

既設の山岳トンネルの覆工背面空洞への対策工法の比較検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○藤井幹生, 水野光一郎, 久保田英生, 稲葉経仁, 阿部光三

1. 研究の背景と目的

山岳工法により建設されたトンネルの内、矢板工法で施工されたトンネルでは、施工方法の特徴から覆工背面に空洞が存在することがある。覆工背面空洞は、構造上の弱点となるため、必要により対策として裏込め注入工を実施している。

裏込め注入工は、トンネルの覆工部を削孔して注入口を設置後、注入材をトンネル覆工背面へ充填させる工法である。当社の裏込め注入工では、可塑性のある注入材料¹⁾を使用し、固化材であるA材と可塑剤であるB材の2種類の主要材料を混合させて可塑性を發揮させる工法を採用している。

裏込め注入工には、トンネル外のプラントヤードから配管を通じて、注入材を長距離圧送する配管圧送方式と軌陸車や保守用車にプラント機材・注入材料を積載し、現場へ運搬する車載プラント方式の2種類の施工方式がある。

配管圧送方式の適用範囲は、トンネル坑外にプラントヤードを整備できる程度の用地が必要で、施工箇所の背面空間が大きく長大なトンネルでの施工に適用すると考えられている²⁾。施工方式ごとに背面空洞量による適用範囲の検討や現場条件における施工の可否の検討は行われてきた。しかし、施工方式ごとの適用範囲の比較検討をしている事例は少ない。

今回、同一トンネル内の近傍箇所³⁾で2種類の施工方式による裏込め注入工を試行した。施工箇所・施工数量が異なるが、現場条件は同一条件である。施工方式ごとの施工実績から、施工コスト・優劣性を比較し、損益分岐点を確認することにより、施工方式の選定の目安の一例を検討する。

2. 配管圧送方式と車載プラント方式の施工条件

各施工方式において、施工条件を表-1、施工箇所の概略図を図-1に示す。いずれの施工方式においても夜間の作業時間帯で作業を行い、作業時間・仮設備は共通の条件で、資材ヤード・載線場は共通のものを使用した。施工方式ごとに異なっている施工数量・注入時間・日の施工量等の施工条件は、施工した実績から数量を平均化して求めた。

施工方式の概要として、注入作業はトンネル覆工に近接した作業となるため、写真-1, 2のように軌陸車を使用する。そのため、いずれの施工方式においても作業開始後に、載線場で軌陸車を載線させ、施工箇所へ移動し注入作業を行う。注入材を施工箇所まで運搬する方法が異なる。

キーワード：山岳トンネル、背面空洞、裏込め注入

連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル 31 階 JR 東日本 構造技術センター TEL 03-6851-0086

表-1 比較の対象とした施工条件

施工方式	配管圧送方式	車載プラント方式
作業時間	約4時間(夜間作業時間帯)	
仮設備	資材ヤード・載線場・プラントヤード・配管	
載線場～施工箇所	約400m	約4,000m
配管延長	約350m	—
軌陸車使用台数	4台	8台
施工延長	20m	20m
施工数量	約180m ³	約100m ³
注入時間	約1.5時間/日	約1.5時間/日
日の施工量	約13m ³ /日	約8m ³ /日

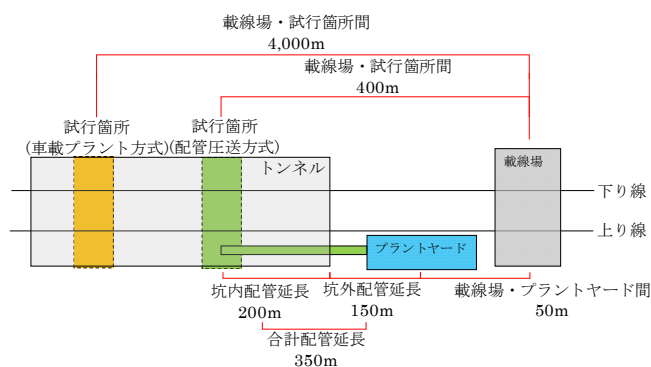


図-1 施工箇所の概略



写真-1 載線場

写真-2 裏込め注入

写真-3 配管

3. 各施工方式の比較

(1) 施工の優劣性

各施工方式において、施工時の優劣性を確認した。確認内容の一覧を表-2に示す。

確認された各施工方式の優位性の中で、最も優位な点は各々以下の通りである。

- ・配管圧送方式：日の注入量が多い
- ・車載プラント方式：移動距離に制限がない

表-2 施工方式ごとの優劣性一覧

施工方式	配管圧送方式	車載プラント方式
優位性	<ul style="list-style-type: none"> ・日の注入量が多い ・軌陸車の離載線・移動時間が短い ・作業員の人数が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・移動距離に制限がない ・施工量の変動に対応可能 ・配管等の清掃水・産廃量が少ない
劣位性	<ul style="list-style-type: none"> ・配管延長に制限がある ・施工量の変動に対応困難 ・配管等の清掃水・産廃量が多い ・配管圧送時間が長い ・配管の設置撤去・管理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・日の注入量が少ない (軌陸車に積載できる数量に依存) ・軌陸車の離載線・移動時間が長い ・作業員の人数が多い

(2) 施工コスト

各施工方式における施工コストを以下の条件で算出した。

- ・施工箇所の条件は一律とする。
(1ブロックあたり施工延長:20m, 施工数量:100m³)
- ・施工箇所はプラントヤードから2,000mまでの位置とする。
- ・施工箇所～坑口の全ブロックを施工した場合とする。
- ・日の施工量は、表-1を参照する。
- ・施工箇所位置200mの施工コストに対する施工コスト比を算出する。

上記の条件から求めた施工コスト比を図-2に示す。

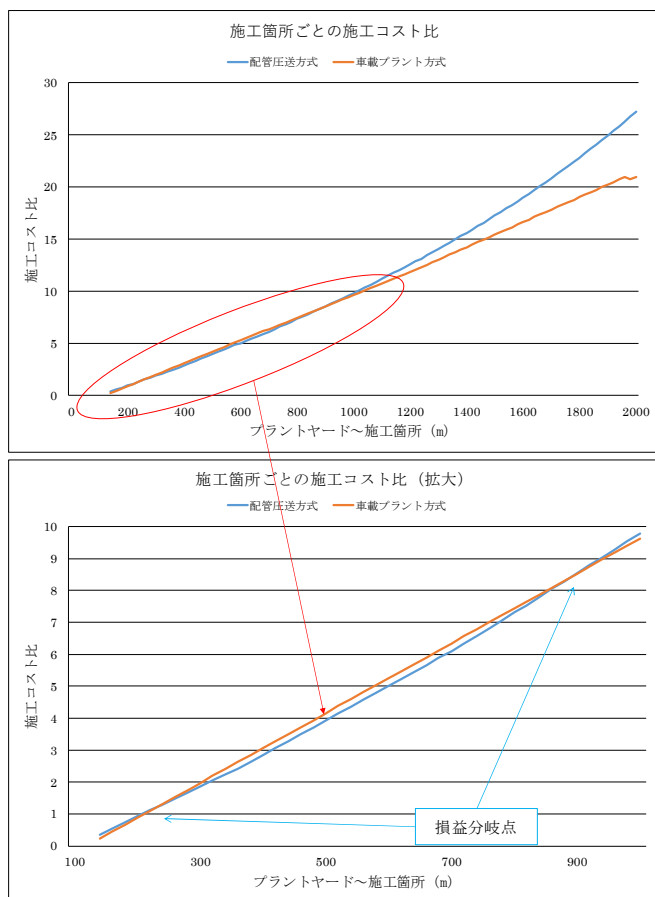


図-2 施工箇所ごとの施工コスト比

4. 比較結果

今回の検討条件において、各施工方式を比較すると、プラントヤードから施工箇所までの距離が短い箇所と長い箇所の2箇所において損益分岐点があり、配管圧送方式が優位性を持つ施工条件があることが確認された。

配管圧送方式は、1日の施工量が多いため、施工日数が少ない。そのため、注入作業に関わる施工コストは低い。しかし、配管延長が延びるほど、配管等の仮設備の管理コストや配管内・プラントヤード内の清掃水および注入材料のロスによる産廃コストが高くなると考えられる。

配管圧送方式において、配管延長が延びるほど、注入作業の施工コストより仮設備の管理コストや産廃コストの方が全体的な施工コストに大きく影響すると考えられる。

そのため、施工方式の選定の目安としては、以下の条件下において、車載プラント方式を採用するとよいと思われる。

- ・プラントヤードと施工箇所が近い箇所
- ・プラントヤードと施工箇所が遠い箇所

今回の比較において、背面空洞量が施工箇所ごとに異なることや、事前に実施した電磁波レーダー等による空洞量調査で想定した背面空洞量と注入量が異なることが確認されている。そのため、実施工においても効率的な施工を行うために、施工前の空洞量調査による想定数量の計測精度の向上に伴い、施工コストの算出精度を高めることがより一層必要となると考えられる。より効率的な施工方法を検討することにより、産廃コストを含めた施工コスト全体の削減を行うことが出来れば、配管圧送方式が優位性を持つ条件が広がると考える。一方で、車載プラント方式において、作業の機械化により作業人員の削減を行うことで、施工コストの削減が出来るため、今後、検討していきたいと考える。

5. まとめ

今回の検討では施工実績を基に、施工箇所ごとの背面空洞量を一律と考えて施工日数・施工コストを算出し、前述の内容が確認された。

本稿が今後のトンネルの維持管理業務の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 木戸素子, 清水満, 松田芳範, 面高安志: 可塑性裏込め注入材料の開発, トンネル工学研究論文・報告集第8巻, 1998.11
- 2) 田川謙一, 桑原一生, 岸尚喜, 朝倉康之, 山崎誠也: 東海道新幹線開業50周年トンネル大規模改修工事の施工事例-覆工裏空隙充填工事, ひび割れ注入工事-, 土木施工(Journal of Civil Engineering), VOL55, 2014.9