

第24回 東京外環トンネル施工等検討委員会

再発防止対策及び地域の安全・安心を高める取り組みを踏まえた工事の状況等について
＜中央 JCT 北側 A・Hランプシールドトンネル＞

令和4年6月2日

国土交通省 関東地方整備局 東京外かく環状国道事務所
東日本高速道路株式会社関東支社 東京外環工事事務所
中日本高速道路株式会社東京支社 東京工事事務所

はじめに

令和2年10月に調布市東つつじヶ丘で発生した陥没事故を受けて設置した「東京外環トンネル施工等検討委員会 有識者委員会」において、令和3年3月にとりまとめられた「東京外環トンネル施工等検討委員会 有識者委員会 報告書」、また、令和3年12月21日に「シールドトンネル施工技術検討会」でとりまとめられ公表された「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、令和3年12月24日に開催された「第23回東京外環トンネル施工等検討委員会」において中央JCT北側ランプシールドトンネル工事における「再発防止対策及び地域の安全・安心を高める取り組み」がとりまとめられた。

令和4年1月26日、29日には中央JCT北側ランプシールド工事の「再発防止対策」および「今後の対応」などに関する説明会を工事箇所周辺（三鷹市・世田谷区）にお住まいの方を対象に開催し、令和4年3月4日から、中央JCT北側ランプシールドトンネルの事業用地内での掘進作業を進めている。

本資料は、令和4年3月4日から5月31日までににおける「再発防止対策及び地域の安全・安心を高める取り組み」を踏まえた工事の状況等を報告するものである。

目 次

1. 工事の進捗状況	1
1. 1. 検討（工事）の経緯	1～ 2
1. 2. 工事の進捗状況	3
2. 再発防止対策を踏まえた工事対応状況	4
2. 1. シールド掘進地盤に適した添加材の選定等	5～ 7
2. 2. 塑性流動性とチャンバー内圧力のモニタリングと対応	8～14
2. 3. 排土量管理について	15～28
2. 4. カッター回転不能（閉塞）時の対応	29
2. 5. 再発防止対策を踏まえた掘進管理	29～32
3. 地域の安全・安心を高める取り組みの対応状況	33
3. 1. 振動・騒音対策	34～37
3. 2. 地表面変状の確認	38～41
3. 3. 地域住民の方への情報提供	42～46
3. 4. シールドマシン停止に伴う保全措置	47
3. 5. 「トンネル工事の安全・安心確保の取り組み」の見直し	47

1. 工事の進捗状況

1.1. 検討（工事）の経緯

中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事の検討（工事）の経緯については以下のとおりである。

赤字は中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事の経緯 黒字は東京外かく環状道路工事現場付近での地表面陥没事故の経緯（抜粋）

青字はシールドトンネル施工技術検討会の経緯（抜粋）

■これまでの経緯

2020年（令和2年）

- 8月7日、8日 中央 JCT 北側 A・H ランプシールドトンネル工事 工事説明会開催
- 8月18日～ 中央 JCT 北側 H ランプシールドトンネル工事 掘進開始
- 10月 5日～ 中央 JCT 北側 A ランプシールドトンネル工事 掘進開始
- 10月18日 地表面の陥没を確認。 応急措置として砂による埋土を実施（翌朝埋土完了）
- 10月19日 第1回 有識者委員会（※）
 - ※トンネルの構造、地質・水文、施工技術等について、より中立的な立場での確認、検討することを目的として設置
- 10月19日 中央 JCT 北側 A ランプシールドトンネル工事 掘進一時停止 中央 JCT 北側 H ランプシールドトンネル工事 掘進一時停止
- 10月26日 中央 JCT 北側 A ランプシールドトンネル工事 シールド保全措置実施（※）
中央 JCT 北側 H ランプシールドトンネル工事 シールド保全措置実施（※）
 - ※保全措置としてシールドマシンを安全確保のために必要な最小限の掘進
- 10月28日 中央 JCT 北側 H ランプシールドトンネル工事 シールド保全措置完了 シールド掘進停止
- 11月 3日 陥没箇所から約40m北にて、空洞①を確認（11月24日充填作業完了）
- 11月6、7日 陥没箇所周辺の方を対象とした説明会を開催（計3回）
- 11月21日 陥没箇所から約30m南にて、空洞②を確認（12月3日充填作業完了）
- 12月18日 中央 JCT 北側 A ランプシールドトンネル工事 シールド保全措置完了 シールド掘進停止
- 12月20、21日 陥没周辺箇所の方を対象とした説明会を開催（計3回）

2021年（令和3年）

- 1月 8日 家屋補償等に関する相談窓口を開始 ※3月末までに計18回実施
- 1月14日 陥没箇所から約120m北にて、空洞③を確認（1月22日充填作業完了）
- 2月14、15日 陥没周辺箇所の方を対象とした説明会を開催（計3回）
- 3月19日 第7回 有識者委員会を開催 ・再発防止対策の確定⇒報告書の公表
- 3月19日～ 報告書を基に再発防止対策の具体化を実施
- 4月2日～7日 陥没箇所周辺及び沿線7区市の方を対象とした説明会を開催（計10回）（三鷹市域 4月7日開催）



4月7日 三鷹市での説明会の状況（三鷹市立北野小学校）

- 12月17、18日 「地盤調査状況及び地盤補修に関する検討状況のご説明」に関する説明会を開催



陥没箇所（2020年10月18日 12:30）



陥没箇所の応急復旧対応状況（舗装完了）



3月19日 第7回有識者委員会 報告書表紙

第7回 東京外環トンネル施工等検討委員会 有識者委員会
議事概要

■ 第7回 有識者委員会：令和3年3月19日

【議題】

- ・再発防止対策について
- ・報告書について

【議事概要】

- 陥没・空洞の推定メカニズムを踏まえた、東京外環事業における今後のシールドトンネル施工を安全に行うため、以下の再発防止対策を実施していくことが妥当であることを確認した。
 - ・工事着手前に行われる地盤状況把握のための事前調査は適切に行われているが、今後のシールド掘進地盤について、必要に応じ追加ボーリングを実施し、地盤に適した添加材配合を再確認する。特に、細粒分含有率が10%以下になることが想定される地盤に対しては、ペントナイト溶液を含めた鉱物系添加材の使用についても十分検討する。
 - ・チャンパー内土砂の選別流動性について、新たにチャンパー内の圧力勾配、ミニスラング試験での確認を追加し、得られる施工データを適切に評価し、モニタリングを強化するとともに、モニタリング結果を踏まえた添加材注入量や添加材の種類等の適切な調整を行うことにより、選別流動性・止水性を確保する。
 - ・排土管理の管理値として、従前は前20リング平均±10%を1次管理値、±20%を2次管理値として管理していたところであるが、それぞれ、より厳しい±7.5%、±1.5%を新たな基準値とし、掘進管理を行っていく。また、ベルトスケール重量による掘削土量管理に加えて、排土率（地山掘削土量と設計地山掘削土量の比率）による管理を毎リング実施する。これらにより、取り込み過剰の兆候をいち早く把握し、より安全な掘進管理につなげる。
 - ・次に示す「地域の安全・安心を高める取り組み」を加え、再発防止対策として確実に実施する。
 - ① 掘進時の振動・騒音緩和対策の追加や測定角度見直しによるモニタリング強化などの、振動・騒音対策
 - ② 地表面変位量の定期的な公表や掘進完了区間の巡回監視強化などの、地盤変状の確認
 - ③ ホームページや掲示板を用いた掘進状況、モニタリング情報の提供などの、地域住民の方への情報提供
- 第1回から第7回までの委員会において議論された、陥没・空洞の推定メカニズムや再発防止対策などについて、本委員会の報告書としてとりまとめた。
- 引き続き、陥没・空洞箇所及びその周辺の監視を重点的に行い、本委員会での議論の内容を説明するなど、周辺住民からの問合せ等に対し適切に対応するとともに、不安を取り除くことに努めることを確認した。

以上

3月19日 第7回有識者委員会議事概要

2021年（令和3年）

12月21日 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公表
（シールドトンネル施工技術検討会（※））
※シールドトンネル施工技術検討会の概要

委員：学識者等計7名

事務局：国交省（大臣官房技術調査課）

目的：近年の複数のシールドトンネル工事での地表面に影響を与える事故の発生を受け、
地下鉄、道路、下水道など幅広く活用されているシールドトンネル工事の更なる
安全性の向上及び周辺地域の安心の確保

12月24日 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会 開催

2022年（令和4年）

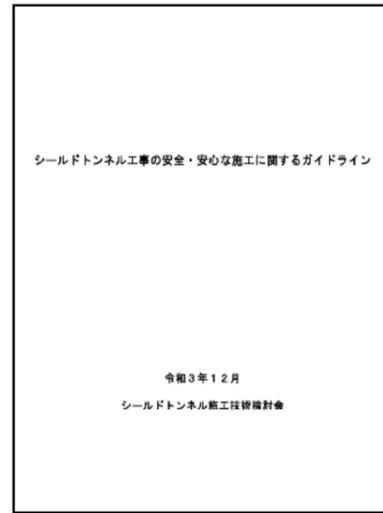
1月26、29日 中央JCT北側ランプシールドトンネル工事の
「再発防止対策」および「今後の対応」などに関する説明会を開催



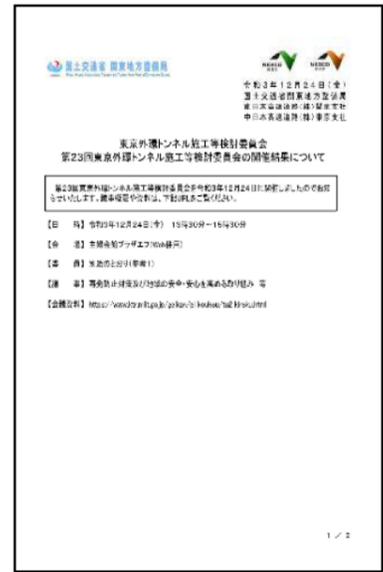
1月26日（水）、29日（土）三鷹市での説明会の状況
（三鷹市立北野小学校および清水・竹中土木JV プレゼンルーム）

3月4日～ 中央JCT北側ランプシールドトンネル工事
事業用地内の掘進作業実施

3月27、28日 陥没・空洞箇所周辺にお住まいの方を対象としたオープンハウスの開催



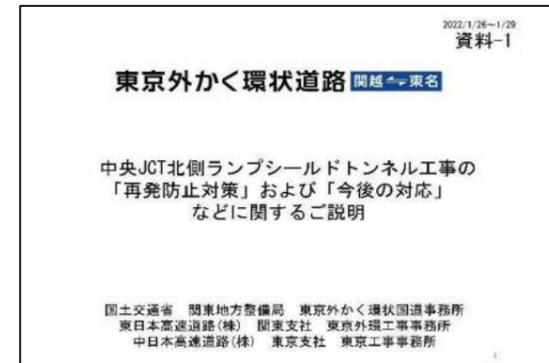
12月21日 シールドトンネル工事の安全・
安心な施工に関するガイドライン公表
（シールドトンネル施工技術検討会）



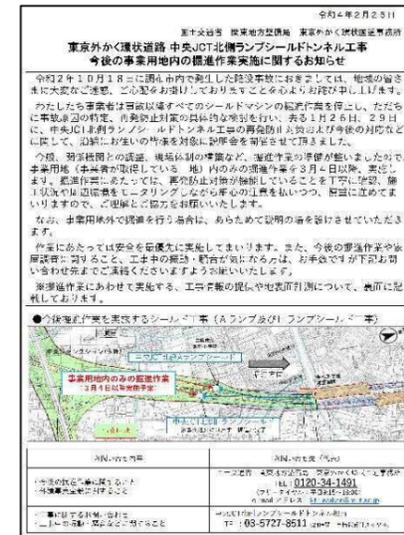
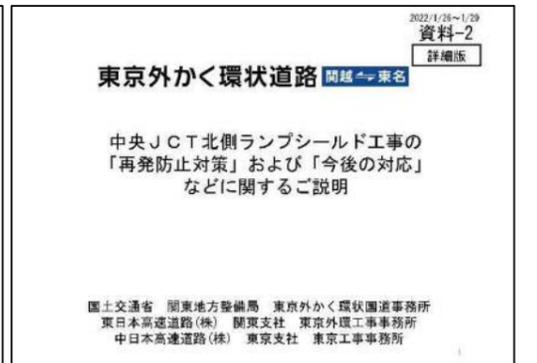
12月24日 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会
開催結果について



1月14日 説明会案内チラシ



1月26、29日 中央JCT北側ランプシールドトンネル工事の
「再発防止対策」および「今後の対応」などに関する説明会

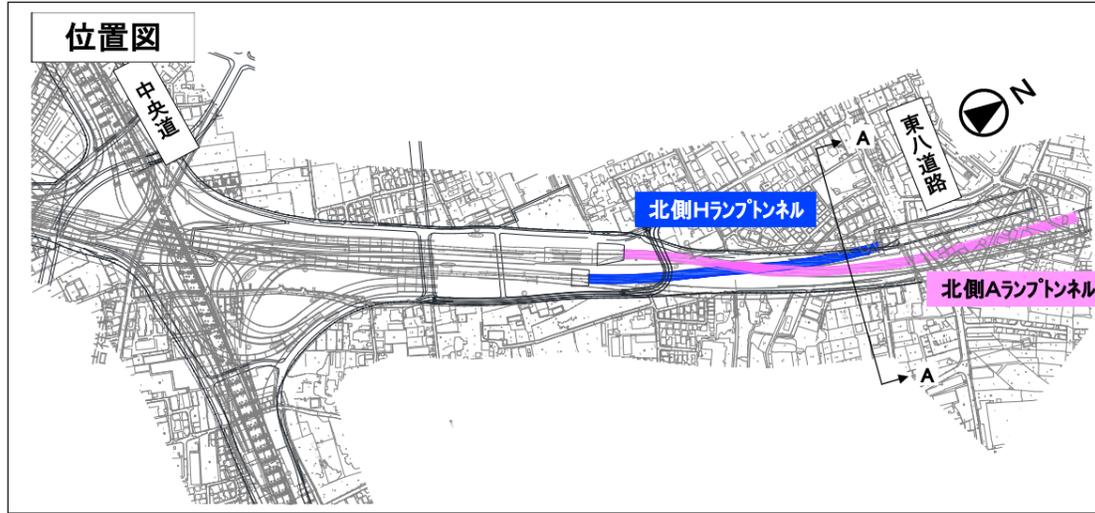


2月25日配布 事業用地内の掘進作業実施に関するお知らせ

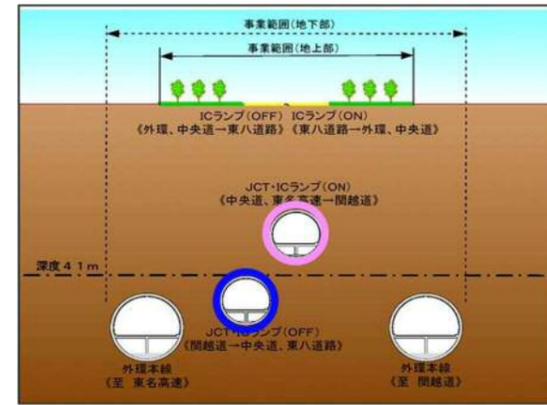


1.2. 工事の進捗状況

1.2.1. 中央JCT北側ランプシールドトンネル工事の概要



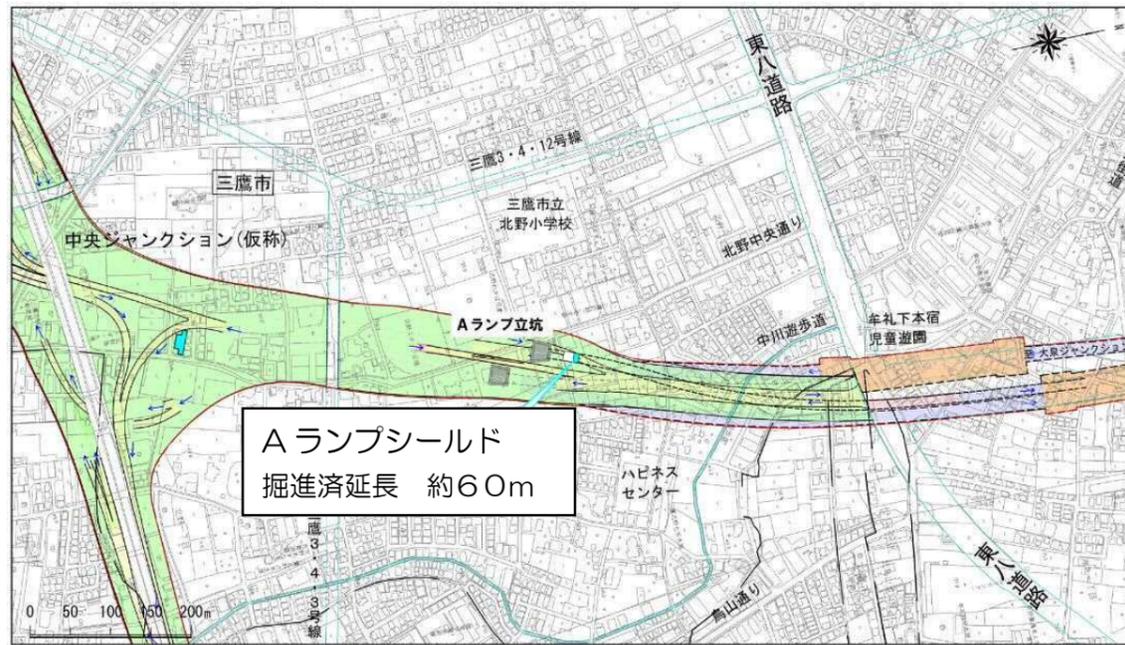
断面図(A-A)



Aランプシールド	
工事名称	東京外環中央JCT北側Aランプシールド工事
発注者	国土交通省 東京外かく環状国道事務所
施工者	清水・竹中土木特定建設工事共同企業体
工事内容	・泥土圧シールド シールド機外径φ約12m、セグメント外径φ11.5m ・延長約650m
工事場所	東京都三鷹市北野一丁目～牟礼一丁目
Hランプシールド	
工事名称	東京外環中央JCT北側Hランプシールド工事
発注者	国土交通省 東京外かく環状国道事務所
施工者	清水・竹中土木特定建設工事共同企業体
工事内容	・泥土圧シールド シールド機外径φ約12m、セグメント外径φ11.5m ・延長約410m
工事場所	東京都三鷹市北野一丁目～北野二丁目

1.2.2. 工事進捗状況（令和4年5月31日現在）

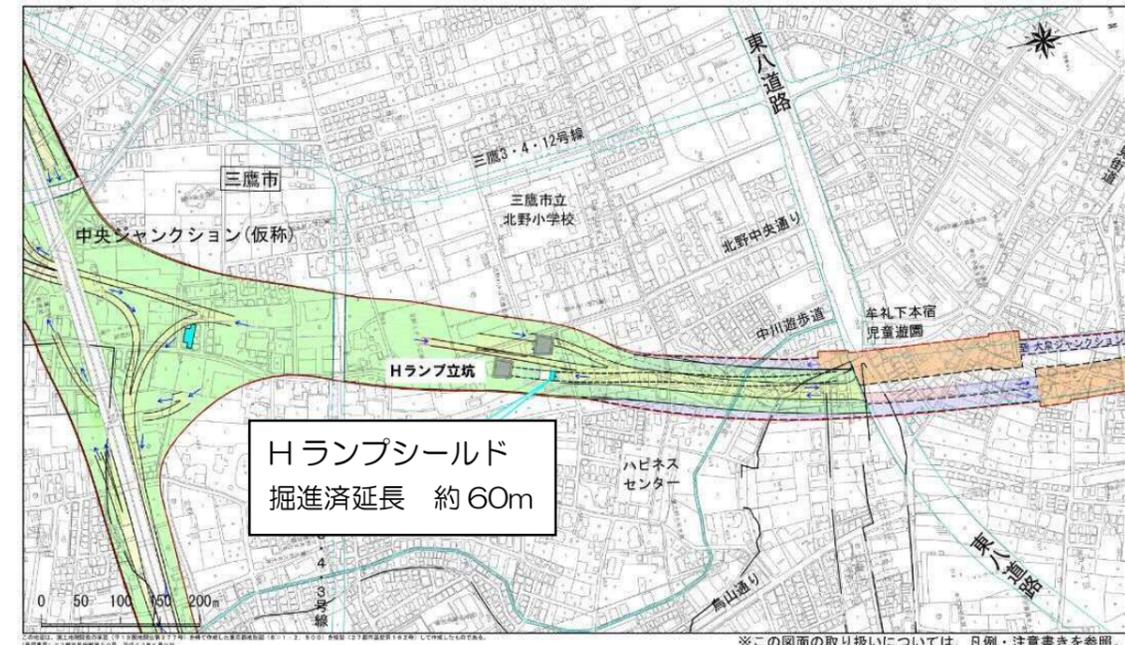
中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事は令和4年3月4日から掘進作業を実施しており、Aランプシールドトンネル工事は4月11日から4月19日の間にセグメント39リングから53リングの約15m、Hランプシールドトンネル工事は3月4日から3月16日の間にセグメント20リングから33リングの約20mの掘進作業を行った。現在は本掘進を行うための段取替え（後続設備などの設置）を実施中である。なお、Aランプシールドトンネル工事の現在の掘進済延長は【約60m/約650m】、Hランプシールドトンネル工事の掘進済延長は【約60m/約410m】である。



Aランプシールド坑内



Aランプシールド立坑



Hランプシールド坑内



Hランプシールド立坑



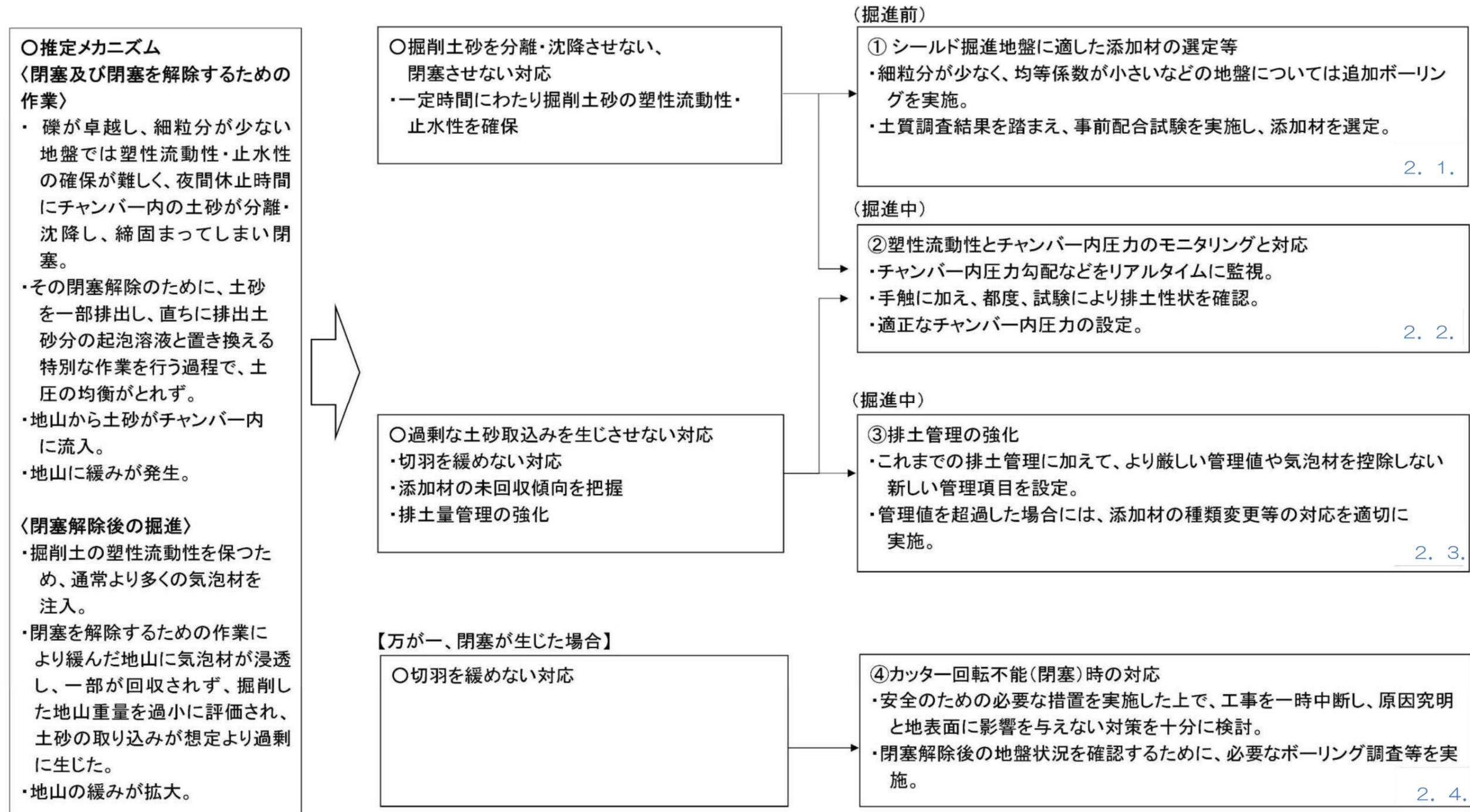
2. 再発防止対策を踏まえた工事対応状況

第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で、以下の陥没・空洞の推定メカニズムを踏まえた再発防止対策を確認した。掘進作業にあたっては、再発防止対策が機能していることを丁寧に確認し、施工状況や周辺環境をモニタリングしながら細心の注意をはらい慎重に進めている。

1. 陥没・空洞の推定メカニズムを踏まえたトンネル再発防止対策

陥没・空洞の推定メカニズムを踏まえた、東京外環事業における今後のシールドトンネル施工を安全に行うための再発防止対策は以下のとおりである。空洞・陥没が発生したことでシールドトンネル工事に起因した陥没等に対する懸念や、振動・騒音等に対する不安の声等が多く寄せられていることを受け、地盤変状の監視強化や振動計測箇所の追加、振動・騒音対策の強化など、「地域の安全・安心を高める取り組み」を加え、再発防止対策として実施していくこととする。

■ 陥没・空洞の推定メカニズムを踏まえたトンネル再発防止対策



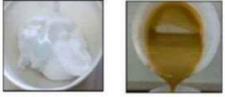
2.1. シールド掘進地盤に適した添加材の選定等

2.1.1. 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で確認された再発防止対策

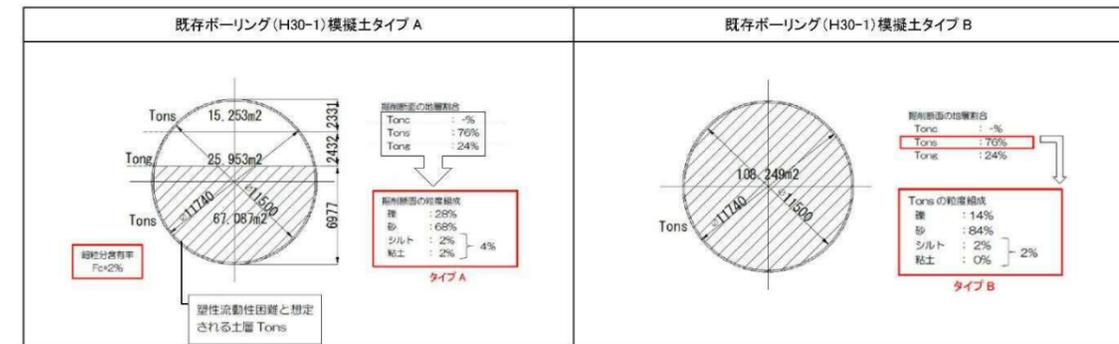
添加材選定試験について

今回の東京外環で発生した陥没・空洞に伴う再発防止対策として、既往の土質調査からシールドトンネル掘削土の塑性流動性の確保に留意する必要があると想定される地盤において、掘削断面の粒度組成を模した模擬土（タイプA）、掘削断面に出現する土層のうち条件が最も厳しいと想定される土層が全断面に出現した場合を想定した模擬土（タイプB）の2つの試料により添加材選定試験を行い、掘進に適した添加材を事前に選定するとともに、施工中に土質条件の悪化がみられた場合の対応方針を確認する。

添加材種別

	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
添加材種別	気泡材(標準配合)	気泡材(高濃度配合)	気泡材+鉱物系 (気泡材の助材として使用)	鉱物系 (単体で使用)
外観				
特徴	標準的に使用を予定している気泡材	標準的な気泡材に対し、強度の高い気泡を得ることを目的として、起泡剤溶液の配合を変えた気泡材	気泡材の添加と同時に、助材として鉱物系を添加することで細粒分を補うとともに、粘性を付与して、塑性流動性の改善を図るもの	鉱物系を主材として添加

添加材試験対象断面



試験結果

模擬土	対象 Bor	模擬土		CASE	気泡材			鉱物系		水 注入率 [対 Vol %]	結果			
		タイプ	細粒分 含有率		配合 (濃度[%])	発泡倍率 [倍]	注入率 [対 Vol %]	配合 (濃度[%])	注入率 [対 Vol %]		直後	1日	3日	7日
A	H30-1 全断面	タイプA	4%	CASE-1	標準 (0.6)	8	25	-	-	5	○	○	×	×
				CASE-2	高濃度 (5.0)	20	20	-	-	5	○	○	○	×
				CASE-3	高濃度 (5.0)	20	15	70kg/m3 (7.0)	10	-	○	○	○	×
				CASE-4	-	-	-	70kg/m3 (7.0)	35	-	○	○	○	○
B	H30-1 Tons 層	タイプB	2%	CASE-1	標準 (0.6)	8	15	-	-	5	○	○	×	×
				CASE-2	高濃度 (5.0)	20	15	-	-	5	○	○	○	×
				CASE-3	高濃度 (5.0)	20	15	70kg/m3 (7.0)	5	-	○	○	○	×
				CASE-4	-	-	-	70kg/m3 (7.0)	35	-	○	○	○	○

【試験結果及び対応方針】

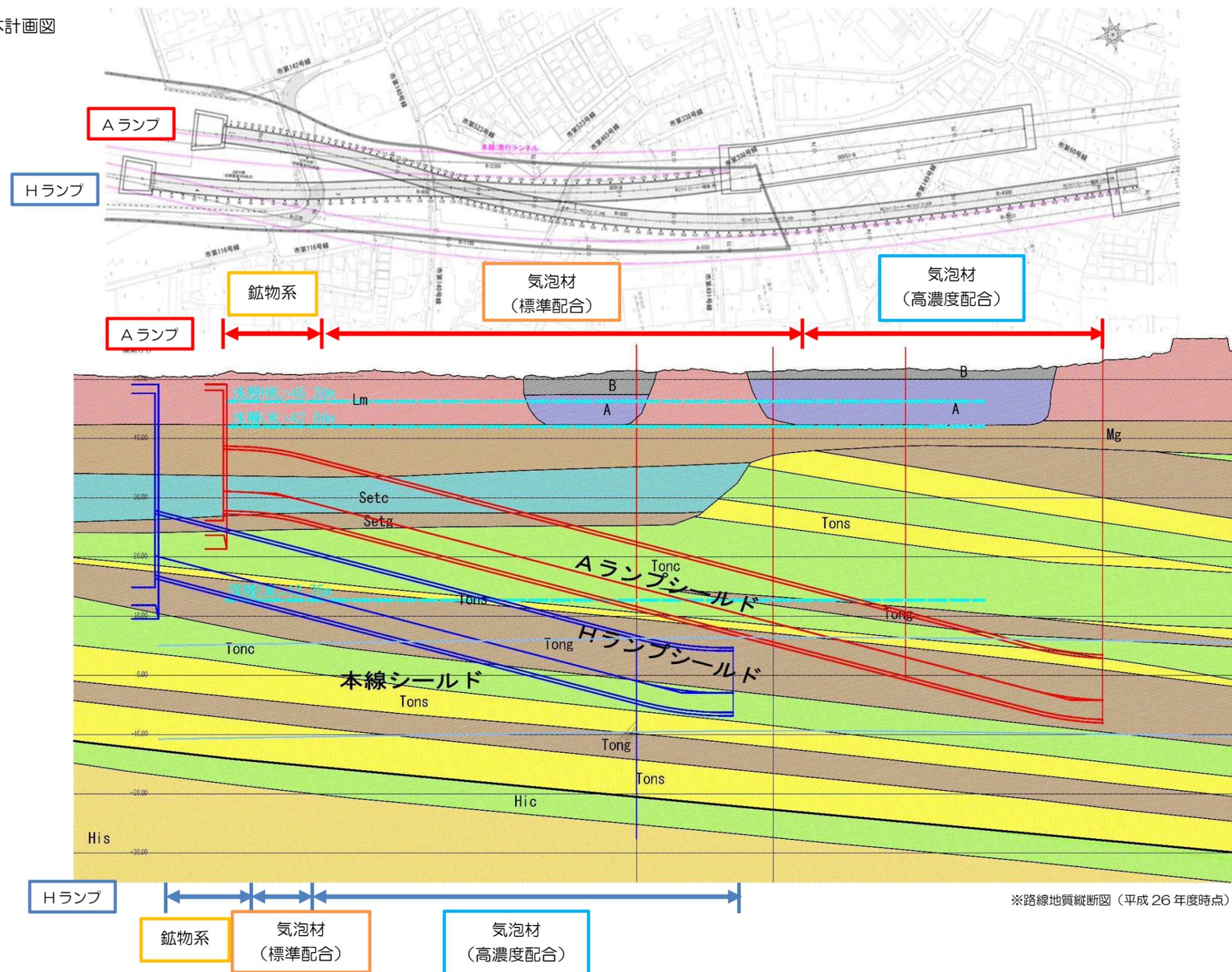
- CASE-1 では、材齢3日以降の良好な塑性流動性が確保できないこと（□部参照）を確認した。
→ 地盤状況によっては良好な塑性流動性が確保できなくなる可能性があるため、各種モニタリングや排土性状を確認し、気泡材の注入量等を調整する。
- CASE-2, 3 では、材齢3日まで良好な塑性流動性が確保できること（□部参照）、材齢7日になると良好な塑性流動性が確保できないこと（□部参照）を確認した。
→ 長期掘進停止時については、塑性流動性を保つため、事前に鉱物系添加材を使用する。※長期掘進停止とは7日を超える掘進停止を想定。
- CASE-4 では、材齢7日にわたり良好な塑性流動性が確保できることを確認した。

2.1.2. 中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事での対応状況

第23回東京外環トンネル等施工検討委員会でとりまとめた、再発防止対策のシールド掘進地盤に適した選定等の結果を踏まえ、添加材は気泡材、鉍物系を適切に使用する計画とし、また、シールドマシンの添加材注入については常時塑性流動性の確保を図るために気泡材、鉍物系を臨機応変に切り替えが可能な設備を搭載している。

なお、中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事は令和4年3月4日から掘進作業を実施している。掘進作業の初期段階となるため運転に必要な後続設備（ベルトコンベヤーなど）がトンネル坑内に入るまでは土砂圧送管による排土のため、圧送土砂の流動性を確保できる鉍物系添加材での掘進となっている。

添加材使用基本計画図



※路線地質縦断面図（平成 26 年度時点）

各種モニタリングや排土性状を確認し、塑性流動性の確保が懸念される場合は、添加材種別や注入量等を変更し改善を図る。

添加材注入設備

第23回東京外環トンネル等施工検討委員会でとりまとめた、再発防止対策のシールド掘進地盤に適した添加材選定等の結果を踏まえ、添加材は気泡材、鉍物系を適切に使用する計画をしているが、塑性流動性の確保が困難となる場合などを想定し、各種添加材注入の切り替えなどをスムーズに行えるよう、事前に注入設備の切り替えが可能となるように改良した。

鉍物系添加材のプラント（製造）は地上であり下写真の配管パイプを通してマシンへ注入



気泡添加材のプラント（製造）箇所は後続台車であり、後続台車から配管パイプを通してマシンへ注入する。（後続台車は現在、投入、組立中）



2.2. 塑性流動性とチャンバー内圧力のモニタリングと対応

2.2.1. 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で確認された再発防止対策

- ・これまでの塑性流動性の確認項目に加え、新たにチャンバー内の圧力勾配、ミニスランプ、粒度分布での確認を行うこととする。
- ・塑性流動性のモニタリングをしながら、添加材注入量や添加材の種類を適切に調整し、塑性流動性・止水性の確保を行う。なお、塑性流動性の確保が困難となる兆候が確認された場合は原因の解明と対策を検討する。

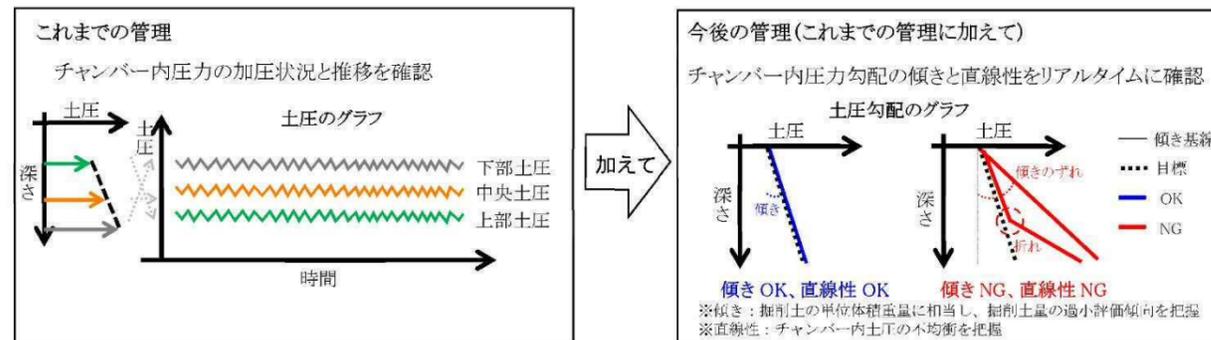
掘進データからの塑性流動性確認方法

管理項目	管理内容	管理値・確認内容	対応	備考
カッタートルク	カッターヘッドを回転させるために必要なトルク値であり、地盤状況ごとの想定トルク値および装備能力に対して計測トルクの割合と計測トルクの変動についても確認を行う(確認頻度_リアルタイム)	管理値: 装備トルク 80%以下 ・掘進中やチャンバー土砂の攪拌時は監視モニターでリアルタイムに確認する	・掘進速度の低減(カッタートルク対応) ・チャンバー内圧力設定の見直し ・添加材注入量の増加	
チャンバー内圧力勾配	チャンバー内圧力勾配の変化を確認する(確認頻度_リアルタイム、毎リング管理)	圧力勾配の傾きと直線性を確認する ・下限圧力と上限圧力との間で掘進時のチャンバー内圧力を管理することで、切羽の安定を常時管理する ・事前のボーリングデータと添加材注入率等から算出される理論圧力勾配との差を確認する ・下部チャンバー内圧力が大きくなるなどの異常が無いことを確認 ・掘進中および停止中は監視モニターでリアルタイムに確認する	・ベントナイト溶液を含めた添加材の種類変更 ・夜間等掘進休止時において、チャンバー内土砂の分離を防ぐため、定期的にチャンバー内土砂の攪拌を実施	傾きが想定以上に大きい場合は、気泡材の地山への過度な浸透が生じている可能性 傾きが小さい場合や直線性が損なわれている場合は、土砂の分離・沈降が生じている可能性
手触目視	掘削土のまとまり具合を手触と目視で確認する 確認頻度(目視:リアルタイム、手触:2回/日)	添加材の添加量や種類、濃度変更による掘削土の排土性状の変化を確認する 例)気泡材注入量増加に見合う湿潤状態など		掘削土には高分子材が添加
ミニスランプ試験	掘削土のスランプ値を計測し、値と変化を傾向管理する(確認頻度_2回/日)	直近の掘削土の性状と比較する		掘削土には高分子材が添加
粒度分布	掘削地山の土層を把握するために試験室にて粒度分布試験を実施し添加材の注入率設定のデータとする(確認頻度_20リングに1回を基本とし、塑性流動性のモニタリングに応じて適宜実施)	既往ボーリング結果と比較する		細粒分や礫分の比率など地層の変化を確認

*赤字は陥没事故前に比べ、令和3年3月の有識者委員会報告書で追加された内容及び変更項目

*青字は令和3年3月の有識者委員会報告書に比べ、追加した内容及び変更項目

○ チャンバー内圧力勾配の変化を確認



○ 排土性状の確認

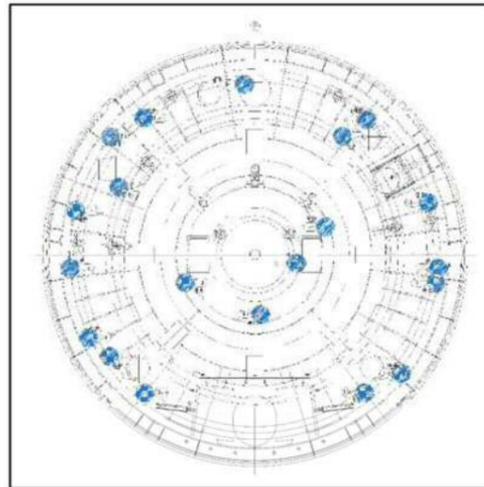


(1)チャンバー内圧力勾配の管理方法

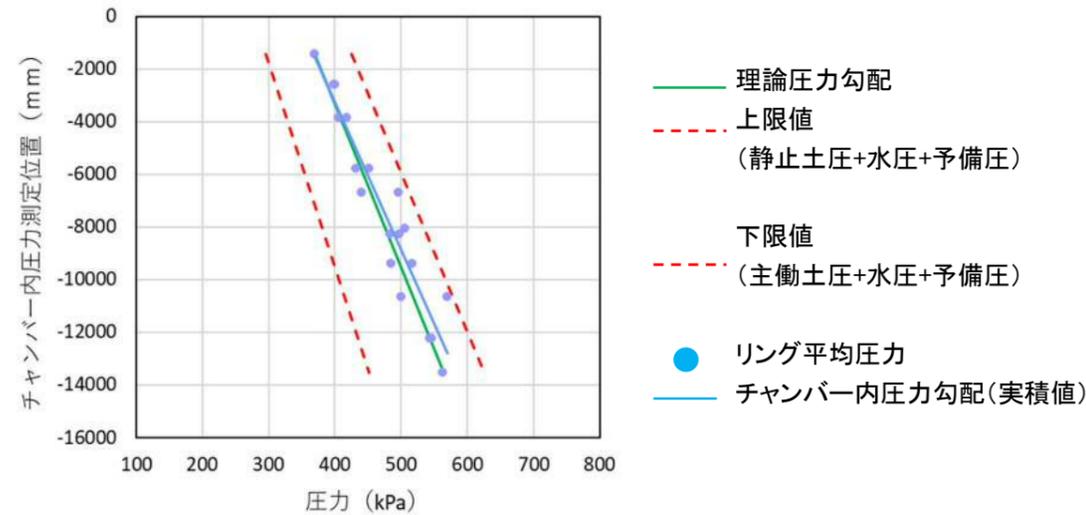
① チャンバー内圧力勾配の傾きと直線性の変化を把握するための管理方法を検討

チャンバー内圧力勾配の傾きと直線性の変化を把握するための管理方法について検討した内容を以下に示す。

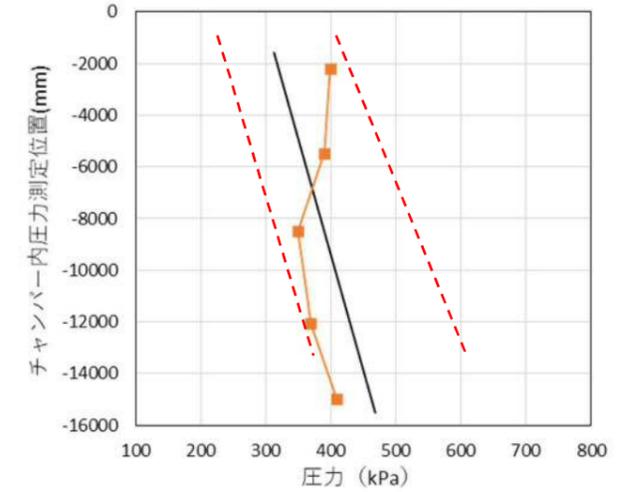
- ・チャンバー内における各圧力計の指示値から算出されるチャンバー内圧力勾配を下限圧力と上限圧力との間で管理することで、切羽の安定を常時管理する(図①-2)。なお、下限圧力については、安定したシールド停止状態の圧力を下回らないように設定する。
- ・チャンバー内圧力勾配は事前のボーリングデータと添加材注入率等から算出される理論圧力勾配との差を比較することで、チャンバー内の塑性流動性悪化の兆候を確認するとともに、添加材が地山に過度に浸透したことによる未回収傾向を把握する(図①-2)。
- ・チャンバー内圧力勾配の直線性はチャンバー内圧力分布の不均衡を確認し、チャンバー内の土砂の分離・沈降が生じている可能性を把握する(図①-3,4)。



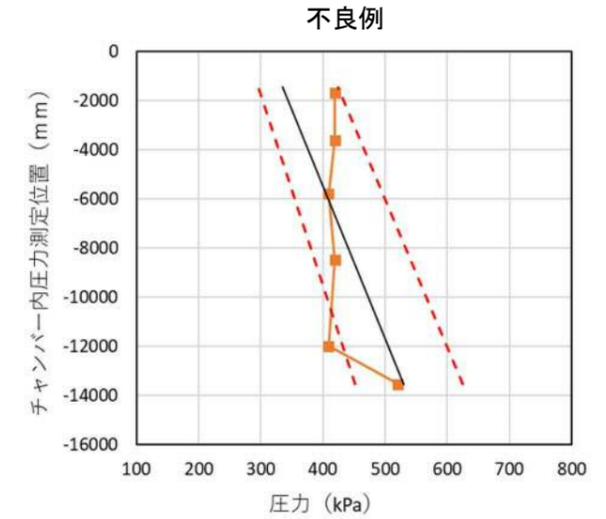
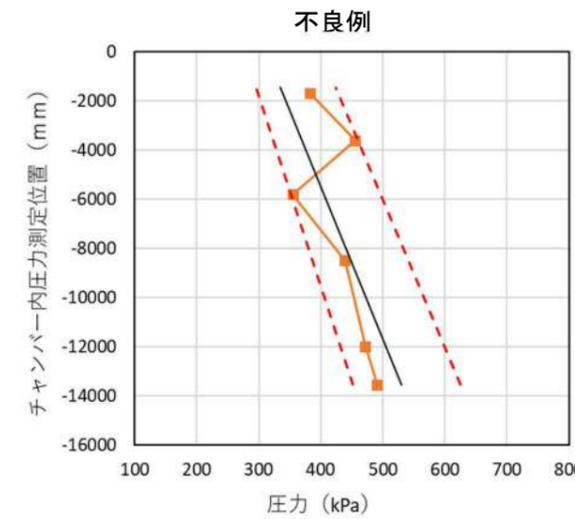
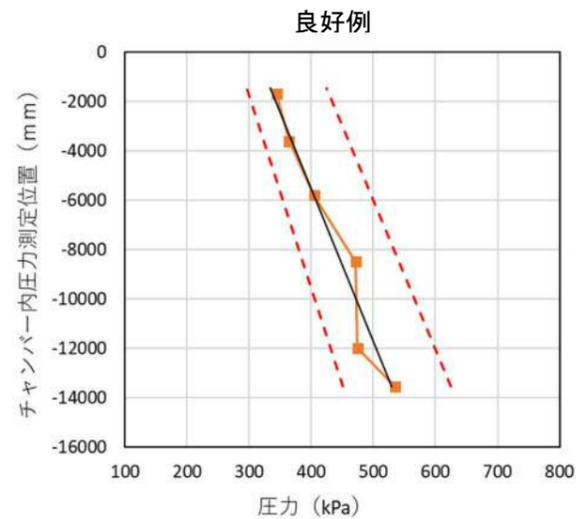
図①-1 圧力計位置(参考例)



図①-2 チャンバー内圧力勾配の確認



図①-3 チャンバー内圧力勾配の直線性の確認



図①-4 チャンバー内圧力の不均衡を把握

② 塑性流動性の管理方法

- ・掘進前に想定する地山、添加材量などを含めた圧力勾配の理論値と実際に計測したチャンバー内の圧力勾配に大きな乖離がないかを確認するとともに、直線性についてはチャンバー内圧力分布の不均衡を確認する。
- ・シールド掘進中および停止中は監視モニターで常時監視していくとともに、カッタートルク、シールド施工熟練者による手触・目視、ミニスランプ試験および粒度分布などの確認結果も踏まえ総合的に判断する。
- ・なお、気泡材の注入量の調整や添加材の変更による対応で塑性流動性の改善が見られない場合には、速やかに鉋物系等を添加したのちに掘進を一時停止し、原因究明・対策検討を行うものとする。
- ・長期掘進停止時は、チャンバー内の土砂分離を防止し、チャンバー内の圧力を適切に保つためにカッターを回転させて土砂を攪拌する。なお、夜間掘進停止時においても必要に応じカッターを回転させて土砂を攪拌する。

2.2.2. 中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事での対応状況

管理項目①カッタートルク、②チャンバー内圧力勾配、③手触・目視、④ミニスランプ試験、⑤粒度分布の対応状況は以下のとおりである。

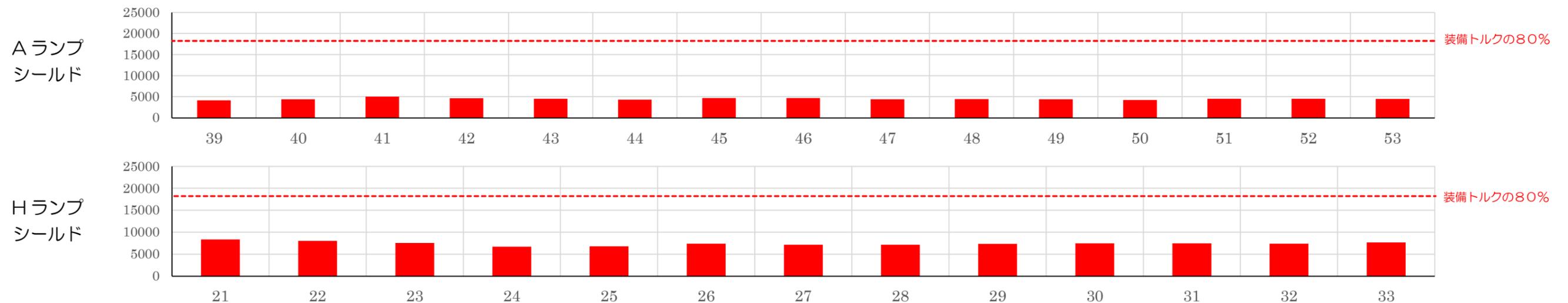
① カッタートルクの対応状況

掘進管理フローに基づき、掘進管理システムの監視モニターでカッタートルクをリアルタイムで監視し、管理値内で掘進できていることを確認した。

掘進管理システムでのリアルタイム監視状況（A ランプ 53 リングの例）



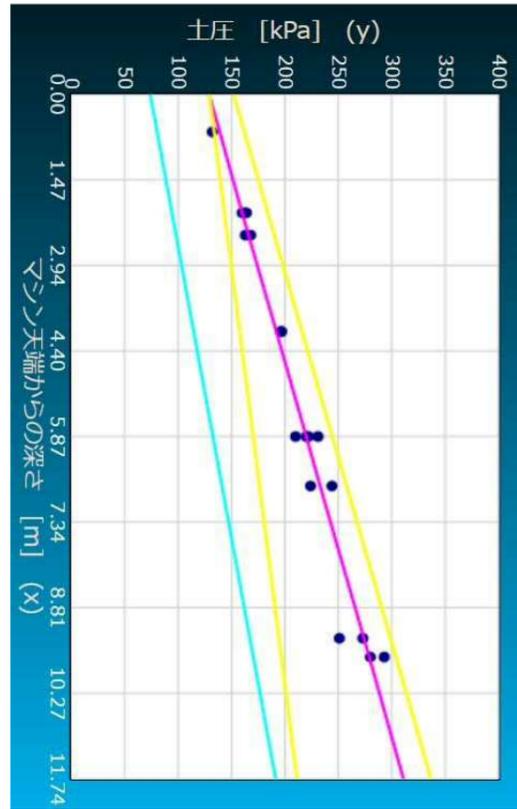
A・H ランプシールドともに80%以下であることを確認した。



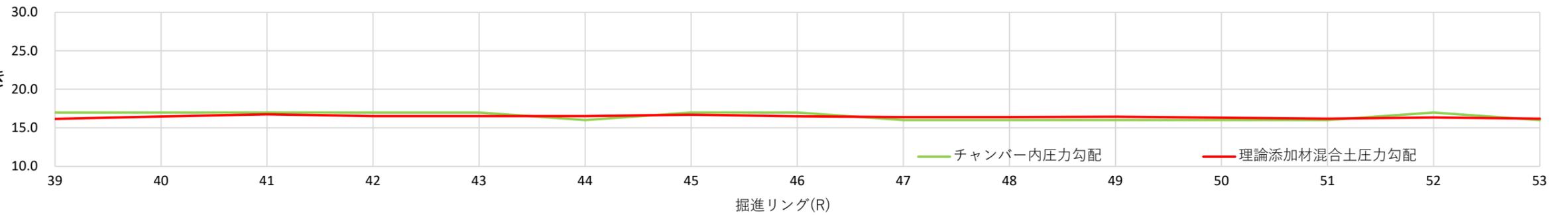
② チャンバー内圧力勾配の対応状況

掘進管理フローに基づき、掘進管理システムの監視モニターでリアルタイムおよびリング毎にチャンバー内圧力の変化を監視している。
 また、チャンバー内圧力勾配の変化を監視し、理論圧力勾配と同じ傾向を示していること、圧力勾配の傾き・直線性や下部チャンバー内圧力が大きくなるなど異常がないことを確認している。
 また、掘進停止時においてもリアルタイムで監視し、圧力勾配の直線性を確認したが、切羽チャンバー内土砂の分離・沈降の兆候はなく、掘削停止時から掘進中に起動した際のカッター起動も円滑に行われていることを確認している。

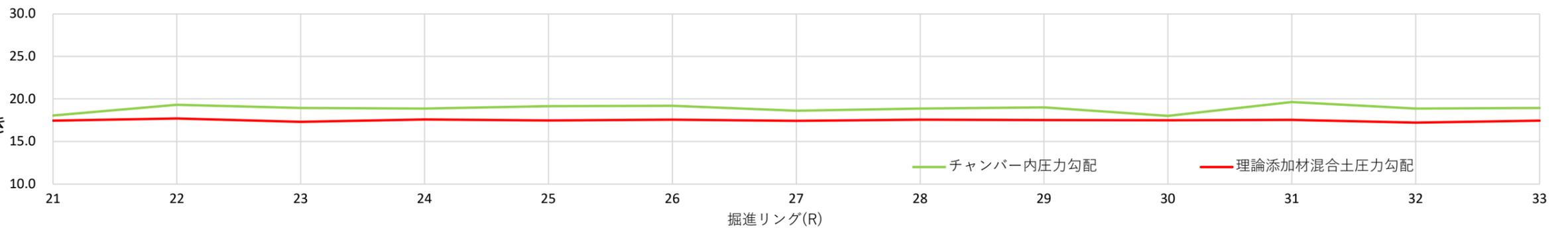
リアルタイム監視状況 (A ランプ 53R)



A ランプシールド
チャンバー内圧力勾配の傾き
(kPa/m)



H ランプシールド
チャンバー内圧力勾配の傾き
(kPa/m)



■A ランプ掘進停止中のリアルタイムの塑性流動性の確認状況

平日夜間・休日掘進停止から掘進再開までの間も施工データをリアルタイムで監視している。以下に平日夜間・休日掘進停止から掘進再開までのチャンバー内圧力勾配データの一部を示す。圧力勾配の直線性が確認され、チャンバー内土砂の分離・沈降の兆候はなく、平日夜間・休日停止後の掘進再開時のカッターの起動も円滑に行われている。

	平日夜間掘進停止・再開時	休日掘進停止・再開時	【参考】調布市陥没箇所掘進時
掘進完了時 (停止)	<p>48Ring 掘進完了時 (停止) 土圧分布 (04/15 12:55)</p>	<p>49Ring 掘進完了時 (停止) 土圧分布 (04/15 18:30)</p>	
掘進開始前 (停止)	<p>49Ring カッター起動前 (停止) 土圧分布 (04/15 15:41)</p>	<p>50Ring カッター起動前 (停止) 土圧分布 (04/18 6:55)</p>	<p>2766Ring 掘進前 (停止時)</p>
カッター起動時	<p>49Ring カッター起動時 (停止) 土圧分布 (04/15 15:47)</p>	<p>50Ring カッター起動時 (停止) 土圧分布 (04/18 6:59)</p>	<p>2766Ring カッター一回転不能解除時</p>
掘進中	<p>49Ring 掘進中 (st800mm) 土圧分布 (04/15 17:32)</p>	<p>50Ring 掘進中 土圧分布 (04/18 9:56)</p>	<p>2766Ring 掘進中 (st800 mm)</p>

■H ランプ掘進停止中のリアルタイムの塑性流動性の確認状況

平日夜間・休日掘進停止から掘進再開までの間も施工データをリアルタイムで監視している。以下に平日夜間・休日掘進停止から掘進再開までのチャンバー内圧力勾配データの一部を示す。圧力勾配の直線性が確認され、チャンバー内土砂の分離・沈降の兆候はなく、平日夜間・休日停止後の掘進再開時のカッターの起動も円滑に行われている。

	平日夜間掘進停止・再開時	休日掘進停止・再開時	【参考】調布市陥没箇所掘進時
掘進完了時 (停止)	<p>28Ring 掘進完了時 (停止) 土圧分布 (03/11 12:26)</p>	<p>31Ring 掘進完了時 (停止) 土圧分布 (03/12 19:55)</p>	<p>—</p>
掘進開始前 (停止)	<p>29Ring カッター起動前 (停止) 土圧分布 (03/11 15:13)</p>	<p>31Ring カッター起動前 (停止) 土圧分布 (03/14 6:52)</p>	<p>2766Ring 掘進前 (停止時)</p>
カッター起動時	<p>29Ring カッター起動時 (停止) 土圧分布 (03/11 15:16)</p>	<p>31Ring カッター起動時 (停止) 土圧分布 (03/14 6:55)</p>	<p>2766Ring カッター回転不能解除時</p>
掘進中	<p>29Ring 掘進中 (st800mm) 土圧分布 (03/11 17:23)</p>	<p>31Ring 掘進中 (st800mm) 土圧分布 (03/14 8:18)</p>	<p>2766Ring 掘進中 (st800mm)</p>

③ 手触・目視の対応状況

シールド施工熟練者による手触、目視により掘削土の土質性状に変化がないかを確認している。（（確認頻度）手触：2回/日、目視：リアルタイム）



手触・目視状況

④ ミニスランプ試験の対応状況

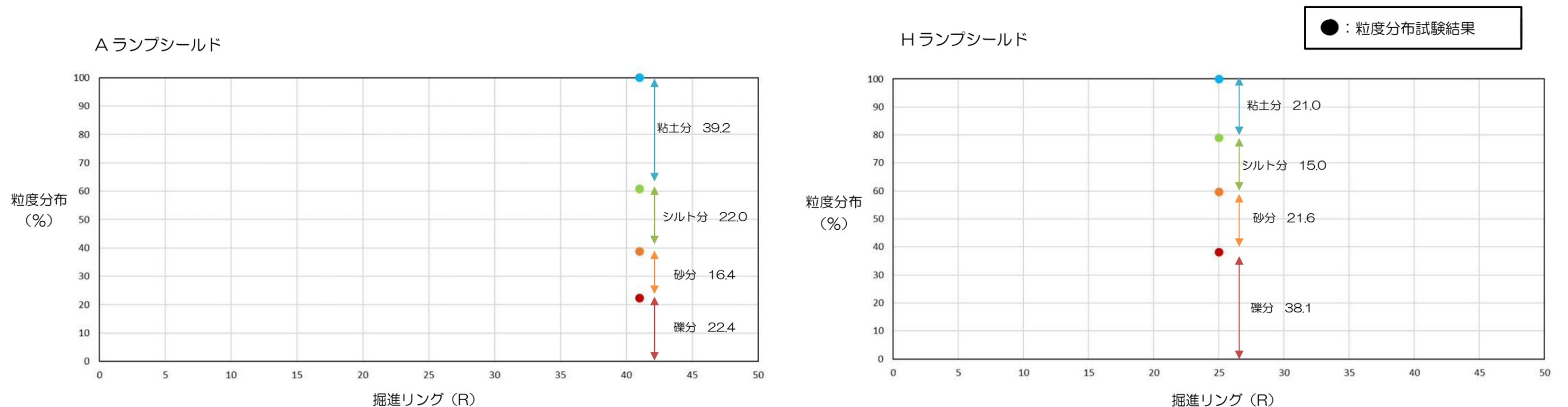
掘進作業の初期段階であり、後続設備（ベルトコンベヤーなど）がトンネル坑内に入るまでは未設置のため、土砂圧送管による排土を行っている。圧送土砂の流動性を確保できる鉱物系添加材を用いた掘進を行っている。このため、ミニスランプ試験は実施していない。

今後、後続設備（ベルトコンベヤーなど）の設置後はミニスランプ試験を実施して、排土性状の変化を確認していく。

⑤ 粒度分布試験の対応状況

掘削土の粒度分布試験を実施し、細粒分や礫分の比率などを確認している。引き続き、細粒分や礫分の比較など地層の変化を確認していく。

A・Hランプシールドともに細粒分が多く含まれている傾向であった。



2.3. 排土量管理について

2.3.1. 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で確認された再発防止対策

排土管理の内容について

- ベルトスケールで排土重量を計測し、手前20リング平均との比較により以下の排土重量を管理
 - ・添加材が全量回収されることを前提とし添加材の全重量を控除した地山重量
 - ・添加材の重量を控除しない排土全重量
- これまでの管理値より厳しい±7.5%を1次管理値として設定
 - ・閉塞が生じたリングの手前20リングでは、掘削土量が+7.5%を超過しているリングがあることを確認
 - ・1次管理値を±7.5%として設定し、閉塞及び閉塞を契機とする取り込み過剰の兆候をいち早く把握
- 排土率(地山掘削土量と設計地山掘削土量の比率)による、理論値と実績値を比較する新たな指標を追加
 - ・従来の排土重量の管理では手前20リング平均との比較にて取り込み過剰の兆候を把握するが、排土重量が徐々に増加していく場合などにおいては、さらにリング毎の排土率を確認することで、早期に兆候を把握できる可能性がある(排土率は、添加材が全量回収されることを前提とし添加材の全重量を控除した地山重量を用いて算出)
- 地山単位体積重量の変化を確認
 - ・掘削土体積や排土率は、地山単位体積重量をボーリングデータを用いて算出するが、10リングかつ1日1回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
- 添加材未回収分を考慮した排土率についても確認
 - ・添加材の回収状況について、チャンバー内土圧勾配より推定したチャンバー内土砂単位体積重量を用いて確認し、過剰な土砂取込みの兆候を確認

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
掘削土重量 (掘削土体積)	掘削土の重量 (掘削土の体積) (確認頻度 リアルタイム監視 毎リング管理)	(1) 添加材の全重量を控除した地山掘削重量(体積) ・ベルトスケールで計測した排土重量から添加材が全量回収されることを前提とし添加材の全重量を控除した地山重量で掘削土量の管理を行う。 ・前20リング平均の掘削土量と比較して、大きなバラツキがないことと管理値内で掘進できていることを確認する。 (2) 添加材の重量を控除しない排土全重量(体積) ・ベルトスケールで計測した添加材の重量を控除しない排土全重量で掘削土量の管理を行う。 ・前20リング平均の掘削土量と比較して、大きなバラツキがないことと管理値内で掘進できていることを確認する。	t (m ³)	前20リング平均 ±7.5%以内	前20リング平均 ±15%以内	・監視モニターでリアルタイムに監視 ・ボーリングデータおよび掘削土の単位体積重量をもとに換算した掘削土体積も管理 (掘削土の単位体積重量を用いてボーリングデータの単位体積重量を補正)
排土率	地山掘削土量と設計地山掘削土量の比率 (確認頻度 リアルタイム監視 毎リング管理)	(1) ベルトスケールで計測した排土重量から添加材が全量回収されることを前提とし添加材の全重量を控除した地山重量で排土率の管理を行う。	%	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	・ボーリングデータおよび掘削土の単位体積重量をもとに換算した掘削土体積も管理 ・添加材が地山へ浸透している場合は、排土率が過少に評価される
		(2) 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とを比較することにより添加材の浸透量を評価し、それを考慮した排土率の管理を行う。	%	設計地山掘削土量の±7.5%以内		・ボーリングデータおよび掘削土の単位体積重量をもとに換算した掘削土体積も管理 ・添加材の浸透量を評価し、それを考慮した掘削土体積も管理 ・自立性が高い粘性土等では、チャンバー内圧力勾配から推定される単位体積重量が適応しない場合がある

掘削土量の管理値を超過した際の対応

排土量管理において、掘削土量の管理値を超過した際の対応を以下に示す。

掘削土量の管理値を超過した際の対応

① 掘削土重量、掘削土体積、排土率(添加材の全重量を控除)

現象	対 応	
下限値超過	1次管理値	・マシン負荷の確認・調整
	2次管理値	・掘進を一時停止し、原因究明・対策検討
上限値超過	1次管理値	・ 地表面変状の確認・地上の巡回頻度を増加 ・ 次リングの掘削土量を注視、必要に応じて、チャンバー内圧力の再設定を行う ・掘削土砂性状を確認、添加材注入量や添加材の種類を調整 ・ 裏込め注入量・注入圧を注視、必要に応じて坑内から追加注入 ・ 改善が見られない場合、掘進を一時停止し、原因究明
	2次管理値	・掘進を一時停止し、原因究明・対策検討(地上からの充填注入の検討等)

※添加材が地山へ浸透している場合は、排土率が過少に評価されてしまうことを踏まえ、排土率が管理値を超過した場合は、掘削土重量の変動傾向、チャンバー内圧力勾配から求められる単位体積重量と排土を突き固めて得られる単位体積重量の変化の整合性、チャンバー内圧力勾配の直線性やカッタートルク、排土性状の変化から塑性流動性などの施工データを確認し、これにより取り込み過多または過小の兆候を把握し掘削の継続を判断する。

② 排土率(添加材未回収分を考慮)

現象	対 応	
下限値超過	管理値	・粘性土層が存在する区間では、土砂の自立性などが影響していないか確認。 ・掘削土重量の減少傾向、チャンバー内圧力勾配から求められる単位体積重量と排土を突き固めて得られる単位体積重量の変化の整合性、チャンバー内圧力勾配の直線性やカッタートルク、排土性状の変化から塑性流動性などの施工データを確認し、これにより取り込み過少の兆候と判断される場合は、マシン負荷の確認・調整を行う。
上限値超過	管理値	・粘性土層が存在する区間では、土砂の自立性などが影響していないか確認。 ・掘削土重量の増加傾向、チャンバー内圧力勾配から求められる単位体積重量と排土を突き固めて得られる単位体積重量の変化の整合性、チャンバー内圧力勾配の直線性やカッタートルク、排土性状の変化から塑性流動性などの施工データを確認し、これにより取り込み過多の兆候と判断される場合は、①の掘削土重量の管理値超過対応(地表面変状の確認・地上の巡回頻度を増加、次リングの掘削土量を注視、必要に応じて、チャンバー内圧力の再設定を行う、掘削土砂性状を確認、添加材注入量や添加材の種類を調整、裏込め注入量・注入圧を注視、必要に応じて坑内から追加注入、改善が見られない場合、掘進を一時停止し、原因究明)を実施。

※この他、添加材浸透量を加味した取り込み量を1リング毎に確認し、過剰な土砂取込みの兆候を確認した場合は、裏込め注入量・注入圧を注視し必要に応じて追加注入を行う等、上記管理値によらず対応する。

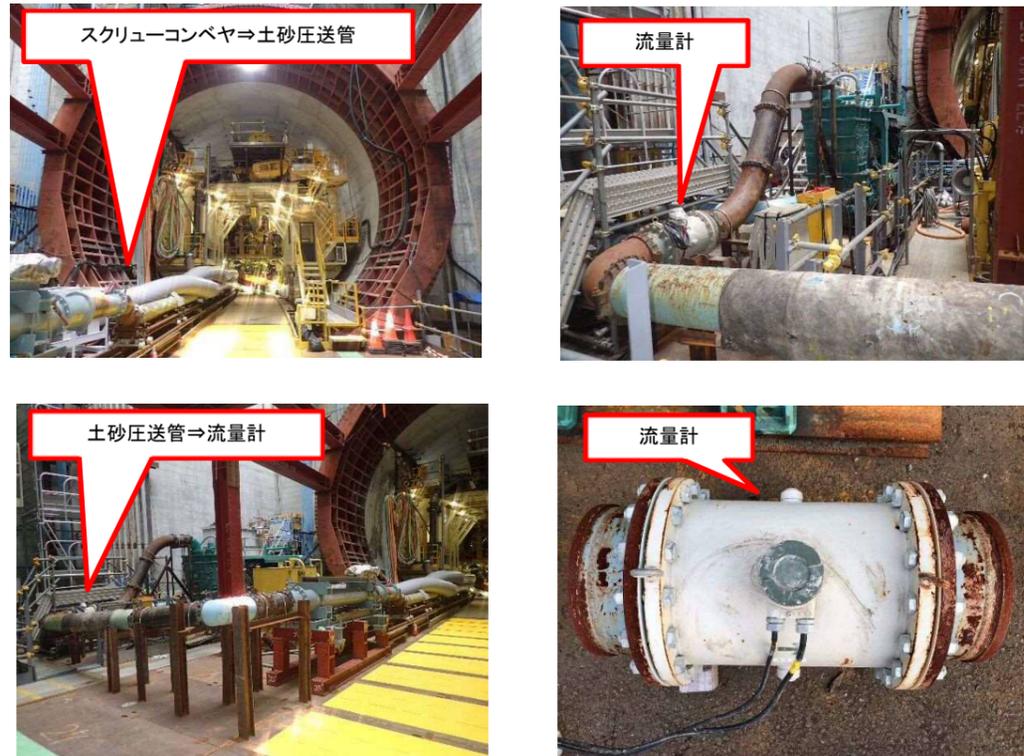
* 赤字は陥没事故前に比べ、令和3年3月の有識者委員会報告書で追加された内容及び変更項目

* 青字は令和3年3月の有識者委員会報告書に比べ、追加した内容及び変更項目

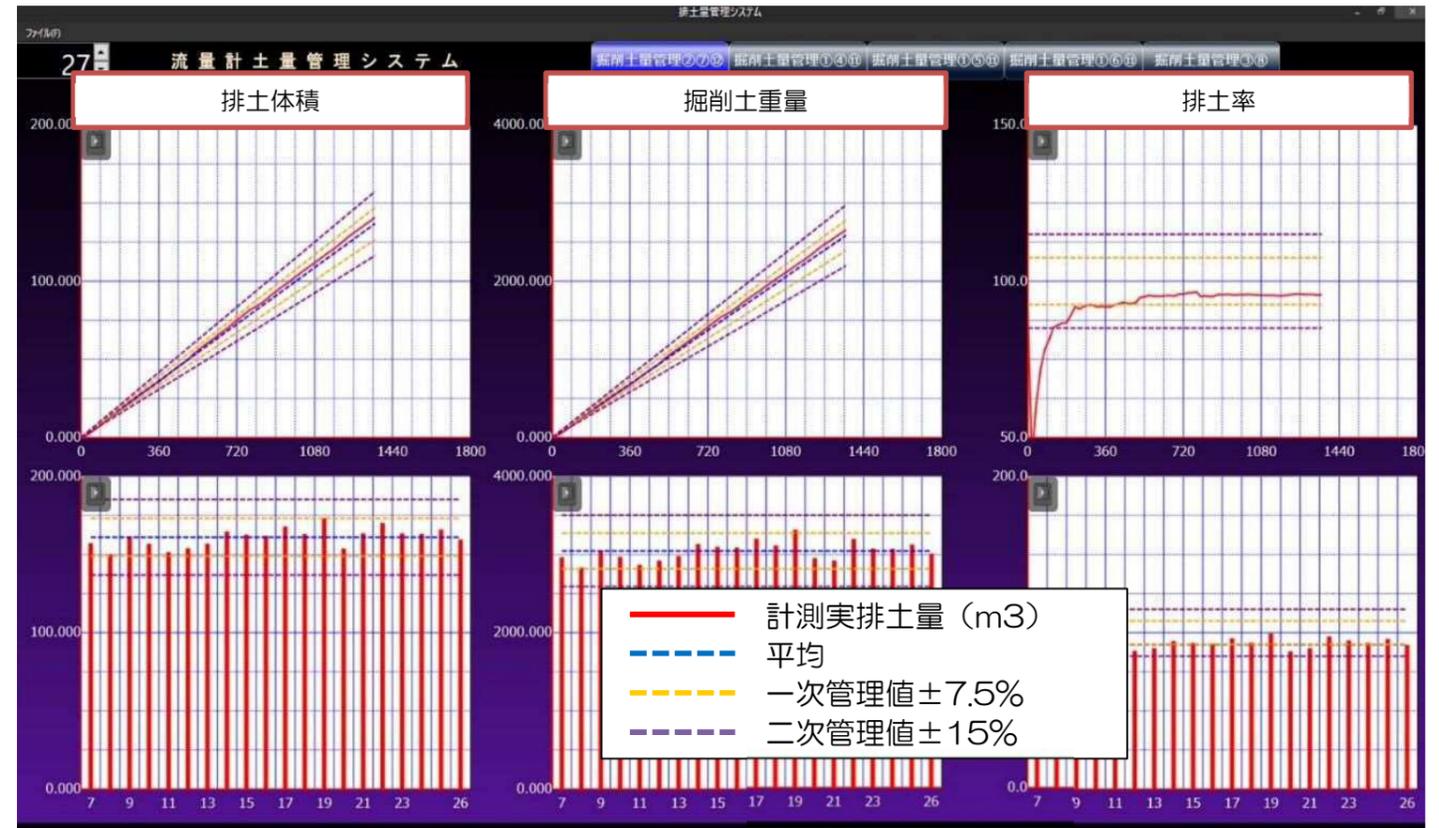
2.3.2. 中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事での対応状況

掘進作業の初期段階であり、後続設備（ベルトコンベヤーなど）がトンネル坑内に入るまでは未設置であるため、土砂圧送管での排土を行っており、掘進管理フローに基づき、掘削土量管理や排土率管理を行っている。

また、今回の報告区間では圧送土砂の流動性の確保を目的とし、鉱物系添加材を用いた掘進を行っている。そのため、中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事については、まずは、土砂圧送管に取り付けられている流量計により排土体積を把握することにより、排土管理を行っている。



土砂圧送管流量計による排土管理



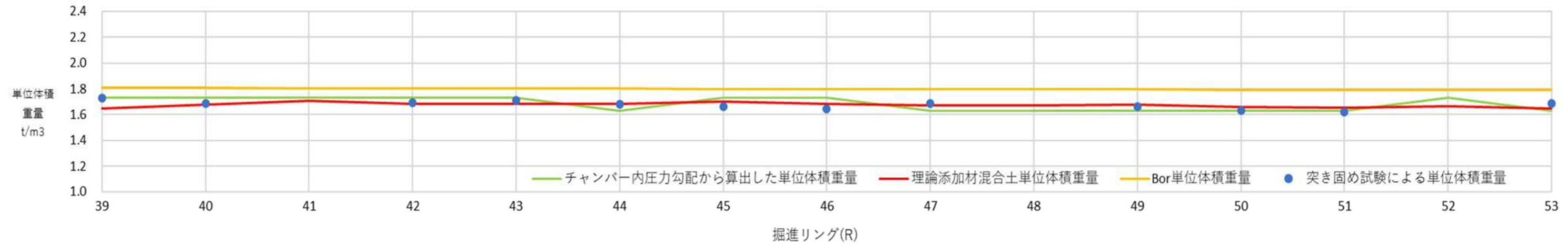
掘削管理システムの管理画面

2.3.3. 排土データ

中央 JCT 北側 A ランプシールドトンネル工事で計測された排土データは以下のとおりである。

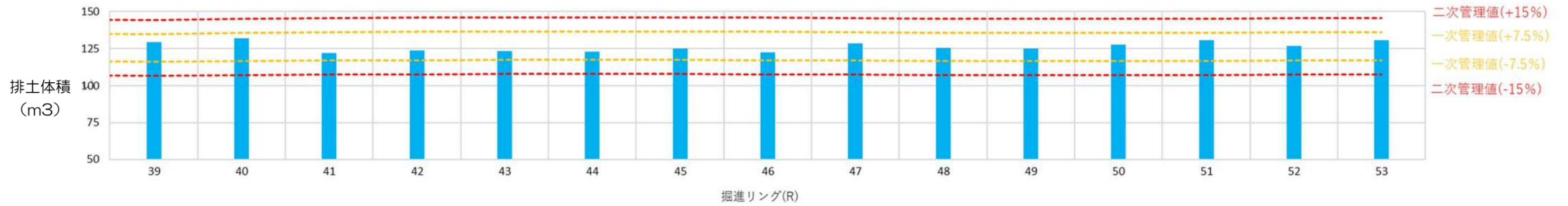
単位体積重量

- チャンバー内圧力勾配から算出した単位体積重量が他の試験結果等による単位体積重量と同様の傾向を示していることを確認した。



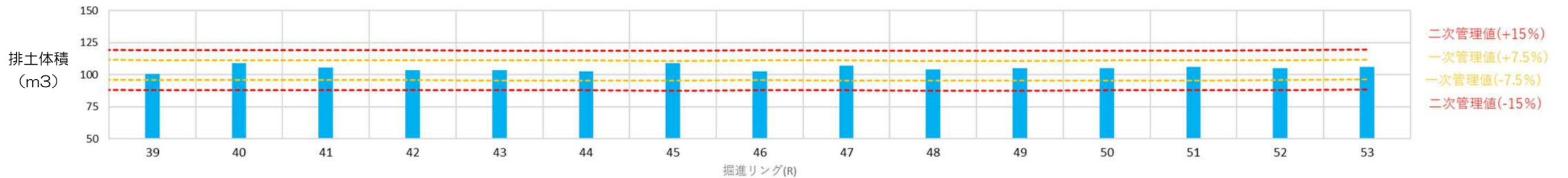
排土体積 (添加材控除なし)

- 一次管理値の範囲で収まっていることを確認した。



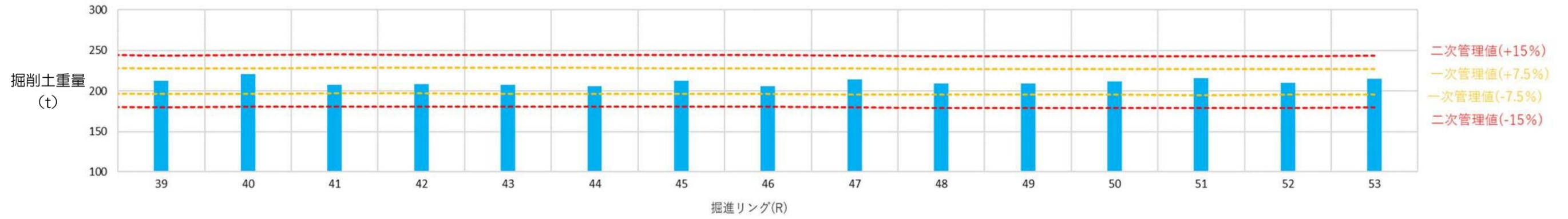
排土体積 (添加材全回収 溶液控除)

- 一次管理値の範囲で収まっていることを確認した。



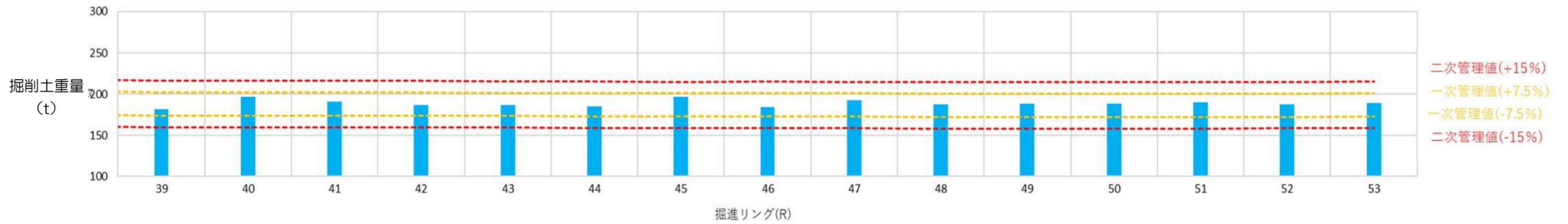
掘削土重量（添加材控除なし）

- 一次管理値の範囲で収まっていることを確認した。

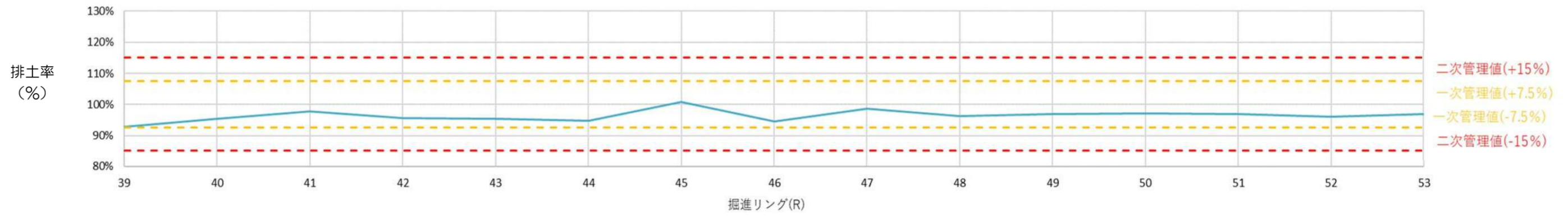


掘削土重量（添加材全回収 溶液控除）

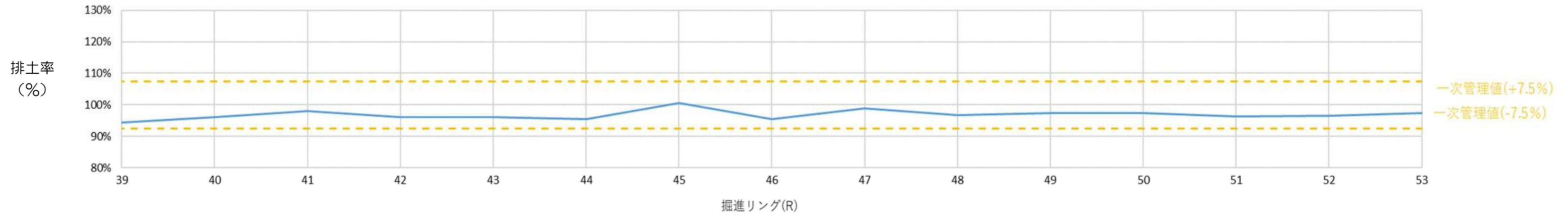
- 一次管理値の範囲で収まっていることを確認した。



排土率（添加材全回収 溶液控除）



排土率（浸透量考慮 溶液控除）

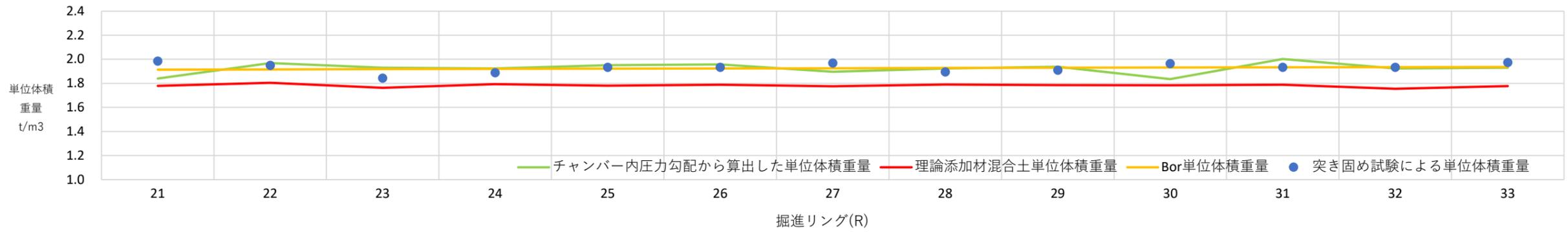


排土率はやや低めの傾向を示すものの一次管理値範囲内に収まっていることを確認した。

中央 JCT 北側Hランプシールドトンネル工事で計測された排土データは以下のとおりである。

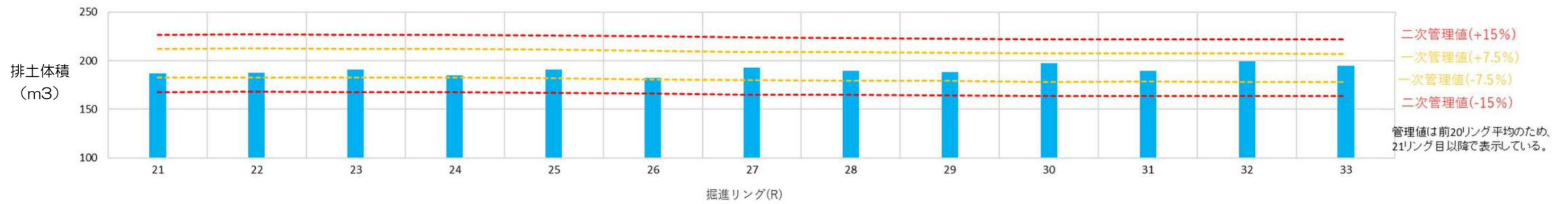
単位体積重量

- チャンバー内圧力勾配から算出した単位体積重量が他の試験結果等による単位体積重量と同様の傾向を示していることを確認した。



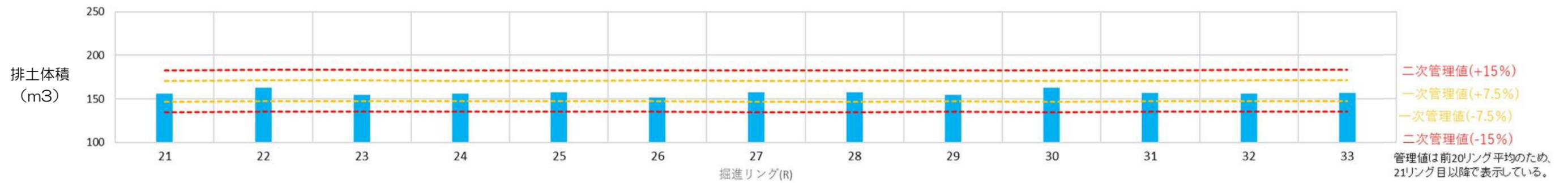
排土体積（添加材控除なし）

- 一次管理値の範囲で収まっていることを確認した。



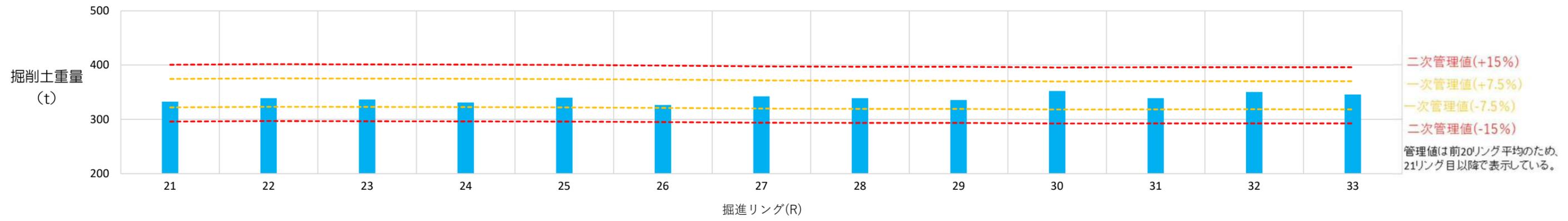
排土体積（添加材全回収 溶液控除）

- 一次管理値の範囲で収まっていることを確認した。



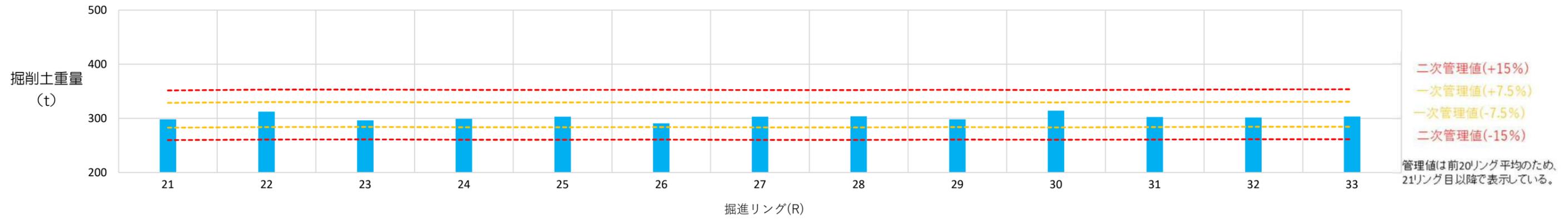
掘削土重量（添加材控除なし）

- 一次管理値の範囲で収まっていることを確認した。

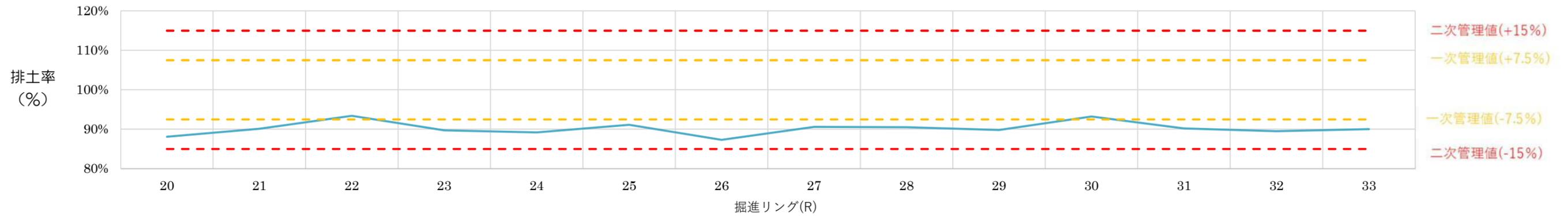


掘削土重量（添加材全回収 溶液控除）

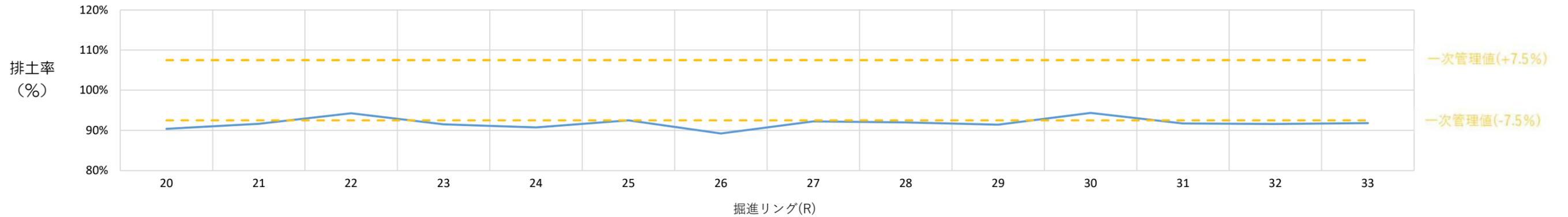
- 一次管理値の範囲で収まっていることを確認した。



排土率（添加材全回収 溶液控除）



排土率（浸透量考慮 溶液控除）



排土率は、添加材全回収溶液控除の場合、浸透量考慮溶液控除の場合、双方において一次管理値（-7.5%の下限値）を超過傾向箇所が存在している。排土率の一次管理値を超過している状況が確認されたことから、掘進管理フローに基づき、シールドマシン負荷（推進推力、カッタートルク）に異常がないことを受発注者で確認している。また、その他施工データ、塑性流動性の確保状況及び地表面計測データに異常がないことも併せて確認しているため、シールドマシンの掘進作業継続の判断を行った。

排土率が低くなる傾向については、砂・礫分が比較的多い地盤において、添加材を注入し、掘進する際の圧力により、地山に存在する間隙水が掘削断面の外に押し出されたこと等が要因であると推察される。

掘進管理項目および掘進管理基準に関する施工データ

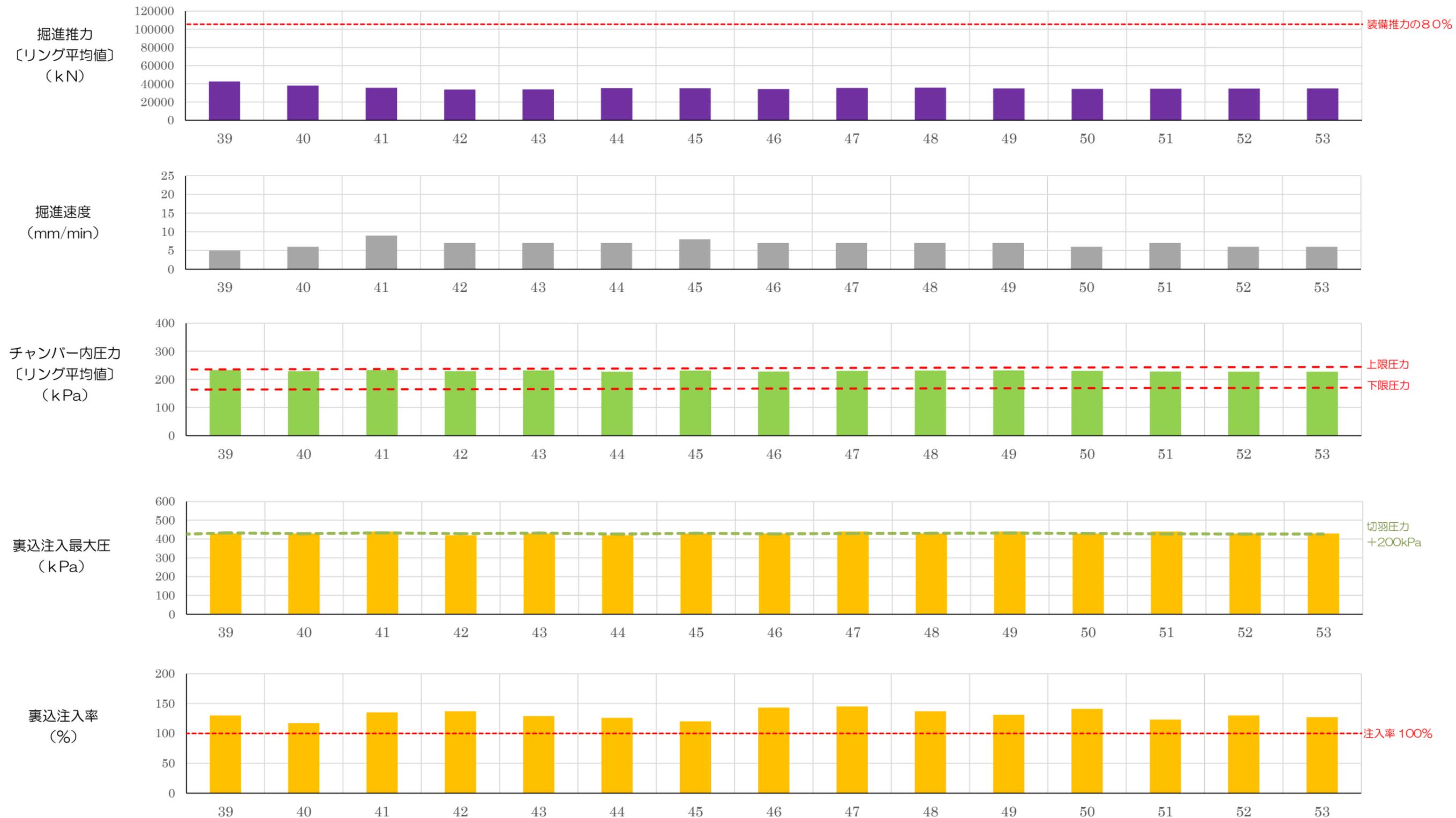
赤枠に示す管理項目の施工データを次ページに示す。

(9) 掘進管理項目および掘進管理基準の新旧対比表

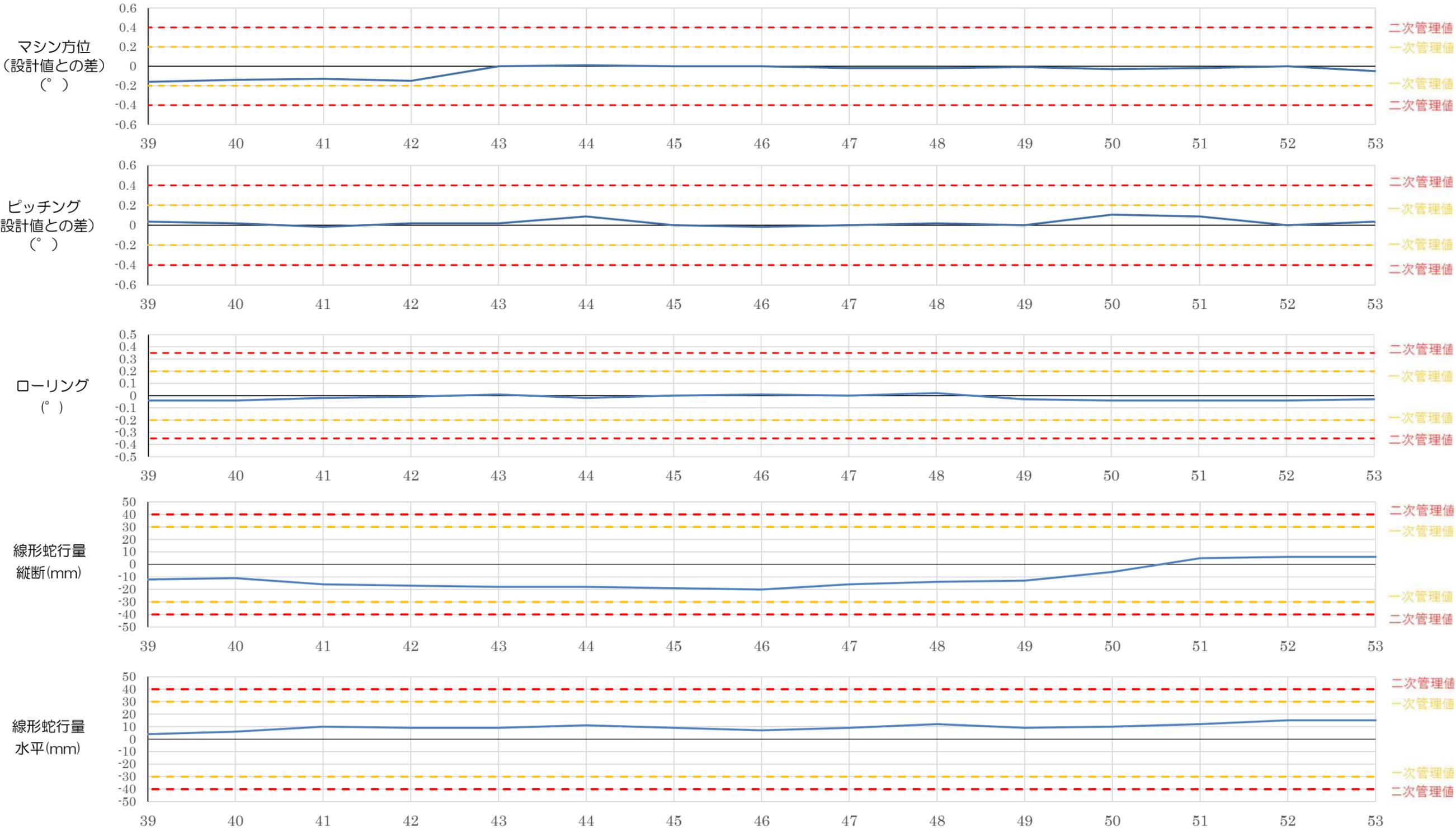
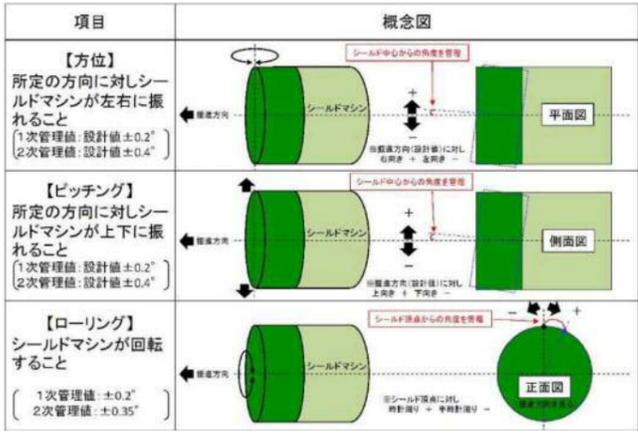
管理項目		監視・測定項目等 (旧) これまでの管理	(新) 今後の管理
カッター	カッタートルク	管理値: 装備トルクの 80%以下	変更なし
		管理方法: モニターでリアルタイムで管理	※カッターヘッド回転不能(閉塞)時は、掘進を一時停止し、原因究明・対策検討を十分に実施
			管理方法: モニターでリアルタイムで管理
シールドジャッキ	推力	推力: 装備推力の 80%以下 管理方法: モニターでリアルタイムで管理	変更なし
掘進速度	掘進速度	標準掘進速度: 25 mm/min 管理方法: モニターでリアルタイムで管理	変更なし
マシン方向制御	方位	一次管理値: 設計値±0.2° 二次管理値: 設計値±0.4°	変更なし
	ピッチング	一次管理値: 設計値±0.2° 二次管理値: 設計値±0.4°	変更なし
	ローリング	一次管理値: ±0.2° 二次管理値: ±0.35°	変更なし
	位置計測	一次管理値: 蛇行量 30 mm 二次管理値: 蛇行量 40 mm 管理値: 蛇行量 50 mm	変更なし
土圧	チャンバー内土圧	上限値: 静止土圧+水圧+予備圧(20kPa)～下限値: 主働土圧+水圧+予備圧(20kPa) * SL の圧力を管理し、上限値～下限値の中間値よりも上側の値となるよう留意する 管理方法: 切羽圧力計計測結果をリアルタイムで管理	上限値: 静止土圧+水圧+予備圧(20kPa)～下限値: 主働土圧+水圧+予備圧(20kPa) * SL の圧力を管理し、上限値～下限値の中間値よりも上側の値となるよう留意する チャンバー内圧力値をリアルタイムにて管理(チャンバー内圧力分布から圧力勾配の傾きと直線性を確認、必要に応じて改善を実施)
排土管理	掘削土量	1 次管理値: 前 20R 平均掘削土量±10%以内	1 次管理値: 前 20R 平均掘削土量±7.5%以内
		2 次管理値: 前 20R 平均掘削土量±20%以内	2 次管理値: 前 20R 平均掘削土量±15%以内
		管理方法: ベルトスケールの計量結果をリアルタイムで管理	管理方法: ベルトスケールの計量結果をリアルタイムで管理
	排土率	-	1 次管理値: 設計掘削土量の排土率±7.5%以内
		-	2 次管理値: 設計掘削土量の排土率±15%以内
		-	添加材の浸透を考慮した排土率も確認 管理値: ±7.5%以内
チャンバー内土砂性状 (塑性流動性確認)	土砂性状	手触、目視により、土砂性状や地山土層の変化を確認	手触、目視により、土砂性状や地山土層の変化を確認
		-	ミニスランプ試験値: 事前配合試験結果および直近の掘削土の性状と比較
		粒度分布試験を実施し、掘削地山の土層を把握(確認頻度: 1回/週を基本)	粒度分布試験を実施し、掘削地山の土層を把握(確認頻度: 20 リングに 1 回を基本とし、塑性流動性のモニタリングに応じて適宜実施)
裏込注入工	注入圧	注入圧: 切羽圧+0.2Mpa	変更なし
	注入量	注入率: 100%以上	
		管理方法: モニターでリアルタイムで管理。基本的に設定注入圧以上、100%以上の注入率、地山によって注入量は変化する	
地表面変位	掘進時、掘進停止中、事後	管理値: 地表面傾斜角 1.0/1000rad 以下	変更なし

中央JCT北側Aランプシールドトンネル工事の施工データ

掘進管理フローに基づき、各管理基準値内であることを確認しながら掘進した。

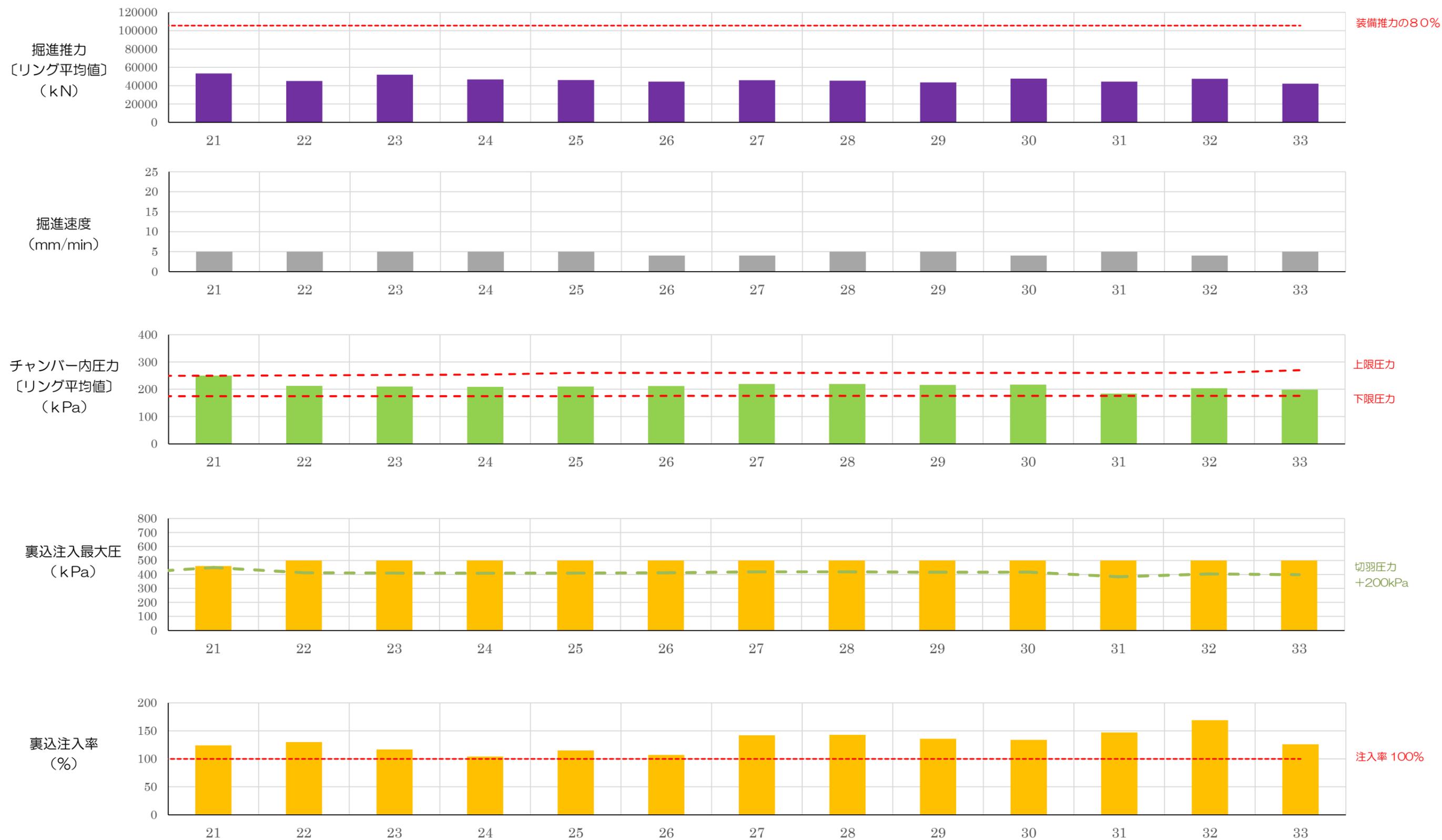


マシン方向制御の掘進管理項目（方位、ピッチング、ローリング）及びセグメント位置について管理値内であることを確認しながら掘進した。

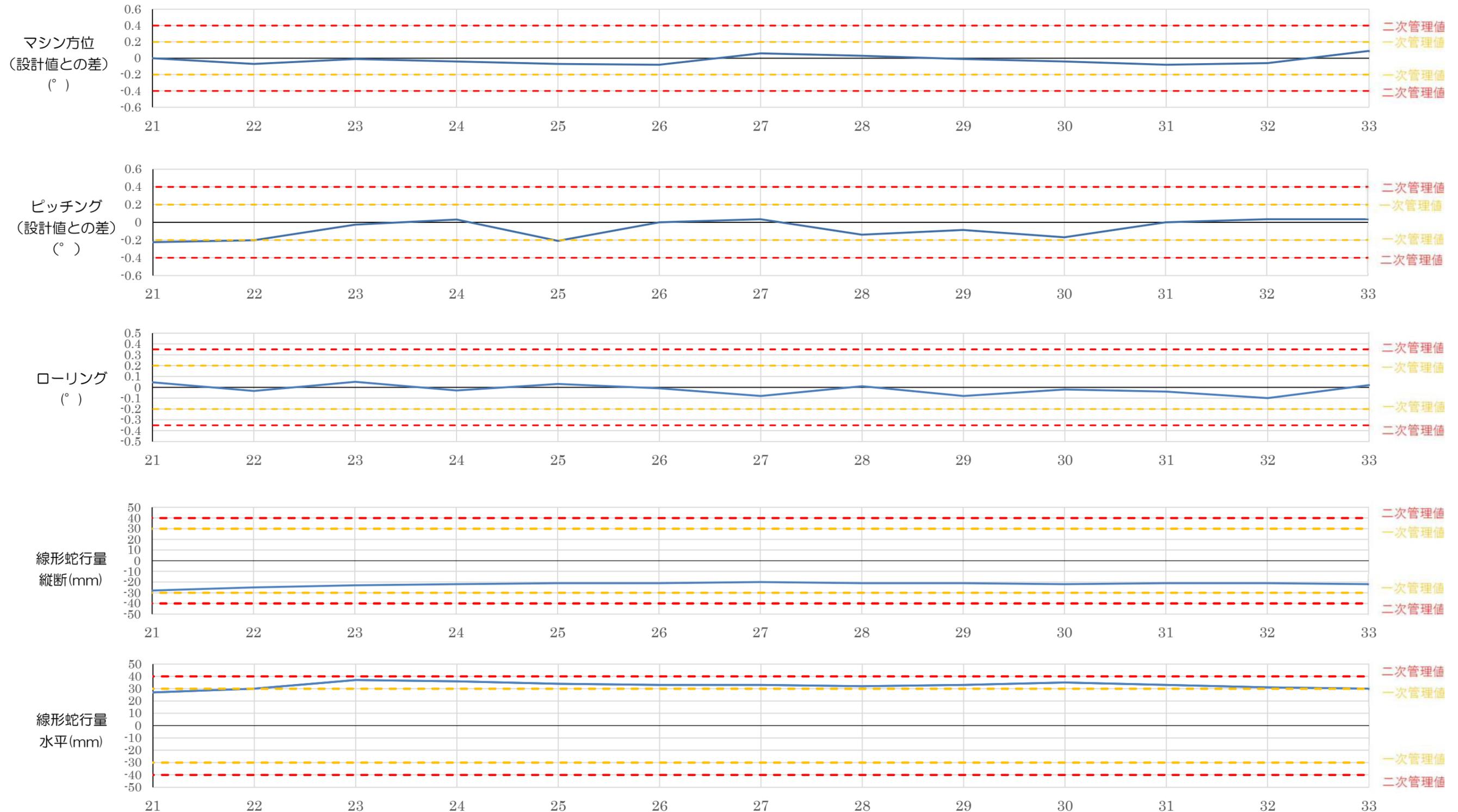
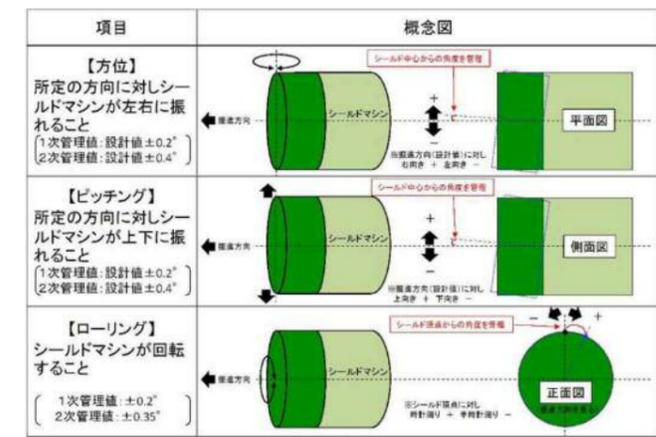


中央JCT北側Hランプシールドトンネル工事の施工データ

掘進管理フローに基づき、各管理基準値内であることを確認しながら掘進した。



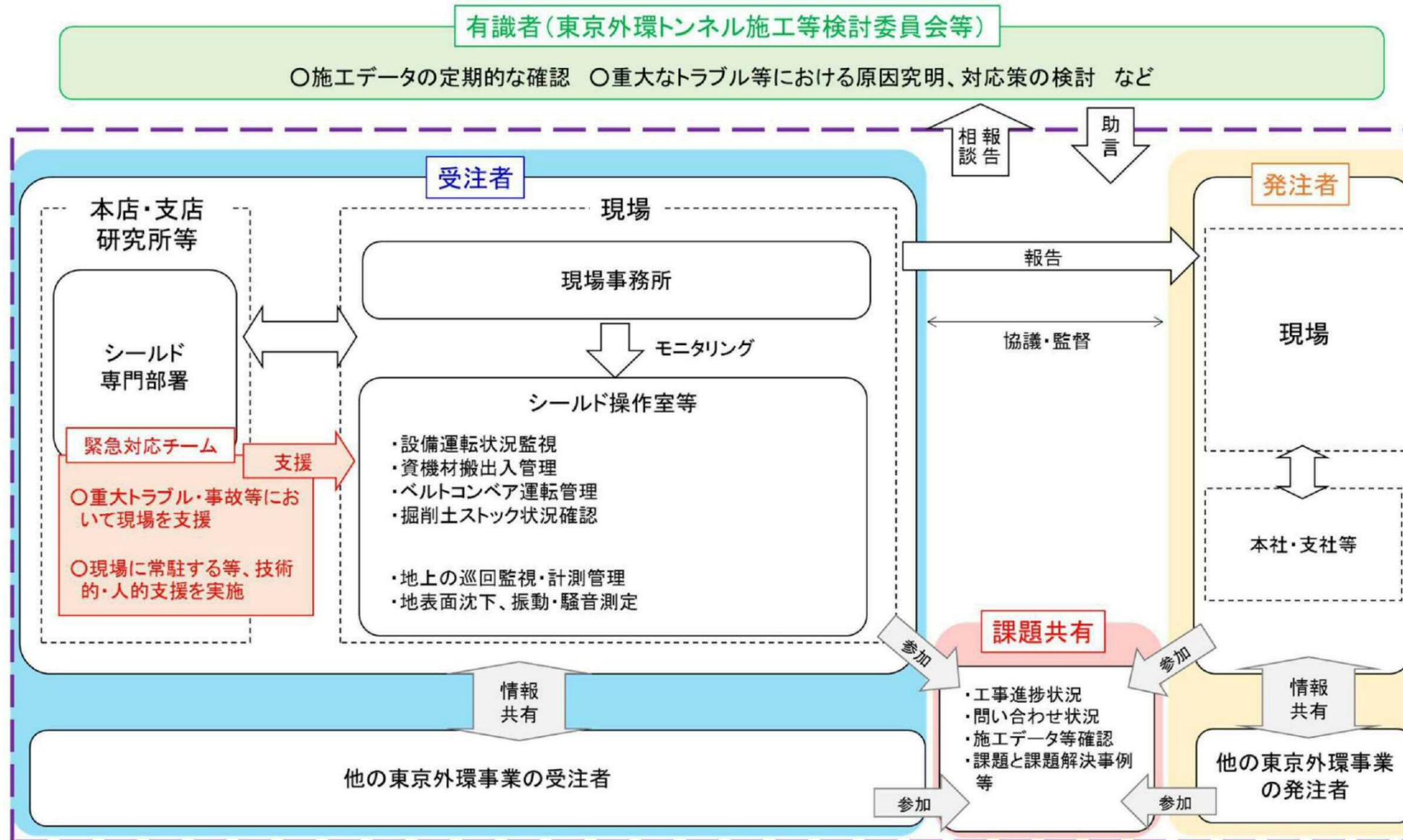
マシン方向制御の掘進管理項目（方位、ピッチング、ローリング）及びセグメント位置について管理値内であることを確認しながら掘進した。
 （線形蛇行量水平について一部一次管理値を超過している箇所があるが、その他データから問題ないことを確認しおよそ20リング先で基線との差が無くなるよう修正を行っていく。）



受注者内部の施工状況モニタリング体制を強化し、併せて、平時からの受発注者間の情報共有体制も構築する。

※課題共有を定期的実施（緊急時は都度実施）し、該当工事以外の受発注者も含め、課題や解決事例等の情報共有を強化する。

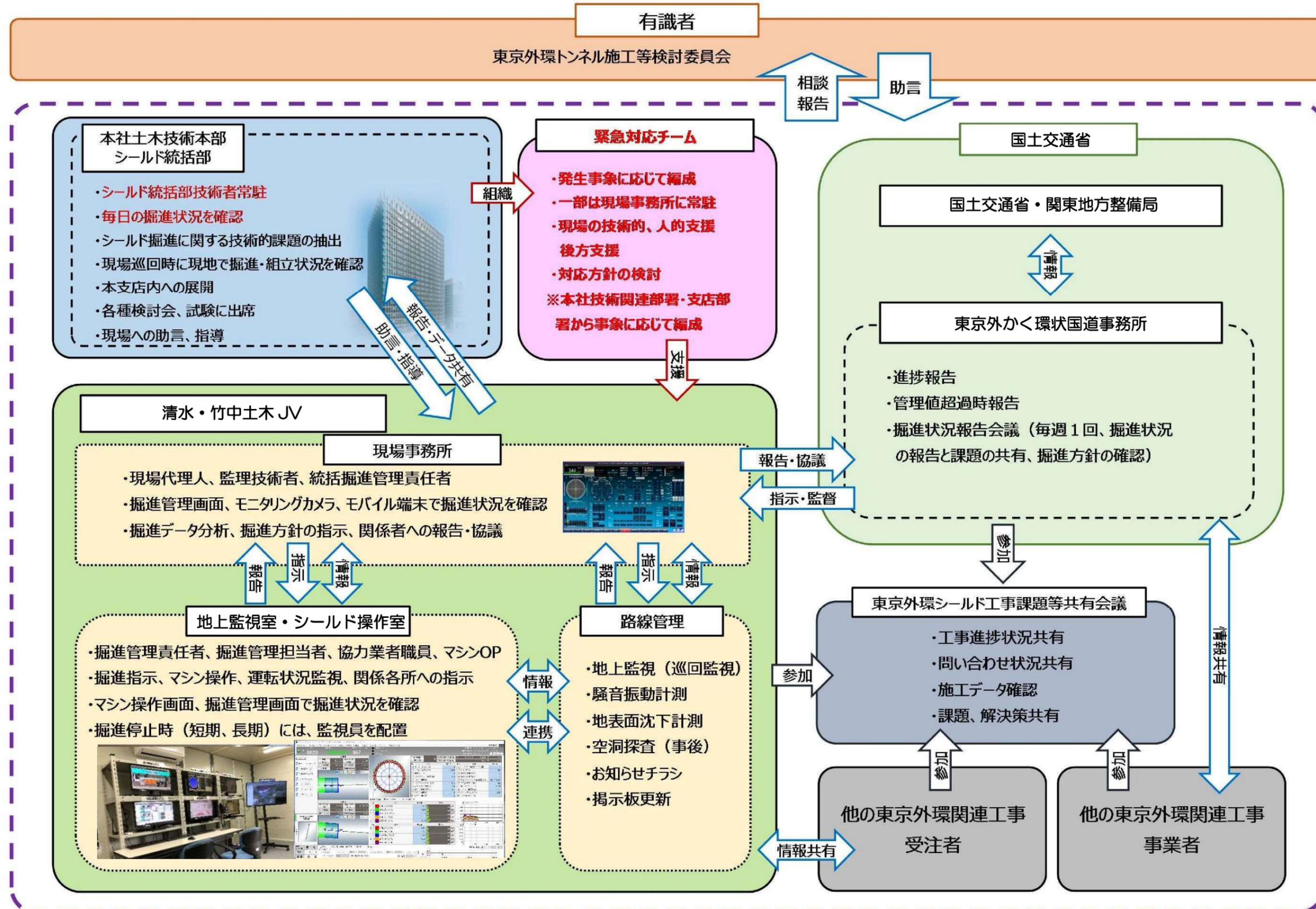
・重大なトラブル時には、原因究明と対応策の検討を行うため、受発注者及び有識者による緊急時対応体制を構築する。



2.5.2. 中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事での対応状況

再発防止対策に示す掘進における管理フロー（切り羽の安定管理、掘削土量）に基づき、リング毎に各掘進管理項目を監視し、マシンの調整や添加材注入量の調整等を行い、掘進した。受注者内部の施工状況のモニタリング体制を強化しているとともに、平時からの受発注者間の情報共有体制を構築している。令和4年3月4日から掘進作業を実施しているが、関係者への日々の掘進状況の定時報告等の情報共有を確実に実施している。緊急時には同様に速やかに情報共有がなされる体制を構築している。

■掘進モニタリング体制



また、受発注者合同の安全大会を実施するなど様々な情報共有を行っている。

受発注者合同の安全大会（令和4年3月1日〈掘進作業開始前〉）



3. 地域の安全・安心を高める取り組みの対応状況

第23回東京外環トンネル施工等検討委員会にて地域の安全・安心を高める取り組みとして以下を確認した。

2. 地域の安全・安心を高める取り組み

振動・騒音対策や地盤変状の確認、地域住民の方への情報提供、緊急時の運用の見直しについて、シールドトンネル工事に伴う地域の安全・安心を高める取り組みとして、陥没地域で実施した説明会や相談窓口等においていただいたご意見、沿線区市よりいただいた要請書等を参考に次のとおりとまとめた。引き続き、沿線住民からの問い合わせ等に対し、適切に対応するとともに、不安を取り除くことに努めていく。



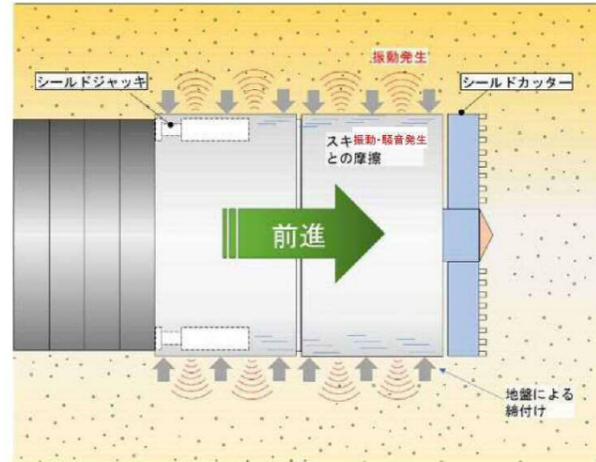
3.1. 振動・騒音対策

3.1.1. 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で確認された地域の安全・安心を高める取り組み

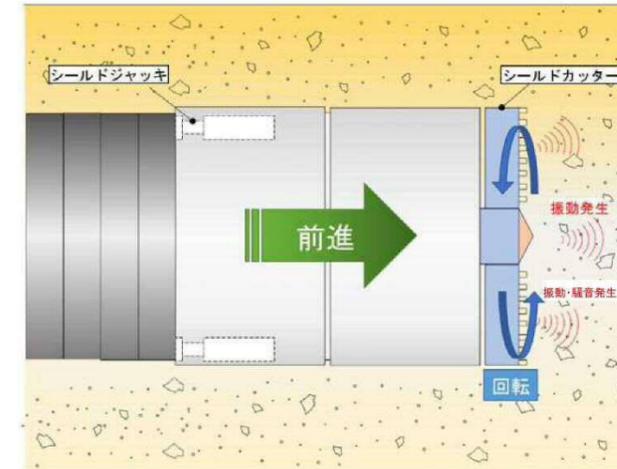
トンネル坑内で観測されたトンネル掘進に伴う振動のレベルは最大で震度0相当(約4.5gal、62dB)であり、十分小さいものとなるが、今回の陥没・空洞発生箇所周辺は振動・騒音が減衰せず地上に伝搬しやすい地盤であったと考えられ、振動・騒音や低周波に対するお問い合わせを多くいただいた。今後の掘進においては、振動・騒音対策を地域の安全・安心を高める取り組みの一部として実施していく。

(1) 想定される振動・騒音発生メカニズム

1. 前進する際に、シールドマシンのスキンプレートと周辺の土砂の摩擦から発生する振動・騒音



2. シールドマシンのカッターヘッドで、地山を削り取る際に発生する振動・騒音



- ◆ 東つじヶ丘周辺では、礫が卓越して介在し、単一の砂層が地表面近くまで連続しており振動・騒音が地上に伝達しやすい地盤であったと考えられる。
- ◆ 東つじヶ丘周辺では、細粒分が少なく均等係数が小さい自立性が乏しい地盤であり、砂礫によるマシンの締付けが大きかったと考えられる。

(2) 振動・騒音抑制対策

- ・ スキンプレートと地山との間に滑剤を充填することにより摩擦低減。
- ・ 掘進速度の調整によりカッターヘッドが土砂礫を削り取る際の振動・騒音を緩和。(状況に応じて実施)

◆ 滑剤

摩擦の低減効果が大きい安定性に優れた材料を選定。

材料	① 鉱物系 淡黄色粉体	② 水溶性高分子系 乳白色～淡黄色液体
外観		
比重	2.5～2.7	1.02～1.08(25℃)
pH	9.0～11.0(2%懸濁液)	6.0～8.0(1%液)
特徴	持続性が高く、継続的な摩擦低減効果が期待できる	粘性土において、摩擦低減効果が期待できる

滑剤例

地上部での振動・騒音のモニタリングを強化する。具体的には、シールドマシン直上付近で簡易計測器を用いて振動・騒音を測定し、瞬間値を現地に電光掲示板で表示する。また、これまで行ってきた振動測定の実施についても当初は概ね 500m 間隔で実施していた頻度を見直して概ね 100m 間隔で実施することとしたほか、測定結果をホームページと現地付近の掲示板にて公表する。

<振動・騒音のモニタリングの強化 一覧>

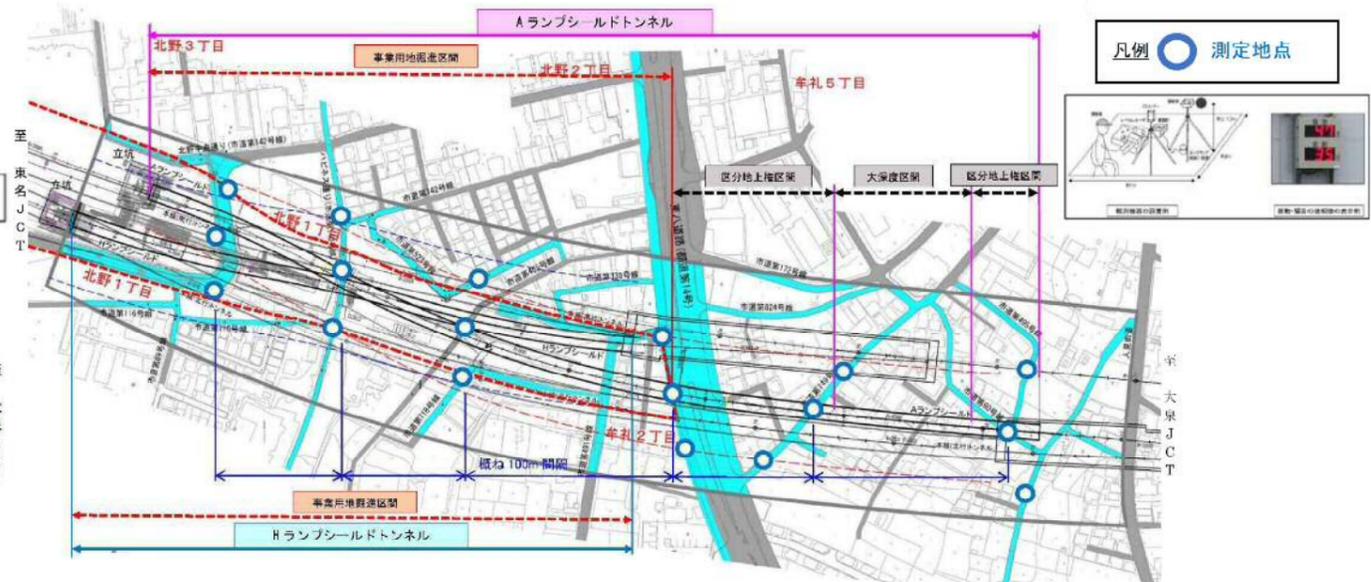
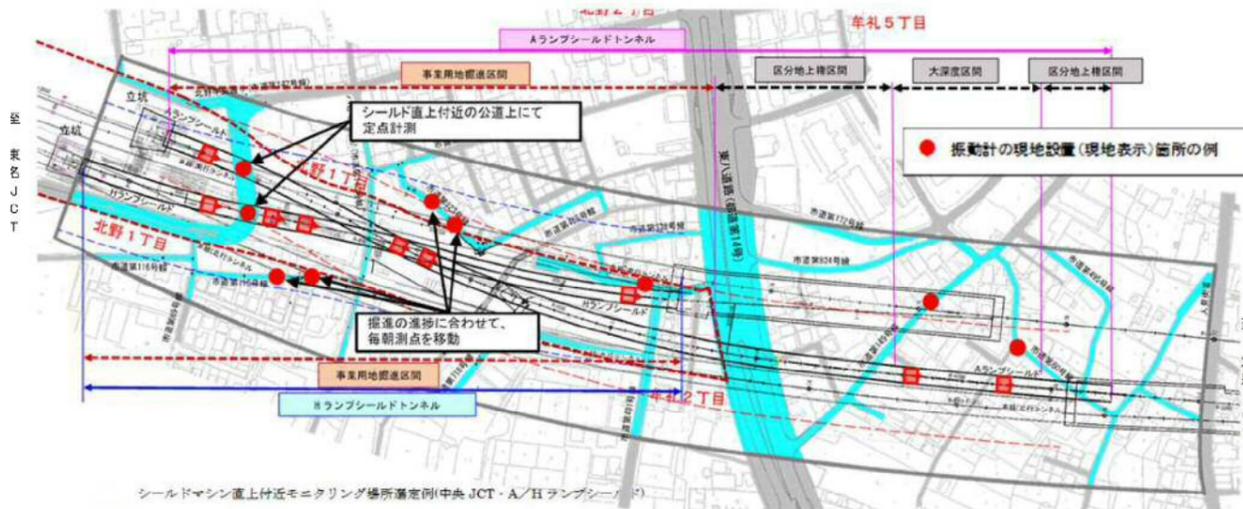
	① 簡易計測値	② 速報値	③ 確定値
測定位置	掘進進捗に合わせてシールドマシン直上付近の公共用地で1点(振動・騒音)	シールドマシン直上付近と影響範囲端部付近の公共用地で断面方向3点(振動・騒音) シールドマシン直上付近の公共用地で1点(低周波)	
測定頻度	掘進稼働日	トンネル縦断方向に概ね100m間隔	
測定内容	振動レベル(鉛直Z方向)、騒音レベル	振動レベル(鉛直Z方向)、騒音レベル、低周波レベル	
測定時間	9時~20時	昼夜掘進中、停止中	
公表値	瞬間値 振動レベル 瞬間値 騒音レベル ※特異値(例:大型車両通過に伴う振動、緊急車両サイレンなど)を含む値	公表値 振動レベル L10(シールドマシン直上付近の1点) 公表値 騒音レベル LA5(シールドマシン直上付近の1点) ※特異値(例:大型車両通過に伴う振動、緊急車両サイレンなど)を除去した値	公表値 振動レベル L10 公表値 騒音レベル LA5 公表値 低周波レベル L50、LG5 ※特異値(例:大型車両通過に伴う振動、緊急車両サイレンなど)を除去した値
情報提供	電光掲示板(測定位置)で瞬間値を自動掲示 掘進の進捗に合わせて、日ごとに配置位置を移動	現地付近の掲示板等に掲示	ホームページと現地付近の掲示板等に掲示

<シールドマシン直上付近でのモニタリング(簡易計測)>

- 測定場所: シールドマシン直上付近の公共用地1箇所にて定点計測
掘進の進捗に伴い1日ごとに計測点を移動
※荒天時及び道路状況により測定不可となる場合あり
- 測定期間: シールド掘進稼働日の9時~20時に計測を実施
- 測定内容: Z方向振動レベル、騒音レベル
- 情報提供: 電光掲示板で瞬間値を自動掲示
※上記には特異値(例:大型車両通過に伴う振動、緊急車両サイレンなど)を含む値

<計測頻度の見直し、速報値・確定値の公表>

- 測定場所: トンネル縦断方向に概ね100m間隔の公共用地にて、断面方向3点(シールドマシン直上付近・影響範囲端部)で定点計測
- 測定期間: シールドマシン通過時の昼夜掘進中および停止時
- 測定内容: Z方向振動レベル、騒音レベル、低周波レベル
- 情報提供: 速報値: 現地付近の掲示板等に掲示
確定値: 現地付近の掲示板等及びホームページに掲示
※上記には特異値(例:大型車両通過に伴う振動、緊急車両サイレンなど)を除去した値



3.1.2. 中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事での対応状況

振動・騒音の緩和

シールド掘進に伴う振動・騒音発生時の抑制対策の対応として、以下の2項目をシールドマシンに搭載するなどの対応を実施している。

- ・スキンプレートと地山との間に滑剤をいつでも充填できる設備を搭載
- ・掘進速度の臨機応変な調整

今後、事業用地内掘進時に滑剤を充填しての掘進を行い、効果の検証を行うなど、より一層の振動・騒音抑制対策に反映していく予定である。

【シールド掘進における振動・騒音の工事箇所周辺の皆様からのお問い合わせなど】

令和4年3月4日から掘進作業を実施しているが、シールド掘進に関する振動・騒音のお問い合わせは現在のところ寄せられていない。



滑剤設備

振動・騒音のモニタリングの強化

トンネル縦断方向に概ね100m間隔で振動・騒音測定を実施することとしており、4月18日にAランプシールドマシンの直上付近の計測地点3点で測定を実施している。

トンネル直上付近の振動・騒音（速報値）測定結果については、以下のとおりであり、シールド工事の停止中と掘進中で明確な差異は確認されなかった。

なお、影響範囲端部付近の公共用地2測点の特異値の除外や周波数分析などの解析を行っており、結果については今後掲示板やHPで公表していく。

また、令和4年3月4日から掘進作業を実施しており、シールドマシン直上付近の位置で簡易計測器を用いた振動・騒音測定を実施している。

振動・騒音 計測

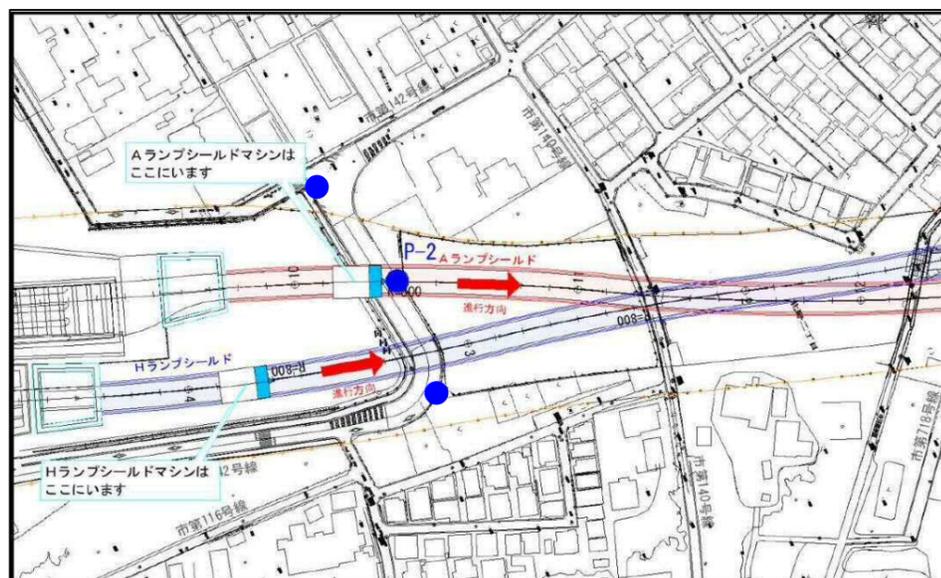
測定内容	振動レベル（鉛直Z方向）、騒音レベル、低周波レベル
測定頻度	トンネル縦断方向に概ね100m間隔
測定時間	昼夜掘進中、停止中
測定位置	マシン直上と影響範囲端部付近の公共用地3測点 低周波は直上のみ1測点
公表値	(速報値) 振動レベルL10（シールドマシン直上付近の1点） 騒音レベルLA5（シールドマシン直上付近の1点） (確定値) 振動レベルL10 騒音レベルLA5 低周波レベルL50、L65
掲示方法	(速報値) 現地付近の掲示板等に掲示 (確定値) ホームページと現地付近の掲示板等に掲示

簡易計測

測定内容	振動レベル（鉛直Z方向）、騒音レベル
測定頻度	掘進稼働日
測定時間	9時～20時
測定位置	シールドマシン直上付近の公共用地1か所
公表値	Z方向振動レベル（瞬間値）、騒音レベル（瞬間値）
掲示方法	電光掲示板で自動掲示



【振動・騒音 測定結果】



4月18日（月）8:00～22:00 振動・騒音計測結果（シールドマシン直情付近）

なお、影響端部付近の2測点は解析中。また、低周波レベルについても解析中。

		P-2		
		停止中最大	掘進中最大(昼)	掘進中最大(夜)
振動レベル	L10 (dB)	40	41	41
騒音レベル	LA5 (dB)	61	64	60

*振動レベル、騒音レベルの測定はシールドマシン通過時にその直上付近で実施しています。

計測点はシールドマシン中心で実施しています。

*昼…19時まで 夜…19時以降

*上表は、特異値（大型車両通過に伴う振動、緊急車両のサイレンなど）を除外した数値を示しています。

*今回の測定ではシールド工事の停止中と掘進中で明確な差異は確認されておりません。

【振動レベルL10】振動レベルをある時間測定したとき、全測定値の大きい方から10%目の値をL10と表します。

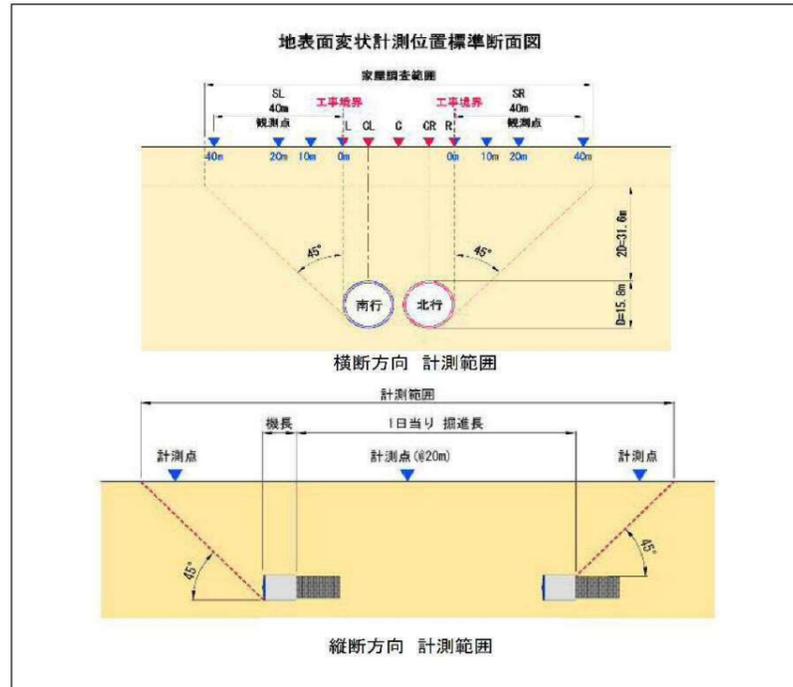
【騒音レベルLA5】騒音レベルをある時間測定したとき、全測定値の大きい方から5%目の値をLA5と表します。

3.2. 地表面変状の確認

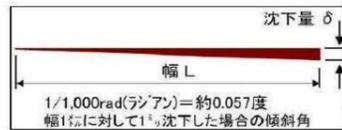
3.2.1. 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で確認された地域の安全・安心を高める取り組み

(1) シールド掘削に伴う地表面計測

- ・交差する公道において水準測量により地表面変位を確認する。シールド通過まで1回/日、通過後1回/月の頻度で変位が収束するまで計測する。
- ・最大地表面傾斜角と鉛直変位をホームページや現場付近に設置する掲示板にて1回/週の頻度で変位が収束するまで定期的に公表する。



地表面変状は掘進前後の最大地表面傾斜角(1,000分の1rad以下)により管理する。



地表面傾斜角 1,000 分の 1rad 以下とは家屋に影響を与えな地盤変位の目安である。「建築学会小規模建築物基礎設計の手引き 1998 年」の記載を参考に設定。



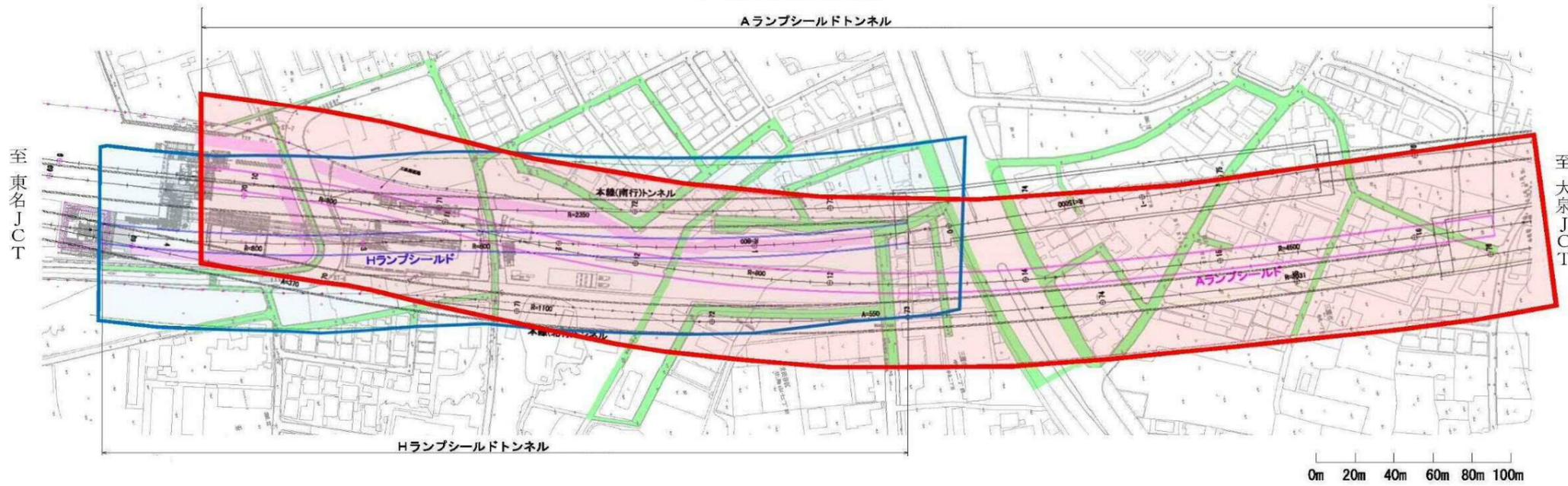
掲示板での情報提供イメージ



掲示・HP イメージ(中央北ランプ)

A・Hランプシールド 地表面変状の確認・把握範囲

平面図 S=1:1000 (A1)



(2)GNSS・合成開口レーダー・3D点群データ

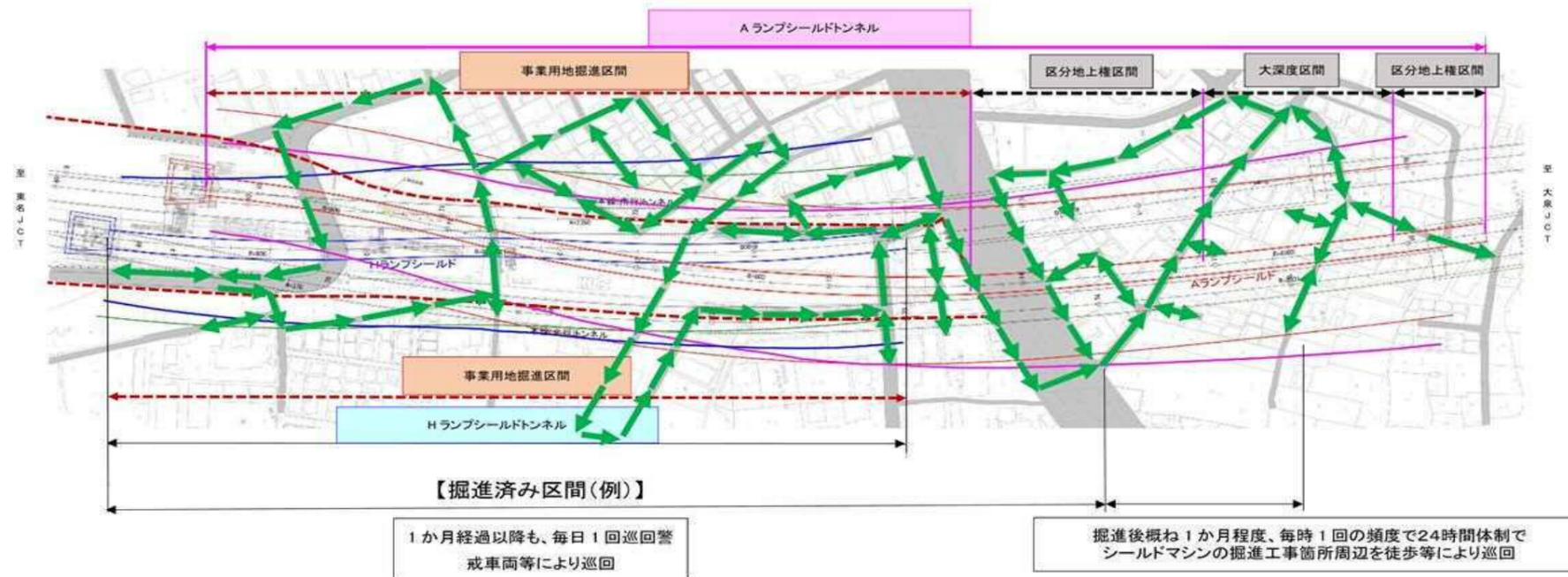
GNSSや合成開口レーダーを活用し、掘進完了区間の地表面変位の傾向を継続して把握する。更には、今後掘進する区間においても掘進前に地表面変位の傾向を把握する。GNSS測量の実施にあたり、数百メートル単位で固定観測点を設置する予定であり、固定観測点の位置や観測開始等の詳細については、今後、関係機関との協議を実施する。また、新たに3D点群データの計測を実施する。



3D 点群データ調査イメージ

シールド掘進中は、事業者・工事関係者がシールドマシンの掘進工事箇所周辺で、異常が生じていないか確認するため、掘進時及び掘進後概ね1か月程度は毎時1回の頻度で24時間体制でシールドマシンの掘進工事箇所周辺を徒歩等により監視員が巡回し、更に、1か月経過以降も掘進完了区間については、毎日1回の頻度で車両等により巡回を実施する。《巡回パーティー強化》

中央北側の巡回監視の場合



巡回員

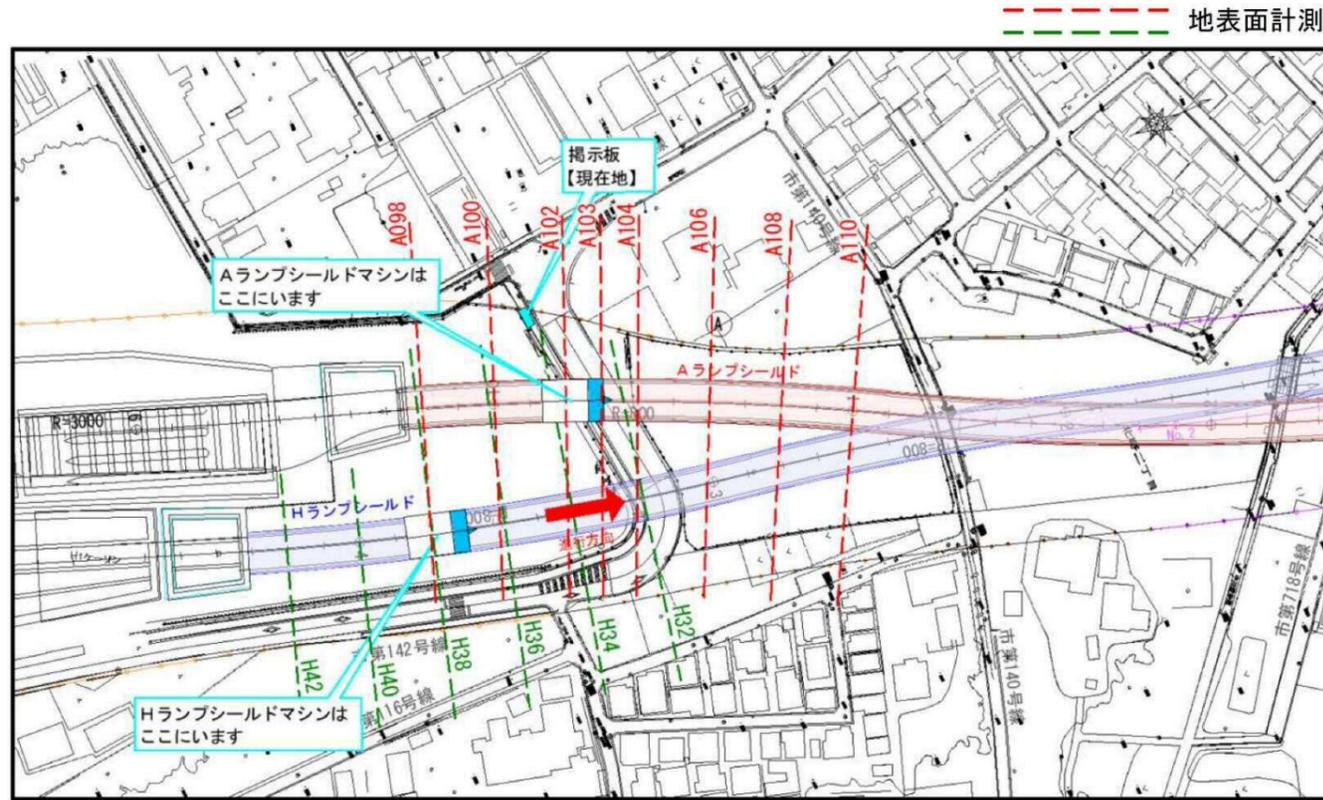


警戒車両

3.2.2. 中央 JCT 北側ランプシールドトンネル工事での対応状況

地表面計測

交差する公道において水準測量により地表面変位をシールド通過まで1回/日実施するとともに、通過後1回/月の頻度で変位が収束するまで計測を実施予定としている。計測結果については、最大地表面傾斜角、鉛直変位をホームページや現場付近に設置している掲示板に1回/週の定期的公表を行っている。今回の掘進区間における掘進前後の地表面最大傾斜角は1000分の1rad以下であることを確認した。



地表面計測 実施状況



【地表面計測結果】

測線	基準値計測日	収束確認日	最大傾斜角(rad)													収束確認	最大鉛直変位(mm)													
			3月4日	3月11日	3月18日	3月25日	4月1日	4月8日	4月15日	4月22日	4月29日	5月6日	5月13日	5月20日	5月27日		3月4日	3月11日	3月18日	3月25日	4月1日	4月8日	4月15日	4月22日	4月29日	5月6日	5月13日	5月20日	5月27日	
H42	令和4年2月25日	-	0.2/1000	0.4/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.4/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	-	-2	-2	-1	-1	+2	-1	+2	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-
H40	令和4年2月25日	-	0.3/1000	0.5/1000	0.5/1000	0.4/1000	0.5/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.5/1000	0.4/1000	-	-2	-4	-2	-2	-3	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-3	-3	-
H38	令和4年2月25日	-	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.2/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.6/1000	0.6/1000	-	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-
H36	令和4年2月25日	-	0.4/1000	0.3/1000	0.3/1000	0.3/1000	0.3/1000	0.2/1000	0.4/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.1/1000	0.2/1000	0.2/1000	-	-2	+3	-2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+1	-1	+1	-
H34	令和4年2月28日	-	0.2/1000	0.5/1000	0.5/1000	0.4/1000	0.5/1000	0.5/1000	0.4/1000	0.5/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.2/1000	0.3/1000	0.5/1000	-	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-2	-3	+2	-1	-1	-2	-2	-
H32	令和4年2月28日	-	-	0.3/1000	0.3/1000	0.3/1000	0.2/1000	0.3/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.3/1000	0.2/1000	-	-	-3	-2	-2	-1	-3	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-
A098	令和4年2月25日	-	-	-	-	-	-	-	0.4/1000	0.2/1000	0.4/1000	0.2/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.5/1000	-	-	-	-	-	-	-	-3	-2	-2	-2	-2	-2	+3	-
A100	令和4年2月25日	-	-	-	-	-	-	-	0.4/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	-	-	-	-	-	-	-	+2	+2	+2	+2	+2	-2	-2	-
A102	令和4年2月28日	-	-	-	-	-	-	-	0.4/1000	0.5/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.4/1000	0.4/1000	0.4/1000	-	-	-	-	-	-	-	-2	-3	+2	+2	+2	-2	-2	-
A103	令和4年2月28日	-	-	-	-	-	-	-	0.2/1000	0.1/1000	0.2/1000	0.1/1000	0.1/1000	0.2/1000	0.3/1000	-	-	-	-	-	-	-	+3	-1	-1	+1	+1	-1	+2	-
A104	令和4年2月28日	-	-	-	-	-	-	-	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	-	-	-	-	-	-	-	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-
A106	令和4年2月25日	-	-	-	-	-	-	-	0.4/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.1/1000	0.1/1000	0.2/1000	0.2/1000	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-
A108	令和4年2月25日	-	-	-	-	-	-	-	0.1/1000	0.2/1000	0.1/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.1/1000	0.1/1000	-	-	-	-	-	-	-	+1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-
A110	令和4年2月25日	-	-	-	-	-	-	-	0.1/1000	0.2/1000	0.0/1000	0.1/1000	0.2/1000	0.2/1000	0.2/1000	-	-	-	-	-	-	-	-1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-

※収束確認：通過後1回/月の頻度で計測を実施し、鉛直変位の変化量が前回計測値から±1mm以内

MMS（3D点群調査）

掘進作業を実施する前にMMS（3D点群調査）を実施済みであり、GNSSや合成開口レーダーを活用しての掘進完了区間の地表面変位の傾向の把握について継続しているところである。

3D点群データ調査実施状況



巡回監視の強化

掘進時及び掘進後概ね1ヶ月程度は24時間体制でシールドマシンの掘進工事箇所周辺を徒歩等により巡視員が巡回を実施している。

また、1ヶ月経過以降も掘進完了区間については、毎日1回の頻度で車両等により巡回を実施していく。

これまで掘進工事箇所周辺において地表面変状等周辺の生活環境に影響を与える事象は確認されていない。



3.3. 地域住民の方への情報提供

3.3.1. 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で確認された地域の安全・安心を高める取り組み

自治体と連携した路面下空洞調査の実施

今後掘進する区間の安全を確認するため、公道を対象に「路面下空洞探査車（車載型レーダー）」を用いて、掘進前及び掘進後に空洞の有無を調査する。調査は空洞探査車の走行（狭隘部は作業員によるハンディ型地中レーダーの探査機使用）により実施。調査完了後は、道路管理者等と協議を行い、必要な対応を行っていく。

シールド工の掘進状況、モニタリング情報の提供

地域住民の方への情報提供として、シールド工の掘進状況及びモニタリング情報の提供を行う。具体的には、①工事のお知らせの配布頻度の見直し、②ホームページや現場付近の掲示板を用いたシールド工の掘進状況や計測結果のお知らせ、③施工データの適切な公表、④シールドマシン直上付近での振動・騒音の値の公表および掘進位置の目印の設置、⑤陥没箇所周辺等における現場事務所の設置を行う。

<工事のお知らせの配布頻度>

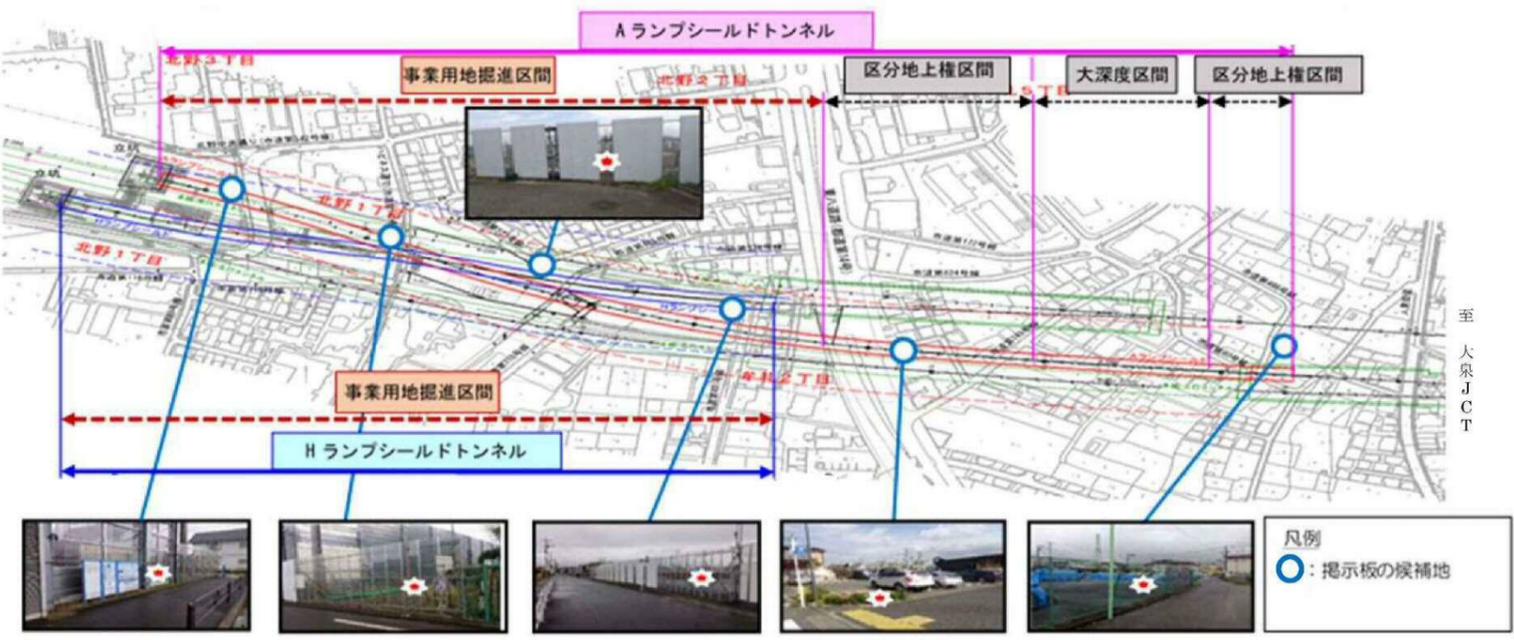
○従来のシールド通過前1ヶ月に加え、通過前1週間、通過後1ヶ月にもお知らせ配布を実施。

<掲示板を用いた情報提供>

- 実施場所：東京外環事業ホームページに加え、地域の掲示板を活用
(地域の掲示板は、今後自治体や自治会が管理する既存のものを利用する予定)
- 情報提供の内容：
 - ・ シールドマシン位置(掘進進捗)
 - ・ シールドマシン直上付近での振動・騒音計測結果
 - ・ 地表面変位の最新状況
 - ・ 振動・騒音・地表面変位の計測地点

<施工データの公表>

○施工データについて、東京外環トンネル施工等検討委員会において確認後適切に公表していく。



地域掲示板の選定例(中央 JCT ランプシールド)

掲示板での情報提供イメージ

【7月28日(日) 7:00 掘削のシールド掘削時】

測点	振動	騒音	地表面変位
A-1	0.1	65	0
A-2	0.1	65	0

【7月16日(金)～7月20日(日) 決断掘削時】

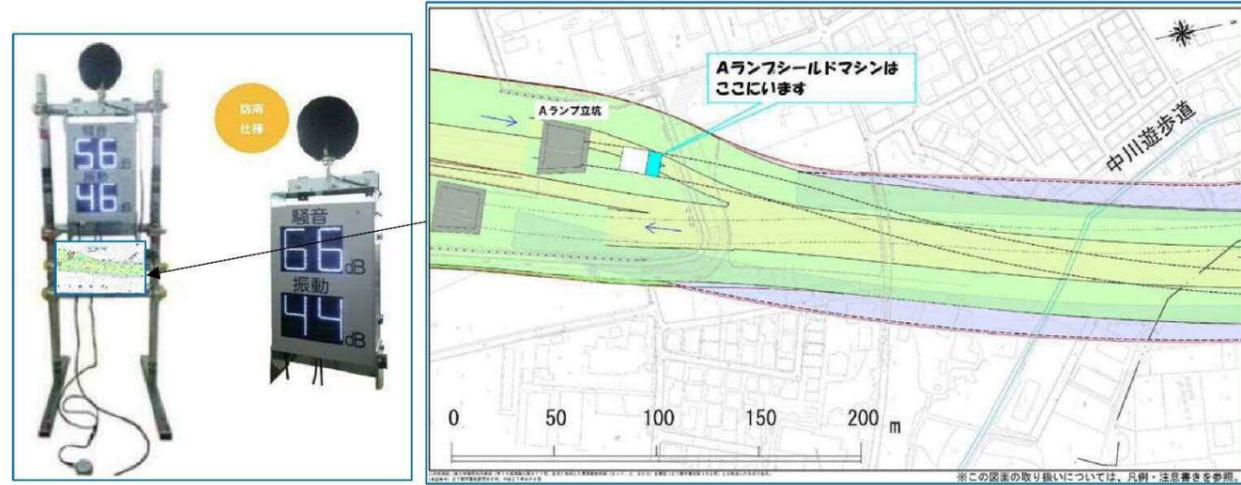
測点	振動	騒音	地表面変位
A-1	0.1	65	0
A-2	0.1	65	0

Additional text on the boards includes project details, contact information for the construction team, and safety notices.

<モニタリング情報の公開及びシールドマシン掘進位置の明示>

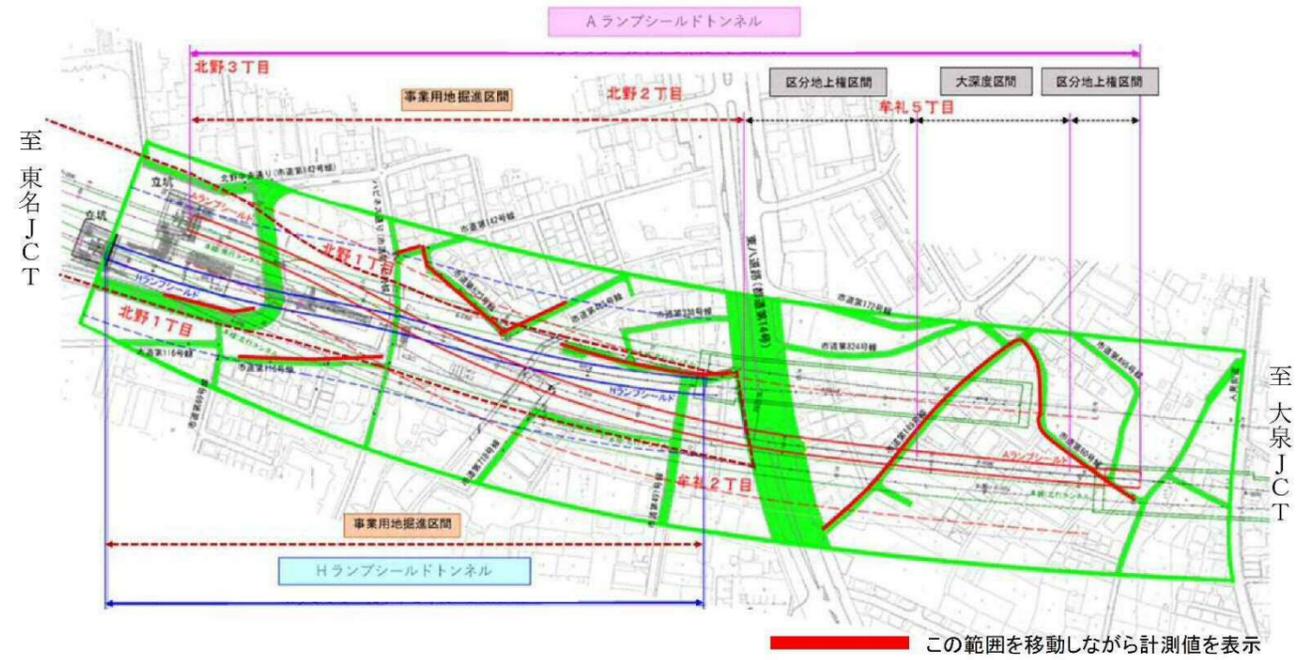
シールドマシン直上付近での振動・騒音のモニタリングについて、計測場所に電光掲示板を配置し振動・騒音のリアルタイムな値を表示。

シールドマシン掘進位置を周辺地域住民にお伝えするため、上記の振動・騒音モニタリング表示と併せて目印を現地表示。



シールドマシン直上付近
モニタリングイメージ

シールドマシン掘削位置の
現地位置明示イメージ(中央北ランプ)



シールドマシン掘進位置明示場所選定(中央JCT・A/Hランプシールド)

<現場事務所の開設(対応例)>

○陥没箇所周辺において、被害に関する補償や緩んだ地盤の補修工事などについてのご相談やご意見を周辺地域住民からお受けするための現場事務所として、相談窓口を4月に開設。

○大泉側事業用地内において、保全措置として実施した必要最低限の掘進などについてのご相談やご意見を周辺地域住民からお受けするための現場事務所として、相談窓口を7月に開設。

令和3年4月15日

東京外かく環状道路『つつじヶ丘相談所』の開設について

平素より、東京外かく環状道路事業にご理解とご協力いただきありがとうございます。調布市東つつじヶ丘2丁目付近において、地表面陥没や地中の空洞が確認され、外環道沿線にお住まいの皆様にはご心配、ご迷惑をおかけしております。令和3年1月から3月に掛けて、陥没・空洞箇所周辺にお住まいの方を対象とした、被害に関する補償や緩んだ地盤の補修工事などについてのご相談やご意見をお受けする「相談窓口」をつつじヶ丘児童遊園ホール等で不定期に開催(全18回)してきました。このたび、常設の相談窓口として、『つつじヶ丘相談所』を開設することといたしましたので、お知らせいたします。

●開設日時：令和3年4月19日(月) 午前10時から

●場 所：東京都調布市東つつじヶ丘2丁目30-4 (YSCOA 地下1階)

●運営について

- 開 所 日：毎週月曜日から金曜日(祝祭日は休み)
- 開所時間：午前10時～午後5時まで(ただし、午後0時～午後1時は除く)
- 新型コロナウイルス感染拡大防止やプライバシー保護の観点から、事前予約にご理解ご協力をお願いします。
- 事前予約のない方も当日お受けいたします。その場合、事前予約の方が優先となりますので、お待ちいただく場合がございます。あらかじめご了承ください。

(事前予約・お問合せ) TEL 03-5969-9185

【専用フリーダイヤル】
地表面陥没事象における補償等に関するご相談については、下記番号でもお受けしております。

- 東日本高速道路株 関東支社 東京外環工事事務所
- TEL: 0800-170-6188 (フリーダイヤル)
- 受付時間：平日 9:00～17:30

現場事務所の開設のお知らせ

2021年3月版

東京外かく環状道路
(関越～東名)

トンネル工事の
安全・安心確保の取組み

東京外環プロジェクト

「トンネル工事の安全・安心確保の取組み」パンフレット

シールド工事の掘進状況、モニタリング情報の提供

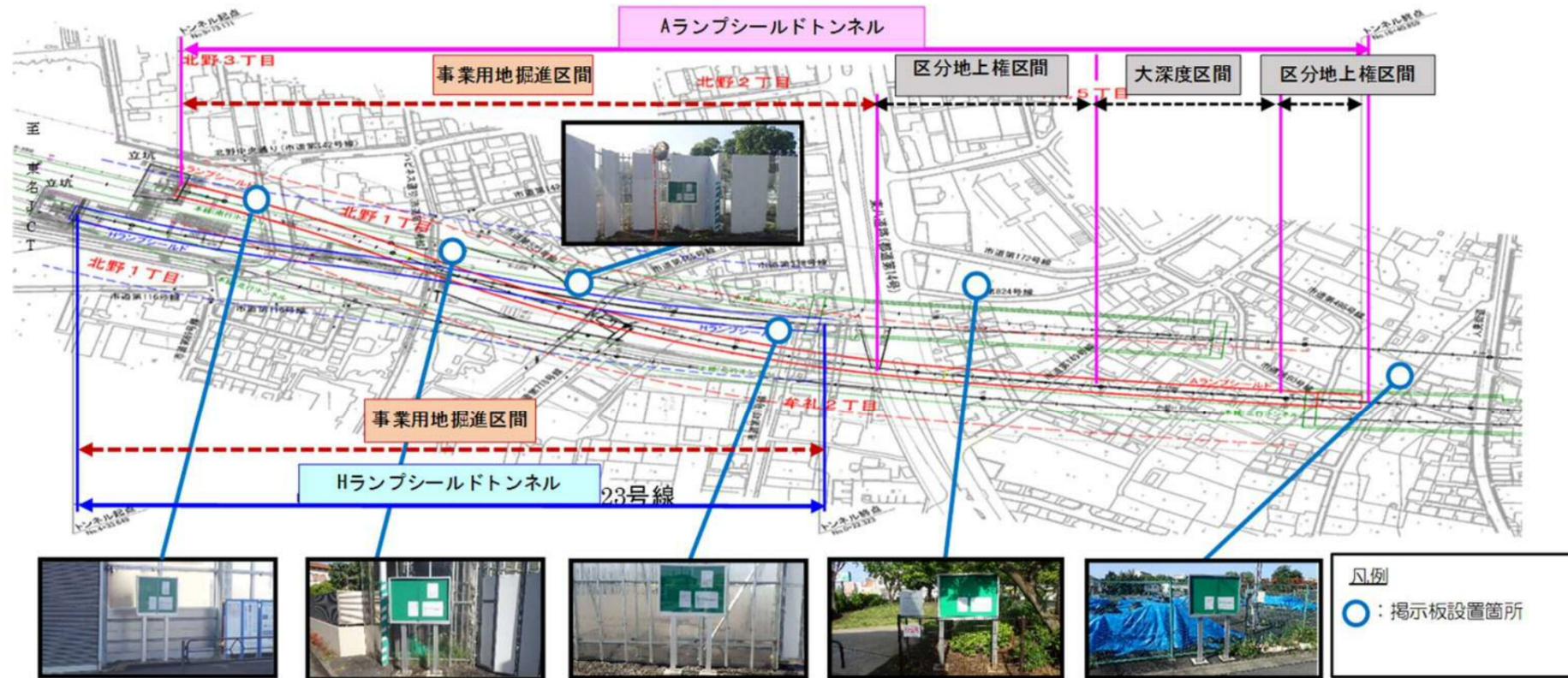
① 工事のお知らせの配布頻度の見直し

従来のシールド通過前 1 ヶ月に加え、通過前 1 週間、通過後 1 ヶ月にもお知らせ配布を実施している。

② ホームページや現場付近の掲示板を用いたシールド工事の掘進状況や計測結果のお知らせ

東京外環事業のホームページに加え、新たに掲示板を設置し、工事の情報提供を行っている。

掲示板設置状況



掲示板設置状況



掲示板掲示状況



3.4. シールドマシン停止に伴う保全措置

3.4.1. 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で確認された地域の安全・安心を高める取り組み

掘進に伴う坑内設備（ベルトコンベヤーやセグメント運搬車軌道等）の延伸などの設備段取り替えやシールド機の設備トラブルなどにより、掘進が一時停止する際に、以下の事項を実施する。

○チャンバー内の土砂分離を防止し、チャンバー内の圧力を適切に保つためにカッターを回転させて土砂を攪拌する。

○長期掘進停止時は、塑性流動性を保つため事前に鉋物系添加材を使用し、水準測量及び巡視により地表面変位の監視を強化。※長期掘進停止時とは、7日を超える掘進停止を想定

○改良地盤で停止する場合は、安全確保のため、チャンバー内への鉋物系添加材注入、定期的なカッター回転による土砂攪拌、必要最小限の掘進を行う必要がある。

3.4.2. 中央JCT北側ランプシールドトンネル工事での対応状況

万が一シールドマシン停止に伴う保全措置の対応が必要となった場合は、チャンバー内の土砂分離を防止し、チャンバー内の圧力を適切に保つために定期的にかッターを回転させて土砂を攪拌する。また、長期間停止する場合は、水準測量及び巡視により地表面変位の監視を強化などの対応をしていく。

3.5. 「トンネル工事の安全・安心確保の取組み」の見直し

3.5.1. 第23回東京外環トンネル施工等検討委員会で確認された地域の安全・安心を高める取り組み

○「トンネル工事の安全・安心確保の取組み」について、陥没・空洞事象発生時の対応や、振動・騒音対策等上記の“地域の安全・安心を高める取組み”を追加し、説明会等により周知するとともに、確実に実施する。

3.5.2. 中央JCT北側ランプシールドトンネル工事での対応状況

令和4年1月26日及び29日に開催した説明会においてパンフレットを配布し、取組み内容の周知を実施した。

引き続き、安全・安心確保の取組みを確実に実施していく。