

(VI-4) トンネル覆工背面空隙への新充填工法の開発と実トンネルへの適用

○ 清水建設 土木本部	正会員 藤原康政
鉄道総合技術研究所 構造物技術開発事業部	正会員 小西真治
清水建設 土木本部	正会員 河野重行
清水建設 土木本部	正会員 木内 勉

1. はじめに

鉄道や道路、水路などに多くのトンネルが供用されているが、既設トンネルの老朽化対策は大きな課題となっている。老朽化したトンネルには、天井部を中心にトンネル覆工背面と地山との間に空隙が生じていることがあり、覆工背面の空隙を充填することは、トンネルの安定上極めて重要である。従来、覆工背面への充填材料としてはエアミルクやエアモルタルなどが使用されてきたが、地山に亀裂があったり覆工にクラックがある場合は、材料が逸脱しやすく品質管理に苦勞を要した。

筆者らは新しい充填材料を用いた充填工法「アクアグラウト工法」を開発し、実際のトンネルへの施工に使用し、その有効性を確認することが出来た。

2. 新充填材の材料と特性

一般にトンネル覆工背面空隙へ充填する材料としての要求性能は、地山の亀裂や覆工のクラックなどへの逸脱が少ないこと、空隙天端までの注入が容易であること、地下水などの水に対する分離抵抗性が高いこと、充填材料として一軸圧縮強度は $1\sim 2\text{N}/\text{mm}^2$ 程度以上を有すること、比重は $1.3\sim 1.4$ 程度と軽量であること、などが挙げられる。

今回開発した新しい充填材の構成材料は、セメント、ベントナイト、吸水性樹脂、急結剤および水である。構成材料の主な性質と役割は以下の通りである。

- ①セメント : 充填材として必要な強度を確保する。
- ②ベントナイト : 限定注入性を高め、充填材が硬化後マトリックスを形成し強度を確保する。
- ③吸水性樹脂 : 吸水後体積比で50倍から100倍以上に膨張し、材料分離抵抗性の向上や軽量化を図る。
- ④急結剤 : 充填後の強度を早期に発現させ、材料の流出を防ぐ。

3. 実トンネルへの適用

3. 1 充填施工方法

「アクアグラウト工法」施工の対象トンネルは、明治時代後期に構築されたレンガ製の覆工である。本トンネルの事前調査によると、天端部から側壁にかけ覆工背面に空隙が確認され、さらに目地からの漏水がみられることから覆工の背面には地下水の存在が予想された。

施工にあたっては、覆工を削孔し口元金具を付けた塩ビパイプを空隙の天端から $5\sim 10\text{cm}$ 下りの高さになるように取り付け、トンネル坑外に設置したプラントからトンネル坑内の充填箇所までポンプで圧送し注入した。充填材はミキサーを攪拌させながら、水、セメント、アクアグラウト混和材、ベントナイトの順に投入し、4分間攪拌で練り上げ、練り上がるごとアジテータに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系統であることから、施工管理は非常に簡単であった。

3. 2 品質・施工管理

充填材料の配合を表-1に示す。本表のアクアグラウト混和材とは、吸水性樹脂と急結剤の混合物である。品質管理は表-2とし、施工日に1回、フロー値、単位体積重量を計測し、さらに供試体採取による7日と28日の一軸圧縮試験を実施した。施工時のフロー値試験結果を図-1に、圧縮強度試験結果を図-2に示

キーワード：トンネル、覆工背面空隙、充填

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3 シーバンスS館 TEL03-5441-0593 FAX03-5441-0515

す。フロー値、圧縮強度とも管理値を満足した。また充填材の比重は1.33～1.35であった。

充填時には、覆工に過大な圧力がかからないよう、充填施工時の圧力管理を図－3に示す注入孔口に設置した圧力計および覆工背面に配置した圧力センサーで行った。圧力計の計測結果の一例を図－4に示す。計測データの結果、0.2N/mm²を管理値として充填を行った条件下で、覆工に対する圧力は最大で0.004N/mm²程度であり、覆工に与える影響は非常に小さいことがわかった。また、施工時の観察結果として、充填材注入中に天盤部付近の目地から水が目地を通してトンネル坑内に流出する状況が多々見られた。この押し出された水は透明で濁っていなかったことにより、充填材料が地下水によって分離せず、水による分離抵抗性の高いことを示すものである。さらに充填を継続すると目地から水の流出が止まった。これは覆工背面の空隙に存在した地下水が、充填材料で置き替わり水が止まったものであると考えられ、本充填材料の止水性の高さが確認できた。注入の施工中および施工後を通して、レンガ目地からのリークは全く発生しなかった。充填終了後コア抜きを行い充填状況を確認したが、すべて空隙の天端まで充填され、充填材料が地山と接しているのが確認された。

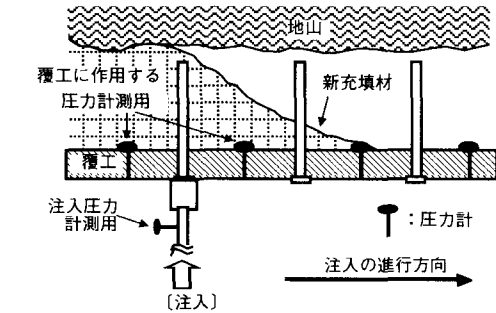


図-3 圧力計測概要図

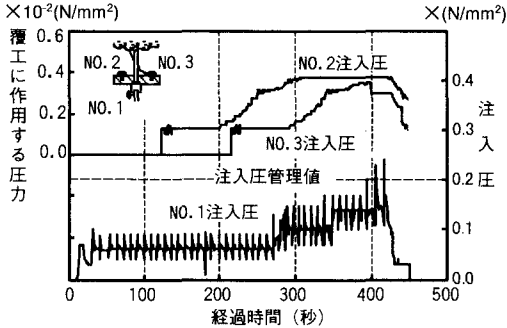


図-4 圧力強度の計測結果

4. おわりに

今回開発した充填工法「アクアグラウト工法」を実トンネルへ適用し、その有効性が確認できた。今後は、種々の施工条件に合った配合・工法の開発を行うとともに、より汎用性の高い工法を目指すものである。

参考文献

- 1) 橋、小西、河野ら：トンネル覆工背面充填用新材料の開発、土木学会第53回年次学術講演会講演概要集
- 2) 名倉、高橋、橋ら：トンネル覆工背面新充填工法の施工性に関する実験的検討、土木学会第53回年次学術講演会講演概要集
- 3) 河野、朝倉、川嶋ら：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、土木学会第53回年次学術講演会講演概要集
- 4) 宮瀬、朝倉、栗林ら：トンネル覆工背面新充填工法の適用時における各種計測、土木学会第53回年次学術講演会講演概要集

表-1 充填材料配合表

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

表-2 充填材品質管理値

項目	フロー値 (フレッシュ)	一軸圧縮強度 (28日強度)
目標値	180±25cm	2 N/mm ²

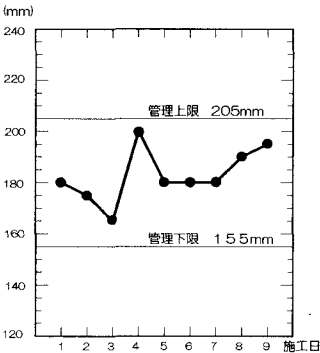


図-1 フロー値計測結果

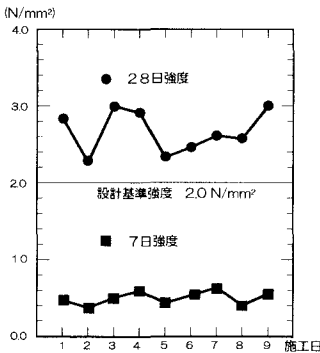


図-2 圧縮強度試験結果