

水抜き効果と注入機能を有する新しいボルトシステムの開発

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 ○井浦 智実, 秋田 勝次, 北原 秀介
 (株)ケー・エフ・シー 正会員 阿波 宏司
 電気化学工業(株) 正会員 平野 健吉

1. はじめに

山岳工法により地下水位以下の条件でトンネルを掘削する場合、一般に水抜きボーリングやウェルポイント等の湧水対策工を採用し、切羽の安定性を確保できるレベルまで周辺地下水位を低下させるのが基本である。しかしながら、未固結な砂質土や粘性土の互層あるいは低強度の砂岩層等、とくに地下水の存在が問題となるような地山においては、複雑な地質条件に起因し、地下水位低下工法の効果が発揮されにくい場合もある。このような問題に対処するため、より効率的で確実性が高く経済性を追求した湧水対策技術の確立を目的に、写真1に示す新しいボルトシステムを開発した。このボルトシステムは、従来の鋼管膨張型ロックボルトとストレーナー管を組み合わせた構造を基本としており、ロックボルト機能を有すると同時に、自然排水と強制排水の両方に適用可能な水抜き効果を併せ持つものである。また、薬液注入機能を有しているため、先受け工や脚部補強工のように地盤補強効果を期待する補助工法としての応用も可能である。



写真1 ボルトシステム

2. ボルトシステムの概要

1) ボルトシステムの構造

ボルトシステムは、図1に示すように鋼管膨張型ロックボルトとストレーナー管からなる構造を基本としている。前者を止水および空気遮断のためのパッカー部として機能させ、後者を水抜きや薬液注入に利用するものである。パッカー部の定着方式は、図2に示すように鋼管膨張型ボルトと地山との摩擦によるものであるため、湧水等に施工性が左右されず、鋼管の膨張後直ちに定着効果を発揮するという特徴がある。また、ストレーナー管には、有孔のPVC管あるいは鋼管を使用し、水抜きに伴う地山細粒分の流出が懸念される場合の対応として、フィルター機能を容易に付与できる構造となっている。

2) 施工手順

ボルトシステムの施工手順を図3に示す。まず、ドリルジャンボにより所定の位置に穿孔し、速やかに人力あるいは機械によりボルトシステムを所定位置に挿入する。挿入完了後、専用ポンプを用いて加圧注水(24MPa程度)し、パッカー部(鋼管膨張型ボルト)を膨張させ地山に確実に定着させる。鋼管の膨張後さらに加圧することで先端コーンを破壊し、ストレーナー部とパッカー部を連通させる。その後、水抜き工(自然排水または真空ポンプを用いた強制排水)あるいは薬液注入工を実施する。

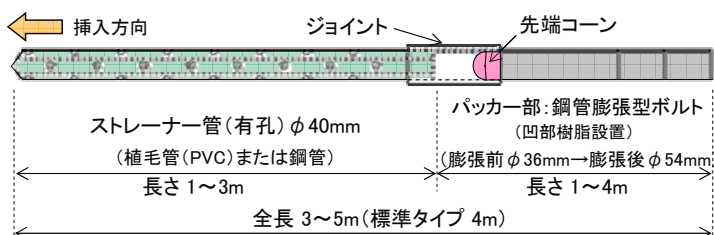


図1 ボルトシステムの構造

3. 現場試験施工

ボルトシステムのロックボルト機能、水抜き効果、薬液注入機能の確認を行うことを目的とし、建設中である北陸新幹線のトンネルにおいて試験施工を実施した。

1) ロックボルト引抜き試験

引抜き試験結果を図4に示す。引抜き耐力の目安である100kNを満足する結果が得られた。ただし、穿孔時

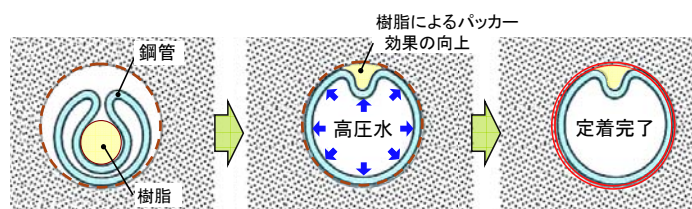


図2 パッカー部(鋼管膨張型ボルト)の定着機構

キーワード NATM, 補助工法, 鋼管膨張型ロックボルト, 水抜き工, 薬液注入

連絡先 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1(横浜アイランドタワー) 鉄道・運輸機構 設計技術部 TEL:045-222-9083

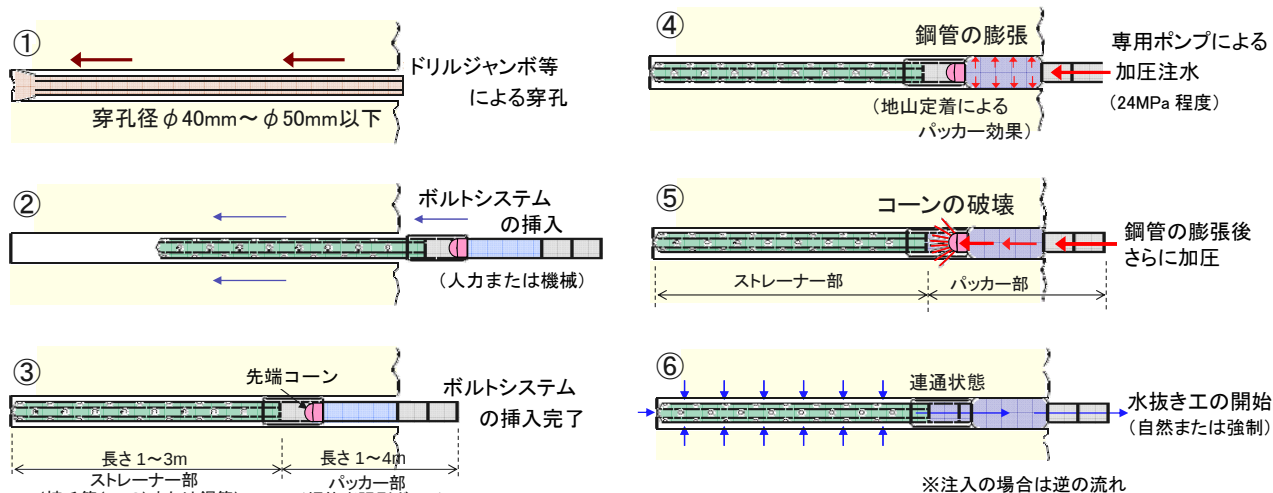


図3 ボルトシステムの施工手順(設置～水抜き開始まで)

にボアホール径の拡大や孔荒れ等が生じた場合には、所定の引抜き耐力を満足しないケースが一部確認された。

2) 水抜き効果確認試験

試験箇所は、新第三紀の礫岩層、砂岩優勢層で比較的透水性が低い地質であり、掘削から相当日数が経過しているため、ボルトシステム設置後の自然排水は条水程度であった。ウェルポイントでは、礫岩層で穿孔の影響によりパッカー効果が得られないケースが認められたものの、砂岩優勢層では全てのボルトにおいて真空ポンプの負圧計が -0.08MPa を示し、十分なパッカー効果が確認された。排水量は $0.20 \sim 0.94$ リットル/分で、十分な水抜き効果が確認された。写真2にウェルポイントの実施状況を示す。

3) 薬液注入機能確認試験

試験箇所の地質は、新第三紀の低固結シルト岩と砂岩の互層であり、掘削から相当日数が経過しているため、地山からの湧水が認められない状況であった。懸濁型セメント系注入材および水ガラス系注入材を用い、設計注入圧(最大 2.0MPa)に対して、ボルトシステムのパッカー効果が十分に発揮されるかを確認することに主眼を置いた。試験の結果、ほとんどのボルトで十分なパッカー効果が発揮され、所定の注入圧、注入量を満足した。ボルトシステムの薬液注入工への適用は十分可能であると評価できる。

4. おわりに

新たに開発したボルトシステムの適用性を実トンネルにおける試験施工により確認した。一部の地質条件では、穿孔の影響によりパッカー効果が低下する問題が生じたが、穿孔方式等の改善により対応が可能であると考え。図5に示すように本ボルトシステムは、ロックボルト、先受け工、脚部補強工、水抜き工(自然排水、強制排水)等、機能性が高い技術として様々な活用が期待される。今後も継続的に開発を進め、湧水の存在が問題となるような未固結地山等のトンネル工事への本格的な適用を可能にしたいと考える。

【参考文献】

秋田他: 水抜き効果と注入機能を併せ持つ新しいボルトシステムの開発, トンネル工学報告集第18巻, pp.135-142, 2008

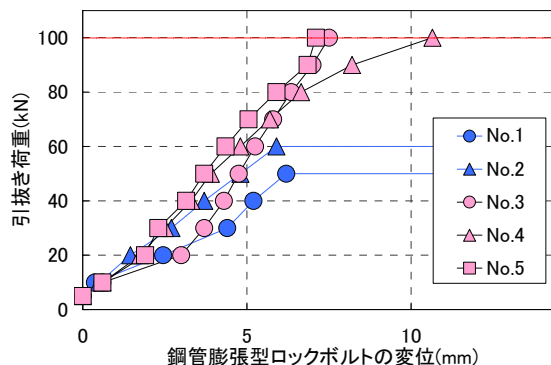


図4 引抜き試験結果



写真2 ウェルポイント実施状況

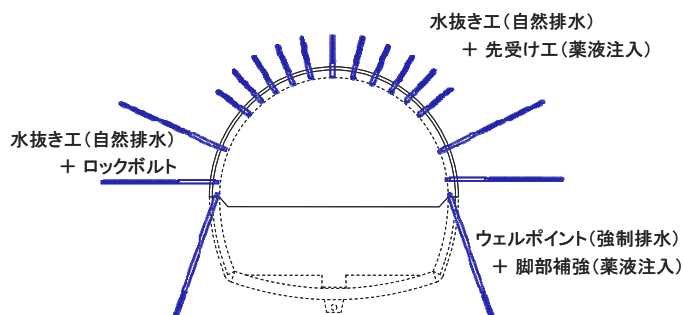


図5 ボルトシステムの適用の可能性