

# トンネル空洞充填工法 (アクアグラウト工法)

現在、トンネルの施工方法は、ロックボルトと吹付けコンクリートで地山を安定させるNATM (New Austrian Tunneling Method) が主流ですが、NATMが使われるようになる(約30年前)以前は、鋼製の支保工と木製の矢板で地山が崩れるのを防いでいました(図1)。このような方法を用いた場合、地山と矢板の間に隙間ができ、覆工コンクリートで覆った後もこの隙間が空洞として残ることになります。特に天井部分はこのような空洞が出来やすいのですが、この空洞を残したままにしておく、横から圧力が加わった場合、地山からの地盤反力がとれない(地山が支えてくれない)ので覆工にひび割れや圧縮破壊が起こります(図1)。また、地山が緩みやすく、崩れて覆工コンクリートに衝撃を与え、最悪の場合には覆工コンクリートが崩れ落ちて列車に落下するなどの事故につながる恐れがあります。

このような事故を未然に防ぐため、覆工背面の空洞に充填する材料「アクアグラウト」を開発しました。アクアグラウトは、セメント、ベントナイトと特殊な混和材に水を加えてできあがります。混和材の中には、水を吸収する吸水性ポリマーが入っています。

アクアグラウトの性状は、振動などの力を与えずに放っておくと自立して変形しません。力を加えると液体のように流動します(図2)。このため、ポンプで押し込むことにより空洞以外の箇所に流れて行ったり、覆工のひび割れなどから漏れ出したりすることが無く、必要な箇所にだけ充填することができます。また、アクアグラウトは水中でも分離しないため、空洞に水がある場合でも流されずに確実に充填することができます。

アクアグラウトの施工は、トンネルの外に設置したプラントで材料を練り合わせて作ったアクアグラウトを、トンネル内に運搬し、施工箇所までポンプに移し、高所作業車を使って空洞に充填します。そのため、トンネル内の設備は非常に小規模になります。また、トンネルの入口から施工箇所までの距離が長い場合には、台車に材料やミキサ、ポンプ、発電機などの機材を搭載した車載プラントで施工箇所まで行き、トンネル内でアクアグラウトを作って充填します(図3)。

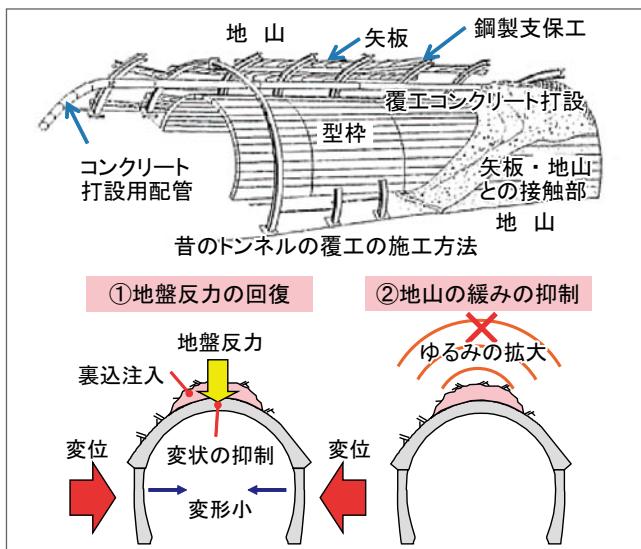


図1 裏込め注入効果



図2 アクアグラウトの性状(左:振動前, 右:振動後)



図3 車載プラントによる施工例

## 発明余話

山陽新幹線のトンネル覆工コンクリートのはく落事故以降、全国のトンネルに対する緊急点検が行われ、その中で、覆工背面の空洞の存在が問題視されるようになりました。「空洞を確実に充填するにはどのようにすればよいか？」まず思いつくのは、コンクリートのひび割れに注入する材料のように、“水のようにさらさらで空洞の隅々にまで行き渡る材料”でした。ところが、覆工背面という、人間の目では直接見ることのできない空間では、この水のような材料では予想もしない所に流れて行ってしまったり、突然雨のようにトンネルの中に漏れてきたりします。かといって、粘りのある硬い材料では力を加えないと空洞に充填できません。また、力を加えすぎると覆工コンクリートが壊れます。

“流れやすく粘りがある”材料が必要でした。水は力を加えなくても流れますが、充填材に要求されるのは、“力を加えた時だけ流れればよく、そうでない時は粘りによって静止している”という性能でした。

材料の流れやすさは水の量によって決まり、粘りはセメントやベントナイトなどの細かい粉の量によって決まります。ところが、これでは、水を多くすれば流れやすくなるが粘りが無くなり、セメントやベントナイトを多くすれば流れにくくなるという矛盾が生じ、問題解決には多くの課題がありました。

そんな折、開発メンバーのひとりが、紙おむつのテレビのコマーシャルから、そこで使われている吸水性ポリマーを用いることを思いつきました。紙おむつは、赤ちゃんのおしっこをしっかりと吸収しますが、外に漏れないようにきちんと保持しています。しかし、力を加えてしまり出すと



図4 初の現場施工(覆工はレンガ)

### 《権利メモ》

#### ①発明の名称：空洞充填材

概要：地山の空洞や間隙等の充填材として用いる空洞充填材であって、少なくとも吸水性樹脂、ベントナイト、セメント及び水を含む組成物からなる。

出願番号：特願平9-247285 (1997.9.11)

公開番号：特開平10-237446 (1998.9.8)

登録番号：特許第3492501号 (2003.11.14)

#### ②発明の名称：空洞の充填方法

概要：地山内に存在する空洞や空隙を埋めるときや、トンネル構築に際して裏込材を充填するとき等に用いる好適な空洞の充填方法に関するもの。

出願番号：特願平9-247286 (1997.9.11)

公開番号：特開平10-238289 (1998.9.8)

登録番号：特許第3447529号 (2003.7.4)

共有権利者：清水建設(株)、(株)日本触媒、ラサテック(株)

外に漏れてきます。そこで、吸水性ポリマーのメーカーに相談し、開発に協力してもらいました。力を加えない状態では、充填材の材料である水を吸水性ポリマーに保持させてセメントやベントナイトの粘りを引き出します。逆に、力を加えた状態では、吸水性ポリマーに保持されていた水が開放されて流れやすくなります。このような効果によって“流れやすく粘りがある”新しい充填材が誕生しました。この新しい充填材は、水の存在によってその性状を変化させることや、水の中でも分離しにくいことから、“アクアグラウト”と命名されました。

その後、材料の配合や施工性に関する様々な試験を繰り返して、平成10年2月、極寒の中、鉄道トンネルで初の現場施工を行い、施工性を実証しました(図4)。現在では、鉄道トンネルをはじめ、道路トンネルや水路トンネルにも幅広く適用され、その施工数量は60,000立方メートルに至っています。日本の交通やエネルギーの供給を担うトンネルの安全性を確保するために、このアクアグラウトがひと役かっています。アクアグラウト工法は、鉄道総研、清水建設(株)、(株)日本触媒、ラサテック(株)の共同特許です。

(事業推進室 小西真治)

※記事に関するお問合せ先：情報管理部(知的財産)

NTT：042-573-7220 J R：053-7220