

鹿児島東西道路シーールドトンネル
技術検討委員会

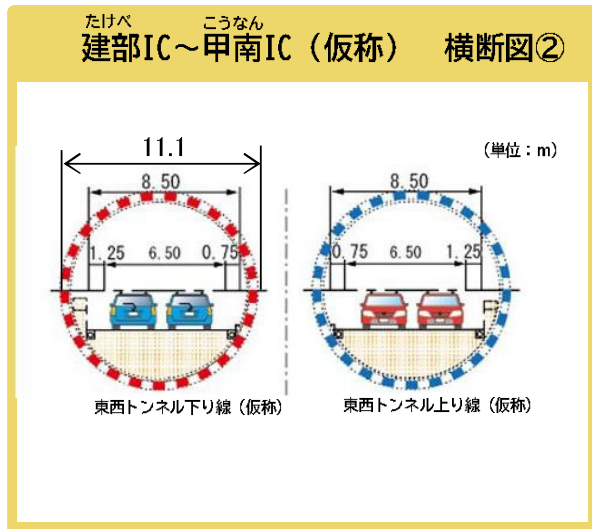
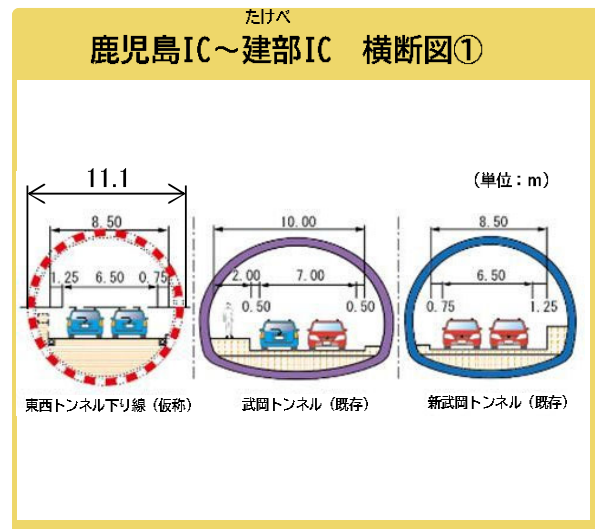
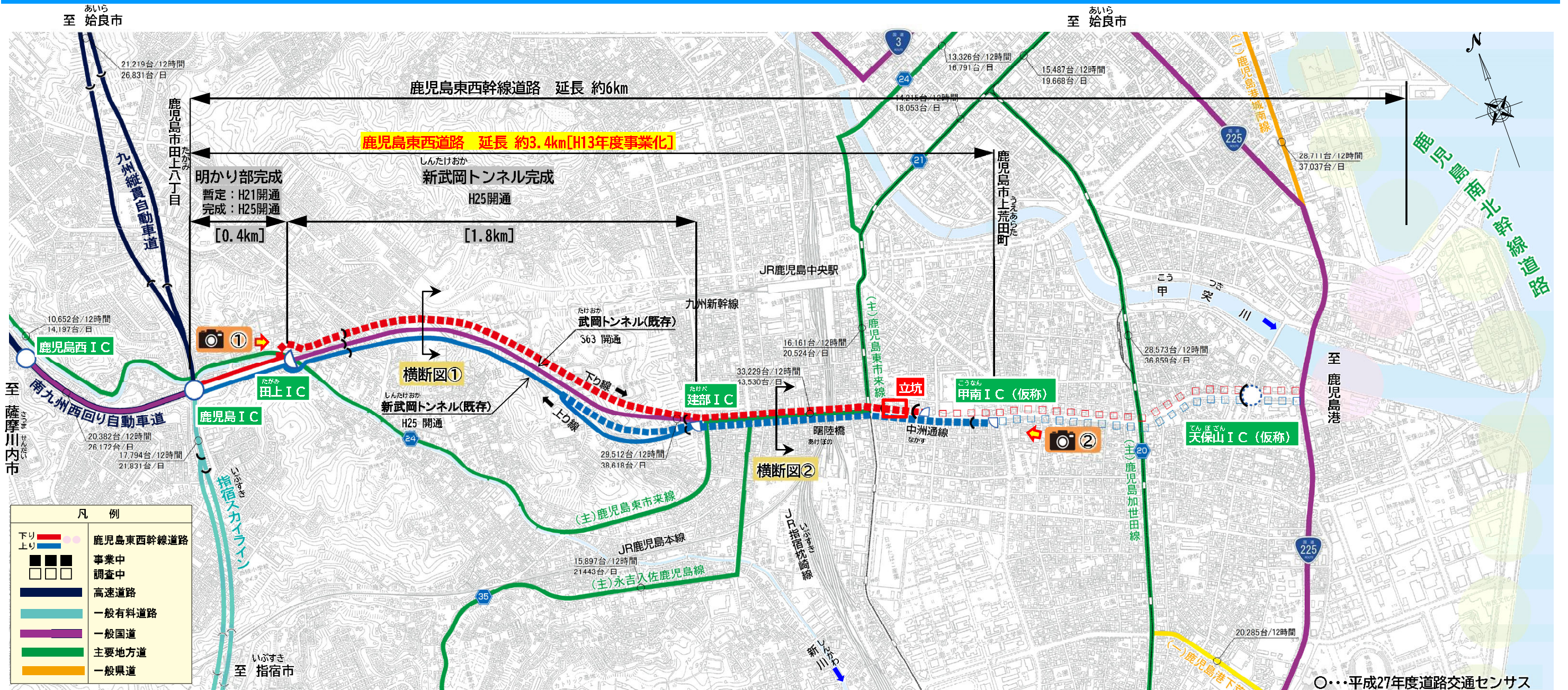
令和4年4月27日

九州地方整備局 鹿児島国道事務所

～ 目 次 ～

- (1) 事業概要
- (2) 路面下空洞調査結果
- (3) 地盤高計測及びモニタリング手法について
- (4) 地中拡幅部の設計方針について
- (5) 田上側坑口部の設計方針について
- (6) 水文調査について

(1) 事業概要



■ 事業概要

- 事業化：平成13年度
- 全体事業費：938億円
- 事業進捗率：48% (R3.3末現在)
- 用地進捗率：77% (R3.3末現在)

■ 道路の構造規格

構造規格	第2種2級
設計速度	60km/h
車線数	4車線

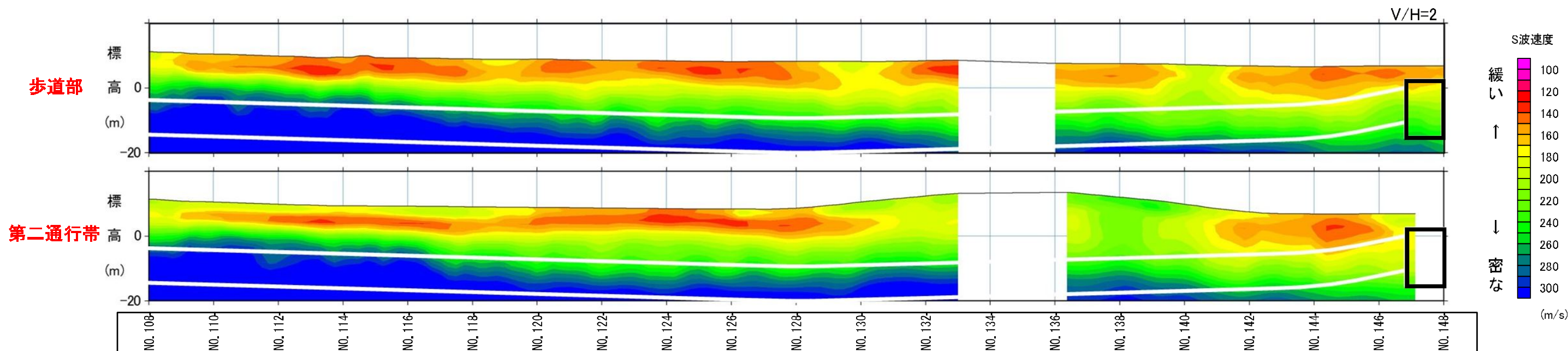
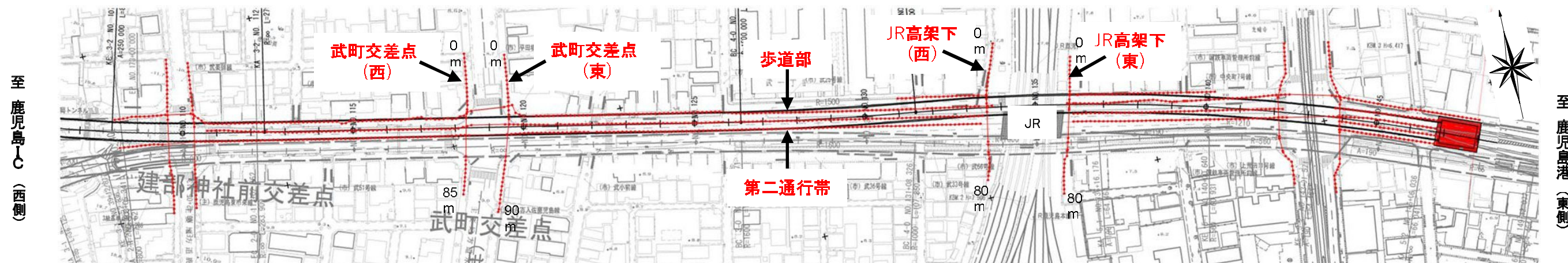
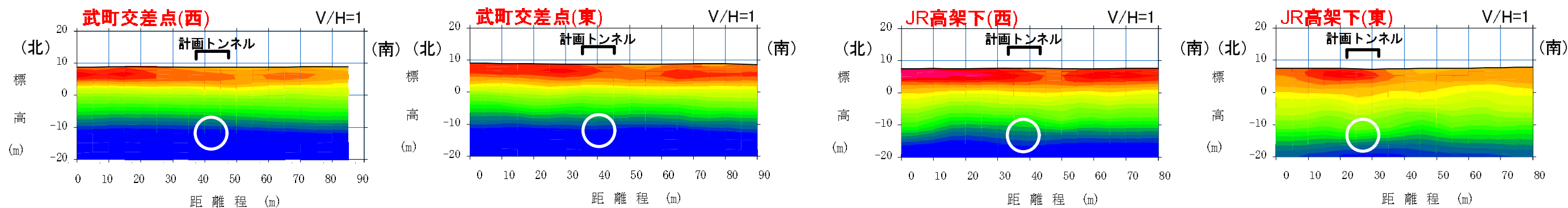
※記載内容については、工事、調査の進捗により変更となる可能性があります。

※鳥瞰図やパース図はイメージであり、実際と異なる場合があります。

(2) 路面下空洞調査結果(微動探査)

- 局所的な空洞や緩みは確認されていない。また、地下構造物の存在を示唆するような観測結果はなかった。
- 計画トンネルの横断方向(南北方向)についても空洞や緩みは確認されていない。
- 密な部分は、東側に向かって下方に傾斜している。
- S波速度はN値との相関があり地盤状況を定量的に可視化することができる。
- 既往のN値やPS検層で得られているS波速度とも整合している。

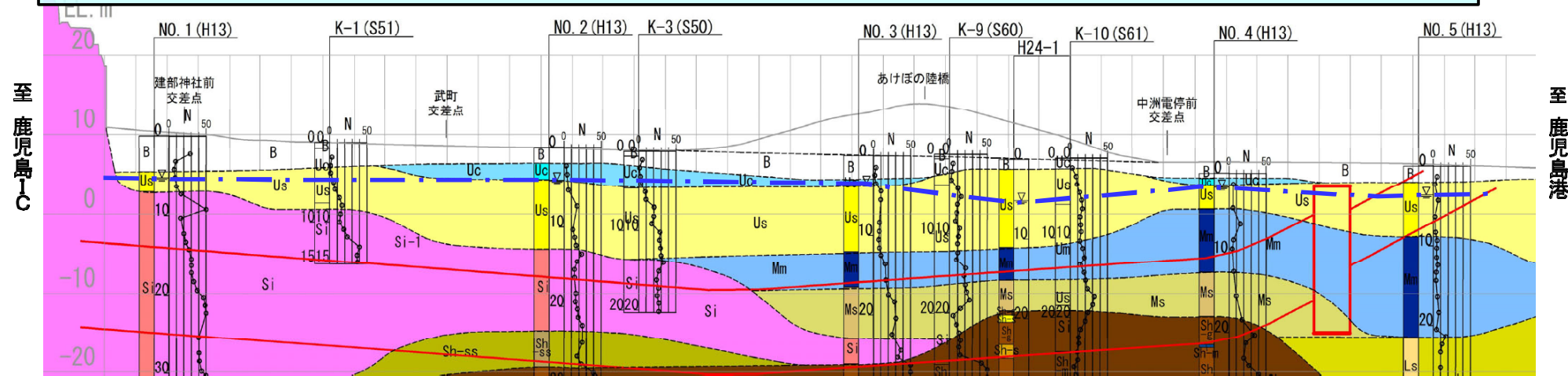
実施期間
令和4年2月14日～2月22日



(2-1) 路面下空洞調査結果(既往地質縦断図との対比)

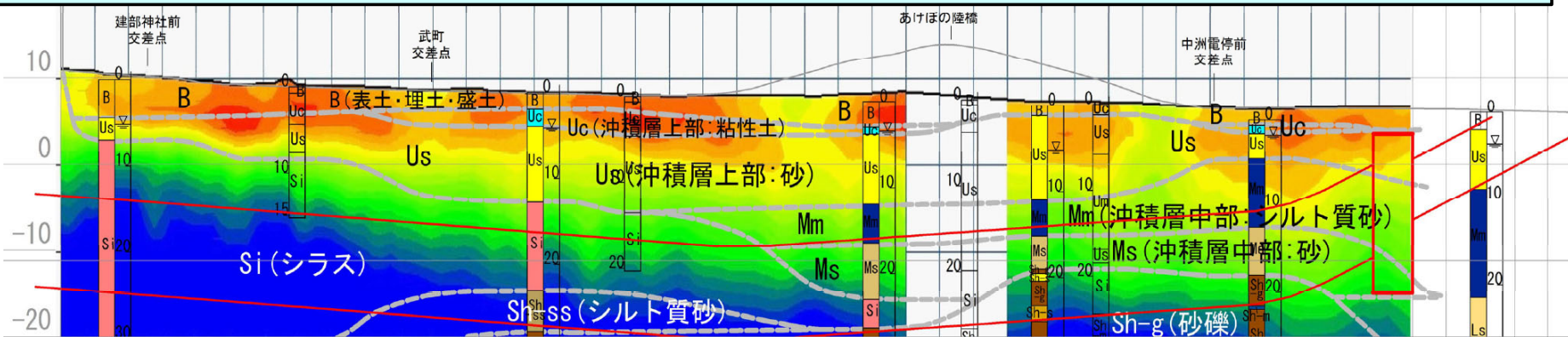
● 微動探査結果と既往の地質縦断図による地質構造及び標準貫入試験によるN値の分布構造は概ね整合している。

既往地質縦断図 (平成24年度調査業務)

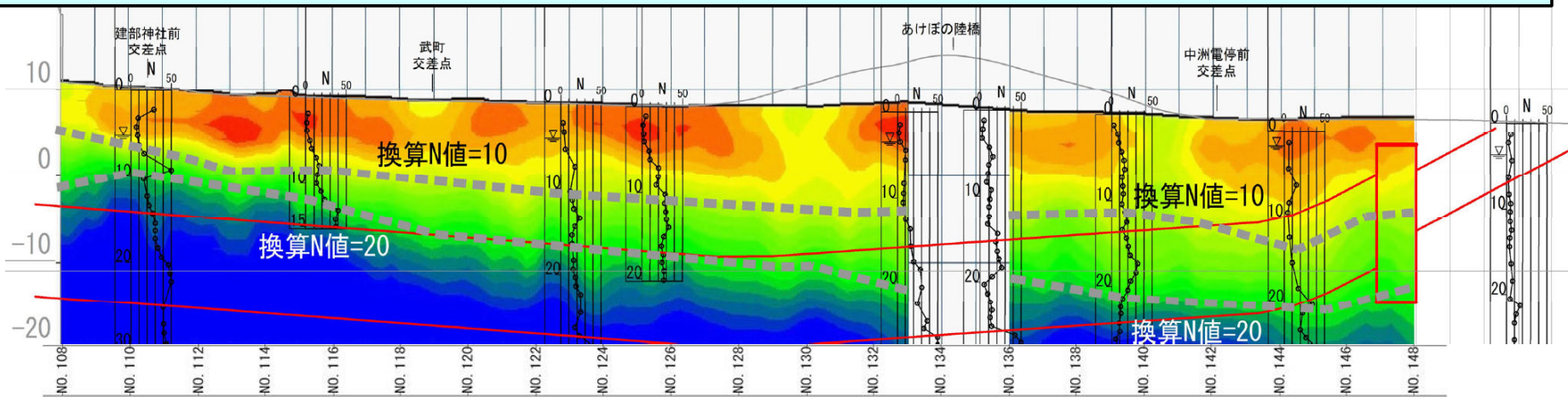


至鹿兒島港

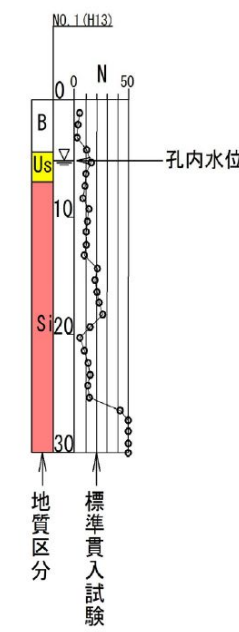
既往地質縦断図と探査結果の重ね合わせ (地質境界線を破線にて表示)



既往標準貫入試験と探査結果の重ね合わせ (換算N値は「今井他(1975)」に基づき算出、破線にて表示)



柱状図凡例



凡例				
地質時代	地質区分	記号	土質区分	
完新世	沖積層	B	表土・埋土・盛土	
		Uc	粘性土	
		Us	砂	
		Mm	シルト質砂	
		Ms	砂	
		Ls	砂	
第四紀	洪積層	入戸火砕流堆積物	シラス	
		城山層	Sh-ss	シルト質砂
			Sh-g	砂礫
			Sh-s	砂
			Sh-v	軽石
			Sh-m	シルト
		火砕流堆積物	Wt-2	砂
			Wt-1	砂～砂礫

地質境界線 地下水水位

(3) 地盤高計測およびモニタリング手法について(衛星画像解析について)

●地盤高計測については、2種類の計測方法を実施予定

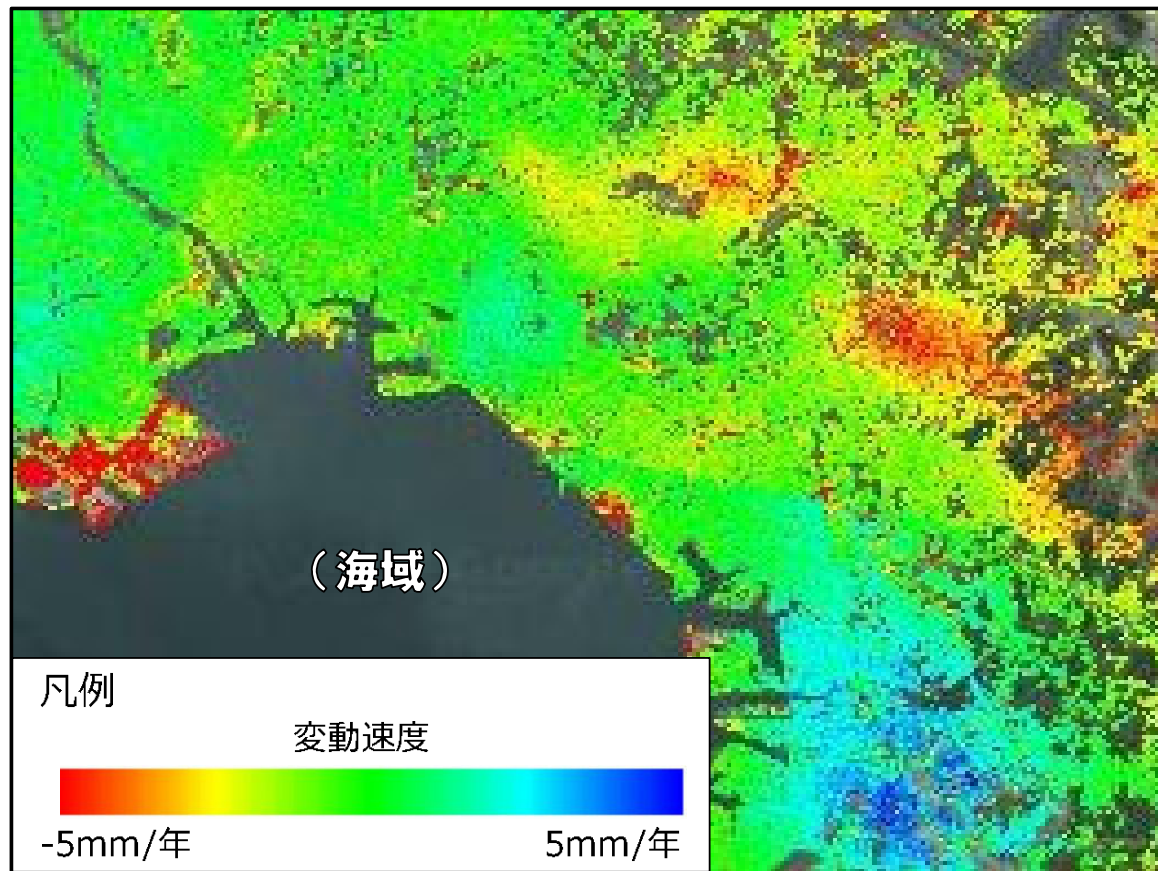
- ・衛星画像解析 : 面で捉えられる
- ・現地測量 : トンネル直上を詳細に確認

●衛星画像解析とは、

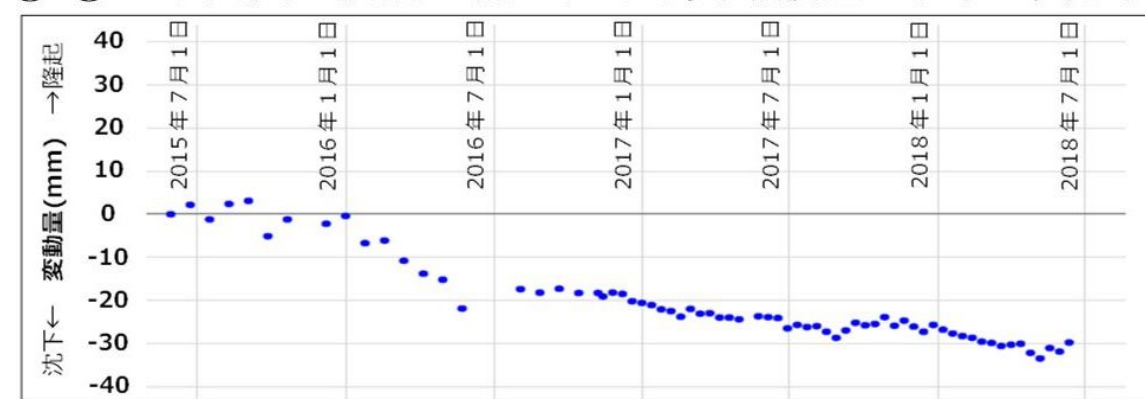
- ・人工衛星のデータを活用する技術で、受信した反射波により地盤の変動を確認することができる。
- ・過去からの蓄積されているデータを用いて解析を行うことで**過去の変動履歴をチェック**することができる。
- ・経年変化を把握する事によって、**計測重点箇所**の絞り込みに役立てる事ができる。

●解析結果イメージ例

① エリア全体の平面図による変動履歴の表示例

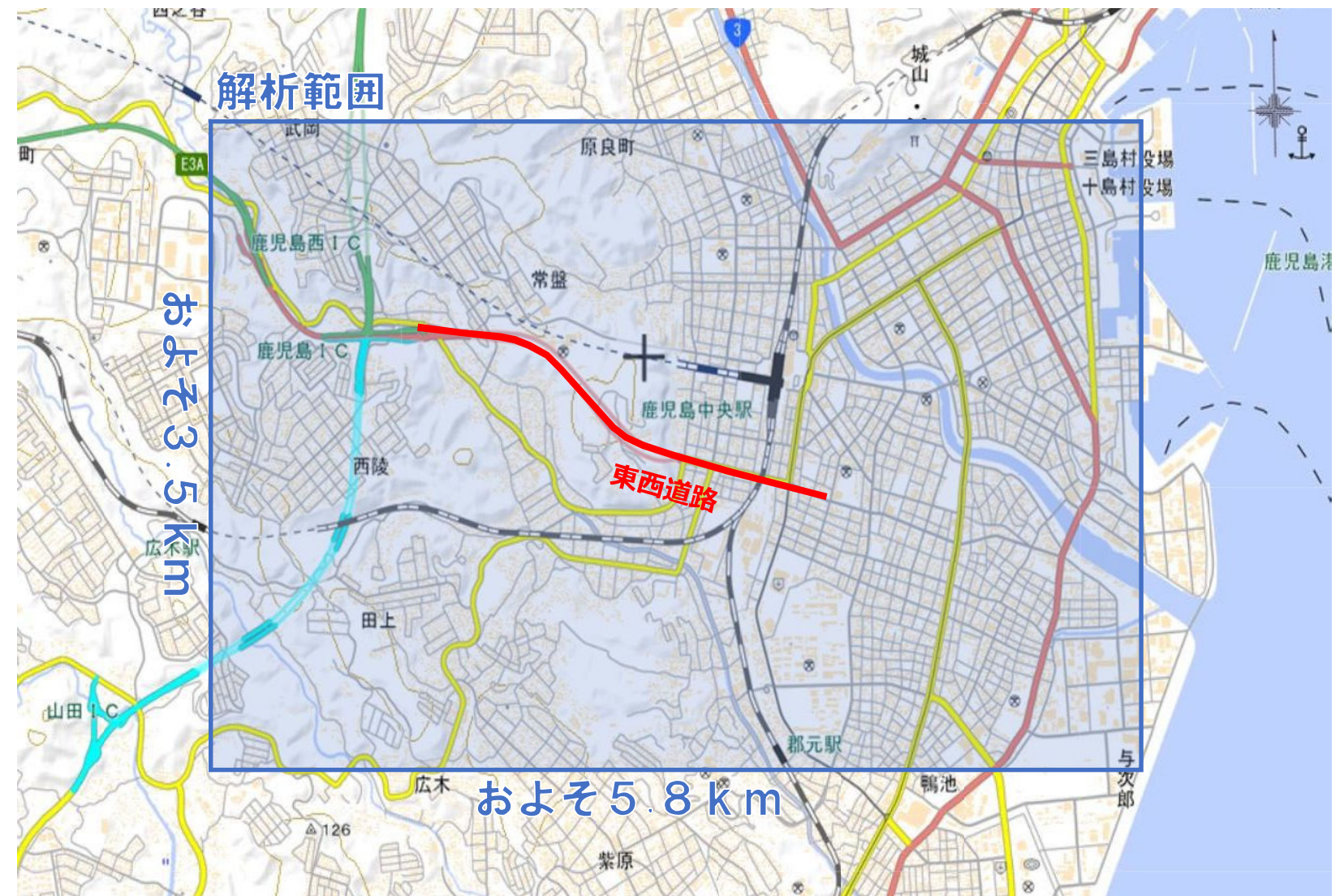


② ①の平面図で個別の点における変動履歴のグラフ表示例



※ 東西道路解析概要

- ✓ 解析面積: 約20km²
- ✓ 2011年 ~ 2022年ごろの変動履歴を解析



(4) 地中拡幅部の設計方針について

●非常駐車帯および非常口の設置基準

- ・非常駐車帯の設置間隔は、土木工事設計要領(九州地方整備局)に基づき、**間隔を500m~1500mで設定**している。
- ・非常口については、道路トンネル非常用施設設置基準・同解説(令和元年9月)の改定を踏まえ見直しを行い、**基準より間隔を300~400mで設定**している。
- ・非常口の設置間隔の見直しを踏まえ、発災時の**避難方式について滑り台方式を採用し、トンネル路下空間を避難通路として有効利用**する計画とした。

2-6 非常駐車帯

非常駐車帯は、通常500~1,500m程度の間隔に設けるものとするが、片側あたり750m程度の間隔に設けるのを標準とする。なお、一方向トンネルについては左側に配置するものとするが、対面通行のトンネルについては左右に50m程度ずらして配置するものとする。

非常駐車帯はできるだけ地山条件の良い箇所に選定すべきである。なお、設置位置については、前後の明かり区間の非常駐車帯位置も考慮して配置するものとする。

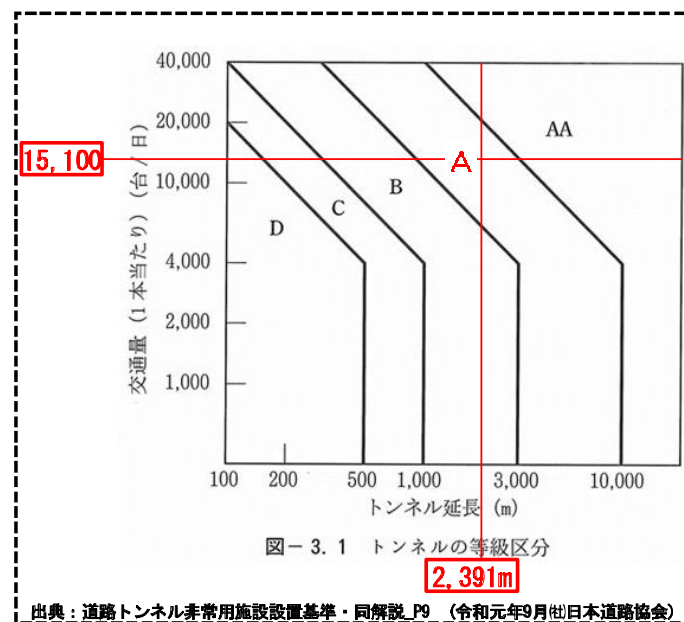
1) 進入路の取付角度は45°程度とする。
 2) 妻壁部の設計は拡大断面部に準ずるものとするが、ロックボルトは必要に応じて設けるものとする。
 3) 第3種2級以下の道路においては有効長はL=15mとする。

図2-2 非常駐車帯の平面寸法

出典：土木工事設計要領 第Ⅲ編 道路編(平成28年4月 九州地方整備局)

非常 駐車 帯 + 避 難 通 路

非 常 口 + 避 難 通 路



出典：道路トンネル非常用施設設置基準・同解説_P9 (令和元年9月) 日本道路協会
 ※記載内容については、工事、調査の進捗により変更となる可能性があります。

表-3.1 トンネルの等級別の非常用施設

非常用施設	等級				
	AA	A	B	C	D
通報設備	通話型通報設備	○	○	○	○
	操作型通報設備	○	○	○	○
	自動通報設備	○	△		
警報設備	非常警報設備	○	○	○	○
	消火器	○	○	○	
消火設備	消火検設備	○	○		
	誘導表示設備	○	○	○	
避難誘導設備	避難情報提供設備	○	△		
	避難通路	○	△		
	排煙設備	○	△		
その他の設備	給水検設備	○	△		
	無線通信補助設備	○	△		
	水噴霧設備	○	△		
	監視設備	○	△		

(注) 上表中○印は設置する、△印は必要に応じて設置することを示す。

出典：道路トンネル非常用施設設置基準・同解説_P16 (令和元年9月) 日本道路協会

1) 設備の設置が必要なトンネルの条件

表-3.1中の○印は、当該設備を設置することを示している。
 また、表-3.1中の△印は、当該設備を必要に応じて設置することを示しており、以下の条件においては設置が必要と考えてよい。

出典：道路トンネル非常用施設設置基準・同解説_P17 (令和元年9月) 日本道路協会

③避難通路

高速自動車国道および自動車専用道路で、延長や交通量が以下の条件のいずれかに該当するトンネルの場合。

- ・一定程度以上(750m以上)の延長を有し、トンネル1本当たりの交通量がとくに多い(10,000台/日以上)トンネル

出典：道路トンネル非常用施設設置基準・同解説_P18 (令和元年9月) 日本道路協会

②設置間隔

避難連絡坑等、本線トンネルに接続する部分の避難通路およびその入口となる非常口は、トンネル内での煙の拡散状況と利用者の避難行動を考慮して適切な間隔で設置する必要があり、一般的な条件であれば**300m~400m程度以内の間隔で設置するものと考えてよい**。

設置位置は、トンネル延長、非常駐車帯の有無の条件等をふまえ、全体でバランスのとれた配置とすることが重要である。

一方、トンネルの縦断勾配、交通方式、排煙設備の有無、構造条件等により一般的な条件とは異なる間隔での設置が必要と考えられる場合には、避難連絡坑等および非常口の設置間隔を短くするなどの検討を個別に行う。

出典：道路トンネル非常用施設設置基準・同解説_P65 (令和元年9月) 日本道路協会

(4-1) 地中拡幅部の設計方針について(1/5)

●非常駐車帯および非常口の施工方法

非常駐車帯、非常口(市街地部)および非常口(山岳部)の施工方法は、各区間の地盤条件などの特徴を踏まえて決定する。

●(山岳部)非常駐車帯、非常口

山岳部では中硬質シラス地盤中での施工となる。中硬質シラスはNATM工法で掘削可能な地盤であるため、地山強度に期待した施工方法を採用することができ、「薬液注入+曲線パイプルーフ工法」と「凍結工法」の比較検討を行い、コストが安価な「薬液注入+曲線パイプルーフ工法」を採用する。

●(市街地部)非常口

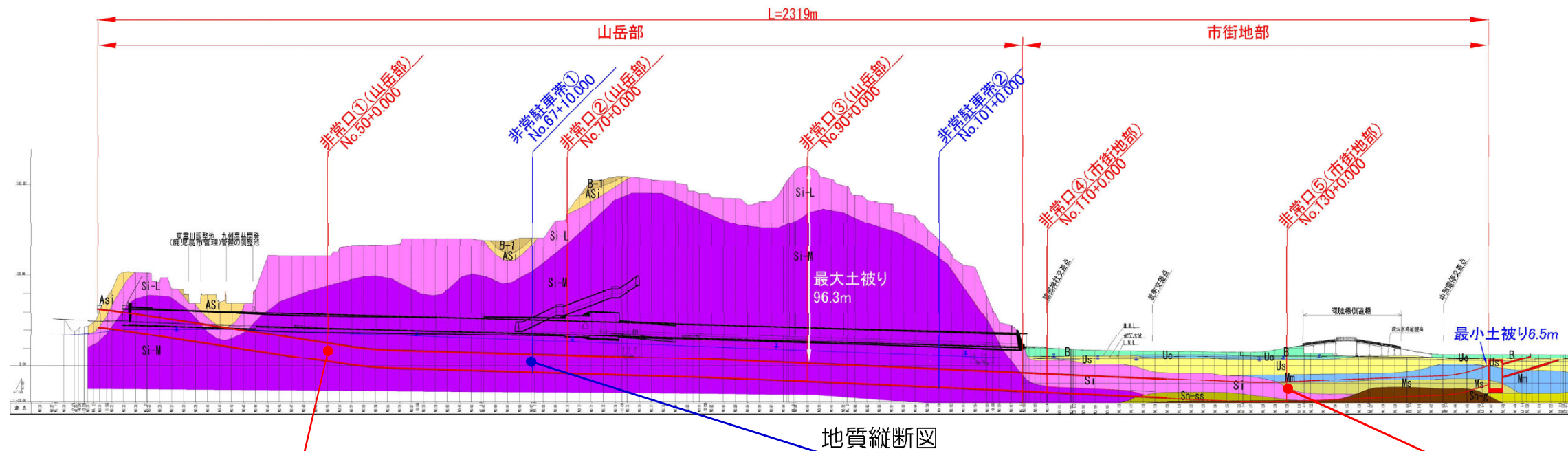
市街地部では、山岳部と地盤条件が異なり、軟質シラスおよび沖積地盤中での施工となる。軟質シラスおよび沖積層は、山岳部と比較して地山強度が弱く地山強度に期待した施工方法を採用することができないため、地山に影響を与えない(緩めない)よう剛性の高い補助工法を採用する必要がある。上記の特徴を踏まえ、「凍結工法」を採用する。

地中拡幅部の施工方法

	(山岳部)非常駐車帯・非常口	(市街地部)非常口
安定性確保	曲線パイプルーフ	凍結工法
止水性確保	薬液注入工法	凍結工法
概要図		
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> 坑内から薬液注入工法により、遮水壁を造成する。 切掘り時の地山保持を、曲線パイプルーフを先行施工することで確保する。 	<ul style="list-style-type: none"> 坑内から凍結工法にて、遮水壁を造成する。 切掘り時の地山保持も凍土にて確保する。
安定性	<ul style="list-style-type: none"> 曲線パイプルーフにて地山を保持する。 	<ul style="list-style-type: none"> 凍土造成により安定した強度を持つ改良体により地山が保持される。
止水性	<ul style="list-style-type: none"> 試験施工を実施し、適切な注入材を選定することで、確実な遮水壁の構築が可能。 地中拡幅前のチェックボーリングにて、止水性の確認が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 凍土過程を適切に管理することで、確実な遮水壁および耐力壁が造成可能。
施工上のリスク	<ul style="list-style-type: none"> 注入範囲と地山との境界面に口元管を設置し、緊急時の出水対策が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位流水が早い場合、薬液注入等の対策が必要となる。 凍結機を設置する必要があり、長期停電時には性能低下が生じるため、必要に応じて、補助電源等により対策を必要となる。
実績	<ul style="list-style-type: none"> 武岡トンネル、薩摩田上トンネル 	<ul style="list-style-type: none"> 現地サンプリングにより凍結試験を実施し、設計条件の妥当性を確認する。
コスト	1.0	1.6

(4-1) 地中拡幅部の設計方針について(2/5)

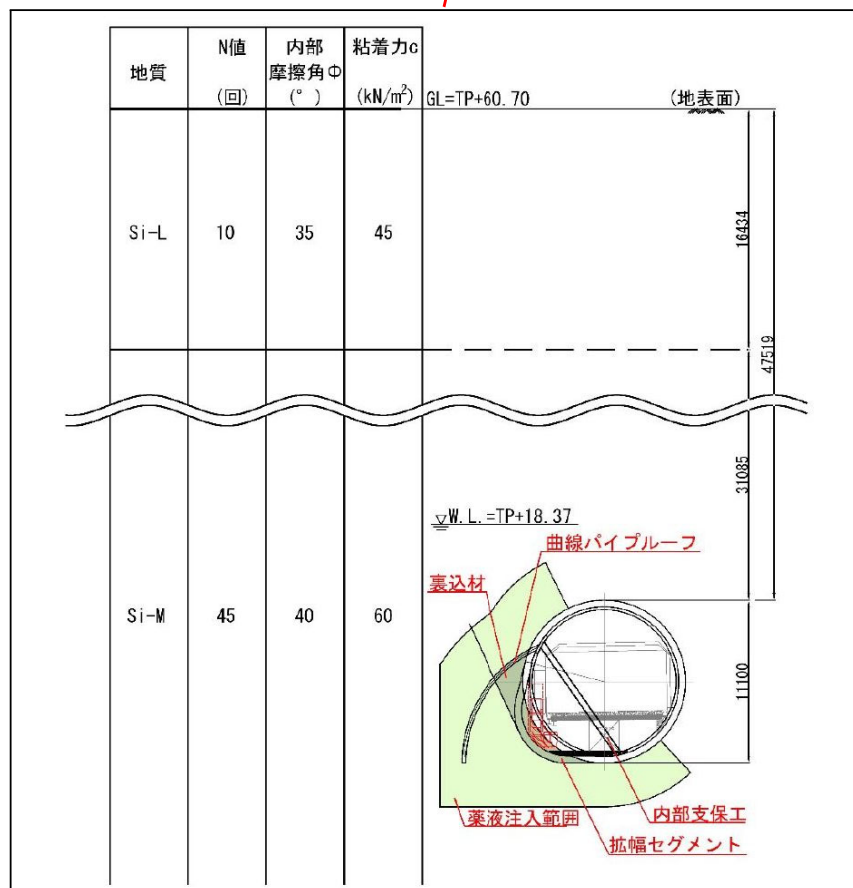
●非常駐車帯および非常口の配置及び標準横断面図を下図に示す。



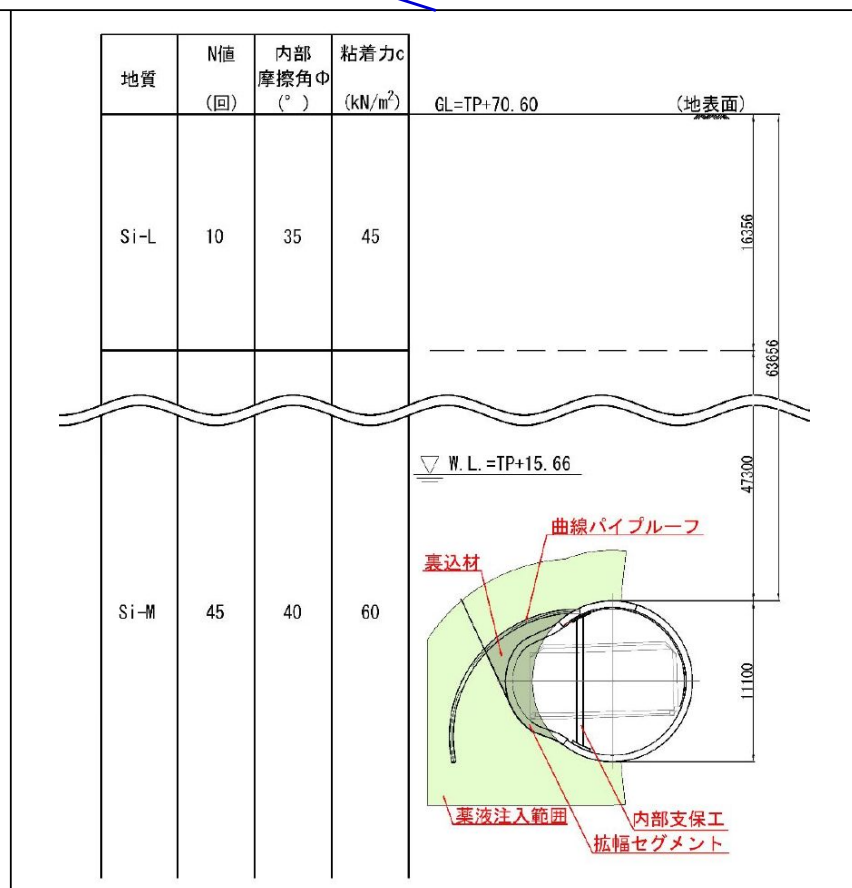
地質時代	地層名	記号	層相
新第三紀	盛土	B-1	シラス主体
	表土	Us	火山灰質粘性土
	崖残積物	ASi	軽石流り砂
第四紀	入戸火砕流堆積物	Si-L	軟質シラス (指様硬さ: 25未満) (N<30程度)
	等(6)崩壊土	Si-M	中硬質シラス (指様硬さ: 25~30) (30≤N程度)

地質区分	記号	土質区分
盛土層	B	表土・埋土・盛土
	Us	粘性土
	Uc	砂
沖積層	Mm	シルト質砂
	Ms	砂
	Ls	砂
	Sh-s	シルト質砂
洪積層	Si-1	シラス(N:25)
	Si-2	シラス(N:35~40)
	Si-3	シラス(N:40~50)
	Sh-s	シルト質砂
	Sh-g	砂
	Ue	砂
火砕流堆積物	Si-L	火山灰質砂, 火山灰質砂層, 火山灰質砂層

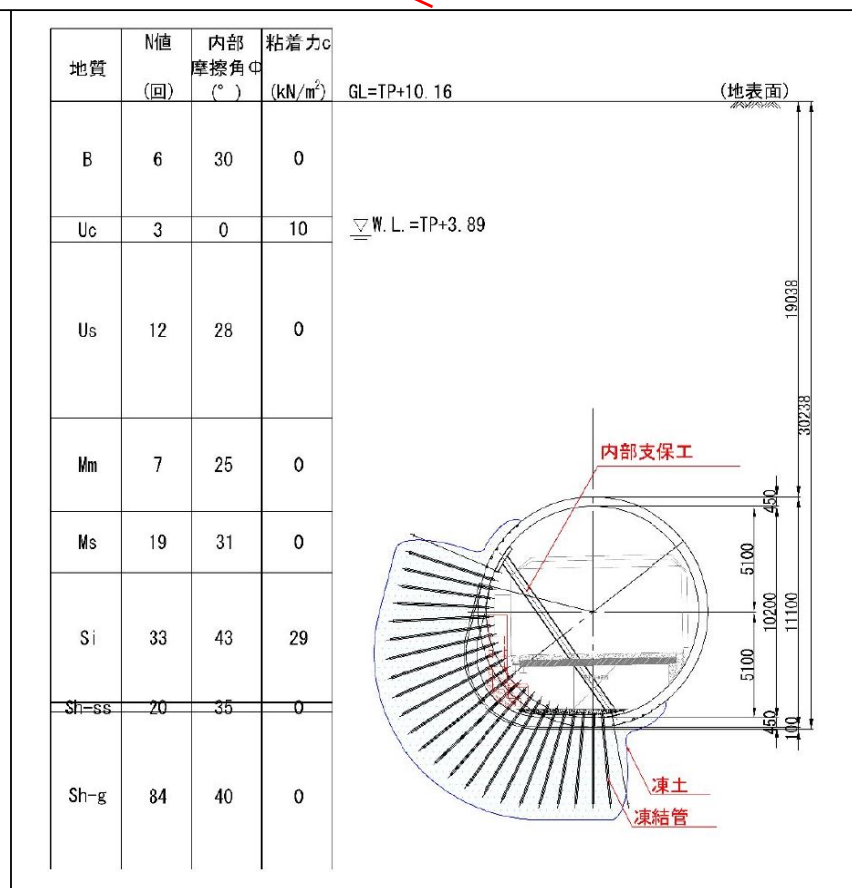
地質縦断面図



非常口標準断面図
(非常口① (山岳部), No.50+00)



非常駐車帯標準断面図
(非常駐車帯①, No.67+10)



非常口標準断面図
(非常口⑤ (市街地部), No.130+00)

(4-1) 地中拡幅の設計方針について(5/5)

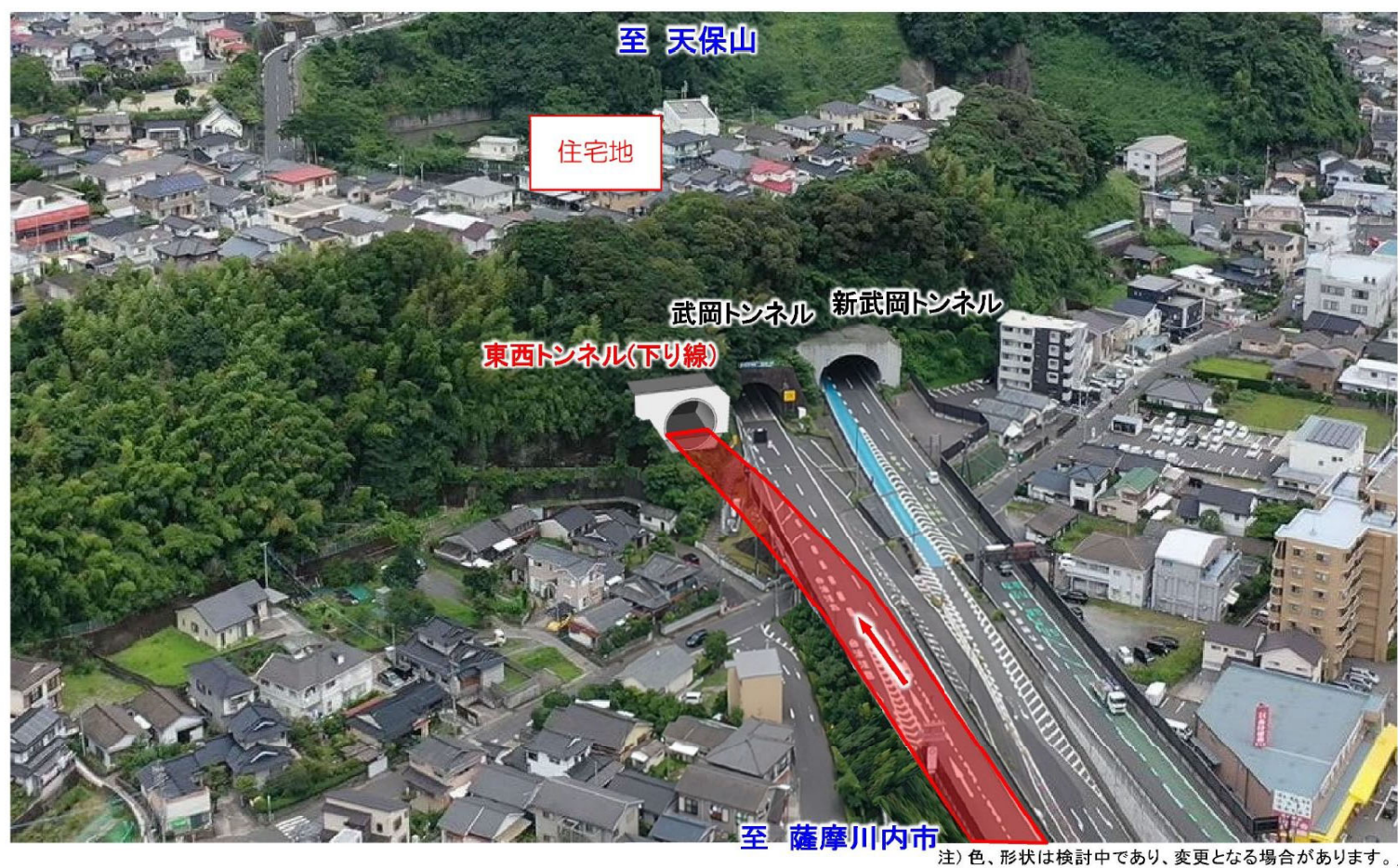
●非常駐車帯の構造比較について、下記3案のとおりである。検討の結果、分離案を採用する。

構造方針	案1：一体化案 非常駐車帯の拡幅部に非常口を配置（同一断面に配置）	案2：隣接案 非常駐車帯と連続した非常口を配置	案3：分離案 非常駐車帯と非常口を分離した配置
平面配置			
構造概要図	<p>非常駐車帯拡幅部および非常口拡幅部断面（同一断面形状）</p> <p>□：掘削範囲</p> <p>※薬液注入範囲は外圧に対する検討のみで決めた試算であり、3次元FDM解析の結果によりさらに範囲が広がる可能性がある。</p>	<p>非常駐車帯拡幅部および非常口拡幅部断面（同一断面形状）</p> <p>□：掘削範囲</p> <p>※薬液注入範囲は外圧に対する検討のみで決めた試算であり、3次元FDM解析の結果によりさらに範囲が広がる可能性がある。</p>	<p>非常駐車帯拡幅部断面</p> <p>□：掘削範囲</p> <p>非常口拡幅部断面</p> <p>□：掘削範囲</p>
構造の特徴	<ul style="list-style-type: none"> 非常駐車帯と非常口を同一断面に配置するため、縦断方向の全体施工延長を短くすることができる。 非常駐車帯と非常口を包括する内空を確保するため、拡幅が大きく、掘削断面も大きくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 非常駐車帯と非常口を隣接して設置するため、縦断方向の全体施工延長を短くすることができる。（案1より長い） 非常駐車帯と非常口の各々の内空を確保するため、拡幅が大きく、掘削断面も大きくなる。（案1よりは小さい） 	<ul style="list-style-type: none"> 非常駐車帯と非常口を分離するため、切り開き箇所数が多く、縦断方向の全体施工延長が長くなる。 非常駐車帯および非常口に必要の内空をそれぞれに確保すればよいため、拡幅および掘削断面が小さい。（最小限となる案）
安定性 (掘削時,完成時)	<p>△</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削断面幅が大きいため、薬液注入等の対策範囲が最も広範囲に必要となる。 完成時の拡幅断面が大きくなるため、覆工の仕様も上がる。 	<p>△</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削断面幅が大きいため、薬液注入等の対策範囲が広範囲に必要となる。 完成時の拡幅断面が大きくなるため、覆工の仕様も上がる。 	<p>○</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削断面幅が最小限となるため、薬液注入等の対策範囲を最小限とすることができる。 完成時の拡幅断面が小さく、覆工の仕様も最小限とすることができる。
施工性	<p>△</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削および拡幅範囲が大きく、トンネル下半部の拡幅範囲が増えるため施工性に劣る。 	<p>△</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削および拡幅範囲が大きく、トンネル下半部の拡幅範囲が増えるため施工性に劣る。 	<p>○</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削および拡幅範囲が小さく、拡幅が側方のみとなる範囲が多いため施工性に優れる。
工程	<p>△</p> <p>1.1</p> <ul style="list-style-type: none"> 切り上げ施工が同一箇所集約することで、箇所数および施工延長は短くなるが、施工断面が案3と比べ大きくなる。工程の大きな割合を占める薬液注入や拡幅作業量が案3より多いことから、工程的に劣る。 	<p>△</p> <p>1.1</p> <ul style="list-style-type: none"> 切り上げ施工が同一箇所集約することで、箇所数および施工延長は短くなるが、施工断面が案3と比べ大きくなる。工程の大きな割合を占める薬液注入や拡幅作業量が案3より多いことから、工程的に劣る。 	<p>○</p> <p>1.0</p> <ul style="list-style-type: none"> 切り上げ施工箇所数および施工延長は長くなるが、施工断面を採用減とすることができる。工程の大きな割合を占める薬液注入や拡幅作業量が3案中で最も少ないことから、工程的に優れる。
コスト	<p>○</p> <p>1.0</p>	<p>△</p> <p>1.1</p>	<p>○</p> <p>1.0</p>
総合評価	<p>△</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削および拡幅断面が大きいため、安定性および施工性に劣り、覆工仕様や薬液注入範囲が増加するため、合理的な構造とならない。 	<p>△</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削および拡幅断面が大きいため、安定性および施工性に劣り、覆工仕様や薬液注入範囲が増加するため、合理的な構造とならない。 	<p>○</p> <p>○：採用</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削および拡幅断面を最小限とできることから、安定性および施工性に優れる。覆工仕様や薬液注入範囲も最小限となるため、最も合理的な構造となる。

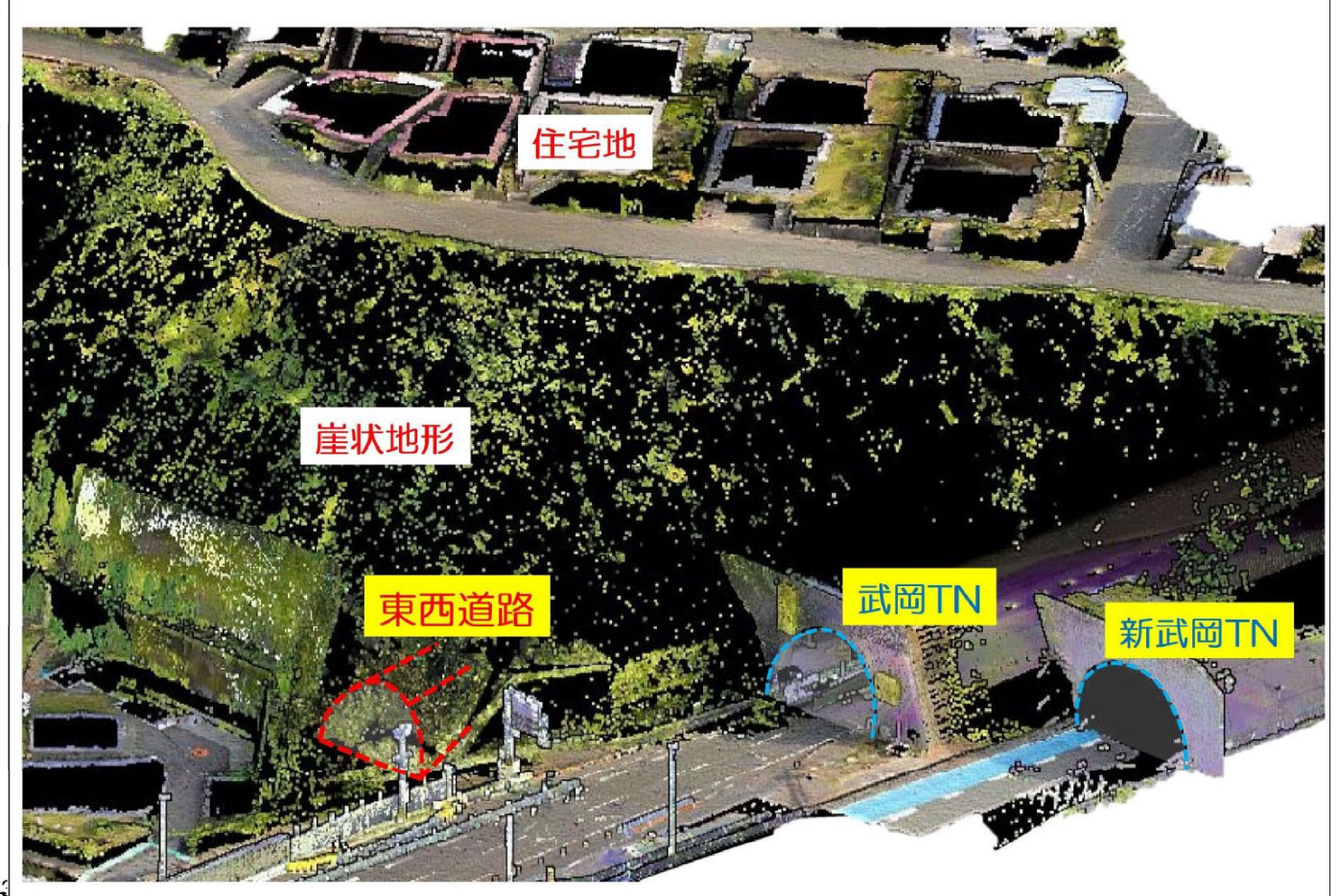
(5) 田上側坑口部の設計方針について

●現地状況(田上側坑口部付近)

- ・田上側坑口部施工エリア周辺には**既設の武岡トンネル**、また、**トンネル直上には住宅地が存在**しており、周辺構造物への影響を及ぼさない工法選定が必要である。
- ・坑口部施工箇所は複雑な崖状地形となっていることから、ドローン測量による点群データにより、正確な斜面形状を把握することにより、現地条件を適切に反映した合理的な設計を行う。



田上坑口部現地状況写真



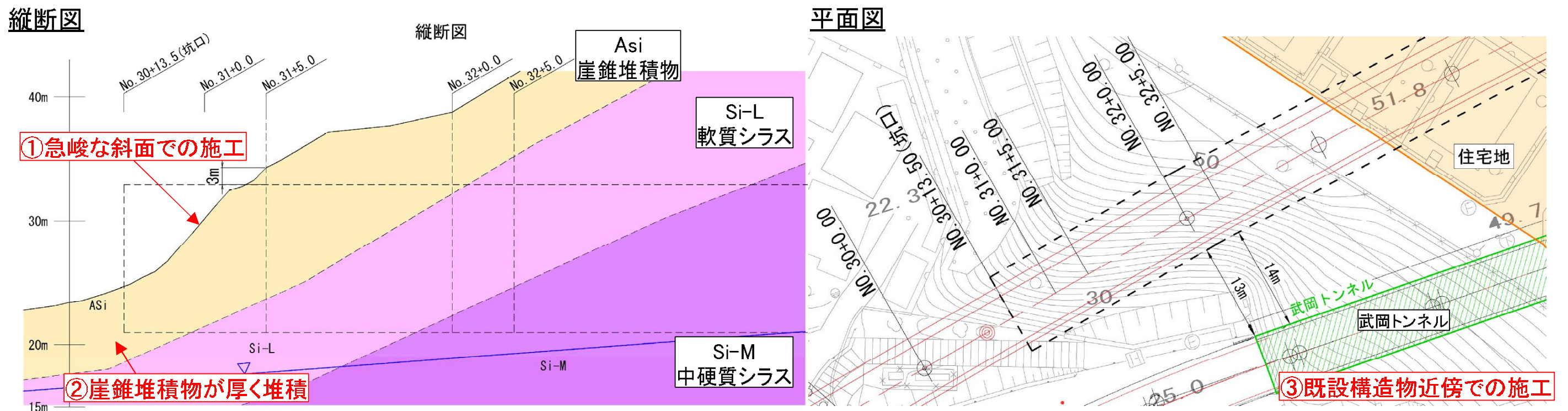
ドローン測量による点群データ(樹木・家屋無し)

(5-1) 田上側坑口部の設計方針について(1/2)

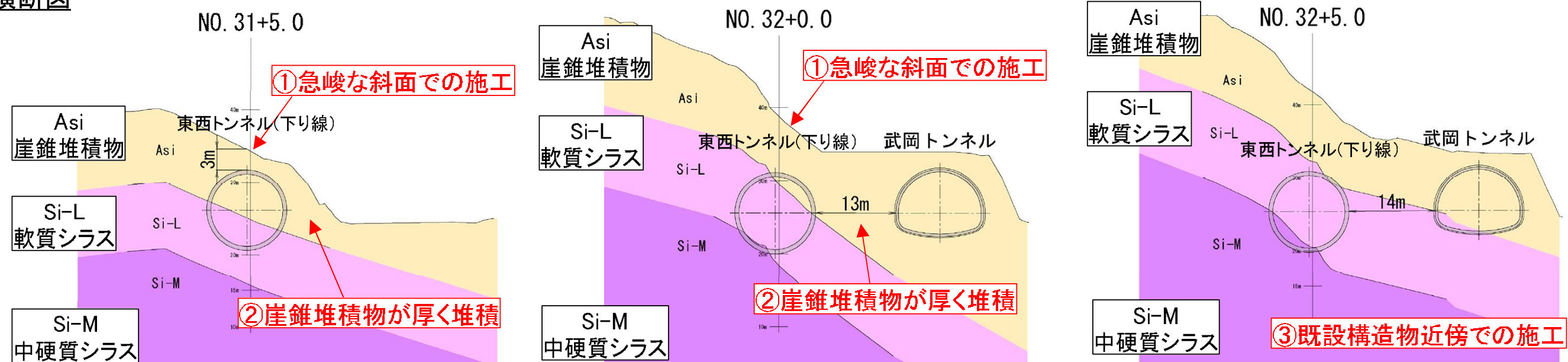
●田上側坑口部の課題

田上側坑口部を設計する上の課題として、以下の3項目が挙げられる。

- ①急傾斜崩壊危険区域に指定されている急峻な斜面における、偏土圧が作用する条件下での坑門工の施工
 - ②軟弱な崖錐堆積物(Asi層)が厚く堆積する箇所でのトンネル掘削
 - ③トンネル掘削箇所直上には、住宅地が存在し、側方には、既設武岡トンネルが存在する。
- これらの課題を考慮した工法選定を行う。



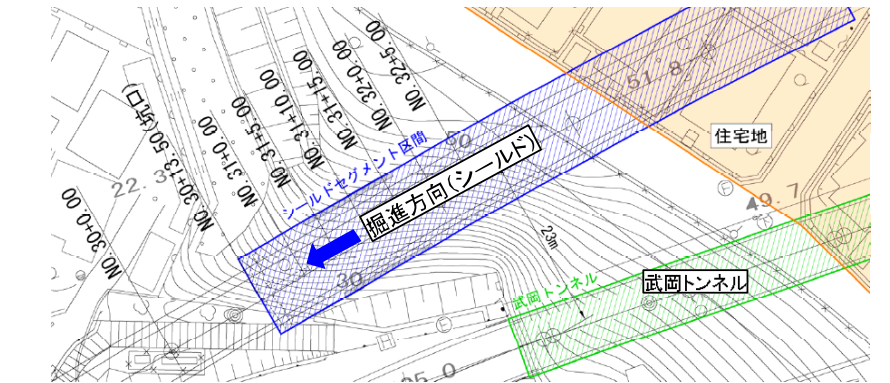
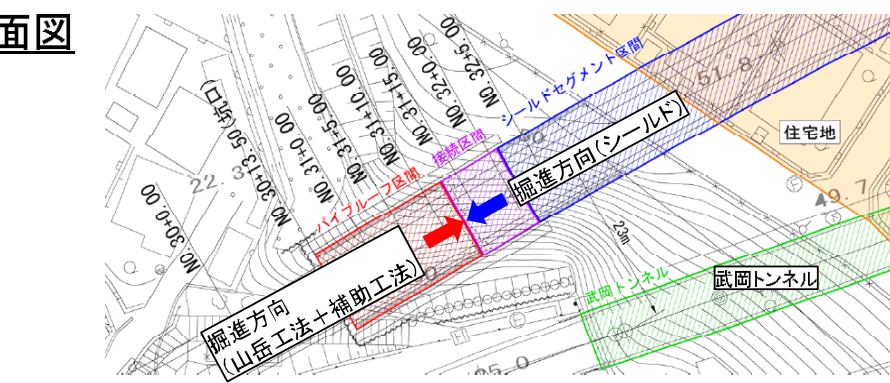
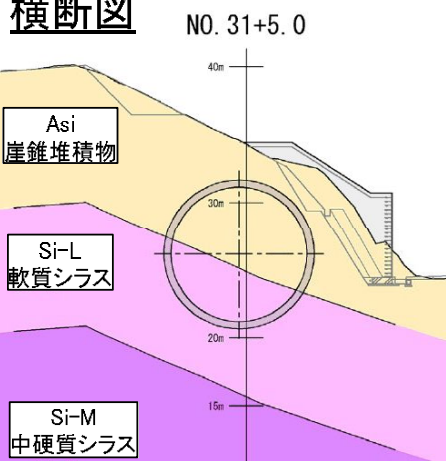
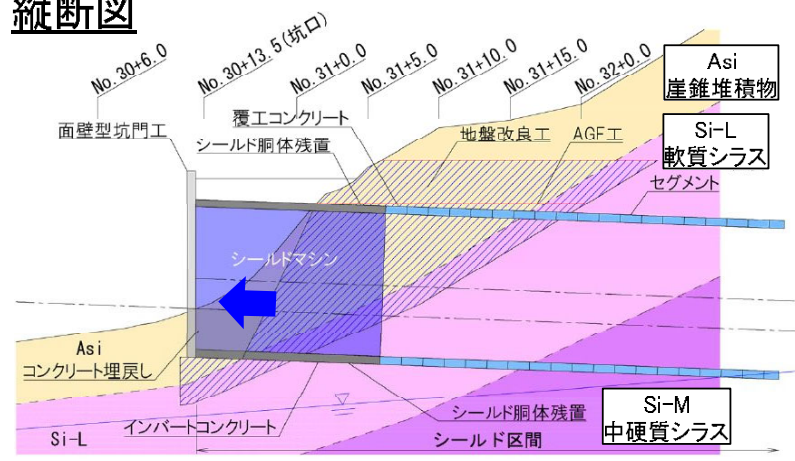
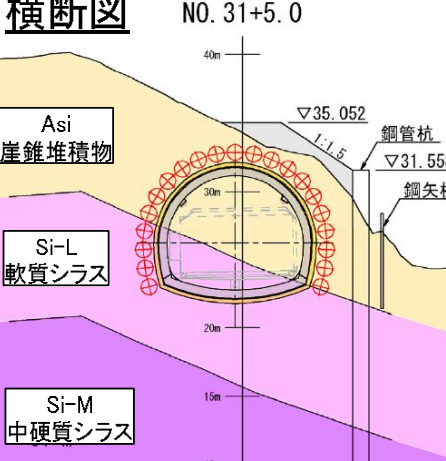
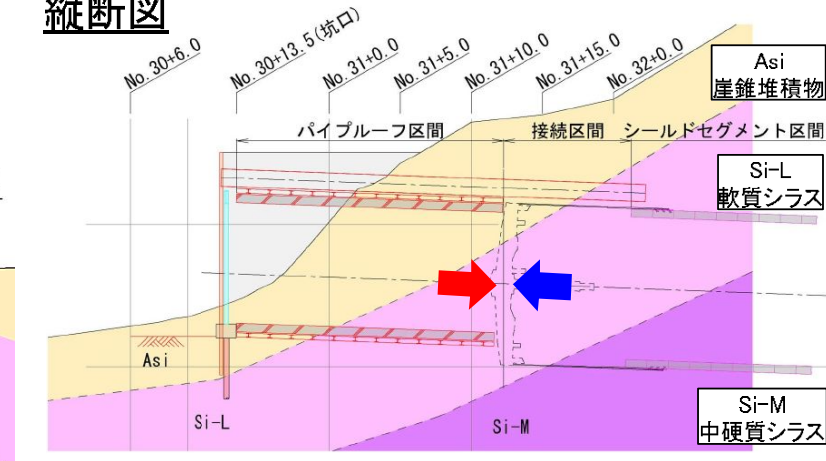
横断面図



(5-1) 田上側坑口部の設計方針について(2/2)

●田上側坑口部の工法選定

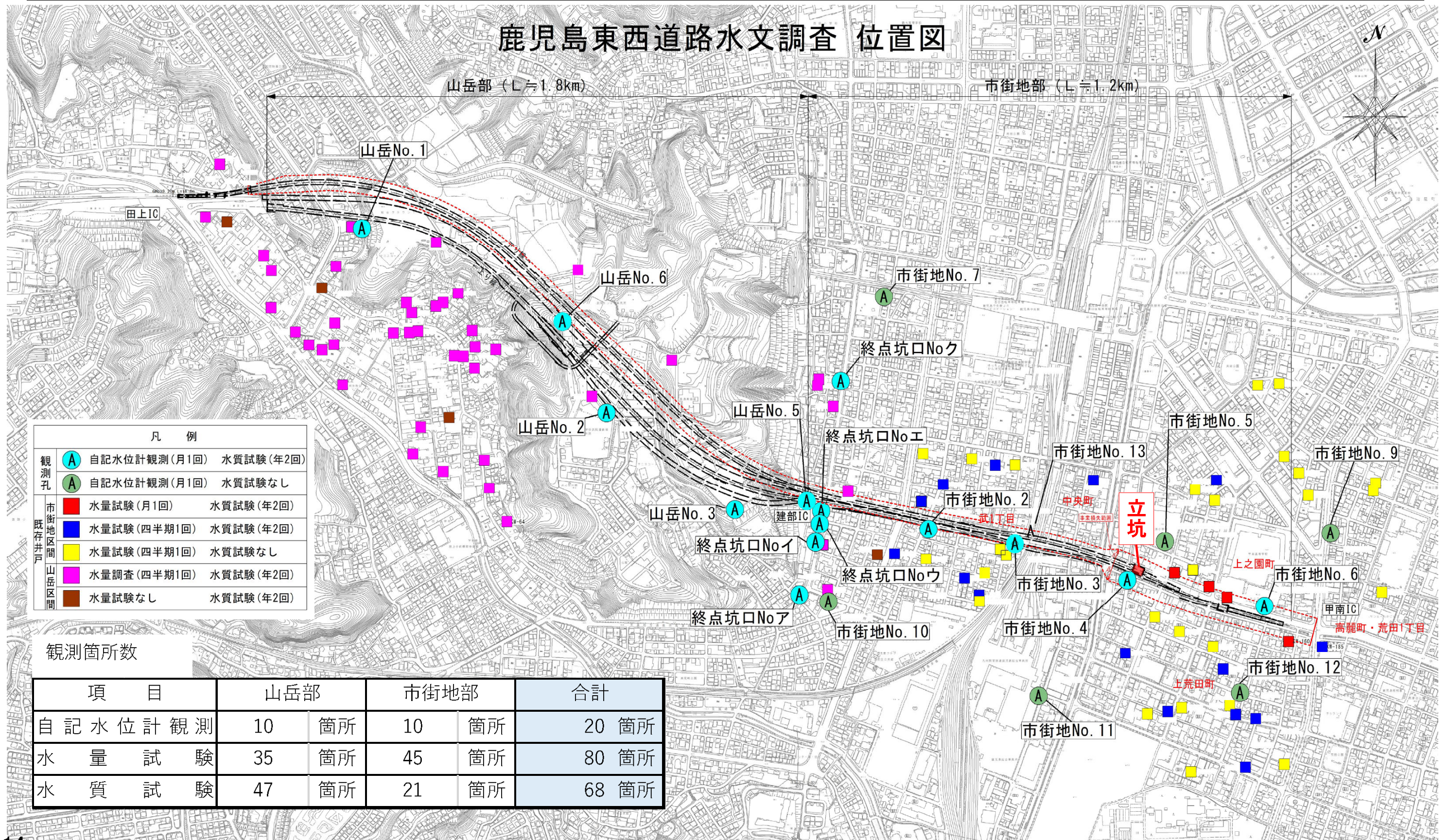
シールド到達部は、**軟弱な崖錐堆積物が厚く堆積し、偏土圧が作用するため、シールド機の切羽圧保持・姿勢制御が困難**である。
 このため、**小土被りかつ偏土圧に対して有利な「山岳工法+補助工法による迎え掘り」**を選定する。

施工方法	シールド工法による坑口到達	山岳工法+補助工法による迎え掘り
平面図	<p>平面図</p> 	<p>平面図</p> 
横断面図 縦断面図	<p>横断面図 NO. 31+5.0</p>  <p>縦断面図</p> 	<p>横断面図 NO. 31+5.0</p>  <p>縦断面図</p> 
課題点等	<ul style="list-style-type: none"> ・軟弱な崖錐堆積物 (Asi) が堆積し、土被りが小さいトンネル到達部では、シールド機の切羽圧保持が困難 ・軟弱な崖錐堆積物 (Asi) が堆積し、急峻な崖地形で偏土圧がかかるトンネル到達部では、シールド機の姿勢制御が困難 ・トンネル到達部では、軟弱な崖錐堆積物 (Asi) が厚く堆積するため、シールド機の重量を支える地耐力が不足 ・トンネル到達部付近は、土被りが小さく、偏土圧がかかり、かつ、地下水位が浅いため、高耐力なセグメント本体・継手が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・近接構造物(直上住宅地、側方近接トンネル)への影響が懸念される区間はシールド工法で施工する。 ・小土被りかつ偏土圧が作用する、軟弱な崖錐堆積物(Asi)区間では、補助工法(パイプルーフ)を先行施工し、山岳工法(機械掘削、内部支保工を設置)で迎え掘りする。

(6) 水文調査について(1/2)

●東西道路では、下図のとおり水文調査(自記水位計観測・水量試験・水質試験)を実施している。

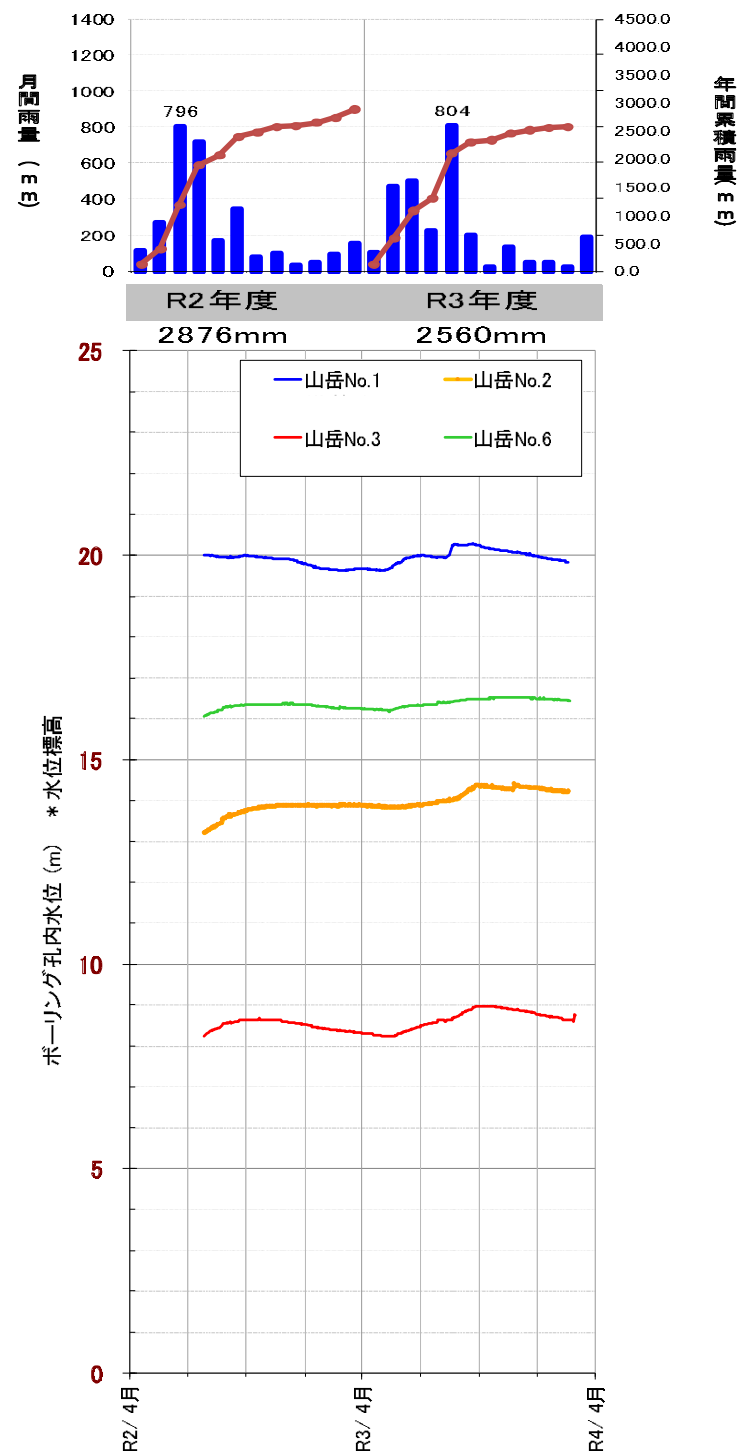
鹿児島東西道路水文調査 位置図



(6) 水文調査について(2/2)

- 山岳部では、R2より観測を開始している。
- 市街地部では、H14から継続して調査を実施しており、直近10年間の調査結果は、下記のとおりである。
- 調査結果から、山岳部および市街地部の地下水位は、**降雨量に連動**していることが確認できる。
地下水位高は、H27、H28の3,000mm/年の降雨を受け微増していると推測される。なお、立坑工事による地下水位高への影響は確認されていない。

地下水位観測結果(山岳部) 気象庁(鹿児島観測所)月間雨量(R2-R3年度)



地下水位観測結果(市街地部) 気象庁(鹿児島観測所)月間雨量(H24-R3年度)

