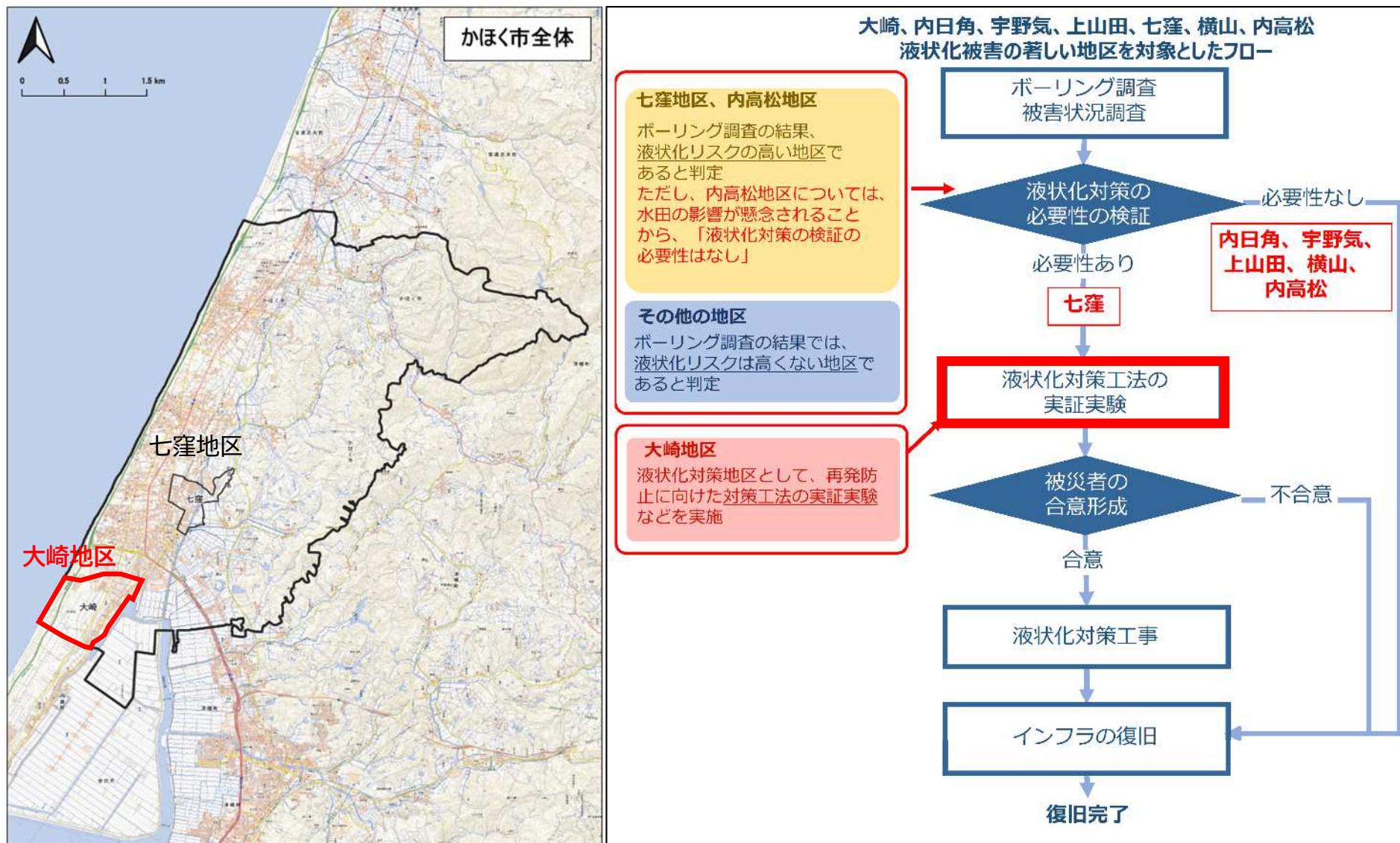




大崎地区では、国直轄成果報告により、液状化対策の必要性の検証が必要であると判断されたことから、実証実験を実施し対策工法の効果・影響を観測・解析することとした。



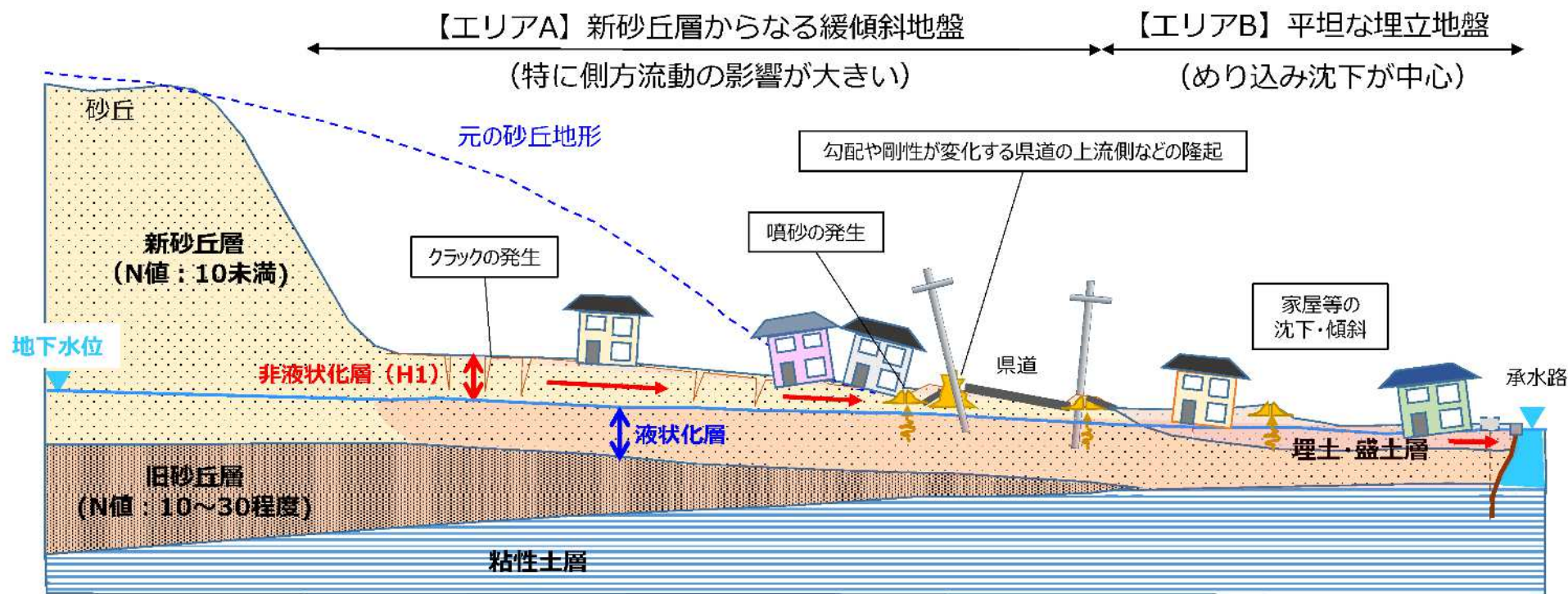


【被害発生メカニズム】

- 既存の地質調査・今回実施した地質調査について各地点の変状の有無と地盤状況等の関係を分析した結果
 - ・ エリアA (新砂丘層からなる緩傾斜地盤) は地下水位がGL-3mより浅く、地表面傾斜角が概ね1°以上の箇所
 - ・ エリアB (平坦な埋立地盤) は地下水位がGL-2mより浅く、平均N値が概ね10未満の箇所
 で変状が多くみられる。

→ 上記の分析や地質調査の結果等を踏まえて、今回の被害発生メカニズムは以下の通りと推定される。

- ① 震度5弱～5強の継続時間が比較的長い地震動が発生
- ② 新砂丘層と人工的に埋立てた埋土・盛土層を中心に液状化し、めり込み沈下が発生
- ③ さらに砂丘側から干拓地側への緩勾配により、側方流動が生じたことで水平変位および沈下・隆起が発生



被害発生メカニズムのイメージ図

(注) R7年度の液状化実証実験エリアでのボーリング結果に基づけば、大崎地区におけるエリアBは単純な人工地盤(埋土・盛土)だけではなく、新砂丘のような自然地盤から成る範囲も存在すると推察される。

1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

1.1 実証実験概要

○液状化対策工法として選定された「地下水位低下工法」と「地盤改良工法」について、地盤特性（液状化対象層）が異なるエリアA（自然地盤（新砂丘））とエリアB（自然地盤（新砂丘）または埋土・盛土による地盤）の各エリアで実証実験を実施

地下水位低下工法	
実証実験で確認したい事項（実験目的）	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水位低下工法の対策効果（地下水位低下工法が現地に適用できるか） ・周囲の影響（地盤沈下、井戸の影響など）
実験サイト	次頁参照
観測目的・項目	下図参照

< 地下水位低下工法 >

排水

模擬家屋

初期水位

低下後水位

集水管

立坑 ポンプ 立坑

地下水位低下工法の実験イメージ

観測目的	観測項目
原地盤特性	N値※1、透水係数※1、圧密特性※1、土のせん断強さ※1
地下水位低下検証	地下水位（観測孔）、地下水位（既設井戸）※1,2,3 集水量（排水量）
実験値と解析値の検証	地表面沈下量※1,2,3、層別沈下量、間隙水圧
周囲の影響	模擬家屋不同沈下量※1,2,3、周辺家屋調査※1

無印：定期、下線：連続、※1：施工前、※2：施工中、※3：施工後


1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

1.1 実証実験概要

○液状化対策工法として選定された「地下水位低下工法」と「地盤改良工法」について、地盤特性（液状化対象層）が異なるエリアA（自然地盤（新砂丘））とエリアB（自然地盤（新砂丘）または埋土・盛土による地盤）の各エリアで実証実験を実施

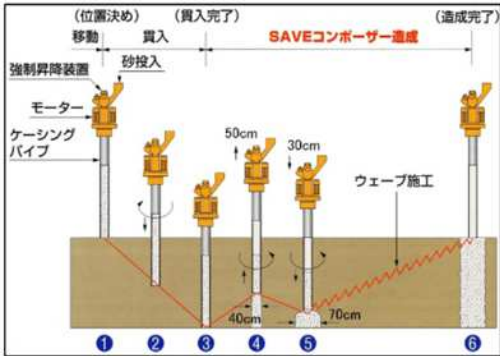
地盤改良工法	
実証実験で確認したい事項 (実験目的)	<ul style="list-style-type: none"> ・砂・礫杭による地盤改良の対策効果 (N値増大(密度増大)の改良効果を検証) ・周囲の影響 (騒音・振動・地表面変位等)
実験サイト	次頁参照
観測目的・項目	下図参照

< 地盤改良工法 >



立坑の例

SCP工法施工完了事例¹⁾



SCP工法の施工サイクル²⁾

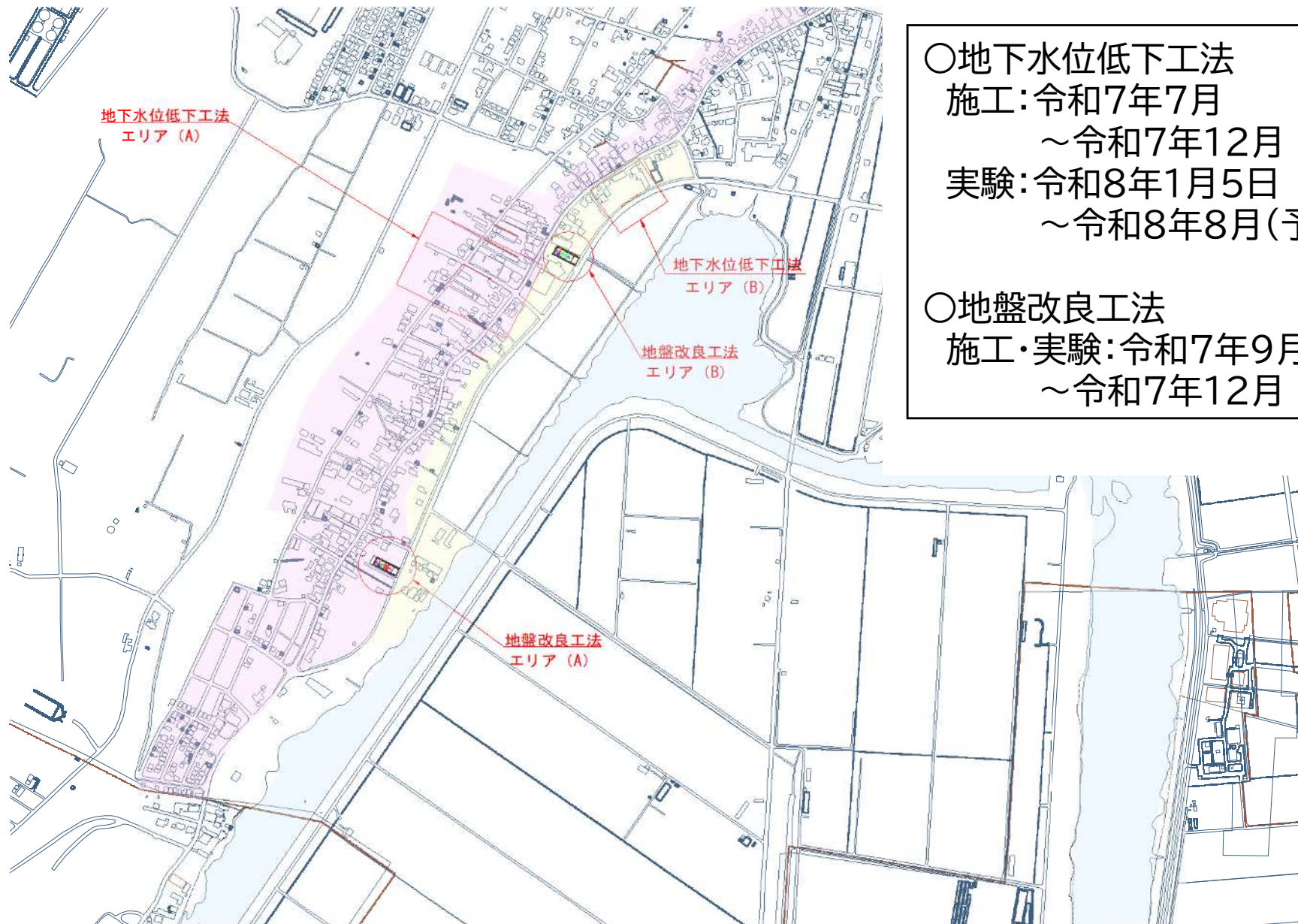
観測目的	観測項目
原地盤特性	N値※1、透水係数※1、粒度※1、最大最小密度※1
対策効果検証	N値※3、透水係数※3
周囲の影響(生活環境)	騒音・振動※1,2
周囲の影響(地盤)	地表面変位※1,3、透水係数※3

無印：定期、下線：連続、※1：施工前、※2：施工中、※3：施工後

出典1) 渡辺敏彦・泉秀之(2023)：サンドコンパクションパイル施工にあたっての河道堆積砂の有効利用について，平成25年度東北地方整備局管内業務発表会
 2) 内田 正・畠山 徹(2025)：周辺環境に配慮した地盤改良工法～静的サンドコンパクションパイル工法～，平成27年度東北地方整備局管内業務発表会



1.2 全体位置図



○地下水水位低下工法
施工:令和7年7月
～令和7年12月
実験:令和8年1月5日
～令和8年8月(予定)

○地盤改良工法
施工・実験:令和7年9月
～令和7年12月



1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

1.3 地下水位低下工法

(1) 実証実験スケジュール(エリアA)

○1/5より地下水位低下開始 (第1段階)

○3/18より地下水位低下開始 (第2段階)

6月中旬～下旬まで地下水位低下後の地下水位挙動をモニタリング※したうえで、実証実験結果を反映させた3次元浸透流解析を実施予定。

(※地盤変位や地下水位の挙動により短縮・延長する可能性あり)

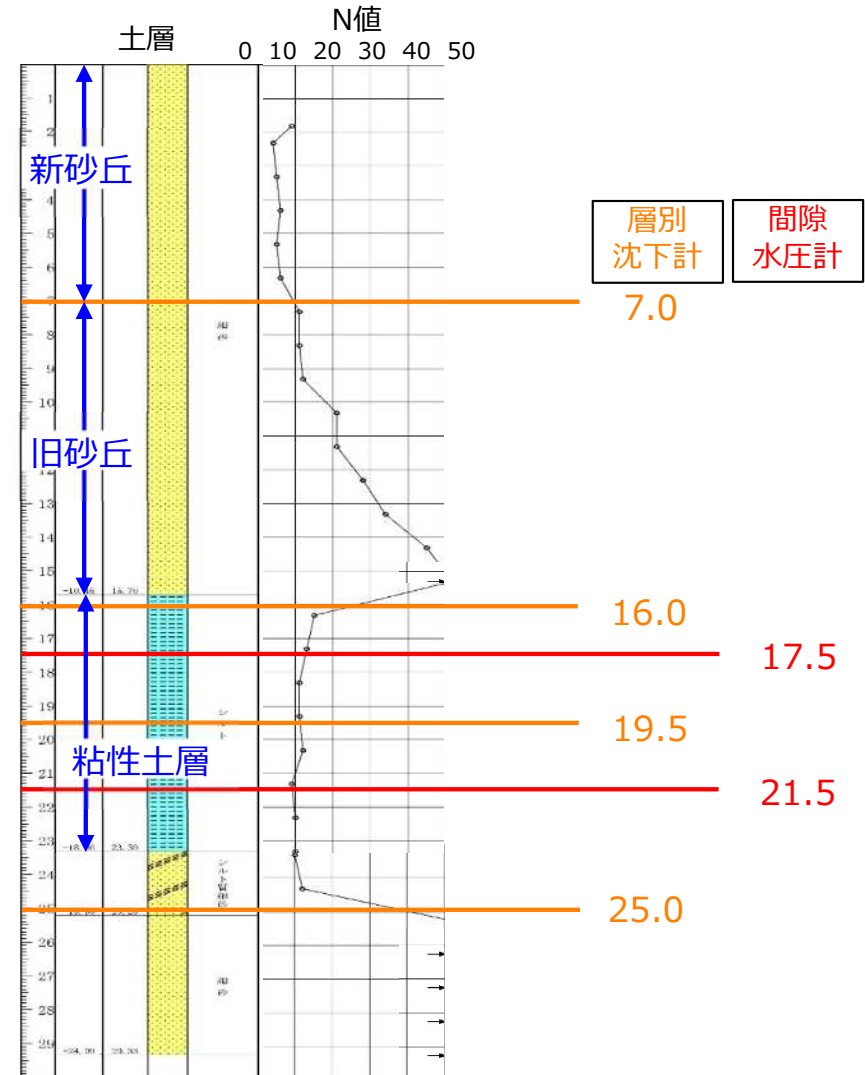
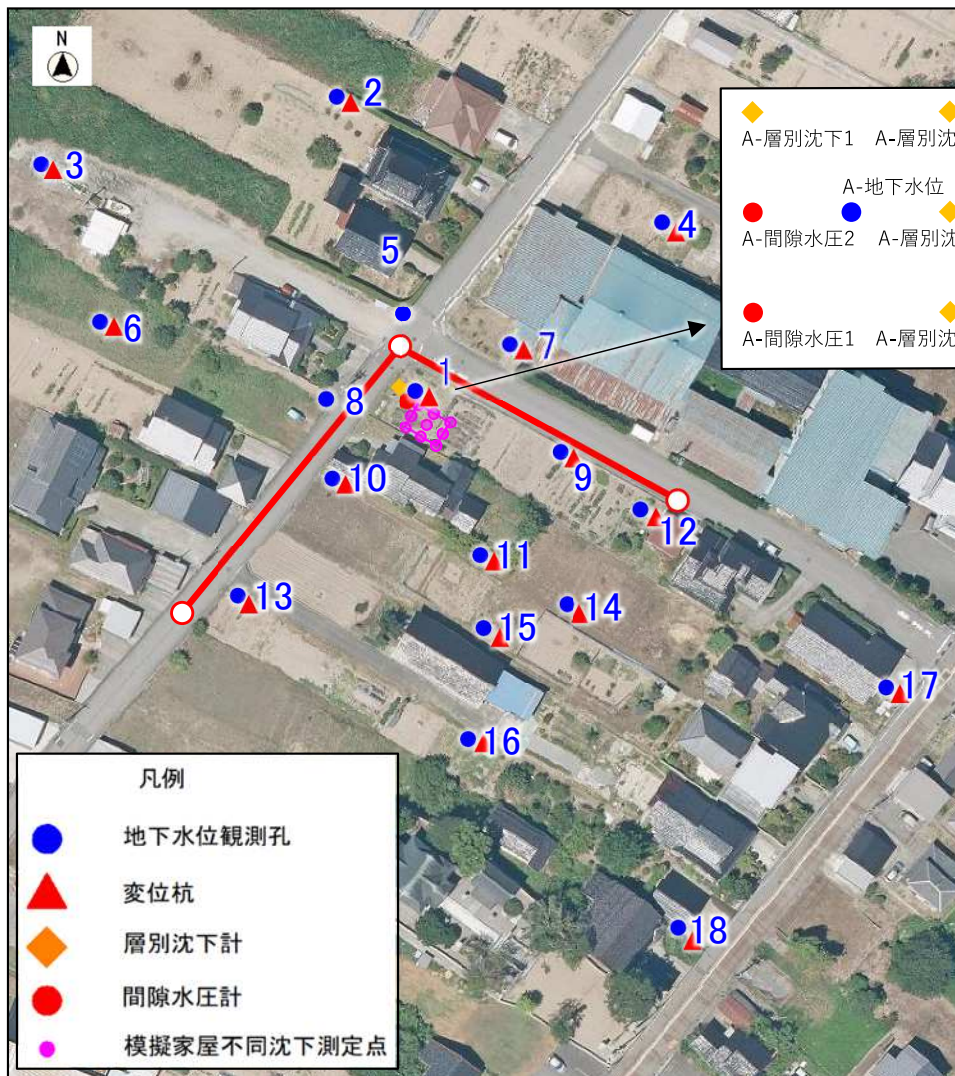
エリアA	2025 (R7)			2026 (R8)												2027 (R9)	
	~10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
実験段階	――――→			→													
	・計器設置等準備 ・初期値取得			1/5 地下水位 低下開始						3/18 地下水位 低下開始			ポンプ停止		実験終了		
	初期値 (※地下水位低下直前 2026/1/5 9:00時点)			第1段階 モニタリング						第2段階 モニタリング			実験後 水位回復 経過観察		計測機器 撤去		
地盤内水位	GL-1.44m (自然水位)			GL-2.0m (目標水位)						GL-3.0m (目標水位)			-		-		
立坑水位	GL-1.61m (自然水位)			GL-2.5m (目安値)						GL-3.5m (目安値)			-		-		

6/1現在



(2) 実証実験計画概要(エリアA)

観測項目	①地下水位観測	②集水量(排水量)	③地表面沈下量	④模擬家屋不同沈下量	⑤層別沈下量	⑥間隙水圧(粘性土層)
数量	18箇所	1箇所	18箇所	9箇所	1箇所(4深度)	1箇所(2深度)



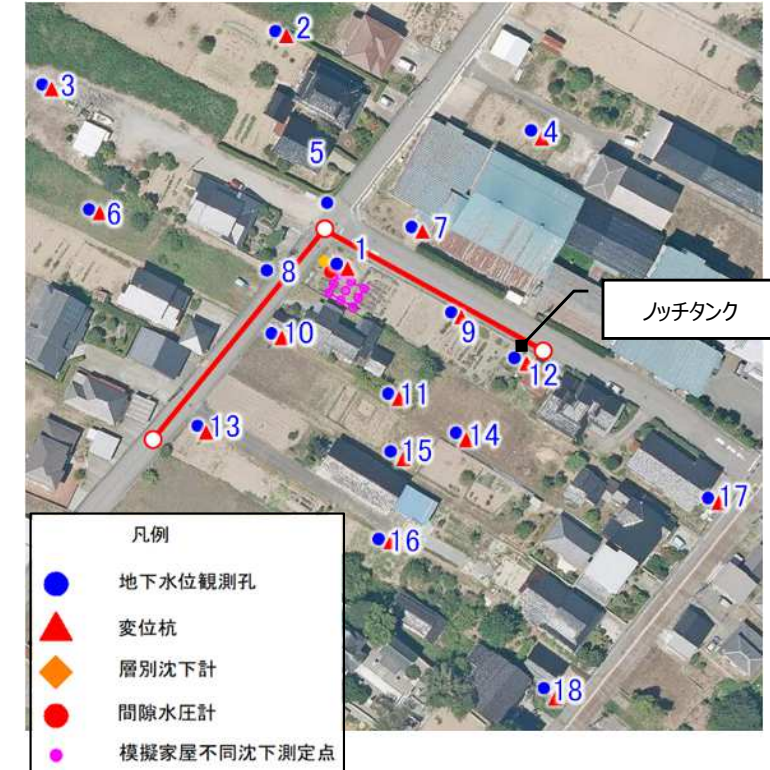
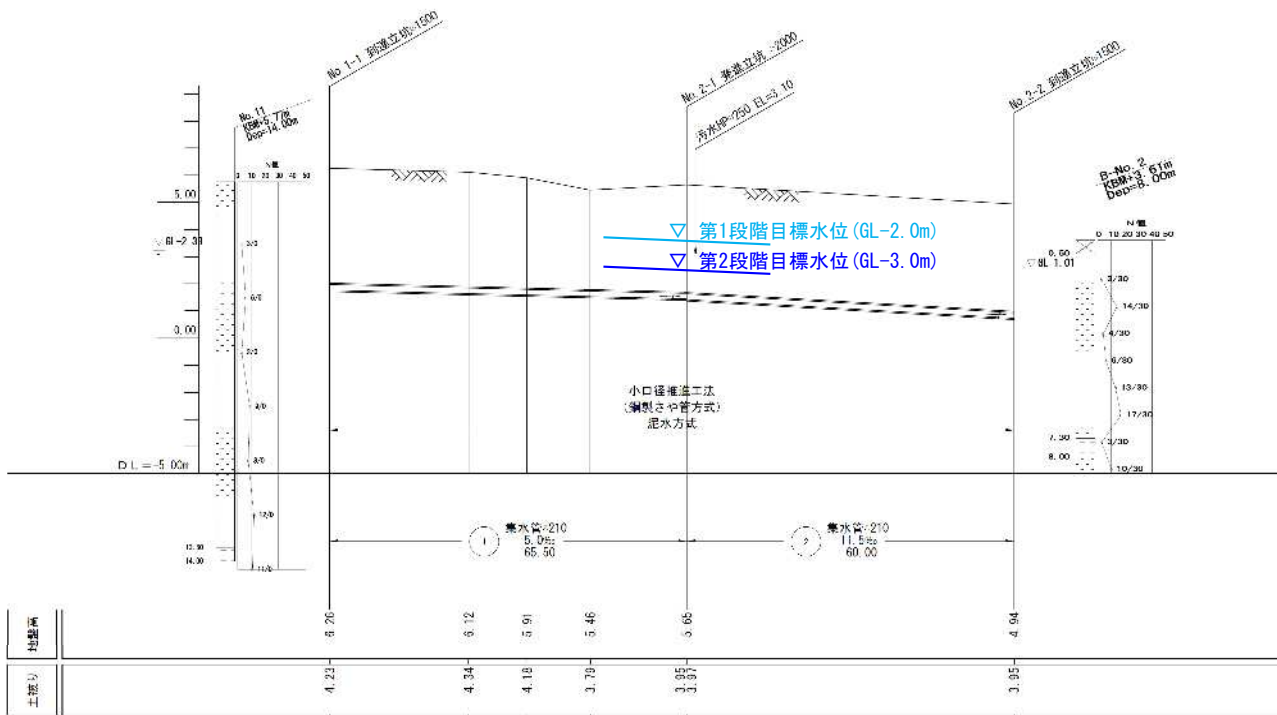
調査ボーリング結果および計器の設置深度



(2) 実証実験計画概要(エリアA)

実験段階	エリアA
第1段階	目標水位※ : GL-2.0m (立坑水位〔目安値〕 : GL-2.5m)
	目標水位※ : GL-3.0m (立坑水位〔目安値〕 : GL-3.5m)
備考	集水管設置深度 : 約GL-4.2m

※ : 模擬家屋に近接した地下水位観測孔No.1(A-S01)の地下水位



工種	エリアA
管きよ工 (推進工法)	延長 : 122.1m
立坑工 (小型ケーシング)	箇所数 : 3箇所
止水矢板工	—
排水ポンプ	台数 : 2台 (φ75×1.5kw, φ80×3.7kw)
仮設工 (模擬家屋)	敷鉄板等 : 1式
付帯工	1式



(3) 実証実験結果(エリアA/実験条件)【5/18現在】

- 立坑水位 … 第1段階は約GL-2.5mを、第2段階は目安値超の約GL-3.7mを、2～2.5か月維持
- 集水量 … 平均集水量は第1段階で783L/min、第2段階で1013L/min (5/18現在)

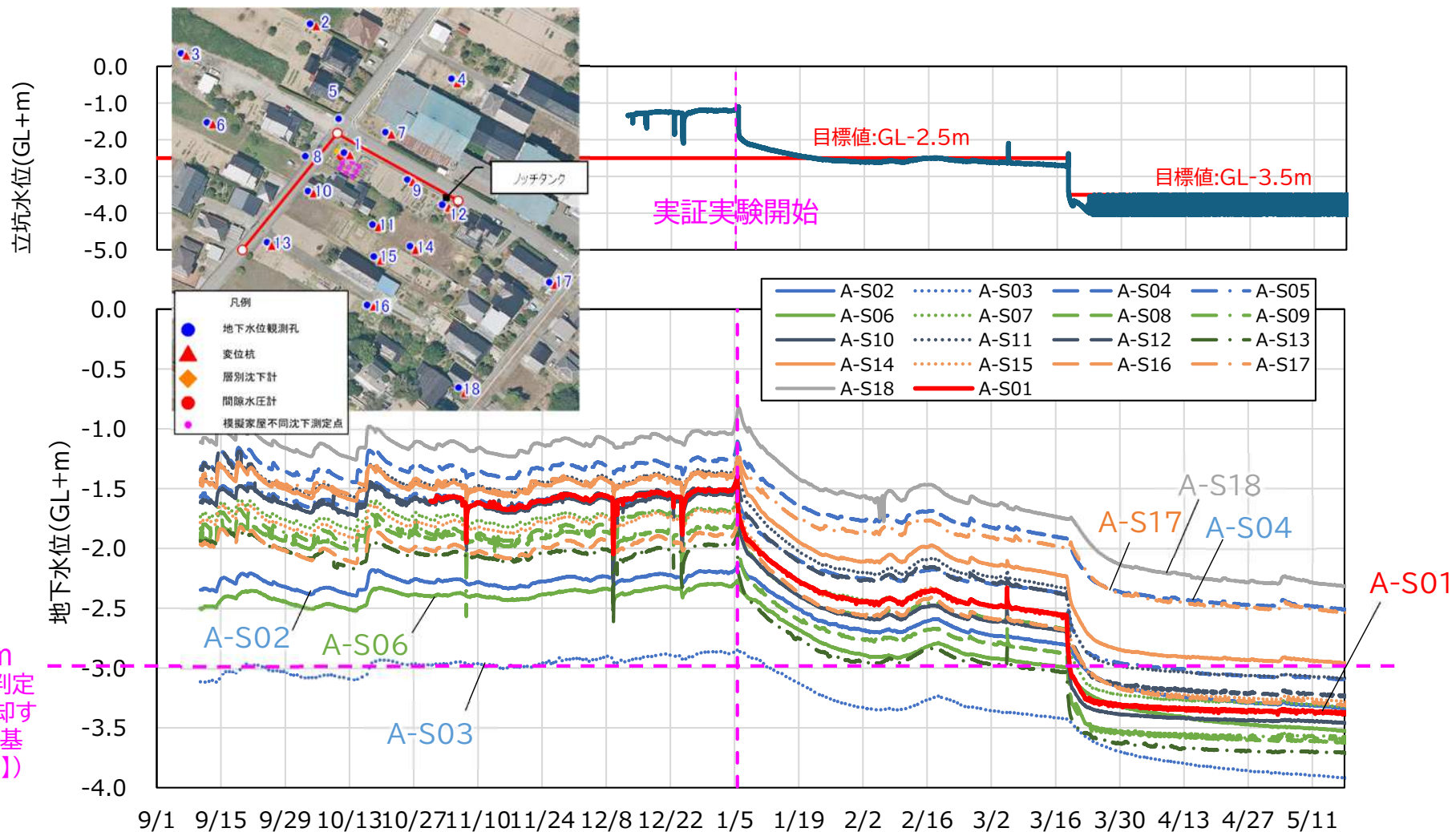


1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

(3) 実証実験結果(エリアA/地下水位)【5/18現在】

○地下水位 … 集水管からの揚水により、近傍はもとより離隔（約50～60m）のある地点でも水位低下が生じている。

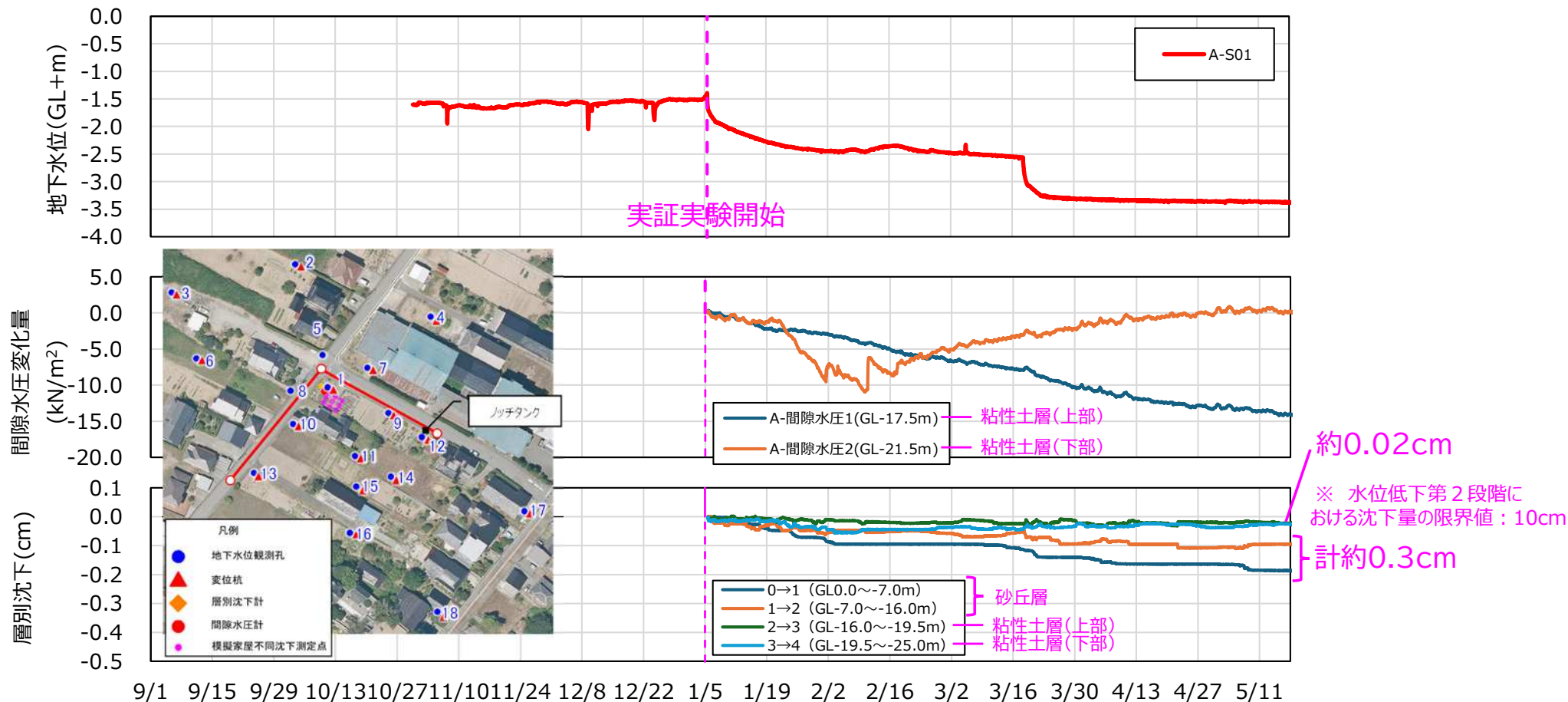
… 第2段階試験（立坑水位約GL-3.7m）では、A-S04,A-S17,A-S18のように、**集水管から離隔（約50～60m）のある地点を除き、概ねGL-3.0mまで水位低下した。**





(3) 実証実験結果(エリアA/A-S01地点の沈下)【5/18現在】

- 間隙水圧 … 砂丘層の水位低下が波及し、粘性土層（上部）で間隙水圧低下が生じている。
 - … 粘性土層（下部）の間隙水圧は、降雪・積雪時期に顕著な低下が生じ、その後回復していることから、粘性土層下位の帯水層の消雪揚水の影響と考えられる
- 層別沈下 … 集水管からの揚水に起因する沈下は、砂丘層、粘性土層（上部）で生じている。
 - … 第2段階の5/18現在、砂丘層の沈下は約0.3cmあるが、即時沈下と考えられる。
 - … 第2段階の5/18現在、**粘性土層（上部）（GL-16.0～19.5m）の沈下は約0.02cm**と極めて小さい。

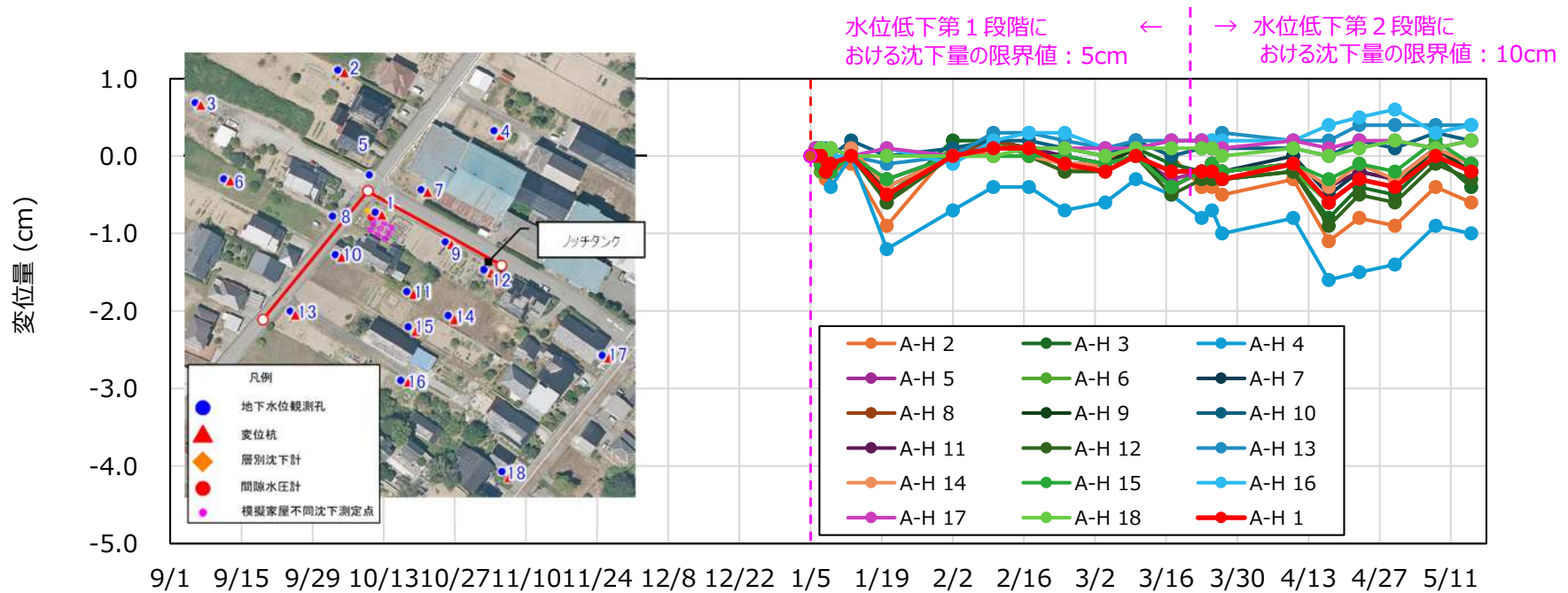




(3) 実証実験結果(エリアA/地表面沈下)【5/18現在】

○地表面沈下量計測

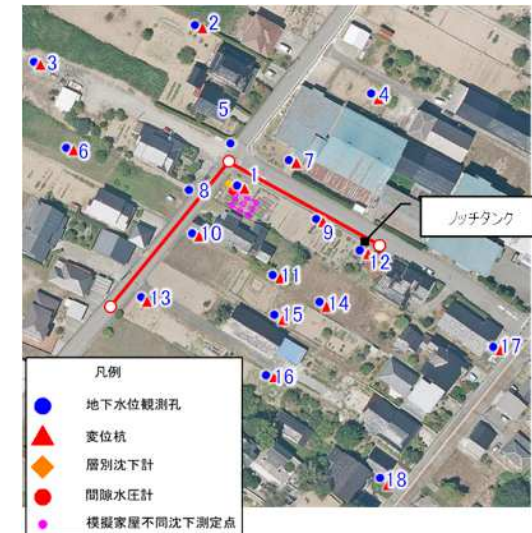
… 実験開始～5/15時点の地表面沈下量は-0.6～+0.4cm程度。(注：1/20より異常値を示すA-H4除く)



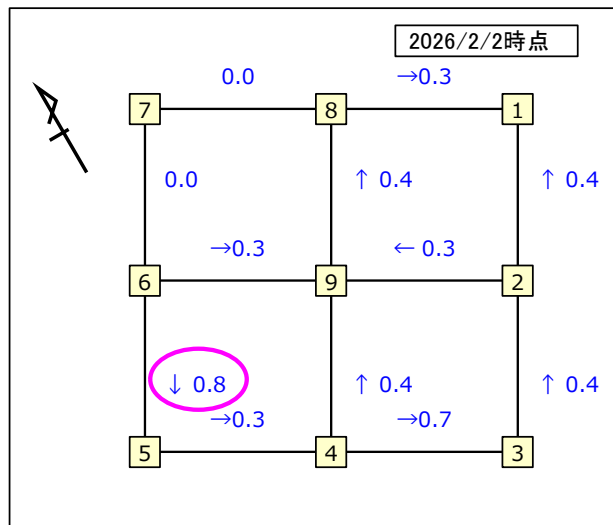


(3) 実証実験結果(エリアA／模擬家屋不同沈下)【5/18現在】

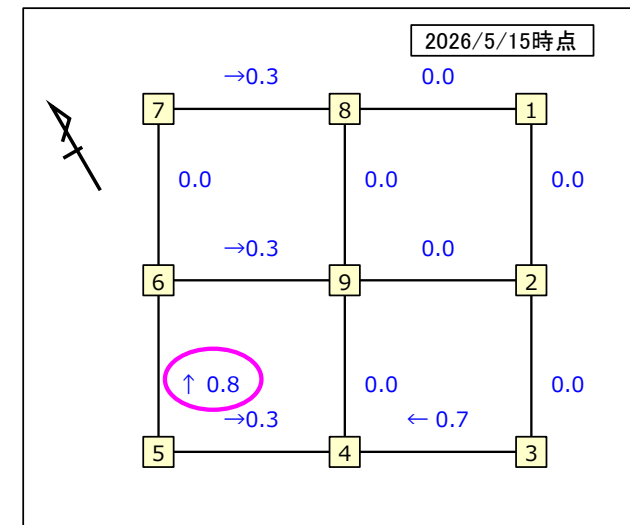
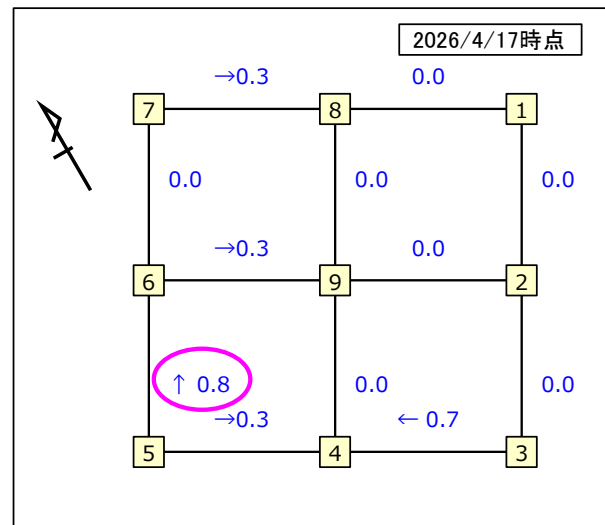
○ 模擬家屋不同沈下計測 (模擬家屋の傾斜角)
 … 2/2, 4/17, 5/15など、最大0.8/1000(rad)を記録するものの、
 傾斜の限界値未満である。



水位低下第1段階における
傾斜の限界値：1.5/1000(rad)



水位低下第2段階における
傾斜の限界値：3/1000(rad)





(4) 対策効果検証(エリアA)

○地下水位低下工法の実証実験における液状化対策効果を検証するため、実験エリアの地盤・地下水条件を踏まえた簡易液状化判定、1次元圧密沈下解析を行った。

① 簡易液状化判定

簡易液状化判定による地下水位低下工法の効果について、以下の3つの手法で検証した。

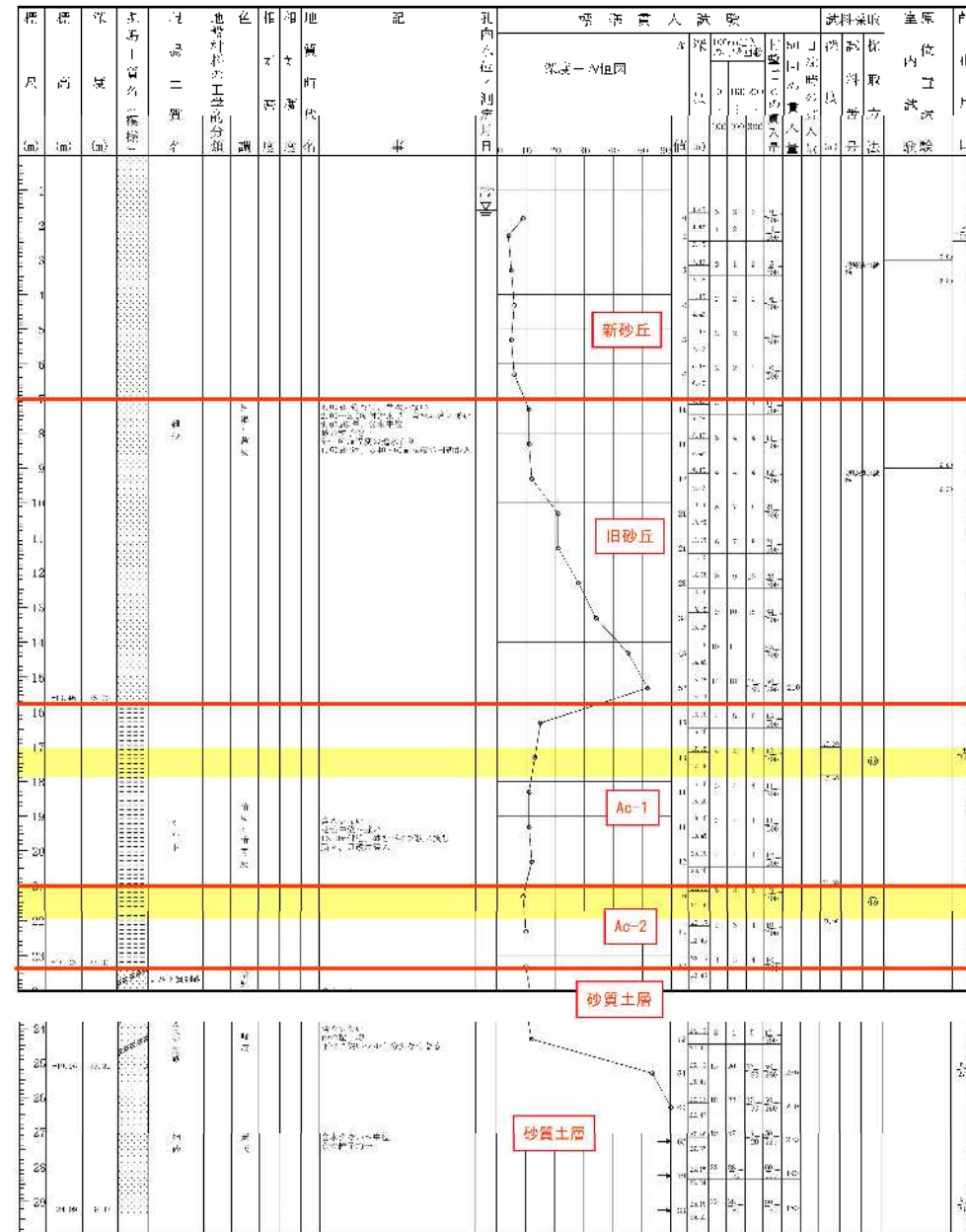
- 液状化安全率FL値による対策効果確認
- 地表面変位量Dcyと非液状化層厚H1による判定 (建築基準)
- 液状化指数PL値と非液状化層厚H1による判定 (道路基準)

【入力地震動】タイプ2 (今次災害想定) M7.6、200gal

② 圧密沈下解析

市街地液状化推進ガイドンス (国土交通省都市局、R1.6) に示されている有効上積載の考え方に倣い、以下の2ケースを検討した。

- ケース1 : 地下水位低下によって生じた有効上載圧が圧密層下端まで作用すると仮定
- ケース2 : 圧密層下部の砂・砂礫層より地下水が流入し地下水位低下による有効上載圧が圧密層下端で0となる



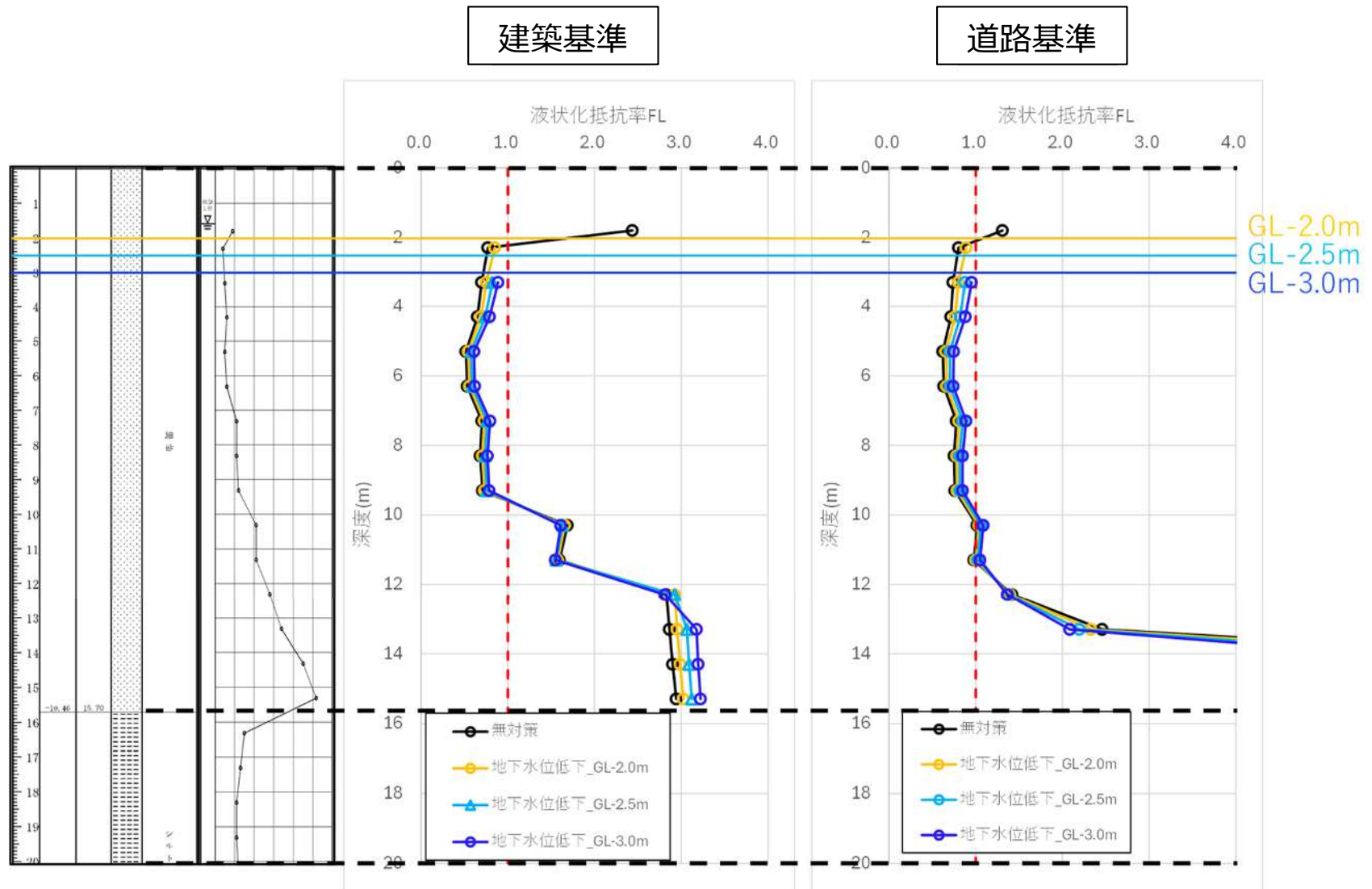
解析モデルの地層構成
(黄色ハッチ：圧密試験実施深度)



①簡易液状化判定結果(エリアA)

○FL値による対策効果検証

- FL < 1 の領域において、地下水位を低下させることでFL値の値がわずかに上昇することを確認した。
- 地下水位を下げたことでFL値が1を超えるような改善は見られなかった。





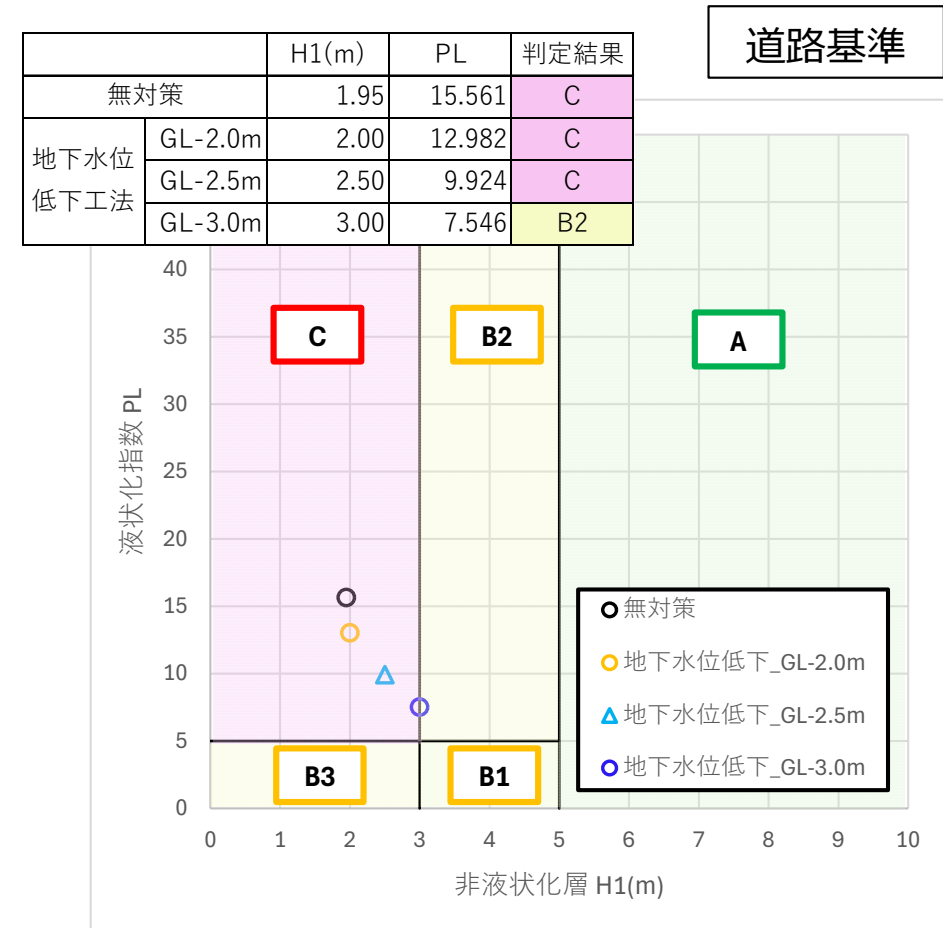
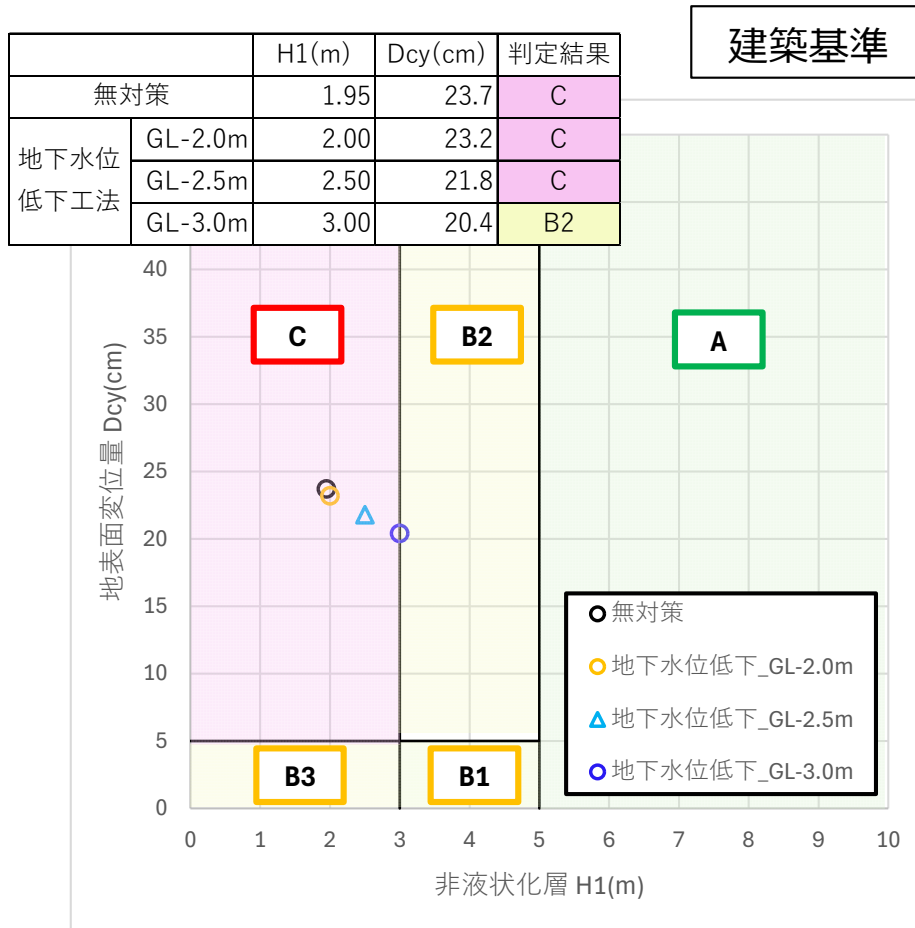
①簡易液状化判定結果(エリアA)

○地表面沈下量Dcyと非液状化層厚H1による判定（建築基準）

- エリアAは地下水位をGL-3.0mまで下げることで、「C」判定を抜け、「B2」判定になることを確認した。

○PL値と非液状化層厚H1による判定（道路基準）

- 上記と同様に、エリアAは地下水位をGL-3.0mまで下げることで、「C」判定を抜け、「B2」判定になることを確認した。



② 圧密沈下解析結果(エリアA)

○ 1次元圧密沈下解析

- ボーリング調査及び圧密試験結果より得られた地盤定数を用いて解析した結果、**GL-3.0mまで地下水位を下げても、沈下量は0.2~0.4cmと小さい結果となった。**
- エリアAは元の砂丘地形から切土された地盤であり、粘性土の過圧密比OCRが高く（約3.8~5.7）、**地下水位低下による有効上載圧によって生じる沈下は過圧密領域での変化であったためと考えられる。**
- 「ケース1」に対し「ケース2」は圧密層に作用する有効上載圧が少ないため、沈下量が少なくなることを確認した。

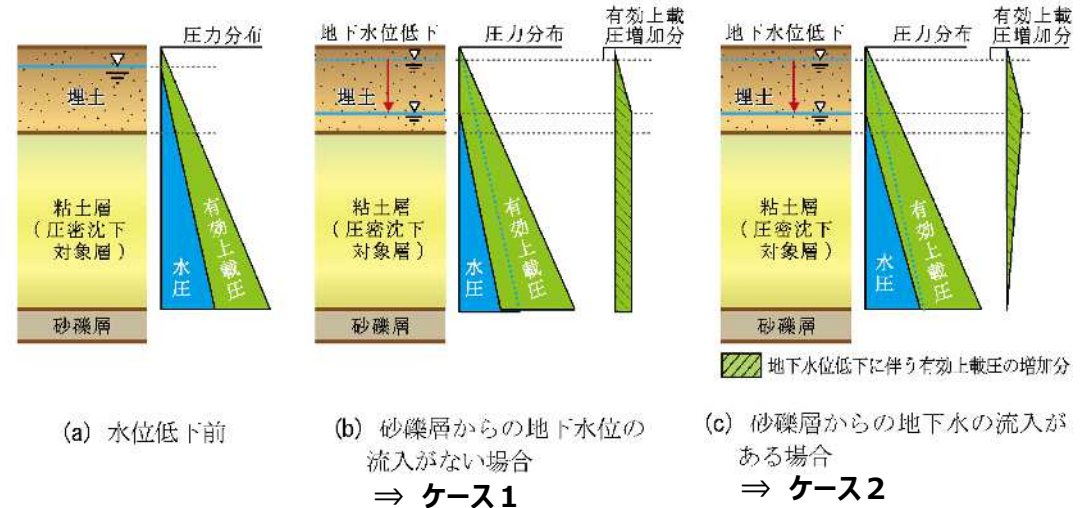


図 地下水位低下による有効上載圧の増加概念図¹⁾

出典1)国土交通省都市局都市安全課(R1.6)：市街地液状化対策推進ガイドンス

ケース1 圧密沈下解析結果

地下水位低下目標	GL-2.0m	GL-2.5m	GL-3.0m
合計沈下量(cm)	0.1	0.3	0.4
Ac-1沈下量(cm)	0.1	0.2	0.3
Ac-2沈下量(cm)	0.0	0.1	0.1
Ac-1増加応力(kN/m ²)	3.59	8.04	12.56
Ac-2増加応力(kN/m ²)	3.35	7.50	11.73

ケース2 圧密沈下解析結果

地下水位低下目標	GL-2.0m	GL-2.5m	GL-3.0m
合計沈下量(cm)	0.1	0.1	0.2
Ac-1沈下量(cm)	0.1	0.1	0.2
Ac-2沈下量(cm)	0.0	0.0	0.0
Ac-1増加応力(kN/m ²)	2.40	5.33	8.27
Ac-2増加応力(kN/m ²)	0.56	1.24	1.92

第2段階試験結果(5/18現在)によれば約0.02cmとさらに小さい



1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

(5) 実証実験スケジュール(エリアB)

○1/5より地下水位低下開始 (第1段階)

○3/18より地下水位低下開始 (第2段階)

6月中旬～下旬まで地下水位低下後の地下水位挙動をモニタリング※したうえで、実証実験結果を反映させた3次元浸透流解析を実施予定。

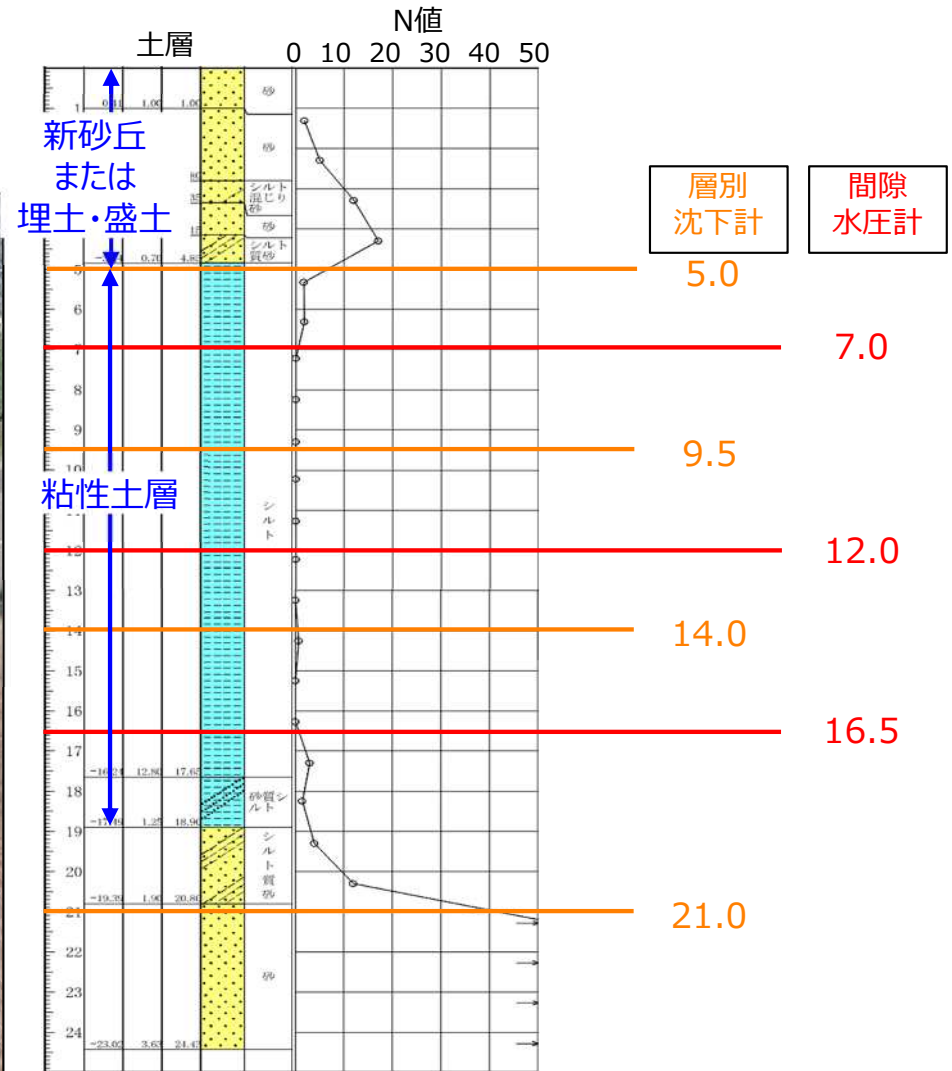
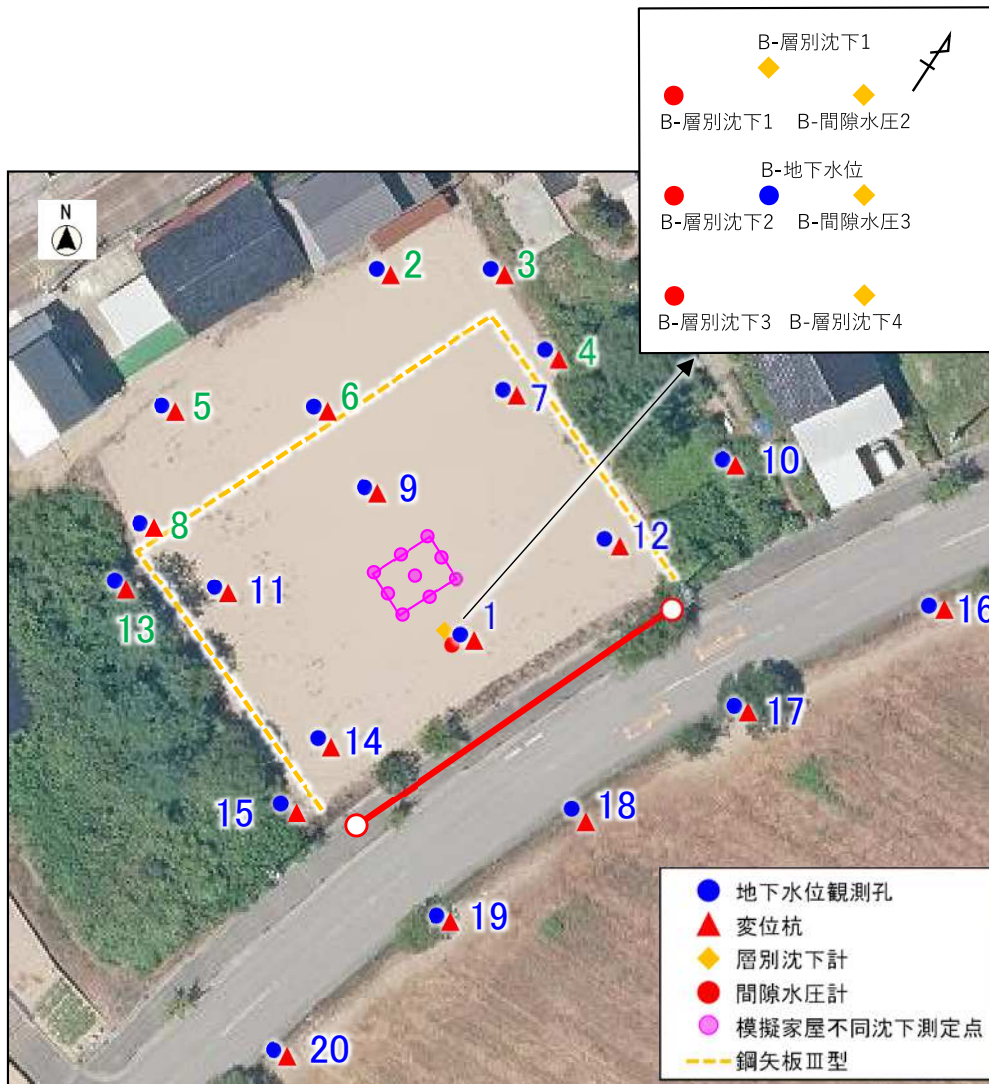
(※地盤変位や地下水位の挙動により短縮・延長する可能性あり)

エリアA	2025 (R7)			2026 (R8)					2027 (R9)							
	～10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
実験段階	・計器設置等準備 ・初期値取得			1/5 地下水位 低下開始					3/18 地下水位 低下開始		ポンプ停止		実験終了			
	初期値 (※地下水位低下直前 2026/1/5 9:00時点)			第1段階 モニタリング					第2段階 モニタリング		実験後 水位回復 経過観察		計測機器 撤去			
地盤内水位	GL-0.65m (自然水位)			GL-1.0m (目標水位)					GL-2.0m (目標水位)		-		-			
立坑水位	GL-0.08m (自然水位)			GL-1.5m (目安値)					GL-2.5m (目安値)		-		-			

6/1現在

(6) 実証実験計画概要(エリアB)

観測項目	①地下水位 観測	②集水量 (排水量)	③地表面 沈下量	④模擬家屋 不同沈下量	⑤層別 沈下量	⑥間隙水圧 (粘性土層)
数量	20箇所	1箇所	20箇所	9箇所	1箇所(4深度)	1箇所(3深度)



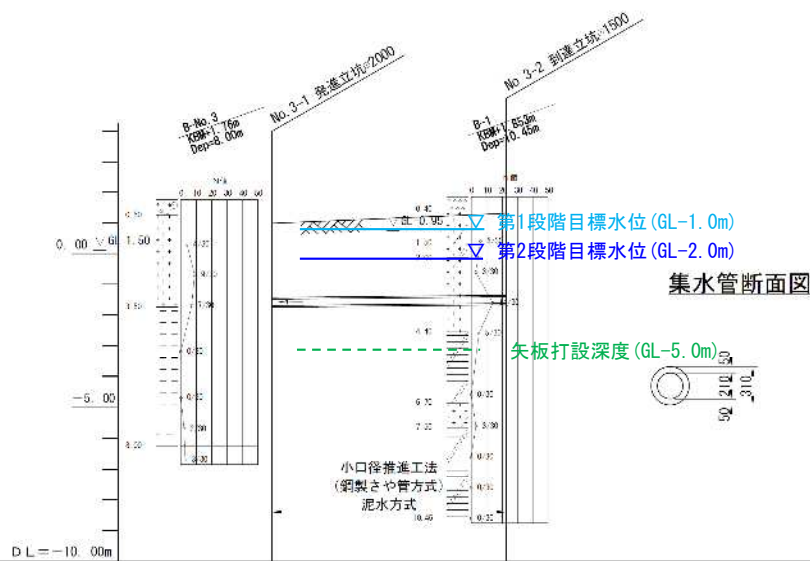
調査ボーリング結果および計器の設置深度



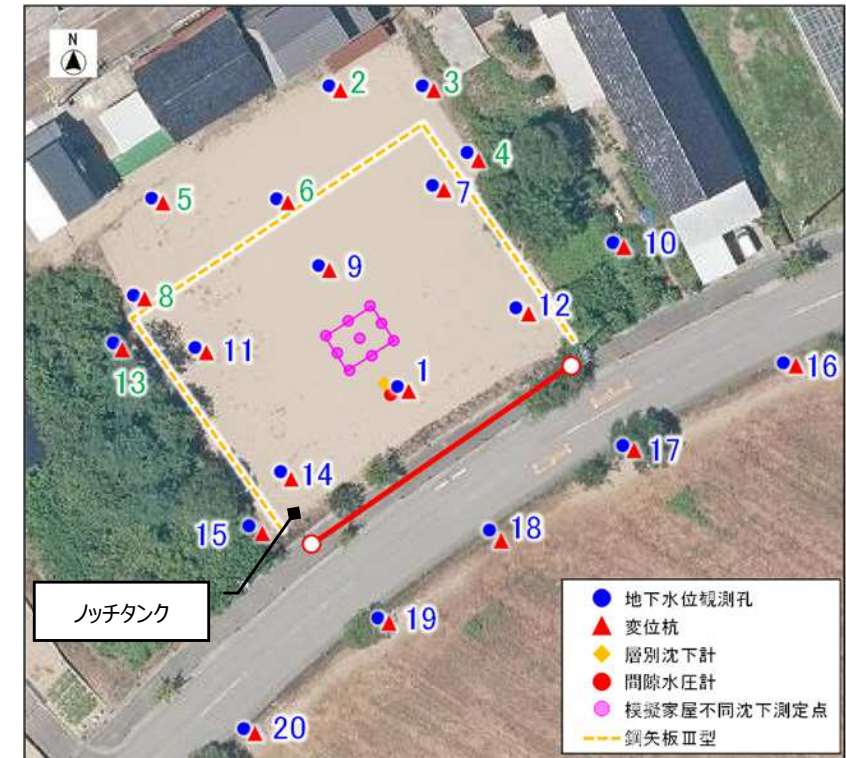
(6) 実証実験計画概要(エリアB)

実験段階	エリアA
第1段階	目標水位※ : GL-1.0m (立坑水位〔目安値〕 : GL-1.5m)
	目標水位※ : GL-2.0m (立坑水位〔目安値〕 : GL-2.5m)
備考	集水管設置深度 : 約GL-2.8m

※ : 模擬家屋に近接した地下水位観測孔No.1(B-S01)の地下水位



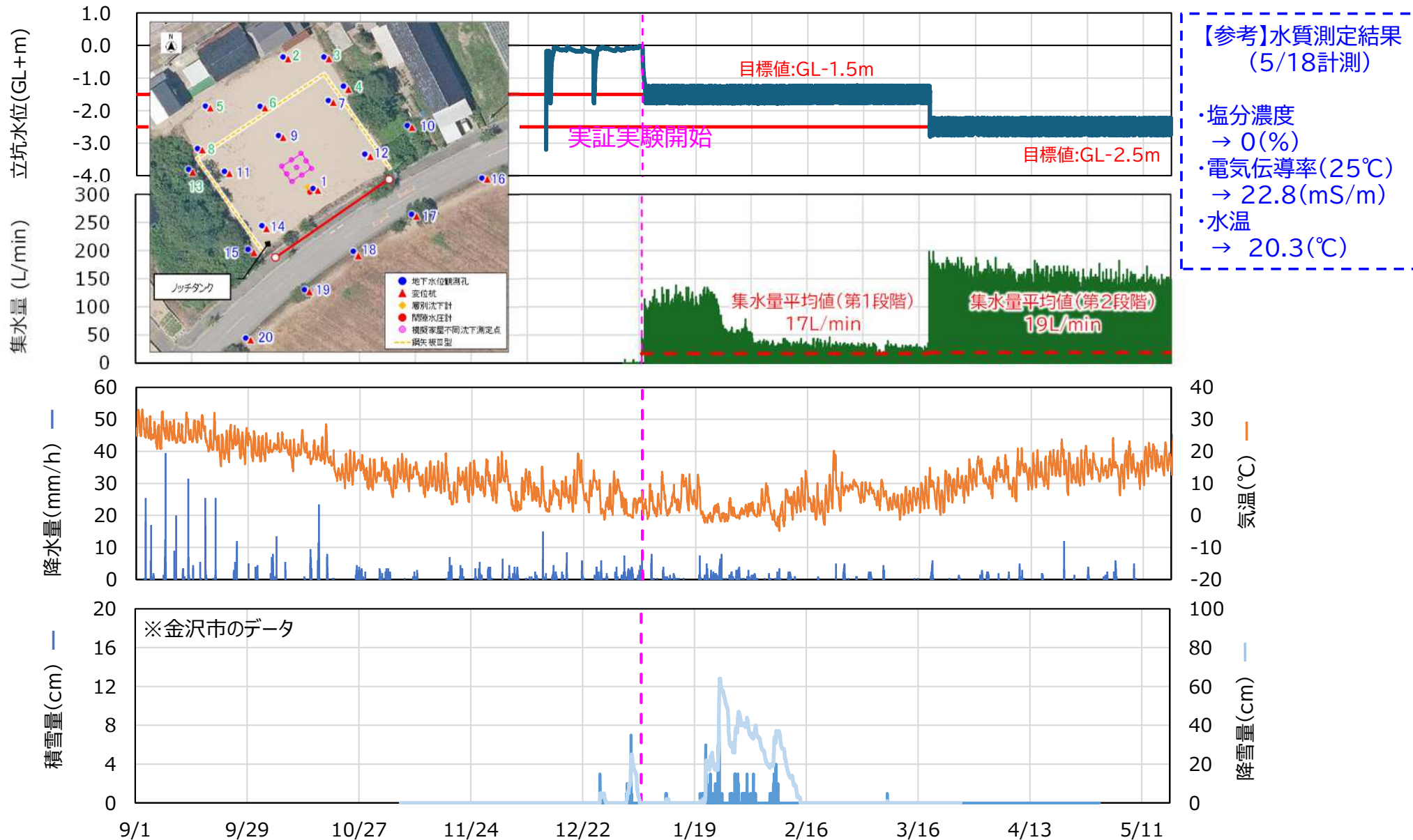
延長	0.99	1.31
土盛り	2.42	2.66



工種	エリアA
管きよ工 (推進工法)	延長 : 36.2m
立坑工 (小型ケーシング)	箇所数 : 2箇所
止水矢板工	1式 (鋼矢板Ⅲ型) 深度GL-5.0 m
排水ポンプ	台数 : 1台 (φ50×0.75kw)
仮設工 (模擬家屋)	敷鉄板等 : 1式
付帯工	1式

(7) 実証実験結果(エリアB/実験条件)【5/18現在】

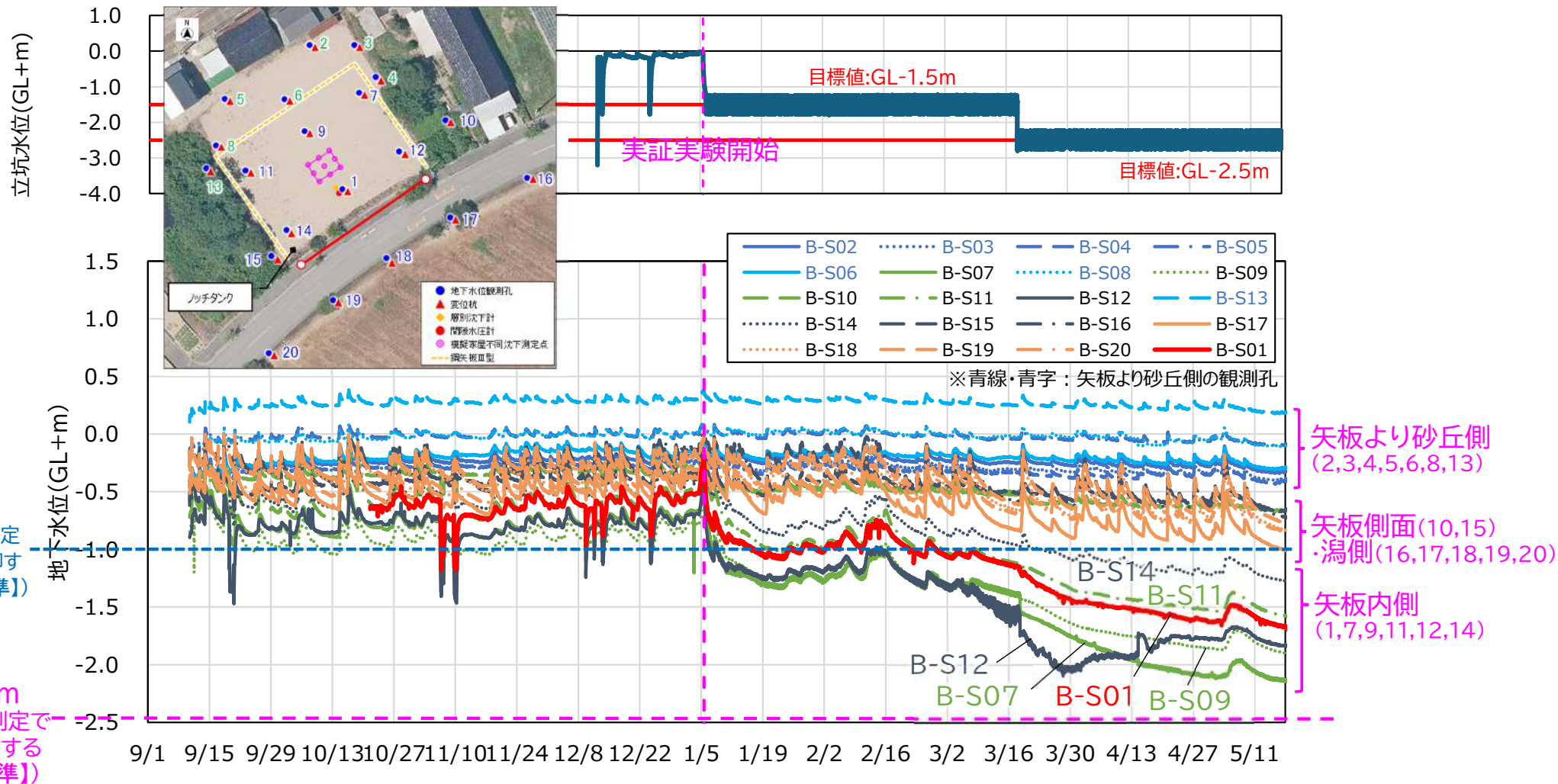
- 立坑水位 … 第1段階は約GL-1.5mを、第2段階は約2.5mを、2～2.5か月維持
- 集水量 … 平均集水量は第1段階で17L/min、第2段階で19L/min (5/18現在)





(7) 実証実験結果(エリアB/地下水位)【5/18現在】

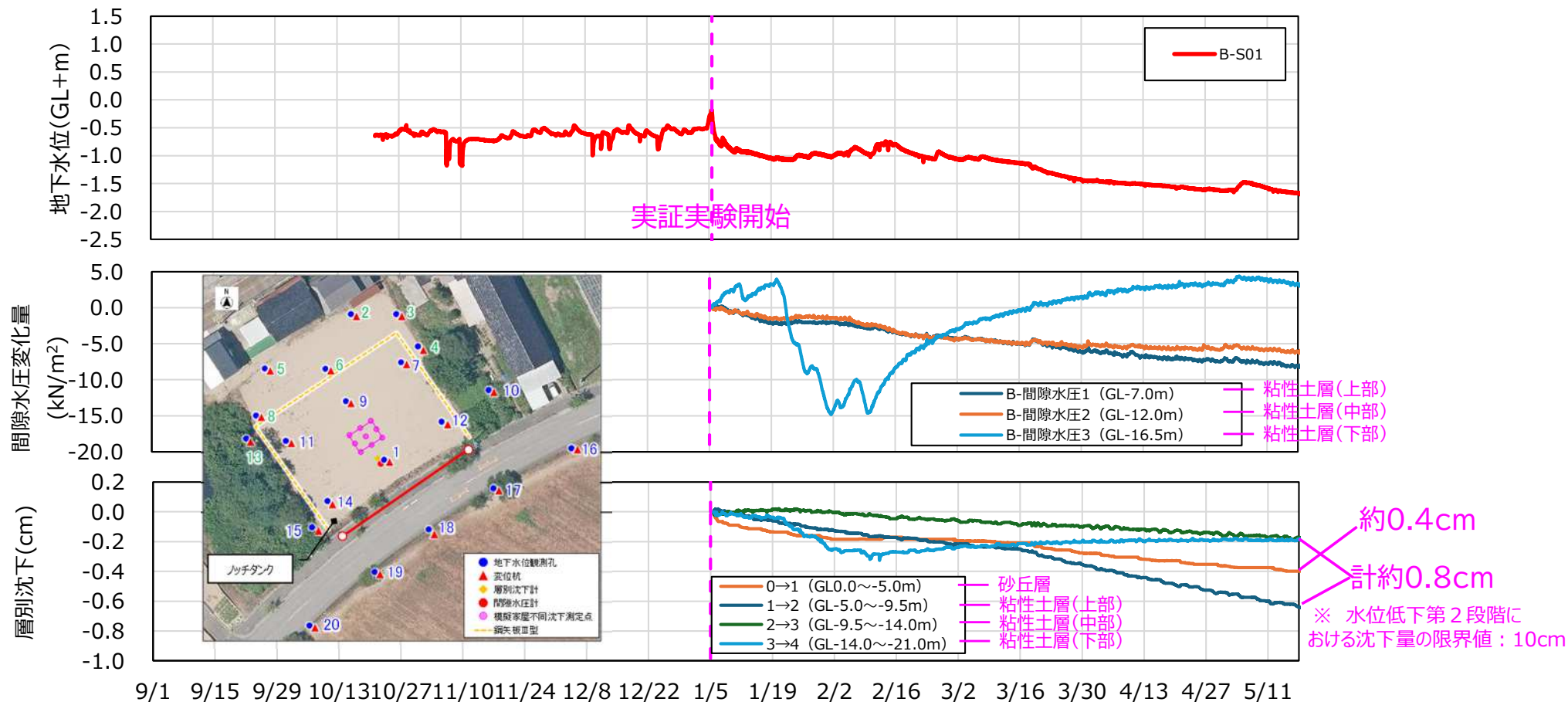
○地下水位 … 集水管からの揚水により、矢板内側で水位低下が生じている。矢板側面・潟側でも水位低下が生じているが、矢板より砂丘側では水位低下は生じていない。
 … 矢板内側の地下水位は、第1段階試験（立坑水位約GL-1.5m）は、**6地点全てで概ねGL-1.0mまで水位低下した**。第2段階試験（立坑水位約GL-2.5m）は、5/18現在、**GL-1.3m(B-S14)~GL-2.1m(B-S07)**、B-S01で約**GL-1.7m**である。





(7) 実証実験結果(エリアB/B-S01地点の沈下)【5/18現在】

- 間隙水圧 … 砂丘層の水位低下が波及し、粘性土層（上・中部）で間隙水圧低下が生じている。
- … 粘性土層（下部）の間隙水圧は、降雪・積雪時期に顕著な低下が生じ、その後回復していることから、粘性土層下位の帯水層の消雪揚水の影響と考えられる
- 層別沈下 … 集水管からの揚水に起因する沈下は、砂丘層、粘性土層（上・中部）で生じている。
- … 第2段階の5/18現在、砂丘層の沈下は約0.4cmであるが、即時沈下と考えられる。
- … 第2段階の5/18現在、**粘性土層（上・中部）（GL-5.0~14.0m）の沈下は約0.8cm**であり、**進行中**である。

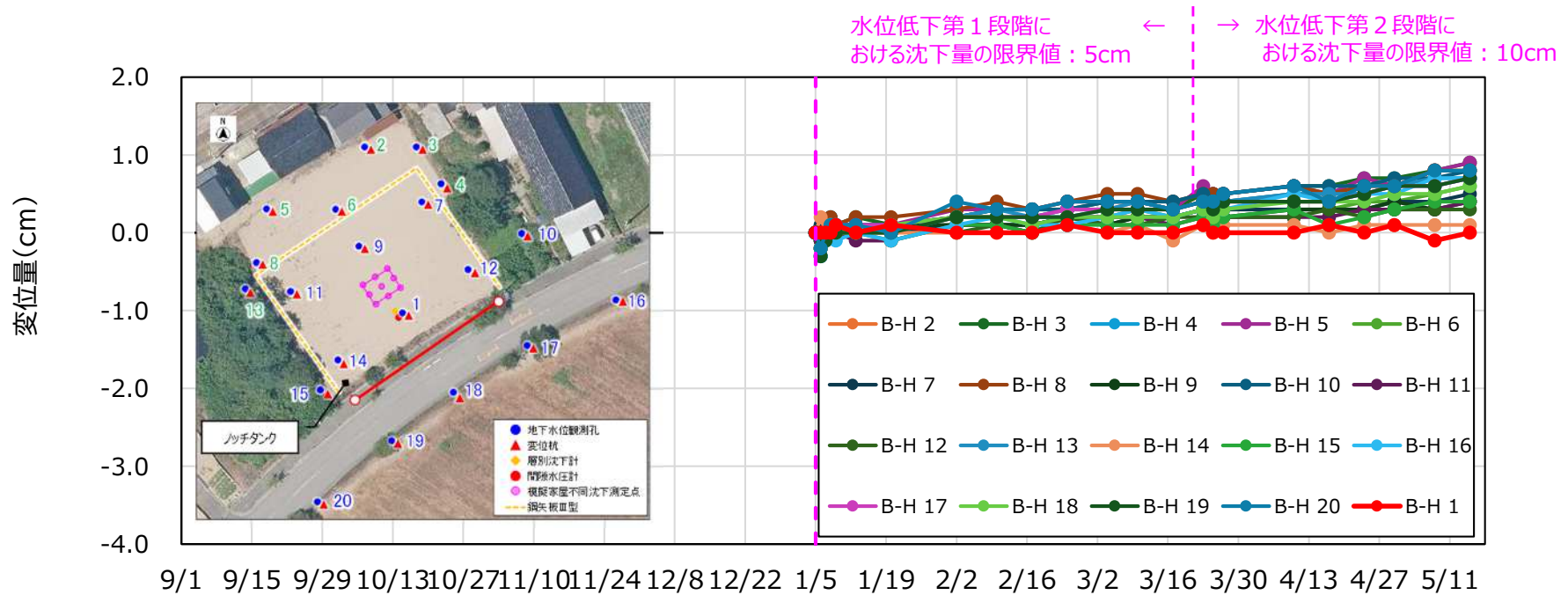


(7) 実証実験結果(エリアB/地表面沈下)【5/18現在】

○地表面沈下量計測

… 実験開始～5/15時点の地表面沈下量は+0.0～+0.9cm程度。

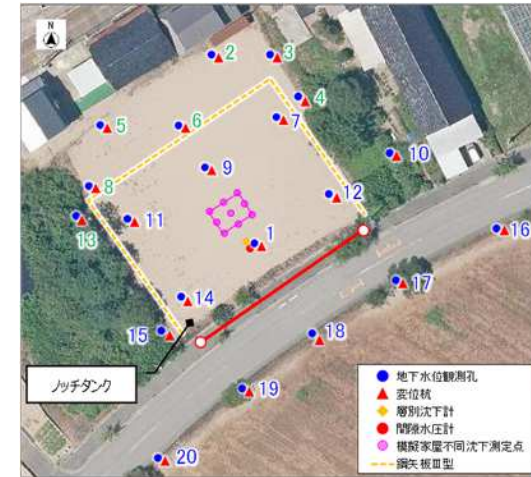
注：一方的な隆起傾向は、基準点の沈下が原因と考えられることから、現在、基準点の変動を精査中。



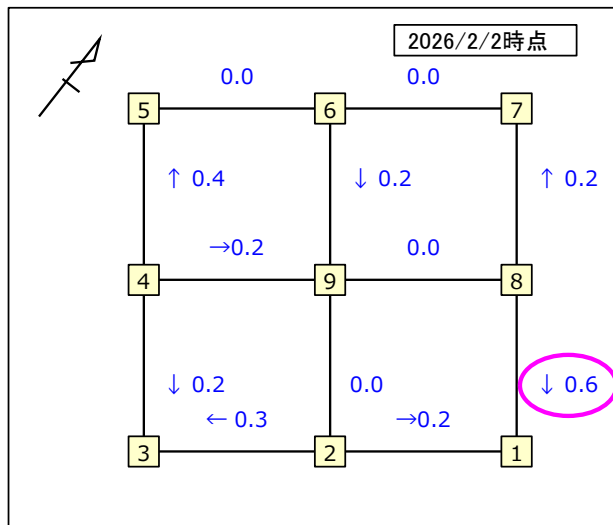


(7) 実証実験結果(エリアB／模擬家屋不同沈下)【5/18現在】

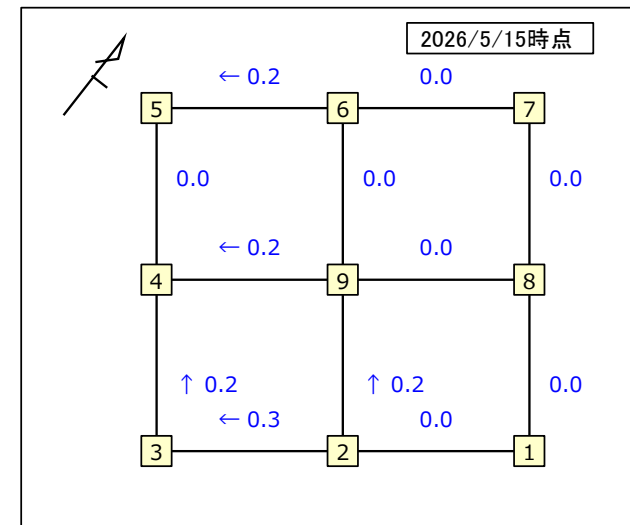
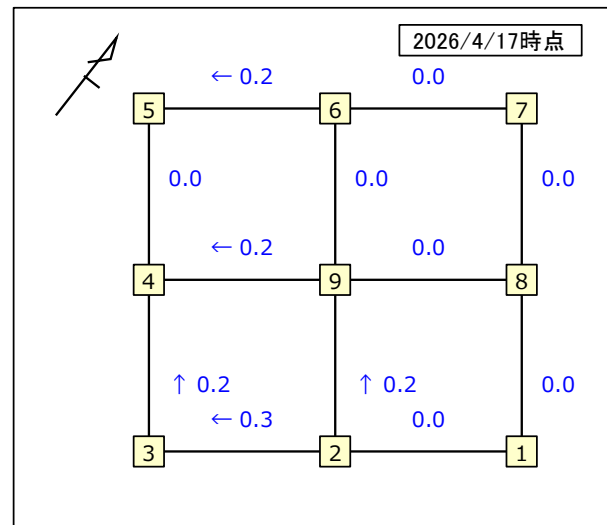
○ 模擬家屋不同沈下計測 (模擬家屋の傾斜角)
 … 2/2に最大0.6/1000(rad)を記録するものの、傾斜の限界値未満である。



水位低下第1段階における
 傾斜の限界値：1.5/1000(rad)



水位低下第2段階における
 傾斜の限界値：3/1000(rad)



(8)対策効果検証(エリアB)

○地下水位低下工法の実証実験における液状化対策効果を検証するため、実験エリアの地盤・地下水条件を踏まえた簡易液状化判定、1次元圧密沈下解析を行った。

①簡易液状化判定

簡易液状化判定による地下水位低下工法の効果について、以下の3つの手法で検証した。

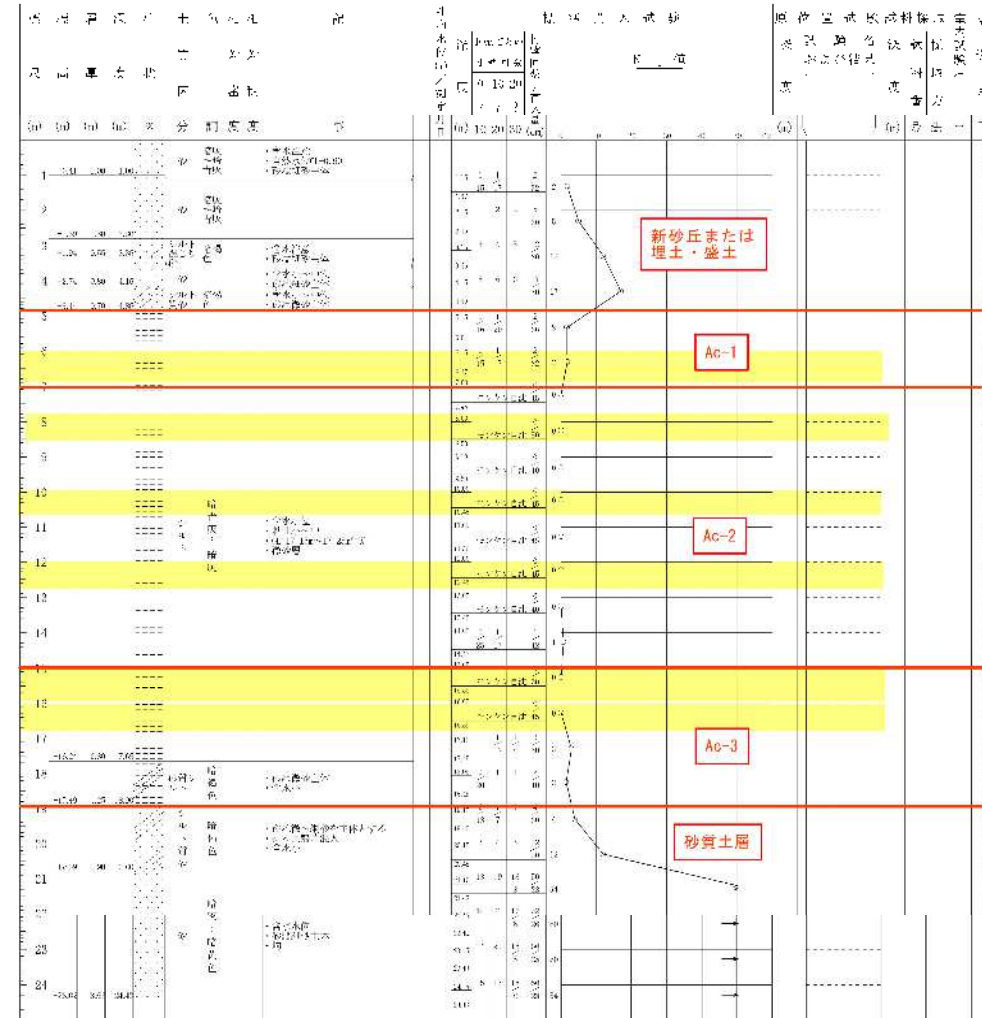
- 液状化安全率FL値による対策効果確認
- 地表面変位量Dcyと非液状化層厚H1による判定 (建築基準)
- 液状化指数PL値と非液状化層厚H1による判定 (道路基準)

【入力地震動】タイプ2 (今次災害想定) M7.6、200gal

②圧密沈下解析

市街地液状化推進ガイドンス (国土交通省都市局、R1.6) に示されている有効上積載の考え方に倣い、以下の2ケースを検討した。

- ケース1 : 地下水位低下によって生じた有効上載圧が圧密層下端まで作用すると仮定
- ケース2 : 圧密層下部の砂・砂礫層より地下水が流入し地下水位低下による有効上載圧が圧密層下端で0となる



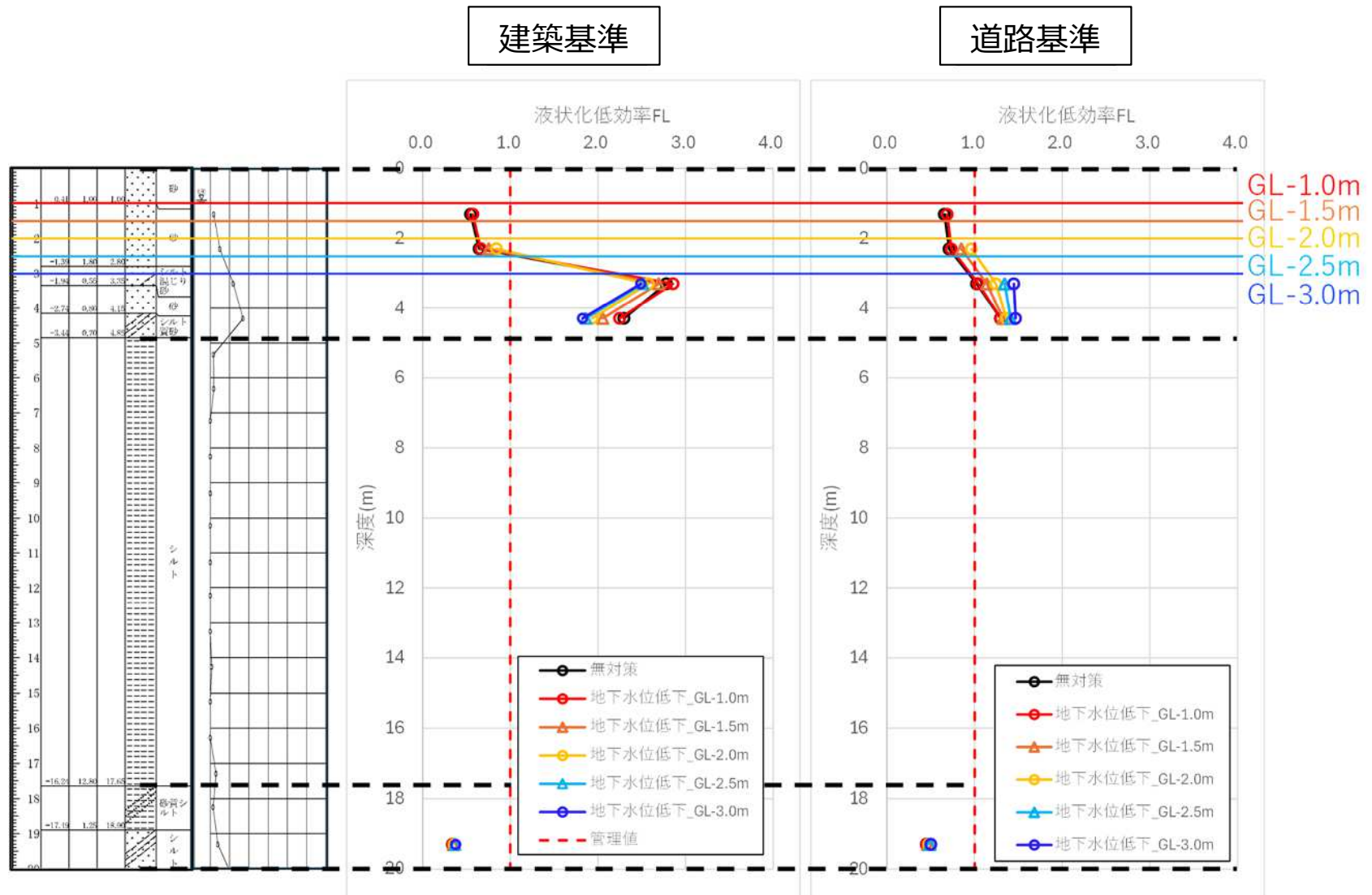
解析モデルの地層構成
(黄色ハッチ：圧密試験実施深度)



①簡易液状化判定結果(エリアB)

○FL値による対策効果検証

- FL < 1 の領域において、地下水位を低下させることでFL値の値がわずかに上昇することを確認した。
- 地下水位を下げたことでFL値が1を超えるような改善は見られなかった。



1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

①簡易液状化判定結果(エリアB)

○地表面沈下量Dcyと非液状化層厚H1による判定 (建築基準)

- エリアBは**地下水位をGL-2.5mまで下げる**ことで、地表面付近の非液状化層厚H1が増加し、「C」判定を抜けて「A」判定になることを確認した。

○PL値と非液状化層厚H1による判定 (道路基準)

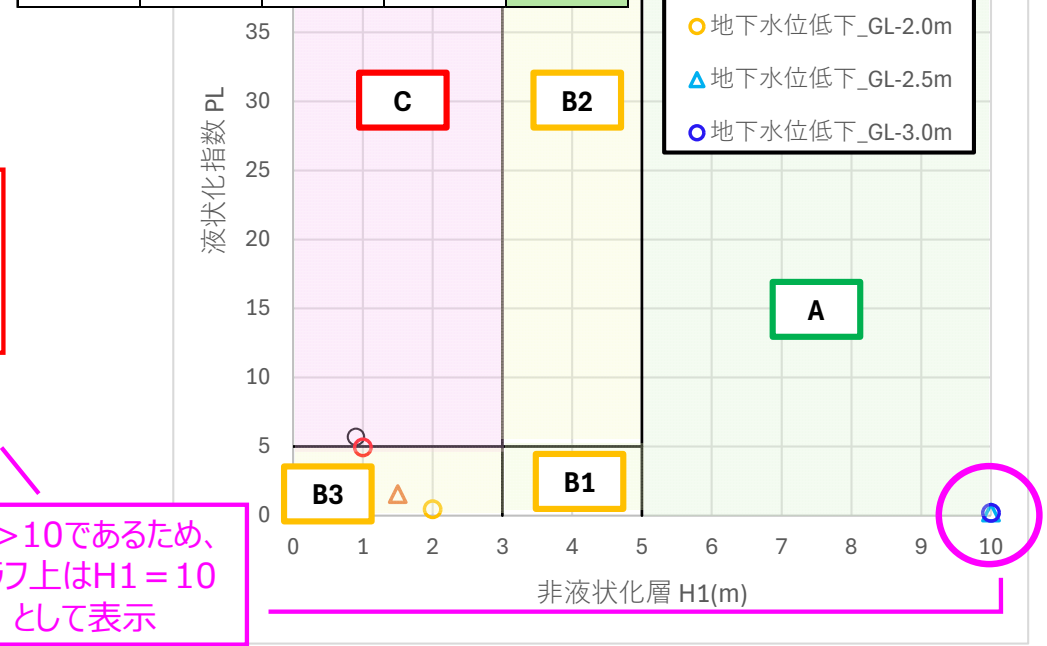
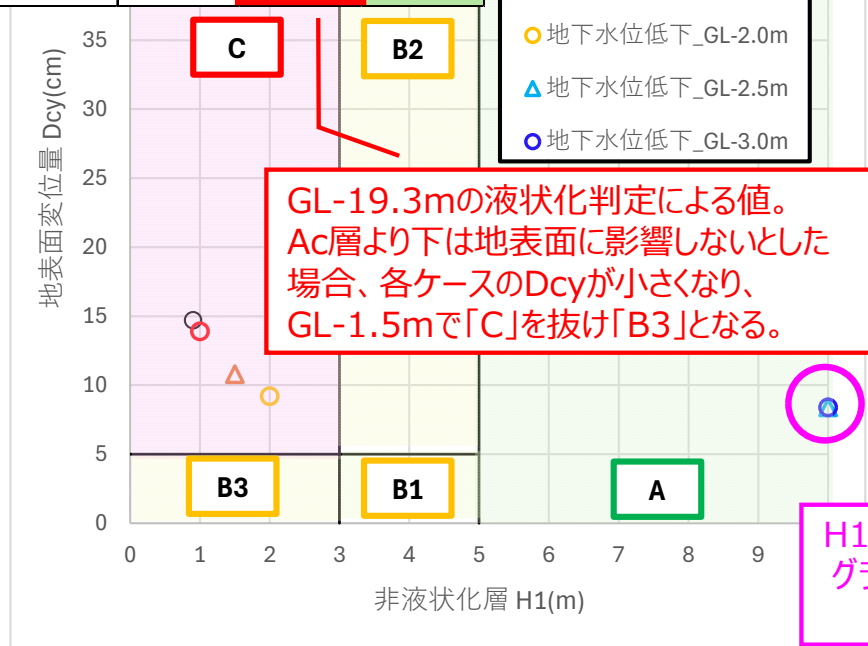
- エリアBは**地下水位をGL-1.0mまで下げる**ことで、PL値が低下し、「C」判定を抜けて「B3」判定になることを確認した。

	H1(m)	Dcy(cm)	判定結果
無対策	0.90	14.7	C
地下水位低下工法	GL-1.0m	1.00	C
	GL-1.5m	1.50	C
	GL-2.0m	2.00	C
	GL-2.5m	>10.00	A
	GL-3.0m	>10.00	A

建築基準

	H1(m)	PL	判定結果
無対策	0.90	5.689	C
地下水位低下工法	GL-1.0m	1.00	B3
	GL-1.5m	1.50	B3
	GL-2.0m	2.00	B3
	GL-2.5m	>10.00	A
	GL-3.0m	>10.00	A

道路基準



1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

② 圧密沈下解析結果(エリアB)

○エリアAと同様に、「ケース1」「ケース2」を検討した。

- ボーリング調査及び圧密試験結果より得られた地盤定数を用いて解析した結果、**GL-2.5mまで地下水位を下げると沈下量は1.1~6.1cm、GL-3.0mなら3.4~14.8cm**とエリアAに比べ大きい結果となった。
- エリアBは新砂丘が薄く堆積する又は人工的に埋土した地盤であり、粘性土の過圧密比OCRは低く(約1.1~1.3)、地下水位がGL-2.5mからGL-3.0mまで低下する条件においては、正規圧密領域での変化が生じたためと考えられる。
- エリアAと同様、「ケース1」に比べ「ケース2」は圧密層に作用する有効上載圧が少ないため、沈下量が少なくなることを確認した。

第2段階試験結果(5/18現在)によれば約0.8cmとやや大きい

ケース1 圧密沈下解析結果

地下水位低下目標	GL-1.0m	GL-1.5m	GL-2.0m	GL-2.5m	GL-3.0m
合計沈下量(cm)	0.1	0.6	1.6	6.1	14.8
Ac-1沈下量(cm)	0.0	0.1	0.2	0.8	2.5
Ac-2沈下量(cm)	0.1	0.4	0.7	3.4	9.2
Ac-3沈下量(cm)	0.0	0.1	0.7	1.9	3.1
Ac-1増加応力(kN/m ²)	0.99	5.97	10.97	15.97	20.97
Ac-2増加応力(kN/m ²)	0.96	5.79	10.66	15.57	20.52
Ac-3増加応力(kN/m ²)	0.88	5.34	9.86	14.46	19.13

ケース2 圧密沈下解析結果

地下水位低下目標	GL-1.0m	GL-1.5m	GL-2.0m	GL-2.5m	GL-3.0m
合計沈下量(cm)	0.1	0.3	0.6	1.1	3.4
Ac-1沈下量(cm)	0.0	0.1	0.2	-	-
Ac-1U沈下量(cm)	-	-	-	0.2	1.3
Ac-1L沈下量(cm)	-	-	-	0.2	0.0
Ac-2沈下量(cm)	0.0	0.2	0.4	-	-
Ac-2U沈下量(cm)	-	-	-	0.3	1.7
Ac-2L沈下量(cm)	-	-	-	0.4	0.3
Ac-3沈下量(cm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Ac-1増加応力(kN/m ²)	0.83	4.99	9.14	-	-
Ac-1U増加応力(kN/m ²)	-	-	-	14.06	17.48
Ac-1L増加応力(kN/m ²)	-	-	-	12.96	16.03
Ac-2増加応力(kN/m ²)	0.51	3.04	5.57	-	-
Ac-2U増加応力(kN/m ²)	-	-	-	11.62	14.19
Ac-2L増加応力(kN/m ²)	-	-	-	6.52	8.80
Ac-3増加応力(kN/m ²)	0.12	0.75	1.37	2.00	2.62

1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

(9) 地下水位低下工法実証実験と対策効果検証まとめ【5/18現在】

○地下水位低下工法の対策効果（5/18現在）は、次のようにまとめられる。

実証実験で確認したい事項	エリアA	エリアB
【液状化対策効果】 ① 集水管による地下水位低下（低下量・範囲）	検証中（実験中） ※ 集水管延長122.1m（L字）、深度約4.2mにおいて揚水量1013L/minのとき、集水管から離隔（約50～60m）のある地点を除き、概ねGL-3.0mまで水位低下 ★ 今後、3次元浸透流解析で検証（第4回検討委員会で報告予定）	検証中（実験中） ※ 集水管延長36.2m、深度約2.8m、上流側止水矢板ありにおいて揚水量19L/minのとき、止水矢板内側でGL-1.3m～GL-2.1m ★ 今後、3次元浸透流解析で検証（第4回検討委員会で報告予定）
【液状化対策効果】 ② 液状化対策効果を発現できる水位（簡易液状化判定でC判定を脱却することができる水位）	GL-3.0m（建築基準） ※ 簡易液状化判定による ※ <u>道路基準の場合もGL-3.0m</u>	GL-2.5m（建築基準） ※ 簡易液状化判定による ※ <u>道路基準の場合、GL-1.0m</u>



(9) 地下水位低下工法実証実験と対策効果検証まとめ【5/18現在】

○地下水位低下工法の対策効果（5/18現在）は、次のようにまとめられる。

実証実験で確認したい事項	エリアA	エリアB
【周辺影響】 ③ 周辺井戸影響 ※参考資料参照	検証中（実験中） ★ 現時点で取水への影響・苦情無し	検証中（実験中） ★ 現時点で取水への影響・苦情無し
【周辺影響】 ④ 地盤沈下量	0.2～0.4cm （沈下量限界値10cm未満） ※ 1次元圧密沈下解析による （GL-3.0mmのとき） ※ 第2段階試験結果（5/18現在）によれば約0.2mmとさらに小さい	1.1～6.1cm （沈下量限界値10cm未満） ※ 1次元圧密沈下解析による （GL-3.0mmのとき） ★ 第2段階試験結果（5/18現在）によればGL-1.7mで約0.8cmで、GL-1.5mの解析結果0.3cmに比べて大きく、沈下も進行中のため留意が必要

1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

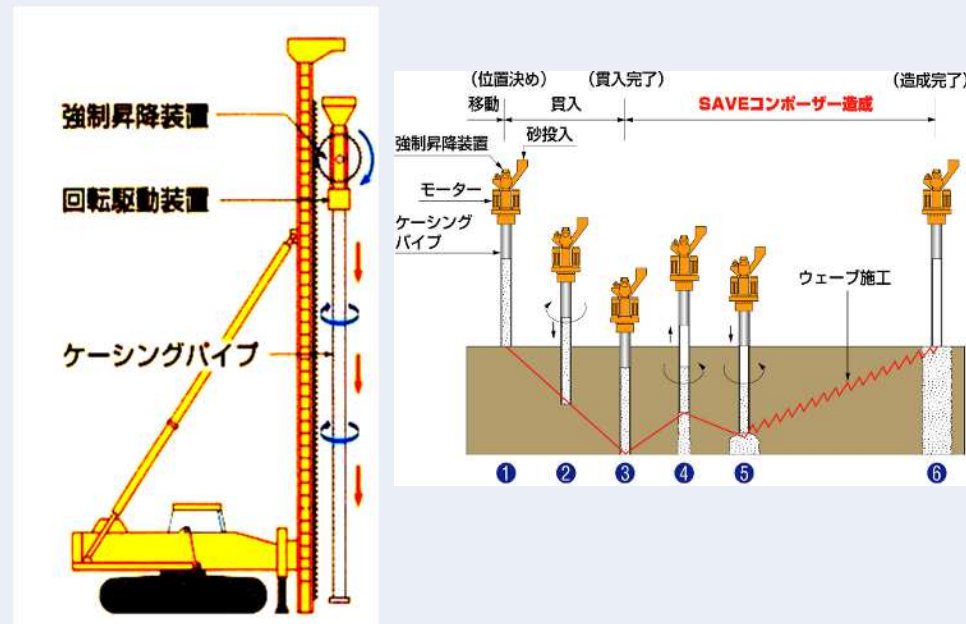
1.4 地盤改良工法

(1) 工法概要(静的締固め工法・小型密度増大工法)

○一般に、密度増大工法は施工機械が大きく宅地ごとの施工が困難な工法となる。したがって、一体的な面的対策が可能な場合に採用される「静的締固め工法」に加え、個別の宅地でも密度の増大による地盤改良が可能な「小型密度増大工法」を実証実験で採用する工法とした。

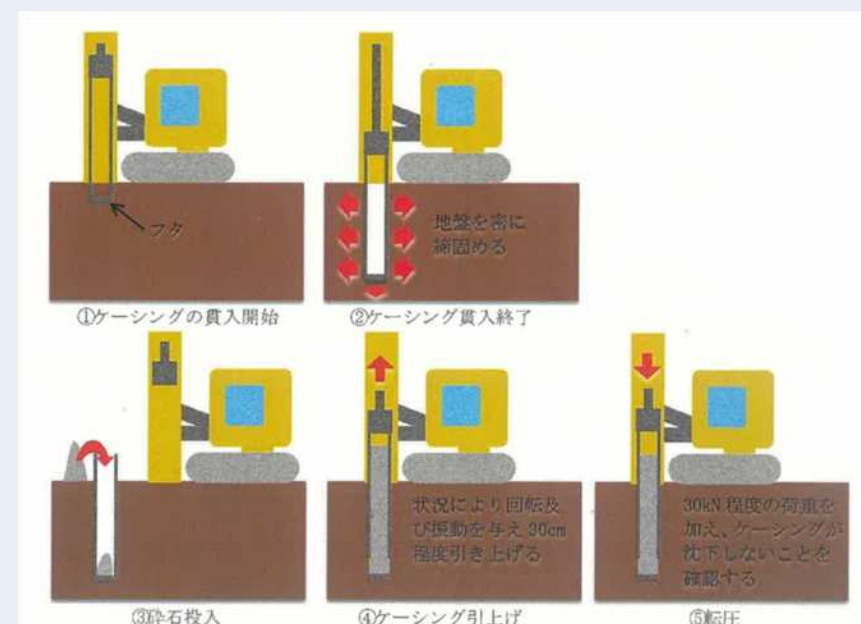
静的締固め工法

一般的なサンドコンパクションパイル工法（SCP工法）は地盤中に振動機を用いて良く締め固めた砂杭を造成する工法であるが、その改良原理から、施工時の周辺影響として振動・騒音・変位が生じる。本実証実験では、油圧式の強制昇降装置を用いてケーシングを回転圧入し、SCP工法よりも細かいピッチで打ち戻しを行う静的締固め砂杭工法を採用する。



小型密度増大工法

碎石をパイル状に無排土で打設することで、緩く堆積した砂地盤の密度を増大させる工法となる。主に小規模建築物を対象としているため、低振動・低騒音のため市街地などと隣接した場所での施工も可能であり、無排土の施工が可能である。残土が発生しないことに加え、土木で用いられる液状化対策工法に比べて改良径が小さく、施工機械が小型であるため施工期間が短い。





(2) 実証実験目的・仕様・観測項目

○密度増大工法の改良効果検証等を目的とした実験計画を整理した。以下に実験内容を示す。

	静的締固め工法	小型密度増大工法
実験目的	<ul style="list-style-type: none"> ①改良効果（N値の増加）の確認 ②周辺環境影響（振動・騒音・周辺地盤変位）の確認 ③改良後の地盤透水性変化（止水影響）の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ①改良効果（N値の増加）の確認 ②対策改良仕様（改良率・杭間）の検証 ③周辺環境影響（振動・騒音・周辺地盤変位）の確認 ④改良後の地盤透水性変化（止水影響）の確認
ケース数	1ケース	3ケース
実験仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・改良径：φ600mm ・対策深度：新砂丘下端まで ・打設間隔：施工前ボーリングによる液状化判定により設定 ・余盛高：0.5m（※） 	<ul style="list-style-type: none"> ・改良径：φ200mm（CDP工法 施工径） ・対策深度：新砂丘下端まで（N≦10） ※施工機械の能力により最大深度6m ・打設間隔：0.6m、0.8m、1.0m ・余盛高：0.5m（※）
観測項目	<ul style="list-style-type: none"> ・施工前ボーリング ・施工後ボーリング ・振動 ・騒音 ・変位（鉛直方向） 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工前ボーリング ・施工後ボーリング ・振動 ・騒音 ・変位（鉛直方向）

※：圧入に伴う盛上り防止のために余盛0.5mを行う

(3) 実証実験用地概要(エリアA)

○エリアAの現地状況は、実証実験用地の北側および西側に民家が隣接する。北側の用地境界にはコンクリート塀が存在するが、液状化により被災している。実証実験用地の東側が県道に接している。



図 地盤改良工法エリアA 全景写真



図 エリアA 西側写真



図 エリアA 民家隣接状況写真



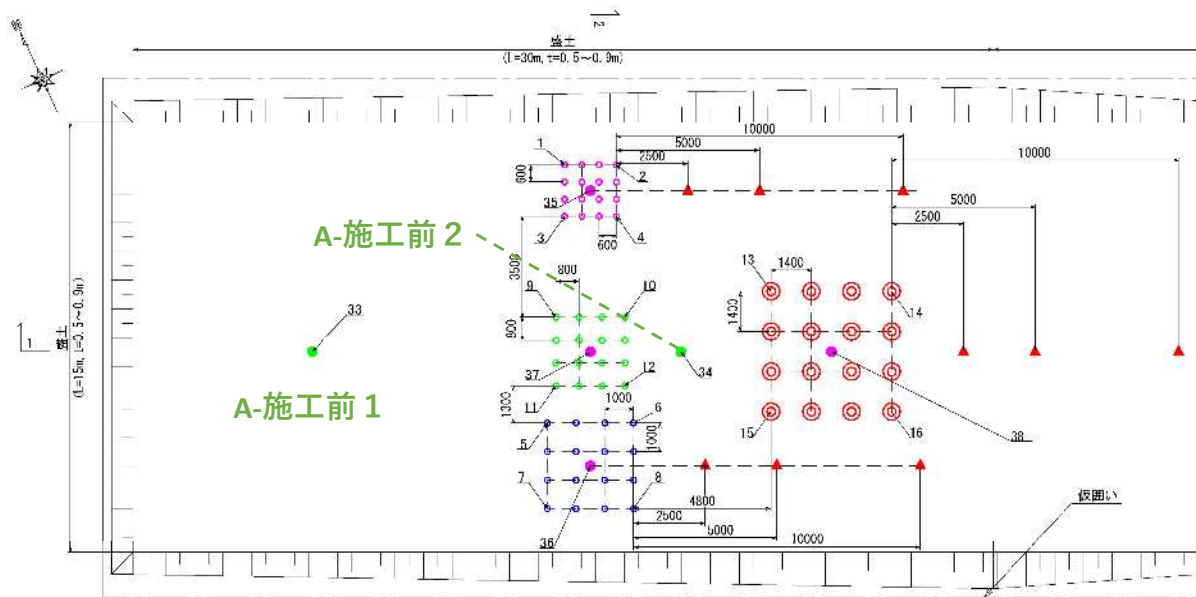
凡例

- 調査地点(県市町調査)
- 調査地点(既存)
- 液状化被害可能性範囲
- 地質想定断面図位置

1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

(4) 実証実験仕様(エリアA)

記号	静的締固め工法	小型密度増大工法
ケース数	1ケース	3ケース (打設間隔 : 0.6m、0.8m、1.0m)
実験仕様	<ul style="list-style-type: none"> 改良径 : φ600mm 対策深度 : 新砂丘下端まで 打設間隔 : ボーリング「A-施工前2」の液状化判定結果より、1.4mに設定 余盛高 : 0.5m 	<ul style="list-style-type: none"> 改良径 : φ200mm (CDP工法 施工径) 対策深度 : 新砂丘下端まで (N ≤ 10) ※施工機械の能力により最大深度6m 打設間隔 : 0.6m、0.8m、1.0m 余盛高 : 0.5m



凡例	
▲	地表面変位 (変位杭)
●	調査ボーリング [施工前, 標準貫入試験, 土の粒度試験, 土の液性限界・塑性限界試験]
●	調査ボーリング [施工後, 標準貫入試験, 土の粒度試験, 土の液性限界・塑性限界試験]
○	小型密度増大工法 φ=200mm, ap=8.7% (□0.6m × 0.6m)
○	小型密度増大工法 φ=200mm, ap=4.9% (□0.8m × 0.8m)
○	小型密度増大工法 φ=200mm, ap=3.1% (□1.0m × 1.0m)
◎	静的締固め工法 φ=600mm, ap=14.4% (□1.4m × 1.4m)

※A-施工前1において高いN値を確認したため、A-施工前2周辺で検討した。

記号	施工方法	杭数	杭間隔	杭径	杭長
1	静的締固め工法	16本	1.4m	Φ600	6.5m
2-1	小型密度増大工法	16本	0.6m	φ200	5.0m
2-2		16本	0.8m	φ200	5.0m
2-3		16本	1.0m	φ200	5.0m



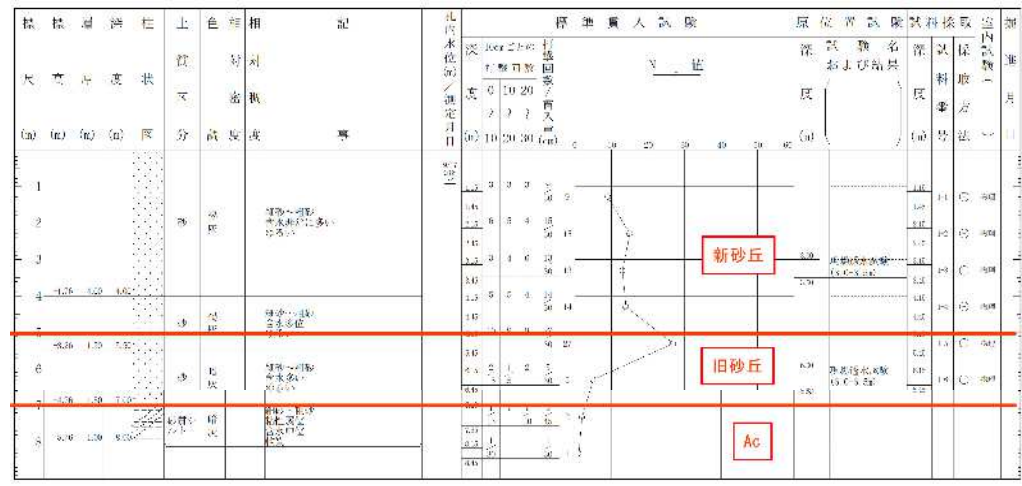
1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

(5)対策効果検証(エリアA)

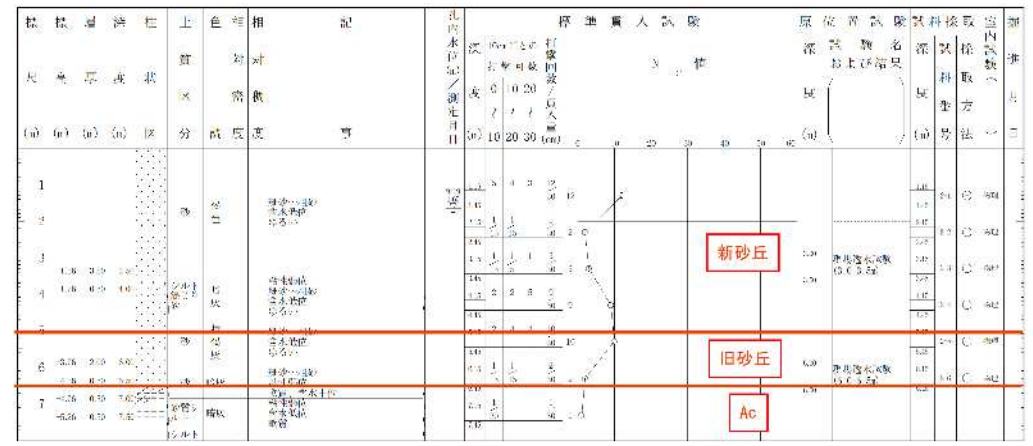
○地盤改良工法の実証実験における液状化対策効果を検証するため、実験エリアの地盤・地下水条件を踏まえた簡易液状化判定を行った。簡易液状化判定について、以下の3つの手法で検証した。

- 液状化安全率FL値による対策効果確認
- 地表面変位量Dcyと非液状化層厚H1による判定（建築基準）
- 液状化指数PL値と非液状化層厚H1による判定（道路基準）

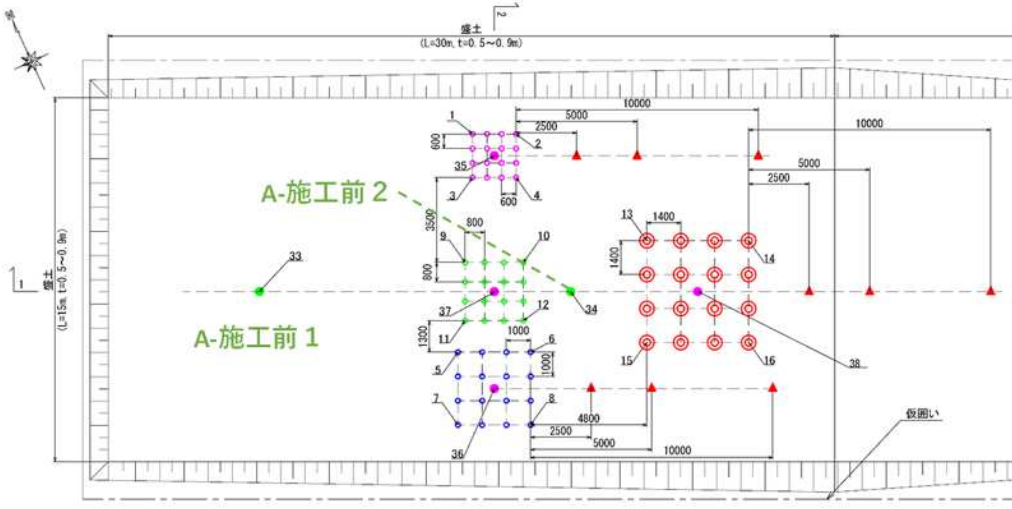
【入力地震動】タイプ2（今次災害想定）
マグニチュード7.6、200gal



A-施工前 1



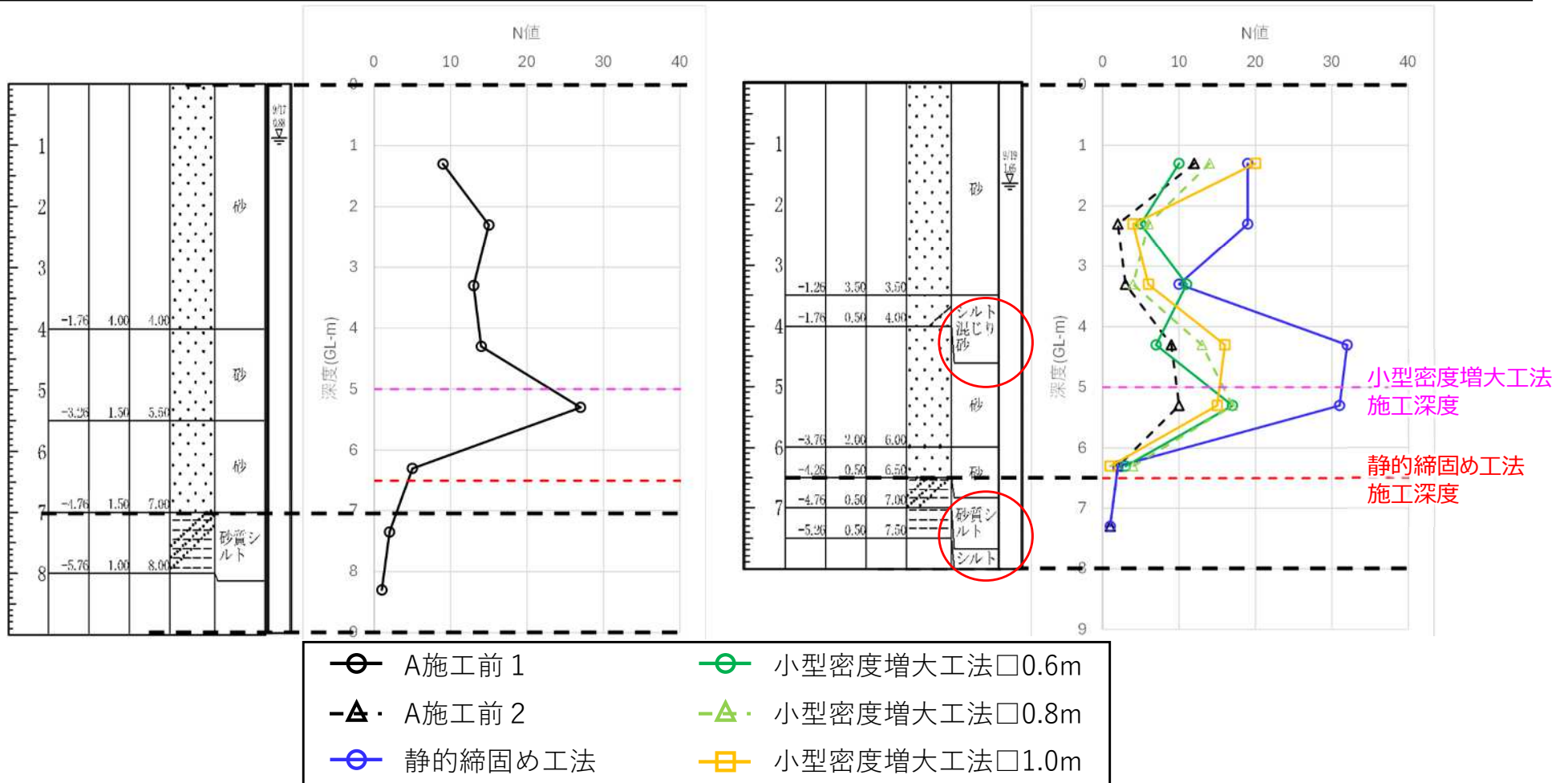
A-施工前 2



(5) 対策効果検証(エリアA)

○N値による対策効果検証

- ・静的締固め工法 : 改良範囲で概ねN値が増加したことを確認したが、シルト混じり砂層・砂質シルト層付近のN値の増加は小さいものとなった。
- ・小型密度増大工法 : 改良範囲で概ねN値が増加したことを確認したが、砂質シルト層付近のN値の増加は小さいものとなった。また、改良ピッチが狭くなるほどN値の増大効果が大きくなるという傾向は見られなかった。

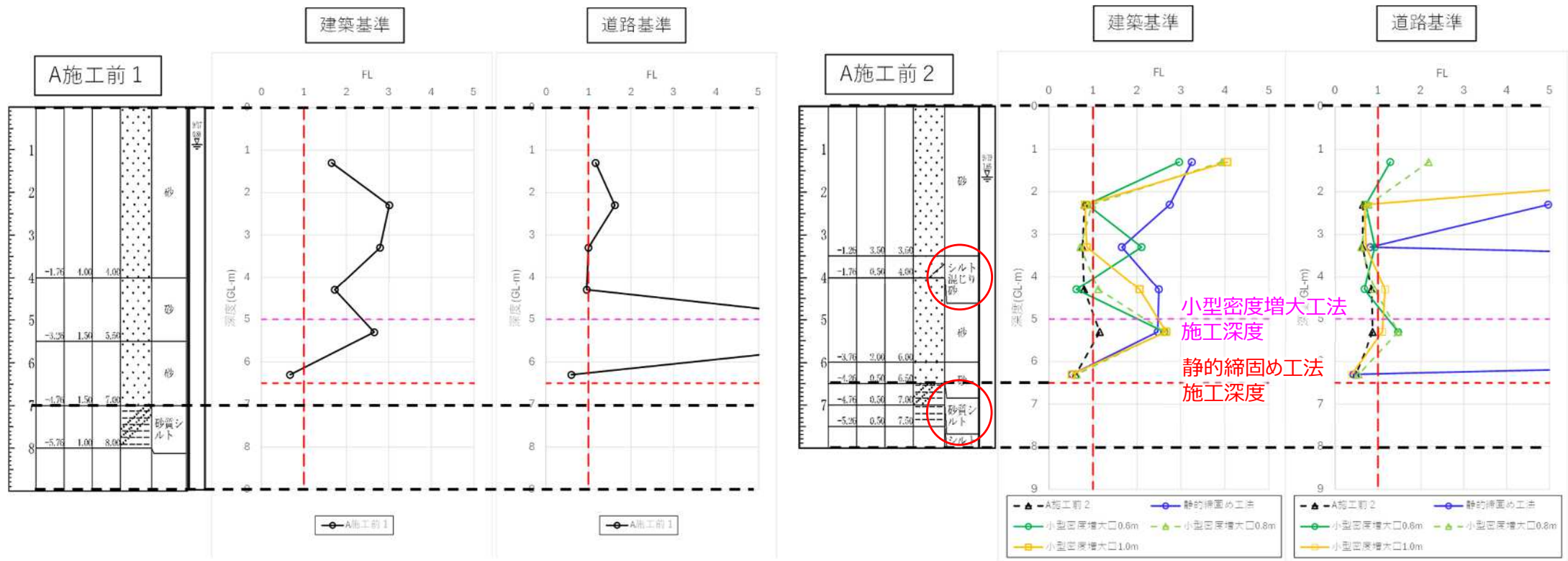




1. 大崎地区 液状化対策工法実証実験

(5) 対策効果検証(エリアA)

- FL値による対策効果検証
 - ・静的締固め工法 : 改良範囲でFL値が増加したことを確認したが、シルト混じり砂層・砂質シルト層付近の層付近のFL値の増加は小さいものとなった。
 - ・小型密度増大工法 : 改良範囲でFL値が増加したことを部分的にしか確認できなかった。また、改良ピッチが狭くなるほどFL値の増大効果が大きくなるという傾向は見られなかった。



- A施工前 1
- △ A施工前 2
- 静的締固め工法
- 小型密度増大工法□0.6m
- △ 小型密度増大工法□0.8m
- 小型密度増大工法□1.0m

(5) 対策効果検証(エリアA)

○設計値との比較 (静的締固め工法)

静的締固め工法は、「打戻し施工によるサンドコンパクションパイル工法 設計・施工マニュアル」(社団法人地盤工学会)で示される設計手法のうち、施工による地盤の盛上りも考慮された方法Dで設計した。

- エリアAでは、改良範囲の実測の施工後N値は設計値と概ね同等以上という結果となった。設計値よりも低い結果となったのは、シルト混じり砂層・砂質シルト層付近であった。

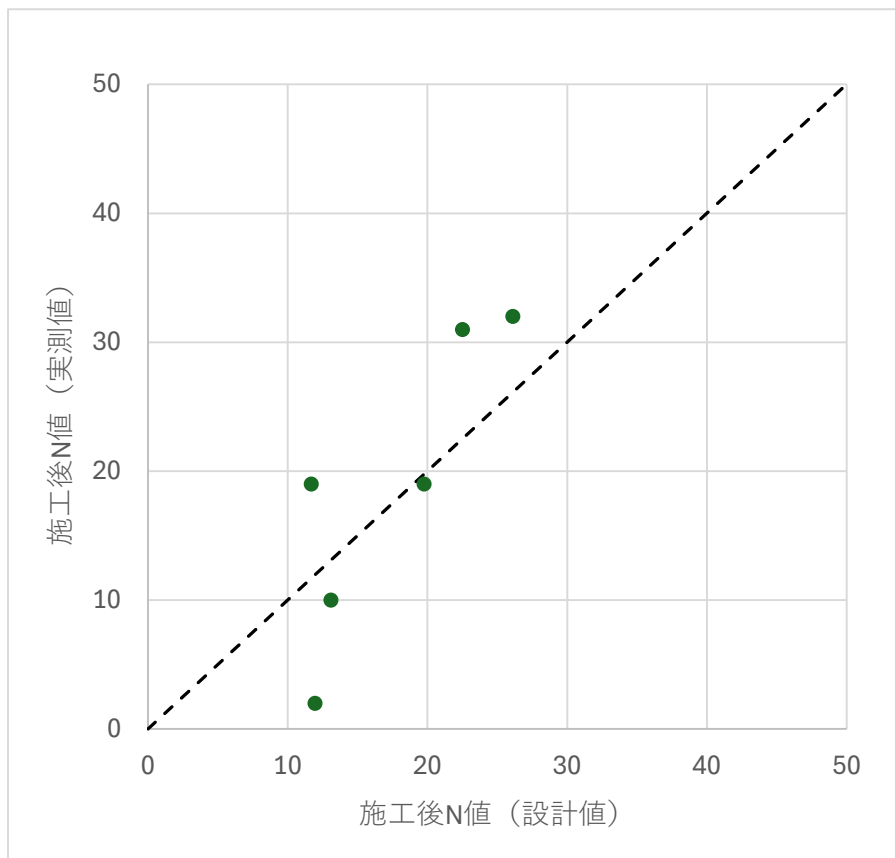


図 設計値-実測値比較

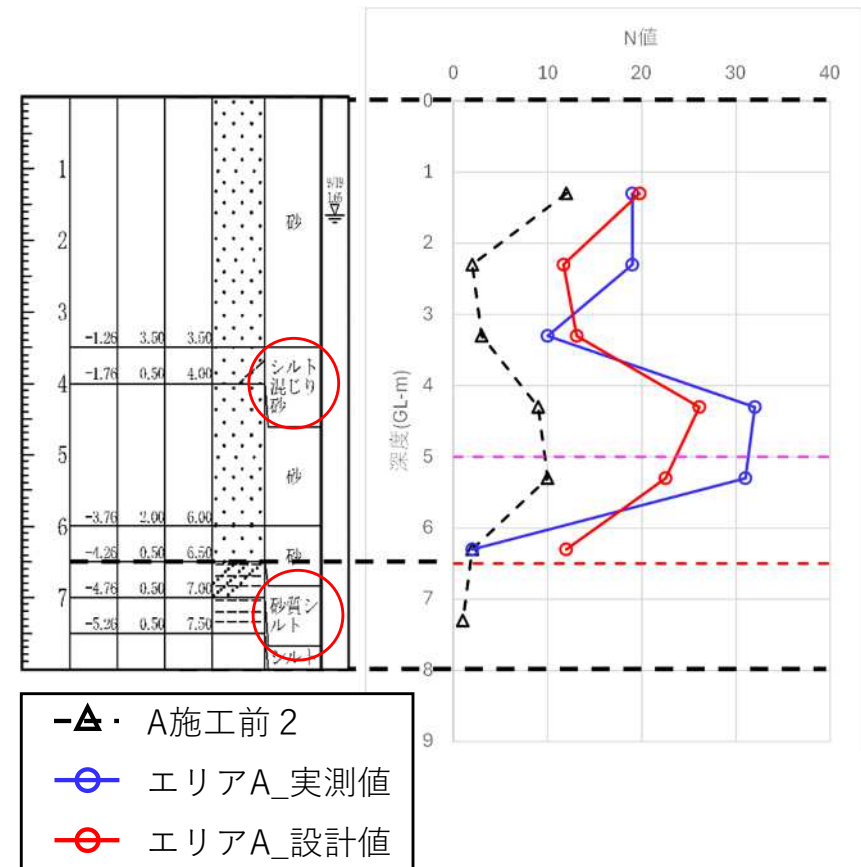


図 施工後N値深度分布



(5) 対策効果検証(エリアA)

○設計値との比較 (小型密度増大工法)

小型密度増大工法として想定したCDP工法 (液状化対策技術振興会) では、施工実績から整理された打設前N値と打設後N値の相関図を用いて経験則的に設計する手法となっている。この相関図と今回の施工結果を比較した。

- 0.8mピッチ (図中4D・赤線) の条件では工法実績の相関図と近い結果、1.0mピッチ (図中5D・緑線) の条件では工法実績の相関図より施工効果が大きい結果となった。なお、0.6mピッチ (図中3D) はバラつきが大きい結果となった。

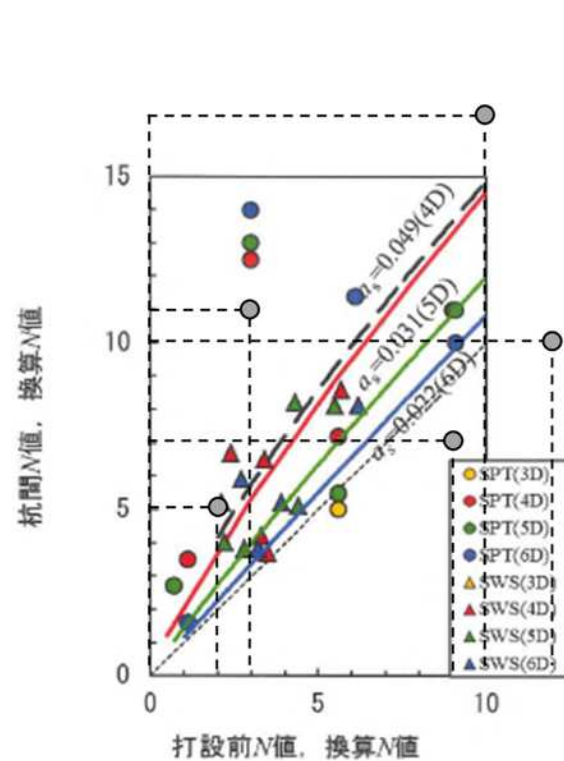


図 0.6mピッチ

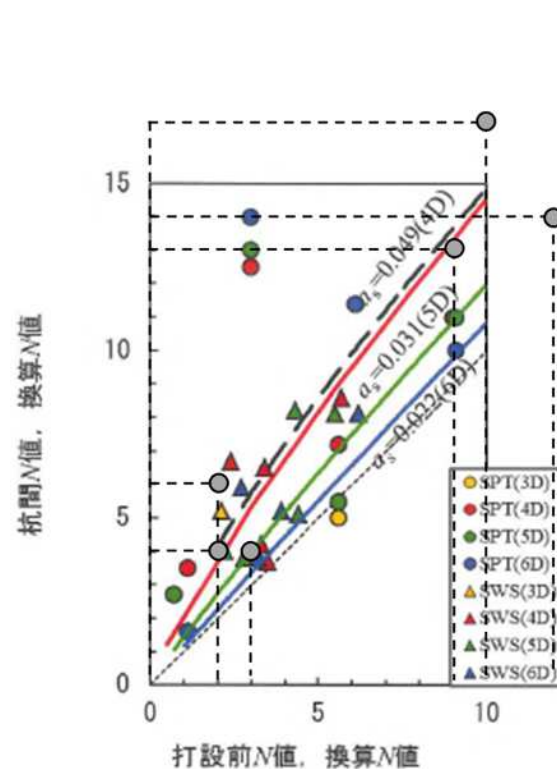


図 0.8mピッチ

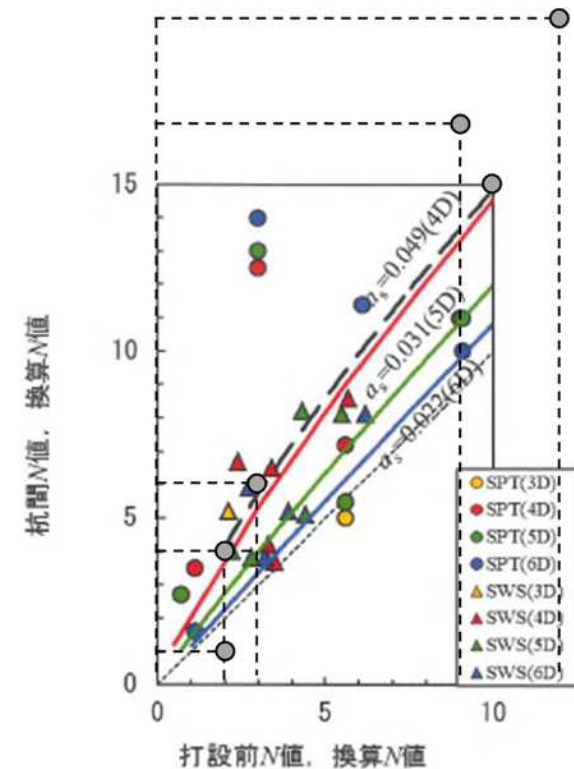


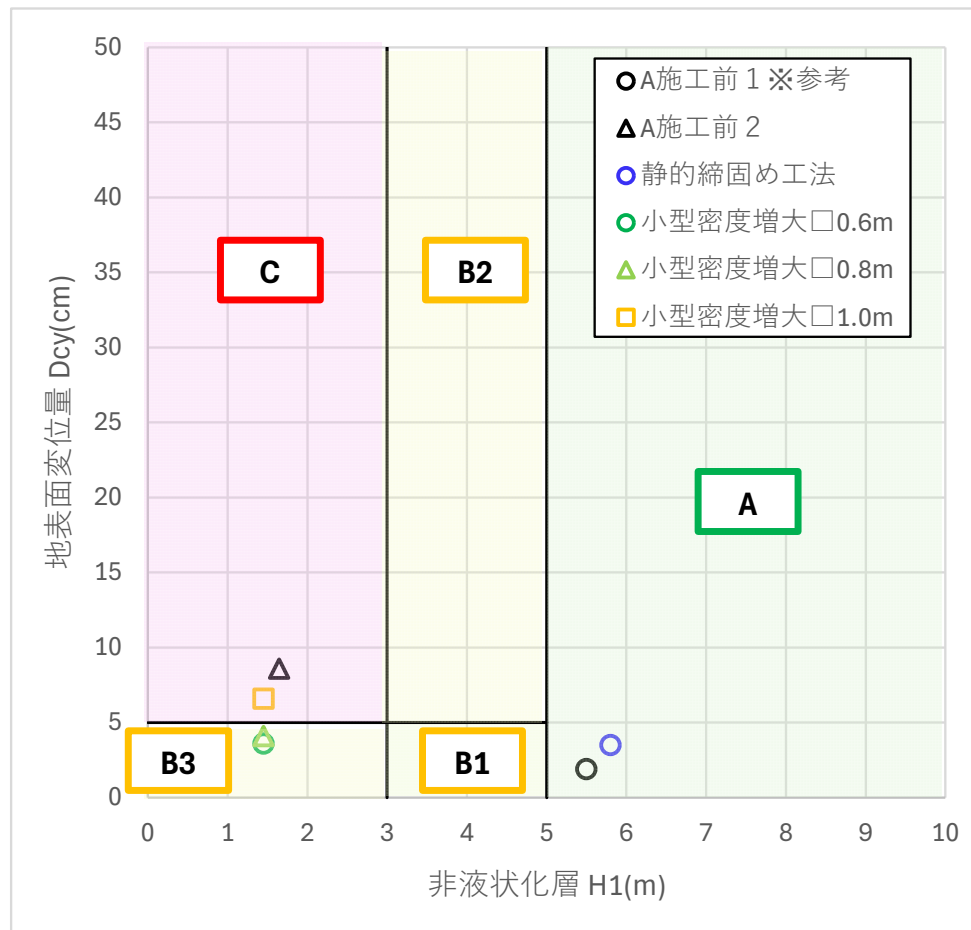
図 1.0mピッチ



(5) 対策効果検証(エリアA)

○地表面沈下量Dcyと非液状化層厚H1による判定（建築基準）

- 静的締固め工法では、**非液状化層厚H1が増加し、「C」判定を抜けて「A」判定になる**ことを確認した。
- 小型密度増大工法では、改良ピッチを0.8m以下にすることで、**地表面変位量Dcyが減少し、「C」判定を抜けて「B3」判定になる**ことを確認した。



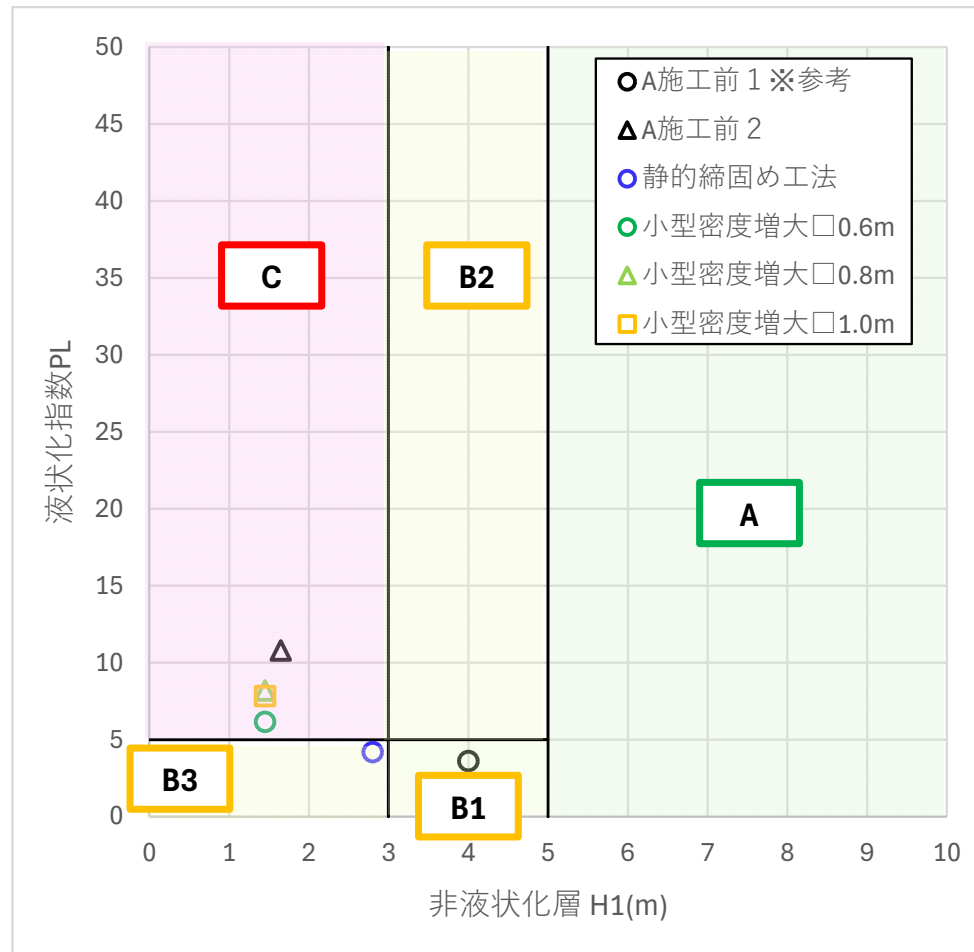
	H1(m)	Dcy(cm)	判定結果
A施工前1 ※参考	5.5	1.9	A
A施工前2	1.65	8.6	C
静的締固め工法	5.8	3.5	A
小型密度増大工法	□0.6m	1.45	3.6
	□0.8m	1.45	4.1
	□1.0m	1.45	6.6



(5) 対策効果検証(エリアA)

○PL値と非液状化層厚H1による判定 (道路基準)

- 静的締固め工法では、**非液状化層厚H1が増加、PL値が減少し、「C」判定を抜けて「B3」判定になることを確認した。**
- 小型密度増大工法では、**いずれの改良ピッチにおいても「C」判定のままであった。**



	H1(m)	PL	判定結果
A施工前1 ※参考	4	3.634	B1
A施工前2	1.65	10.804	C
静的締固め工法	2.8	4.217	B3
小型密度増大工法	□0.6m	1.45	6.18
	□0.8m	1.45	8.2
	□1.0m	1.45	7.85

(6) 実証実験用地概要(エリアB)

○エリアBの現地状況は、実証実験用地の北側に水路を挟んで民家が隣接する。北側の実証実験用地側のブロック積コンクリート塀は液状化の影響で蛇行している。実証実験用地と連続する西側には、車庫が存在する。用地の東側は県道、南側は大崎区民会館の駐車場に接している。



図 地盤改良工法エリアB 全景写真



図 エリアB 西側写真



図 エリアB 接道写真

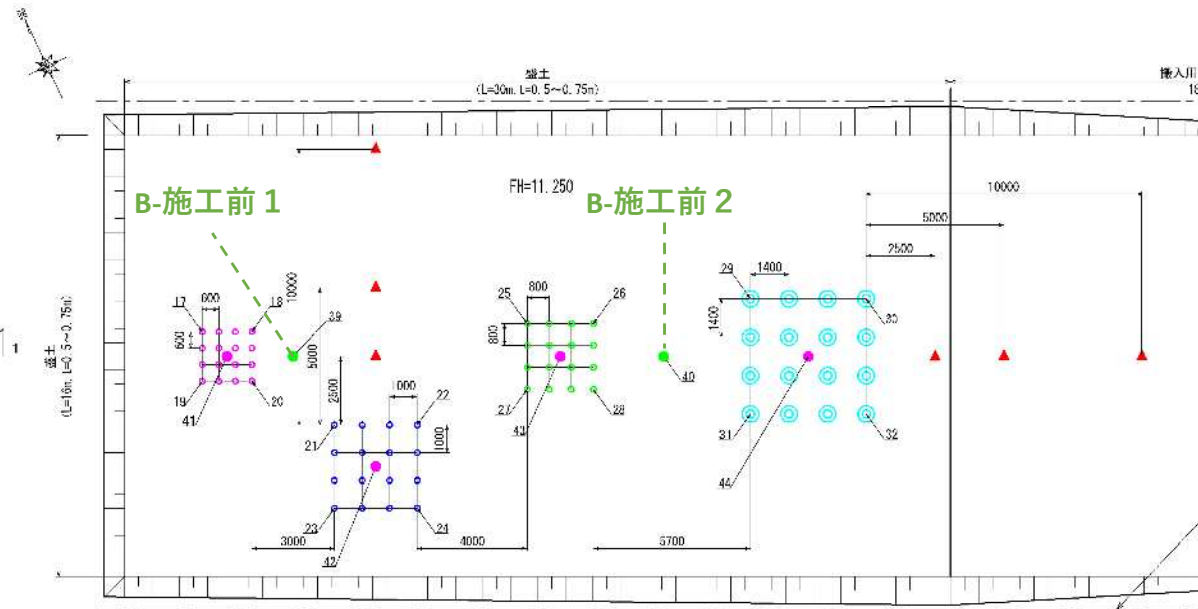


凡例

- ◆ 調査地点(県市町調査)
- ◆ 調査地点(既存)
- 液状化被害可能性範囲
- 地質想定断面図位置

(7) 実証実験仕様(エリアB)

	静的締固め工法	小型密度増大工法
ケース数	1ケース	3ケース (打設間隔 : 0.6m、0.8m、1.0m)
実験仕様	<ul style="list-style-type: none"> 改良径 : $\phi 600\text{mm}$ 対策深度 : 新砂丘下端まで 打設間隔 : ボーリング「B-施工前2」の液状化判定結果より、1.4mに設定 余盛高 : 0.5m 	<ul style="list-style-type: none"> 改良径 : $\phi 200\text{mm}$ (CDP工法 施工径) 対策深度 : 新砂丘下端まで ($N \leq 10$) ※施工機械の能力により最大深度6m 打設間隔 : 0.6m、0.8m、1.0m 余盛高 : 0.5m



凡例	
▲	地表面変位 (変位杭)
●	調査ボーリング 〔施工前, 標準貫入試験, 土の粒度試験, 土の液性限界・塑性限界試験〕
●	調査ボーリング 〔施工後, 標準貫入試験, 土の粒度試験, 土の液性限界・塑性限界試験〕
○	小型密度増大工法 $\phi=200\text{mm}$, $ap=8.7\%$ (□0.6m×0.6m)
○	小型密度増大工法 $\phi=200\text{mm}$, $ap=4.9\%$ (□0.8m×0.8m)
○	小型密度増大工法 $\phi=200\text{mm}$, $ap=3.1\%$ (□1.0m×1.0m)
○	静的締固め工法 $\phi=600\text{mm}$, $ap=14.4\%$ (□1.4m×1.4m)

記号	施工方法	杭数	杭間隔	杭径	杭長
1	静的締固め工法	16本	1.4m	$\Phi 600$	4.0m
2-1	小型密度増大工法	16本	0.6m	$\phi 200$	4.0m
2-2		16本	0.8m	$\phi 200$	4.0m
2-3		16本	1.0m	$\phi 200$	4.0m

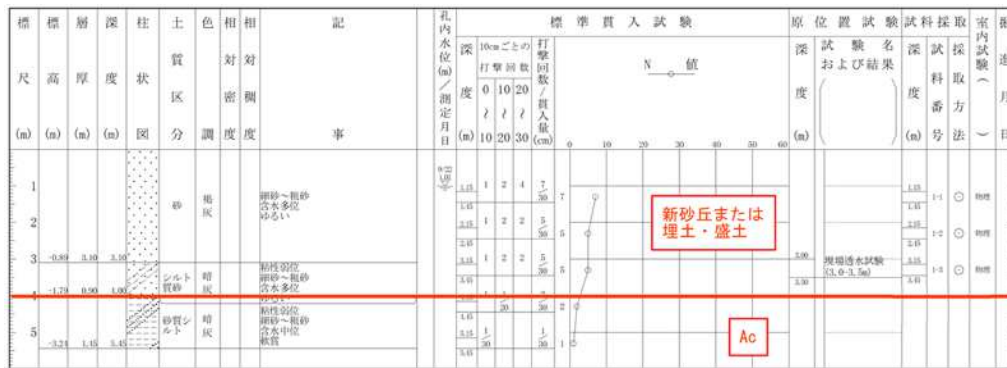


(8) 対策効果検証(エリアB)

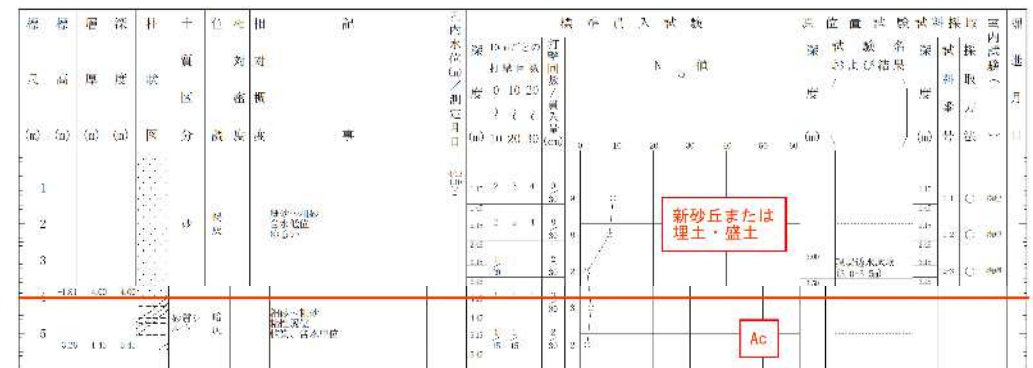
○地盤改良工法の実証実験における液状化対策効果を検証するため、実験エリアの地盤・地下水条件を踏まえた簡易液状化判定を行った。簡易液状化判定について、以下の3つの手法で検証した。

- 液状化安全率FL値による対策効果確認
- 地表面変位量Dcyと非液状化層厚H1による判定（建築基準）
- 液状化指数PL値と非液状化層厚H1による判定（道路基準）

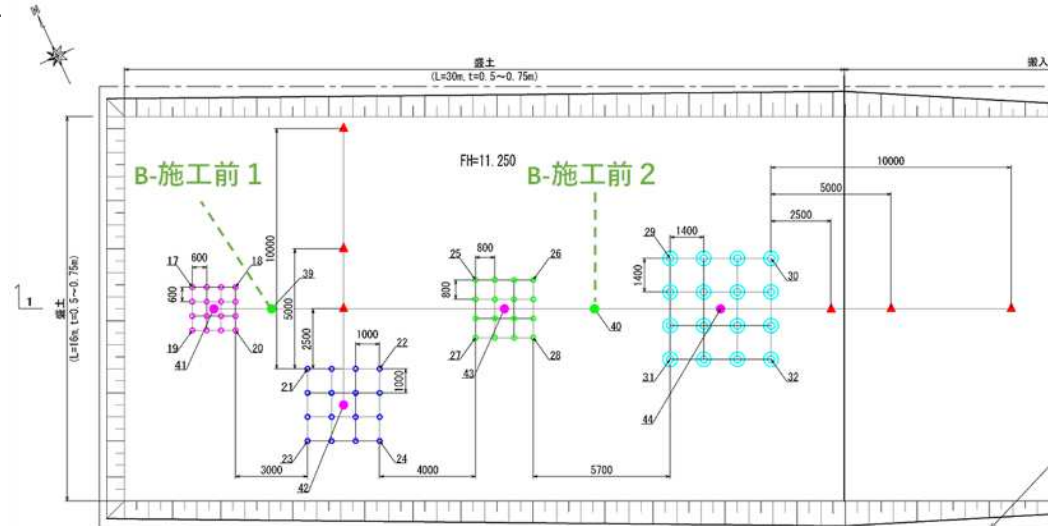
【入力地震動】タイプ2（今次災害想定）
マグニチュード7.6、200gal



B-施工前 1



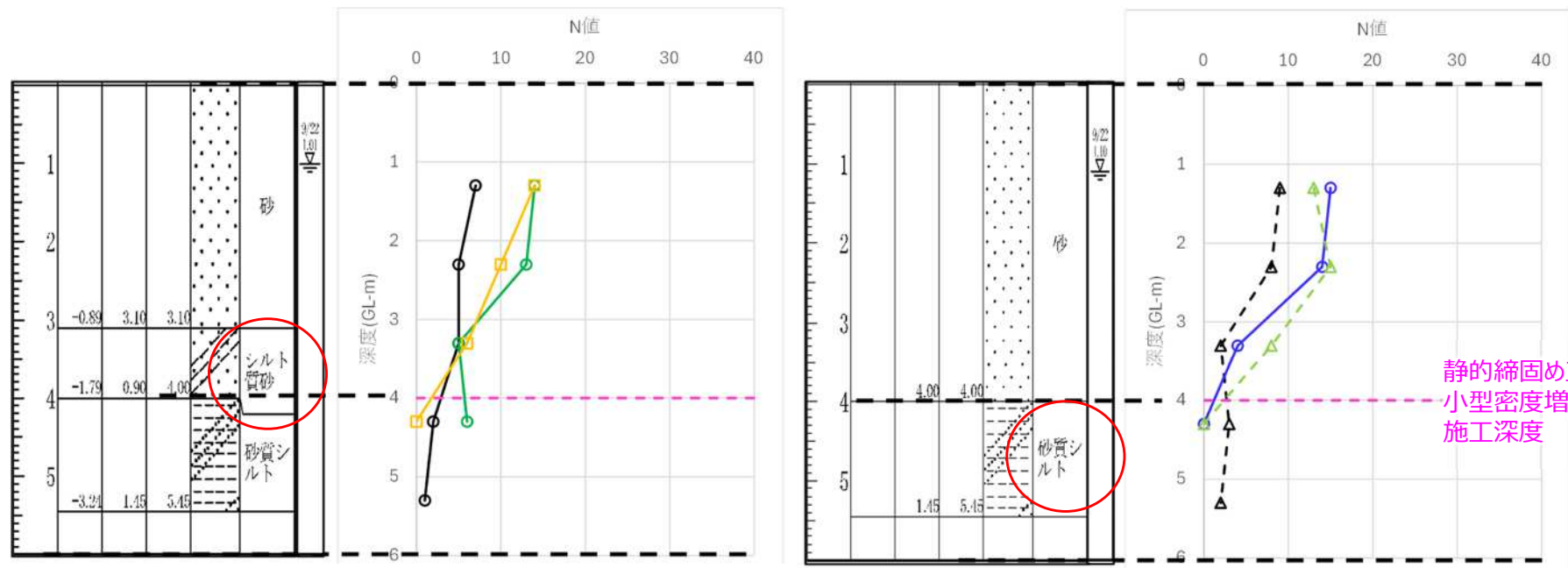
B-施工前 2



(8) 対策効果検証(エリアB)

○N値による対策効果検証

- ・静的締固め工法 : 改良範囲で概ねN値が増加したことを確認したが、シルト質砂の層付近のN値の増加は小さいものとなった。
- ・小型密度増大工法 : 改良範囲で概ねN値が増加したことを確認したが、シルト質砂・砂質シルト層付近のN値の増加は小さいものとなった。改良ピッチが狭くなるほどN値の増大効果が大きくなるという傾向は見られなかった。



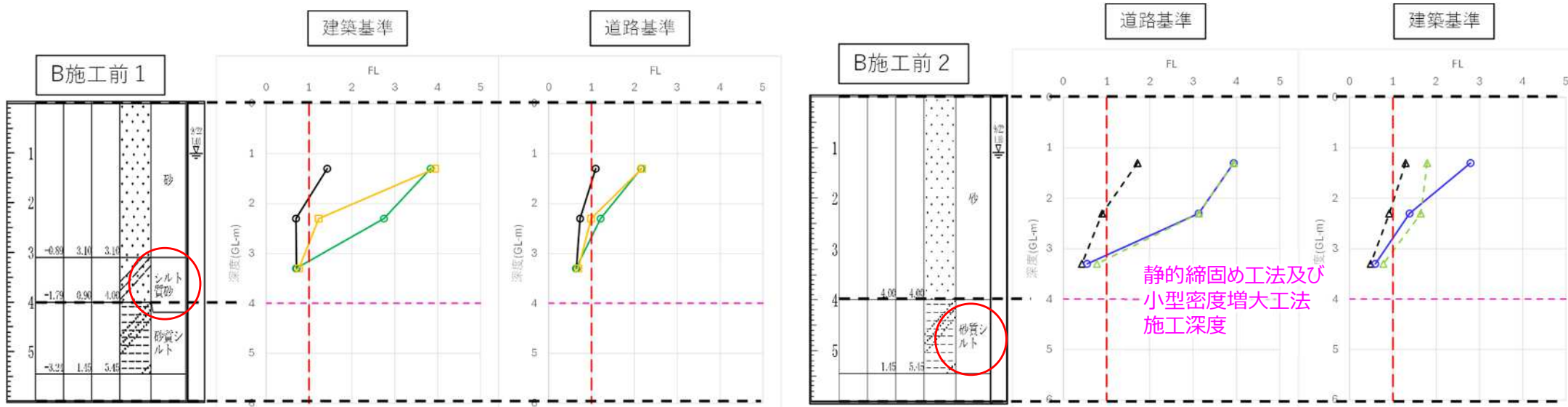
静的締固め工法及び
小型密度増大工法
施工深度



(8) 対策効果検証(エリアB)

○FL値による対策効果検証

- ・静的締固め工法 : 改良範囲でFL値が増加したことを確認したが、シルト質砂の層のFL値の増加はほとんどなかった。
- ・小型密度増大工法 : 改良範囲で概ねFL値が増加したことを確認した。シルト質砂や砂質シルト層付近のFL値の増加はほとんどなかった。改良ピッチが狭くなるほどFL値の増大効果が大きくなるという傾向は見られなかった。



(8) 対策効果検証(エリアB)

○設計値との比較 (静的締固め工法)

静的締固め工法は、「打戻し施工によるサンドコンパクションパイル工法 設計・施工マニュアル」(社団法人地盤工学会)で示される設計手法のうち、施工による地盤の盛上りも考慮された方法Dで設計した。

- エリアBでは、改良範囲全てで設計値よりも低い結果となった。

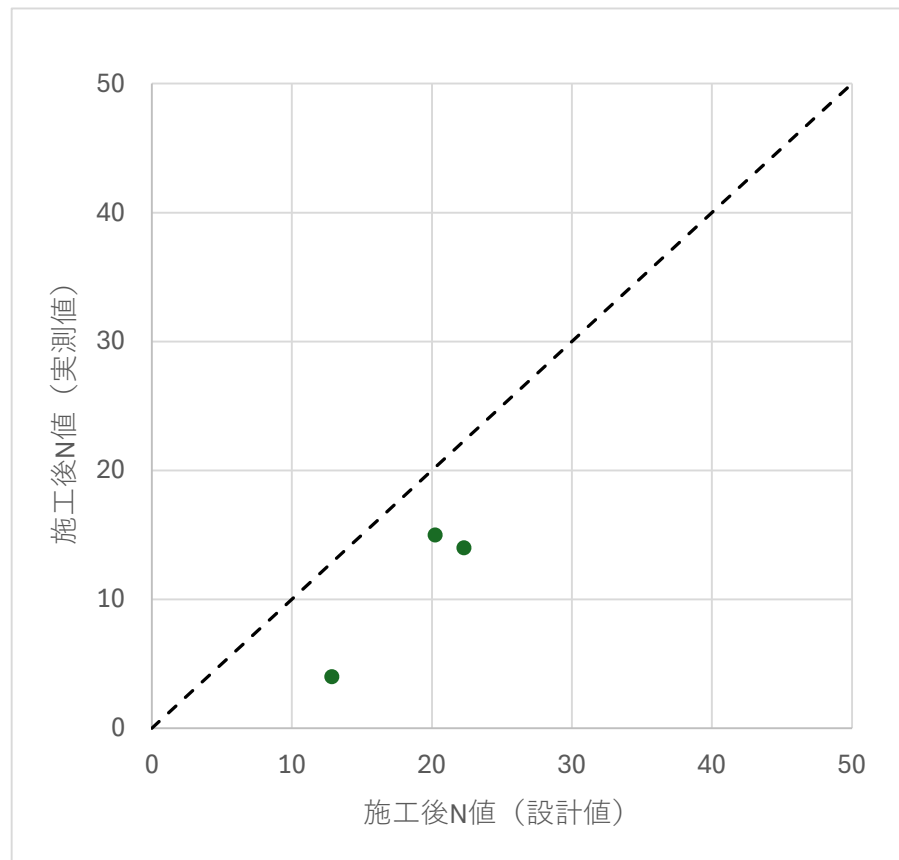


図 設計値-実測値比較

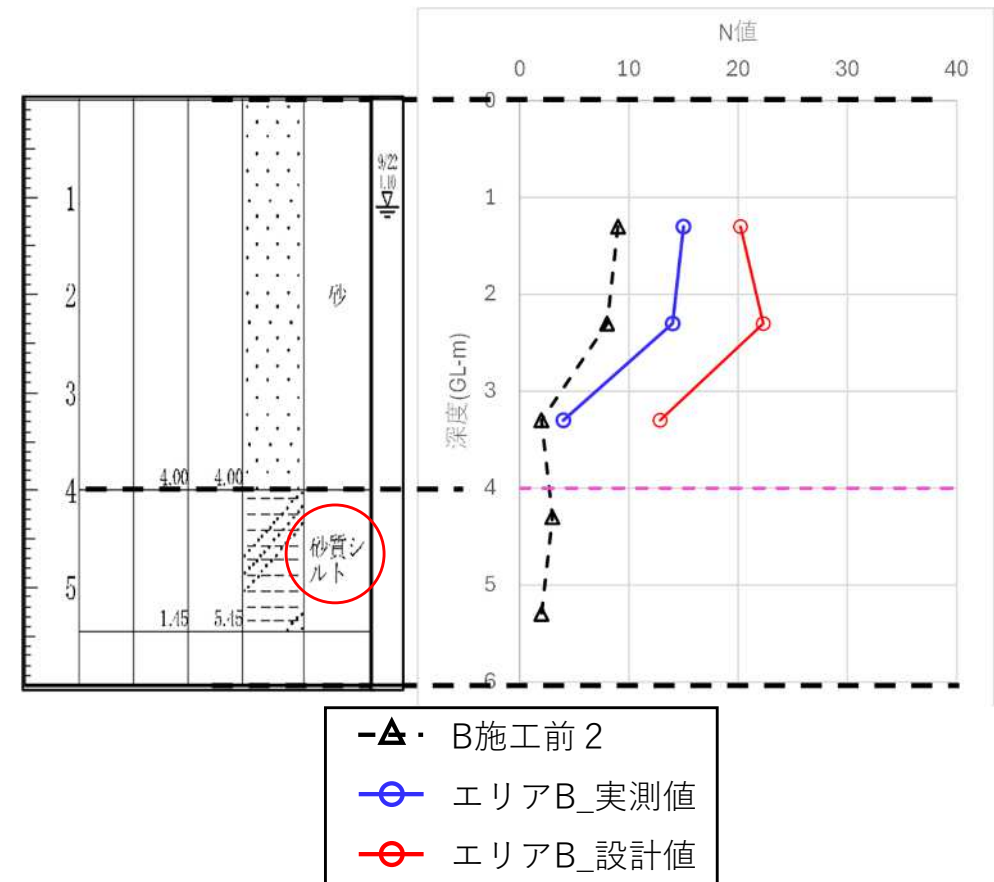


図 施工後N値深度分布



(8) 対策効果検証(エリアB)

○設計値との比較 (小型密度増大工法)

小型密度増大工法として想定したCDP工法 (液状化対策技術振興会) では、施工実績から整理された打設前N値と打設後N値の相関図を用いて経験則的に設計する手法となっている。この相関図と今回の施工結果を比較した。

- 0.8mピッチ (図中4D・赤線) の条件では工法実績の相関図と近い結果、1.0mピッチ (図中5D・緑線) の条件では工法実績の相関図より施工効果が大きい結果となった。なお、0.6mピッチ (図中3D) はバラつきが大きい結果となった。

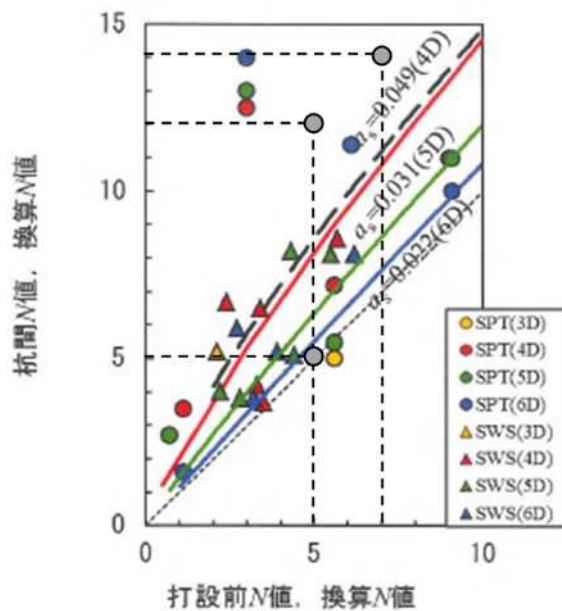


図 0.6mピッチ

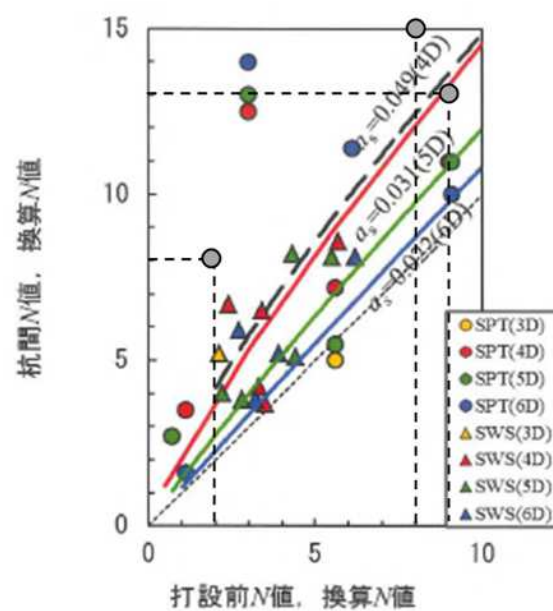


図 0.8mピッチ

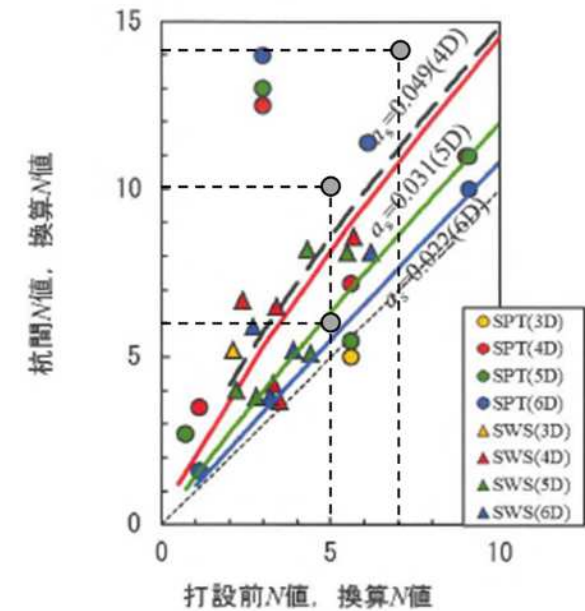


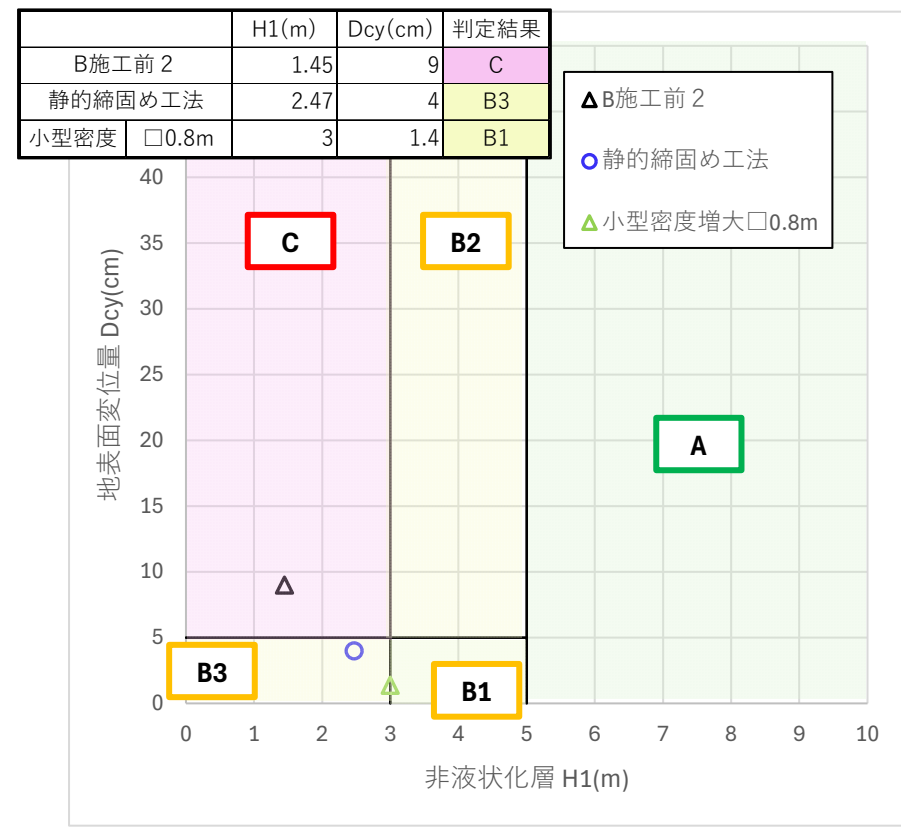
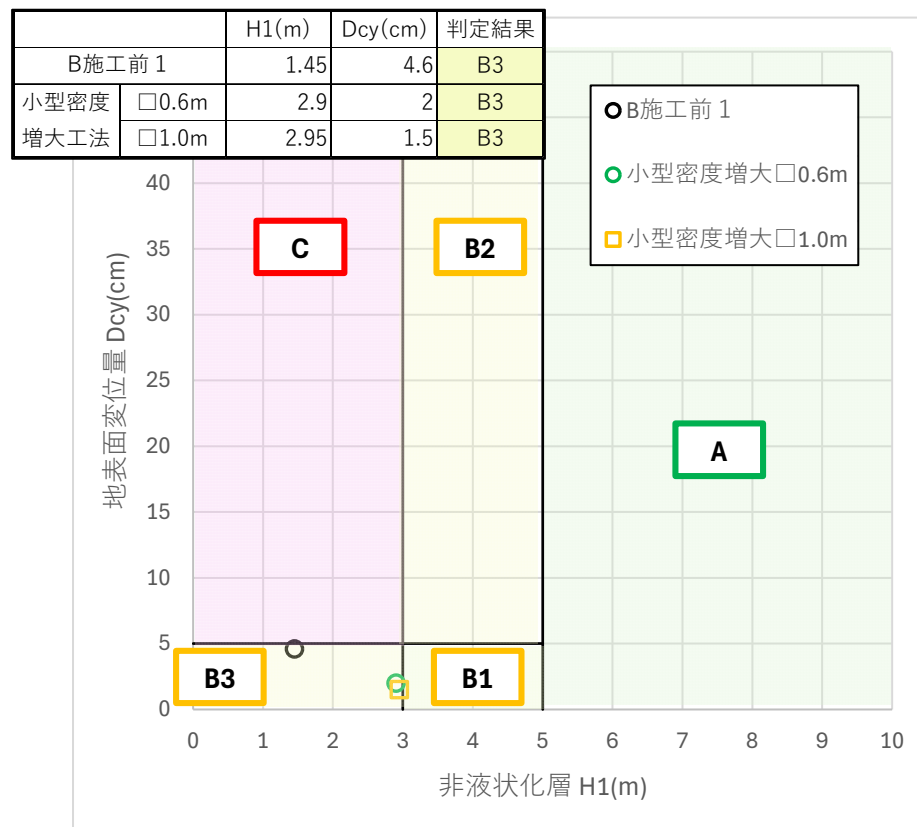
図 1.0mピッチ



(8) 対策効果検証(エリアB)

○地表面沈下量Dcyと非液状化層厚H1による判定（建築基準）

- 静的締固め工法では、**非液状化層厚H1が増加、地表面沈下量Dcyが減少し、「C」判定を抜けて「B3」判定になる**ことを確認した。
- 小型密度増大工法も、いずれの改良ピッチでも**非液状化層厚H1が増加、地表面沈下量Dcyが減少し、「C」判定を抜ける**ことを確認した。**改良ピッチ0.8mでは「B1」判定、改良ピッチ0.6mと1.0mで「B3」判定**となった。なお、小型密度増大工法（0.6m、1.0mピッチ）では施工前から「B3」判定だが、非液状化層厚H1が増加、地表面変位量Dcyが減少しており、同工法の改善効果があったと判断できる。
- 改良ピッチが狭くなるほどN値の増大効果が大きくなるという傾向は確認できなかった。**

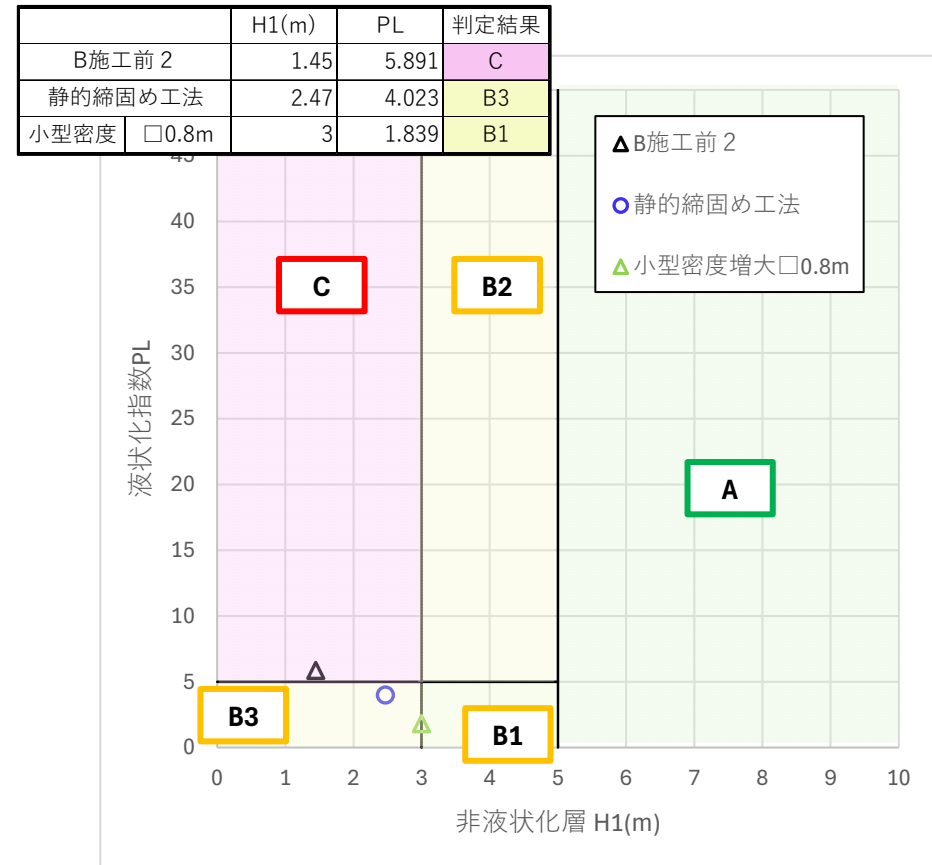
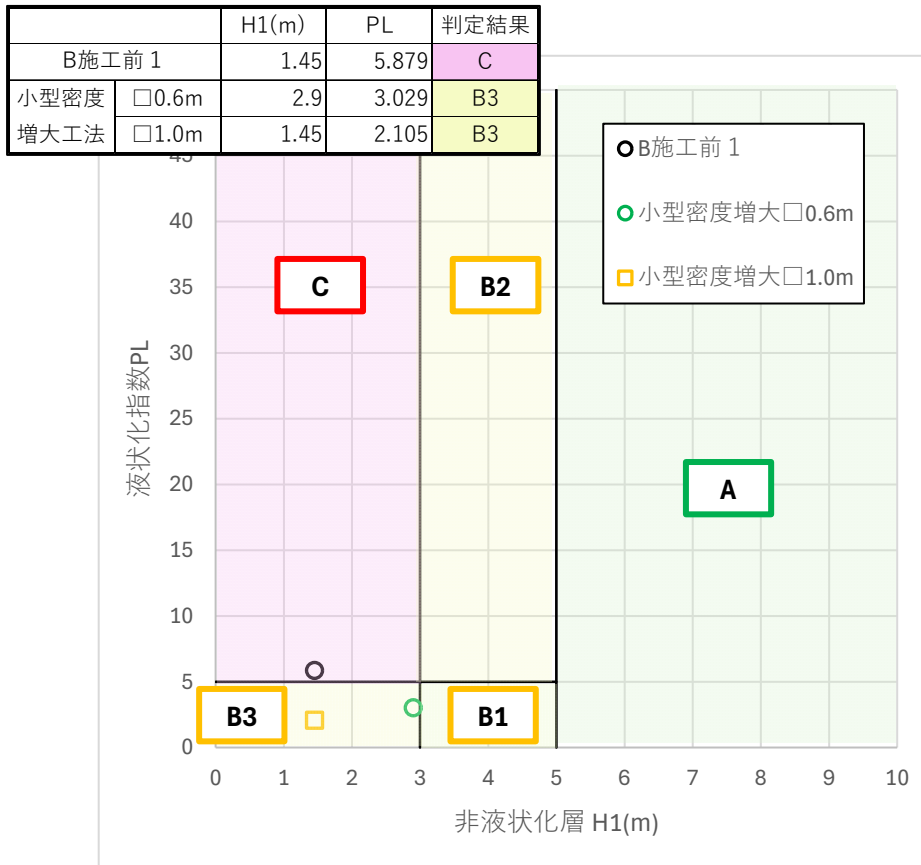




(8) 対策効果検証(エリアB)

○PL値と非液状化層厚H1による判定 (道路基準)

- 静的締固め工法では、**非液状化層厚H1が増加、PL値が減少し、「C」判定を抜けて「B3」判定になることを確認した。**
- 小型密度増大工法も、いずれの改良ピッチでも**非液状化層厚H1が増加、PL値が減少し、「C」判定を抜けることを確認した。改良ピッチ0.8mでは「B1」判定、改良ピッチ0.6mと1.0mで「B3」判定**となった。
- 改良ピッチが狭くなるほどN値の増大効果が大きくなるという傾向は確認できなかった。**





(9)地盤改良工法 実験結果まとめ

○地盤改良工法の対策効果は、次のようにまとめられる。

実証実験で確認したい事項	エリアA	エリアB
<p>【液状化対策効果】 ① 静的締固め工法</p>	<p>効果あり</p> <ul style="list-style-type: none"> ※ 施工機械の能力により最大深度8.5m ※ 簡易液状化判定 建築基準：「C」判定 → 「A」判定 道路基準：「C」判定 → 「B3」判定 ※ 実測のN値も設計値と同等以上 	<p>効果あり</p> <ul style="list-style-type: none"> ※ 施工機械の能力により最大深度8.5m ※ 簡易液状化判定 建築基準：「C」判定 → 「B3」判定 道路基準：「C」判定 → 「B3」判定 ※ 但し、実測のN値は設計値より低いいため留意が必要
<p>【液状化対策効果】 ② 小型密度増大工法</p>	<p>適用にあたり留意が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ※ 施工機械の能力により最大深度6m ※ 簡易液状化判定 建築基準：改良ピッチ0.8m以下で、「C」判定 → 「B3」判定 道路基準：いずれの改良ピッチでも「C」判定のまま ※ 改良ピッチが狭くなるほどN値の増大効果が大きくなる傾向はみられない ※ 上記より、<u>同工法を適用するにあたっては留意が必要</u> 	<p>適用にあたり留意が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ※ 施工機械の能力により最大深度6m ※ 簡易液状化判定 建築基準：改良ピッチ0.8mで「C」判定 → 「B1」判定 改良ピッチ0.6m・1.0mで「C」判定 → 「B3」判定 道路基準でも同様 ※ 改良ピッチが狭くなるほどN値の増大効果が大きくなる傾向はみられない ※ 上記より、<u>同工法を適用するにあたっては留意が必要</u>



(9)地盤改良工法 実験結果まとめ

○地盤改良工法の対策効果は、次のようにまとめられる。

実証実験で確認したい事項	エリアA	エリアB
【周辺影響】 ③ 地盤変位 (静的締固め工法) ※参考資料参照	軽微 ※ 杭からの離隔：2.5m 鉛直／水平：7mm／16mm (注：杭間1.4mの結果)	軽微 ※ 杭からの離隔：2.5m 鉛直／水平：5mm／6mm (注：杭間1.4mの結果)
【周辺影響】 ④ 地盤変位 (小型密度増大工法) ※参考資料参照	軽微 ※ 杭からの離隔：2.5m 鉛直：1mm (注：杭間1.0mの結果)	軽微 ※ 杭からの離隔：2.5m 鉛直：-10mm (注：杭間1.0mの結果)
【周辺影響】 ⑤ 騒音・振動 (静的締固め工法) ※参考資料参照	基準値未満 ※ 杭からの離隔：5m 騒音／振動：82dB／59dB ※ 特定建設作業に関する規制基準 (騒音／振動：85dB／75dB)	基準値未満 ※ 杭からの離隔：5m 騒音／振動：84dB／57dB ※ 特定建設作業に関する規制基準 (騒音／振動：85dB／75dB)
【周辺影響】 ⑥ 騒音・振動 (小型密度増大工法) ※参考資料参照	基準値未満 ※ 杭からの離隔：5m 騒音／振動：79dB／55dB ※ 特定建設作業に関する規制基準 (騒音／振動：85dB／75dB)	基準値未満 ※ 杭からの離隔：5m 騒音／振動：78dB／52dB ※ 特定建設作業に関する規制基準 (騒音／振動：85dB／75dB)