

供用下における矢板工法トンネル 覆工再生工に関する手引き(案)

2023年10月

中日本高速道路株式会社
金沢支社

はじめに

高速道路ネットワークを形成する施設構造物の機能を長期にわたって確保し維持することが要請されている。近年では、ライフサイクルコストの観点から、予防保全や事後保全など、効率的かつ合理的な対策の意思決定の重要性が指摘され、とくに、老朽化が進み性能低下が著しい施設構造物については、大規模更新・大規模修繕工事が実施されつつある。

NEXCO中日本金沢支社管内における北陸道は、全国高速道路計画事業の一環として1970年代から建設が進められ、供用40年を超える施設構造物が増加してきている。とりわけ、トンネル構造物は、矢板工法で建設されたものが多く、その工法の特徴から覆工目地部はもとより、覆工にひび割れや漏水などの変状が顕在化してきている。さらに、北陸地方に特有の寒冷地という環境条件によって、冬季には漏水が凍結して氷柱(つらら)を形成するなど、利用者被害リスクに対処する日常管理が極めて厳しい状況にある。

これまで、背面空洞の充填、止水工、導水樋の設置など、さまざまな補修・補強対策を講じてきているが、リスクを低減する決定的な対策には至っていない状況にあり、また、補修・補強に際しての車線規制や通行止め等が、補修・補強対策の効率化を阻んでいる。

このような中、覆工構造の抜本的な改善と利用者被害リスクの低減、さらには日常管理の効率化を目指して、覆工再生工の設計・施工が検討された。まさしく、これまでの補修・補強対策とは異なる大規模更新・大規模修繕の計画である。

本書はNEXCO中日本金沢支社が日本トンネル技術協会に技術検討を委託して、「供用下における矢板工法トンネル覆工再生工に関する手引き(案)」として、その設計・施工の原則をとり纏めたものである。本書に示される覆工再生工の特徴は、矢板工法で施工された既存覆工体の一部を切削して内空を確保し、長期的な周辺地山の安定を図るため既存覆工を貫通するロックボルトを施し、その内側に新たな覆工体を形成することで覆工構造の性能を大きく改善する一連の考え方と手法を整理しているところにある。また、防水シートの設置と確実な導水工を設けた導水機能とその監視体制を強化する、すなわち将来の利用者被害リスクの改善と維持管理の効率化を目指しているところに特徴がある。さらに、通過交通を供用しながらの大規模修繕であることから、設計・施工のみならず、施工管理や安全監視についても言及している。

覆工再生工の検討は、わが国の道路トンネル構造物の建設経緯とその長期性能確保の観点から喫緊の課題である。本書は山岳トンネル工法に精通する委員の方々が鋭意検討を重ね、技術開発状況も踏まえてとり纏めたものである。しかしながら、限られた期間でとり纏めたものであり、今後の検討および現地施工の結果を踏まえ、より確実で効果的な改善を加味して、効率的かつ合理的な覆工再生工として活用が進むことが期待される。

最後に、本書の検討ならびに執筆にご協力を頂いた委員の方々に感謝を申し上げる次第である。

令和元年9月30日

木村 定雄

目 次

1. 総則	1
1-1 適用範囲	1
1-2 用語の定義	3
1-3 前提条件	5
1-4 計画	7
2. 調査	11
2-1 調査（全般）	11
3. 設計	17
3-1 設計一般	17
3-2 断面検討	19
3-3 先行補修工	22
3-4 先行補強工	22
3-5 既設覆工の安定性評価	24
3-6 再生覆工の設計	29
3-7 付帯工（監視員通路、排水水路および舗装）	33
3-8 トンネル付属施設等の設計	35
4. 施工	41
4-1 施工一般	41
4-2 施工計画	43
4-3 事前処理工	44
4-4 先行補修工	44
4-5 先行補強工	45
4-6 仮設備工	50
4-7 防護工	51
4-8 切削工	53
4-9 コンクリート殻搬出工	53
4-10 防水工	53
4-11 再生覆工	55
4-12 資材・機材の供給	56
4-13 付帯工（監視員通路、円形水路等）	56
4-14 トンネル内設備移設工	56
4-15 非常駐車帯部の施工	66
4-16 工事中的変状対策	66
5. 施工管理	67
6. 道路規制工	70
6-1 保全施設	70
6-2 交通規制工	73
6-3 違反車両の排除	76

7.	安全監視	78
7-1	安全監視一般.....	78
7-2	計測工	79
8.	工事記録	88
9.	維持管理	92
9-1	維持管理	92
9-2	計測・監視（モニタリング）	94

【参考文献】

参考資料-1	各種覆工再生工資料
参考資料-2	設計・解析の関連資料
参考資料-3	既設トンネルの附属物等の移設および防護工の設置事例
参考資料-4	防護工の性能事例
参考資料-5	既設トンネルの断面拡幅時の挙動計測事例
参考資料-6	試験施工

1. 総則

1-1 適用範囲

本手引き(案)は、変状等の老朽化に伴い補修・補強をする必要があるトンネルにおいて、覆工再生の設計・施工に関する技術的指針を定め、設計・施工を合理的に行うことを目的としたものであり、中日本高速道路(株)金沢支社が管理する矢板工法で建設された二車線トンネルに適用する。

近年、建設年次の古いトンネルの中には老朽化や土圧の作用によって覆工に変状が現れ、トンネル構造の安全に課題がある所など、補修・補強が必要なトンネルが見受けられる。

高速道路本体の構造物の特定更新等工事（大規模更新および大規模修繕）は、ライフサイクルコスト、予防保全および性能強化の観点を考慮し、技術的見地から必要かつ効率的な対策を講ずることにより、高速道路ネットワークの機能を長期にわたって健全に保つために行うものである。

トンネルの老朽化対策としては、ひび割れや浮き・はく離については、シート接着工法が用いられる場合が多いが、矢板工法のトンネルでは漏水が多くみられる場合はシートの再劣化が課題となっている。また、水抜き工やひび割れ注入等の漏水対策を実施しても、漏水を完全に止められる訳ではないため、将来にわたり、対策箇所以外から漏水が発生してくる可能性があり、漏水によって覆工機能を劣化させる恐れがある。

金沢支社管内の矢板工法で施工されたほとんどのトンネル覆工は、漏水しており、漏水は、冬季にはツララとなり、それが落下し通行車両への安全性に問題があることから、安全対策としてツララ落とし作業を行う必要があり、多くの渋滞を出している。作業状況を写真 1.1 に示す。

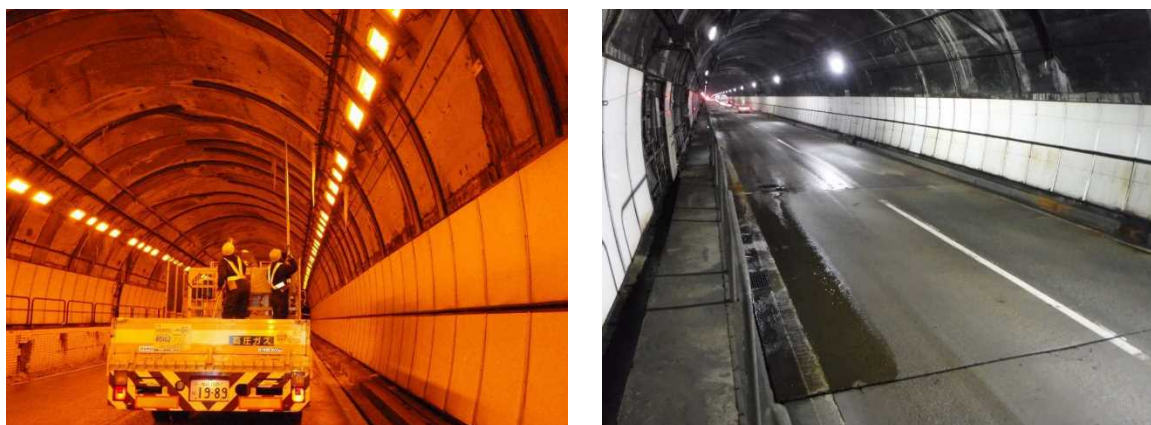


写真 1.1 ツララと路面湧水の状況

そのため、覆工対策後の長期耐久性を確保するには、矢板工法で施工されたトンネルの覆工をロックボルトで先行補強し、その後既設覆工を切削、防水シートを施工後、新たな覆工を施工することが考えられる。

本手引き(案)は、既設トンネルの覆工再生工を効率的、経済的に調査、設計、施工できるように既設トンネルの覆工再生工を行う際の一般的な考え方を示すものであり、9 章から構成される。各章の概要は以下のとおりである。

「1. 総則」では、本手引き(案)の目的、適用範囲、用語の定義など基本事項と覆工再生工を適用する上での前提条件や覆工再生工を計画する上での留意事項を示している。

「2.調査」では、覆工再生工を適用する場合での調査項目や準拠基準や調査手順等を示している。

「3.設計」では、覆工再生工の設計方針を示すとともに、既設覆工の安定性の評価や事前補強、事前補修および再生覆工の設計の方法や留意事項を整理するとともに、付帯工やトンネル内付属施設の設計、安全施設、広報などの留意事項を示している。

「4. 施工」では、覆工再生工の施工手順や施工計画、先行補強工、仮設設備、防護工等の基本事項や留意事項を示している。

「5. 施工管理」では、覆工再生工の施工管理項目や留意事項を示している。

「6. 道路規制工」では、覆工再生工の施工時における保全施設、交通規制工の基本事項や違反車両の排除の方法等を示している。

「7. 安全監視」では、覆工再生工の施工時における安全監視の基本事項や計測工の計測項目や計測方法などを示している。

「8. 工事記録」では、覆工再生工の施工記録の形式や期限、項目などの基本事項、留意事項を示している。

「9. 維持管理」では、覆工再生工の点検時における着眼点、留意点、計測・監視(モニタリング)の項目や方法について示している。

覆工再生工とは、覆工補修後の長期耐久性を確保するために、事前にロックボルトで補強した後、覆工を切削し、防水シートを施工後、新たな覆工を施工することをいう。概念図を図 1.1 に示す。

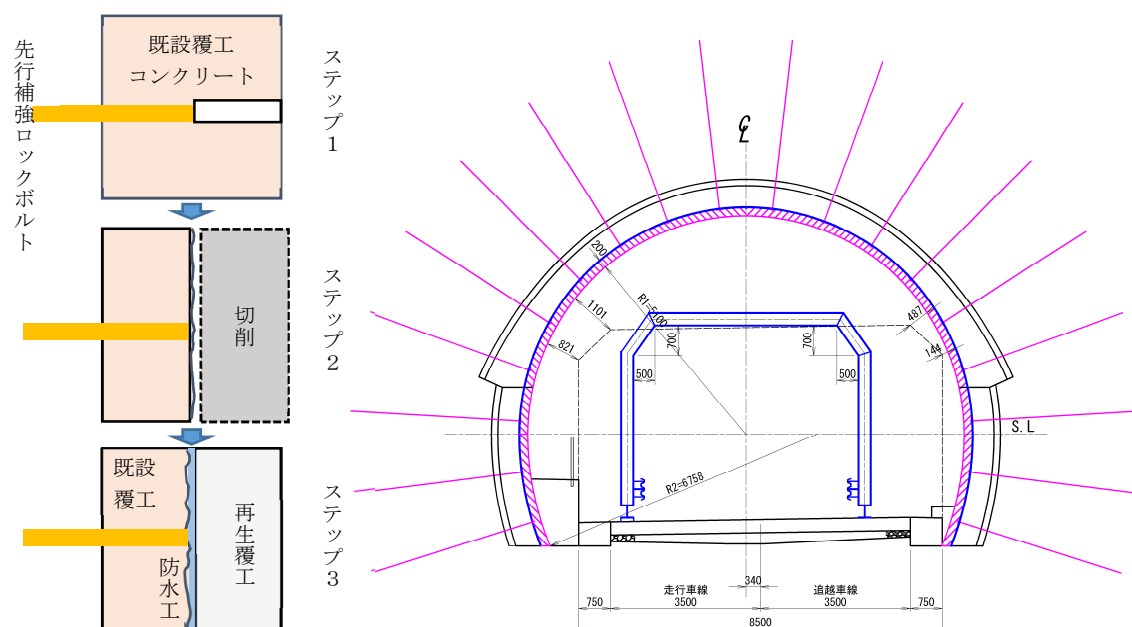


図 1.1 再生覆工の概念図

しかし、既設トンネルの覆工再生工にあたっては、対象トンネルの地山条件、ひび割れなどトンネル覆工再生工事に重要な影響を与える要素が多々あり、その正確な把握が難しいことから、試験施工や計測結果などを行ったあと本施工を行うものとする。

このため、トンネル覆工再生工事においては画一的な判断を行うことが適当でない場合もあり、本手引き(案)およびその解説の適用にあたっては、その内容を十分理解し、総合的に検討するとともに、それに基づく適切な判断を行うことが肝要である。また、更なる技術開発や検討による効率的かつ合理的な工法活用を妨げるものではない。

なお、この工法が適用できる覆工は原則として、外力による変状の進行がない箇所を対象とする。

1-2 用語の定義

本手引き(案)で用いる用語の定義は、以下のとおりとする。

覆工再生工	主に矢板工法で施工されたひび割れや漏水などが発生している既設覆工を再生し新たな覆工を構築することをいう。
再生覆工	覆工再生によって新たに造られる覆工をいう。再生覆工の種類は、現場打ち、プレキャストライニング工法、埋設型枠工法、支柱型枠工法などをいう。
既設覆工	再生覆工を行う前の既存の覆工をいう。
補修	変状が生じた本体構造物の性能を回復するとともに、予防保全の観点も考慮し、新たな変状の発生を抑制することをいう。
補強	既設構造物が有する耐荷力や剛性などの力学的性能の向上を図ることをいう。また、老朽化により低下した耐荷力を回復させることをいう。
耐荷力	トンネル覆工が有している外力に対して抵抗しうる能力をいう。
荷重分担	既設覆工を担っていると思われる地山荷重に対して、覆工再生工時の切削後に残った既設覆工を担う地山荷重と、再生覆工が担う地山荷重との分担をいう。
事前調査	覆工再生工事施工前に行う調査のことを示し、覆工再生計画・設計時に行われる調査と一部重複する項目もあるが、基本的には詳細な施工計画立案に資するために行うものをいう。
先行補修	既設覆工の切削時に隣接する覆工の安全性向上のために行う事前補修をいう。工法的には、ひび割れ補修、はく落対策工などを総称していう。
先行補強	既設覆工の切削時の耐荷力低下を抑制するために行う事前補強をいう。
覆工切削	覆工再生工にあたって現況トンネル内空断面を確保した上で、再生覆工を施工するために、既設覆工を切削することをいう。
隣接覆工	切削工を実施している覆工の前後で横断目地と接している覆工をいう。
覆工再生との隣接	覆工再生工を行う覆工と覆工再生工を実施しない覆工をいう。
防水工	覆工からの漏水は、トンネル保守の困難、耐久性の低下、電気設備等に対する悪影響、利用者の不快感等の原因になることから、切削後に残った既設覆工と再生覆工との間に、漏水を防ぐため不透水性の材料を設置することをいう。
切削長	覆工切削時の一回当たりの既設覆工のトンネル縦断方向の延長をいう。

供用下施工	1 車線にて、供用したままでトンネル覆工再生することをいう。
コンクリート殻	既設の覆工コンクリートを切削するときに出るコンクリートをいう。
防護工	覆工再生工にあたって、切削中に影響する範囲の防護、切削時の防護で一般の通行車両の安全確保のために設置する防護設備をいう。
中央車線規制	覆工再生工は、供用を前提とした施工となるため、作業空間の確保、車線規制変更等を極力少なくする目的でトンネル中央部に一般車両の通行車線を設ける車線規制をいう。
交通開放	車線規制を解除し工事区間を一般車の通行に供することをいう。
横断目地	隣り合う上半覆工コンクリート同士の打ち継ぎ目に生じる目地をいう。
施設設備	道路構造令第 34 条に示されるトンネルに付属する換気施設、照明施設、および非常用施設をいう。また、上記付属施設を運用するために必要な関連施設も含めるものをいう。
付帯工・附属物	監視員通路、監査路、排水施設、内装工等の総称をいう。
水平打継ぎ目	上半覆工コンクリートと側壁覆工コンクリート同士の打ち継ぎ目に生じる目地をいう（セメ部ともいう）。
外力	トンネルの外部から作用する力であり、緩み土圧、偏土圧、地すべりによる土圧、膨張性土圧、水圧、凍上圧等の総称をいう。
材質劣化	使用材料の品質が時間の経過とともに劣化が進行するものであり、コンクリートの中酸化、アルカリ骨材反応、鋼材の腐食、凍害、塩害、温度変化、乾燥収縮等の総称をいう。

1-3 前提条件

本手引き(案)において示す設計・施工についての前提条件は、以下のとおりとする。

- a) 外力による変状の進行がないこと
- b) 覆工背面空洞対応が終わっていること

(1) 設計の条件

- ・ 建築限界は「重要物流道路制度」を適用しないものとする(道路構造令 平成 27 年 6 月に準拠)。
- ・ 覆工再生工による施工時は、施工余裕を考慮して設計する。
- ・ 覆工再生工法の検討対象とするトンネル施工方法は、矢板工法全般(上半先進、側壁導坑先進等)とする。
- ・ 覆工を切削する場合は、事前にロックボルト等の先行補強を実施し安定性を確保する。
- ・ 再生覆工は既設覆工の安定を確保したうえで NATM の覆工耐力 ($t=30\text{ cm}$ 、 $\sigma=18\text{ N/mm}^2$) を確保できるものとする。
- ・ 覆工再生工後はトンネル内の付属設備の性能を維持することとする。
- ・ 覆工再生工後は NATM と同等程度の性能を有するものとする。

(2) 施工の条件

【車線幅員・作業期間・時間】

- ・ 設計幅員は、一車線運用の交通量から第 1 種 3 級を確保し、車線幅員は、工事規制速度を考慮し、標準的車線幅員 3.25m とする。
- ・ 防護工を設置する作業期間(防護工の設置、撤去含)は以下を設定する。ただし、準備工等で車線規制が必要な場合、3 月～4 月下旬まで車線規制(走行または追越)による作業は可能とする。

◇GW 明け～8 月上旬

◇8 月下旬～11 月末

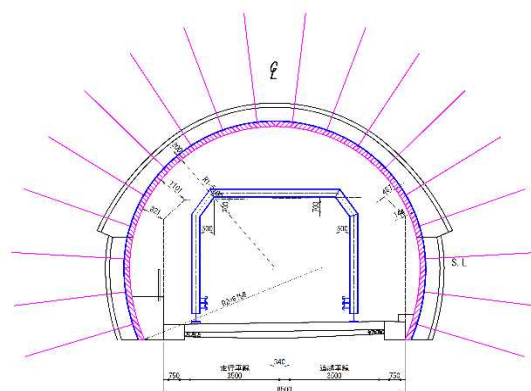


図 1.2 防護工で確保する防護工内の内空断面

【防護工構造・安全対策】

- ・ 防護工内照度については、設計輝度(現状維持)を確保するものとする。
- ・ 防護工による施工中にトンネル内で事故や故障車による交通障害が発生した場合、緊急対応が可能となるよう検討を行うものとする。
- ・ 防護工に求める要求要件は下記のとおりとする。

表 1.1 防護工に求める要件

	要求要件
①	切削時に覆工の落下からトンネル利用者を保護する性能
②	工事施工をするために施工機械の重量および作業中の防護機能
③	施工機械、資材および作業員の昇降機能を有する機能
④	内空断面(高さ 4.5m×幅 5.25m)を確保し、隅角部を斜めとする。
⑤	防護工は自走で移動(2m/分)もしくは他の方法で移動できるものとする。
⑥	車が衝突しても、防護工の移動や変形が生じなく、車の防護施設を設置した機能
⑦	坑外で組み立てて現場までトレーラ等で移動できる機能
⑧	防護工は、覆工落下区間、作業区間、セントル区間の連結機能を有していること。

- ・ 防護工を作業構合として使用する場合には、施工機械や資材の荷重を考慮して設計するものとする。
また、機械や資材の昇格設備も設置するものとする。

【防護工等の設置・撤去】

- ・ 防護工や覆工セントル等の設置、撤去は夜間通行止め(例:夜間通行止め 20 時～6 時、実作業 21 時～5 時)で行う。
- ・ 施工箇所の防護工等の移動は、自走式を基本とする。
- ・ トンネル坑口外に防護工等が組み立てられるヤードを確保するものとする。

【施工方法・条件】

- ・ 再生する覆工は、現場打ち工法を標準とするが、それぞれ $t=30\text{cm}$ 、 $\sigma=18\text{N/mm}^2$ 以上の耐力を必要とする各工法(プレキャストライニング工法、埋設型枠工法、支柱型枠工法)についても適用性を検討し、現地条件に応じた最も適切な工法を選定するものとする。
- ・ 防水シートは、火災時に有毒ガスを発生させる可能性があるため、防水シートを設置したまま規制を解除しないものとする。
- ・ 既設の箱抜き形状は生かした形で覆工再生工を行うものとする。
- ・ 覆工切削時の粉塵対策や汚泥処理等、適切な環境対策を行うものとする。
- ・ 重機の動力等については現段階で固定せず、工事の規模や施工環境等に応じて適切なものを選定するものとする。

(3) 維持管理

- ・ 覆工再生工後は附属物も含め、近接目視で変状の確認、監視ができるものとする。

以下の項目は、詳細設計において別途検討するものとする。

- ・ 巻厚不足対応
- ・ 裏込め注工
- ・ インバート補強工
- ・ 覆工補強工区間
- ・ トンネル附属物の更新検討(内装工、監視員通路、円形水路等)
- ・ 非常駐車帯部、避難連絡坑接続部の施工

1-4 計画

既設トンネルの覆工再生工の計画にあたっては、通行車両や工事の安全性、経済性、環境面等を考慮する。

トンネル部および前後に接続する道路部の施工ヤードも含めて総合的に検討するものとする。

覆工再生工の計画にあたっては、トンネルの付属施設(非常用施設等)および地下埋設物との関連も考慮する必要がある。

1-4-1 計画一般

車両の大型化や交通量の増加および老朽化に伴い、補修する必要があるトンネルに対して、供用下施工による覆工再生工を施工する場合は、トンネル内の交通の安全確保はもちろんのこと、他の大規模修繕工事、トンネルのリニューアルに伴う効率性、経済性、自然環境にも配慮して検討するものとする。

(1) 基本調査

基本調査は、現道交通の把握、施工方法選定の条件を決定するために必要な資料を既存文献や現地調査により収集する調査である。主な調査項目は以下のとおりである。

- ① トンネルの現況
- ② 周辺環境
- ③ 交通量状況
- ④ トンネル周辺の立地・地形・地質
- ⑤ 覆工状況
- ⑥ トンネルの付属施設

(2) 基本方針の検討

基本方針の検討として、覆工再生工を図 1.3 に従って選定し、覆工再生工を適用するスパンを決定したのち、基本方針では、基本調査の結果に基づき、通行規制等による供用下施工か迂回路を確保した全面通行止めによる施工かの方針を決定する。

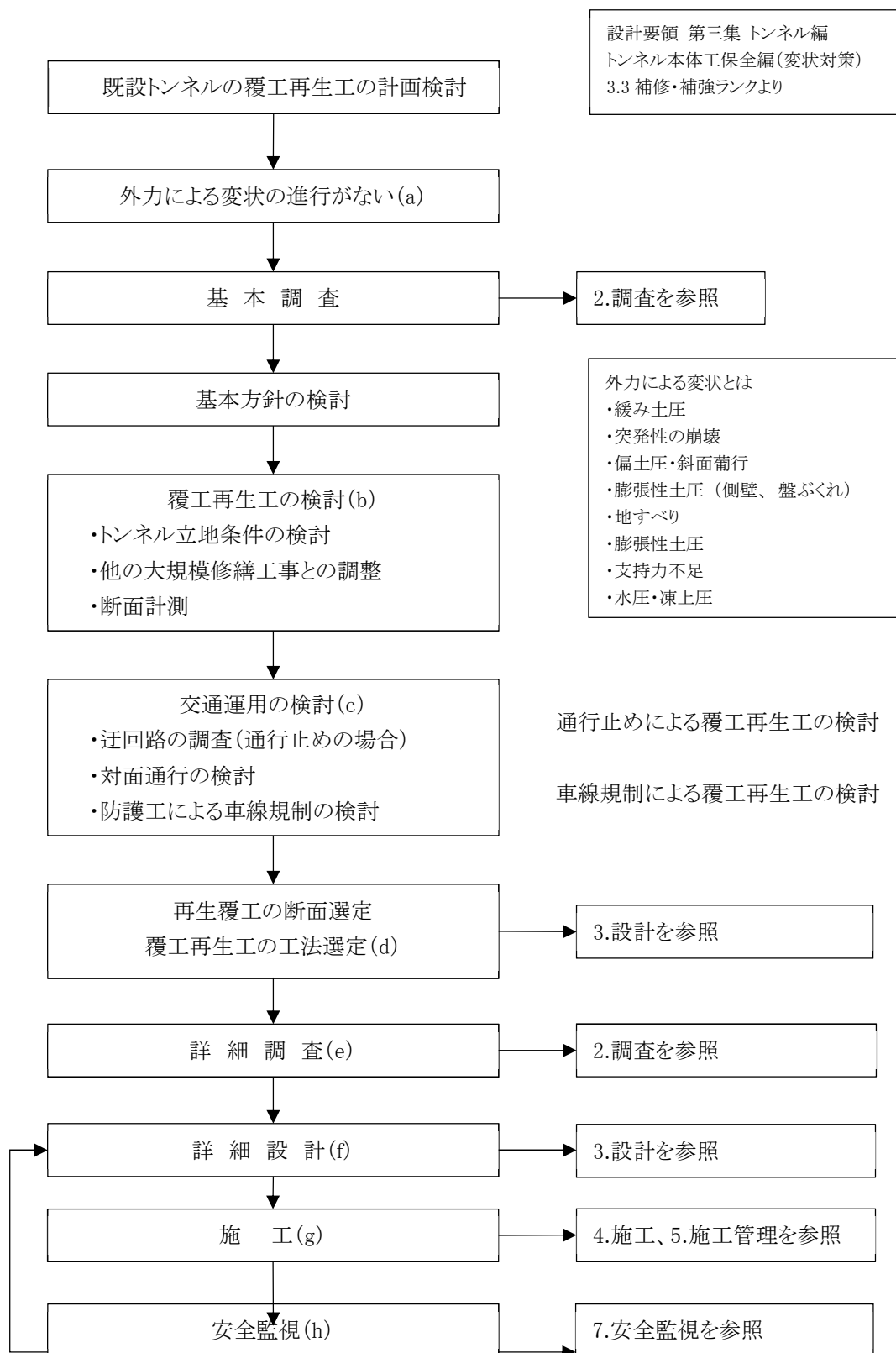


図 1.3 覆工再生工の選定フロー

a) 外力による変状の進行

今回対象となる覆工は、外力による変状の進行がないスパンとする。

外力の影響がわからない変状発生スパンについては外力による覆工の調査を実施して原因を判定するものとする。また、対象となる覆工の前後 1 スパンについては対象スパンと同じ扱いとして覆工再生工の対象とする。

b) 覆工再生工の検討

覆工再生工の検討にあたっては、トンネル工事費、交通規制等の全体の事業費による経済面の評価だけではなく、環境保全やサービスの向上、道路資産価値の向上など総合的な比較検討が必要である。

c) 交通運用の検討

覆工再生工事が実施される場合、新設時と大きく異なる条件として交通の確保がある。交通の確保の方法には、通行規制等をかけて車両を通しながら施工する。供用下施工と迂回路を確保しての対面通行・全面通行規制(IC 間通行止め)による施工があるが、これらの選択は以下に示すようなトンネル立地条件や沿道条件などによって決定する。

- ① 現況の交通サービスをあまり低下させない程度の迂回路の確保が可能か
- ② 交通管理者との協議による交通安全上の確保が可能か

d) 再生覆工の断面選定および覆工再生工の工法選定

既設トンネルの覆工再生工断面は、要求性能に応じて所要の建築限界が確保できる断面を設定する必要がある。断面形状の設定の後、既設トンネルの諸条件および接続する明かりの道路との一体性および連続性が確保できるように平面線形、縦断線形など考慮した上で、工法を選定する必要がある。覆工再生工断面形状の設定および工法選定の一般的な考え方については、3.設計を参照すること。

e) 詳細調査

詳細調査は、選定した覆工再生工法の詳細設計を行うために必要な資料を、地質調査や物理試験等によって収集する調査である。主な調査項目は以下のとおりである。

- ① 施工時の記録に関する調査
- ② 既設トンネル変状調査
- ③ 交通量的に対面通行が可能か
- ④ 地山条件調査
- ⑤ 周辺環境調査

f) 詳細設計

選定した工法に応じて、基本調査および詳細調査の結果に基づき 3.設計に従って、覆工再生工トンネルの先行補強、覆工切削、再生覆工の仕様を決定する。

g) 施工

詳細設計の結果に基づき 4.施工に従って、覆工再生工の施工計画と仮設備計画を行った後施工を行う。

h) 安全監視

4.施工に従って施工された覆工が所定の性能を発揮しているか、また、安全性に問題がないかなどのモニタリングを7.安全監視に従って行い維持管理に反映する。

(3) トンネル附属施設

道路トンネルには、交通の安全を確保するとともに、通行の快適性を向上させることを目的として、換気施設、照明施設、非常用施設等の附属施設やその他に通信等の埋設物が設置されている。これらの道路トンネルの附属施設に関する技術基準として会社が制定している各種設計要領等の基準類の他には次のものがあり、参考にするといよい。

- ① 道路トンネル技術基準(換気編)(昭和60年10月12日都市局長、道路局長通達)
- ② 道路照明施設設置基準(昭和56年3月27日都市局長、道路局長通達)
- ③ 道路トンネル非常用施設設置基準(昭和56年4月21日都市局長、道路局長通達)
- ④ 道路トンネル技術基準(換気編)・同解説(平成13年10月社団法人日本道路協会)
- ⑤ 道路照明施設設置基準・同解説(昭和56年4月社団法人日本道路協会)

これらの施設の種類および規模は、覆工再生工法の選定に重大な影響を与えるため、十分な調査を行う必要がある。また覆工再生工後の附属施設の計画についても併行して行い、両者の相互の関係を把握しておく必要がある。

覆工再生工の計画にあたっては、トンネルの附属施設および地下埋設物について、以下の計画を検討する必要がある。

- ① 工事中における附属施設等の機能維持
- ② 覆工再生工後の附属施設等の移設計画

1-4-2 構造規格

覆工再生工法を施工する際のトンネルの幅員構成、建築限界、線形などの構造規格は、道路構造令の規程によるものとする。

1-4-3 防護工

既設トンネルを供用下施工で覆工再生工をする場合には、交通の安全を確保するための防護工を検討しなければならない。防護工は、採用する覆工再生工法に対して最も適したものとする。

第1章 参考文献

- 1) (社)日本道路協会:「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説」, 平成15年11月
- 2) (社)日本道路協会:「道路トンネル便覧」, 昭和50年1月
- 3) 石村利明, 真下英人, 森本智:「既設トンネルの覆工再生時の挙動計測」, 土木学会第33回岩盤力学に関するシンポジウム, 平成16年1月
- 4) 蒲田浩久, 真下英人, 森本智:「既設トンネル覆工再生時の支保構造ーロックボルトに着目してー」, 土木技術資料44-12,P32-37, 平成14年12月
- 5) 蒲田浩久, 真下英人, 長谷川哲也:「土砂地山におけるロックボルトの効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第11巻, P147-152, 平成13年11月
- 6) 森本智, 真下英人, 蒲田浩久:「打設時期の違いによるロックボルト効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第12巻, P413-418, 平成14年11月
- 7) 蒲田浩久, 真下英人:「既設トンネル覆工再生時の地山変位について」, (社)土木学会第55回年次学術講演会論文集Ⅲ, 平成12年9月
- 8) 日本道路公団技術部:「矢板工法トンネル背面空洞注入工設計・施工指針」, 平成14年10月
- 9) 真下英人, 石村利明:「道路トンネル変状対策工手引き(案)」, 平成15年2月

2. 調査

2-1 調査(全般)

覆工再生工にあたっては、安全で合理的な設計・施工および今後の維持管理の基礎資料を得るため、事前に既設トンネルの状態、周辺環境、トンネル附属施設、関係法令等に関する調査を実施するものとする。

既設トンネルの覆工再生工事のための調査は、既設トンネルの健全度や地山状況など事前に把握し、適切な設計・施工方法の選定や補修工の必要性を判断する目的で行うものである。

既設トンネル建設時の記録や変状調査記録、補修記録などは、トンネル周辺地山の状態把握、施工時の安全性を判定するための基礎的な資料となるため、これらの資料の収集は非常に重要である。

また、施工時の内空状況、交通規制条件やトンネル等級およびトンネル内設備の移設条件などは、施工条件を著しく左右することがあるので、これらの条件をできるだけ明らかにしておく必要がある。

本工法は、外力による変状の進行がないことを基本としているため、外力による変状の進行の有無をひび割れ状況等や計測により確認する必要がある。

表 2.1 に、設計・施工前に調査あるいは確認が必要と考えられる項目を示す。

表 2.1 調査項目および準拠する基準の例

項目	基本調査	準拠する基準類
既設トンネル 構造調査	設計図 工事記録 掘削に伴う地山変化記録 各種試験報告 検査記録(内空断面、出来形調査、内空変位、地表・天端沈下) 覆工の補強・補修記録 漏水防止工の施工記録 路面の変化記録(修繕記録) 気温・降水量の測定記録 詳細点検の点検結果 変状調査記録(点検記録、目視記録、測定記録、記録写真)	・道路トンネル維持管理 便覧 ・中日本高速道路株式 会社調査要領
既設トンネル 施設等調査	施工時記録、非常用施設設置状況、照明施設設置状況、換気施設設置状況、埋設物設置状況	・試験研究所技術資料 第356号
気象調査	気象調査	トンネル変状調査マニ ュアル
環境調査	自然環境調査 社会環境調査 生活環境調査	・中日本高速道路株式 会社設計要領第三集
施工条件調査	施工条件調査(内空断面・建築限界、照明施設等の設置状況)	・道路トンネル技術基準 (構造編)・同解説
外力調査	ひび割れ調査(外力によるひび割れの進行がないか)	
建築限界調査	覆工再生工の切削深さを決定するために、トンネル断面を計測して建築限界と覆工の離れを計測する。	
トンネル覆工構造調査	変状したトンネル構造(覆工、舗装)の厚さ、強度、背面空洞、内部応力状態等を明らかにすることにより、補修・補強ランクの判定や対策工の選定、設計に必要な情報を得ることを主な目的とする。	
鋼アーチ支保工および タイロッドの位置調査	先行補強工施工に必優な鋼アーチ支保工の位置を特定する(タイロッド、つなぎ材)	
関係法令に関する調査	関係法令に関する調査	

参考文献¹⁾を修正

(1) 調査の手順

調査を実施時期とその目的によって大別すると、図 2.1 に示すとおりとなる。覆工再生工のための調査、設計・施工のための調査、施工中の調査の3段階に分類される。

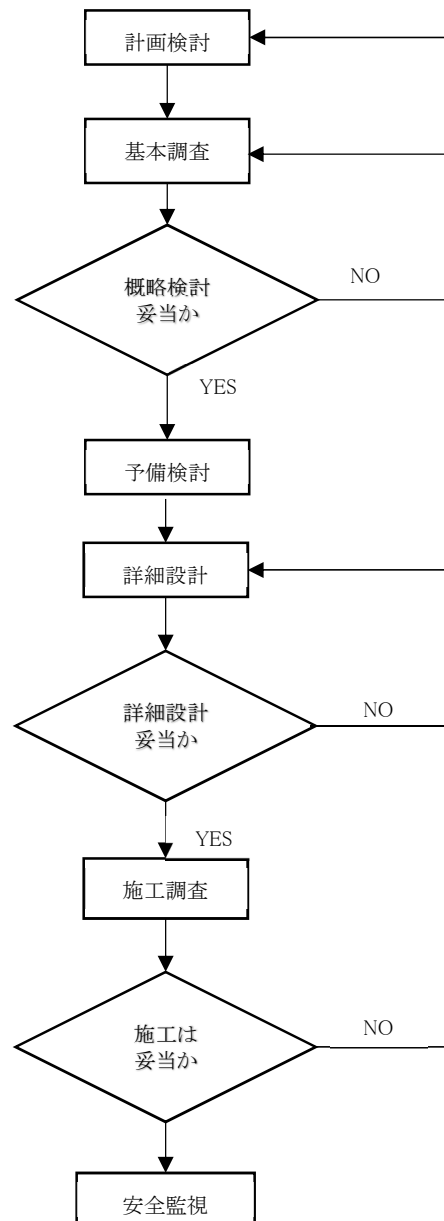


図 2.1 調査の手順 （文献を加筆修正）

概略検討:既設トンネルの覆工再生工を行うか、他の補修工法とするか、トンネル全体の補修計画を選定する。

予備検討:立地条件等調査結果に基づき、トンネルの位置、概略の構造、施工方法、施工計画、工事費などを比較検討する。

詳細設計:予備検討を基にトンネルの詳細な構造、施工方法、施設計画、施工計画、環境保全対策および工事費を検討する。

施工調査:計測により得られる実測値と、解析予測値との差などを見て設計にフィードバックする。

安全監視:施工後の覆工がその性能を発揮し、トンネルの構造的安定性が確保されているかチェックする。

(2) 調査項目および準拠する基準

基本調査、詳細調査における調査項目および準拠する基準を表 2.2 に示す。なお、各調査項目のうち、既設トンネル建設時および維持管理時の既往資料が十分に存在する場合は、追加調査を実施する必要はない。

これらの調査を、覆工再生工の計画・設計および施工計画の段階で必要に応じて実施し、周辺の地形、地山の物理的・力学的性質、地下水の状況、気象、自然環境、社会環境、施工条件、既設トンネル状況等の諸条件についての資料を得る。

調査は、建設の段階によって得ようとする資料の内容・範囲および精度が異なるため、図 2.1 に示すように必要に応じて繰り返し実施する。

既設トンネルを覆工再生工するために必要となる調査項目のうち、新設トンネル計画時の調査項目と共通なものは「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説」に、既設トンネル調査と共通なものは、「道路トンネル維持管理便覧」に準拠するものとする。以下に上記文献に記載のない調査項目について示す。各調査項目は次の点に着目して資料収集、現地踏査、現地調査等を必要に応じて実施する。

a) 立地調査

道路線形、覆工再生工および施工方法等の検討を行うために、坑口周辺の地形、道路構造物等の有無を把握する。

b) 交通状況調査

覆工再生工法、施工方法、施工時の交通規制計画を検討するために、現状の車種別・時間別交通量、交通事故発生状況等の把握を行う。

c) 既設トンネルの施設等調査

一般車両供用下での既設トンネルの覆工再生工は、新設トンネルと異なり、施工中においても現在設置されている施設等の機能を維持することが求められる。したがって、設計図書や各施設の設置状況等の資料等をもとに、既設トンネルに設置されている換気施設、照明施設、非常用設備、埋設物等の状況を把握し、各施工段階における移設計画の検討等を行うための資料とする。

また、施工調査については、以下のような内容の調査が考えられるため、施工状況に応じて実施することが望ましい。

- ① 先行補強したロックボルト等支保の効果
- ② 周辺地山の緩み範囲や挙動
- ③ 未切削部の既設トンネルの挙動
- ④ 切削部のトンネルの挙動
- ⑤ 一般車両の通行状況
- ⑥ 防護工の状況
- ⑦ 一般車両に対する騒音・粉塵状況

表 2.2 (a) 調査項目および準拠する基準（地形図、立地調査、地形調査）

項 目	基本調査		詳細調査	準拠する基準
	既存資料	既存資料が無い場合の追加調査		
立地調査	土地利用図	(土地利用状況調査)	土地利用図	
交通状況調査	交通量調査結果 交通事故調査結果		・(交通量調査結果) ・(交通事故調査結果)	
地形・地質調査	施工時の記録 地表地質踏査結果 物理探査結果 ボーリング調査結果	現地踏査	・(施工時の記録) ・(地表地質踏査結果) ・(物理探査結果) ・(ボーリング調査結果)	道路トンネル技術基準(構造編)・同解説

表 2.2 (b) 調査項目および準拠する基準
(既設トンネルの施設等調査、気象、環境、施工条件、関係法令調査)

項 目	基本調査		詳細調査	準拠する基準
	既存資料	既存資料が無い場合の追加調査		
既設トンネルの施設等調査	施工時の調査 非常用施設設置状況 照明施設設置調査 換気施設設置調査 埋設物設置調査		・(施工時の調査) ・(非常用施設設置状況) ・(照明施設設置調査) ・(換気施設設置調査) ・(埋設物設置調査)	
気象調査	気象調査			道路トンネル技術基準(構造編)・同解説
環境調査	自然環境調査 社会環境調査 生活環境調査		・(自然環境調査) ・(社会環境調査) ・(生活環境調査)	
施工条件調査	施工条件調査	・施工条件調査	・施工条件調査	
関係法令に関する調査	関係法令に関する調査	・関係法令に関する調査	・(関係法令に関する調査)	

表 2.2 (c) 調査項目および準拠する基準（既設トンネル構造調査）

項目	基本調査			詳細調査	準拠する基準
	既存資料		標準調査 A		
既設トンネル構造調査	建設時および供用後の対策等	設計図			
		工事記録			
		掘削に伴う地山変化記録			
		各種試験結果			
		計測	・(目視によるひび割れ調査) ・(ひび割れ簡易調査) ・(簡易覆工強度調査)	・(簡易ボーリング調査) ・(覆工強度調査) ・(簡易トンネル断面調査)	・(地下レーダー探査) ・(ボアホールスキャナ調査) ・(コンクリートコアの圧縮試験) ・(コンクリートコアの中性化試験) ・(地山資料試験) ・(漏水水質調査) ・(ボーリング調査) ・(地山挙動調査) ・(トンネル内外の気温調査)
		内空断面			
		出来形調書			
		内空変位			
		路面隆起・沈下			
		覆工の補強・補修記録			
		漏水防止工の施工記録			
		路面の変状記録(補修記録)			
		気温・降水量の測定記録			
		明り部の災害歴の記録			
	詳細点検	点検記録			
		目視記録			
		測定記録			
		記録写真			

(3) ひび割れ調査

点検で得られた情報、資料を用いてひび割れ状況を把握し、通行車両の安全確保、構造物としての安全性、覆工再生工法に及ぼす影響、先行補修工の可否を「設計要領 第三集トンネル編トンネル本体工保全編(変状対策)」等を参考として検討するものとする。

(4) 建築限界調査

覆工再生工事を行う場合には、トンネル断面の計測を実施し、建築限界との離隔を調査する必要がある。この調査は、レーザーで測定し、各覆工断面で取りまとめるものとする。

(5) トンネル覆工構造調査

トンネル構造の調査は、変状したトンネル構造(覆工、舗装)の厚さ、背面空洞、内部応力状態等を明らかにすることにより、補修・補強ランクの判定や対策工の選定、設計に必要な情報を得ることを主な目的とする。表 2.3 にトンネル構造調査の調査内容、方法の例を示すが、最新技術の動向を踏まえて調査方法を選択する必要がある。

表 2.3 トンネル覆工構造調査の調査内容・方法

調査項目	調査対象物	着目点	調査内容	調査方法	備考
トンネル構造調査	覆工	構造厚、材質	覆工の厚さ(状態)	コア抜き(ボーリング)、超音波法、電磁波法、打撃・打診法	ボーリングを行うことにより、特定された点での情報であるが、最も正確な情報が得られる。事前に位置、深さ等について十分検討し併用する調査方法を決定する。
			支保部材の材質、間隔	(矢板、鋼板、吹付コンクリート、H型鋼等)	
		ひずみ(覆工応力)	覆工表面ひずみ量	ひずみゲージ	
		強度	覆工の圧縮強度	コア圧縮強度試験 ジュミットハンマー反発法	
	舗装面	構造厚、材質	舗装版の厚さ(状態)	コア抜き(ボーリング)はつり出し	
			路盤部の厚さ(状態)	コア抜き(ボーリング)はつり出し	
			インバートの厚さ(状態)	ボーリング	

(6) 鋼アーチ支保工の位置調査

鋼アーチ支保工の位置調査とは、先行補強工の施工に必要な鋼アーチ支保工(タイロッド等)の設置間隔について電磁波レーダー等を用いて確認するものとする。

第2章 参考文献

- 1) (社)日本道路協会:「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説」, 平成15年11月
- 2) (社)日本道路協会:「道路トンネル便覧」, 平成27年7月
- 3) 石村利明, 真下英人, 森本智:「既設トンネルの覆工再生時の挙動計測」, 土木学会第33回岩盤力学に関するシンポジウム, 平成16年1月
- 4) 蒲田浩久, 真下英人, 森本智:「既設トンネル覆工再生時の支保構造ーロックボルトに着目してー」, 土木技術資料44-12, P32-37, 平成14年12月
- 5) 蒲田浩久, 真下英人, 長谷川哲也:「土砂地山におけるロックボルトの効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第11巻, P147-152, 平成13年11月
- 6) 森本智, 真下英人, 蒲田浩久:「打設時期の違いによるロックボルト効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第12巻, P413-418, 平成14年11月
- 7) 蒲田浩久, 真下英人:「既設トンネル覆工再生時の地山変位について」, (社)土木学会第55回年次学術講演会論文集Ⅲ, 平成12年9月
- 8) 中日本高速道路株式会社:「矢板工法トンネルの背面空洞注工設計・施工要領」, 平成18年10月
- 9) 真下英人, 石村利明:「道路トンネル変状対策工手引き(案)」, 平成15年2月

3. 設計

3-1 設計一般

既設トンネルの覆工再生工の設計は、長期的なトンネルの安定性、通行車両や工事中の安全性および経済性を考慮する。

(1) 覆工再生工の設計方針

既設トンネルの覆工再生工は、既設トンネル覆工コンクリートからの漏水が多い場合など、繊維シート接着工等によるトンネル補修対策では、将来的に劣化の恐れがある場合に適用される。覆工再生工における設計は、建築限界の支障、再生覆工の長期的な安定性、施工中における利用者や工事従事者の安全性、ライフサイクルコストを考慮した経済性などを考慮して実施する必要がある。

本手引き(案)における再生覆工は、巻厚 20cm 程度の現場打ちの繊維入り無筋コンクリートを基本としており、施工にあたり既設トンネルの内空断面に支障が発生する場合には、既設覆工コンクリートの切削が必要となる。既設覆工コンクリートの切削時の挙動は、既設覆工の天端に緩みが発生している場合や、トンネル周辺の地山に応力再配分が発生していることなどによるトンネルの健全度や地山条件により異なることが想定される。

再生覆工の設計における基本的な考え方としては、以下に示す 3 パターンが考えられる。

- ① 既設覆工コンクリートを切削したときに、当初設計耐力からの不足分を再生覆工で負担する。
- ② 既設覆工コンクリートの当初設計耐力と同等の耐力を再生覆工が負担する。
- ③ 既設覆工コンクリートは先行補強により安定するため、山岳トンネル工法(NATM)の覆工コンクリートと同等な機能を有する構造とする。

上記のうち、①は非常に理想的な状態での考え方となるが、施工当時の技術レベルや地山状態を完全に把握することは困難な状態であることから、危険側の判断となる恐れがあることおよび防水シート等の施工が必要なことから、既設覆工コンクリートと再生覆工の一体性が確保できないと考えられる。②は既設覆工コンクリートを評価していないため、再生覆工が負担する荷重が非常に大きくなり、過度に安全側の評価になると考えられる。以上により、ロックボルトによる先行補強を実施することにより、既設覆工コンクリート切削後のトンネルの構造安定性が確保されることを前提とし、③の山岳トンネル工法(NATM)の覆工コンクリートと同等な機能を有する構造とする。これにより既設覆工も評価することができ、なおかつ現在の標準工法である山岳トンネル工法(NATM)の考え方も取り入れられるため、安定性、経済性を確保することができると考えられる。なお、山岳トンネル工法(NATM)の覆工コンクリートと同等な機能を有する構造とすることから、再生覆工は設計基準強度 18N/mm^2 、巻厚 30cm と同等の耐力を保有することを基本として設計することとする。なお、既設覆工の設計巻厚やコンクリート強度が当初設計に満たない場合や外力による変状で、進行性が認められる場合には、別途検討を行うものとする。

(2) 施工中の安全性

本手引き(案)における覆工再生工の施工は、通行車両の安全を確保するための防護工等の設置を前提としている。そのため、限られた空間内での作業となり、工期や安全性、経済性の増加などの施工上の制約条件によって様々な影響を受けることが想定される。なお、防護工等を設置しない場合については、別途検討が必要である。

(3) 覆工再生工の設計の流れ

覆工再生工は、覆工切削時のトンネル安定性の確認、再生覆工の耐力照査を行い、作業の安全性やトンネルの安定性を確認するため、覆工再生工の施工前に構造計算を行うものとする。

本手引き(案)では、一般的な設計条件を設定した解析例を示し、覆工再生工設計時の参考とする。

なお、基本要素決定後、調査、設計および現場における観察、計測結果が当初の設計条件に適合しない場合、工事の安全性および経済性を確保するために、必要に応じて再生覆工の構造、地山等級などの設計条件を見直すことが重要である。

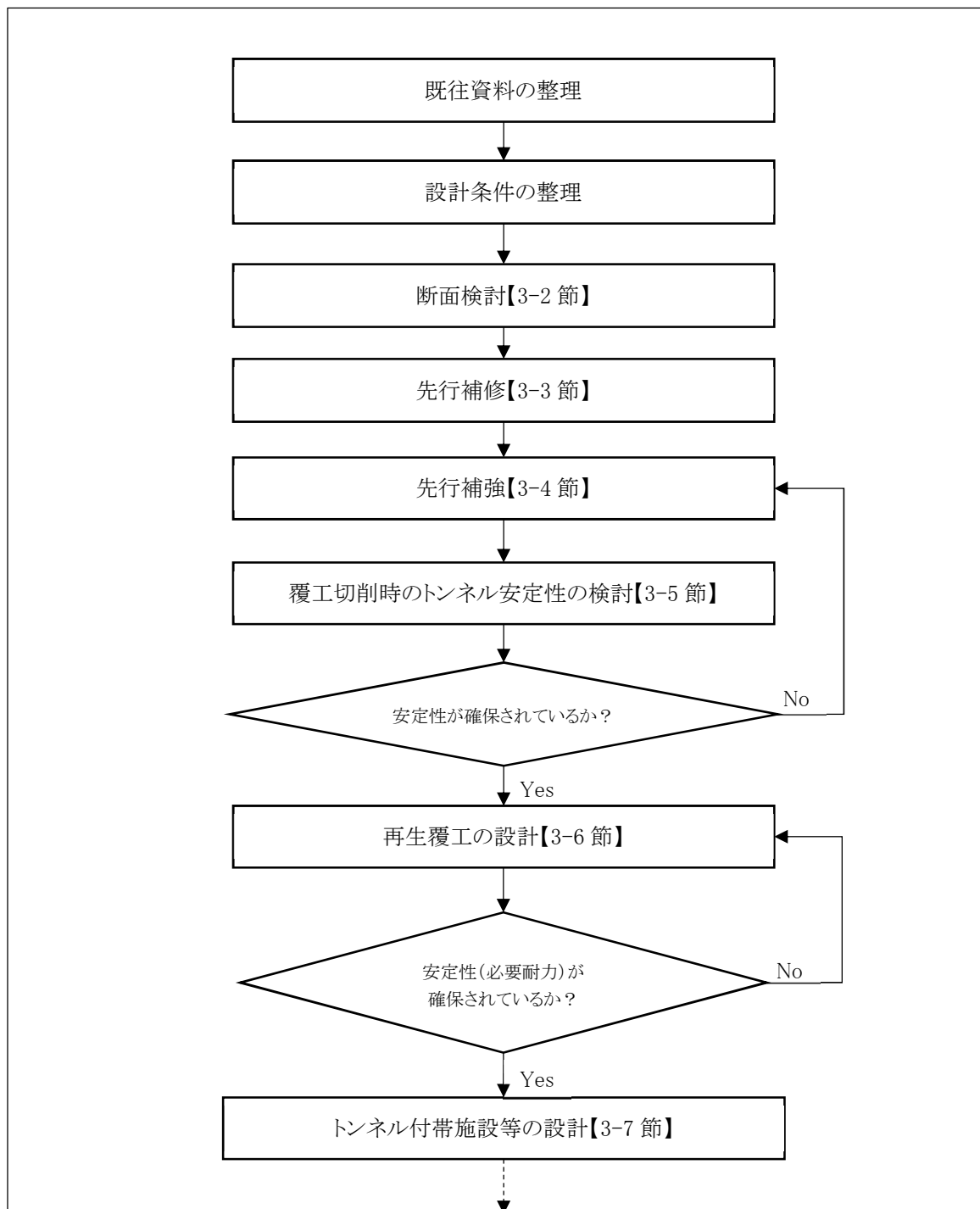


図 3.1 覆工再生工設計フロー

3-2 断面検討

覆工再生工の断面は、既設トンネル覆工および再生覆工の構造安定性と建築限界余裕、施工余裕を考慮し決定する。

本手引き(案)で取り扱う覆工再生工法では、既設覆工の切削後や再生覆工の構造安定性、道路規格による建築限界から決定される内空断面、掘削機等の施工機械が効率的に稼動するために必要な空間の確保を条件に決定する。

そのため、覆工再生工トンネルの構造規格については、建築限界を条件とした内空断面と施工効率を考慮した内空断面との比較によって決定しなければならない。

覆工再生工の断面設定にあたり、標準的な手順を以下に示す。現場状況および施工技術的に以下に適合しない場合は、標準的な手順を準用し、適切に設定することが望ましい。

なお、トンネル天端付近は、建築限界に余裕があることから、覆工切削を実施しなくてもよい場合があることが考えられる。また、既設覆工コンクリートと建築限界に余裕がある場合は、覆工切削を極力少なくなることも考慮して断面を決定することが望ましい。なお、断面決定にあたっては、施工余裕として±5cm 考慮することを基本とする。

なお、本手引き(案)の参考資料(設計・解析の関連資料)では、施工時の安全性を考えトンネル全周を20cm 切削するケースでの検討を実施した。

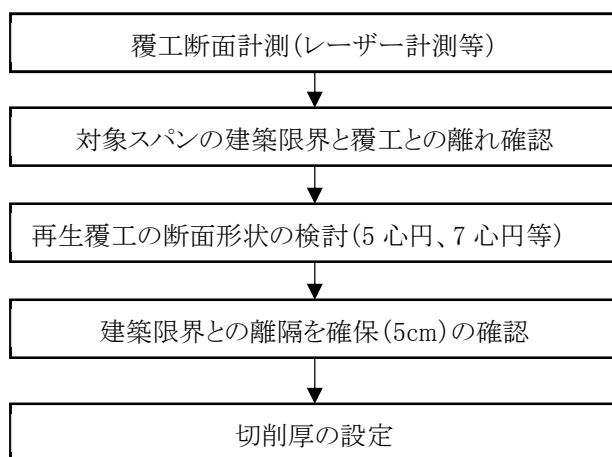


図 3.2 設計断面決定フロー

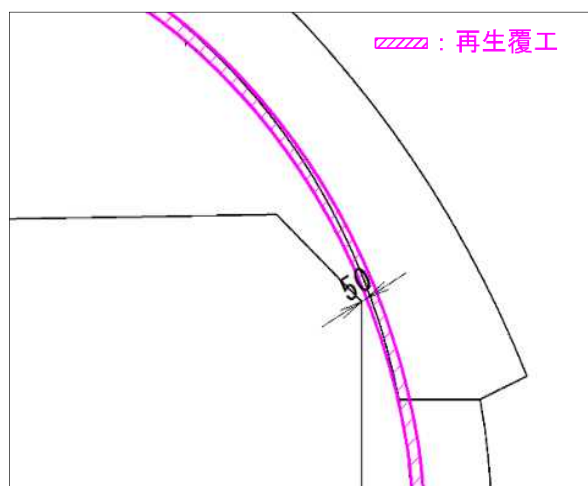
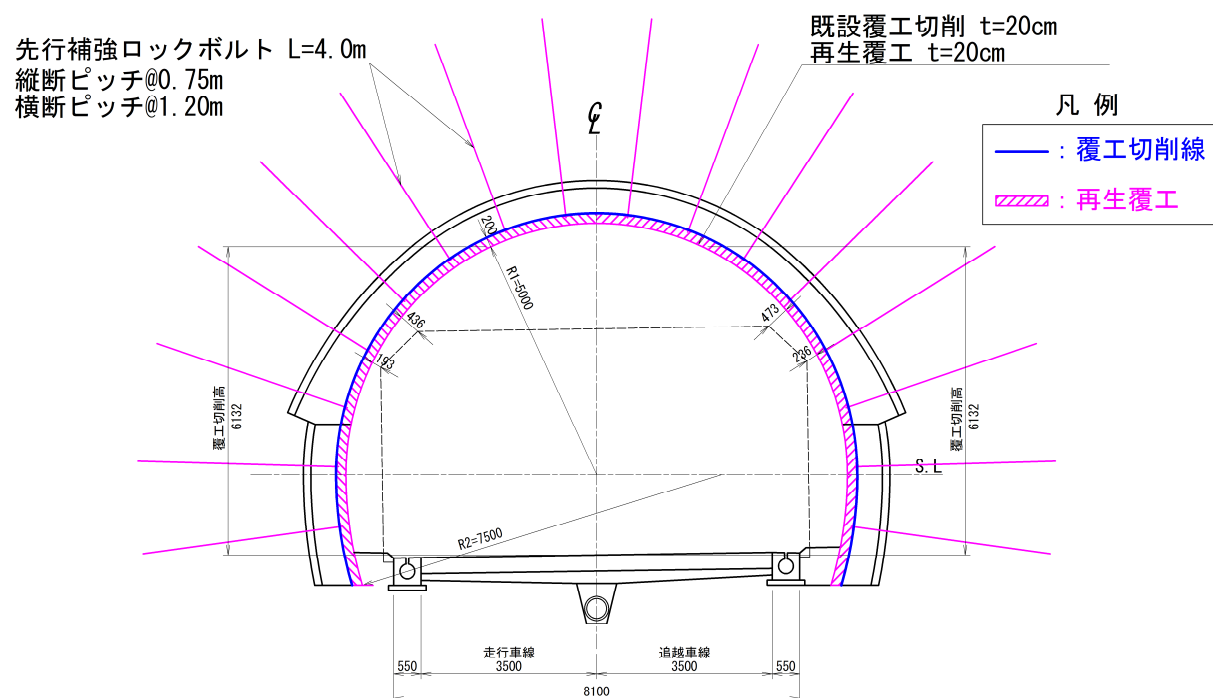
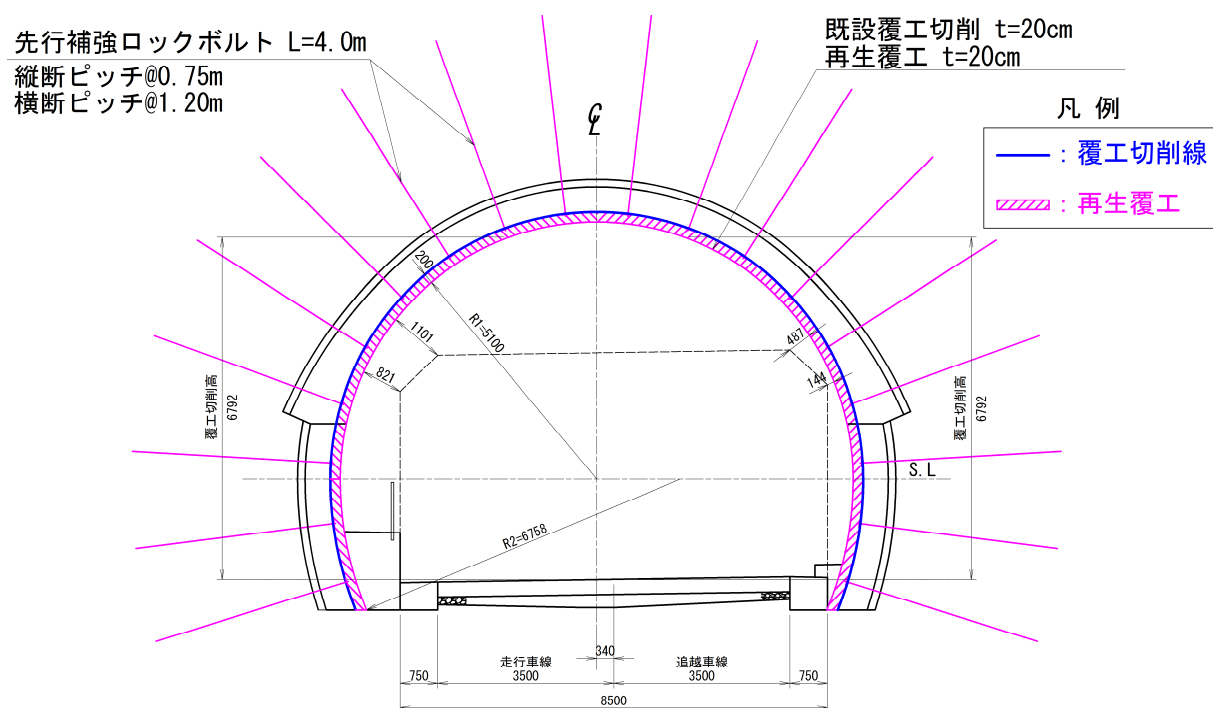


図 3.3 建築限界と再生覆工の離隔例

参考として、D 級地山における標準断面図例を下図に示す。



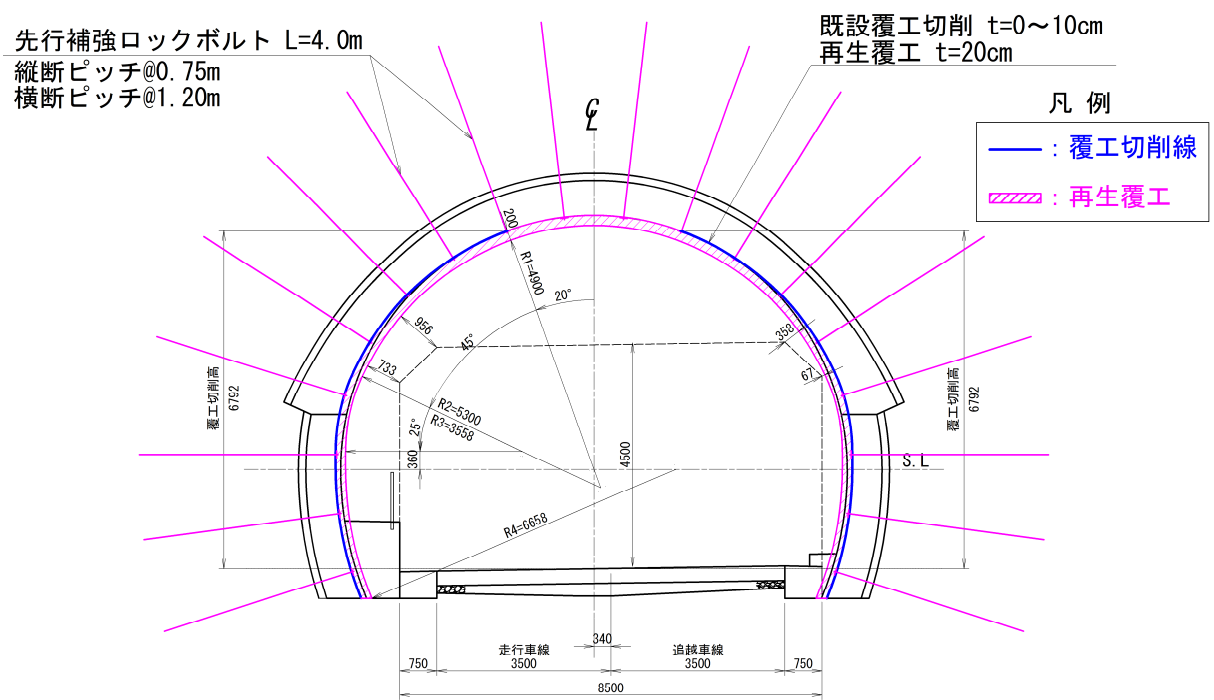


図 3.6 標準断面図（監視員通路あり断面）：部分切削例

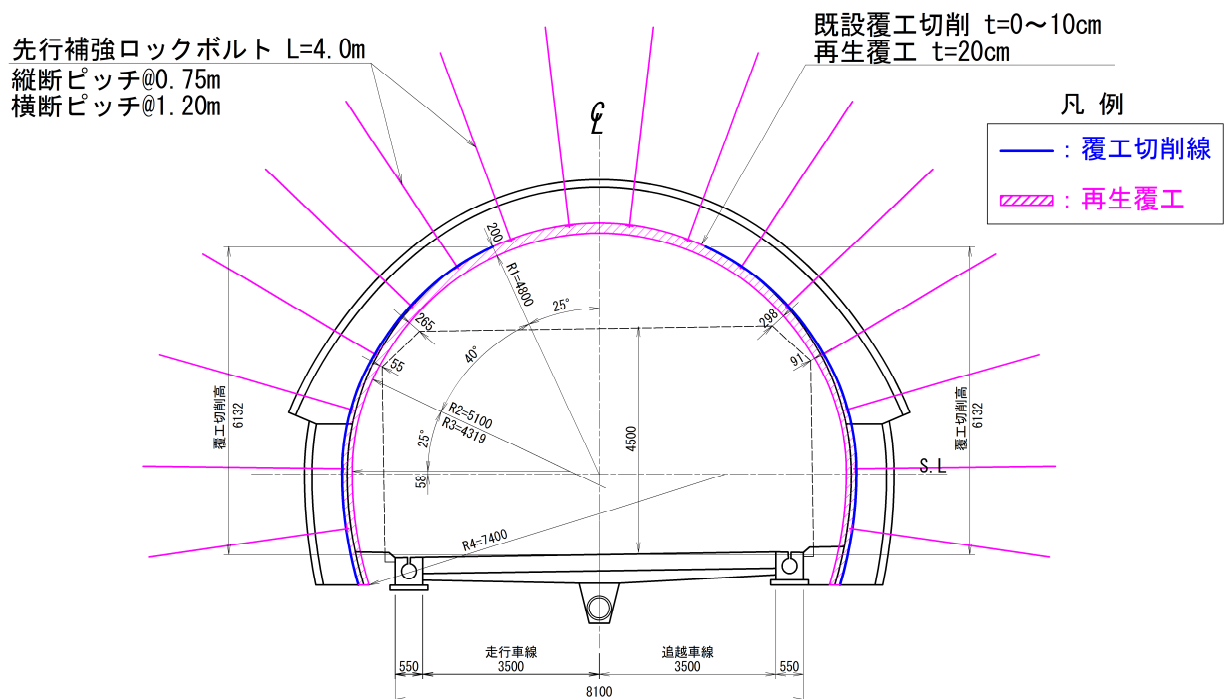


図 3.7 標準断面図（監視員通路なし断面）：部分切削例

3-3 先行補修工

先行補修工は、覆工再生工と隣接する覆工の長期的な安全性を考慮し、補修を実施するものとする。
また、はく落する恐れのある横断目地、水平目地、コールドジョイント、ジャンカ箇所等は、必要に応じて、はく落対策を実施するものとする。

(1) ひび割れ補修

ひび割れ補修の施工は「コンクリートのひび割れ調査、補修指針-2013-付:ひび割れの調査と補修・補強事例」(公)日本コンクリート工学会に準じて設計するものとする。

(2) はく落対策

はく落対策の施工は、「トンネル施工管理要領(トンネル本体工)覆工のはく落対策」中日本高速道路株式会社(平成27年7月)に準じて設計を行うものとする。

3-4 先行補強工

覆工再生工の長期安定性の確保、施工中の安全確保および作業効率の向上を目的に、既設トンネル覆工に対して先行補強を行うものとする。先行補強はロックボルトによる補強を原則とする。

本手引き(案)では、覆工再生工の長期的な安定性の確保、施工中の安全の確保、作業効率の向上を目的とし、ロックボルトを先行補強として実施することを原則とする。そのため、覆工切削後もロックボルトの作用効果を発揮できるよう、座掘り(ロックボルトを覆工内に設置するために事前に切削厚+5cmの深さで行う径20cmの先行削孔をいう。図3.8参照)を前提としている。また、既設覆工に多くのひび割れが発生している場合は、その覆工の状況に応じたロックボルト打設や、はく落防止対策等の先行補修対策についても検討する必要がある。

(1) ロックボルトの形式

ロックボルトの形式については、片側車線規制下での施工を前提とするため、湧水等の影響を考慮して摩擦式鋼管膨張ボルトを標準とする。ただし、通行止めでの施工においては定着式ボルトの使用などについて検討するものとする。また、地山条件によっては自穿孔型ロックボルト等の使用についても検討するものとする。

なお、既設トンネルの施工空間が狭くロックボルト打設時に通行車両の通行に支障が出る恐れがある場合は、ロックボルトを斜めに打設することや継ぎボルト等についても考慮する必要がある。覆工背面には矢板および緩んだ地山が存在することが想定され、ロックボルトの穿孔作業に時間を要する可能性があるため、条件に適合した穿孔機の選定およびロックボルト形式の採用についても考慮する必要がある。

(2) ロックボルトの配置と長さ

先行補強工のロックボルトは、覆工再生工の施工に先立って、既設覆工の構造体としての補強および作業の安全性確保としての覆工のはく落等の防止という両面から行うものであり、適切な間隔で打設する。打設間隔は、覆工再生工を行う地山等級に合わせて、トンネル延長方向の設置間隔は、既設矢板工法の一掘進長、横断方向の設置間隔は、山岳トンネル工法(NATM)での周方向間隔とする。NATM の打設間隔は「設計要領 第三集 トンネル トンネル本体工建設編 令和 2 年 7 月」を参考とする。なお、既設の内空断面形状により全周の切削が必要でない場合や既設矢板工法の掘削長が 1m 未満でロックボルト打設に伴う削孔により、既設覆工の耐力低下が問題となるような場合は、先行補強範囲およびロックボルト打設配置等を決定するにあたって、既設覆工切削時の安定性やロックボルトの効果を数値解析等で確認することが必要である。

斜めにロックボルトを打設する場合には、十分な効果が得られるボルト長、打設角度についても検討するものとする。

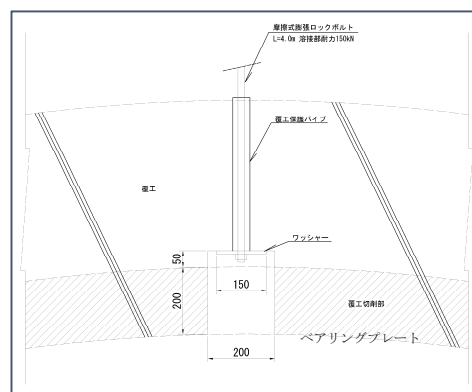


図 3.8 先行補強に使用するロックボルト施工標準図

3-5 既設覆工の安定性評価

覆工切削における、切削後の既設覆工コンクリートの安定性・安全性の確認を行うことにより、覆工再生工で施工された覆工の長期的な安定性を考慮し、切削範囲、切削厚さを決定する。

(1) 概要

覆工再生工にあたって、必要な内空断面を確保するために既設覆工を切削する場合は、数値解析等により、その安定性、安全性の確認を行うものとする。

(2) 解析の流れ

覆工切削時の既設覆工の安定性評価および覆工切削範囲や切削厚を設定するための標準的な解析の流れを以下に示す。

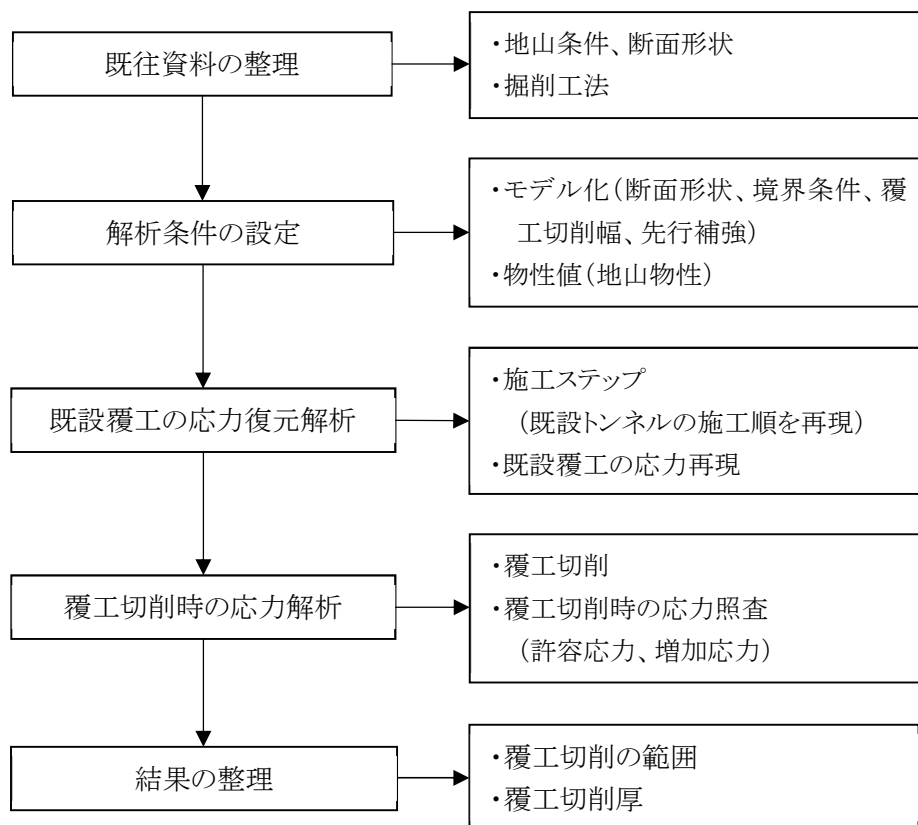


図 3.9 覆工切削の解析の流れ

(3) 既往資料の整理

既往資料整理は、対象となるトンネル建設時の履歴、構造、周辺環境や地山条件等の覆工切削時の応力解析等に必要な情報を得ることを目的に行うものとする。

(4) 解析条件の設定

解析条件として、領域条件、境界条件、地山条件、断面条件、掘削工法、覆工切削厚を整理する。

a) 解析手法

既設覆工の切削時の安定性や覆工切削範囲は、解析で設計するものとする。

解析的手法としては、有限差分法 (FDM) や有限要素法 (FEM) などがある。本手引き(案)の参考資料では、非線形モデルの設定やモデル作成の使いやすさから、三次元有限差分法 (FDM) で検討を実施している。

b) 解析領域

解析領域は、境界の影響が掘削領域近傍に及ばないように設定する。

解析領域のモデル図例を下記に示す。

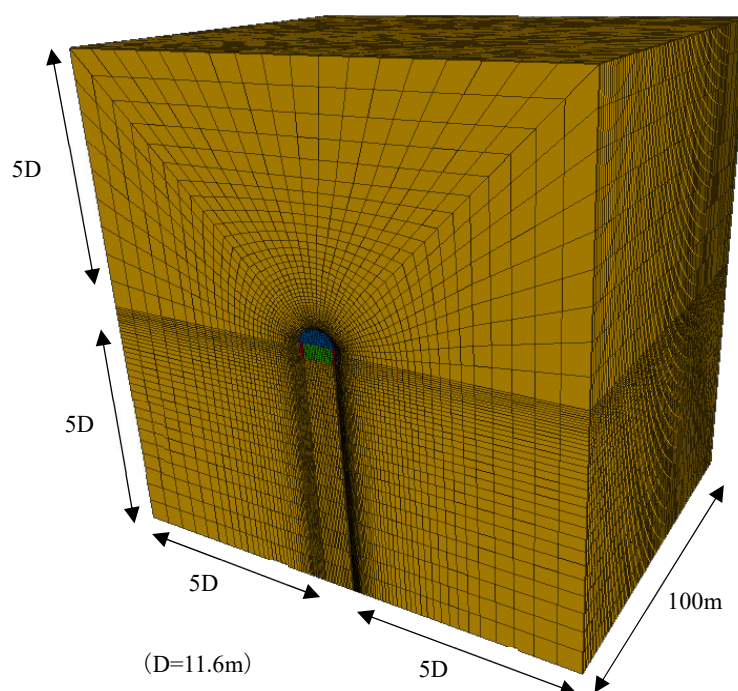


図 3.10 解析領域図例

c) 境界条件

解析領域端部の境界条件(拘束条件)は、一般的に下図に示すように設定する。境界条件は解析結果に大きく影響するため、これ以外の境界条件を設定する場合には、それが実際の現象に当てはめて適切であるかどうか慎重に判断する必要がある。

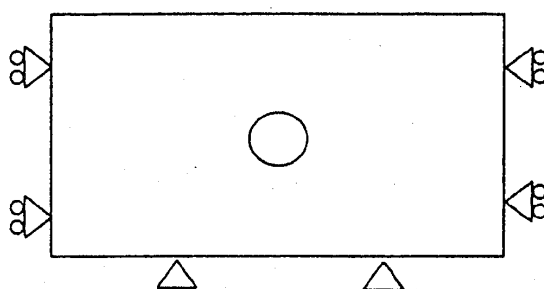


図 3.11 一般的な境界条件の設定例

d) 地山物性および支保の設定

地山物性の設定は、地山等級に応じた一般値を用いる方法、各種試験から求める方法、施工データに基づいて求める方法などがある。このうち、地山等級に応じた一般値を用いる方法の場合は、下表を参考とする。地山物性値を各種試験から求める方法があるが、試験値は点での情報であり、供用線下での工事であることから、基本的には下記一般値を用いることとするが、各種試験値が一般値より小さい場合は試験値を用い、一般値より大きい場合は一般値を用いることを基本とする。ただし、一般値を用いることが明らかに適切でない（一般値が小さすぎる）と考えられる場合は慎重に検討し試験値を用いるものとする。

表 3.1 地山物性値の一般値

断面	地山区分	変形係数	fdest	初期ポアソン比	破壊後ポアソン比	弾性限界パラメータ	非線形指数	粘着力	内部摩擦角	引張強度	単位重量
		D	f_{dest}	ν_0	ν_{dest}	k	a	c	ϕ	σ_t	γ_t
		N/mm ²						N/mm ²	deg	N/mm ²	kN/mm ³
B	G ₂	5,000 (2,000～10,000)	0.01	0.25	0.48	6.0	3.0	4.0	50	0.80	25.0
C I	G ₃	2,000 (1,000～5,000)	0.01	0.30	0.48	6.0	3.0	2.0	45	0.40	24.0
C II	G ₄	1,000 (500～5,000)	0.01	0.30	0.48	6.0	3.0	1.0	40	0.20	23.0
D I	G ₅	500 (200～2,000)	0.01	0.35	0.48	4.0	2.0	0.4	35	0.08	22.0
D II	G ₆	150 (50～500)	0.01	0.35	0.48	4.0	2.0	0.2	30	0.04	21.0

*fdest については解析手法上異なる値を利用する場合を許容している。

出典：中日本高速道路(株)「トンネル数値解析マニュアル 平成 30 年 2 月」

e) 覆工コンクリート

既設覆工コンクリートは、無筋コンクリートであり、現地試験（圧縮強度試験等）で確認されたコンクリート強度が大きい値であっても、設計は $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ として計算することを標準とする。

表 3.2 既設覆工コンクリートの物性値

項目		物性値
設計基準強度 ¹⁾	σ_{ck}	18 N/mm ²
単位体積重量 ²⁾	γ	23kN/m ³
弾性係数 ²⁾	E_c	22,000 N/mm ²
ポアソン比 ²⁾	ν	0.2

出典：1) 土木学会 2016 年制定 トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説 P107

2) 日本道路公団 試験研究所 トンネル数値解析マニュアル(H10.10) P3-32 に基づき設定

f) 支保工

鋼製支保工の物性値は、下表を参考とする。なお、弾性係数は $210,000\text{N/mm}^2$ とする。

表 3.3 鋼アーチ支保工に使用される部材

種別	寸法 [mm]	断面積 [cm ²]	単位質量 [kg/m]	断面二次モーメント		断面係数		降伏軸力 [kN]	強軸方向降伏曲げモーメント [kN・m]
				I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	Z _x [cm ³]	Z _y [cm ³]		
従来鋼	NH-100×100×6×8	21.59	16.9	378	134	75.6	26.7	529	19
	NH-125×125×6.5×9	30.00	23.6	839	293	134	46.9	735	33
	NH-150×150×7×10	39.65	31.1	1,620	563	216	75.1	971	53
	NH-175×175×7.5×11	51.43	40.4	2,900	984	331	112	1,260	81
	NH-200×200×8×12	63.63	49.9	4,720	1,600	472	160	1,556	116
	NH-250×250×9×14	91.43	71.8	10,700	3,650	860	292	2,240	211

出典：(株)高速道路総合研究所 技術資料「トンネル数値解析マニュアル(2017年度版)」

g) ロックボルト

先行補強のロックボルトは、施工の確実性を考慮して鋼管膨張ボルトを標準とする。ロックボルト材料の物性は下表のとおりとする。

なお、ロックボルト材料は、ねじり棒鋼ロックボルト、自穿孔ボルトモルタル、ウレタン後注入、鋼管膨張ボルトがあるが、施工性と湧水が多いことが想定されることから、本手引き(案)では鋼管膨張ボルトを標準とする。なお、削孔が自立しないほど地質不良の場合は、自穿孔ボルトが必要となる可能性等を必要に応じて検討するものとする。

表 3.4 ロックボルトの物性値

項目		物性値
単位体積重量 ¹⁾	γ	77kN/m ³
弾性係数 ¹⁾	E ₀	210,000 N/mm ²

出典：1) 日本道路公団 試験研究所 トンネル数値解析マニュアル(H10.10) P3-32 に基づき設定

(5) 既設覆工の応力復元解析

対象トンネルの建設当時の施工手順を再現し、既設覆工の応力を求める。

本手引き(案)の参考資料では、下記に示す上部半断面先進掘削方式の加背割を再現し検討を実施している。

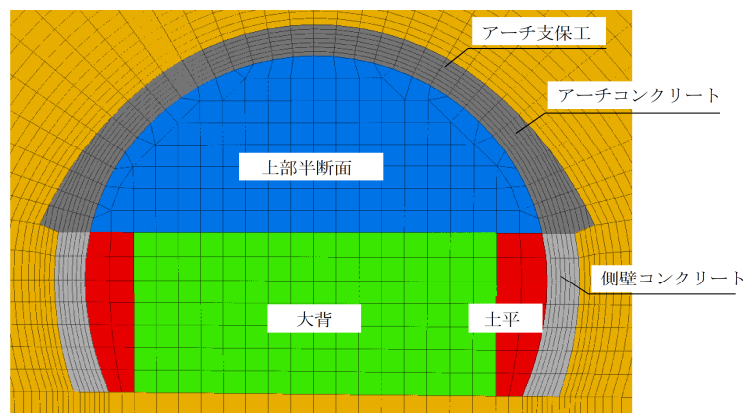


図 3.12 トンネル施工の加背割図例

(6) 覆工切削時の応力解析

再現した既設覆工応力に対して、覆工切削時の既設覆工の安定性や覆工切削可能範囲を求める。

a) 解析条件

- ・覆工切削の切削長は、既設トンネルの鋼アーチ支保工建込間隔に合わせるものとする。
- ・覆工切削に先行して、先行補強ロックボルトをモデル化する。
- ・覆工切削厚や範囲を設定する。

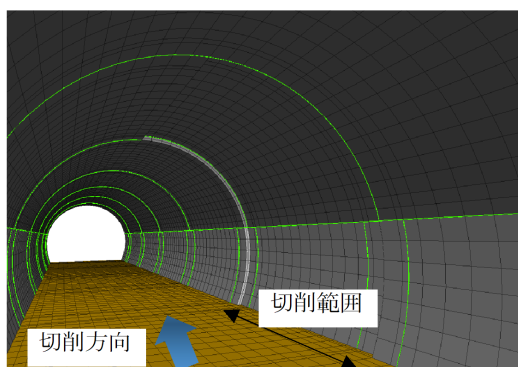


図 3.13 覆工切削解析図例

b) 応力照査

再現した既設覆工応力を基本として、覆工切削による既設覆工増加応力が許容値以下であることを確認することを基本とする。なお、覆工増加応力の許容値の目安は、「設計要領 第三集 トンネル 保全編 トンネル近接施工」を参考とする。また、合わせて覆工切削時の既設覆工応力については、許容応力度に對し許容値以下であることも確認するものとする。

表 3.5 覆工増加応力の許容値（目安）

表 2-4.1 点検結果の判定区分	
判定区分	一般的な状況
AA	損傷・変状が著しく、機能面からみて速やかに補修が必要である場合。
A	損傷・変状があり、機能低下がみられ補修が必要であるが、速やかに補修を要しない場合。
B	損傷・変状はあるが、機能低下がみられず、損傷の進行状態を継続的に観察する必要がある場合。
OK	損傷・変状はないか、もしくは軽微な場合。

注) 上表の補修とは、変状対策のための総合的な対策工のことをいう。

覆工増加応力に対する許容値の目安は、設計基準強度 σ_{ck} に対する比率を目安として表 3-1.4 に示すが、判断にあたっては既設トンネルの健全度や路線の特性、近接工事の状況等を十分に考慮するものとする。

表 3-1.4 覆工増加応力の許容値の目安		
既設トンネル覆工の健全度判定区分	増加圧縮応力 (N/mm ²)	増加引張応力 (N/mm ²)
B, OK	$0.3 \sigma_{ck}$	$0.06 \sigma_{ck}$
A	$0.2 \sigma_{ck}$	$0.04 \sigma_{ck}$
AA	$0.1 \sigma_{ck}$	$0.02 \sigma_{ck}$

出典：設計要領 第三集 トンネル 保全編 トンネル近接施工

(7) 結果の整理

覆工切削時の応力照査を行い、既設覆工の覆工切削が可能な範囲や覆工切削厚を整理する。なお、覆工切削範囲等に応じて、防護工の設置範囲や施工手順等の参考とする。

3-6 再生覆工の設計

再生覆工はその目的、作用荷重に対して必要な強度を有するとともに、耐久性のある材料で合理的な構造とする。

再生覆工の目地は、覆工打設後の収縮ひび割れを考慮し、既設覆工の横断方向目地に合わせるものとする。

再生覆工の基本的な構造およびコンクリートの強度については、設計で決められた構造および強度とする。

再生覆工は、現在の技術で防水シートの施工が可能な現場打ちによる無筋コンクリートを標準とする。

(1) 再生覆工詳細設計

既設トンネルの覆工再生工における支保構造は、既設トンネル固有の特徴を十分考慮するとともに、施工性も考慮して検討するものとする。

覆工再生工は、矢板工法で施工されたひび割れや漏水などが発生している覆工のリニューアルを行うものであり、再生覆工(新設の内巻工)に作用する荷重を考慮した設計とする必要がある。

a) 解析の流れ

再生覆工の仕様は、骨組構造解析を用いて下記の流れで設計計算することを基本とする。

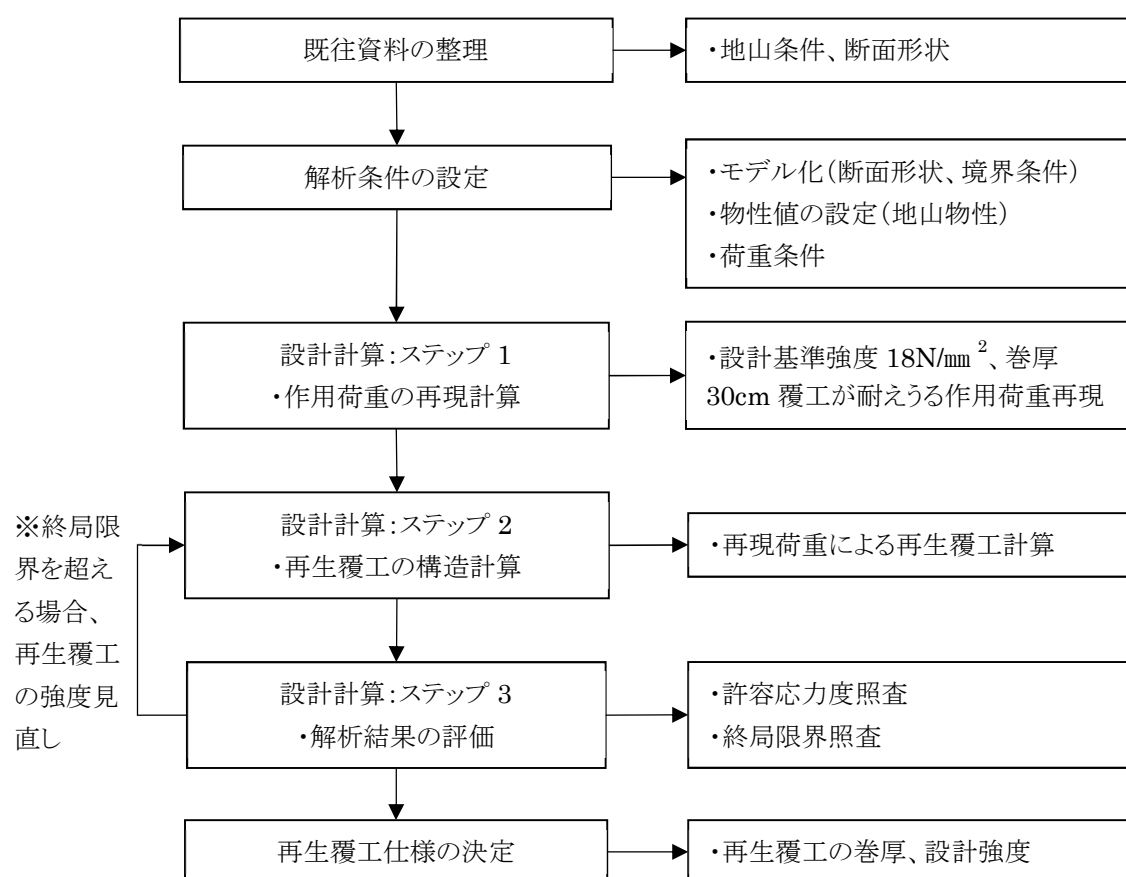


図 3.14 骨組構造解析の解析フロー

b) 既往資料の整理

既往資料整理は、対象となるトンネルのトンネル構造、地山条件等の覆工再生工設計に必要な情報を得ることを目的に行うものとする。

c) 解析条件の設定

① モデル化

対象トンネルの断面形状をモデル化する。

境界条件は、覆工脚部支点をピン構造とする。

② 物性値および支保の設定

・地山物性

地山物性の設定は、地山等級に応じた一般値を用いる方法、各種試験から求める方法、施工データに基づいて求める方法などがある。このうち、地山等級に応じた一般値を用いる方法の場合は、下表を参考とする。地山物性値を各種試験から求める場合、試験値は点での情報であり、供用線下での工事であることから、基本的には下記一般値を用いることとするが、各種試験値が一般値より小さい場合は試験値を用い、一般値より大きい場合は一般値を用いることを基本とする。ただし、一般値を用いることが明らかに適切でない(一般値が小さすぎる)と考えられる場合は慎重に検討し試験値を用いるものとする。

表 3.6 地山物性値の一般値

断面	地 山 区 分	変形 係数	f _{dest}	初期 ポアソン比	破壊後 ポアソン比	弾性限 界パラ メータ	非線形 指数	粘着力	内部 摩擦角	引張 強度	単位 重量
		D	f _{dest}	ν_0	ν_{dest}	k	a	c	ϕ	σ_t	γ_t
		N/mm ²						N/mm ²	deg	N/mm ²	kN/mm ³
B	G ₂	5,000 (2,000~10,000)	0.01	0.25	0.48	6.0	3.0	4.0	50	0.80	25.0
C I	G ₃	2,000 (1,000~5,000)	0.01	0.30	0.48	6.0	3.0	2.0	45	0.40	24.0
C II	G ₄	1,000 (500~5,000)	0.01	0.30	0.48	6.0	3.0	1.0	40	0.20	23.0
D I	G ₅	500 (200~2,000)	0.01	0.35	0.48	4.0	2.0	0.4	35	0.08	22.0
D II	G ₆	150 (50~500)	0.01	0.35	0.48	4.0	2.0	0.2	30	0.04	21.0

*f_{dest} については解析手法上異なる値を利用する場合を許容している。

出典：(株) 高速道路総合研究所 技術資料「トンネル数値解析マニュアル」(2017 年度版)

・ 覆工コンクリート

既設覆工コンクリートは、無筋コンクリートであり、現地試験(圧縮強度試験等)で確認されたコンクリート強度が大きい値であっても、設計は $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ として計算するものとする。

表 3.7 既設覆工コンクリートの物性値

項目		物性値
設計基準強度	σ_{ck}	18 N/mm ²
単位重量	γ	23kN/m ³
弾性係数	E_c	22,000 N/mm ²
ポアソン比	ν	0.2

・ 再生覆工

覆工コンクリートの弾性係数は、下表に示す値としてよい。

表 3.8 再生覆工の弾性係数 (N/mm²)

設計基準強度	24	27	30	40	50
弾性係数	2.5×10^4	2.65×10^4	2.8×10^4	3.1×10^4	3.3×10^4

d) 設計計算

① 解析手法

解析手法は、骨組構造解析とする。

② 解析ステップ

再生覆工の構造計算は、下記の解析ステップで行うものとする。

再生覆工の巻厚、設計強度をパラメータとして解析を行い、再生覆工の仕様を設定する。

- ・ステップ1:設計基準強度 18N/mm²、巻厚 30cm(普通コンクリート)が耐えうる荷重 W を設定
- ・ステップ2:再生覆工に想定荷重 W を作用させた断面力を算定
- ・ステップ3:再生覆工応力を許容応力度および MN 曲線による終局耐力で照査し、終局耐力を超える場合は、再生覆工の設計強度を見直す。

③ 地盤バネ

地山物性に応じた地盤バネを設定する。地盤バネ定数の算定式は下記のとおりとする。

なお、地盤バネは法線方向バネでモデル化し、圧縮方向にのみ作用させるものとし、覆工が内空側へ変位する場合には考慮しない。また、再生覆工背面側の防水シートのアイソレーションを考慮し、安全側の設計となるように接線方向の地盤バネは考慮しない。

[算定式]

$$k_r = 1.7 \times \alpha \times E_0 \times D_c^{-3/4}$$

ここで、 k_r : 半径方向地盤反力係数 (kN/m³)

α : E_0 の算定方法および荷重条件に対する補正係数(下表参照)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

D_c : 覆工コンクリートの図心幅 (m)

表 3.9 変形係数 E_0 と α

変形係数 E_0 の推定方法	地盤反力係数の推定に用いる係数 α	
	常時	地震時
直径 0.3m[30cm]の剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2	1	2
孔内水平載荷試験で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験の N 値より $E_0=2,800N[E_0=28N]$ で推定した変形係数	1	2

出典：(株)高速道路総合研究所 技術資料「トンネル数値解析マニュアル(2017 年度版)」

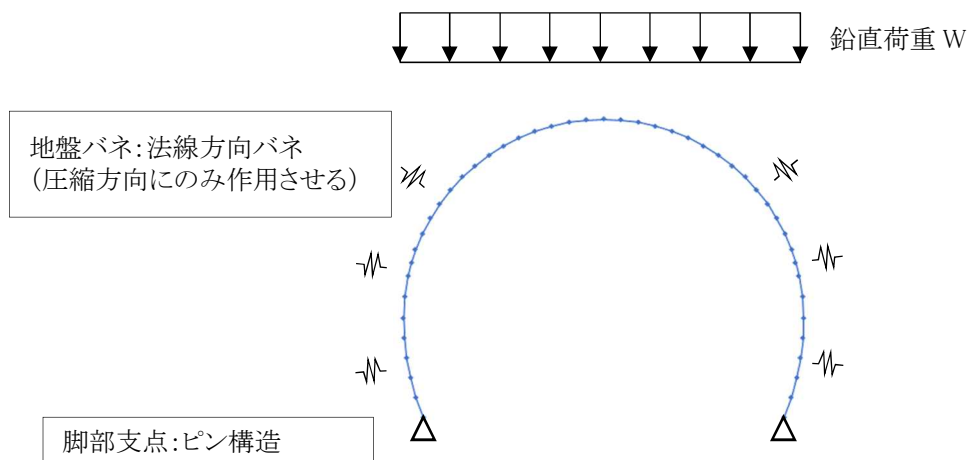


図 3.15 解析モデル図例

e) 解析結果の評価

再生覆工の応力については、許容応力度に対し許容値以下であることを確認する。なお、許容値を超える場合は、M-N 破壊包絡線による終局耐力照査を行う。

最終的に、許容値以下ないしは、想定する再生覆工の M-N 破壊包絡線に、骨組構造解析により求めた設計断面力をプロットし、M-N 破壊包絡線内にあることを確認する。終局耐力を超える場合、再生覆工の設計強度を見直すものとする。

また、併せて脚部の支持力も照査するものとする。

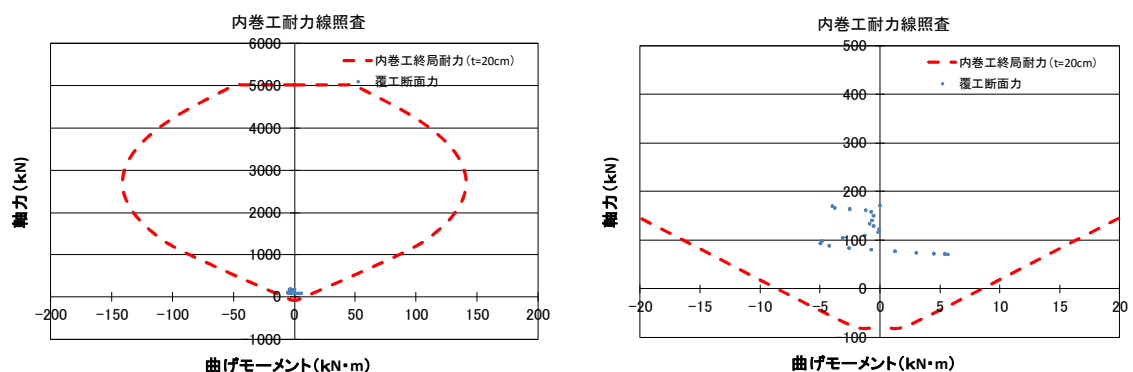


図 3.16 M-N 破壊包絡線例

f) 再生覆工仕様の決定

骨組構造解析結果に基づき、再生覆工の巻厚、設計強度を決定するものとする。

(2) 再生覆工の目地

目地を跨いで再生覆工を施工した場合、既設覆工の温度変化による収縮ひずみに追従できないことから、施工した再生覆工にひび割れ等の影響が出ることが想定される。

よって、再生覆工のひび割れ防止の懸念から、再生覆工の目地は現在ある既設覆工の横断方向目地に合わせるものとする。

3-7 付帯工(監視員通路、排水水路および舗装)

覆工再生工事のために、既設監視員通路、円形水路および舗装等を取り壊す箇所および監視員通路壁や円形水路が損傷している場合には、監視員通路および円形水路はプレキャスト製に取り換えることを原則とする。

その場合、手すり・その他安全を図る設備も合わせて考慮し、適宜設置するものとする。

覆工再生工事中に取り壊す付帯工および損傷している付帯工については、時間的制約を考慮し、プレキャスト製品に取り換えることを基本とする。このプレキャスト製品は、通行車が監視員通路に接触しても十分に安全な高さおよび強度を有する構造とする。高さは、路面より 90cm、歩行幅空間は幅 75cm を標準とする。

防水シートからの排水や水抜き孔などの排水は、円形水路に排水することになるため、排水断面は通常の断面より大きくすることも考慮する。

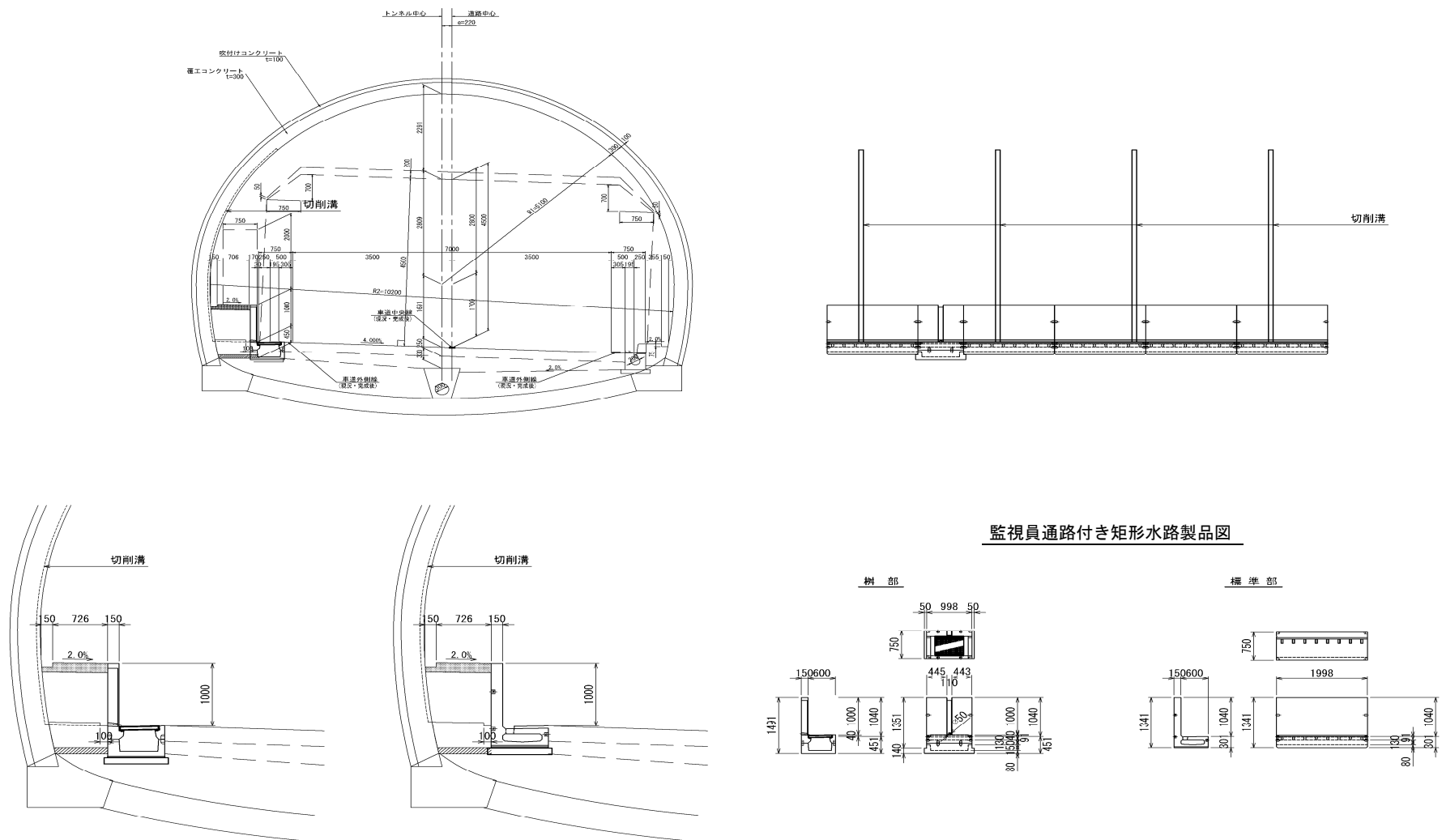


図 3.17 監視員通路付き水路例

3-8 トンネル付属施設等の設計

3-8-1 既設トンネルの付属施設等の機能の維持

既設トンネルの換気設備、照明設備、非常用設備等については、覆工再生工事中もその機能を維持することを原則とする。

覆工再生工事中、既設トンネルの付属設備機能を維持する方法の検討を行うこととする。

トンネル断面内には、トンネルの付属施設以外に埋設管(電気ケーブル、通信ケーブル等)が設置されていることもあることから、これらを含めた設備移設計画が必要である。また、覆工再生工事に併せて、老朽化したトンネルの付属設備等の更新工事についても検討する。

既設トンネルの覆工再生工を行う際には、既設トンネルの延長が長くなるほど、付属設備の工事中の機能維持には多大な費用がかかる。このため、設計段階において、「4-14 トンネル内施設移設工」を参照し、設備の機能維持について十分に検討するものとする。

表 3.10～3.12 に高速道路トンネル内および坑口付近に設置されている設備の対応と設置基準の一覧を示す。

表 3.10 高速道路トンネル再生覆工工事におけるトンネル内設備に対する対応策（案）

場所	設備名1	設備名2	個別設備名	切削時の基本的対応(案)
本坑	換気設備	ジェットファン		・換気機能は移設 ・切削時には本坑内設備は撤去
集じん機室		電気集じん設備	電気集じんユニット	
			汚水処理ユニット	
			集じんファン	
換気立坑		立坑送排風機		
集じん機室		換気盤	換気制御盤	
			集じん制御盤	
			集じん高圧発生盤	
			集じんファン盤	
本坑			VI計(煙霧透過率測定装置)	
	CO計(一酸化炭素検出装置)			
	AV計(風向風速測定装置)			
集じん機	計測盤			
本坑	ダクト			
本坑	非常用設備	通報警報設備	押しボタン式通報装置	・必要に応じて、事前に仮設ケーブルに切り替える。 ・未施工区間は機能維持 ・工事区間および工事直近の未施工区間は撤去し、監視員による監視体制を設ける。 ・施工終了区間は順次機能復旧 ・避難通路は、未施工区間内は閉鎖する。施工終了区間は早期に機能復旧 ・非常用駐車帯の使用の有無については現地状況により判断する。
			非常電話	
			非常警報装置	
			火災検知器	
		消火設備	消火器	
			消火栓	
		避難誘導設備	誘導表示板	
			排煙装置	
			避難通路	
		その他	給水栓	
			無線通信補助設備	
			ラジオ再放送設備	
			拡声放送設備	
			水噴射設備	
			監視装置	
			停電時照明設備	
非常用電源設備				
本坑	照明設備	トンネル坑口照明	・未施工区間は機能維持 ・工事範囲(防護工内)に走行に必要な照明設備を設ける。 ・配線の必要が無い、バールン照明や視線誘導灯を検討する。	
		トンネル内照明		
		コントロールセンター		
		輝度計		
		非常駐車帯照明		
		その他(坑口分電盤)		
電気室	受配電・自家発電設備	受配電盤	・副電気室送りの高圧ケーブルは反対側のトンネル(上り線の場合は下り線側)に配線	
		変圧器盤		
		トランス		
		無停電電源装置		
		自家発電装置		
		発電機盤		
		坑外		その他(引込柱)
本坑	情報収集および提供設備	監視装置(ITV)	・工事区間および未施工区間は撤去し、監視員による監視体制を設ける。 ・トンネル内情報板は移設し機能維持 ・坑口および坑外は工事実施の簡易情報板増設	
		漏洩同軸ケーブル		
坑外		トンネル坑口情報板		
		トンネル内情報版		
		可変式速度規制標識		
		非常口表示灯		
		誘導表示板		

※工事完了箇所は、再生覆工面で通行(ただし、一車規制のまま、資機材搬入用に一車線は工事で使用)する。

表 3.11 設置基準

トンネル等級	AA	A	B	C	D	備考
非常電話	○	○	○	○	○	延長 200 m 未満の D 級トンネルは省略
押ボタン式通報装置	○	○	○	○		
火災検知器	○	○				換気設備がある事
トンネル内情報板	○	△				3,000m以上の A 級トンネル
消火器	○	○	○	○	○	
消火栓	○	○	△			1,000m以上の B 級トンネル
非常口表示板	避難連絡坑のあるトンネル					
誘導標示板(A)	避難連絡坑のあるトンネル					
非常口案内標示板	避難連絡坑のあるトンネル					
誘導標示板(B)	○	○	○			避難連絡坑のないトンネル
排煙設備または避難通路	・ 延長 750m程度以上のトンネルには、避難連絡坑を設ける。 ・ 延長 1,500m程度以上のトンネルには、排煙設備を設ける。 ・ 避難坑はトンネル等級AAおよび延長 3,000m以上のA級トンネルのうち、対面交通方式で縦流換気方式を採用するトンネルにあつては、設置する。 ・ 上記以外の延長の短いAA級トンネルにあつても、排煙設備か避難通路のいずれかを必ず設置する。					
給水栓	○	○	△			1,000m以上の B 級トンネル
無線(漏洩同軸ケーブル)	○	△				3,000m以上の A 級トンネル
ラジ再(割り込み機能有)	○	△				3,000m以上の A 級トンネル
拡声放送	ラジオ再放送設備(割り込み機能有)を供えるトンネルに併設する。					
水噴霧設備	○	△				3,000m以上、かつ 4,000 台以上で対面交通
CCTV(タイプ A)	水噴霧設備のあるトンネル(200m間隔設置)					
停電時照明	延長 200m程度以上のトンネル					
○:設置 △:条件付き設置(備考)						

出典:設計要領第 3、6、7、8 集

表 3.12 設置間隔

トンネル等級	AA	A	B	C	D	間隔
非常電話	○	○	○	○	○	200m
押ボタン式通報装置	○	○	○	○		50m
火災検知器	○	○				25m、または 50m 程度
トンネル内情報板	○	△				トンネル内非常駐車帯
消火器	○	○	○	○	○	50m
消火栓	○	○	△			50m
非常口表示板	避難連絡坑のあるトンネル					避難連絡坑部の両側側壁部
誘導標示板(A)	避難連絡坑のあるトンネル					200m程度
非常口案内標示板	避難連絡坑のあるトンネル					避難連絡坑の反対側の側壁部
誘導標示板(B)	○	○	○			200m程度
排煙設備または避難通路						
給水栓	○	○	△			200m程度
無線(漏洩同軸ケーブル)	○	△				トンネル全延長
ラジ再(割り込み機能有)	○	△				トンネル全延長
拡声放送	ラジオ再放送設備(割り込み機能有り)を供えるトンネルに併設					非常駐車帯
水噴霧設備	○	△				水噴霧ヘッド 4～5m
CCTV(タイプ A)	水噴霧設備のあるトンネル(200m間隔設置)					120m～200m 程度
停電時照明	延長 200m程度以上のトンネル					
○:設置 △:条件付き設置(備考)						

出典:設計要領第 3、6、7、8 集

以下に、既設トンネルの付属施設等を防護工内に移設し、機能維持した事例を示す(図 3.18 参照)。

(1) 照明設備・非常用設備

防護工内に照明設備を設置して、工事中に機能を維持した事例を紹介する。

既設トンネル内に非常用設備がある場合、防護工内に非常用設備を設置して工事中の機能を維持した。

設置方法は、事前の補強ロックボルト打設時に、既設側溝を利用してケーブルの配線・配管を行い、防護工組み立て時に機材を据付け、防護工設置時に結線し機能を維持した事例である。

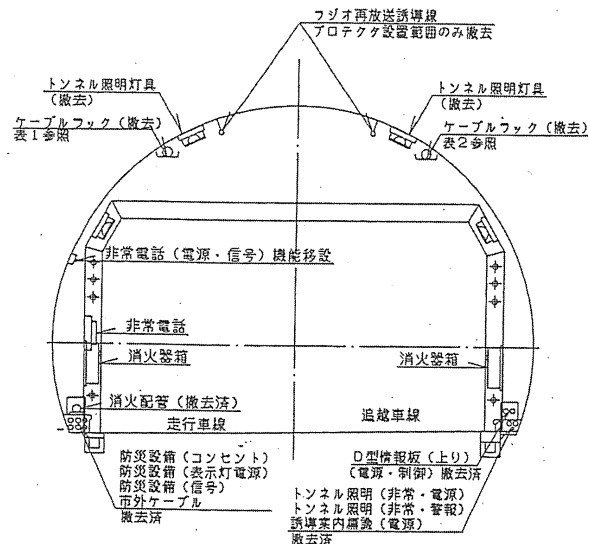


図 3.18 非常用設備のプロテクター内の配置の事例

(2) 電気ケーブル・通信ケーブル等

図 3.19 に示すように、覆工再生工後のトンネル支保構造に影響しない位置に、水平ボーリングにより埋設物専用の切回し孔を掘って電線、通信ケーブル、光ケーブルの移設を行った事例である。

また、移設後の落石対策として埋設物防護工を施工した事例もある。

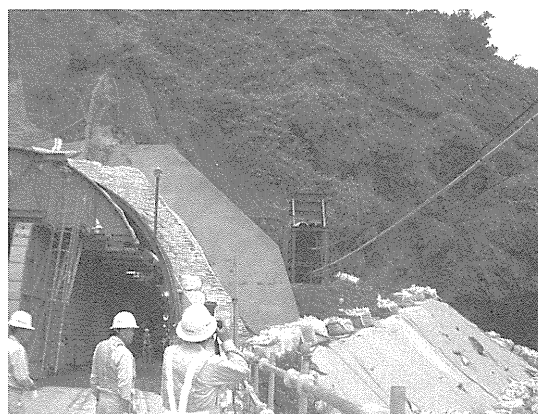


図 3.19 地下埋設物の移設状況の事例

3-8-2 安全施設および広報

既設トンネルを供用下で覆工再生工をする場合には、現道交通の円滑な流れと、安全を確保するために必要な安全施設の設置と、広報活動を実施するものとする。

既設トンネルを供用下で覆工再生工をするため、安全施設の設置を検討することとする。

(1) 保全施設

- ・工事事前予告について

トンネル工事に着手する以前に、通行車両および周辺住民に工事着手を知らせる広報を行わなければならない。必要により工事の事前予告に、この迂回路などを明示した地図などの広報を行うこととする。

(2) 交通規制工

- ・交通規制・交通誘導について

覆工再生工をする場合には、車線規制、車線変更等の交通規制が発生する。設計段階では、交通規制および交通誘導の方法について、現道交通の円滑な流れと、安全の確保を主眼に検討することとする。

(3) 広報

高速道路での車線規制の事前通告は、数ヶ月以上前から NEXCO の HP や公共メディアおよび一般紙などを用いて行っている。大蔵トンネルでは、通行止め1ヶ月前より、市政だよりや広報チラシなどで事前周知を行っている。

第3章 参考文献

- 1) 中日本高速道路(株):「トンネル数値解析マニュアル」, 平成30年2月
- 2) (株)高速道路総合研究所:「技術資料 トンネル数値解析マニュアル(2017年度版)」, 平成29年4月
- 3) 中日本高速道路(株):「設計要領 第三集 トンネル トンネル本体工建設編」, 平成18年4月
- 4) (社)日本道路協会:「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説」, 平成15年11月
- 5) (社)日本道路協会:「道路トンネル便覧」, 昭和50年1月
- 6) 日本道路公団技術部:「矢板工法トンネル背面空満注入工設計 施工指針」, 平成14年10月

4. 施工

4-1 施工一般

工事中の安全はもとより、通行車両および作業員等の安全確保には十分注意するとともに、周辺環境に与える影響に留意して行うものとする。

防護工を設置して施工する場合、施工空間が狭あいとなるうえ、供用下施工のため通行車両および作業員の安全の確保に十分に配慮した上で施工しなければならない。

既設トンネルが位置している地山については、建設時のように切羽で確認することができず、地質・湧水等の地山状況を把握することは極めて困難である。また、工事を行うトンネルは経年劣化や外力等により変状しているものと考えられるが、覆工の応力状態や覆工コンクリート等の材料の劣化状態を全線にわたり正確に把握することも難しいという特殊性を持っている。

今回の手引き(案)では、先行補強工は、片側車線規制を前提とし、切削工以降については防護工を使用した中央車線規制での防水工と覆工の施工を標準とする。以下に覆工再生工法の標準的な施工フローを示す。

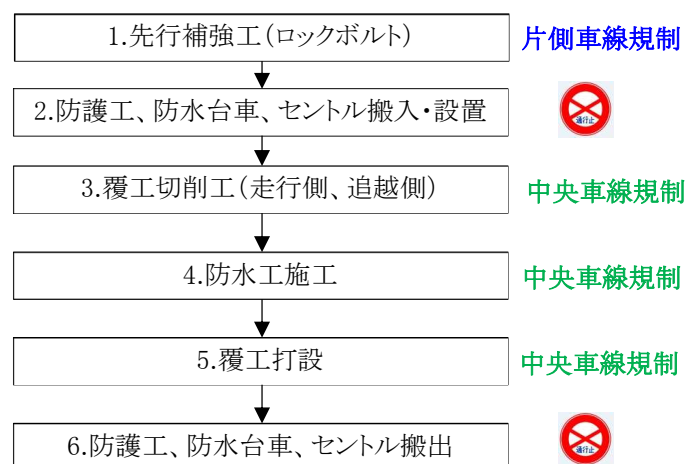
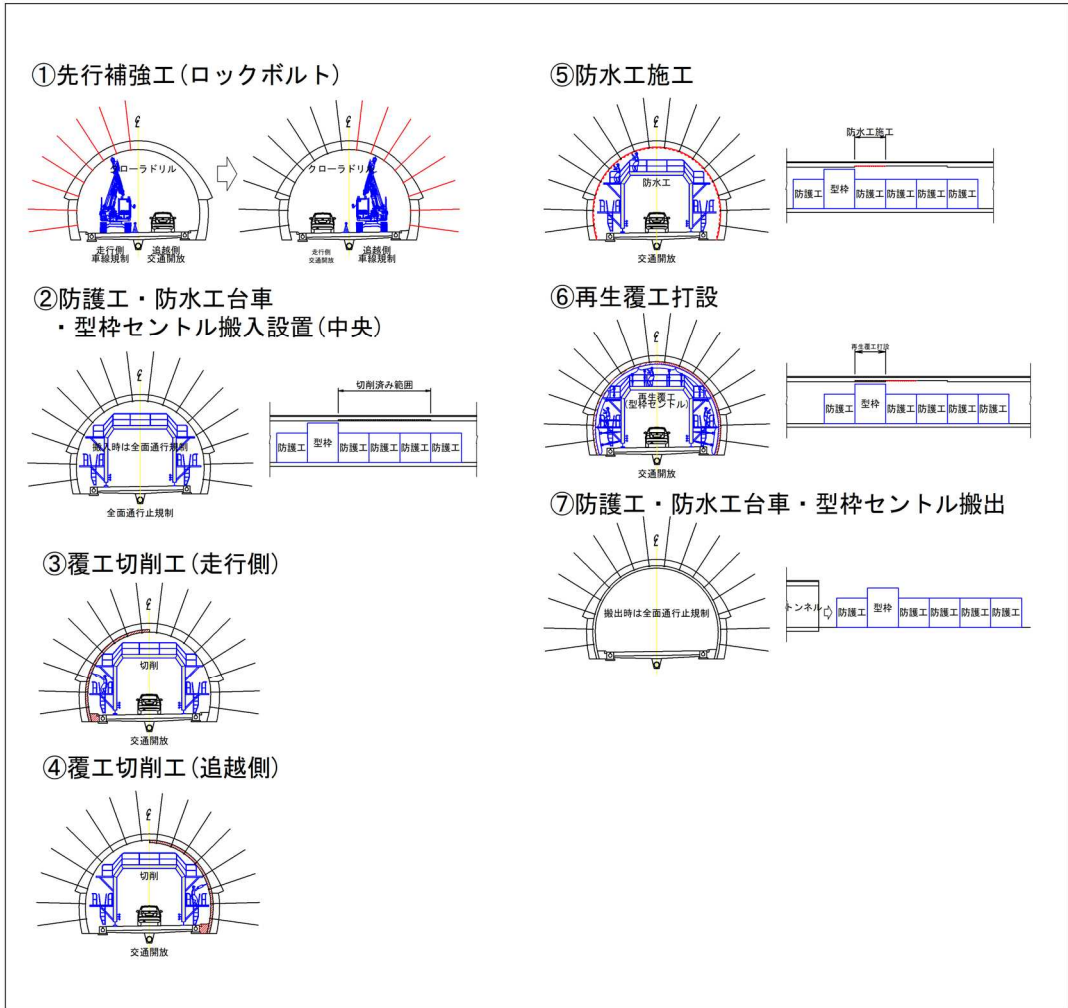


図 4.1 覆工再生工法 施工フロー (案)

施工次第図



4-2 施工計画

施工にあたっては、工事規模、工期、立地条件、交通条件等を勘案し施工計画を立案する。

覆工再生工トンネルの施工に際しては、防護工を行うことを前提とした交通確保という特殊性等を十分に加味し、関係機関と調整して、詳細な施工計画を立案する必要がある。施工計画を立案するにあたって、重要と考えられる項目を以下に示す。

(1) 施工方法

施工方法は、施工条件、立地条件を考慮して下記の項目について検討するものとする。

- ① 事前調査工
- ② 支障物移設・撤去工
- ③ 先行補修工
- ④ 先行補強工
- ⑤ 防護工(設置、移動、撤去など)
- ⑥ 覆工切削工
- ⑦ 防水工
- ⑧ 再生覆工コンクリート工
- ⑨ 支障物復旧工(土木構造物、施設設備)

(2) 工事用設備

工事用設備は、選択した施工方法に基づいて必要な設備を選定し、その配置計画を行わなければならない。

- ① 機械計画
- ② 換気計画
- ③ 給水計画
- ④ 排水計画
- ⑤ その他

(3) 工程

各作業別にサイクルタイムを算定し、工事工程表を作成する。

(4) 安全管理

周辺環境への影響を考慮し、必要に応じて粉塵、騒音、振動、水質汚濁、コンクリート塊の処理等に関して適切な措置を盛り込み、かつ施工および通行車両に十分な坑内環境を確保できるように立案する。

(5) 施工管理

中日本高速道路株式会社施工管理要領および 5.施工管理によることを原則とするが、それによらないと考えられるものについては、監督員と別途協議すること。

4-2-1 環境保全

施工にあたっては、所要のトンネル坑内の環境を確保する。

施工にあたっては、周辺の環境への影響を考慮し、必要に応じて煤煙、騒音、振動、水質汚濁、コンクリート塊の処理等に関する適切な措置をとるものとする。

施工中に発生するコンクリート殻、粉塵、工事用車両からの排気ガス等により、トンネル坑内の環境が悪化することが予想されることから、一般の通行車両の円滑な交通の妨げ、あるいは工事の妨げとならないよう検討を行い、適切な措置を講ずるものとする。

覆工再生工事が周辺の環境やトンネル内の環境に影響を与える要因としては、粉塵、騒音・振動、水質汚濁等がある。工事に先立ちこれらの現象が予測される場合には、事前に調査を行い、対応策を検討しておく必要がある。さらに、工事中に予期せぬ事態が発生した場合は、速やかに適切な措置ができるようにしておくものとする。

また、既設トンネルを切削した際に、コンクリート殻等の廃棄物については、関連法令による処理を行うものとする。

4-3 事前処理工

工事の支障となると考えられる附属物や遊離石灰等の付着物について必要に応じて事前に処理を行う。

覆工表面は遊離石灰や煤煙など種々の付着物で汚れている状態にある。また、切削対象のスパンには、トンネル施工時のせめ部のアンカーや注入プラグやパイプ、閉塞止水プレート、附属物のアンカーなどが残置されている場合があるため調査し覆工切削の支障となるものについては撤去等の事前の処理を行う必要がある。

4-4 先行補修工

再生覆工を実施するスパンに隣接する覆工については、先行補修工を必要に応じて事前に施工し、施工中の通行車両の安全に影響を及ぼさないようにする。

亀甲状、三日月状、閉合ひび割れ等、コンクリート片の落下リスクが想定されるものについては、ひび割れ補修およびはく落防止対策を講じることとする。

4-5 先行補強工

先行補強工は、既設トンネル内で車線規制を行いながら施工することになるため、通行帯を走行する一般の通行車両に対して、施工設備・機械および作業員を防護壁などにより隔離することで、相互の安全を確保して施工するものとする。

先行補強工はロックボルト工を標準とする。巻厚不足などによりロックボルトの施工が適当でないと考えられる場合は、他の工法の採用を検討する。

(1) 裏込注入工

裏込注入工については、「矢板工法トンネル背面空洞注入工設計・施工要領(中日本高速道路㈱ 平成 18 年 10 月)」に基づきロックボルト工等の施工前に実施することを原則とする。背面空洞注入工の際には特に下記項目に注意し施工することとする。

- ① 覆工にひび割れ、打継ぎ目があると、注入材が漏出する恐れがあるので、養生として漏水樋工等により対策を実施する。
- ② 狭い既設トンネル内で、車線規制による裏込注入作業となることから、グラウト孔穿孔作業を含めて、施工機械、資材等の通行帯への突き出し防止および削孔水、注入材等の飛散防止のため、仮囲い等の対策を行う必要がある。また、作業員に対する交通安全対策にも十分な配慮をする必要がある。

(2) ロックボルト工

ロックボルト工は、覆工切削等の施工中における既設覆工の崩落防止やトンネル構造の安定性の確保を目的として実施する。ロックボルト頭部が覆工切削の支障とならないようにロックボルトのベアリングプレート(ナット、ネジ部)と突出部は、座掘りを行い、切削厚さより深い位置に設置する。施工効率と湧水が多いことが、覆工再生工適用の条件となることから、鋼管膨張ボルトの適用を標準とするが、削孔壁が自立しないなどの地質不良の場合は、自穿孔ボルトの適用についても検討を行う。

なお、鋼管膨張ボルトを使用する場合には定着時の水圧により覆工にひび割れが生じないように、覆工部保護パイプ付きのロックボルトを使用しなければならない。

a) 施工フロー

図 4.2 にロックボルト工の施工フロー(例)を示す。

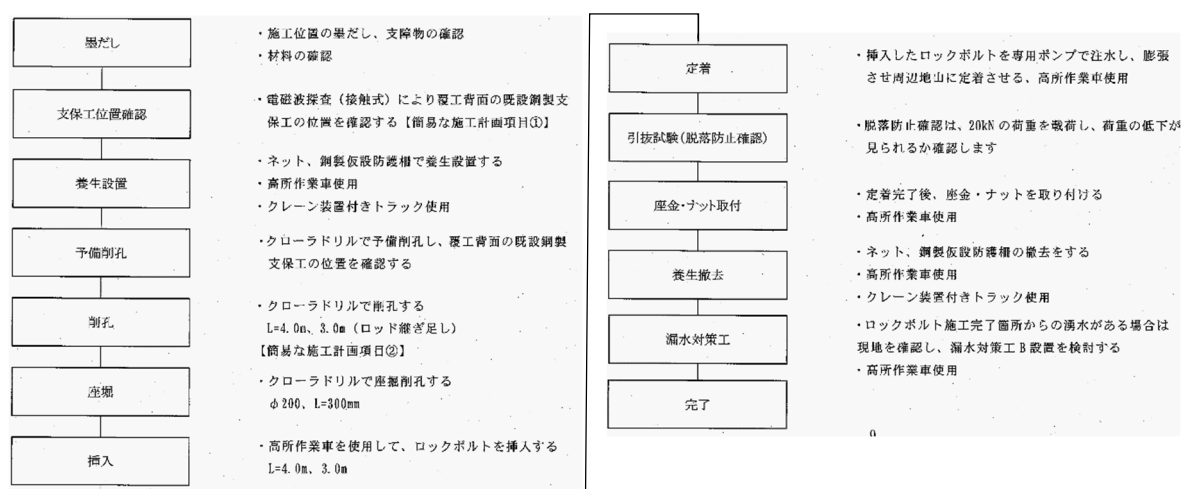


図 4.2 ロックボルト工の施工フロー(例)

b) 施工機械

ロックボルト用施工機械としては、油圧クローラードリルを標準的に用いるものとするが、近年、NEXCO の工事(磐越自動車道黒森山等)で実績のある無水削孔可能な 1(ワン)ブームのクローラードリルを選定した例がある。なお、表 4.1 に主要使用機械の例を示す。

表 4.1 主要使用機械例

機種名	仕様・能力	用途
油圧クローラードリル	SDC120-1 185kg 級	削孔・座掘
空気圧縮機	10.5～11.0m ³ /min	削孔・座掘
高所作業車	幅広デッキ型 ブーム 8～10m	削孔補助・挿入・定着
高所作業車	前方格納型 ブーム 12m	削孔補助・挿入・定着
拡張用注水ポンプ	30MPa	定着
モルタルポンプ	6.0KW	定着
発電機	25KVA	各種電源
クレーン装置付トラック	4t 級・吊り能力 2.9t	運搬

(3) 施工

- ① トンネル覆工切削方式がドラム等による機械切削の場合には、切削断面内に鋼製ロックボルトが出てくると、切削の施工性が著しく低下するので、掘削断面部分は、座掘用ビットにより、例えば覆工 20cm 切削の場合、事前に 25cm 程度の先行削孔を行い、ベアリングプレートおよび突出部が切削部に突出しないように留意する。
- ② 狭あいな既設トンネル内で、車線規制によるロックボルト打設となることから、施工機械、資材等の通行帯への突き出し防止および削孔水、注入水等の飛散防止のため、仮囲い等の対策の検討を行う。また、作業員に対する安全対策にも十分な配慮をする必要がある。
- ③ 削孔後、座掘り部以奥の覆工コンクリートの厚さを確認し、所定の長さに覆工保護パイプを切断し、ロックボルトに取付け、ロックボルトの注水圧(2.5MPa)により覆工が破損しないようにしなければならない。
- ④ ロックボルト施工完了段階で越冬する場合は漏水によりつらの発生が懸念されるため漏水箇所は導水樋工等の処置が必要である。

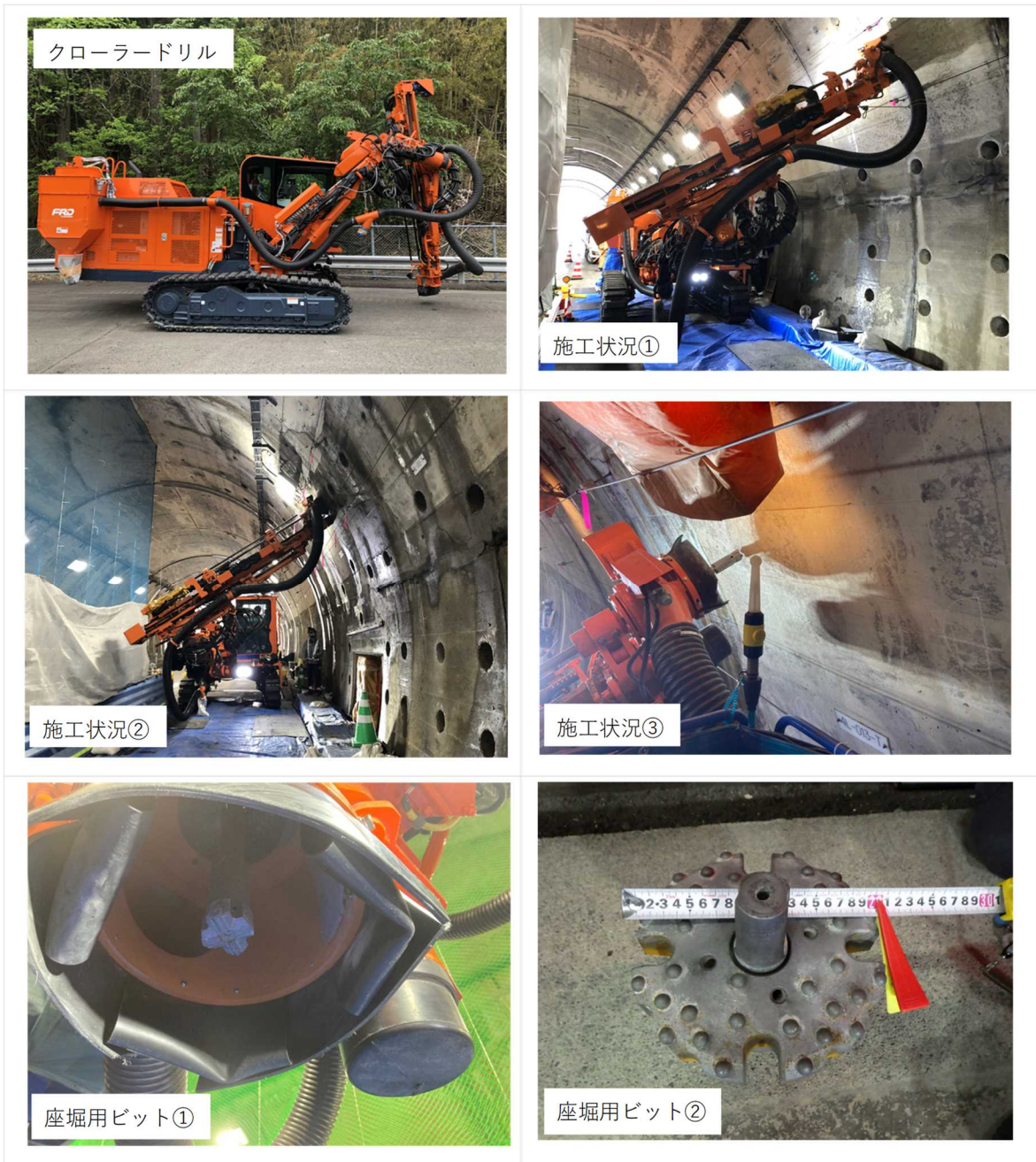
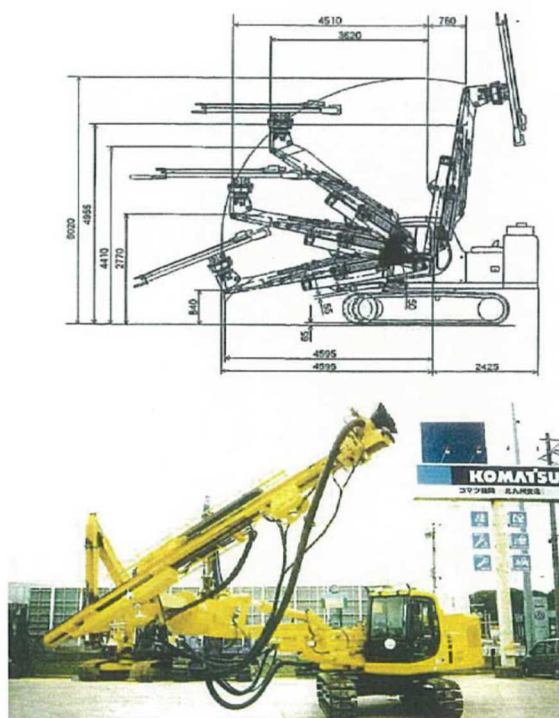


写真 4.1 先行補強工の施工状況写真（通行止めで施工）



SCD120-1油圧クローラドリル使用表	
ブーム長	3,715mm
〈ブーム伸時〉	(4,695mm)
ガイドセル全長	5,500mm
有効フィード長	4,500mm
エクステンションストローク	1,300mm
ブーム作動範囲 (設定上限)	上110° (70°) 下25°
スイング角度	全旋回360°
セル作動範囲旋回 ダンプ	360° 下90° 上75°
スイング左右	20°
ドリル	
重量	140kg
打撃力	27kg m
回転力	30kg m
回転数	0～160rpm
使用ロッド	32R,38R,32H
ビット径	38～65mm

写真 4.2 先行補強（ロックボルト）打設機械例

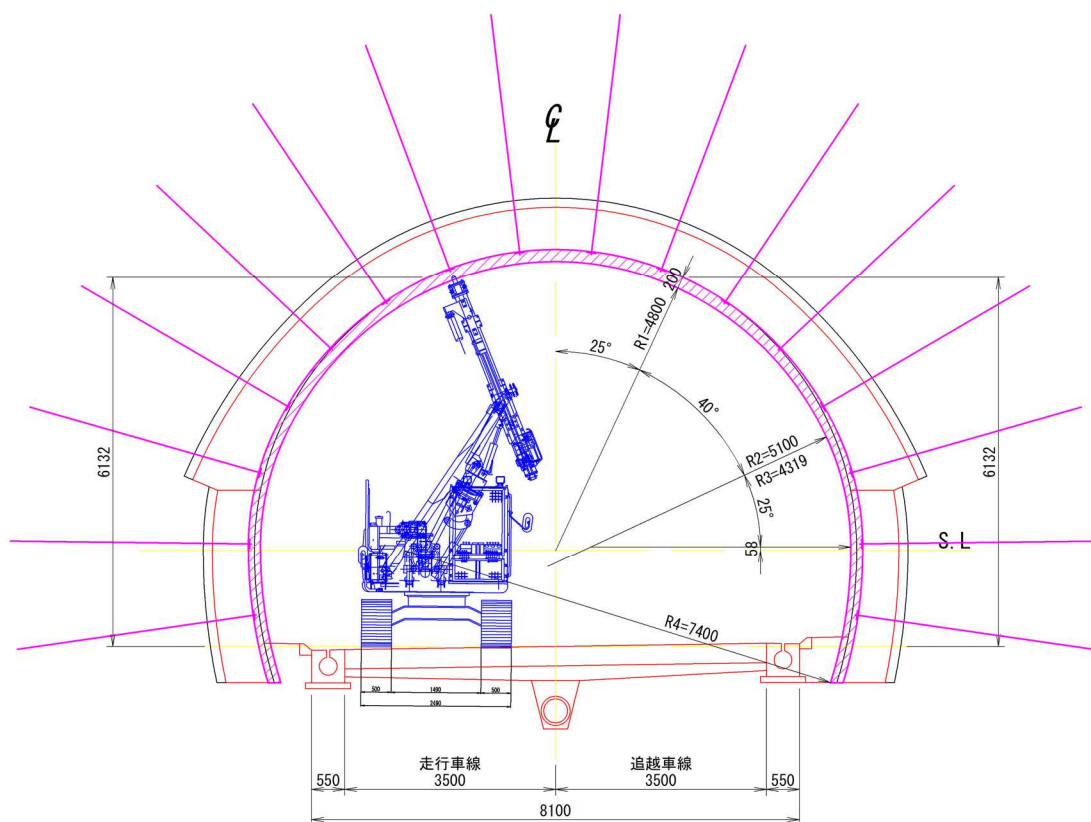


図 4.3 先行補強工施工状況（ロックボルト穿孔）D 等級の例

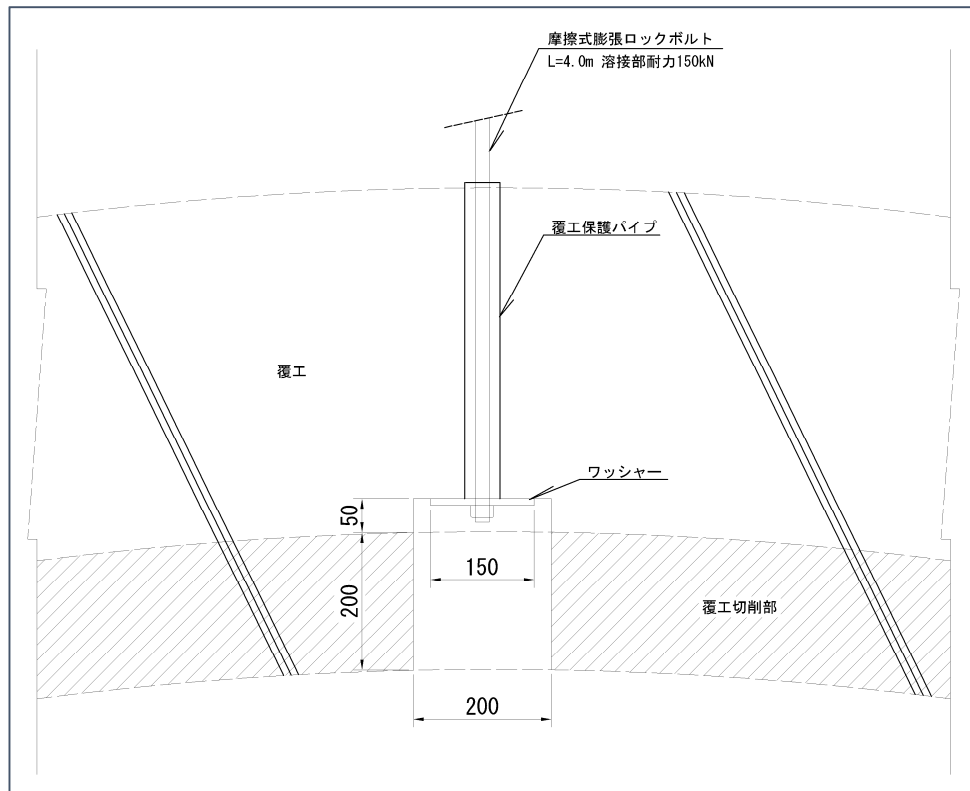


図 4.4 先行補強工（ロックボルト工）の標準図

4-6 仮設備工

仮設備は、必要な設備を配置しなければならないが、その設置、撤去などについては、交通運用に合わせて適切に配置すること。

既設トンネルの覆工再生工の施工に必要な仮設備は、電力設備、照明設備、換気設備、給気設備等、新設工事と同様であるが、トンネル内の環境保持（視環境、一酸化炭素濃度等）や通行車両の交通確保と安全確保のための防護工および保全設備の一部などは、一般的な新設工事では見られないものである。また、工事の進捗に伴って移動しなければならないものや、狭あい箇所に設置しなければならないものも多く、配置や移動には適切な方法を用いる必要がある。

高速道路トンネルでは、坑口前後に十分なヤードがないことが多いことから、覆工再生工の場合、仮設備ヤードは、一カ所で必要な広さを確保できない可能性があり、数カ所に分散することも考えられる。そのため、工事区域からかなり離れた SA や IC 付近に仮設備ヤードを設定することが考えられ、その場合、それら箇所から各種の設備を運搬し、設置しなければならない。その場合、設備の移動等で通行車両に影響を及ぼす可能性があるため、運搬等についても詳細な検討が必要である。

換気用の設備には、コントラファン、風管や集塵機が考えられる。換気は新設工事に比べ、設計や設備設置などで詳細な検討が必要である。換気に関しては、工事で発生する粉塵などを通行車両区域に流出させないことが求められる。

工事区域を車両通行帯と隔離し、その区域に新鮮な空気を送り込み、汚染空気を排気・希釈あるいは集塵する方法が適していると考えられるが、作業空間が狭くなるため、既存の設備を使用する等の詳細な検討が必要である。また、風管が覆工再生工の終了した防護工のない箇所を通るため、風管の養生方法や延長方法も詳細に検討しなければならない。

さらに、工事用水あるいは地山からの湧水が、防護工内の走行路面に流入しないようにする必要があり、釜場のこまめな設置や路盤の勾配管理など詳細な検討を行う必要がある。

重機の動力等については現段階で固定せず、工事の規模や施工環境等に応じて適切なものを選定するものとする。

4-7 防護工

既設トンネルの覆工再生工を供用下施工で行うために、一般の通行車両の安全を確保することを目的として、切削時等の安全を確保するため防護工を設置するものとする。

防護工は鋼材で製作されるタイプを想定しているため、覆工再生工の工法によってどのような防護タイプを採用するかは、検討するものとする。また、防護工の機能には、一般の通行車両の安全確保のほかに、採用工法によっては工事用のステージ、施工機械・資材等の昇降設備などの付加について検討を行うものとする。

a) 構造

防護工の構造は、通行車両の安全を確保できるようにその目的、作用荷重に対して合理的な構造とし、通行車両の通行を妨げない構造であるとともに、覆工再生工を速やかに行えるものとする。また、覆工再生工を行うトンネルの道路線形に曲線部が含まれる場合にも、覆工再生工が支障なく行える機構を有するものとする。

b) 作用荷重

作用荷重は、防護工自重や上載荷重だけでなく、作業時の振動による割り増しや、切削時の既存覆工片の落下荷重も考慮するものとする。落下する既存覆工片の大きさとしては、30cm 立方程度の大きさを基本とするが、既設覆工のひび割れ間隔などを考慮して検討するものとする。

(1) 設置範囲

防護工は、以下のそれぞれの条件に応じて設置延長や構造などを検討する。

防護工の延長は、車両通行に影響しない範囲とする。

防護工の設置延長は、車両通行に影響しない範囲とし、5月連休、お盆および雪氷期間など大規模規制を避けるべき時期を避けた期間で防護工の設置および撤去が可能な延長を算出するものとする。

防護工については、切削スパンと振動等の影響があるその前後のスパンを対象と想定しているが、試験施工により振動の影響を調査し、その設置範囲を決定するといふ。

(2) 内空断面

供用下での施工時にトンネル内に設置する防護工は、通行車両の交通に支障のないように定められた内空の大きさを確保するものとする。

覆工再生工をする場合には、防護工を設置して通行車両の安全を確保する必要がある。高速道路覆工再生工の場合は、一車線の通行を確保することを基本としているために、一車線通行が可能な大きさの内空断面を確保しなければならない。本手引き(案)では内空幅 4,750 mm(車線幅員 3,250 mm、路肩幅員 750 mm×2)以上で、内空高さは 4,500mm とし一車線の通行を確保するものとする。

設計基準は、一車線運用の交通量から第 1 種 3 級を確保し、車線幅員は工事規制速度を考慮し、標準の車線幅員 3.25m とした。

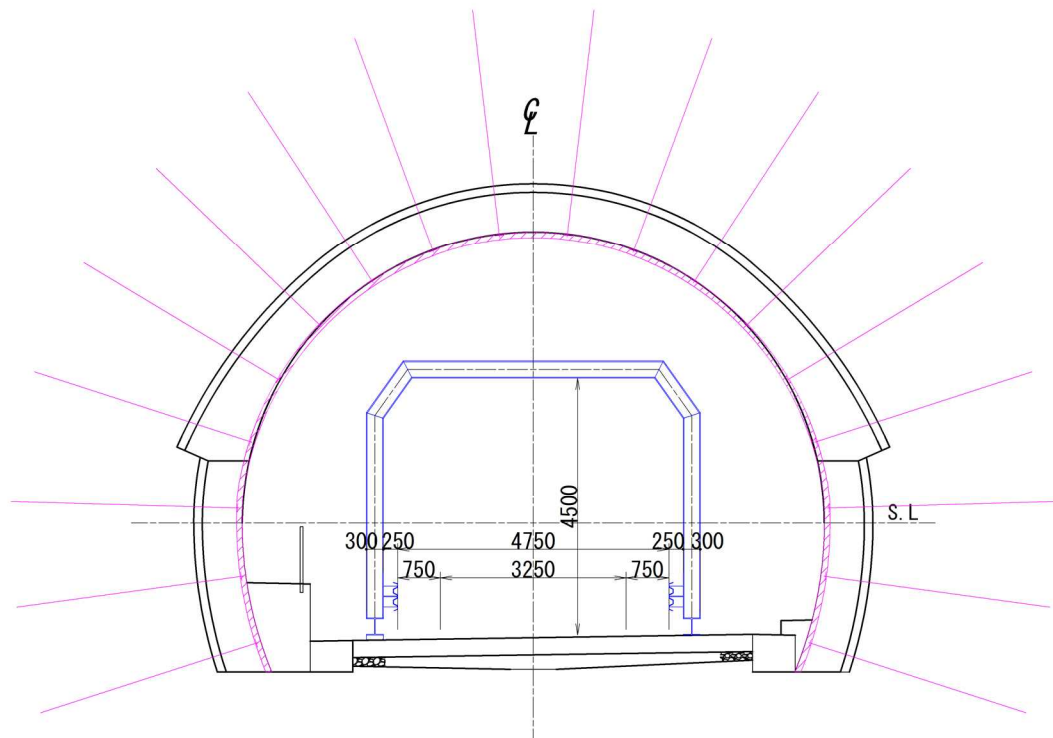


図 4.5 防護工内空断面

(3) 設置

覆工再生工事では、施工可能期間や交通開放時期、作業能力等を考慮し、防護工の設置範囲を決定する必要がある。

また、防護工の設置は、仮設ヤードで組み立てた防護工を専用トレーラ等に載せて本線上を移動させ、所定位置に設置する作業となる。複数のピースに分けて数日間かけての作業となると考えられ、移動時には全面通行止めとしている。緊急車の通行確保、全面通行止めの方法等を関係機関と詳細に検討しておく必要がある。

(4) 防護工内設備

防護工内部に設置する設備は、一般車の通行や非常時に必要な機能を備えている必要があり、そのトンネルの規格や延長、交通特性を考慮して決定するものとする。

防護工内には、車両の通行や非常時に必要な最低限の設備を設置するものとする。道路構造令では、トンネル附属施設として換気設備、照明設備、非常用設備をあげている。このうち、換気そのものはトンネル全体で必要な換気量が確保されているため、換気設備は防護工内に設備しないこととする。

覆工再生工事では、通行車両はトンネル内にある防護工というさらに狭く、圧迫感を感じる空間に進入することを考慮し、照明は既存トンネルと同等以上の照度を確保する必要があると考えられる。

防護工内の状況を常時監視しておけば、非常事態には迅速に対応できると考えられるので、監視体制を設けるものとするが、具体的な監視体制は関係機関と調整し、詳細に検討しなければならない。

防護工の前後には防護工の存在を明示する等、注意喚起を考慮するものとする。

(5) 防護工移動性能

防護工は、前後に移動できる性能を持つものを基本とする。これは一日の施工能力で決定するものとするが、移動時の規制方法やそのトンネルの規格や延長、交通特性を考慮して決定するものとする。

(6) 撤去工、その他

防護工については、以下に示す留意点に注意して施工するものとする。

- ① 通行止めを伴うので関係機関協議を行うこと。
- ② 防護工を撤去した後は、路面を点検し、損傷等がみられる場合は補修を行うこと。

4-8 切削工

供用線下での施工における切削にあたっては、地山条件、立地条件、工期等を十分に考慮し、かつ通行車両に対して施工設備・機械および作業員を隔離し、相互の安全を確保して切削方式、切削順番、施工機械等について作業性・安全性を考慮し選定し、施工するものとする。

切削方式(機械切削等)、施工機械(汎用機、専用機等)の選定については、既設トンネルの断面形状、施工環境、工期などを十分に考慮して慎重に検討する必要がある。

切削後の既設覆工面には、切削時の振動等により浮きが生じる可能性があることから、切削後は点検を行い、浮きがある場合は処理を行う必要がある。

4-9 コンクリート殻搬出工

コンクリート殻の搬出にあたっては、施工条件、工期等を十分に考慮し、通行車両や作業員の安全を確保したうえで、コンクリート殻出し方式、コンクリート殻搬出順番、施工機械等について選定し、施工するものとする。

コンクリート殻搬出は、施工性、安全性、効率性等を考慮した上で、圧送やベルコン等の搬出方法を決定することが必要である。

4-10 防水工

防水工の施工にあたっては、設計で定めた再生工法に応じて地山条件、立地条件、工期等を十分に考慮して、かつ通行車両や作業員の安全を確保し、施工するものとする。

また、交通車両の事故等によるトンネル内火災時を考慮して、再生覆工が施工される前に、防水工のままで交通開放してはならないものとする。

防水工である防水シート、横断排水工の材質および施工については、トンネル施工管理要領によることを原則とする。

防水工の施工において、再生覆工の施工厚さは 20cm 程度と考えられ、薄いことに留意し、湧水状況に応じた間隔で裏面排水工を設けて対応することを基本とする。

排水は円形水路に導くことになるが、現地および施工状況上、困難な場合は別系統での排水を検討するものとする。

図 4.6～4.8 に裏面排水工とその配置例を示す。

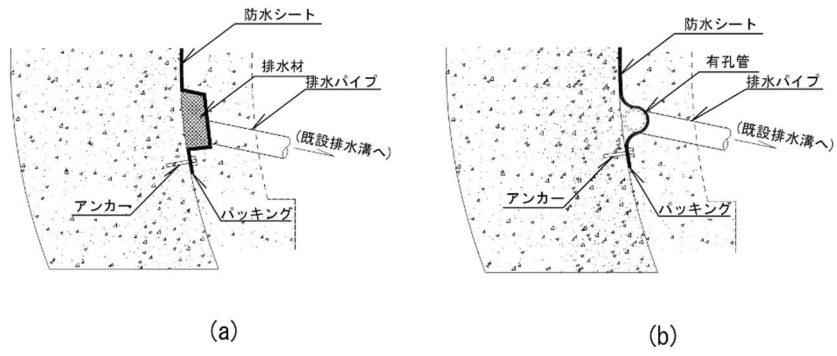


図 4.6 裏面排水工の例

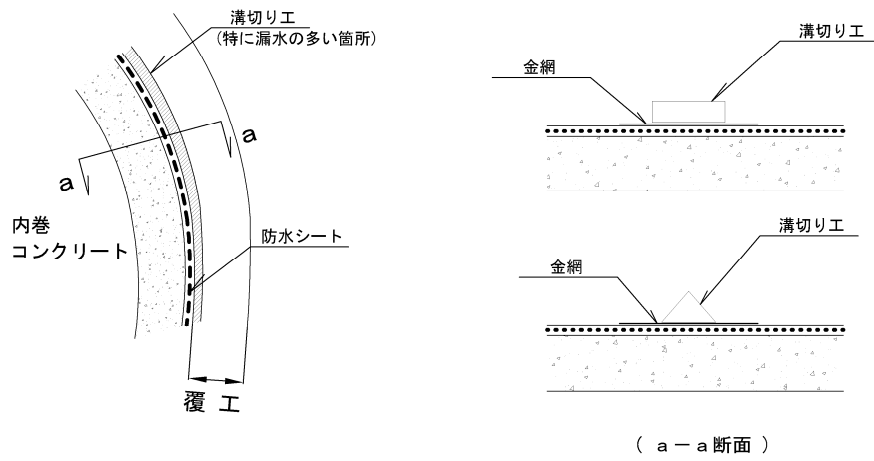


図 4.7 漏水処理の例

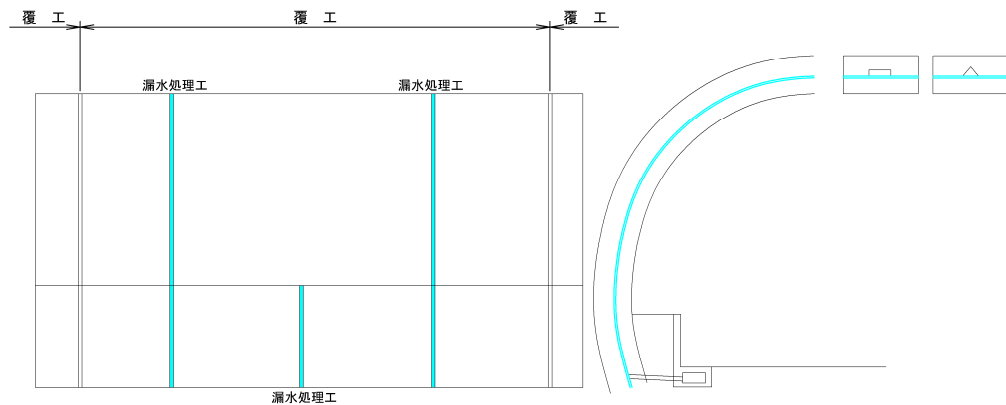


図 4.8 裏面排水配置図例

4-11 再生覆工

再生覆工は、繊維混入の現場打ちのコンクリートを原則とする。

供用線下での施工は、通行車両に対して、セントル内で必要な内空断面や環境を確保し、施工設備・機械および作業員を隔離し、相互の安全を確保して施工するものとする。また、設備等の箱抜きについても必要な空間を確保する必要がある。

この手引き(案)では再生覆工の施工は覆工セントルを用いる繊維混入の現場打ちコンクリートを原則とするが、それぞれ $t=30\text{cm}$ $\sigma=18\text{N/mm}^2$ 以上の耐力を必要とする各工法(プレキャストライニング工法、埋設型枠、支柱型枠)についても適用性を検討し、現地条件に応じた最も適切な工法を選定するものとする。

しかし、標準的な覆工セントルでは、必要な内空断面や通行車両の視環境等が確保できないため、今後、材料強度や製作形状の工夫などにより内空断面を確保した覆工セントルの検討が必要である。

(1) 再生覆工の一般

- ① 再生覆工は、覆工セントルによる繊維混入の現場打ちのコンクリートを標準とし、その目的、作用荷重等に対して合理的な構造でなければならない。
- ② 再生覆工コンクリートの配合は、耐久性、施工性および設計で定めた強度を考慮して定めなければならない。
- ③ 高強度のコンクリートを用いる等、ひび割れの発生が予測される場合には、原則としてひび割れ防止を検討するものとする。

(2) 再生覆工の厚さ

再生覆工の厚さは、「3-6 再生覆工の設計」で定めた設計厚以上を確保するものとする。

(3) 覆工コンクリートの配合

再生覆工に用いるコンクリート配合は、設計上必要な強度、十分な耐久性および良好な施工性が得られるように定めなければならない。また、覆工コンクリートは、非鋼繊維を $0.3\%/m^3$ 混入することを標準とする。

施工に必要な距離の運搬が可能な品質およびワーカビリティを有すること。

(4) 型枠(セントル)

型枠長さは、既設覆工の横断目地間隔に合わせることを標準とする。既設覆工の目地間隔に合わせる事が適当でない場合は、監督員と協議の上、型枠長を変更するものとする。

(5) 打継ぎ部の処理

打継ぎは、既存トンネル上半アーチの目地に合わせることが望ましい。型枠据付けにおいて、打設済みの再生覆工コンクリートが若材齢の段階で、新設側の覆工を打設するため、重ね合せ部分に過度の荷重をかけるとひび割れなどを発生させることがある。このようなひび割れによる角落ちなどの危険性を防止するため、打継ぎ部にゴムや発泡スチロールなどの打継ぎ目溝型枠を設置することにより切欠き部を設け、重ね合せ部の型枠がこの打継ぎ目溝型枠にのみ接する等の検討を行う必要がある。

切削後の再生覆工では、通行車両にできるだけ支障を及ぼさないように、セントル設備や打設ポンプおよび生コン車を設置するとともに、打設時も型枠の破損やコンクリートの逸脱がないように留意して施工する必要がある。

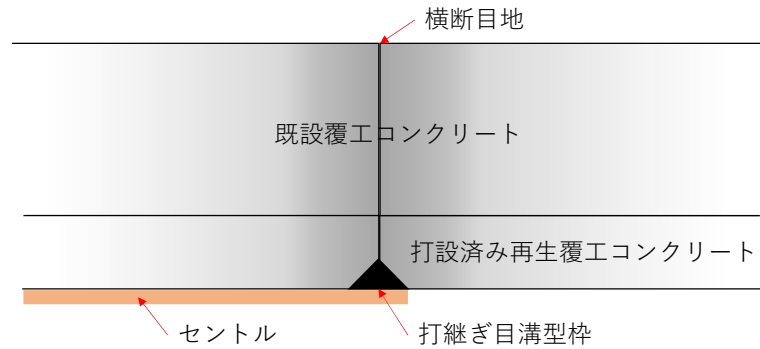


図 4.9 打継ぎ目の施工例

(6) その他

既設の箱抜き形状は、生かした形で再生覆工の施工を行うものとする。

4-12 資材・機材の供給

覆工再生工に必要な資材・機材の供給は、工事の実施および通行車両の安全性に影響を及ぼさないよう、適切な方法で実施する。

高速道路トンネルは、坑口前後に十分な用地がないことが多いことから、仮設備ヤードは一カ所で必要な広さを確保できない可能性があり、数カ所に分散することも考えられる。工事区域からかなり離れた SA や IC 付近に仮設備ヤードを設定する場合、それらの箇所から資材・機材を運搬しなければならない。その場合、設備の移動等で通行車両に影響を及ぼす可能性があるため、運搬等についても詳細な検討が必要である。

4-13 附帯工(監視員通路、円形水路等)

既設監視員通路壁、円形水路を取り壊す箇所の復旧に合わせて、覆工再生工の対象スパン以外でも損傷している監視員通路壁および円形水路についても取り替え等の検討をする。

覆工再生工等で取り壊す監視員通路や円形水路等の付帯工および損傷している付帯工については、時間的な制約から、施工性を考慮してプレキャスト製品による復旧を基本とする。

4-14 トンネル内設備移設工

トンネル内設備の移設は、トンネルに必要な機能を損なうことなく、かつ通行車両の交通に影響を及ぼさないよう、適切な方法で実施する。

高速道路トンネル内および坑口付近には、換気設備、非常用設備、照明設備などトンネルの機能を生かすために様々な設備が設置されている。覆工再生工事においてもその機能を維持しなければならないものもかなりある。

表 4.2～4.4 に高速道路内および坑口付近に設置されている設備の一覧と、それぞれの設備について覆工再生工事中にどのような措置を行うかを一覧表にまとめた対応(案)を示す。主な設備のそれぞれについて、下記の考えで覆工再生工事時の措置(案)を作成した。実際の覆工再生工事での移設では、警察などの関係機関と調整し、具体的な方法について詳細に検討する必要がある。

(1) 換気設備

換気機能は工事開始前に、施工に影響がない場所(反対側の坑口、未施工区間)への移設やリフト車に換気設備を積載する等の運用方法を検討する。

(2) 非常用設備

原則的には、覆工再生工事の未施工区間と工事区間(覆工切削施工区間と再生覆工施工区間)および覆工再生工終了区間の3区間に分けて対応するものとし、未施工区間および工事区間は、設備を撤去し、散水車・消火器の配置や監視員を配置する等の監視体制を設ける。

覆工再生工終了区間は、順次機能を復旧させる。非常駐車帯の使用の有無は、現地状況により判断する。

避難通路は、未施工区間では使用できるようにその機能を維持するが、工事区間およびその前後 50m 程度の通路は閉鎖し、非常時におけるその区間内では、避難誘導を行う体制を設ける。また、覆工再生工終了区間は、早急に機能復旧を図る。

覆工再生工事により撤去された監視員通路および監査路は、覆工再生工にあわせて防災本管および多孔陶管の更新を行う。

(3) 照明設備

覆工再生工事の未施工区間と工事区間(覆工切削施工区間と再生覆工施工区間)および覆工再生工終了区間の3区間に分けて対応するものとし、未施工区間は、仮設ケーブル等を利用しその機能は維持するものとするが、仮設ケーブル設置が困難な場合は、配線の必要がないバルーン照明や視線誘導灯による代替えを検討する。工事区間は設備を撤去するが、その区間に設置する防護工内には状況に応じて照明設備を設けるものとする。防護工手前側についても照明設備復旧までの間は、バルーン照明または視線誘導灯等を設置することを検討する。覆工再生工終了区間は、順次機能を復旧させる。

(4) 受配電設備

副電気室があるトンネルについては、副電気室に送っている高圧ケーブルを反対側のトンネル(上り線の場合は下り線側)に配線し機能を維持する。

(5) 情報収集・提供設備

本坑内のトンネル内情報板は、撤去するが、撤去したトンネル内情報板を仮設足場を用いて運用する等の機能を維持する検討を行う。坑口には、工事に関係するような情報を流すための簡易情報板を増設する。その他については、個別に検討する。

(6) 通信ケーブル

光ケーブル、メタルケーブルは反対側のトンネルに仮設する等、移設方法を検討する。ただし、光ケーブルが KDDI との兼用工作物である場合は協議が必要であり、協議は工事開始の 120 日以上前に行う必要がある。

(7) 無線通信補助設備・ラジオ再放送設備(割り込み機能有りの場合)・拡声放送設備

無線通信補助設備は、仮設・移設を行う場合は、電波法により申請が必要となるため、トンネル内は機能を停止し、携帯電話等による対応を検討する。

ラジオ再放送設備(割り込み機能有りの場合)・拡声放送設備は、工事施工区間の機能を停止し、非常時の通行車両の誘導は、監視員の配置や遠隔操作可能な簡易情報板を設置するなどの方法を検討する。

(8) 非常電話

非常電話は、仮設ケーブル等を利用して機能維持を検討する。覆工再生工事により機能維持が困難な箇所は、監視員による携帯電話等による対応を検討する。

事前の移設が必要な設備の検討や詳細な切り回し方法、設備の維持方法、復旧方法は慎重な検討を行うものとする。

表 4.2 高速道路トンネル再生覆工工事におけるトンネル内設備に対する対応策（案）

場所	設備名1	設備名2	個別設備名	切削時の基本的対応(案)
本坑	換気設備	ジェットファン		・換気機能は移設 ・切削時には本坑内設備は撤去
集じん機室		電気集じん設備	電気集じんユニット	
			汚水処理ユニット	
			集じんファン	
換気立坑		立坑送排風機		
集じん機室		換気盤	換気制御盤	
			集じん制御盤	
			集じん高圧発生盤	
			集じんファン盤	
本坑			VI計(煙霧透過率測定装置)	
	CO計(一酸化炭素検出装置)			
	AV計(風向風速測定装置)			
集じん機	計測盤			
本坑	ダクト			
本坑	非常用設備	通報警報設備	押しボタン式通報装置	・必要に応じて、事前に仮設ケーブルに切り替える。 ・未施工区間は機能維持 ・工事区間および工事直近の未施工区間は撤去し、監視員による監視体制を設ける。 ・施工終了区間は順次機能復旧 ・避難通路は、未施工区間内は閉鎖する。施工終了区間は早期に機能復旧 ・非常用駐車帯の使用の有無については現地状況により判断する。
			非常電話	
			非常警報装置	
			火災検知器	
		消火設備	消火器	
			消火栓	
		避難誘導設備	誘導表示板	
			排煙装置	
			避難通路	
		その他	給水栓	
			無線通信補助設備	
			ラジオ再放送設備	
			拡声放送設備	
			水噴射設備	
			監視装置	
			停電時照明設備	
			非常用電源設備	
本坑	照明設備	トンネル坑口照明	・未施工区間は機能維持 ・工事範囲(防護工内)に走行に必要な照明設備を設ける。 ・配線の必要が無い、バールン照明や視線誘導灯を検討する。	
トンネル内照明				
コントロールセンター				
輝度計				
非常駐車帯照明				
本坑	その他(坑口分電盤)			
電気室	受配電・自家発電設備	受配電盤	・副電気室送りの高圧ケーブルは反対側のトンネル(上り線の場合は下り線側)に配線	
		変圧器盤		
		トランス		
		無停電電源装置		
		自家発電装置		
		発電機盤		
		坑外		その他(引込柱)
本坑	情報収集および提供設備	監視装置(ITV)	・工事区間および未施工区間は撤去し、監視員による監視体制を設ける。 ・トンネル内情報板は移設し機能維持 ・坑口および坑外は工事実施の簡易情報板増設	
漏洩同軸ケーブル				
坑外		トンネル坑口情報板		
本坑		トンネル内情報版		
		可変式速度規制標識		
		非常口表示灯		
		誘導表示板		

※工事完了箇所は再生覆工面で通行(ただし、一車規制のまま、資機材搬入用に一車線は工事で使用)する。

表 4.3 設置基準

トンネル等級	AA	A	B	C	D	備考
非常電話	○	○	○	○	○	延長 200 m 未満の D 級トンネルは省略
押ボタン式通報装置	○	○	○	○		
火災検知器	○	○				換気設備がある事
トンネル内情報板	○	△				3,000m以上の A 級トンネル
消火器	○	○	○	○	○	
消火栓	○	○	△			1,000m以上の B 級トンネル
非常口表示板	避難連絡坑のあるトンネル					
誘導標示板(A)	避難連絡坑のあるトンネル					
非常口案内標示板	避難連絡坑のあるトンネル					
誘導標示板(B)	○	○	○			避難連絡坑のないトンネル
排煙設備または避難通路	・ 延長 750m程度以上のトンネルには、避難連絡坑を設ける。 ・ 延長 1,500m程度以上のトンネルには、排煙設備を設ける。 ・ 避難坑はトンネル等級AAおよび延長 3,000m以上のA級トンネルのうち、対面交通方式で縦流換気方式を採用するトンネルにあつては、設置する。 ・ 上記以外の延長の短いAA級トンネルにあつても、排煙設備か避難通路のいずれかを必ず設置する。					
給水栓	○	○	△			1,000m以上の B 級トンネル
無線(漏洩同軸ケーブル)	○	△				3,000m以上の A 級トンネル
ラジ再(割り込み機能有)	○	△				3,000m以上の A 級トンネル
拡声放送	ラジオ再放送設備(割り込み機能有)を供えるトンネルに併設する。					
水噴霧設備	○	△				3,000m以上、かつ 4,000 台以上で対面交通
CCTV(タイプ A)	水噴霧設備のあるトンネル(200m間隔設置)					
停電時照明	延長 200m程度以上のトンネル					
○:設置 △:条件付き設置(備考)						

出典:設計要領第 3、6、7、8 集

表 4.4 設置間隔

トンネル等級	AA	A	B	C	D	間隔
非常電話	○	○	○	○	○	200m
押ボタン式通報装置	○	○	○	○		50m
火災検知器	○	○				25m、または 50m 程度
トンネル内情報板	○	△				トンネル内非常駐車帯
消火器	○	○	○	○	○	50m
消火栓	○	○	△			50m
非常口表示板	避難連絡坑のあるトンネル					避難連絡坑部の両側側壁部
誘導標示板(A)	避難連絡坑のあるトンネル					200m程度
非常口案内標示板	避難連絡坑のあるトンネル					避難連絡坑の反対側の側壁部
誘導標示板(B)	○	○	○			200m程度
排煙設備または避難通路						
給水栓	○	○	△			200m程度
無線(漏洩同軸ケーブル)	○	△				トンネル全延長
ラジ再(割り込み機能有)	○	△				トンネル全延長
拡声放送	ラジオ再放送設備(割り込み機能有り)を供えるトンネルに併設					非常駐車帯
水噴霧設備	○	△				水噴霧ヘッド 4～5m
CCTV(タイプ A)	水噴霧設備のあるトンネル(200m間隔設置)					120m～200m 程度
停電時照明	延長 200m程度以上のトンネル					
○:設置 △:条件付き設置(備考)						

出典:設計要領第 3、6、7、8 集

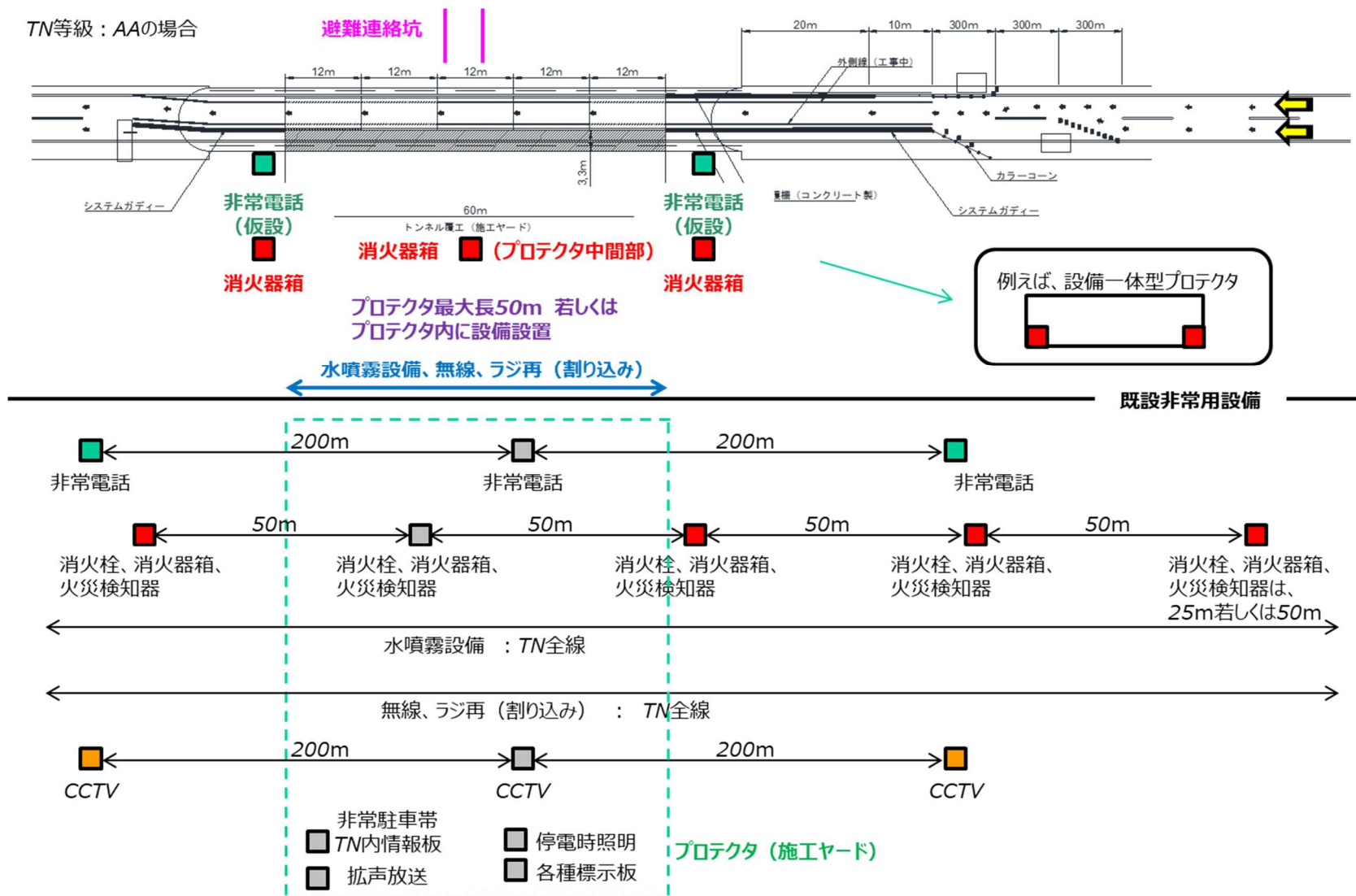


図 4.10 トンネル内設備と防護工の位置関係図（案）

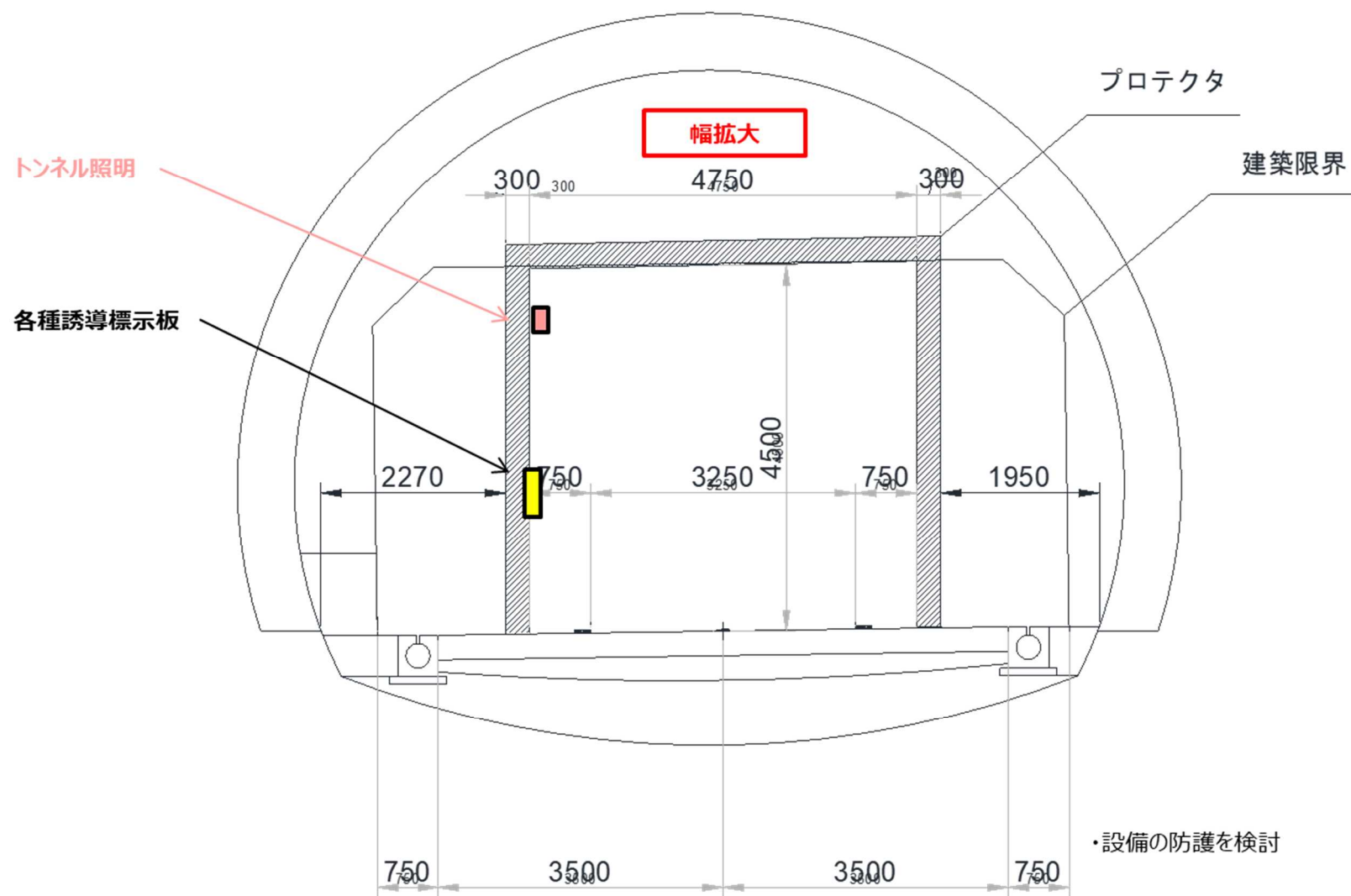


図 4.11 防護工内におけるトンネル内設備仮設図（案）

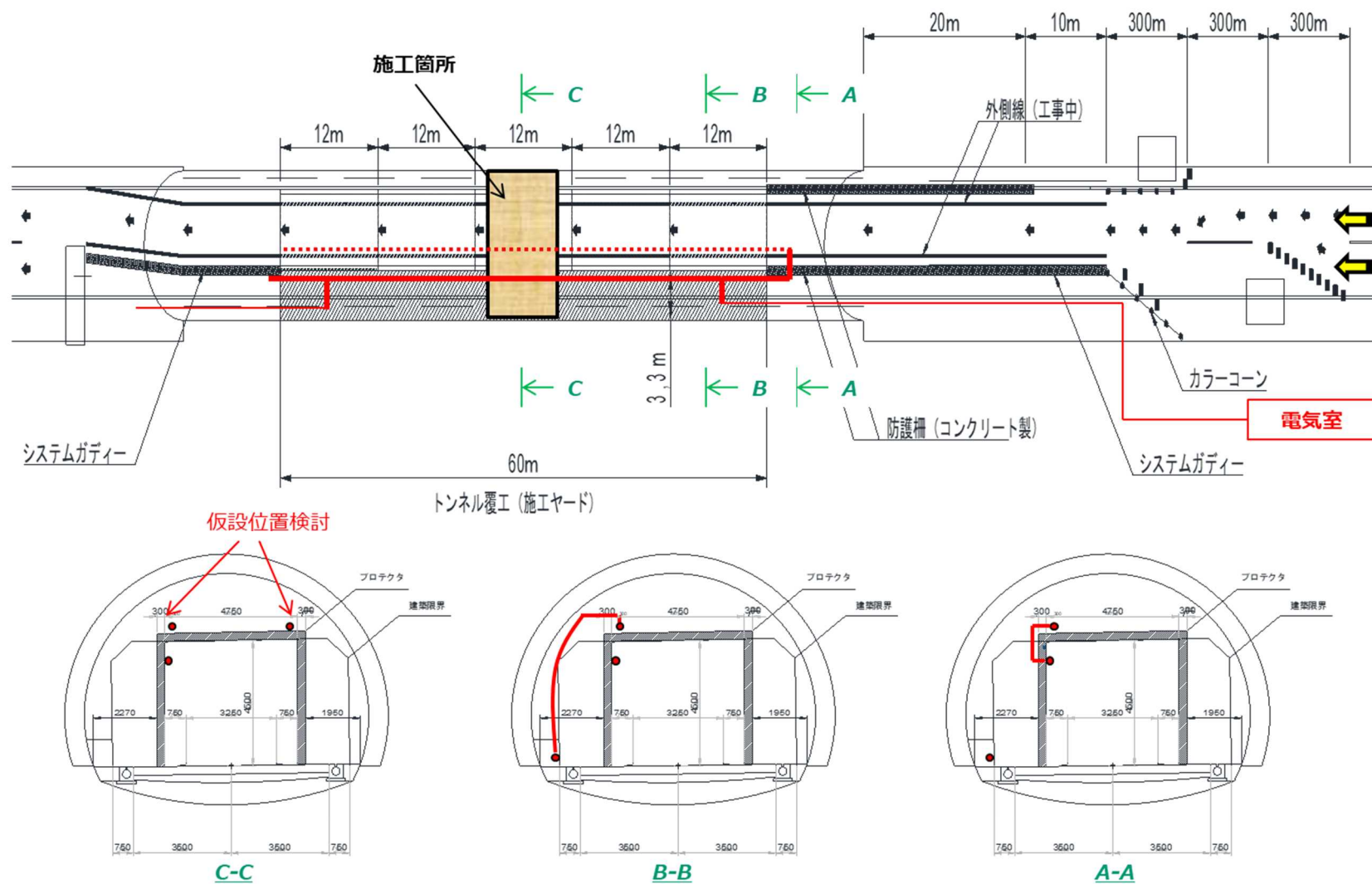


図 4.12 トンネル内設備仮設移設関係図 (案)

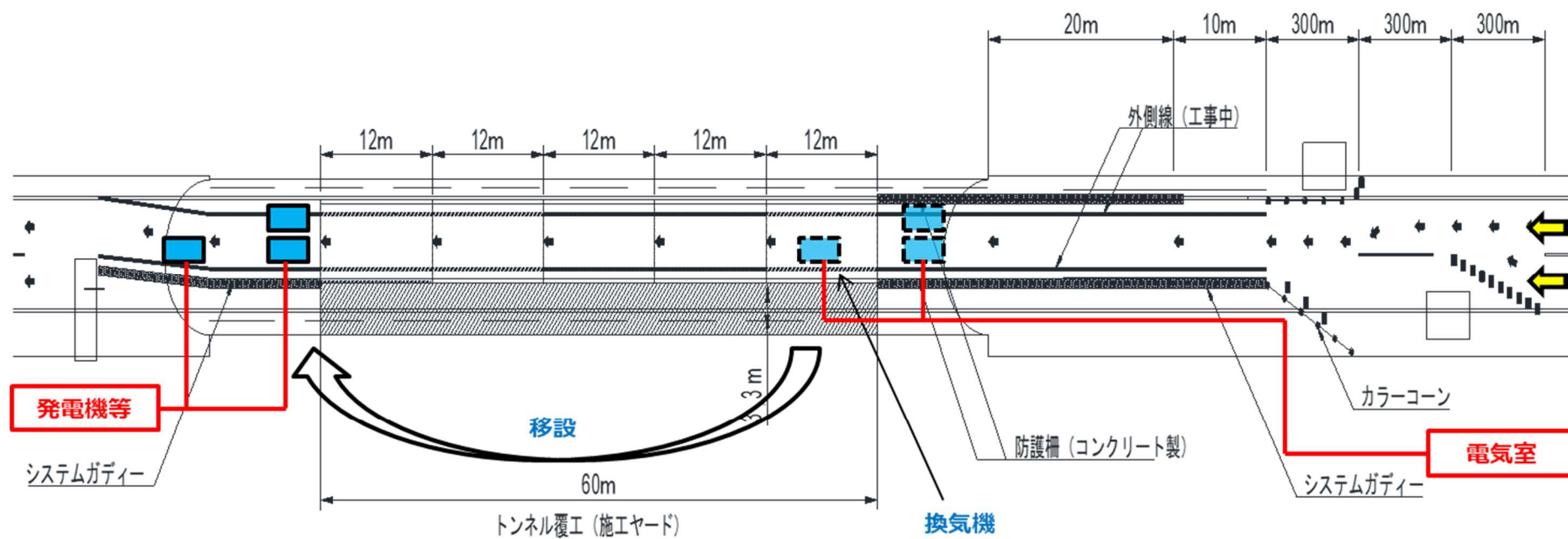


図 4.13 トンネル換気設備移設図（案）

4-15 非常駐車帯部の施工

非常駐車帯部および避難連絡坑接続部の覆工再生工の施工は、別途解析等を実施して、安全を確保できる設計・施工の検討を実施し、現道交通に影響を及ぼさないよう、適切な方法で確実に実施する。

非常駐車帯部および避難連絡坑接続部については、本手引き(案)では、解析等を実施していないため、別途解析を実施して安全性を確認する必要がある。

覆工再生工を非常駐車帯部および避難連絡坑接続部で実施した場合、工事中の非常駐車帯および避難連絡坑接続部の機能の確保等の運用上の問題についても検討が必要となると考えられる。

採用する覆工再生工法によっては、非常駐車帯部および避難連絡坑接続部の施工方法および施工時期も大きく変わってくるが、非常駐車帯部および避難連絡坑接続部の施工においても、通行車両の通行に影響を及ぼさないように施工しなければならない。

4-16 工事中的変状対策

覆工再生工事中に何らかの変状が生じた場合には、適切な変状対策を実施して、一般の通行車両に影響を及ぼさないよう実施しなければならない。また、通行車両の安全な走行に支障が出る変状が生じた場合には応急対策を講じるとともに関係機関に報告する。

- (1) 施工中に変状が生じた場合の変状対策の例を下記に示す。変状を起こした場合には、調査を実施し、変状原因を突き止め、その変状に適した対策を実施するものとする。変状対策については、通行車両の安全と環境保持ができる対策とする。
- (2) 覆工再生工の施工にあたっては、事前に変状に対する対応法の検討を行っておき、計測管理において、決定された管理基準値になった場合は、速やかに事前に決定していた変状対策を実施できる体制を取っておくことが重要である。

第4章 参考文献

- 1) (社)日本道路協会:「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説」, 平成15年11月
- 2) (社)日本道路協会:「道路トンネル便覧」, 昭和50年1月
- 3) 石村利明, 真下英人, 森本智:「既設トンネルの覆工再生時の挙動計測」, 土木学会第33回岩盤力学に関するシンポジウム, 平成16年1月
- 4) 蒲田浩久, 真下英人, 森本智:「既設トンネル覆工再生時の支保構造ーロックボルトに着目してー」, 土木技術資料44-12,P32-37, 平成14年12月
- 5) 蒲田浩久, 真下英人, 長谷川哲也:「土砂地山におけるロックボルトの効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第11巻, P147-152, 平成13年11月
- 6) 森本智, 真下英人, 蒲田浩久:「打設時期の違いによるロックボルト効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第12巻, P413-418, 平成14年11月
- 7) 蒲田浩久, 真下英人:「既設トンネル覆工再生時の地山変位について」, (社)土木学会第55回年次学術講演会論文集Ⅲ, 平成12年9月
- 8) 日本道路公団技術部:「矢板工法トンネル背面空満注入工設計・施工指針」, 平成14年10月
- 9) 真下英人, 石村利明:「道路トンネル変状対策工手引き(案)」, 平成15年2月

5. 施工管理

覆工再生工の施工管理は、「トンネル施工管理要領(本体工編・繊維補強覆工コンクリート編)」(以下、「施工管理要領」と呼ぶ)によって行うことを原則とする。

以下の項目は、施工管理要領によらないものとする。

表 5.1 基準試験

項目 種別		試験項目	試験方法	試験頻度	規定値
ロック ボルト 工	強度	ロックボルトの 引抜き試験	JGS 3731-2012 NEXCO 試験法 条件	・ 施工開始前に1回3本以上 ・ 製造工場または品質の変更があるごとに1回3本以上	鋼管膨張型施工後 130kN(耐力※150kN) 以上の引抜耐力 ※ボルトの溶接部耐力

表 5.2 日常管理試験

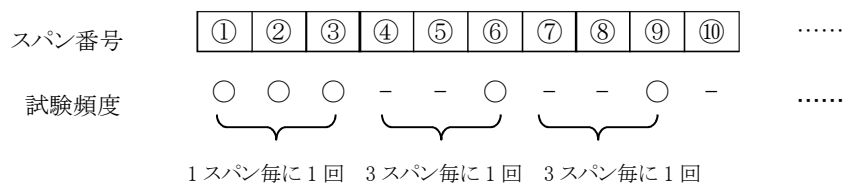
種別	項目	試験項目	試験方法	試験頻度	規定値
ロックボルト工	強度	ロックボルトの引抜き試験	JIS 3731-2005 NEXCO 試験法条件	アーチ 90° の範囲全数 肩から側壁部付近は 1 本/半断面	鋼管膨張型施工後 1 日で 130kN (耐力※ 150kN) 以上の引抜耐力 ※ボルトの溶接部耐力
再生繊維補強覆工コンクリート	曲げ靱性	曲げ靱性試験 注 1)	JSCE-G552-2007-NEXCO 試験法条件による	最初の 3 スパンは 1 スパンに 1 回、以後は 3 スパンに 1 回 (圧縮強度試験用供試体作成時) 注 2)	施工管理要領 (繊維補強覆工コンクリート) 表 4.1 に示す基準注 3)
	繊維混入率	繊維混入率試験	JSCE-F554-1999 「鋼繊維補強コンクリートの鋼繊維混入率試験方法」の洗い分析試験方法による	最初の 3 スパンは 1 スパン 2 回 (1 台目・最後で 1 回/台試料採取)、以後は 3 スパンごとに 2 回 (1 台目・最後で 1 回/台試料採取) 注 2)	試し練りの曲げ靱性試験により決定された混入率の 100±20%かつ 3 回の平均値が決定混入率の 95%以上 長さの異なる繊維を使用する場合、繊維を各種繊維ごとに分け混入比率を出し、その混入比率が計画混入比率の±20%以内

注 1) 圧縮強度試験、曲げ靱性試験の供試体寸法は、以下による。

繊維長さが 40mm を超える場合 ϕ 12.5×25cm 、15×15×53cm

繊維長さが 40mm 以下の場合 ϕ 10×20cm 、15×15×53cm

注 2) 最初の 3 スパンとは打設開始からであり、以後にあっては、3 スパン毎に 1 回を継続するものとする。



ただし、試験結果に問題があった場合は、その後の 3 スパンについては 1 スパンに 1 回の試験頻度とし、以後にあっては 3 スパン毎に 1 回を継続するものとする。

注 3) 品質管理供試体 4 本 1 組の曲げ靱性係数の平均値は品質管理曲げ靱性係数を上回っているが、4 本のうち品質管理基準線を下回っている曲げ靱性曲線が 1 本でもある場合は、繊維の投入方法等に問題が生じている可能性があるため、原因を調査して原因があればそれを取り除き正常な状態に戻すこととするが、不明であれば状況観察を行うものとする。

表 5.3 出来形基準

測定項目			規定値	調書の様式	測定頻度	監督員の立会
再生覆工	型わく据え付け後の測定	再生覆工厚空間量（未切削部）	設計再生覆工厚以上※ ¹	様式 5-7-2 準用	1 打設ごとに 11 箇所	○
		再生覆工厚空間量（切削部）	設計再生覆工厚以上※ ²			
	再生覆工の測定		設計再生覆工厚以上	様式 5-7-3 準用	・打設端部 1 打設端部の任意の 3 箇所。測定箇所は監督員の指示による	○
	トンネル内空の測定		設計図書に示された位置より 5 cm 以上ずれてはならない	様式 5-7-4 準用 様式 5-7-3 準用	1 打設ごと	○

※¹ ロックボルトの突出部にあっても、設計再生覆工厚さ以上は確保する。

※² 規定値のうち切削深さに関しては、設計覆工切削深さの 110%を超えることがないこととする。

第 5 章 参考文献

- 1) (社)日本道路協会:「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説」, 平成15年11月
- 2) (社)日本道路協会:「道路トンネル便覧」, 昭和50年1月
- 3) 石村利明, 真下英人, 森本智:「既設トンネルの覆工再生時の挙動計測」, 土木学会第33回岩盤力学に関するシンポジウム, 平成16年1月
- 4) 蒲田浩久, 真下英人, 森本智:「既設トンネル覆工再生時の支保構造ーロックボルトに着目してー」, 土木技術資料44-12, P32-37, 平成14年12月
- 5) 蒲田浩久, 真下英人, 長谷川哲也:「土砂地山におけるロックボルトの効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第11巻, P147-152, 平成13年11月
- 6) 森本智, 真下英人, 蒲田浩久:「打設時期の違いによるロックボルト効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第12巻, P413-418, 平成14年11月
- 7) 蒲田浩久, 真下英人:「既設トンネル覆工再生時の地山変位について」, (社)土木学会第55回年次学術講演会論文集Ⅲ, 平成12年9月
- 8) 日本道路公団技術部:「矢板工法トンネル背面空洞注入工設計・施工指針」, 平成14年10月
- 9) 真下英人, 石村利明:「道路トンネル変状対策工手引き(案)」, 平成15年2月

6. 道路規制工

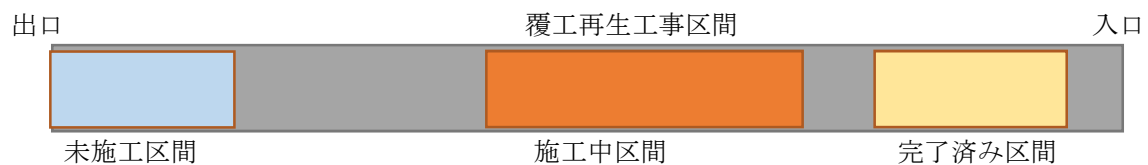
6-1 保全施設

供用下施工で覆工再生工をする場合には、通行車両の安全を確保するために、必要な保全施設の設置を行うものとする。

既設トンネルを供用線下で覆工再生工をする場合には、通行車両の安全を確保するとともに、工事の安全と円滑な進捗のために、必要な保全施設の設置を行わなければならない。

高速道路トンネル覆工再生工事の際に設置すべき施設としては、以下のとおりである。

- ① 工事の情報提供設備
- ② 覆工再生工施工中区間および覆工再生工完了済み区間および未施工区間のトンネル内安全対策



(1) 工事の情報提供設備

覆工再生工事では、速度規制や車線規制があり、通行車両に影響を及ぼす。このため、工事の事前予告、工事規制などの工事に関する情報を提供することで、通行車両が安全に通行できるようにする必要がある。

高速道路での車線規制の事前通告は、数ヶ月以上前から NEXCO ホームページや公共メディアおよび一般紙などを用いて行っている。大蔵トンネルでは、通行止め 1 ヶ月前より市政だよりや広報チラシなどで事前周知を行っている。

覆工再生工事の場合は、防護工を設置する関係で通行できる車両の大きさが制限されないが、それを違反してくる車両が考えられるため、事前通告は、より確実に行わなければならない。図 6.1、図 6.2 に工事の情報提供設備の例を示す。

名称	設置場所	数量	規格	内容
A 通行止め予告板(各料金所)	1号線:横代、岩園、北方、大手町、下剱津 2号線:小倉駅北、日明、戸畑、岩戸 4号線:春日、大里、足立、紫川、山路、大谷 黒崎(東、西)、小嶺、馬場山2 その他:門司IC2	22	W900×H1,800	ポリ合板、30ミリ角木枠、シルク印刷
B 協力のお願板(各料金所)	大谷、黒崎2、小嶺、馬場山3	7	W900×H1,800	アルボリック板、35×45 角木枠、CF文字、白加工
C 通行止め時広報看板(大谷料金所)	大谷料金所手前街路上	1	W900×H1,800	ポリ合板、30ミリ角木枠、シルク印刷
D 通行止め時広報看板(馬場山～黒崎)	馬場山料金所手前2、小嶺料金所、黒崎(東、西)料金所	5	W900×H1,800	ポリ合板、30ミリ角木枠、シルク印刷
G 通行止め予告板	馬場山ランプ付近2、小嶺ランプ付近3、黒崎ランプ付近3、 大谷ランプ付近1、直方P.A1、古賀S.A2	12	W900×H1,800	ポリ合板、30ミリ角木枠、シルク印刷
Z 車高警告板(街路上)	馬場山ランプ付近1、小嶺ランプ付近2、黒崎ランプ付近2、 大谷ランプ付近1	6	W900×H1,800	アルボリック板、35×45 角木枠、CF文字、白加工
Z 車高警告板(料金所手前)	馬場山料金所付近2、小嶺料金所付近1、黒崎料金所付近2、 大谷料金所付近1	6	W900×H1,800	アルボリック板、35×45 角木枠、CF文字、白加工
K 警告板(高さ制限)	黒崎～大谷本線上6(2枚一組)	12	W600×H1,500	アルミ基板(平リブ)、板面サイン(反射シート) 支柱(白)φ76.3×t3.2×H2,800
K 標識(工事中)	黒崎～大谷本線上6	6	W600×H2,800	アルミ基板(平リブ)、板面サイン(反射シート) 支柱(白)φ76.3×t3.2×H2,800,静電粉体、部材
L～Y 通行止め時迂回路看板	八幡消防署前交差点1、春の町交差点1、春の町5丁目交差点1、 戸畑バイパス交差点3、中央町3丁目交差点1、大蔵公園前1、七 条橋交差点1、清田2丁目1、金見羅町1、上剱津1、上剱津3丁目 1、清水交差点1、紫川インター付近2	16	W800×H1,200	ポリ合板、30ミリ角木枠、シルク印刷、CF文字、 反射シート
S 大看板	河頭トンネル～大谷トンネル2	2	W2,700×H2,700	鉄骨、骨組み、亜鉛引鉄板
E 通行止め時横断幕 (都市高速本線上、九州自動車道)	JH若宮～八幡1、JH小倉南～八幡1、馬場山～大谷4	6	W800×H10,000	ターボリン、CF文字(反射シート)
F 通行止め時横断幕(主要街路上)	馬場山ランプ付近2、小嶺ランプ付近3、黒崎ランプ付近2、 大谷ランプ付近2	9	W800×H10,000	ターボリン、CF文字(反射シート)
T 懸垂幕(通行止め)	馬場山ランプ付近1	1	W1,100×H6,000	夜間対応、CF文字(反射シート)
U 懸垂幕(高さ制限)	河頭トンネル～大谷トンネル1	1	W1,100×H6,000	夜間対応、CF文字(反射シート)
W 横断幕(高さ制限)	JH若宮～八幡1、JH小倉南～八幡1	2	W800×H10,000	ターボリン、CF文字(反射シート)

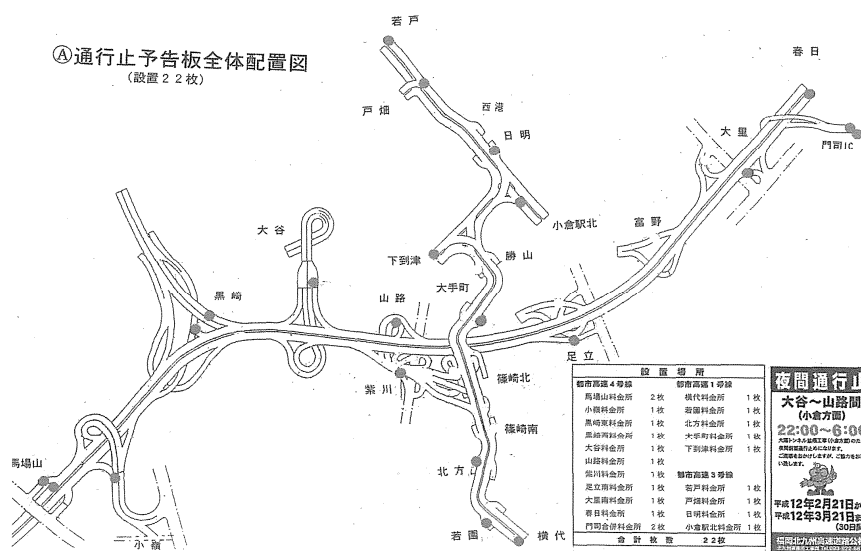


図 6.1 通行止め予告板設置全体位置図の例

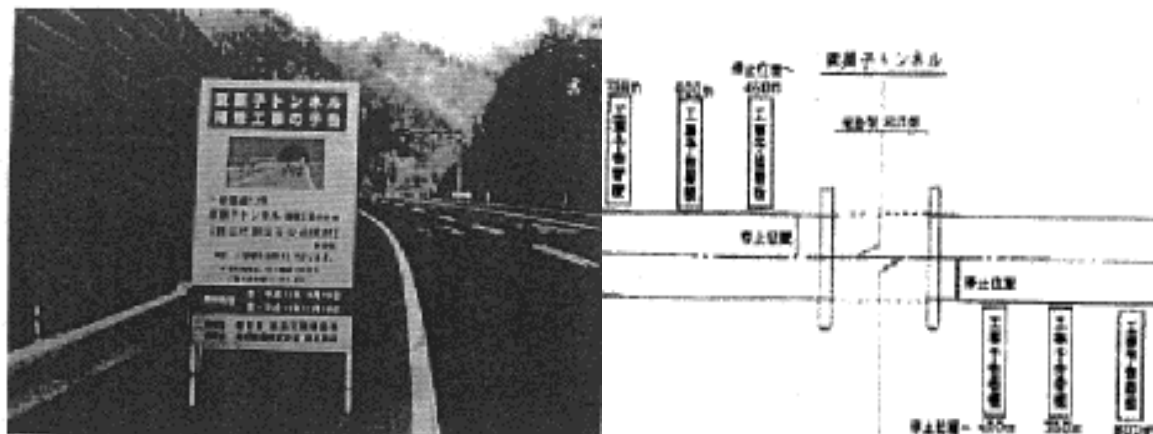


図 6.2 工事予告案内板の例

施工計画書に記載する内容は以下の例がある。

1. 広報活動
 - 1.1 目的
 - 1.2 広報活動
 - 1.2.1 立看板
 - 1.2.2 案内ポスター、案内チラシ
 - 1.2.3 ハイウェイ情報ターミナル
 - 1.2.4 インターネット
 - 1.2.5 情報板
 - 1.2.6 ハイウェイラジオ
 - 1.2.7 横断幕
 - 1.3 広報開始日

(2) 未施工区間および覆工再生工完了区間のトンネル内環境の保持

トンネル延長が長い場合、トンネルに未施工区間、覆工再生工中区間、覆工再生工完了区間が生じるのは避けることができない。各区間の境界地点の明示を確実に行うとともに、覆工再生工が完了した広い空間から施工中である狭い防護工に移行する区間については、車線規制の方法や防護工内の照明について、詳細に検討する必要がある。

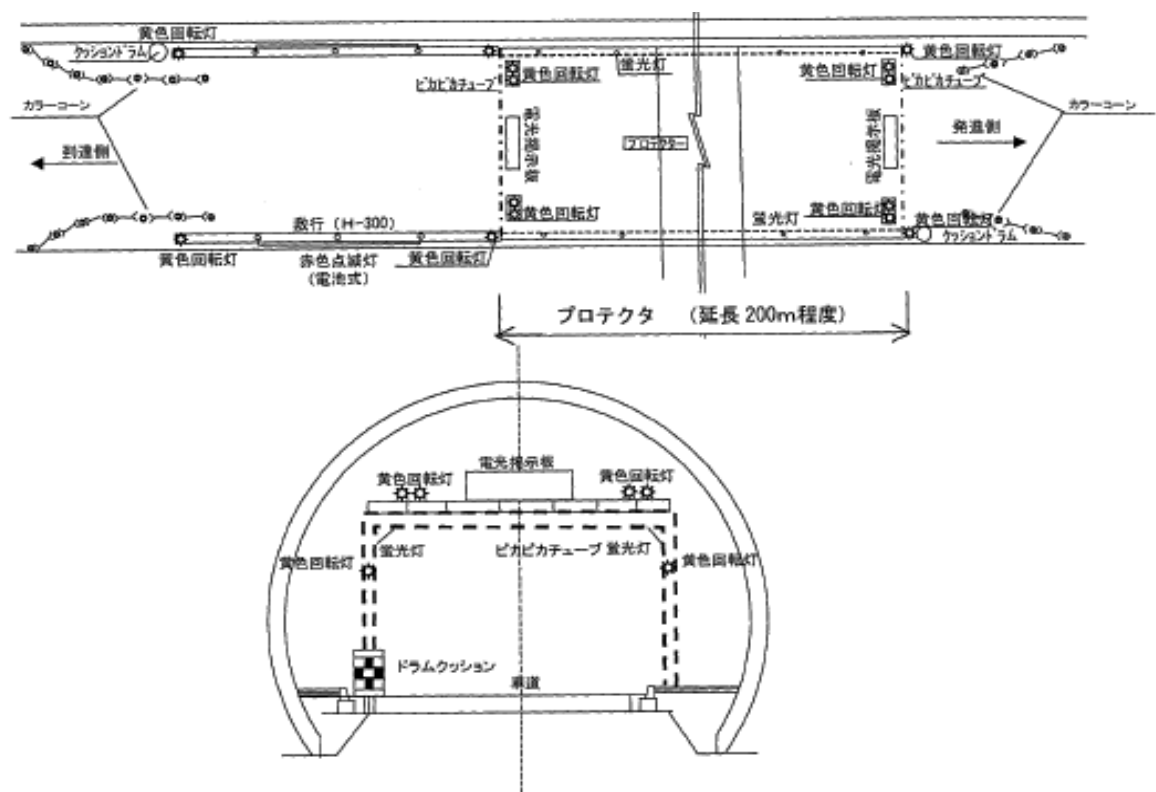


図 6.3 防護工に設置する安全設備の例

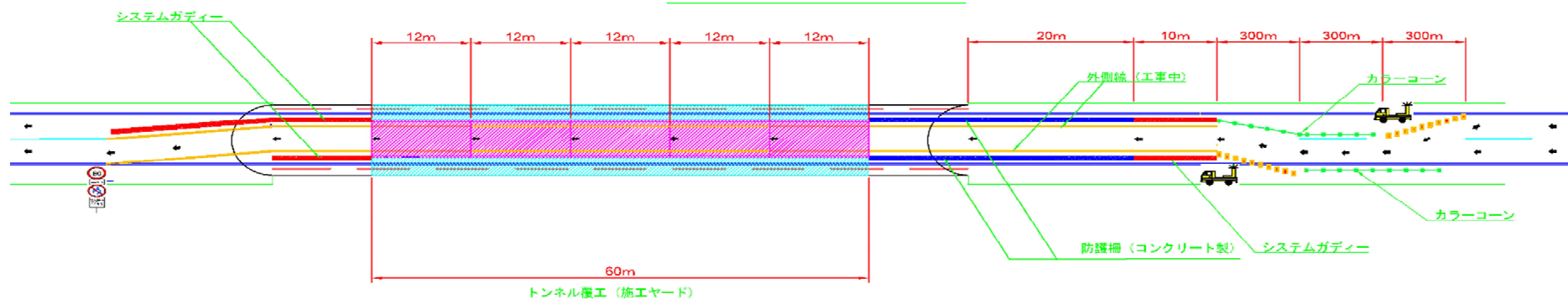
6-2 交通規制工

覆工再生工事中の通行規制、車線規制、通行車両の高さ制限などの交通規制は、現場の状況に応じて行い、規制の際は広域に事前通告や規制場所の明示などを行うものとする。

覆工再生工事区間では、十分な速度抑制体制を講じるものとする。通行車両の規制速度は50km/hと比較的低速であり、防護工の存在が心理的負担となると想定される。

そこで実際の走行速度は60km/hと想定し、防護工内の設備、照明および規制区間の道路規格を検討するものとする。トンネル内で速度規制をかけることは、安全上問題があると考えられるので、トンネル坑口手前で規制をかけることになるが、明かり部での規制開始、規制終了位置は、個別に関係機関と打ち合わせを行い決定する必要がある。

平面図 2 1 : 500



平面図 2 1 : 500

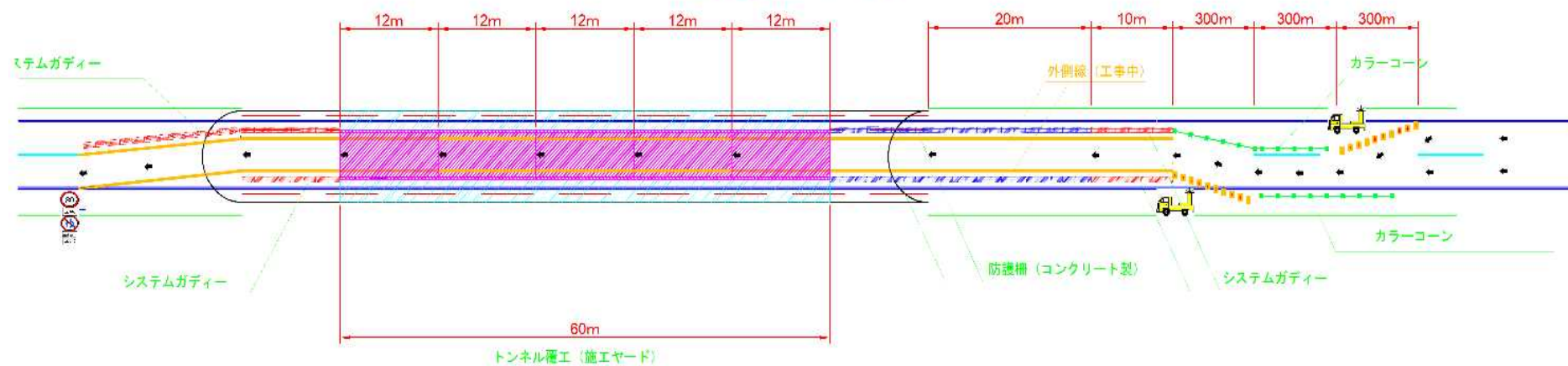


図 6.4 規制状況図

施工計画書に記載する交通規制工の内容は以下の例がある。

1. 工事概要
 - 1.1 工事名
 - 1.2 路線名
 - 1.3 工事箇所
 - 1.4 工期
 - 1.5 担当事務所
 - 1.6 工事受注者
 - 1.7 工事内容
 - 1.8 工事位置図
 - 1.9 現場組織
 - 1.10 全体工程
2. 交通規制概要
 - 2.1 規制計画概念
 - 2.2 規制概要
 - 2.3 規制工程表
3. 規制中の工事内容
4. 先頭固定規制実施方法
 - 4.1 追越車線規制から走行車線規制への切替え
 - 4.2 先頭固定規制の開始時間
 - 4.3 頭抑え方法
5. 交通規制に関する検討
 - 5.1 上り線シフト区間長
 - 5.1.1 考え方
 - 5.1.2 検討項目およびフロー
 - 5.1.3 検討結果
 - 5.1.4 その他
 - 5.2 下り線すり付け長
 - 5.2.1 検討概要
 - 5.2.2 すり付け長の検討
 - 5.3 非常駐車帯
6. 規制断面図
 - 6.1 対面通行規制標準断面図(下り線)
 - 6.2 センターラインより超えた位置にラバコーンを設ける場合
7. 交通量データ
8. 緊急時の連絡体制
 - 8.1 緊急連絡体制
 - 8.2 各公共機関(公庁、病院等)連絡先
 - 8.3 規制区間における事故対応
9. 交通規制図

6-3 違反車両の排除

覆工再生工事中に工事区域内に進入する車高違反車両などに対する通行車両および作業員の安全は、適切な方法を用いて行うものとする。

防護工への衝突については、お客様の車両だけではなく、工事用車両・工事資機材運搬についても十分注意を図るものとする。

通行規制、車線規制、通行車両の高さ制限について、交通の円滑、かつ安全な流れを確保するために規制内容を知らせる保安施設を検討しなければならない。例えば、通行車両の高さ制限に対しては、高さ制限の確認用ゲートや感知センサーを前後に設置する必要がある。

また、特殊車両等の工事中に通行制限を受ける車両の迂回路についても事前に決定して、工事中は、迂回路を案内する必要がある。

車線規制を行う場合には、規制時間帯、規制速度、規制区間などについて、あらかじめ管理者の承諾を受けた後、定めた猶予期間中にわかりやすい方法で予告掲示し、規制期間内は、明示しなければならない。

覆工再生工事では、防護工を設置し工事区域と通行車両の通行帯を分離することにより、通行車両の安全を確保している。設定した高さ以上の車高の車が防護工内に入った場合、大事故につながる可能性があり、進入は必ず排除しなければならない。また、併せて積み荷の固定状況もチェックする必要がある。

高速道路では、一旦進入すると U ターンができないことや通行速度が速いため、事故時の被害が大きくなると予想される。そのため、覆工再生工事を行っているトンネルの手前のみならず、直近のインターチェンジ手前にもチェックバーや車高センサーを設置するなどの対策を採用するなど、さらに確実な違反車両の監視や排除ができる対策を検討しなければならない。図 6.5 と図 6.6 に違反車両排除のための設備の例を示す。

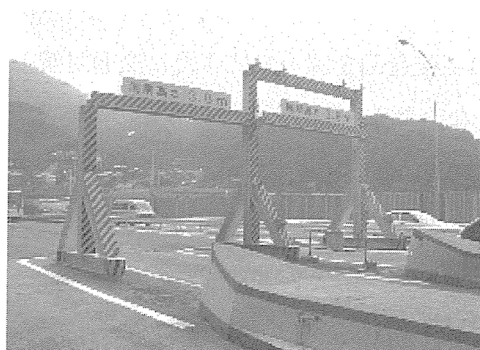


図 6.5 車両制限用チェックバーの例



図 6.6 坑口車高制限予告用標識の例

防護工への衝突については、狭い空間での作業と出入りとなることから、お客様の車両だけではなく、工事用車両・工事資機材運搬についても、十分注意を図る必要がある。

第6章 参考文献

- 1) (社)日本道路協会:「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説」, 平成15年11月
- 2) (社)日本道路協会:「道路トンネル便覧」, 昭和50年1月
- 3) 石村利明, 真下英人, 森本智:「既設トンネルの覆工再生時の挙動計測」, 土木学会第33回岩盤力学に関するシンポジウム, 平成16年1月
- 4) 蒲田浩久, 真下英人, 森本智:「既設トンネル覆工再生時の支保構造ーロックボルトに着目してー」, 土木技術資料44-12,P32-37, 平成14年12月
- 5) 蒲田浩久, 真下英人, 長谷川哲也:「土砂地山におけるロックボルトの効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第11巻, P147-152, 平成13年11月
- 6) 森本智, 真下英人, 蒲田浩久:「打設時期の違いによるロックボルト効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第12巻, P413-418, 平成14年11月
- 7) 蒲田浩久, 真下英人:「既設トンネル覆工再生時の地山変位について」, (社)土木学会第55回年次学術講演会論文集Ⅲ, 平成12年9月
- 8) 日本道路公団技術部:「矢板工法トンネル背面空洞注入工設計・施工指針」, 平成14年10月
- 9) 真下英人, 石村利明:「道路トンネル変状対策工手引き(案)」, 平成15年2月

7. 安全監視

7-1 安全監視一般

覆工再生工事に伴う安全監視は、①通行車両の安全確保、②トンネル構造の安定性確保、③工事関係者や関連設備の安全確保、④建築限界や道路線形の確保を目的として行うもので、適切かつ効率的なものとする。

安全監視については、関係機関と事前に十分な協議を行うとともに、工事中は、保全・サービスセンターや道路管制センターとの連絡を密接に行い、安全を確認しなければならない。

(1) 通行車両の安全確保

覆工再生工にあたっては、通行車両の安全、走行環境を確保するために、トンネルの安全監視を行う。覆工再生工においては、通行車両の安全確保が最優先であるため、覆工再生工を実施している区間のみならず、未補修部分や再生覆工が完了した区間での安全監視も実施することを基本とする。

(2) トンネル構造の安定

覆工再生工では、切削は終了しているが再生覆工が未施工の区間や再生覆工が完了した区間に通行車両が存在するため、この区間の安全監視については、関係機関と十分に協議する必要がある。さらに、トンネル内の通行車両、工事用車両の状況についてもCCTV等で監視する必要がある。

覆工再生工時のトンネル内の安全監視は、内空変位測定、ロックボルト軸力の挙動、ひび割れ監視や覆工の応力測定といった計測監視を行うものとする。覆工再生工未施工区間や完了区間については、目視観察によりコンクリートの浮きの有無や変状発生の有無を把握するものとする。

(3) 工事関係者や関連設備の安全確保

工事中は、トンネル内に一般の通行車両や工事用機械などがあるため、トンネル走行環境を確保し、一酸化炭素濃度などを把握する必要があることから、トンネル内の環境測定を実施するものとする。

また、作業員の安全と環境についても考慮するものとする。

(4) 建築限界や道路線形の確保

覆工再生工にあたっては、完成後の建築限界は、走行空間の確保の面で重要となることから、必ず測定しチェックするものとする。防護工の設置時においては、道路の線形によっては、視距等が短くなる可能性があるため、設計においてチェックするものとする。

7-2 計測工

供用線下での覆工再生工の計測は、通行車両の安全走行やトンネル構造の安定性を確保することを目的として行うもので、既設覆工区間と再生覆工区間の初期値および施工中から施工後まで、適切かつ効率的に実施する。

(1) 監視

監視で全体的な異常の有無や設計で想定した状況が確保されているかの確認を行う。

(2) 計測目的

供用線下での覆工再生工事における計測の主たる目的は、通行車両の安全確保とトンネル構造の安定性確保にある。供用線下での覆工再生工事は、一般的に防護工を設置して施工されるが、覆工を切削するため、既設覆工区間への影響が懸念される。したがって、交通の安全を確保するための監視計測が重要であり、既設覆工区間と再生覆工区間の両方に着目した計測が必要である。

a) 既設覆工区間の計測目的

覆工切削により、既設覆工に荷重が作用すれば、ひび割れ等の変状が発生する恐れがある。老朽化によりすでに変状が発生している場合は、ひび割れの進行や覆工コンクリートの剥離等通行車両に対する影響が懸念される。このため、事前補修やロックボルトなどの先行補強を行い、切削中のトンネルの安定を確認することとしている。したがって、既設覆工区間の安全確保のための計測は、非常に重要であり、特に覆工の変状や変形に対する監視計測が必要である。

b) 再生覆工区間の計測目的

観察・計測により、切削面の状況や再生覆工の状態を常に監視し、変位・変形などの異常がないように努めなければならない。また、計測により施工後の安定性を確認し、防護工の移動や撤去を行う際の判断基準とする必要がある。

(3) 計測項目

a) 切削する覆工に隣接する覆工の計測項目

切削中の覆工に隣接する覆工の計測項目は、通行車両への安全性確保を目的として、隣接覆工の天端沈下測定、内空変位測定、覆工ひずみ測定、ひび割れ測定(図 7.3 に測定例を示す)、加速度振動測定および覆工目視観測等の隣接覆工コンクリートの挙動に着目した、計測項目を選定する必要がある。また、ひび割れ等の変状がすでに発生しており、覆工再生工の施工前に先行補強が実施されるため、ボルト軸力測定を実施し、補強効果を確認しながら施工する必要がある。なお、切削前には、軸力計は設置を完了しておくものとする。

b) 切削している覆工の計測項目

切削中の覆工区間には、通行車両への安全確保を目的として、防護工が設置されることから、加速度振動測定等の覆工コンクリートの挙動に着目した計測項目を選定する必要がある。また、計器等が施工に支障となることから、監視カメラなどを用いた覆工状況を重点的に目視確認しながら施工する必要がある。

また、覆工切削が行われない天端付近の沈下測定やレーザー変位計を用いた覆工のリアルタイムで測定ができれば実施するものとする。

c) 切削完了した覆工の計測項目

切削完了した覆工の計測項目は、既設覆工の変状がそのまま内側に残るため、その既設覆工に着目した計測項目を適用する。特に、覆工切削による周辺地山の挙動の把握を目的としたロックボルト軸力測定等を実施し、トンネルの安定性を確認する必要がある。

また、既設覆工の挙動を把握する目的で土圧計、または、ひび割れ計測などにより既設覆工の挙動と再生覆工の覆工応力を測定するものとする。

d) 施工中のトンネル内環境計測項目

施工中のトンネル内環境測定は、トンネル内を走行する車両に対して視環境や一酸化炭素濃度測定を実施して環境の保持を行うものとする。

e) 切削中の現場内環境計測項目

切削中の現場内環境測定は、切削時の作業員の安全確保を目的に、視環境や一酸化炭素濃度測定を実施して環境の保持を行うものとする。

表 7.1 覆工再生工施工時の計測項目の例

項 目	計測方法	備 考
切削中の覆工の隣接覆工の計測	・天端沈下測定 ・内空変位測定 ・覆工ひずみ測定 ・ひび割れ測定 ・加速度振動測定 ・覆工目視観測 ・ロックボルト軸力測定 等	
切削中の覆工の計測	・加速度振動測定等 ・CCTV などを用いた覆工状況 ・天端付近の沈下測定 ・変位計を用いた覆工のモニタリング 等	
切削完了した後の覆工の計測	・ロックボルト軸力測定 ・土圧計 ・ひび割れ計測 等	
施工中のトンネル内環境計測	・視環境 ・一酸化炭素濃度測定 等	
切削中の現場内環境計測	・視環境 ・一酸化炭素濃度測定 等	

表 7.2 に供用線下での断面拡幅工事における計測項目と計測方法の事例を示す。また、計器配置事例として、大蔵トンネルの事例を図 7.1 に示す。

表 7.2 供用線下の覆工再生工事における計測項目と計測方法の事例

番号	トンネル名	施工延長	拡大時既設トンネルの位置	計測項目	計測方法
1	磐船トンネル	40.0m	底設	坑外計測 天端沈下計(水盛式沈下計) 水平傾斜計 鉛直沈下計	自動計測 〃 〃
				拡大トンネル 内空変位測定 天端沈下測定	手動計測 〃
2	第2布引トンネル	283.8m	側壁	拡大トンネル 内空変位測定 天端沈下測定 地中変位測定 ロックボルト軸力測定 吹付けコンクリート応力測定 先行地中変位測定	手動計測 〃 〃 〃 〃 〃
3	白石トンネル	78.7m	側壁	既設トンネル 補強ボルト軸力 地中変位測定 内空変位測定(絶体)	自動計測 〃 手動計測
				拡大トンネル 地中変位測定 ロックボルト軸力測定 吹付けコンクリート応力測定 内空変位測定(絶体)	自動計測 〃 〃 手動計測
4	丑山トンネル	56.0m	底設	拡大トンネル 内空変位 地中水平変位測定	手動計測 〃
5	大蔵トンネル	170.0m	底設	既設トンネル 覆工ひずみ測定 内空変位測定 温度測定	自動計測 〃 〃
				拡大トンネル 内空変位測定 ロックボルト軸力測定 吹付けコンクリート応力測定 鋼アーチ支保工応力測定	自動計測 〃 〃 〃
6	敷島内トンネル	137.0m	底設	既設トンネル 覆工振動測定(爆破)	手動計測
				拡大トンネル 内空変位測定 天端沈下測定	手動計測

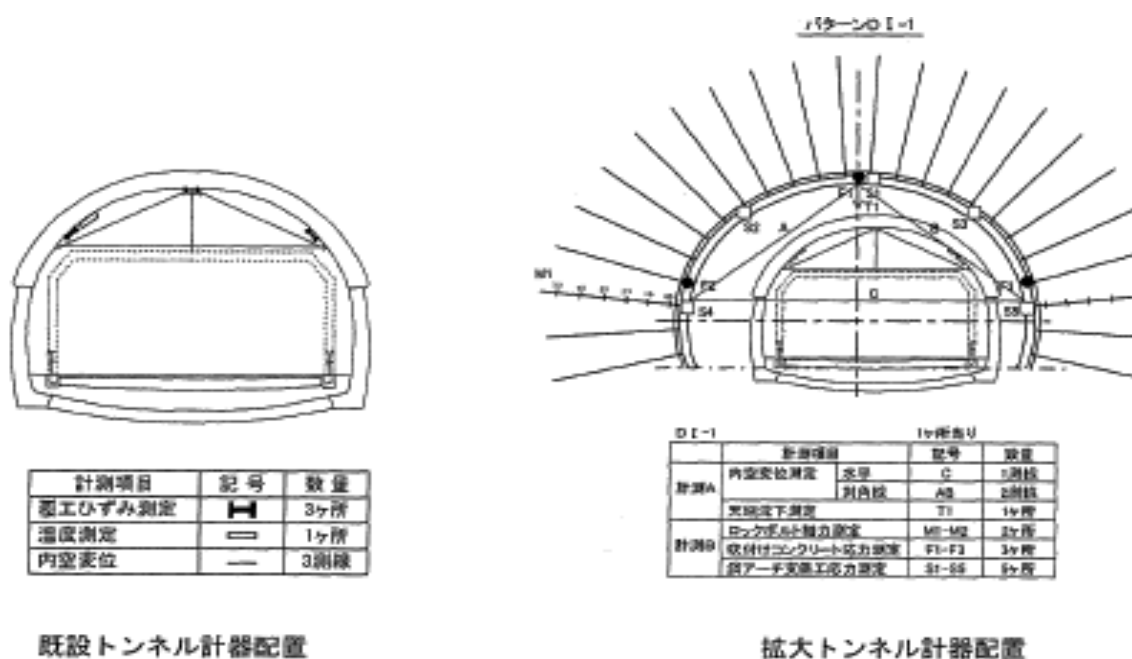


図 7.1 計器配置事例(大蔵トンネル)

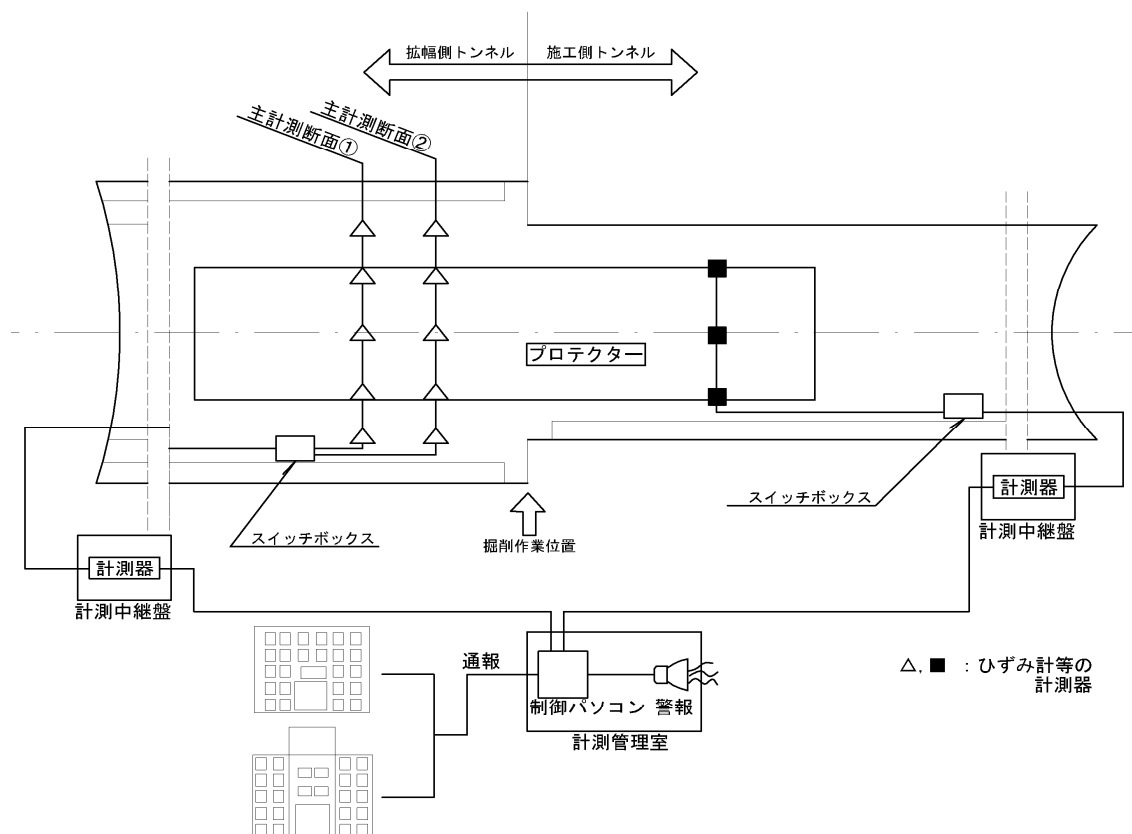


図 7.2 自動計測システム

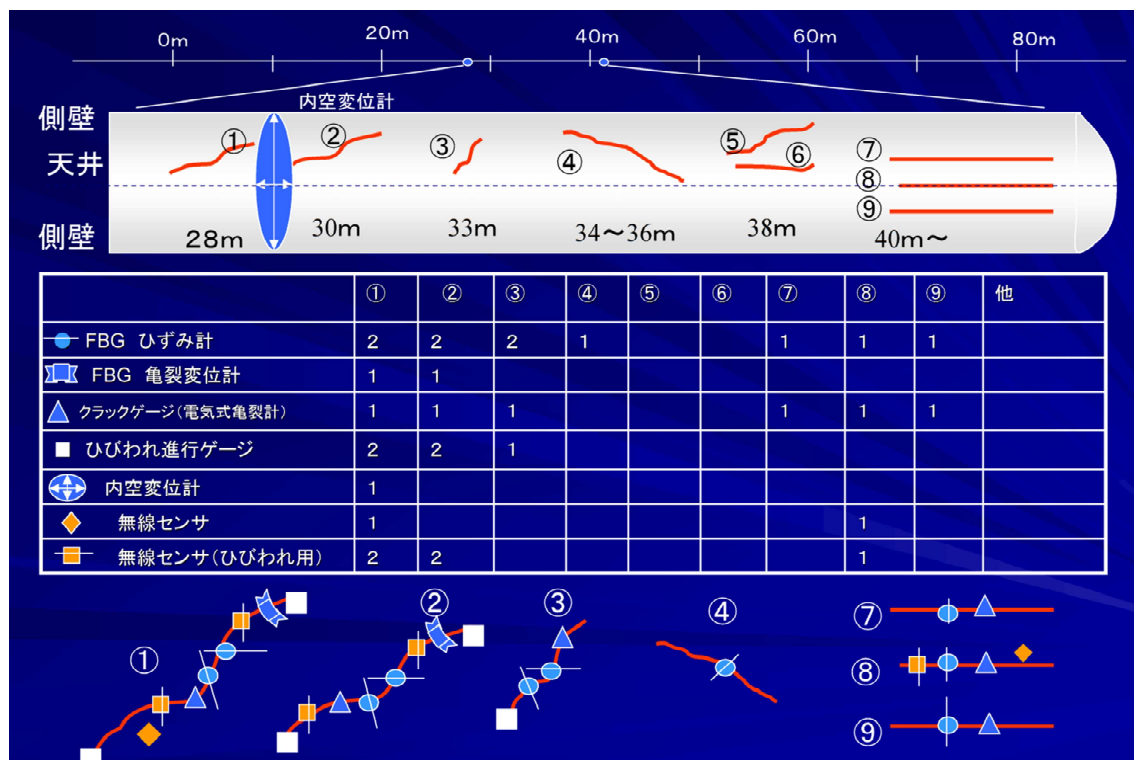


図 7.3 ひび割れ計測事例

(4) 計測方法と計測の留意点

供用線下の覆工再生工施工であるため、覆工崩落等の不測の事態が生じれば、通行車両への重大災害へつながる可能性が高い。よって、計測データを迅速に処理し、施工時の安全確認を迅速に行わなければならない。通常のトンネル施工で実施されている手動計測では、測定やデータ処理に時間を要するため緊急時に対応が遅れることが懸念される。

また、供用線下での計測であるため、測定範囲が限定され、内空変位測定や天端沈下測定など計測管理上重要な項目に対して、計測時の安全確保が難しいことや防護工の設置、移設による計測ケーブルの遮断、見通しが妨げられる等の事態が生じる。計測による安全監視が目的であることから、欠測する状況を極力少なくすることが重要である。

したがって、測定方法は、リアルタイムに測定が可能な自動計測による監視が望ましい。例えば、天端や肩部において自動追尾型のトータルステーション等により覆工壁面変位を測定し、側壁部の狭あいする場所は、定置型の傾斜計等の計器を用いて自動測定を行うことも考えられる。また、自動で測定された測定値は、オンラインで現場事務所と保全サービスセンター等に転送し、自動処理(数値モニターやグラフ化)し、管理値を超えた場合は、通報・連絡を行う自動監視システムの構築などが考えられる。このように、測定・データ処理・評価・異常時の通報、連絡等一連のシステムとして管理することが重要である。

また、防護工移動時の欠測や計測器の移設時の安全性を考慮し、既設覆工区間と再生覆工区間に分けて、配線がいらぬ無線等を用いて計測管理するシステムの構築等を検討する必要がある。

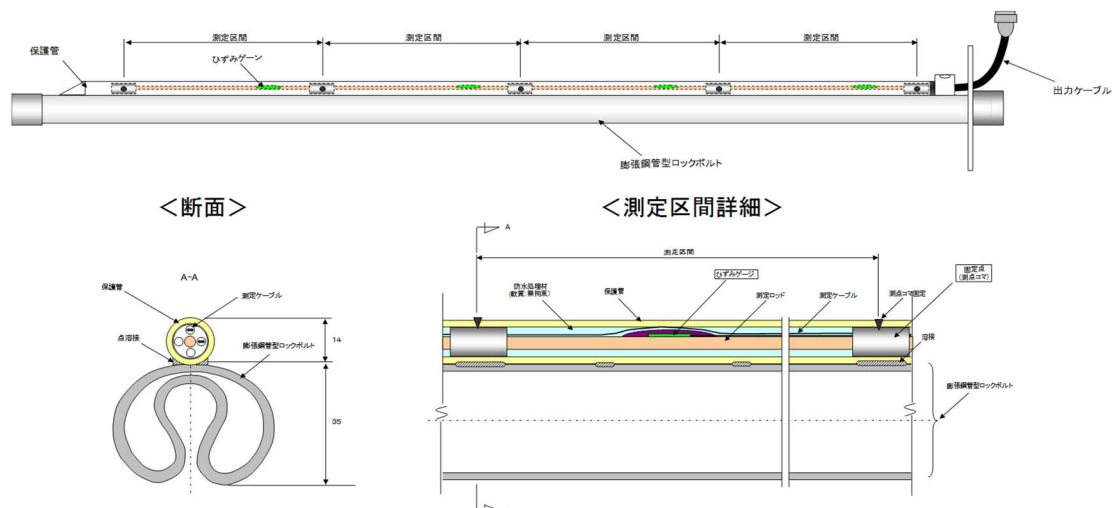


図 7.4 鋼管膨張型ロックボルト軸力用計測機器例

＜鋼管膨張型ロックボルト軸力用計測器機選定時の注意点＞

膨張鋼管型ロックボルトの場合、円筒状に折りたたまれた鋼管が水圧により膨張することで、孔内に定着されるため、従来のロックボルト軸力計ではその状態を再現するのは困難である。

また、ロックボルトは、図 7.5 に示すように、孔内の不陸や地山の硬軟に応じて、膨張時、孔壁部の状況で平滑ではなく、ロックボルト自体が凹凸などの形状に変化し定着される。

このため、その定着力は、周辺の地山の物性・孔壁の状況・亀裂の発達状況などにより大きく異なる。

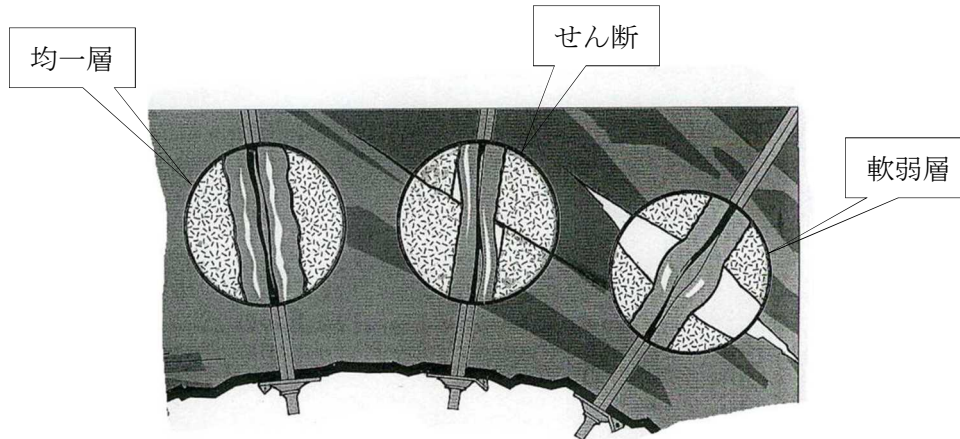


図 7.5 鋼管膨張型ロックボルトの孔内での定着模式図

このように軸方向に定着状況の異なる場合、実際に生じているひずみも、軸方向で大きく変動していると考えられる。図 7.6 は、亀裂の発達した地山の場合の膨張鋼管型ロックボルトの軸力分布を模式的に示したものである。

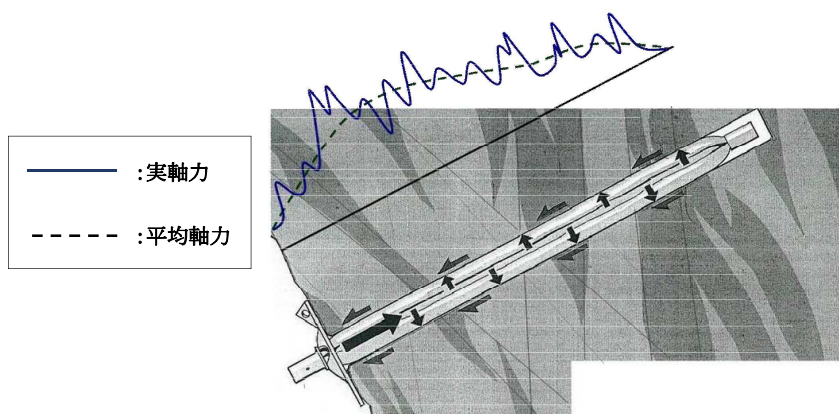


図 7.6 亀裂性岩盤での鋼管膨張型ロックボルトの軸力分布模式図

軟岩地山においても、孔径の変動や地山状況の変化から、図 7.6 に類似した軸力分布を示していると考えられる。このため、鋼管膨張型ロックボルトの軸力測定を行う場合、局所的な測定方法（局所測定方式）を用いると、測定箇所により、測定されるひずみは大きく異なり、ロックボルトの軸力分布状況の把握が困難となることが予想される。鋼管膨張型ロックボルト導入当初での計測の際、局所的な測定方法（局所測定方式）が使用され、測定値の変動が激しく、鋼管膨張型ロックボルトの効果を十分に評価することが困難となった事例もある。

このように、鋼管膨張型ロックボルトの支保効果を把握する目的でロックボルトの軸力測定を行う場合、局所的な測定方法（局所測定方式）を用いたうえで、平均軸力で評価する。

(5) 計測管理

a) 計測結果の評価と計測管理

計測結果を設計や施工に反映させるためには、計測データを整理するだけでなく、それらを分析し、さらに施工状況や周辺の挙動を含め、総合的に把握することが重要である。

計測結果を評価する際、次の事項を理解しておかなければならない。

- ① トンネル内は、換気や通行車両の台数の違いにより、坑内環境が変化する。
- ② 坑内の温度変化の影響により、計測結果が変動する可能性がある。
- ③ 得られたデータは、計器の特性を含むものであり、精度および誤差について考慮する必要がある。

計測管理は、計測されたデータの整理・評価を速やかに行い、計測結果の総合的な判断が必要であり、これを適切かつ迅速に行うには、施工段階にあった管理基準をあらかじめ定めておくことが重要である。管理基準値は、数値解析値や過去の類似工事の実測値を参考に、設計段階で設定しておくことが望ましい。

既設覆工区間は、再生覆工区間の施工時に超近接施工となるため、管理基準値の設定においては、覆工のひび割れや変形モードに着目して設定する必要がある。たとえば、「設計要領 第三集 トンネル本土工 保全編(近接施工)」では、参考として、外力とひび割れ発生パターンによるトンネルの変形モードに対する上限値を設定している。再生覆工区間の管理基準値は、既設覆工区間がトンネル構造物としての機能を損なわれないような変位や変形状態を、数値解析等により事前に予測して設定することが望ましい。

特に、供用線下での覆工再生工トンネル工事であるため、通行車両の安全性確保が最重要であり、覆工再生工区間の施工段階の発生変位に対する既設覆工区間への影響をある程度予測しておくことも必要である。

覆工再生工区間の施工時は、既設覆工区間に超近接施工となることから、計測管理の事例としてⅠ期線に近接してⅡ期線を施工した加久藤トンネルの計測管理フローを一部加筆して図 7.7 に示す。

b) 異常発見時の処置(あらかじめ設定した管理基準値を超えた場合)

作業時に異常値や異常な状況を発見した場合には、必要な対策を講じるとともに、直ちに監督員に報告し、工事を中断しなければならない。

合わせて原因を追究するものとする。

c) 緊急時の連絡体制

供用線下における覆工再生工事であるため、万が一の異常時に対応すべく、各関係機関と十分な協議を行い、周知徹底し、通行車両を巻き込む事態を、未然に防止する連絡体制をあらかじめ設定しなければならない。

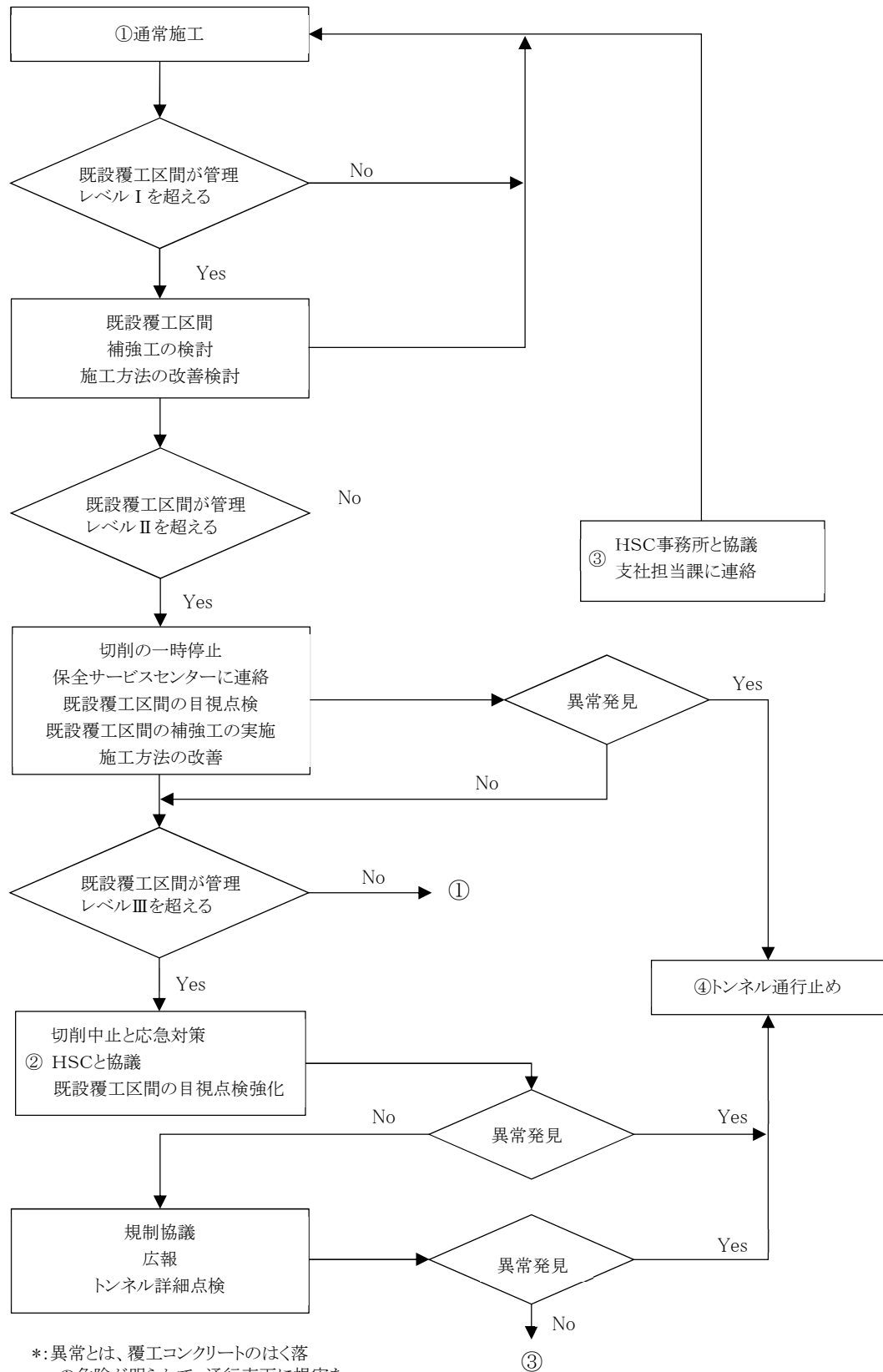


図 7.7 計測管理フロー事例（加久藤トンネルの計測管理フローを一部加筆）

第7章 参考文献

- 1) (社)日本道路協会:「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説」, 平成15年11月
- 2) (社)日本道路協会:「道路トンネル便覧」, 昭和50年1月
- 3) 石村利明, 真下英人, 森本智:「既設トンネルの覆工再生時の挙動計測」, 土木学会第33回岩盤力学に関するシンポジウム, 平成16年1月
- 4) 蒲田浩久, 真下英人, 森本智:「既設トンネル覆工再生時の支保構造ーロックボルトに着目してー」, 土木技術資料44-12, P32-37, 平成14年12月
- 5) 蒲田浩久, 真下英人, 長谷川哲也:「土砂地山におけるロックボルトの効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第11巻, P147-152, 平成13年11月
- 6) 森本智, 真下英人, 蒲田浩久:「打設時期の違いによるロックボルト効果に関する基礎的研究」, (社)土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, 第12巻, P413-418, 平成14年11月
- 7) 蒲田浩久, 真下英人:「既設トンネル覆工再生時の地山変位について」, (社)土木学会第55回年次学術講演会論文集Ⅲ, 平成12年9月
- 8) 日本道路公団技術部:「矢板工法トンネル背面空洞注入工設計・施工指針」, 平成14年10月
- 9) 真下英人, 石村利明:「道路トンネル変状対策工手引き(案)」, 平成15年2月

8. 工事記録

本工事記録は、「土木工事標準仕様書」に基づき、受注者が監督員に提出する工事記録の作成について定めることにより、工事の適正かつ効率的な施工を図ることを目的とする。

(1) 工事記録書の形式

受注者が提出する施工計画書は、特に、定めのあるものを除き、文書の大きさは A4 版を、図面は JIS-A 列を使用し、縦づかい横書きを標準とする。

(2) 提出期限

工事記録は、しゅん功までを提出期限とする。

(3) 工事数量

- ① 工事数量は、契約数量と受注者が現地調査等により算定した計画数量を工種別に対比して記述すること。
- ② 施工計画書を全体施工計画書と工種別施工計画書に分割する場合にあたっては、計画数量欄にその旨を明記すること。

(4) 施工計画書の内容変更

監督員が受理した施工計画書を変更する必要があるときは、受注者と協議の上、速やかに当該工程に係る変更施工計画書を提出させるものとする。

工事記録に記載する項目の例を以下に示す。

1. 概要

1-1 工事概要

(1) 概要

- ① 工事の目的および施工方法、工事区域の特性および状況などについて記述すること。
- ② 平面図および縦断図を添付すること。

(2) 工事内容について

次の事項を記述すること。

- ・ 工事名称
- ・ 発注者
- ・ 受注者
- ・ 工期
- ・ 請負金額
- ・ 施工場所並びに位置図
- ・ 工事内容
- ・ 準拠すべき基準および仕様書

1-2 工事数量一覧表

工種別に契約数量および予定使用数量を詳細に記載すること。

1-3 全体計画図

必要により工種別に色分けした図面を添付すること。

1-4 その他

2. 現場組織

2-1 組織図

本社を含む組織図を記載すること。

2-2 作業所組織表

工事現場詰所に置ける構成、役職、役割分担等を記述すること。

3. 工事工程

全体および主要工事の工事工程について記述すること。

4. 安全管理計画

4-1 安全衛生管理項目および安全対策

次の事項について記述すること。

- (1) 第三者災害の防止
- (2) 物損災害の防止
- (3) クレーン災害の防止
- (4) 墜落・転落災害の防止
- (5) 飛来・落下災害の防止
- (6) 崩壊・倒壊災害の防止
- (7) 火災・爆発災害の防止
- (8) 交通災害の防止

4-2 安全衛生管理体制

安全衛生委員会の設置等、現場における安全管理体制について記述すること。

4-3 安全衛生管理組織(または機構)

現場作業所および本支店関係の安全衛生管理組織、責任者氏名を記載すること。

4-4 交通管理

運行道路、標識等の設置、工事前の安全教育、運転者の資格確認等について記述すること。

4-5 災害防止

(1) 労働災害防止対策

労働災害を防止するための安全基本ルール厳守、適切な計画と作業員の教育訓練等を記述すること。

(2) 各作業の安全対策

各作業の安全対策について記述すること。

(3) 災害防止協議会規約

作業所における災害防止協議会規約を詳細に記載すること。

(4) 災害発生時緊急設置系統図

災害発生時の緊急連絡系統図を記載すること。

5. 主要機器使用計画

使用工具・器具一覧表を添付すること。

6. 主要材料使用計画

使用材料品名、仕様、単位、数量について記述すること。

(1) 使用材料一覧表

(2) 使用材料の規格表添付(カタログ、規格表)

7. 工種別詳細施工計画書

7-1 全体施工フロー図

準備から工事完了工種(後片付け)までのフローチャート図を作成し添付すること。

7-2 施工前の現況確認

施工予定箇所の調査、確認、補修範囲の位置出し等を記述すること。

7-3 先行補修工

7-4 先行補強工

7-5 切削工

7-6 コンクリート殻処理工

7-7 防水工

7-8 再生覆工

7-9 防護工

7-10 安全監視工

7-11 共通事項

7-12 その他

施工箇所に明示する表示板の大きさ、材質、凡例図とともに、記載項目を記載すること。

- ・ 施工箇所
- ・ 施工年度
- ・ 施工年月日
- ・ 施工会社名

8. 施工管理計画

8-1 工程管理計画

実施工程表は、バーチャートで作成し、週間工程表および月間工程表様式を添付して、工程管理について記述すること。

8-2 品質管理計画

(1) 概要

品質管理は、各仕様書および品質管理基準により管理を行い、工事に使用する材料および製品は規格、品質基準等について記述すること。

(2) 品質管理計画

a) 材料の品質管理

使用材料の検査、頻度、承諾方法を記述すること。

b) 作業管理

7. に関する作業管理について記述すること。

8-3 出来形管理計画

出来形の検測方法、確認方法を記述すること。

8-4 写真管理計画

(1) 工事記録写真については、中日本高速道路株式会社「工事記録写真等撮影要領」に従い、写真撮影・整理を行うこと。

9. 緊急時の体制および対応

9-1 緊急連絡体制

緊急連絡体制体系図を添付すること。

9-2 悪天候および地震時の対応

- (1) 強風、大雨、大雪、地震等による自然災害が発生する危険が予想される場合、作業所の対応策を記述すること。
また、強風、大雨、大雪、地震等が、危険範囲(基準値)を超えた場合の対応策を記すこと。
- (2) 東海・東南海地震警戒宣言発令時の体制ならびに対応策について記述すること。

10. 現場作業環境の整備

10-1 作業環境対策

換気・排気ガス対策について記述すること。

10-2 建設廃棄物処理計画

建設副産物処理計画書に、次の事項を記述すること。

- (1) 発生量の予測
- (2) 建設副産物処理・利用(計画・変更)計画表
- (3) 抑制計画
- (4) 分別保管
- (5) 減量化計画
- (6) 教育・訓練
- (7) コミュニケーション(内部および外部コミュニケーション)
本・支社からの通知、指導事項の工事関係者への伝達・指導をする。

添付書類

- ① 建設廃棄物処理委託契約書(写し)
- ② 建設廃棄物収集運搬、処理業者許可証(写し)
- ③ 運搬ルート図
- ④ 使用するマニフェストの様式

11. その他の必要事項

9. 維持管理

9-1 維持管理

維持管理を考慮して附属物も含め、近接目視で変状が確認、監視ができるものとする。

覆工再生工後の点検については、保全点検要領に準じて、点検メンテナンスサイクル(点検、診断、措置、記録)を確実に実施するものとする。

覆工再生工におけるトンネルの維持管理の基本は、トンネルとしての機能を確保するためにトンネルの構造物としての安全性、耐久性に影響する変状について定められた頻度や方法で点検を実施するとともに、必要に応じて調査を実施し、その結果を定量的・定性的に診断し、適切な処置を講じ、記録、保存することである。

覆工再生工法により施工されたトンネルの点検は、その構造的特徴に留意して、構造物点検要領により点検するものとする。

トンネル構造物(覆工)の初期点検は、受注者のしゅん功のための品質確認として、実施する初期点検であり、再生覆工全面に対して、近接目視と打音を実施するものとする。

点検時に発見されたひび割れについては、事前に監督員に報告し、その指示に従わなければならない。

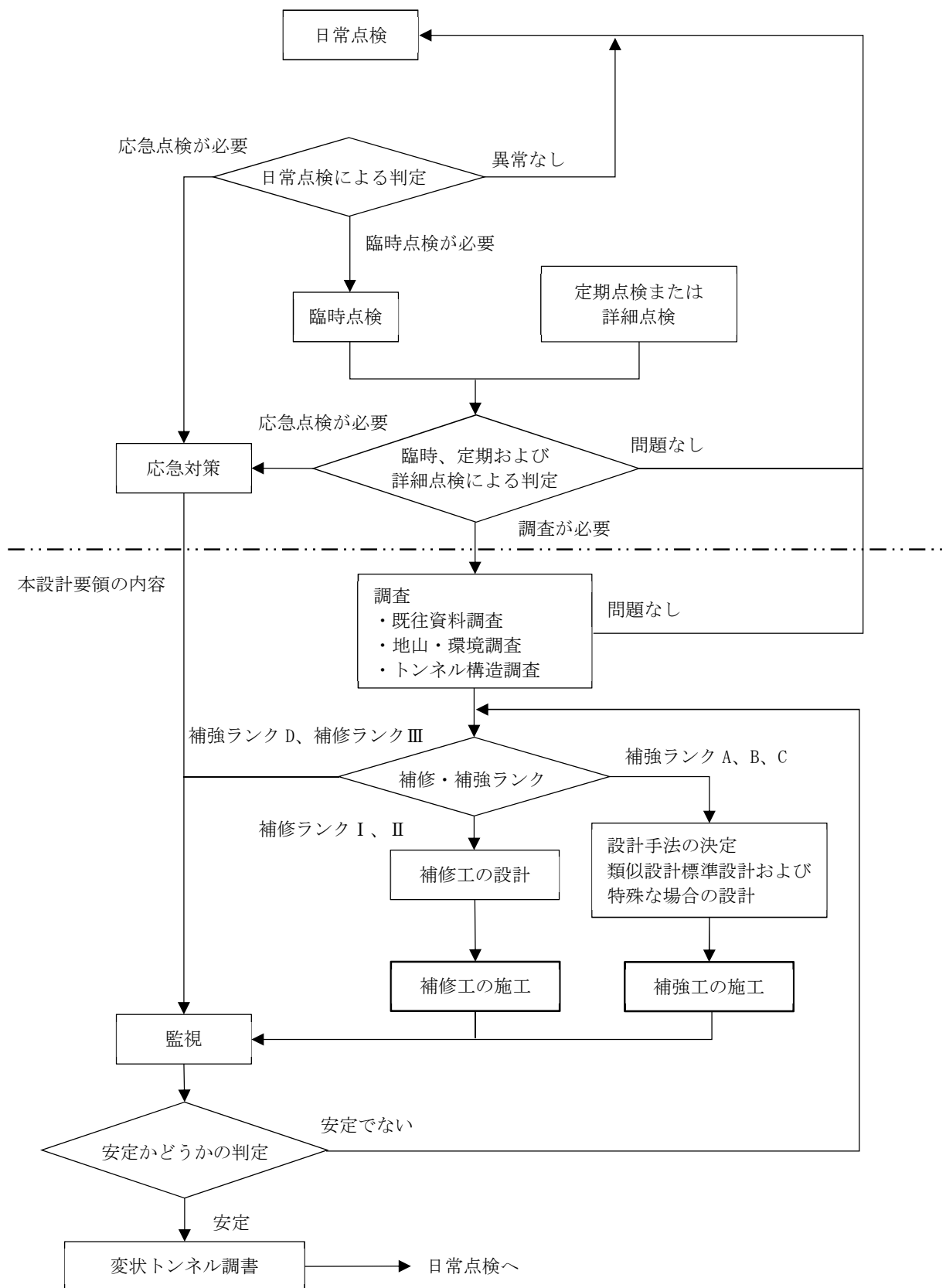
当該初期点検とは別に、供用前に覆工表面画像を取得し、取得した覆工表面画像から、ひび割れ展開図を作成する。この際、ひび割れ展開図に受注者による初期点検結果を反映させるものとする。

覆工表面画像取得およびひび割れ展開図の作成に当たっては、詳細点検の手法に準じることとする。

トンネルにおける点検～補修の流れを図 9.1 に示す。

なお、覆工再生工施工箇所における特有の着目点を以下に示す。

- ① 施工箇所およびその周辺の排水状況
- ② 隣接区間の覆工目地の変状



出典:中日本高速道路(株) 保全点検要領(構造物編)

図 9.1 高速道路トンネルにおける点検～補修の流れ

9-2 計測・監視(モニタリング)

覆工再生工のトンネルは、再生覆工のモニタリングを行い、長期の安全を確認することが望ましい。

モニタリングのための計測・監視は、施工時に設置された計測機器と補修効果確認のための計測・監視を継続的に実施して、設計で想定した補修効果が発揮されているか、継続的に確認することが望ましい。

計測・監視の目的は、トンネル構造物の安定性と安全性を確認するとともに、設計・施工の妥当性を評価するため、覆工再生工に伴う周辺地山の挙動、支保部材の効果、周辺構造物への影響等の把握を目的として行うものである。

モニタリングする項目は以下を基本とする。

(1) 再生覆工の計測項目

再生覆工の計測項目は、通行車両への安全性確保を目的として、再生覆工の内空変位測定、覆工ひずみ測定、ひび割れ測定等の再生覆工コンクリートの挙動に着目した計測項目を選定する必要がある。

a) 覆工ひずみ測定

既設覆工および再生覆工のひずみを測定し、解析で予測した覆工応力内に収まっているかを確認する。測定方法は、既設覆工中の計測機器を継続利用し、再生覆工は、ひずみ計を打設時に埋め込むものとする。

b) 水圧測定

漏水が多い区間では、水圧による変状が予測される。水圧の測定は、再生覆工背面に過大な水圧が作用していないか確認することを目的として行う。測定方法は、再生覆工打設時に事前に設けた観測孔に、間隙水圧計を設置することが考えられる。

c) 覆工ひずみ測定

既設覆工および再生覆工内のひずみを測定し、解析で予測した覆工応力内に収まっているかを確認する。測定方法は、既設覆工中の計測機器を継続利用し、再生覆工は、ひずみ計を打設時に埋め込むものとする。

d) 水質試験

水質試験は、既設覆工あるいは、再生覆工の材料劣化を促進する因子がないか確認する目的で行う。試験項目としては、温度・外観、pH、アルカリ度、電導度、陰・陽イオンなどがある。

第9章 参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所:「既設トンネル覆工再生工法に関する設計・施工指針(案)」,独立行政法人土木研究所共同研究報告書(整理番号第302号、平成16年3月)
- 2) 新田定雄、川村信彦、竹岡均、布井彰治:供用下下での覆工打ち換え工事一般国道13号東栗子トンネル、トンネルと地下、Vol.32、No.4、pp13-21、2001.4
- 3) ジェオフロンテ研究会:トンネル補修工法実績表、1996年
- 4) 山本徹、今岡彦三、林忠男:発破によるトンネル供用下拡大一般国道229号敷島内トンネル、トンネルと地下、Vol34、No.5、PP.25-34、2003.5
- 5) 福岡北九州高速道路公社編:北九州高速4号線大蔵トンネル拡大工事誌、平成15年3月
- 6) 石村利明、真下英人、森本智:既設トンネルの覆工再生時の挙動計測、土木学会第33回岩盤力学に関するシンポジウム、平成16年1月
- 7) 蒲田浩久、真下英人:既設トンネル覆工再生時の地山変位について、(社)土木学会第55回年次学術講演会論文集Ⅲ、平成12年9月
- 8) 松川昇他:交通供用下の既設トンネルを拡幅、トンネルと地下、Vol.19、No.12、pp29-36、1988.12
- 9) 横関義美他、大覆工再生工事に挑む神戸市第2布引トンネル、トンネルと地下、第23巻2号、pp15~20、1992年2月
- 10) 一般車両を供用しながら交差拡幅施工するトンネルリニューアル工事、土木クォーターリーNo.118、清水建設社内技術資料
- 11) 木昌信他、国道127号丑山トンネル拡幅工事、土木技術、52巻、9号、pp23~30