

事故の再発防止策及び今後の取組みについて

- (1) 現在の状況…………… P1～P8
 - ①道路陥没部の状況
 - ②トンネル坑内の状況
 - ③計測状況
 - ④工事再開フロー
- (2) 地質調査・追加計測について…………… P9～P18
 - ①地質調査
 - ②追加計測
- (3) 地盤改良（大断面トンネル区間）について…………… P19～P23
 - ①地盤改良計画
 - ②地盤改良範囲設定の考え方
 - ③地盤改良効果の確認方法
- (4) 水抜き・土砂撤去について…………… P24～P32
 - ①水抜き概要
 - ②土砂撤去概要

事故発生時から現在までの各状況について確認を行った。

地質調査を行うことについて、技術専門委員会からの了承を得た。

今後実施する地質調査の結果を踏まえ、次回技術専門委員会で審議を行うこととなった。

平成29年 5月 12日（金）

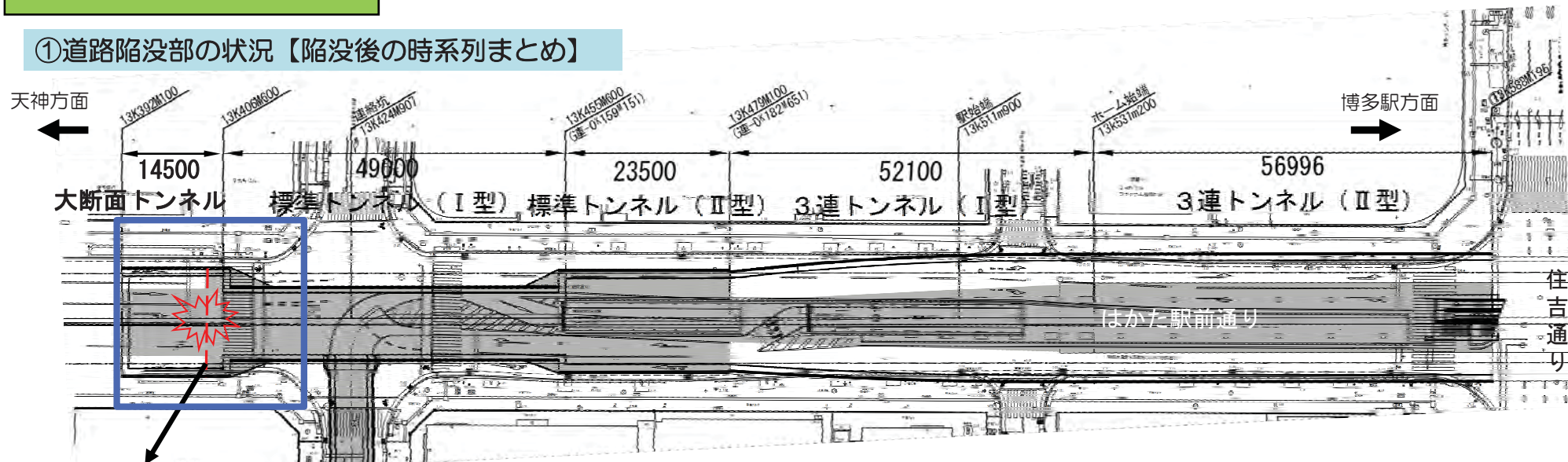
福岡市交通局

事故発生時から現在までの各状況について確認を行った。

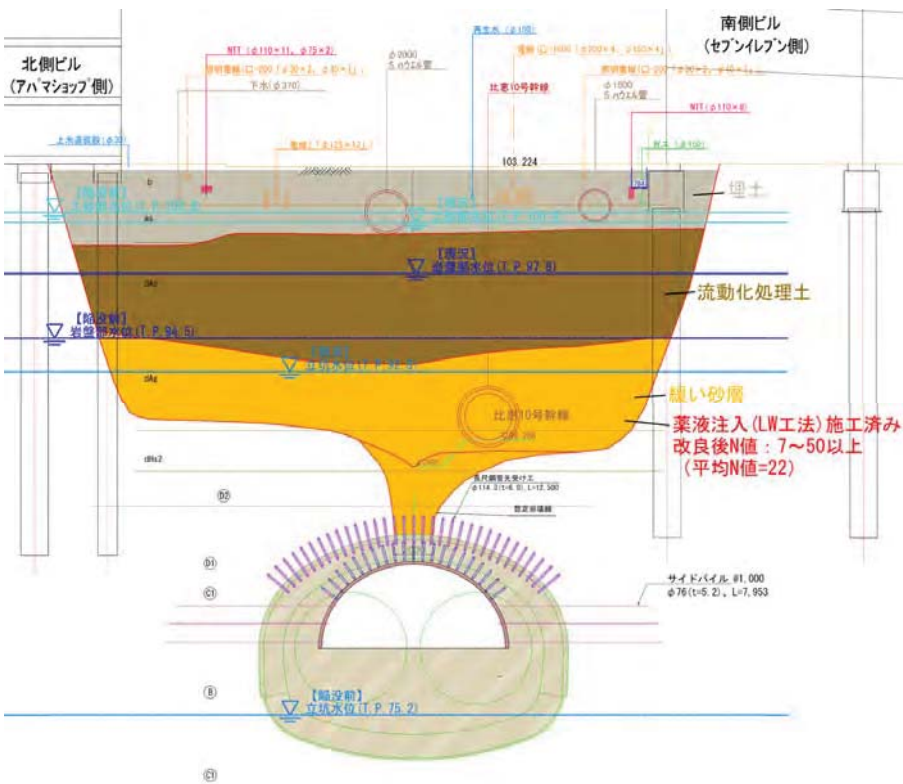
(1) 現在の状況

(1) 現在の状況

①道路陥没部の状況【陥没後の時系列まとめ】



道路陥没部断面図 (推定)



2016年11月8日：道路陥没発生

- ・流動化処理土による埋戻し
- ・ライフライン復旧
- ・碎石埋戻し、アスファルト舗装

2016年11月15日：道路開放

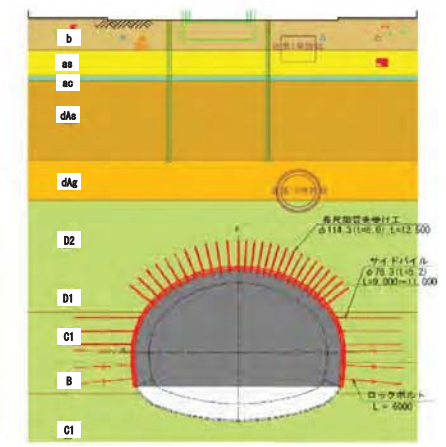
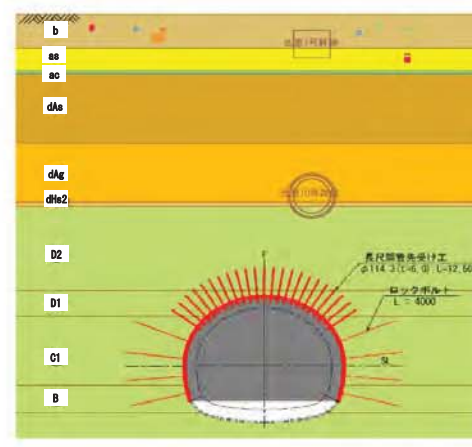
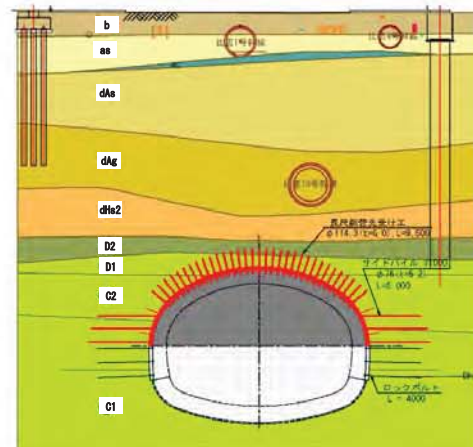
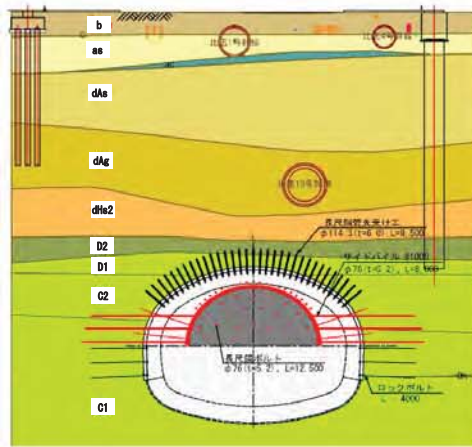
2016年11月26日：路面沈下 (平均38mm、最大70mm)

2016年12月 2日：地盤補強 (緩い砂層) のため、薬液注入開始
12月28日：薬液注入終了

2016年12月22日：追加ボーリング調査開始
2017年 2月 1日：追加ボーリング調査終了

(1) 現在の状況

②トンネル坑内の状況【掘削完了状況】



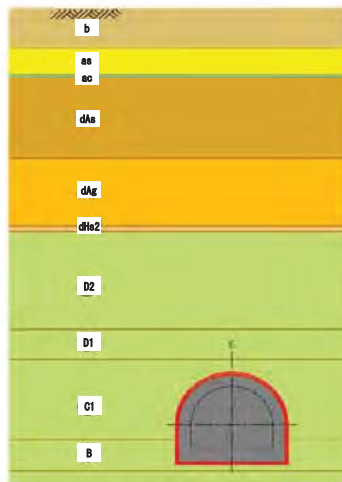
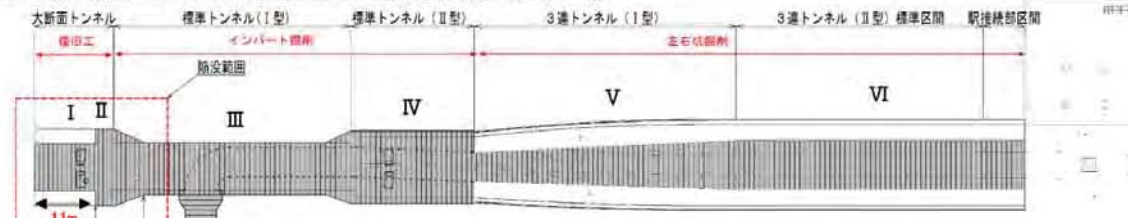
I：大断面トンネル（先進導坑掘削完了）※

II：大断面トンネル（上半切拡掘削完了）※

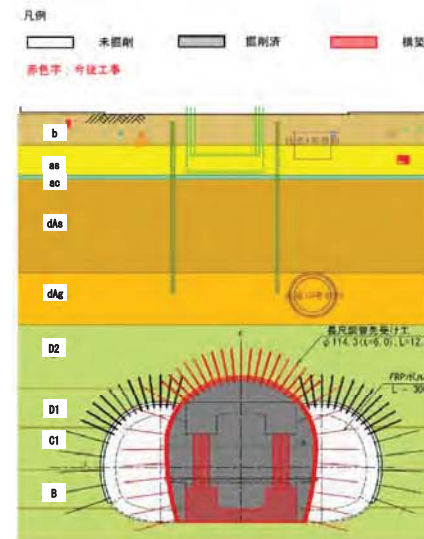
III：標準トンネル I 型（下半掘削完了）

IV：標準トンネル II 型（下半掘削完了）

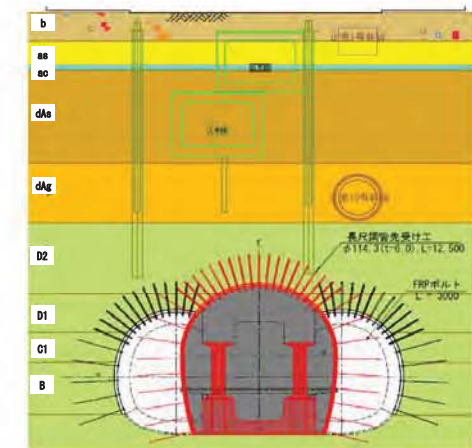
※道路陥没に関する検討委員会から指示を受け実施した追加地質調査結果を反映している。



VII：連絡坑トンネル（全断面掘削完了）



V：3連トンネル I 型（中央坑掘削完了）

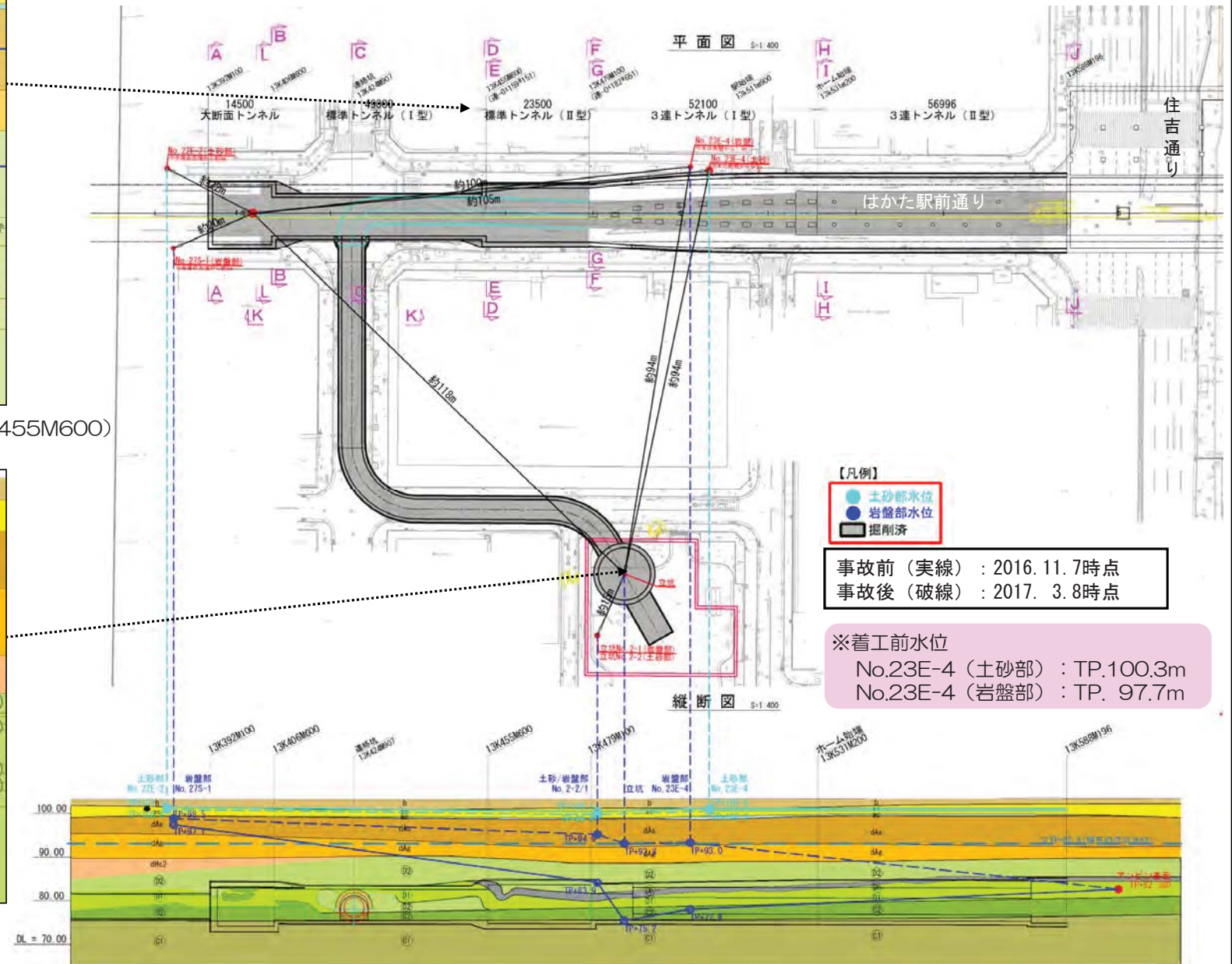
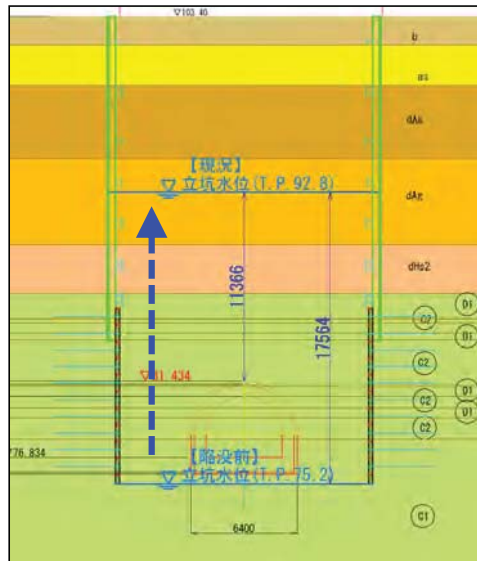
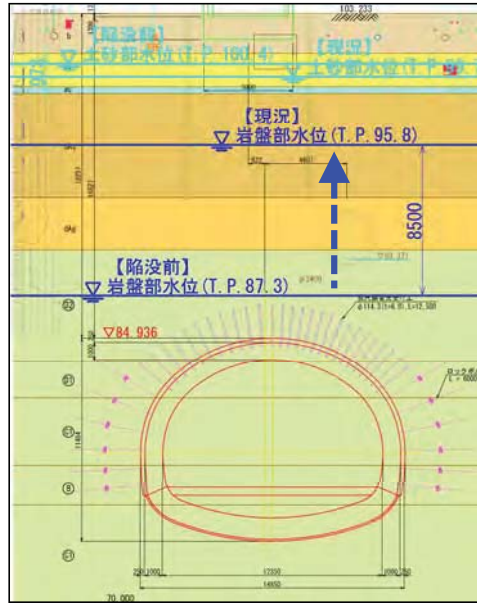


VI：3連トンネル II 型（中央坑掘削完了）

(1) 現在の状況

②トンネル坑内の状況【地下水状況】

- トンネル坑内は地下水で満たされている（立坑水深：17.6m）。
- 土砂部地下水位に大きな変化はない。
- 岩盤部地下水位は大きく回復した（約8.5m）。



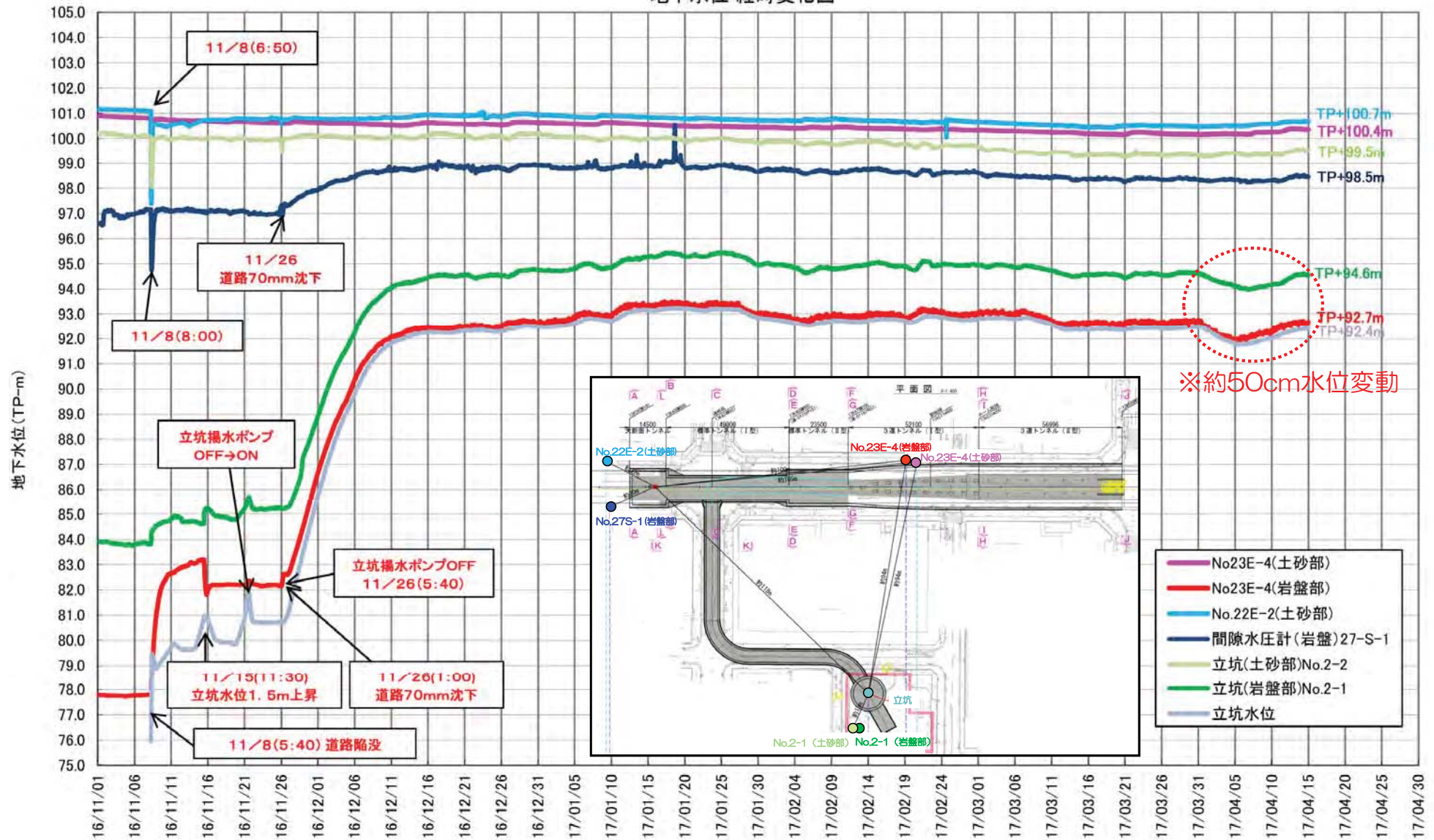
※地下水位については、測定した点を直線で結んだものであるため、実際の水位とは異なる可能性があることに留意する必要がある。

(1) 現在の状況

③計測状況【地下水位】

- 11/26立坑排水ポンプを停止した。
 - 現在、地下水位は安定している。
- ※開削側のアンダーピニング工事で仮受け杭の掘削を行うと、約50cmの立坑水位や岩盤部水頭の変動が確認された。

地下水位 経時変化図



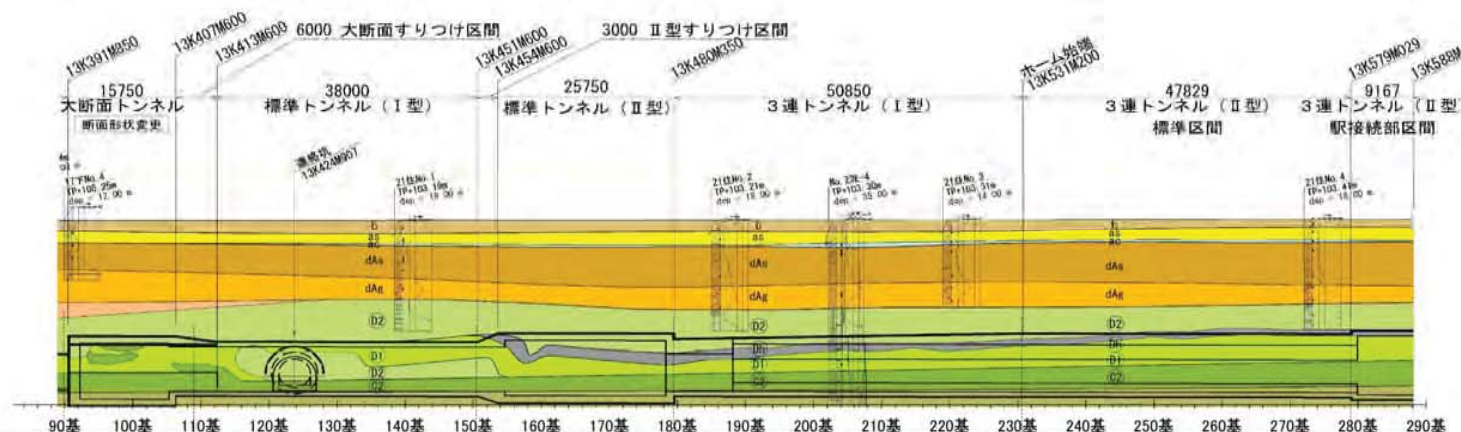
(1) 現在の状況

③計測状況【地表面沈下、天端沈下、内空変位】

地表面沈下 標準トンネルⅡ型付近で地表面沈下が大きい。（岩盤部地下水頭低下の影響で推定13mm程度の沈下が発生。）
 岩盤部の地下水頭回復（15.0m/50日）の影響で、地表面が3mm程度隆起した。

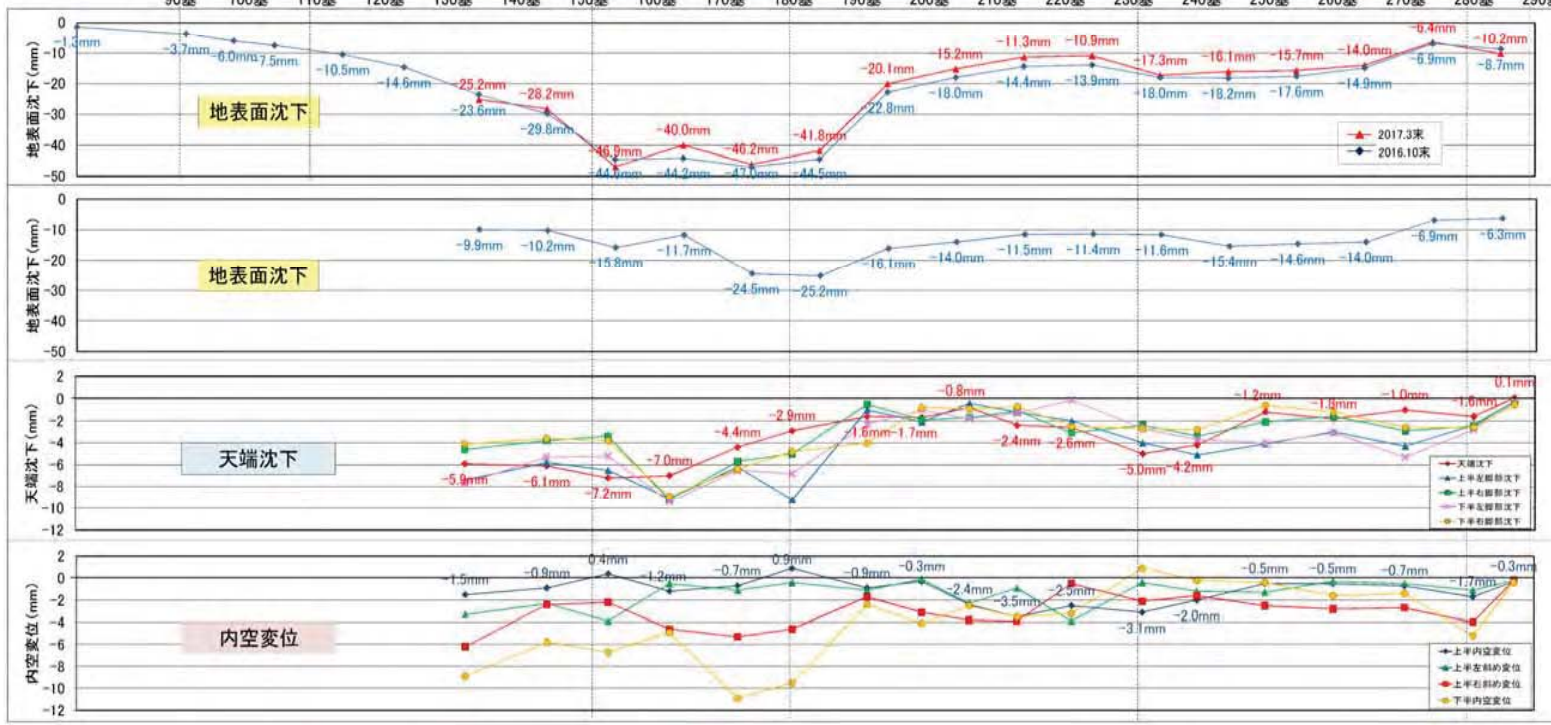
天端沈下 標準トンネルⅡ型付近で天端沈下が大きい。

内空変位 変位量に大きな差が見られない。（標準トンネルⅡ型の下半内空変位を除く。）



2017.3末
 : 現状
 2016.10末
 : 大断面
 先進導坑
 掘削完了時

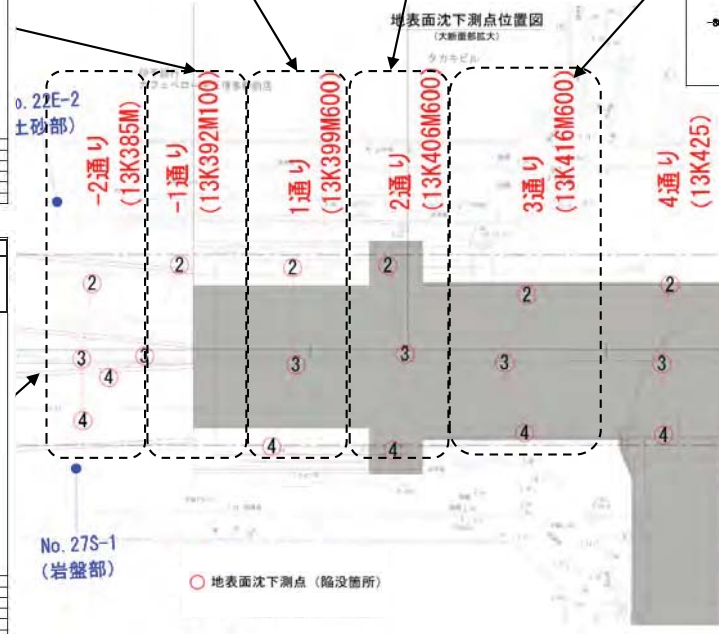
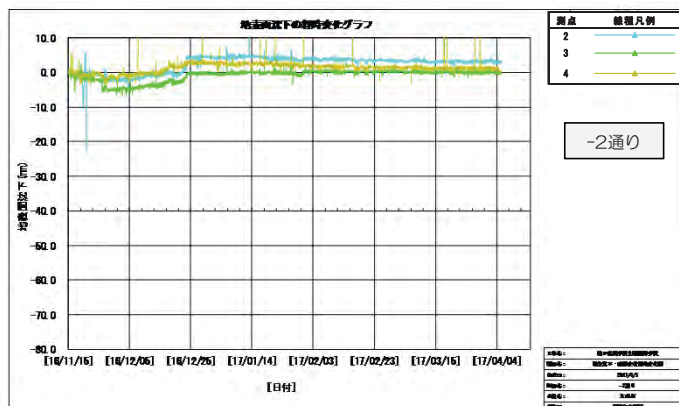
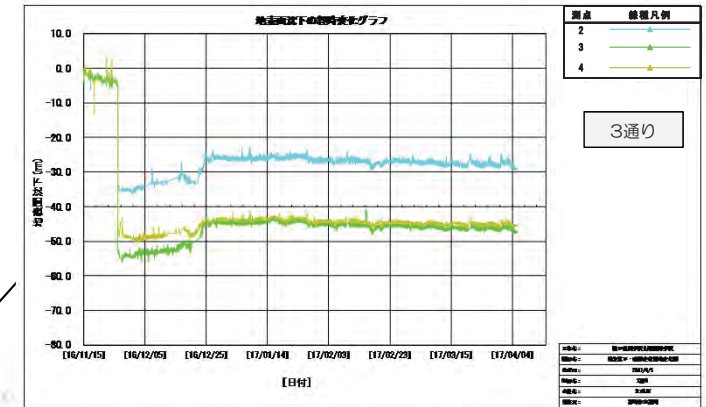
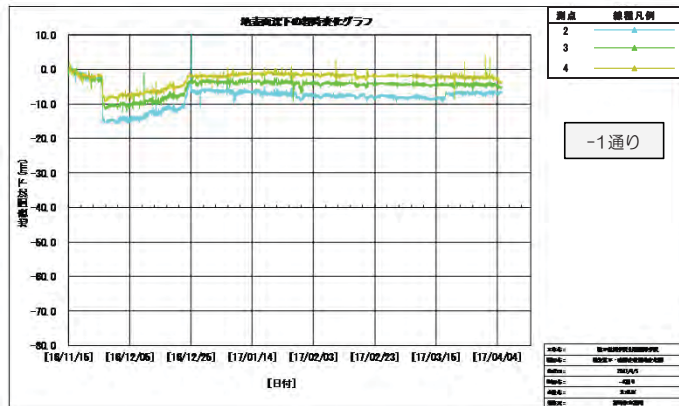
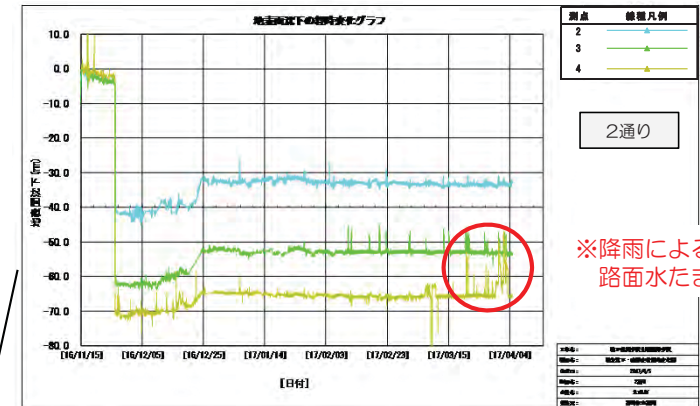
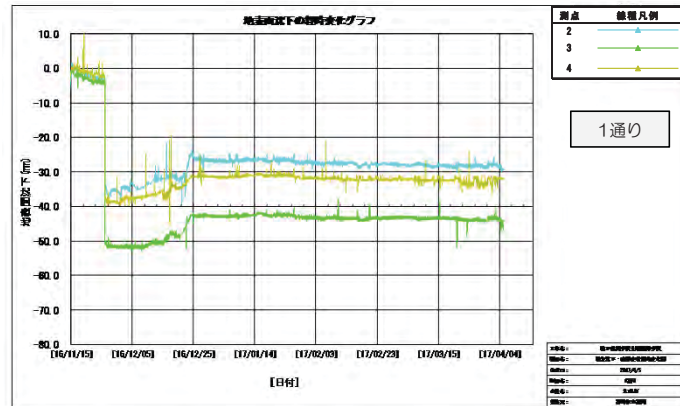
2016.2.19
 : 先進導坑
 3連上半
 掘削完了時



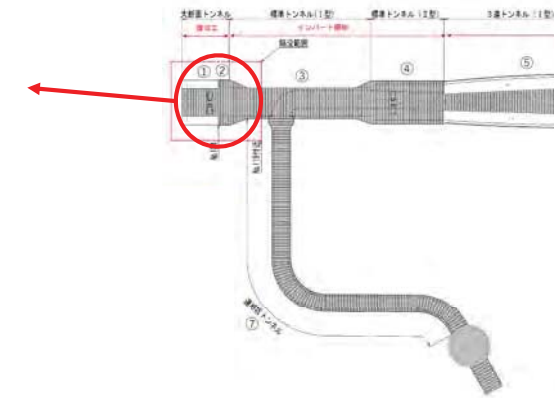
(1) 現在の状況

③計測状況【道路陥没部の地表面沈下計測】

大断面トンネル部の地表面沈下計測値は安定している。



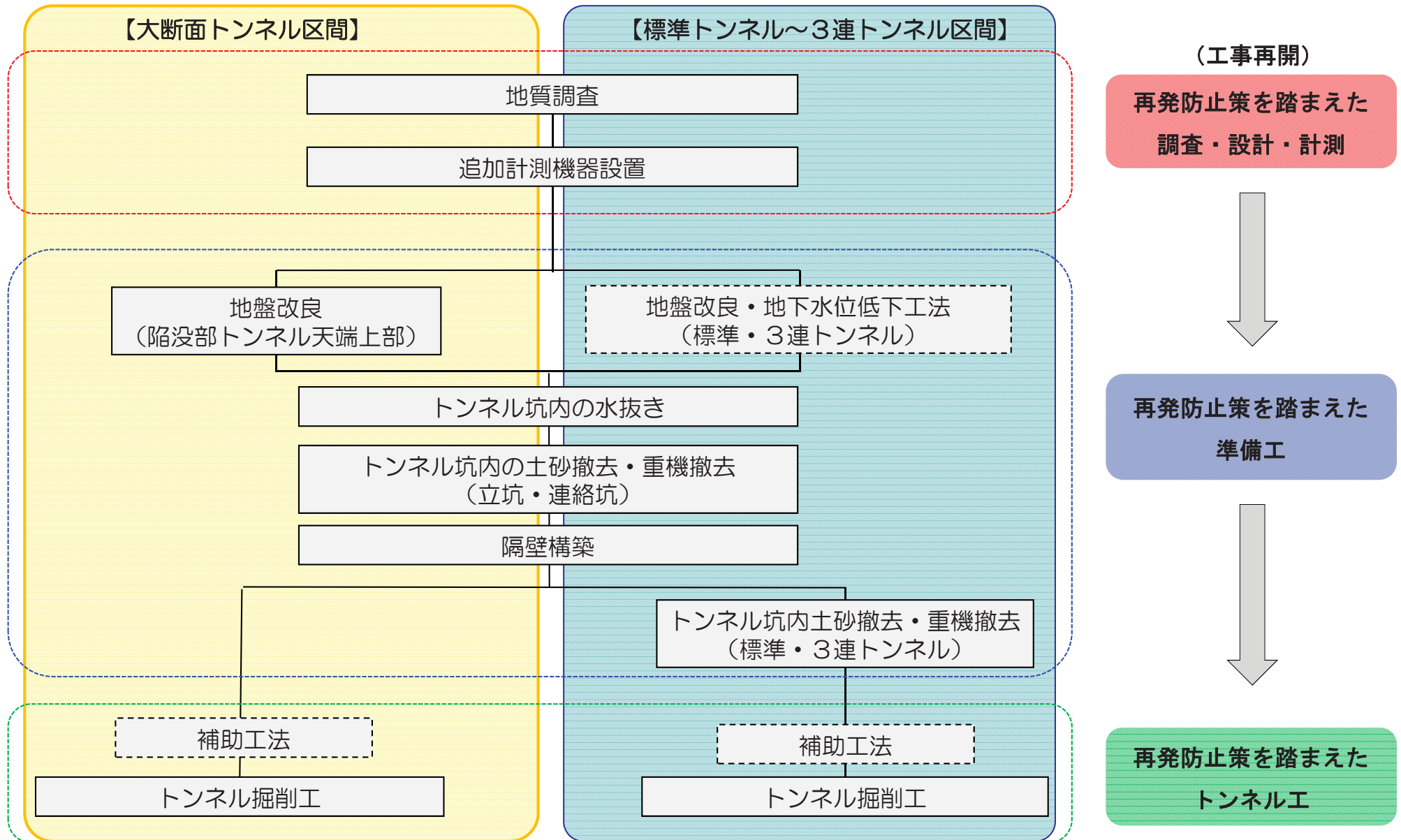
※) 2016/12/6~12/28 緩い砂層への薬液注入実施



(1) 現在の状況

④工事再開フロー

長期間トンネルを地下水で満たすことはリスク管理の面から望ましくないため、トンネル坑内の水抜き・土砂撤去を優先して実施し、標準・3連トンネルを含めたトンネル全体の健全性を直接確認できる状況を早期に実現する。



地質調査を行うことについて、技術専門委員会からの了承を得た。

(2) 地質調査・追加計測について

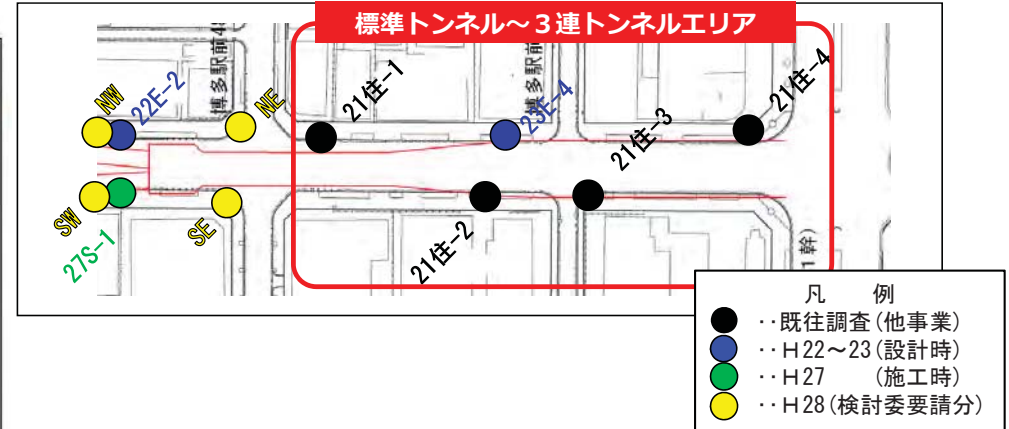
(2) 地質調査・追加計測について

①地質調査【標準トンネル～3連トンネル】

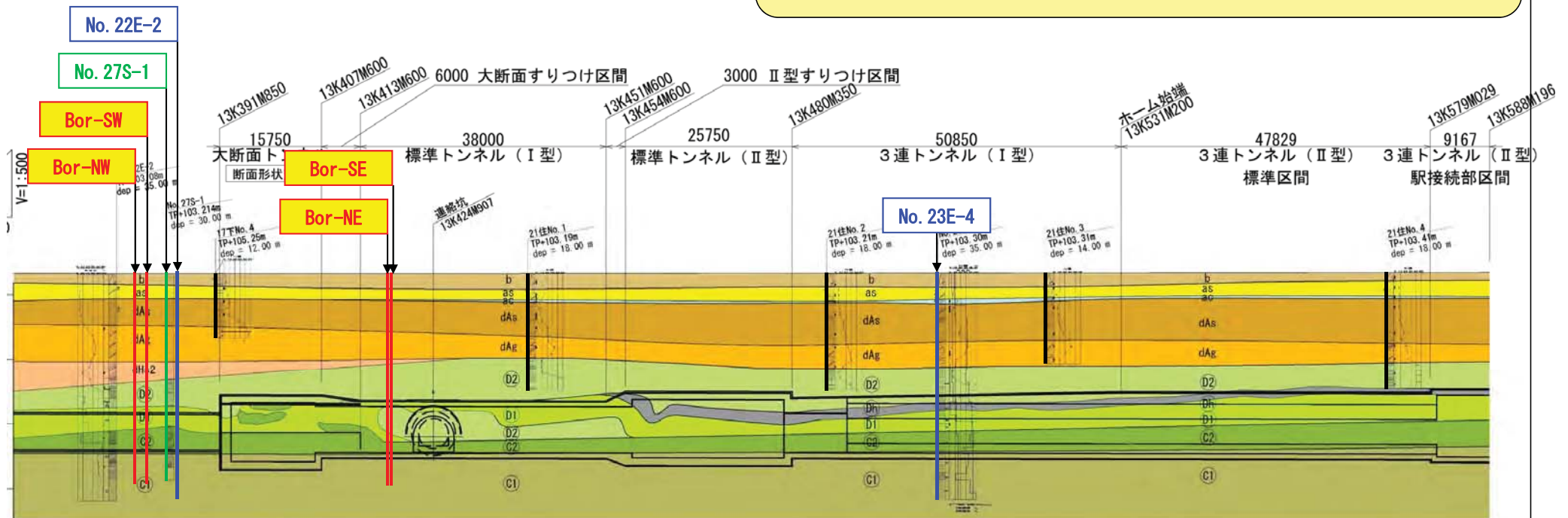
【ナトム区間平面図】



【地質調査箇所】



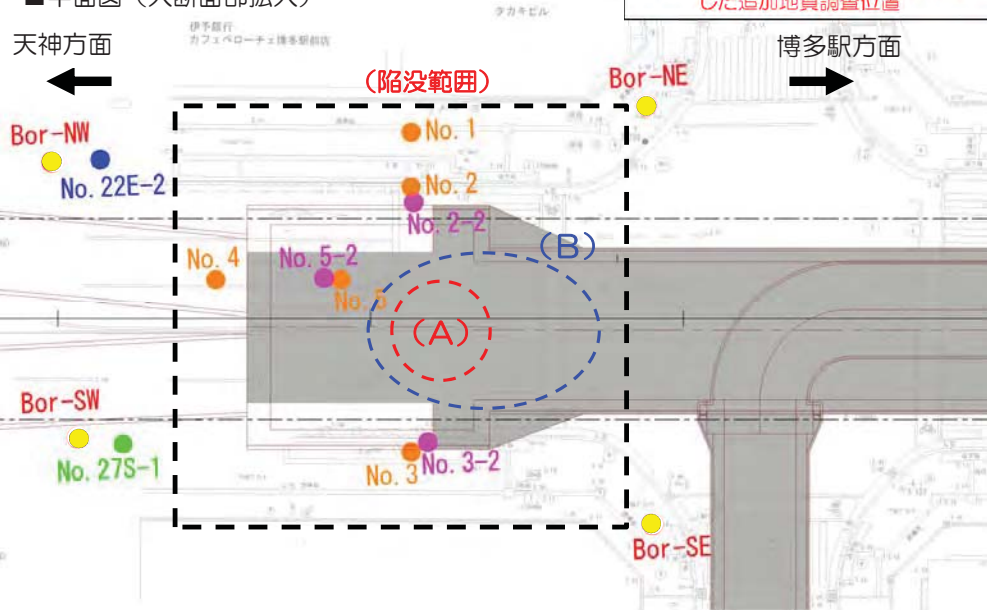
再発防止策として、追加地質調査が必要である。
(地質調査の精度向上およびD2層の工学的評価の充実)



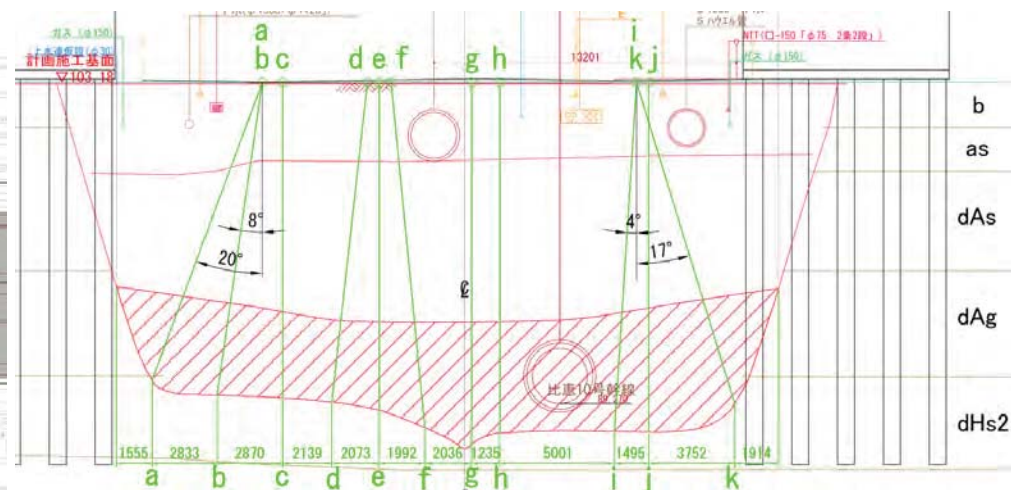
(2) 地質調査・追加計測について

①地質調査【大断面トンネル】

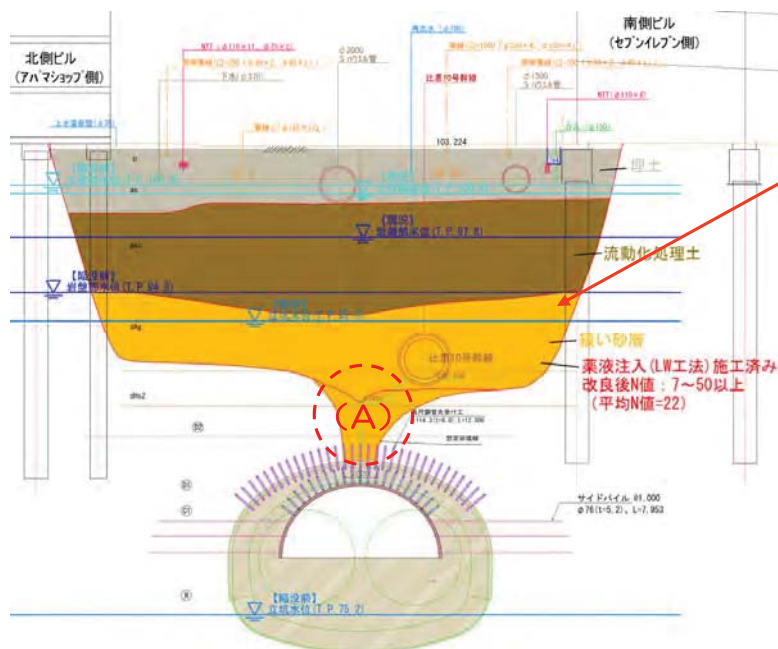
■平面図（大断面部拡大）



- : 既設調査位置 (H22 設計時)
- : 既設調査位置 (H27 施工時)
- : ボーリング実施位置
- : 薬液注入効果確認ボーリング位置
- : 道路陥没に関する検討委員会に報告した追加地質調査位置



薬液注入工削孔位置横断面図



陥没部横断面図

ボーリング調査、薬液注入工（削孔時施工データ）から陥没形状を推定した。

大断面トンネル部で

- (A) トンネル天端上部の崩落範囲が明らかになっていない。
- (B) トンネル縦断方向の陥没形状(博多駅側)の確認が出来ていない。

→再発防止策として、陥没範囲を特定するための追加調査が必要。

①地質調査【調査目的】

再発防止策として、下記目的の追加地質調査が必要である。

【大断面トンネル区間】

背景

地盤改良・坑内排水計画・再掘削検討

目的

- ①陥没形状の確認
- ②地盤改良効果の確認

実施項目

- ①地山と緩い砂層の境界の把握
- ②改良済み地盤の範囲や物性値の確認

(*)道路陥没に関する検討委員会に報告した追加地質調査報告書を用いる

【標準トンネル～3連トンネル区間】

背景

坑内排水計画・トンネル掘削検討

目的

- ①地質調査精度の向上
- ②D2層の工学的評価の充実

実施項目

- ①地山物性値の取得
- ②トンネル天端付近の岩盤性状の把握
- ③D2層の3次元的分布や厚さの把握
- ④D2層の破壊抵抗性の把握
- ⑤弱層（断層、層理面、節理・亀裂）
区分と分布頻度の把握

①地質調査【強風化頁岩層（D2層）の工学的評価の充実】

	項目	実施方法	設計・施工への反映
①	地山物性値の取得	原位置試験、室内試験	(物性値) ・安全側の物性値の採用 ・パラメトリックスタディの採用 ・不均質性の把握と地山物性値の見直し (地層構成) ・トンネル天端からD2層上端面までの厚さの確認 (地盤改良・補助工法) ・上部未固結帯水砂層への地盤改良の必要性検討 ・トンネル掘削時の補助工法の見直し
②	岩盤性状の把握	1/10スケッチで詳細にコアを観察	
③	3次元的分布や厚さの把握	3次元地質モデルの作成	
④	破壊抵抗性の把握	限界動水勾配による浸透破壊抵抗性の検討※1 押し抜きせん断に対する検討	
⑤	弱層（断層、層理面、節理・亀裂）区分と分布頻度の把握	高品質ボーリング、BHTV	

※1参考文献 1)山口嘉一・田原則雄・松本徳久：ダム基礎地盤の浸透破壊抵抗性に関する基礎的研究，応用地質第35巻2号、pp.47-59、1994。
 2)山口嘉一・小川直樹・川崎将生・中村昭：簡易試験によるダム基礎地盤の浸透破壊抵抗性の評価、応用地質代38巻3号、pp.130-141、1997。

(2) 地質調査・追加計測について

①地質調査【調査位置・調査項目】

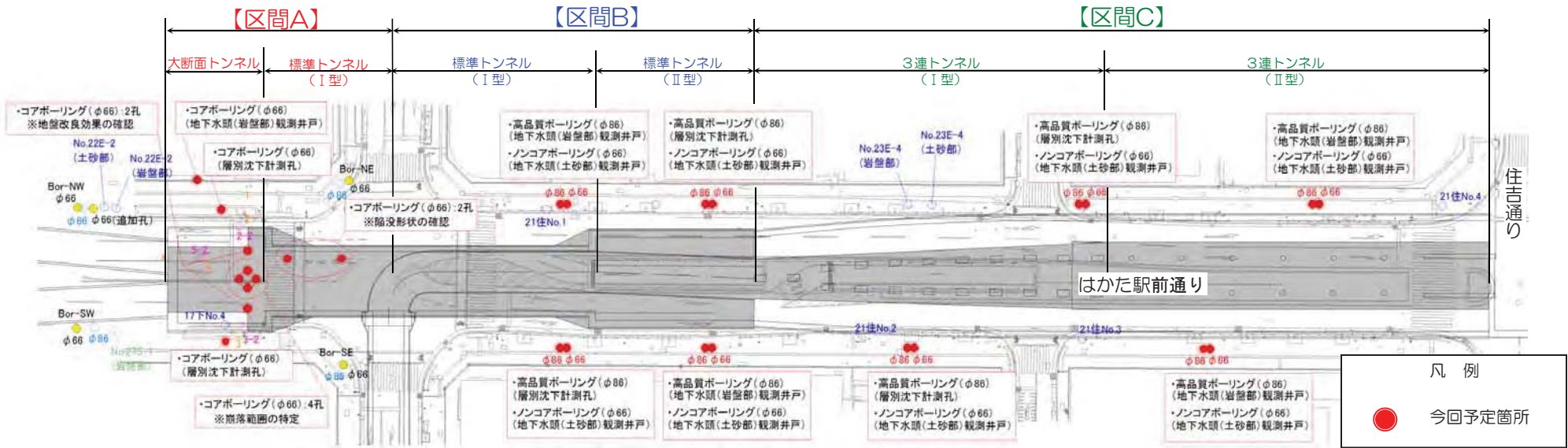
※試掘により埋設状況を確認し、実施可否を判断する
 ※3連区間の調査孔は、いずれもロックボルト範囲内
 ※音響トモグラフィ探査の実施については検討中

調査目的

- 【区間A】
 - ①D2層崩壊の範囲調査
 - ②地盤改良効果確認
- 【区間B】
 - ①インバート掘削のための地質情報の取得
 - ②水抜きの際の地盤挙動予測のための地質情報の取得
- 【区間C】
 - ①左右坑掘削のための地質情報の取得
 - ②水抜きの際の地盤挙動予測のための地質情報の取得

配置の考え方

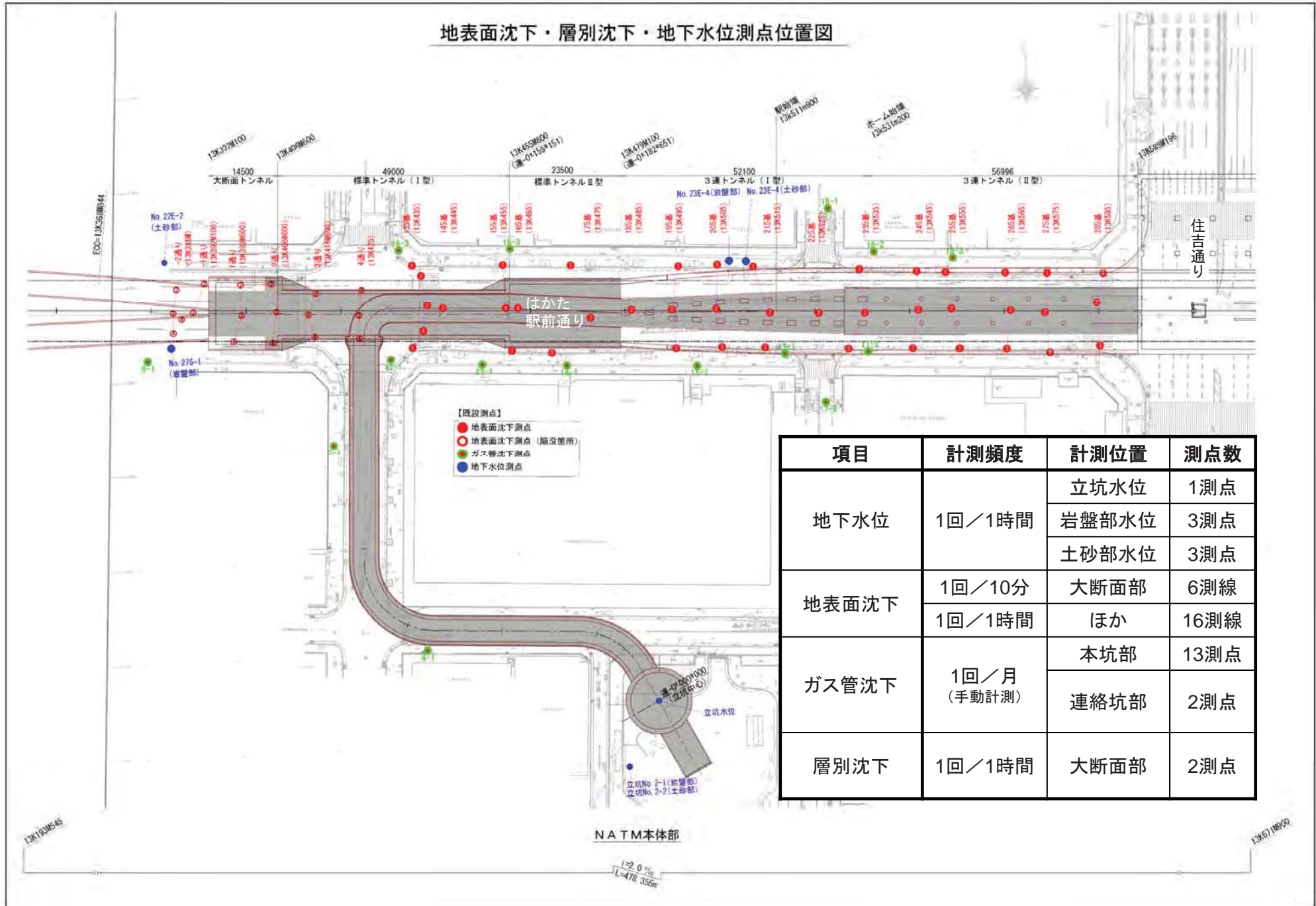
- ➡ 陥没部を中心とし、崩壊・改良範囲を確認できる範囲
- ➡ 脆弱な炭質頁岩が出現し始めた位置を起点とし、約30m間隔で配置



凡例	
●	今回予定箇所

調査位置	種別	孔径	調査本数	実施する調査項目(案)	調査後のボーリング孔の利用
【区間A】 大断面トンネル ～ 標準トンネル I 型	コアボーリング	φ66	11	ボーリング調査(原位置試験・室内試験)	・流向流速調査：2孔
					・層別沈下計測孔：2孔
					・地下水頭(岩盤部)観測井戸：1孔
【区間B・C】 標準トンネル I 型 ～ 3連トンネル II 型	高品質ボーリング	φ86	8	ボーリング調査(原位置試験※1・室内試験※2) ※1：ボアホールテレビ, 低圧ルジオン試験, 孔内水平載荷試験, 音響トモグラフィ探査 ※2：針貫入試験, 土壌硬度試験, 室内土質試験, 室内岩石試験	・地下水頭(岩盤部)観測井戸：4孔
					・層別沈下計測孔：4孔
	ノンコアボーリング	φ66	8	ボーリング調査(孔内水平載荷試験)	・地下水位(土砂部)観測井戸：8孔

②追加計測【現状の計測配置】



②追加計測【目的】

再発防止策として、下記の追加計測を実施する。

(1) 目的

トンネル掘削再開時・トンネル坑内排水の際の周辺地盤やトンネルの力学的安定性の確認

- ①炭質頁岩が分布し、地表面沈下が大きい標準Ⅱ型区間の挙動監視を強化する。
- ②左右坑掘削が残る3連トンネル区間の挙動監視を強化する。
- ③道路陥没部周辺の挙動監視を強化する。
- ④トンネル坑内排水時における周辺地盤の挙動を把握する。

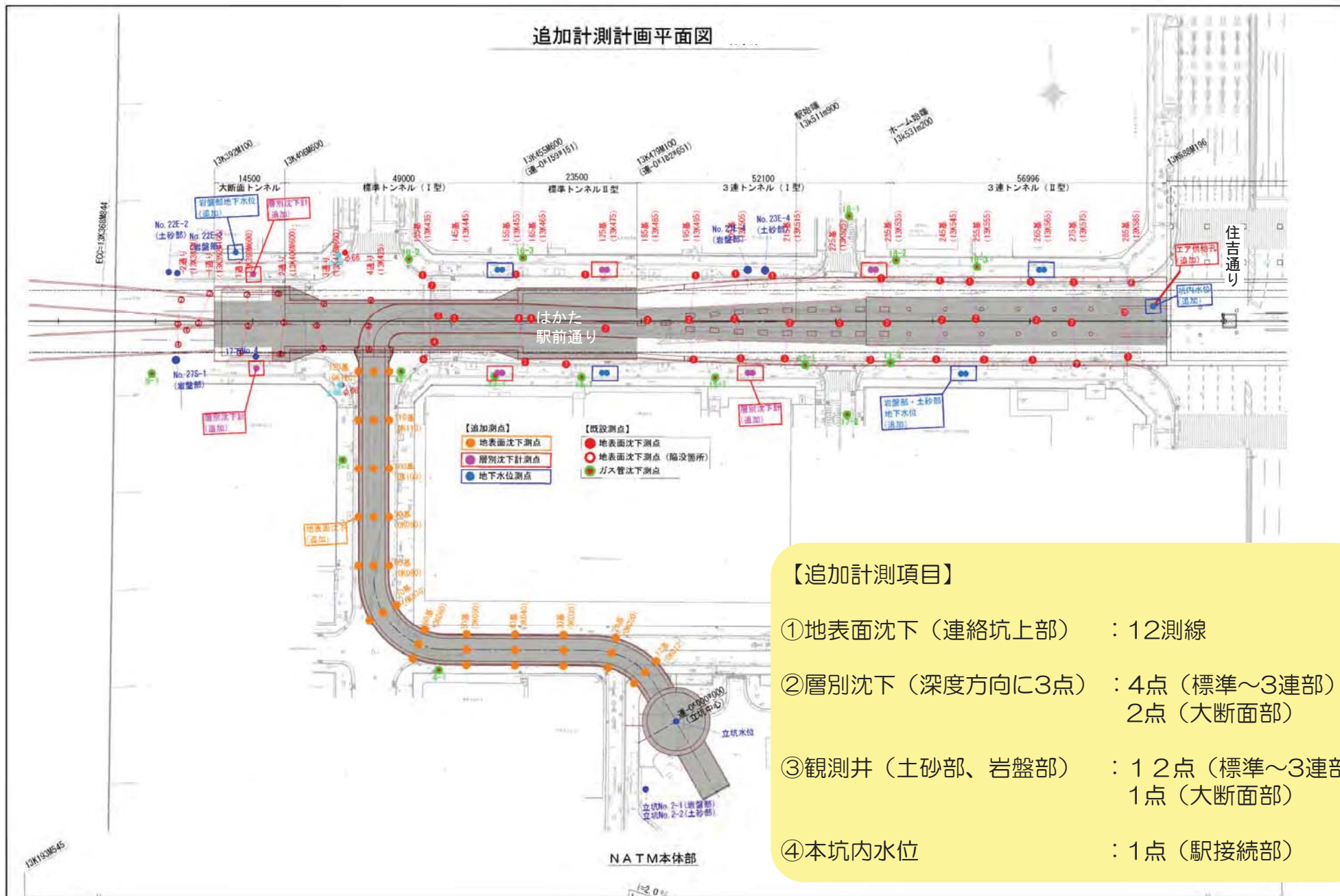
(2) 実施方法

- ①地下水位等の計測により、トンネルの力学的安定性について観測、評価する
- ②トンネル坑内水と上部未固結帯水砂層内の地下水との不連続性について把握する。
- ③層別沈下計測等により変状の発生を捉える。

(3) 追加計測計画

- | | |
|-------------|-------------------------------------|
| • 地表面沈下計測 | : 連絡坑直上の計測を追加（トンネル坑内排水時における挙動把握のため） |
| • 建物沈下計測 | : 坑内排水前後で沈下計測を追加 |
| • 層別沈下計測 | : 道路陥没部周辺に2か所計測点を追加 |
| | : 標準トンネル～3連トンネル部に4か所計測点を追加 |
| • 地下水位計測 | : 道路陥没部周辺に1か所計測点を追加 |
| | : 標準トンネル～3連トンネル部に岩盤部4か所、土砂部8か所を追加 |
| • 水質、有毒ガス計測 | : 排水水質、立坑および観測井で有毒ガス計測を追加 |
| • 目視監視 | : 水抜きの際に掘削済トンネル直上路面の目視を追加 |

②追加計測【追加計測計画平面図】



※トンネル水抜きの際の計測計画を示したものであり、水抜き後の計測計画については別途検討する。

②追加計測【計測管理システム・体制】

(目的)

変状の発生を敏感に捉え、非常時を想定した詳細なモニタリング計画を作成するなど、計測体制を充実させる。

計測管理システム・体制

- ①自動計測
- ②計測データ自動転送システム
- ③計測データの常時画面表示
 - ・JV事務所のモニター増設
- ④計測日報による情報の共有

非常時連絡体制

- ①管理基準値を設定し、超過時に一斉メール配信
 - ・交通局, JV関係者へ一斉メールを配信する
- ②管理基準値超過時の対応
 - ・水抜き停止など
- ③各管理基準値超過時の交通局への報告



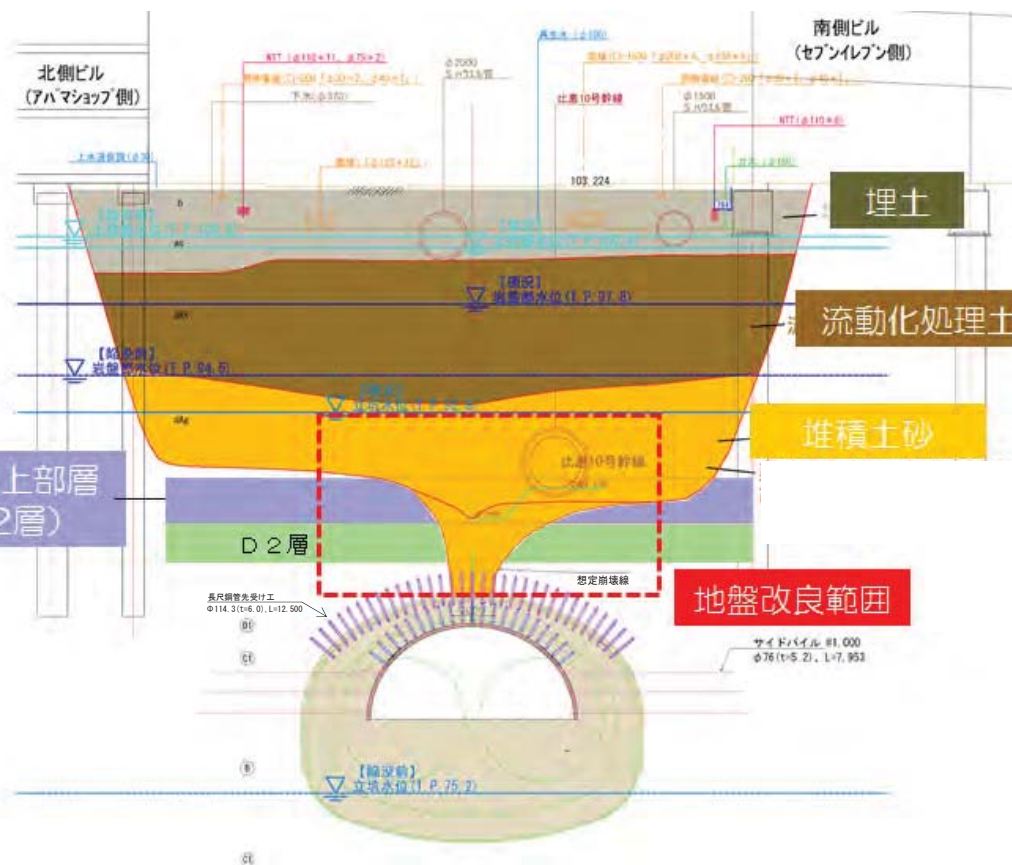
計測体制の強化・充実
コミュニケーションの充実

今後実施する地質調査の結果を踏まえ、次回技術専門委員会で審議を行うこととなった。

(3) 地盤改良（大断面トンネル区間）について

(3) 地盤改良 (大断面トンネル区間) について

①地盤改良計画【坑内排水・土砂撤去時のリスクと地盤改良目的】



陥没復旧部の構成

- 埋土
- 流動化処理土
- 堆積土砂

流動化処理土

一軸圧縮強度 5,130~15,523kN/m²
(平均10,176kN/m²)

堆積土砂

- ①薬液注入工 (LW工法) により充填注入されている。(改良後N値: 7~50以上)
【平均N値=22】
- ②下水管等破損したインフラ設備等が埋まっている。

【坑内排水・土砂撤去時のリスク】

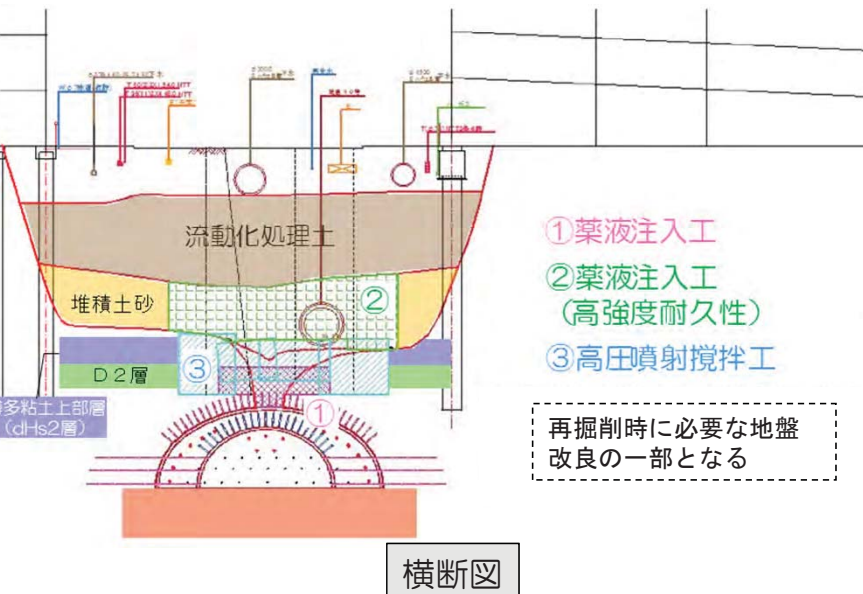
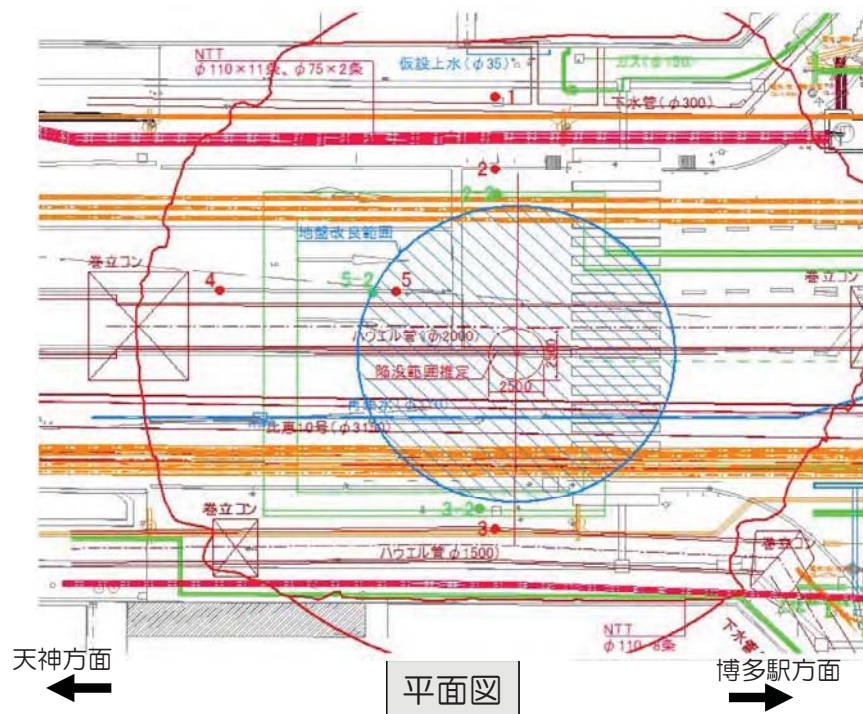
- ①LW工法による地盤改良は、長期的な止水性は期待できないため、上部未固結帯水砂層の地下水が坑内に流入し、道路陥没部が不安定化する可能性がある。
- ②トンネル天端上部の陥没孔が流動化処理土などの上載荷重を支持できず、トンネル天端部が崩落する可能性がある。

【地盤改良工の目的】 (再発防止策)

- ①止水性
→上部未固結帯水砂層の地下水が坑内に流入しないよう、難透水性地盤を造成する。
- ②地盤強度
→トンネル天端上部の陥没孔に作用する上載荷重を支持できる人工地盤を造成する。

(3) 地盤改良 (大断面トンネル区間) について

①地盤改良計画【計画】



坑内排水に向けた 道路陥没部の地盤改良工法の選定

①薬液注入工

目的 : 上部未固結帯水砂層の地下水が坑内に流入しないように、トンネル上部陥没孔を止水する。

施工方法 : 二重管ストレーナー工法 : 複相式
溶液型無機 瞬結材+緩結材

※支保工及びトンネル本体に悪影響を与えないよう、注入圧の上限を設定した施工とする。

②薬液注入工 (高強度耐久性)

目的 : 破損したインフラ設備等が介在する堆積土砂層を難透水性地盤に改良するとともに、上載荷重を支持できる地盤に改良する。

施工方法 : 二重管ダブルパッカー工法
高強度、耐久性グラウト材

③高圧噴射攪拌工

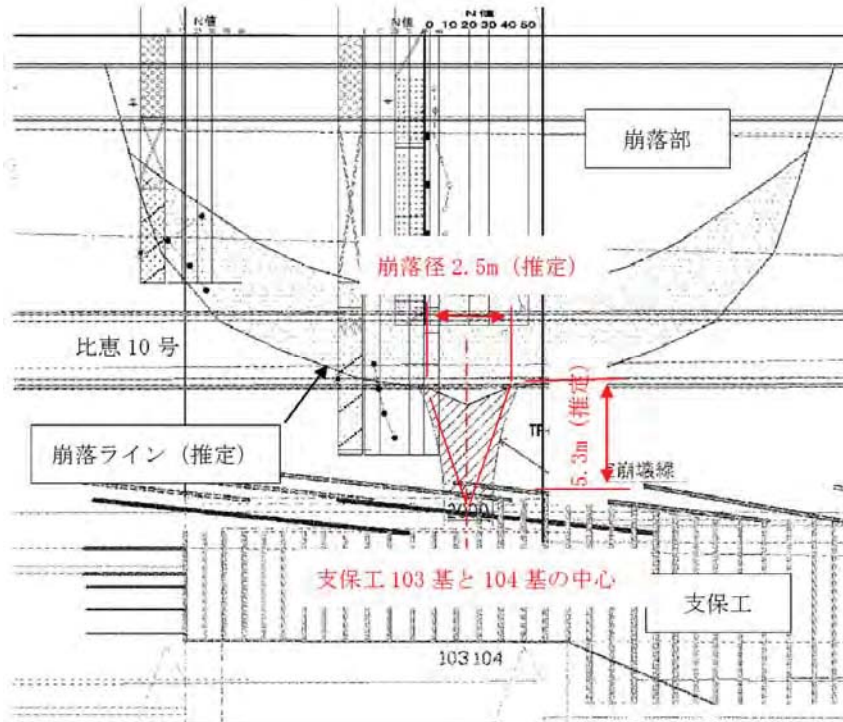
目的 : 上載荷重を支持できるよう博多粘土層を改良する。

施工方法 : 大口径高圧噴射攪拌工法

(3) 地盤改良 (大断面トンネル区間) について

②地盤改良範囲設定の考え方

D2層崩落範囲の推定



縦断面図

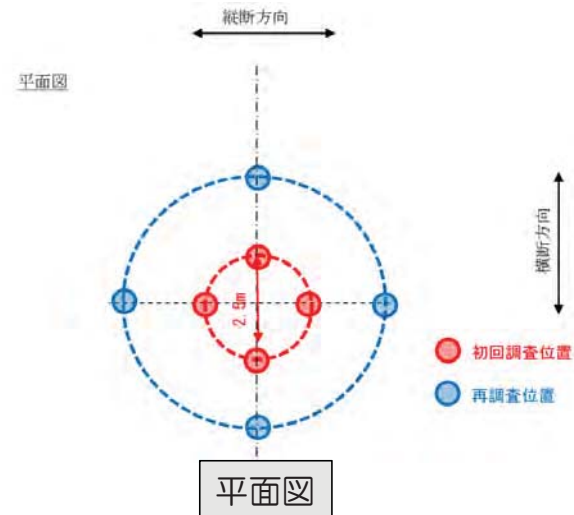
【想定崩落線の推定方法と地盤改良範囲】

- 支保工103、104基の中心から、主働崩壊線を引き推定する。
 - ①内部摩擦角 ϕ は追加調査ボーリングの結果の平均値を採用
 - ②トンネル天端から崩落線（推定）までの高さは5.3mと推定

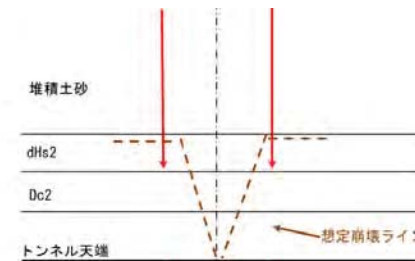
→これらより、崩落径の初期値は2.5mと推定

※崩落径2.5mの場合、止水を目的とした地盤改良は「薬液注入工設計資料：日本グラウト協会」の「(3) 最小改良範囲の具体例 a) ライナープレート立坑の例」に記載の最小改良範囲3.0mを確保する設定とし、 $3.0+2.5+3.0=8.5\text{m}$ の改良径を計画する。

D2層崩落範囲特定のためのボーリング



平面図



縦断面図

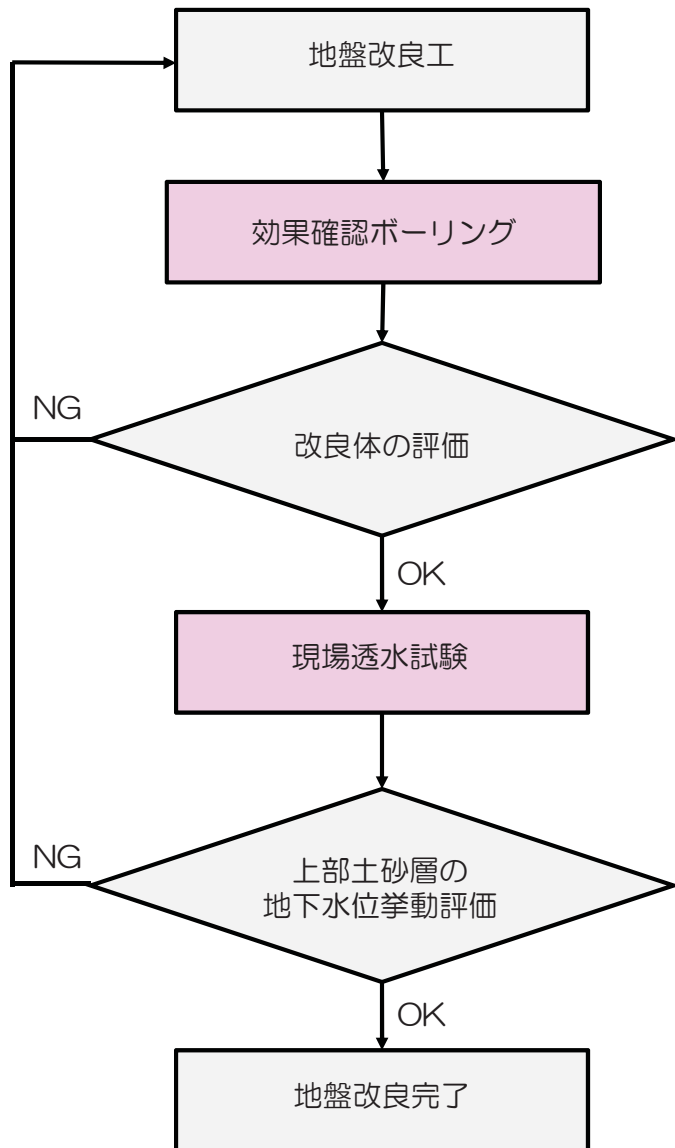
【崩落範囲の特定方法】

- ①推定崩落範囲（直径2.5m）に対し、円周方向にボーリング調査を実施する（4点）。
 - ②Dc2層の推定上端レベルまで削孔する。
 - ③ボーリングコアで地山（dHs2層）を確認する。
 - ④地山（dHs2層）が確認できた場合、その内側を崩落範囲とする。
 - ④' 地山（dHs2層）が確認できなかった場合、崩落範囲が調査位置よりも広いと判定し、追加ボーリングを1m外側で実施する。
- ※以降、dHs2層が確認できるまで②～④を繰り返す。

(3) 地盤改良（大断面トンネル区間）について

③地盤改良効果の確認方法

再発防止策として、下記の確認や試験を実施する。



効果確認ボーリング

- ボーリングコアを採取し、改良強度および透水係数を確認する。
- ボーリング孔にて、原位置試験（孔内水平載荷試験、低圧ルジオン試験）を実施し、改良強度および透水係数を確認する。
- 設計時に設定した地盤強度や透水性が得られない場合は、追加地盤改良を行う。

現場透水試験

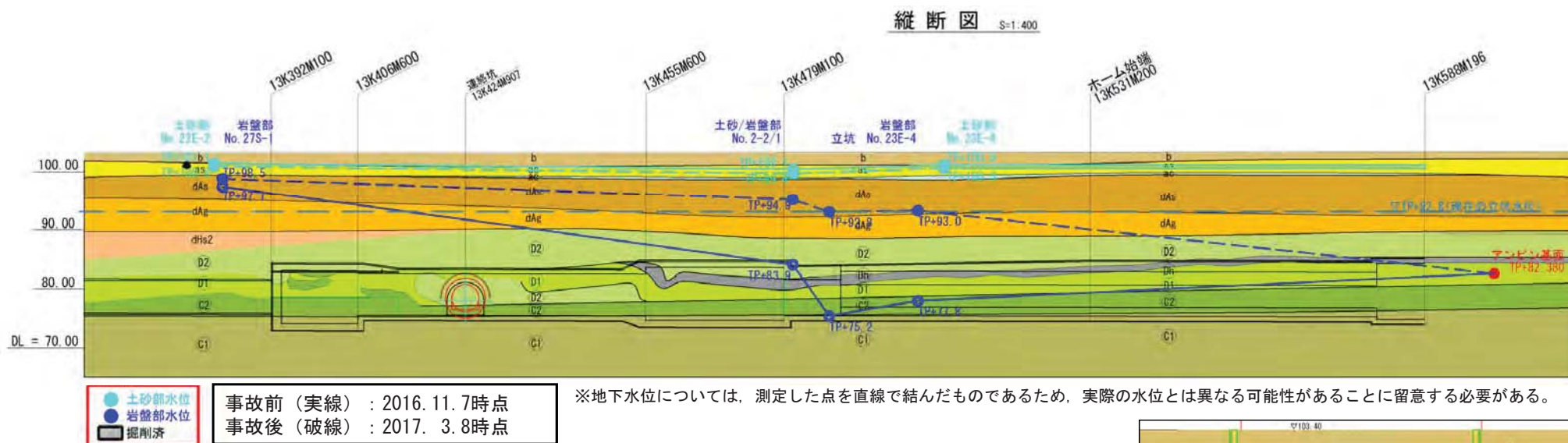
- 立坑の水位を5m低下させた時、道路陥没部周辺の観測井において上部土砂層の地下水位が低下しないことを確認する。
- 上部土砂層の地下水位に顕著な低下傾向が確認された場合、追加地盤改良を行う。

今後実施する地質調査の結果を踏まえ、次回技術専門委員会で審議を行うこととなった。

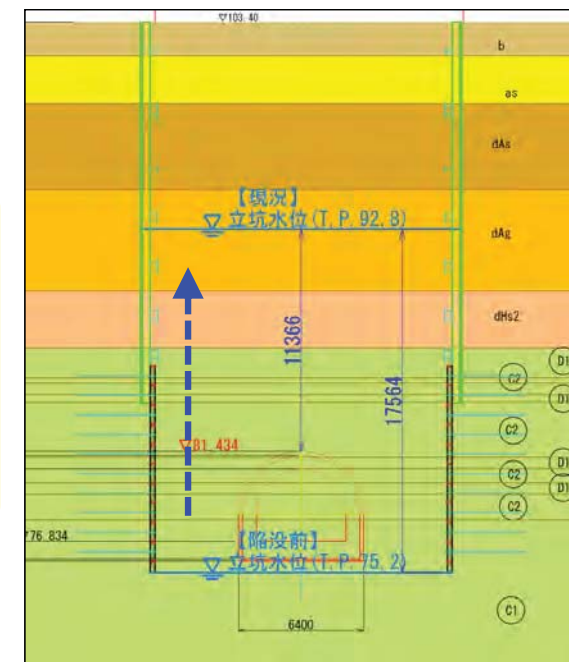
(4) 水抜き・土砂撤去について

(4) 水抜き・土砂撤去について

①水抜き概要【現在の状況】



- ① トンネル坑内は地下水で満たされている。
(立坑水深=17.6m、坑内水量≒20,000m³)
- ② トンネル坑内貯留水の水質は、福岡市下水道放流基準を満たしている。
(2017年4月28日時点)
- ③ 周辺地下水位や地表面沈下などの計測値は安定している。



(4) 水抜き・土砂撤去について

①水抜き概要【リスク対応】

1. 陥没部の不安定化

地表面沈下(2016/11/26)
道路陥没部復旧の約10日後、**陥没部が不安定化して地表面沈下(平均38mm、最大70mm)を生じた。**
(立坑から450L/minで排水して、水位を連絡坑SL付近に維持)

【水抜きの際のリスク】

- 上部未固結帯水土砂が坑内に流れ込み不等沈下し、陥没部が不安定化
- 地盤改良の強度不足により不等沈下し、陥没部が不安定化
- 坑内堆積物が流動し、流動化処理土を支えられず不安定化
- 坑内負圧や有効応力増加により、支保工が不安定化

【リスク対応方針】（再発防止策）

- トンネル上部に難透水性地盤および上載荷重を支持できる人工地盤を形成する。
- 各地層の沈下や地下水位等の計測を行い、周辺地盤や支保工の安定性の観測・評価を行う。

2. 地表面沈下

トンネル掘削時の計測結果
先進導坑掘削時に岩盤部地下水頭低下(17.5m/50日)の影響で標準Ⅱ型付近を中心に**13mm程度地表面が沈下**した。
(2015年9月~11月)

坑内水没時の計測結果
坑内水没時の岩盤部地下水頭回復(15.0m/50日)の影響で標準Ⅱ型付近を中心に**3mm程度地表面が隆起**した。
(2016年11月~12月)

【水抜きの際のリスク】

- 岩盤部の地下水頭低下による、標準Ⅱ型付近での地表面沈下
- 岩盤部の地下水頭低下による、地下埋設物の沈下

【リスク対応方針】（再発防止策）

- 路面走行に支障が無いように路面沈下の計測を実施する。
- 道路管理者や埋設管理者と管理基準や対策等について協議する。

3. トンネルの不安定化

トンネル掘削の計測結果
標準Ⅱ型付近では**炭質頁岩や強風化頁岩**が切羽の大部分を占め、**他区間に比べ地表面沈下や天端沈下が大きくなった。**

【水抜きの際のリスク】

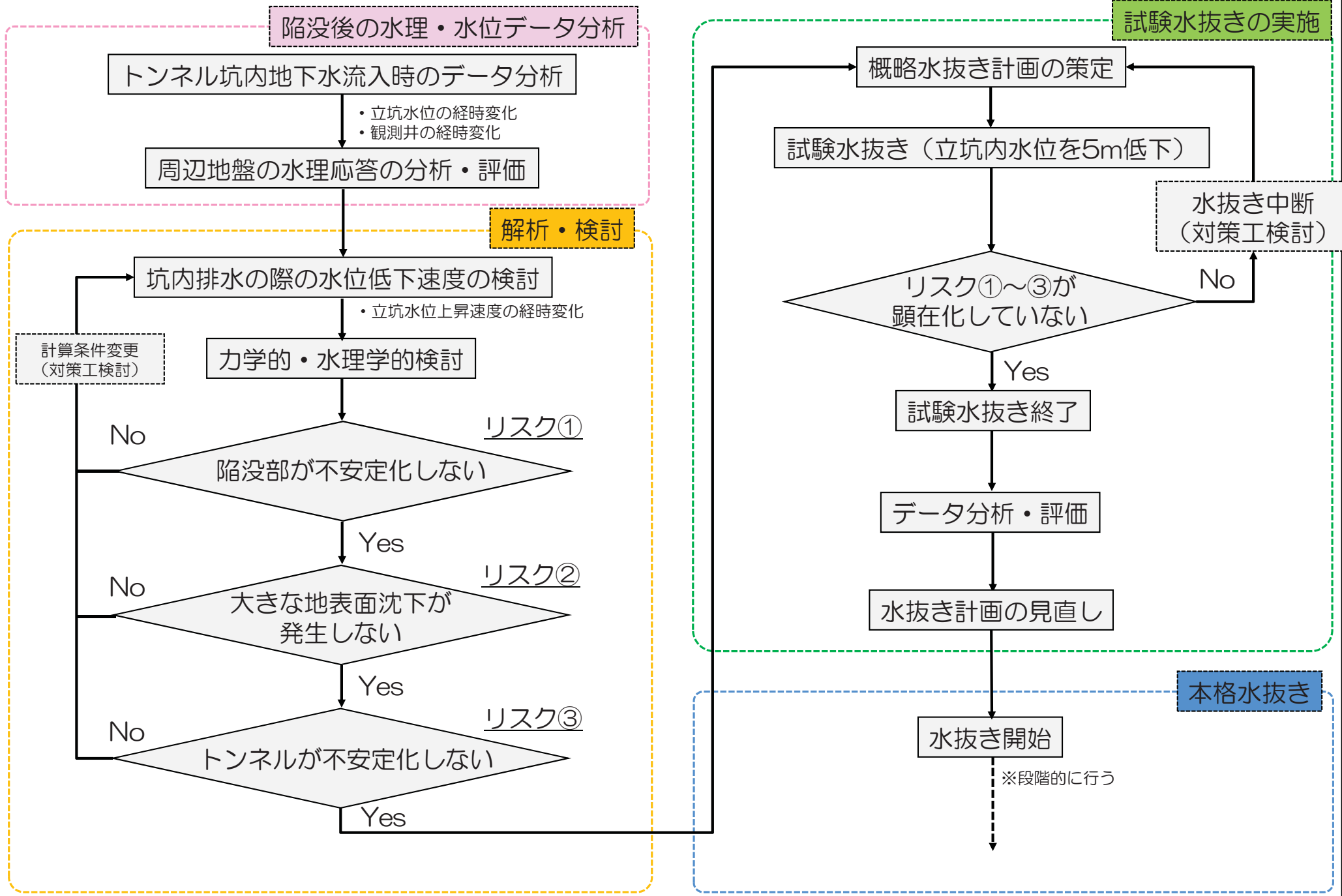
- 有効応力増加により、支保工健全性が棄損
- D2層が破壊し支持力を失い、支保工に全土被りが作用
- トンネル周辺岩盤のゆるみ領域が拡大して不安定化
- 吹付背面に高水圧が残り、吹付がはく落して支保機能が棄損
- 坑内負圧により、吹付がはく落して支保機能が棄損

【リスク対応方針】（再発防止策）

- 各地層の沈下や地下水位等の計測を行い、周辺地盤や支保工の安定性の観測・評価を行う。
- FEM解析等により水抜きの際の支保工健全性を検証し、安全性が確保できる水位低下速度とする。
- 負圧発生防止のため、坑内へのエア供給ボーリングを設置する。

(4) 水抜き・土砂撤去について

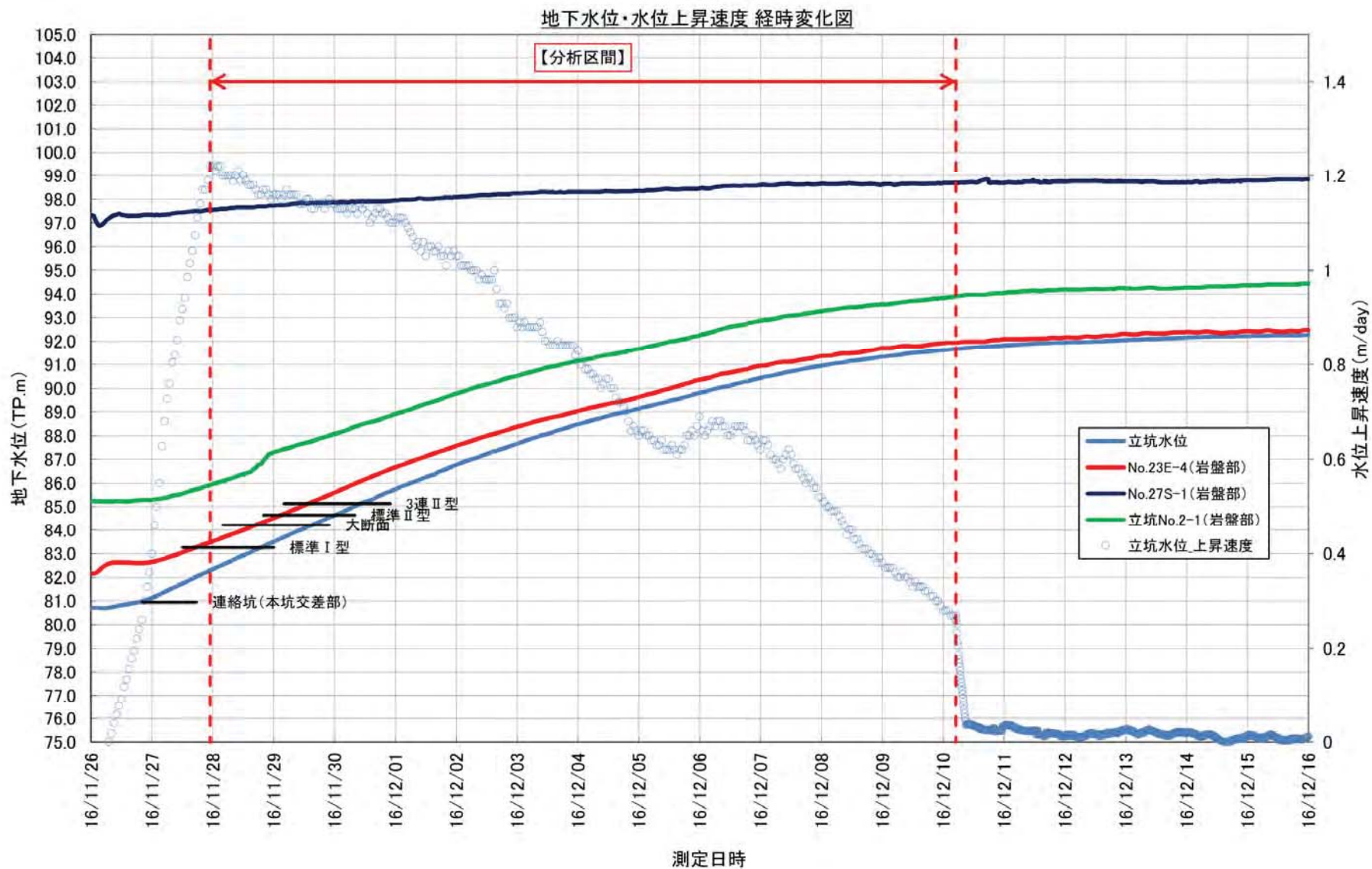
①水抜き概要【検討フロー】



(4) 水抜き・土砂撤去について

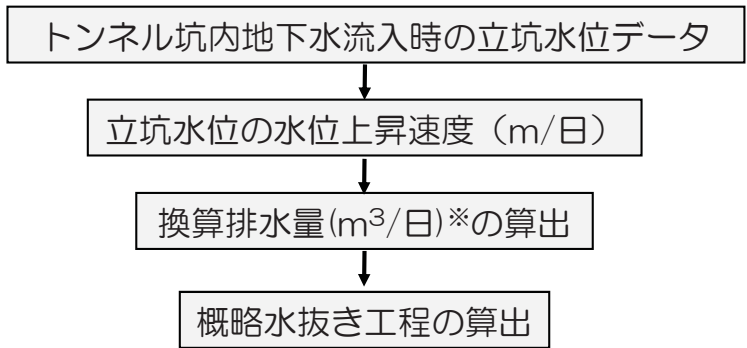
①水抜き概要【概略水抜き工程】

- 排水ポンプ停止後の立坑水位データより、立坑水位の水位上昇速度 (m/日) を算出した。
 - 立坑水位上昇速度は、最大1.2m/日程度である。
 - 周辺観測井の岩盤部水位も立坑水位と概ね同程度の速度で上昇している (No.27S-1 除く)。

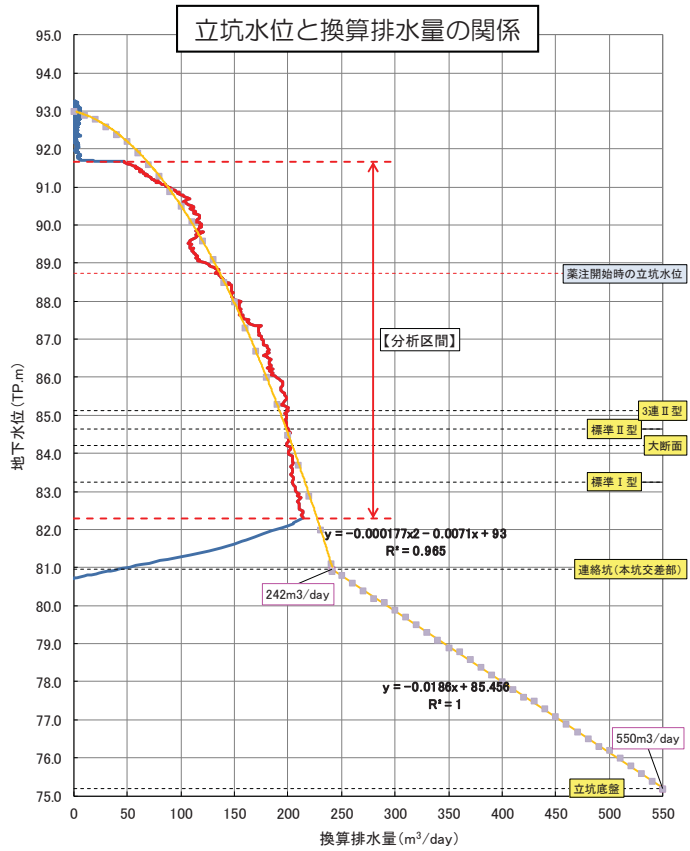


(4) 水抜き・土砂撤去について

①水抜き概要【概略水抜き工程】



※地下水位を一定に維持するために必要な排水量
 $\text{換算排水量 (m}^3/\text{日)} = \text{水位上昇速度 (m/日)} \times \text{水面面積 (m}^2\text{)}$



概略水抜き工程の算出

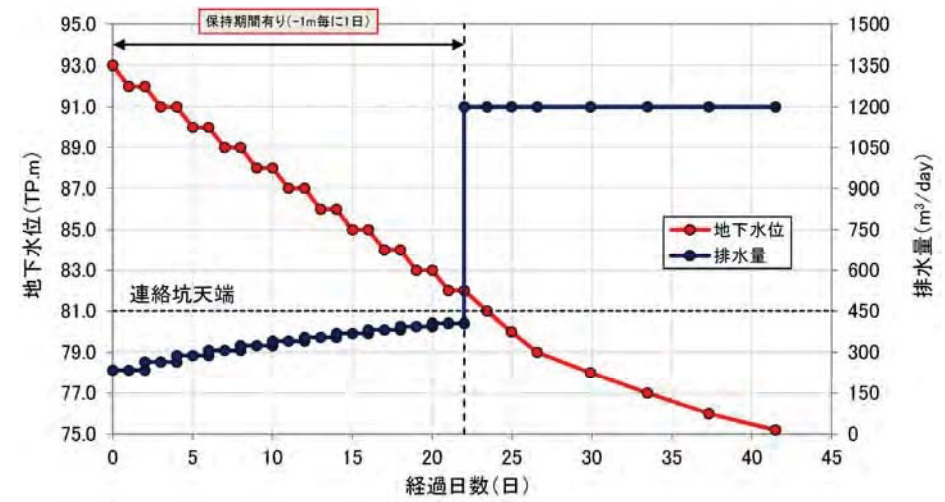
※下表には、保持期間(1日)を含めていない。

地下水位 (TP.m)	排水量 (m³/day)	換算排水量 (m³/day)	排水に使える量 (m³/day)	下げられる水位 1日当たり(m)	その水位になる日数(日)	経過日数 (日)	備考
93.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	水面面積1
92.0	233.4	57.7	175.7	1.00	1.00	1.0	
91.0	263.8	88.1	175.7	1.00	1.00	2.0	
90.0	287.4	111.7	175.7	1.00	1.00	3.0	
89.0	307.3	131.6	175.7	1.00	1.00	4.0	
88.0	324.9	149.2	175.7	1.00	1.00	5.0	
87.0	340.8	165.1	175.7	1.00	1.00	6.0	
86.0	355.5	179.8	175.7	1.00	1.00	7.0	
85.0	369.2	193.5	175.7	1.00	1.00	8.0	
84.0	382.0	206.3	175.7	1.00	1.00	9.0	
83.0	394.2	218.5	175.7	1.00	1.00	10.0	
82.0	405.7	230.0	175.7	1.00	1.00	11.0	
81.0	1200.0	241.1	958.9	0.70	1.43	12.4	水面面積2
80.0	1200.0	293.3	906.7	0.66	1.52	14.0	
79.0	1200.0	347.1	852.9	0.62	1.61	15.6	
78.0	1200.0	400.9	799.1	0.30	3.33	18.9	水面面積3
77.0	1200.0	454.6	745.4	0.28	3.57	22.5	
76.0	1200.0	508.4	691.6	0.26	3.85	26.3	
75.2	1200.0	550.0	650.0	0.24	4.17	30.5	

※水面積1：坑内水位が連絡坑天端以上の際の水面面積 (≒176m²)
 ※水面積2：坑内水位が連絡坑S.L.~天端までの際の水面面積 (≒1365m²)
 ※水面積3：坑内水位が連絡坑S.L.以下の際の水面面積 (≒2707m²)

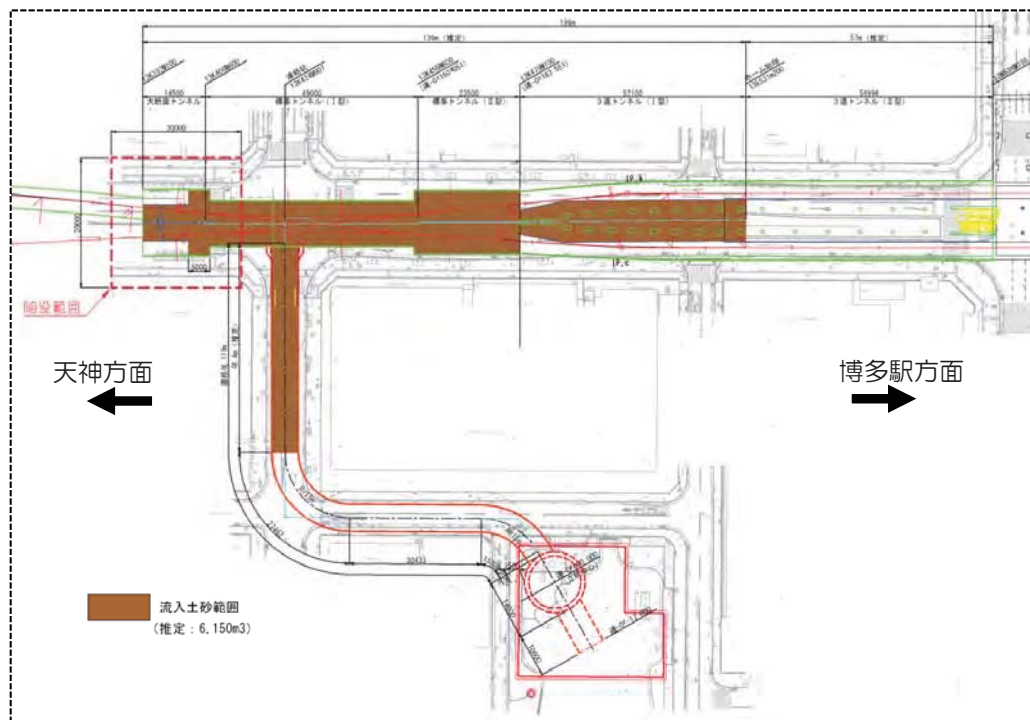
【前提条件】

- 水位変動幅は1日あたり1m以内とする。
- 排水量の上限は1200m³/日とする。(濁水処理設備の能力上限)
- 季節による降雨量変動を加味していない。
- 実際の工程は、休、祝日等を考慮する必要がある。

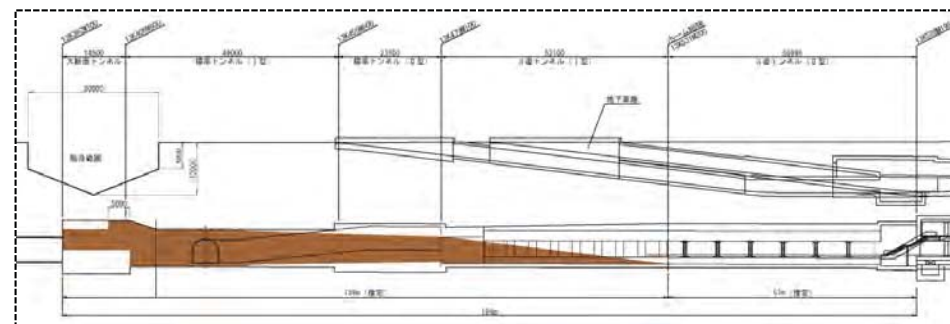


(4) 水抜き・土砂撤去について

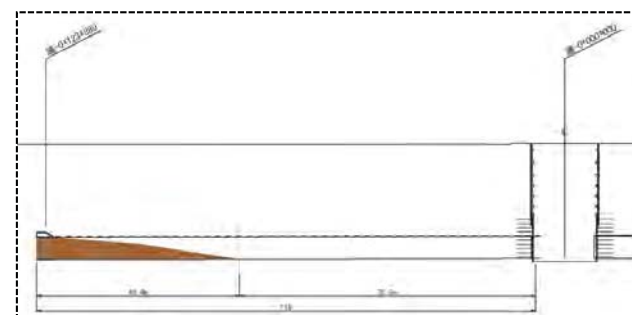
②土砂撤去概要【現在の状況】



平面図



本坑縦断図



連絡坑縦断図

現状のまとめ

- ① 陥没部の土砂は坑内に堆積している。
(堆積土砂量≒6,150m³、堆積厚さ≒7.2m)
- ② 堆積土砂は荒江層砂質土、荒江層砂礫が主であり、砂・礫が90%以上と推測される。
- ③ 水抜き後も湧水は生じている(約400L/分)。
- ④ 堆積土砂内には、重機等資機材が埋まっている。

(4) 水抜き・土砂撤去について

②土砂撤去概要【リスク対応】

※土砂撤去に伴うトンネルの安定性への影響は小さいと思われるが、各地層の沈下や地下水位等の計測を行い地盤の挙動を監視する。

1. 全区間共通

- 坑内の堆積土砂は荒江層砂質土 (dAs)、荒江層レキ層 (dAg) が主であり、砂・レキ分が90%以上であると推定される。
- 道路陥没事故前にはトンネル湧水が400L/min程度生じていた。

【土砂撤去時のリスク】

- a 急な法勾配により斜面の安定性が崩れて切土面が崩落する。
- b 湧水によって切土面が崩落する。

【リスク対応方針】（再発防止策）

- 堆積土砂の性状に即した安全な切土勾配を確保しながら堆積土砂を撤去する。

2. 大断面トンネル区間

- 103基天端は、上部土砂層が坑内に流入した陥没孔が生じている。
- 陥没部上部は流動化処理土や堆積土砂層の地盤改良を行っている。

【土砂撤去時のリスク】

- a 堆積土砂が流動して、トンネル坑内の力学的バランスが短時間で変化し、陥没部上部の地盤改良体に影響を与える。
- b 局所的に水みちが残っている。

【リスク対応方針】（再発防止策）

- 大断面すりつけ部に隔壁（排水構造）を設け、大断面区間内に堆積している土砂の崩落を防止する。

3. 標準トンネル区間～3連トンネル区間

- 3連トンネル（Ⅱ型）区間は湧水が多い（約200L/min）
- 大型のトンネル施工機械の大半が堆積土砂中に埋まっている

【土砂撤去時のリスク】

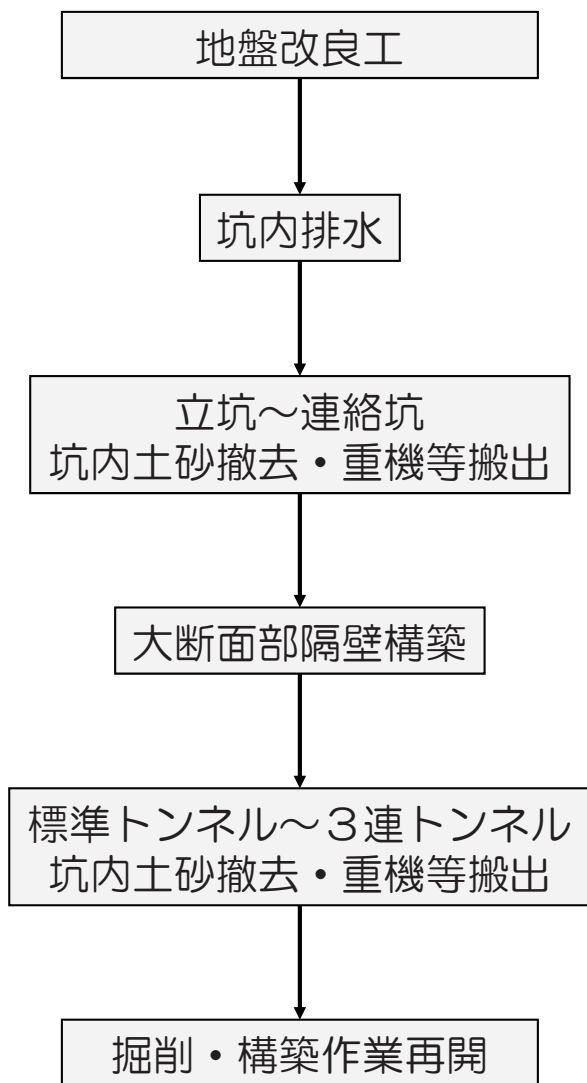
- a 堆積土砂が流動する。（滞留水や湧水による）
- b 堆積土砂中の水が抜けない。
- c 堆積土砂の流動によって埋没していた重機が流動する。

【リスク対応方針】（再発防止策）

- 状況に応じて隔壁を設け、前方の土砂の地盤改良などにより流動を防止する。
- 隔壁から土砂中にストレーナー等を設置することで、土砂中の水の排水を促進させる。

(4) 水抜き・土砂撤去について

②土砂撤去概要【土砂撤去フロー】



土砂撤去 (イメージ)

