

横浜環状南線 都市型トンネル施工技術検討会

第 10 回 検 討 会 ＜ 公田笠間トンネル ＞

令和6年12月11日

東日本高速道路株式会社 関東支社 横浜工事事務所
鹿島・竹中土木・佐藤工業 横浜環状南線 公田笠間トンネル工事特定建設工事共同企業体

はじめに

横浜環状南線は、住宅が密集する横浜市南部地域（一部は鎌倉市域）を通過するため、全体の約7割が地下構造で計画されており、計画路線は住宅が密集する地域を通過するため、トンネル工事にあたっては周辺地域への影響について、万全な対策を講じることが必要である

特に、シールド工法は周辺地域への影響を最小化できる、安全で信頼性の高い工法として期待されていることから、横浜環状南線のトンネル区間へのシールドトンネル工法の適用可能性について、学識経験者及び専門技術者で構成する「横浜環状南線都市型トンネル施工技術検討会」を設置して、設計・施工上の課題等の検討を進めてきた

また、第9回検討会においては、第7回検討会で確認した「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン」の内容を踏まえた「安全性の向上」と「周辺地域の安心の確保」のための主な取り組みを基に、桂台トンネル工事における令和5年6月から令和5年10月までの下り線初期掘進の施工状況、および公田笠間トンネル工事における下り線本掘進の施工状況の報告を行った

今回の第10回検討会は、第9回の施工状況報告時点からの進捗について、桂台トンネル工事における令和6年9月末までの下り線本掘進の施工状況、および公田笠間トンネル工事における上り線初期掘進の施工状況を報告するものである



横浜環状南線のルートと完成予想



横浜環状南線の構造と工法



目次

1. 工事の進捗状況	3~4
2. 上り線初期掘進の施工状況について	5~19
2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握	5~7
2.2 排土量管理	8~13
2.3 掘進停止時の対策	14
2.4 異常の兆候の早期感知と迅速な対応	15
2.7 周辺の生活環境への影響のモニタリング	16~17
2.8 情報提供	18
2.9 今後の予定	19

1. 工事の進捗状況

- ・シールドマシンは令和5年6月に往路（下り線）の約1.7kmの掘進が完了
- ・回転立坑での、シールドマシンの回転・移動を経て、令和6年1月に復路（上り線）の初期掘進を開始し、令和6年6月に約150mの初期掘進が完了。その後、後続台車の盛替えを行い、令和6年10月より本掘進を開始

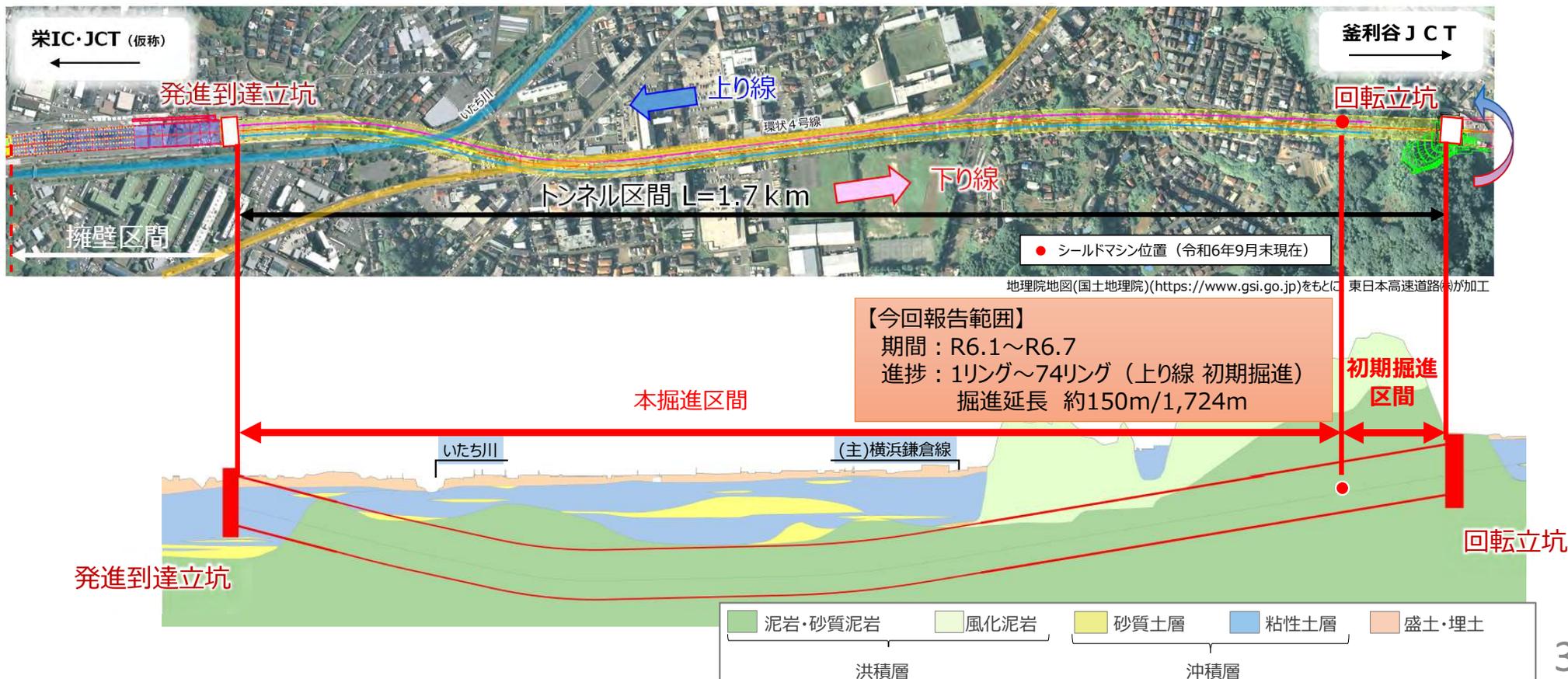
■ 公田笠間トンネル工事の概要

工事名 : 横浜環状南線 公田笠間トンネル工事
 発注者 : 東日本高速道路株式会社 関東支社
 受注者 : 鹿島建設(株)・(株)竹中土木・佐藤工業(株) JV
 工事場所 : 神奈川県横浜市栄区公田町～
 神奈川県横浜市栄区飯島町

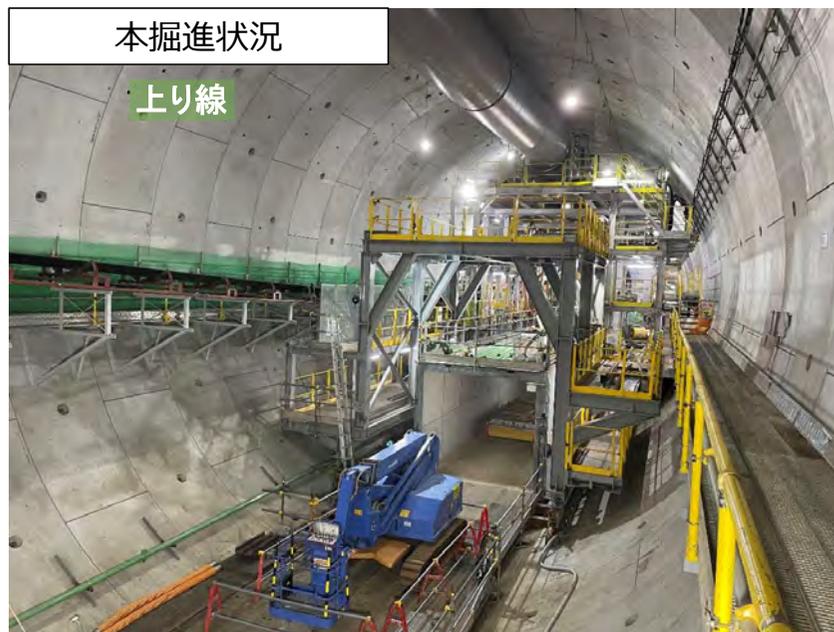
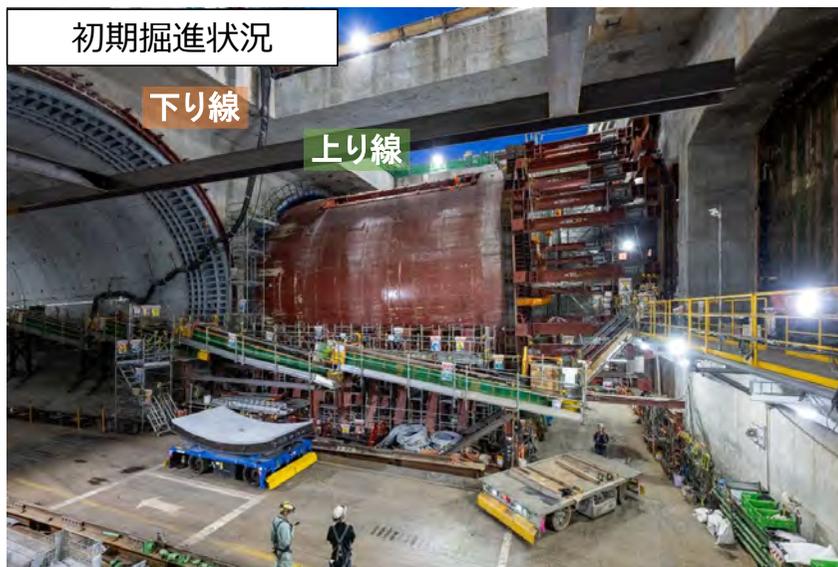
トンネル諸元
 外径 : φ15.0m、内径 : φ14.19m
 土被り : 1.1～38.5m
 勾配 : 0.5～5.648%
 曲率半径 : 592.50mR



■ 位置図および地質縦断図



1. 工事の進捗状況



2. 上り線初期掘進の施工状況について

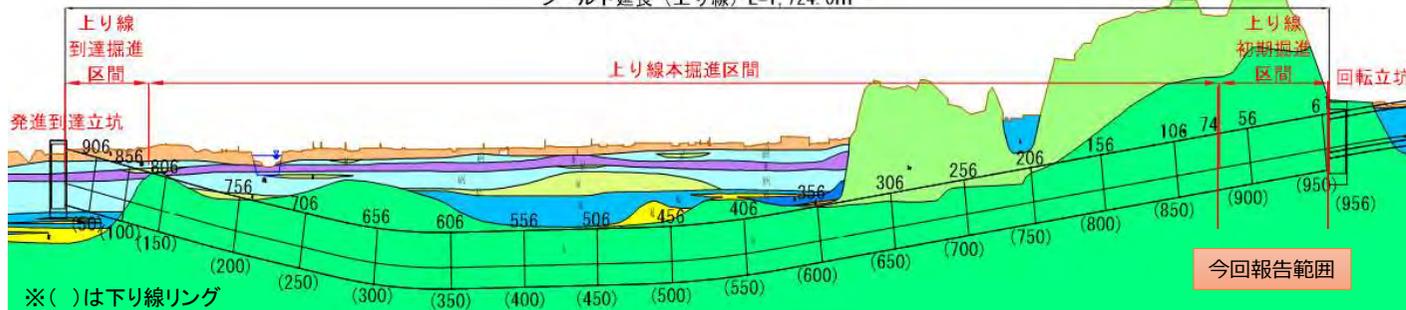
2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握

- 掘進にあたっては、「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン（令和3年12月）」に基づいた切羽圧力の管理を実施する
- 切羽圧力について、概ね管理値内で掘進できていることを確認した
- チャンバー内圧力分布等の計測結果に基づき、チャンバー内土砂性状を可視化・監視し、塑性流動性の悪化、偏りの兆候となる計測結果のばらつきが生じていないことを確認した

■ 切羽圧力の管理状況

- 設計水位に比べ、近隣の観測井戸における実際の地下水位が低いことを確認し、立坑等への影響を小さくするため、排土等の各種施工データや地表面に変状がないことを確認しながら、実際の地下水位に応じた切羽圧力にて慎重に掘進を行った (A)
- 立坑等への影響が小さくなったことを確認し、下り線の実績を踏まえた切羽圧力で管理した (B)

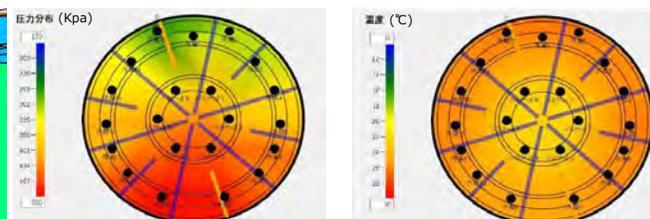
シールド延長（上り線）L=1,724.0m



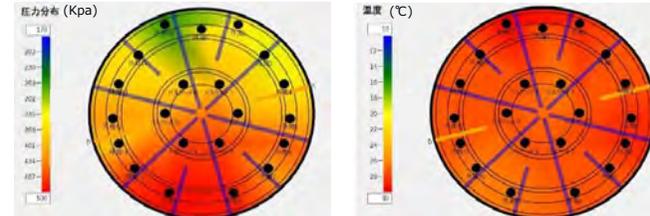
■ チャンバー内土砂性状の可視化・監視状況

チャンバー内に設置した土圧計および温度計の計測値を基に、チャンバー内土砂性状を可視化・監視し、全面に亘りばらつきがなく均一な傾向であることを確認した

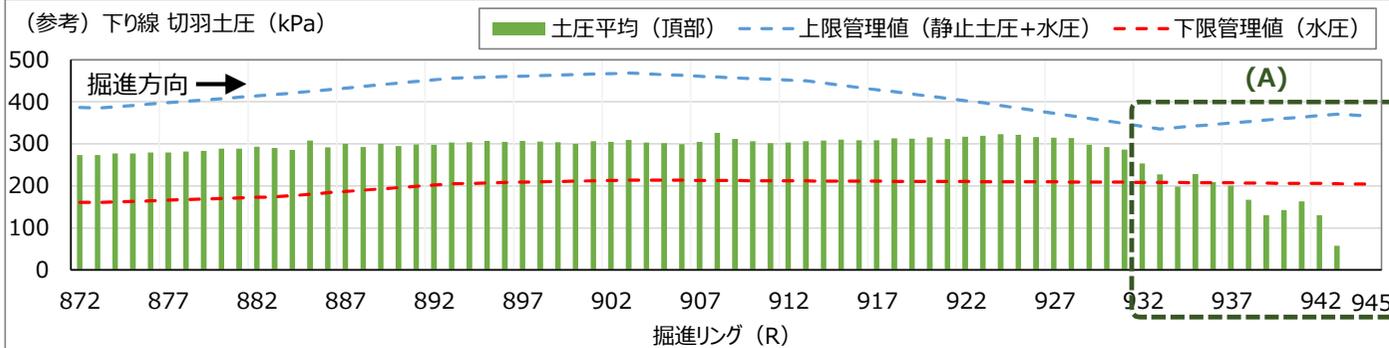
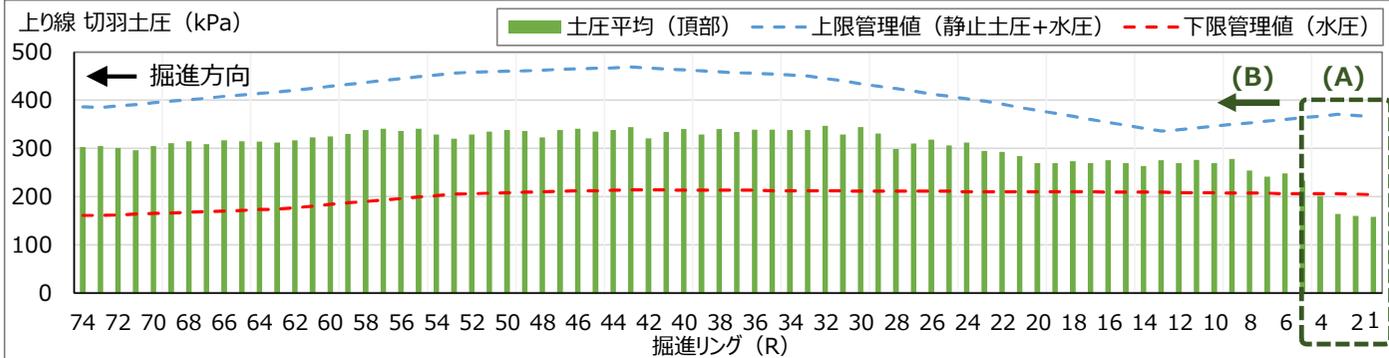
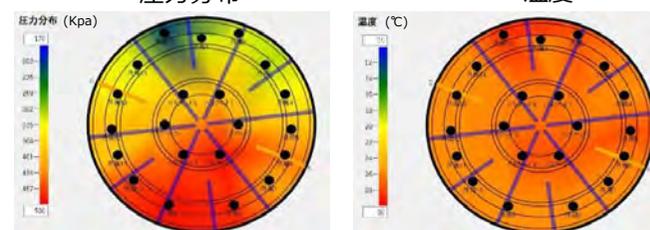
25リング 圧力分布 温度



50リング 圧力分布 温度



74リング 圧力分布 温度



2. 上り線初期掘進の施工状況について

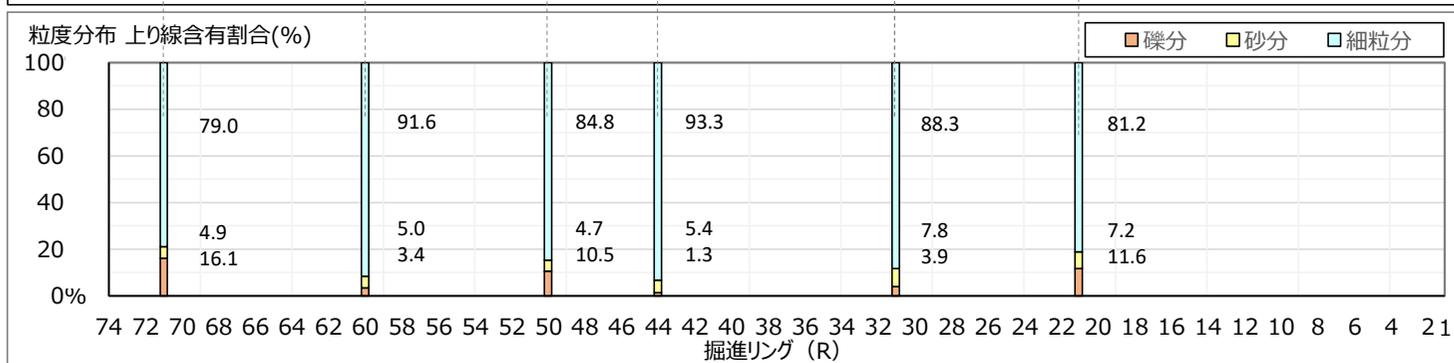
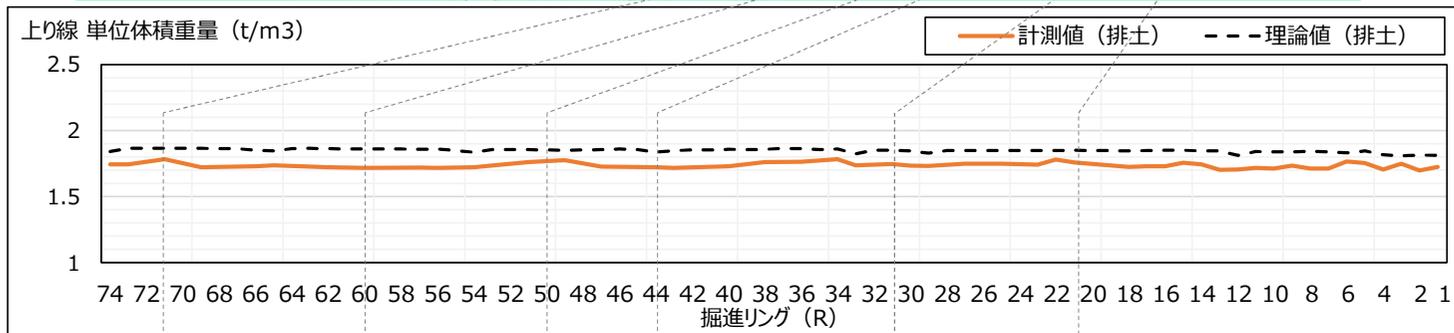
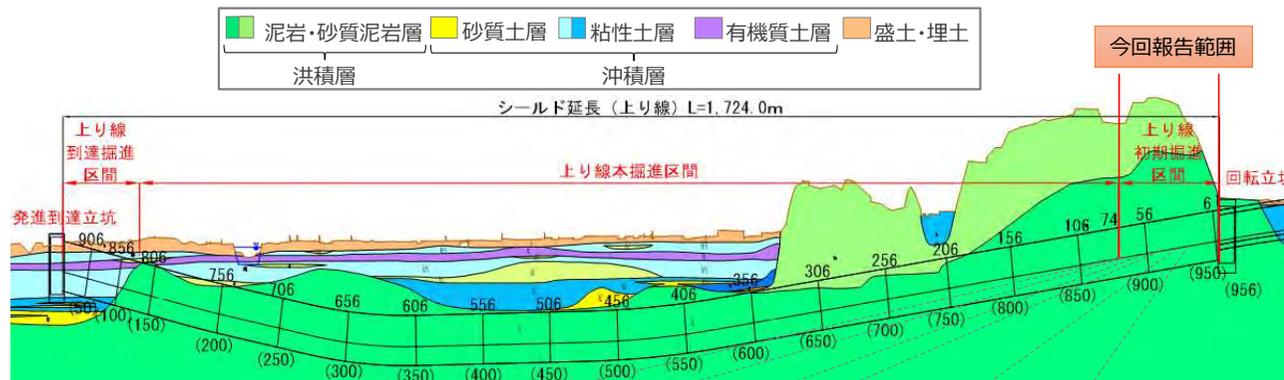
2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握

- ・下り線掘進時の各種計測値やシールドマシンのビット摩耗量から、事前調査により想定していた地質縦断図と、概ね同様な地層であることを確認した
- ・上り線においても、日々の手触、目視、土質試験等により排土性状の変化を確認した。排土の単位体積重量の傾向や排土性状等から、下り線と同様な地層であることを確認した

■ 排土性状の確認（上り線）

排土を突き固めて計測した排土単位体積重量と、ボーリングデータを用いて算出した理論単位体積重量とを比較し、概ね同様な傾向を示していることを確認した

また、排土を用いた粒度分布試験結果と、地質縦断図とを比較し、概ね想定していた地質構成であることを確認した



■ 土質試験の実施状況

手触・目視



含水比試験



簡易密度試験



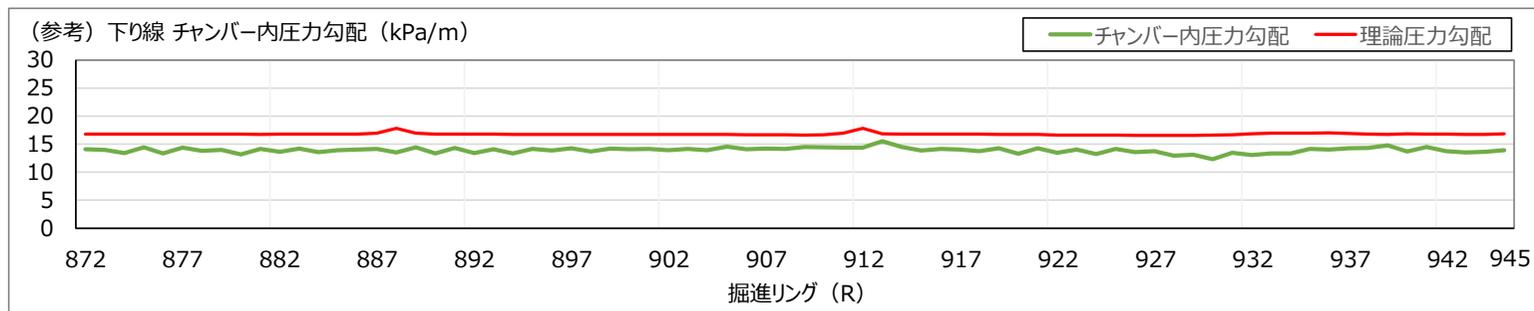
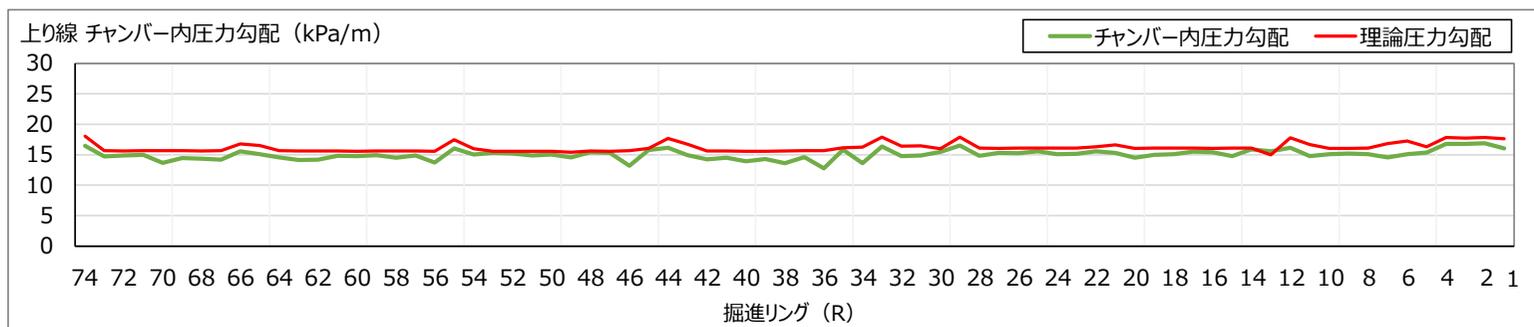
2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握

・チャンバー内に設置した土圧計（外周配置の土圧計）から算出したチャンバー内圧力勾配について、泥岩層を含む区間においては、チャンバー内圧力勾配の傾きが理論圧力勾配よりも若干小さくなる傾向を確認。併せて、土圧勾配の直線性が保たれていることを確認した

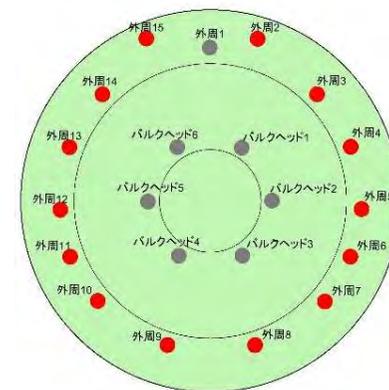
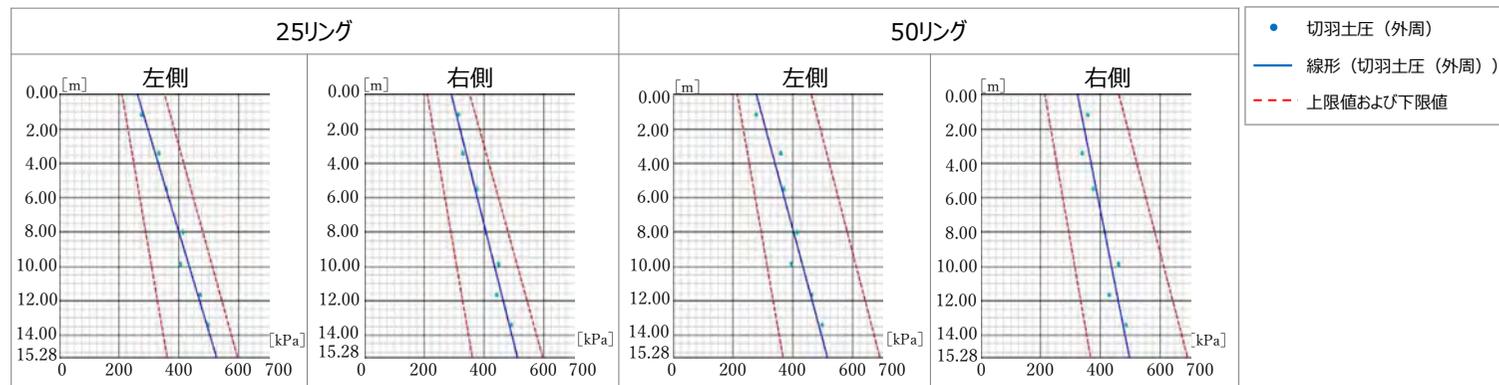
■ チャンバー内圧力勾配の傾き

泥岩層を掘削したことで、チャンバー内土砂の粘性が高くなり側圧係数が1.0より小さくなっている（自立性を有している状態となっている）可能性があり、このことが、チャンバー内圧力勾配が下降傾向となることが下り線（本掘進）では確認された。ただし、上り線（初期掘進）では掘進速度が遅くチャンバー内での攪拌時間が長くなることで添加材と掘削土砂が混練され、流動性が増したことで側圧係数が1.0に近づいたと考えられる。なお、地山への添加材浸透および過剰な土砂取込みの兆候は確認されていない



■ チャンバー内圧力勾配の直線性

チャンバー内圧力勾配について、ばらつきが小さく直線性が保たれており、塑性流動性悪化の兆候は確認されていない



2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.2 排土量管理

・掘進にあたっては、「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン（令和3年12月）」に基づいた排土量管理を実施する

■ 排土重量管理の手法等について

管理項目	計測内容	管理手法	単位	1次管理値	2次管理値	備考
重量管理 ①排土重量 ②掘削土重量	ベルトスケールにて排土重量を計測	①排土重量（添加材を含む）の傾向を確認する	t	前20リング平均の±7.5%以内	前20リング平均の±15%以内	掘削土体積や排土率に使用する地山単位体積重量は、ボーリングデータを用いて算出することを基本とする。
		②掘削土重量（排土重量から添加材の全重量を控除※）の傾向を確認する ※使用した添加材が、全重量回収されていることを想定				
体積管理 ③掘削土体積	各重量を、単位体積重量を用いて掘削土体積に換算	③掘削土体積※の傾向を確認する ※掘削土重量および調査ボーリングデータより算出	m3			ただし、管理値を超過するような傾向が確認された場合には、排土を突き固めて計測した排土単位体積重量により、地山単位体積重量の変化を確認する
排土率管理 ④添加材全量回収 ⑤添加材浸透考慮	地山掘削土量と設計地山掘削土量の比率	④使用した添加材が、全重量回収※されていることを想定した排土率を確認する ※排土重量から添加材の全重量を控除した掘削土重量を用いて算出	%	設計地山掘削土量の±7.5%以内	設計地山掘削土量の±15%以内	
		⑤使用した添加材の一部が地山に浸透※していることを想定した排土率を確認する ※チャンバー内土砂の理論単位体積重量と、チャンバー内圧力勾配から推定される単位体積重量を比較することにより、浸透量を算出	%	設計地山掘削土量の±7.5%以内		

2. 上り線初期掘進の施工状況について

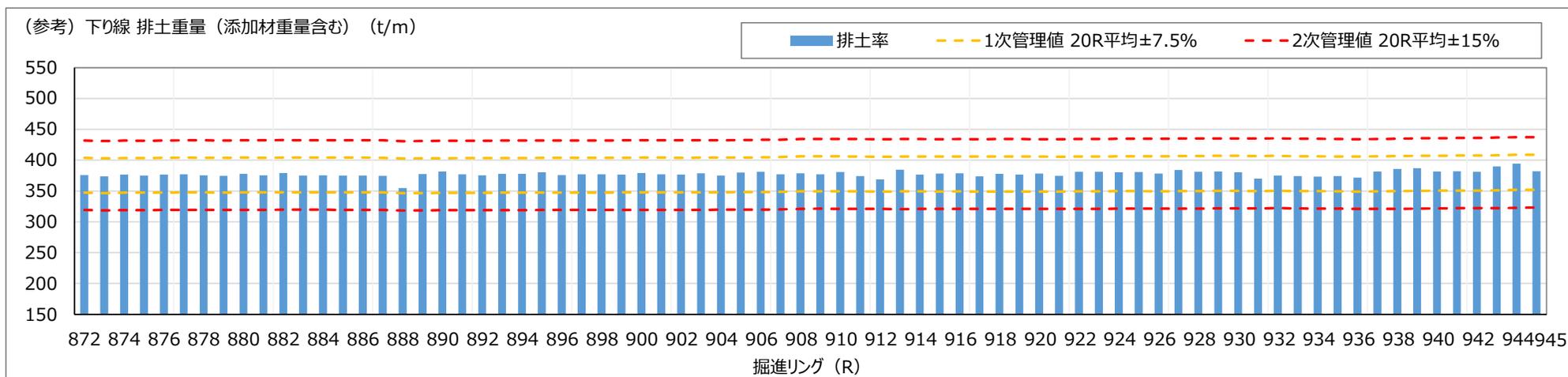
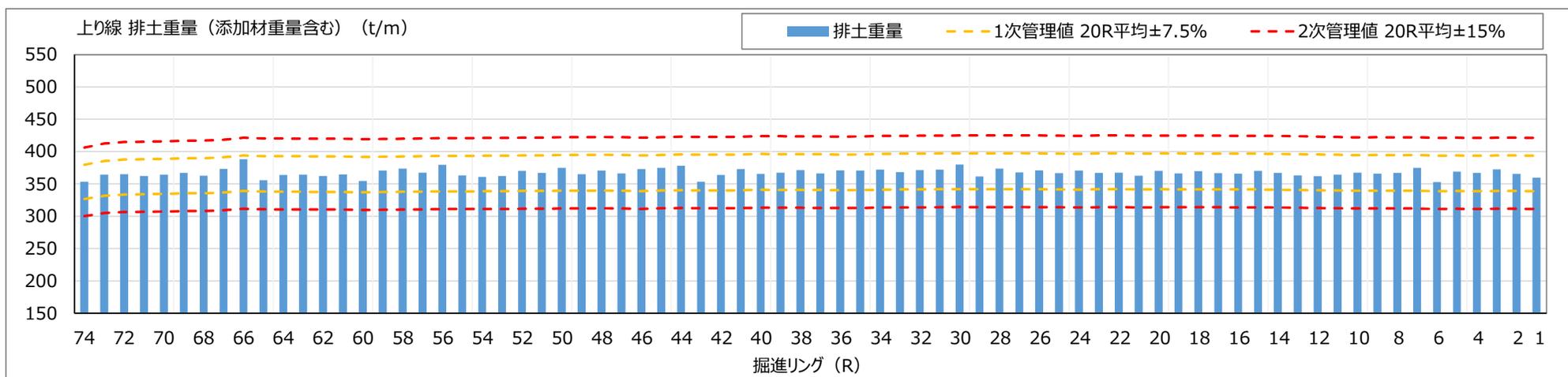
2.2 排土量管理

・排土重量について、前20リング平均と比較して大きくなばらつきがなく、管理値内で掘進できていることを確認した

①排土重量（添加材重量含む）の管理状況

上り線

- ・下り線と同様にベルトスケールで計測した排土重量に関して、管理値内で推移していることを確認しながら掘進を行った
- ・週末の掘進停止前に行う気泡レス掘進の影響で週末の前後で排土量の増減は見られるが、管理値内で掘進を行った



2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.2 排土量管理

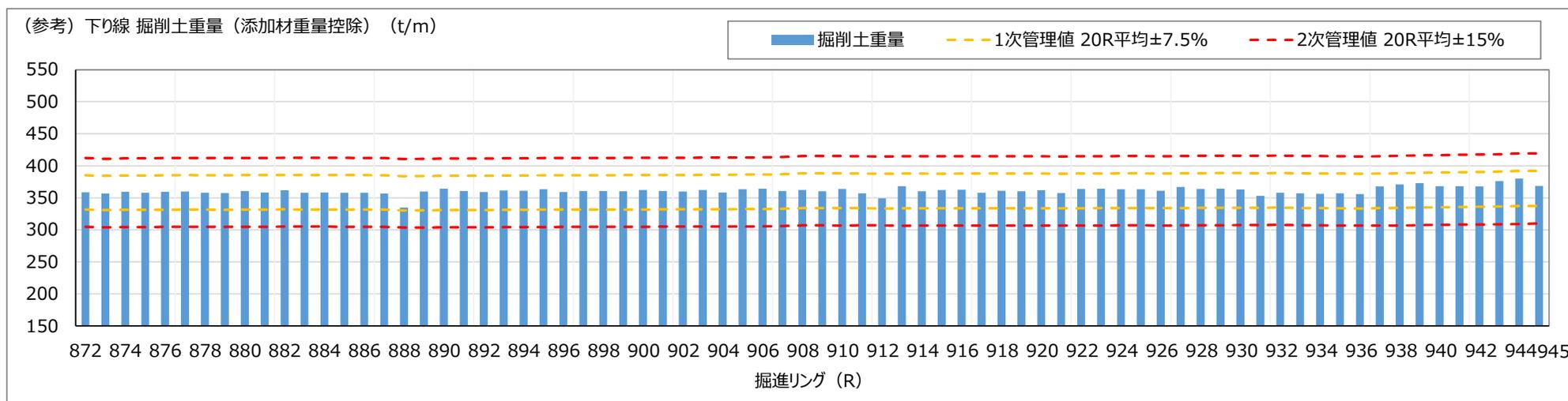
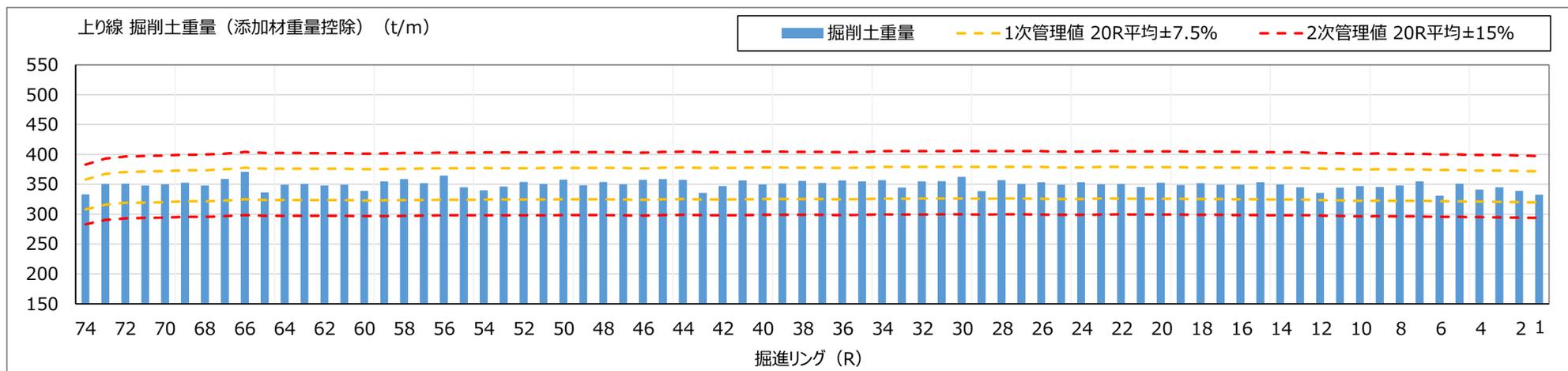
掘削土重量について、前20リング平均と比較して大きなばらつきがなく、管理値内で掘進できていることを確認した

②掘削土重量（添加材重量控除）の管理状況

上り線

・「①排土量の管理状況」と同様の傾向が確認されている

この結果から、下り線と同様に添加材である気泡材と加水は地山への逸脱が無く、掘削土と一緒に適切に回収され、また地下水の流入も無かったと考えられ、掘進継続の判断を行った



2. 上り線初期掘進の施工状況について

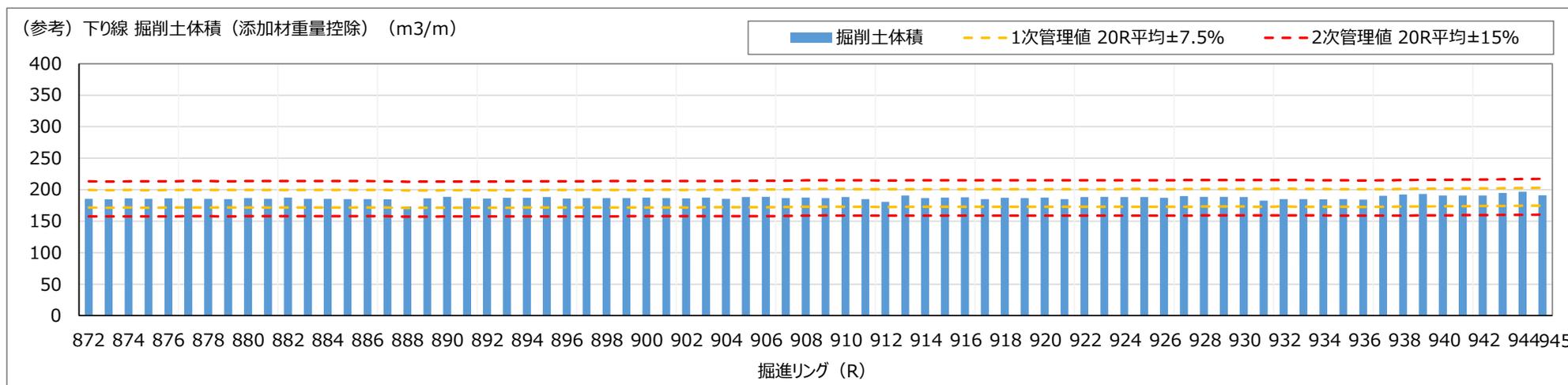
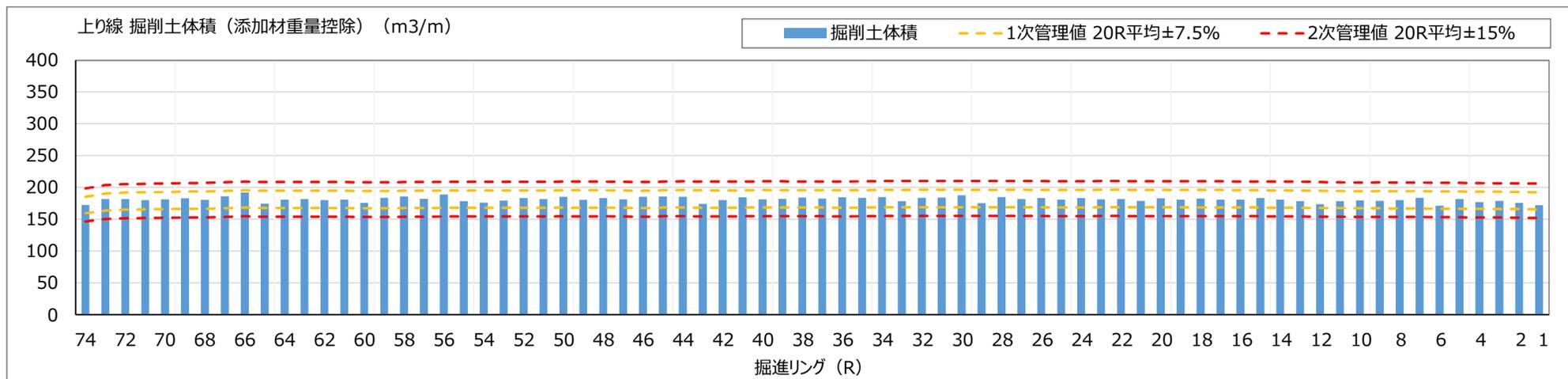
2.2 排土量管理

・掘削土体積において前20リング平均と比較して大きなばらつきがなく、管理値内で掘進できていることを確認した

③掘削土体積（添加材重量控除）の管理状況

上り線

- ・地山の単位体積重量を用いて算出した掘削体積も「①排土重量の管理状況」と同様の傾向が確認されている
- ・この結果から、下り線と同様に初期掘進区間の泥岩層は、概ね同じような単位体積重量で推移していたと考えられる



2. 上り線初期掘進の施工状況について

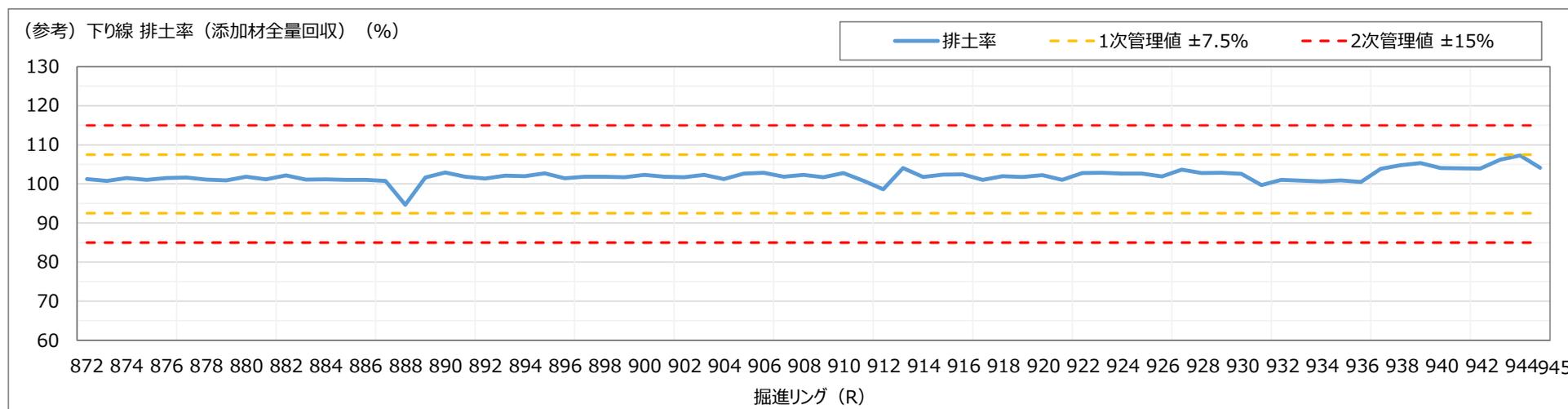
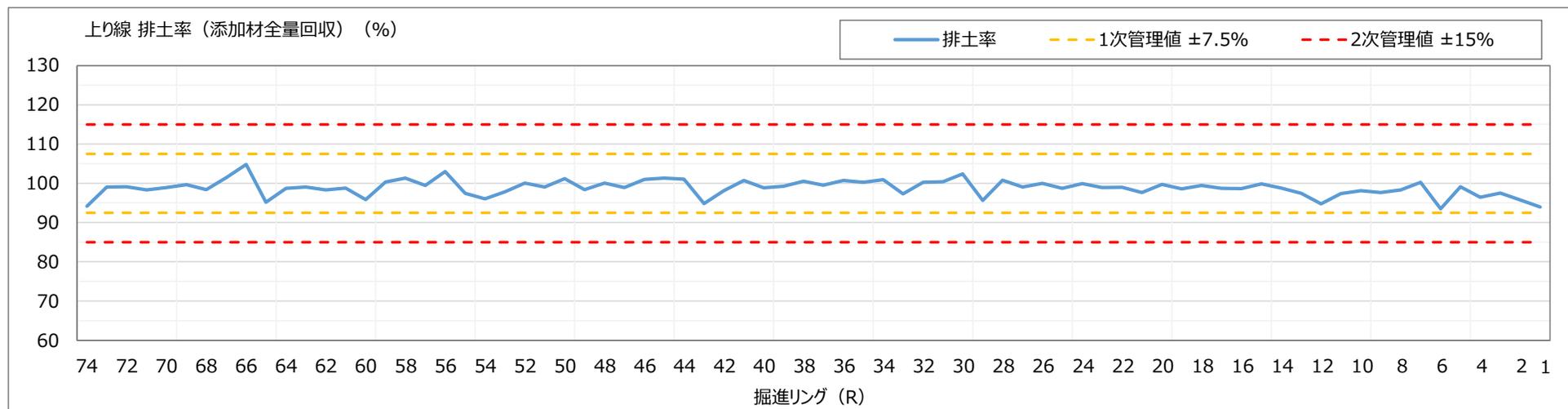
2.2 排土量管理

・排土率（添加材全量回収）について、管理値内で掘進できていることを確認した

④排土率（添加材全量回収）の管理状況

上り線

・下り線と同様に管理値内で推移していることを確認しながら掘進を行った



2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.2 排土量管理

- ・排土率（浸透量考慮）について、掘進開始直後より1次管理値を超過している状況が確認されたものの、地表面変位は事業者で設定した管理値を下回っていることを確認した
- ・チャンバー内土砂の粘性が高い場合や、気泡レス配合を用いた場合には、本手法の適用にあたっては、引き続き検証する必要があることを確認した

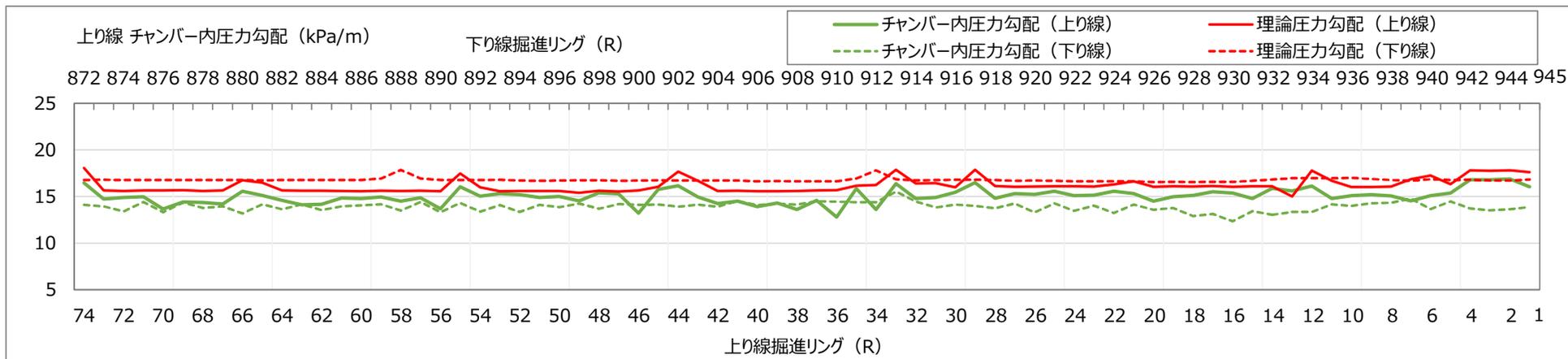
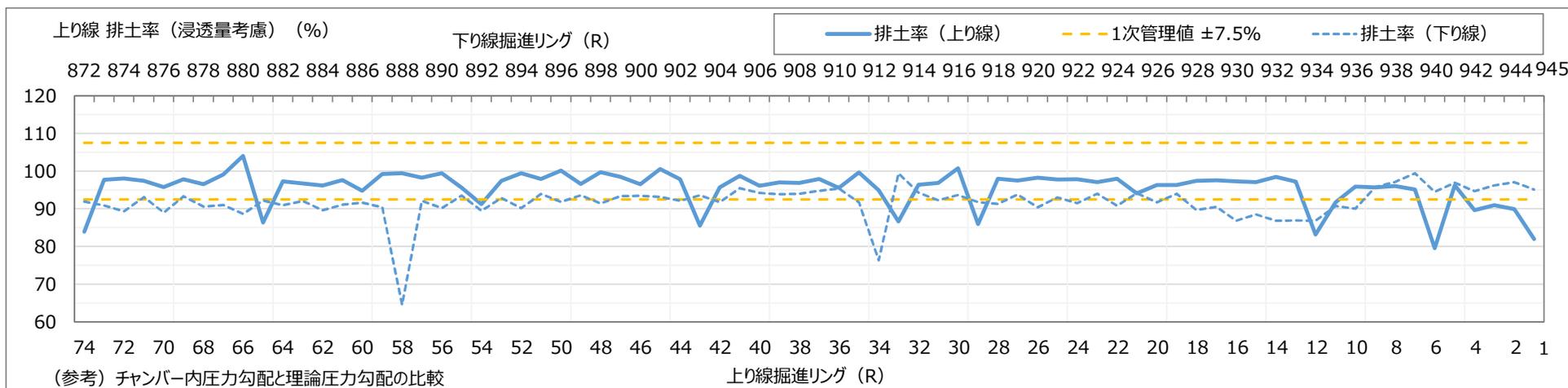
⑤排土率（浸透量考慮）の管理状況

上り線

本手法は、側圧係数が1.0であることを想定して、土圧勾配からチャンバー内単位体積重量を推定し、添加材が地山に浸透することによる過剰取込量を評価するものである

排土率が掘進開始時より管理値を超過している要因として以下が考えられ、本工事においては、下り線の実績から適応にあたり注意が必要であることを確認した

- ・塑性流動性は良好であるにもかかわらず、下り線の本掘進区間の泥岩層掘進ではチャンバー内圧力勾配も側圧係数が1.0でないことが確認された
- ・下り線の実績から、泥岩層においてはチャンバー内圧力勾配をチャンバー内の単位体積重量としてリアルタイムの排土量管理に用いるのは難しいと思慮される
- ・上り線の初期掘進の結果から気泡掘進で掘進速度が遅く、チャンバー内が混練される状態では、本手法が排土管理に適用できる可能性があるため、本掘進で検証していく



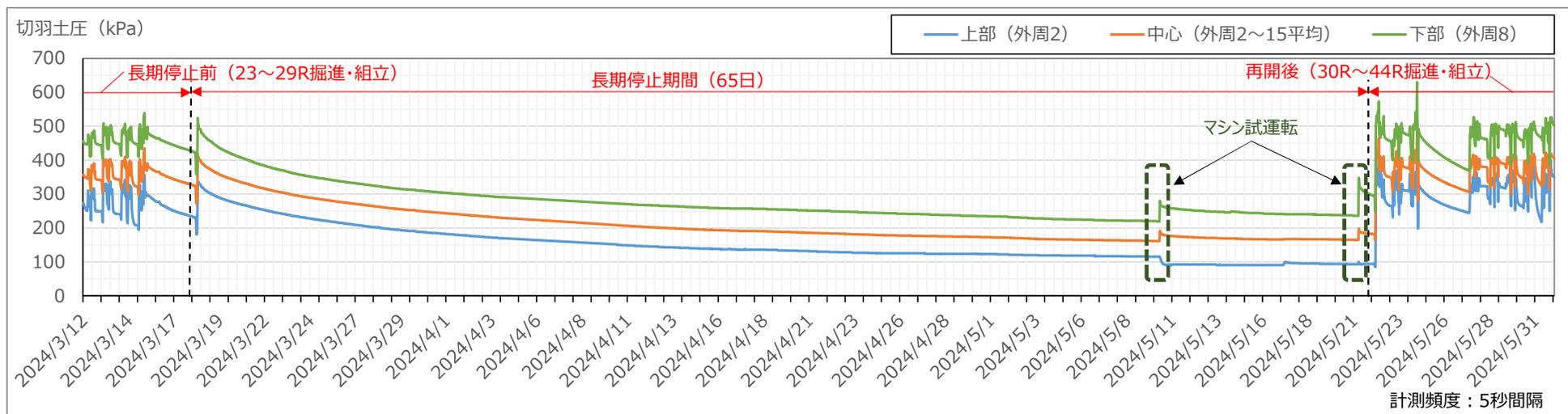
2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.3 掘進停止時の対策

- 掘進にあたっては、「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン（令和3年12月）」に基づいた掘進停止時の対策を実施する
- 停止中は切羽土圧を監視し、切羽土圧の急激な変化が生じていないことを確認した
- 休日等による短期間の停止後の起動時カッタートルクに十分余裕がある傾向を確認したうえで、長期停止中のカッター回転は行わなかった（試運転は実施）。なお、掘進再開時は長期停止前後のリングと比較し、カッタートルクの上昇は見られるが、掘進の支障となるようなチャンバー内土砂の分離や沈降が生じていないことを確認した
- 長期にわたり停止する際は、塑性流動性確保のため気泡レス配合の添加材を用いた

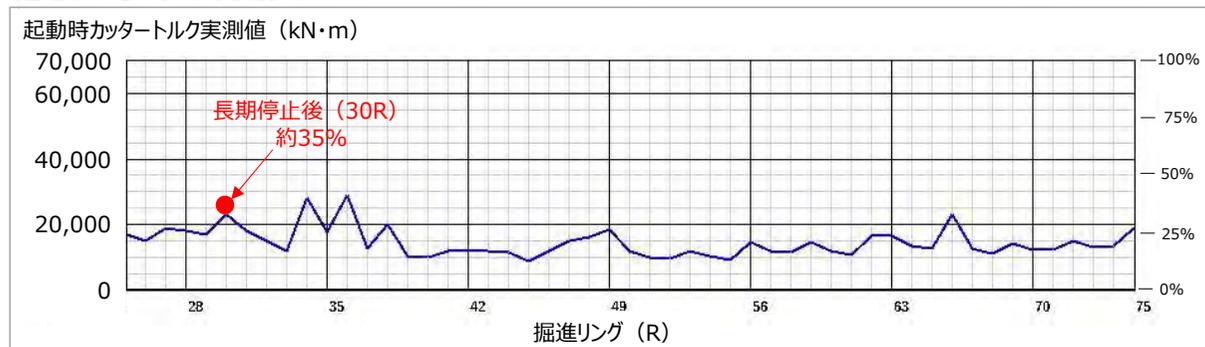
■ 長期停止時の切羽土圧の監視状況（2024年3月～5月）

長期停止中の切羽土圧は、上部・中央・下部いずれも急激な変化が生じていないこと、また、停止前後のリングと同様の傾向であることから、チャンバー内土砂の分離が生じていないことを確認した

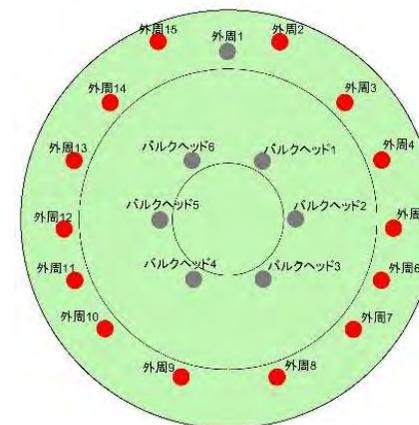


■ 起動時カッタートルクの監視状況

長期停止後の起動時カッタートルクは、前後のリングと比べて若干高い傾向にあるものの大きな乖離はなく、マシンの装備トルク（70,000kN・m）の約35%程度であり、十分に余裕がある状況であった



<チャンバー内土圧計配置イメージ>

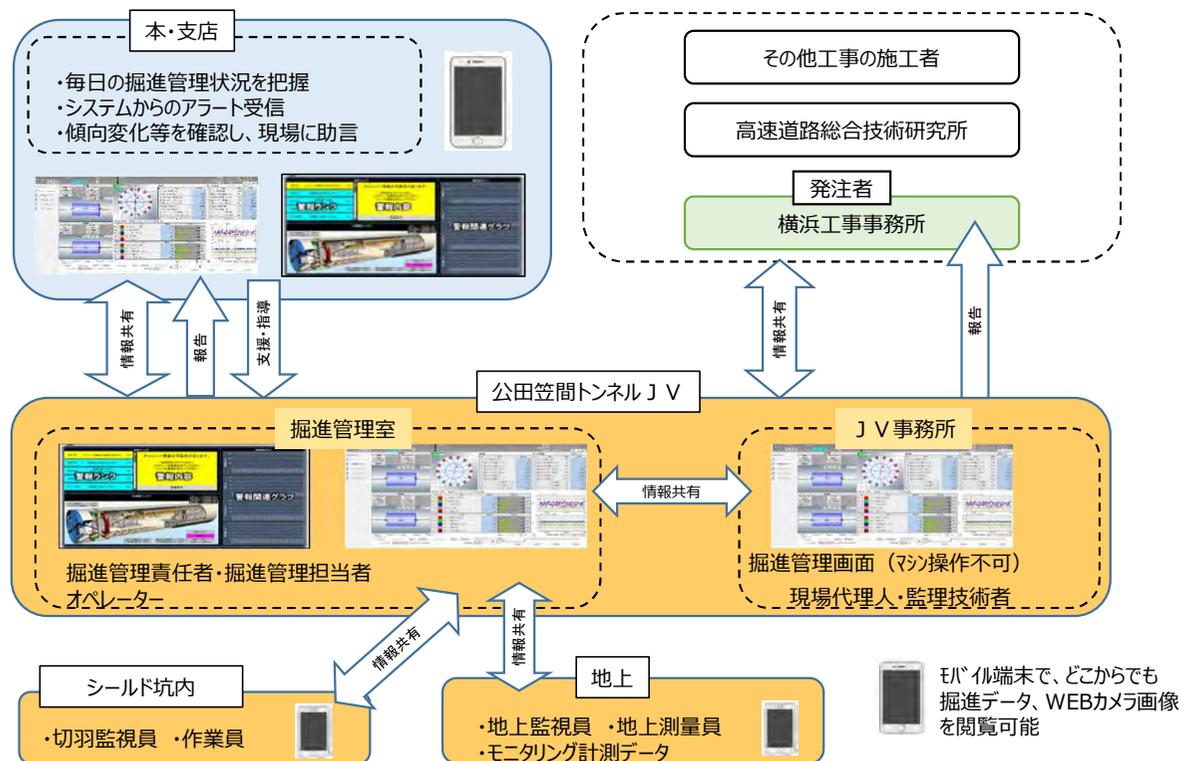


2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.4 異常の兆候の早期感知と迅速な対応

- 掘進にあたっては、「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン（令和3年12月）」に基づいた異常の兆候の早期感知と迅速な対応を実施する
- シールド掘進時の日常管理体制について、施工者内部の施工状況のモニタリング体制を強化することで、異常の兆候の早期感知に努めている。また、受発注者間および関係機関との情報共有体制を構築している
- これまで、作業従事者の安全性や周辺環境への影響が懸念される重大なトラブルは生じていない

■ 日常掘進管理体制



■ 受発注者間の情報共有状況



※発注者、受注者（桂台トンネル工事JV、公田笠間トンネル工事JV）、高速道路総合技術研究所による情報共有の状況

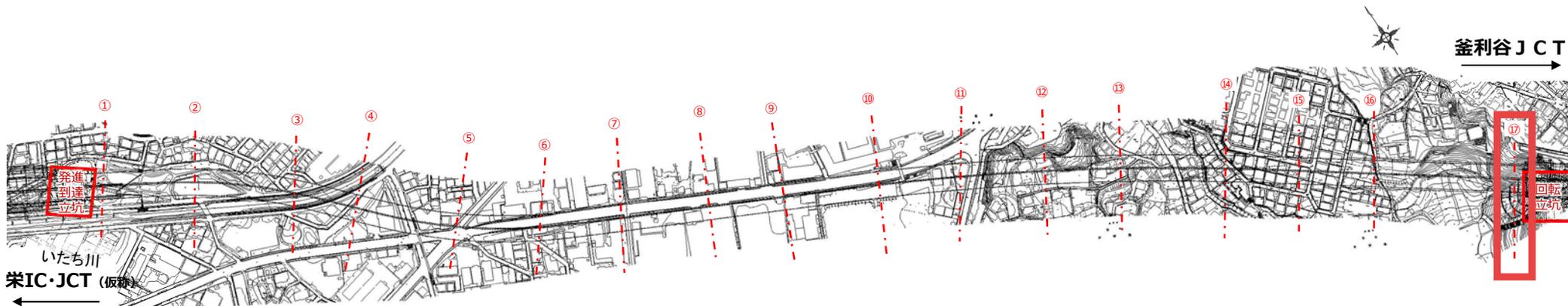
2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.5 周辺の生活環境への影響のモニタリング

- 掘進にあたっては、「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン（令和3年12月）」に基づいた周辺の生活環境への影響のモニタリングを実施する
- 初期掘進を通して、騒音・振動・低周波音の計測値について、停止中と掘進中で明確な差異は確認されなかった
- 地表面変位を計測した結果、公道上における最大変位量は-5mm、測線毎の最大傾斜角は0.2/1000radで、事業者で設定した管理値（変位量25mm、傾斜角1/1000rad）を下回っていることを確認した

■ 騒音・振動・低周波音の計測

- シールドトンネル工事の施工による影響の有無を確認するため、掘進前から地表面変位、騒音・振動等のモニタリングを実施
- 地表面変位の計測は、掘進影響範囲内の公道上において1日1回実施
- 騒音・振動の計測は、概ね100mピッチで実施



■ 騒音・振動・低周波音 計測結果

計測日	測定種別	南側			直上			北側		
		停止中 最大	掘進中 最大(昼)	掘進中 最大(夜)	停止中 最大	掘進中 最大(昼)	掘進中 最大(夜)	停止中 最大	掘進中 最大(昼)	掘進中 最大(夜)
⑰ 2024年 2月2日	振動レベル L ₁₀ (dB)	23	22	22	28	26	27	31	29	30
	騒音レベル L _{A5} (dB)	54	54	48	58	59	49	51	50	45
	低周波レベル L ₅₀ (dB)				66	69	65			
	低周波レベル L _{G5} (dB)				68	72	69			

■ 地表面 計測結果

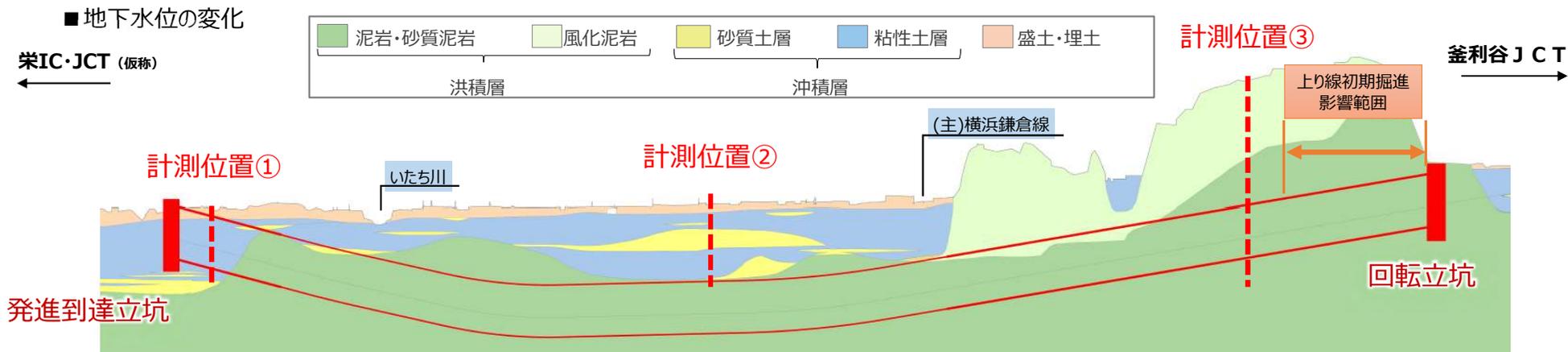
	基準日	計測日	最大傾斜角※1 (rad)	最大鉛直変位 (mm)
⑰	2023年6月1日	2024年2月2日	0.2/1000	-5

※1 最大傾斜角は、計測地点間の傾斜角の最大値を示す

2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.5 周辺の生活環境への影響のモニタリング

上り線初期掘進期間における地下水位は、掘進影響範囲外であるものの、いずれの計測箇所も掘進前後において大きな変動がなく概ね直近2ヶ年の変動幅に収まっていることを確認した



〈調査結果〉

影響範囲掘進時期

調査実施月	計測位置①		計測位置②		計測位置③		月間総雨量 (mm)	2ヶ年平均 月間総雨量(mm)
	月平均(m)	2ヶ年変動幅(m) [※]	月平均(m)	2ヶ年変動幅(m) [※]	月平均(m)	2ヶ年変動幅(m) [※]		
2022年12月	TP+10.46	TP+10.01 ~10.84	TP+12.13	TP+11.86 ~12.22	TP+25.58	TP+25.29 ~27.09	64	76
2023年1月	TP+10.13		TP+11.97		TP+25.29		17	34
2023年2月	TP+10.01		TP+11.86		TP+25.29		41	79
2023年3月	TP+10.16		TP+11.87		-		140	161
2023年4月	TP+10.57		TP+12.01		TP+25.69		95	206
2023年5月	TP+10.74		TP+12.08		TP+26.37		221	145
2023年6月	TP+10.84		TP+12.20		TP+27.09		333	101
2023年7月	TP+10.47		TP+12.07		TP+25.49		47	289
2023年8月	TP+10.38		TP+12.01		TP+25.34		110	210
2023年9月	TP+10.62		TP+12.07		TP+25.68		149	252
2023年10月	TP+10.55		TP+12.09		TP+25.77		135	167
2023年11月	TP+10.38		TP+12.03		TP+25.35		58	116
2023年12月	TP+10.33	TP+11.98	TP+25.30	34	99			
2024年1月	TP+10.21	TP+11.93	TP+25.30	33	19			
2024年2月	TP+10.54	TP+11.99	TP+25.50	84	50			
2024年3月	TP+10.89	TP+12.14	TP+26.20	223	122			
2024年4月	TP+10.73	TP+12.17	TP+26.35	129	175			
2024年5月	TP+10.68	TP+12.18	TP+26.36	210	199			
2024年6月	TP+10.84	TP+12.24	TP+27.17	356	210			
2024年7月	TP+10.60	TP+12.23	TP+26.24	82	129			

上り線
初期掘進期間

※上り線初期掘進前の直近2ヶ年を対象として、最小と最大の水位を記載

2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.6 情報提供

- ・シールドマシンの現在位置をホームページにて公表しているほか、マシン通過予定時期のお知らせ等を配布・回覧している。また、シールドマシン掘進位置を周辺地域住民の方へお伝えするため、目印を現地表示している
- ・周辺地域等を対象とした現場見学会を計50回開催し（延べ約1,800人が参加）、事業理解および周辺地域の安心の確保に努めている
- ・今後の本掘進でのモニタリング結果については、ホームページで公表していく
- ・これまで、施工データや周辺環境のモニタリングデータから、応急的な措置が必要となるトラブルは生じていない

■ シールドマシン現在位置 HP 公表状況

公田笠間トンネルシールドマシン愛称「ほりまる」の位置

令和6年9月17日現在
回転立坑から158m



■ マシン通過予定時期のお知らせ

令和3年●月吉日

現場近隣にお住まいの皆様へ

東日本高速道路株式会社
横浜工事事務所

掘進機状況欄 公田笠間トンネル工事に係るシールドマシンの通過について

日頃より、横浜線延伸線の建設事業に、ご理解とご協力をいただき厚くお礼申し上げます。
公田笠間トンネル工事につきましては、現在、掘進にトンネルの構築が進んでおり、今後、皆さまのお住まいの付近を、シールドマシンが通過する予定となっておりますので、事前にお知らせをさせていただきます。

なお、引き続き安心・安全にトンネル工事を進めてまいります。シールドマシンの通過に伴う騒音・振動等に際する「問合せ」「お気付きの点」などございましたら、以下の問合せ先までご連絡ください。

【問合せ先】 発注者：東日本高速道路株式会社 関東支社 横浜工事事務所
岩瀬笠間工事区（いわせかさまこうじく）
TEL 045-439-0180（平日9時～17時30分の間で受付）
施工者：鹿島建設㈱・熊竹中土木・佐藤工業㈱ JV
TEL 045-443-9843（24時間受付）

シールドマシンの位置につきましては、「上こみみなみホームページ（<http://www.yokohama-minami.com/site/>）」及び、現場近隣に掲示される「お知らせ」により確認できます。

□近隣にお住まいの方が、シールドマシン位置を把握できるよう、右記のプレートを取り付けますので、ご確認ください。

お知らせ

このプレートは、シールドマシンの掘進位置を示すためのものです。掘進位置が変更された場合は、プレートの位置も変更される場合があります。ご了承ください。

お問合せ先

TEL 045-439-0180（平日9時～17時30分の間で受付）

TEL 045-443-9843（24時間受付）

■ シールドマシン位置 現地表示状況



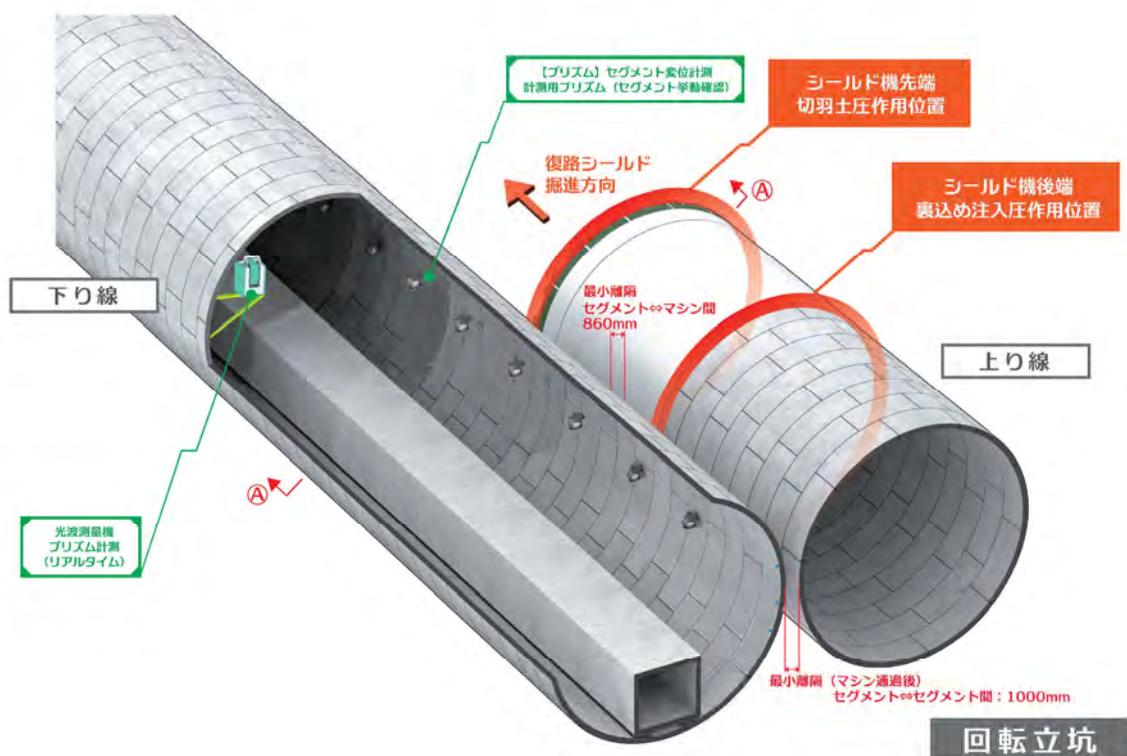
2. 上り線初期掘進の施工状況について

2.7 今後の予定

- ・初期掘進でのモニタリング結果を踏まえ、10m間隔で下り線の変位をリアルタイムで管理する
- ・シールド機の影響範囲内通過前、通過後の真円度測定と外観検査を実施し、下り線の変状を確認し掘進管理値に反映していく
- ・引き続き「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン（令和3年12月）」に基づいた「施工管理」や「周辺への環境への配慮」等のための取組を行っていく必要がある

■ 本掘進での併設トンネルの計測計画

<計測計画>



【計測画面イメージ】

