

トンネルの剥落対策について

東日本旅客鉄道（株） 正会員 遠藤 和重
 東日本旅客鉄道（株） 正会員 齊藤 吉司
 東日本旅客鉄道（株） 正会員 高野 幸宏

1. はじめに

内方山トンネル（上）は、常磐線の泉・湯本間に位置し、大正12年に建設され、79年経過した単線乙型（馬蹄形）である。構造は、アーチ部が煉瓦造、側壁部がコンクリート造の鉄道トンネルである。（写真1）

当トンネルは、昭和50年に地圧の影響を受けクラウン部に圧座、側壁部に開口のひび割れが生じ、トンネル内空断面に変形が見られるようになったことから、鋼製の補強セントルを設置した。また、平成4年には、アーチ部の覆工材である煉瓦に表面劣化や目地材欠落の変状が目立つようになり、煉瓦の剥落、劣化防止に吹付けモルタルを施工した補修歴がある。

ところが、平成11年頃から吹き付けたモルタルに浮きやひび割れが生じるようになり、特にセントルや間隔材に付着したモルタルの剥落による列車運転支障事故が懸念されるようになってきた。（写真2）

そこで、今回当トンネルでは従来にない吹付けモルタルの剥落対策を施工したのでその工法について報告する。

2. 剥落対策工の検討

(1). 工法の検討

当トンネルは延長が255.18mあり、1mピッチに補強セントルが設置されていて、問題の吹付けモルタルはアーチ部全体に施工されているという物理的条件と、夜間の限られたき電停止間合いでの施工という制約条件がある。

そこで、工法の選定にあたり、はつり落とし工法 トリカルネット等支持材による押え工法 既存のセントルを利用しアーチ部をステンレスメッシュで全体を覆う工法の3つに絞り、施工性、経済性、工期、安全性を重視しながら検討を行なった。その結果、吹付けモルタルの剥離・剥落対策は、モルタルの撤去が理想であるが現実にはかなり困難な作業となること、トリカルネットは、材質から応急対策としかならず、以前に碍子が漏水で破損し、トリカルネットが燃える事故が発生していることもあり、表1を参考に施工性、工期が他の工法より優れている案を採用することとした。

当トンネルは、吹付けモルタル補修前まで煉瓦の剥落対策としてセントルを利用して鋼板が設置されていたが、以前のように鋼板では覆工表面が確認できなくなり検査に支障をきたすことと、設置後の維持管理を考慮して恒久対策となるステンレスメッシュを選定した。

(2). 諸問題の検討

しかし、ステンレスメッシュを採用するにあたり以下のような問題があることがわかった。

メッシュとセントル（H鋼）との締結方法

安全性、施工性からの鋼線の太さ及びメッシュの長さの決定

ステンレスと鉄という材料の相違による電位差から生じるセントルの腐食対策

の問題点については、既存のセントルに以前設置した鋼板を取付けた径10mmの孔がありこれを利用することとしたが、メッシュの裏側に手が入らずボルト止めできないことから、当初リングを考案したが、列車による風圧や振動等による外力を殆ど受けないと推測できることから、結束針金（ステンレス



写真1 内方山トンネル(上)



写真2 吹付けモルタルの剥落箇所

剥落対策工の検討

工 法	施工性	経済性	工 期	安全性
案 ①	△	△	△	◎
案 ②	○	◎	○	△
案 ③	◎	○	◎	○

表1



写真3 結束針金

キーワード：トンネル剥落対策 ステンレスメッシュ工法

連絡先：〒310-0015 茨城県水戸市宮町1-1-20 TEL029-221-2992・FAX029-228-9651

製、生金）で止めることとした。（写真3）

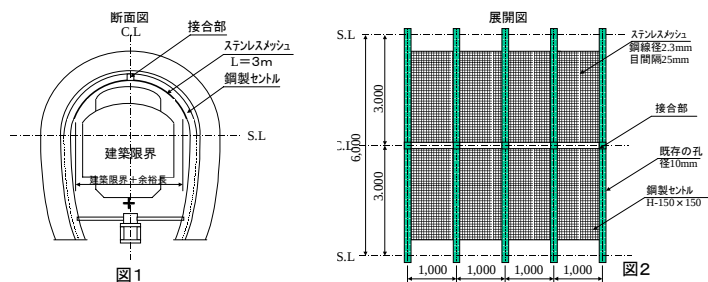
結束針金は、鋼線径、巻き数、巻き速度の違いによる強度試験を行い決定した。試験は、鋼線径1.2mmと1.6mm、巻き数1回と2回計4種類を準備し、各々の針金をH鋼の孔からメッシュの網目を通し、電動ドリルに2股の締め付け用アタッチメントを取り付け、巻き速度は1000回転/分と350回転/分の2種類の回転力によりアタッチメントを挿入するリングのほどき始めと針金をよじり破断する時の強度を確認することで行なった。（写真4）

その結果、ほどき始めについては鋼線径が1.6mm、2回巻きで巻き速度が1000回転/分の方が、よじりによる針金の破断についても同じく線径が1.6mm、2回巻きで巻き速度1000回転/分の方が大きいことから鋼線径1.6mm、2回巻きを採用することとした。

の問題点については、鋼線径1.6mmと2.3mmのメッシュを準備し内方山トンネルでH鋼間に人力で湾曲させて取付ける試験を実施した。その結果、鋼線径が小さいほど挿入は簡単となるが、1.6mmでは細くモルタルの落下衝撃を考えた場合、太いほど安全性が高まるが施工性（人力でメッシュを湾曲させ、セントルのH鋼間に挿入する難易度）も考慮して2.3mmを使用することとした。

メッシュの長さについては、クラウン部にセントルの接合部があることから1枚物にはできず、落下物はメッシュを滑り落ち列車に支障しない建築限界外に落ちればよいことから建築限界+余裕長を考え1枚3m、1箇所左右2枚6mとした。（図2、図3）

の問題点については、当初ゴム版をH鋼に貼り付け、H鋼とメッシュを絶縁する方法を考えたが、施工上のロス時間が発生することから、メッシュに工場加工で絶縁コーティングを施すこととした。



3. 施工の概要

平成13年5月29日から同年11月24

日までの180日間の工期で、夜間65分と43分の2間合いのき電停止手配（1日108分）により32日で施工した。作業は、き電停止開始後、足場を設置した軌陸ダンプ2台（2t）を踏み切りから載線し、1グループ6名の2パーティ体制でメッシュの押し込み、結束針金による締結の順で行なった。（写真5）作業そのものは単純であり、実績延長は1日当たり1パーティで5.2m5間、時間あたり約2.9mm3間となった。

ステンレスメッシュの形状は、トンネルのアーチ部が曲面となっている関係でメッシュをH鋼間に挿入する際、上下左右方向に湾曲させなければならないことから、大きさ、鋼線径については今回使用したものが限度であると感じられた。

4. おわりに

現在のトンネル剥落対策は、剥落物そのものの撤去（はつり落とし等）、覆工の一体性の回復（ひび割れ注入等）、支持材による押え（当て板、金網・ネット、補強セントル等）、被覆材による固定・劣化防止（繊維シート接着工、鋼板接着工、吹付け工法等）、地山への縫い付け（ロックボルト等）、置き換え（改築等）が主流であるが、今回内方山トンネルで施工した剥落対策は、従来の方法とは違い剥落の抑制はせず、落下物を安全な建築限界外に誘導するという点で、新たな工法である。

最近、トンネルや高架橋等でのコンクリートの剥落が問題視されており、従来の検査方法の見直しや検査機器の開発により検査精度の向上が図られてきている。しかし、補修方法が、変状の形態・原因・規模そして現場条件、環境等にマッチしていなければ、補修材そのものが落下物となりかねない。今回、内方山トンネルの剥落対策を施工して、一つの工法に孤立せず、多種多様な方面から経済性を含め検討を行い、新工法を考えることも必要であると受け止めている。



写真4 結束針金の試験風景



写真5 ステンレスメッシュ施工後