

天ヶ瀬ダム再開発事業基本計画変更に係る 京都府検証委員会(第2回)資料

平成28年11月14日

京都府環境部建設整備課
京都府建設交通部河川課

1. 検証の内容

2. 第1回委員会の意見に対する回答

1. 検証の内容

天ヶ瀬ダム再開発事業の事業費及び工期の変更内容を検証する

◆事業費の変更

約430億円 → 約590億円(約160億円増)

(京都府負担額)

・治水 約46億円 → 約63億円(約17億円増)

・利水 約38億円 → 約52億円(約14億円増)

【合計】約84億円 → 約115億円(約31億円増)

◆工期の変更

平成30年度まで → 平成33年度まで(3年延期)

<スケジュール>

○H28年10月14日：第1回検証委員会
変更内容の検証

○H28年11月14日：第2回検証委員会
変更内容の検証

※ 本資料は、第1回の京都府検証委員会の結果を踏まえ、近畿地方整備局から新たに提供を受けた資料をもとに京都府が加筆・編集を行ったものです。

資料に「京都府作成」または「京都府にて加筆・編集」と記載以外は、国の淀川水系ダム事業費等監理委員会の資料を引用。

2. 第1回委員会の意見に対する回答

○第1回委員会の意見の状況

■増加要因の項目

- ① F0破砕帯対策工の追加による増 (意見1~6)
- ② 重金属等含有岩石処理の追加及びこれに伴う施工条件の変更による増 (意見7、8)
- ③ 地盤条件の変更に伴う施工条件の変更による増 (意見9、10)
- ④ 工期延長による変更（工事諸費、消費税増・物価増）

■コスト縮減に関する取組

- I 流入部立坑高さ低減による減 (意見11)
- II 補助工法の見直しによる減 (意見12、13)
- III ゲート設備軽量化等による減

■工期の変更概要

減勢池部のF0破砕帯分布範囲の拡大に伴う対策工法の追加等による工期延期
(意見14、15)

■増加要因の項目（FO破碎帯対策工の追加による増）(1/2)

番号	意見	回答	
1	○対策工を変更するに至った検討経緯、数値解析の結果について概要を示すこと。	○変更に至った経緯を添付。【説明資料1】 ○対策工の選定経緯については、 ①先進導坑内という特殊な条件下での施工が可能 ②効果が期待できるもの ③下半掘削時の不測の事態に備えて追加対策が可能 工法選定では、①先進導坑内での施工が可能な工法を選択し、その中から②③の条件に当てはまる工法を比較検討し、その内容を施工技術監理委員会において確認頂き、その結果RC円柱支保工を選択している。 【説明資料2】 ○数値解析の結果→意見3の回答【説明資料3, 4】	P6 P7 P8, 9
2	○工法選定ではコストも含め比較すること。	○同上 【説明資料2】	P7
3	○破碎帯の幅が変わったことによる解析結果は、掘削時の水平変位と導坑沈下量のみ結果が示されているが、地盤の応力の変化についても情報を確認すること。	○解析結果についてより分かりやすく示すため、施工ステップ毎に「破壊安全率図」「変形図」を添付。 【説明資料3, 4】	P8 P9

■増加要因の項目（F0破碎帯対策工の追加による増）(2/2)

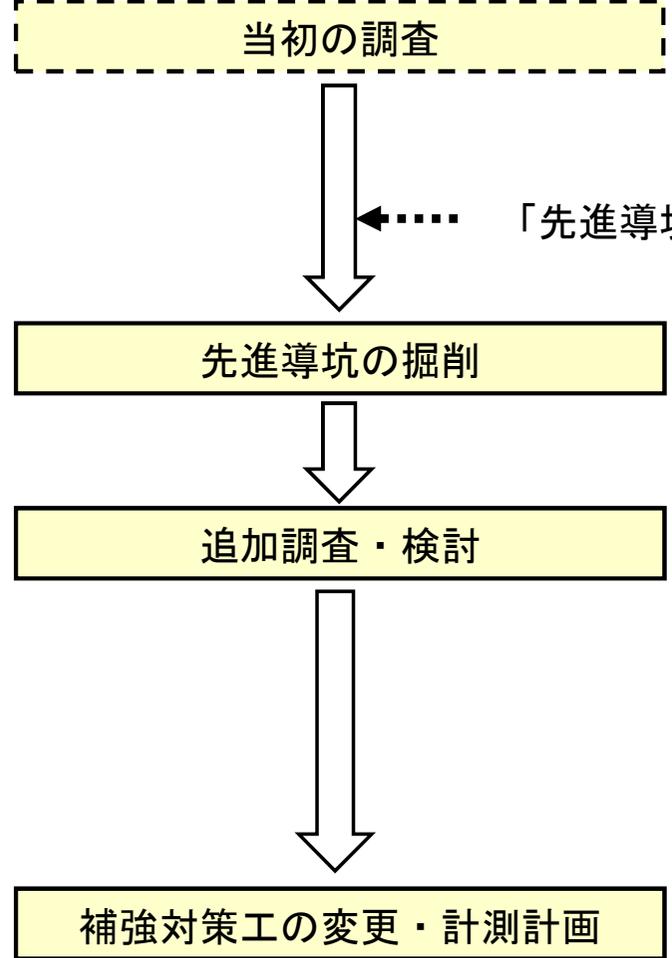
番号	意見	回答	
4	<p>○円柱の間隔は適切なのか。また掘削段階で盤膨れ等の変状が出る可能性もあり、安全な施工方法や変状が発生した場合の備えを国がどのように考えているか確認すること。</p>	<p>○RC円柱間隙の地山に作用する土圧は、円柱に分担させて変位を抑制するため、施工段階において円柱間隙地山に高強度ウレタン注入工を実施しており、これにより円柱間のグラウンドアーチ効果を確保する。【説明資料5, 6】</p> <p>○安全な施工方法については、当初より減勢池部の特殊条件（超大断面、小土被り、F-O断層、現道、鉄塔など）を考慮して減勢池部の計測工を計画している。</p> <p>F0破碎帯対策の見直しにより、地中内変位計（坑内より）、円柱支保工応力測定（パイプひずみ計）、円柱支保工コンクリート応力測定、円柱支保工鉄筋応力測定を追加し、常時観測を行うことで、情報化施工により慎重に施工していく計画である。</p> <p>なお、変状が発生した場合は円柱間に長尺ケーブルボルト等の追加対策を行う。</p>	P10 P11
5	<p>○RC円柱支保工を破碎帯内に計画していないか、断面図等で破碎帯とRC円柱との位置関係を確認すること。</p> <p>○既に1本施工したRC円柱の実績から破碎帯の位置を確認すること。</p>	<p>○RC円柱支保工の根入れ延長の考え方は、トンネル底版から3m以上を基本として、基礎地質の必要な強度については、各円柱施工箇所での事前のボーリング調査を実施し、必要な支持力が確保される位置で計画している。また、実施工でも底盤面の切羽観察により地質を確認し、必要な支持力を満たしていることを確認することとしている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・位置関係を示した図【説明資料5】 ・施工実績の状況【説明資料6】 	P10 P11
6	<p>○解析の与条件である破碎帯の物性値について当初と変更での決定方法を確認すること。</p>	<p>○物性値の決定方法は、当初ボーリング調査結果を基に決定しており、先進導坑掘削後の追加調査においても、その結果は同じであったため、破碎帯の物性値は当初・変更後も同じである。</p> <p>なお、破碎帯の分布範囲が先進導坑によって明らかになったため、この情報を与条件として解析を行っている。</p> <p>【説明資料8】</p>	P15

増加要因① F0破碎帯対策工の追加による増【説明資料 1】

【減勢池部の特殊性】

- I 超大断面空洞（仕上がり内空の高さ26m、幅23m、断面積約500 m²）である。
- II グラウンドアーチが形成されにくい小土被り（掘削高さD=26m に対して土被り厚40m≒1.5D より）である。
- III 対象地山は付加体の丹波帯（砂岩と泥岩）であり、トンネル掘削により大きく緩みやすい。
- IV F0破碎帯は脆弱な粘土、砂礫、コアが互層状に存在する複雑な地層構造である。
- V 供用中水圧が覆工に作用する。

【検討経緯】



- ・ F0破碎帯の幅、分布を把握する目的で、通常よりも密な20m間隔程度の格子状のボーリング調査を実施
- ・ ケーブルボルトによる対策工を設計

「先進導坑での地質情報を設計に反映する旨の助言」 (施工技術監理委員会)

- ・ H27.9 事前調査結果よりも破碎帯の範囲が広く出現 (奥行9m→14m)

- ・ ボーリング調査 (6本)、平板載荷試験 (4箇所)、室内土質試験を実施し、破碎帯部の分布状況、地盤物性値や地盤の地耐力等を把握。
- ・ それらのデータを基に解析を実施し、対策工法を検討。
 - ① 先進導坑内での施工が可能な工法
 - ② 効果が期待できる工法
 - ③ 本坑掘削時の不測の事態に備えて追加対策が可能な工法

- ・ 側壁補強対策として、RC円柱支保工の施工を決定。
- ・ 当初計画の計測工に加え、地中内変位、円柱支保工等の応力測定を追加。

増加要因① F0破砕帯対策工の追加による増【説明資料2】

■F0破砕帯対策工の選定

F0破砕帯の側壁補強対策工として、当該部の地質性状や施工性といった観点から、「RC円柱支保工」を選定し、施工技術監理委員会にて確認した。

工法名	当初「長尺ケーブルボルト工」	案1「地山注入工」	案2「連続地中壁工」	案3「RC円柱支保工」
概要図				
施工概要	・地山に削孔した孔内にケーブルボルトを挿入後、ボルトと孔壁の空隙をグラウト材で充填し、トンネル掘削による内空変位をボルトが拘束する効果により地山を補強する工法である。	・地山に注入管を打設し、注入材（セメント系、ウレタン系）を圧入して地山の空隙充填や固結・強度増加を図ることにより、補強ゾーンを形成する工法である。	・安定液を用いて掘削壁面の崩壊を防ぎながら地下に壁体の溝壁を掘削し、この中に鉄筋かごを挿入してコンクリートを打設して、連続した壁体を地中に構築する工法である。	・円形立坑を本坑側壁部の脇に施工後、その中に鉄筋を組立て、コンクリートを打設して、円柱状の先行支保工を構築する工法である。
特徴	・補強範囲を任意に設定できる。 ・必要な拘束度に対応できる。	・補強範囲を任意に設定できる。	・壁体の剛性が高い。	・円柱の剛性が高い。
施工性	・既設の側壁導坑内から上向きにケーブルボルトを施工できる。 ・狭隘な側壁導坑内での削孔となるため削孔機の改造が必要である。 ・上向きケーブル挿入用に専用機械の製作が必要である。 ・側壁部のケーブルボルトは2段目以降の各ベンチ掘削時に施工する必要がある。	・F0破砕帯では一箇所からの広範囲の改良が困難である。 ・狭隘な側壁導坑内での削孔となるため削孔機の改造が必要である。	・低空頭掘削機（空頭5.3m）と鉄筋かご建込みの作業スペースを確保するために、既設の側壁導坑を大きく拡幅する必要がある。 ・鉄筋かごを高さ3m程度に多数分割して建込む必要がある。 ・F0破砕帯内の角礫部は透水性が高いため安定液が地中に浸透し、溝内泥水位の低下による溝壁の崩壊、安定液の損失による経済的ロス、安定液成分による地下水の汚濁、といったトラブルが発生する。	・直径3mの円形立坑の施工スペースを確保するために、既設の側壁導坑を拡幅する必要がある。 ・立坑掘削時の坑壁自立性を確保するために、導坑底版の地下水位を本坑底盤下方まで低下させるディープウェルを事前に施工する必要がある。
効果	・見直しより拡大したF0破砕帯ではベンチ掘削時の側壁水平変位が過大となり、 鋼製支保工が許容値を大幅に超過するため支保設計が成立しない。 ・打設長（通常10～25m）、打設間隔（1m以上）、設計荷重（実績上1,200kNまで）の 制約より増強できない。	・一般に用いられる注入材（セメント系、ウレタン系）では粘土部、角礫部、岩片部、短柱状部が薄層で混在したF0破砕帯では 効果が期待できない。	・ベンチ掘削時に不足する側壁支保工の力学的機能を補うことにより、側壁部の過大な水平変位を抑制できる。	・ベンチ掘削時に不足する側壁支保工の力学的機能を補うことにより、側壁部の過大な水平変位を抑制できる。 ・立坑掘削中に周辺地山を注入改良することで、円柱隙間にグラウンドアーチを形成できる。
追加対策工の実現性	・既にケーブルボルトが1m間隔で密に施工済なので 対策工を追加できない。	・ベンチ掘削時に側壁から長尺ケーブルボルトを地山内へ追加できる。	・連続壁が障害となり、ベンチ掘削時に坑内からの 対策工を追加できない。	・ベンチ掘削時に側壁から円柱隙間に長尺ケーブルボルトやPSアンカーを地山内へ追加できる。
経済性	・比較的安価である。 ・削岩機の改造費、ケーブル挿入専用機械費が必要である。	・改良ゾーン、注入量にもよるが当初の長尺ケーブルボルト工よりかなり高価である。 ・削岩機の改造費が必要である。	・当初の長尺ケーブルボルト工より非常に高価である。	・当初の長尺ケーブルボルト工よりかなり高価である。
評価	×	×	△	○（採用）
	許容値を大幅に超過し支保設計が成立しない	注入材では対策工としての効果が期待できない	ベンチ掘削時に坑内からの対策工を追加できない。	他案に比べ、最も課題が少ない

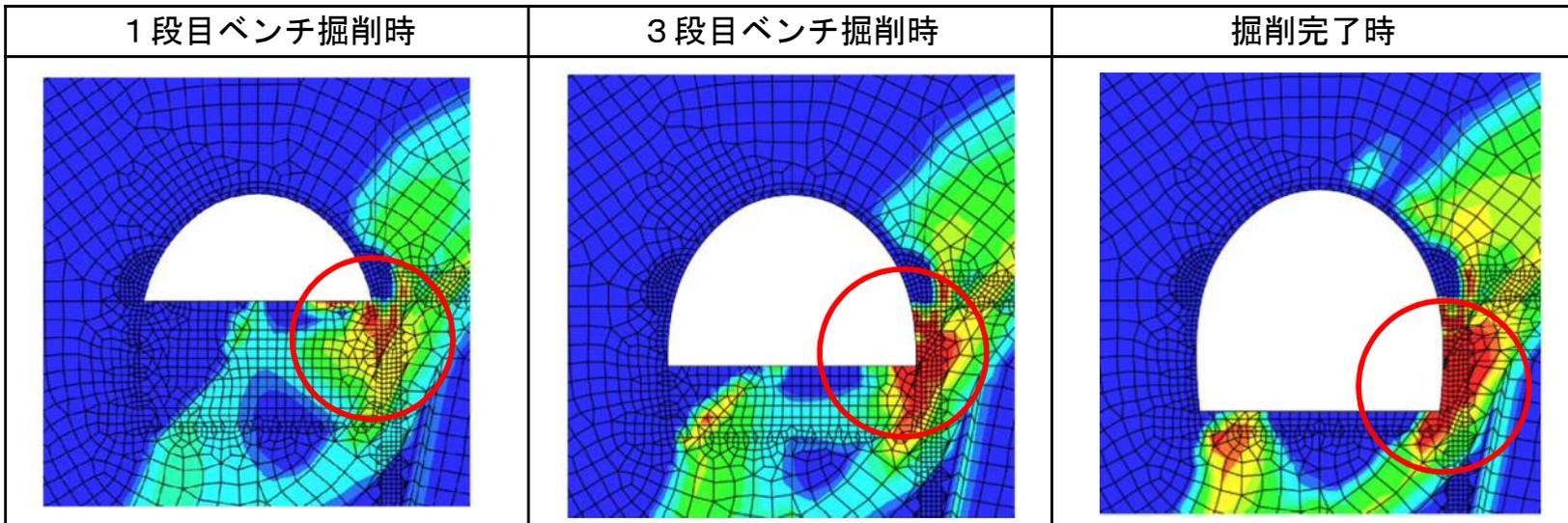
増加要因① F0破碎帯対策工の追加による増【説明資料3】

■対策工の効果 施工ステップ毎 解析結果 (ゆるみ安全率図)

先進導坑から得られた地質情報を踏まえ解析した結果、対策工をRC円柱支保工にすることにより、ベンチ掘削時における側壁部のゆるみ域が当初の長尺ケーブルボルトに対して概ね解消された。

ベンチ掘削時におけるゆるみ域の解析結果比較 (No. 25+2.5付近)

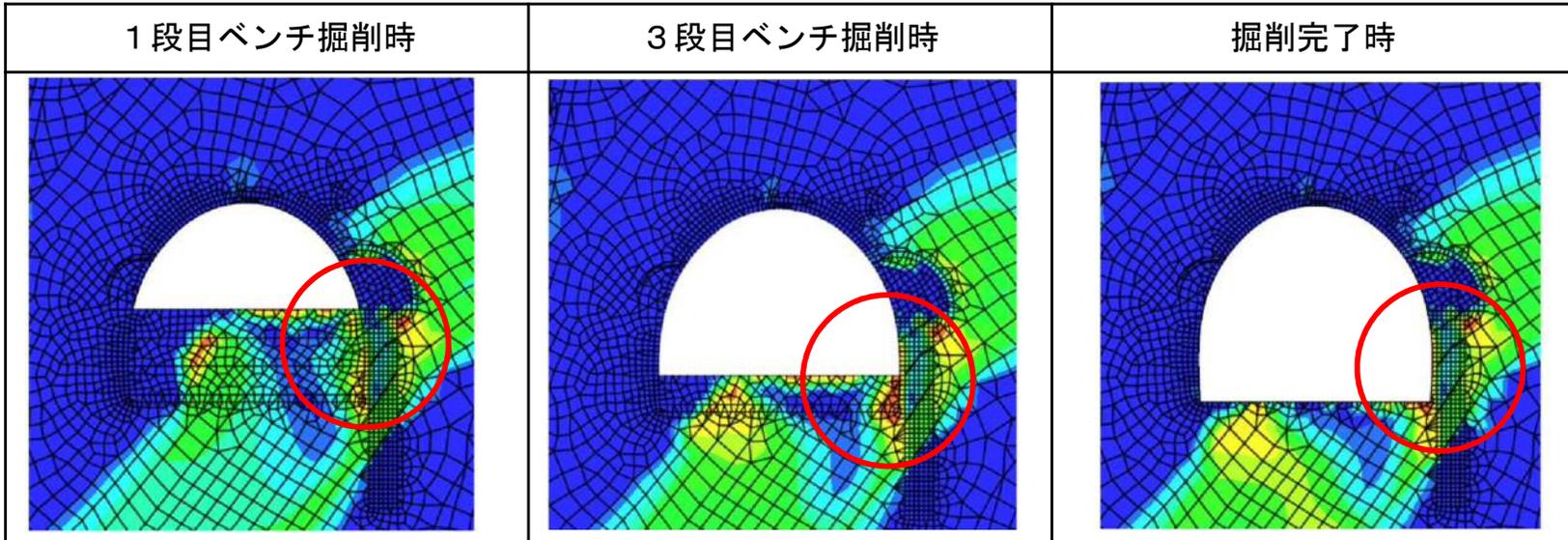
当初



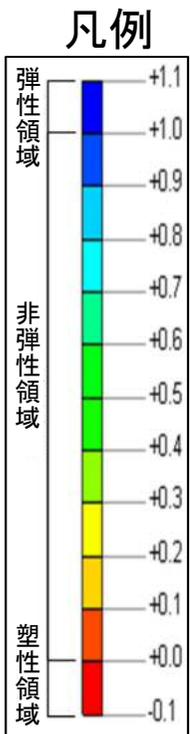
対策工
長尺ケーブルボルト

⇩ ゆるみ域(赤丸囲み)が概ね解消

採用



対策工
RC円柱支保工



※ゆるみ安全率は(岩盤強度と発生応力の差)と(発生応力)の比

増加要因① F0破碎帯対策工の追加による増【説明資料4】

■対策工の効果 施工ステップ毎 解析結果（変形図）

先進導坑から得られた地質情報を踏まえ解析した結果、対策工をRC円柱支保工にすることにより、長尺ケーブルボルトに対し、掘削完了時では、天端沈下量が約40%、側壁水平変位量が約90%、導坑沈下量が約85%低減され、トンネル変形量が許容値(天端沈下量：77.6mm、側壁水平変位量：86.9mm)内に収まり、施工が可能となる。

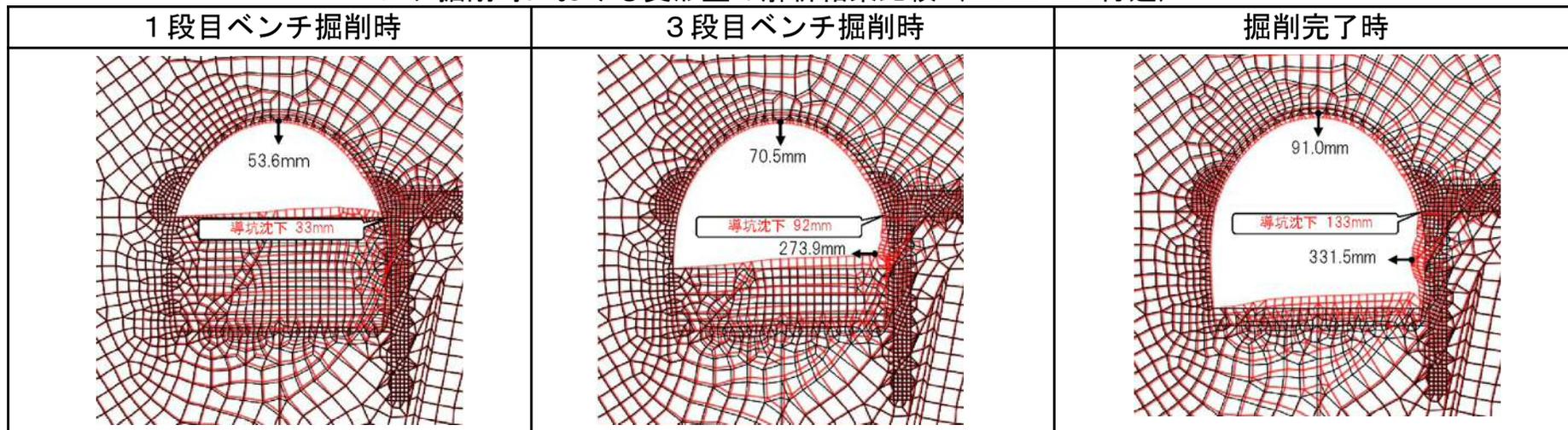
ベンチ掘削時における変形量の解析結果比較 (No. 25+2.5付近)

当初

対策工

長尺ケーブルボルト

変位量スケール

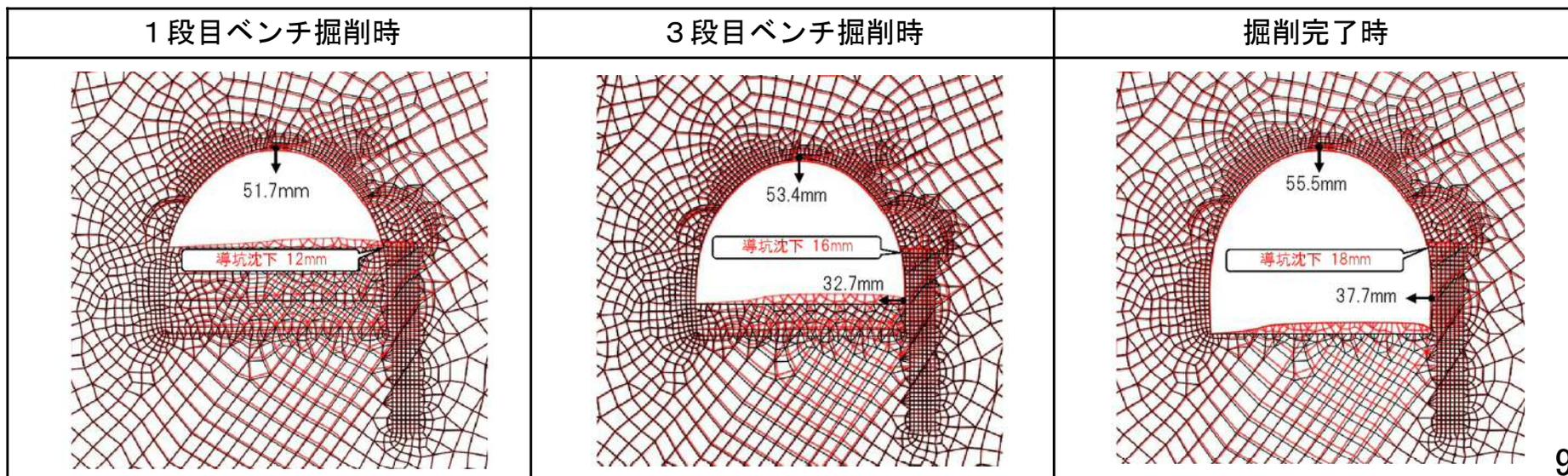


↓ トンネル変形量が許容値内に収まる

採用

対策工

RC円柱支保工



増加要因① F0破碎帯対策工の追加による増【説明資料5】

RC円柱支保工の設計

- 構造の考え方 : 本坑ベンチ掘削時の側壁部の水平変位を抑制する支保工の役割を持つ。杭形状であるが、鉛直荷重を支持するための杭ではない。(必要最小限の支持力は確保)
- 長さの考え方 : 本坑側壁部をカバーできるように、側壁導坑底面から本坑掘削底盤下3mまでの範囲に設置。(ただし、R2のみ支持力が不足したため本坑掘削底盤下5mまで延長)
- 間隔の考え方 : 中心間隔を1.5D確保し、円柱支保工の施工性及び追加対策の施工可能な間隔を確保、円柱隙間地山に高強度ウレタン注入工を行い、グラウンドアーチ効果を確保。
- 長期健全性 : 脆弱なF0破碎帯掘削時に本坑に作用する土圧に抵抗する構造物であると同時に、本体構造物と同様の機能を有するようにひび割れ発生時の鉄筋防錆対策を行い、円柱の構造耐力を確保する。

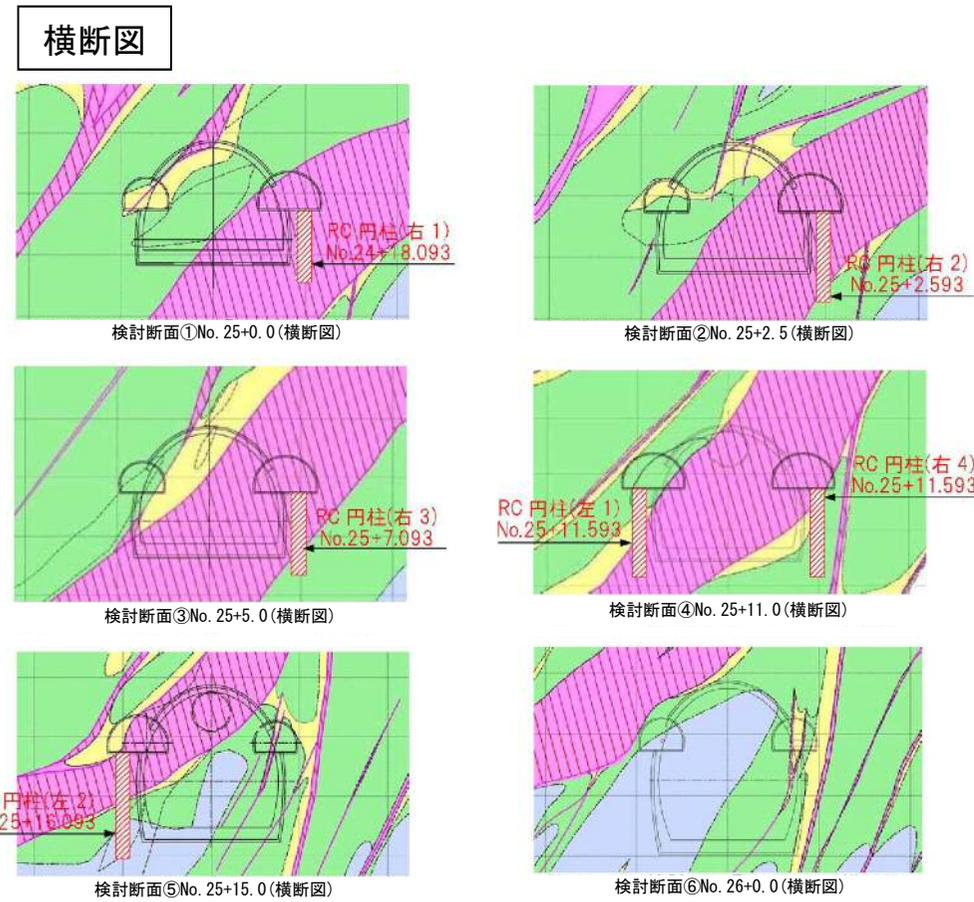
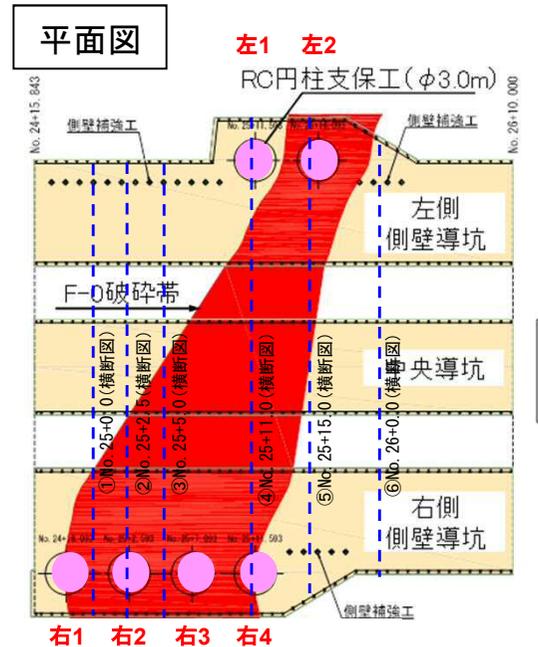
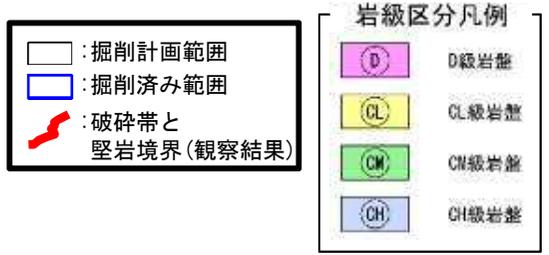
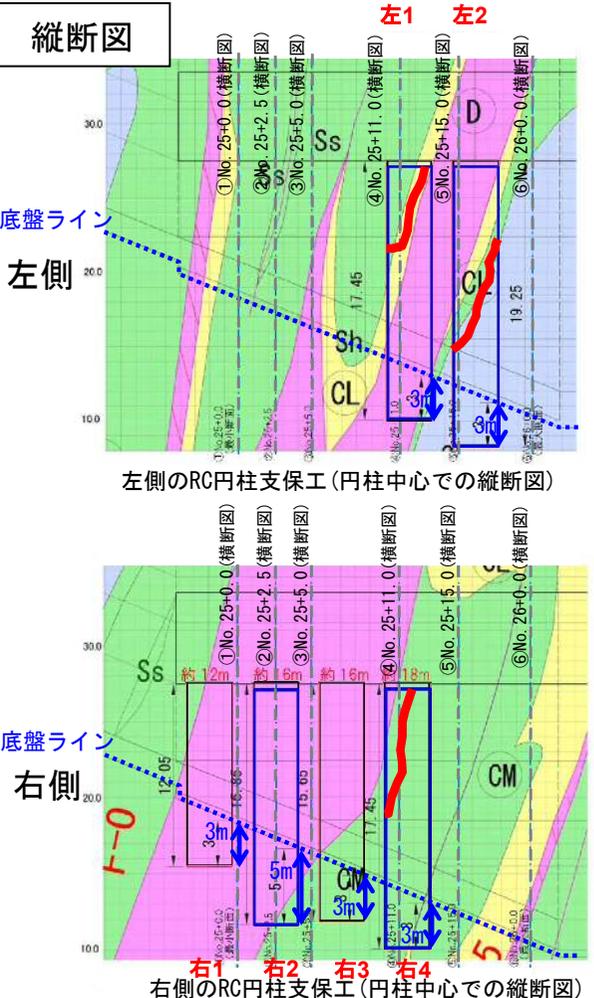


図 RC円柱支保工検討断面とF0破碎帯位置関係図

増加要因① F0破碎帯対策工の追加による増【説明資料6】

■先行ウレタン注入工

RC円柱隙間の地山に作用する土圧は、円柱に分担させて変位を抑制するため、施工段階において円柱隙間地山に高強度ウレタン注入工を実施しており、これにより円柱間のグラウンドアーチ効果を確保する。

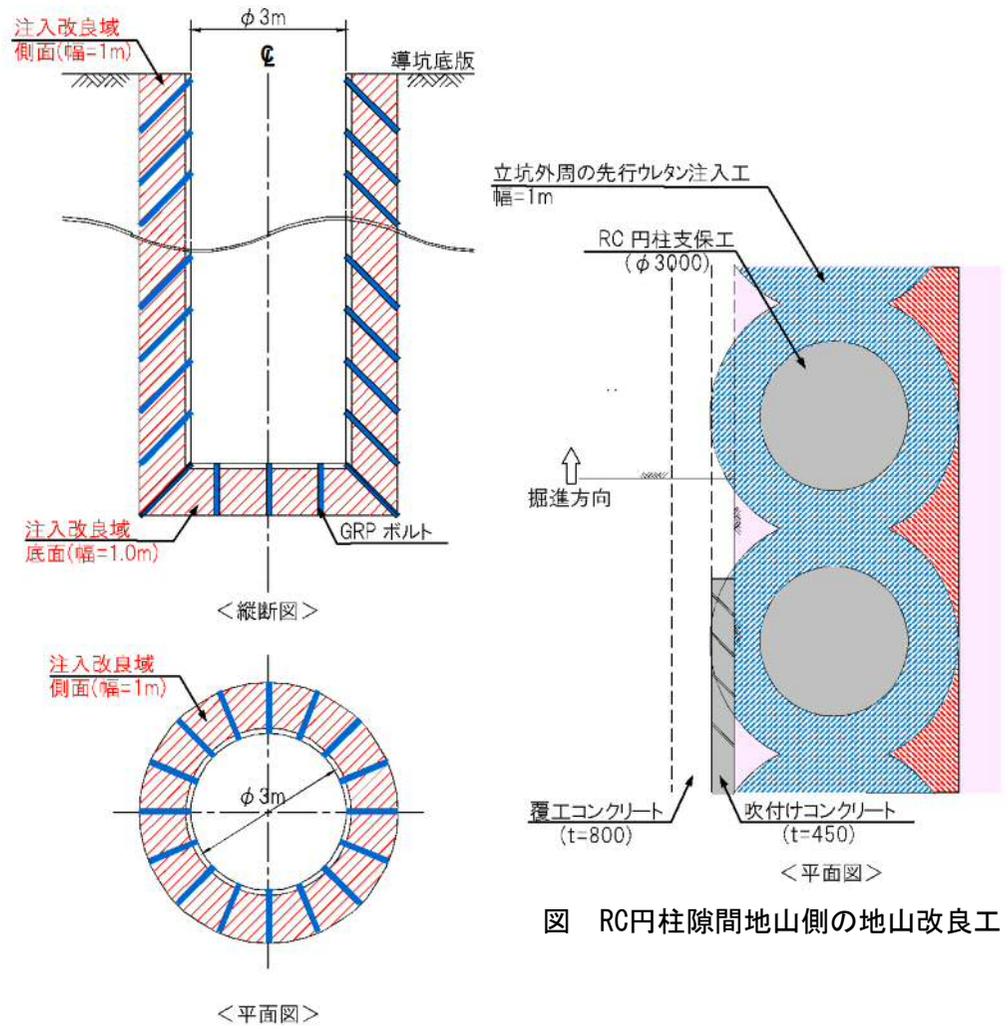


図 RC円柱隙間地山側の地山改良工

図 RC円柱支保工の先行ウレタン注入工

■増加要因の項目（重金属等含有岩石処理の追加及びこれに伴う施工条件の変更による増）

番号	意見	回答	
7	○分別処分の効果を明確にするため全量搬出処分と分別搬出処分とのコスト比較を示すこと。	○総発生量は21万m ³ であり、当初の分別方法（走向傾斜を考慮した方法）で処分すると17万m ³ 、60億円となり、トンネル式放流設備重金属等含有岩石処理対策検討会で提案された事後分別した場合は、約10.5万m ³ 、29億円となり、31億円のコスト縮減効果がある。【説明資料7】 <参考> 第1回委員会で示した増額40億円は、上記29億円の処分費と、ゲート室立坑部の掘削効率低下（事前判定結果に基づき重金属含有岩石を選別するため、全断面掘削から2分割掘削への変更等）に伴う掘削費の増額11億円との合計	P13
8	○掘削土量や処理単価等から増額が妥当かオーダー的に判断できるよう資料を示すこと。	○京都府の施工事例の処分単価と比較しほぼ同程度である。 ・処分費（m ³ 当たり）＝29億円÷約10.5万m ³ ＝約28,000円 ・京都府の施工事例の処分費（m ³ 当たり）＝約33,000円 【参考資料 P26】	—

■対策工比較 重金属等含有岩石処理 コスト縮減

○縮減内容

当初、重金属等含有岩石の処分を事前判定によるゾーン分割方法にて処分を考えていたが、概算処分費が60億円に増大したため、有識者で構成する重金属等含有岩石処理対策検討会にて処理対策を検討した。

対策として、掘削土を仮置きピットに搬入し、ピット毎に試料を採取して分析する判定方法へ見直したことで、31億円のコスト縮減を図り、処分費と仮設費の増額が、29億円となった。

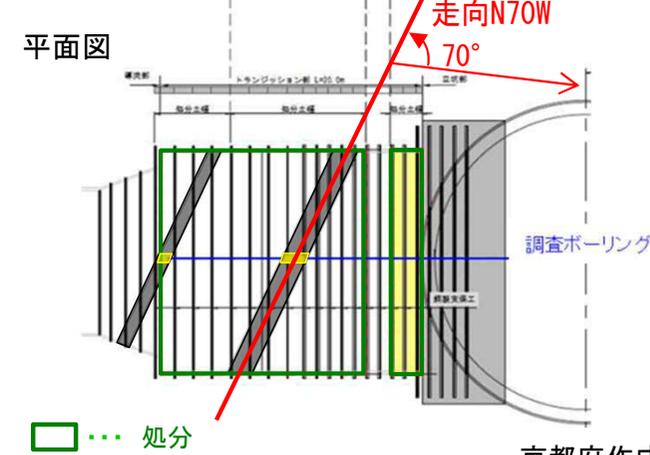
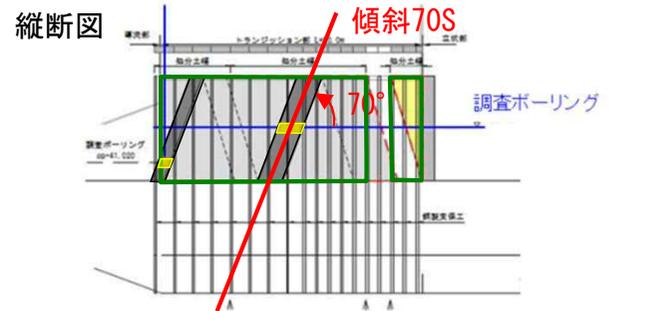
なお、重金属含有岩石処理に係る増額は、ゲート室立坑部の掘削効率低下（事前判定結果に基づき重金属含有岩石を選別するため、全断面掘削から2分割掘削への変更等）に伴う掘削費の増額11億円との合計40億円。

当初
(事前判定)
処分量 約17万m³



変更
(事後判定)
処分量 約10万m³

(事前判定)
含有範囲の設定
ゲート室部で卓越している走向傾斜として、N70W/70Sを採用し、含有範囲を設定している。
水平坑のゾーン分(トランジション部)



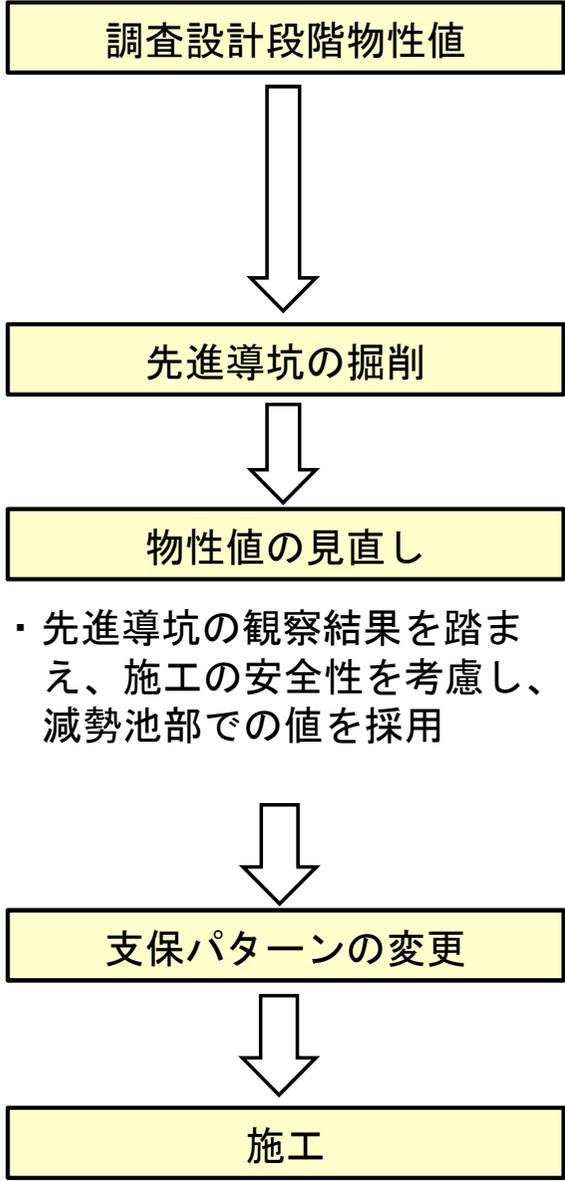
■増加要因の項目（地盤条件の変更に伴う施工条件の変更による増）

番号	意見	回答	
9	<p>○減勢池部は岩級区分は変えずに変形係数を見直しているが、どのように見直したのか、なぜ当初に把握できなかったのか確認すること。</p>	<p>○当初設計段階から、先進導坑での試験結果を反映させることを前提としていたため、全体平均の数値としていた。 見直しは、先進導坑での試験結果データも追加し、減勢池区間平均としたところ、全体平均より変形係数が小さくなったためその結果を反映させたものである。 【説明資料8】</p>	P15
10	<p>○流入部の岩級区分は当初と結果であまりにも違いすぎる。岩級区分を変更した経過や当初の判定方法を確認すること。</p>	<p>○事前調査では、施工箇所周辺で実施したボーリングコアから土研式を用い、硬さ、割れ目の間隔・状態を組み合わせ細区分表に基づき判断したうえで岩盤分類の判定を行っている。 しかし、実際の施工においては、施工初期からケーシングの圧入速度が上がらず、また、先端ビットが摩耗・欠損していたため、岩盤の硬さのみに注目した岩盤分布を把握する必要が生じ、その結果、岩盤硬さの分布図を示したもので、岩級区分の違いを示したものではない。 なお、硬さに着目して見直しを行うことや硬さの判定方法については、施工技術監理委員会で確認頂いている。 【説明資料9】</p>	P16

増加要因③ 地盤条件変更に伴う施工条件の変更による増【説明資料 8】

■地盤物性値の見直し

【検討経緯】



- ・ 「先進導坑での地質情報を設計に反映する旨の助言」 (施工技術監理委員会)
- ・ 変形係数はトンネル放流設備全体を平均して算定

○実施設計 (トンネル放流設備全体の平均値を採用)

種別	実施設計				
岩級区分	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	変形係数 E (kN/m ²)	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
崖錐堆積物	19.0	0.40	22,000	0	35
F級	24.0	0.40	92,000	260	19
F級(脆弱)	24.0	0.40	18,000	0	23
D級	24.0	0.40	430,000	60	27.9
CL級	27.0	0.30	950,000	1,000	45
CM級	27.0	0.20	3,870,000	1,500	45
CH級	27.0	0.20	9,790,000	2,000	45



○修正設計 (先進導坑の観察結果を踏まえ、減勢池部の平均値を採用)

種別		修正設計				
岩級区分	岩質	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	変形係数 E (kN/m ²)	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
崖錐堆積物		19.0	0.40	22,000	0	35
F級		24.0	0.40	92,000	260	19
F級(脆弱)		24.0	0.40	18,000	0	23
D級	砂岩	24.0	0.35	144,000	60	27.9
	泥岩			100,000		
CL級	砂岩	27.0	0.35	255,000	500	33
	泥岩			177,000		
CM級	砂岩	27.0	0.30	981,000	1,000	38
	泥岩			681,000		
CH級	砂岩	27.0	0.25	3,809,000	1,200	43
	泥岩			2,645,000		

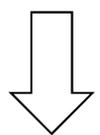
[凡例] 赤字は実施設計よりも厳しい物性値、青字は実施設計よりも緩い物性値

※丹波帯を考慮し、砂岩、泥岩の変形係数それぞれに低減係数をかけている。

増加要因③ 地盤条件変更に伴う施工条件の変更による増【説明資料9】

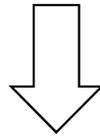
■ 岩盤強度の確認

調査設計段階(標準的な試験)



- ・ 施工箇所周辺のボーリングコアより、土研式の岩盤分類に従い、硬さ、割れ目の間隔、状態などから総合的に判断し、岩級区分を想定。

施工(掘削速度の低下)



- ・ 全周回転掘削機による施工日数
(計画) 約1.7日/本 ⇒ (実績) 約4.5日/本
※置換杭 1本当たりの施工日数

強度見直し(岩塊に対する現位置試験)

- ・ 施工技術監理委員会の提言を踏まえ、施工箇所の岩塊に対して、現場で大量かつ迅速に試験実施が可能となる「点载荷試験」を行い、既存ボーリングコアによる一軸圧縮強度試験との相関により、強度を見直し。



点载荷試験装置



先端のビット摩耗・欠損



掘削状況

■増加要因の項目（コスト縮減に関する取組）

番号	意見	回答	
11	○立坑高さ低減のコスト縮減は、ゲート室部でも同様に対応できなかったのか確認すること。	○ゲート室部は、周辺地盤高さ等の現地条件があるため、立坑高さ低減を行っていない。 なお、流入部の修理ゲートと同様にゲート室部の副ゲートもSM材を使用し軽量化を図り、開閉装置の規模を縮小している。	—
12	○補助工法をパイプルーフ工法からAGF工法に見直しているが減勢池部の支保工のロックボルトを増し打ちすることとは構造的に関係しないのか確認すること。また、コスト増減の関係を確認すること。	○補助工法（AGF）は、土被りの薄い坑口やトンネル掘削時に切羽の安全が確保できない箇所（脆弱部）に限って、掘削前に切羽の安定を目的に先行して施工するものである。 支保工（ロックボルト）は、トンネル周辺の地山の安定化のためにトンネル掘削時に打設するため、両者の目的は異なる。 そのため、コスト増減には関係していない。	—
13	○シュート部のAGFの施工後にロックボルトが施工できるのか確認すること。	○AGF施工後、周辺地山の安定化のため、ロックボルトをAGFの隙間を狙って打設する。	—

■工期の変更概要

番号	意見	回答	
14	○RC円柱支保工の施工が課題。万が一の事を想定しておかないと工期が延びる要因になるが、不測の事態に備え工期を設定しているか確認すること。	○追加対策を施工出来る準備及び計測を行いながら慎重に対応することとしているが、事業費・工期については、現時点で得られている情報を基に算定しており、現在考えている以上の追加対策による事業費・工期は見込んでいない	—
15	○工期が延びればそれによる事業費の増も出てくる。不測の事態に備えた事業費の余裕を見込んでいるか、またどれぐらい想定しているのか確認すること。	○同上	—