

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 ＜ 桂台トンネル ＞

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
大成・フジタ・銭高 横浜環状南線 桂台トンネル工事特定建設工事共同企業体

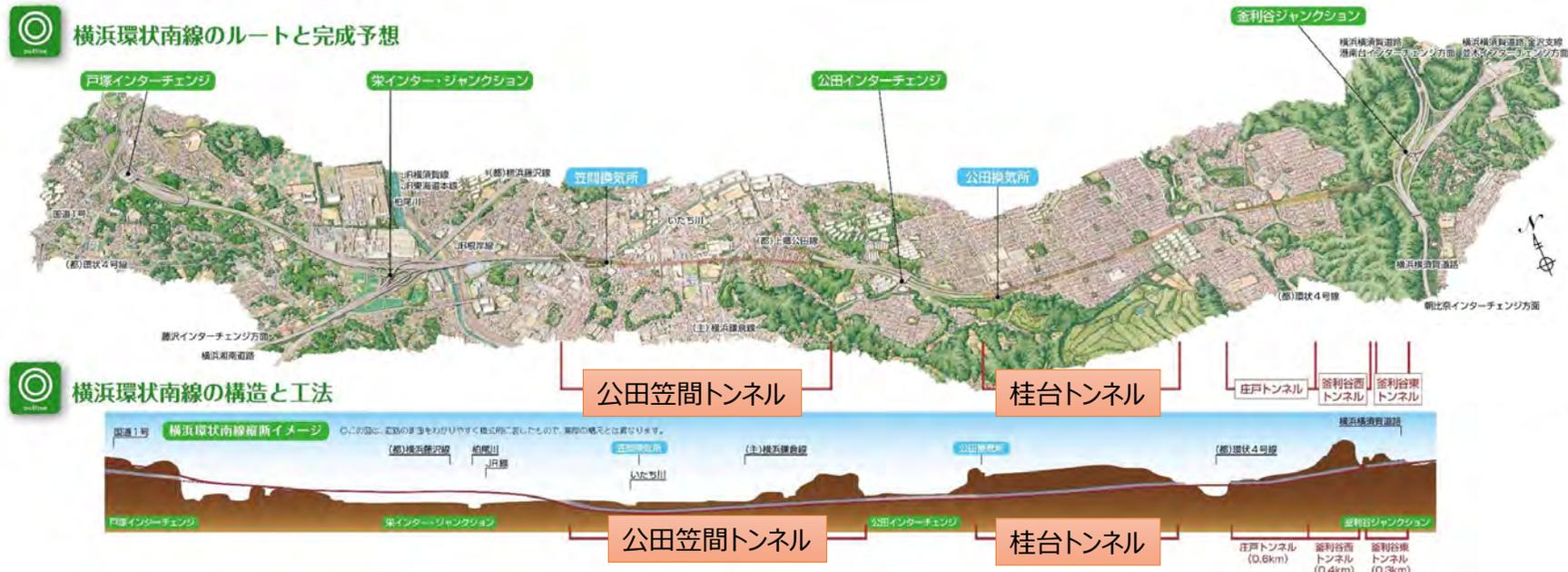
はじめに

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



目次

1. 工事の進捗状況	3~4
2. 下り線本掘進の施工状況	
2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握	5~8
2.2 排土量管理	9~14
2.3 掘進停止時の対策	15
2.4 異常の兆候の早期感知と迅速な対応	16
2.5 周辺の生活環境への影響のモニタリング	17~19
2.6 情報提供	20~21

1. 工事の進捗状況

- ・シールドマシンは令和3年1月から往路（上り線）の掘進を開始し、シールドマシンの故障による約7か月の一時停止を経て、令和4年9月に掘進を完了
- ・回転立坑での、シールドマシンの回転・移動を経て、令和5年5月より復路（下り線）の初期掘進を開始し、令和5年10月に完了。令和6年3月に本掘進を開始して令和6年11月下り線1,324m本掘進完了

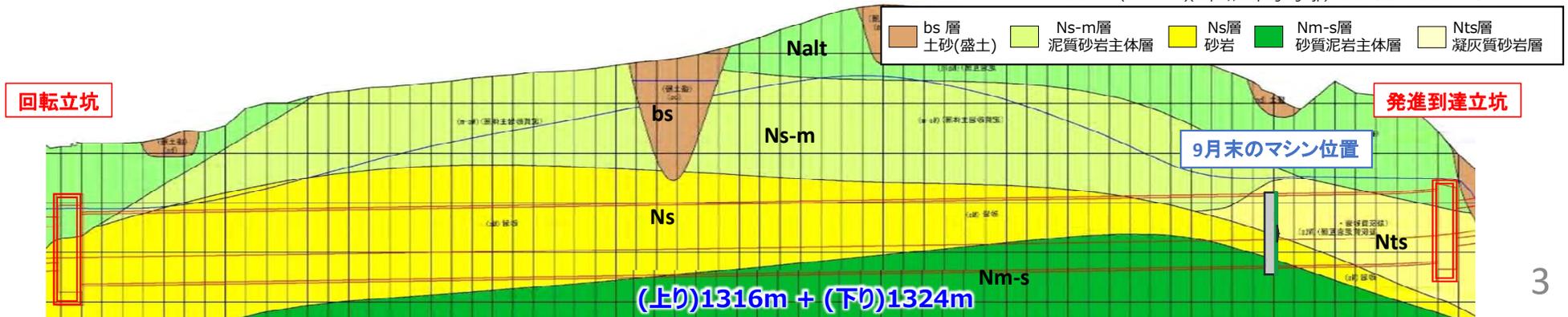
■ 桂台トンネル工事の概要

工事名 : 横浜環状南線 桂台トンネル工事
 発注者 : 東日本高速道路株式会社 関東支社
 受注者 : 大成建設(株)・(株)フジタ・(株)銭高組JV
 工事場所 : 神奈川県横浜市金沢区釜利谷～
 神奈川県横浜市栄区桂台西

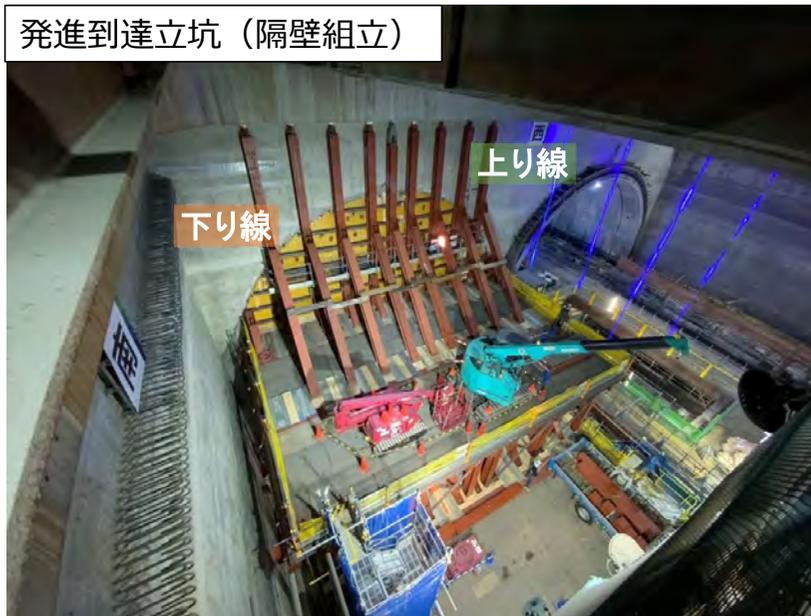
トンネル諸元
 外径 : φ15.0m、内径 : φ14.19m
 土被り : 6.2～39.2m
 勾配 : 0.31～1.77%
 曲率半径 : 691.76mR



地理院地図(国土地理院)(<https://maps.gsi.go.jp>)をもとに、東日本高速道路(株)が加工



1. 工事の進捗状況

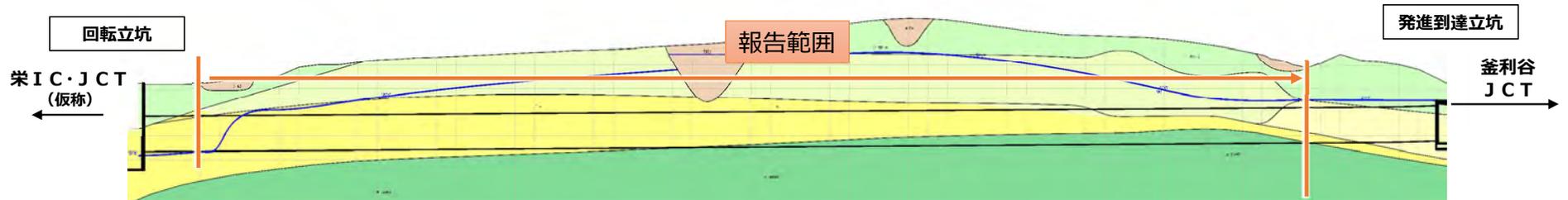


2. 下り線本掘進の施工状況

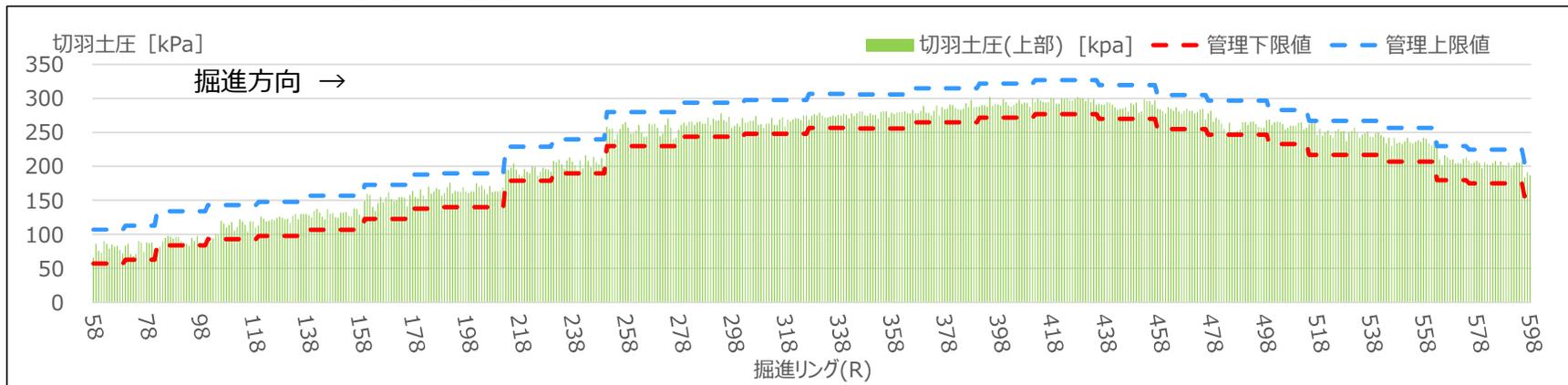
2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握

- 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、管理値内で掘進できていることを確認した

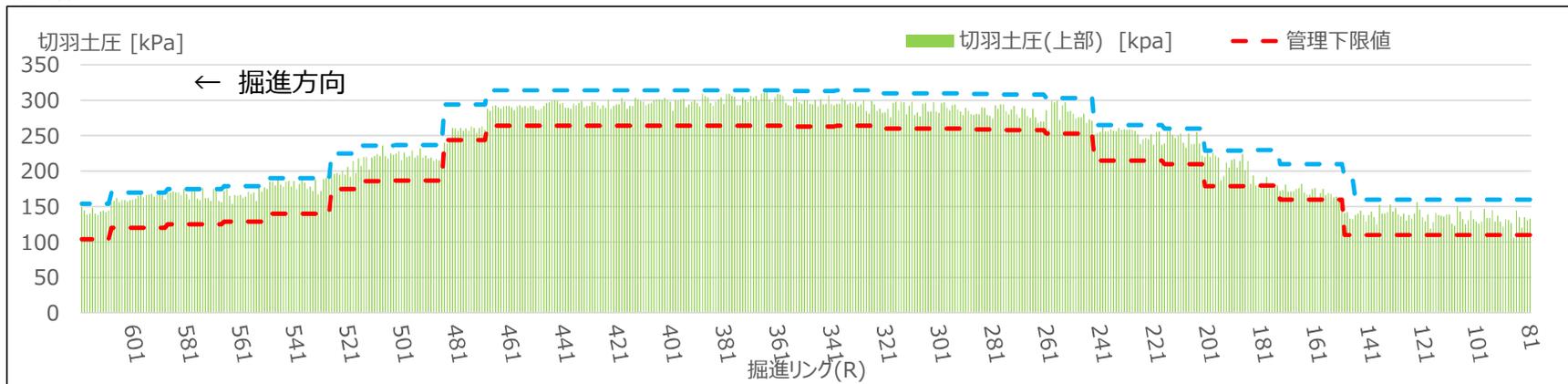
■ 切羽圧力の管理状況



下り線：切羽圧力については土被り及び水圧等を考慮した管理値を設定しながら掘進を行った



(参考) 上り線



2. 下り線本掘進の施工状況

2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握

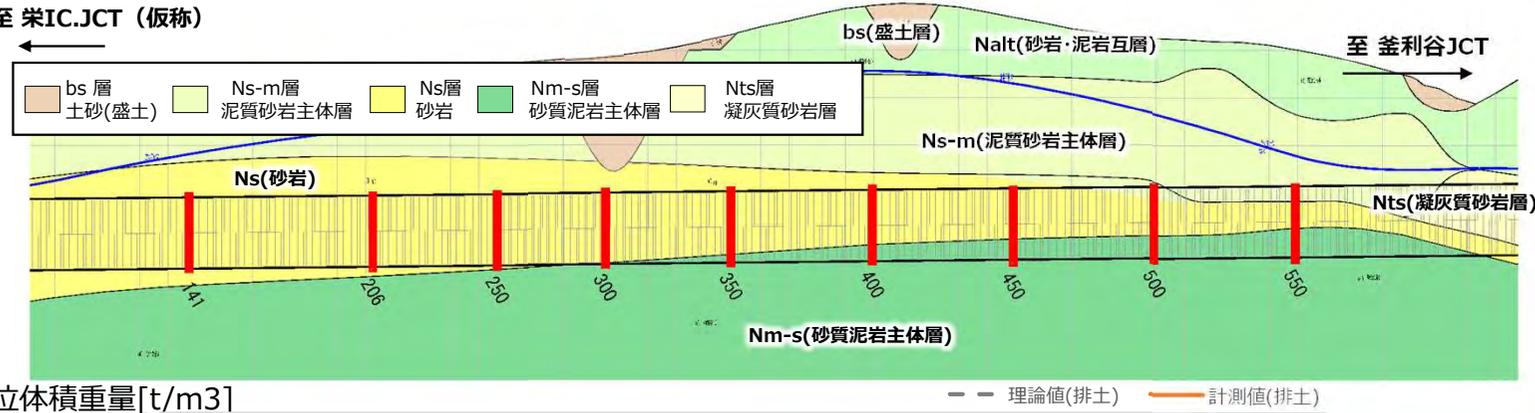
・日々の手触、目視、土質試験等により排土性状の変化を確認した。排土の単位体積重量の傾向や排土性状等から、事前調査により想定していた地質縦断図と、概ね同様な地層であることを確認した

■ 排土性状の確認

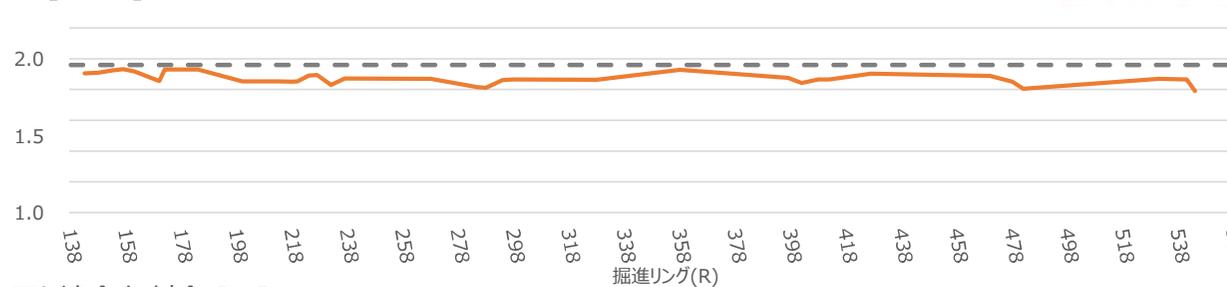
排土を突き固めて計測した排土単位体積重量と、ボーリングデータを用いて算出した理論単位体積重量とを比較し、多少のばらつきはあるものの、事前調査により想定していた地質縦断図と概ね同様な傾向を示していることを確認した

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

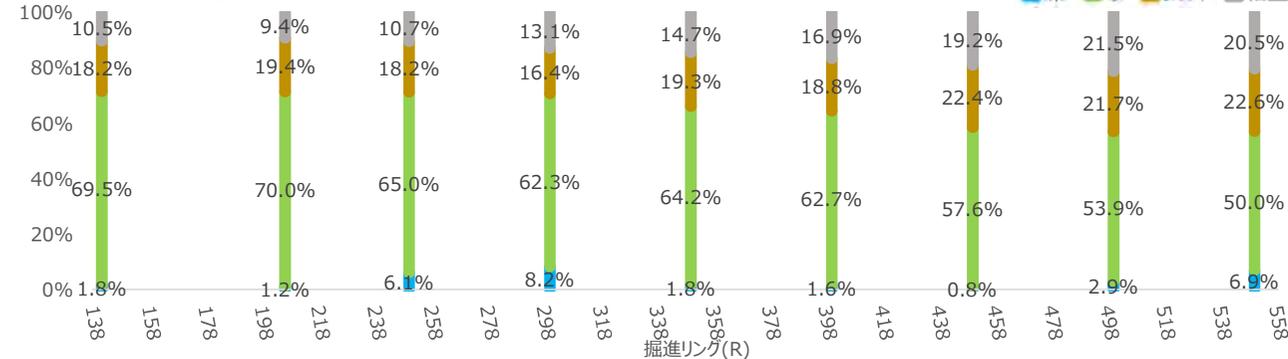
至 栄IC.JCT (仮称)



単位体積重量[t/m³]



粒度分布 下り線含有割合 [%]



■ 手触、目視、土質試験実施状況

手触・目視



簡易密度試験



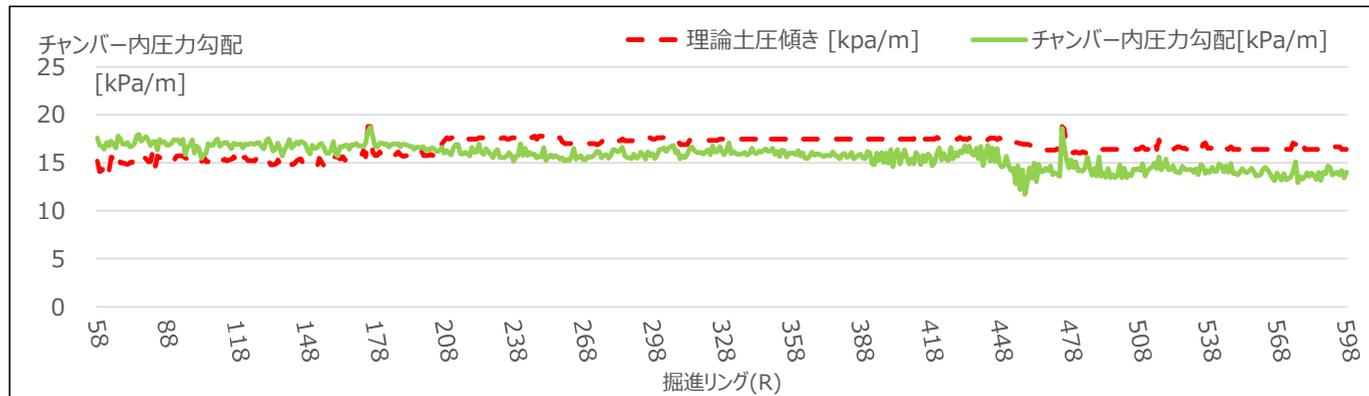
2. 下り線本掘進の施工状況

2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握

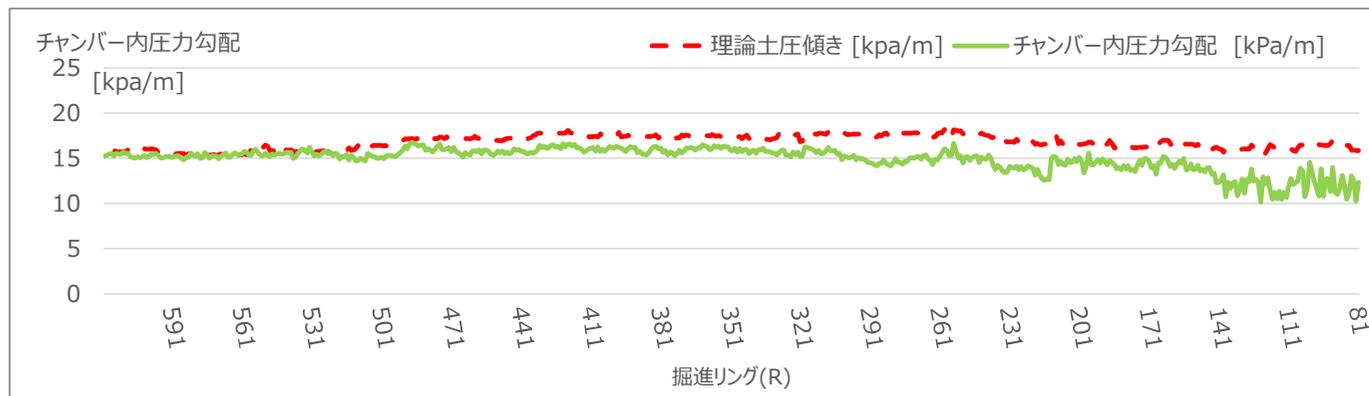
- ・チャンバー内に設置した土圧計（外周配置の土圧計）から算出したチャンバー内圧力勾配について、上り線では理論圧力勾配との乖離が小さいことを確認した
- ・全区間においてチャンバー内圧力勾配の直線性が保たれていることを確認した

■チャンバー内圧力勾配の傾き

下り線：掘進においては切羽土圧を管理下限値以上に保ち、チャンバー内圧力勾配の直線性や地表面に特異な変位がないことを確認しながら施工を行った
 58～200R付近までは、土質がNs(砂岩)層主体の地盤であり添加材を多く使用して掘進をしていたためチャンバー内比重の指標となる理論土圧傾きが小さいが、それ以降はNm-s(砂質泥岩主体)層やNs-m(泥質砂岩主体)層の比率が増えてP6にて示している通り砂の粒度分布が減少したため、添加材の使用量が減少して理論土圧傾きが大きくなっている



(参考) 上り線

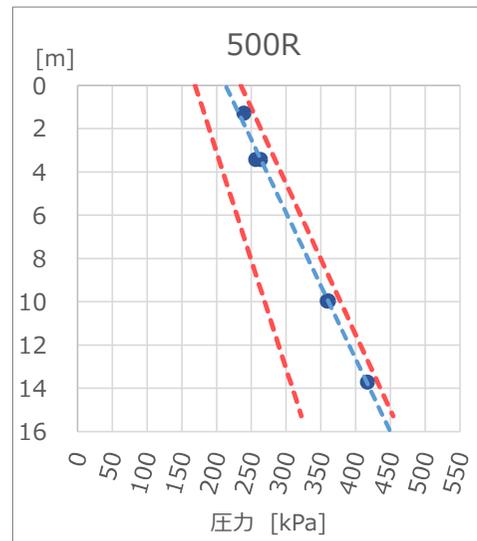
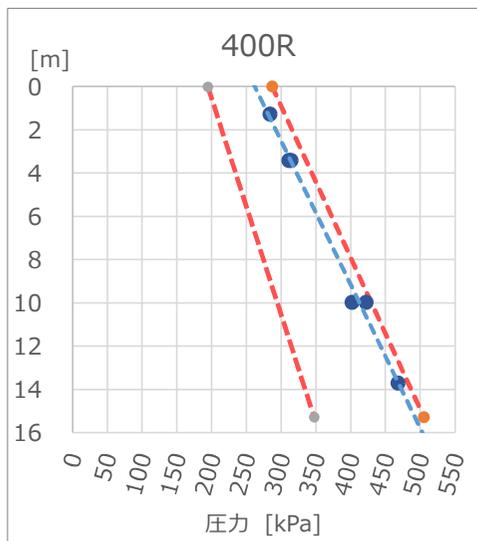
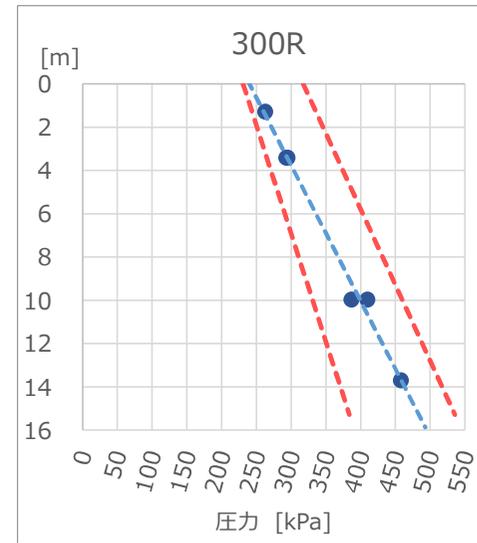
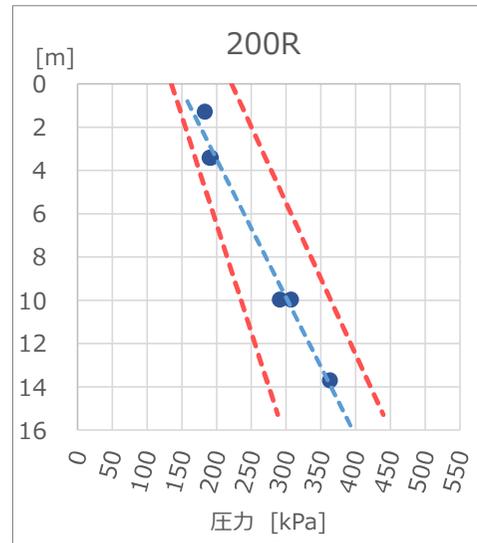
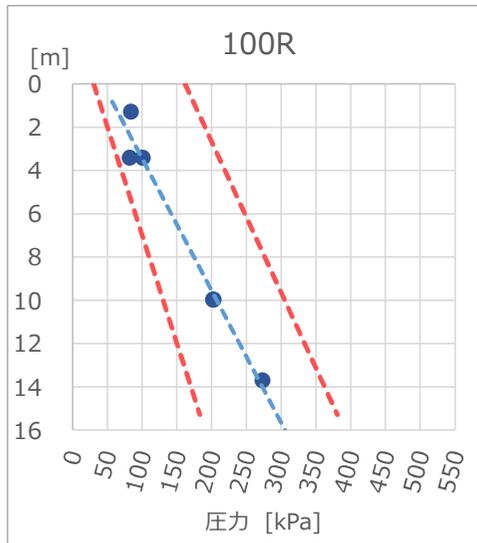


2. 下り線本掘進の施工状況

2.1 切羽圧力の管理、土砂性状の把握

■チャンバー内圧力勾配の直線性

下り線：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



- 切羽土圧(外周)
- - 線形(切羽土圧(外周))
- - 上限値及び下限値

チャンバー内土圧計配置図



※チャンバー内圧力勾配の確認は外周部と内周部でカッター回転に伴う速度差による土圧計への影響を加味し、外周部の土圧計により確認

2. 下り線本掘進の施工状況

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。 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
		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	m ³			
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		

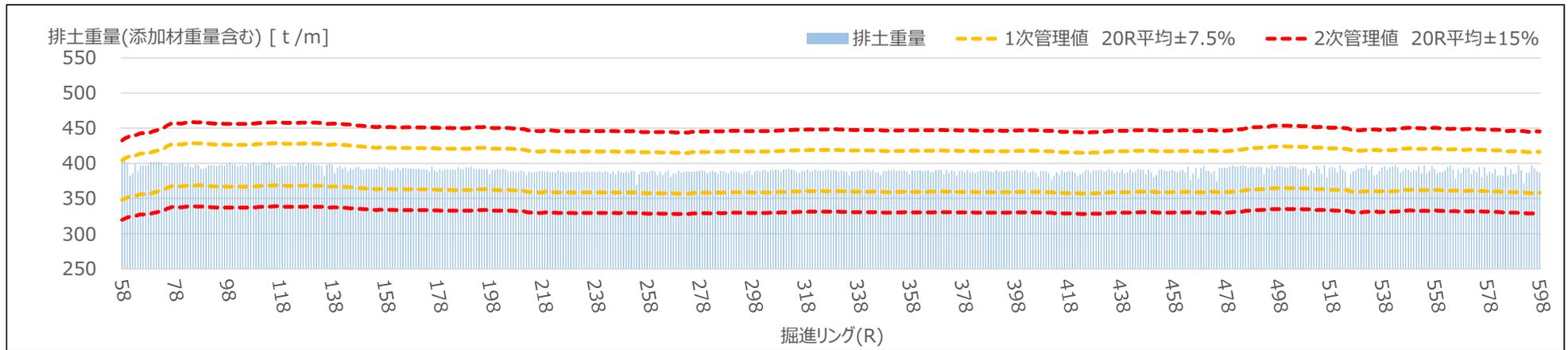
2. 下り線本掘進の施工状況

2.2 排土量管理

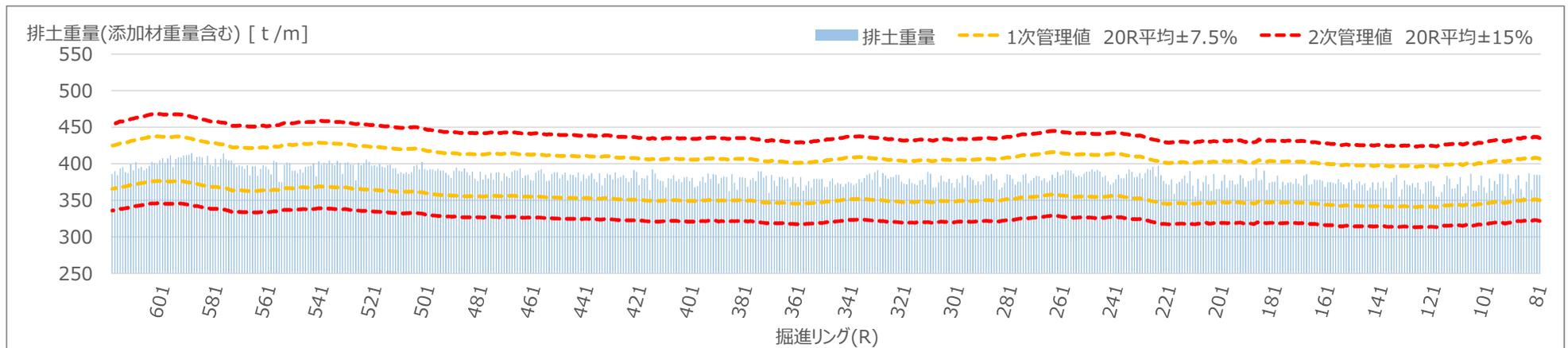
・排土重量について、前20リング平均と比較して大きなばらつきがなく、管理値内で掘進できていることを確認した

①排土重量（添加材重量含む）の管理状況

下り線：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



(参考) 上り線



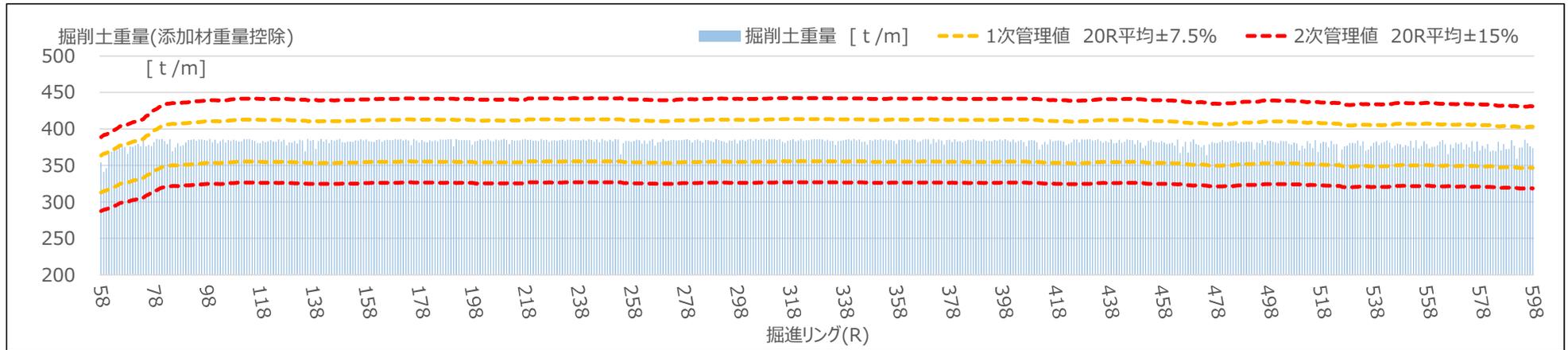
2. 下り線本掘進の施工状況

2.2 排土量管理

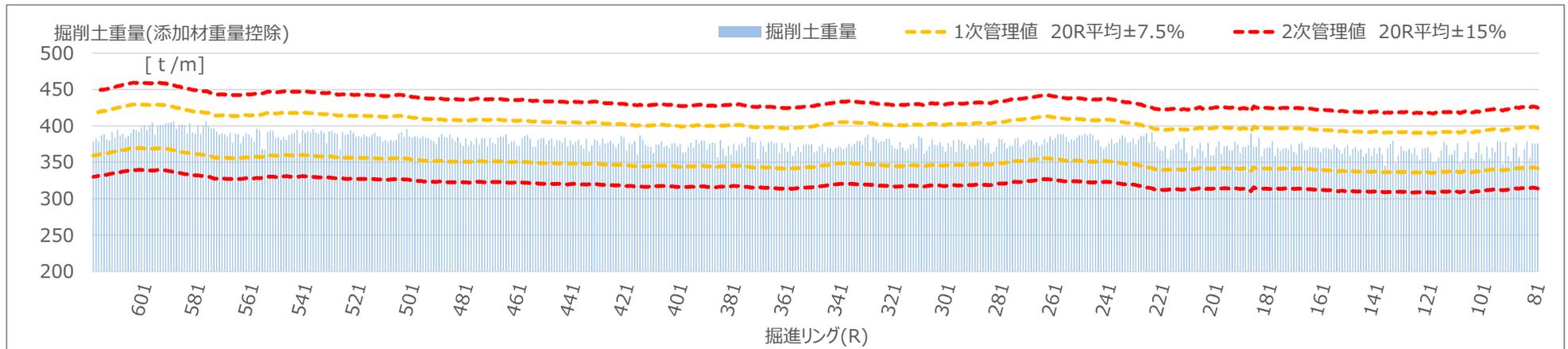
掘削土重量について、前20リング平均と比較して大きなばらつきがなく、管理値内で掘進できていることを確認した

②掘削土重量（添加材重量控除）の管理状況

下り線：切羽土圧を管理下限値以上に保ち、チャンバー内圧力勾配の直線性や地表面に特異な変位がないことを確認し掘進を行った



(参考) 上り線



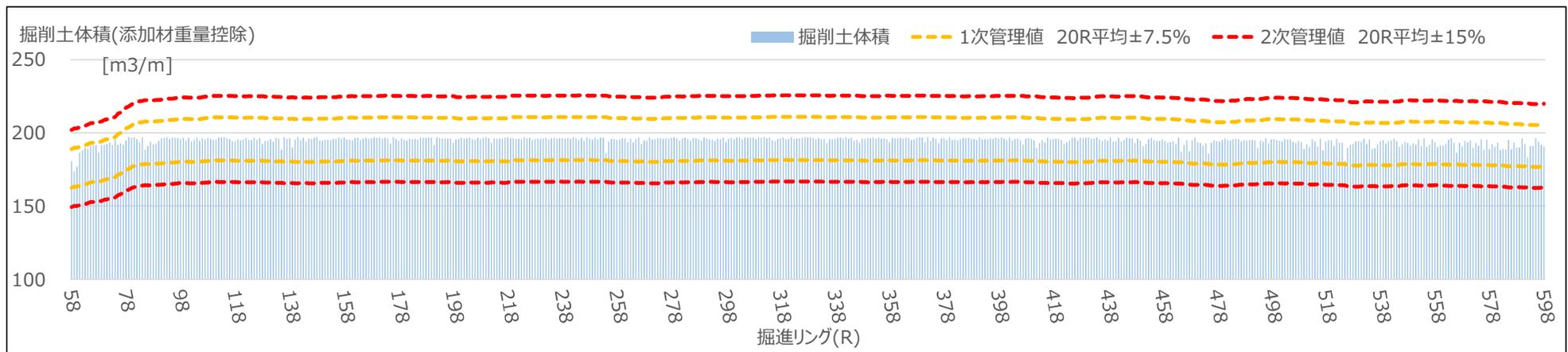
2. 下り線本掘進の施工状況

2.2 排土量管理

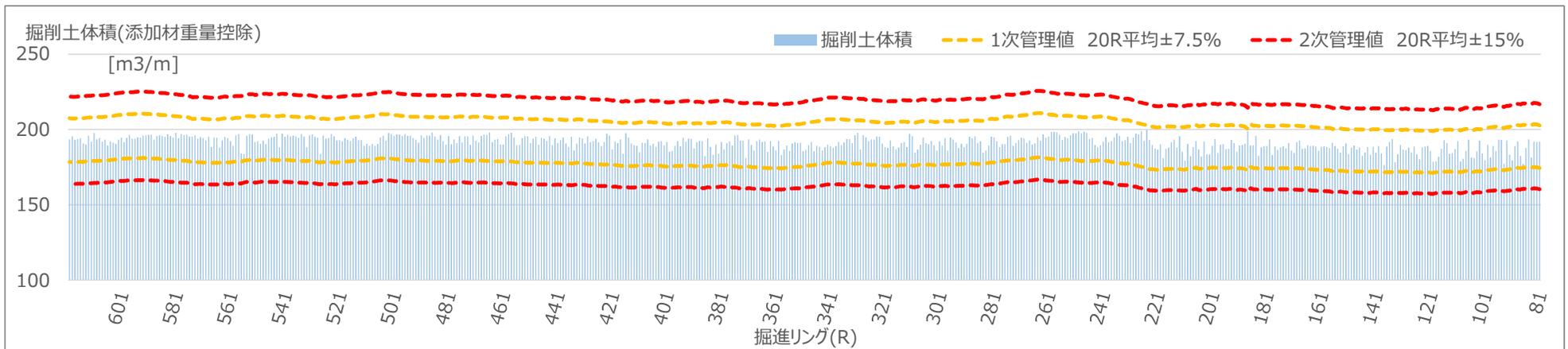
・掘削土体積について、前20リング平均と比較して大きなばらつきがなく、管理値内で掘進できていることを確認した

③掘削土体積（添加材重量控除）の管理状況

下り線：地山の単位体積重量を用いて算出した掘削体積も「①排土量重量の管理状況」と同様な傾向が確認されている



(参考) 上り線



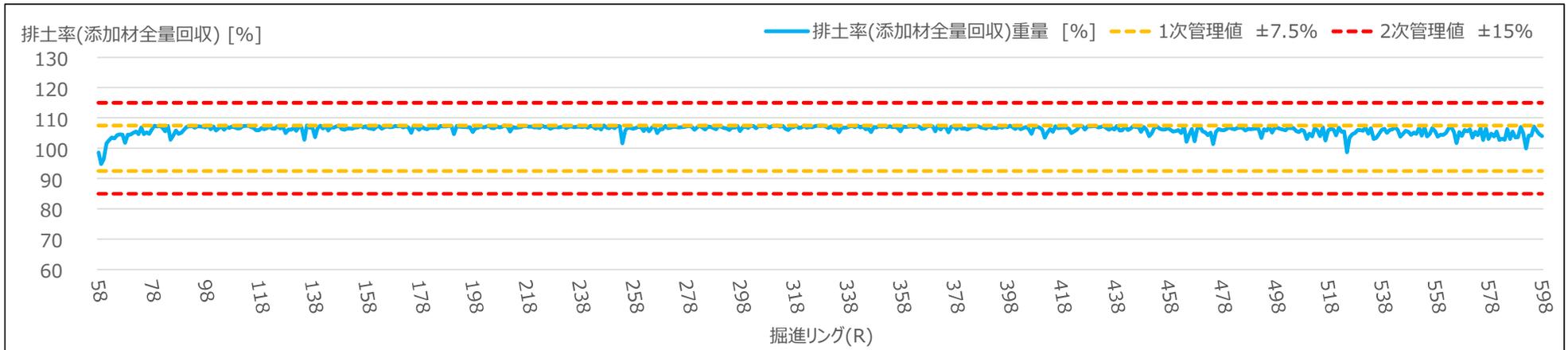
2. 下り線本掘進の施工状況

2.2 排土量管理

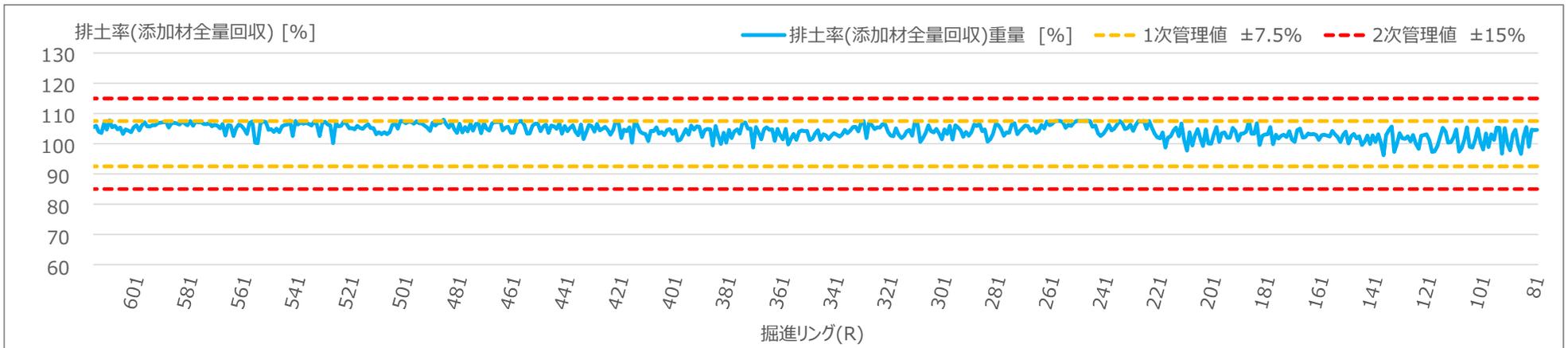
・排土率（添加材全量回収）について、概ね管理値内で掘進できていることを確認した

④排土率（添加材全量回収）の管理状況

下り線：切羽土圧を管理下限値以上に保ち、チャンバー内圧力勾配の直線性や地表面に特異な変位がないことを確認し掘進を行った



(参考) 上り線



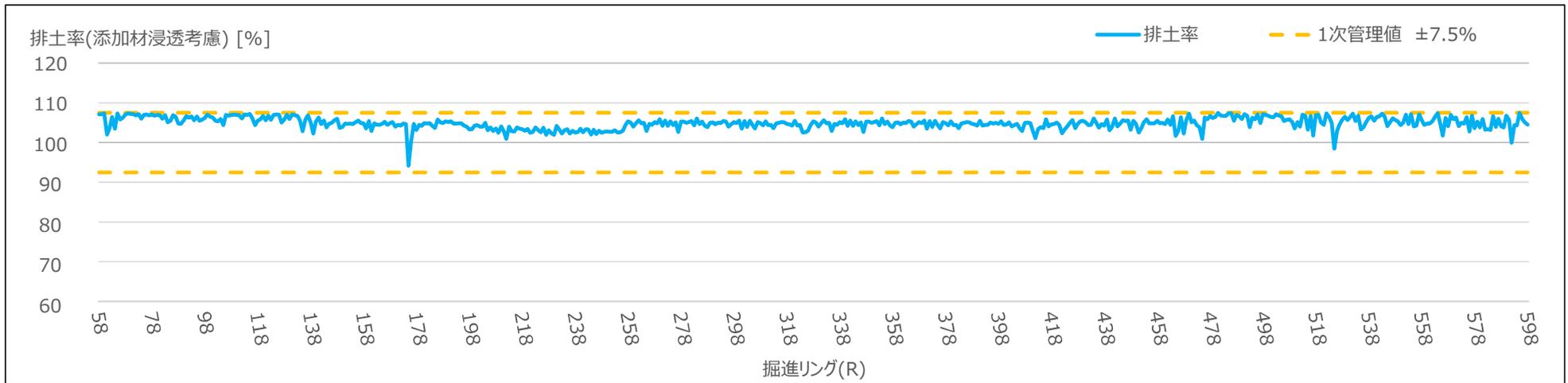
2. 下り線本掘進の施工状況

2.2 排土量管理

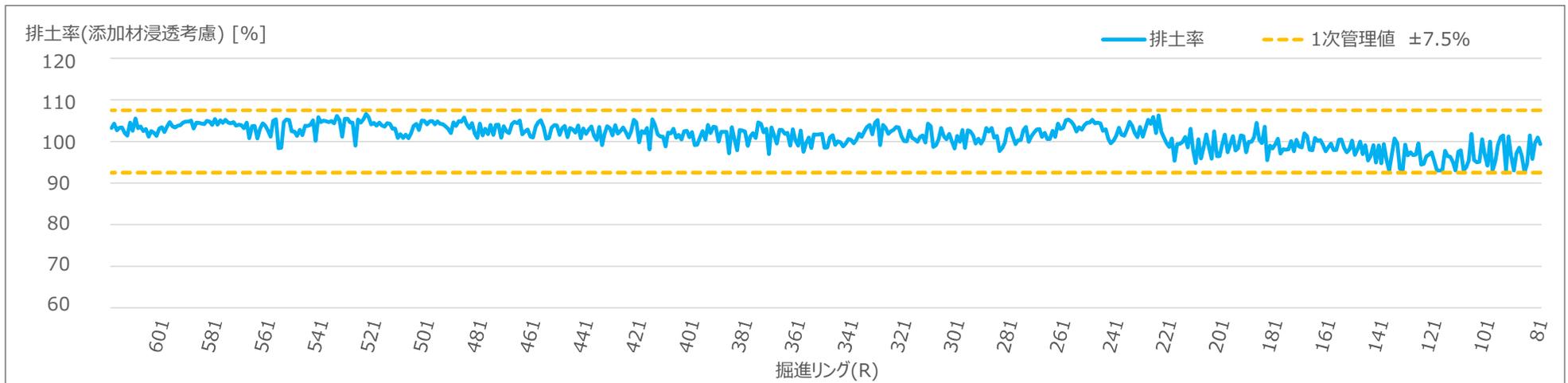
・排土率（浸透量考慮）について、概ね管理値内で掘進できていることを確認した

⑤排土率（浸透量考慮）の管理状況

下り線：切羽土圧を管理下限値以上に保ち、チャンバー内圧力勾配の直線性や地表面に特異な変位がないことを確認し掘進を行った



(参考) 上り線



2. 下り線本掘進の施工状況

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
- ・長期停止期間直前は気泡レス配合の添加剤を用いた掘進を実施し、停止中は切羽土圧を監視、切羽土圧の急激な変化が生じていないことを確認した
- ・掘進再開時のカッタートルクは前後のリングと比較し、上昇は見られず、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

■ 長期停止時の切羽土圧の監視状況（2024年8月）

停止期間中の切羽土圧は、上部・中央・下部に急激な変化がないことが確認された
また、土圧勾配の傾きにおいても大きな変化は見られなかった



※計測頻度：5秒間隔



■ 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、前後のリングに比べて大きな乖離はなく、チャンバー内土砂の分離や沈降は生じていない

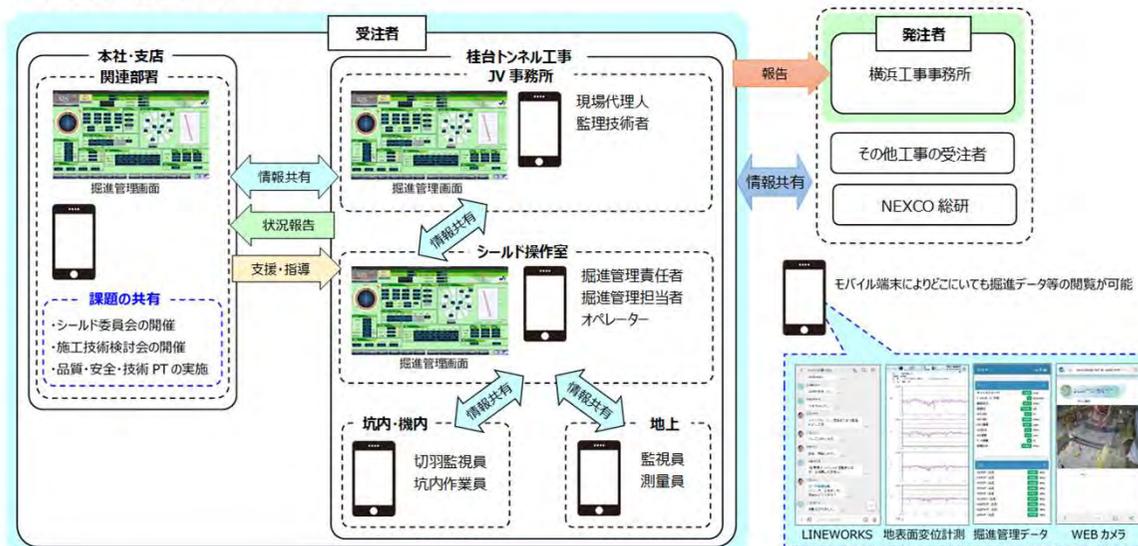


2. 下り線本掘進の施工状況

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、受注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

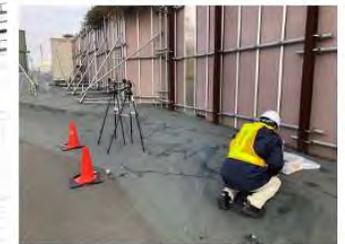
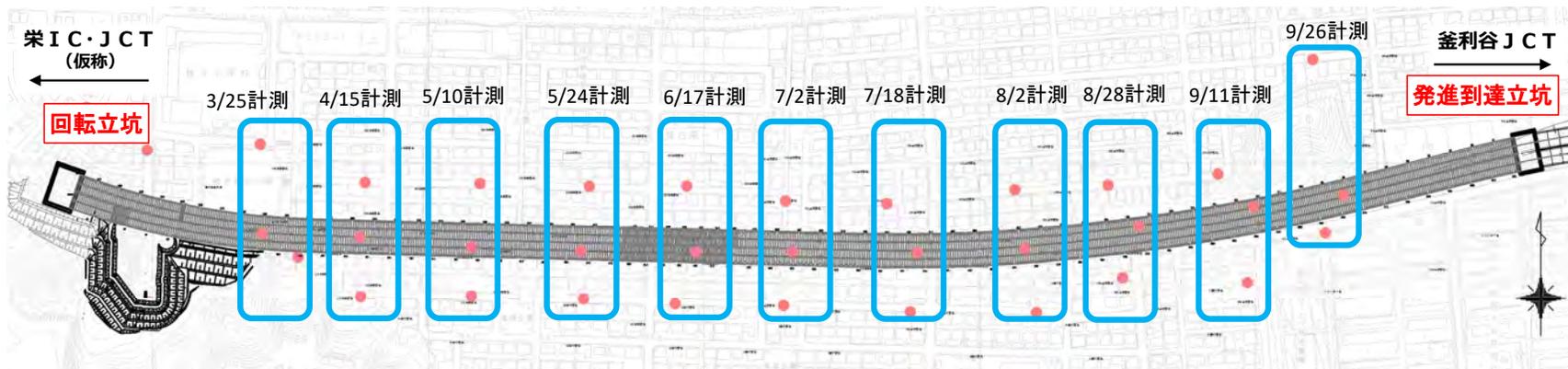
2. 下り線本掘進の施工状況

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
- 騒音・振動の計測値において、停止中に比べて掘進中の計測値の上昇が確認された。低周波音においては、停止中と掘進中で明確な差異は確認されなかった
- 騒音・振動における、沿線住民への影響を低減のために掘進速度調整や滑剤注入による摩擦低減など騒音・振動の低減対策を実施するほか、沿線住民へのヒアリングを実施

■ 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・振動計測状況

計測日	計測項目	南			直上			北		
		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)
2024年3月25日	振動レベル L ₁₀ (dB)	30	45	43	35	52	50	29	41	36
	騒音レベル L _{A5} (dB)	58	60	45	57	60	48	57	59	53
	低周波レベル L _{G50} (dB)				69	70	64			
	低周波レベル L _{G5} (dB)				78	78	70			
2024年5月10日	振動レベル L ₁₀ (dB)	38	44	43	38	45	42	40	40	38
	騒音レベル L _{A5} (dB)	51	48	44	62	61	55	51	50	48
	低周波レベル L _{G50} (dB)				64	66	64			
	低周波レベル L _{G5} (dB)				76	75	72			
2024年6月17日	振動レベル L ₁₀ (dB)	31	48	46	33	44	42	23	35	33
	騒音レベル L _{A5} (dB)	49	49	50	70	67	59	52	53	52
	低周波レベル L _{G50} (dB)				62	65	63			
	低周波レベル L _{G5} (dB)				62	60	55			

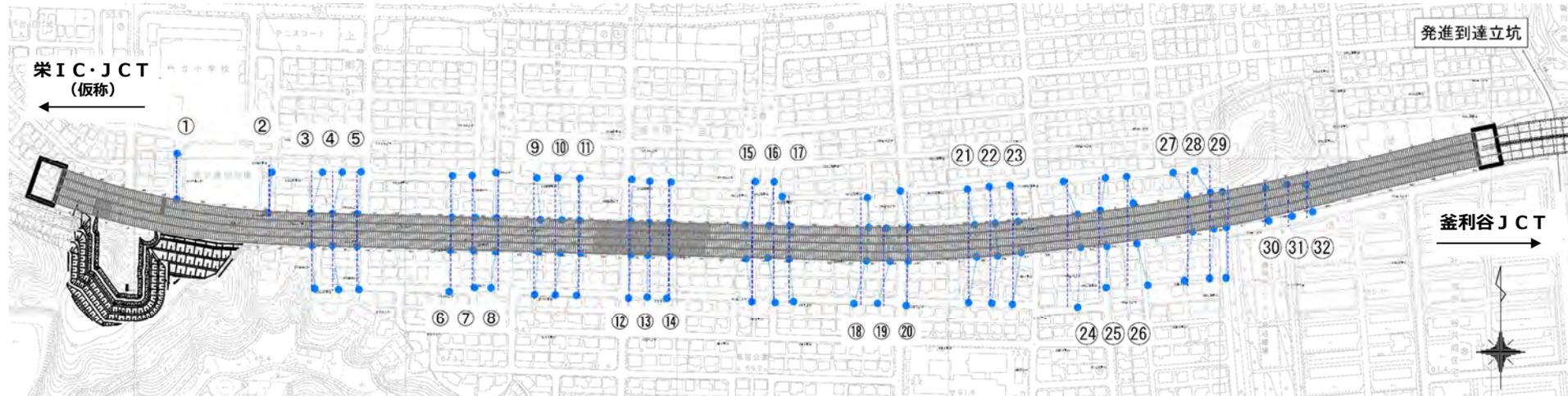
計測日	計測項目	南			直上			北		
		停止中 最大	掘進中 最大(昼)	掘進中 最大(夜)	停止中 最大	掘進中 最大(昼)	掘進中 最大(夜)	停止中 最大	掘進中 最大(昼)	掘進中 最大(夜)
2024年7月18日	振動レベル L ₁₀ (dB)	31	32	37	37	36	41	26	26	30
	騒音レベル L _{A5} (dB)	54	55	55	68	66	55	50	52	53
	低周波レベル L _{G50} (dB)				61	61	63			
	低周波レベル L _{G5} (dB)				73	71	72			
2024年8月28日	振動レベル L ₁₀ (dB)	28	35	47	33	40	54	26	32	43
	騒音レベル L _{A5} (dB)	52	58	50	61	59	50	55	55	48
	低周波レベル L _{G50} (dB)				62	63	63			
	低周波レベル L _{G5} (dB)				77	76	72			
2024年9月26日	振動レベル L ₁₀ (dB)	38	41	39	32	36	34	21	21	21
	騒音レベル L _{A5} (dB)	57	57	56	51	50	58	55	54	58
	低周波レベル L _{G50} (dB)				65	66	61			
	低周波レベル L _{G5} (dB)				76	77	67			

2. 下り線本掘進の施工状況

2.5 周辺の生活環境への影響のモニタリング

・地表面変位の計測においては掘進完了している全区間において3mm程度の変位、測線毎の傾斜角は0.1/1000rad程度となっており、事業者が設定した管理値（変位量25mm、傾斜角1/1000rad）を下回っていることを確認した

■ 地表面変位の計測



■ 地表面 計測結果

計測箇所	基準日	計測日	最大傾斜角 (rad)	最大鉛直差 (mm)	計測箇所	基準日	計測日	最大傾斜角 (rad)	最大鉛直差 (mm)
1	2020年12月2日	2024年3月25日	0.0/1000	0	18	2020年12月2日	2024年7月18日	0.1/1000	+3
2		0.0/1000	+1	19	0.1/1000		+3		
3		2024年4月15日	0.1/1000	+3	20		0.0/1000	+1	
4		0.1/1000	+3	21	2024年8月2日		0.0/1000	+2	
5		0.1/1000	+3	22	0.1/1000		+3		
6		2024年5月10日	0.1/1000	+3	23		0.1/1000	+3	
7		0.1/1000	+3	24	2024年8月28日		0.1/1000	+2	
8		0.1/1000	+3	25	0.0/1000		+1		
9		2024年5月24日	0.1/1000	+2	26		0.2/1000	+3	
10		0.1/1000	+3	27	2024年9月11日		0.0/1000	+1	
11		0.1/1000	+3	28	0.1/1000		+2		
12		2024年6月17日	0.1/1000	+3	29		0.2/1000	+3	
13		0.1/1000	+3	30	2024年9月26日		0.0/1000	+3	
14		0.1/1000	+2	31	0.0/1000		+3		
15		2024年7月2日	0.1/1000	+3	32		0.1/1000	+2	
16		0.1/1000	+3						
17		0.1/1000	+3						



地表面変位計測状況

※1. 最大傾斜角は、計測地点間の傾斜角の最大値を示しています
 ※2. 影響範囲のうち、事業用地を除いた最大値を示しています

2. 下り線本掘進の施工状況

2.5 周辺の生活環境への影響のモニタリング

掘進期間における地下水位は、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

■ 地下水位の変化

〈平面図〉



〈調査結果〉

影響範囲掘進時期

調査実施月	A		B		月間総雨量	過去2年間 平均月間総雨量
	月平均	2年間変動幅※	月平均	2年間変動幅※		
2024年3月	TP+67.81 m	TP+66.52 m ~ TP+69.00 m	TP+46.96 m	TP+46.94 m ~ TP+50.60 m	205 mm	115 mm
2024年4月	TP+68.16 m		TP+47.33 m		123 mm	190 mm
2024年5月	TP+68.28 m		TP+47.46 m		210 mm	238 mm
2024年6月	TP+68.62 m		TP+47.83 m		332 mm	237 mm
2024年7月	TP+68.58 m		TP+48.09 m		78 mm	120 mm
2024年8月	TP+68.12 m		TP+47.93 m		241 mm	130 mm
2024年9月	TP+68.52 m		TP+47.99 m		75 mm	195 mm

※直近2ヶ年を対象として、最小と最大の水位を記載

2. 下り線本掘進の施工状況

2.6 情報提供

■ 下り線掘進時の騒音・振動対策

- ・周辺住民への影響を最小限に留めるべく、必要に応じて掘進速度及び掘進時間の調整等を実施
- ・マシンと地山の間新たな滑剤注入及びジャッキの当て直しを含めたマシン調整
- ・騒音・振動の発生に伴う意見等について、定期的に沿線住民へのヒアリングを実施（延べ1000回以上実施）
- ・トンネル掘進の進捗に合わせて、沿線にお知らせを配布。当初計画していた配布範囲を騒音・振動の発生状況に合わせて拡大したほか、作業概要及び騒音・振動の発生メカニズム等記載内容の拡充。また、直近の沿線住民に対し、直接配布及び説明を実施することで、事業理解の向上に努めた

(配布範囲の拡大)



(配布資料)

地理院地図(国土地理院)(<https://maps.gsi.go.jp>)をもとに、東日本高速道路(株)が加工

