

## 環境影響評価審査会地盤委員会からの 確認事項等について(回答)

令和元年8月20日

- ・東海旅客鉄道株式会社
- ・独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
- ・鹿島・日本国土開発・吉川  
中央新幹線、中央アルプストーンネル(山口)特定建設工事共同企業体

※本資料は委員会で説明を行った資料である。

「資料3」は岐阜県環境影響評価審査会 地盤委員会からの確認事項等(令和元年7月18日)についての回答である。

「資料4」は地盤委員会委員及び専門調査員からの「資料3」に関する意見等(令和元年8月8日)に対する事業者の見解である。

## 1. 工事前

### (1) 構造の選定過程について

構造(標準支保工)の選定に当たっては、岩石の種類・性状等と一軸圧縮強さのデータをもとに、岩種分類を判定し、岩種と弾性波速度のデータから地山等級を判定して支保パターンを決定するという流れについてはご説明いただきました。

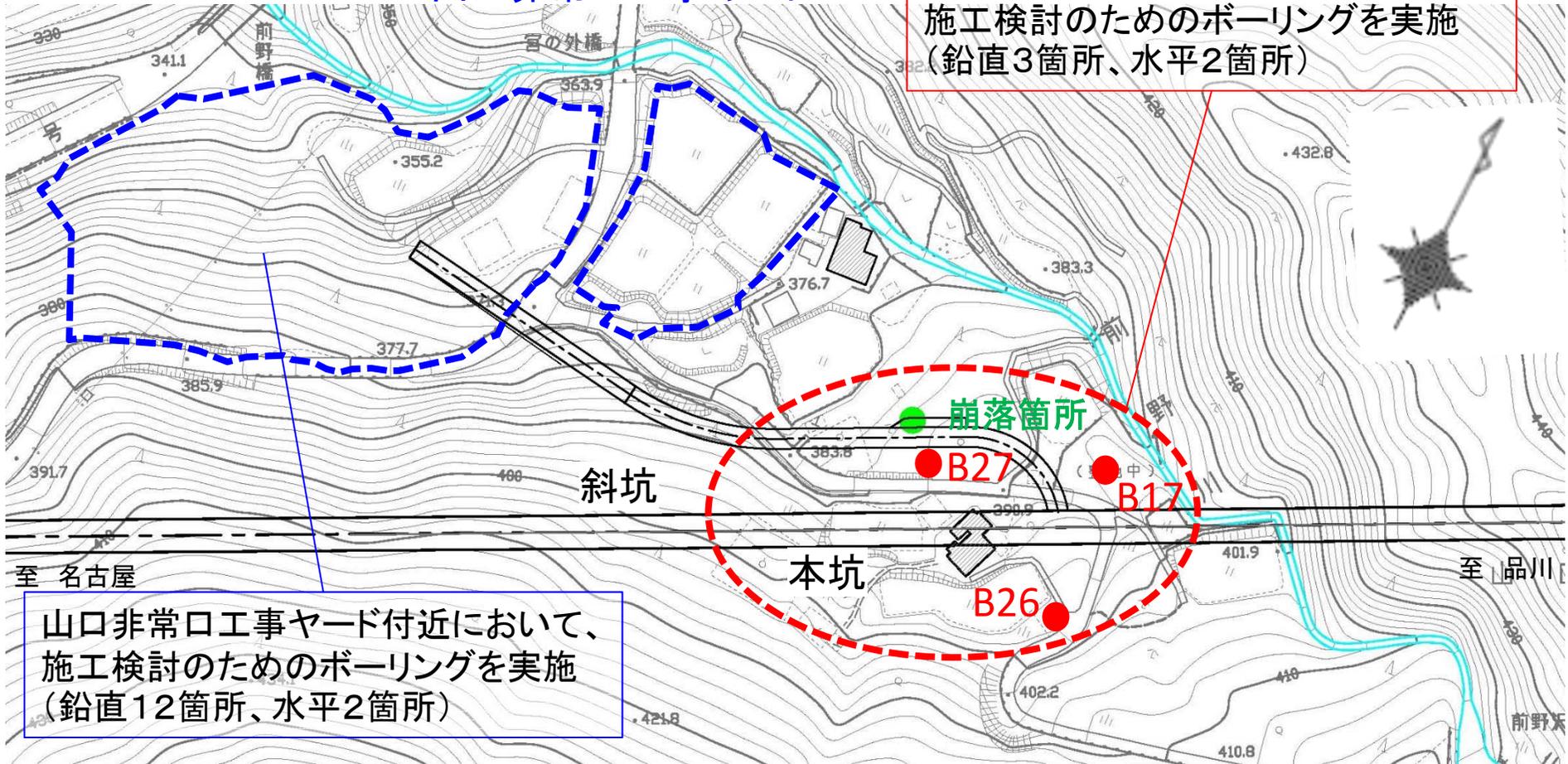
- ①岩種をB岩種としたことの妥当性について、当該地は断層破碎帯であり、E岩種(風化や熱水変質及び破碎の進行した岩石)とすべきという意見もあるところ、その判断基準について補足説明をお願いします。

### 回答

審査会では、一軸圧縮強さを49.9～128.0 N/mm<sup>2</sup>と説明しました。  
このボーリングでは、深層の一部で8.58～9.99 N/mm<sup>2</sup>という箇所があります。  
しかし、近傍で実施した他の2箇所のボーリングでは54.6～136.0 N/mm<sup>2</sup>、  
53.1～129.0 N/mm<sup>2</sup>であるため、B岩種と判断しました。

# 工事前に実施した地質調査箇所

## 山口非常口工事ヤード



➡ 地質調査の結果により、先行支保工などの補助工法は不要とした。

● 鉛直ボーリング(工事前)※

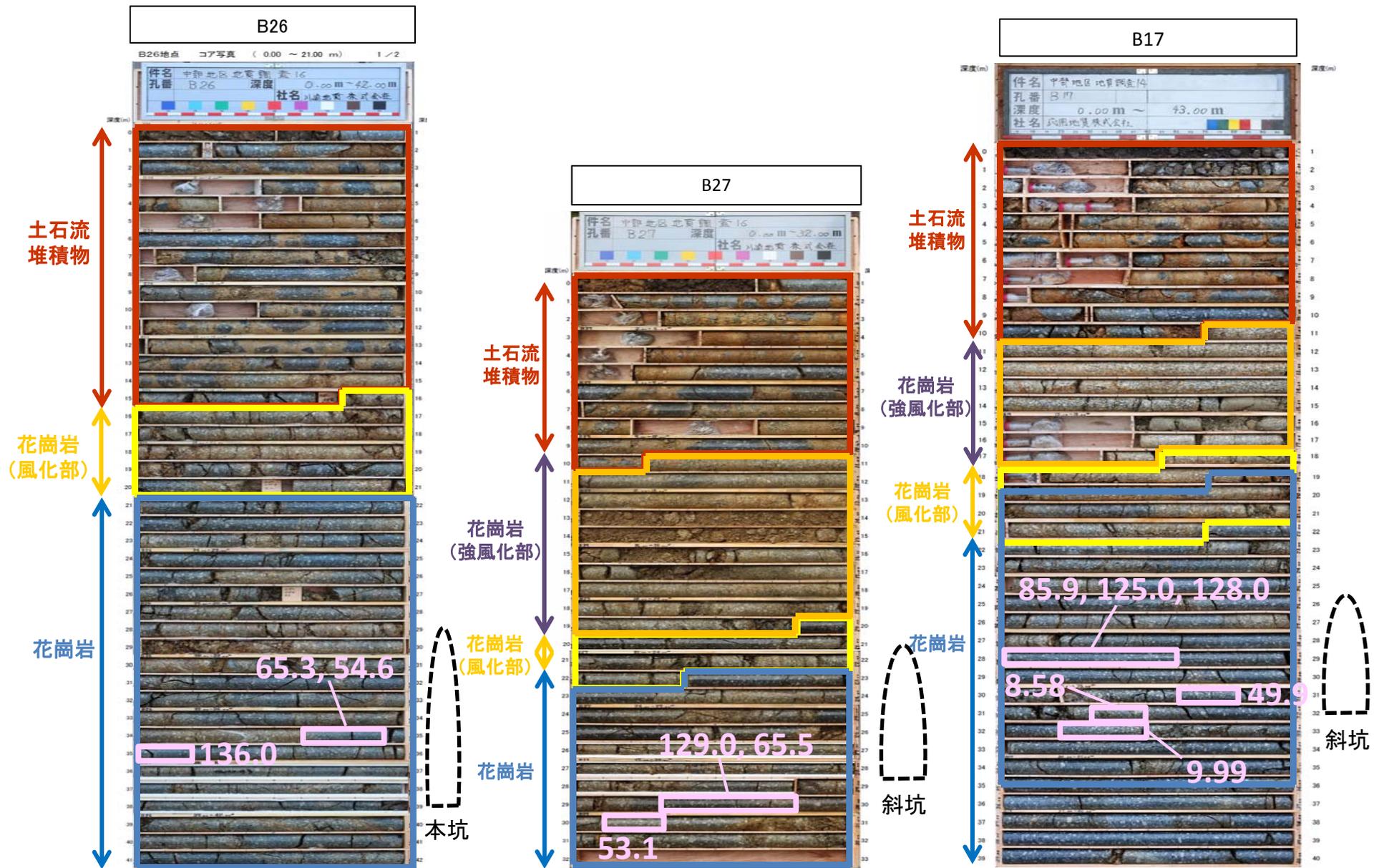
※ 委員会で説明を行った鉛直ボーリング(工事前)の場所を追記している。

# 工事前に実施した地質調査の結果

190705審査会資料に加筆

資料3

赤字: 一軸圧縮強さ[N/mm<sup>2</sup>]



## ①岩種分類

岩種(A~G)は、下記の岩種分類表から判定する。

→ 亀裂が発達した花崗岩で、一軸圧縮強さ $q_u = 49.9 \sim 128.0 \text{ N/mm}^2$  → 岩種はB

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)	↑ 硬岩 一軸圧縮強さは、以下の数値を目安とする $50 \text{ N/mm}^2 \leq q_u$
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	
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)	↑↓ 中硬岩 $15 \text{ N/mm}^2 \leq q_u < 50 \text{ N/mm}^2$
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	
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)	↑↓ 軟岩 $2 \text{ N/mm}^2 \leq q_u < 15 \text{ N/mm}^2$
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	↑↓ 土砂 $q_u < 2 \text{ N/mm}^2$
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)

## 1. 工事前

### (1) 構造の選定過程について

構造(標準支保工)の選定に当たっては、岩石の種類・性状等と一軸圧縮強さのデータをもとに、岩種分類を判定し、岩種と弾性波速度のデータから地山等級を判定して支保パターンを決定するという流れについてはご説明いただきました。

②地山等級の判定の妥当性について、弾性波の測定方法や測定箇所を明示いただき、当該データが一定範囲の平均的なものであるのか、局所的な情報が把握できるものであるのかについて、説明をお願いします。

### 回答

P3の赤点線で示す範囲で行った地質調査において、PS検層という方法にて弾性波速度を測定しました。弾性波速度の測定方法は次頁にて説明します。

測定の結果、深度11～22mにおける弾性波速度は2.97km/secで、深度22～38mにおける弾性波速度は3.15km/secでした。

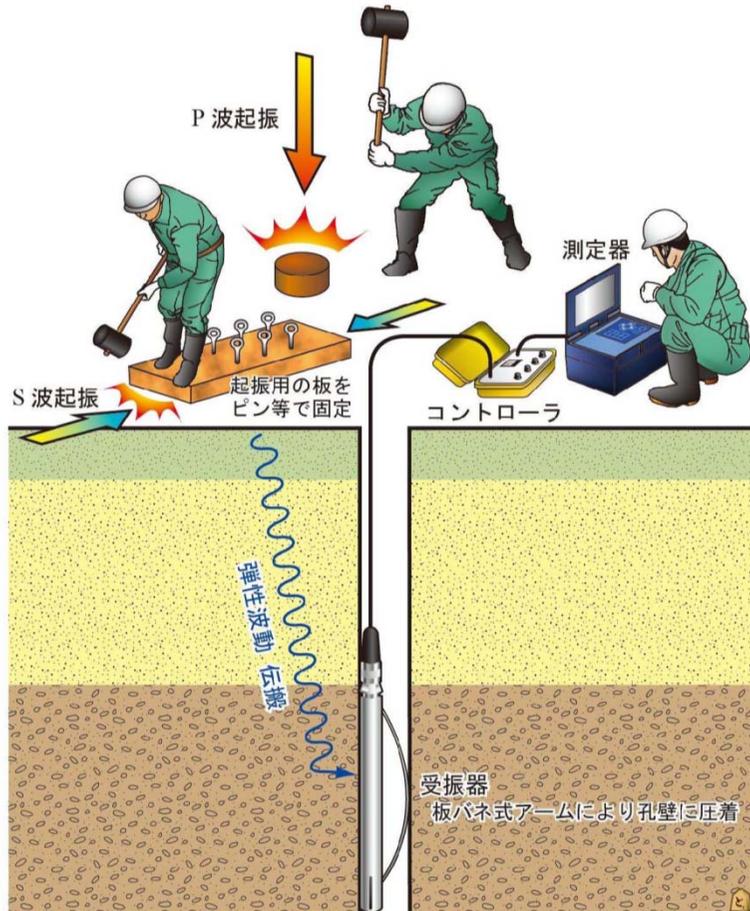
なお、測定箇所近傍における斜坑の深度は25～32mです。

# 1. 工事前

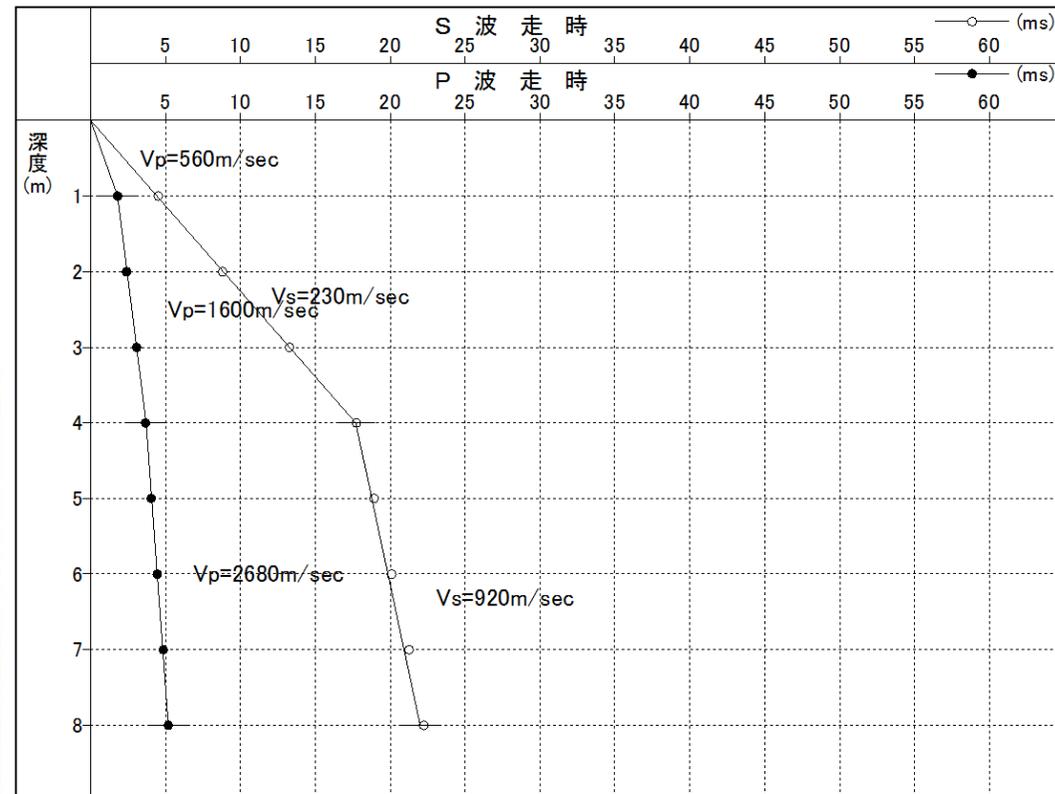
## (1) 構造の選定過程について

### 弾性波速度の測定方法(PS検層)

地表面を起振した時に生じる波動(P波・S波)を孔内任意の深度に設置した受振器(上下方向1成分, 水平方向2成分)で観測します。その波の伝播時間と伝播距離の関係から、弾性波速度(P波速度・S波速度)値を算出して地盤の速度分布を調べます。



走時曲線



## 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。

→ B岩種で $V_p=2.97\sim 3.15\text{km/sec}$  → 地山等級は  $I_{N-1}$

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 $G_n \geq 5$	かつ $G_n \geq 6$	-	-
$II_N$	$3.8 > V_p \geq 3.2$	$4.4 > V_p \geq 3.8$	$3.6 > V_p \geq 3.0$	かつ $5 > G_n \geq 4$	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 $F_c \geq 10$
$I_S$	-	-	-	$1.5 > V_p$ あるいは $2 > G_n \geq 1.5$	$1.5 > V_p$ あるいは $2 > G_n \geq 1.5$	$2 > G_n \geq 1.5$	-
$I_L$	$2.5 > V_p$	$2.9 > V_p$	$2.5 > V_p$	-	-	-	$D_r \geq 80$ 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)

## 1. 工事前

### (1) 構造の選定過程について

構造(標準支保工)の選定に当たっては、岩石の種類・性状等と一軸圧縮強さのデータをもとに、岩種分類を判定し、岩種と弾性波速度のデータから地山等級を判定して支保パターンを決定するという流れについてはご説明いただきました。

③構造の決定に当たりJR東海、鉄運機構、JV(以下、「事業関係者」という。)はどのように関与していたのかも補足説明をお願いします。

### 回答

当初の構造はJR東海で決定して鉄道運輸機構へ通知し、鉄道運輸機構はJR東海が決定した構造でJVに工事発注をしています。

## 1. 工事前

### (2) 工法の選定過程について

補助工法を不要としたという結論についてはご説明をいただきました。

①採用したベンチカット工法の詳細と中央をくり抜く掘削断面としたことの判断過程の補足説明をお願いします。

#### 回答

ベンチカット工法の概要は次頁のとおりです。

一般的に斜坑などの小断面のトンネルでは、掘削機械の作業スペース確保のために、下段ベンチの中央部を掘削することがあります。

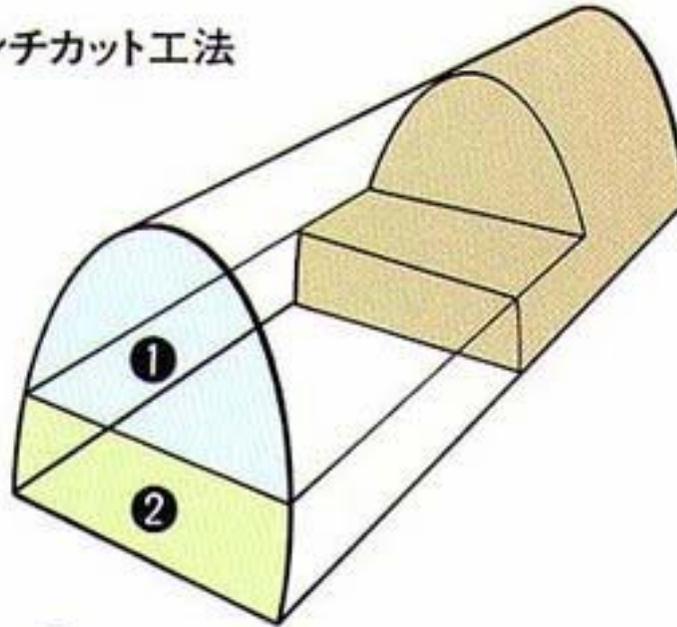
その場合、地山状況に応じて脚部の補強を行うことがありますが、工事前に実施した地質調査の結果、補強しなくても問題ないと判断していました。

# 1. 工事前

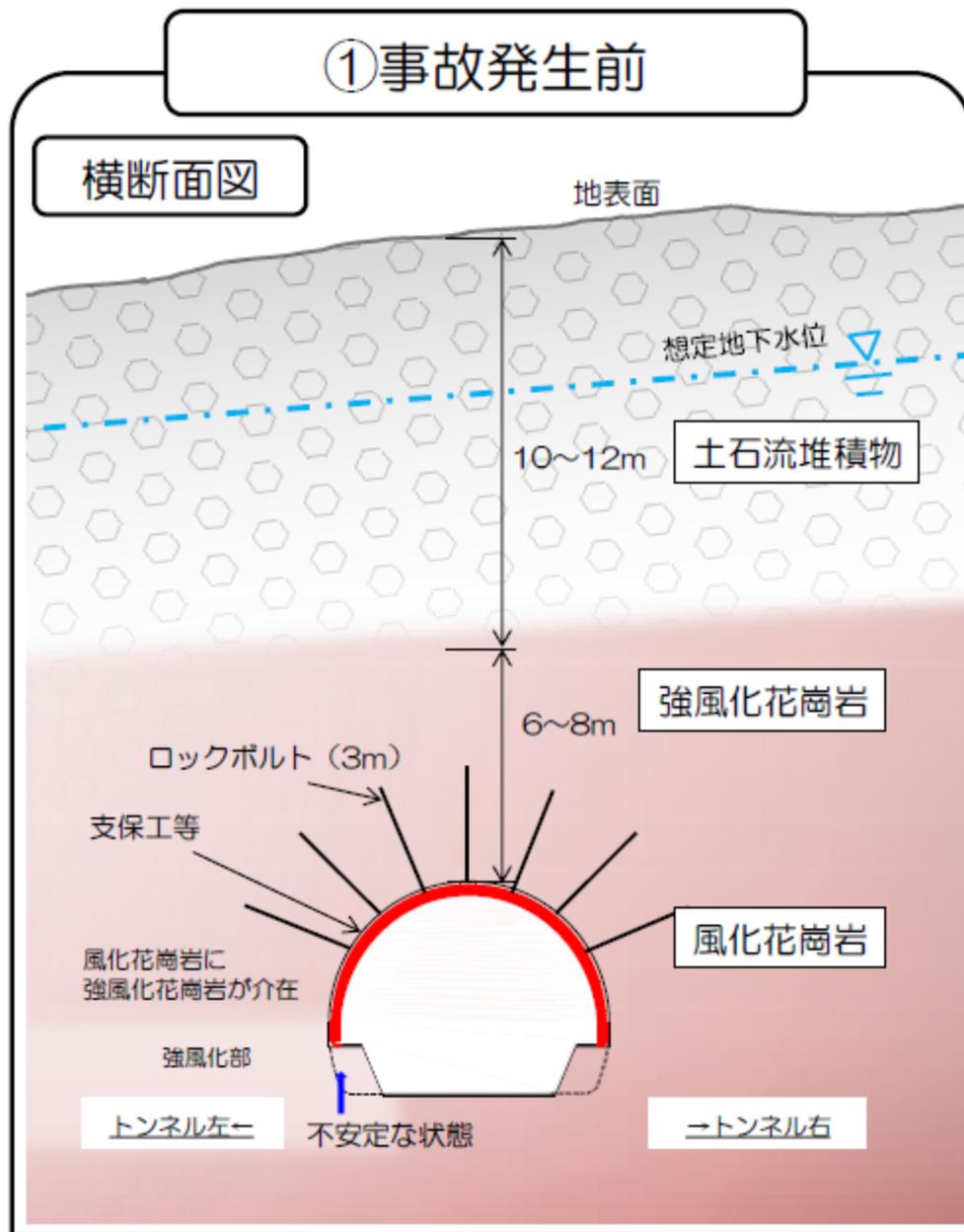
## (2) 工法の選定過程について

### ベンチカット工法の概要

● ベンチカット工法



通常トンネル掘削断面を上・下半に分割して、上部半断面を先進して掘削するもので、ベンチの長さを適切に選択することによって、硬岩地山から軟岩地山まで幅広く適用が可能な掘削工法



- ✓ トンネル左上部から下部まで強風化花崗岩が介在
- ✓ 特にトンネル左下部付近は地耐力が小さい強風化花崗岩(不安定地山)が介在
- ✓ 掘削機械の作業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

## ※風化花崗岩

⇒風化が進んで褐色を帯びているが、岩としての強度があり、概ね元の構造形状を残している状態の花崗岩

## ※強風化花崗岩

⇒褐色に変色し、手で触るとボロボロと崩れる程度に脆くなり、一部は粘土化するまで風化が進んだ状態の花崗岩

## 1. 工事前

### (2) 工法の選定過程について

補助工法を不要としたという結論についてはご説明をいただきました。

②この判断に事業関係者はどのように関与していたのかも補足説明をお願いします。

#### 回答

ベンチカット工法の採用や掘削断面形状については、JVが作成した施工計画書に記載されており、鉄道運輸機構がその内容を確認し承諾しています。

## 2. 工事中

### (1) 工事中の地質状況の確認について

工事中の切羽観察において、崩落部付近の左側の強度が低くなっていることを確認していた旨のご説明をいただきました。

①こういった状況にもかかわらず、補助工法を採用するという判断を行わなかった理由及び過程について、補足説明をお願いします。

### 回答

切羽観察を行いながら掘削を行っています。観察の結果、当該箇所では左側の強度が低くなったものの、切羽全体としては大幅な変化はありませんでした。ここに至るまでも補助工法を用いずに掘削を行ってきたという実績から、補助工法を用いなくても掘削可能であると判断しました。

## 2. 工事中

### (1) 工事中の地質状況の確認について

工事中の切羽観察において、崩落部付近の左側の強度が低くなっていることを確認していた旨のご説明をいただきました。

②こういった状況にもかかわらず、掘削断面形状を変更するという判断を行わなかった理由及び過程について補足説明をお願いします。

### 回答

切羽観察を行いながら掘削を行っています。観察の結果、当該箇所では左側の強度が低くなったものの、切羽全体としては大幅な変化はありませんでした。ここに至るまでも補助工法を用いずに掘削を行ってきたという実績から、掘削断面形状を変更しなくても掘削可能であると判断しました。

## 2. 工事中

### (1) 工事中の地質状況の確認について

工事中の切羽観察において、崩落部付近の左側の強度が低くなっていることを確認していた旨のご説明をいただきました。

③これらの判断に事業関係者はどのように関与していたのかも補足説明をお願いします。

### 回答

JVが作成した切羽観察簿でそれぞれが報告を受けています。

鉄道運輸機構はJVから毎日、JR東海は鉄道運輸機構から1週間分をまとめて報告を受けています。

### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### <設計段階>

設計段階の構造決定に当たっては、地山の詳細に不明な部分が多く、施工時において現地の状況を確認のうえ、修正されるものであることについてはご説明をいただきました。

- ① 今回の陥没とその後の検討を踏まえ、トンネルの構造の決定及び掘削工法（掘削断面の形状を含む）の決定に関して見直しを行った事項について、補足説明をお願いします。

##### 回答

今回の崩落は、施工段階に原因があったため、設計段階での見直し事項はありません。

### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### <設計段階>

設計段階の構造決定に当たっては、地山の詳細に不明な部分が多く、施工時において現地を確認のうえ、修正されるものであることについてはご説明をいただきました。

②これらの決定に事業関係者はどのように関与するのもも補足説明をお願いします。

#### 回答

前述のとおり、設計段階での見直し事項はありません。

### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### < 施工段階 >

今後の対策として不安定な地山の場合は、慎重な施工管理の徹底と最適な補助工法の実施による対策を行うとのご説明をいただきました。

- ①地下水の影響を含め、不安定な地山かどうかを判断するために実施する慎重な施工管理のための観察および計測に関して、見直しを行った事項について具体的に補足説明をお願いします。

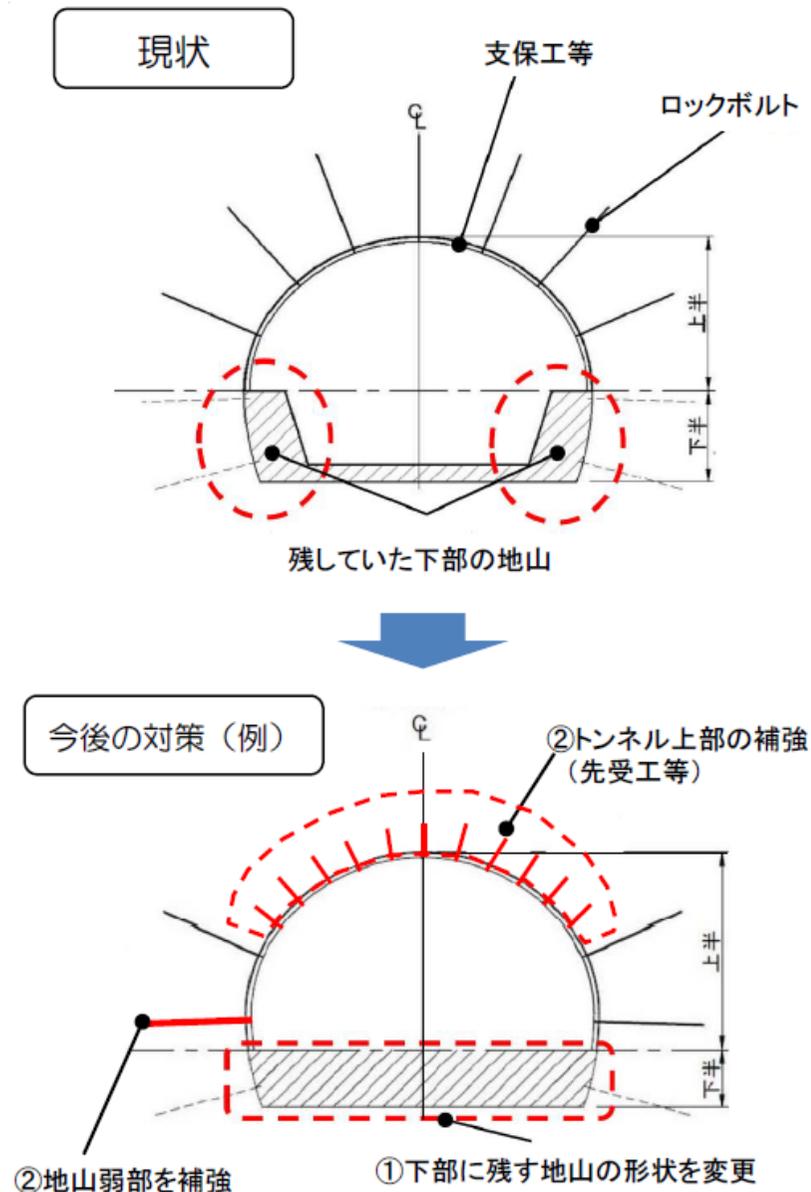
#### 回答

JVが既に現場に地質の専門家を常駐させており、今後は、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有します。

また、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は、坑内計測の頻度を上げる(例:20m毎を10m毎に変更)ほか、慎重な施工管理の一例として、切羽面から前方の探査を行い、前方の地質や地下水の状況を把握します。

なお、本坑の施工にあたっては、不安定な地山と判断した場合は、同様に前方の地質や地下水の状況を確認しながら、慎重に施工を進めていきます。

環境保全措置をより確実に履行するため、今後の対策として、以下を実施。



※土砂崩落箇所とは別の場所



トンネル下部の地山の掘削前状況

復旧完了後の掘削にあたっては、地山状況を掘削面ごとに適切に評価(必要により、地質専門家の判断を求める)するとともに、不安定な地山の場合は下記の対策を実施

- ①掘削断面形状を見直し、坑内計測の頻度を上げるなど、慎重な施工管理を徹底
- ②事前にトンネル上部の補強や、地山弱部を補強するなど最適な補助工法を実施

### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### < 施工段階 >

今後の対策として不安定な地山の場合は、慎重な施工管理の徹底と最適な補助工法の実施による対策を行うとのご説明をいただきました。

②地下水の影響を含め、不安定な地山における構造及び掘削工法の選定、補助工法、補強工法の採用の考え方を確認するため、慎重な施工管理により、次の事項を変更する場合のスキームについて、判断基準、事業関係者間の情報共有も含め補足説明をお願いします。

- i) 支保工などの構造及び掘削断面形状を含む掘削工法
- ii) 先行支保工などの補助工法の採用
- iii) 仮インバートなどの補強工法の採用

##### 回答

切羽観察に基づき、JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら地山の状態を確認するとともに、坑内計測の結果も踏まえ、支保パターンの確認や、補助工法の必要性を判断し、例えば天端が脆い場合には、補助工法として先行支保工を実施するなど、現場に即した補助工法を選定します。事業関係者の役割については、前回「まとめ(次頁参照)」でご説明したとおりです。

今回の地上部土砂崩落を踏まえ、関係者は今後以下のように取り組んでいきます。

## 施工会社

不安定な地山の場合は、掘削断面形状を見直し、坑内計測の頻度を上げるなど、慎重な施工管理を徹底します。

事前にトンネル上部の補強や、地山弱部を補強するなど最適な補助工法を実施します。

## 鉄道・運輸機構

計測管理だけではなく、地山切羽ごとの状態変化を的確に確認、評価をして、慎重な施工管理を徹底するよう施工会社を指導していきます。

## JR東海

鉄道・運輸機構に対してより一層、緊張感をもって工事を進めるよう要請するとともに、改めて、JR東海も安全に十分留意しながら、中央新幹線の建設に取り組んでいきます。

### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### < 施工段階 >

今後の対策として不安定な地山の場合は、慎重な施工管理の徹底と最適な補助工法の実施による対策を行うとのご説明をいただきました。

③降雨状況の把握も含め、湧水の変動を事前に予測把握する方法と湧水対策について具体的に補足説明をお願いします。

#### 回答

湧水量は毎分10ℓ程度であり、今回の陥没は湧水の影響ではないと考えています。降雨時の湧水量の増加等の把握を含めた切羽ごとの監視を確実に実施するとともに、湧水に伴う不安定地山に対しては、先行支保工や鏡面の補強などの補助工法を実施します。

### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### < 施工段階 >

今後の対策として不安定な地山の場合は、慎重な施工管理の徹底と最適な補助工法の実施による対策を行うとのご説明をいただきました。

④現場での地質の専門家の確保について、確実な履行の担保の補足説明をお願いします。

#### 回答

JVが既に現場に地質の専門家を常駐させており、今後は、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら地質状況等を機構に報告することにより、確実な履行を担保します。

### 3. 事故後

#### (2) 住民への説明について

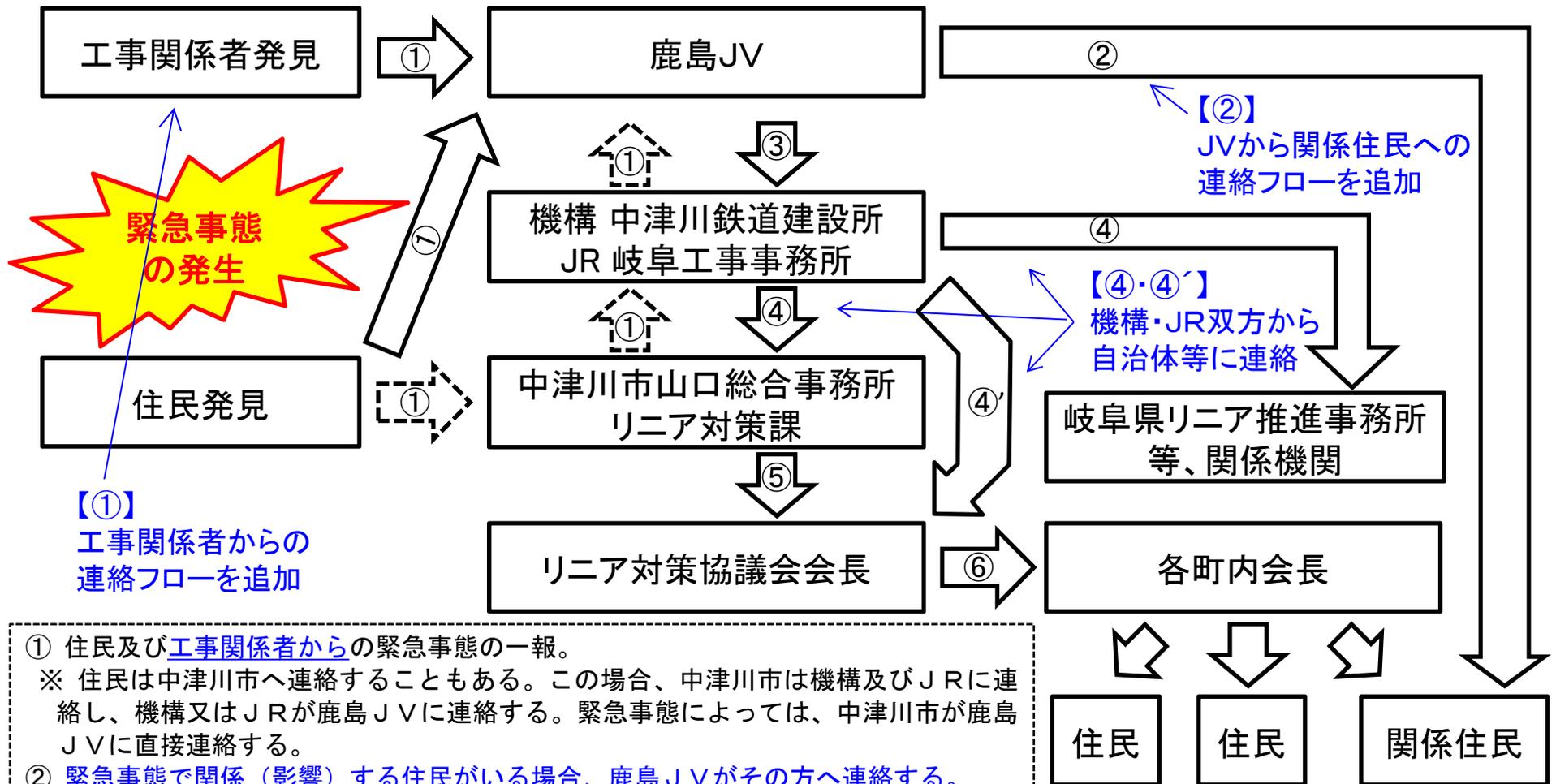
今回の陥没を受け、地元の方にも案内が行くように連絡体制を見直したとのご説明をいただきました。

①見直した連絡体制について、具体的に補足説明をお願いします。

#### 回答

今回見直した連絡体制表は次頁のとおりです。

# 工事に関する緊急時の連絡体制（崩落後に見直し）



① 住民及び工事関係者からの緊急事態の一報。

※ 住民は中津川市へ連絡することもある。この場合、中津川市は機構及びJRに連絡し、機構又はJRが鹿島JVに連絡する。緊急事態によっては、中津川市が鹿島JVに直接連絡する。

② 緊急事態で関係（影響）する住民がいる場合、鹿島JVがその方へ連絡する。

③ 鹿島JVが機構に連絡し、機構がJRに連絡する。

④・④' 機構及びJRは、中津川市とリニア対策協議会会長等に連絡する。

※ 緊急事態に応じて岐阜県のほか関係機関に連絡し、中津川市等は機構及びJRを指示・指導する。また、協議等が必要な場合は、別途実施する。

※ 緊急事態によっては、鹿島JVが直接連絡する。←

⑤ 中津川市は、リニア対策協議会会長に連絡する。

※ 緊急事態によっては、鹿島JVが直接連絡する。←

⑥ リニア対策協議会会長は、各町内会長に連絡する。

※ 今後の対応等で説明が必要な場合は、機構及びJRが別途説明する。

【④・④'・⑤】

緊急事態発生時は、JVから直接、自治体等に連絡

### 3. 事故後

#### (3) リスク管理について

陥没を未然に防ぐためのリスク管理として、事業関係者のトンネル工事に係る管理監督体制、危機管理体制について具体的に説明をお願いします。

#### 回答

JVが既に現場に地質の専門家を常駐させており、今後は、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有します。事業関係者の役割は前述の「まとめ」のとおりです。危機管理体制については、前述の連絡体制を整理しました。

## 8/8 地盤委員会委員及び専門調査員からの 意見等に対する事業者の見解

## 2. 工事中

### (1) 工事中の地質状況の確認について

工事中の切羽観察において、崩落部付近の左側の強度が低くなっていることを確認していた旨のご説明をいただきました。

①こういった状況にもかかわらず、補助工法を採用するという判断を行わなかった理由及び過程について、補足説明をお願いします。

### 回答

切羽観察を行いながら掘削を行っています。観察の結果、当該箇所では左側の強度が低くなったものの、切羽全体としては大幅な変化はありませんでした。ここに至るまでも補助工法を用いずに掘削を行ってきたという実績から、補助工法を用いなくても掘削可能であると判断しました。

## 意見等(神谷委員)

切羽観察の結果、「補助工法を用いなくても掘削可能である」、「掘削断面形状を変更しなくても掘削可能である」、「これまでの地山状況と変化がない」と判断されたことについて、切羽観察記録及び切羽の写真を明示のうえ具体的に説明いただきたい。

## 事業者の見解

地盤委員会当日に、崩落箇所付近および5m手前、5m奥の切羽観察記録及び切羽の写真を明示し、説明します。

## 崩落箇所付近から5m手前の切羽の状況

- ブレーカで容易に掘削できる程度に軟らかい
- ずりは最大30cm程度の岩片を含む土砂状
- 湧水は天端・肩付近から5L/min程度
- 地質・湧水状況の変化に注視



## 崩落箇所付近の切羽の状況

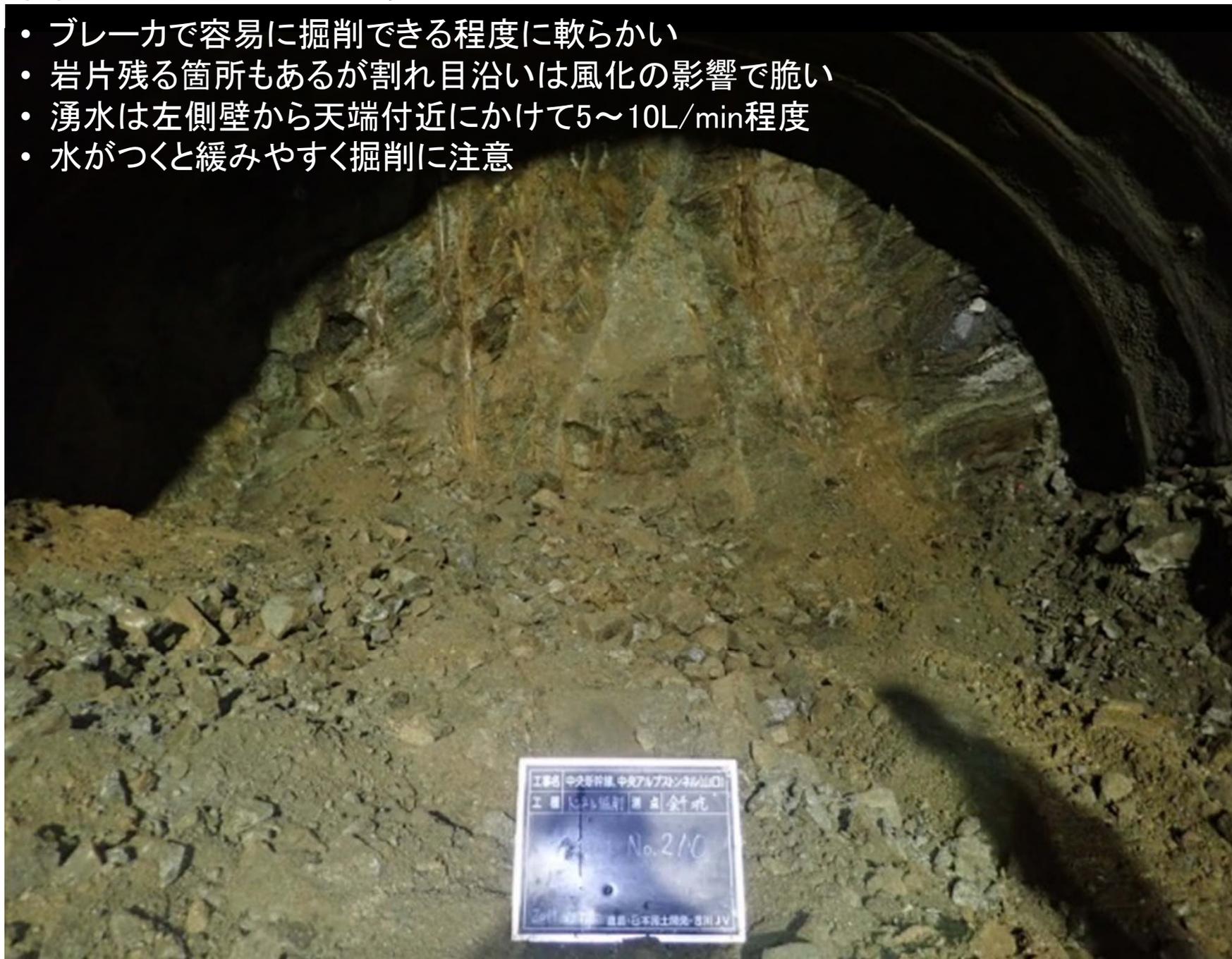
- ブレーカで容易に掘削できる程度に軟らかい
- 切羽右側は比較的硬い岩片が残るが縦横割れ目あり
- 湧水は天端・肩付近から滴水程度
- 水がつくと緩みやすく掘削に注意

吹付コンクリート



## 崩落箇所付近から5m奥の切羽の状況

- ブレーカで容易に掘削できる程度に軟らかい
- 岩片残る箇所もあるが割れ目沿いは風化の影響で脆い
- 湧水は左側壁から天端付近にかけて5~10L/min程度
- 水がつくと緩みやすく掘削に注意



### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### < 施工段階 >

今後の対策として不安定な地山の場合は、慎重な施工管理の徹底と最適な補助工法の実施による対策を行うとのご説明をいただきました。

③降雨状況の把握も含め、湧水の変動を事前に予測把握する方法と湧水対策について具体的に補足説明をお願いします。

#### 回答

湧水量は毎分10ℓ程度であり、今回の陥没は湧水の影響ではないと考えています。降雨時の湧水量の増加等の把握を含めた切羽ごとの監視を確実に実施するとともに、湧水に伴う不安定地山に対しては、先行支保工や鏡面の補強などの補助工法を実施します。

## 意見等(神谷委員)

湧水によって不安定地山と判断する基準(目安)をどのように定め、関係機関でどのように決定あるいは共有しているのか(する予定なのか)説明いただきたい。

## 事業者の見解

7月18日に受領した「地盤委員会からの確認事項」の当該項目では、特に湧水について言及されていたため「湧水に伴う不安定地山に対して」と記載しましたが、JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら、切羽観察や坑内計測の結果等から、不安定な地山か判断します。これらの情報はJV⇒鉄道運輸機構⇒JR東海で共有しています。

### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### < 施工段階 >

今後の対策として不安定な地山の場合は、慎重な施工管理の徹底と最適な補助工法の実施による対策を行うとのご説明をいただきました。

②地下水の影響を含め、不安定な地山における構造及び掘削工法の選定、補助工法、補強工法の採用の考え方を確認するため、慎重な施工管理により、次の事項を変更する場合のスキームについて、判断基準、事業関係者間の情報共有も含め補足説明をお願いします。

- i) 支保工などの構造及び掘削断面形状を含む掘削工法
- ii) 先行支保工などの補助工法の採用
- iii) 仮インバートなどの補強工法の採用

##### 回答

切羽観察に基づき、JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら地山の状態を確認するとともに、坑内計測の結果も踏まえ、支保パターンの確認や、補助工法の必要性を判断し、例えば天端が脆い場合には、補助工法として先行支保工を実施するなど、現場に即した補助工法を選定します。事業関係者の役割については、前回「まとめ(次頁参照)」でご説明したとおりです。

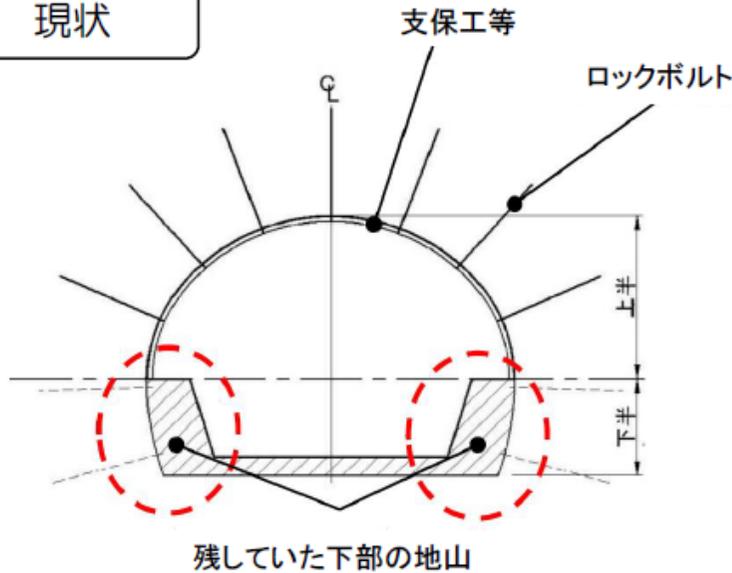
## 意見等(奥村委員)

- ii)補助工法(先行支保工)の例と同様に、
- i)掘削断面形状の見直し および
- iii)補強工法についても具体的に説明してほしい。

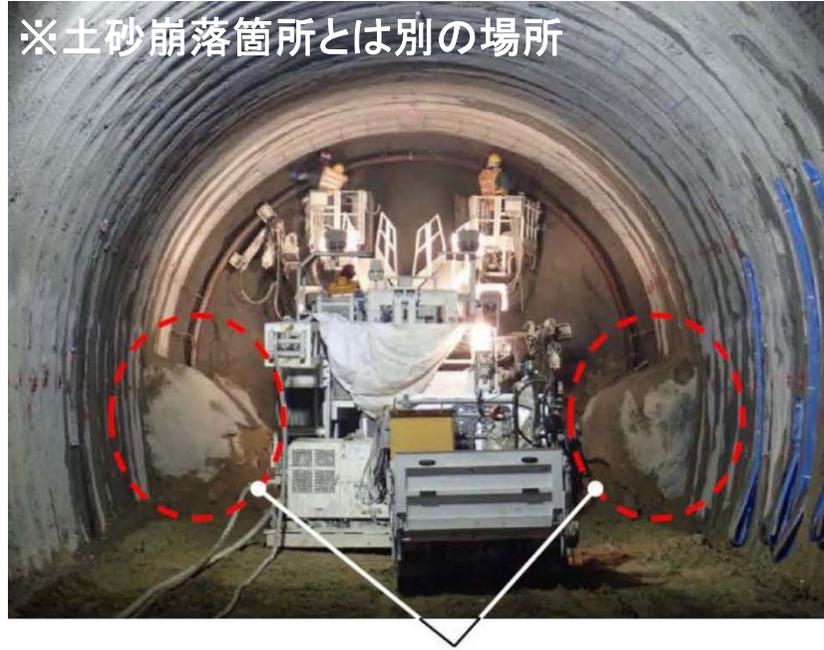
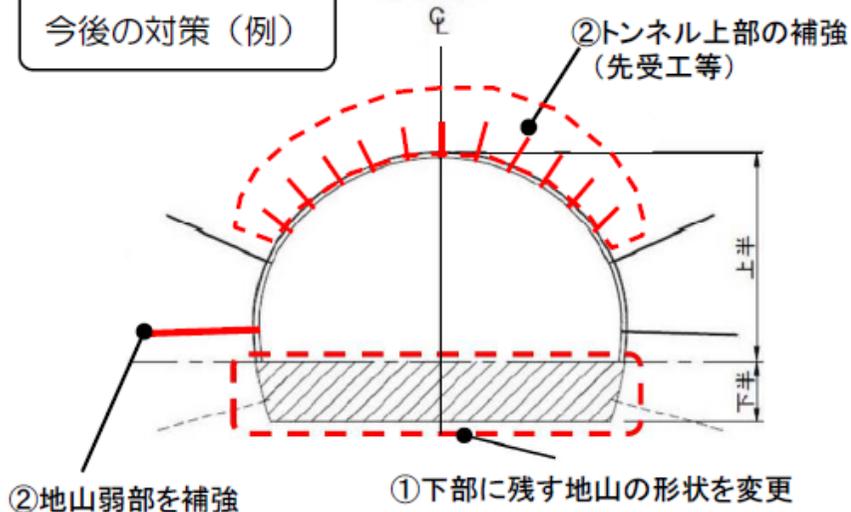
## 事業者の見解

- i)掘削断面形状の見直しについてですが、不安定な地山と判断した場合には、前回の地盤委員会にて今後の対策としてご説明しました断面形状で掘削します。
- iii)に記載の仮インバートは補助工法のひとつであり、脚部の安定を目的とした脚部の補強です。仮インバート以外の工法は、前回の地盤委員会にてお示した補助工法の分類表のとおりです。どの工法を採用するかは、切羽観察や坑内計測の結果等で判断します。

現状



今後の対策 (例)



※土砂崩落箇所とは別の場所

トンネル下部の地山の掘削前状況

復旧完了後の掘削にあたっては、地山状況を掘削面ごとに適切に評価(必要により、地質専門家の判断を求める)するとともに、不安定な地山の場合は下記の対策を実施

- ①掘削断面形状を見直し、坑内計測の頻度を上げるなど、慎重な施工管理を徹底
- ②事前にトンネル上部の補強や、地山弱部を補強するなど最適な補助工法を実施

# 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				硬 岩	軟 岩	未 固 結		
	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 鏡 面 の 強	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	

補助工法は、目的や対象地山によって様々な工法がある。

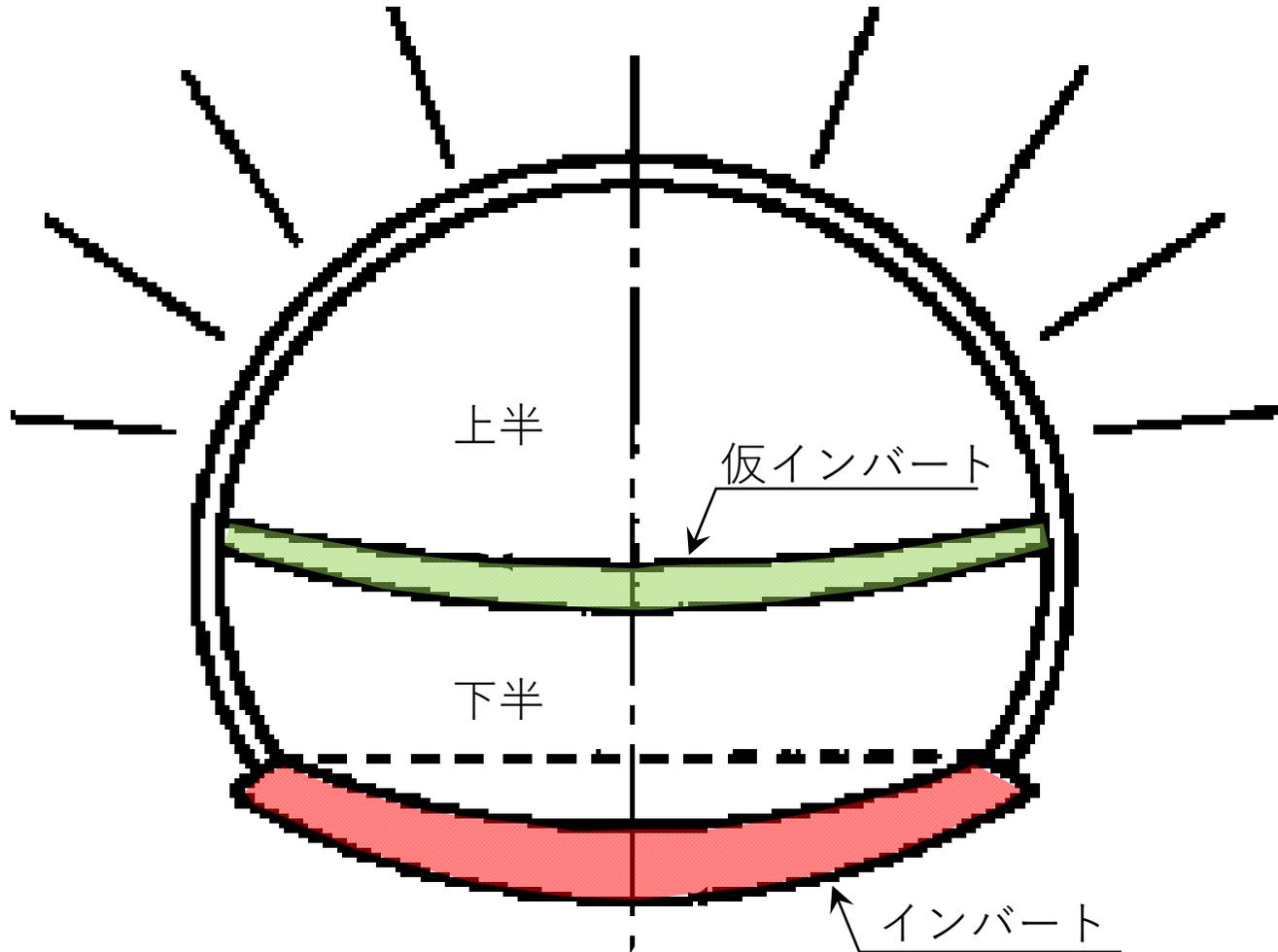
注) ○ 比較的良好に採用される工法

\*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

## 脚部の補強（仮インバート）



上半を掘削し、早期に断面を閉合することで、天端沈下、内空変位を抑え、トンネル構造として一時的安定を得ることができる

## 脚部の補強（ウィングリブ付き鋼製支保工）



支保脚部の支持面積を増やし、接地圧の低減を図る

## 1. 工事前

### (1) 構造の選定過程について

構造(標準支保工)の選定に当たっては、岩石の種類・性状等と一軸圧縮強さのデータをもとに、岩種分類を判定し、岩種と弾性波速度のデータから地山等級を判定して支保パターンを決定するという流れについてはご説明いただきました。

- ① 岩種をB岩種としたことの妥当性について、当該地は断層破碎帯であり、E岩種(風化や熱水変質及び破碎の進行した岩石)とすべきという意見もあるところ、その判断基準について補足説明をお願いします。

### 回答

審査会では、一軸圧縮強さを49.9～128.0 N/mm<sup>2</sup>と説明しました。  
このボーリングでは、深層の一部で8.58～9.99 N/mm<sup>2</sup>という箇所があります。  
しかし、近傍で実施した他の2箇所のボーリングでは54.6～136.0 N/mm<sup>2</sup>、  
53.1～129.0 N/mm<sup>2</sup>であるため、B岩種と判断しました。

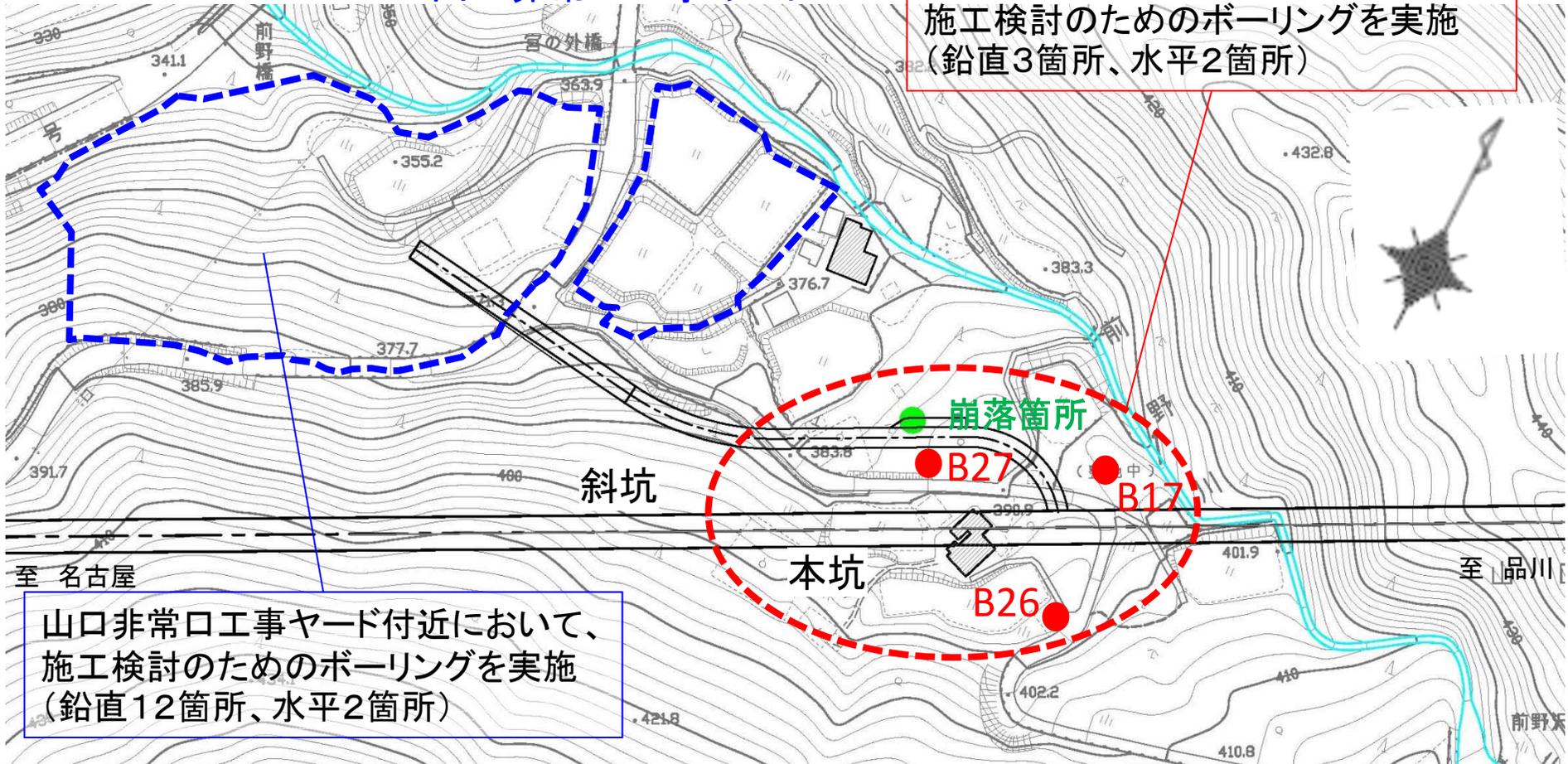
- 「地質調査の結果により、先行支保工などの補助工法は不要とした」とあるが、一軸圧縮強さのデータの中から最も値の小さいデータを使わなかったのはなぜか。一般的には、安全側の設計をするため、弱点を基本に考えるのではないのでしょうか。
- この値の小さいデータは斜坑の位置に該当しているのではないか。可能であれば、ピンポイントのコアボーリング位置がわかるとよいです。
- 設計段階で補助工法を不要とした場合でも、施工段階で必要に応じ補助工法などを追加すると思いますが、どういう基準で意思決定するのか、ルールがあれば補足いただきたい。

## 事業者の見解

- 一軸圧縮強さが8.58～9.99N/mm<sup>2</sup>の箇所はありますが、当該箇所での他の位置での結果、ならびに近傍で実施した他の2箇所の地質調査結果を踏まえると、一軸圧縮強さが小さいところは局所的であるため、全体としては、硬岩でありながら亀裂があるということで、B岩種と判断しました。
- 当該の地質調査実施箇所については、地盤委員会当日に、ポイントで説明します。
- JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら、切羽観察や坑内計測の結果等から地山の状態を確認し、JVと鉄道運輸機構で補助工法の必要性を判断します。

# 工事前に実施した地質調査箇所

## 山口非常口工事ヤード



山口非常口工事ヤード付近において、  
施工検討のためのボーリングを実施  
(鉛直12箇所、水平2箇所)

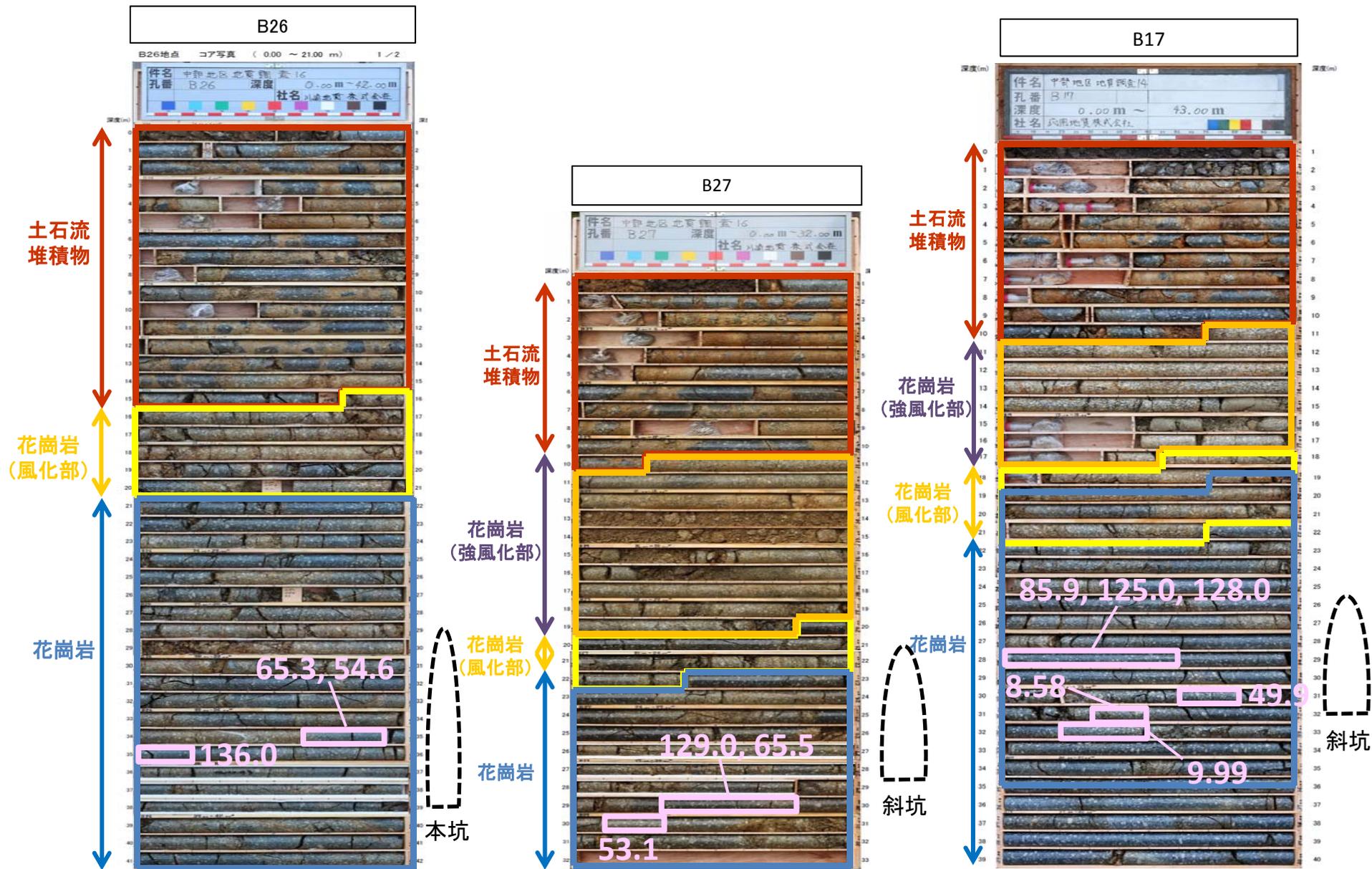
➡ 地質調査の結果により、先行支保工などの補助工法は不要とした。

● 鉛直ボーリング(工事前)※

※ 委員会で説明を行った鉛直ボーリング(工事前)の場所を追記している。

# 工事前に実施した地質調査の結果

赤字: 一軸圧縮強さ[N/mm<sup>2</sup>]



### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### < 施工段階 >

今後の対策として不安定な地山の場合は、慎重な施工管理の徹底と最適な補助工法の実施による対策を行うとのご説明をいただきました。

②地下水の影響を含め、不安定な地山における構造及び掘削工法の選定、補助工法、補強工法の採用の考え方を確認するため、慎重な施工管理により、次の事項を変更する場合のスキームについて、判断基準、事業関係者間の情報共有も含め補足説明をお願いします。

- i) 支保工などの構造及び掘削断面形状を含む掘削工法
- ii) 先行支保工などの補助工法の採用
- iii) 仮インバートなどの補強工法の採用

##### 回答

切羽観察に基づき、JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら地山の状態を確認するとともに、坑内計測の結果も踏まえ、支保パターンの確認や、補助工法の必要性を判断し、例えば天端が脆い場合には、補助工法として先行支保工を実施するなど、現場に即した補助工法を選定します。事業関係者の役割については、前回「まとめ(次頁参照)」でご説明したとおりです。

- 今回、左側に弱部があるにもかかわらず、機械を入れるために足元を掘削していたことにより陥没が発生したとのことだが、今後、同じような状況と判断される場合、どのように対応するのか。
- 「坑内計測の結果を踏まえ、支保パターンの確認や、補助工法の必要性を判断し」とあるが、何をどのように計測して、それが何に使われるのかを具体的に説明するとわかりやすい。
- 切羽観察で地山の状況が変わった場合工法を変更すると思いますが、変更を決定する技術的根拠と行程が説明されるとよい。

## 事業者の見解

- JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら地山の状態を確認しますが、その結果、同じような状況と判断される場合、前回の地盤委員会にて今後の対策としてご説明しました断面形状で掘削します。
- 坑内計測では、内空変位、天端沈下、脚部沈下等を計測しますが、JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら切羽観察に基づき、地山の状態を確認するとともに、これらの計測結果を踏まえ、JVと鉄道運輸機構で支保パターンの確認や、補助工法の必要性を判断します。
- 変更を決定する技術的根拠は、2点目で回答したとおりです。行程については、まずはJVが変更の必要性を判断し、機構と協議のうえ変更の可否を決定します。

## ④標準支保パターンによるトンネル支保構造

決定された支保パターン I<sub>N-1P</sub> における構造は下記のとおり。

- 縦断間隔 : 1.0m
- ロックボルト : 配置 アーチ、側壁  
長さ3m × 本数11本
- 鋼製支保工 : 125H
- 吹付けコンクリート : 厚さ15cm(最小)

## 意見等(沢田専門調査員)

崩落箇所の再掘削にあたっては、前回委員会の説明資料p29で説明のあった支保パターンと同じ内容で実施するのか、変更するのであれば、その内容と理由を説明いただきたい。

## 事業者の見解

崩落箇所の再掘削にあたっては、より慎重に施工するため、支保パターンを以下のとおり変更します。

- 縦断間隔:1.0m ⇒ 0.7m
- ロックボルト長さ:3m ⇒ 4.5m
- 鋼製支保工:125H ⇒ 200H
- インバート設置

この内容は、地質やトンネルに関する有識者にも相談しています。

### 3. 事故後

#### (1) 今後の工事について

##### < 施工段階 >

今後の対策として不安定な地山の場合は、慎重な施工管理の徹底と最適な補助工法の実施による対策を行うとのご説明をいただきました。

- ②地下水の影響を含め、不安定な地山における構造及び掘削工法の選定、補助工法、補強工法の採用の考え方を確認するため、慎重な施工管理により、次の事項を変更する場合のスキームについて、判断基準、事業関係者間の情報共有も含め補足説明をお願いします。
- i) 支保工などの構造及び掘削断面形状を含む掘削工法
  - ii) 先行支保工などの補助工法の採用
  - iii) 仮インバートなどの補強工法の採用

##### 回答

切羽観察に基づき、JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら地山の状態を確認するとともに、坑内計測の結果も踏まえ、支保パターンの確認や、補助工法の必要性を判断し、例えば天端が脆い場合には、補助工法として先行支保工を実施するなど、現場に即した補助工法を選定します。事業関係者の役割については、前回「まとめ(次頁参照)」でご説明したとおりです。

## 意見等(吉田専門調査員)

今回の崩落部分では、花崗岩でありながら風化が進行している部分であるのは、現場の方々の一致した見方だと思いますが、現場の地質として破碎帯や断層の存在も否定できないと思います。

今後、阿寺断層もあり、局所的に軟弱になることもあり得ますので、弾性波試験による全体的な岩盤評価のみならず、切羽観察による局所的な脆弱部の確認を、最低でも、この破碎部分を抜けるまでは特に注意されることをお勧めします。

## 事業者の見解

切羽観察に基づき、JVが既に現場に常駐させている地質の専門家が、鹿島建設本社関係者とも地質の情報を共有しながら地山の状態を確認します。また、坑内計測の結果も踏まえ、不安定な地山と判断した場合は、坑内計測の頻度を上げるほか、慎重な施工管理の一例として、切羽面から前方の探査を行い、前方の地質や地下水の状況を把握します。