

## 第4回 東京外環トンネル施工等検討委員会 有識者委員会

地表面陥没箇所周辺の地盤調査で新たに確認された地中の空洞について

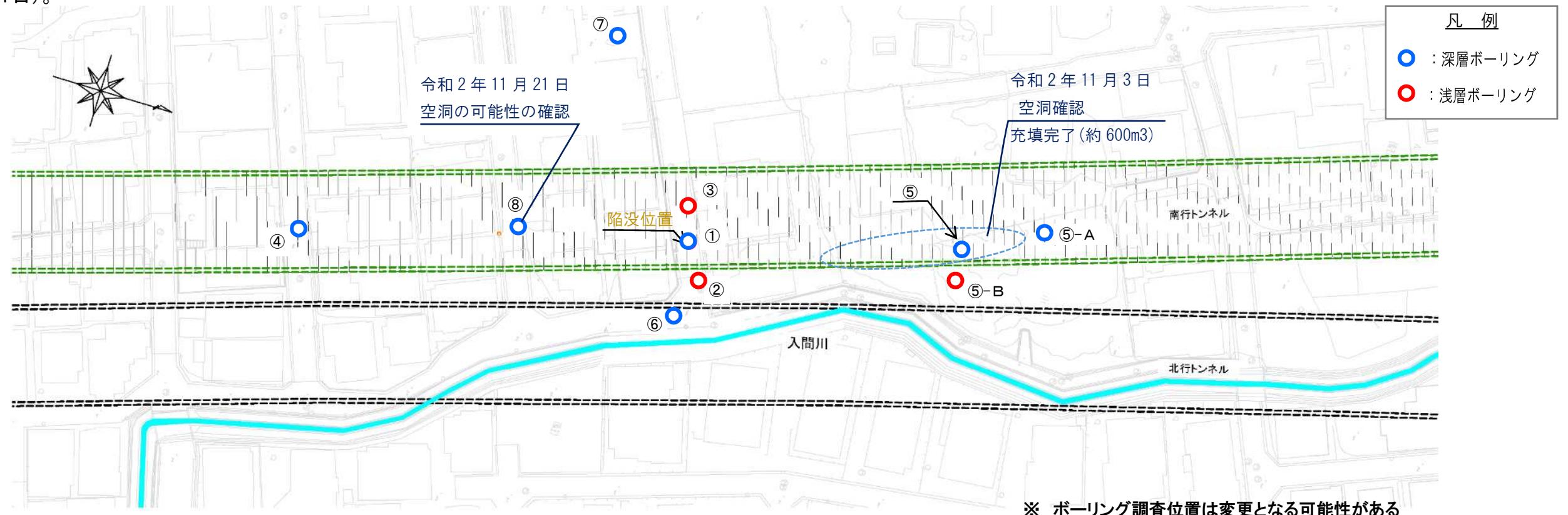
令和2年 11月 27日

東日本高速道路株式会社関東支社東京外環工事事務所  
鹿島・前田・三井住友・鉄建・西武特定建設工事共同企業体

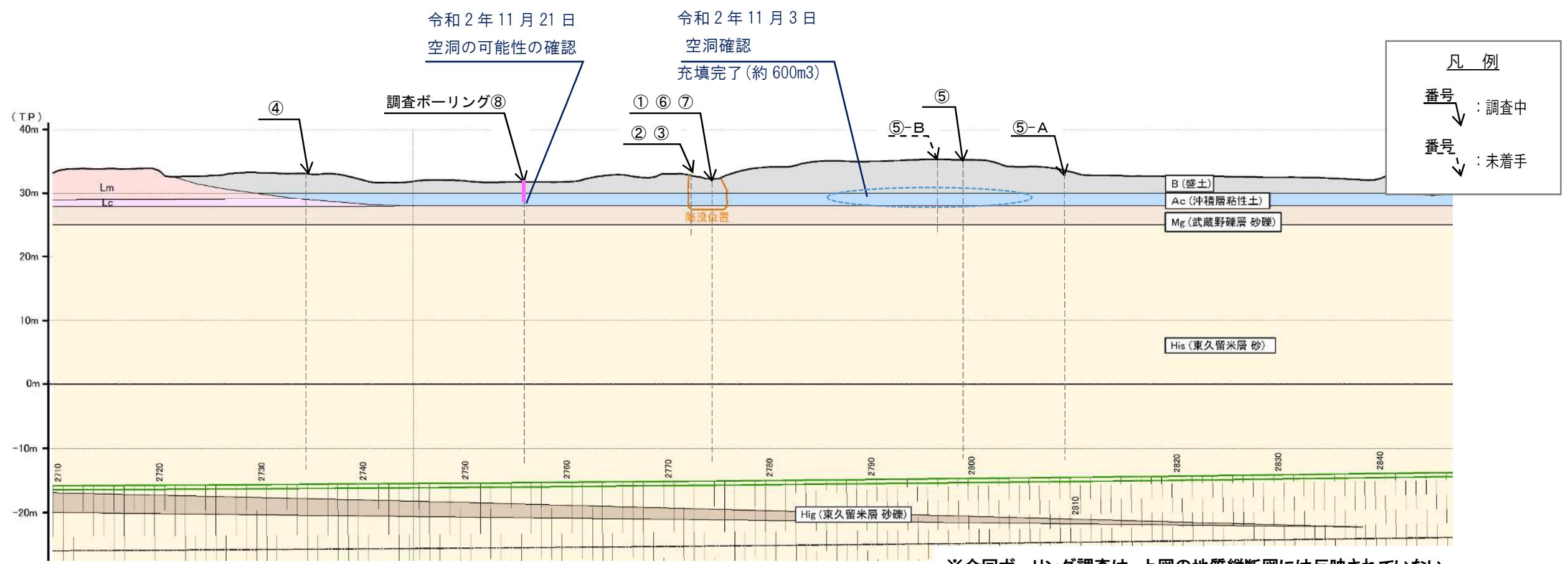
# 1. 空洞を確認した経緯について

## ① 位置図

令和2年10月18日に発生した陥没事象の原因究明のために実施していたボーリング調査中に、下図の調査ボーリング⑧において、地表からの深度約4mの位置に空洞の可能性を確認した（令和2年11月21日）。



## ② 縦断図



### ③時系列

日付	時刻	内容
	14:00	陥没箇所から約30m南にて、ボーリング調査中に空洞の可能性を確認(地下約4m) 空洞範囲の調査の着手を指示(レーザースキャナ等の手配) 常時監視体制を構築(以降体制構築)
11月21日	20:00～翌2:00	空洞範囲の調査に着手 レーザースキャナ等による調査実施 ・地下水面上の確認の結果、幅約3m×長さ約27mの空洞を確認 NEXCO東日本が有識者に空洞の対応について見解を伺う。 ・有識者見解「空洞深度と幅と地下水の状況等から、直ちに地表面に変状を及ぼすものではなく、緊急的な対応は必要ないが、空洞は早期に充填することが望ましい」 NEXCO東日本から近隣住民へ説明開始
11月22日	9:00～	NEXCO東日本から近隣住民へ充填作業の実施を説明 充填作業準備の着手
11月23日	9:00～	充填作業開始

## 2. 空洞調査概要について

地表からの深度約4m位置に空洞がある可能性が確認されたため、次の調査により空洞の広がり等について確認を行った。

**調査項目**  
3Dレーザースキャニング計測

**概要**  
ボーリングロッド内から  
レーザー測距器をいれ  
空洞内面の形状寸法  
を計測

**結果**  
レーザースキャニング  
で空洞の形状大きさを  
確認



写真1 3Dレーザースキャニング装置

**調査項目**  
ボアホールカメラ観察

**概要**  
空洞が確認されたボー  
リングロッド内にカメラを  
挿入して空洞内部の状  
況を確認

**結果**  
地下水の存在を確認

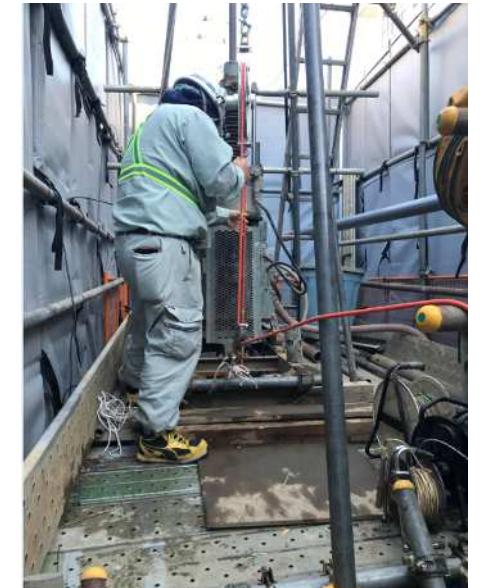


写真2 ボアホールカメラ観察

**調査項目**  
地下水採取

**概要**  
地下水の成分分析を実  
施  
(成分分析中)



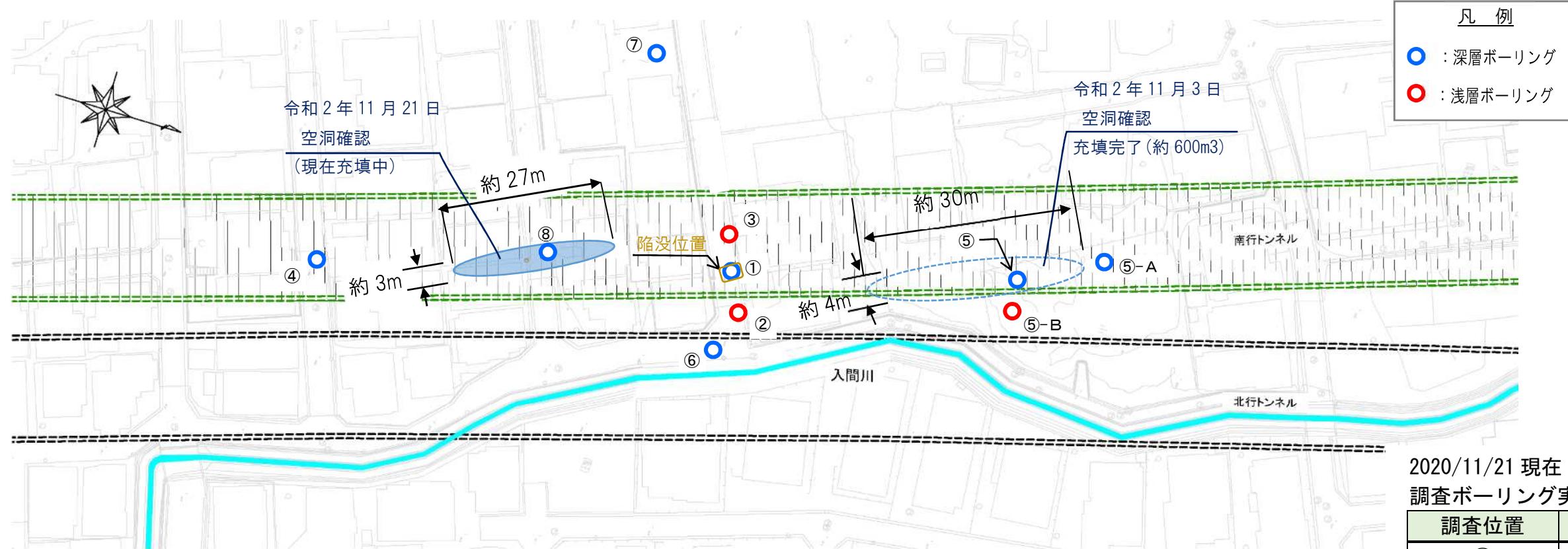
写真3 地下水採取

### 3. 空洞の調査結果について

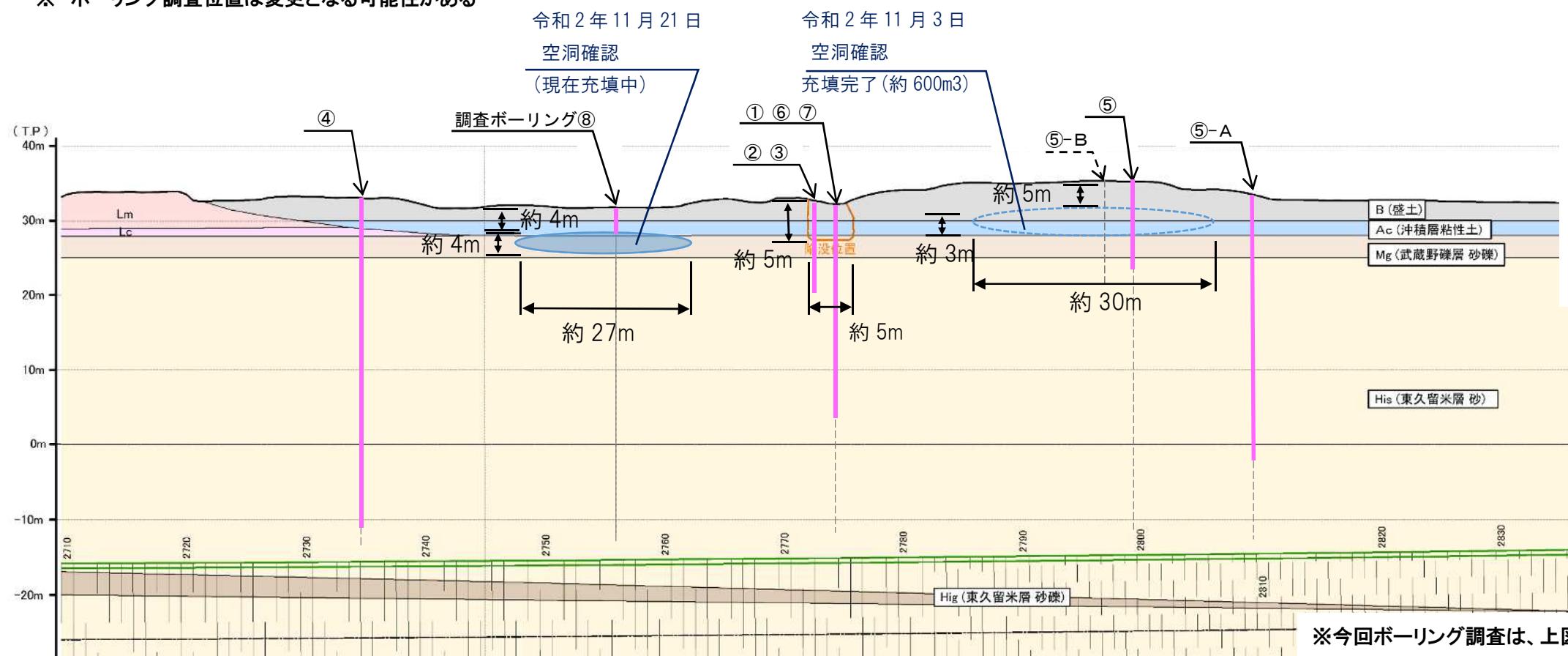
3D レーザースキャナー等による空洞計測の結果、空洞深度約 4m、幅約 3m × 長さ約 27m、厚さ約 4m程度の空洞を確認した。

なお、調査ボーリング⑤・⑧以外において現時点では空洞は確認されていない

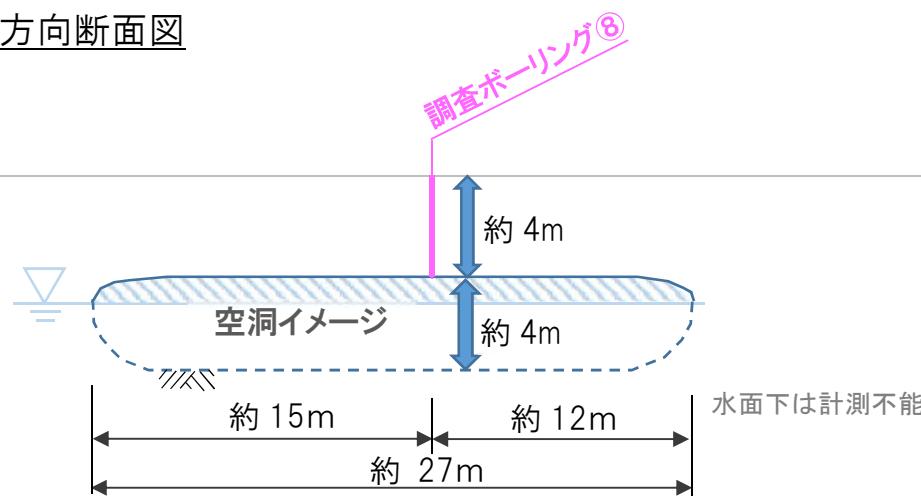
#### ① 空洞形状



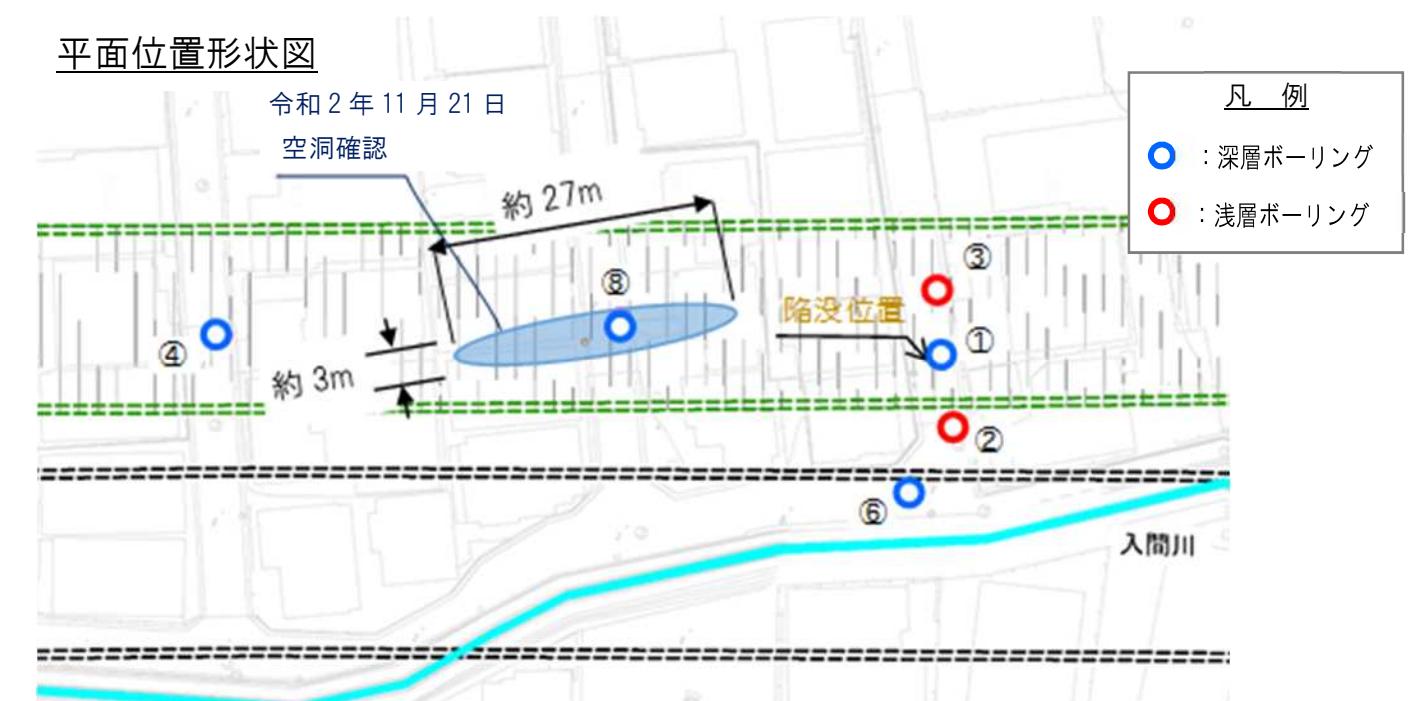
※ ボーリング調査位置は変更となる可能性がある



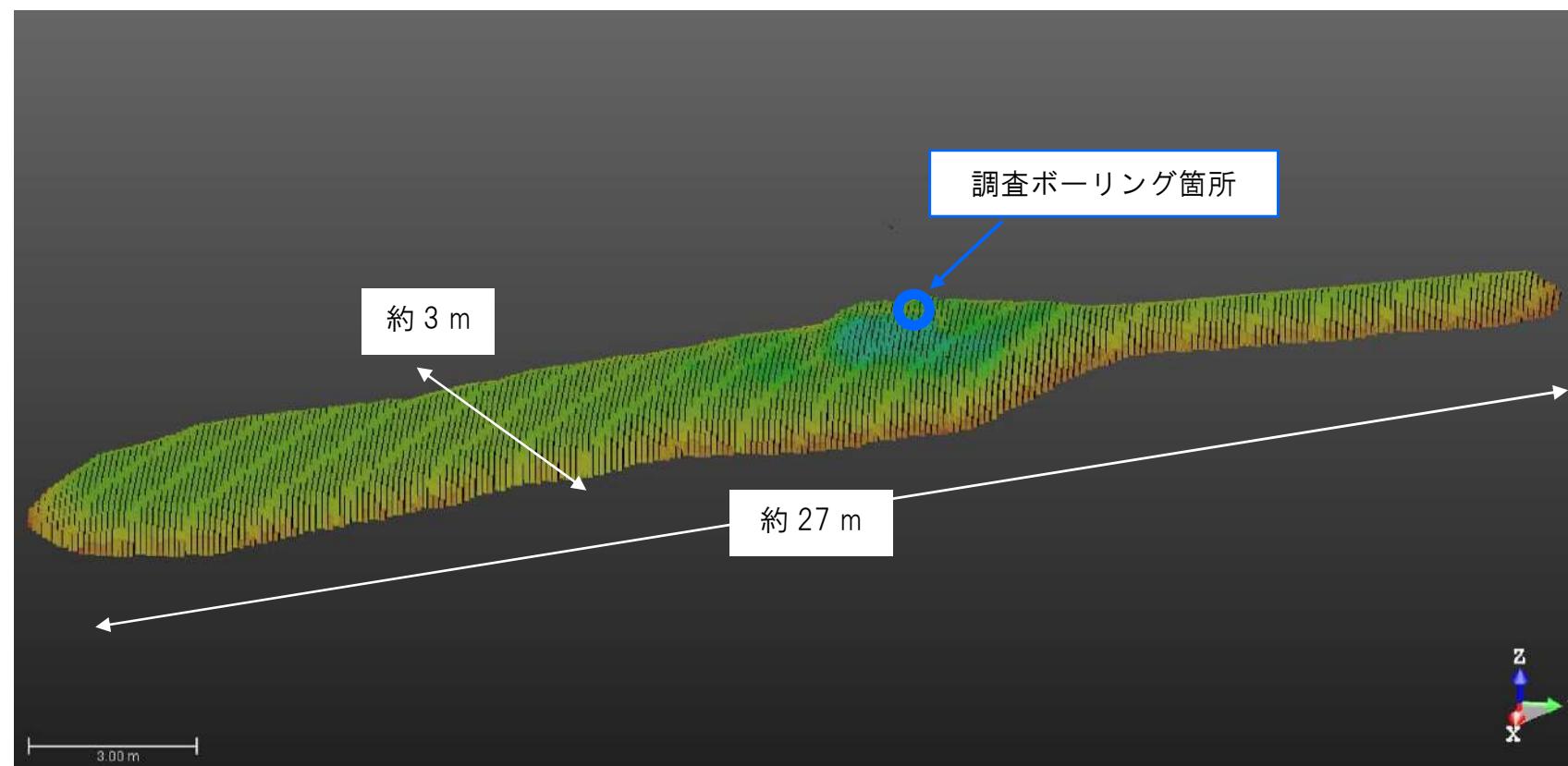
軸方向断面図



平面位置形状図



3D レーザースキャナーによる空洞計測結果

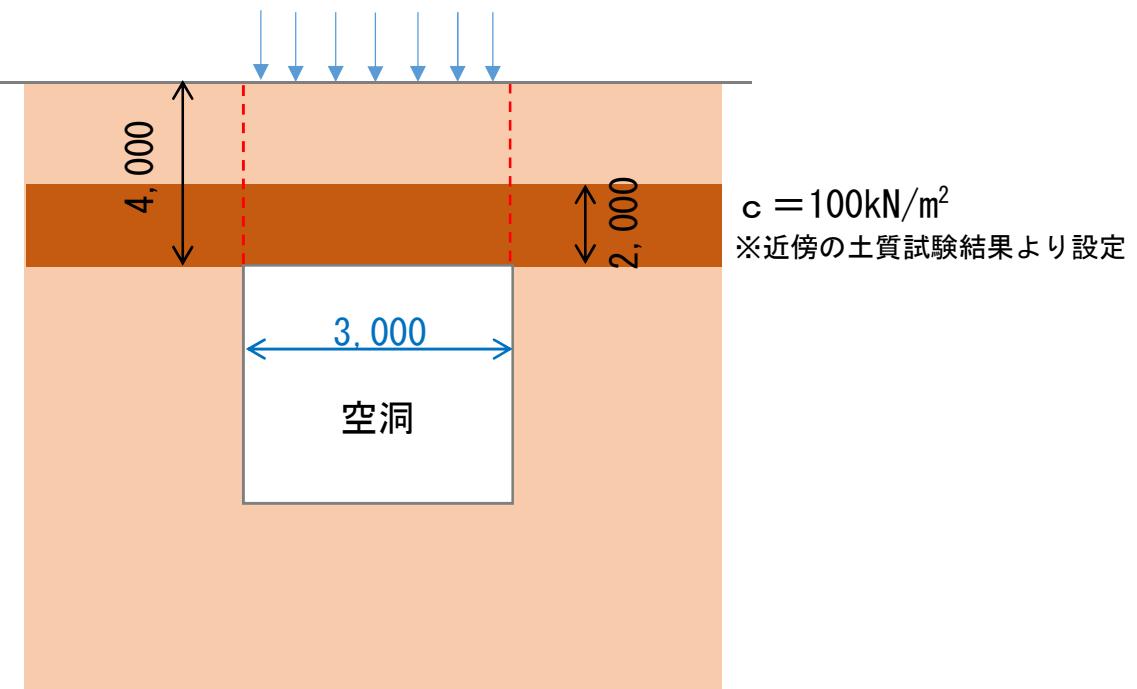


※ 画像は、水面上部の空洞を表しています。

※ データ処理上の画像であり、着色に意味はありません。

## ②空洞の評価について

空洞上部の土砂粘着力から算定される地耐力としては、安全率を 3 とした場合、 $20.4\text{kN/m}^2$  程度であると推定される。



ボーリング調査より、地表からの深度約 2 mから 4 mの位置において硬質な粘土層の存在が確認された。そのため、2 m 程度の硬質な粘土層に対して、空洞短辺方向の2面せん断による抵抗力を算定する。

$$\text{抵抗力 } 100 \text{kN/m}^2 \times 2.0 \text{ m} \times 2 \text{ 面} = 400 \text{kN/m}$$

$$\text{自重} (\gamma=1.8) \text{を控除すると } 18 \text{kN/m}^3 \times 4.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} = 216 \text{kN/m}$$

$$\text{上載荷重限界 } 400 \text{kN/m} - 216 \text{kN/m} = 184 \text{kN/m}$$

$$\text{限界荷重 } q = 184 \text{kN/m} \div 3.0 \text{m} = 61.3 \text{kN/m}^2$$

$$\text{安全率 3 とすると, } q_a = 61.3 \text{kN/m}^2 \div 3 = 20.4 \text{kN/m}^2$$

表 4.1.2 上部構造荷重の目安値（建築面積当たり）

$w = 4.0 \text{kN/m}^2$	一般地域の平屋
7.0	一般地域の 2 階建, 多雪区域 (積雪 100cm) の平屋
10.0	一般地域の 3 階建, 多雪区域 2 階建
12.5	多雪区域の 3 階建

注：上記の荷重は、1階床荷重および基礎の自重は含まれていない。

出典：小規模建築物基礎設計の手引き 1988 年 日本建築学会

#### 4. 監視体制および追加調査の計画

## ① 監視体制

自動測量を配置し、空洞箇所の充填完了まで、空洞箇所の24時間監視を行う。

## ②追加調査の計画

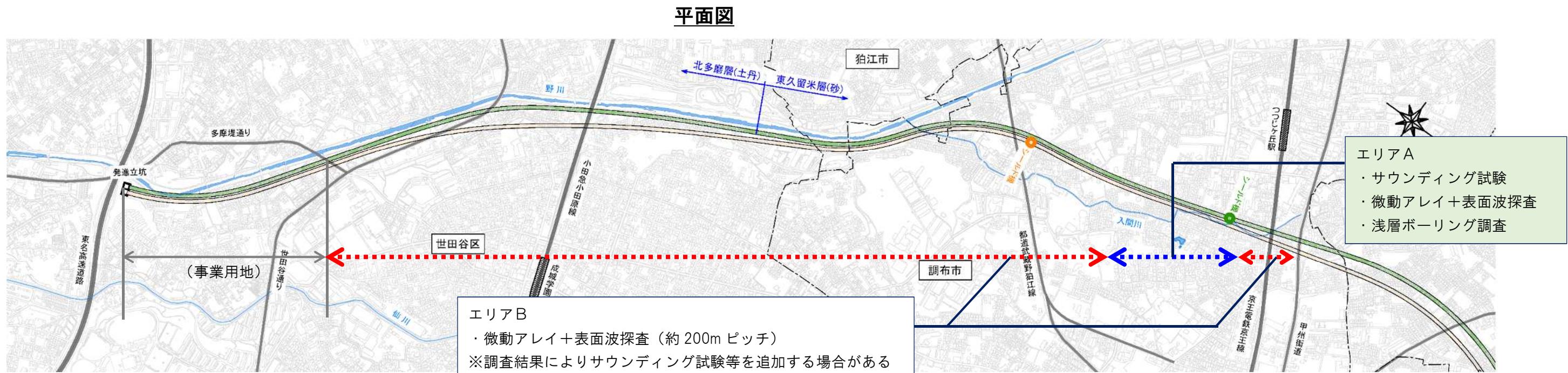
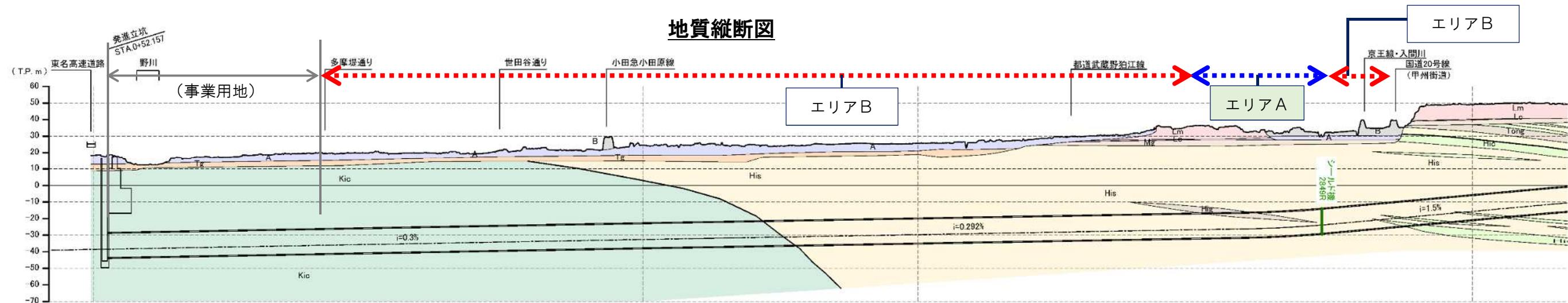
陥没事象および2度にわたる空洞発見を踏まえ、周辺地域およびこれまで掘り進めてきた区間において、深度約10m程度までの地盤状況及び空洞の有無を確認するため、次の調査を追加する。

エリアA: 陥没箇所周辺と地質が類似している区間

- ・陥没箇所周辺における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)による地盤状況の確認
  - ・浅層ボーリング調査

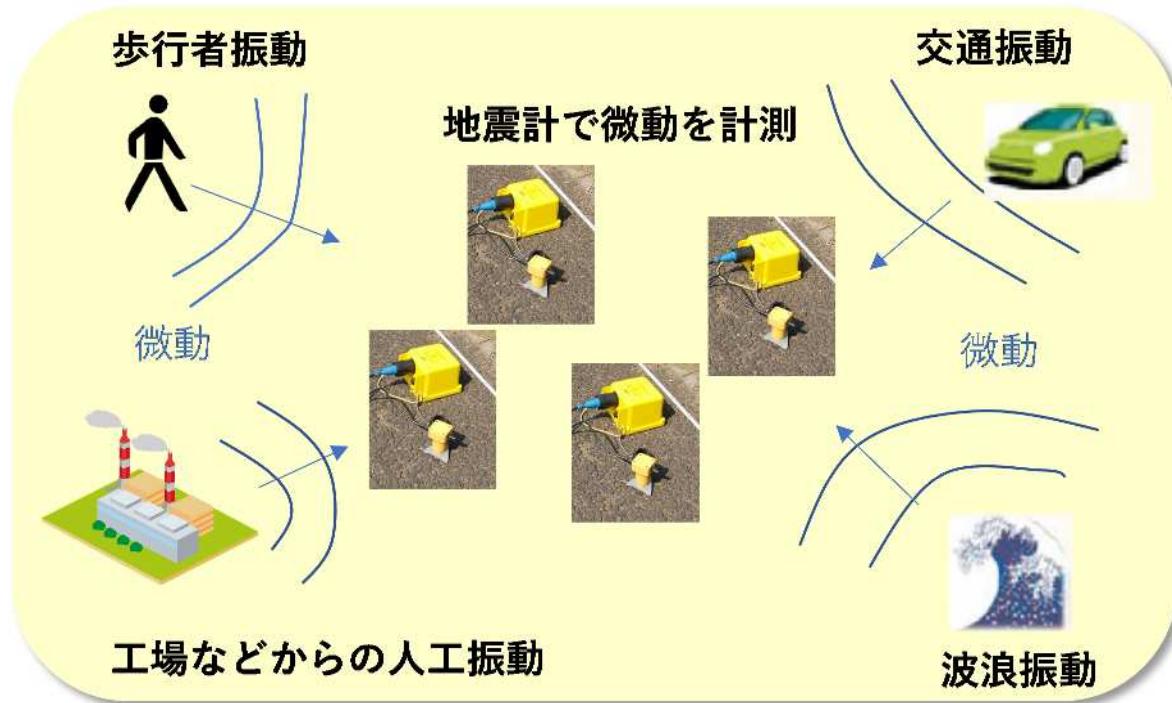
## エリアB: その他区間

- ・物理探査(微動アレイ探査、表面波探査)による地盤状況の確認



## 【微動アレイ探査】

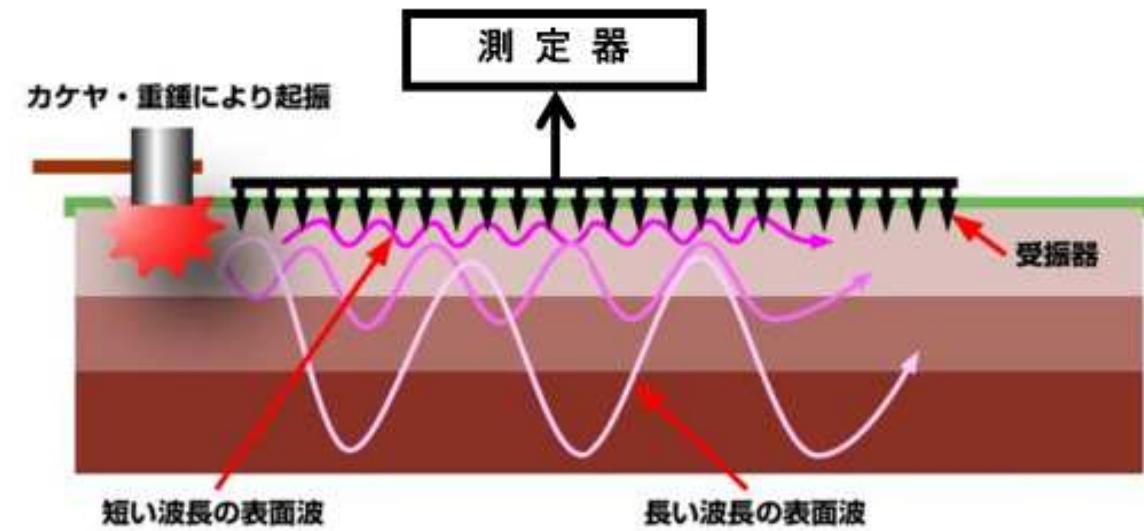
地表面から行う地盤の物理探査手法。地盤は微小な振動(人工振動・交通振動・海岸線に押し寄せる波浪振動)などによって絶えず振動をしており、この微小な振動を測定・解析することにより地下の構造を把握する。



微動アレイ探査の概念(イメージ)

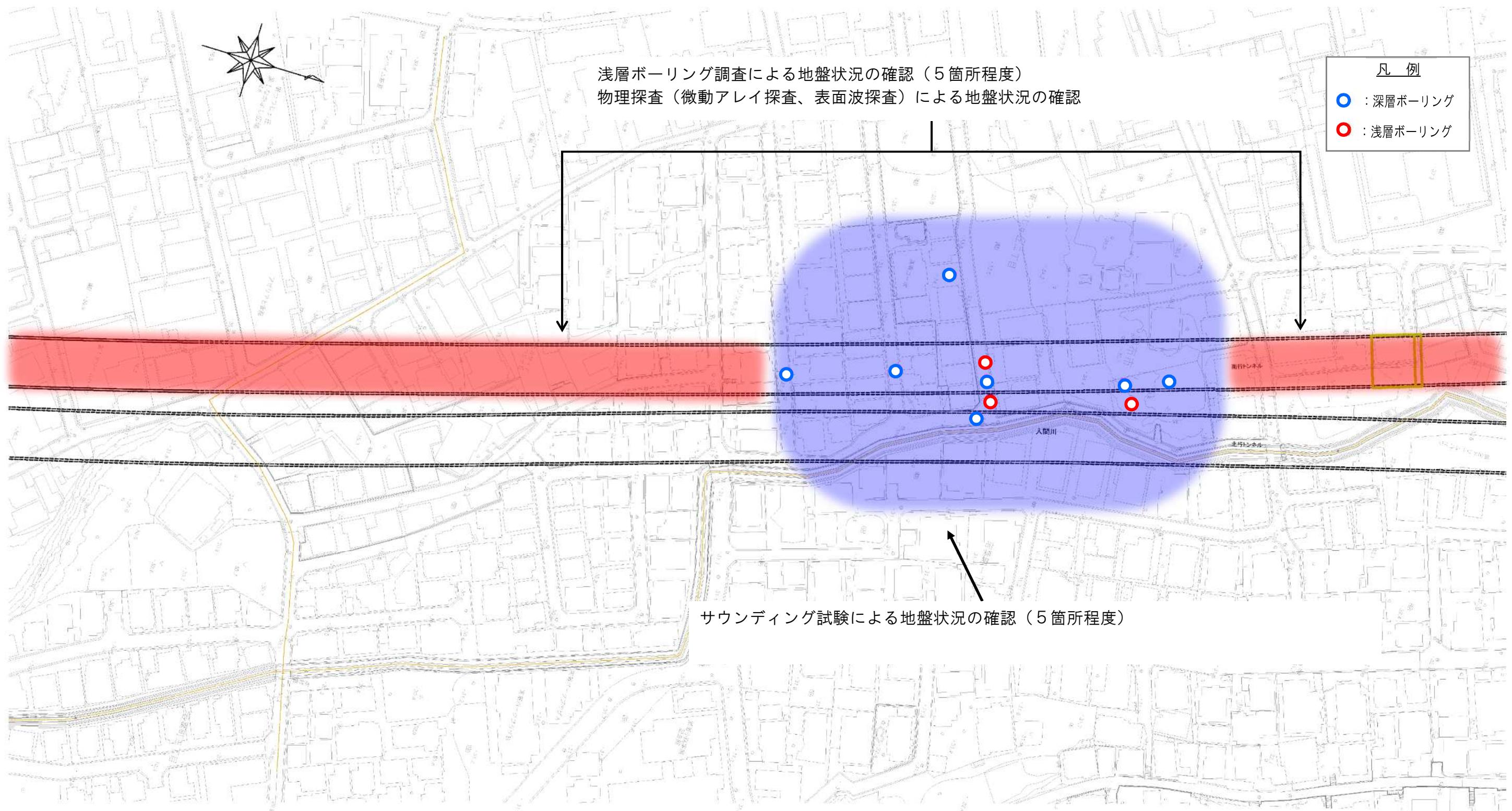
## 【表面波探査】

地表面から行う地盤の物理探査手法。地表面を起振することにより、種々の周波数で地盤を加振し、この振動を測定・解析することにより地下の構造を把握する。



表面波探査の概念(イメージ)

## エリアA詳細平面図



## ＜参考＞トンネル掘進状況について

### トンネル坑内の状況(令和2年11月21日 19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)

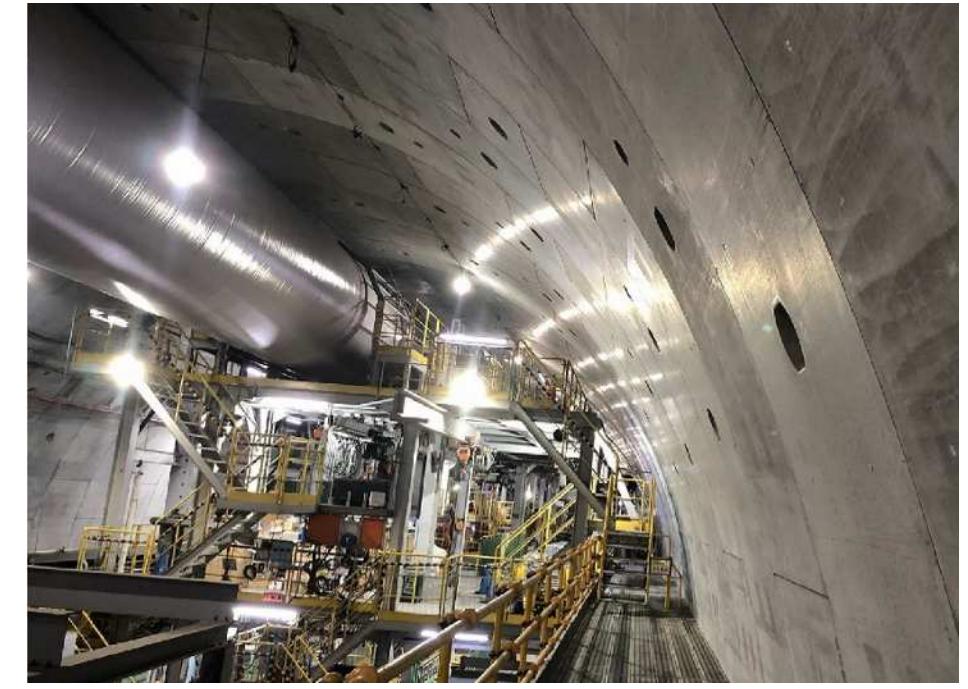


写真3 坑内状況写真(空洞発見箇所付近右側)

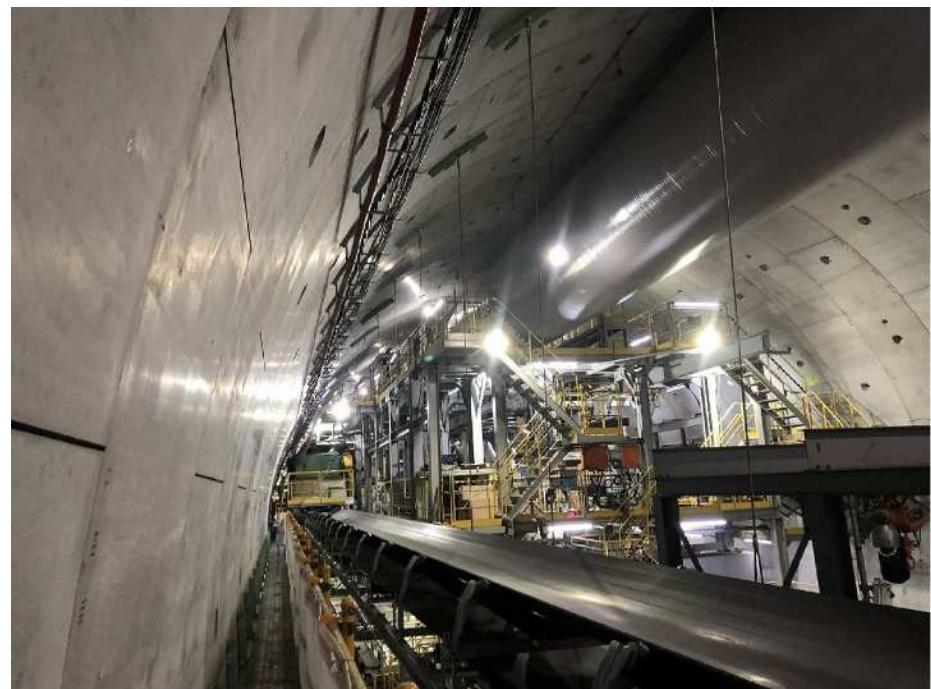


写真4 坑内状況写真(空洞発見箇所付近左側)

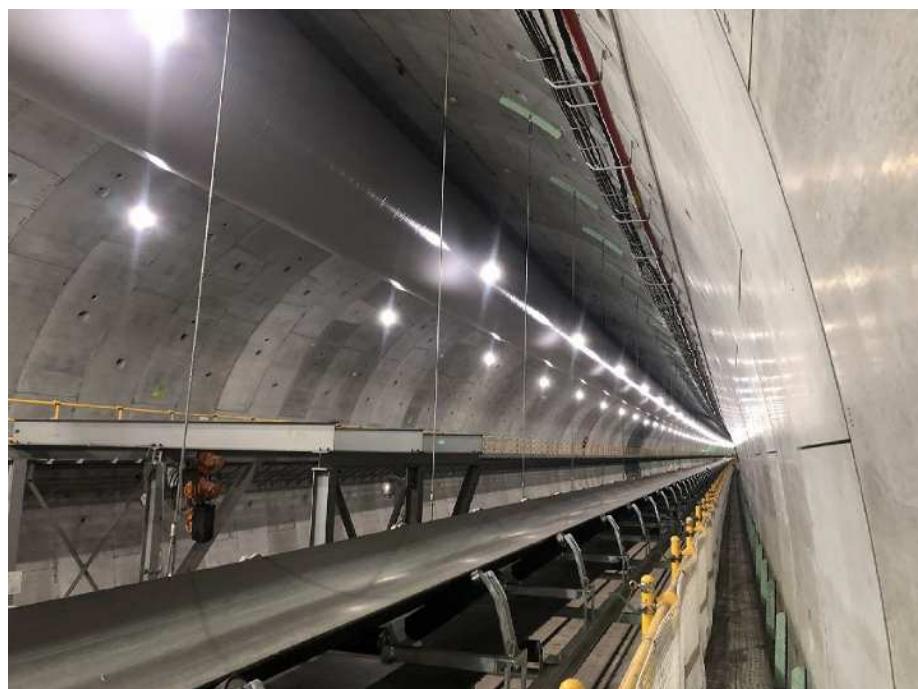


写真5 坑内状況写真(空洞発見箇所付近セグメント状態)