

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、中央アルプストンネル(山口)特定建設工事共同企業体

1

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。

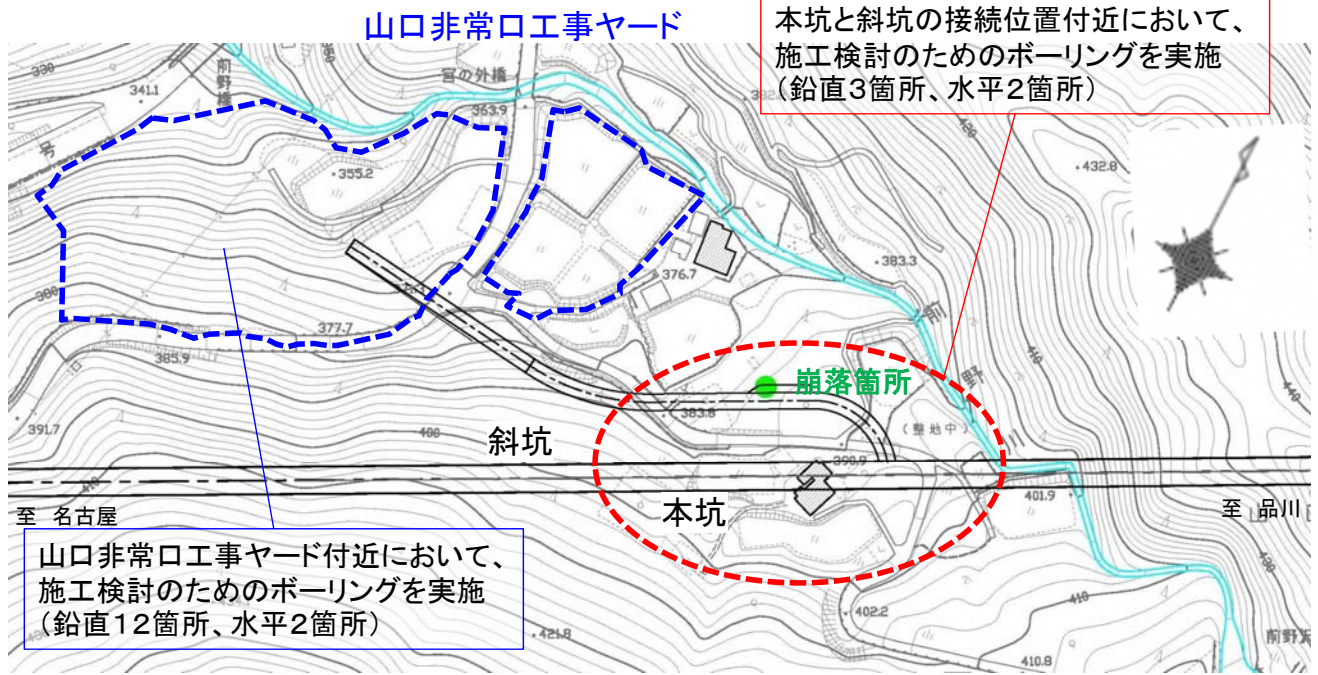
- ①岩種をB岩種としたことの妥当性について、当該地は断層破碎帯であり、E岩種(風化や熱水変質及び破碎の進行した岩石)とすべきという意見もあるところ、その判断基準について補足説明をお願いします。

回答

審査会では、一軸圧縮強さを49.9～128.0 N/mm²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/mm²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/mm²、
53.1～129.0 N/mm²であるため、B岩種と判断しました。

2

工事前に実施した地質調査箇所



➡ 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。

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。

→ 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 $50\text{N/mm}^2 \leq q_u$
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	軟岩 $2\text{N/mm}^2 \leq q_u < 15\text{N/mm}^2$
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碎の進行した岩石(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	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。

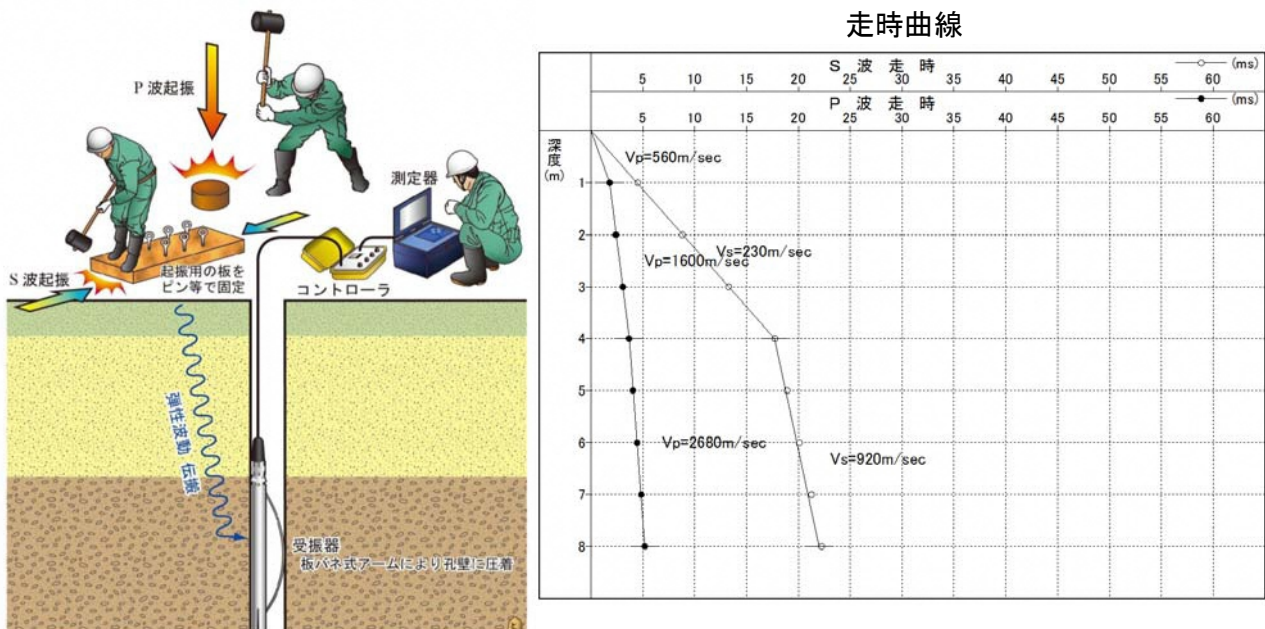
5

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。



6

②地山等級

岩種と弾性波速度(Vp)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Vp=2.97~3.15km/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 ≥5.2		V _p ≥5.0	V _p ≥4.2	—	—	—
IV _N	5.2>V _p ≥4.6		5.0>V _p ≥4.4	4.2>V _p ≥3.4	—	—	—
III _N	4.6>V _p ≥3.8	V _p ≥4.4	4.4>V _p ≥3.6	3.4>V _p ≥2.6	2.6>V _p ≥1.5	—	—
				かつ G _n ≥5	かつ G _n ≥6		
II _N	3.8>V _p ≥3.2	4.4>V _p ≥3.8	3.6>V _p ≥3.0	2.6>V _p ≥2.0	2.6>V _p ≥1.5	—	—
				かつ 5>G _n ≥4	かつ 6>G _n ≥4		
I _{N-2}	3.2>V _p ≥2.5		3.0>V _p ≥2.5	2.6>V _p ≥2.0	2.6>V _p ≥1.5	—	—
				かつ 4>G _n ≥2	かつ 4>G _n ≥3		
I _{N-1}		3.8>V _p ≥2.9	—	—	2.6>V _p ≥1.5	G _n ≥2	D _r ≥80
					かつ 3>G _n ≥2		かつ F _c ≥10
I _S				1.5>V _p あるいは あるいは	1.5>V _p あるいは あるいは	2>G _n ≥1.5	—
I _L	2.5>V _p	2.9>V _p	2.5>V _p	2>G _n ≥1.5	2>G _n ≥1.5	—	D _r ≥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。

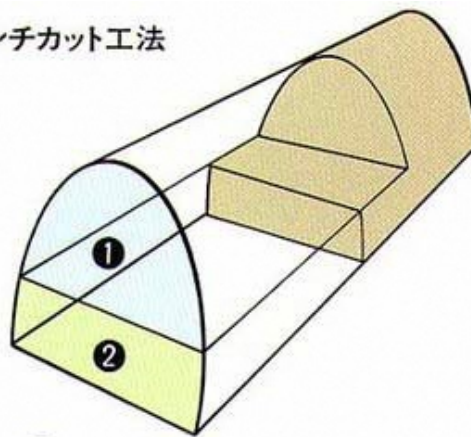
その場合、地山状況に応じて脚部の補強を行うことがありますが、工事前に実施した地質調査の結果、補強しなくても問題ないと判断していました。

1. 工事前

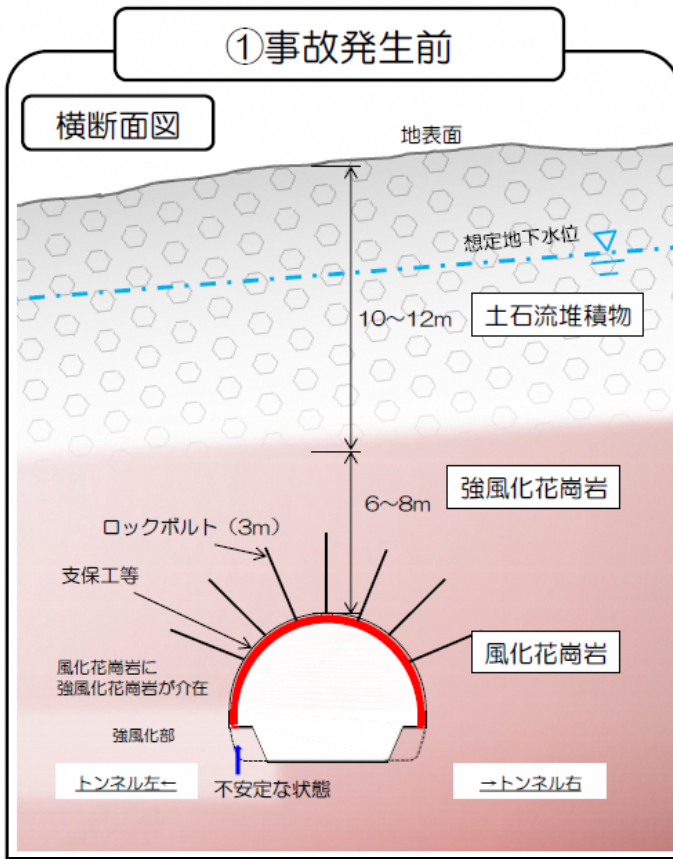
(2) 工法の選定過程について

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。

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。

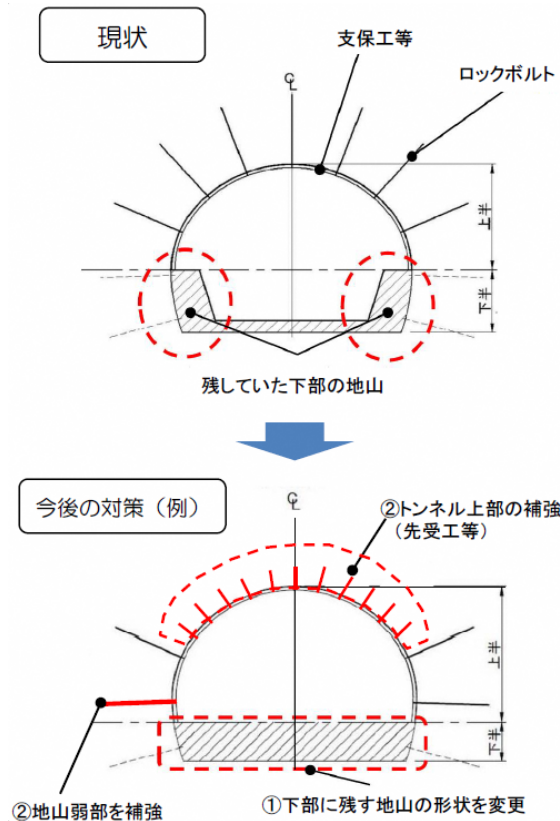
回答

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

19

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。

20

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

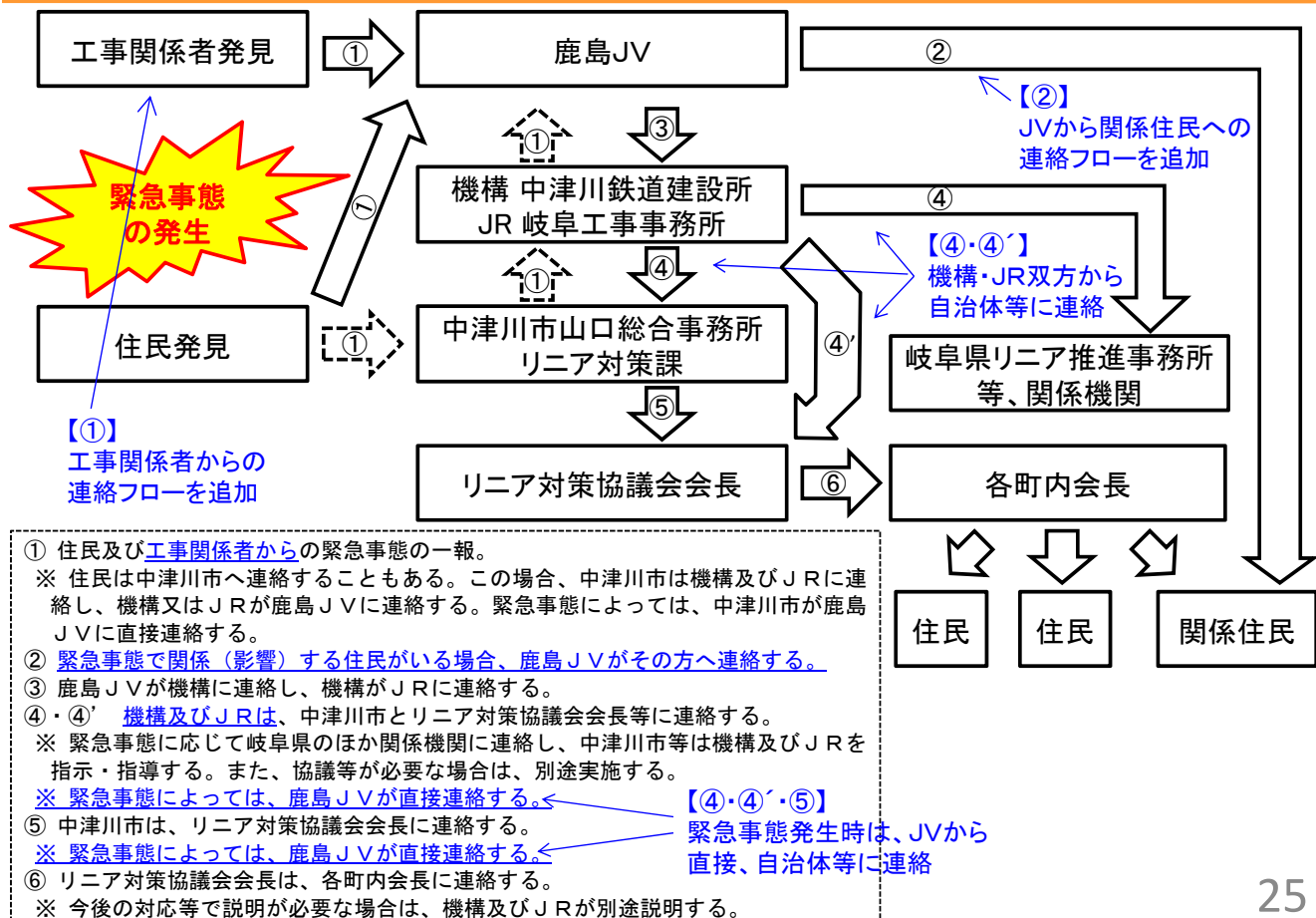
(2) 住民への説明について

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。



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」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。