

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価

(株) ケー・エフ・シー 正会員 間野真至 ○瀧 穂高

鹿島建設(株) 正会員 篠原大介 井上勇太

1. はじめに

山岳トンネルのロックボルトの施工では、定着材を先行して充填する先充填型のロックボルトが採用されることがほとんどであるが、最近では、定着材の充填確保を目的として後注入型のロックボルトを採用する事例が増えている。本報では、特殊パッカー付後注入型ロックボルトの定着材の充填状況を確認するための室内実験を実施し、その結果について報告する。

2. 特殊パッカー付後注入型ロックボルトの特徴

特殊パッカー付後注入型ロックボルトは、特殊パッカーと注入ホース、排気・排出パイプ・ホースを組み合わせたもので（図-1 参照）、ロックボルトを孔内へ挿入・定置した後にモルタルポンプを用いて定着材を圧送する。①はじめに特殊パッカー（ナイロン製）内が定着材で充填され孔口付近がシールされる。その後、②孔内が定着材で充填された後、③排気・排出ホースから空気、湧水及び定着材の順に排出され（リターンの確認）、充填完了となる（図-2 参照）。特殊パッカー付後注入型ロックボルトは、定着材の排出により確実に充填確認ができること、それによりモルタルと周辺岩盤の付着がロックボルト孔の全長にわたって確保できるのでロックボルトと地山との付着力の向上が期待できる。

3. 充填実験による充填性評価

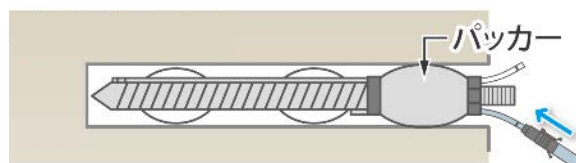
(1) 実験概要

孔内での定着材の充填状況を確認するため、ロックボルト孔を模した内径φ68mmの透明塩ビ管を用いた。塩ビ管内に特殊パッカー付後注入型ロックボルト挿入した後、モルタルポンプ（標準吐出量：840L/h、最大吐出圧力：4MPa、水平圧送距離：40m）にて定着材を注入した。定着材には、後注入型として汎用的なモルタルのうち流動性が比較的小さく、速硬性を有するものを用いた。ボルト長は、山岳トンネルにおいて標準的に用いられロックボルトの中で最も長い 6.0m のものを用いた。

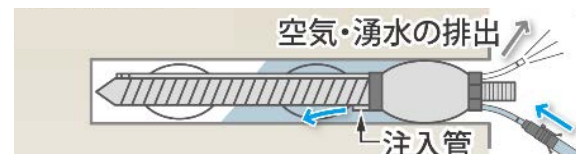
ロックボルトの挿入向きは、天端および下半の下向きへの施工を想定し、鉛直上向きと下向き 10 度の 2 水準にて実施した（図-3 参照）。また、鉛直上向きのケースでは、排気・排出ホースから充填材の排出が確認された後も充填材を圧送し、パッカーの加圧性能についても確認した。充填試験では、各水準 2 本ずつ計 6 本（加圧性能の確認も含む）について実



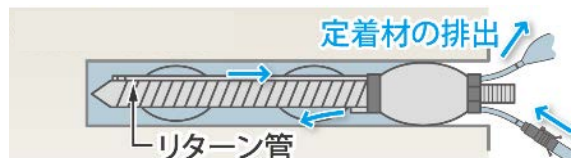
図-1 特殊パッカー付後注入型ロックボルト



① パッカー形成

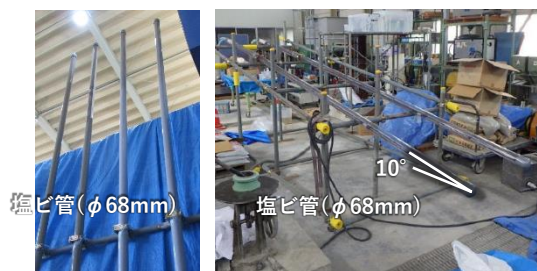


② 定着材注入



③ 定着材の排出確認

図-2 特殊パッカー付後注入型ロックボルトの施工手順



(i) 鉛直上向き (ii) 下向き 10 度
図-3 充填実験状況

連絡先 〒105-0011 東京都港区芝公園 2-4-1 株式会社ケー・エフ・シー TEL 03-6402-8251

施した。

(2) モルタルのフレッシュ性状

モルタルは、鉛直上向き（4本）と下向き 10 度（2本）の 2 回に分けて製造した。モルタルの練り混ぜには、山岳トンネルのロックボルト施工時に標準的に使用されるモノポンプ式の注入ポンプを用いた。フレッシュモルタルの温度及びモルタルフローを測定した。モルタル練上がり時の温度は、施工条件として厳しい夏季を想定して 30℃となるように、練混ぜ水温で調整した。モルタルフローの規格値が $220 \pm 20 \text{mm}$ となることを確認後、モルタルの圧送を開始した。表-1 に各種材料の温度とモルタルフロー値の結果を示す。

表-1 各種温度およびモルタルフロー値

試験項目	測定箇所	鉛直上向き	下向き 10°	摘 要
温度 (℃)	材料	24.2	22.9	室内:22.3℃
	練混ぜ水	27.5	29.0	—
	モルタル	30.9	30.4	JIS A 1156
モルタルフロー (mm)	—	236*230	235*240	JIS R 5201

(3) 充填実験結果（鉛直上向き）

加圧を含む 4 本全てについて、モルタルのリターンを確認でき、その時点で全ての塩ビ管で未充填や空隙は認められず、塩ビ管の先端に至るまで良好な充填状況であった（図-4 参照）。注入圧力については、パッカー充填後の初期の圧力で 0.7～0.9MPa、モルタル排出時で 1.2～1.4MPa であった。

モルタルのリターンを確認した後に、引き続き加圧したケースのうち 1 本では、急激な加圧により注入ホースとパッカーの接続部（図-5 参照）が逸脱し、モルタルが漏出した。これを踏まえ、徐々に加圧したもう 1 本のケースでは、接続部の逸脱等の不具合なく、3.7MPa まで加圧することができた。このことから、モルタルのリターンを確認した後にもさらに加圧する際には、急激な圧力の上昇に注意しながら 3MPa 程度を目安に徐々に加圧するのが良いことが分かった。

(4) 充填実験結果（下向き 10 度）

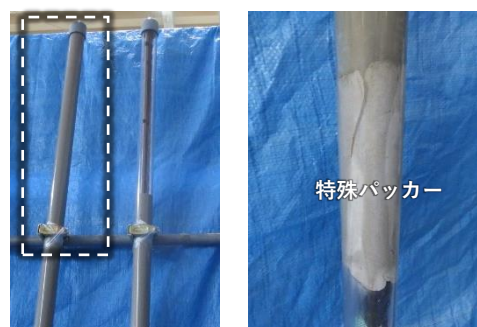
下向き 10 度の充填状況についても特殊パッカー内がモルタルで完全に充填され、その後、孔口から孔底まで徐々に充填される状況が確認され（図-6 参照）、孔内が完全に充填された後、モルタルのリターンが確認された。また、孔底付近にブリーディング水や空気泡などは認められなかった。以上の結果より、下向きのロックボルトでも未充填や空隙は認められず、完全に充填できることを確認した。

4. まとめ

特殊パッカー付後注入型ロックボルトを用いた、天端及び下半への施工を模した鉛直上向きと下向き 10 度のモルタルの充填実験において、排気ホースからモルタルの排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された。

参考文献

- 1) ケー・エフ・シー（KFC）HP：ラムインジェクトボルト, https://www.kfc-net.co.jp/products/images/mt/DS027_202107.pdf



天端付近 特殊パッカー付近
図-4 充填状況（鉛直上向き）



図-5 注入ホースとパッカーの接続部

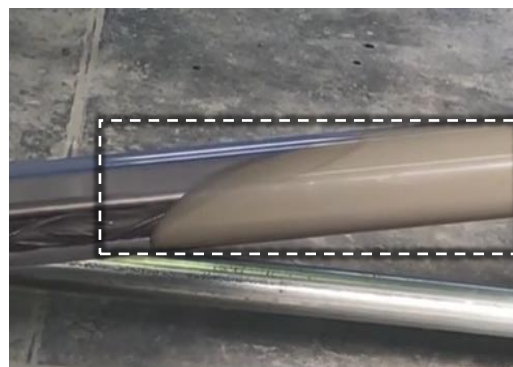


図-6 充填状況（下向き 10 度）