

4. 地盤改良について

- (1) 地質調査結果を踏まえた設計の考え方…………… P1～P2
- (2) 地盤改良の検討フロー…………… P3～P4
- (3) 大断面部トンネル部の地盤改良…………… P5～P14
 - 1) 地盤改良工法の検討
 - 2) 地盤改良範囲・割付の検討
 - 3) 検討手順・内容
 - 4) 解析的検討
 - 5) 地盤改良に関する検討結果まとめ
 - 6) その他の補助工法
- (4) 坑内水抜き時のリスクと対策（標準トンネル～3連トンネル） …… P15～P22
 - 1) 全体地層構成
 - 2) リスクと検討コンセプト
 - 3) 3連トンネル部の現在の状況（推定）
 - 4) 解析的検討
 - 5) リスク対策（案）
 - 6) モニタリング計画（案）

平成29年11月7日（火）

福岡市交通局

(1) 地質調査結果を踏まえた設計の考え方

(1) 地質調査結果を踏まえた設計の考え方

陥没事故前

- ・D2層が持つ支持・止水機能に期待する設計思想であった。

地質調査結果

- ①崩落孔は横断方向 11.6m 縦断方向 6.0m以内であることを確認した。
- ②D2層の不均質性を確認した。(変形係数 E_0 は、7,800~399,300kN/m²で分布)
- ③標準Ⅱ~3連トンネル部には炭質頁岩(Dh)が層厚約0.7m~2.4mでトンネル天端付近に連続的に分布することを確認した。

施工時(坑内排水時・再掘削時)のリスク

- ①地下水リスク : 上部未固結帯水砂層の地下水と土砂が坑内に流入する。
- ②力学的不安定化リスク : トンネル周辺地山やトンネル天端部が力学的に不安定化する。
- ③既設構造物への影響リスク : トンネルの変形に伴い、既設構造物に影響が及ぶ。

大断面トンネル区間〔道路陥没部〕

リスク対応方針

- 地盤改良体で支持・止水する
- D2層の支持・止水機能を補完する
- 坑内充填工や土砂層の地下水位低下工を検討する

①地下水リスクへの対応

- ・崩落孔内部に地盤改良(止水機能確保)を行う。
- ・D2層の止水機能を補完する地盤改良を行う。
- ・土砂層の水位低下や溜まり水の汲上げを行う。

②力学的不安定化リスクへの対応

- ・崩落孔内部に地盤改良(支持機能確保)を行う。
- ・D2層の支持機能を補完する地盤改良を行う。

③既設構造物への影響リスクへの対応

- 【坑内水抜き時】
 - ・地盤改良と補助工法(坑内充填等)によりトンネルが変形することを防止する。
- 【トンネル再掘削時】
 - ・トンネル補助工法や支保剛性の向上等により、周辺地盤の変形を抑制する。

標準トンネル~3連トンネル区間

リスク対応方針

- D2層の支持・止水機能を必要に応じて補強する
- 炭質頁岩の連続的な分布を踏まえた切羽・天端安定対策を実施する

①地下水リスクへの対応

- ・D2層の止水機能に期待するが、不均質性に起因する機能低下に対して、止水機能を補強する対策工の必要性や範囲・方法について検討する。

②力学的不安定化リスクへの対応

- ・トンネル天端付近の地山(D2層)の支持機能に期待するが、炭質頁岩が存在することや、D2層の強度や厚さにばらつきが大きいことから、不均質性に起因する機能低下に対して、支持機能を補強する対策工の必要性や範囲・方法を検討する。

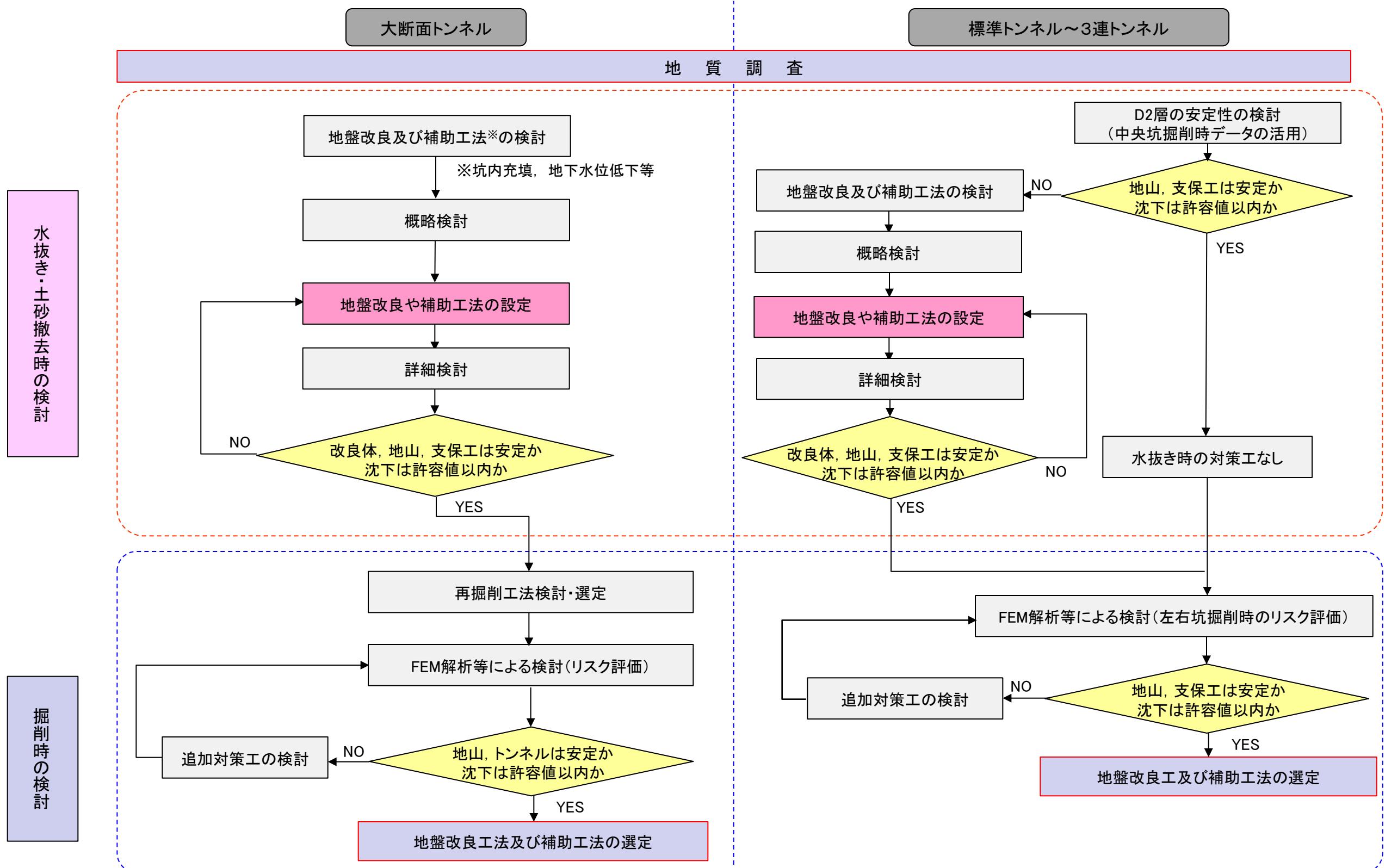
③既設構造物への影響リスクへの対応

- ・トンネル支保工の支持機能、周辺地山の止水機能および支持機能に期待する。
- 【坑内水抜き時】
 - ・地山の不均質性に起因した既設構造物への影響を検討し、必要に応じて支持、止水機能を補強する対策工を実施する。
- 【左右坑掘削時】
 - ・炭質頁岩の連続的な分布を踏まえた対策工や補助工法等により、切羽の安定や周辺地盤の変形を抑制する。

(2) 地盤改良の検討フロー

(2) 地盤改良の検討フロー

地盤改良の検討を進めていくうえでのフローを示す

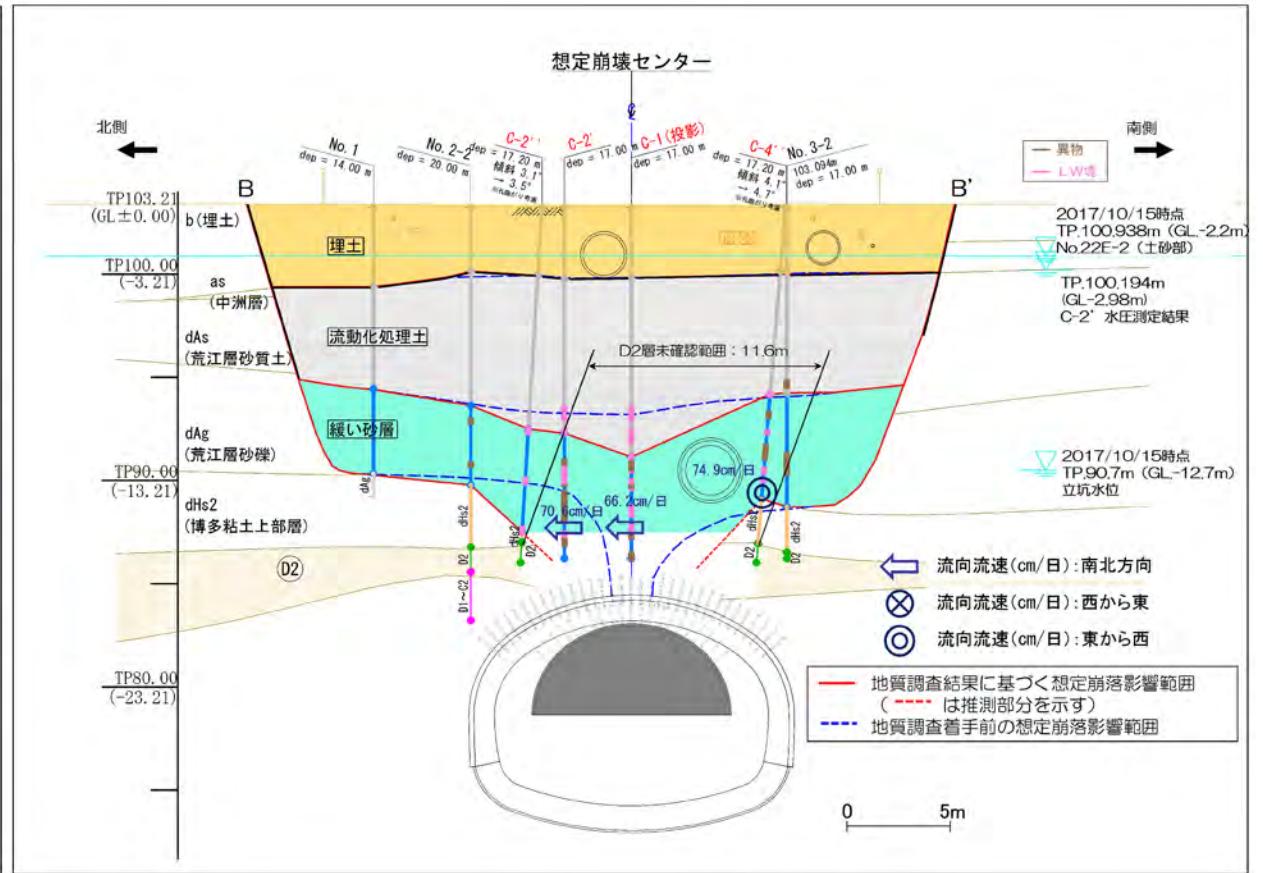
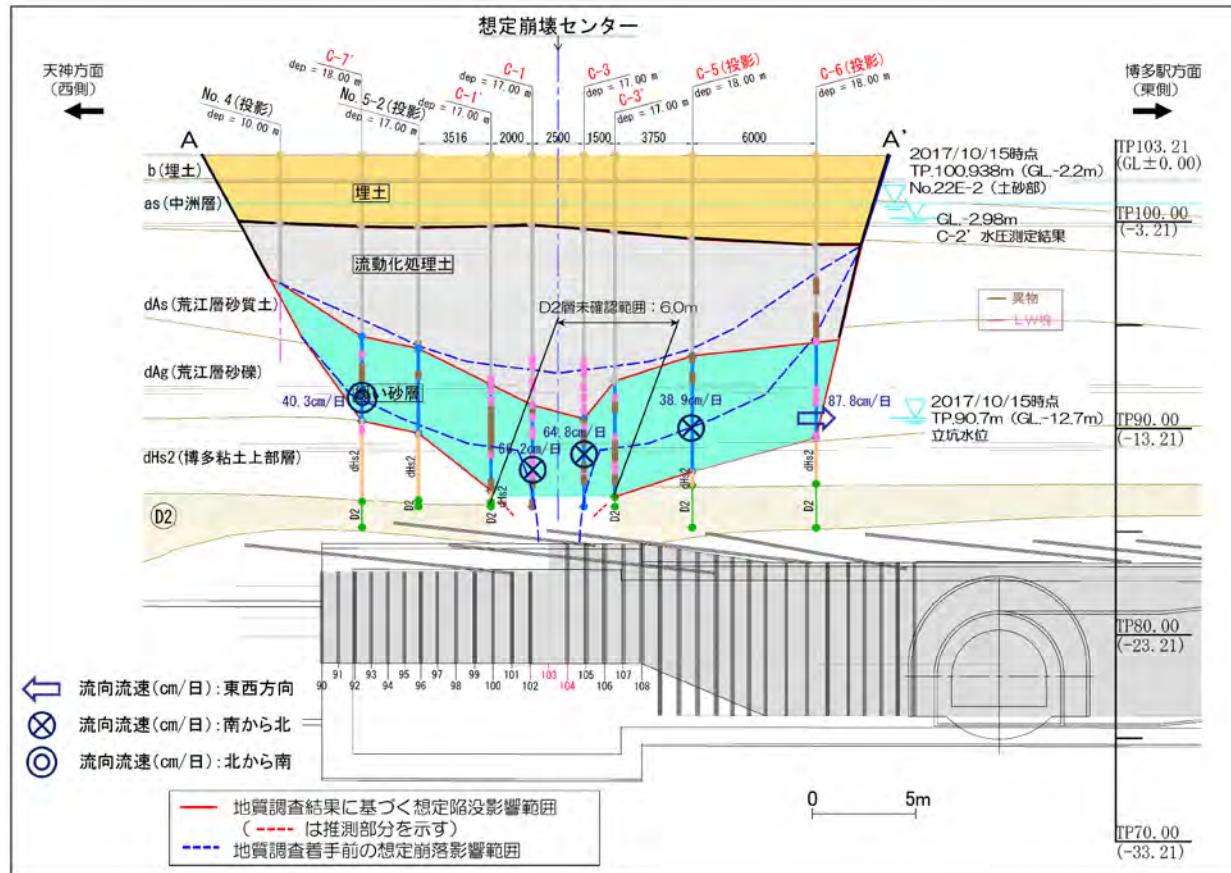


(3) 大断面トンネル部の地盤改良

(3) 大断面トンネル部の地盤改良

1) 地盤改良工法の検討

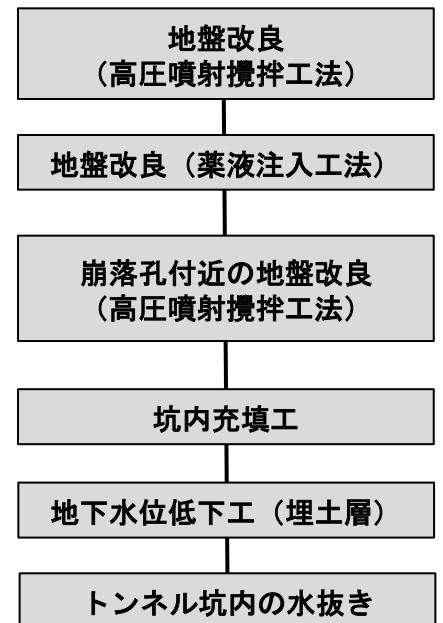
室内試験の結果、今回の対象地盤では高圧噴射攪拌工法と凍結工法が適用可能であることが確認された。周辺への影響性も考慮し、高圧噴射攪拌工法を基本とし、緩い砂層には補足注入（薬液注入）を実施する。



改良対象地盤

	特徴	薬液注入工法	高圧噴射攪拌工法	凍結工法	検討結果
流動化処理土	改良不要	-	-	-	-
荒江層砂質土 (dAs)	-	○ 適用可	○ 適用可	○ 適用可	高圧噴射攪拌工法
荒江層砂礫 (dAg)	-	○ 適用可	○ 適用可	○ 適用可	高圧噴射攪拌工法
博多粘土層上部層 (dHs2)	細粒分含有率 約20%	× 溶液型: 浸透しない 懸濁型: 浸透しない	○	○ 凍結・融解時の膨張・収縮 が発生する	高圧噴射攪拌工法
緩い砂層	細粒分含有率5~20% 前後異物が混入	△ 溶液型: 浸透する 懸濁型: 浸透しない	○ チェックボーリング 追加薬液注入併用	○ 凍結・融解時の膨張・収縮 が発生する	高圧噴射攪拌工法 + 補足注入(薬液注入)
強風化頁岩層(D2)	細粒分含有率約80% 固結	× 改良困難	× 改良困難	○ 凍結・融解時の膨張・収縮 が発生する	-

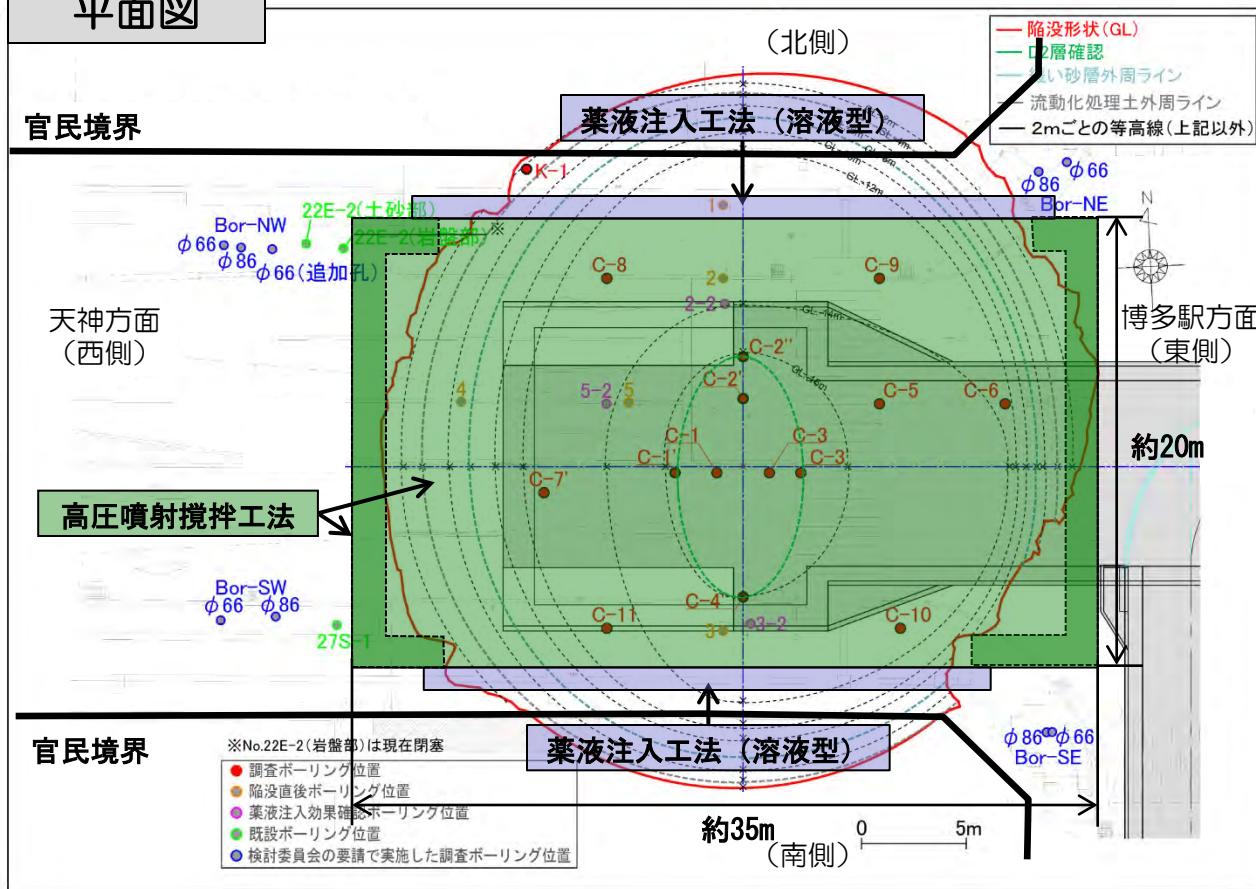
施工手順 (案)



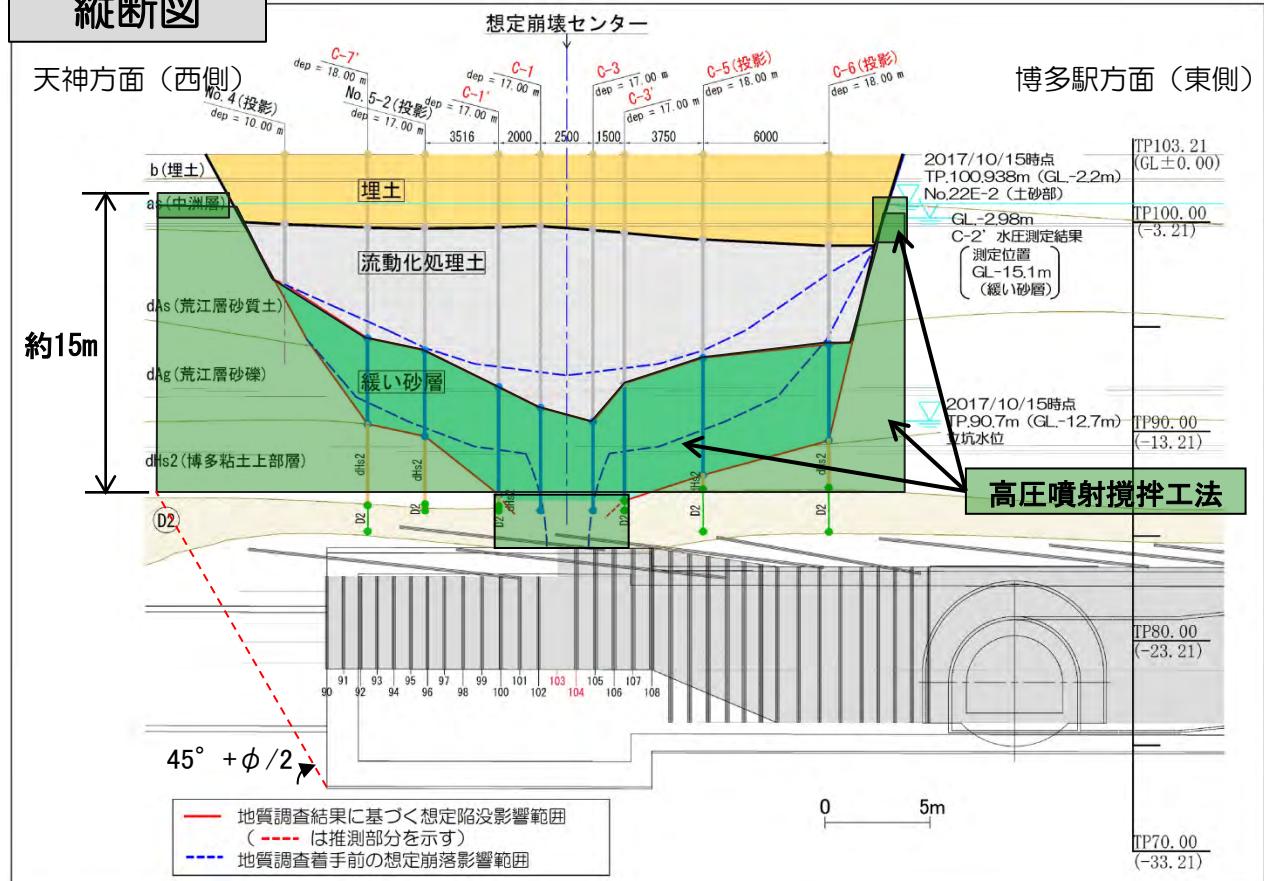
(3) 大断面トンネル部の地盤改良

2) 地盤改良範囲・割付の検討

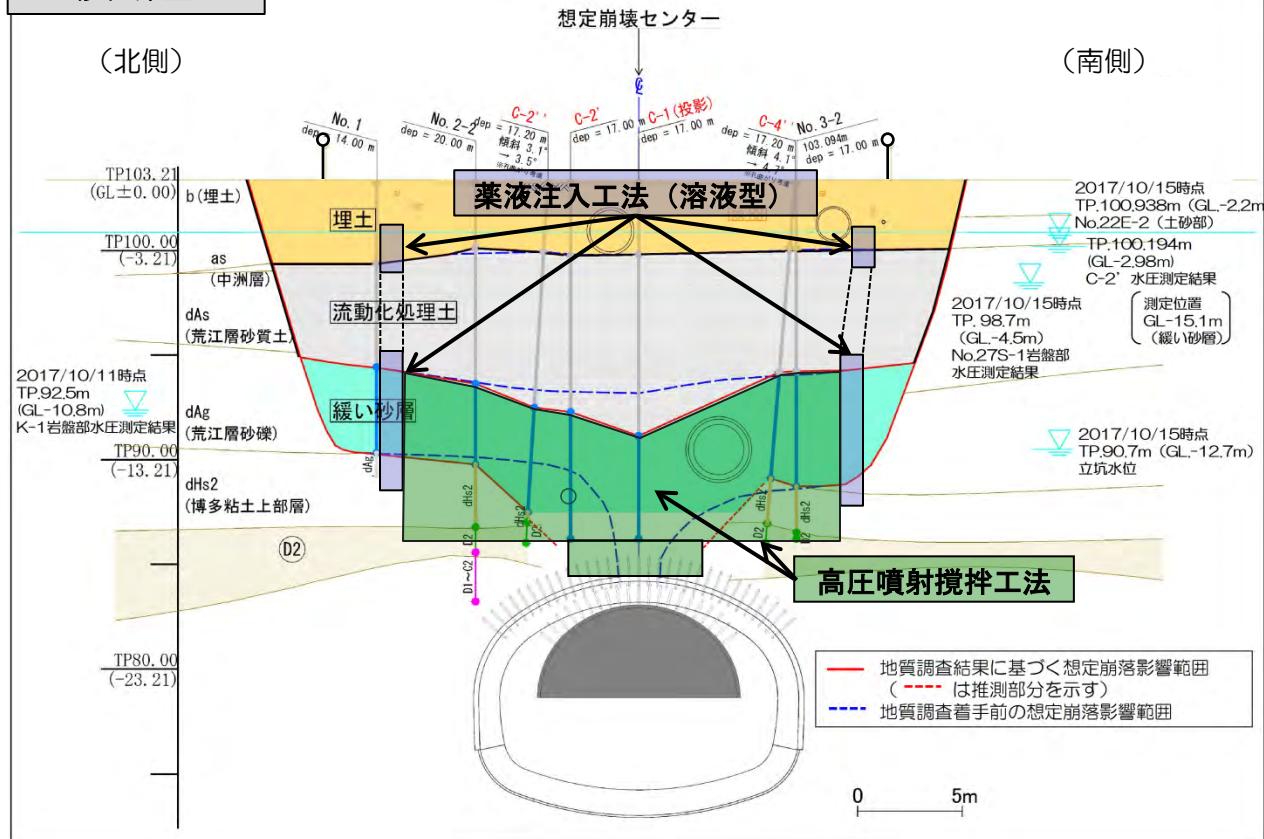
平面図



縦断図



横断図

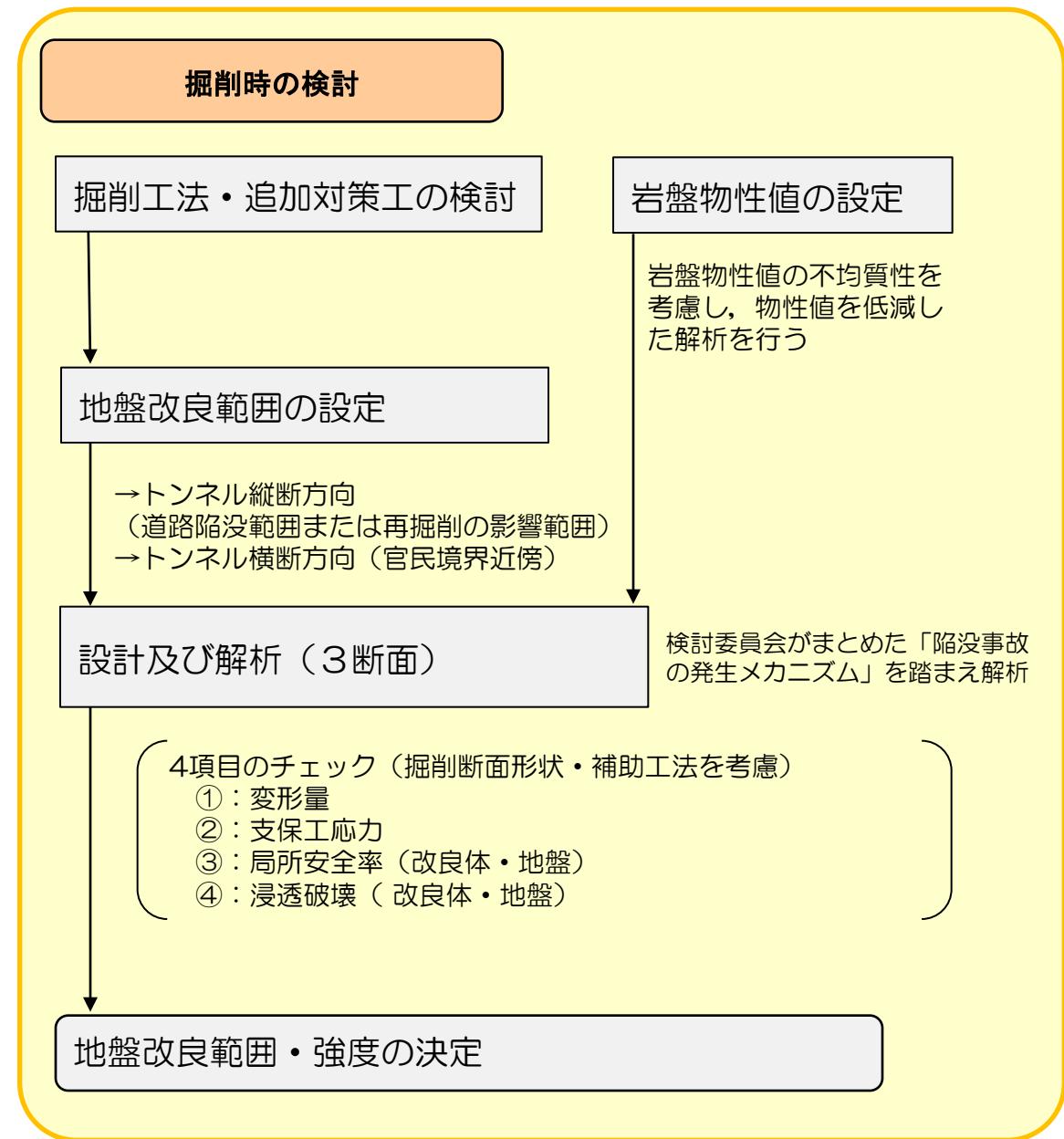
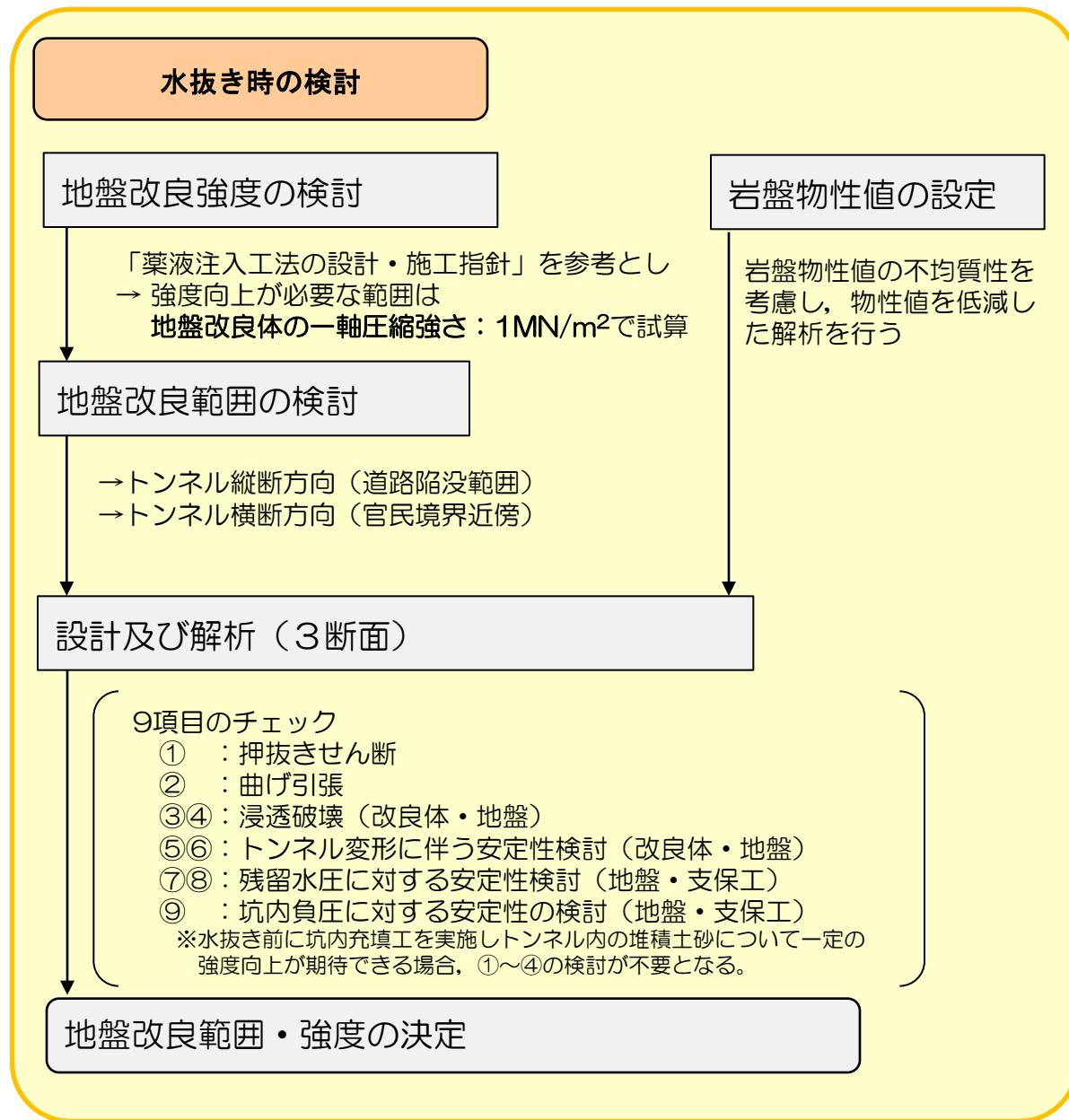


【検討コンセプト】

- ①土砂層 (as、dAs、dAg、dHs2) を対象に、**高圧噴射攪拌工法**による地盤改良を実施する。
- ②東西外周部は、地下水の浸入を防ぐため、**地下水位以浅 (GL.-3.0m) まで高圧噴射攪拌工法による地盤改良**を実施する。
- ③南北外周部の地盤改良は、緩い砂層に対する地盤改良の不確実性に伴う**リスク低減**のため、官民境界近傍に**止水目的の薬液注入**を実施する。この改良は流動化処理土下端までとする。また、地下水水位低下の際に必要な埋土付近の改良も実施する。
- ④西側方向の地盤改良範囲は、トンネル下端から $(45^\circ + \phi/2)$ で引いた**掘削影響範囲を包含する範囲**とする。
- ⑤異物が混在する緩い砂層での地盤改良の不確実性に伴う**リスクを低減**するため、以下を実施し、確実な改良体の形成を目指す。
 - (I) 効果確認ボーリングの実施
 - (II) 効果確認ボーリングの結果、未改良部が確認された場合、**補足注入 (薬液注入)**を実施
- ⑥地盤改良体の下端は、地盤と一体化させるため**岩着**させる。

(3) 大断面トンネル部の地盤改良

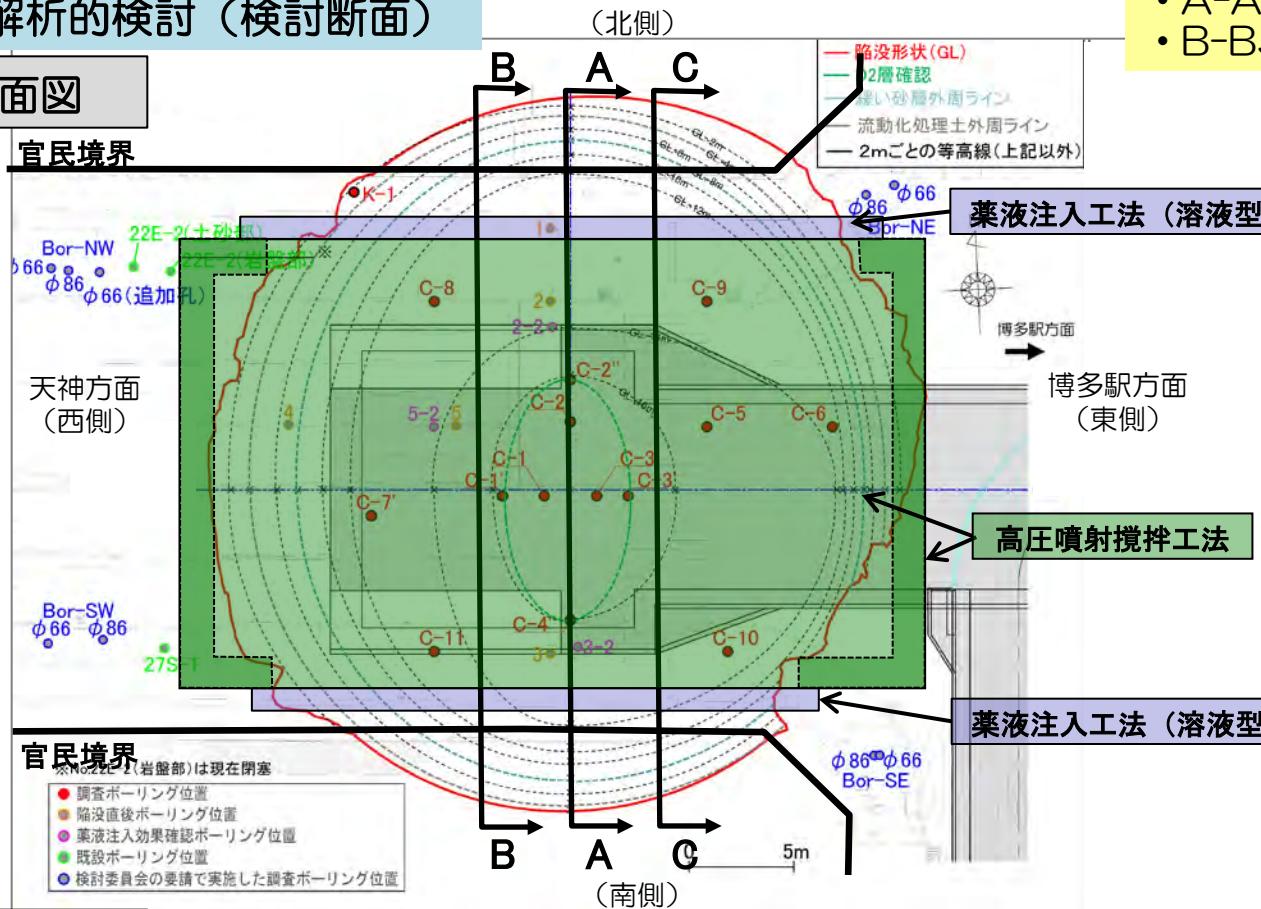
3) 検討手順・内容



(3) 大断面トンネル部の地盤改良

4) 解析的検討 (検討断面)

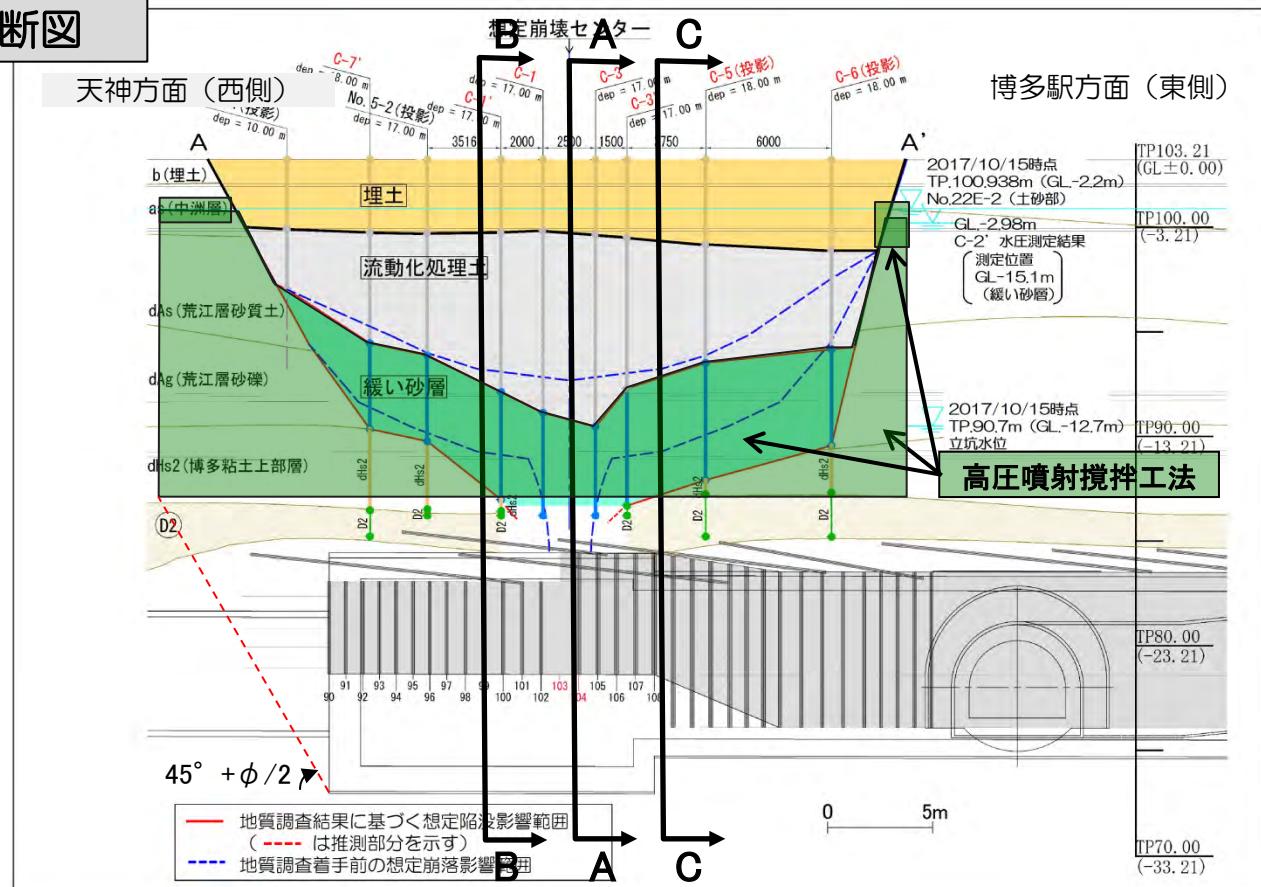
平面図



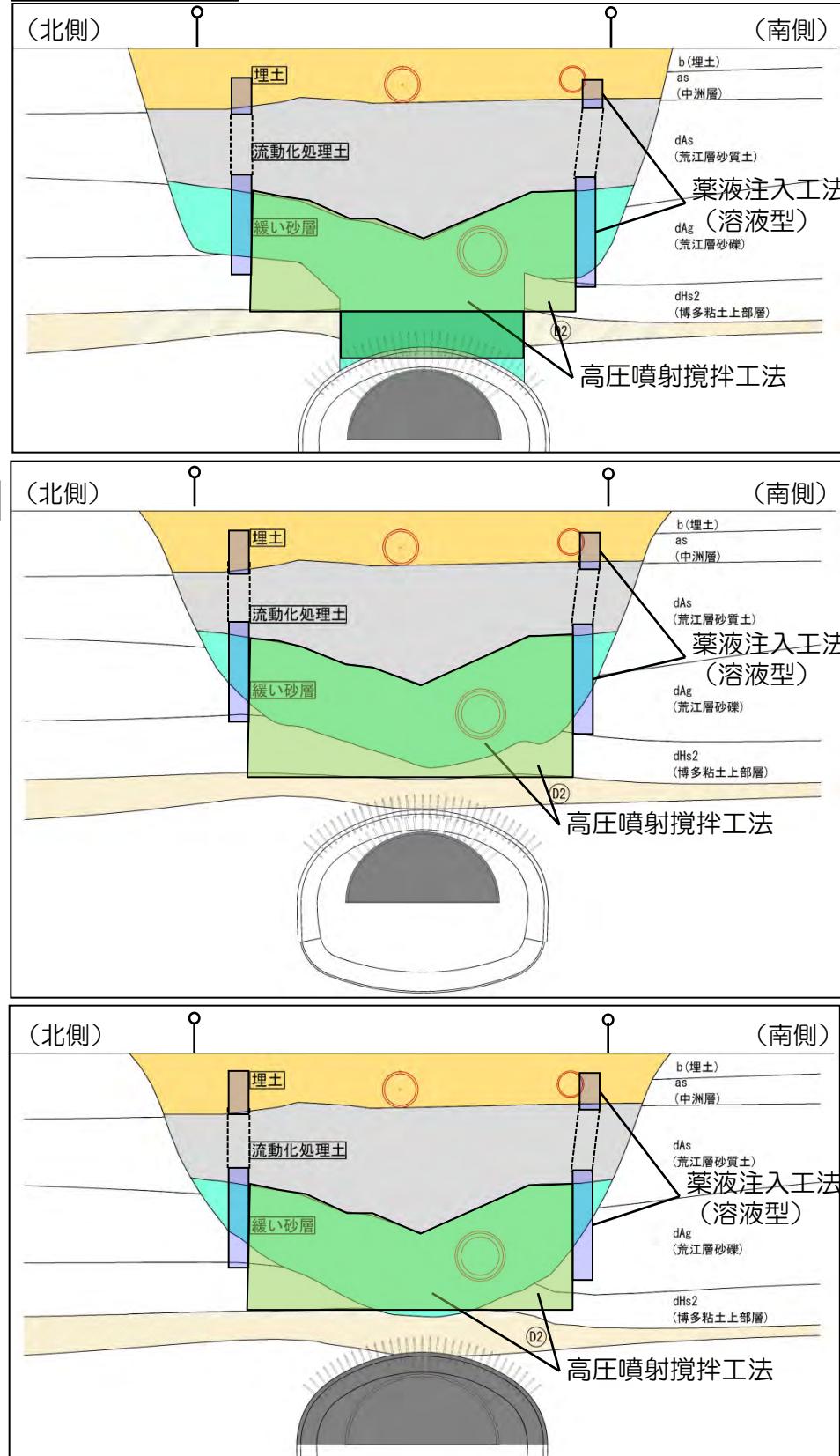
【検討断面 (以下の3断面)】

- ・ A-A断面 : 崩落孔中心を通る横断面 (D2層消失)
- ・ B-B、C-C断面 : 崩落孔中心から3m離れ (D2層残存)

縦断面図



横断面図



A-A断面

B-B断面

C-C断面

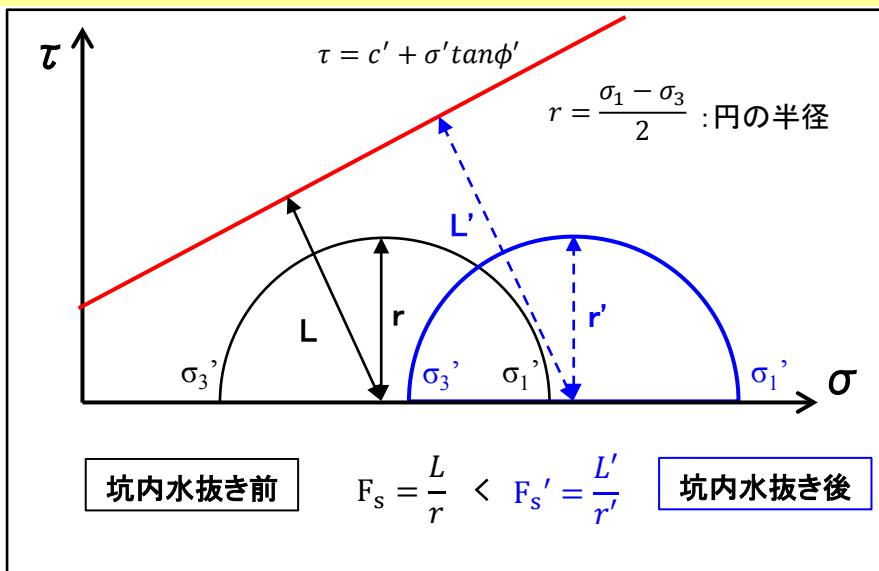
(3) 大断面トンネル部の地盤改良

4) 解析的検討 (浸透流-力学連成解析)

○坑内水抜きによる地山・支保工への影響

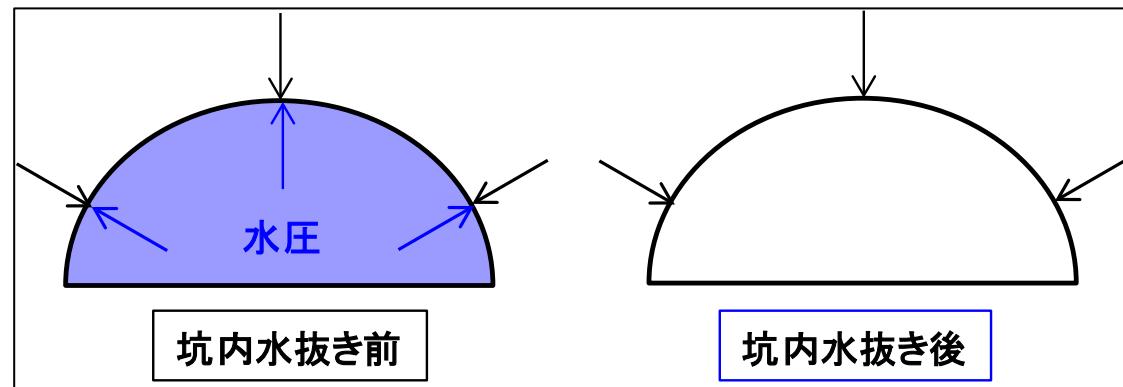
①地山への影響

- 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。このため局所安全率 F_s (破壊崩落線までの距離)が増加する。

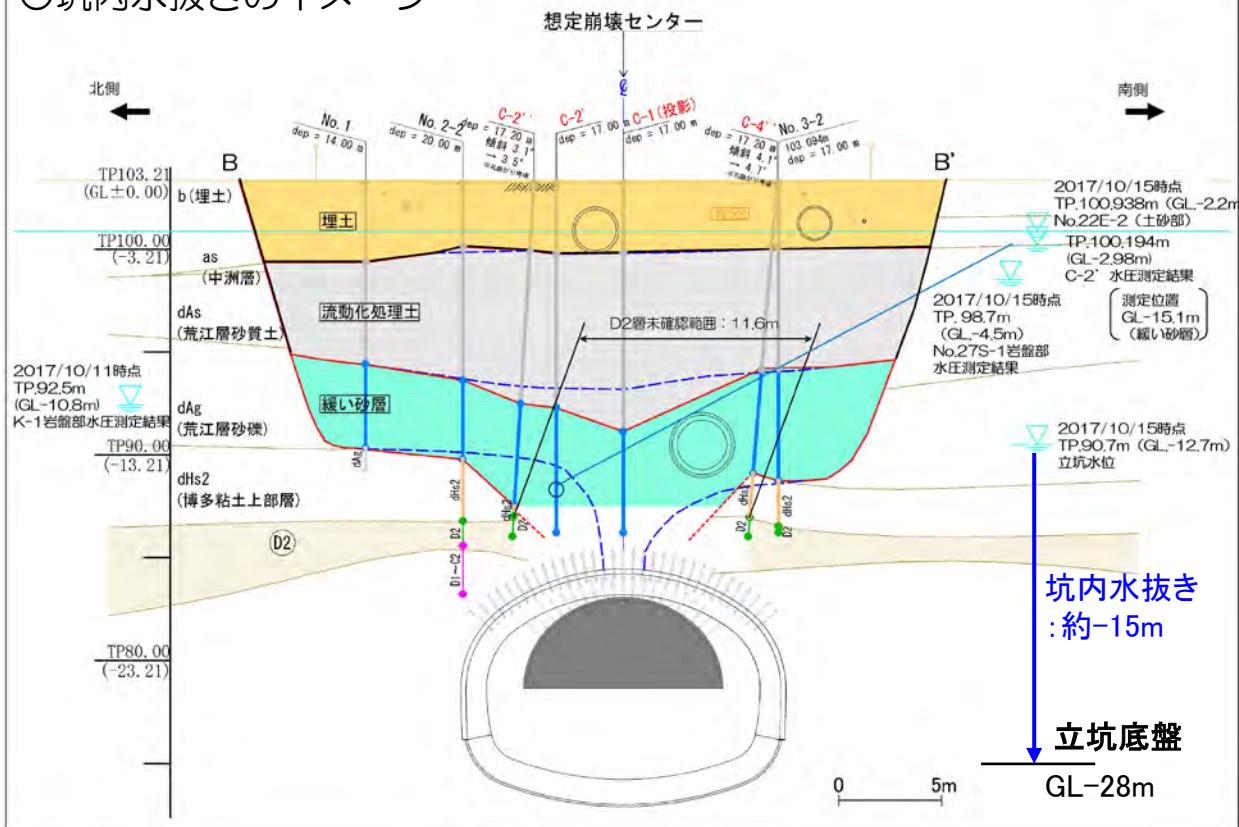


②支保工への影響

- 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。このため支保工へ作用する荷重が増加し、支保工発生応力が増加する。

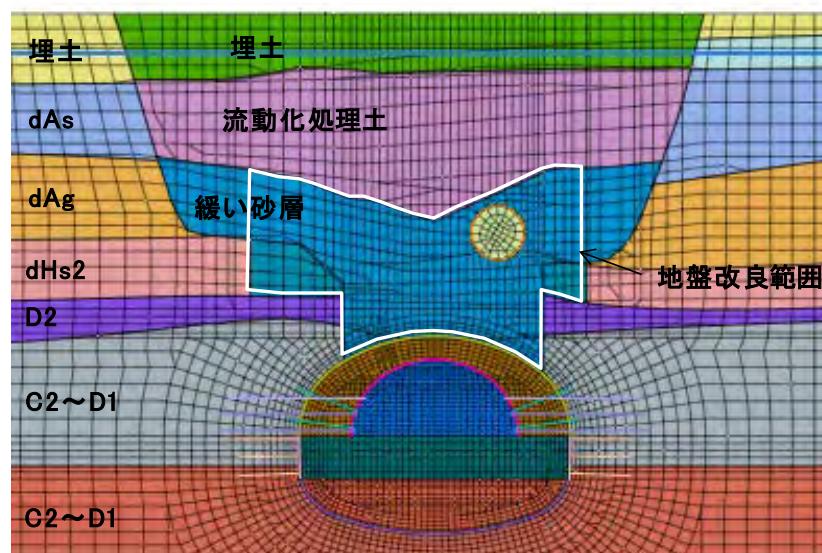


○坑内水抜きのイメージ



○解析手法・解析条件

- 浸透流-力学連成解析 (弾性解析)
- モール・クーロンの破壊基準線に基づき F_s を算出
- 地山物性値は、地質調査結果を基に代表値を設定
- 静止土圧係数は、 K_0 圧密試験結果を基に設定
- 地盤改良体強度は、 $1\text{MN}/\text{m}^2$ と仮定



解析モデル例 (A-A断面)

(2) 大断面トンネル部の地盤改良

5) 地盤改良に関する検討結果まとめ

(A) 道路陥没部地盤改良体の安定性検討

I. 押し抜きせん断破壊に対する検討

→土砂層の水圧、土圧による地盤改良体の押し抜きせん断破壊

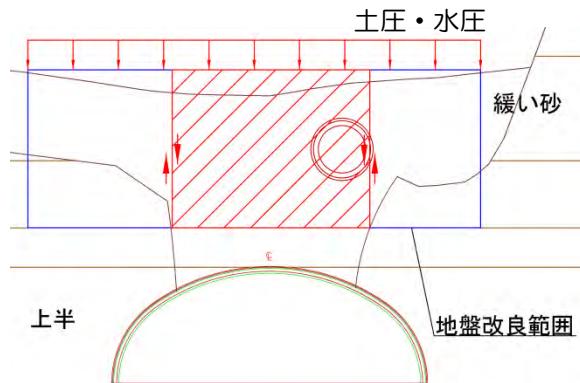


図 地盤改良体の押し抜きせん断破壊

II. 曲げ引張破壊に対する検討

→土砂層の水圧、土圧による地盤改良体の曲げ引張破壊

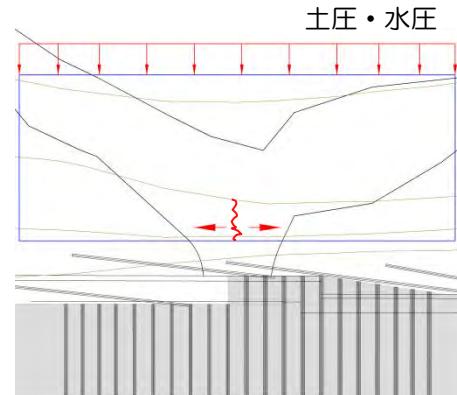


図 地盤改良体の曲げ引張破壊

III. 浸透破壊に対する検討

→水圧差による地盤改良体の浸透破壊

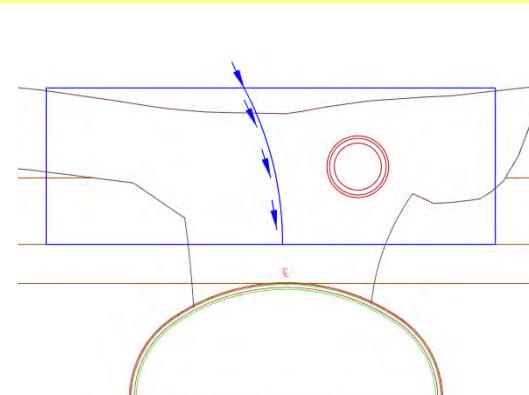


図 地盤改良体の浸透破壊

IV. トンネル変形に伴う安定性検討

→排水時のトンネル変形による地盤改良体の破壊

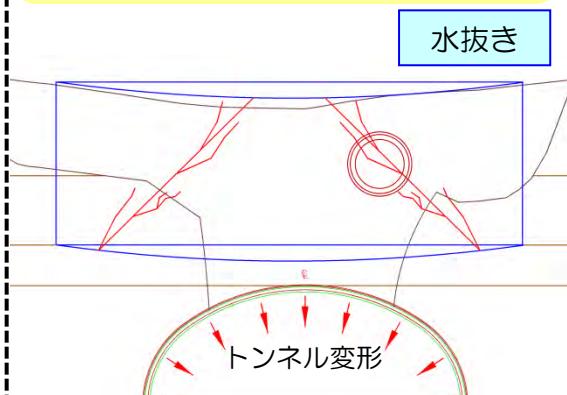
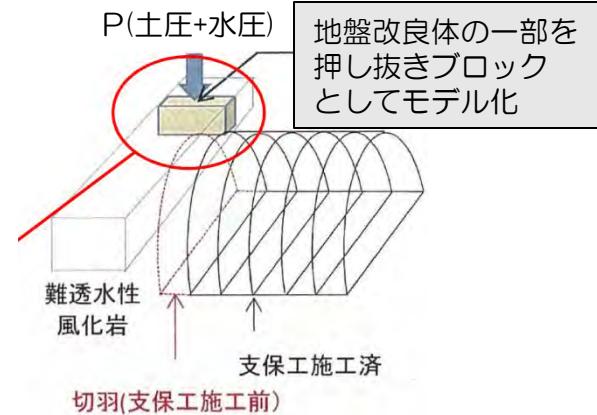
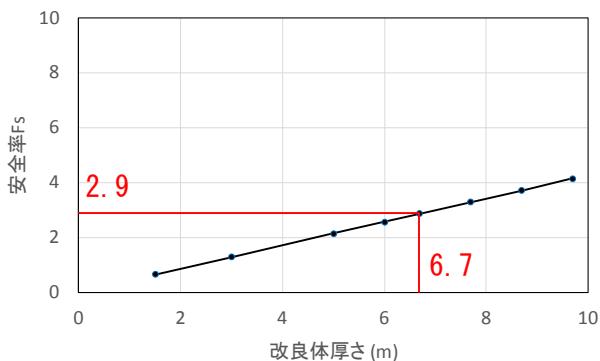


図 地盤改良体の変形破壊

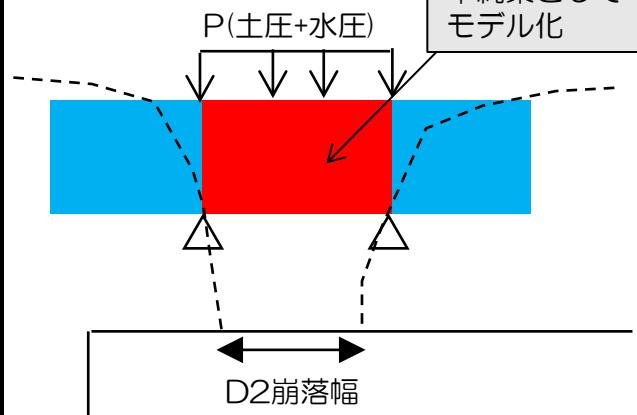
押し抜きせん断破壊検討モデル



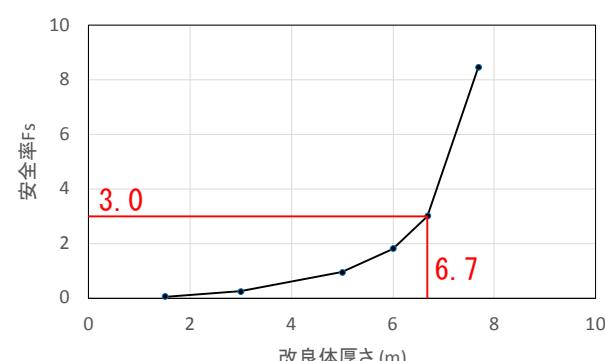
検討結果 ※今回検討の改良厚さ：6.7m



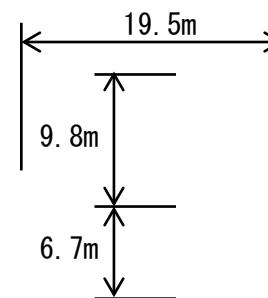
曲げ引張破壊検討モデル



検討結果 ※今回検討の改良厚さ：6.7m

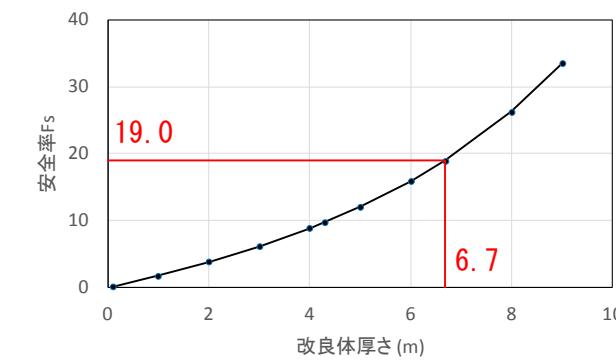


浸透破壊検討モデル



※「追加地質調査報告書(概要版)」の手法を踏襲した概略的検討。

検討結果 ※今回検討の改良厚さ：6.7m



変形破壊検討モデル

⑦と同様の検討方法のため省略

(3) 大断面トンネル部の地盤改良

5) 地盤改良に関する検討結果まとめ

(B) D2層・トンネル周辺岩盤の安定性の検討

V. D2層の浸透破壊に対する検討
→水圧差によるD2層の浸透破壊

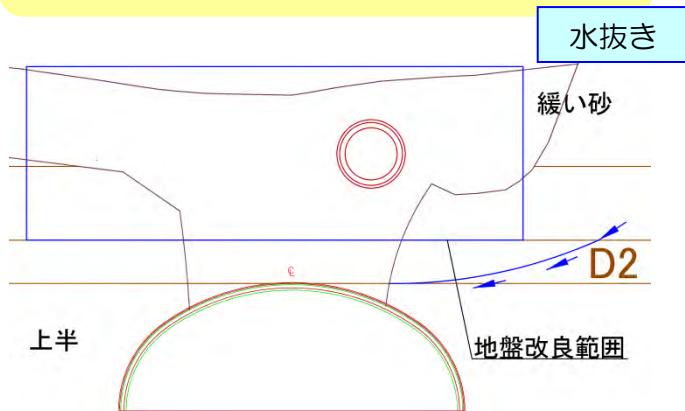


図 D2層の浸透破壊

VI. トンネル変形に伴う安定性検討
→坑内水抜き時のトンネル変形によるD2層、トンネル周辺地山の破壊

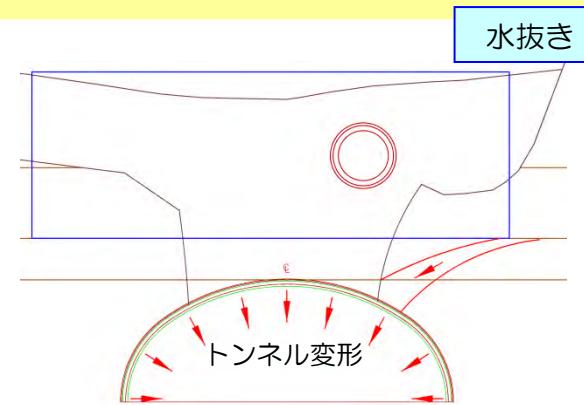


図 D2層・周辺地山の変形破壊

VII. 残留水圧に対する安定性の検討
→周辺岩盤が坑内水抜き時の残留水圧により、坑内に押し出され破壊

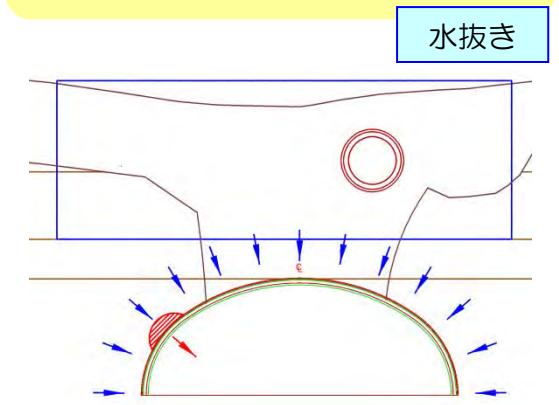
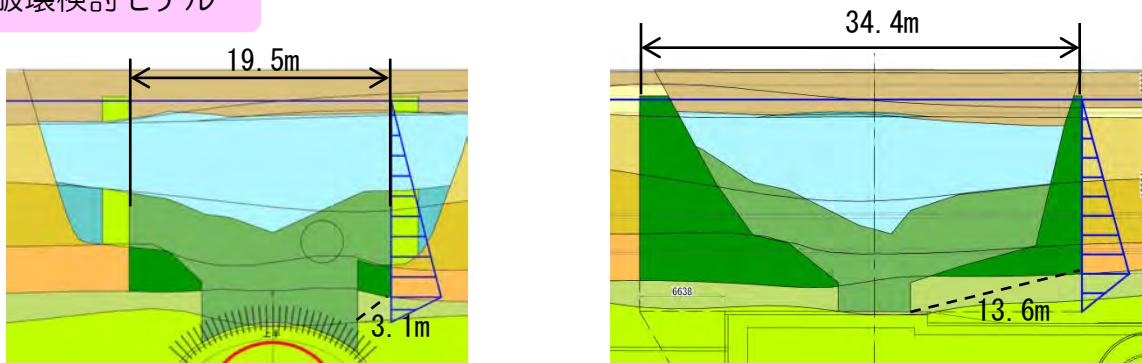


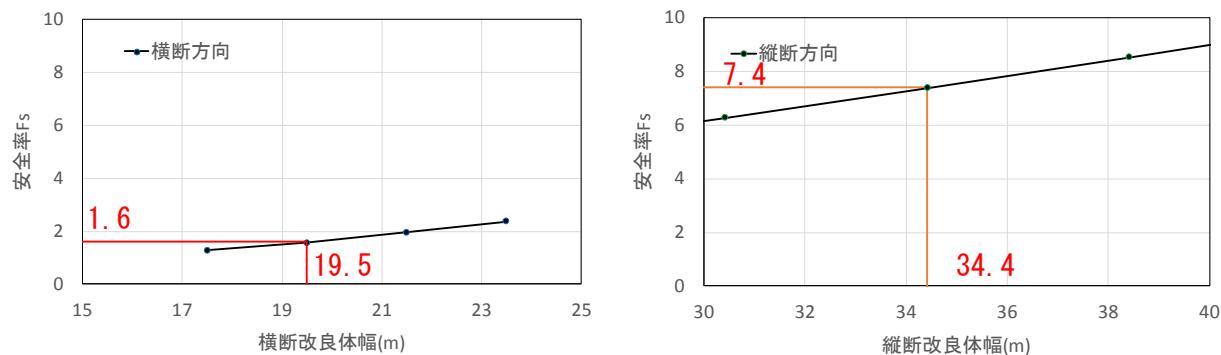
図 残留水圧による周辺岩盤の破壊

浸透破壊検討モデル



※「追加地質調査報告書（概要版）」の手法を踏襲した概略的検討。

検討結果



変形破壊検討モデル

【解析方法】浸透流-力学連成解析

1. 現状の再現（トンネル形状、地盤改良体、水没）
2. 坑内水抜き時の再現（排水時の検討）
3. トンネル掘削時の再現（掘削時の検討）
※トンネル掘削時の再現に際しては、人工岩盤掘削による再掘削・先進導坑方式の採用を仮定している。

検討結果

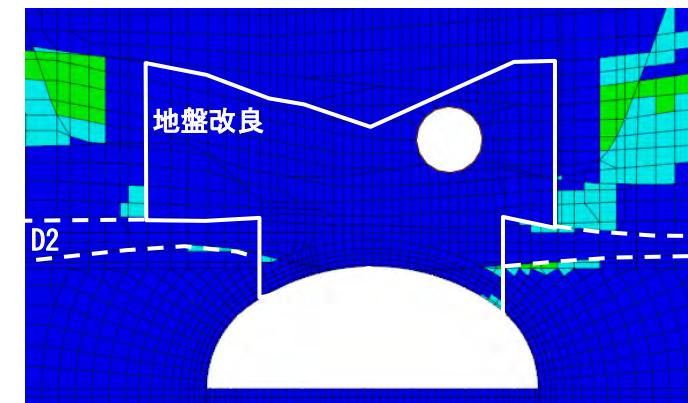
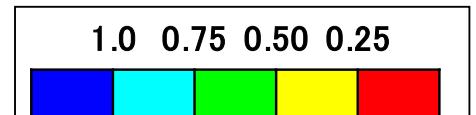


図 局所安全率分布図（坑内水抜き後）

上記3. の再現に基づいたトンネル掘削完了までの解析を実施している。



(C) 支保工の安定性の検討

Ⅷ. 残留水圧に対する安定性の検討
→支保工の背面に水圧が残ることにより
吹付けコンクリート、鋼製支保工が破壊

水抜き

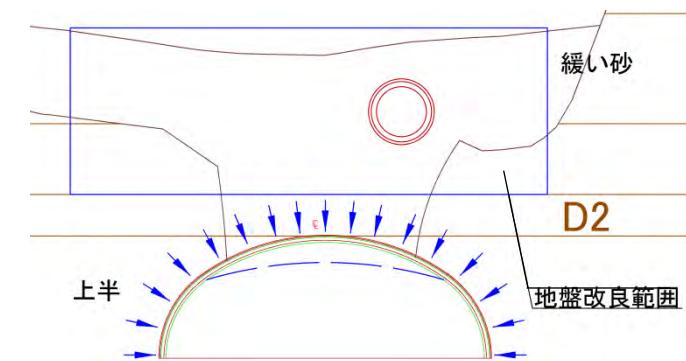


図 支保工背面の残存水圧による支保工の破壊

(D) 地山と支保工の安定性の検討

Ⅹ. 坑内負圧の発生に対する安定性の検討
→トンネル内に発生する負圧により、周辺地山
吹付けコンクリート、鋼製支保工が破壊

水抜き

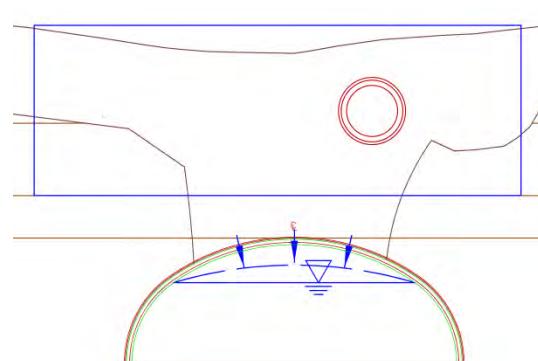


図 坑内負圧による支保工の破壊

地下水位が連絡坑の天端に到達するまでは立坑からの空気の供給がないため、負圧（約3m相当の水頭）によりトンネルの壁面が内空側に引張られる検討を行う

支保工背面に水圧が残存する場合の支保工の安定性検討モデル

【解析方法】浸透流-力学連成解析

1. 現状の再現（トンネル形状、地盤改良体、水没）
2. 坑内水抜き時の再現（坑内水抜き排水時の検討）
3. トンネル掘削時の再現（掘削時の検討）

※トンネル掘削時の再現に際しては、人工岩盤掘削による再掘削・先進導坑方式の採用を仮定している。

検討結果

C-C断面

正：圧縮

吹付けコンクリート	発生応力	設計基準強度
	2.5	<
鋼製支保工	発生応力	降伏強度
	101.7	<

(N/mm²)

※他断面でも設計基準強度および降伏強度以下であることを確認

負圧作用時の支保工の安定性検討モデル

【解析方法】浸透流-力学連成解析

1. 現状の再現（トンネル形状、地盤改良体、水没）
2. 坑内水抜き時の再現（坑内水抜き排水時の検討）
3. トンネル掘削時の再現（掘削時の検討）

※トンネル掘削時の再現に際しては、人工岩盤掘削による再掘削・先進導坑方式の採用を仮定している。

検討結果

C-C断面

安全率カウンター

1.0 0.75 0.50 0.25

間隙水圧カウンター

0 -40 -80 -120 -160 -200 -240 -280 -320 -360 kN/m²

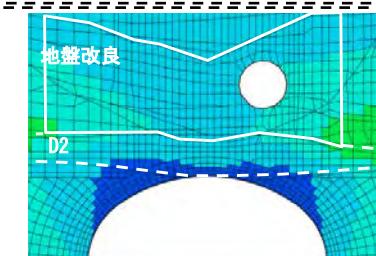
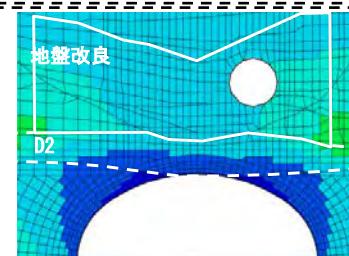
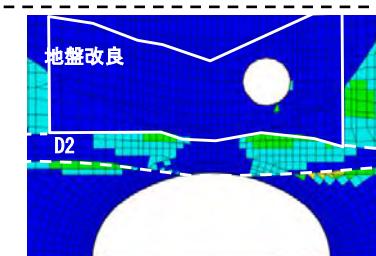
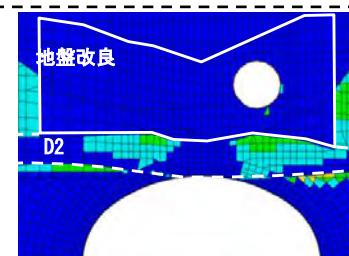
	発生応力(N/mm ²)	
	負圧を考慮しない	負圧を考慮する
吹付けコンクリート	2.3	2.3
鋼製支保工	95.8	96.6

※他断面でも設計基準強度および降伏強度以下であることを確認

※地下水位が連絡坑天端に達する直前の結果を示す

負圧を考慮しない場合

負圧を考慮する場合



長尺鋼管先受工等の補助工法の効果を見込まずに試算した結果を示す。

(3) 大断面トンネル部の地盤改良

6) その他の補助工法

地盤改良とあわせて下記の補助工法を実施する。

① 坑内充填工（坑内水抜き前に実施）

<概要>

- 地上から削孔して、大断面トンネル天端部の空隙に改良材を充填し、坑内堆積土砂を地盤改良することで、トンネル内の安定性を向上させる。

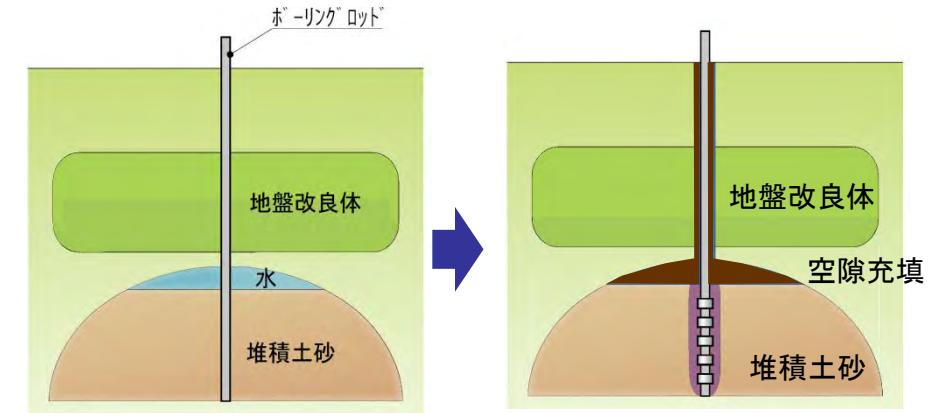
<メリット>

- 水抜きに伴うトンネル内土砂の流動化リスクを低下させる。
- 土砂撤去時の坑内作業の安定性を向上させる。

<デメリット>

- 削孔時にトンネル支保工や長尺先受工を破損させるリスクがあるため、削孔速度を抑えるなど、慎重な作業を行う。
- 削孔時に水みちが形成され、トンネル坑内へ土砂層の地下水が流入するリスクがあるため土砂層の地盤改良後に実施する。

崩落中心付近横断面



坑内充填イメージ図

② 地下水位低下工

<概要>

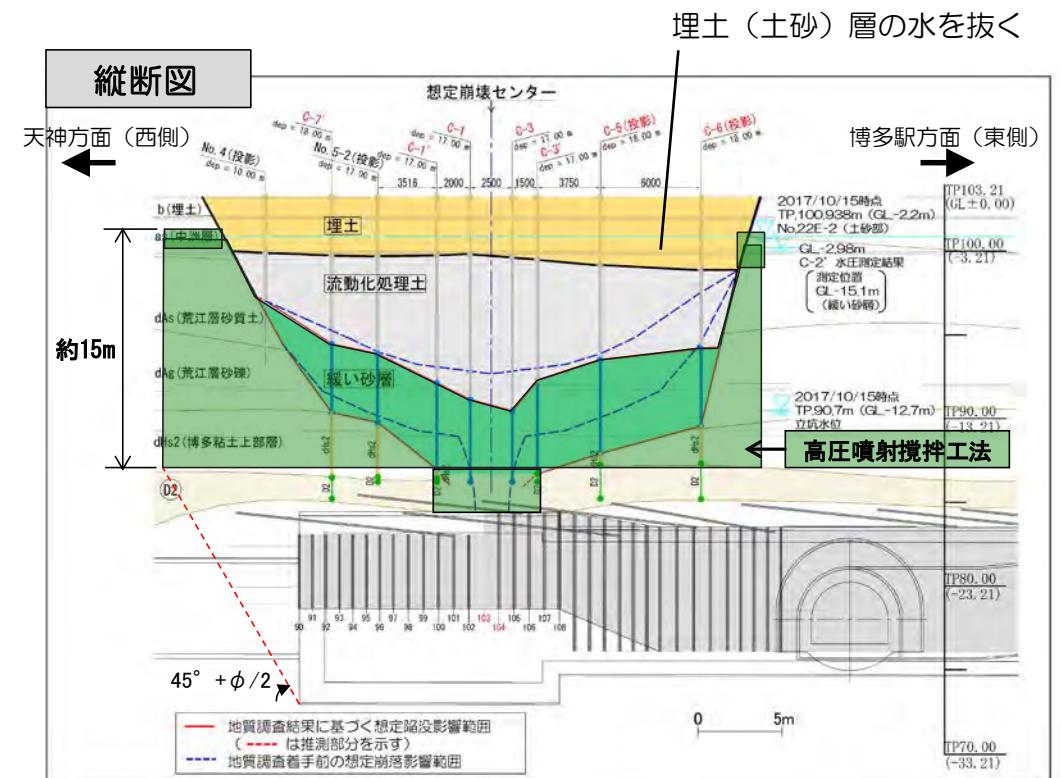
- 地下水位以下の埋土層を対象とした地下水位低下工を実施する。

<メリット>

- 埋土層からトンネル上部に作用する水圧を低下させる効果が期待できる。
- 地下水および土砂が坑内に流入するリスクを低減できる。

<デメリット>

- 側部の地盤改良体の止水性が不十分な場合、周辺土砂層の地下水位を低下させるリスクがある。



地下水位低下イメージ図

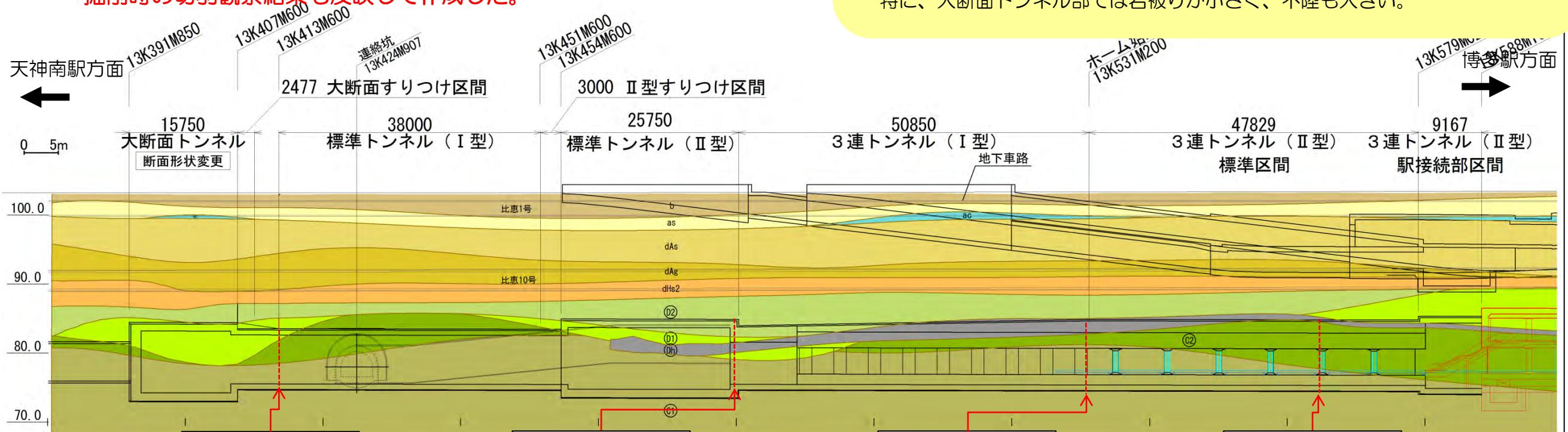
(4) 坑内水抜き時のリスクと対策
(標準トンネル～3連トンネル)

(4) 坑内水抜き時のリスクと対策 (標準トンネル～3連トンネル)

1) 全体地層構成

○三次元地質モデル

※当該地質モデルは、既存および今回の地質調査結果のほか、掘削時の切羽観察結果も反映して作成した。



【博多粘土上部層】

- ・当工区全体に分布する。

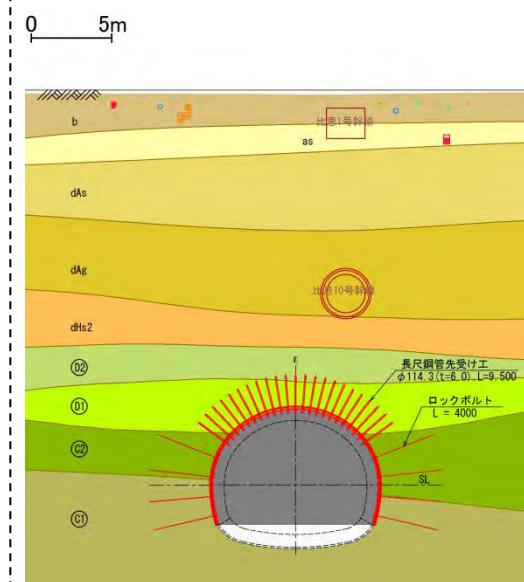
【炭質頁岩層 (Dh)】

- ・標準トンネルⅡ型より、脆弱な炭質頁岩層が出現する。
- ・炭質頁岩層は、博多駅側に向かって上方へ遷移する。
- ・大断面部には、層としては存在しない。

【強風化頁岩層 (D2)】

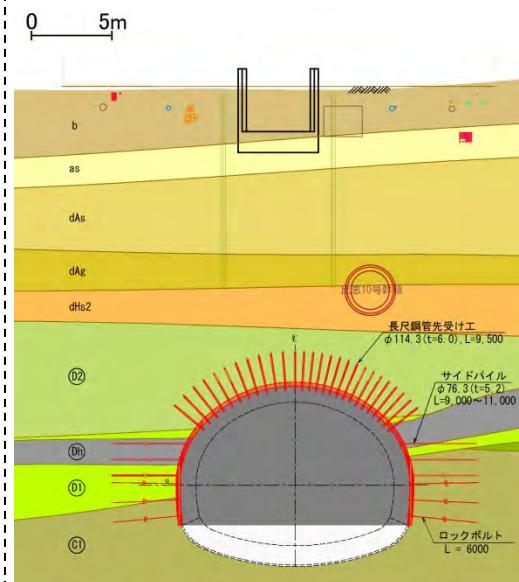
- ・D2層の上端面は、博多駅側に向かって上昇し、天神南駅側に向かって下降する。特に、大断面トンネル部では岩被りが小さく、不陸も大きい。

標準トンネルⅠ型



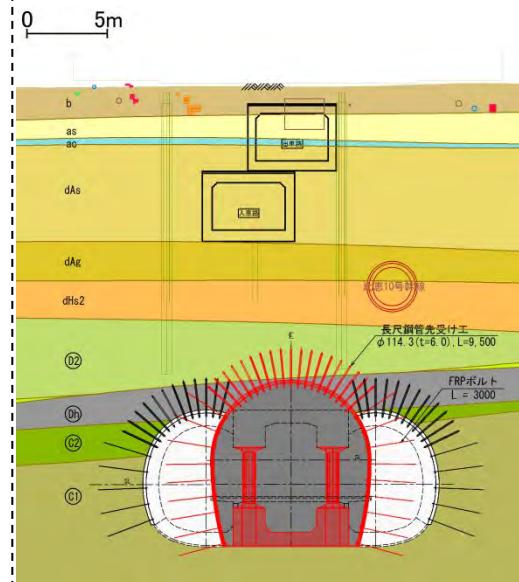
- ・トシ補天端からD2層上端面までの距離 : 3.6~4.1m
- ・当区間のDh層厚さ※ : —

標準トンネルⅡ型



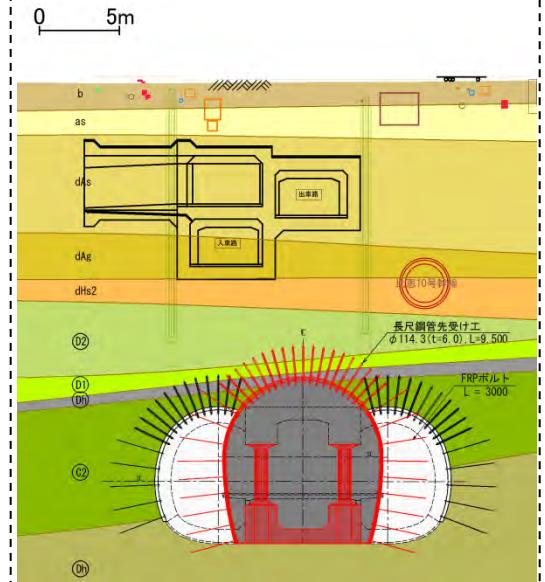
- ・トシ補天端からD2層上端面までの距離 : 2.6~3.3m
- ・当区間のDh層厚さ※ : 1.4~2.4m

3連トンネルⅠ型



- ・トシ補天端からD2層上端面までの距離 : 3.5~4.5m
- ・当区間のDh層厚さ※ : 1.4~2.2m

3連トンネルⅡ型



- ・トシ補天端からD2層上端面までの距離 : 3.5~4.5m
- ・当区間のDh層厚さ※ : 0.7~2.2m

※トンネルセンターでの厚さ

(4) 坑内水抜き時のリスクと対策 (標準トンネル~3連トンネル)

2) リスクと検討コンセプト

○今回の地質調査で岩被り (D2層) については、2.6~6.5m程度確保していることが確認できているが、一方でD2層の不均質性も確認されている。

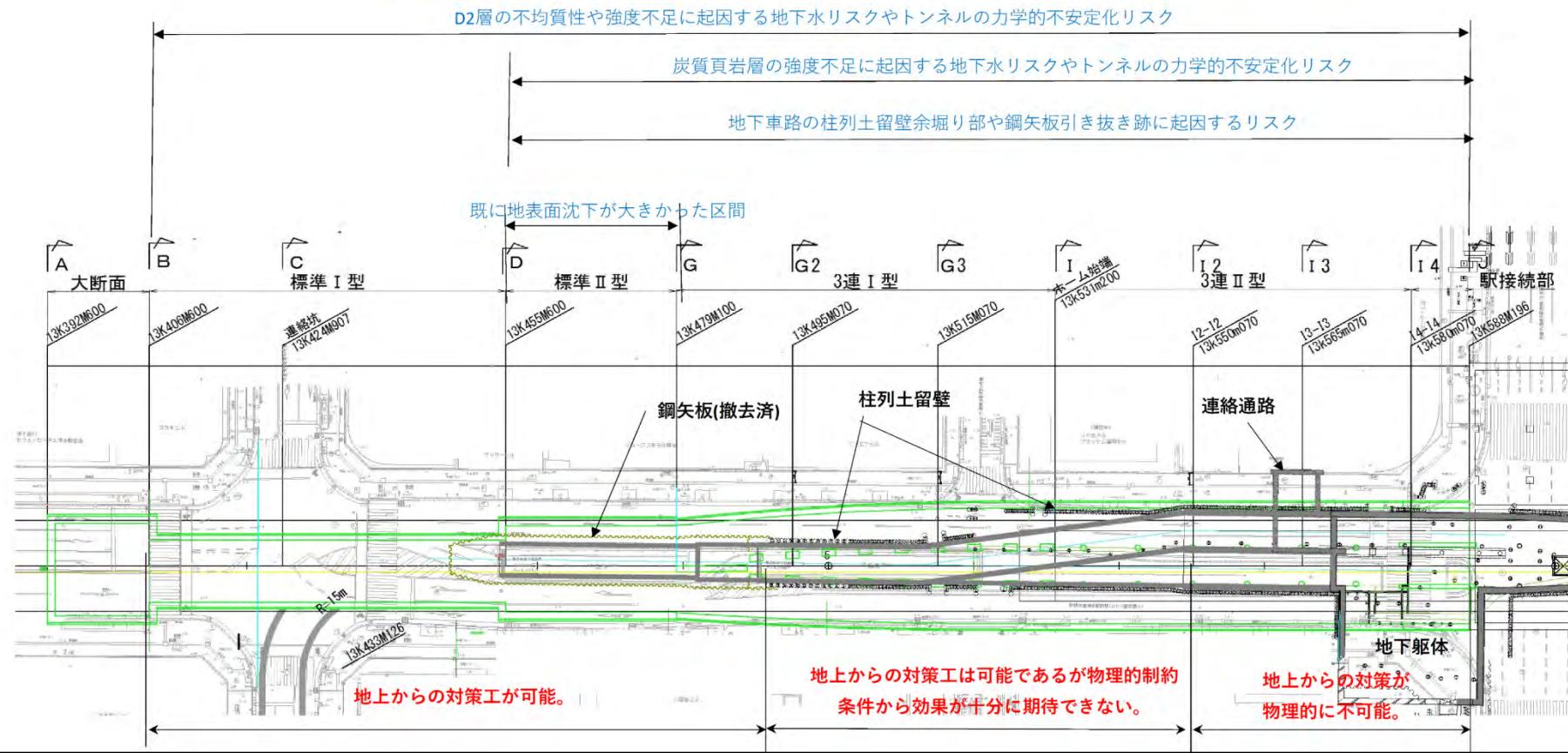
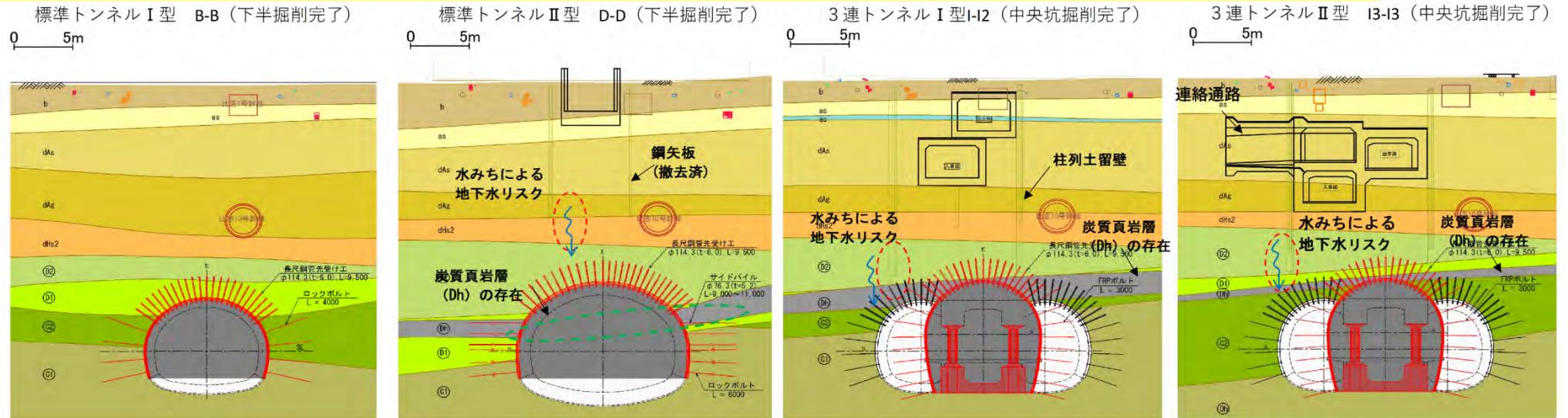
→D2層の不均質性に伴うリスクを包含 (支持・止水機能を期待) できる対策について検討する。

○標準Ⅱ~3連トンネル部に炭質頁岩 (Dh) が連続的に分布することが判明した。掘削時の安定性について検討する。

○大断面部と同様の手法で、水抜き時、左右坑掘削時に分けて解析を行う (※本資料では、坑内水抜きまでの検討を行う)。

-凡例-

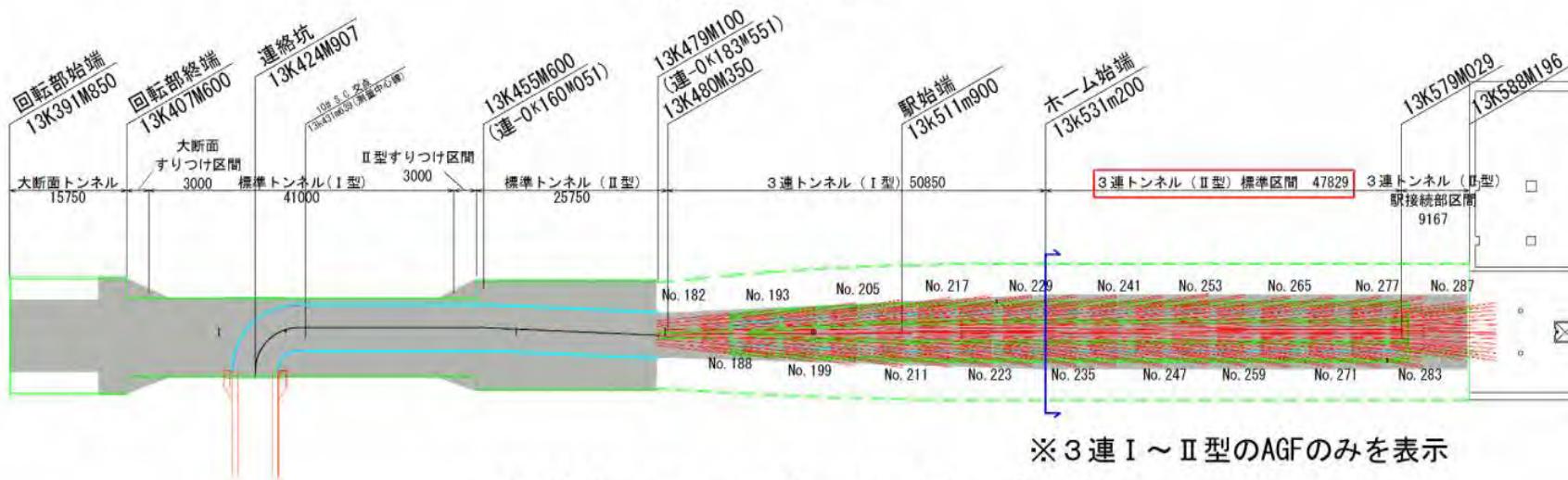
- : 未掘削箇所
- : 掘削済箇所
- : 構築済箇所



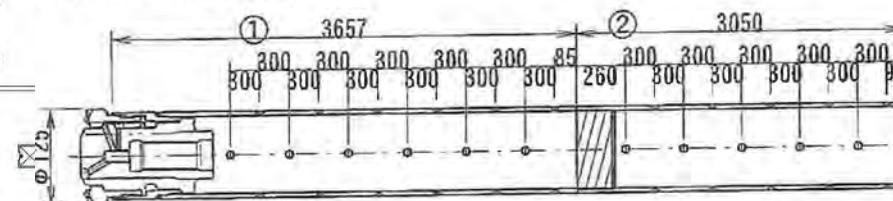
(4) 坑内水抜き時のリスクと対策 (標準トンネル~3連トンネル)

3) 3連トンネル部の現在の状況 (推定)

AGF 割付図 0m 5m

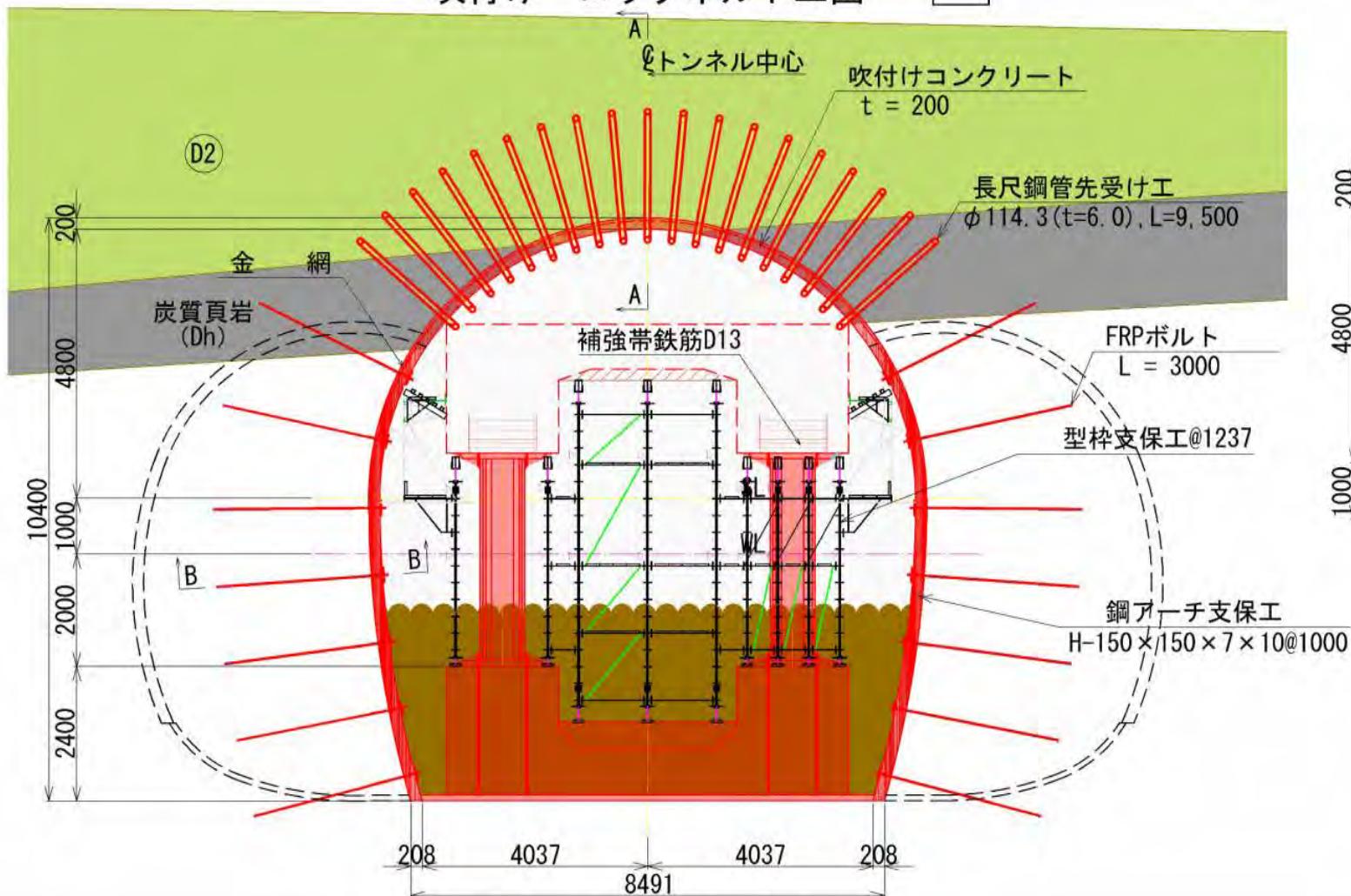


パイプ打込み状態

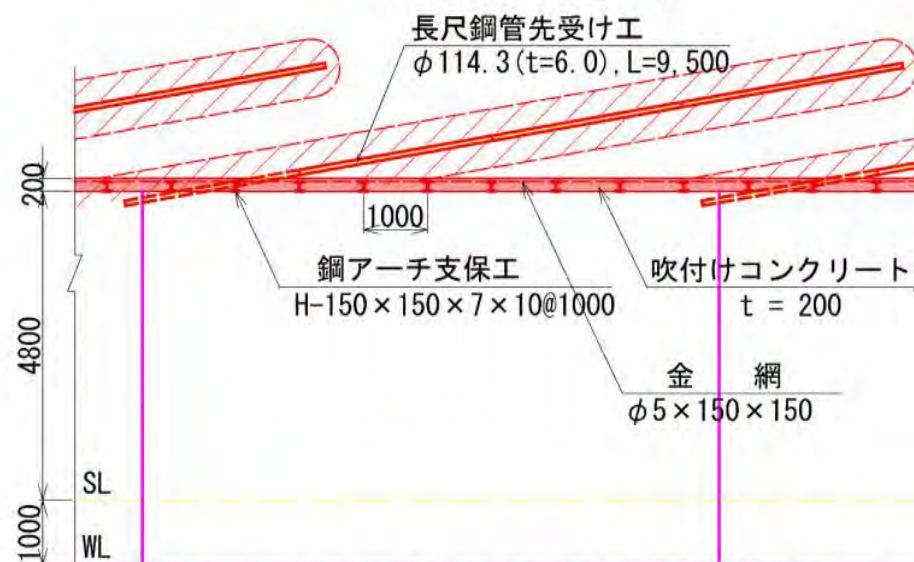


※注入孔は300ピッチ

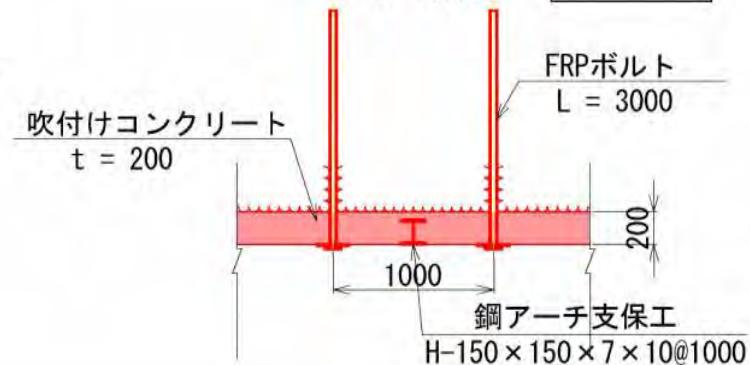
吹付け・ロックボルト工図 0m 1m



A-A 断面 0m 1m



B-B 断面 0m 1m



(4) 坑内水抜き時のリスクと対策 (標準トンネル～3連トンネル)

4) 解析的検討

リスク要因：【残留水圧、水頭差】

【リスク1】
支保工の背面に水圧が残ることにより、吹付けコンクリート、鋼製支保工が破壊

【リスク2】
周辺岩盤が水抜き時の残留水圧により、坑内に押し出され破壊

【リスク3】
坑内外の大きな水圧差でトンネル変形し、D2層、トンネル周辺地山の破壊

【解析的検討結果】

○3連トンネル I 型 正：圧縮

吹付け コンクリート	発生応力		設計基準強度
	2.3	<	36.0
鋼製支保工	発生応力		降伏強度
	221.3	<	245.0

※1日当たり水位を1m低下させる水抜きを行った場合で検討
※他断面でも設計基準強度および降伏強度以下であることを確認

【解析的検討結果】

- ・トンネル天端部を中心に局所安全率が回復する。
- ・吹付けコンクリートおよび鋼製支保工に生じる応力は増加するが、許容応力度以下である。

※代表物性値を用いた解析結果である。
※排水途中で安全率が低くなる可能性があり、排水スピードの検討とともに今後分析する。
※今後、解析モデルの検証やリスクケース解析などを通じて検討精度を向上させる。

リスク要因：【浸透破壊】

【リスク4】
水圧差によるD2層の浸透破壊

リスク要因：【坑内負圧】

【リスク5】
トンネル内に発生する負圧により、周辺地山吹付けコンクリート、鋼製支保工が破壊

※地下水位が連絡坑の天端に到達するまでは立坑からの空気の供給がないため、天端高の差である約-3m相当の水頭差（負圧）が生じるとして検討

※地下水位が連絡坑天端に達する直前の結果を示す

【解析的検討結果】

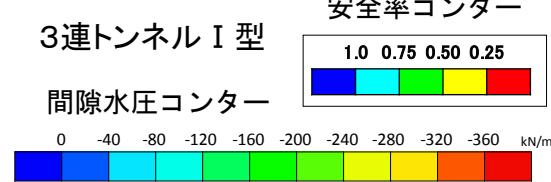
標準トンネル II 型
D2層の岩被り4.0m→安全率2.5

3連トンネル I 型
D2層の岩被り3.5m →安全率2.1

3連トンネル II 型
D2層の岩被り4.0m →安全率2.6

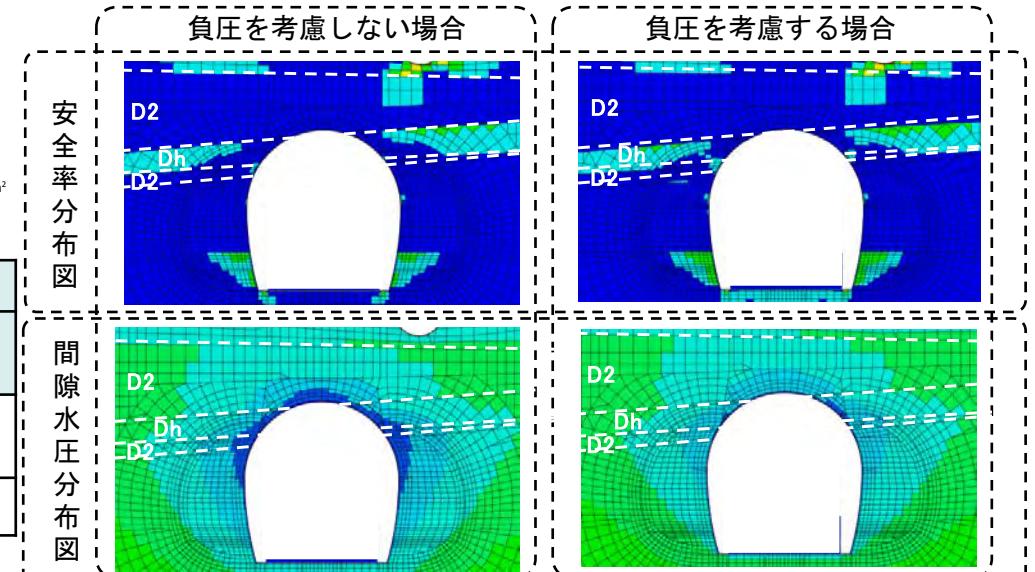
※「追加地質調査報告書（概要版）」の手法を踏襲した概略的検討。

【解析的検討結果】



	発生応力度(N/mm ²)	
	負圧を考慮しない	負圧を考慮する
吹付けコンクリート	2.2	2.2
鋼製支保工	214.6	217.0

※他断面でも設計基準強度および降伏強度以下であることを確認



※長尺鋼管先受工等の補助工法の効果を見込まずに試算した結果を示す。

(4) 坑内水抜き時のリスクと対策 (標準トンネル～3連トンネル)

5) リスク対策 (案)

リスク要因：【残留水圧、水頭差】		
<p>【リスク1】 支保工の背面に水圧が残ることにより、吹付けコンクリート、鋼製支保工が破壊</p>	<p>【リスク2】 周辺岩盤が水抜き時の残留水圧により、坑内に押し出され破壊</p>	<p>【リスク3】 坑内外の大きな水圧差でトンネル変形し、D2層、トンネル周辺地山の破壊</p>
<p>【リスク対応方針】</p> <p>① トンネル坑内とトンネル周辺地山に大きな水頭差を生じさせない。</p> <p>② トンネル坑内とトンネル周辺地山に大きな水頭差が生じていないことを確認。</p> <p>【リスク対策】</p> <p>①-1 ゆっくりと坑内水位を低下させる。 →トンネル掘削時の岩盤部間隙水圧低下速度（17.5m/50日）と同等以下とする。</p> <p>①-2 開削部に地下水を排水する井戸を設ける：岩盤部透水帯（GL-29m付近、砂岩） →開削部の路下杭削孔に伴う湧水と立坑水位が連動しており、岩盤水圧を広域に低下させられる可能性がある。</p> <p>②-1 岩盤部とトンネル坑内の水頭を監視する。 →岩盤部とトンネル坑内に大きな水頭差が生じていないことを確認しながら排水する。</p>		

リスク要因：【浸透破壊】	リスク要因：【坑内負圧】	想定外のリスク
<p>【リスク4】 水圧差によるD2層の浸透破壊</p>	<p>【リスク5】 トンネル内に発生する負圧により、周辺地山吹付けコンクリート、鋼製支保工が破壊</p>	<p>【想定外の事象】 道路、近接構造物、埋設物への影響、有毒ガス等の発生など緊急を要する事態の発生</p>
<p>【リスク対応方針】 浸透破壊していないことを確認しながら水抜きする</p> <p>【リスク対策】</p> <p>① 坑内にカメラを挿入する。 →3連トンネル妻部天端からカメラを挿入してトンネル壁面の状況を確認する。</p> <p>② 地下水挙動、層別沈下、地表面沈下など →各種計測状況から浸透破壊が発生していないことを確認する。</p>	<p>【リスク対応方針】 3連トンネル坑内天端付近に負圧を生じさせない</p> <p>【リスク対策】</p> <p>① エア供給孔を設置する →3連トンネル妻部天端にエア供給孔を設置する。</p>	<p>【緊急時への備え (案)】</p> <p>①坑内への緊急注水設備の準備</p> <p>②土砂部地下水の緊急排水設備</p> <p>③車載型薬液注入プラント準備</p> <p>④道路管理者と協議、道路オーバーレイ</p> <p>⑤埋設管理者と協議、継手補強対策</p> <p>などをベースに今後検討する。</p>

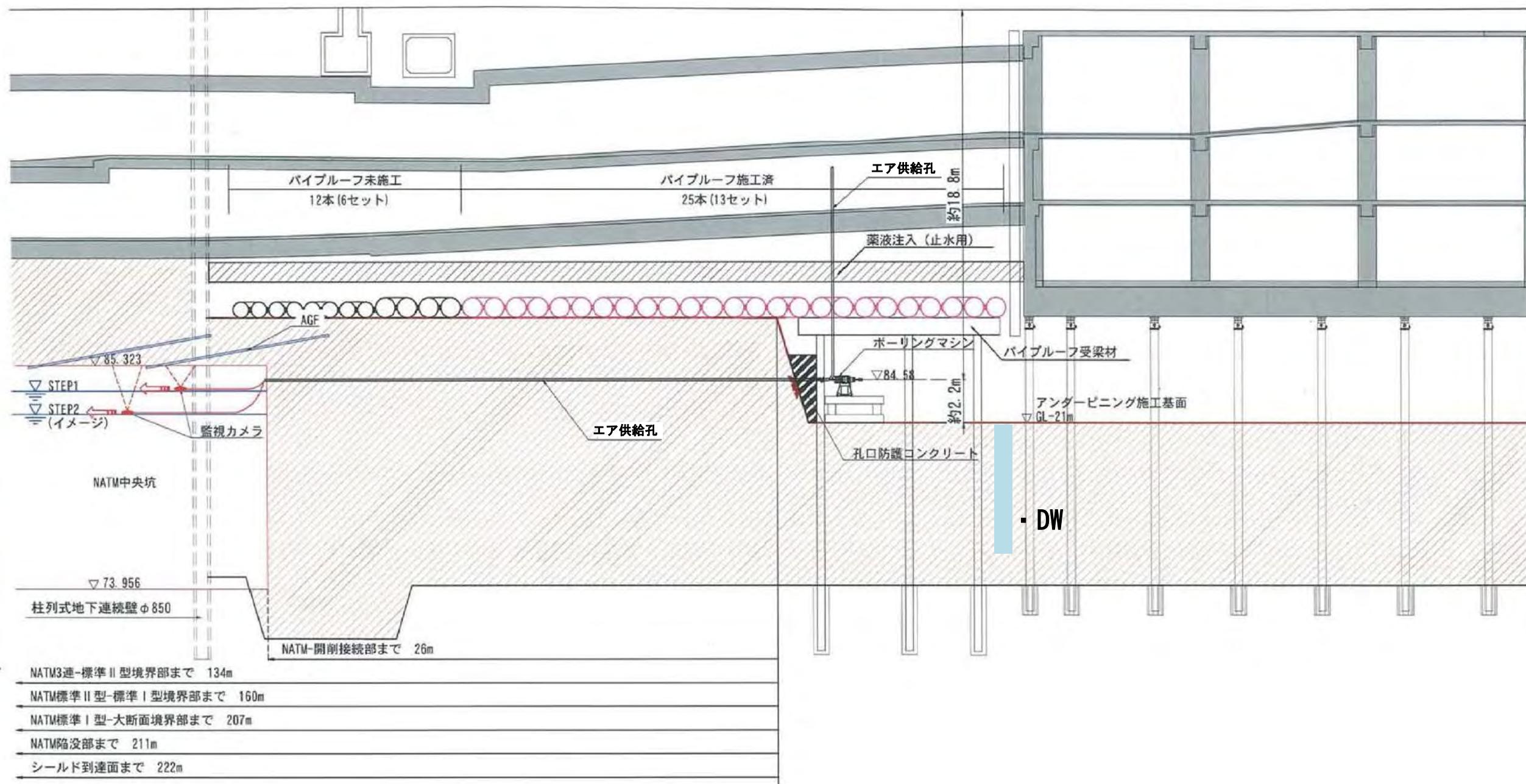
(4) 坑内水抜き時のリスクと対策 (標準トンネル~3連トンネル)

5) リスク対策 (案)

開削部からの対策イメージ

トンネル排水時対策工

- ・エア供給孔
- ・監視カメラ設置
- ・DWによる岩盤水位の低下

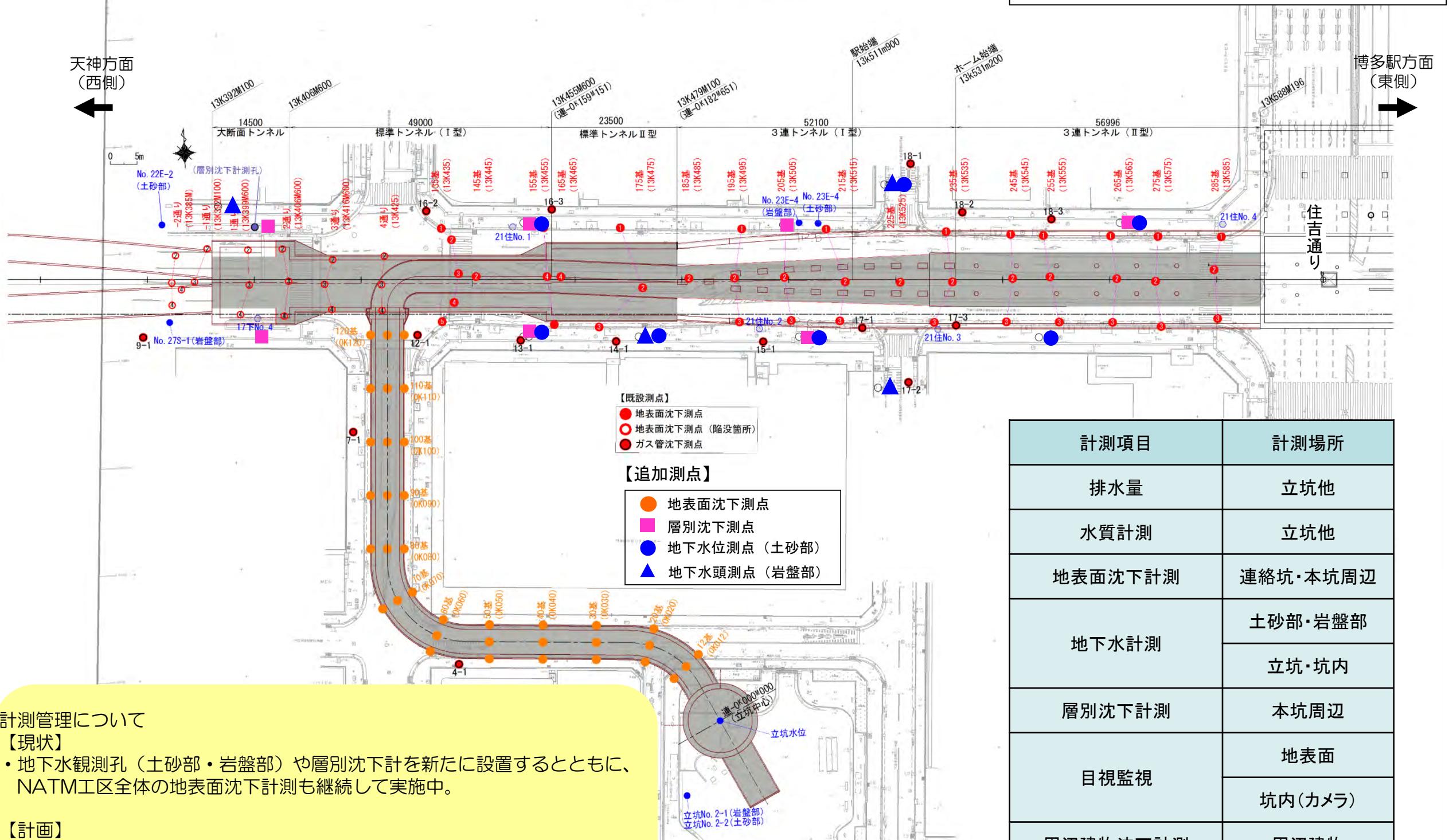


(4) 坑内水抜き時のリスクと対策 (標準トンネル～3連トンネル)

6) モニタリング計画 (案)

追加計測計画平面図 (案)

※坑内水抜きの際の計測位置を示したものであり、計測管理の詳細については別途検討する。



計測項目	計測場所
排水量	立坑他
水質計測	立坑他
地表面沈下計測	連絡坑・本坑周辺
地下水計測	土砂部・岩盤部
	立坑・坑内
層別沈下計測	本坑周辺
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

計測管理について

【現状】

- 地下水観測孔（土砂部・岩盤部）や層別沈下計を新たに設置するとともに、NATM工区全体の地表面沈下計測も継続して実施中。

【計画】

- 坑内水抜きや土砂撤去時において、考え得るリスクを抽出し、適切な対応策を事前に策定する。そして、地下水および地中の挙動を計測することにより、力学的安定性について確認しつつ、周辺に影響が生じないように慎重な施工を実施する。