

中央新幹線南アルプストンネル山梨工区
山梨・静岡県境付近の調査及び工事の計画について

令和5年3月

東海旅客鉄道株式会社

目次

(1) 県境付近における断層帯調査の進め方	1
1) 断層帯調査の概要	1
2) 高速長尺先進ボーリング	5
3) コアボーリング	24
4) ボーリングにおける湧水量の測定方法.....	27
5) ボーリングにおける湧水への対応.....	29
6) 調査状況の報告	36
(2) 先進坑掘削の進め方.....	37
1) 先進坑掘削計画.....	37
2) 断層帯調査と先進坑掘削手順.....	38
(補足)	40
1) 高速長尺先進ボーリングによる広河原斜坑の地質、湧水状況の確認結果.....	40
2) 山梨県内断層と静岡県内の県境付近の断層帯との繋がりについて.....	43
3) 県境から100mの設定根拠（青函トンネルの事例）	47

(1) 県境付近における断層帯調査の進め方

1) 断層帯調査の概要

- 山梨・静岡県境付近の断層帯を上向きに掘削する際に山梨県側に流出するトンネル湧水について静岡県との対話が続くなか、流域市町から地域の皆さまのご懸念を解消すべく技術的なデータに基づく議論を求める声が高まっています。
- 県境付近の断層帯については、平成24年度に東俣付近からの斜めボーリングを行いました(図1、図2)。調査は東俣付近から開始し、県境から静岡県側に約300mの地点まで実施しましたが、調査の終点から県境までの区間ではボーリング調査を行っておらず、この区間まで破碎質な地質が連続している可能性は排除できないと考えています。

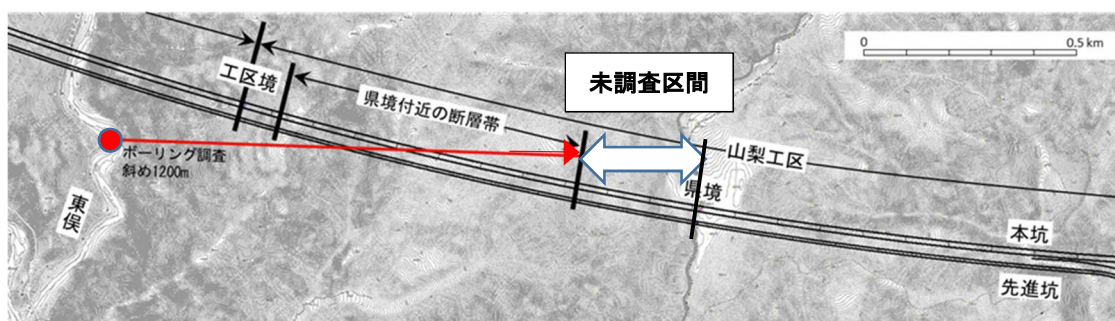


図1 平面図及び斜めボーリングの実施位置

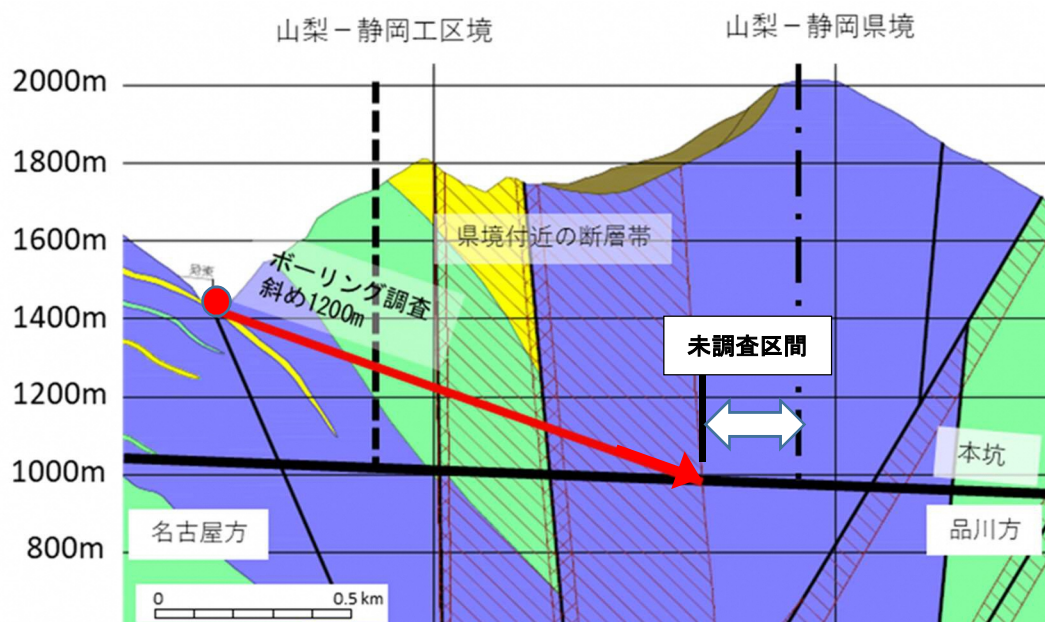


図2 地質縦断図及び斜めボーリングの実施位置

- ・トンネル掘削にあたっては、水資源利用へのリスクを想定し、工事前及び工事中におけるモニタリングの結果を踏まえ、対応してまいります。一方で、継続的に技術的なデータを得て検討を進め、トンネル湧水に関する不確実性を低減し、その結果を公表することも、地域の皆さまのご懸念を解消するためには重要と考えています。

- ・断層帯調査および先進坑掘削ステップを以下の手順で進めてまいります。また、概要を図 3 に示します。

① 山梨県内の地質、地下水の調査を目的に、県境付近に向けた高速長尺先進ボーリングを実施します。地質の状況によりボーリングの削孔延長は影響を受けませんが、1, 200m程度の延長を掘削した事例もあり、ボーリングが県境に達する時点において、静岡県側から山梨県側へ流出する湧水と同量の水を静岡県側に戻す方法が実施可能となった場合には、県境を越えて未調査の約300mについてもボーリング調査を進め、結果を公表することが、地域の皆さまのご懸念を解消するために望ましいと考えます。

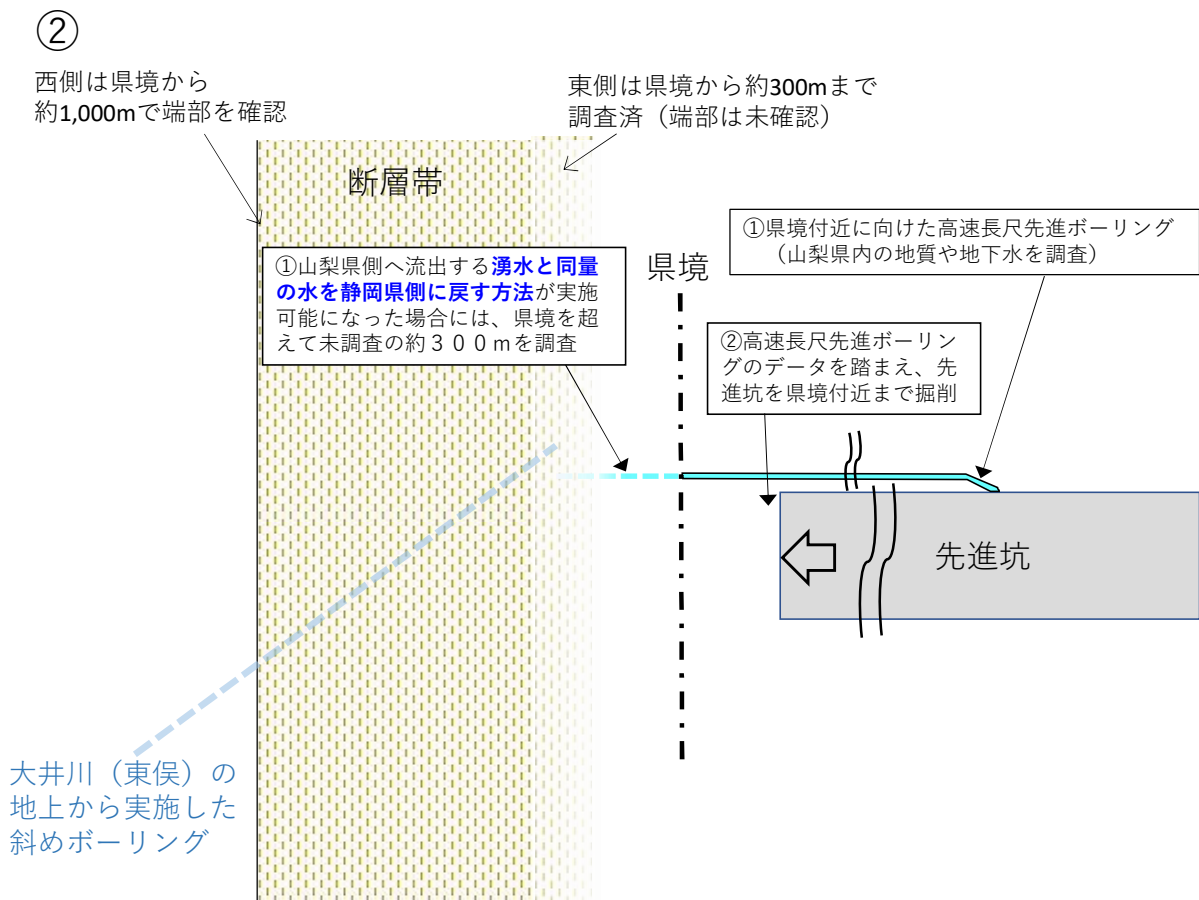
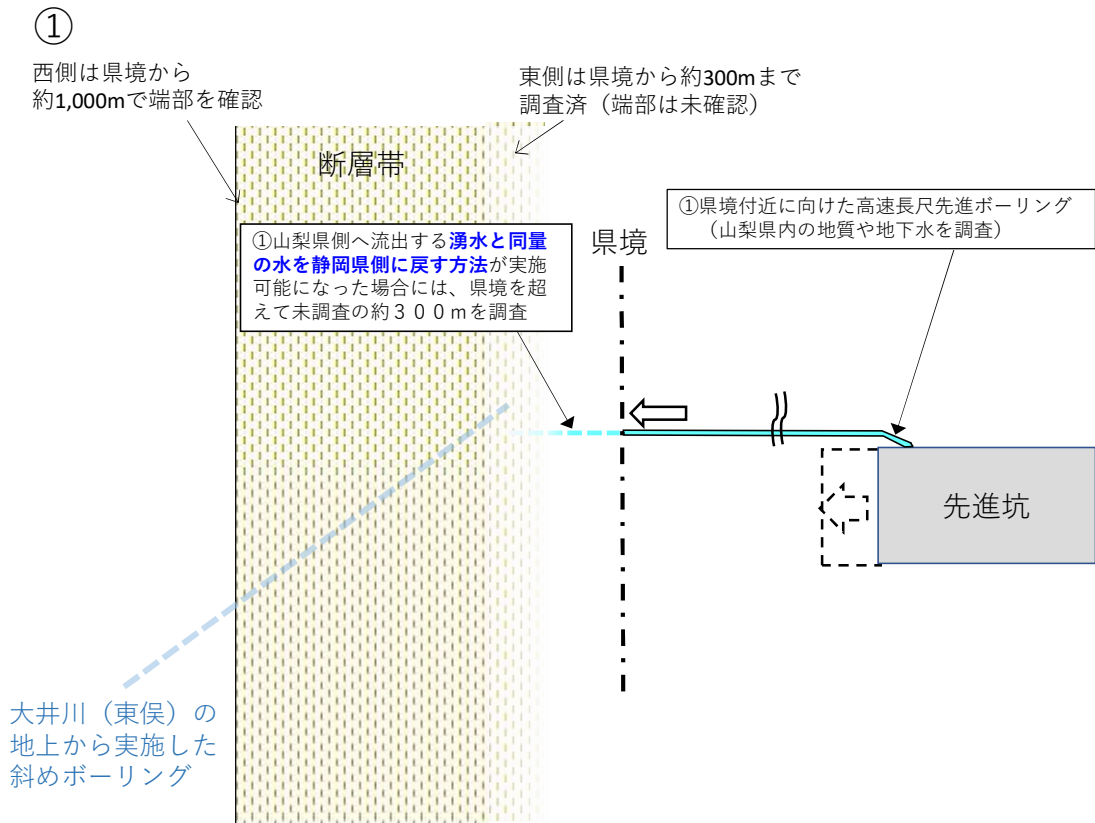
調査中・調査完了後とも湧水は量を測定のうちでボーリング孔の口元（孔口）から流し、静岡県内の湧水については同量の水を静岡県側に戻します。

② 上記の山梨県内の調査データを踏まえながら、山梨県内の先進坑を県境付近まで掘削していきます。

③ 県境付近から断層帯の調査を目的とした高速長尺先進ボーリングを、県境を越えて静岡県内で実施します。県境を越えたボーリングについては、第10回地質構造・水資源専門部会（令和4年12月4日）でお示ししていましたが、今回その内容についても具体的に計画いたしました。

トンネルの掘削を計画している区間に並行し、近い箇所では静岡県内の地質や地下水の状況を連続的に把握し、技術的なデータを取得することが可能となります。また、湧水量の多い箇所や地質が変化する箇所等では、施工可能な延長も考慮したうえでコアボーリングを実施します。

調査中の湧水は量を測定したうえで孔口から流し、同量の水を静岡県側に戻します。調査が完了した後は湧水の流出を防ぐため孔口付近で止水します。



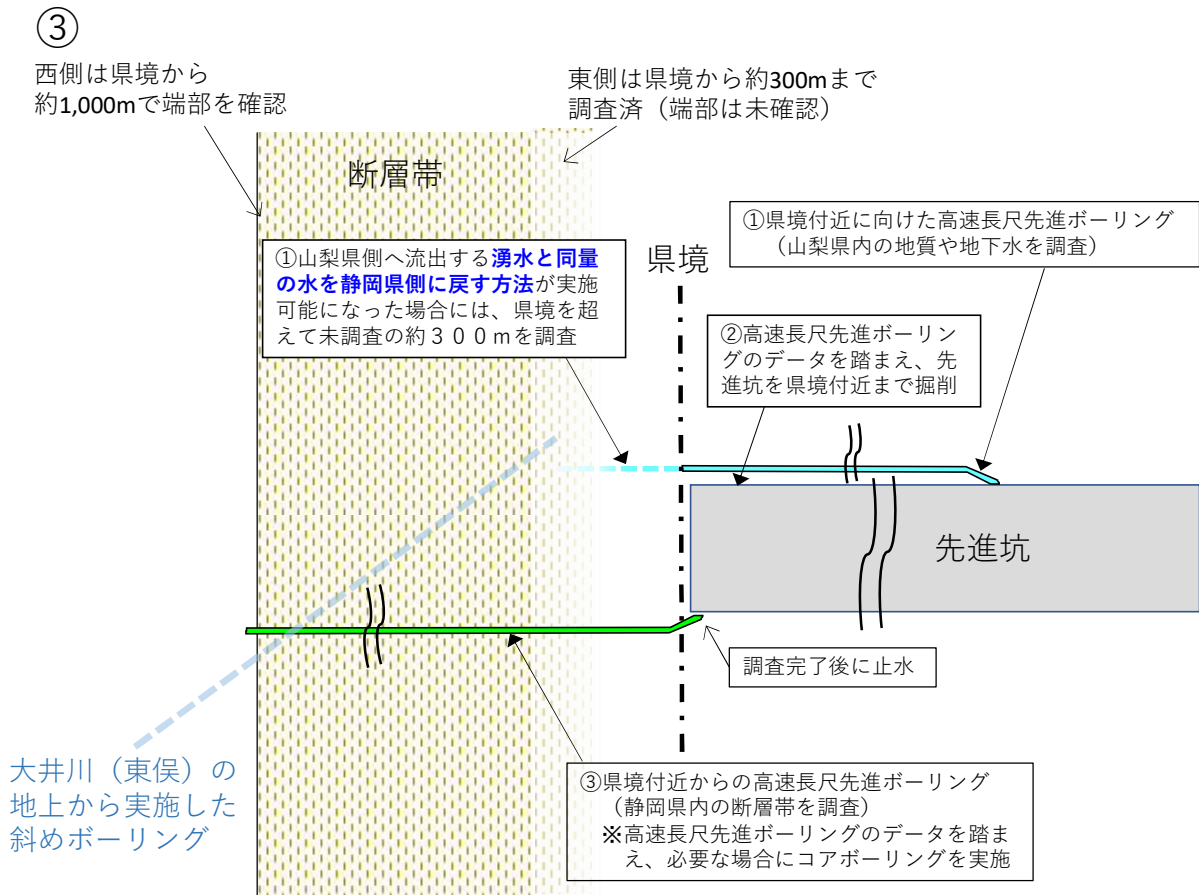


図 3 断層帯調査の概要（平面図）

2) 高速長尺先進ボーリング

ア. 概要

- ・南アルプストンネルでは、第9回地質構造・水資源専門部会（令和4年10月31日）でご説明したように、地質や湧水に関する不確実性に対応するため、トンネル掘削に先立ち、高速長尺先進ボーリングによる調査をトンネル全延長において実施して、トンネル前方の地山や湧水の状況を慎重に確認しながら掘削する体制を組み、事業を進めています。
- ・高速長尺先進ボーリングによる調査では、トンネル切羽前方の500～1,000m程度の区間を早くかつ精度よく確認することで、地山の悪い箇所や調査中の湧水量が変化する箇所などを予め把握することが可能です。
- ・高速長尺先進ボーリングは、トンネル施工の確実な見通しを得るために切羽前方の地質情報を常に把握することを主な目的として様々な役割を持つものではありますが¹、今回の調査は県境付近の断層帯の地質及び湧水に関する情報を把握し、地域の皆さまのご懸念を解消していくために実施するものです。
- ・調査・計画の段階において、可能な場合には地上からのボーリングを実施いたしますが、山梨・静岡県境付近については土被りが800m以上もあるうえ機材運搬に必要となるアクセスが困難であることから、山梨県側から掘削した先進坑を利用した高速長尺先進ボーリングおよびその後のコアボーリングがそれに代わる手段となります。
- ・また、地上からのボーリングとは異なり、高速長尺先進ボーリングは、トンネルを掘削する区間に沿った地質及び湧水の状況を、水平方向に連続的に把握できるという利点があります。（図 4）

¹ 「長大山岳トンネル施工を見据えた長尺先進ボーリング技術の開発」 2011年1月第16回地下空間シンポジウム「世界に挑む日本の技術～成長戦略と地下技術との関わり～」より

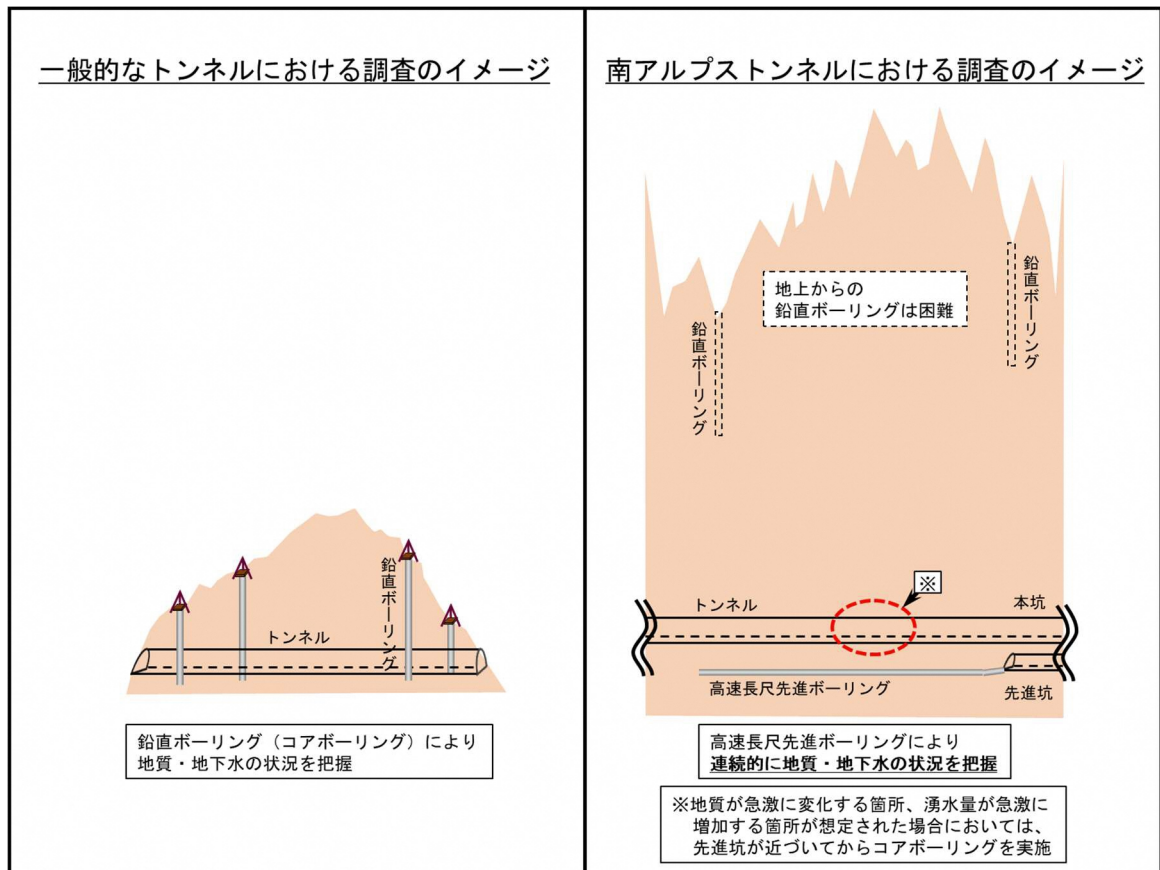


図 4 ボーリング調査のイメージ

- ・ 第9回地質構造・水資源専門部会（令和4年10月31日）で委員からご要請がありました山梨県内の工区における湧水量に関する資料として、南アルプストンネル山梨工区の広河原斜坑において実施した高速長尺先進ボーリング中の孔口湧水量を図5に示します。
- ・ 高速長尺先進ボーリングによる調査では、湧水量のほか、削孔中に排出される岩石片（スライム）を採取して地質を把握します。広河原斜坑の高速長尺先進ボーリング調査において採取したスライムの代表例を図6に示します。採取したスライムを観察することにより、ボーリング②の削孔深度870～880mが緑色岩と粘板岩の地質の境界であることやボーリング⑤の削孔深度335～435mにおいては、粘板岩緑色岩互層より徐々に粘板岩主体となることを把握することができました。また、これらの地質の境界付近において湧水量が増加していることが図5より分かります。

- このように、場所ごとの地質及び湧水の情報事前に複合的に捉えることに加え、マシンデータより得られる情報をトンネル掘削計画に逐次フィードバックすることで、広河原斜坑を安全にかつ環境に配慮して掘り進めることができました。

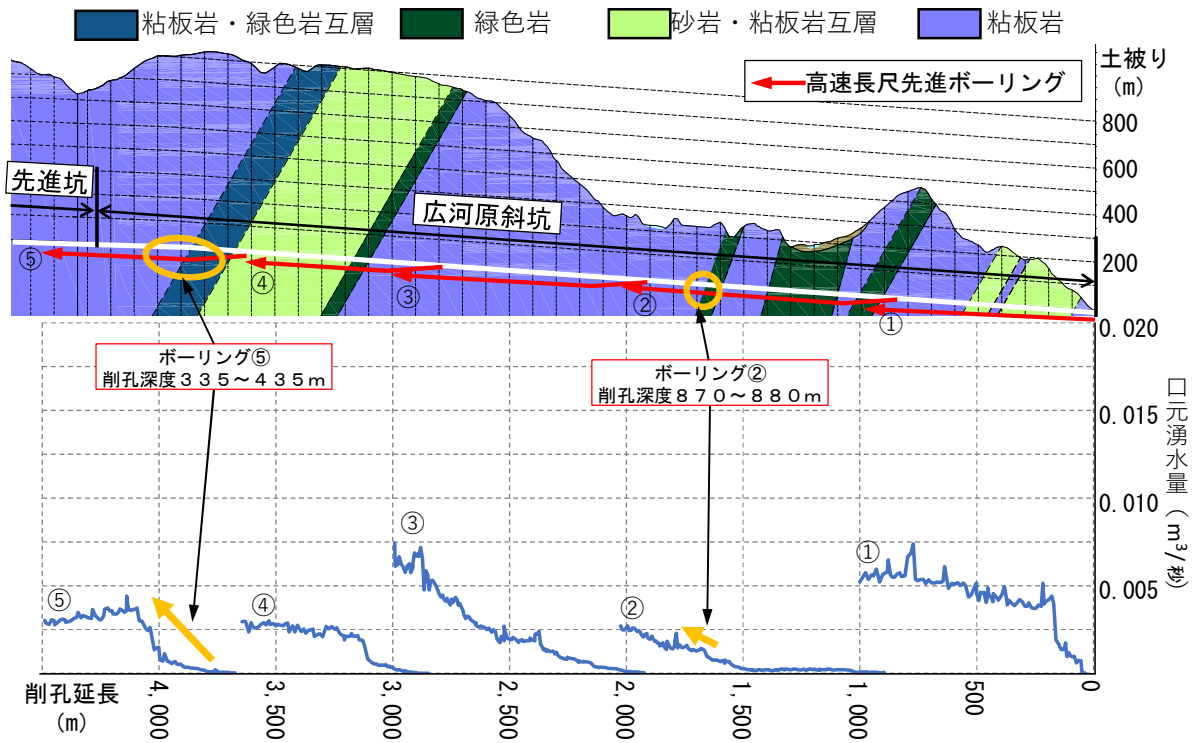


図 5 広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングの孔口湧水量



ボーリング②

削孔深度	870～875m
岩種	緑色岩（玄武岩質）
記事	粒径はφ3mm～5mmが主 最大粒径はφ7mm



ボーリング②

削孔深度	875～880m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ2mm～3mmが主 最大粒径はφ4mm



ボーリング⑤

削孔深度	335～340m
岩種	粘板岩緑色岩互層
記事	粒径はφ3mm～6mmが主 最大粒径はφ12mm



ボーリング⑤

削孔深度	345～350m
岩種	粘板岩緑色岩互層
記事	粒径はφ3mm～6mmが主 最大粒径はφ12mm



ボーリング⑤

削孔深度	355～360m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ3mm～6mmが主 最大粒径はφ10mm

10mm



ボーリング⑤

削孔深度	375～380m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ3mm～6mmが主 最大粒径はφ10mm

10mm



ボーリング⑤

削孔深度	400～405m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ1mm～4mmが主 最大粒径はφ10mm

10mm



ボーリング⑤

削孔深度	430～435m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ2mm～5mmが主 最大粒径はφ8mm

10mm

図 6 広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングのスライムの代表例

イ. 調査内容

- ・高速長尺先進ボーリングの削孔計画を図 7 に示します。孔口より深度 500 m から 700 m 程度の区間までは直径 200 mm で削孔を行い、当該区間に保護管を設置したのち、以降の区間は直径 120 mm で削孔を行います。なお、削孔および保護管を設置する延長は地質の状況等に応じて変更します。
- ・高速長尺先進ボーリングの削孔断面積は約 0.01～0.10 m² であり、本坑の約 100 m² や先進坑の約 35 m² に比べて小さな断面です (図 8)。

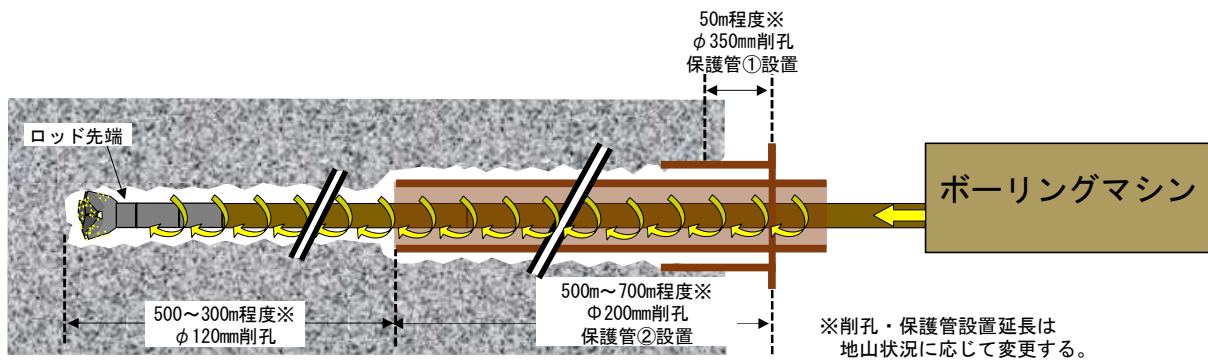


図 7 高速長尺先進ボーリング削孔計画

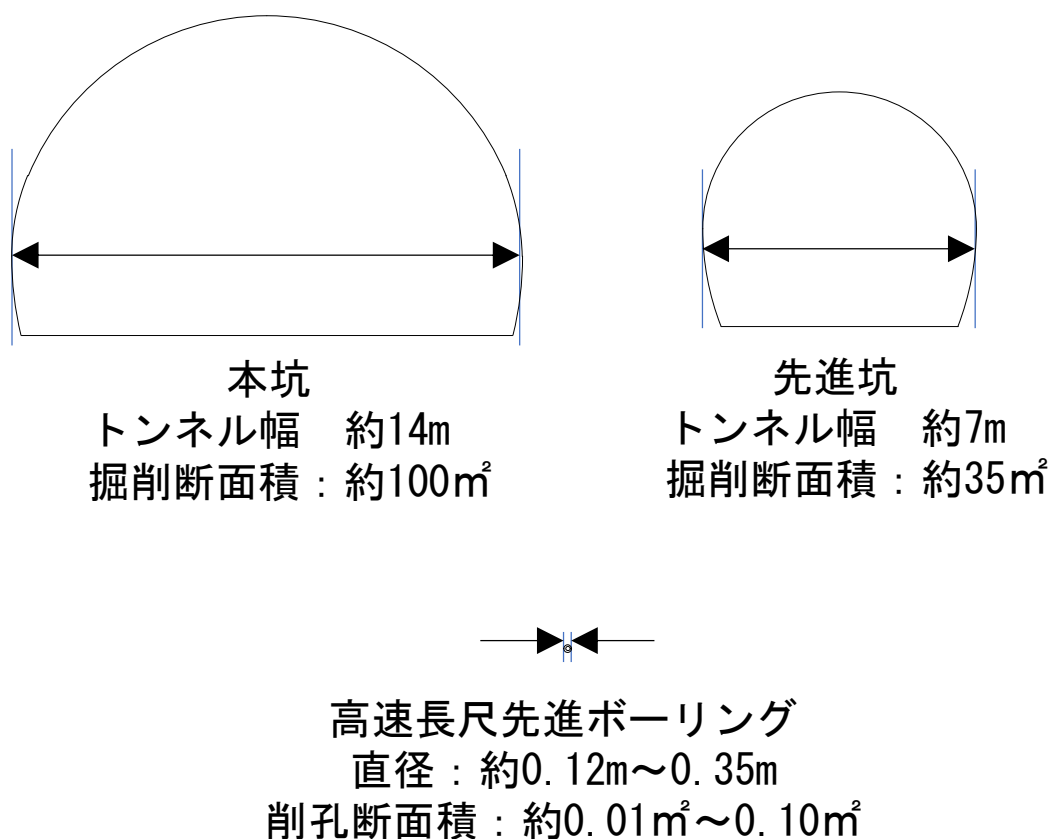


図 8 トンネルと高速長尺先進ボーリングの断面積

- ・高速長尺先進ボーリングにおいて調査する項目や高速長尺先進ボーリングの調査によってわかることと、不確実性の低減等に向けたデータの活用方法を表 1 に示します。表 1 に赤字で記載した内容は第 10 回地質構造・水資源専門部会（令和 4 年 12 月 4 日）でお示しした調査項目に追加したものです。
- ・高速長尺先進ボーリングの具体的な削孔手順を図 9 に示します。また、表 1 に記載した調査項目のうち、県境に向けた高速長尺先進ボーリングにおける、湧水圧測定、コアチューブによるコア採取、湧水の化学的な成分分析の実施箇所を図 10 に示します。
- ・湧水圧測定、コア採取、成分分析の各調査項目は削孔位置 100～200m 付近及び 600～700m 付近の断層で実施します。なお、削孔の状況によっては変更となる場合があります。

表 1 高速長尺先進ボーリング調査の項目等

調査項目		測定方法	測定頻度	調査によってわかること	活用方法	
地質・地山	岩石片（スライム）の観察による確認	・ 孔口より排出されるスライムを容器で採取	・ 約5mに1回	・ 地質分布の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既往地質図との比較（場所毎の地盤区分の確認） ・ 掘削計画（湧水対策等）への反映 ・ 他の調査結果と組み合わせて概略的な地下水流向の推察 	
	掘削速度	・ マシン制御盤にて測定（ロッド回転トルク、回転数、マシン推進力は掘削エネルギー係数等に換算）	・ 削孔中常時	・ 割れ目発達状況等、同一岩盤内での地山の良し悪しの把握		
	ロッド回転トルク					
	ロッド回転数					
	マシン推進力					
	ボーリングのコントロール状況の記録	・ ボーリングオペレーターの観測手簿確認 ・ コントロール軌跡図確認	・ 手簿は1日2回程度記録し、定期的の確認 ・ 軌跡は常時記録し、定期的の確認	・ 他の調査結果と組み合わせて概略的な地層の走向・傾斜の把握		
コアチューブによるコア採取	※表2のコア観察、物理特性・力学特性の項目で記載	（状況により実施）	※表2のコア観察、物理特性・力学特性の項目で記載	※同左		
湧水	孔口湧水量（削孔中）	・ 容器法による測定 ・ 電磁流量計による変動傾向の把握	・ 容器法は1日2回を基本。湧水量が大きく変化する箇所やビット交換時なども追加で実施 ・ 電磁流量計は常時記録	・ 湧水の増加傾向から湧水量の多い区間の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地表水との連続性が疑われる箇所を推定 ・ 掘削時の影響に関するリスク分析、対策 	
	孔口湧水量（削孔完了時）	・ タービン式流量計	・ 常時			
	孔口湧水の水質（水温、pH、電気伝導度）	・ デジタル水温計、pH計測器、導電率計による計測	・ 容器法による湧水量の測定と同時に実施	・ 掘削の進捗に伴う変化の傾向を、湧水量とも関連付けて確認		
	湧水圧測定	・ 孔口で止水し調査区間平均湧水圧を測定 ・ 孔内での湧水圧測定への挑戦	・ 孔口での止水測定は、孔口部、削孔段取り替え時で実施 ・ 孔内測定は深度100m付近で挑戦	・ 調査区間の平均透水係数を算出 ・ 場所毎の圧力変化から地下水の流動傾向を概略的に確認		<ul style="list-style-type: none"> ・ 透水係数の状況確認 ・ 地下水移動量の概略を把握
	湧水の化学的な成分分析	・ 溶存イオン8項目、酸素・水素安定同位体比、不活性ガス（SF6）、トリチウム等	・ 湧水圧測定時に採水 ・ 湧水量測定で変化がある時は追加実施	・ シュティフダイアグラム作成、涵養標高・涵養年代の算出		<ul style="list-style-type: none"> ・ 湧水の起源について考察 ・ 掘削時の影響に関するリスク分析、対策

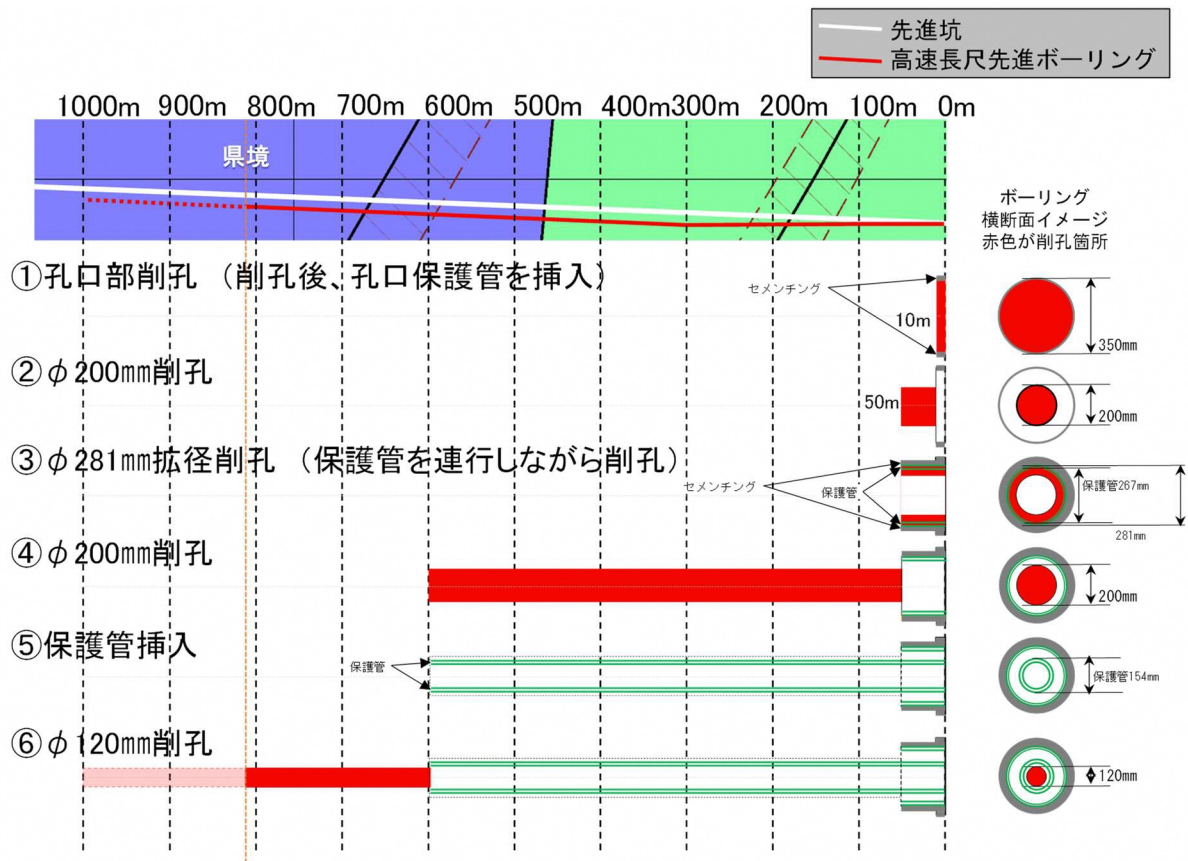
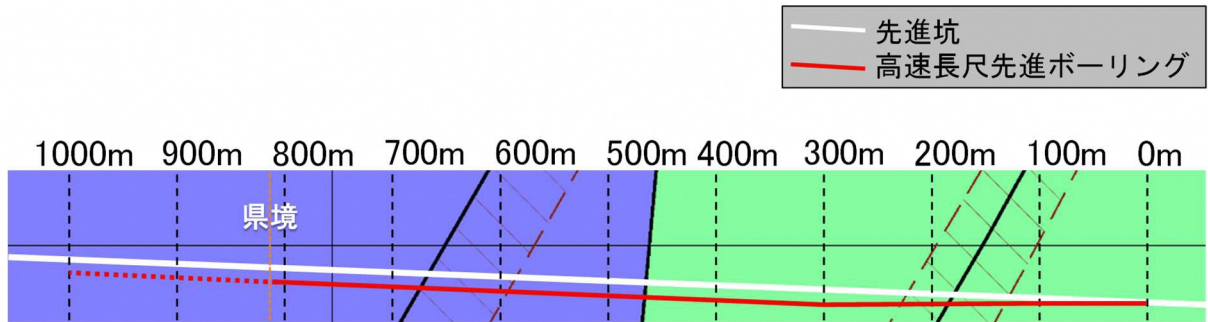


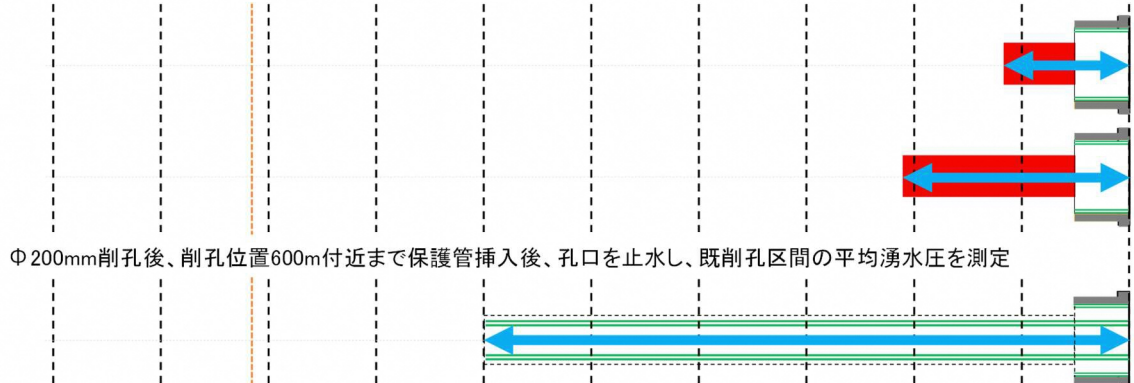
図 9 高速長尺先進ボーリングの具体的な削孔手順

(県境に向けた高速長尺先進ボーリング実施時)



・湧水圧測定

Φ200mm削孔中、削孔位置100m付近及び200m付近で削孔を一時停止し、孔口を止水し既削孔区間の平均湧水圧を測定



Φ200mm削孔後、削孔位置600m付近まで保護管挿入後、孔口を止水し、既削孔区間の平均湧水圧を測定

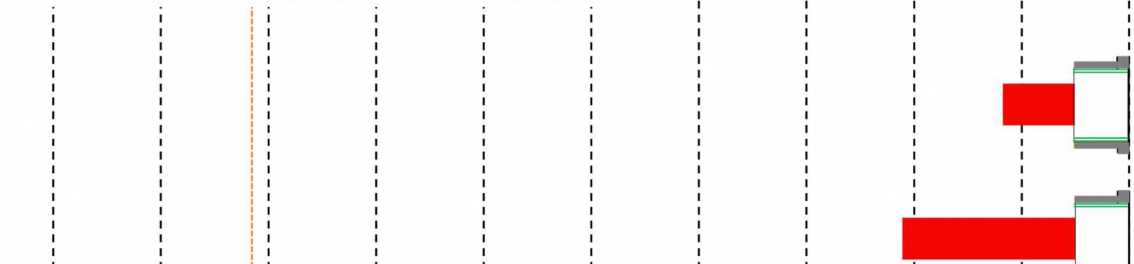
・コアチューブによるコア採取

Φ200mm削孔中、削孔位置100～200mの区間で1回(1～2m程度のコア)採取に挑戦



・湧水の化学的な成分分析

Φ200mm削孔中にボーリング湧水を採水し、成分分析を実施



Φ200mm削孔が完了後、ボーリング湧水で採水し、成分分析を実施



図 10 湧水圧、コア採取、成分分析の実施箇所

(県境に向けた高速長尺先進ボーリング実施時)

- 掘削エネルギー係数による地山評価の例を図 1 1 に示します。

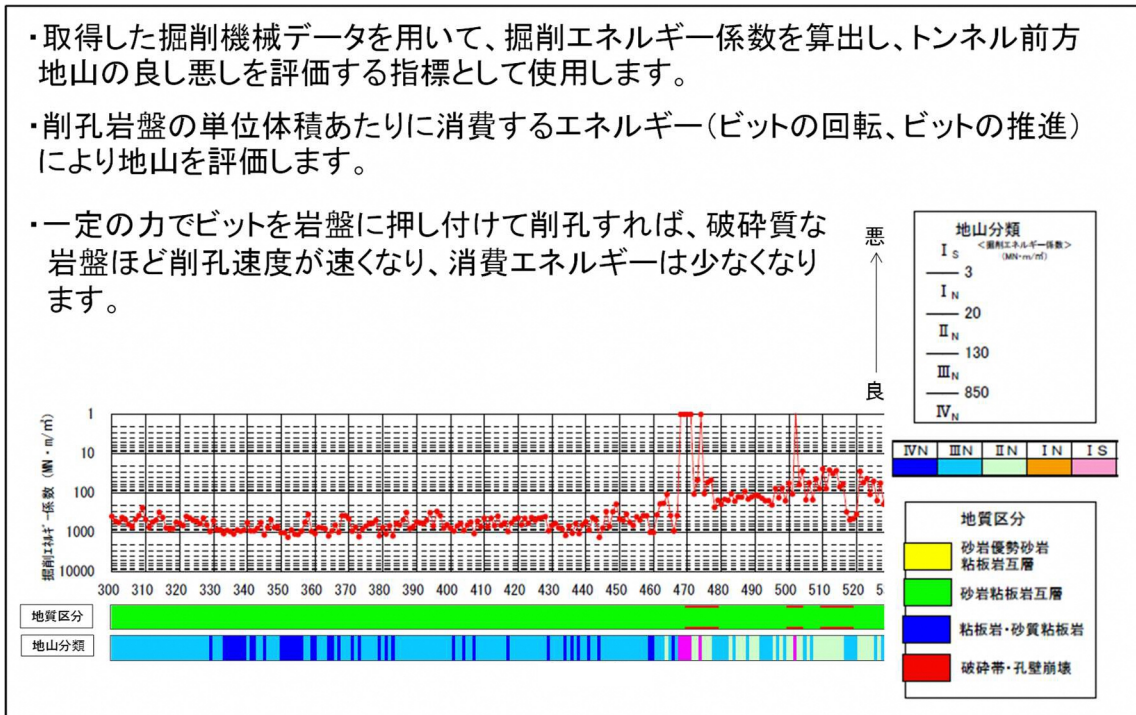


図 1 1 掘削エネルギー係数による地山評価の例

- 実際の調査事例として、過去に大井川（東俣）から山梨県側に向けて行った高速長尺先進ボーリングの調査結果を図 1 2 に示します。上のグラフでは掘削エネルギー係数の推移などにより地質の状態が推察でき、下のグラフでは孔口湧水量の推移がわかります。

地質の状態の推察にあたっては、ボーリング削孔時の記録（例：回転停止等 緑字で表記）などについても、この情報だけで確定的に扱うことができるものではありませんが、参考として定期的に確認することとしています。

- 先進坑を県境付近まで掘削のうえで高速長尺先進ボーリングやコアボーリングを実施することにより、トンネルを掘削する区間に沿った地質や地下水の状況を、水平方向に連続的に把握し技術的なデータを得ることができるため、トンネル湧水に関する不確実性を低減し、地域の皆さまのご懸念の解消につなげていくことができると考えます。

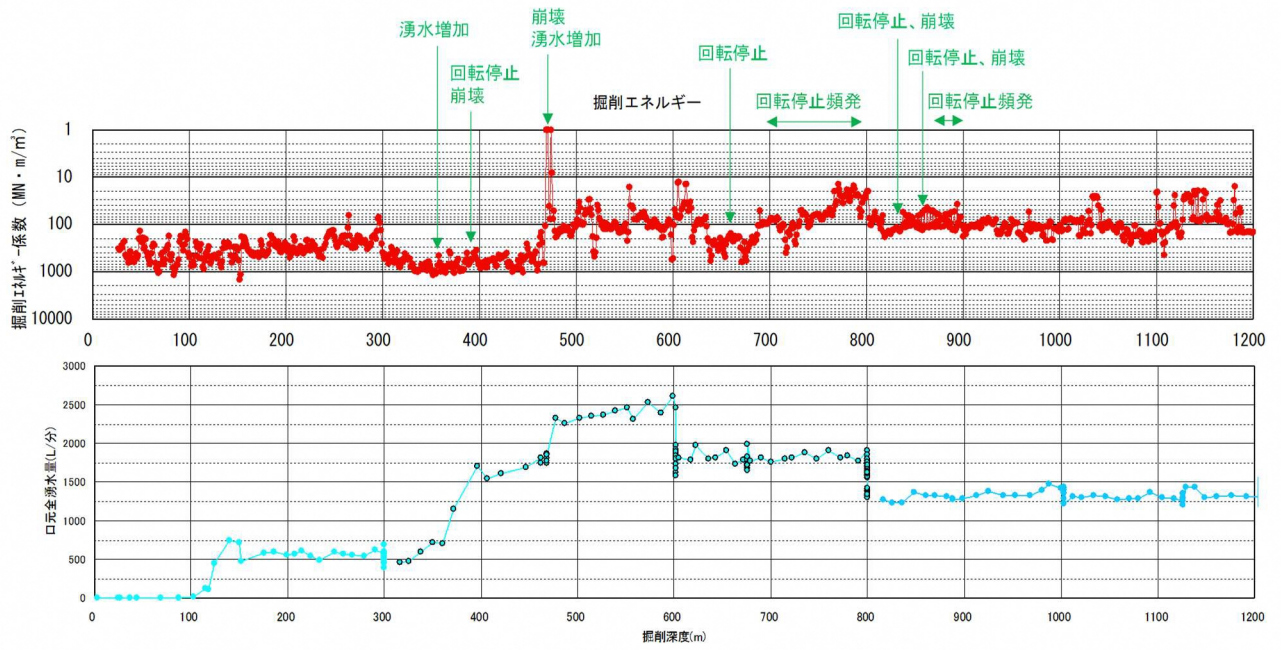


図 1 2 高速長尺先進ボーリングの調査結果

- また、新技術への挑戦として、コアチューブによるコア採取など、高速長尺先進ボーリングでは難しいコアの採取も試みる計画です。(写真 1)

- コアの採取

ボーリング先端の削孔ビットをトリコンビットからコアチューブ付きのリングビットへ換装し、マシン給圧等により 1～2 m 程度のコアを採取する方法で実施します。これまで高速長尺先進ボーリングでコア採取を実施した実績は少なく、確実にコアが採取できない可能性があります。山梨県境までのボーリングにおいては、 $\phi 200$ mm 削孔中の削孔位置 100～200 m 付近で想定する断層区間で採取に挑戦します。

コアチューブは $\phi 116$ mm (コア径 $\phi 95$ mm) にて実施します。

コア採取が成功した場合は、断層特有の破砕物の有無等を確認します。



写真 1 コア採取ツール (コアチューブ：参考)

- ・掘削速度、ロッド回転トルク、コントロールボーリング記録等

掘削データの新たな活用方法の挑戦として、概略的な地層の走向・傾斜の推察に取り組みます。具体的には先端ビットが地山内の地層の走向や傾斜により、わずかに先行して着岩することで、そこが回転支点となり、ボーリング孔がある一定方向へ動こう（上下左右）とする動きが見られます。これを修正するためにコントロールボーリングを行ないますが、この特性を活かし、他の調査結果と組み合わせて概略的な地層の走向や傾斜等を推察します。また、削孔時のデータから地質の脆い箇所や送水量・排水量のバランスなどを総合的に見ていくことで、地質の変化や脆い箇所などを精度よく把握し、地質・地山に関する場所ごとの情報を更新していきます。

- ・湧水量、水質の測定

湧水については、孔口での湧水量測定に併せて、水温、pH、電気伝導度も測定する計画とします。また、孔口で湧水圧の測定を行うとともに、湧水の化学的な成分分析を実施します。

湧水の観点では、孔口湧水量を測定し増加量や増加している区間を確認するとともに、孔口湧水の水温やpH、電気伝導度などの測定を併せて行い、調査時における湧水変化を量と質をもって連続的に把握することで、地表水との連続性が疑われる箇所を推定し、さらには、湧水の化学的な成分分析等を行うことで掘削時の影響に関するリスク分析、対策を検討します。図 1 3 は、広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングの湧水量のグラフです。湧水量だけではなく、湧水の増加量や増加している区間などがわかります。図 1 4 は、湧水の水質（電気伝導度）を計測した結果です。この広河原斜坑のデータでは湧水量がやや増加している箇所を含め、水質が急激に変化している箇所はありませんが、仮にそうした箇所があれば地表の水との連続性が疑われるため、重点を置いて管理する必要がある箇所となります。

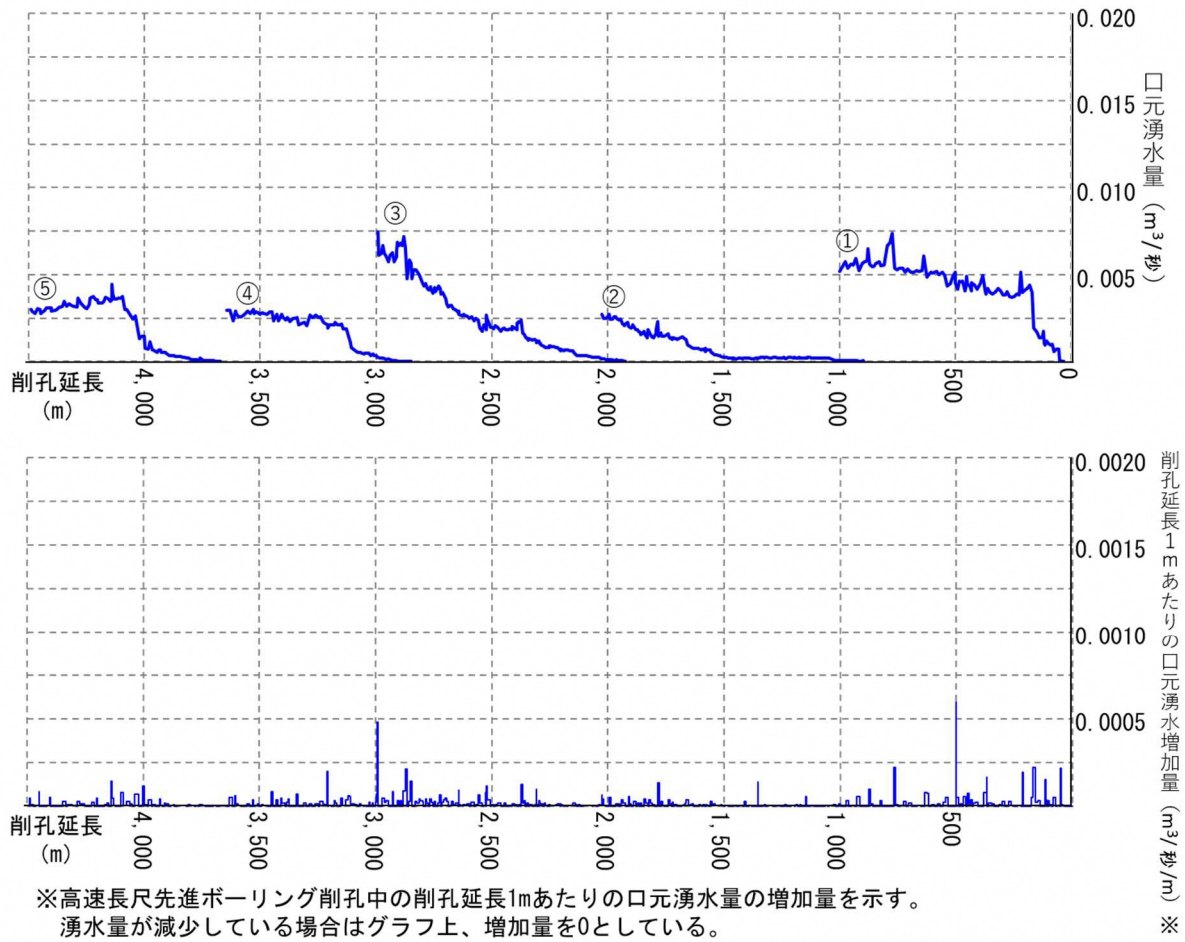


図 13 広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングの湧水量計測結果

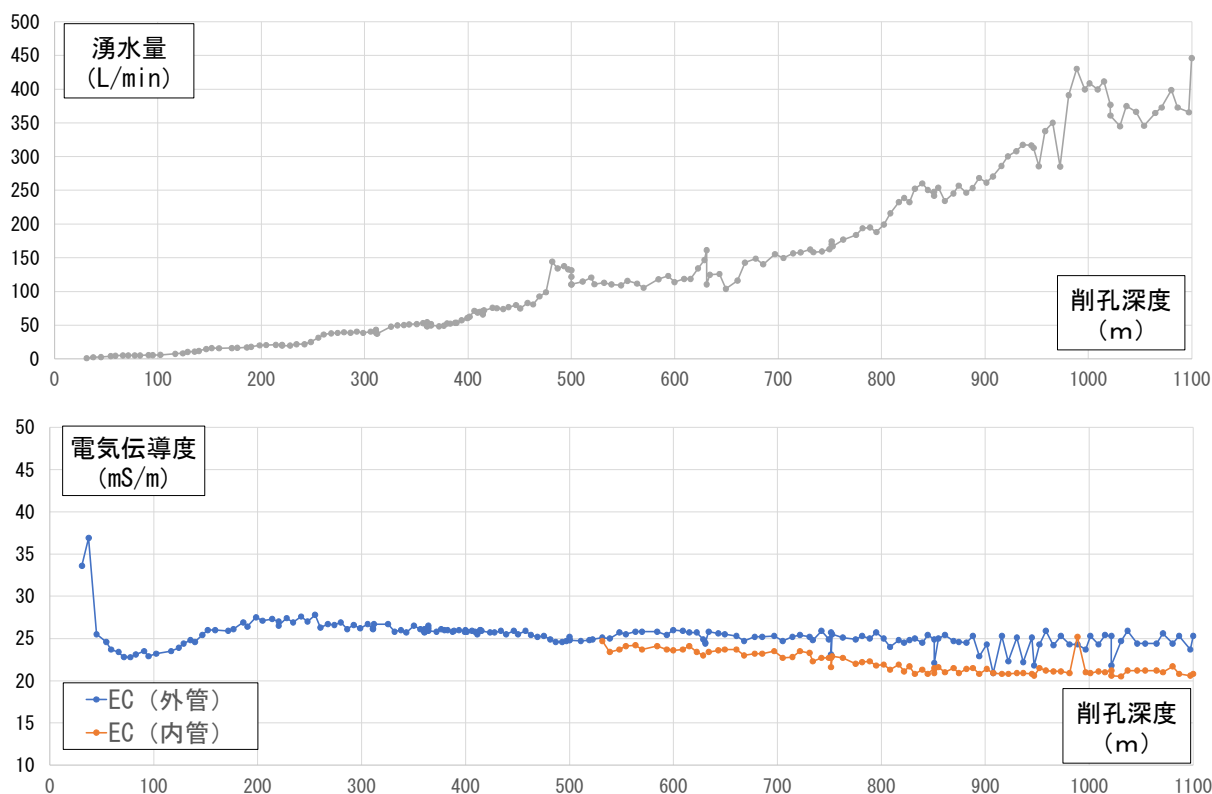


図 1 4 広河原斜坑の高速長尺先進ボーリングの湧水の水質計測結果

・湧水圧の測定

削孔位置 1 0 0 m 付近の湧水圧測定は、孔口から 1 0 0 m 付近に想定する断層の始まり付近で平均湧水圧を測定します。削孔位置 2 0 0 m 付近の湧水圧測定は、2 0 0 m 付近に想定する断層の終わり付近で平均湧水圧を測定します。

断層部を挟んで平均湧水圧を測定することで、当該区間の被圧水頭の確認や平均透水係数を算出します。

削孔位置 6 0 0 m 付近の湧水圧測定は、孔口から 6 0 0 m までをケーシングパイプで保護し、ボーリング孔周囲からの湧出影響を極力排除する環境を整えたうえで、6 5 0 m 付近に想定する断層の影響範囲と考えられる区間の平均湧水圧を測定し、被圧水頭の確認や平均透水係数を算出します。

3 回の湧水圧測定の結果、平均湧水圧の差から山体内における動水勾配や断層を挟むことによる地山の平均的な透水性について考察します。

・湧水の化学的な成分分析

溶存イオン計8項目（ナトリウムイオン（ Na^+ ）、カリウムイオン（ K^+ ）、カルシウムイオン（ Ca^{2+} ）、マグネシウムイオン（ Mg^{2+} ）、塩化物イオン（ Cl^- ）、重炭酸イオン（ HCO_3^- ）、硫酸イオン（ SO_4^{2-} ）、硝酸イオン（ NO_3^- ））の測定その他、酸素・水素安定同位体比の測定による涵養標高の推定、トレーサーを用いた地下水の涵養年代に関する測定を行います。

トレーサーとしては、深層の地下水であることから半減期が約5,730年と長い ^{14}C （炭素）の放射性同位体を使用しますが、地表からの水を引き込んでいないかの判断に資するため、半減期が約12.3年と短い ^3H （トリチウム）の放射性同位体も分析し、判断を行うためのバックデータとして活用します。さらに、トリチウムが検出された場合は、 SF_6 （六フッ化硫黄）でさらに涵養年数の短い期間に対する分析を行います。

県境までの山梨県内のボーリングにおいては、 $\phi 200\text{mm}$ 削孔中に2回（堅岩部及び断層部と想定）、 $\phi 200\text{mm}$ 削孔完了後に1回（断層部と想定）ボーリング湧水を採水し、分析を行う計画としています。これらの分析により堅岩部と断層部における現状での違いを把握するとともに、地表からの水を引き込んでいないかの判断に活用します。

- ・また、これまで行っている水収支解析においては、既往のボーリング調査における湧水圧試験の結果や有効間隙率試験の結果を参照しつつ、河川流量の実測値と予測値との再現性の検証において最も再現性が良かった透水係数、有効間隙率の組合せからこれらを設定していました。今回、高速長尺先進ボーリング時に実施する湧水圧測定の結果等から現地での平均的な透水係数を把握します。（水収支解析のイメージを図 15 に示します。）

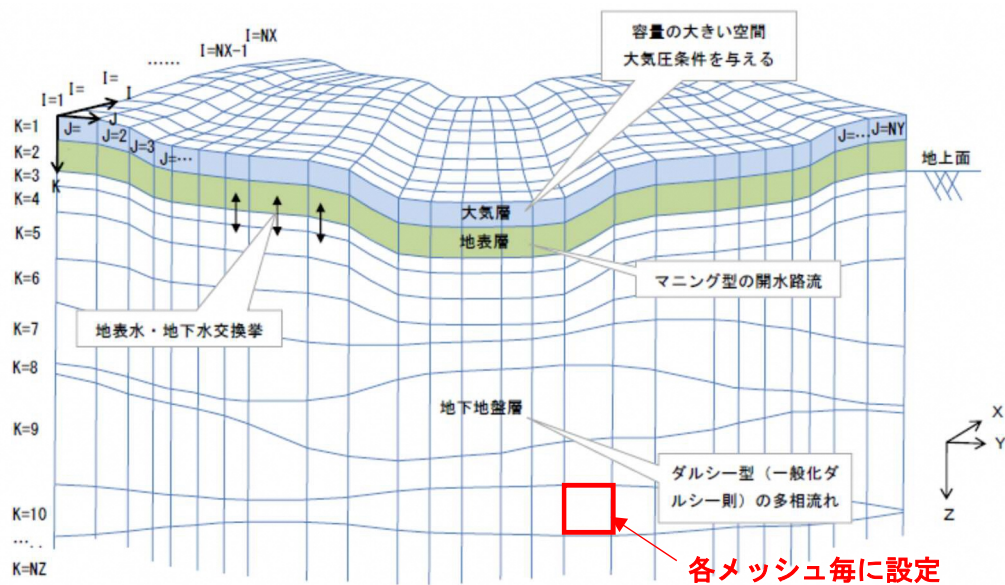


図 15 水収支解析モデル（静岡市モデル）

- ・断層帯については、一つの大きな幅をもった区間として設定していました。高速長尺先進ボーリングで地質分布の確認を行い、路線に沿って断層帯の延長や、断層帯と堅岩部の分布状況を把握してまいります（図 16）。

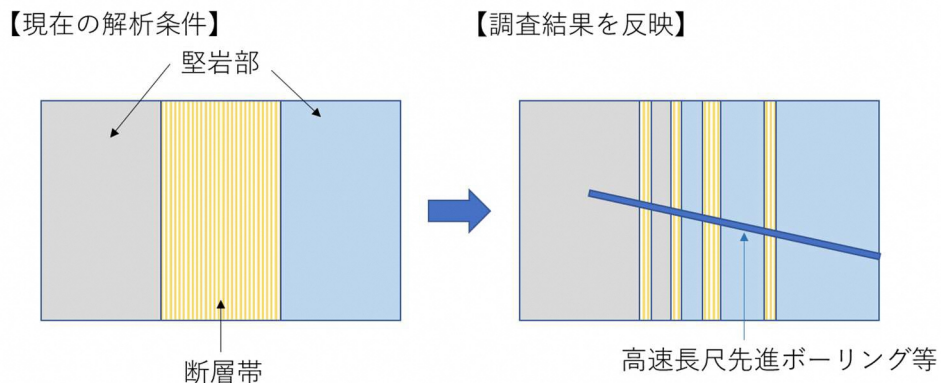


図 16 調査による地盤区分の把握のイメージ

- ・地質・地山と湧水の基礎的なデータを個々に見るのではなく総合的に考察・分析・評価することで、トンネル掘削に関する影響について不確実性の低減を可能な限り図るよう、調査結果をまとめていきます。
- ・調査の結果は専門部会で報告し、地域の皆さまのご懸念の解消につなげてまいります。

3) コアボーリング

- ・高速長尺先進ボーリングによる調査で、地質の脆い区間や湧水量が急激に増える区間などが確認された場合は、コアボーリングにより詳細を確認します。
- ・コアボーリングで計画する調査項目やコアボーリングの調査によってわかることと、不確実性の低減等に向けたデータの活用方法を表 2 にまとめます。

表 2 コアボーリングの調査項目

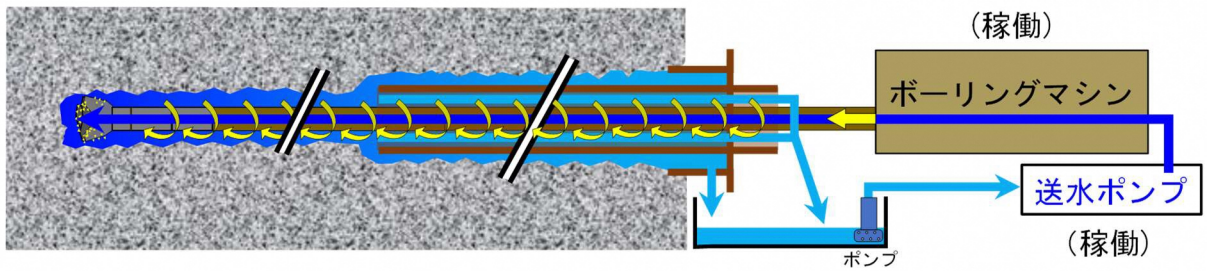
調査項目		測定方法	測定頻度	調査によってわかること	活用方法	
地質・地山	コア観察	<ul style="list-style-type: none"> 採取したコアの観察（岩種、風化、割れ目状態、変質等）（断層粘土の挟在、褶曲構造） コア採取に関するデータの整理（採取率、最大コア長、RQD等） 	<ul style="list-style-type: none"> 全試料延長 	<ul style="list-style-type: none"> 地質等変化箇所など特定箇所における地質性状の詳細把握 岩盤の割れ目の幅や間隔の把握 地質の脆い区間の規模（幅等）を把握 	<ul style="list-style-type: none"> 既往地質図との比較（場所毎の地盤区分の確認） 地質弱部の評価 	
	物理特性・力学特性	<ul style="list-style-type: none"> 採取コアを整形し各種試験を実施（物理試験） 密度、含水比、有効間隙率、超音波速度（力学試験） 一軸圧縮試験、三軸圧縮試験（必要な場合） 	<ul style="list-style-type: none"> 地質の脆い区間や湧水量が変化した箇所実施 	<ul style="list-style-type: none"> 岩石が持つ強度や特性の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 有効間隙率の状況確認 地質弱部の評価 	
湧水	孔口湧水量（削孔中）	<ul style="list-style-type: none"> 容器法による測定 電磁流量計による変動傾向の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 容器法は1日2回を基本。湧水量が大きく変化する箇所やビット交換時なども追加で実施 電磁流量計は常時記録 	<ul style="list-style-type: none"> 湧水の増加傾向から湧水量の多い区間の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 地表水との連続性が疑われる箇所を推定 掘削時の影響に関するリスク分析、対策 	
	孔口湧水量（削孔完了時）	<ul style="list-style-type: none"> タービン式流量計 	<ul style="list-style-type: none"> 常時 			
	孔口湧水の水質（水温、pH、電気伝導度）	<ul style="list-style-type: none"> デジタル水温計、pH計測器、導電率計による計測 	<ul style="list-style-type: none"> 容器法による湧水量の測定と同時に実施 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削の進捗に伴う変化の傾向を湧水量とも関連付けて確認 		
	湧水圧測定	<ul style="list-style-type: none"> 孔口で止水し調査区間平均湧水圧を測定 特定箇所における孔内湧水圧測定 	<ul style="list-style-type: none"> 湧水量が変化した箇所とその前後で実施 孔内湧水圧測定は高速長尺先進ボーリングの結果を踏まえ実施 	<ul style="list-style-type: none"> 特定の調査区間における透水係数を算出 場所毎の圧力変化から地下水の流動傾向を確認 		<ul style="list-style-type: none"> 特定の調査区間における透水係数の確認 地下水移動量の把握
	湧水の化学的な成分分析	<ul style="list-style-type: none"> 溶存イオン8項目、酸素・水素安定同位体比、不活性ガス（SF6）、トリチウム等 	<ul style="list-style-type: none"> 湧水圧測定時に採水 湧水量測定で変化がある時は追加実施 	<ul style="list-style-type: none"> シュティフダイアグラム作成、涵養標高・涵養年代の算出 		<ul style="list-style-type: none"> 特定の調査区間における湧水の起源について考察 掘削時の影響に関するリスク分析、対策

- コアボーリングでは、取得したコアサンプルによる物理特性・力学特性の確認や、ボーリング孔を利用した現場透水試験等によって現地での水理定数のデータ（透水係数、有効間隙率）を直接把握することができるため、不確実性の低減につながる可以考虑しています。
- 一方、コアボーリングは高速長尺先進ボーリングのようなコントロール機能を有していないことなどから長距離の削孔は難しく、削孔深度が深くなるにつれ、左右に大きく曲がったり、下向きに大きく垂れ下がるなど、削孔精度に大きな課題があるため、この点も考慮のうえで実施を検討いたします。
- 調査結果の報告は、高速長尺先進ボーリングと同様に行います。詳細は「 6）調査状況の報告」でご説明します。

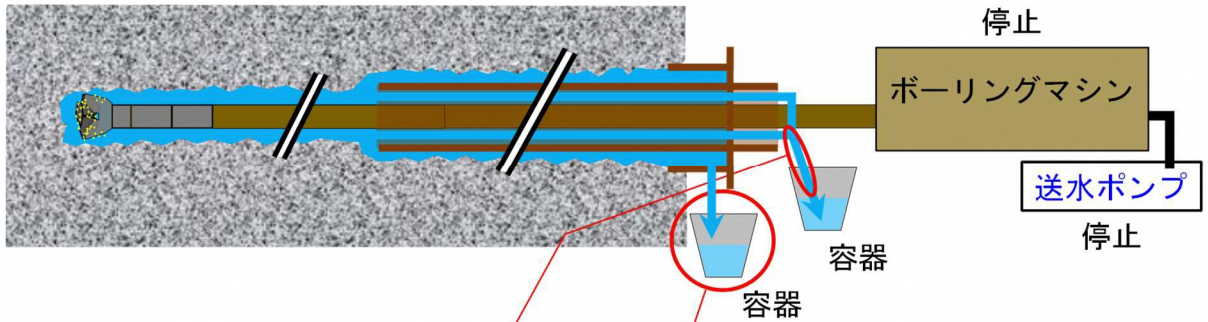
4) ボーリングにおける湧水量の測定方法

- ・ボーリングにおける湧水量の具体的な測定方法は、図 17のとおりです。
- ・湧水量は、1日2回の容器による計測に加え、電磁流量計による常時計測を行うことにより、湧水の状況を常時把握できるようにします。
- ・ボーリングの削孔作業時は、送水ポンプにより送水しながら削孔するため、削孔のために送水した水とボーリング孔内に流入する湧水が、あわせてボーリング孔口から出てくるため、孔口において湧水のみを測定することはできません。
- ・そこで、ボーリングの削孔期間中は1日2回、削孔作業を一時中断のうえ送水ポンプからの送水を停止し、孔口からの水量が落ち着いたのちにそれを湧水として容器にて測定します。
- ・また、上述の容器による測定に加え、削孔用に送水する水（削孔水）と孔口より出る湧水（削孔水と地下水が混じった状態）をそれぞれ電磁流量計により計測します。削孔水と孔口より出る湧水では孔内でのリターン時間によるタイムラグが生じるものの、差を取ることで湧水量を算出することが可能です。これにより湧水量の変動傾向を常時把握します。
- ・このように、ボーリングの削孔期間中、湧水量の測定は1日2回の容器による計測を基本としつつ、電磁流量計による湧水量の変動傾向を常時把握することで、湧水量の急激な変化の有無を合わせて把握していきます。
- ・ボーリングによる削孔が完了し、ボーリングマシンなど削孔に必要な機器を撤去した後は、流量計を設置のうえ湧水を常時計測します。
- ・高速長尺先進ボーリング（ノンコアボーリング）、コアボーリングに関わらず、上述の測定方法により、湧水量を測定します。

ボーリング削孔中の水の流れ



ボーリング削孔中の容器による湧水量計測 (削孔を一時停止し、約1時間後) 停止



容器による計測 (写真)

ボーリング削孔中の電磁流量計による湧水量計測

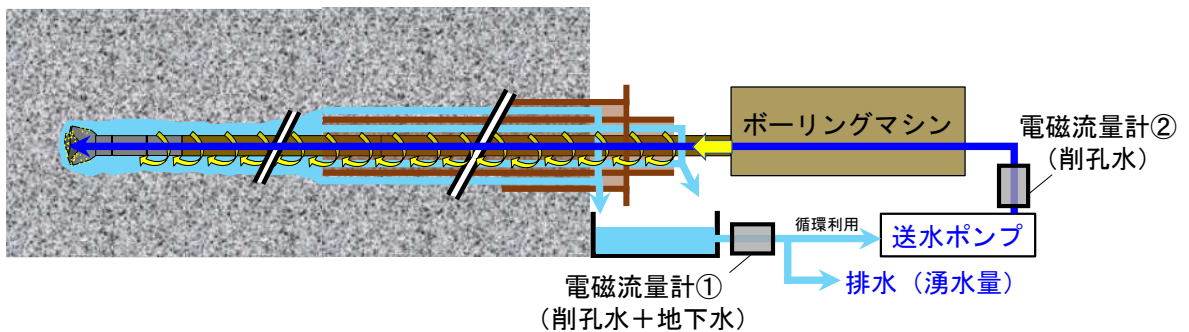


図 17 ボーリングにおける湧水量の測定方法 (高速長尺先進ボーリングの場合)

5) ボーリングにおける湧水への対応

【山梨県内において県境付近に向けて実施する高速長尺先進ボーリング】

○調査中

- ・山梨県内を削孔中に生じる湧水について、調査中は削孔に必要な水をポンプで循環させる必要があることから、孔口から流します。
- ・調査中はP 27に示す方法で継続的に湧水量を測定します。
- ・特に地質や湧水の変化に注意しながら、慎重に削孔を進める県境に近い区間（図18）については、令和5年2月20日に当社から静岡県に回答したとおり県境より約100mが目安であると考えていますが、その後に頂いた静岡県からのご意見に配慮し、孔口から500m以降（県境から約300m以内）の地点において、以下のとおり慎重に管理を行います。

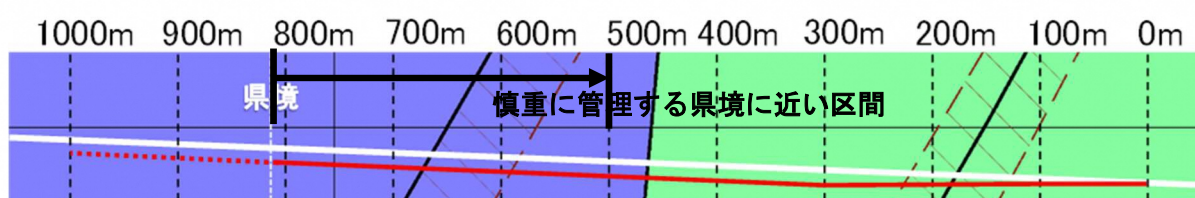


図 18 慎重に管理する県境に近い区間

①湧水量が10mあたり $0.04\text{ m}^3/\text{秒}$ （管理値の80%と設定）を超える場合

- ・削孔速度を下げるなど、より慎重な削孔を行います。
- ・P 36で1週間毎に取り纏めて報告することとしている孔口湧水量、水質調査の結果について、日々の結果を翌日までにメールで報告します。また、削孔中に生じる事象（回転停止等、日報の記載する内容）についても報告します。
- ・水資源・生態系へのご懸念に配慮し、静岡県内で水資源・生態系の調査を行っている沢のうち、断層帯に関連する箇所（図19に示すスリバチ沢を予定）において流量の測定を追加して実施し（追加測定開始当初は1週間毎とし、湧水量の状況に合わせ頻度は変更する）、結果をメールで報告します。また、地表からの水をボーリングにより引き込んでいないか確認するため、湧水について化学的な成分分析を実施します。

②湧水量が管理値（10mあたり0.05m³/秒）²を超える場合

- ・削孔を中断するとともに、孔口湧水量を確認します。
- ・1週間程度の間、孔口湧水量の減少傾向（2日間連続して減少）を確認した場合には削孔を再開します。減少傾向が確認されない場合は、今回のボーリングを終了し、湧水についてはバルブを閉めて止水します。
- ・ボーリングを終了した場合には、ボーリング孔の存在により周辺の地山内の水圧が高くなっていることを考慮し、先進坑掘削時の安全性を確保するためボーリング孔との離隔を確保するよう、先進坑の掘削位置を変更します。
- ・そのうえで、これまでのボーリングによって確認した地質や湧水の状況を踏まえ、管理値を超えた地点の手前まで先進坑の掘削を進めます。
- ・その後、管理値を超えた地点より先の区間でコアボーリング等の調査を行い、管理値を超えた地点より先の区間の地質や湧水の詳細を確認するとともに、その結果を踏まえ、必要となる箇所薬液注入等を実施し、その効果を確認します。その後、管理値を超えた地点より先の区間で新たに高速長尺先進ボーリング*による調査を行い、地質や湧水の状況を確認します。
- ・確認の後、管理値を超えた地点より先の区間の先進坑掘削を再開し、県境まで掘削を行います。
- ・これらの取扱いを、図に整理すると図20のとおりです。

※ 新たに行う高速長尺先進ボーリングについても、図20の管理フローにおける「今回のボーリング削孔」と同様の管理を行います。

○調査完了後

- ・調査完了後の山梨県内の湧水については、その後に実施する先進坑掘削の安全を考慮し、その量を継続的に測定のうちで孔口から流します。

² 平成31年3月13日「静岡県中央新幹線環境保全連絡会議地質構造・水資源専門部会」において提示したものの、および国土交通省「リニア中央新幹線静岡工区有識者会議」で提示した「大井川水資源利用への影響の回避・低減に向けた取組み」に記載した管理値。

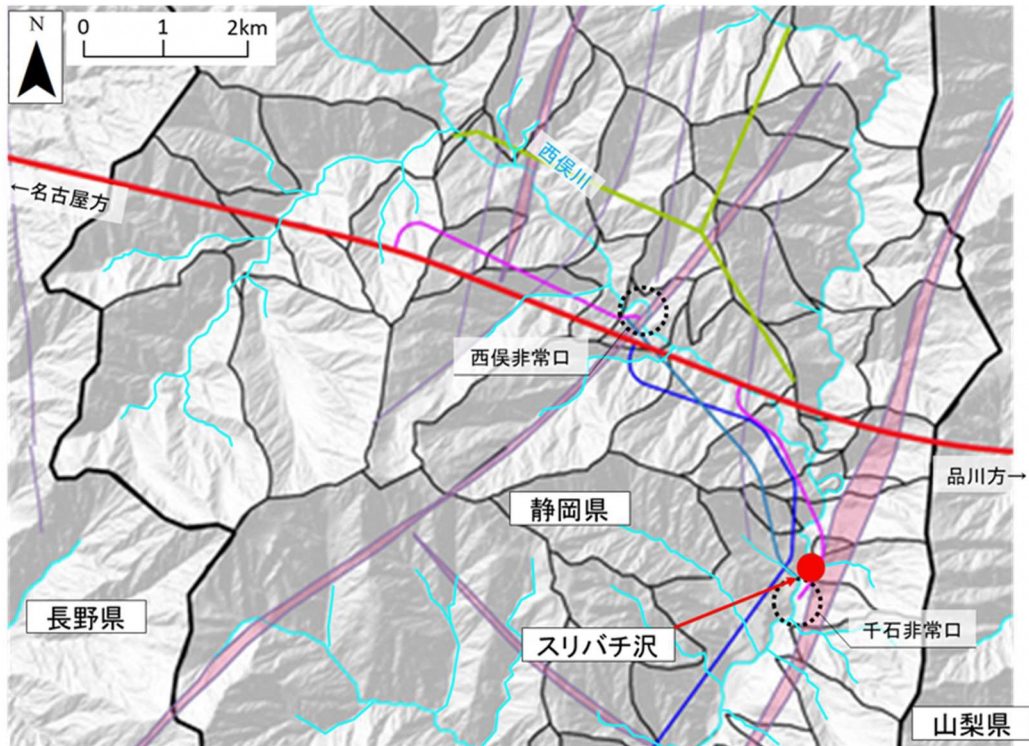


図 19 沢の流量測定の実施箇所

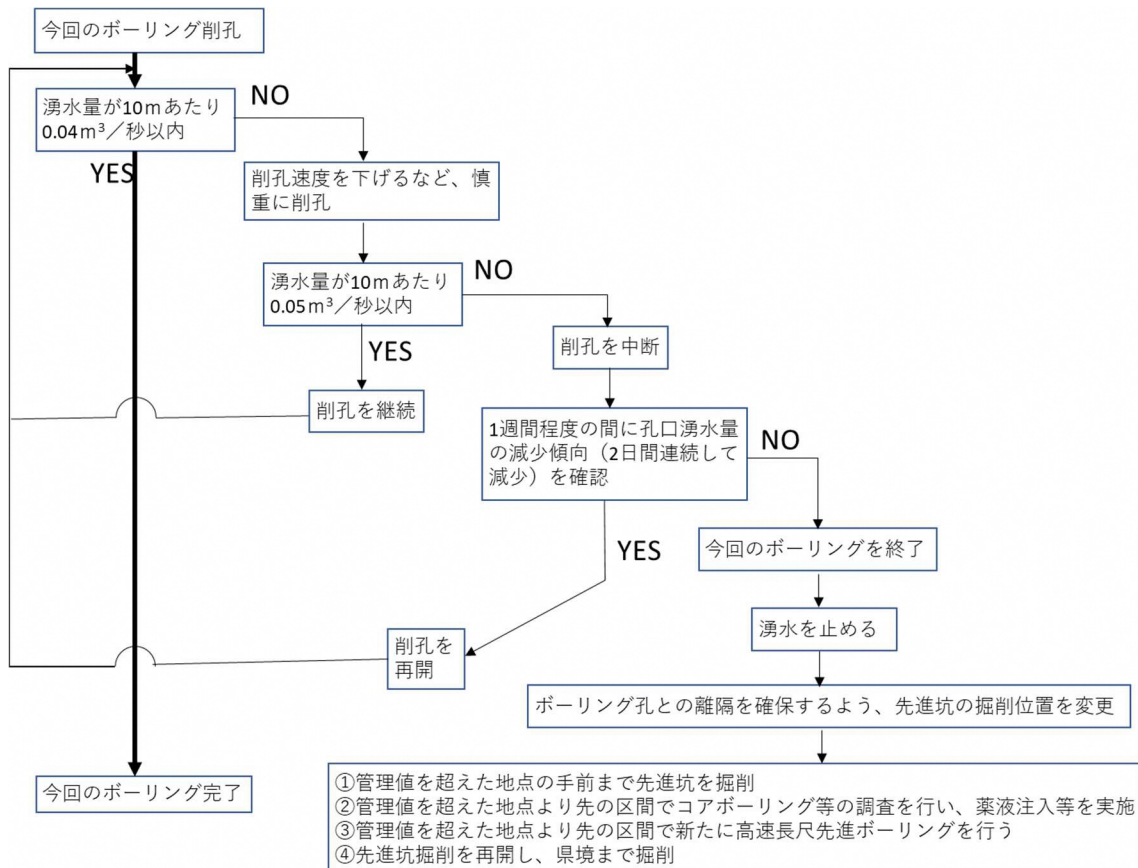


図 20 山梨県内の高速長尺先進ボーリングにおける調査中の管理フロー

【上記のボーリングについて、県境を越えて実施する場合】

- ・ボーリングが県境に達する時点において、皆様からのご懸念を受け止め、静岡県側から山梨県側へ流出する湧水と同量の水を静岡県側に戻す方法が実施可能となった場合には、未調査の約300mの区間まで県境を越えて削孔することを考えています。湧水に戻す方法や時期については、資料1「中央新幹線南アルプストンネル工事における県外流出量を大井川に戻す方策等について」でご提示している方法等を参考に議論を進めてまいります。これまでのボーリング時の湧水量の実績から判断すれば突発湧水の発生時を含め、戻すことは可能と考えています。
- ・静岡県内の湧水と同量の水を戻すにあたり、実際にはボーリング孔口で測定する湧水は山梨県内と静岡県内の両方で発生する水が混ざって出てきます。山梨県内の湧水と静岡県内の湧水の区分については、削孔時に測定される孔口湧水量の削孔延長あたり増加量に着目し、山梨・静岡各県区間の湧水増加量の累積量の比により按分する方法などが考えられ、図 21 にそのイメージを示します。

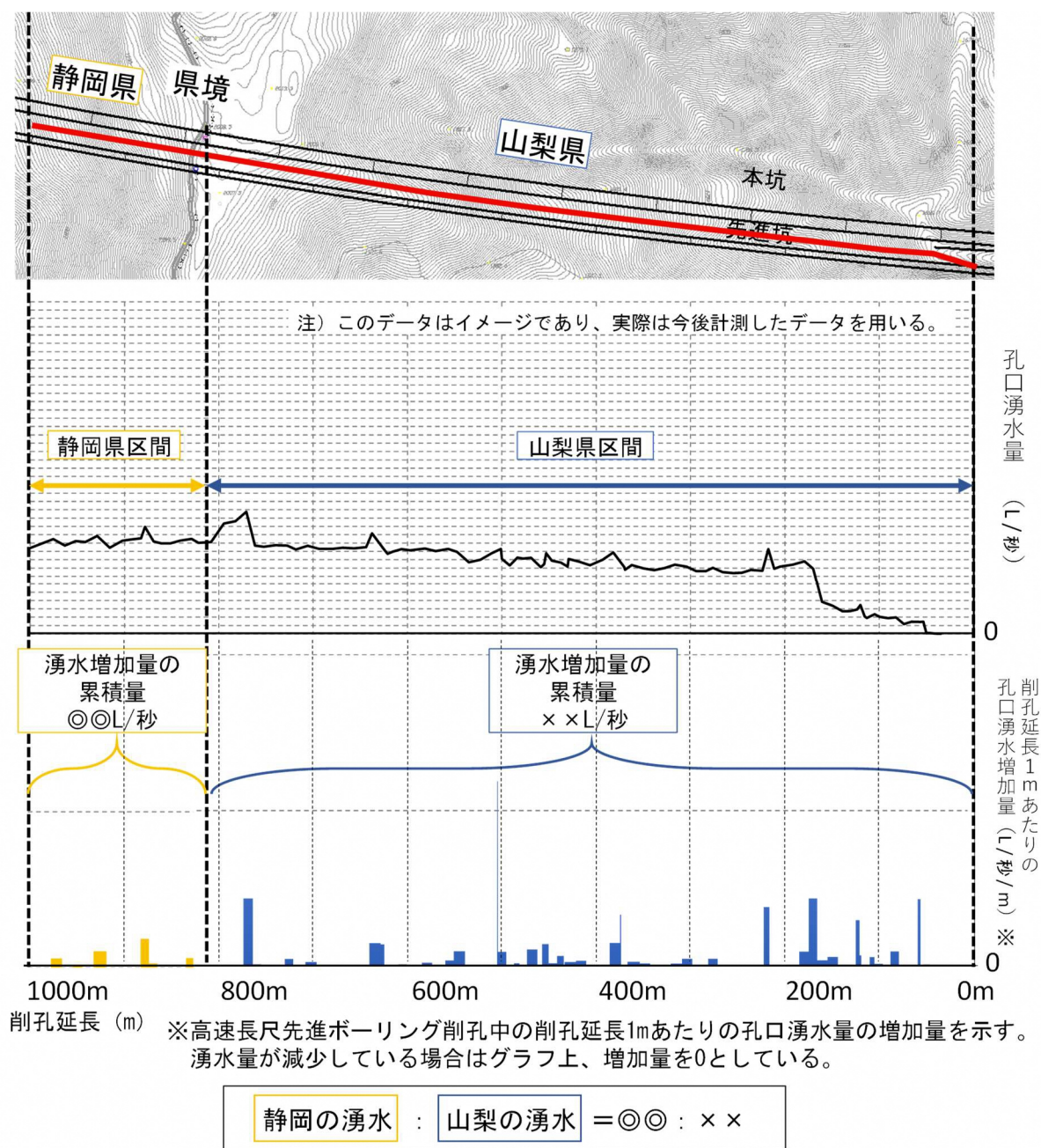


図 2 1 山梨県内の湧水と静岡県内の湧水の区別のイメージ

【県境付近から実施するボーリング調査】

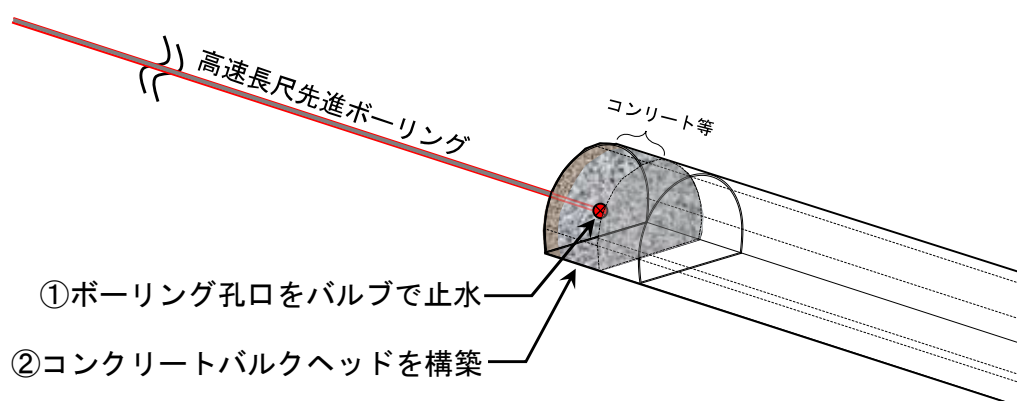
○調査中

- ・削孔中に生じる静岡県内の湧水について、調査中は、削孔に必要な水をポンプで循環させる必要があることから、湧水は調査後に同量を戻せるよう量を測定したうえで孔口から流します。
- ・調査中は継続的に湧水量を測定します。調査中に湧水量が管理値（10mあたり0.05m³/秒）を超える場合は、削孔を中断し対応を検討します。

- ・調査中に流した湧水については、静岡県側に同量の水を戻すこととし、その取扱いについては静岡県等と議論していきます。削孔中に突発湧水が生じた場合はこれまでに実施された工事、例えば青函トンネルなどの事例も参考にしながら、流出を止めるよう措置いたします。

○調査完了後

- ・調査が完了した後は、湧水の流出を防ぐため、孔口付近で止水します。止水の方法としては、高水圧に対応可能な性能を持つバルブの使用や孔口周りの止水処理（セメンチング）の強化や、孔口に近いトンネル自体の構造の高強度化などを考えていますが、このほかにも隔壁（バルクヘッド）などの工事の事例や深地層の研究機関等で研究が進められている方法も参考にしながら、確実な止水の方法を採用してまいります。（図 2 2、**図 2 3**）具体的な計画は、実施までの間に専門部会でご報告します。



※上図は実際のトンネル工事の実績等を参考にしたコンクリートバルクヘッドのイメージ例となります。

図 2 2 隔壁（バルクヘッド）のイメージ



図 2 3 孔口バルブのイメージ

【水資源・生態系への影響について】

- ・ これまでも、断層帯に関連する沢においては水資源や生態系のモニタリングを実施してきており、その結果は年度ごとに取りまとめて、静岡県等に報告しています。
- ・ 今回ボーリングによる水資源や生態系への影響に関するご懸念に配慮し、水資源・生態系の調査を行っている沢において、静岡県内で実施するボーリングの調査中、調査完了後に流量の調査を追加して実施します。
- ・ 具体的な内容は、県境を越えた調査を行うまでに専門部会でご報告します。

(参考) ボーリング時の湧水量について

- ・ 当該箇所の周辺でこれまでに実施したボーリングの湧水量は、表 3 に示すとおりであり、仮に同程度の湧水量が発生し静岡県側から山梨県側に流れても、静岡県内の地下水に影響を与え、大井川の水資源利用に影響を与える可能性は小さいと考えられます。
- ・ しかしながら、地域の皆さまからのご懸念を受け止め、調査完了後に発生する静岡県内の湧水については、同量の水を静岡県側へ戻す、あるいは流出を止めるようにいたします。

表 3 周辺で実施したボーリングの湧水量

既存のボーリング地点		ボーリング長 (m)	完了時湧水量 (m ³ /秒)	井川ダムにおける大井川の 平均流量 ³ に対する割合
山梨県	広河原斜坑①	1,000	0.005	0.01~0.02%
	広河原斜坑②	1,170	0.003	0.01%
	広河原斜坑③	1,100	0.007	0.02~0.03%
	広河原斜坑④	801	0.003	0.01%
	広河原斜坑⑤	851	0.003	0.01%
静岡県	東俣～県境付近 (斜めボーリング)	1,200	0.02	0.04~0.07%

³ 井川ダムにおける大井川の平均流量は約 12 億 m³/年±3 億 m³/年（国土交通省「リニア中央新幹線静岡工区有識者会議」で提示した「大井川水資源利用への影響の回避・低減に向けた取組み」による）。

6) 調査状況の報告

- ・南アルプストンネル山梨工区にて実施する高速長尺先進ボーリングによる調査の状況は、図 24 に示すとおり、山梨県、早川町及び静岡県等に報告します。
- ・調査の着手時に報告を開始します。
- ・基本は、日々のボーリング先端位置及び代表的な地質の状況（試料写真）と孔口湧水量、**水質検査結果**を1週間毎に取り纏め、山梨県、早川町には山梨西工事事務所より、静岡県等には静岡工事事務所より、翌週中にメール等で報告します。
また、関係者の方々へ送付した資料は、**当社ホームページにて公開しております。**
- ・これまでの調査結果の報告資料やボーリング調査結果については、「中央新幹線南アルプストンネル山梨工区 山梨・静岡県境付近の調査及び工事の計画について 別冊」にとりまとめました。
- ・管理値を超える湧水が発生した際は、速やかに報告します。
- ・ボーリング先端が県境に到達した際は、その旨を速やかに報告します。
- ・県境を越えて未調査の約300mについてボーリング調査を進める場合も、報告は同様に行います。
- ・ボーリングが完了した際には、速やかに報告します。
- ・ボーリング完了後、取得データ、採取した試料及び地質や湧水の評価について取り纏め、報告します。

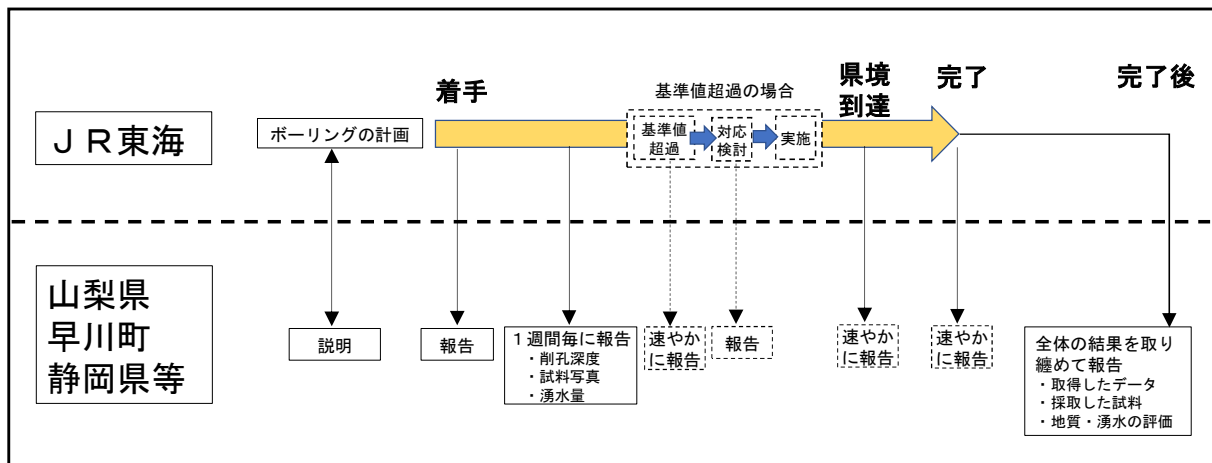


図 24 報告に関する流れ

- ・静岡県とはボーリング調査開始前から、対話を行いながら進めています。対話の内容を「中央新幹線南アルプストンネル山梨工区 山梨・静岡県境付近の調査及び工事の計画について 別冊」に示します。
今後も対話を行いながら、ボーリング調査を進めてまいります。

(2) 先進坑掘削の進め方

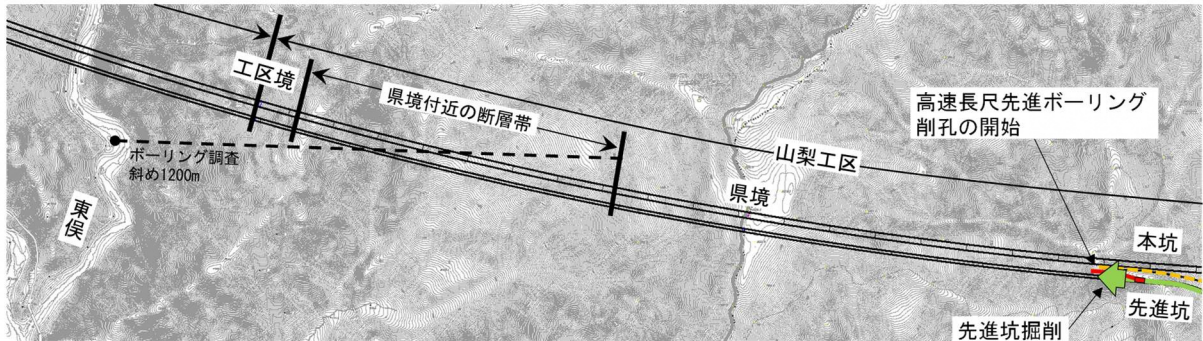
1) 先進坑掘削計画

- ・山梨県内の地質、地下水の調査を目的に実施する高速長尺先進ボーリングにより地質と湧水の状況を把握したところから先進坑を掘削し、山梨・静岡県境の付近まで進めます。
- ・これまでの地質調査結果からは想定していませんが、高速長尺先進ボーリング調査及び先進坑からのコアボーリングなどの追加の地質調査の結果、県境付近に大量の湧水の存在を確認した場合には、山梨県、早川町及び静岡県等に報告するとともに、その手前で先進坑の掘削を一時停止し、必要な調査及び対策を検討・実施します。
- ・県境付近における先進坑の切羽は、高速長尺先進ボーリングで得られるデータ(湧水量・湧水圧の測定を行い、県境付近における岩盤の透水係数を推定します)から、静岡県側から山梨県側に流れる水の量が極めて少なくなるよう県境から一定の離隔を確保した手前の地点で停止します。停止位置の決定にあたっては、先進坑掘削時の地山・湧水の状況についても参考にします。具体的な内容は、専門部会で報告します。

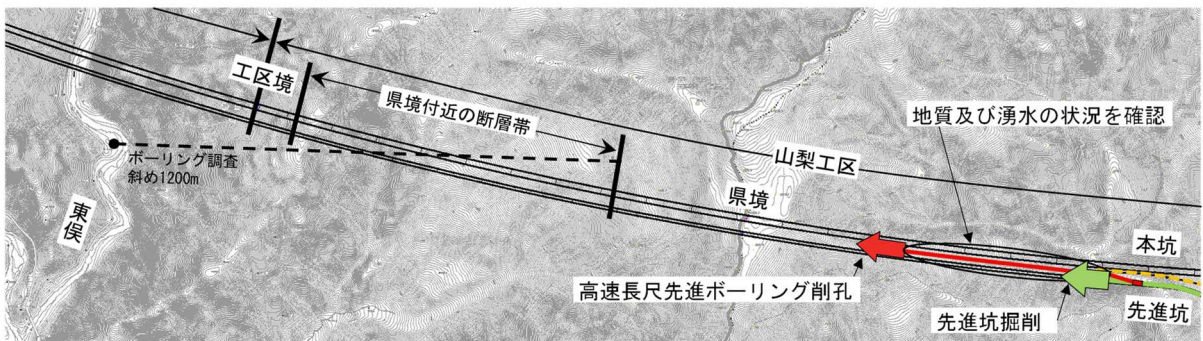
2) 断層帯調査と先進坑掘削手順

・今後の先進坑に関する掘削手順を、断層帯調査を含め、図 25 に示します。

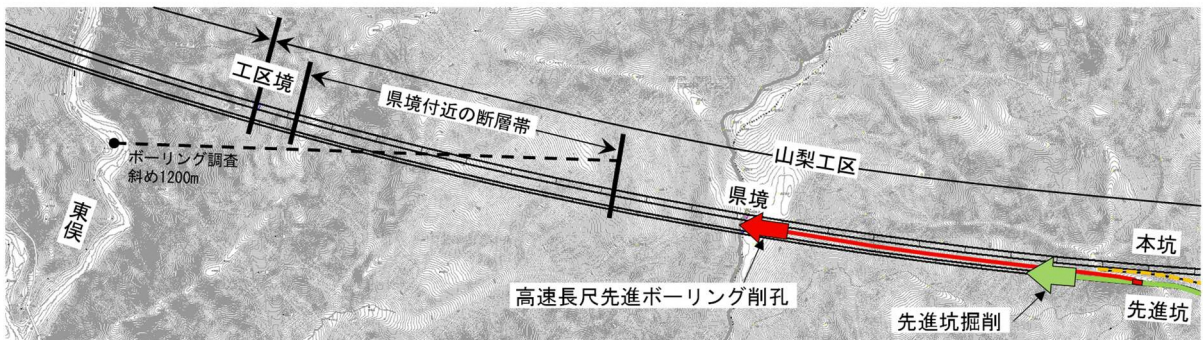
①現在 高速長尺先進ボーリング調査の開始



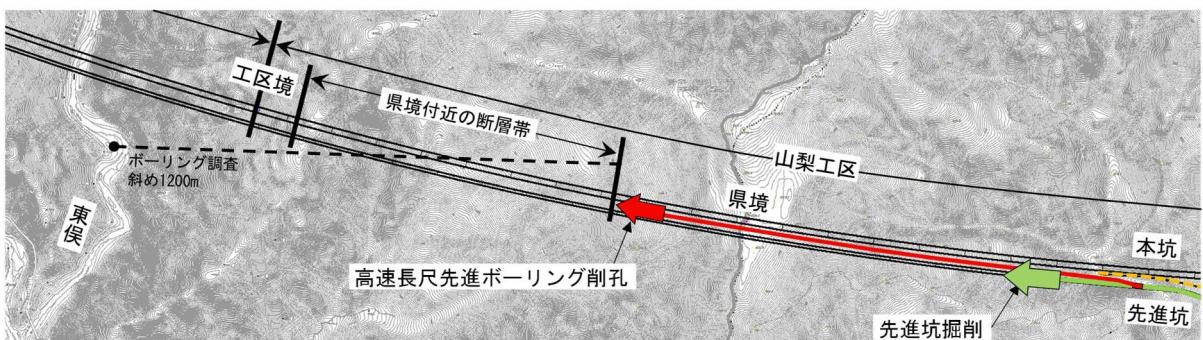
②高速長尺先進ボーリング調査、先進坑を掘削



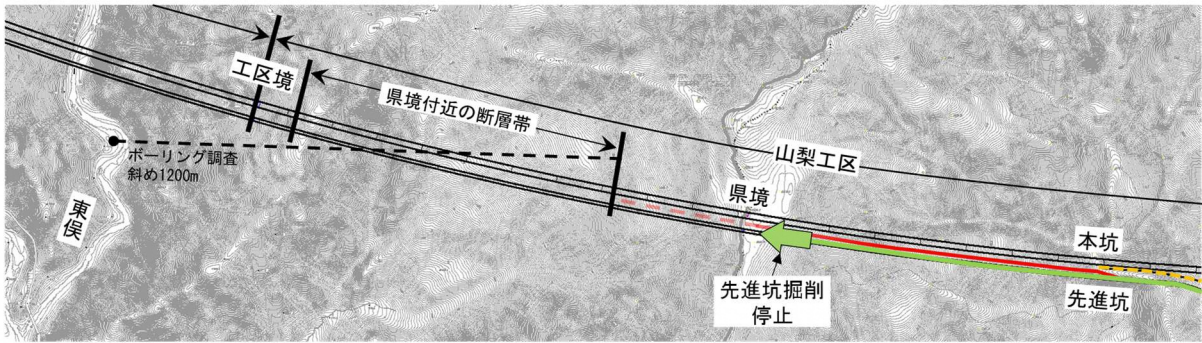
③高速長尺先進ボーリング調査県境到達



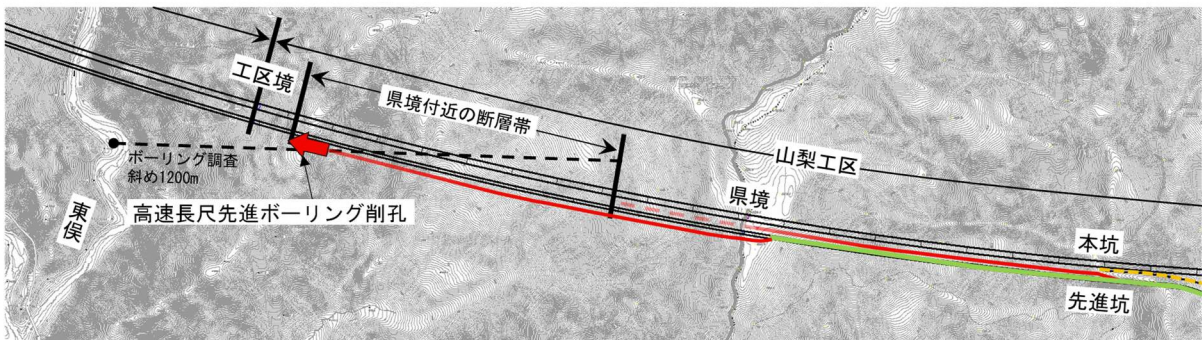
③' 湧水を静岡県側に戻す方法が実施可能になった場合、未調査区間を調査



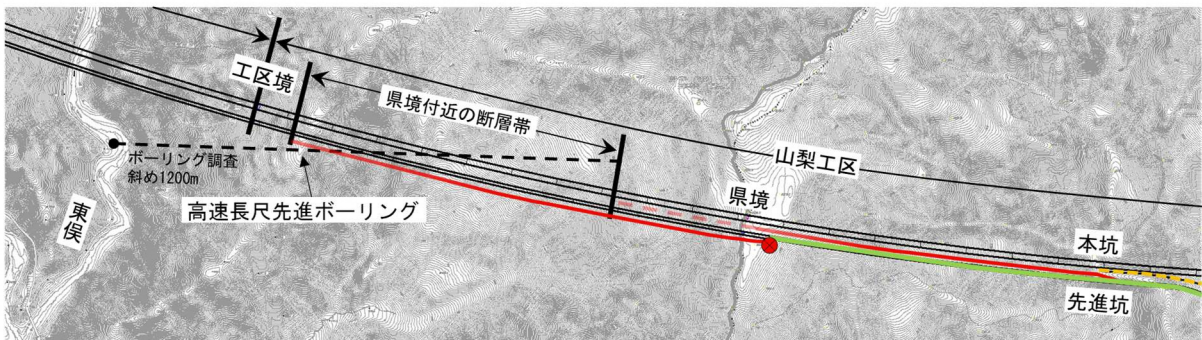
④ 県境手前で先進坑掘削を停止



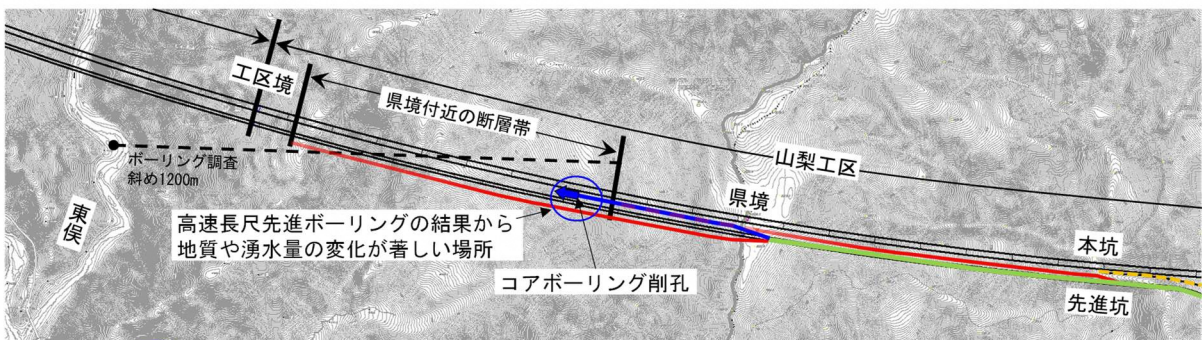
⑤ 先進坑より県境を越えて高速長尺先進ボーリング調査を実施



⑥ 調査完了後高速長尺先進ボーリング孔口を止水



(参考) 追加の地質調査 (コアボーリング) を実施する場合



注) 図上の ○ 「地質や湧水量の変化が著しい場所」は例であり、実際のものではありません

図 25 高速長尺先進ボーリングによる断層帯調査と先進坑掘削手順

(補足)

1) 高速長尺先進ボーリングによる広河原斜坑の地質、湧水状況の確認結果

- ・高速長尺先進ボーリング削孔データの活用方法について、広河原斜坑での実績をもとに、地表踏査の結果などと比較しながらご説明します。

① 調査開始前

- ・文献調査および地表踏査の結果、広河原斜坑 1k300m 付近直上の地表面に、おおむね南北方向に延びる破砕帯を確認していました (図 26)。また、その破砕帯は広河原斜坑と内河内川の交差箇所にあたり、土被りも 200m 程度であったことから、広河原斜坑掘削時に湧水が発生する可能性があるかと想定していました。

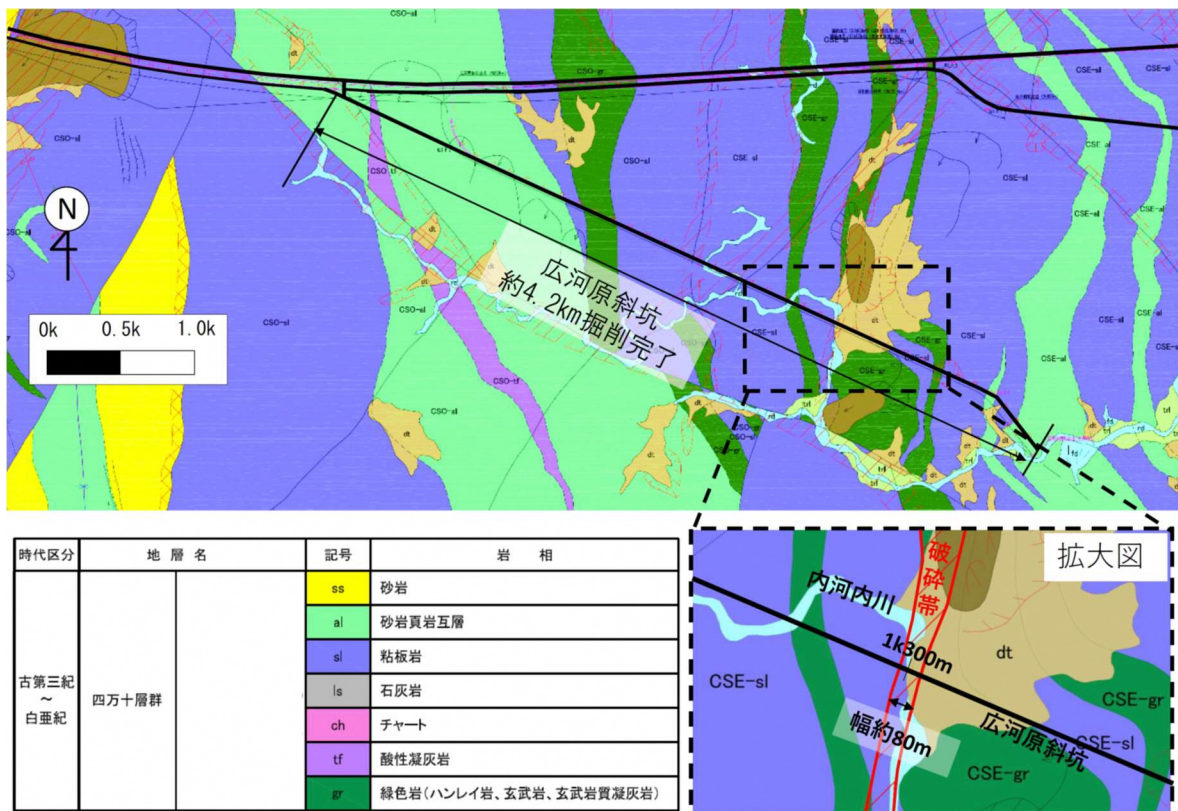


図 26 地質平面図

② 高速長尺先進ボーリング実施時

- ・事前調査で破砕帯が認められた箇所直下の、トンネル掘削高さの地質と地下水の賦存状況を調査するため、広河原斜坑 0k854m を孔口として水平方向に延長 1170m の高速長尺先進ボーリングを実施したところ、広河原斜坑 1k250m～1k410m 付近

の区間で、掘削エネルギーが全般的に低下傾向を示しました。これにより 1k250m～1k410m 付近において、地表面と同様にトンネル掘削高さにおいても破碎質な地山が分布することが推定されました。(図 27)

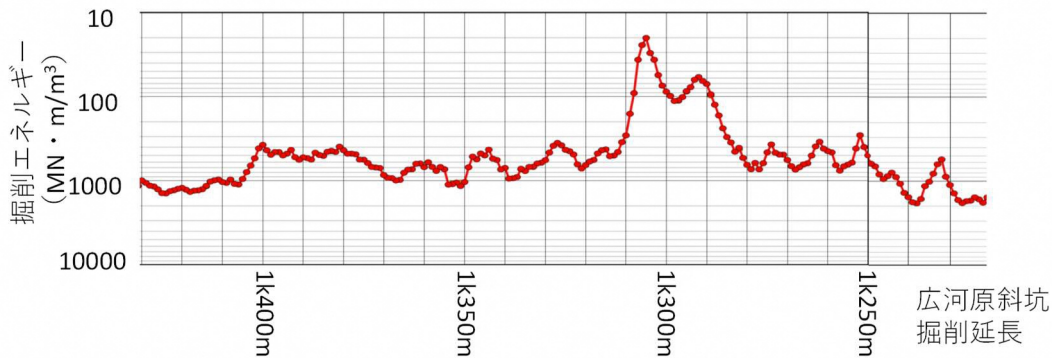


図 27 高速長尺先進ボーリング（広河原斜坑 0k850m～）の掘削エネルギー

- ・ボーリングのエネルギー値は、1k250m～1k280m 付近では 300MN·m/m³～700MN·m/m³ の幅で変動した後、1k280m～1k310m 付近で 700MN·m/m³→20MN·m/m³→400MN·m/m³ へと、大幅な減少と増加を示しました。1k310m～1k390m 付近は 400MN·m/m³～1000MN·m/m³ の幅で変動した後、1k400m～1k410m 付近では 400 MN·m/m³→1000MN·m/m³ へと上昇傾向を示しました。1k410m から先は 150m 以上に渡り、おおむね 1000MN·m/m³ 程度を維持しました。エネルギー値の変動傾向から、1k250m～1k410m 付近に推定される破碎帯の内部は、一様に軟質な岩盤という訳ではなく、硬質な岩盤と軟質な岩盤が交互に分布していることが想定されました。
- ・他方で、ボーリング掘削中の孔口湧水量は 1k250m 掘削時点で 13L/min、1k410m 掘削時点で 11L/min と増加しておらず、破碎帯と推定された区間には、地下水が少ないことが確認されました。(図 28)

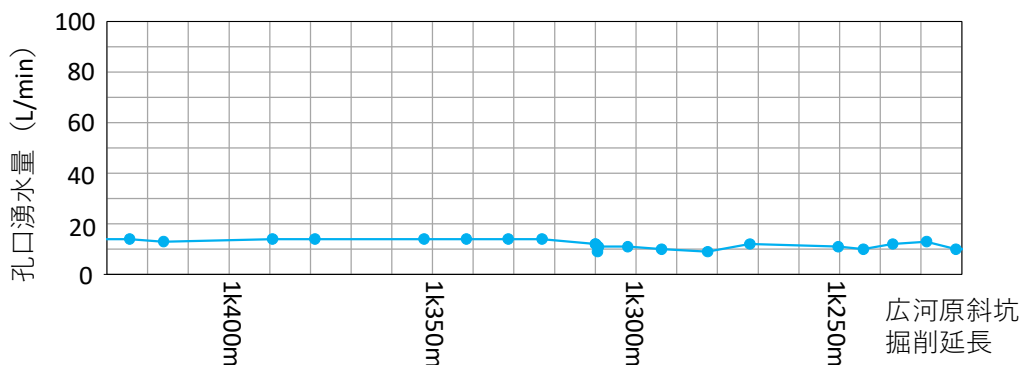


図 28 高速長尺先進ボーリング（広河原斜坑 0k850m～）の孔口湧水量

③ 広河原斜坑掘削時

- ・ 広河原斜坑 1k250m～1k410m 付近にてトンネル掘削時に確認した、切羽面全体に占める破砕質部分の割合は、5%未満、5～20%または20～50%であり、切羽面の大半を破砕質部分が占めるということはありませんでした。また、切羽および掘削済み箇所からの湧水は少なく、1k200m 掘削時点から 1k400m 掘削時点までの広河原斜坑全体の湧水の増加量は 12L/min でした。このように、破砕帯では破砕の程度が進んだ岩盤も一部に認められたものの、全体的に締まって安定しており、地下水の量は少なかったことが、掘削により確認されました。

④ まとめ

- ・ 広河原斜坑 1k300m 付近の破砕帯における実績では、高速長尺先進ボーリングによる調査の結果、
 - ・ 掘削エネルギーよりトンネル掘削高さにおける破砕質な地山が分布する区間があること
 - ・ 破砕質な地山であっても一様に軟質という訳ではなく、硬軟の岩盤が混在して分布していること
 - ・ 孔口湧水量から河川直下に関わらず地下水が少ないことが確認されました。その後トンネル掘削を行った結果、切羽全体に占める破砕質な部分の割合は想定より少なく、地下水の量も少ないことが確認されました。
- ・ 以上のように、高速長尺先進ボーリングでは地表踏査等の事前調査で確認できないトンネル掘削位置近傍の地山の硬軟と地質の分布、および地下水の賦存状況を直接的に推定することができ、調査として有効であると考えます。

2) 山梨県内断層と静岡県内の県境付近の断層帯との繋がりについて

- ・静岡県から、令和5年2月22日付けの文書で、県境から山梨県側の断層および脆い区間（以下、山梨県内断層）が静岡県内の県境付近の断層帯と繋がっていることで、本調査ボーリングにより静岡県内の地下水が流出してしまう懸念が示されました。（図 29）

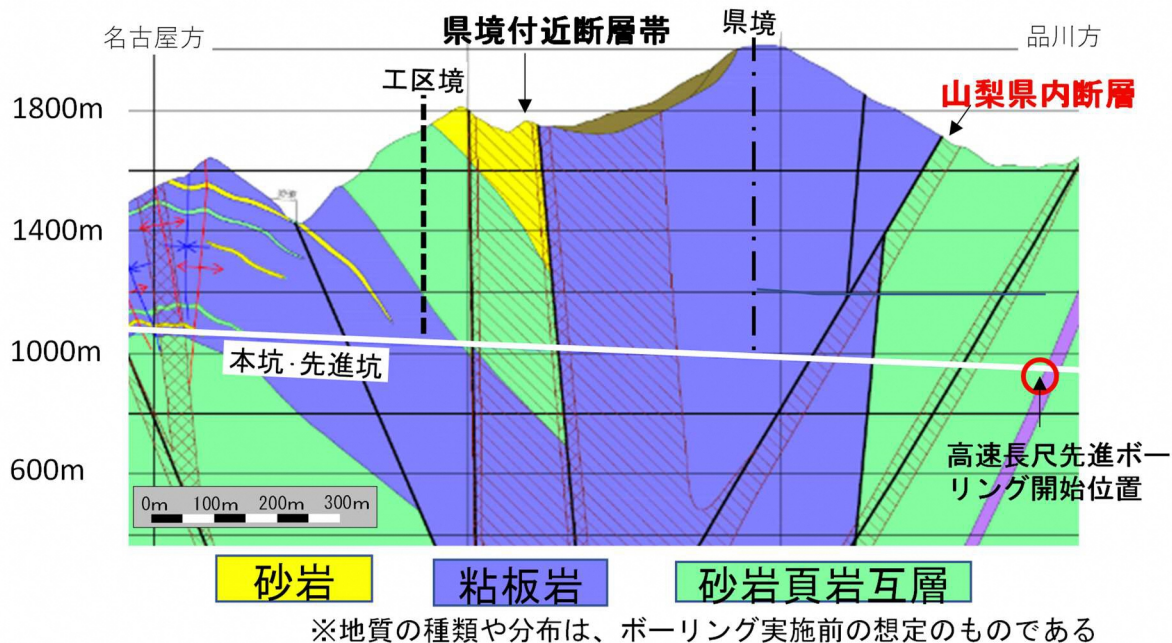


図 29 地質縦断図（山梨県内断層と県境付近断層）

- ・山梨県内のボーリングによる直径20cmの孔に、山梨県内の断層帯に含まれる水が引き込まれ、その影響によってサイフォンの原理で断層帯を介して静岡県内の水が山梨県側に移動するためには、山梨県内断層と静岡県内の県境付近の断層帯の間に水が移動しやすいルートが確保され、それらが連続的に繋がっている必要がありますが、以下の①～④の理由から、そういった状況とは想定しにくいと考えています。

- ① 「1) 高速長尺先進ボーリングによる広河原斜坑の地質、湧水状況の確認結果」で確認したように、地質縦断図において、山梨県内断層として断層や脆い区間と想定した範囲の全てが、実際に破砕質で軟質な地質となっている訳ではないと考えられる。

②南アルプスは、これまでの掘削結果から確認してきたように（第8回地質構造・水資源部会専門部会資料参照）、東西方向に大きな地圧を受けて圧縮されているため、岩盤内の透水性を左右する亀裂が密着し、水が非常に浸透しにくい状況だと考えられる。

- ・山梨工区において、これまでに先進坑や広河原斜坑等を掘削中に切羽に出現した粘板岩、砂岩とその互層、緑色岩（凝灰岩）といった地層の構造については、走向がおおむね南北方向（N30°W～N15°E程度）で、傾斜は西落ち70度程度（60°W～90°W程度）と、一定方向への集中を確認しています。
- ・また、産業技術総合研究所が公開している『地殻応力場データベース』などでは、山梨工区を含む南アルプス地域には、おおむね東西方向に卓越する広域的な地殻応力が働いていることを確認できます。そこで、図10に“P1”と示す位置の、土被り720m程度の本坑トンネル内で、岩盤中の地圧（初期地圧）を測定するためのボーリング調査を実施しました。その結果、当該箇所の鉛直方向の地圧を16MPa程度と考えた場合、おおむね東西水平方向に40MPa程度、南北水平方向に20MPa程度の地圧が作用していることを確認しました。鉛直方向の地圧よりも、水平方向、特に東西水平方向に大きな地圧が働いています。
- ・こうした地質構造や初期地圧の状態に対し、本坑や先進坑を東西方向に掘削しており、それを模式的に表したものが図12です。本線および先進坑は地層に対しておおよそ直交し、東西方向の大きな地圧に対しておおよそ平行する方向に掘削しています。地質構造や地圧作用方向の点から見た場合、より安定する方向にトンネルを掘削していると考えています。

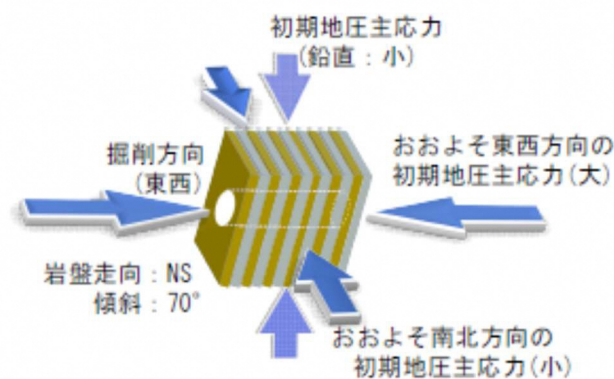


図 12 モデル化した地質構造、初期地圧作用状況と、本坑・先進坑の掘削方向

（出典）佐藤岳史，中原史晴，青木智幸，林為人，岸田深（2022）：大土被りトンネル掘削時の変位挙動に対する異方性を持つ初期地圧の影響，土木学会論文集 F1, Vol.78 (1), pp. 55-73. に加筆改訂

（参考）第8回地質構造・水資源部会専門部会資料 抜粋

そのため、「1) 高速長尺先進ボーリングによる広河原斜坑の地質、湧水状況の確認結果」で確認したように、小規模な断層であれば、たとえ破碎質の部分があっても透水性は低く、水が移動しにくい状況になっていたと考えられ、実際に、今回の調査区間より東側のボーリング及び先進坑掘削の際は、破碎質な区間があっても湧水の発生はわずかであったため、山梨県内断層においても同様であることが想定される。(ただし、静岡県内の県境付近の断層帯のように規模の大きなものは、③のとおり、透水性が高いこともある)

③過去に大井川（東俣）から山梨県側に向けて行った高速長尺先進ボーリングにおいて、図 12 に示すように、大井川寄りの区間では大量の湧水が生じたが、山梨県寄りの区間（削孔区間 800m～1200m：今回の調査区間の西側に位置する区間）では、破碎質であるものの湧水量の増加は小さかった。

- ・①～③について、これまでのボーリング削孔・トンネル掘削により判明している事柄を図 30 にまとめてお示しします。

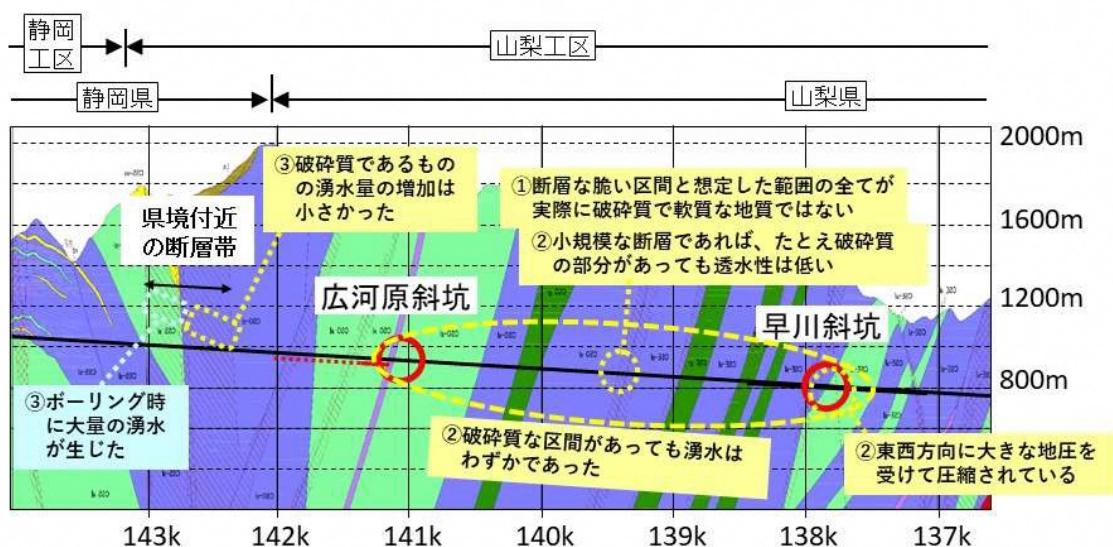
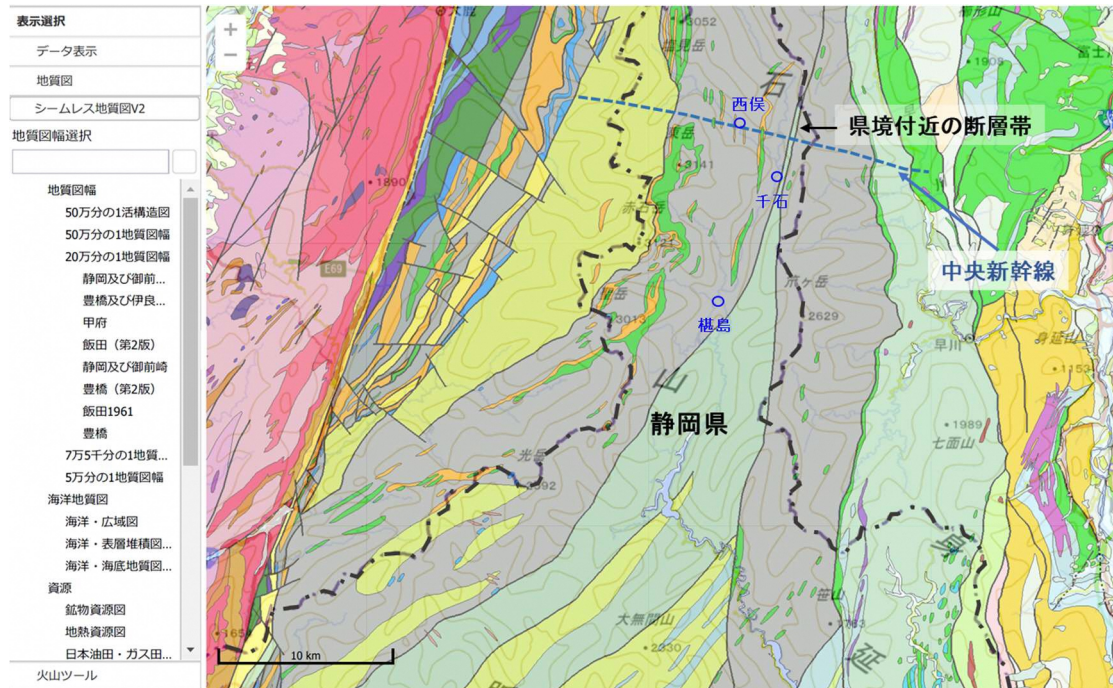


図 30 これまでのボーリング削孔・トンネル掘削により判明している事柄

④断層は面的に広がっており、断層に含まれる地下水には、断層が延びる南北方向への流れや深部に向けての流れも含め、様々な方向への流れがあり得ると考えられる。(図 3 1)



※産業技術総合研究所 地質調査総合センター地質図NAVIより抜粋、一部加筆

図 3 1 シームレス地質図（20万分の1）

- ・ 上述の状況については、今後進めるボーリングにおいて実施する地質や湧水の調査結果からさらに確認を進めて行くとともに、P 2 9 から P 3 6 に示すようにリスク管理を徹底して進めてまいります。

3) 県境から100mの設定根拠(青函トンネルの事例)

- ・令和5年2月20日付で当社より静岡県にご回答した内容で、県境から約100mを慎重に調査する区間として設定した理由は以下のとおりです。
 - ・地表踏査の結果等をもとに作成し既に地質構造・水資源部会専門部会でお示ししている地質縦断図に基づいて、県境から約100mの区間の地質については、粘板岩が連続しており、脆い区間にも該当しないことから、主に堅岩部(風化していない新鮮な岩盤)により構成されていると考えています。
 - ・今回はボーリングを行うものですが、トンネル掘削においては、前方に湧水が予想され対策をとる場合には、トンネル前方に一定の区間(突発湧水の生じた青函トンネルの場合、普通の地山で10~15m程度、断層部でも20~30m程度)を確保することで、前方からの湧水による影響を避けることがあります。この実績を参考にすれば、トンネルと比較して断面積の非常に小さいボーリングにおける約100mという目安は、工学的観点から十分に余裕を持ったものであると考えています。
- ・以前当社は、国土交通省有識者会議(大井川水資源)において、静岡-山梨県境付近に想定する大規模な断層帯で、突発的な湧水が生じてトンネル内が水没し、作業員の方々の安全上に係わってくるリスクの説明の際、青函トンネルの作業坑掘削時における事例を活用しました。

しかし、今回当社が山梨県側からの高速長尺先進ボーリング調査において約100mの区間を設定した理由で用いたのは、上述した事例ではなく、青函トンネルで数多く実施した薬液注入時の事例です。
- ・トンネル内から薬液注入を行う時は、地質や湧水、注入圧力の状況に応じて、次回注入を行う箇所の手前にカバーロックと呼ぶ健全な岩盤区間を設け、ボーリング等で地盤中に設置した注入管を通して注入材料を注入します。カバーロックを含めた注入と掘削の概要図を図32に示します。

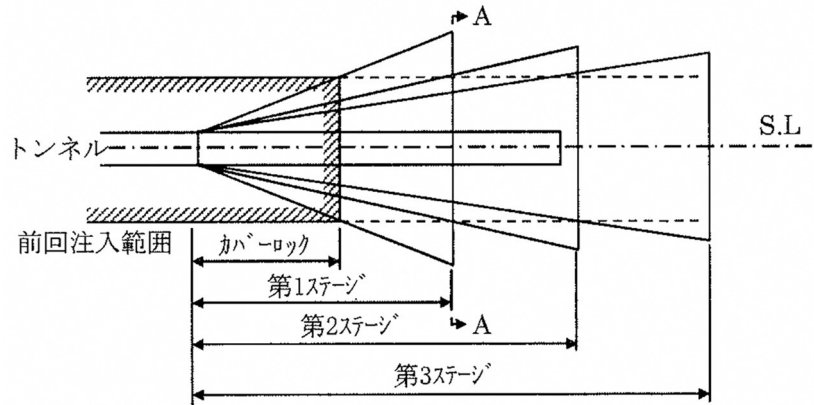


図 3 2 注入と掘削の概要図

- ・先述いたしました、例えば青函トンネルの場合、普通の地山では10～15m、断層部でも20～30m程度のカバーロックを確保することで、トンネル前方からの湧水による影響を避けつつ、安全に薬液注入を行うことができました。
なお、青函トンネルの地質は新第三紀の堆積岩（頁岩、凝灰岩等）、火山岩類（安山岩や玄武岩等）が主体として出現しており、特に海底部の施工範囲は堆積岩が主体で、南アルプスの付加体より若い地層年代での施工事例となります。
- ・仮に一部破碎質な区間があった場合でも、それがまとまって存在することはこれまで調査結果からは考えにくく、100mの区間を設定しておけば、その中にカバーロックとして機能する延長は十分に含まれているものと考えました。
- ・今後、高速長尺先進ボーリングで様々なデータを得ながら調査し、確認していきます。