

多量湧水対応の高機能な導水式複合パッカーの開発

(株)カテックス 正会員 ○安田耕治 浅井良倫

東急建設(株) 正会員 三浦雅也 鈴木祥三

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 石井秀和

1. 目的

トンネル工事において多量湧水に遭遇することは度々あるが、水位の低下が望めない場合は止水工法を適用することがある。このとき、止水注入用の鋼管を切羽前方やトンネル周辺に打設して注入を行うが、その多くは帯水層に遭遇して地下水の噴出をともなうため、事前に注入がコントロールできるように鋼管口元を止水する必要がある。また、湧水と薬液の流出がともなう苦渋の作業となり時間を要し、坑内の排水や濁水処理設備に多大な負担をかけ、場合によっては河川の汚染を招くことも考えられる。

このような状況を改善するために、多量の湧水でも対応できる高機能な導水式複合パッカーを開発した。



写真1 実証実験状況



写真2 多量湧水状況

2. 導水式複合パッカーの構造

導水式複合パッカーは、メカニカル機能としてゴム膨張型のパッカー部分と止水ウレタン（KOD-M）が滲出する布製パッカー部分との2段階構成となっている。このため、先受け鋼管内に予め設置する注入管（インサートホース）をパッカーの外側に配置しても薬液注入機能とパッカー機能を両立して口元の止水性を発揮できるパッカー構造とした。

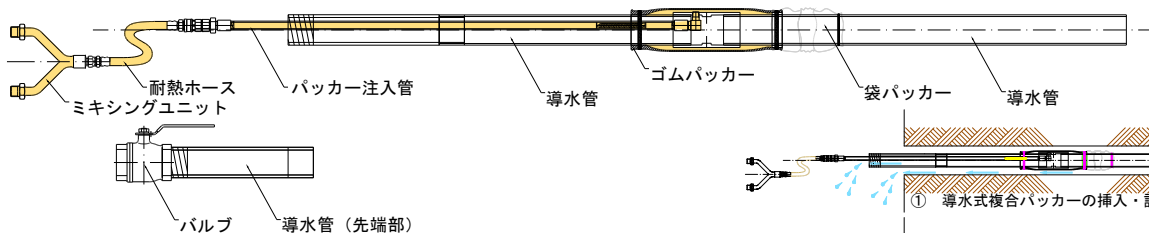


図1 導水式パッカーの構造図

3. 室内実験

湧水圧に対するパッカーの止水性能を確認するための模擬地山を想定した室内実験を実施し、パッカーの材質、注入量、湧水に対する引き抜き耐力等の確認を行った。

パッカー注入後にゴムの破損はなく、袋パッカーの滲出状況を確認するとともに、ポンプ強制送水により0.3MPaまでの水圧に対応でき漏水がないことを確認した。

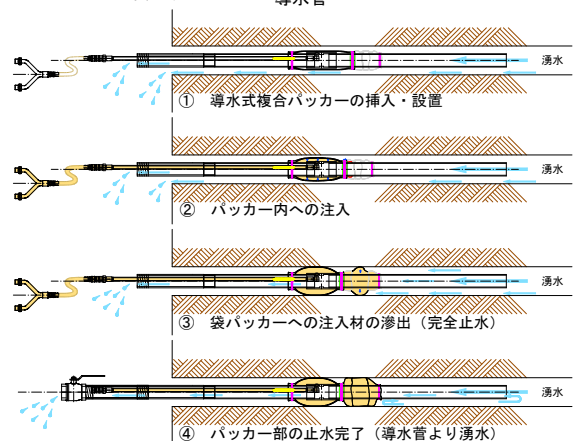


図2 導水式パッカーの機能概要図

キーワード 止水ウレタン, 導水式複合パッカー, 多量湧水, 止水注入, 補助工法, トンネル

連絡先 (株)カテックス 〒460-8331 愛知県名古屋市中区上前津一丁目3番3号 TEL 052-331-8821

4. 実証実験

実証実験を行ったトンネルの切羽地質は、透水性が低い泥岩～頁岩からなる軟質な層状岩盤が分布している。トンネル断面には旧地すべりと想定されるすべり面が露呈し、すべり面周辺の地質はせん断作用により亀裂が発達し宙水が確認された。支保構造は特Lパターン、補助工法は長尺鋼管先受け工と長尺鏡ボルトを適用した早期閉合でトンネル掘削する断面で実施した。

導水式複合パッカーの実証実験は、長尺鋼管先受け工の注入を対象とし、先行孔の穿孔時の湧水量は、左最下端の鋼管から 250L/分/本、水圧 0.04MPa（先行孔全部で約 1,000L/分）の湧水が確認された。



写真3 湧水状況(孔 No. 1)

写真4 止水注入状況

実証実験に使用した導水式複合パッカーは、芯材の材質が異なる鋼管タイプと塩ビ管タイプの2種類で実施した。

写真3の鋼管タイプでの適用を見ると、パッカー注入として止水ウレタン 1.5kg を注入したのち約1分後には、パッカーが拡張したことで導水管からの湧水噴出が確認でき、室内実験と同様に期待通りの鋼管孔口の止水処理を確認した。このことは、ゴムパッカー部による密着性と袋パッカー部から滲出させた止水ウレタンが水と反応し膨張することでインサート管周囲の狭小部にも入り込み、確実に止水性を発揮したことを示している。参考までに室内実験のパッカー機能の状況を写真5に示す。

また、長尺鋼管先受け工の薬液注入にあたっては、注入管（インサート管）から注入を開始し、止水ウレタンが導水管内の湧水とともにリークし始めたら、導水管の先端に取り付けられたボールバルブを閉じることで確実な注入ができることを確認した（写真4）。この際、湧水圧や注入圧等による一定の圧力が作用しても、導水式複合パッカーが抜出すことなく所定の注入量を注入できることを確認した。

導水式複合パッカーの芯材については、鋼管タイプは十分な耐力があり、塩ビ管タイプはウレタンの反応熱などの影響を受けやすいことを確認した。

5. まとめ

今回の実験の結果、これまでの長尺鋼管先受け工あるいは長尺鏡ボルトでの注入作業において、多量湧水時には口元処理や薬液リーク・流出対応などに苦勞していたが、本開発品である導水式複合パッカーを用いることで作業改善ができ、実施工でも適用可能なことを確認した。また、多量湧水時においても所定の注入ができることから、薬液が地山へ確実に浸透できることによる地山改良効果そのものも向上することが期待できると考えられる。

まだ開発段階であるため更なる改良を加え、多量湧水時の口元処理として、長尺鋼管先受け工や長尺鏡ボルト、あるいは水抜き工など幅広く適用できるようにしていく所存である。

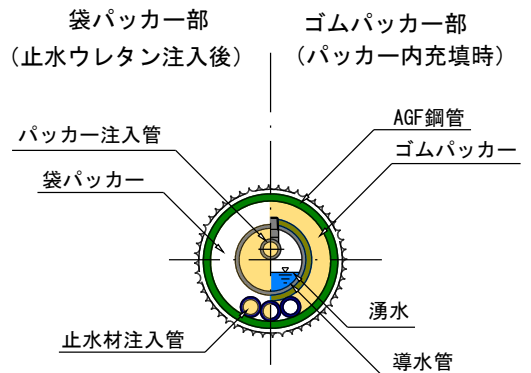


図3 導水式パッカー断面の概要図

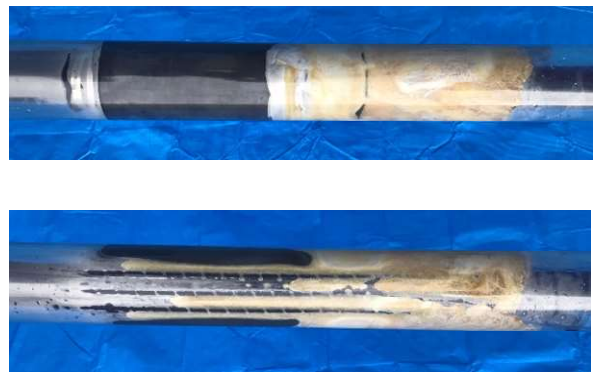


写真5 導水式パッカー機能確認の室内実験