

[関電鉄塔]

技術提案交渉方式による 山岳トンネル工事の設計と施工 —名塩道路城山トンネル工事—

[JR福知山線]

[国道176号]

(終点側：上り線完成予想図)

1. はじめに

2. 工事概要

3. 技術の概要

- (1) 新しい技術：DX技術と品質向上技術
- (2) 使える技術：切羽前方探査と計測管理
- (3) 成し遂げた技術：都市部近接施工
- (4) 喜ばれる技術：地域貢献

4. おわりに

1. はじめに：事業概要と目的

【目的】

国道176号名塩道路は、慢性的な渋滞の解消と交通の安全確保を目指して、「交通混雑の緩和」「異常気象時通行規制区間の解消」「交通安全の確保」を目的に、4車線化事業として1985(昭和60)年に事業化された。幹線道路としての機能強化とともに、緊急輸送としても機能するよう“災害に強い道路”を目指して整備が進められている。

【事業概要】

名塩道路は、発展の著しい阪神北部地域と阪神都市圏を結ぶ役割を担っており、西宮市山口町から宝塚市栄町までの区間について、現道の拡幅を主体として計画された延長10.6kmの道路である。本工事はECI方式(Early Contractor Involvement system)で近畿地方整備局から初めて発注された工事である。

1. はじめに

2. 工事概要

3. 技術の概要

- (1) 新しい技術
- (2) 使える技術
- (3) 成し遂げた技術
- (4) 喜ばれる技術

4. おわりに

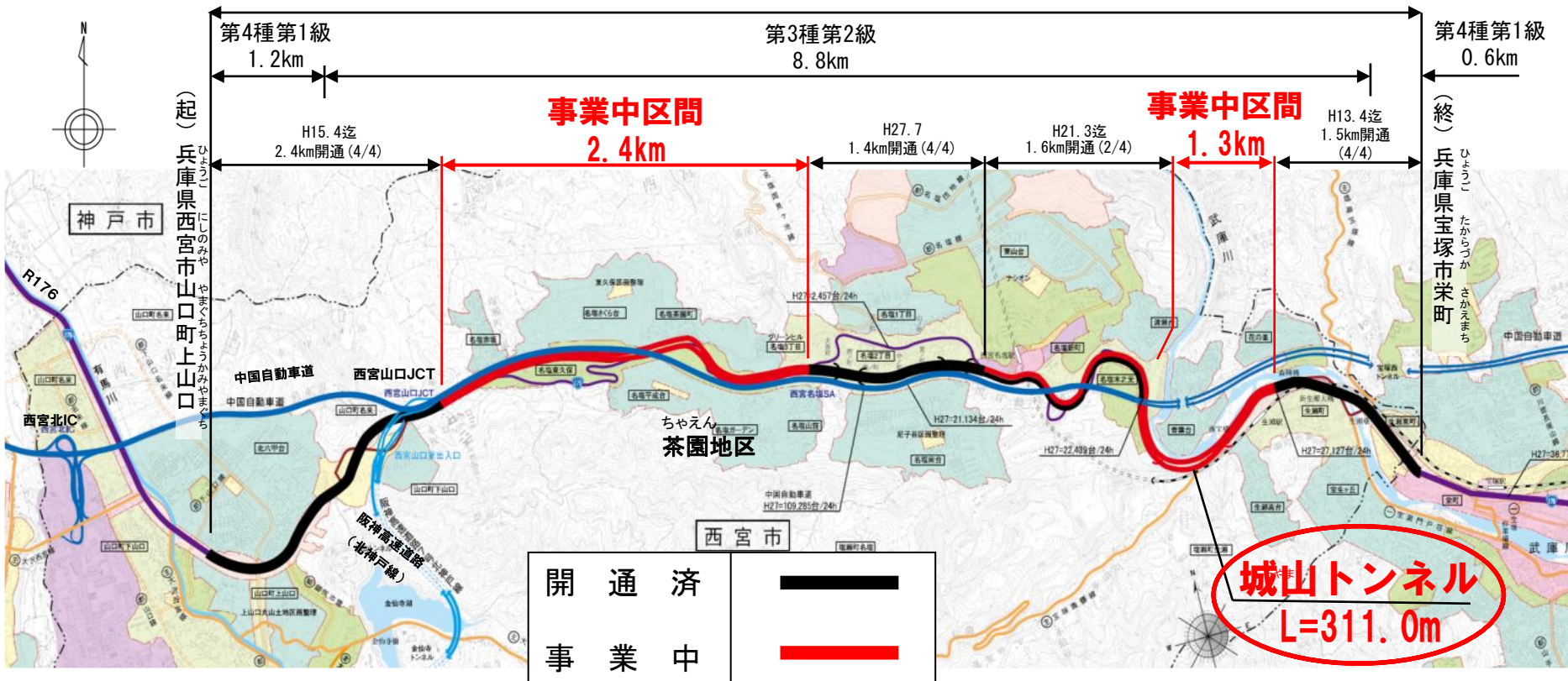
2. 工事概要：①工事位置



②名塩道路事業の概要

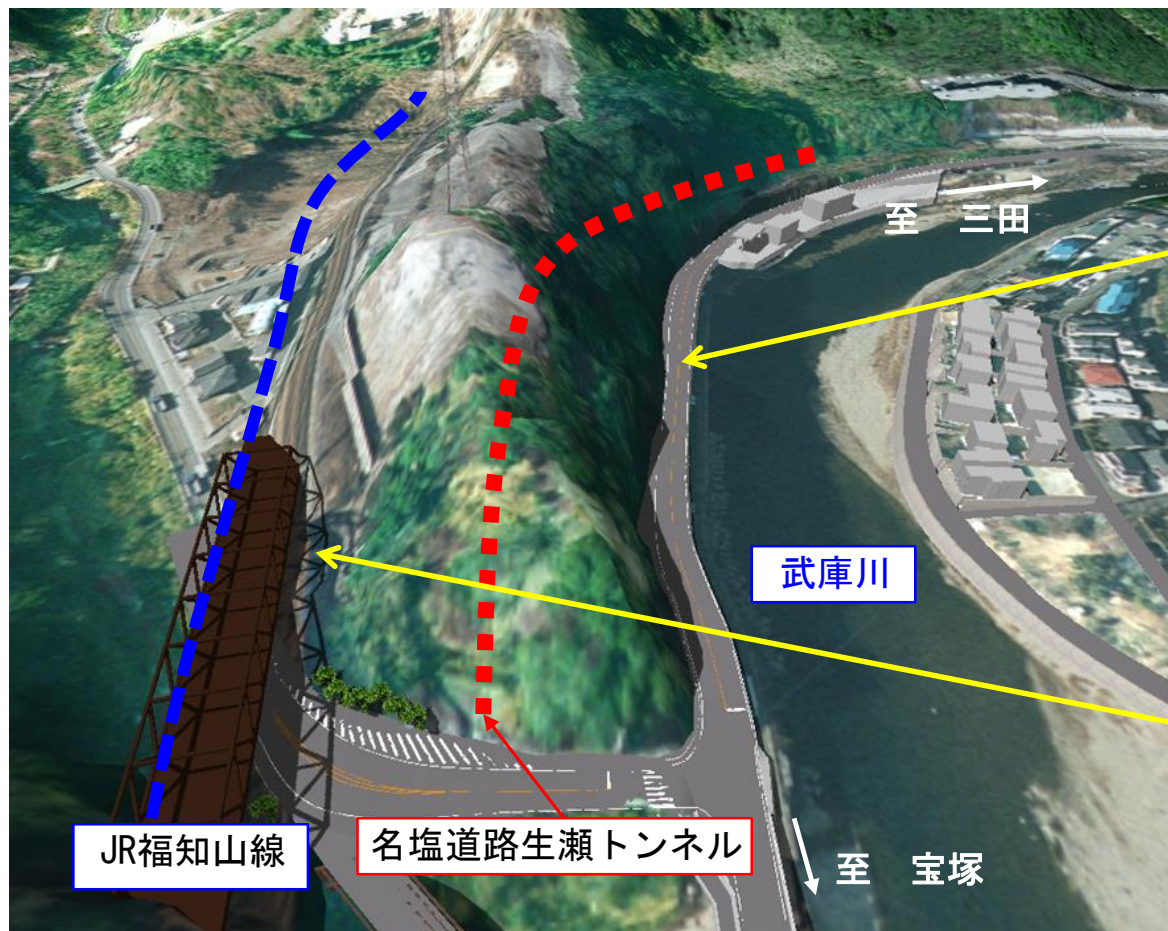
- 国道176号名塩道路は、「交通混雑の緩和」「交通安全の確保」を目的に、現道拡幅を主体とした4車化事業を昭和60年度に事業化
- 整備延長10.6kmのうち、7.2km(暫定2車線改良済み含む)が供用済み

なじお 名塩道路 延長10.6km



③城山トンネル工事区間の現地状況

- 名塩道路の城山トンネル区間は、北側に武庫川、南側にJR福知山線、計画トンネルの上部に旧JR隧道、関西電力鉄塔を有する急傾斜地
- 交通量は、1日で約2万台の車両が通行
- 現道部は斜面に転石等があり、異常気象時通行規制区間に指定



武庫川越水状況

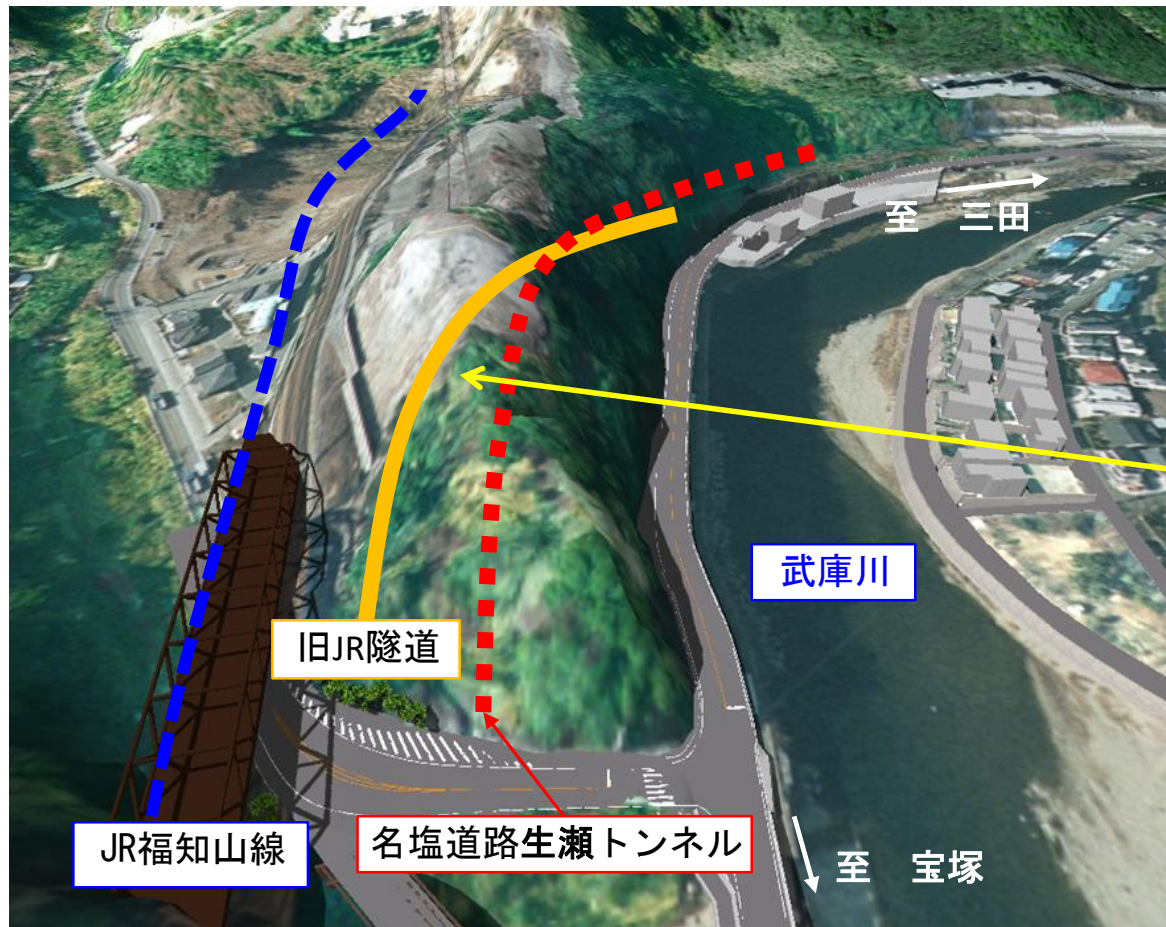


JR福知山線



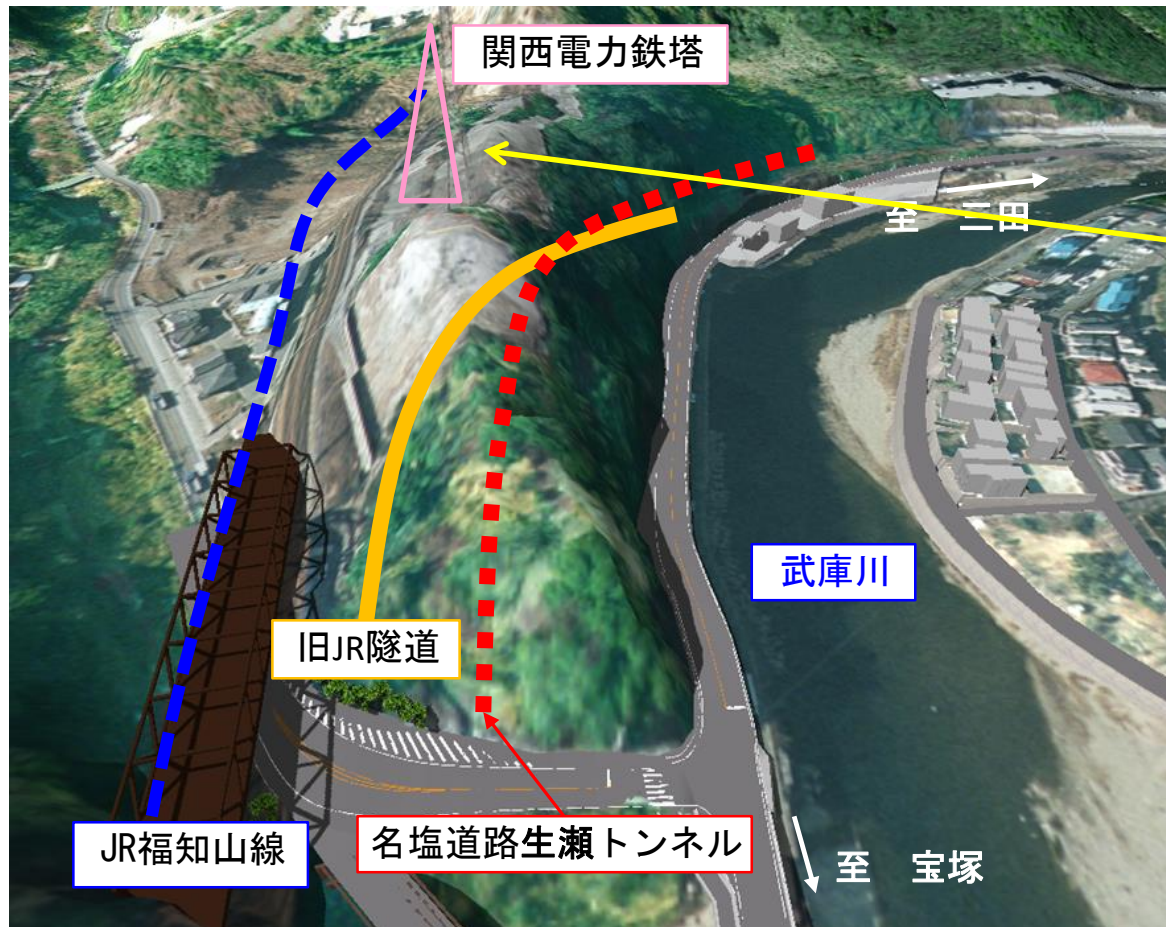
③城山トンネル工事区間の現地状況

- 名塩道路の城山トンネル区間は、北側に武庫川、南側にJR福知山線、計画トンネルの上部に旧JR隧道、関西電力鉄塔を有する急傾斜地
- 交通量は、1日で約2万台の車両が通行
- 現道部は斜面に転石等があり、異常気象時通行規制区間に指定



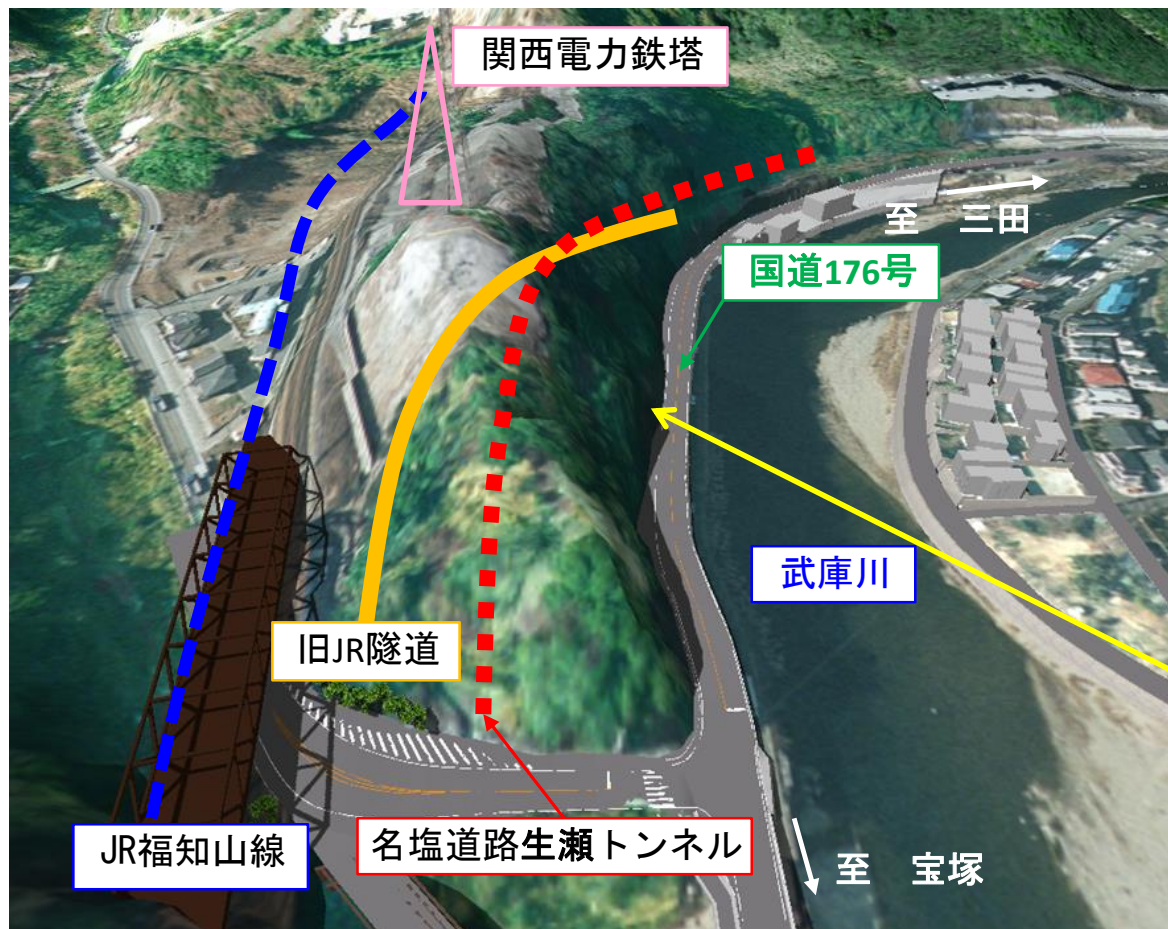
③城山トンネル工事区間の現地状況

- 名塩道路の城山トンネル区間は、北側に武庫川、南側にJR福知山線、計画トンネルの上部に旧JR隧道、関西電力鉄塔を有する急傾斜地
- 交通量は、1日で約2万台の車両が通行
- 現道部は斜面に転石等があり、異常気象時通行規制区間に指定

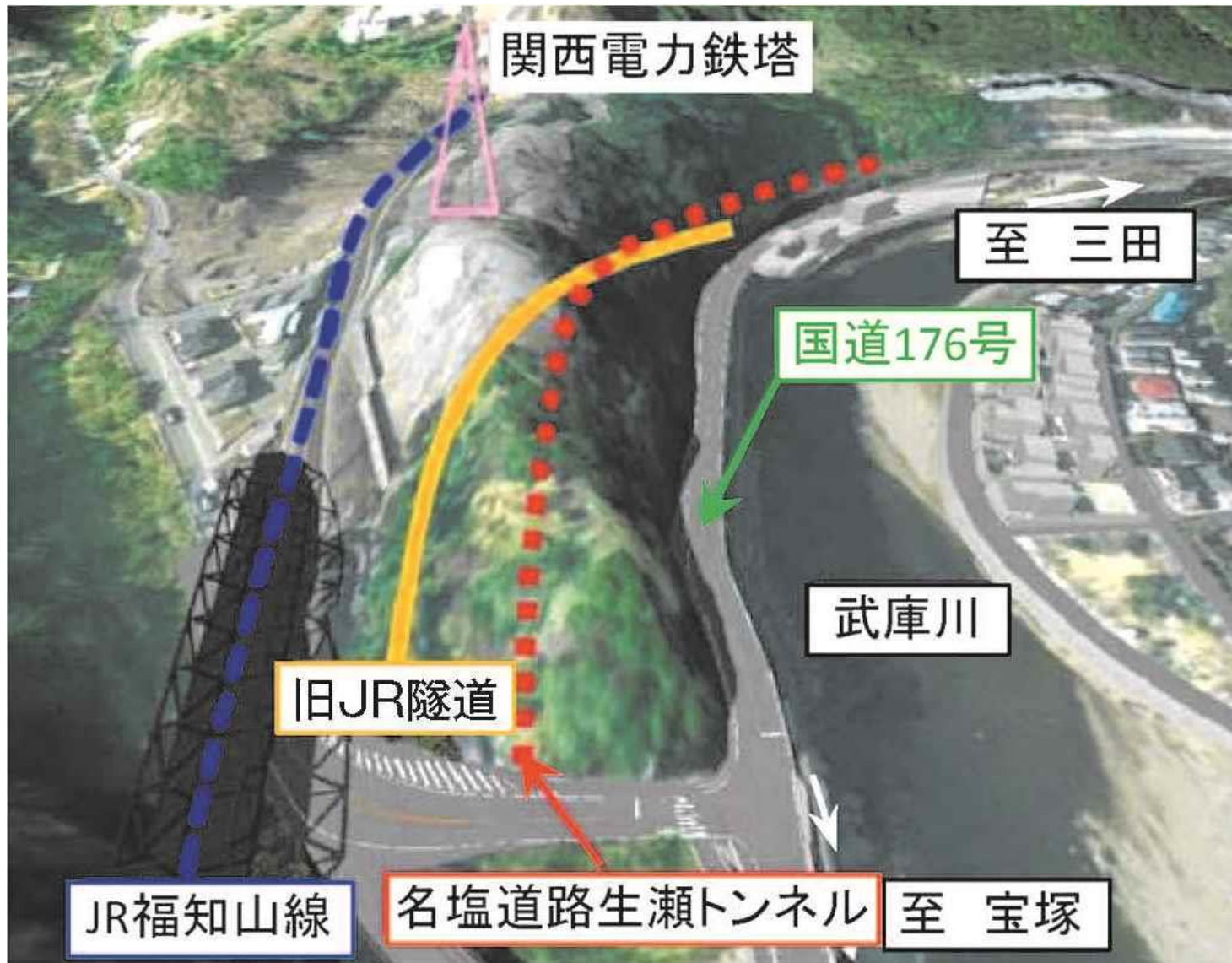


③城山トンネル工事区間の現地状況

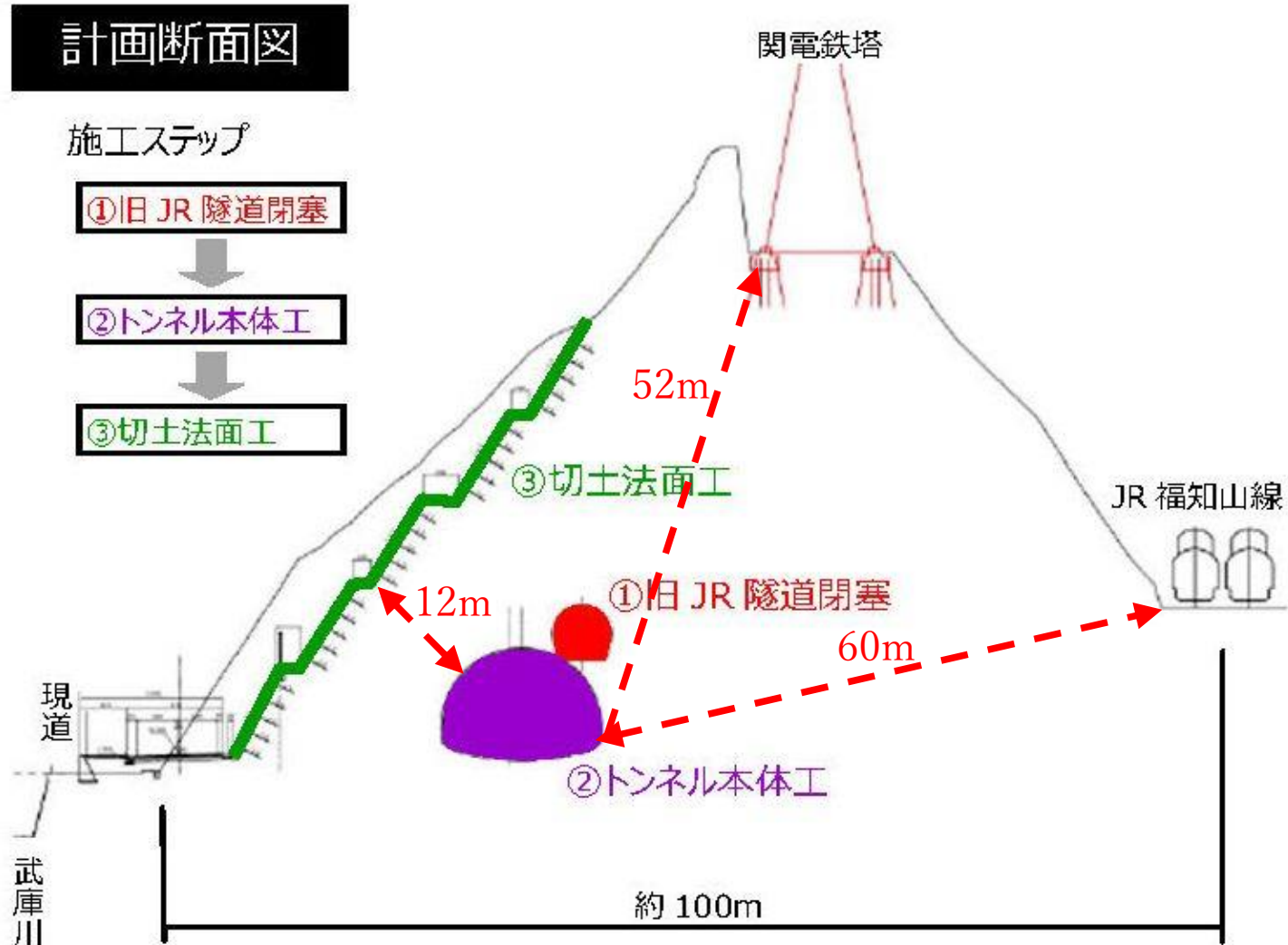
- 名塩道路の城山トンネル区間は、北側に武庫川、南側にJR福知山線、計画トンネルの上部に旧JR隧道、関西電力鉄塔を有する急傾斜地
- 交通量は、1日で約2万台の車両が通行
- 現道部は斜面に転石等があり、異常気象時通行規制区間に指定



④計画鳥瞰図及び断面図

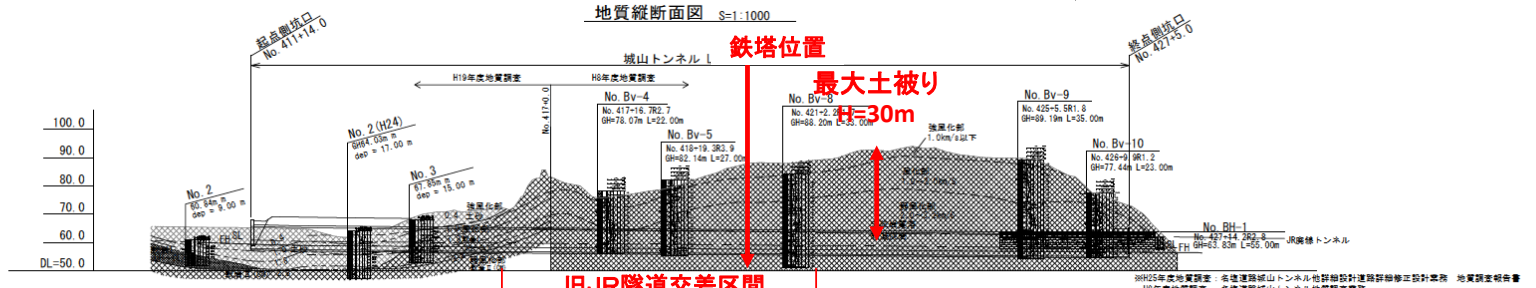


④計画鳥瞰図及び断面図

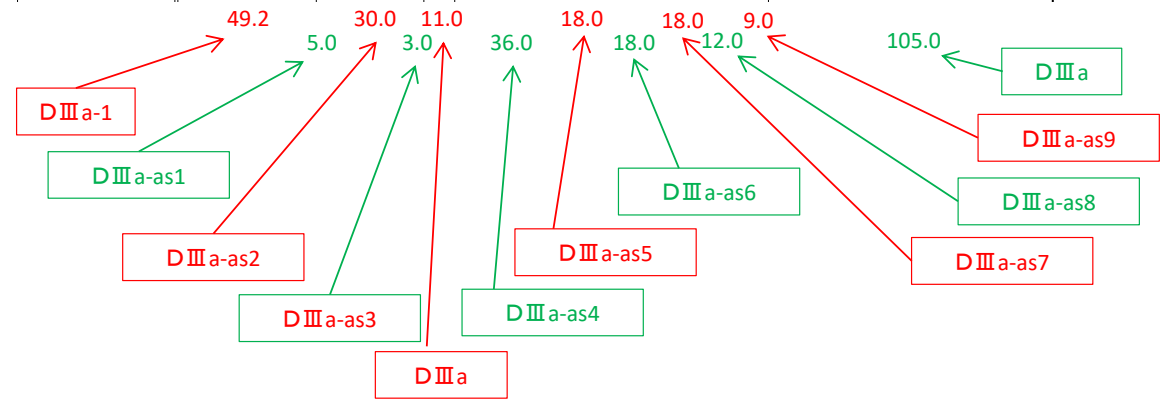


⑤地質縦断図

掘進方向 →

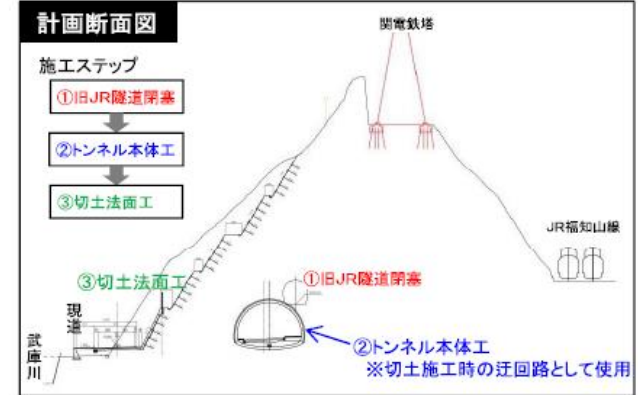
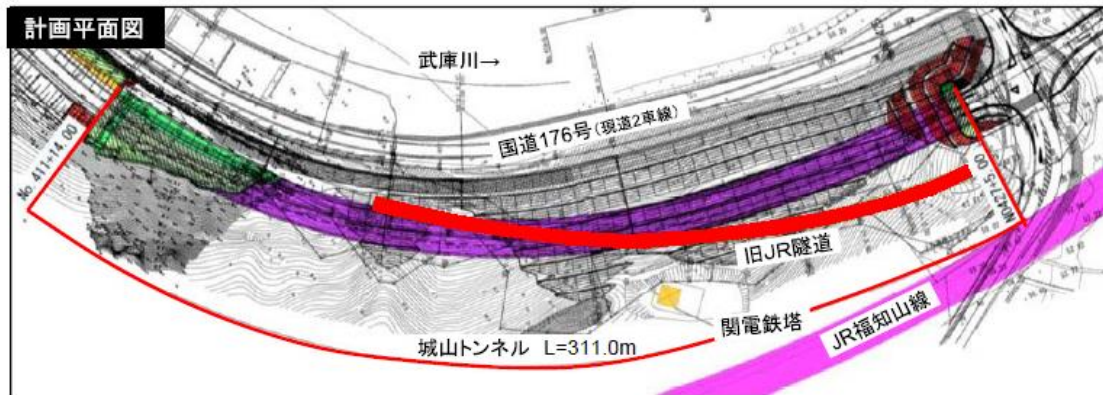


測 点	DIII																		測 点	
計画高	-59.833	-59.362	-59.200	-58.831	-58.660	-58.484	-58.328	-58.162	-57.996	-57.830	-57.664	-57.497	-57.331	-57.165	-57.000	-56.834	-56.668	-56.502	-56.336	計画高
地山等級																			地山等級	
設計パターン	坑門工	DIII a-1	DIII a-as1	DIII a-as2	DIII a-as3	DIII a-as4	DIII a-as5	DIII a-as6	DIII a-as7	DIII a-as8	DIII a-as9	DIII a	坑門工	設計パターン						
適用		覆工厚 (cm)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)		適用					
支保		吹付コンクリート厚及び金網 (cm)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)	25 (上下半)		支保					
パ		ロックボルト (m)	L=4.0 P1=1.0 P2=1.0 フェアボアリング L=3.0 P1=0.8 P2=1.0	L=4.0 P1=1.0 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=10.5 P1=1.0 P2=1.0	L=4.0 P1=1.0 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=13.5 P1=0.8 P2=1.0	L=4.0 P1=1.2 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=7.5 P1=0.9 P2=1.0	L=4.0 P1=1.2 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=12.5 P1=0.8 P2=1.0	L=4.0 P1=1.2 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=12.5 P1=0.8 P2=1.0	L=4.0 P1=1.2 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=12.5 P1=0.8 P2=1.0	L=4.0 P1=1.2 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=12.5 P1=0.8 P2=1.0	L=4.0 P1=1.2 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=12.5 P1=0.8 P2=1.0	L=4.0 P1=1.2 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=12.5 P1=0.8 P2=1.0	L=4.0 P1=1.2 P2=1.0 小口長さ尺調整 フェアボアリング L=12.5 P1=0.8 P2=1.0		パ					
ン		鋼製支保工 P:間隔 (m)	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0	H-200 (上下半) P=1.0		ン					
延長 (m)	0.8	49.2	5.0	30.0	3.0	36.0	18.0	18.0	18.0	12.0	9.0	105.0	0.5	延長 (m)						



⑥ 「名塩道路城山トンネル工事」の課題

- 【トンネル施工時】①旧JR隧道への緩み抑制対策、②トンネル構造の安定化対策
 ③トンネルや鉄塔への影響低減対策
- 【法面切土時(今後)】④表面緑化可能な法面对策
 ⑤トンネル及びのり面の動態観測の強化
 ⑥国道176号線への落石対策



⑦技術提案交渉方式（ECI方式）の導入

【厳しい施工条件】

- 計画トンネルと交差する旧JR隧道周辺の地山は、隧道施工の影響で既に緩んだ状態であること。
- 交通量約2万台/日の現道交通、JR福知山線、関西電力鉄塔に対し影響を最小限とする確実で経済的な施工方法の決定が困難であり、技術的難易度が高い。



施工者独自の高度で専門的なノウハウや工法等を活用し設計を行うことが望ましい。

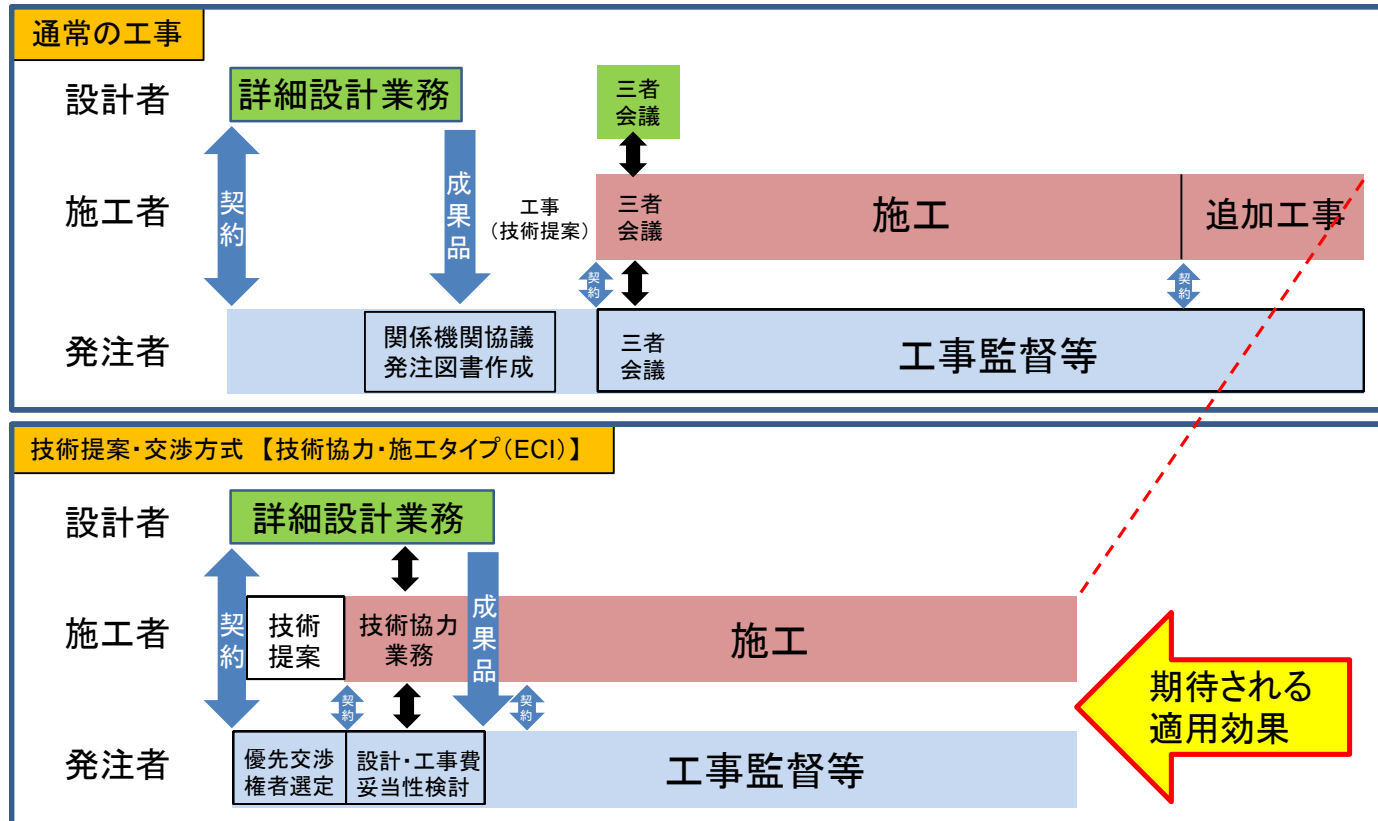


日本国内で山岳トンネルとしては2例目、近畿地方整備局では初めての技術提案交渉方式（ECI※）を採用。
当社としては、大樋橋西高架橋工事（中国地整）に続き2件目

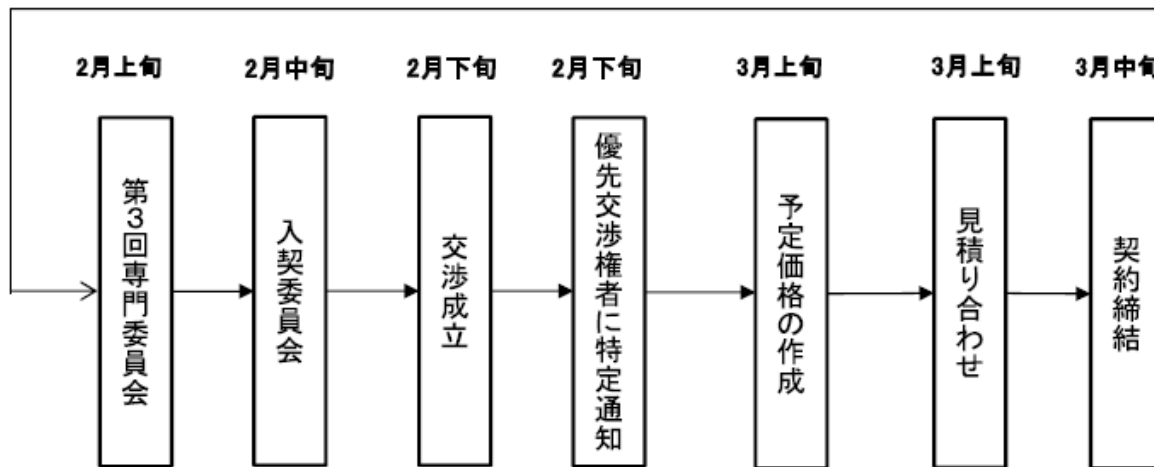
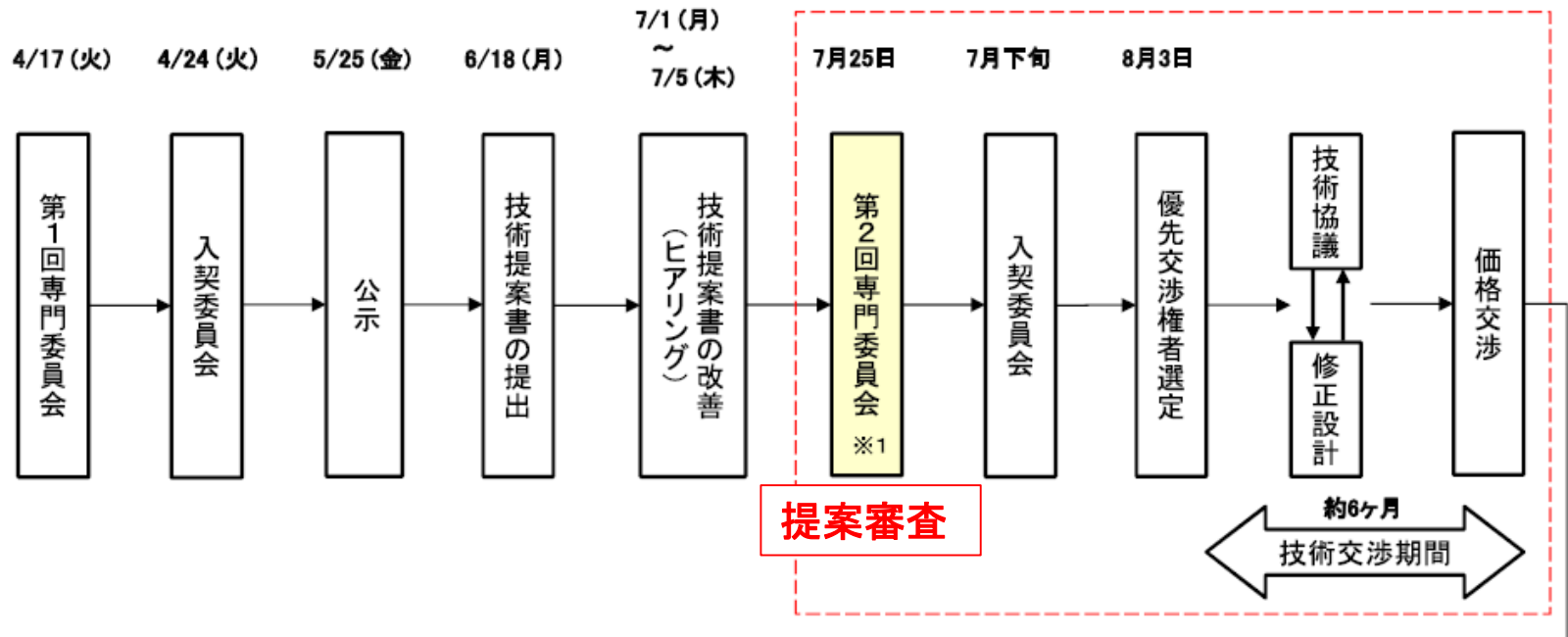
※Early Contractor Involvementの略

⑧技術提案交渉方式の概要

- 契約の相手方の候補とした者から、契約の相手方とする者を特定する方法の一つ
「工事の施工のみを発注する方式」と異なり、設計段階から施工者(優先交渉権者)が参画
- 本件では、別途、契約している『設計業務』に、施工者(優先交渉権者)の知識・経験等を設計に反映し、工事の仕様を確定させる、技術協力・施工タイプ(ECI)を適用



⑨技術提案交渉方式における検討フロー

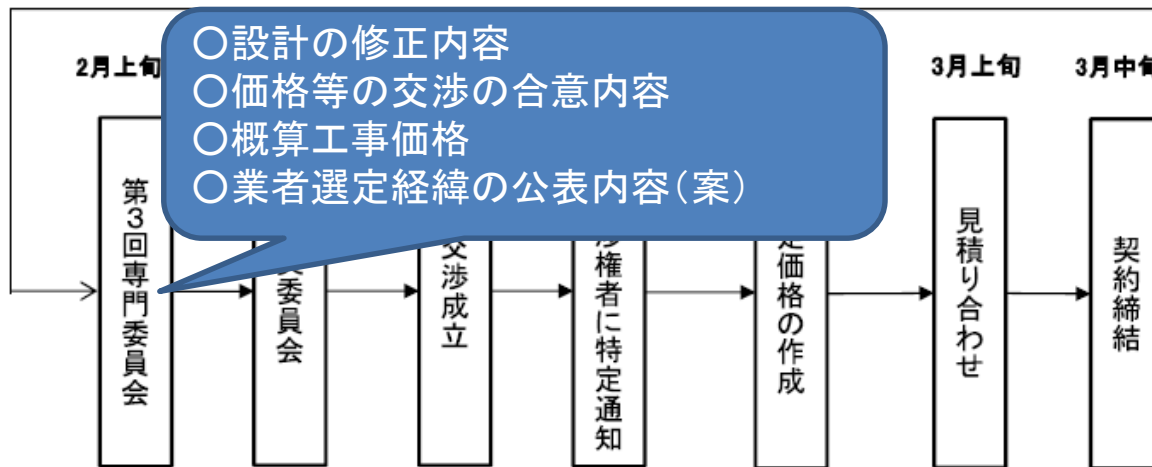
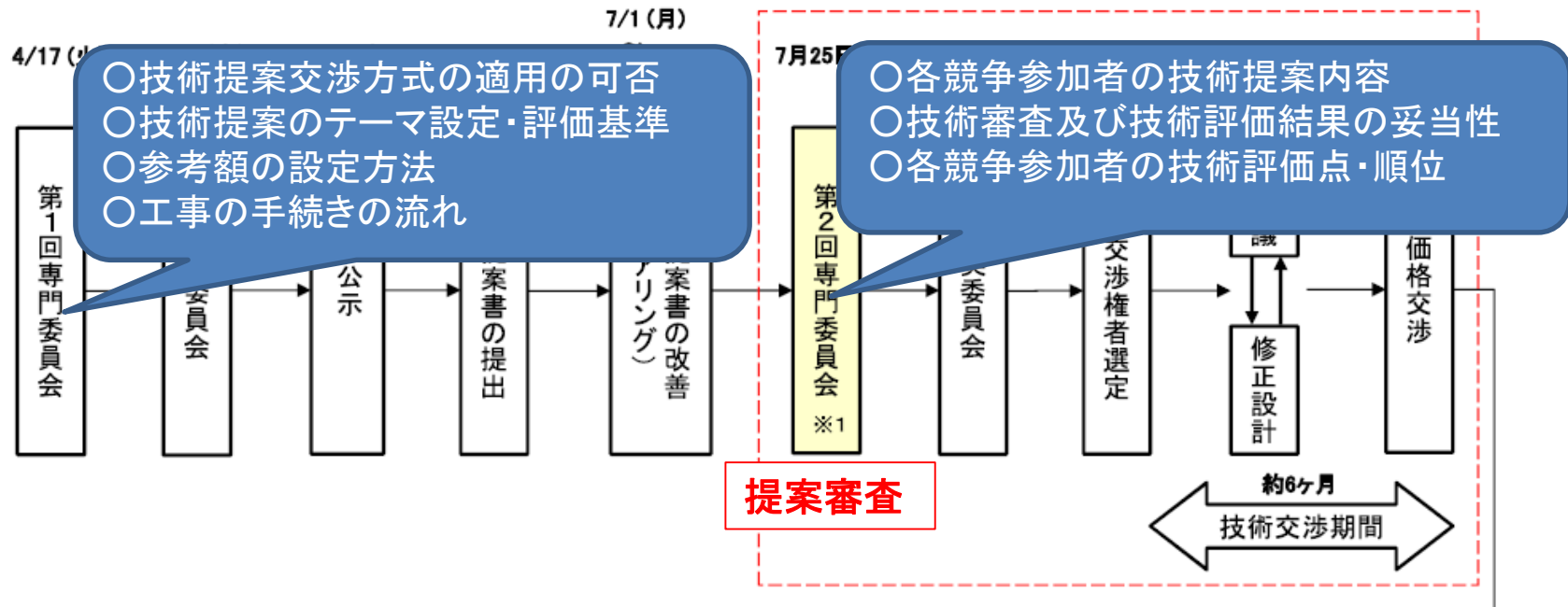


<委託業務の名称>
 名塩道路城山トンネル
 工事に係る技術協力業務

<履行期間>
 平成30年9月4日 ~
 平成31年2月28日

設計審査

⑨技術提案交渉方式における検討フロー



<委託業務の名称>
 名塩道路城山トンネル
 工事に係る技術協力業務

<履行期間>
 平成30年9月4日～
 平成31年2月28日

設計審査

名塩道路城山トンネル工事

1. はじめに

2. 工事概要

3. 技術の概要

- (1) 新しい技術：DX技術と品質向上技術
- (2) 使える技術：切羽前方探査と計測管理
- (3) 成し遂げた技術：都市部近接施工
- (4) 喜ばれる技術：地域貢献

4. おわりに

3. 技術の概要

(1) 新しい技術：DX技術と品質向上技術

- ①BIM/CIMによる近接構造物の確認と対策工の検討
- ②温度制御噴霧式覆工コンクリート養生システム
- ③DX技術の活用と遠隔臨場の実施

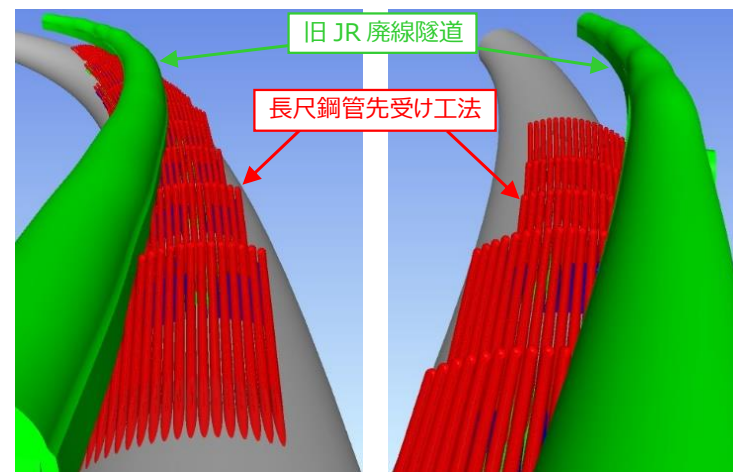
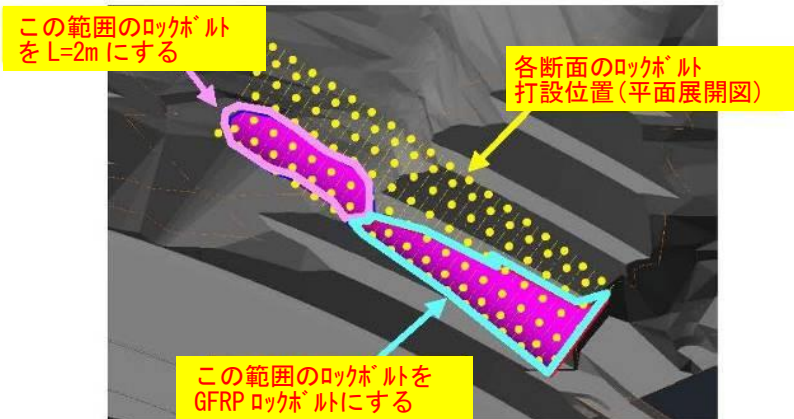
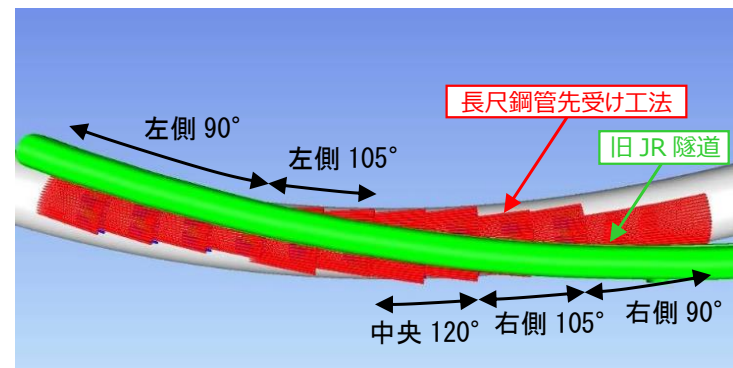
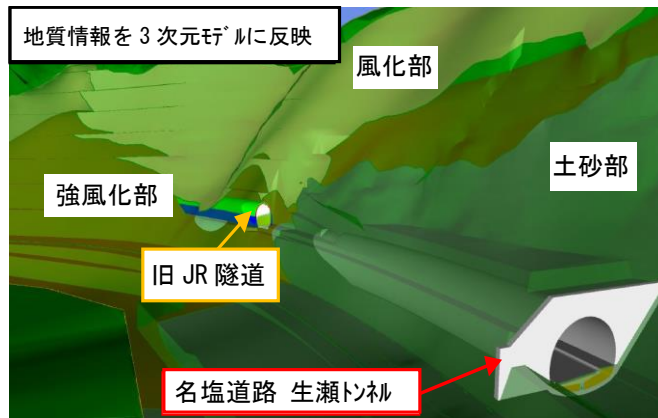
(2) 使える技術：切羽前方探査と計測管理

(3) 成し遂げた技術：都市部近接施工

(4) 喜ばれる技術：地域貢献

①BIM/CIMによる近接構造物の確認と対策工の検討

BIM/CIMモデルを作成し、地質状況の反映および計画構造物と既存近接構造物について干渉の確認、**ロックボルトの長さや材質の変更**を実施トンネルと**旧JR隧道との交差状況**を正確に確認し、旧JR隧道を支えるように施工範囲を限定することで、**経済的な補助工法の設計**ができた。



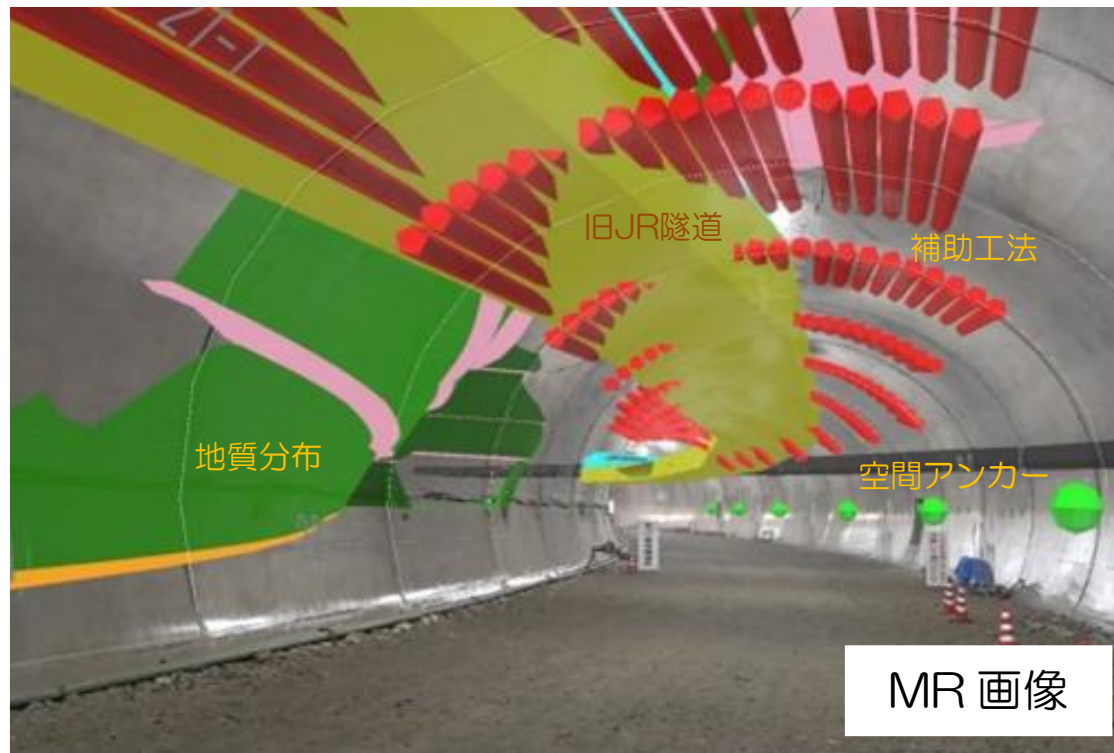
②温度制御噴霧式覆工コンクリート養生システム

L=18.5m(8.5m+10.0m)の2連の養生台車を覆工セントル後方に連結し、コンクリートを一定期間(標準で7日間)、最適温度で湿度90~100%の湿潤状態で養生できるように工夫した養生システム



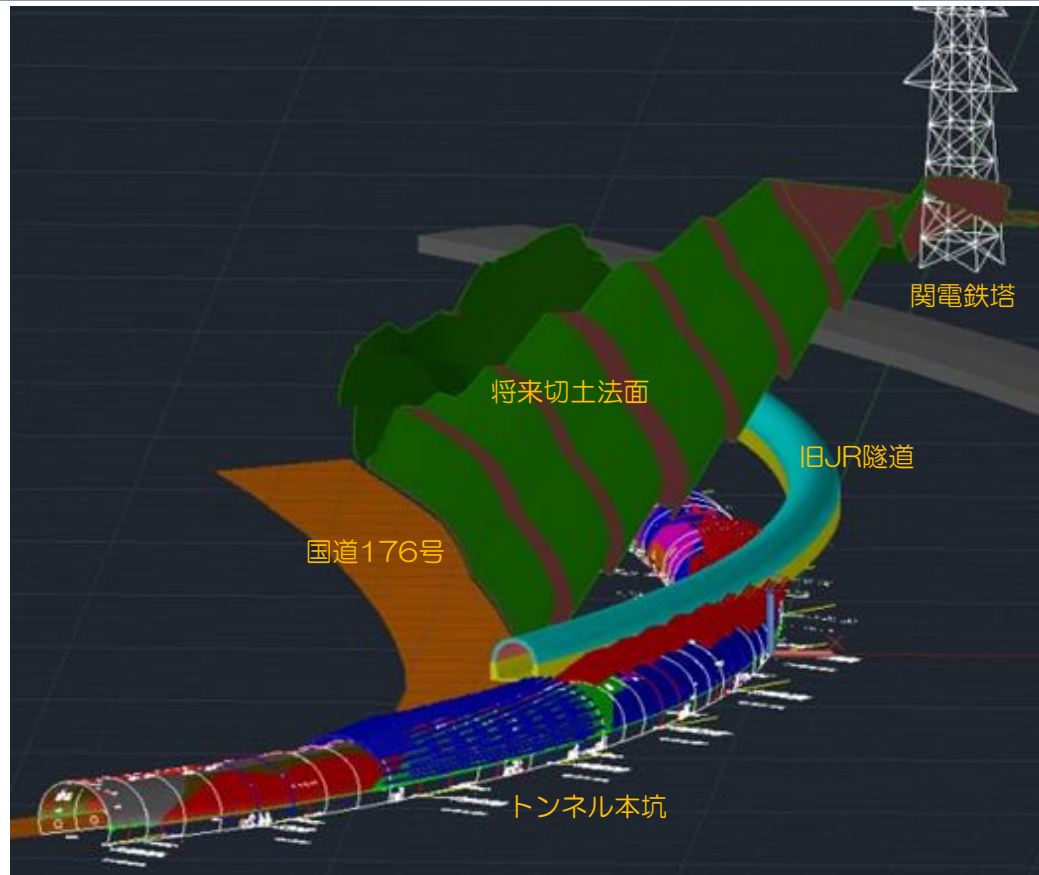
③DX技術の活用と遠隔臨場の実施

- ・トンネル坑内から覆工コンクリート背面の地質や廃線隧道跡が透視できる。
- ・現場にBIM/CIMモデルを正確に重ねて投影できるため、図面などの資料と現場を付き合わせることなく、トンネル周囲の状況が一目で分かる。
- ・遠隔臨場や維持管理においても効果的な活用が期待できる。



③DX技術の活用と遠隔臨場の実施

- ・トンネル坑内から覆工コンクリート背面の地質や廃線隧道跡が透視できる。
- ・現場にBIM/CIMモデルを正確に重ねて投影できるため、図面などの資料と現場を付き合わせることなく、トンネル周囲の状況が一目で分かる。
- ・遠隔臨場や維持管理においても効果的な活用が期待できる。



③DX技術の活用と遠隔臨場の実施

- ・遠隔臨場による切土法面の岩判定の実証実験を一般的なTV会議システム (Zoom) とトンネルMRを併用して実施。十分に遠隔臨場を実現する品質であることを確認。



兵庫国道事務所会議室

発注者事務所における確認



現地における地山岩判定実施状況

- ・生瀬トンネルの構造や法面、国道など周辺施設のMRモデルを重畳させた映像が、GyroEye Holoのリモート機能を使用して会議室に送られ、十分な品質の映像や音声であることを確認。

3. 技術の概要

(1) 新しい技術：DX技術と品質向上技術

(2) 使える技術：切羽前方探査と計測管理

①補助工法施工時の穿孔データによる切羽前方探査

②鉄塔計測における総合管理システムの構築

(3) 成し遂げた技術：都市部近接施工

(4) 喜ばれる技術：地域貢献

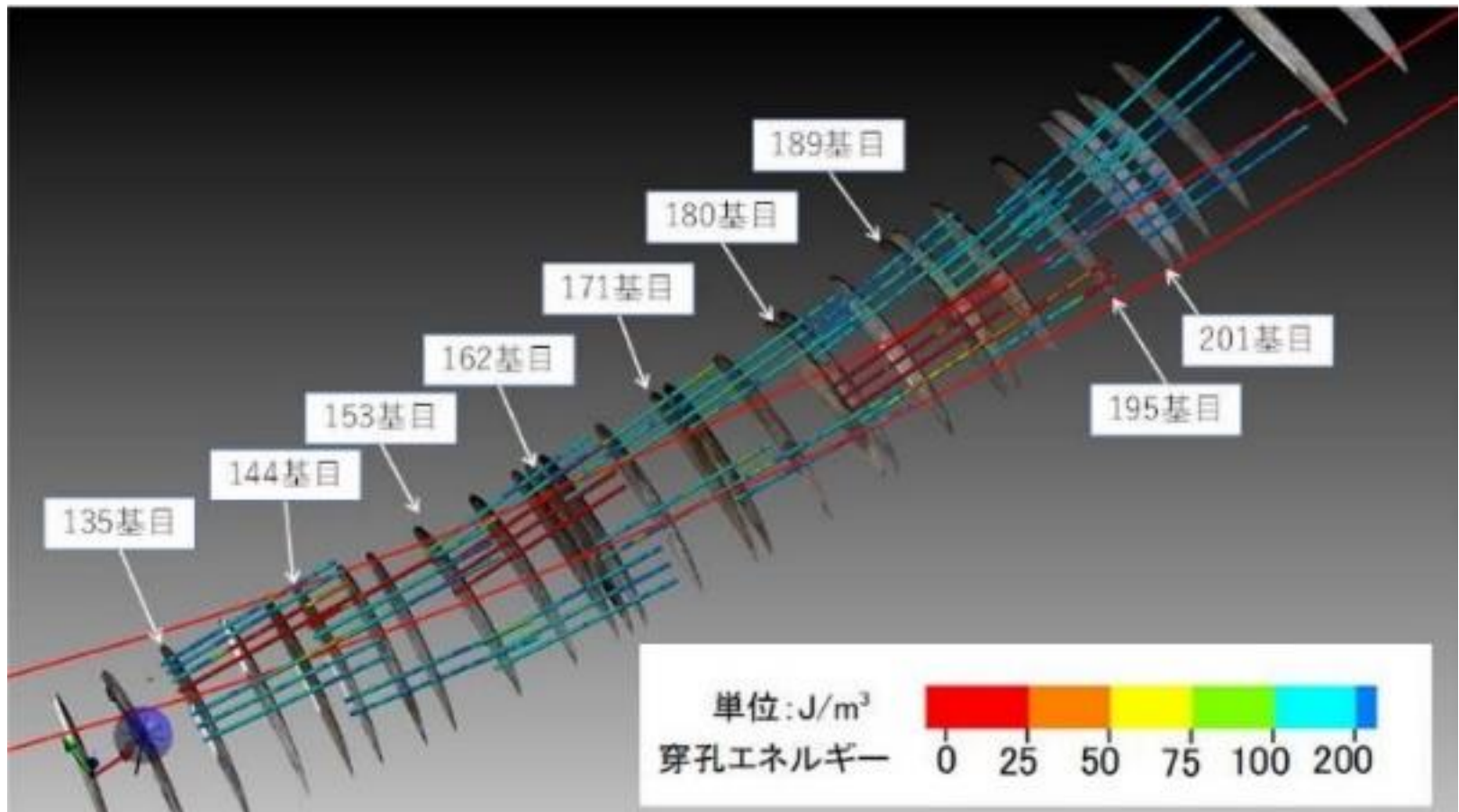
①補助工法施工時の穿孔データによる切羽前方探査

長尺鋼管フォアパイリング(φ114.3mm)施工時の削孔データを用いた切羽前方探査(DRISS)を実施し、前方地山の地質確認と補助工法の必要性を評価した。その結果、旧JR隧道交差区間を安全に作業できた。



①補助工法施工時の穿孔データによる切羽前方探査

長尺鋼管フォアパイリング(φ114.3mm)施工時の削孔データを用いた切羽前方探査(DRISS)を実施し、前方地山の地質確認と補助工法の必要性を評価した。その結果、旧JR隧道交差区間を安全に作業できた。



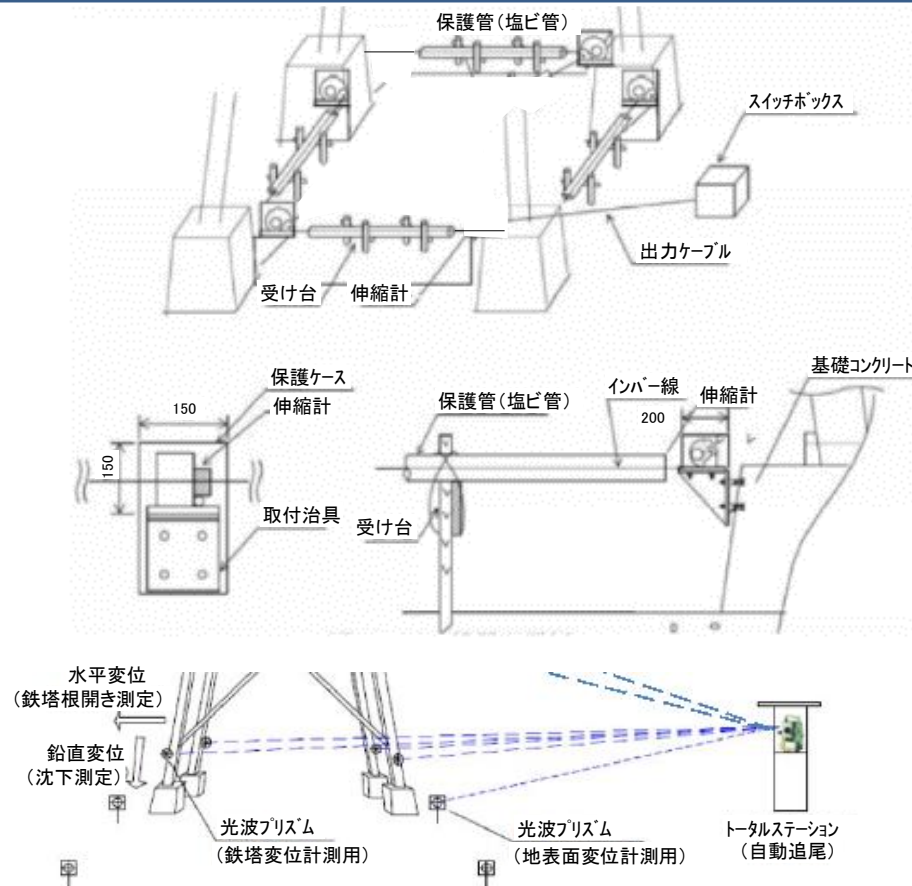
②鉄塔計測における総合管理システムの構築

- ・鉄塔への影響を詳細に把握する目的から鉄塔計測工を実施した。
- ・鉄塔への影響を24時間体制で監視し、WEBを用いた統合管理システムにより関係者が情報共有するといった綿密な計測管理を行った。

計測対象	計測項目	計測目的	使用計器
鉄塔	根開き (相対変位)	トンネル掘削時の鉄塔への影響(根開き・相対沈下量)を計測し、計測値と管理値とを比較検討することにより、構造物の安全性を確認する。	(鉛直変位) トータルステーション 計測点:4点 (水平変位) 伸縮計:4測線
鉄塔 周辺地盤	3次元変位 (絶対変位)	トンネル掘削時の鉄塔周辺地盤への影響(3次元変位)を計測し、地盤の挙動を把握する。	トータルステーション 計測点:4点
気温	外気温	外気温と各計測値との相関関係を把握し計測値を補正することを目的として設置する。	熱電対
坑外地中 変位計測	多段式傾斜計 測定	トンネル掘削時の地中の挙動を把握し、地滑りの兆候を把握する。	多段式傾斜計 10台@2m
地表面沈下 B計測	3次元変位 測定	鉄塔近傍斜面に地表面測点を設け、斜面挙動を把握する。	トータルステーション 計測点数:9点

②鉄塔計測における総合管理システムの構築

- ・鉄塔への影響を詳細に把握する目的から鉄塔計測工を実施した。
- ・鉄塔への影響を24時間体制で監視し、WEBを用いた統合管理システムにより関係者が情報共有するといった綿密な計測管理を行った。



3. 技術の概要

(1) 新しい技術：DX技術と品質向上技術

(2) 使える技術：切羽前方探査と計測管理

(3) 成し遂げた技術：都市部近接施工

①都市部における周辺環境に配慮した山岳トンネル工事

②旧JR隧道に接した山岳トンネルの設計と施工

③人道トンネル工事における非火薬破碎工法の実施

(4) 喜ばれる技術：地域貢献

①都市部における周辺環境に配慮した山岳トンネル工事

硬質の地山に対して4t級ブレーカと2t級ブレーカを併用による機械掘削を採用し、防音設備の設置(防音ハウス、吹付けプラント)や低騒音型施工機械(送風機、大型ブレーカ)の採用により近隣住民からの理解と協力を得て作業を円滑に進めることができた



①都市部における周辺環境に配慮した山岳トンネル工事

硬質の地山に対して4t級ブレーカと2t級ブレーカを併用による機械掘削を採用し、防音設備の設置(防音ハウス、吹付けプラント)や低騒音型施工機械(送風機、大型ブレーカ)の採用により近隣住民からの理解と協力を得て作業を円滑に進めることができた



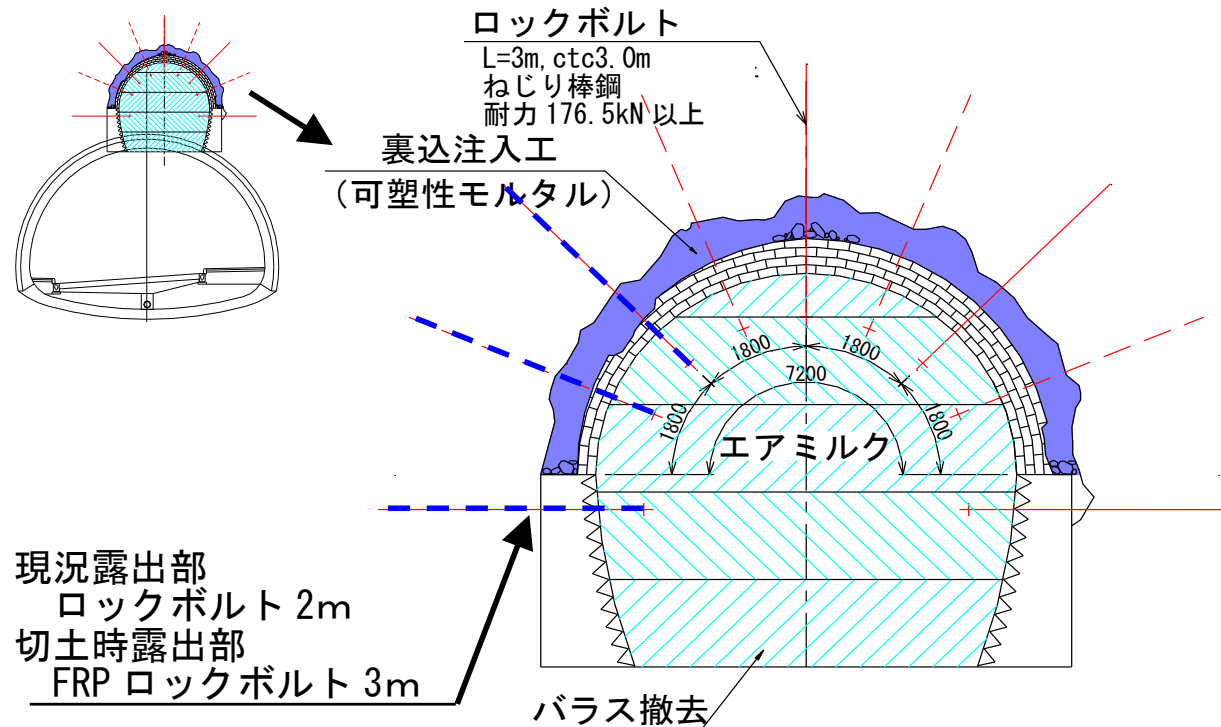
②旧JR隧道に接した山岳トンネルの設計と施工

ECI方式による設計・施工を行うことで当初想定していた**施工上の課題**について**効果的な対策**が取れた。**旧JR隧道交差区間**の施工では、**エアミルク**による**旧JR隧道閉塞工**を実施した上で、**長尺鋼管フォアパイリング**による先受けを計画・実施し、**交差部区間(L=115m)**の本坑施工を無事完了した。



②旧JR隧道に接した山岳トンネルの設計と施工

ECI方式による設計・施工を行うことで当初想定していた**施工上の課題**について**効果的な対策**が取れた。**旧JR隧道交差区間**の施工では、**エアミルク**による**旧JR隧道閉塞工**を実施した上で、**長尺鋼管フォアパイリング**による先受けを計画・実施し、**交差部区間(L=115m)**の本坑施工を無事完了した。



②旧JR隧道に接した山岳トンネルの設計と施工

ECI方式による設計・施工を行うことで当初想定していた**施工上の課題**について**効果的な対策**が取れた。**旧JR隧道交差区間**の施工では、**エアミルク**による**旧JR隧道閉塞工**を実施した上で、**長尺鋼管フォアパイリング**による先受けを計画・実施し、**交差部区間(L=115m)**の本坑施工を無事完了した。



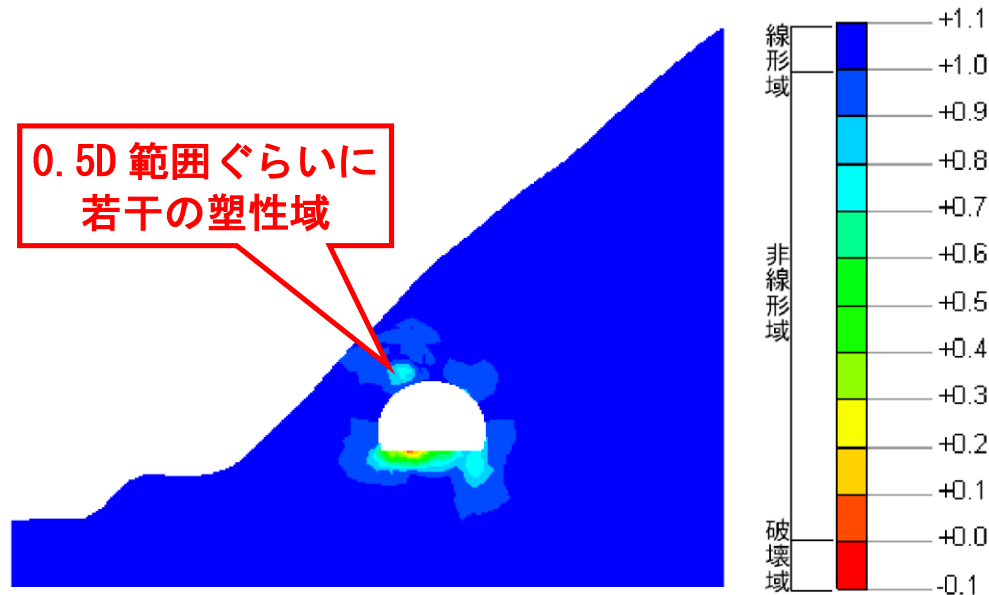
②旧JR隧道に接した山岳トンネルの設計と施工

ECI方式による設計・施工を行うことで当初想定していた**施工上の課題**について**効果的な対策**が取れた。**旧JR隧道交差区間**の施工では、**エアミルク**による**旧JR隧道閉塞工**を実施した上で、**長尺鋼管フォアパイリング**による先受けを計画・実施し、**交差部区間(L=115m)**の本坑施工を無事完了した。



②旧JR隧道に接した山岳トンネルの設計と施工

ECI方式による設計・施工を行うことで当初想定していた**施工上の課題**について**効果的な対策**が取れた。**旧JR隧道交差区間**の施工では、**エアミルク**による**旧JR隧道閉塞工**を実施した上で、**長尺鋼管フォアパイリング**による先受けを計画・実施し、**交差部区間(L=115m)**の本坑施工を無事完了した。



地質	単位体積重量 γ (kN/m ³)	変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (deg)
風化層	26.0	50,000	0.3	400	32
弱風化部	26.0	360,000	0.3	450	34
未風化部	26.0	1,000,000	0.3	1,250	40

③人道トンネル工事における非火薬破碎工法の実施

終点側坑口部で追加施工となった人道トンネルの施工は昼間一方施工であり、吹付けコンクリートはプラント購入生コンを使用したため、掘削サイクルの遅れが工事全体の遅延につながる懸念があった。そのため、非火薬岩盤破碎工法を採用し、硬岩部の掘削の効率化を図った。



③人道トンネル工事における非火薬破碎工法の実施

終点側坑口部で追加施工となった人道トンネルの施工は昼間一方施工であり、吹付けコンクリートはプラント購入生コンを使用したため、掘削サイクルの遅れが工事全体の遅延につながる懸念があった。そのため、非火薬岩盤破碎工法を採用し、硬岩部の掘削の効率化を図った。



3. 技術の概要

(1) 新しい技術：DX技術と品質向上技術

(2) 使える技術：切羽前方探査と計測管理

(3) 成し遂げた技術：都市部近接施工

(4) 喜ばれる技術：地域貢献

①工事進捗状況の定期的な掲示や住民説明の実施

②施工中の現場見学や地元紙への投稿

③渋滞緩和と地域連携及び災害や大事故時の交通確保による地域の発展への貢献

(4) 喜ばれる技術

① 工事進捗状況の定期的な掲示や住民説明の実施

工事の進捗状況を**掲示物**や**回覧**等により**定期的に報告**し、切羽が近づく際には予想される影響や時期などを説明することで**近隣住民の理解と協力**を得た。

② 施工中の現場見学会や地元誌(宮っ子)での広報

新型コロナ対策には十分配慮した上で、施工中の**見学会**や**貫通報告会**の実施や**地元紙への広報**により、地元小・中学生や地域住民の方々に**社会資本整備**や**土木技術**への理解を深めることができた。

③ 渋滞緩和と地域連携および災害や大事故時の交通確保

道路改良工事の第1ステップとして終点側坑口周辺の**暫定供用**により県道への**右折レーン**が設けられ、**渋滞緩和の効果**が現われ、**環境改善**にも寄与するとともにトンネル開通後は、**地域の発展**に**貢献**する道路となる

① 工事進捗状況の定期的な掲示や住民説明の実施



② 施工中の現場見学会や地元誌(宮っ子)での広報



②施工中の現場見学会や地元誌(宮っ子)での広報

第354号

わがまち生瀬

令和3年5月1日(2)

名塩道路城山トンネル工事取材見学 — 細かな配慮のもと行われている工事 —

2月24日、名塩道路城山トンネル工事現場へ「宮っ子」の取材で、特別に許可をもらい行きました。

城山トンネル工事では、トンネル上部に廃線^{すい}隧道が起点側坑口部100mの位置から115mの範囲で交差していること、そして、掘削の対象となる地山は亀裂が発達した溶結凝灰岩であることなど、厳しい条件のトンネル工事だと分かりました。

また、近接する集合住宅の環境保全のため、坑口全体を防音ハウスで覆い、吹付けコンクリートを製造するバッチャープラントも防音仕様にしていきます。さらに、国道176号に粉じんが飛ばないように仮囲いを付け、国道が汚損されないよう湿式タイヤ洗浄機が設置されていることも知りました。

掘削は一日におよそ1mしか進まず、1カ月でやっと30mほどになるそうです。

掘削中のトンネルの中は白い壁に覆われ、覆工コンクリ

ートを施工するための大きな移動式型枠を内蔵する広い空間で、明るく、静かでした。

ネパール出身の技術者も従事していて、いずれは技術を国へ持ち帰るのだと笑顔で話しました。また、トンネル工事の現場を指揮する所長は女性で、「疲れませんか」と尋ねたところ「良い職場で楽しく仕事をしています」と爽やかな答えでした。「職員、職長、作業員のコミュニケーションを十分に図り、不安全な行動をしない、させない」というスローガンの下で工事を進めているということでした。4車線になる日が楽しみです。

(広報)



トンネル工事を担当する小西所長

1. はじめに

2. 工事概要

3. 技術の概要

- (1) 新しい技術：DX技術と品質向上技術
- (2) 使える技術：切羽前方探査と計測管理
- (3) 成し遂げた技術：都市部近接施工
- (4) 喜ばれる技術：地域貢献

4. おわりに

4.おわりに

- 城山トンネル（生瀬トンネルに改名）は、都市部において、交通量の多い国道176号に近接し、上部に旧JR隧道や鉄塔を有する急傾斜地に計画された厳しい施工条件下の山岳トンネルである。
- ECI方式の採用により、厳しい施工条件ではあったが、BIM/CIMや3次元予測解析結果に基づく近接構造物への影響や対策工の検討、学識経験者の意見を踏まえた設計と施工の実施、関係機関協議や地元説明における合意形成が円滑に図れたものと考えている。
- 起点側盛土区間における補助工法の検討、終点側切土工事や人道トンネルの施工といった追加工事への対応についてもECIにより形成された信頼関係をもとに、速やかな対応が取れた。
- 厳しい施工条件のもと、ECI方式の採用、新技術の導入や綿密な計測管理により、種々の課題を克服して地域住民の念願であるトンネルの建設を成し遂げた。

4.おわりに

