

第3回 水海川導水トンネル技術検討委員会

日時：令和3年11月30日（火） 13:00～15:00

場所：(株)安藤・間 大阪支店 水海川トンネル作業所

議 事 次 第

1. 開会

2. 挨拶

3. 報告

(1) 第2回委員会の議事概要

4. 議事

(1) 温見断層について

(2) 今後の施工方針について

(3) その他

5. 閉会

水海川導水トンネル技術検討委員会 設立趣意書

足羽川ダム建設事業は、足羽川、日野川、九頭竜川下流地域における洪水被害の軽減を目的として、九頭竜川水系足羽川の支川部子川に洪水調節専用のダムと併せて、他流域の4河川（水海川、足羽川、割谷川、赤谷川）の洪水を導水するための分水施設（堰・導水トンネル）を整備するものである。

当面の具体的な整備内容は、九頭竜川水系河川整備計画の目標である戦後最大規模の洪水に対応するため、ダム本体と水海川の洪水を導水する分水堰及び導水トンネルをⅠ期事業として整備し、将来的には九頭竜川水系河川整備基本方針の目標とする洪水に対応するための足羽川、割谷川、赤谷川からの導水路をⅡ期事業として整備するものである。

まずはⅠ期事業として進めている水海川の洪水を導水するための水海川導水トンネル工事に平成29年7月に着手し、これまで工事を進捗してきたところであるが、脆弱な地山性状及び多量湧水による施工スピードの低下が生じている現状であり、今後、温見断層の掘削等を行う予定であり、更に過酷な状況が想定される。

また、高透水ゾーンの掘削においては、地下水位への影響を考慮したトンネル構造を採用しており、確実な施工が求められている。

以上のことから、安全に工事を進めることを前提に、施工方法及び地下水への影響等について、専門家からの技術的な指導、助言を得るため、本委員会を設置するものである。

水海川導水トンネル技術検討委員会 規約

(名称)

第1条 本会は、水海川導水トンネル技術検討委員会（以下、「委員会」という。）と称する。

(目的)

第2条 委員会は、足羽川ダム建設事業の水海川導水トンネルに関する工事（以下、「事業に関する工事」という。）に対して、施工の确实性の向上に資するため、技術的な指導、助言を与えることを目的とする。

(内容)

第3条 事業者である足羽川ダム工事事務所長（以下、「事務所長」という。）の求めに応じ、委員会は事業に関する工事について、次の事項について技術的な指導、助言を与える。

- 1) トンネルの施工に関すること
- 2) 地下水の保全に関すること
- 3) その他必要な事項

(委員会)

第4条 委員会は、別紙のと通りの委員で構成する。

- 2 委員会には委員長をおき、委員会に属する委員のうちから、事務所長が指名する。
- 3 委員長は委員会の議長を務め、議事を整理する。
- 4 委員長が委員会に出席できない場合には、事務所長が指名した委員が委員会の議長を務め、議事を整理する。
- 5 委員会が必要と認めた場合は、委員以外の者に出席を求め、意見を聴取することができる。
- 6 委員は、事務所長が委嘱する。

(委員会の開催)

第5条 委員会は、事務所長がこれを招集する。

- 2 事業に関する工事において、事務所長が必要と判断した場合は、委員会を招集することなく、委員に対して技術的な指導、助言を求めることができる。
- 3 事務所長は、前項により技術的な指導、助言を求めた場合、委員に対して、書面等により速やかに報告を行うものとする。

(設置期間)

第6条 委員会の設置期間は、足羽川ダム建設事業が完了するまでとする。

(守秘義務)

第7条 委員は、審議で知り得た内容について、委員会の許可無く第三者に漏らしてはならない。また、委員の職を退いた後も同様とする。

(委員会の公開)

第8条 委員会の設立趣意書、規約及び委員名簿については、公開とする。

2 配布資料及び結果（主な意見）については、原則公開とする。

3 委員会については、原則非公開とする。

4 これにより難しい場合は、委員会に諮った上で、事務所長が決定するものとする。

(事務局)

第9条 事務局は、近畿地方整備局足羽川ダム工事事務所におく。

(雑則)

第10条 この規約に定めるもののほか、委員会運営に必要な事項は、委員会により定める。

(附則)

本規約は、令和2年10月16日から施行する。

別紙

水海川導水トンネル技術検討委員会 委員名簿

(敬称略、50音順)

阿南修司 国立研究開発法人 土木研究所 地質研究監

砂金伸治 東京都立大学
都市環境学部 都市基盤環境学科
都市環境科学研究科 都市基盤環境学域 教授

大島洋志 一般社団法人 日本応用地質学会 名誉会員

日下敦 国立研究開発法人 土木研究所
道路技術研究グループ トンネルチーム 上席研究員

真下英人 一般社団法人 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 所長

第2回 水海川導水トンネル技術検討委員会 議事概要

■開催日時 令和3年5月26日（水） 13:00～15:00

■開催場所 足羽川ダム工事事務所 池田監督官詰所分室 大会議室

■出席委員 阿南 修司 国立研究開発法人 土木研究所 地質研究監
 砂金 伸治 東京都立大学 都市環境学部 教授
 大島 洋志 一般社団法人 日本応用地質学会 名誉会員
 日下 敦 国立研究開発法人 土木研究所
 道路技術研究グループ 上席研究員
 真下 英人 一般社団法人 日本建設機械施工協会
 施工技術総合研究所 所長

(50音順、敬称略)



■議事概要

○水海川導水トンネル2期工事について（施工実績を踏まえた今後の施工方針）

- ・ トンネル掘削時の切羽における地山等級の判定及び掘削支保パターンの採用について、マニュアル等に基づいて実施されており、妥当と考えられる。
- ・ 2期工事着手後、現時点までの地山状況は、安山岩質溶岩に自破碎溶岩が混在している状況にあり、更に断層破碎や強い変質作用を受けた脆弱な岩盤状況であった。このため、掘削支保パターン及び追加対策について、設計と実施との間に乖離が生じたと考えられる。
- ・ 切羽前方調査の結果から今後も同程度の脆弱な地山状況が続くことが懸念され、掘削時に起こりうる変状等の現象に備え、①支保工の高剛性化、②インバートの早

期閉合、③補助工法の採用、などを組み合わせた対策工の検討結果は妥当であると
考えられる。

- ・ 上記の対策工で対応できない場合を想定し、トンネル断面の上半仮インバートの
高剛性化、トンネル断面の円形化などを事前に準備しておき、実行できる体制を整
えておく必要がある。
- ・ 今後の脆弱地山区間において、地山状況によっては上記の対策を講じたとしても
トンネルの変状が収まらないことも起こりうると考えられるため、計測（A計測・
B計測）を強化し、いち早く異常を検知できる体制を整えておく必要がある。
- ・ 切羽での湧水により地山の緩みや劣化が進むため、安全かつ確実にトンネル掘削
を実施するためには、より積極的に長孔の水抜きボーリングを行う必要がある。

○温見断層把握のための事前調査について

- ・ 温見断層は既往の文献や調査結果から、相当範囲において破砕帯が広がるものと
想定され、今後の施工に備え綿密な事前調査を行うことが効果的であると考えられ
る。
- ・ 今後のトンネル掘削において重大な施工上の課題となりうる突発湧水を事前に把
握すること、並びに温見断層の性状を事前に把握し対策工法を立案するため、超長
尺ボーリングの先行実施は有効な手段であると考えられる。その際に周辺環境（水
環境や水利用）に及ぼす影響について把握しておくことが望ましい。

以 上

第3回 水海川導水トンネル技術検討委員会

水海川導水トンネル工事

令和3年11月30日

足羽川ダム工事事務所

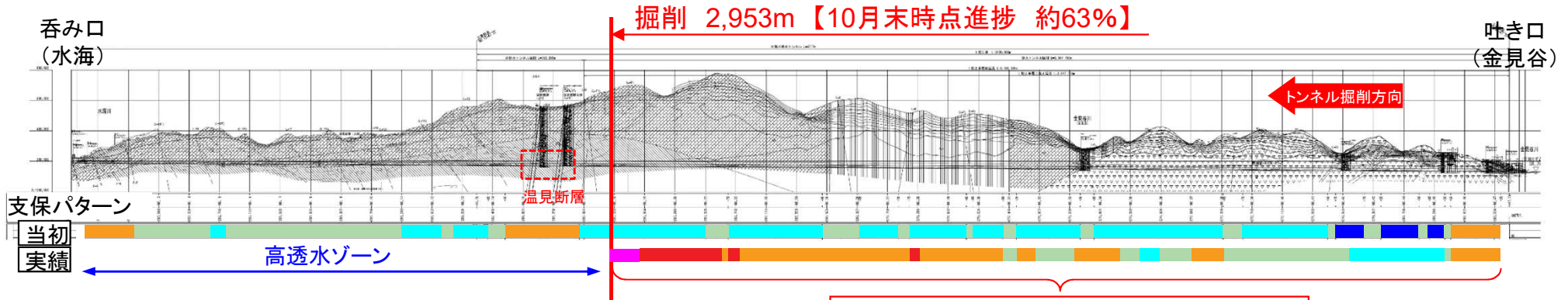
< 目 次 >

1. 水海川導水トンネル工事(工事概要)
2. 温見断層について
3. 今後の施工方針について

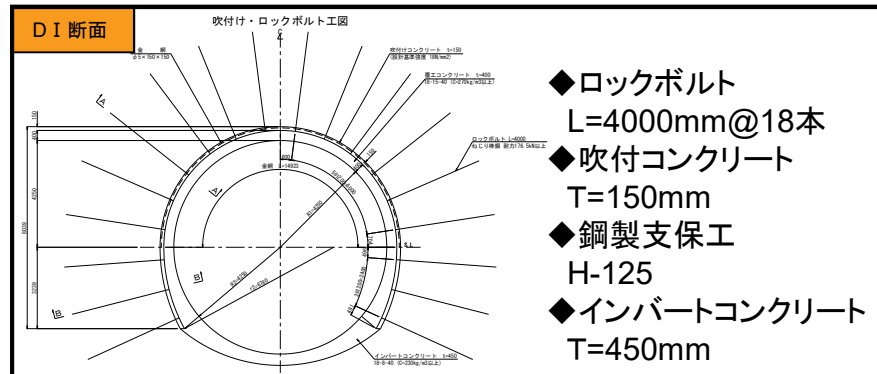
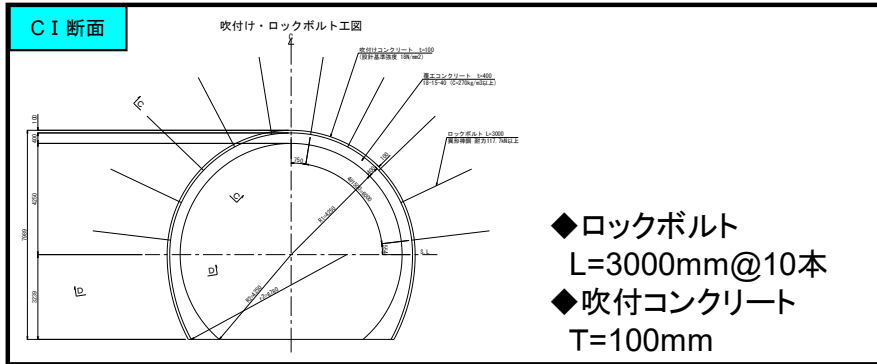
1. 水海川導水トンネル工事(工事概要)

■ 工事の進捗

○トンネル全延長4,717mに対して、10月末時点で2,953mまで掘削が進行(約63%の進捗)

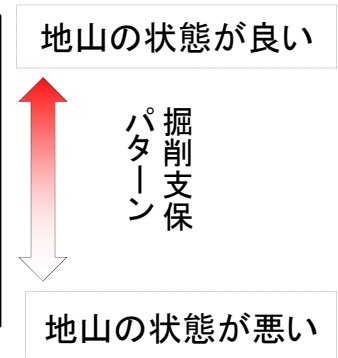


実績の掘削支保パターンの変更が続いている状況



凡例

Blue	B
Cyan	C I
Light Green	C II
Orange	D I
Red	D II
Magenta	E

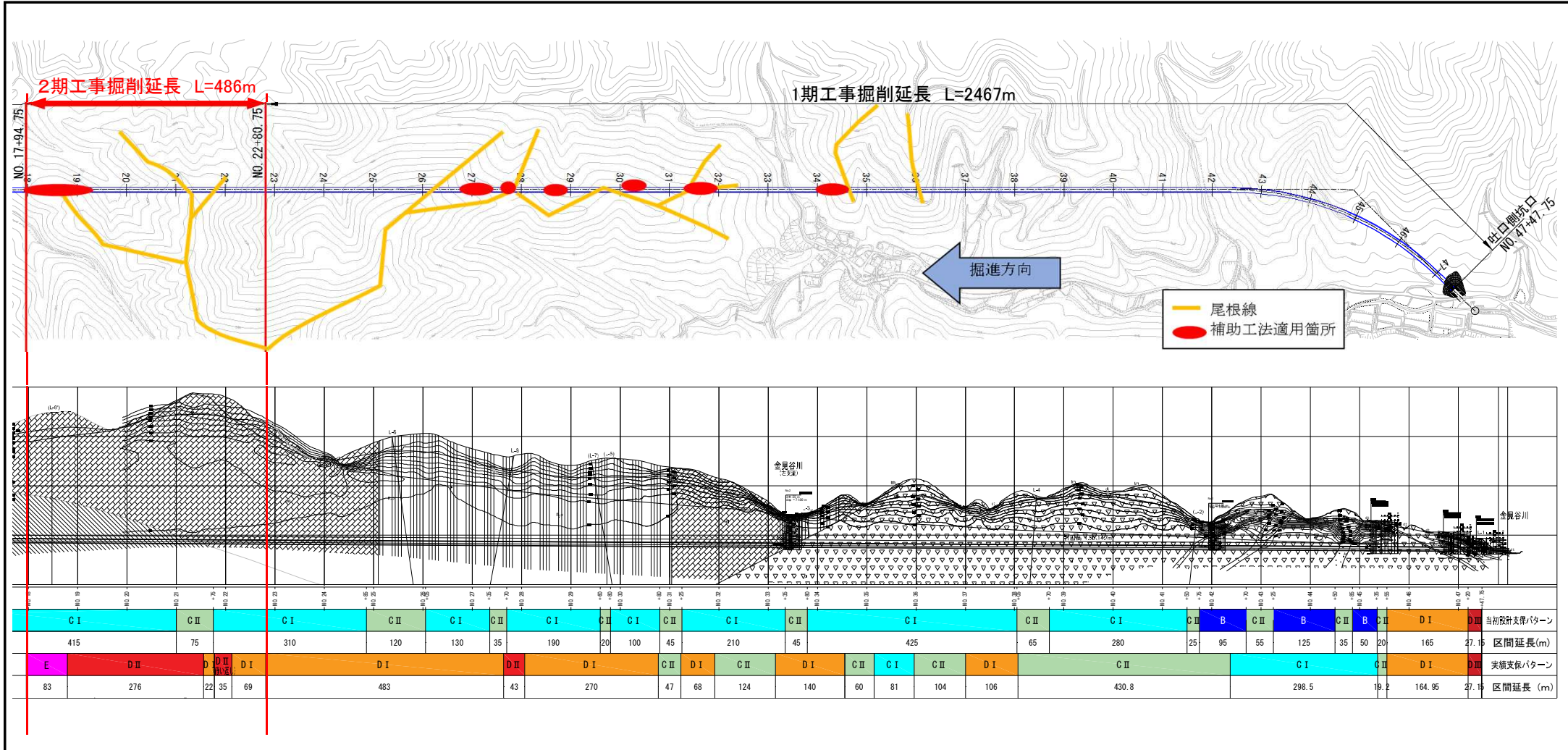


亀裂が多く壊れやすい地山の状態である

1. 水海川導水トンネル工事(工事概要)

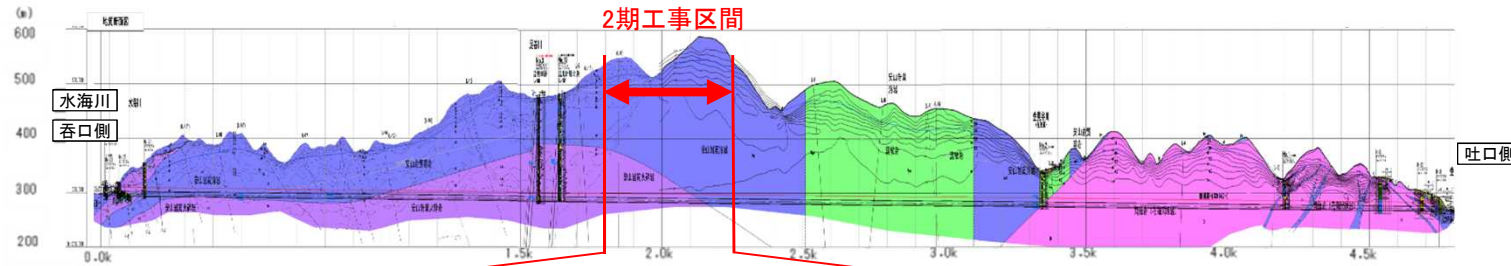
■ 支保パターン(設計・実績)

○ 当初設計と比較し、実績の支保パターンの変更が続いている状況



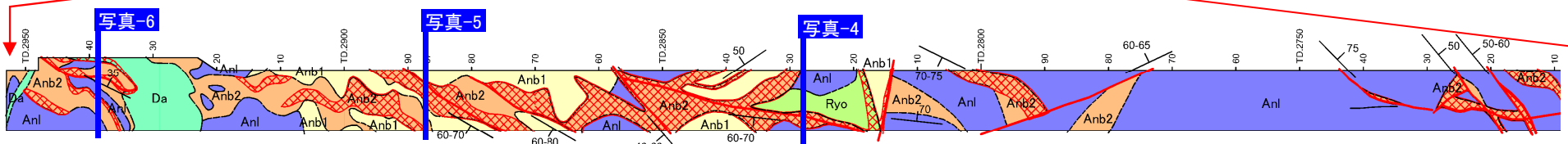
1. 水海川導水トンネル工事(工事概要)

■2期工事区間の地質状況

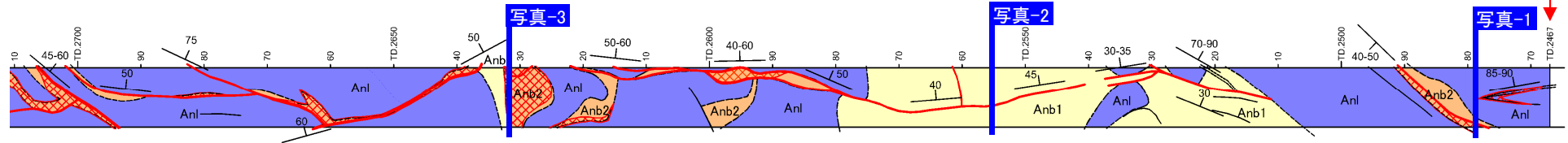


- 凡例
- Ryo 流紋岩(貫入岩類)
 - Da デイサイト(貫入岩類)
 - Anl 安山岩質溶岩
 - Anb1 安山岩質自破砕状溶岩・塊状部
 - Anb2 安山岩質自破砕状溶岩・細片状部
 - 強変質部
 - 岩相境界
 - 主要な割れ目・面構造
 - / 割れ目・面構造の走向傾斜

地質縦断面図(調査時想定)



支保パターン	E II	E-ajj(R) E-ajj	D II-ej	D II-ej	D II-ej(R)	D II-ej(L)	D II-e
増しロックボルト		8m(左側壁部)	6m(天端部)	8m(右側壁部)	6m(左側壁部)	6m(左側壁部)	6m(天端部)
その他の追加対策		一次インバート(ストラット)					
		ロックボルト					
		長尺鋼管先受け工 (AGF)					



	D II-n	D II-n	D II-n	D II-n	D II-n	D II-n	D II-n(緩い減し)	D I-k-l(3)	D I-k-l(3)
				6m(天端部)	6m(両側壁部)	4m(右側壁部)	4m(左側壁部)		

地質平面図(トンネルSL:実績)



写真-6 TD.2939m 写真-5 TD.2887m 写真-4 TD.2828m 写真-3 TD.2632m 写真-2 TD.2555m 写真-1 TD.2479m

1. 水海川導水トンネル工事(工事概要)

■ 掘削支保パターン(設計・実施)

【1期区間(0~2,467m)】

鋼製支保工を必要とするC II以下の支保パターンの比率は、当初設計の約31%に対し、実績は約73%に増加した。

【2期区間(2,467~2,953m)】

C II以下の支保パターンの比率は、当初設計の約17%に対し、現在までの実績では100%となっている。

【1期・2期を合わせた全区間(0~2,953m)】

C II以下の支保パターンの比率は、当初設計の約25%に対し、実績は約87%となっている。

【変更要因】

1期区間では、当初想定していない亀裂の発達や断層の存在・高地下水位による切羽の自立性の悪化などが主な変更要因であった。

これに対し、2期区間では、安山岩質溶岩中に混在する変質を受けた自破碎状溶岩の存在と温見断層の影響による岩盤劣化が主な変更要因となっている。

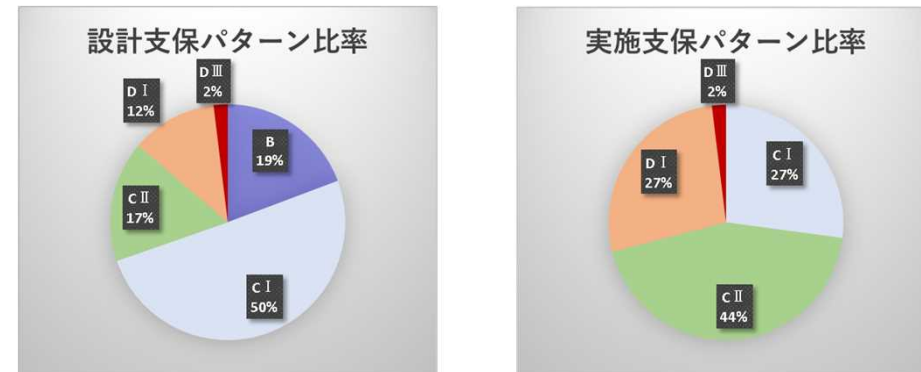


図1 1期区間の設計・実施支保パターン延長比率

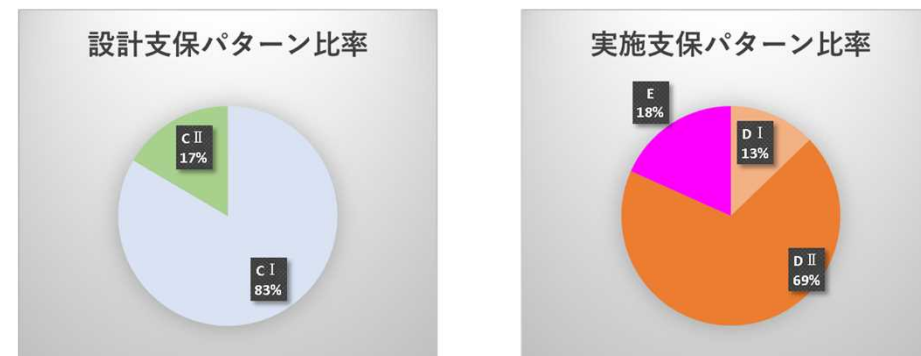


図2 2期区間の設計・実施支保パターン延長比率

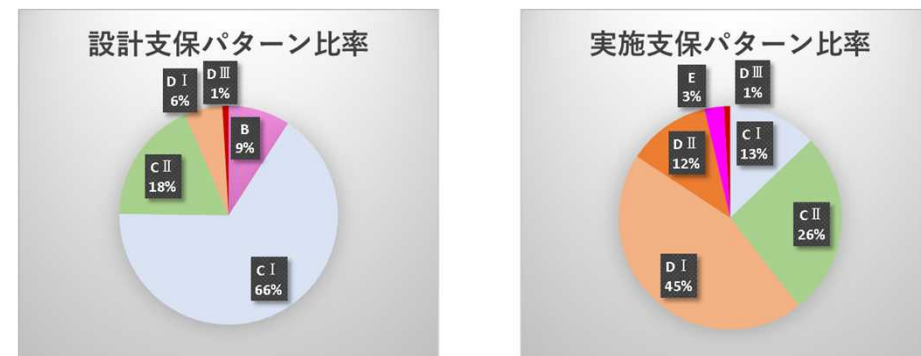
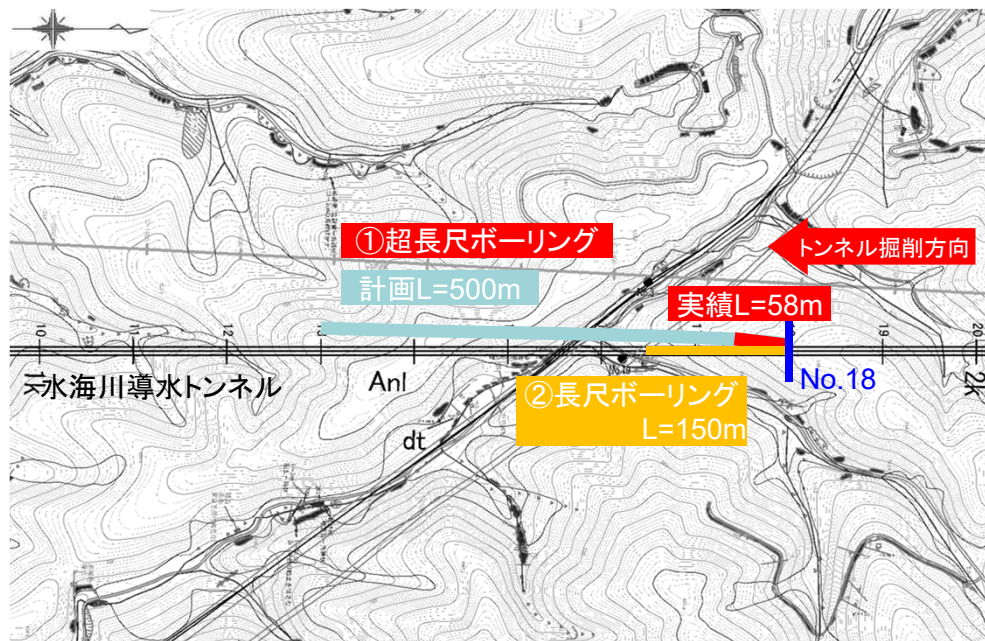


図3 全区間の設計・実施支保パターン延長比率

■ 温見断層の事前調査

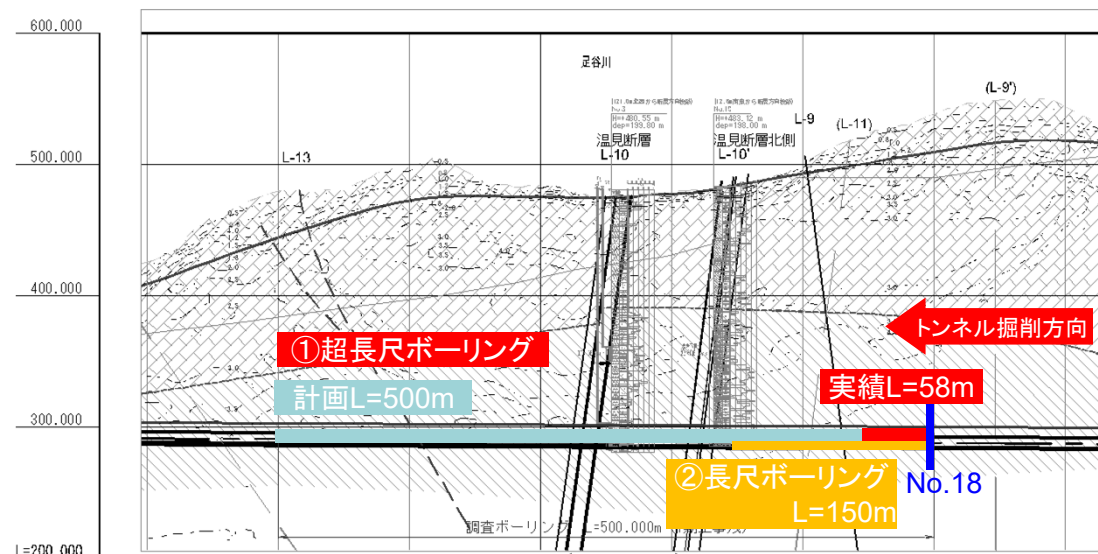
温見断層施工時に想定されている突発湧水の確認及び断層性状の確認を目的に、事前調査を実施した。

- ・超長尺ボーリングは、No.18地点よりL=500mの削孔を行う計画であったが、地山状況が悪く孔壁崩壊によりL=58mで掘進不能となった。
- ・このため、ロータリーパーカッションによる長尺ボーリングL=150mを実施した。



温見断層本体

ボーリング位置平面図



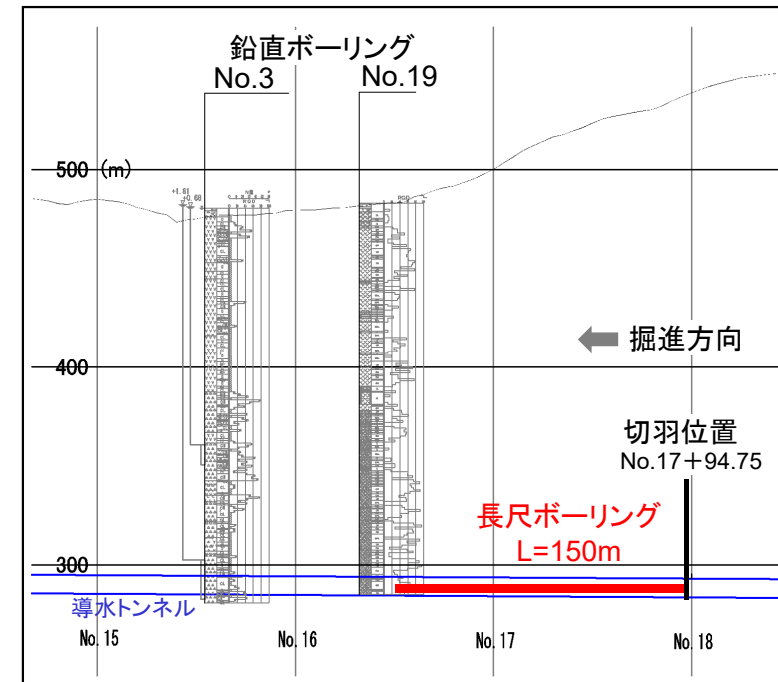
温見断層本体

ボーリング位置断面図

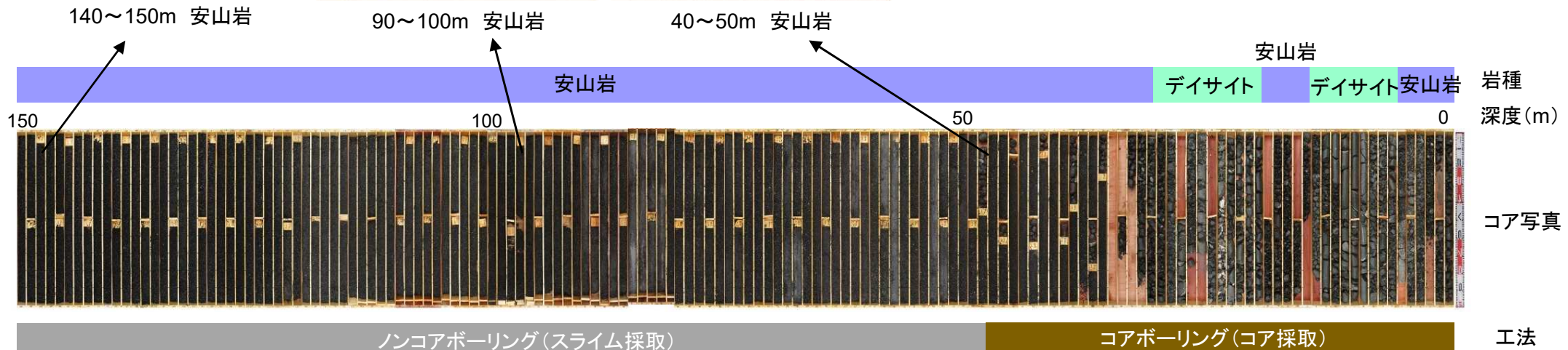
2. 温見断層について

■ 調査結果の概要

- ・当初設計段階での鉛直ボーリングの調査結果においては火砕岩が確認されているが、今回の長尺ボーリングの調査によるボーリングコア及びスライム観察の結果、現在の切羽位置より前方6～30m付近に貫入岩(デイサイト)が分布する以外は、前方150mまで安山岩が分布していることが分かった。
- ・ボーリング孔からの湧水は、一時的に340L/minまで増えたが、最終的には30L/minに減少した。


 スライム
写真


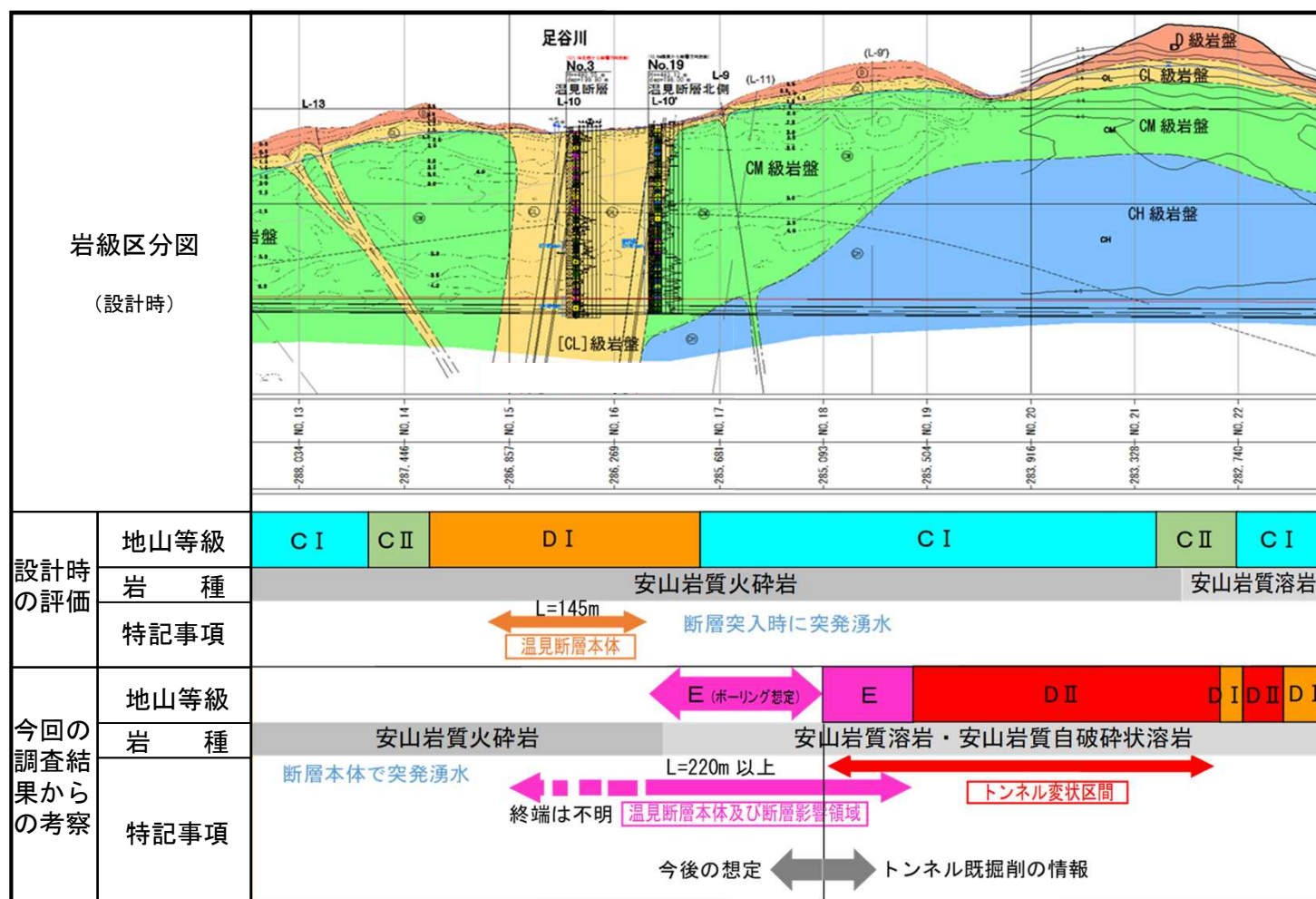
長尺ボーリング位置(断面図)



2. 温見断層について

■ 調査結果を踏まえた温見断層の評価

- ・温見断層本体及び断層影響領域は、当初想定よりも広く、トンネル吐口側に広がっている。
- ・調査前の段階では、温見断層は、比較的良好な岩盤が断層作用で破碎を受けて、劣化していると想定していた。
- ・調査結果から、断層付近の地質は、断層作用を受ける前から、変質を受けた安山岩質溶岩・安山岩質自破碎状溶岩が存在しており、これらが、さらに破碎作用を受けて、脆弱な岩盤状況となっていることが想定される。
- ・温見断層本体突入時に想定された突発湧水は現時点では確認されていないが、今後突発湧水が出現することが想定される。

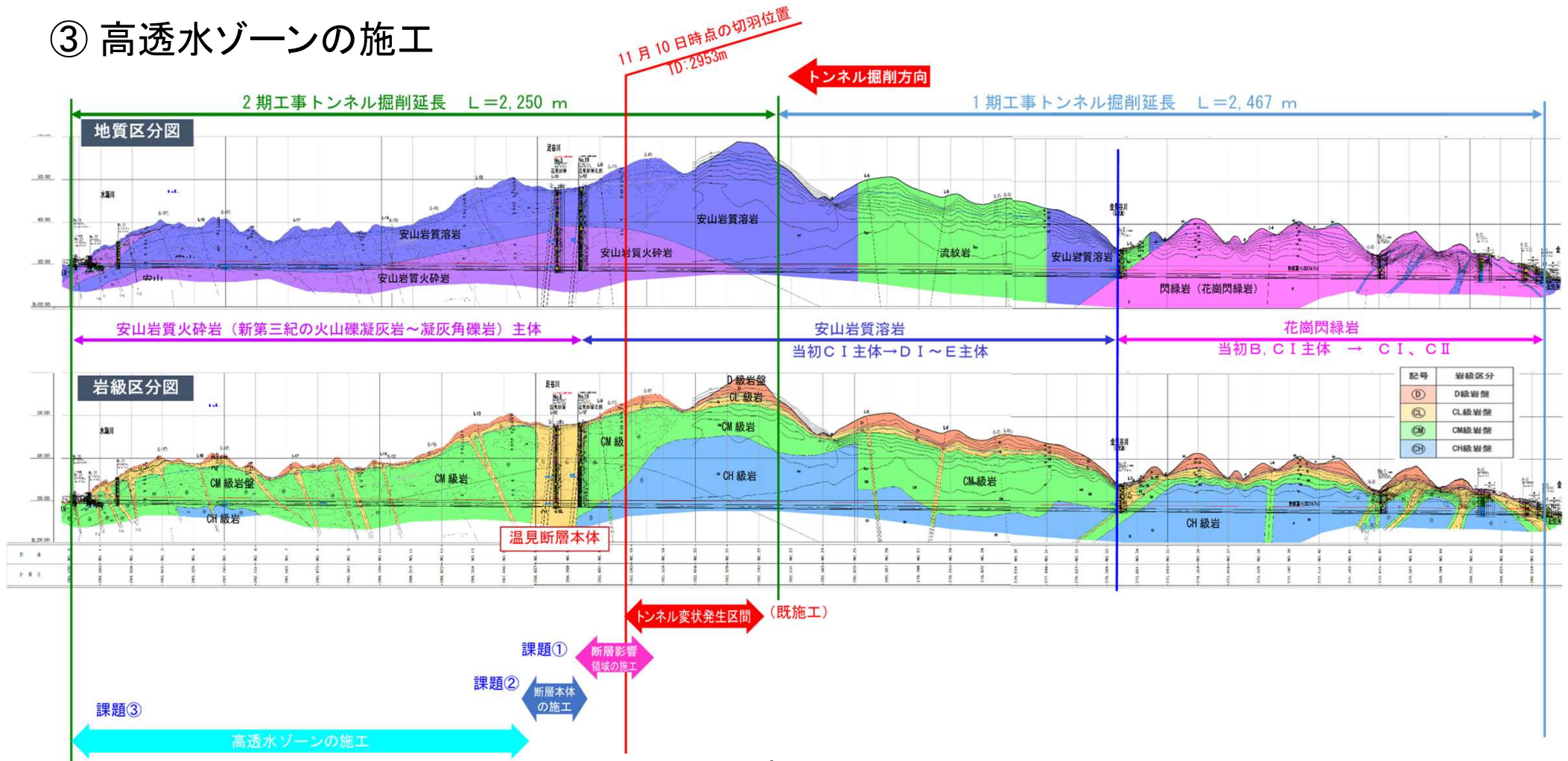


3. 今後の施工方針について

■今後の施工に向けての課題

以下の3項目が大きな課題となる。

- ① 断層影響領域の施工
- ② 温見断層本体の施工
- ③ 高透水ゾーンの施工

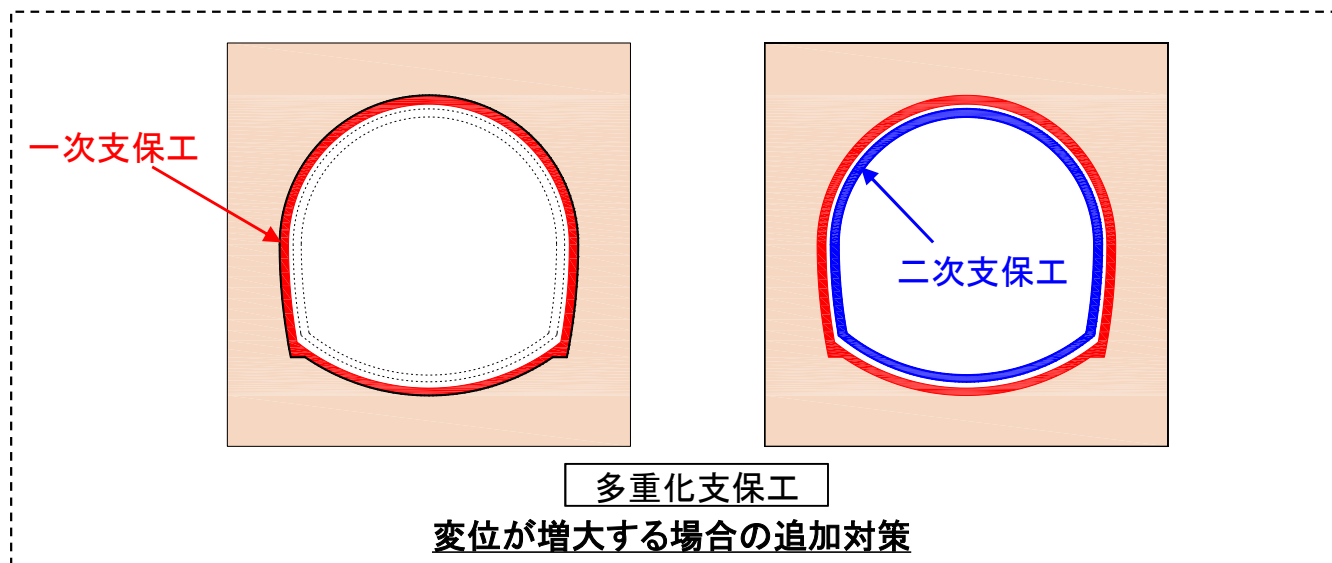
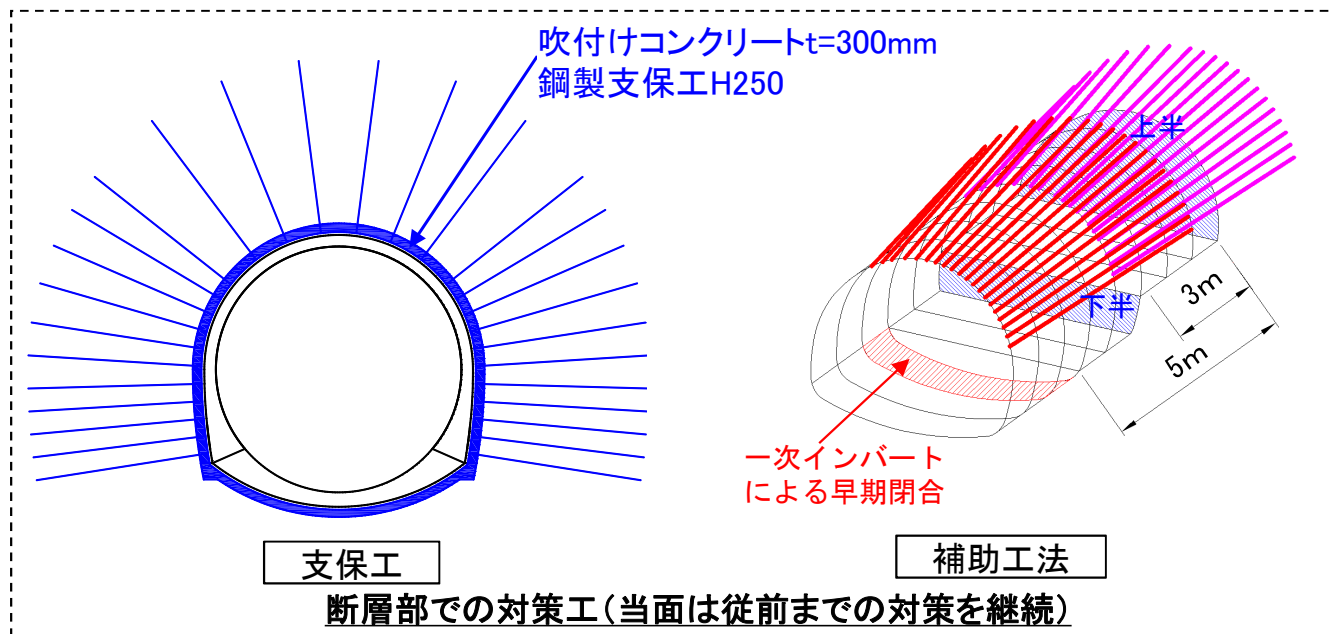


課題の該当区間

3. 今後の施工方針について

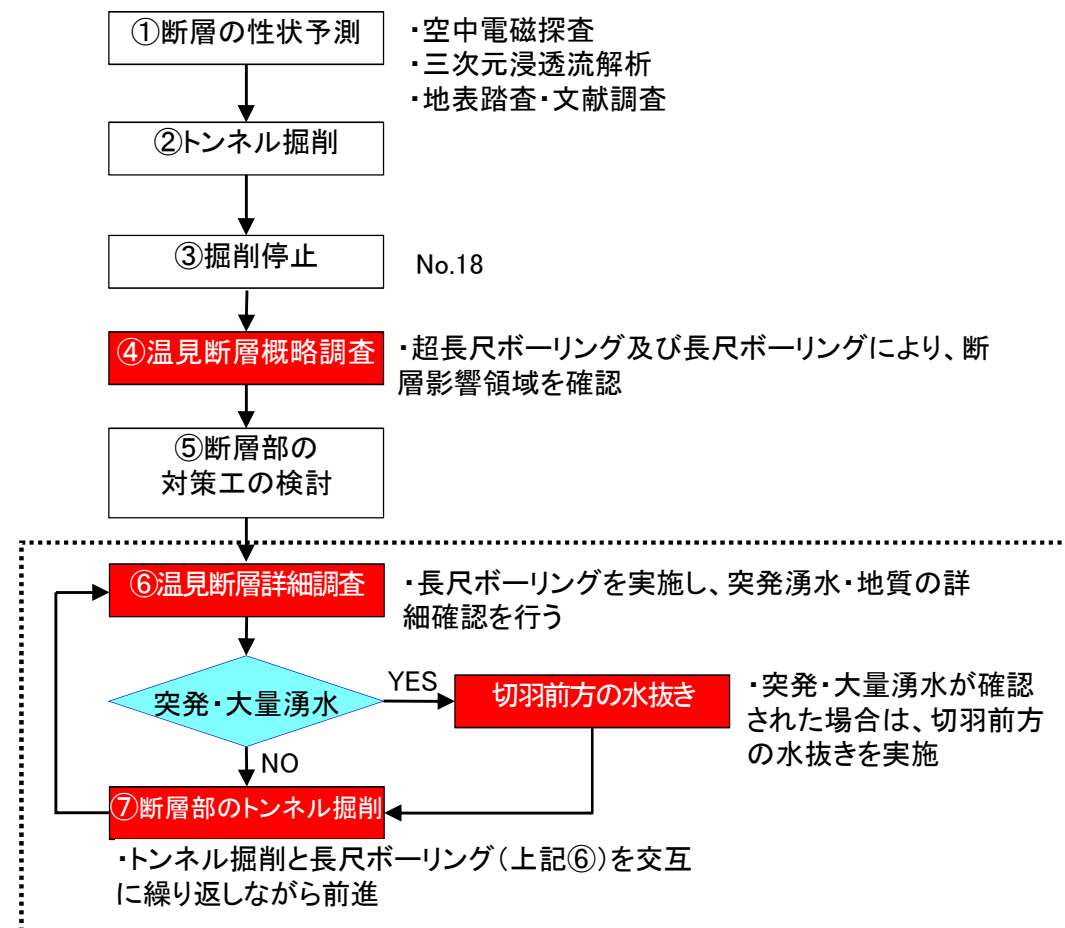
① 断層影響領域の施工

- 断層影響領域では、トンネル掘削位置において、これまで同様に脆弱な地山状況が継続することが想定される。
- 断層影響領域の基本的な施工方針として、これまで既施工区間で施工してきたE等級に対応する対策工を継続して実施する。
- 変位が増大する場合には、支保工の剛性アップ(支保の二重化)および補助工法の見直しを中心に追加の対策工を検討する。



② 温見断層本体の施工

- ・超長尺ボーリング及び長尺ボーリングにより、断層本体より吐口側の断層影響領域の規模・性状を把握することができた。
- ・その結果、断層影響領域は、当初想定より吐口側に幅広く、既掘削区間の一部まで広がるとともに、想定より脆弱なE等級相当の地山状況が連続することが判明した。一方、断層本体で予想される突発・大量湧水は、確認できていない。
- ・トンネル掘削と長尺ボーリングを交互に繰り返しながら、前進し、突発・大量湧水の出現箇所を確認する。
- ・突発・大量湧水が確認された場合は、切羽前方の水抜きを行いながら温見断層を突破する。



温見断層本体のトンネル掘削フロー

3. 今後の施工方針について

③ 高透水ゾーンの施工

- 今後施工する高透水ゾーンについては、当初設計時の弾性波探査等の結果において比較的硬質な岩盤が分布すると想定していたが、既掘削区間における地山等級は平均して1～2等級程度低下しており、今後の高透水ゾーンについても当初想定より地山状況が悪くなる可能性が高い。
- 地山状況が悪化した場合、現在の地下水低下対策(非排水構造)では、止水効果を発揮するまでに時間を要するため、水環境への影響期間が長くなり、工事中的水環境への負荷が大きい。
- 効果を発現するまでに時間を要する「非排水構造」から、施工時の対応に合理性を有し、実施後に比較的短時間で地山の透水性を下げることができる「減水注入工法」に変更する。
 - ・ 工事中から地下水の低下を抑制する効果が期待できる(トンネル内部への湧水量を抑制)
 - ・ 地下水位が大幅に下がる期間が限定的で、水環境への影響期間が短縮される

項目	非排水構造	減水注入工法
工法概要	 <p>止水部: 覆工 覆工厚: 最大1m</p> <p>覆工+防水シートで止水</p>	 <p>止水部: 地山 覆工厚: 0.4m</p> <p>地山改良で止水・減水</p>
効果 (止水性)	工事中: 効果なし 完成後: 減水注入工法より止水性は高い	工事中: 地山改良により効果発現 完成後: 地山改良により効果発現