

第2回 水海川導水トンネル技術検討委員会

日時:令和3年5月26日(水) 13:00～15:00

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

議 事 次 第

1. 開会

2. 挨拶

3. 報告

(1) 趣意書、委員会規約

(2) 第1回委員会の議事概要

4. 議事

(1) 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)

(2) 温見断層把握のための事前調査について

(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 1 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 2 年 10 月 16 日（金） 13:30～15:45

■開催場所 足羽川ダム工事事務所 第 1 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・地盤研究グループ 上席研究員
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

○委員会の設置について

- ・ 全委員（5名）出席のもと、規約を決定し、規約第 4 条第 2 項に基づき砂金委員を委員長に指名した。

○水海川導水トンネルの設計について

- ・ ボーリング調査、弾性波探査等の調査が実施され、設計基準等に基づいてトンネルの設計が行われている。

○水海川導水トンネル I 期工事について（工事实績）

- ・ トンネル掘削時においては、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。
- ・ 掘削支保パターンのランクアップ及び補助工法の採用について、1) 潜在的な亀裂が発達し、緩み易い地山が分布していたこと、2) 断層の存在や多亀裂で地下水位が高いことにより切羽の自立性が悪い傾向にあったことが要因として考えられる。

○水海川導水トンネル 2 期工事について（施工方針）

- ・ 今後の施工区間においては、最大土被りが約 280m と大きく、温見断層及び破碎帯が分布することから、地山の塑性化による押出しに伴う支保の変形や高圧大量湧水によって切羽崩落の発生が想定されるため、切羽前方の地質・湧水情報を事前調査等により把握して施工を行う必要がある。
- ・ 事前調査等については、施工方針で示された滞水層を把握するための探査や前方地山の詳細を把握する長尺水平ボーリング等の組合せが有効な手段である。また、温見断層の掘削にあたっては、断層位置の把握及び湧水量等を把握する超長尺ボーリングを実施した上で事前に対策等の検討を行う必要がある。
- ・ トンネル掘削時においては、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、I 期工事に引き続き、マニュアル等に基づいて実施する必要がある。
- ・ 先行ボーリング等により事前の水抜き対策を徹底することが、安全かつ効率的な掘削を進める上で重要である。

○その他全般

- ・ 周辺環境への影響について、地下水、沢水等のモニタリングを継続実施し、トンネル掘削による影響を予測する等の検討を行い、工事を進める必要がある。
- ・ モニタリングの観測結果及びこれまでのトンネルの施工結果を、適宜、設計にフィードバックしながら、今後の施工に反映していく必要がある。

以上

水海川導水トンネル工事

令和3年5月26日

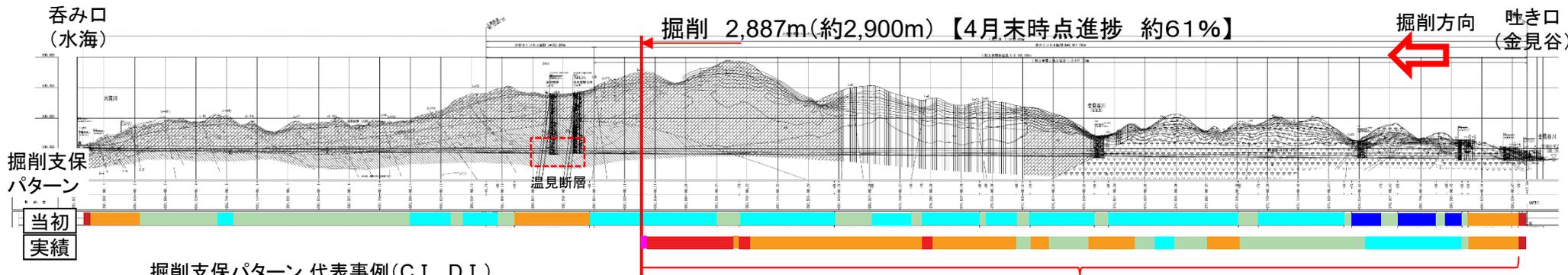
足羽川ダム工事事務所

目 次

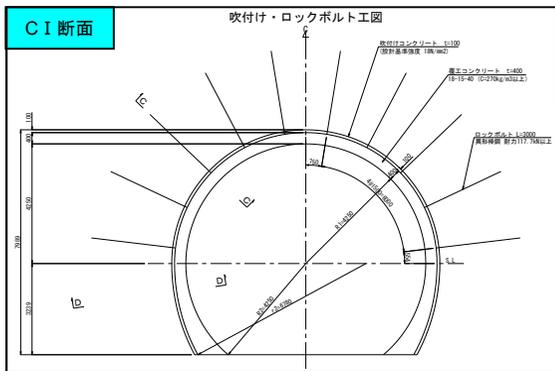
1. 水海川導水トンネル工事(進捗状況)
2. 水海川導水トンネル2期工事(施工実績)
3. 水海川導水トンネル2期工事(施工方針)
4. 温見断層把握のための事前調査

1. 水海川導水トンネル工事(進捗状況)

○トンネル全延長4,717mに対して、4月末時点で2,887mまで掘削が進行(約61%の進捗)



掘削支保パターン 代表事例(CI、DI)



令和3年4月30日
までの進行

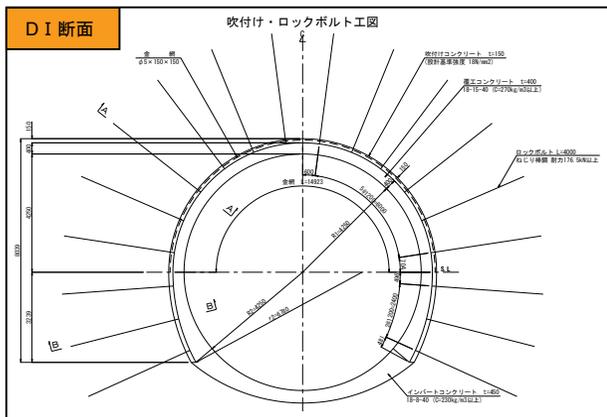
実績の掘削支保パターンの変更が続いている状況



地山の状態が良い

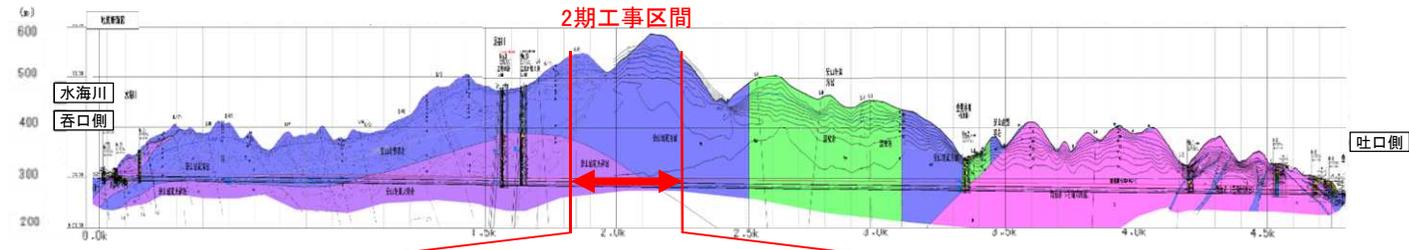
掘削支保
パターン

地山の状態が悪い



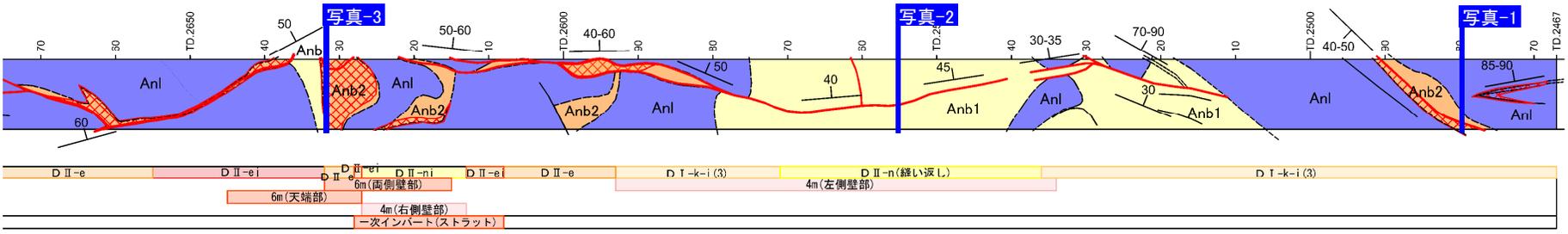
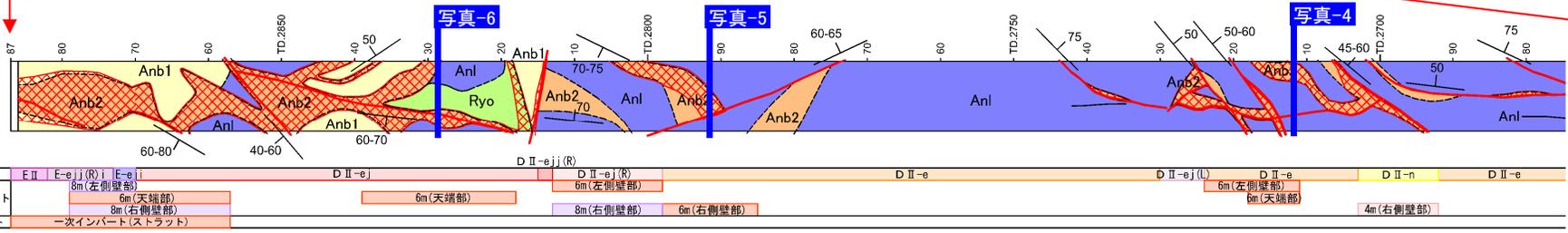
・亀裂が多く壊れやすい
地山の状態である

2期工事区間の地質状況



- 凡例
- Ryo 流紋岩(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
 - 弱変質部
 - 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)



地質水平断面図(実績)



写真-6 TD.2828m

写真-5 TD.2791m

写真-4 TD.2711m

写真-3 TD.2632m

写真-2 TD.2555m

写真-1 TD.2479m

■掘削支保パターン(設計・実績)

○ 1期区間(0~2,467m)では、鋼製支保工を必要とするCⅡ以下の地山等級の比率は、設計約27%に対し、実績では約85%に増加した。

○ 2期区間(2,467~2,887m)では、CⅡ以下の地山等級の比率は、設計約18%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(0~2,887m)では、CⅡ以下の地山等級の比率は、設計約26%に対し、実績では約87%となっている。

○ 変更要因としては、1期区間では、想定外の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考えられたが、2期区間では、安山岩質溶岩中に強変質を受けた脆弱な自破碎溶岩の混在が主な要因となっている。

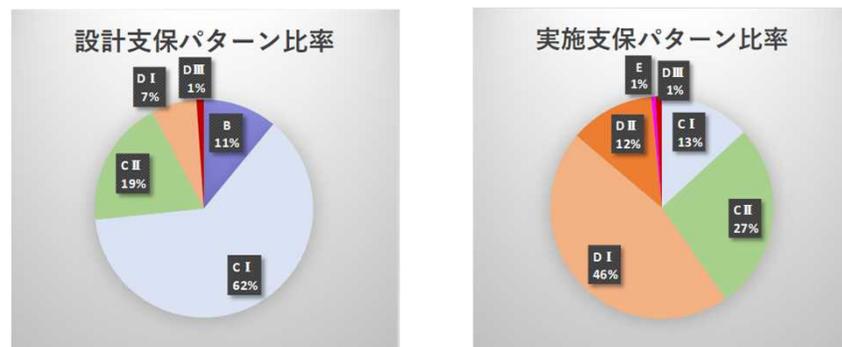


図1 1期区間の設計・実施支保パターン延長比率

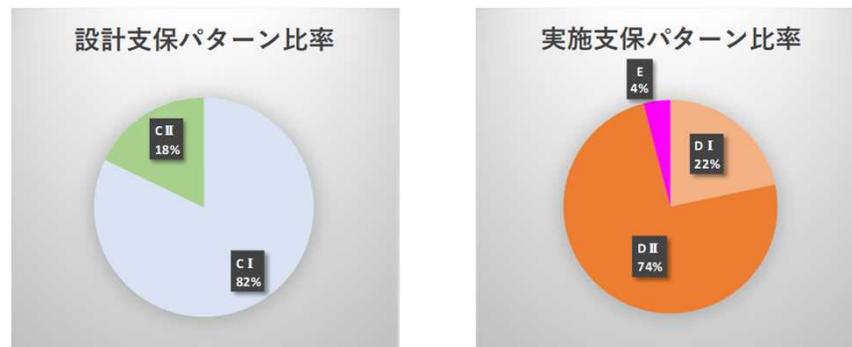


図2 2期区間の設計・実施支保パターン延長比率

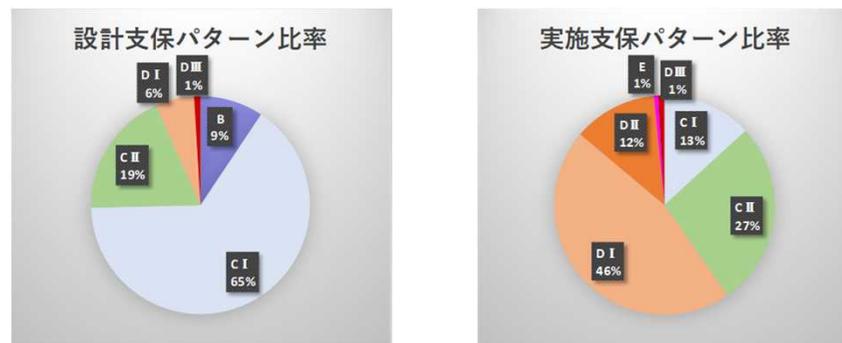


図3 全区間の設計・実施支保パターン延長比率

2. 水海川導水トンネル2期工事(施工実績)

■2期工事区間の地質状況と対応

○ 地質状況

本区間には、主に安山岩質溶岩が出現している。溶岩中には、強変質を受けて粘土化した自破碎状溶岩が不規則に含まれる。

粘土化した劣化部を含む区間では、大きな地圧が作用する大土被り区間であることも相まって、掘削直後からトンネルの左側側壁で変位が増大する傾向が見られた。

○ 標準支保パターン適用地山(B~DⅡパターン)

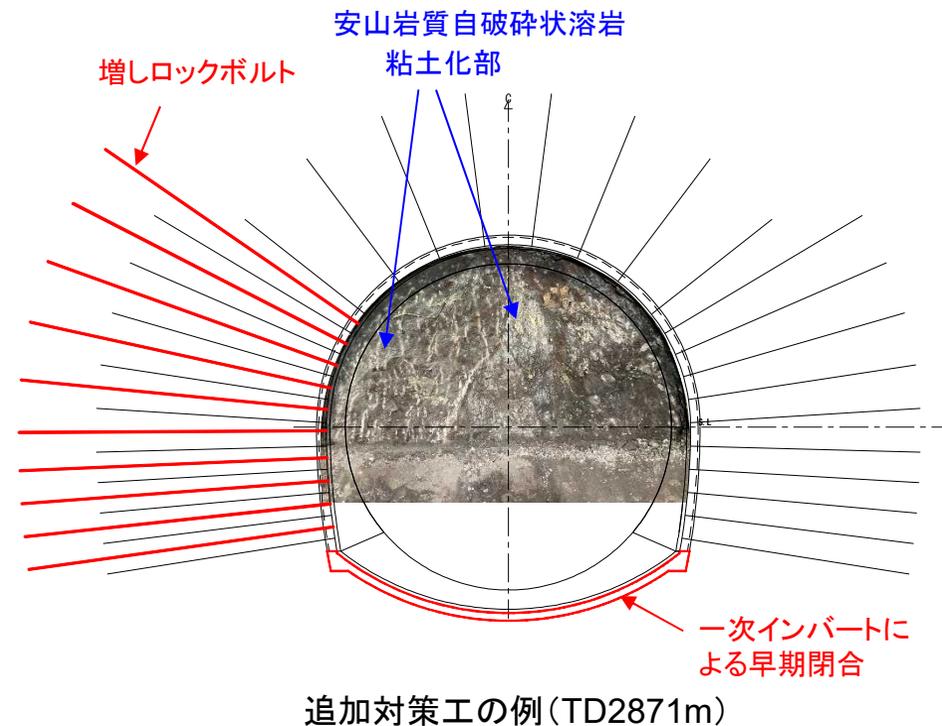
トンネル地山等級判定マニュアルに従った対策フローを立案し、これに基づく対策を実施した。

<支保パターンのランクアップ>

- ・吹付けコンクリートの増厚
- ・鋼製支保工の増強
- ・ロックボルトの本数増および延長
- ・一次インバートによる早期閉合

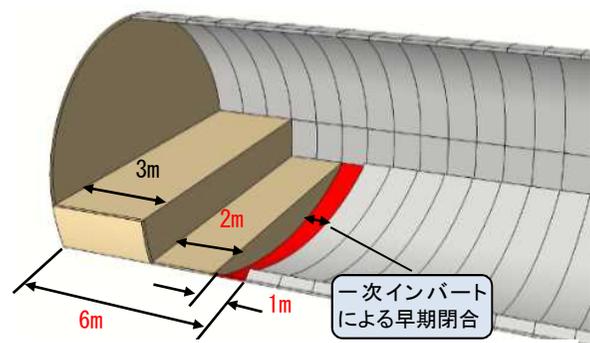
<既掘削区間への追加対策>

- ・増しロックボルト
- ・一次インバートによる早期閉合
- ・ランクアップした支保パターンでの縫い返し

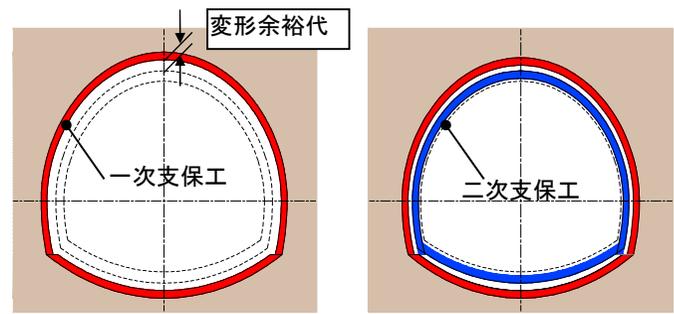


■今後の施工方針

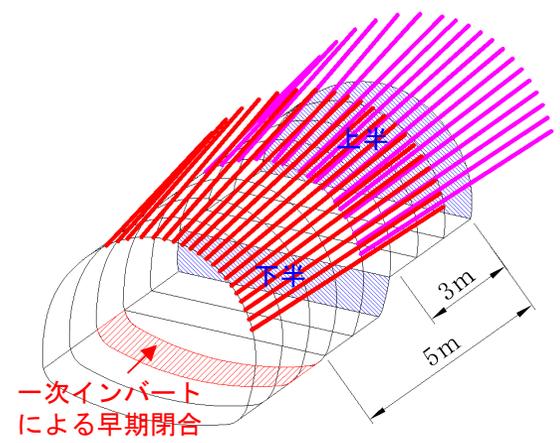
- 今後の施工区間は、劣化部を含む安山岩質溶岩が連続することに加え、温見断層及び破砕帯が分布することから、塑性押し出しによる支保の変形や高圧大量湧水による切羽崩落の発生が想定されるため、事前調査等により切羽前方の地質・湧水情報を把握して施工を行う。
- 標準的な地山区間(B～DⅡパターン)の掘削時における、切羽の地山等級の判定及び掘削支保パターンの採用は、トンネル地山等級判定マニュアル等に基づいて実施する。
- 塑性押し出しが大きい区間(Eパターン)の対策工は、塑性押し出しの程度と支保工変位の許容量に応じ、独自の対策工を選定する。
 - ①一次インバートによる早期閉合
 - ②支保工の高剛性化
 - ③多重化支保工
 - ④補助工法の採用 などを組み合わせて実施する。



①一次インバートによる早期閉合



③多重化支保工



④補助工法

4. 温見断層把握のための事前調査

■ 温見断層の位置・規模・性状の予測

(1) 温見断層の位置

足谷川と谷口川の分水界をなす尾根鞍部を通る直線的な谷地形、支沢の屈曲、崩壊地の分布などから、温見断層の位置は、既往報告書の想定通り、導水トンネルのNo.15～16付近を通るものと考えられる。

(2) 温見断層の規模

文献による変位量と破碎帯幅の関係に加え、断層沿いの平坦な谷底の幅や露岩の分布状況から、破碎帯の主要部の幅は最低でも20 m程度以上はあるものと推定され、破碎の影響範囲は最大300m程度に及ぶものと予想される。

(3) 温見断層の性状

破碎帯の性状は、ボーリングのコア状況から、固結した破碎部(カタクレーサイト)を主体とし、一部に未固結の断層粘土(ガウジ)や断層角礫を含んだ状況と推測される。

■ 温見断層のトンネル掘削への影響

(1) 断層破碎帯に伴う劣化岩盤

破碎帯の性状は、既往ボーリングからは、固結した破碎部(カタクレーサイト)を主体とし、未固結の断層粘土や断層角礫を一部に含む状況が推定される。固結した破碎部は、掘削後の応力開放による内空変位が問題となる可能性がある。一方、未固結破碎部は、幅が大きい場合は切羽や坑壁が自立しないことが予想される。

(2) 破碎帯からの高圧・大量湧水

温見断層の破碎帯では、断層の走向方向および上下方向(地表～地下深部)へ連続する高透水の角礫状破碎部などが水みちとなり、水圧250mの地下水が連通している可能性がある。

こうした水みちを掘削した場合、断層北東側はダムアップにより地表付近まで地下水位が高まっている状況も加わって、高圧の突発湧水の発生が懸念される。

4. 温見断層把握のための事前調査

【温見断層部の施工方針】

事前に超長尺ボーリング(概略調査)を行い、断層の位置、規模を特定した上で、必要に応じて追加調査を実施し、対策方針を設定した後にトンネル掘削を実施する。

【超長尺ボーリングの目的】

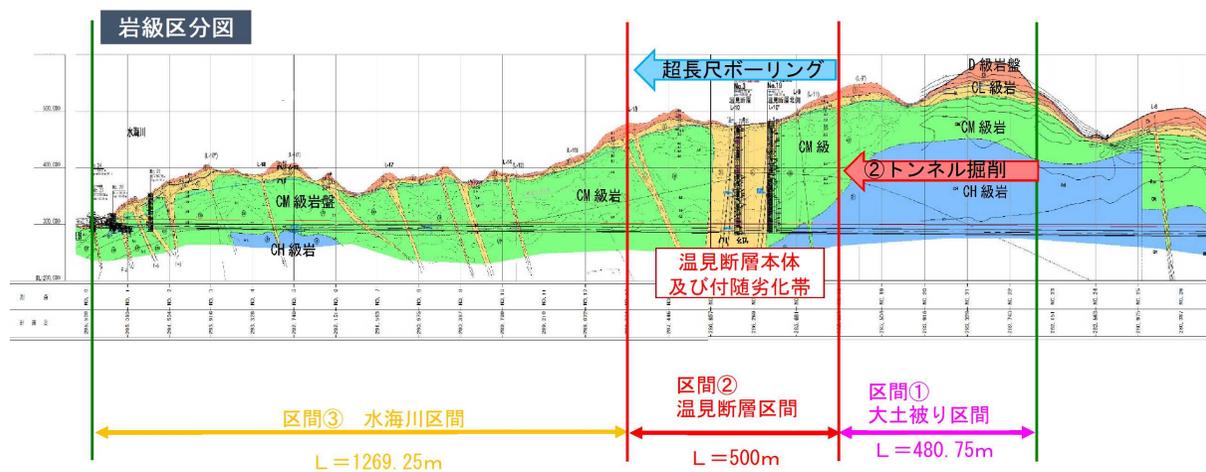
①突発湧水対策

地下水解析において、粘土層の存在により温見断層への到達、突破に際して最大11.1m³/minの突発湧水量が推定されている。無対策で、断層に到達した場合、大量の湧水による切羽崩壊など施工の安全面が懸念される。

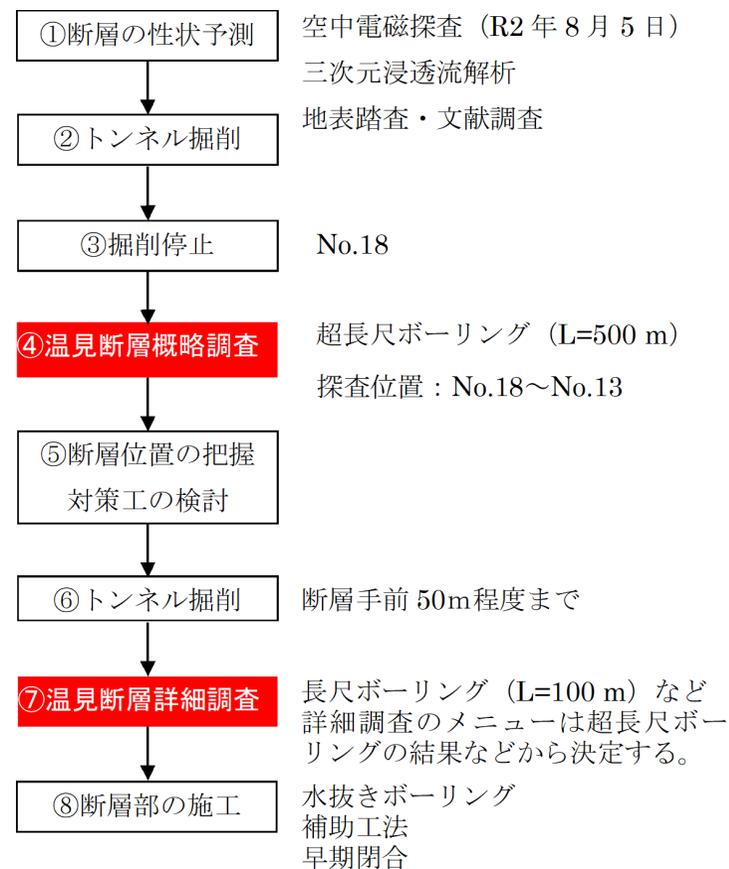
湧水が発生した場合には、トンネル掘削可能となるまで、地下水位を下げるのに長い時間を要し工程遅延のリスクがあるため、湧水情報の事前把握が必要となる。

②事前の対策立案による工程管理、経済性の確保

水圧250mの被圧水が存在する大規模活断層である温見断層の性状を掘削前に把握し、適切な対策工を立案する。



温見断層部の施工概要



温見断層部のトンネル掘削フロー