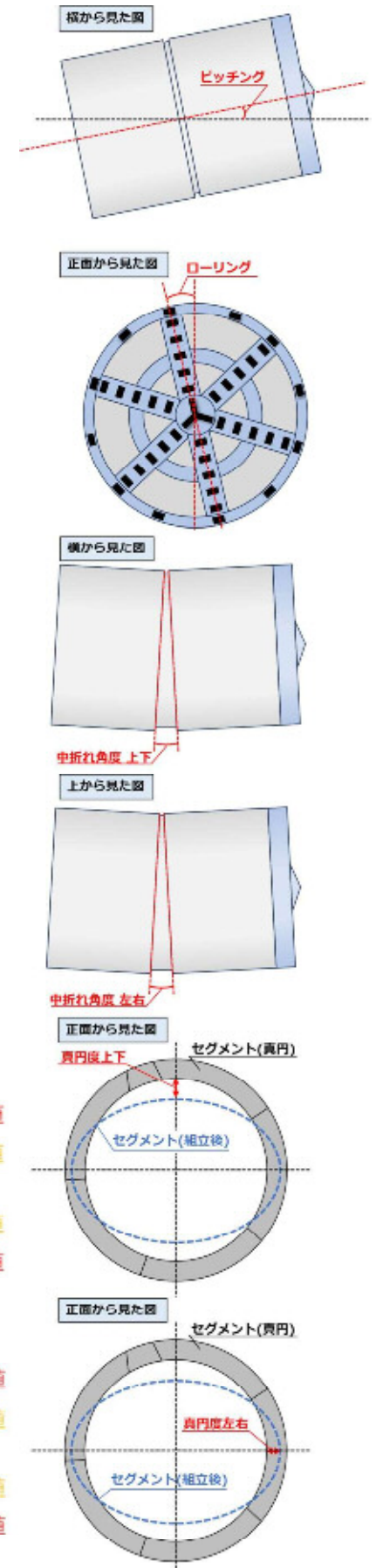
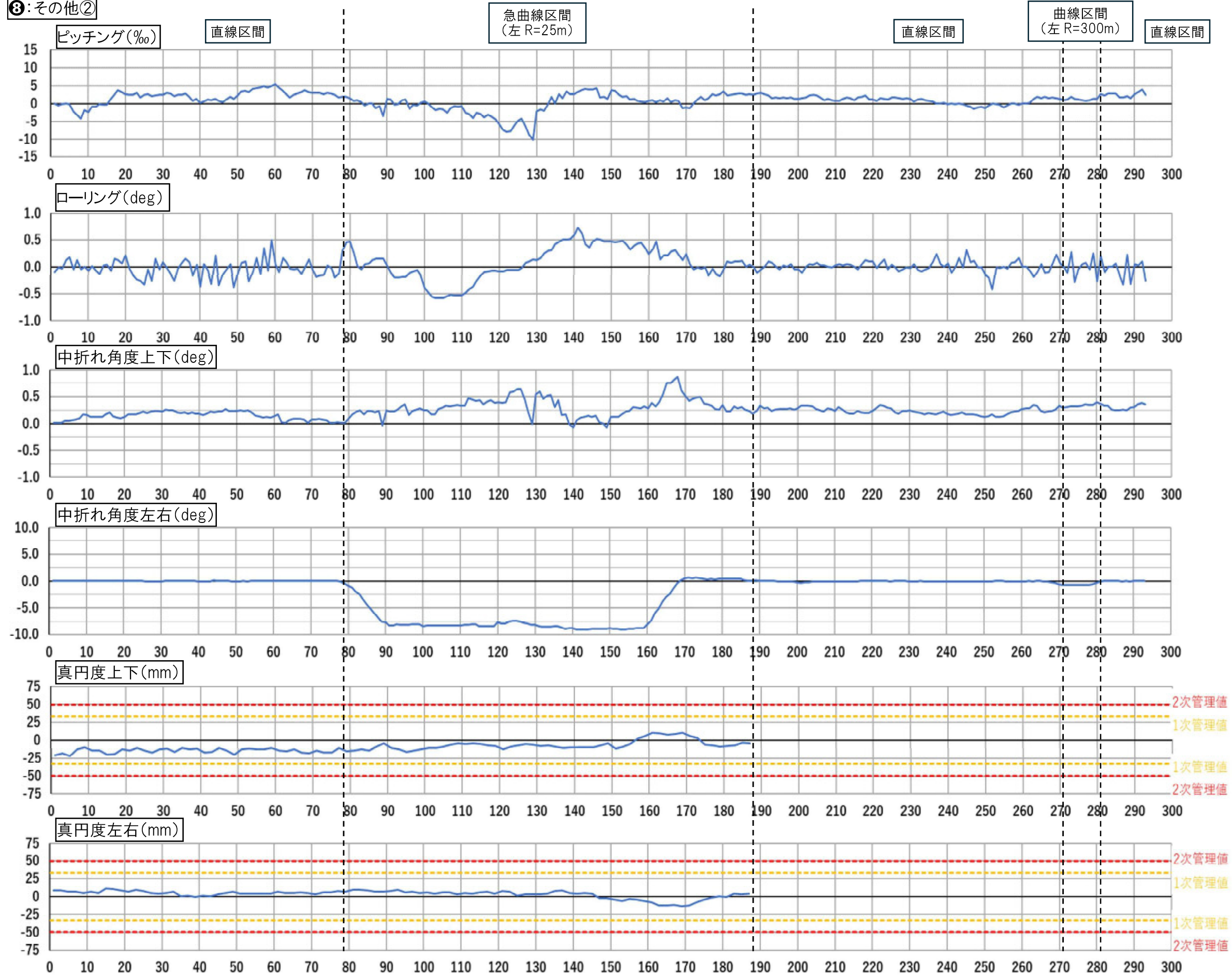


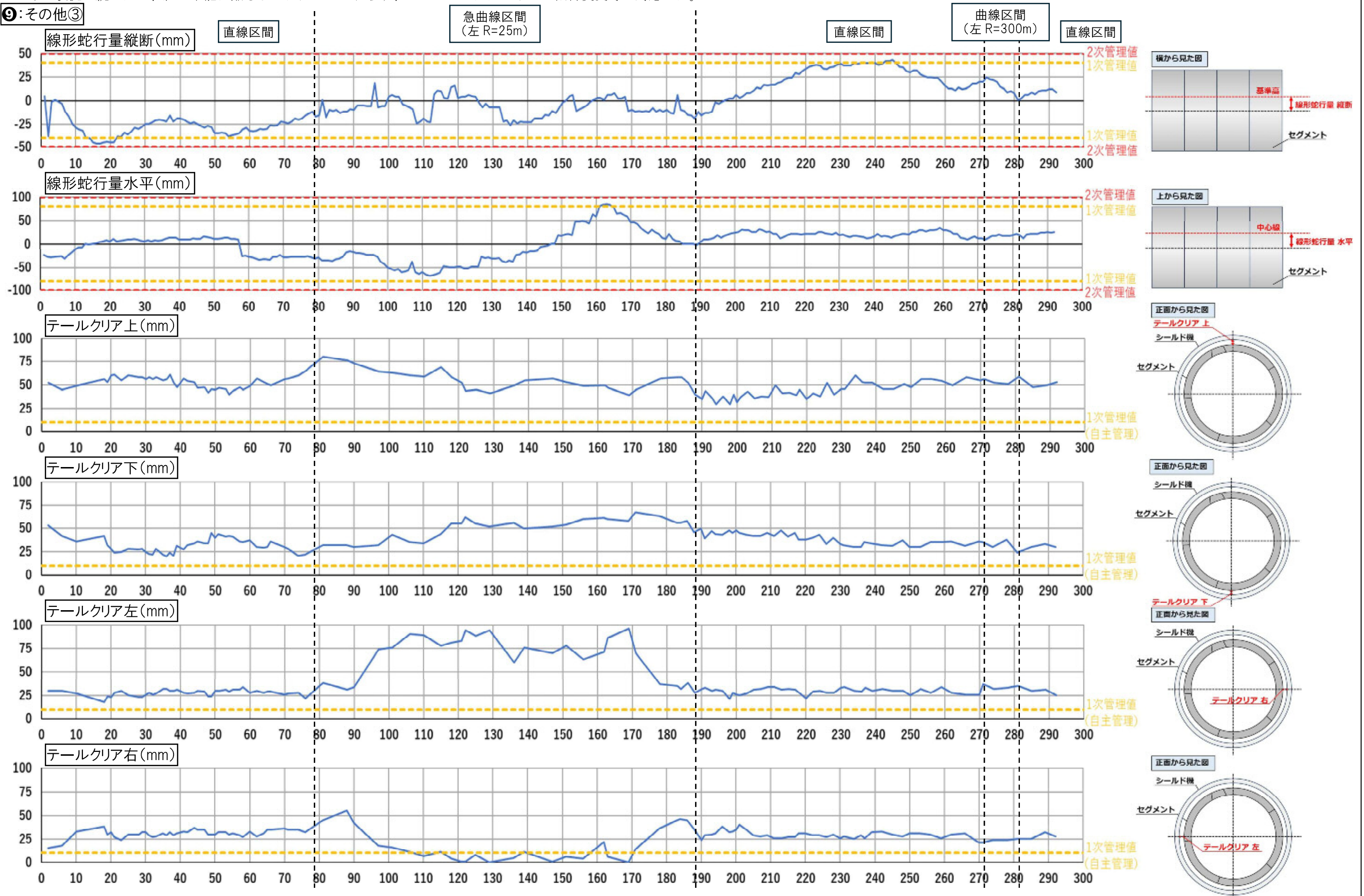
その他の掘進データ（ピッチング、ローリング、中折れ角度、真円度）のデータを以下に示す。特に異常な値は無く、真円度については管理値以内であることが確認できる。

③:その他②



その他の掘進データ（蛇行量、テールクリア）のデータを以下に示す。蛇行量の縦断・水平において、管理値以内であることが確認できる。テールクリアは、急曲線（左 25mR）区間において外側のクリアランスが少
ない状況が続いたが、組立不能に陥るまでには至っておらず、テーパセグメントへの割付変更等で対応した。

⑨:その他③



(7) 地盤沈下管理について

沈下管理計画についての概要を示す。

(1) 計測方法

- ・水準測量 にて、測定点の高さを計測する。

(2) 測定点の設置

- ・縦断方向（路線方向）25mピッチとする。
- ・横断方向は1断面につき道路左右各1点（道路境界・宅地境界）の計2点とする。

(3) 測定頻度

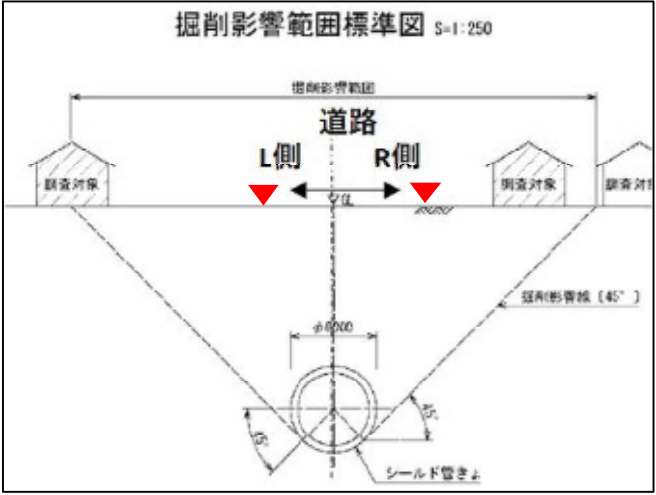
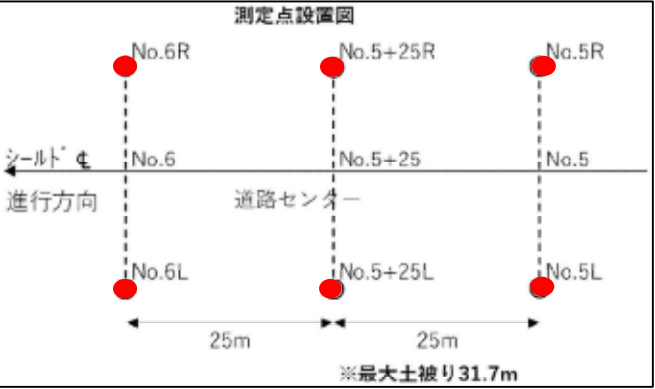
時期		測定頻度・回数
施工前	切羽50m前まで	1回（初期値）
施工中	切羽25m前から通過後1週間	1回/日
施工後	掘削完了後1ヶ月まで	1回/週
	掘削完了後1～3か月まで	1回/月
	掘削完了後3か月以降	1回

(4) 管理基準値

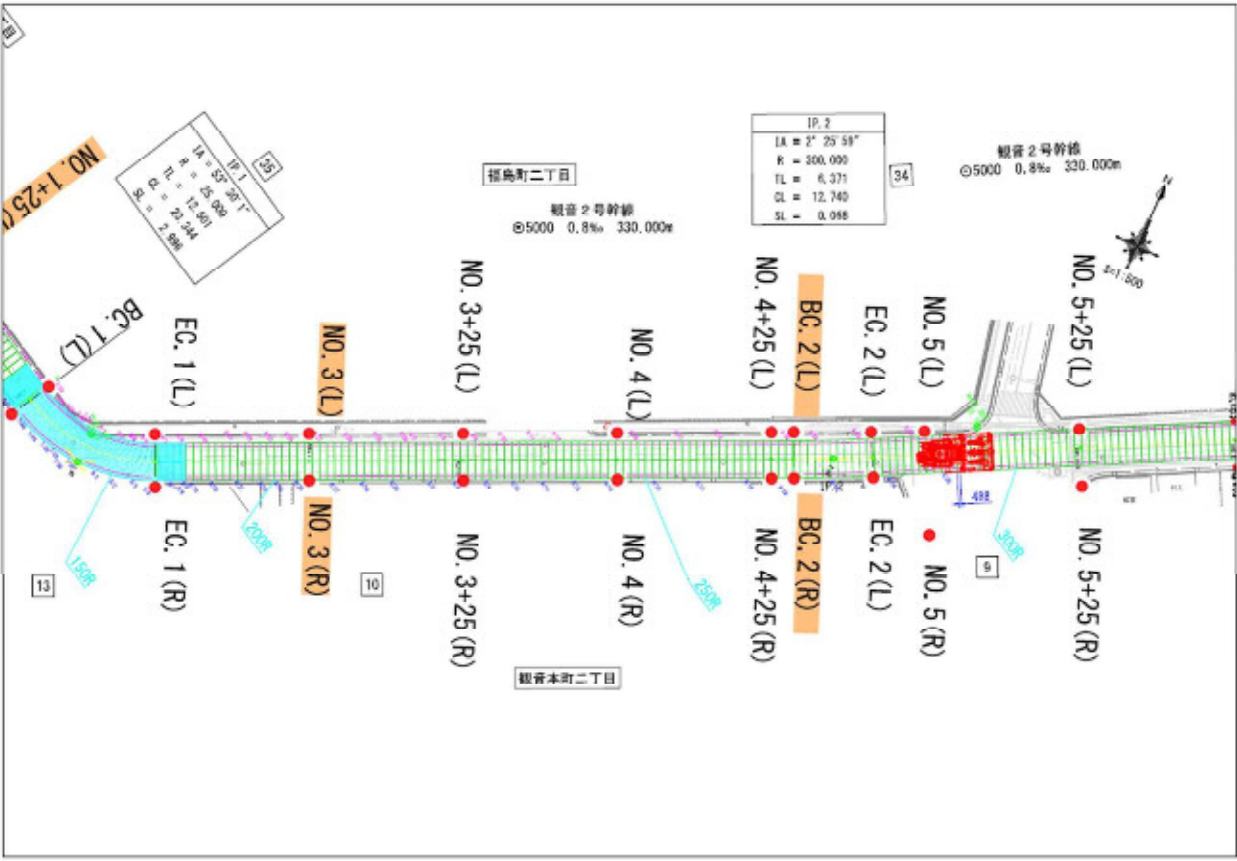
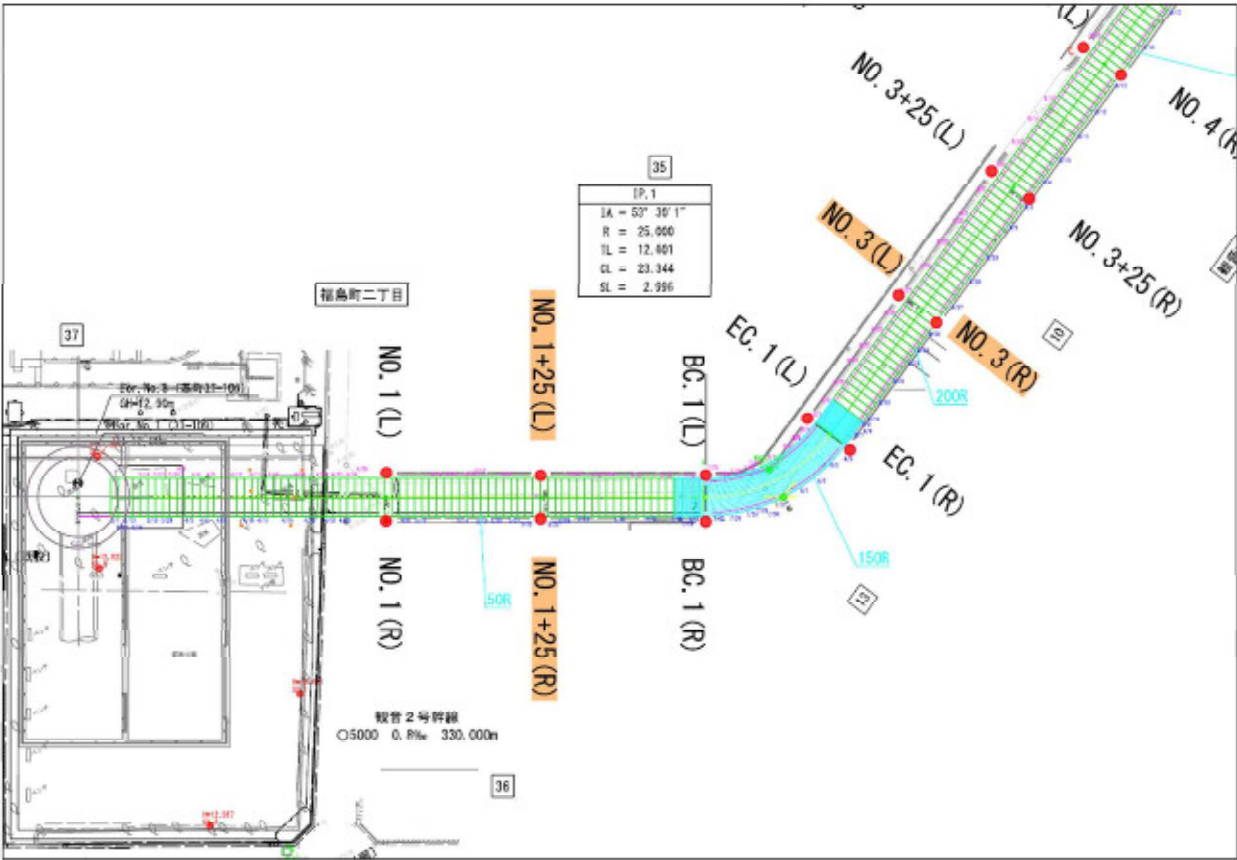
管理レベル	基準値（沈下測量結果）	処置
I	初期値 ±0～10mm	施工を継続する
II	初期値 ±10～20mm	管理者へ報告し、施工継続の可否を協議
III	初期値 ±20mm以上	施工を中断し、対策を検討

(5) 報告

- ・管理レベル I（初期値±10mm以内）を超えた場合は、即刻報告する。
- ・通過後は収束を確認した後、報告する。

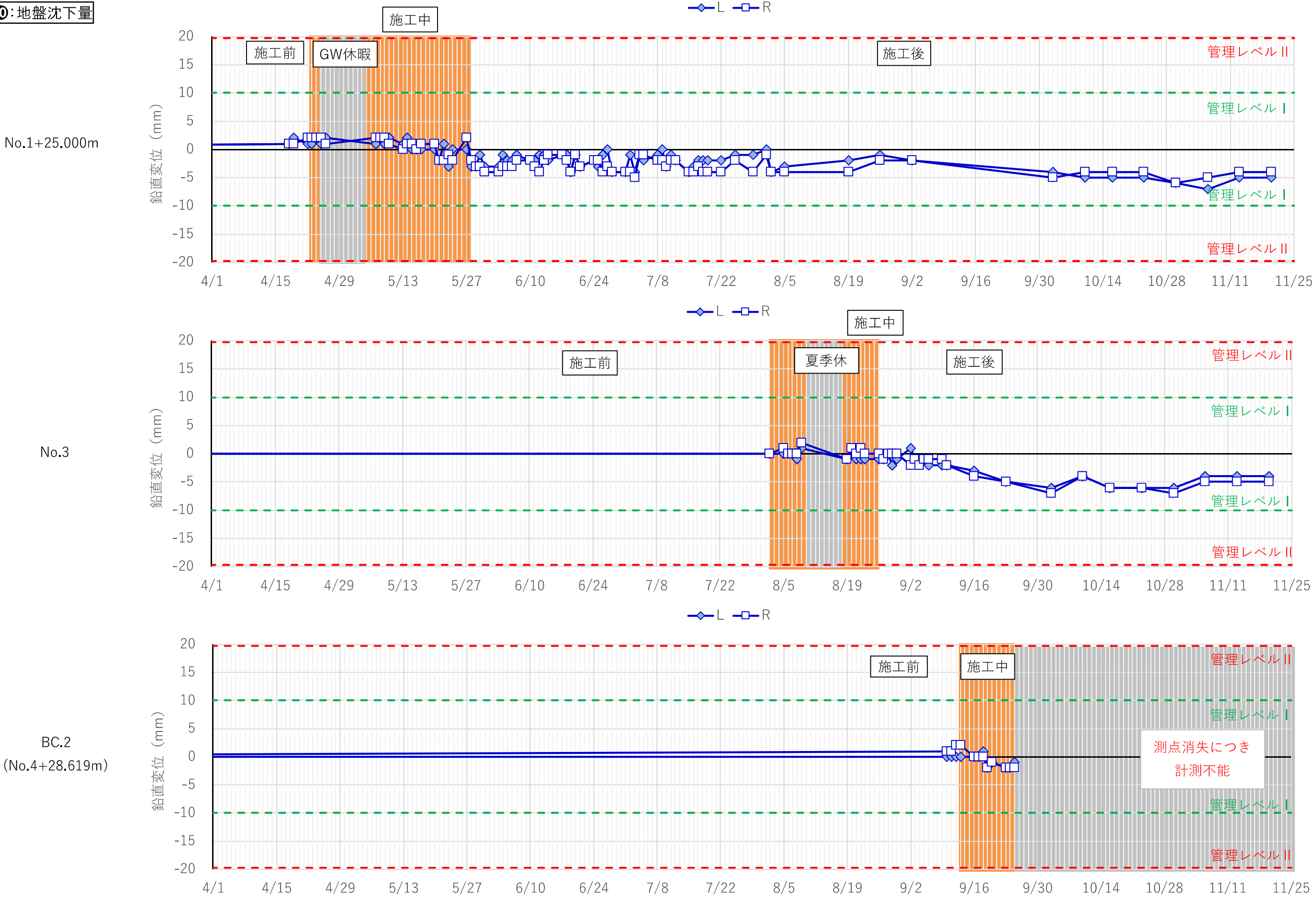


地盤沈下測量点の位置を以下に示す。



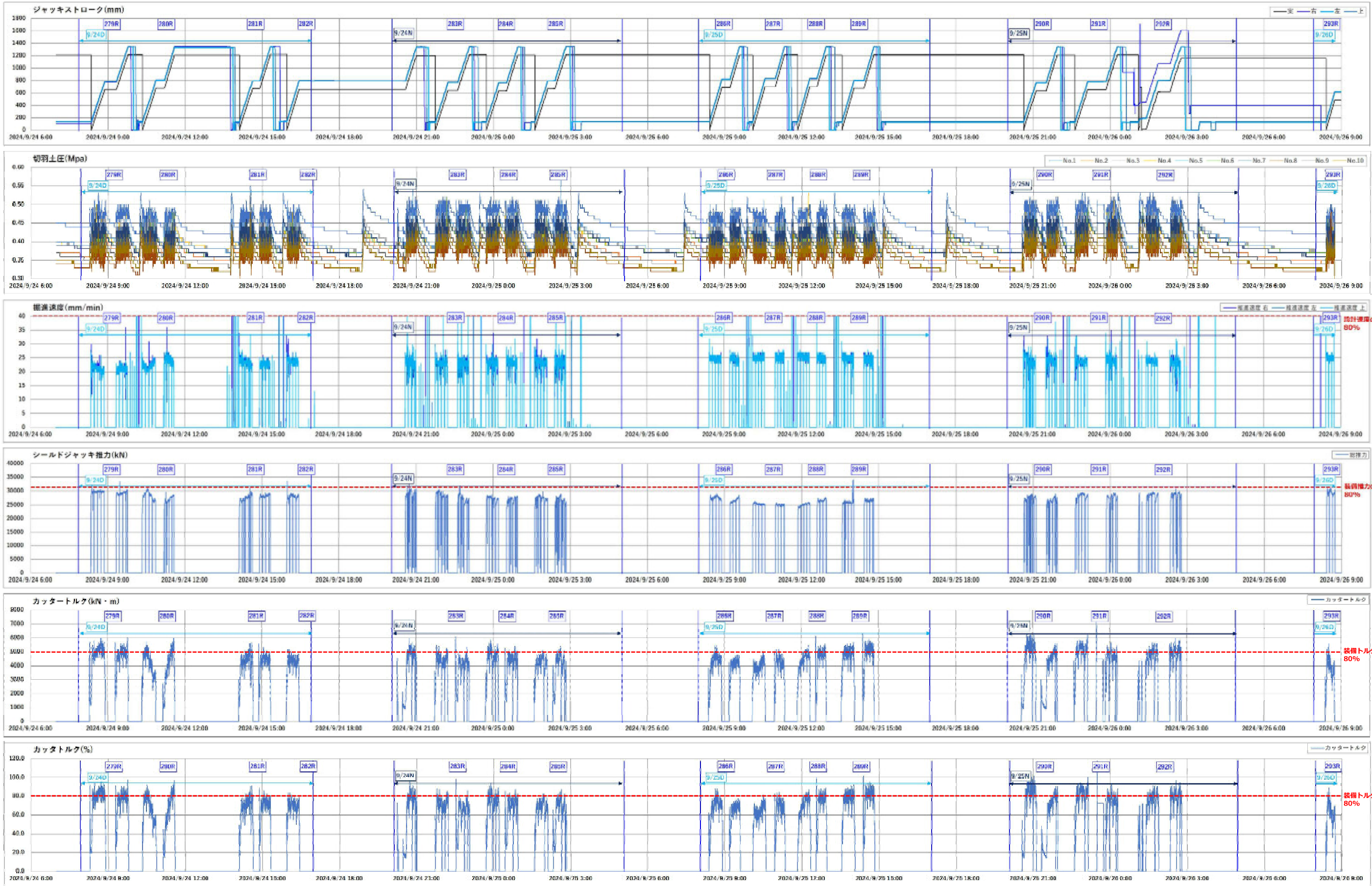
代表して3測点（No. 1+25.000m、BC.2（No. 4+28.619m））の測量結果を以下に示す。管理基準値以内であることが確認できる。

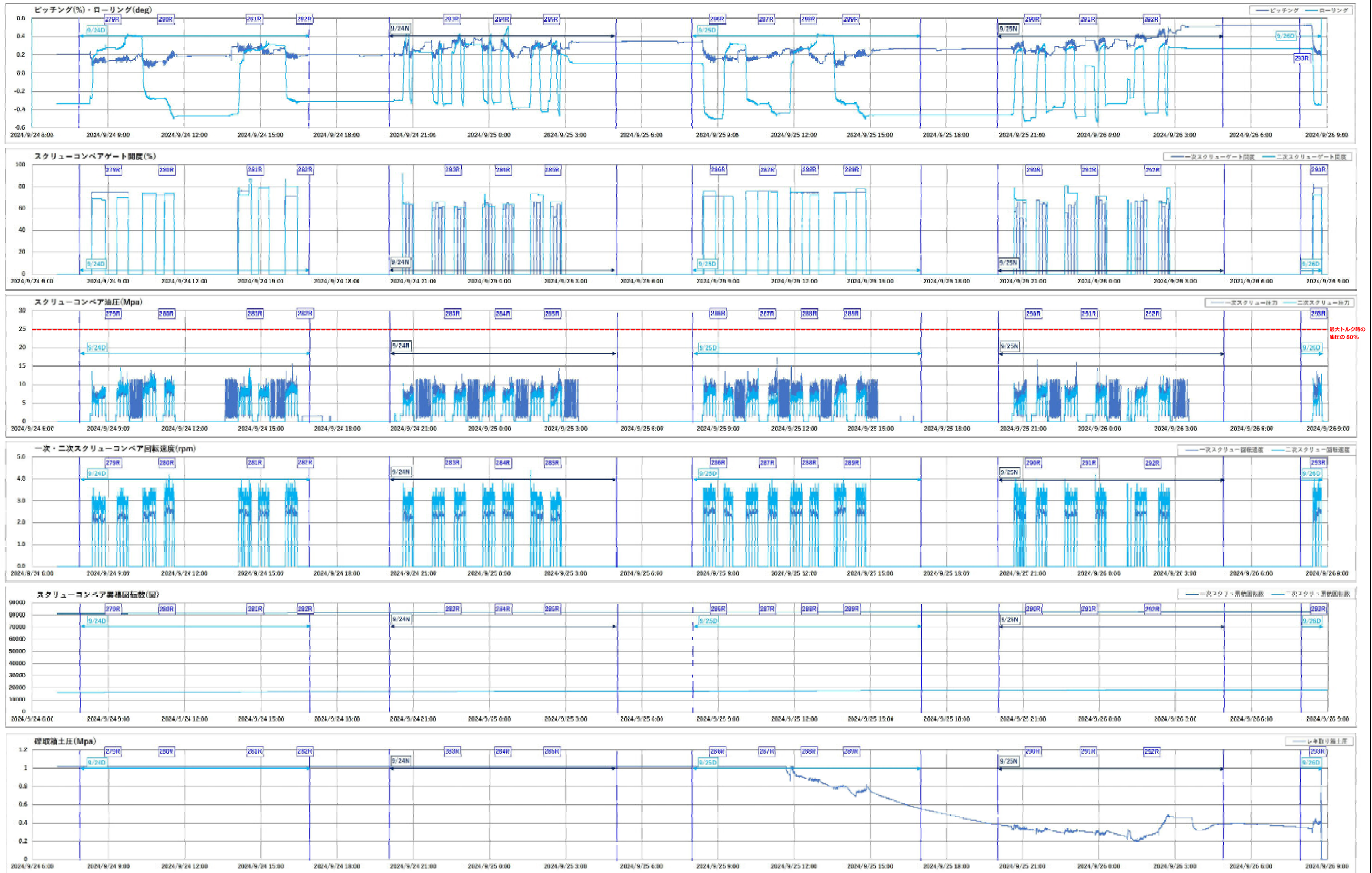
⑩:地盤沈下量

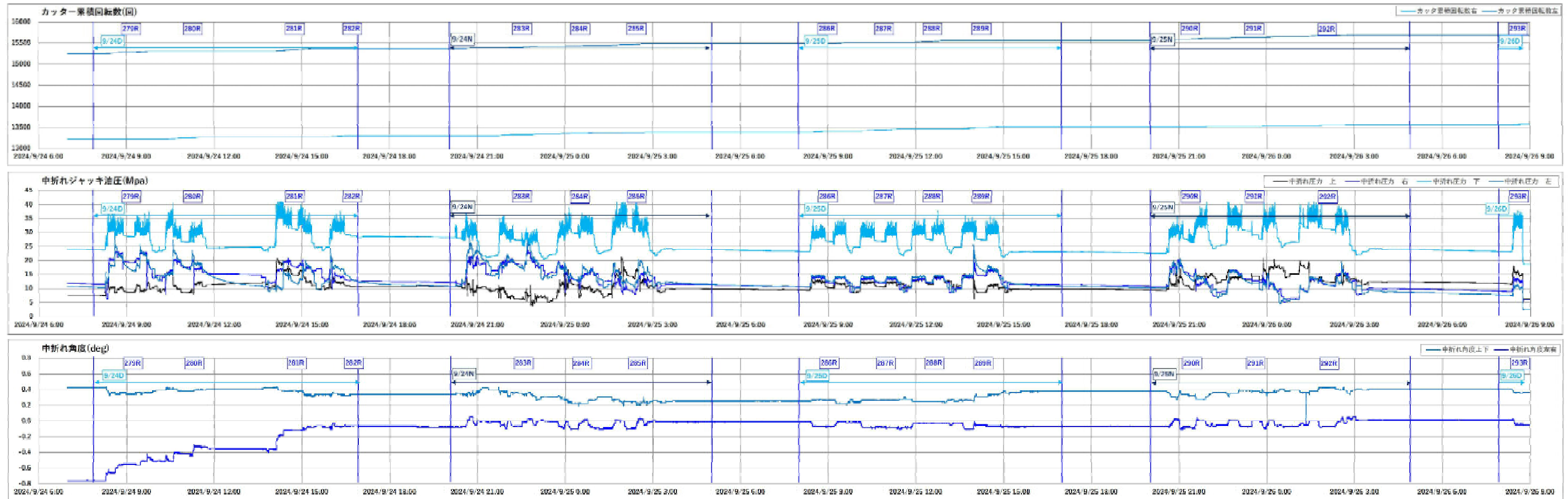


(8) 事故発生時直前の主なシールド掘進データ

事故発生直前（9/24 以降）におけるシールド機に関する主な掘進データを以下に示す。異常値は特に無いことが確認できる。なお、礫取箱土圧において、計測値が 1.0MPa でしばらく継続している期間がある。土砂が固着していた可能性があるが、2 次スクリーからの排土に異常はなく、掘進管理に問題は無かったと確認できている。

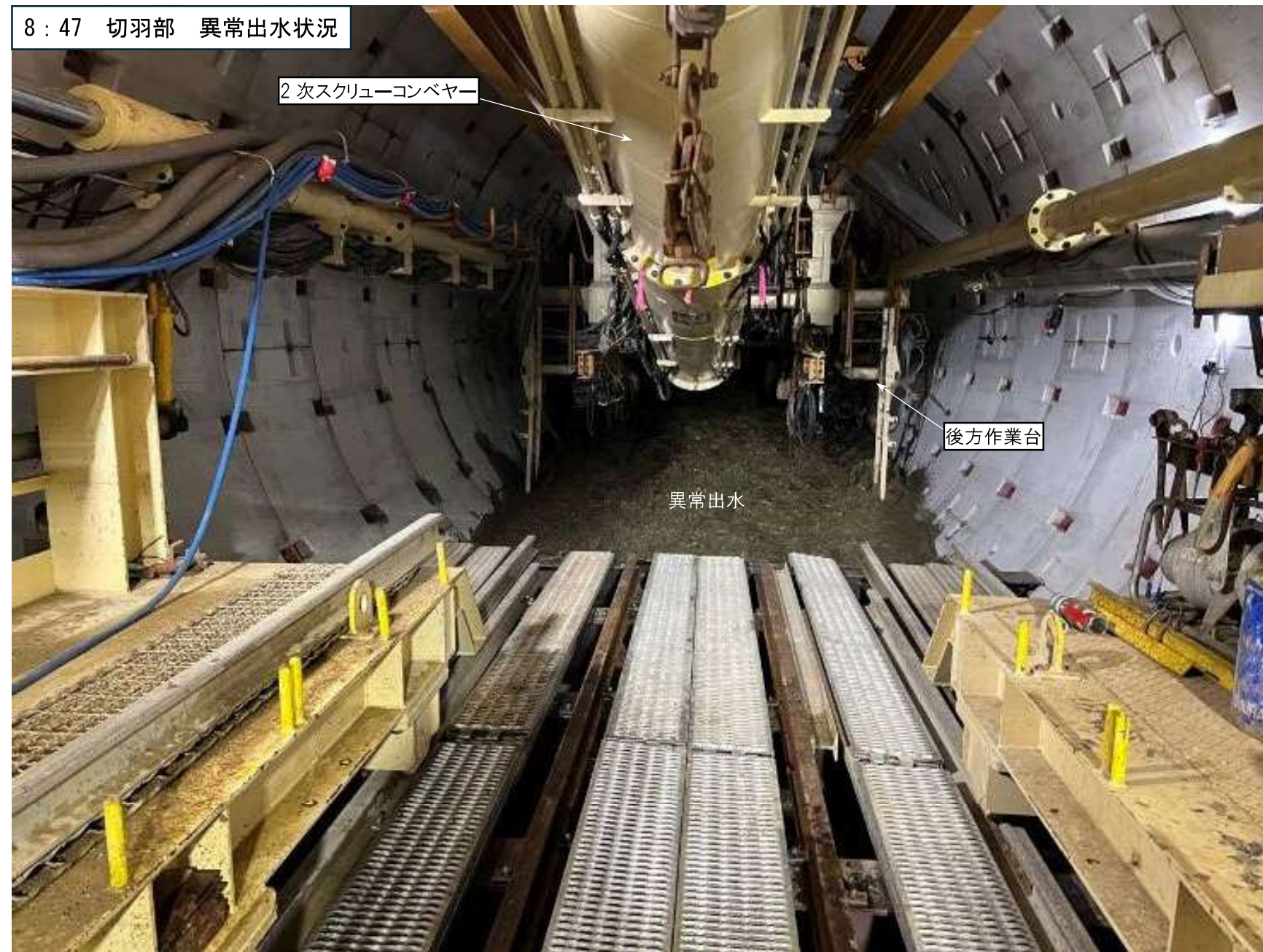




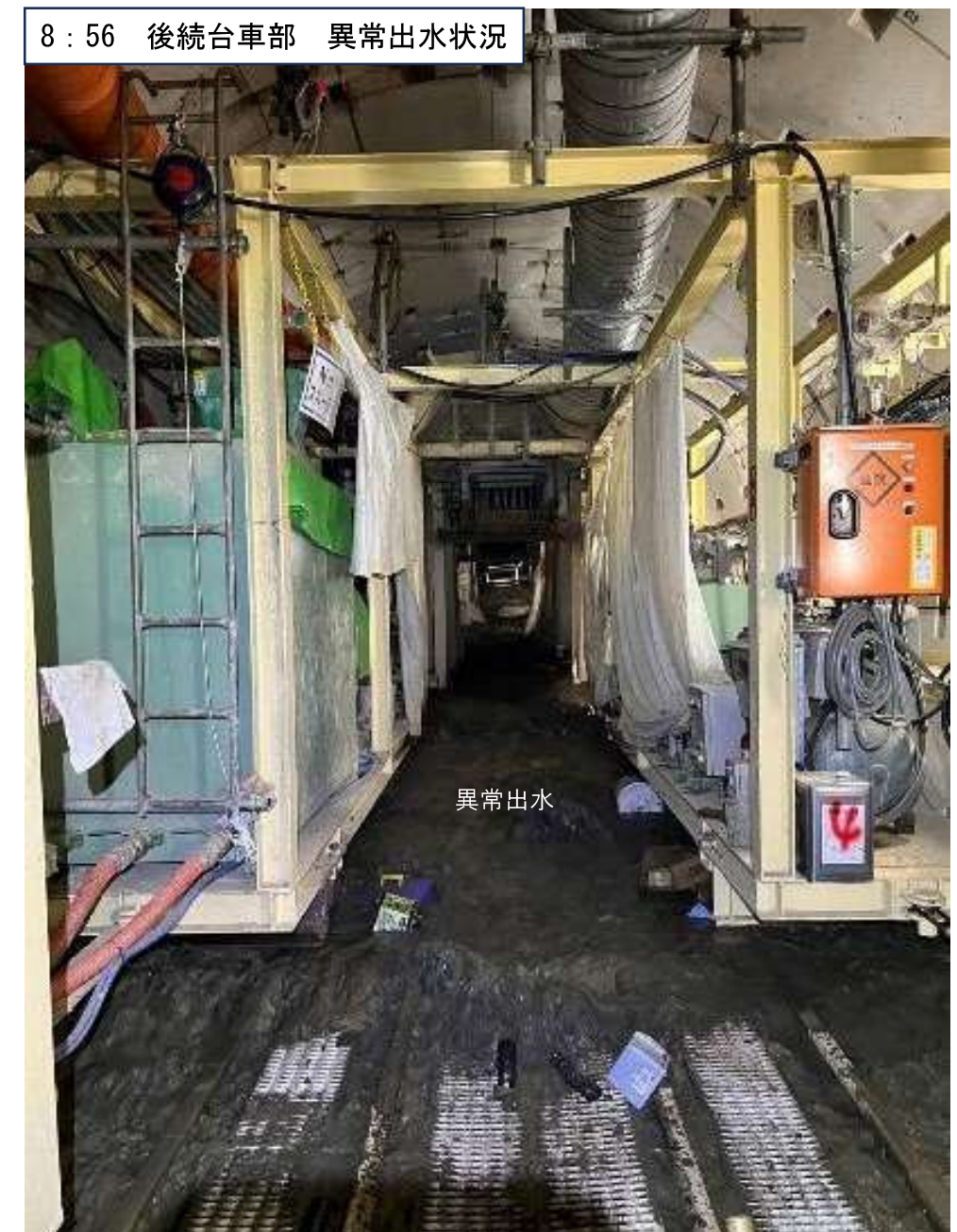


6. 3 シールド出水状況

8:47 切羽部 異常出水状況

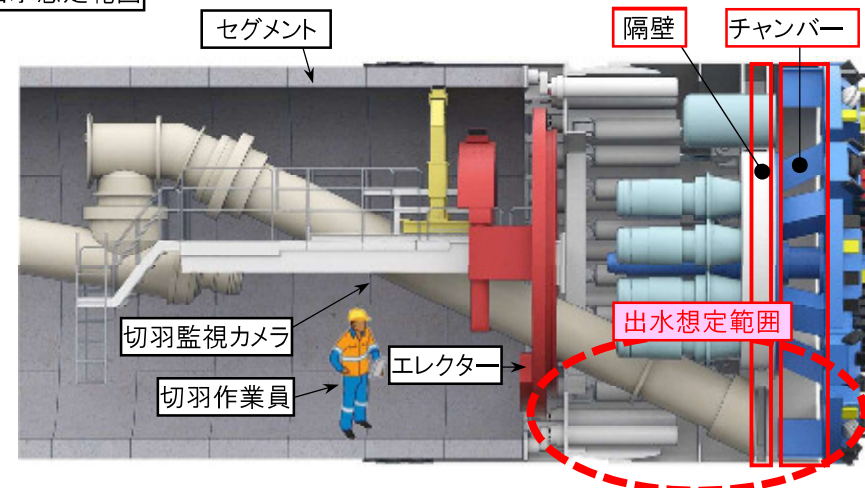
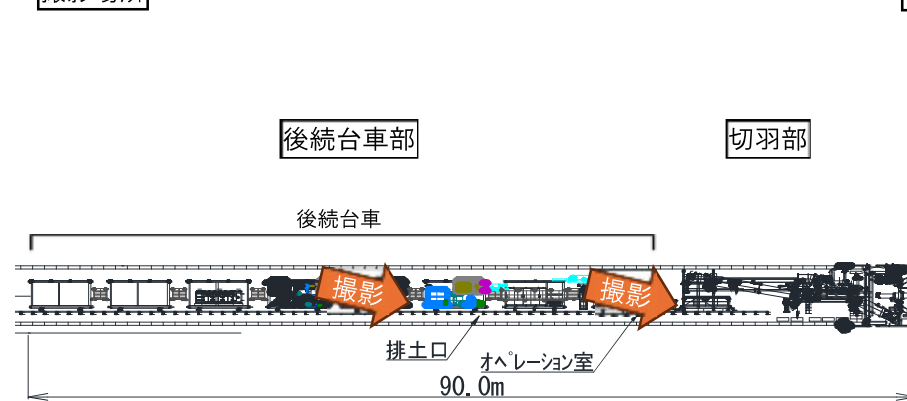


8:56 後続台車部 異常出水状況



撮影場所

出水想定範囲



【現場での事象】

- ・異常出水量が多く、発生箇所の現認が出来なかった。
- ・切羽作業員談「シールド機内の下方から盛り上がって出水した」。
- ・異常音は聞こえなかった。
- ・切羽監視カメラの映像より、エレクター位置より機内側での出水を確認。

【考察】

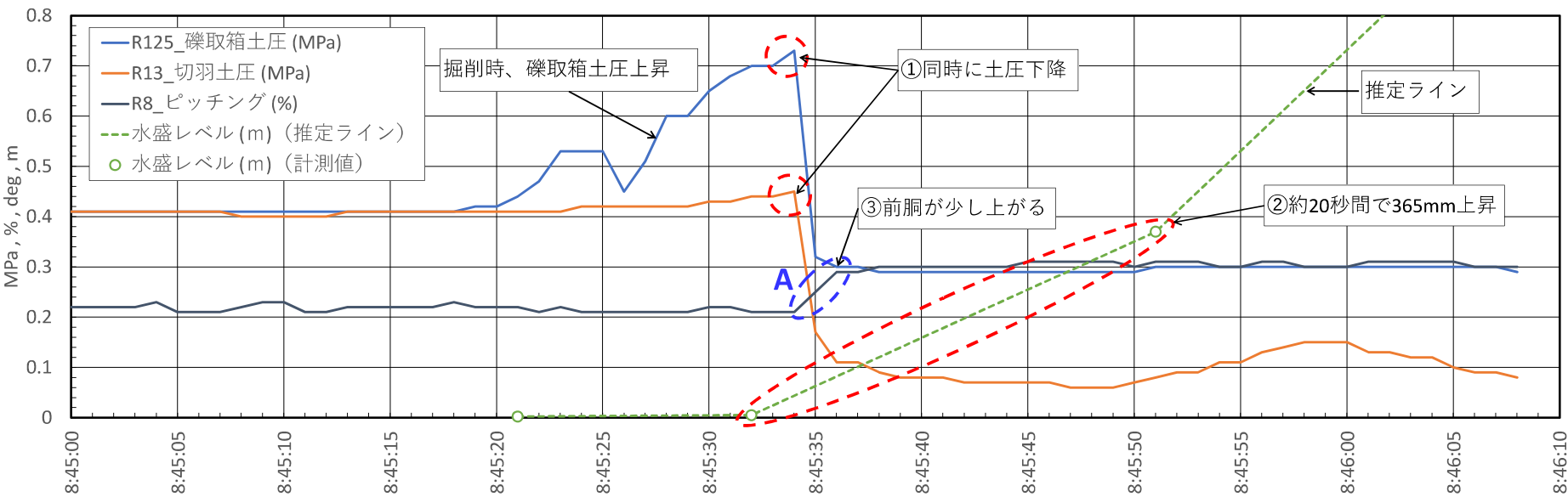
- ・切羽監視カメラ映像より、出水箇所はシールド機前胴付近である。
- ・過去の施工実績において、掘進中におけるシールド機内から今回ほどの異常出水した事例はない。

6. 4 事故発生時の詳細掘進データ

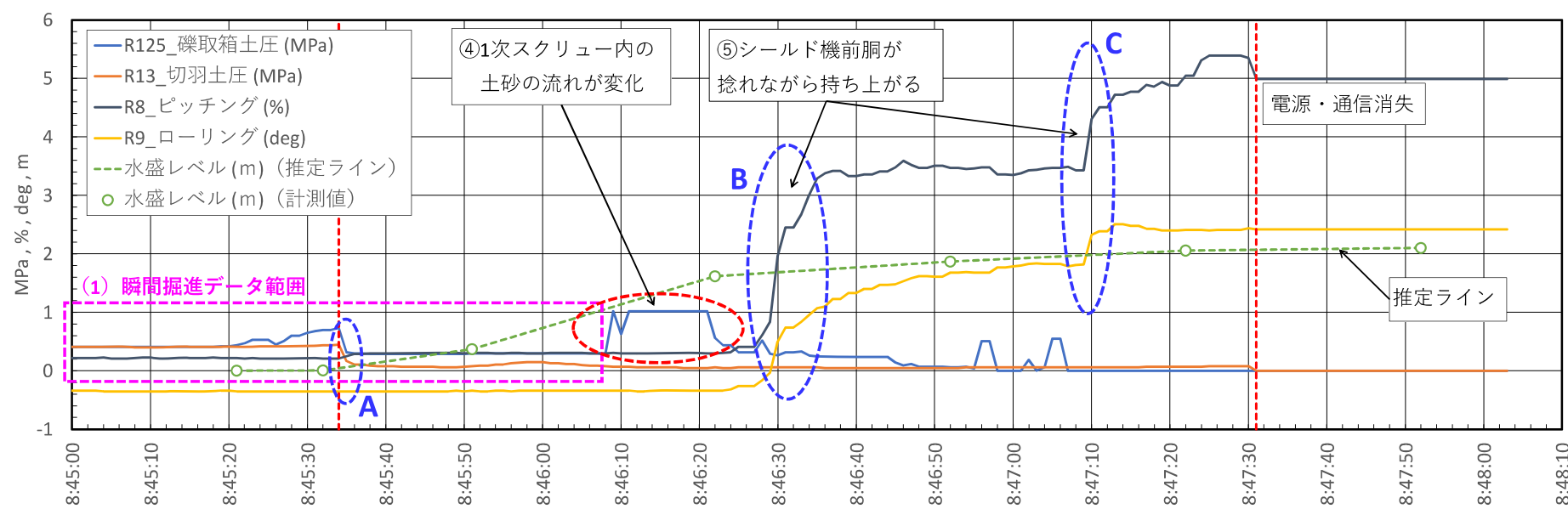
事故発生時の掘進データ及び瞬間掘進データ（切羽土圧、礫取箱土圧、ピッチング、ローリング、水盛レベル）を以下に示す。

結果、事故発生時において、**急激（数秒間）に切羽土圧等の減少やシールド機の挙動変化が発生**したことが分かる。シールド機の挙動については、下図に示す通り、3段階の挙動が確認できる（A・B・C参照）。8:45:35 頃に1段階目の挙動（ピッチングが0.1%程度上昇）、8:46:30 頃と8:47:10 頃に2段階目、3段階目の挙動（ピッチング・ローリング上昇）が確認できる。

（1）事故発生時の瞬間掘進データ



（2）事故発生時



発生時刻	事象	考察
① 8時45分35秒	切羽土圧及び礫取箱土圧が同時に急落	切羽土圧急落は8時45分35秒に発生し、出水箇所はシールド機前胴（チャンバー付近）と考えられる
② 切羽土圧急落後	水盛レベルが約20秒間で365mm上昇	—
③ 切羽土圧急落と同時	ピッチングが0.1%程度上昇	切羽土圧急落と同時にシールド機前胴が上昇したものと考えられる
④ 切羽土圧急落から30～50秒後	礫取箱土圧が上下に変動	切羽土圧急落後1次スクリー内の土砂の流れが変化したものと考えられる
⑤ 切羽土圧急落から50～60秒後 切羽土圧急落から90～100秒後	ピッチング及びローリングが同時に上昇	シールド機が捻れながら持ち上がる異常な挙動が発生していると考えられる

— 礫取箱土圧計

礫取箱土圧計

礫取箱内の土圧を計測

— 切羽土圧計

切羽土圧計

チャンバー内土圧の管理(管理土圧:0.42MPa)

— ピッチング、— ローリング(傾斜計)

傾斜計

※傾斜計でピッチングとローリングの両方を計測

○- 水盛レベル計

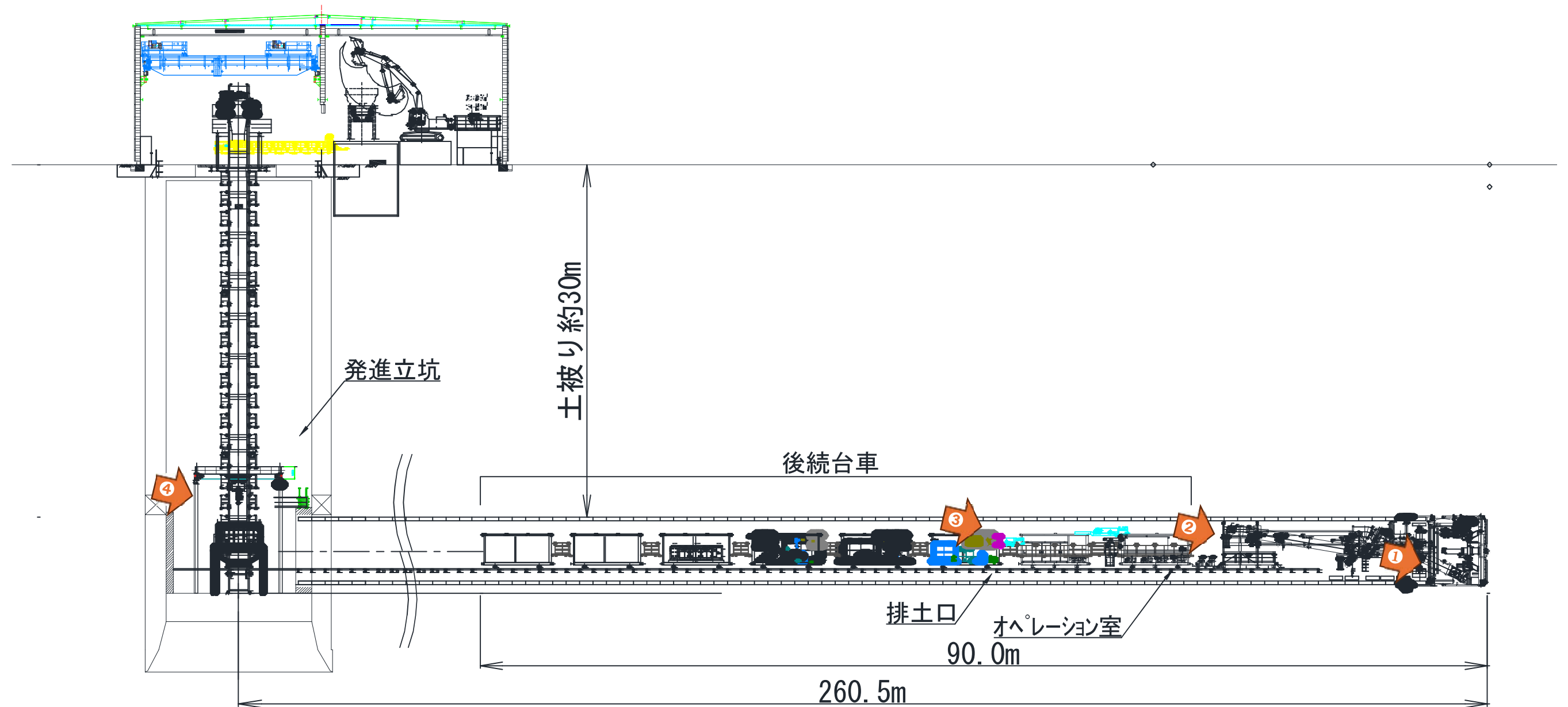
水盛レベル計

シールド機のレベルを計測

(3) 事故発生時の動画

定点カメラにより撮影した動画を説明する。説明する動画の撮影箇所は以下の4か所（下図に示す矢印部）である。

- ① 切羽インバート
- ② 二次スクリーコンベア落し口
- ③ ベルトコンベアー落し口
- ④ 立坑下



6. 5 掘進データ取り纏め

シールド掘進データに関する取り纏め事項を下表にまとめて示す。
結果、日常管理（1～292R）、事故発生直前（9/24～9/26）において、**特筆すべき異常値は検出されていない**ことが分かる。
また事故発生時において、**急激（数秒間）に切羽土圧等の減少やシールド機の挙動変化が発生**したことが分かる。

掘進データ			取り纏め事項
日常管理 (1～292R)	切羽安定管理	排土量(重量)	グラフから 全区間で管理値以内 であり、排土量管理に問題無く適正に管理されていることが確認できる。
		排土量(体積)	一部グラフに記載の通り特異値があるが、 概ね全区間で管理値以内 であることが確認できる。
		排土率	排土率でグラフ化することにより管理値のラインを一定に表示できる。データに関する考察は、 排土量管理と同様 である。
		切羽土圧	大きな変動はなく 安定した状態 であることが確認できる。
	裏込注入管理	注入率	裏込注入管理は注入圧と注入量を総合的に管理する。管理基準は注入圧が目標圧力(切羽土圧の管理値 0.42MPa+0.2MPa＝0.62MPa)以上であることと、注入量が注入率 100%以上であることである。注入圧が目標圧力に達していない場合においても、注入率が 100%以上であることを確認しており、また、平均で 130%以上であることも確認しており、 全区間で裏込注入が適切に管理 できていたことが確認できる。
		注入圧	
	ビット摩耗管理	ビット摩耗検知量	先行ビット(高)の 1 個所が許容摩耗量に達しているが、68R で急激に数字が上昇しており、 玉石砂礫層掘削における欠け による影響と思われる。 それ以外のビットは異常摩耗値を示していない 。
	その他	掘進速度	大きな変動はなく 安定した状態 であることが確認できる。
		掘進推力	自主管理値を超えている箇所があるが、事故前は 管理値以内 であることが確認できる。
		カッタートルク	220 リング以降高めの傾向であるが、 管理値以内 であることが確認できる。
		ピッチング	特に 異常な値なし 。
		ローリング	特に 異常な値なし 。
		中折れ角度	特に 異常な値なし 。
		真円度	管理値以内 であることが確認できる。
		蛇行量	管理値以内 であることが確認できる。
		テールクリア	急曲線(左 25mR)区間において外側のクリアランスが少ない状況が続いたが、組立不能に陥るまでには至っておらず、テーパセグメントへの割付変更等に対応した。 直線区間は管理値以内 である。
		地盤沈下管理	水準測量 全測点において管理基準値以内 であることが確認できる。
事故発生直前 (9/24～9/26)	切羽安定管理	排土率	特に 異常な値なし 。
		排土量	特に 異常な値なし 。
		切羽土圧	特に 異常な値なし 。
	裏込注入管理	注入率	特に 異常な値なし 。
		注入圧	特に 異常な値なし 。
	その他	掘進速度	特に 異常な値なし 。
		掘進推力	特に 異常な値なし 。
		カッタートルク	特に 異常な値なし 。
		ピッチング	特に 異常な値なし 。
		ローリング	特に 異常な値なし 。
		中折れ角度	特に 異常な値なし 。
		真円度	特に 異常な値なし 。
		蛇行量	特に 異常な値なし 。
		テールクリア	特に 異常な値なし 。
事故発生時		礫取箱土圧	8 時 45 分 35 秒に同時に土圧急落。
		切羽土圧	
		ピッチング	切羽土圧急落と同時にピッチングが急激に上昇(0.1%)。
		ローリング	切羽土圧急落の 50～60 秒後、90～100 秒後にピッチング・ローリングが同時に上昇。シールド機が捻じれながら持ち上がる異常挙動。
		水盛レベル	切羽土圧急落後の約 20 秒間で水盛レベルが 365mm 上昇。

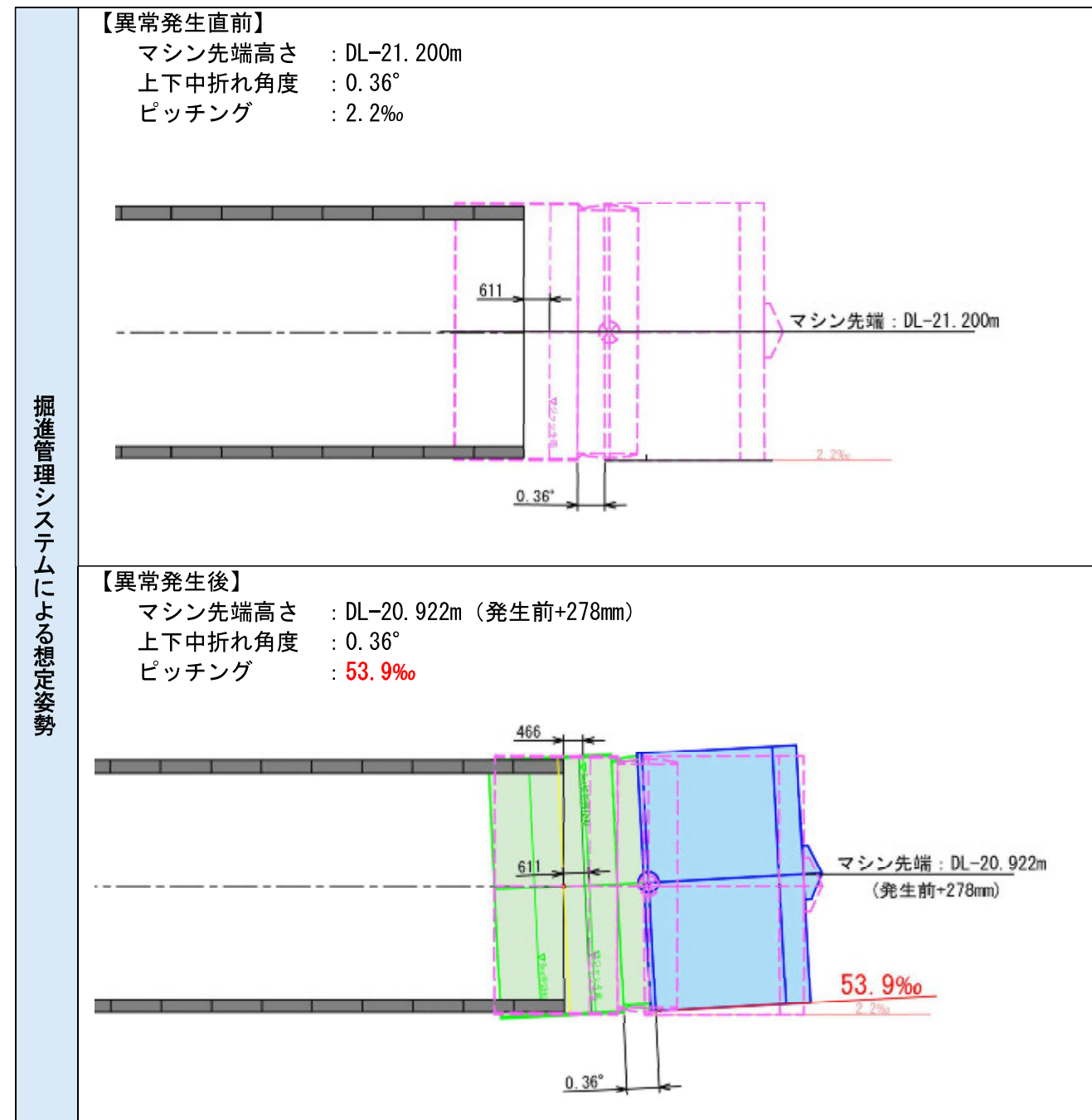
6. 6 シールド機損傷確認調査

(1) シールド機の姿勢調査

掘進管理システムから読み取れたデータによるシールド機の想定姿勢はピッチングが 53.9‰である。

シールド機の姿勢を「①磁気探査ボーリング」および「②直接探査ボーリング」により確認した。調査の結果、①ではピッチングが 44.9‰、②ではピッチングが 22.9‰であり、シールド機のピッチングは上向きな状態であることが確認できた。

上記より、シールド機に想定を超える上昇力が作用したため、シールド機の各所損傷が懸念される。



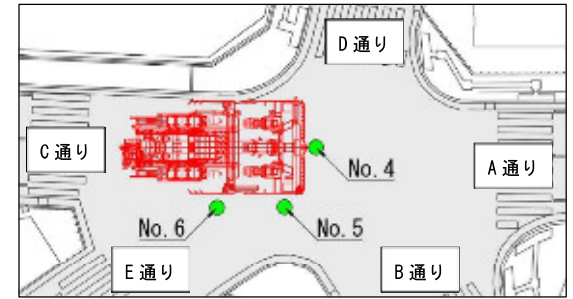
① 磁気探査ボーリング結果

【調査方法】

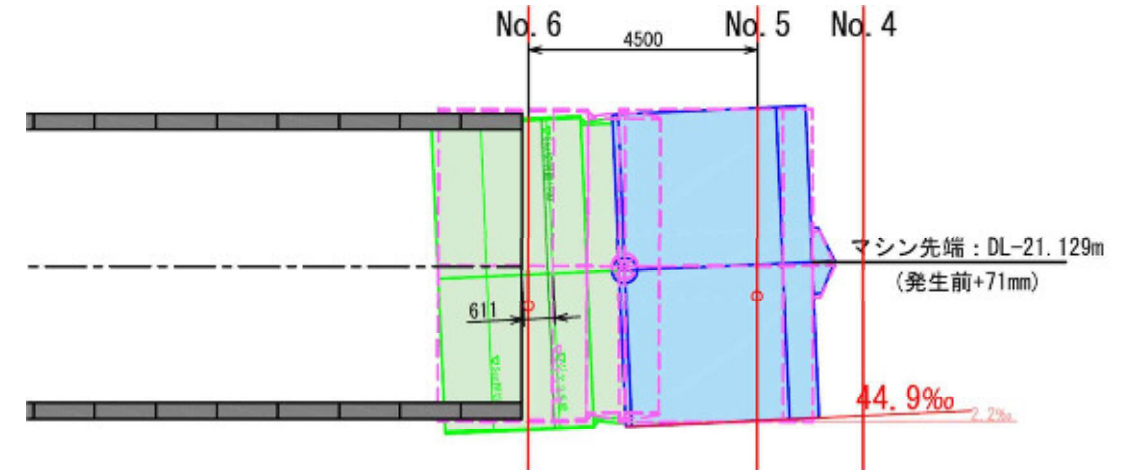
磁気探査は磁気プローブ（磁気検知コイルを内蔵）を調査孔に挿入し、連続的に磁気強度の変化を測定するものである。シールド機の材質が鉄であるため、本調査により対象物の深度を把握することができる。

測点は3点あり、No.4で得られたシールド機上端と下端での磁気反応から深度を設定し、No.5・No.6で得られたシールド機側部の磁気反応からピッチングを確認する。

【調査位置】



【結果】

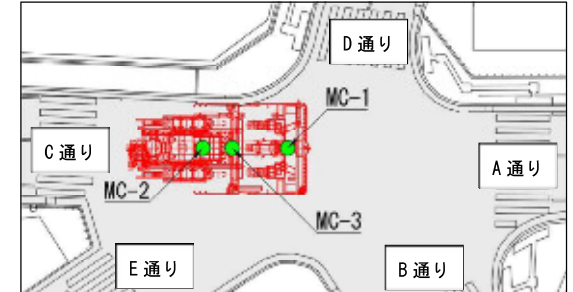


② 直接探査ボーリング結果

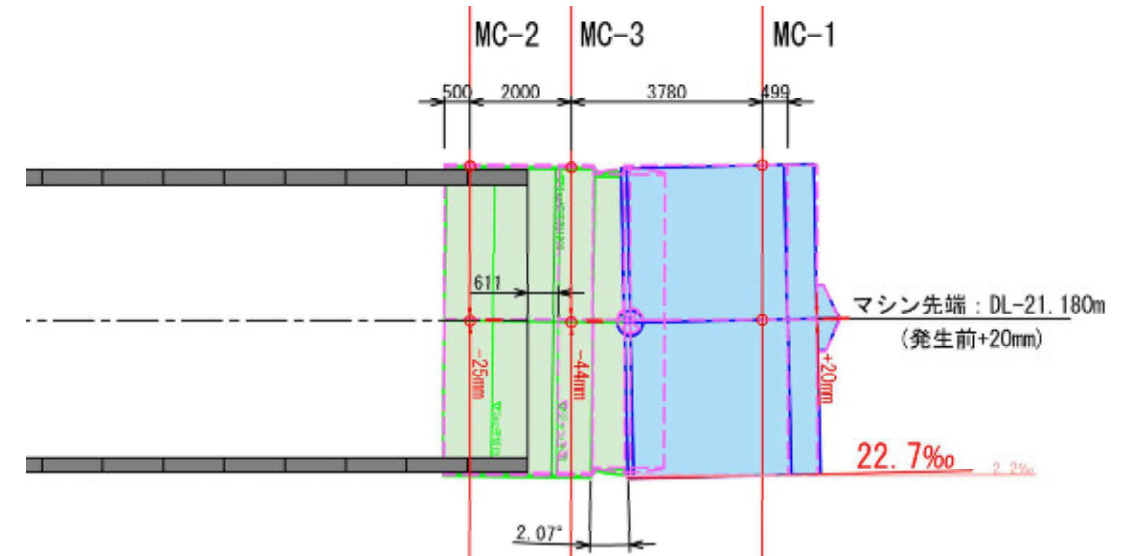
【調査方法】

シールド機の中心線上の3測点において、削孔機によるボーリング掘削を行う。削孔ケーシングがシールド機の天端に直接接触するまで削孔し、その高さを記録することで、現状のシールド機が位置する深度とシールド機のピッチングを確認する。

【調査位置】



【結果】



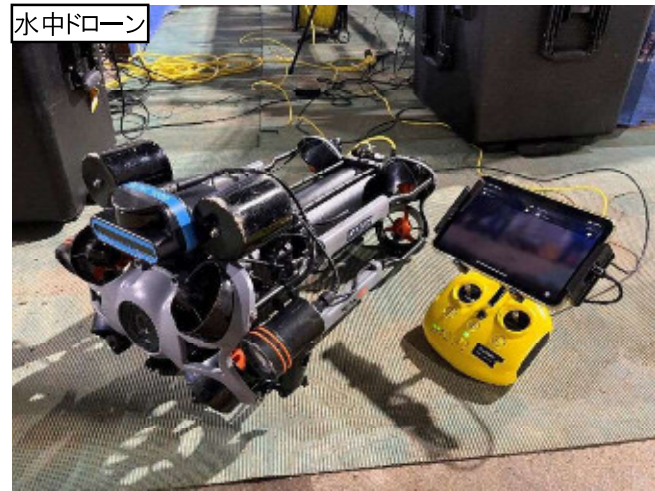
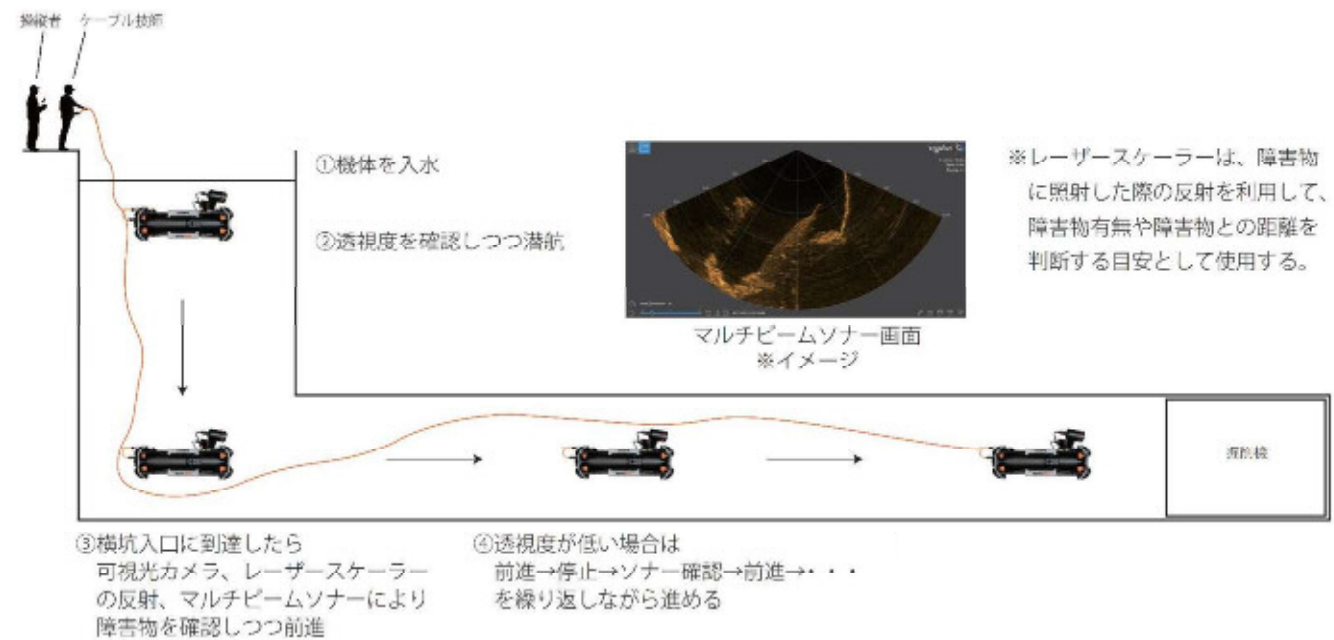
(2) シールド機内調査

1) 水中ドローン調査

【概要】

水中カメラ及びマルチビームソナーを備えた水中ドローンを立坑・シールドトンネル内に潜水させ、内部状況（流入土砂の堆積状況）を確認する。

【概念図】



2) 坑内排水調査

【概要】

明確な原因究明には、シールド機周囲の地盤を止水し、坑内を排水、流入土砂を撤去することで、シールド機内部を直接目視・調査する必要があると考える。これにより出水箇所を特定し、シールド機損傷の確認（位置・範囲・形状寸法）が可能となる。

なお、現在シールド機は、高水圧下・大深度（約 40m）で停止しており、止水の対象となる地盤は、周辺と比較して複雑な構成となっており、以下のような条件である。

	領域①シールド機前面付近	領域②シールド機側方～後方付近
地層	a. 沖積粘性土層が乱された地盤 b. 沖積基底層が乱された地盤 c. 部分的に洪積砂礫層	a. 沖積基底層 b. 洪積砂礫層
N 値	a. 0～1 程度 b. 0～1 程度 c. 50 以上	a. 5～10 程度 b. 50 以上

上表のとおり、複雑かつ特殊な地質条件であるため、より確実性および信頼性の高い止水工法を検討する必要がある。

【概念図】

