

速硬膨張モルタルを用いた後注入型ロックボルトにおける初期材齢の定着力について

安藤ハザマ 正会員 〇油井 敦弘 正会員 湯本 健寛

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、定着材の初期材齢における定着力向上を目的として、速硬膨張モルタルを用いた後注入型ロックボルト（以降、後注入型ロックボルトと称す）を坑口部等の区間に限定的に採用する場合がある。しかし、トンネル全線での採用例は少なく、その効果も定量的に把握されていない。

今回報告するトンネルは静岡県に位置する延長 2 144m の 2 車線道路トンネルである。トンネル部の地質は領家花崗岩類と領家変成岩類であり、脆弱部では掘削初期の変位が 20mm/日と大きく、変位の増大に伴って地山の緩みが拡大することが懸念されていた。このため、当トンネルでは、ロックボルトを早期に定着させ、初期変位を抑制することを目的として、後注入型ロックボルトをトンネル全線で採用している。今回、後注入型ロックボルトの効果を定量的に確認するため、先充填型ロックボルト、および鋼管膨張型ロックボルトを別途打設し、打設直後から経時的に引抜き試験を実施し、各ロックボルトの初期材齢の定着力を確認した。本稿では、その結果について報告する。

2. 各ロックボルトの概要

今回試験に用いたロックボルトの概要を表-1 に示す。

- ①後注入型ロックボルト：穿孔後、あらかじめ口元パッカーと注入パイプ、およびエア抜きホースを取付けたロックボルトを挿入し、注入ポンプにより、注入パイプからロックボルト孔内へ注入材を加圧注入（200kPa）する。これにより、ロックボルト孔内隅々まで定着材を充填する。さらに、定着材には速硬膨張モルタル（CTモルタル）を使用し、早期の強度発現、および硬化までに体積が約 5%膨張することにより、モルタルを孔壁に早期に密着させる。これにより、初期材齢におけるロックボルトの作用効果が向上する。
- ②先充填型ロックボルト：最も多く一般的に使用されるロックボルトである。穿孔後、ロックボルト孔内に定着材を充填し、その後にロックボルトを挿入する。
- ③鋼管膨張型ロックボルト：穿孔後、折りたたまれた鋼管ボルトを挿入し、口元から高压水を注入する。鋼管が水压により膨張し、穿孔した孔壁の凹凸合わせて変形することで定着される。定着材が不要で瞬時に定着力を得られる。

表-1 各ロックボルトの概要

	①	②	③
定着方式	後注入型	先充填型	鋼管膨張型
定着材 圧縮強度 フロー値	CTモルタル 10N/mm ² 以上（24時間） 220±20mm	SNドライモルタル 10N/mm ² 以上（3日） 180±20mm	—
ロック ボルト	ねじり棒鋼TD24 耐力180kN L=4m	ねじり棒鋼TD24 耐力180kN L=4m	RPE180 耐力180kN L=4m
概略図			

キーワード ロックボルト、後注入型ロックボルト、速硬膨張モルタル、引抜き試験、引抜き耐力

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 建設本部土木技術統括部技術第三部 TEL03-6234-3673

3. ロックボルトの引抜き試験

(1) ロックボルトの引抜き試験の概要

トンネル坑内 TD.644m～682m において、ロックボルト打設直後から経時的に引抜き試験を実施し、打設から何時間経過すれば所定の引抜き耐力（180kN）を得られるのかを各ロックボルトに対して確認した。各ロックボルトの引抜き試験位置を図-1 に示す。引抜き試験は、後注入型ロックボルトについては、材齢 1 時間で所定の引抜き耐力以上を確認できたため、材齢 1 時間でのみ実施した。先充填型ロックボルトについては材齢 1 時間、3 時間、8 時間、12 時間で各 4 本実施した。鋼管膨張型ロックボルトについては、高圧水注入後、瞬時に定着力が得られることから材齢 1 時間でのみ実施した。引抜き耐力は、各材齢において、4 本のロックボルト引抜き試験結果の平均値とした。

(2) ロックボルトの引抜き試験の結果

各ロックボルトにおける引抜き試験の結果を以下に示す。また、各ロックボルトにおける試験材齢と引抜き荷重の関係を図-2 に示す。

①後注入型ロックボルト：試験材齢 1 時間において引抜き荷重が 210kN まで達し、打設後 1 時間で所定の引抜き耐力以上を確認できた。

②先充填型ロックボルト：所定の引抜き耐力が得られるのは打設後 12 時間程度であった。初期変位が大きく、定着力を早期に発揮する必要がある場合は、後注入型ロックボルトと比較して効果に劣る。

③鋼管膨張型ロックボルト：打設後すぐに定着するため、初期変位速度の大きい地山に対して有効と考えられたが、結果は引抜き耐力が約 53kN となり、当トンネルの地山には適合しなかった。

4. まとめ

今回のロックボルトの引抜き試験により、当トンネルのような初期変位速度が大きい地山に対しては、後注入型ロックボルトによるロックボルト打設が有効であることを確認した。ただし、湧水の有無など地山の特性によって後注入型ロックボルトが有効であるとはいちがいには言えないため、その地山の特性にあった対策を実施することが重要である。

参考文献

- 1) ジオフロンテ研究会：山岳トンネルにおけるロックボルト技術資料，p. 87，2006. 12. 6
- 2) 社団法人日本トンネル技術協会：現場技術者のための吹付けコンクリート・ロックボルト，pp.3-68～3-72，2005.3
- 3) 社団法人日本トンネル技術協会：現場技術者のための吹付けコンクリート・ロックボルト Q&A，p. 175，2003. 3

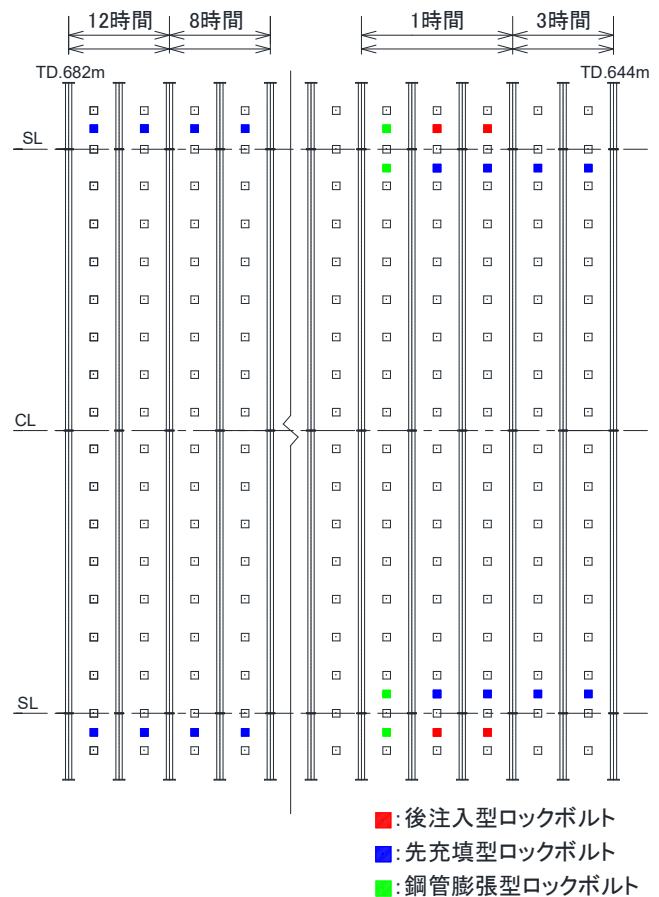


図-1 各ロックボルト引抜き試験位置

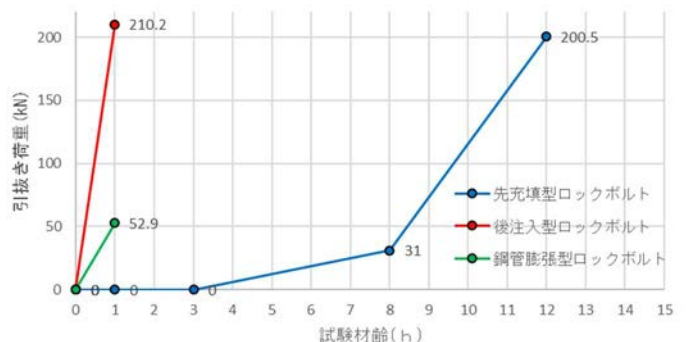


図-2 試験材齢と引抜き荷重の関係