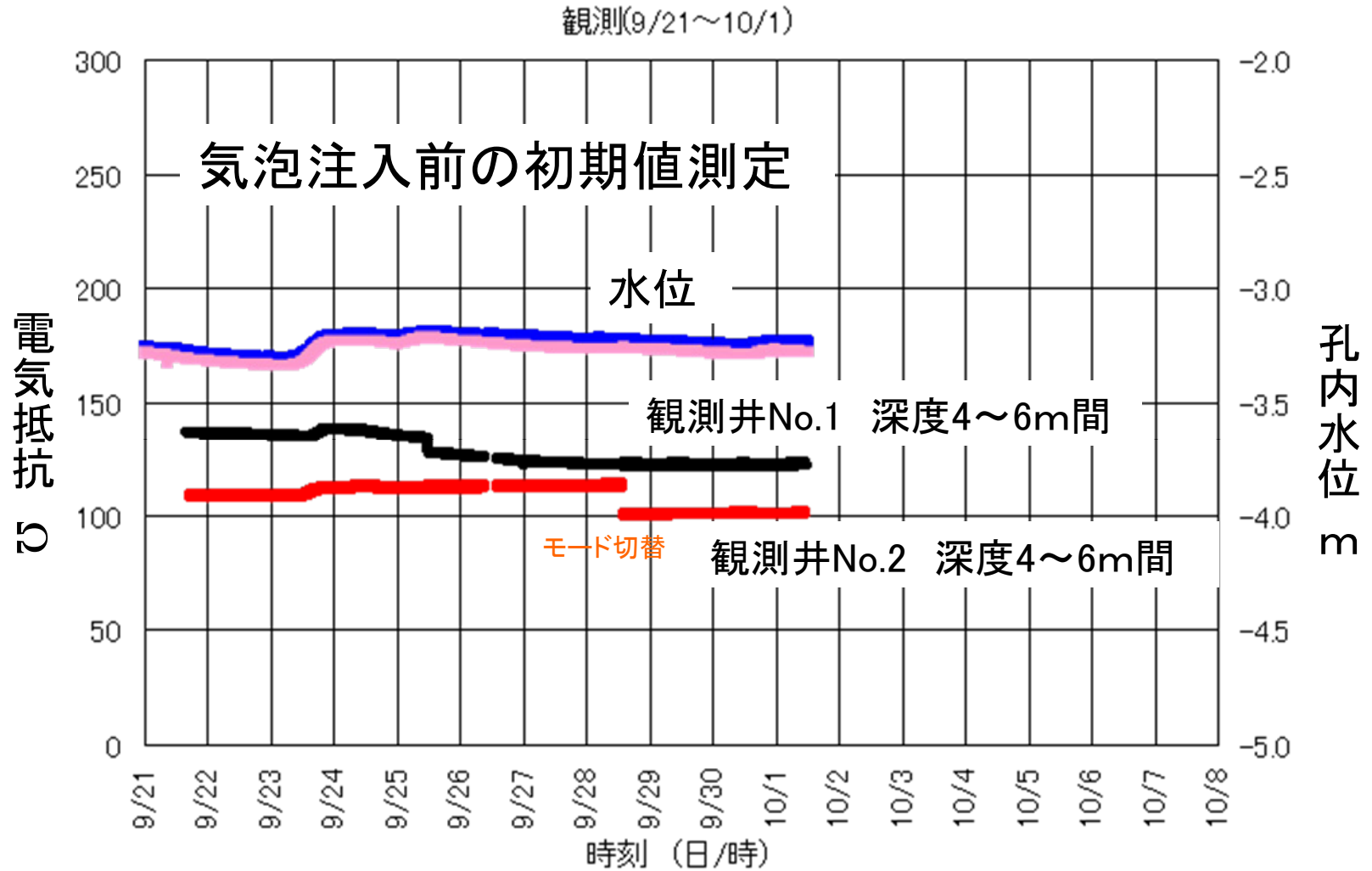
各種井戸設置完了



飽和度測定センサー設置完了及び測定開始



# 初期地盤の飽和状態の測定結果 (気泡注入前、電気抵抗法)



# 初期地盤の飽和度測定結果

(気泡注入前、短尺サンプラー法)

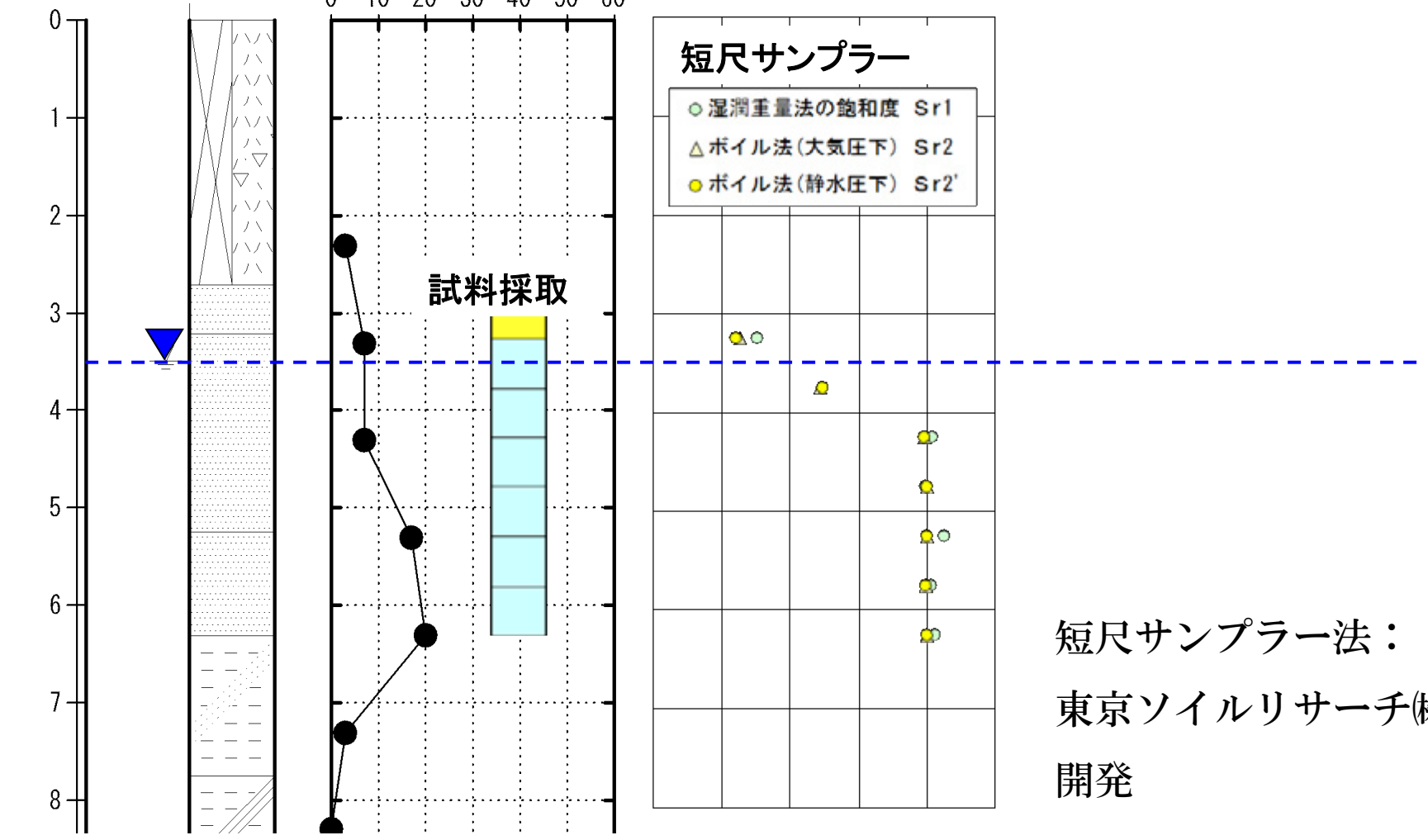
深度

GL-(m)

N 値

飽和度 (%)

0 10 20 30 40 50 60 80 85 90 95 100 105



短尺サンプラー法：  
東京ソイルリサーチ(株)  
開発

# 今後の研究工程

- 地盤の不飽和化
  - 不飽和化実験開始：11月初旬
  - 不飽和状態維持性能の確認：11月から1月
- 不飽和化の確認
  - 凍結サンプリング：12月中旬
- 液状化強度の把握
  - 繰返し三軸試験：12月から2月