

VI-113

トンネル覆工背面新充填工法の実施工への適用とその報告

清水建設 土木本部	正会員 河野 重行
鉄道総合技術研究所 構造物技術開発事業部	正会員 朝倉 俊弘
西日本旅客鉄道 大阪建設工事事務所	正会員 川嶋 正年
大鉄工業 土木支店	正会員 安居 和博
清水建設 大阪支店	正会員 菊池 定男

1. はじめに：

老朽化したトンネルの覆工背面に存在する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。著者らは、従来の充填材料および工法の課題を解決する新充填工法「アクアグラウト工法」を実際のトンネルにおいて導入する機会を得、その有効性を確認したので、概要を報告する。

2. 導入の経緯：

対象となるトンネルは、JR舞鶴線の4本のトンネルである。これらのトンネルは天盤部を中心として覆工背面に空隙が確認されており、その結果、覆工に局部的に不均一な荷重が作用している可能性があるため、空隙の充填が計画された。覆工はレンガ構造であり、建設から約90年が経過している。したがって、レンガや目地の傷みによるレンガの剥離や脱落などが危惧され、充填による覆工への影響を最小とし、かつ、空隙を確実に充填できる充填材料・工法が選定された。天盤部を中心とする充填材料に要求される品質は以下のとおりである。(1)空洞への充填が容易でかつ確実に行なわれること。(2)トンネル壁面の隙間や空隙周辺の地山の亀裂からリークしにくいこと。(3)水中にでも注入でき、止水性に優れていること。(4)強度発現が早く、充填が終了後、直ちにトンネル供用ができること。(5)ポンプ圧送ができ、圧送前後で品質の変化がないこと。(6)比重が小さく、覆工レンガに余分な荷重をかけないこと。(7)トンネル外に流出しないこと。

以上の項目が詳細に検討された結果、要求品質を満たすものとして「アクアグラウト工法」が採用された。

3. 施工の概要：

「アクアグラウト工法」の設備の構成を図-1に示す。トンネル坑外部にプラントを設置し、トンネル坑内の充填箇所までポンプ圧送する。今回の4本のトンネル施工において、最大の圧送距離は約160mであった。注入孔には、塩化ビニール製パイプが、覆工を貫通して、空隙の天端から50～100mm下りの高さになるように取り付けられ、注入用だけでなく、エア抜きおよび漏出による充填確認として用いられた。注入口元には事前に口元金具を取り付け、注入時にフレキシブルのゴムホースの先端を口元金具に固定し、注入した。

今回、採用した「アクアグラウト工法」の充填材料の配合例を表-1に示す。配合に対する要求品質は、4週の一軸圧縮強度が 2N/mm^2 以上であるとともに、練り混ぜ後のフロー値が $180 \pm 25\text{mm}$ である。

施工手順は、1バッチ(250 L)に相当する表-1の配合の材料を、ミキサを攪拌させながら、水、セメント、アクアグラウト混和材、ペントナイトの順に投入し、4分間攪拌することにより、充填材料を練上げた。練混ぜは、2バッチを同時に練るため、2バッチ(500 L)を6分間で行った。そして、練上りの都度、アジテ-

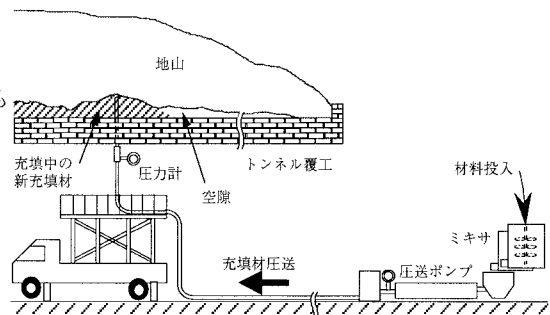


図-1 「アクアグラウト工法」設備構成図

キーワード：トンネル、覆工背面空隙、充填、材料分離抵抗性

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

タに充填材料を移し、ポンプで圧送した。エアミルクなどに見られるようなエアの管理は必要とせず、圧送も1系統であり、施工管理は非常に簡単であった。

4.施工状況：

新充填工法の品質管理として、施工日毎に1回、フロー値、単位容積質量、練上り温度を管理するとともに、供試体を採用し、標準養生で7日と28日の一軸圧縮試験を実施し、材齢28日の圧縮強度を管理する。

充填中の施工管理に関しては、注入口元の注入圧力は0.2N/mm²を越えるか、上流側の隣の注入孔から漏出が確認された段階で、充填を直ちに中止し、隣の注入孔に移動する(図-2参照)。漏出が発生した場合においても、空隙を確実に充填させるため、漏出した注入孔から再度注入を行った。

充填中の観察結果として、注入圧力の変動の傾向は、注入開始後は、空隙内部に設置された注入管の先端から抵抗なく充填材が吐出するため、注入圧は低圧域(例えば0～0.05N/mm²程度)でピストンポンプの脈動を示すが、次第に注入圧が上がってきて脈動幅も小さくなっていく。これは、空隙が充填されてくるため、注入管の先端からの吐出に抵抗がかかってくるためであると考えられる。充填状況を写真-1に示す。

また、新充填材の充填にともない、レンガ覆工の天盤部付近の目地から、水が勢い良くトンネル坑内に吹き出る状況が頻繁に見られた。これは、覆工裏の溜まり水が新充填材により押し出されたものと考えられる。この水を観察すると透明で懸濁しておらず、これは、充填材料が水により材料分離していないことを示しており、本充填材料の分離抵抗性の高さが確認された。そして、充填を継続するうちに、この流出している水が止まってくるのが確認された。これは、空隙が充填されたため、水が止まったものであると思われ、充填材料の止水性が確認された。観察を続けると、溜まり水の流出は充填の方向である下流側から上流側に移動する場合や、側壁部に移動した事例が確認された。

充填中・後を通してレンガ目地からのリークは全く発生しなかった。注入終了後30分程度経過した段階で、口元から口元金具を除去し、注入口にキャッピングを行うが、口元金具を除去しても充填材が漏れ出なかった。これは、経時変化による充填材のフローロスに加えて、本充填材の降伏値が大きいことから、自重程度の力では流動変形せず、口元から漏出しづらいためであると考えられる。一方、充填途中にプラントのトラブルなどにより最大1時間程度、圧送が中断し、管の中に充填材が留まったことが数度発生したが、いずれの場合も、圧送が順調に再開できた。これは、本充填材が、圧をかけないで静置すれば自立する反面、1～1.5時間程度はポンプ圧送が可能な適度なフレッシュ性状を有していることによるものである。また、強度に関しても、採取した供試体による一軸圧縮試験の結果（28日）は、すべて要求品質の2N/mm²をクリアした。

5.今後の課題：

実打設を通して、新充填工法「アクアグラウト工法」の有効性が確認された。今後は、大量打設や高速施工等に対応できるためのさらなる施工性の向上や、種々の施工条件に合った配合・工法の開発を行い、より実用性の高い工法を目指すものである。

表-1 充填材料の標準配合例

使用材料 (1m ³ あたり)			
ベントナイト	セメント	アクアグラウト 混和材	水
356 k g	297 k g	9.5 k g	760 k g

アクアグラウト混和材とは特殊吸水性樹脂と急結剤との混合物

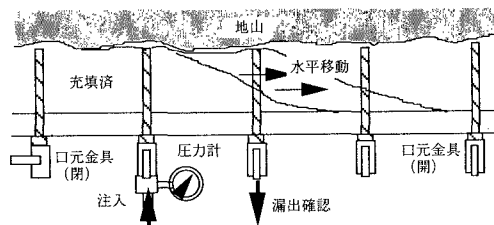


図-2 充填計画図

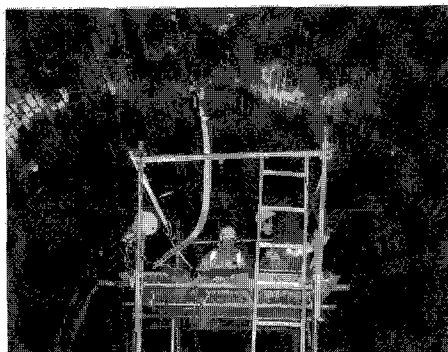


写真-1 充填状況