

不良地山における GFRP 管長尺鏡ボルトの適用

(株)大林組 正会員 ○加藤 健治
 (株)大林組 正会員 木梨 秀雄
 (株)大林組 正会員 白旗 秀紀
 (株)亀山 松田 安則

1. はじめに

不良地山において、内空変位や沈下が大きく、収束しにくいような場合には、早期に断面閉合を行うことが肝要となる。そのためには鏡面の安定確保が前提となる。また、鏡面前方の地山を補強し、先行変位を抑制することで、内空変位や支保の負担を軽減させ、トータルの安定性を高める効果が考えられる。この考え方はLunardiによるADECO-RS¹⁾でも説明がなされている。特に都市部の土砂地山や膨張性地山においては、先行変位が変位全体の50%前後とされ、事前の鏡面前方地山の補強は有効と考えられる。また、鏡面から2D程度の区間を長尺鏡ボルトで補強することは、切羽での作業回数の低減をも可能とするが、そのためには鏡ボルト打設の施工性向上が必要となってくる。

鏡面が自立しないような地山においては、掘削時の支障が小さいGFRP（ガラス繊維）製のものがよく用いられている。孔壁が自立する場合には、 $\phi 20\sim 30\text{mm}$ 程度のGFRPボルトが用いられているが、削孔時に孔荒れや孔壁が自立しない不良地山においては、二重管削孔方式の鏡ボルトが適用されている。この際用いられる材料はGFRP管であり、管自体が孔壁の自立を確保するとともに、打設後は引張抵抗部材となり、現在の標準的な打設長は12m程度としている。しかしながら、地山の先行変位の抑制や、作業回数の低減を考慮すると更なる長尺鏡ボルトの打設が必要と考える。そこで、長尺削孔に対応したGFRP材料とビットシステムにより、確実な施工と20m以上の打設も可能な長尺鏡ボルトシステムを開発した。

2. GFRP 管の材料特性

GFRP管には、ガラス繊維が長軸方向に配列する引抜き成形タイプと、ガラス繊維シートを巻付け成形するタイプがある。本工法では、20m以上の長尺削孔に対応すべく、せん断強度のより大きな巻付け成形タイプを採用した（写真-1）。巻付け成形タイプのせん断強度は引抜き成形タイプの約2.5倍である。採用したGFRP管の材料特性を表-1にまとめる。材料強度は継手部耐力に代表されるが、今回の材料と製作方法により300kN以上の継手部耐力を実現した。



写真-1 巻付け成形品

表-1 材料特性

成形タイプ	巻付け成形
外径 (mm)	81
内径 (mm)	65
長さ (1ユニット, m)	3.0
単位重量 (kg/m)	3.5
断面積 (cm ²)	18.34
引張強度 (N/mm ²)	320
弾性係数 (N/mm ²)	18,600
せん断強度 (N/mm ²)	255
継手部耐力 (kN)	300以上

キーワード 鏡ボルト, 切羽安定, 早期閉合, 全断面掘削

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB棟 (株)大林組 TEL03-5769-1320

3. 削孔性能

これまでに、礫、シルト、砂、強風化泥岩の地質のトンネルにおいて鏡ボルト打設を行い、削孔性能の確認をした。その結果を表-2に示す。ビットシステムは開発中の2種類（旧型、新型）を使用した。

削孔時に、玉石が点在したためボルトへ負荷が大きくかかる礫地山において、開発品 GFRP 管と旧型ビットシステムの組合わせで削孔を行った。その結果、のみ下がりが悪く削孔に時間を要したが、排泥状況は問題なく、悪条件な地質においても 21m 以上の長尺削孔が可能であった。

次にシルト地山では、一部に粘土層が狭在したこともあり、開発品 GFRP 管と旧型ビットシステムの削孔においては、排泥状況が悪く、管内が粘性のある細粒分で閉塞した。しかしながら、GFRP 管自体には管の割れ、継手部の断裂などの不具合は無く、時間を要したが無事削孔を完了した。それに対し、新型ビットシステムを使用した削孔では、削孔状況、排泥状況ともに良好で不具合はなかった。この新型ビットシステムは、排泥効率に関する改良を施したものであり、その効果を証明することができた。

砂地山では、旧型のビットシステムを使用したのが、削孔スピードも速く、削孔状況、排泥状況ともに良好であった。

また、強風化泥岩では、新型ビットシステムを使用して長尺削孔実験を行った。泥岩地山においても新型ビットシステムは削孔状況、排泥状況ともに良好で、21m および 30m の長尺削孔に成功し、その後のウレタン系注入も問題なく完了した。

表-2 削孔サイクルタイム

地質	削孔長 (m)	ビットシステム	平均削孔時間 (分:秒/3m)	削孔結果
礫	21.0	旧型	12:48	のみ下がりが悪いが削孔完了
シルト	12.0	旧型	5:49	排泥に難あり。削孔完了
	12.0	新型	3:05	削孔、排泥ともに良好
砂	12.0	旧型	2:20	削孔、排泥ともに良好
強風化 泥岩	21.0	新型	2:02	削孔、排泥ともに良好
	30.0	新型	2:17	削孔、排泥ともに良好

※土質分類は地盤工学会の「中分類」で記述

4. まとめ

今回開発した GFRP 管は、せん断強度および継手部耐力を増強した。また、ビットシステムの改良により、今回の礫や強風化泥岩などの限られた地山条件での削孔実験から、種々の問題点を把握することが出来た。今後も引き続き、より多くの地山条件において、データを蓄積する必要がある。そして更なるシステムの改良、改善を行い、より多くの地質に対応可能な、20m 以上の長尺鏡ボルトシステムの確立を目指す所存である。



写真-2 開発品（FWタイプ）削孔状況

参考文献

- 1) Design & constructing tunnels _ ADECO-RS Approach Tunnels & Tunneling International special supplement 2000年5月号