

「静岡県中央新幹線環境保全連絡会議 (地質構造・水資源専門部会委員等)」 へのご説明

令和元年10月4日(金)

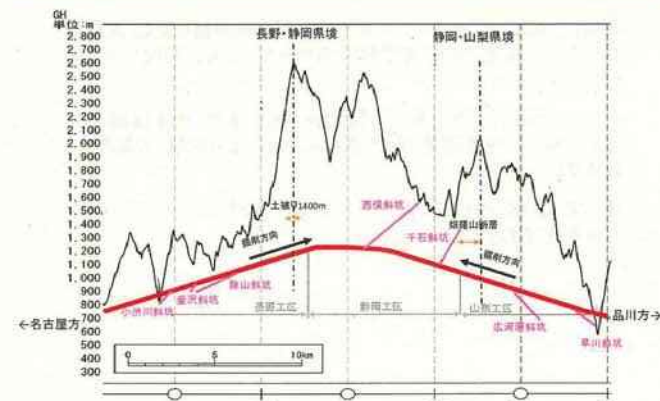
東海旅客鉄道株式会社

南アルプストンネルの平面図



・南アルプストンネルは山梨県、静岡県、長野県に至る、約25kmの延長で、山梨県に2箇所の斜坑、静岡県に2箇所の斜坑、長野県に3箇所の斜坑から施工します。

南アルプストンネルの縦断面図

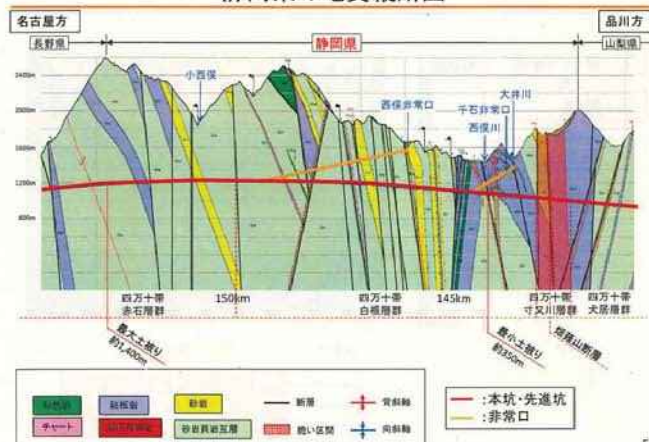


南アルプストンネルの縦断方向の施工

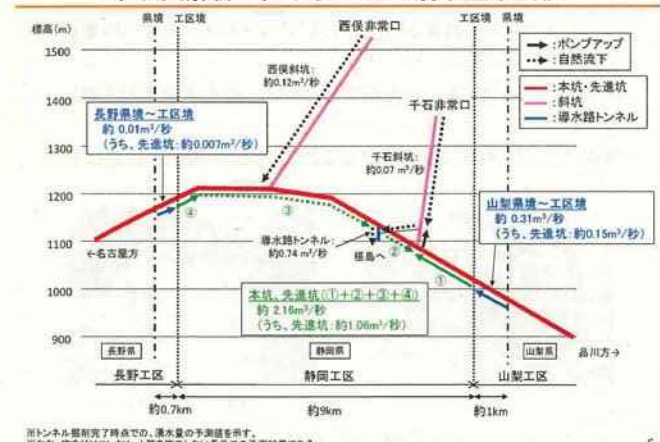
- ・山梨県側からの施工は、2箇所の斜坑を上り勾配にて施工し、先進坑、本坑を静岡県側に上り勾配にて施工します。
- ・長野県側からの施工は、3箇所の斜坑を上り勾配にて施工し、先進坑、本坑を静岡県側に上り勾配にて施工します。
- ・一方、静岡県の施工は、トンネルの標高に比べ地表の標高が高いため(約300~400mの標高差)、2箇所の斜坑ともに下り勾配にて施工を行なうこととなります。施工の完了後、先進坑、本坑を、それぞれ、品川方、名古屋方に施工します。

※山梨県側の品川方の坑口付近および長野県側の名古屋方の坑口付近は、一部、下り勾配の施工となります。

静岡県の地質縦断面図

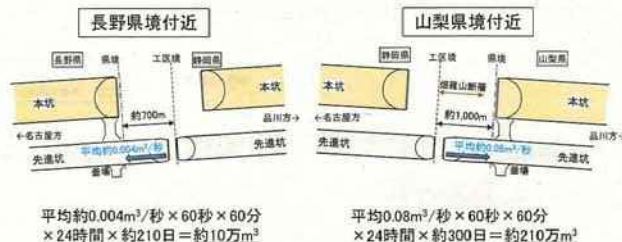


水収支解析におけるトンネル湧水量予測値



県外へ流出するトンネル湧水量の総量

- ・山梨県、長野県側から掘削する先進坑が県境を越えて静岡工区と貫通するまでの間に静岡県内のトンネル湧水が県外へ流出する総量は、以下のとおりです。



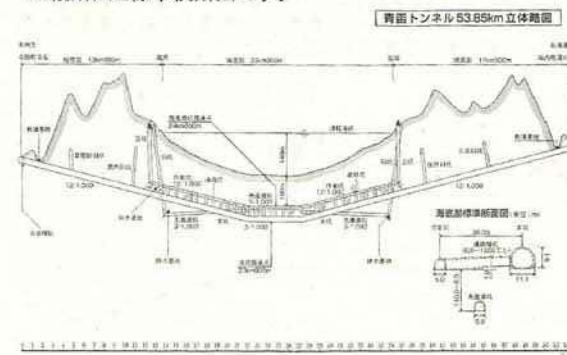
※掘進速度を約100m/月と仮定し、掘削期間を算出
※湧水量の予測値は、吹き付けコンクリート、防水シート、覆工コンクリート等を施工しない条件において予測したもの

畑薙山断層のトンネルの掘削方法

- ・畑薙山断層は「日本の活断層」(活断層研究会、1991)に記載されており、これまでのボーリング調査の結果から、800m程度の範囲において、破砕質な地質が繰り返し出現していることを確認しています。
- ・トンネル掘削の最大の課題は、被圧地下水の大量湧出です。畑薙山断層部における下り勾配(突込み)施工は、突発湧水時の水没リスクが大きく、作業員の安全確保の観点から避ける必要があります。

青函トンネルについて

- ・青函トンネルの施工事例を示します。下の図は、青函トンネルの縦断面図と標準横断面図です。



※青函トンネル物語(吉井書店)より引用。一部簡略化加筆

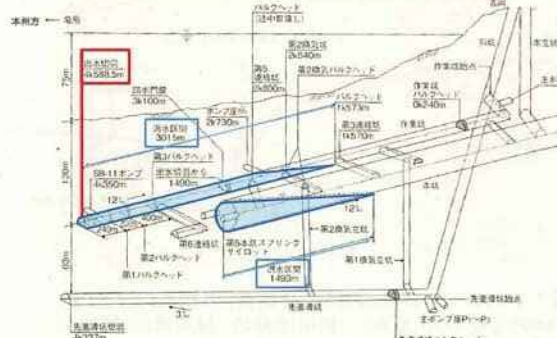
青函トンネルの線形・掘削方法

- 青函トンネルは、海底トンネルであり海底部が最も低く、本線は本州方、北海道方から海底部に向かって12‰の勾配で下る線形となっています。
- トンネル掘削は、陸上部から開始せざるを得ず、まずは調査を目的に斜坑、先進導坑(斜坑底から3‰の上り勾配)の掘削を進めました。
- 続いて、立坑、そして作業坑、本坑(いずれも12‰の下り勾配)の掘削を進めました。

10

青函トンネルにおける突発湧水①

- 青函トンネルでは、突発湧水により、4回、トンネルが水没しました。
- そのうちの代表例として、昭和51年、北海道方で最大約70m³/分(約1.2m³/秒)の出水により、作業坑約3km、本坑約1.5kmにわたり水没しました。



※青函トンネル物語(西井書店)より引用、一部当社で加筆

11

青函トンネルにおける突発湧水②

- 出水箇所は、破砕帯と呼ばれる脆弱な地質箇所であり、事前に切羽(掘削面)手前から先進ボーリングにより地質を確認しつつ、掘削を進めていました。
- さらに、事前に切羽(掘削面)手前から、地盤への薬液注入を行なうなどの対策をしていましたが、出水が発生しました。
- 出水に対応するため、複数箇所バルクヘッド(隔壁)を構築して水を防ごうとし、また、作業坑に設置している防水門扉を使用しましたが、それぞれ突破され作業坑と本坑が水没しました。(斜坑底の主ポンプ座の水没を防ぐため、本坑に導水)
- 復旧のために、青函トンネルの本州方の現場や上越新幹線のトンネル建設現場のポンプなどが集められ、復旧作業に使用されました。
- 機械・電気設備などにも、大きな被害あったと思われますが、詳細は不明です。

12

青函トンネルにおける突発湧水③

- この出水より人的被害が出たとの記録はありませんが、作業員等に対する安全性が低下しました。
- 水没した作業坑、本坑を復旧するために、約半年の工期を要しました。
- 最終的に、作業坑は迂回させることにより出水箇所を通過しました。



作業坑排水



作業坑バルクヘッド搬送

出典:津軽海峡線工事誌(青函トンネル) 日本鉄道建設公団青函建設局

13

南アルプストンネルの施工手順



14

山梨県境付近のトンネル工法比較

工法及び掘削の向き		評価			
		安全性	経済性	工期	異流出
NATM	A 先進坑・本坑ともに上り勾配で掘削	○	○	○	有*
	B 先進坑は下り勾配で掘削、本坑は上り勾配で掘削	×	△	△	否 無
シールド	C 先進坑は下り勾配でシールド工法、本坑は上り勾配でNATM掘削	技術的に困難		否	無

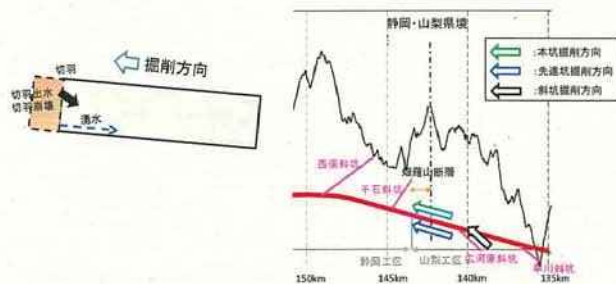
※先進坑貫通までの間、トンネル湧水が意外に流出

15

山梨県境付近のトンネル工法比較

A 先進坑・本坑ともに上り勾配で掘削(1)

- 山梨県側からの施工は、上り勾配で掘削するため、突発湧水が生じた場合でも、トンネル湧水は自然流下で対応することができるため、安全に施工することができます。



16

山梨県境付近のトンネル工法比較

A 先進坑・本坑ともに上り勾配で掘削(2)

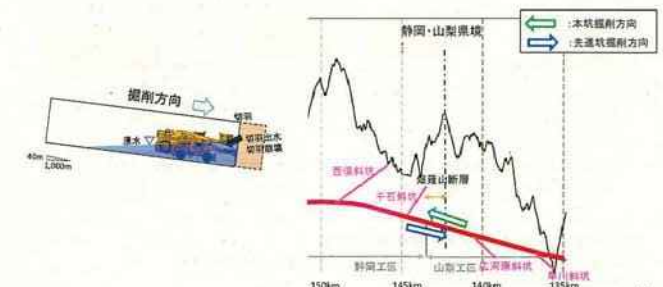
- 切羽(掘削面)から、突発湧水が発生した場合、湧水が自然流下し、切羽付近に湧水が溜まることのないため、水没することはありません。
- 水没することはないため、作業員等への安全性が確保されます。
- 湧水は自然流下となるため、湧水が落ち着き次第、トンネル掘削を続けることが可能です。

17

山梨県境付近のトンネル工法比較

B 先進坑は下り勾配・本坑は上り勾配で掘削(1)

- 静岡県側から、先進坑を下り勾配で施工するため、湧水が湧出した場合、トンネル湧水は自然流下で対応することができないため、ポンプ設備により汲み上げる必要があります。



18

山梨県境付近のトンネル工法比較

B 先進坑は下り勾配・本坑は上り勾配で掘削(2)

- ・切羽(掘削面)から、突発湧水が発生した場合、ポンプ設備で汲み上げるものの、水没するリスクがあります。
- ・水没した場合、作業員等に対する安全性に問題があります。
- ・水没した場合、施工が中断するとともに、機械や設備の水没により修理等が必要になる場合もあり、工期も大きく伸びることになります。

19

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

- ・上り勾配(拝み)施工の場合に検討した揚水方式について、
①先進坑貫通後に揚水以外は、技術的に困難です。

対応方法	評価	実現性	県外流出
① 先進坑貫通後に揚水	先進坑貫通後は、県境付近に設置した釜場を活用し、本坑湧水のポンプアップが可能	○	有※
② 小口径シールドトンネルにより揚水	断層部約1kmは、大きな土圧・水圧がかかりシールド施工は技術的に困難	×	無
③ ボーリング+ケーシングパイプで揚水	断層部約1kmを正確な位置に送水管を挿入しながらのボーリングは技術的に困難	×	無
④ 県境付近からの導水路トンネルで導水	断層部に並行して大土被り中のトンネル掘削は技術的に困難	×	無
⑤ 深井戸により揚水	最深800mの深井戸を断層部約1kmにわたって設置することは技術的に困難	×	有※

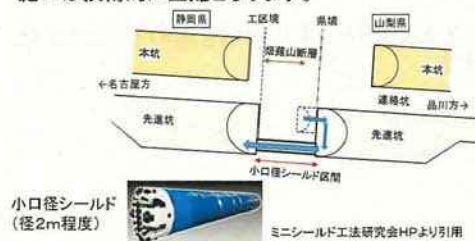
※先進坑貫通までの間、トンネル湧水が県外に流出

22

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

②小口径シールドトンネルにより揚水

- ・山梨県側から断層部の掘削を開始する前に、静岡方から小口径シールドマシンで掘削し、送水管を構築した後、先進坑の湧水は送水管を通じて静岡県側にポンプアップします。
- ・断層部付近約0.8～1kmにおいて、大きな土圧や水圧がかかることにより、シールドマシンが掘進不能となる可能性が高く、施工は技術的に困難となります。

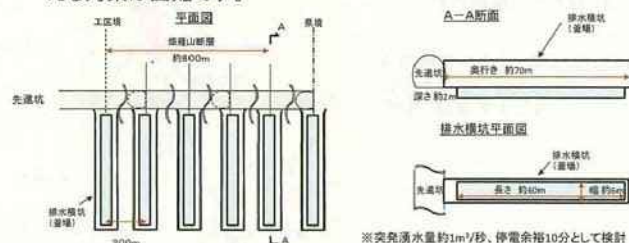


25

山梨県境付近のトンネル工法比較

B 先進坑は下り勾配・本坑は上り勾配で掘削(3)

- ・先進坑を下り勾配で施工する場合、突発湧水に備え、掘削進行に合わせ、順次大きな排水横坑が必要となります。
- ・特に湧水が発生している断層部では排水横坑を掘削することは難しく、また湧水量次第では水没するリスクがあり万全と言える対策は困難です。

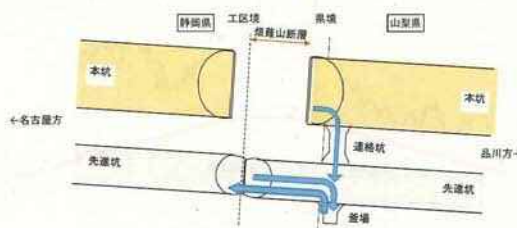


20

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

①先進坑貫通後に揚水(原案)(1)

- ・先進坑貫通後は、山梨県と静岡県の県境位置に設置した釜場を活用し、静岡県内の先進坑の湧水を静岡県側にポンプアップします。

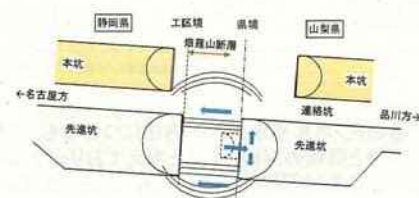


23

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

③ボーリング+ケーシングパイプで揚水(1)

- ・山梨県側から断層部の掘削を開始する前に、ボーリング+ケーシングパイプにより送水管(100mm程度)を複数本構築します。
- ・先進坑の湧水は、複数の送水管により静岡県側にポンプアップします。



26

山梨県境付近のトンネル工法比較

C シールド工法(断層部の掘削方向 下り勾配施工)

- ・シールド工法により施工する場合、断層部付近約0.8～1kmにおいて、大きな土圧や水圧がかかることにより、シールドマシンが掘進不能となる可能性が高く、施工は困難となります。



21

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

①先進坑貫通後に揚水(原案)(2)

- ・本坑の湧水は、本坑と先進坑との間に連絡坑を設置し、本坑から連絡坑と先進坑を経由して、県境位置に設置した釜場を活用し、静岡県側にポンプアップします。

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

③ボーリング+ケーシングパイプで揚水(2)

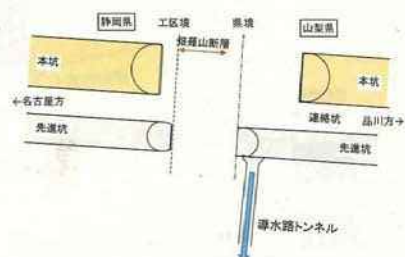
- ・ボーリングを施工する断層部約0.8～1kmの距離を、狭い範囲に正確に送水管を挿入しながら到達させるボーリング(十数本)は、技術的に困難です。
- ・ボーリングの孔が崩れて掘削不能となる場合や、孔が崩れることによりボーリングの方向が変化する場合があるためです。
- ・そのため、ボーリング等による揚水は困難であると考えています。

27

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

④県境付近からの導水路トンネルで導水(1)

- 山梨県側から断層部の掘削を開始する前に、山梨県境付近からの導水路トンネル(約20km)を構築し、先進坑の湧水は、導水路トンネルにより大井川(畑薙第一ダム付近)へ自然流下させる案です。



28

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

④県境付近からの導水路トンネルで導水(2)

- トンネル延長が、畑薙第一ダム付近までの約20kmと非常に長くなり、畑薙山断層に沿って、最大土被り約1,000mのトンネルを掘削することは、技術的に困難です。

- さらに、このトンネル自体の湧水により沢水等の減少が生じるほか、発生土が増加します。



29

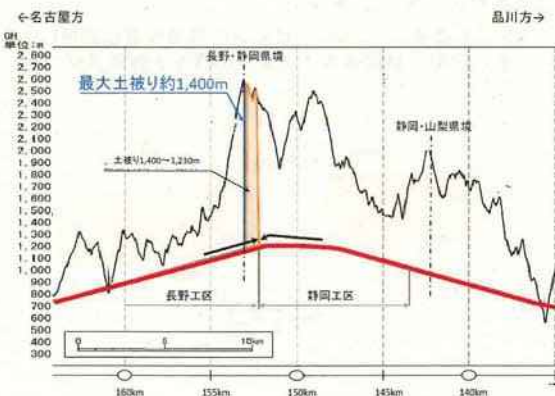
山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

⑤深井戸により揚水(2)

- 複数本の最深約800mの深井戸を、断層部約0.8~1kmにわたって設置し、畑薙山断層の周辺も含め、揚水することは困難です。
- 山の急斜面において、深井戸の施工機械の配置は困難であり、それを複数本設置することはさらに難易度が増します。
- 山の急斜面での深井戸の施工機械の配置のため、伐採や造成等が発生することによる環境負荷の増加となります。
- そのため、深井戸による揚水は困難です。

31

南アルプストンネルの縦断面図

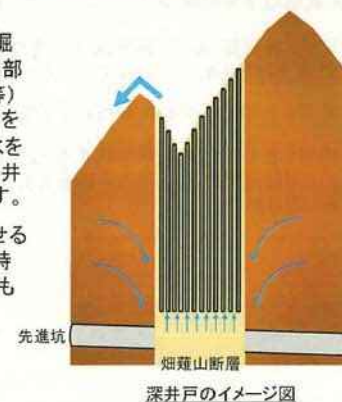


32

山梨県境付近のトンネル湧水への対応方法

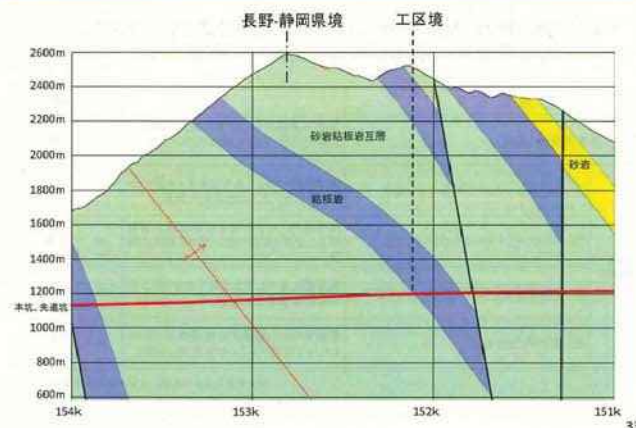
⑤深井戸により揚水(1)

- 山梨県側から断層部の掘削を開始する前に、断層部区間の地上(山の尾根等)から深井戸(最深800m)を掘削し、断層部内の帯水を揚水して送水管により大井川へ自然流下する案です。
- 予め地下水位を低下させることにより、先進坑掘削時の湧水を低減するというものです。



30

長野県境付近の縦断面図



33

長野県境付近の工区設定

- 南アルプストンネルは、静岡県と長野県の県境付近で土被りが1,400mに達し、国内トンネルでは最大となり、前例の無い施工となります。
- このような長野県との県境付近の工区境については、慎重に施工を進めるために、一般的に土被りが大きい箇所に工区境を設定することはトンネル工学上避けるべき※とされていることから、県境付近の最大土被りを避けることとし、また、連続する地質の切れ目に設定することとしました。

※トンネル工学上、土被りが大きい箇所を避けるべき理由

- トンネル掘削後、周辺の土圧が安定した状態から、隣接工区のトンネルが近接すると、トンネル断面に再び大きな土圧が作用し、大きな変形が生じるリスクがあります。

34

長野県境付近の工区境設定の比較

工区境の設定	評価				県外流出
	安全性	経済性	工期	適否	
県境から約0.7km静岡県内に入った箇所に工区境を設定 ・最大土被り1400mが工区境とならない	○	○	○	適	有※
県境にて工区境を設定 ・最大土被り1400mが工区境となる	△	△	△	否	無

※先進坑貫通までの間、トンネル湧水が県外に流出

- 長野県境付近のトンネル湧水の対応方法についても、山梨県境付近の対応方法と同様の評価になると考えており、「先進坑貫通後に揚水する方法」が現実的であると考えております。

35

まとめ

- 9月13日の会議でご説明したとおり、当社の考える施工方法で工事期間中にトンネル湧水の一部が県外流出しても、工事完了後はもとより、工事のどの段階においても、大井川の河川流量は減少しないとの予測結果です。
- 安全な施工方法によりトンネル掘削を進めて行きたいと考えております。

36