

第3回広島市下水道工事事故調査検討委員会

説明資料

令和8年3月31日

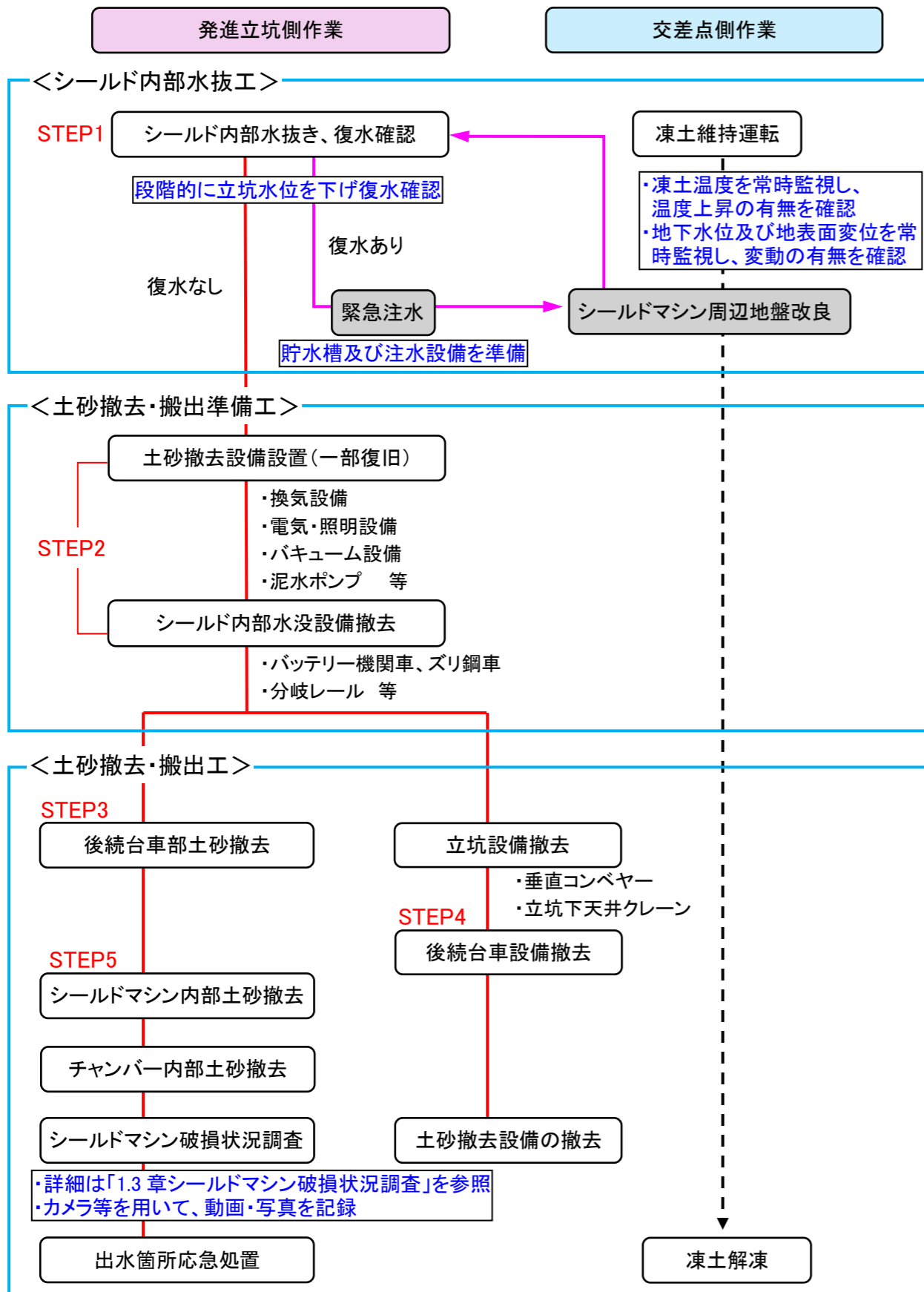
－ 目 次 －

1. シールドマシン内部の調査計画について	
1. 1 シールドマシン内部の調査フロー	1
1. 2 シールドマシン内部の調査施工ステップ	1
1. 3 シールドマシン破損状況調査	3
2. 地盤沈下の状況と対策について	
2. 1 計測結果	6
2. 2 地表面沈下の要因分析	10
2. 3 今後の沈下予測	15
2. 4 追加対策について	18
2. 5 今後の対応	19

1. シールドマシン内部の調査計画について

1.1 シールドマシン内部の調査フロー

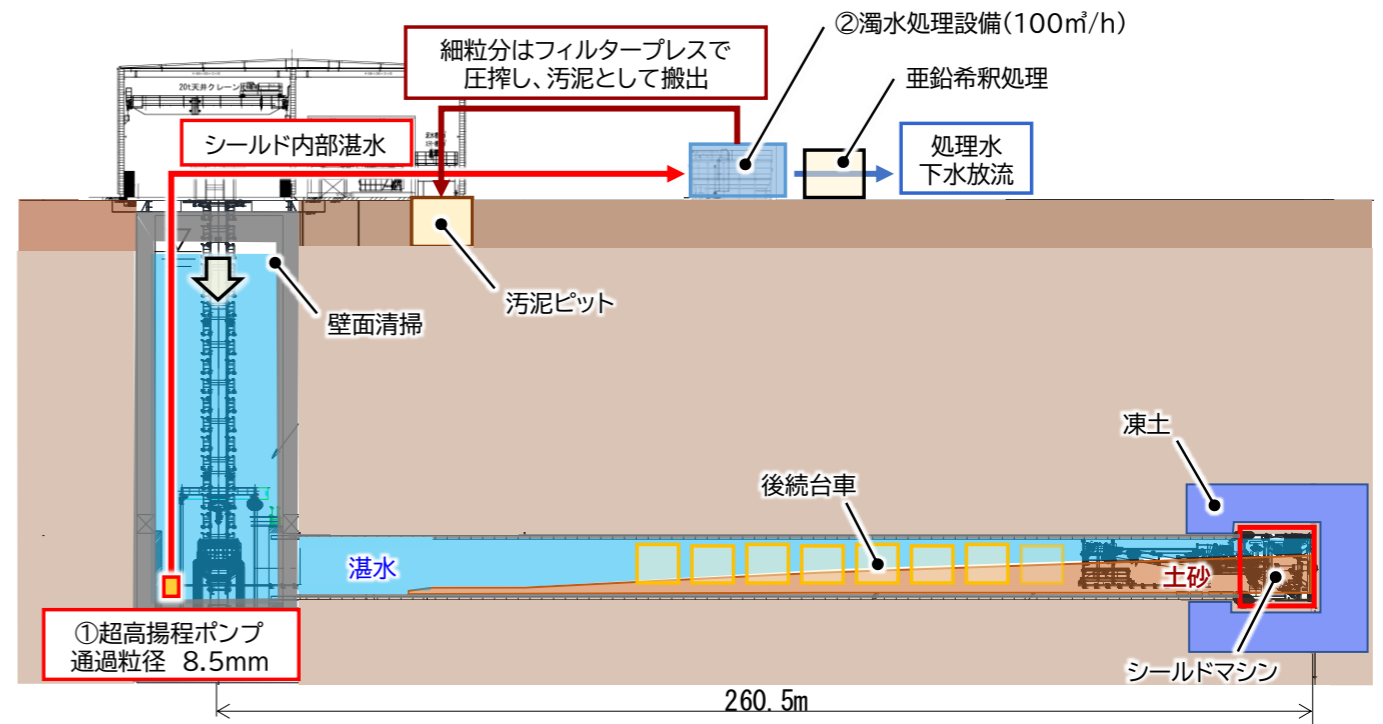
シールドマシン内部の調査は、以下のフローに従い実施する。



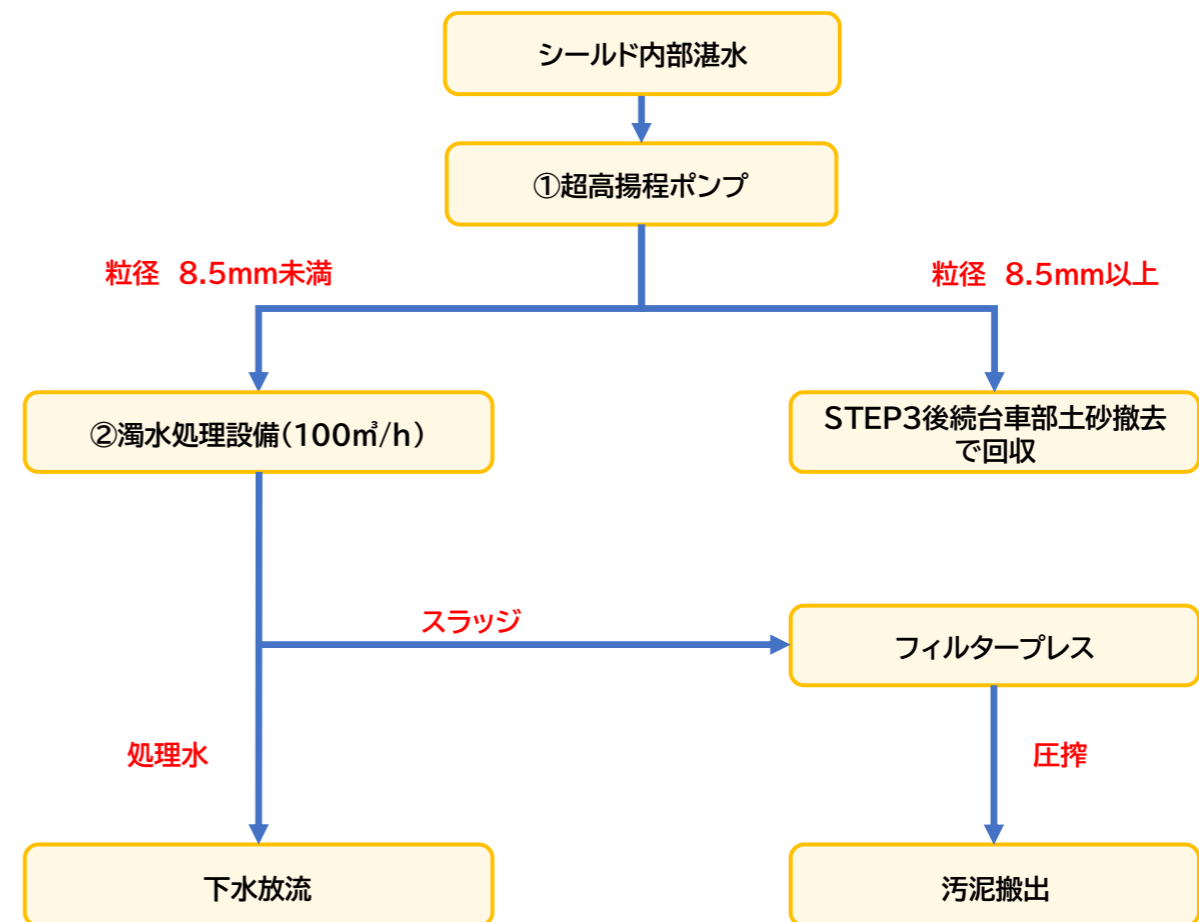
1.2 シールドマシン内部の調査施工ステップ

以下に、シールドマシン内部の調査について、施工ステップを示す。

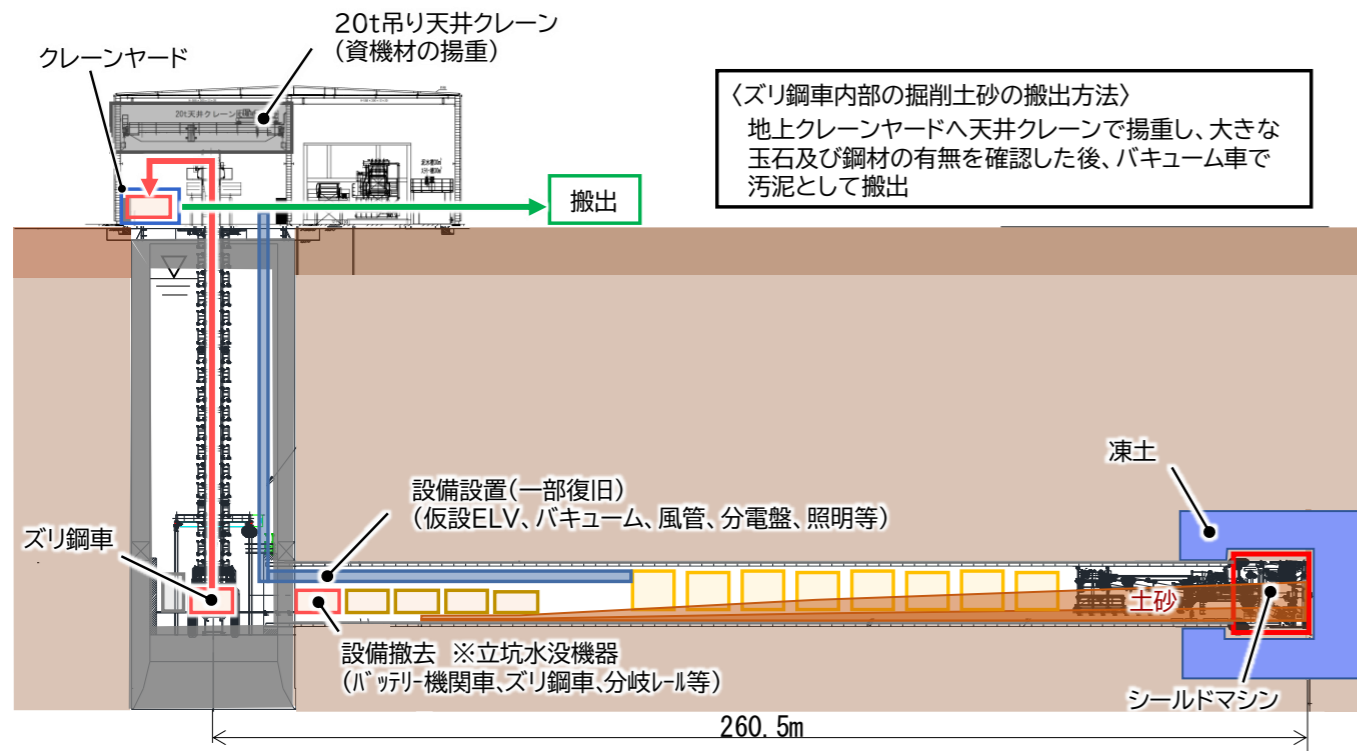
【STEP1：シールド内部水抜き】



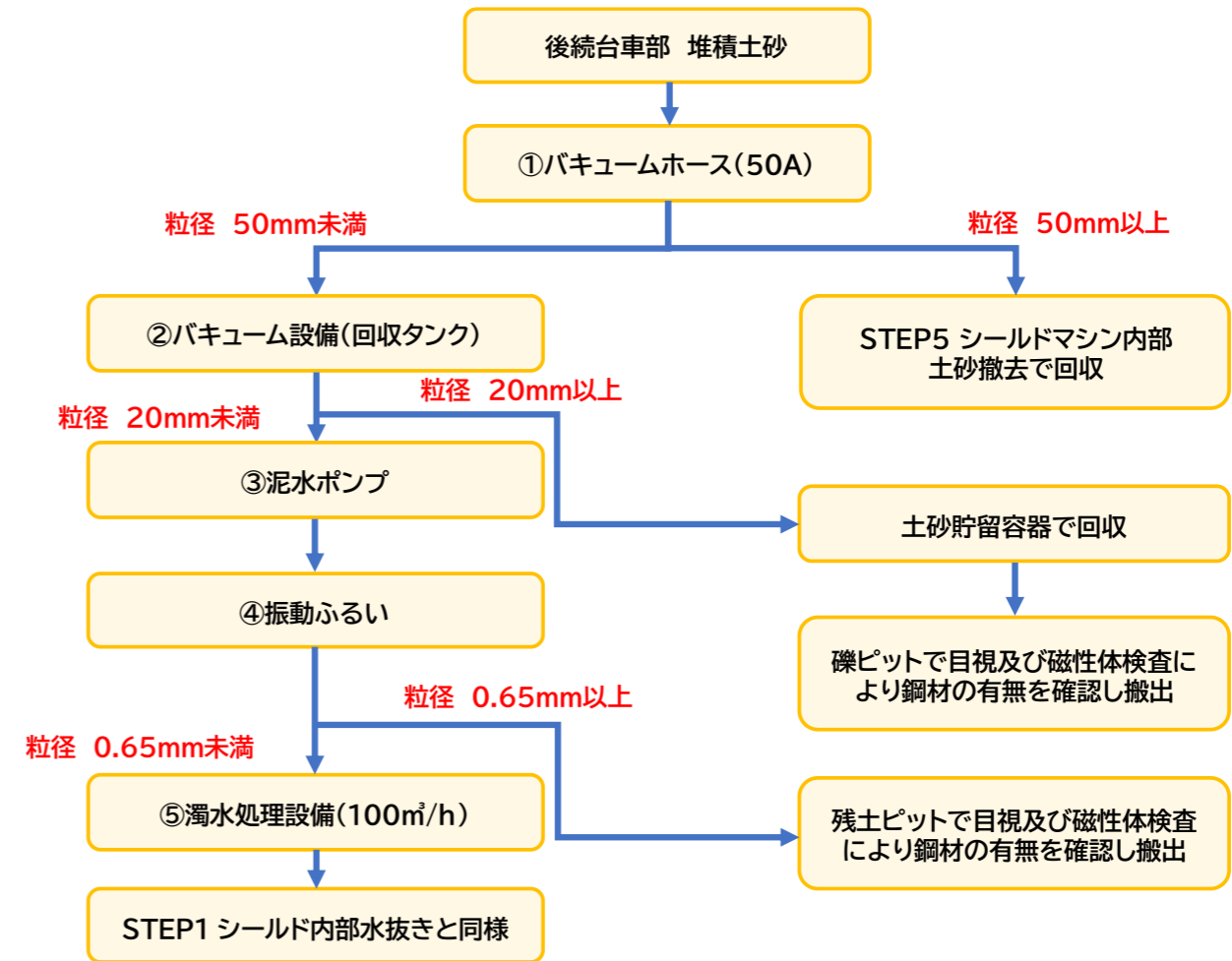
【STEP1 分級フロー図】



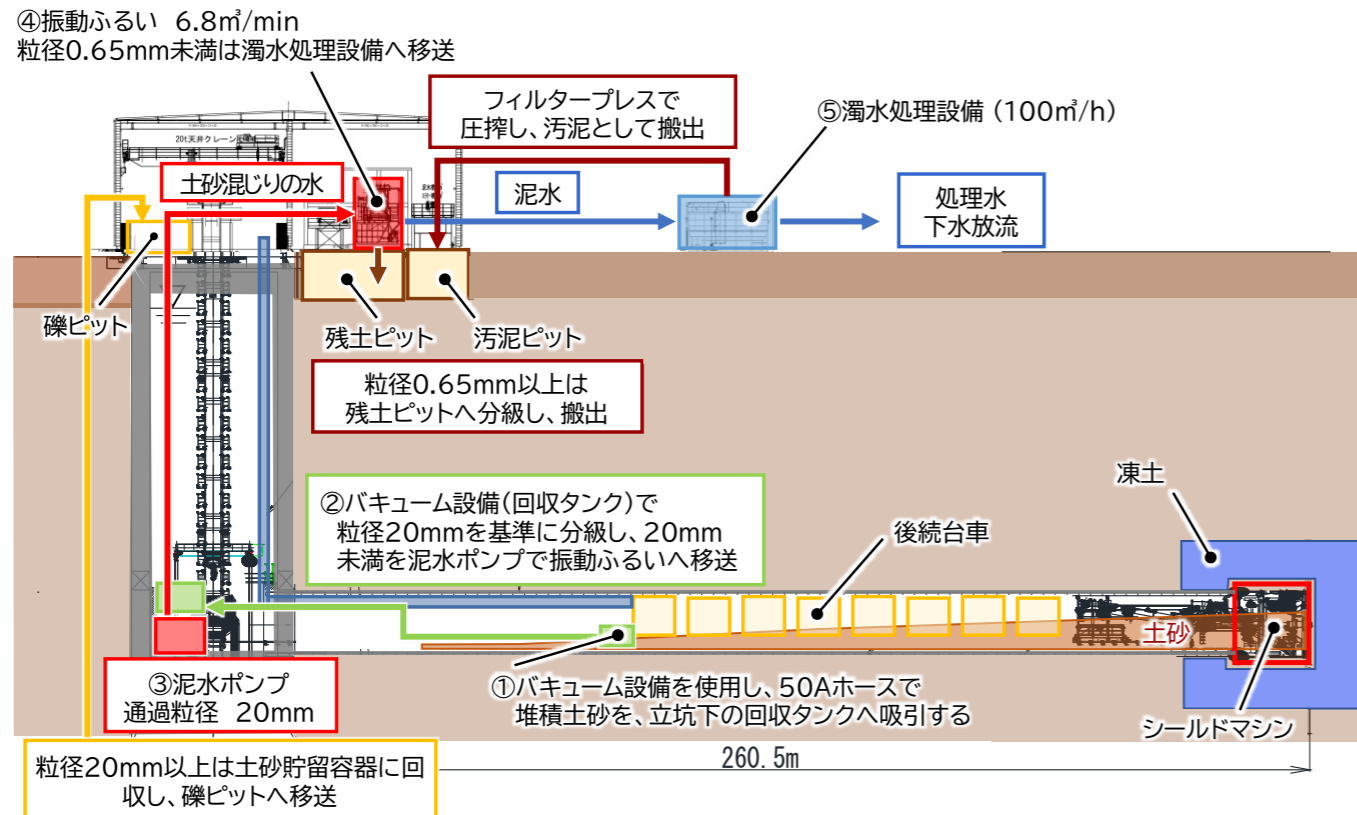
【STEP2：土砂撤去設備設置及びシールド内部水没設備撤去】



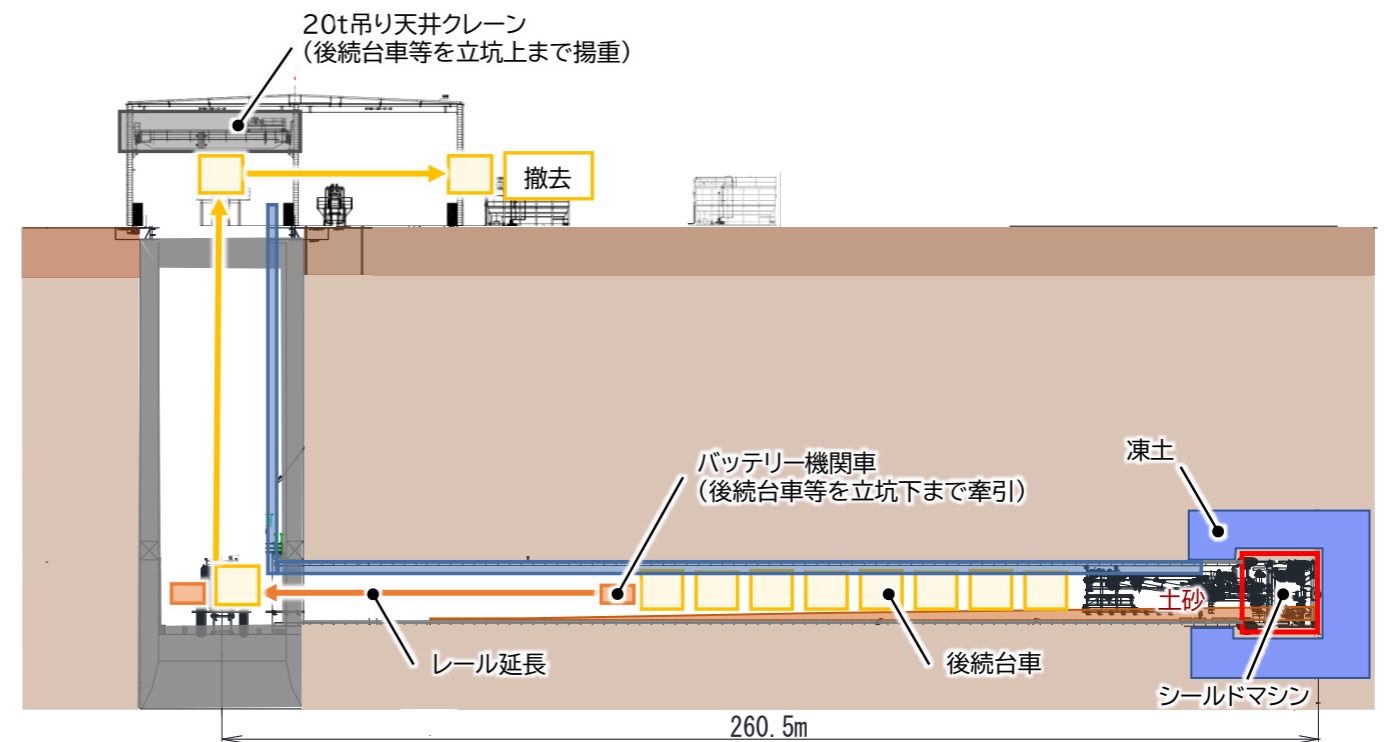
【STEP3 土砂分級フロー図】



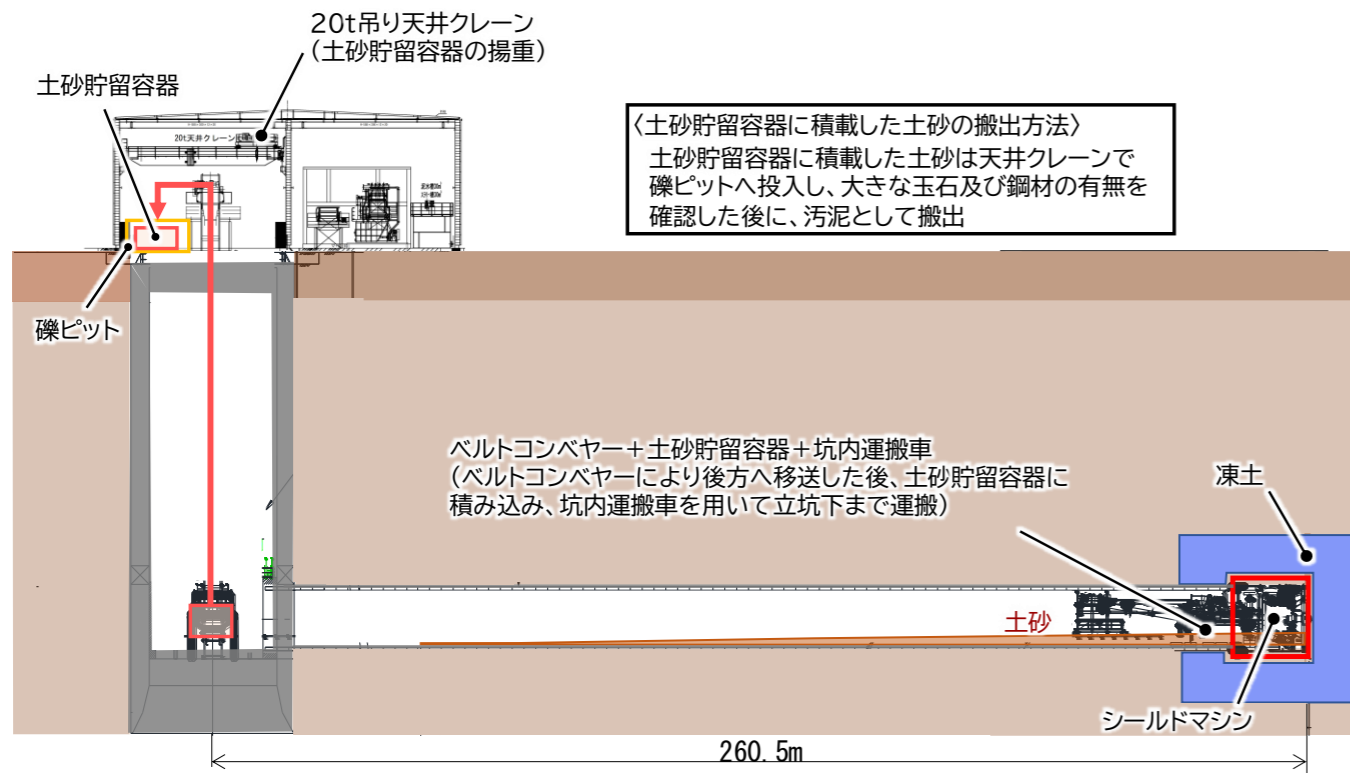
【STEP3：後続台車部土砂撤去】



【STEP4：後続台車設備撤去】



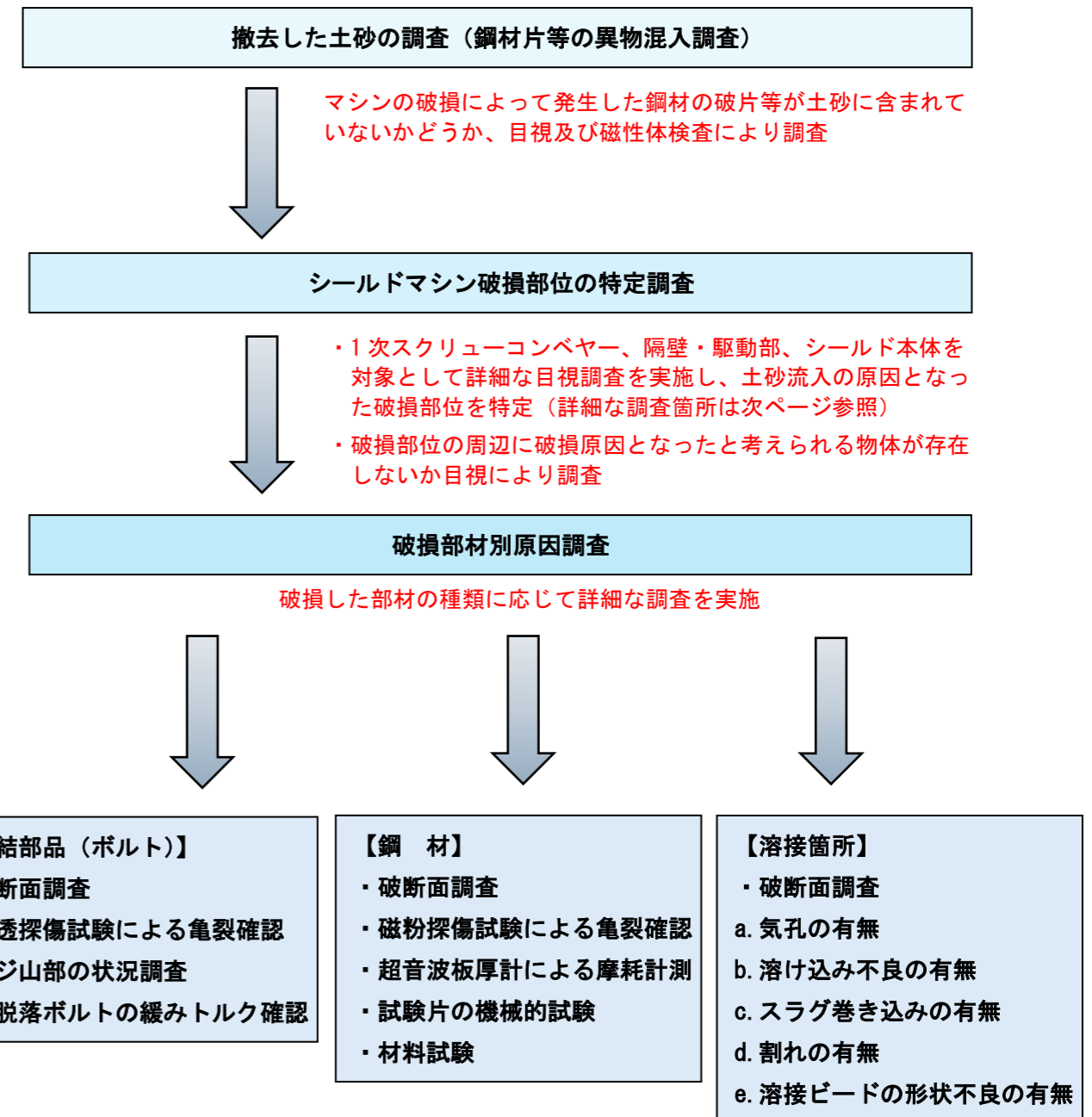
【STEP5：シールドマシン内部土砂撤去】



1. 3 シールドマシン破損状況調査

(1) シールドマシン破損状況調査フロー

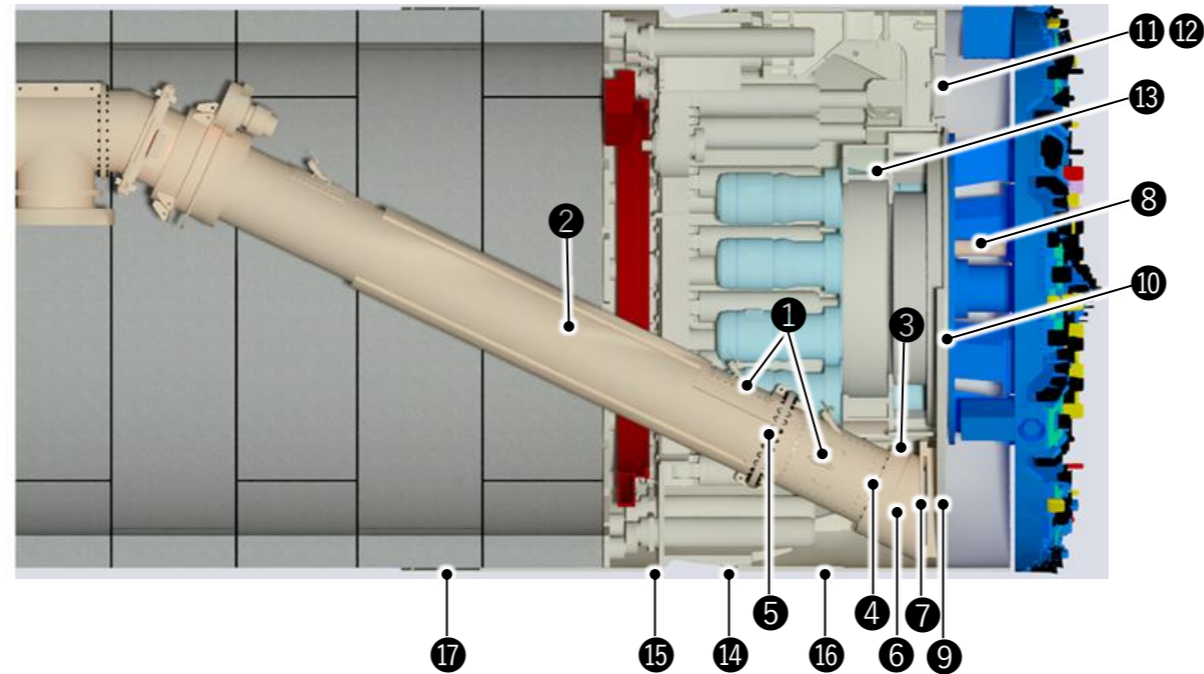
シールドマシンの破損状況の調査は、以下のフローに従い実施する。



上記フローにて調査を実施し、原因が判明しない場合は、追加調査を検討する。

(2) シールドマシン破損部位の特定調査

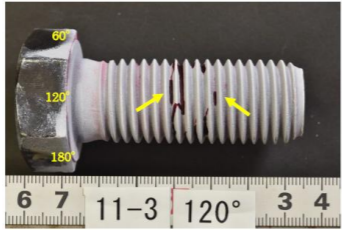
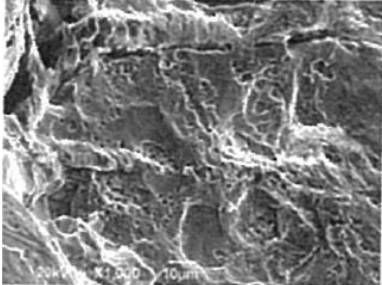
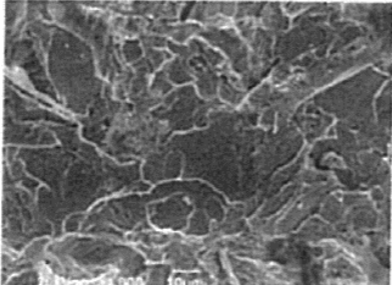
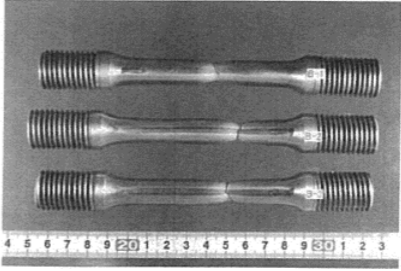
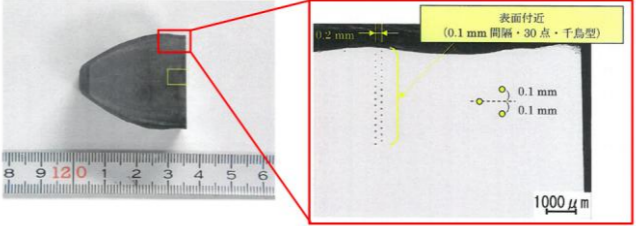

以下の調査箇所において、詳細な目視調査を実施し、土砂流入の原因となった破損部位の特定を行う。



	調査箇所			調査内容
	部位	部材	分類	
①	1次スクリー コンベア	開口部蓋ボルト	ボルトの破損	ボルトが破断・脱落し、蓋がずれて開口が出来ていないか確認する
②		開口部ケーシング	鋼材の破損	ケーシングが変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する
③		球面座抑えフレーム	鋼材の破損	球面鋼材が変形し、開口が出来ていないか確認する
④		球面座抑え部ボルト	ボルトの破損	ボルトが破断・脱落し、球面座が外れて開口が出来ていないか確認する
⑤		ケーシング接続部ボルト	ボルトの破損	ボルトが破断・脱落し、フランジ間に開口が出来ていないか確認する
⑥		口元下部ケーシング	鋼材の破損 溶接部の破損	ケーシング鋼材が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑦		ゲート取付部	鋼材の破損 溶接部の破損	スキンプレーートの鋼材が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑧	隔壁・駆動部	固定攪拌翼	鋼材の破損 溶接部の破損	固定攪拌翼の根元（隔壁の鋼材）が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑨		隔壁下部	鋼材の破損 溶接部の破損	隔壁の鋼材が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑩		その他（2Bバルブ・土圧計）	ボルトの破損 鋼材の破損 溶接部の破損	ボルトが破断・脱落し、フランジ間に開口が出来ていないか確認する 機器取付部が変形し開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑪		マンホール板	鋼材の破損 溶接部の破損	マンホール板の鋼材が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑫		マンホール取付ボルト	ボルトの破損	ボルトが破断・脱落し、マンホールに開口が出来ていないか確認する
⑬		駆動部	土砂シールの破損	土砂シールの摩耗など駆動部に異常はないか確認する
⑭	シールド本体	前胴中折れブロックフレーム	鋼材の破損 溶接部の破損	中折れシール取付部の鋼材が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑮		後胴中折れブロックフレーム	鋼材の破損 溶接部の破損	中折れ球面部の鋼材が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑯		前胴外殻下部	鋼材の破損 溶接部の破損	スキンプレーートの鋼材が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する 溶接部の剥離など溶接部に異常はないか確認する
⑰		テール付近	鋼材の破損	テールブラシ取付部のスキンプレーートの鋼材が変形もしくは摩耗し、開口が出来ていないか確認する

(3) 鋼材とボルトの調査内容

鋼材とボルトの調査内容を以下に示す。

調査項目	調査方法	要 点	実施箇所	調査項目	調査方法	要 点	実施箇所
損傷プロセス 破断荷重の形態	外観目視 (観察)	鋼材：現地にて損傷部を確認し、荷重の受けた方向や、損傷の進展方向を考察する。 ボルト：現地にて損傷部のボルトの破断、脱落、緩み等を確認する。	現地	材料の特性	化学分析 引張試験 硬さ試験 衝撃試験	試験結果から材料がJISの規格内か確認する。 鋼材については本体から切り出して機械試験片を製作、試験する。 ボルトについては機械試験片を製作、試験する。 ※ボルトサイズにより試験片を作成できず、検査できない場合あり。	検査会社
破壊形態	超音波板厚	想定外の異常摩耗が生じていないか、損傷部の鋼材について超音波板厚計で板厚計測を行う。	現地				
	外観確認 (MT、PT)	鋼材：現地にて損傷部付近の磁粉探傷試験 (MT) を行い、目視で確認出来ない亀裂が入っていないかを確認する。 ボルト：ボルトを回収し、浸透探傷試験 (PT) を行い、ボルトの割れの有無を確認し、想定外の荷重が加わっていないかを確認する。 	鋼材：現地 ボルト： 検査会社				
破断面観察	破断面観察を行い、破壊の形態 (延性、脆性等) を考察する。 マクロ観察：目視～20倍程度、SEM (走査型電子顕微鏡) 観察：～1000倍程度 鋼材については損傷部を本体から切り出し試験片を作成する。 <延性破壊の要因例> ・想定外荷重が作用した際の塑性変形 (引張・曲げ・せん断) <脆性破壊の要因例> ・極めて急激な衝撃 ・き裂などによる極端な応力集中 (・低温環境下での靱性低下) ※高強度ボルトは硬い代わりに靱性 (延性) が低下するため、脆性破壊が生じやすい傾向有	検査会社					
		 図2 SEM観察の参考 (延性破壊面)				 図3 SEM観察の参考 (脆性破壊面)	
						 図4 引張試験後の参考	
						 図5 硬さ試験の参考 (ピッカース硬さ)	
						 図6 シャルピー衝撃試験器 (株式会社IHI検査計測HPより)	

2. 地盤沈下の状況と対策について

2.1 計測結果 (1) 地表面沈下の計測結果

民家の沈下計測結果を、陥没中心からの距離でグループ色分けし、想定沈下曲線と対比して図2.1に示す。なお、長期沈下傾向を考察するため、計測開始日が異なる計測結果は、計測開始日を2024/11に合わせて補正している。結果、R(半径)50mより遠方の計測点は、沈下速度がほぼ0となっている。R40m近傍～R50mの計測点では沈下速度が0に近づいている。

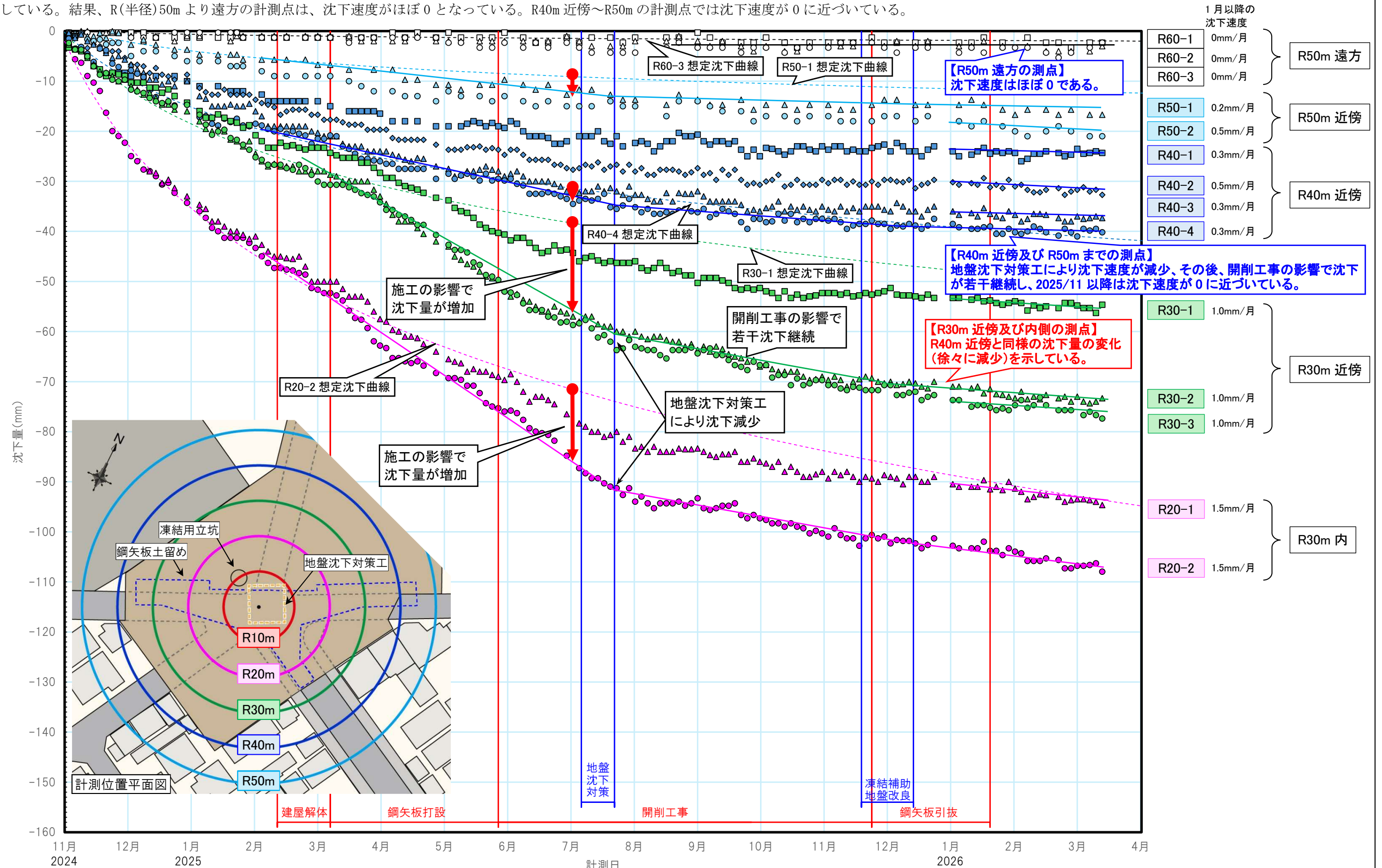


図2.1 沈下計測結果及びその所見 (民家計測)

次に、ヤード内の地表面の計測結果を、陥没中心からの距離でグループ分けし、想定沈下曲線と対比して図 2.2 に示す。長期沈下傾向を考察するため、計測開始日が異なる計測結果は、計測開始日を 2024/11 に合わせて補正している。結果、この範囲は工事影響による沈下が大きく明確に断定はできないが、R30m 内の計測全測点において沈下傾向にある。

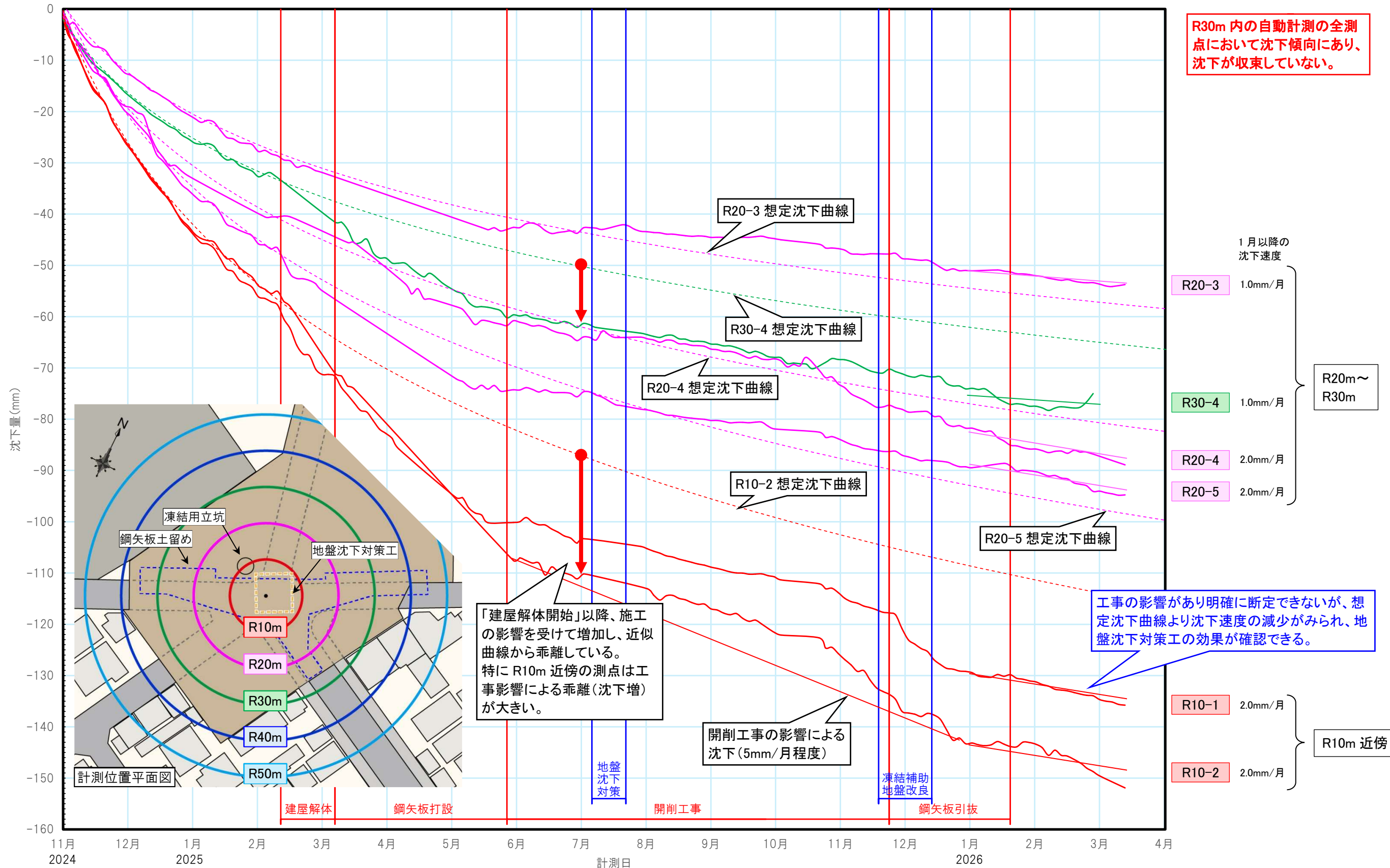


図 2.2 沈下計測結果及びその所見 (ヤード内計測)

(2) 層別沈下計の計測結果

陥没中心から半径 10m、20m、30m 地点に層別沈下計を設定して各土層の沈下速度を想定した。層別沈下計の設置概要を図 2.3 に示す。地盤沈下対策工による影響を考慮して、対策工終了後の 2025/7 末を起点とした変位量（+側：隆起、-側：沈下）の経時変化を図 2.4 に示し、その所見を列記する。

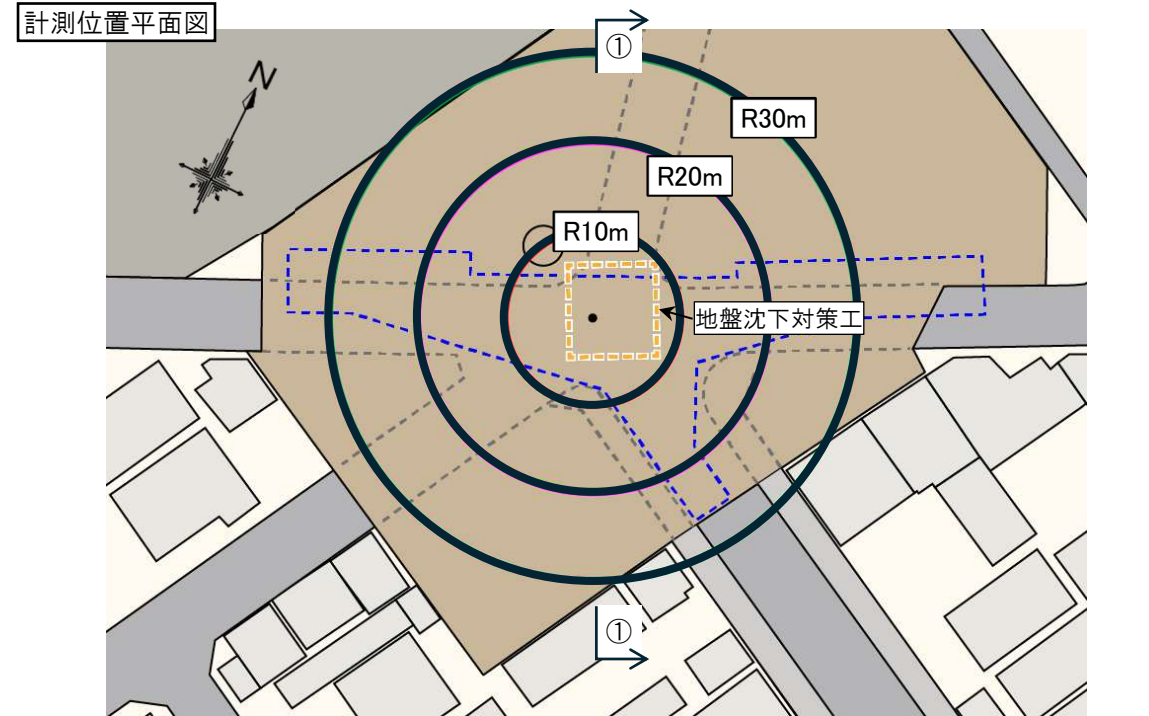


図 2.3 層別沈下計の設置概要図

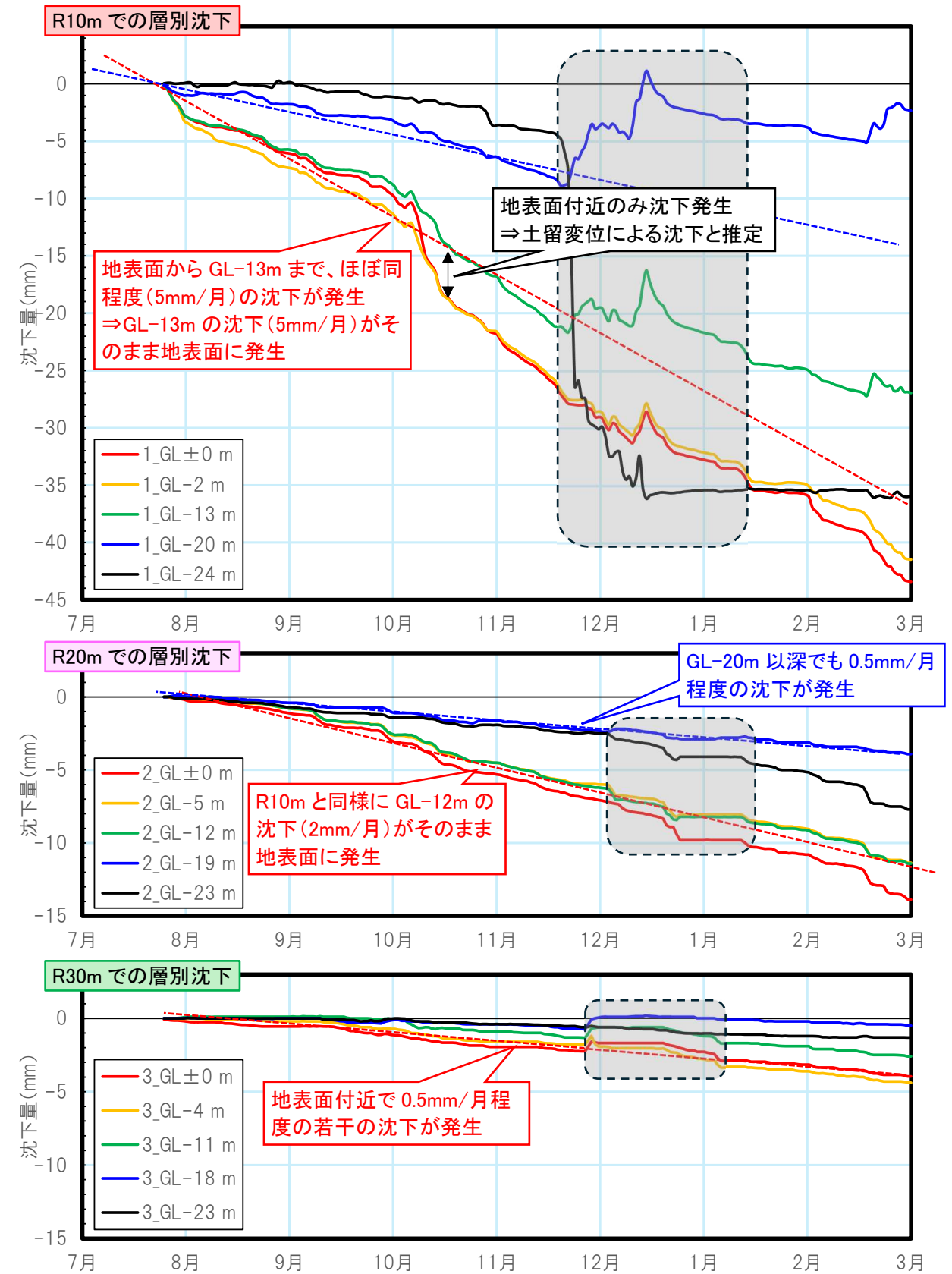


図 2.4 層別沈下計計測結果及びその所見

この結果より、GL 付近と GL-10m 付近の沈下速度の差は比較的小さく、GL-10m 以深の沖積粘性土層で沈下速度の差が生じていることが分かる。このため、地表面の土層よりも沖積粘性土層での沈下が顕著であると判断できる。

(3) 計測結果のまとめ

各計測点の沈下計測結果より、当初(2025/2)の想定沈下速度と現状(2026/2)の沈下速度を図 2.5 及び表 2.1 に示す。

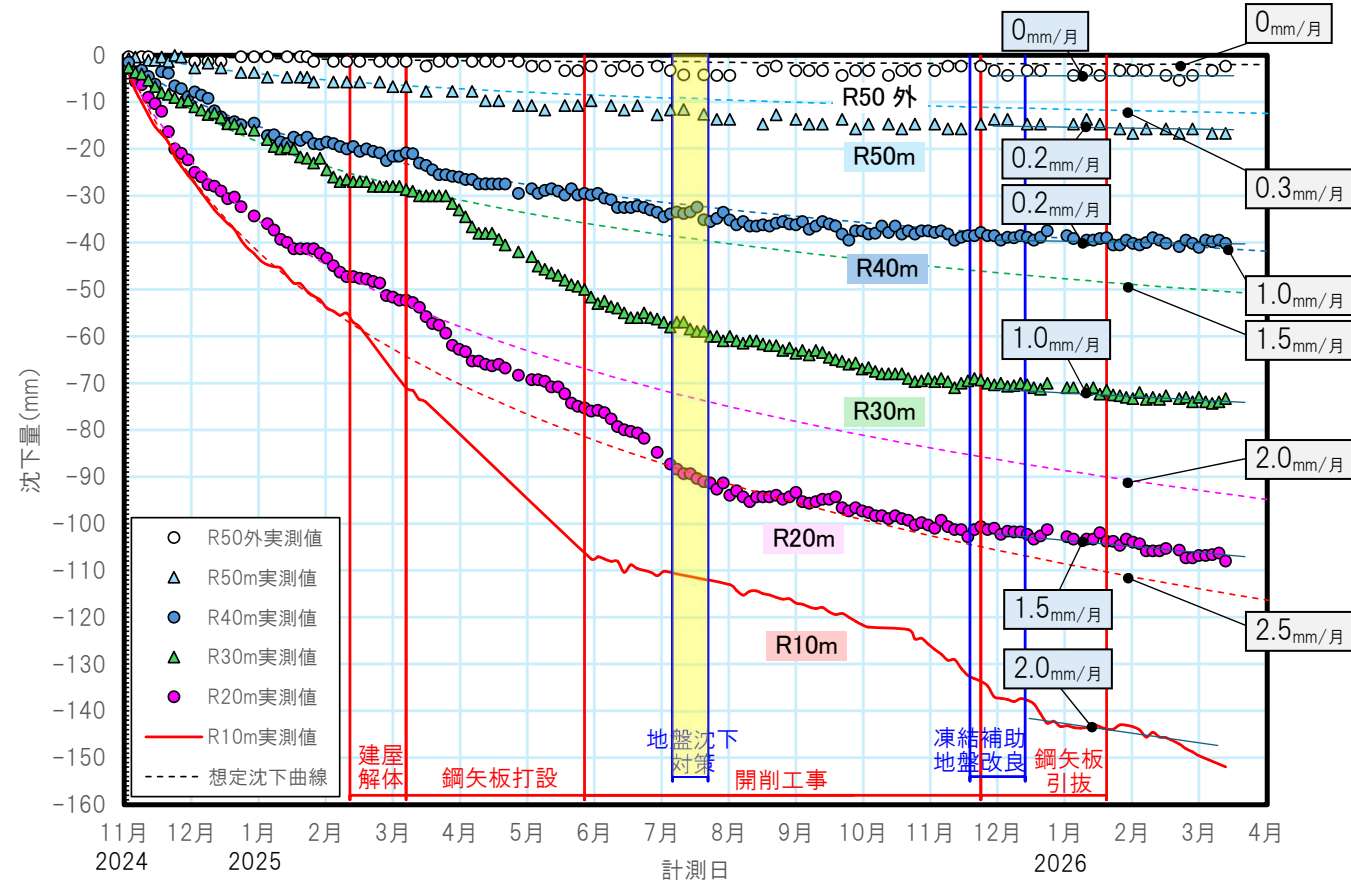


図 2.5 地表面沈下計測結果

表 2.1 各計測点での沈下量

計測位置	当初(2025/2) 想定沈下速度(mm/月)*	現状(2026/2) 沈下速度(mm/月)	考察
R50m 以上	0	0	沈下が確認されていない。
R50m	0.3	0.2	地盤沈下対策工により、当初想定より沈下速度が減少している。
R40m	1.0	0.2	R40m より外側の計測点の沈下は収束傾向にある。
R30m	1.5	1.0	地盤沈下対策工により、当初想定より沈下速度は減少しているものの収束には至っていない。1~2mm/月程度の沈下が継続している。
R20m	2.0	1.5	
R10m	2.5	2.0	

*2025/2 時点(地盤沈下対策工前)での近似式より 2026/2 時の沈下速度を想定

以上より、「施工済みの地盤沈下対策工」による周辺民家の沈下抑制効果が確認できる。

次に、下の想定地層断面図に層別沈下計の計測結果を明示し、その所見を示す。

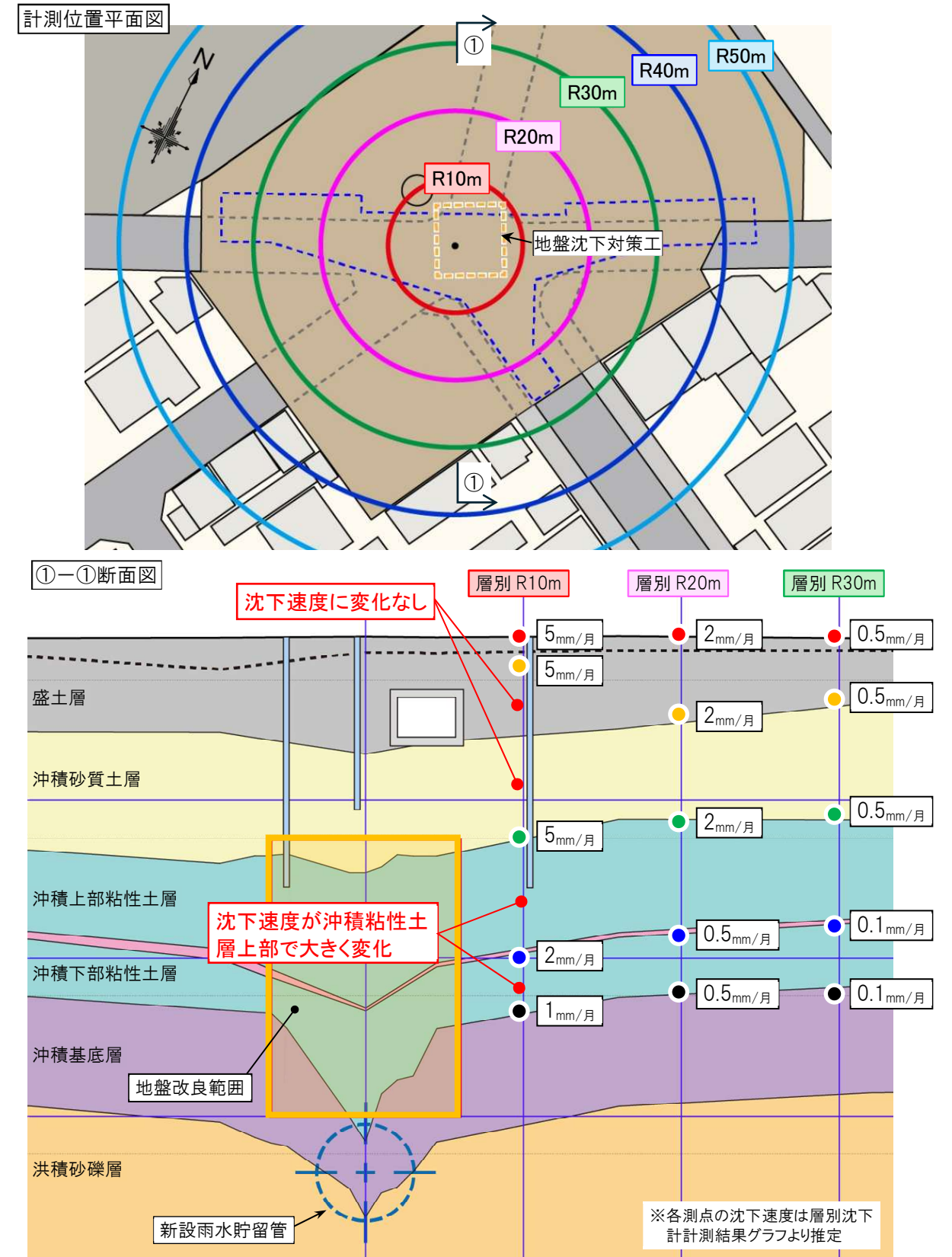


図 2.6 層別沈下計測結果

以上より、地盤沈下対策工周辺の沖積粘性土層において沈下が継続しており、その要因について検討が必要である。

2.2 地表面沈下の要因分析

(1) 圧密未了領域による地表面沈下

2.1の層別沈下計の計測結果から、沖積粘性土層の沈下が継続しているため、圧密未了領域の追加調査を実施した。

調査は、図2.7の13地点でボーリングしてサンプリングを行い、室内土質試験を実施して圧密降伏応力と地中応力の関係図より圧密未了状態の有無を確認した。

沈下挙動および層別沈下計との対比のために追加調査箇所はB通り、E通りとした。

なお、北側については再構築物が杭基礎と想定され、仮に圧密未了領域が残存していた場合も実施済の地盤改良体に遮られ、南側民地への影響は抑制されることが想定されるため、今回は調査対象外としている。

図2.8、図2.9に示す室内土質試験の結果から、以下のことが分かる。

- ・ 沖積下部粘性土層のR7-7とR7-5、R7-4、沖積上部粘性土層のR7-4で圧密未了が確認された。
- ・ 圧密未了状態の過圧密比はOCR0.84~0.92であり、陥没中心部で確認された圧密未了領域の過圧密比OCR0.55と比較すると圧密未了の程度は小さい。
- ・ 陥没中心部ほど顕著な圧密未了領域ではないものの、沈下が継続している一因と考えられる。

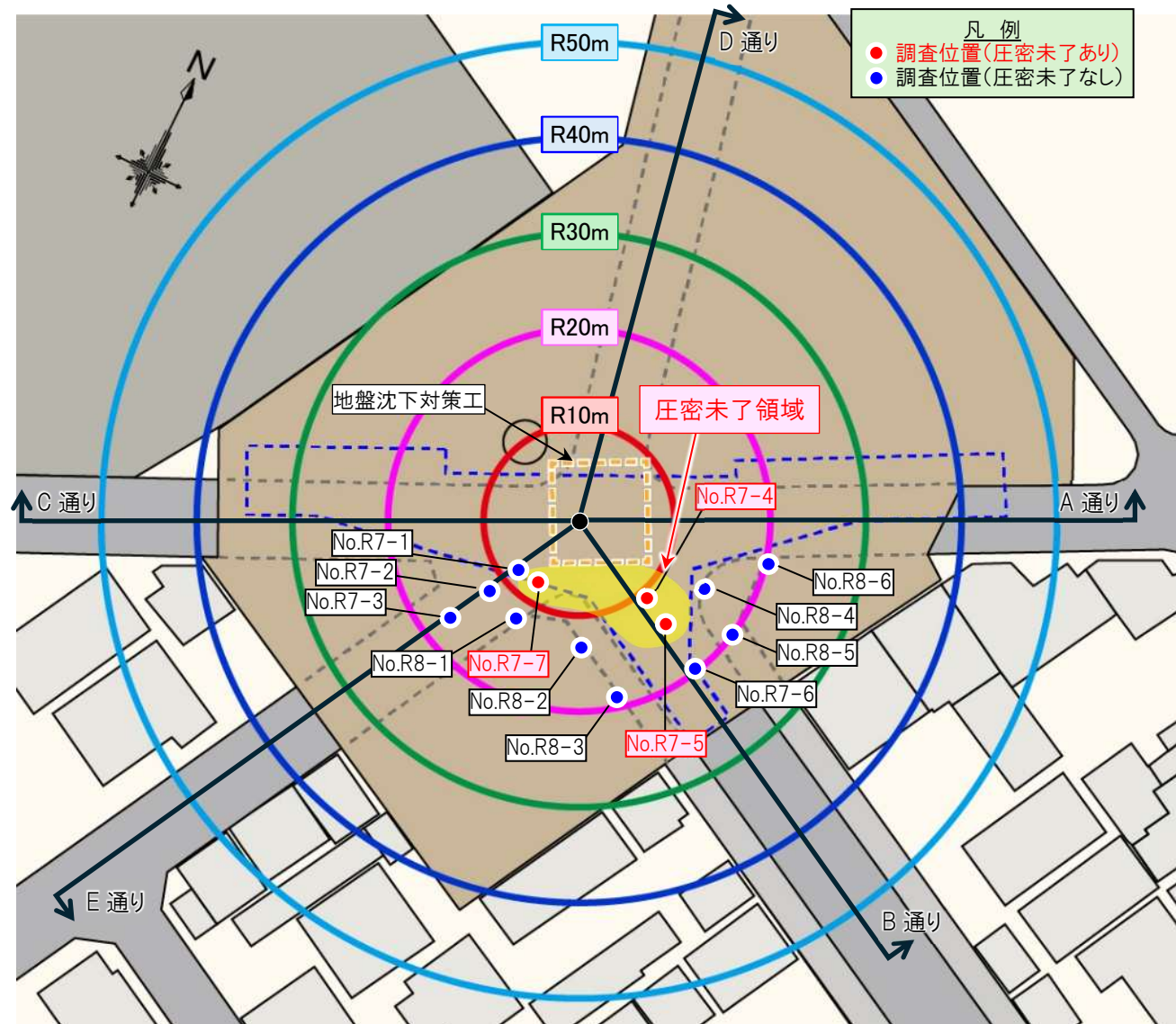


図2.7 調査位置及び圧密未了領域平面図

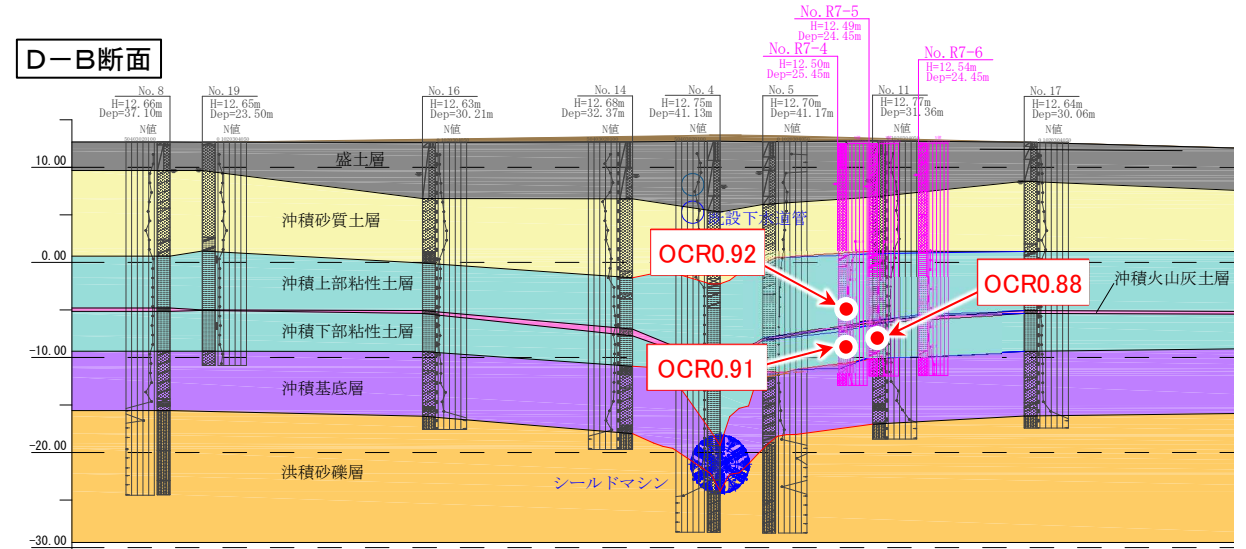
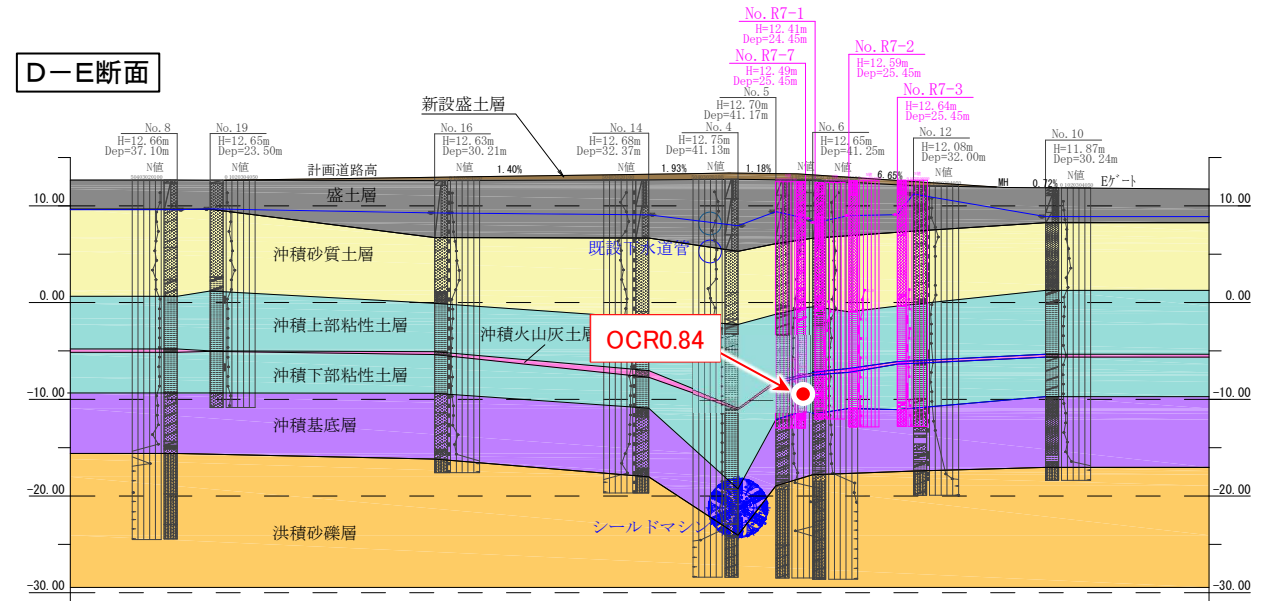


図2.8 圧密未了領域位置

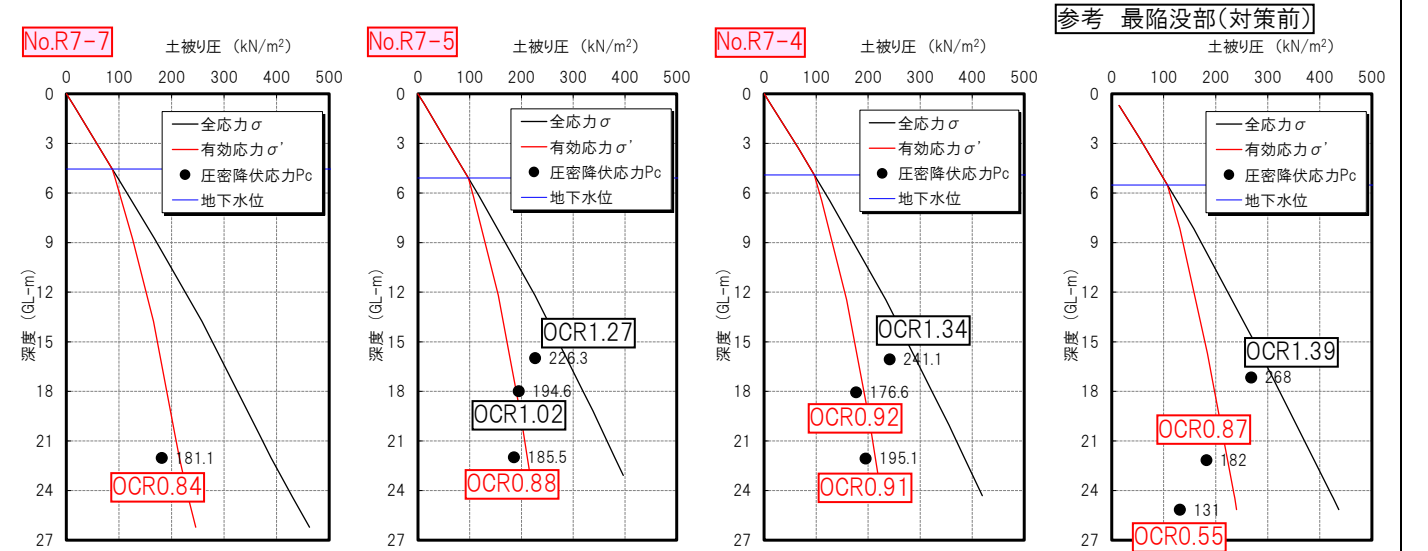


図2.9 圧密降伏応力と地中応力の関係図(圧密未了領域確認箇所)

※第2回委員会ではOCR0.57で報告

(2) 復旧工事による地表面沈下

①掘削

現地ではインフラ復旧工事として既設下水道管の切替を開削工事により 2025/5/26~11/8 に実施している。土留め支保工の変形による地表面沈下が想定されるため、その開削工事による影響解析を検討する。

【検討手法】

本影響解析では、鋼矢板土留め頭部変位が現地での実測計測結果に合うように弾塑性法による逆解析を行って土質定数を見直し、その結果を用いて 2 次元有限要素法による周辺影響検討を行う。解析方法として、2 次元有限要素法モデルに対して弾塑性解析において算出される土留め変位量を強制変位として与え、土留め壁背面地盤の沈下量を算出する。

以下に解析条件を示す。なお、当該解析では、施工基面を DL+13.15m、地下水位を DL+10.17m、掘削深さを 6.2m、一段目支保工高さを DL+10.65m とし、施工ステップにおいては一次掘削、一段梁設置、最終掘削、構造物設置、埋戻し、一段梁撤去、埋戻し、の順序で解析を行う。

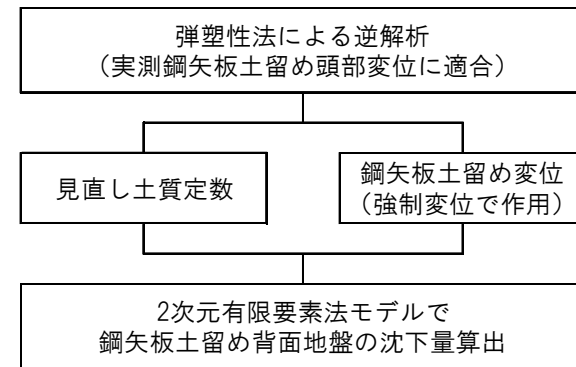
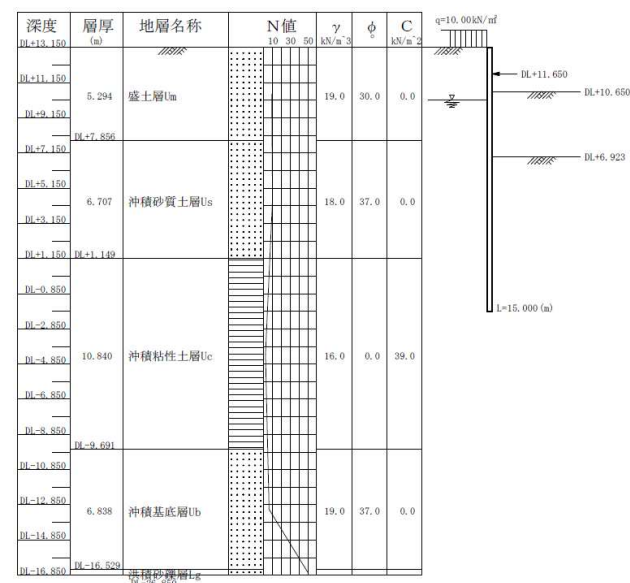


図 2.10 検討フロー図

1) 解析断面図



2) 強制変位

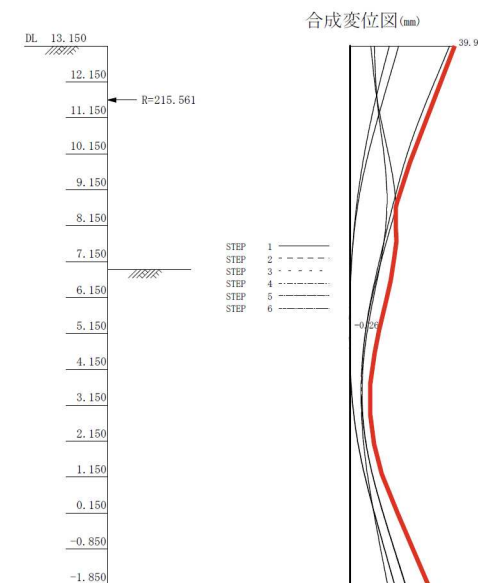


図 2.11 解析断面図及び強制変位

3) 土質定数

表 2.2 土質定数

土層区分	層厚 [m]	層下端位置 [m]	単位体積重量 γ [kN/m ³]	N値	内部摩擦角 ϕ [°]	粘着力 C [kN/m ²]	ポアソン比	変形係数 E0 [kN/m ²]	水平地盤反力係数 Kh [kN/m ²]
盛土層Um	砂質土	5.294	-5.294	19	9	25 ⇒30	0.40	5,236 ⇒10,404	5,032 ⇒10,000
沖積砂質土層Us	砂質土	6.707	-12.001	18	10	37	0.40	5,657 ⇒10,404	5,437 ⇒10,000
沖積粘性土層Uc	粘性土	10.84	-22.841	16	2	39	0.45	1,188 ⇒2,081	1,142 ⇒2,000
沖積基底層Ub	砂質土	6.838	-29.679	19	6	37	0.40	3,511	3,375
洪積砂礫層Lg	砂質土	10.321	-40	20	50	40	0.30	28,401	27,297

赤字は逆解析による見直し土質定数

【解析結果】

以下に本影響解析の解析結果を示す。

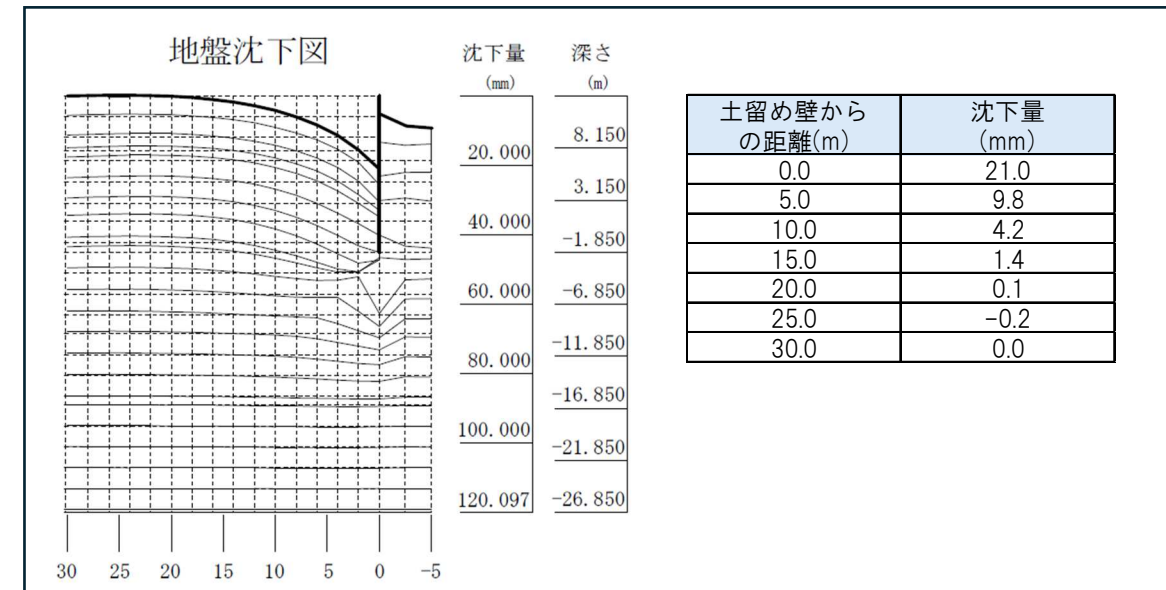


図 2.12 解析結果

解析結果より、開削工事の掘削による地表面沈下は、鋼矢板直近では約 20mm 沈下し、5m 離れで 10mm 程度、10m 離れで 4mm 程度、20m 以上離れた場合、ほぼ 0mm となる。このため、開削工事の鋼矢板土留めから 20m 以内の民家には、開削工事による沈下影響が生じたものと考えられる。以下に開削工事による沈下影響範囲図を示す。

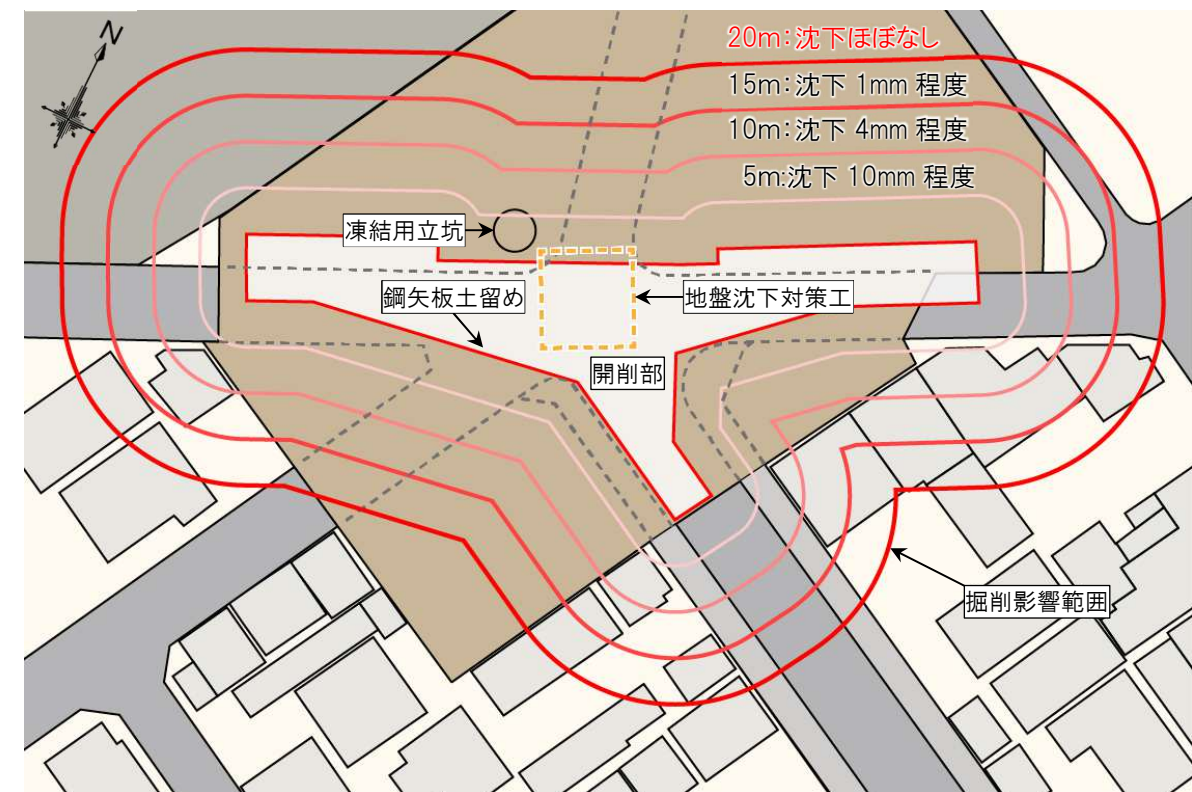


図 2.13 開削工事（掘削）による沈下影響範囲

②鋼矢板引抜

鋼矢板引抜（SP-IV型、L=16m）の影響を把握するため、引抜時の地表面計測を実施した。以下にその結果を示す。

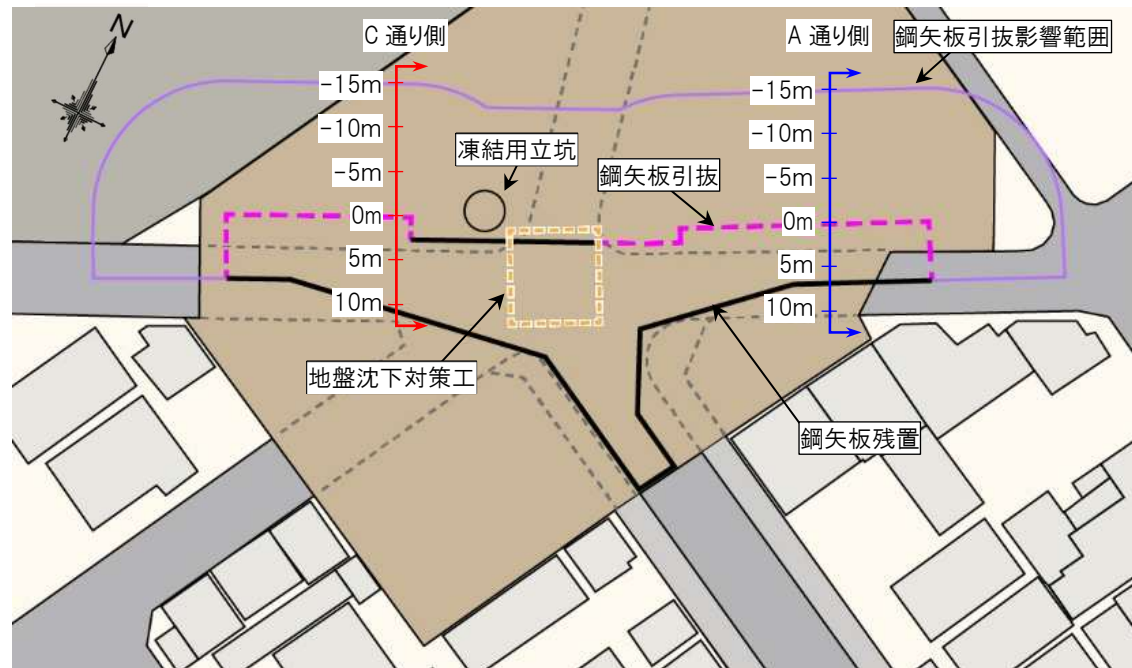


図 2.14 鋼矢板引抜範囲及び影響計測位置

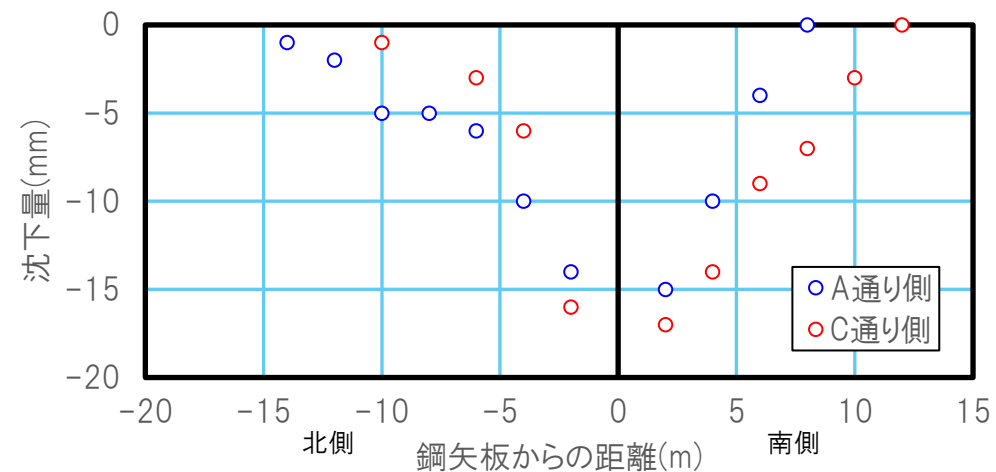


図 2.15 鋼矢板引抜影響計測結果

本工事では、鋼矢板の引抜跡に引抜と同時にベントナイトモルタルを充填するジオテツ工法を採用して引抜による地表面沈下を抑制している。

影響計測を実施した結果、矢板近傍で 15mm 程度、10m 離れで 5mm 程度の地表面沈下に抑制できている。また、南側については残置された鋼矢板により鋼矢板引抜の影響が抑えられており、鋼矢板残置による民家への影響抑制効果が確認できる。

③振動

【検討手法】

鉄道構造物等設計標準・同解説—土構造物〔平成 25 年改編〕（公益財団法人鉄道総合技術研究所編）に示されている「累積損傷度理論」に基づき重機や運搬車両の工事振動による地表面沈下を求める。

現地にて重機作業（0.45 バックホー、4t ダンプ）による振動計測を行い、振動を力に変換し、発生する変位を解析した。以下に解析ケースを示す。

表 2.3 検討ケース

解析ケース	荷重条件
Case1	重機作業(0.45 バックホー):現地振動計測
Case2	重機作業(4t ダンプ):現地振動計測
Case3	ダンプ走行(10t ダンプ)

解析は、以下に示す方法で地盤内応力、最大繰返し载荷による累積軸ひずみを計算し、全体沈下量を求める。

地盤物性値は、事故発生後の陥没部における試験結果を用いて行う。

計算手順

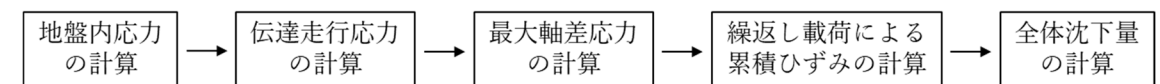


図 2.16 工事振動による地表面沈下計算手順

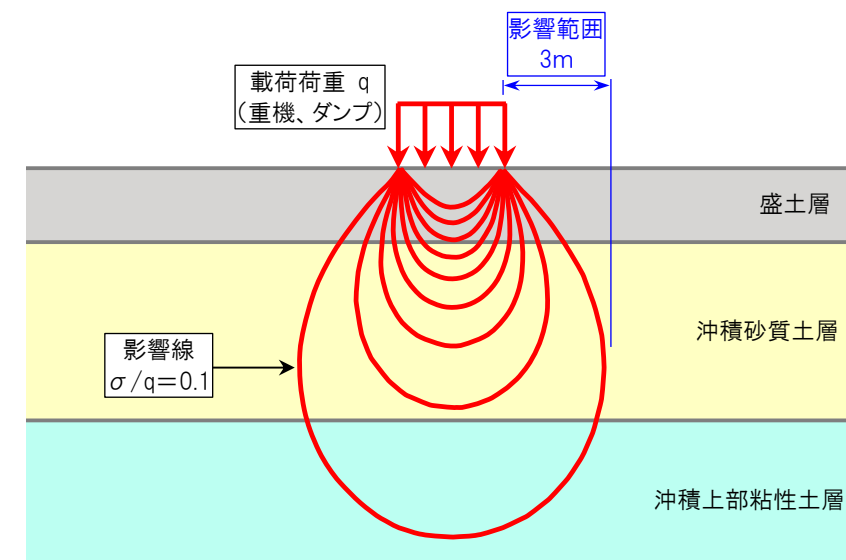


図 2.17 矩形荷重作用時の鉛直方向応力分布

【解析結果】

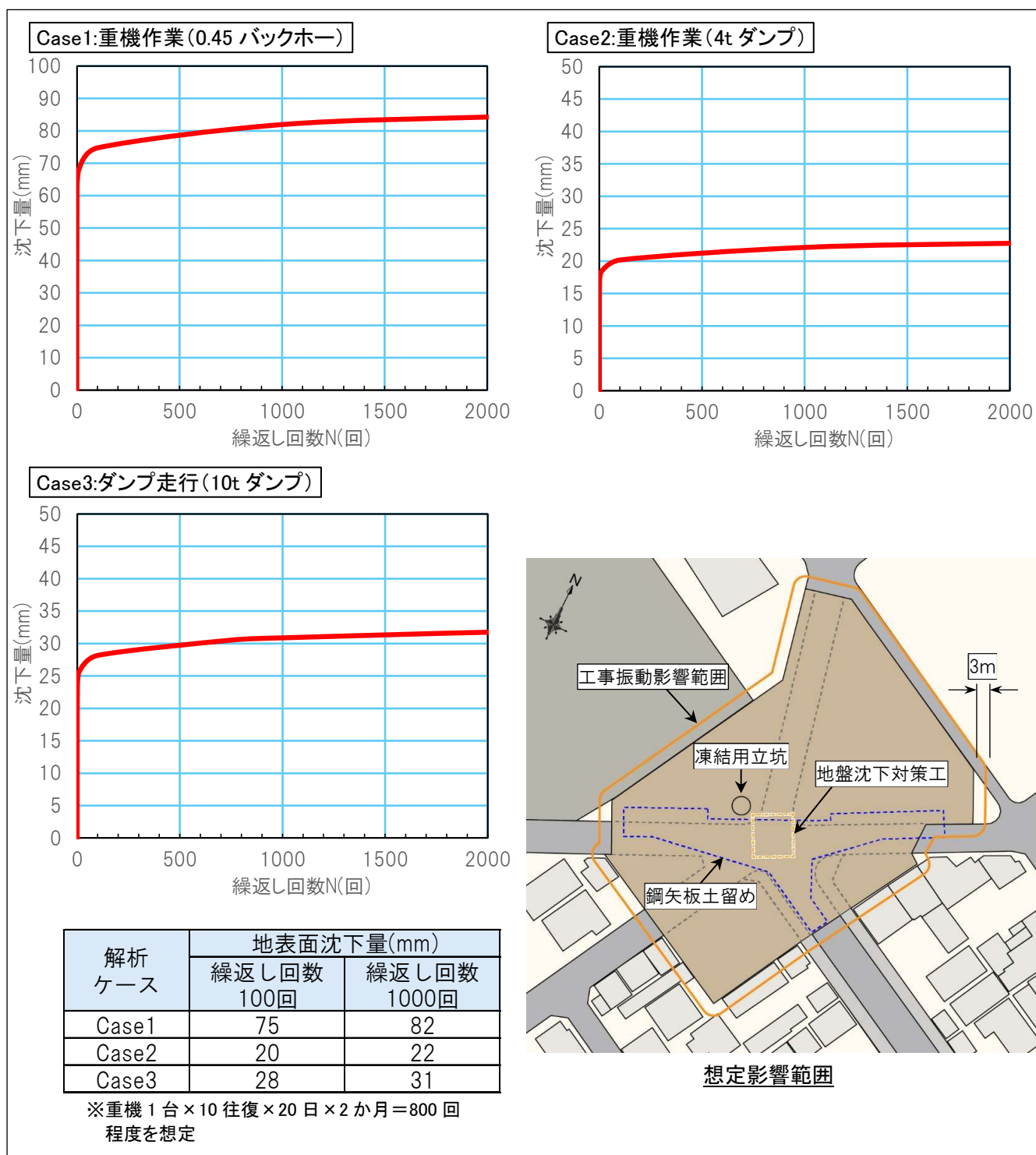


図 2.18 工事振動による地表面沈下解析結果

解析結果より、当該地のヤード内地盤上で重機や運搬車両の繰返し荷重が生じた場合、荷重載荷地点で数十 mm に沈下が発生する。その影響範囲は、応力分布より概ね重機や運搬車両が稼働する施工範囲全域 +3m と想定される。

このため、開削工事および家屋解体工事近傍の測点において想定沈下曲線より大きく乖離した原因は、重機や運搬車両が繰返し荷重として測点直上に作用したためと考えられる。

④地下水

追加観測井戸 2 孔での地下水位計測（浅①、浅②）及び潮位変動、流向・流速調査結果、降雨記録を以下に示す。

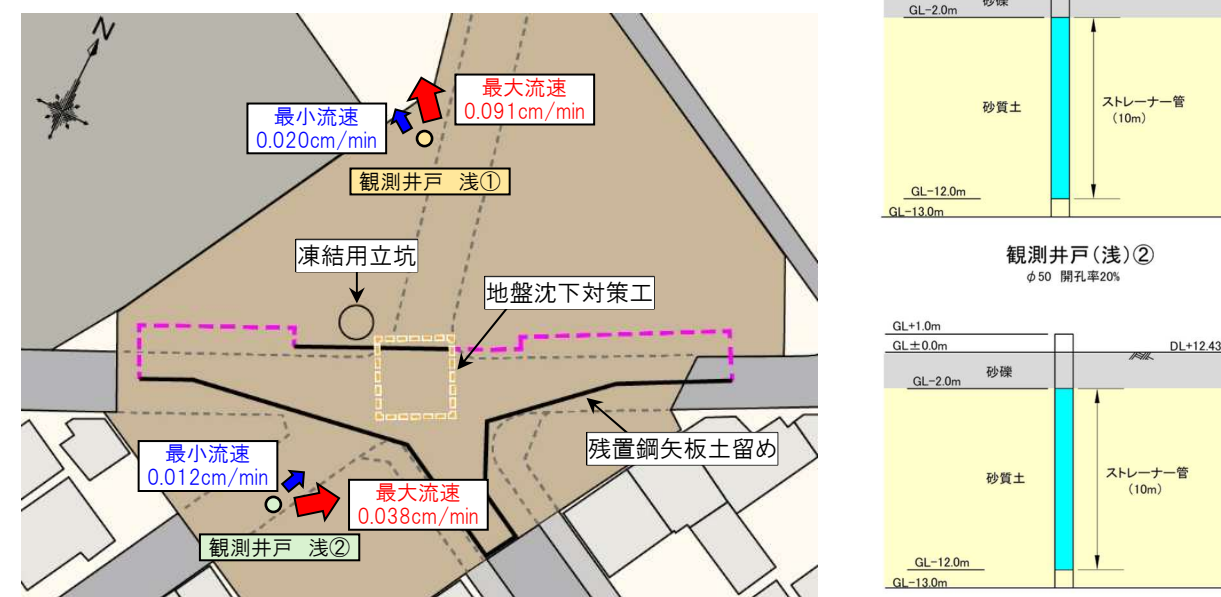


図 2.19 計測位置及び流向・流速調査結果

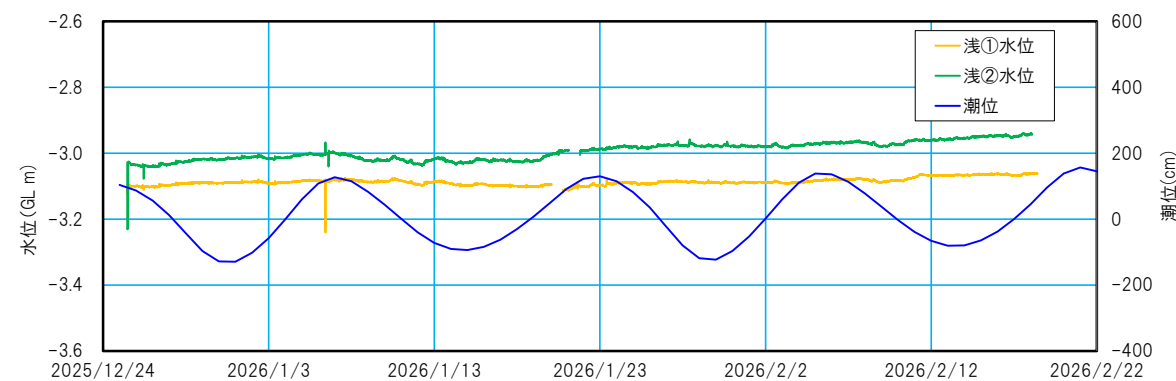


図 2.20 地下水計測結果

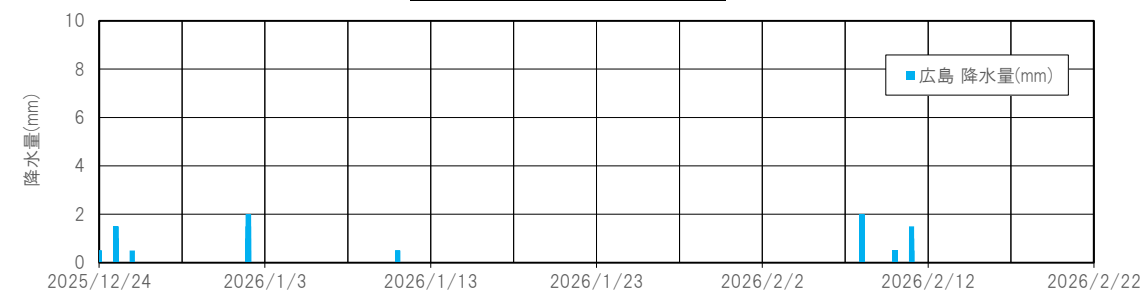


図 2.21 降雨量

計測結果より、以下のことが言える。

- 観測井戸に 15cm 程度の水位差が見られ、開削工事の残置鋼矢板により地下水の流動が遮断されている。
- 両観測井戸に潮位の影響は見られない。
- 昨年末からまとまった降雨はほとんどなく、その影響は判断できない。
- 現時点では、地下水の水位や流向（滞留）が現地の地表面沈下に及ぼす影響を確認できない。

(3) 沈下要因のまとめ

沈下要因をまとめて表 2.4 に示す。

表 2.4 沈下要因まとめ

沈下要因	地表面に与える影響			
	発生時期	影響範囲	想定影響	
圧密未了領域	継続	概ねR40m内	沖積粘性土に圧密未了領域が確認され、沈下継続の一因と想定される	
復旧工事	①掘削	開削工事中	土留め壁から20m範囲内	土留め壁近傍で20mm程度、5m離れで10mm程度、10m離れで4mm程度の沈下が発生したと想定される
	②鋼矢板引抜	鋼矢板引抜時	引抜鋼矢板から概ね15m範囲内	引抜鋼矢板近傍で15mm程度、10m離れで5mm程度の沈下が発生したと想定される
	③振動	施工時	施工箇所近傍	重機や運搬車両の繰り返し荷重により現地作業初期に数十mmの沈下が発生したと想定される
	④地下水	-	-	沈下との関連性及び降雨による影響は現時点では確認できないが、計測は継続する

これらの沈下要因を、各代表測点に当てはめると以下のように想定される。

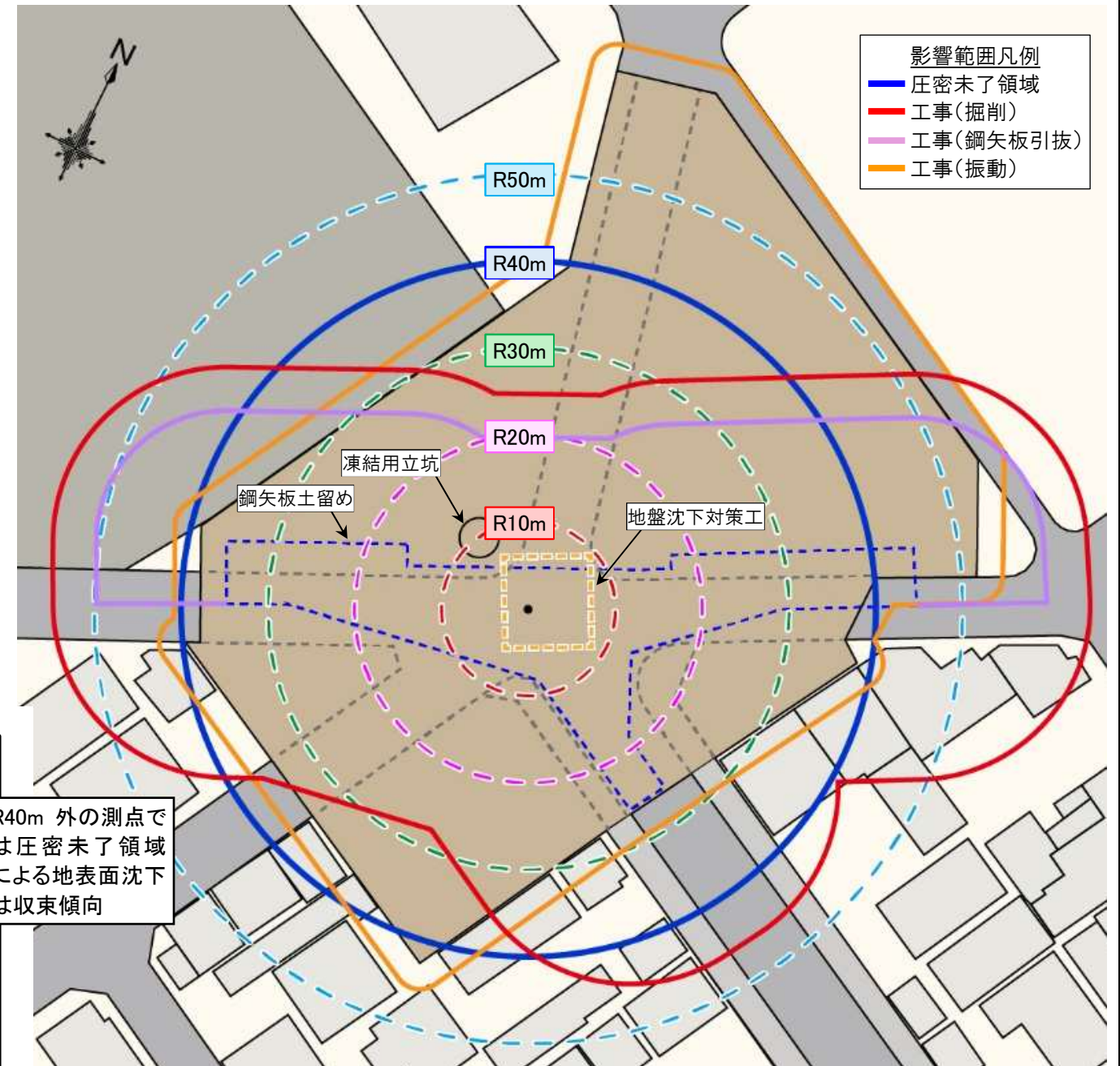


図 2.23 沈下影響範囲

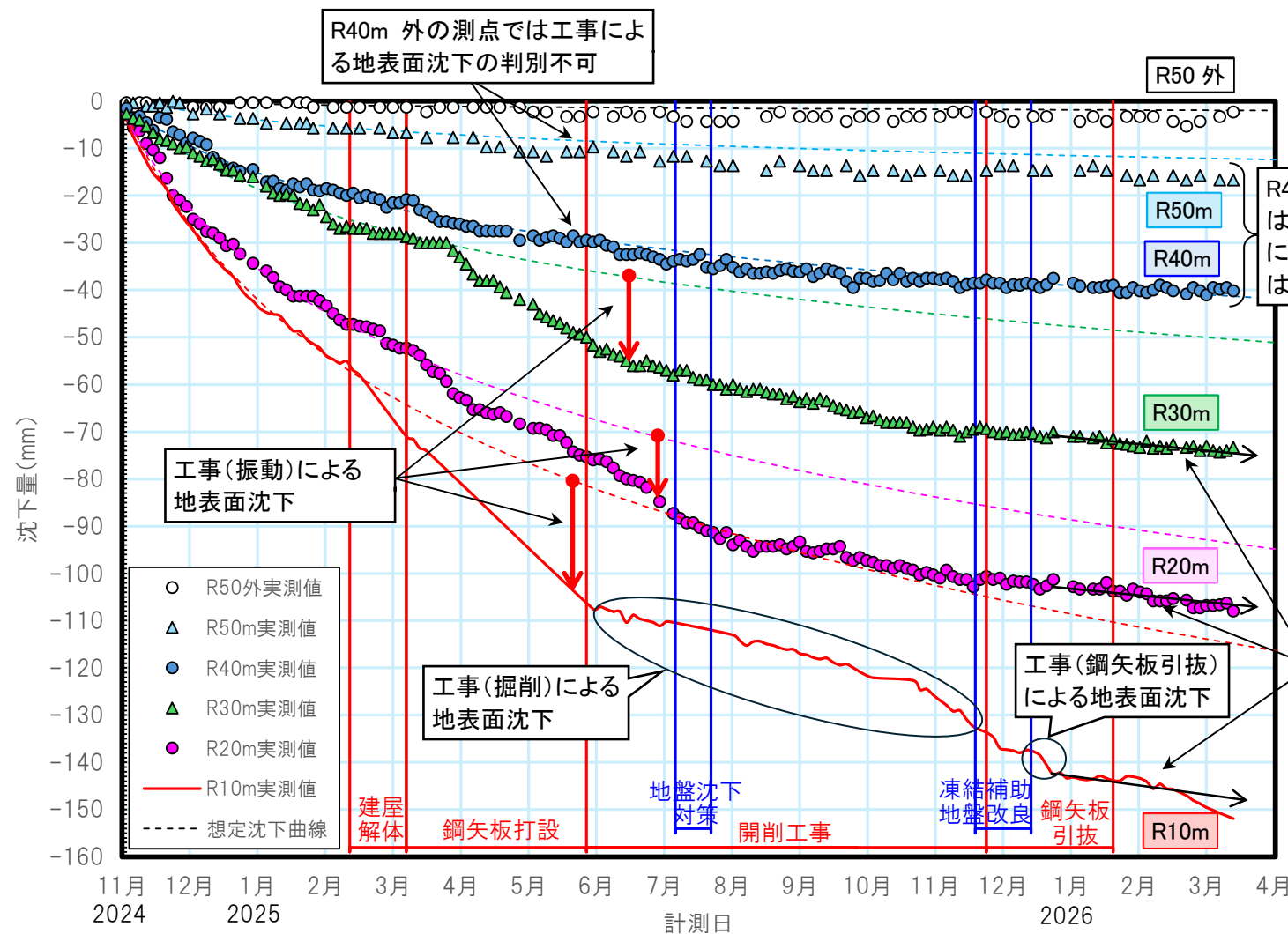


図 2.22 想定沈下要因

2.3 今後の沈下予測

(1) 工事による影響

今後の工事による影響としては、凍結工法による影響がある。以下にその検討結果を示す。

【検討方法】

凍土造成による地表面の凍上量および解凍沈下量を、ガウスの誤差曲線に近似させる三次元凍上計算法によって算出する。具体的には、凍土範囲を数個の直方体に分割し、それぞれの直方体の凍上率を土質に応じて算出する。算出した凍上率を用い、それぞれの直方体による地表面の変位を重ね合わせ、地表面の変位を算定する。

「凍上変位計算法（三次元）：戸部、秋元、第34回年次学術会議講演会概要集Ⅲ-123 1979年」参照

$$G(x,y) = \frac{\eta}{4} \int_{h_1}^{h_2} \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{l+x}{ah} \right] + \operatorname{erf} \left[\frac{l-x}{ah} \right] \right\} \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{w+y}{ah} \right] + \operatorname{erf} \left[\frac{w-y}{ah} \right] \right\} d\lambda$$

ここで

$G(x,y)$: 点(x,y)における凍上量

η : 凍上率

h_1, h_2 : 凍土の上・下面の深度

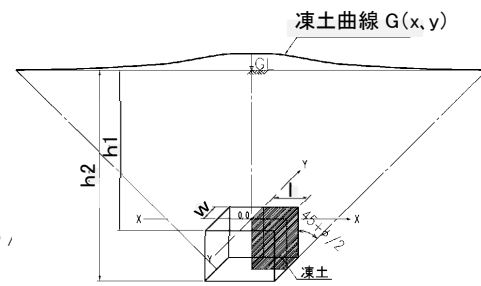
l : 凍土幅(x方向:短辺方向)の1/2

w : 凍土幅(y方向:長辺方向)の1/2

a : 凍土の影響を表す値、 $a = \tan(45^\circ + \phi)$

ϕ : 土の内部摩擦角

$\operatorname{erf}(x)$: Gaussの誤差関数 $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\lambda^2} d\lambda$



【凍土範囲の分割】

凍上、解凍沈下量の算出にあたっては、凍土維持期間中にも成長する凍土量を見込み、計算用凍土量は計画凍土量の130%とした。凍土範囲を下記のように16個の直方体に分割した。

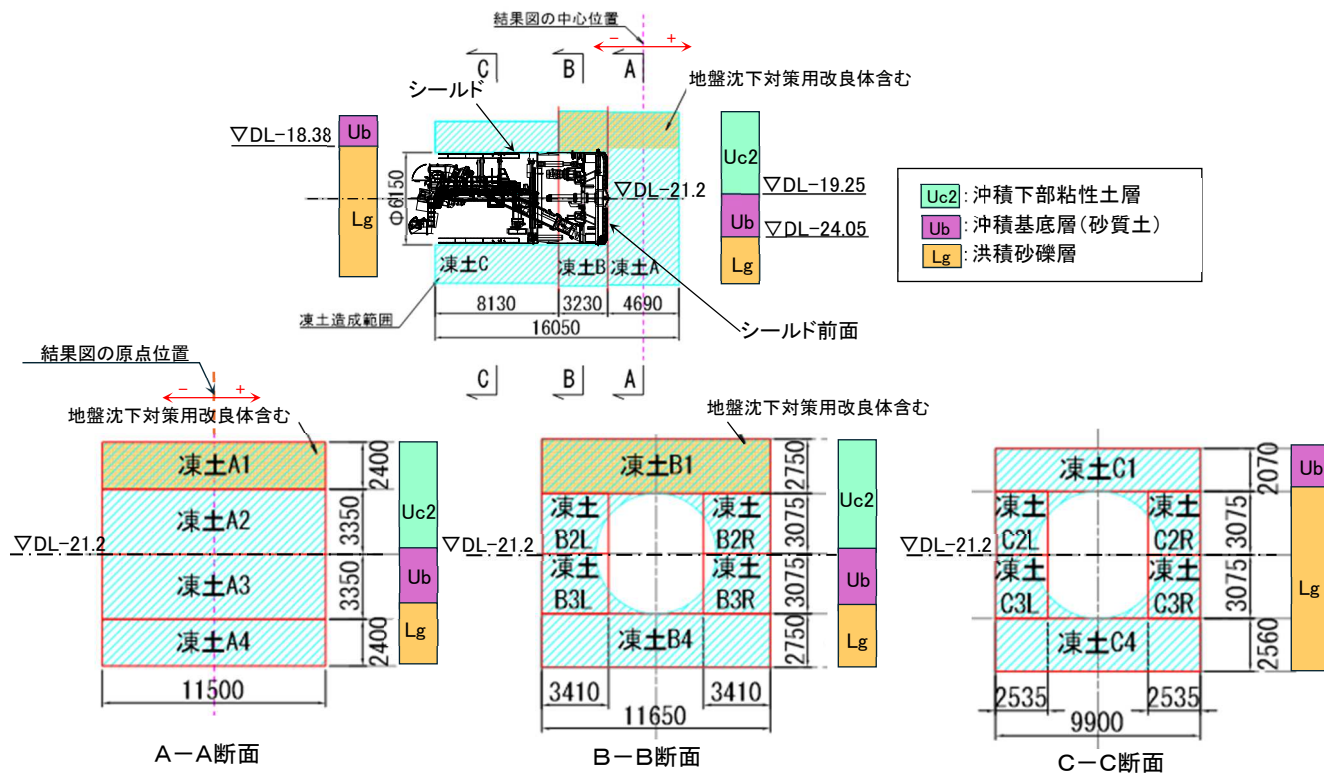


図 2.24 凍土分割図

【凍上率の算定】

凍上率は、分割した直方体ごとに地盤に含まれる細粒分(75 μ m以下)の含有率、拘束圧(土被り圧)から下表のとおり設定した。解凍沈下率は、一般的な値である凍上率の2倍とした。

「土の細粒分含有率と凍上率の相関について：地盤工学会北海道支部 技術報告集第38号 平成10年」参照

表 2.5 凍上率一覧表

分割箇所	凍土A (%)	凍土B (%)	凍土C (%)
上部 (A1, B1, C1)	0.85	1.24	0.75
中央上部 (A2, B2, C2)	1.22	1.26	0.49
中央下部 (A3, B3, C3)	0.64	0.65	0.44
下部 (A4, B4, C4)	0.42	0.42	0.41

【地表面変位算定結果】

地表面変位算定結果を以下に示す。

凍上量はシールド中心部で最大1.5mm、解凍沈下量は最大3.0mmとなる。このため、シールド中心部で概ね1.5mmの沈下が工事の影響として今後予想される。シールド中心から40m地点で、凍上量0.7mm、解凍沈下量1.3mmとなり、1mm以下の沈下に収まる。

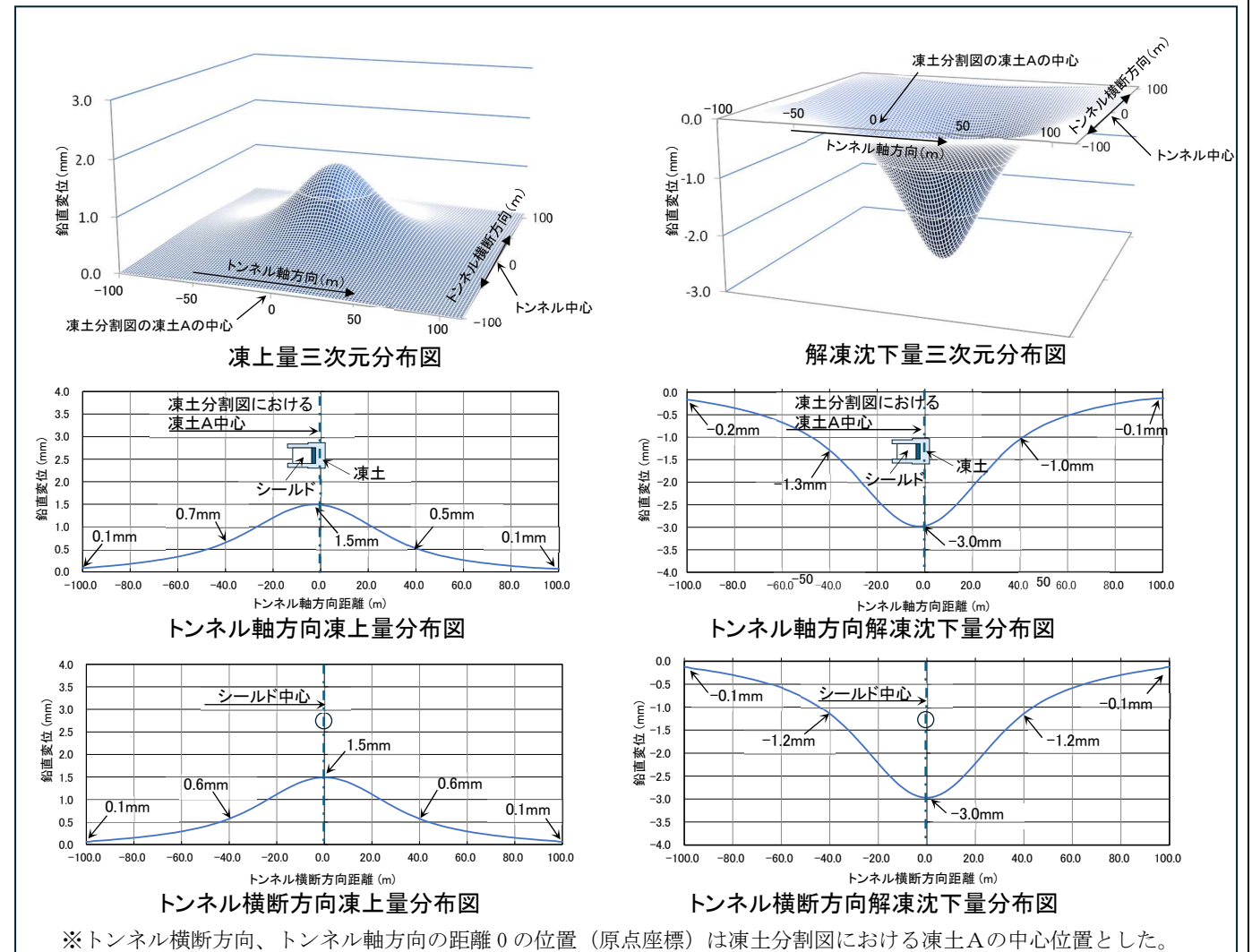


図 2.25 地表面変位算定結果

(2) 圧密未了領域による影響

確認された圧密未了領域の対策を講じなかった場合の将来的な圧密沈下による民地への影響を検討する。

解析モデルを図 2.26 に示す。本検討では、圧密未了領域に相当する領域に線膨張係数を設定し、温度変化を作用させることにより疑似的に圧密現象による沈下変形を表現した。上載荷重を考慮した圧密未了領域の沈下量を表 2.6 に示す。圧密未了領域上面における沈下量が表 2.6 になるよう線膨張係数と温度変化量を調整した。なお、圧密現象を再現するために線膨張係数には異方性を考慮し、鉛直方向に変形が生じるようにし、圧密未了領域底面で鉛直方向変位を拘束した。また、解析モデルは 2 次元平面ひずみ要素でモデル化した。

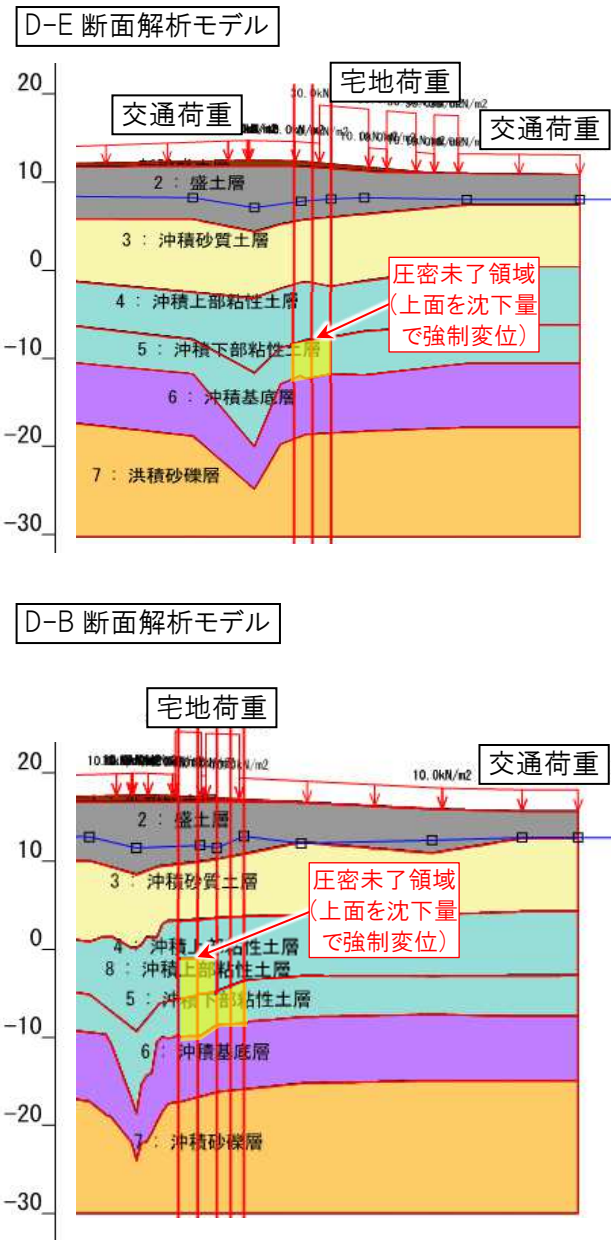


図 2.26 解析モデル図

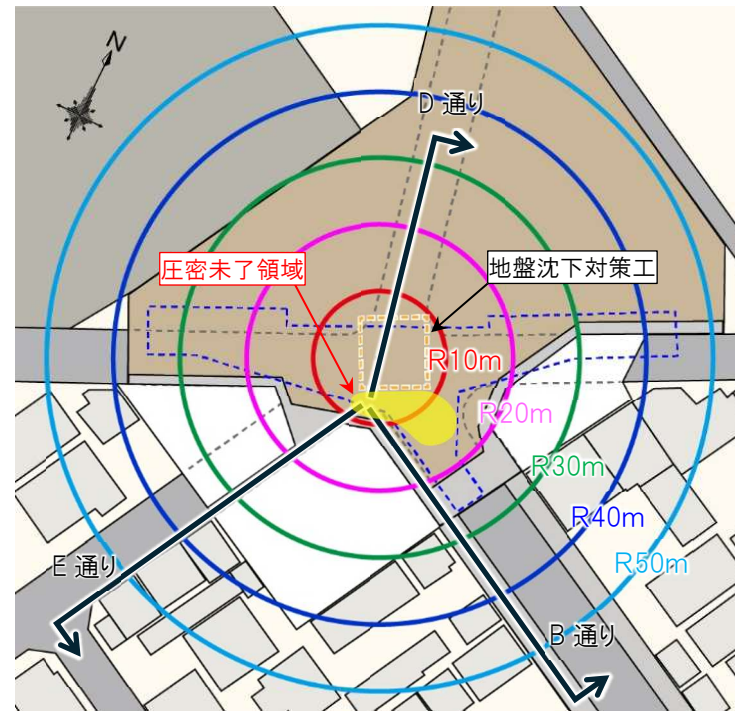


図 2.27 検討位置平面図

表 2.6 圧密未了領域沈下量

検討断面	上載荷重条件	圧密未了領域の沈下量(cm)
D-E	交通荷重 + 宅地荷重	5.1
D-B	交通荷重 + 宅地荷重	8.2

各検討ケースの解析結果を図 2.28 に示し、今後の家屋への影響（残留沈下量、傾斜）を表 2.7 に示す。結果、すべての地点で「小規模建築物基礎設計指針（日本建築学会）」の基準値内ではあるが、R40m 内では残留沈下量が 10mm 以上の地点が想定される。

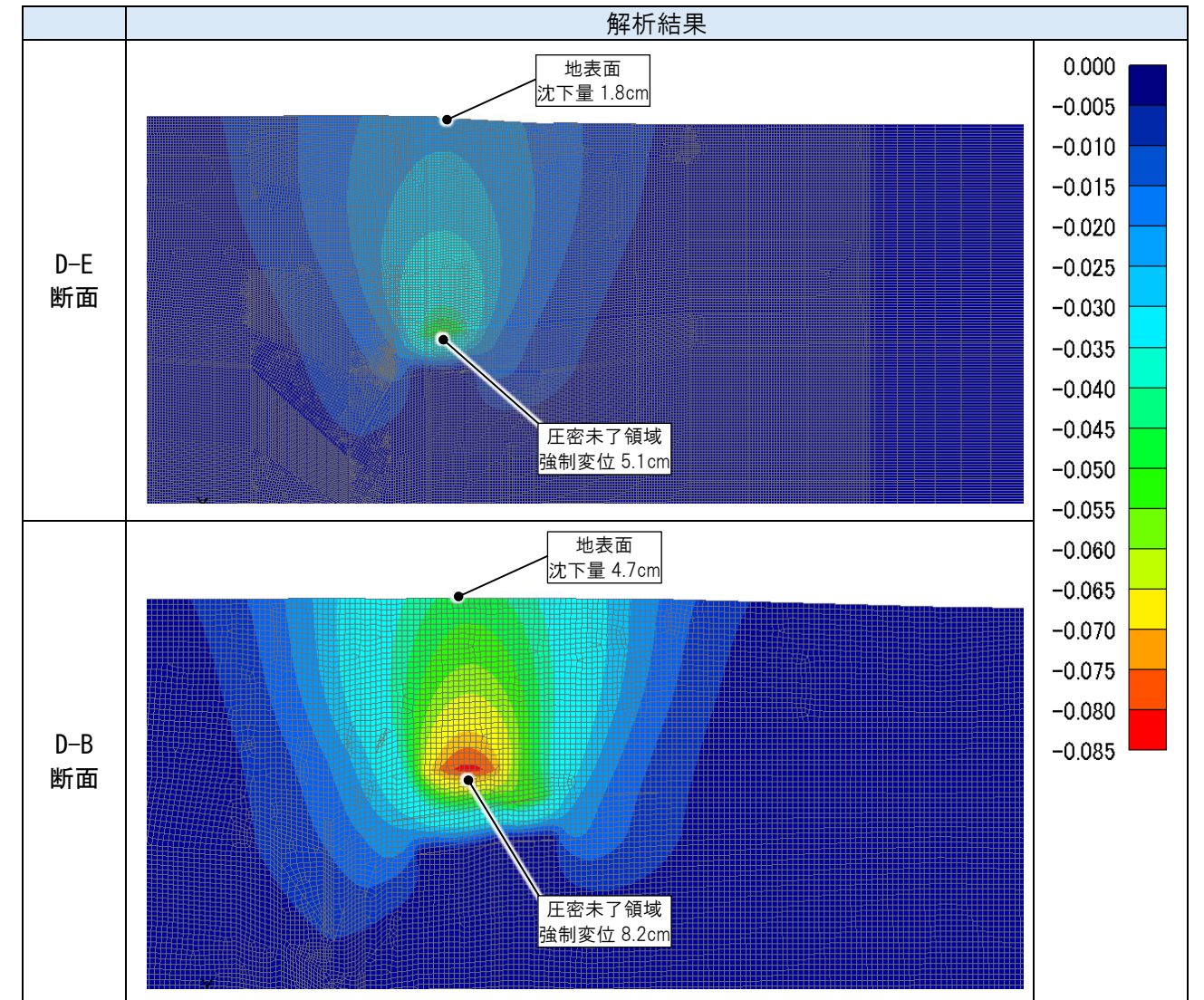


図 2.28 検討結果

表 2.7 今後の家屋への影響

検討断面	上載荷重条件	今後の家屋への影響			
		残留沈下量(mm) 基準値※: 100mm		傾斜(‰) 基準値※: 3‰	
D-E	交通荷重 + 宅地荷重	R10m	17	R10m	0.7
		R20m	8	R20m	0.8
		R30m	3	R30m	0.3
		R40m	1	R40m	0.1
		R50m	0	R50m	0.0
D-B	交通荷重 + 宅地荷重	R10m	43	R10m	1.7
		R20m	42	R20m	1.8
		R30m	20	R30m	2.0
		R40m	6	R40m	0.8
		R50m	1	R50m	0.2

※基準値は「小規模建築物基礎設計指針」（日本建築学会）により設定

(3) 沈下予測のまとめ

今後の沈下予測をまとめて表 2.8 に示す。

表 2.8 沈下予測まとめ

沈下要因	地表面に与える影響		
	発生時期	影響範囲	沈下予測
圧密未了領域	継続	概ねR40m内	対策を実施しなければ、R40m内で残留沈下量が10mm以上と想定される
工事	凍結工法	解凍時	概ねR40m内 最大でもシールド中心部で1.5mm程度の沈下、中心から40m地点では、1.0mm以下の沈下に収まる
	振動	施工時	施工箇所近傍 施工ヤードが縮小されるため、民家への影響はほぼないと言える
	地下水	-	-

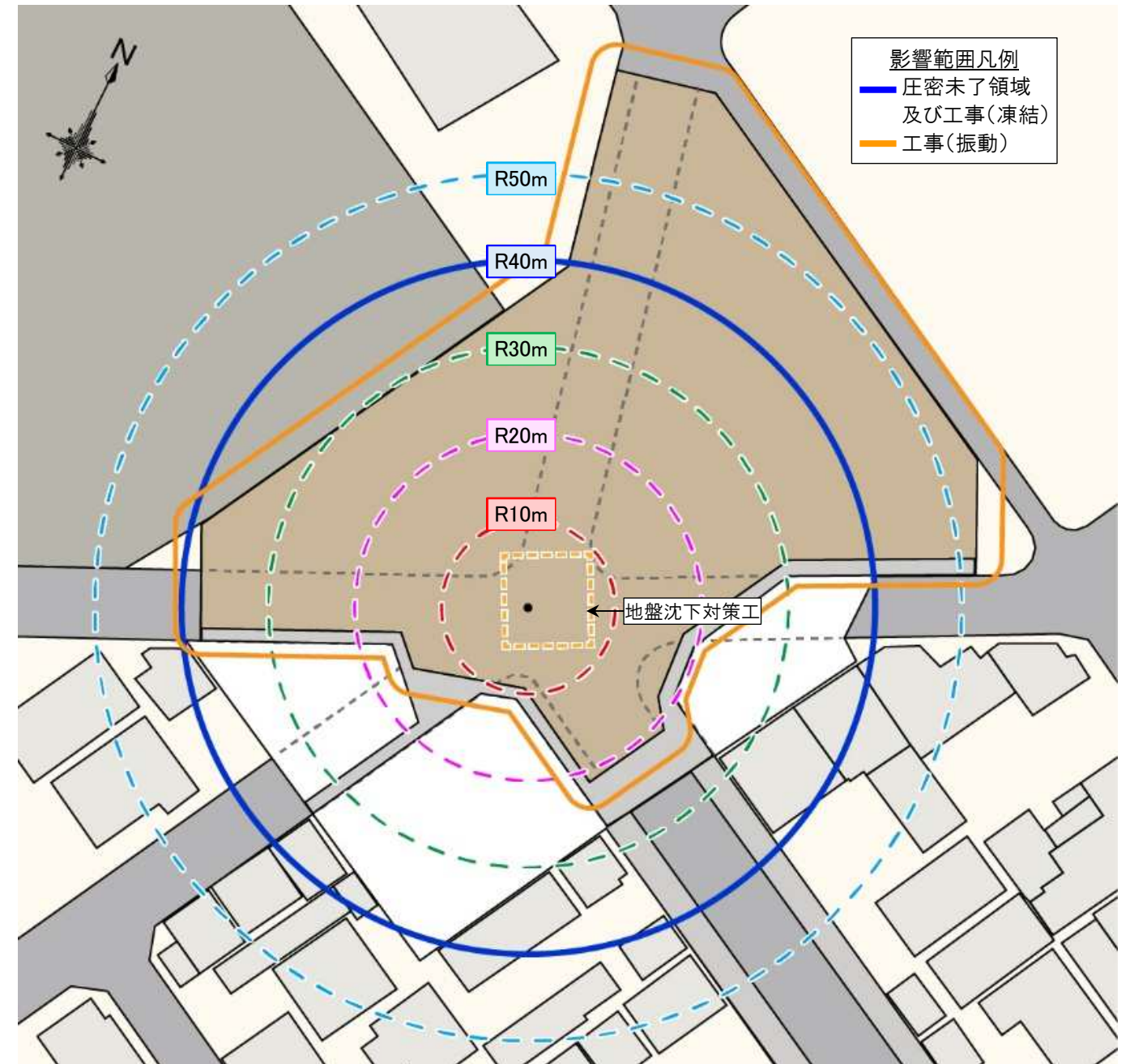


図 2.29 沈下影響範囲

2. 4 追加対策について

圧密未了領域による民地への影響を早期かつ確実に収束させるためには、追加対策が必要と判断する。追加対策としては、「追加地盤改良案」、「ペーパードレーン排水案」、「圧密脱排水工法案」、「载荷盛土案」の4案が考えられ、以下にその比較を行う。

表 2.9 追加対策比較検討表

追加対策	追加地盤改良案	ペーパードレーン排水案	圧密脱排水工法案	载荷盛土案
概念図	<p>圧密未了領域を追加地盤改良</p>	<p>圧密未了領域をペーパードレーン排水</p>	<p>遮水壁(鋼矢板または薬液注入)</p> <p>スーパーウエルポイント</p> <p>真空吸引</p>	<p>载荷盛土</p>
概要	<p>高压喷射搅拌工法により圧密未了領域を固化し、圧密未了領域を解消する。</p>	<p>ペーパードレーンにより圧密未了領域の排水を促進し、圧密未了領域を解消する。</p>	<p>スーパーウエルポイントにより上部砂層の地下水位を低下し、圧密未了領域に作用する有効重量を増加させることで、圧密未了領域を解消する。</p>	<p>圧密未了領域直上に载荷盛土を行い、圧密未了領域に作用する有効重量を増加させることで、圧密未了領域を解消する。</p>
効果	<p>圧密未了領域がセメントで固化されるため、圧密未了解消による沈下低減が早期に期待できる。</p>	<p>圧密未了領域の排水が促進され、早期に圧密未了が解消される。</p>	<p>圧密未了領域直上の有効重量を増加させるため、圧密未了領域に作用する荷重が大きくなる。</p>	<p>圧密未了領域直上の有効重量を増加させるため、圧密未了領域に作用する荷重が大きくなる。</p>
懸念点	<p>改良体造成時の直上の下水管への影響が懸念される。</p>	<p>圧密未了領域の圧密進行とともに地表面に沈下が発生する。 上部砂層をペーパードレーンが貫入できない場合に先行削孔が必要となる。</p>	<p>圧密未了領域の圧密進行とともに地表面に沈下が発生する。 遮水が完全にされていないと周囲の地下水位まで低下し、周囲に沈下を引き起こす可能性がある。</p>	<p>圧密未了領域の圧密進行とともに地表面に沈下が発生する。 道路上に盛土を行うため、道路開放することができない。</p>
確実性	<p>圧密未了領域をセメントで固結させることで、残存する圧密未了領域を確実に解消することができる。 周辺地盤への影響が少ない。</p>	<p>ペーパードレーンにより、沖積粘性土層の排水が促進されるが、圧密未了領域の圧密進行はコントロールすることができない。</p>	<p>スーパーウエルポイントにより沖積粘性土層に作用する有効重量を増加させるが、圧密未了領域の圧密進行はコントロールすることができない。</p>	<p>载荷盛土により、沖積粘性土層に作用する有効重量を増加させるが、圧密未了領域の圧密進行はコントロールすることができない。</p>
期間	1ヶ月(施工期間)	6ヶ月(施工期間+放置期間)	6ヶ月(施工期間+稼働期間)	12ヶ月(施工期間+放置期間)
総合評価	◎	○	△	△

2.5 今後の対応

(1) 追加対策

圧密未了領域による民地への影響を早期かつ確実に収束させるため、高圧噴射攪拌工法により圧密未了領域を固化し、圧密未了領域を解消する。

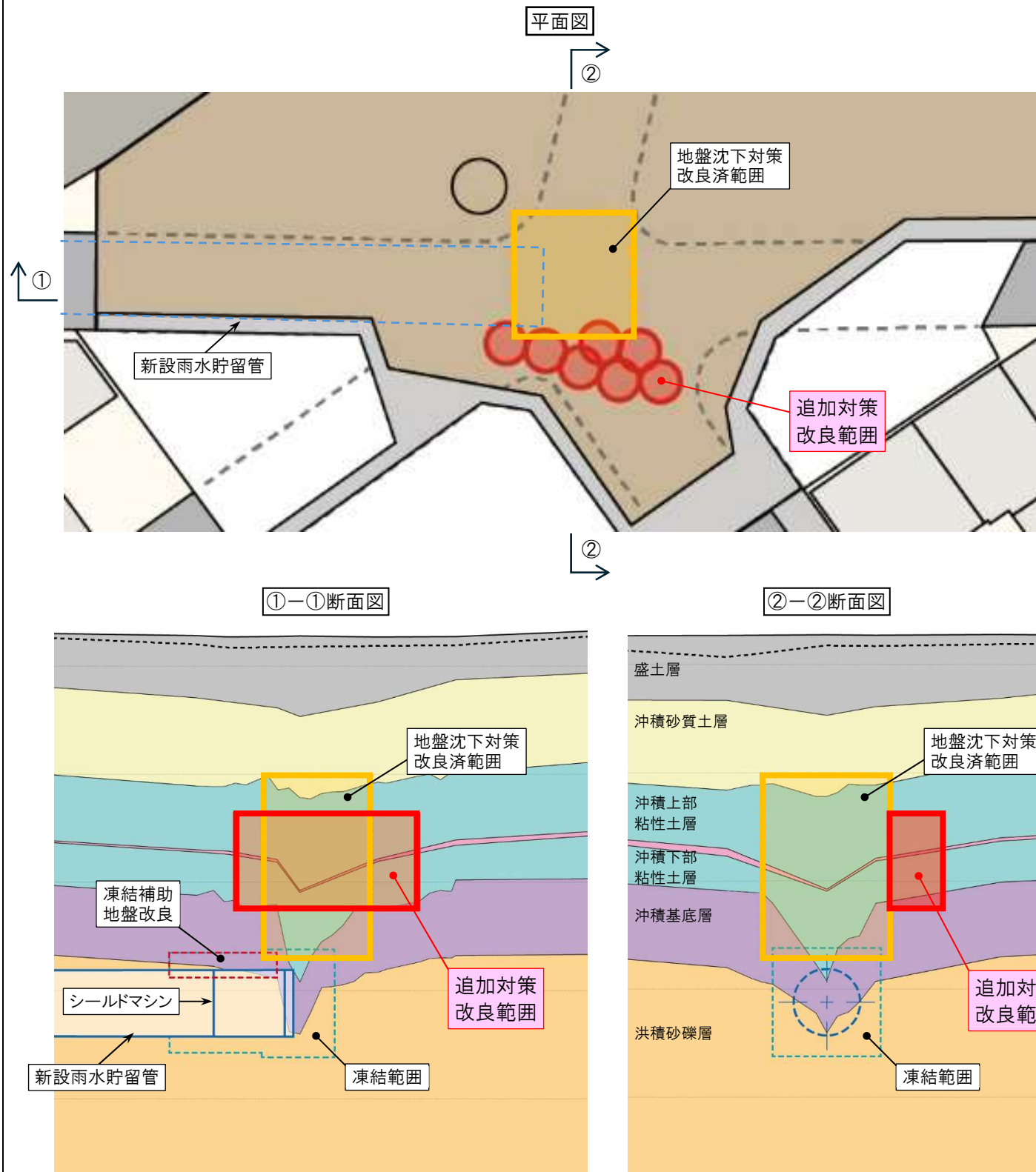


図 2.30 追加対策概要

(2) モニタリングの継続

今後もモニタリングを継続して、追加対策の効果や工事による影響を確認する。

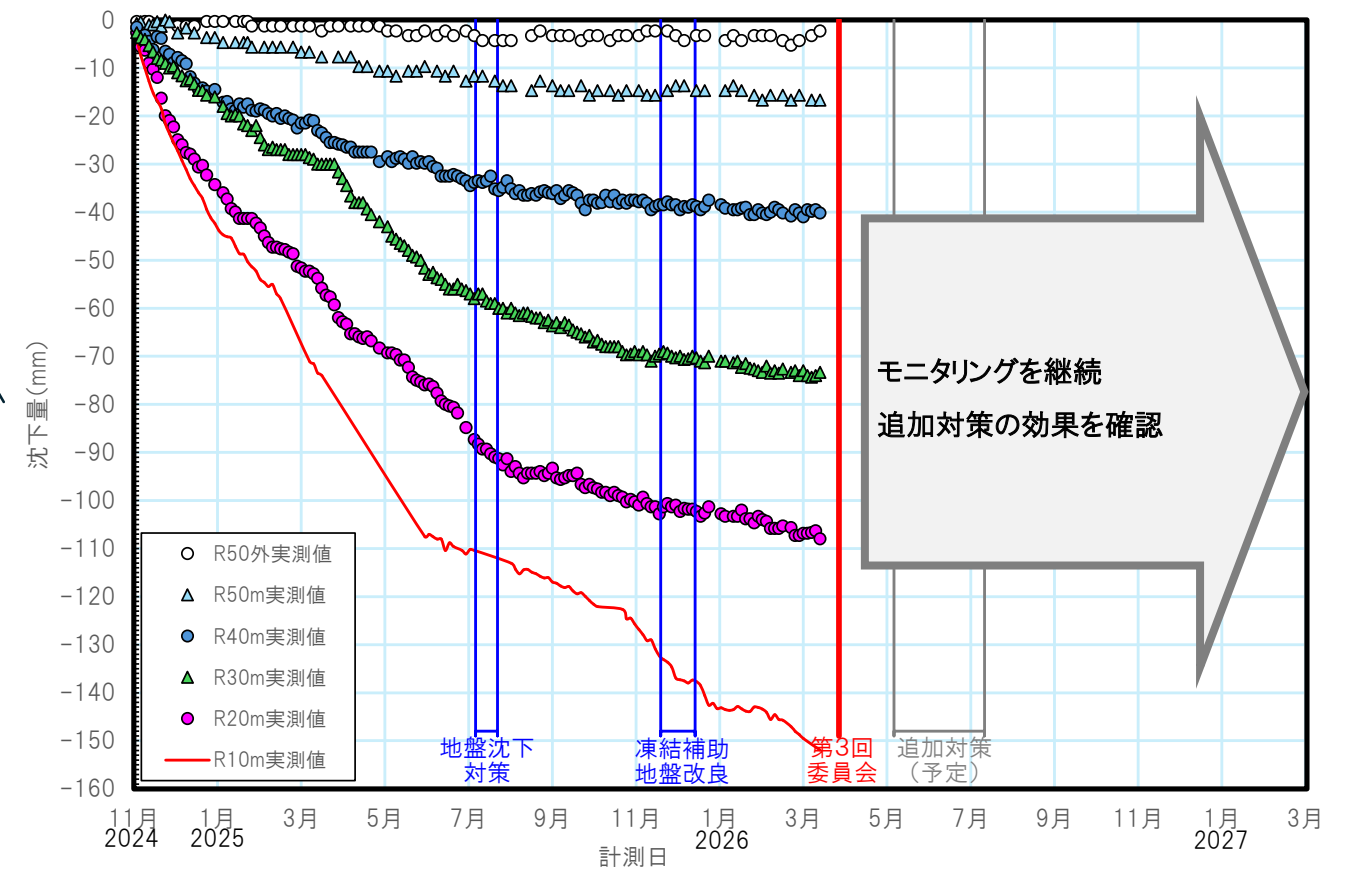


図 2.31 モニタリングの継続