

ポリマーセメント系充填材の湧水下での適用性検討と実施事例の報告

清水建設(株) 土木本部 フェロー 河野 重行
 清水建設(株) 土木本部 正会員 ○ 澤田 正雄
 清水建設(株) 土木東京支店基礎工事事務 正会員 伊勢 寿一
 清水建設(株) 土木東京支店基礎工事事務 正会員 黒崎富士美

1. はじめに

N A T M以前の工法で造られたトンネルの覆工背面には、トンネル天端部を中心として空隙が存在することが多い。筆者らは、これらの空隙を確実に充填するために新しい材料を用いた充填工法「アクアグラウト工法」を開発し、道路トンネル・鉄道トンネル・導水路トンネルなど多くのトンネルでその効果が確認されている。

今回、湧水が存在する実道路トンネルでの施工において、アクアグラウト工法を適用し、湧水下での優れた施工性を確認したのでその概要を報告する。また、充填材料を坑外で製造し、坑内へ搬入・打設することにより、坑内設備をコンパクトでき、第三者交通への影響を最小限にする施工システム「アクアコンパクト」を新たに開発、実際に本トンネルでの施工に適用し、その効果を実証したのであわせて報告する。

2. アクアグラウト工法の概要

本工法で用いる充填材料は、セメント、アクアグラウト用ベントナイト、アクアグラウト混和剤と水から構成され(表-1 参照)特徴は以下のとおりである。

表-1 充填材の標準配合

単位量 (kg/m ³)			
水	セメント	アクアグラウト用ベントナイト	アクアグラウト混和剤
774	350	285	8.4

- 1) 加圧したり振動を与えると粘性が低くなり流動性を示すが、除荷すると粘性が高くなる性質である揺変性を有するため、注入後は限定注入性に富む。
- 2) 水に対する高い材料分離抵抗性を有する(写真-1 参照)。
- 3) 比重は 1.3 から 1.4 と軽量であるが、水よりも若干重いため湧水下でも安定しており、流されたり希釈されることはない。
- 4) 充填材としての十分な強度を有する(28 日で 1.5N/mm² 以上)。
- 5) ブリージングはゼロであり、充填後の天端沈下が発生しない。
- 6) 注入中に、覆工の目地やクラックから充填材の漏出はほとんど発生せず、シール工などが不要。
- 7) 1 液性であり、施工管理、品質管理が非常に容易であるとともに、設備がコンパクトである。



写真-1 水中分離抵抗性確認試験

3. 実トンネルにおける施工事例

本工法の充填材料が水に対し高い分離抵抗性を有していることから、比較的湧水が多い 2 車線道路トンネルへの採用が計画された。

(1) 湧水への対応

同トンネルは、特に雨の後、湧水が多く局所的に最大 60～100 ㎥/分に達する。覆工天端部の施工目地やクラックからの水の流出は著しく、通行の安全からも路面へ直接落ちる漏水を防止することが求められた。

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 1-2-3 TEL：03-5441-0518 FAX：03-5441-0508

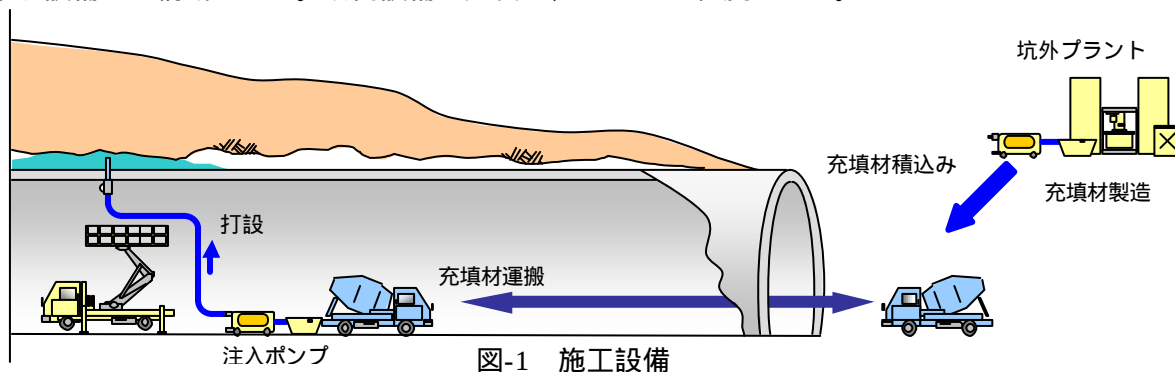
削孔時においても、突発的に水が流出しており、このことからトンネル上部にかなりの被圧が考えられた。このため、事前に側壁部に水抜きボーリングを行い水を抜いた。結果的に天端の水はほとんどなくなったが肩部より下部には漏水は残り、覆工背面の水の流速は止まっていないものの明らかに減少していると考えられた。

充填材のフロー値と水中分離抵抗性の相関は実験等で明確になっており今回は、より水に対しての分離抵抗性を高めるため、通常の管理フロー値（ $180\text{mm} \pm 25$ ）を下限值に近い 160mm 付近になるよう表-1 に示す標準配合に比べ、ベントナイト量を増やし調整した。注入中及び施工後に以下のような効果が確認された。

- ・注入中、覆工目地からは充填材と置換された水が流出したが水は透明であり、材料分離が認められなかった。
- ・充填後、天端からの湧水が減り、横断方向および逆巻の施工目地に集中したため、線導水工により導水可能となり路面への漏水は大幅に減少した。
- ・坑口部の「集水桝」において注入中、水の Ph を測定したが 7.8～8.2 程度であり異常は認められなかった。
- ・湧水箇所以外の部分においても多雨後、天端からの湧水はなくなり、逆巻目地に移動しており天端部を中心とする充填の効果が確認された。

（２）施工設備

同トンネルは、照明が暗くカーブしているため見通しが悪く、一般車の通行への影響を最小限にすべくコンパクトな施工設備が求められた。アクアグラウト充填材は、一回の工程で製造できる一液性であり、また、製造後、長時間にわたって粘性を保持できる。したがって、二液性と異なり、坑内で充填材を製造する必要性はない。このため、充填材製造設備を坑外のヤードに設置し、製造した充填材を坑内に搬入する施工システム（以下、「アクアコンパクト」と称する）により坑内設備の数を極力減らすことが可能となる。本システムは図-1 に示す設備から構成される。坑内設備の延長は、20～25m程度である。



「アクアコンパクト」の適用により以下のような効果が確認された。

- ・坑内設備はコンパクトなため、第3者交通への支障（安全性）を最小限に抑えられた。
- ・交通への支障が最小限なため、充填作業は季節や時間帯の影響を受けにくい。
- ・坑内設備は充填材製造工程から独立しているため施工箇所数、配置が調整でき、施工条件に柔軟に対応可能。
- ・坑内設備がコンパクトなため、準備・片付け時間が少なく（合計 30～40 分程度）、緊急の規制解除へ対応可能。
- ・坑口付近に施工ヤードを確保する必要がなく、環境に配慮した坑外ヤードの選定が可能。

7. 今後の課題

今後は、施工性のより一層の向上を図るとともに、大量施工を目指したシステムの開発を進める予定である。

参考文献

宮内、石川、河野ら：ポリアセチレン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、土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集，，2000