

特殊パッカー付後注入型ロックボルトの現場試験施工

鹿島建設(株) 正会員 井上勇太 ○篠原大介
(株)ケー・エフ・シー 正会員 間野真至 瀧 穂高

1. はじめに

山岳トンネルにおけるロックボルトの施工では、定着材の確実な施工による定着力の確保・向上を目的に後注入型ロックボルトを採用する事例が増えている。このロックボルトは従来のロックボルトと比べて、モルタルの密充填でき、脆弱地山・湧水部でのボルト定着力の向上が期待できるが、その効果が定量的に把握されていない。本稿では、後注入型ロックボルトの内、材料や設備の大幅な変更無く施工できる、特殊パッカーと注入・排気ホースを組み合わせた後注入型ロックボルトについて、山岳トンネル現場における試験施工により定着力の向上効果の検証をしたのでその結果を報告する。



図 1 後注入型ロックボルト

2. モルタルの充填性試験

現場検証に先立つ基礎試験として室内充填性試験を実施した。ロックボルト挿入孔に見立てた透明塩ビパイプにロックボルトを挿入することでモルタル充填時の目視確認を可能とした。ロックボルト長は標準支保パターンで最長の6 mとし、角度は、天端を想定した鉛直 90° および下半を想定した下向き 10° で実施した。その結果、いずれのケースにおいても、排気ホースからモルタルの漏出を確認できるまで注入することで、未充填や空隙なく完全に充填できることが確認できた¹⁾。



写真-2 室内充填性試験

3. 脆弱地山における定着力向上の検証

脆弱地山における後注入型ロックボルトの効果を把握するため、関東地方の山岳道路トンネルで試験施工を実施した。

①試験条件

特殊パッカー付後注入型ロックボルトによる定着力向上効果を検証するため、亀裂の発達した脆弱な断層破碎帯（泥岩層）にて試験施工を実施した。当該箇所は地山不良のため、標準施工の先充填式ロックボルトでは引拔耐力が平均 77kN（60～100kN）しか得られず、設計耐力（約 180kN）を満足できなかった。試験施工は、4 m の特殊パッカー付後注入型ロックボルトを、2 種類の定着材（表-1）を用いて各 3 本打設し、3 日後のロックボルト引拔試験にて定着力を確認した。

表-1 試験施工に用いた後注入用定着材

定着材	コンシステンシー	強度発現	備考
標準モルタル	Pロート15±5秒	3日強度：10N/mm ²	
早強性膨張モルタル	テーブルフロー 220±20mm	1日強度：15N/mm ²	5%程度の膨張性

表-1 に示す後注入用の定着材の内、標準モルタルは 3 日強度が 10N/mm² 以上で、後注入型ロックボルトで標準的に広く使用されるモルタルである。一方、早強性膨張モルタルは 1 日強度が 15N/mm² と早強性を有し、また自由膨張で 5%程度の膨張性を持つため、さらなる圧力充填と早期耐力発現が期待できるモルタルである。

キーワード NATM、ロックボルト、後注入型、脆弱地山、

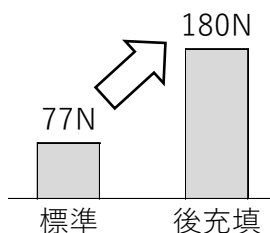
連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL03-5544-1111

②引抜試験結果

ロックボルト引抜試験の結果は図-1に示す通り、全てのボルトで定着力が向上し、設計耐力(180kN)を確保できた。この理由として、以下が考えられる。

- ①リターン確認による充填管理で、完全充填ができた。
- ②口元にパッカーを用いた後注入により圧力充填ができた。このため、孔荒れした孔内の隅々までモルタルが充填された。

本試験施工では、標準モルタルでの後注入により十分な引抜き耐力が得られたため、早強性膨張モルタルの使用による改善効果は確認することはできなかった。しかし、より脆弱な地山においては、圧力充填を行ったモルタルが膨張することで、さらなる定着力向上が期待できる。



4. 湧水部における定着力向上の検証

湧水部における後注入型ロックボルトの効果を把握するため、関東地方の山岳道路トンネルで試験施工を実施した。

①試験条件

同トンネルで、穿孔後に湧水が認められた孔(湧水量 1.20/分)において、特殊パッカー付後注入型ロックボルトを施工した。

②結果

モルタル注入後は湧水が完全に止まり、滲み程度の湧水すら確認されなかった。これは密実な充填により、モルタルにより水みちを塞いで完全充填ができたためと推察される。また、湧水が確認されなかった他の後注入型ロックボルトと引抜変位にも有意な差は無かった(引抜き耐力 180kN 確保、引抜変位 3.31mm)ことから、湧水の影響なく定着力を確保できることが確認できた。このことから、本後充填型ロックボルトにより、標準工法(先充填式)で問題となる湧水によるモルタルの流出を防止し、湧水部での定着力が確保できることが確認できた。

5. おわりに

試験施工により、標準施工で引抜耐力を確保できない脆弱地山において、特殊パッカー付後注入型ロックボルトを採用することで定着力が向上し、設計耐力(180kN)を確保できた。また、湧水孔でモルタルの流出を防止して定着力が確保できることを確認した。

一般的な後注入型ロックボルトの自穿孔ボルトは高額な他、材料の変更を伴う。本後注入型ロックボルトは、ロックボルト本体を変更することが無いため高耐力のロックボルトにも対応でき、また設備変更が無いため標準工法に近い施工法で品質向上できる工法として活用が期待される。

参考文献

- 1) 間野ら：特殊パッカー付後注入型ロックボルトの定着材の充填性評，土木学会第78回年次学術講演集（投稿中）

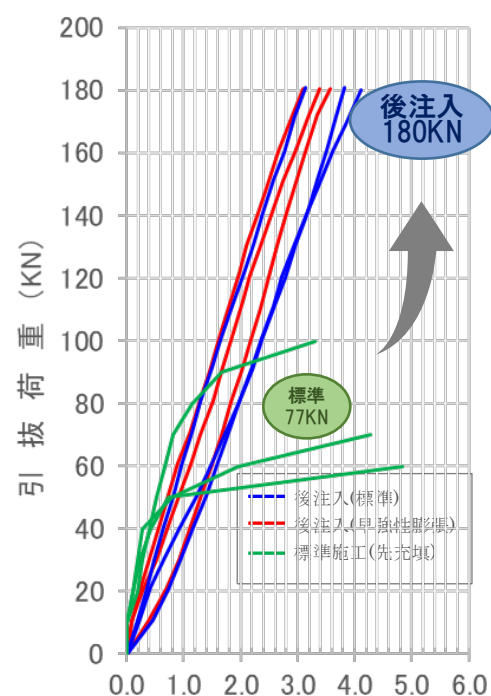


図-1 引抜き試験結果



写真-3 注入前後の湧水量