5. 北海道のトンネル維持管理

構造部会トンネル WG の報告書（その 9）は、下記 2 テーマに関する活動の一部を記載するものである。

表 5.1 トンネル WG 活動状況

活動期間	活動テーマ	報告書（その 9）の記載期間
令和 3～5 年度 (2021～2023 年度)	北海道における変状と原因に着目したトンネル維持管理	令和 4～5 年度 (2022～2023 年度)
令和 6～8 年度(予定) (2024～2026 年度(予定))	北海道におけるトンネル補修対策工の留意事項	令和 6 年度 (2024 年度)

5.1 北海道における変状と原因に着目したトンネル維持管理

5.1.1 活動の概要

(1) 活動の目的

過年度のトンネル WG 活動状況は表 5.2 に示すとおりであり、主としてトンネル構造に着目して維持管理全般を広く検討するテーマで活動を行ってきた。

表 5.2 過年度のトンネル WG 活動状況

期間	テーマ	活動成果
平成 24～27 年度 (2012～2015 年度)	北海道における矢板工法トンネルの維持管理	「北海道の矢板工法トンネルの維持管理に関するハンドブック」の作成
平成 28～令和 02 年度 (2016～2020 年度)	北海道における NATM トンネルの維持管理	「特殊条件のトンネル事例集(NATM)」の作成

一方、今回の活動は“根本的なトンネル維持管理の難しさ“、つまりトンネルは他の地盤構造物・コンクリート構造物に比べ”変状“と”原因“の関連性が分かりづらいことを課題と捉え活動を行った。具体的には、トンネル条件（工法、地質等）、変状の発生位置（天端、側壁等）・形状寸法等から、変状と原因の簡単な関連付けを行い、トンネル初心者が現地変状を確認し、ある程度の変状原因（注意が必要な変状か）を推定できる基礎資料の作成を目的とした。

(2) 活動の内容

本テーマでは、令和 3 年度（2021 年度）から令和 5 年度（2023 年度）にかけて以下の活動を行い、活動成果として「道路トンネルの変状とその原因に関する基礎資料」を作成した。なお、本報告書では、これら活動のうち令和 4 年度（2022 年度）、令和 5 年度（2023 年度）の活動内容をまとめるものである。

① 基準指針・文献による資料収集

「道路トンネル維持管理便覧」R6.8 日本道路協会（以降、「維持管理便覧」と略記）等の基準指

針、各学会の論文発表等の文献資料を収集して、変状と発生原因に関する基礎資料を整理した。

② 現地視察による資料収集

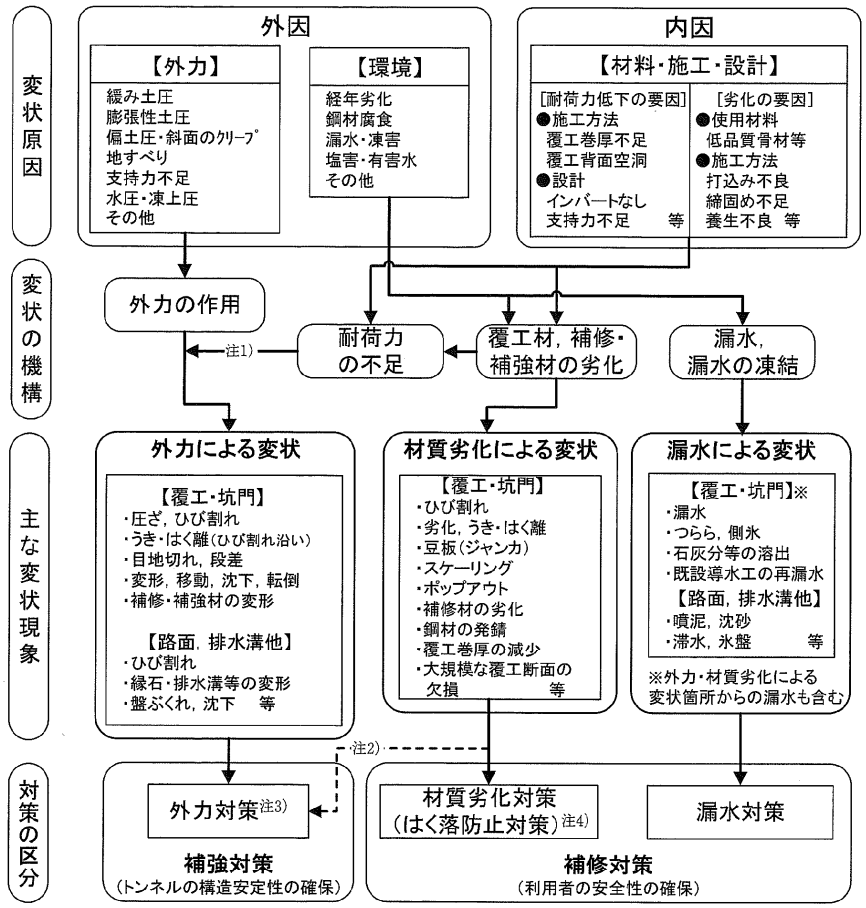
文献等の資料収集に並行して現地視察も実施し、変状状況の現地確認、変状原因の意見交換・考察等からも変状と発生原因に関する基礎資料を取りまとめた。

③ 「道路トンネルの変状とその原因に関する基礎資料」の作成

上記①～②を踏まえて WG 成果として、「道路トンネルの変状とその原因に関する基礎資料」を作成した。

(3) 活動の基本方針

トンネルの主な変状現象は、図 5.1 に示すとおり大きく分けて「外力による変状」、「材質劣化による変状」、「漏水による変状」の 3 つに分類できる。



注1) インバートの未設置，覆工巻厚不足・背面空洞残存，覆工材・補強材の広範囲の劣化，構造鉄筋の腐食等により，覆工等の耐荷力が不足した状態で外力が作用すると，外力による変状が顕在化する場合がある。
注2) 覆工巻厚不足・背面空洞残存等の状況によっては，突発性の崩壊や圧ざの発生等のおそれがあることから，外力対策を行う場合がある。
注3) 外力対策の下地処理として，補修対策（材質劣化対策・漏水対策）を併用する場合があり，結果的に外力対策の適用で補修対策を兼ねることができる。
注4) 道路トンネル（無筋コンクリートの覆工が主体の山岳工法によるトンネル）では，覆工材等の落下を防ぐことを主目的として「はく落防止対策」が適用される場合が多い。

図 5.1 変状原因と対策区分の関係

「維持管理便覧」より引用

外力による変状は、供用している道路トンネルにおいては既に対策済み（補強済み）であることが多いため現地視察による資料収集は難しい。したがって、過去の事例調査（文献・論文の収

集整理）によってデータ収集を行った。

一方、材質劣化による変状、漏水による変状については、日々対策（補修）を行っているものの現地確認が可能であることが多いため、現地視察を基本にデータ収集を実施した。

5.1.2 基準指針・文献による資料収集

「維持管理便覧」による変状原因、特徴等の基礎資料については、「報告書その 8」にて取りまとめているため、本報告書では割愛する。各学会の論文発表等の文献資料の収集整理状況は表 5.3、図 5.2 のとおりである。

表 5.3 論文・文献資料の収集概要

項目	内容
収集条件	・次に示す 9 カテゴリーに分類して収集整理 ・緩み土圧、膨張性土圧、偏土圧、地すべり、支持力不足、水圧・凍上圧、地震・近接施工等、外力以外等、その他（維持管理全般ほか）
収集結果	・「トンネルと地下」日本トンネル技術協会誌：97 論文 ・「土木学会論文集」土木学会：47 論文 ・そのほか、「維持管理便覧」、「トンネルの変状メカニズム」2003.11 土木学会等の文献資料からも事例収集



図 5.2 論文・文献資料の表紙（例）

5.1.3 現地視察による資料収集

(1) 現地 WG の目的

材料劣化等によるトンネル損傷について、地形地質、環境条件、トンネル構造、施工状況を踏まえた上で変状原因の相互確認を行い、維持管理に向けた基礎資料を得ることを目的に現地視察を実施した。

(2) 現地 WG の概要

現地視察は、坑内全線を対象に徒歩による遠望目視で実施した。視察概要を表 5.4、図 5.3 に示す。

表 5.4 現地視察の概要

回	視察年月日	視察概要
現地視察①	R03.11.16	札幌・室蘭開発建設部、4 トンネル。
現地視察②	R04.02-27～28	小樽・函館開発建設部、6 トンネル。
現地視察③	R04.09.29	札幌・留萌開発建設部、4 トンネル。
現地視察④	R05.11.01～02	函館開発建設部、6 トンネル

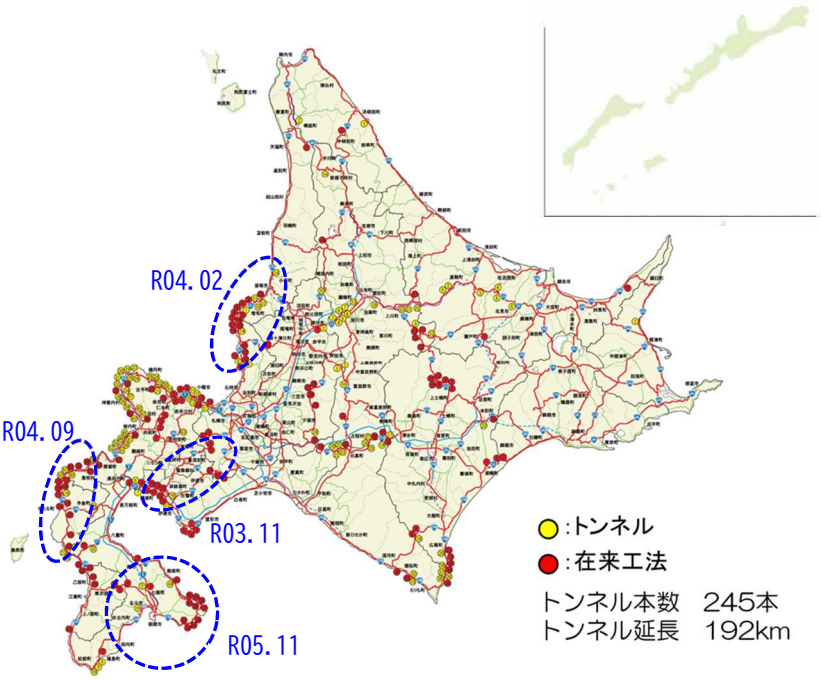


図 5.3 視察トンネルの位置図

(3) 視察トンネルの概要

視察トンネルの概要は表 5.5、5.6 に示すとおりである。なお、視察①は「報告書その 8」にて記載済のため、本報告書では割愛する。

表 5.5 視察トンネル一覧表（1/2）

回	路線	トンネル名	延長(m)	竣工	工法	主な変状
②	229	カスペ（カスペ）	638.0	H11	NATM	ひび割れ、うき
	229	能津登（ノット）	481.0	H05	NATM	ひび割れ、うき、漏水
	229	厚瀬（アッチャセ）	330.0	S40	矢板工法	ひび割れ、うき、漏水
	229	新厚瀬（シンアッセ）	330.0	H08	NATM	ひび割れ、うき
	229	大平（オビラ）	1092.0	H01	矢板工法	ひび割れ、うき、漏水
	229	横滝（ヨコタキ）	660.0	H06	NATM	ひび割れ、うき、漏水

表 5.6　視察トンネル一覧表（2/2）

回	路線	トンネル名	延長(m)	竣工	工法	主な変状
③	231	新赤岩（シンアカイワ）	963.0	H20	NATM	ひび割れ、うき
	231	湯泊（ユドマリ）	220.0	S45	矢板工法	ひび割れ、うき、漏水
	231	黒岩（クロイワ）	770.0	S54	矢板工法	ひび割れ、うき、漏水
	231	小平（オビラ）	728.0	H15	NATM	ひび割れ、うき
④	278	尾札部（オサツベ）	130.4	S49	矢板工法	ひび割れ、うき、漏水
	278	立岩（タテイワ）	160.0	S55	矢板工法	ひび割れ、うき、漏水
	278	古部（フルベ）	240.1	S61	矢板工法	ひび割れ、うき、漏水
	278	武井（ムイ）	128.0	S51	矢板工法	ひび割れ、うき、漏水
	228	立岩（タテイワ）	321.2	H12	NATM	ひび割れ、うき、漏水
	228	赤石（アカイシ）	420.0	H11	NATM	ひび割れ、うき

5.1.4　「道路トンネルの変状とその原因に関する基礎資料」の作成

(1)　基礎資料の構成

「道路トンネルの変状とその原因に関する基礎資料」の構成・概要は表 5.7 のとおりである。

表 5.7　基礎資料の構成・概要

1. はじめに
- ・北海道開発局管理のトンネル数、トンネルの特殊性
  →基礎データ（開発局管理の道路トンネル数、及びその施工方法割合）、トンネルの特殊性（多様な変状原因、構造・設計施工・維持管理の特殊性等）に関する資料。

2. ひび割れ（浮き等）に関する基礎資料
- ・判定フロー、緊急性の判定、外力作用の判定
  →トンネル構造に関わる変状の可能性（緊急性、外力作用）を判定するための資料。
- ・外力による変状に関する基礎資料
  →定期点検結果、現地 WG 等から、北海道開発局管理トンネルでは現在進行中で該当するトンネルはない。また、基本的にトンネル専門技術者が対応すべき事項のため、簡単な概要のみ記載。
- ・材質劣化による変状に関する基礎資料
  →ひび割れの発生位置・方向等から変状原因を推察できるような基礎資料。

3. 漏水に関する基礎資料
- ・漏水原因、注意すべき漏水
  →トンネル施工法毎の漏水原因、注意を要する現象（濁り、ひび割れ伴う、滞水等）に関する資料。

4. 事例一覧
- ・変状事例に関する基礎資料
  →外力：論文、外力以外・漏水：現地 WG による事例集

5. 参考資料
- ・関連文献、参考論文
  →道路・鉄道等の文献指針、トンネル維持管理に関する論文記事（他機関も含めて網羅できている「トンネルと地下」）の主な一覧を掲載。

(2)　ひび割れ（浮き等）に関する基礎資料について

ひび割れ（浮き等）の変状については、外力作用の有無（トンネルの構造・耐荷力に影響を与えるか）に着目して変状を分類する必要がある。また、利用者被害が今すぐに発生するか（緊急性）にも留意が必要となる。以上の観点を踏まえ、図 5.4 に示す判定フローを作成した。

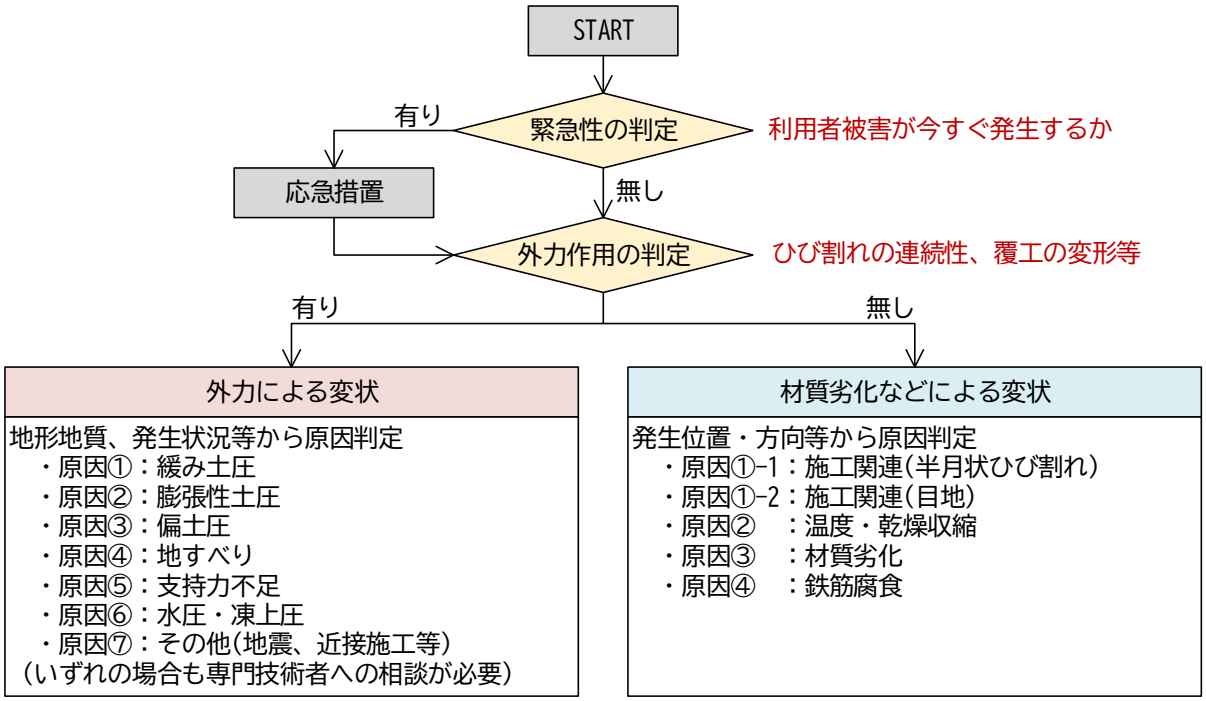


図 5.4　ひび割れ（浮き等）の原因推定に関する判定フロー

なお、緊急性の判定、外力作用の判定の考え方は、表 5.8、5.9 に示すとおりである。

表 5.8　緊急性に関する判定の考え方

項目	内容
緊急性のある変状	・急激にひび割れが進行し、ひび割れが複合、ひび割れと目地等が組合さることでブロック状に分離して落下する恐れがある場合 ・応急措置（打音検査、必要に応じて叩き落とし・除去等）を早急に行うこと

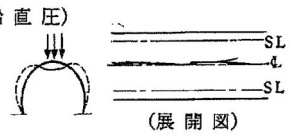
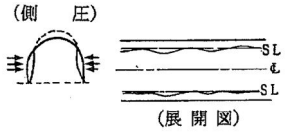
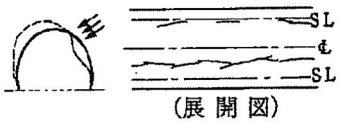
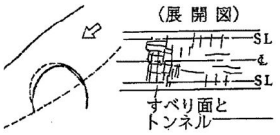
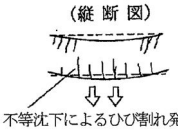
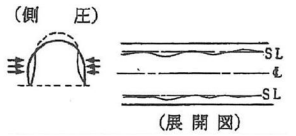
表 5.9　外力作用の有無に関する判定の考え方

項目	内容
外力作用(可能性)のある変状	・横断目地・水平打継目を跨いでひび割れが連続している場合（覆工構築後に外力が作用した可能性が高い） ・卓越する方向性もった連続ひび割れがあり、場合によっては覆工等が変形している場合（その兆候が確認できる）

(3) 外力による変状に関する基礎資料について

外力によるひび割れ変状は、「維持管理便覧」を基本に、変状原因を①緩み土圧、②膨張性土圧、③偏土圧、④地すべり、⑤支持力不足、⑥水圧・凍上圧に分類し、その概要等を基礎資料として整理した（表 5.10）。なお、その他（地震、近接施工）による損傷状況・形態はトンネル条件（構造、地形地質等）で大きく異なるため割愛する。

表 5.10　外力による変状の特徴一覧

変状原因	概要	模式図
①緩み土圧	緩み土圧は、地山が緩み、自重を支えられなくなり、覆工に荷重として作用する鉛直圧を主体とするものである。このためアーチ天端に縦断方向の引張ひび割れを生じるものが多い。	
②膨張性土圧	左右の側壁あるいはアーチ両肩に複雑な水平ひび割れが生じやすく、アーチと側壁に打継目がある場合には段差が生じることもある。また、盤膨れが発生する場合もある。	
③偏土圧	斜面下や、傾斜した片理方向に緩みが生じて偏土圧が作用して発生する。山側アーチ肩部に引張ひび割れ・段差が生じることが多い。	
④地すべり	地すべりの滑動に伴いトンネルに変状が発生するものである。トンネルとすべり面の位置関係によって変状の形態が異なる。	
⑤支持力不足	トンネル縦断方向あるいは横断方向の不等沈下により発生する。前者の場合、トンネル横断方向のひび割れ、後者の場合はトンネル軸方向の回転を伴い、斜め方向のひび割れが生じる。	
⑥水圧・凍上圧	漏水と深くかかわる変状であり、通常は側圧が卓越し、側壁あるいはアーチ肩部の水平ひび割れが生じることが多い。	

「維持管理便覧」より引用、一部加筆

(4) 材質劣化による変状に関する基礎資料について

材質劣化によるひび割れ変状は、その発生位置・方向等により変状原因を、①施工関連、②温度・乾燥収縮、③材質劣化、④鉄筋腐食に分類し、その概要等を基礎資料として整理した。

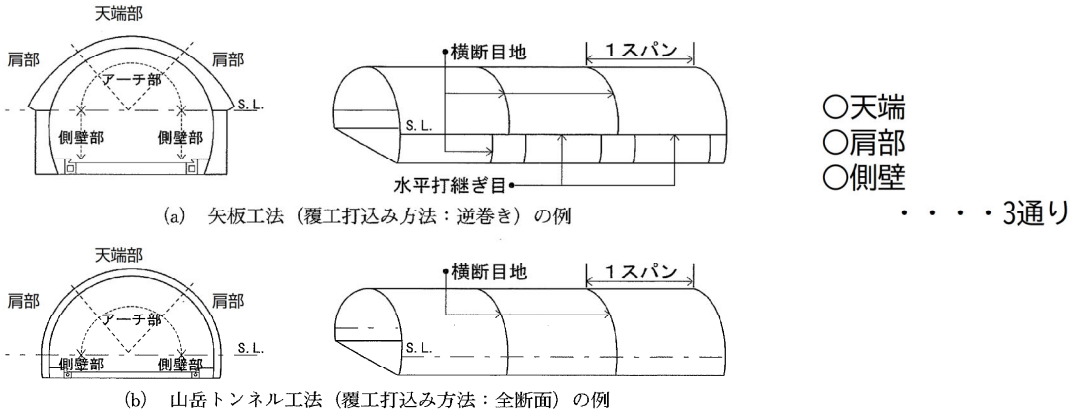


図 5.5 覆工の部位（発生位置）による分類

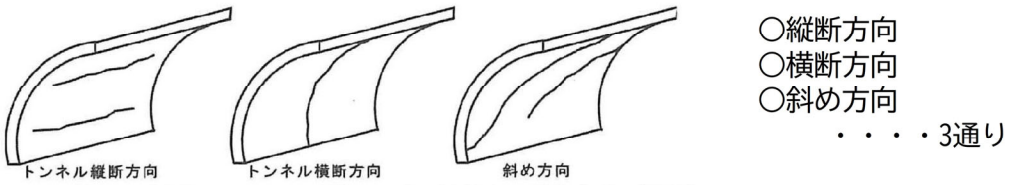


図 5.6 ひび割れの方向による分類

以上、「維持管理便覧」より引用、一部加筆

表 5.11 材質劣化による変状の特徴一覧（1/2）

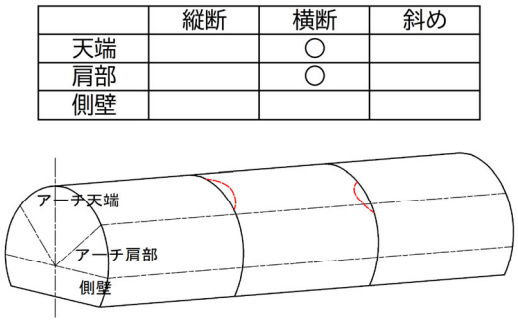
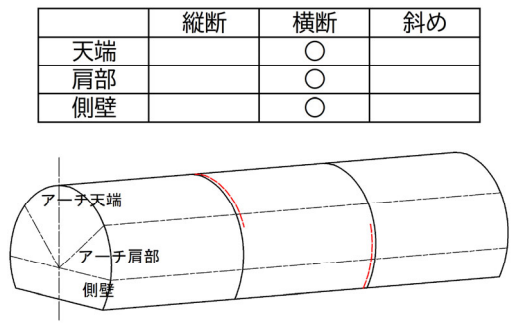
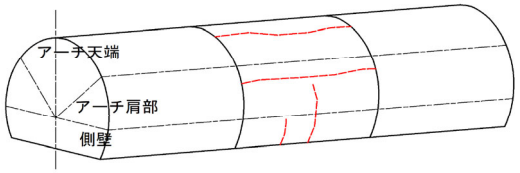
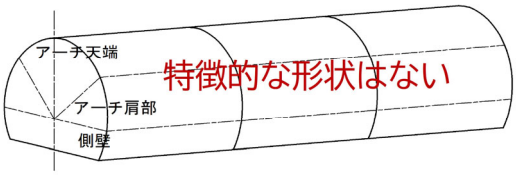
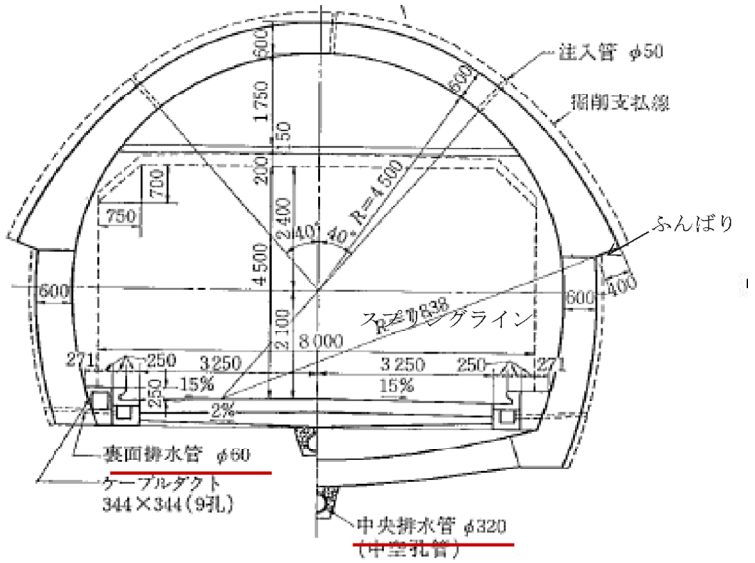
変状原因	概要	変状の発生位置・方向、ひび割れ概要
①-1 施工関連 （半月状ひび割れ）	・横断目地付近の半月状のひび割れ ・型枠の過度な押上げが原因 ・発生頻度：比較的多い	
①-2 施工関連 （目地）	・横断目地部周辺のひび割れ ・目地部コンクリートの収縮、角欠け、モルタル流出、型枠接触等が原因 ・発生頻度：多い	

表 5.12　材質劣化による変状の特徴一覧（2/2）

<table>
<tr><th>変状原因</th><th>概要</th><th>変状の発生位置・方向、ひび割れ概要</th></tr>
<tr><td>②温度・乾燥収縮</td><td>・スパン中央付近で発生することが多い
・水平打継目、横断目地付近で消失
・発生頻度：多い</td><td rowspan="2"><table><tr><th></th><th>縦断</th><th>横断</th><th>斜め</th></tr><tr><td>天端</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>肩部</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>側壁</td><td>○</td><td>○</td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>③材質劣化</td><td>・亀甲状、不規則な微細ひび割れ
・間詰材、補修材の浮き
・発生頻度：比較的多い</td></tr>
<tr><td>④鉄筋腐食</td><td>・RC 覆工構造の塩害環境下で発生
・発生頻度：少ない</td><td><table><tr><th></th><th>縦断</th><th>横断</th><th>斜め</th></tr><tr><td>天端</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>肩部</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>側壁</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr></table></td></tr>
</table>

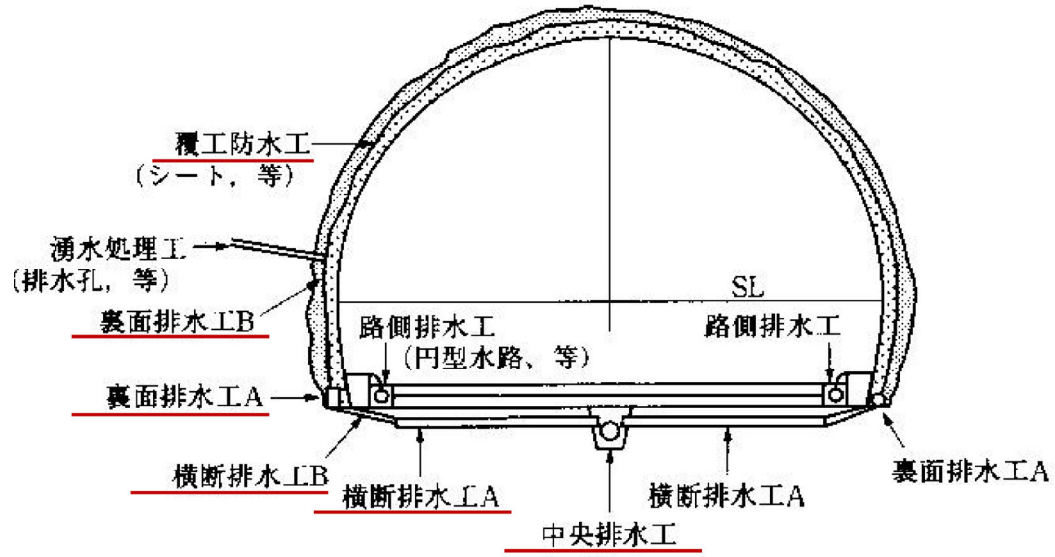
(5)　漏水に関する基礎資料について

漏水の原因については、①防水シートの破損（NATM の場合）、②横断排水管・中央排水管の機能低下（詰まり、破損等）が考えられる。なお、トンネル構造によりその考え方は図 5.7、5.8 のように異なる状況である。



・防水機能が不完全なため、ひび割れ・目地から漏水が生じやすい
・地下水は、背面地山→裏面排水→中央排水（路側排水）に流下

図 5.7　矢板工法の場合におけるトンネル防水・排水の考え方



・全周を防水シートで覆っているため、覆工部に漏水が発生する可能性は低い
・地下水は、背面地山→防水シートで集約→裏面排水→横断排水→中央排水に流下

図 5.8　NATM の場合におけるトンネル防水・排水の考え方

なお、特に注意が必要な漏水は表 5.13 に示すとおりである。

表 5.13　特に注意が必要な漏水一覧表

現象	内容
濁り・土砂流出がある場合	背面地山の空洞が拡大している恐れがある（特に矢板工法）
急激に漏水量が増加した場合	漏水量増加の原因が明らかな場合を除き（季節変動、融雪、降雨等）、その原因を確認したほうが良い
漏水箇所近傍で外力起因のひび割れが発生している場合	漏水を伴うひび割れが目地を跨いで連続している状況で、覆工の変状を伴う場合には水圧作用の可能性あり（NATM トンネル）
路面・路肩に滞水・自噴等が発生している場合	トンネル排水の機能低下が生じている可能性がある、水圧が作用する可能性がある

(6)　事例一覧、参考資料について

外力による変状事例は、論文等から一覧表として取りまとめた。材質劣化・漏水による変状事例は、全 20 トンネルの現地視察結果を見下げ図、写真とともに整理した。また、関連文献・書籍、参考論文・記事についても一覧表にて整理を行った。

(7)　成果品について

「道路トンネルの変状とその原因に関する基礎資料」成果品の一例（抜粋）を次頁以降に示す。

本資料の目的

・道路トンネルは一般に地形が急峻な個所に建設され、万が一、通行が困難となった場合には適当な迂回路がない場合が多く、交通に与える影響が非常に大きい構造物といえる。このような中、平成26年7月「道路法施行規則の一部を改正する省令」及び「トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示」が施行され、これを受けて「道路トンネル定期点検要領」が定期的に改訂される等、トンネルを含めた道路の維持管理の重要性が益々高まっている状況にある。

・北海道開発局では、平成26年以降、定期点検を基本に（1回/5年の近接目視点検、現在は二巡目が概ね完了、三巡目を開始）、それに基づき診断・補修を順次実施するメンテナンスサイクルでトンネルの維持管理を実施している。

・つまり、トンネルの変状は、定期点検・診断→（調査）→補修・補強設計のサイクルの中で、トンネル専門技術者が現地状況等を確認した上で原因判定することが基本となっている。ただし、実際に維持管理を日々担当している道路管理者が、定期点検以外の日常の道路パトロール等で新たな損傷を発見・確認する場合も当然ながらありうることである。

・本資料は、このような状況の際に、トンネルが専門ではない道路管理者が、その損傷状況から注意が必要な損傷か等のリスクも含めた変状原因を概略的に判断するための基礎資料として取りまとめるものである。

図 5.9　基礎資料の例（資料の目的）

資料の構成

1. はじめに
   - ・開発局トンネル数、トンネルの特殊性
     → *基礎データ（開発局管理の道路トンネル数、その施工方法割合）、トンネルの特殊性（多様な変状原因、構造・設計施工・維持管理の特殊性等）に関する資料。*

2. ひび割れ（浮き等）に関する基礎資料
   - ・判定フロー、緊急性の判定、外力作用の判定
     → *トンネル構造に関わる変状の可能性（緊急性、外力作用）を判定するための資料。*
   - ・外力による変状に関する基礎資料
     → *定期点検結果、現地WG等から、北海道開発局管理トンネルでは現在進行形で該当するトンネルはない。また、基本的にトンネル専門技術者が対応すべき事項のため、簡単な概要のみ記載。*
   - ・材質劣化による変状に関する基礎資料
     → *ひび割れの発生位置・方向等からを変状原因を推察できるような基礎資料。*

3. 漏水に関する基礎資料
   - ・漏水原因、注意すべき漏水
     → *トンネル施工法毎の漏水原因、注意を要する現象（濁り、ひび割れ伴う、滞水等）に関する資料。*

4. 事例一覧
   - ・変状事例に関する基礎資料
     → *外力：論文、外力以外・漏水：現地WGによる事例集*

5. 参考資料
   - ・関連文献、参考論文
     → *道路・鉄道等の文献指針、トンネル維持管理に関する論文記事（他機関も含めて網羅できている「トンネルと地下」）の主な一覧を掲載。*

図 5.10　基礎資料の例（資料の構成）

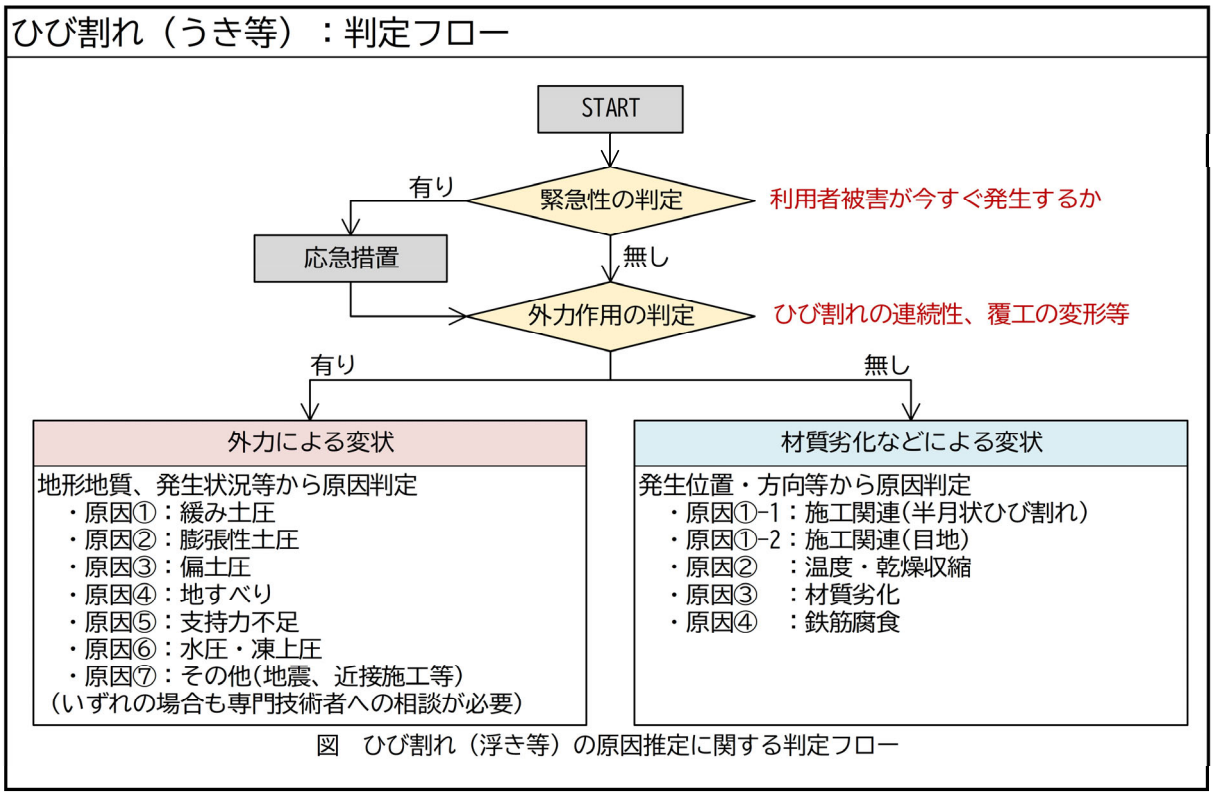


図 5.11　基礎資料の例（ひび割れに関する緊急性、外力有無の判定フロー）

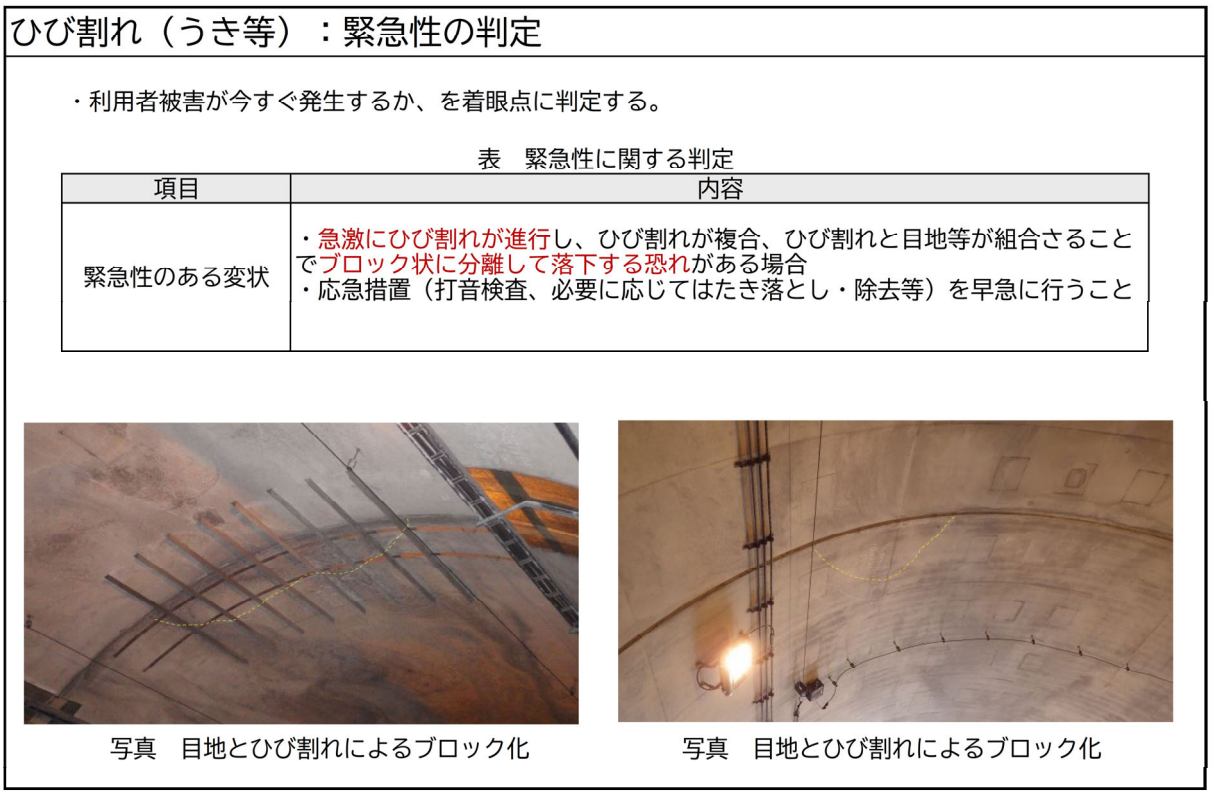


図 5.12　基礎資料の例（ひび割れに関する緊急性の判定）

ひび割れ（うき等）：外力作用の判定

・ひび割れの連続性、覆工の変形等に基づき判定する

表　外力作用の有無（可能性）に関する判定

項目	内容
外力作用(可能性)のある変状	・横断目地・水平打継目を跨いでひび割れが連続している場合（覆工構築後に外力が作用した可能性が高い） ・卓越する方向性もった連続ひび割れがあり、場合によっては覆工等が変形している場合（その兆候が確認できる）



写真　横断目地を跨ぐひび割れ

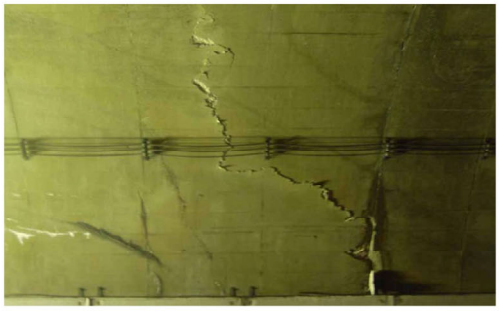


写真　覆工の変形（ひび割れ）

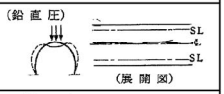
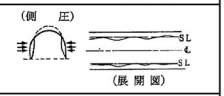
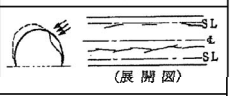
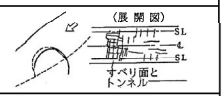
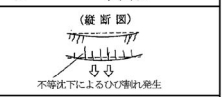
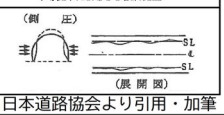
図 5.13　基礎資料の例（ひび割れに関する外力作用の判定）

ひび割れ（うき等）：外力作用の変状

・外力作用によるひび割れは下表のとおりに分類できる。なお、その他（地震・近接施工）による損傷状況・形態はトンネル条件（構造、地形地質等）で大きく異なるため割愛する。

・開発局管理の道路トンネルでは、現在進行形の外力変状に該当するものは確認できない。

表　外力による変状の特徴一覧

変状原因	概要	模式図
①緩み土圧	緩み土圧は、地山が緩み、自重を支えられなくなり、覆工に荷重として作用する鉛直圧を主体とするものである。このためアーチ天端に縦断方向の引張ひび割れを生じるものが多い。	
②膨張性土圧	左右の側壁あるいはアーチ両肩に複雑な水平ひび割れが生じやすく、アーチと側壁に打継目がある場合には段差が生じることもある。また、盤膨れが発生する場合もある。	
③偏土圧	斜面下や、傾斜した片理方向に緩みが生じて偏土圧が作用して発生する。山側アーチ肩部に引張ひび割れ・段差が生じることが多い。	
④地すべり	地すべりの滑動に伴いトンネルに変状が発生するものである。トンネルとすべり面の位置関係によって変状の形態がことなる。	
⑤支持力不足	トンネル縦断方向あるいは横断方向の不等沈下により発生する。前者の場合、トンネル横断方向のひび割れ、後者の場合はトンネル軸方向の回転を伴い、斜め方向のひび割れが生じる。	
⑥水圧・凍上圧	漏水と深くかかわる変状であり、通常は側圧が卓越し、側壁あるいはアーチ肩部の水平ひび割れが生じることが多い。	

「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】令和2年度版」R2.8(公社)日本道路協会より引用・加筆

図 5.14　基礎資料の例（外力作用の変状）

ひび割れ（うき等）：材質劣化の変状　原因①-2:施工関連(目地)

・横断目目地部周辺のひび割れ
・目地部コンクリートの収縮、角欠け、
　モルタル流出、型枠接触などが原因
・発生頻度：多い

表　発生位置・主方向の分類

	縦断	横断	斜め
天端		○	
肩部		○	
側壁		○	

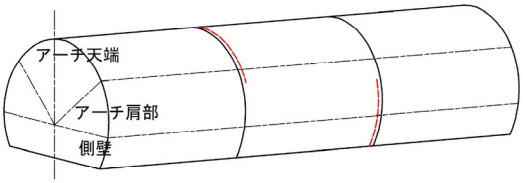


図　変状のイメージ

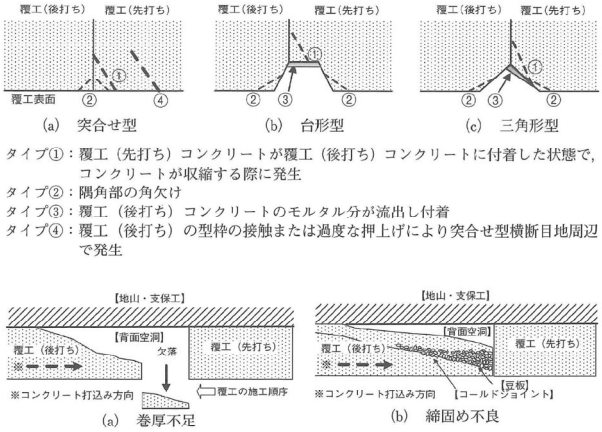


図　横断目地部のひび割れ（詳細模式図）
「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】令和2年度版」
R2.8(公社)日本道路協会より引用・加筆

図 5.15　基礎資料の例（材質劣化の変状、施工関連）

ひび割れ（うき等）：材質劣化の変状　原因②:温度・乾燥収縮

・スパン中央付近で発生することが多い
・水平打継目、横断目地付近で消失
・発生頻度：多い

表　発生位置・主方向の分類

	縦断	横断	斜め
天端	○	○	
肩部	○	○	
側壁	○	○	

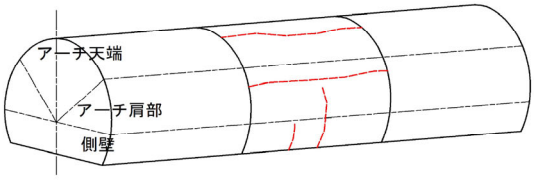


図　変状のイメージ



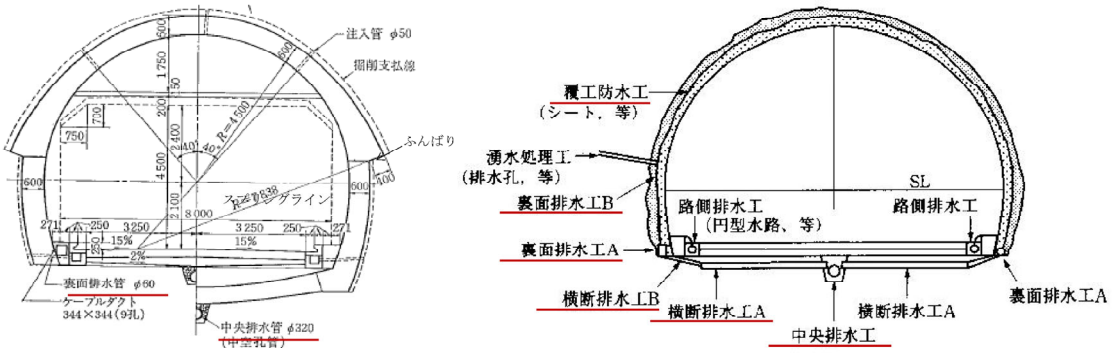


写真　変状の例

図 5.16　基礎資料の例（材質劣化の変状、温度・乾燥収縮）

漏水：原因について

・漏水の原因については、防水シートの破損(NATMの場合）、横断排水管・中央排水管の機能低下（詰まり、破損等）が考えられる。



矢板工法の場合

・防水機能が不完全なため、ひび割れ・目地から漏水が生じやすい
・地下水は、背面地山→裏面排水→中央排水(路側排水)に流下

NATMの場合

・全周を防水シートで覆っているため、覆工部に漏水が発生する可能性は低い
・地下水は、背面地山→防水シートで集約→裏面排水→横断排水→中央排水に流下

図　トンネル防水・排水に関する断面模式図

図 5.17　基礎資料の例（漏水変状、原因）

漏水：注意すべき変状

表　注意が必要な漏水一覧表

現象	内容
濁り・土砂流出がある場合	背面地山の空洞が拡大している恐れがある（特に矢板工法）
急激に漏水量が増加した場合	漏水量増加の原因が明らかな場合を除き（季節変動、融雪、降雨等）、その原因を確認したほうが良い
漏水箇所近傍で外力起因のひび割れが発生している場合	漏水を伴うひび割れが目地を跨いで連続している場合、覆工の変状を伴う場合には水圧作用の可能性あり（NATMトンネル）
路面・路肩に滞水・自噴等が発生している場合	トンネル排水の機能低下が生じている可能性がある、水圧が作用する可能性がある

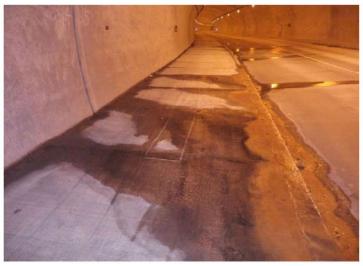


写真　路面の滞水

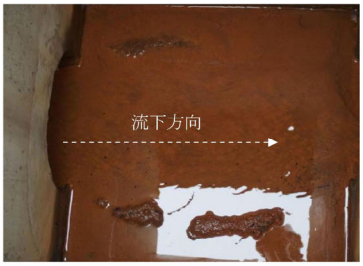


写真　中央排水の詰まり

図 5.18　基礎資料の例（漏水変状、注意すべき現象）

外力作用の変状事例

表　外力による変状の主な事例一覧表

変状原因	主な事例
①緩み土圧	JR福塩線大迫山トンネル、国道127号小山野トンネル、県道大谷狼排飯田線木の浦隧道など
②膨張性土圧	JR函館本線神居トンネル、中央自動車道恵那山トンネル、国道37号礼文華トンネル、国道229号川白トンネル、長崎自動車道うれしのトンネル、上信越自動車道浅間山トンネルなど
③偏土圧	JR飯田線大月トンネル、JR中央線横吹トンネル・旧横吹第二トンネル、JR内房線洞口トンネル、JR飯田線内ヶ巻トンネルなど
④地すべり	JR田沢湖線高倉トンネル（事前の調査設計でルート変更すること多いため事例は少ない）
⑤支持力不足	JR東北新幹線白坂トンネル。北九州都市高速4号奥田トンネル、同路線黒川トンネルなど
⑥水圧・凍上圧	国道273号三国トンネルなど

「道路トンネル維持管理便」、「トンネル変状メカニズム」、「トンネルと地下」等から収集

図 5.19　基礎資料の例（変状事例、外力作用）

ひび割れ（うき等）：材質劣化の変状　原因②:温度・乾燥収縮

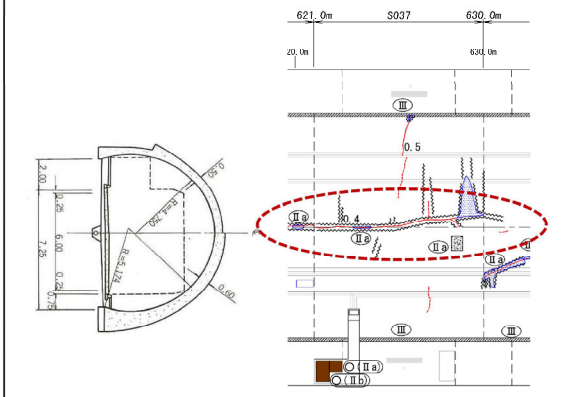
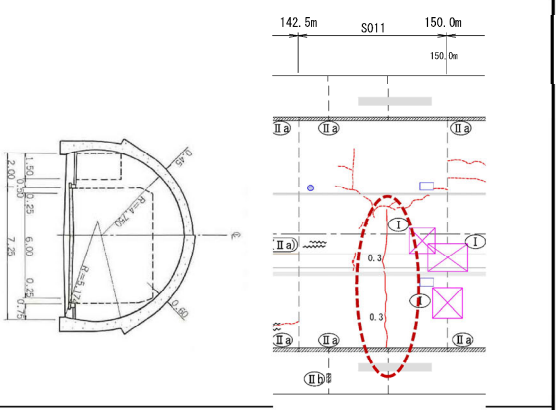
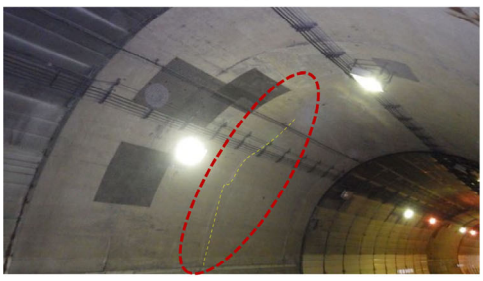
	R276支笏トンネル（矢板工法、S037天端）	R276美笛トンネル（矢板工法、S011天端・肩部）
変状見下げ図		
変状写真		

図 5.20　基礎資料の例（変状事例、材質劣化）

関連文献・書籍

表　主な関連文献・図書一覧

No.	文献・図書名	発刊	年度
1	トンネル標準示方書[共通編]・同解説／[山岳工法編]・同解説	土木学会	2016.7
2	道路トンネル技術基準（構造編）・同解説	日本道路協会	2003.11
3	道路トンネル維持管理便覧【本体工編】	日本道路協会	2020.8
4	道路トンネル維持管理便覧【付属施設編】	日本道路協会	2016.12
5	道路トンネル定期点検要領	国土交通省	2024.3
6	道路設計要領	北海道開発局	2024.3
7	道路トンネル変状対策マニュアル（案）	土木研究所	2003.2
8	設計要領第三集　トンネル保全編	東日本高速道路(株)	2023.7
9	トンネル保守管理マニュアル	運輸省	2000.2
10	トンネル保守マニュアル（案）	鉄道総合技術研究所	2000.5
11	トンネル補強・補修マニュアル	鉄道総合技術研究所	1990.10
12	既設トンネル近接施工対策マニュアル	鉄道総合技術研究所	1996.9
13	変状トンネル対策工設計マニュアル	鉄道総合技術研究所	1998.2
14	トンネルの維持管理	土木学会	2005.7
15	トンネルの変状メカニズム	土木学会	2003.9
16	覆工コンクリート施工の手引き	日本トンネル技術協会	2001.12
17	トンネルコンクリート施工指針（案）	土木学会	2000.7
18	山岳トンネル覆工の現状と課題	土木学会	2002.9
19			
20			

図 5.21　基礎資料の例（関連文献・書籍）

参考論文・記事

表　主な参考論文・記事一覧(1)

No.	記載内容(変状等)	記載論文・記事	年度
1	地震・近接施工等	近接施工と地盤変状	1994.1
2	その他(維持管理全般ほか)	トンネルの保守・維持管理（1）	1994.1
3	その他(維持管理全般ほか)	トンネルの保守・維持管理（3）	1994.3
4	その他(維持管理全般ほか)	トンネルの保守・維持管理（4）	1994.4
5	その他(維持管理全般ほか)	トンネルの保守・維持管理（5）	1994.5
6	その他(維持管理全般ほか)	トンネルの保守・維持管理（6）	1994.6
7	その他(維持管理全般ほか)	トンネルの保守・維持管理（7）	1994.7
8	その他(維持管理全般ほか)	トンネルの保守・維持管理（8）	1994.8
9	その他(維持管理全般ほか)	トンネルの保守・維持管理（最終回）	1994.9
10	その他(維持管理全般ほか)	100年経った煉瓦積みトンネルの補修	1998.3
11	膨張性土圧	SFRC覆工で収束しない変位に対抗	1998.5
12	その他(維持管理全般ほか)	建設・保守管理へのフィードバック(1)	1998.5
13	その他(維持管理全般ほか)	建設・保守管理へのフィードバック(2)	1998.6
14	その他(維持管理全般ほか)	建設・保守管理へのフィードバック(3)	1998.7
15	その他(維持管理全般ほか)	変状トンネル対策工の設計法	1998.8
16	その他(維持管理全般ほか)	建設・保守管理へのフィードバック(最終回)	1998.8
17	その他(維持管理全般ほか)	変状トンネル対策工の設計法	1998.8
18	その他(維持管理全般ほか)	山岳トンネルの変状発生機構とその対策	1999.6
19	その他(維持管理全般ほか)	供用トンネルにおける変状と対策	1999.6
20	その他(維持管理全般ほか)	供用トンネルにおける変状と対策	2000.4

「トンネルと地下」から抽出

図 5.22　基礎資料の例（参考論文・記事）

5.2 北海道におけるトンネル補修対策工の留意事項

5.2.1 活動の概要

(1) 活動の目的

構造部会トンネル WG では、平成 24 年度以降、トンネルの特殊性（構造、設計施工、維持管理等）を念頭において、トンネルが専門技術ではない道路管理者がトンネルを維持管理する際に役立つ基礎的な資料を整理することを主体に活動を行っている。なお、最近の開発局からの活動ニーズはトンネル補修・補強の再劣化に関する分析である。ただし、トンネル補修・補強では、補修補強材料の経年的な劣化は生じているが（繊維シート、間詰モルタル、鋼材関係等）、対策済箇所の再劣化の事例は極めて少ないのが実情である。

このような状況を踏まえて、今回は補修対策工全般の基礎資料を取りまとめることを目的に活動を進めることとした。

(2) 活動の内容

本テーマでは、令和 6 年度（2024 年度）から令和 8 年度（2026 年度）（予定）にかけて以下の活動を行い、活動成果として「対策工の選定表」、「対策工の解説資料」等を作成する予定である。なお、本報告書では、これら活動のうち令和 6 年度（2024 年度）の活動をまとめたものである。

① 補修対策工の基礎資料整理

「維持管理便覧」では、変状種類、位置・部位、規模・発生状況等に応じた補修対策工の選定目安表、各種工法の概要等が示されている。ただし、専門技術者以外には分かりづらく、積雪寒冷地への適用が難しい箇所も多いのが現状である（ex.浮き剥落対策でのネット・シートの使い分け、寒冷地の漏水対策等）。以上を踏まえ、文献指針をベースに、補修対策工を選定する際の手引き的な資料として、各補修工法の設計の考え方、施工・維持管理での留意事項等を整理する。

② 補修対策工の事例調査

道内トンネルの補修対策の施工状況について収集・整理を行い、基礎資料とする。

③ 補修対策工の現地視察

補修対策工の経年劣化状況等を現地確認し、補修対策工の基礎資料とする。

成果品の作成

上記①～③を踏まえて WG 成果として、「対策工の選定表」、「対策工の解説資料」等を作成する。なお、前回成果「道路トンネルの変状をその原因に関する基礎資料」で、現地の損傷状況から概略的に変状原因を判断する基礎資料を作成済である。今回はその資料と一連で、現地状況→変状原因の推定→対策工法の選定→対策工の設計施工上の留意事項の流れで一連成果として取りまとめを行う。

5.2.2 補修対策工の基礎資料整理

(1) 対策工の選定手法

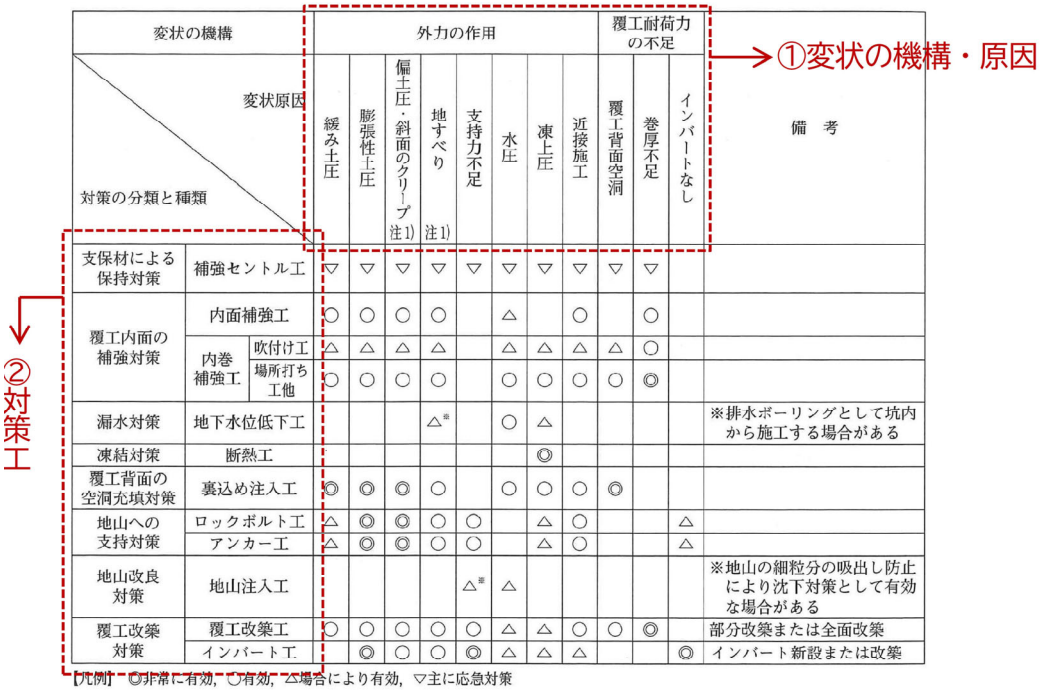
設計施工段階において、補修対策工の選定は「維持管理便覧」に基づき検討されることが多い。トンネル補修対策工は、その原因・機構等に応じて、「外力対策」、「はく落防止対策」、「漏水対策」に分類できる（P5-2　図 5.1　変状原因と対策区分の関係　を参照）。

(2) 「維持管理便覧」による選定表

「維持管理便覧」では、それぞれの対策について各種工法の適用目安一覧表を示している。な

お、選定の着目点は、外力対策については変状の機構・原因、はく落防止対策では変状形態（種類）・変状部位・変状規模、漏水対策では漏水箇所・漏水形態・漏水量・内空断面の余裕量が示されている。

表 5.14　外力対策の一般的な適用区分の目安



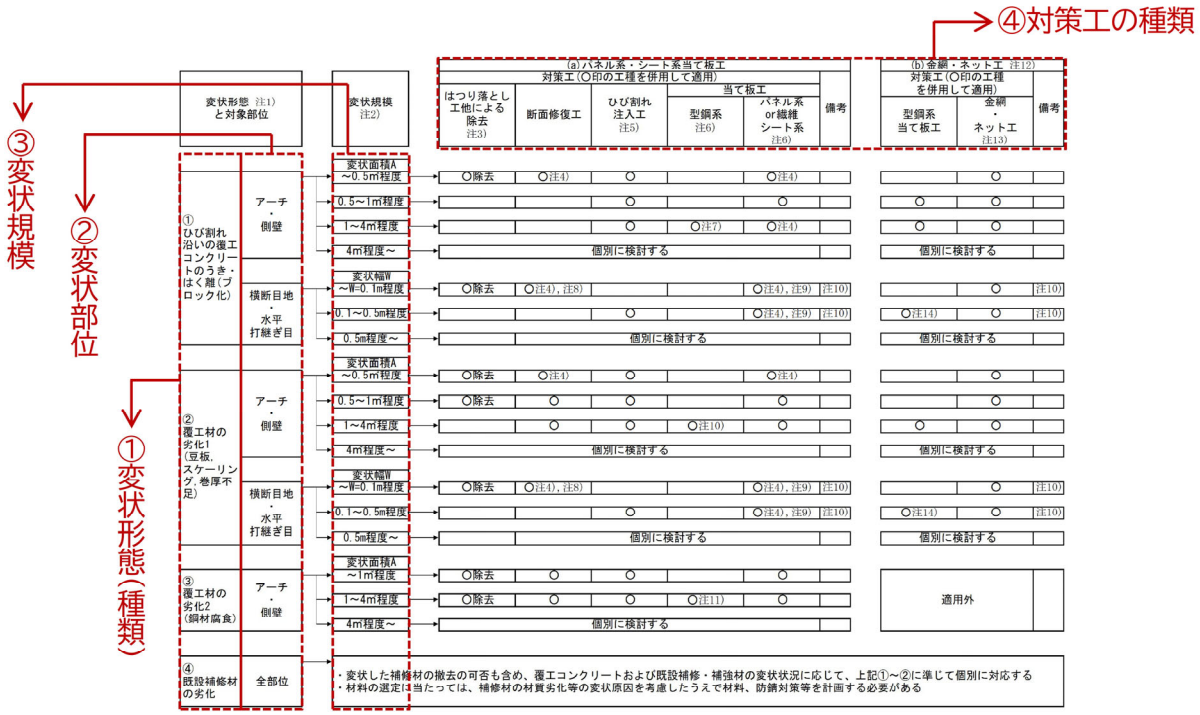
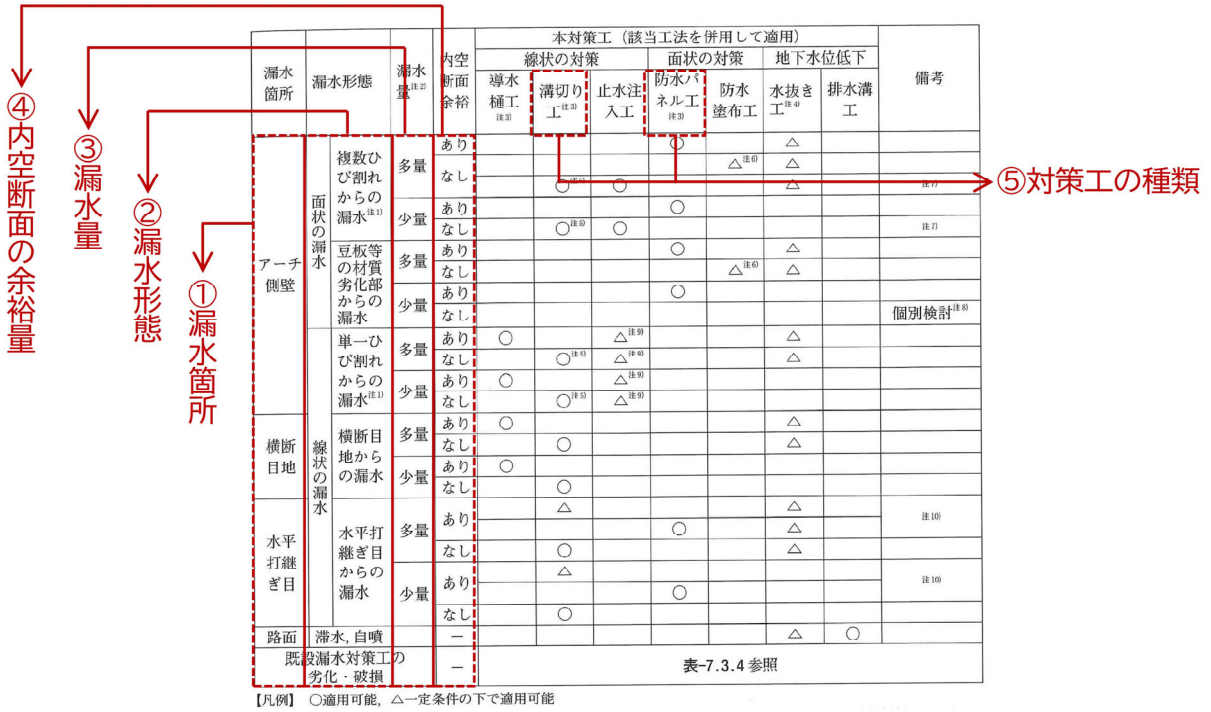


図 5.23　はく落形態によるはく落防止対策工の選定の目安

表 5.15　漏水対策の選定の目安



漏水箇所	漏水形態		漏水量[注2]	内空断面余裕	本対策工（該当工法を併用して適用） 線状の対策 導水樋工[注3]	溝切り工[注3]	止水注入工	面状の対策 防水パネル工[注3]	防水塗布工	地下水位低下 水抜き工[注4]	排水溝工	備考
アーチ側壁	面状の漏水	複数ひび割れからの漏水[注1]	多量	あり				○	△[注6]	△		
				なし					△[注6]	△		
						○	○			△		[注7]
			少量	あり				○				
				なし		○[注6]	○					[注7]
		豆板等の材質劣化部からの漏水	多量	あり				○		△		
				なし					△[注6]	△		
			少量	あり				○				
				なし								個別検討[注8]
	線状の漏水	単一ひび割れからの漏水[注1]	多量	あり	○		△[注9]			△		
				なし		○[注4]	△[注9][注10]			△		
			少量	あり	○		△[注9]					
				なし		○[注5]	△[注9]					
横断目地		横断目地からの漏水	多量	あり	○					△		
				なし		○				△		
			少量	あり	○							
				なし		○						
水平打継ぎ目		水平打継ぎ目からの漏水	多量	あり		△				△		[注10]
								○		△		
				なし		○				△		
			少量	あり		△						[注10]
								○				
				なし		○						
路面	滞水，自噴			―						△	○	
既設漏水対策工の劣化・破損				―	表-7.3.4 参照							

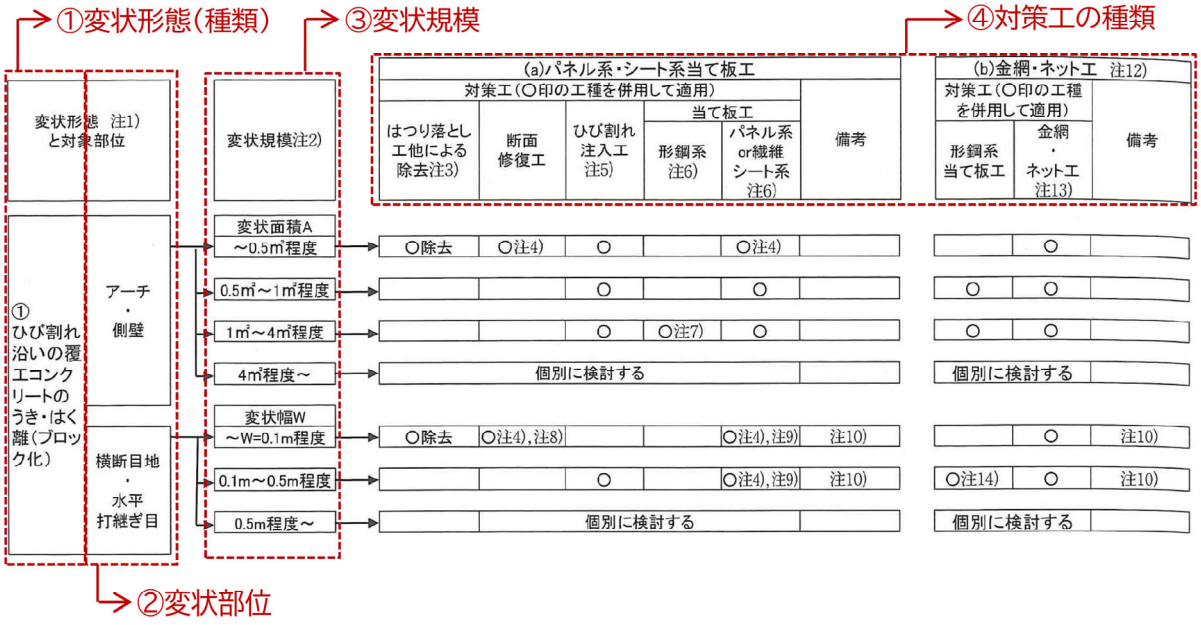
【凡例】　○適用可能，△一定条件の下で適用可能

以上、「維持管理便覧」より引用、一部加筆

5.2.3　はく落防止対策に関する選定資料（案）

(1)　はく落防止対策工選定の基本的な考え方

前述のはく落形態によるはく落防止対策工の選定の目安について、①変状形態（種類）毎に以下に再掲する。



変状形態 注1)と対象部位		変状規模注2)	(a)パネル系・シート系当て板工 対策工(○印の工種を併用して適用) はつり落とし工他による除去注3)	断面修復工	ひび割れ注入工 注5)	当て板工 形鋼系 注6)	当て板工 パネル系 or繊維シート系 注6)	備考	(b)金網・ネットエ 注12) 対策工(○印の工種を併用して適用) 形鋼系当て板工	金網・ネットエ 注13)	備考
①ひび割れ沿いの覆工コンクリートのうき・はく離(ブロック化)	アーチ・側壁	変状面積A ～0.5㎡程度	○除去	○注4)	○		○注4)			○	
		0.5㎡～1㎡程度			○		○		○	○	
		1㎡～4㎡程度			○	○注7)	○		○	○	
		4㎡程度～	個別に検討する						個別に検討する		
	横断目地・水平打継ぎ目	変状幅W ～W=0.1m程度	○除去	○注4),注8)			○注4),注9)	注10)		○	注10)
		0.1m～0.5m程度			○		○注4),注9)	注10)	○注14)	○	注10)
		0.5m程度～	個別に検討する						個別に検討する		

図 5.24　はく落形態によるはく落防止対策工の選定の目安
（ひび割れ沿いの覆工コンクリートのうき・はく離）

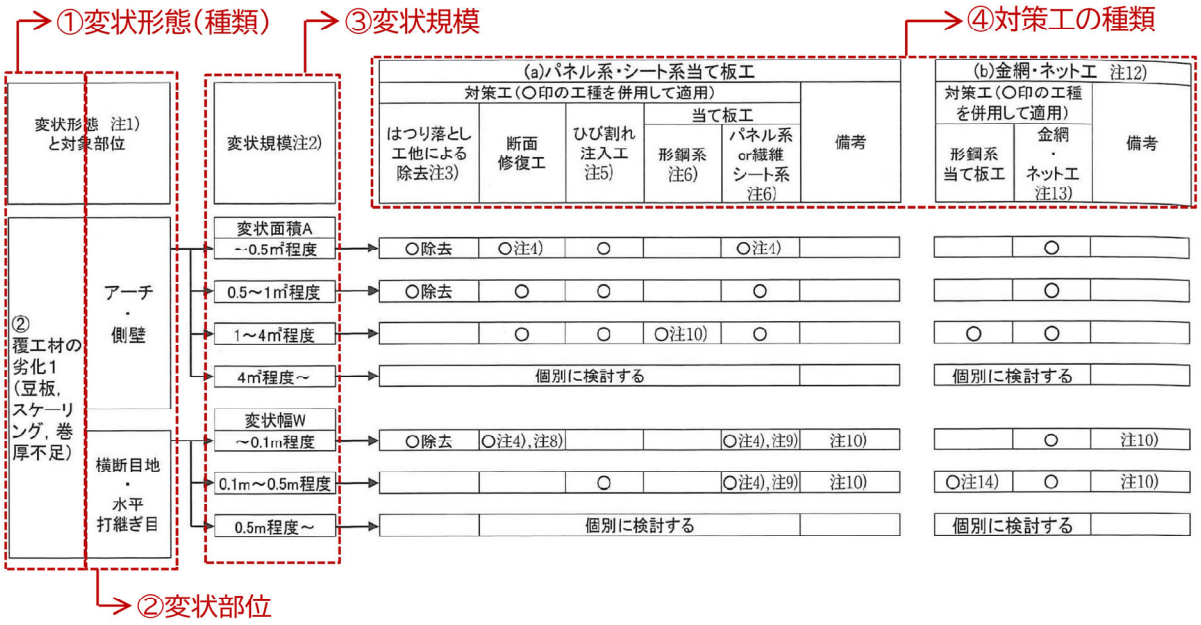


図 5.25　はく落形態によるはく落防止対策工の選定の目安
（覆工材の劣化（豆板、スケーリング、ポップアウト等））

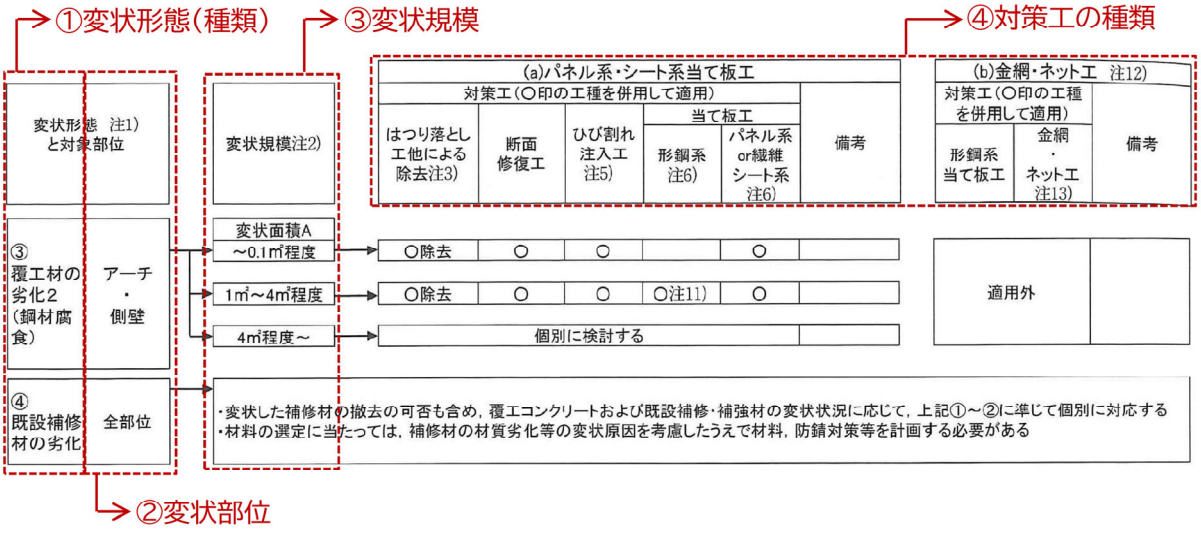


図 5.26　はく落形態によるはく落防止対策工の選定の目安
（覆工材の劣化（鋼材腐食）、既設補修材の劣化）

以上、「維持管理便覧」より引用、一部加筆

いずれの選定表も、①変状形態（種類）、②変状部位、③変状規模に応じて、④対策工（はつり落とし、断面修復工、ひび割れ注入工、当て板工等）を組合せて選定する手順が示されている。

(2)　はく落防止対策工の種類について

④対策工の種類（組合せ）については、(a)パネル系・シート系当て板工、もしくは(b)金網・ネット工を基本工法とし、それにはつり落とし・断面修復工、型鋼系当て板工等の補助的な工法を組合せて対策を行うこととなる。

表 5.16 に、(a)パネル系・シート系当て板工、(b)金網・ネット工の得失を示す。現段階で有力な対策工法は「シート系当て板工（可視樹脂繊維シート工）」である。

表 5.16　基本対策工の比較一覧表

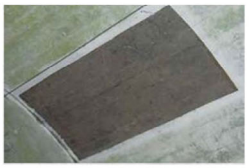
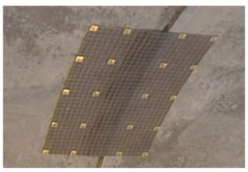
	パネル系当て板工（鋼板）		パネル系当て板工（FRP）		シート系当て板工		ネット工	
工法概要								
構造性	補強効果あり	◎	補強効果あり	◎	劣化抑制効果あり	○	劣化抑制効果なし 適用条件あり	△
経済性	非常に高価	△	高価	○	安価	◎	安価	◎
施工性	重量物、工程多い	△	工程少ない	○	工程少ない	○	簡易	◎
維持管理性	腐食の可能性 覆工面の確認不可	△	覆工面の確認不可	○	覆工面の確認可能（可視樹脂繊維シートの場合）	◎	恒久対策の場合、定期点検で確認必要	△

表 5.17　基本対策工の選定の考え方

・最近は、経済性＋維持管理性で優位な「シート系当て板工(可視樹脂繊維シート工)」の採用事例が多い。
・ネット工は、従前は応急対策として用いられていたが、構造性＋維持管理性で劣るため採用例は減少している。
・パネル系当て板工は補強工法としての採用事例が多い。

なお、金網・ネット工は経済性で優れる工法であるが、もともとは応急対策工として使用されていた対策工法である。平成 27 年 2 月改定の「道路トンネル維持管理便覧」日本道路協会からは、定期点検（1 回/5 年、近接目視）で対策効果を確認する前提で、表 5.18 の適用条件を満足する場合には本対策工として採用できることになった。

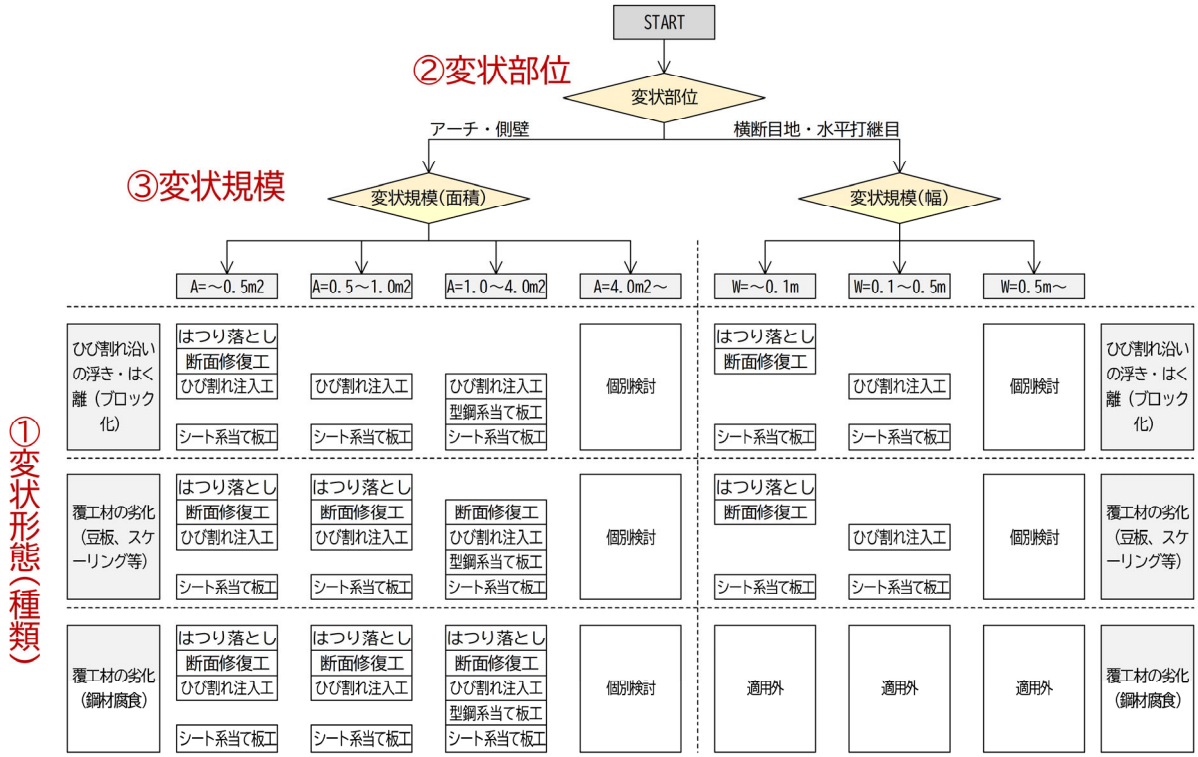
表 5.18　金網・ネット工の適用条件

①はく落物に対して十分な支持効果が得られる材料、十分な剛性を有する材料を使用すること。
②金網工：防錆効果のある材料（ステンレス製）、ネット工：坑口部では耐候性のある材料（特に耐紫外線）等、中～長期的に対策効果が持続する材料を使用すること。
③金網・ネット工の固定は、はく落物の重量を十分支持できるメカニカル式コンクリートアンカー（ステンレス製）を適切に配置し、健全な覆工に材料を確実に固定すること。
④漏水箇所については、適切な漏水対策工を併用すること。
⑤凍害の進行等により、覆工材料の劣化が深部まで進行するような変状に対しては適用できない。※

注　※コンクリートアンカーの定着が難しい覆工状態を想定
北海道開発局　道路設計要領　第 4 集トンネル」R7.4 北海道開発局より引用、一部加筆

(3)　はく落防止対策工の選定フロー（案）

シート系当て板工を基本工法と考えた場合、①変状形態（種類）、②変状部位、③変状規模に応じた、対策工法の組合せは、図 5.27 のフロー形式で整理することができる。



注 1：既設補修材の劣化は個別に検討すること。

注 2：横断目地、水平打継目を跨いで繊維シート系当て板工を適用する場合、漏水・目地の開口量の季節変動等によりシートが破断・はく離する可能性があるため、目地を跨がない構造にする等、十分な注意を払うこと。

図 5.27　はく落防止対策工の選定の基本フロー案

なお、本フロー以降のはく落対策工の選定表、外力対策工・漏水対策工の選定表の検討については、令和 7 年度（2025 年度）以降の活動となるため、次回の報告書にて記載する。

5.2.4　補修対策工の現地視察

(1)　現地 WG の目的

トンネルの補修対策を現地で目視確認し、その施工状況、経年劣化等を把握し、各対策工の設計・施工・維持管理に向けた基礎資料を得ることを目的に現地視察を計画・実施した。

(2)　現地 WG の概要

現地 WG は、坑内全線を対象に徒歩による遠望目視で実施した。視察概要を表 5.19 に示す。

表 5.19　現地視察の概要

回	視察年月日	視察概要
現地視察①	R06.10.30～31	札幌・室蘭・小樽開発建設部、6 トンネル。
現地視察②	R07.10(予定)	網走・帯広開発建設部管内を予定。
現地視察③	R08.10(予定)	函館開発建設部管内を予定。

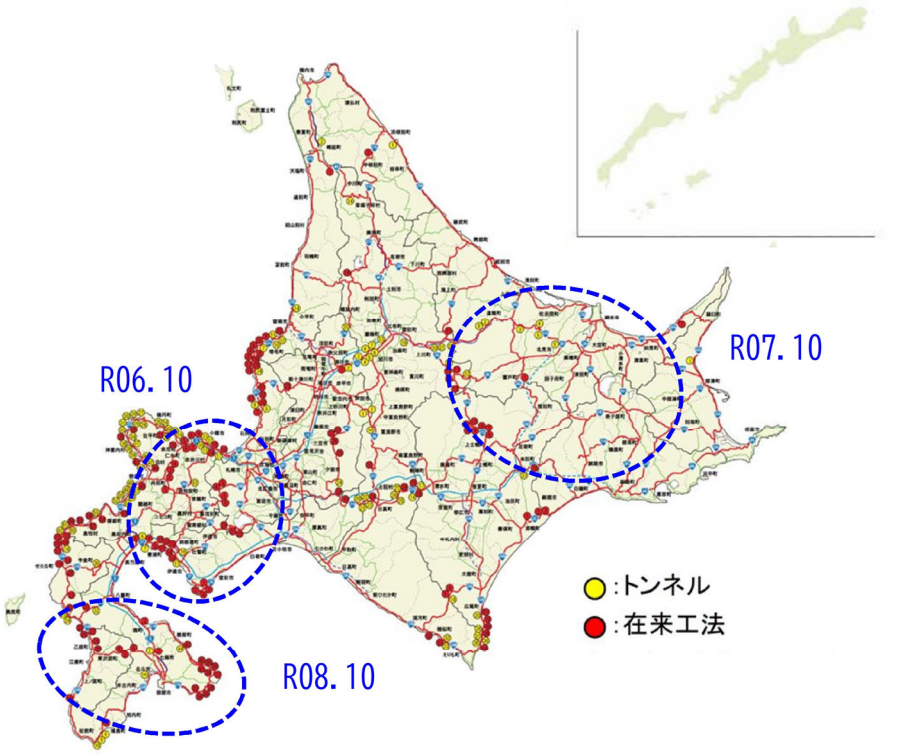


図 5.28　視察トンネルの位置図

(3)　視察トンネルの概要

現地視察①で確認したトンネルの概要は表 5.20 のとおりである。

表 5.20　視察トンネル一覧表

回	路線	トンネル名	延長(m)	竣工	工法	主な補修対策工
①	276	支笏（シコツ）	995.0	S49	矢板工法	ネット工、当て板工、防水パネル工、内面補強工
	36	汐見（シオミ）上り線	167.0	S47	矢板工法	ネット工、当て板工、防水パネル工、内面補強工
	36	汐見（シオミ）下り線	165.0	S47	矢板工法	ネット工、当て板工、防水パネル工、内面補強工
	229	ぼりかっぷ（ホリカップ）	1443.0	S59	矢板工法	ネット工、当て板工、防水パネル工、内面補強工
	5	新張碓（シンハリウス）	669.0	S60	矢板工法	ネット工、当て板工、防水パネル工
	5	張碓（ハリウス）	633.0	H13	NATM	ネット工、当て板工