

2021/2/14.15

## 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結果と補償の方針について

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. 調査結果
3. 陥没・空洞の推定メカニズム
4. 地盤の緩みの状況および補修について
5. 補償の方針について
6. 再発防止対策の基本方針
7. その他

# 1. これまでの経緯等

# 1. これまでの経緯等

## ■これまでの経緯

2020年

- 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
- 12月20、21日 地表面陥没事象の調査状況の説明会を開催

# 1. これまでの経緯等

## ■これまでの経緯

2021年

1月 8日

相談窓口の開始

《会場:調布市つつじヶ丘児童館ホール》

1月8日(金)、14日(木)、23日(土)、28日(木)

2月4日(木)

《会場:金子地域福祉センター》

2月8日(月)

1月14日

陥没箇所から約120m北にて、地表から深さ約16mの位置に、幅約4m×長さ約10mの空洞③を確認

(1月22日充填作業完了)

2月12日

第6回 有識者委員会

(調査結果、地盤の特性、施工データ、陥没・空洞の推定メカニズム、地盤の緩みの状況および補修、再発防止対策の基本方針)

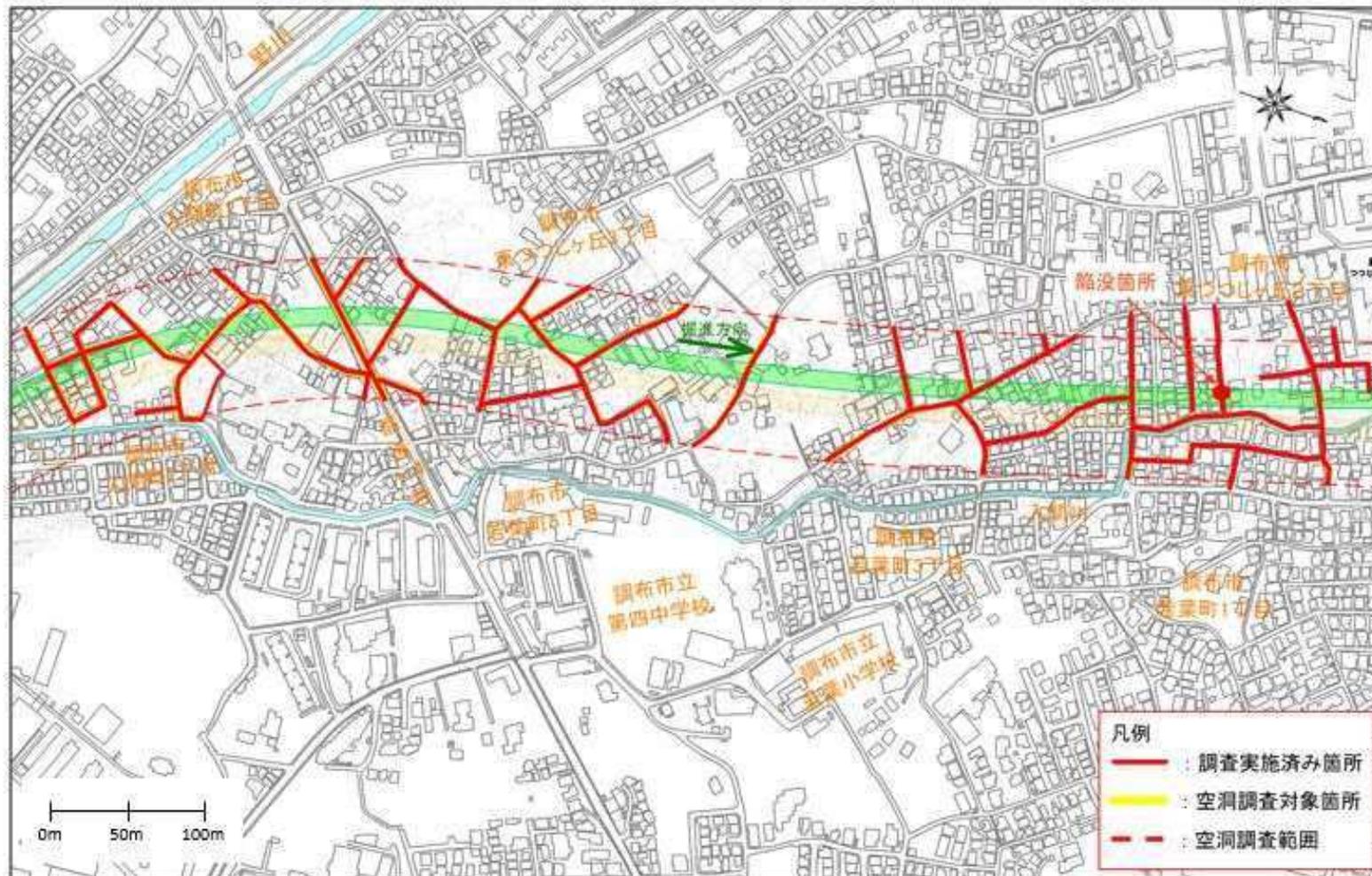
2月14、15日

本日の説明会

# 1. これまでの経緯等

地表面陥没に関する調査について

## ■路面空洞調査(調布市)

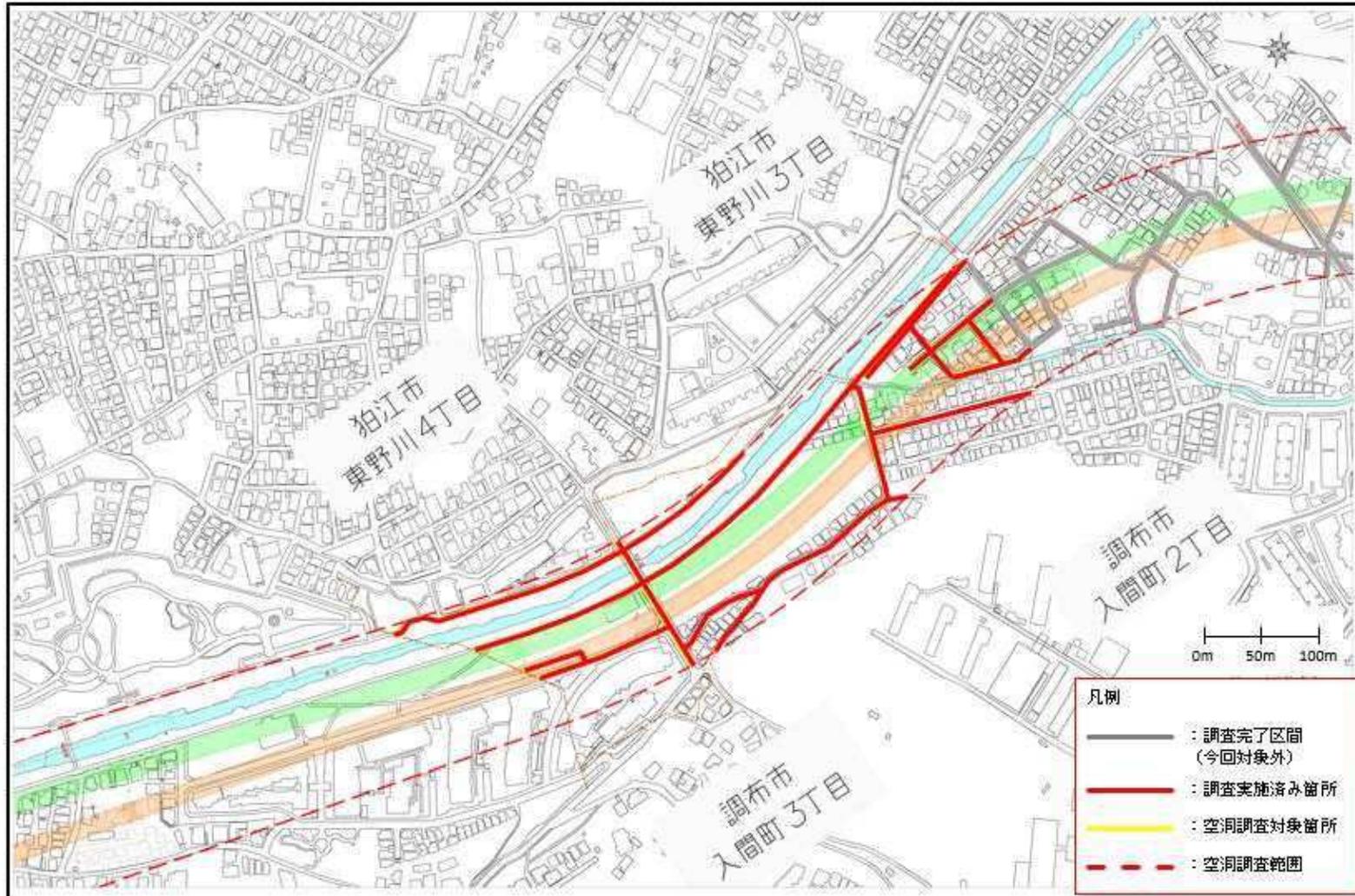


約4km 調査完了

# 1. これまでの経緯等

地表面陥没に関する調査について

■路面空洞調査(狛江市、調布市)

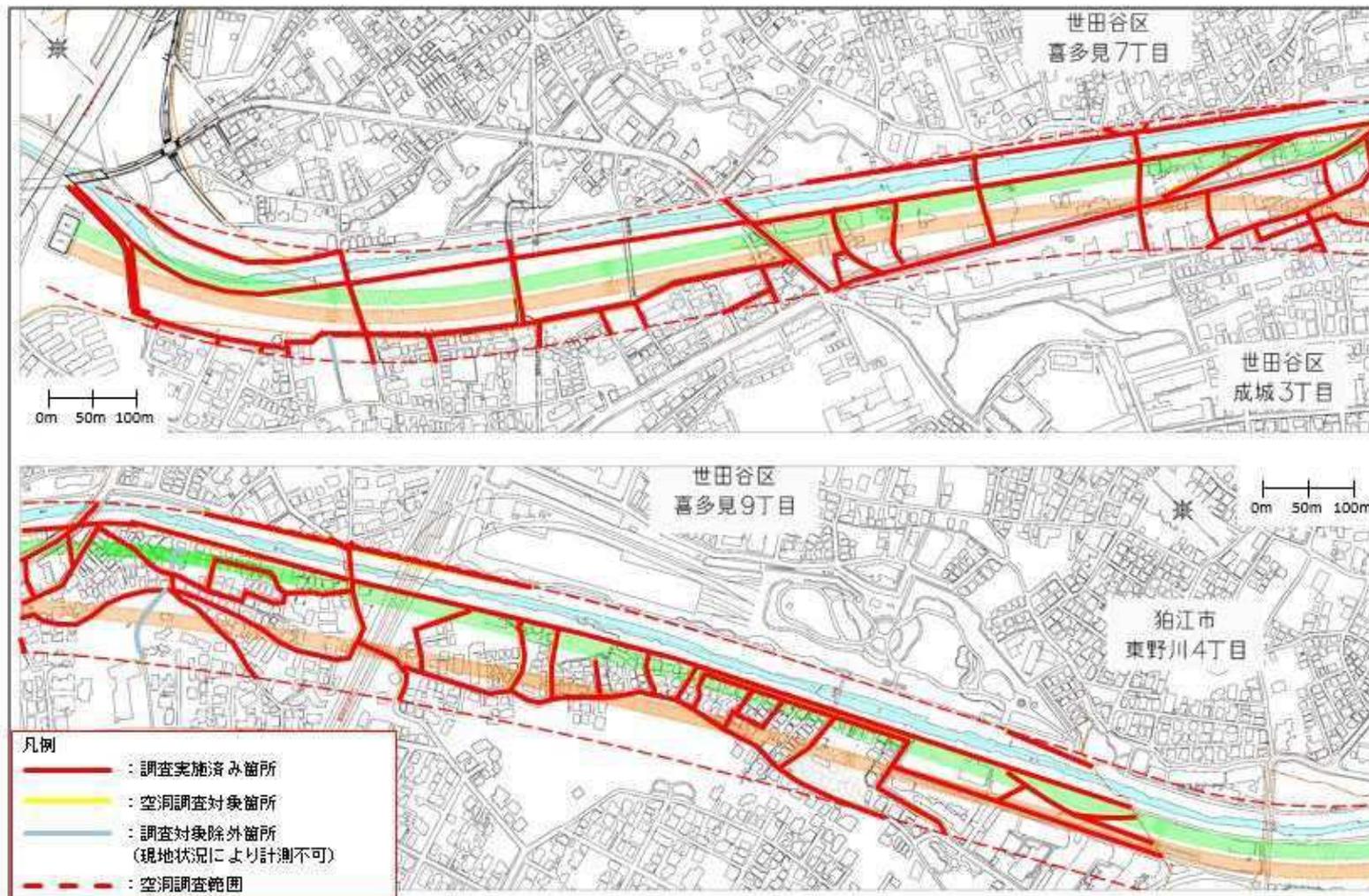


約3km 調査完了

# 1. これまでの経緯等

## 地表面陥没に関する調査について

### ■路面空洞調査(世田谷区)

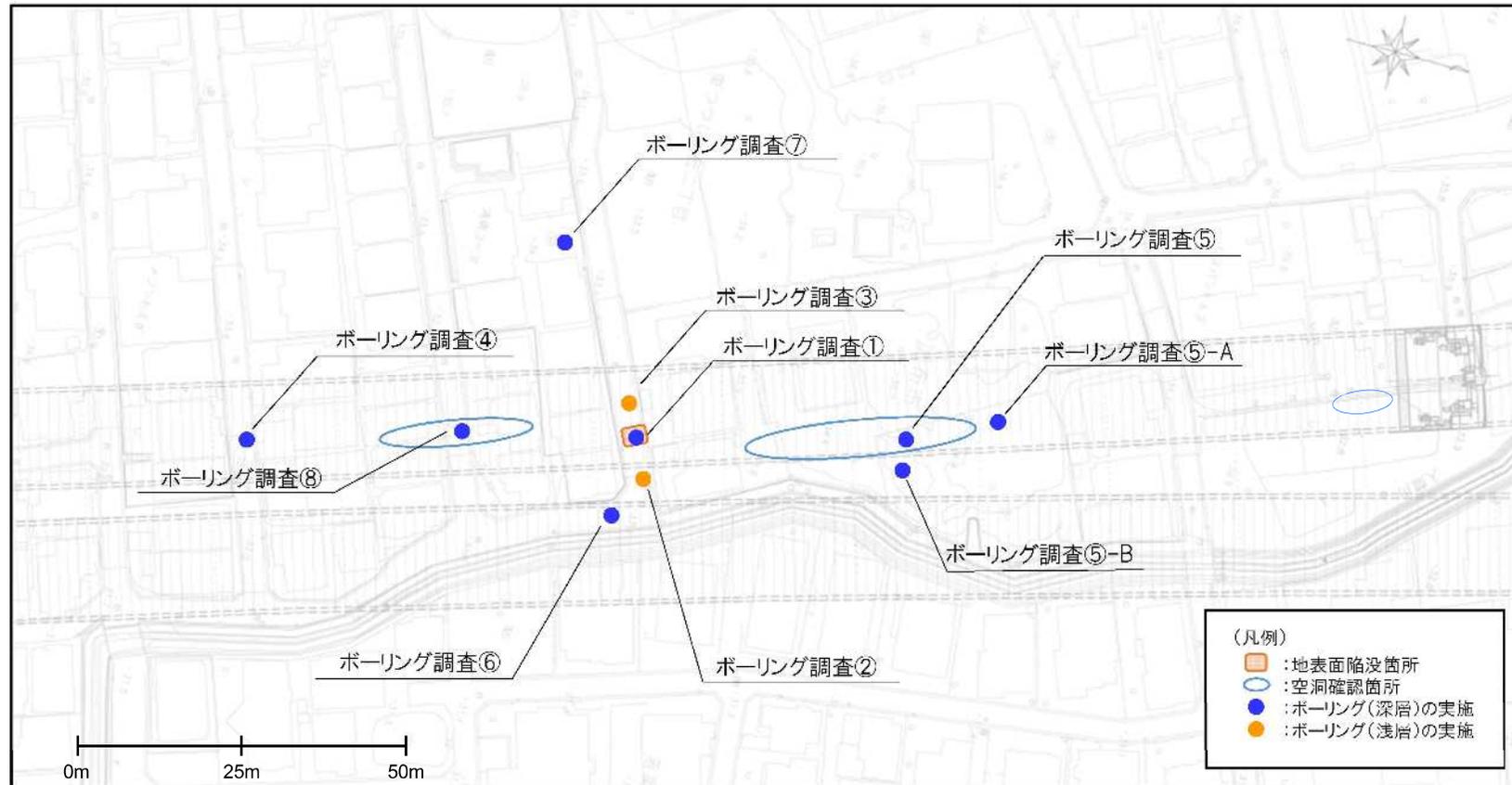


約13km 調査完了

# 1. これまでの経緯等

## 地表面陥没に関する調査について

### ■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。

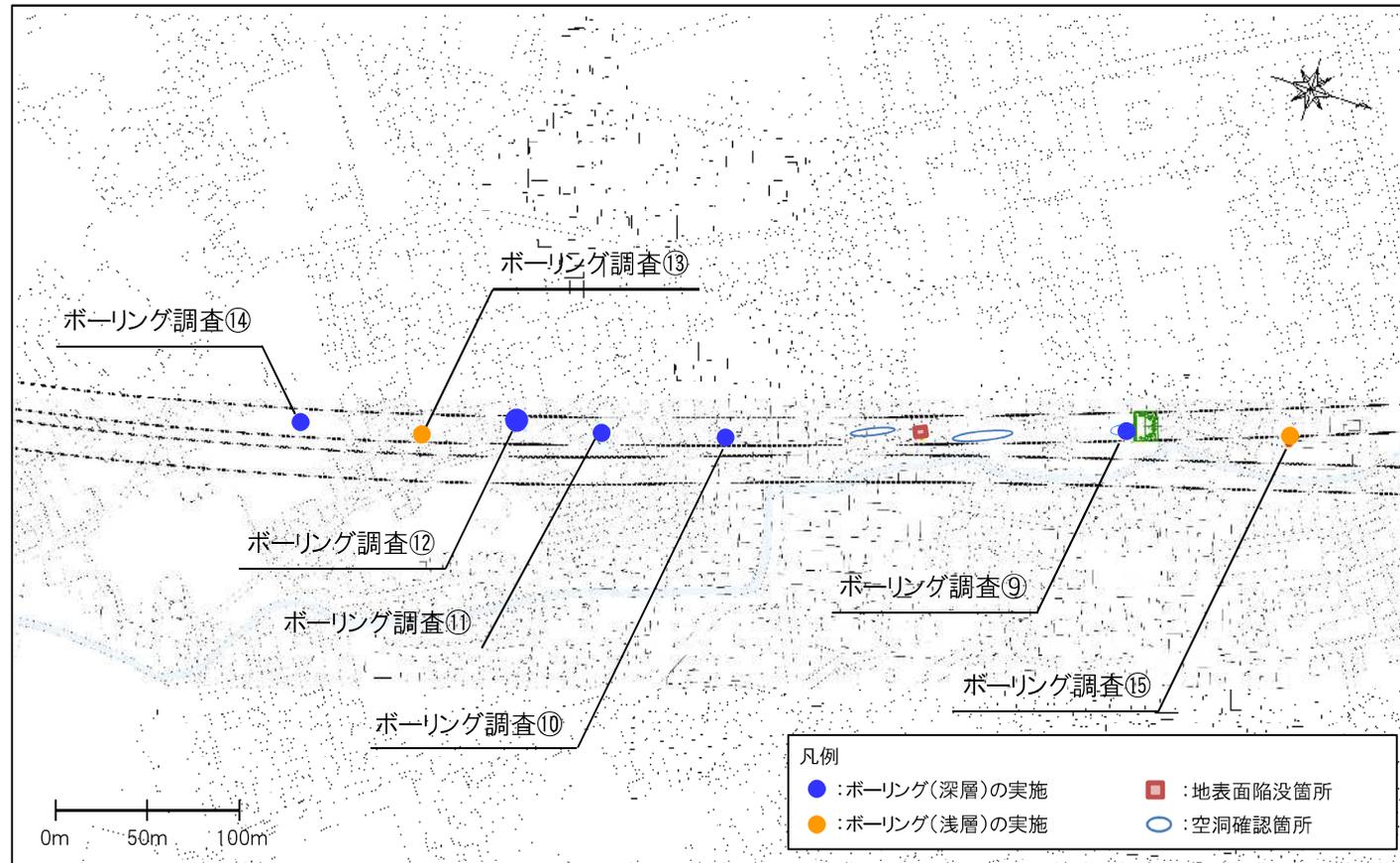
#### ・ボーリング調査

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)

# 1. これまでの経緯等

## 地表面陥没に関する調査について

■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)



### ・ボーリング調査

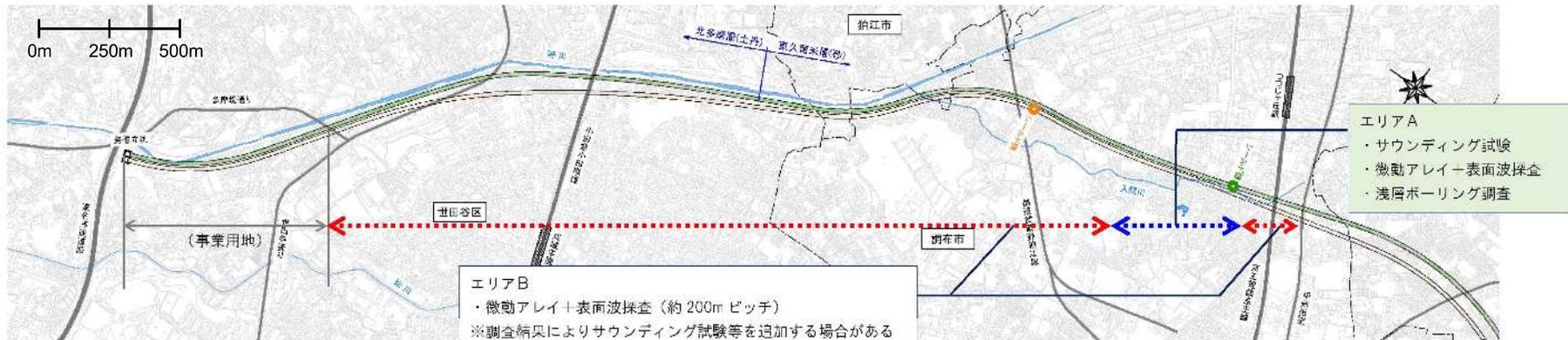
- ⑨ 45m(完了) ⑩ 47m(完了) ⑪ 51m(完了) ⑫ 50m(完了) ⑬ 12m(完了)  
⑭ 51m(完了) ⑮ 10m(完了)

# 1. これまでの経緯等

## 地表面陥没に関する調査について

### ■地盤状況および空洞の有無の調査(追加調査)(完了)

平面図



#### ・陥没箇所周辺と地質が類似している区間(エリアA)

- スクリーウエイト貫入試験
- 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

#### ・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)

### ■地下水状況の調査 (完了)

### ■埋設物の状況確認 (完了)

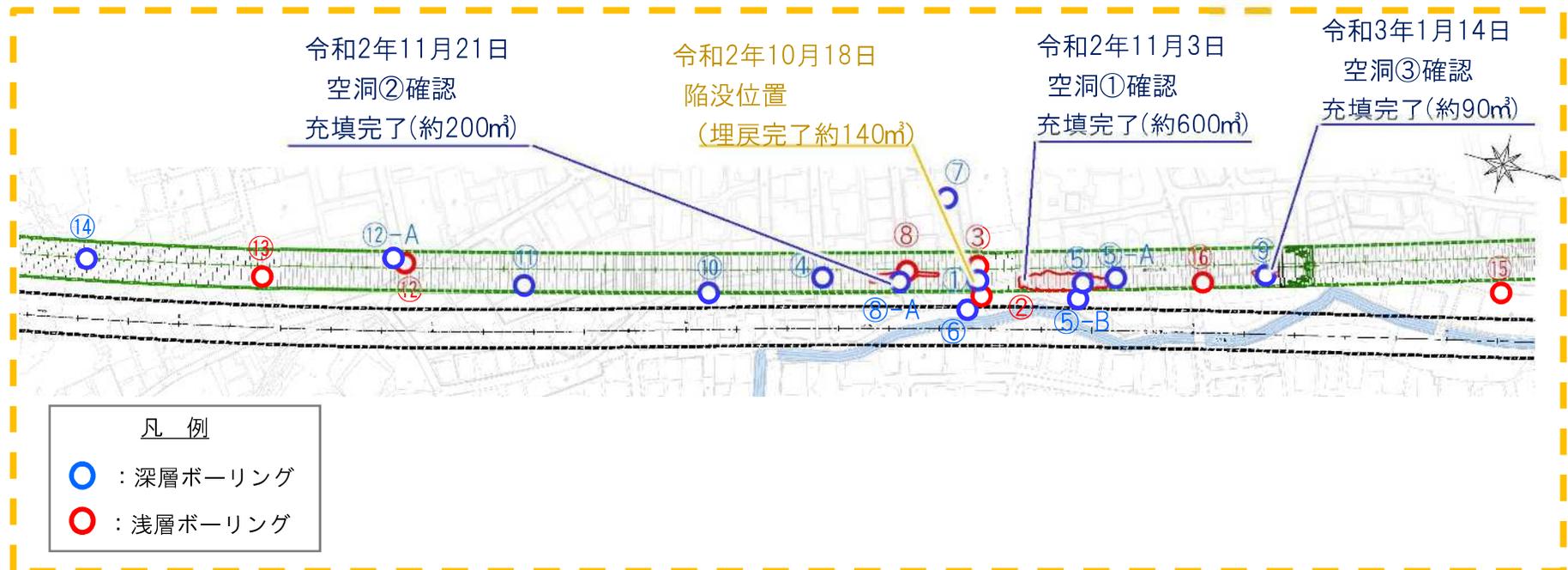
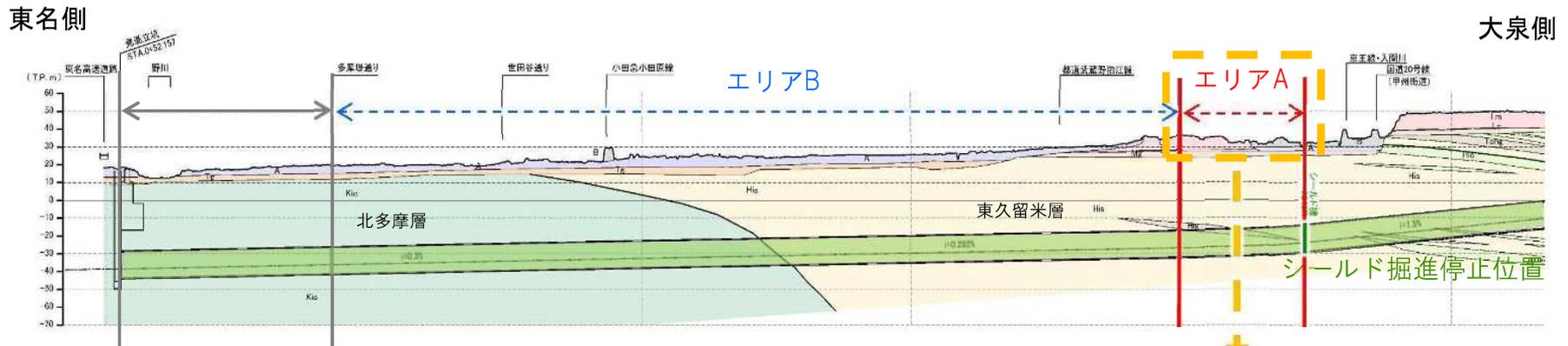
### ■地歴、文献、施工データの再確認 (完了)

### ■地表面の常時監視(GNSS測量) (継続)

## 2. 調査結果

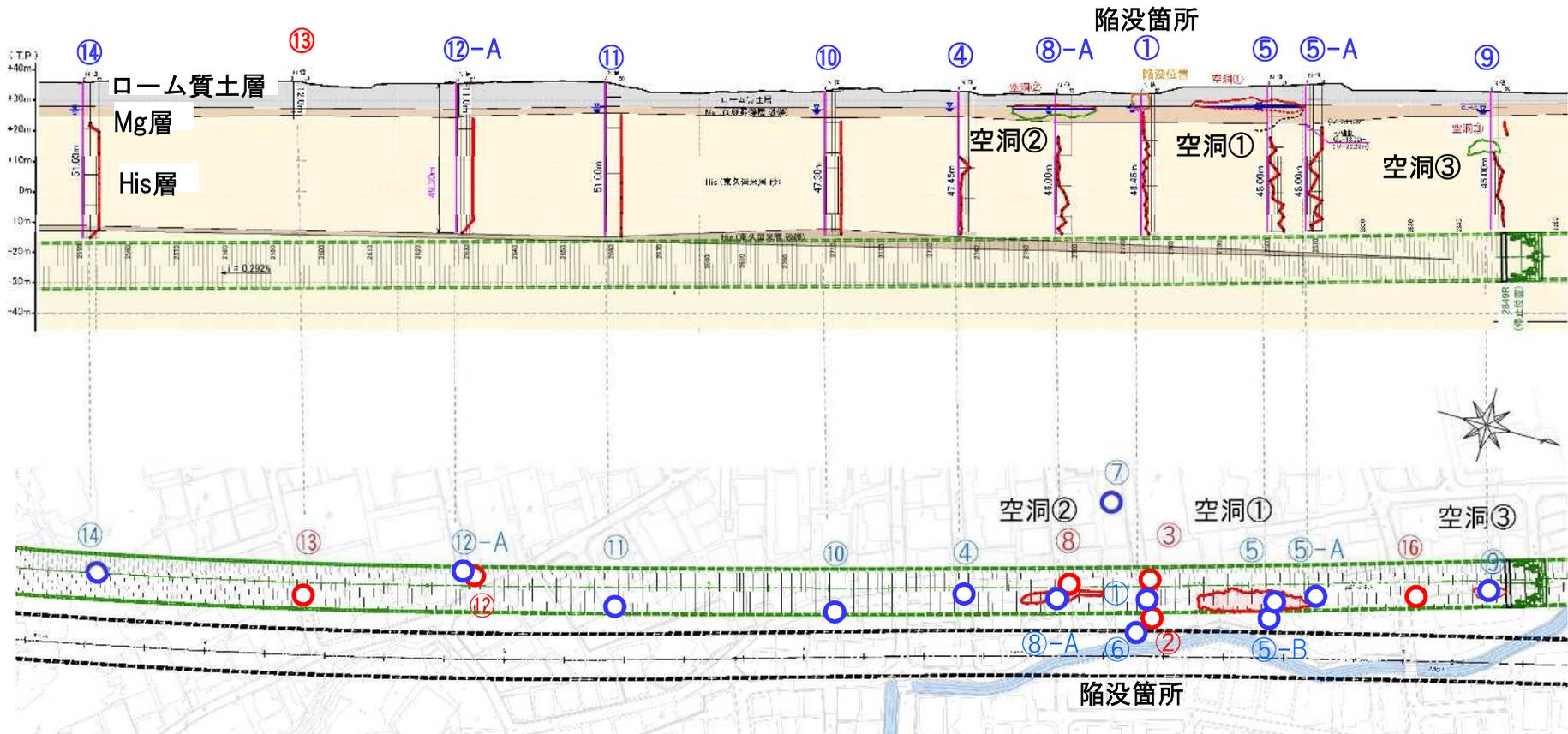
## 2. 調査結果 [地盤状況調査]

・陥没・空洞箇所周辺のボーリング調査について下図に示します。



## 2. 調査結果 [エリアA(縦断方向)]

- ・トンネル縦断方向について、ボーリング④～⑨までの区間において地盤の緩みが確認されました。
- ・ボーリング④～⑭においては、地盤の緩みは確認されていません。

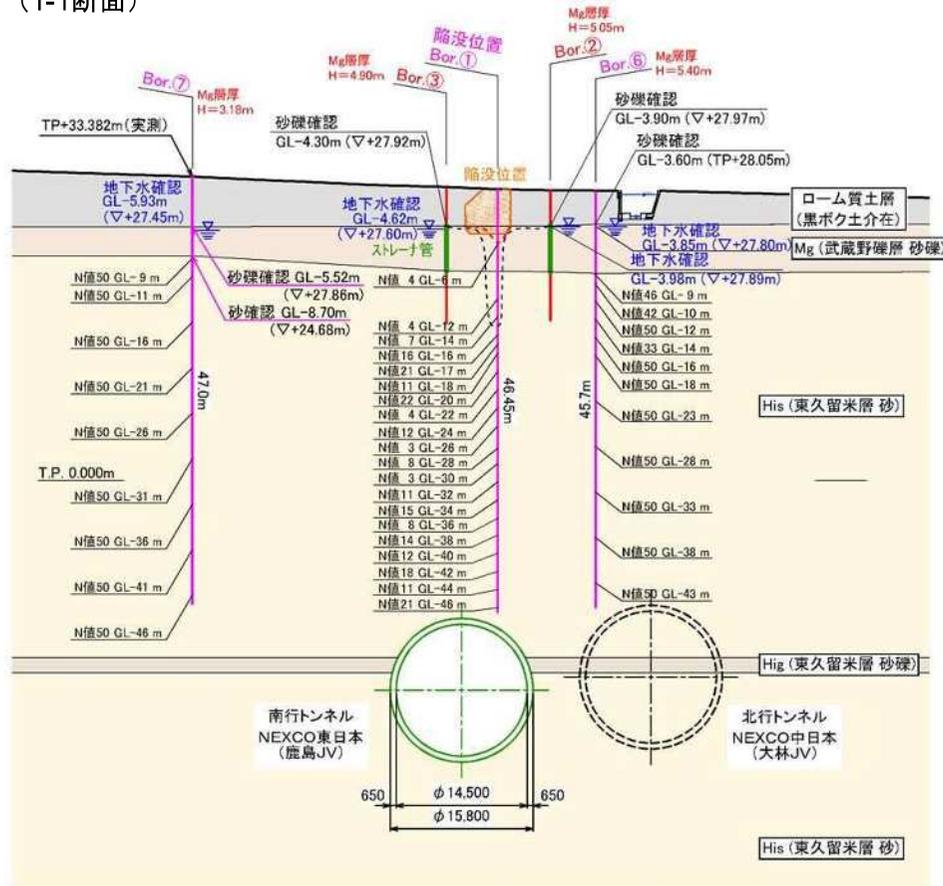


凡 例	
○ (Blue)	: 深層ボーリング
○ (Red)	: 浅層ボーリング

## 2. 調査結果 [陥没箇所(横断方向)]

- ・陥没箇所のボーリング①では、トンネル上部までの地盤の緩みを確認しました。
- ・トンネルから東側のボーリング⑥および西側のボーリング⑦では緩みがないことを確認しました。

(1-1断面)



凡例 (空洞・陥没箇所)

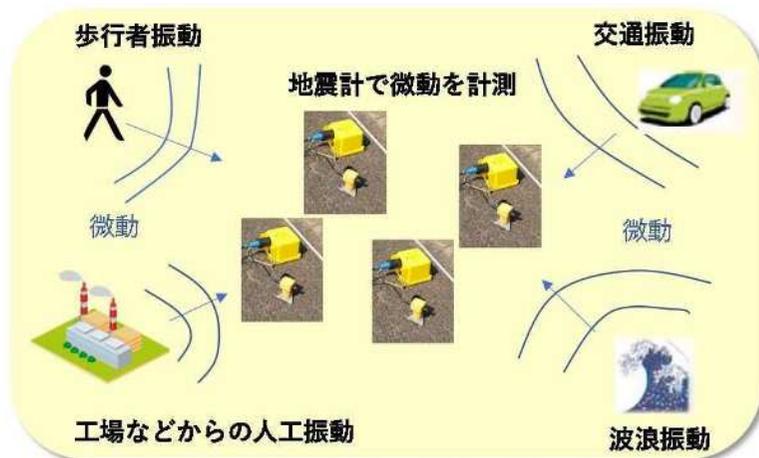
- (赤線): 空洞線 (3Dスキャナー)
- (緑線): 空洞線 (音響ソナー)
- - - (赤点線): 空洞下面線 (Borによる想定線)
- - - (黒点線): SWSでの挿入不可深度線
- - - (紫点線): 陥没部崩落土位置 (陥没部底面)



## 2. 調査結果 [物理探査について]

### 【微動アレイ調査】

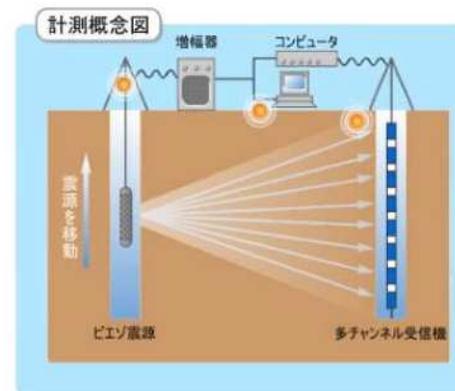
地表面から行う地盤の物理探査手法。地盤は微小な振動(人工振動・交通振動・海岸線に押し寄せせる波浪振動)などによって絶えず振動をしており、この微小な振動を測定・解析することにより地盤の状況を把握する。



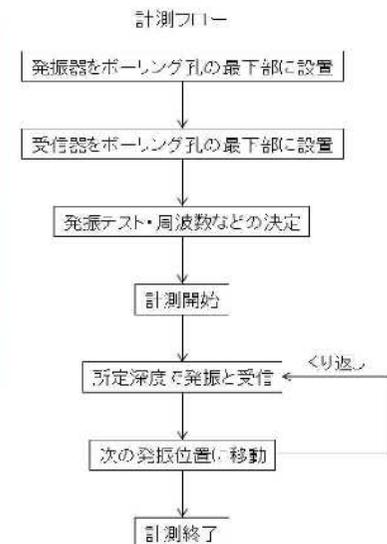
微動アレイ調査の概念(イメージ)

### 【音響トモグラフィ】

ボーリング孔に設置した発信器から周波数と振幅を制御した音波を発信し、地中を伝播してきた音波を受信器で受信し、地盤の状況を把握する。

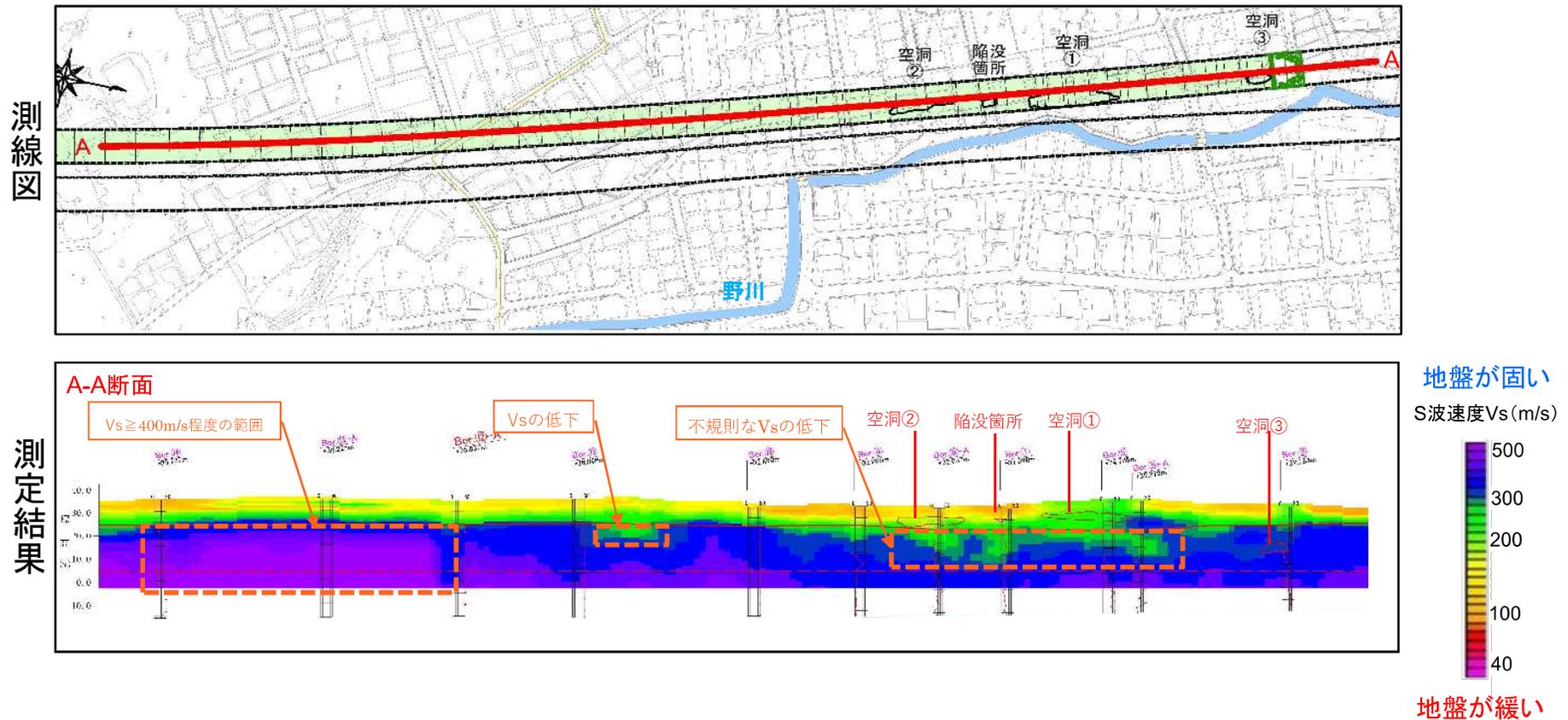


- 作業時間の目安 (深度30m~50m程度)
- 1測線 (断面) /日
- 2測線 (断面) /日 (2受信器同時使用)



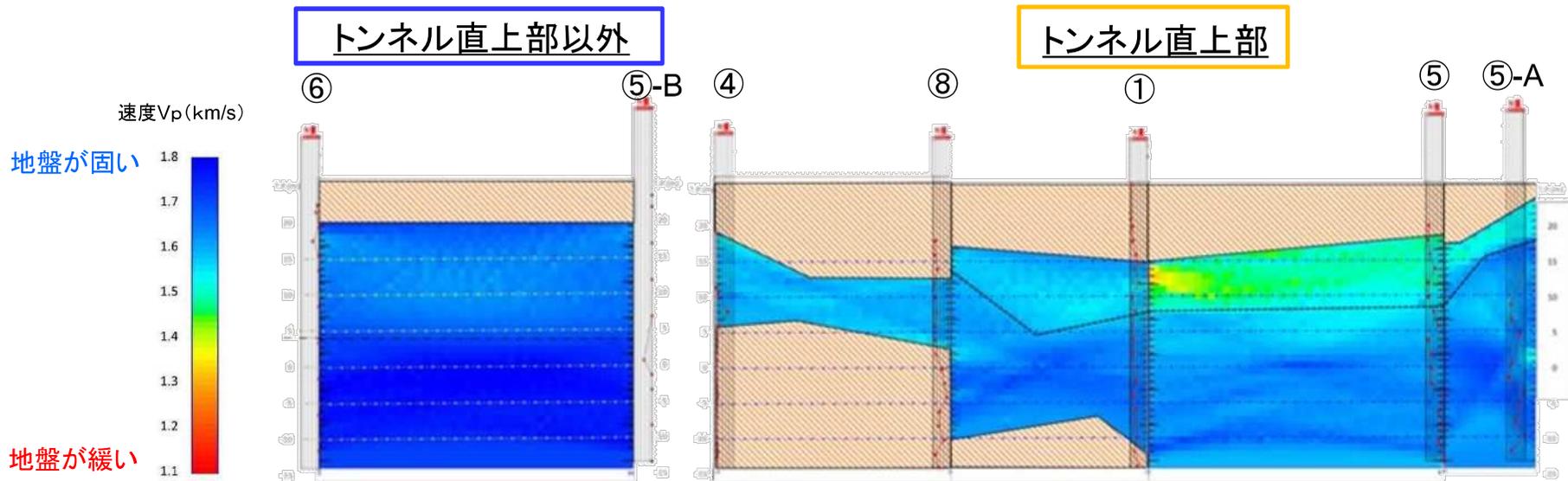
## 2. 調査結果 [微動アレイ調査結果(エリアA)]

- ・空洞②～空洞①において地盤が緩んでいる可能性を確認しました。



## 2. 調査結果 [音響トモグラフィ調査結果]

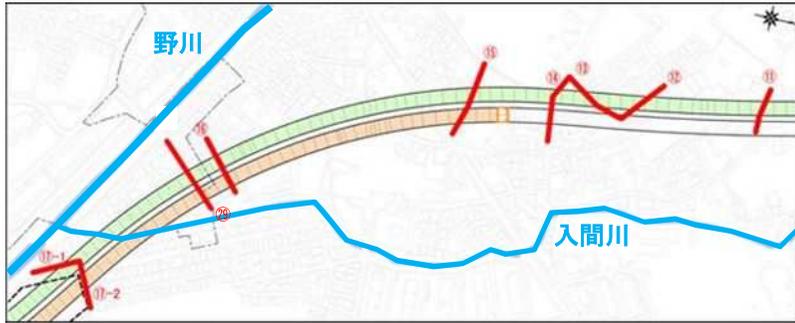
- トンネル直上部以外では地盤の緩みや空洞の存在は確認されませんでした。



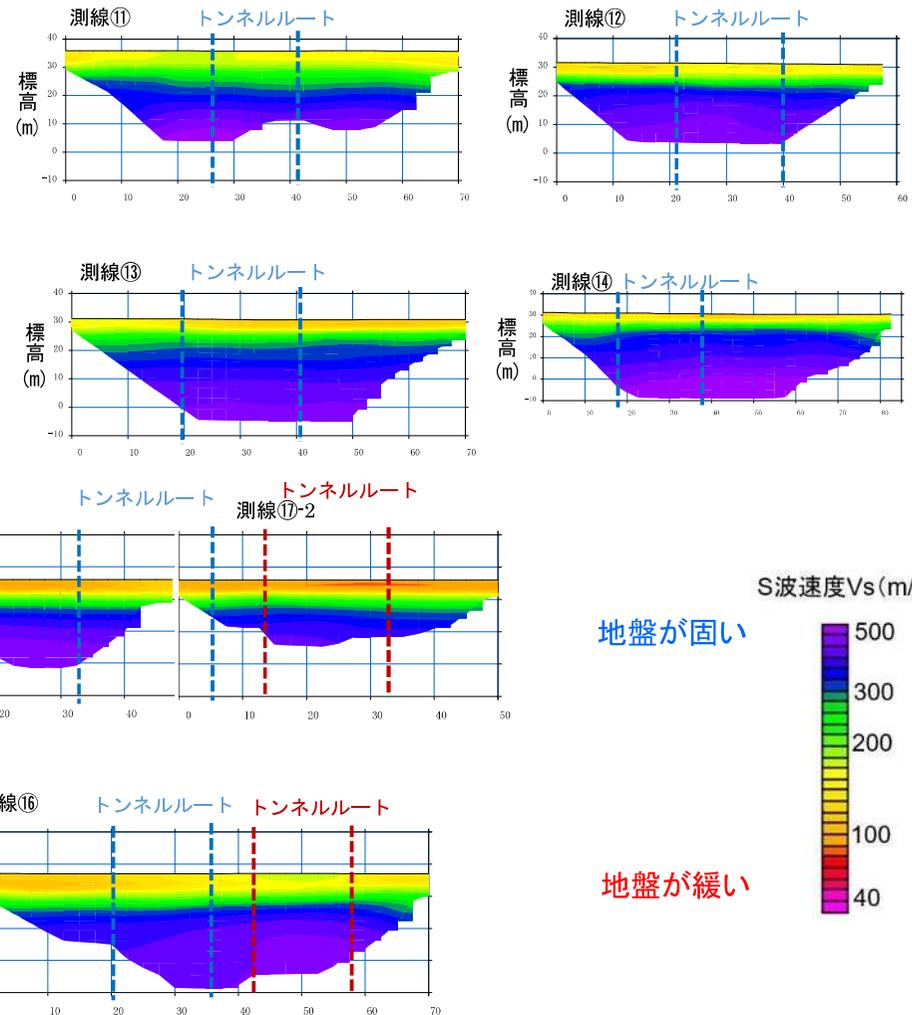
## 2. 調査結果 [微動アレイ調査結果(エリアB)]

- ・地盤の緩みが無いことを確認しました。(測線⑪～⑰-2、⑳)

測線図



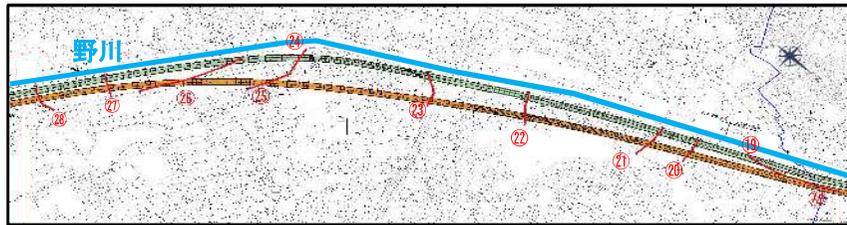
測定結果



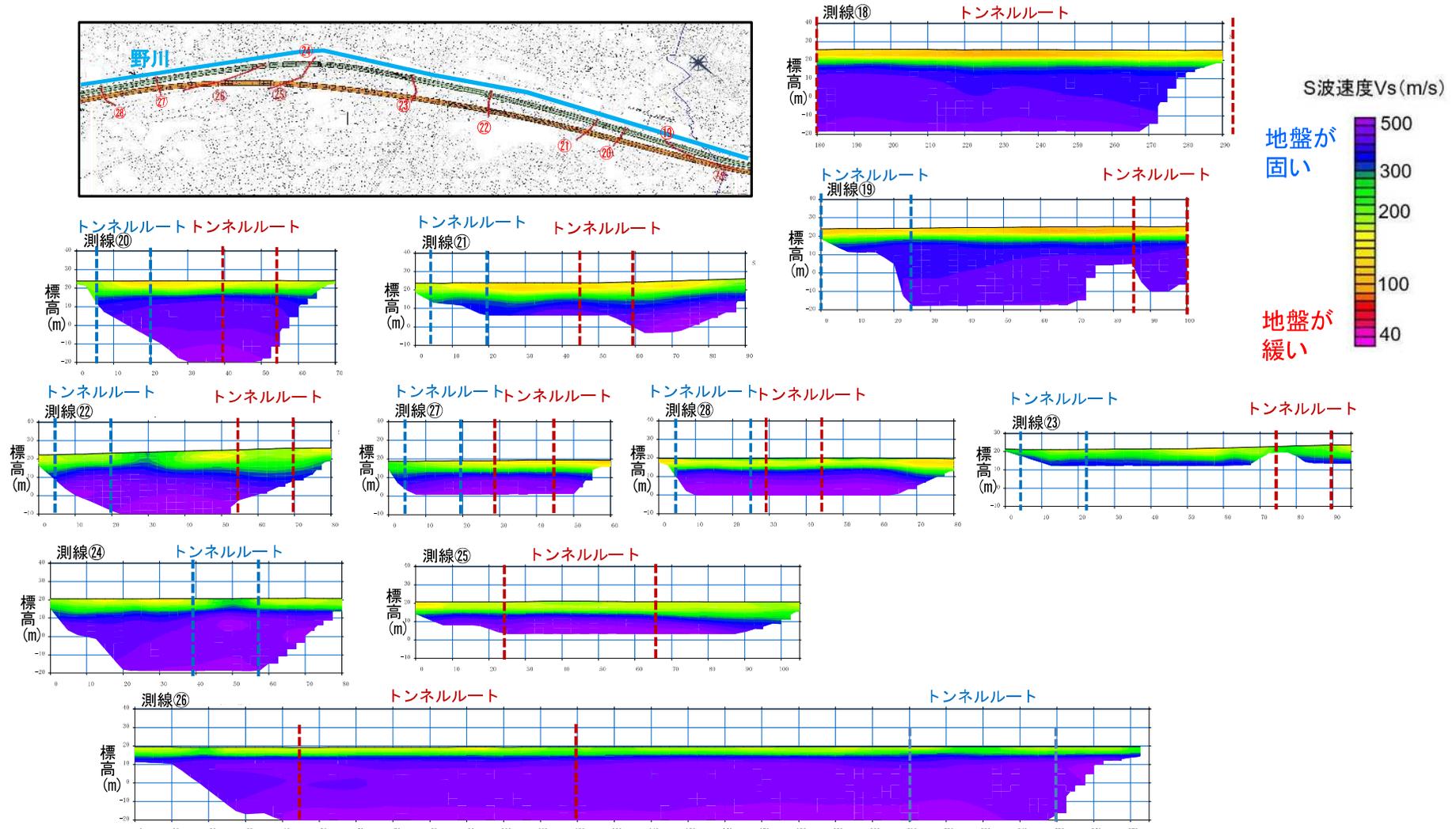
## 2. 調査結果 [微動アレイ調査結果(エリアB)]

- ・地盤の緩みが無いことを確認しました。(測線⑱～㉔)

測線図

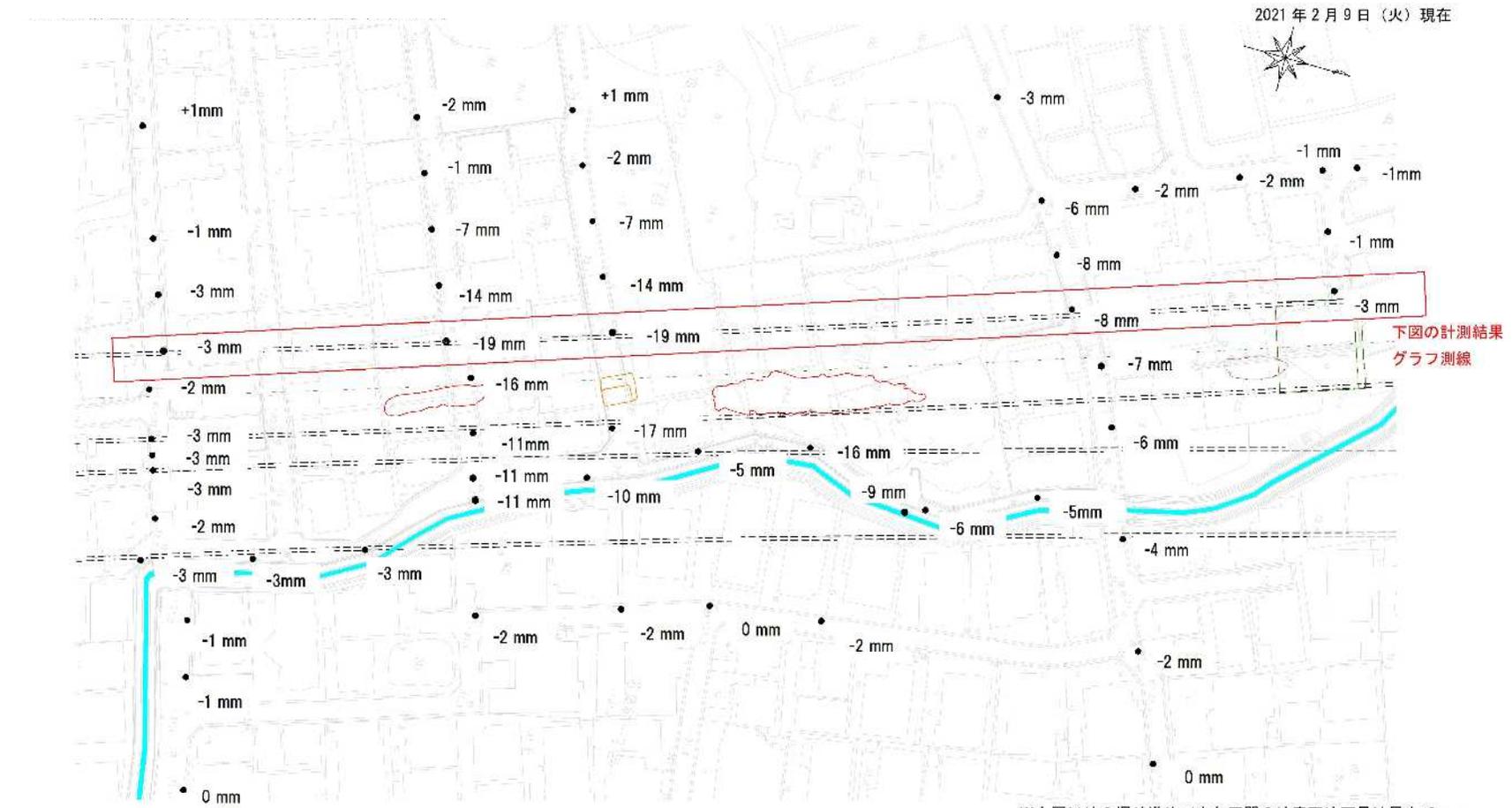


測定結果

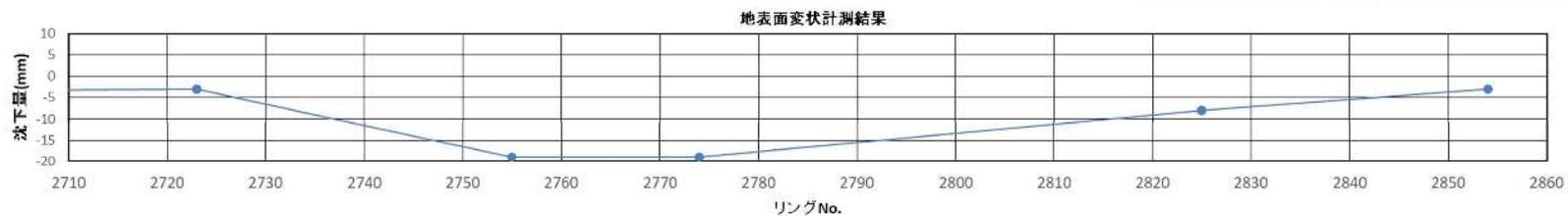


## 2. 調査結果 [地表面沈下計測結果]

・地表面沈下計測結果(陥没・空洞箇所付近)



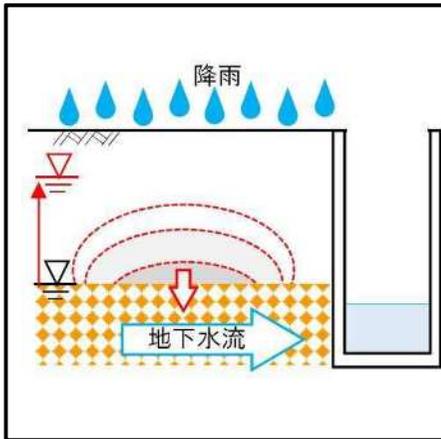
※上図以外の掘り進めてきた区間の地表面沈下量は最大-6mm



### 3. 陥没・空洞の推定メカニズム



### 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [掘削前からの空洞可能性]



- 地下水の流速の上昇や流向の変化は、入間川に土砂を流出させる程のものではないことを確認しました。
  - 地下水位の上昇結果から、空洞形成後に短期間で陥没・空洞箇所が表面が水で洗われた可能性があることを確認しました。
  - 空洞箇所と入間川の堆積土砂の成分分析比較から、入間川への土砂流出はないことを確認しました。
- ⇒ 自然浅層地下水流による浸食により、あらかじめ空洞が形成された可能性は低い。

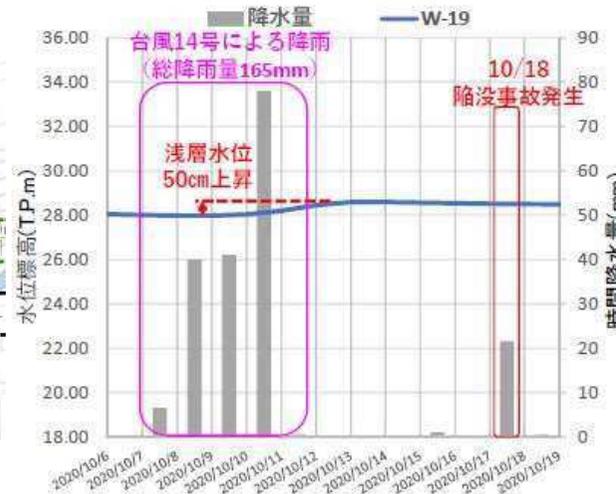


#### 【地下水の流向流速】

- ・降雨時で最大235cm/日 (0.16cm/分) と小さいことを確認しました。

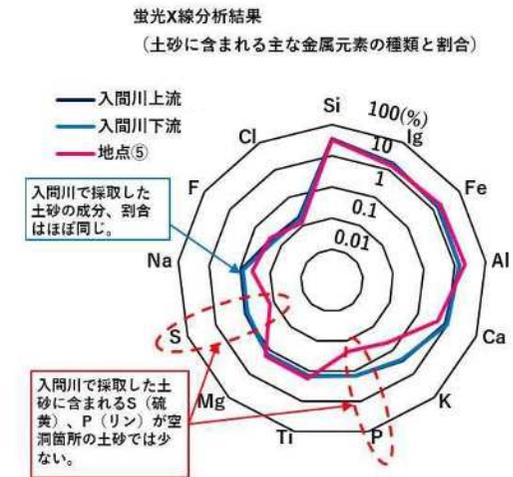
#### 【地下水の流動経路】

- ・川沿いの観測井戸にて食塩水は確認されませんでした。



#### 【地下水位】

- ・台風の影響により、近傍の観測井戸において、陥没事象発生直近にて浅層地下水位上昇を確認しました。



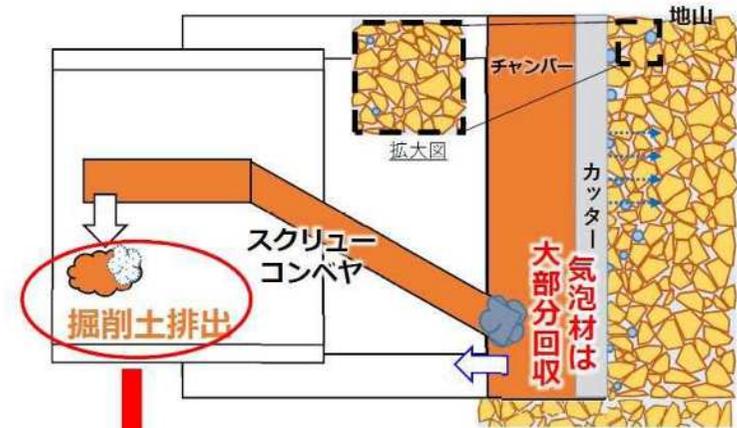
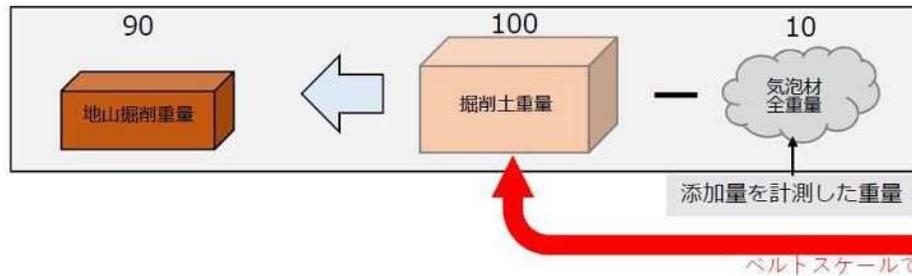
#### 【土砂成分分析(蛍光X線分析)】

- ・含有する金属の種類・量が異なることを確認しました。

### 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [地山掘削重量の過小評価イメージ]

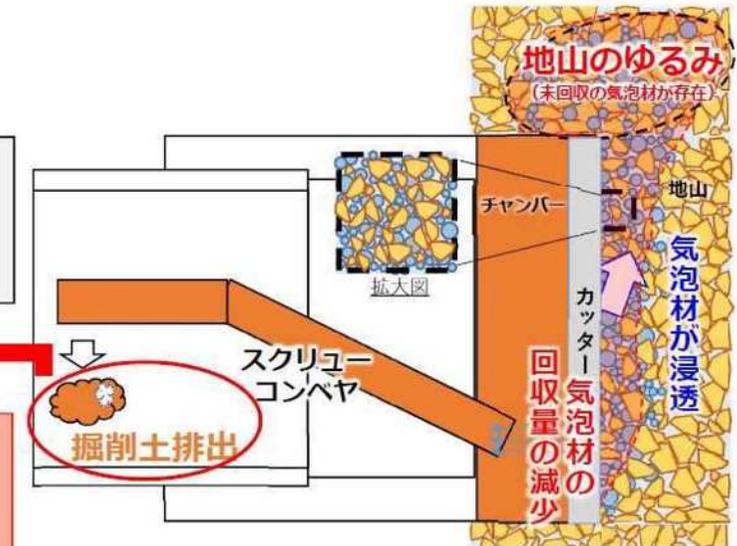
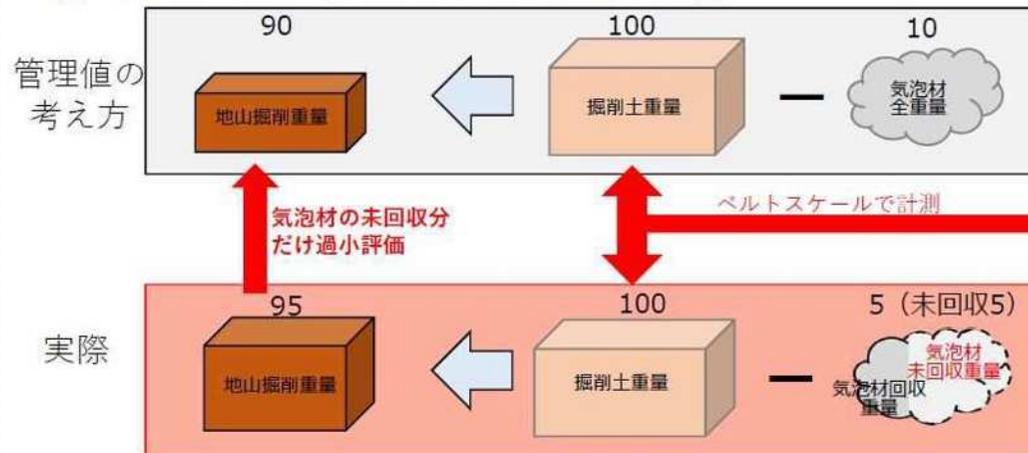
#### 【地山掘削重量の管理】

- ✓ スクリューコンベアから排出された掘削土をベルトスケールにて計測した重量から添加した気泡材の全重量を控除した、地山掘削重量を算出
- ✓ 直近20リングの平均値を管理値として設定



#### 【ゆるみ発生時】

- ✓ 地山のゆるみに気泡材が浸透し、回収量が減少
- ✓ 実際は、気泡材の未回収重量分が地山掘削重量として取り込まれるため、通常の管理では過小評価



# 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [想定される要因のまとめ]

前回

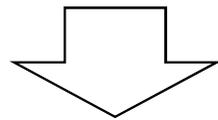
第5回  
有識者委員会

想定されるメカニズム②

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

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。



今回

第6回  
有識者委員会

想定されるメカニズム②

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

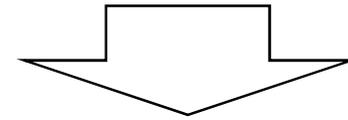
陥没・空洞の要因である可能性は低い

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、かつ層が卓越する特殊な地盤における掘削上の塑性流動性・止水性が低下し、上砂分離・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、沈降した砂層を排土しながら気泡材を注入する等の特別な作業を行ったことにより切羽の緩みを生じさせ、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塵埃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。



想定されるメカニズム⑤

掘進時の影響

- ・チャンパ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

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。

想定されるメカニズム④,⑤

閉塞及び閉塞解除作業の影響

- ・細粒分が極めて少なく、かつ層が卓越する特殊な地盤における掘削上の塑性流動性・止水性が低下し、夜間休止時間において上砂分離・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
- ・作業を解除するため、沈降した砂層を排土しながら気泡材を注入する等の特別な作業を行ったことにより切羽の緩みを生じさせ、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塵埃状にゆるみ領域が上方に拡大

掘進時の影響

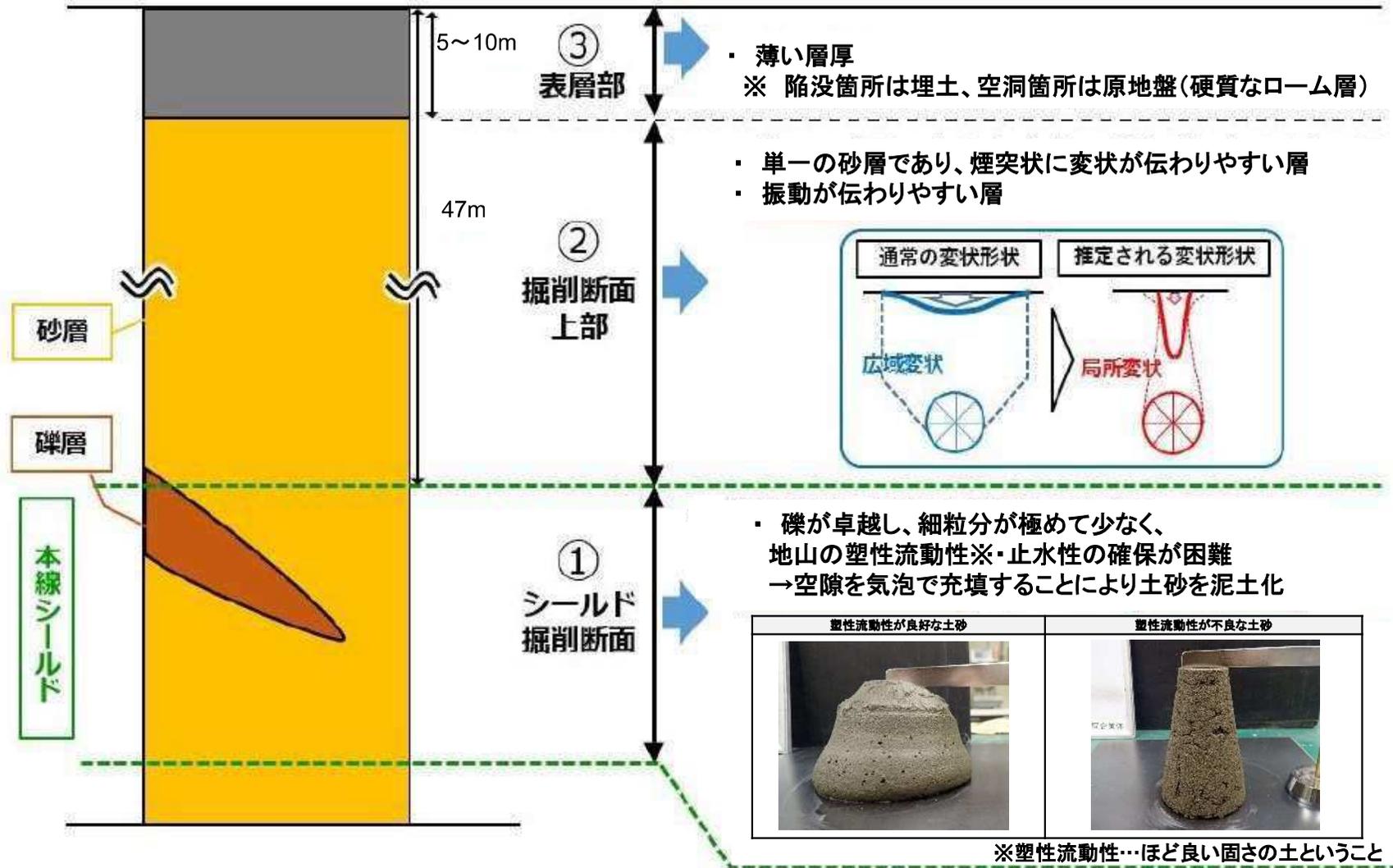
- ・チャンパー内の塑性流動性の不足による天端や切羽土圧の不安定化
- ・掘削土砂の過大な取込み

陥没・空洞の要因となった可能性がある。

### 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [陥没箇所周辺の地盤]

○ 陥没箇所周辺は以下の3つが重なった特殊な地盤

①塑性流動性・止水性の確保が困難な掘削断面、②変状が伝わりやすい掘削断面上部、③薄い層厚の表層部

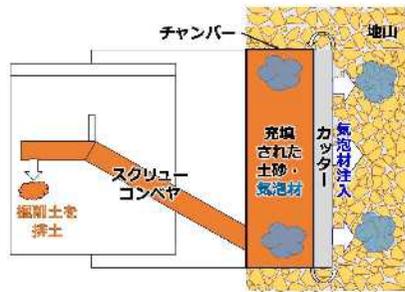


### 3. 陥没・空洞の推定メカニズム [カッター回転不能に至る現象と解除作業手順]

- 特殊な地盤条件である陥没箇所周辺では、夜間の作業休止後、カッターが回転不能になる事象が発生しました。(8月以降、計16回発生)
- カッター回転不能の解除の際、地山のゆるみが発生したと考えられます。
- 掘進再開後も気泡材がこの地山のゆるみに浸透し、そのことに気が付かず過剰に土砂を取り込み、地山のゆるみが拡大したと考えられます。

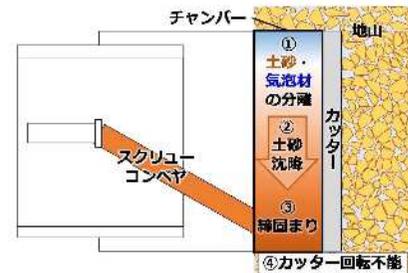
(1) 昼間 (掘進中)

- ▶ チャンバー内土圧と地山からの圧力の均衡が崩れている状態
- ▶ 細砂分・細砂分の減少、水の介在してくる中で、気泡材の種類変更及び送加量の調整、掘進速度の調整を行いながら掘進を継続



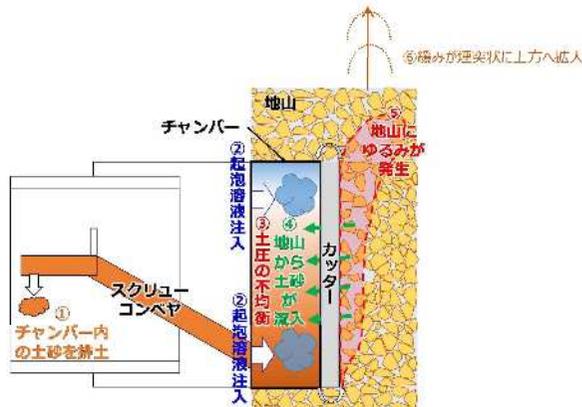
(3) 翌朝 (掘進休止後)

- ▶ チャンバー内の①土砂・気泡材が分離、②土砂沈降及び③締めまりが発生
- ④カッター回転不能(堵塞)が発生



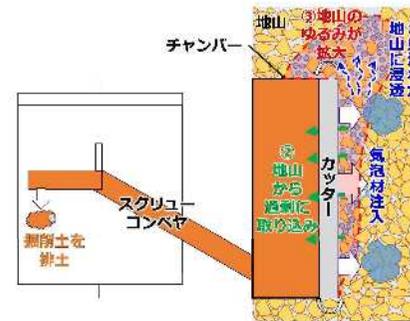
(4) 閉塞解除作業

- ▶ カッターを回転させるため、①チャンバー内の締め回った土砂を一部掘削
- ▶ 掘削によるチャンバー内圧力の低下を防止するため、②直ちに地山土砂分の軽微溶液と置き換える必要がある
- この際、③土圧の均衡がとれず、④地山から土砂がチャンバー内に流入することで、結果として、⑤地山の緩みが発生し、⑥地山が上方へ拡大



(5) 掘進再開後

- ▶ 特殊な地盤下で塑性流動性を保つため、通常より多くの気泡材を地山に注入し、掘進を再開
- ▶ 掘進を再開後、①気泡材が(4)閉塞解除作業で緩んだ地山に過度に浸透
- 塑性流動性、止水性が低下し、閉塞解除作業で緩んだ地山に対する掘削土圧の不均衡
- 一部の気泡材は回収できず、掘削した地山重量を過少に評価し、②土砂の取り込みが想定より過剰に発生
- 繰り返しの掘削と閉塞解除作業により生じた地山の緩みを掘進時にさらに助長し、③地山の緩みが進行方向に拡大し、地表面付近に硬質のロームをアーチとする空洞が地中に形成
- 硬質ロームが欠如している箇所が陥没に至った

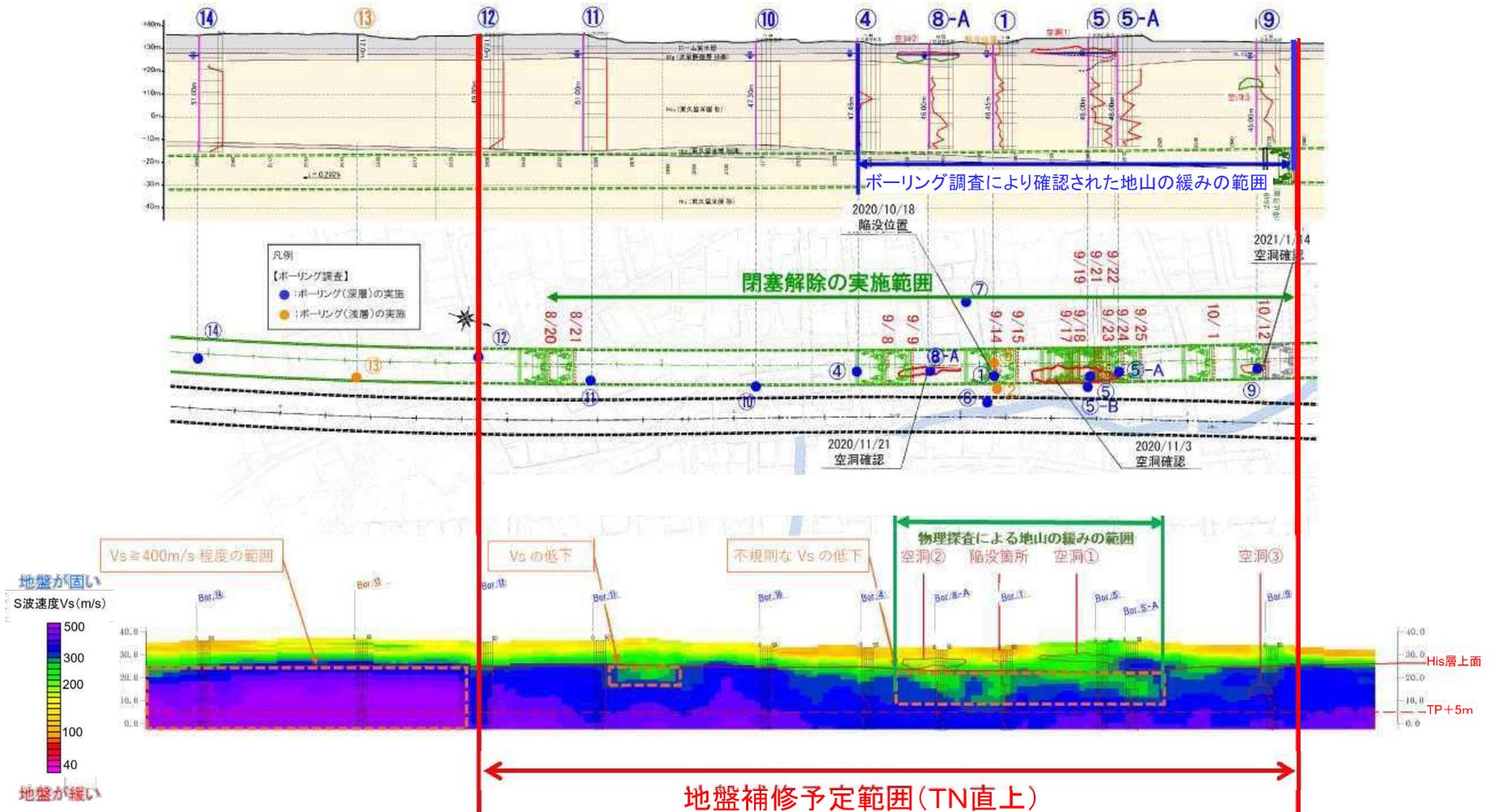


# 4. 地盤の緩みの状況および 補修について

# 4. 地盤の緩みの状況および補修について

地盤の緩みが生じている可能性がある次のいずれかに該当する範囲で引き続き調査を進め、補修等の対応を実施します。

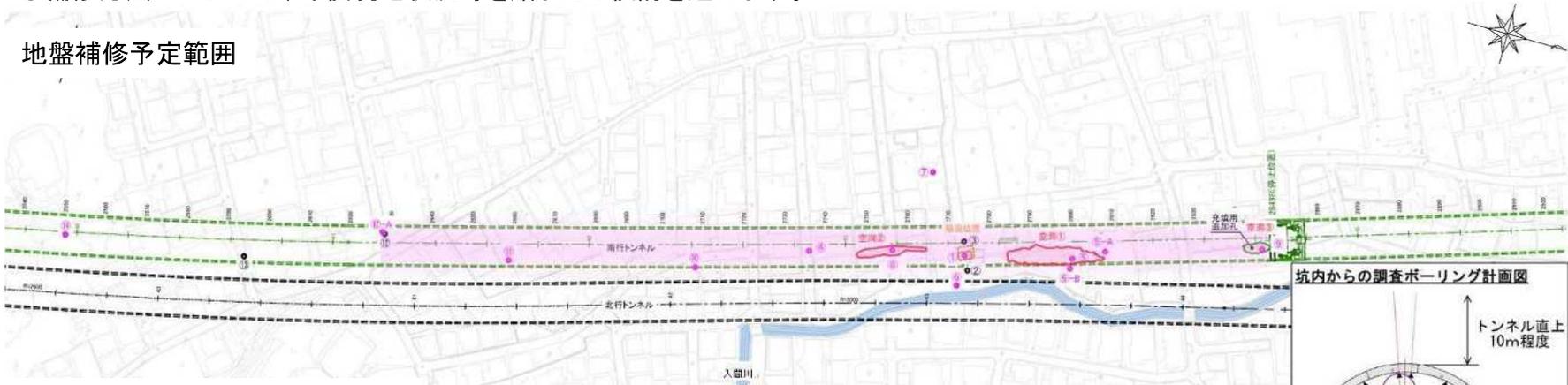
- (ア) カッター回転が不能となる閉塞が生じ、その解除のために特別な作業を実施した範囲
  - (イ) ボーリング調査によりN値の低下が確認された範囲
  - (ウ) 物理探査により不規則な計測波速度の低下が確認された範囲
- ⇒ 縦断方向はボーリング⑫以北、横断方向はトンネル直上の範囲を基本として実施



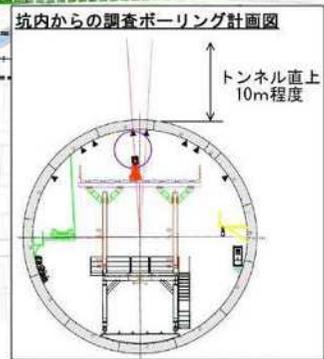
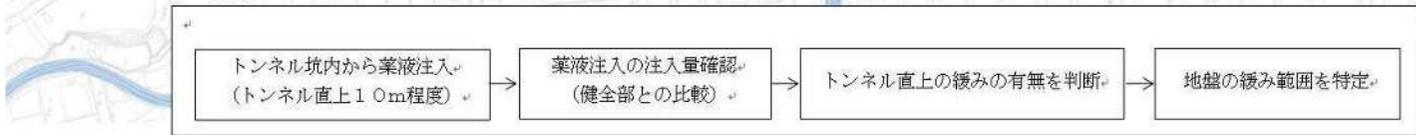
# 4. 地盤の緩みの状況および補修について

- 地盤補修予定範囲について、トンネル内からの調査を行い、補修が必要な範囲を特定します。
- 補修方法については、今後現地状況等を踏まえて検討を進めます。

地盤補修予定範囲



トンネル坑内からの調査方法(案)



地上からの地盤の補修工法

	薬液注入工法	機械攪拌工法	高圧噴射攪拌工法
施工概要	<p>ボーリングマシンを用いて地盤に薬液を浸透注入して地盤強化を図る。</p>	<p>機械攪拌翼によって、固化材と地盤を混合して円柱状の固結体を造成する。</p>	<p>地盤内に空気と固化材を高圧で噴射させ、地盤を強制的に切削しながら円柱状の固結体を造成する。</p>
工法の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較的狭い場所での施工が可能である。</li> <li>・地盤の強度が弱い箇所に薬液が浸透して改良する工法である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大型重機による施工となる。</li> <li>・地盤に改良体を造成する工法である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大型の施工設備が必要となる。</li> <li>・地盤に改良体を造成する工法である。</li> </ul>

## 5. 補償の方針について

## 5. 補償の方針について

### (補償方針)

- ・本事象により建物等に損害が発生した場合において、原則として従前の状態に修復、復元するなど原状を回復(補修)いたします。
- ・それ以外に実際に発生した損害につきましても補償いたします。  
補償項目としては、家賃減収相当額、地盤補修工事完了後において生じた不動産売却損、疾病等による治療費などです。
- ・1月から相談窓口等を設け、住民の皆さまから不安や被害の状況をお伺いしておりますが、実際に発生する損害は個々の事情によって異なっております。それを踏まえ、皆さまに寄り添った対応を行うため、引き続き状況をお伺いし、誠意をもって対応させていただきます。
- ・今後、専門チームを設置し、個別にお伺いし対応してまいりますので、専用のフリーダイヤルまでご連絡いただきますようお願いいたします。

## 5. 補償の方針について

### 補償の対象となる方

- ・ 本事象と因果関係があると認められ、実際に損害を被られた方

### 補償の対象となる地域

- ・ 別添図のとおり

※範囲外についても損害等の申し出があった場合、因果関係等確認のうえ個別に対応を検討してまいります。

### 補償についての問合せ先

- ・ 下記までご連絡いただければ、担当者から折り返し連絡のうえ、個別に対応してまいります。

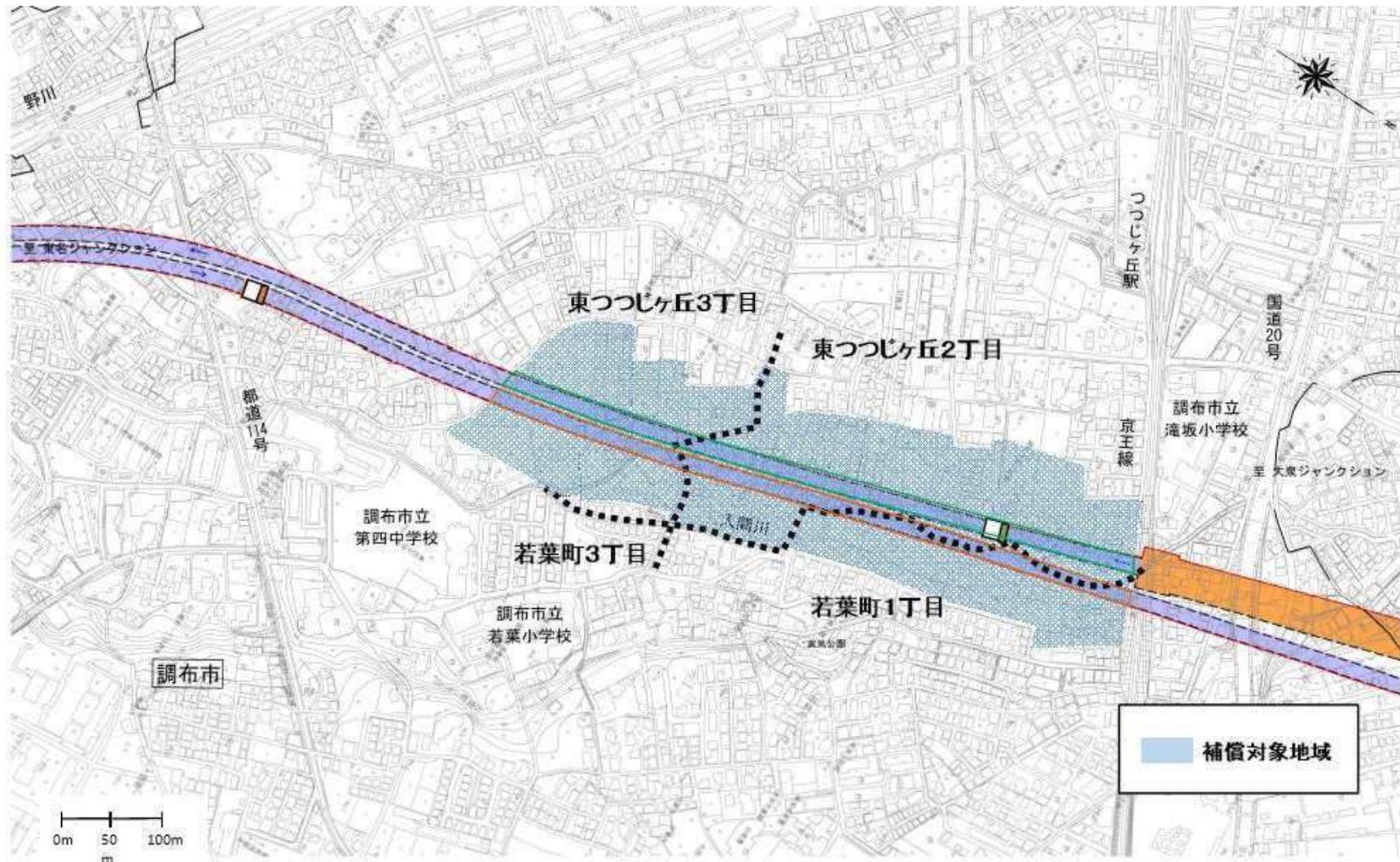
専用フリーダイヤル

TEL：0800-170-6186（受付時間：平日9：00～17：30）

※相談窓口でも逐一对応しております。

## 5. 補償の方針について [補償対象地域]

《別添図》



※上記範囲外についても損害等の申し出があった場合、因果関係等確認のうえ個別に対応を検討してまいります。

## 5. 補償の方針について [家屋中間調査]

- 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。

## 5. 補償の方針について [専用フリーダイヤル及び相談窓口]

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』を開設しています。

専用フリーダイヤル

0800-170-6186

(受付時間：平日9：00～17：30)

相談窓口

- つつじヶ丘児童館ホール、金子地域福祉センターで実施中
- 開催日は、各戸にお知らせチラシを配布

## 5. 補償の方針について [相談窓口 (2月開設分)]

◆ つつじヶ丘児童館ホール (調布市西つつじヶ丘3丁目19-1)	◆ 金子地域福祉センター (調布市西つつじヶ丘4丁目43-3)
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <del>4日(木) 9:00~12:00【済】</del></li><li>▪ 18日(木) 9:00~12:00</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <del>8日(月) 9:00~12:00【済】</del></li><li>▪ <b>【追加】</b> 16日(火) 18:00~20:00</li><li>▪ <b>【追加】</b> 17日(水) 18:00~20:00</li><li>▪ <b>20日(土)</b> 18:00~20:00</li><li>▪ 24日(水) 18:00~20:00</li><li>▪ <b>27日(土)</b> 9:00~11:00</li></ul>

※ 16日(火)、17日(水)を新たに増設(金子地域福祉センター)

※ 3月以降の予定については、改めてお知らせします。

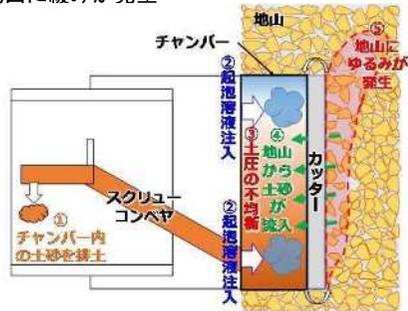
## 6. 再発防止対策の基本方針

# 6. 再発防止対策の基本方針

## <推定メカニズム>

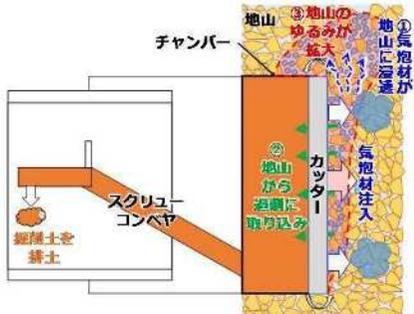
### ○閉塞及び閉塞を解除するための作業

- ・特殊な地盤条件下において夜間休止時間にチャンバー内の土砂が分離・沈降し、締固まってしまい閉塞
- ・その閉塞解除のために、土砂を一部排出し、直ちに排出土砂分の起泡溶液と置き換える特別な作業を行う過程で、土圧の均衡がとれず
- ・地山から土砂がチャンバー内に流入
- ・地山に緩みが発生



### ○閉塞解除後の掘進

- ・掘削土の塑性流動性を保つため、通常より多くの気泡材を注入
- ・閉塞を解除するための作業により緩んだ地山に気泡材が浸透し、一部が回収されず、掘削した地山重量を過小に評価され、土砂の取り込みが想定より過剰に生じた
- ・地山の緩みが拡大



## <再発防止対策の基本方針>

(掘進前)

### ① シールド掘進地盤に適した加泥材の選定

- ・細粒分が少なく、均等係数が小さいなどの地盤については追加ボーリングを実施
- ・土質調査結果を踏まえ、事前配合試験を実施し、加泥材を選定

(掘進中)

### ② 塑性流動性のモニタリングと対応

- ・チャンバー内圧力勾配などをリアルタイムに監視
- ・手触に加え、都度、試験により排土性状を確認
- ・適正なチャンバー内圧力の設定

(掘進中)

### ③ 排土管理の強化

- ・これまでの排土管理に加えて、より厳しい管理値や気泡材を控除しない新しい管理項目を設定
- ・管理値を超過した場合には、加泥材の種類変更等の対応を適切に実施

### ○掘削土砂を分離・沈降させない、閉塞させない対応

- ・一定時間にわたり掘削土砂の塑性流動性・止水性を確保

### ○過剰な土砂取込みを生じさせない対応

- ・切羽を緩めない対応
- ・加泥材の未回収傾向を把握
- ・排土量管理の強化

【万が一、閉塞が生じた場合】

### ○切羽を緩めない対応

### ○ カッター回転不能（閉塞）時の対応

- ・工事を一時中断し、原因究明と地表面に影響を与えない対策を十分に検討

※今後、この基本方針をもとに、再発防止対策の実施に向けた具体的な検討を進めます。

また、地盤変状の監視強化や振動計測箇所の追加、振動対策の強化など安心確保のための対策についても検討を進めます。

## 7. 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	<p>東名発進 本線トンネル東名北工事担当 <b>TEL 03-6411-8723</b> (24時間ダイヤル)</p> <p>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</p>
陥没事象に関する疑 問やご相談等	<p> <b>東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所</b></p> <p><b>TEL 0120-861-305</b> (フリーコール: 平日9:00~17:30)</p>