

6. トンネル管理技術

6.1 部会の目的と活動内容

6.1.1 部会の目的

道路トンネルは一般に地形に制約をもった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。このようななか、平成 26 年 7 月の「道路法施工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」施行、これを受けての「道路トンネル定期点検要領」改訂等、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。

また、道内の国道で供用中のトンネルは 270 本程度であり、1980 年代までに施工された矢板工法トンネル、それ以降の標準工法である NATM トンネルの比率はほぼ半分となっている。矢板工法は、矢板類を併用した鋼アーチ支保工、木製支保工を主体としたトンネル工法であり、その施工及び構造から NATM 工法に比べて損傷が発生しやすいことに留意が必要である。

これらを踏まえて、本テーマでは、北海道の矢板工法トンネルの維持管理を担当する技術者が留意すべき事項として、矢板工法の構造・施工、損傷変状の特徴、基本的な対策工等を整理することを目的として活動を行った。

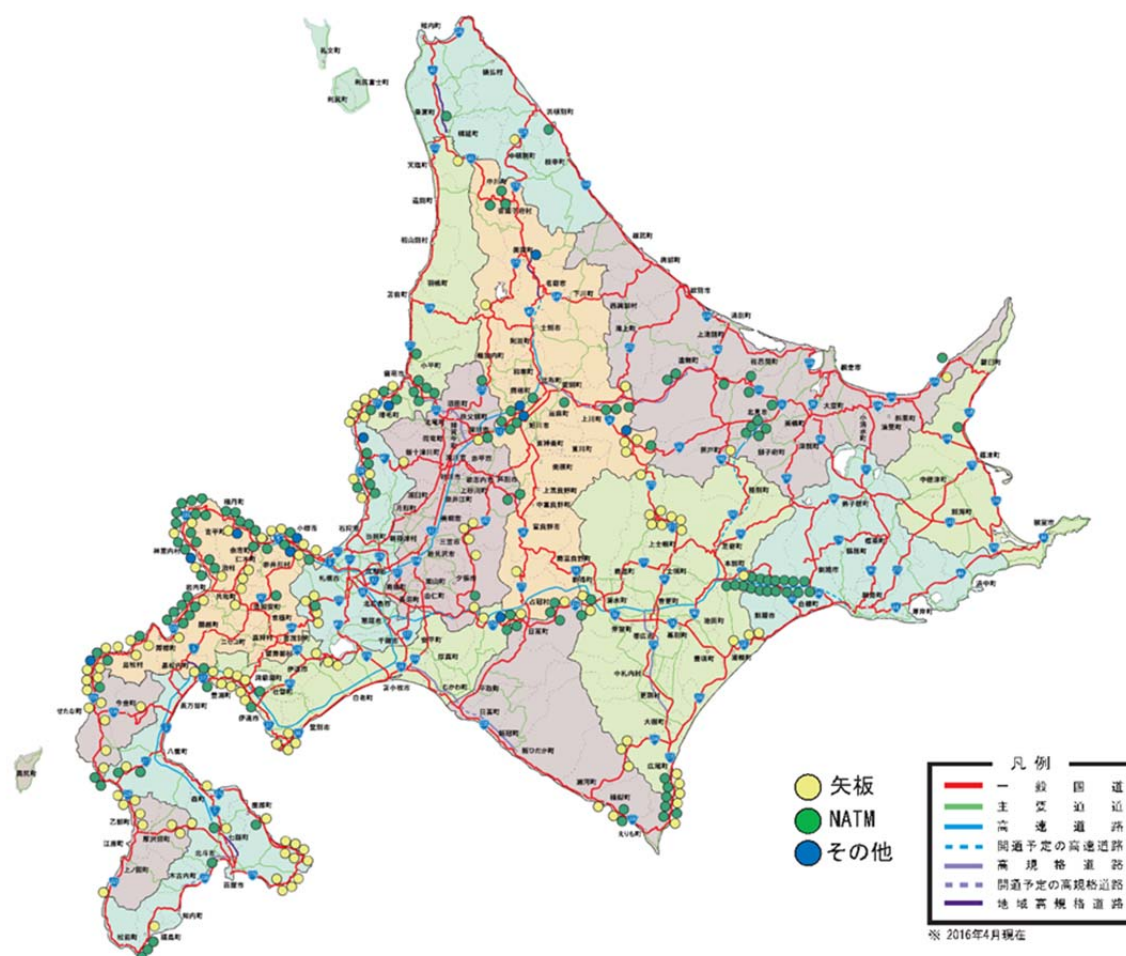


図 6.1 北海道開発局の供用中の道路トンネル

表 6.1 北海道開発局の供用中の道路トンネル

工 法	トンネル数	トンネル延長 (km)
矢板工法	133	65.2
NATM 工法	128	139.3
そのほか（開削工法など）	12	20.3
合 計	273	224.8

平成 28 年 4 月 1 日現在

6.1.2 部会の活動内容

「トンネル管理技術」では、平成 24 年から平成 27 年にかけて以下の活動を行い、「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（案）」を作成した。

(1) 「ハンドブック」作成を念頭に置いた工事資料の収集整理

道内のトンネル補修工事に関する工事成果、調査・設計成果の収集整理を行い、「ハンドブック」作成の基礎資料を作成した。

(2) 「ハンドブック」作成を念頭に置いたトンネル維持管理上の課題整理

道路管理者（北海道開発局）を対象に、トンネル保全・維持管理に関わる聞き取り調査を行い、「ハンドブック」作成の基礎資料を作成した。

(3) 「ハンドブック」の作成

上記(1)、(2)資料を踏まえて、「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（案）」を作成した。

6.2 「ハンドブック」作成を念頭においた工事資料の収集整理

6.2.1 工事資料の収集整理

トンネル補修工事資料の収集整理では、平成 19 年～平成 23 年に実施された補修工事について、工事成果、調査・設計成果を収集し、補修工法毎に整理を行った。

表 6.2 収集整理したトンネル補修工事（平成 19～23 年）

建設部	トンネル補修工事数			主なトンネル
	裏込注入工	剥落防止工	漏水対策工	
札幌	6	17	1	滝の沢トンネル、三芦トンネルなど
函館	9	8	5	茂津多トンネル、須築トンネルなど
小樽	3	21	4	盤の沢トンネル、古平トンネルなど
旭川	0	5	0	新大函トンネル、浮島トンネルなど
室蘭	1	6	4	高岡第 3 トンネル、日高トンネルなど
帯広	2	10	2	上厚内トンネル、三国トンネルなど
留萌	1	12	0	雄信内トンネル、雄冬トンネルなど
稚内	1	1	2	寿トンネル

6.2.2 裏込め注入工に関する事例整理

裏込め注入工に関わる資料整理結果を以下に示す。

- 裏込め注入工の実施は全て矢板工法トンネル。
- 矢板工法では、背面空洞等が生じやすい（当時の掘削技術や覆工コンクリートの打設技術に起因するものと思料）。
- 事前調査は、電磁波探査による間接調査が主体（覆工巻厚、背面空洞高さの把握、縦断方向1～5測線）。
- 覆工巻厚の直接確認、電磁波探査のキャリブレーションのためにコアカッターボーリングを併用している例が多い。
- コアカッターボーリングでは、背面状況を直接的、視覚的に把握する目的で CCD カメラも実施することが多い。
- ゆるみ過重が想定される場合等では、機械ボーリングにより直接的に背面地質状況を確認（コア状況、各種物性値等）。
- 空洞充填材は全て可塑状グラウト（湧水により流出・逸走の可能性があるエアモルタルを避け、湧水に有効な注入材を選定）。



写真 6.1 背面空洞の例



写真 6.2 一般的な測線位置の例



図 6.2 可塑状グラウトの性状

6.2.3 剥落防止工に関する事例整理

剥落防止工に関わる資料整理結果を以下に示す。

- トンネル定期点検（2～5年頻度で実施）で確認される覆工の浮きに対する第三者被害の防止対策として実施。
- 対象は大部分が矢板工法トンネル（一部、NATMトンネルもあり）。
- 全て剥落防止ネット工（FORCA トウメッシュ工法等）で対処（基本的には現場判断）。

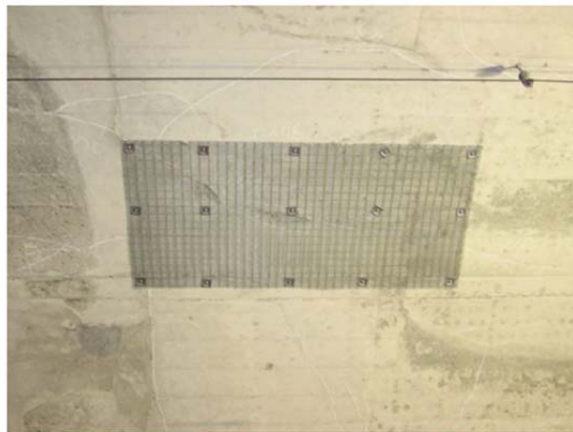


写真 6.3 剥落防止対策工の例

6.2.4 漏水対策工に関する事例整理

漏水対策工に関わる資料整理結果を以下に示す。

- トンネル定期点検（2～5年頻度で実施）、日常パトロールで確認される氷柱・つららに対する第三者被害の防止対策として実施。
- 対象は全て矢板工法トンネル。
- 全て面導水断熱工法（面導水パネル）で対処。



写真 6.4 漏水対策工の例

6.3 「ハンドブック」作成を念頭においたトンネル維持管理上の課題整理

6.3.1 道路管理者への聞き取り概要

道路管理者（北海道開発局）を対象に、トンネル保全・維持管理の課題について、聞き取り調査を行った。概要を以下に示す。

- 時期 : 平成 25 年 12 月
- 対象 : 各道路事務所でトンネル保全に携わる職員
- 内容 : トンネル保全における点検、調査、設計、施工に関わる課題
- 方法 : 各課題に対して自由回答、各部局で意見集約

6.3.2 道路管理者への聞き取り結果

聞き取りの集計結果を以下に示す。聞き取り結果は、ハンドブックの目次及び内容に反映させた（ただし、補修工法の選定基準等、トンネル毎の検討事項は反映させないものとした）。

表 6.3 聞き取り結果の集計

項 目	聞き取り結果
点 検	・ ひび割れの進行に係る評価手法が不明確 ・ 漏水個所の点検時期（融雪期、季節変動） ・ 点検結果（三段階）と健全度評価（四段階）の差異
調 査	・ 漏水防止板設置個所では電磁波探査が実施不可。代替調査の考え方 ・ 標準調査内容の設定
設 計	・ 補修工法の選定基準（種類と特徴、剥落防止工ではシート材質等）
施 工	・ 施工管理、品質管理における留意点
その他	・ 官民ともに矢板工法経験者が少ない

6.4 「ハンドブック」の作成

上記の資料整理を踏まえて、「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（案）」の作成を行った。

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（案）

平成 29 年 3 月

道路管理技術委員会 構造部会 トンネルWG

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 目次

目 次

1. はじめに
 - ・本書の位置づけ・目的 1
 - ・北海道道路トンネルの現状 2
 - ・矢板工法の構造・施工 4
2. 損傷変状
 - ・損傷変状の種類・特徴 24
 - ・道内トンネルの変状事例 38
3. 点検調査
 - ・点検の目的・種類 44
 - ・調査の目的・種類 49
4. 補修対策工
 - ・対策工の種類・特徴 55
 - ・対策工の概要・事例 56
5. 巻末資料
 - ・用語集 66
 - ・参考文献 75

1. はじめに 矢板工法の構造・施工

留意点：その③

漏水が発生しやすい



- 矢板工法トンネルは、漏水が発生しやすい
- 水が掛かる箇所は、覆工コンクリートの劣化が促進される
- 水柱や路面凍結は重大事故に繋がる恐れがある



- 矢板工法トンネルは、構造上NATMに比べて防水効果が低い
ため目地やひび割れからの漏水が発生しやすい
- 漏水は融雪剤や塩害が多く、冬期間は凍結等の影響により少
くなる傾向がある。そういった乾涸の繰り返しは、コンクリ
ートや補修モルタル等の劣化を促進する要因となる
- とくに北海道では、漏水が冬期に水柱や路面凍結に繋がり危険
度が高くなる可能性がある



写真-横断目地からの水柱（一晩で50cm以上成長する時もある）



写真-水平打ち継ぎ目からの漏水（車道に達する場合は早期な措置が必要）

- 21 -

2. 損傷変状 道内トンネルの変状事例

変状事例（留意点① 背面空洞）

＜主な原因＞

写真①：余土による背面空洞

写真②：突発性崩壊によるものと思われるひび割れ（覆工養生不足）



写真-覆工背面の空洞（30cm程度の空洞が多い。稀に50cm以上の空洞もある）



写真-突発性崩壊による覆工コンクリートの損傷
（空洞高さ約80cmと大きく、覆工厚さが10～15cmで極端に薄かった）



- 計画的に背面空洞調査を実施していく必要があります
- 打設不良により覆工が局部的に薄くなっている場合もあります
- 道内国道の約9割で背面空洞調査済み。随時対策工事を実施中

- 38 -

図 6.3 「ハンドブック」の主要頁

3. 点検調査 点検の目的・種類

判定区分（対策区分）

定期点検では、トンネルの変状の状況を把握したうえで、変状毎に下表の判定区分による判定を行う。

表-判定区分 (对策区分)

区分	定 義
I	利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、 措置を必要としない状態。
II a	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、 監視を必要とする状態。
II a	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、 重大な危害を生じ、予防保全の観点から計画的に対処を必要とする状態。
III	現時点で、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、 早期に対処を必要とする必要がある状態。
IV	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、 緊急に対処を必要とする必要がある状態。

表一道路トンネル定期点検要領 (H26.6) と 道路トンネル維持管理便覧等の判定区分の目安

定期点検要領H20.8	道路トンネル維持管理要領H3(11)等
判定区分 (5区分)	旧定期点検要領H4(4 (3区分) 便宜の調査結果判定 (4区分)
I：健全	S(変状無、軽微)
II a：予防保全段階	B(軽微：要監視)
II b：予防保全段階	A(変状あり：重点的監視、計画的に 対策)
III：早期措置段階	2A(変状あり：早期に対策)
IV：緊急措置段階	A(変状大：危険性高、緊急応対対策、要調査) 3A(変状大：直ちに対策)

- 47 -

3. 点検調査 調査の目的・種類

調査の概要(3)

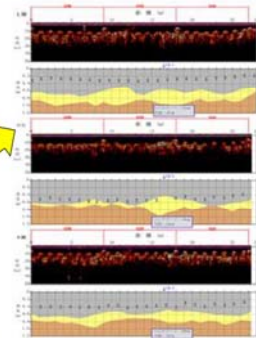
電磁波探査・CCD カメラ



- 覆工面に電磁波を放出し物体の電磁気的性質の異なる境界面で反射する性質を利用して、覆工背面空洞や覆工厚さを把握するために用いる調査。
- 電磁波伝達から「コンクリート」、「空洞」、「地山」に分析し「モデル図」を作成する（採取コアの電磁波を目安とします）



電磁波探査のアウトプットイメージ



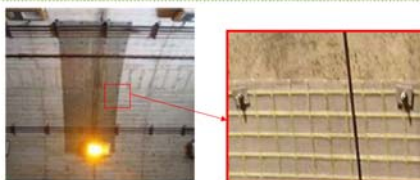
CCD カメラのアウトプ

- 52 -

4. 補修対策工 対策工の概要・事例

(4) ネット工

- 金網・ネット工は、即応性があると同時に標準調査を妨げないが、変位拡大防止効果が高くないことから、「応急対策」主に適用される工法
- ④ 金網・ネット工に使用する材料は、道路トンネルへの適用実績、材料特性、材料特性、および市場流通性を考慮して、金網工としてはクリン金網、エキスパンドメタル、ネット工としてはFRPグリッド、樹脂ネットが基本である



FRSP 製ネット工



ジオグリッド製ネット工

クリンプ金鋼工



- H27年6月発行「道路トンネル維持管理便覧〔本体工編〕」では、ネット上の定期点検での効果確認や留意点（便覧P250・251）に配慮することを前提に「本対策工として適用可」と記載されている
- 主な留意点は、「劣化が甚だしい材質」「はく剥きに対して所定の強度を有する」および「下地処理を適切に行うこと」などとなっている。
- たゞし店内の壁面剥離から床面剥離や外壁への影響を振り受けしける「防口部等への採用は、適切かどうか留まれている」

— 52 —

4. 補修対策工 対策工の概要・事例

(3)裏込め注入工

- 裏込め注入工は、トンネル内から覆工背面に注入材を注入して固結させ、覆工背面の空間を充填する工法である
- 覆工背面に空間が湧いても、ただちにトンネルの構造安定性が損なわれるわけではないが、以下のような場合には覆工コンクリートの収状を助長する要因となる
 - ①外力（膨張性土質、掘土圧等）が覆工に作用する場合、空間部で覆工の壁面土圧に作用しないため、本来圧縮材である覆工コンクリートの外側で引張応力が出現し引張りひび割れが発生する
 - ②空部部では、覆工による周辺地山の保持ができないため、空間・上方の地山が小崩落して表層的に地山の崩壊域が広がり、鉛直掘り込みの増加を招く
 - 裏込め注入とは地山と覆工背面との空間に注入材を充填し、覆工に均等な外力を作用させることにより、一方向効果を生揮させることを主目的として行



表込め注入工 施工状況



研究科	研究科の主な研究分野			担当研究科長
	社会科学研究分野	自然科学研究分野	健康科学研究分野	
経済学	経済学全般 ミクロ経済学 マクロ経済学 労働経済学 公共経済学	経済学全般 ミクロ経済学 マクロ経済学	経済学全般 ミクロ経済学 マクロ経済学	経済学研究センター 経済学研究センター
経済情報学	経済学全般 ミクロ経済学 マクロ経済学 労働経済学 公共経済学	経済学全般 ミクロ経済学 マクロ経済学	経済学全般 ミクロ経済学 マクロ経済学	経済学研究センター 経済学研究センター
経営学	経営学全般 経営学全般 経営学全般 経営学全般 経営学全般	経営学全般 経営学全般 経営学全般 経営学全般 経営学全般	経営学全般 経営学全般 経営学全般 経営学全般 経営学全般	経営学研究センター 経営学研究センター
法学	法学全般 法学全般 法学全般 法学全般 法学全般	法学全般 法学全般 法学全般 法学全般 法学全般	法学全般 法学全般 法学全般 法学全般 法学全般	法学研究センター 法学研究センター
文学	文学全般 文学全般 文学全般 文学全般 文学全般	文学全般 文学全般 文学全般 文学全般 文学全般	文学全般 文学全般 文学全般 文学全般 文学全般	文学研究センター 文学研究センター
理学	理学全般 理学全般 理学全般 理学全般 理学全般	理学全般 理学全般 理学全般 理学全般 理学全般	理学全般 理学全般 理学全般 理学全般 理学全般	理学研究センター 理学研究センター
工学	工学全般 工学全般 工学全般 工学全般 工学全般	工学全般 工学全般 工学全般 工学全般 工学全般	工学全般 工学全般 工学全般 工学全般 工学全般	工学研究センター 工学研究センター
農学	農学全般 農学全般 農学全般 農学全般 農学全般	農学全般 農学全般 農学全般 農学全般 農学全般	農学全般 農学全般 農学全般 農学全般 農学全般	農学研究センター 農学研究センター
医学	医学全般 医学全般 医学全般 医学全般 医学全般	医学全般 医学全般 医学全般 医学全般 医学全般	医学全般 医学全般 医学全般 医学全般 医学全般	医学研究センター 医学研究センター
歯学	歯学全般 歯学全般 歯学全般 歯学全般 歯学全般	歯学全般 歯学全般 歯学全般 歯学全般 歯学全般	歯学全般 歯学全般 歯学全般 歯学全般 歯学全般	歯学研究センター 歯学研究センター
薬学	薬学全般 薬学全般 薬学全般 薬学全般 薬学全般	薬学全般 薬学全般 薬学全般 薬学全般 薬学全般	薬学全般 薬学全般 薬学全般 薬学全般 薬学全般	薬学研究センター 薬学研究センター
看護学	看護学全般 看護学全般 看護学全般 看護学全般 看護学全般	看護学全般 看護学全般 看護学全般 看護学全般 看護学全般	看護学全般 看護学全般 看護学全般 看護学全般 看護学全般	看護学研究センター 看護学研究センター
健康科学研究	健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般	健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般	健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般 健康科学研究全般	健康科学研究センター 健康科学研究センター

- 発泡倍率の大きな材料は経済的であるが、ある程度以上の地盤反力が必要な場合、対策工の目的で要求品質を満足しない懸念があるため、材料（発泡倍率）の選定に際しては注意を要する
- 既存の材料には数倍から40倍発泡までの材料があるが、外力対策が必要な場合には、12倍から30倍程度の材料が用いられている

— 64 —

図 6.4 「ハンドブック」の主要頁