

7. 西名阪自動車道連続 8 日間通行止め 3 班体制による背面空洞注入の施工について

- 西名阪自動車道田尻トンネル(上り線)他 3 トンネル背面空洞注入工事 -

Filling work of rear face cavity of mountain tunnel with continuing eight-days suspension of traffic worked by three groups system in Nishi-Meihan Expressway

村松 一彦^{*1}

要 旨

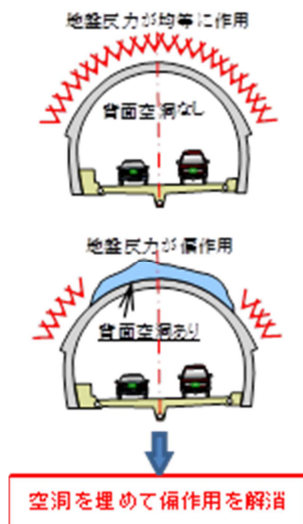
本工事は、NEXCO 西日本が管理する『西名阪自動車道』の藤井寺 I C から香芝 I C 間で、矢板工法により施工された上下線合わせて 4 チューブのトンネル背面空洞充填工事を主とするトンネル補修工事である。本報文では、連続 8 日間通行止めによる 3 班体制での背面空洞注入の施工について報告する。

キーワード：矢板工法／トンネル背面空洞／覆工コンクリート／3D スキャナ／スペースロック工法／夜間通行止め

1. はじめに

在来工法である矢板工法により建設されたトンネルは、施工時において覆工と地山との間に空洞が残ってしまう傾向にあり、西日本高速道路株式会社（以下 NEXCO 西日本）の調査によれば、この空洞が地山の経年劣化により拡大していることが確認されている。

これらの空洞に起因する地盤反力の偏作用により、トンネル変状や耐久性の低下が懸念されることから、空洞充填により地盤反力が均等に作用するよう補修する必要がある。

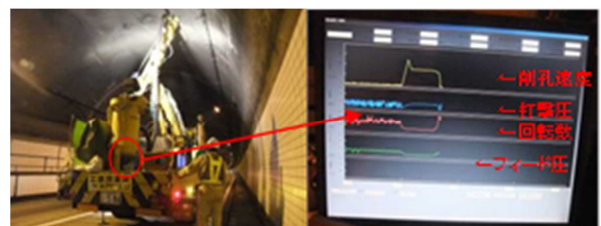


図ー 1 トンネル断面図

本工事は、NEXCO 西日本が管理する『西名阪自動車道』の藤井寺 I C から香芝 I C 間で、矢板工法により施工された上下線合わせて 4 チューブのトンネル背面空洞充填工事を主とするトンネル補修工事である。

2. 工事における課題

(1) 工事発注前に空洞状態を調査するために行う調査削孔（PVM 工法）は、覆工コンクリートを高速削孔しながら、覆工厚や覆工背面の状況を削孔速度、回転圧などを計測し、制御装置へ自動的に送信、図化・解析することで、覆工および空洞状況を把握する工法である。工事発注前の PVM 工法では、覆工コンクリートや岩系地山に比べて削孔速度が加速する施工済みのエアモル注入域および粘性土域を、空洞と誤って判定したことにより、設計注入量が過剰に算出されていた。施工時における注入孔削孔後の算定注入量と比較したところ、当初設計注入量の 24% 程度であった（算定注入量 550m³/設計注入量 2,229m³=24%）。



写真ー 1 PVM 工法施工状況

^{*1} 土木事業本部東京土木部（執筆時の所属）



写真—2 着工前



写真—3 不明孔（建設時打設孔など）

- (2) 建設後約 50 年が経過する当該トンネルは損傷が著しく、当初施工条件に無いガラスクロスがトンネル覆工面全域に施され、このガラスクロスも損傷していることから、注入工施工時には以下のリスクが考えられた。
- ・ ガラスクロスにクラックが発生している箇所からの漏洩するリスク
 - ・ ガラスクロスの背面にある覆工コンクリートのクラックからの漏洩するリスク
 - ・ ガラスクロス自体がアルカリ性に弱いことから注入材により接着不良を誘発するリスク
 - ・ ガラスクロスと覆工面の隙間に注入材が蓄積されることにより、ガラスクロスが破断するリスク

ガラスクロスが覆工面全体に施されていることから覆工面自体の調査が不可能であり、漏洩に対する事前対策を完全を実施することが不可能であった。さらに、建設時の注入孔などの不明孔についても多数確認され、ガラスクロス背面や既設樋の内部にも事前調査では確認できない不明孔の存在が予測されることから、見逃した不明

孔からの漏洩が危惧された。またこれらの損傷が、注入時の圧力に対してどのような挙動を起こすのか不明瞭であった。

受注時の施工方法は、片側 2 車線のうち 1 車線を供用しながらの高速道路規制作業であることから、開放車線（一般車走行車線）への漏洩対策は一般車の安全確保における最重要事項であったが、ガラスクロスの存在により目視点検および漏洩対策の実施が不可能な条件であった。

- (3) ガラスクロス未施工の区間については、鉄筋の露出、コンクリートのはく落、覆工厚が注入圧に耐えられない 200mm 以下の箇所、クラウン部に縦断的に存在する 3mm 程度のクラック、漏水、不明孔(建設時の打設孔など)がいたる所に確認された。

3. 実施内容

- (1) はく落対策工として連続繊維 FRP 格子筋工、既設導水樋撤去新設、覆工目地部に於けるはく落導水シート工、トンネル内装塗装工、WJ 工法による洗浄工、炭素繊維による覆工補強工等の施工を協議提案し注入数量減に対する代替工事とした。

- (2) トンネルの損傷が激しいこと、かつ詳細点検の実施による漏洩対策が困難なことから、当該路線の交通量（80,000 台/日）を考慮し、夜間通行止（集中工事）（図-5）において全 4 チューブ 550m³ の注入を完了させることが発注者からの強い要望であった。夜間通行止め規制可能時間（20：00～翌 6：00）、高速道路通行止規制方法、工事車両の入退場方法を協議し、また各空洞の位置と数量、各注入孔への移動時間、各班の日々の配置位置、生コン車配車計画、漏洩発生時の対策時間等を考慮し綿密な全体のタイムサイクルを計画した結果、施工班数を 3 班体制とすれば 8 日間での注入完了が可能であるとの結論に至った（表-1）。

また、トンネル詳細点検を実施し既存クラック発生状況、覆工面の劣化、損傷状況を調査、報告書を作成し集中工事に於ける注入工施工の妥当性の根拠付けとした（図-2～4）。

表-1 集中工事中（2日目）施工計画

集中工事 車両配置 2日目

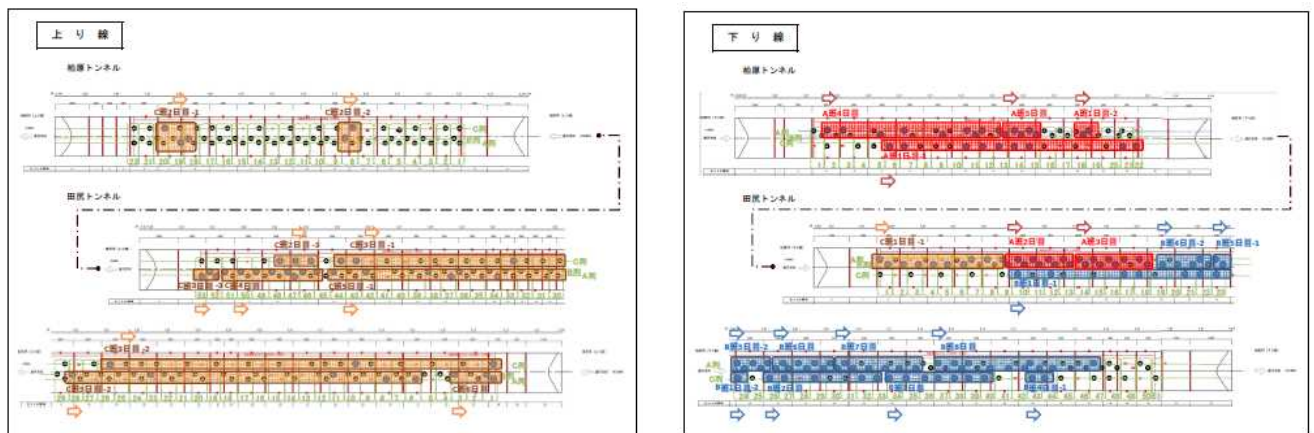
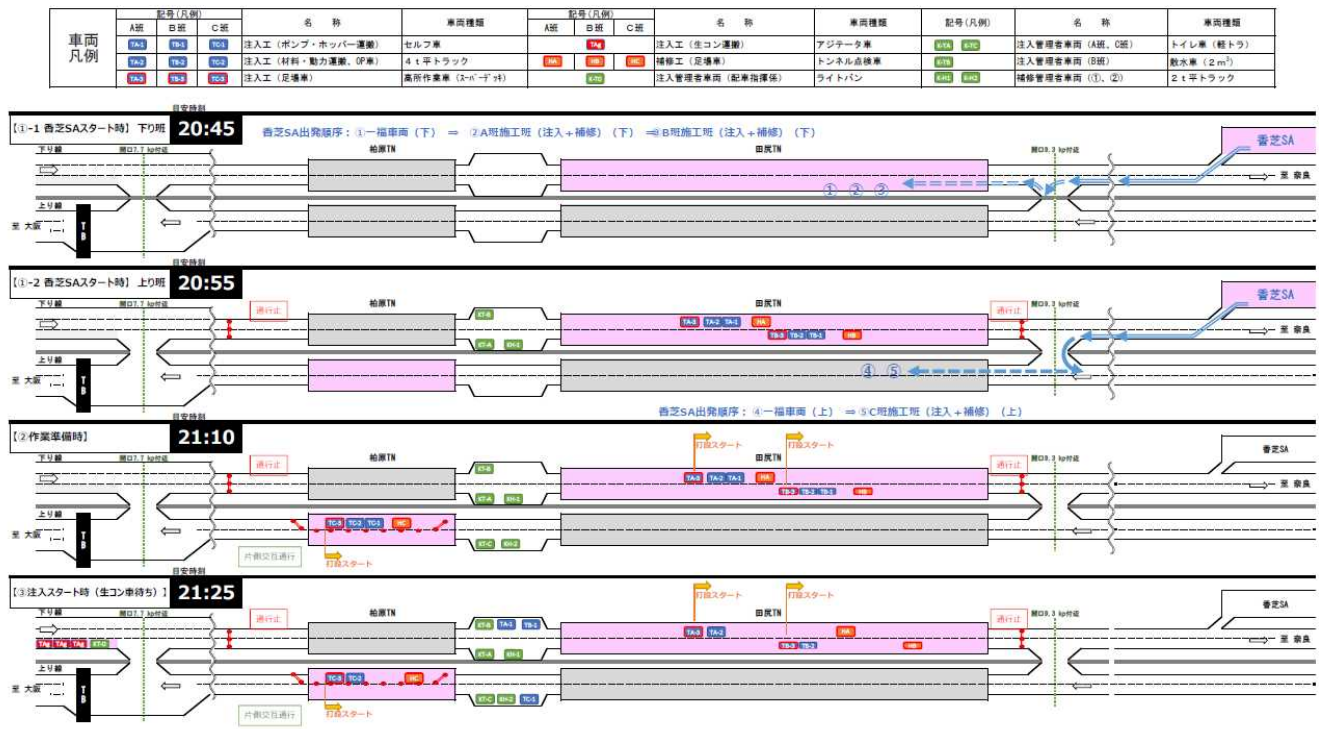


図-2 施工手順図

柏原トンネル 上り線

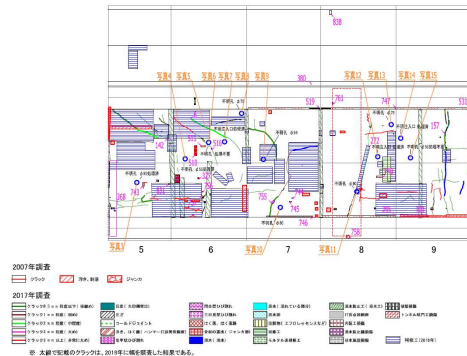
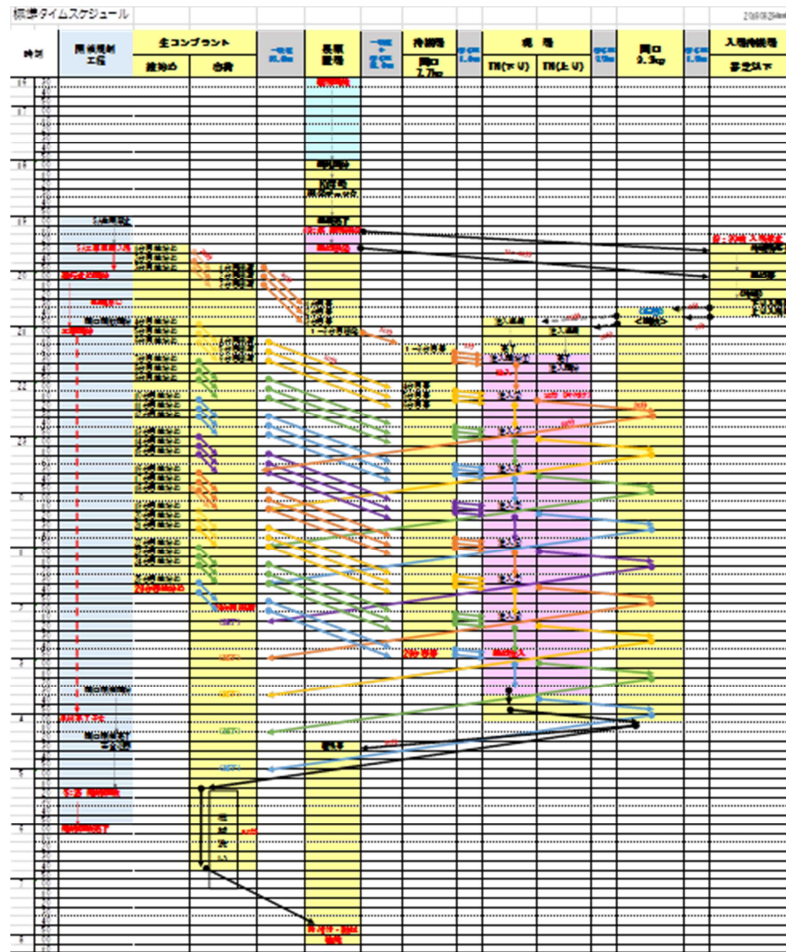


図-3 詳細点検報告書



図-5 規制概要図



図－4 標準作業フロー図

今回採用しているスペースロック (SR2) 工法は、全国に5セットほどしかなく3セットを当該時期に集結することは、至難の業であったが今回の集中工事における注工完了への発注者から強い要望を受け、粘り強い調整の結果、可能となった。また、高速道路の開放時間（翌朝 AM6:00）の厳守は必須であることから、不慮の漏洩や出水に対応するため漏洩対策班を注入班毎に配置し、対策資材を常備するとともに各注入孔直近にて高所作業車から目視監視、打音点検を実施し、トンネル覆工面の変状の有無を監視した。

SR2 工法は、注入材として可塑性エアモルタルを使用する工法で可塑性を有することから、非漏出性に優れており、5mm 程度以下の覆工コンクリートのひび割れ箇所および目地等からの漏洩がないとされる。また、水に対する材料分離抵抗性も高く空洞内に湧水がある場合であっても安定した強度が期待でき、空洞充填性が高い工法であることから、今回の施工条件に対して最適な工法であると考えた。



写真－4 覆工コンクリート損傷状況

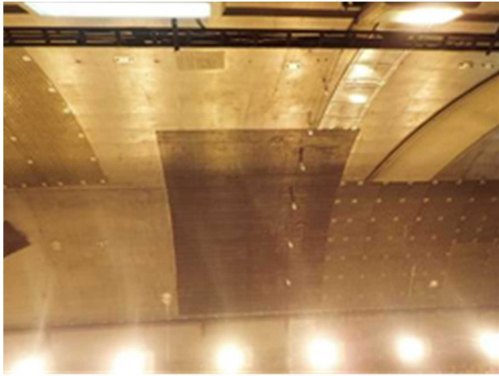


写真-5 覆工厚不測部の炭素繊維シートによる補強工



写真-6 集中工事 注入状況

4. 結果

注入量減による代替工事により、建設後 50 年を経過し老朽化を隠せなかったトンネルに対して、不要な導水樋の撤去、WJ による研掃工、視線誘導を目的とした内装塗装、目地部はく落導水シートの撤去新設などを施工した結果、外観的にもリニューアルすることができた。

集中工事（夜間通行止め）においての注人工の施工が可能となったことから、一般車へのリスク軽減が大幅に図れたこと、車線規制による施工時において問題となっていた生コン車の規制帯への入退場（交通量が多く規制帯への入退場に必要な車間距離が確保できない）についても解消することができた。更に走行車線から追い越し車線への注入孔の移動が可能となること、生コン車の高速道路内での U ターンが可能となるなど施工性が日々の規制による施工に比べ飛躍的に向上し、日注入量が平均 40m³/日・班となった（日々規制では、30m³/日・班を計画）。

施工結果としては、漏洩対策班を注入班毎に配置し監視漏洩処理を行ったことにより既設ガラスクロスが孕むような漏洩や、クラウン部の縦断クラックからの大きな漏洩も生ずることなく、予定 8 日間の注入期間を 6 日間で無事 4 チューブの注入を完了することができ、発注者の要望に応えることができた（注入量としては、算定注入量の 92%の注入量となった）。

施工条件の変更に伴う設計変更を発注者と協議し、有益な単価変更を頂き利益も向上することができた。

5. 今後の課題

今回の施工においては、施工箇所が供用中の高速道路内という条件下であり現地の計測や調査においても規制帯の設置を伴うことから、3D スキャナの活用により現地の

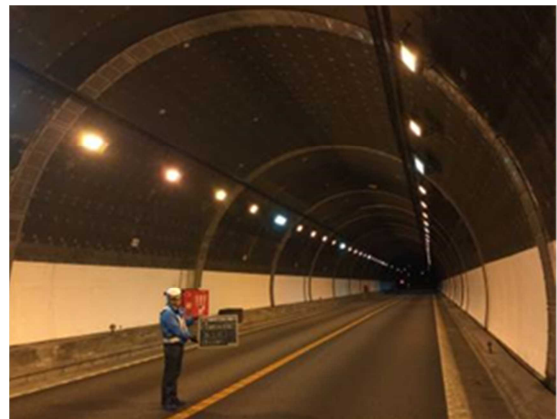


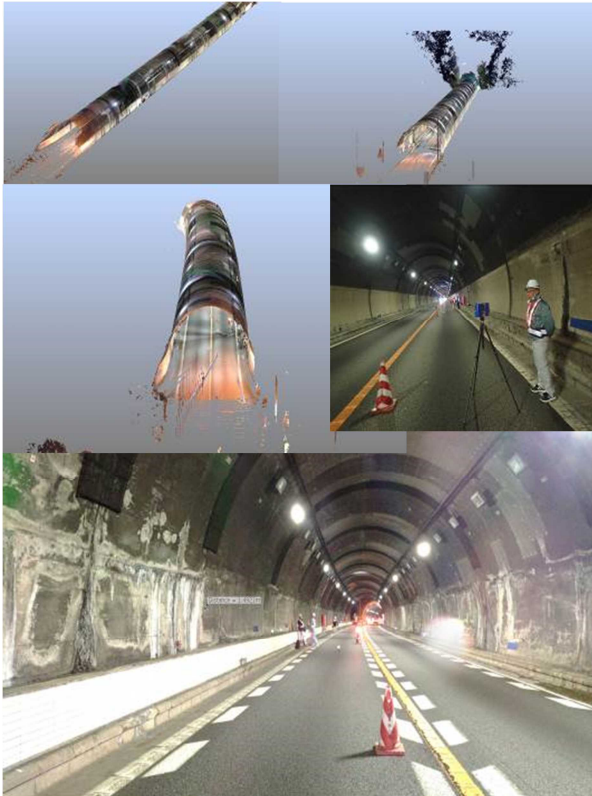
写真-7 完了全景



写真-8 完了全景

位置関係や寸法等をデスク上で把握することを可能とし施工計画の作成等に大きく寄与することとなった。

維持修繕工事については、今後更に増加することが予測され、今回工事のように既存インフラの機能を確保しつつ施工を行うことが求められるため、第三者の安全を確保するためのマネジメント手法については、重要性を増すと考ええる。



写真－9 3D スキャナによる取得データ

本報告は、社内の第12回技術発表会において発表された内容を編集したものです。