

北海道におけるトンネルの 歴史的価値の評価に関する一考察

岡田 正之¹・原口 征人²・岩田 圭佑³

¹フェロー会員 (株)エーティック 専務執行役員 (〒063-0801 札幌市西区二十四軒1条5-6-1)
E-mail: okada@a-tic.co.jp (Corresponding Author)

²正会員 (一社)北海道開発技術センター 上席研究員 企画部 (〒001-0011 札幌市北区北11条西2-12-17)
E-mail: haraguchi@decnet.or.jp

³正会員 (国研)土木研究所寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)
E-mail: iwata-k@ceri.go.jp

北海道では戦後多くのトンネルが建設され、トンネル技術史において先駆的な役割を果たしたトンネルについては、歴史的価値を維持しつつ保全することが重要である。本研究では、全国の土木遺産トンネルにおいて、土木遺産の評価基準がどのように適用されてきたかについて調査し、適用の際の留意点について検討した。さらに北海道内でNATM導入初期に建設された2箇所ものトンネルに着目し、歴史的価値について試行的に評価を試みた。その結果、2トンネルとも技術評価の面で、十分に土木遺産として歴史的価値を評価できる可能性のあることが分かった。

Key Words: tunnel, civil engineering heritage, Hokkaido, historical value, trial evaluation

1. はじめに

戦後建設された大量の土木施設が更新期を迎え、その中で歴史的価値ある施設の存続が大きな課題となっている。北海道でも多くのトンネルが戦後建設され、北海道のトンネル史においてエポックメイキングとなるトンネルについては、その歴史的価値を維持したまま保全することが重要である。

トンネルの選奨土木遺産は全国で42箇所あり、いくつかは日本のトンネル技術史において先駆的な役割を果たしており、土木遺産トンネルに触れることで、我が国のトンネル技術の足跡をたどることができることを、既存研究¹⁾において明らかとした。

このような背景のもと、本研究では、北海道の選奨土木遺産について概観した後、道内で初めて近代工法で建設された旧函館本線神居古潭トンネル群について、建設経緯や補修対策について紹介する。次に全国の土木遺産トンネルにおいて、土木遺産の評価基準がどのように適用されてきたかについて調査し、適用の際の留意点について検討する。さらに北海道内でNATM導入初期に建設されたトンネルに着目し、歴史的価値について試行的に評価を試みる。

2. 北海道の選奨土木遺産

(1) 全国の選奨土木遺産

全国でこれまでに認定された選奨土木遺産492箇所を分野別に分類し、図-1に示す。最も箇所数が多いのは道路橋・鉄道橋・水路橋等の橋梁であり、180箇所と全体の37%に及ぶ。次いで多いのが、運河・水門・堰堤等の河川施設で、95箇所(同19%)である。トンネルについては、道路・鉄道・水路等あわせて42箇所(同9%)で、以上の3分野(橋梁・河川・トンネル)で全体の64%を占めている。

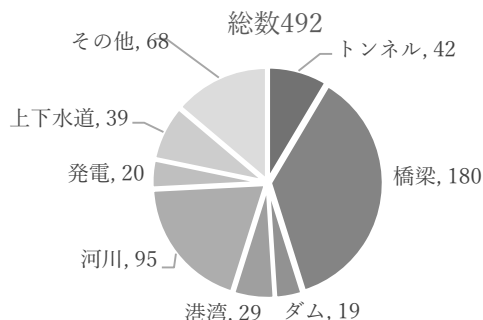


図-1 全国の土木遺産分野別箇所数

(2) 北海道の土木遺産の特徴

全国の土木遺産を地区別に分類し、図-2 に示す。最も多いのは関東地区であり、135 箇所（全体の27%）である。次は、近畿地区の91 箇所（同18%）、北陸・中部地区の65 箇所（同13%）と続き、これら3 地区で全体の59%を占めている。以下、九州・沖縄地区53 箇所（同11%）で、北海道地区は51 箇所（同10%）と全国第5位である。

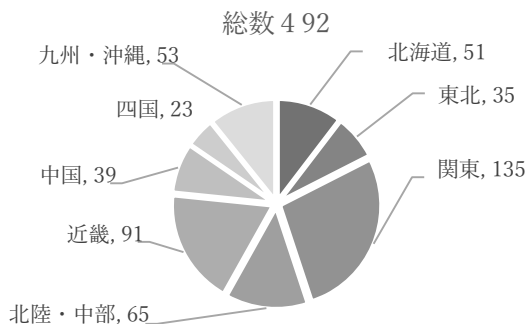


図-2 地区別土木遺産箇所数

各地区における土木遺産の分野別箇所数を表-1 に示す。表より、北海道を除く本州各地区では、橋梁と河川で53~69%を占めている。これに対し、北海道では橋梁に次いで港湾と発電が多く、3 者合わせて53%を占めており、明治以降の北海道の近代化を支えるため、港湾・鉄道整備や電力開発が進められたことが、土木遺産にも反映されているものと考えられる。

表-1 各地区の土木遺産の分野別箇所数

分野	北海道	東北	関東	北陸・中部	近畿	中国	四国	九州・沖縄	合計
トンネル	2	1	13	5	12	1	3	5	42
橋梁	12	11	47	26	40	14	10	20	180
ダム	4	2	3	2	2	2	1	3	19
港湾	9	2	6	1	1	3	1	6	29
河川	5	10	27	19	13	9	4	8	95
発電	6	0	5	3	3	1	1	1	20
上下水道	4	3	16	7	5	0	0	4	39
その他	9	6	18	2	15	9	3	6	68
計	51	35	135	65	91	39	23	53	492
橋梁+河川比率(%)	33	60	55	69	58	59	61	53	56
橋梁+港湾+発電比率(%)	53	37	43	46	48	46	52	51	47

3. 旧函館本線神居古潭トンネル群²⁾

(1) 建設の経緯

石炭の搬出を目的として整備された北海道の鉄道（幌内鉄道、北海道炭鉱鉄道）を旭川へと延伸し、ここを基点として道東・道北方面へと北海道全域に鉄道網を構築し内陸の振興と北方防備を図る計画が1886（明治19）年、北海道庁で立案された。道庁はこれを官設の鉄道部をつくり推進した。

その路線で最初に位置するのが「北海道官設鉄道上川線」（のちの函館本線 滝川ー旭川間）であり、路線中の最難関とされたのが神居古潭（アイヌ語「カムイ(神)コタン(集落)」）の渓谷であった。この鉄道計画を推進するために北海道庁長官、北垣国道はかつての部下で娘婿の田邊朔郎を呼び寄せて技師長とし建設に当たらせた。田邊はまず上川線の建設計画で、特に神居古潭でのトンネルを技術的に可能か判断し、そののち旭川より先の路線踏査をして全道路線計画を立案した。

(2) 工事の状況

1896（明治29）年6月、工事が開始されると地質が蛇紋岩質のため、トンネル掘削は難航した。これは日本における初めての蛇紋岩質の岩盤の掘削であったと考えられる³⁾。

「第1回北海道鉄道部年報」（明治32年12月）にはこの区間の建設について、『この間岩石堅硬ならざればすなわち粗悪にして崩壊し易く隧道の掘鑿殊に困難を極め本線三十五哩（約56km）間に要せし土功費の六割は僅々この五哩四十鎖（約8.7km）の工事に使用せり』としている。いかに難工事であったかが分かる（写真-1）。



写真-1 神居古潭第2隧道⁴⁾

田辺喜子氏の「北海道浪漫鉄道」（昭和 61 年 10 月）には、田邊技師長と島田技師とのやり取りの中で、岩の膨張が 1 週間に 3 寸（約 9cm）ほどあって掘削した穴が狭まってしまうため、レンガを巻き立てるまでの時間稼ぎをするため、最初から大きめに穴を掘ろう、と取り決めた経緯が書かれている。

(3) 供用後の活躍と廃線

1897（明治 30）年トンネルが完成し、翌年 7 月上川線は開通を迎える。田邊の立案した第一期線（天塩線・十勝線）が進捗を見せるにともない、旅客・貨物輸送量は増大した。上川線は旭川と石狩地方を結ぶ唯一の路線で地形の厳しい区間でもあったため、開通以降は常に改良工事が行われた。急曲線を緩和する線形改良工事にともない春志内トンネル（昭和 2～3 年頃）が建設され、伊納トンネル（昭和 2～3 年頃）が伊納隧道をパスする形で新しく約 150m で掘削されこれにより伊納隧道は廃トンネルとなった。

戦後函館本線（小樽～旭川間）の複線電化を機会に、この区間は、長大トンネル主体の新ルートとして検討され、1969（昭和 44）年 10 月に新線切り替えにより廃止された（納内～近文間）。翌年、（財）北海道体育協会は廃線跡をサイクリングロードとすることにして 11 月に工事を完了、この種の廃線跡転用サイクリングロードの嚆矢となった。その後 1977（昭和 52）年 4 月 1 日に旭川市へ無償譲渡された（図-3）。

(4) トンネルの補強工事

市民に親しまれてきた旭川市サイクリングロードだが、老朽化が進行しトンネル内部の崩落が起り始め、通行止めが多くなったことから、市はコンクリート巻立てによる補強工事を、1995（平成 7）～2006（平成 18）年の間、数度にわたって行った。

a) トンネルの変状概要

トンネル覆工は、煉瓦および石材ブロックが劣化して剥離・剥落が著しく、アーチ部からは、こぶし～人頭大の石材やレンガの落下が認められた。また覆工表面からは漏水（滴水程度）が生じ、遊離石灰跡が多々見られた。

坑門では、煉瓦表面に、凍結融解と思われるひび割れが全体的に発生しており、局部的に煉瓦が抜け落ちている箇所があった。

b) 変状の原因と対策

トンネル覆工には外力に起因する変状は見られず、経年劣化や長年の凍結融解により、目地切れが徐々に進行し、煉瓦や石材ブロック同士の付着力が弱まり、剥離・剥落に至ったと推測された。覆工部材の剥離・剥落に対しては、経済性、施工性に優れる現場打ちコンクリート内巻工法が採用された。

漏水に対しては、NATM で通常用いられる防水シートによる全面防水を施すこととした。また、本トンネルは道内有数の厳寒地に位置することから、凍結防止対策として、道内のトンネルで実績の多い吹付け断熱材（厚さ 8cm）による断熱工法を採用した。

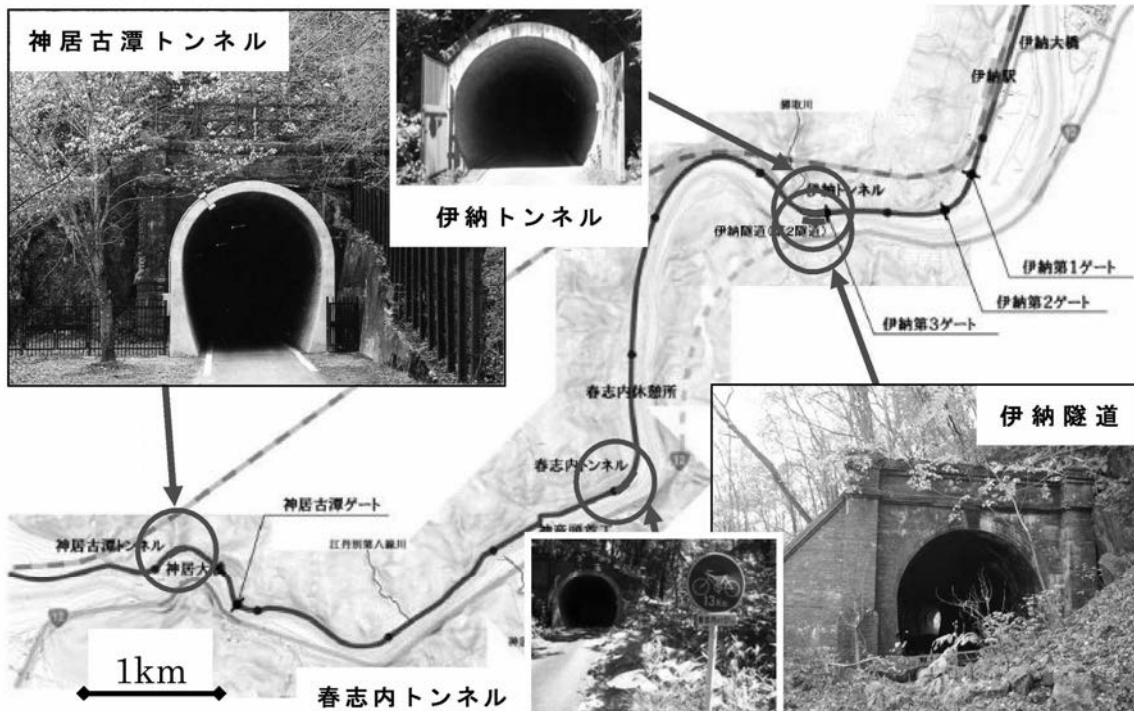


図-3 旭川市サイクリングロード内トンネル位置図（図と写真の一部旭川市提供）

4. 土木遺産トンネルの評価

(1) 土木遺産の評価基準

土木学会選奨土木遺産に認定されたトンネルのうち、延長や竣工年等、データ分析に必要な情報が得られているトンネルを表-2に示す。土木学会の「日本の近代土木遺産一現存する重要な土木構造物2800選一[改訂版]」⁶⁾では、技術、意匠、系譜の3つの指標により総合的に評価している。同書における評価基準を表-3に示す。

表-2 土木遺産に認定されたトンネル（文献⁵⁾に加筆）

名称	所在地	竣工年	建設時の用途
狩勝峠鉄道施設群（大築堤群、新内隧道、小笹川橋）	北海道／新得町	1907(明治40)年	鉄道
旧函館本線神居古潭トンネル群	北海道／旭川市	1897(明治30)年-1928(昭和3)年	鉄道
仙山線鉄道施設群	宮城県／仙台市 山形県／山形市	1928(昭和3)年-195(昭和30)年	鉄道
筑波山ケーブルカー	茨城県／つくば市	1925(大正14)年	鉄道
旧須花隧道	栃木県／佐野市・足利市	1889(明治22)年-1917(大正6)年	道路
東京動力機械製造株式会社地下工跡	栃木県／那須烏山市	1945(昭和20)年	軍需施設
JR上越線清水トンネル関連施設群	群馬県／みなかみ町 新潟県／湯沢町	1931(昭和6)-1967(昭和42)年	鉄道
成宗電車第一トンネル、第二トンネル	千葉県／成田市	1910(明治43)年	鉄道
銀座線 浅草駅～新橋駅間	東京都／台東区・港区	1927(昭和2)-1934(昭和9)年	鉄道
横浜水道に関わる隧道一東隧道・大原隧道	神奈川県／横浜市	1928(昭和3)年-1930(昭和5)年	水道
小坪隧道・名越隧道	神奈川県／逗子市・鎌倉市	1883(明治16)年	道路
清水谷戸トンネル	神奈川県／横浜市	1887(明治20)年	鉄道
中山隧道	新潟県／山古志村	1943(昭和18)-1949(昭和24)年	道路
旧親不知トンネル	新潟県／糸魚川市	1912(大正元)年	鉄道
円上寺隧道	新潟県／長岡市	1915(大正4)年	水路
信越本線トンネル群一大廻隧道、戸草隧道、坂口新田隧道	長野県／飯綱町・信濃町 新潟県／妙高市	1888(明治21)年	鉄道
辰巳用水関連施設群	石川県／金沢市	1632(寛永9)年	水路
柳ヶ瀬隧道	福井県／敦賀市	1884(明治17)年	鉄道
旧北陸本線トンネル群	福井県／敦賀市・南越前町	1896(明治29)年	鉄道
小刀根トンネル	福井県／敦賀市	1881(明治14)年	鉄道
旧大日影トンネル、旧深沢トンネル	山梨県／勝沼市	1903(明治36)年	鉄道
宇津ノ谷隧道群（明治・大正・昭和）	静岡県／静岡市・藤枝市	1876(明治9)年-1930(昭和5)年-1959(昭和34)年	道路
鬼ヶ城歩道トンネル（木本隧道）	三重県／熊野市	1925(大正14)年	道路
東山トンネル、新逢坂山トンネル	京都府／京都市 滋賀県／大津市	1921(大正10)年	鉄道
大砂川トンネル	滋賀県／湖南市	1889(明治22)年	鉄道
村田鶴が湖北地方に残した隧道群	滋賀県／米原市・長浜市	1923(大正12)年-1935(昭和10)年	道路
阪急大宮駅と大宮・西院間の地下線路	京都府／京都市	1931(昭和6)年	鉄道
安治川トンネル	大阪府／大阪市	1944(昭和19)年	道路
鐘ヶ坂隧道	兵庫県／丹波市	1883(明治16)年	道路
湊川隧道	兵庫県／神戸市	1901(明治34)年-1928(昭和3)年	河川
鵬雲洞・毛見隧道	和歌山県／和歌山市	1911(明治44)年-1925(大正14)年	鉄道 道路
福浦隧道（初代、二代目）	島根県／隠岐の島町	1867(明治元年)-1898(明治31)年	道路
府能隧道	徳島県／佐那河内村・神山町	1923(大正12)年	道路
千賀居隧道	愛媛県／八幡浜市	1905(明治38)年	道路
熊井隧道	高知県／黒潮町	1905(明治38)年	道路
関門トンネル（在来線用）	福岡県／北九州市 山口県／下関市	1942(昭和17)年-1944(昭和19)年	鉄道
川原隧道と石畳	大分県／日田町	1854(嘉永7)年	道路
キリスシのトンネル	大分県／中津市	1870(明治3)年	道路
矢岳第一トンネル	宮崎県／えびの市	1909(明治42)年	鉄道

(2) 土木遺産トンネルへの評価基準の適用状況と適用にあたっての留意点

土木学会 HP、公表資料等から評価基準のどの項目が適用されたのか調査した。表-3の右欄に示すとおり、技術、意匠、系譜の3つの指標のうち、技術が遺産全体の61%を占め、評価されたのは「年代の早さ」（17件）、「規模の大きさ」、「珍しさ」（各3件）等である。系譜は全体の26%で、評価された項目は「地元での愛着度」（4件）、「地形・地勢」（3件）等である。意匠は全体の13%で、明治大正期のものに限られていた。

以上のように、技術の先進性や記録的掘進長等の技術評価と地域資産としての価値等の系譜評価が、全体の87%を占めている。今後も将来にわたり、これら技術と系譜が適切に評価されるには、以下の点に留意する必要があると考える。

- 1) トンネルの主要構造体は地山で、施工プロセス、特に掘削時発揮される高度な技術が重要である。このため、歴史的価値の評価に際し地質情報や施工記録等は必須で、それらを将来の活用のためデータベース化することが必要である。
- 2) 橋梁等移設可能な施設とは異なり、現地保存を余儀なくされる。第三者への安全確保のための維持保全技術の確立と地山面の保存や ICT 技術を活用した見せ方などを工夫する必要がある。
- 3) 現在維持管理しているトンネルについて、表-3の評価基準等にもとづき、歴史的価値を評価し、将来の土木遺産として残すべきトンネルを抽出しどのような保存方法が可能か検討のうえ維持計画に反映させることが望ましい。

表-3 土木学会評価基準と土木遺産トンネルへの適用

指標	評価項目	土木遺産トンネルへの適用状況		
		遺産数	比率	
1. 技術評価	a 年代の早さ	16	小計 23 61%	
	b 規模の大きさ	3		
	c 技術力の高さ	1		
	d 珍しさ	3		
	e 典型性	0		
2. 意匠評価	a 様式との関わり	0	小計 5 13%	
	b デザイン上特筆すべき事項	0		
	c 周辺景観との調和	3		
	d 設計当初のデザインに対する意識の高さ	2		
3. 系譜評価	a 地域性	(1) 気象	0	小計 10 26%
		(2) 地形・地勢	3	
		(3) 材料の供給	0	
		(4) 輸送状況	0	
		(5) 地場産業	1	
		(6) 起業意識	0	
		(7) 外交・行政	0	
		(8) 人脈・技術者	2	
	b 土木事業の一環としての位置付け	0		
	c 故事来歴	0		
	d 地元での愛着度	4		
e 保存状態	0			
		合計 38	100%	

5. 北海道におけるNATM導入期のトンネルの試行評価

(1) 海底下で初のNATM拡幅掘削—青函トンネル横取基地⁷⁾—(1982(昭和57)年完成)

a) 概要

青函トンネル海底部の既設本坑(断面積約80m², 延長41.4m)を約200m²の大断面に拡幅する工事で, 3段ショートベンチ工法で施工した。綿密な計測管理のもと, 掘削段階毎にトンネルの安定を確保し周辺既設本坑に被害を与えることトンネなく工事を終えた。横取基地の平面図を図-4に, 拡幅施工順序図を図-5に示す。

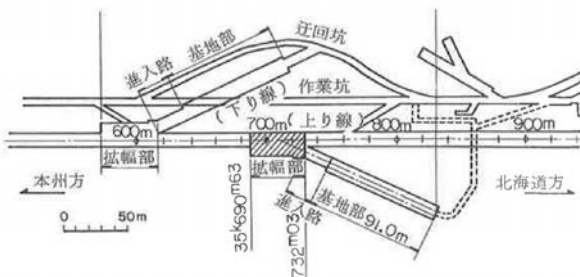


図-4 青函吉岡横取基地平面図

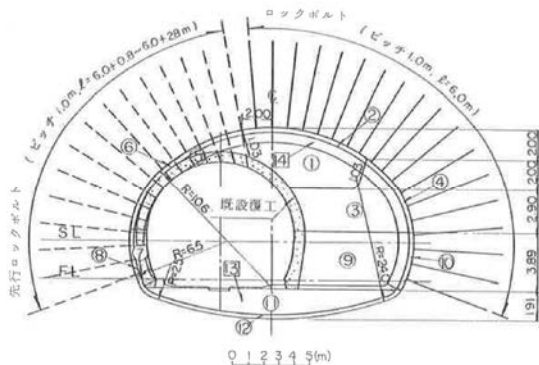


図-5 NATM 拡幅施工順序図

b) 地質

拡幅部の地質は新第三紀中新世のグリーンタフ地域に属する訓縫層の泥岩が主体で凝灰岩と互層をなす。

c) 技術的特長

- 1) NATM 普及を見据え長年, 吹付けコンクリートの実用化に取組み, その成果により海底下ではじめてNATM 施工を実現した。
- 2) 図-6 に示すとおり, 本格的な NATM の計測管理を実施し, 道内で初めて自動計測によるデータ取得とパソコンによる図化処理を行った⁸⁾。

d) 現時点での評価

表-3 の 1.技術評価の「a.年代の早さ」, 「c.技術力の高さ」, 「d.珍しさ」において評価できる可能性が考えられる。

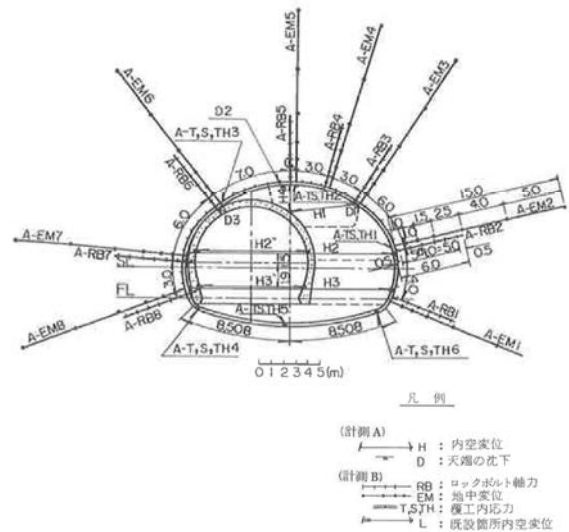


図-6 NATM 計測計器配置図

(2) 住宅密集地下を低土被りで掘進—札幌市地下鉄東豊線月寒トンネル⁹⁾—(1994(平成6)年完成)

a) 概要

月寒トンネルは, 延長 638m, 掘削断面積 80~90m²で, 図-7 に示すとおり土被りが 16.5~9.0m と薄く, 住宅密集地と主要幹線道路である国道36号の直下を通過する道内初の CD 工法による都市 NATM である。

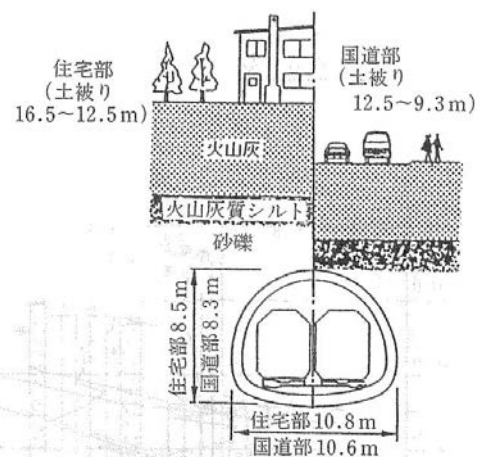


図-7 月寒トンネル断面位置図

b) 地質

地質は上位から火山灰, 火山灰質シルト, 砂礫層でいずれも低強度未固結である。地下水は上位の火山灰層に火山灰質シルト層を不透水層としてある。

c) 技術的特長

- 1) 道内で初めて、掘削工法にCD-NATM(3段ショートベンチカット式中壁分割掘削工法)を採用した。支保パターンは図-8に示すとおりである。

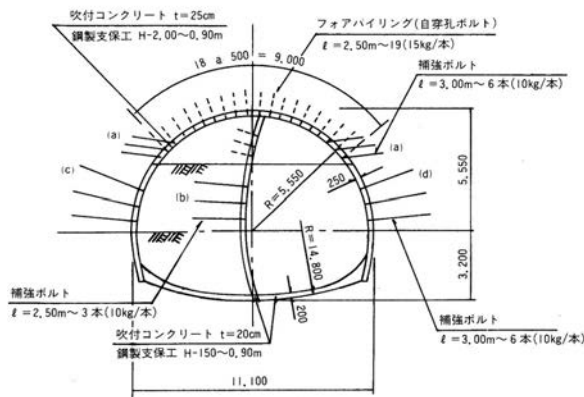


図-8 支保パターン

- 3) 多変量解析による変位予測手法等による計測管理を行い、図-9のとおり国内類似条件下のトンネルの中では最大級の変位抑制を実現した。

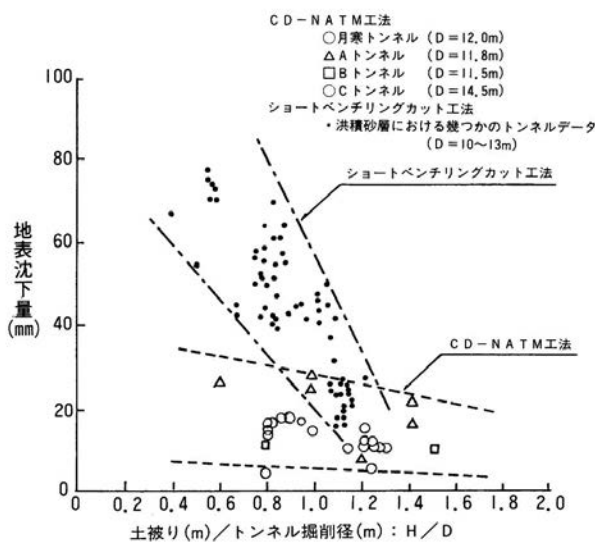


図-9 土被りと地表沈下量の関係 (文献¹⁰⁾に加筆)

d) 現時点での評価

表-3の1.技術評価の「a.年代の早さ」, 「c.技術力の高さ」, 「d.珍しさ」において評価できる可能性が考えられる。

6. まとめ

土木遺産トンネルにおいて評価基準の適用状況について調査し、適用の際の留意点を示した。さらに、北海道内でNATM導入初期に建設されたトンネルのうち、青函トンネル横取基地拡幅部と月寒トンネルを取り上げ、歴史的価値についての評価を試みた。その結果、両事例とも技術評価の面で、十分に土木遺産として歴史的価値を評価できる可能性のあることが分かった。

今後は、歴史的価値評価に資する基礎的資料の収集・整理や地域特性に配慮した評価手法の構築などを行い、歴史的価値あるトンネル情報を管理者側への提供することが重要であると考えます。

参考文献

- 1) 原口 征人, 岡田 正之, 井形 淳: 選奨土木遺産トンネルの概要と活用事例—旧函館本線神居古潭トンネル群—, 2019 トンネル技術研究発表会論文集, pp.19-28, 2019.
- 2) 岡田 正之, 原口 征人, 今尚 之: 旧函館本線神居古潭トンネル群, 土木学会第 73 回年次学術講演会, CS14-003, pp.5-6, 2018.8.
- 3) 北海道土木技術会トンネル研究委員会: 北海道のトンネル技術の変遷, p215, 2011.6.
- 4) 北海道廳鐵道部編: 北海道鐵道略記, 1898.8 (北海道大学附属図書館北方資料蔵) .
- 5) 土木学会ホームページ: <http://www.jsce.or.jp/contents/isan/>
- 6) 土木学会土木史委員会編: 日本の近代土木遺産—一現存する重要な土木構造物 2800 選—[改訂版], pp.8-10, 2015.12
- 7) 関 順一, 服部 孝, 岡田 正之, 鈴木 武志, 三上 毅: 大断面トンネルへの拡幅工事における NATM 施工—青函トンネル吉岡横取基地拡幅部—, 前田技術研究所報, VOL.26, 1985.
- 8) 関 順一, 伊藤 正弘, 中村 敏夫, 広石 敏雄, 井上 博之, 岡田 正之, 渡辺 泰夫: パソコンを利用した NATM 計測システムの開発, 前田技術研究所報, VOL.24, 1983.
- 9) 櫻井 春輔: 都市トンネルの実際—合理的な設計・施工法をめざして, 鹿島出版会, pp228-237, 1998.3.
- 10) Okada, M., Hamazuka, Y. and Okano, S.: Field measurement controlling method of CD-NATM in urban tunnel, Proc. of the International Congress on Tunnelling and Ground Conditions/Cairo/Egypt, pp173-180, 1994.

(Received April 10, 2023)