

ポリマーセメント系裏込め充填工法の道路トンネルにおける適用とその報告

日本道路公団

四国支社

石川 敏博

同

静岡建設局

焼津工事事務所

正会員

宮内 智昭

清水建設

名古屋支店

静岡土木営業所

正会員

竹中 千尋

同

土木本部

技術開発部

フェロー

河野 重行

1.はじめに

在来工法で施工されたトンネルの覆工背面の空隙を充填することは、トンネルの安定上、非常に重要である。従来、エアミルクやエアモルタルなどの材料が空隙充填に用いられてきたが、これらの材料は流動性が高いため、当該空隙以外への材料の逸脱が大きく、その結果、限定注入が困難だけでなく、坑外への流出による周辺環境への影響が懸念されていた。今回、筆者らは、従来の充填材料の課題を解決する新しい充填材料であるポリマーセメント系を用いた充填工法（以下、アクアグラウト工法と称する）を実際のトンネルにおいて導入し、その効果を確認したので概要を報告する。

2.適用の経緯

東名高速道路の日本坂トンネルのリフレッシュ工事にともない、日本道路公団焼津工事事務所では、全面通行止めによる覆工背面空洞の裏込め充填工事を計画した。同トンネルは、事前調査の結果、覆工背面には平均 $4\text{m}^3/\text{m}$ 程度の空隙が確認されている。また、坑口付近を中心として破碎帯が存在し、覆工背面から地表まで到達している。湧水はトンネルのセンタードレーンおよび側溝を経由し、坑口周辺の河川および井戸へ流入している。したがって、周辺環境への注入材料の流出を防止しつつ、覆工背面空隙を確実に充填すべく、筆者らは充填材料の選定に際し、以下のような要求性能を設定した。(1) 限定注入性に富み、空隙が確実に充填できること；(2) 浸透性はなく、破碎帯等へ逸脱しないこと；(3) 地下水に対し、材料分離抵抗性が高いこと；(4) 撓変性があり、圧送中は流動性を示すが、圧送を止めると充填材が自立し、流出しないこと；(5) トンネルの目地やクラックから注入中に材料が漏出しないこと。

以上の要求性能を勘案し、筆者らは、アクアグラウト工法を同トンネルの覆工背面空洞充填に採用した。

3.施工概要

本トンネルにおいては、坑口部から 175m の区間においてアクアグラウト工法を計画した。アクアグラウト工法における充填材は一液性であり、現場配合は、数種類の試験練の結果、表-1 に示す要求品質を満たすべく決定した（表-2 参照）。

表-1 充填材料の要求品質

項目	要求性能	試験方法
テーブルフロー値	$180 \pm 25\text{mm}$	JIS R 5201
圧縮強度	$1\text{N}/\text{mm}^2$ 材齢 28 日	JSCE-G505

工程の関係から、高速施工を可能とする自動プラント（充填材製造能力は最大 $140\text{m}^3/\text{分}$ ）を坑外ヤードに設置し、注入箇所まで圧送した（図-1 参照）。圧送は 2 系統とし、1 系統は直接圧送、他の 1 系統は中継プラントを経由し、2 箇所での同時注入とした。注入孔は天端 1 列と両肩 2 列とし、各孔をトンネル軸方向に 3m 間隔で配置した。まず、両肩から左右均等に注入を行ない、

表-2 充填材料の現場配合

最後に天端孔から行なった。注入に際し、隣接の孔から注入材が漏出するか、注入口元での圧力が $0.2\text{N}/\text{mm}^2$ に達した時点で注入を中止し、次孔へ移る。アクアグラウト工法で用いる充填材料は覆工面の目地やクラック

単位量(kg/m^3)			
セメント	アクアグラウト ベントナイト	アクアグラウト 混和剤	水
350	215	8.4	801

キーワード：ポリマーセメント系、アクアグラウト工法、裏込め注入工、覆工背面空隙、トンネル

連絡先：東京都港区芝浦 1-2-3 TEL 03-5441-0518 FAX 03-5441-0508

クから流出しないため、注入に先立つ逆巻目地などのシール工は不要である。

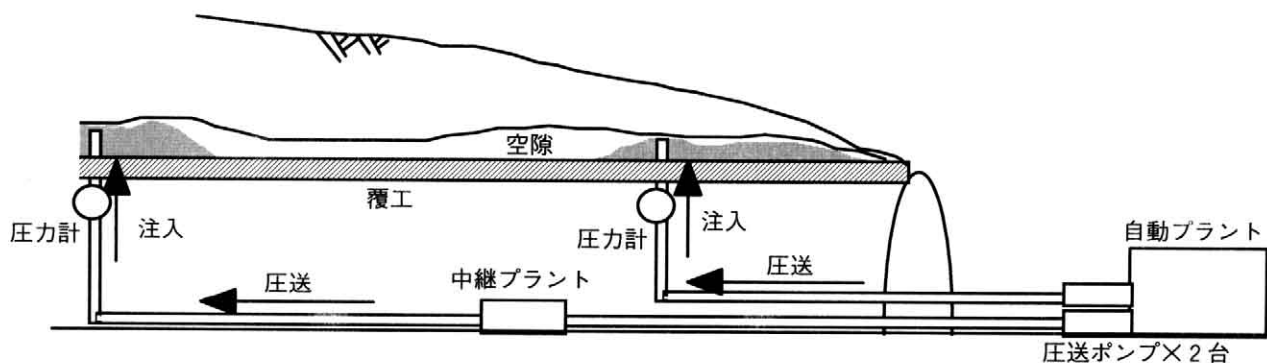


図-1 設備概念図

4. 施工状況

本工法施工区間においては、縦断方向の逆巻目地や覆工中のクラックへの事前シール工を施さないにもかかわらず、該当する目地やクラックからの本材料の漏出はまったく見られなかった。注入中には、天端部の覆工背面での滞水がアクアによって置換されながら目地やクラックから押し出され、坑内に流出する状況は頻繁に観察されたが、いずれの場合も水は透明であり、材料分離は認められなかった。注入完了後、天端からの漏水は結果的に少なくなっていることが観察され、空隙が充填されたことが容易に推測された。

また、全体の6割の注入箇所において、注入中に、隣接する注入管から材料の漏出が確認された。注入管の天端は地山から5cm下がりになるようセットされていることを勘案すれば、隣接箇所まで充填されていることを示しており、本材料の高い充填性が確認された。また、その他の注入箇所では注入口元で注入圧力が所定値まで達して注入完了したところが多く、充填性の高さが推測された。今回、実際に削孔により判明した空隙高のデータ（天端および両肩）から推定された施工区間の空洞量に対し、実注入量合計はほぼ同等となり、注入中の充填材料の逸脱率が非常に小さく効率的な充填が行なわれたことがわかる。一方、トンネルのセンタードレーンおよび側溝、トンネル下流の用水路や河川などへの注入材料の流出はなかった。

試験練りおよび施工中の品質管理における強度試験結果より、所定の強度（表-1 参照）を満足していることが確認された。また、テーブルフロー値も管理値に収まっていることが品質管理において確認された。

5. 充填確認用チェックボーリング結果

本施工区間において任意に3断面を設定し、天端3箇所、肩6箇所、SL部2箇所の計11箇所において、コアボーリングにより、コアを抜き、充填状況および充填材の品質を確認した。その結果、採取されたコアは、全孔について欠損部が見られず、天端部、肩部ともコア採取箇所において地山に密着した充填が確認された（写真-1 参照）。これらの結果と、前述した施工中の隣接孔からのリークや注入圧力などを考慮すると、全線にわたりアクアにより空隙が完全に充填されたものであると考えられる。

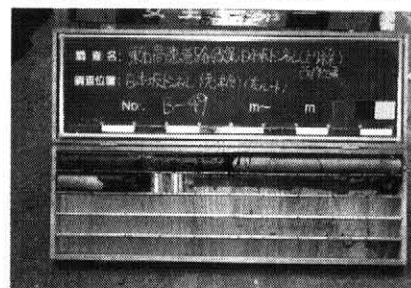


写真-1 天端部コア（空隙高62cm）

一方、採取したコアを整形し、一軸圧縮試験を行なったところ、最低で 2N/mm^2 あり、実際に打設された充填材の強度が、要求性能である 1N/mm^2 を確保していることが確認された。

また、採取されたコアを観察すると湧水などによる材料分離はまったく見られず、一様に固結している。

6. 今後の課題

今回、道路トンネルにおける実際の施工を通し、アクアグラウト工法の有効性を確認した。筆者らは、本工法による多くの実績を踏まえてさらなる改善に努め、より一層の施工性の向上、大量施工およびコストダウンを目指すべく努力していく。