

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4年12月

東海旅客鉄道株式会社

目次

(1) 高速長尺先進ボーリングの進め方	1
(2) 先進坑掘削の進め方	14
(補足資料) 南アルプストンネルの工区設定について	18

(1) 高速長尺先進ボーリングの進め方

1) 高速長尺先進ボーリングの意義

- ・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安全に掘削する体制を組み、山梨県及び長野県のトンネル工事を進めています。
- ・一方で、静岡県内の区間については大井川流域の方々の理解を得られないまま先進坑等のトンネル掘削工事を進めていくことにはならないと考えておりますが、調査の段階でトンネル掘削に伴うリスクを事前に把握し、その対応に向けた具体的な計画を策定することが求められており、そのためにこの高速長尺先進ボーリングによる調査は有効なものと考えております。
- ・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。この調査結果は、NATMでのトンネル掘削計画や湧水処理設備等の計画を検討するための指標となります。
- ・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1）。
- ・このように、今回実施を考えている山梨・静岡県境を超える高速長尺先進ボーリングによる調査については、トンネル掘削工事とは異なる位置づけのものであり、リスク対応に向けた計画策定の取り組みとして進めてまいります。

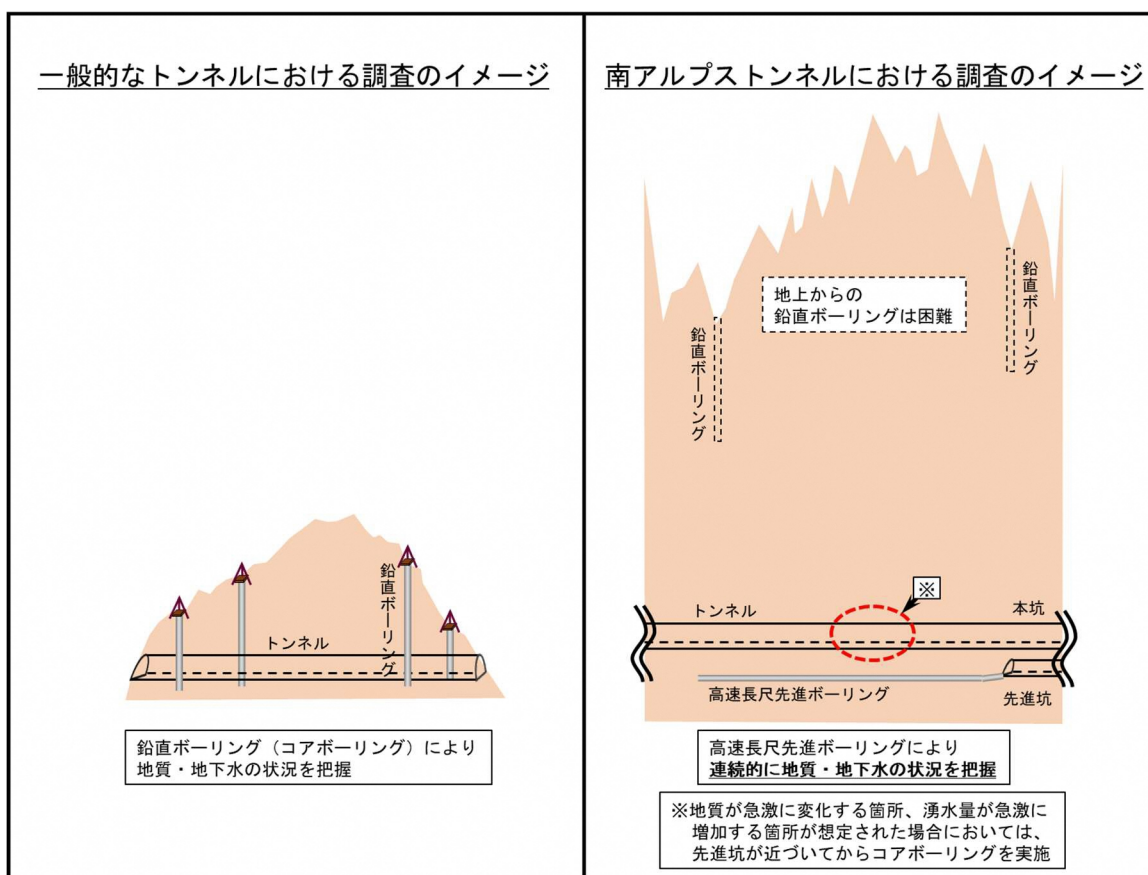


図 1 ボーリング調査のイメージ図

- ・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2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3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2より分かります。
- ・このように、地質及び湧水の情報を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掘り進めることができました。

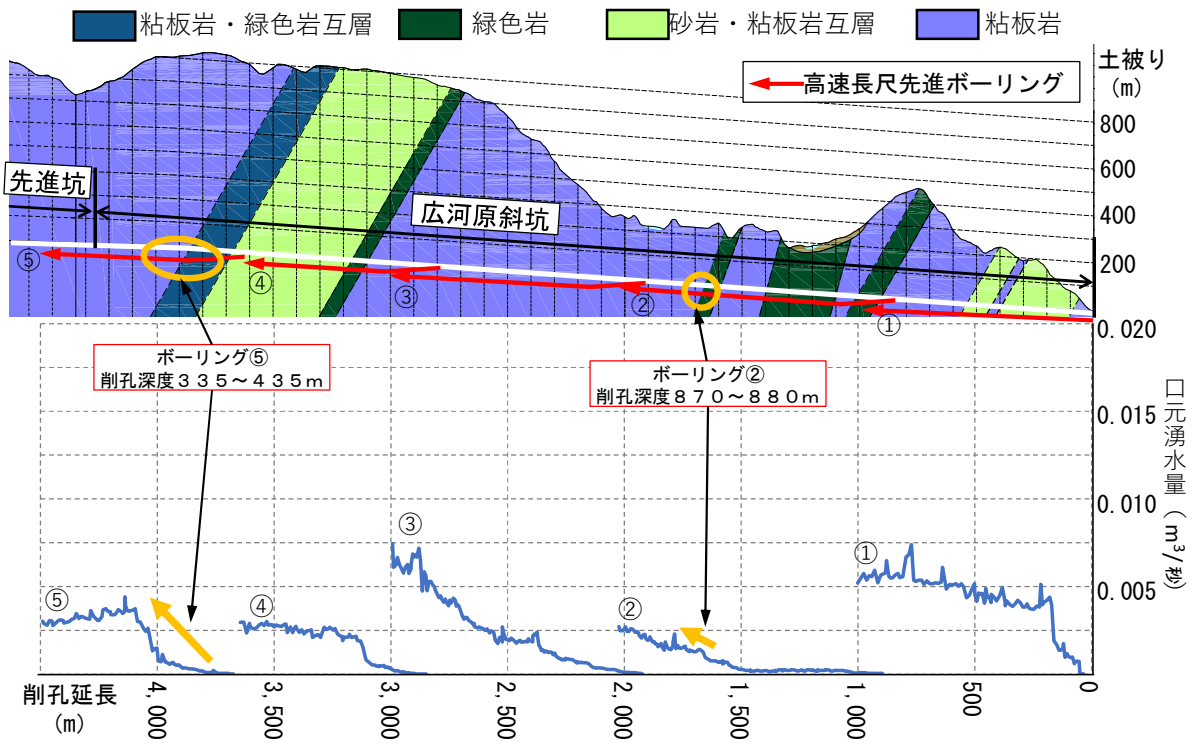


図 2 広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングの孔口湧水量



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 3 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

2) 高速長尺先進ボーリングによる調査の計画

- 山梨県内及び静岡県内の地質や湧水に関する不確実性に対応するため、南アルプストーンネル山梨工区で実施を予定している高速長尺先進ボーリングによる調査の計画を図 4 に示します。令和 5 年 1 月からボーリング削孔の準備に入る計画です。延長は県境を越えて 1, 0 0 0 m 程度を計画していますが、地質の状況等により変更となる可能性があります。

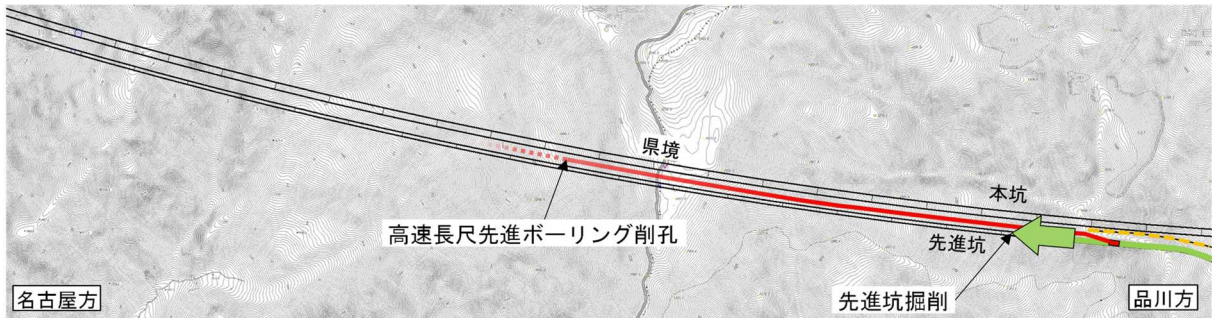


図 4 高速長尺先進ボーリングによる調査の計画

- 高速長尺先進ボーリングの削孔計画を図 5 に示します。孔口～500m程度の区間は直径200mmで削孔を行い、当該区間に保護管を設置したのち、500～1,000m程度の区間は直径120mmで削孔を行いますが、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0.01～0.03m²であり、本坑や先進坑に比べて小さな断面です(図 6)。
- 高速長尺先進ボーリングの削孔中に実施する測定項目を表 1 に、掘削エネルギー係数による地山評価の例を図 7 に示します。

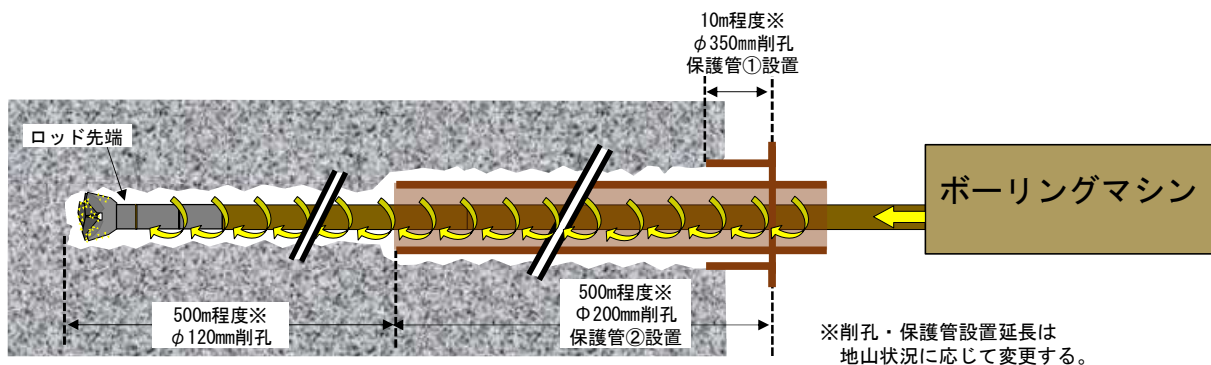
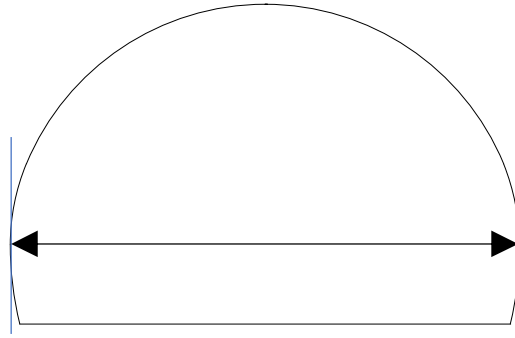
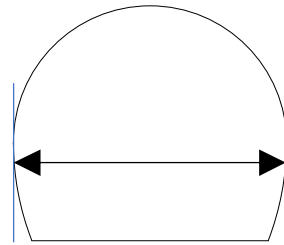


図 5 高速長尺先進ボーリング削孔計画



本坑

トンネル幅 約14m
掘削断面積：約100m²



先進坑

トンネル幅 約7m
掘削断面積：約35m²



高速長尺先進ボーリング

直径：約0.12m～0.20m
削孔断面積：約0.01m²～0.03m²
※孔口部を除く

図 6 トンネルと高速長尺先進ボーリングの削孔断面積

表 1 高速長尺先進ボーリングの削孔中に実施する測定項目

測定項目		測定方法	測定頻度
地質 ・ 地山	岩石片（スライム）の観察による確認	（採取方法） 孔口より排出されるスライムを容器で採取	約 5 m に 1 回
	削孔速度	マシン制御盤	削孔中常時
	ロッド回転トルク		
	ロッド回転数		
	マシン推進力		
湧水	孔口湧水量（削孔中）	容器による計測	1 日 2 回
	孔口湧水量（削孔完了後）	タービン式流量計	常時

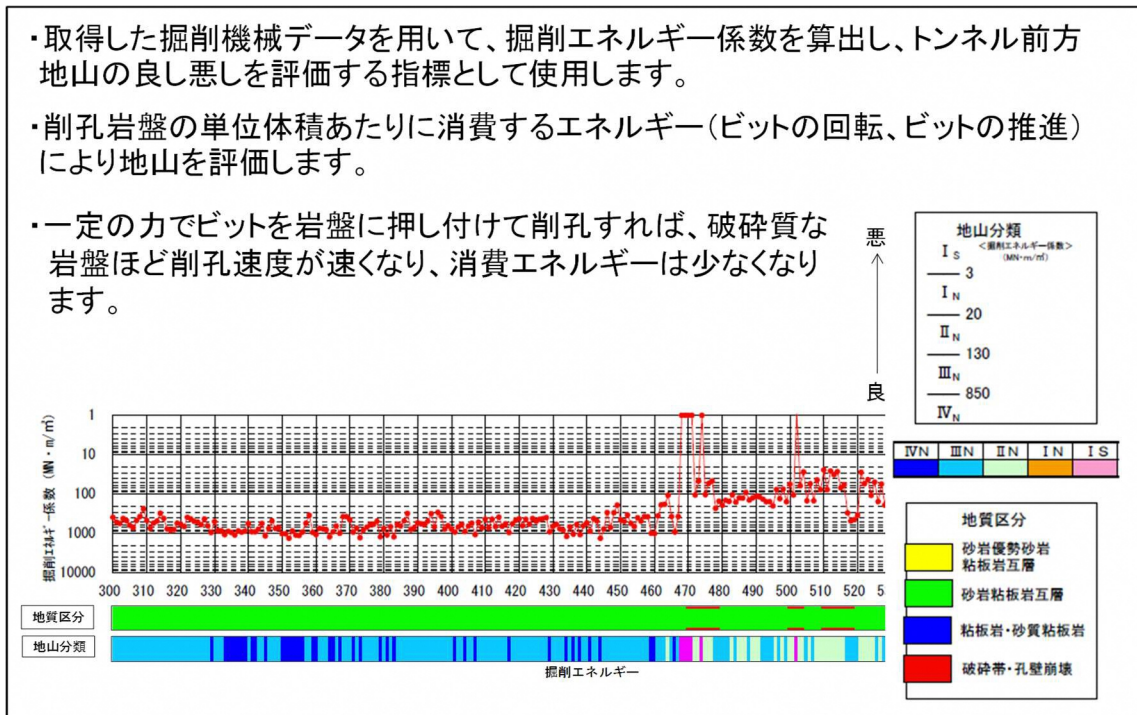
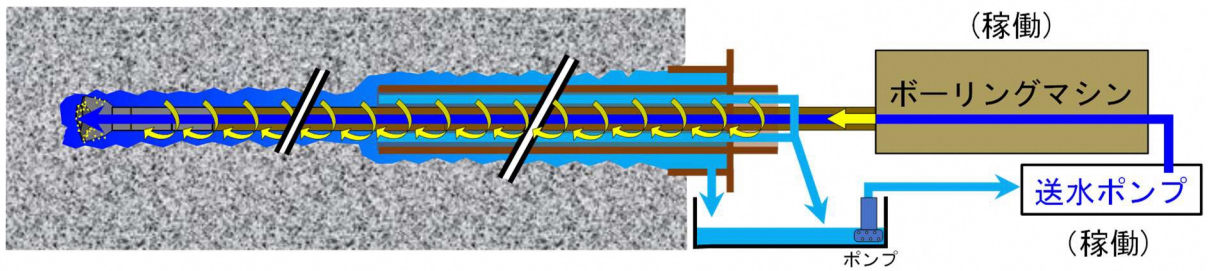


図 7 掘削エネルギー係数による地山評価の例

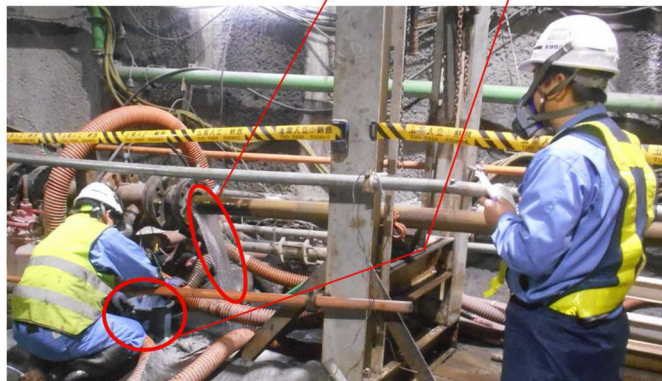
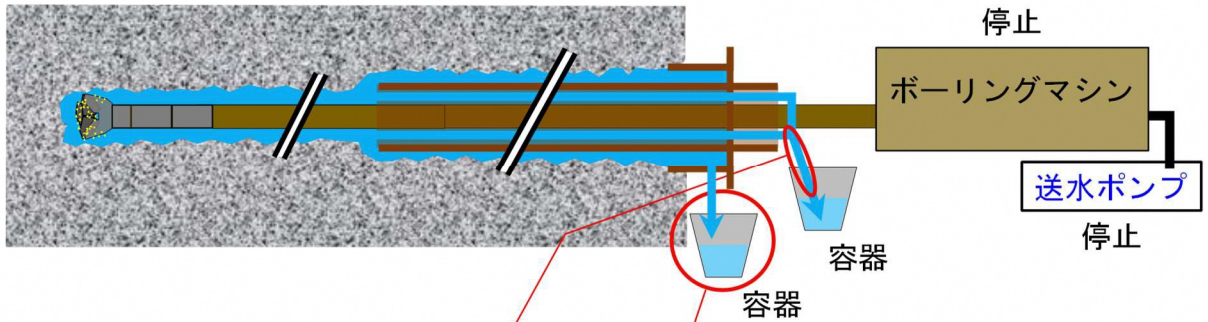
3) 高速長尺先進ボーリングにおける湧水量の測定方法

- ・高速長尺先進ボーリングにおける湧水量の具体的な測定方法は、図 8 のとおりです。
- ・高速長尺先進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、湧水のみでの測定はできません。
- ・高速長尺先進ボーリングの削孔期間中は、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計測します。
- ・高速長尺先進ボーリングの削孔完了後は、ボーリングマシンなど削孔に必要な機器を撤去したあとに、ボーリング孔口にバルブ、流量計を設置のうえ湧水を常時測定します。

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)

図 8 高速長尺先進ボーリングにおける湧水量の測定方法

- ・なお、ボーリングの削孔が県境を超えると、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 9 にそのイメージを示します。

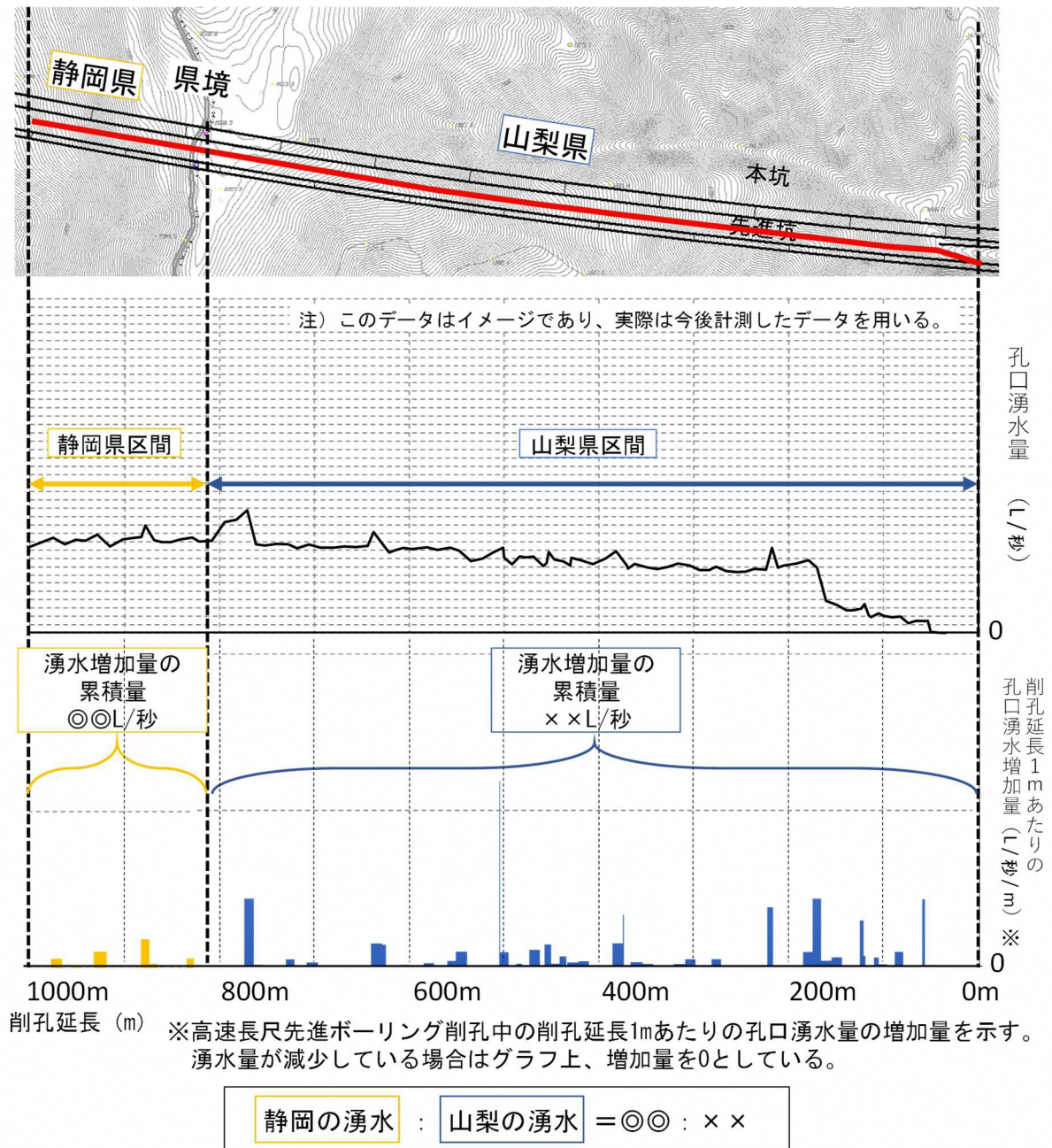


図 9 山梨県内の湧水と静岡県内の湧水の区分のイメージ

4) 高速長尺先進ボーリングにおける湧水への対応

- ・図 8 に示すとおり、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り、構造上バルブも設置できないため、湧水を流すことになります。削孔期間中の湧水量は削孔作業を一時中断のうえ1日2回測定します。
- ・山梨県内を約800m削孔した後、ボーリングの先端が静岡県内に入って以降は、削孔中に静岡県内の地下水がボーリング孔内に流入します。しかしながら、これ

までに当該箇所周辺で実施したボーリングの湧水量は表 2 に示すとおりであり、仮にボーリングの先端付近が県境付近の断層帯に差し掛かったとしても、ボーリング孔内に流入する湧水が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。

- ・ 静岡県内の区間を調査中に湧水量が管理値（10 mあたり0.05 m³/秒）¹を超える場合は、削孔を中断し対応を検討します。
- ・ 調査終了後、ボーリング孔口にバルブを設置し湧水の流出を止められる構造といたしますが、基本的には山梨県内における工事の安全を考慮し、その量を継続的に測定の上で湧水を流す計画です。
- ・ 静岡県内の区間を調査中及び調査終了後に流した湧水については、後に静岡県側へ同量を返水することとし、その取扱いについては静岡県等と調整をさせていただきます。具体的には、資料1「中央新幹線南アルプストー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が参考になると考えています。
- ・ なお、先進坑を県境付近まで掘削した後は、静岡県内の断層帯の状況を詳細に調査するための高速長尺先進ボーリングを別途実施することを考えており、その際に発生する湧水の取扱いについては、調査の計画に併せ今後検討してまいります。

表 2 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)	湧水量 (m ³ /秒)	井川ダムにおける大井川の 平均流量 ² 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%

¹ 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。

² 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）。

5) 高速長尺先進ボーリングによる調査状況の報告

- ・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 10 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）と孔口湧水量を1週間毎に取り纏め、翌週中にメール等により報告します。
- ・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。
- ・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。
- ・報告方法や報告先の詳細については、今後調整してまいります。

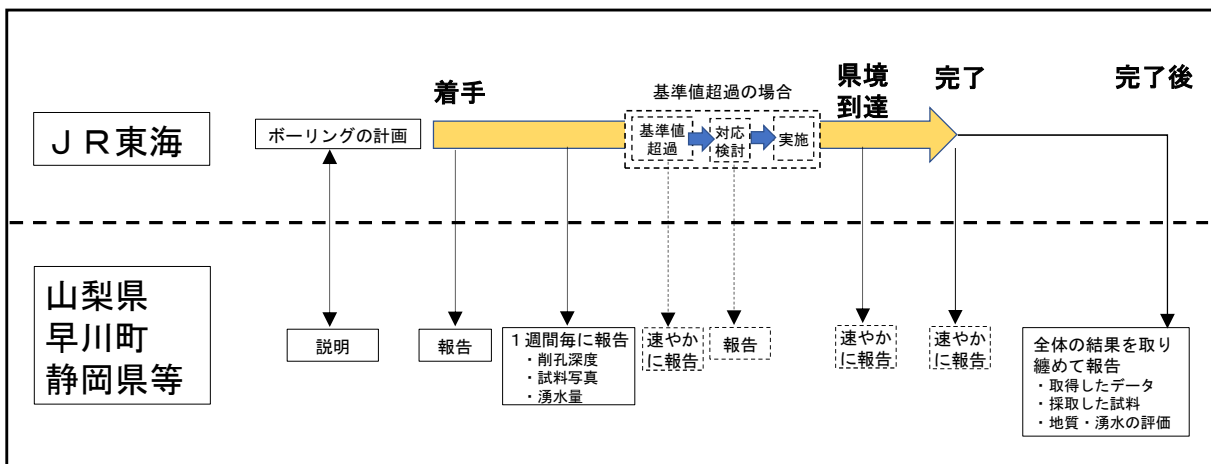


図 10 報告に関する流れ

(2) 先進坑掘削の進め方

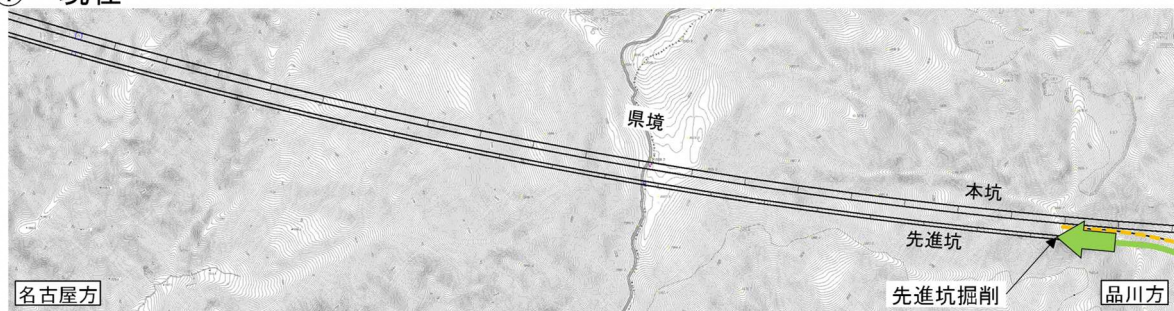
1) 先進坑掘削計画

- ・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・静岡県境まで掘削します。
- ・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およ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。

2) 高速長尺先進ボーリングによる調査に基づく先進坑掘削手順

- ・高速長尺先進ボーリングによる調査に基づく先進坑掘削の手順を図 11 に示します。
- ・まず、高速長尺先進ボーリング実施済みの約 100 m の区間の先進坑を掘削するとともに、高速長尺先進ボーリング機器の設置等、調査準備を行います。
- ・高速長尺先進ボーリングを先行削孔し、地質及び湧水の状況を確認します。その結果を踏まえ先進坑掘削時の地山挙動や湧水状況を想定し、先進坑の掘削計画を策定のうえ、先進坑を掘削します。
- ・高速長尺先進ボーリング調査の結果、地質や湧水量の変化が著しい場所、地質の変化が想定される場所においては、当該箇所近くまで先進坑の掘削を行った後に、先進坑の内部からコアボーリングによる追加の地質調査の実施や、ボーリング孔を利用した湧水圧や岩盤の透水係数の推定・確認、トンネル湧水と表層部の水の関連性等の分析について、検討します。そして、詳細な地質性状や地下水の流れを調査し先進坑掘削計画に反映することで、その後の掘削時の地質、湧水に関わるリスク低減を図ります。

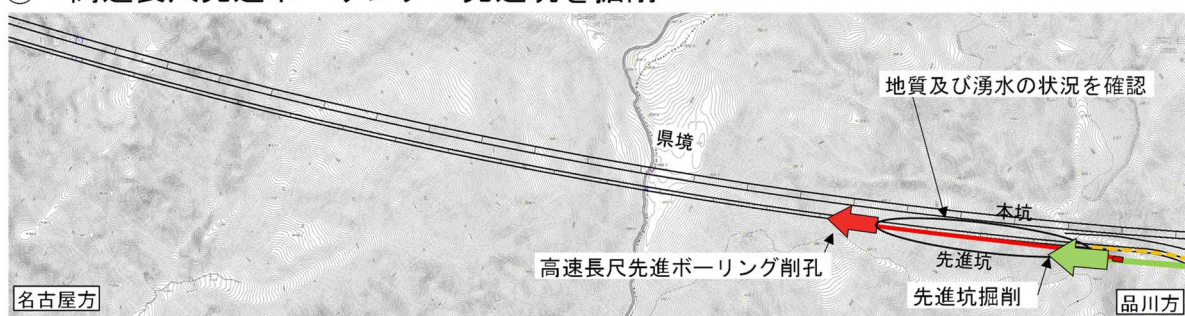
① 現在



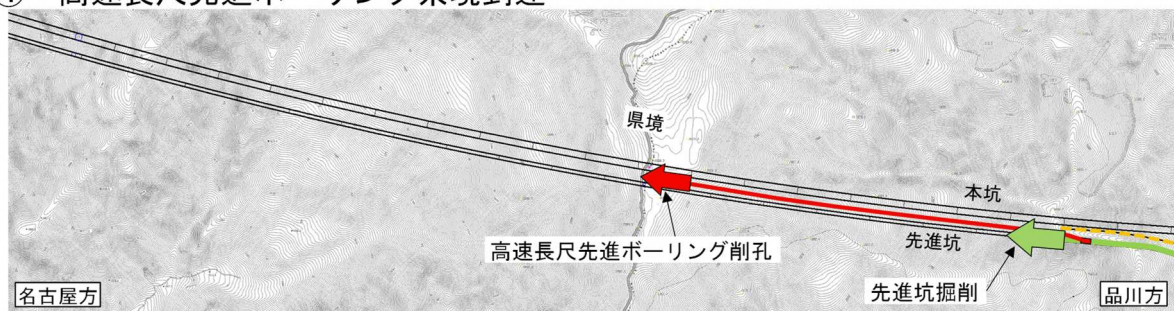
② 高速長尺先進ボーリングの準備



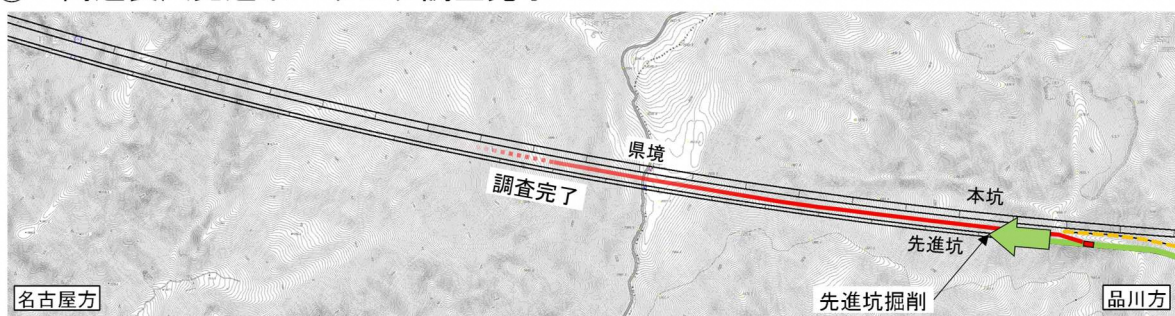
③ 高速長尺先進ボーリング・先進坑を掘削



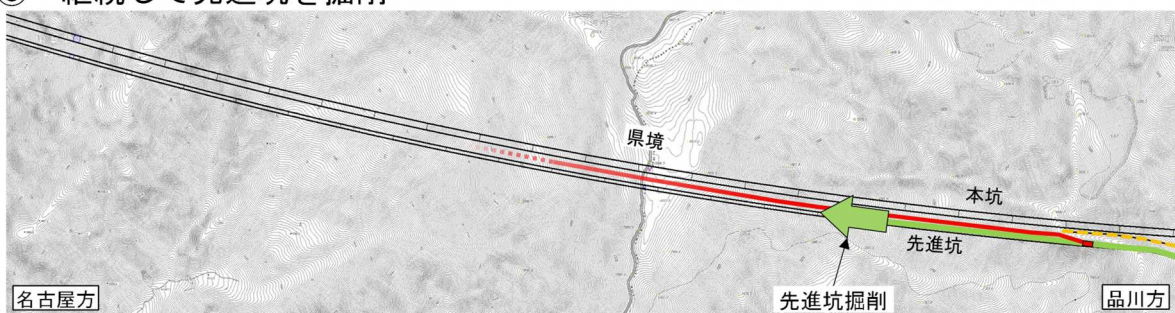
④ 高速長尺先進ボーリング県境到達



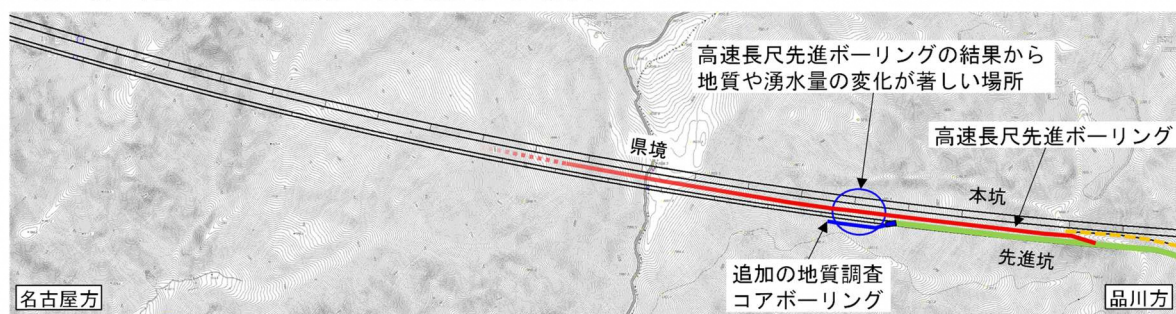
⑤ 高速長尺先進ボーリング調査完了



⑥ 継続して先進坑を掘削



(参考) 追加の地質調査を実施する場合



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 1 1 高速長尺先進ボーリングによる調査に基づく先進坑掘削手順

- ・このように、先進坑は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ながら山梨・静岡県境まで掘削します。高速長尺先進ボーリング調査や追加の地質調査等の結果より、県境付近に大量の湧水の存在を確認した場合は、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。

3) 先進坑を県境付近まで掘削した後に実施する調査

- ・先進坑を山梨・静岡県境付近まで掘削した後は、静岡県内の県境付近の断層帯の位置や幅などを具体的に把握するとともに、湧水の状況を詳細に調査するために、県境付近からの高速長尺先進ボーリングを実施することを計画しています。
- ・高速長尺先進ボーリング調査の結果、地質や湧水量の変化が著しい場所、地質の変化が想定される場所においては、県境手前の先進坑の内部からコアボーリングによる追加の地質調査の実施や、ボーリング孔を利用した湧水圧や岩盤の透水係数の推定・確認、トンネル湧水と表層部の水の関連性等の分析について、検討します。そして、詳細な地質性状や地下水の流れを調査し、静岡県内での先進坑掘削計画に反映することで掘削時の地質、湧水に関わるリスク低減を図ります。
- ・なお、この段階での高速長尺先進ボーリングに伴い発生する湧水の取扱いについては、調査の計画に併せ今後検討してまいります。

(補足資料)南アルプストンネルの工区設定について

1. トンネル全体の計画

- ・南アルプストンネルについては、品川方で早川と交差し、名古屋方で小渋川と交差する条件で、勾配条件の制約（最急こう配40%）のもとに山梨・静岡県境、静岡・長野県境の双方に凸部を設ける線形を計画すると、静岡県内での土被りが非常に大きくなります。そのため、図12のとおり静岡県内に凸部を設ける線形を計画しました。

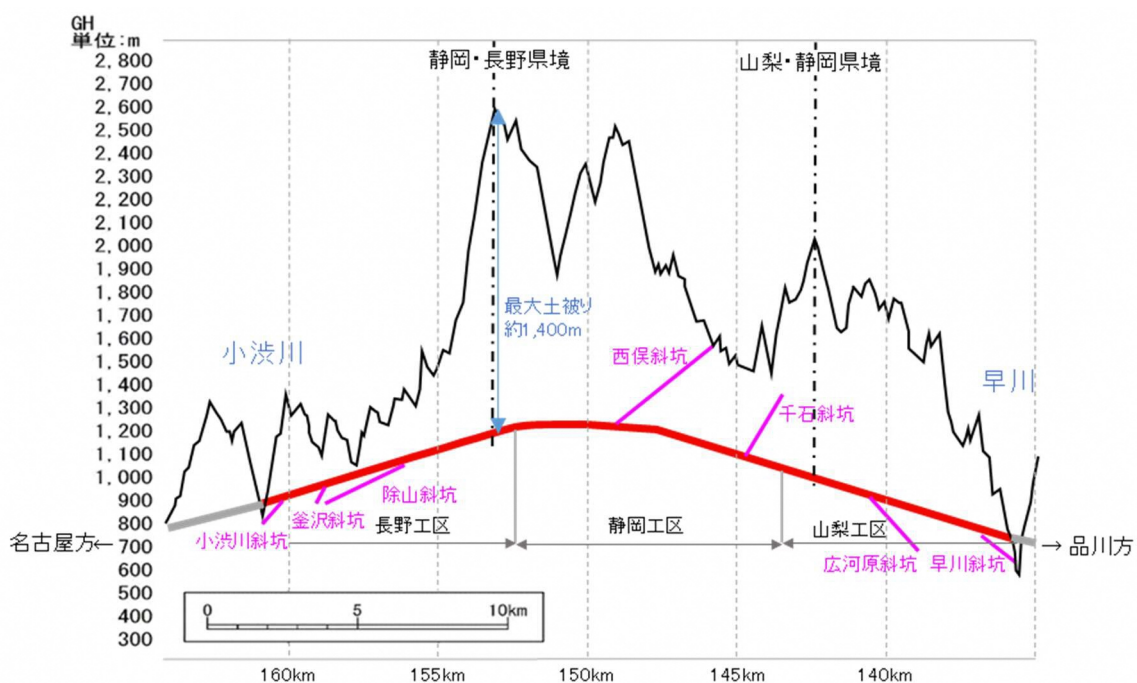


図 12 南アルプストンネルの縦断線形

2. 山梨県側の工区境

- ・環境影響評価の際は、東俣から山梨・静岡県境付近に向けて実施した斜めボーリングの成果を踏まえて地質縦断図を平成25年3月までに整理した結果、断層帯の位置が県境より西側の約300m～約1,000mの間になると推定し、工事中に集中的な湧水が発生した場合でも作業の安全が確保できるよう、この区間まで上り勾配で掘削することを前提に、水収支解析等の作業を進めました。
- ・その後工事発注にあたっては、トンネル施工の計画の観点を含め、工区境の検討を進めました。工区境における施工の詳細について、実際は工事の状況を踏まえて双方の施工会社で調整し決定いたしますが、山梨工区を先に発注するにあたり、以下の前提を置いて検討しました。
- ・断層帯ではトンネルの安全を確保するために、一般的な区間よりも剛な支保工を設置します。地山が断層帯から一般的な区間に変化した場合においても、支保工の性能が急激に変化することを避けることが望ましい、とされており、遷移区間が必要となるため、その区間を山梨県側の施工会社が施工する計画としました。
- ・また、トンネル工事の安全性を確保するためには掘削によるトンネル周辺地山の挙動と各支保部材の効果を正しく把握することが重要であり、計測を行って、変位が収束したことを確認します。通常は計測位置とトンネル切羽がある程度の距離を確保できるまで掘削を進め、ひとつの目安として、計測位置と切羽がトンネル直径の5倍程度離れた際に、変位量が1mm/日以下であれば変位は収束したものとみなしますが、この区間は幅の広い断層帯であり、一般的な区間より変位が収束するまでに時間がかかると想定されます。
- ・こうしたことを考慮し、断層帯が想定される範囲の西端(県境から約1,000m)から約100mの施工区間を確保して、県境から約1.1kmの地点を図13のように工区境と設定し、工事契約の手続きを進めました。
- ・契約条件の一つとして最終的に決定したのは公募を開始した平成27年3月です。

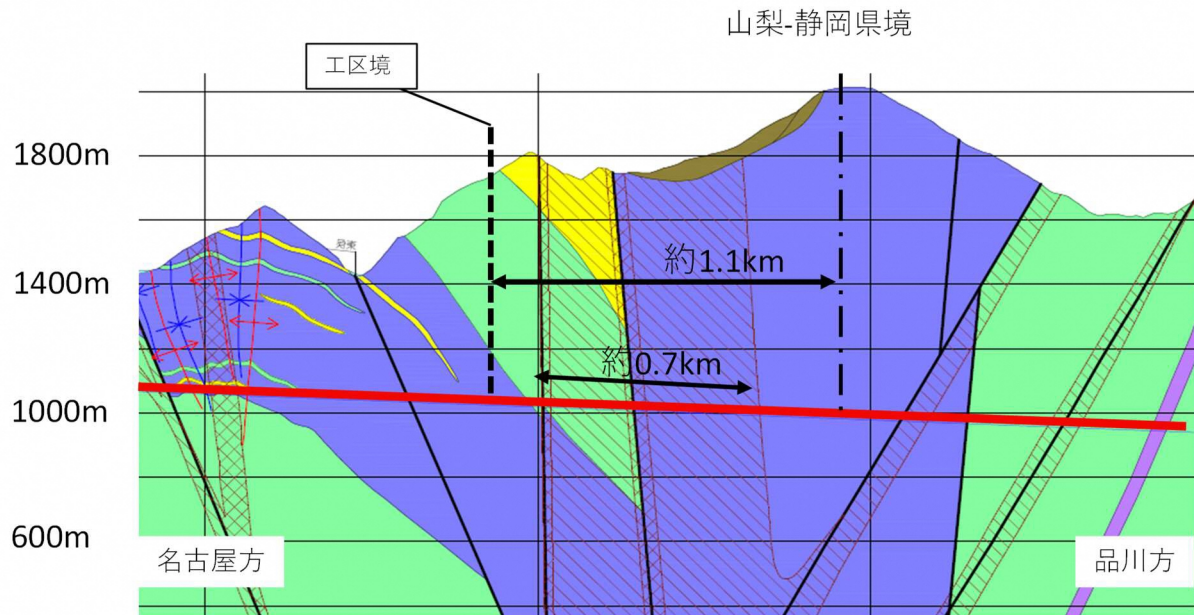


図 1 3 山梨県側の工区境の考え方

3. 長野県側の工区境

- ・環境影響評価の際、平成25年3月までに整理した地質断面図に基づき、施工上土被りが最も大きい地点を避け、かつ地質の切れ目となる箇所として、県境から約700m静岡県側の地点までを長野県側から上り勾配で掘削することを前提に水収支解析等の作業を行いました。
- ・その後、工事発注にあたっては施工の計画を含め、工区境の検討を進めました。その結果、この地点を工区境と設定し、工事契約の手続きを進めました。契約条件の一つとして最終的に決定したのは公募を開始した平成27年8月です。
- ・この箇所よりも西側の長野県内にも地質の切れ目となる箇所はありますが、静岡工区の掘削距離がさらに約1km長くなり、工程及び掘削・運搬土量がアンバランスとなることから、図14のとおりこの箇所を工区境としました。
- ・なお、第9回地質構造・水資源専門部会（令和4年10月31日）で報告したとおり、長野工区については静岡・長野県境から約3.9kmの地点で先進坑を掘削しております。一方で静岡工区については斜坑を含むトンネル工事に着手しておりません。工区を設定した平成27年当時と状況は異なっておりますが、現時点で工区境の変更については想定しておりません。

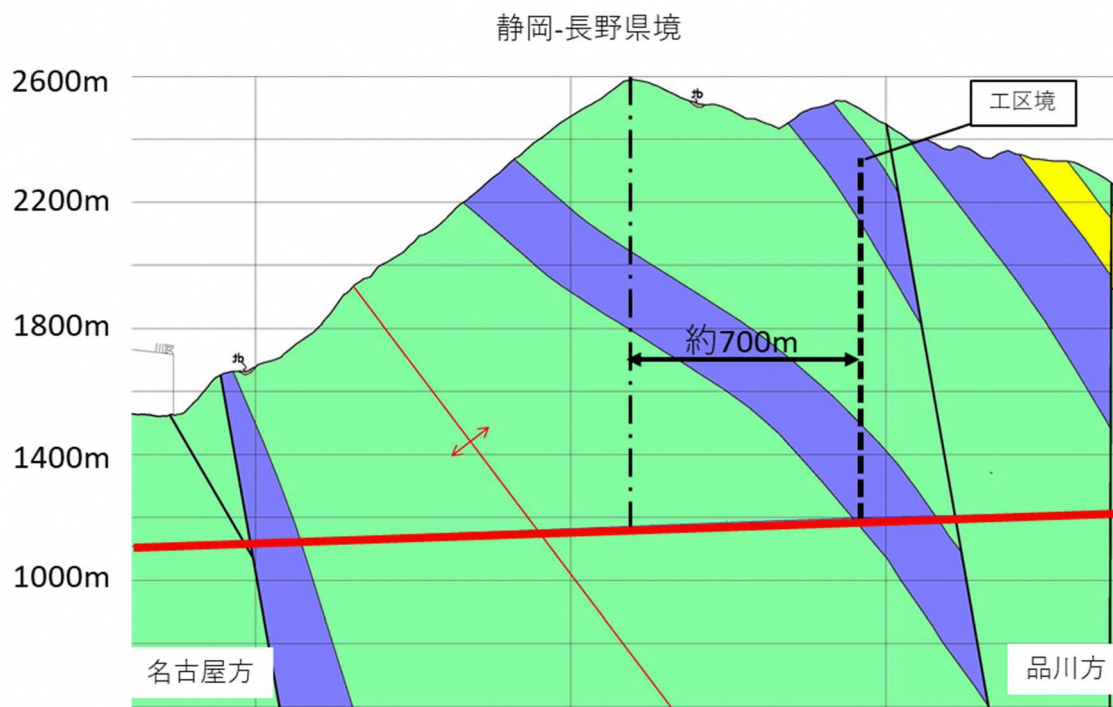


図 1 4 長野県側の工区境の考え方

4. その他

- ・工区設定は社内手続き上、工事契約の条件として実施するものであり、具体的には施工会社の選定に向けた公募を開始する段階で、適切な手続きを経て、施工を希望する建設会社に対して開示いたします。