

中央新幹線瀬戸トンネル新設工事における 肌落ちによる災害について

令和3年12月28日
岐阜県環境影響評価審査会

東海旅客鉄道株式会社
中央新幹線瀬戸トンネル新設工事共同企業体

本日の説明内容

1. はじめに
2. 災害概要
3. 「環境影響評価書(2014.8)」および「中央新幹線瀬戸トンネル新設工事における環境保全について(2018.12)」における環境保全措置
4. 当該箇所の工事の状況
5. 「中央新幹線、中央アルプストンネル工事(山口)における地盤沈下に係る環境保全措置に対する知事意見書への回答(2019.10)」の対応状況

1. はじめに

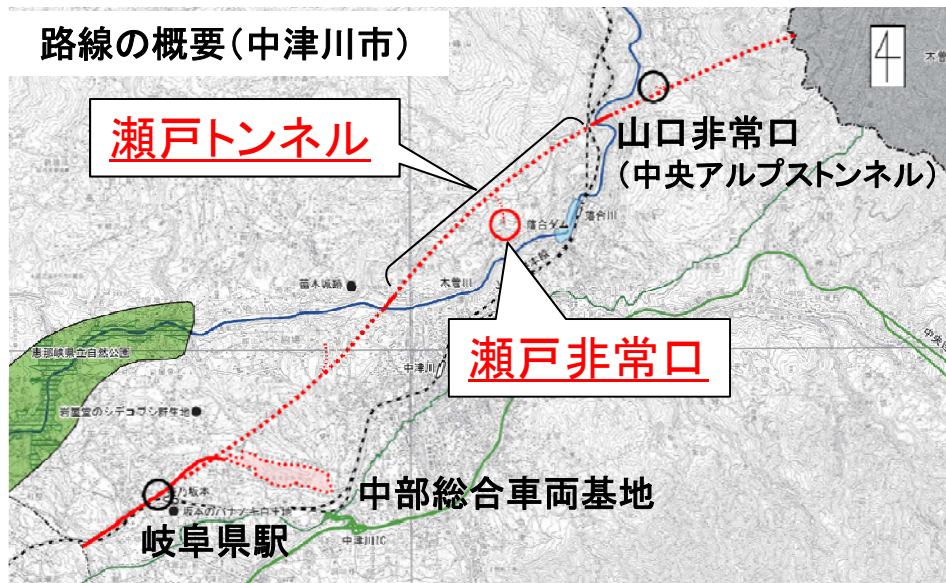
本日の説明内容

- 本年10月27日に、中央新幹線瀬戸トンネル新設工事現場の斜坑口（非常口）付近において、切羽からの肌落ちによる災害が発生しました。
- その後、トンネル工事に関する有識者に確認をいただいたうえで再発防止対策を取りまとめました。
- 本日は、上記の災害が「環境影響評価書（2014.8）」に記載した地盤沈下の項目において、環境に与える影響の有無という観点でご説明します。
- 次ページ以降において、詳細について説明します。

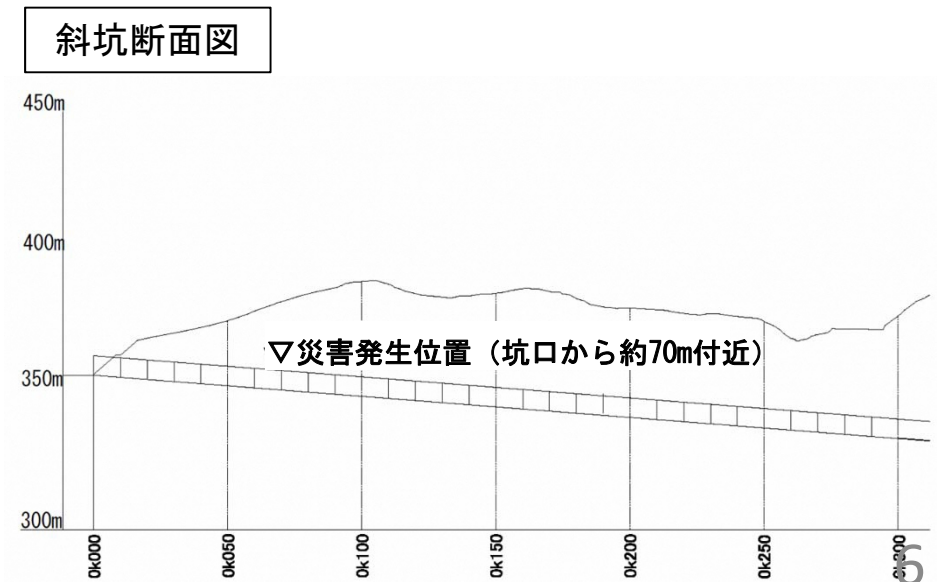
2. 災害概要

概 要

1. 発生日時 令和3年10月27日（水）19時20分頃 天候 晴
2. 発生箇所 岐阜県中津川市瀬戸
3. 工事件名 中央新幹線瀬戸トンネル新設
4. 請負会社 奥村組 J V
5. 受 傷 者 作業員 A 1次下請 村崎建設(株)44歳・・・病院搬送後、死亡
作業員 B 1次下請 村崎建設(株)52歳・・・左足首ほか骨折全治2か月
6. 概 況 作業員が斜坑掘削に伴う発破作業後の残薬有無の点検のために切羽に近づいた際、切羽左肩付近より肌落ちが発生した。肌落ちした付近にいた作業員 A の足が岩塊に埋まったため、作業員 B が救出に向かったところ、さらに最初の肌落ち箇所近傍で地山の一部が落下し、作業員 A が岩塊の下敷きになり、作業員 B の足が岩塊に埋まった。



環境影響評価書p.3-13の図に加筆



3. 「環境影響評価書(2014.8)」および「中央新幹線瀬戸トンネル新設工事における環境保全について(2018.12)」における環境保全措置

「環境影響評価書(2014.8)」における環境保全措置に関する記載内容

第8章 環境影響評価の調査の結果の概要並びに予測及び評価の結果

8-3 土壤環境・その他

8-3-2 地盤沈下

(2) 予測及び評価

イ) 環境保全措置の実施主体、方法その他の環境保全措置の実施の内容

本事業では、トンネルの工事による地盤沈下に係る環境影響を回避又は低減させるため、環境保全措置として「適切な構造及び工法の採用」を実施する。

環境保全措置の内容を表 8-3-2-2 に示す。

表 8-3-2-2 環境保全措置の内容

実施主体	東海旅客鉄道株式会社	
実施内容	種類・方法	適切な構造及び工法の採用
	位置・範囲	掘削を行う地点
	時期・期間	計画時及び工事中
環境保全措置の効果	土被りが小さく、地山の地質条件が良くない場合には、先行支保工（フォアパイリング等）などの補助工法を採用することで、地山の安定を確保することが可能であり、地盤沈下への影響を回避又は低減できる。	
効果の不確実性	なし	
他の環境への影響	なし	

「中央新幹線瀬戸トンネル新設工事における環境保全について(2018.12)」における環境保全措置に関する記載内容

第3章 環境保全措置の計画

3-4-3 土壌に係る環境その他の環境要素(重要な地形及び地質、地盤沈下、土壌汚染)

表3-4-3-1 土壌に係る環境その他の環境要素に関する計画面の環境保全措置

環境要素	環境保全措置	環境保全措置の効果	実施箇所等
重要な地形及び地質	地形の改変をできる限り小さくした工事施工ヤードの計画	工事施工ヤードの設置にあたっては、地形の改変をできる限り小さくした配置計画にすることにより、重要な地形及び地質への影響を回避できる。	工事施工ヤード等において、仮設設備の配置計画を行い、改変範囲をできる限り小さくする計画とした。
地盤沈下	適切な構造及び工法の採用	土被りが小さく、地山の地質条件が良くない場合には、先行支保工（フォアパイリング等）などの補助工法を採用することで、地山の安定を確保することが可能であり、地盤沈下への影響を回避又は低減できる。	切土工、トンネル等の工事において、掘削中の地質に応じて対策を実施する計画とした。
土壌汚染	仮置き場における発生土の適切な管理	発生土の仮置き場（土砂ピット）に屋根、側溝、シート覆いを設置する等の管理を行うことで、重金属等の有無を確認するまでの間の雨水等による重金属等の流出を防止し、土壌汚染を回避できる。	工事施工ヤードに設置する土砂ピット（判定用）の底面にはコンクリート舗装を行うことにより、雨水等による自然由来の重金属等の流出、飛散及び地下水浸透を防止する計画とした。 また、土砂ピット（要対策土）では、遮水シート等で上から覆うとともに、外からの雨水流入を防ぐ側溝を設置し、要対策土に直接雨水が触れないようにする。 また、底面にアスファルト舗装等及び遮水シートを行うことにより、雨水等による自然由来の重金属等の流出、飛散及び地下水浸透を防止する計画とした。

「中央新幹線瀬戸トンネル新設工事における環境保全について(2018.12)」における環境保全措置に関する記載内容

第3章 環境保全措置の計画

3-6 環境保全措置を実施していくにあたっての対応方針

3-6 環境保全措置を実施していくにあたっての対応方針

- ・ 環境保全措置については、工事契約に盛り込み確実な実施を図る。
- ・ 環境保全に資する仮設設備等については、現地の状況に合わせ、設置を行う。
- ・ 環境保全に資する仮設設備等については、定期的な設置状態や稼働状態の点検を行い、不具合のある場合には速やかに対応する。
- ・ 元請会社職員に対し環境影響評価書の記載内容について教育したうえで、元請会社から工事関係者全員に対し具体的に実施する措置について教育を行い、確実な遂行を図る。
- ・ 実施状況について定期的に確認し、必要な場合は指導を行う。

適切な構造及び工法について

山岳トンネルにおける標準的な工法であるNATMを採用します。

掘削した部分を素早く吹付けコンクリートで固め、地山状況に応じてロックボルトを地山に打ち込むことにより、地山自体の保持力を利用してトンネルを保持します。

NATM

拡大図



地山と吹付コンクリートが密着する



吹付コンクリート
ロックボルト

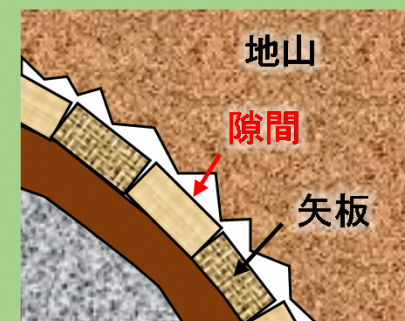
トンネル坑内

二次覆工コンクリート

鋼製支保工

矢板工法

拡大図



地山と矢板の間に隙間ができる(完全に密着しない)



矢板

○NATMの場合、計画段階で岩種等の地山状況に応じて、ロックボルトの本数や長さ、鋼製支保工の間隔や大きさ、吹付けコンクリートの厚さ等のトンネル支保構造を適切に設定(支保パターン)

○工事中は、切羽の状況に応じて、適宜支保パターンを変更して施工を進める

適切な構造及び工法について(設定手順①)

①岩種分類

岩種(A～G)は、下記の岩種分類表から判定する。

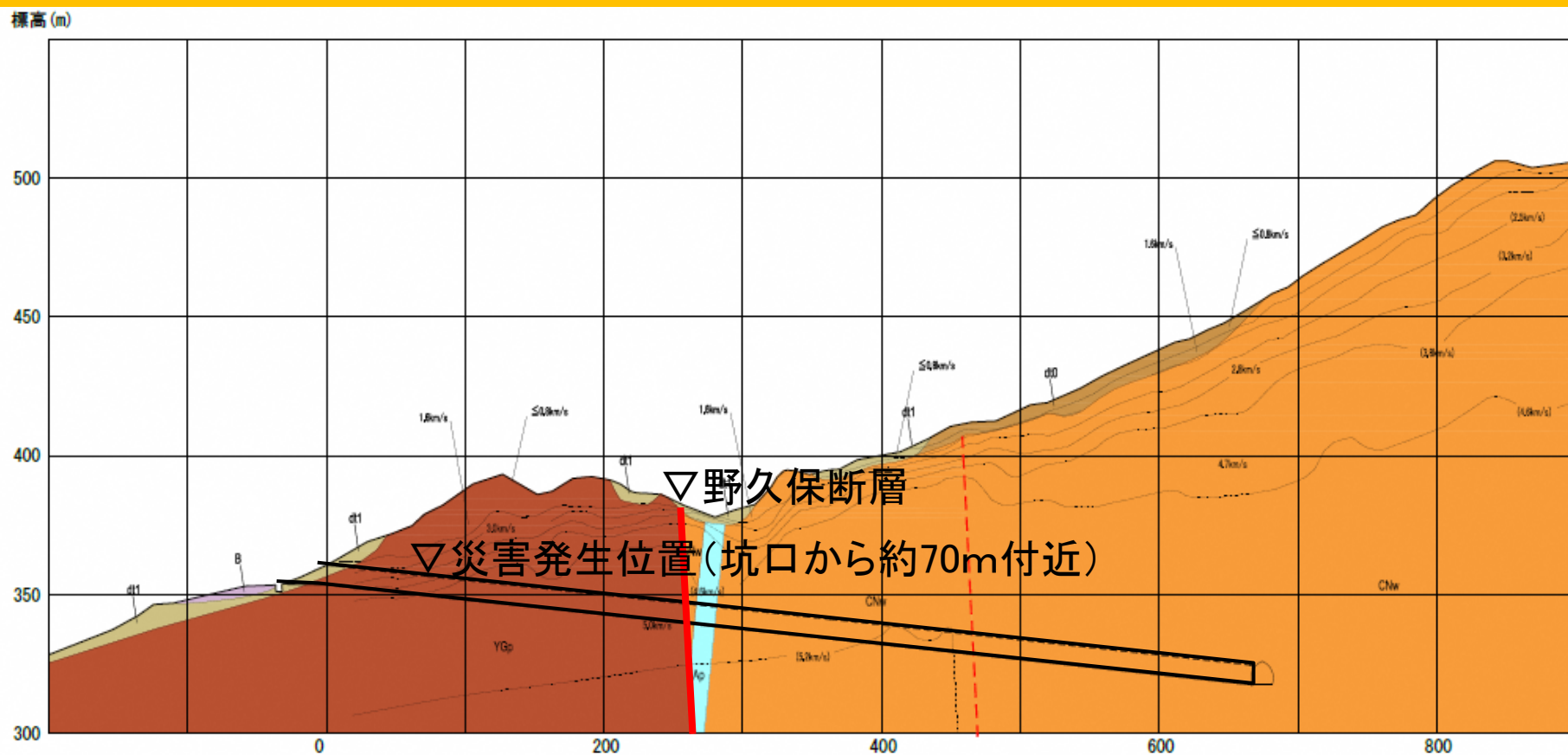
→ 花崗岩であり、一軸圧縮強さ $q_u = 94.8 \text{ N/mm}^2$ → 岩種はA

岩 種	形成時代、形態、岩石名	硬さによる分類
A	①中生代、古生代の堆積岩類(粘板岩、砂岩、礫岩、チャート、石灰岩等) ②深成岩(花崗岩類) ③半深成岩(ひん岩、花崗はん岩等) ④火山岩の一部(緻密な玄武岩、安山岩、流紋岩等) ⑤変成岩(片岩類、片麻岩、千枚岩、ホルンフェルス等) 塊状の硬岩(亀裂面の剥離性が小さい)	↑ 一軸圧縮強さは、 以下の数値を目安 とする 硬 岩 $50 \text{ N/mm}^2 \leq q_u$
B	①はく離性の著しい変成岩類(片岩類、千枚岩、片麻岩) ②はく離性の著しいまたは細層理の中生代、古生代の堆積岩類 (粘板岩、頁岩等) ③節理等の発達した火成岩 硬岩でありながら、亀裂が発達し、著しいはく離性を示す	↓ 中 硬 岩 $15 \text{ N/mm}^2 \leq q_u < 50 \text{ N/mm}^2$
C	①中生代の堆積岩類(頁岩、粘板岩等) ②火山岩類(流紋岩、安山岩、玄武岩等) ③古第三紀の堆積岩類(頁岩、泥岩、砂岩等)	↓ 軟 岩 $2 \text{ N/mm}^2 \leq q_u < 15 \text{ N/mm}^2$
D	①新第三紀の堆積岩類(頁岩、泥岩、砂岩、礫岩)、凝灰岩等 ②古第三紀の堆積岩類の一部 ③風化した火成岩	↓ 土 砂 $q_u < 2 \text{ N/mm}^2$
E	①新第三紀の堆積岩類(泥岩、シルト岩、砂岩、礫岩)、凝灰岩等 ②風化や熱水変質および破砕の進行した岩石(火成岩類や変成岩類およ び新第三紀以前の堆積岩類)	
F	①第四紀更新世の堆積物(礫、砂、シルト、泥および火山灰等より構成 される低固結～未固結な堆積物) ②新第三紀堆積岩の一部(低固結層、未固結層、土丹、砂等) ③マサ化した花崗岩類	
G	表土、崩積土、崖錐等	

注) 主な岩石名を列記したものであって、分類の困難なものは地質技術者が判断するものとする
 q_u : 一軸圧縮強さ

出典: 山岳トンネル設計施工標準・同解説(2008年4月、鉄運機構)

地質縦断図



凡例	地質名	土質・岩石名
	新規崖錐堆積物	礫混じり粘性土
	領家新規花崗岩類	花崗閃緑斑岩(A岩種)
	濃飛流紋岩類	溶結凝灰岩(A岩種)
	貫入岩類	アプライト(A岩種)

適切な構造及び工法について(設定手順②)

②地山等級

岩種と弾性波速度(V_p)から、下記の地山分類基準より、地山等級を判定する。

→ A岩種で $V_p=3.5\text{km/sec}$ → 地山等級はⅡ_N

地山種類 地山等級	A 岩種	B 岩種	C 岩種	D 岩種	E 岩種	F、G 岩種	
						粘性土	砂質土
V _N	$V_p \geq 5.2$	—	$V_p \geq 5.0$	$V_p \geq 4.2$	—	—	—
Ⅳ _N	$5.2 > V_p \geq 4.6$	—	$5.0 > V_p \geq 4.4$	$4.2 > V_p \geq 3.4$	—	—	—
Ⅲ _N	$4.6 > V_p \geq 3.8$	$V_p \geq 4.4$	$4.4 > V_p \geq 3.6$	かつ $G_n \geq 5$	$2.6 > V_p \geq 1.5$ $G_n \geq 6$	—	—
Ⅱ _N	$3.8 > V_p \geq 3.2$	$4.4 > V_p \geq 3.8$	$3.6 > V_p \geq 3.0$	$2.6 > V_p \geq 2.0$ かつ $5 > G_n \geq 4$	$2.6 > V_p \geq 1.5$ かつ $6 > G_n \geq 4$	—	—
Ⅰ _{N-2}	$3.2 > V_p \geq 2.5$	—	$3.0 > V_p \geq 2.5$	$2.6 > V_p \geq 2.0$ かつ $4 > G_n \geq 2$ あるいは $2.0 > V_p \geq 1.5$ かつ $G_n \geq 2$	$2.6 > V_p \geq 1.5$ かつ $4 > G_n \geq 3$	—	—
Ⅰ _{N-1}	—	$3.8 > V_p \geq 2.9$	—	—	$2.6 > V_p \geq 1.5$ かつ $3 > G_n \geq 2$	$G_n \geq 2$	$D_r \geq 80$ かつ $F_c \geq 10$
Ⅰ _S	$2.5 > V_p$	$2.9 > V_p$	$2.5 > V_p$	$1.5 > V_p$ あるいは $2 > G_n \geq 1.5$	$1.5 > V_p$ あるいは $2 > G_n \geq 1.5$	$2 > G_n \geq 1.5$	—
Ⅰ _L				$2 > G_n \geq 1.5$	$2 > G_n \geq 1.5$	—	$D_r \geq 80$ かつ $10 > F_c$
特S				$1.5 > G_n$	$1.5 > G_n$	$1.5 > G_n$	—
特L						—	$80 > D_r$

V_p : 弾性波速度 (km/sec)、 G_n : 地山強度比、 D_r : 相対密度 (%)、 F_c : 細粒分含有率 (%)

出典: 山岳トンネル設計施工標準・同解説(2008年4月、鉄運機構)

適切な構造及び工法について(設定手順③)

③支保パターン

岩種と地山等級から、下記の標準パターン選定表より、支保パターンを選定する。

→ A岩種で地山等級Ⅱ_N → 支保パターンはⅡ_{NP}

地山等級 \ 岩種	A 岩種	B 岩種	C 岩種	D 岩種	E 岩種	F、G 岩種	
						粘性土	砂質土
V _N	Ⅳ _{NP}	—	Ⅳ _{NP}	Ⅳ _{NP}	—	—	—
Ⅳ _N	Ⅳ _{NP}	—	Ⅳ _{NP}	Ⅳ _{NP}	—	—	—
Ⅲ _N	Ⅲ _{NP}	Ⅲ _{NP}	Ⅲ _{NP}	Ⅲ _{NP}	Ⅲ _{NP}	—	—
Ⅱ _N	Ⅱ _{NP}	Ⅱ _{NP}	Ⅱ _{NP}	Ⅱ _{NP}	Ⅱ _{NP}	—	—
I _{N-2}	I _{N-2P}	—	I _{N-2P}	I _{N-2P}	I _{N-2P}	—	—
I _{N-1}	—	I _{N-1P}	—	—	I _{N-1P}	I _{N-1P}	I _{N-1P}
I _S	I _{SP}	I _{SP}	I _{SP}	I _{SP}	I _{SP}	I _{SP}	—
I _L	I _{LP}	I _{LP}	I _{LP}	I _{LP}	I _{LP}	—	I _{LP}
特S	*	*	*	*	*	*	—
特L	*	*	*	*	*	—	*

注) *は特殊設計範囲を示す。

適切な構造及び工法について(設定結果)

④トンネル支保構造

支保パターンⅡ_{NP}におけるトンネル支保構造は下記の通り。

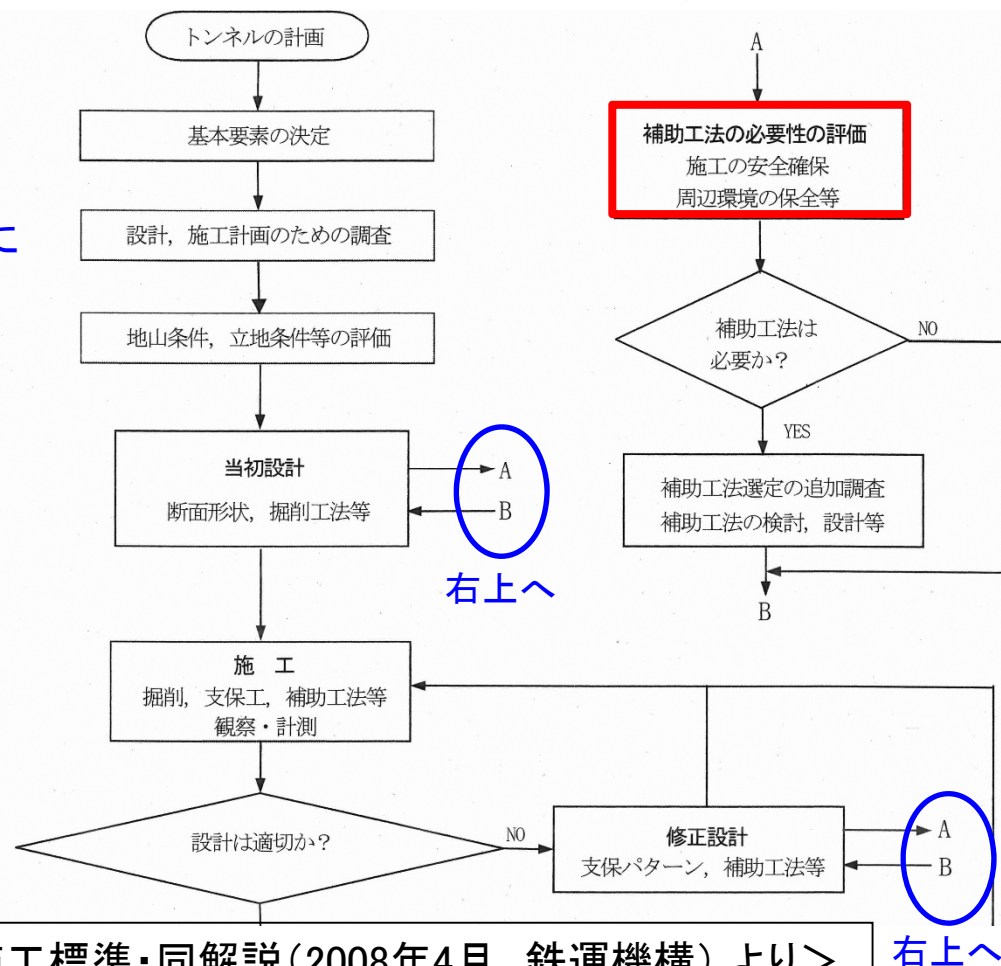
- 縦断間隔 : 1.5m
- ロックボルト : 配置 アーチ
長さ3m × 本数6本
- 吹付けコンクリート : 厚さ10cm(平均)

出典: JR東海 技術基準

適切な構造及び工法について(補助工法の選定)

補助工法:トンネル掘削の施工の安全確保および周辺環境の保全を目的とし、通常の支保工や加背割等の工夫では対処できないか、対処することが得策でない場合に用いられる対策手段の総称

フロー図のとおり、
当初設計時および施工中に
補助工法の必要性を検討



<参考:山岳トンネル設計施工標準・同解説(2008年4月、鉄運機構)より>
当初発注時の限られた調査結果では、判断材料が不足するが多い。
このため、多くは施工中得られる情報および地質調査等の結果から
補助工法の採用の可否および適用範囲を判断することとなる。

出典:トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説(2016年、土木学会)

適切な構造及び工法について(補助工法の選定)

補助工法の分類表

工 法		目 的						対 象 地 山			適 用 区 分			
		施工の安全確保			周辺環境の保全									
		切羽安定対策			地下水 対 策	地表面 沈 下 対 策	近 接 構造物 対 策							
		天端の 安 定	鏡面の 安 定	脚部の 安 定										
天 端 の 補 強	フォアボーリング	○						○	○	○	*1			
	長尺フォアパイリング	○					○	○		○	*3			
	水平ジェットグラウト	○	○	○			○	○			○	*3		
	スリットコンクリート	○					○	○			○	*3		
	パイプルーフ	○					○	○		○	○	*3		
補 強 鏡 面 の	鏡吹付けコンクリート		○					○	○	○	*1			
	鏡ボルト		○				○		○	○	○	*1		
脚 部 の 補 強	ウイングリブ付き鋼製支保工			○			○			○	○	*1		
	脚部吹付けコンクリート			○			○			○	○	*1		
	仮インパート			○			○			○	○	*1		
	脚部補強ボルト			○			○			○	○	*1		
	脚部補強パイル			○			○			○	○	*2		
	脚部補強サイドパイル			○			○				○	*2		
	脚部補強注入			○			○			○	○	*3		
地 下 水 位 対 策	排 水	水抜きボーリング	○	○	○	○			○	○	○	*1		
		ウェルポイント	○	○	○	○						○	*3	
		ディープウェル	○	○	○	○						○	*3	
		水抜き坑	○	○	○	○				○	○	○	*3	
	止 水	止水注入工法	○	○	○	○	○			○	○	○	*3	
		凍結工法					○	○					○	*3
		圧気工法					○	○					○	*3
		遮水壁工法					○	○					○	*3
地 山 補 強	垂直縫地工法	○		○			○			○	○	*3		
	注入工法、攪拌工法	○		○			○	○		○	○	*3		
	遮断壁工法							○				○	*3	

注) ○ 比較的良好に採用される工法

*1 通常のトンネル施工機械設備、材料で対処が可能な対策

*2 適用する工法によって通常のトンネル施工機械設備、材料で対処が可能な工法と困難な工法がある対策

*3 通常のトンネル施工機械設備、材料で対処が困難で、専用の設備等を要する対策

補助工法は、目的や対象地山によって様々な工法がある。

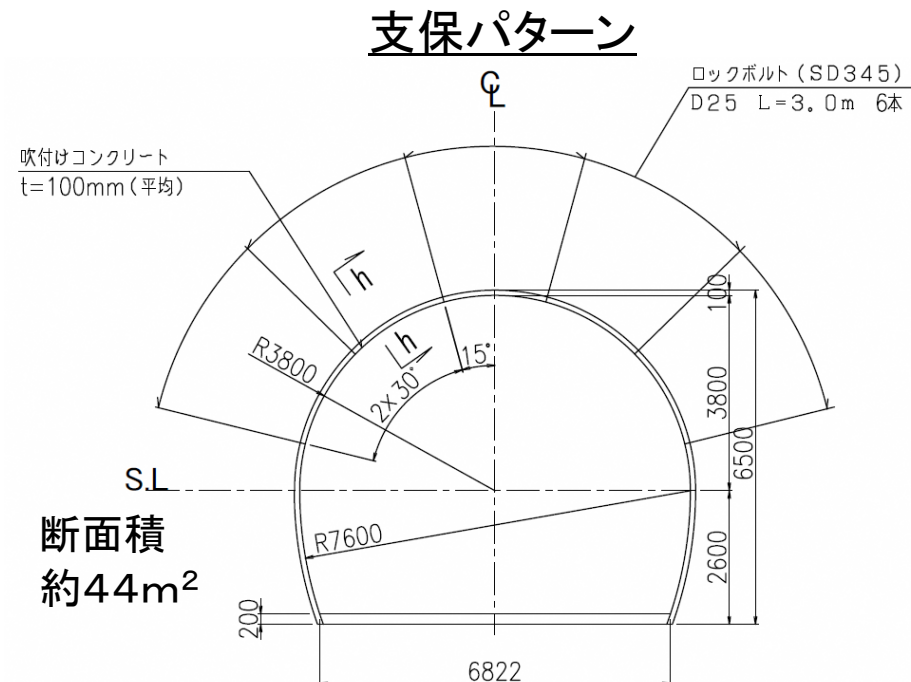
4. 当該箇所工事の状況

当該箇所掘削方法

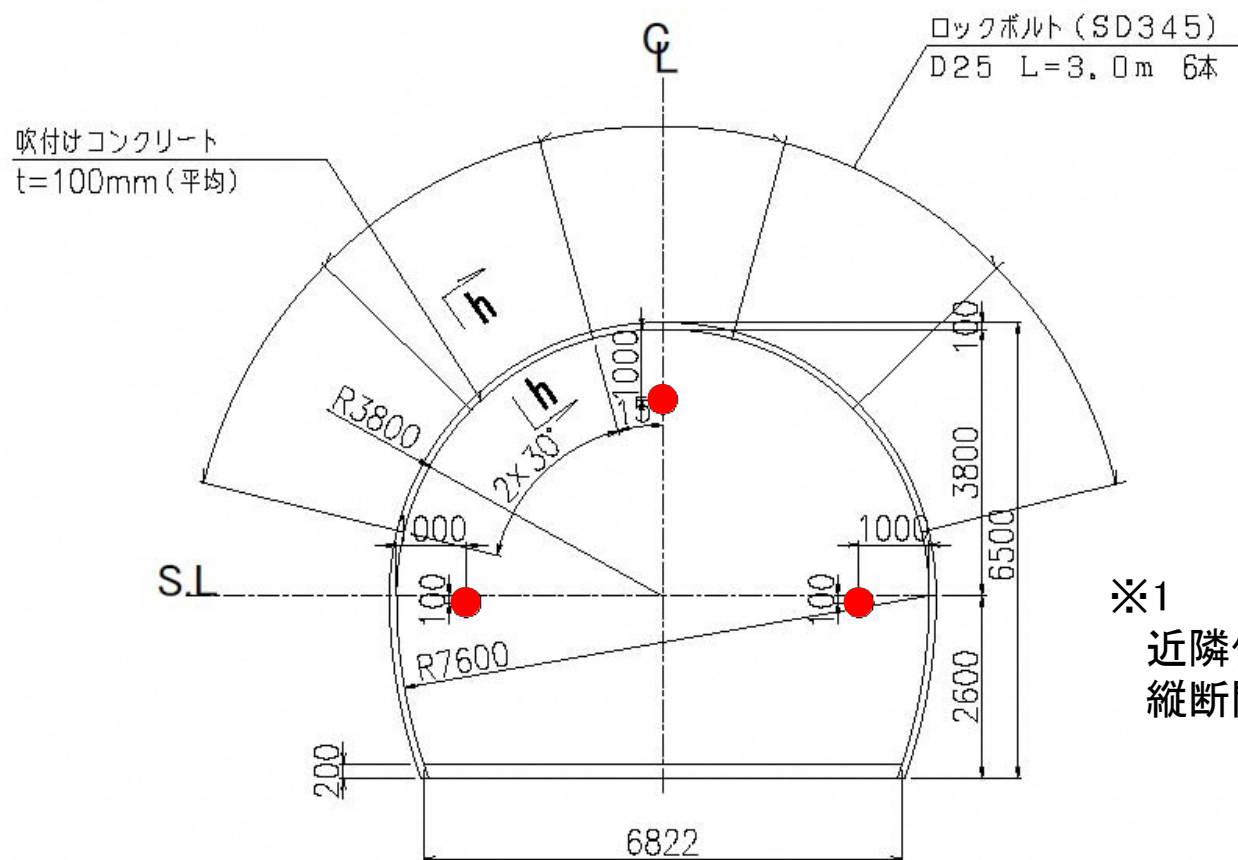
- 掘削工法:補助ベンチ付全断面掘削工法(ベンチ長3m)
 - ・切羽鏡面の安定、装薬時の作業エリア上下分離と岩片落下距離の縮小の観点から、補助ベンチ付き全断面工法とし、肌落ち時の退避スペース確保のためベンチ長3mとしていた。
- 事前に削孔検層を実施
(L=30m、1断面につき天端・左・右の3箇所)
- II_{NP}に準じた支保パターン
 - ・縦断間隔:1.2m(標準は1.5m)※1
 - ・ロックボルト:長さ3m×本数6本
 - ・吹付コンクリート:厚さ10cm(平均)
- 補助工法は鏡吹付けコンクリートのみ(厚さ5cm)

※1

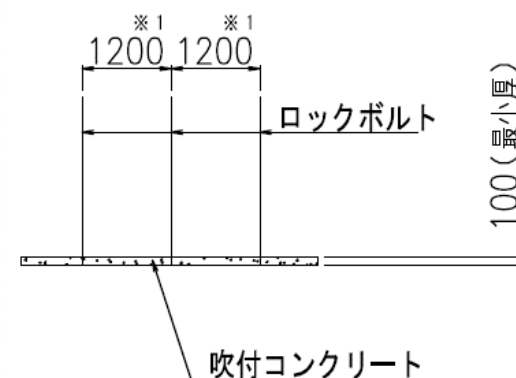
近隣住民への騒音・振動の影響を配慮し、
縦断間隔を標準の1.5mから1.2mに変更



前方探査(削孔検層)について



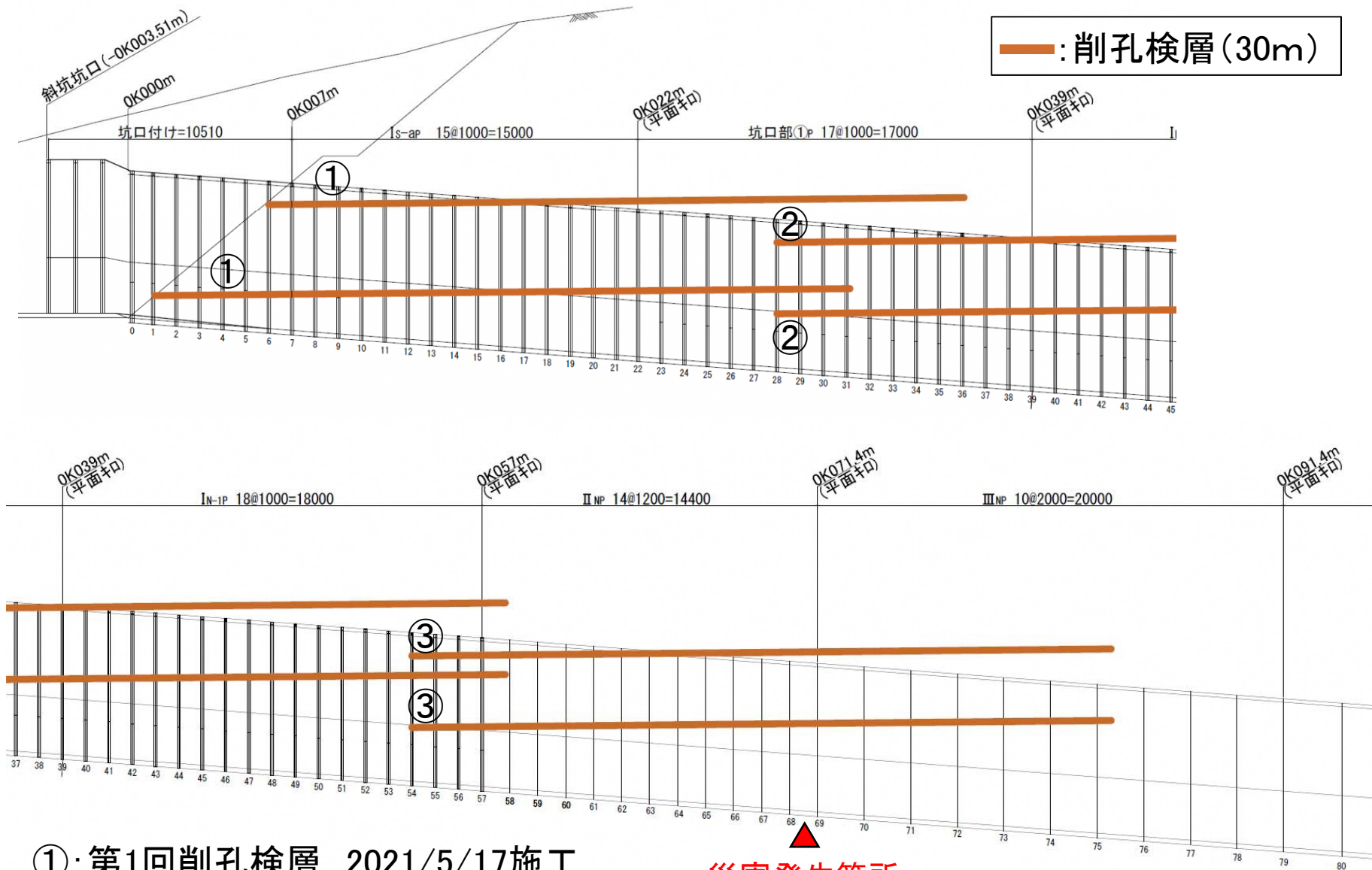
h-h



※1
近隣住民への騒音・振動の影響を配慮し、
縦断間隔を標準の1.5mから1.2mに変更

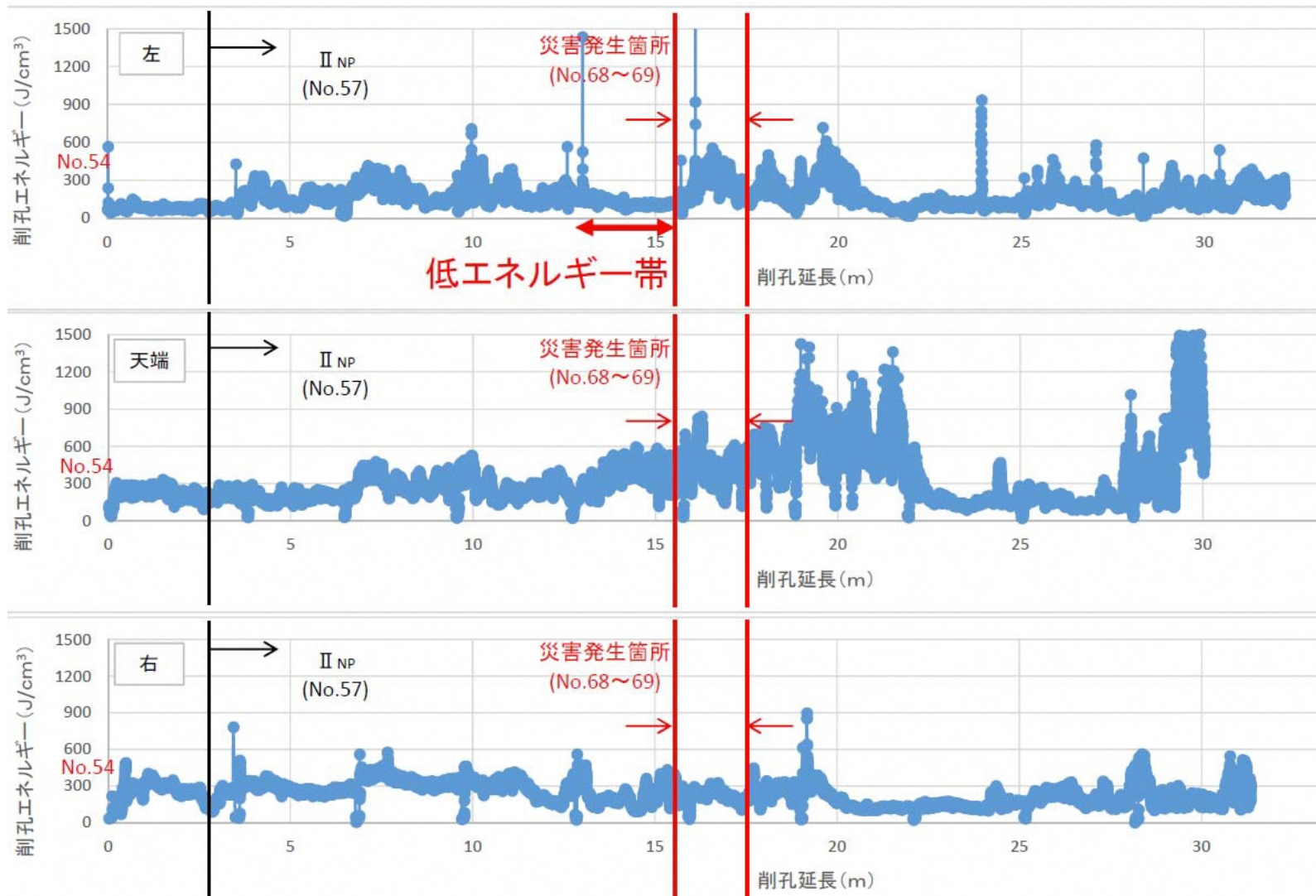
● : 削孔検層位置

前方探査(削孔検層)について



前方探査(削孔検層)の結果

③第3回削孔検層(0K054M~0K084M付近)の結果



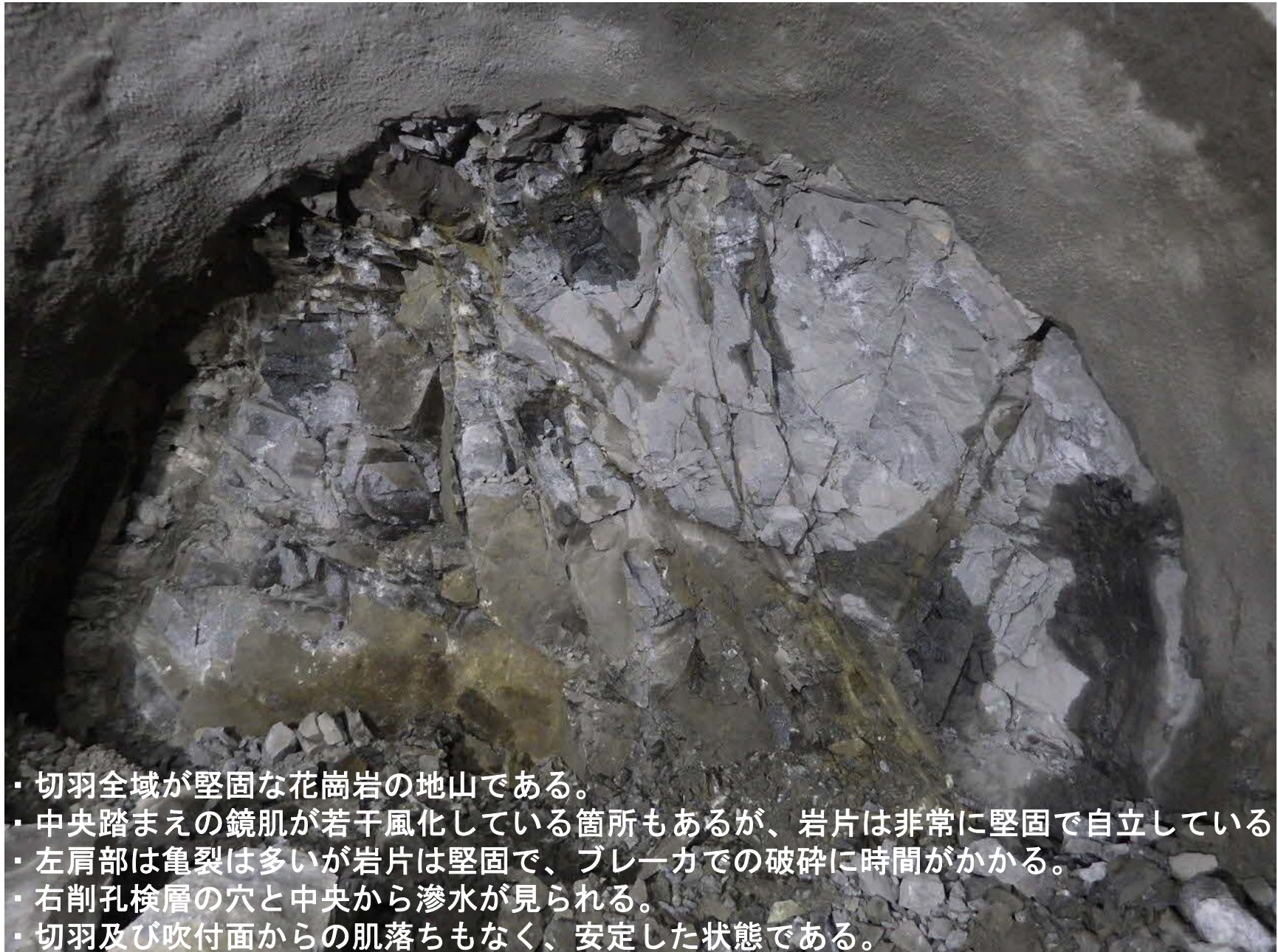
- ・左の調査地点の付近は延長2m程度の低エネルギー帯を示していた。
- ・天端及び右の調査地点は高エネルギー状態を示していた。
- ・局所的な風化帯のため、支保パターン変更までには至らない地山状況と判断した。

切羽の状況(0k61.2m)



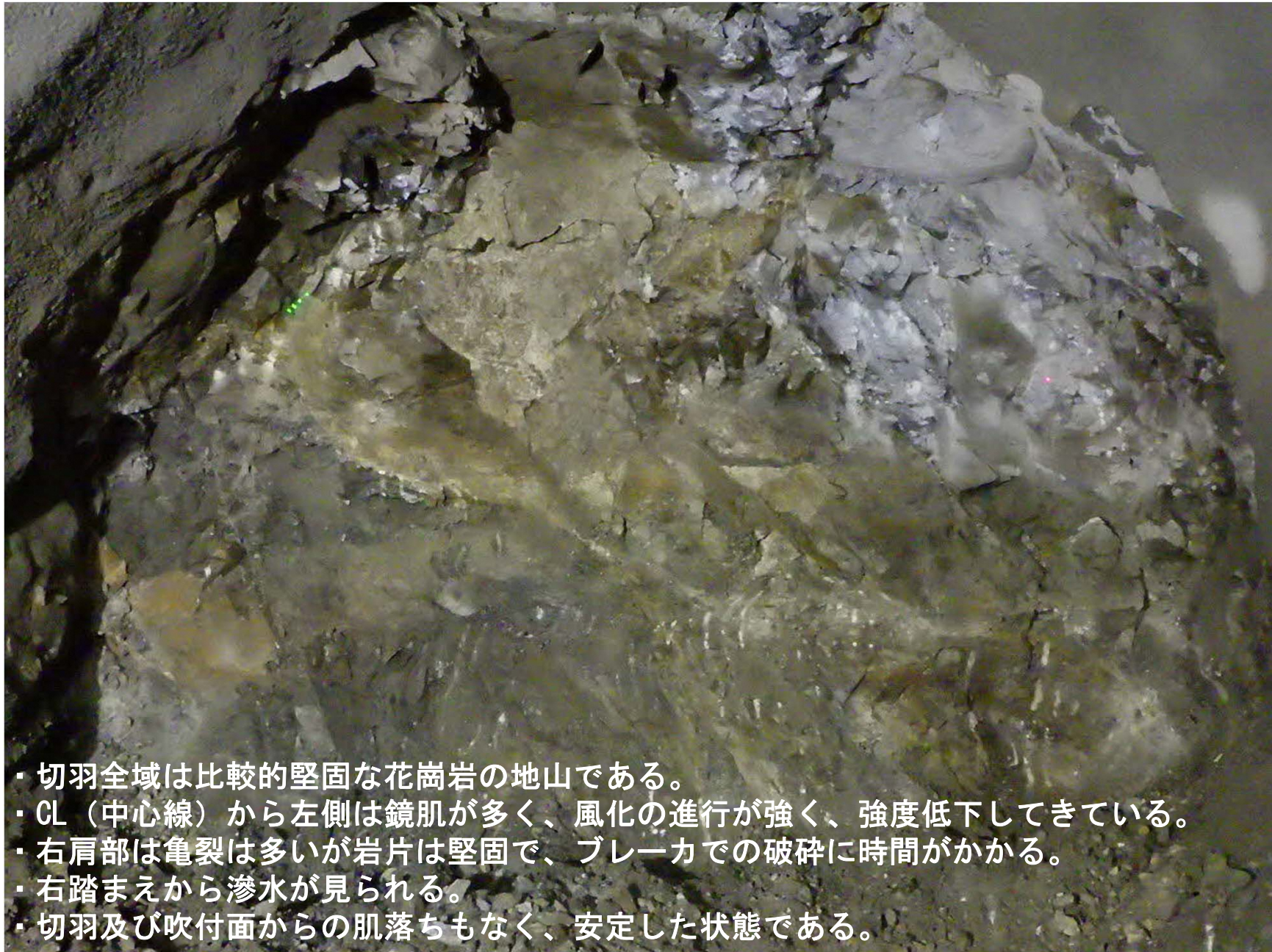
- ・ 切羽全域が堅固な花崗岩の地山である。
- ・ 中央左側の鏡肌が若干風化している箇所もあるが、岩片は非常に堅固で自立している。
- ・ 右削孔検層の穴と中央から滲水が見られる。
- ・ 切羽及び吹付面からの肌落ちもなく、安定した状態である。

切羽の状況(0k62.8m)



- ・切羽全域が堅固な花崗岩の地山である。
- ・中央踏まえの鏡肌が若干風化している箇所もあるが、岩片は非常に堅固で自立している
- ・左肩部は亀裂は多いが岩片は堅固で、ブレーカでの破碎に時間がかかる。
- ・右削孔検層の穴と中央から滲水が見られる。
- ・切羽及び吹付面からの肌落ちもなく、安定した状態である。

切羽の状況(0k70.2m)



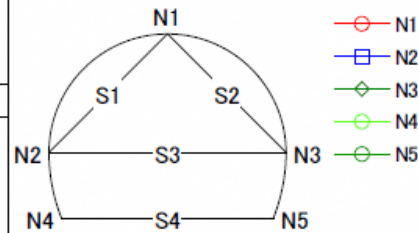
- ・ 切羽全域は比較的堅固な花崗岩の地山である。
- ・ CL（中心線）から左側は鏡肌が多く、風化の進行が強く、強度低下してきている。
- ・ 右肩部は亀裂は多いが岩片は堅固で、ブレーカでの破碎に時間がかかる。
- ・ 右踏まえから滲水が見られる。
- ・ 切羽及び吹付面からの肌落ちもなく、安定した状態である。

天端沈下計測の結果(0k050m)

図面名:経時変化図
計測名:A計測 天端沈下
工事名:中央新幹線 瀬戸トンネル新設工事
会社名:奥村・浅沼・TSUCHIYA JV

表示計測期間:2021/10/19~2021/11/08

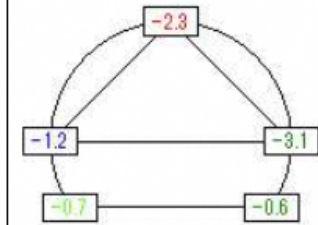
断面距離:0K050m
断面番号:0010
支保パターン: I N-1
土被り:15.76(m)
坑口からの距離:50(m)
最終計測日付:2021/10/27 17:30:00
備考:



○ N1
□ N2
◇ N3
○ N4
○ N5

— 上半
— 下半

最終計測結果



管理基準 変位量(mm)

10

0

-10

-20

-30

-40

-50

レベル I

レベル II

レベル III

0

2

4

6

8

10

12

14

16

18

20

10/19

10/21

10/23

10/25

10/27

10/29

10/31

11/02

11/04

11/06

11/08

切羽進行(m)

100

80.0

60.0

40.0

20.0

0.0

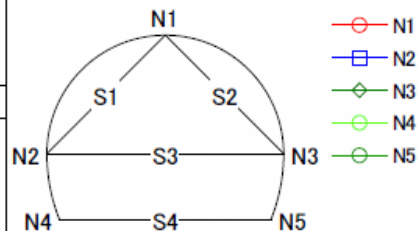
-20.0

天端沈下計測の結果(0k060m)

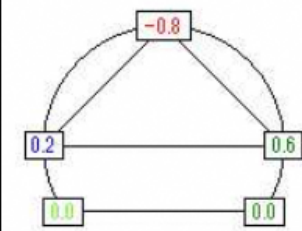
図面名:経時変化図
計測名:A計測 天端沈下
工事名:中央新幹線 瀬戸トンネル新設工事
会社名:奥村・浅沼・TSUCHIYA JV

表示計測期間:2021/10/27~2021/11/06

断面距離:0K060m
断面番号:0011
支保パターン:ⅡN
土被り:19.69(m)
坑口からの距離:60(m)
最終計測日付:2021/10/27 17:30:00
備考:



最終計測結果



管理基準 変位量(mm)

10

0

-10

-20

-30

-40

-50

レベルⅠ
レベルⅡ
レベルⅢ

経過日数:

日付: 10/27

10/29

10/31

11/02

11/04

11/06

切羽進行(m)

100

80.0

60.0

40.0

20.0

0.0

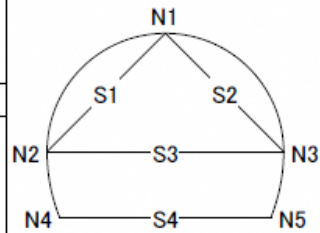
-20.0

内空変位計測の結果(0k050m)

図面名:経時変化図
計測名:A計測 内空変位
工事名:中央新幹線 瀬戸トンネル新設工事
会社名:奥村・浅沼・TSUCHIYA JV

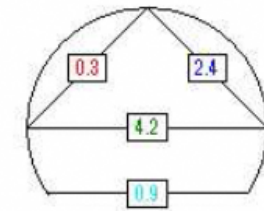
表示計測期間:2021/10/19~2021/11/08

断面距離:0K050m
断面番号:0010
支保パターン: I N-1
土被り:15.76(m)
坑口からの距離:50(m)
最終計測日付:2021/10/27 17:30:00
備考:

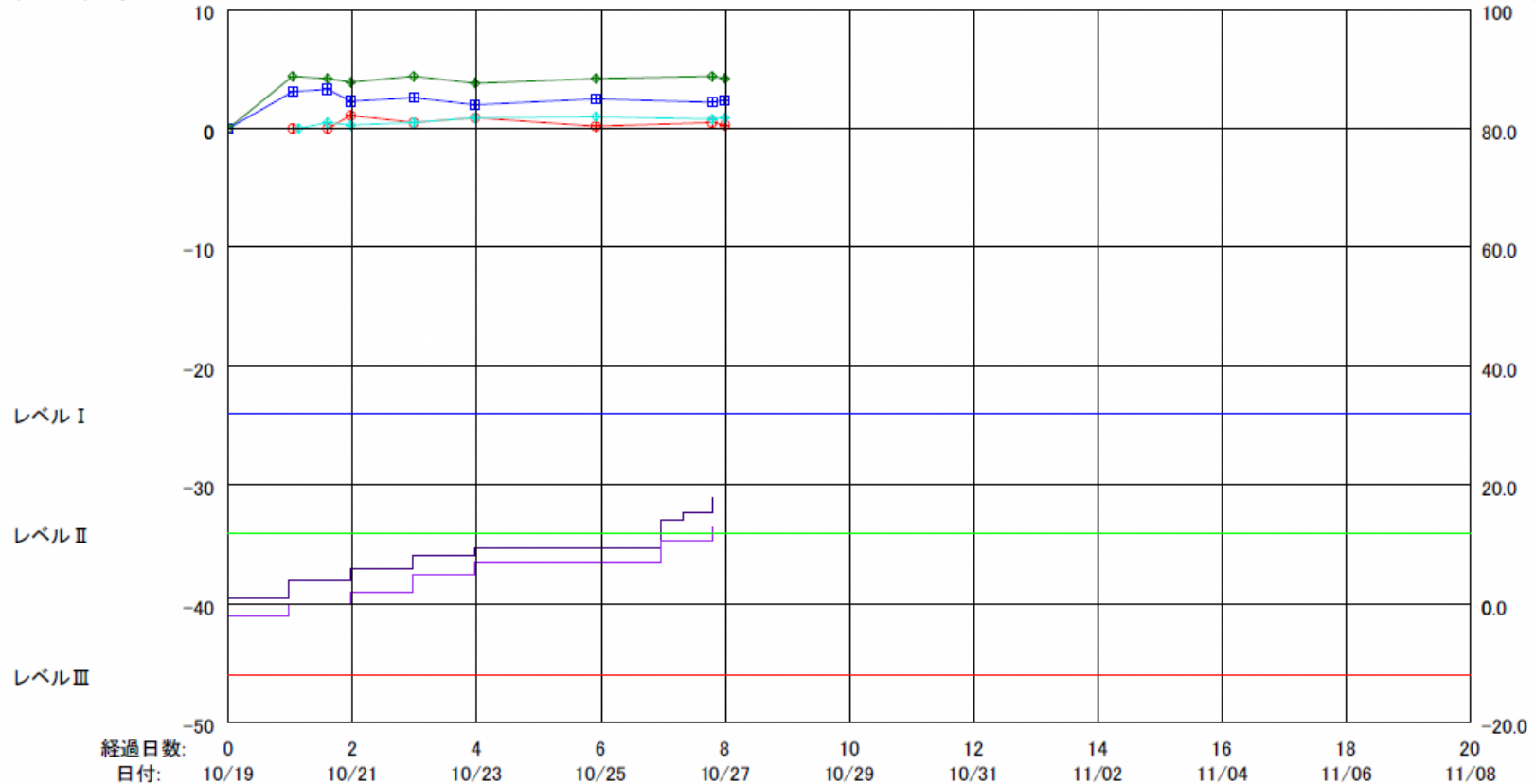


● S1 上半
■ S2 下半
◆ S3
◇ S4

最終計測結果



管理基準 変位量(mm)

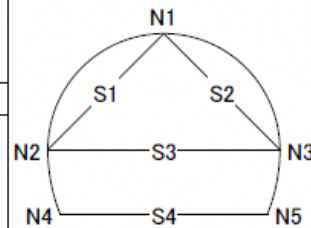


内空変位計測の結果(0k060m)

図面名:経時変化図
計測名:A計測 内空変位
工事名:中央新幹線 瀬戸トンネル新設工事
会社名:奥村・浅沼・TSUCHIYA JV

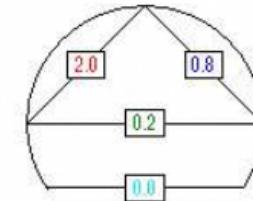
表示計測期間:2021/10/27~2021/11/06

断面距離:0K060m
断面番号:0011
支保パターン:ⅡN
土被り:19.69(m)
坑口からの距離:60(m)
最終計測日付:2021/10/27 17:30:00
備考:

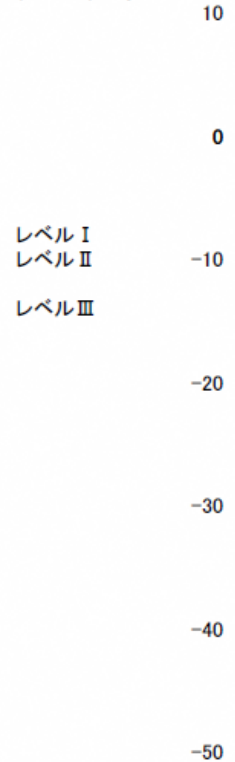


—○— S1 上半
—□— S2 下半
—◇— S3
—◇— S4

最終計測結果



管理基準 変位量(mm)



経過日数:
日付: 10/27

10/29

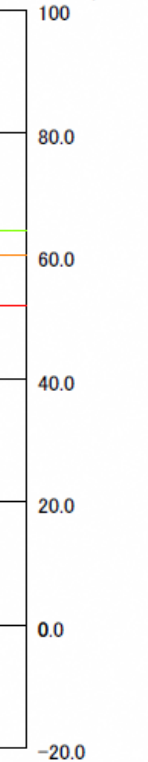
10/31

11/02

11/04

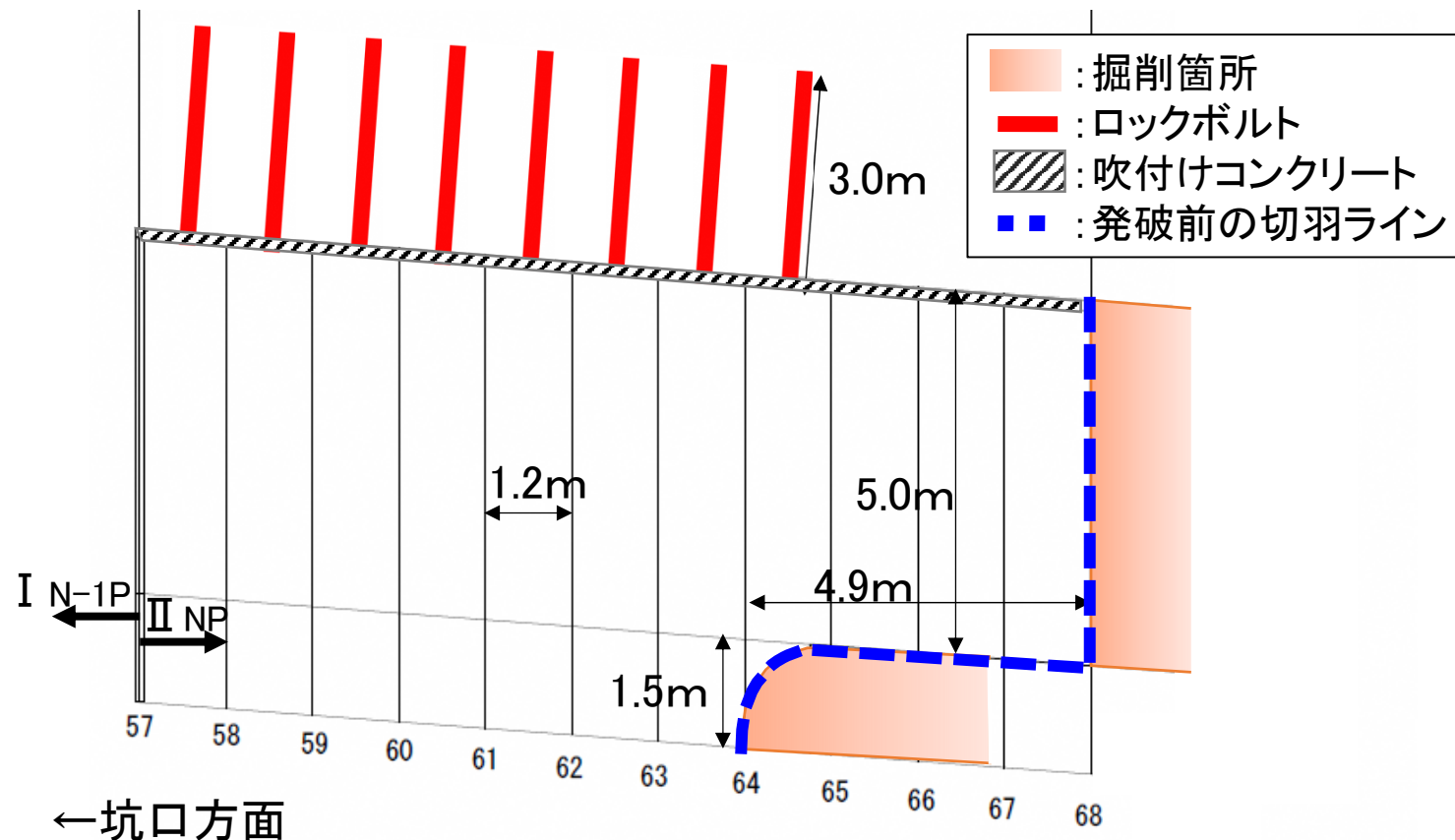
11/06

切羽進行(m)



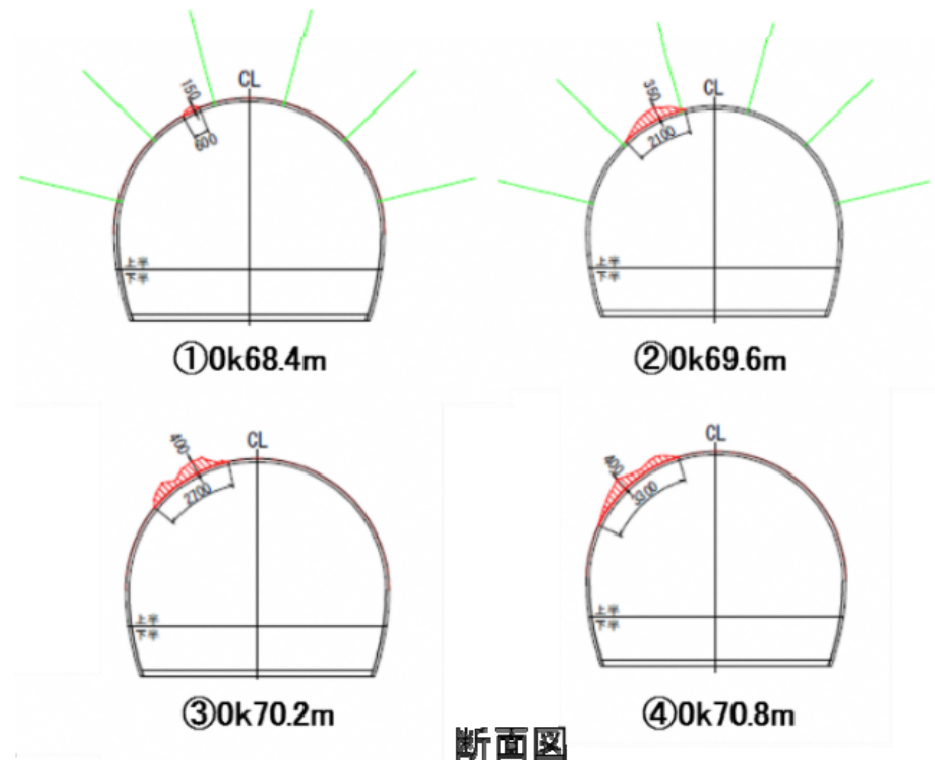
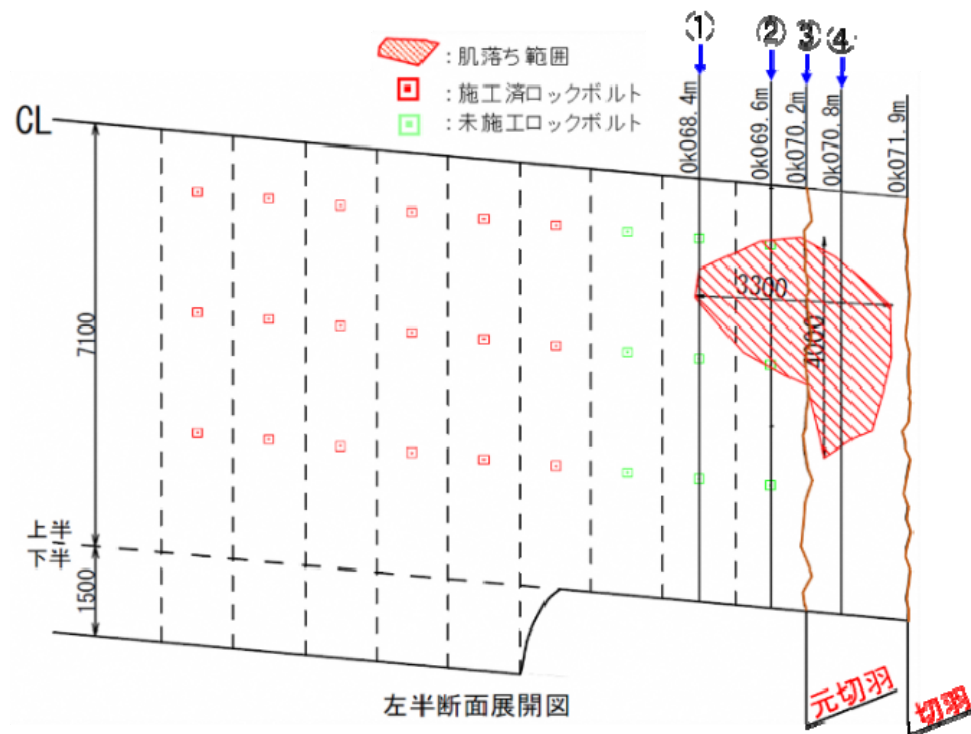
災害発生時のロックボルト打設位置及び補助ベンチについて

- 災害発生時は、ドリルジャンボのガイドシェルが補助ベンチに支障する状況であり、ロックボルトを法線方向に打設できないことから、未施工区間(3間分)があった。
- ロックボルト未施工区間についても、コソク後の地山点検時に浮石等がなく、所定巻厚を確保しながら吹付けコンクリートを施工し、災害直前の発破前の段階でも坑内点検時に吹付け坑壁面に変状等はなかった、との報告を受けている。



災害発生時のロックボルト打設と肌落ちとの関係について

- 肌落ち範囲は、0k069.6m(②)に打設予定のロックボルト(緑色)のうちの2本の間に位置している。
- 今回の肌落ちは、ロックボルトの有無に係らず、主に発破後の岩盤が露出した切羽区間(元切羽から切羽の間)で発生したものと考えられる。



掘削方法に関するまとめ

削孔検層・切羽観察・坑内計測の結果はそれぞれ以下のとおりであり、支保パターンの変更や補助工法の追加が必要な状況ではなかった。

(1) 削孔検層

災害が発生した箇所の削孔検層の結果は次のとおりである。

- ・ 鏡面の左側の一部区間が低エネルギー
- ・ 天端及び右側の調査地点は高エネルギー
- ・ 全面的ではなく局所的な風化帯である

(2) 切羽観察

災害が発生した10月27日の切羽観察結果は次のとおりである。

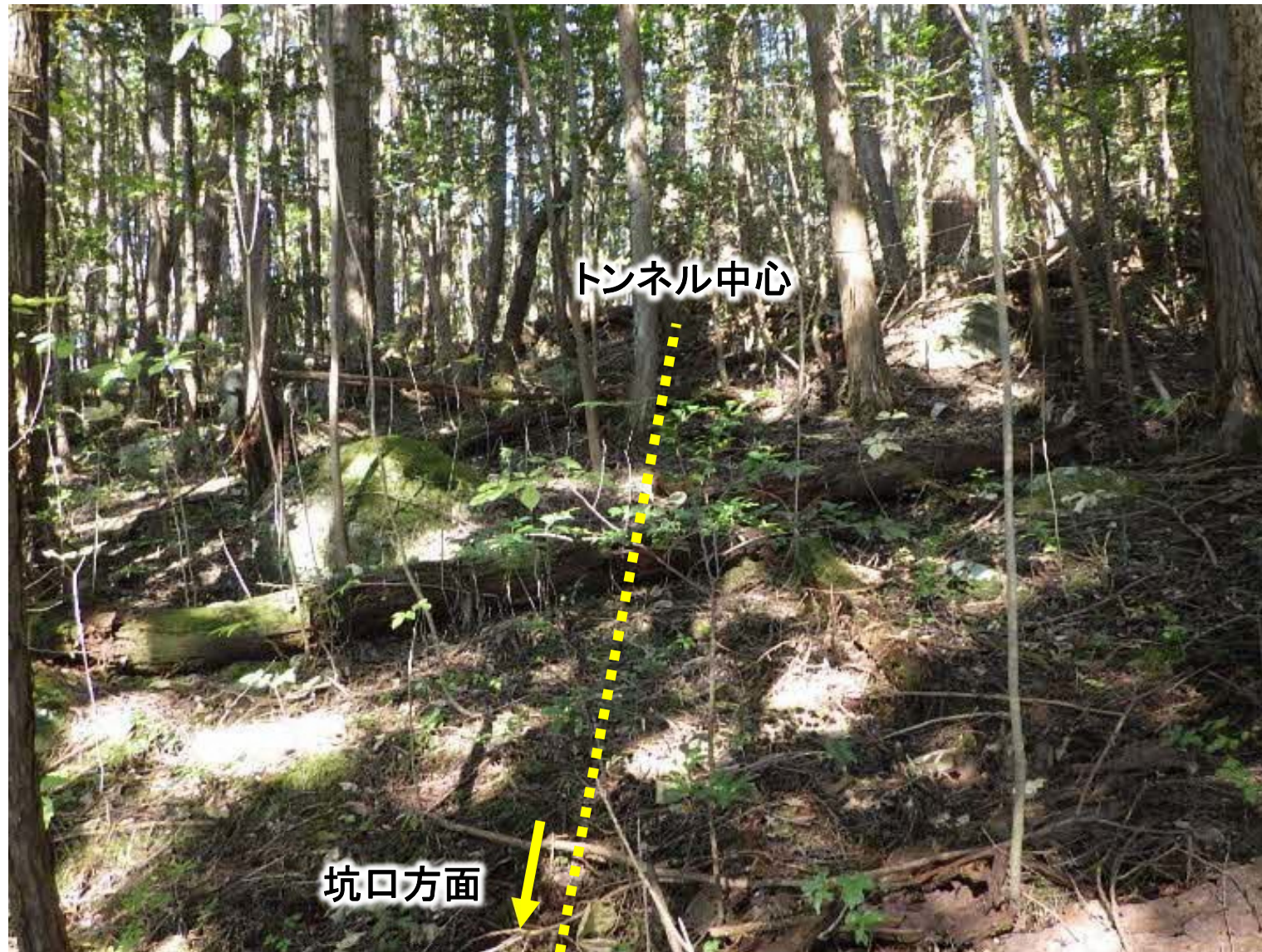
- ・ 中心線から左側は風化の進行が強く、強度低下してきている
- ・ 全体としては切羽及び吹付面からの肌落ちもなく、安定した状態である

(3) 坑内計測

災害発生箇所から約10m手前および約20m手前では内空変位・天端沈下ともに最大でも5mm程度であり、大きな変位はなかった。

地表面への影響について

10月28日の10:50頃、地表面に変状がないことを奥村組JVが目視にて確認している。



災害発生箇所付近の地表面確認状況

5. 「中央新幹線、中央アルプストンネル工事(山口)における地盤沈下に係る環境保全措置に対する知事意見書への回答(2019.10)」の対応状況

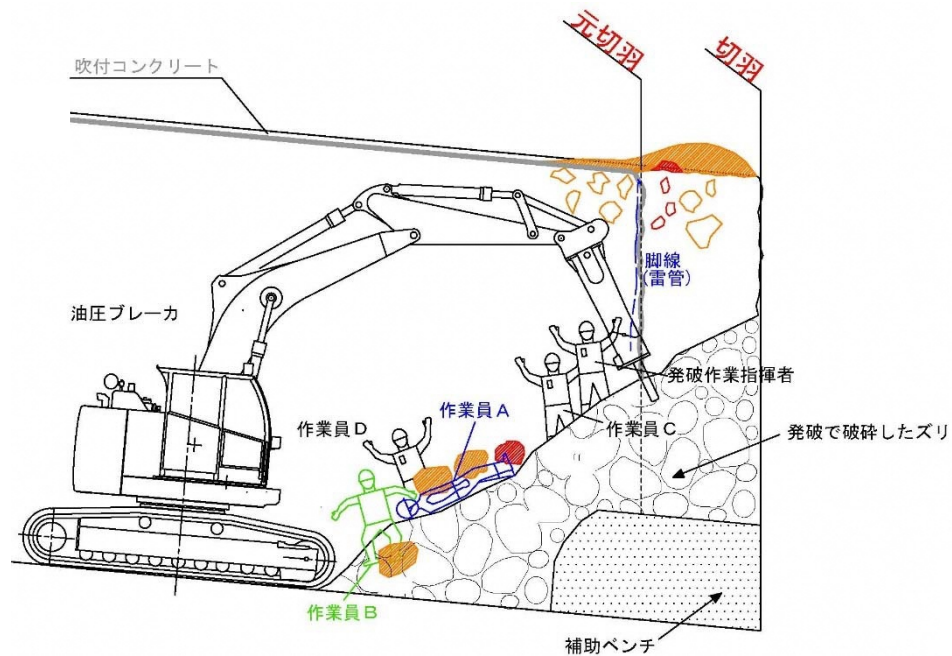
「山口工区以外に対する知事意見への事業者の見解」の対応状況

(1) 今後のトンネル工事について

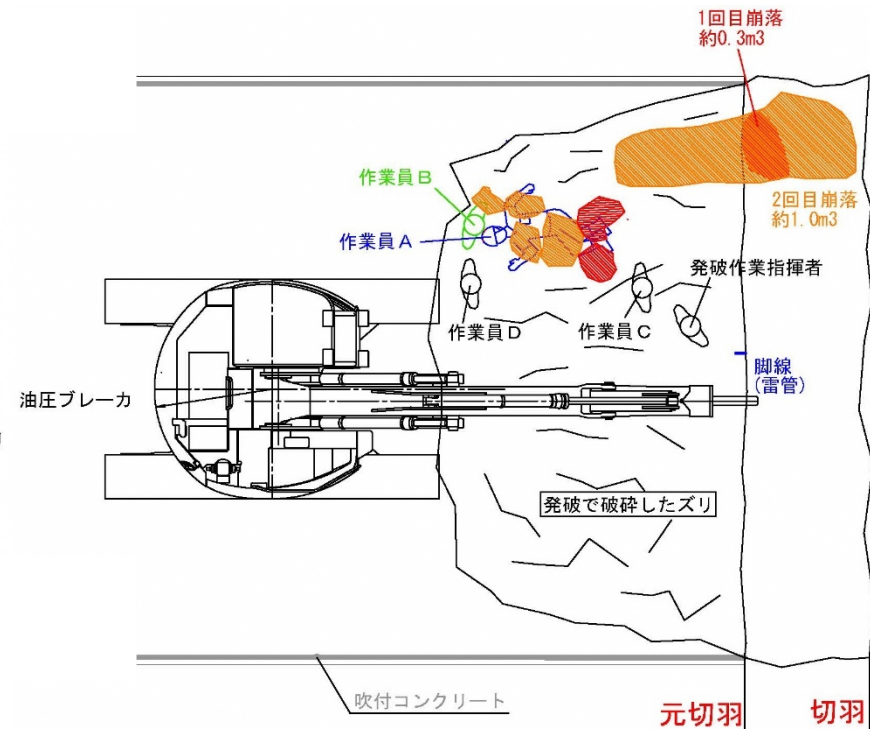
	意見①	意見②	意見③
知事意見	地盤沈下の環境保全措置として、切羽観察や坑内計測を行い、その結果を踏まえ、不安定な地山の判断を慎重かつ適切に行うこと。	断層及びその周辺等注意を要する地域における工事に当っては標準的な方法ではなく、審査会意見Ⅱ1に記載された取組みを踏まえ、判断することが不可欠である。	なお、不安定な地山と判断した場合には、掘削断面形状の見直しや坑内計測の頻度を上げる等、より慎重な施工管理を行うとともに、トンネル上部や脚部の補強等適切な補助工法を採用すること。
事業者の見解	環境影響評価書(2014.8)に記載のとおり、地盤沈下に関する環境保全措置は、「適切な構造及び工法の採用」であり、「土被りが小さく、地山の地質条件が良くない場合には、先行支保工(フォアパイル等)などの補助工法を採用する」としている。 地盤沈下に関する環境保全の実施にあたっては、切羽観察や坑内計測を行い、その結果を踏まえた地山の地質状況の確認により、坑内計測頻度を上げるなどして、不安定な地山の判断を慎重に行う。	地盤沈下に関する環境保全措置の実施にあたり、審査会意見Ⅱ1に記載された取組みを踏まえ、注意を要する地域における工事に当っては、前方探査を実施するなど、地山の性状等を十分に把握することにより、不安定な地山の判断を慎重かつ適切に行う。	地盤沈下に関する環境保全措置の実施にあたり、切羽観察や坑内計測の結果等から不安定な地山と判断した場合には、掘削断面形状の見直しや坑内計測の頻度を上げる等、より慎重な施工管理を行うとともに、必要により、トンネル上部や脚部の補強等、現場の状況に応じた適切な補助工法を採用する。
※瀬戸トンネルでの対応	切羽観察や坑内計測を行い、 ・斜坑口から48mまでは、切羽観察簿にて真砂及び風化した花崗岩からなる不安定な地山であると判断し、注入式鏡ボルト・注入式フォアポーリング・鏡吹付け(5cm厚)を補助工法として掘進した。 ・48m以降は、前方探査、切羽観察簿及び坑内計測結果にて、花崗岩からなる安定的な地山であると判断した。特に発破後の肌落ち等の防止に有効な鏡吹付け(5cm厚)は引き続き補助工法として採用し、掘進した。	肌落ちが発生した箇所は、前方探査、切羽観察簿及び坑内計測結果にて、花崗岩からなる比較的安定的な地山であった。断層及びその周辺等注意を要する地域ではないものの、局所的に若干風化した箇所が出現することから、前方探査(穿孔エネルギー把握による)を実施し、地山の判断を慎重に行った。	肌落ちが発生した箇所は、前方探査、切羽観察簿及び坑内計測結果にて、花崗岩からなる比較的安定的な地山であり、不安定な地山ではないと判断した。

災害の状況

側面図



平面図



- ・ 発破作業指揮者は、不発を疑った脚線の導通試験のため、徒歩でズリ山に登った。
- ・ 作業員 A～D も、発破作業指揮者に追従して、徒歩でズリ山に登った。
- ・ 作業員 E と切羽監視責任者は、油圧ブレーカよりも後方にいた。
- ・ 1回目の肌落ちで転がった岩塊に、作業員 A が足を挟まれ転倒した。
- ・ 作業員 B が作業員 A を救出に向かったところ、2回目の肌落ちが発生した。
- ・ 作業員 A は全身が岩塊の下敷きになり、作業員 B の足も岩塊に埋まった。

中央アルプストンネル山口工区で発生した地上部土砂崩落との比較

	瀬戸トンネル	中央アルプストンネル山口工区
災害発生箇所	切羽近傍、花崗岩・Ⅱ _{NP}	切羽後方約5m、風化花崗岩・Ⅰ _{N-1P}
災害発生状況	- 発破直後に行う残薬有無点検中に切羽で肌落ちが2度発生した - 作業員が岩塊の下敷きになり被災した	- 鋼製支保工の左側脚部の地山が沈下し、鋼製支保工が崩壊した - そのためトンネル左上部の土砂がトンネル内に崩落し、地上部が地盤沈下した
災害発生要因	- 作業員がずい道等の掘削等作業主任者（発破作業指揮者を兼務）からの指示がない中で、立入禁止範囲に入ってズリ山を登ったこと - 立入禁止範囲に作業員が入ったにもかかわらず、切羽監視責任者による切羽の常時監視がなされていなかったこと。また、残薬有無点検の際の切羽監視責任者の配置や常時監視について、奥村組JVによる具体的な指示や作業手順書への明確な記載がなされてなかったこと	- トンネル左下部に地耐力の小さい不安定な地山が存在した - 掘削機械のスペース確保のため不安定地山に適さない掘削断面形状であった
対策	- 奥村組JVは切羽の立入禁止範囲を明確に定め、作業手順を詳細に作成して作業員に周知し、ずい道等の掘削等作業主任者の指示があるまで作業員を立入禁止範囲内に立入らせないこと - やむを得ず作業員が立入禁止範囲に立入って切羽に近づく必要がある場合は、切羽の浮石を十分に落とし、残薬付近を除き、吹付けコンクリートを施工すること。立入禁止範囲への立入りにあたってずい道等の掘削等作業主任者は、切羽監視責任者による切羽の常時監視がなされていることを確認したうえで、高所にはドリルジャンボのマンケージなどに作業員を搭乗させて、低所にはネットやマット、マンケージなどで作業員の上部を防護した後に、立入らせること	- 掘削断面形状を見直す - 坑内計測の頻度を上げる - 地山弱部を補強するなど最適な補助工法を実施する

- 中央アルプストーンネル山口工区は、切羽後方で不安定な地山に適さない掘削断面形状としたため、鋼製支保工が崩壊して、地上部の土砂崩落が発生したものである。
- 瀬戸トンネルは、切羽近傍での作業中に肌落ちが発生したものであり、地盤沈下はなく、環境に与える影響はない。