

## 2. トンネル坑内水抜き・土砂撤去について

1. 現在の状況	P1～P5
2. トンネル坑内水抜き報告	P6～P8
3. 土砂撤去作業状況	P9～P15
参考資料	P16～P29

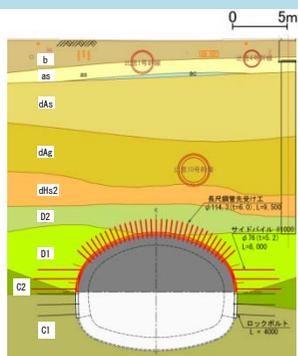
令和元年5月23日(木)

福岡市交通局

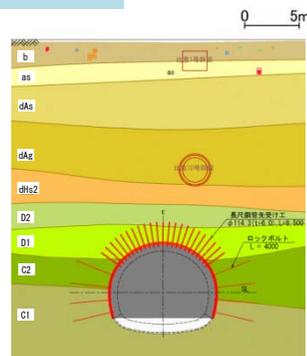
# 1. 現在の状況

# 1. 現在の状況

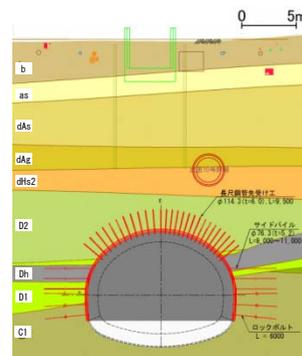
## (1) トンネル坑内の状況【掘削完了状況】



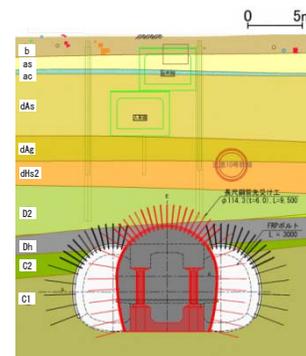
②: 大断面トンネル(上半拡幅掘削完了)



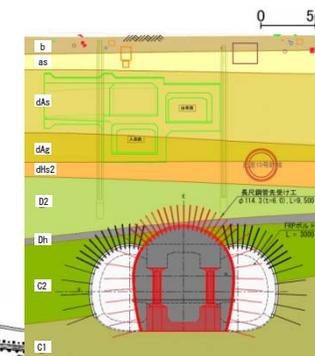
③: 標準トンネル I 型(下半掘削完了)



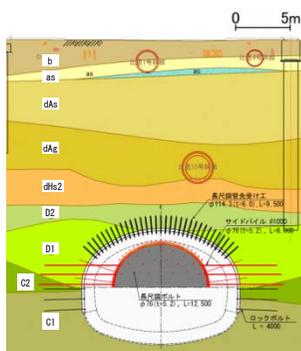
④: 標準トンネル II 型(下半掘削完了)



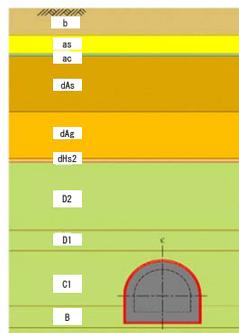
⑤: 3連トンネル I 型(中央坑掘削完了)



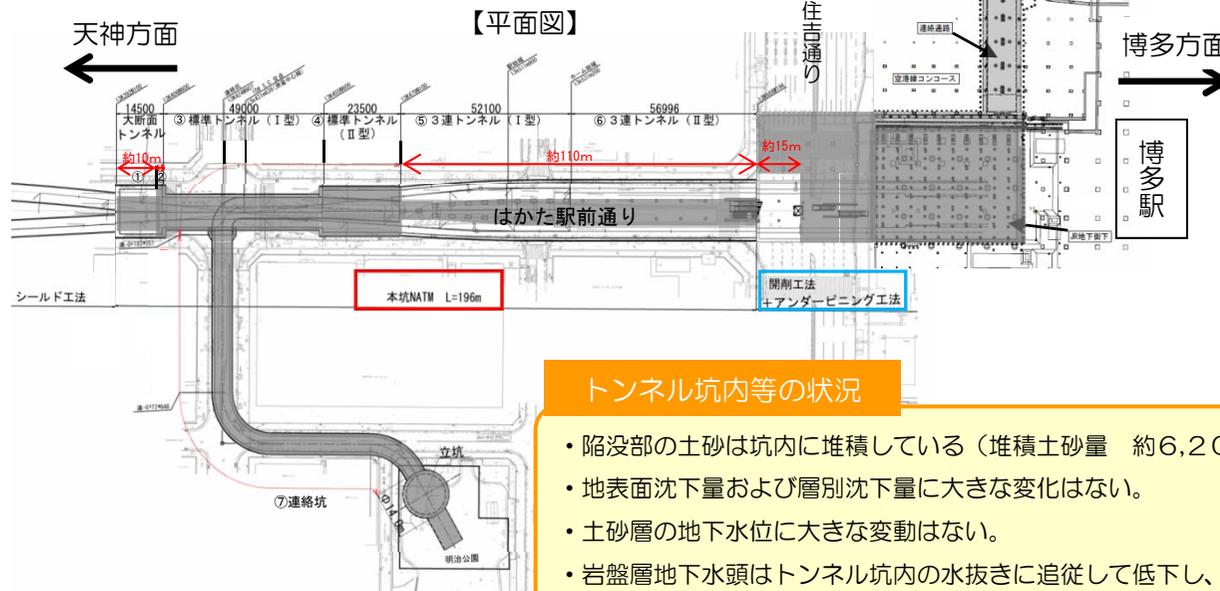
⑥: 3連トンネル II 型(中央坑掘削完了)



①: 大断面トンネル(先進導坑掘削完了)

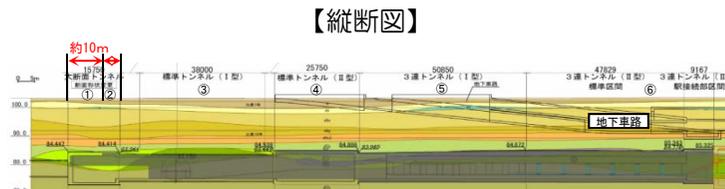


⑦: 連絡坑トンネル(全断面掘削完了)



**トンネル坑内等の状況**

- ・ 陥没部の土砂は坑内に堆積している（堆積土砂量 約6,200m<sup>3</sup>）。
- ・ 地表面沈下量および層別沈下量に大きな変化はない。
- ・ 土砂層の地下水位に大きな変動はない。
- ・ 岩盤層地下水頭はトンネル坑内の水抜きに追従して低下し、安定している。



-凡例-

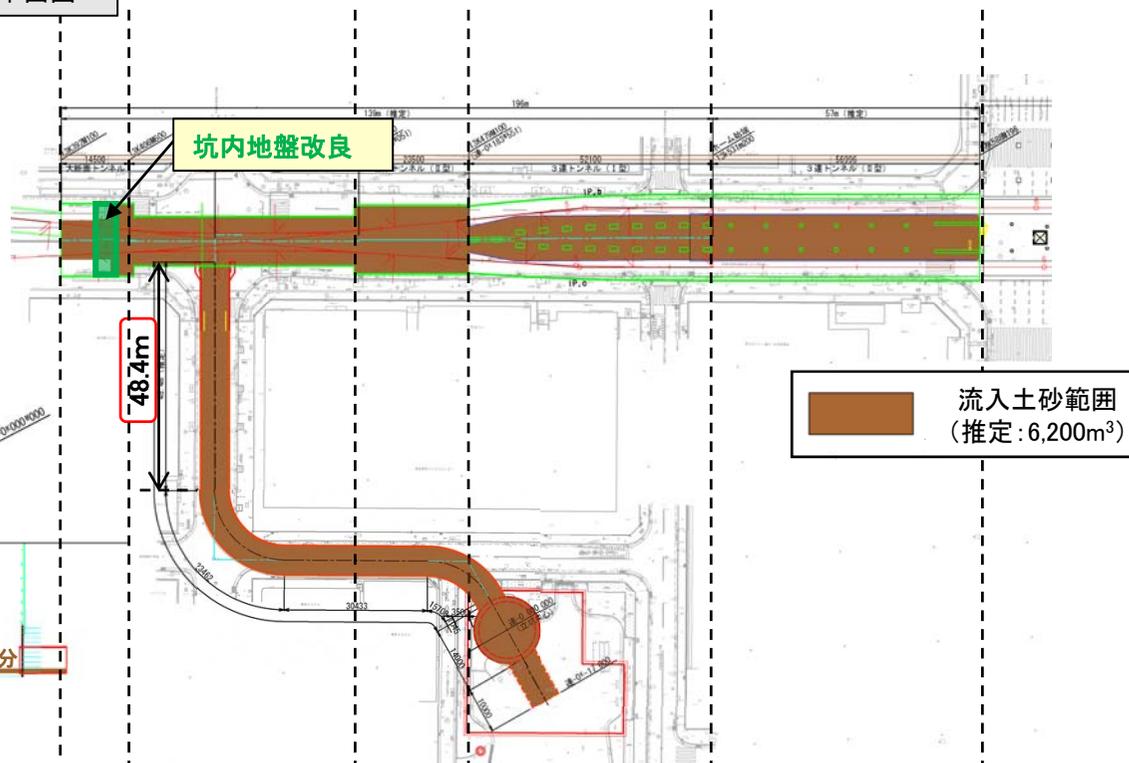
	: 未掘削箇所
	: 掘削済箇所
	: 構築済箇所

# 1. 現在の状況

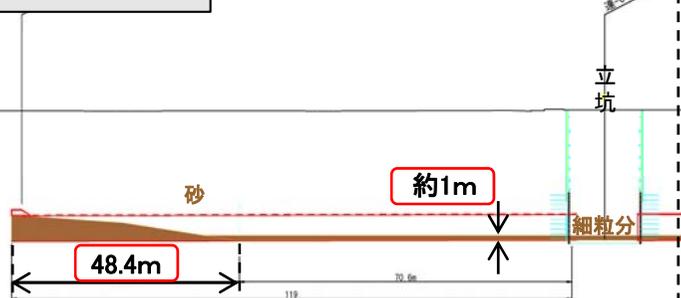
## (2) 坑内土砂堆積状況

- ① 陥没部の土砂は坑内に堆積している。  
(堆積土砂量 ≒ 6,200m<sup>3</sup>)
- ② 立坑付近は細粒分が堆積。  
トンネル坑内は砂が堆積している。
- ③ 湧水(約9m<sup>3</sup>/h)が生じている。
- ④ 堆積土砂内には、重機等資機材が埋まっている。

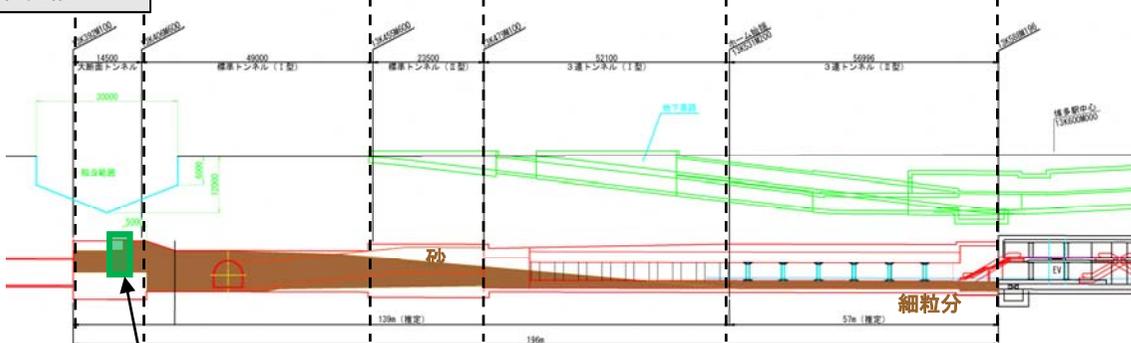
平面図



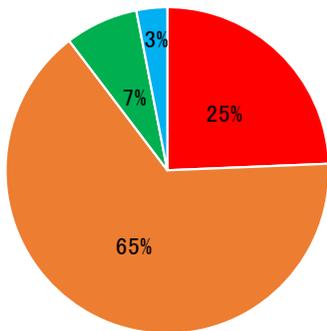
連絡坑縦断面図



本坑縦断面図



大断面トンネル地質調査結果



ゆるい砂層の粒度分布(平均)

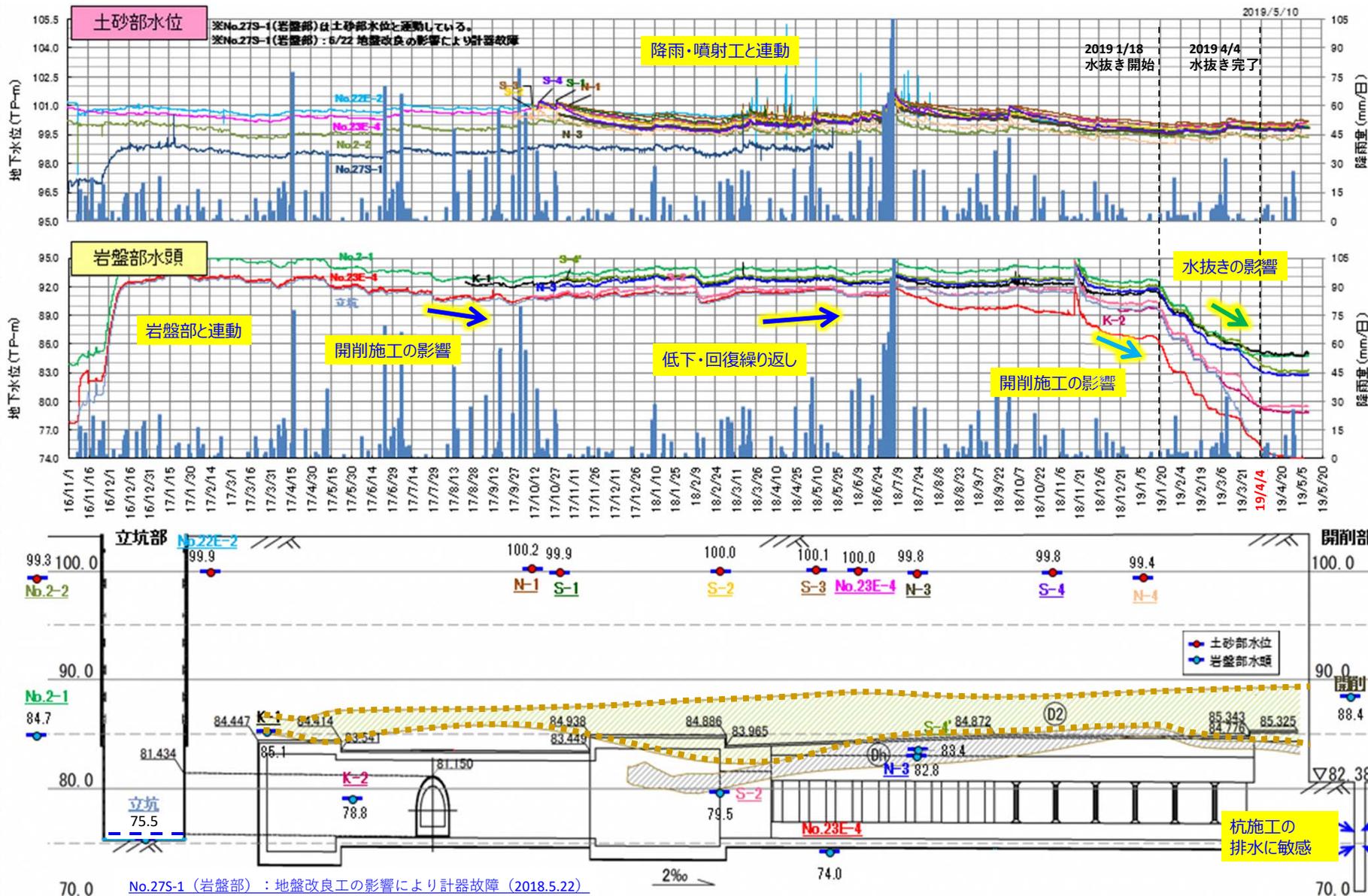
坑内地盤改良

断面縮小

# 1. 現在の状況

## (3) 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 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。
- ③ 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。

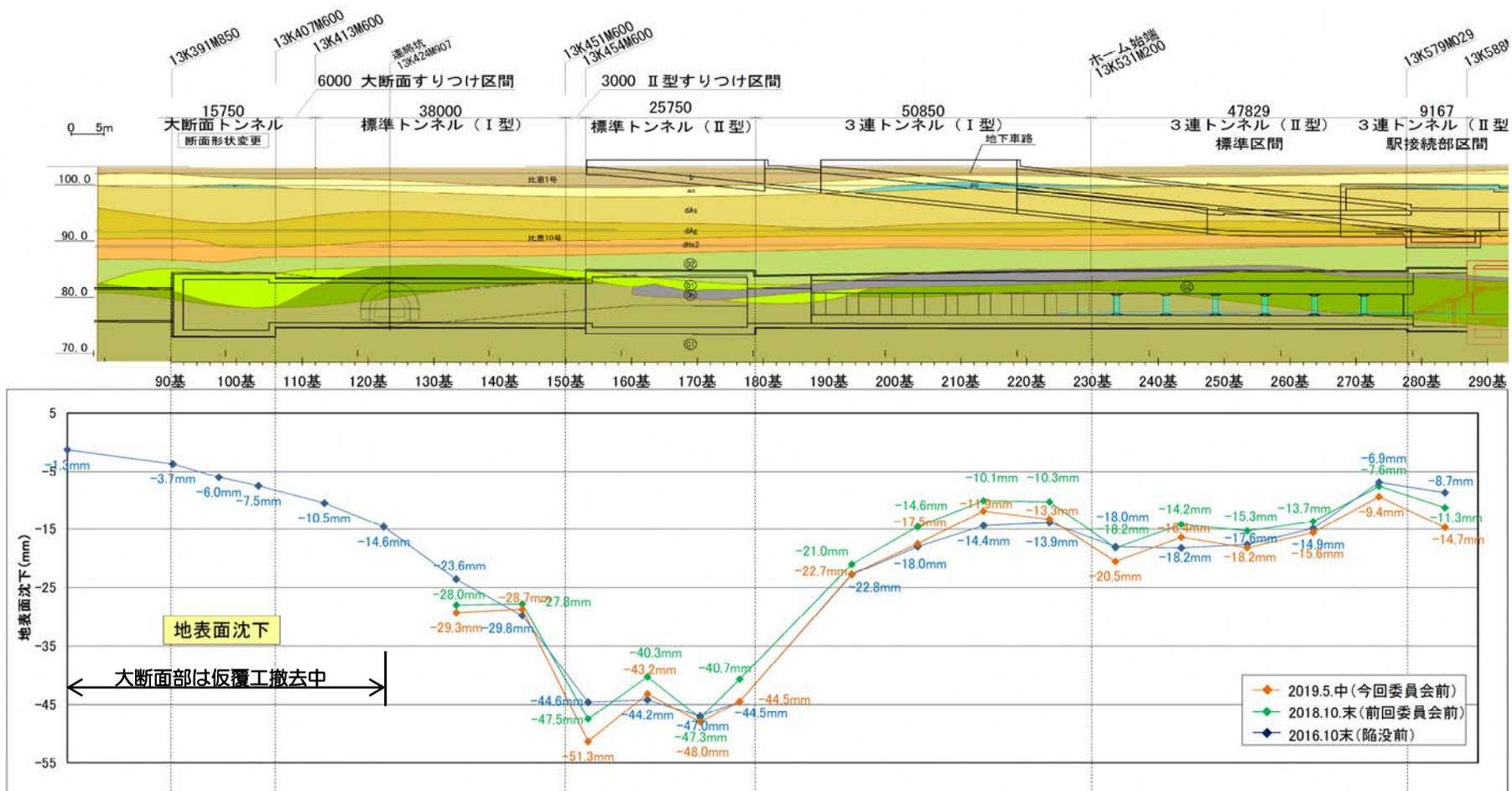


# 1. 現在の状況

## (4) 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。
- トンネル坑内水抜きの影響により、岩盤部の地下水頭回復時に生じた地表面隆起分と同程度の沈下が生じた。  
（標準トンネル区間で約0~3mm，3連トンネル区間で約1~4mm）



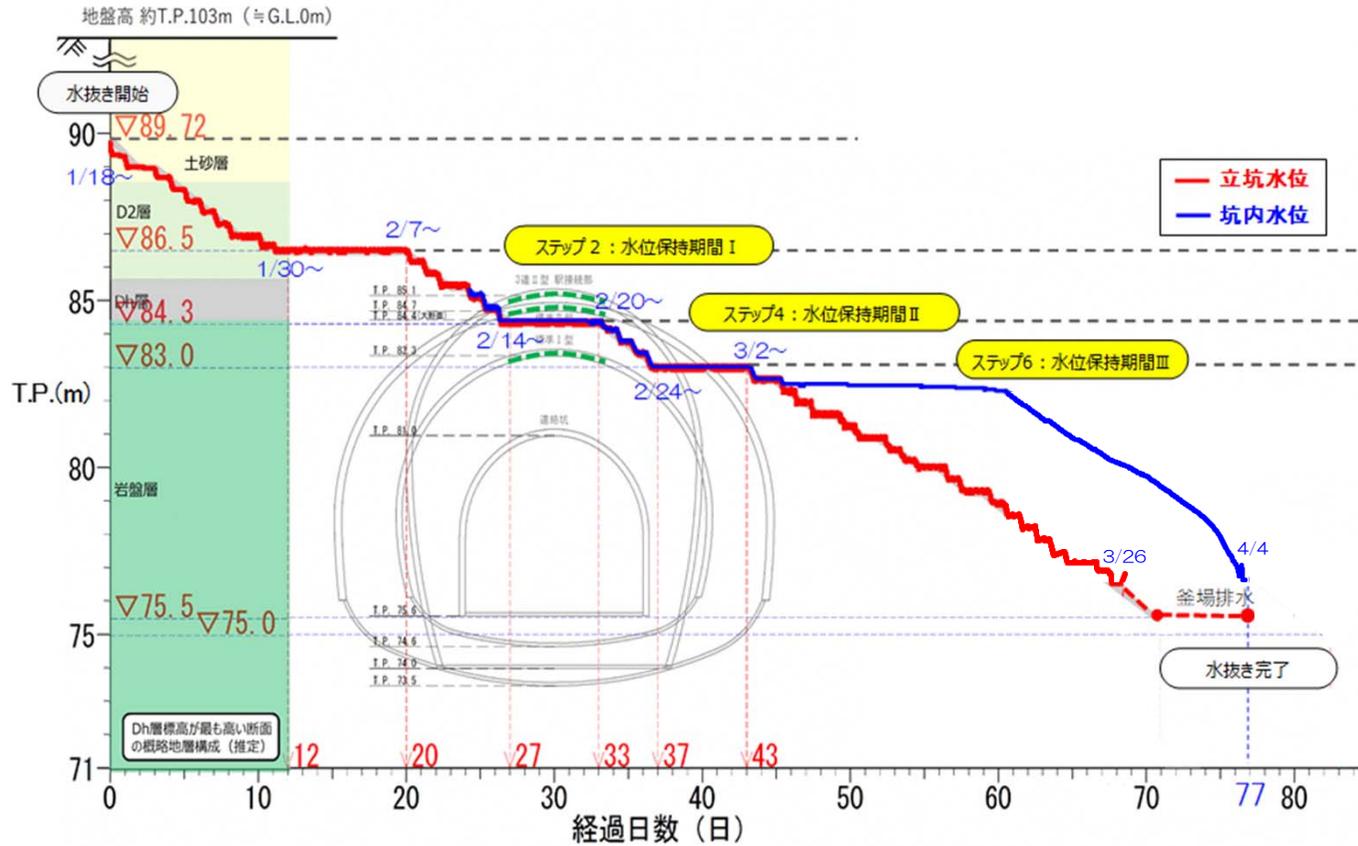
## 2. トンネル坑内水抜き報告

## 2. トンネル坑内水抜き

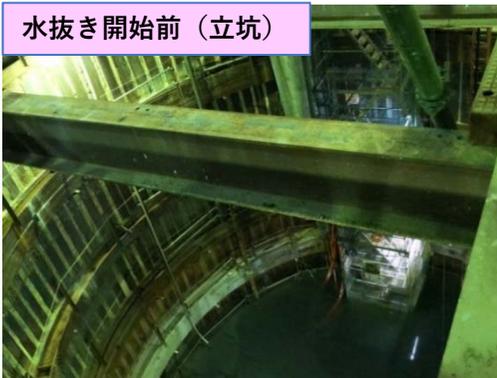
### (1) トンネル坑内水抜き結果

1月18日から開始した水抜き工事は4月4日に完了した。

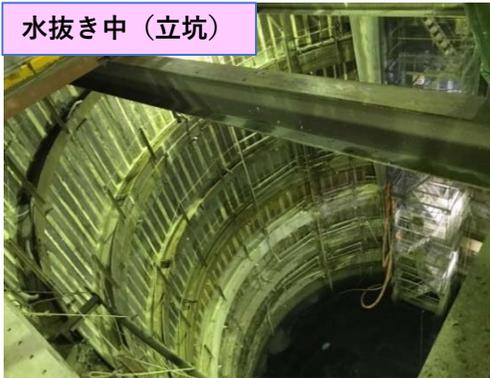
※水抜き時においては、計測等に問題となる変位は発生しなかった。



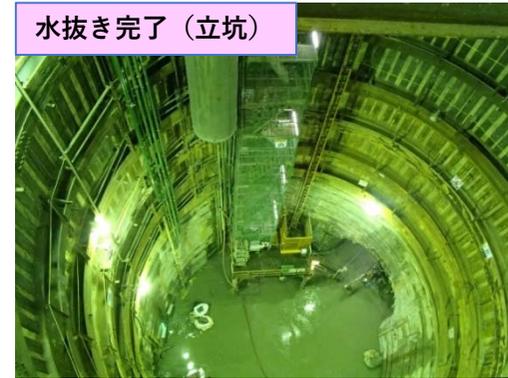
水抜き開始前 (立坑)



水抜き中 (立坑)



水抜き完了 (立坑)



## 2. トンネル坑内水抜き報告

### (2) トンネル坑内水抜き計測結果

- 地盤および地下水の安定性を確保しながらトンネル坑内水抜きを行った。
- 今回実施した水抜き手法・計測管理手法の有効性が確認できた。

#### a)変位計測結果

計測項目	計測結果	備考
地表面沈下	➤ 地表面沈下に顕著な変位はない	計測・管理を継続中
層別沈下	➤ D2層に顕著な変位はない	//

○ 顕著な変位は生じておらず地盤は安定している。

#### b)地下水計測結果

計測項目	計測結果	備考
土砂部地下水位	➤ 土砂部地下水位の挙動については、想定外の低下など異常な挙動はなく、安定している。 予測値 = (24時間前水位)+(24時間降雨量)×(相関係数)	計測を継続中
岩盤水頭	➤ 岩盤部水頭は立坑水位またはトンネル坑内水位に追従して低下し、安定している。	計測を継続中
湧水量	➤ 現在の湧水量は、トンネル掘削時に比べて少ない。	計測（日当り排水量）を継続中

○ 地下水挙動は安定しており、トンネル坑内水抜きによって地下水環境に顕著な影響は与えていないと判断できる。  
○ 土砂部と岩盤部の地下水は分離されていると評価できる。  
○ 今回実施したトンネル坑内水抜き手法の妥当性が確認できた。

### 3. 土砂撤去作業状況

### 3. 土砂撤去作業状況

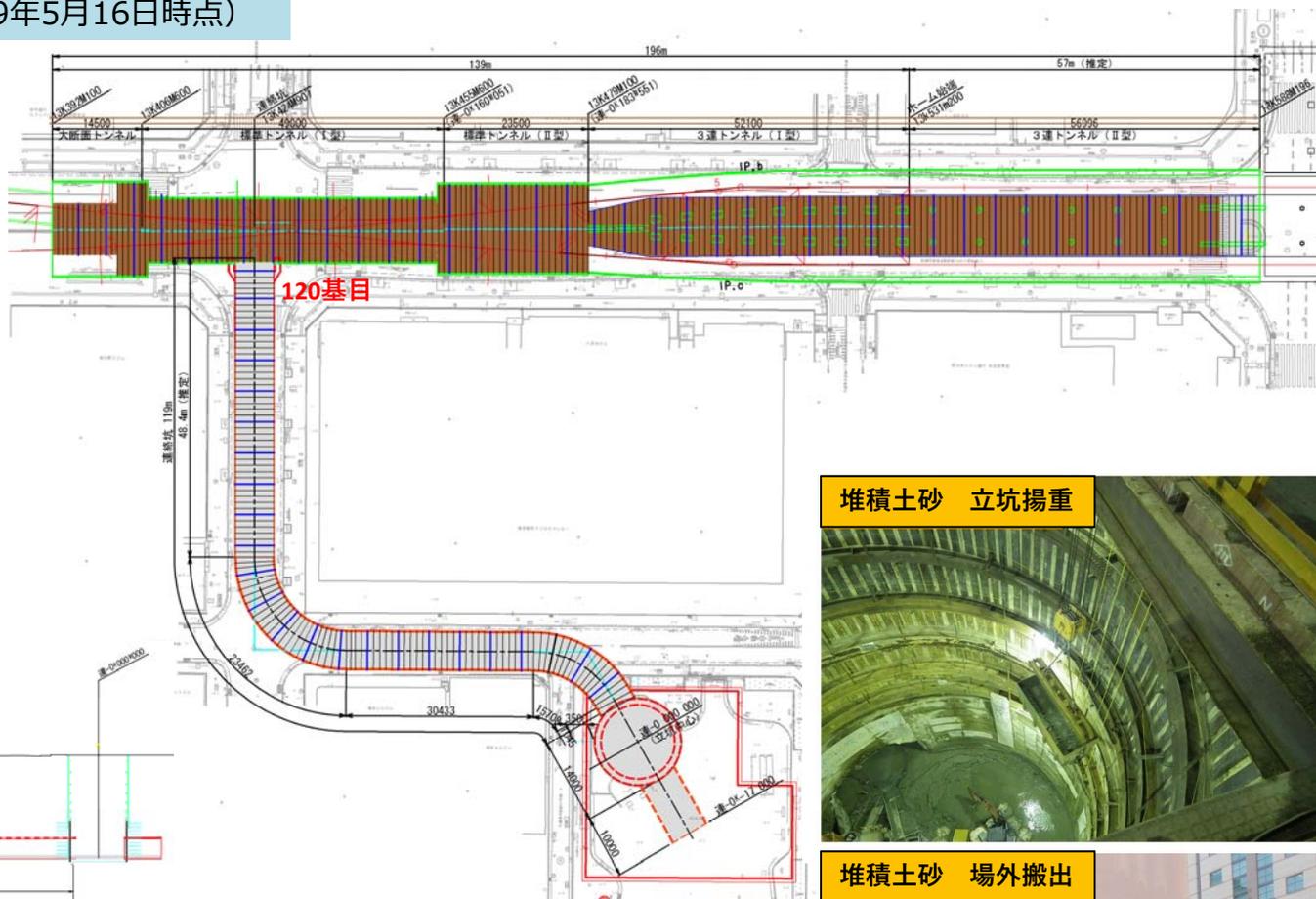
#### (1) 土砂撤去状況 (2019年5月16日時点)

凡例

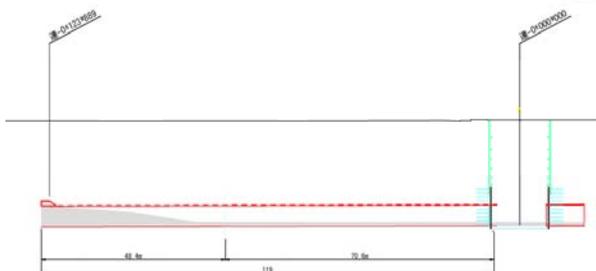
- 堆積土砂
- 堆積土砂 (撤去済み)

土砂撤去時の計測項目

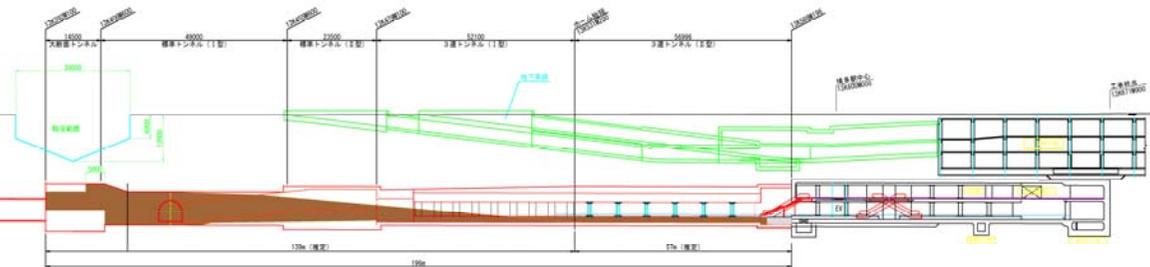
- 地表面沈下量
- 層別沈下量
- 土砂水位
- 岩盤水頭
- 排水量
- 坑内傾斜
- トンネル坑内変位
- 埋設物沈下量
- 周辺建物傾斜



連絡坑縦断面図



本坑縦断面図



### 3. 土砂撤去作業状況

#### (2) 計測項目

- 土砂撤去時はトンネル周辺の土砂水位や岩盤水頭、地盤中の水の流れに変化は生じないと想定しているため、当該期間において地下水関連計測項目に基準等は設けませんが、データの確認は継続する。

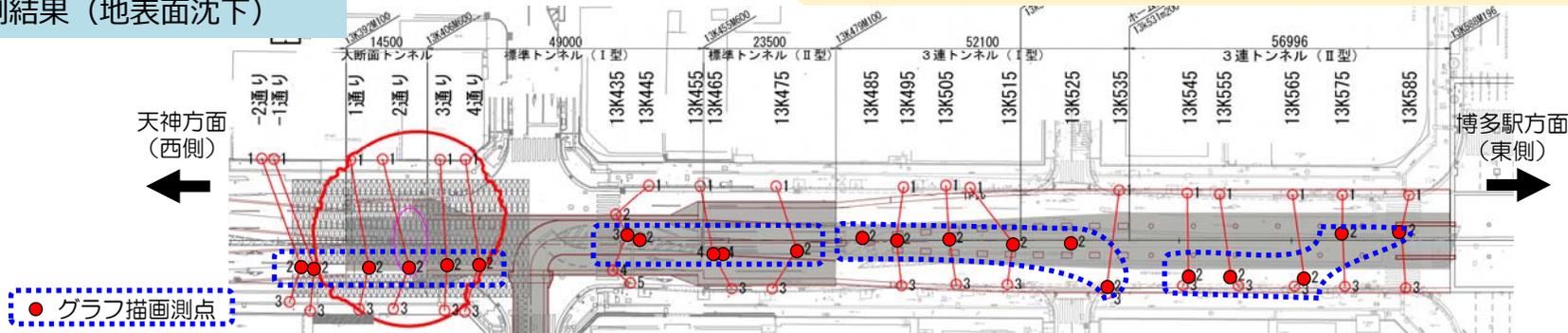
計測項目一覧

計測項目	土砂撤去	備考
地表面沈下量	○	・ 顕著な変位はない
層別沈下量	○	・ D2層に顕著な変位はない
土砂水位	△	・ 降雨による応答は見られるが異常な変動はない
岩盤水頭	△	・ 顕著な変動はない
排水量	△	・ トンネル掘削時以上の湧水はない
坑内傾斜	△	・ 顕著な変動はない
目視観察	△	・ 地表面/坑内 クラック等の異常はない
トンネル坑内変位	○	・ 顕著な変位はない
埋設沈下量	○	・ ガス管・下水管等に顕著な変動はない
周辺建物傾斜	△	・ 顕著な変動はない

- ：基準等を設定して計測する
- △：基準等は設定しないがデータの確認を行う
- ：計測項目としない

### 3. 土砂撤去作業状況

#### (3) 計測結果 (地表面沈下)

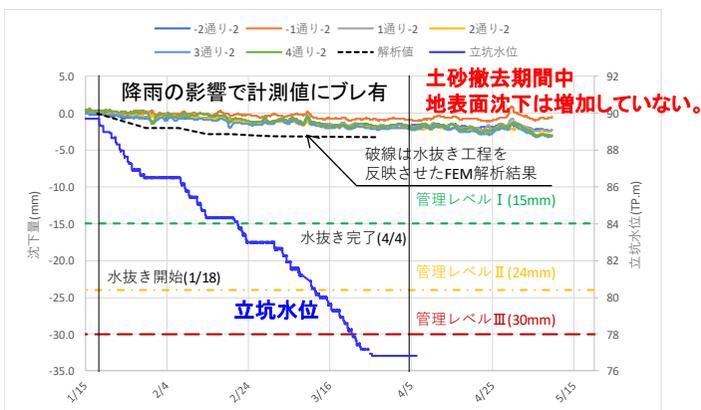


・地表面沈下に顕著な変位はない。

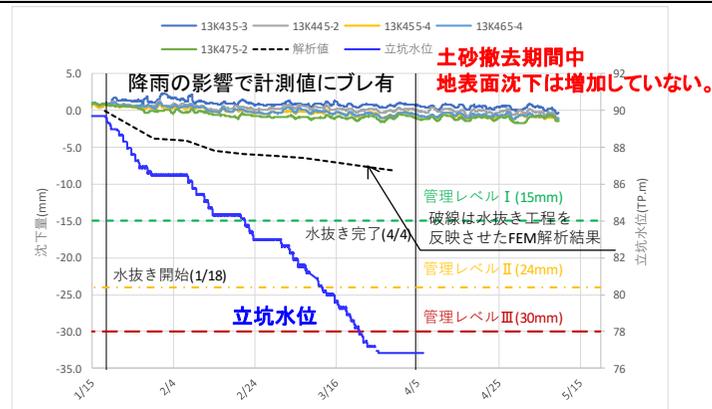
【地表面沈下】: 道路の走行性に問題となる沈下が発生していないか

(※2019/5/10 10:00 ※初期値: 2019年1月10日 0:00)

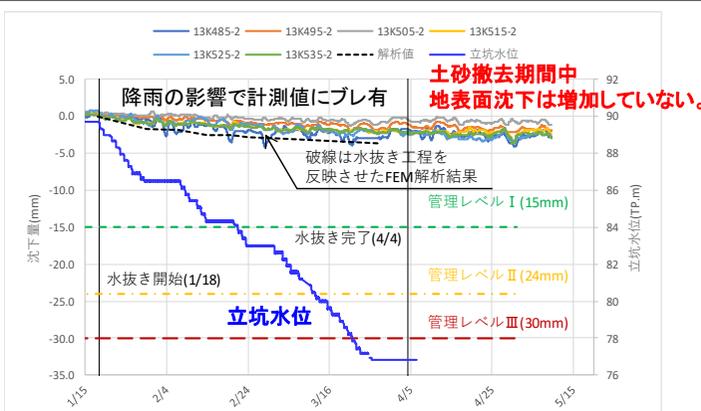
大断面区間



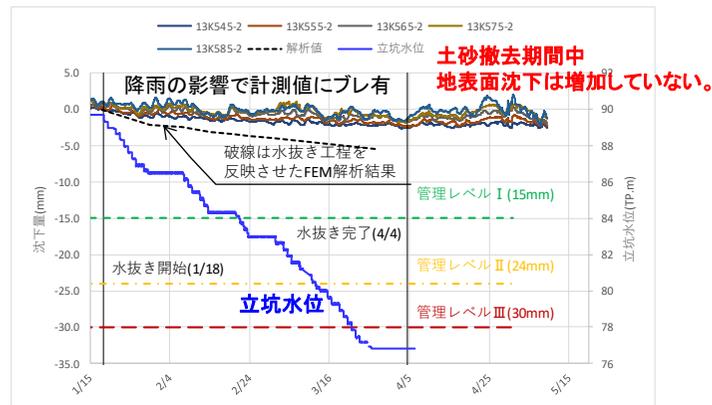
標準 I・II 型区間



3 連 I 型区間



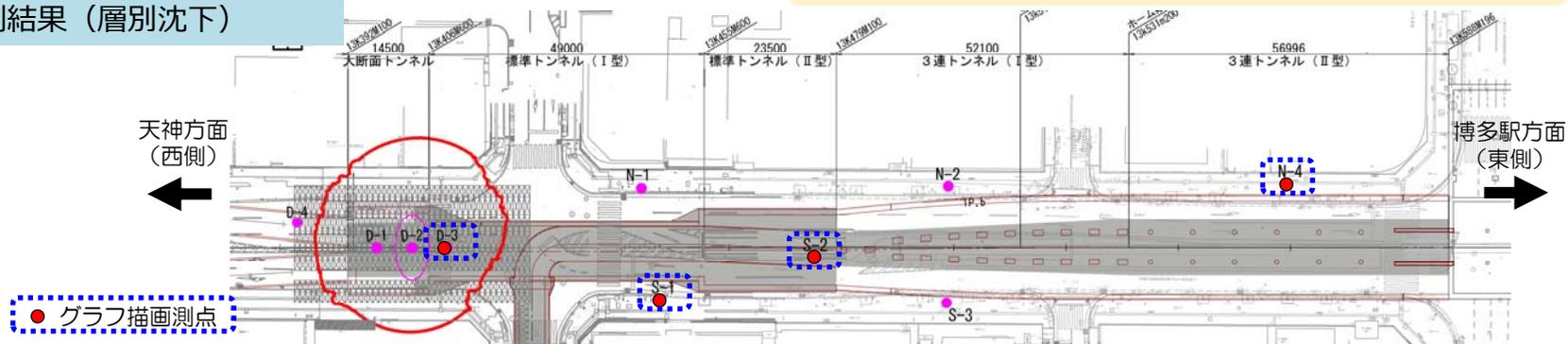
3 連 II 型区間



### 3. 土砂撤去作業状況

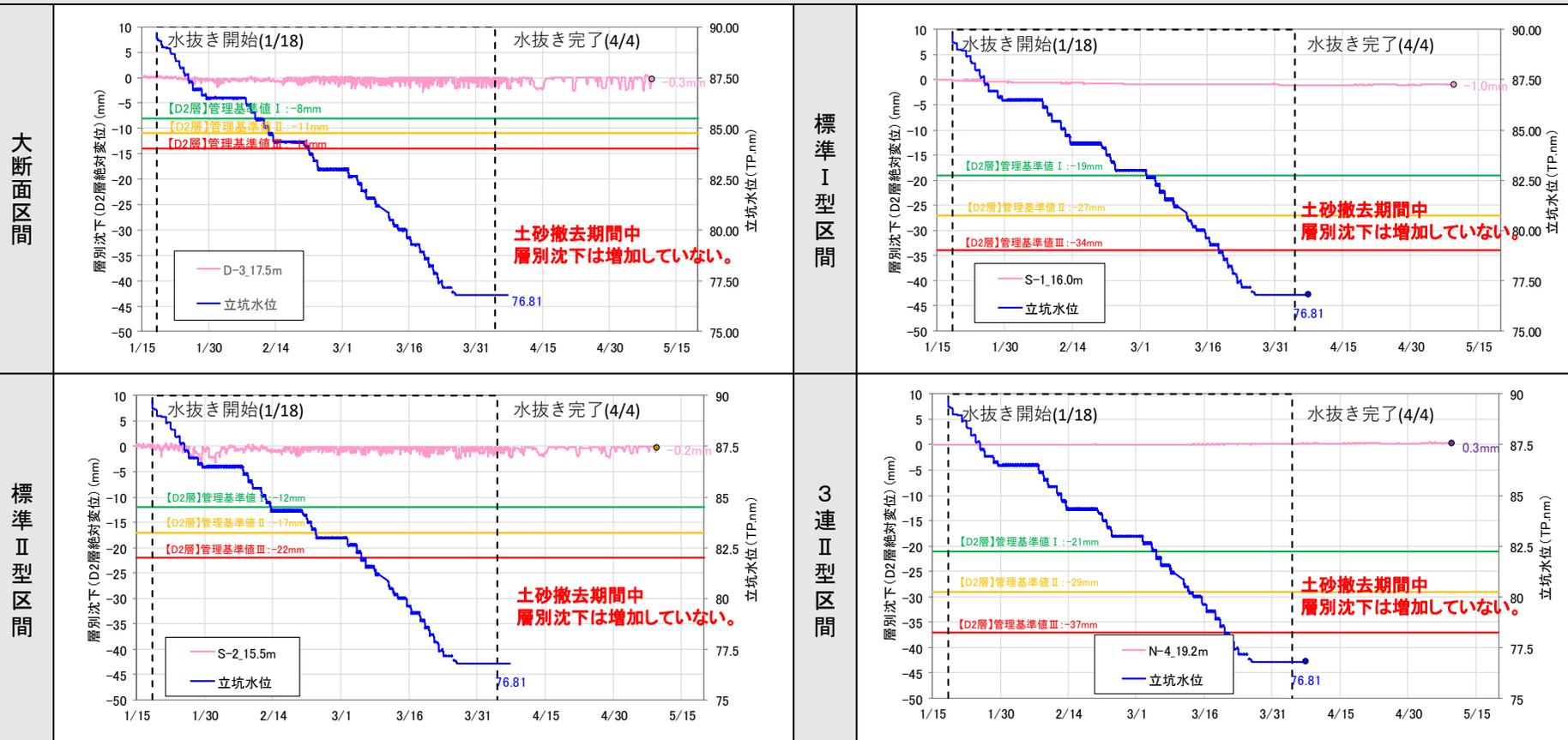
#### (4) 計測結果 (層別沈下)

・ D2層に顕著な変位はない。



【層別沈下】:D2層が沈下していないか

(※2019/5/10 10:00 ※初期値:2019年1月10日 0:00)

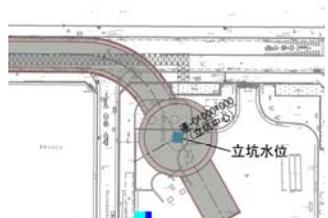


### 3. 土砂撤去作業状況

#### (5) 計測結果 (土砂水位、岩盤水頭)

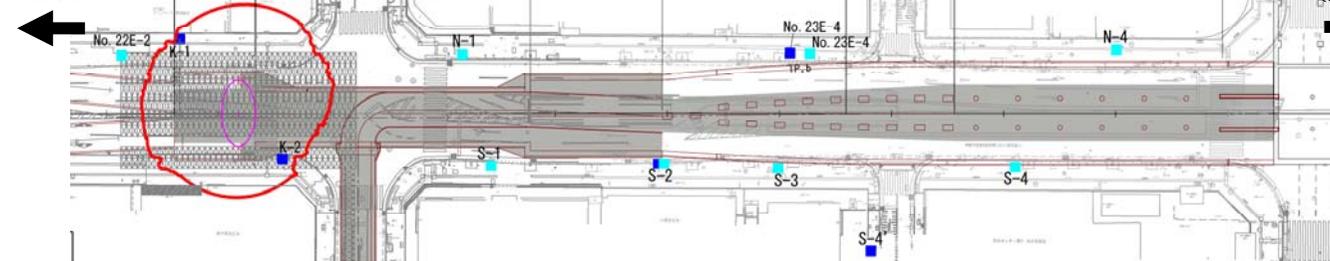
- ・土砂部水位は降雨による応答は見られるが顕著な変動はない。
- ・岩盤部水頭に異常な変動はない。

#### 立坑周辺



#### 本坑周辺

天神方面  
(西側)

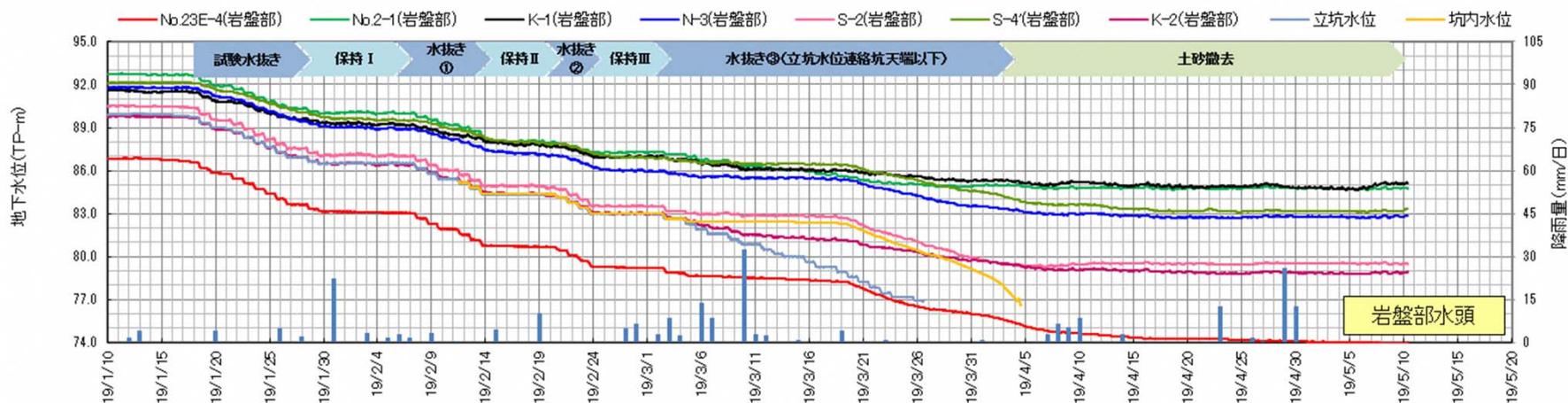
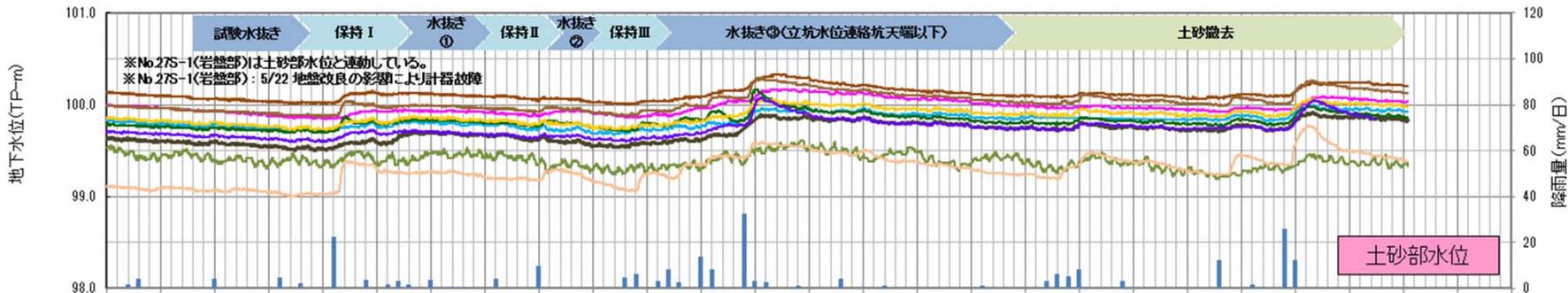


博多駅方面  
(東側)

天神方面  
(西側)

博多駅方面  
(東側)

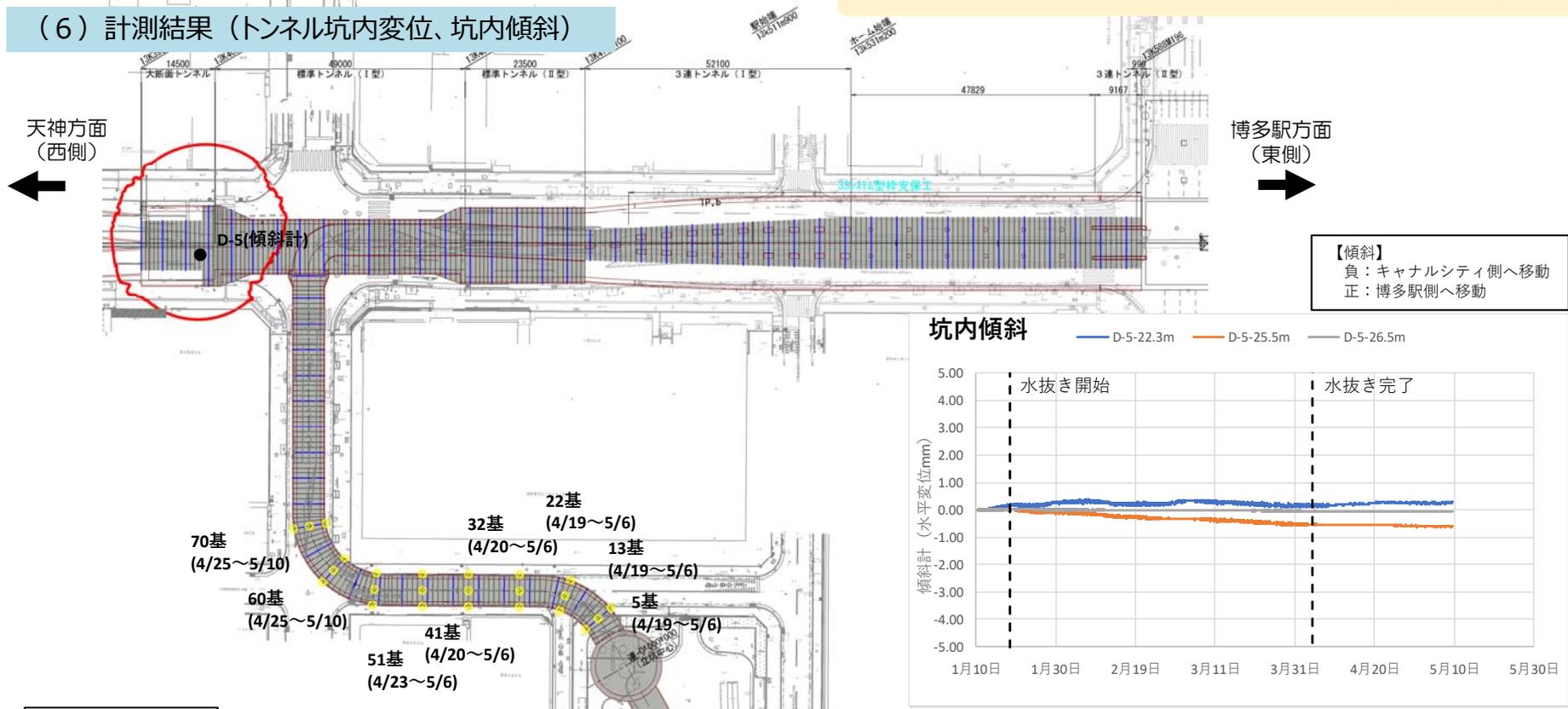
● No.23E-4(土砂部) ● No.22E-2(土砂部) ● No.2-2(土砂部) ● N-1(土砂部) ● N-3(土砂部) ● N-4(土砂部) ● S-1(土砂部) ● S-2(土砂部) ● S-3(土砂部) ● S-4(土砂部) ● No.27S-1(岩盤部)



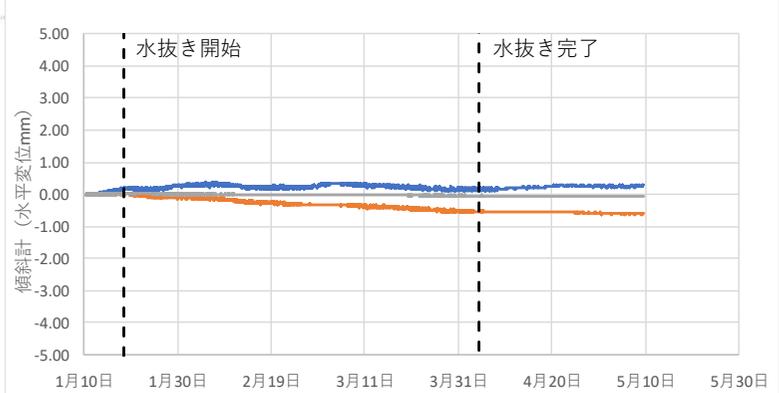
### 3. 土砂撤去作業状況

・トンネル坑内変位および坑内傾斜に顕著な変動はない。

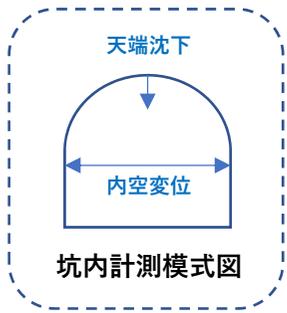
#### (6) 計測結果 (トンネル坑内変位、坑内傾斜)



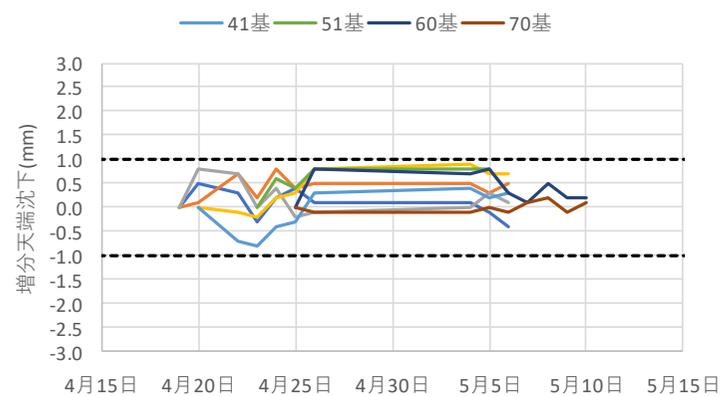
坑内傾斜



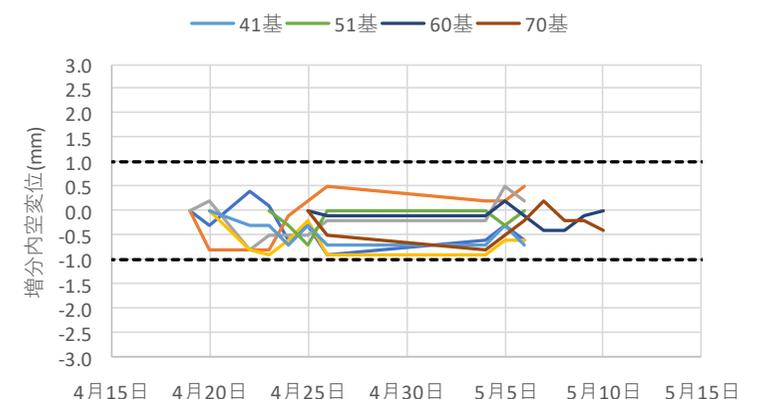
【天端沈下】  
負：沈下 正：隆起  
【内空変位】  
負：縮み 正：伸び



天端沈下



内空変位

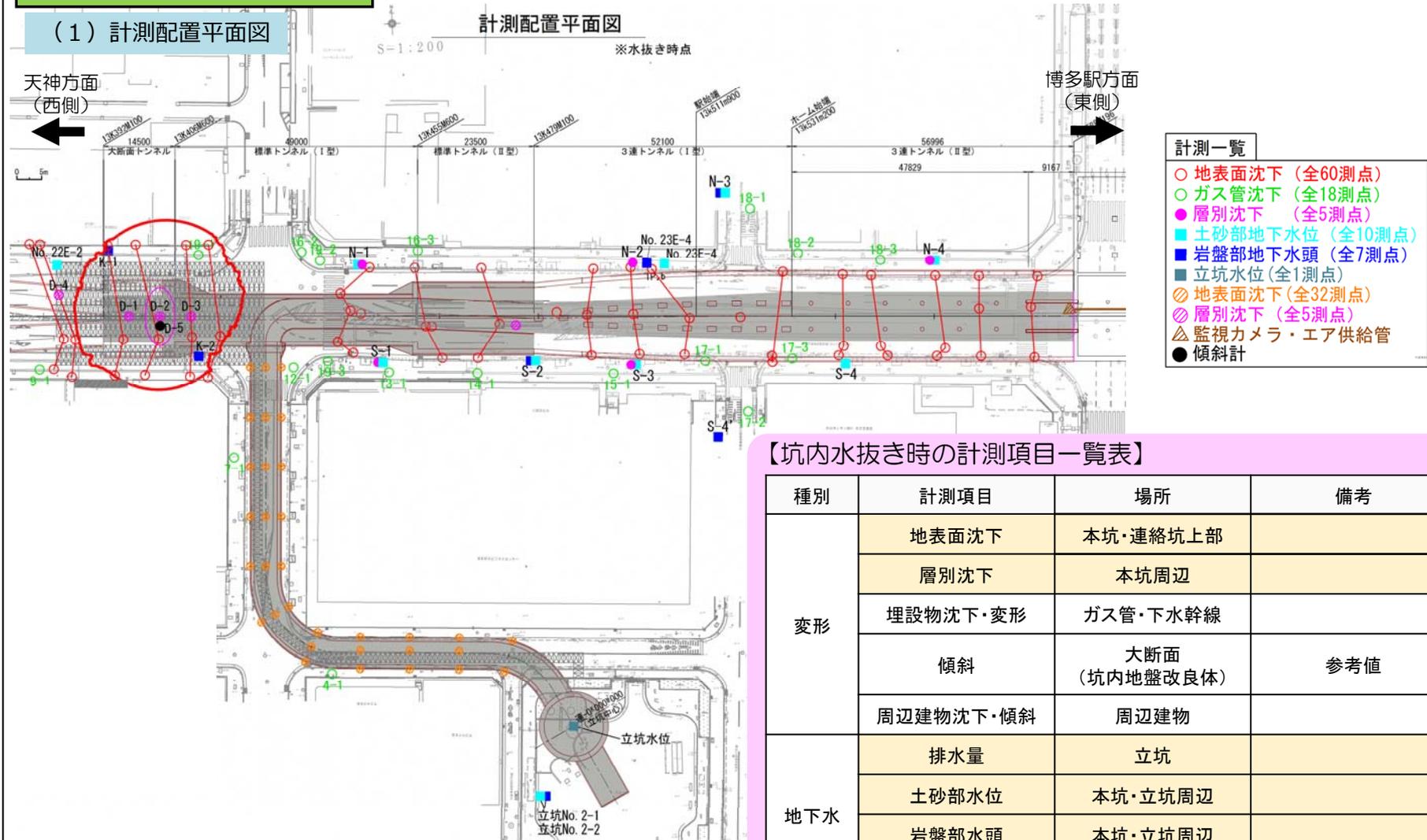


## 参考資料

### トンネル坑内水抜き時の計測結果

参考) 水抜き時の計測結果

(1) 計測配置平面図



- 計測一覧
- 地表面沈下 (全60測点)
  - ガス管沈下 (全18測点)
  - 層別沈下 (全5測点)
  - 土砂部地下水位 (全10測点)
  - 岩盤部地下水頭 (全7測点)
  - 立坑水位 (全1測点)
  - 地表面沈下 (全32測点)
  - 層別沈下 (全5測点)
  - △ 監視カメラ・エア供給管
  - 傾斜計

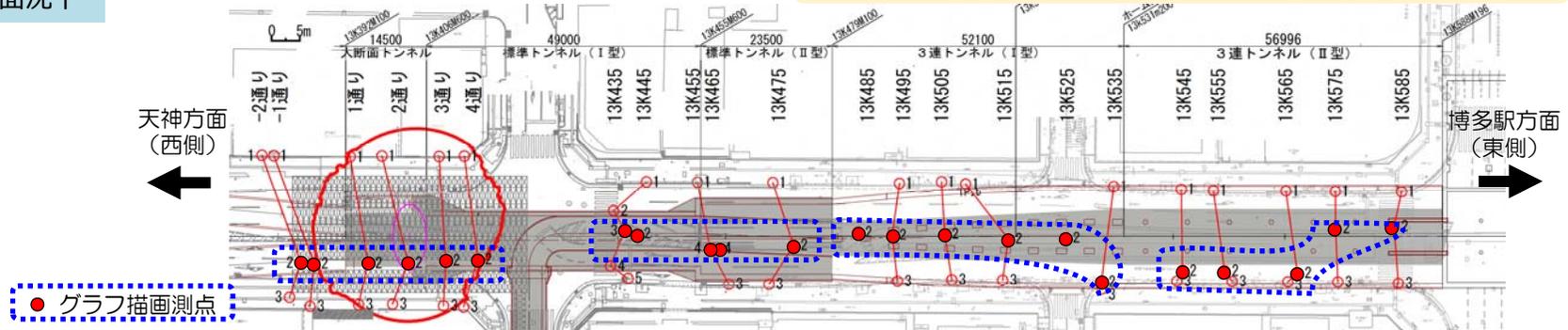
【坑内水抜き時の計測項目一覧表】

種別	計測項目	場所	備考
変形	地表面沈下	本坑・連絡坑上部	
	層別沈下	本坑周辺	
	埋設物沈下・変形	ガス管・下水幹線	
	傾斜	大断面 (坑内地盤改良体)	参考値
	周辺建物沈下・傾斜	周辺建物	
地下水	排水量	立坑	
	土砂部水位	本坑・立坑周辺	
	岩盤部水頭	本坑・立坑周辺	
	立坑水位	立坑	
ほか	水質	立坑(原水・処理水)	
	ガス濃度	立坑	
	目視監視	地表面	
坑内(カメラ)		水位保持期間Ⅱ以降	

参考) 水抜き時の計測結果

(2) 地表面沈下

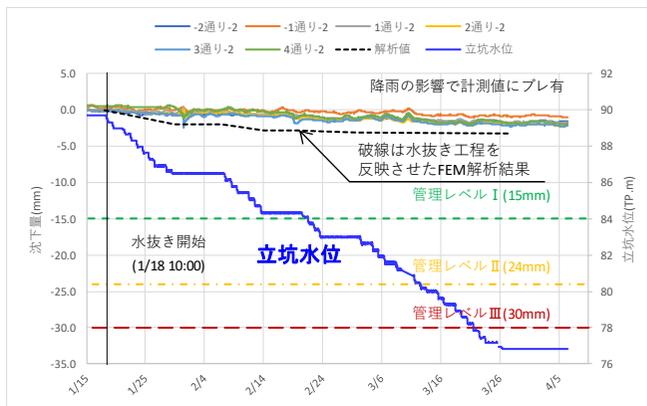
・地表面沈下に顕著な変位は生じていない。



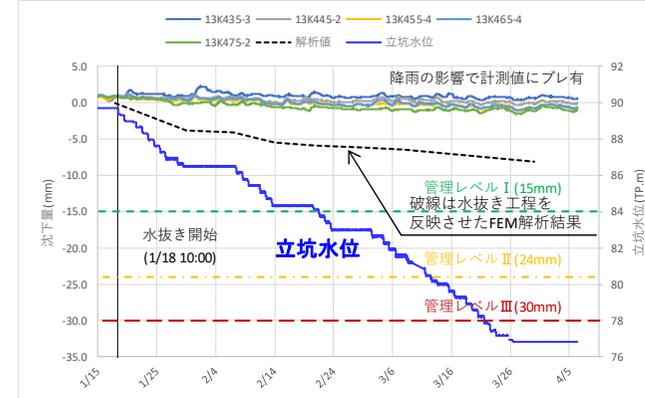
【地表面沈下】: 道路の走行性に問題となる沈下が発生していないか

(※2019/4/7 8時時点データ ※初期値: 2019年1月10日 0時)

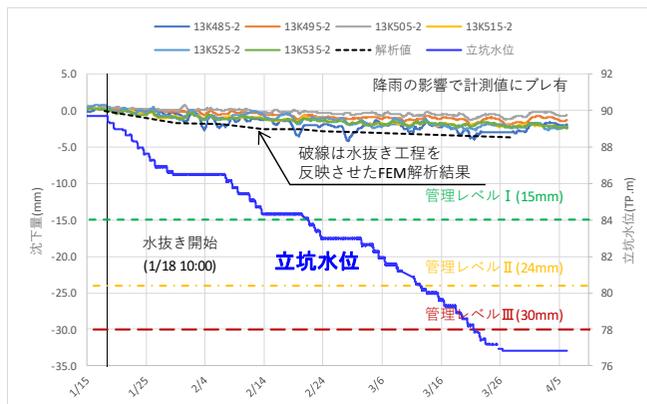
大断面区間



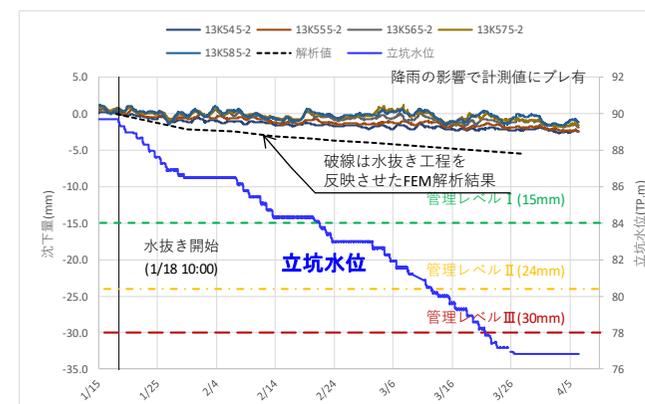
標準 I・II 型区間



3連 I 型区間



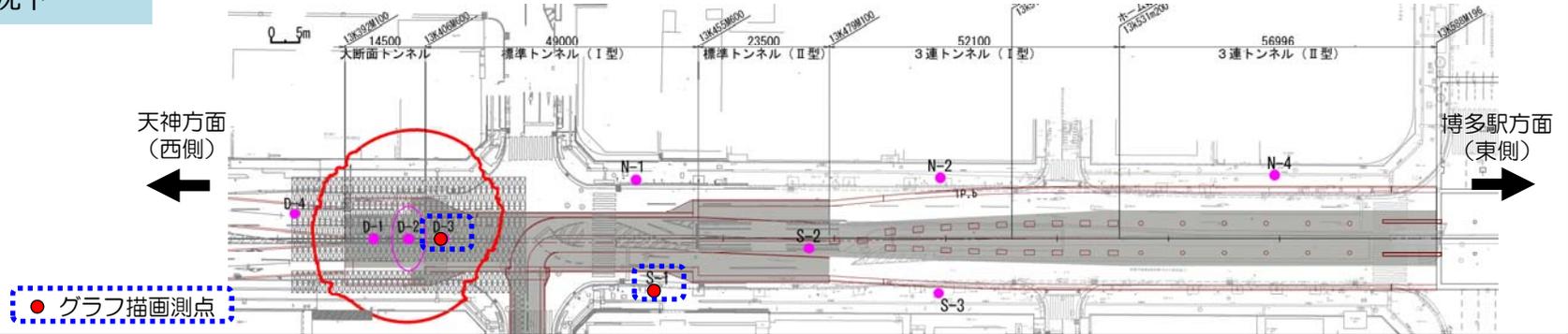
3連 II 型区間



参考) 水抜き時の計測結果

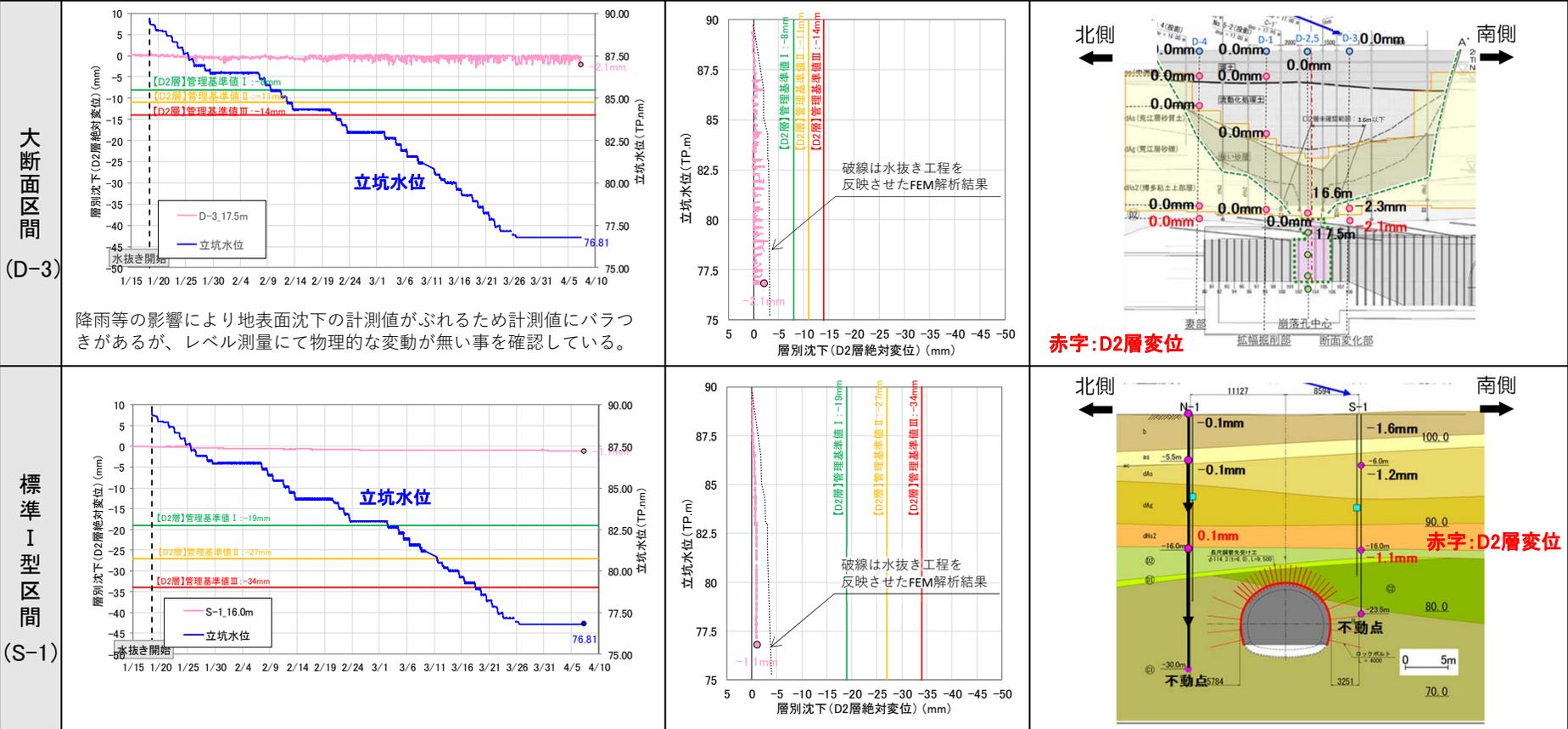
(3) 層別沈下

・ 坑内水抜き開始後、D2層に顕著な変位はない。



【層別沈下】: D2層が沈下していないか

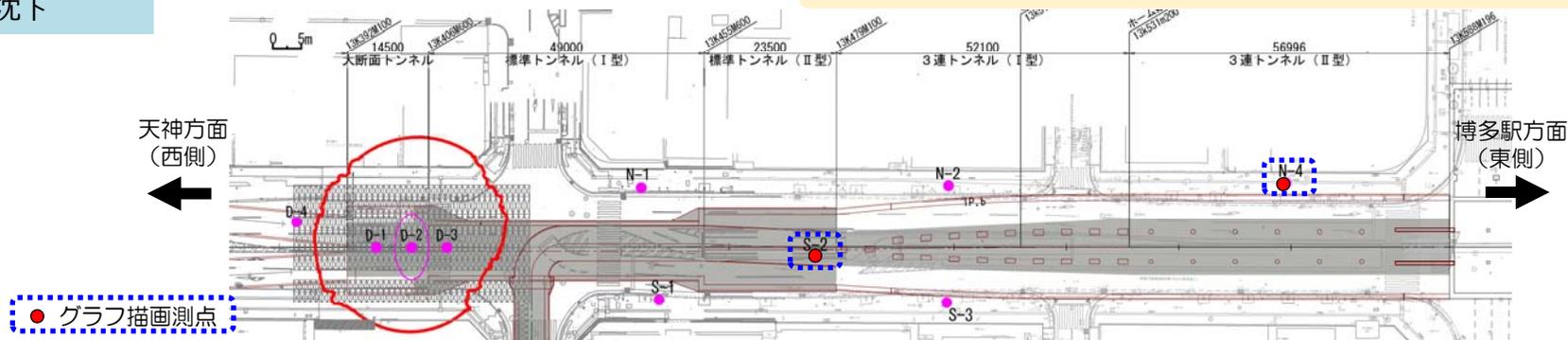
(※2019/4/7 8時時点データ ※初期値: 2019年1月10日 0時)



参考) 水抜き時の計測結果

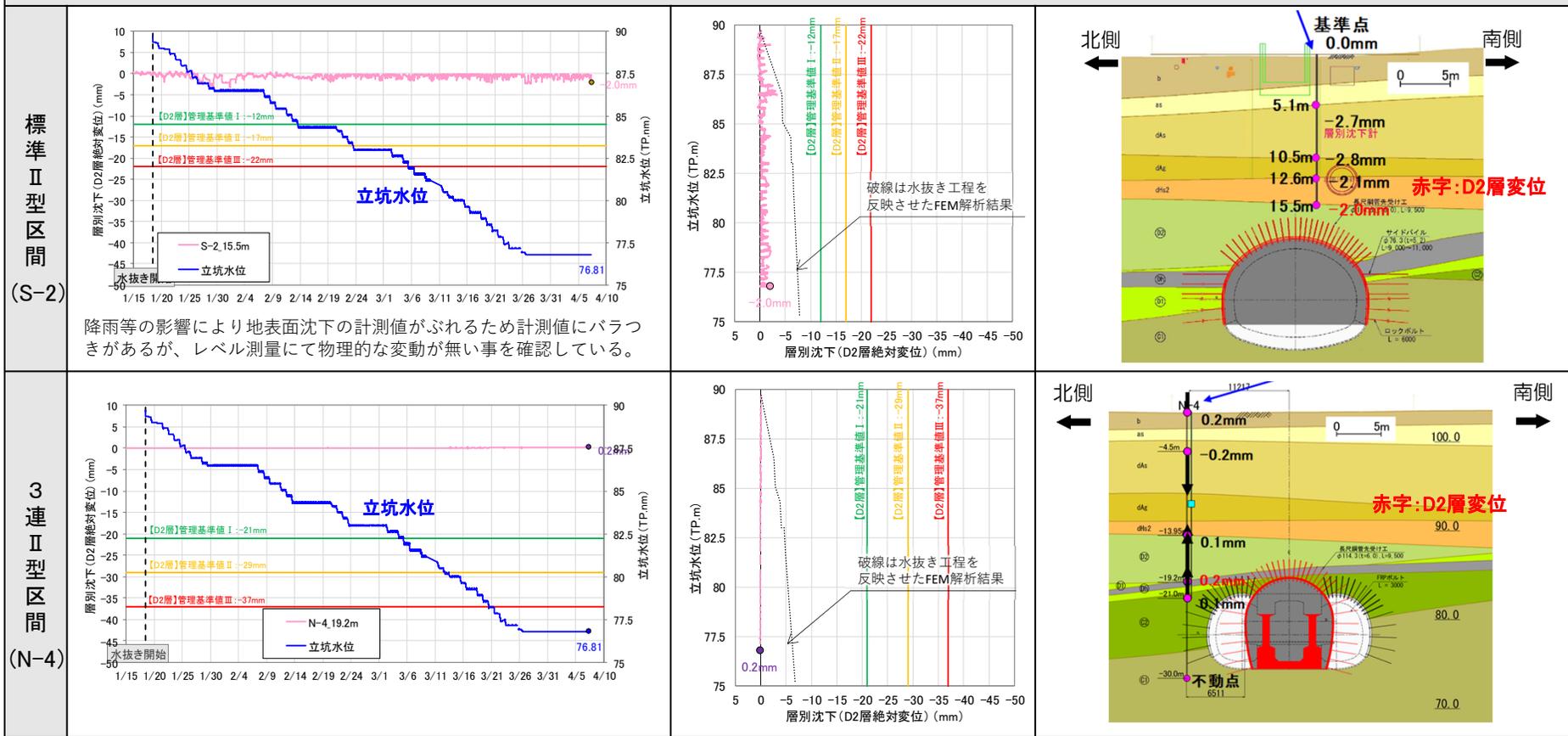
(3) 層別沈下

・坑内水抜き開始後、D2層に顕著な変位はない。



【層別沈下】: D2層が沈下していないか

(※2019/4/7 8時時点データ ※初期値: 2019年1月10日 0時)



## 参考) 水抜き時の計測結果

### (4) 土砂部水位

#### 計測データの特徴

- 土砂部水位は降雨に応答して変動する。
- 季節変動に起因する緩やかな水位低下が見られる。

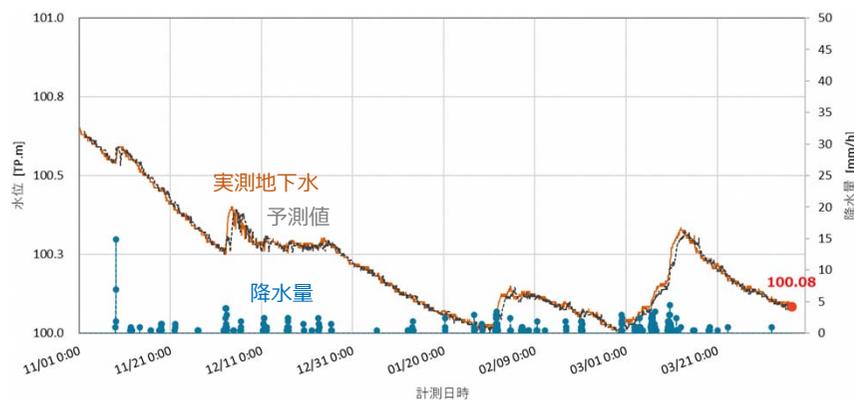
#### 土砂部水位の挙動 (経時変化図)

- 土砂部水位の変動は想定範囲内であり、トンネル水抜き以降も水抜き以前の傾向から逸脱していない。

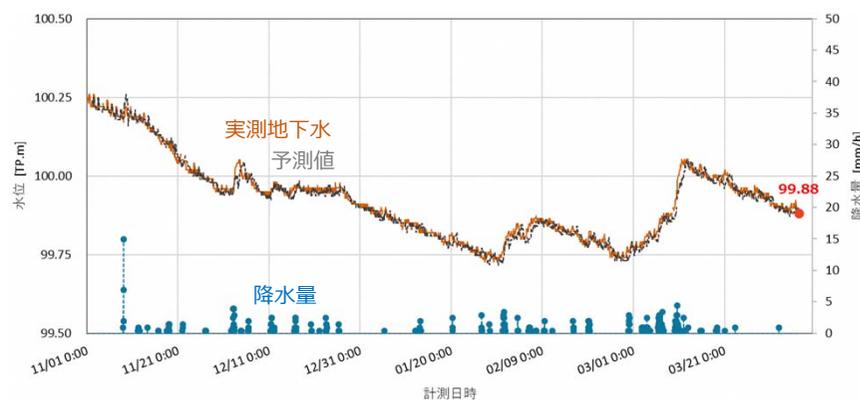
- ▶ 土砂層からトンネル内への地下水の流入はないと評価できる。
- ▶ 計測管理手法の有効性を確認できた。

(※2019/4/7 8:00迄のデータ)

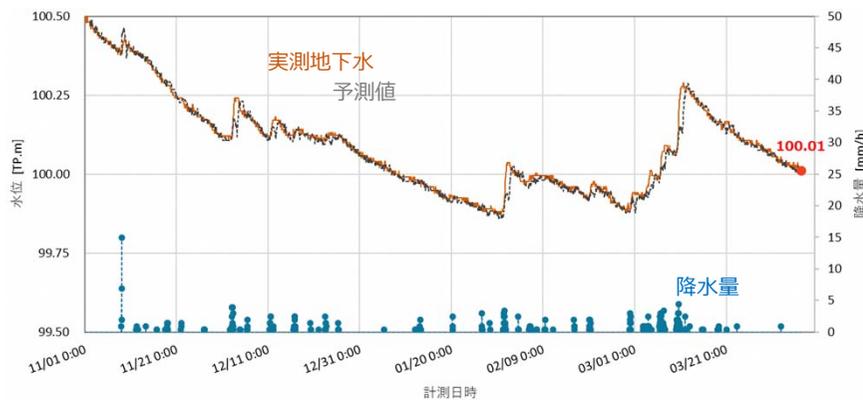
#### 標準 I 型区間 (観測井 ; N-1)



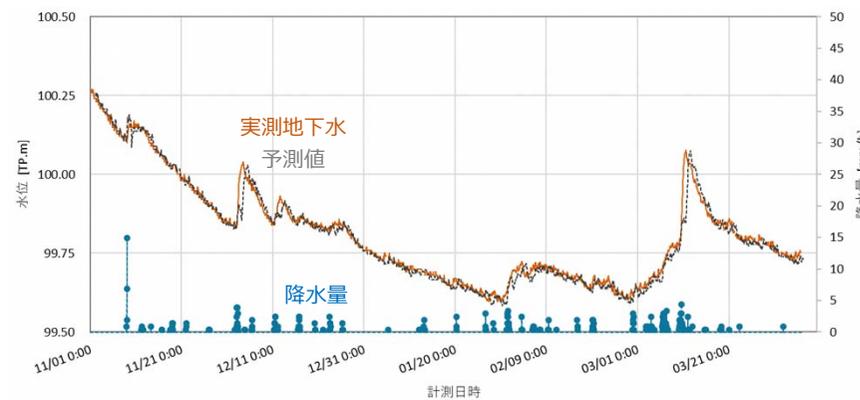
#### 標準 II 型区間 (観測井 ; S-2)



#### 3連 I 型区間 (観測井 ; S-3)



#### 3連 II 型区間 (観測井 ; S-4)



## 参考) 水抜き時の計測結果

### (4) 土砂部水位

#### 計測データの特徴

- 土砂部水位は降雨に応答して変動する。
- 季節変動に起因する緩やかな水位低下が見られる。

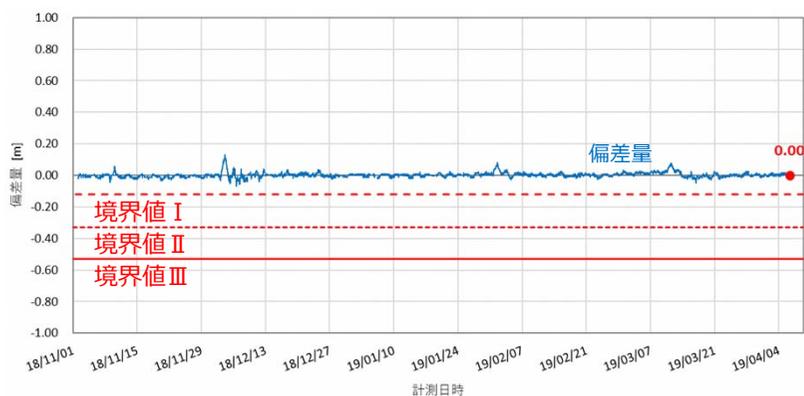
#### 土砂部水位の挙動 (経時変化図)

- 土砂部水位の変動は想定範囲内であり、トンネル水抜き以降も水抜き以前の傾向から逸脱していない。

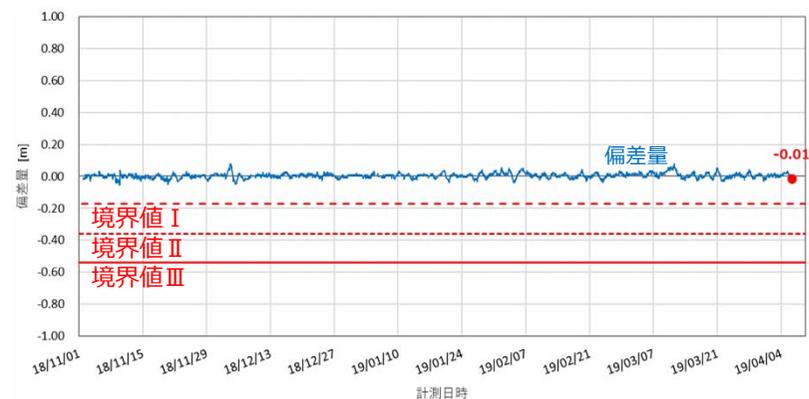
- ▶ 土砂層からトンネル内への地下水の流入はないと評価できる。
- ▶ 計測管理手法の有効性を確認できた。

(※2019/4/7 8:00迄のデータ)

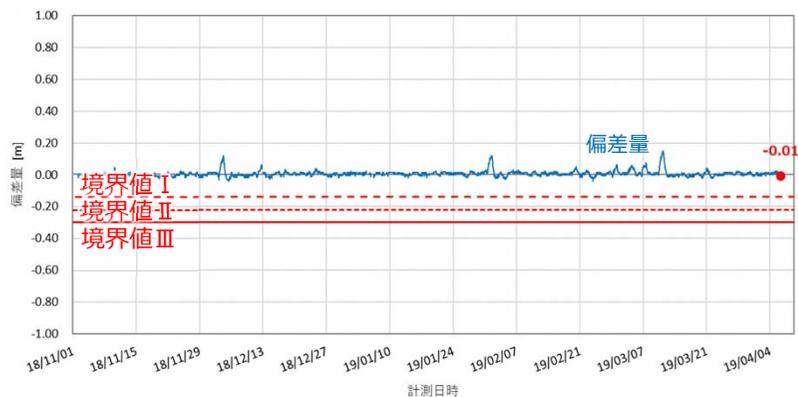
標準 I 型区間 (観測井 ; N-1)



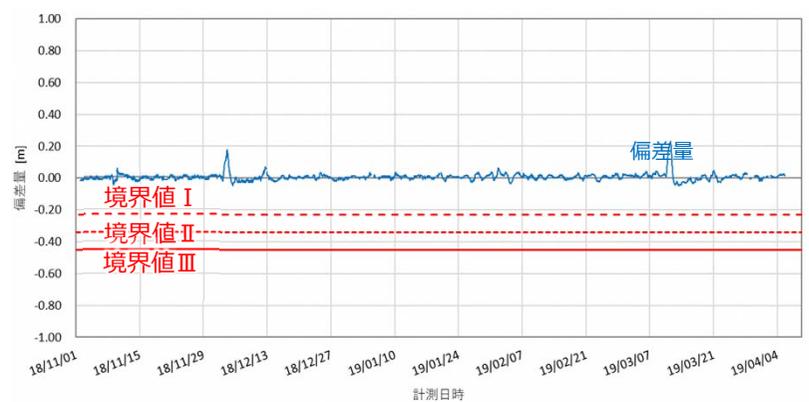
標準 II 型区間 (観測井 ; S-2)



3連 I 型区間 (観測井 ; S-3)



3連 II 型区間 (観測井 ; S-4)



参考) 水抜き時の計測結果

(5) 岩盤部水頭

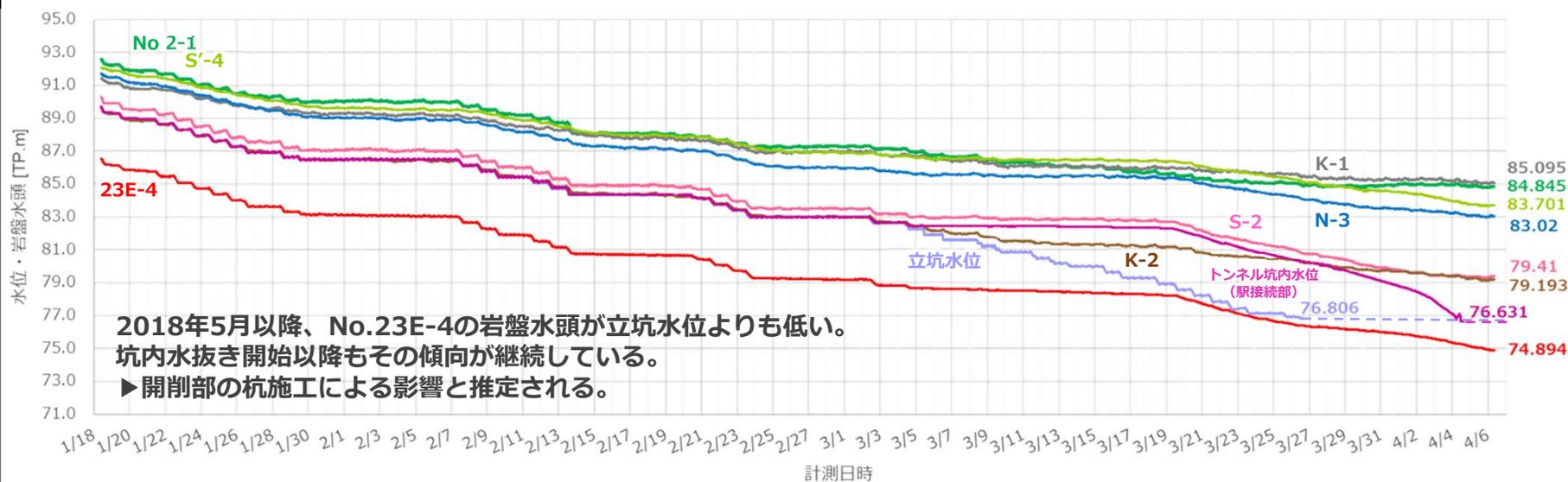
計測データの特徴

- 立坑あるいはトンネル坑内の水位変動による影響を受ける。
- 観測井毎に水頭変動の応答率や変動が収束するまでの時間が異なる。

- 岩盤部水頭は立坑およびトンネル坑内水位に追従して低下した。

岩盤部水頭の挙動 (経時変化図)

立坑水位・トンネル坑内水位・岩盤水頭経時変化図



(※2019/4/7 8:00迄のデータ)

参考) 水抜き時の計測結果

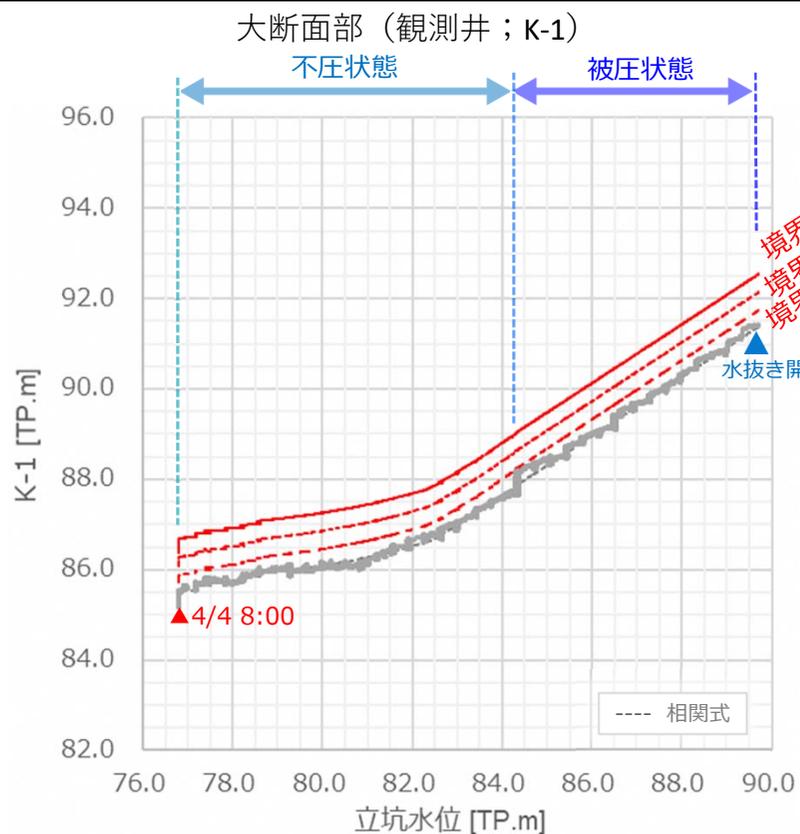
(5) 岩盤部水頭

計測データの特徴

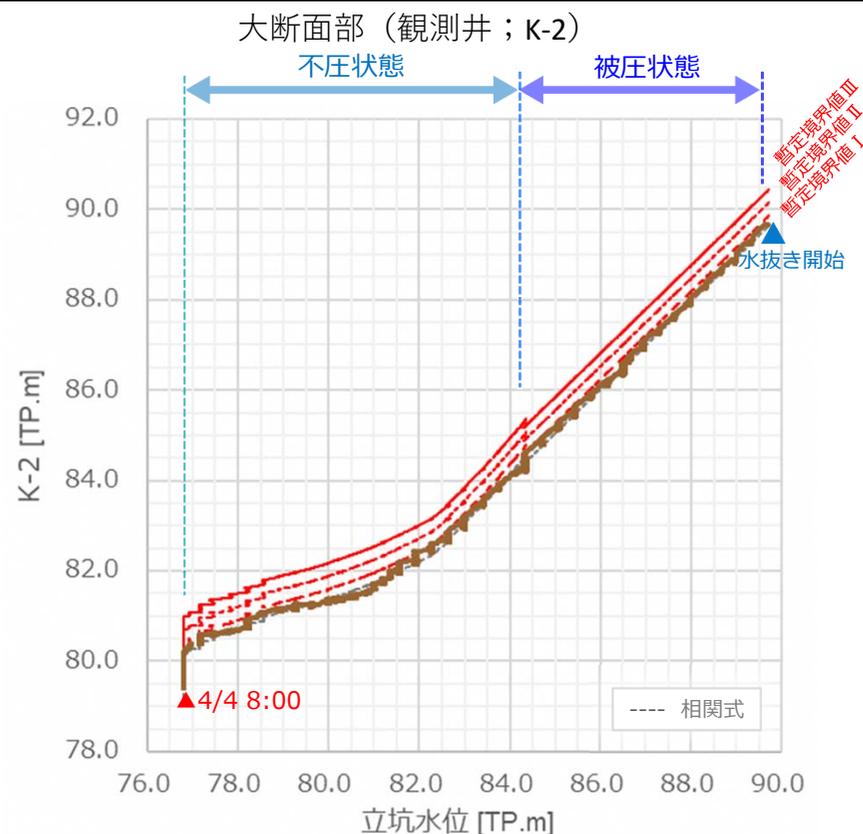
- 立坑水位変動による影響を受ける。
- 観測井ごとに水頭変動の応答率や変動が収束するまでの時間が異なる。

岩盤部水頭の挙動 (立坑水位相関図)

- 岩盤部地下水頭は立坑水位に追従して低下している。
  - 水頭値が難透水層以下になると被圧状態から不圧状態となり立坑水位に対して直線から曲線関係の相関関係となった。
- ▶ **水抜き開始以降、岩盤部地下水頭の変化が概ね予測の範囲内であったことから、土砂部からトンネル坑内へ地下水の流入はないと評価できる。**



(※2019/4/4 8:00迄のデータ)



(※2019/4/4 8:00迄のデータ)

相関分析期間；水抜き開始(1/18)から坑内水位が堆積土砂天端位置到達(4/4)まで

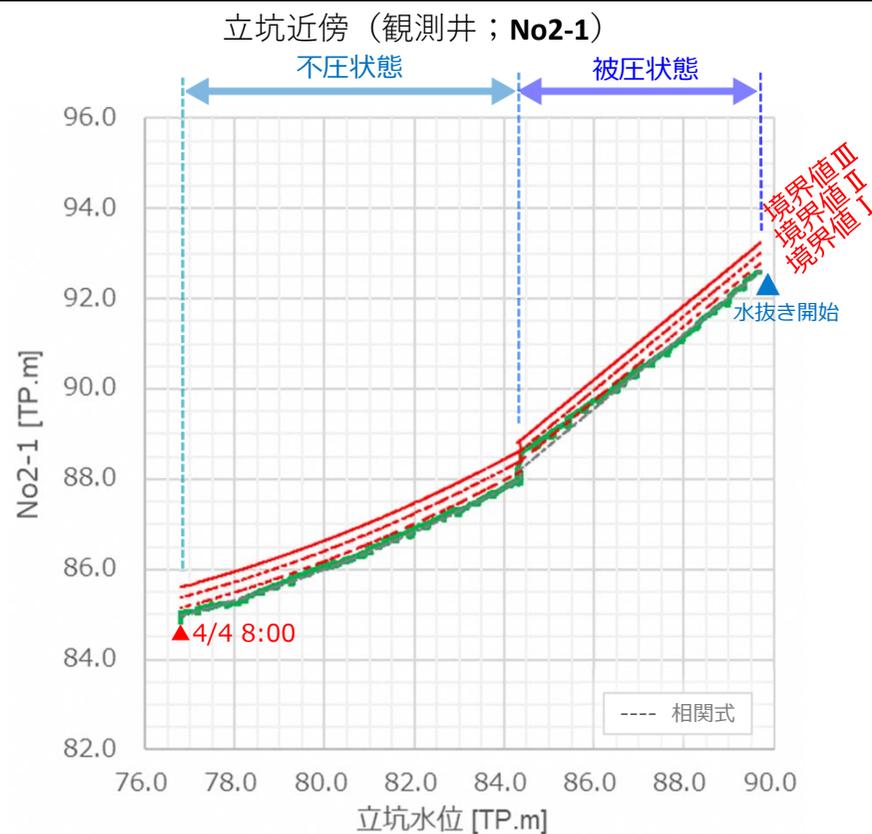
## 参考) 水抜き時の計測結果

### (5) 岩盤部水頭

#### 計測データの特徴

- 立坑水位変動による影響を受ける。
- 観測井ごとに水頭変動の応答率や変動が収束するまでの時間が異なる。

#### 岩盤部水頭の挙動 (立坑水位相関図)



(※2019/4/4 8:00迄のデータ)

- 岩盤部地下水頭は立坑水位に追従して低下している。
  - 水頭値が難透水層以下になると被圧状態から不圧状態となり立坑水位に対して直線から曲線関係の相関関係となった。
- ▶ 水抜き開始以降、岩盤部地下水頭の変化が概ね予測の範囲内であったことから、土砂部からトンネル坑内へ地下水の流入はないと評価できる。

相関分析期間 ; 水抜き開始(1/18)から坑内水位が堆積土砂天端位置到達(4/4)まで

参考) 水抜き時の計測結果

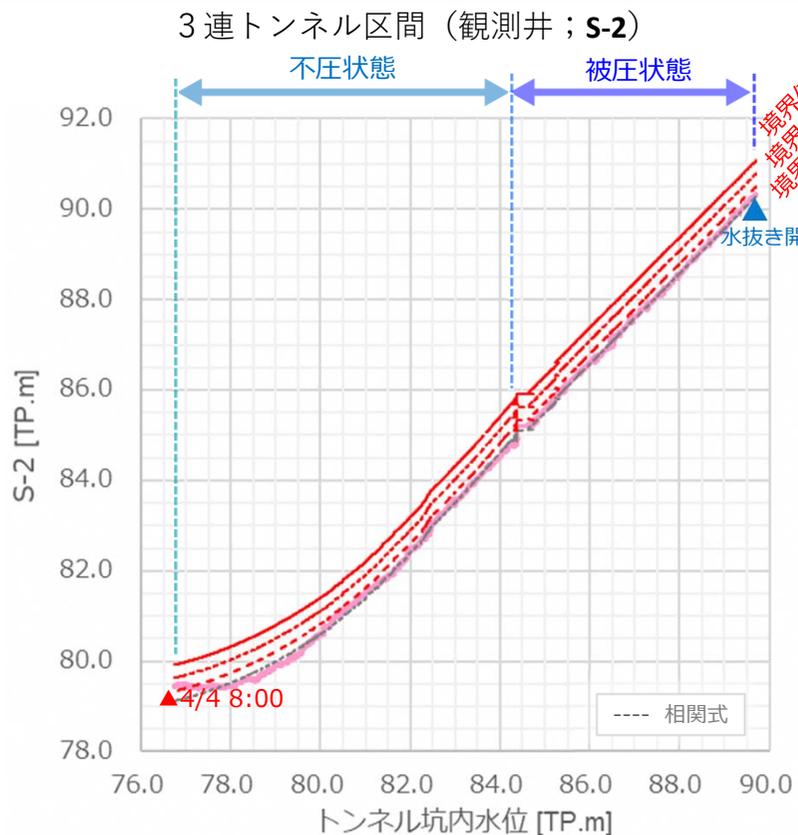
(5) 岩盤部水頭

計測データの特徴

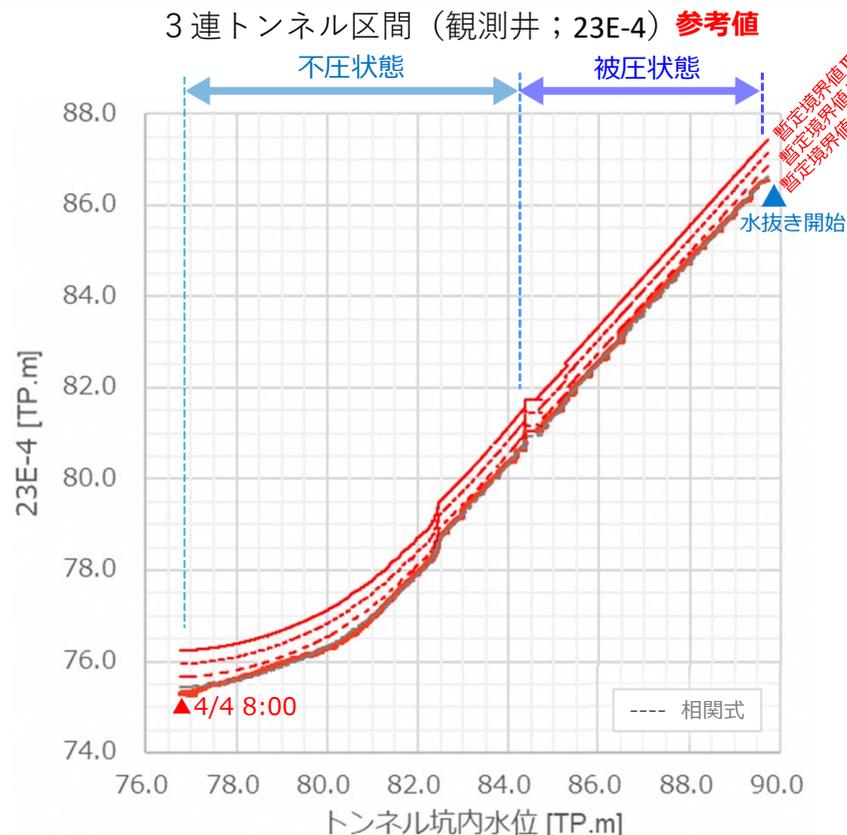
- トンネル坑内水位変動による影響を受ける。
- 観測井ごとに水頭変動の応答率や変動が収束するまでの時間が異なる。

岩盤部水頭の挙動 (トンネル坑内水位相関図)

- 岩盤部地下水頭はトンネル坑内水位に追従して低下している。
  - 水頭値が難透水層以下になると被圧状態から不圧状態となりトンネル坑内水位に対して直線から曲線関係の相関関係となった。
- ▶ 水抜き開始以降、岩盤部地下水頭の変化が概ね予測の範囲内であったことから、土砂部からトンネル坑内へ地下水の流入はないと評価できる。



(※2019/4/4 8:00迄のデータ)



(※2019/4/4 8:00迄のデータ)

相関分析期間；水抜き開始(1/18)から坑内水位が堆積土砂天端位置到達(4/4)まで

参考) 水抜き時の計測結果

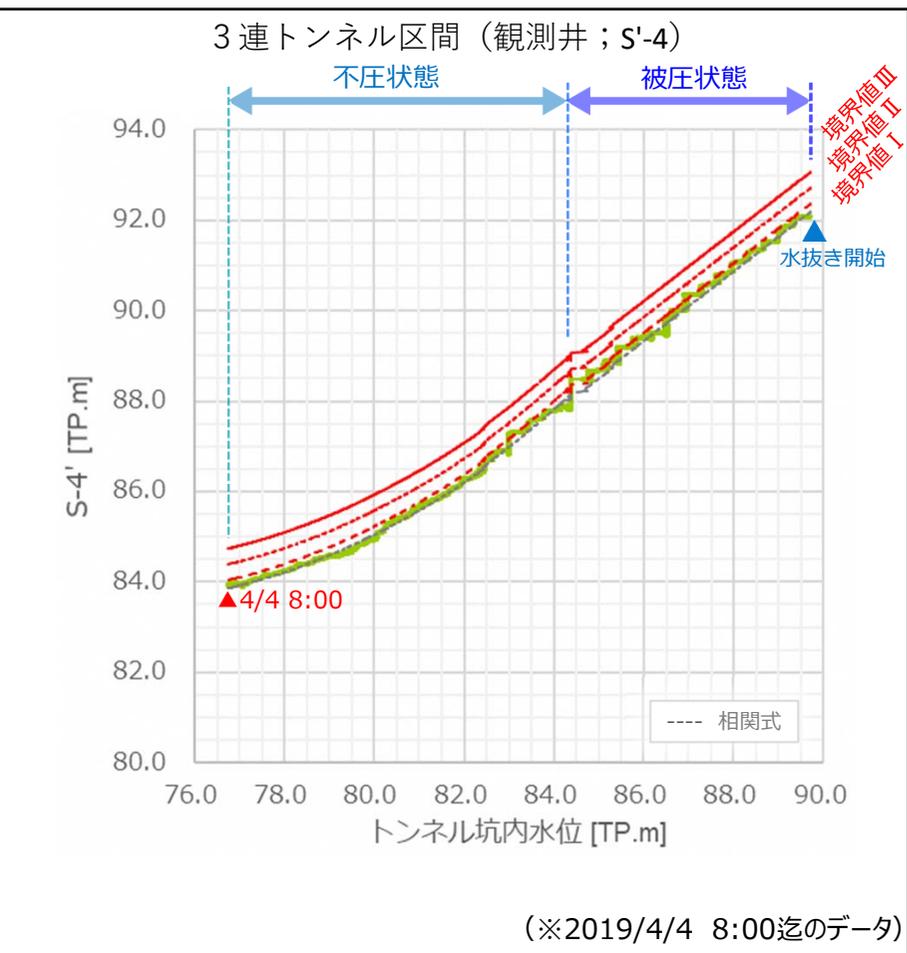
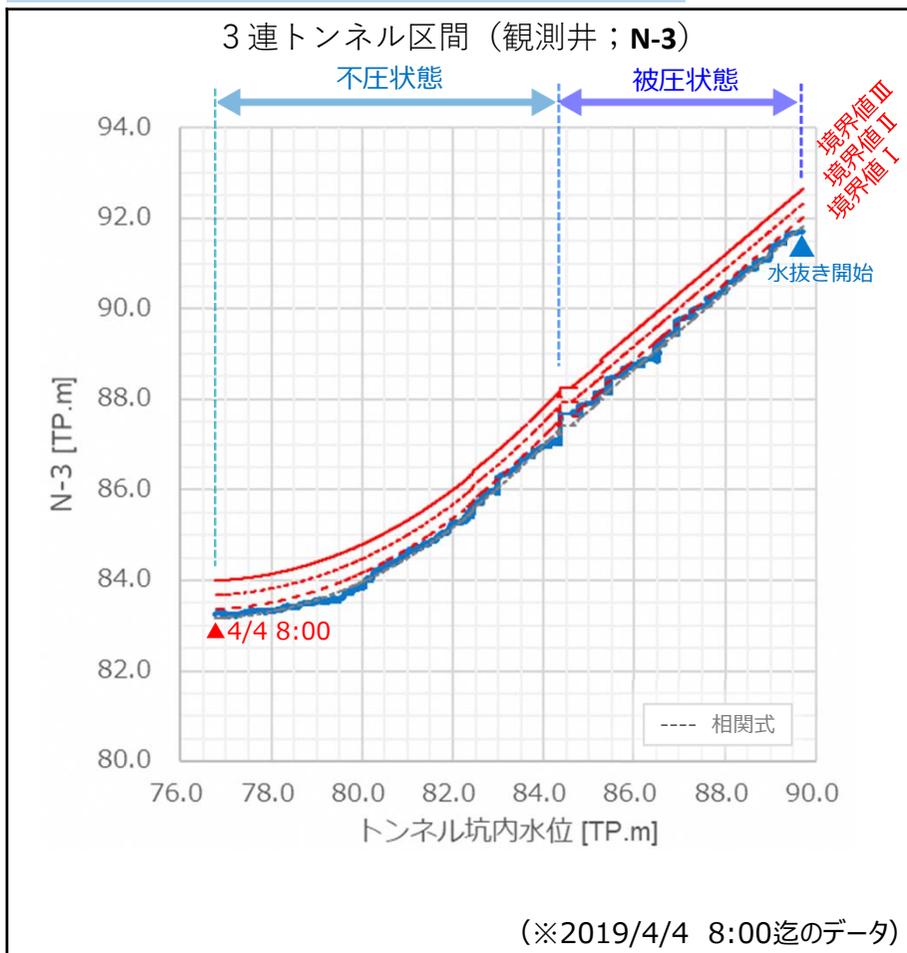
(5) 岩盤部水頭

計測データの特徴

- トンネル坑内水位変動による影響を受ける。
- 観測井ごとに水頭変動の応答率や変動が収束するまでの時間が異なる。

岩盤部水頭の挙動 (トンネル坑内水位相関図)

- 岩盤部地下水頭はトンネル坑内水位に追従して低下している。
  - 水頭値が難透水層以下になると被圧状態から不圧状態となりトンネル坑内水位に対して直線から曲線関係の相関関係となる。
- ▶ 水抜き開始以降、岩盤部地下水頭の変化が概ね予測の範囲内であったことから、土砂部からトンネル坑内へ地下水の流入はないと評価できる。



相関分析期間; 水抜き開始(1/18)から坑内水位が堆積土砂天端位置到達(4/4)まで

参考) 水抜き時の計測結果

(6) 排水量 (湧水量)

排水量 (4/6 20:00 → 4/7 8:00)	
立坑	33.0m <sup>3</sup> /12h (2.8m <sup>3</sup> /h)
開削部	75.0m <sup>3</sup> /12h (6.3m <sup>3</sup> /h)
合計	108.0m <sup>3</sup> /12h (9.0m <sup>3</sup> /h)

※掘削時の湧水量：550m<sup>3</sup>/日 (≒23.0m<sup>3</sup>/h)

- トンネル掘削時と比べて湧水量は少ない。
- 立坑/トンネル坑内の水位低下に伴い湧水量が増加した。

➤ 現在の湧水量は、トンネル掘削時に経験した範囲内の量であり、土砂部と岩盤部の地下水位は分離されていると評価できる。



参考) 水抜き時の計測結果

(7) その他

年月日	時刻	記事	原水槽(濁水処理前)		排水槽(濁水処理後)	
			水素イオン濃度 pH	浮遊物質量 SS	水素イオン濃度 pH	浮遊物質量 SS
	20:00		9.5	160	8.5	57
2019/4/2	8:00		9.6	166	8.8	31
	20:00		10.0	146	8.3	17
2019/4/3	8:00		10.7	187	7.8	15
	20:00		9.5	72	8.5	10
2019/4/4	8:00		11.0	123	8.2	44
	20:00		10.0	83	8.7	11
2019/4/5	8:00		9.0	196	7.6	9
	20:00		9.1	121	8.8	72
2019/4/6	8:00		9.2	70	8.0	20

	pH	SS
放流基準	5~9	600

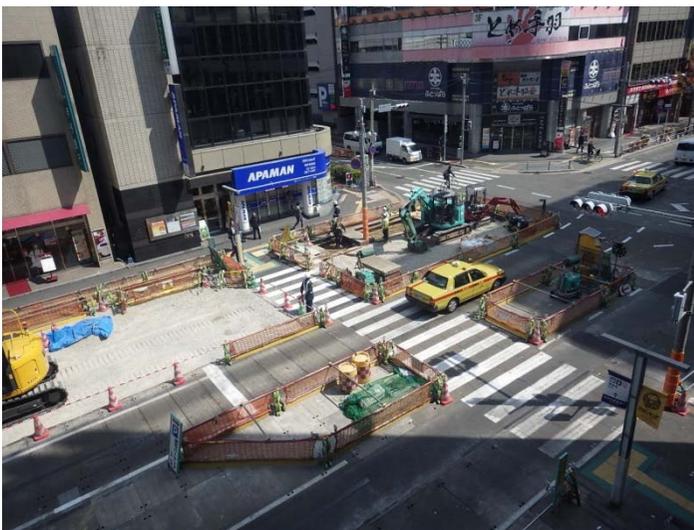
立坑(原水)・処理水の水質検査：異常なし

年月日	時刻	記事	立坑				原水槽			
			酸素 (vol%)	可燃性ガス (%LEL)	硫化水素 (ppm)	一酸化炭素 (ppm)	酸素 (vol%)	可燃性ガス (%LEL)	硫化水素 (ppm)	一酸化炭素 (ppm)
	20:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
2019/4/2	8:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
	20:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
2019/4/3	8:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
	20:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
2019/4/4	8:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
	20:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
2019/4/5	8:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
	20:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0
2019/4/6	8:00	-	20.9	0	0	0	20.9	0	0	0

	酸素 (vol%)	可燃性ガス (%LEL)	硫化水素 (ppm)	一酸化炭素 (ppm)
管理基準	19	5	2.5	12.5
許容値	18	30	10	50

ガス濃度測定(立坑周辺)：異常なし



路面目視点検：異常なし

巡視点検簿

工 業 名 称 : 福岡市地下鉄七隈線延伸(仮称)工事建設工事 ( 駅舎部 ) (NATD)

番 号 表 示 : 大塚・博多・西鉄・西鉄建設工事用管理簿

電 話 番 号 : 092-4282-1780

電 気 施 工 人 : 田中 秀光

平成 21 年 4 月 5 日 全曜日、点検時刻 午後 17 時 00 分

工種	項目	内容	仮設構造物関連		仮設設備関連	
			点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
土	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
中	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
工	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果
	掘削土の状況	掘削土の状況	点検項目	点検結果	点検項目	点検結果