

東京外かく環状道路 関越⇐東名

東京外かく環状道路工事現場付近での
地表面陥没事象の調査状況のご説明について

東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所

次 第

1. これまでの経緯等
2. 第5回有識者委員会の概要
 - ①調査状況(中間報告)
 - ②地盤の特性
 - ③施工データ
 - ④陥没・空洞の要因分析(中間報告)
3. 補償について
4. 緊急時の対応の見直し
5. その他

1. これまでの経緯等

これまでの経緯等

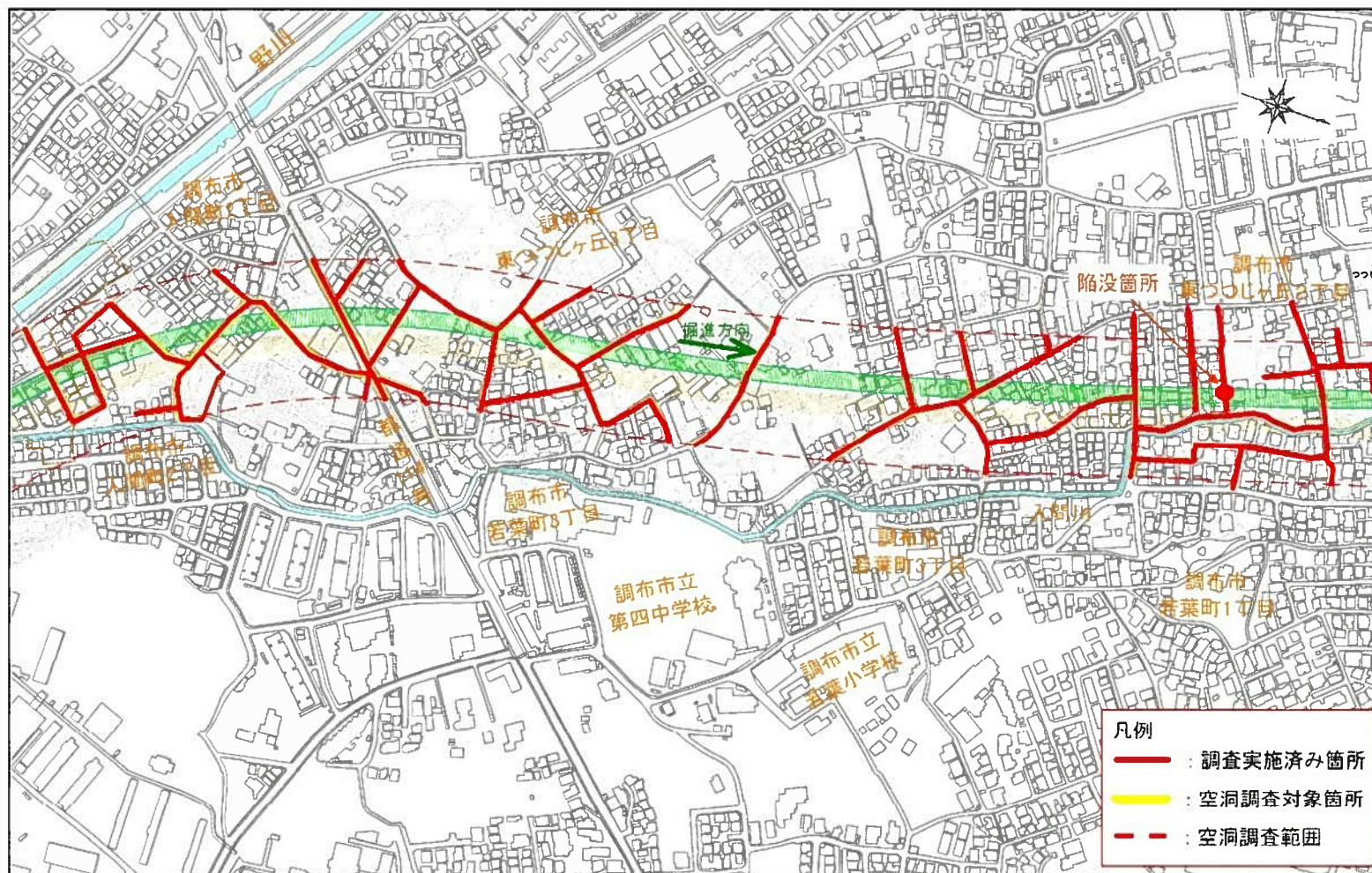
■これまでの経緯

- 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
- 10月23日 第2回 有識者委員会
- 11月 3日 陥没箇所から約40m北にて、幅約4m×長さ約30mの空洞①を確認（11月24日充填作業完了）
- 11月 5日 第3回 有識者委員会
- 11月6、7日 陥没事象及び実施中の調査についての説明会を開催
- 11月21日 陥没箇所から約30m南にて、幅約3m×長さ約27mの空洞②を確認（12月3日充填作業完了）
- 11月27日 第4回 有識者委員会
- 12月10日 家屋中間調査の開始
- 12月18日 第5回 有識者委員会（調査結果の中間報告及びその分析について）

これまでの経緯等

地表面陥没に関する調査の進捗状況について(令和2年12月13日時点)

■路面空洞調査(調布市)

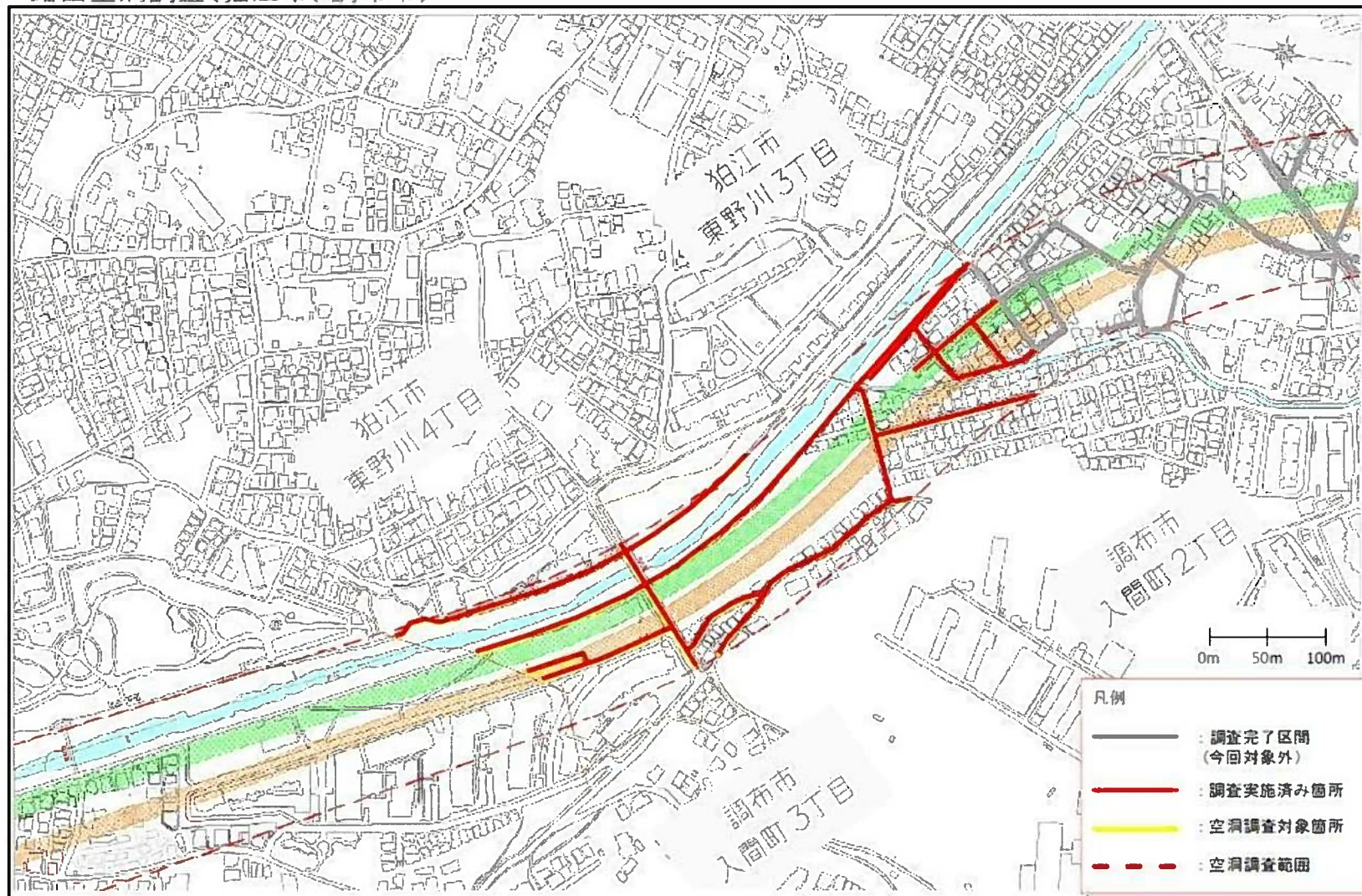


約4km 調査完了(データ解析・確認中)

これまでの経緯等

地表面陥没に関する調査の進捗状況について(令和2年12月13日時点)

■路面空洞調査(狛江市、調布市)

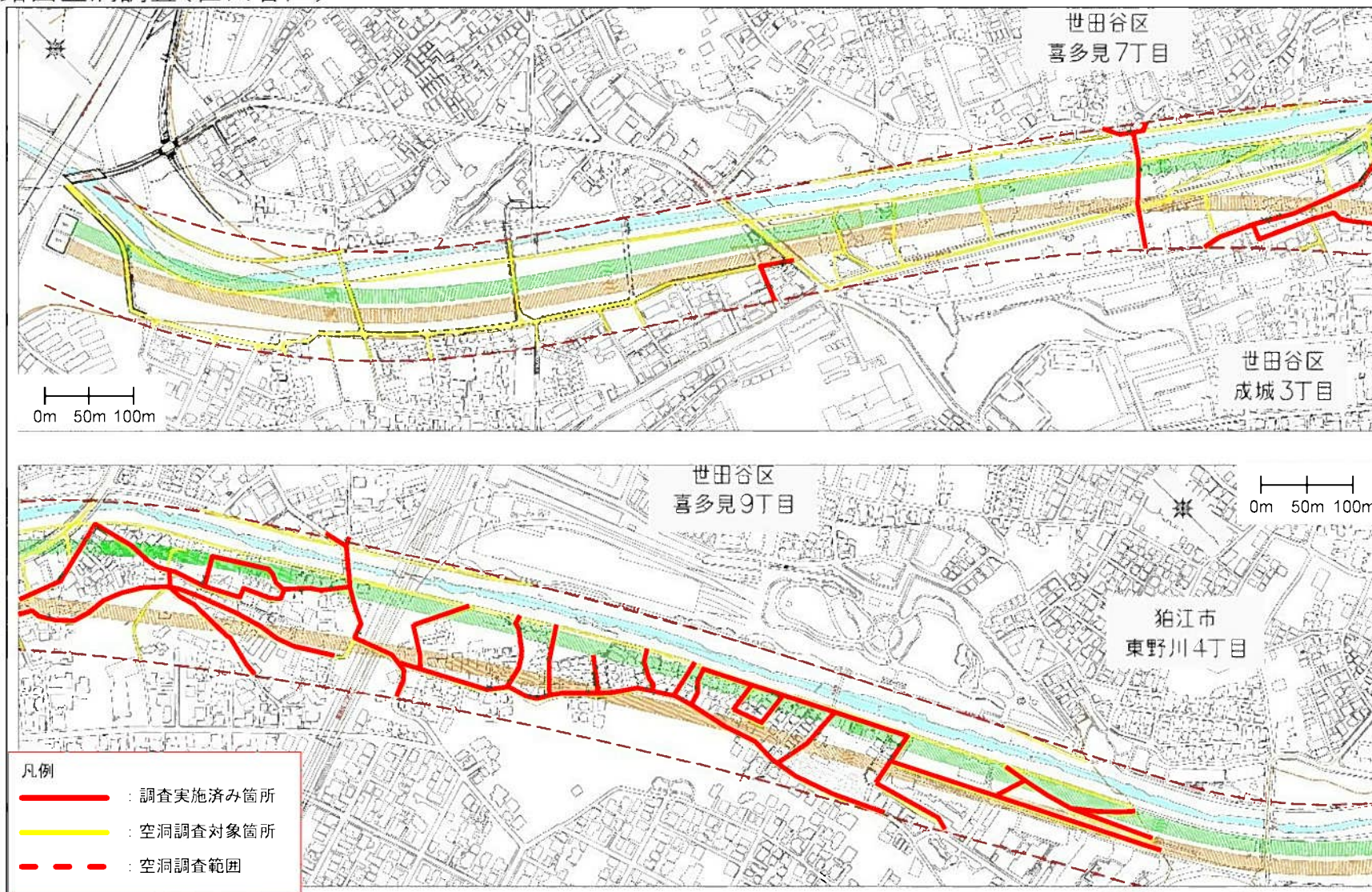


約3km 調査完了(データ解析・確認中)

これまでの経緯等

地表面陥没に関する調査の進捗状況について(令和2年12月13日時点)

■路面空洞調査(世田谷区)

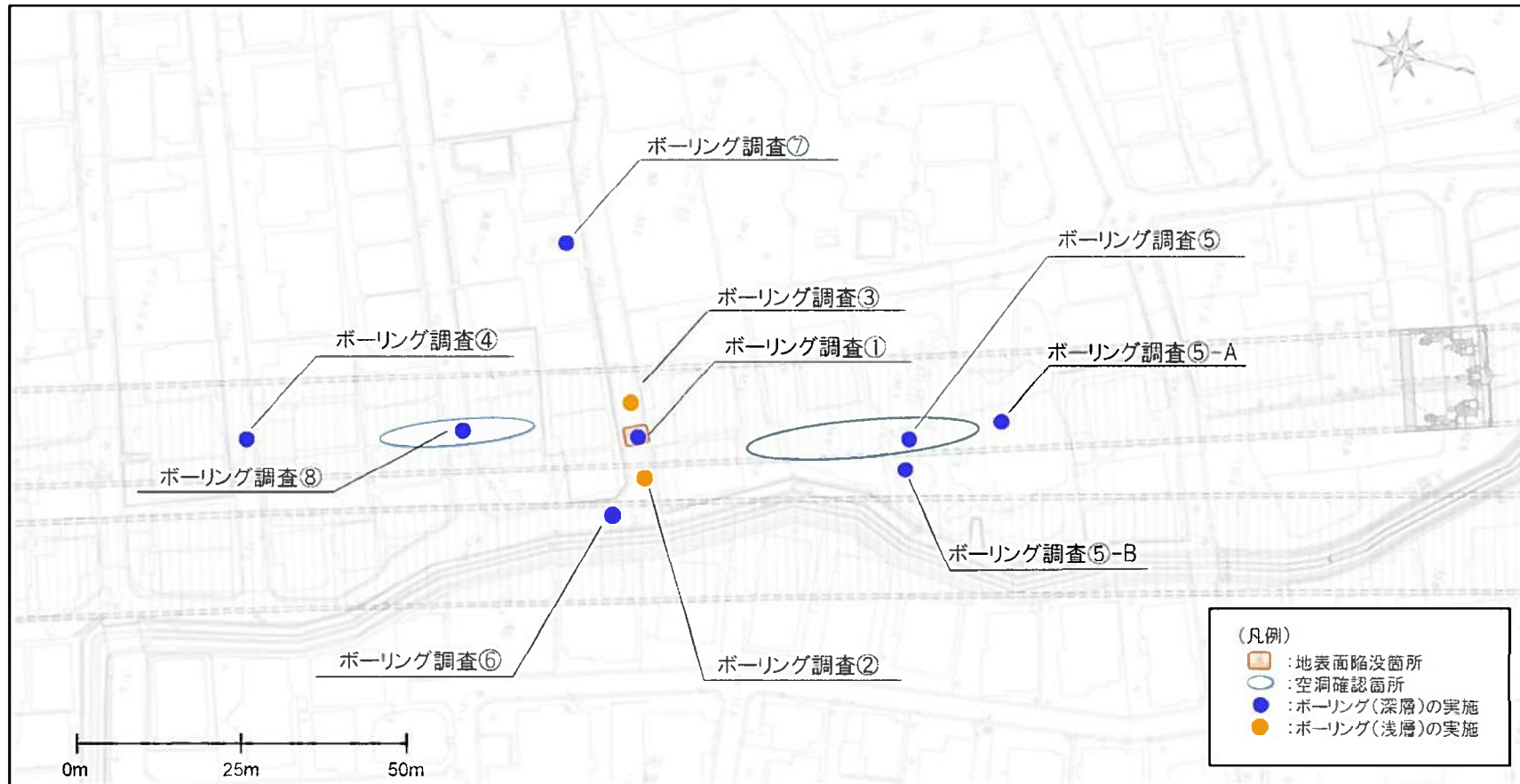


約5km／約13km（調査・データ解析中）

これまでの経緯等

地表面陥没に関する調査の進捗状況について(令和2年12月17日時点)

■地盤状況の調査(陥没箇所周辺)



※地盤状況等により、ボーリング調査内容は変更する場合があります。

※ボーリング⑤⑧以外では、空洞は確認されていない。

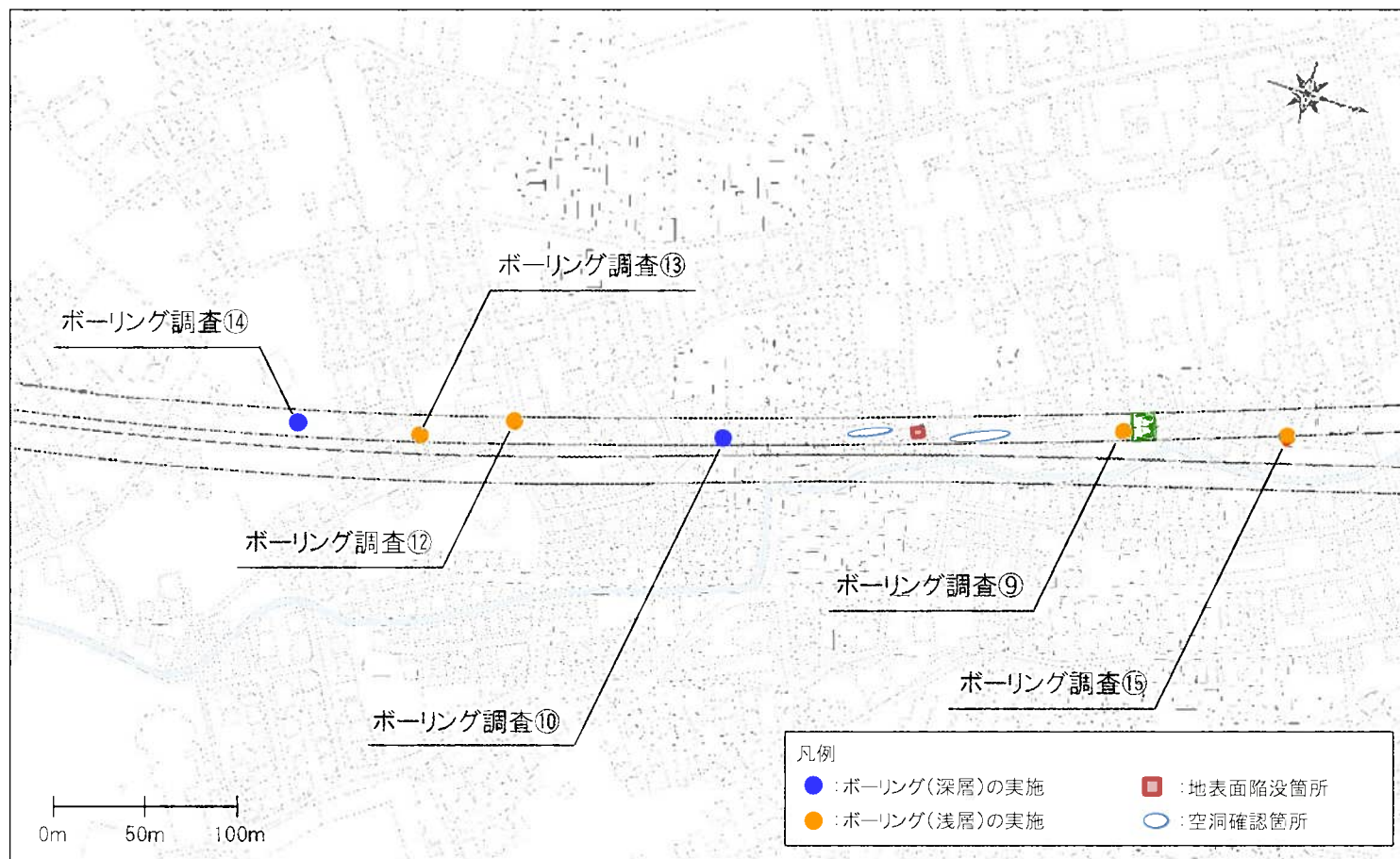
・ボーリング調査

① 46m(完了)	② 14m(完了)	③ 15m(完了)	④ 47m(完了)	⑤ 48m(完了)
⑤-A 48m(完了)	⑤-B 48m(完了)	⑥ 46m(完了)	⑦ 47m(完了)	⑧ 46m(完了)

これまでの経緯等

地表面陥没に関する調査の進捗状況について(令和2年12月13日時点)

■地盤状況の調査(陥没箇所周辺と地質が類似している区間)



※ボーリング⑪は現在調査箇所の選定中

・ボーリング調査

⑨ 準備中 ⑩ 準備中 ⑫ 準備中 ⑬ 準備中 ⑭ 準備中 ⑮ 10m(完了)

これまでの経緯等

地表面陥没に関する調査の進捗状況について(令和2年12月13日時点)

■地盤状況および空洞の有無の調査(追加調査)



- ・陥没箇所周辺と地質が類似している区間(エリアA)

サウンディング試験

物理探査(微動アレイ探査+表面波探査)

浅層ボーリング調査

実施中

实施中

实施中

- ・その他区間(エリアB)

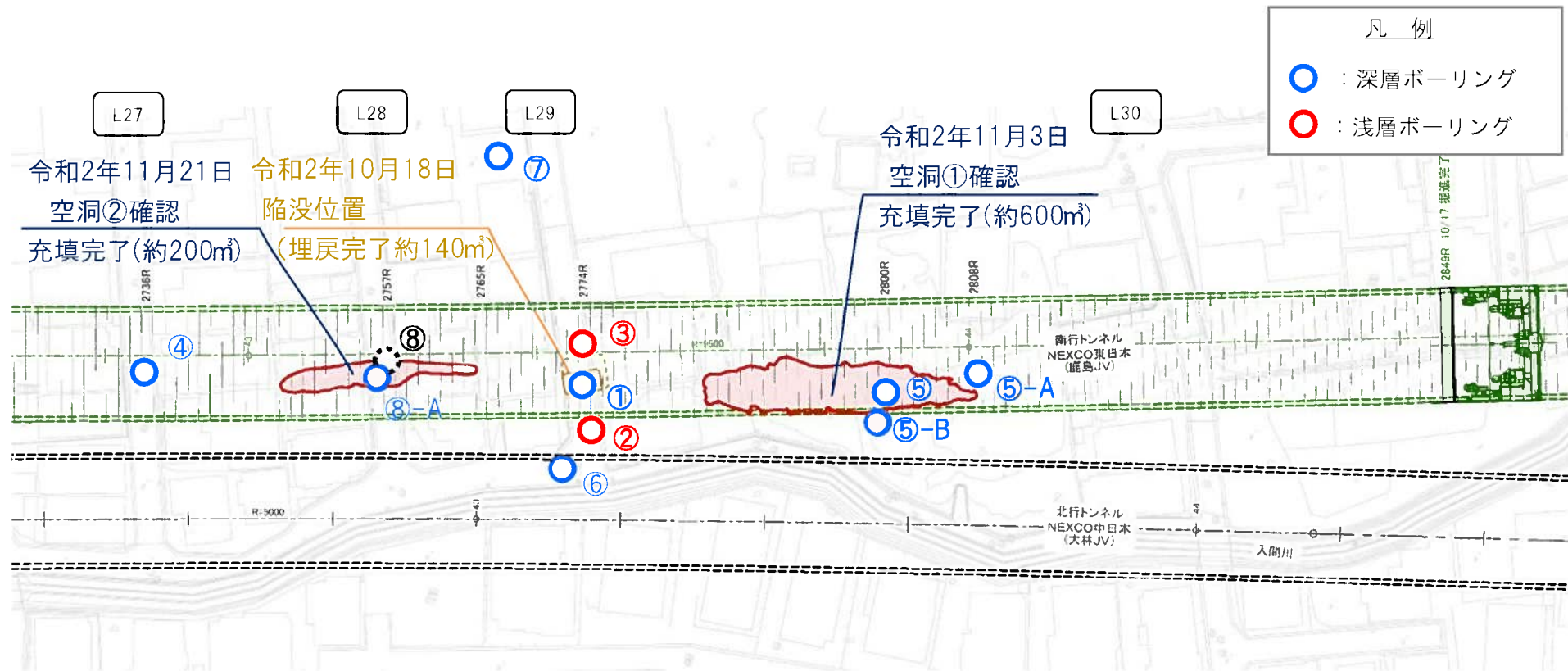
物理探査(微動アレイ探査、表面波探査) 実施中

2. 第5回有識者委員会の概要

①調査状況（中間報告）

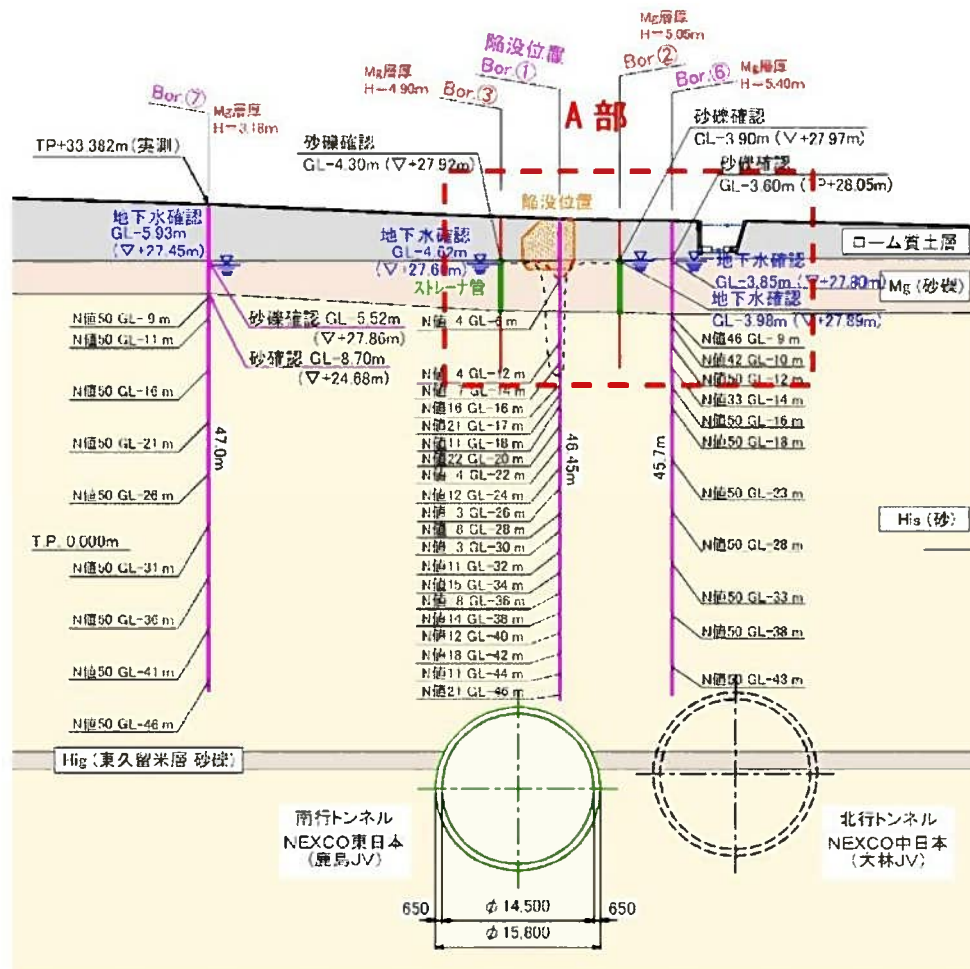
①調査の状況(中間報告) [地盤状況調査]

陥没・空洞箇所周辺のボーリング調査箇所について



①調査の状況(中間報告) [陥没箇所]

- ・陥没箇所のボーリングでは、トンネル上部までの地盤の緩みを確認しています。
- ・トンネルから東側のBor.⑥および西側のBor.⑦では緩みが無いことを確認しています。



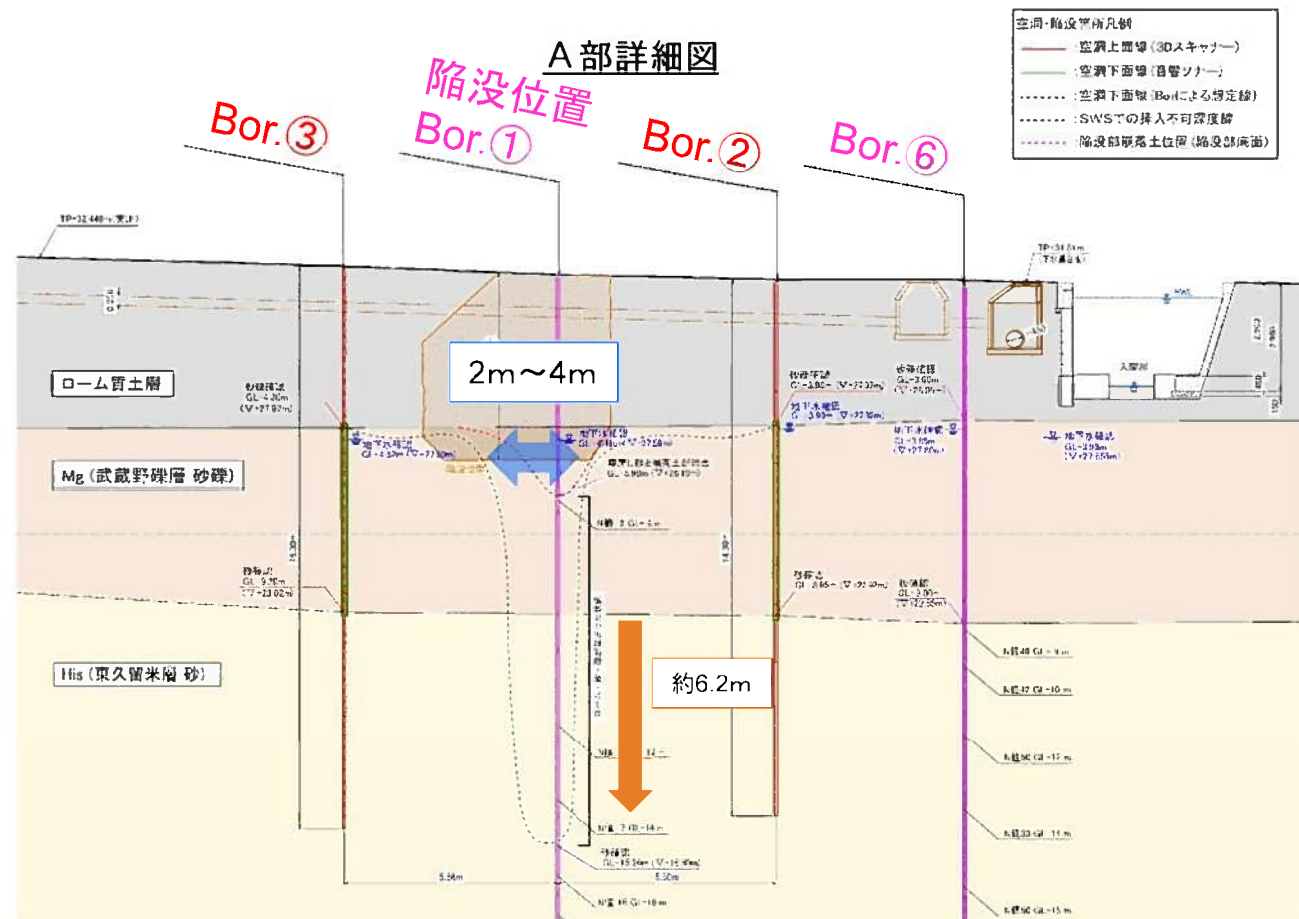
空洞・陥没箇所凡例

- : 空洞上面線(3Dスキャナー)
- : 空洞下面線(音響ソナー)
- : 空洞下面線(Borによる想定線)
- : SWSでの挿入不可深度線
- : 陥没部陥没土位置(陥没部底面)



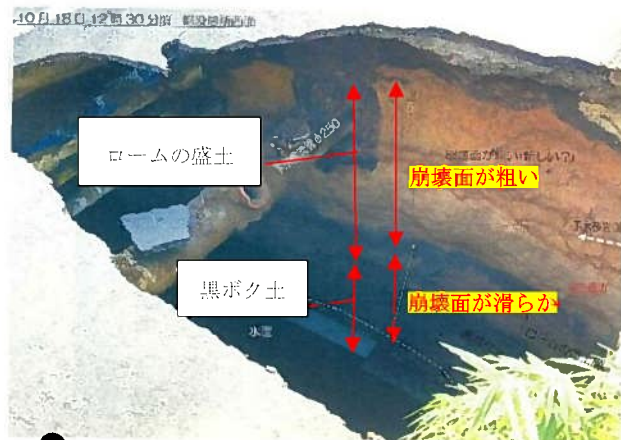
①調査の状況(中間報告) [陥没箇所]

- ・陥没箇所の東久留米層(砂)の落込み範囲はトンネル横断方向で2m~4m程度であり、落ち込み深さは、約6.2mであることが確認されました。



①調査の状況(中間報告) [陥没箇所]

- ・陥没部の画像解析の結果、同じローム層内の上部は「粗い断面」、下部は「目が細かい断面」と推定され、陥没箇所下方は洗面されている可能性があります。

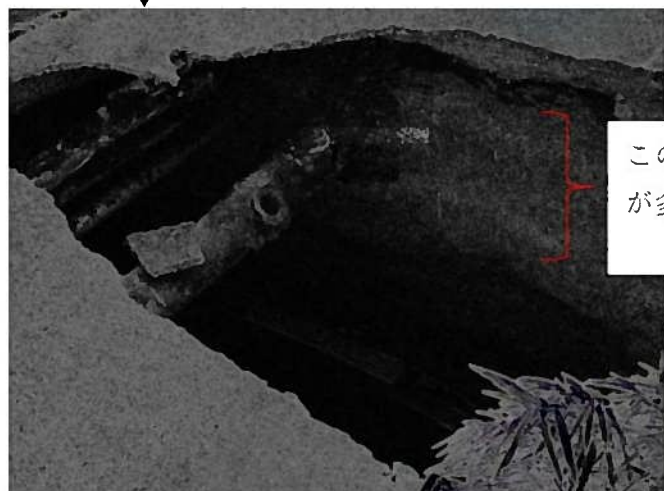


(東側から撮影)



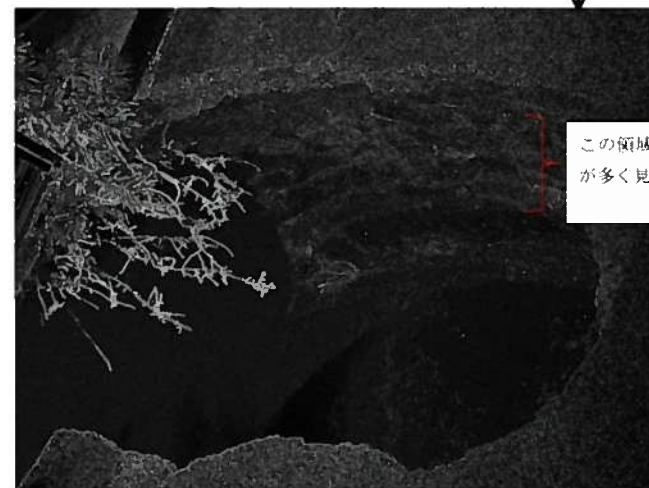
(西側から撮影)

写真1 陥没箇所 (2020年10月18日13:00撮影)



この領域に高周波成分が多く見える

(東側から撮影)



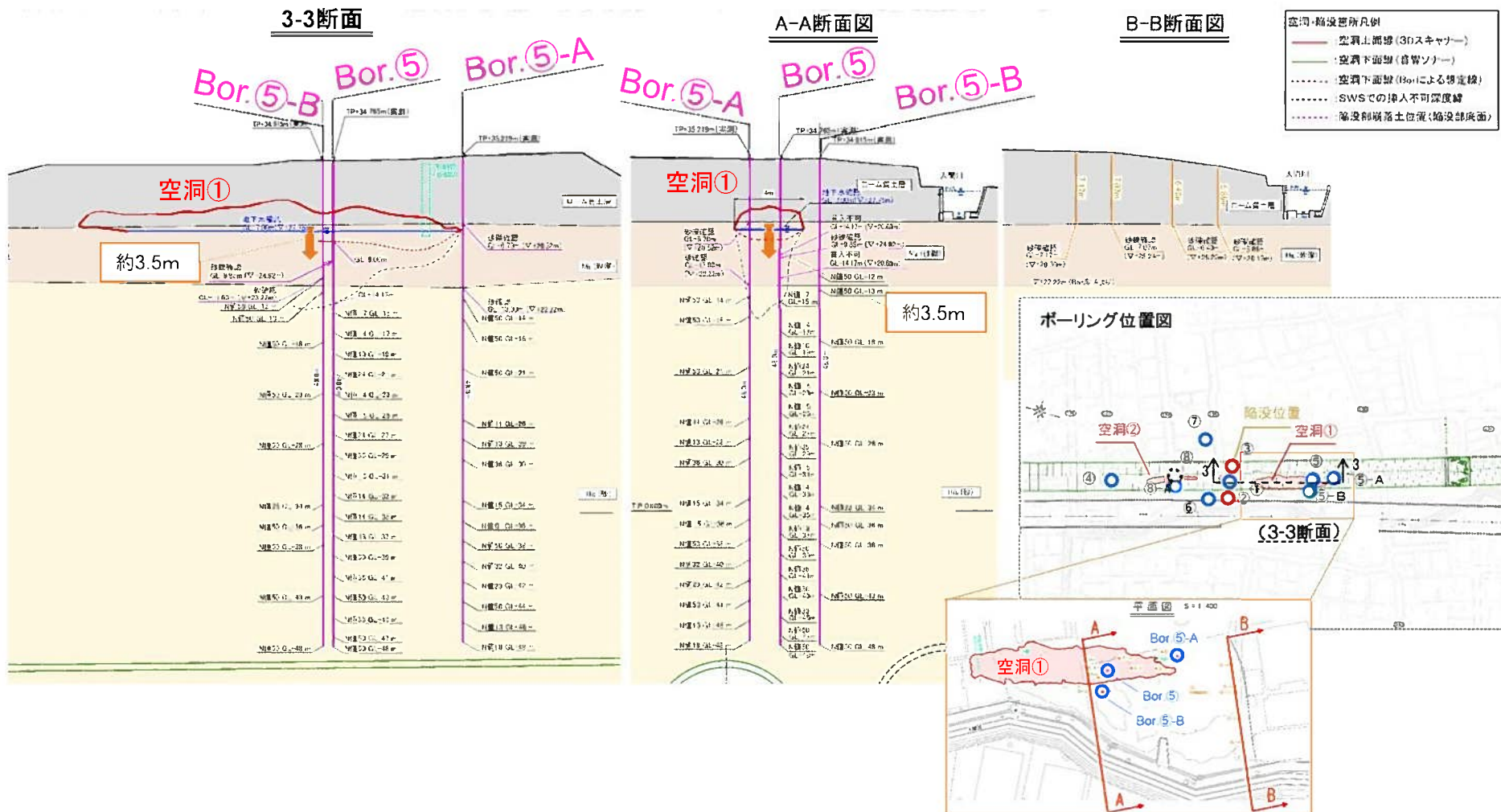
この領域に高周波成分が多く見える

(西側から撮影)

図1 陥没箇所画像分析結果

①調査の状況(中間報告) [空洞①箇所]

- ・空洞①箇所でトンネル上部までの地盤の緩みを確認しています。
- ・武蔵野礫層(Mg)上面の落込み範囲はトンネル横断方向(東西)で約4m、軸方向(南北)で15m以上、落込み深度は約3.5mでした
- ・空洞東側のBor.⑤-Bでは緩みが確認されていません。



①調査の状況(中間報告) [空洞①箇所]

・上部にローム質土層、下層に砂礫層が確認できます。空洞内部に地下水が溜まっており、ローム層の断面は地下水があり滑らかで洗われたように見えます。また、空洞部には用途不明なヒューム管が存在していることも確認しました。



図1 20°～40° 方向

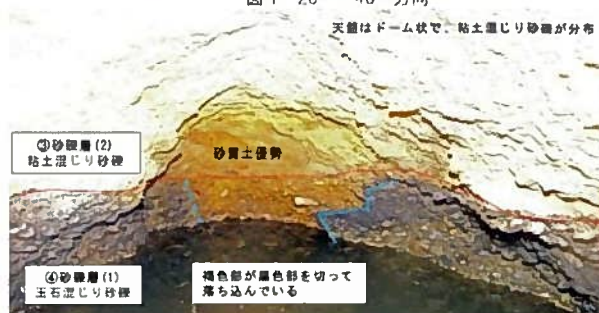


図2 340°～20° 方向

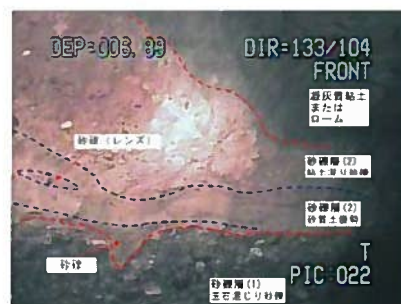


図3 133° 方向

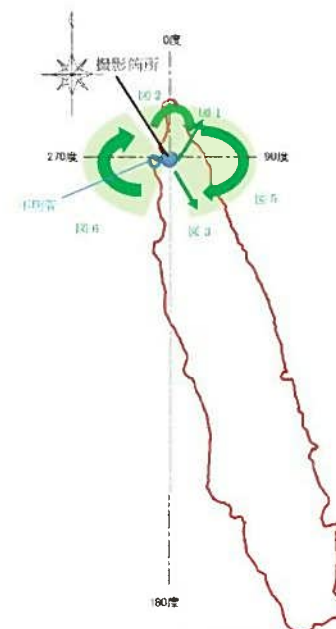


図4 空洞①箇所図



図5 20°～140° 方向

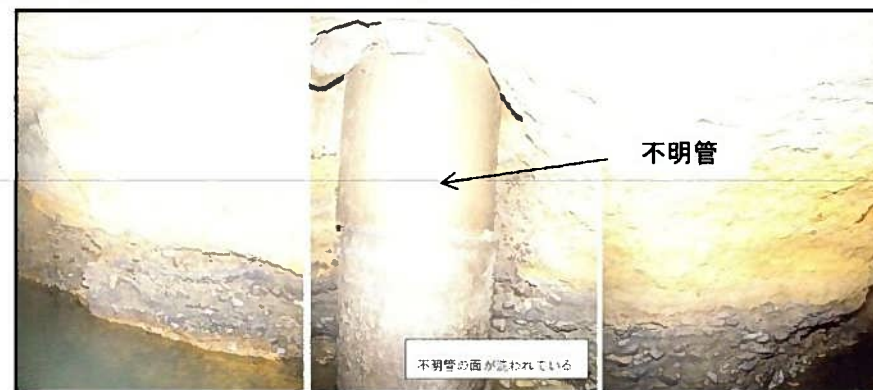
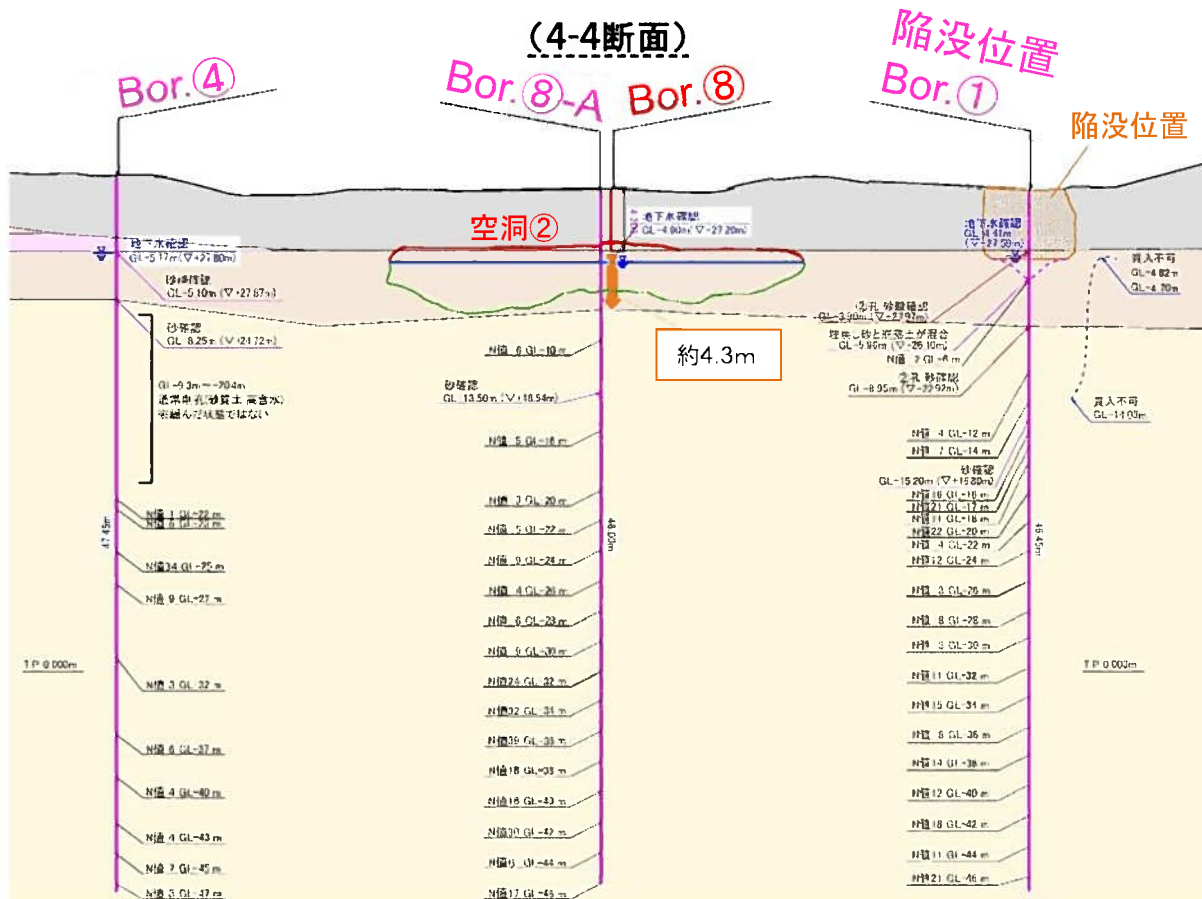
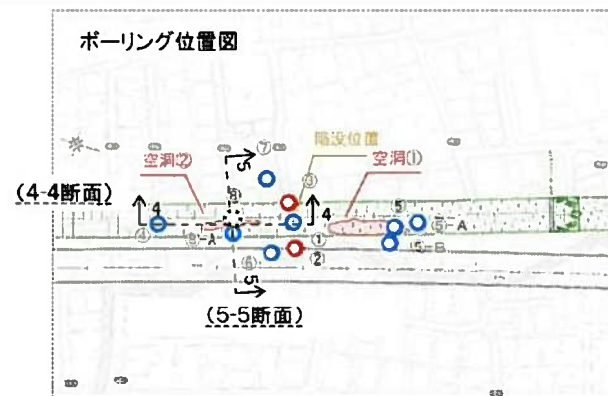


図6 200°～320° 方向

①調査の状況(中間報告)[空洞②箇所]

- ・空洞②箇所ではトンネル上部までの地盤の緩みを確認しています。
- ・武蔵野礫層(Mg)上面の落込み深度は約4.3mでした



①調査の状況(中間報告) [空洞②箇所]

- ・天盤は、凝灰質粘土が分布していることを確認しました。
- ・側部の礫層には、細粒分が付着している部分と水で洗われた部分が見受けられます。
- ・部分的に砂礫層の段差、抜け落ちた箇所も見受けられます。



図1 0°方向の坑壁と北側の空洞



図2 南側160°方向の空洞

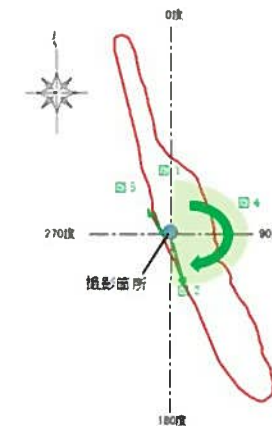


図3 空洞②箇所図



図4 空洞②箇所東側の坑壁と南北に伸びる空洞

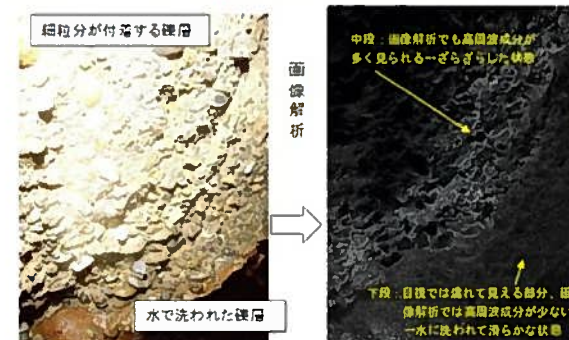
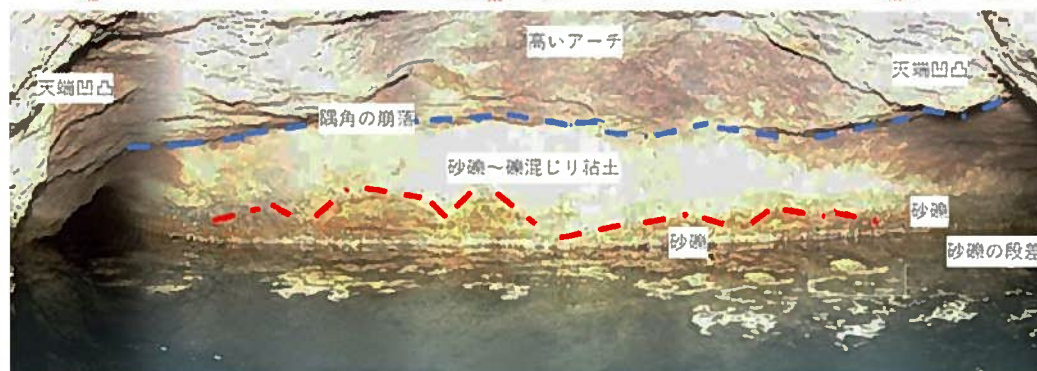
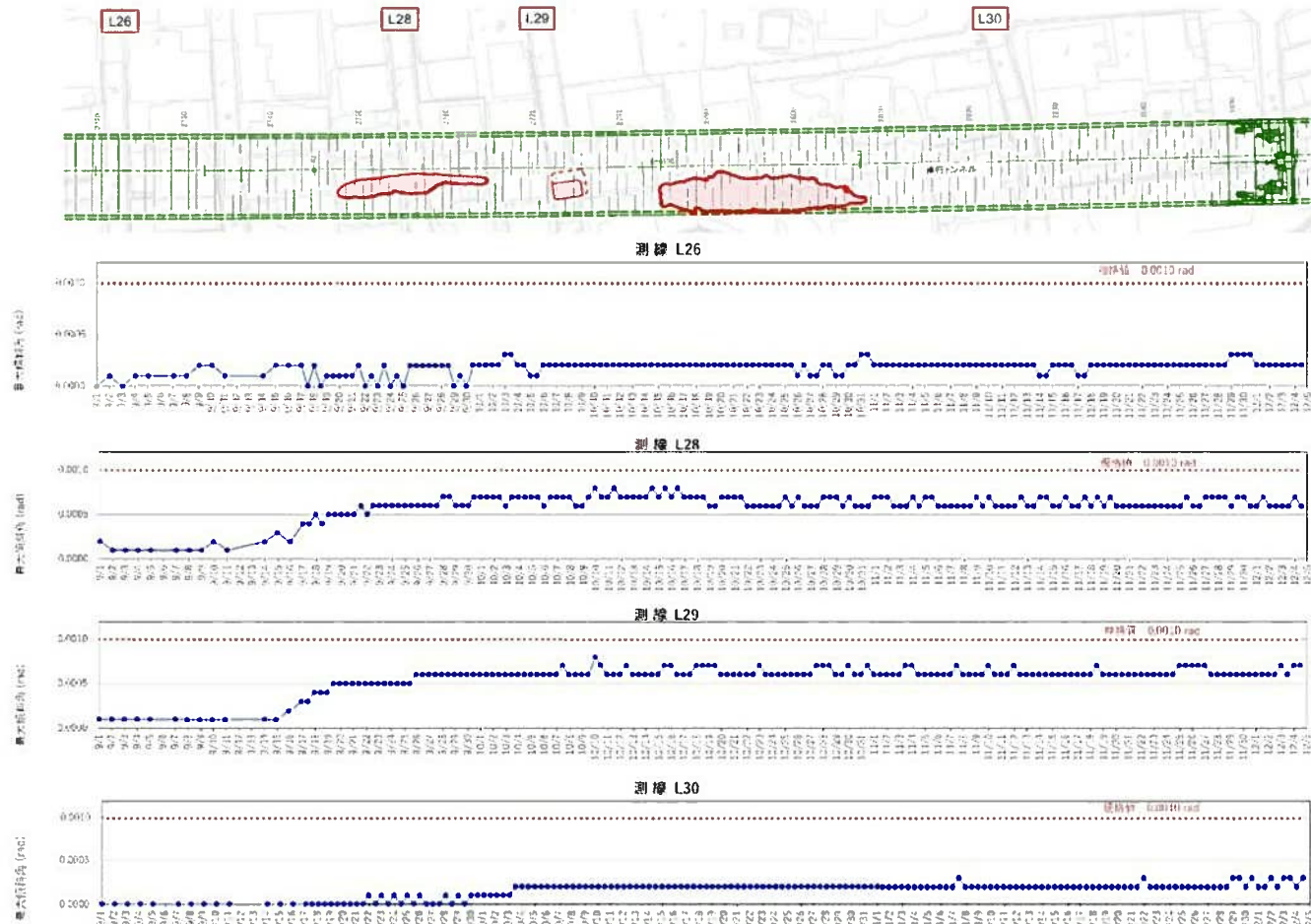
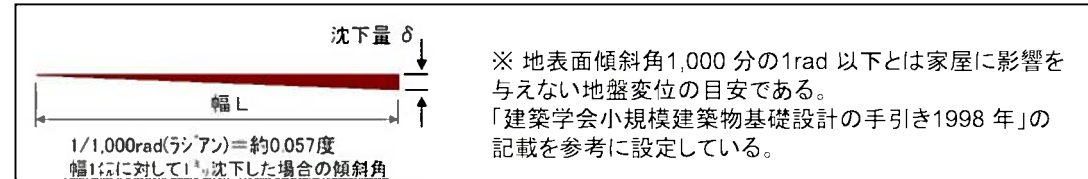


図5 洗われた砂礫層と細粒分の付着する砂礫層(320°方向)

①調査の状況(中間報告) [地表面傾斜角の経時変化]

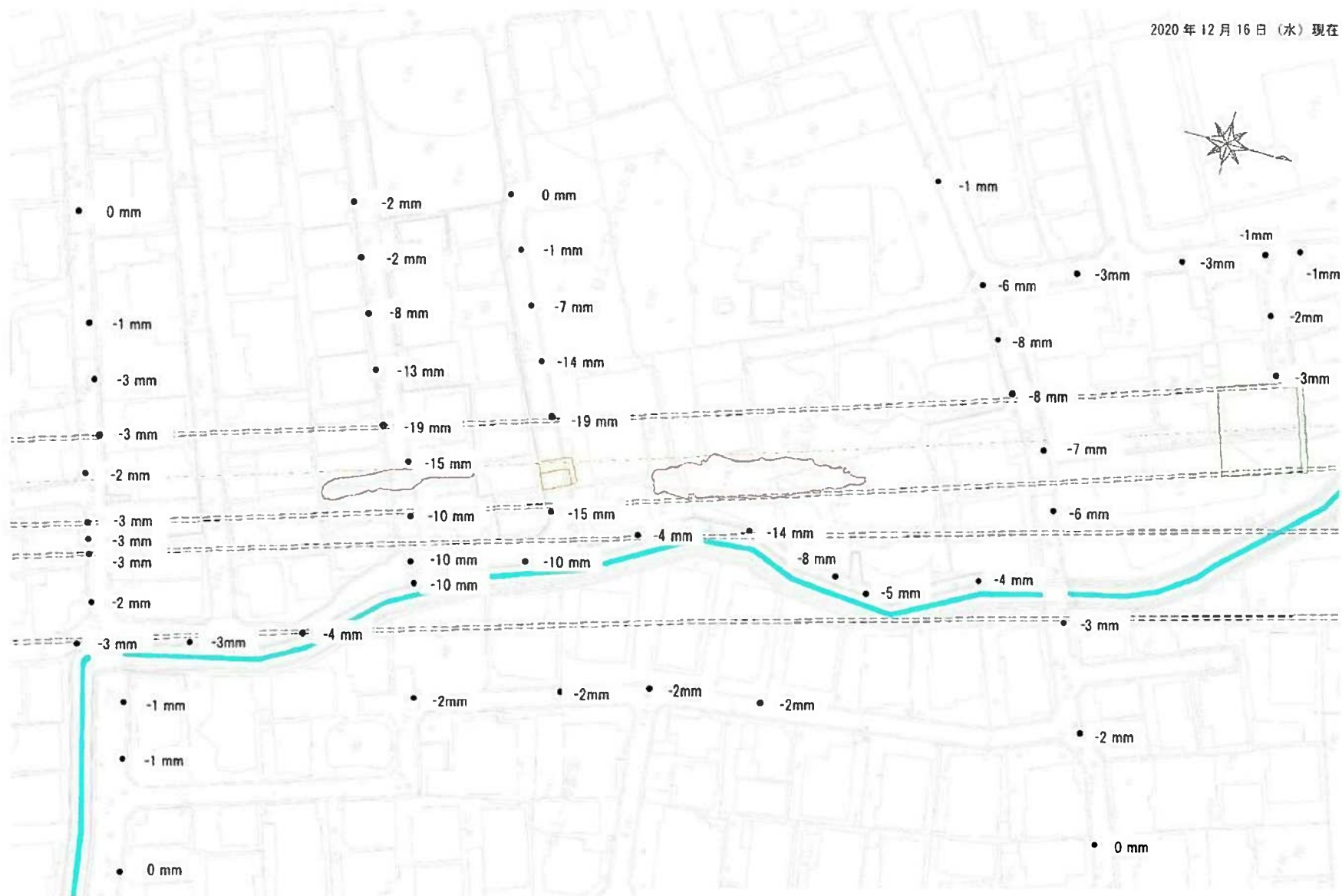
- 測点L28、L29ともにほぼ同時期に地表面傾斜角が大きくなっていますが、基準値以内であることを確認しています。



※上図以外の掘り進めてきた区間の地表面傾斜角は最大0.0004rad 21

①調査の状況(中間報告) [地表面沈下計測結果]

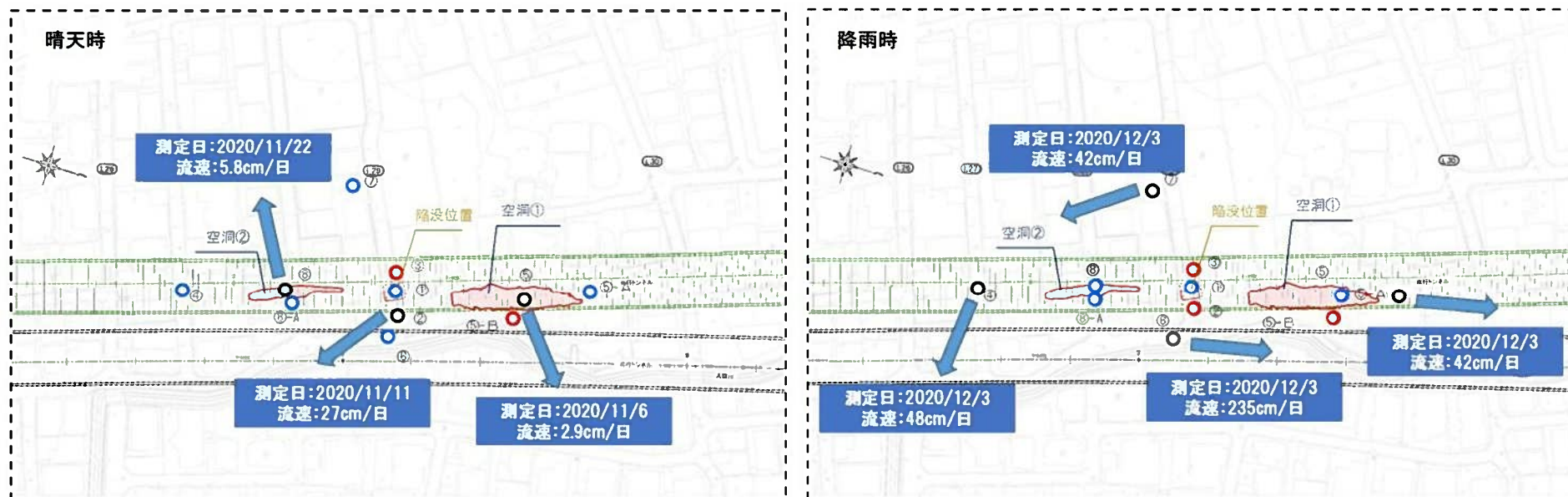
・地表面沈下計測結果(陥没箇所・空洞箇所付近)



※上図以外の掘り進めてきた区間の地表面沈下量は最大-6mm

①調査の状況(中間報告) [地下水調査]

- ・陥没箇所、空洞箇所に確認された地下水はほぼ停滞していました。
- ・降雨時では、比較的敏感に増加し、流向も異なる方位を示すことが確認されました。
- ・降雨時の地下水の上昇や、地下流速の増大が確認されており、豪雨時には、急激な地下水位の上昇や低下による武蔵野礫層(Mg)や河川への吸出しにより、土砂が流出していた可能性が考えられます。

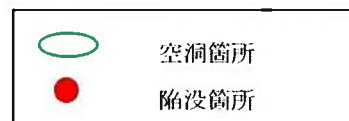


①調査の状況(中間報告) [地歴調査]

・陥没箇所付近は入間川の西に浅く円弧上に入り込んだ谷地形をなしており、入間川の過去の蛇行跡を想像させる地形であることを改めて確認しています。



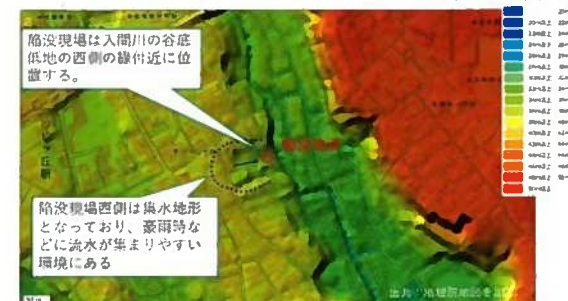
東京都都市計画図 (1961年11月)



明治期の低湿地地図(1880～1886年) 出典：地理院地図(電子国土web)



治水地形分類図 (1976～1978年) 出典：地理院地図(電子国土web)

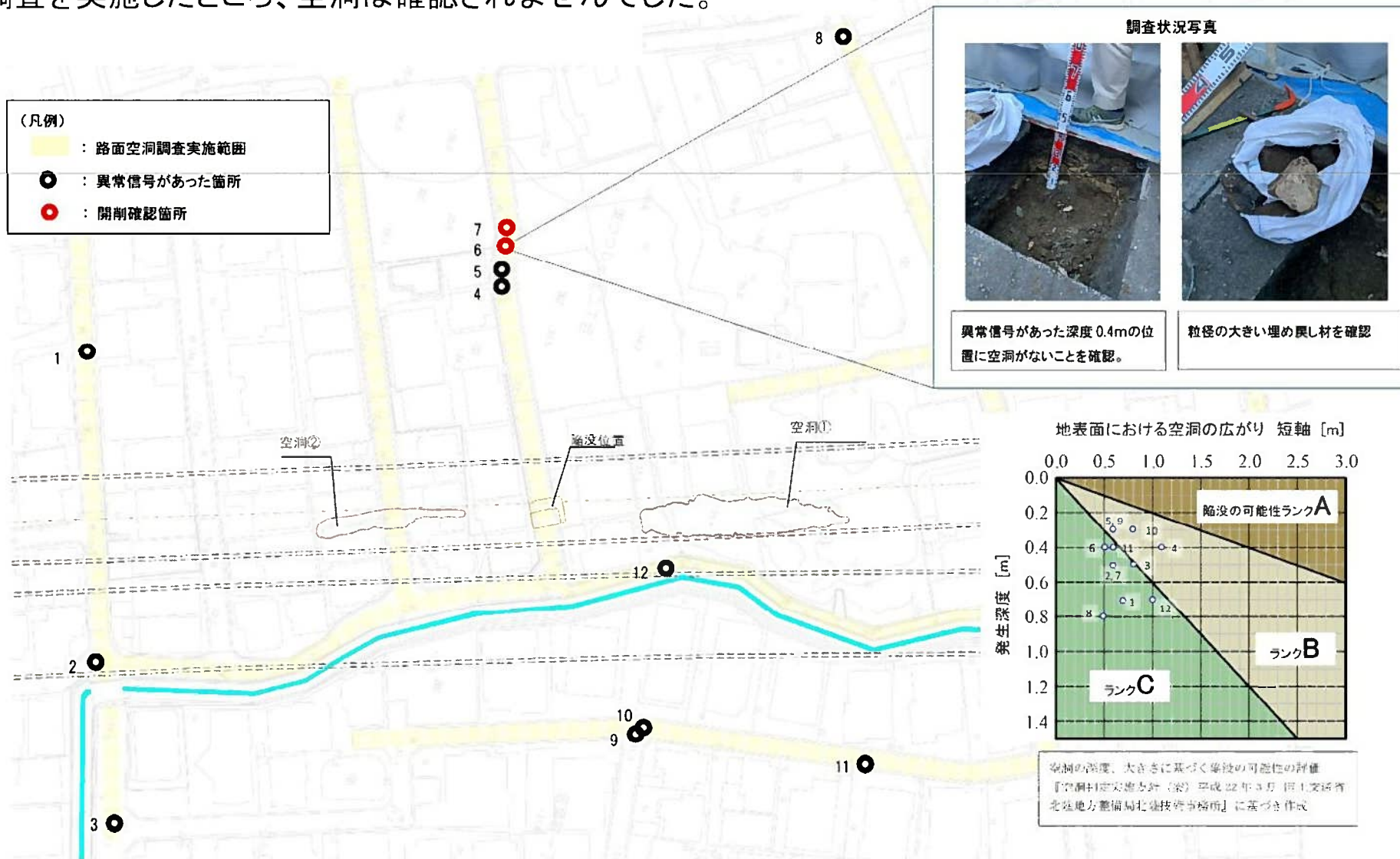


色別標高図

出典：地理院地図を加工

①調査の状況(中間報告) [路面空洞調査状況]

・陥没・空洞箇所周辺の路面空洞調査を実施し、下図の位置に異常信号がある箇所を確認したものの、いずれも陥没の可能性ランクAに分類される箇所は確認されませんでした。また、2箇所について、開削調査を実施したところ、空洞は確認されませんでした。



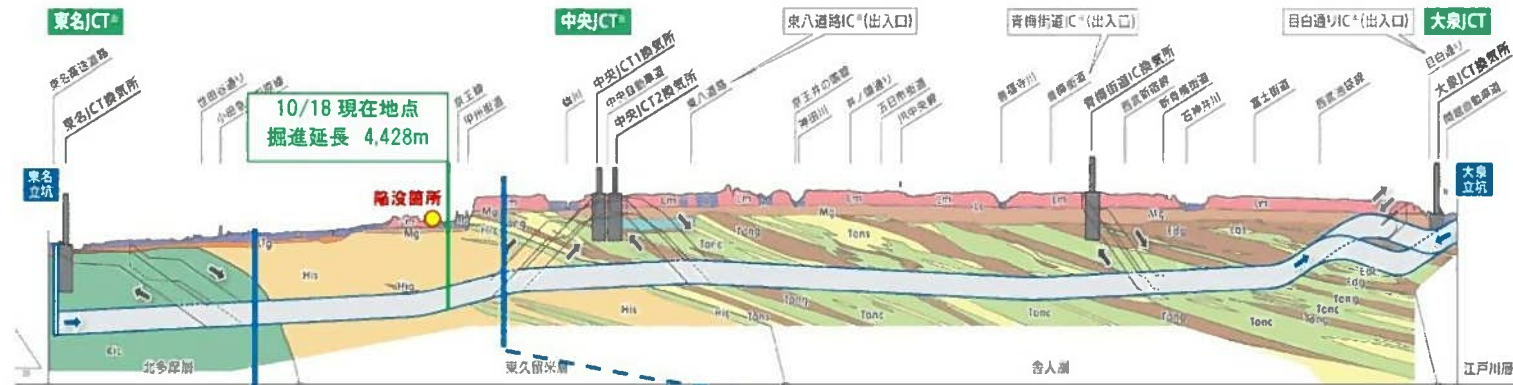
①調査の状況(中間報告) [調査状況のまとめ]

- 陥没箇所、空洞箇所のMg層およびHis層において、地盤の緩み、天端レベルの落込みを確認しました。
- 陥没箇所、空洞箇所での緩みは、トンネル直上部まで煙突状の緩み領域であることを確認しました。また、ボーリング調査およびスウェーデン式サウンディングの結果より、陥没箇所、空洞①箇所のHis層の天端レベルの落込みはトンネル横断方向でトンネル直上に限定されていたことを確認しました。
- 陥没箇所、空洞箇所周辺のトンネル直上において、トンネル上部から緩み領域が上方に拡大していることを確認しました。
- 陥没、空洞の内部断面において、水で洗われた部分があることを確認しました。
- 表層地下水の流向・流速調査の結果より、平時では顕著な流れは確認できなかったが、降雨時に流速の上昇や流向の変化があることを確認しました。
- 陥没箇所において、下水管の損傷が確認されたが、地下水の水質調査の結果では、下水や気泡の成分が検出されていないことを確認しました。
- 空洞①箇所において、下端がMg層にある用途不明のヒューム管があることを確認しました。
- 地歴調査の結果より、陥没があった地点付近は入間川の西に浅く円弧上に入り込んだ谷地形をなしており、入間川の過去の蛇行跡を想像させる地形であることをあらためて確認しました。
- 今回の調査により、トンネル上方の緩みが確認されましたが、砂層の場合、変形や緩みの進展は即時的であり地表面計測結果は変化していないことから、現時点の安定が損なわれ、ただちに陥没・空洞等につながるものではないと考えられます。

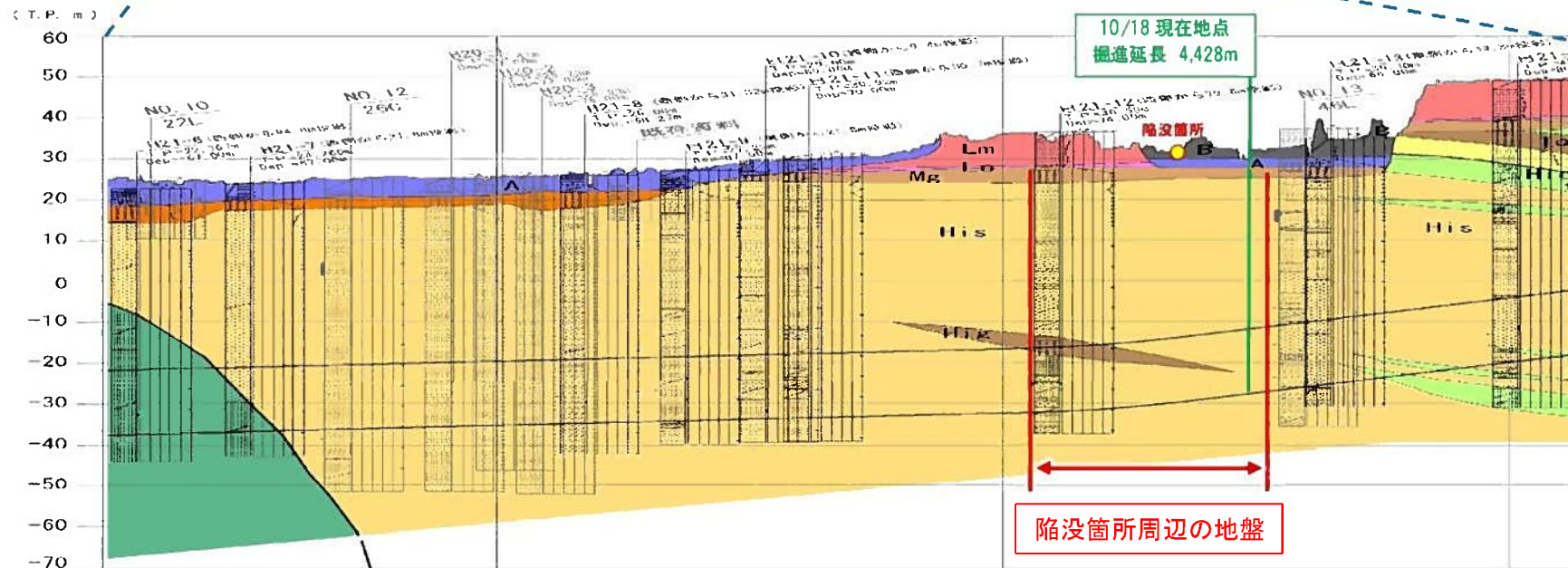
②地盤の特性

②地盤の特性 [地盤状況]

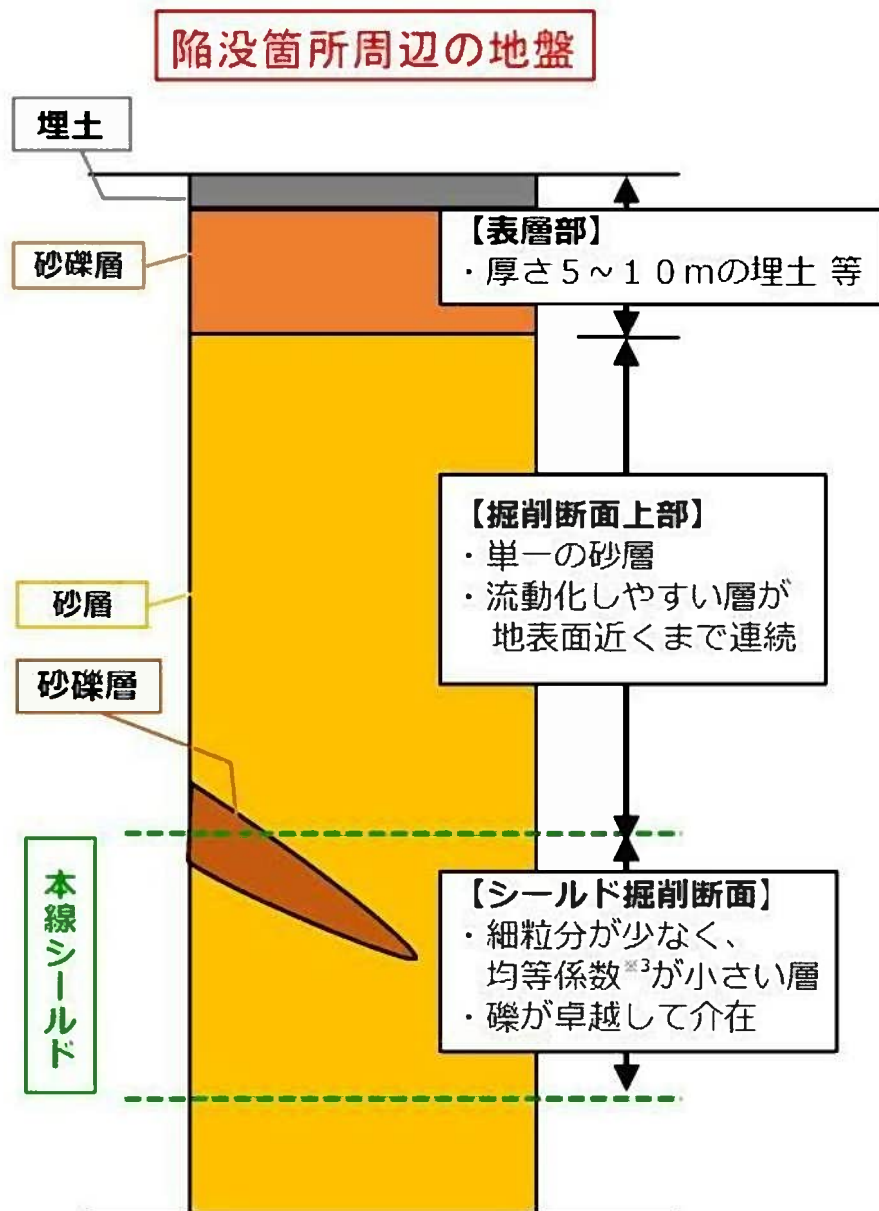
地質縦断面図



凡 例			
地質時代	地 質	地 質	地 質
新 第三紀	礫層	礫層	礫層
	砂層	砂層	砂層
	粘土層	粘土層	粘土層
	砂礫層	砂礫層	砂礫層
	砂層	砂層	砂層
旧 第三紀	粘土層	粘土層	粘土層
	砂層	砂層	砂層
	砂礫層	砂礫層	砂礫層
	砂層	砂層	砂層
	砂礫層	砂礫層	砂礫層
第四紀	粘土層	粘土層	粘土層
	砂層	砂層	砂層
	砂礫層	砂礫層	砂礫層
	砂層	砂層	砂層
	砂礫層	砂礫層	砂礫層



②地盤の特性 [施工(地盤条件まとめ)]



他の掘削区間と比較し、

【表層部】

- ・層厚が薄い

【掘削断面上部】

- ・トンネル掘削による地山への影響が地表面まで、伝搬しやすい

【シールド掘削断面】

- ・礫が卓越し、細粒分^{※1}が少なく、地山の塑性流動性^{※2}・止水性の確保が困難であり、「特殊な地盤条件」下での施工であった

※1 75 μ m未満の粒径の土粒子

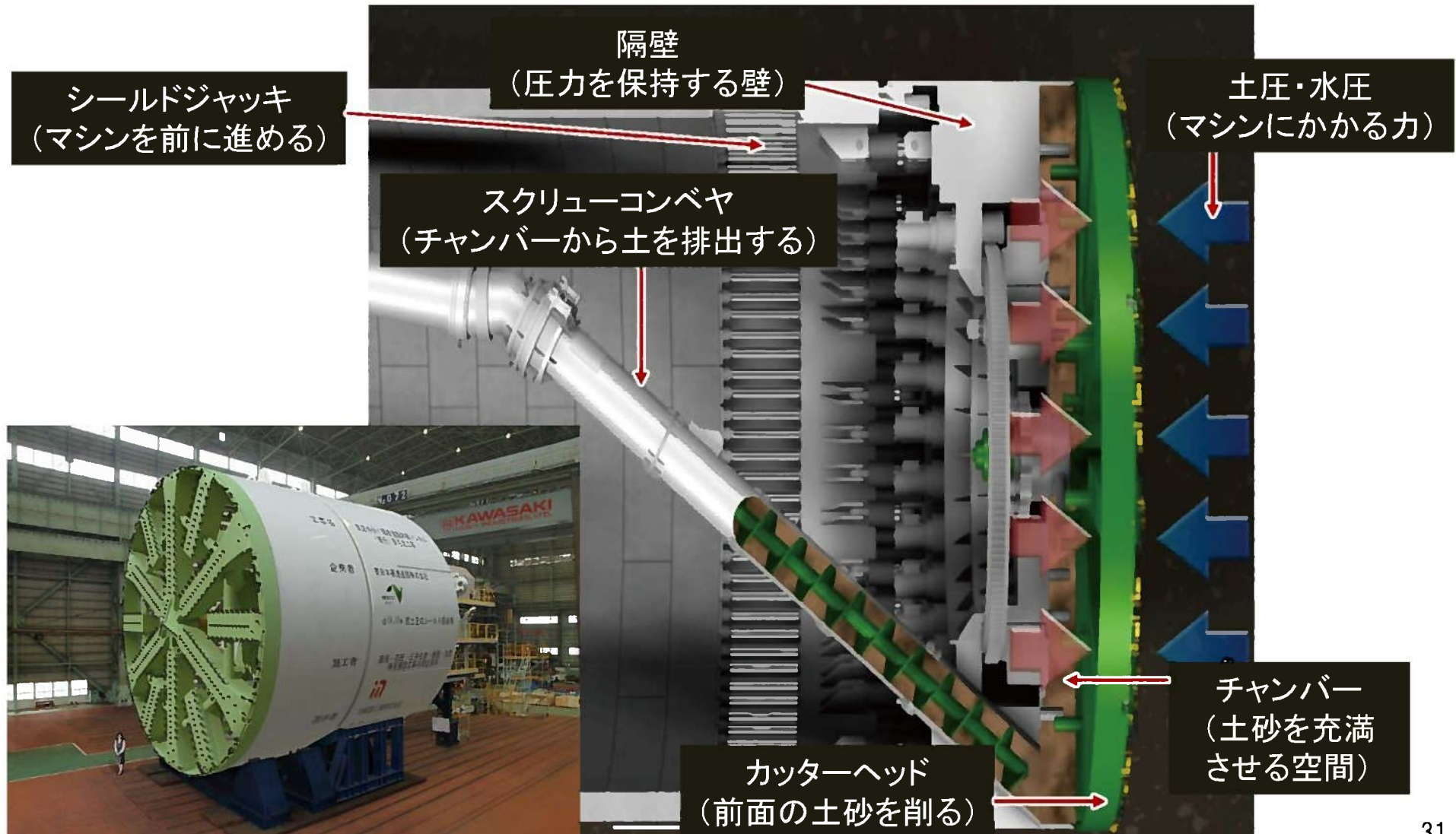
※2 ほど良い固さの土ということ

※3 粒径加積曲線において、全試料の60%が通過する砂の粒径と10%が通過する粒径の比

③施工データ

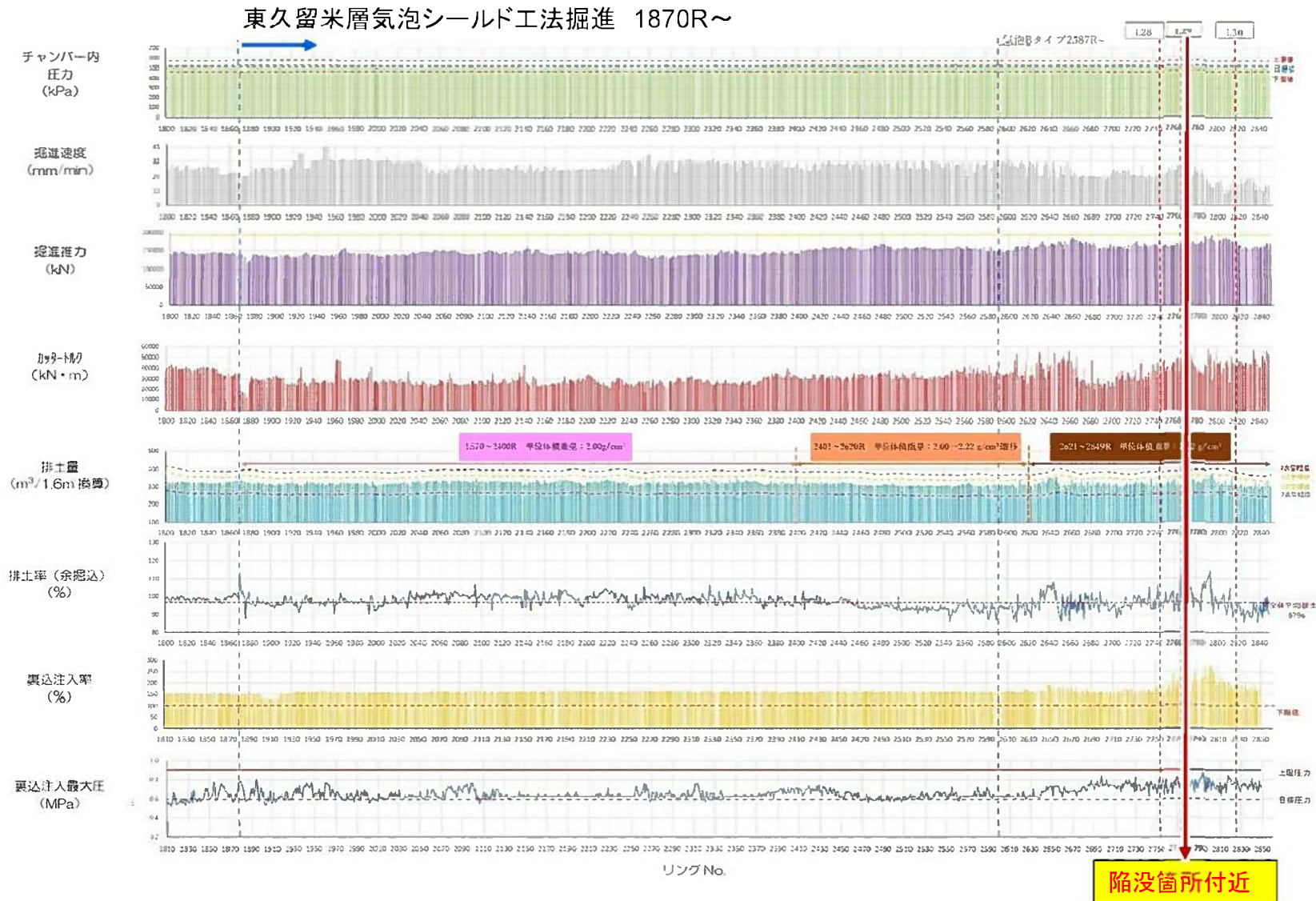
③施工データ[シールドマシン掘進方法]

- ・カッターヘッドから土を削り取り、チャンバーという空間に取り込みます。そこで、気泡材と混合して塑性流動性のある土でチャンバー内を充満し土の崩壊を防ぎながら掘進作業を行います。



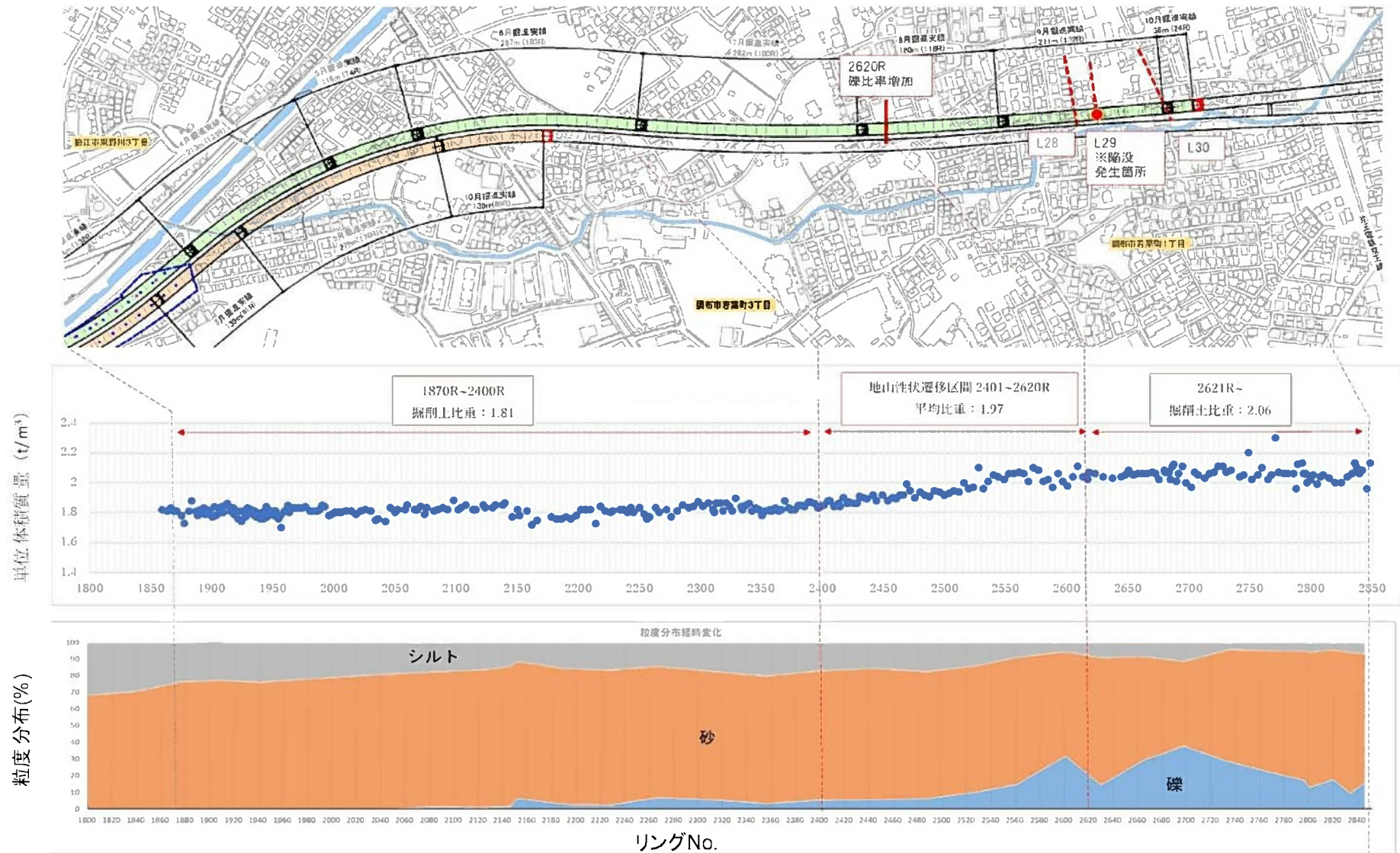
③施工データ[シールド掘進データ]

- ・全区間を通して概ね管理値以内で施工していますが、陥没箇所付近では排土量が多くなっている箇所が見られます。



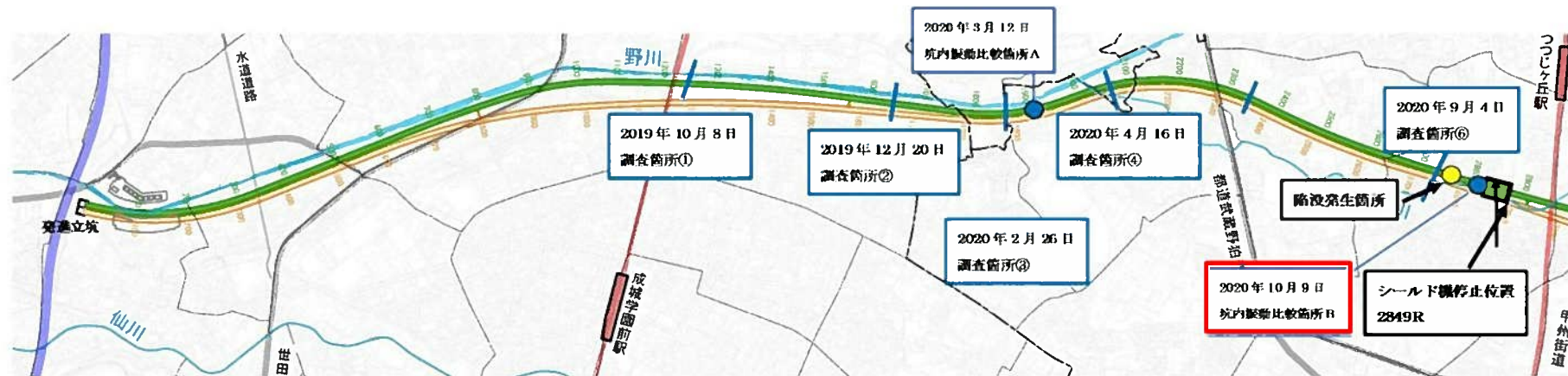
③施工データ[掘進区間の地盤]

- 掘進に伴いシルト分が減り、礫分が増加しています。



③施工データ[振動計測結果]

- ・陥没箇所周辺はシールド掘進の振動が地上に伝達しやすい地盤であったと考えられます。



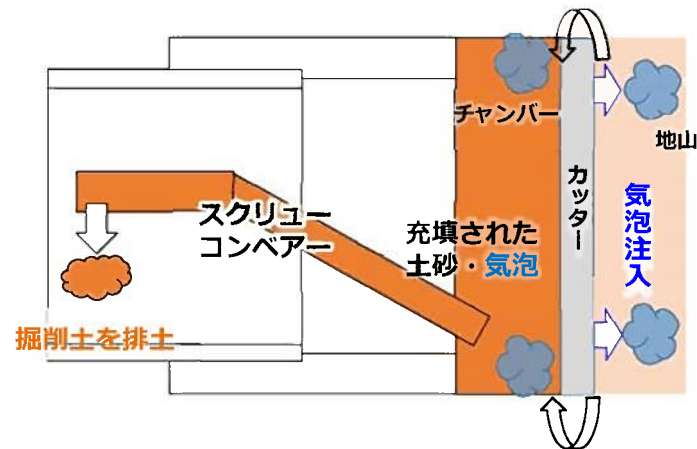
調査箇所	シールド機 先端からの 平面距離	調査日	調査時間	振動レベルL10(dB)	
				停止中最大	掘進中最大
①	掘進方向より左約50m	2019年 10/8(火)	18:00~23:00	27	43
	直上付近			28	41
	掘進方向より右約70m			24	31
②	掘進方向より左約50m	2019年 12/20(金)	18:00~23:00	29	37
	直上付近			24	37
	掘進方向より右約85m			26	33
③	掘進方向より左約100m	2020年 2/26(水)	15:00~23:00	26	40
	直上付近			25	45
	掘進方向より右約85m			27	49
A	地上	2020年 3/12(木)	9:00~20:00	24	39
	坑内			18	57

調査箇所	シールド機 先端からの 平面距離	調査日	調査時間	振動レベルL10(dB)	
				停止中最大	掘進中最大
④	掘進方向より左約55m	2020年 4/16(木)	13:00~23:00	37	45
	直上付近			25	42
	掘進方向より右約85m			22	36
⑤	掘進方向より左約80m	2020年 6/23(火)	13:00~23:00	25	39
	直上付近			30	47
	掘進方向より右約95m			25	38
⑥	掘進方向より左約70m	2020年 9/4(金)	13:00~21:00	41	44
	直上付近			31	46
	掘進方向より右約85m			24	36
B	地上	2020年 10/9(金)	9:00~20:00	29	52
	坑内			17	55

③施工データ[カッターヘッド回転不能事象の発生]

①昼間（通常掘進中）

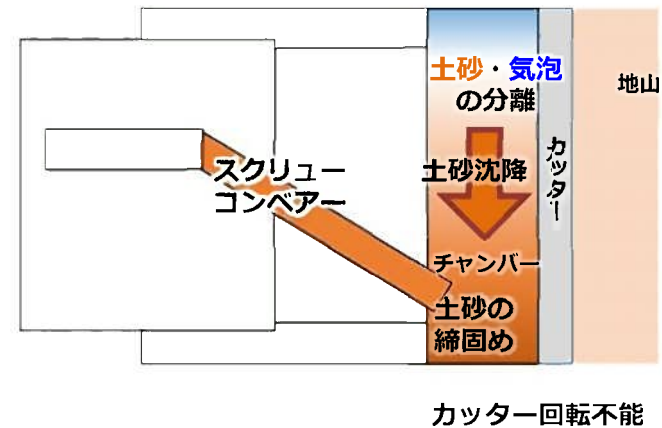
- チャンバー内土圧と地山からの圧力が均一に均衡が取れている状態



②夜間 休止

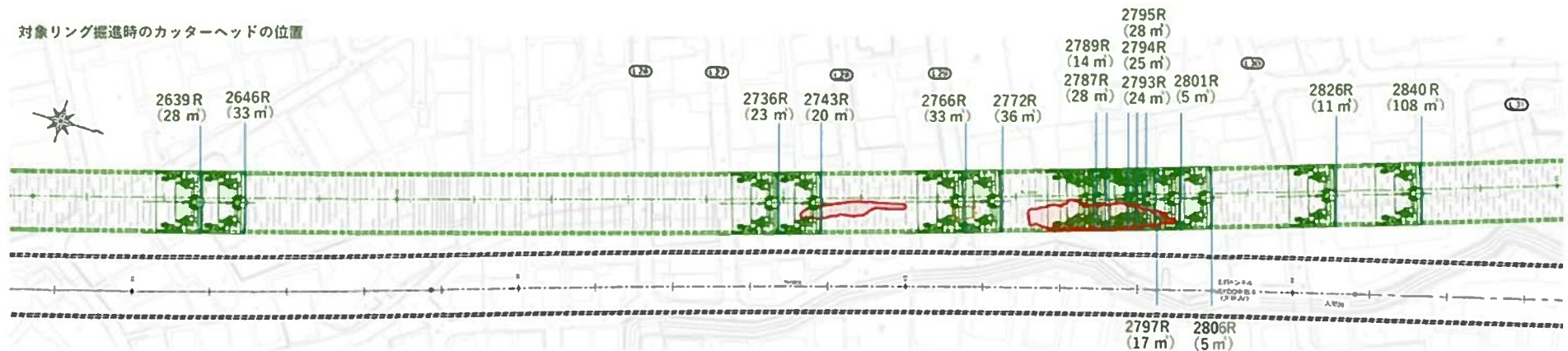
③翌朝（掘進休止後）

- チャンバー内の土砂・気泡が分離、土砂沈降および締固まりが発生
⇒カッター回転が不能に



カッター回転不能事象発生箇所

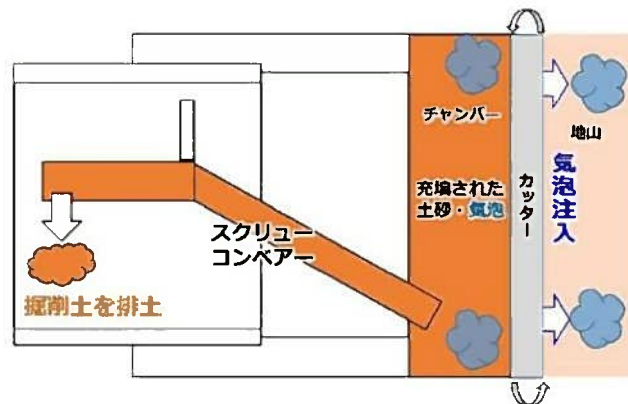
対象リング掘進時のカッターヘッドの位置



③施工データ[カッターヘッド回転不能に至る現象と解除作業手順]

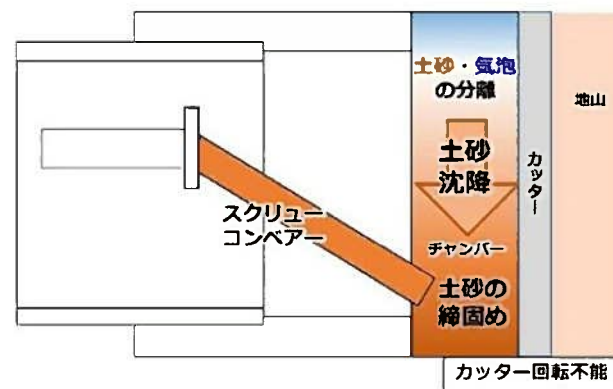
①昼間（掘進中）

- チャンバー内土圧と地山からの圧力の均衡が取れている状態



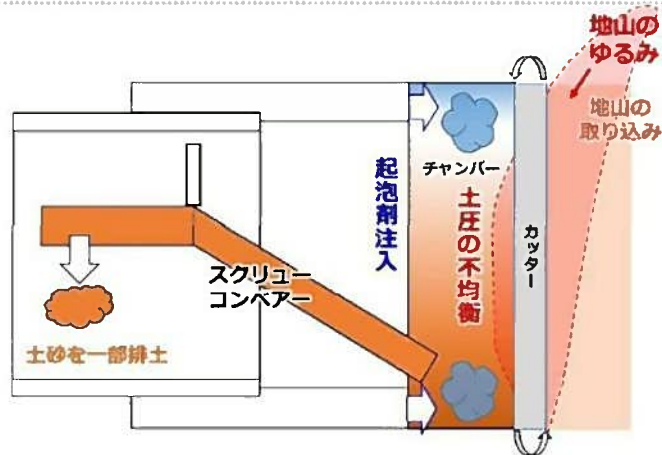
③翌朝（掘進休止後）

- チャンバー内の土砂・気泡が分離、土砂沈降及び締固まりが発生
⇒ カッター回転が不能に



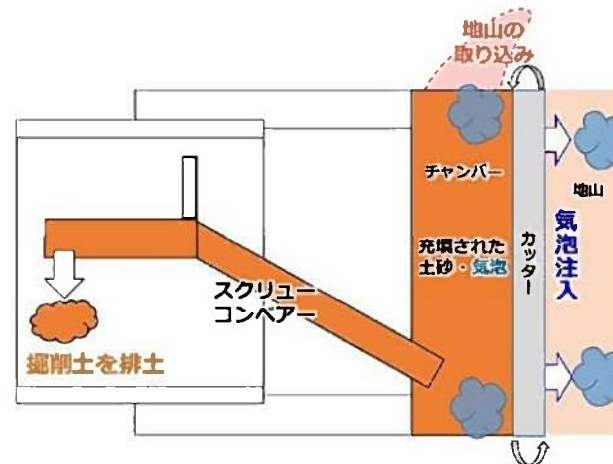
④復旧作業

- (1) チャンバー内の土砂の一部を取り込み
- (2) 圧力低下防止のため、起泡剤を注入
⇒ この際、均衡が取れず、地山の一部流入の可能性



⑤復旧作業完了（再掘進）

- カッター回転が可能となり、地山の取り込みの影響を残しつつ、掘進を再開



③施工データ[シールド施工時の土砂噴発等による影響について]

施工時から現時点におけるセグメントの損傷や変状は発生していません。

＜参考＞トンネル掘進状況について

トンネル坑内の状況(11月4日9時頃撮影)

掘進を行った区間のトンネル坑内にセグメントのひび割れ・漏水などは発生していないことを確認した。



写真1 坑内状況写真(マシン上部)



写真2 坑内状況写真(マシン下部)



写真3 坑内状況写真(空洞発見箇所付近右側)



写真4 坑内状況写真(空洞発見箇所付近左側)



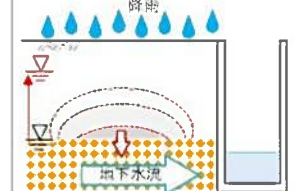
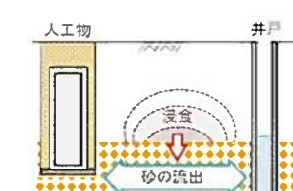
写真5 坑内状況写真(空洞発見箇所付近セグメント状態)

③施工データ[まとめ]

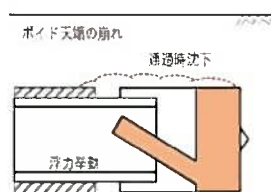
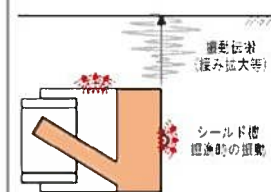
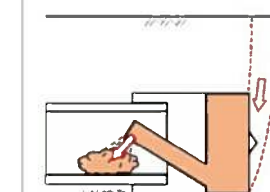
- ・夜間掘進休止時間に生じた閉塞を解除するために、沈降した砂礫を排土しながら起泡溶液を注入する等の特別な作業が陥没・空洞箇所周辺で行われており、その過程で切羽の緩みを生じさせ、煙突状に上方に拡大した可能性があることを確認しました。
- ・気泡の地山への逸失が生じていた可能性が考えられ、その場合、排土体積評価に影響があることを確認しました。
- ・シールド推進により生じるボイドが、地山探査装置で確認できない事象が発生していたものの、裏込め注入量や注入圧は管理値に適合していることを確認しました。
- ・空気の上昇により、掘削断面上部の緩みの進展が助長される可能性はありますが、上昇する空気の圧力は体積膨張とともに減圧されるため、一般には土粒子に与える影響は小さいと考えられることを確認しました。
- ・トンネル施工に伴う振動は55dB程度であり、振動エネルギーは地震動と比較して極めて小さいことを確認しました。また、特殊な地盤条件により施工部の振動が地上部に届きやすいことを確認しました。
- ・セグメントの損傷等の変状、シールド機スクリーコンベアからの土砂噴発やテールからの土砂噴出は生じていないことを確認しました。

④ 陥没・空洞の要因分析（中間報告）

④陥没・空洞の要因分析(中間報告)

Ⅰ. 掘削前の表層地盤の状況		
想定されるメカニズム①	想定されるメカニズム②	想定されるメカニズム③
 地下埋設物からの漏出・吸い込み ・下水道接続部等の漏水 ・下水道接続部等の吸い込み	 地下水流、地下水変動、大雨による浸食 ・自然浅層地下水による浸食	 人工物の存在による影響や人工物の埋戻し部の浸食 ・井戸、排水溝、地下放水路等の人工物による影響 ・過去に存在した構造物の埋戻し砂の流出
陥没・空洞の要因である可能性は低い。	あらかじめ空洞が形成された可能性について、更に調査する必要がある。	あらかじめ空洞形成されていたこととの因果関係は、現時点では特定できなかった。

Ⅱ. シールド施工の影響
想定されるメカニズム④
 閉塞及び閉塞解除作業の影響 ・夜間休止時間において、細粒分が極めて少なく、かつ礫が卓越する特殊な地盤における掘削土の塑性流動性・止水性が低下し、土砂分離・沈降が生じるなどにより、掘進再開時にカッターが回転不能となる事象（閉塞）が発生 ・閉塞を解除するため、沈降した砂礫を排土しながら気泡を注入する等の特別な作業を行ったことにより切羽のゆるみを生じさせ、単一の砂層が掘削断面上部に厚く堆積する特殊な地盤において煙突状にゆるみ領域が上方に拡大 陥没・空洞の要因となった可能性がある。

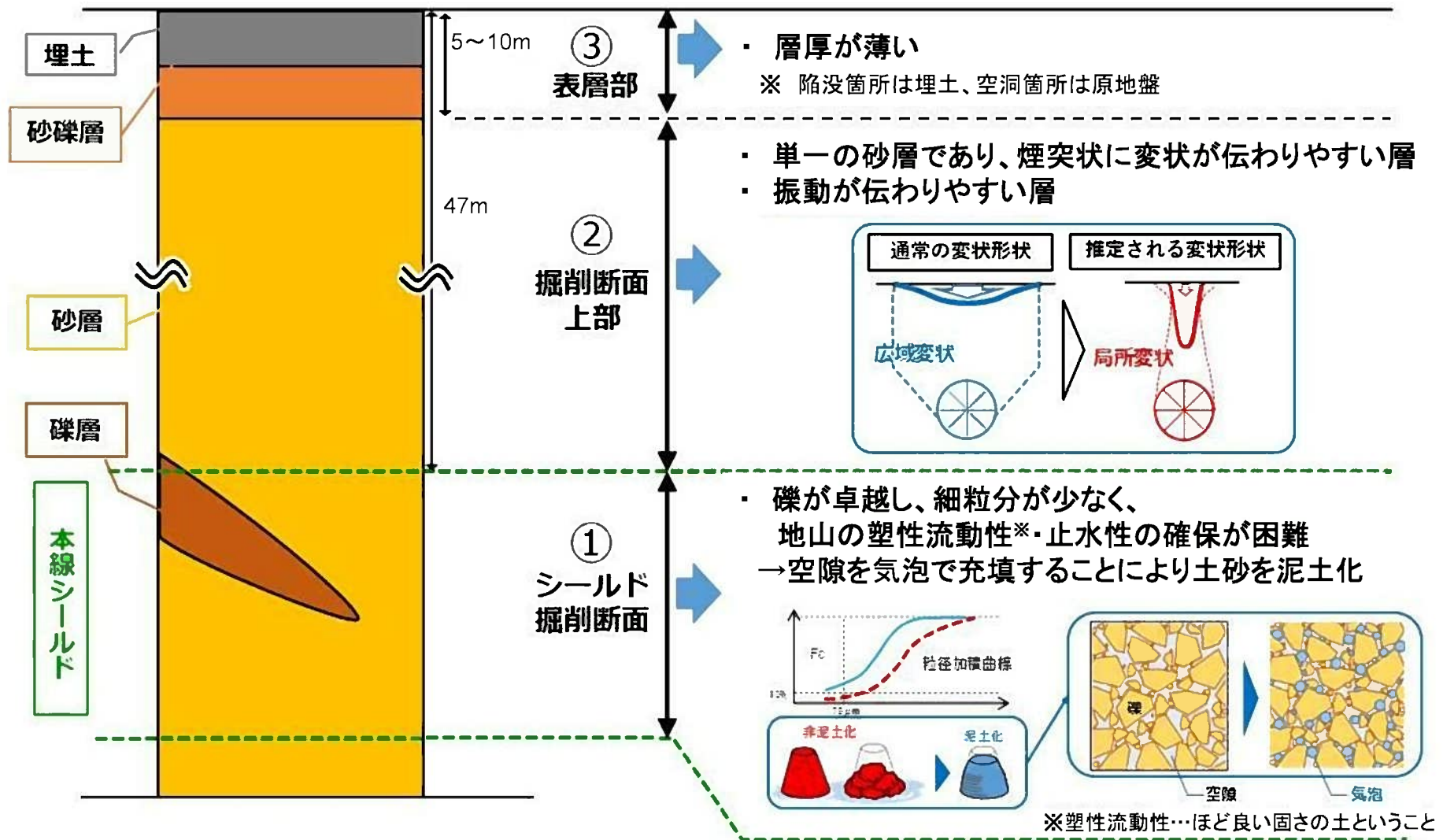
Ⅱ. シールド施工の影響				
想定されるメカニズム⑤	想定されるメカニズム⑥	想定されるメカニズム⑦	想定されるメカニズム⑧	想定されるメカニズム⑨
 掘進時の影響 ・チャンバー内の塑性流動性の不足による天端や切羽土圧の不安定化 ・掘削土砂の過大な取込み	 掘進後のボイドによる影響 ・ボイド天端の崩れ	 空気のかの上昇による影響 ・気泡に用いる空気の影響な浮力上昇 ・空気の上昇による緩み拡大	 トンネル掘削の振動による締固め・局所的な液状化による影響 ・カッター付近の振動による締固め・局所的液状化	 シールド施工時の土砂噴発等による影響 ・シールド機テール・スクリーコンベアからの出水による土砂噴発 ・セグメント継手面からの出水 ・セグメントの損傷
陥没・空洞の要因となった可能性について、更に検証する必要がある。	陥没・空洞の要因である可能性は低い。	陥没・空洞の要因である可能性は低い。	陥没・空洞の要因である可能性は低い。	陥没・空洞の要因ではない。

④陥没・空洞の要因分析(中間報告)〔総括〕

- ここまで、陥没・空洞事象について、想定される要因を列挙し、調査結果や施工データを用いて分析を行ってきました。
- 陥没・空洞事象は、年月をかけて形成された地下空洞があらかじめあった可能性は否定できないものの、陥没・空洞の下部がトンネル方向に局所的に引き込まれている現象がボーリング調査によって確認されていることから、特殊な地盤条件下において行われたシールドトンネルの施工が、陥没地点を含む空洞の要因の一つである可能性が高いと推定されます。
- 現時点では、シールドトンネルの施工が陥没・空洞が形成の要因となったメカニズムの特定には至っていないため、引き続き残る現地調査やそれらも踏まえた検証を早期に行い、メカニズムを特定する必要があります。

④陥没・空洞の要因分析(中間報告) [陥没箇所周辺の特殊な地盤条件]

- 陥没箇所周辺は、①制御が難しいシールド掘削断面、②変状が伝わりやすい掘削断面上部、③層厚が薄い表層が重なった特殊な地盤
⇒ 本線シールド工事による変状が、局所的に地表面へ伝搬したと推察



3. 補償について

家屋等の補償について

- 陥没・空洞が形成された具体のメカニズムの特定には至っていないものの、東京外かく環状道路の本線トンネル工事の施工が、陥没・空洞の要因の一つであることが分かったため、家屋損傷をはじめとする被害に対しては、事業者として誠意をもって対応させていただきます。
- まず、個別に事情をお聞きして、具体的な被害、損害の内容など詳細を確認させて頂いた上で、個別に対応して参ります。
- なお、日常生活に支障をきたすような損害の場合は、応急措置をさせていただきます。

家屋中間調査について

- 現在、陥没箇所周辺にお住まいの方を対象に、建物等の損傷状況の確認を希望される方には家屋中間調査を実施しております。
- 調査を希望される方は、『回答書』、『調査申出書』を令和3年1月31日迄に同封の返信用封筒にてご返信下さい。
- なお、『調査申出書』を提出されましたら、家屋中間調査を実施し、調査が終了し報告書が完成した段階で、その内容をご報告させていただきます。

専用フリーダイヤル及び相談窓口の開設について

陥没・空洞箇所周辺にお住まいの方を対象とした、家屋損傷をはじめとする被害に関する補償のご相談をお受けする『専用フリーダイヤル』及び『相談窓口』を開設します。

専用フリーダイヤル

0 8 0 0 － 1 7 0 － 6 1 8 6

（受付時間：平日 9：00～17：30）

相談窓口（準備中）

- ・ 相談窓口は、定期的に開設する予定です。
- ・ 開設場所等の準備が整い次第、改めてお知らせいたします。

4. 緊急時の対応の見直し

緊急時の対応の見直し

- H30年7月に地域の皆様にお配りしております「トンネル工事の安全・安心確保の取組み」について、今回の陥没・空洞の事象を踏まえて、「2020年12月暫定版」として一部改訂を行います。



【安心確保の取組みの考え方】

- ① 調査等において、陥没や陥没につながる恐れがある空洞（以下、「陥没等」）が発見された時も「緊急時」とします。
- ② 緊急時には事象について、速やかに公表するとともに、陥没等の状況に応じた範囲に周知します。
- ③ また、陥没等が発見された場合は、重点監視を行うなど、変状の変化に速やかに対応できる体制を整えます。

- また、今回の陥没・空洞の形成の具体のメカニズムの特定後には、必要な改善を図っていきます。

5. その他

現在の取り組み

- 周辺の地表面を24時間体制で重点監視を実施しています。
監視員は『腕章』を付けています。
お気付きの点などがありましたら、お声掛け下さい。



※徒歩にて近接目視で地表面の状況を確認しています。

お問合せ先

お問合せ内容	お問合せ先
現場でお気づきの点 があった場合	東名発進 本線トンネル東名北工事担当 TEL 03-6411-8723 (24時間ダイヤル) 鹿島建設(株)・前田建設工業(株)・三井住友建設(株)・鉄建建設(株)・西武建設(株)JV
陥没事象に関する疑問やご相談等	 東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所 TEL 0120-861-305 (フリーコール: 平日9:00~17:30)