

新しい長尺鏡ボルト工法について

三井建設	正会員	中田雅夫
三井建設		矢萩俊二郎
ケー・エフ・シー		羽馬徹
ファイベックス	正会員	田村富雄

1. はじめに

FRPのロックボルトを用いた鏡ボルト工法は、トンネル切羽安定の補助工法として広く普及しているが、FRPケーブルボルトを用いて、地山を数十m分まとめて事前に補強できれば、大いに作業時間の短縮が図られる。しかし、この「長尺鏡ボルト工法」は主に施工上の課題から普及するには至っていない。筆者らはこれを解決すべく新しい長尺鏡ボルト工法を開発し、トンネル現場で試験施工を試みたので、ここに報告する。

2. 長尺鏡ボルト工法の課題

鏡ボルト工法は主に短尺のボルトの引張り抵抗で切羽の安定を図るが、主としてケーブルボルトを用いる長尺鏡ボルト工法は「切羽前方の先行変位を抑制し、切羽全体を安定な状態に保ちつつ掘削を行う」との考えから、その適用が期待されている。しかし、それには長尺であることに伴う以下の施工上の課題を克服することが必要である。

自立性の乏しい孔内にケーブルボルトを挿入する技術

孔曲がりの少ない効率的な削孔技術

定着材を正確に孔内に充填する技術

3. 新しい長尺鏡ボルト工法の開発

孔壁の自立しない不良地山のボルト削孔では、これまで専用機による二重管削孔が必要であったが、今回開発した工法は通常の掘削機であるドリルジャンボと小口径鋼管ロッドを用いて、二重管削孔的な施工ができる削孔システムと新たに開発した中空式FRPケーブルボルトを組み合わせたものである。

(1) 中空式FRPケーブルボルト

ガラス繊維を組紐状に編み、樹脂で含浸させた内径16mmの中空部をもつケーブル状の材料である(外径27mm)。鏡ボルト工法ではFRP製であることより、打設後の機械掘削が容易であることが有利となる。

(2) 削孔システムと施工手順

図.1 にシステムの施工手順、図.2 に施工ツールズ、図.3 に注入ノズルの取り付け図を示す。



図.1 施工手順

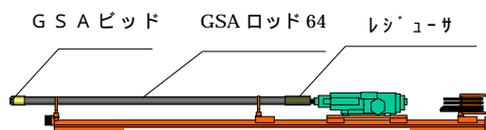


図.2 施工ツールズ

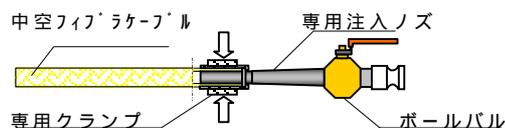


図.3 注入ノズル取り付け

当システムでは特殊な機構を備えたビットと鋼管ロッドを組み合わせ、図.1に見られるように削孔が終了

した後、鋼管中にケーブルボルトを挿入する。さらに鋼管ロッドを回収した後、ケーブルボルトの中空部から定着材（モルタル）を注入する。なお、定着材充填にはロックボルト用のモルタルポンプが適用できる。

4. 現場試験施工

(1) 地山状況

施工場所は東京都八王子市に位置する道路トンネルの坑口で、地質は第4紀洪積世・関東ローム層である。試験時の鏡面の自立性は悪く、鏡吹付けコンクリートを施工してから削孔を実施した。

表.1 ケーブルボルトの打設実績

削孔順	ケーブル番号	削孔長(m)	ケーブル長(m)	70-値(秒)	備考
	No.3	12	12	13	ビット外れず(共抜け)
	No.2	13	8	17 13	注入で閉塞し、ケーブル入替え(12m 8m)
	No.1	13	12.5	13	
	No.4	13	12.5	13	



写真.1 ケーブルの挿入

表.2 打設作業のサイクルタイム

掘削順	ケーブル番号	削孔長(m)	掘削(分)	ケーブル挿入とロッドの回収(分)	注入時間(分)	合計(分)
	No.3	12	37	10	4	51
	No.2	13	28	17	2	47
	No.1	13	22	20	5	47
	No.4	13	27	19	4	50



写真.2 定着材の注入

(2) 試験内容

試験では鏡面に合計4本のボルトを打設したが、それぞれの打設実績を表.1に示す。試験の目的は施工性の確認であり、施工状況、サイクルタイムの確認およびその後の掘削時にボルト打設状況の観察を行った。

(3) 試験結果

図.1の手順に従って施工したが、ケーブルの挿入状況を写真.1に、定着材の注入状況を写真.2に示す。施工時に小トラブルはあったものの、特に大きな支障とはならず試験施工を終了した。一連の打設作業に要した時間は表.2に示すものである。

ケーブルの打設状況は、その後のトンネル掘削時に随時観測したが、いずれにおいても定着材の充填状況は良好であった。また、孔曲がりについては10mの掘削時点で上方に1m程度で、やや上向きに削孔を行ったことを考慮すると孔曲りは発生していないと言える。

5. まとめ

新しい長尺鏡ボルト工法を開発し、試験施工を行ない以下の良好な結果を得た。

主にローム層から構成される未固結地山において、計画どおり12mの打設が可能であった

掘削時の観察において、定着材であるモルタルの施工状況は良好であった

掘削時の観察では孔曲りは認められず、当工法は孔曲りに強い工法と言える

今回開発した工法は自立性の悪い地山にドリルジャンボで施工可能な汎用性の高い工法である。今後は適用事例を増やすことにより、それぞれの課題を洗い出し、工法の完成度を高めていきたいと考えている。