

県道長井古座線 八郎山トンネル技術検討委員会

第3回委員会資料

目 次

1. 前回の指示事項	1
2. 覆工コンクリート取壊し調査状況	2
3. 支保工施工不良の概要	6
4. トンネル補修方針（案）	9
5. 再発防止策	19
6. 今後の整理	22

令和5年12月20日

和歌山県県土整備部道路局道路建設課

1. 前回の議事要旨及び作成資料

No.	議事要旨	作成資料など
①	<ul style="list-style-type: none"> ・事務局よりトンネルに関する追加調査を含めた調査結果の報告および今後の対応方針（案）について説明があった。 	—
②	<ul style="list-style-type: none"> ・施工時の測量における値の管理等が不足していたことにより、掘削の進行方向に誤差が生じ、当初の線形にズレが生じている可能性があることを確認した。 加えて、一次吹付けコンクリートの厚さの管理不足や鋼アーチ支保工の設置位置の確認不足により、支保工が所定の位置に設置されていない可能性があることを確認した。 	3. 支保工施工不良の概要
③	<ul style="list-style-type: none"> ・支保工が適切に設置されていないままで、当初の線形で内空断面を確保するように覆工の型枠を設置したことで、覆工コンクリート厚が薄くなった部分が生じた可能性があることを確認した。 	
④	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の調査方針として、大部分の覆工コンクリートを撤去し、鋼アーチ支保工等が正しく設置されているか、直接確認することとなった。 	2. 覆工コンクリート取壊し調査状況 12月12日（火）より覆工コンクリート撤去を開始
⑤	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の対応方針として、所定の内空断面と覆工コンクリート厚を確保できるよう、支保工を正しい位置に再設置したうえで、再度覆工コンクリートを打設することが望ましいことを確認した。 	3. 支保工施工不良の概要 4. トンネル補修方針（案）
⑥	<ul style="list-style-type: none"> ・覆工コンクリート及び支保工の撤去等は、通常のトンネル工事の施工手順と異なる部分もあり、内空変位・天端沈下の計測を行うなど適正な施工管理を実行し、現場の安全確保を徹底して進めることを確認した。 	2. 覆工コンクリート取壊し調査状況

2. 覆工コンクリート取り壊し調査状況

(1) 作業内容 (12/4~9 照明他設備撤去、12/12~覆工コンクリート取壊し中)

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の端部を取壊す。調査範囲は、現時点では起点側の坑口補強鉄筋区間以外を予定している。

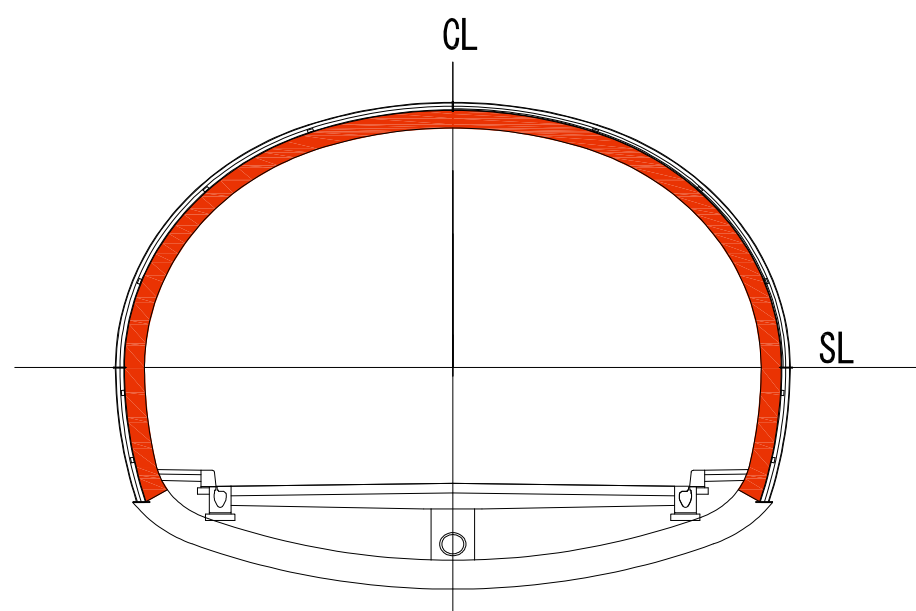
調査期間：12月11日~4月中旬（予定）



・照明設備撤去状況



・設備の養生状況（※倉庫に移動して保管）



覆工コンクリート取壊し範囲
※鋼アーチ支保工を露出させる

(2) 付属設備撤去状況 (12/9撤去完了)



・LED照明撤去状況



・ハンドホール蓋撤去状況



・プルボックス撤去跡



・非常電話撤去状況



・防災設備撤去後の箱抜き状況



・倉庫内の保管状況

(3) 覆工コンクリート撤去状況 (12/12～覆工コンクリート取壊し中)

・調査結果 (S031 ※覆工を先行して取壊した箇所)



・覆工コンクリート取壊し状況；全景



・覆工コンクリート取壊し状況；全景



・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



・防水シート撤去状況；近景



・コンクリート殻積み込み状況



・支保工状況（左側）；変状無



・支保工状況（右側）；変状無



・コンクリート殻運搬状況



・コンクリート殻仮置き状況



・支保工天端継ぎ手部；変状無

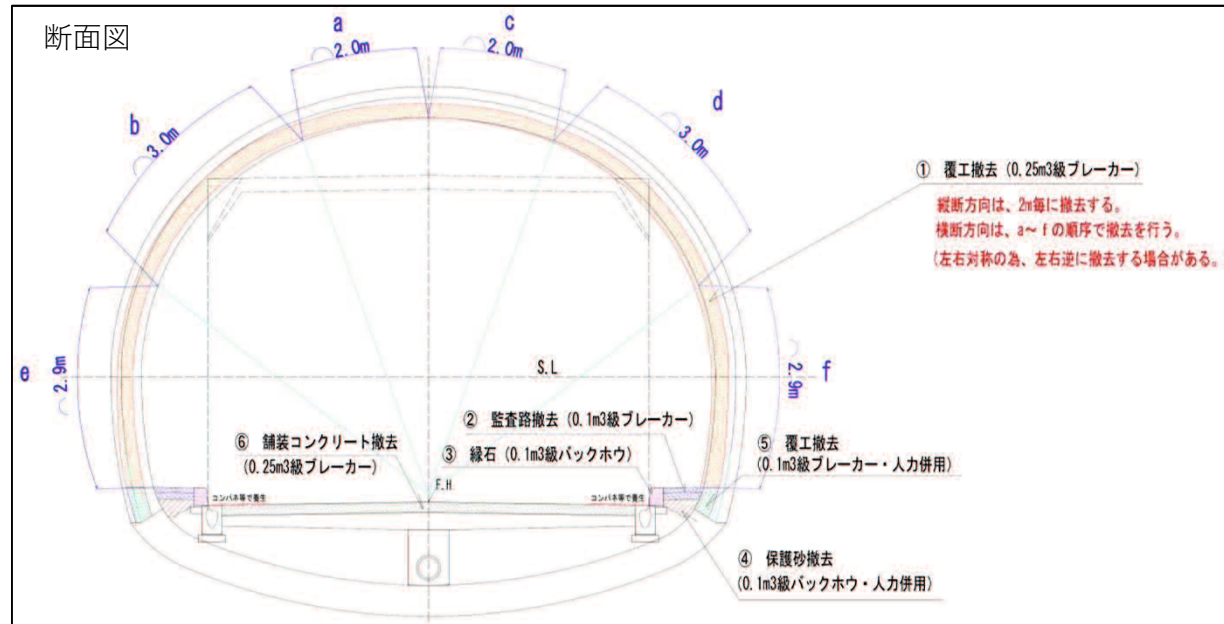


・支保工天端継ぎ手部；変状無

(4) 覆工コンクリート取り壊し時の安全対策

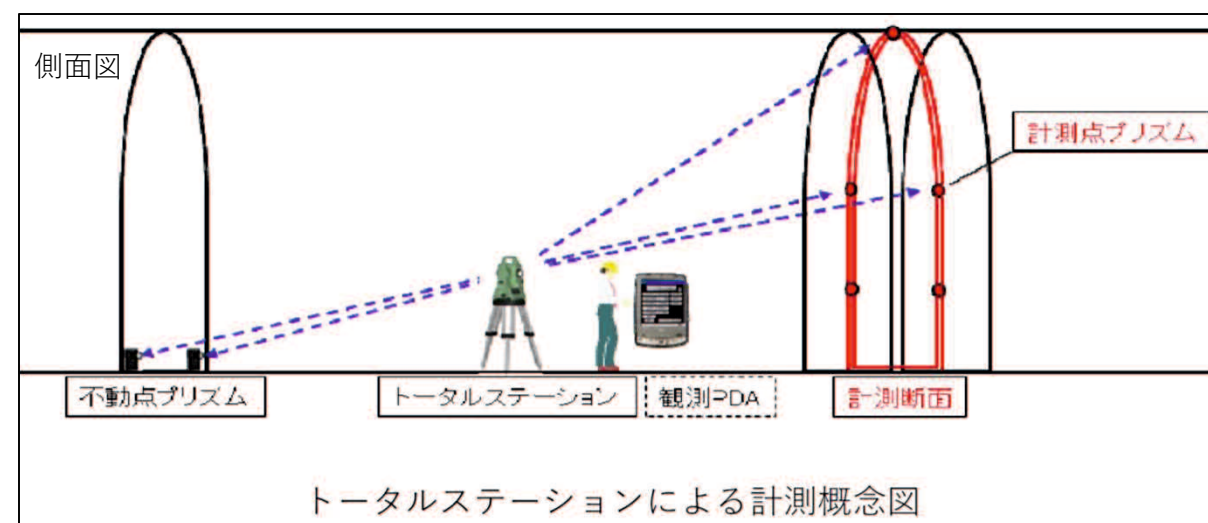
①覆工コンクリート撤去順序を決定

安全に施工するため、取壊し範囲を区分けし計画的に施工することで、施工中の安全を確保する。



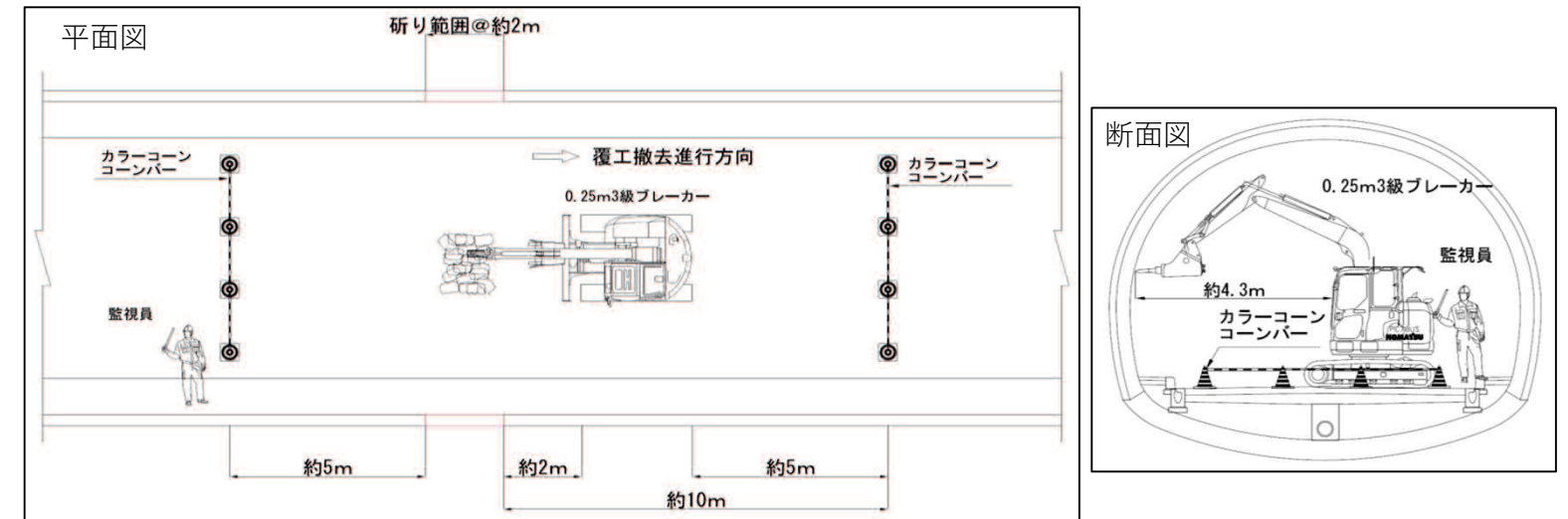
②計測工A (内空変位測、天端・脚部沈下観測)

当初トンネル工事施工中の計測工Aの測定値がないため、坑内作業の開始前に、覆工コンクリート撤去時の安全を確保するため、計測工Aの測定値を確認しながら施工する。



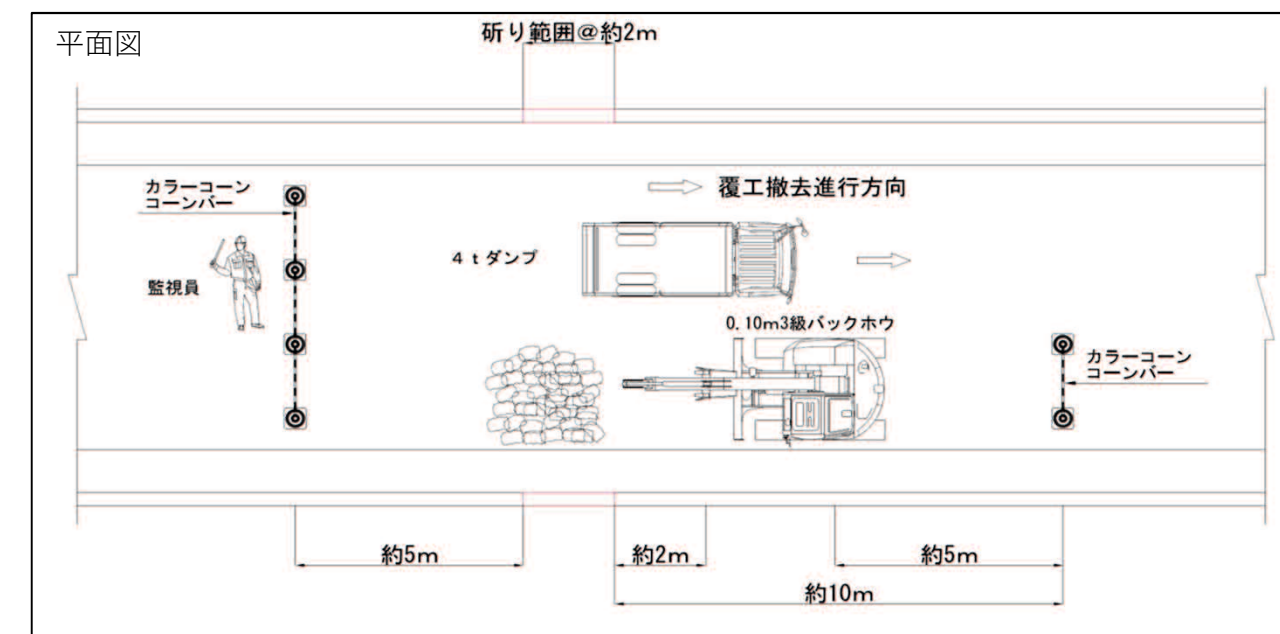
③撤去時の安全対策

覆工コンクリート撤去中は、コンクリート塊の落下および側部倒壊が予想されるため、安全な離隔を確保し、周囲を常に確認しながら作業を行う。



④運搬時の安全対策

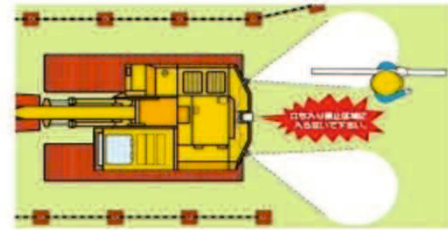
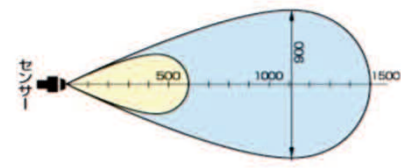
コンクリート殻搬出時は、コンクリート撤去作業を停止する。また、安全な離隔を確保し、周囲を常に確認しながら作業を行う。



(5) 覆工コンクリート取り壊し時の安全対策（写真等）

・重機災害防止

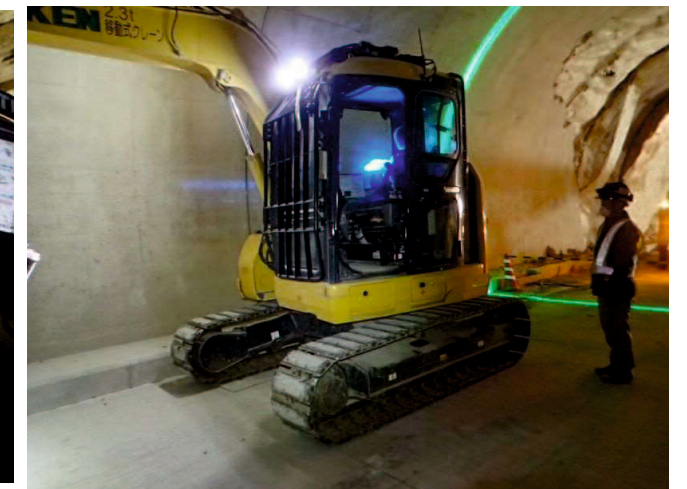
■センサーの検知エリア(イメージ)



センサー取付け状況



センサー取付け状況



センサー感知テスト

・コンクリート塊の落下および倒壊災害防止

前面ガラス
(安全ガラス)



ヘッドガード（岩石等の
落下による危険を防止す
るための設備）

フロントガード（物体の飛来
による危険を防止するた
めの設備）

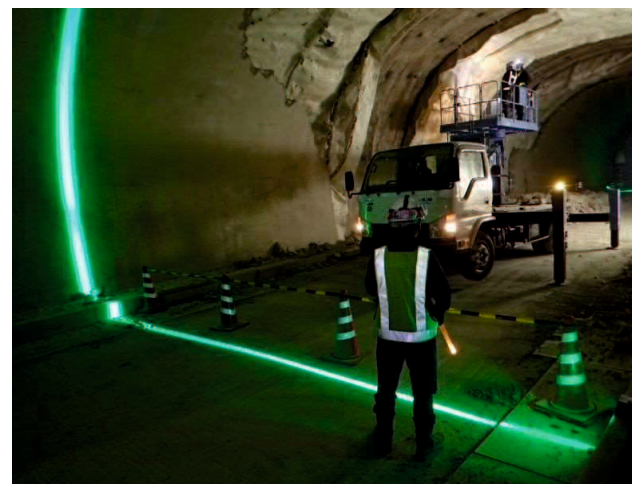


ヘッドガード・フロントガード取付状況

・その他



朝礼・ミーティング状況



監視員の配置



作業開始前の計測工 A



照明で安全な離隔距離を確保

3. 支保工施工不良の概要

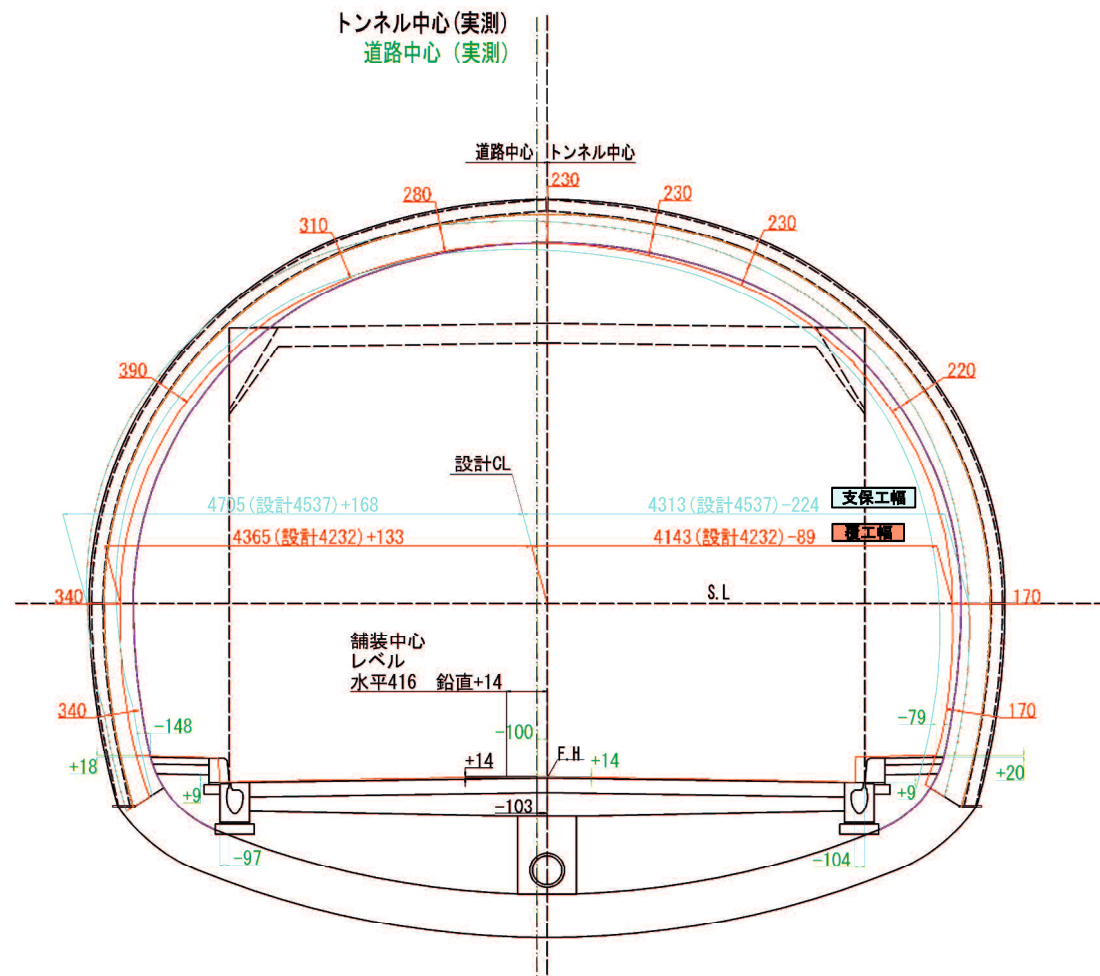
(1) 支保工幅 (S L 位置) の確認について

覆工コンクリートを取壊した箇所については、覆工コンクリート背面の支保工と吹付けコンクリート面が平滑 (※印参照) であることを確認できたことから、3次元測量の点群データを活用し、支保工幅を測定した。

覆工コンクリートを取壊していない箇所は、3次元測量の点群データと地中レーダ探査結果を活用し、各測点での支保工幅 (S L 位置) を測定した。

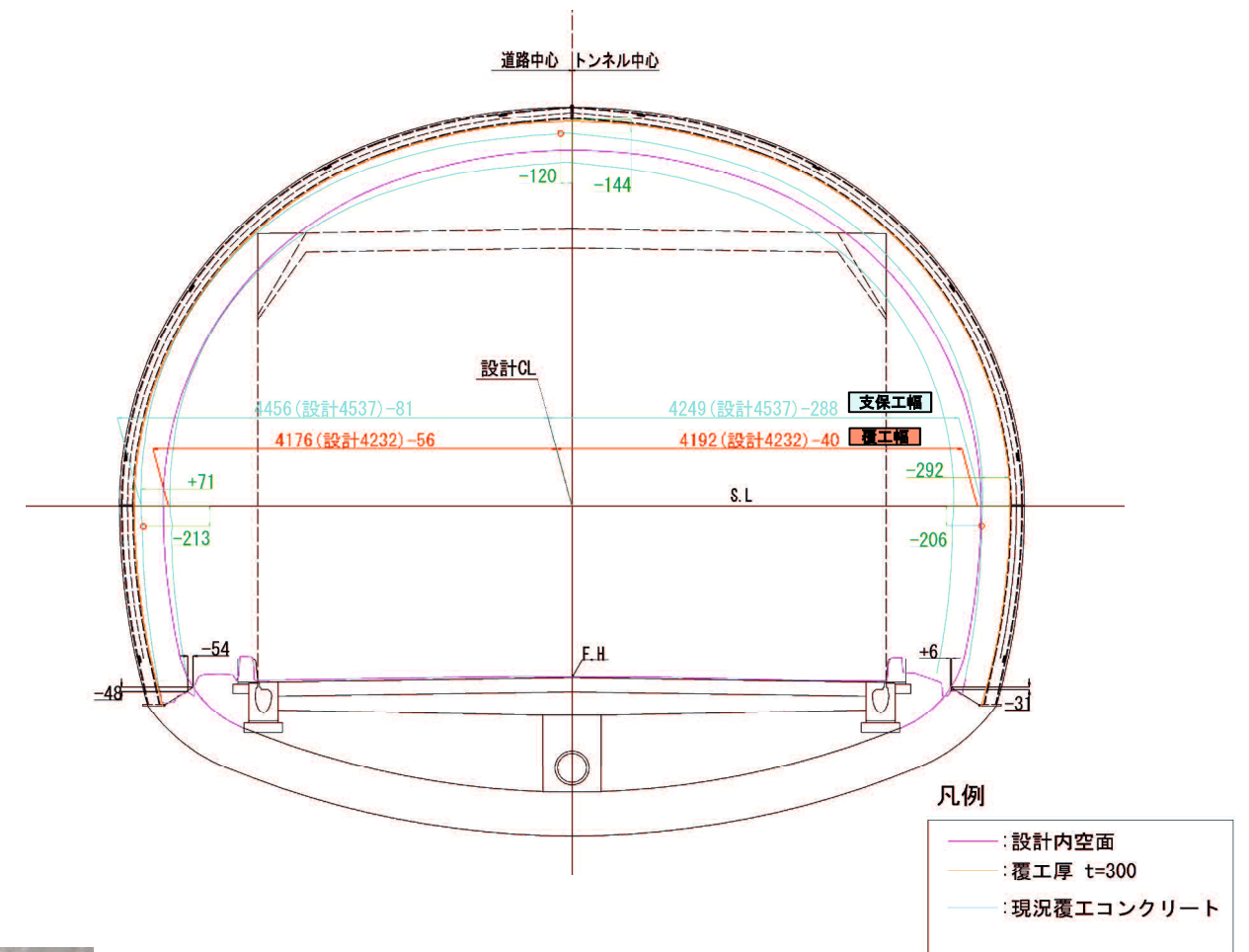
断面図No140 (S060) ※覆工コンクリート未撤去部

トンネル内空断面計測 (覆工コンクリート面の3次元測量)、地中レーダ探査 (覆工厚さ及び空洞) を活用し支保工幅を測定した。



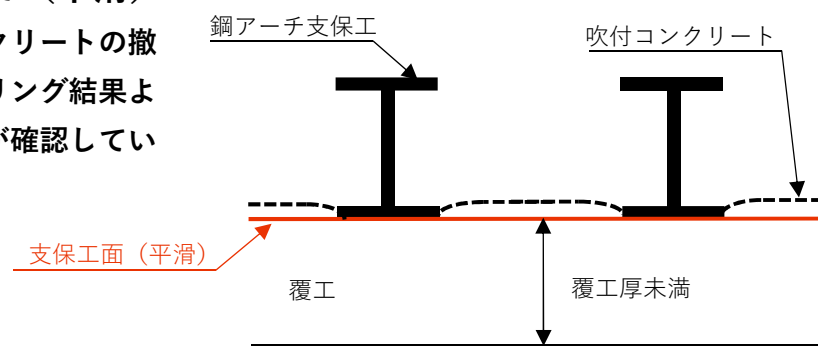
断面図No124+8.715 (S031) ※覆工コンクリート撤去部

トンネル内空断面計測 (支保工面の3次元測量) を活用し支保工幅を測定した。



※支保工面の状態について (平滑)

支保工面の状態は、覆工コンクリートの撤去結果および浅川組からのヒアリング結果より、平滑に仕上がっていることが確認している。



(2) 支保工施工不良整理結果一覧表

単位：mm

NO.	支保工幅 (S L 位置)			支保工天端位置		支保工判定 ○ ×
	左 CL~左側支保工面	右 CL~右側支保工面	合計	左右	上下	
108	+13.000					
109		-56	-13			×
110		-8	-28			×
111		-22	-108			×
112		-57	-65			×
113		-93	-119			×
114		-49	-84			×
115		-61	-46			×
	+10.011	-52	-47	-26	-48	×
	+11.026	-52	-48	-23	-58	×
	+12.023	-58	-45	-17	-49	×
116		-38	-40			×
117		-158	-209			×
118		-24	-105			×
119		-7	-25			×
	+10.774	1	-74	-93	-122	×
	+11.681	-7	33	-101	-141	×
	+12.661	-39	90	-59	-122	×
120		-65	30			×
121		53	-115			×
122		-37	-195			×
123		112	-201			×
124		37	-233			×
	+8.715	-81	-288	-120	-144	×
	+9.725	-82	-286	-107	-129	×
	+10.729	-68	-280	-96	-102	×
125		80	-284			×
	+19.666	17	-141	-85	-32	×
126		-8	-137			×
	+0.699	6	-121	-45	-33	×
	+1.702	22	-12	-40	-41	×
127		21	-47			×
128		-8	-49			×
129		-9	-43			×
130		10	-60			×
131		31	-62			×
132		34	-28			○
133		8	-60			×
134		-8	-58			×
135		15	-77			×
136		2	-107			×
137		56	-58			○
	+1.934	37	-62	-137	-47	×
	+2.940	157	-156	-183	-81	×
	+3.933	169	-198	-203	-64	×
138		170	-199			×
139		177	-210			×
140		168	-224			×
141		210	-189			○
	+11.065	190	-219	-207	-14	×
	+12.063	183	-227	-203	-19	×
	+13.071	184	-235	-197	4	×
142		221	-215			○
143		226	-204			○
144		251	-264			×
144	+4.00					

↑
那智勝浦町側

トンネル区間

串本町側
↓

① 支保工幅 (S L 位置) の (+) は設計値よりも大きい (広い)、(-) は設計値よりも小さい (狭い) 場合を示す。

② 支保工天端位置の上下の (+) は上ズレ、(-) は下ズレを示す。

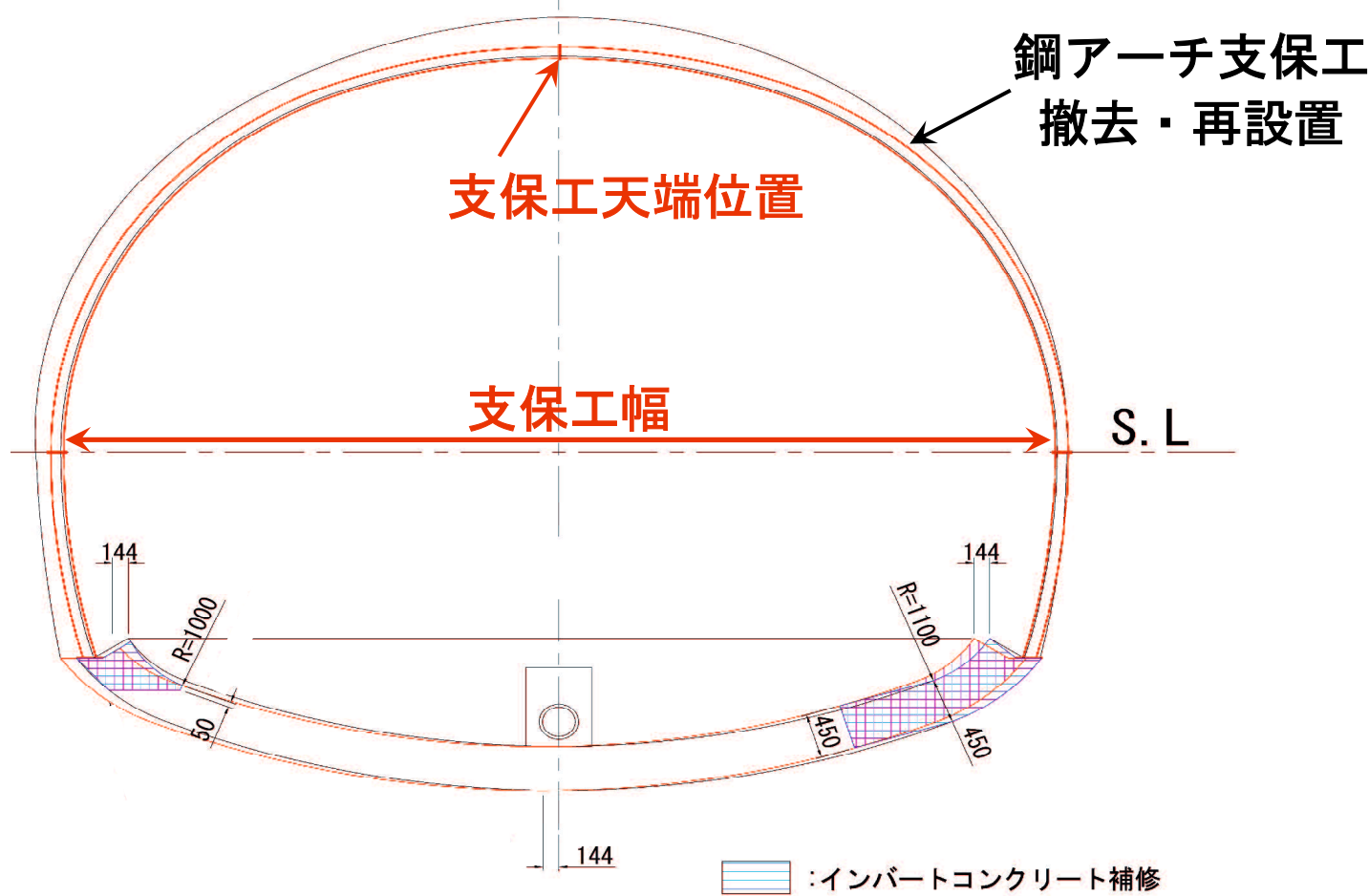
支保工天端位置の左右の (+) は右ズレ、(-) は左ズレを示す。

※1 支保工判定は、支保工幅 (S L) ・支保工天端位置が設計値を満足している場合を○としている。

※2 支保工幅 (S L 位置)、支保工天端位置は、-10mm以下~整数：青色、-11mm~-30mmまで：黄色、-31mm以上：赤色 としている。

(3) 補修方針の概要

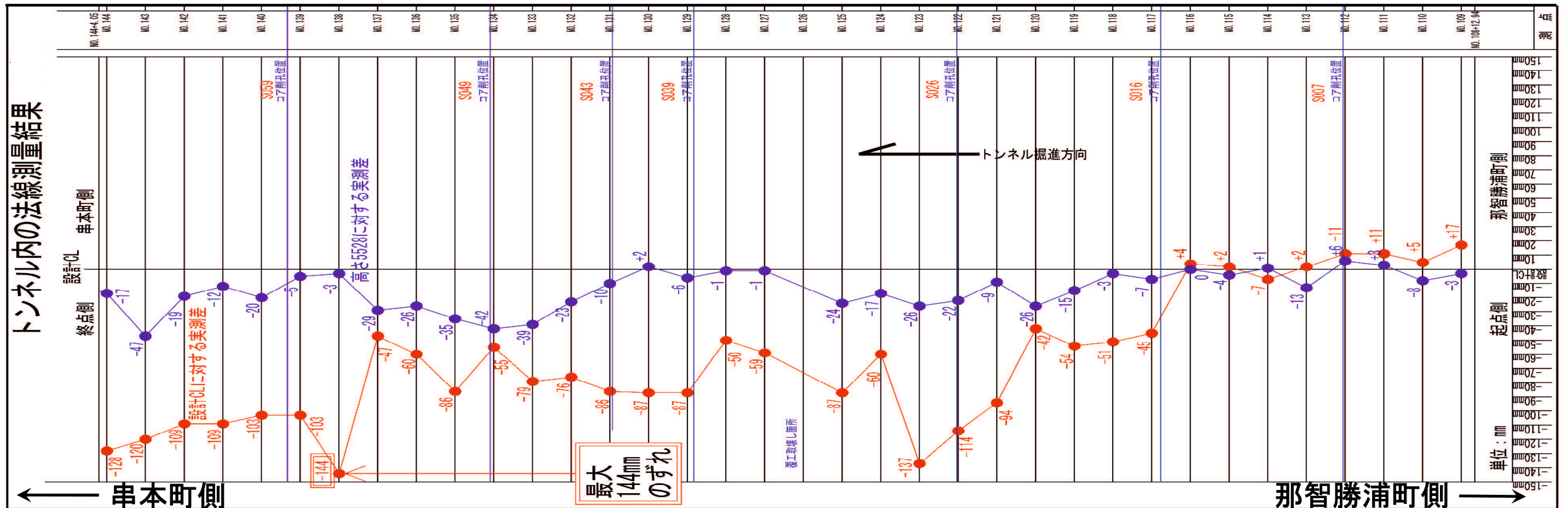
支保工幅および天端位置での確認結果



方針

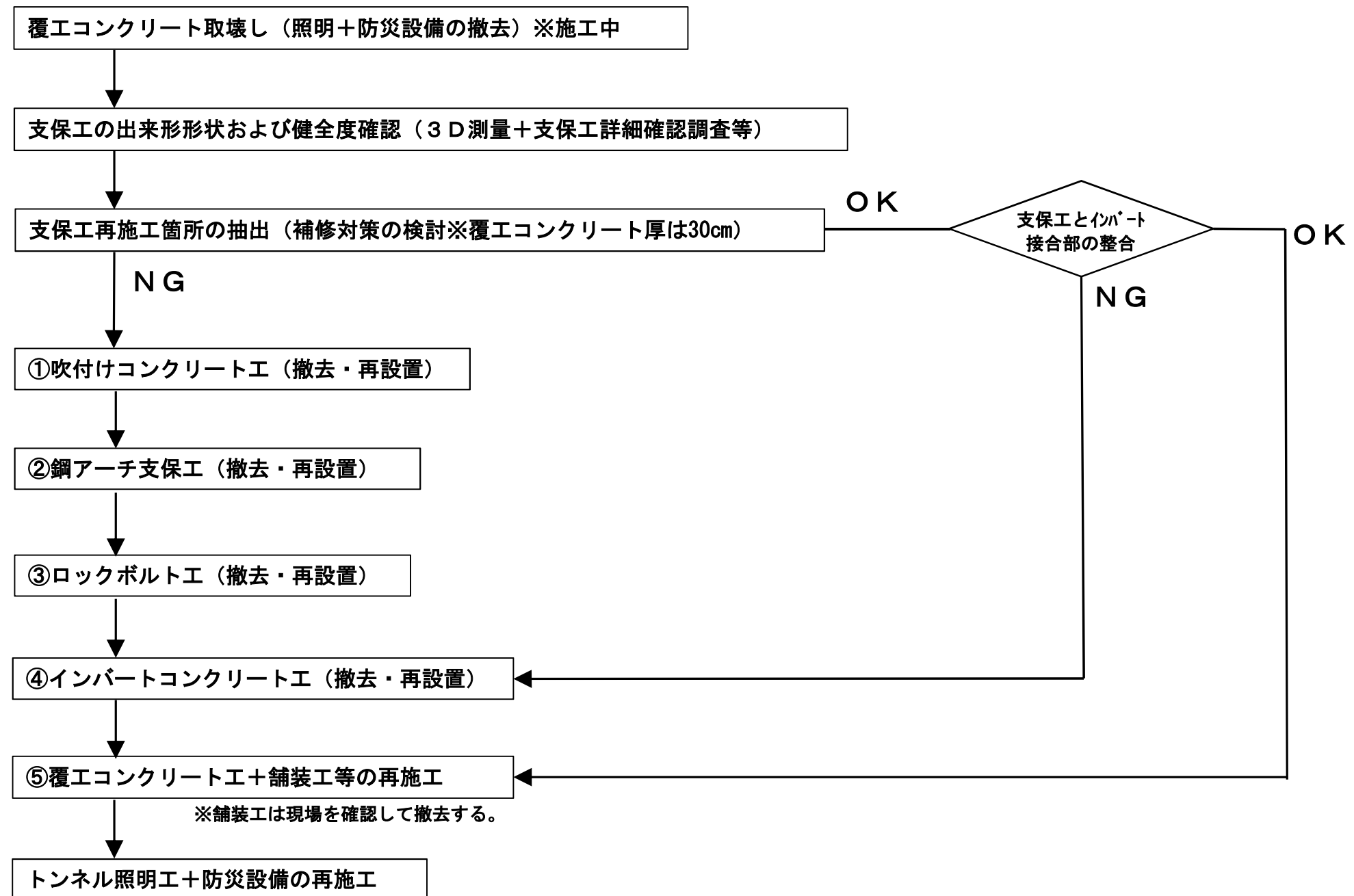
支保工について、支保工幅（S L位置）および天端位置を確認した結果、ほぼ全測点で支保工が所定の位置に設置されていない。

このため、所定の覆工コンクリート厚さを確保するためには、支保工の撤去・再設置が必須であるとする。



4. トンネル補修方針（案）

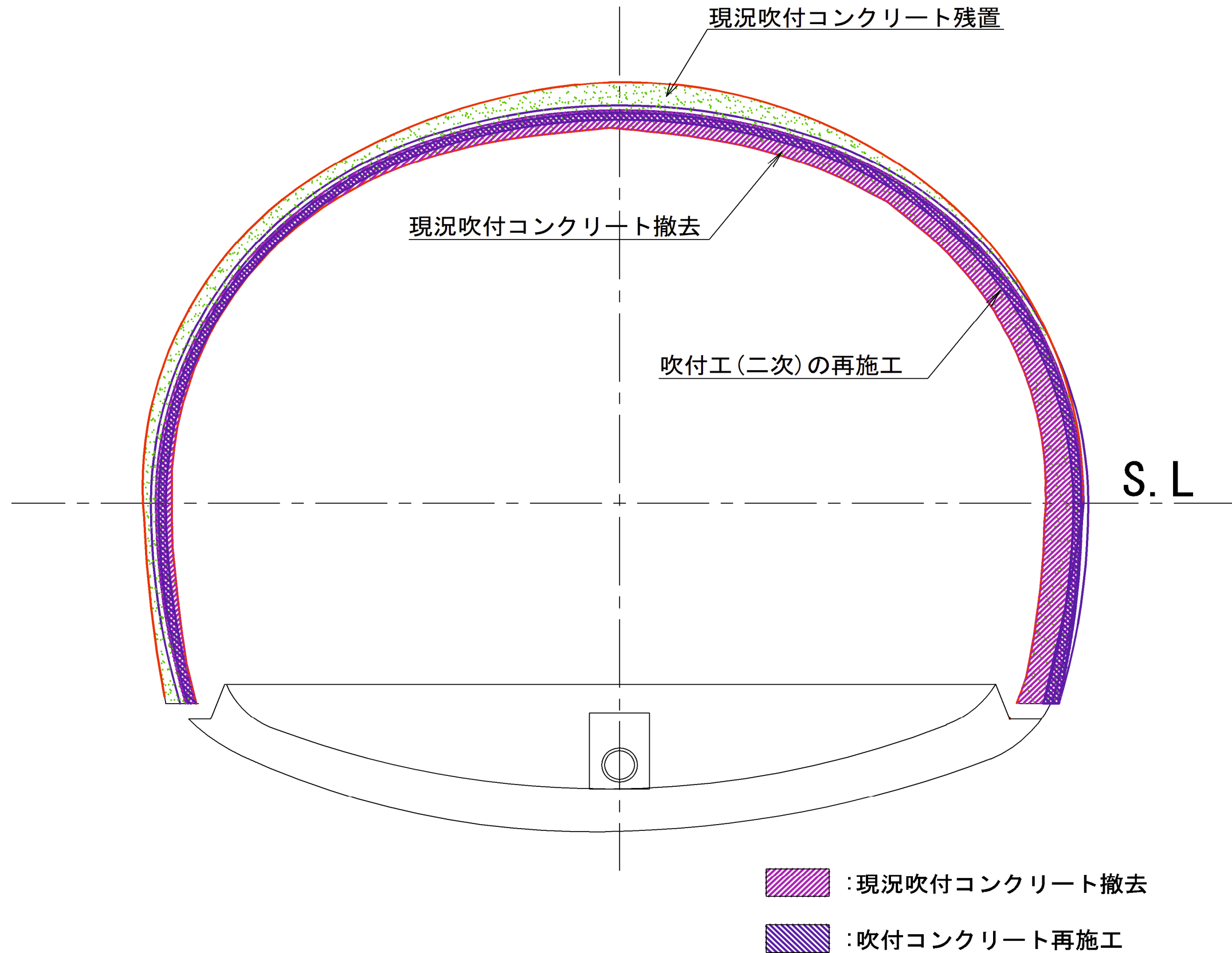
（1）補修工程フロー図



①吹付けコンクリート

必要な断面まで、吹付けコンクリートを撤去する。

また、吹付けコンクリートが不足する箇所は、地山を掘削し吹付けコンクリートを施工し、仕上げ面を注意する。



(2) 支保工撤去工法比較表

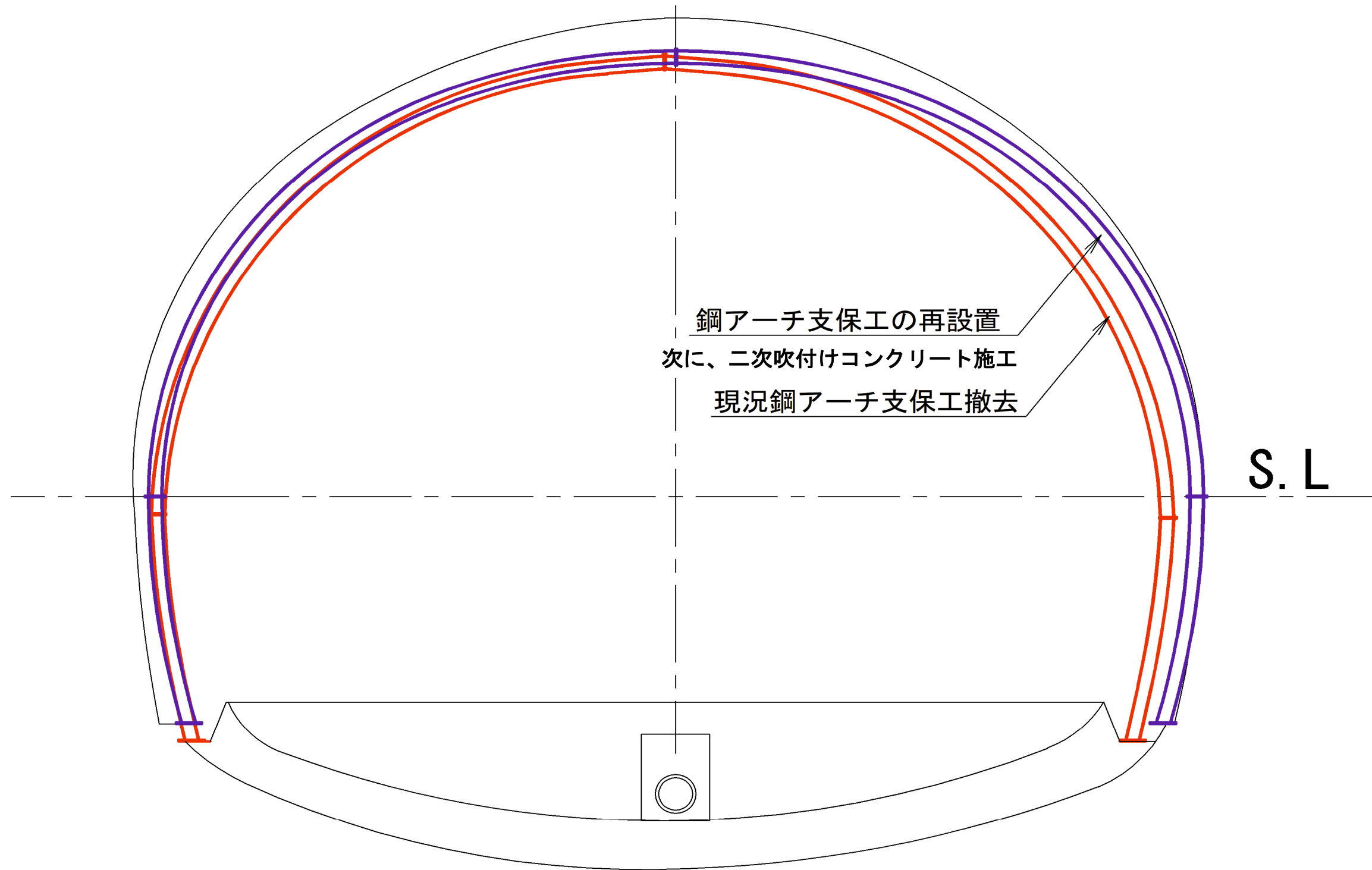
支保工撤去工法比較検討表（吹付コンクリート、鋼アーチ支保工等の撤去を想定）

案	①大型ブレーカ案	②ロードヘッダー案	③ツインヘッダー案	④スパイクハンマ案
支保工撤去イメージ平面図				
施工機械写真				
施工概要	<ul style="list-style-type: none"> 支保工を本来あるべき位置に再構築するために、支障となる支保構造（吹付コンクリート、鋼アーチ支保工、ロックボルト等）を部分的に撤去する工事である。 覆工コンクリートは、起点側坑口以外は撤去された状態から工事を実施することを想定している。 舗装面を養生しながら支保構造を取り壊すことは困難であり、コンクリート舗装、水路等の取り壊しと再施工も必要となる。 ロックボルト頭部のナットやプレートは、吹付コンクリート切削前に撤去する。 			
	<ul style="list-style-type: none"> 汎用機械の大型ブレーカ（1,300kg級；0.50㎡級）を用いるトンネル掘削時の縫返しを想定した施工法である。 	<ul style="list-style-type: none"> トンネル機械掘削時の標準機械を用いて、吹付コンクリート等を取り壊して鋼アーチ支保工を撤去する施工法である。 	<ul style="list-style-type: none"> トンネル機械掘削時に使用する機械を使用し、吹付コンクリート等を取り壊して鋼アーチ支保工等を撤去する施工法である。 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート構造物の表面をチップングする機械を使用し、吹付コンクリート等を取り壊して鋼アーチ支保工等を撤去する施工法である。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 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。 縫返し時には吹付コンクリートを撤去して地山を掘削する事例が多く、吹付コンクリートの一部のみを撤去することは困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> 取り壊したコンクリートは、機械背後からダンプトラックにベルトコンベアで積み込むため施工性に優れる。 大型機械であり、支保工間を正確に取り壊すことは困難である。 切削能力は非常に高いが、掘削機を稼働させるために高圧受電設備が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 覆工コンクリート等の強度劣化箇所や固結度が低い軟岩等を切削する機械であり、施工性に優れている。 取壊し後のコンクリート片は、バックホウ等でトラックに積み込む必要があり 大型機械であり、吹付コンクリート撤去の施工性は良い。 熟練した技能者でないと鋼アーチ支保工を撤去する施工が困難と想定される。 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート構造物表面のチップングを得意とする工法であり、吹付コンクリートの不用範囲を正確にはつり落とすことが可能である。 取壊し後のコンクリート紛は、バックホウ等でトラックに積み込む必要があり 覆工コンクリート表面を正確にはつり落とすことは可能であるが、作業能力は他工法に劣る。 切削能力が③案に劣るため工期が長くなると想定される。
安全性	<ul style="list-style-type: none"> 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必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 覆工取り壊し工事が輻輳しないため、①案よりも安全性は高いと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 同①案 	<ul style="list-style-type: none"> 同①案
評価	<ul style="list-style-type: none"> 吹付コンクリートの一部のみを撤去することは困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> 吹付コンクリートのみを効率よく切削することは、施工性、経済性とも他案よりも劣っている。 	<ul style="list-style-type: none"> 吹付コンクリートを切削することは問題ないが、鋼アーチ支保工撤去時には熟練した技能者による施工が必要と想定される。 	<ul style="list-style-type: none"> 吹付コンクリートの切削、鋼アーチ支保工の撤去に対する施工性は高いが、切削能力が③案に劣るため工期が長くなると想定される。
判定	△	×	○（両機併用）	

・機械の写真は各メーカーのカタログ等より抜粋添付 大型ブレーカ；コマツカスタマーサポート、自由断面掘削機+ツインヘッダー；株式会社三井三池製作所、スパイクハンマ；栗田削岩機
 ・現時点では、ツインヘッダーとスパイクハンマーを併用することを想定している。
 ・支保工を撤去する機械、作業時の換気設備等は、別途準備する必要がある。

②鋼アーチ支保工

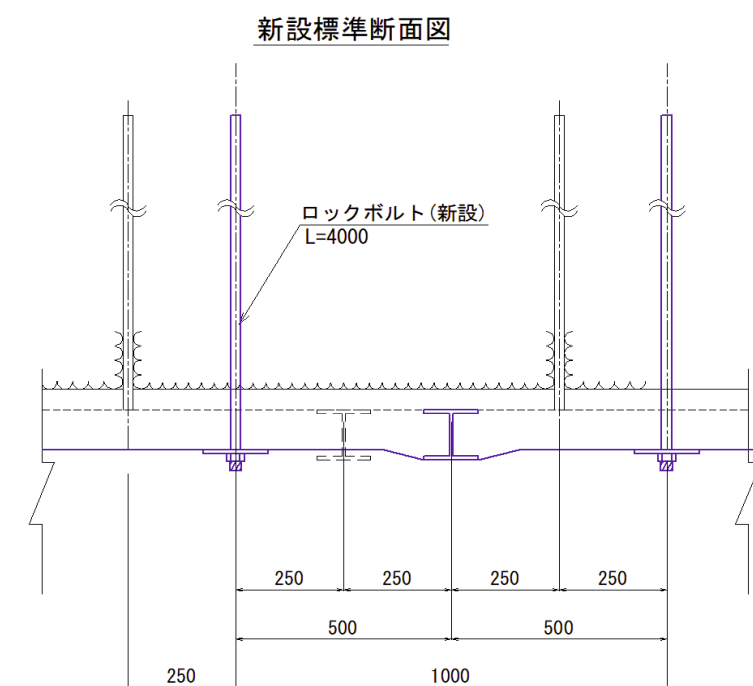
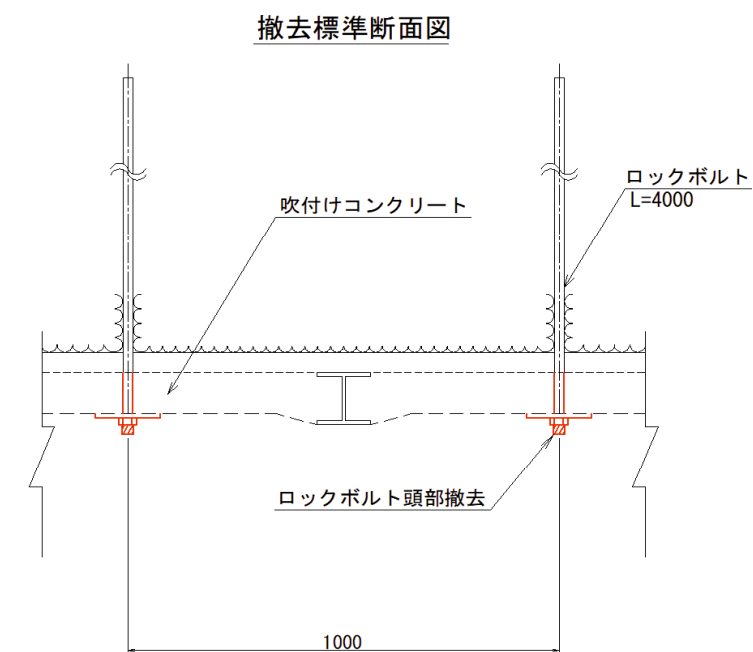
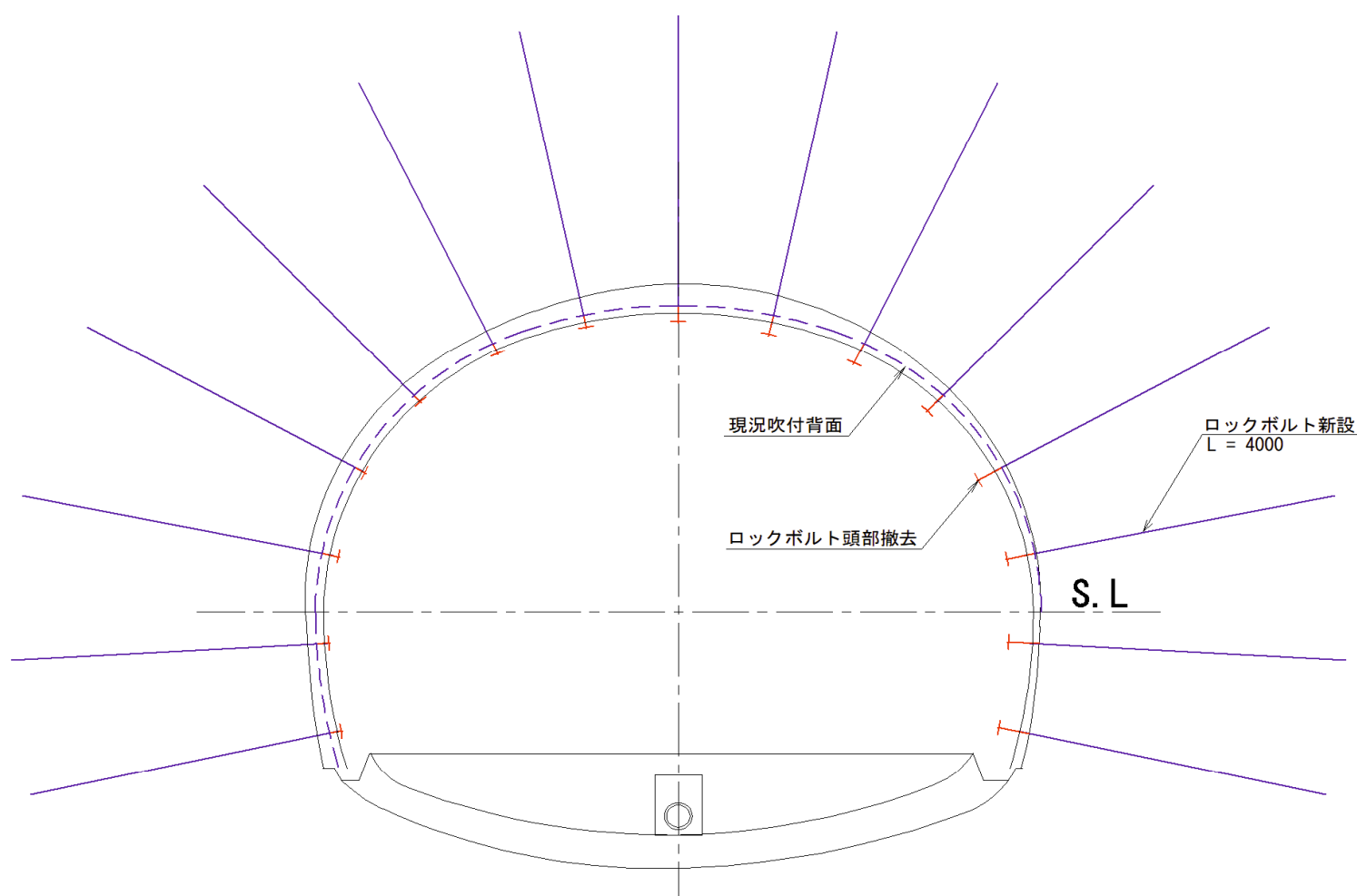
新規の鋼アーチ支保工を計画した位置に再設置し、既存の鋼アーチ支保工撤去後、二次吹付けコンクリートを施工する。



- : 現況鋼アーチ支保工
- : 設計鋼アーチ支保工

③ロックボルト工

・既設ロックボルトの頭部を切断撤去することになるが、ロックボルト工には吹付けコンクリート支持効果、地山物性の改良効果等といった吹付コンクリートや鋼アーチ支保工にはない性能があるため、設計上必要なロックボルトを再施工する計画とする。



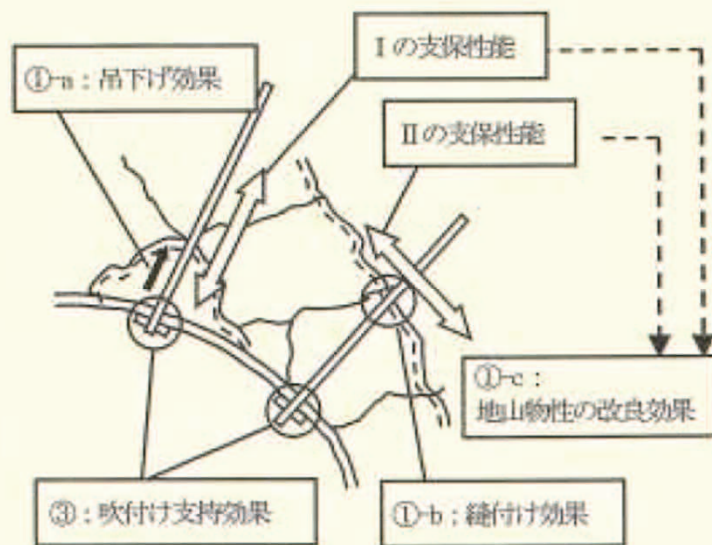
※ 鋼アーチ支保工・ロックボルト工は再施工時には、設計位置から縦断方向に250mm移動させる計画とする。

③ロックボルト工（土木学会 トンネル標準示方書 山岳工法編：2016年制定）

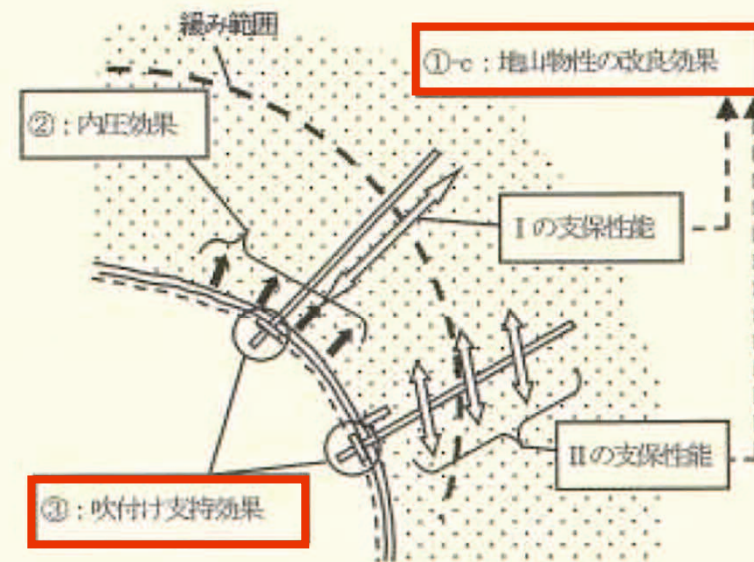
解説表 3.3.14 ロックボルトの性能および効果の概念(文献¹⁾を加筆修正)

分類		概要
性能	I	ロックボルトの引張抵抗性能 ロックボルト軸方向の引張抵抗によってその方向の地山との相対変位を抑制する。
	II	ロックボルトのせん断抵抗性能 ロックボルト軸直角方向のせん断抵抗によってその方向の地山との相対変位を抑制する。
効果	①地山の補強効果	a: 吊下げ効果 亀裂の発達した中硬岩、硬岩地山の場合には、亀裂によって区切られた不安定な岩塊を深部の地山と一体化し、そのはく落や抜落ちを抑止する。 c: 地山物性の改良効果 中硬岩、硬岩地山の場合に、亀裂に交差してロックボルトを打設すると、亀裂面のせん断強度が向上し、物性改良効果を期待できる。また、強度の小さい軟岩地山や未固結地山の場合においても、ロックボルトの打設によって地山のせん断抵抗が向上して降伏後の残留強度も向上し、物性改良効果を期待できる。
	②内圧効果	軟岩地山や未固結地山の場合、ロックボルトに発生する軸力が吹付けコンクリートを介して坑壁に作用することで内圧効果が発揮され、トンネルの周辺地山の塑性化とその拡大の抑制を期待できる。
	③吹付け支持効果	ロックボルト打設間隔よりも小さく、地山から分離した岩片は吹付けコンクリートで支持される。吹付けコンクリートは地山との付着によって荷重を支持するが、吹付けコンクリートと地山の付着が損なわれた場合には、ロックボルトが吹付けコンクリートを地山に縫い付けることによって、このような荷重を支持することを期待できる。

性能と効果の概要



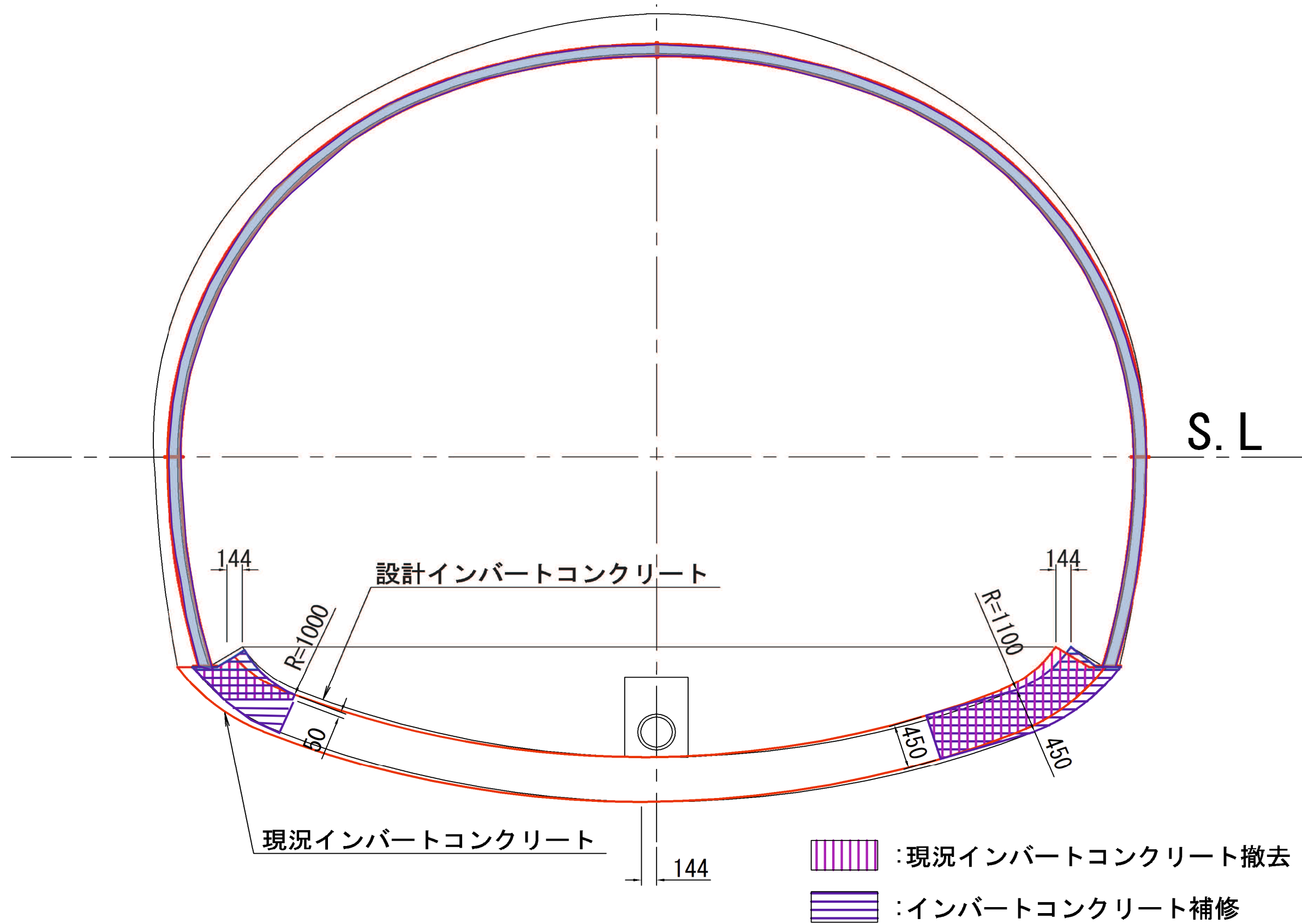
(a) 中硬岩、硬岩地山(不連続体地山)



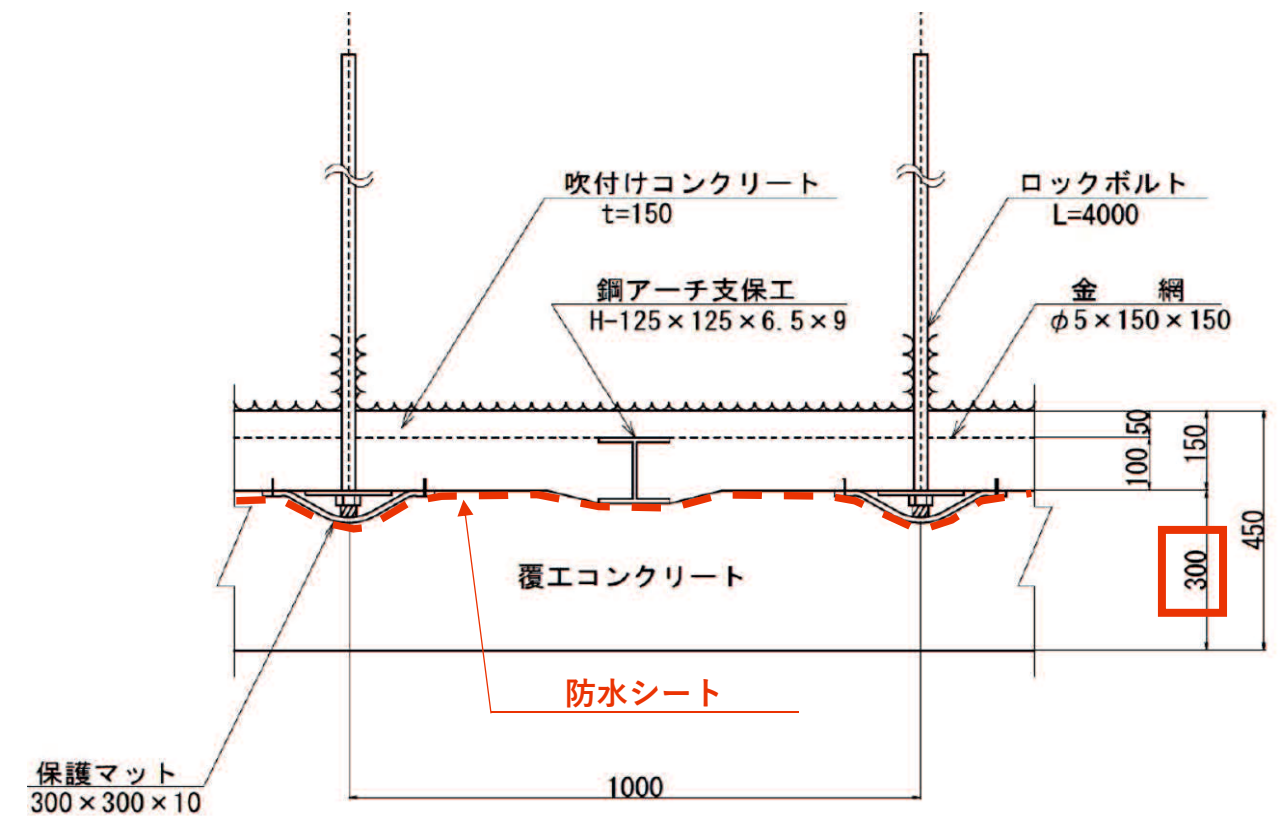
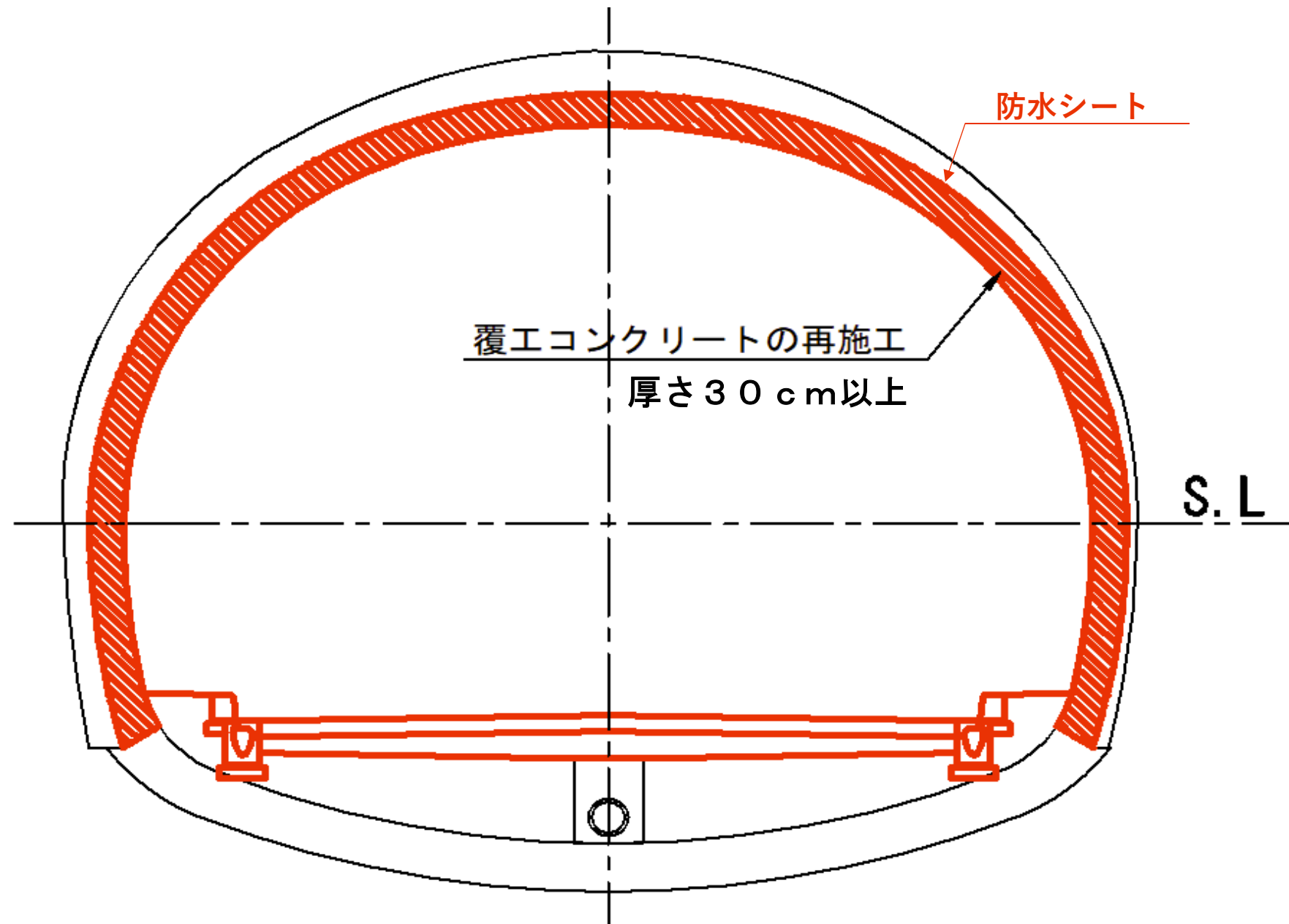
(b) 軟岩、未固結地山(連続体地山)

④インバートコンクリート

インバートコンクリートは、必要に応じて、覆工コンクリート断面やリング構造が確保できるように補修する。



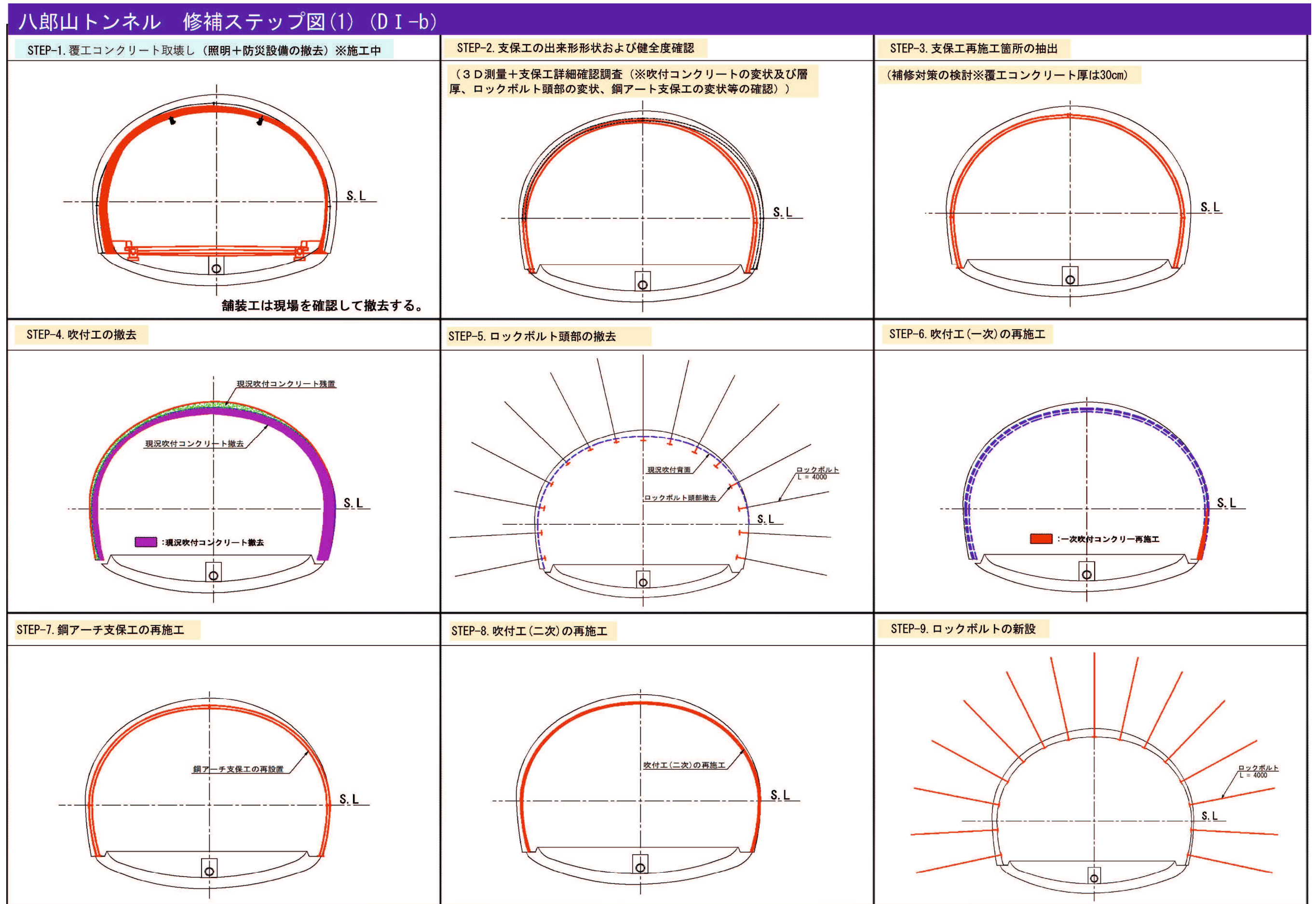
⑤所定の覆エコンクリートの厚さを確保し再施工する。



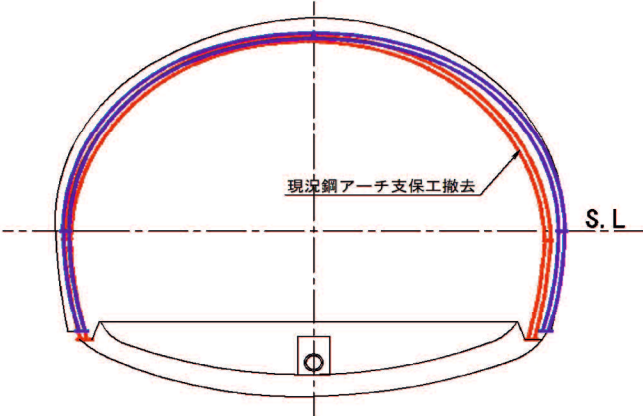
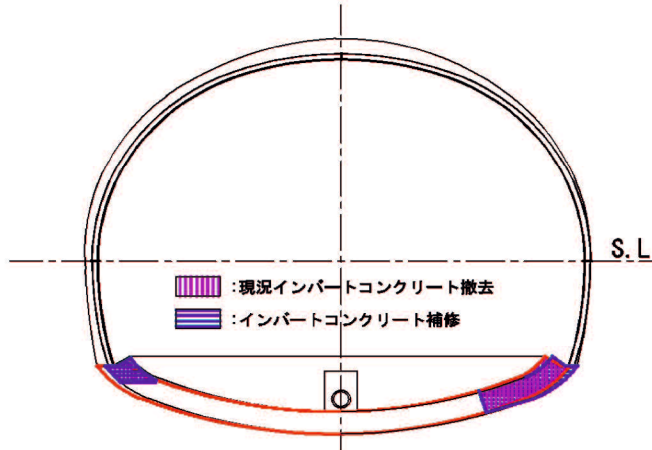
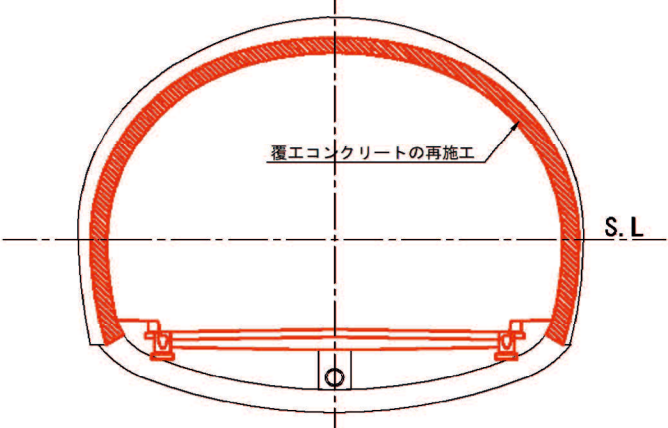
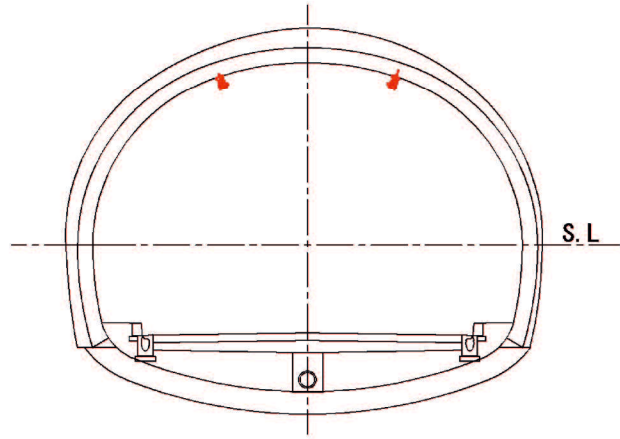
(3) 補修ステップ

八郎山トンネルの補修方針を整理するために、ステップ図(案)を作成した。取壊す必要が無い場合には、ステップを飛ばして施工することを予定している。

八郎山トンネル 補修ステップ図(1) (D I-b)



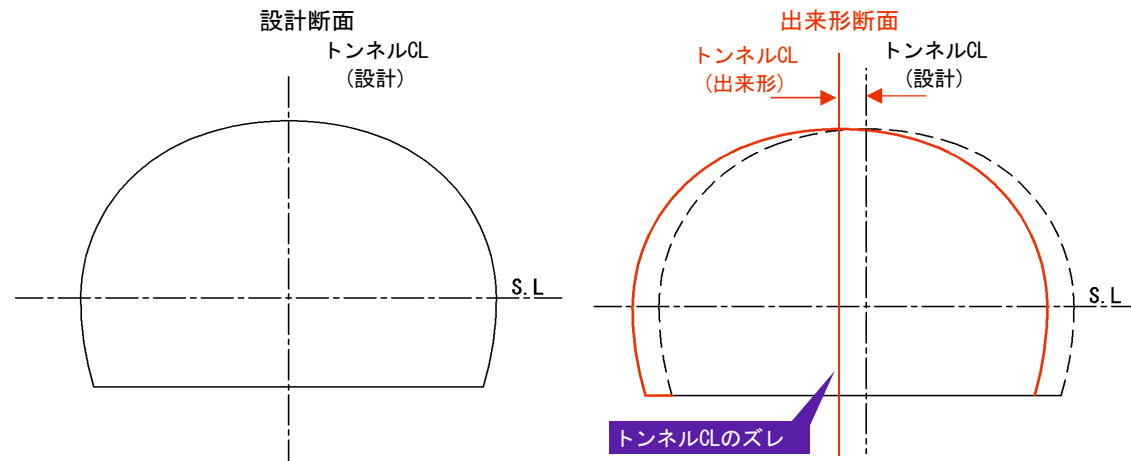
八郎山トンネル 修補ステップ図(2) (D I -b)

STEP-10. 鋼アーチ支保工の撤去	STEP-11. インバートコンクリートの補修	STEP-12. 覆エコンクリート+舗装工等の再施工
		
STEP-13. トンネル照明+防災設備の再施工		
		

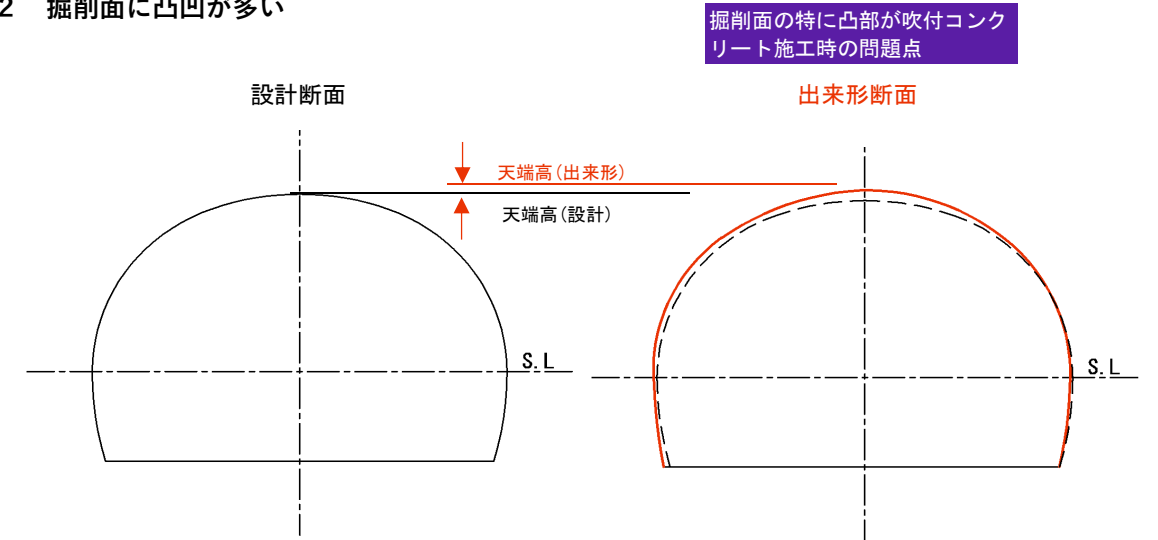
5. 再発防止策

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（第2回技術検討委員会）

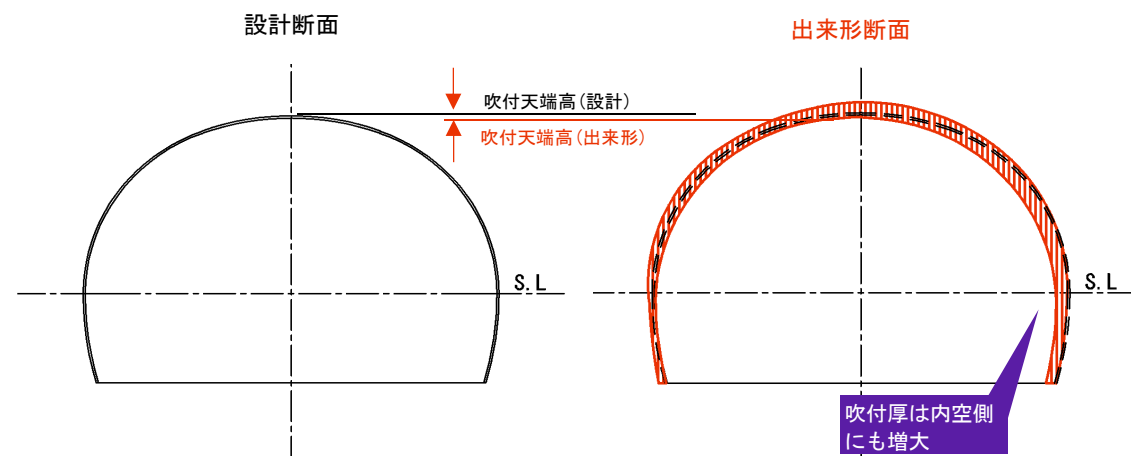
①-1 掘削線形のズレ（測定のずれ）



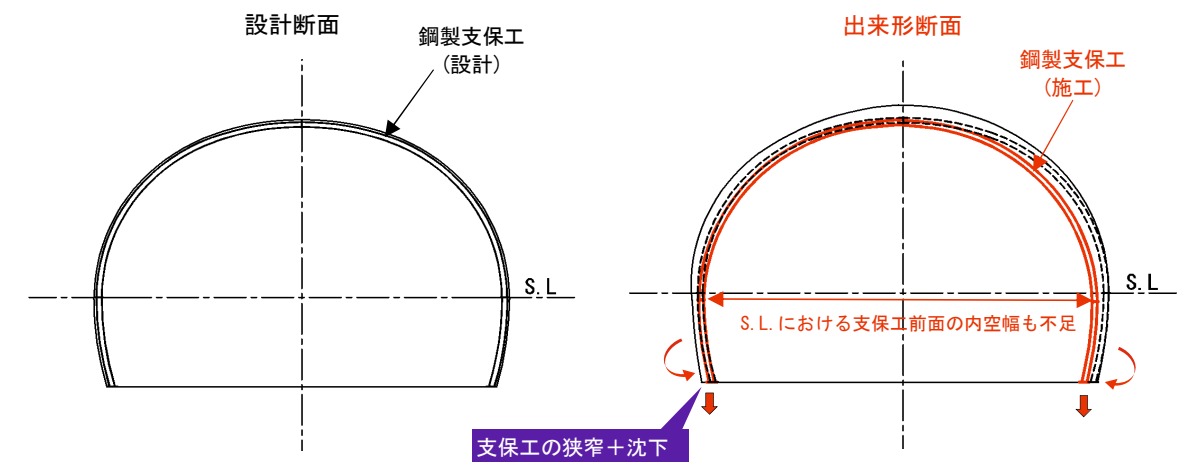
①-2 掘削面に凸凹が多い



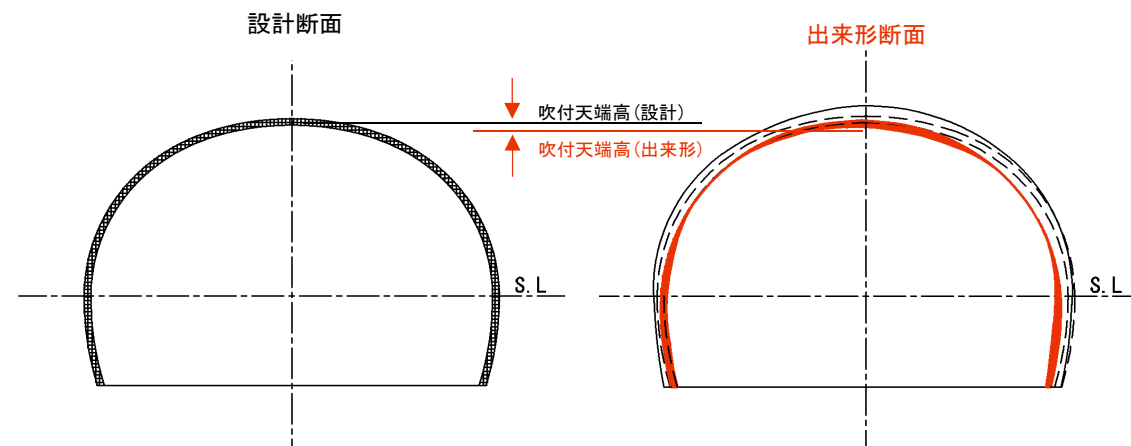
② 一次吹付コンクリート厚の管理不良



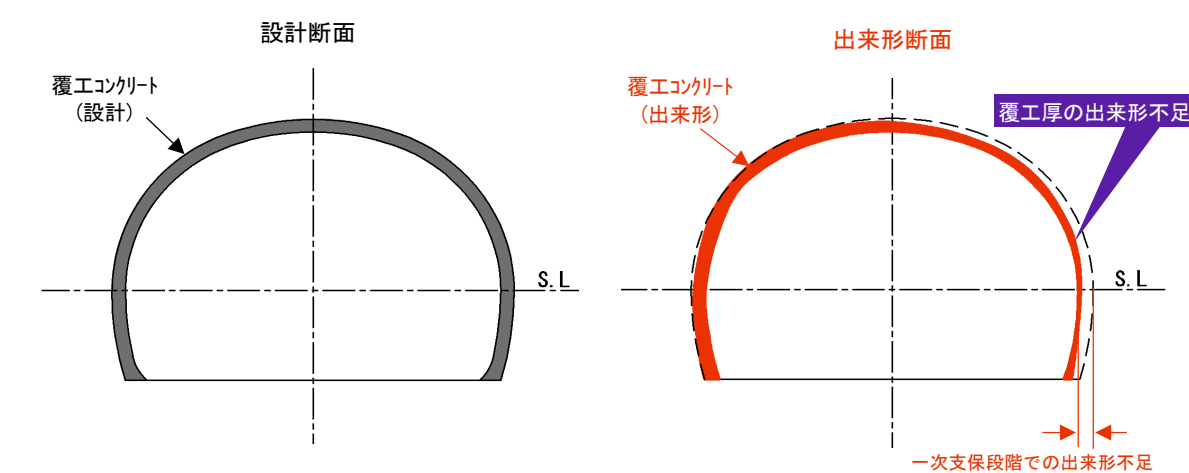
③ 鋼アーチ支保工設置位置の不良（設計断面に対する出来形不良）



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）



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



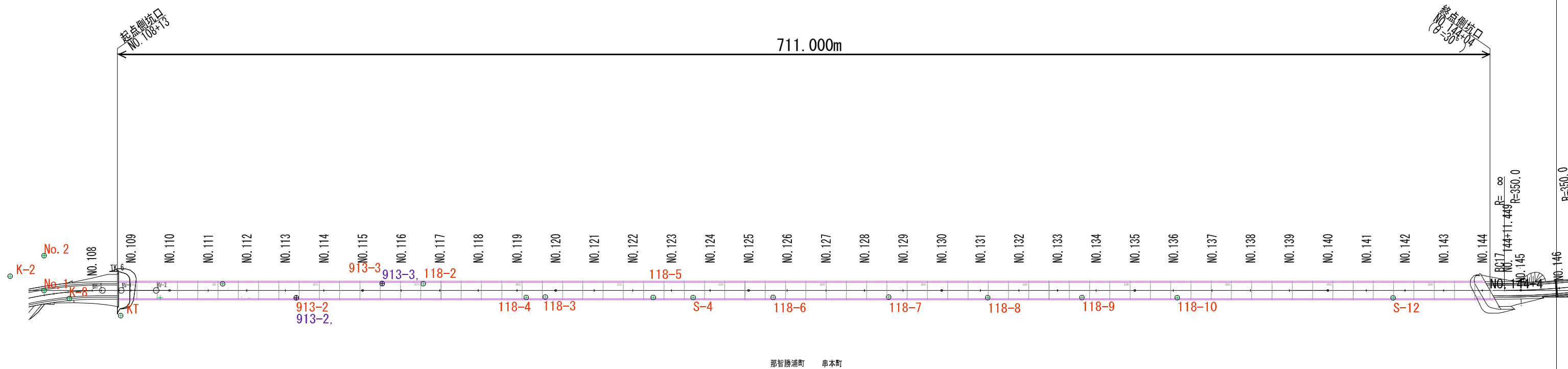
※ ①の図は、測量等に基づくものではなく、施工不良の内容を示すためのイメージ図である。

※ 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。

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）

坑内に設置した仮トラバー点（16箇所）



- ・ 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。

不良工事とこれに対する再発防止策

不良工事の主な原因

- 1点目：測量の管理不足による誤差のため、掘削の進行方向にズレが生じたこと。
- 2点目：トンネル掘削後の一次吹付けコンクリートの厚さの管理不足やトンネルを支える鋼アーチ支保工の設置位置の確認不足により、支保工が内空断面を侵すような位置に設置されたこと。
- 3点目：このような状況にもかかわらずトンネルの内空断面を確保するように覆工型枠を設置したこと。

これらの原因により、覆工コンクリート厚が薄くなった部分が生じた可能性があることが確認できた。



請負者として対処すべき点

- ・施工者内（本社→現場作業所）のバックアップ体制の強化
- ・人員体制の増員による施工管理の向上

県として対処すべき点

- ・段階確認の重要性を改めて職員一人一人が認識
- ・適正な管理監督について組織として対応
- ・技術職員向けの監督実務に関する研修において、段階確認の内容を充実させることや、職域における立場や役割に応じた研修の実施を検討

6. 今後の予定

No.	項 目	内 容	備 考
1	現地調査	覆工コンクリートをある程度撤去した時点で、支保工の状況を確認するため、現地調査を実施したい。	