

第24回 技術研究会

講演概要集



2 日目



独立行政法人

鉄道建設・運輸施設整備支援機構

第24回技術研究会 次第

令和8年10月6日(火)～ 10月7日(水)
横浜市教育会館 ホール(4F)
神奈川県横浜市西区紅葉ヶ丘53番地

【一日目】 10月6日(火)			
時 間	分 類	講 演 題 目	講 演 者
10:00～10:15		開 会 挨 拶	堀口副理事長
① 10:15～10:50	調 査	運転計画業務のDX化に向けて —運転曲線作成システム(SPEEDY)の開発—	鉄道技術センター 調査部調査課 調査第二G 青山 龍士
② 10:50～11:25	機 械	青函トンネル高速化に伴う煙検知装置の改良 —ヴェイパー現象(水蒸気)への対応—	鉄道技術センター 設備部設備企画課 機械技術G 栗飯原 充善
③ 11:25～12:00	軌 道	デジタル式レール踏面測定器の開発	北海道新幹線建設局 軌道部軌道第二課 山崎 晋太郎
12:00～13:30		昼 食	
④ 13:30～14:05	橋 り ょ う	工期制約に対応した河川内大深度ケーソン基礎の施工 —中央新幹線、笛吹川・濁川橋りょう—	関東甲信工事局 山梨鉄道建設所 小林 幸多
⑤ 14:05～14:40	電 気	酷寒地における電気融雪器の性能評価 —北海道新幹線(新函館北斗・札幌間)電気融雪器設備—	鉄道技術センター 電気部電力課 電灯電力G 徳永 悠
⑥ 14:40～15:15	高 架 橋	工事契約にECI方式を適用した高架橋工事 —北海道新幹線、札幌車両基地高架橋—	北海道新幹線建設局 札幌建設事務所 札幌第三企画G 春山 裕喜
15:15～15:30		休 憩	
⑦ 15:30～16:05	用 地	駅出入口上部空間の利用を目的とした一般定期借地契約による土地貸付 —神奈川東部方面線—	本社 用地部用地企画課 河本 昌也
⑧ 16:05～16:40	建 築	トンネルに近接した駅の旅客上家における圧力変動及び風速の検討 —北海道新幹線、新小樽(仮称)駅—	鉄道技術センター 設備部設備企画課 建築企画G 本田 美穂

【二日目】 10月7日(水)			
時 間	分 類	講 演 題 目	講 演 者
⑨ 10:00～10:35	ト ン ネ ル	変状リスク低減に向けた山岳トンネルインバートの設計・施工	鉄道技術センター 設計部地下構造課 山本 浩平
⑩ 10:35～11:10	D X	ICTを土木工事に活用する課題と展望 —北海道新幹線、新八雲(仮称)駅高架橋—	北海道新幹線建設局 八雲建設事務所 土木担当G 権藤 稔
11:10～11:20		休 憩	
⑪ 11:20～11:55	地 域 鉄 道 支 援	鉄道・運輸機構の地域鉄道支援業務の活動	本社 鉄道企画調査部鉄道総合支援課 青柳 広樹
⑫ 11:55～12:30	ト ン ネ ル	変位が大きい押出し性地山におけるトンネル設計、施工 —北海道新幹線、渡島トンネル(台場山)—	北海道新幹線建設局 北斗建設事務所 土木担当G 中野 昂人
12:30～14:00		昼 食	
14:00～15:30		【特別講演】 土木と建築の連携の現状と未来(仮題)	東京大学 地震研究所 災害科学系研究部門 教授 楠 浩一 様
15:30～15:40		休 憩	
15:40～15:55		閉 会 挨 拶	玉井鉄道技術統括役

○本行事は土木学会認定CPDプログラムです。
認定番号:JSCE26-0782 4.7単位 (令和8年10月6日(火)10:00～16:40)
認定番号:JSCE26-0783 3.9単位 (令和8年10月7日(水)10:00～15:55)

講演概要集 目次 【2日目】

変状リスク低減に向けた山岳トンネルインバートの設計・施工 鉄道技術センター 設計部地下構造課 山本 浩平	・・・・・・・・・・ 1
---	--------------

ICT を土木工事に活用する課題と展望 —北海道新幹線、新八雲（仮称）駅高架橋— 北海道新幹線建設局 八雲建設事務所 土木担当グループ 権藤 稔	・・・・・・・・・・ 3
--	--------------

鉄道・運輸機構の地域鉄道支援業務の活動 本社 鉄道企画調査部鉄道総合支援課 青柳 広樹	・・・・・・・・・・ 5
--	--------------

変位が大きい押出し性地山におけるトンネル設計、施工 ～北海道新幹線、渡島トンネル（台場山）～ 北海道新幹線建設局 北斗建設事務所 土木担当グループ 中野 昂人	・・・・・・・・・・ 7
---	--------------

【特別講演】

土木と建築の連携の現状と未来 東京大学地震研究所 災害科学系研究部門 教授 楠 浩一 様	
---	--

変状リスク低減に向けた 山岳トンネルインバートの設計・施工

～施工実績分析及び手引き制定を踏まえて～

鉄道技術センター
設計部地下構造課 山本 浩平

1. はじめに

山岳トンネルでは、建設時または供用開始後、数年を経て盤ぶくれなどのインバート変状が発生することがある。インバート変状は軌道変位などの保守管理上の課題を生じさせることから、建設時の変状リスクの低減が重要である。このような背景を踏まえて、整備新幹線における施工実績及び変状事例を分析し、設計、施工及び施工後の各段階における留意点や対策工の考え方を整理した。本稿では、盤ぶくれによるインバート変状を対象に、変状リスク低減に向けた主な検討内容について報告する。

2. 設計における変状リスク低減

鉄道・運輸機構では、平成26年から、地山強度比、浸水崩壊度及びスメクタイト含有量を判断指標としたインバート構造を選定するフロー（以下、H26フロー）を運用し、盤ぶくれリスクに応じて曲率を大きくした対策型インバートや一次インバートを適用してきた。しかし、H26フローに基づく対策を実施した後も、一部のトンネルで盤ぶくれと推察される変状が確認された。このため、従来の判断指標では十分に評価できなかったリスク要因を明らかにし、インバート構造の選定方法を見直すこととした。

検討では、H26フローを適用した937箇所の施工実績を対象として、地山強度比、浸水崩壊度、スメクタイト含有量及び上下半掘削時の内空変位量と、施工後の隆起及びクラックの発生状況との関係を分析した（図-1）。その結果、地山強度比が小さい箇所及びスメクタイト含有量が多い箇所では、H26フローによる対策型インバートの適用により、変状が一定程度抑制されていることが示唆された。一方、H26フロー適用後も、浸水崩壊度が高い場合及び内空変位量が多い場合に、盤ぶくれ発生率が高くなる傾向が認められた。以上の結果を踏まえ、H26フローの見直しを行い、内空変位量100mm以上を評価する分岐を追加するとともに、浸水崩壊度3以上

ではI_{SIP}以上の対策型インバートを選定するよう対策の強化を図った（図-2）。見直し後のフロー（以下、R8フロー）により、H26フローで十分に対応できなかった地山条件についても、より剛性の高いインバート構造が選定され、変状リスクの低減が見込まれる。

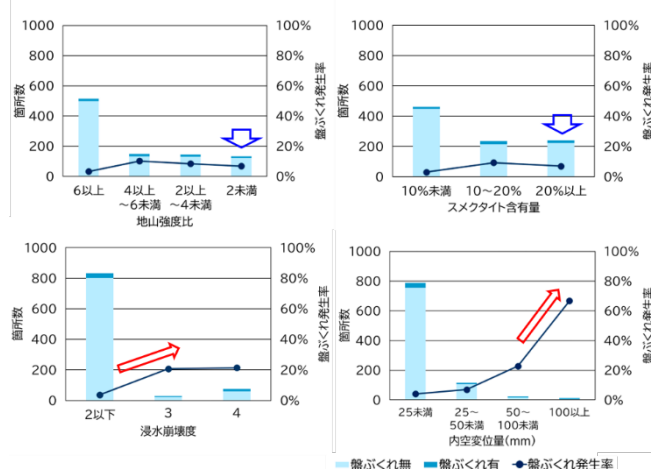


図-1 各指標における盤ぶくれ発生率

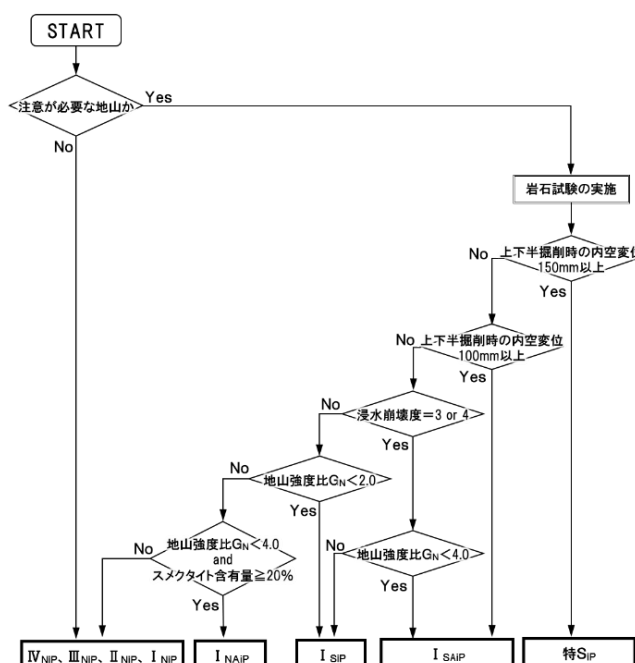


図-2 今回見直しされたフロー

3. 施工における変状リスク低減

整備新幹線の山岳トンネル工事を対象とした施工実態調査を実施した結果、インバート栈橋

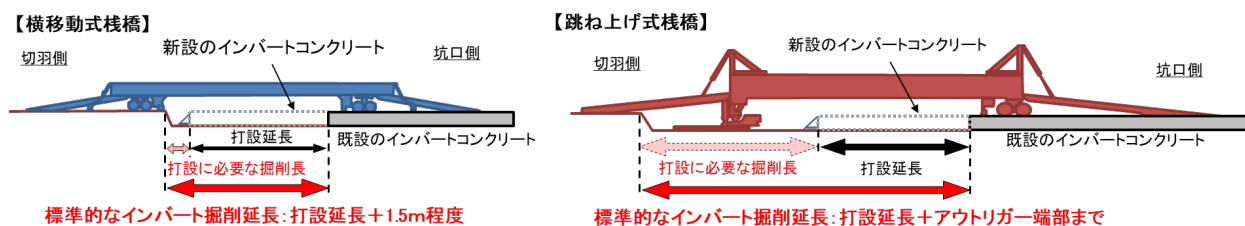


図-3 標準的なインバート掘削延長の概要図

表-1 インバート掘削延長の考え方

地山条件	インバート掘削延長の考え方
A 脆弱な地山、変位が大きい不良地山	掘削延長を一打設延長の半分程度に短縮することを検討する。
B 以下の①、②を両方満たす硬岩・中硬岩地山 ① 支保パターンがIV _{NP} ～II _{NP} を適用している硬岩・中硬岩の地山であること ② 変質や破碎の進んだ地質が確認されていないこと	インバート栈橋より切羽側の先行的な掘削を許容する。ただし、掘削により開放された区間が最長でも標準的な掘削延長+15m程度までとなるようにする。
C A, Bに合致しない場合	適用しているインバート栈橋における標準的な掘削延長とする。

形式の多様化に伴い、インバート掘削延長にも差異が生じていることが確認された。インバート掘削からコンクリート打込みによる断面閉合までの期間は、下半支保工脚部の支持が十分でなく、トンネルが不安定な状態となる。このため、インバート掘削延長が過度に長くなる場合には、地山の緩み領域の拡大や品質低下の要因となる可能性がある。一方で、硬岩地山では、インバート掘削に時間を要し、工事工程上の制約となる場合があり、掘削延長を長くする対応が有効となる場合もある。以上の経緯を踏まえ、栈橋形式ごとの標準的な掘削延長を整理するとともに（図-3）、地山条件に応じた掘削延長の基本的な考え方を整理した（表-1）。なお、標準的な掘削延長よりも長く掘削を行う場合においても、下半支保工脚部を掘削せずに存置することを基本とし、可能な限り地山の緩みを助長しないよう留意点も併せて整理した。

4. 計測及び追加対策

既開業線区の実績を踏まえ、インバート変状の発生時期は不明確であることを前提として、インバート施工直後から高さを継続的に計測し、変状傾向を早期に把握することとした。

インバート高さ計測は、50mに1断面を基本として、3か月に1回程度の頻度で実施し、隆起量や隆起速度などに応じて計測断面及び計測頻度を見直すこととした。これにより、施工後に緩慢に進行する盤ぶくれについても、長期間の計測結果から測量誤差の影響を低減し、隆起傾向を適切に評価できるようにした。

追加対策の要否については、インバート施工後の施工段階を、①路盤鉄筋コンクリート施工前、②土木工事しゅん功前、③しゅん功下監査などの約1年前の3段階に区分し、各段階における隆起量、隆起速度及びクラック幅を判断指標として整理した。隆起傾向が明確な場合には早期に効果の高い対策を実施し、傾向が明確でない場合には計測を継続して、盤ぶくれが生じている範囲を見極めた上で対策を実施する考え方とした。これにより、路盤鉄筋コンクリート施工前の打替えなどの対策について、施工段階及び変状傾向に応じて選定できるようにしている。

5. おわりに

山岳トンネルにおけるインバートの変状リスク低減を目的として、設計、施工及び計測・追加対策に関する考え方を整理した。

設計段階では、施工実績の分析から、H26フローでは十分に対応できなかった浸水崩壊度及び内空変位量の影響を明らかにし、これらを重視したインバート選定フローへ見直した。施工段階では、地山条件及び栈橋形式に応じた掘削延長の考え方を整理した。また、インバート施工直後からの継続計測と施工段階ごとの判断指標を組み合わせることで、変状傾向を早期に把握し、合理的に追加対策を選定する方法を示した。

一方、盤ぶくれのメカニズムなど、未だ解明されていない部分も多い。今後も施工実績及び計測データを継続的に収集・分析し、対策工の検証及び改善を進めることで、インバート変状のさらなるリスク低減に努めていく。

ICT を土木工事に活用する課題と展望

～北海道新幹線 新八雲（仮称）駅高架橋～

北海道新幹線建設局
八雲建設事務所 土木担当グループ 榎藤 稔

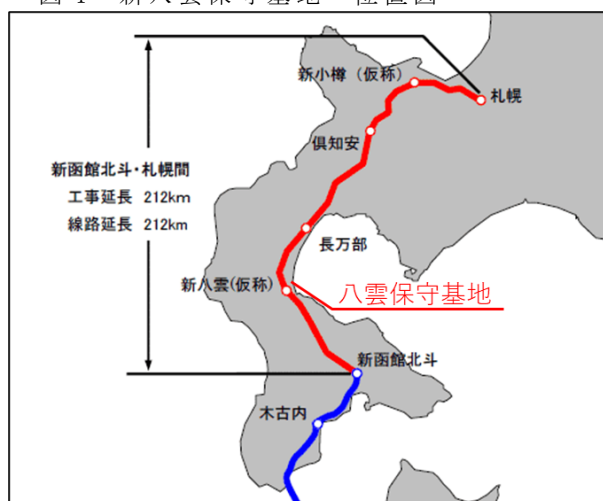
1. はじめに

近年、建設業では担い手不足への対応や生産性向上が求められ、ICT 施工の導入が進んでいる。鉄道・運輸機構においても建設 DX を推進しており、本稿では、新八雲（仮称）駅高架橋工事のうち、八雲保守基地盛土工事において実施した発注者指定型 ICT 活用工事の取組を紹介するとともに、省力化と品質確保の両立を目的として検討した新たな品質管理手法について報告する。

2. 八雲保守基地について

八雲保守基地は、新八雲（仮称）駅の終点方に位置し、保守用車留置線 7 線を有する保守基地として整備が計画されている。（図 1）保守基地の造成規模は、東西に約 500m、南北に約 140m、最大盛土高約 8m、盛土量約 230,000m³である。本盛土は性能ランクⅡに分類される鉄道盛土であり、高品質な施工管理が求められる。

図 1 新八雲保守基地 位置図



3. ICT 土工における省力化と課題

3-1 発注者指定型 ICT 活用工事

発注者指定型 ICT 活用工事として、3 次元起工測量、3 次元データ作成、ICT 建設機械施工及び 3 次元出来形管理などを実施している。締固め回数管理では、GNSS などを活用して転圧履歴をリアルタイムで記録・可視化することで、転圧漏れ防止と施工管理の効率化を図っている。（図 2）



図 2 ICT 活用工事（締固め回数管理）

3-2 鉄道盛土に活用するための課題

鉄道盛土は、車両荷重が繰り返し作用する構造体であり、供用後の不同沈下や軌道変位が車両走行の安定性に影響を及ぼす可能性があるため、高い品質管理の確保が求められる。従来の締固め度試験は品質を直接評価できる一方で、多くの人力作業を要する。また、現在の ICT 施工は転圧回数を管理する工法規定方式であり、盛土品質を直接評価することはできない。このため、ICT 施工の省力化効果を維持しつつ、締固め品質を直接評価できる品質規定方式を確立することが重要な課題となっている。（図 3）

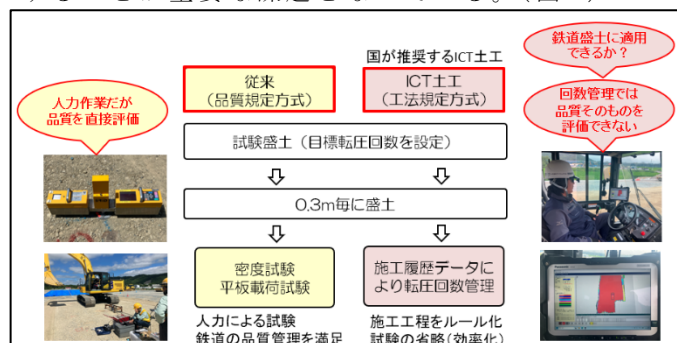


図 3 品質管理手法の比較

4. 新たな品質管理手法の検討

4-1 締固め度と沈下量の関係

現在の ICT 土工による締固め回数管理では、転圧回数の把握はできるものの、盛土の品質を直接評価することはできない。そこで、当工事では転圧に伴う盛土表面の沈下量に着目し、沈下量による品質管理手法の実用性を検証するた

めに試験盛土を施工し、次の2項目について検討を行った。

- ① 締固め度と沈下量との相関の確認及び閾値の設定。
- ② ICTを用いた沈下量の計測手法、解析手法の検討

4-2 閾値設定方法

累積的な締固めの進行度を評価する「正規化沈下量指標」と、締固めの収束状況を評価する「沈下量増分指標」を設定し、各指標と締固め度の関係から管理基準を満足するための判定閾値を設定した。トンネルずりを用いた下部盛土を対象に分析した結果、締固め度90%以上を確保するための管理基準として、正規化沈下量指標を0.33、沈下量増分指標を0.55に設定した。(図4)

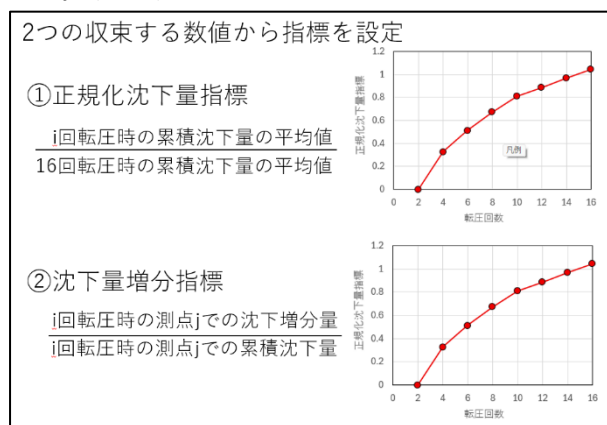


図4 各指標の設定式

また、試験盛土1層目で設定した閾値を用いて2層目及び3層目で検証した結果、締固め度と指標の相関性が確認され、本指標を用いた品質管理手法の適用可能性及び有効性が確認された。(図5)

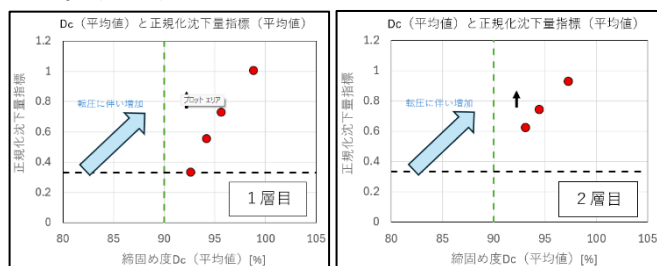


図5 閾値の検証結果

4-3 ICTによる沈下量計測

ICTを活用した沈下量の計測について、地上型レーザースキャナ、ハンディ型LiDAR、ドローン写真測量、ドローン搭載型LiDARの4種類の計測手法を、計測精度、計測時間及び解析時間の観点から比較評価を実施した。

地上型レーザースキャナは、レベル測量との誤差が5mm以内であり最も高精度であった。一

方、ドローン搭載型LiDAR及びドローン写真測量は計測時間が短く、地上型レーザースキャナの約1/3であった。なお、ドローン写真測量は他の計測手法と比較して最大で約10倍の解析時間を要した。(図6)

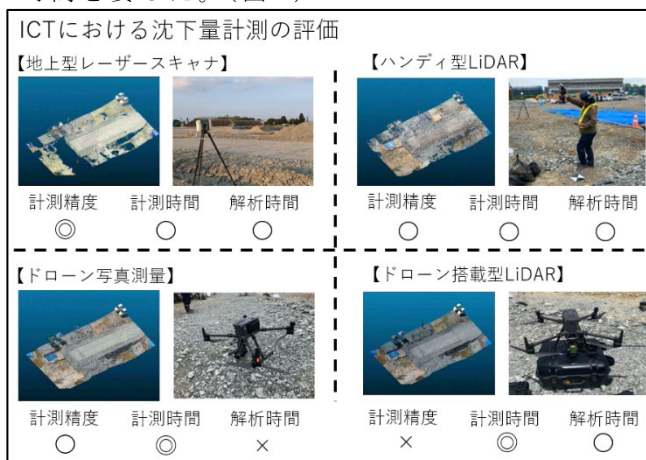


図6 ICTにおける沈下量計測の評価

5. まとめ

本検討は、ICT施工における工法規定方式から品質規定方式への転換に向けた基礎的知見を示すための取組である。新たな指標である「正規化沈下量指標」及び「沈下量増分指標」と締固め度との間に一定の相関が確認され、沈下量情報を活用することで、従来よりも面的かつ定量的な品質評価が可能となることが示唆された。また、各種ICT計測手法を比較した結果、地上型レーザースキャナは、現段階において計測精度及び実施工への適用性の両面で優れていることが確認された。ただし、計測機器の設置時に盛土作業を中断する必要があり、運用面での課題が残った。

本検討は、施工管理の省力化と品質確保の両立に加え、建設DXの推進にも寄与するものと考えられる。

6. 今後の展望

今後は、実施工で取得したデータを蓄積するとともに、土質条件及び施工条件が各指標に与える影響を分析し、ICT土工への適用を見据え、管理基準値の妥当性を検証するとともに、品質管理手法及び管理基準の確立を目指す。

また、本工事では平板載荷試験などによる剛性評価についても、沈下量情報による代替評価の可能性を検証しており、引き続き施工管理のさらなる省力化と品質向上に向けた検討を進める。

鉄道・運輸機構の地域鉄道支援業務の活動

本社
鉄道企画調査部鉄道総合支援課 青柳 広樹

1. はじめに

地域鉄道を取り巻く環境は大きく変化している。人口減少や少子高齢化の進行に伴う利用者数の減少に加え、近年は豪雨、台風、地震などの自然災害が激甚化・頻発化しており、鉄道施設の被災リスクが高まっている。

また、橋梁やトンネル、盛土などの鉄道構造物の老朽化が進行しており、維持管理コストの増加が課題となっている。さらに、多くの地域鉄道事業者では技術系職員の不足や高齢化が進み、維持管理や災害対応を担う人材の確保・育成が困難となっている。

このような状況に対し、鉄道・運輸機構は、整備新幹線や都市鉄道などの建設事業を通じて培った技術力やノウハウを活用し、地域鉄道事業者に対して維持管理や災害対応に関する技術的支援を実施している。

本稿では、鉄道・運輸機構が実施している地域鉄道支援業務のうち、「鉄道災害調査隊（RAIL-FORCE）」、「鉄道ホームドクター制度」及び「受託業務による技術支援」を中心に、その活動内容について紹介する。

2. 鉄道災害調査隊の活動

鉄道災害調査隊（RAIL-FORCE）は、近年頻発する自然災害への対応強化を目的として令和5年4月に活動を開始した制度である。名称はRailway Natural Disaster Investigation Forceの略称であり、豪雨、台風、地震、津波などにより被災した鉄道事業者に対して技術支援を行うものである。

災害発生後、国土交通省からの要請を受けて機構職員を現地に派遣し、被災状況を調査する。支援にあたっては、初動対応、応急復旧支援及び本格復旧支援の各フェーズを踏まえ、被災状況や鉄道事業者のニーズに応じた技術支援を実施している。初動対応では、現地踏査やドローンなどを活用して被災概況を把握する。応急復旧支援では、個別施設の被害状況を調査し、応急復旧に関する技術的助言を行う。本格復旧支援では、復旧工法や施工方法に関する技術提案により、復旧の早期化を支援する。調査

結果を報告書として鉄道事業者へ提供し、その後の復旧工事などに役立てて頂いている。

これまでに、大井川鐵道、いすみ鐵道、小湊鐵道、くま川鐵道、のと鐵道及びしなの鐵道への派遣を実施している。令和6年能登半島地震では、のと鐵道七尾線の和倉温泉駅から穴水駅間において27箇所の被災箇所を調査した。盛土変状、土砂流入及び斜面崩壊などの被害を確認し、復旧工法の提案や施工上の留意点に関する助言を行った。

また、小湊鐵道では、台風に伴い発生した法面崩壊箇所の調査において、初めてドローンを活用した。ドローンを活用することで、従来は人が立ち入ることが困難な箇所についても、安全かつ効率的な調査が可能となり、被災状況や地形状況などの情報を迅速に収集することができる。加えて、その後の調査では三次元測量機器も活用し、デジタル技術を活用した被災状況把握の高度化に取り組んでいる（写真－1）。この調査では、三次元形状を再現し、崩壊範囲や法面勾配などを定量的に把握することができた（図－1）。今後もデジタル技術の活用を進め、維持管理にも有効利用できるデータ取得を行うなど調査方法のさらなる高度化を図る。



写真－1 三次元測量機器による調査状況



図－1 被災箇所の三次元形状再現

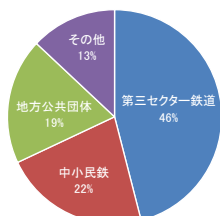
3. 鉄道ホームドクター制度

鉄道ホームドクター制度は、地域鉄道事業者や自治体などが抱える技術的課題について専門的な立場から助言を行う制度である。施設の老朽化対策、予防保全、耐震補強、修繕計画、補助制度の活用など幅広い分野の相談に対応しており、必要に応じて現地調査を実施し、課題整理や対応方針に関する技術的助言を実施する。

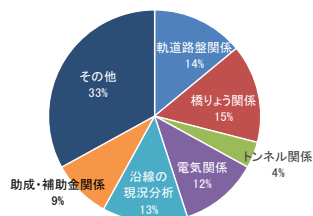
平成16年度から令和8年8月末までの累計相談件数は338件となっている。利用者別では、第三セクター鉄道及び中小民鉄が全体の約7割を占めるほか、自治体からの利用も多い（図－2）。相談内容では橋梁や路盤など個別構造物に関するものが多い一方、設備修繕計画など全体計画に関する相談も増加している。

具体的な事例として、高架橋橋脚部に発生したコンクリート剥落に関する相談では、劣化部分の除去と断面修復を提案するとともに、防水工や表面被覆による再発防止対策について助言した。ホームドクター制度により助言した内容は、鉄道事業者が補修計画などの検討を進めるにあたり役立てて頂いている。

■ 要請者別 利用状況



■ 分野別 利用状況



図－2 鉄道ホームドクター利用状況

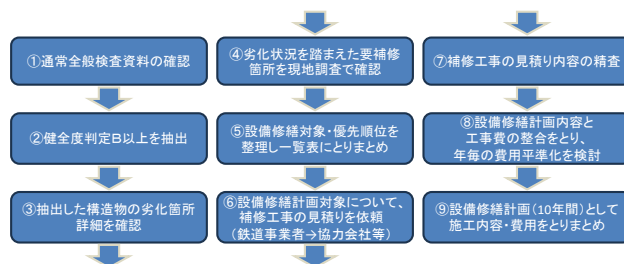
4. 受託業務による技術支援

鉄道災害調査隊（RAIL-FORCE）や鉄道ホームドクター制度による無償の支援を契機として、さらに詳細な支援を希望する鉄道事業者などに対しては受託業務を実施している。受託業務では、鉄道事業者などの費用負担のもと、より専門性の高い技術支援を提供している。主な支援内容は、災害復旧計画策定支援、設備修繕計画策定支援及び設備合理化検討支援である。

設備修繕計画策定支援では、通常全般検査結果の確認、健全度評価及び補修優先順位の決定までを一体的に支援している（図－3）。さらに、工事費の妥当性確認や費用平準化を行い、10年程度の長期修繕計画として整理することで、計画的な維持管理を支援している。また、

既存の検査結果のみでは把握が困難な構造物の状態について現地調査を実施する場合もある。

関連した国の制度として、地域鉄道メンテナンス体制強化事業があり、鉄道・運輸機構も支援機関の一つとして位置付けられている。令和7年度には、この制度を活用して、地域鉄道に対し鉄道・運輸機構が設備修繕計画策定支援を実施した。この業務では、通常全般検査の確認、現地調査などを行った。現地調査では橋梁支点部に疲労亀裂の要因となり得る状況を確認し、修繕時期の前倒しについて助言した。このように、予防保全の観点から技術的助言を行うことで維持管理コスト低減にも寄与している。



図－3 設備修繕計画策定までの流れ（例）

5. おわりに

鉄道・運輸機構では、令和8年度から、地域鉄道事業者などに対する事前防災対策及び予防保全型老朽化対策への支援を強化している。従来の災害発生後における復旧支援に加え、設備修繕計画の策定、鉄道施設の健全度判定、工法選定及びコスト縮減手法に関する技術的助言を実施し、鉄道施設の被害軽減と維持管理コストの縮減を重視した支援へと展開している。

また、ドローンや三次元測量機器などのデジタル技術を活用した調査・計測手法の導入を進めている。これらの技術は、支援業務における調査の効率化や情報取得の高度化に資するものであり、被災状況や施設の状態をより的確かつ迅速に把握するための有効な手段として、今後も積極的な活用を図っていく。

鉄道・運輸機構は、地域鉄道支援業務を通じて、地域鉄道の安全・安定輸送の確保に向けた技術支援を実施している。地域鉄道は地域住民の移動を支える重要な社会基盤であり、その持続的な運営には計画的な維持管理と災害への備えが不可欠である。

今後も、これまでに蓄積した技術的知見やノウハウに加え、デジタル技術も活用しながら、地域鉄道のレジリエンス向上と持続可能な発展に資する支援を継続していく。

変位が大きい押出し性地山におけるトンネル設計、施工

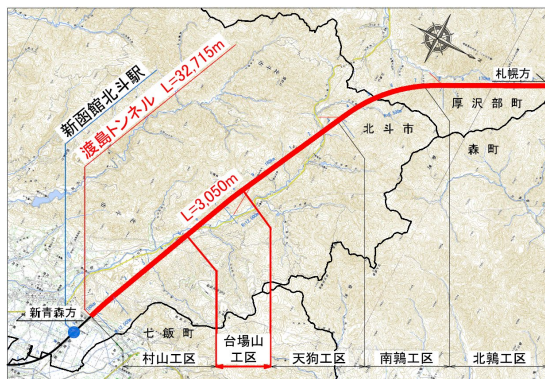
～北海道新幹線、渡島トンネル(台場山)～

北海道新幹線建設局

北斗建設事務所 中野 昂人

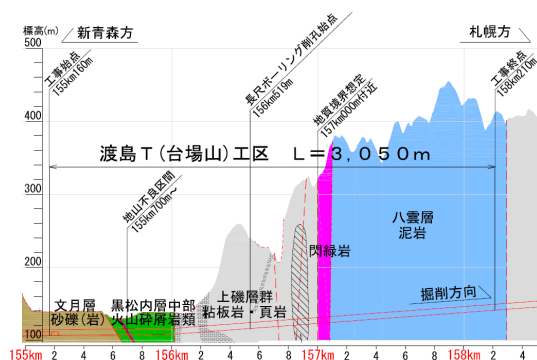
1. はじめに

渡島トンネルは北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の最も起点方に位置する延長約 32.7 km のトンネルであり、完成すれば国内最長の陸上山岳鉄道トンネルとなる。工区は 7 分割して施工しており、台場山工区は起点方から 2 工区目で本坑 3,050m の工事である（図－1）。



図－1 渡島トンネル（台場山）工区位置図

台場山工区は渡島半島南部に位置しており、先第三紀上礫層群粘板岩・新第三紀八雲層泥岩などの堆積岩類や、閃緑岩の貫入が想定されていた（図－2）。実際の掘削では、上礫層群区間において亀裂質で粘土を多く含んだ粘板岩を主体とする押出し性地山が出現し掘削が難航した。また令和 4 年 3 月には突発湧水及び土砂流入が発生し掘削が停止した。これらの事象が工程に影響を与えており、北海道新幹線（函・札幌間）のクリティカル工区の 1 つとなっている。



図－2 渡島トンネル（台場山）地質縦断面図

2. 台場山工区の課題について

2－1 押出し性地山

台場山工区の地質は堆積岩が主体であり、特に上礫層群では断層などの地殻運動の影響を受け微細な亀裂が多く地質の変化が激しい状況が確認された。岩片は硬質だが破碎質で、特定の方向に割れやすい性質が発達し、粘土を多く含む箇所も見られた。A 計測の結果から、当該区間では、軒並み 100mm を超過する顕著な内空変位の発生が確認されており、土被りによらず側方からの押出し傾向が顕著であった。

2－2 施工における課題

当工区では、上礫層群区間で不良地山が出現し掘削が難航したため、手戻りとなる縫い返しのないように掘削を継続することが求められた。また、不良地山区間の延長が不明で工程の見通しが立たない状況であったため、地山状況を早期に把握することが求められていた。これらの課題に対して、①前方探査による地山状況の早期把握、②探査結果を反映した適切な支保設計により解決を図った。

3. 前方探査

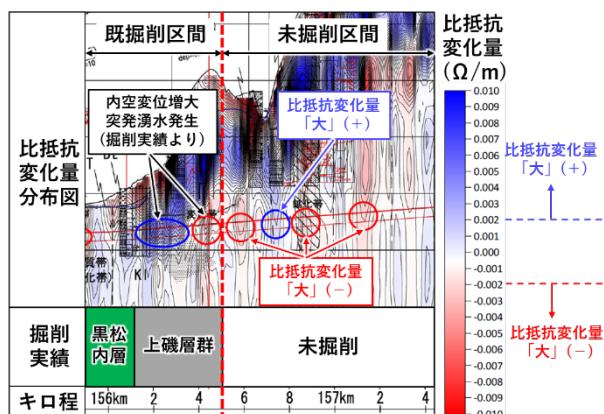
3－1 前方探査手法

台場山工区では、事前の地表踏査や鉛直ボーリングなどを実施していたが、更に空中電磁探査と長尺水平ボーリングの 2 つの探査を実施することにより、地山状況の早期把握を図った。

3－2 空中電磁探査

空中電磁探査は、ヘリコプターにより地山の比抵抗を測定する探査法である。比抵抗は地質や地下水条件、風化・変質の程度によって変化し、比抵抗値の局部的変化を示す指標である比抵抗変化量が大きい箇所は地質の変化が激しく、断層帯や破碎帯の出現が予測される。

上礫層群区間での比抵抗変化量を図－3 に示す。156 km 500 m までの既掘削区間での実績と探査結果を比較すると、不良地山区間で比抵抗変化量が大きく、実績と合致することを確認した。また、未掘削区間では比抵抗変化量が大きい区間が複数存在し、掘削の際に注意を要すると評価した。



図－3 上礫層群区間での比抵抗変化量

3-3 長尺水平ボーリング

未掘削区間の地質状況を早期に直接把握すること及び帯水層からの水抜きによる切羽の安定性向上を目的に、長尺水平ボーリングを実施した。施工にあたっては地山不良区間において長尺での施工実績があるシールドリバース工法を採用した。156 k m 519 m から計画延長 500 m で削孔したが、想定を超える地山の押出しによる削孔管の締付けの影響で削孔管が破断し、延長 301.2 m で削孔を終了した。ボーリングコアは上礫層群の砂岩・粘板岩が主体であったが、156 k m 560 m 付近で破碎され変質を受けた流紋岩が確認された。既掘削区間では破碎帯・変質部で変位が増大していたことから、流紋岩出現時は掘削に注意を要すると評価した。

4. 押出し性地山の掘削

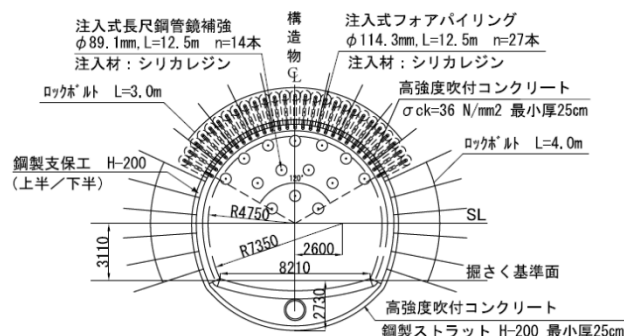
4-1 掘削実績

当初設計において、上礫層群区間では弾性波速度探査をもとに I N-1、I N-2 パターンでの掘削を想定していた。実際の掘削では、亀裂質で粘土を多く含む不良地山が出現し内空変位が増大したため、図-4 に示す支保パターンを採用し、変位抑制を試みた。なお、掘削中の変位速度は速いものの、閉合すると変位が収束することが確認されたため、ストラットありの一次インバートを採用することで早期閉合を実施し内空変位の抑制を図ると共に、変形余裕量を設定し縫返しのリスクを低減した。更に、切羽の亀裂状況や粘土分の含有量が大きく変化する不良地山区間においても手戻りなく掘削できるよう、地山状況に合わせてベンチ長を短くして早期閉合を図るなどにより対応を図った。また掘削による応力解放により地山が容易に細片化する

ため、切羽の補強が必要であった。そこで、注入式鋼管鏡補強・鋼管先受工を施工し、切羽の安定化を図ることで、肌落ち・天端抜け落ちの防止に努めた。

4-2 前方探査結果を踏まえた支保設計

未掘削区間において、実際に掘削をおこなった結果、156 k m 560 m 付近から、切羽に変質を受けた流紋岩が出現した。空中電磁探査及び長尺ボーリングで掘削に注意を要すると評価した区間であり、内空変位が 115.8 mm と増大したことから、調査結果と施工実績が概ね一致した。この区間においても、図-4 に示す支保パターンで掘削することにより、内空変位を抑制することが出来た。このように掘削実績及び前方探査を踏まえたパターン変更・補助工法を実施することで、不良地山かつ地質の変化が激しい区間においても縫い返しを最小限として掘削を継続することが出来た。



図－4 特 S 支保パターン図

5. おわりに

渡島トンネル(台場山)工区では押出し性地山の出現などにより工程が遅延したことで、地山状況を把握し、手戻りなく掘削を継続することが求められていた。この課題解決のため、空中電磁探査と長尺水平ボーリングにより前方地山状況を早期に把握するとともに、探査を踏まえ適切な支保パターンを採用した結果、縫返しを最小限として掘削を継続することができた。

今回追加で実施した前方探査により、事前調査では得られなかった情報を支保に反映させることで手戻りなく施工することができた。従って、渡島トンネル(台場山工区)のような断層活動の影響により地質構造が複雑な地山においては、トンネルの計画段階において、長尺ボーリングや比抵抗変化量により調査精度の向上を図ることが有効である。