

新幹線トンネル耐震対策工事の考え方および施工機械編成の概要

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 土屋 尚登 中村 宏 下垣 正宏 斎藤 瞳
東鉄工業株式会社 ○正会員 岡村 直利

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震により、震源断層に近接した上越新幹線魚沼トンネル等が覆工の崩落等の大規模な被害を受けた。JR東日本では、「新潟県中越地震鉄道トンネル被害原因調査等検討会」により、鉄道トンネルにおける地震対策の必要性および対策方法等について検討を行い、活断層の近くに位置する、いくつかの新幹線トンネルについて耐震対策を実施することとした。

本稿では、東北新幹線の耐震対策工事を例に、対策の考え方、および対策を効率的に実施するための施工機械編成について、概要を述べる。

2. 対策の考え方

(1) 裏込注入工

トンネルの背面に空隙が存在する箇所では、空隙を埋めて、覆工に作用する地圧を分散、均一化させ、局所的な応力集中による覆工の損傷を防ぐことが必要である。

トンネル覆工表面からの電磁波探査により、覆工背面に空隙があると判定された箇所について、可塑性の注入材料(JETMS)を注入する、裏込注入工を実施することとした。

(2) ロックボルト工

覆工を地山に縫い付け、覆工塊の大規模な崩落を防止するとともに、覆工と地山を一体化することを目的として、ロックボルト工を計画した。

対策対象は、トンネル覆工ひびわれ等の変状が著しい箇所とした。1晩の実施工時間が2時間程度であること、工事誌等の記録によると地山が悪い等の施工条件であることから、施工のやり直しが出来ないことを考慮し、削孔とボルト挿入が同時に出来る、長さ4mの自穿孔ロックボルトを採用し、確実な施工と施工速度を上げることにした。なお、引抜き耐力は100kN/本以上とし、引抜き試験を実施して耐力確認を行うものとした。

(3) シート工

建設時の設計よりトンネル覆工厚が小さい箇所や、ひびわれ等の変状が広範囲に分散している箇所に対する対策は、シート工(AAA工法)を計画した。

3. 設計数量

現在の設計数量については、以下のとおりであるが、今後の詳細調査により増減が見込まれる。

対策項目	裏込注入(削孔)	ロックボルト	シート	
単位	m ³	本	本	m
東北	2,385	3,976	5,938	125

4. 施工機械の開発

新幹線における夜間作業では、短時間でより多く施工する必要があること、および機械留置や資材積込等のための保守基地の数も制限されていることから、施工の高速化・効率化のために、新たに施工専用機械を設計・製作した。

(1) STARS (Shinkansen Tunnel Aseismic Repair Staging-car) : (株)日本除雪機製作所製

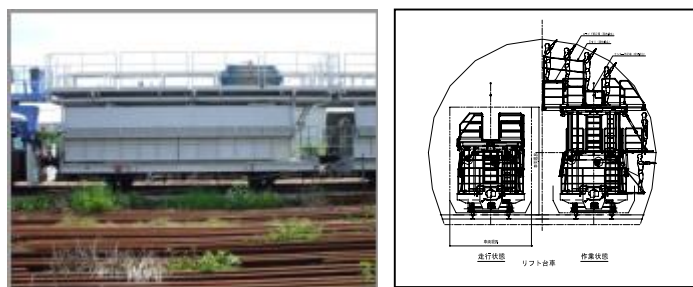
STARSは、従来の軌道モーターカーと比べて、急勾配での低速時牽引力を考慮し、2軸駆動とし、かつ重連運転を可能にした。また今回の新幹線トンネル耐震対策工事の作業性を考え、上部作業用の足場と側部作業用の足場を備えていることが特長である。



写真-1 STARS

(2) STAR-WL (Wide Lift) : (株)中部エンジニアリング製

STAR-WLは、主に裏込注入工の削孔、シート工、及びロックボルト工の緊張等の高所作業足場として、トンネル覆工面に対し、広範囲な作業床を確保することを目的として開発した。工事箇所において、昇降する作業床(側方への拡張スライド機能搭載)を、き電線に支障しないところまで上昇し、側方にスライドさせ、その後、最上部においては簡易足場を組み立てる。側部および下部は、折り上げてある作業床を回転させて下ろして、足場とする。広範囲な作業床を、短時間に組立て解体ができることが特長で、工事だけでなく、トンネル検査にも使用可能である。



側面写真-2 STAR-WL 断面
(3) STAR-MD(Multilink Drill): 古河ロックドリル(株)製

STAR-MDは、き電線等の施工支障となる吊下物を安全かつ迅速に避けるため、ガイドセルの回転軸に、関節を2箇所設けて、軸方向・軸直角方向への回転機能を与え、片側線路にしながら、トンネル中心から複線断面分の放射状にロックボルトの打設を行えることが特長である。

実際の施工では、自穿孔ロックボルトの先端ビットにより、トンネル覆工コンクリートと地山を同時に削孔して、ロックボルトを建込んでいく。削孔時間だけに限れば、覆工コンクリートと地山合わせて、数分で削孔可能である。

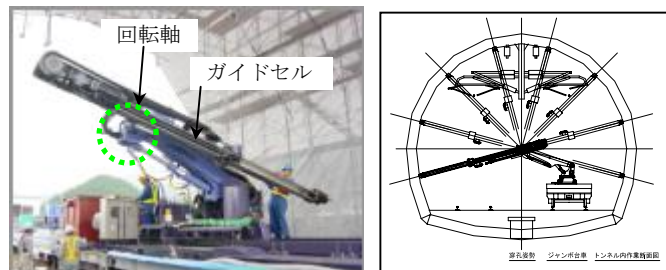


写真-3 STAR-MD(台車上でスライド可)
(4) STAR-SB(Slide Basket): 株式会社水谷組製

STAR-SBは、き電線等の施工支障となる吊下物を安全に避けながら、裏込注入時には注入の口元に、



写真-4 STAR-SB
ロックボルト削孔時には削孔部の口元に、作業員

編成 1 <裏込注入工(削孔、注入管設置)、ロックボルト工(緊張)、シート工> 編成長 83.7m



編成 2 <裏込注入工(注入)> 編成長 106.7m



編成 3 <ロックボルト工> 編成長 125.7m



図-1 施工機械編成

を移動させる目的で製作した。通常の高所作業用バスケットと同様の動きの他、バスケットとブーム本体が台車上をスライドできるのが特長である。

5. 施工機械編成

施工機械編成について、以下に述べる(図-1)。

(1) 編成1

裏込注入のトンネル覆工の削孔・シート工・ロックボルトの緊張工用で、広い作業床を必要とする工事用である。STAR-WLを連結し、前後にSTARSを連結して牽引する編成とした。

(2) 編成2

裏込注入工の注入用で、注入機材を載せる平台車2台、注入孔用STARS、確認孔用STAR-SBを使用する(1編成)。2編成分を連結して牽引する編成とした。トンネル内で1編成ずつに分割可能である。

(3) 編成3

ロックボルト工の削孔・注入用で、注入機材を載せる平台車、STAR-MD、STAR-SB2台を使用する(1編成)。2編成分を連結し、前後にSTARSを連結して牽引する編成とした。トンネル内で1編成ずつに分割可能である。

6. 施工実績

東北新幹線耐震対策工事の1年目の施工実績を以下に示す。概ね計画通りの施工だったと考える。

対策項目	裏込注入(削孔)	ロックボルト
単位	m ³	本
東北	1,161	1,431
		240

7. 今後の展望

東北新幹線耐震対策工事の施工は、これから佳境に入る。各施工機械・編成の長所を生かし、施工速度を上げて効率化していく必要がある。

また、STARS、STAR-WL、STAR-SBは、長期的視野に基づいて設計・開発されており、トンネル耐震対策工事だけでなく、トンネルの点検・検査・修繕工事にも有効活用が可能なものである。今後、これらの機械を幅広く活用する方法を検討し、また別途報告する機会を得たいと考える。