特集≫≫　ライフライン，インフラ

東海道新幹線大規模改修工事の構造物毎の施工事例

荒　鹿　忠　義

平成 26 年 10 月に開業 50 周年を迎えた東海道新幹線であるが，鋼橋・コンクリート橋・トンネルを対象として，予防保全の観点から平成 25 年度より大規模改修工事を開始し，安全かつ効率的な施工を実施している。本稿では，それぞれの構造物に対する施工事例について紹介する。鋼橋では，部材搬入方法等の工夫により施工を効率化し，コンクリート橋では，使用する材料の工夫により品質の確保に努めた。トンネルでは，保守用車に搭載するプラント設備の増強により，覆工背面の空隙が大きいトンネルでも覆工裏空隙充填を効率的に実施可能になった。また，鋼管膨張型ロックボルトやスーパートロの導入により，ロックボルト打設の効率化を実施してきた。

キーワード：東海道新幹線，大規模改修工事，鋼橋，コンクリート橋，トンネル，保守用車，覆工裏空隙充填，ロックボルト

1. はじめに

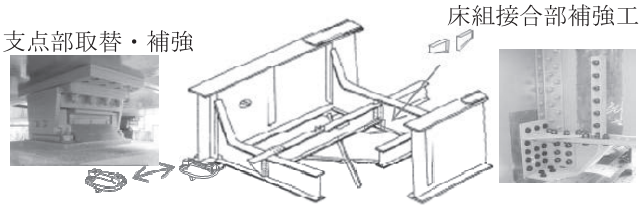
東海道新幹線は，昭和 39 年に世界初の高速鉄道として営業を開始し，平成 26 年 10 月に開業 50 周年を迎えた。この間，東海道新幹線の土木構造物は，日々の入念な点検・補修の積み重ねにより十分な健全性を保ち続けている。しかし，短期間で全線の建設工事を行った経緯から，経年劣化も集中的に発生することが懸念されたため，将来のいずれかの時点で大規模な改修工事が必要であると考えられた。

そこで，平成 14 年から大規模改修引当金を積み立てるとともに，同年に開設した自社研究施設により大規模改修の研究開発を重ねてきた。その研究開発の成果も活用し，東京～新大阪全線の鋼橋・コンクリート橋・トンネルを対象として，平成 25 年度から大規模改修工事に着手している[1)]。本稿では，現在進めている大規模改修工事について，構造物毎の施工事例を紹介する。

2. 現在進めている大規模改修工事の対策工法

(1) 鋼橋の対策工法[1)]（図―1）

平成 14 年より，鋼橋の継続的な実態把握を行うとともに，東海道新幹線で使用されていた桁を用いた長期疲労試験や実物大の模型を用いた試験により研究開発を推進してきた。その結果，列車運休や徐行を実施せずに，変状発生の抑止に有効かつ取替と同等の効果を有する工法を確立した。具体的には，主要部材の溶接部（縦ビード）からの亀裂を誘発する変状の発生を抑止するために，床組接合部の補強，支点部の取替・補強を計画し，現在施工を進めている。

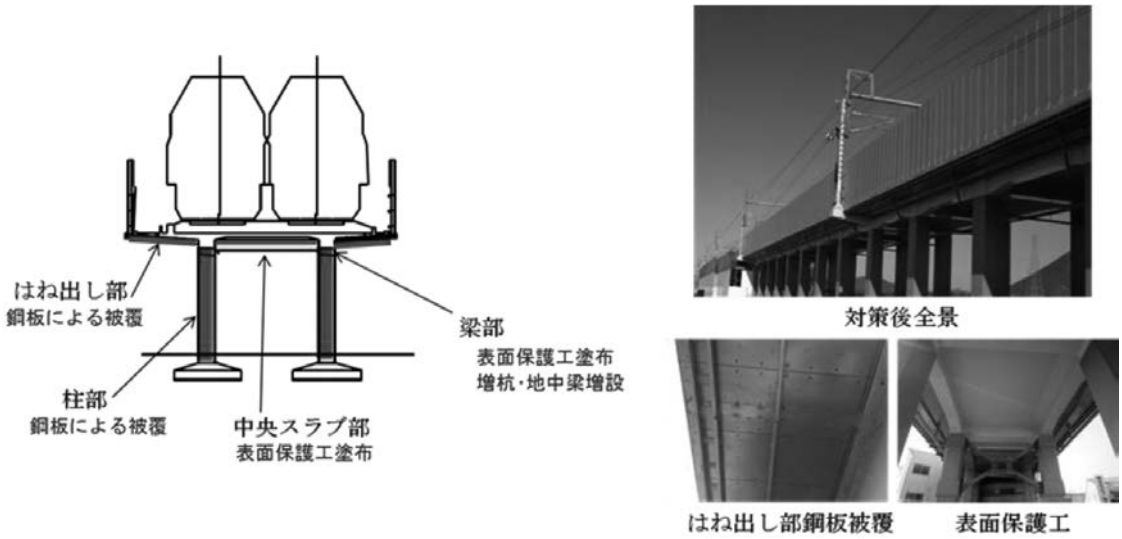


図―1　鋼橋の対策工法

(2) コンクリート橋の対策工法[1)]（図―2）

コンクリート橋では，平成 12 年以降中性化抑止を目的として，コンクリート表面を樹脂等により被覆する表面保護工を実施している。表面保護工施工後の継続的な検査により，はね出し部下面の一部において，表面保護工のひび割れが確認された。このひび割れは，直ちに安全・安定輸送に問題となるものではないものの，いずれは抜本的な対策が必要と考えられることから，大規模改修工事では，将来的にも確実に中性化を防止する方策として，はね出し部と柱部のコンクリート表面を鋼板により被覆することとした。

一方，中央スラブ部，梁部，主桁部には現在のところ表面保護工のひび割れがないことを確認しているた



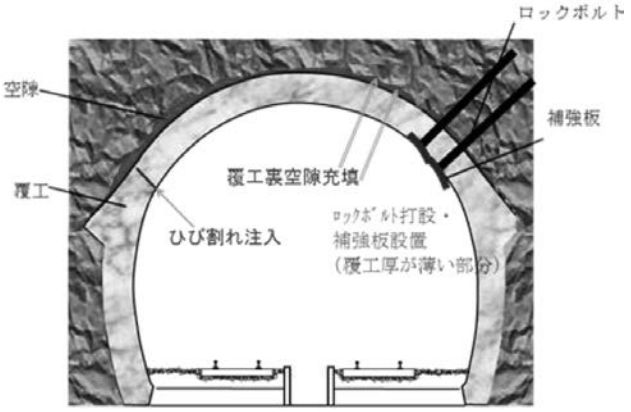
図―２　コンクリート橋の対策工法

め，当面は樹脂等によりコンクリート表面を被覆する表面保護工を実施することとした。

(3) トンネルの対策工法[1)]（図―３）

東海道新幹線のトンネルのほとんどは矢板工法で施工されたため，トンネルの覆工裏に空隙が生じやすい。覆工裏に空隙が存在すると地山との一体化が損なわれるため，コンクリート覆工の耐力が低下する。また，トンネルは列車走行による振動，空気圧変動の影響が大きく，その回数も多いため，これらの複合作用によるひび割れの進行も懸念されていた。

そこで，ひび割れの進行を抑止し，コンクリート覆工の剥落を防止するため，覆工裏の空隙を充填し，並行して既存のひび割れを樹脂材料で埋めることで覆工と地山を一体化させ，覆工の耐力を増加させる工法（覆工裏空隙充填工）を実施している。さらに，覆工裏空隙充填の際に覆工厚が小さいと確認された場合などには，部分的にロックボルト打設・補強板設置を付加的に施工することとした。

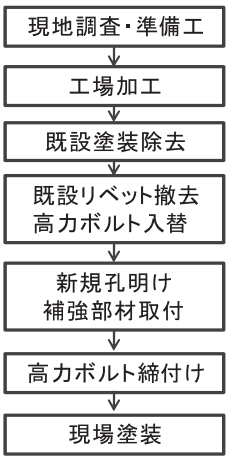


図―３　トンネルの対策工法

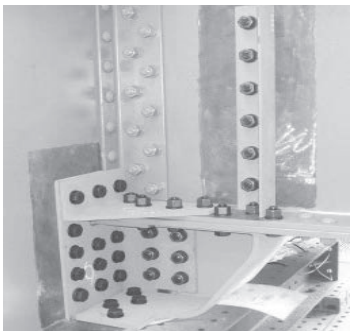
3. 鋼橋の施工事例（床組接合部補強）

(1) 施工概要

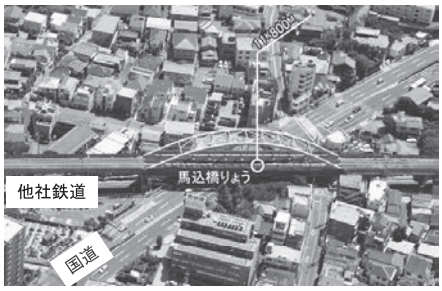
鋼橋における大規模改修工事の工法の一つである床組接合部補強は，下路ローゼ桁，下路トラス桁，下路プレートガーダ橋を対象に，**図―４**の施工フローの通り，縦桁と横桁の交差部に補強部材として舟形ブラケット部材（**写真―１**）を取り付けることにより行う。



図―４　施工フローチャート



写真―１　舟形ブラケット部材



写真―２　馬込橋りょう（架道橋）全景

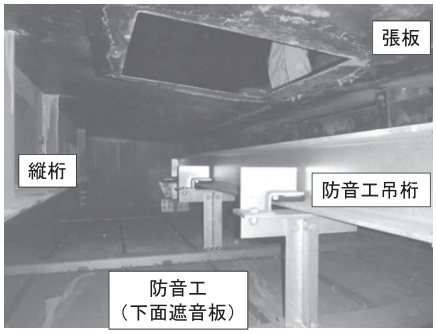
各橋りょうで作業環境は異なるが，多くは道路上あるいは河川上の桁内あるいは足場上のスペースでの作業となる。ここでは，特に施工条件の厳しい環境であった，下路ローゼ形式の馬込橋りょうにおける施工事例を紹介する。

(2) 施工における課題と対策[2)]

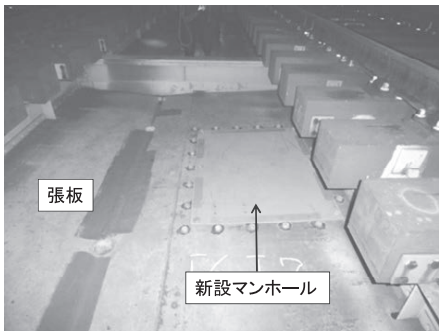
馬込橋りょうは開床式の構造であるが，下から「他社鉄道」「国道」そして「馬込橋りょう」がかかる３層構造となっている（**写真―２**）。また，雨水等が落下しないように桁の上面に張板が設置されており，桁の側面及び下面には騒音対策の防音工（遮音板）が設置されている狭隘な現場であった（**写真―３**）。以上のことから，馬込橋りょうでは，部材搬入方法や狭隘箇所での施工が課題であった。

部材搬入については，交通量等を考慮すると，橋りょう下の国道の規制は困難であるため，線路上から行うこととした。また，張板に既設のマンホールの大きさ（550 × 550）では部材搬入は困難であったため，新たにマンホール（680 × 940）を設置し（**写真―４**），その内部に足場材で仮置場を設置した。

また，狭隘箇所の施工については，床組接合部補強構造は横桁の表裏に同じ構造の部材を設置することから，それぞれに作業員が必要となる。この現場の大きな特徴として，横桁の下が狭く，往来が出来ない状況であったため，作業員を横桁の表裏で２班配置して作業を行った（**写真―５**）。



写真―３　橋りょうの内部構造



写真―４　新設したマンホール

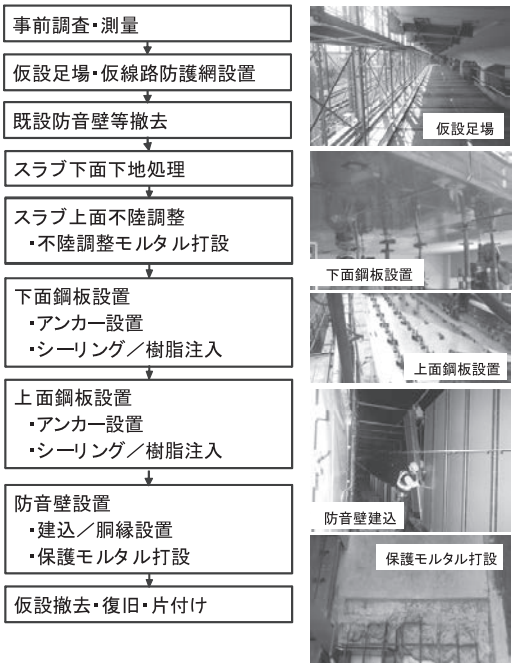
写真―５　横桁の表裏で２班配置しての作業

以上に留意して施工を行った結果，作業時間は４時間程度であったが，部材の搬入から補強材設置，後片付け，跡確認までの一連の作業を一晩で行うことができた。

4. コンクリート橋の施工事例（はね出しスラブ鋼板被覆）

(1) 施工概要

コンクリート橋の中性化抑止を目的としたはね出しスラブを鋼板で被覆する工法の特徴として，はね出し部コンクリートと上面・下面鋼板を樹脂により接着及びアンカーボルトで貫通することにより，両者を一体化できる点が挙げられる。施工フローは**図―５**の通りである。既設防音壁を撤去した後，スラブ下面の下地処理，スラブ上面の不陸調整を行い，鋼板取り付け



図―5　施工フロー

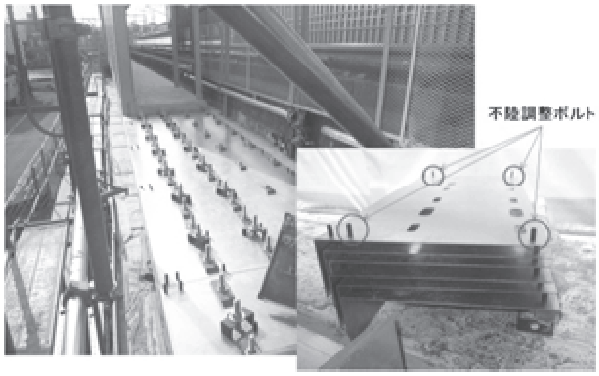
用のアンカーを設置し，シーリングしてから鋼板とスラブコンクリートの間にエポキシ樹脂を充填する。アンカー設置にあたっては，事前に鉄筋探査を行い，内部鉄筋を損傷させないよう配慮をしている。

(2) 施工における課題と対策[3)]

スラブ上部への鋼板設置は，不陸調整モルタル打設→モルタルアンカー打設→貫通アンカー削孔→アンカーボルト設置→上面鋼板設置→シール工→注入　の手順で行う。

所定の品質を確保するためには，はね出し部と鋼板の接着を確実に行う必要があるため，スラブ上面の不陸調整は品質の確保に重要な工程となる。現場の実情として，既設防音壁撤去等により不陸が生じるため必ずしも既存の高架橋スラブ面は水平ではない。したがって，上面鋼板設置面の水平精度を確保するために，ブロックごとに調整モルタルの打設厚さを調整する設計としている。モルタル打設の仕上り精度は新たな防音壁の設置のしやすさにも大きく影響するため，精度を向上させる取り組みとして，打設後の自己水平性を有するセルフレベリング材（**写真―6**）および不陸調整ボルト（**写真―7**）を用いた施工を行うこととし，全線に展開した。

写真―6　セルフレベリング材の使用



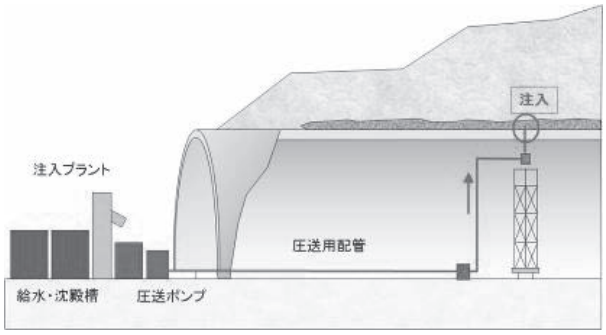
写真―7　不陸調整ボルトの使用

5. トンネルの施工事例

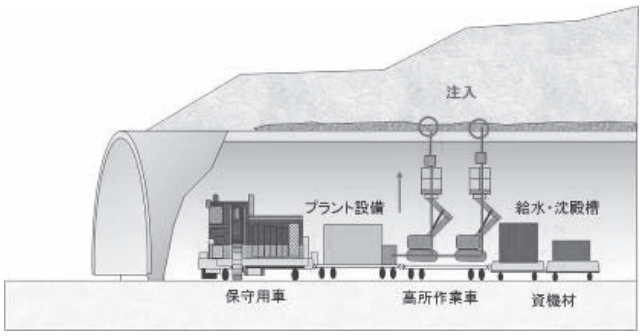
(1) 覆工裏空隙充填工事

(a) 施工概要

覆工裏空隙充填工事の施工方法としては，充填材料を製作するプラントをトンネル坑外に設置し，トンネル内の中央通路に配管して材料を圧送する「固定プラント方式（**図―6**）」と，充填材料を製作するプラン



図―6　固定プラント方式

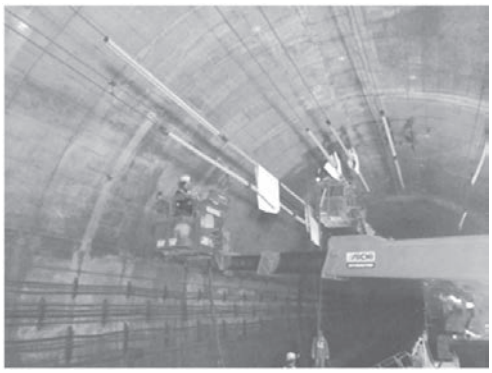


図―7　移動プラント方式

トを保守用車に搭載し，現地に材料を運搬する「移動プラント方式（**図―7**）」がある。本稿では，これらの２つの施工方法のうち，移動プラント方式について紹介する。移動プラント方式では，保守用車上に搭載した高所作業車を足場として使用し，充填作業やリーク確認もこの高所作業車上で実施する。また，配管距離に依存しないため，圧送時間の影響を受けない一方，保守基地から現場までの保守用車の移動距離に応じて作業時間が左右されるという特徴を有する。

（b）施工における課題と工夫点

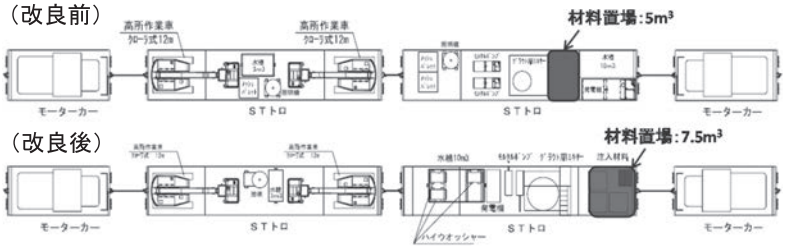
新幹線の線路内での工事は，営業列車の運行時間帯で施工できないため，夜間の限られた時間帯で施工することとなる。また，夜間には土木工事の他に線路を維持管理する軌道工事も滞りなく施工しなければならない。そのため，１日当たりの施工量を伸ばし，施工効率を改善することを目的として，２箇所同時注入を試行した。覆工裏空隙充填の移動プラント方式による２箇所同時注入の施工状況を**写真―８**に示す。



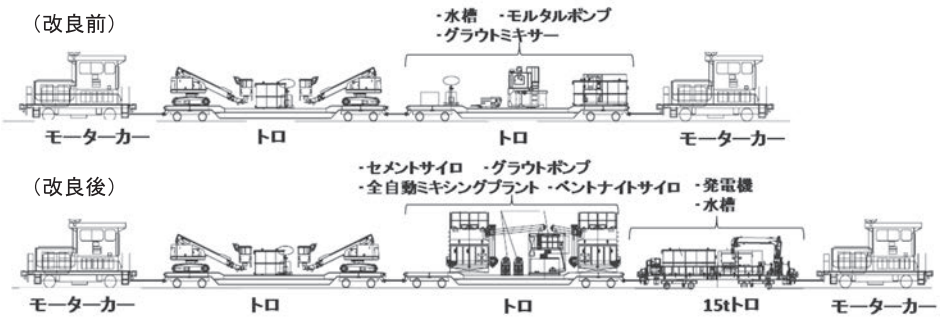
写真―８　２箇所同時注入の施工状況

移動プラント方式で２箇所同時注入を行うに当たっては，当初は日当たりの計画注入量を４m^3，注入材料のミキシングへの投入は人力で十分対応できると想定し，５m^3を積み込めるスペースを保守用車上に設けた。しかし，施工開始間もないころ，想定以上の注入量となり，材料切れにより作業終了となる課題が発生した。この課題を解消するため，プラントの配置替えや，**図―８**に示す材料置き場の拡大を実施し，注入材料の最大積載量を５m^3から7.5m^3に増加させた。この最大積載量の増加に伴い，日当たりの最大注入量は5.9m^3に増加し，材料切れによる施工終了の問題を改善できた（この改良を１回目とする）。

一方，移動プラント方式では材料の製造が一部人力によることから，固定プラント方式に施工能力で劣る。そのため，空隙が多いトンネルで１日当たりの注入量が増加した場合に材料切れになることが懸念された。そこで，固定プラント方式と同程度に材料の練混ぜ，注入が可能となるように，保守用車上にプラント設備の特注製作を実施した。**図―９**に，特注製作したプラント設備を搭載した保守用車の編成を示す。この図から分かるように，既存のトロにサイロ・ミキサー・グラウトポンプを，新たに追加した15ｔトロに発電機等を積載し，新しいプラント編成とした（この改良を２回目とする）。その結果，**表―１**に示す通り，改良１回目と２回目で最大積載量が約４倍，練混ぜ能力･時間，アジテータ容量が２倍となった。また，固定プラント方式と改良２回目で，同等の施工能力と



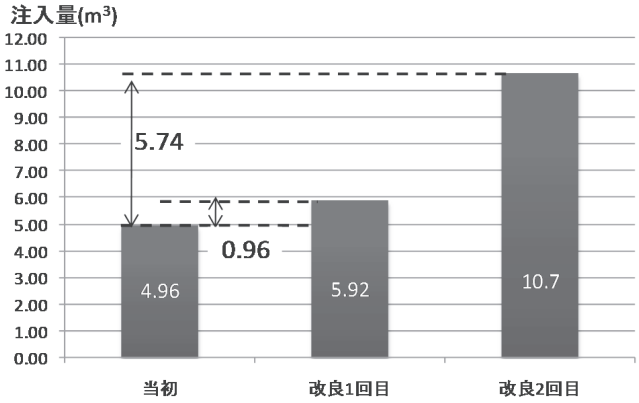
図―８　保守用車上の配置状況の改善



図―９　特注プラントの搭載

表―1　プラント能力の比較

比較項目	改良１回目	改良２回目	固定プラント方式
最大積載量（m^3）	7.5	28（10 t サイロ）	70（30 t サイロ）
１回あたり練混ぜ能力（m^3）	0.5	1.0	1.0
1 m^3 あたり練混ぜ時間（分）	20	10	10
アジテーター容量（m^3）	1.0	2.0	2.0



図―10　移動プラント方式改良前後の施工実績の比較

することができた。さらに，**図―10** に示す通り，施工実績を日当たり最大注入量で比較すると，当初と改良２回目で5.7 m^3 増加し，約２倍の施工能力となった。以上の取組みから，覆工背面の空隙が大きく，注入量が大幅に増えるような条件のトンネルでも効率的な施工が可能となった。

(2) ロックボルト打設

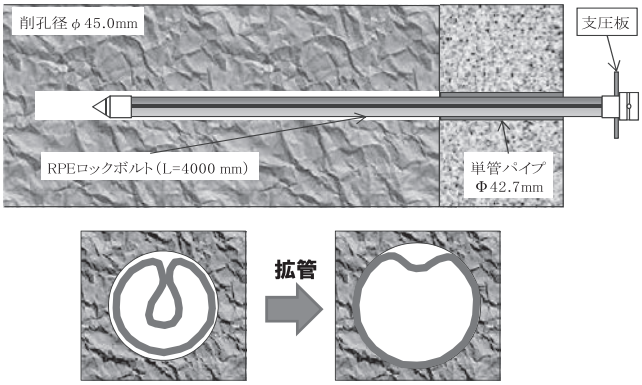
(a) 施工概要

トンネルにおける大規模改修工事の一つであるロックボルト打設は，主に覆工厚が小さい箇所およびひび割れの進展により覆工の剥落が懸念される箇所を対象に実施している。また，一部の箇所においては，必要に応じて補強板を設置することでより確実な剥落対策を行っている。

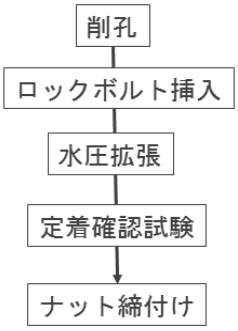
(b) 施工における課題と工夫点

トンネルのロックボルト打設は，ジャンボドリルと呼ばれる削孔機械を用いている（**写真―9**）。従来は異形鋼棒を打設しており，覆工および地山のジャンボドリルによる削孔，ロックボルト周面のグラウト充填の工程で１本の打設に３日間を要した。一方で，覆工裏込注入と同様に，夜間の限られた時間帯で実施することとなるため，更なる施工の効率化を検討した。

写真―9　削孔状況



図―11　鋼管膨張型ロックボルト概略



図―12　ロックボルト施工フロー

そこで，鋼管膨張型ロックボルト（以下 RPE ロックボルト）を使用した。**図―11** に RPE ロックボルトの概略図を，**図―12** に施工フローを示す。RPE ロックボルトは，ロックボルト周面のグラウト充填が不要であること，水圧による鋼管内の拡張で地山と定着するため，技術者の施工能力に左右されないことが特徴として挙げられる。これにより，作業日数を１日に短縮することが可能になった。

また，ジャンボドリルのアーム長は 5.2 m あり，ロッド長を含めると 6.0 m になる。施工に際しては，保守用車が施工位置に到着してから，ロッドをアームに取り付ける。しかし，この取り付け作業には，高所作業車を使用すること，およびトンネル内の架線を避けなければならないことから，多大な時間を要した。そこ

写真―10　スーパートロ

で，ジャンボドリルを搭載するトロを**写真―10**に示す低床タイプ（以下スーパートロ）とした。このスーパートロ上にジャンボドリルを搭載することにより，高所作業車を使用せず，かつ架線を回避してロッドを取り付けられるようになり，施工時間の短縮が可能になった。

以上のような工夫により，施工実績は，平均で２本／日，最大施工本数は７本／日となり，施工効率の向上を実現することができた。

6. おわりに

本稿で紹介したとおり，大規模改修工事を着実に進めるために，安全かつ効率のよい施工方法を当社と施工会社において日々検討し，協力しながら施工を進めてきた。今後も，東海道新幹線の安全・安定輸送のため，施工方法のさらなる改良に取り組むとともに，積極的に新たな技術の導入を検討していく。

JCMA

《参考文献》

1）関雅樹，森川昌司，吉田幸司：東海道新幹線大規模改修工事（Ⅰ章総論），JREA，Vol.56，No.8，2013
2）鍛冶秀樹，宇佐美龍一，小原久，小山研造：床組接合部補強の施工，土木施工，Vol.55，No.10，2014
3）石川俊朗，衣斐信行，斎藤伸明，鈴木貴之，杉浦弘治：コンクリート橋大規模改修の施工事例，土木施工，Vol.55，No.10，2014

［筆者紹介］
荒鹿　忠義（あらしか　ただよし）
東海旅客鉄道㈱
新幹線鉄道事業本部　施設部
担当部長