

# 県道長井古座線 八郎山トンネル技術検討委員会

## 第2回委員会資料

### 目 次

1. 前回の指示事項 .....	1
2. 調査結果 .....	2
3. 施工不良の発生原因 .....	27
4. 今後の対応方針（案） .....	32
5. 今後の整理 .....	33

令和5年11月10日

和歌山県県土整備部道路局道路建設課

# 1. 前回の指示事項及び作成資料

No.	議事要旨	作成資料
1	<p>・補修対策の検討にも影響するため、改めてトンネル内の測量を行い、覆工厚や内空幅等を計測し、設計値と合致するかどうか、また、トンネルの位置を確認することとなった。また、合致しない場合はその要因を考察することとなった。</p>	<p>2.1 トンネル内空断面計測（3次元測量）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・測量結果（平面、縦断の比較等）</li> </ul>
2	<p>・掘削断面が確保されており、かつ吹付厚等、一次支保の仕様が設計を満足しているかどうか、現在残っている施工時の記録の内容と併せて確認し、整理することとなった。</p>	<p>2.6 覆工取壊し調査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・横断図（覆工位置、支保工位置、舗装位置等）</li> <li>・支保工接続部調査、A計測結果（内空変位、天端沈下）</li> </ul>
3	<p>・設計より実際の現場の地山が悪い可能性があり、パターンを変更した箇所や縫い返しを行った場合はその箇所、また、変状を生じた箇所について、調査を行った結果に反映し整理することとなった。</p>	<p>3.施工不良の発生原因</p>
4	<p>・測量を間違えたと判断される場合、掘削時の素掘の状況で間違っているのか、セントルのセット等の時点で間違っているのか、または、覆工を打設する前の掘削断面が小さいのか等について確認することとなった。</p>	<p>3.施工不良の発生原因</p>
5	<p>・吹付け面の掘削量が少なく、最終的な内空断面が合致していれば、結果的に吹付けコンクリート厚が薄い可能性があるため、所定の厚さが確保されているかについても確認することとなった。</p>	<p>2.4 コアボーリング削孔調査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・吹付コンクリート厚確認資料</li> <li>・覆工強度試験</li> </ul>
6	<p>・調査中の地中レーダ探査、測量、今回指摘のあった吹付けコンクリートの厚さなどについてとりまとめ、第2回検討委員会で報告することとなった。</p>	<p>2.3 地中レーダ探査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・覆工厚分布図、空洞厚分布図</li> </ul>
7	<p>・その他</p>	<p>2.2 走行型画像計測システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・覆工コンクリート面の健全性の把握</li> </ul> <p>2.5 電磁波探査調査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁波探査結果（鉄筋被り、間隔の確認）</li> </ul>



## 2. 調査結果

No.	調査項目	調査内容	取り纏め資料	結果概要
2.1	トンネル内空断面計測 (3次元測量)	・トンネル坑外の基準点からトンネル内に補助基準点を設置し、LSを用いて計測した結果を3次元点群処理して横断面図等を作成する。	・3D点群データ(平面線形、標高のチェック、横断面のチェック資料)	・出来形センターは、設計センターに対してNo.138付近で左側に144mm、No.109付近で右側に17mmずれている。 ・舗装高がNo.143付近で-47mm、No.112付近で+6mmの不整合が生じている。
2.2	走行型画像計測システム	・走行型画像計測装置を用いて、トンネル覆工全面の画像を撮影して覆工面の現況を把握する。	・損傷箇所展開図 ・覆工展開画像	・軽微なひび割れ(0.2mm程度)やコンクリートの打設ムラ等は確認できるが、現時点では目立った変状は発生していない。
2.3	地中レーダ探査	・地中レーダを覆工コンクリート表面に設置+移動し、放射した電磁波の反射波を解析して覆工厚及びその背後の空洞を調査する。	・覆工厚分布図 ・空洞厚分布図	・空洞の最大値はS064の17cm、覆工厚の最小値はS020、S064の3cmである。トンネル側壁部には空洞は無いが、覆工厚がS030、S031で6cmの箇所が確認された。
2.4	コアボーリング削孔調査	・覆工コンクリートや一次吹付コンクリートの厚さを正確に把握するため、コアボーリングマシンを用いてコンクリートコアを採取する。	・覆工コンクリート厚、吹付コンクリート厚調査結果 ・覆工強度試験結果	・覆工強度は27.5~48N/mm <sup>2</sup> であり、18(24)N/mm <sup>2</sup> を満足できている。 ・吹付コンクリート厚は、S039の右側SL以外は全箇所設計値を満足している。
2.5	電磁波探査調査	・坑口補強鉄筋区間の鉄筋の被り、間隔を把握するために、電磁波を用いて探査する。	・鉄筋被り、鉄筋間隔確認資料	・部分的に鉄筋被りの出来形規格値55mmを確保できていない箇所がある。 (覆工コンクリートの配筋は坑口補強鉄筋であり、鉄筋の被りや間隔は設計計算で決まった数値ではない。)
2.6	覆工取壊し調査	・地中レーダ探査の結果を検証すること、鋼アーチ支保工やインバートの位置を正確に把握することを目的として、覆工コンクリート等を取り壊して一次支保工を目視確認する。	・取壊し箇所の横断面図 ・内空変位、天端沈下計測結果 ・支保工形状断面図等	・鋼アーチ支保工前面のSL位置での間隔が、設計値よりも370mm狭い箇所がある。(S031;側壁部の覆工コンクリート厚が6cmの箇所の近傍) ・内空変位や天端沈下の兆候は、確認されていない。
調査結果概要		<p>・トンネルは設計に対して最大で144mmずれた位置に構築されている。</p> <p>・個別横断面図では内空断面は確保できているが、側壁部で覆工コンクリート厚が6cmの箇所が確認されている。</p> <p>・吹付コンクリート厚は、S039の右側SL以外は全箇所設計値を満足している。</p> <p>・鋼アーチ支保工の施工不良により、支保工の前面の間隔が設計値よりも370mm狭い箇所がある。</p> <p>◎支保工の健全性(ロックボルトの効果、鋼アーチ支保工の設置位置等)の詳細が不明であり、覆工コンクリートを取り壊して確認することを検討中である。</p>		

## 2.1 トンネル内空断面計測（3次元測量）

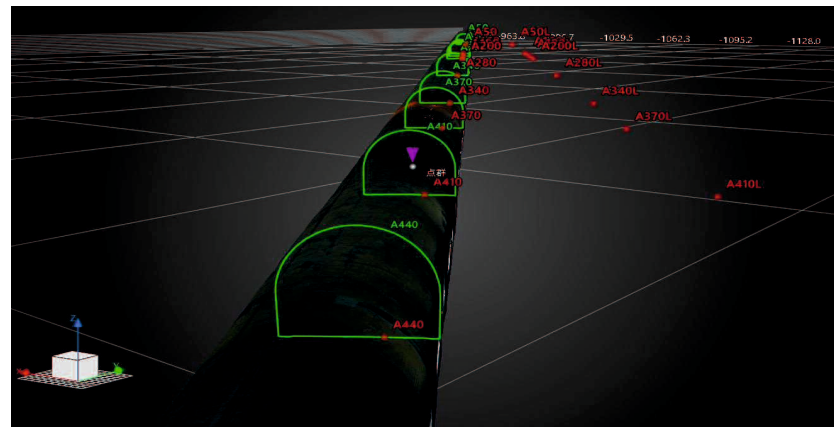
### (1) 作業内容

現況トンネル全延長に対し、トンネルの内空断面が確保されているかを調査する。

調査方法



LSによる計測 例



3次元点群処理 例1



3次元点群処理 例2

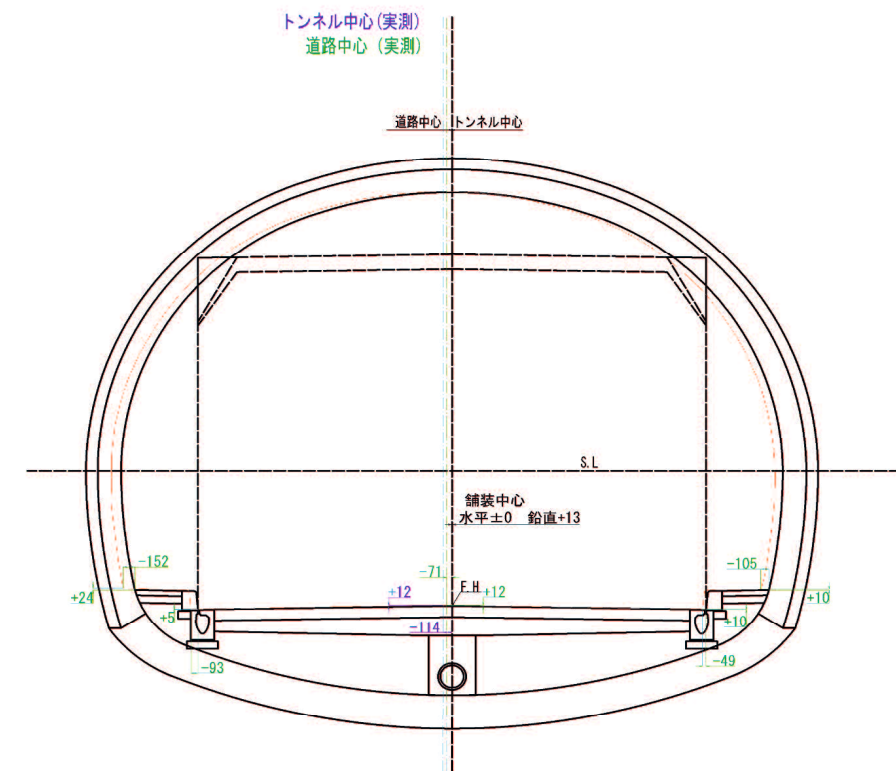
### (2) 調査結果

・設計断面と出来形断面に道路センターで最大144mmの左ズレは発生しているが、内空幅は設計値を満足している。

別紙①参照（3D点群データによる断面調査結果）

・出来形測量結果抜粋；左側に144mmズレて施工  
（※右側の監査歩廊が、設計幅に対して55mm(=105-50)不足）

NO.138



No.	項目	誤差		備考
		水平	鉛直	
1	トンネル中心	-144	+12	
2	道路中心	-71	+12	
3	舗装中心	±0	+13	
4	道路端（右）	-49	+10	側溝と縁石の交点
5	道路端（左）	-93	+5	側溝と縁石の交点
6	監査歩廊（右端）	-105	+10	
7	監査歩廊（左端）	-152	+24	
8	支保工前面（右端）	-	-	覆工撤去箇所のみ
9	支保工前面（左端）	-	-	覆工撤去箇所のみ
10	支保工前面（天端）	-	-	覆工撤去箇所のみ
11	インバート（右端）	-	-	覆工撤去箇所のみ
12	インバート（左端）	-	-	覆工撤去箇所のみ

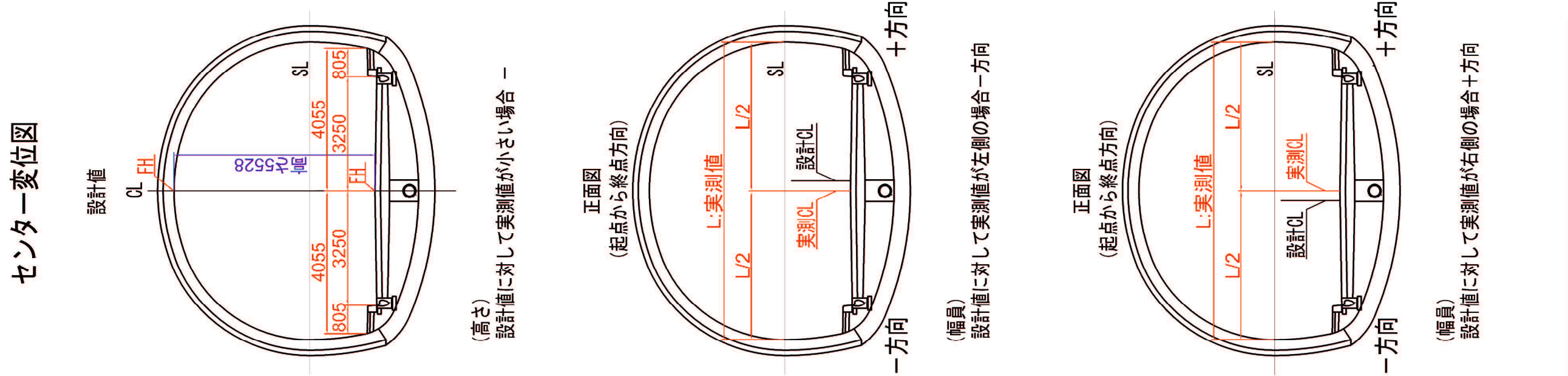
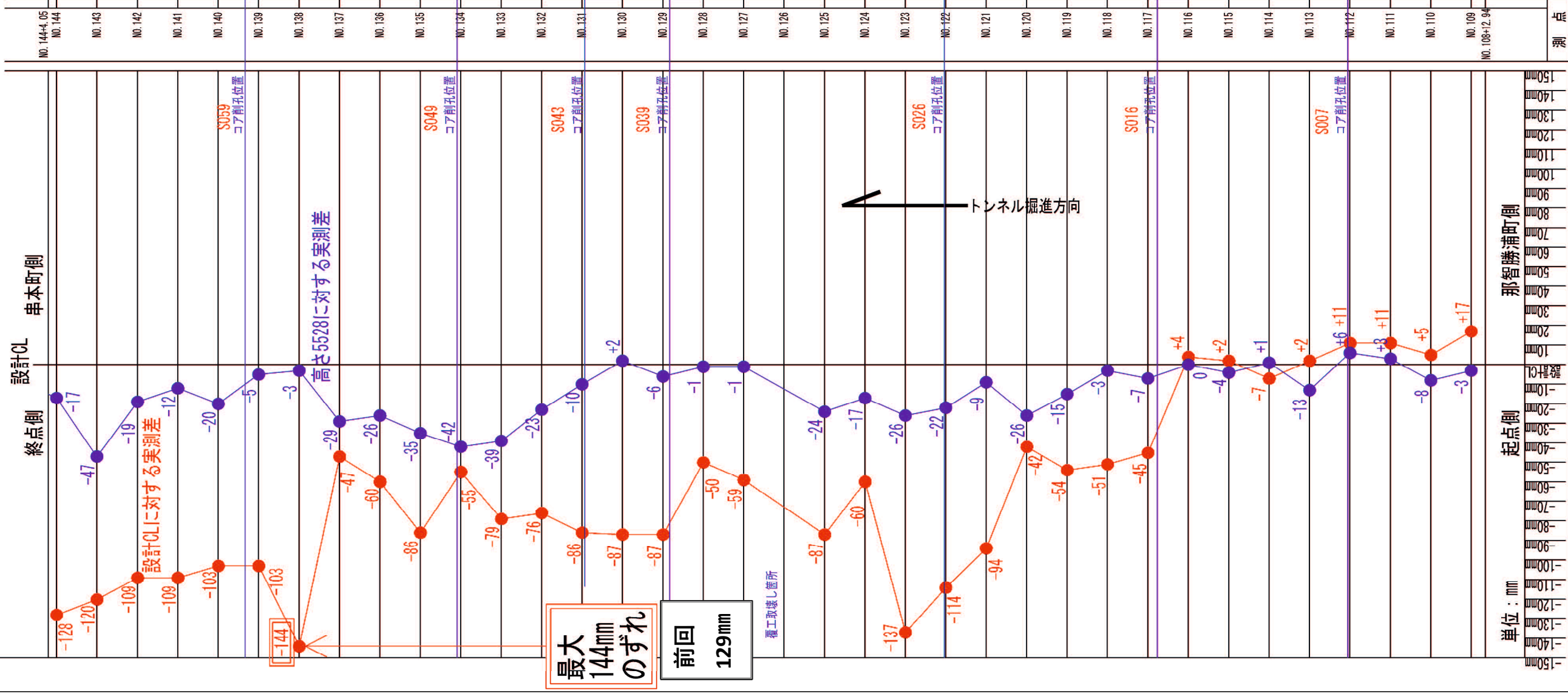
注1：水平誤差の+は右ズレ、-は左ズレを示す。  
注2：鉛直誤差の+は上ズレ、-は下ズレを示す。



- トンネルセンターの線形と標高について、設計値と3次元測量で計測した数値を比較（前回；第1回委員会資料は、メジャーで計測）

# トンネル内の法線測量結果

# トンネル中心



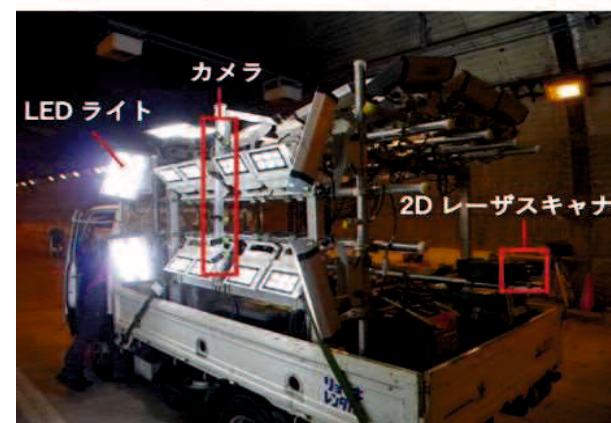
## 2.2 走行型画像計測システム

### (1) 作業内容

現況トンネルの覆工コンクリート全延長・全周に対し、覆工コンクリート表面にクラックが発生しているか等を調査する。



調査状況

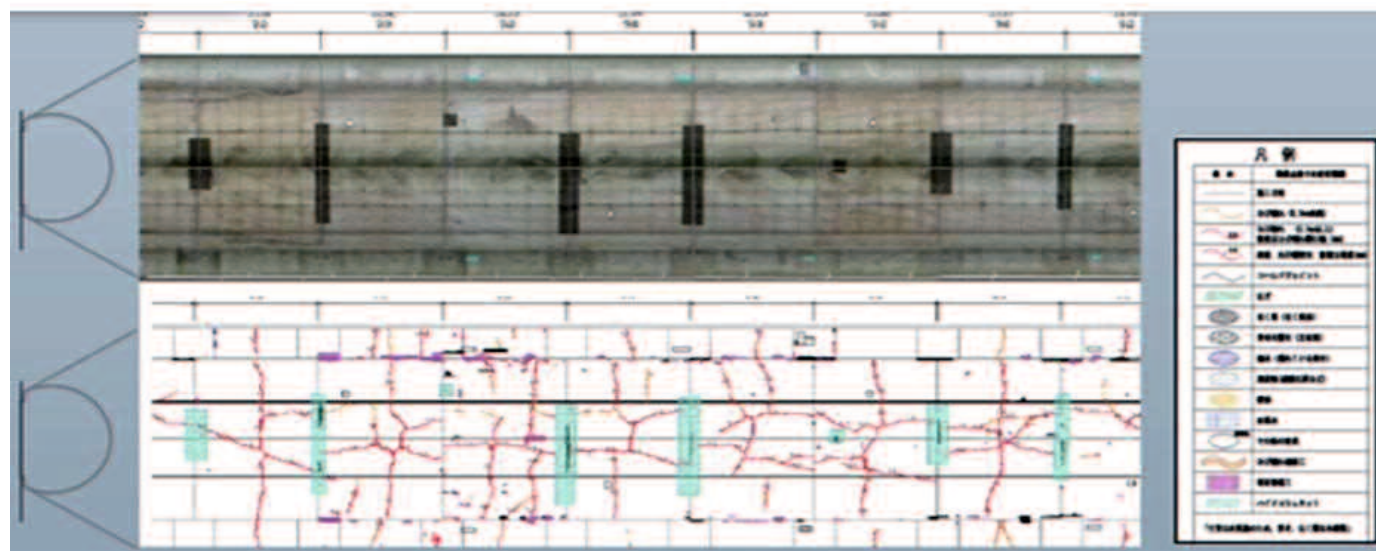


計測装置構成イメージ図

### (2) 点検結果

覆工厚が薄いS064でも、特に目立ったひび割れ等の変状は発生していない。打設ムラ等は、覆工展開画像でも確認できる。

別紙②参照（覆工コンクリート表面調査展開図）



変状図作成

現地で撮影した画像を使用してトンネルの展開図を作成する。（例）



## 2.3 地中レーダ探査

### (1) 作業内容

- ・覆工コンクリートの厚さ及び空洞を確認するために、地中レーダ探査を行った。
- ・覆工コンクリートの天端部縦断方向に7測線、横断方向に13測線を実施済み。
- ・覆工コンクリート左右側壁部の縦断方向に各3測線（計6側線）を追加実施。

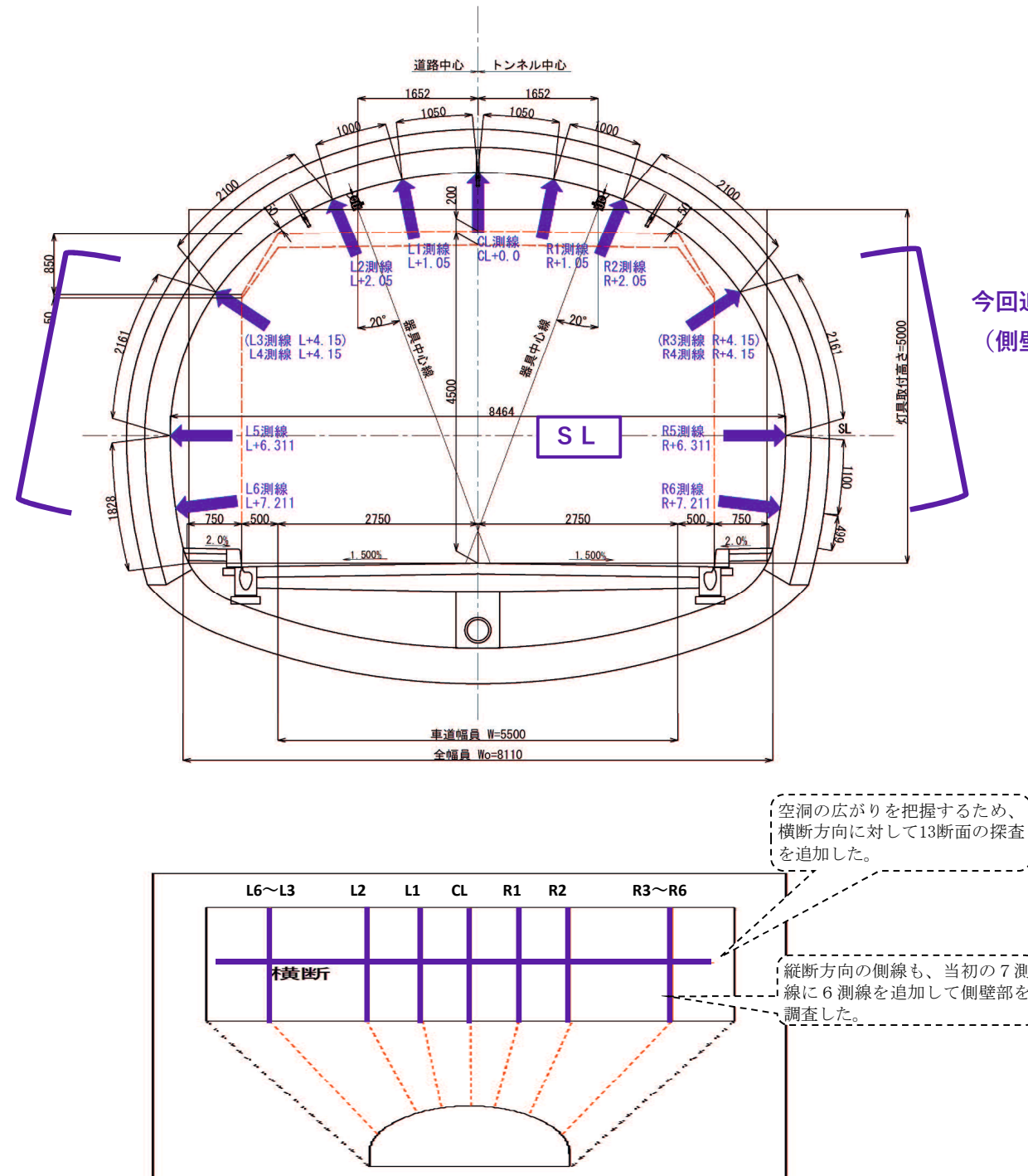


図4.1 地中レーダ探査状況の模式図



図4.2 地中レーダ探査測線概要写真

- ・地中レーダ（電磁波を発生するアンテナ）を覆工コンクリート表面に設置+移動して、断続的に電磁波を放射して反射波を解析することで覆工厚及び覆工背面の空洞の位置・規模を特定した。

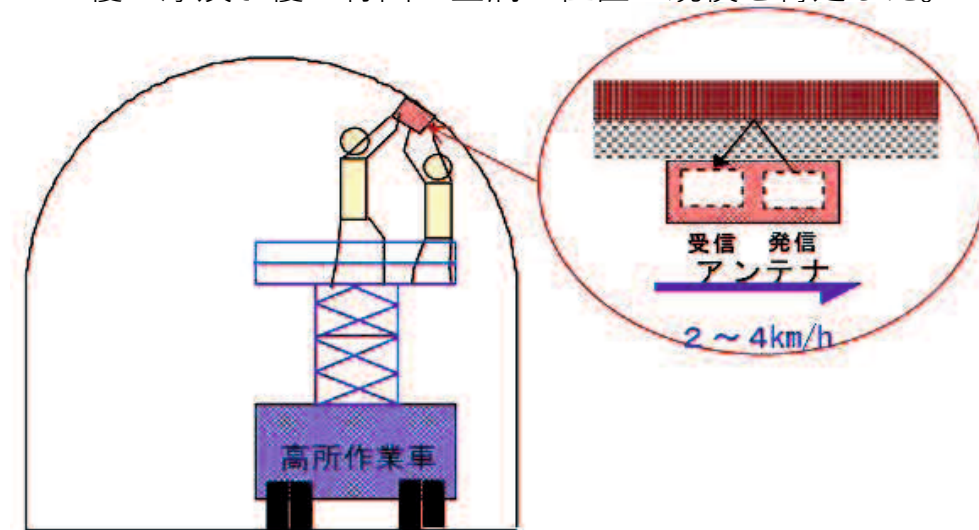


図4.3 地中レーダ探査模式図

### (2) 調査結果

- ・空洞の最大値はS064の17cm、覆工厚の最小値はS020、S064の3cmである。トンネル側壁部には空洞は無いが、覆工厚がS030、S031で6cmの箇所が確認された。

別紙参照（覆工厚分布図（P7）、空洞厚分布図（P8））

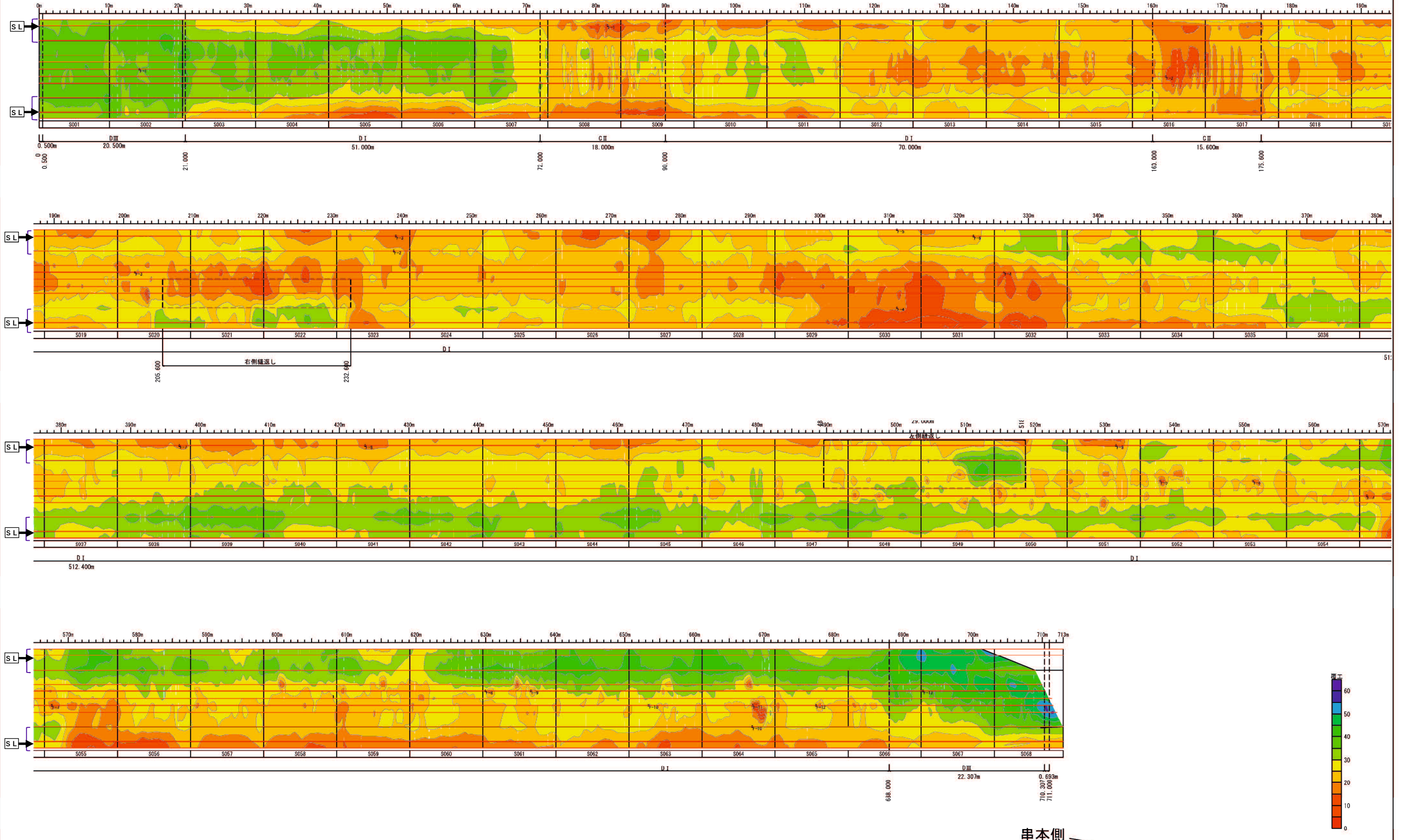


；今回の調査範囲

# 八郎山トンネル覆工厚分布図

那智勝浦側

トンネル掘進方向



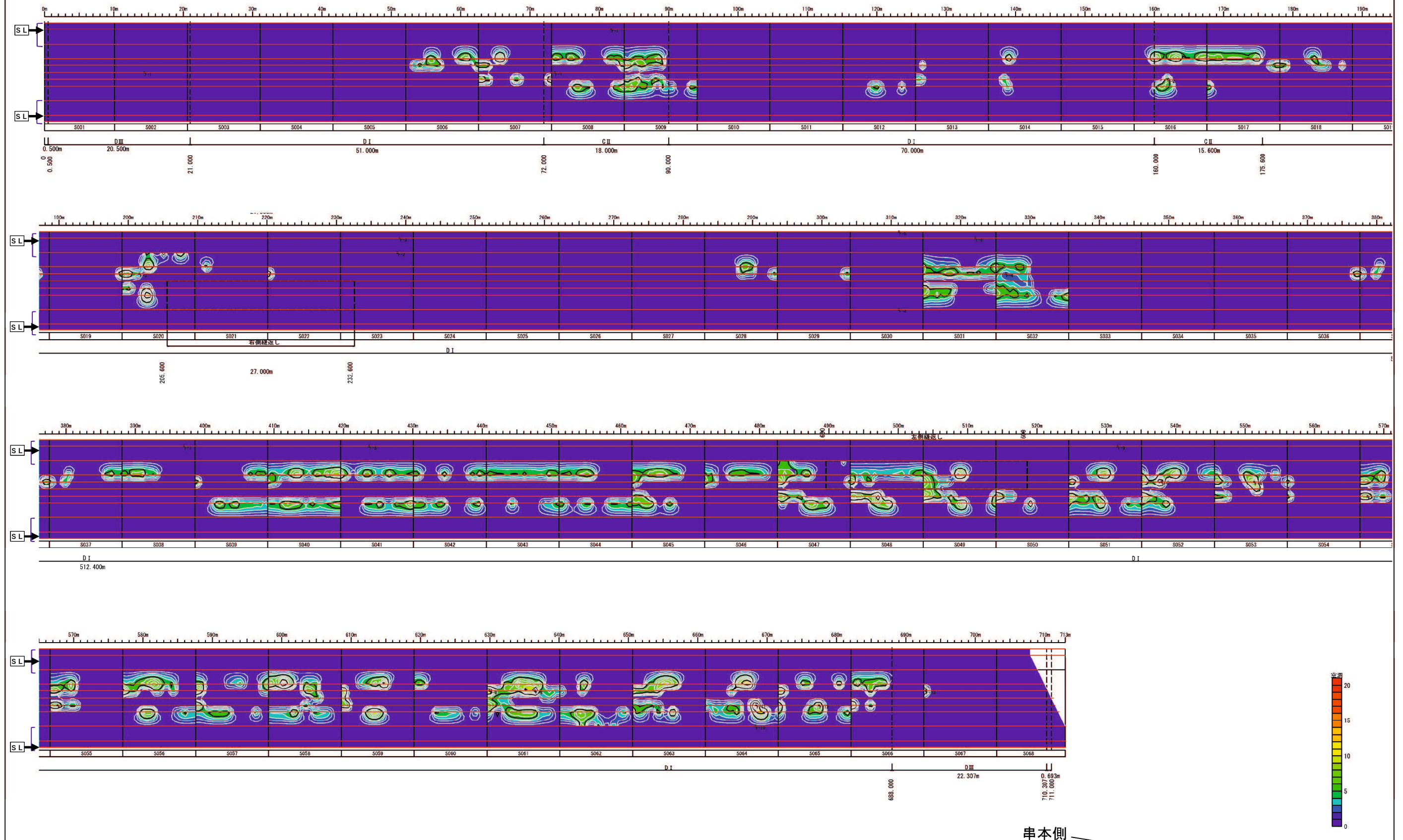


；今回の調査範囲

# 八郎山トンネル空洞厚分布図

那智勝浦側

掘進方向



## 2.4 コアボーリング削孔調査

### (1) 作業内容

想定したS Lライン位置やアーチ肩部や天端部をボーリング削孔し、吹付けコンクリートの厚みを測定した。あわせて、採取したコアを用いて一軸圧縮強度試験を実施し覆工コンクリートの健全性を確認した。

(※鋼アーチ支保工の位置は、電磁波探査により確認した。)



鋼製支保工の位置を、電磁波探査により確認



削孔状況 (φ160)

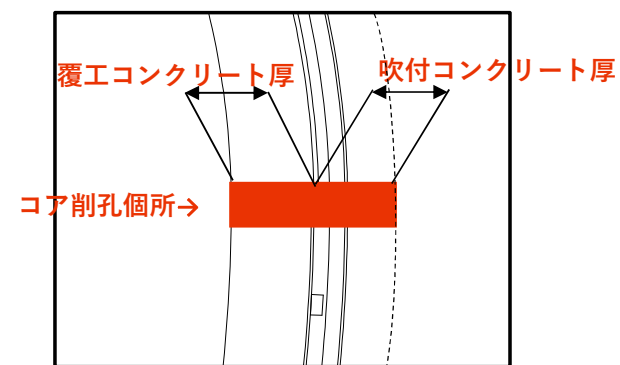


上半と下半の継手位置  
(SLライン)

削孔後



コア孔による覆工厚の確認



13スパン (計44箇所)

### (2) 調査結果

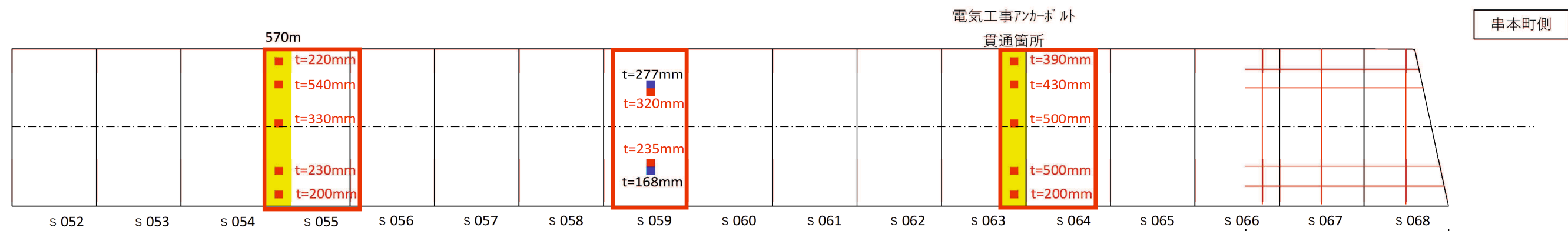
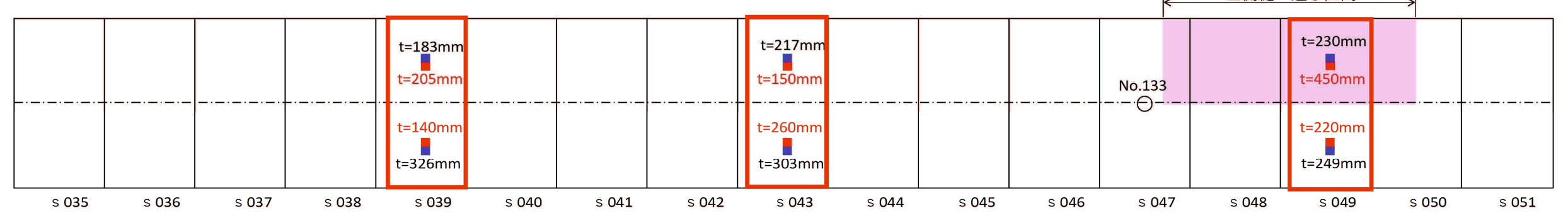
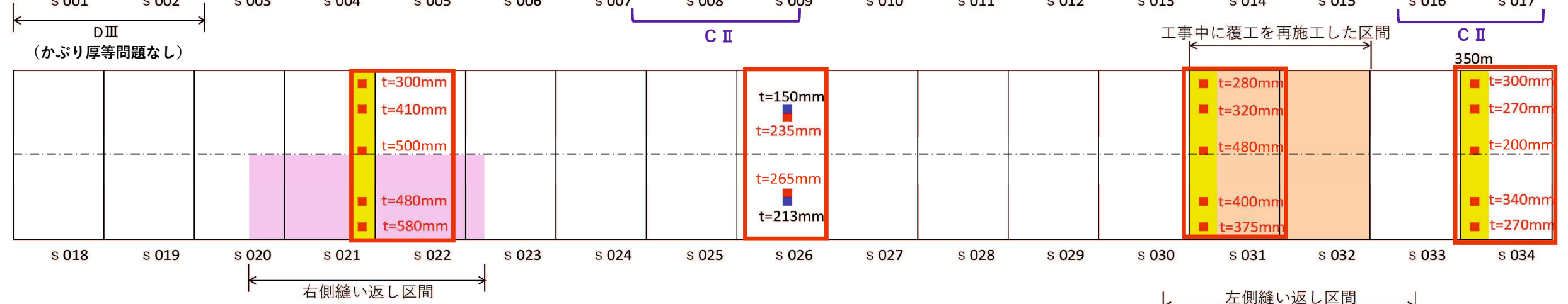
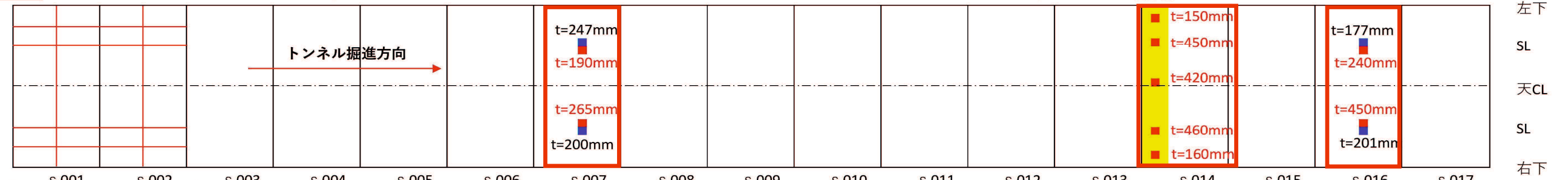
- ・吹付けコンクリート厚は、S039の右側S L 以外は全箇所設計値を満足している。

別紙参照 (吹付けコンクリート厚さ及び地山位置確認調査結果 (P11))  
(覆工コンクリート強度試験結果 (P12))



那智勝浦町側

### 調査位置平面図 (コアボーリング削孔調査、覆工取壊し調査、電磁波探査調査)



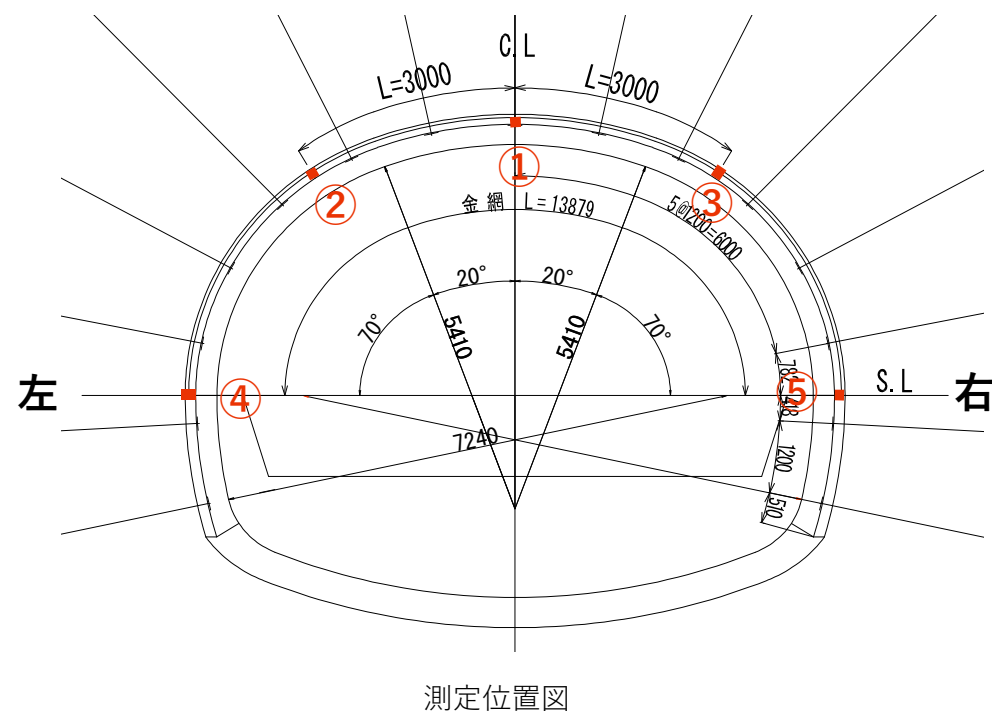
- コアボーリング削孔調査 (覆工厚さ確認)、支保工位置の設計厚 (D I : 275mm、C II : 225mm)
- コアボーリング削孔調査 (吹付コンクリート厚さ確認)、吹付コンクリートの設計厚 (D I : 150mm、C II : 100mm)
- 覆工取壊し調査 (全断面はつり：支保工・インバート確認)
- 電磁波探査調査 (D III : 低土被り補強鉄筋区間コンクリートかぶり厚確認)

(一部でかぶり厚等が確保できていない)

吹付コンクリート厚さ及び地山位置確認調査 結果

	パターン	基数	累計距離 (m)	測点	①		②		③		④		⑤		設計値	備考	考察
					全体 (mm)	吹付厚さ (mm)	全体 (mm)	吹付厚さ (mm)	全体 (mm)	吹付厚さ (mm)	全体 (mm)	吹付厚さ (mm)	全体 (mm)	吹付厚さ (mm)	吹付厚さ (mm)	余吹厚さ (mm)	
S007	D I	69	69.0	No.112+1.002							430	190	470	265	150	50	・吹付コンクリート厚は、S039の右側S L ⑤以外は全箇所設計値を満足している。(余吹厚50mmの詳細は不明)
S014	D I	137	139.0	No.115+11.849		420		450		460		150		160	150		
S016	C II	160	162.4	No.116+15.332						410	240	650	450	100			
S021	D I	215	219.6	No.119+12.521		500		410		480		300		580	150		
S026	D I	263	267.6	No.122+0.649						380	235	480	265	150			
S031	D I	313	317.6	No.124+10.543		480		320		400		280		375	150		
S034	D I	344	348.6	No.126+1.603		200		270		340		300		270	150		
S039	D I	399	403.6	No.128+16.652						390	205	460	140	150			
S043	D I	441	445.6	No.130+18.620						375	150	575	260	150			
S049	D I	504	508.6	No.134+1.802						680	450	470	220	150			
S055	D I	565	569.6	No.137+2.231		330		540		230		220		200	150		
S059	D I	609	613.6	No.139+6.605						600	320	405	235	150			
S063	D I	656	660.0	No.141+12.918		500		430		500		390		200	150		

※測点について、コア削孔による支保工測定箇所は、左右の平均。覆工はつり箇所は天端①の測点。



※ 調査箇所選定理由

S007	起点側坑口と覆工コンクリート取壊箇所 (S014) の中間部
S014	掘削時測量ミスによる支保工のズレの可能性
S016	天端部の覆工厚さが10cm程度の箇所。
S021	右側 (⑤) の支保工を縫返し。
S026	天端部の覆工厚さが20cm程度の箇所。
S031	工事中に覆工コンクリートを取壊した箇所。ヒアリングで覆工側壁部が数cmしかないことが判明。
S034	掘削時測量ミスによる支保工のズレの可能性
S039	覆工コンクリート取壊箇所 (S034) と縫返し調査箇所 (S049) の中間部
S043	覆工コンクリート取壊箇所 (S034) と縫返し調査箇所 (S049) の中間部
S049	左側 (④) の支保工を縫返し。
S055	掘削時測量ミスによる支保工のズレの可能性
S059	覆工コンクリート取壊箇所 (S055) と覆工コンクリート取壊箇所 (S063) の中間部
S063	電気工事アンカーボルト貫通箇所

・覆工コンクリート強度試験結果；全箇所設計値18N/mm<sup>2</sup>を満足している。

試験番号 23-331421 1/1頁

覆工コンクリート コア圧縮強度試験結果一覧表

試験日 2023年9月19日

コア採取箇所	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )			打設日	材齢 (日)
	左側SL	右側SL	平均値		
S007	40.1	47.8	44.0	2021/11/20	668
S016	48.0	46.0	47.0	2021/12/17	641
S026	38.0	27.5	32.8	2022/1/31	596
S039	39.8	36.6	38.2	2022/4/9	528
S043	37.3	34.8	36.1	2022/4/26	511
S049	28.7	36.1	32.4	2022/6/22	454
S059	43.1	44.0	43.6	2022/7/15	431
全数の平均値	39.1				
最小値	27.5				
最大値	48.0				
設計基準強度	18 N/mm <sup>2</sup>				

(※覆工コンクリート強度は、設計値18N/mm<sup>2</sup>を満足している。)

コンクリートから採取したコアの圧縮強度試験報告書

顧客名	大弘平和共同プラント(株)				
顧客の住所	和歌山市湊1342番地の4				
施工者名	浅川・堀 特定建設工事共同企業体				
施工者の住所	和歌山県東牟婁郡那智勝浦町中里外地内				
工事名称	県道長井古座線 八郎山トンネル				
打設箇所	覆工コンクリート S007				
試験品目					
供試体採取日	2021年11月20日		材齢	668日	
呼び方	コンクリートの種類による記号	呼び強度	スランプ又はスランプフロー (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類による記号
	普通	18	15	40	BB
養生方法			養生温度		
備考					

上記項目は、顧客から提供された情報のため、当試験場が保証する内容ではありません。試験結果は、以下の通りであることを証明します。

発行日：2023年9月19日

〒641-0036 和歌山県和歌山市西浜1660番地の291  
和歌山県生コンクリート工業組合  
TEL 073-445-0377  
承認者



試験を実施した場所	和歌山試験場 (〒641-0036 和歌山県和歌山市西浜1660番地の291)		
試験方法(規格番号)	コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法 (JIS A 1107:2022) による。		
品名	コンクリートのコア強度試験用供試体		
受領年月日	2023年9月19日	試験年月日	2023年9月19日
試験結果			
識別番号	23-331421-1	23-331421-2	23-331421-3
平均直径 (mm)	122.9	122.8	
平均高さ (mm)	211.7	184.6	
最大荷重 (N)	485 000	590 000	
補正する前の圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	40.9	49.8	
高さとの比	1.72	1.50	
補正係数	0.98	0.96	
補正した後の圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	40.1	47.8	
供試体の外観	異常なし	異常なし	
備考	-1 左, -2 右		

1. 本書を複製して第三者に開示する場合は、完全な複製を除き、一部のみを複製しないで下さい。
2. 試験結果は顧客から受領した試験品目で試験を実施したもので、本書中に記載されている試験品目についてのみの有効です。



## 2.5 電磁波探査調査

### (1) 作業内容

DIII区間（低土被り補強鉄筋区間）のコンクリートかぶり厚や鉄筋間隔を調査する。  
（※調査位置は、調査位置平面図参照）

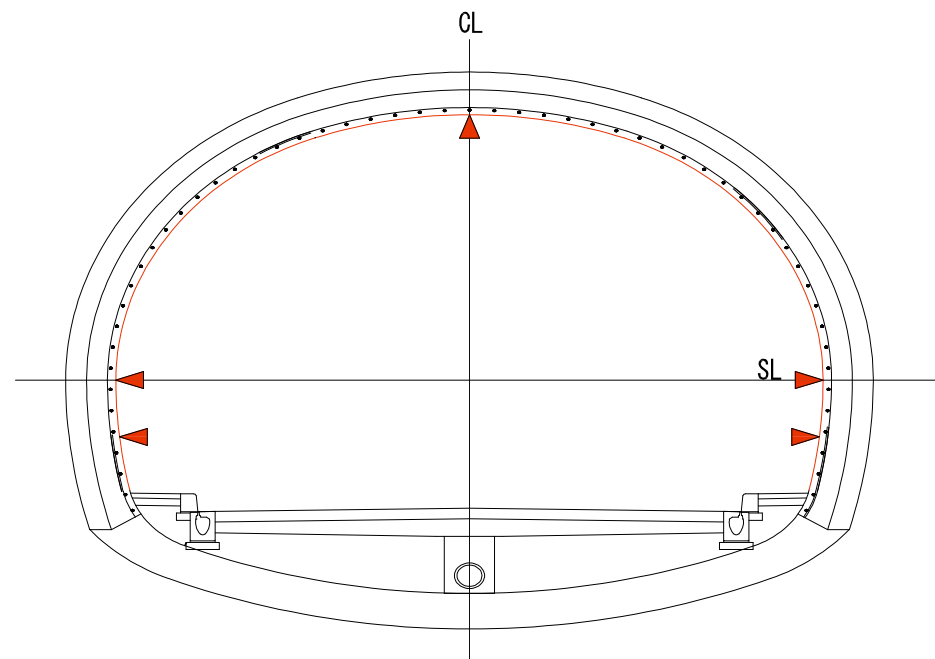


### (2) 調査結果

- ・部分的に出来形規格値55mmを確保できていない箇所がある。  
（補強鉄筋であり、鉄筋の被りや間隔は設計計算で決まった数値ではない。）

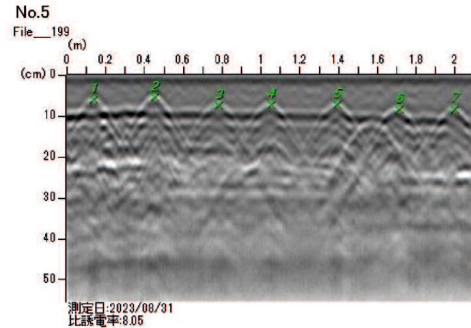
別紙参照（電磁波探査結果抜粋資料（P14））

電磁波探査調査 例



調査位置断面図

電磁波探査結果抜粋資料(串本町側) ※那智勝浦町側は施工不良は確認されていない。



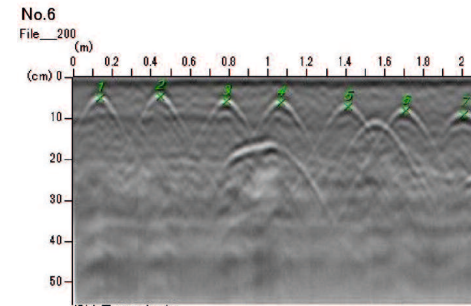
項目	設計値	出来形規格値
かぶり	70mm	55mm以上
間隔	横断面	0.200m
	縦断面	0.300m
		0.219m以下
		0.316m以下

□ : 出来形規格値外を示す。

測定日:2023/08/31 比誘電率:8.05

ポイント(File 199)

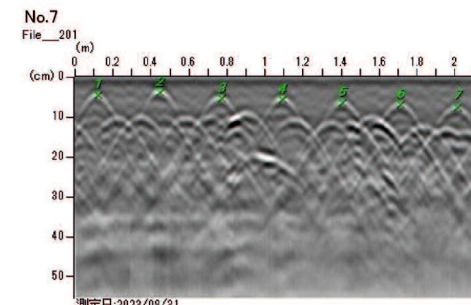
ポイントNo.	1	2	3	4	5	6	7	設計間隔
距離(m)	0.135	0.450	0.780	1.050	1.390	1.710	1.995	0.300
かぶり(mm)	58	52	72	71	70	82	83	平均間隔
間隔(m)	-	0.315	0.330	0.270	0.340	0.320	0.285	0.310



測定日:2023/08/31 比誘電率:8.05

ポイント(File 200)

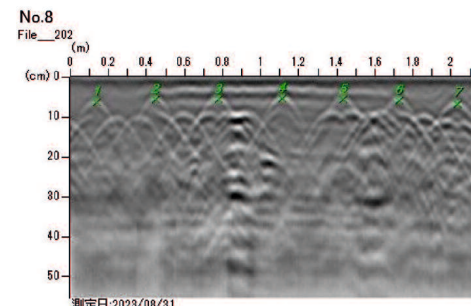
ポイントNo.	1	2	3	4	5	6	7	設計間隔
距離(m)	0.135	0.445	0.785	1.065	1.410	1.705	2.005	0.300
かぶり(mm)	49	45	56	60	70	79	87	平均間隔
間隔(m)	-	0.310	0.340	0.280	0.345	0.295	0.300	0.312



測定日:2023/08/31 比誘電率:8.05

ポイント(File 201)

ポイントNo.	1	2	3	4	5	6	7	設計間隔
距離(m)	0.115	0.445	0.770	1.090	1.405	1.710	2.010	0.300
かぶり(mm)	43	37	52	54	62	67	75	平均間隔
間隔(m)	-	0.330	0.325	0.320	0.315	0.305	0.300	0.316

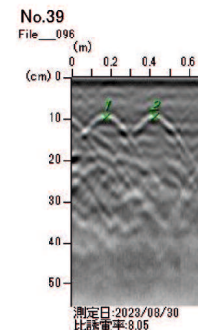


測定日:2023/08/31 比誘電率:8.05

ポイント(File 202)

ポイントNo.	1	2	3	4	5	6	7	設計間隔
距離(m)	0.135	0.445	0.775	1.110	1.430	1.725	2.030	0.300
かぶり(mm)	61	54	54	52	54	57	66	平均間隔
間隔(m)	-	0.310	0.330	0.335	0.320	0.295	0.305	0.316

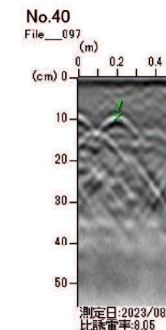
68BL No.39~43 横断面方向鉄筋



測定日:2023/08/30 比誘電率:8.05

ポイント(File 096)

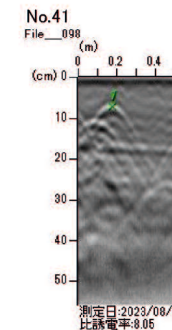
ポイントNo.	1	2	設計間隔
距離(m)	0.173	0.423	0.200
かぶり(mm)	93	92	平均間隔
間隔(m)	-	0.250	0.250



測定日:2023/08/30 比誘電率:8.05

ポイント(File 097)

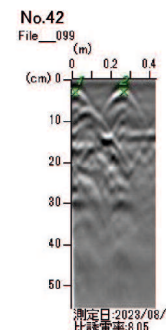
ポイントNo.	1	設計間隔
距離(m)	0.200	0.200
かぶり(mm)	94	平均間隔
間隔(m)	-	-



測定日:2023/08/30 比誘電率:8.05

ポイント(File 098)

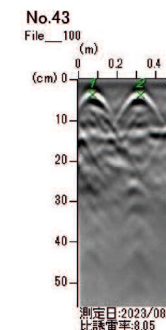
ポイントNo.	1	設計間隔
距離(m)	0.175	0.200
かぶり(mm)	70	平均間隔
間隔(m)	-	-



測定日:2023/08/30 比誘電率:8.05

ポイント(File 099)

ポイントNo.	1	2	設計間隔
距離(m)	0.013	0.263	0.200
かぶり(mm)	28	28	平均間隔
間隔(m)	-	0.250	0.250



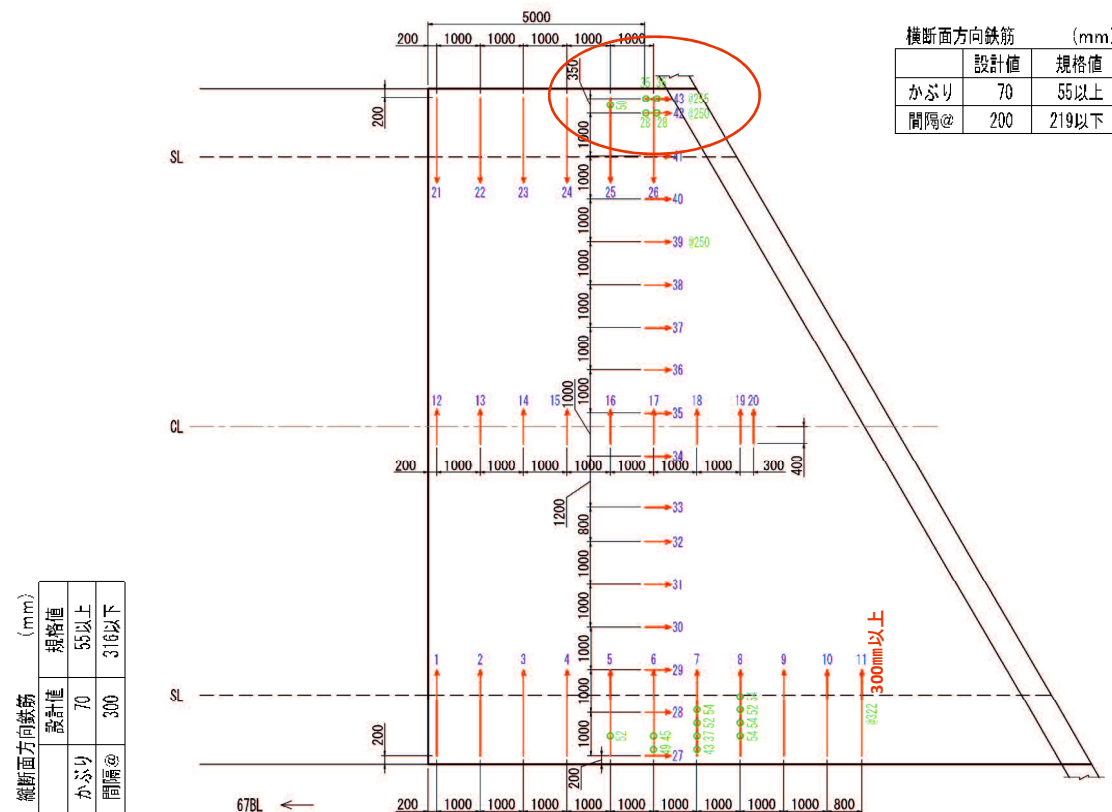
測定日:2023/08/30 比誘電率:8.05

ポイント(File 100)

ポイントNo.	1	2	設計間隔
距離(m)	0.070	0.320	0.200
かぶり(mm)	35	36	平均間隔
間隔(m)	-	0.250	0.250

項目	設計値	出来形規格値
かぶり	70mm	55mm以上
間隔	横断面	0.200m
	縦断面	0.300m
		0.219m以下
		0.316m以下

□ : 出来形規格値外を示す。





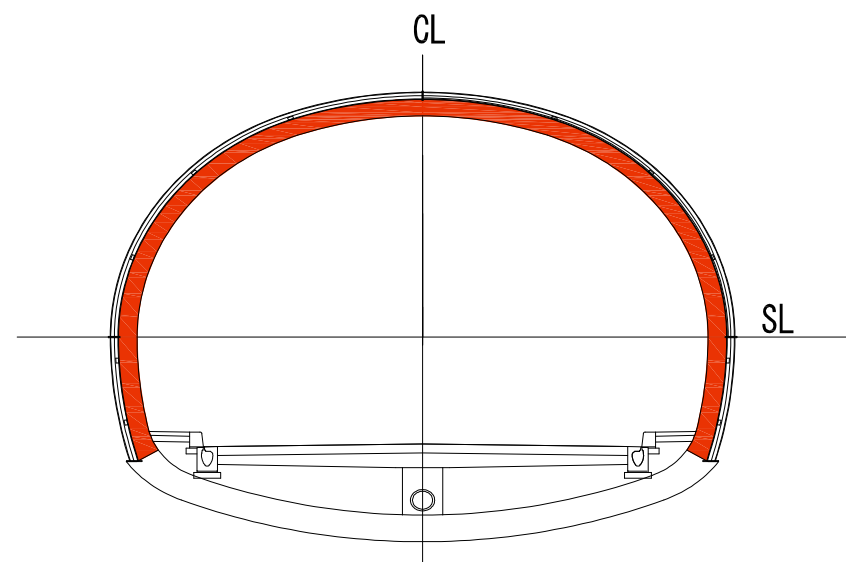
## 2.6 覆工取壊し調査

### (1) 作業内容

支保構造、内空断面及びインバートコンクリートとの取り合せを把握するため、覆工コンクリート及びインバートを取壊す。はつり幅は、約3.0mとする。あわせて、覆工取り壊し箇所の支保工に対して、内空変位、天端沈下測定も実施した。



覆工コンクリートのはつり状況



覆工コンクリート取壊し位置  
鋼アーチ支保工を3本露出させる  
(6箇所)

### (2) 調査結果 (S031)



・覆工コンクリート取壊し状況；全景



・支保工天端継ぎ手部全景；変状無



・支保工状況（左側）；変状無



・支保工状況（右側）；変状無



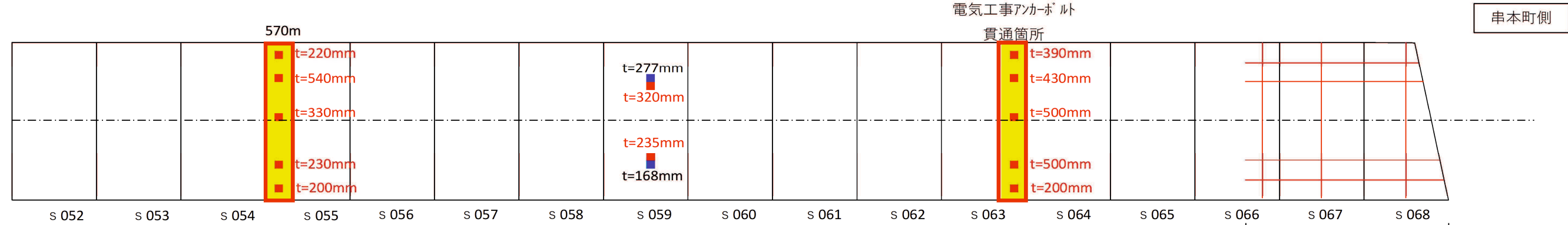
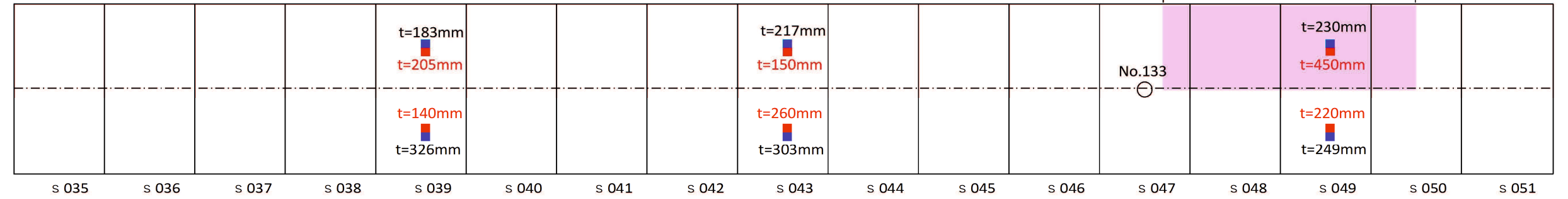
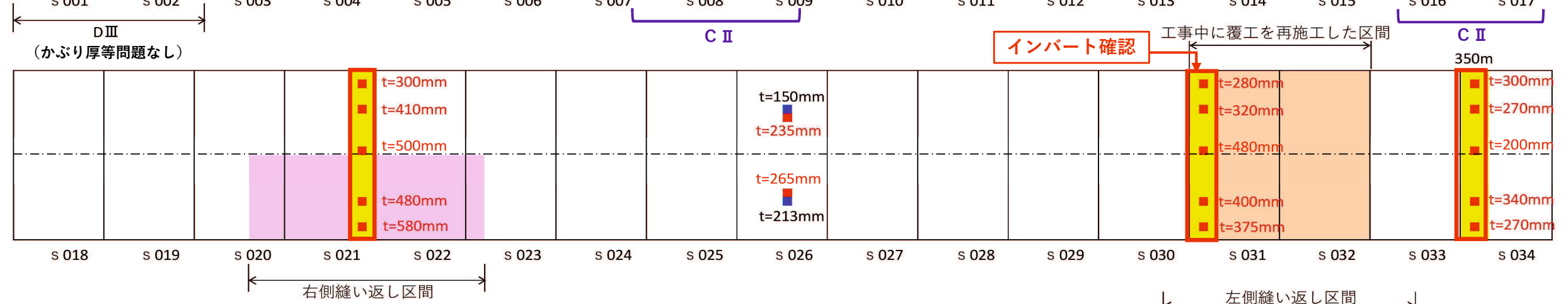
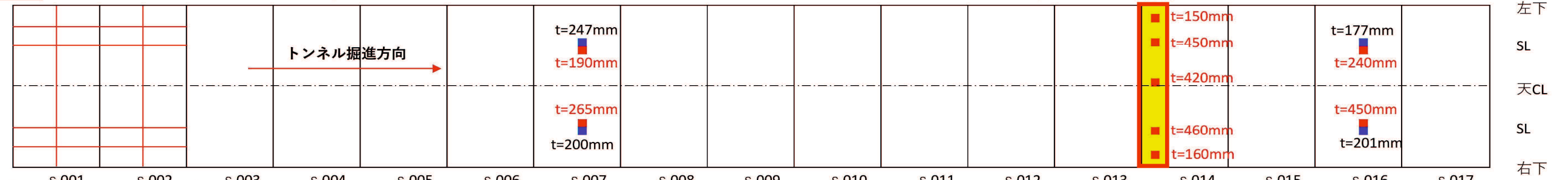
・支保工天端継ぎ手部；変状無



・支保工天端継ぎ手部；変状無



### 調査位置平面図 (コアリング削孔調査、覆工取壊し調査、電磁波探査調査)



- コアボーリング削孔調査 (覆工厚さ確認)、支保工位置の設計厚 (D I : 275mm、C II : 225mm)
  - コアボーリング削孔調査 (吹付コンクリート厚さ確認)、吹付コンクリートの設計厚 (D I : 150mm、C II : 100mm)
  - 覆工取壊し調査 (全断面はつり：支保工・インバート確認)
  - 電磁波探査調査 (D III : 低土被り補強鉄筋区間コンクリートかぶり厚確認)
- (一部でかぶり厚等が確保できていない)



・ S 0 3 1 - 2 断面では、鋼製支保工の継手が、天端が約100mm左にずれて、S L では約200mm下方にずれている。更に S L 高では、施工済みの支保工前面幅が設計幅よりも370mm狭い状況となっている。

## 支保工形状断面図 (8) S=1:30

断面 DI-b-1

S031-2  
NO. 124+9.725



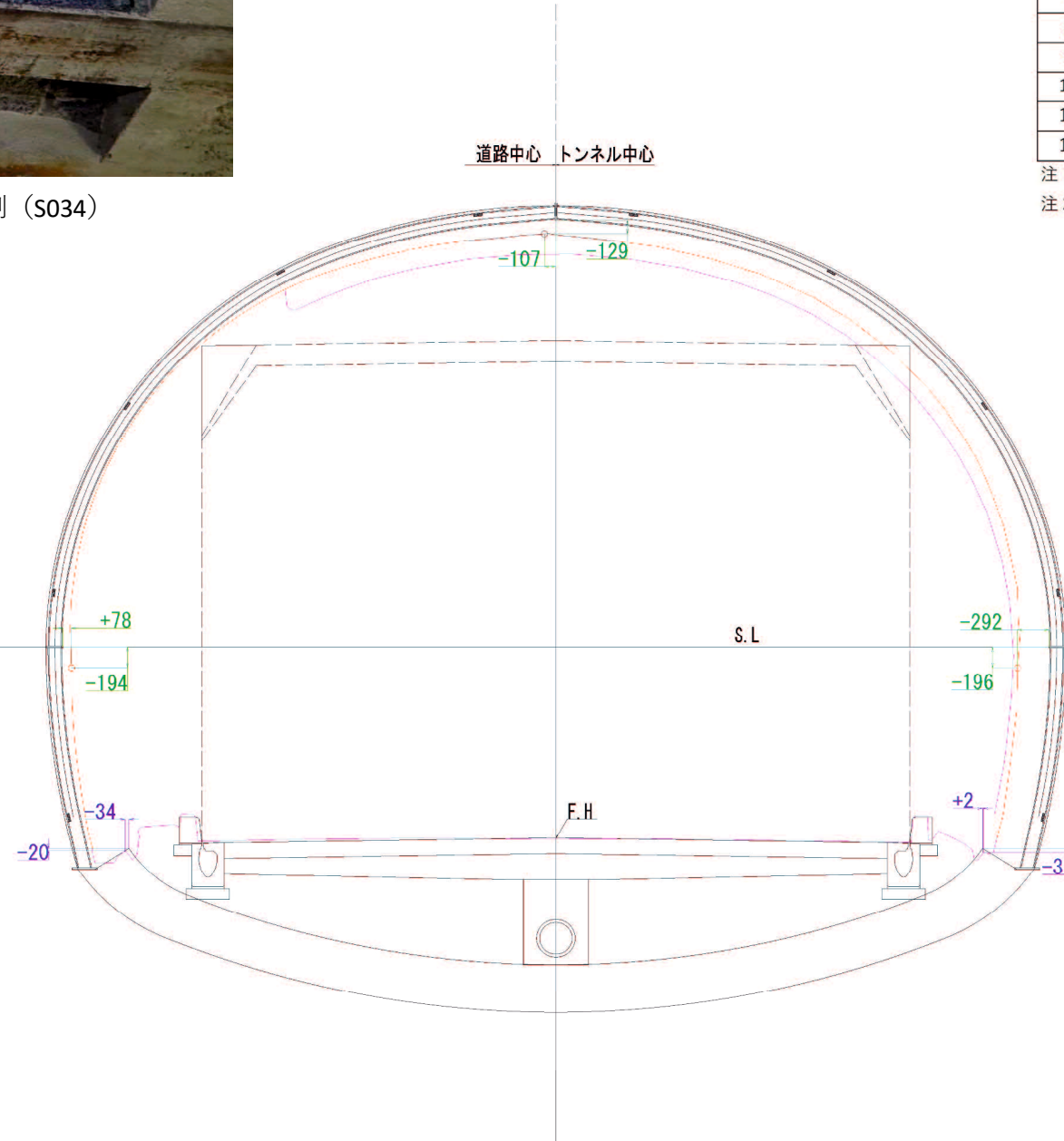
・ 天端継ぎ手ボルトの締結不良の例 (S034)

出来形計測結果一覧表

No.	項目	誤差		備考
		水平	鉛直	
1	トンネル中心	-	-	
2	道路中心	-	-	
3	舗装中心	-	-	
4	道路端 (右)	-	-	側溝と縁石の交点
5	道路端 (左)	-	-	側溝と縁石の交点
6	監査歩廊 (右端)	-	-	
7	監査歩廊 (左端)	-	-	
8	支保工前面 (右端)	-292	-196	覆工撤去箇所のみ
9	支保工前面 (左端)	+78	-194	覆工撤去箇所のみ
10	支保工前面 (天端)	-107	-129	覆工撤去箇所のみ
11	インバート (右端)	+2	-39	覆工撤去箇所のみ
12	インバート (左端)	-34	-20	覆工撤去箇所のみ

注1：水平誤差の+は右ズレ、-は左ズレを示す。

注2：鉛直誤差の+は上ズレ、-は下ズレを示す。



・ 鋼製支保工がインバート内に食い込んでいる。



・ 鋼製支保工がインバート内に食い込んでいる。



・ インバート前面から約330mmの位置に鋼製支保工前面がある。

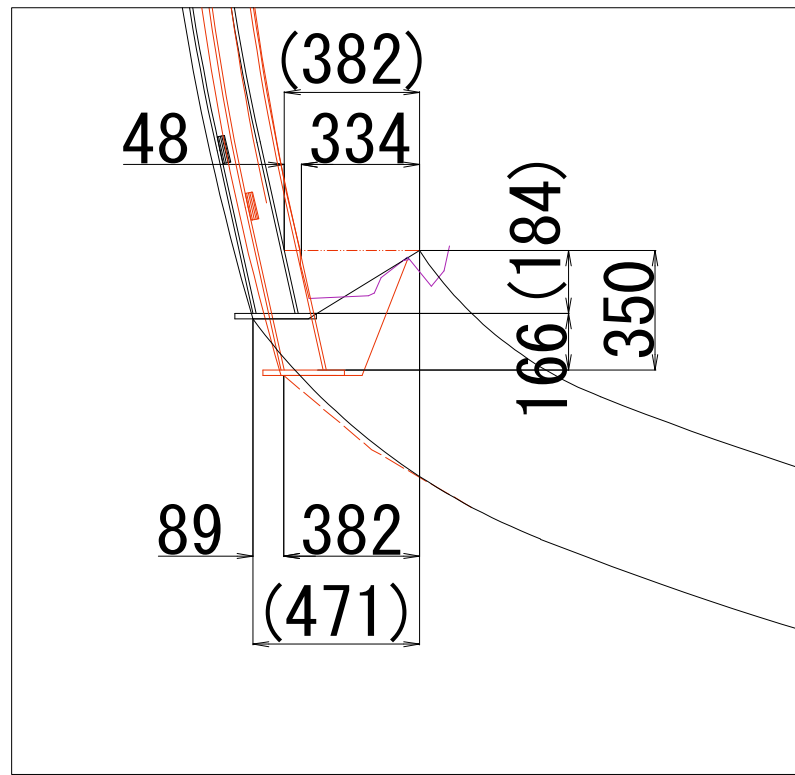


・ インバート内の道路側に鋼製支保工がある。

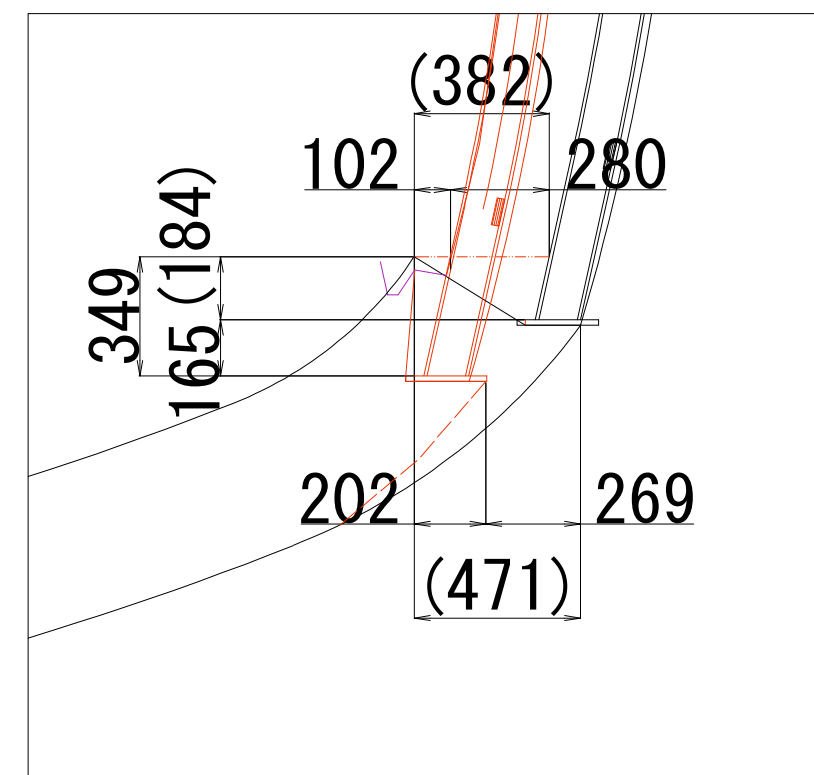


S031

左側



右側



( ) 内数字は設計値を示す。  
破線は地山とインバートの境を表現する。

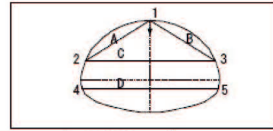




・内空変位・沈下測定結果；内空変位や天端沈下の兆候は確認されていない。

A計測データシート 内空変位・沈下

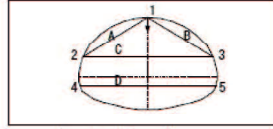
工事名	長井古産線八郎山トンネル道路改良工事
トンネル名	八郎山トンネル
断面名	218断面
BL測点	S021BL No. 119+11.000
支保形式	D I-b-1
地質	
土盛り	



No.	測定日	測定時刻	切羽との距離(m)		変位量(mm)					沈下量(mm)	
			上半	下半	イ <sup>1</sup> →ト	A	B	C	D	E	I
1	2023/09/20	9:28				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2023/09/20	15:19				0.2	-0.1	0.2	0.1	0.0	0.0
3	2023/09/21	15:25				0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5
4	2023/09/23	15:30				0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5
5	2023/09/29	8:56				0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2

A計測データシート 内空変位・沈下

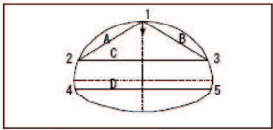
工事名	長井古産線八郎山トンネル道路改良工事
トンネル名	八郎山トンネル
断面名	318断面
BL測点	S031BL No. 124+9.000
支保形式	D I-b-1
地質	
土盛り	



No.	測定日	測定時刻	切羽との距離(m)		変位量(mm)					沈下量(mm)	
			上半	下半	イ <sup>1</sup> →ト	A	B	C	D	E	I
1	2023/09/22	8:58				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2023/09/22	15:06				0.3	0.0	0.3	0.4	-0.1	-0.1
3	2023/09/23	15:47				-0.3	1.0	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3
4	2023/09/25	15:06				0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0
5	2023/09/29	8:42				0.4	0.2	0.5	-0.3	-0.2	-0.2

A計測データシート 内空変位・沈下

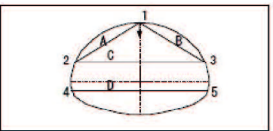
工事名	長井古産線八郎山トンネル道路改良工事
トンネル名	八郎山トンネル
断面名	137断面
BL測点	S014BL No. 115+1.000
支保形式	D I-b-1
地質	
土盛り	



No.	測定日	測定時刻	切羽との距離(m)		変位量(mm)					沈下量(mm)	
			上半	下半	イ <sup>1</sup> →ト	A	B	C	D	E	I
1	2023/09/20	8:55				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2023/09/20	14:55				-0.1	0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.1
3	2023/09/21	15:10				-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
4	2023/09/23	15:07				0.0	0.2	0.1	0.2	-0.1	-0.1
5	2023/09/30	15:00				0.1	-0.1	0.0	0.1	-0.6	-0.6
6	2023/10/07	15:03				0.0	0.2	0.1	0.3	-0.1	-0.1

A計測データシート 内空変位・沈下

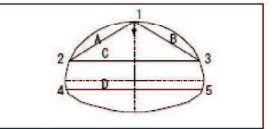
工事名	長井古産線八郎山トンネル道路改良工事
トンネル名	八郎山トンネル
断面名	348断面
BL測点	S034BL No. 126+1.000
支保形式	D I-b-1
地質	
土盛り	



No.	測定日	測定時刻	切羽との距離(m)		変位量(mm)					沈下量(mm)	
			上半	下半	イ <sup>1</sup> →ト	A	B	C	D	E	I
1	2023/09/22	9:02				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2023/09/22	15:07				-0.1	0.3	0.3	0.3	-0.1	-0.1
3	2023/09/23	15:48				0.2	0.1	0.3	0.2	-0.1	-0.1
4	2023/09/25	15:07				0.1	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0
5	2023/10/02	15:05				0.2	0.1	0.3	0.6	0.0	0.0
6	2023/10/09	15:09				0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3

A計測データシート 内空変位・沈下

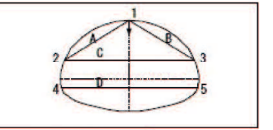
工事名	長井古産線八郎山トンネル道路改良工事
トンネル名	八郎山トンネル
断面名	S70断面
BL測点	S055 No. 137+3.000
支保形式	D I-b-1
地質	
土盛り	



No.	測定日	測定時刻	切羽との距離(m)		変位量(mm)					沈下量(mm)	
			上半	下半	イ <sup>1</sup> →ト	A	B	C	D	E	I
1	2023/09/25	9:10				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2023/09/25	15:23				-0.1	1.0	-0.1	-0.7	1.3	1.3
3	2023/09/26	15:01				-0.1	0.8	-0.2	-0.5	0.9	0.9
4	2023/09/28	15:04				0.0	0.8	-0.3	-0.7	0.8	0.8
5	2023/10/05	15:01				0.2	0.5	0.0	-0.6	0.7	0.7
6	2023/10/09	15:28				0.2	0.8	0.2	-0.3	0.9	0.9

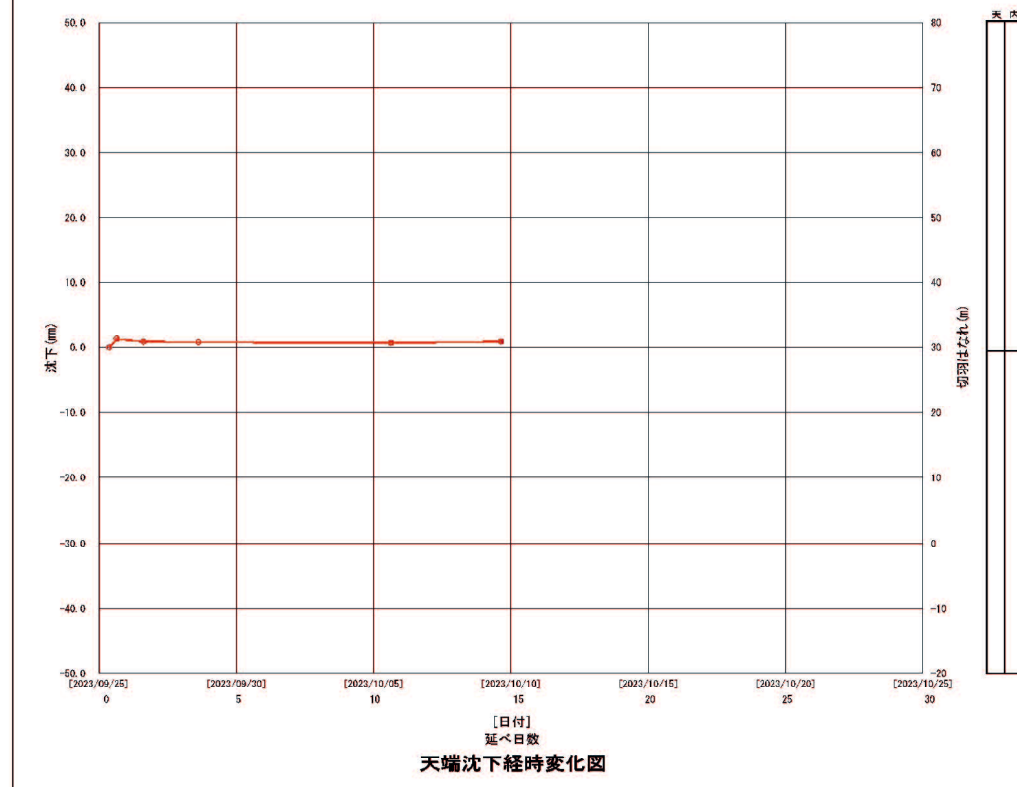
A計測データシート 内空変位・沈下

工事名	長井古産線八郎山トンネル道路改良工事
トンネル名	八郎山トンネル
断面名	659断面
BL測点	S063 No. 141+12.000
支保形式	D I-b-2
地質	
土盛り	



No.	測定日	測定時刻	切羽との距離(m)		変位量(mm)					沈下量(mm)	
			上半	下半	イ <sup>1</sup> →ト	A	B	C	D	E	I
1	2023/09/27	9:01				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2023/09/27	15:02				0.4	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.3
3	2023/09/28	15:18				0.3	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.3
4	2023/09/30	15:15				0.3	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.3
5	2023/10/07	15:35				0.0	0.3	0.1	0.1	0.5	0.5
6	2023/10/09	15:42				0.3	0.1	0.3	0.4	0.6	0.6

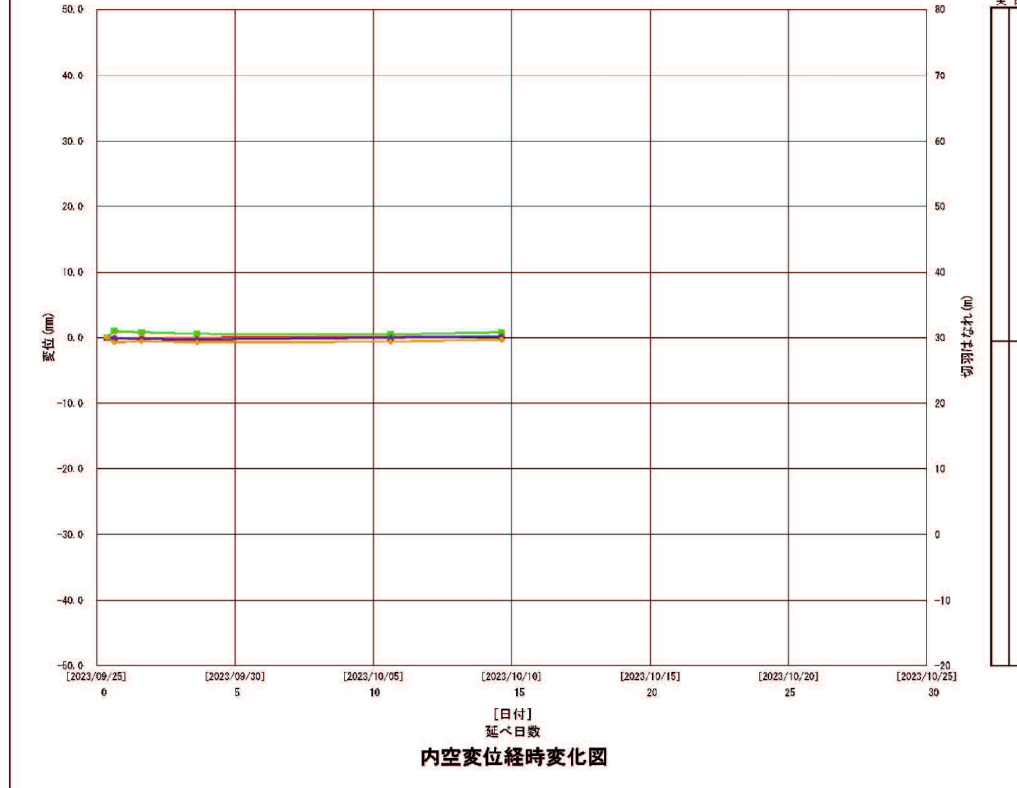
S055



天端沈下経時変化図

断面名称	S055 No. 137+3.0 (D I-b-1)
計測位置	
断面図	
番号	測点名称
1	I 0.9
番号	切羽線名称
1	上半
2	下半
3	イ <sup>1</sup> →ト
工事名	長井古産線八郎山トンネル道路改良工事
図面番	天端沈下経時変化図
作成日	2023/10/9
調査者	S055 No. 137+3.0 (D I-b-1)
会社名	渡川組
発注元	東条建設有限 新築建設部

S055



内空変位経時変化図

断面名称	S055 No. 137+3.0 (D I-b-1)
計測位置	
断面図	
番号	測点名称
1	A 0.2
2	B 0.8
3	C 0.2
4	D -0.3
番号	切羽線名称
1	上半
2	下半
3	イ <sup>1</sup> →ト
工事名	長井古産線八郎山トンネル道路改良工事
図面番	内空変位経時変化図
作成日	2023/10/9
調査者	S055 No. 137+3.0 (D I-b-1)
会社名	渡川組
発注元	東条建設有限 新築建設部

### 3次元測量データによる断面調査

単位：mm

		吹付厚さ（左）		左右（注1）		吹付厚さ（右）		SL上での設計幅との差（注2）				中心 左 右のより	SL上の高さ				中心 頂上		吹付厚さ		内空断面 （注5）
		実測	実測-150	①左	②右	実測	実測-150	支保工まで	吹付厚さ込み（注3）				左	右	（注4）		中心	頂上	実測	実測-150	
S014 仮トパーの ズレによる 支保工のズ レの疑い	1			53	-38			91	狭い			-26	-95	-48	左低い		-48	下がっている			OK
	2			56	-52			108	狭い			-23	-103	-59	左低い		-58	下がっている			OK
	3	150	0	60	-40	160	10	100	狭い	-90	狭い	-17	-85	-54	左低い		-49	下がっている	420	270	OK
S021 右側 縫返し	1			-2	-69			67	狭い			-93	-113	-62	左低い		-122	下がっている			OK
	2			4	43			-39	広い			-101	-131	17	左低い		-141	下がっている			OK
	3	300	150	42	100	580	430	-58	広い	638	広い	-59	-126	1	左低い		-122	下がっている	500	350	OK
S031 覆工 再施工	1			71	-292			363	狭い			-120	-213	-206	右低い		-144	下がっている			OK
	2			78	-292			370	狭い			-107	-194	-196	右低い		-129	下がっている			OK
	3	280	130	58	-286	375	225	344	狭い	11	広い	-96	-163	-197	右低い		-102	下がっている	480	330	OK
S034 測量ズレに よる支保工 ズレの疑い	1			-24	-136			112	狭い			-85	-35	-77	右低い		-32	下がっている			OK
	2			-14	-122			108	狭い			-45	-37	-85	右低い		-33	下がっている			OK
	3	300	150	-31	-113	270	120	82	狭い	188	広い	-40	-45	-59	右低い		-41	下がっている	200	50	OK
S055 測量ズレに よる支保工 ズレの疑い	1	220	70	-36	-67	200	50	31	狭い	89	広い	-137	-55	-21	左低い		-47	下がっている	330	180	OK
	2			-159	-159			0	同じ			-183	-48	-25	左低い		-81	下がっている			OK
	3			-176	-201			25	狭い			-203	-50	-29	左低い		-64	下がっている			OK
S063 覆工最薄箇 所	1			-194	-218			24	狭い			-207	-12	-15			-14	下がっている			OK
	2			-182	-227			45	狭い			-203	-26	-43	右低い		-19	下がっている			OK
	3	390	240	-184	-231	200	50	47	狭い	243	広い	-197	24	-19	右低い	高い理由	4	上がっている	500	350	OK

注1 ; 数値の+は右ズレ、-は左ズレを表現している。

※吹付コンクリート厚未調査断面図は、別紙③参照（支保工形状断面図）

注2 ; SL上での設計幅との差は、数値の+は設計よりも狭い場合、-は設計よりも広い場合を示している。

注3 ; 鋼製支保工幅が狭くなっている箇所は、頂部の支保工接合部の開口幅が計画よりも大きくなっていると想定される。

注4 ; 鋼製支保工は、計画に対して右下がり、左下がり等の設置不備が発生している。

注5 ; 吹付コンクリート厚が計画よりも厚く、鋼製支保工が計画よりも狭くなっているが、トンネル内空断面幅は設計値を満足している。

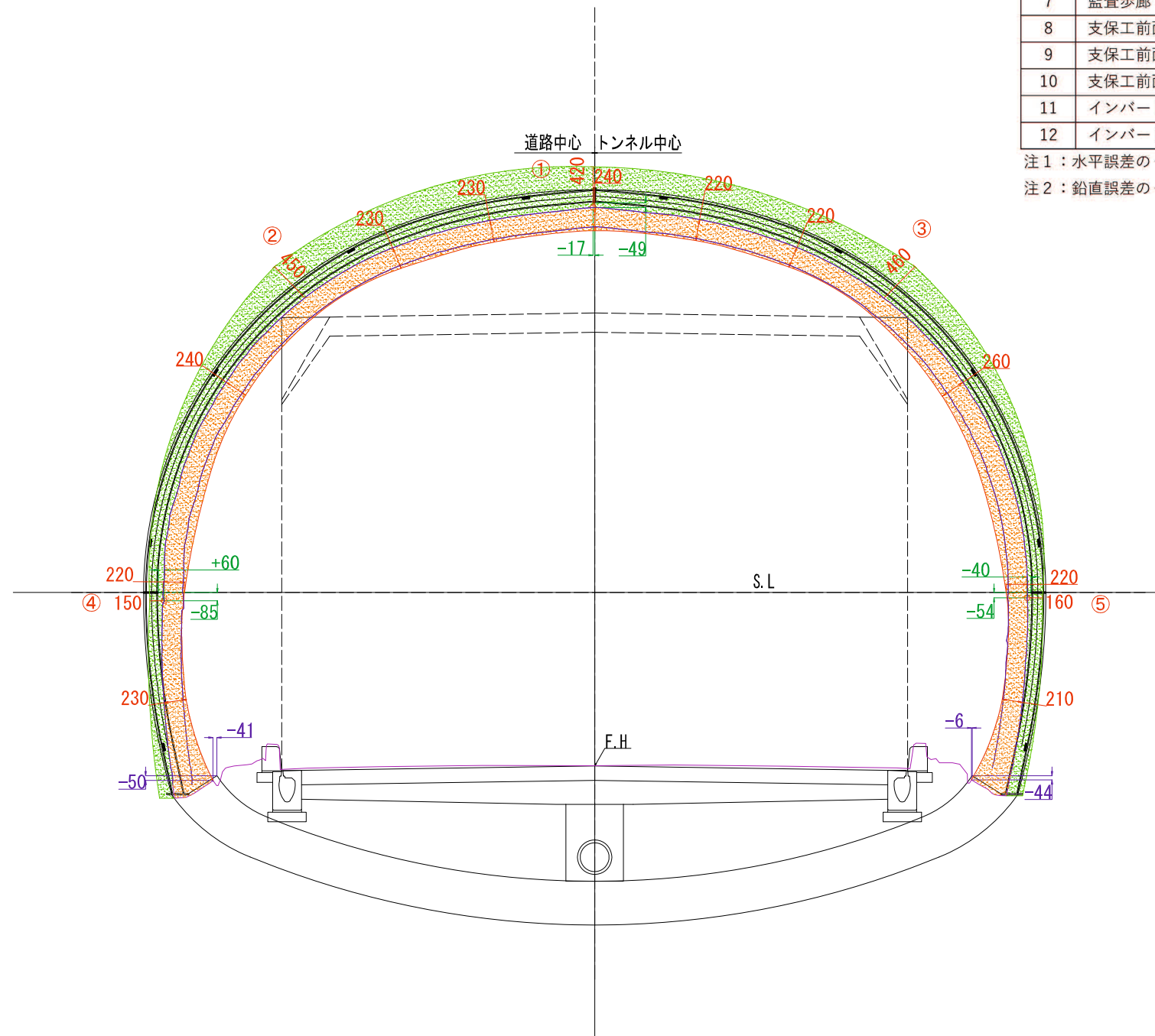
# 支保工形状断面図 (3) S=1:30

断面 DI-b-1  
S014-3  
NO. 115+12.023

出来形計測結果一覧表

No.	項目	誤差		備考
		水平	鉛直	
1	トンネル中心	-	-	
2	道路中心	-	-	
3	舗装中心	-	-	
4	道路端 (右)	-	-	側溝と縁石の交点
5	道路端 (左)	-	-	側溝と縁石の交点
6	監査歩廊 (右端)	-	-	
7	監査歩廊 (左端)	-	-	
8	支保工前面 (右端)	-40	-54	覆工撤去箇所のみ
9	支保工前面 (左端)	+60	-85	覆工撤去箇所のみ
10	支保工前面 (天端)	-17	-49	覆工撤去箇所のみ
11	インバート (右端)	-6	-44	覆工撤去箇所のみ
12	インバート (左端)	-41	-50	覆工撤去箇所のみ

注1：水平誤差の+は右ズレ、-は左ズレを示す。  
注2：鉛直誤差の+は上ズレ、-は下ズレを示す。



凡例

- : 吹付コンクリート
- : 覆工コンクリート
- : 覆工コンクリート面
- : 吹付コンクリート面及び+200mm



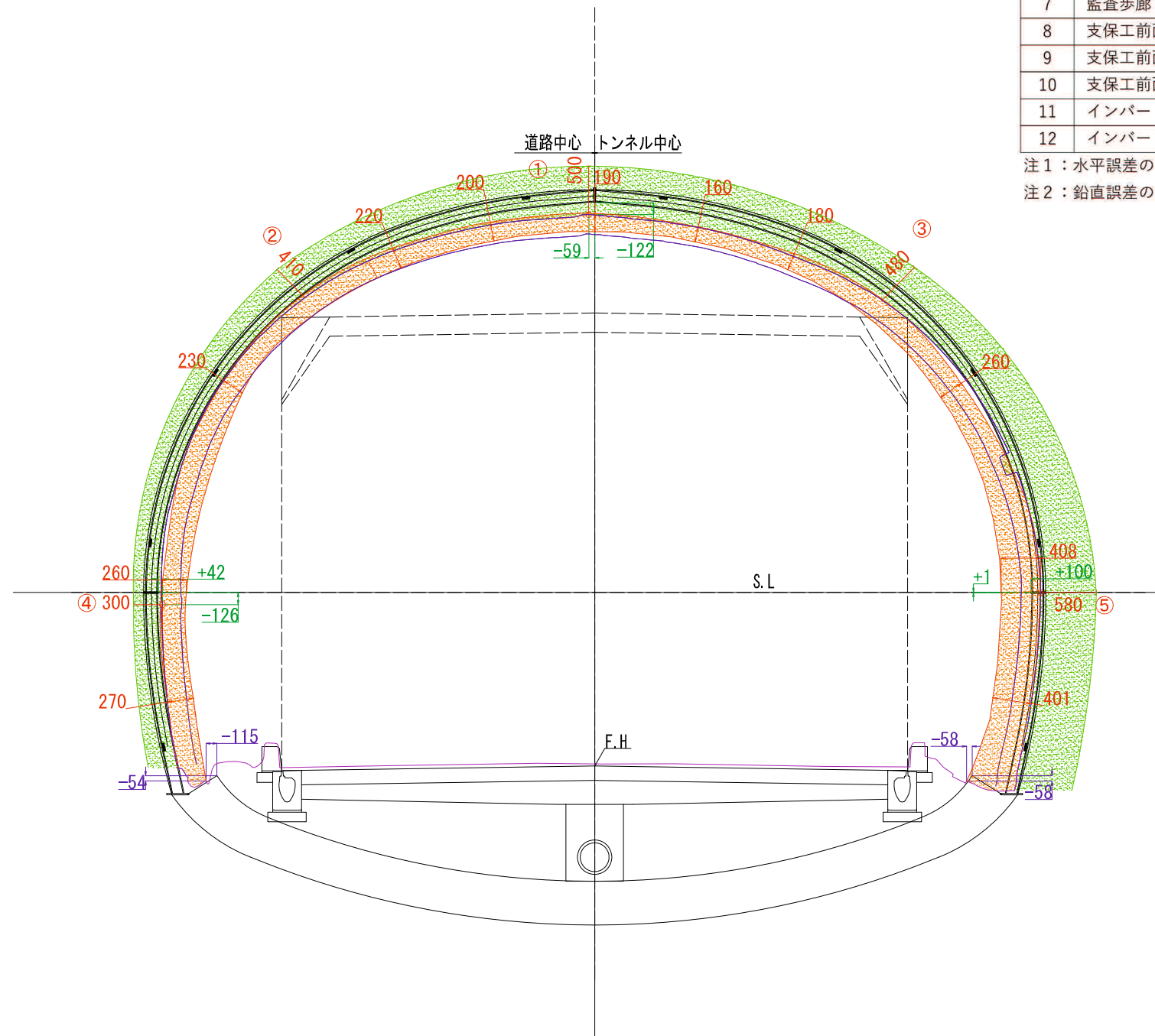
# 支保工形状断面図 (6) S=1:30

断面 DI-b-1  
S021-3  
NO. 119+12.661

出来形計測結果一覧表

No.	項目	誤差		備考
		水平	鉛直	
1	トンネル中心	-	-	
2	道路中心	-	-	
3	舗装中心	-	-	
4	道路端 (右)	-	-	側溝と縁石の交点
5	道路端 (左)	-	-	側溝と縁石の交点
6	監査歩廊 (右端)	-	-	
7	監査歩廊 (左端)	-	-	
8	支保工前面 (右端)	+100	+1	覆工撤去箇所のみ
9	支保工前面 (左端)	+42	-126	覆工撤去箇所のみ
10	支保工前面 (天端)	-59	-122	覆工撤去箇所のみ
11	インパート (右端)	-58	-58	覆工撤去箇所のみ
12	インパート (左端)	-115	-54	覆工撤去箇所のみ

注1：水平誤差の+は右ズレ、-は左ズレを示す。  
注2：鉛直誤差の+は上ズレ、-は下ズレを示す。



凡例

- : 吹付コンクリート
- : 覆工コンクリート
- : 覆工コンクリート面
- : 吹付コンクリート面及び+200mm

# 支保工形状断面図 (9) S=1:30

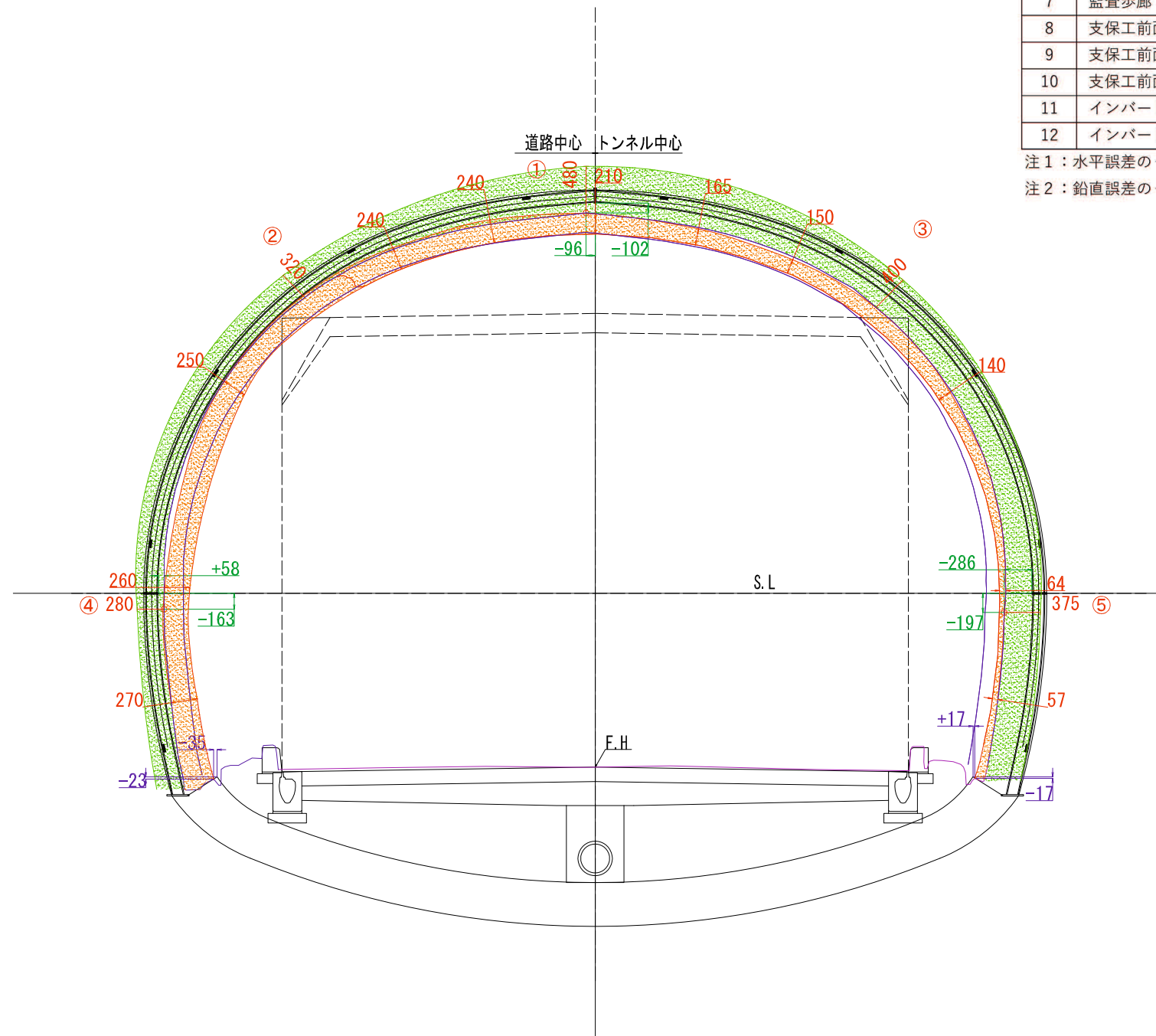
断面 DI-b-1  
S031-3  
NO. 124+10.729

出来形計測結果一覧表

No.	項目	誤差		備考
		水平	鉛直	
1	トンネル中心	-	-	
2	道路中心	-	-	
3	舗装中心	-	-	
4	道路端 (右)	-	-	側溝と縁石の交点
5	道路端 (左)	-	-	側溝と縁石の交点
6	監査歩廊 (右端)	-	-	
7	監査歩廊 (左端)	-	-	
8	支保工前面 (右端)	-286	-197	覆工撤去箇所のみ
9	支保工前面 (左端)	+58	-163	覆工撤去箇所のみ
10	支保工前面 (天端)	-96	-102	覆工撤去箇所のみ
11	インバート (右端)	+17	-17	覆工撤去箇所のみ
12	インバート (左端)	-35	-23	覆工撤去箇所のみ

注1：水平誤差の+は右ズレ、-は左ズレを示す。

注2：鉛直誤差の+は上ズレ、-は下ズレを示す。



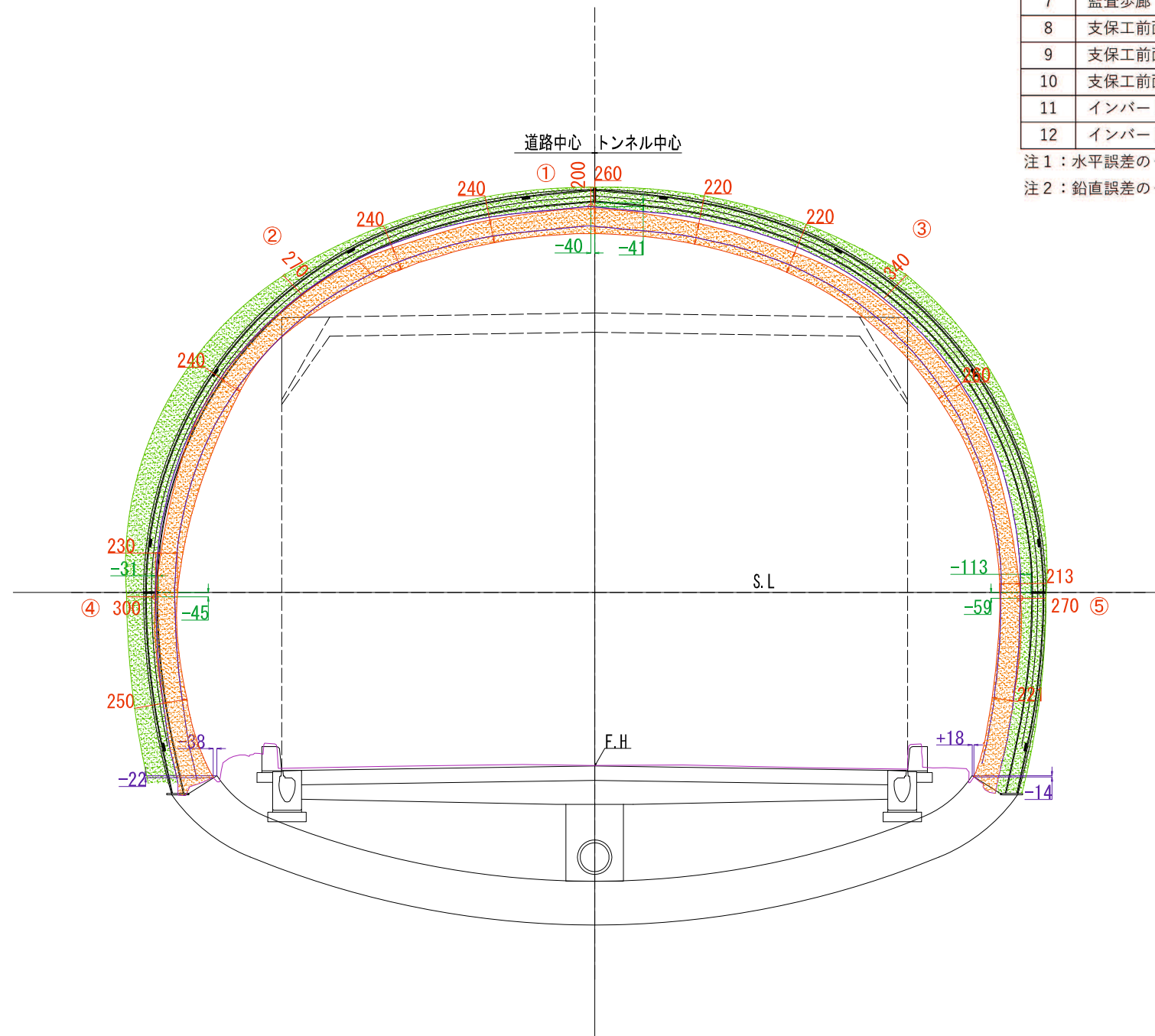
### 凡例

- : 吹付コンクリート
- : 覆工コンクリート
- : 覆工コンクリート面
- : 吹付コンクリート面及び+200mm

# 支保工形状断面図 (12) S=1:30

断面 DI-b-1

S034-3  
NO. 126+1.702



出来形計測結果一覧表

No.	項目	誤差		備考
		水平	鉛直	
1	トンネル中心	-	-	
2	道路中心	-	-	
3	舗装中心	-	-	
4	道路端 (右)	-	-	側溝と縁石の交点
5	道路端 (左)	-	-	側溝と縁石の交点
6	監査歩廊 (右端)	-	-	
7	監査歩廊 (左端)	-	-	
8	支保工前面 (右端)	-113	-59	覆工撤去箇所のみ
9	支保工前面 (左端)	-31	-45	覆工撤去箇所のみ
10	支保工前面 (天端)	-40	-41	覆工撤去箇所のみ
11	インバート (右端)	+18	-14	覆工撤去箇所のみ
12	インバート (左端)	-38	-22	覆工撤去箇所のみ

注1：水平誤差の+は右ズレ、-は左ズレを示す。

注2：鉛直誤差の+は上ズレ、-は下ズレを示す。

## 凡例

- : 吹付コンクリート
- : 覆工コンクリート
- : 覆工コンクリート面
- : 吹付コンクリート面及び+200mm

# 支保工形状断面図 (13) S=1:30

断面 DI-b-1

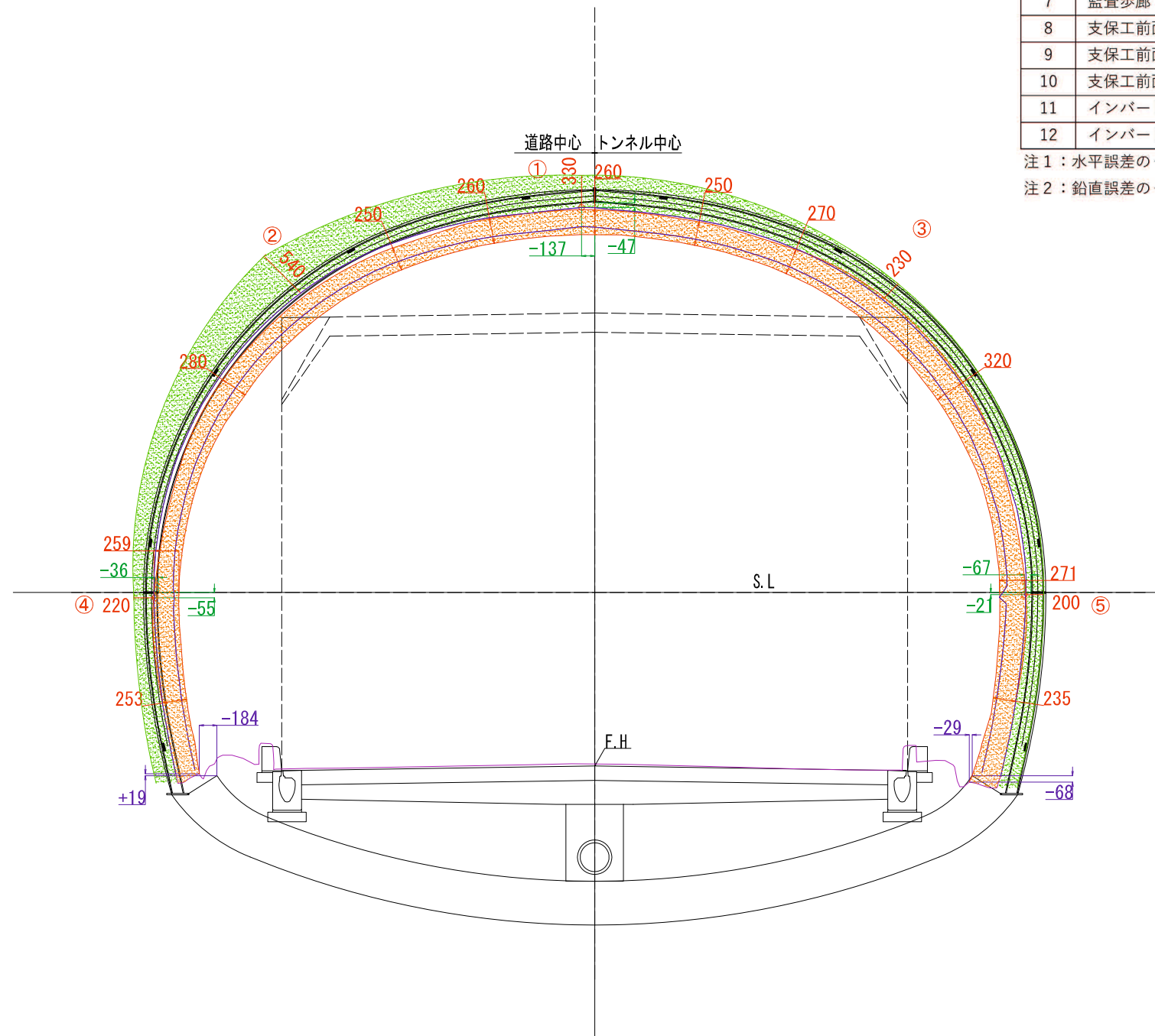
S055-1  
NO. 137+1.934

出来形計測結果一覧表

No.	項目	誤差		備考
		水平	鉛直	
1	トンネル中心	-	-	
2	道路中心	-	-	
3	舗装中心	-	-	
4	道路端 (右)	-	-	側溝と縁石の交点
5	道路端 (左)	-	-	側溝と縁石の交点
6	監査歩廊 (右端)	-	-	
7	監査歩廊 (左端)	-	-	
8	支保工前面 (右端)	-67	-21	覆工撤去箇所のみ
9	支保工前面 (左端)	-36	-55	覆工撤去箇所のみ
10	支保工前面 (天端)	-137	-47	覆工撤去箇所のみ
11	インバート (右端)	-29	-68	覆工撤去箇所のみ
12	インバート (左端)	-184	+19	覆工撤去箇所のみ

注1：水平誤差の+は右ズレ、-は左ズレを示す。

注2：鉛直誤差の+は上ズレ、-は下ズレを示す。



凡例

- : 吹付コンクリート
- : 覆工コンクリート
- : 覆工コンクリート面
- : 吹付コンクリート面及び+200mm



# 支保工形状断面図 (18) S=1:30

断面 DI-b-2

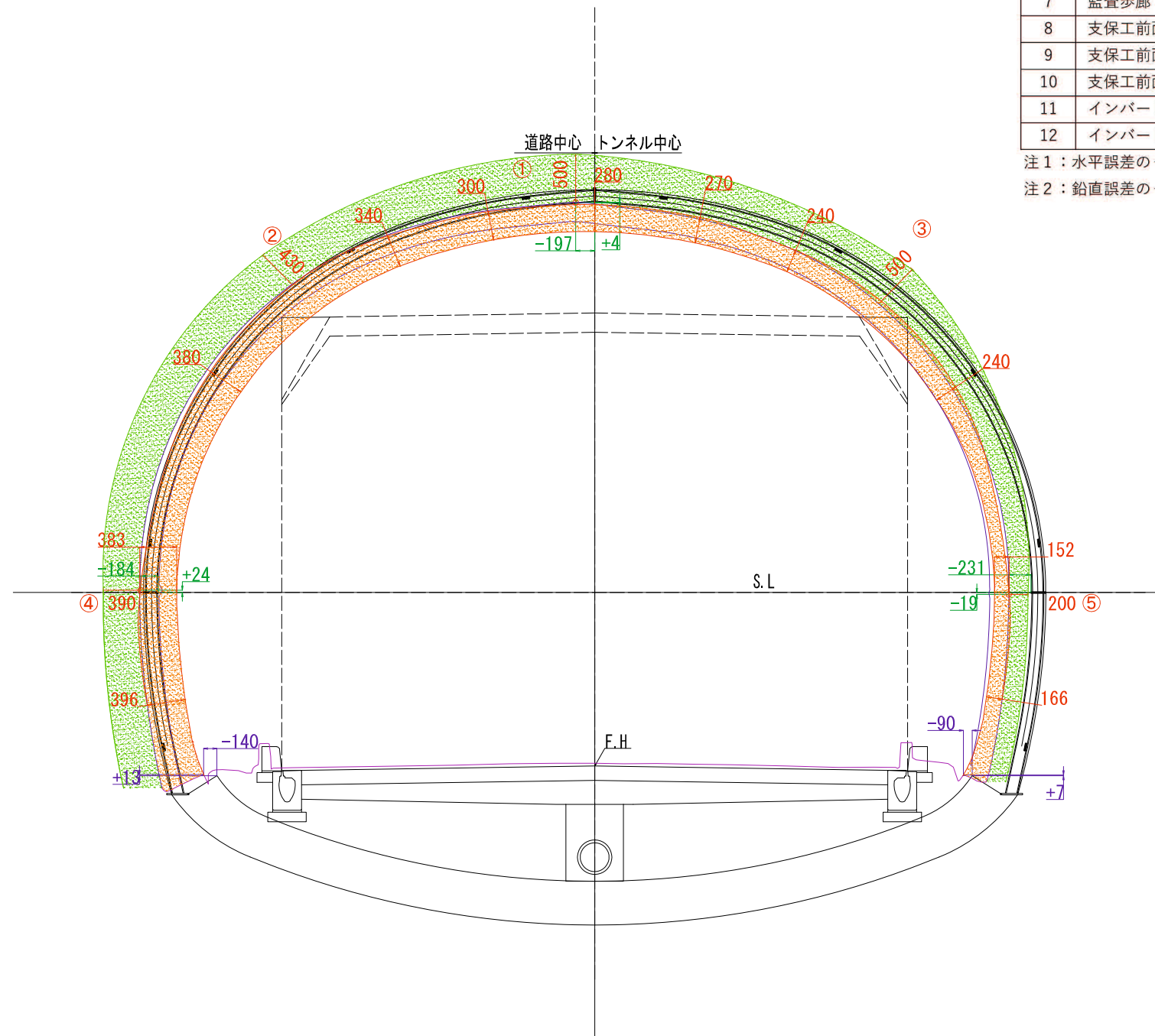
S063-3  
NO. 141+13.071

出来形計測結果一覧表

No.	項目	誤差		備考
		水平	鉛直	
1	トンネル中心	-	-	
2	道路中心	-	-	
3	舗装中心	-	-	
4	道路端 (右)	-	-	側溝と縁石の交点
5	道路端 (左)	-	-	側溝と縁石の交点
6	監査歩廊 (右端)	-	-	
7	監査歩廊 (左端)	-	-	
8	支保工前面 (右端)	-231	-19	覆工撤去箇所のみ
9	支保工前面 (左端)	-184	+24	覆工撤去箇所のみ
10	支保工前面 (天端)	-197	+4	覆工撤去箇所のみ
11	インバート (右端)	-90	+7	覆工撤去箇所のみ
12	インバート (左端)	-140	+13	覆工撤去箇所のみ

注1：水平誤差の+は右ズレ、-は左ズレを示す。

注2：鉛直誤差の+は上ズレ、-は下ズレを示す。



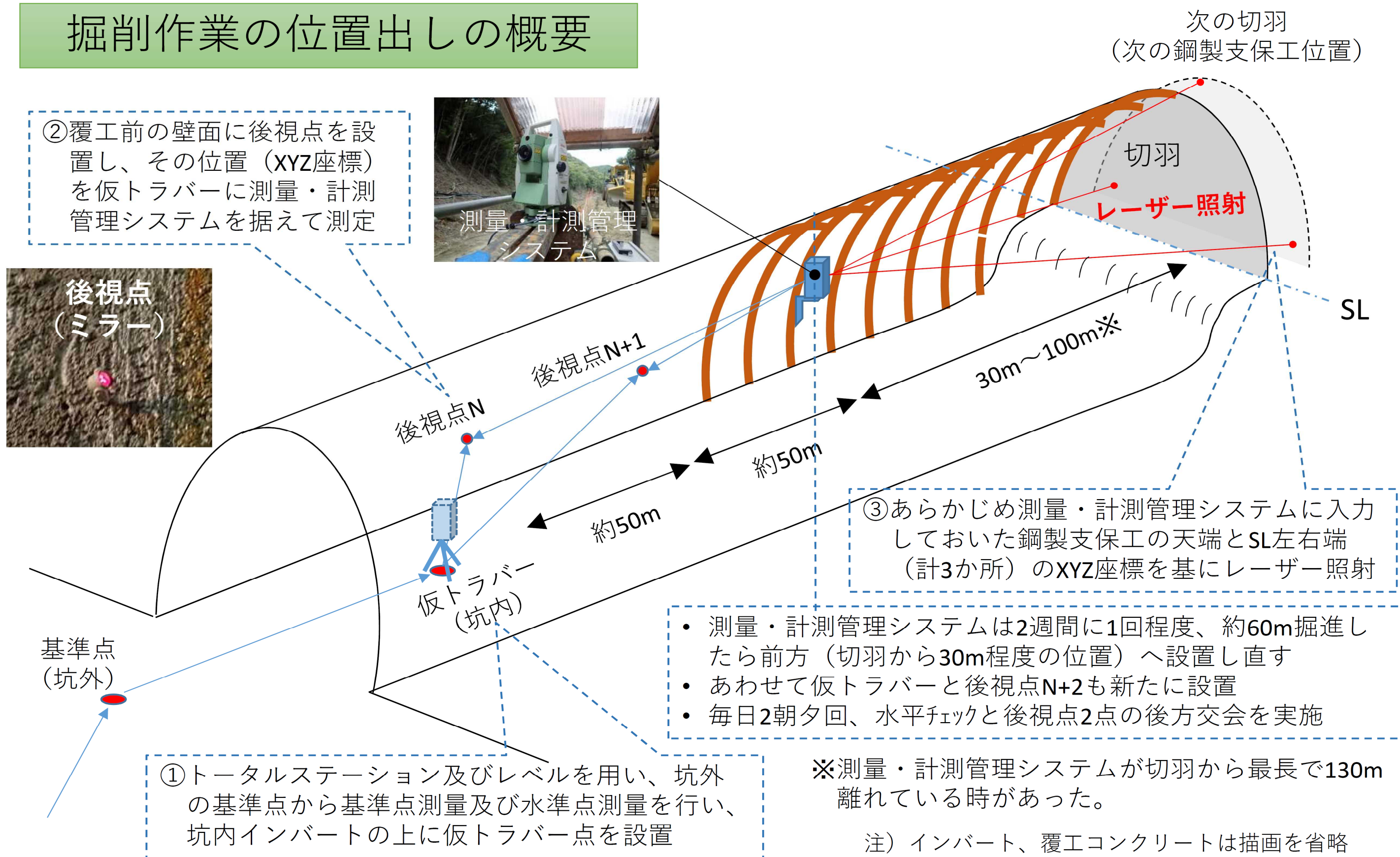
### 凡例

- : 吹付コンクリート
- : 覆工コンクリート
- : 覆工コンクリート面
- : 吹付コンクリート面及び+200mm

### 3.施工不良の発生原因

八郎山トンネルの測量手順について

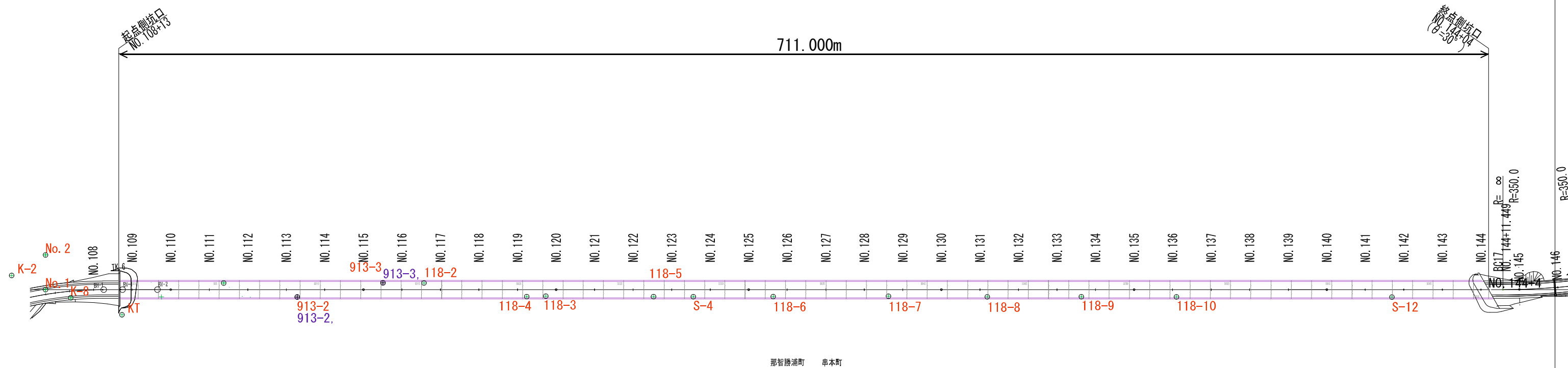
## 掘削作業の位置出しの概要



# 平面図 S=1:1,000

測量・計測管理システムから判明した仮トラバー点（解析結果）

坑内土平に設置した仮トラバー点（16か所）



## 掘削時の測量についてのヒアリング結果

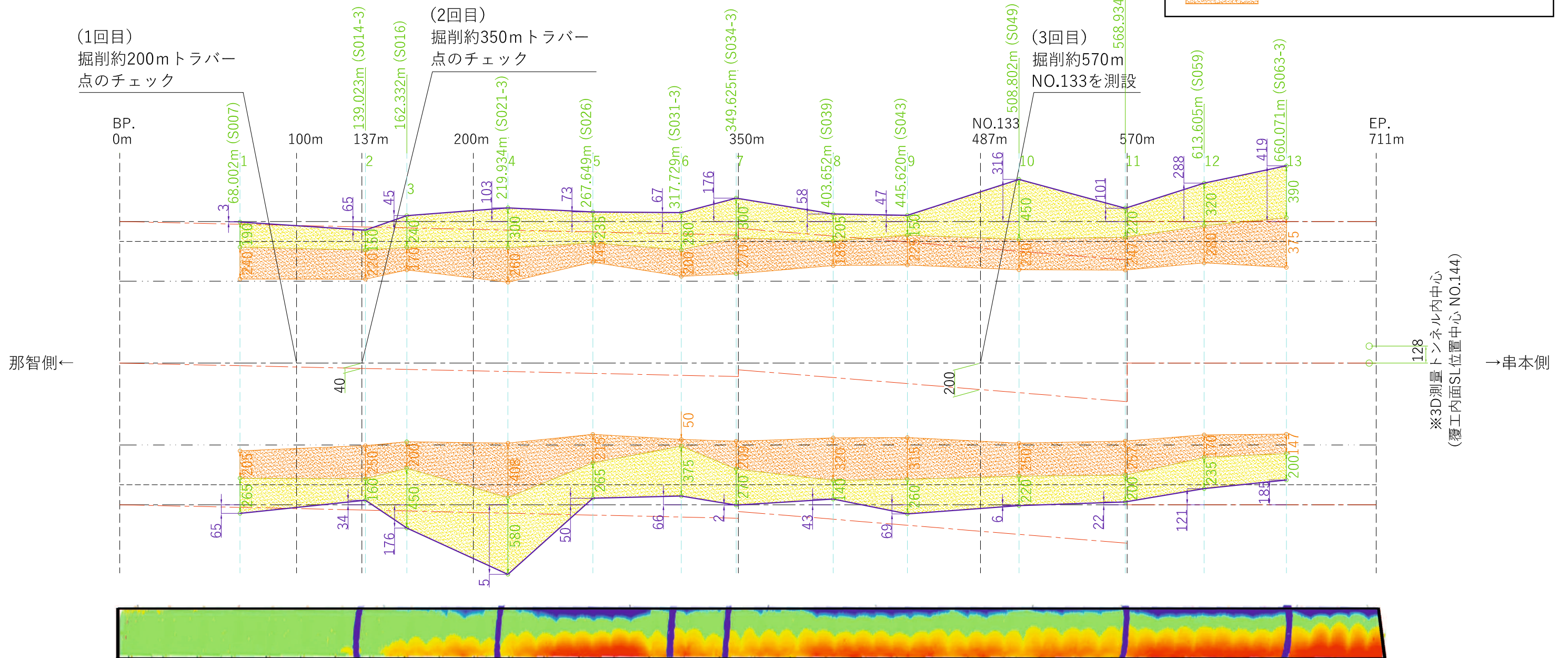
- ・ 坑外基準点は測量会社が設置し、坑内の仮トラバー点は施工会社が設置した。
- ・ 仮トラバー点は、坑外の基準点まで戻って測量し確認しなければならないが、当該工事では3回しか確認を実施していなかった。
  - 1回目：掘削切羽が200m地点で、L=100m付近地点の仮トラバー点を測量した時。
  - 2回目：掘削切羽が350m地点で、L=137m地点の仮トラバー点を測量した時。
  - 3回目：掘削切羽が570m地点で、測点No133付近の仮トラバー点を測量した時。
- ・ 仮トラバー点は坑外の基準点まで戻って測量しなければならないが、仮トラバー点から直近の仮トラバー点を確認したのみで3mm以内の誤差であれば合格としていた。
- ・ トラバー点は掘削方向に対して左右交互に設置した方が角度がついて誤差が生じにくいですが、掘削時に左側に重機や車両が停車しているため右側にトラバー点が偏ってしまった。
- ・ 570mまで掘削した時点で、測点No133付近の仮トラバー点118-7と118-9の座標を変更して掘削方向を修正した。これまで坑口から設置していた仮トラバー点は、水路工等の工事で使用できなくなり、切羽に近い仮トラバー点を確認して新たに仮トラバー点を設けて測量する必要があったが、これを行うこと無く掘削を工事完了まで進めた。



### 坑内測量ライン イメージ平面図 (SL位置)

H=1/3000  
V=1/40

- 凡例
- 浅川組想定掘削ライン
  - 設計中心線、掘削ライン
  - 設計吹付厚ライン
  - 設計覆工厚ライン
  - 掘削ライン (コアボーリング確認)
  - 吹付厚 (コアボーリング確認)
  - 覆工厚 (3D計測より)



(1回目)  
掘削約200mトラバー  
点のチェック

(2回目)  
掘削約350mトラバー  
点のチェック

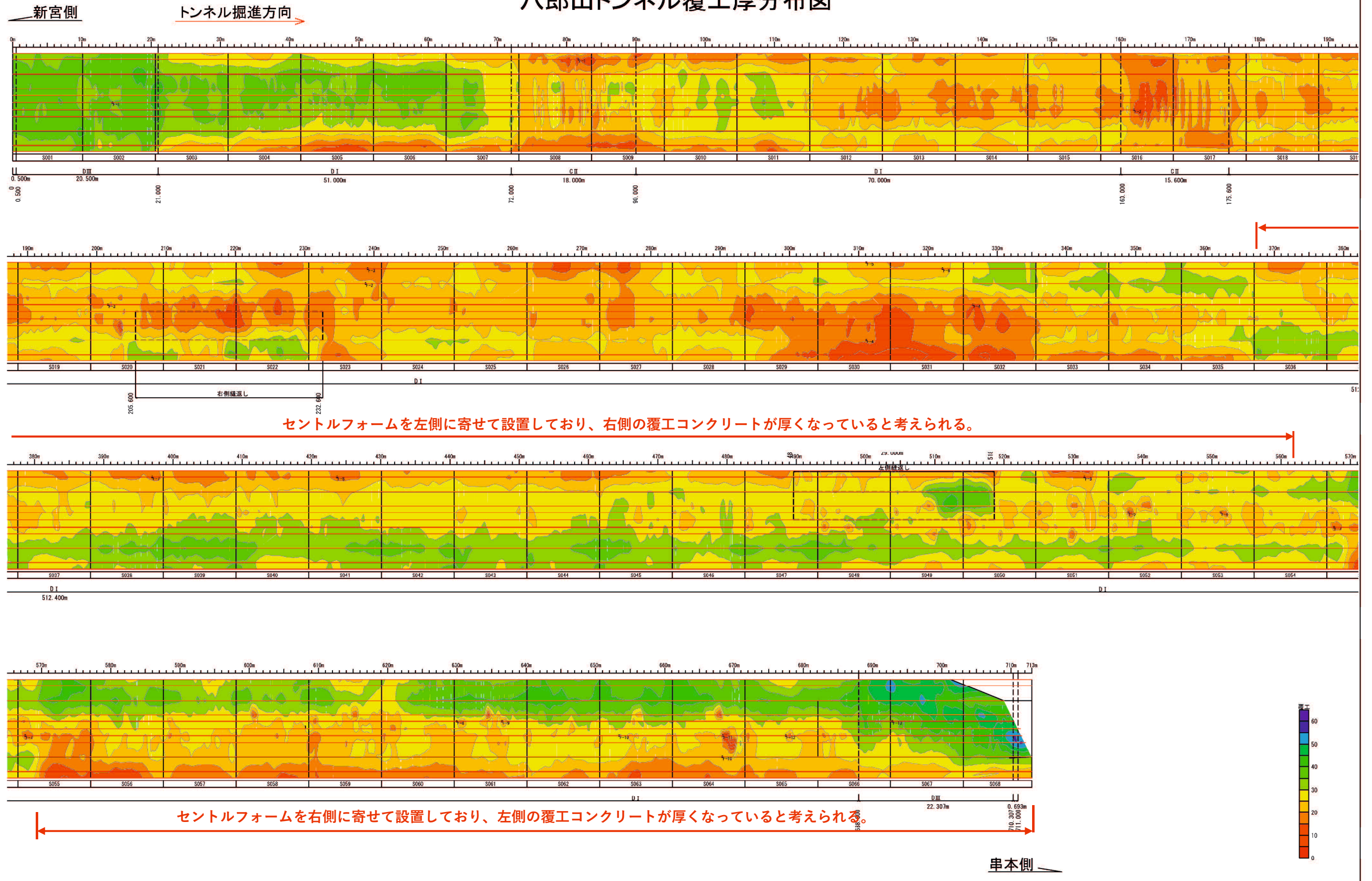
(3回目)  
掘削約570m  
NO.133を測設

※3D測量トンネル内中心  
(覆工内面SL位置中心 NO.144)

参考資料 ; ヒートマップ (施工済み断面の点群データと設計モデルの差分)



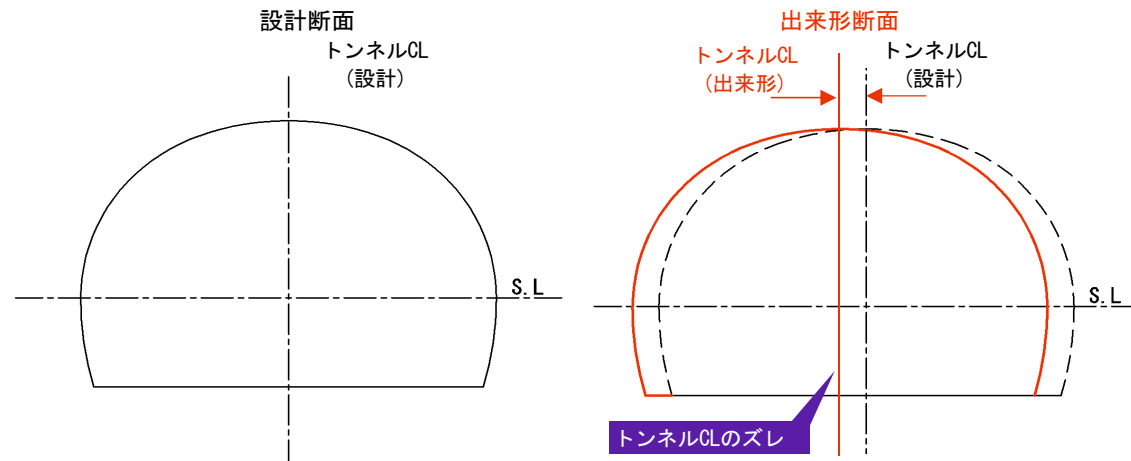
# 八郎山トンネル覆工厚分布図



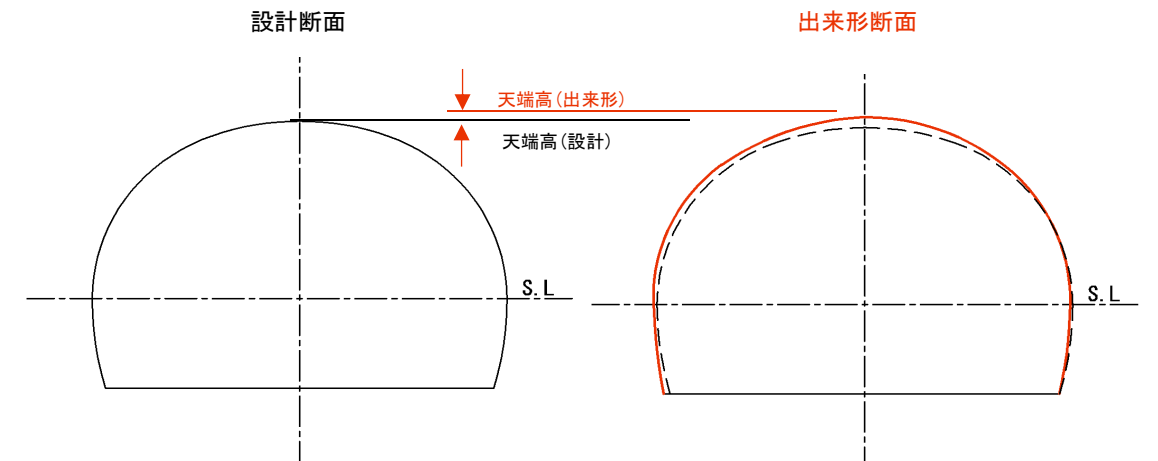
・ 施工不良の発生経緯

八郎山トンネルに生じた施工不良の内容および発生原因

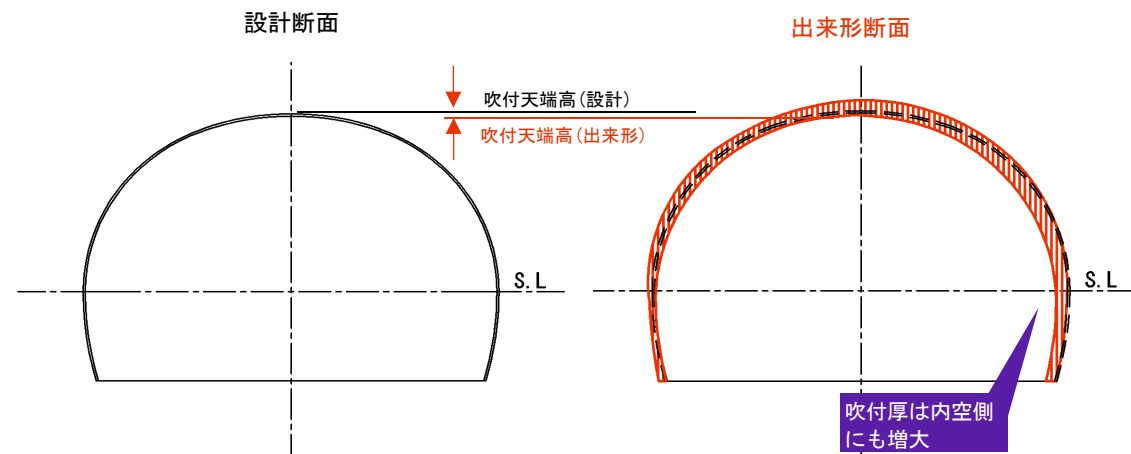
①-1 掘削線形のズレ（測定のずれ）；P4



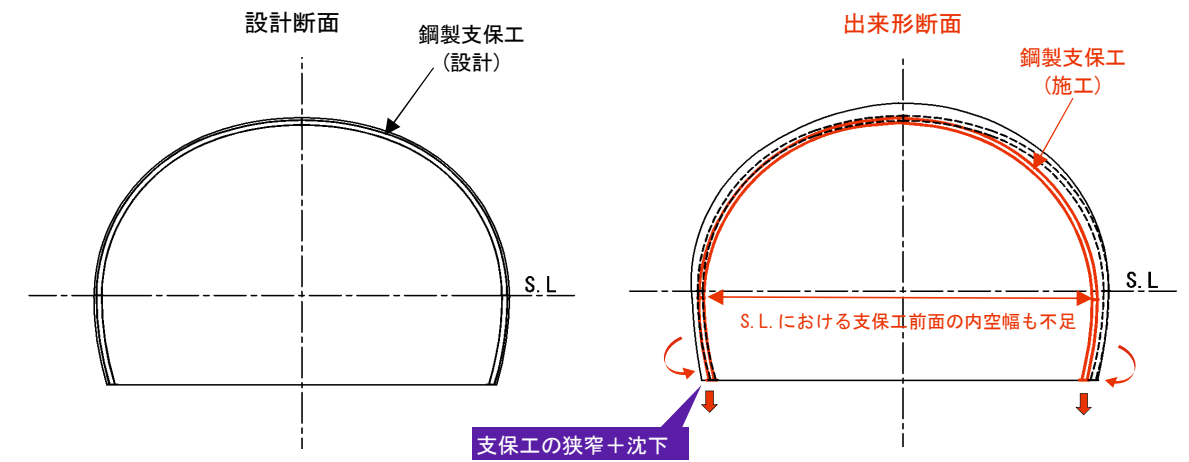
①-2 掘削面に凸凹が多い；P11、P29



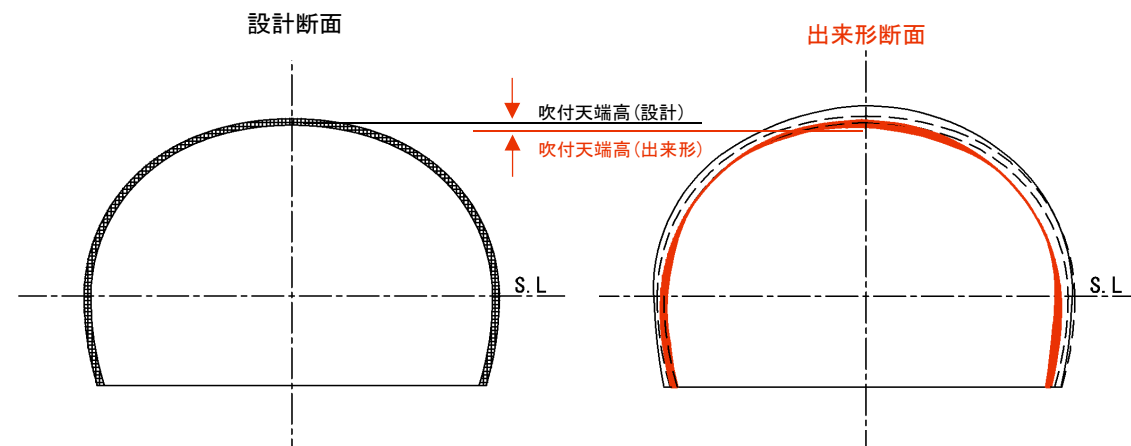
② 一次吹付コンクリート厚の管理不良；P11、P21～26



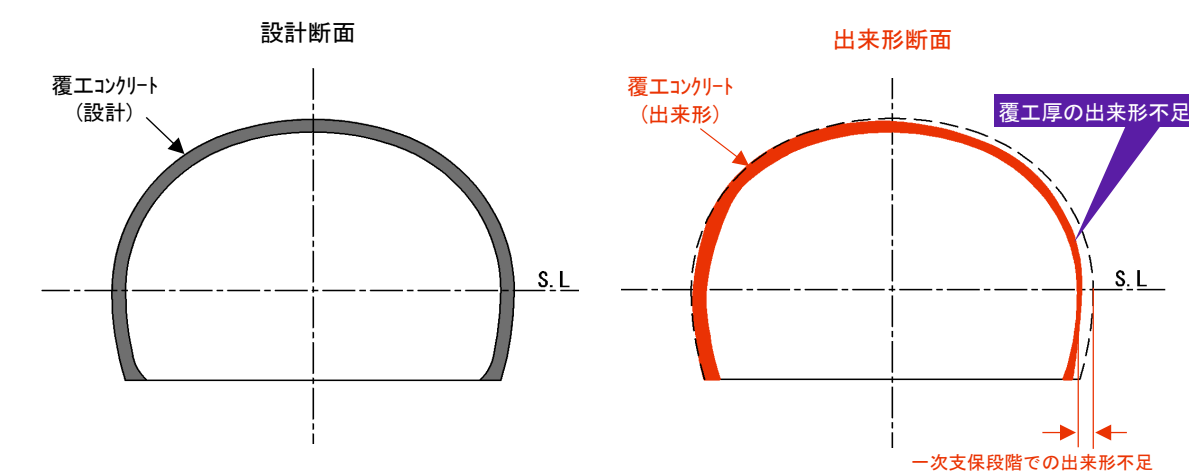
③ 鋼アーチ支保工設置位置の不良（設計断面に対する出来形不良）；P17、P21～26



④ 二次吹付コンクリート厚の管理不足（設計断面に対する出来形不良）；P29、P21～26



⑤ セントルフォーム設置位置不良+覆工コンクリート厚の管理不良；P30



※ ①の図は、測量等に基づくものではなく、施工不良の内容を示すためのイメージ図である。

※ 地山の変形に伴う支保工の変形による巻厚不足への影響等については、施工時のA計測資料の不備により判断は不可である。

## 4.今後の対応方針（案）

### 測量、点検、調査の結果を踏まえた今後の対応方針（案）

No.	項目	内容	概要図	備考
1	覆工コンクリート撤去	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大型ブレーカによる覆工コンクリートの取壊し</li> <li>・支保工の出来形、インバート厚の調査</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・起終点のD III区間を除くすべての覆工コンクリートと防水シートを撤去</li> </ul>
2	鋼アーチ支保工の出来形把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3次元測量（BIM/CIM）</li> <li>・支保工の健全度調査（吹付コンクリートのひび割れ、ロックボルト座金や鋼アーチ支保工の変形等の目視確認）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・近接目視点検で支保工の健全度を確認</li> <li>・A計測（30m間隔を想定）で支保工の有効性を検証</li> </ul>
3	空間の安定性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・覆工撤去状態で内空変位、天端沈下計測</li> </ul>		
4	対策方針検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対策工の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支保工の再施工箇所の抽出</li> <li>・覆工コンクリート仕様の検討</li> <li>・道路線形の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支保工の状態、トンネルの安定性が確保されていることが前提条件</li> </ul>

注1 ; 大型ブレーカによる覆工コンクリートの取壊しは、支保工を再利用できるように計測施工する。

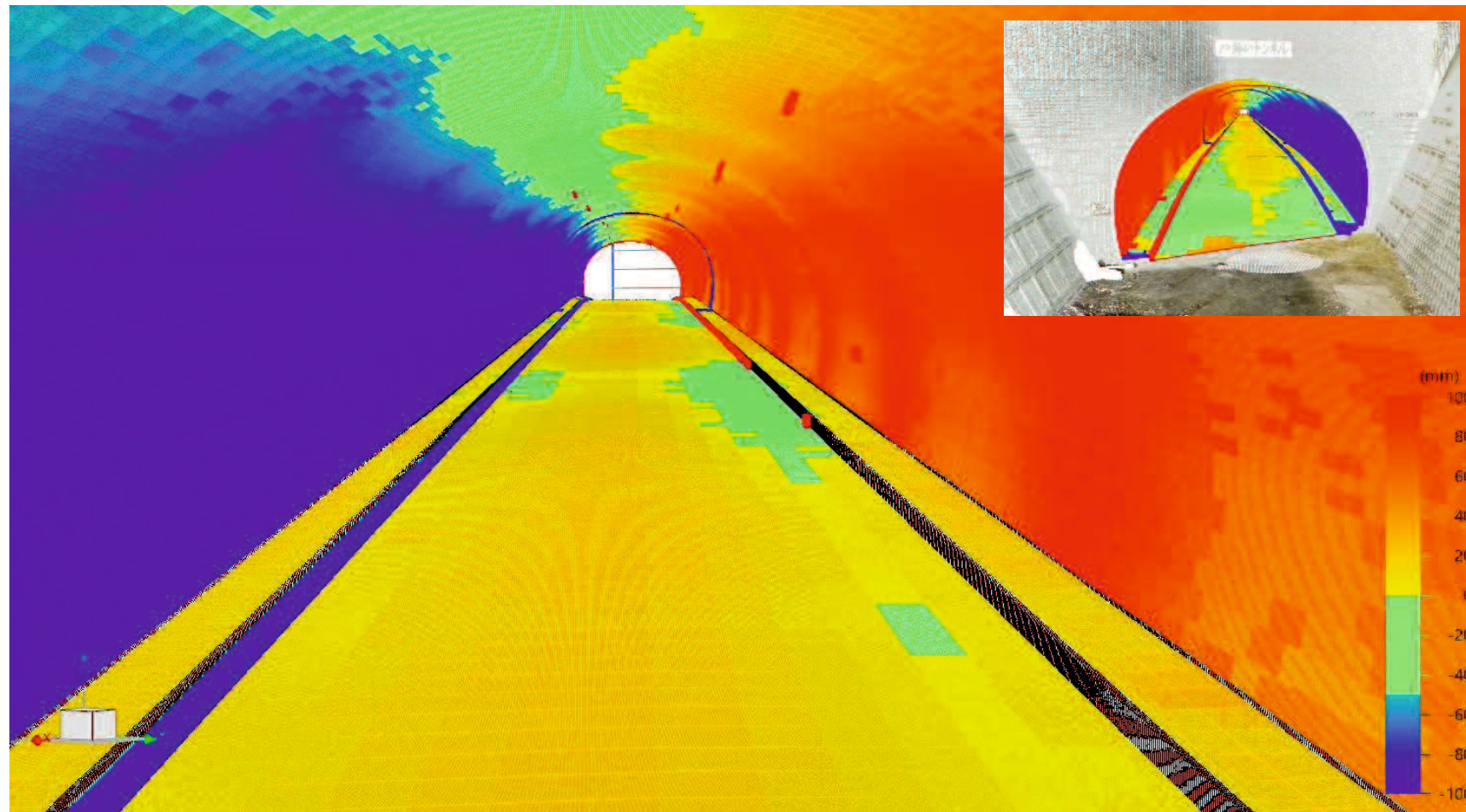
注2 ; 設計と施工に最大で144mmのずれが確認されているため、道路線形に対する乖離をどの程度まで許容するかを整理する必要がある。



## 5. 今後の整理

1. 復旧方針の詳細検討
2. 事後モニタリングの検討
3. 再発防止策の検討

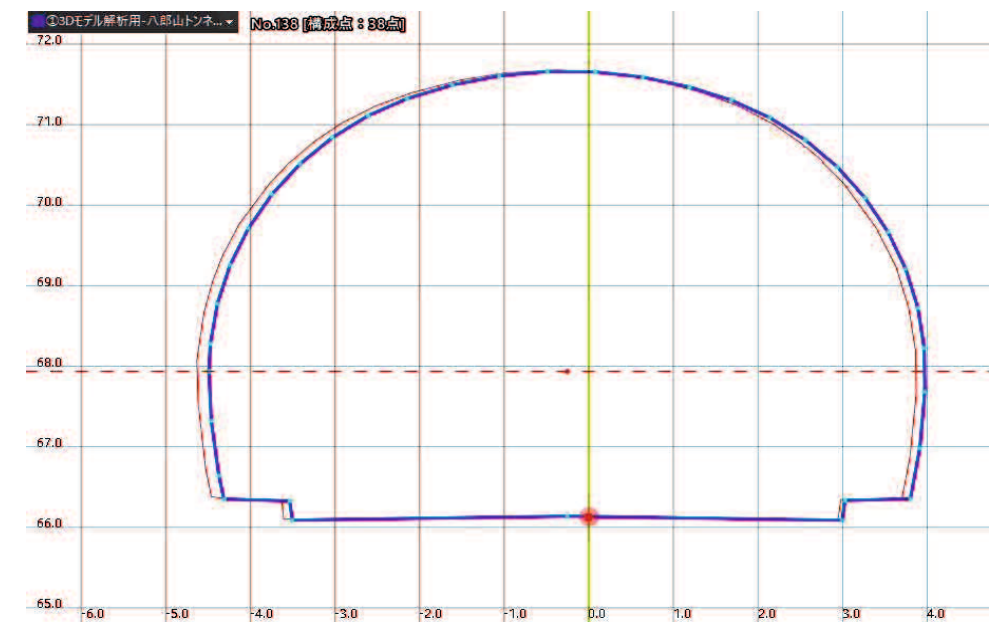
TRENDPONT ヒートマップ（施工済み断面の点群データと設計モデルの差分） トンネル内及び串本側坑口



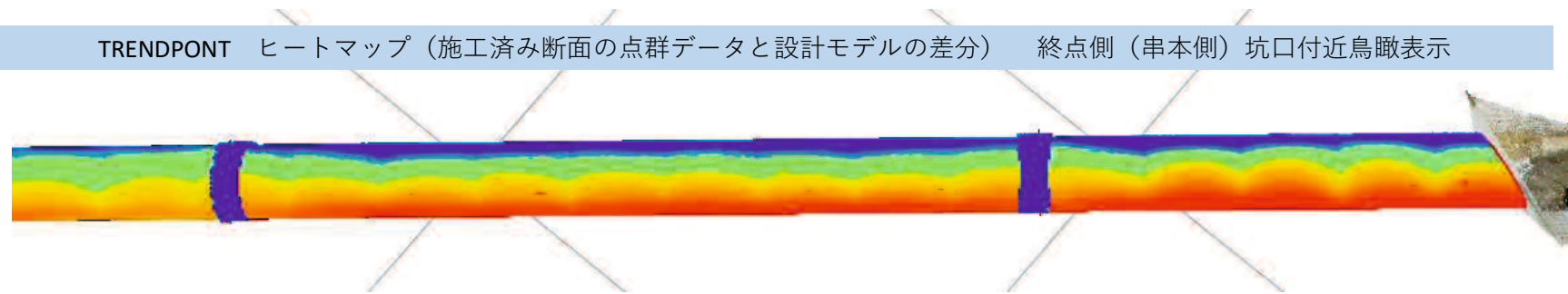
点群データ（施工済みの実測断面）



NO.138断面図（施工済み断面の点群データと設計モデルの差分）  
点群データ； ———— 設計断面； - - - -





TRENDPONT ヒートマップ（施工済み断面の点群データと設計モデルの差分） 終点側（串本側）坑口付近鳥瞰表示





覆工コンクリート取壊し工法（坑口補強鉄筋区間以外の取壊しを想定）

工法	大型ブレーカ案
覆工コンクリート取壊しイメージ平面図	
取壊し箇所写真及び施工機械写真	
施工概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネル一次支保構造の現状を正確に把握するため、二次覆工コンクリートを取り壊して吹付コンクリートや支保工のフランジ面を出現させることを目的とした構造物取壊し工事である。</li> <li>施工済みの覆工コンクリート厚や1次支保工の状況を把握するために、6箇所試験施工が実施され、覆工コンクリートの妻面が出現した状態となっている。</li> <li>舗装面を養生しながら覆工コンクリートを取り壊すことは困難であり、コンクリート舗装等の取り壊しと再施工も必要となる。</li> </ul> <p>・汎用機械の大型ブレーカ（1,300kg級；0.50 m<sup>3</sup>級）を用いて、既往の二次覆工の妻部から覆工コンクリートを取り壊す案である。</p>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> <li>一班当たり覆工コンクリート取壊し量；25 m<sup>3</sup>（搬出を含む。） （トンネル内の閉塞空間での作業であることから、日当たり掘削能力100 m<sup>3</sup>の1/4と想定）</li> <li>取壊し後のコンクリート塊は、バックホウ等でトラックに積み込む必要があり、施工機械が輻輳する工法である。</li> </ul> <p>・汎用性が高い施工機械を用いて施工するため、班数を増やして施工速度を上げることが可能である。</p> <p>・昼夜施工すれば、さらに工期を短縮することが可能である。</p>
安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削前のA計測で内空変位や天端沈下が無いことを確認して覆工を取壊す計画とする。</li> <li>ブレーカの運転席上部には、オペレータの安全を確保するための防護工を設置する。</li> <li>施工班数が増えた場合には、人感センサー付きの掘削機械を用いて接触事故等を防止し、施工時の安全性を確保する。</li> <li>作業計画書に基づく現場作業内容や安全対策等を確認し、安全を確保する。</li> </ul>
機械の汎用性	<p>・汎用性が高い機械であり、複数台の機械でも容易に確保できる。</p>
概略工期 (昼間一方；実働)	<p>約120日（2班を想定 ※準備後片付けを含む）</p>
工事費	<p>比較的安価</p>
評価	<p>・安全性を確保するために人感センサー付きの機械を使用する必要はあるが、施工性、経済性とも他工法に比べて優れていると考えられる。</p>
判定	<p>○</p>

- ・覆工コンクリートの取壊し量は、6.6 m<sup>3</sup>/m×667m≒4,400 m<sup>3</sup>程度である。（坑口補強鉄筋区間の取壊し範囲は別途検討）
- ・コンクリート舗装等の取り壊しと再施工も必要となる。
- ・大型ブレーカの写真は、コマツカスタマーサポートのHPより抜粋添付