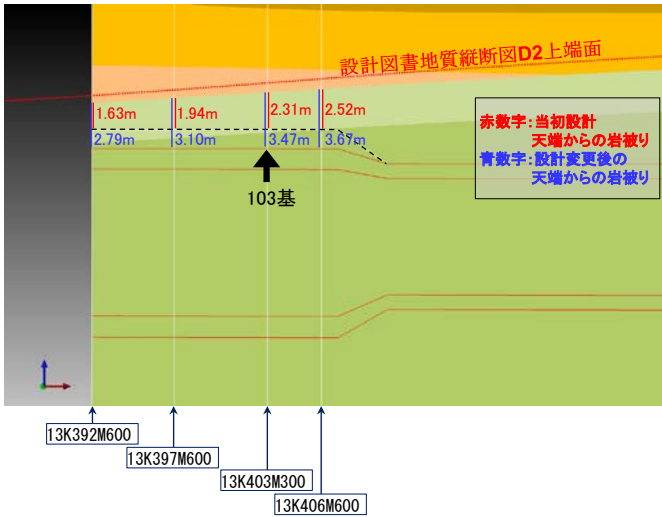


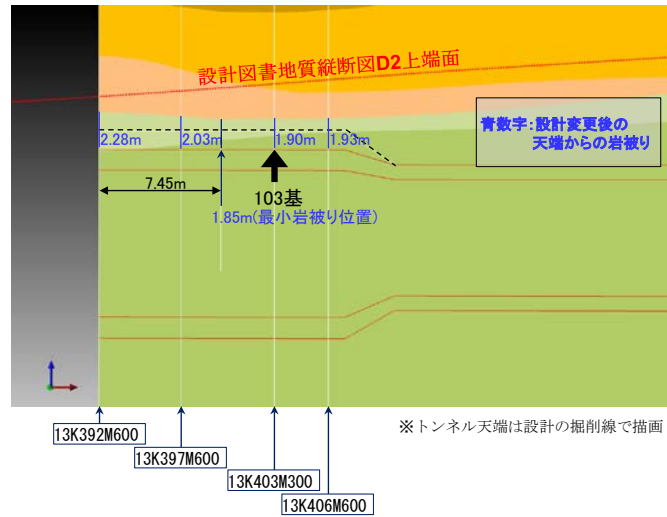
# 要因推定 A-①

## 難透水性風化岩の強度や厚さ

大断面トンネル施工時の地質モデル  
(既往ボーリング+No. 27S-1 計9本)



現時点での地質モデル  
(追加調査ボーリングを含めた全23本)

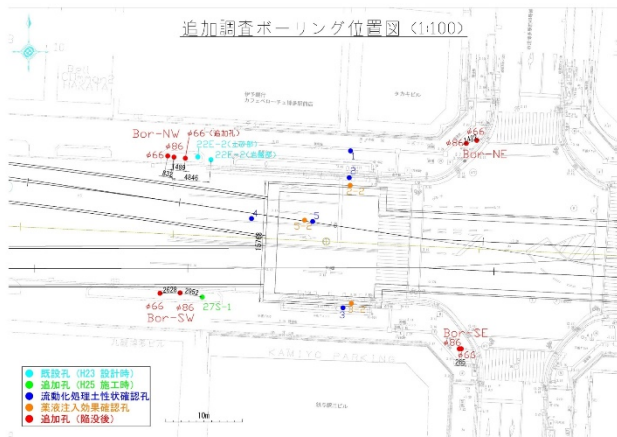


福岡市提出資料より

		横断面図				
大断面 トンネル 施工時の 地質モデル 既往ボー リング+No.27S-1 計9本		13K392M600	13K397M600	103基 ↓ 13K403M300	13K406M600	青数字:設計変更後の 天端からの岩被り
		2.79m	3.10m	3.47m	3.67m	
現時点で の 地質モデル 追加調査ボー リングを含めた 全23本		13K392M600	13K397M600	103基 ↓ 13K403M300	13K406M600	青数字:設計変更後の 天端からの岩被り
		2.28m	2.03m	1.90m	1.93m	

※トンネル天端は設計の掘削線で描画

### D2層の岩被りの変遷

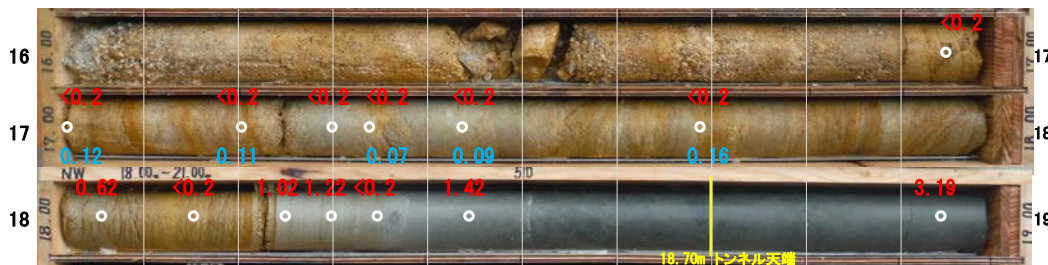


Bor-NW, NE, SW, SEは本委員会の要請に基づき、事故後、福岡市にて実施したボーリング調査

福岡市提出資料より

- NW抗におけるD2層の層厚は約1.5m（深度16.90～18.35m）である。近接する設計時のボーリングNo.22E-2の層厚（3m）の半分以下であった。
- 上部（深度16.95～18.15m付近）は針貫入試験による抵抗値が非常に小さく（0.2MPa未満）、指圧で容易につぶれる硬さである。

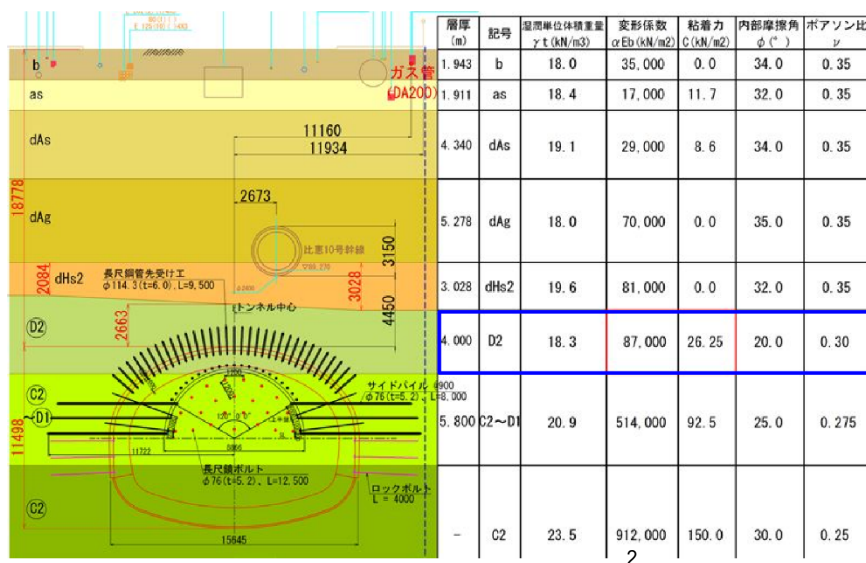
Bor-NW



換算一軸圧縮強さ (MPa)  
針貫入試験  
山中式土壌硬度計

福岡市提出資料より

難透水性風化岩は物性値にバラツキがあり、地下水圧が作用する状態でのNATMの設計に対して難透水性風化岩を一つの層として区分することが適切でなかった可能性がある

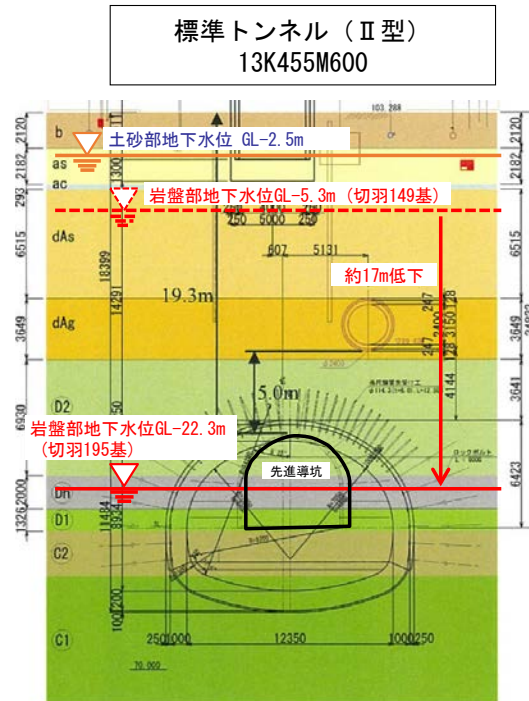


N値=5~250  
(250は50回の貫入量からの推定値)  
変形係数  
E=14,000~700,000kN/m<sup>2</sup>  
(N値から推定; E=2800N (kN/m<sup>2</sup>))

施工者提出資料より

# 要因推定 A-② 地下水圧の影響

D2層が難透水層であることを示す。  
岩盤内の水圧が下がることで難透水層に土砂部の地下水圧が作用した



福岡市提出資料より

## 1) 福岡市地下鉄のナトムによる施工実績一覧

路線名	工区 (トンネル名)	NATM 施工延長 (m)	断面形状	掘削幅 (m)	掘削 断面積 (m2)	平均 土被り (m)	最小 岩被り (m)	地質	地下水対策	薬液注入 目的		先受工	施工 若干年月	備考
										止水	地盤 強化			
空港線	中比恵西工区	240	複線	10.4~16.5	77	12.8	1.4	風化頁岩	ディープウェル 薬液注入	●	●	先受ボルト ミニハイフルーフ	S63.5	図1
	中比恵東工区	329	複線	10.4~11.0	77	12.5	2.0	風化頁岩	ディープウェル 薬液注入	●	●	先受ボルト 先受ハイフ	S63.5	図1
	空港工区	65	単・複線	5.6~12.5	77	7.9	1.6	風化花崗岩	ディープウェル 薬液注入		●	パイプルーフ	S63.2	-
七隈線	梅林工区	595	単線	5.6	29	17.7	8.8	風化花崗岩	水抜ボーリング 薬液注入	●	●	(坑口補強) フォアホーリング AGF	H11.3	図2
	別府工区	630	単・複線	5.6~9.0	27~91	8.1~10.2	2.1	風化頁岩 礫岩 砂岩	薬液注入 先進水抜き	●	●	パイプルーフ AGF	H10.1	-
	六本松工区	68	複線	9.5	63	7.7	0.0	風化頁岩 礫岩 砂岩	水抜ボーリング ディープウェル 薬液注入	●	●	AGF	H9.2	図3
	桜坂工区	645	単・複線	5.2~12.4	25~105	9.0~11.4	3.0	風化頁岩 礫岩 砂岩	水抜ボーリング 薬液注入	●	●	AGF	H9.5	図4
	薬院西工区	837	単・複線	5.7~12.9	26~92	8.4~12.0	1.6	風化頁岩 礫岩 砂岩	水抜ボーリング 薬液注入		●	AGF PUIF	H8.12	-
	薬院工区	28	単線	5.2	16	8.8	0.0	洪積層砂礫 粘性土	ディープウェル 薬液注入	●	●	パイプルーフ AGF	H9.10	-

### 薬液注入について

主に砂層の止水や風化岩部の地盤強化を目的として、必要な範囲において薬液注入工を実施している。

# 要因推定 B-①

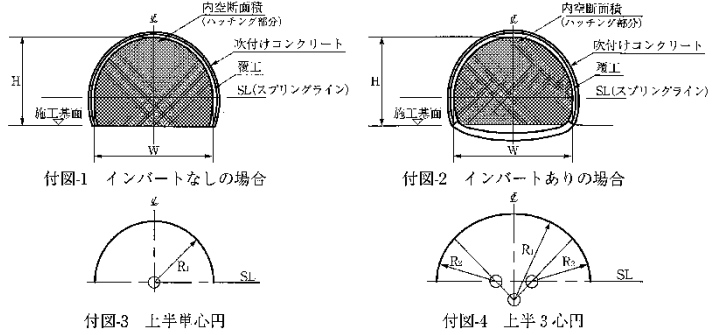
## トンネル断面形状の変更

天端付近の岩被りを確保するために、内空断面の扁平率を0.625から0.532となっておりFEM解析により安定性を確認しているが、当初想定していたよりも地山条件が悪くなっていることから、一般的には0.57以上が好ましいとされる扁平率よりも小さくなったことが、**要因となった可能性がある。**

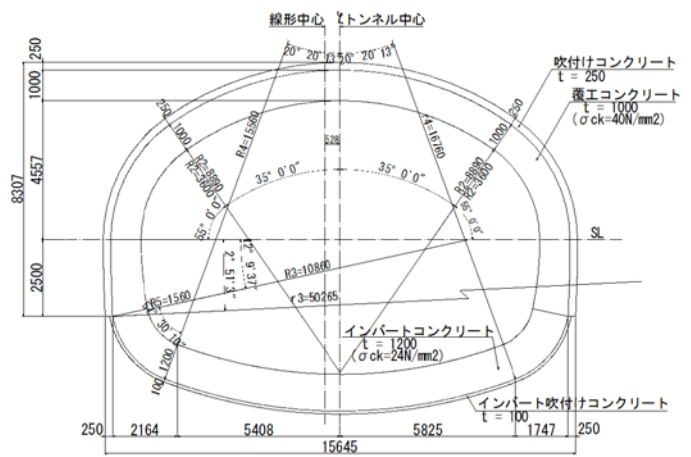
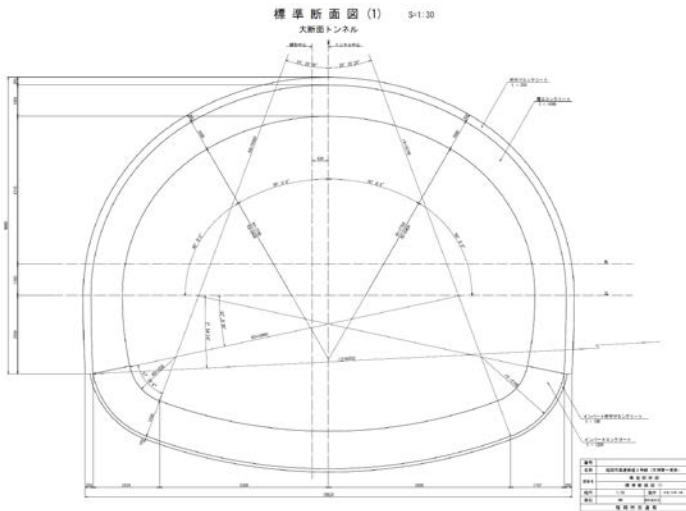
表-3.3.1 断面区分

項目	区分	通常断面	大断面	小断面
内空幅 (m)		8.5~12.5程度	12.5~14.0程度	3.0~5.0程度
内空形状		一般的に上半単心円断面	一般的に上半三心円断面	一般的に上半単心円側壁部鉛直断面
内空縦横比		概ね0.6以上	概ね0.57以上	概ね0.8以上
内空断面積 (m <sup>2</sup> ) (参考値)		40~80程度	80~100程度	8~16程度

- 注1) 内空幅とは、スプリングラインでの内空幅をいう。(付図-1,2に示すWをさす。)  
 注2) 内空縦横比(H/W)は付図-1, 2に示す内空高さ(H)と内空幅(W)の比で表示した。  
 注3) 内空形状は上半(SLより上)を形成する内弧の数で付図-3,4に示すように上半単心円(二心円)と上半三心円(五心円)とした。  
 注4) 内空断面積は断面形状(内空縦横比など)の影響を受けやすいため、この影響を受けない内空幅により断面を区分する。参考値として各断面のおおよその内空断面積を表に示した。なお、ここでいう内空断面積とは、付図-1, 2に示すようにインバート(盛下げ)を含まない掘削内弧の全内空断面積をいい、換気計算に用いる車道内空(舗装面の上部)とは異なる。  
 注5) 大断面における非常斜半帯の内空断面の設定にあたっては、側壁部の形状を共有する形で拡大すると、極度に扁平になることも考えられるため、一般部の内空形状を類似拡大する案も含め、地山条件などに応じた検討が必要である。



### 道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 平成15年11月 P94,95



内空幅員(SL) :  $((7,750-5,400) \times \sin 30^\circ + 5,400) \times 2 = 13,150$   
 内空高さ :  $9,465 - (250 + 1,000) = 8,215$   
 内空縦横比 :  $8,215 / 13,150 = 0.625$   
 掘削内空縦横比 :  $9,465 / ((13,150 + (250 + 1,000) \times 2)) = 0.605$

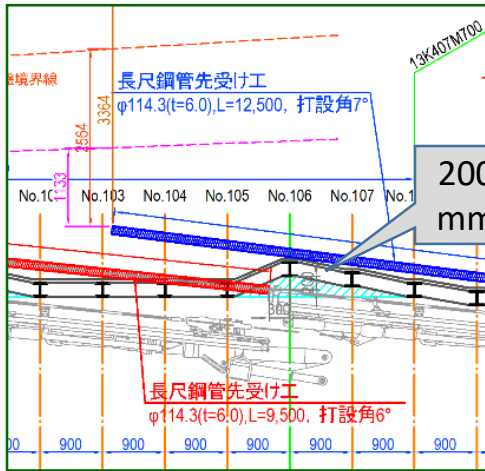
内空幅員(SL) :  $((8,890-3,600) \times \sin 35^\circ + 3,600) \times 2 = 13,268$   
 内空高さ :  $8,307 - (250 + 1,000) = 7,057$   
 内空縦横比 :  $7,057 / 13,268 = 0.532$   
 掘削内空縦横比 :  $8,307 / ((13,268 + (250 + 1,000) \times 2)) = 0.527$



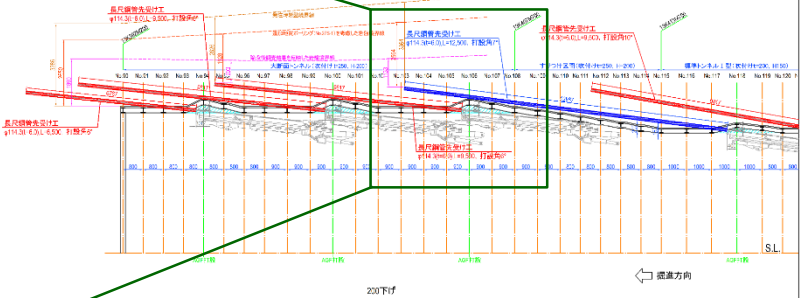
# 要因推定 B-②

## すりつけ区間における補助工法の施工方法の変更

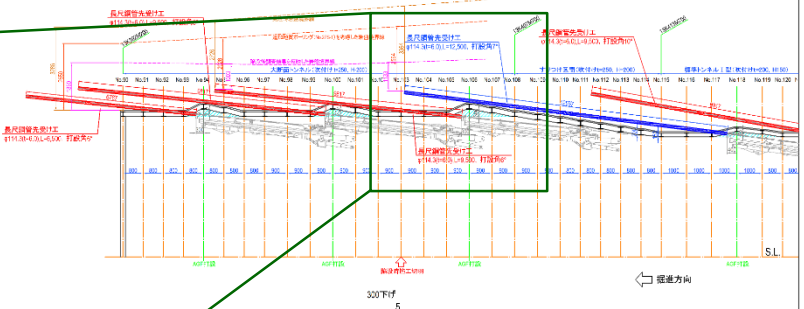
大きなずれや鋼管間の間隔の広がりには認められないが、天端部のAGFをガイドセルの干渉により0.1~0.2m下げたことでAGF鋼管を一部切断している。切断により間隔が広がったことで抜け落ち易くなり、このことが**要因となった可能性**がある。



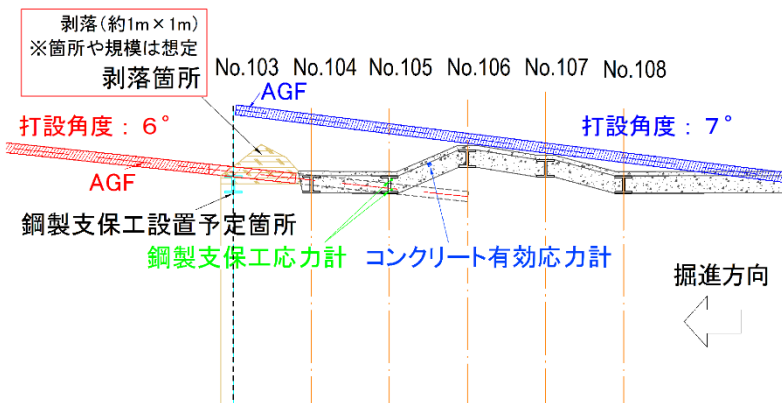
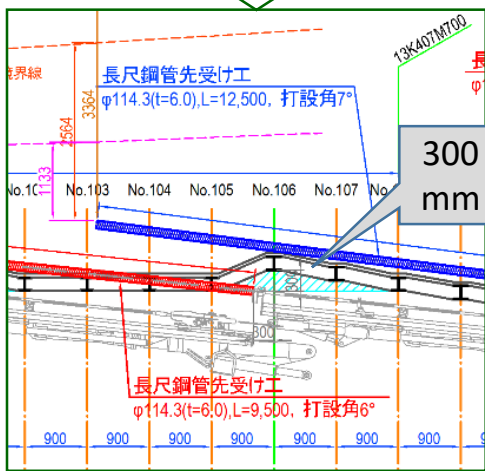
◆AGF割付 計画図



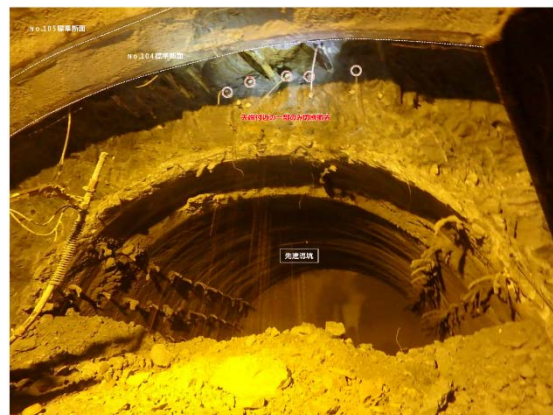
◆AGF割付 施工図



施工者提出資料より



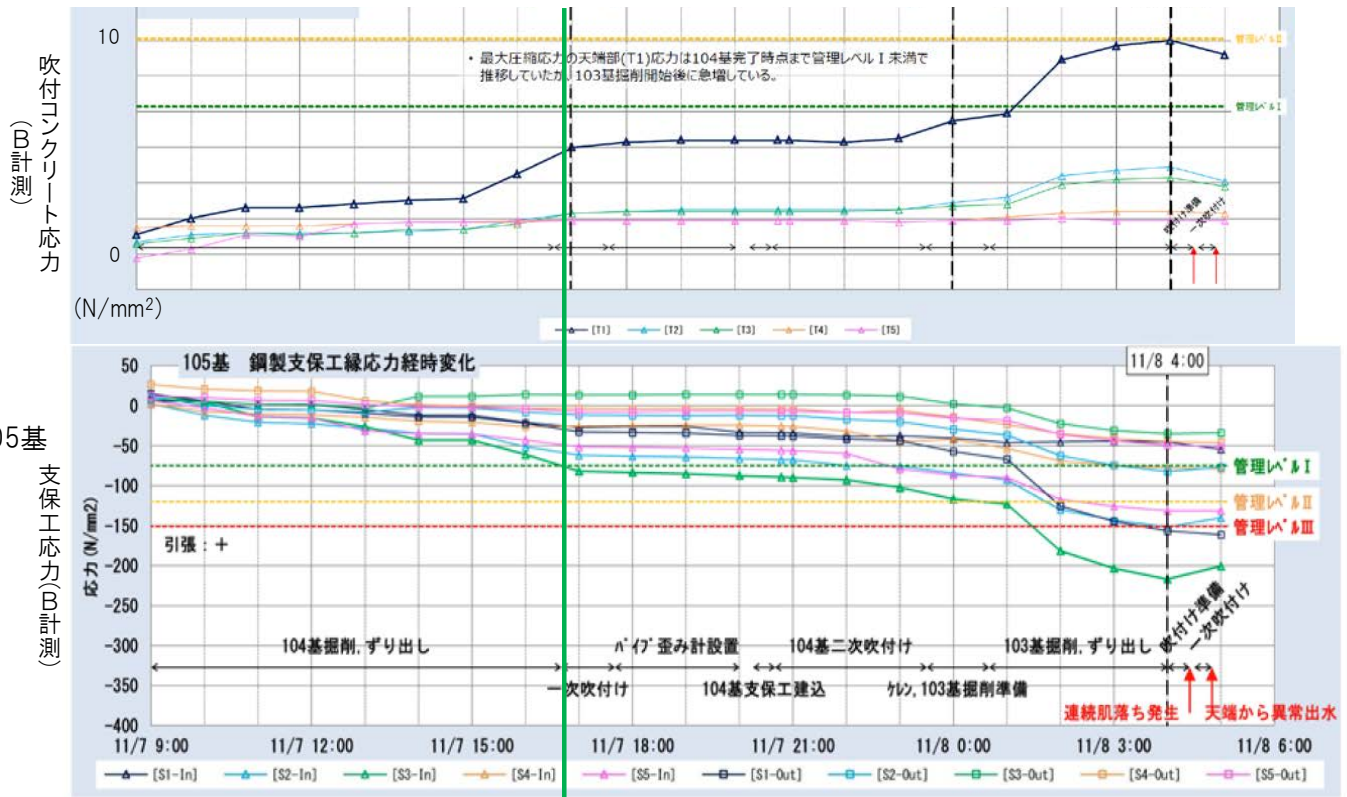
施工者提出資料より



施工者提出資料より

# 項目10 計測管理や対策工の実施

施工者は支保工応力のひとつの計測点が管理基準値（Ⅰ）を超えたことを把握したが、発注者への報告はなかった。しかし、その他の計測点や計測項目で異常値を示していなかった当時の状況を踏まえると、その時点で今回の大規模な陥没事故までを予見することは困難だったと考えられる。その後、管理基準値（Ⅱ）、管理基準値（Ⅲ）を超えるが、リアルタイムで把握することができなかった。ただ、加速度的に生じる現象の中で陥没に至った状況を踏まえると、陥没事故を防ぐ対策は想定し難い。

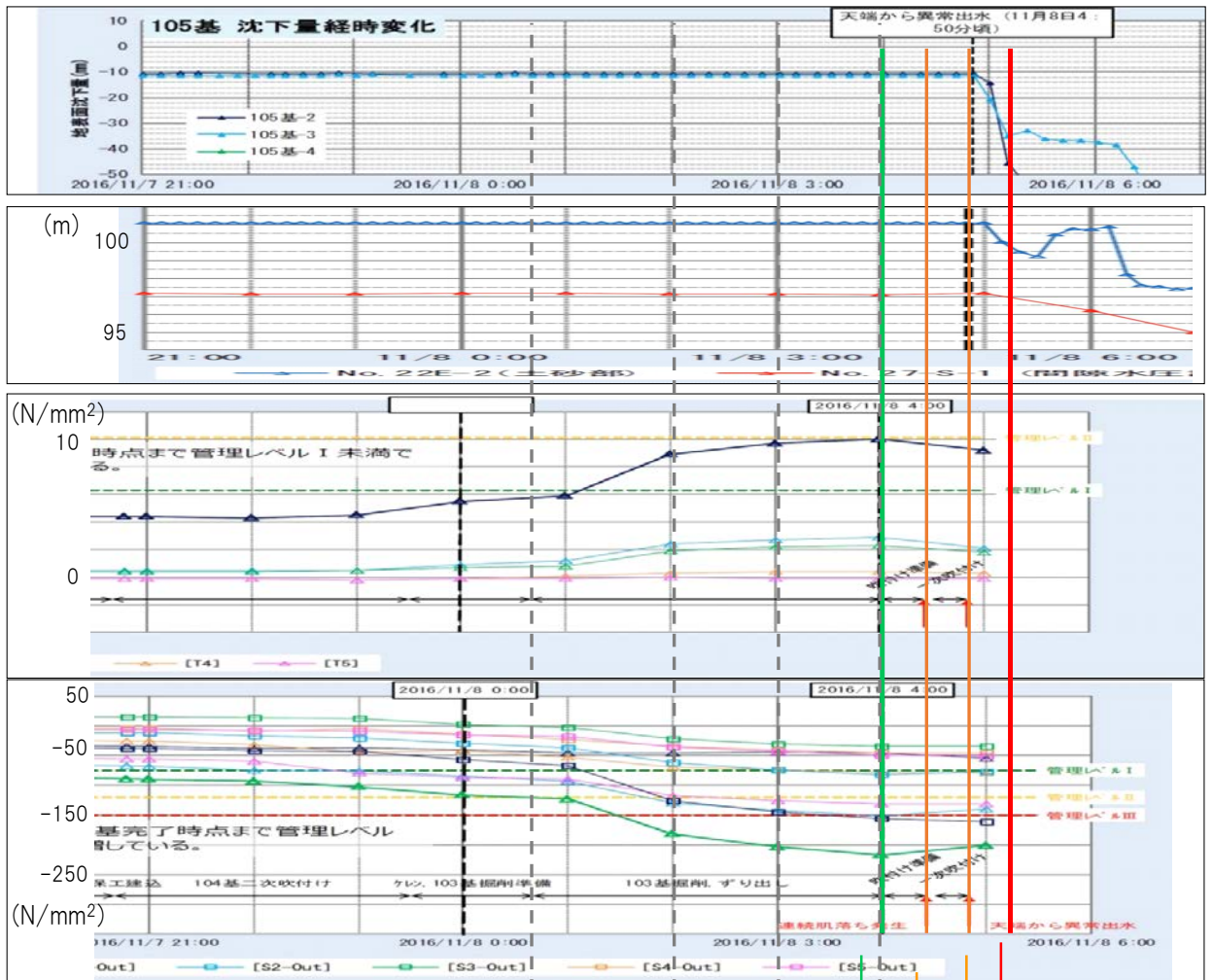


地表面沈下(A計測)

地下水位

吹付コンクリート応力

105基 支保工応力(B計測)



4:00頃 支保工応力極大値  
地表面、地下水位等変化なし

4:25頃 連続的な肌落ち

4:50頃 異常出水

5:15頃 道路陥没

凡例  
掘削中  
掘削済

