

### 3. 坑内水抜き計画について

1. 検討フロー.....	P1
2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策.....	P4
3. 計測計画.....	P15
4. 坑内水抜き概略工程.....	P21

平成30年7月4日(水)

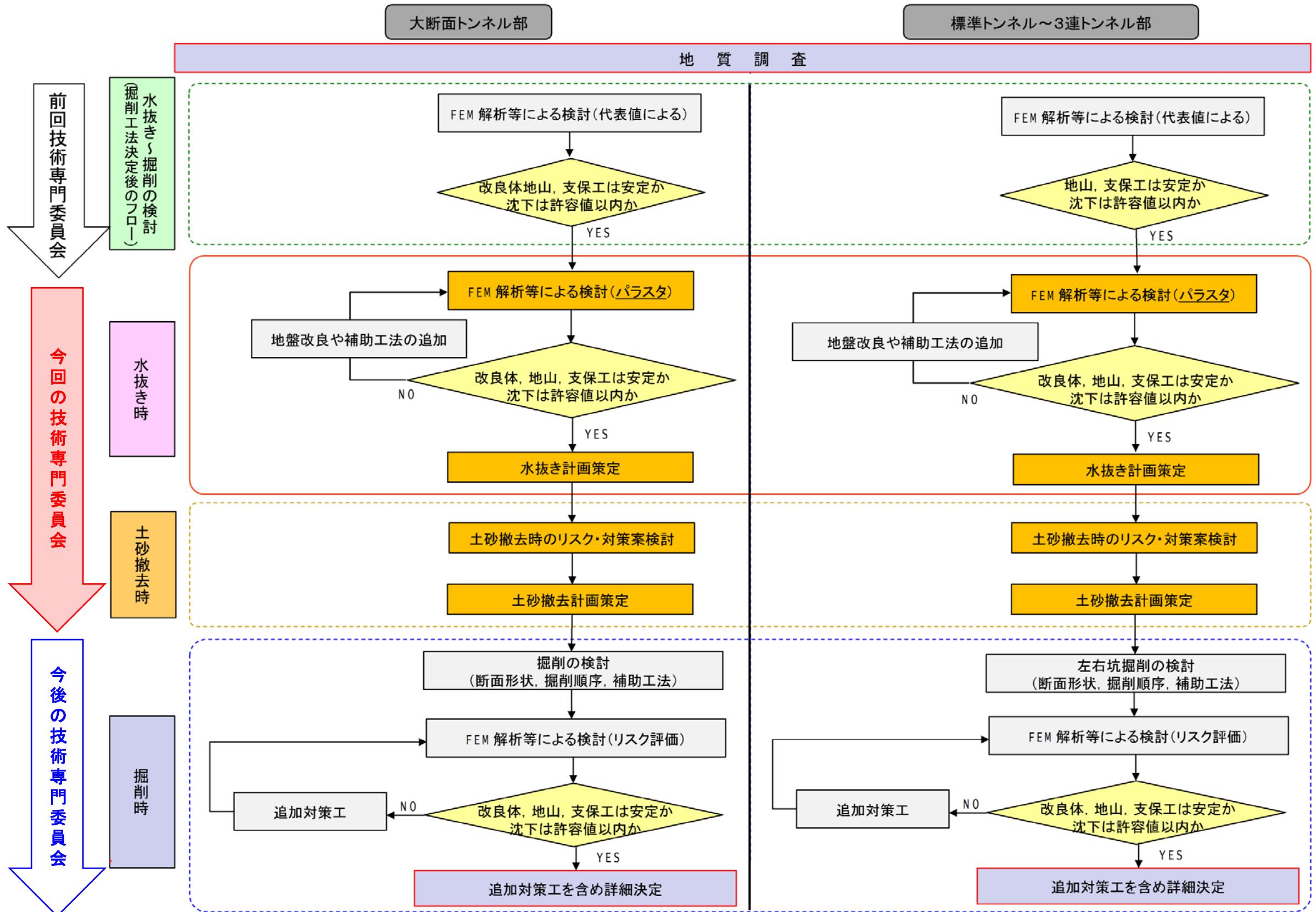
福岡市交通局

# 1. 検討フロー

# 1. 検討フロー

## (1) 全体フロー

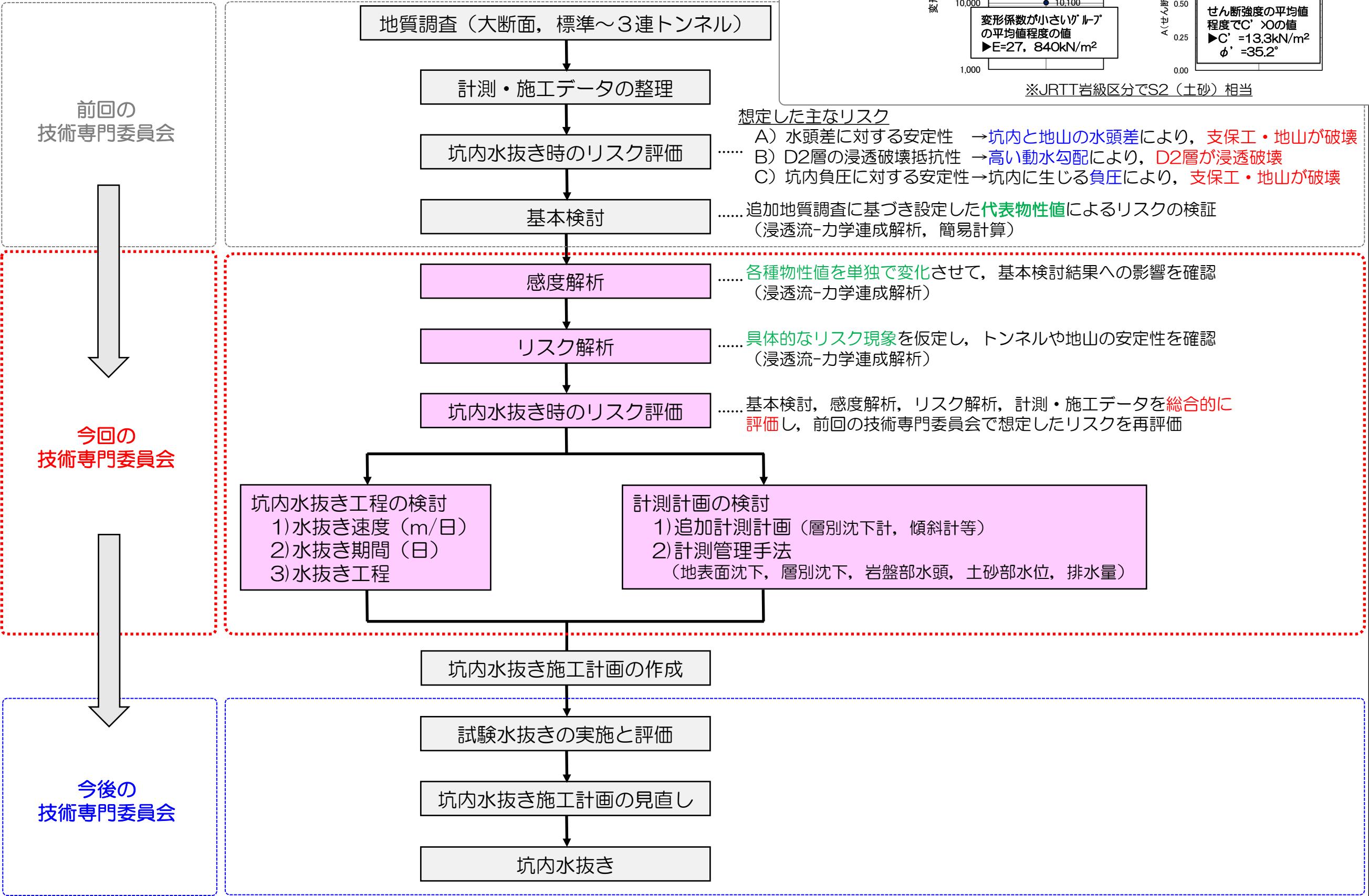
・坑内水抜き～土砂撤去～掘削（大断面，標準～3連トンネル）の検討を進めていく上での全体フローを示す。



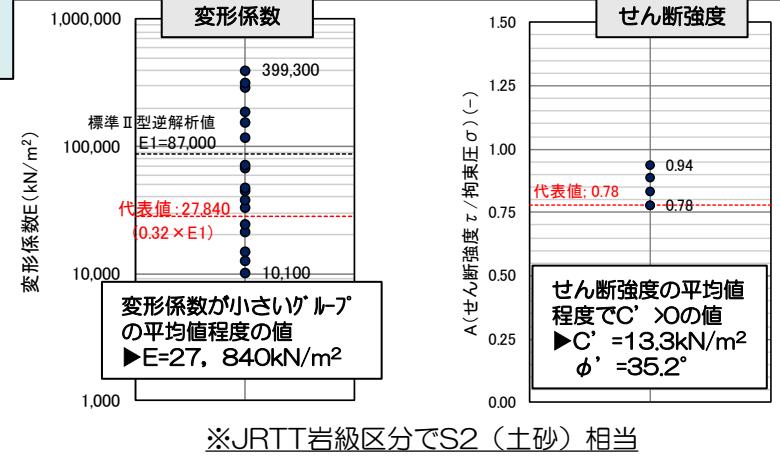
# 1. 検討フロー

## (2) 詳細フロー

- 『坑内水抜き』の検討を進めていく上での詳細フローを示す。



【例. Ds2の代表物性値】  
(標準~3連トンネル区間)



- 想定した主なリスク
- A) 水頭差に対する安定性 → 坑内と地山の水頭差により, 支保工・地山が破壊
  - B) D2層の浸透破壊抵抗性 → 高い動水勾配により, D2層が浸透破壊
  - C) 坑内負圧に対する安定性 → 坑内に生じる負圧により, 支保工・地山が破壊

..... 追加地質調査に基づき設定した代表物性値によるリスクの検証  
(浸透流-力学連成解析, 簡易計算)

..... 各種物性値を単独で変化させて, 基本検討結果への影響を確認  
(浸透流-力学連成解析)

..... 具体的なリスク現象を仮定し, トンネルや地山の安定性を確認  
(浸透流-力学連成解析)

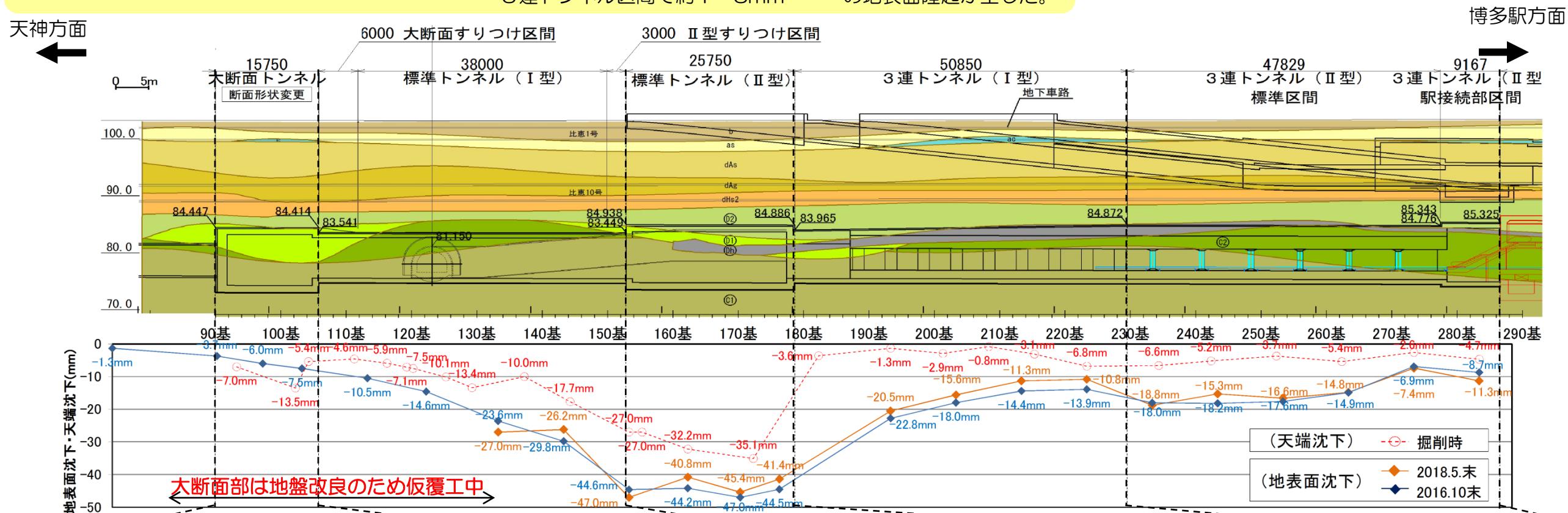
..... 基本検討, 感度解析, リスク解析, 計測・施工データを総合的に評価し, 前回の技術専門委員会 で想定したリスクを再評価

## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

### (1) 施工・計測状況のまとめ

- 道路陥没前，標準トンネルⅡ型（上下半掘削完了）で最大-47.0mmの地表面沈下を生じた。
- 岩盤部の地下水頭回復（13.0m）の影響により，標準トンネルⅡ型区間で約1~4mm  
3連トンネル区間で約1~3mmの地表面隆起が生じた。



区間		大断面トンネル	標準トンネルⅠ型	標準トンネルⅡ型	3連トンネルⅠ型	3連トンネルⅡ型
特徴	断面積	約150m <sup>2</sup>	約79m <sup>2</sup>	約140m <sup>2</sup>	約113~155m <sup>2</sup>	約155~173m <sup>2</sup>
	断面閉合	未実施	未実施	未実施	インバートコンクリート	インバートコンクリート 路盤コンクリート(駅接続部)
	岩被り	1.9~2.8m	3.6~4.1m	2.6~3.3m	3.5~4.5m	3.5~4.5m
	炭質頁岩厚さ	-	-	1.4~2.4m	1.4~2.2m	0.7~2.2m

## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

### (2) 解析上の評価まとめ

#### 各解析の概要

##### 検討目的

- 追加地質調査に基づき設定した**代表物性値**によるリスクの検証

##### 想定リスク（主要なもの）

- A) 水頭差に対する安定性 → **坑内と地山の水頭差**により、**支保工・地山が破壊**
- B) D2層の浸透破壊抵抗性 → **高い動水勾配**により、**D2層が浸透破壊**
- C) 坑内負圧に対する安定性 → 坑内に生じる**負圧**により、**支保工・地山が破壊**

##### 検討方法

- A・C) 浸透流-力学連成解析（弾性解析）
- B) 簡易計算（浸透破壊、押し抜きせん断破壊）

##### 代表物性値（例. 標準～3連部 Ds2層）

【D2層】	変形係数 (kN/m <sup>2</sup> )	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (°)	透水係数 (cm/s)	備考
原設計	224,000	62.4	20	1.0E-05	全応力状態
標準Ⅱ型逆解析	87,000	26.25	20	1.0E-05	全応力状態
<b>代表物性値 (Ds2)</b>	27,840	13.3	35.2	6.2E-05/3.2E-06	有効応力状態

基本検討

#### 解析上の評価

##### 主な評価指標

局所安全率, 支保応力 (吹付けコンクリート, 鋼製支保工)

##### 評価結果

- 坑内水抜きにより, 周辺地山の間隙水圧が低下し, 有効応力が増加する。
- 坑内水抜きにより, 応力状態は回復する。
- 坑内水抜きにより, トンネル壁面に作用していた内圧が無くなる。
- 坑内水抜きにより, 支保工に生じる応力は増加する。ただし, 設計基準強度および降伏強度以下。

**【結論】 坑内水抜きにより, リスクが顕在化する可能性は低い**

##### 検討目的

- 地盤改良体や地山は不均質であるため, **各種物性値を単独で変化**させることにより, 設定した物性値が代表物性値と異なる場合の影響を分析

##### 検討概要

	一軸圧縮強度qu (MPa)	変形係数E (kN/m <sup>2</sup> )	透水係数K (cm/s)	備考
地盤改良体	0.7qu	-	10K, 1/10K	設計強度:qu = 1MPa
D2・Dh	-	最低値 (E≒7/10)	-	各区間での最低値
周辺地山	-	岩級1ランク低下 D1→D2 (E≒1/10) C2→D1 (E≒6/10)	10K, 1/10K	-

感度解析

##### 主な評価指標

局所安全率, 支保応力 (吹付けコンクリート, 鋼製支保工)  
応力履歴, せん断ひずみ

##### 評価結果 (ケースによらず同じ)

- 坑内水抜きにより, 周辺地山の間隙水圧が低下し, 有効応力が増加する。
- 坑内水抜きにより, 応力状態は回復する。(応力履歴も確認)
- 坑内水抜きにより, トンネル壁面に作用していた内圧が無くなる。
- 坑内水抜きにより, 支保工に生じる応力は増加する。ただし, 許容応力度以下。
- せん断ひずみを限界せん断ひずみと比較し地山の安定性を確認。

**【結論】 基本検討の結論から変更なし**

##### 検討目的

- 具体的な**リスク現象**を仮定し, トンネルや地山の安定性を確認

##### 検討概要

ケース名	具体的リスク現象	モデル化方法	解析法
CaseA	大断面地盤改良部において比恵10号下部に <b>未改良ゾーン</b> が残存	比恵10号下の物性は緩い砂層のまま	弾性解析
CaseB	標準トンネルⅡ型で <b>鋼製支保工が劣化</b>	水没時ステップで鋼製支保工を撤去 (吹付けのみ健全とする)	弾性解析
CaseC	地山が脆弱で変形が大きかった標準トンネルⅡ型で <b>地山が弾塑性挙動</b>	基本検討を弾塑性解析に変更	弾塑性解析

リスク解析

##### 主な評価指標

局所安全率, 支保応力 (吹付けコンクリート, 鋼製支保工)  
応力履歴, せん断ひずみ

##### 評価結果

- CaseA: 坑内水抜き時, **比恵10号下の未改良部の存在**が地山やトソリの安定性へ与える影響は**小さい**。
- CaseB: 坑内水抜き時, **鋼製支保工の劣化**が地山やトソリの安定性へ与える影響は**小さい**。
- CaseC: 坑内水抜き時, 標準Ⅱ型部で**地山が弾塑性挙動**を生じて, 地山やトソリの安定性へ与える影響は**小さい**。

**【結論】 基本検討の結論から変更なし**

## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

### (3) 坑内水抜き時のリスク評価の流れ

- 坑内水抜き時のリスク評価，リスク対応方針決定の流れを以下に示す。

#### 直接ひずみ評価法

限界ひずみ(一軸圧縮強度/変形係数)と壁面ひずみ(天端沈下/トンネル半径)を比較してトンネルの安定性を評価する方法

#### 限界ひずみ

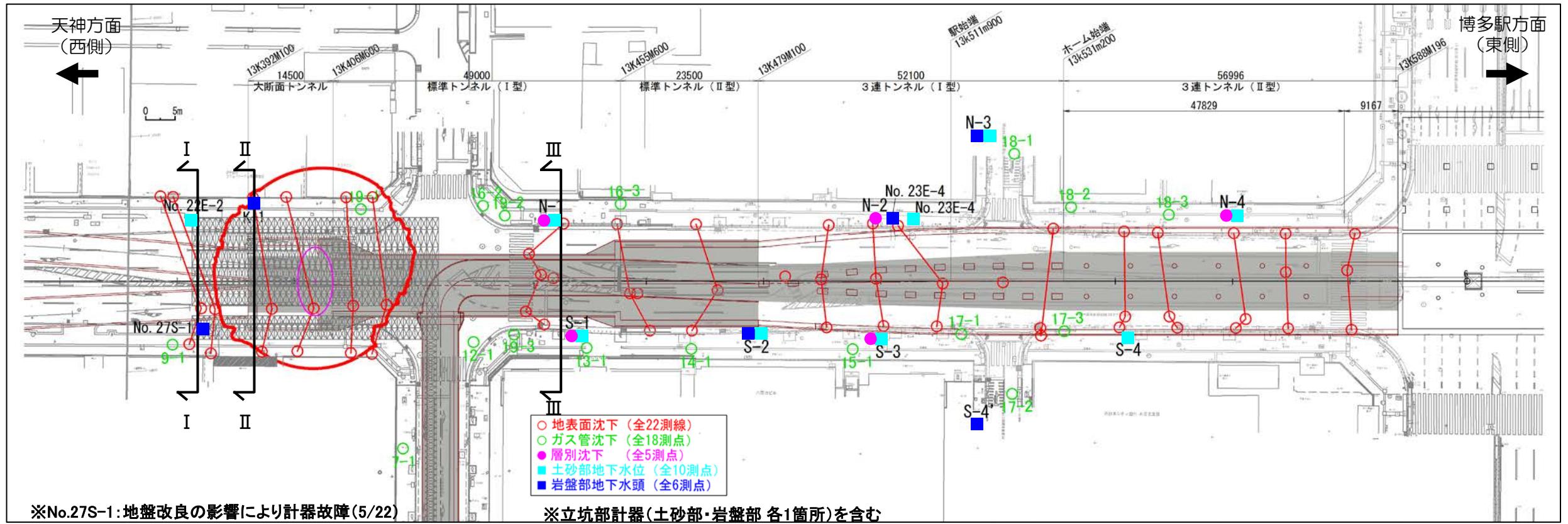
上限値: 切羽の安定度が「崩壊領域」レベル  
中央値: // が「不安定領域」と「崩壊領域」の境界  
下限値: // が「やや不安定領域」と「不安定領域」の境界

	大断面トンネル部 ※地盤改良を実施したうえでの解析 (トンネル坑内地盤改良を除く)	標準トンネルⅡ型部	3連トンネルⅠ型部	3連トンネルⅡ型部
計測・施工データの整理	-	-	-	-
基本検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂層と岩盤層の水圧差でD2層が浸透破壊することにより、坑内に土砂が流入→地表面が陥没する(浸透破壊 <math>F_s=1.6</math>)</li> <li>FEM解析上、坑内水抜きで地山やトナリが不安定化する可能性は低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地表面沈下: 約50mm</li> <li>直接ひずみ評価法によれば、下半掘削時、天端部壁面ひずみは、やや不安定領域であったと推定される。計測実績を鑑みれば、インバート掘削時、天端部壁面ひずみは不安定領域や崩壊領域となる可能性がある。</li> <li>土砂層と岩盤層の水圧差でD2層が浸透破壊することにより、坑内に土砂が流入→地表面が陥没する(浸透破壊 <math>F_s=1.9</math>)</li> <li>※支保機能が失われ、“無支保”となった場合</li> <li>FEM解析上、坑内水抜きで地山やトナリが不安定化する可能性は低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂層と岩盤層の水圧差でD2層が浸透破壊することにより、坑内に土砂が流入→地表面が陥没する(浸透破壊 <math>F_s=2.1</math>)</li> <li>※支保機能が失われ、“無支保”となった場合</li> <li>FEM解析上、坑内水抜きで地山やトナリが不安定化する可能性は低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂層と岩盤層の水圧差でD2層が浸透破壊することにより、坑内に土砂が流入→地表面が陥没する(浸透破壊 <math>F_s=2.6</math>)</li> <li>※支保機能が失われ、“無支保”となった場合</li> <li>FEM解析上、坑内水抜きで地山やトナリが不安定化する可能性は低い</li> </ul>
感度解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEM解析上、坑内水抜き時における各物性値の変動が地山やトナリの安定性に与える影響は小さい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEM解析上、坑内水抜き時における各物性値の変動が地山やトナリの安定性に与える影響は小さい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEM解析上、坑内水抜き時における各物性値の変動が地山やトナリの安定性に与える影響は小さい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEM解析上、坑内水抜き時における各物性値の変動が地山やトナリの安定性に与える影響は小さい</li> </ul>
リスク解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEM解析上、坑内水抜き時における、想定した3つのリスク現象が地山やトナリの安定性に与える影響は小さい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEM解析上、支保(鋼製支保工)の健全性が地山の安定性に与える影響は小さい</li> </ul>	-	-
坑内水抜き時のリスク評価と対策	<p>FEM解析上、不安定化のリスクは低い、崩落孔付近の支保機能が健全でない箇所からの浸透破壊リスクがないか検討</p> <p>【リスク対応方針】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>地盤改良体の機能確認調査(強度、透水性)を実施する</li> <li>現在実施中の計測と併せて追加計測(層別沈下、傾斜計等)を実施する</li> <li>陥没影響範囲直下のトナリ坑内を改良するため、浸透破壊リスクは低い</li> </ol>	<p>FEM解析上、不安定化のリスクは低い、既に発生している地表面沈下等を踏まえ検討</p> <p>FEM解析結果からは水抜きに伴い地盤が不安定化するリスクは低いと評価できる。ただし、比較的大きな地表面沈下や天端沈下が下半掘削時まで生じていること、炭質頁岩が厚く分布していることなどの地盤条件を鑑み、対策を検討する</p>	-	-

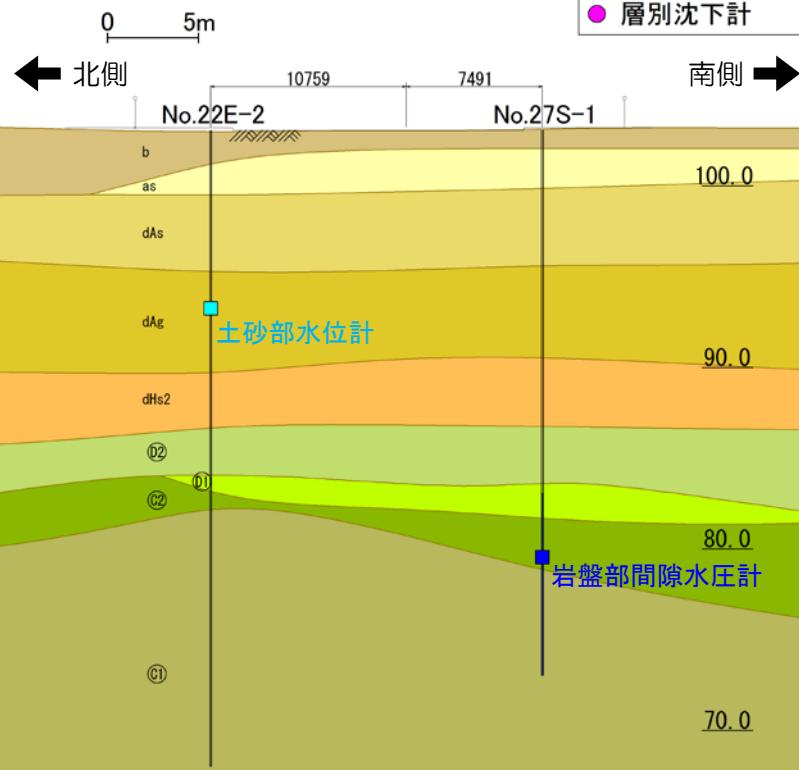
## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

### (4) 現在実施している安全対策

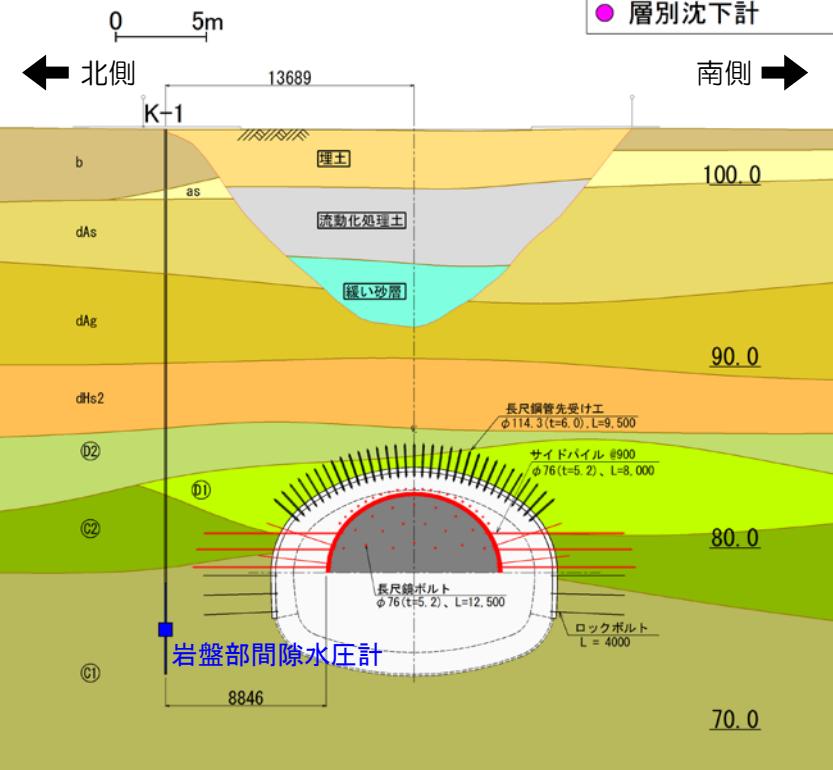
坑内水抜き時のリスク対策を検討していくため、現在実施している安全対策（計測工）を以下に示す。水抜きの際には、リスク評価を踏まえたうえで、安全に実施できるように追加で対策を施す。



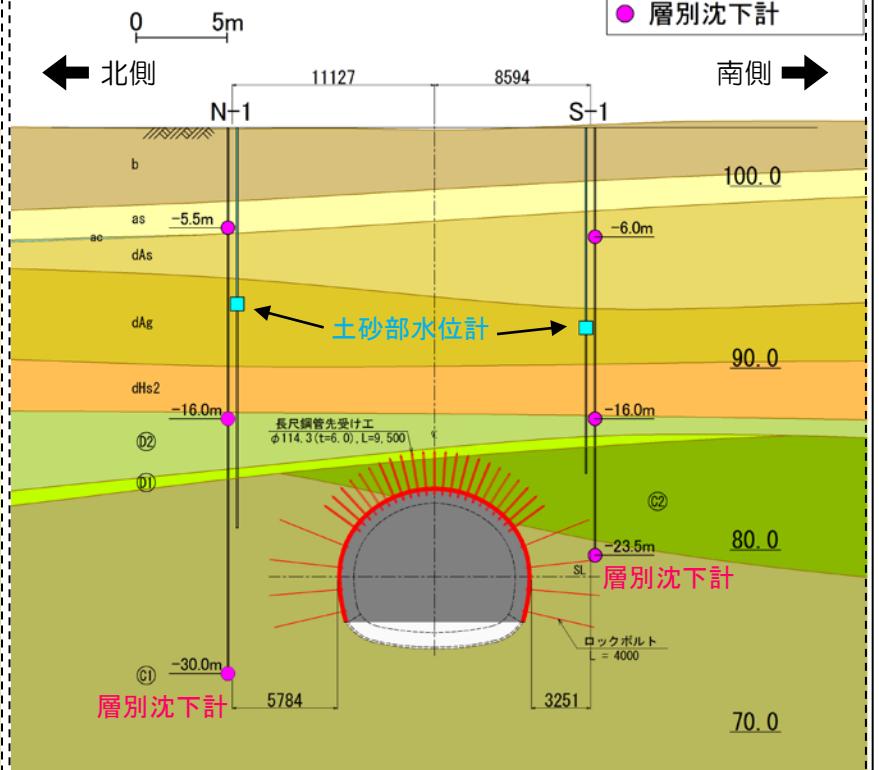
I-I 断面



II-II 断面

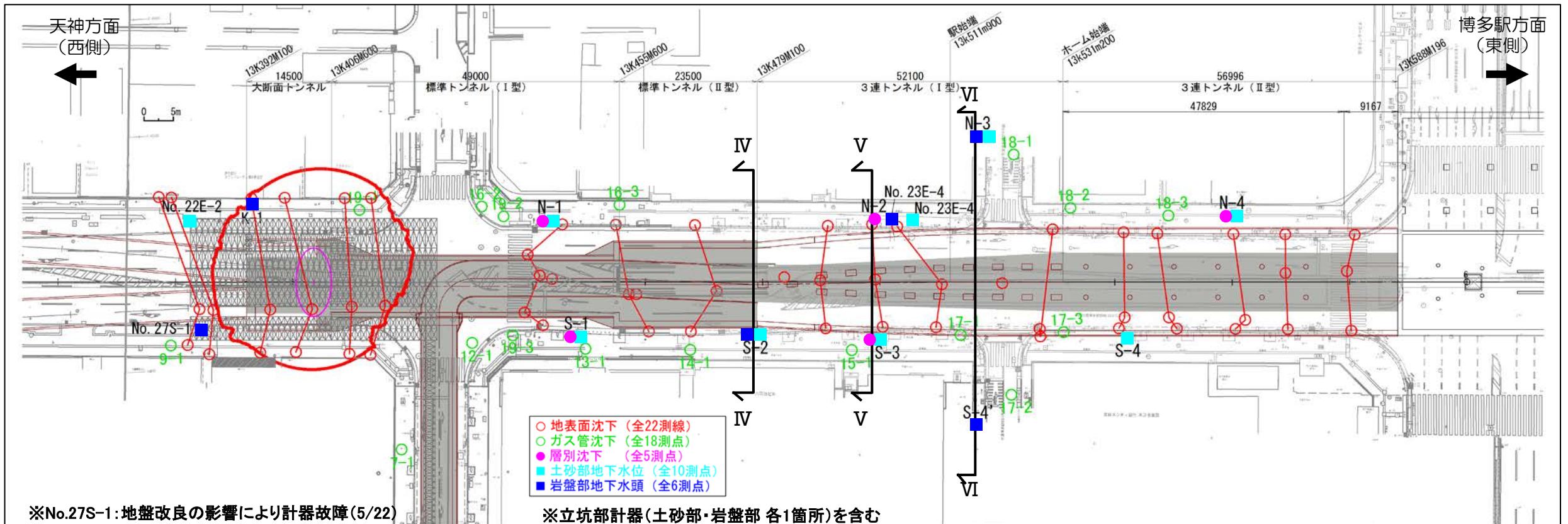


III-III 断面

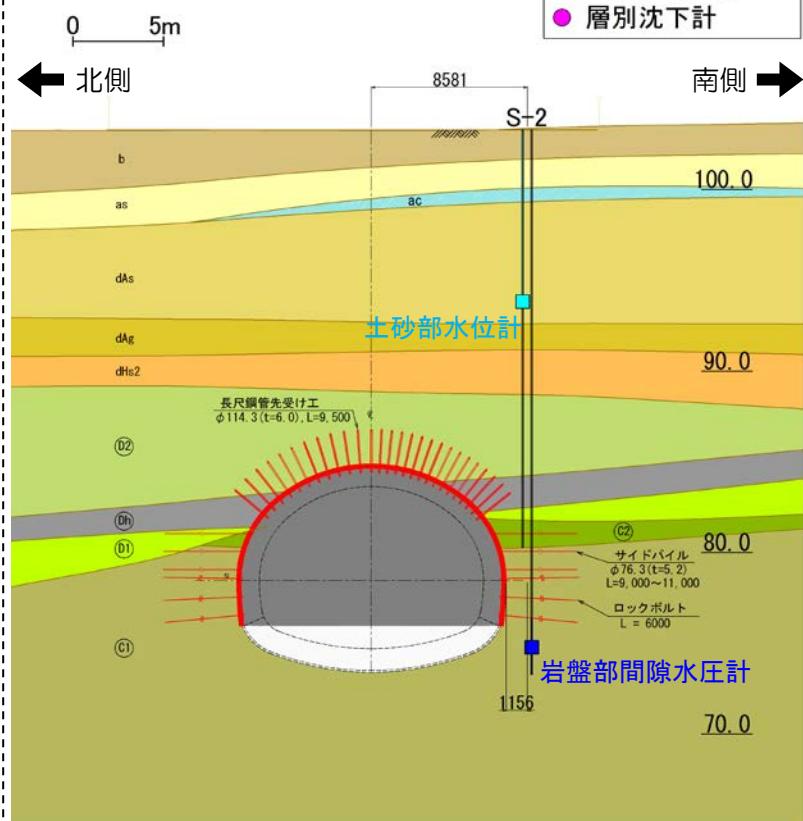


## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

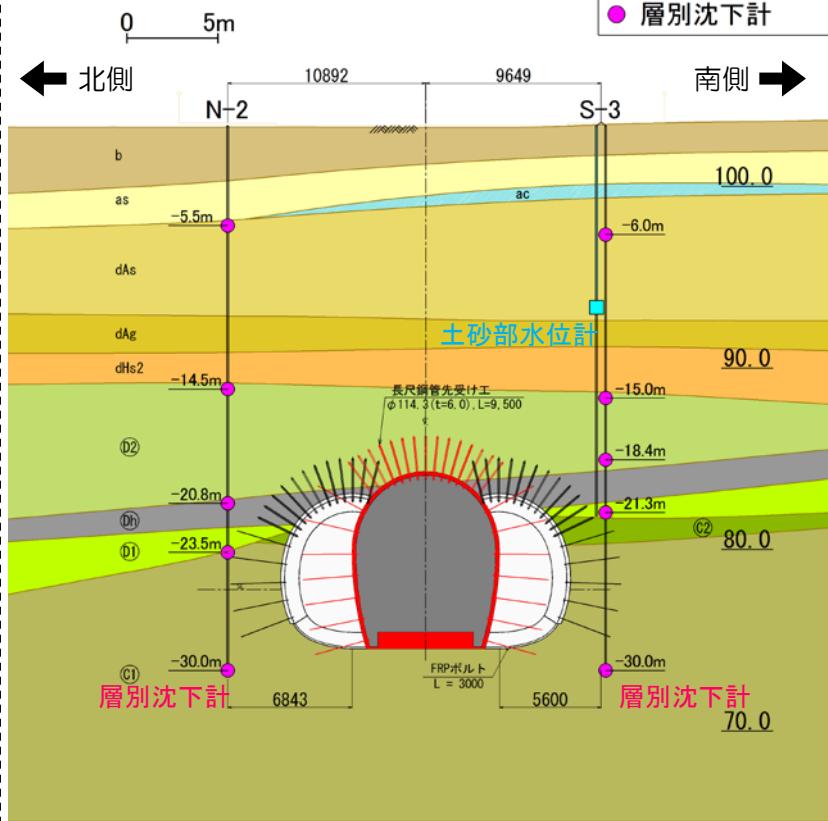
### (4) 現在実施している安全対策



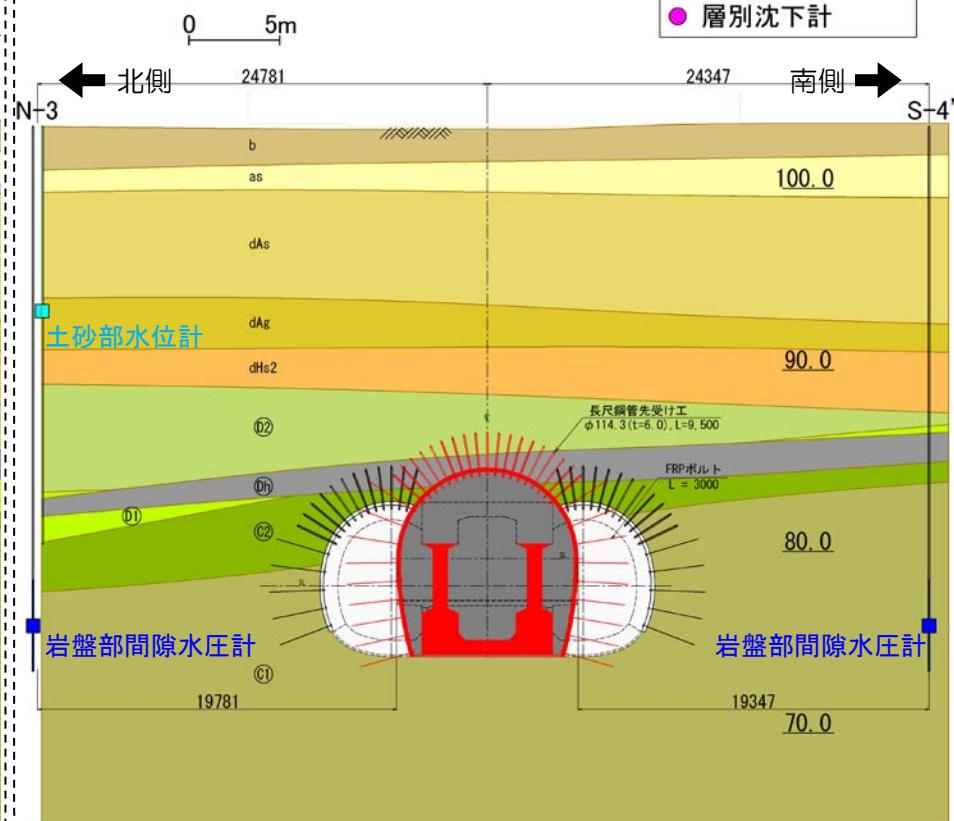
IV-IV断面



V-V断面



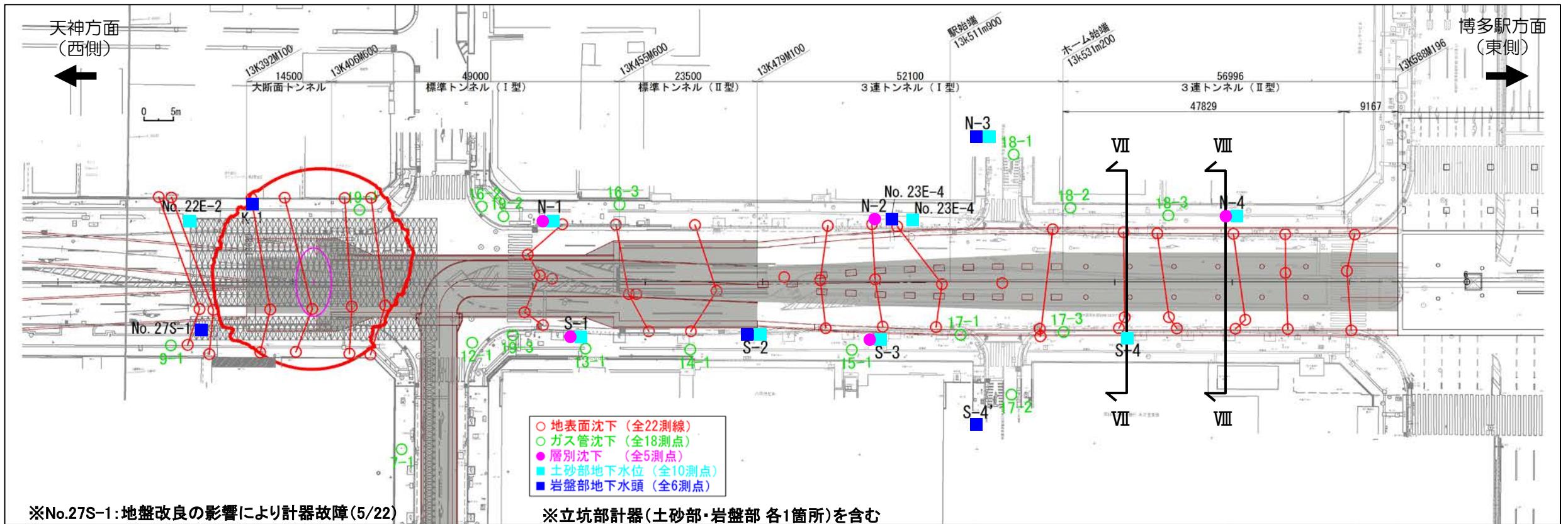
VI-VI断面



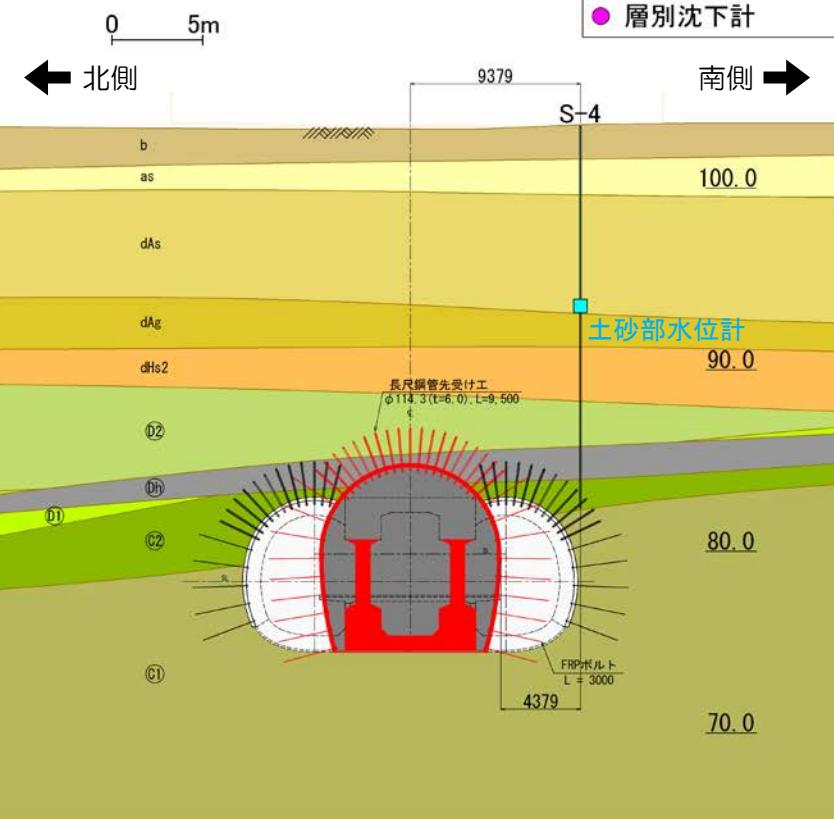
※計測機器設置断面を三次元地質モデルから抽出して作成

## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

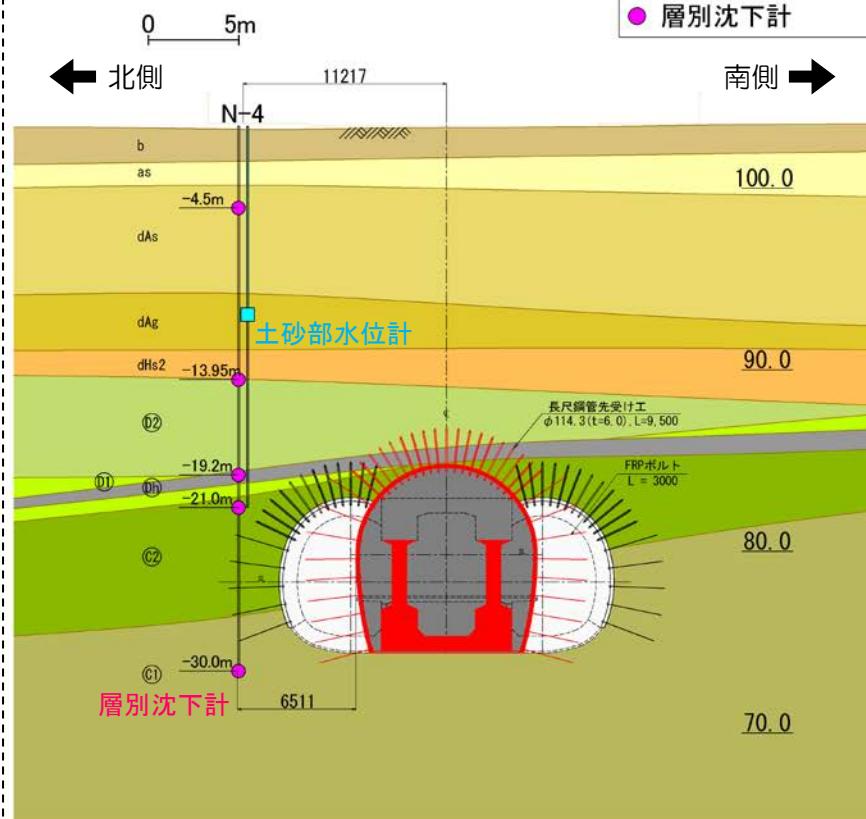
### (4) 現在実施している安全対策



#### Ⅶ-Ⅶ断面



#### Ⅷ-Ⅷ断面



※計測機器設置断面を三次元地質モデルから抽出して作成

## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

### (5) リスク評価とリスク対策

基本検討, 感度解析, リスク解析, 計測・施工データの総合的な評価に基づく  
リスク評価結果と現在実施している安全対策を踏まえ, 追加対策を検討する

#### 【リスク】

「土砂層と岩盤層の水圧差でD2層が浸透破壊することにより, 土砂が坑内に流入→地表面が陥没する。」

#### 【リスク評価】

浸透破壊の安全率は1.6(横断陥没幅11.6mと仮定した場合)であるが, 坑内地盤改良を実施するため, その発生確率は低い。

#### 【現状】

「下半掘削完了時で比較的大きな地表面沈下や天端沈下が発生している」

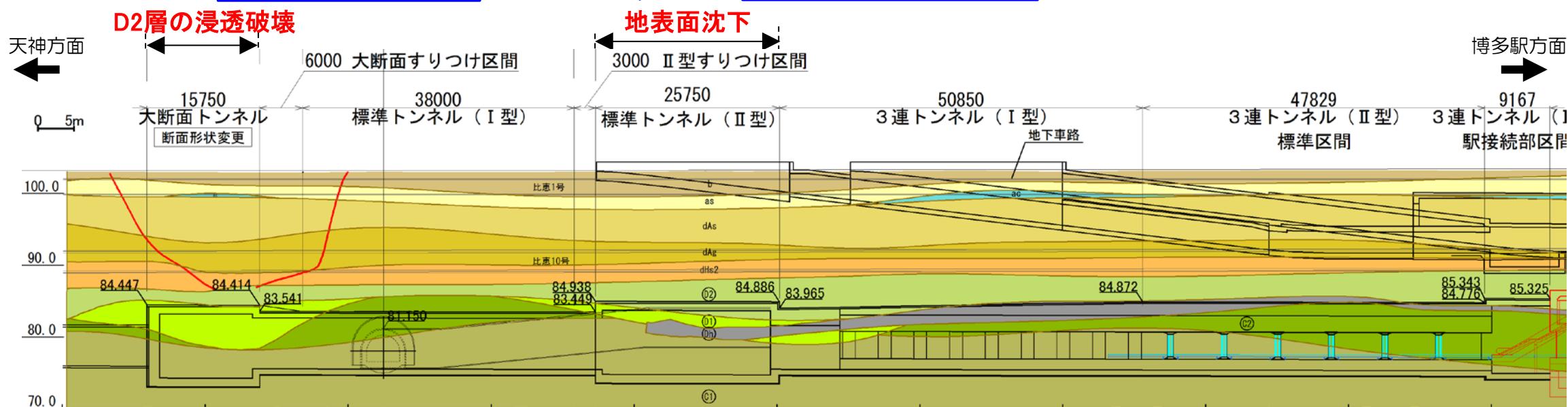
#### 【リスク評価】

FEM解析結果からは水抜きに伴い地盤が不安定化するリスクは低いと評価できる。

リスク評価

リスク評価: 高  
(坑内水抜き時)

リスク評価: 低  
(坑内水抜き時)



リスク対策

地盤改良体機能確認調査  
追加計測・坑内地盤改良

層別沈下計測

対策後のリスク評価: 低

対策後のリスク評価: 低

対策後のリスク評価

#### 【リスク対応方針】

- ①全区間共通 : 現在実施している安全対策を, 水抜き時のリスク対策として継続して実施していく。
- ②大断面区間 : 地盤改良体の機能確認調査(強度, 透水性)を実施するとともに, 追加計測(層別沈下, 傾斜計)の設置を行う。  
また, 浸透破壊を生じさせないため, 陥没影響範囲直下のトンネル坑内を充填する。
- ③標準II型区間: トンネル上部への追加計測を実施し, 地盤の安定性をモニタリングする。

## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

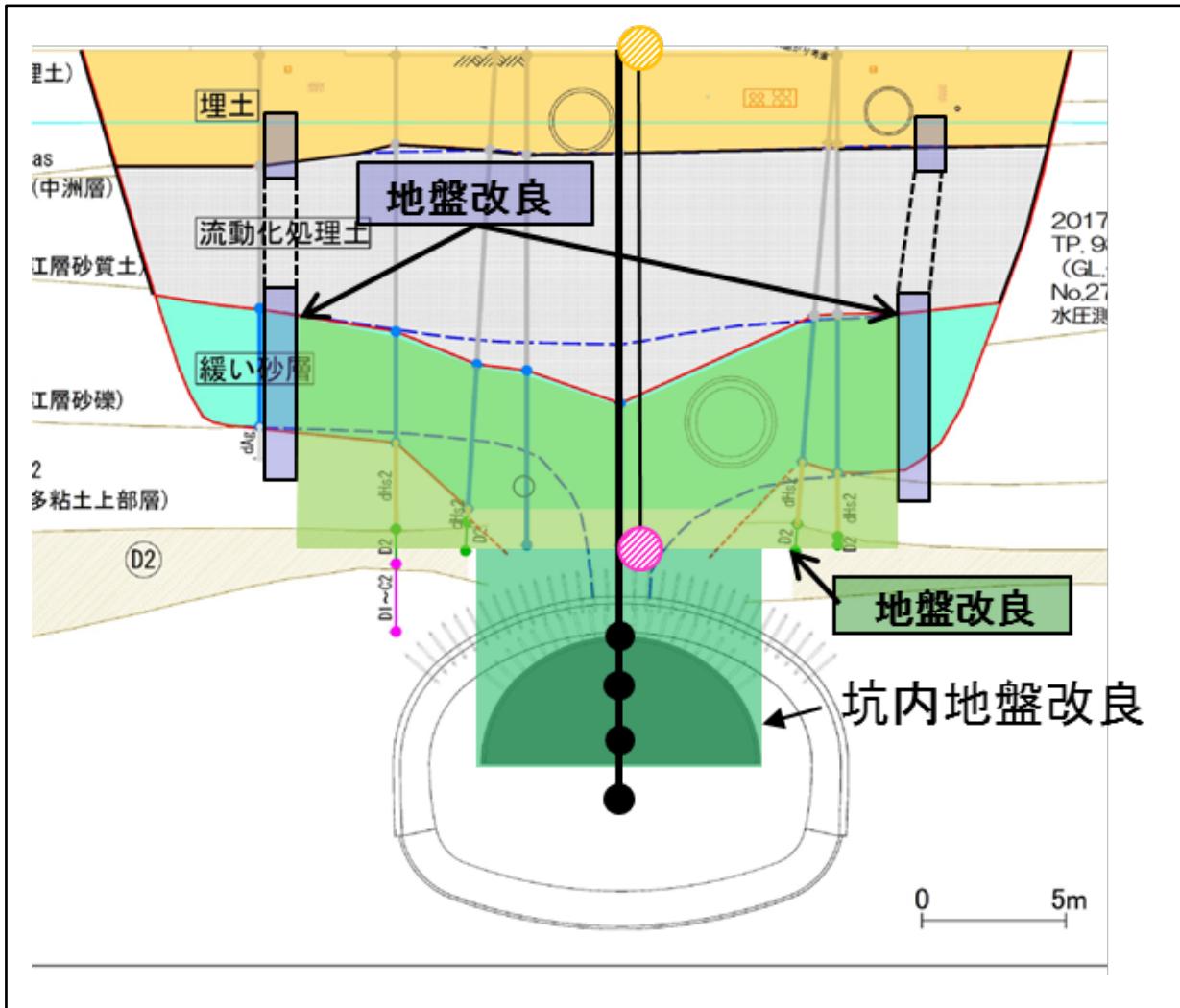
### (6) 大断面トンネルのリスク対策(案)

【大断面トンネル部 リスク対策(案)】

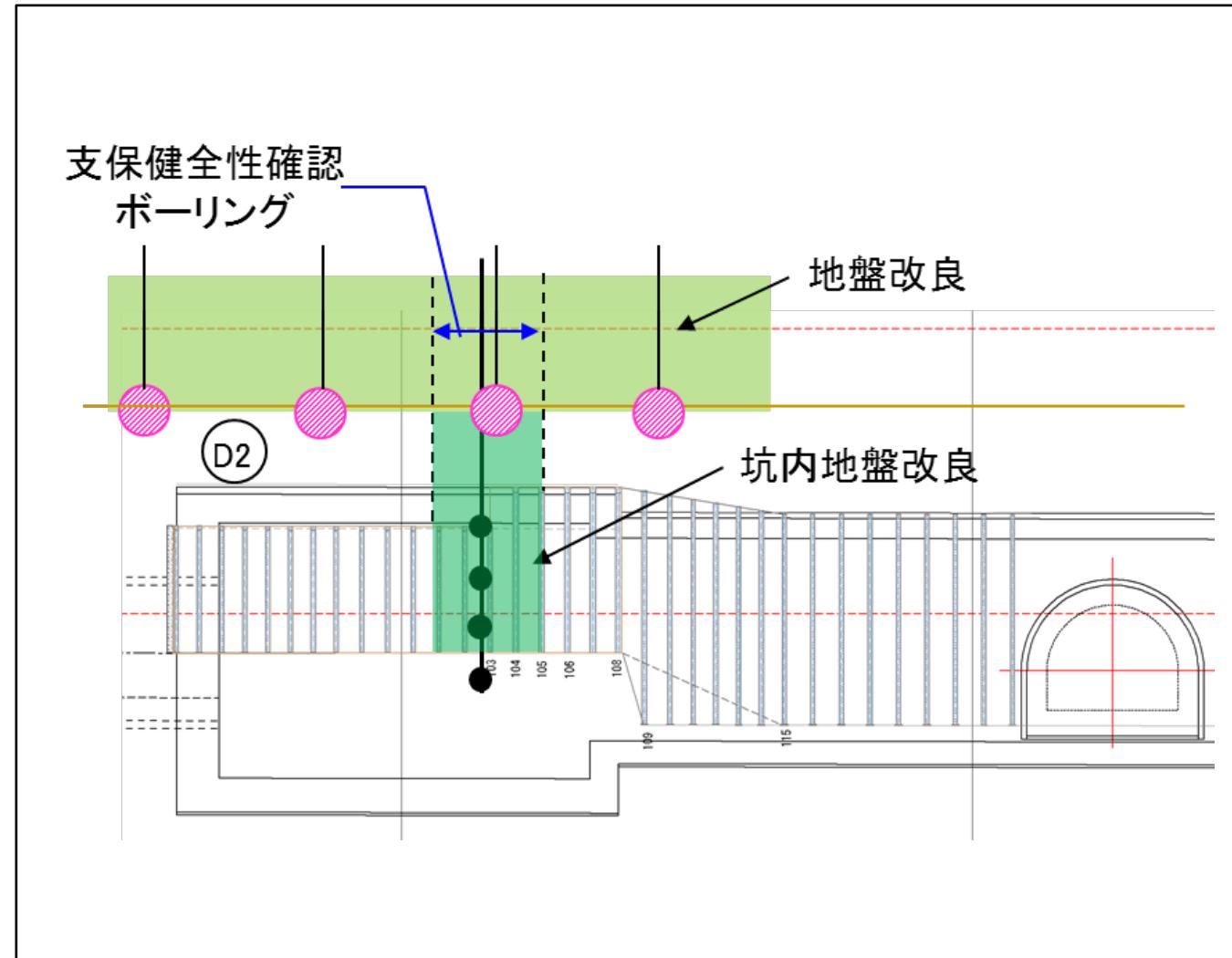
- **D2浸透破壊リスク**に対し、大断面部の坑内地盤改良を実施をすることからリスクは低い。  
坑内地盤改良に加え、改良体の適切な確認や計測を行うことで、さらにリスクを低減する。

#### 大断面トンネル部リスク対策(案)

● 層別沈下計  
● 傾斜計



大断面トンネル坑内地盤改良横断面図(イメージ)



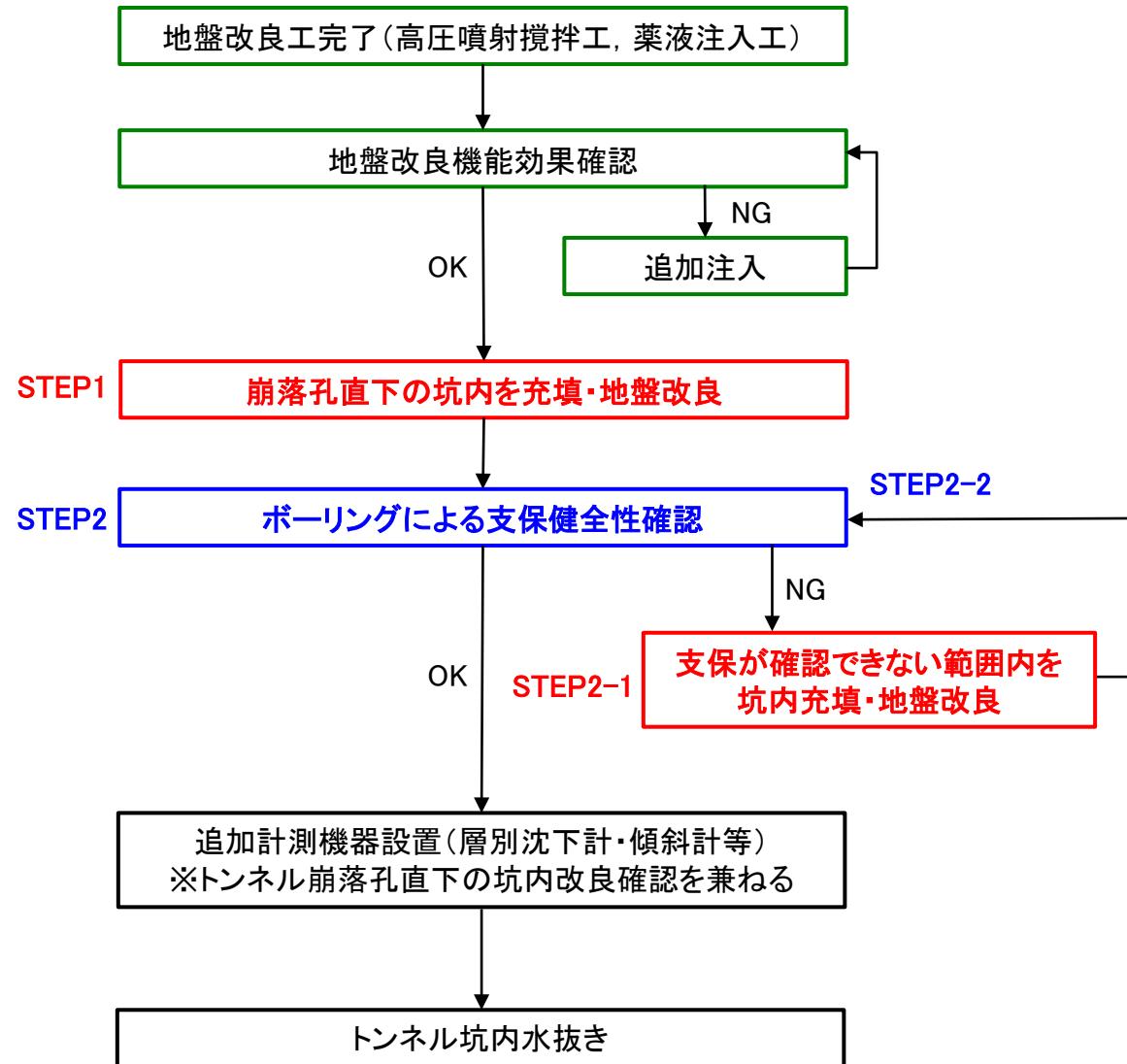
大断面トンネル坑内地盤改良縦断面図(イメージ)

## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

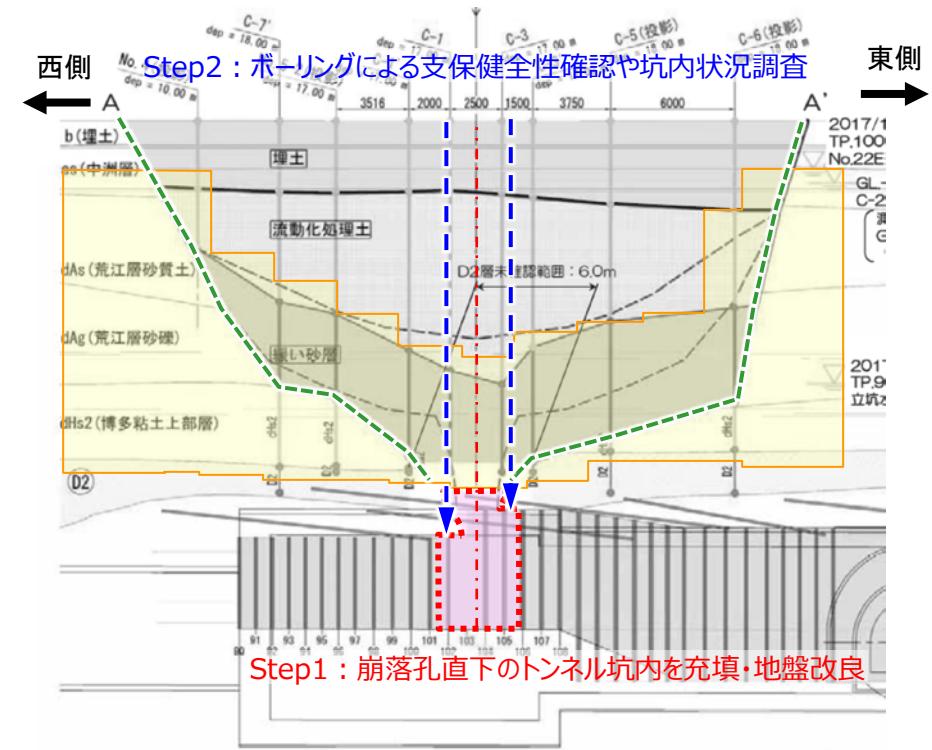
### (6) 大断面トンネルのリスク対策 (案)

- 地上からトンネル支保工の健全範囲を確認した後、支保工の健全性が確認できない範囲を中心に坑内を充填改良する。

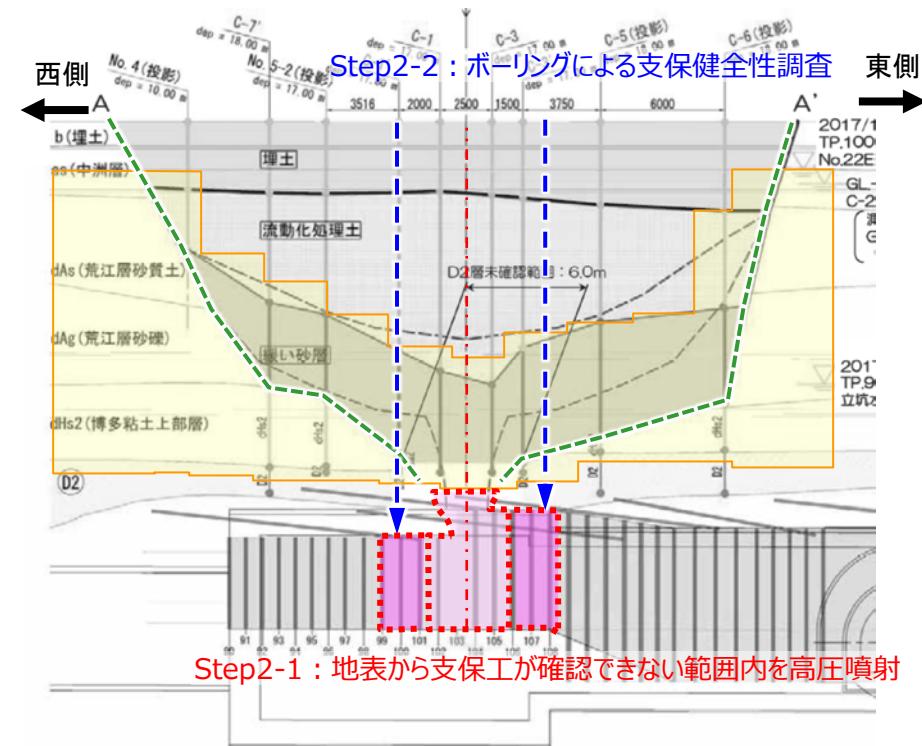
#### 坑内充填・地盤改良施工フロー



※崩落孔直下の地盤改良によって大断面トンネルの西側に水が残ったままとなる可能性があるため、土砂撤去時には水平ボーリング等によって確認を行うこととする。



Step2で支保健全性が確認できない場合

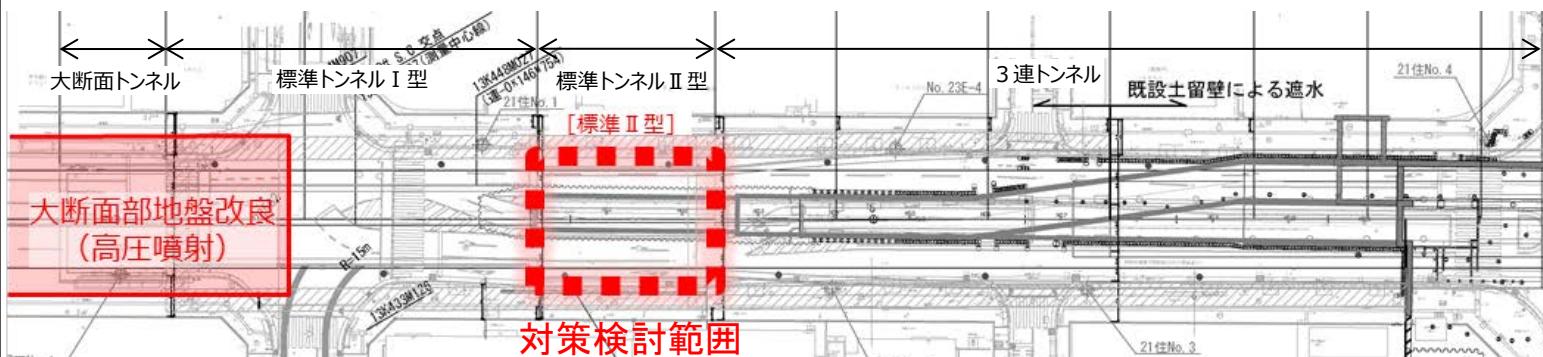


## 2. 坑内水抜き時のリスク評価と対策

### (7) 標準Ⅱ型トンネルのリスク対策(案)

#### 【リスク対策(案)】

掘削時に地表面沈下傾向が大きかった標準トンネルⅡ型区間については、下記の対策を検討した。



#### トンネル掘削の際の地表面沈下量 (mm)

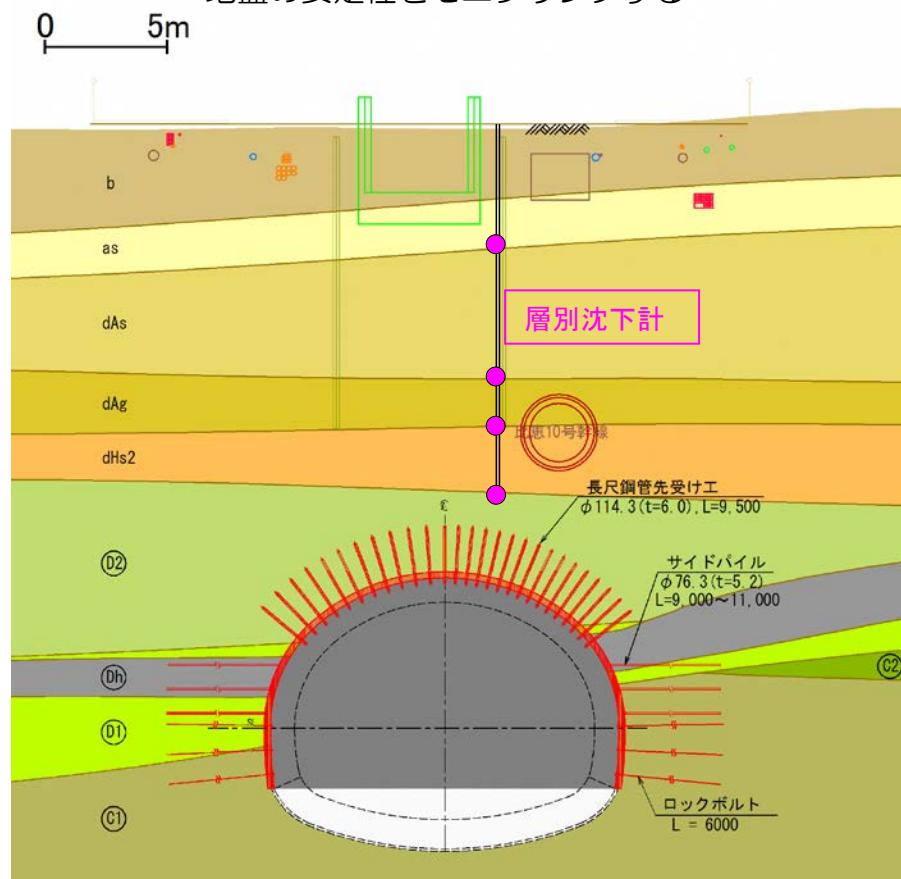
区間	標準Ⅰ型トンネル	標準Ⅱ型トンネル	3連トンネル
地表面沈下量	11~30	44~47	7~23

\* 管理基準値は超過していない。

### 標準トンネルⅡ型区間リスク対策(案)

#### 層別沈下計測

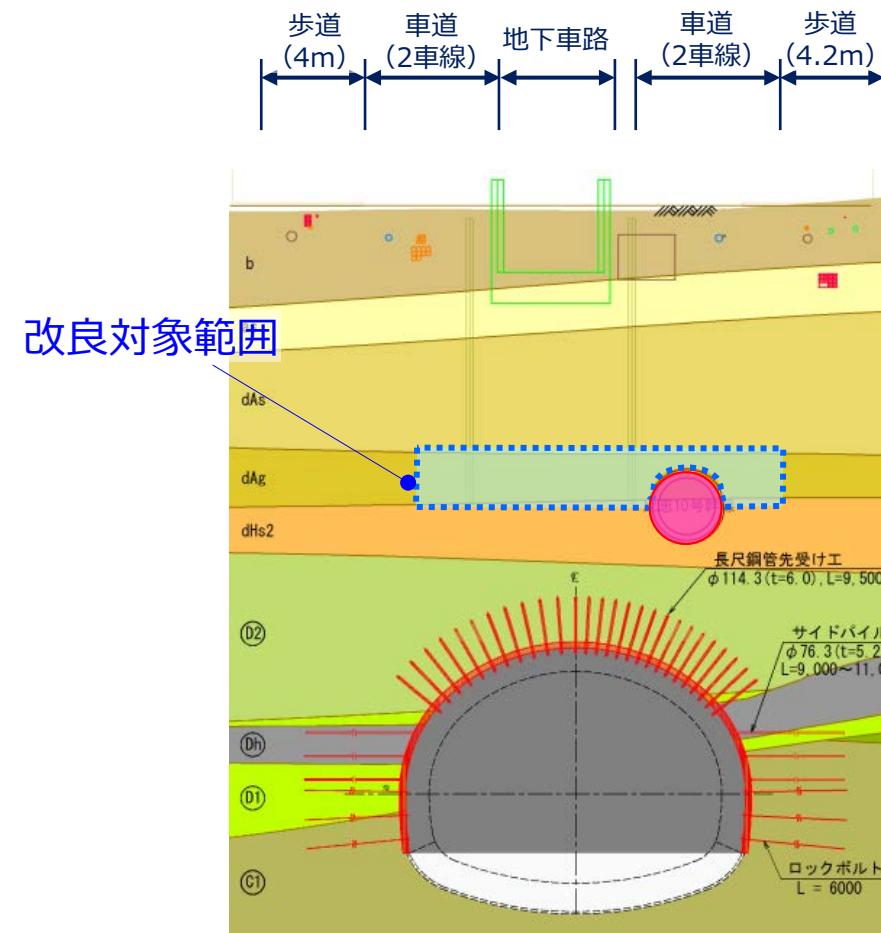
- トンネル上部への追加計測を実施し、地盤の安定性をモニタリングする



標準Ⅱ型トンネル層別沈下計測横断面図(イメージ)

#### 薬液注入工

- 薬液注入により土砂層の強度と止水性を高める



標準Ⅱ型トンネル薬液注入工横断面図(イメージ)

### 3. 計測計画

### 3. 計測計画

#### (1) 計測計画の方針

解析的検討結果によれば、坑内水抜きにより地山やトンネルが不安定化する可能性は低い  
ただし、地表面沈下や浸透破壊などの地盤の不安定化については、特に監視する必要がある。

#### 【計測計画方針】

坑内水抜き時の地山およびトンネルの不安定化を極力早期に検知できる計測とする。

#### A. 変位計測・観察(地盤やトンネルの安定性を確認する)

- ① 地表面沈下 : これまでに引き続き地表面沈下計測を実施。データの連続性や特異現象を把握する。
- ② 層別沈下計測 : トンネル周辺地盤の不安定化を早期に把握する。
- ③ 地盤傾斜計測 : 道路陥没部直下におけるトンネル坑内の不安定化を早期に把握する。
- ④ カメラ監視 : 3連トンネル天端付近の坑内の状況を確認する(第10回委員会で討議)。

#### B. 地下水計測(地盤やトンネルの安定性を検証する)

- ⑤ 土砂部水位計測 : 土砂部から坑内への地下水流入がないことを確認する。
- ⑥ 岩盤部水頭計測 : トンネル壁面に過度な水圧が作用していないことを確認する。
- ⑦ 排水量計測 : 土砂層から坑内への地下水の流れ込みがないことを検証する。

・上記以外に各事業者との協議に基づく計測を実施する。

### 3. 計測計画

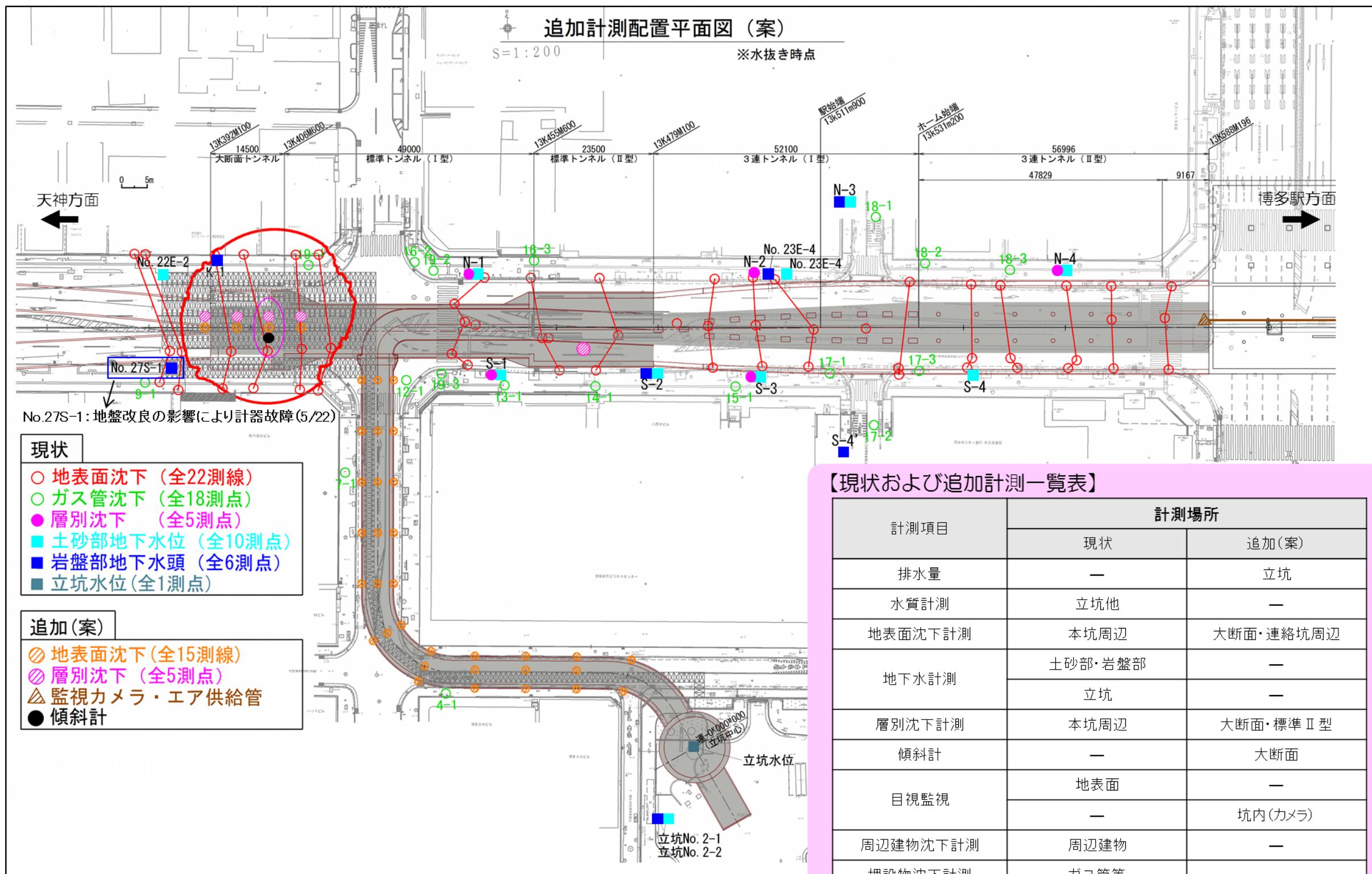
#### (2) 追加計測配置(案) 平面図

##### 【現状】

- 水質, 地下水(土砂, 岩盤, 立坑), 地表面沈下, 層別沈下, 建物沈下, ガス管沈下, 地下車路計測, を継続して実施中。

##### 【計画】

- 大断面トンネル部については, 地盤改良後, 地表面沈下測点や層別沈下計・傾斜計を新たに設置し, 水抜きや土砂撤去時の地下水および地中の挙動を計測する。
- 標準トンネルⅡ型部については, 層別沈下計を新たに設置し, 水抜きや土砂撤去時の地下水および地中の挙動を計測する。
- 3連トンネル終端部については, 開削部から水平ボーリングを行い, 監視カメラの挿入経路やエア供給管を確保する。

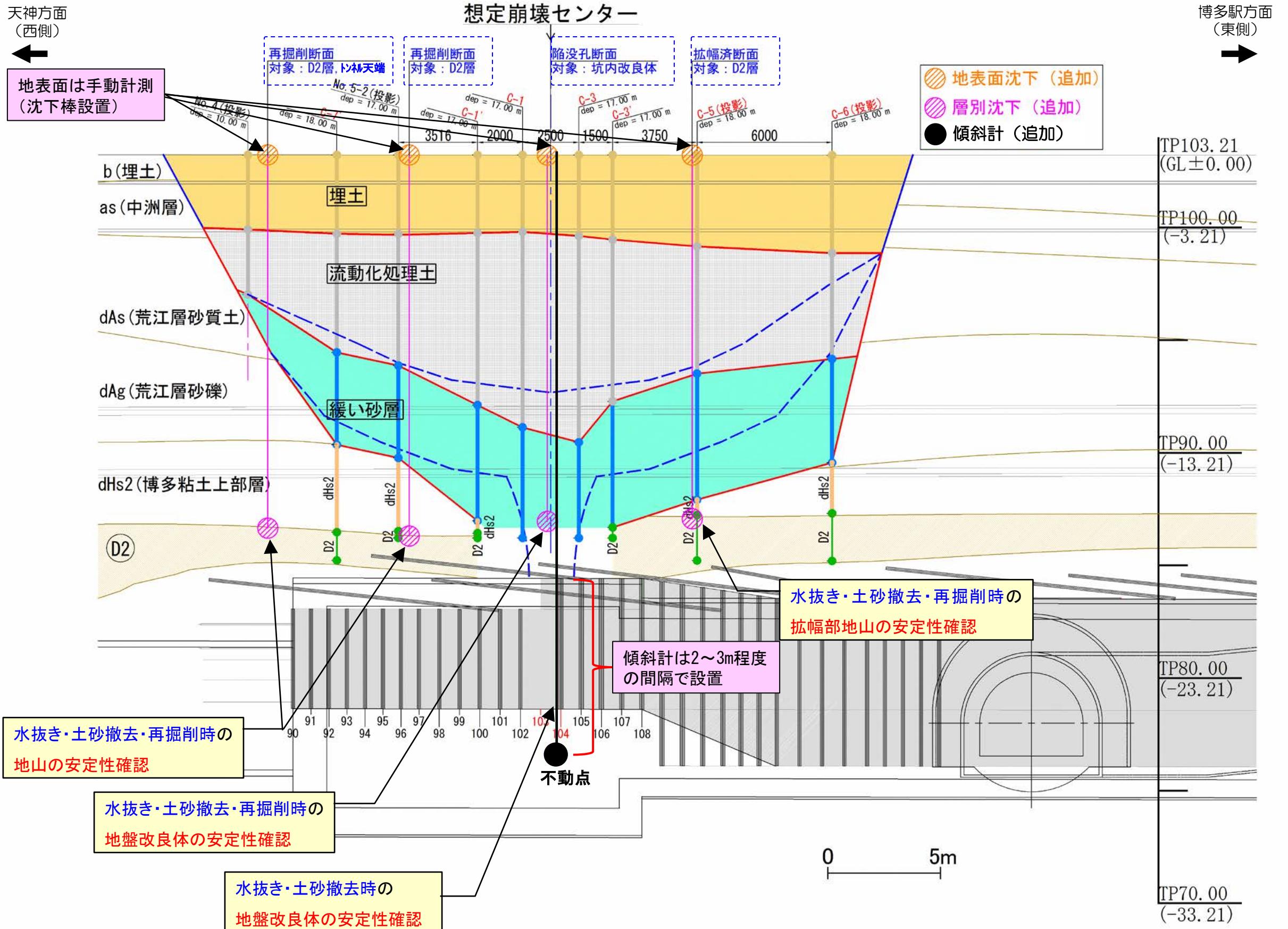


【現状および追加計測一覧表】

計測項目	計測場所	
	現状	追加(案)
排水量	—	立坑
水質計測	立坑他	—
地表面沈下計測	本坑周辺	大断面・連絡坑周辺
地下水計測	土砂部・岩盤部	—
	立坑	—
層別沈下計測	本坑周辺	大断面・標準Ⅱ型
傾斜計	—	大断面
目視監視	地表面	—
	—	坑内(カメラ)
周辺建物沈下計測	周辺建物	—
埋設物沈下計測	ガス管等	—

### 3. 計測計画

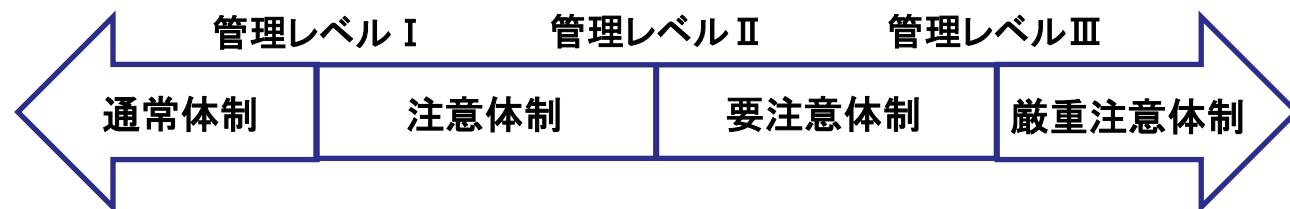
#### (3) 大断面部追加計測配置 (案) 縦断図



### 3. 計測計画

#### (4) 管理基準の設定方法 (案)

トンネル周辺地盤の変位や地下水等を計測し、力学的安定性について評価する。

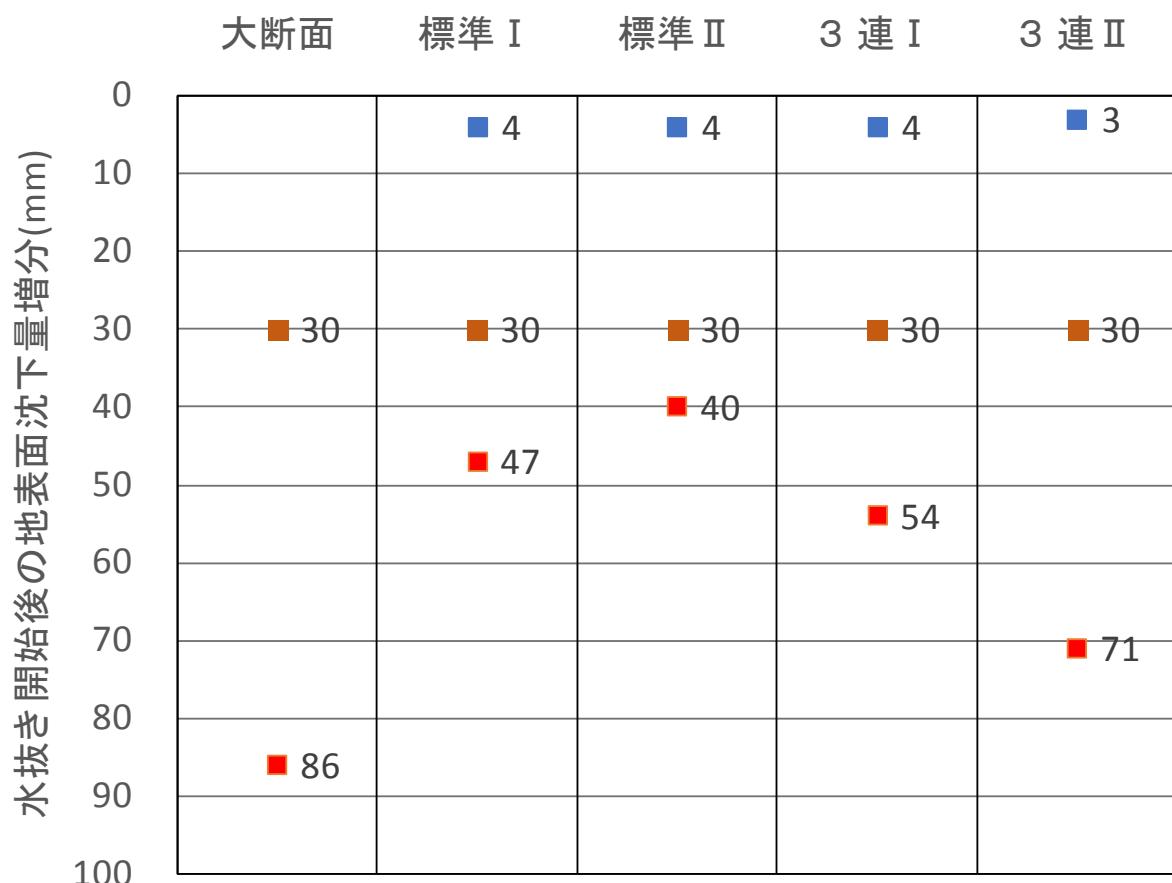


変位データからトンネル周辺地盤の安定性を評価する。

- ① 地表面沈下計測データから、トンネル周辺地盤や近接構造物の安定性を評価する。
- ② 層別沈下データから、トンネル周辺地盤の安定性を評価する。

※地表面沈下＝トンネル天端沈下と仮定する

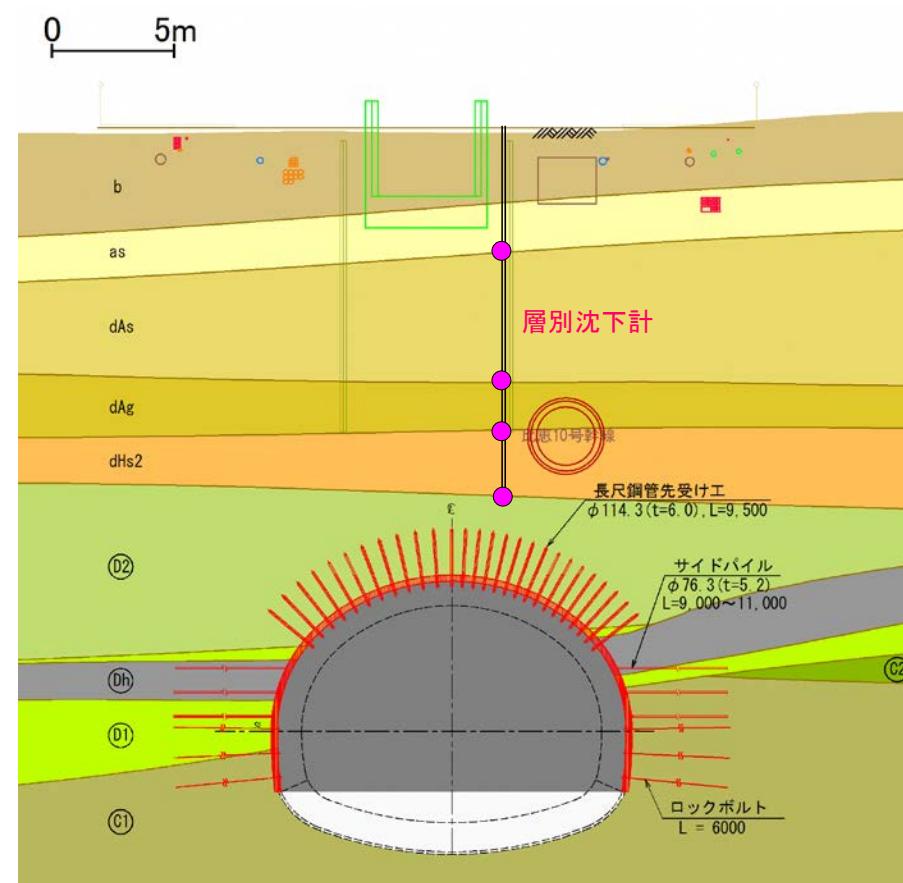
#### 地表面沈下



- レベル I : ■ リバウンド量相当の地表面沈下量 × 安全率  
 レベル II : ■ 道路保全の対象となる地表面沈下量 × 安全率  
 レベル III : ■ D2層限界ひずみ中央値相当の地表面沈下量 × 安全率  
 (掘削時からの累積沈下量との残差量)

※標準 II 型 : D2層限界ひずみ中央値相当の地表面沈下量 = 87mm  
 地表面沈下量(最大値) = 47mm  
 ∴掘削時からの累積沈下量との残差量 = 87 - 47 = 40mm

#### 層別沈下



- レベル I : ■ リバウンド量相当の地表面沈下量 × 計測対象地層分  
 レベル II : ■ 道路保全の対象となる地表面沈下量 × 計測対象地層分  
 レベル III : ■ D2層限界ひずみ中央値相当の地表面沈下量 × 計測対象地層分  
 (掘削時からの累積沈下量との残差量)

### 3. 計測計画

#### (4) 管理基準の設定方法 (案)

地下水データからトンネル周辺地盤の安定性を評価する。

- ① 観測井の計測データから、井戸周辺地盤の異常を検知する。(単孔評価)
- ② 観測井同士の計測データ相関から、トンネル周辺地盤の異常を検知する。(ネットワーク評価)

#### 土砂層水位

計測データによると、  
土砂水位は降雨と連動している。

##### ① 日常管理の考え方

過去の降雨から今日の土砂水位を予想、  
計測値と予想値の乖離を評価する。

単孔評価

##### ② 水位保持期間の管理の考え方

観測井戸同士の計測値の相関を分析し、  
過去の相関と比較・評価する。

ネットワーク評価

- 管理基準値は、データのバラツキを考慮して決定する。

#### 岩盤水頭

計測データによると、  
岩盤水頭は立坑水位と連動している。

##### ① 日常管理の考え方

立坑水位から岩盤水頭を予想し、  
計測値と予測値の乖離を評価する。

単孔評価

##### ② 水位保持期間の管理の考え方

観測井戸同士の計測値の相関を分析し、  
過去の相関と比較・評価する。

ネットワーク評価

- 管理基準値は、データのバラツキを考慮して決定する。

#### 排水量

水位低下に必要な排水量は、  
(湧水量)+(立坑面積×水位低下量)

##### ① 日常管理の考え方

立坑水位から必要排水量を予想し、  
計測値と予測値の乖離を評価する。

- ・水位低下中の排水量管理
- ・水位保持中の排水量管理

#### トンネル周辺地盤の安定性評価指標として用いる

- 水理場の異常値を検知し、地盤の不安定化現象の予見を目指す。  
➤ 坑内水抜きの中断や計測の判断指標として用いる。

#### 工程管理に用いる

- 排水量と地下水位データから水抜き工程の進捗を管理する。

## 4. 坑内水抜き概略工程

# 4. 坑内水抜き概略工程

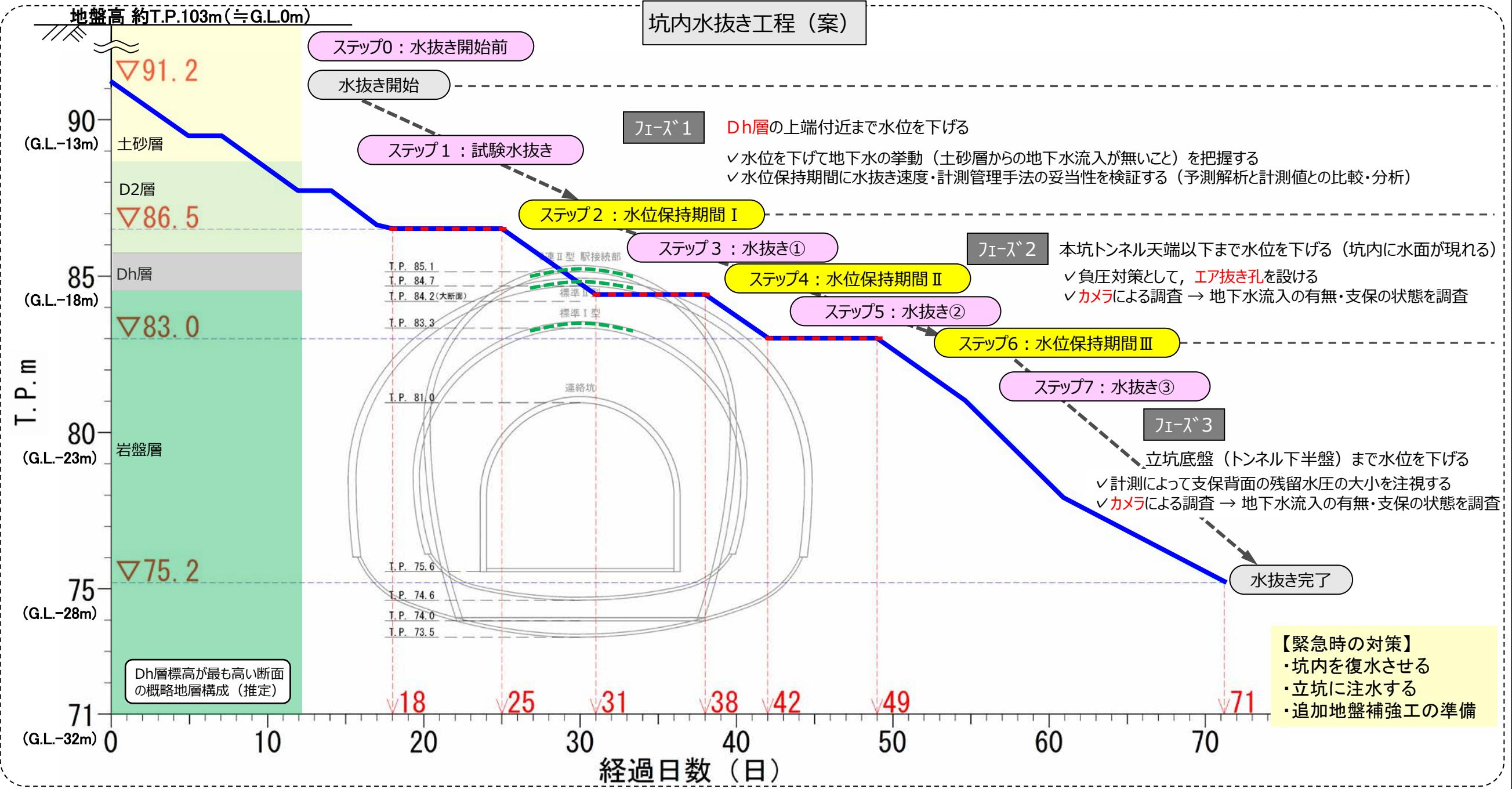
## (1) 坑内水抜き概略工程

・水抜きに際しては、解析の結果、安全性について問題がないことを確認しているが、計測を行いながら慎重に坑内の水抜きを実施することとする。

【水抜き工程の方針】  
トンネル坑内の水は立坑から抜くことを基本とし、立坑水位及びトンネル周辺の岩盤部水頭の変化速度は、これまで経験した変化速度の範囲内とする。

- ①水抜き期間  
トンネル掘削時の岩盤水頭低下期間（17.5m/50日）と同程度とする。
- ②最大水抜き速度（立坑水位最大低下速度）  
トンネル水没時の立坑水位上昇速度（1.0m/日）以下とする。
- ③水位保持期間  
水抜き途中工程で水位保持期間を設け、トンネルおよび地盤の安定性を確認する。

フェーズ	ステップ	名称	主な目的
1	1	試験水抜き	トンネル周辺岩盤部水頭の挙動確認
	2	水位保持期間Ⅰ	水抜き速度や計測管理手法の妥当性検証
2	3	水抜き①	3連Ⅱ型、標準Ⅱ型で自由水面が発生する区間であるため慎重に水抜き
	4	水位保持期間Ⅱ	エア供給
	5	水抜き②	大断面・標準Ⅰ型で自由水面が発生する区間であるため慎重に水抜き
	6	水位保持期間Ⅲ	3連トンネル坑内状況確認とエア供給
3	7	水抜き③	排水処理能力に応じて最大速度で水抜き



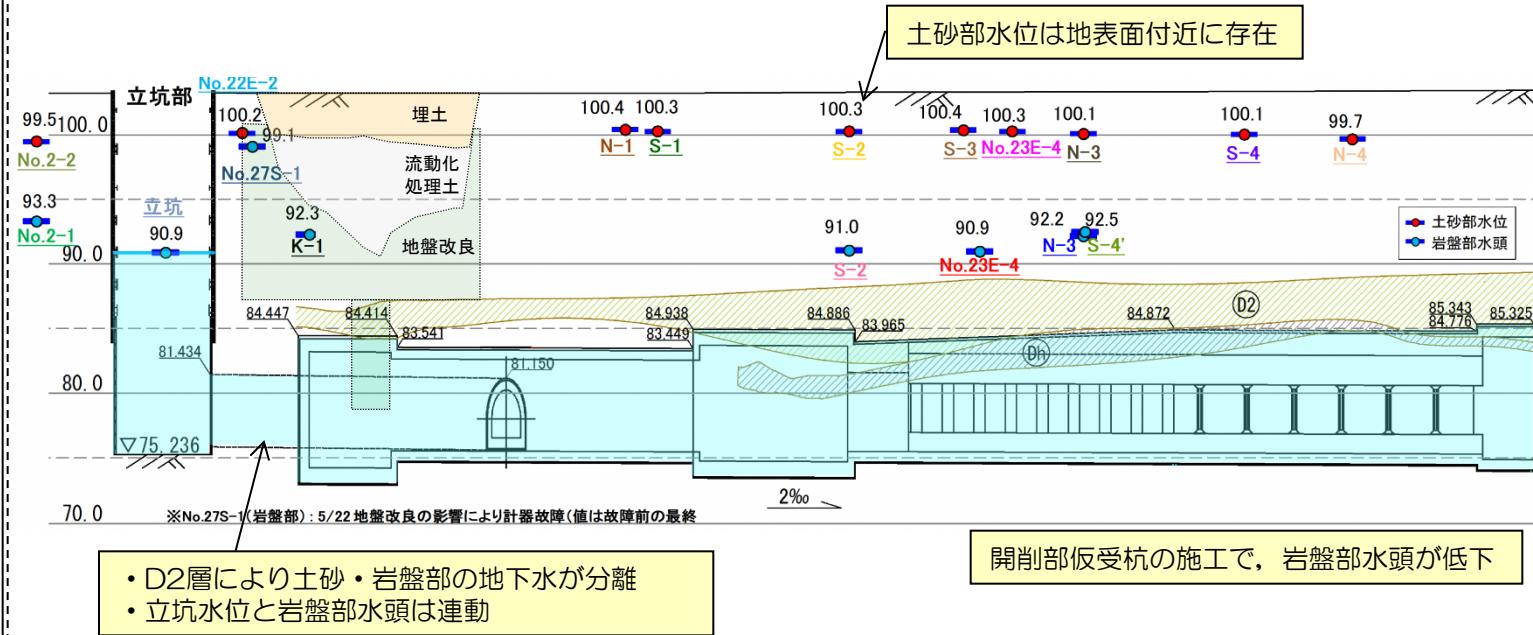
# 4. 坑内水抜き概略工程

## (2) 坑内水抜き時の実施事項

坑内水抜きについては、『福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する委員会 報告書、平成29年5月』に記載の工事再開に関する主な留意点を踏まえ、地下水位等を計測することで力学的安定性について観測、評価しつつ慎重に実施していく。

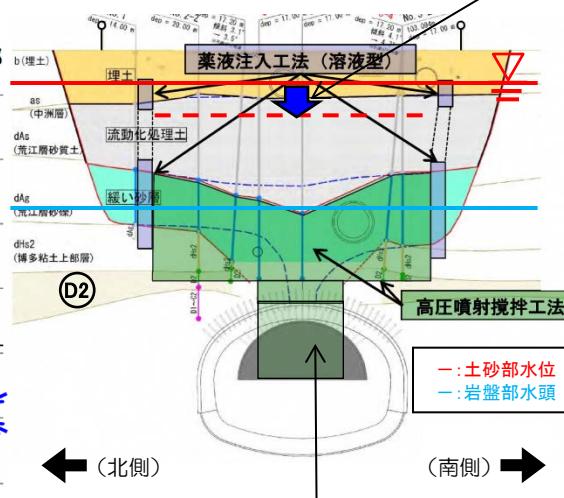
【ステップ0】水抜き開始前（地盤改良完了後） ※水位は2018/6/2時点のもの

【縦断図】



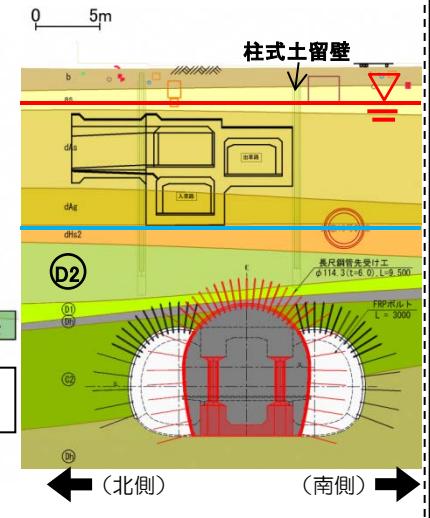
【大断面トンネル】

地下水水位低下工法の実施



地盤改良の実施（坑内含む）

【3連トンネルⅡ型】

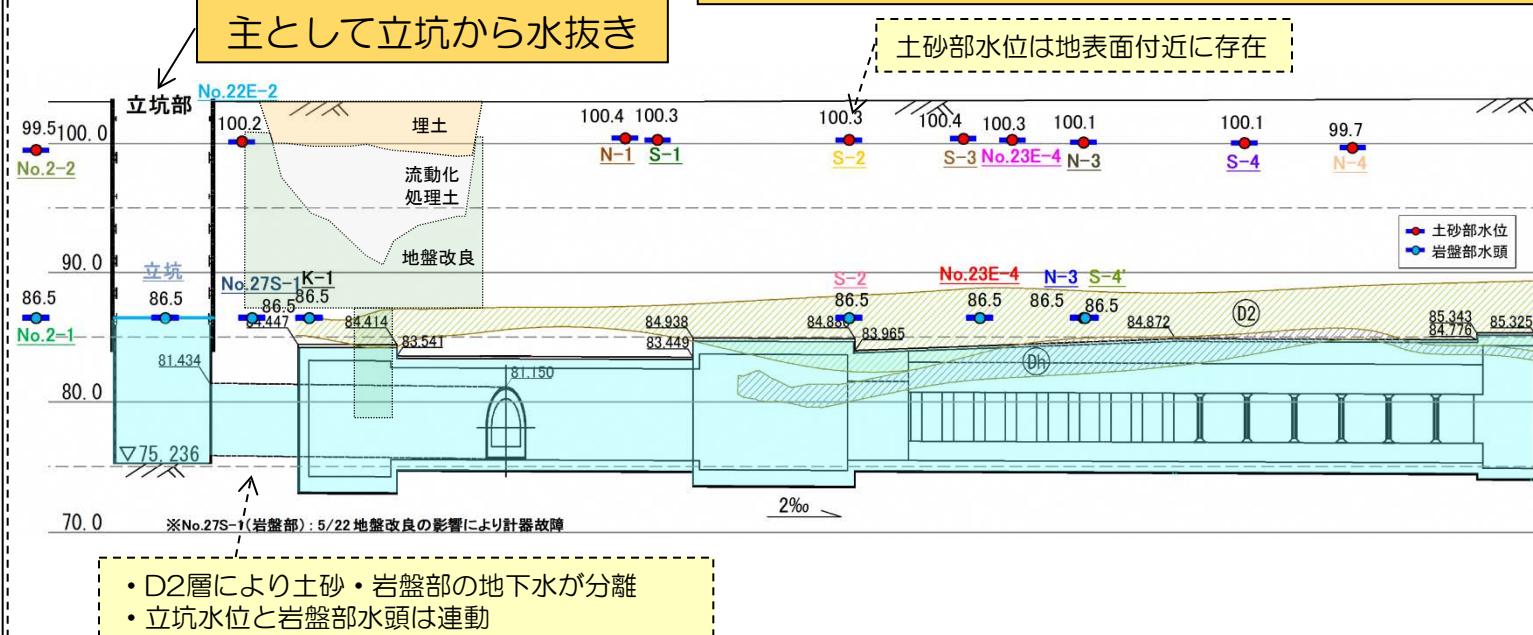


地盤改良効果確認や水理応答確認を目的とした、試験水抜き（現在値→T.P.86.5m）を実施

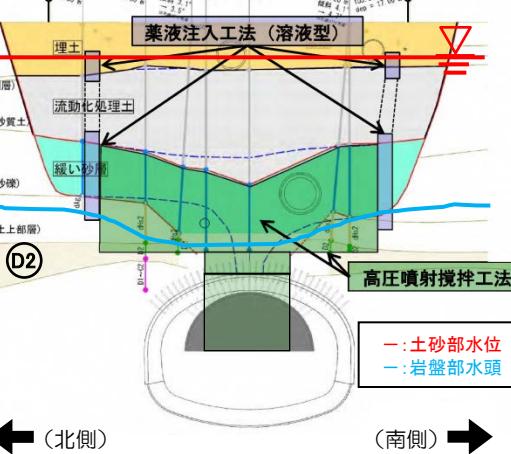
【ステップ1～2】試験水抜き～水位保持期間Ⅰ（Dh層上端面 + 50cm : T.P. 86.5m）

【縦断図】

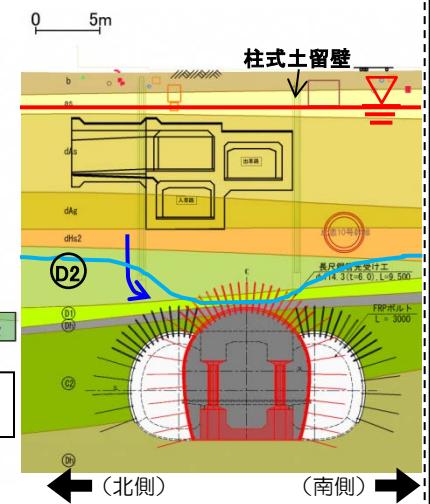
D2層が浸透破壊していないことを計測等で監視・評価（地下水挙動、層別沈下、地表面沈下など）



【大断面トンネル】



【3連トンネルⅡ型】



# 4. 坑内水抜き概略工程

## (2) 坑内水抜き時の実施事項

【ステップ3~6】水抜き①~水位保持期間Ⅲ (3連トンネル上桁: T.P. 83.0m)

前ステップと同じリスク

【縦断図】

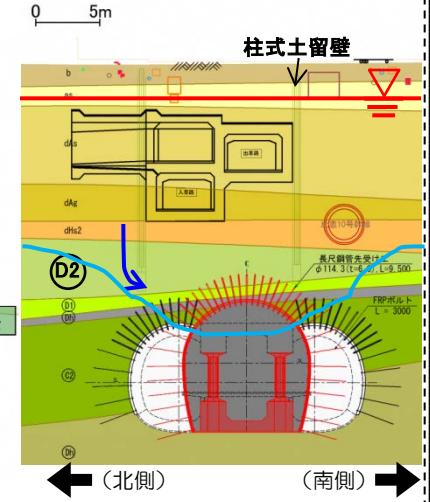
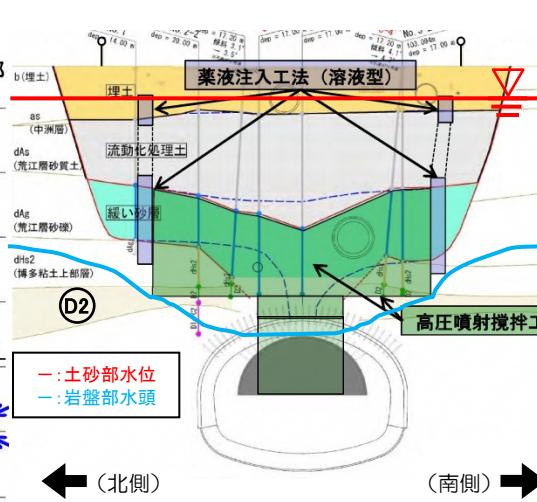
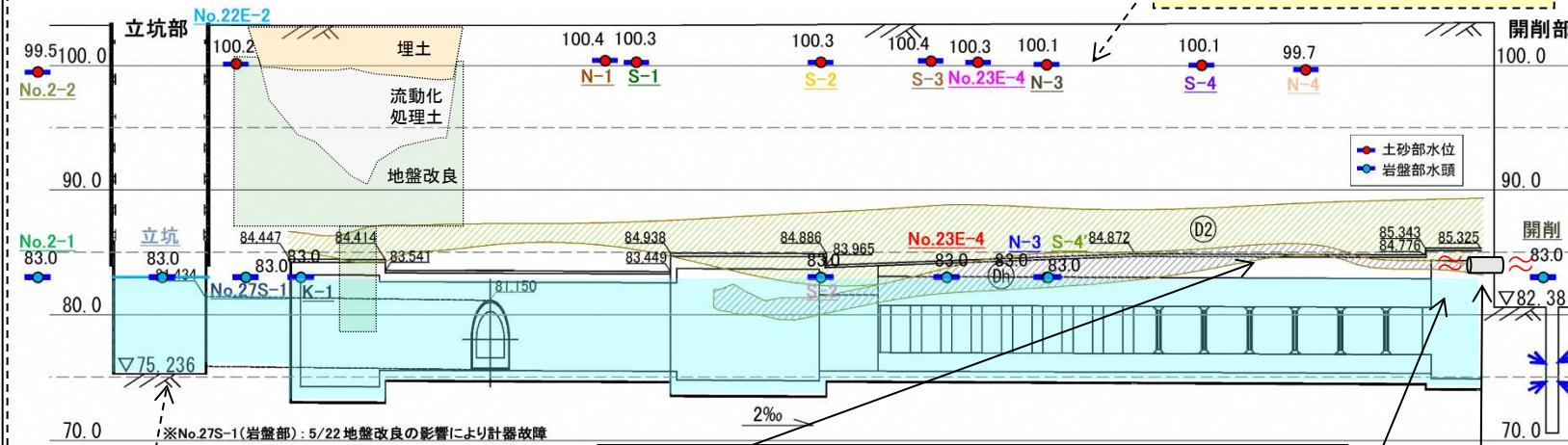
坑内全体に自由水面ができた段階

【大断面トンネル】

【3連トンネルⅡ型】

D2層が浸透破壊していないことを計測等で監視・評価  
(地下水挙動, 層別沈下, 地表面沈下など)

土砂部水位は地表面付近に存在



- D2層により土砂・岩盤部の地下水が分離
- 立坑水位と岩盤部水頭は連動

開削側からカメラを挿入し, 坑内状況確認

開削側からエア供給孔を施工し, 負圧防止

トンネル坑内で水位差が生じ, 急激に堆積土砂の流動化することを防ぐため, 3連トンネル坑内の水位を計測することで, 堆積土砂の前後で大きな水位差が生じていないことを確認

水抜き継続 (T.P. 83.0m→T.P. 75.2m)

【ステップ7】水抜き③~水抜き完了 (立坑底盤: T.P. 75.2m)

前ステップと同じリスク

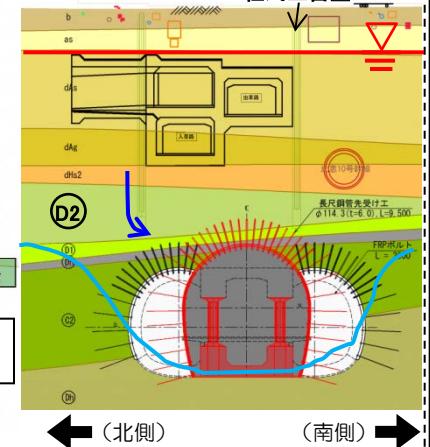
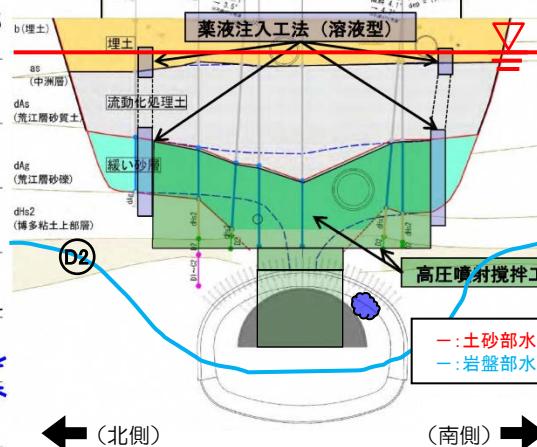
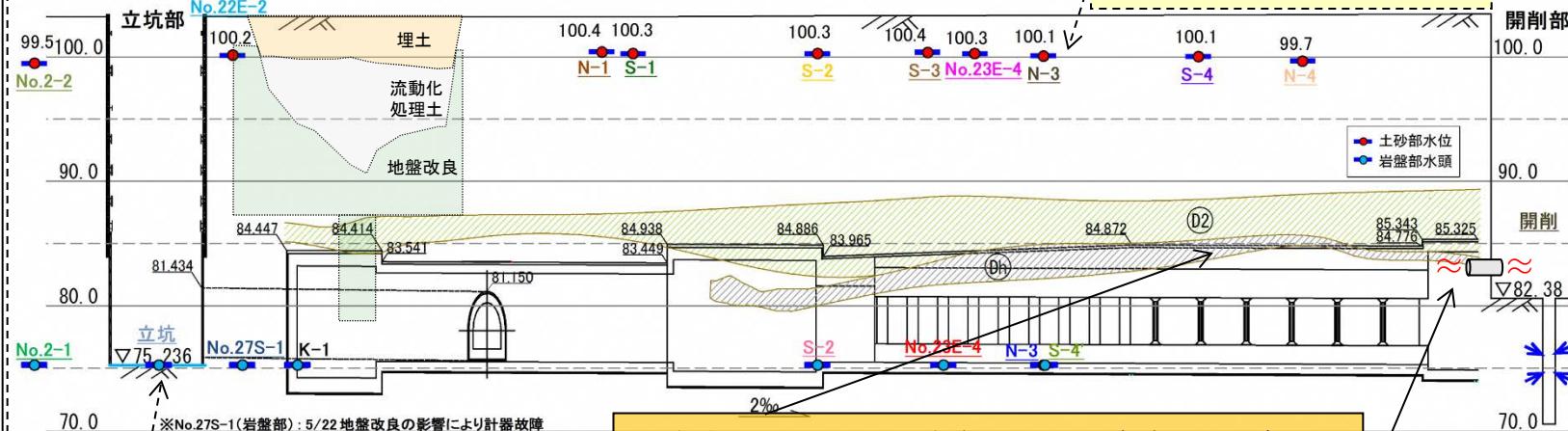
【縦断図】

D2層が浸透破壊していないことを計測監視  
(地下水挙動, 層別沈下, 地表面沈下など)

【大断面トンネル】

【3連トンネルⅡ型】

土砂部水位は地表面付近に存在



- D2層により土砂・岩盤部の地下水が分離
- 立坑水位と岩盤部水頭は連動

開削側からカメラを挿入し, 坑内状況確認

開削側からエア供給孔を施工し, 負圧防止