

庄戸トンネル施工技術検討会

第5回検討会
資料

令和 2年 1月 9日

東日本高速道路株式会社 関東支社 横浜工事事務所

株式会社ネクスコ東日本エンジニアリング

目 次

1. 検討会の目的	1
2. 施工中の観測状況	4
3. 全体施工計画の検討	5

1. 検討会の目的

1-1. 全体概要

高速横浜環状南線は、横浜都心から半径約10～15kmを環状に結ぶ横浜環状道路の一部であり、横浜都心部の慢性的な交通渋滞を緩和するとともに環境の改善へ寄与し、さらに、横浜市の経済活動と暮らしを支える社会資本として重要な役割を果たす道路である。

また、都心から半径約40～60kmの位置に計画されている総延長約300kmの自動車専用道路である圏央道の一部であり、都心から伸びる放射状の道路を環状に連絡することにより、都心への交通を分散し、渋滞の緩和等に寄与する。当路線は、横浜横須賀道路の釜利谷ジャンクションと国道1号を結ぶ延長約9kmのうち、約7割がトンネルなどの地下構造となっている。

1-2. 検討会の目的

高速横浜環状南線のトンネル群の一部を構成する「庄戸トンネル」は、開削工法で施工する計画となっていたが、第1種低層住居専用地域・風致地区等の当該地域の特殊性を考慮し、工事中の環境負荷を低減することを目的に非開削工法の適用可能性について「庄戸トンネル検討会」（平成19年～21年）を設置して検討を実施してきた。

分岐合流、4連近接、低土被りなど、庄戸トンネル固有の条件を考慮しながら、現地の調査結果を踏まえた地盤条件に基づいてトンネル構造及び環境に与える影響について検討した結果、分合流区間及び4連近接区間は馬蹄形断面、低土被り区間は矩形断面を基本構造とし、より詳細な設計や施工計画の検討を進めて行くこととした。

庄戸トンネル施工技術検討会（平成24年～）では、これら検討結果等を踏まえ、庄戸トンネルの実施工に向けた施工方法及び環境に与える影響・対策について、より詳細な検討を行うものである。

1-3. 庄戸トンネルの概要

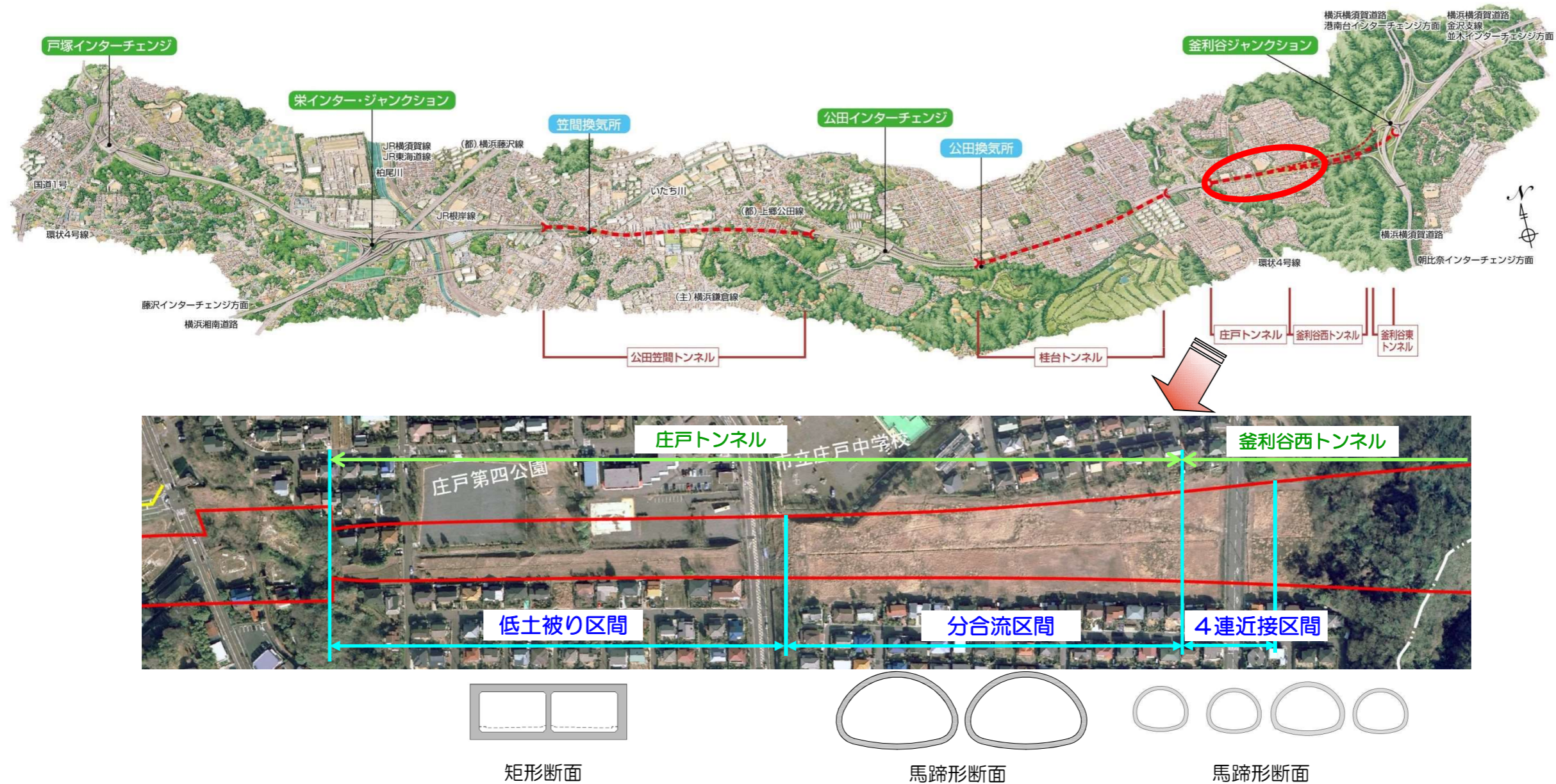


図1.1 庄戸トンネル・釜利谷西トンネル全体位置

1-4. 検討フロー

以下に検討フローを示す。

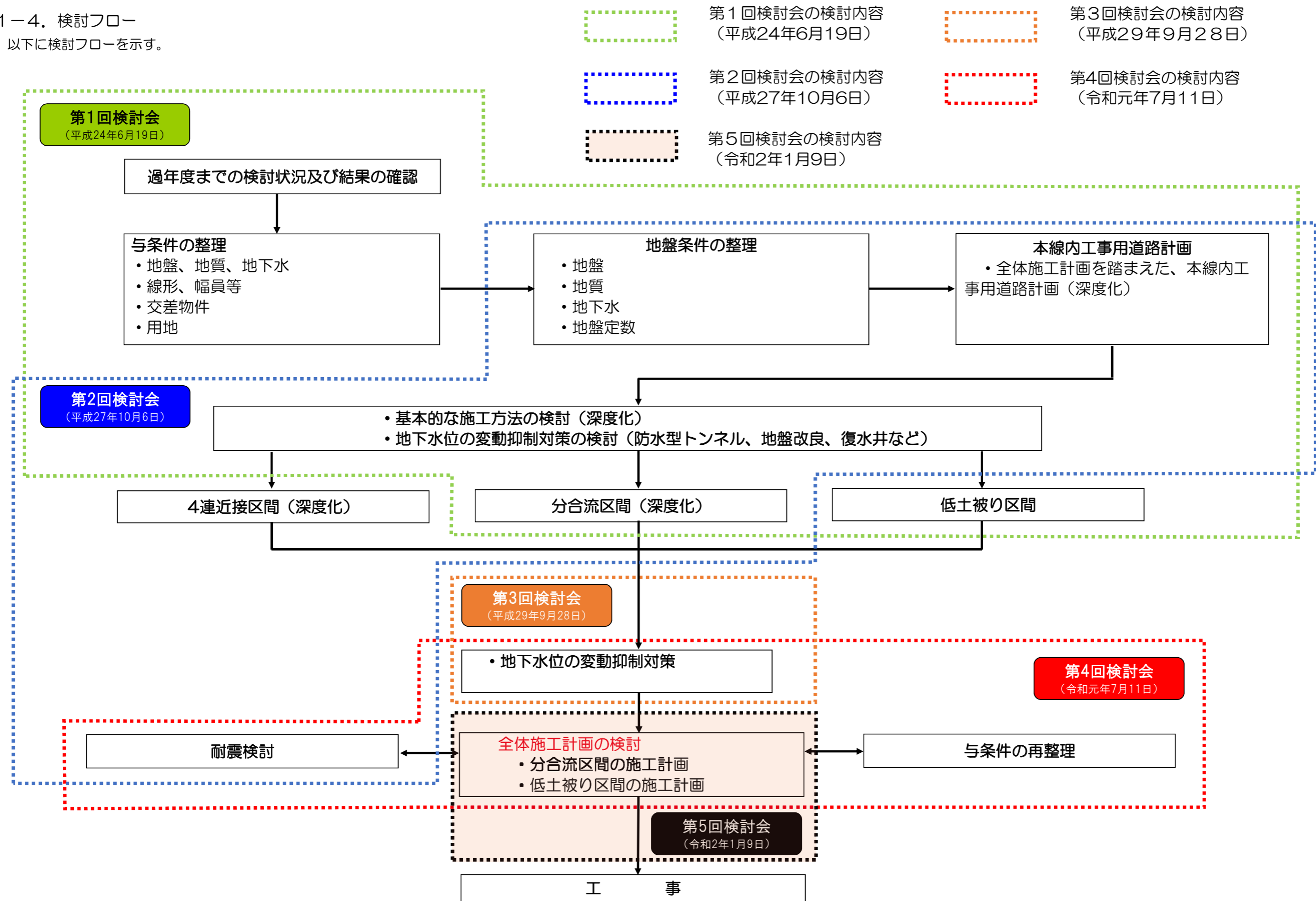
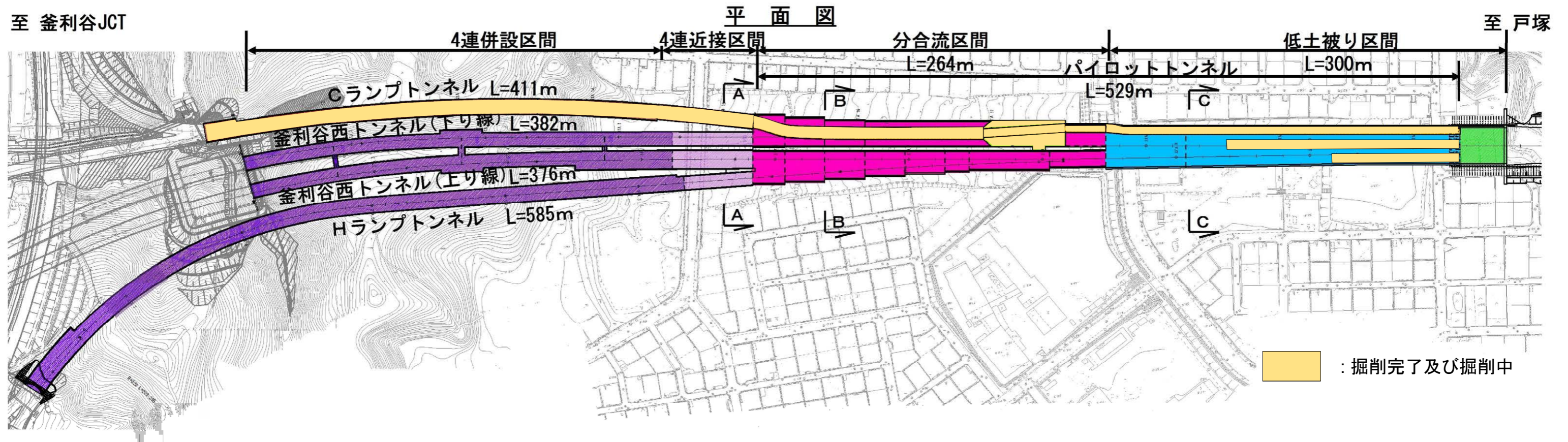
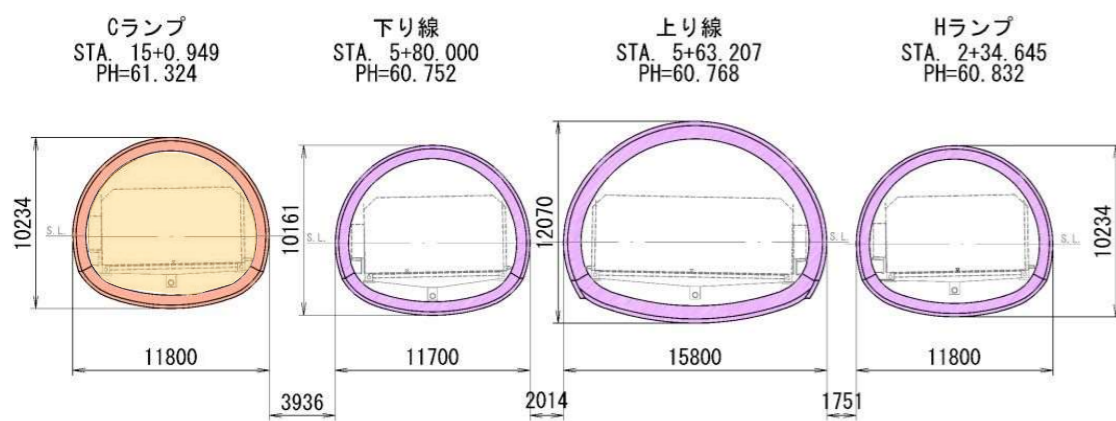


図1.2 検討フロー図

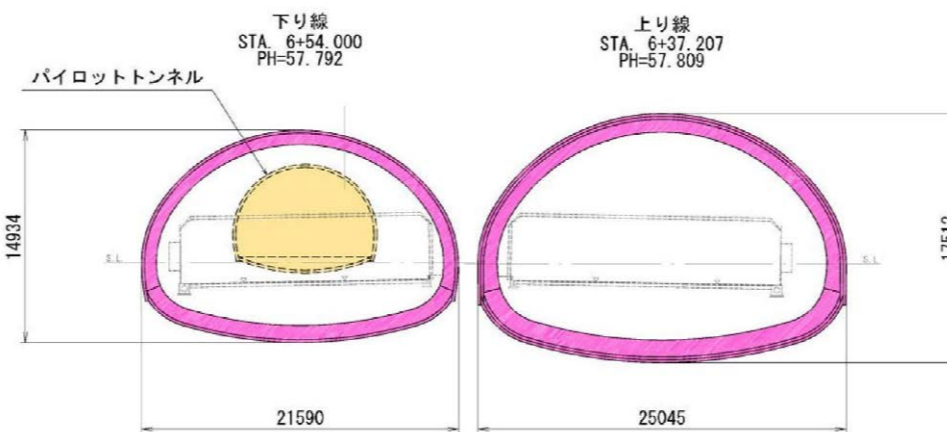
1-5. 施工状況 (令和元年12月末現在)



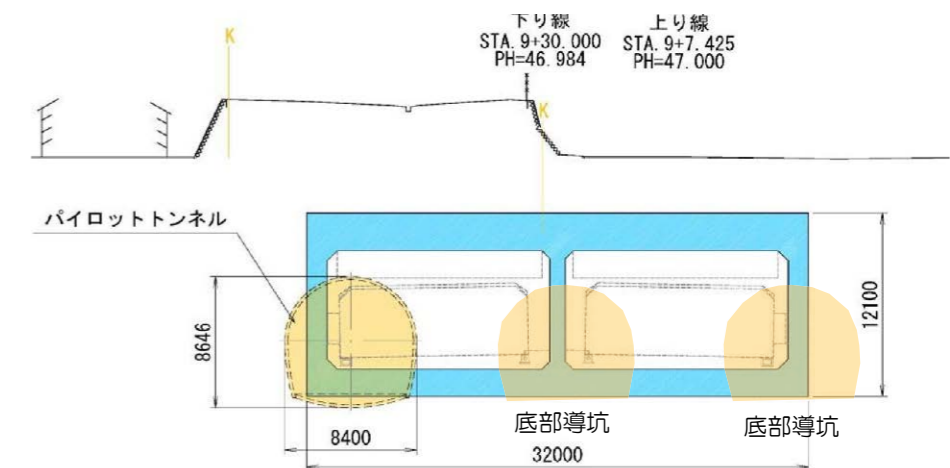
①4連近接部 (A-A断面)



②分合流部 (B-B断面)



③低土被り部 (C-C断面)



2. 施工中の観測状況

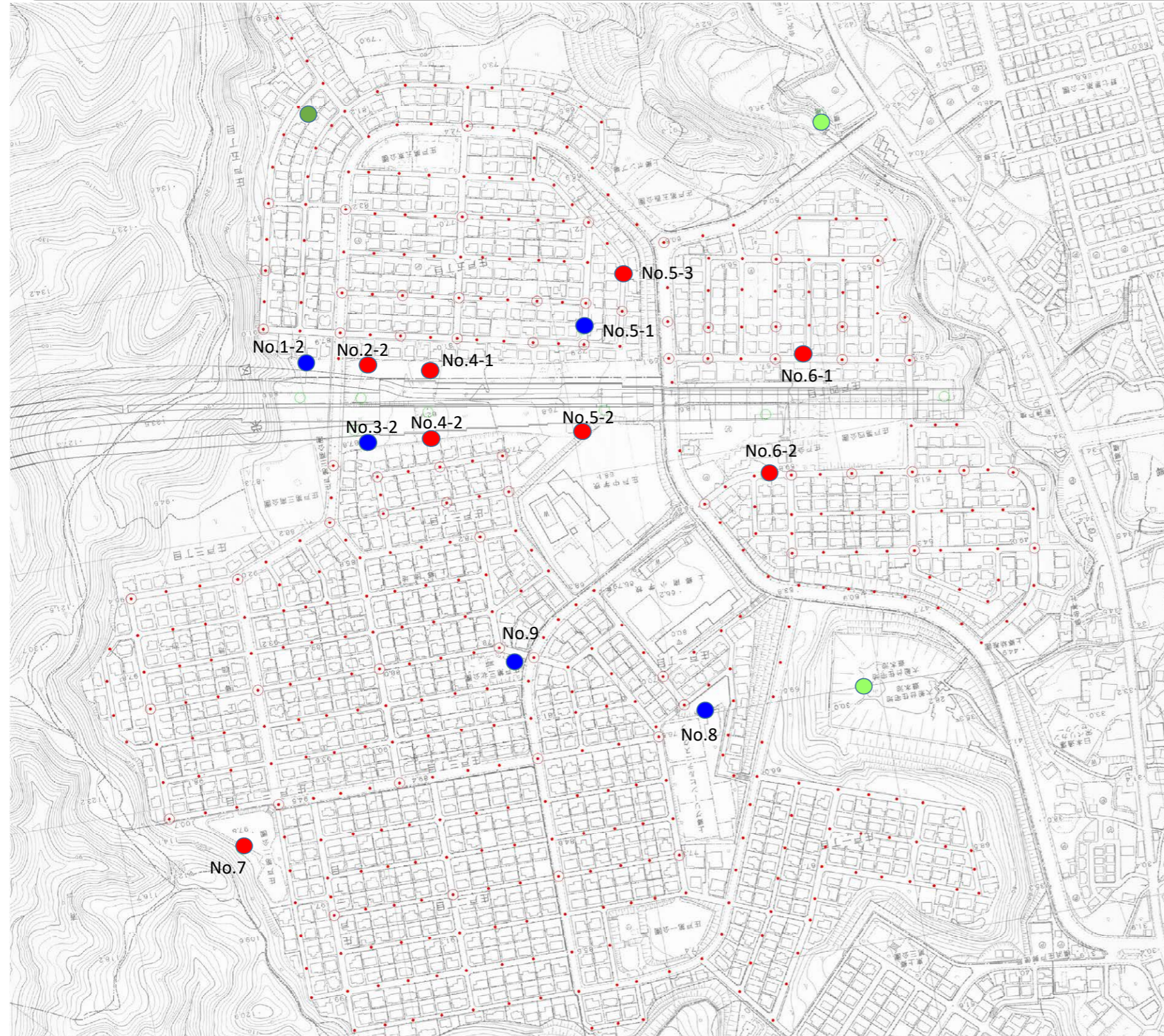
第3回庄戸トンネル施工技術検討会で計画した観測計画に基づき測量を定期的を実施。

①地表面高さ測定

- 調査地点 : 457点 (内、継続調査地点: 67点)
- 調査項目 : 道路現況高さ測定

②地下水観測

- 調査地点 : 16箇所 (廃止予定の地下水観測孔を除く)
- 調査項目 : 地下水位測定、流向・流速測定
流量・水質測定 (地下水流末)、水質測定 (既存井戸)



■地表面高さ測定 (道路現況高さ測定 (水準測量))

- 計測箇所 (457点)
- 継続的に測定する代表点 (67点)

■地下水観測 (地下水位等の観測 (廃止予定のものを除く))

- 地下水位
- 地下水位・水質
- 流量・水質
- 水質 (既存井戸)

■観測状況

- 地表面高さ測定
(道路現況高さ測定 (水準測量))
地表面には大きな変位は見られていない。
今後も測定を継続し、注視していく。

- 地下水観測
(地下水位等の観測 (廃止予定のものを除く))
地下水位の変動は降雨量の影響が見られ、各調査点は概ね同じ水位変動傾向を示している。
今後も観測を継続し、注視していく。

3. 全体施工計画の検討

(1) 分合流区間の施工計画検討

・第4回庄戸トンネル施工技術検討会において、施工方法の検討を進めていくこととなった案3) 施工環境等を反映した案を当初計画案として、より安全に施工するための施工方法を検討した。

6. 全体施工計画の進め方 【第4回庄戸トンネル施工技術検討会資料P10に一部加筆】

① 分合流区間の施工計画

- ・第2回庄戸トンネル施工技術検討会においては、案1) 中央導坑先進・上半先進工法を標準案とした。
- ・現在実施している施工方法は、案2) である。
- ・現在施工中の工事により得られた地質条件・掘削時の内空変位や施工環境(騒音・振動)等を反映した最適な施工方法の検討を進めていく。

	案1) 標準案(第2回:H27.10.6案) 中央導坑先進・上半先進工法・下半インパート分割施工	案2) 現在施工中の工法(完成断面への拡幅区間) 中央導坑先進・上半先進工法・下半インパート一括施工	案3) 施工環境等を反映した案(当初計画案) 中央導坑先進・上半先進・下半インパート一括施工				
工法概要	・上半掘削で貫通させ、下半インパートの閉合を交互に繰り返す工法 ・上半掘削はインナリブ・仮インパートで脚部安定を図る	・上半掘削で貫通させ、下半とインパートを一括掘削する工法 ・上半掘削:ウイングリブにて脚部安定を図る	・案2)の施工手順と同様とし、中央先進導坑の断面を最小化する工法				
概要図	<p>①上半掘削</p> <p>※上半掘削は完了させる</p> <p>②下半、インパート部掘削、断面閉合</p> <p>※上半掘削は完了させる</p> <p>STA.6+00 付近</p> <p>STA.8+20 付近</p>	<p>油圧切削機 2,100kg級</p> <p>※上半掘削は完了させる</p> <p>※上り線は次工事にて施工</p>	<p>○中央導坑の断面形状 掘削断面縮小により、補助工法の削減及び掘削サイクルタイムの短縮</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>標準案</th> <th>当初計画案</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>○支保構造の変更 下り線(青着色部)は上半仮インパートからウイングリブへの構造変更</p>	標準案	当初計画案		
標準案	当初計画案						
施工性	・インパート掘削にはブレイカーが必要のため、騒音・振動が大きくなる。 ・下半、インパートの分割施工により、掘削サイクルが長くなる。	・機械掘削にブレイカーを使用しないため、騒音・振動は最小限となり周辺環境への影響は少ない	・補助工法の削減による削孔作業等の騒音、振動は少なくなる ・吹付コンクリートの撤去作業縮減による騒音・振動は少なくなる				
安全性 確実性	・上半盤は脚部地耐力検討の結果、インナリブ、仮インパートにより支保工脚部の地耐力確保。 ・下半、インパートを分割施工するため、支保工閉合までの時間がかかる。また、インパート掘削時にブレイカーを必要とする。	・下半、インパート一括施工により、掘削作業以外は全支保工を閉合状態にすることで、脚部沈下の抑制及び地山の安定化が期待できる	・下半、インパート一括施工により、掘削作業以外は全支保工を閉合状態にすることで、脚部沈下の抑制及び地山の安定化が期待できる				

① 上半盤施工方法の検討

[検討内容] ・施工可能高さが13.3mの機械を導入することで、上半盤掘削をSL(スクリューライク)まで下げたうえで、仮インバートを閉合する施工方法を検討した。
 また、先行工事の施工実績から脚部の支持力確保が確認されたことにより、ウイングリップの無い構造へ変更する。

[効果] ・上半掘削形状が扁平な当初計画案に比べ、側方からの外力を利用して構造安定性を確保し易い(縦に潰れ難い)形状となり坑内変位が低減するとともに、地中の安全率の低下する範囲が小さくなりトンネルの安定性が向上する。
 ・形状変更によりアーチ部の支保と仮インバートとの接続角度が鋭角から鈍角となることで、アーチ部の支保からの力が仮インバートに伝達され易くなる。これにより仮インバートが軸力卓越となり、曲げ抵抗性が高まることで、ストラット(鋼材)の省略が可能となり下半掘削時の騒音・振動を低減できる。

	当初計画案：仮インバート閉合 (仮インバート：吹付けコンクリート+ストラット)	検討案：上半盤をSLまで下げ、仮インバート閉合 (仮インバート：吹付けコンクリート)	
断面図	<p>※掘削機の施工可能高さ8.80mより決まった上半施工法</p>	<p>※掘削機の施工可能高さ13.30mを導入し決まった上半施工法</p>	
断面形状	幅B：28.1m、高さH：11.4m、縦横比H/B：0.41	幅B：29.5m、高さH：15.0m、縦横比H/B：0.51	
トンネル周辺の安全率分布図			
変形挙動	天端沈下：16.6mm、内空変位：8.9mm (←→)、脚部沈下：4.4mm	天端沈下：15.5mm、内空変位：3.4mm (←→)、脚部沈下：1.7mm	
支保応力 最大値	吹付けコンクリート	$\sigma_c = 1.3\text{N/mm}^2 \leq 13.5\text{N/mm}^2$ (N=634.3kN)	$\sigma_c = 1.7\text{N/mm}^2 \leq 13.5\text{N/mm}^2$ (N=832.4kN)
	鋼製支保工	$\sigma_s = 56.7\text{N/mm}^2 \leq 330\text{N/mm}^2$ (N=581.9kN、M=10.3kNm)	$\sigma_s = 67.0\text{N/mm}^2 \leq 330\text{N/mm}^2$ (N=763.6kN、M=5.1kNm)

② インバート形状の変更による覆工部材の合理化検討

[検討内容] ・隅角部の断面半径を大きくし円形断面に近づけることで、断面力の集中を避ける構造を検討した。
 [効果] ・隅角部の断面半径を大きくしたことで、発生断面力が大幅に低減され、インバート厚さをアーチ部の覆工と同等の厚さに変更できることを確認した。
 また、断面形状が円形に近づくため、断面閉合した際のトンネル安定性が向上する。
 (隅角部 R3 の断面半径が鋼製支保工の最小曲げ加工半径以上となる断面のみ適用)

	当初計画案	検討案
形状概要	「第二東名・名神高速道路トンネル標準設計」を参考に内空断面を相似形に大きくし、建築限界を満たすトンネル形状とする。	隅角部の断面半径を 0.28R1 から 0.34R1 へ大きくし、インバート部の断面半径を 2.5R1 から 2.0R1 へ小さくすることで、円形断面に近づける。
概要(DuLu-2 断面)	<p>H1=16.1m, W1=24.7m(H1/W1=0.65)</p> <p><仕様> 覆工 : t=1.0m インバート: t=1.3m ($\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$)</p>	<p>H1=16.5m, W1=24.7m(H1/W1=0.67)</p> <p><仕様> 覆工 : t=1.0m インバート: t=1.0m ($\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$)</p>
断面閉合安定性	断面形状が扁平であるため、閉合した際のトンネル安定性は、検討案に比べ劣る。	断面形状が円形に近づくため、閉合した際のトンネル安定性が向上する。

(2) 低土被り区間の施工計画

・第4回庄戸トンネル施工技術検討会において、見直し後の標準案とした案2)を当初計画案として、周辺地盤への影響を低減する、より安全に施工するための仮設方法等について検討を実施した。

② 低土被り区間の施工計画 【第4回庄戸トンネル施工技術検討会資料P11に一部加筆】

- ・第1回庄戸トンネル施工技術検討会においては、案1)側壁・中壁導坑先進工法を標準案とした。
- ・標準案の掘削(縦長形状)を馬蹄形に見直し後の標準案を案2とした。
- ・現在施工中の工事により得られた地質条件・掘削時の内空変位や施工環境(騒音・振動)等を反映した周辺地盤への影響を低減する、より安全な仮設方法等について検討を進めていく。

	案1) 標準案 (第1回: H24.6.19案) 側壁・中壁導坑先進工法 (縦長掘削形状 NATM)	案2) 見直し後の標準案 (当初計画案) 側壁・中壁導坑先進工法 (馬蹄形 NATM)	案3) 施工環境等を反映した案 側壁・中壁導坑先進工法 (底部は馬蹄形 NATM、頂部は円形 NATM)
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・側壁・中壁導坑を掘削して側壁・中壁を構築したのち、頂版部の導坑を掘削して頂版を構築して、内部を掘削する方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・パイロットトンネル構築後に、側壁・中壁導坑を掘削し側壁・中壁を構築 ・頂版導坑を掘削して頂版を構築後に、内部を掘削し底板を構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・案2と施工順序は同様 ・頂部導坑を円形に掘削する方法
概要図			
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・施工機械がすれ違えず、その都度機械の入れ替えが必要 ・構築時の導坑内の余裕が少ないため、狭い中での作業となる 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工機械がすれ違えるため、施工性はよい ・函体構築時に余裕があるため、施工性はよい 	
安全性 確実性	<ul style="list-style-type: none"> ・長方形の形状のため、側圧に対する検討は必要 ・導坑内での作業のため、振動・騒音の抑制が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・馬蹄形状の掘削のため土圧バランスがよく、地表面沈下の抑制が期待できる ・導坑内での作業のため、振動・騒音の抑制が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・頂部導坑は円形でより土圧バランスがよい。 ・導坑内での作業のため、振動・騒音の抑制が期待できる

① 頂部導坑断面の円形化検討

- [検討内容] ・上部地盤の変状を抑制するため、頂部導坑の円形形状を検討した。
- [効果] ・導坑断面を円形形状とし土圧バランスを向上させるとともに、見直し後の標準案（当初計画案）に比べ、補助工法の範囲を広げることで周辺地盤への影響を低減できる。
- ・また、側壁側の頂部導坑を仮インバートで早期に閉合することで、見直し後の標準案（当初計画案）に比べ、地表面沈下の低減が可能となり、より安全な施工が計画できる。

	見直し後の標準案（当初計画案）	検討案
工法概要	<p>側壁・中壁導坑先進工法（馬蹄形 NATM）</p> <ul style="list-style-type: none"> パイロットトンネル構築後に、側壁・中壁導坑を掘削し側壁・中壁を構築 頂版導坑を掘削して頂版を構築後に、内部を掘削し底版を構築 	<p>側壁・中壁導坑先進工法（底部は馬蹄形 NATM、頂部は円形 NATM）</p> <ul style="list-style-type: none"> 見直し後の標準案（当初計画案）と施工順序は同様 頂部導坑を円形形状に掘削する方法
掘削形状		
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 施工機械がすれ違えるため、施工性はよい 函体構築時に余裕があるため、施工性はよい 	
安全性・確実性	<ul style="list-style-type: none"> 馬蹄形状の掘削のため土圧バランスがよく、地表面沈下の抑制が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> 頂部導坑は円形形状でより土圧バランスがよく、見直し後の標準案（当初計画案）に比べ補助工法の範囲も広くなり、側壁側の頂部導坑を仮インバートで早期に閉合することで、地表面沈下の抑制がより期待できる
施工環境	<ul style="list-style-type: none"> 導坑内での作業のため、振動・騒音の抑制が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> 導坑内での作業のため、振動・騒音の抑制が期待できる 施工機械は、軟岩トンネル掘進機等の活用により、施工時の振動・騒音の抑制がより期待できる

② 迎え掘りによる導坑断面変化部の施工方法検討

- [検討内容] ・土被りが特に小さいバス転回場や地下埋設物交差部（市道217号等）において、釜利谷JCT側からのみの施工で計画していた当初計画案に対して、迎え掘りによる両側からの施工方法を検討した。
- [効果] ・市道217号交差部：迎え掘りにより先受け工を3分割にすることで打設長を短くでき、打設精度の向上によりライフライン施設との離隔が大きく確保できるため、より安全な施工が計画できる。
- ・バス転回場下：迎え掘りにより大断面から小断面への掘削が可能となるため、縫返し施工が不要となり地山の緩みが低減できる。

釜利谷JCT
(東側)



神戸橋
(西側)

	当初計画案	検討案
市道217号 交差部		
バス転回場		

③ 低土被り部における函体頂版厚さの低減検討

- [検討内容] ・頂版部のハンチ形状を見直し、頂版厚さの低減を検討した。
- [効果] ・ハンチ形状の変更により、頂版厚に対し有効断面が大きくなるため、頂版部全体の厚さを低減できる。
また、頂版厚さの低減により土被り厚が増すことになり、導坑掘削時の地表面への影響を低減できる。

	当初計画案	検討案
ハンチの形状概要	1:1 (650:650)	1:3 (500:1500)
概要	<p>例：④ブロック（土被りが最小）</p> <p>土被り 1.4m</p>	<p>土被り 1.8m</p>