

## 2. トンネル坑内土砂撤去と大断面トンネル部の再掘削について

- 1. 現在の状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ P1～5
- 2. トンネル坑内土砂撤去・・・・・・・・・・・・・・・・ P6～9
- 3. 大断面トンネル部の再掘削・・・・・・・・・・・・ P10～14

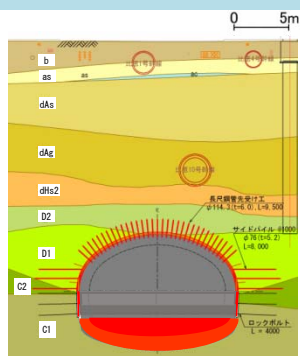
令和元年11月7日(木)

福岡市交通局

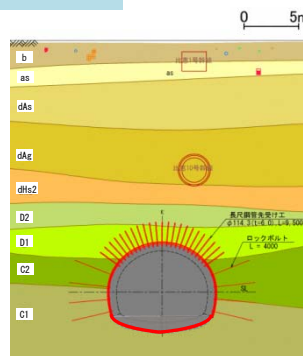
# 1. 現在の状況

# 1. 現在の状況

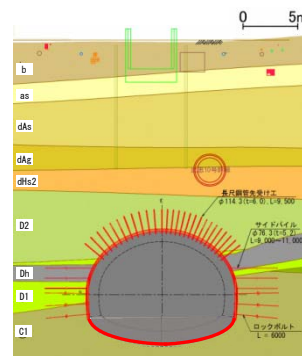
## (1) トンネル坑内の状況【掘削完了状況】



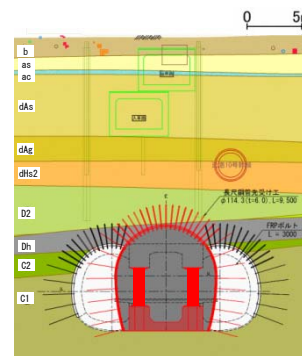
①: 大断面トンネル(全断面掘削完了)



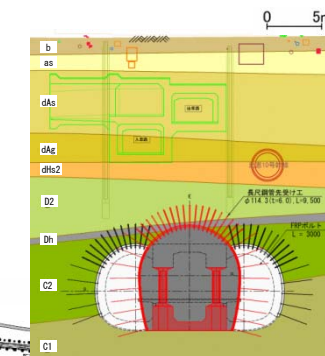
②: 標準トンネル I 型(全断面掘削完了)



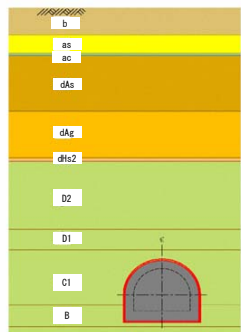
③: 標準トンネル II 型(全断面掘削完了)



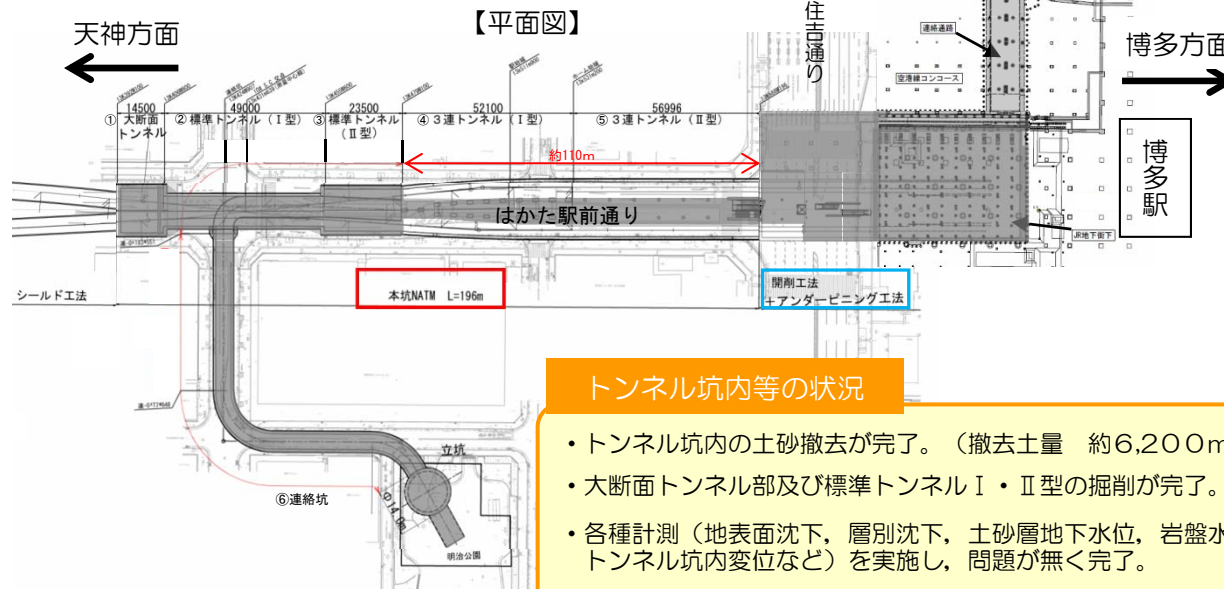
④: 3連トンネル I 型(中央坑掘削完了)



⑤: 3連トンネル II 型(中央坑掘削完了)



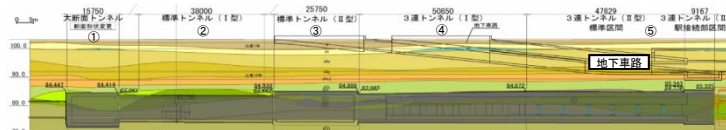
⑥: 連絡坑トンネル(全断面掘削完了)



**トンネル坑内等の状況**

- ・トンネル坑内の土砂撤去が完了。(撤去土量 約6,200m<sup>3</sup>)
- ・大断面トンネル部及び標準トンネル I・II型の掘削が完了。
- ・各種計測(地表面沈下, 層別沈下, 土砂層地下水位, 岩盤水頭, トンネル坑内変位など)を実施し, 問題が無く完了。

### 【縦断面図】



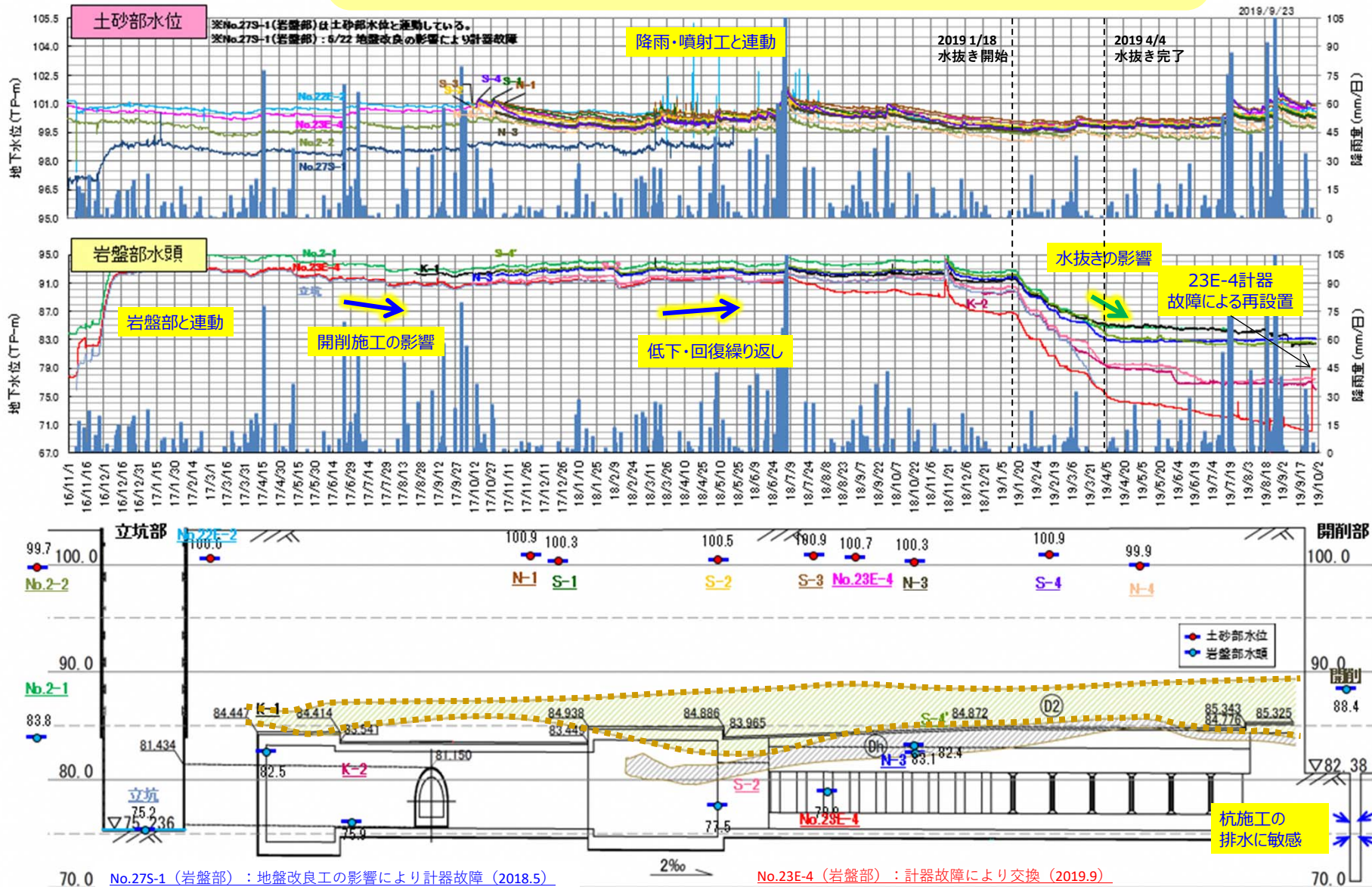
-凡例-

	: 未掘削箇所
	: 掘削済箇所
	: 構築済箇所

# 1. 現在の状況

## (2) 計測状況【地下水位】

- ①トンネル坑内の水抜きが完了した（2019年4月4日）。
- ②大断面トンネルの掘削が完了した（2019年9月26日）。
- ③土砂部地下水位は、降雨量に連動する範囲で変動している。  
岩盤部地下水頭は、坑内水抜き完了以降顕著な変動は見られない。



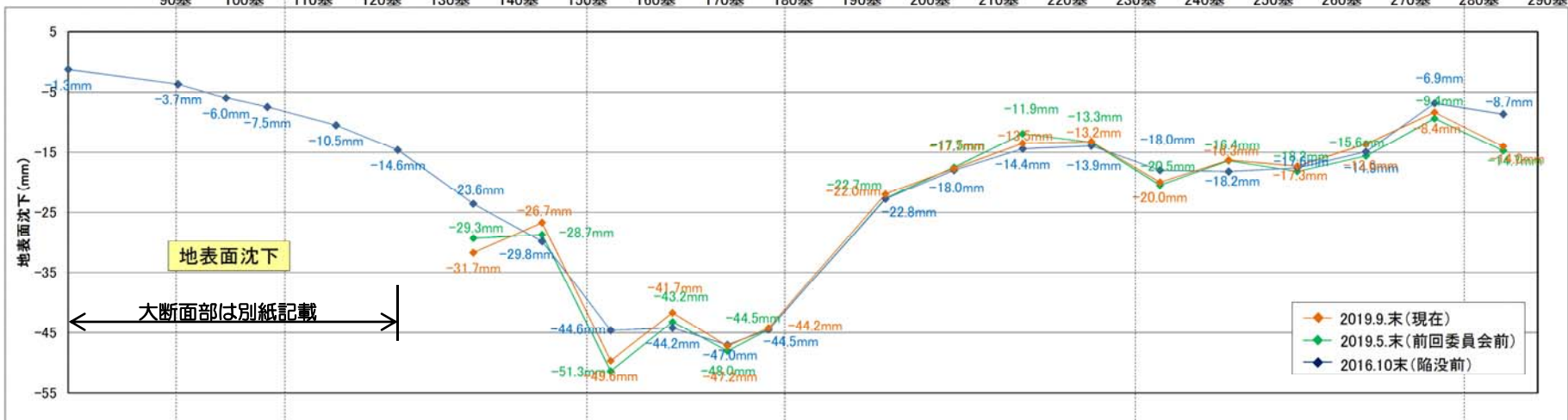
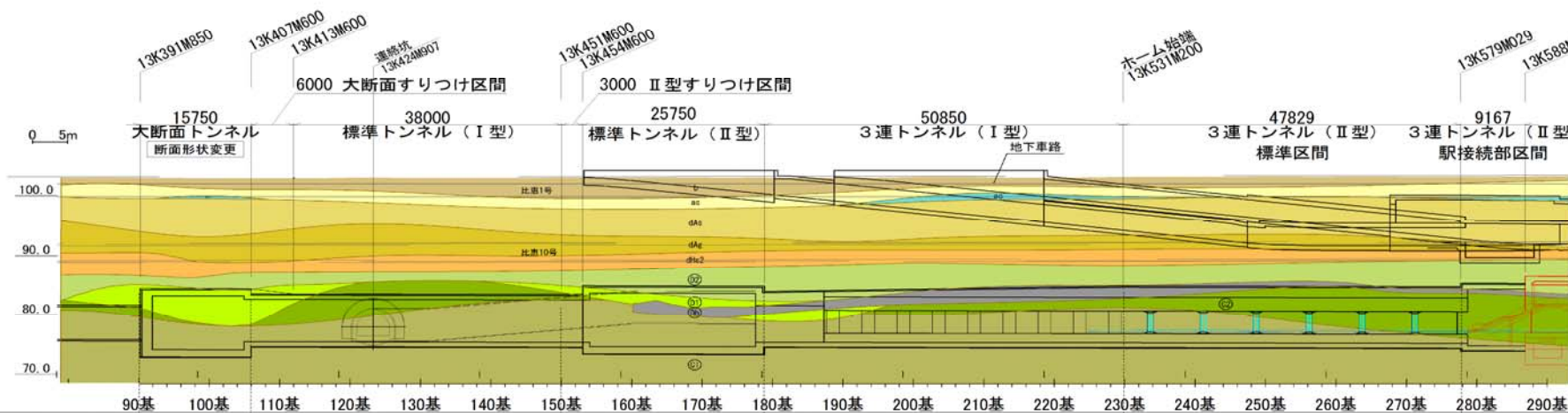


# 1. 現在の状況

## (2) 計測状況【地表面沈下】

### 【地表面沈下】

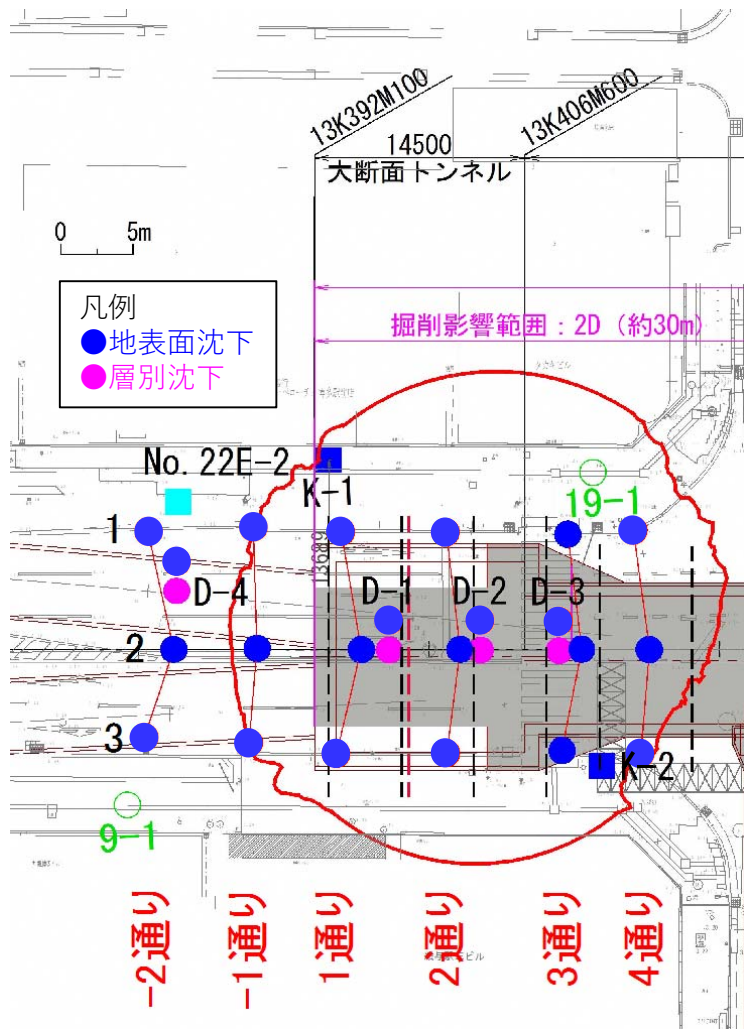
- 道路陥没前，標準トンネルⅡ型（上下半掘削完了）で最大47.0mmの地表面沈下が生じた。
- 水抜き後の前回委員会開催時（2019年5月）から大きな変化は生じていない。



# 1. 現在の状況

## (2) 計測状況【大断面部の地表面沈下・層別沈下】

- ・地表面沈下量は、1～4mm程度であり、一次管理値未満であった。
- ・層別沈下量は、1～2mm程度であり、一次管理値未満であった。



※2019/9/30時点

+ : 隆起 - : 沈下

計測項目	測点	計測値 (mm)	評価	備考
●地表面沈下 ※数値は中央の値	-2通り	-1.2	一次管理値未満 (< -15mm)	初期値 2019/7/1 (再掘削前)
	-1通り	-3.7	一次管理値未満 (< -15mm)	
	1通り	-3.0	一次管理値未満 (< -15mm)	
	2通り	-3.3	一次管理値未満 (< -15mm)	
	3通り	-2.8	一次管理値未満 (< -15mm)	
	4通り	-3.2	一次管理値未満 (< -15mm)	
●層別沈下 (D2層 絶対変位)	D-1	-2.0	参考値	初期値 2019/1/10 (水抜き前)
	D-2	-2.3	参考値	
	D-3	-0.2	一次管理値未満 (< -21mm)	
	D-4	-1.2	一次管理値未満 (< -17mm)	

## 2. トンネル坑内土砂撤去

## 2. トンネル坑内土砂撤去

### (1) 土砂の堆積範囲（土砂撤去着手時点）

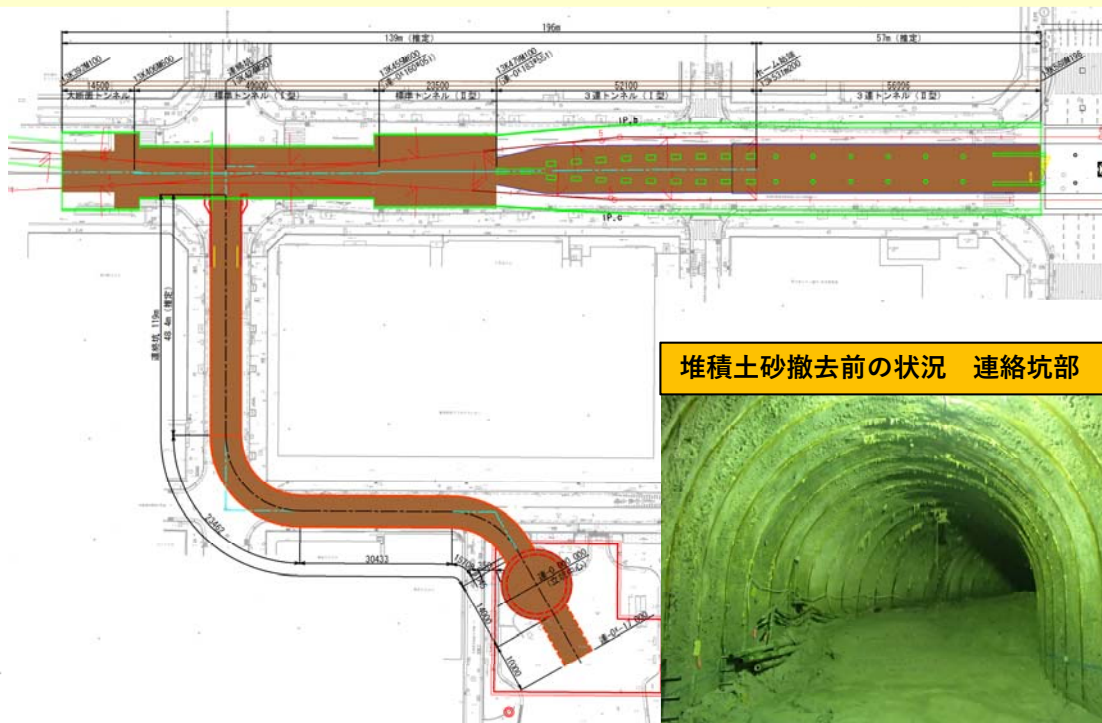
道路陥没によりトンネル坑内へ流入した土砂については、平成31年4月25日より撤去を開始し、令和元年9月30日に完了した。

凡例

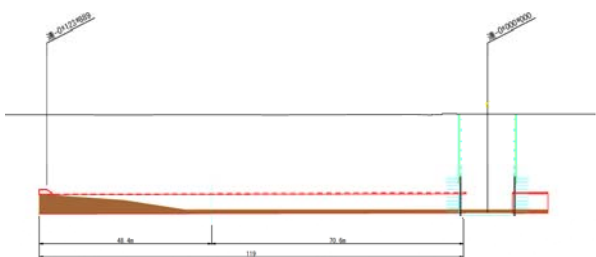
堆積土砂

土砂撤去時の計測項目

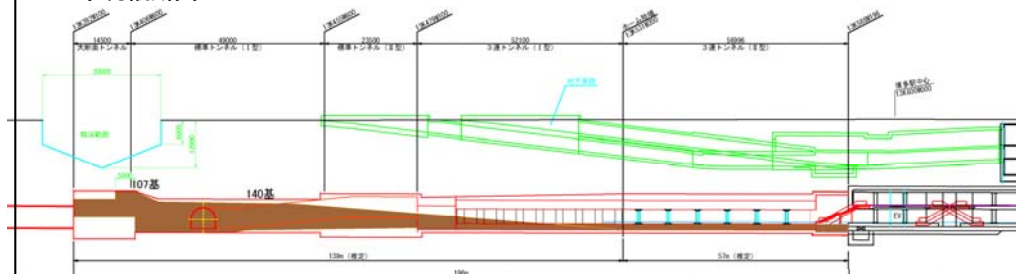
- 地表面沈下量
- 層別沈下量
- 土砂水位
- 岩盤水頭
- 排水量
- 坑内傾斜
- トンネル坑内変位
- 埋設物沈下量
- 周辺建物傾斜



連絡坑縦断面図



本坑縦断面図



堆積土砂撤去前の状況 連絡坑部



堆積土砂 場外搬出





## 2. トンネル坑内土砂撤去

### (2) 土砂の性状など

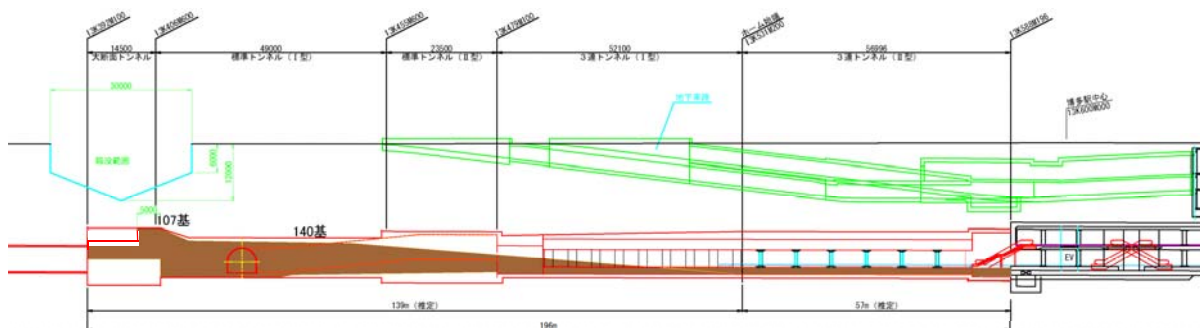
明治公園立坑土砂ピットの堆積土砂



#### 堆積土の性状等

- 土質
  - ・主に砂質土
- 土壌検査
  - ・全体で7地点の試料採取を行い、土壌試験を実施。
  - 全て基準値内であり、堆積土に環境上の問題が無いことを確認。

本坑縦断図



- 堆積土のほとんどが、良質な砂質土であった。
- 大断面部より離れた位置にある立坑付近及び3連トンネル部の一部では細粒分が1 m程度、堆積していた。
- 土砂は、緩く堆積し、大断面部の先進導坑のトンネル上部には約1 m程度の空間があった。

## 2. トンネル坑内土砂撤去

### (3) 土砂撤去時のトンネル坑内の状況

#### ①崩落孔の形状寸法

○崩落孔は、これまでの土質調査の結果より、桃色の太線で示す、トンネル横断方向に1.1m、縦断方向に3.6mの範囲内ではないかと予想していた。

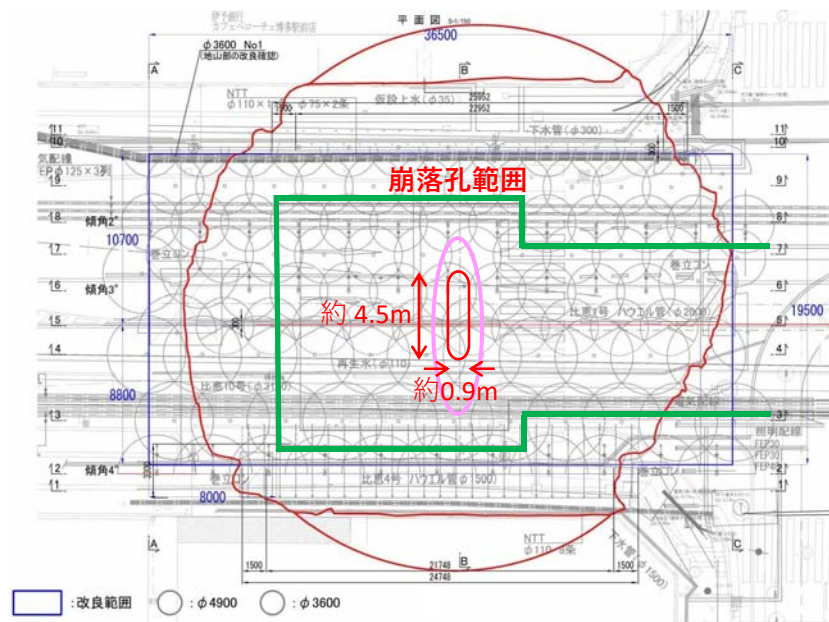


○土砂撤去時に確認された大断面部坑内天端の地盤改良体の形状を崩落孔と考え、その形状は下図のトンネル**横断方向に約4.5m、縦断方向に約0.9m**（鋼製支保工1間分）であった。

#### ②一次覆工の健全性

○吹付コンクリートと鋼製支保については、崩落孔周囲も含めて、**欠損や変形は認められず、漏水もなかった**ことから、一次覆工の健全性は保たれていると考えられる。

#### 平面図



#### 大断面部先進導坑上部の空間

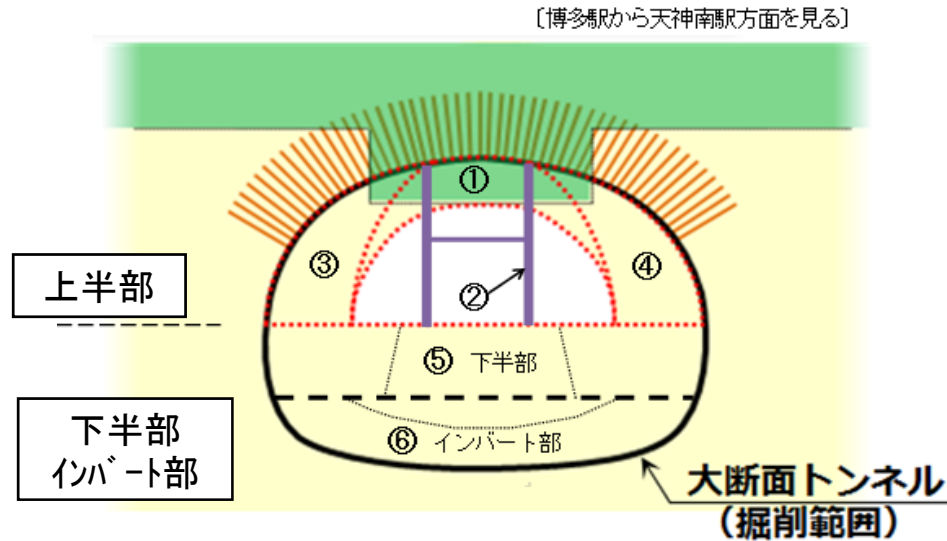


### 3. 大断面トンネル部の再掘削

### 3. 大断面トンネル部の再掘削

#### (1) 掘削手順と施工状況

事故のあったナトム区間の大断面トンネル部について、平成29年12月よりトンネル上部に人工岩盤を形成するための地盤改良を実施し、以後、トンネル内に溜まった水抜き・土砂撤去を経て、令和元年7月12日より再掘削に着手していたが、9月26日に再掘削が完了した。



上半部掘削完了 (8月27日)



掘削完了 (9月26日)

#### 掘削手順

- ① 頂設導坑掘削
- ② 鋼製支保工設置
- ③ 上半右坑掘削
- ④ 上半左坑掘削
- ⑤ 下半掘削
- ⑥ インバート掘削

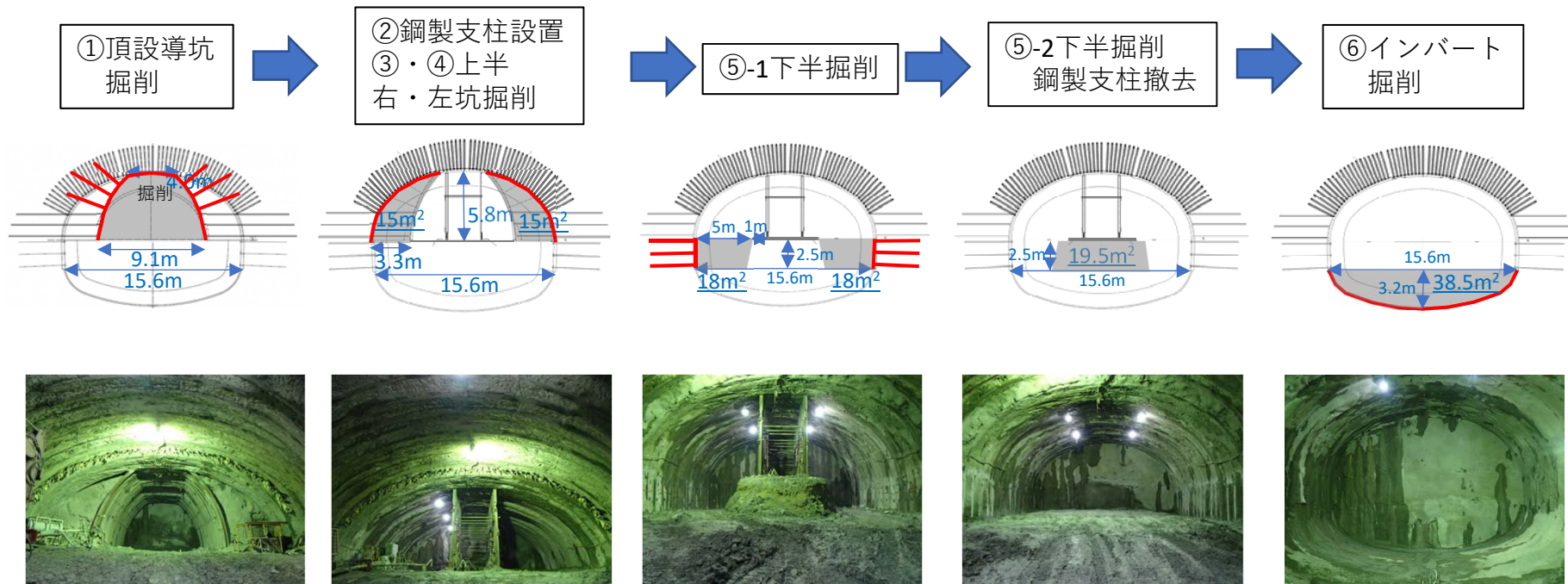
#### 掘削時の計測項目

地表面沈下量  
層別沈下量  
土砂水位  
岩盤水頭  
排水量  
トンネル坑内変位  
鋼製支保工応力  
吹付コンクリート応力  
ロックボルト軸力  
鋼製支柱応力  
埋設物沈下量  
周辺建物傾斜



### 3. 大断面トンネル部の再掘削

#### (1) 掘削手順と施工状況



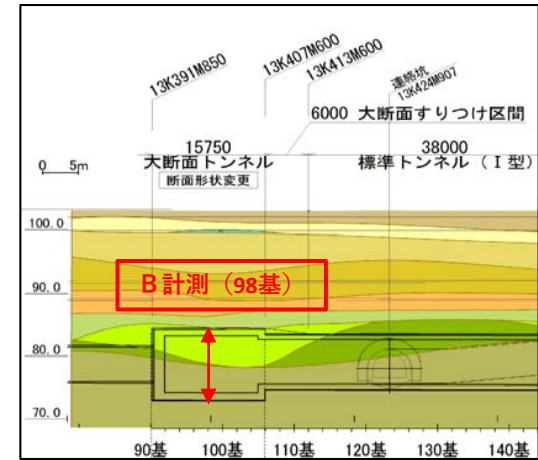
- 上半掘削中に薄いレンズ状の炭質頁岩が認められたが連続性はなかった。
- 上半左坑（北側）の切羽に一部破碎部が認められたが，その際の各種計測値に大きな変化は見られなかった。
- 掘削時の湧水については，滲み水程度であった。



### 3. 大断面トンネル部の再掘削

#### (2) B計測の結果

- 大断面トンネルの概ね中央部において、鋼製支保工応力、吹付コンクリート応力、ロックボルト軸力を計測したが、各施工段階において、大きな変化を示さず、いずれも**1次管理値未満**であった。
- 先進導坑内に頂設導坑を支える鋼製支柱を設置し、その応力を計測したが、これも大きな変化はなく、**1次管理値未満**の値を示し、下半掘削時に撤去した。



項目	①頂設導坑掘削	③・④上半右・左坑掘削	⑤-1下半掘削	⑤-2下半掘削 鋼製支柱撤去	⑥インバート掘削	1次管理値 (許容値の50%)
鋼製支保工 応力 (引張り)	55.8 N/mm <sup>2</sup>	74.3 N/mm <sup>2</sup>	73.8 N/mm <sup>2</sup>	91.4 N/mm <sup>2</sup>	96.5 N/mm <sup>2</sup>	200N/mm <sup>2</sup>
吹付 コンクリート 応力	2.1 N/mm <sup>2</sup>	2.2 N/mm <sup>2</sup>	1.4 N/mm <sup>2</sup>	2.7 N/mm <sup>2</sup>	2.6N/mm <sup>2</sup>	9N/mm <sup>2</sup>
ロックボルト 軸力	9.2kN	---	13.2kN	14.2kN	18.1kN	227kN (参考値) : 降伏応力
先進導坑内 鋼製支柱応力	(柱設置前)	29.3N/mm <sup>2</sup>	32.9N/mm <sup>2</sup>	---	---	123N/mm <sup>2</sup>

※計測値は最大値を表す

### 3. 大断面トンネル部の再掘削

#### (3) 総合的評価

再掘削時のリスク対策として、  
主に地下水対策や地盤の安定化対策について検討し、施工を行った。

#### 【水抜き】

- ・D2層の遮水性低下
- ・周辺地山の不安定化 の対策として

#### 【実施内容】

- ・地盤改良の実施
- ・適切な水抜き速度の設定
- ・エア供給孔(負圧対策)の設置
- ・計測工の強化 等



#### 【結果】

- ・D2層の遮水性確保  
(土砂部と岩盤部の地下水分離)
- ・地表面沈下やD2層の変位抑制  
(1次管理値以内)
- ・エア供給孔を活用したトンネル排水



#### 【土砂撤去】

- ・D2層の遮水性低下
- ・周辺地山の不安定化 の対策として

#### 【実施内容】

- ・隔壁(坑内地盤改良)の設置
- ・計測工の強化 等



#### 【結果】

- ・D2層の遮水性確保  
(土砂部と岩盤部の地下水分離)
- ・地表面沈下やD2層の変位抑制  
(1次管理値以内)



#### 【再掘削】 ①地下水対策 ②切羽安定対策 ③地表面沈下対策として、

#### 【実施内容】

- 地盤改良による人工岩盤の形成
- 掘削手順の細分化等 (上半断面:2分割→4分割, 仮支柱設置等)
- 補助工法[AGF]の増強 (打設ピッチ450mm→300mm, 二重化等)
- 鏡吹付コンクリートの実施
- 計測工の強化 等



#### 【結果】

- ①目立った湧水無し
- ②切羽は安定
- ③地表面沈下やD2層の変位抑制  
(1次管理値以内)

以上の結果から、当委員会で検討を行い実施した  
再掘削のための各対策については、十分な効果があったと評価できる。