４　大断面トンネル施工時の計測データ

（１）　計測にあたっての留意事項

○　第６回七隈線建設技術専門委員会（平成28年8月30日）

高度な学識や実務経験を有する有識者を委員とする交通局が事務局の委員会

【委員会におけるやりとり（抜粋）】

・岩かぶりが浅いことで，トンネル断面の形状を変更するとのことであるが，トンネルの上の層はそんなに良くない岩質であるので，導坑掘削は注意深く行わなければならない。
・トンネルの上の層はかなりボロボロの岩盤であり，現在は土砂部と岩盤部の地下水は分離できている状況かもしれないが，掘削時に外部からの力が加わることで，岩盤にどのような亀裂が入るかを詳細に想定することは難しいため，施工は注意深く行う必要がある。
もし土砂部と岩盤部の地下水が繋がってしまうと，地表面の沈下に繋がることになる。
・**先進導坑で探りながら，計測機器を使い安全を確認し，施工していきたい。**
・大断面部は当初形状を変更して，施工は慎重な形にしようとしているが，これでよいのかどうか意見を伺いたい。
・基本的には，この施工方法しかないと思う。ただ，トンネル上部の岩盤部と土砂部の境目は平らではないと以前から指摘しており，長尺鋼管先受工を施工するときは注意されたい。
・**大断面部の掘削については，小断面のトンネル掘削により様子を見た上で，トンネルの内空変位等が解析結果の範囲に収まっているかを確認した後，扁平した形状の断面に切り拡げる手順で施工を進めていきたい。**
・**トンネル掘削時の切羽上方，前方の計測や長尺鋼管先受工において，掘削地盤に水みちがないか等を一つ一つ確認しながら慎重に施工を進めていきたいと考えている。**
・地質的な問題と地下水の問題がある中，施工手順を慎重に選び，小断面のトンネルから切り拡げを行い，また，トンネル掘削の状況に併せて様々な補助工法を付け加えていくという姿勢で進めているので，大方の考え方は理解することができる。

○　第１１回七隈線延伸事故防止検討委員会（平成28年8月18日）

事故防止や安全対策に関する交通局の内部委員会

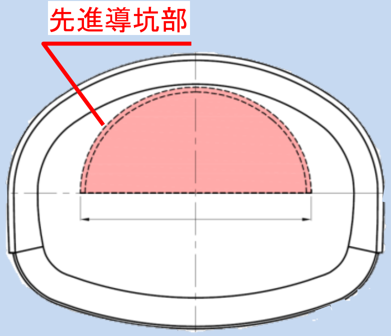
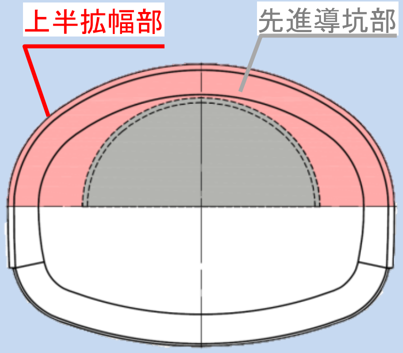
【主な意見】

・地表面陥没に対するリスク管理をより具体化すること。
・岩被りが小さく，扁平率が大きい断面形状であることなど，当初設計よりも厳しい施工条件であり，地表面沈下が懸念される。物性値をもう一度見直した解析を行うこと。
・ＳＡＡやＴ－ＲＥＸによる切羽前方変位測定は，リアルタイムで監視できるのであれば，常時モニタリングすることで安全管理の徹底を図ること。配布資料の記載事項以外にもリスク管理として，補助工法を考えて欲しい。
・鋼製支保工の発生応力について，ＦＥＭ解析と実測値を比較することで早めに異変を察知することができるので，安全性向上のために比較しながら施工を進めてもらいたい。

大断面トンネルの掘削については，これらの委員会における意見などを踏まえ，大成ＪＶは施工計画を策定し施工を行っている。

4 大断面トンネル施工時の計測データ

（２） 計測結果に対する対応

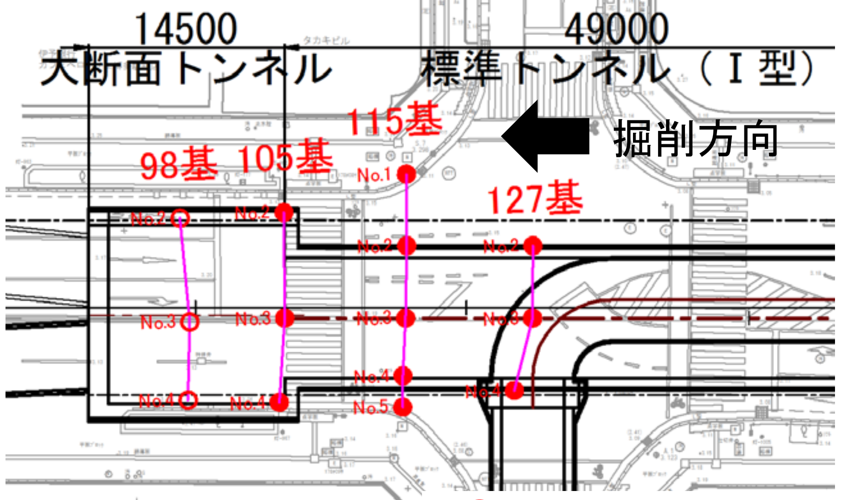
施 工 状 況	計 測 状 況 A	計 測 状 況 B	計 測 状 況 C（ＳＡＡ・Ｔ－ＲＥＸ）	大成ＪＶから交通局への報告	大成ＪＶの計測結果に対する評価
先進導抗掘削開始 （H28.10.4） 22日間  			○ T-REX（切羽前方変位）計測値 ・10/6　104基 ・10/7　102基 比較的大きな値を計測	○ 10月6日，13日，21日の工程会議で下記事項を報告 ・地表面沈下 ・ガス管沈下 ・天端沈下 ・内空変位 ・地下水位	○ 地盤に亀裂はあるが破砕，湧水もなく，標準Ⅱ型よりも地盤が良い状況。 ○ 計測データは，いずれも異常なし。
				○ ＳＡＡ・Ｔ－ＲＥＸの計測値は，10月分の計測結果として，11月10日に交通局へ提出。	○ Ｔ－ＲＥＸの値を異変と捉えていない。
上半拡幅掘削開始 （H28.10.26） 13日間  			※ＳＡＡ・Ｔ－ＲＥＸ 先進導坑掘削時のみ計測	○ 10月28日，11月4日の工程会議で下記事項を報告 ・地表面沈下 ・ガス管沈下 ・天端沈下 ・内空変位 ・地下水位	○ 地盤に亀裂はあるが破砕，湧水もなく，標準Ⅱ型よりも地盤が良い状況。 ○ 計測データは，いずれも異常なし。
			○ 鋼製支保工応力計測値 ・一次超過（11/7 17時頃） ・二次超過（11/8　1時頃） ・三次超過（11/8　2時頃） ○ 吹付コンクリート応力計測値 ・一次超過（11/8　1時頃）	○ 11月7日 19時30分頃に計測データを確認し，鋼製支保工応力値が一次管理値を超過したことを把握するも交通局へ報告はなかった。	○ 鋼製支保工応力の計測値のみが超過しているが，その他の計測結果を踏まえ総合的に判断し，施工を進めた。
道路陥没発生 （H28.11.8 5時15分）				○ 11月18日 11月分計測結果の報告 （事故発生まで）	○ 鋼製支保工応力値の二次，三次管理基準値超過の事実は，事故後に把握。

4 大断面トンネル施工時の計測データ

（３）－１　計測データ（Ａ計測：地表面沈下）

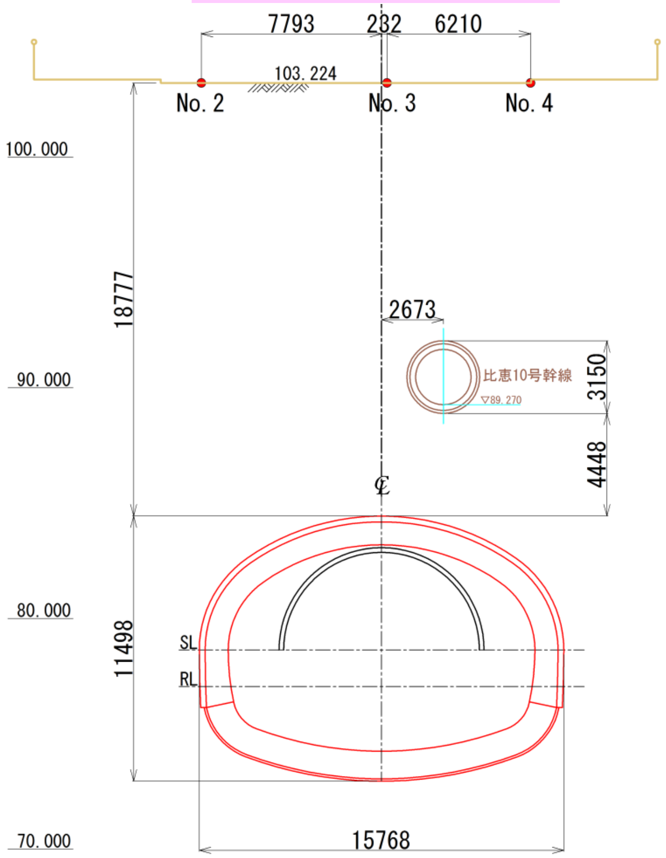
■管理基準値

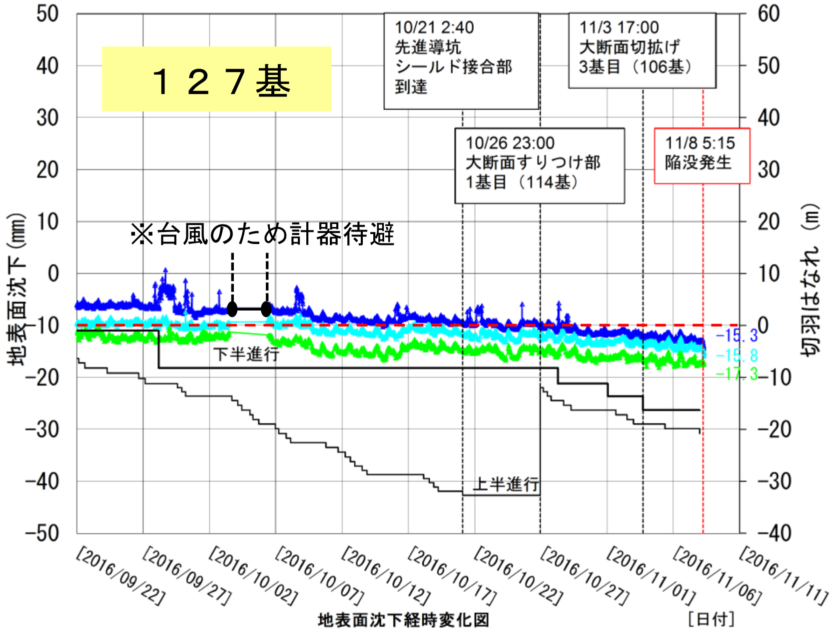
Step名		管理基準値(mm) Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
step1	自重解析（掘削前）	0.0	0.0	0.0
step2	導坑　切羽到達	-1.0	-1.5	-1.9
step3	導坑　掘削完了	-2.6	-4.1	-5.1
step4	大断面トンネル　上半切羽到達	-8.4	-13.5	-16.9
step5	大断面トンネル　上半掘削完了	-14.9	-23.8	-29.7

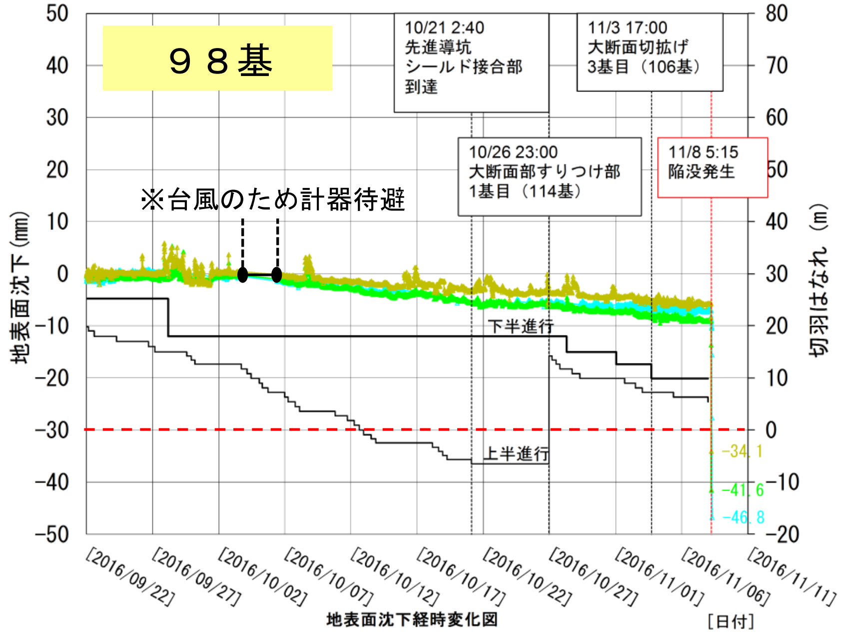


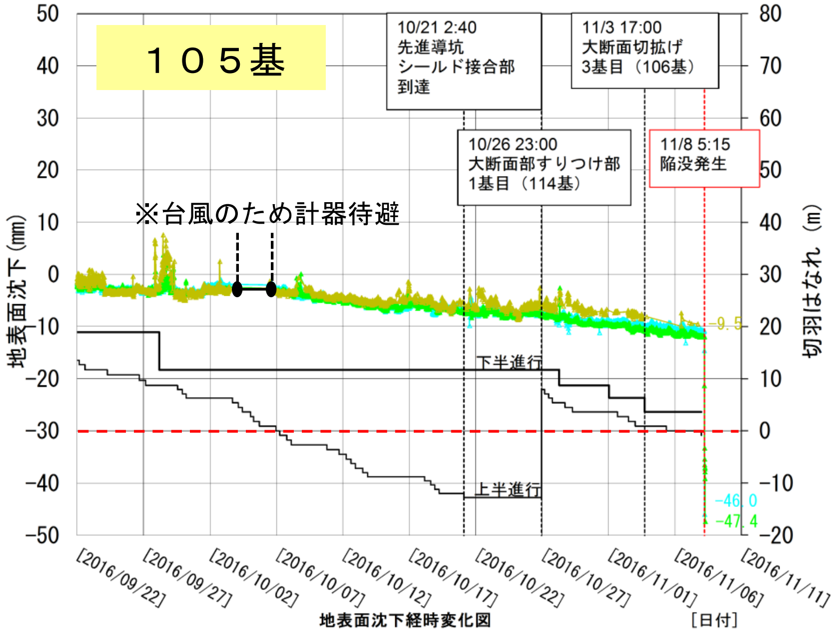
● 地表面沈下測点

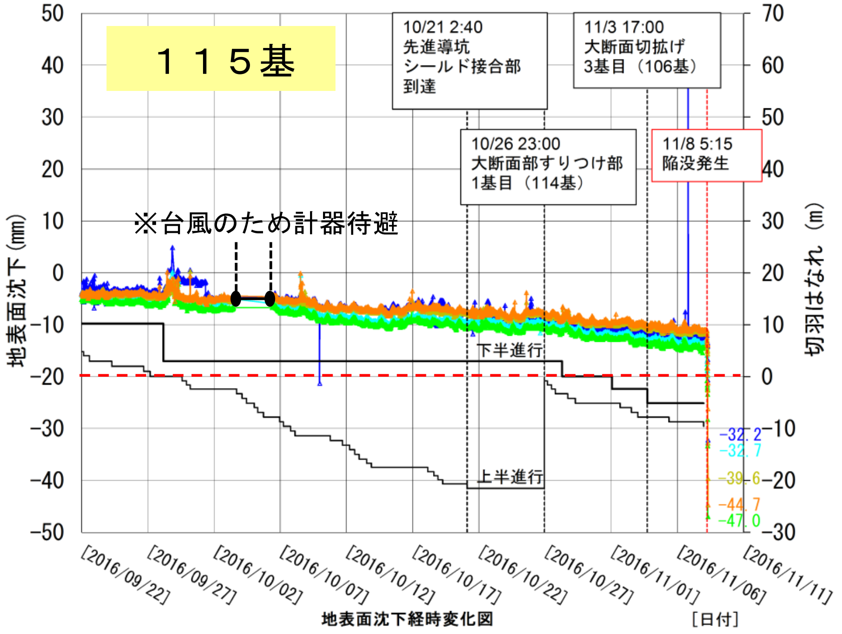
■断面図（105基）











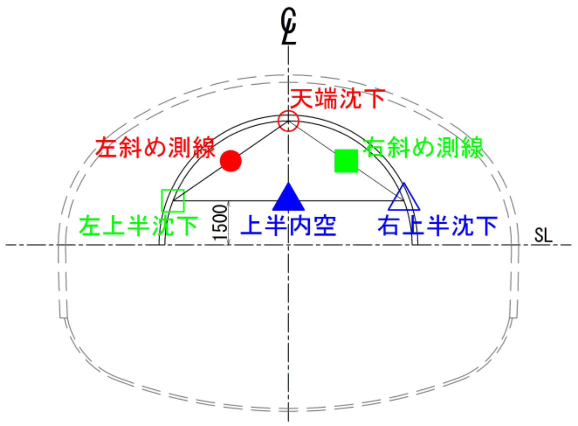
４ 大断面トンネル施工時の計測データ

（３）－２　計測データ（Ａ計測：天端沈下・内空変位）

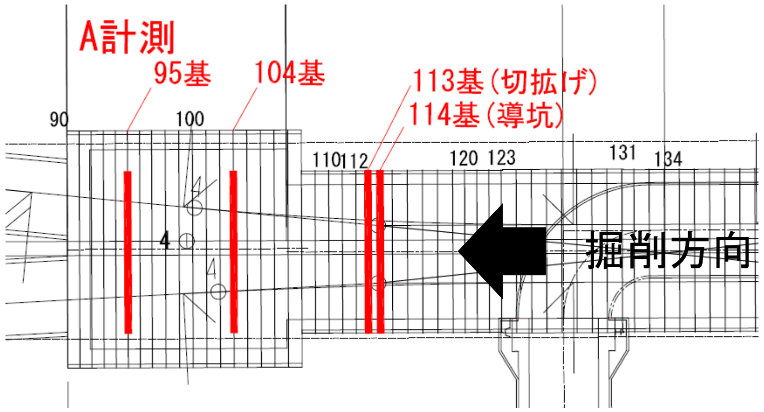
■管理基準値

Step名		管理基準値(mm) Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
step1	自重解析（掘削前）	－	－	－
step2	導坑　切羽到達	－	－	－
step3	導坑　掘削完了	－	－	－
step4	大断面トンネル　上半切羽到達	0.0	0.0	0.0
step5	大断面トンネル　上半掘削完了	−11.9	−19.1	−23.8

■断面図（Ａ計測先進導坑横断測点）

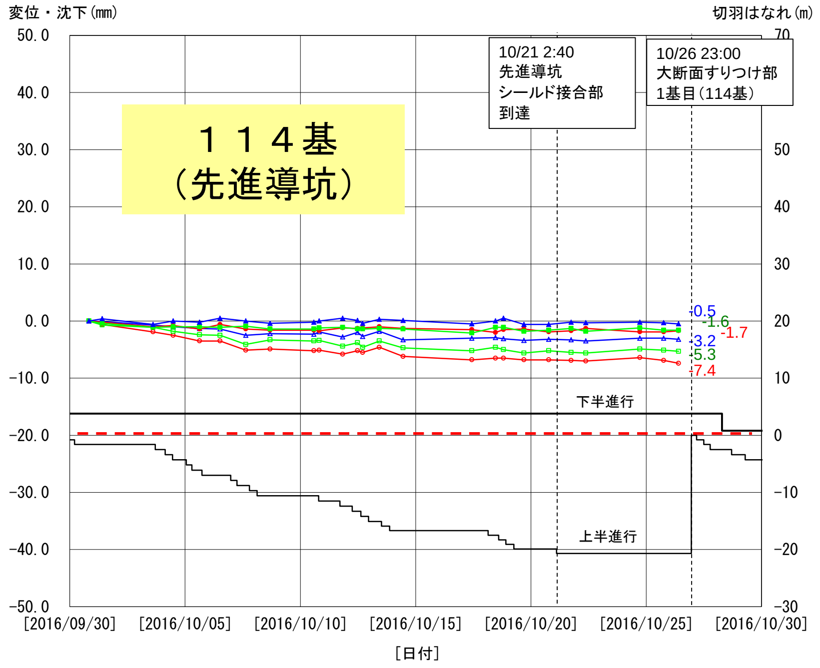


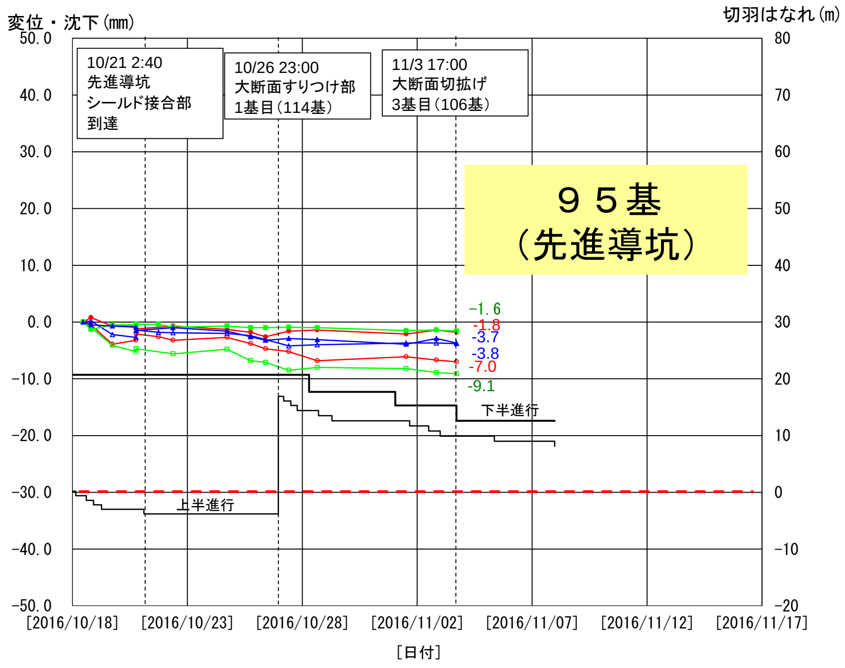
■Ａ計測平面測点

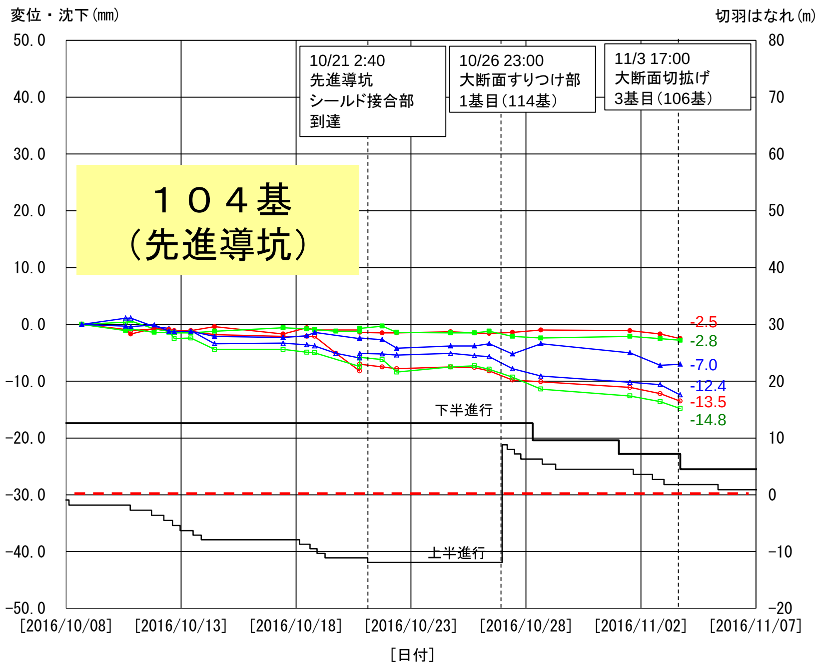


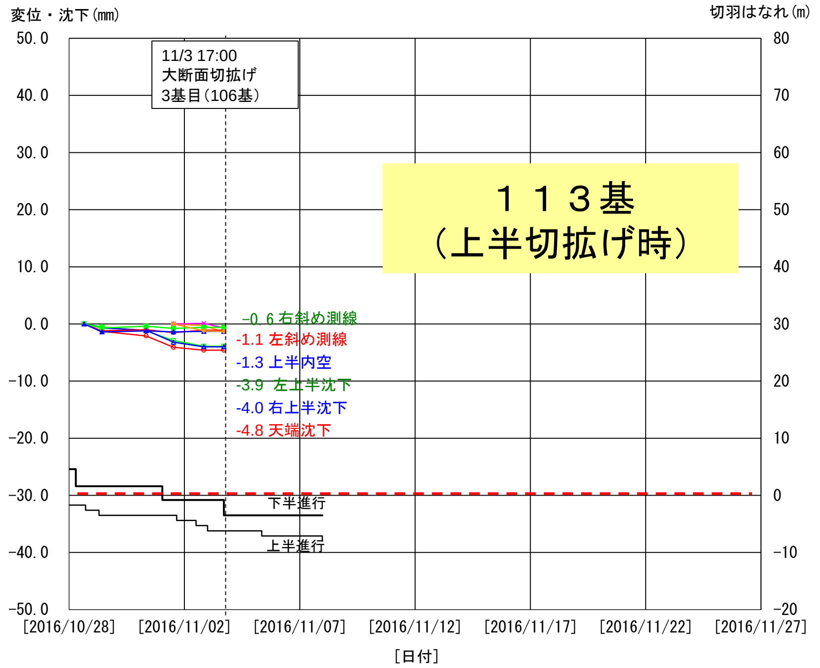
・掘削の進行に伴い増大する坑内変位を計測（１回/日）して掘削管理を行う。

※ 11/4以降も計測を実施しており，坑内ＰＣにデータを保存していたが，陥没発生に伴い，ＰＣが水没したため，11/4以降のデータの更新ができていない。









4　大断面トンネル施工時の計測データ

（３）－３　計測データ（Ｂ計測：吹付けコンクリート応力・鋼製支保工応力）

■管理基準値

○吹付けコンクリート応力

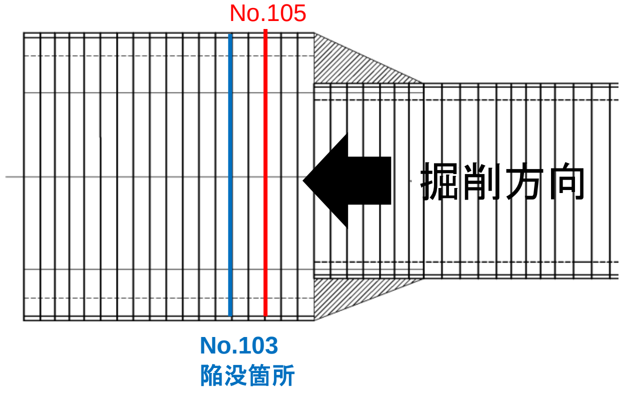
項目	Step名		管理基準値(N/mm2) Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
天端応力度 (N/mm^2)			6.3	10.1	12.6
上半左上応力度 (N/mm^2)	step5	大断面トンネル上半掘削完了	8.3	13.2	16.5
上半右上応力度 (N/mm^2)			8.1	12.9	16.1
上半左脚応力度 (N/mm^2)			8.5	13.5	16.9
上半右脚応力度 (N/mm^2)			8.5	13.5	16.9

○鋼製支保工応力

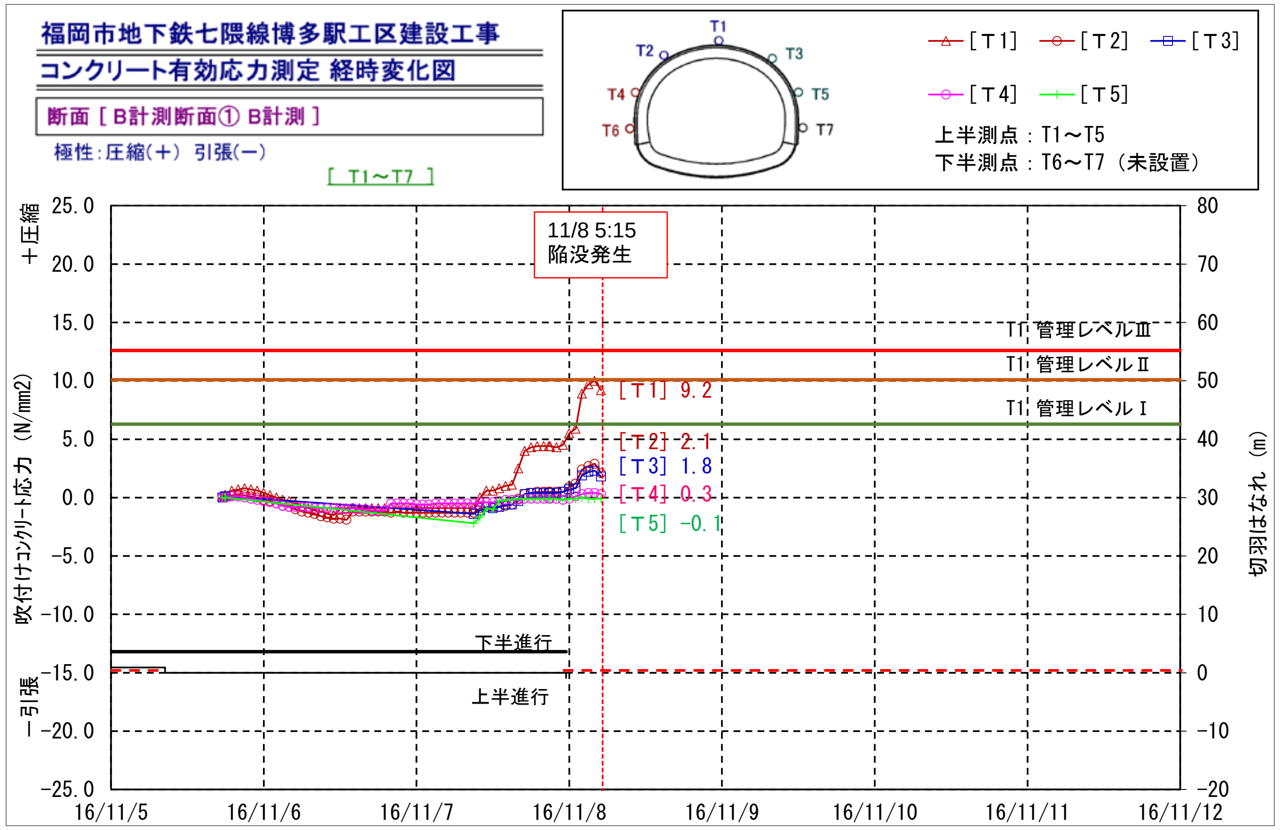
項目	Step名		管理基準値(N/mm2) Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
天端応力度 (N/mm^2)			58	93	117
上半左上応力度 (N/mm^2)			75	120	150
上半右上応力度 (N/mm^2)	step5	大断面トンネル上半掘削完了	75	120	151
上半左脚応力度 (N/mm^2)			79	127	159
上半右脚応力度 (N/mm^2)			80	128	161

＊赤枠は最大応力を計測した箇所

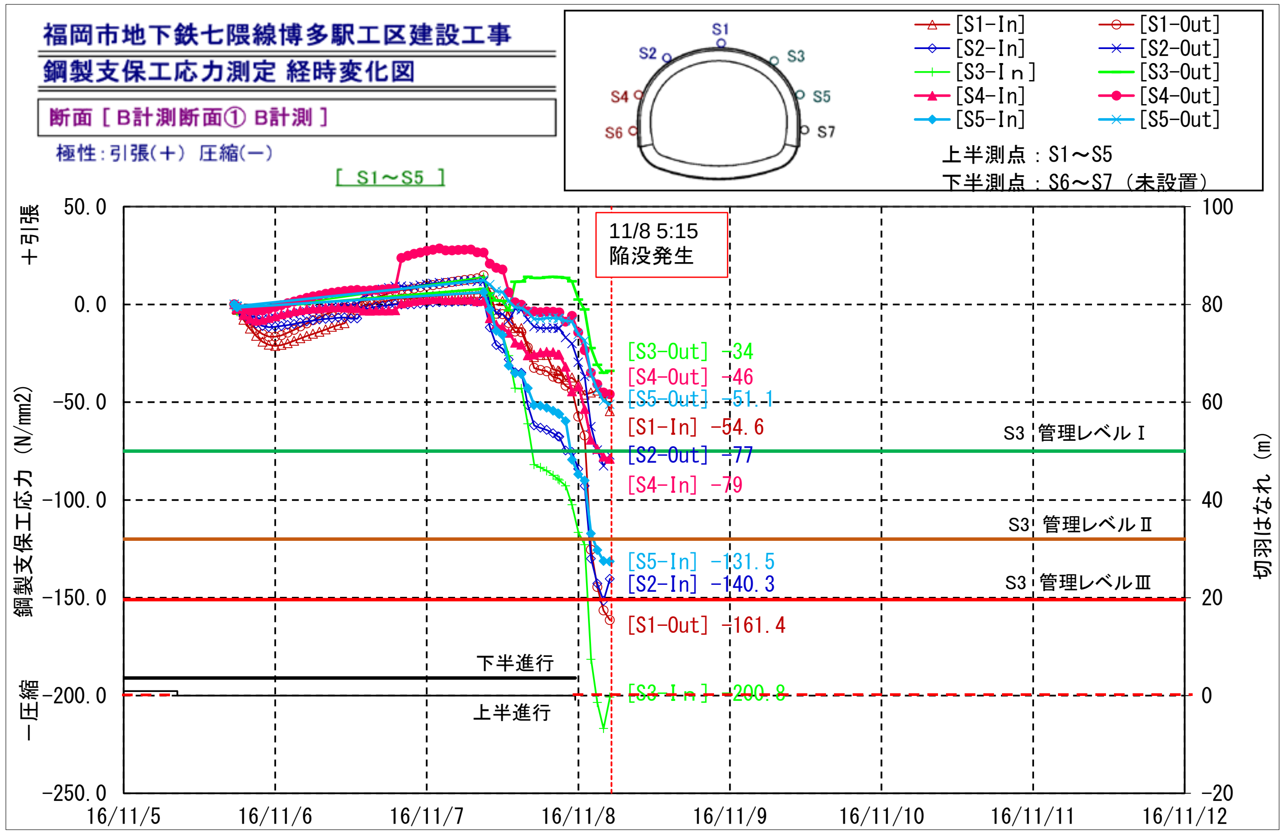
Ｂ計測測点



吹付けコンクリート応力　（測点：105基と106基の間）

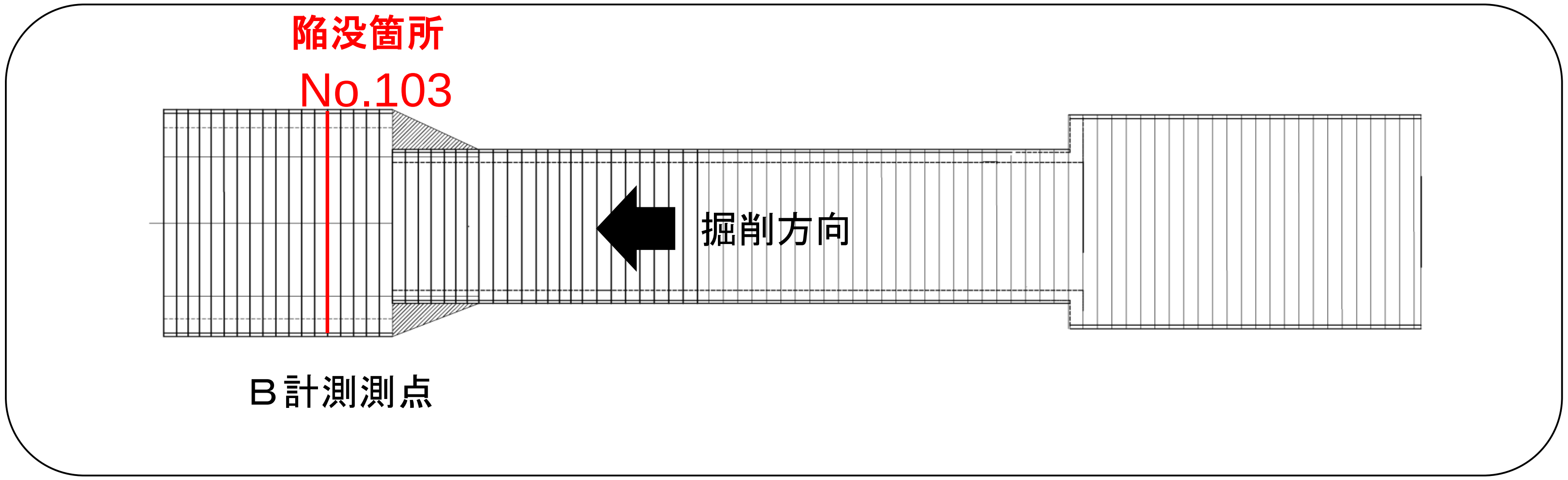


鋼製支保工応力　（測点：105基）

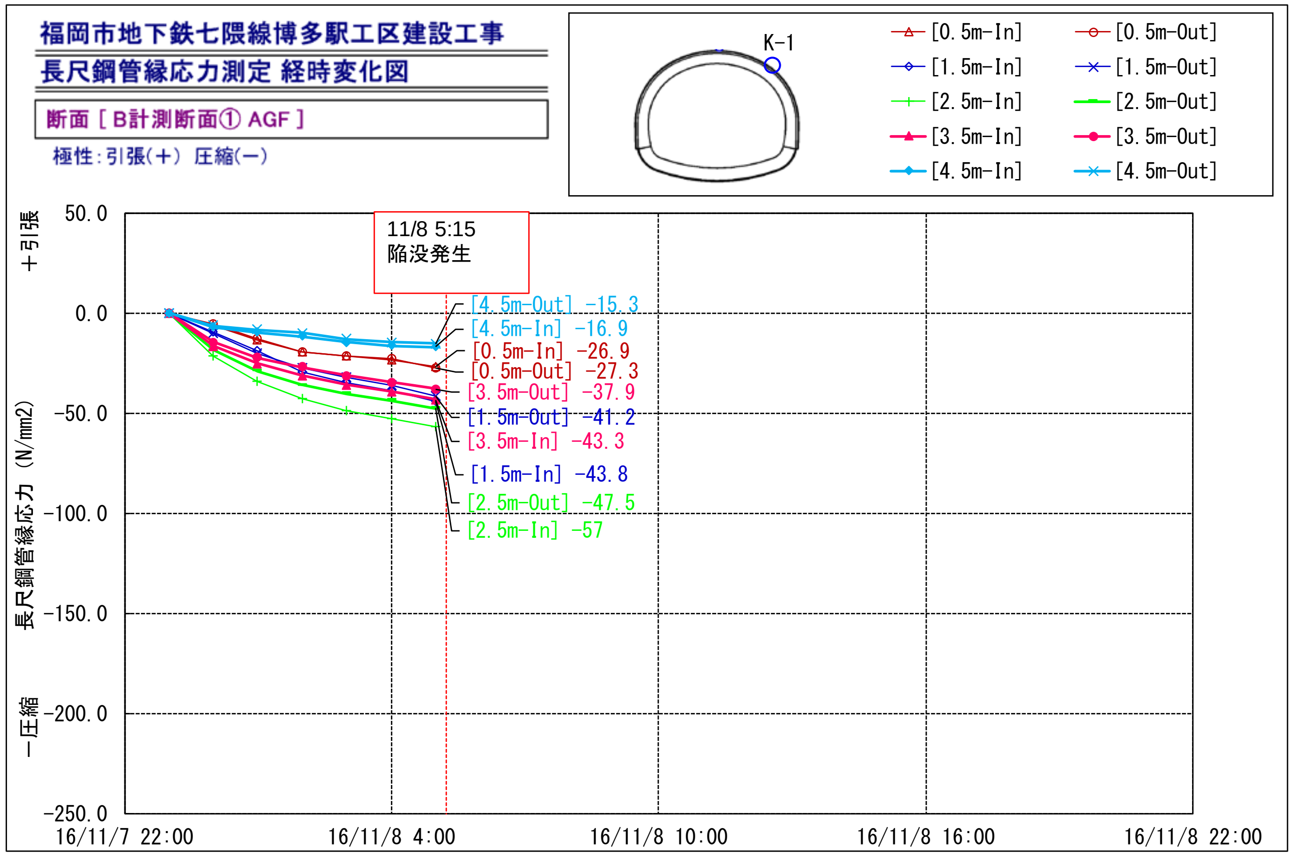


４ 大断面トンネル施工時の計測データ

（３）－４　計測データ（Ｂ計測：ＡＧＦ鋼管縁応力）



ＡＧＦ鋼管縁応力　（測点：103基 ※0mの位置）



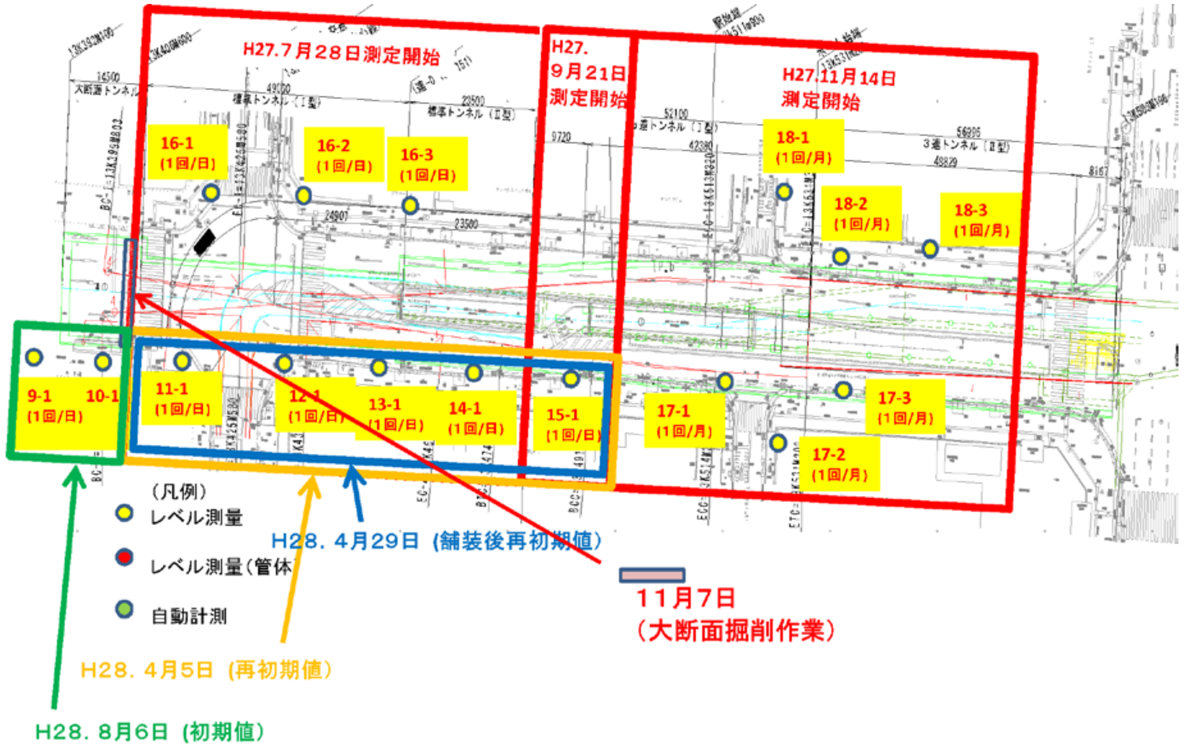
4　大断面トンネル施工時の計測データ

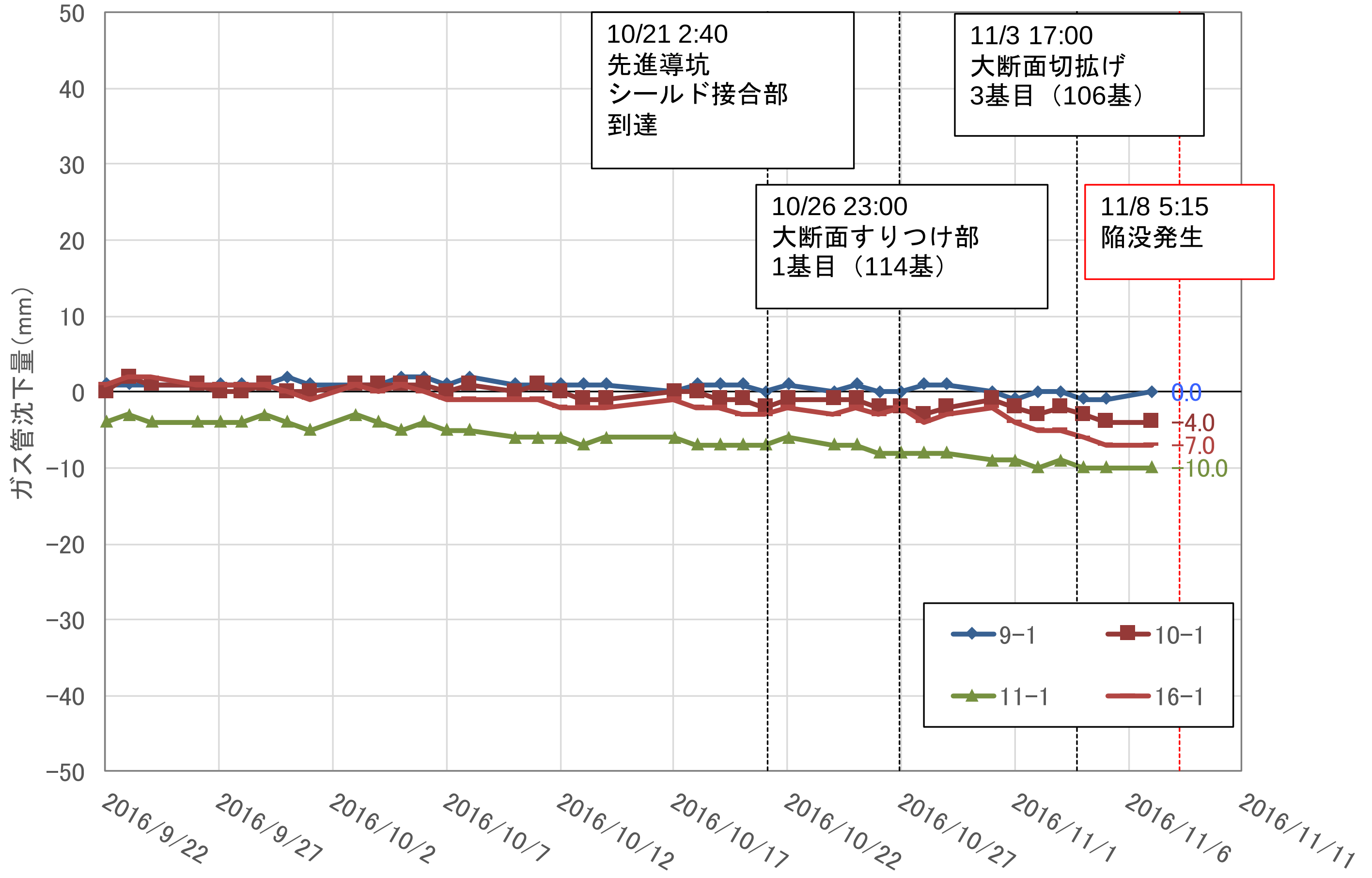
（３）－５　計測データ（Ｃ計測：ガス管沈下）

■管理基準値

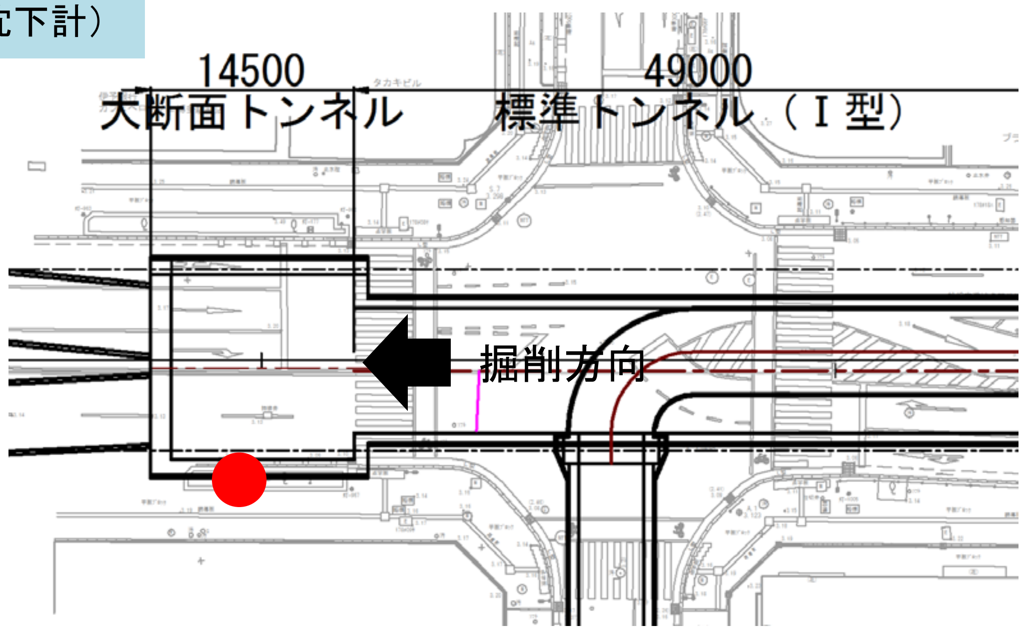
Step名		管理基準値(mm) Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
step1	自重解析(掘削前)	0.0	0.0	0.0
step2	導坑　切羽到達	-2.3	-3.6	-4.5
step3	導坑　掘削完了	-6.0	-9.6	-12.0
step4	大断面トンネル　上半切羽到達	-18.9	-30.3	-37.9
step5	大断面トンネル　上半掘削完了	-33.8	-54.0	-67.5

	中圧ガス			低圧ガス
ガス管	DG200			DG200
測点	9-1	10-1	11-1	16-1
一次警戒値	±35			
二次警戒値	±70			

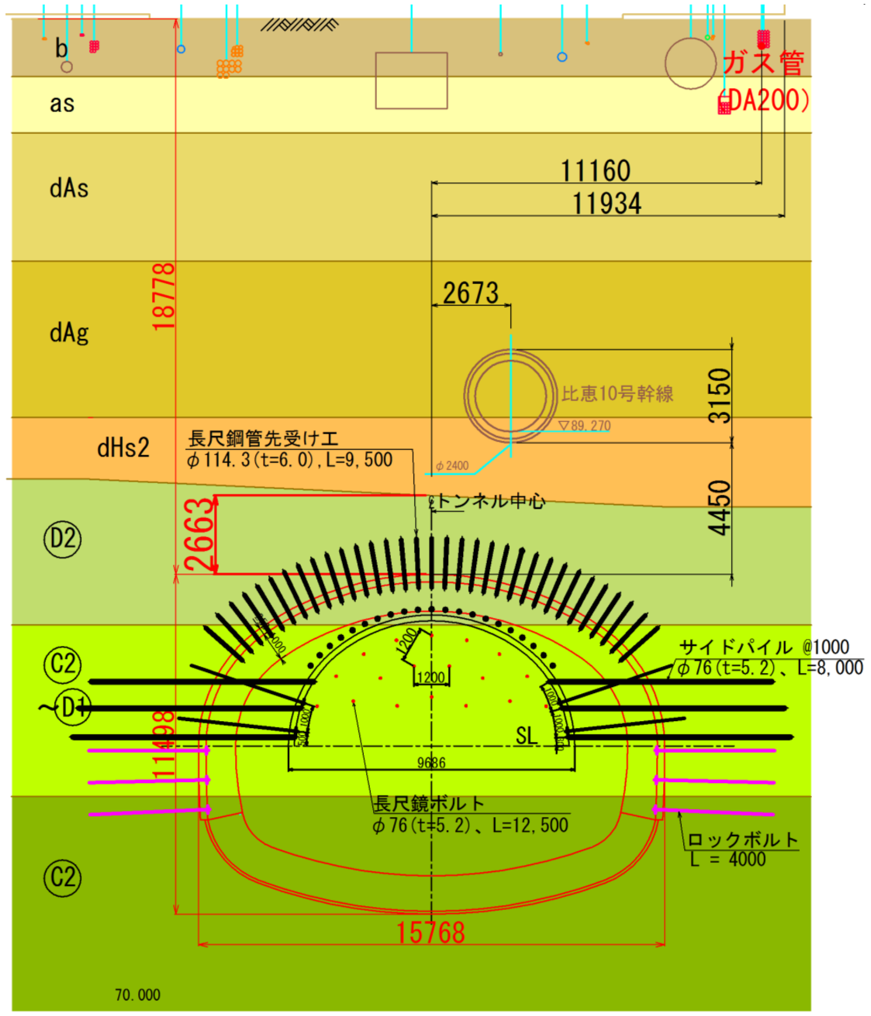


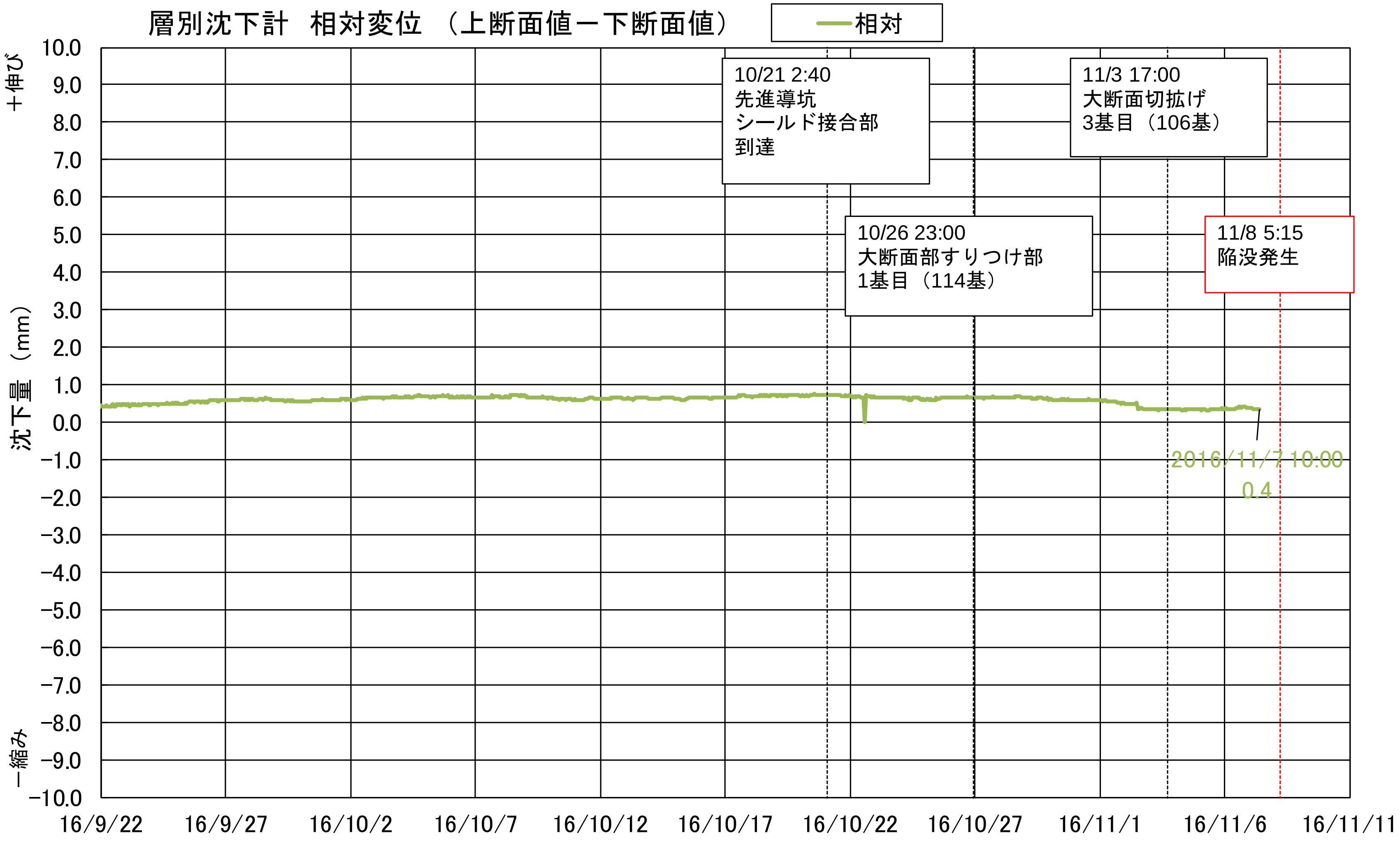


（３）－６　計測データ（Ｃ計測：下水道管　層別沈下計）



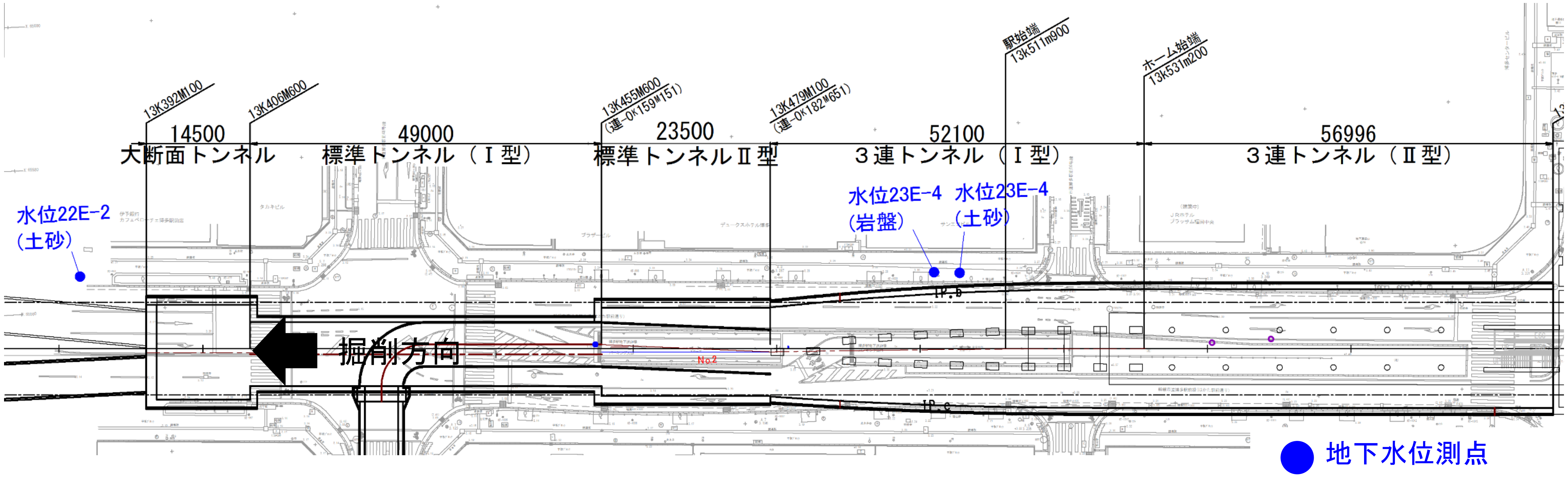
■断面図



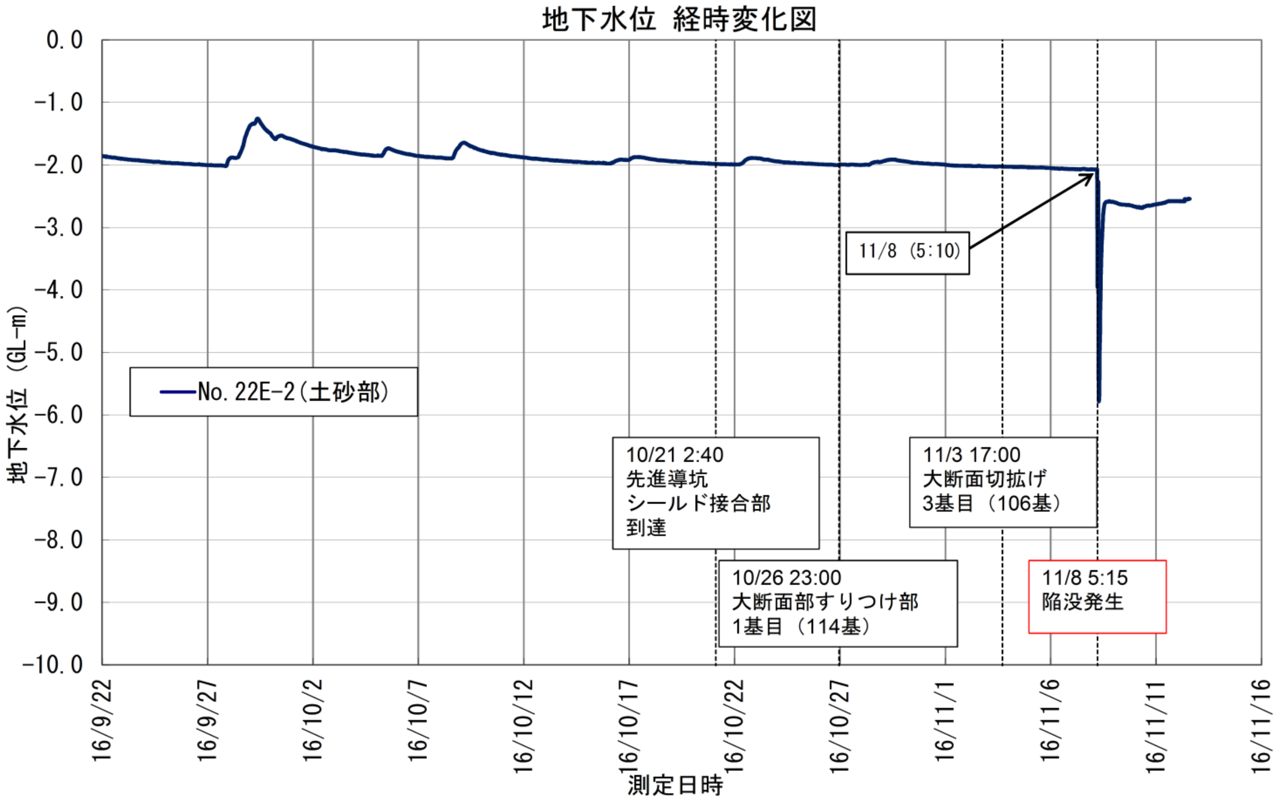


４ 大断面トンネル施工時の計測データ

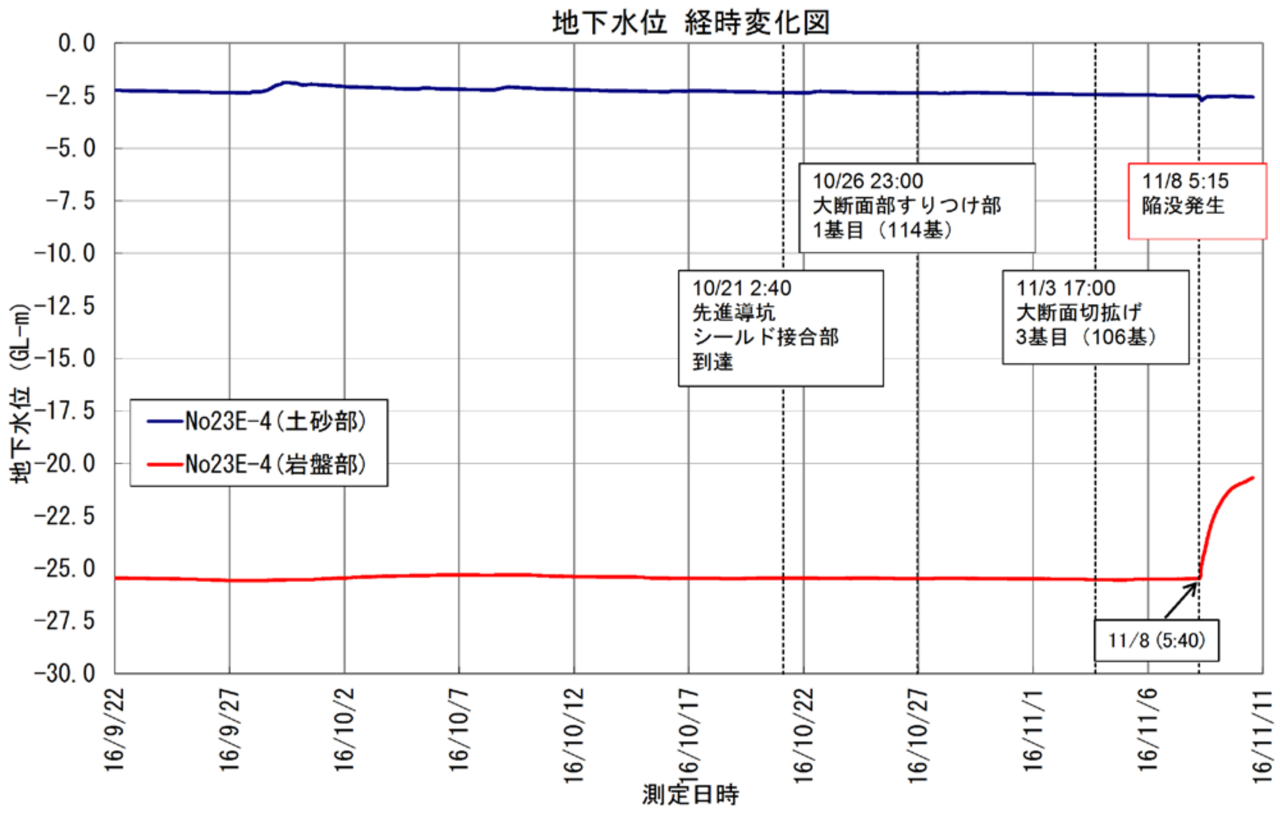
（３）－７　計測データ（Ｃ計測：地下水位）



No. 22E-2



No. 23E-4

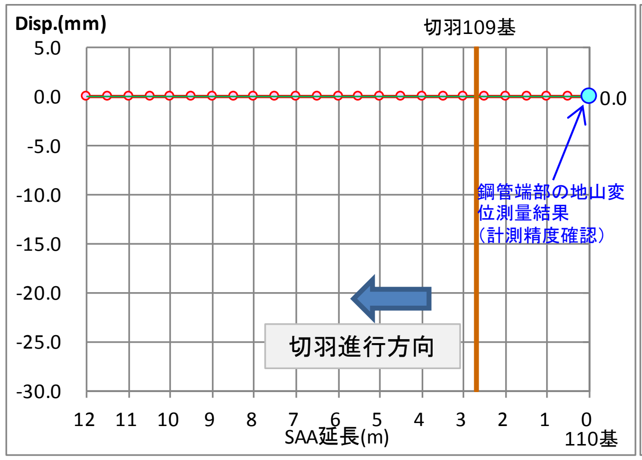


４ 大断面トンネル施工時の計測データ

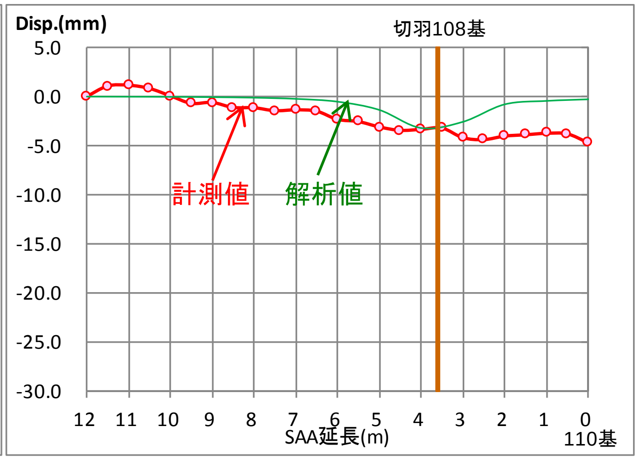
（３）－８　計測データ（Ｃ計測：ＳＡＡ）

先進導坑１１２基～９９基目程度を計測対象範囲とした切羽先行沈下計測結果

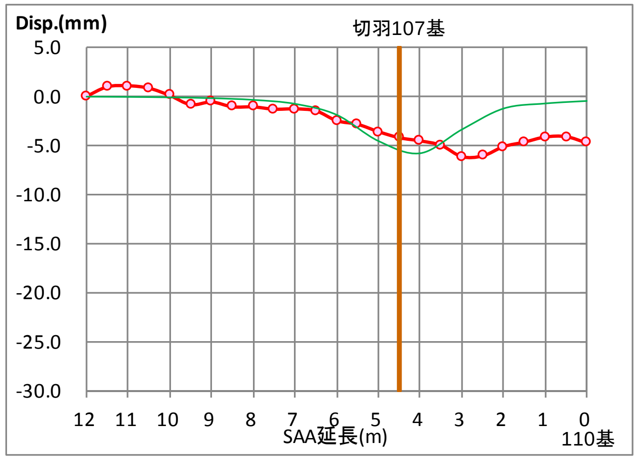
切羽＝2.7m掘削



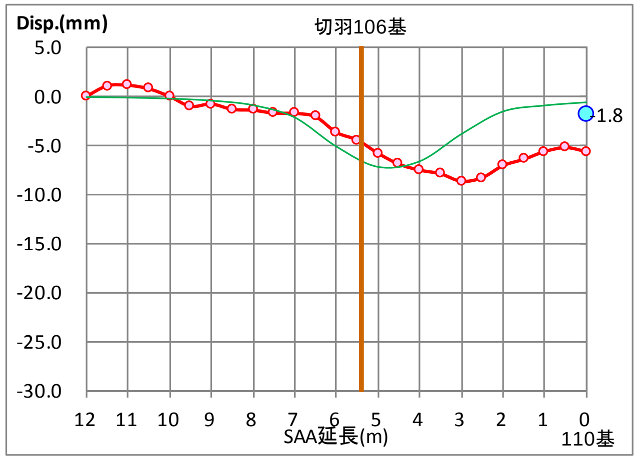
切羽＝3.6m掘削



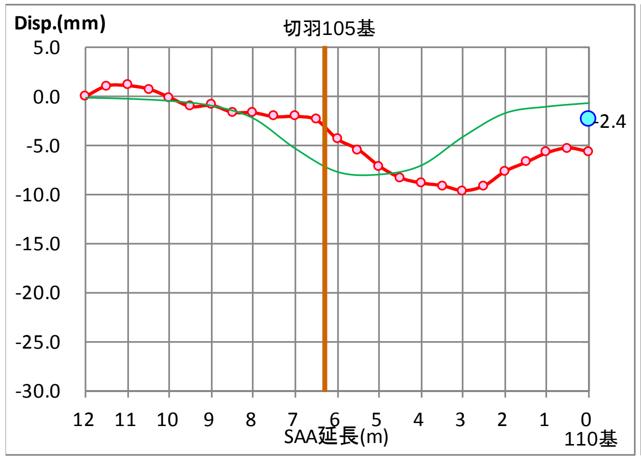
切羽＝4.5m掘削



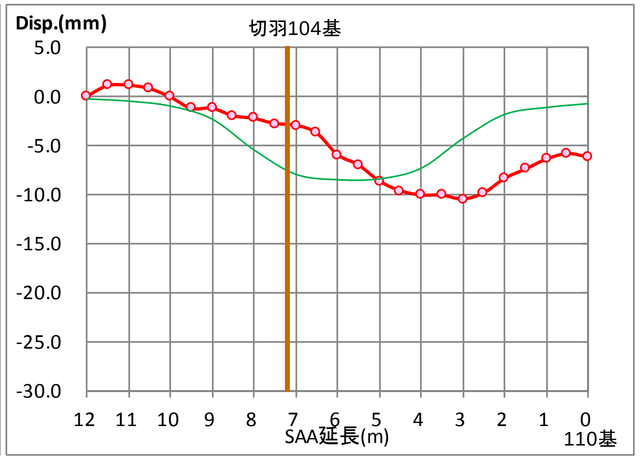
切羽＝5.4m掘削



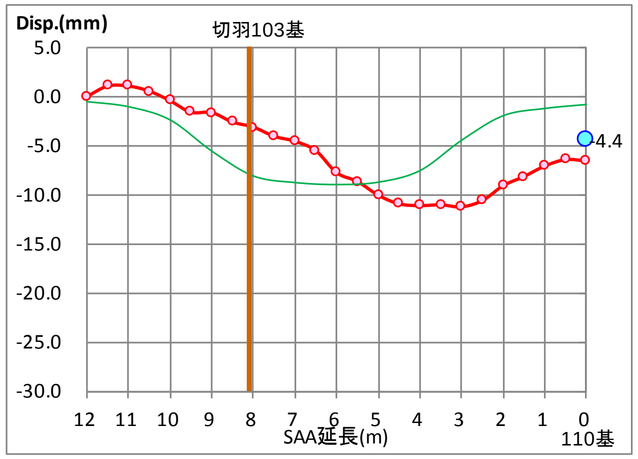
切羽＝6.3m掘削



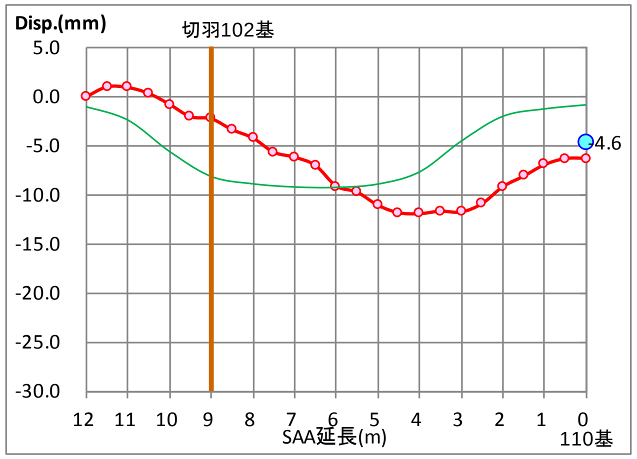
切羽＝7.2m掘削



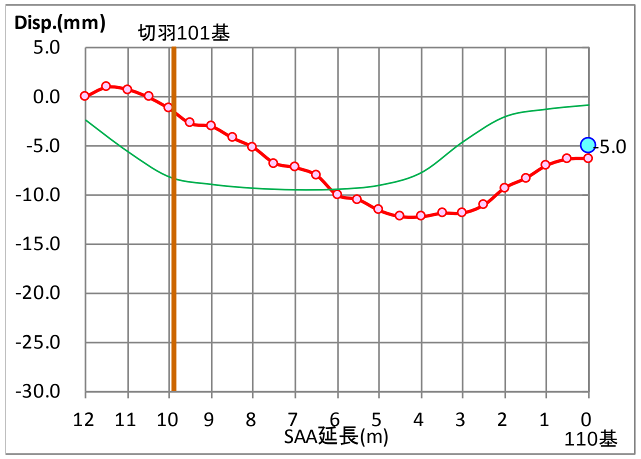
切羽＝8.1m掘削



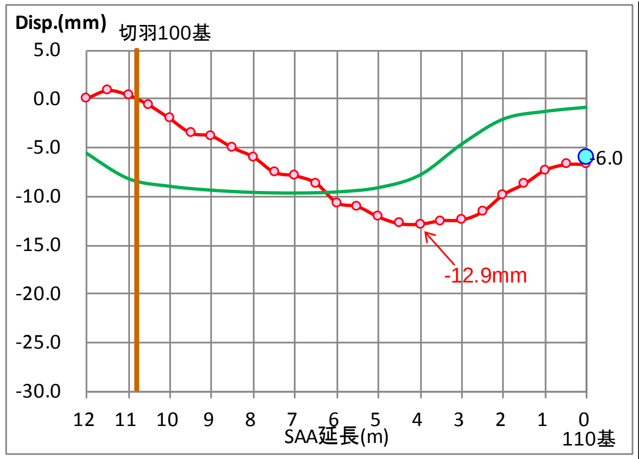
切羽＝9m掘削

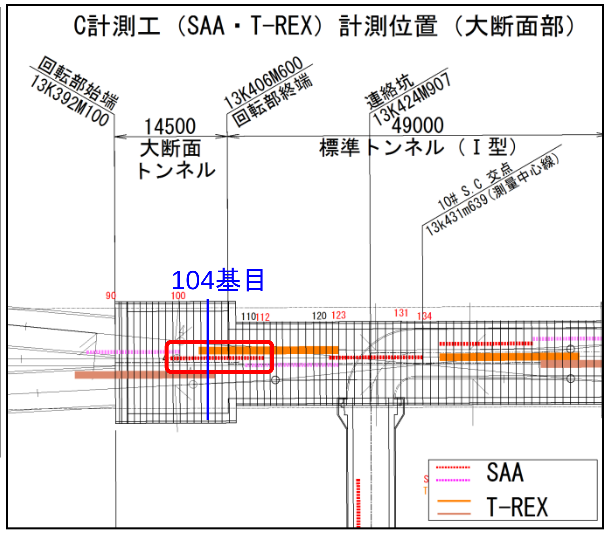


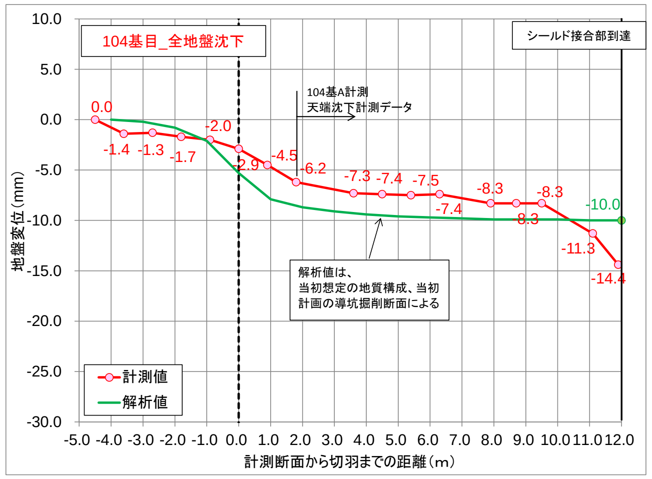
切羽＝9.9m掘削



切羽＝10.8m掘削





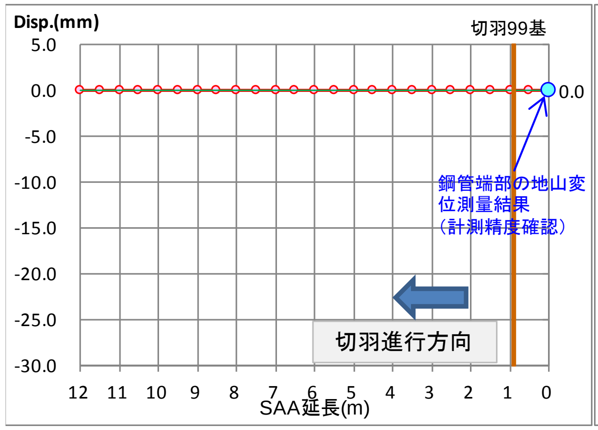


４　大断面トンネル施工時の計測データ

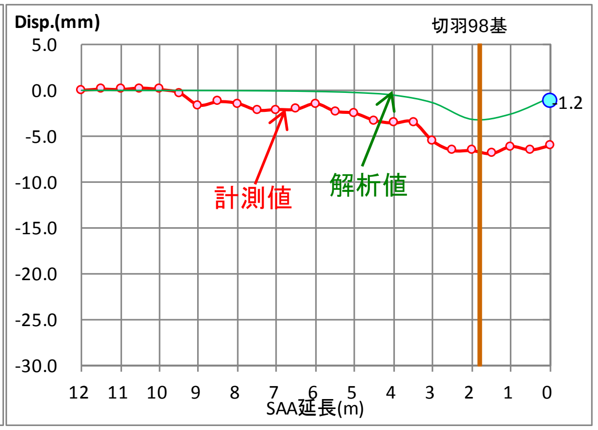
（３）－９　計測データ（Ｃ計測：ＳＡＡ）

先進導坑１００基～９０基目程度を計測対象範囲とした切羽先行沈下計測結果

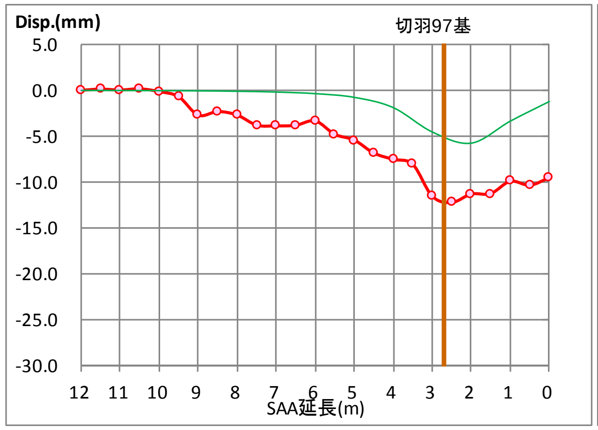
切羽＝0.9m掘削



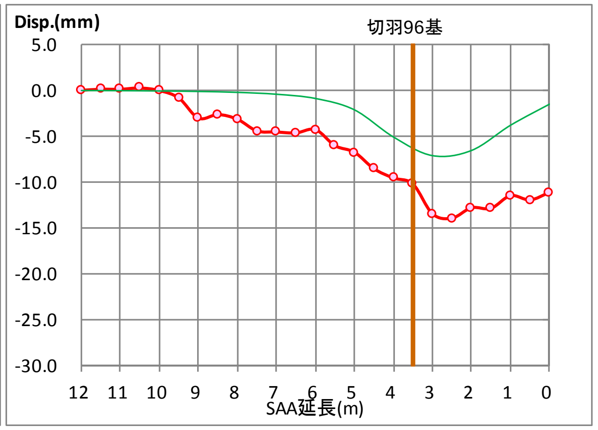
切羽＝1.8m掘削



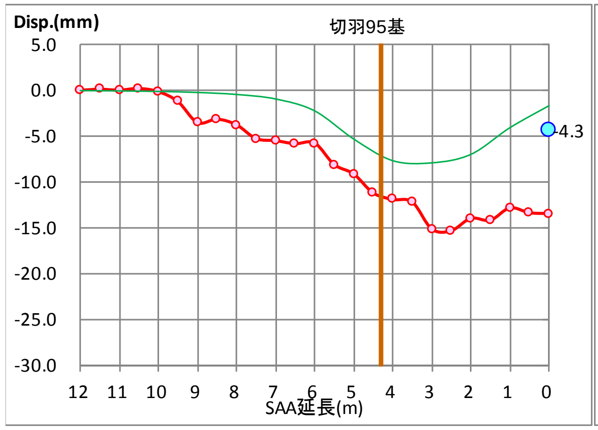
切羽＝2.7m掘削



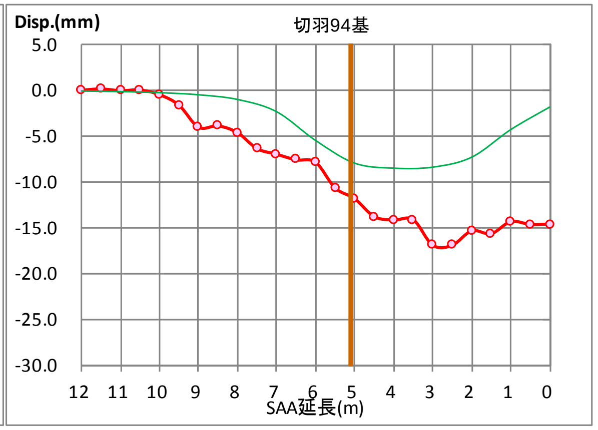
切羽＝3.5m掘削



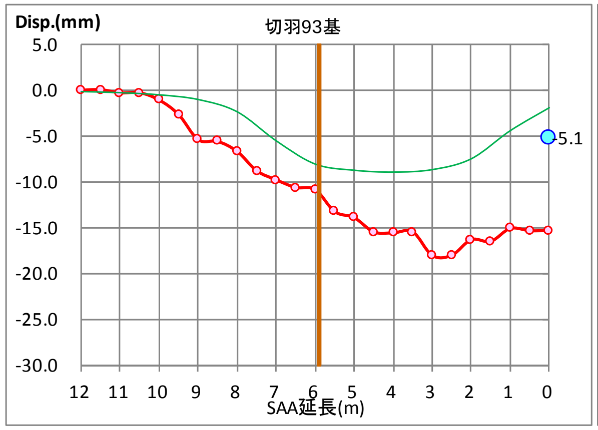
切羽＝4.3m掘削



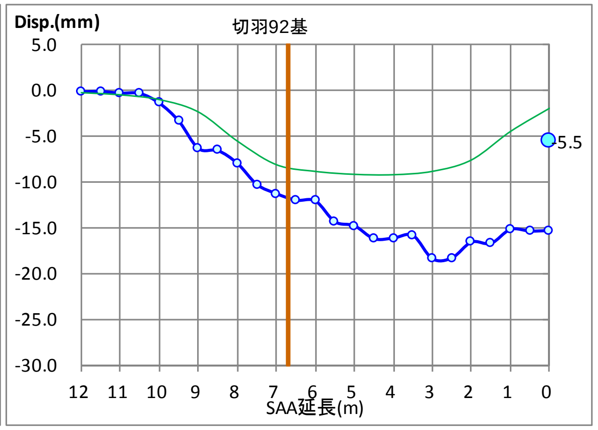
切羽＝5.1m掘削



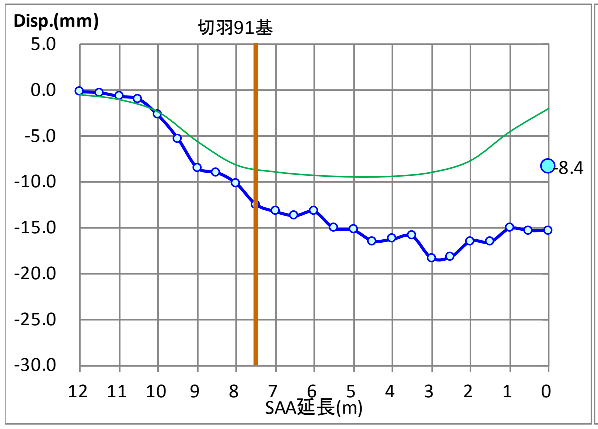
切羽＝5.9m掘削



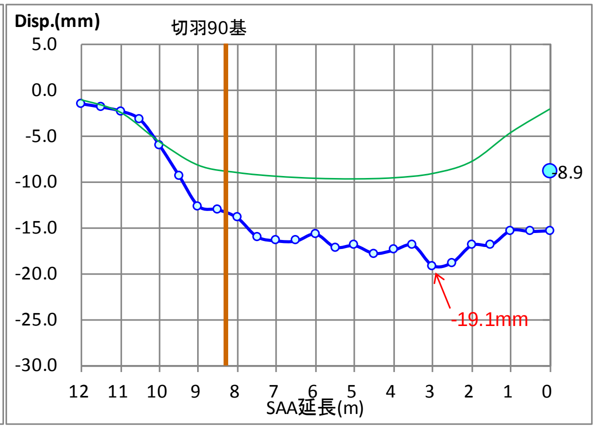
切羽＝6.7m掘削

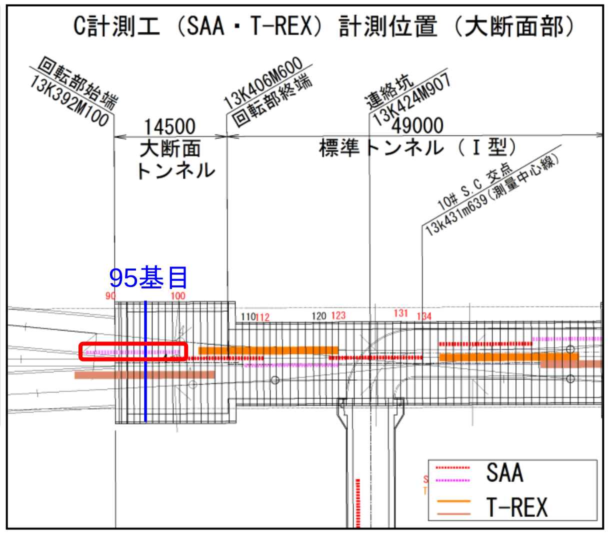


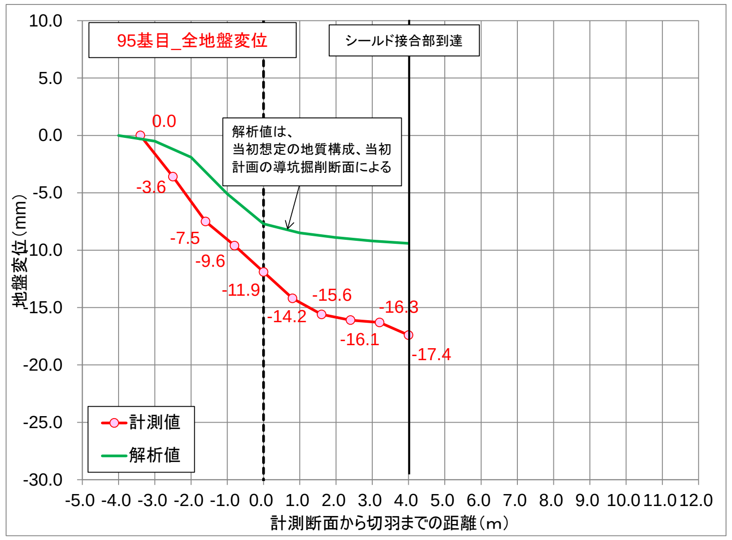
切羽＝7.5m掘削



切羽＝8.3m掘削



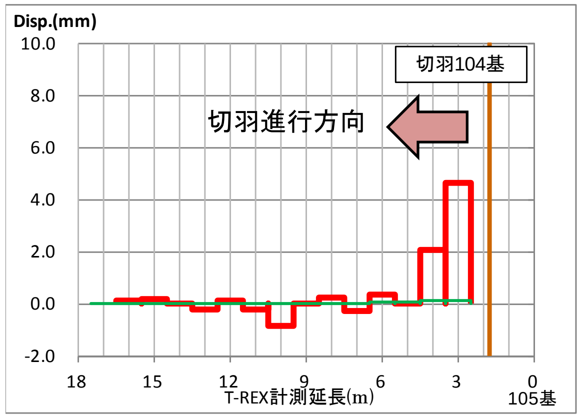




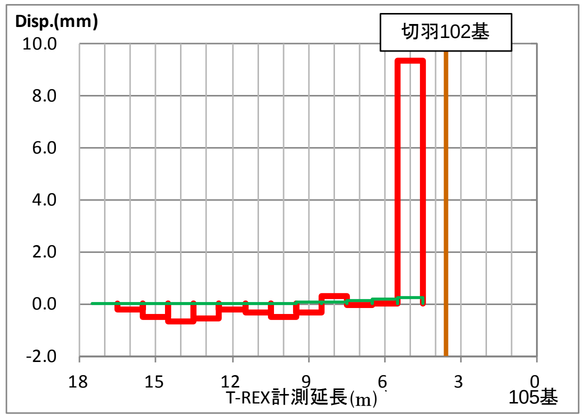
（３）－１０　計測データ（Ｃ計測：Ｔ－ＲＥＸ）

●切羽押出し変位計測（T-REX）　104基目～90基目までを計測対象として実施

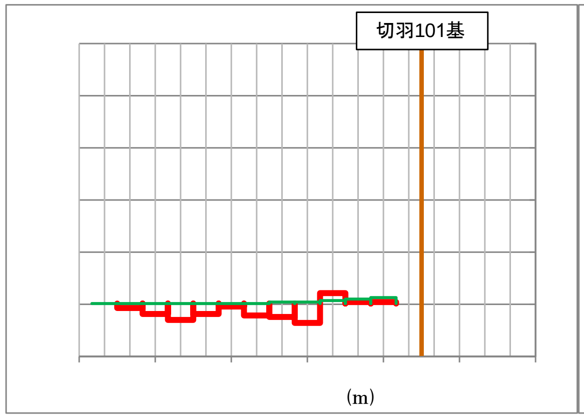
切羽=1.8m掘削



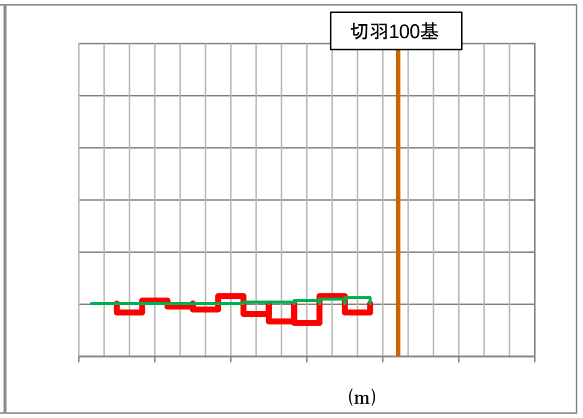
切羽=3.6m掘削



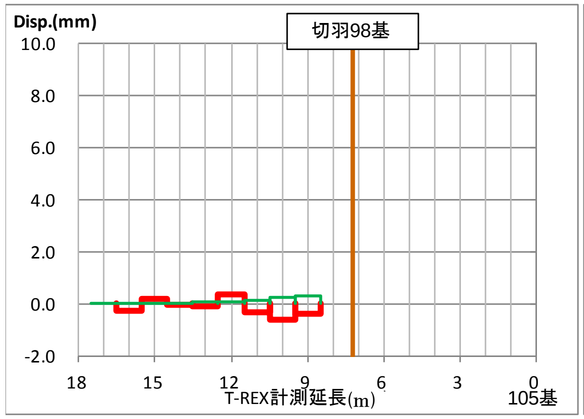
切羽=4.5m掘削



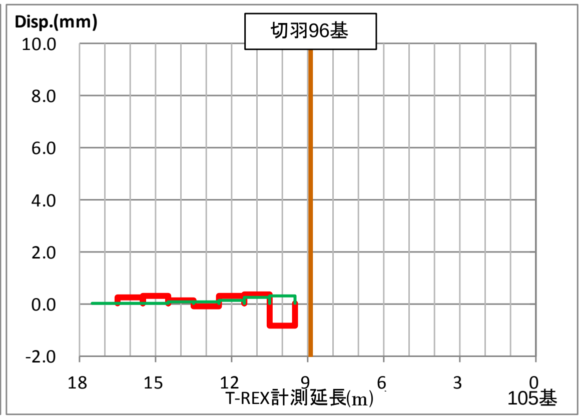
切羽=5.4m掘削



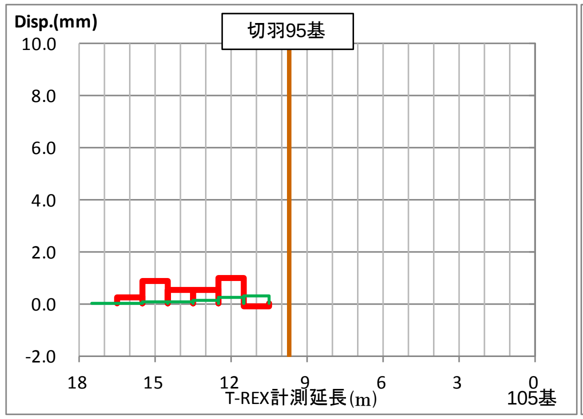
切羽=7.2m掘削



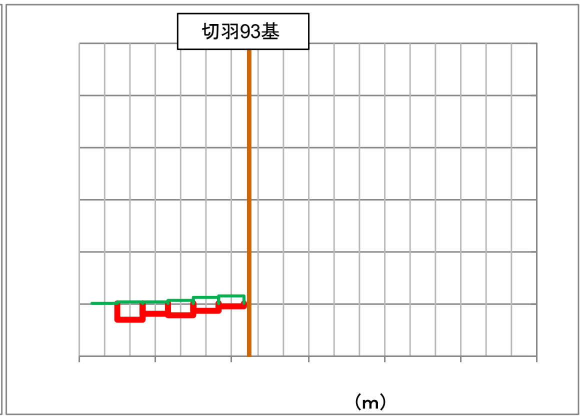
切羽=8.9m掘削



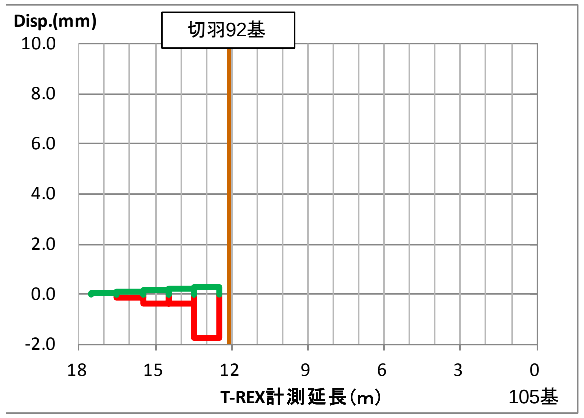
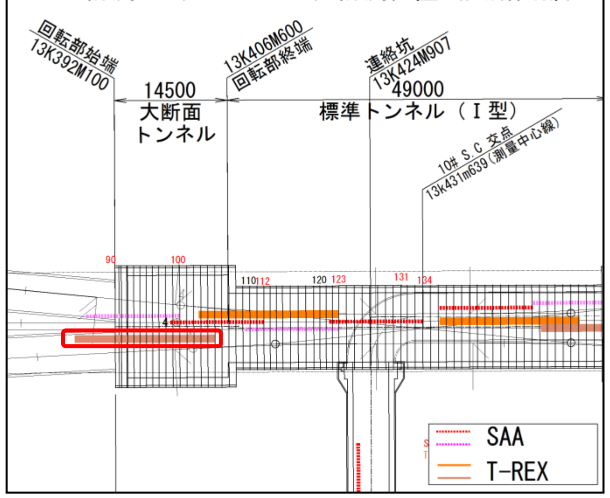
切羽=9.7m掘削



切羽=11.3m掘削



切羽=12.1m掘削



C計測工（SAA・T-REX）計測位置（大断面部）