

庄戸トンネル施工技術検討会

第4回検討会  
資料

令和元年 7月11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. 地質状況       | 3  |
| 3. 地下水の変動抑制対策 | 4  |
| 4. 施工中の観測結果   | 7  |
| 5. 縦断耐震検討     | 8  |
| 6. 全体施工計画の進め方 | 10 |

# 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

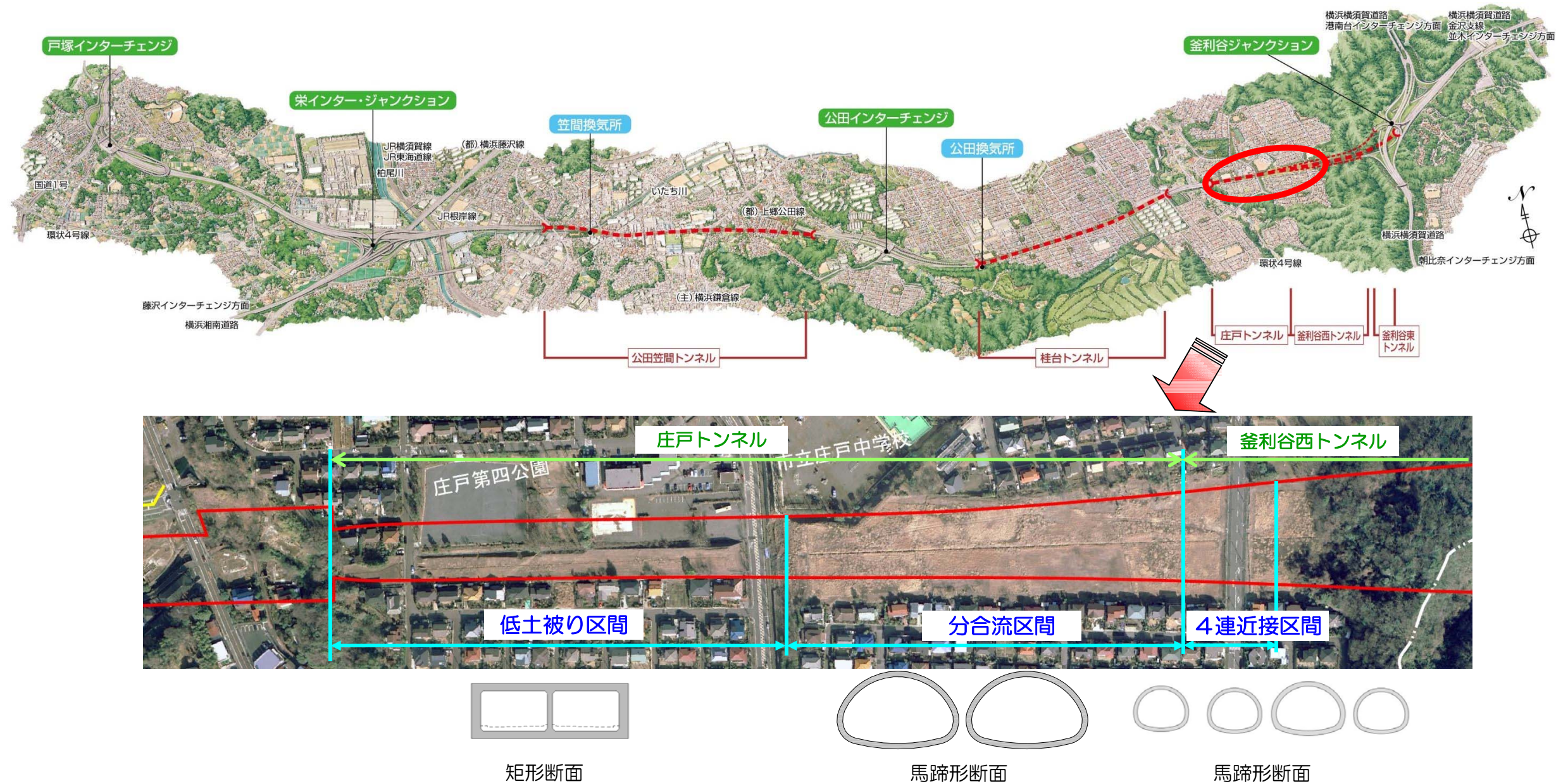


図1.1 庄戸トンネル・釜利谷西トンネル全体位置



1-4. 検討フロー

以下に検討フローを示す。

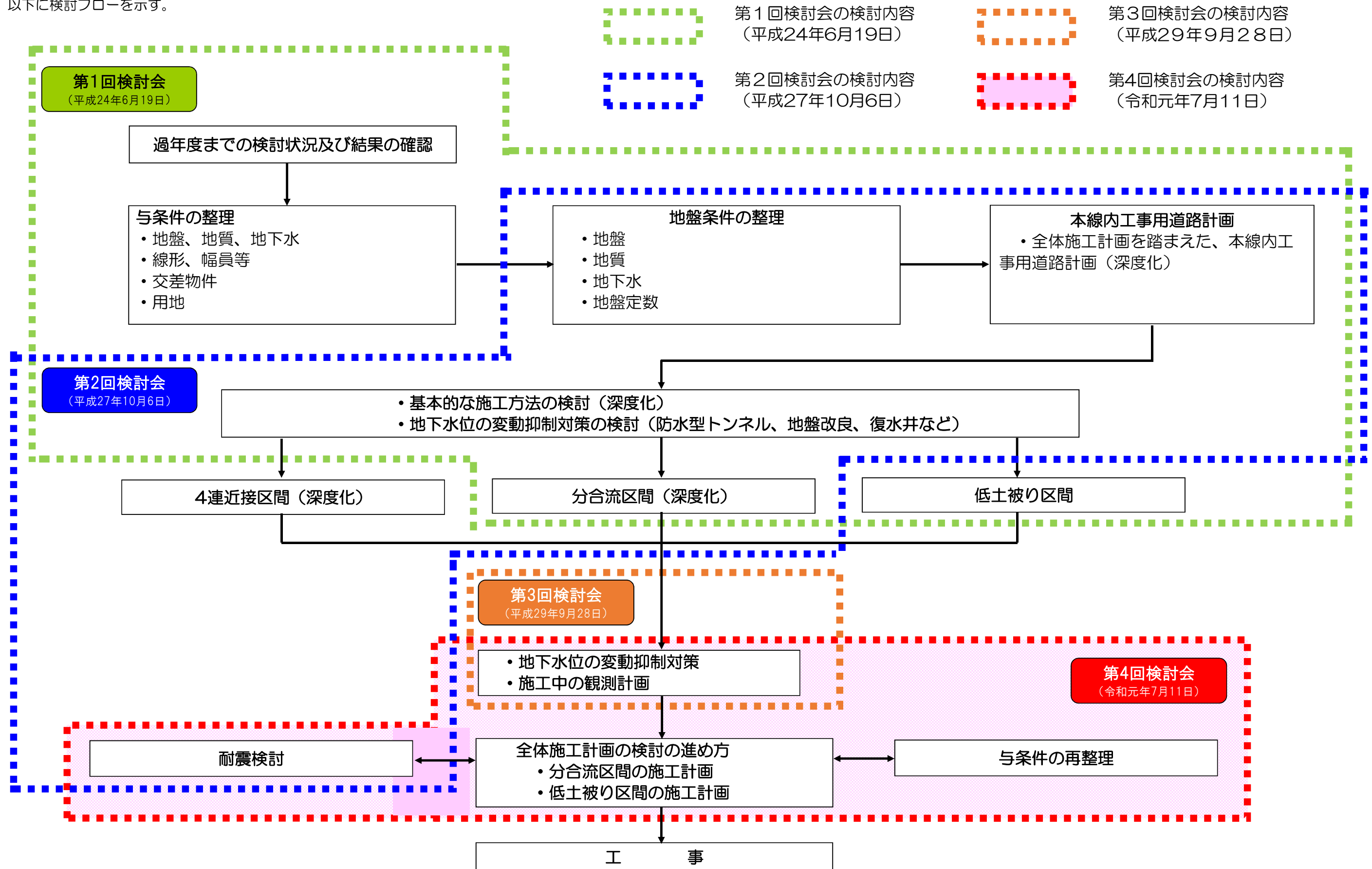


図1.2 検討フロー図

## 2. 地質状況

- 地質
- 丘陵地における地質は、新第三紀鮮新世～第四紀前期更新世の上総層群で構成されている。
  - 谷部については、宅地造成による盛土がなされている。
  - トンネル施工において、調査、設計時に設定したとおりの地質性状を確認することができた。

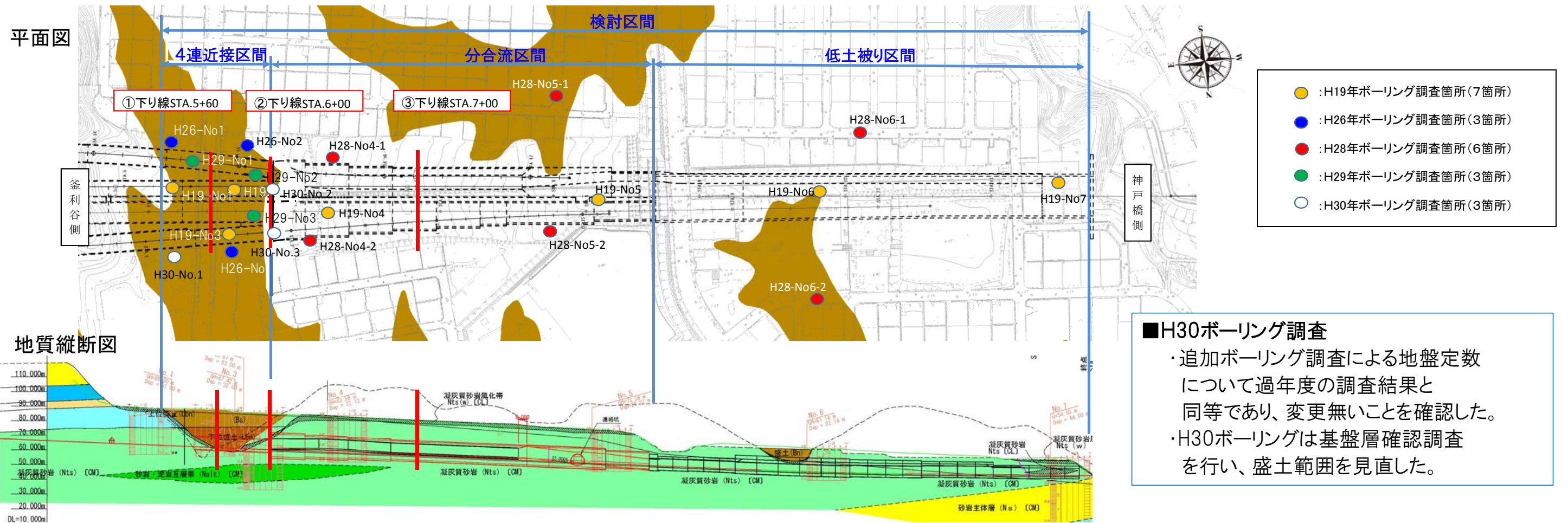
地山（上総層群） ・当区間に分布する基盤層(上総層群)は、野島層(上総層群の最下部層)と呼ばれる軽石類を含む凝灰質な砂岩、砂岩・泥岩の互層、泥岩などからなる。

・トンネルのほとんどはこの地山を通過し、橋梁(神戸橋)の基礎はこの地山を支持地盤としている。

造成盛土

・当区間のうち、宅地造成によって盛土された場所は、丘陵地の旧谷部及びいたち川周辺低地に分布している。その盛土材は、砂岩、泥岩などで構成されている。

・庄戸トンネルの一部が、この造成盛土箇所を通過する。

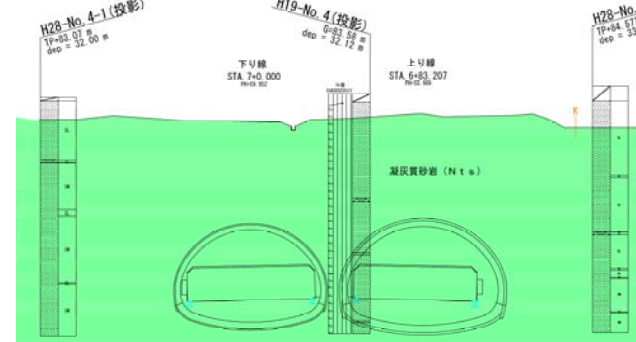
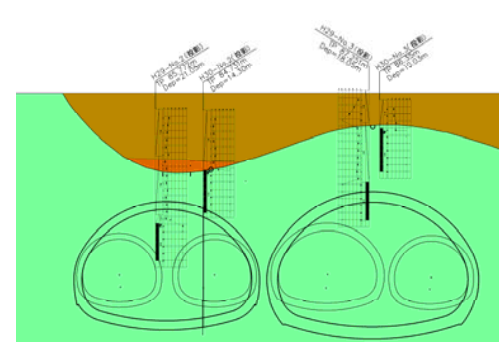
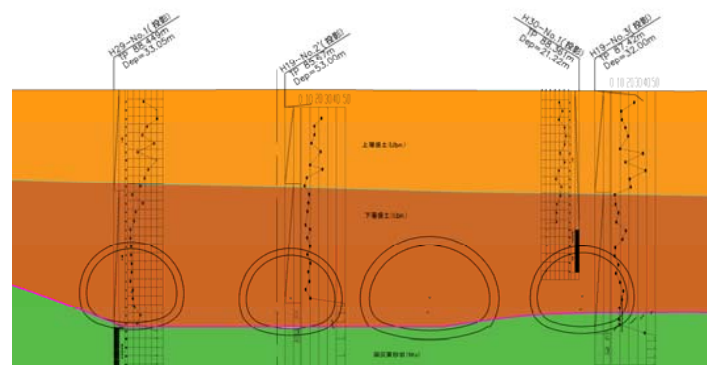


地質横断面図

①下り線STA.5+60

②下り線STA.6+00

③下り線STA.7+00



地質概要

| 番号 | 地質記号 | 地質                     | 透水係数(m/s)  | 被圧地下水 | 間隙水圧 | N値  | E(kN/m <sup>2</sup> ) |
|----|------|------------------------|--|-------|------|-----|-----------------------|
| ①  | Ubn  | 上位盛土<br>(砂・レキ・シルト・粘性土) | $3.09 \times 10^{-8}$<br>~ $7.50 \times 10^{-7}$ | 未調査   | -    | 16  | 11,200                |
| ②  | Lbn  | 下位盛土<br>(砂・レキ・シルト・粘性土) | $1.40 \times 10^{-6}$<br>~ $6.79 \times 10^{-4}$ | 未調査   | -    | 8   | 5,400                 |
| ③  | Nts  | 野島層・凝灰質砂岩              | $6.48 \times 10^{-6}$<br>~ $1.27 \times 10^{-7}$ | 未調査   | -    | 126 | 369,000               |



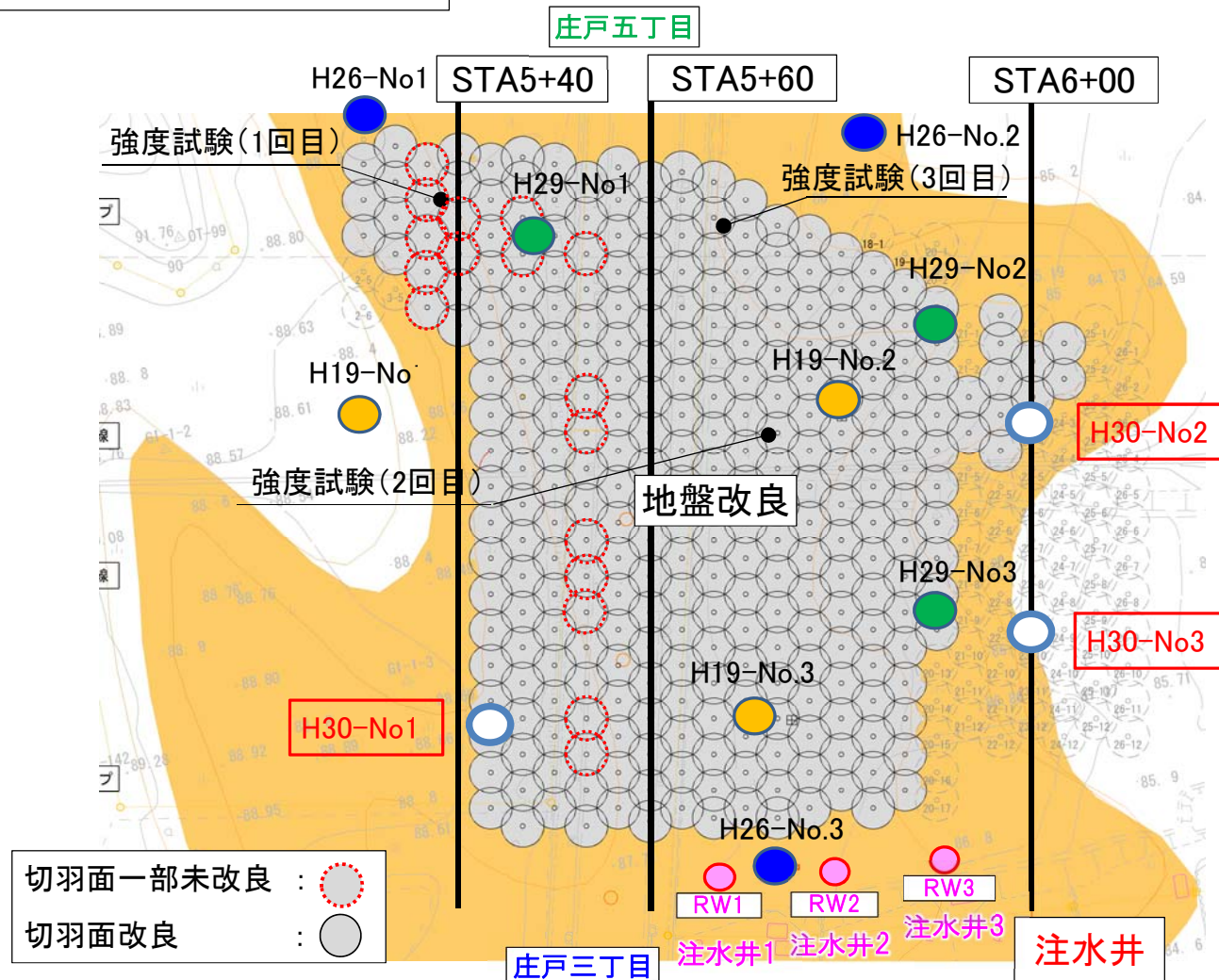
### 3. 地下水の変動抑制対策

第2回及び第3回庄戸トンネル施工技術検討会において、トンネル構築による周辺地下水の変動を抑制する対策を講じることとしており現地施工を実施した。

- ①地盤改良・・・地盤の安定性向上と工事中の止水性向上を図るため地盤改良を実施。確実な改良効果を図るため地上からの高圧噴射攪拌工法を採用。H30年度ボーリングにより施工範囲の見直しを実施。地盤改良後の物性については設計強度3MN/m<sup>2</sup>に対し、現地施工において約7MN/m<sup>2</sup>の強度を確認。
- ②注水井・・・地盤改良による一時的な地下水位の低下対策として注水井（リチャージウェル）を設置。

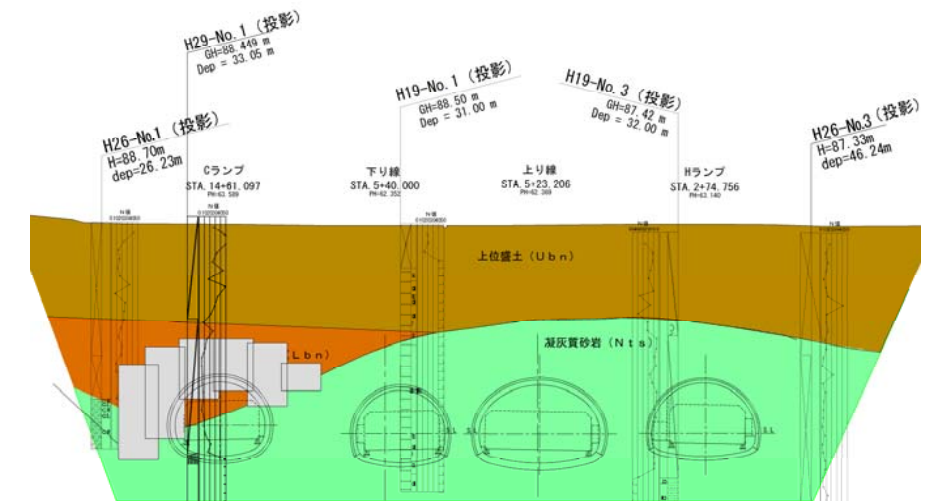
#### ①地盤改良の実施結果について

地盤改良および注水井(平面図)

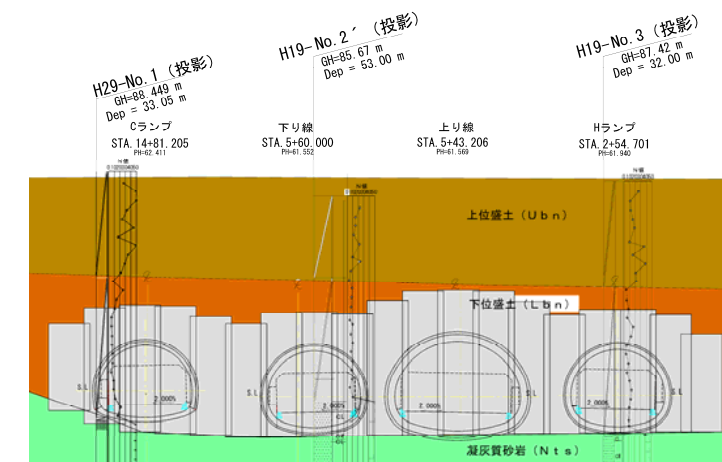


地盤改良(横断図)

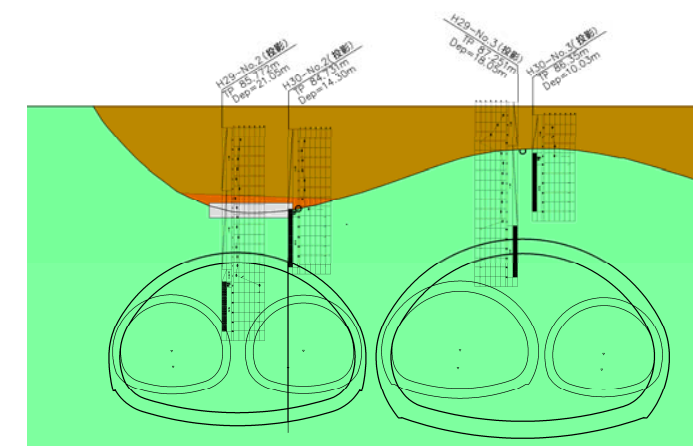
STA5+40



STA5+60



STA6+00



#### 地盤改良工事 基本事項

##### 【基本的事項】

- ・改良径: 4.5m/本
- ・本数: 約340本 ⇒ 約290本
- ・改良体積: 約46,000m<sup>3</sup> ⇒ 約45,000m<sup>3</sup>

##### [地盤改良後の物性について]

- ・設計強度: 3MN/m<sup>2</sup>
- ・一軸圧縮強度(材齢28日強度)
- 1回目: 7.3MN/m<sup>2</sup>
- 2回目: 6.0MN/m<sup>2</sup>
- 3回目: 7.2MN/m<sup>2</sup>



## ②注水井

注水井（リチャージウェル）は、現地通水試験の結果から注水能力を検討し、井戸構造を砕石壁から注水井へと変更したものの。

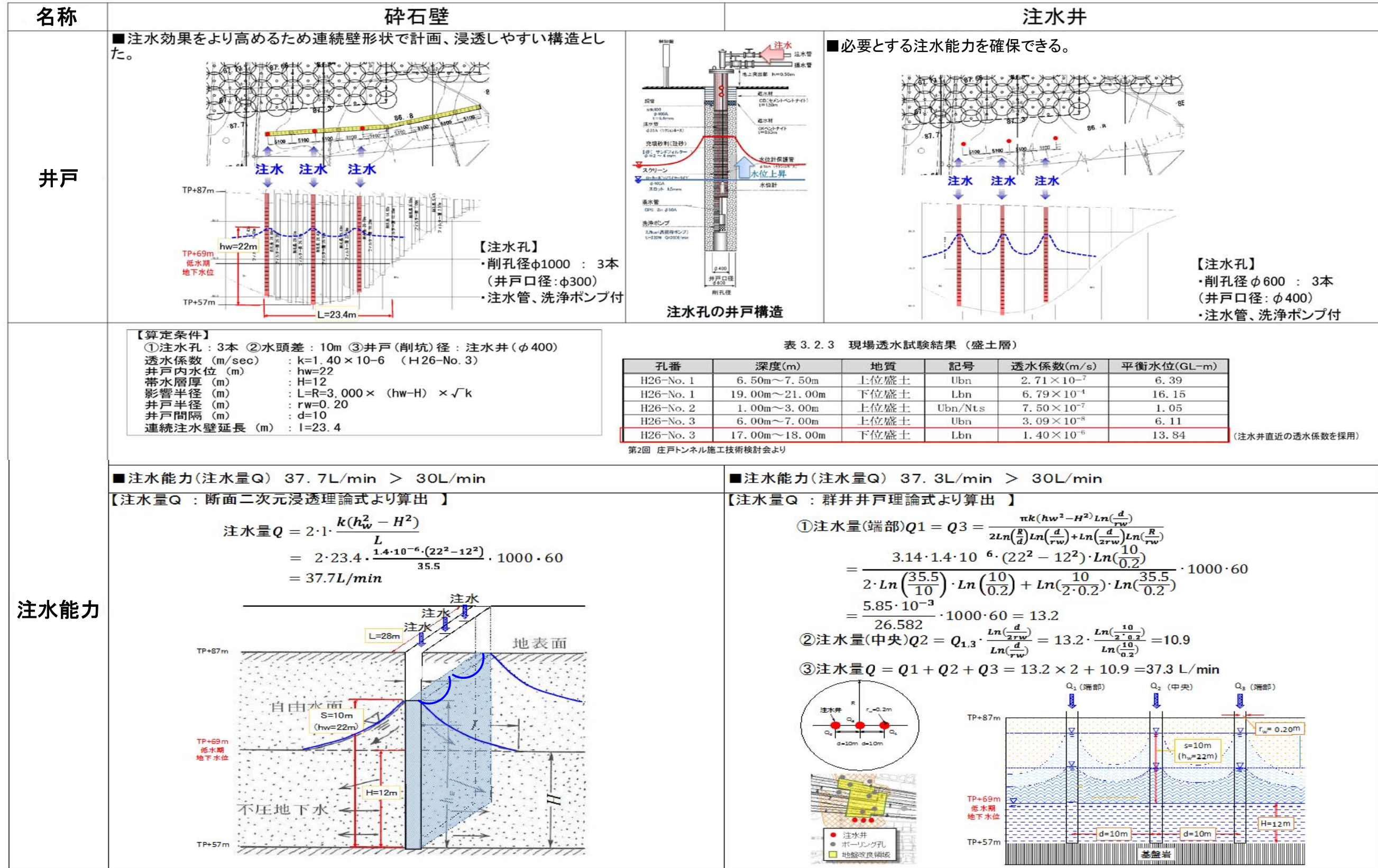


表 3.2.3 現場透水試験結果（盛土層）

| 孔番        | 深度(m)         | 地質   | 記号      | 透水係数(m/s)             | 平衡水位(GL-m) |
|-----------|---------------|------|---------|-----------------------|------------|
| H26-No. 1 | 6.50m~7.50m   | 上位盛土 | Ubn     | 2.71×10 <sup>-7</sup> | 6.39       |
| H26-No. 1 | 19.00m~21.00m | 下位盛土 | Lbn     | 6.79×10 <sup>-4</sup> | 16.15      |
| H26-No. 2 | 1.00m~3.00m   | 上位盛土 | Ubn/Nts | 7.50×10 <sup>-7</sup> | 1.05       |
| H26-No. 3 | 6.00m~7.00m   | 上位盛土 | Ubn     | 3.09×10 <sup>-8</sup> | 6.11       |
| H26-No. 3 | 17.00m~18.00m | 下位盛土 | Lbn     | 1.40×10 <sup>-6</sup> | 13.84      |

（注水井直近の透水係数を採用）

第2回 庄戸トンネル施工技術検討会より



# 注水井の試験結果について

|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| 試験期間: H30年6月~8月 |   |  |
| 試験時の周辺状況        | <ul style="list-style-type: none"> <li>市道直下部は、地盤改良未実施。</li> <li>市道直下部を地下水の通水領域として確保。</li> </ul> |  |
| 注水井             | 注水井諸元(構造)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>直径: <math>\phi 400\text{mm}</math> (掘削径 <math>\phi 600\text{mm}</math>)</li> <li>井戸深さ: 約30m</li> <li>設置数: 3本</li> </ul> |
|                 | 注水可能量   | <ul style="list-style-type: none"> <li>【設計】 1本あたり 約10 ~ 13L/min</li> <li>【試験結果】 1本あたり 30 ~ 120L/min (RW1・2: 120L/min, RW3: 30L/min)</li> </ul>                 |

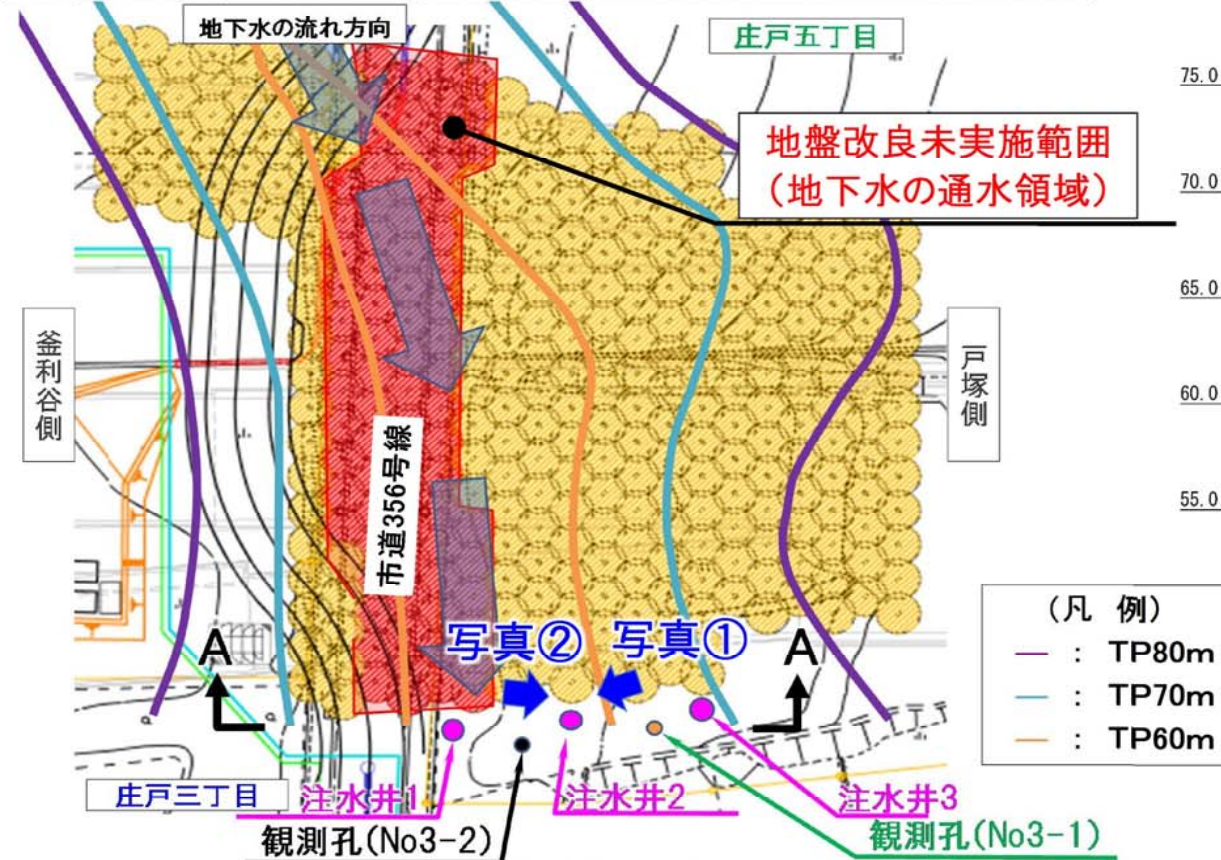
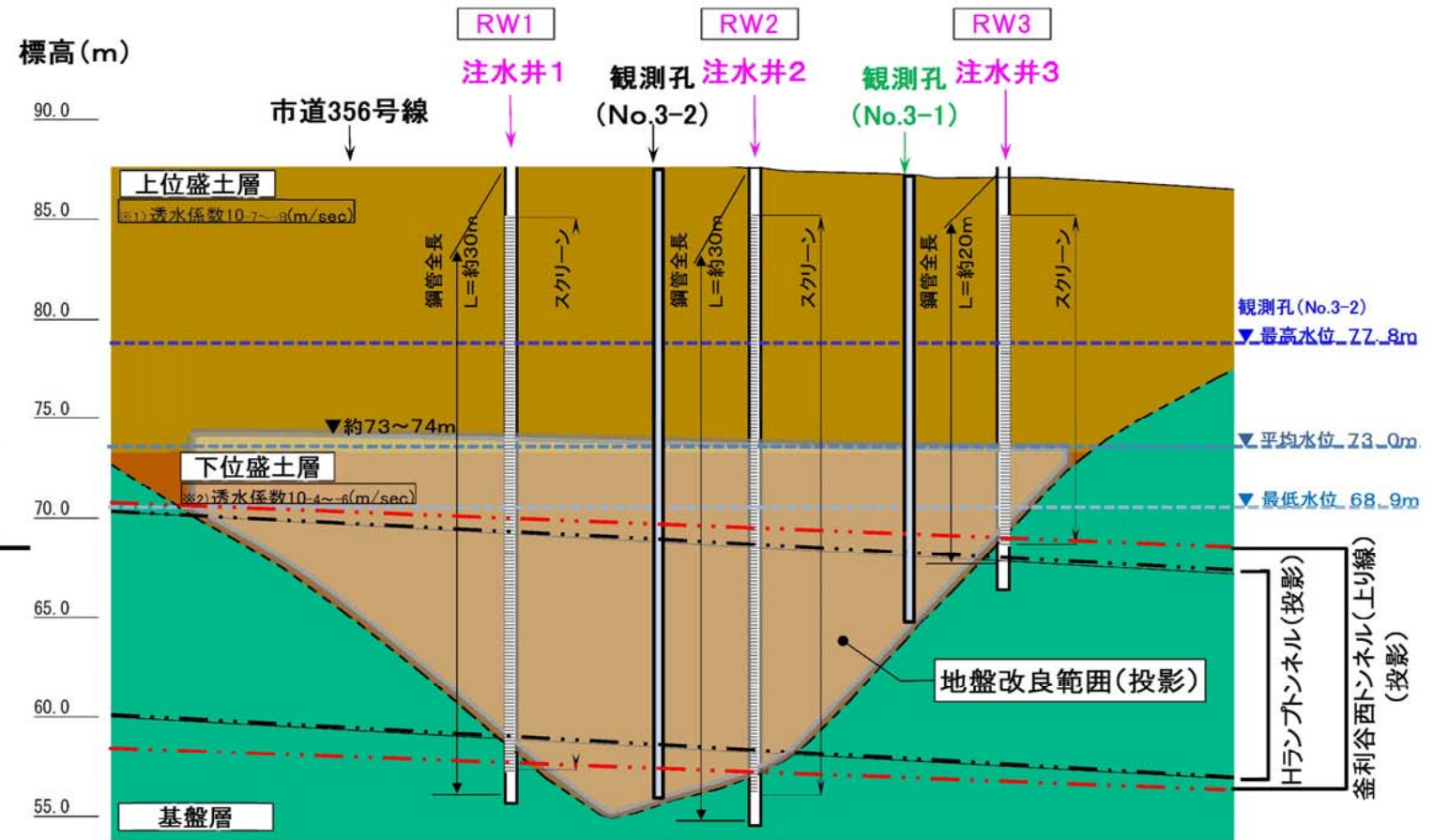


図1: 注水井配置(平面図)



※1,2) 観測孔No1-2, 2-2, 3-2の透水試験結果(第2回 庄戸トンネル施工技術検討会より)

図2: 注水井配置(A-A断面図)

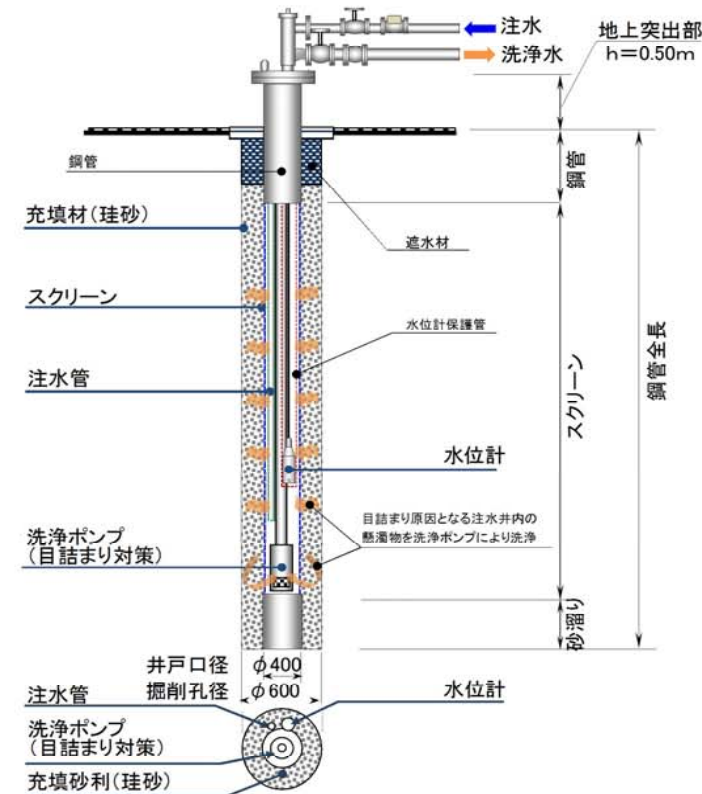


図3: 注水井構造図



写真1: 注水井設置状況



## 4. 施工中の観測結果

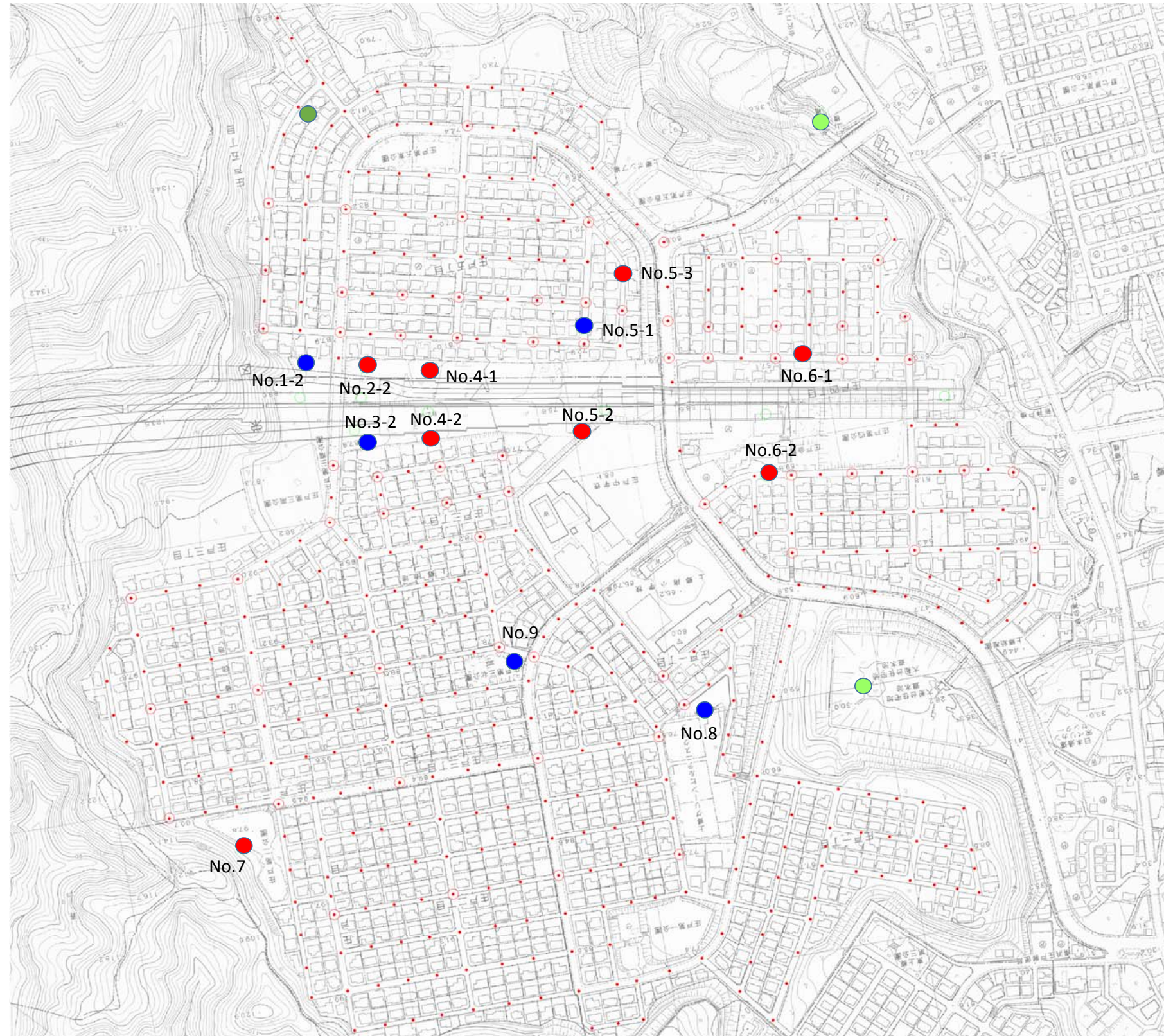
第3回庄戸トンネル施工技術検討会で計画した観測計画に基づき測量を定期的を実施。

### 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)

### ■観測結果

#### ・地表面高さ測定

(道路現況高さ測定(水準測量))

地表面高さの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の影響により、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。



## 5. 縦断耐震検討

第2回検討会において実施することとしたトンネル縦断耐震の検討結果は、本体及び目地部について以下の対応により安全性を満足することを確認した。

- ・4連近接区間、低土被り区間及び構造変化点（4連近接区間と分合流区間の接合部、分合流区間と低土被り区間の接合部）に伸縮継目を設置する。
- ・分合流区間の棲壁部は、せん断に対してせん断補強筋のランプアップもしくは配筋間隔の見直しを行う。

### (1) 検討概要

一般的に、地山が良好なトンネル構造物においては、地震の影響を考慮する必要はないとされている。本トンネルは凝灰質砂岩を主体とした堅固な地山（N値換算126）を基盤としているが、4連近接区間・低土被り区間において一部盛土区間となることから、トンネル構造決定にあたって耐震検討を実施する。検討はFEM三次元解析による。

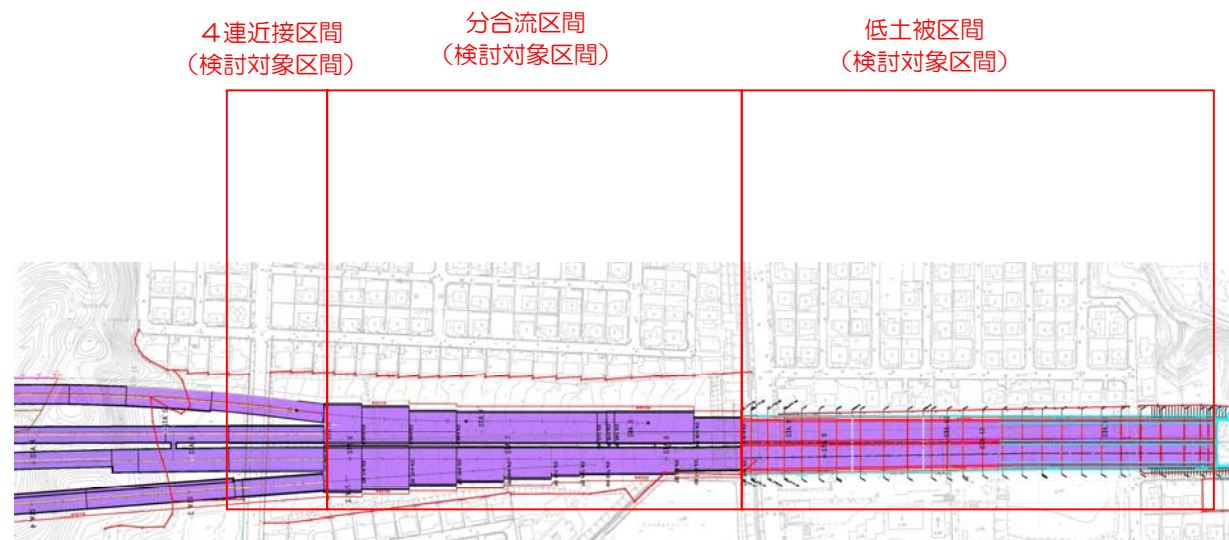


図1 平面図

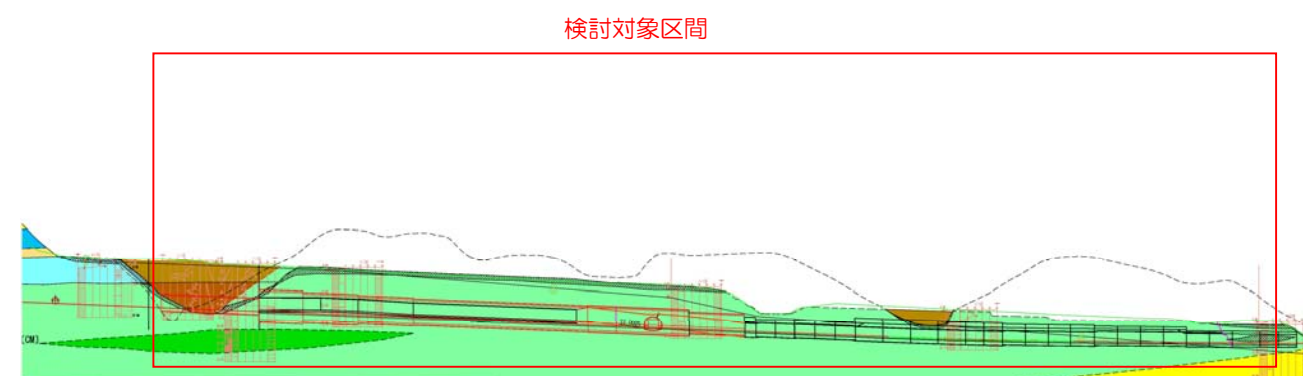


図2 縦断図

### (2) 目標性能

目標とする耐震性能は下表のとおり。

| 項目    | レベル1地震動                     | レベル2地震動                 |
|-------|-----------------------------|-------------------------|
| 構造安全性 | 人命に危害を与えない                  |                         |
| 供用性   | 地震直後にも通常の供用が可能である           | 地震直後にも緊急車両の通行が可能である     |
| 復旧性   | 耐久性を確保するためのクラックの補修等に対処可能である | 補修・補強により建設当初の機能回復が可能である |

### (3) 照査指標

目標性能に対する照査指標は下表のとおり。

| 縦断方向検討 | レベル1地震動 |             | レベル2地震動 |             |
|--------|---------|-------------|---------|-------------|
|        | 作用力     | 判定指標        | 作用力     | 判定指標        |
| 本体照査   | 引張応力度   | ≦ 許容引張応力度   | 引張力     | ≦ 引張耐力      |
|        | 圧縮応力度   | ≦ 許容圧縮応力度   | 圧縮力     | ≦ 圧縮耐力      |
|        | せん断応力度  | ≦ 許容せん断応力度  | せん断力    | ≦ せん断耐力     |
| 継目部の照査 | 函体接触    | ≦ 許容圧縮応力度   | 函体接触    | ≦ 圧縮耐力      |
|        | 目開き・ずれ  | ≦ 許容目開き・ずれ量 | 目開き・ずれ  | ≦ 許容目開き・ずれ量 |
| 棲壁の照査  | 曲げ応力度   | ≦ 許容曲げ応力度   | 曲げモーメント | ≦ 曲げ耐力      |
|        | せん断応力度  | ≦ 許容せん断応力度  | せん断力    | ≦ せん断耐力     |



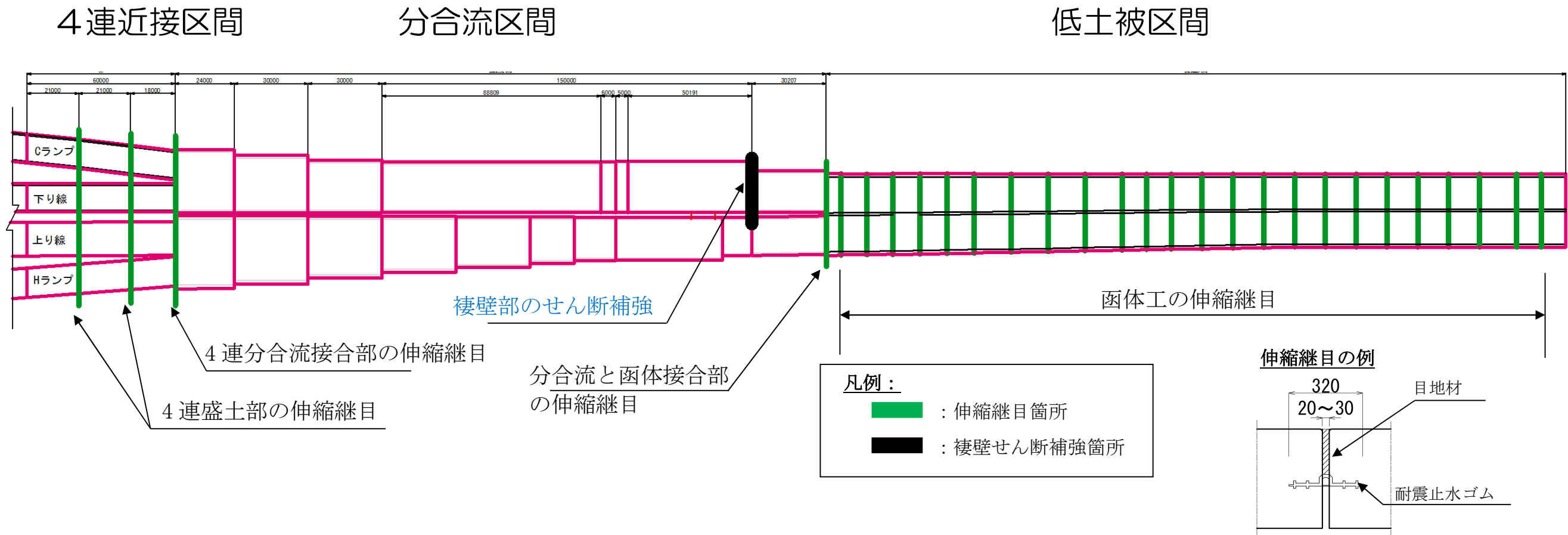
(4) 入力地震動

入力波は、下表に示す地盤波形を、軸方向、軸直角方向に入力する。

| 震動動  |        | 名称 (記録場所及び成分)   | 加速度波形 |  |
|------|--------|---|-------|--|
| レベル1 |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>1978年宮城県沖地震 開北橋周辺地盤 (LG)</li> </ul>  |       |  |
| レベル2 | タイプ I  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2003年十勝沖地震 清水道路維持出張所構内地盤上 (EW)</li> <li>2011年東北地方太平洋沖地震 開北橋周辺地盤上 (EW)</li> <li>2011年東北地方太平洋沖地震 新晩翠橋周辺地盤上 (NS)</li> </ul> |       |  |
|      | タイプ II | <ul style="list-style-type: none"> <li>1995年兵庫県南部地震 神戸海洋気象台 (NS)</li> <li>1995年兵庫県南部地震 神戸海洋気象台 (EW)</li> <li>1995年兵庫県南部地震 猪名川架橋予定地点周辺地盤上 (NS)</li> </ul>        |       |  |

(5) 検討結果

4連近接盛土区間、低土被り区間及び構造変化点 (4連近接区間と分合流区間の接合部、分合流区間と低土被り区間の接合部) に伸縮継目を設置することで、一部棲壁部のせん断補強を必要とする以外は、トンネル本土工及び継目部は全て耐震性能を満足する結果となった。







② 低土被り区間の施工計画

- ・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)<br>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<br>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<br>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"> <li>・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</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・案2と施工順序は同様</li> <li>・頂部導坑を円形に掘削する方法</li> </ul> |
| 概要図        |  |   |  |
| 施工性        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工機械がすれ違えず、その都度機械の入れ替えが必要</li> <li>・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</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工機械がすれ違えるため、施工性はよい</li> <li>・函体構築時に余裕があるため、施工性はよい</li> </ul>                       |  |
| 安全性<br>确实性 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・長方形の形状のため、側圧に対する検討は必要</li> <li>・導坑内での作業のため、振動・騒音の抑制が期待できる</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・導坑内での作業のため、振動・騒音の抑制が期待できる</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・頂部導坑は円形でより土圧バランスがよい。</li> </ul>                |