

トンネル覆工と路面変状の保全対策検討事例 (一般国道46号仙岩トンネル)

二瓶 益臣¹・中曽根 茂樹²・生形 嘉良³

¹非会員 財団法人道路保全センター 東北支部 (〒980-0802仙台市青葉区二日町1-23)

E-mail: nihei-m@hozen.or.jp

²非会員 日本工営株式会社 東京支店 (〒102-0083 東京都千代田区麴町4-2)

E-mail: a2318@n-koei.co.jp

³非会員 日本工営株式会社 コンサルタント国内事業本部 (〒102-0083 東京都千代田区麴町4-2)

E-mail: a4882@n-koei.co.jp

本論文は、供用後20数年が経過した道路トンネルにおいて発生したトンネル覆工と路面の変状に対して保全対策のために実施した調査・設計・施工計画の事例をまとめたものである。この対策は、健全度評価のためのデータベースの整備（第1段階）、詳細地質調査による変状要因と地山の緩み範囲の特定（第2段階）、および対策工選定と施工計画の検討（第3段階）の内容について記述している。特に、詳細調査と施工計画（活線施工）における着眼点について詳述している。

Key Words : グリーンタフ 膨張性地山 健全度評価 緩み領域 変状メカニズム 活線施工 維持管理

1. はじめに

道路の維持管理において効率的で計画的な管理および迅速な復旧対策を行うためには、使いやすい基礎的資料のデータベース化と継続的な更新が重要である。工事誌などの貴重な資料や維持工事などの記録は紙の形で残されているが、新しい情報が取り込まれて常に活用されていない場合がある。特に点検記録などは全線統一の形で整理されていないが多かった。このような場合、抽出された変状などを時系列的にたどることが難しく、健全度の評価もあいまいになることがある。

仙岩トンネルの場合、トンネル全線に換気用天井板が設置されていること、内装板設置や漏水対策工が行われていること等により、トンネル壁面のかなりの部分が被覆されている。施工記録は工事誌¹⁾として残されているが、トンネル点検記録は乏しく、クラックマップなどの基本的資料も整備が悪い状態にあった。このような条件のもとで、トンネル内で確認された変状箇所に対して全線の健全度評価に基づき対策の優先度をきめ、変状原因を特定し、保全対策を検討するという機会を得た。一連の調査・設計の流れを迅速かつ効率的に実施し、早期の対策工事につなげるという役割を果たした（実施時期は平成10年度である）。

2. トンネルの概要

(1) 路線概要

仙岩トンネルは秋田県と岩手県を結ぶ幹線道路である一般国道46号の仙岩峠区間に位置している(図-1)。この仙岩峠区間は、開通当初は冬期閉鎖されていた区間であるが、昭和51年に改築され、仙岩道路と呼ばれている。仙岩道路は、最長の仙岩トンネル(延長2,578m)を含め、合計8トンネル総延長約5km、橋梁は20橋、総延長約2kmを含む全長16.3kmである。

平成9年に秋田自動車道が開通するまでは、秋田と盛岡を結ぶ国道には迂回路が無く、この仙岩道路が唯一の幹線道路であった。計画時の仙岩道路の需要予測は4,000台/日強であったが、現時点では5,000台/日(休日8,000台/日)を超える交通量があり、広域的な物流、観光の基盤として重要な役割を担っている。



図-1 仙岩トンネル位置図

(2) トンネル諸元

仙岩トンネルは昭和48年6月に秋田側,盛岡側から施工され,昭和51年3月に完成した。

仙岩トンネルの諸元¹⁾を表-1, 標準断面を図-2に示す。

表-1 仙岩トンネル諸元¹⁾

道路区分	第3種第3級
設計速度	50km/h
車線数	2車線(対面交通)
車道, 路肩幅員	3.0m, 0.25m
トンネル構造	矢板工法(在来工法)
掘削方式	上部半断面先進工法
トンネル延長	2,578m
換気方式	半横流換気方式

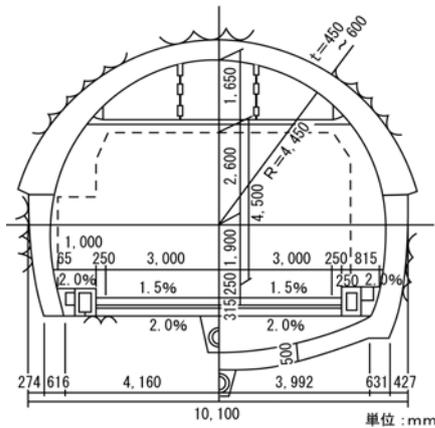


図-2 仙岩トンネル断面図¹⁾

(3) 地形地質の概要

仙岩道路沿いの地形は全体として急峻である。特に秋田側の山腹は急崖をなし, 谷の切れ込みも深く, 県境から仙岩道路終点に至るまではトンネルと高い橋脚を有する橋梁が連続する山岳道路となっている。一方盛岡側は沢沿いに昇り勾配ではあるが, やや緩やかな山腹斜面を通っている。仙岩トンネルは脊梁山脈の隆起軸部を横断するトンネルである。東西から深い谷が入り込んだ標高900mの急峻なやせ尾根の下, 標高約600mのところを通っている。

後述のトンネル概要図(図-4)に示すように, 本トンネルの地質は中生代白亜紀の花崗岩とそれを不整合に覆う新第三紀中新世のグリーンタフおよび同時期の貫入岩類からなる。これらが褶曲したり断層関係で接するところもあり全体に複雑な分布をしている。また熱水変質や鉍化変質などの影響も強くうけており母岩の性質も変化しているところも多い。

(4) 施工の概要

このような地質を考慮し, 上部半断面先進工法をが基本工法として採用されたが, 建設時には膨張性地山・大量湧水などの難工事に遭遇したと記録されている。

過酷な工事の象徴として, 岩手側坑口部では礫混じり

粘土からなる崖錐堆積物が湧水の影響を受け崩壊し, 鏡張り作業を繰り返すなどで4ヶ月で87mの掘進という記録も残っている。写真-1,2は岩手側坑口から1150mほど入ったところで発生した湧水を伴う地山崩落箇所の状況である。割れ目が発達し, その境界に薄い粘土脈を伴う粗粒玄武岩で発生した。湧水は最大1,800~2,000ℓ/分に増加したと記録されている。

秋田側坑口から400m付近では昭和49年5月下旬のアーチコンクリート打設から約2ヶ月後の8月上旬に亀裂が発生し, その約4ヶ月後の12月17日にアーチコンクリートが部分的に剥落した。その後, アーチコンクリートの取り壊し, 再巻き立てが計画されたが, 再施工されるまでの3~4ヶ月間は追加支保工による補強で経過観測をしていた区間もある(後述D区間近傍)。

またトンネルの地質は温泉変質作用も受けており, 坑



写真-1 支保工の補強状況¹⁾



写真-2 湧水状況¹⁾

内数カ所から温泉の臭気を含む湧水が確認された。トンネル貫通時の岩手側坑口で4,000ℓ/分, 秋田側坑口で8,000ℓ/分という恒常的湧水に苦しめられた工事であったことも記録されている。

3. トンネルの変状と対応方針

(1) 供用開始後の維持管理経緯

本トンネルは供用後に変状調査(目視調査)が3回実

施されていた（平成 23,5 年度）．平成 5 年に実施された調査（第 3 回：供用開始後 18 年）によれば，対策を必要とする変状は確認されていなかった（表-2）．

表-2 既往変状調査結果

調査年度	調査結果	備考
平成 2 年度	詳細調査要	調査内容不明
平成 3 年度	おおむね安定	調査内容不明
平成 5 年度	対応の必要なし	クラックマップ作成

また，修繕工事としては点検調査と同時期に漏水防止対策工，路面補修工が実施されていたが，トンネル本体の耐荷性向上に関する修繕の実績はなかった．全線にわたり内装板が設置されたこともあり覆工の様子が見えにくい状況になっていた．平成 7～8 年に輻掘れ修繕のための路面補修工事が実施されており，これが路面変状の発生時期の評価する手がかりとなる数少ない情報の一つとなった．

(2) 対応方針の検討

このような限られた情報の下，難工事区間の近傍などで今回（平成 10 年）改めて数箇所路面と覆工の変状が確認された．このためトンネル全線の健全度評価と並行して総合的な保全対策を検討することにせまられた．解決すべき課題として次の 4 点が考えられた．

- 課題 1 対策優先度の高い変状の確実な抽出
- 課題 2 原因となる脆弱な地質の分布と性状
- 課題 3 変状メカニズムと地山応力の推定方法
- 課題 4 交通確保（活線施工）と構造の安定性確保

幹線道路の維持工事においては，交通を確保した上で短期間に必要十分な対策を行うことが肝要である．そのためには，①統一的な評価に基づく現状の把握，②要対策箇所の原因の究明，③調査結果に基づく合理的な設計と確実な施工計画の検討の 3 段階を踏まえる必要があると考えた．具体的には，次に示すようなことを計画した．

第 1 段階

まず課題 1 に対して，現状が直接的に視認できる情報，間接的に視認できる情報の収集および過去が視認できる文献情報を基本情報として収集・整理する．

現状が可視できるトンネル覆工に対して基本的な目視・打音調査を一斉に実施し，クラックの幅，連続性，方向性や覆工の異常箇所を抽出するとともに，覆工背面の状況を間接的に把握するレーダーによる背面空洞計測等を実施し，全線の現況の把握を行う．これに加えて工事誌，点検履歴などの既往資料の整理を行い，トンネル背面地質状況の推定や変状時期を評価できるものを作成する．

第 2 段階

課題 2 に対しては，変状が外力による影響が大きいと想定された場合であるが，トンネル周辺の三次元的な地

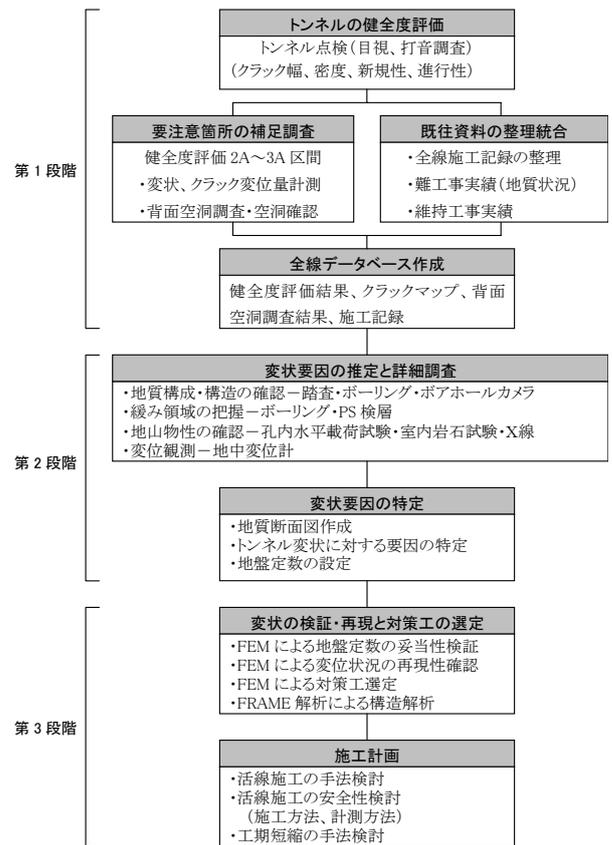


図-3 全体フロー

質構造を効率的にかつ確実に把握する調査内容を選定し，精度よくゆるみ範囲と原因（変状要因となる外力の要素）を特定するとともに，応力解析のための地山定数などを構成地質ごとにもれなく把握する．

第 3 段階

課題 3 に対しては，対策工が外力による構造的耐荷力の不足を想定した場合であるが，調査結果を反映した地山モデル（FEM 弾性解析）による応力状態を再現するとともに同モデルにより適切な対策工を選定する．また課題 4 に対しては，トンネル内の交通を維持することを条件とした施工計画を検討する．

図-3にこの一連のフローを示した．

4. トンネル健全度の評価（第1段階）

(1) 全線データベースの構築

はじめにトンネルに関する資料としてどのようなものがあるかについて調査を行った．幸い仙岩道路改築工事と同時に当該区間専用の管理事務所が設置され，各種資料が資料館に保存されていた．特に施工時の掘削鏡面のスケッチなど地質構造の推定や変状要因の推定に役立つ資料が入手できた．この資料解析（工事記録と地質状況の対応関係の整理）に加え，補足踏査により構成地質と地質構造および地すべりについて追加確認を行った．

これらから総合的な視点での健全度評価を行うために

表-3 データベースの内容

項目	情報
基本事項	地層名・地質・弾性波速度
施工記録	工法・掘削分類・覆工厚・インパートの有無・注入工区間・特殊工事記録
変状調査	ひび割れと漏水の判定・天井板の変形・内空変位測量・縦断測量・レーダー探査結果記録（空洞発達区間・鉄筋区間など）
健全度評価	構造と漏水の評価

表-3 に示す内容を基本にデータベースを CAD (Computer Aided Design) で構築した。この調査を実施した当時は、土木設計の構造図などでは CAD の使用は進み始めていたが、維持管理部門においてクラックの進行性確認などの目的で使用されている事例は少なかった。

上記の成果を地質縦断図と施工記録を一体化したトンネル概要図 (図-4) としてまとめた。

(2) 要注意区間の抽出

健全度の評価は『道路トンネル維持管理便覧』²⁾ を参考に実施した。基本的判定基準は表-4 のとおりである。

表-4 健全度評価区分

判定区分		措置
3 A	危険	直ちに対策する
2 A	早晚脅かす異常時に危険となる	早急に対策をする
A	将来危険となる	必要な時期に対策する
B	現状では影響はない	監視をする

トンネル健全度評価では覆工のクラックや路面の隆起など目視調査結果をベースとしてさらに詳細調査が必要な区間を設定した。特にクラックが発達している区間では覆工背面のレーダーによる空洞調査を実施しファイバー

スコープによる覆工厚と空洞の直接確認も行った。さらに側壁のずれに起因する監査路の変状や盤膨れのみられる区間に対しては測量により縦横断形状を計測し、定量的な計測を行った。

健全度を評価する際に進行性の変状か否かも対策の緊急性を判断する上で重要である。本調査の 2-3 年前に修繕工事がなされた舗装面に発生したクラックについては最近の変状であると評価した。供用から約 20 年が経過しているトンネルであるが、大きな変状が発生しうる地山であることを再認識し、健全度評価を行った。

今回の調査結果から構造的変状と判定される要注意区間を 4 区間抽出した。

表-5 要注意区間の変状と施工記録

区間	変状	施工時記録
A区間 (約40m)	幅広い斜め横断クラックがあり覆工背面に空洞が多い (レーダー探査)	近傍施工時に被圧水を伴う断層破砕帯 (15m 以上) 粘土化著しく膨張圧大切羽崩壊・リングカット核部崩壊→鏡張り工・水抜きボーリング実施
B区間 (約80m)	縦断クラックあり・右壁変位・天井板つり金具湾曲	—
C区間 (約50m)	覆工に短クラック集中・監査路の浮き上がり・天井板クラック	断層破砕帯が通過する
D区間 (約140m)	覆工のクラック・監査路の浮き上がり・路面のクラック・右壁の変位	隣接区間に断層破砕帯・アーチコンクリートに亀裂発生、背面グラウチング・巻立コンクリート補強とインパート施工。

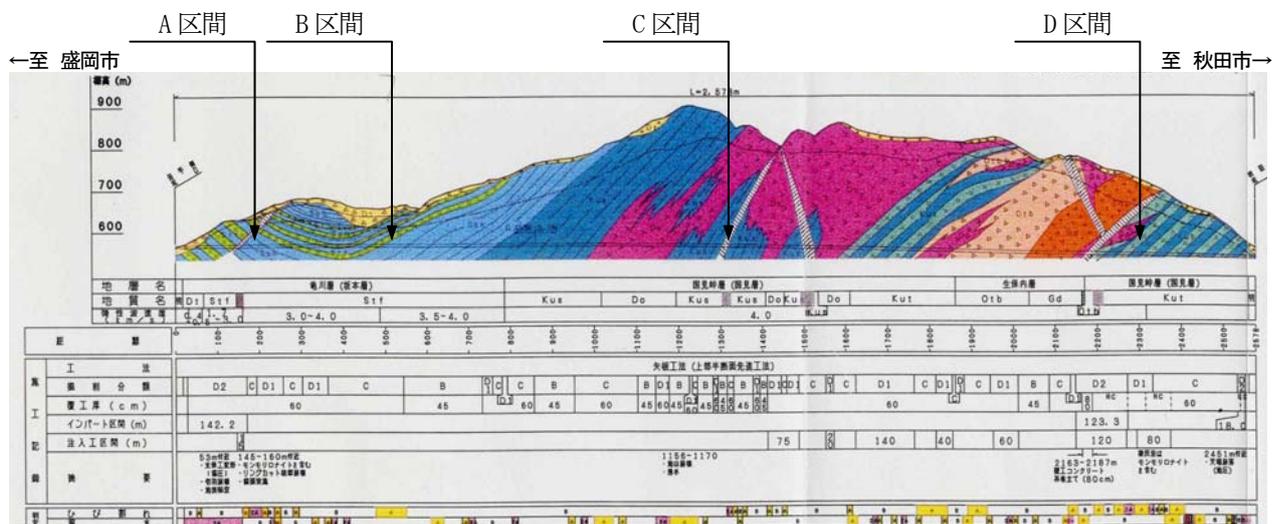


図-4 トンネル概要図 (地質縦断, 施工記録, 点検結果)

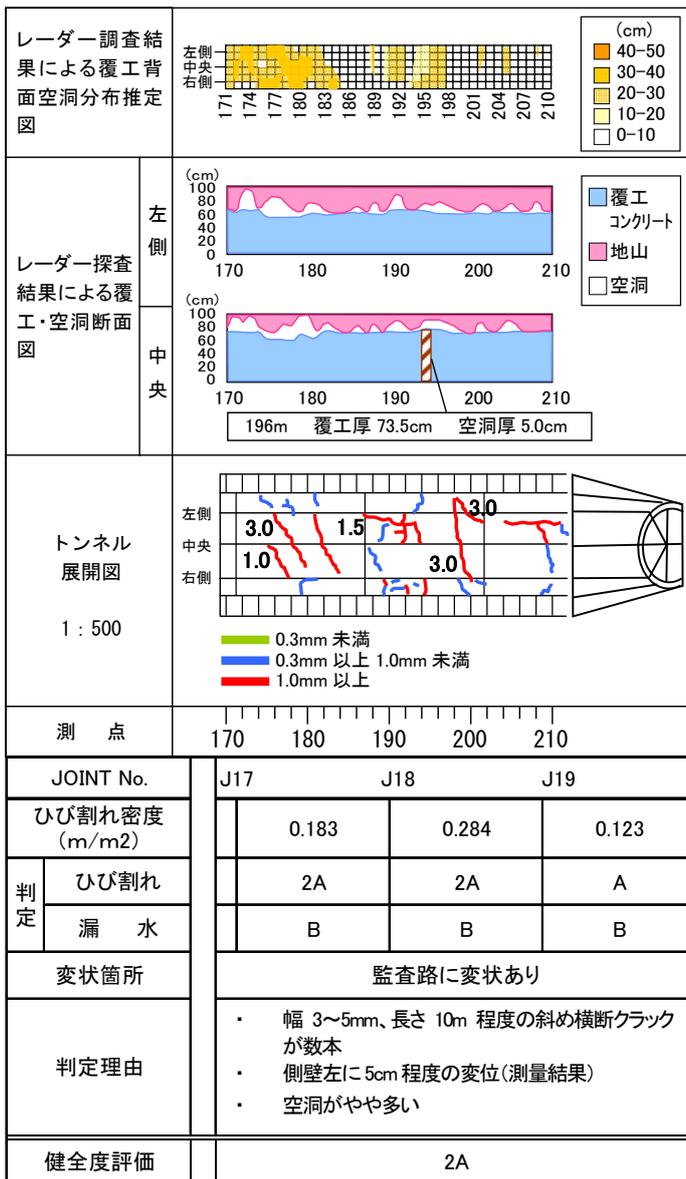


図-5 A区間の変状例 (クラック図・レーダー調査結果・写真)

5. 変状原因調査 (第2段階)

(1) 変状原因の推定と詳細調査

変状区間の位置と施工時の資料などから、変状の原因はトンネル周辺の緩み域と吸水劣化する粘土鉱物を伴う地質にあると推定した。また、堆積岩の層状構造から想定して、緩み範囲がトンネル周囲全体におよぶのではなく、挟在する弱層に起因していると予想した。施工記録と地表踏査で把握した地質構造および覆工クラックマップから判断した同一要因による変状区間をふまえると、一箇所ですべて三次元的な地質構造と緩み範囲の性状を把握すれば、縦断方向のある程度の範囲の地質状況が推定できると考えた。また、対策工を検討するにも調査時からの変状の進行性の有無を計測していく必要があると判断し

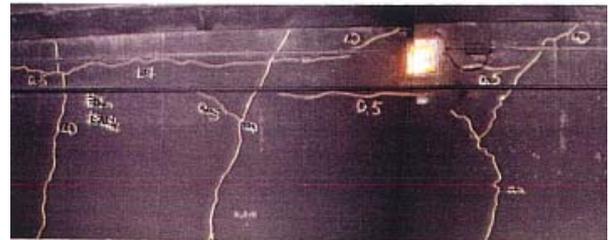


写真-3 クラック状況 (幅 0.2~1.0mm)

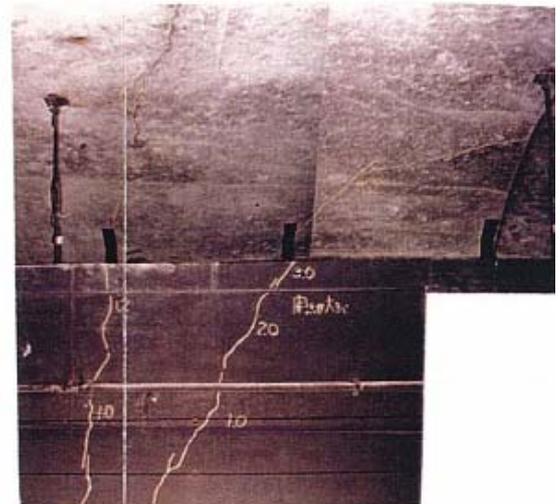


写真-4 クラック状況 (幅 1.0~3.5mm)

た。

路面の隆起と監査路にずれや隆起の変状がみられるD区間において、緩み範囲と変状原因把握のためボーリングと孔内試験による詳細調査を実施した。調査地点における以下の4点に着目し、これらをもれなく把握するため、調査項目を集中的に計画した。その他の区間においても各地点に応じた調査を計画した。

- a)地質構成・地質構造の確認：ボーリングコア・ポアホールテレビカメラ
- b)緩み領域の把握：ボーリングコア・PS検層
- c)地山物性の確認：孔内水平載荷試験・室内岩石試験・X線回折
- d)変位計測：地中変位計

成果の主眼は三次元的な地質構成・地質構造を精度よく把握し、緩み範囲と劣化要因(弱層)の連続性をトン

ネル縦横断方向での確に把握すること。および地山状況に即した地盤定数を決めることにある。特にボアホールテレビによる地層の走向傾斜を展開し、トンネル縦断方向の劣化区間を正確に表示することにも留意した。

また、対策工実施までの期間および対策工施工期間中のトンネル挙動を把握する目的で調査ボーリング孔に地中変位計を設置した。

(2)緩み範囲と変状要因の特定

これら調査の結果、変状の主要因は次のように考えられた。

a)地質的要因

図-6に示すように地質構造に平行する破碎、変質した泥岩および砂質泥岩をはさみ、上にやや硬い黒色泥岩、下に軟質な凝灰岩からなる。上部黒色泥岩は0.5~1m間隔で粘土シームを挟んでいる。破碎・変質した泥岩は礫状化ないし、粘土化している。粘土化した泥岩、粘土シームおよび凝灰岩は、粘土鉱物(スメクタイト)を含んでいる。

地層はトンネル縦断方向にも連続性がよいので変状がある程度連続的に発生するとも思われたが、むしろ局所的でありトンネルと弱層の位置関係や地下水との関係がきいていると判断した。層状に挟まれる劣化部をトンネルが通過したためトンネルの周囲の数メートルの範囲が緩み、その後の吸水膨張などで緩んだ部分の粘土化が進行したため徐々に強度劣化してトンネルに偏土圧としてかかるようになったと考えられる。また底盤部においては湧水などで粘土化した基盤岩の支持力不足が考えられる。地下水位は概ね水平ボーリングの高さにあった。

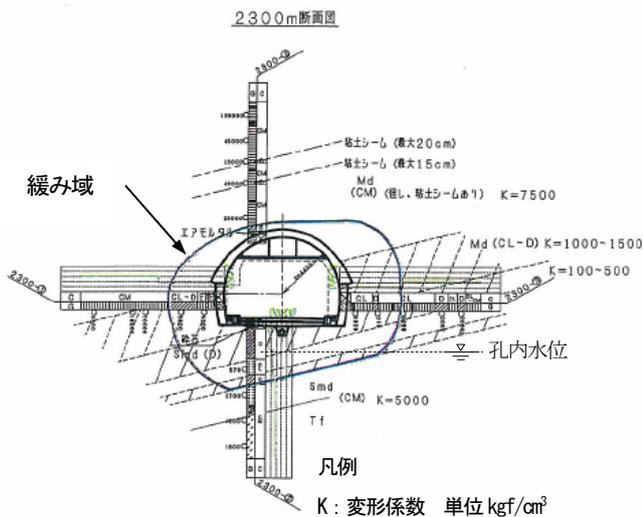


図-6 D区間トンネル周辺緩み域図

b)構造的要因

当該変状箇所隣接する区間はほぼ同様な地質構造で

あると想定されるが、施工時の変状がありインバートが施工されている。当該箇所はおそらく施工時の地山状況が少しよかったため、インバートは施工されなかったと判断される。上記地質要因に起因する経年的な地山の劣化によりトンネル構造の耐力が不足してきたものと想定される。

孔内水平載荷試験結果、圧裂試験結果などから地山定数を表-6のように設定した。

表-6 地山定数の設定

地質分類	弾性係数 (kN/m ²)	粘着力C (kN/m ²)	せん断抵抗角 φ(°)
黒色泥岩	0.75	800	35
泥岩(破碎礫状)	0.15	300	25
泥岩(粘土化)	0.05	50	15
砂質泥岩・凝灰岩	0.5	1200	45
コンクリート	22	2600	56

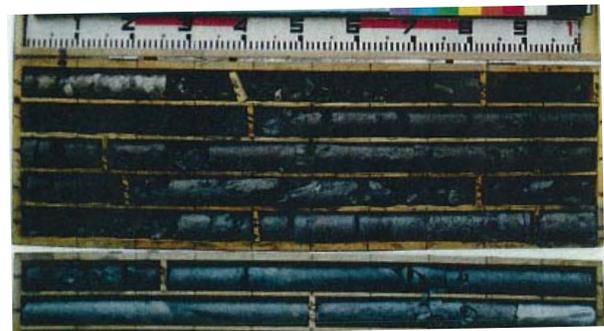


写真-5 変質し粘土化した泥岩(0.8~3.2m)
(図-6の水平右方向ボーリングコア)

6. 対策工法の検討(第3段階)

(1)変状メカニズムと応力状態の再現

変状のメカニズムを推定するにあたり、クラックの方向性、路面隆起状況、地質状況、覆工背面には空洞がないことを踏まえ、『道路トンネル維持管理便覧(社)日本道路協会』²⁾などの変状の原因と特徴を参考に、変状要因として「偏土圧・斜面爬行」・「膨張性土圧」の2つを推定した。

これらの要因による対策を視野に入れ、現時点の応力状態を再現するために地質調査結果(表-6)から設定した地盤定数を用いたFEM弾性解析を行った。解析にあたり、膨張性鉱物を含む地山の取扱いは、黒色泥岩の挟在層として存在することから、膨張圧が周辺へ影響し続けるような変状ではなく、この地質構造を反映した地山の劣化による偏土圧の増加が主要因であると判断し、考慮しない方針とした。

よってFEMでは膨張圧は考慮せず、弾性解析を行うも

のとし、地山の安全率の評価にあたっては表-5 に示した粘着力、せん断抵抗角を用いた。

対策工の検討を行う初期条件の設定では、ボーリングコア観察による緩み域の境界の状態およびトンネルとの斜行の角度を考えると緩み域の拡大の可能性が小さいこと、さらに拡大した場合にもトンネルに与える土圧の増加量は小さいと考えられることから現状再現結果を採用することとした。応力状態の再現結果の妥当性評価は、トンネルの変位量、トンネル断面の各地点の計測ポイントでの変位量のバランスおよび先の安全率を用いた破壊領域（＝偏土圧となる要素）とボーリング結果、PS 検層結果によった。

(2) 対策工の選定

対策工の選定にあたり、先に示したトンネルの応力状態を再現したモデルに対し、偏土圧による側壁の押し出し、盤ぶくれ（路面隆起）対策として恒久的な地圧に対する安定性に定評のある「インバート工」、インバート工に対して施工性に優れる「ロックボルト工」の2工法を比較した。初期条件に対し、ロックボルト工は周面摩擦抵抗力による地山のせん断抵抗力の増加、インバート工はトンネルの閉合による構造耐力の増加を試算した結果「インバート工」が想定される変状に対する効果が大きい結果となった。またトンネルの躯体の安定性については FRAME 解析で検証した。供用後 20 年以上を経ても変状が進行するような地山状況であること、隣接するインバート施工済み区間では路盤の変状は見られないことから「インバート工」を選定した。（表-7参照）

(3) 活線施工方法の検討（モニタリング計画）

仙岩トンネルは先にも述べたが一日に 5,000 台以上が通行する幹線道路であり、一旦通行止めになった場合には迂回距離が非常に大きく、東北地方の東西を連絡する一般交通、物流交通、観光交通などに大きな影響を与える

ることになることは必須である。

このような状況のもと、極力交通阻害が少ない施工方法も求められた。

施工計画を立案するにあたり着眼した点は以下のとおりである。

- 着眼点 1：通行止めは行わない
- 着眼点 2；通行規制期間は極力短縮する
- 着眼点 3：路盤掘削時の施工の安全性、通行車両の安全性に配慮する
- 着眼点 4：施工中の通行車両の視認性を確保する（粉塵の抑制）

a) 通行止めは行わない

トンネル内空間を最大限活用して対面交通を維持した施工方法も考えたが、内空断面と通行車両の建築限界が確保できないと判断した。そこで、片側交互通行を確保することを条件として施工方法を検討した（図-7,8）。

b) 通行規制期間は極力短縮する

インバート工の施工に対しては早期交通開放を最優先し、路盤にもコンクリートを用い、インバート工本体との一体施工とし、コンクリート舗装にも早強セメントを用いるなどの工夫をして、結果として、インバート工～舗装工完了までのサイクルタイム 19 日を 15 日に 20%短縮できた。

c) インバート掘削時の施工の安全性、通行車両の安全性に配慮する

路盤掘削の横を車両が走行する条件で主に人力作業が求められる工事内容である。施工中は走行路面より下での作業になるため、通行車両が工事範囲に転落する状況も考えられる。このため、狭隘なトンネル空間ではあったが、極力掘削範囲と通行範囲の離隔をとるために先行施工時は監査路下の側溝を暗渠化し、施工期間中の車道の一部として利用できるよう工夫した。

表-7 FEM 解析による対策工の有効性評価

算定位置	現況	インバート	ロックボルト
1	-0.058	-0.053 (-0.005)	-0.058 (0.000)
2	-0.020	0.007 (-0.027)	-0.018 (-0.002)
3	0.164	0.037 (-0.127)	-0.141 (-0.023)
4	0.024	0.006 (-0.018)	0.022 (-0.002)
優位性	—	○	△

1,3の位置は鉛直方向の変位量を示し、上方向が+、下方向が-である。2,4は水平工法の変位量で右方向が+で左方向が-である。
注) () 内の数値は、現況再現からの増減分 (m) 凡例の数値は破壊に対する安全率 (1.0未満で破壊基準を下回ることを示す)

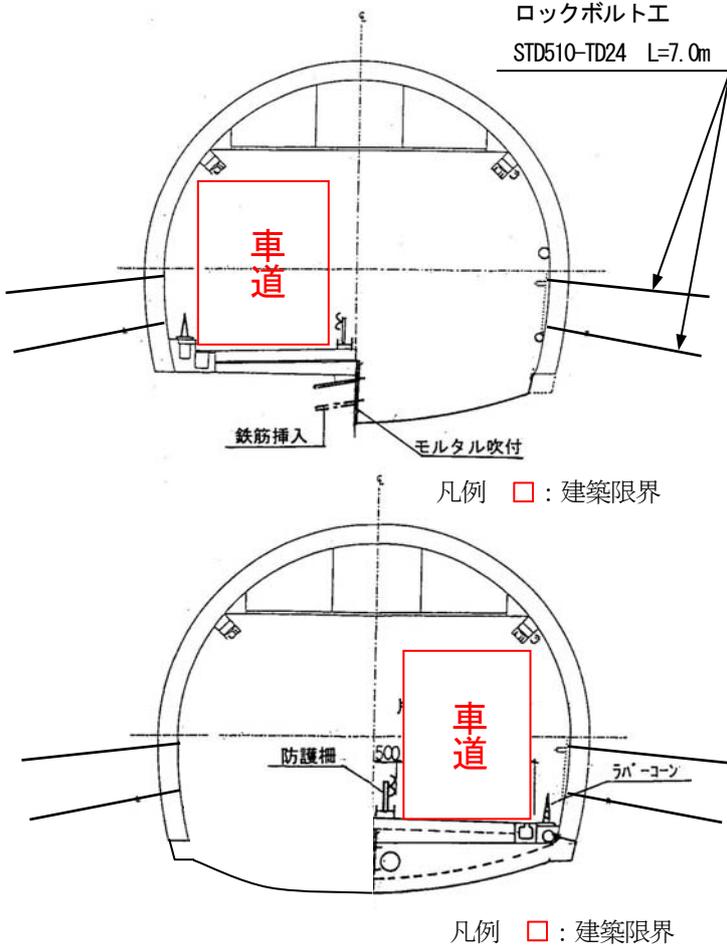
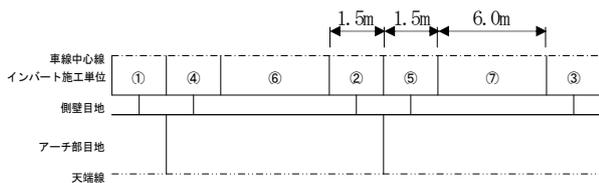


図-8 2次施工形態

また、インバート工施工のための側壁下部を掘削することによって施工中の側壁沈下、倒壊への対応が必要であった。

側壁の倒壊については、ロックボルト工による抑止、沈下については、施工順序と位置を既存の施工目地を踏まえた割付によって対応した(図-9)。



※丸数字は施工順序を示す。

図-9 インバート部施工順序割付図

d) 施工中の通行車両の視認性を確保する(粉塵の抑制、照度)

インバート工施工では、コンクリート掘削、破碎および地盤掘削が伴うため粉塵による走行車両の視認性の低下が懸念される工事環境であった。通常であれば散水し、粉塵を防ぐ方法があるが、トンネル内の交通安全確保のためスリッピーな路面状態避け、トンネルの換気の数値制御の一つである煙霧透過率測定装置(VI計)を用いてトンネル内の視認性を確保する方法を用いて作業管理

をした。当然のことながら、コンクリート吹付け機の選定も低粉塵タイプの機器を選定した。

また、トンネル坑内の作業環境は狭隘であり明かり部に比べ照度が低い環境であった。路面レベルで使用する作業用照明は眩惑による走行上の危険性が考えられたため、トンネル天井板を利用した上方からの照明を計画した。

7. 工事施工状況の確認

対策工事は本調査に引き続きVE制度を導入した緊急工事として実施された。

施工中のトンネル内空の変位、地山の動きを把握するためモニタリングが定期的に行われた。設計者側も詳細調査段階では直接確認できなかった区間の地山状況などの確認を行った。

またトンネル内空の変位は定点観測で行い、地山の動きは調査時に設置した地中変位計を活用した。地中変位計は、図-10に示したように、ロックボルト工の削孔内に1m間隔で固定した計測用アンカー間の距離を測定する仕組みである。それぞれの区間でどのように変位量があるか、累積傾向が確認されるかを観察した。それぞれ施工中の変位量は内空変位も最大で1mm強、地中変位計も最大でも2mm未満であり、路盤掘削直後の変位のみでその後は安定している状況が確認できた。

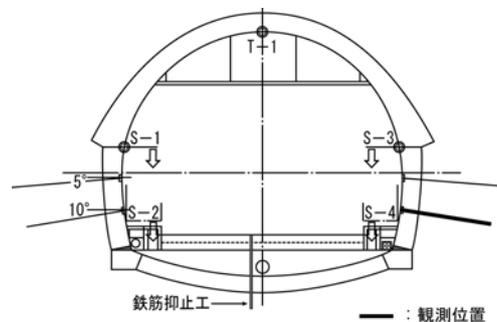
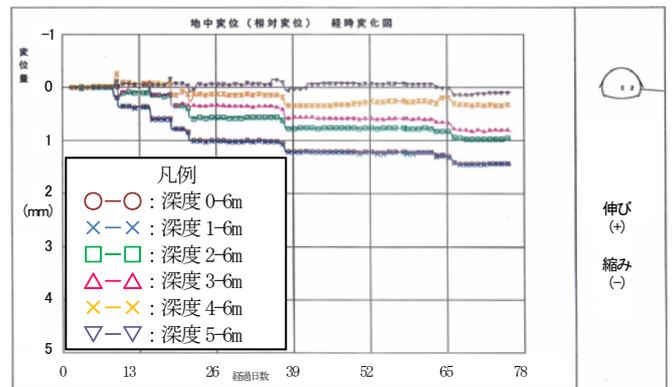


図-10 地中変位計観測結果

8 おわりに

施工時資料とクラックマップを統合し、健全度評価をしながら、集中して効率的な調査をするということの意義を改めて認識した。これら種々の情報をわかりやすく系統的に整理したことで、いち早く変状箇所の絞込みと原因の仮説を立てることが可能になったと考えている。

最近では、3Dカメラによる壁面画像なども利用してよりクラックの実態が正確につかめるようになってきている。また進行性のクラックの変状なども観測計器の性能向上や送信技術の進歩によりリアルタイムに把握可能となっている。情報の多様化に伴い、道路維持管理にお迅速な対応がよりもとめられる。トンネルの健全度評価のためのデータベースの更新は、今後も継続的に行われていく必要がある。

施工面では、NATM工法を採用することによって施工時データは飛躍的にふえている。トンネル地山挙動と地質の密接な関係は十分に認識されおり、工事中における安全性は向上している。しかし、NATM導入当初のトンネルや施工時に大きく設計変更したトンネルなどでは、維持管理面で完成後の対応が求められる可能性が高いと考えられる。

施工時の資料を長期的な維持管理の視点で生かすために、地質と施工実績をベースとした管理のための情報の再整理が必要だと感じている。それに加えて地山区分変

更に関わる協議、掘削中の地山の異常や特殊地山におけるトンネル施工に調査・設計担当者の関与が重要である。これらの経験の共有を通じてトンネルに関わる技術者の層を維持していくことが求められている。

謝辞：本論文を作成するにあたり次の方々には、調査時点でのご指導を含めて資料の提供や聴き取り調査へのご理解とご協力をいただいた。ここに記して御礼申し上げます次第である。

東北地方整備局秋田河川国道事務所
鹿島建設株式会社東北支店
独立行政法人土木研究所

参考文献

- 1) 一般国道46号 仙岩峠直轄改修誌 建設省東北地方建設局 秋田工事事務所 昭和56年3月 p538-621
- 2) 道路トンネル維持管理便覧 社団法人 日本道路協会 平成5年11月 p125-136

(2009.10.5 受付)

A CASE OF COUNTERMEASURE FOR DEFORMATION OF SENGAN ROAD TUNNEL (NATIONAL HIGHWAY No. 46) IN NORTHEAST JAPAN

Masuomi NIHEI, Shigeki NAKASONE and Yoshikazu UBUKATA

This paper describes a study, design, and planning on countermeasures for deformation of pavement and lining concrete of a road tunnel that has been used for about twenty years. A countermeasure plan for the deformed road structures was prepared in the following three steps: Phase I – Preparation of a database for stability assessment and evaluation; Phase II – Identification of deformed portions and the cause of the deformation through a detailed study; and Phase III – Selection and Planning of countermeasures. Especially the authors emphasize the important viewpoints in the detailed study and a countermeasure plan in one lane pass.