

在来線トンネル覆工背面注入による耐震補強

○東鉄工業株式会社 東京土木支店 正会員 馬場 康弘

1. はじめに

1932(昭和7)年に池袋から田端操車場間にある山手貨物線と東北貨物線を接続するため完成したレンガ造の中里トンネル。現在では、貨物線だけでなく湘南新宿ラインが走行する首都圏大動脈を担っている重要なトンネルの一つである。

トンネル覆工と背面地山との間に空洞が存在する場合、地震等により背面地山が崩れトンネルが崩壊する恐れがある。

空洞調査の結果、一部空洞が確認された為、トンネル耐震補強対策として、裏込注入工により覆工背面の空洞を充填し、覆工と背面地山との一体化を図ることとした。本稿では、夜間短時間の中で行った裏込注入工事の概要について報告する。

2. 注入材の選定

トンネル背面空洞に充填する一般的な注入材料としてはエアミルク、エアモルタル系が挙げられる。

しかし、これらの材料は、流動性が大きい為、地山の亀裂や覆工のクラックなどへの逸脱があるという欠点がある。この欠点を解消するため本工事では、JETMS(ジェットムス)を注入材として採用した。

以下に、JETMSの主な特徴と仕様を示す。

- ①長距離圧送性に優れている
- ②水による分離や希釈が少ない
- ③自立性や充填性能を有しながらも適切な流動性を兼ね備えている
- ④比重が小さく覆工に負担がかからない
- ⑤現場での取り扱いが簡単である
- ⑥安価である
- ⑦環境にやさしい

表-1 JETMSの仕様

材料名	種類
A 材	セメント系固化材
B 材	可塑系補助材
A材混和剤	遅延型流動化剤
B材混和剤	流動化剤

表-2 JETMSの標準配合

項目	A 液			B 液		
	A 材	水	混和剤	B 材	水	混和剤
品名						
数量 (kg/m ³)	400	200	2.0	90	633	0.9
体積 (L/m ³)	約 333			約 667		

3. 注入孔削孔

中里トンネルは、鉄道営業線が昼夜運行している為、夜間線路閉鎖間合いにて軌陸高所作業車を載線、現場まで移動させ、き電停止間合いにてトンネル覆工を削孔する。(写真-1)削孔後トンネル覆工と背面地山の空洞確認後、注入管を取り付ける。削孔箇所は1断面当たり3~4箇所とし、アーチ部に設けた。



軌陸高所作業車

削孔状況

写真-1 注入孔削孔

4. 裏込注入方法の選定

既存の施工方法は、以下の2通りである。

(1) 直接圧送方式

坑口にプラントを設置し、坑内注入箇所まで配管、圧送し注入する方式で、坑内にプラント車両が不要となる。

(2) アジテータ車運搬方式

プラントで混練したA液、B液を別々にアジテータ車に積込み、坑内注入箇所まで運搬する。運ばれた注入材を坑内プラントのポンプで注入する方式で、坑口付近にプラントを確保できない場合でも運搬時間が所定内であれば施工が可能となる。

本現場では、営業中の鉄道トンネルであり、トンネル坑口付近のプラントヤード及び配管スペースが確保できない状況であった。そこで、(2)のアジテータ車運搬方式を採用した。

しかし、坑内までアジテータ車を走行できないため、軌陸ダンプにタンクを載せ注入材を運搬することにした。なお注入材は、A材、B材を混ぜ合わせタンクに積込むことにした。また坑内プラント機材もすべて軌陸ダンプに積み込み車上プラントとして注入することとした。

5. 裏込注入工

プラントにてA材・B材それぞれを混練し、湿潤密度とフロー値が管理基準値内であるか確認するため、品質管理試験を実施した。

品質管理基準値を表-3に、品質管理試験の状況を写真-2に示す。

キーワード トンネル耐震補強工事、裏込注入工法 JETMS

連絡先 〒170-0008 東京都豊島区駒込 1-8-11(トーコー駒込ビル) 東京土木支店 TEL03-5978-2816

表－３ 品質管理試験

試験項目	品質管理基準値
湿潤密度	$1.3 \pm 0.1 \text{ t/m}^3$
フロー値	80～120
一軸圧縮試験	1.5 N/mm^2 (材齢 28 日)



JETMS 荷姿



品質管理試験状況

写真－２ 品質管理試験

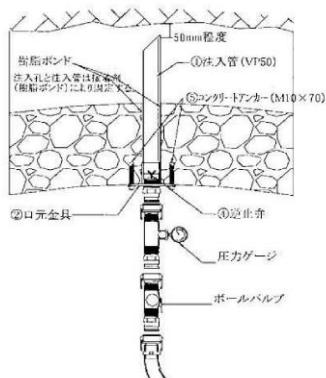
基準値内確認後、軌陸ダンプのタンクに材料を積み込みした。材料は作業時間を考慮し、1 日約 4 m^3 製造した。山手貨物線最終電車現場通過後、線路閉鎖着手手続きし、載線場より軌陸高所作業車と軌陸ダンプを線路に載線させ、現場まで移動した。

き電停止着手後(送電停止確認後)、軌陸高所作業車の作業床を注入箇所まで移動させ、注入準備を行った。注入箇所付近には防護管が取り付けられたトロリー線があるが、注入材飛散防止のためにシート養生を行った。

車上プラントからの配管設置完了後、注入開始した。(写真－３)注入開始直後は、注入圧力が急激に上昇しない様、注入圧力を低く(0.05 MPa 程度)設定した。

注入圧力は、グラウトポンプ吐出部付近と注入箇所にて圧力計を設置し注入圧力を管理した。

注入イメージを図－２に示す。



図－２ 注入イメージ図

工事の目的は、空洞部の充填である。どのくらいの空洞であるかは定かでは無い為、注入量で管理するのではなく、隣接注入孔からの注入材の洩れ、もしくは注入圧力が 0.15 MPa に達した時点で注入作業を完了とした。(写真－４)この管理値は、注入によるトンネル覆工に変状をきたさないよう 0.15 MPa と設定した。



写真－３ 注入状況



写真－４ 注入圧力管理状況

６．変状測定

裏込注入による軌道及びトンネル覆工に変状が無いか、注入前・中・後とレベルによるレール測定、ターゲットを注入孔付近に取り付けての光波測定を行った。(写真－５)

注入中レールレベル測定値に変位が見られた場合は速やかに作業を中止することとしていたが、施工完了まで、軌道、トンネル覆工に変状は現れなかった。



写真－５ 変状測定状況

７．おわりに

作業時間が約 2 時間という短い間合いの施工ではあったが、空洞部の充填を周辺環境に変状をもたらすことなく終えることができた。また営業線の運行に支障せず、鉄道を利用するお客様にご迷惑を掛けることなく無事に竣工することができた。

今回使用した充填材(JETMS)は、材料練り合わせ後の運搬が可能であるため、ヤードが無い鉄道トンネルに適していた。

また、作業終了後にはお客様を乗せた列車が運行するという特殊環境にあって、軌道・トンネル覆工に変状をきたさなかった安全性はより重要なことであった。

首都圏大動脈の一つであるトンネル耐震化を行い社会貢献できたことを誇りに感じている。

ここに、JR 東日本東京支社、東京土木技術センターのご指導を頂いたことに感謝の意を表します。