

吹付け仕上り面平滑化のためのロックボルト頭部処理に関する一試行

飛島建設 土木事業本部 正会員 ○熊谷幸樹
 飛島建設 札幌支店 正会員 筒井隆規
 飛島建設 九州支店 渡邊 博
 エム・シー・エス 河西哲夫

1. はじめに

山岳トンネルの防水工では、吹付け仕上り面に防水シートを貼り付けるため、覆工コンクリート打設時に吹付け仕上り面やロックボルト頭部の凹凸に追従できずに防水シートが破損するリスクがある。そのため、吹付け仕上り面については、吹付け完了後に余吹き部を削り取り、鋼製支保工のフランジ内空側に揃えて平滑化する必要がある(図 1)。一方、ロックボルト頭部では、座金、ナットおよびネジ部が吹付け仕上り面よりも突出するため(図 1)、防水シート施工前に保護キャップ等により頭部を養生する。しかしながら、ロックボルト頭部は局所的に吹付け仕上り面よりも突出したままであり、防水シートが破損するリスクは完全には解消されていないのが実情である。さらに、防水工に背面平滑型トンネルライニング工法¹⁾を採用する場合、突出したロックボルト頭部がモルタル注入時の障害となる場合があり、その改善が必要となることがあった。

これらの課題に対し、ロックボルト頭部が吹付け仕上り面から突出しない施工方法を考案した。本文では、考案した施工方法の概要、特長および留意点等について報告する。

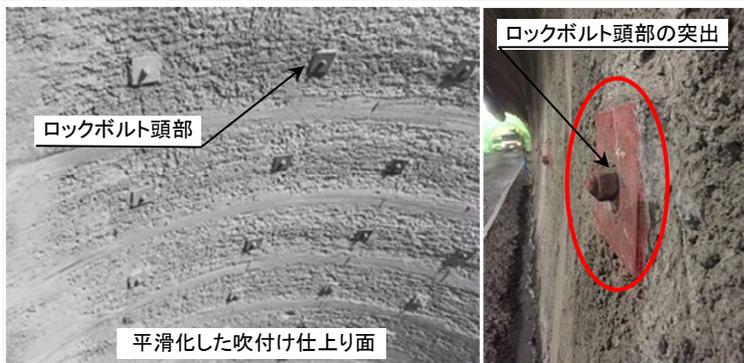


図1 吹付け仕上り面の平滑化とロックボルト頭部の突出部

2. 特殊親子ビットによるロックボルト頭部処理とロックボルト工の概要

図 2 に示すように、吹付け仕上り面に窪みを形成し、ロックボルト頭部が吹付け仕上り面から突出しない施工方法を考えた。以下に、後注入型ロックボルト工の場合における施工方法を手順に沿って示す。

- ①打設位置のマーキング…ロックボルト打設位置をスプレ等でマーキング
 - ②先行削孔…特殊親子ビット(図 3)で窪みの深さが 5cm 程度になるように先行削孔
 - ③ロックボルト穿孔…通常のロッド，ビットに交換して，所定のロックボルト長さ分を穿孔
 - ④ロックボルト挿入…注入管や排気管を含めてロックボルトを挿入
 - ⑤定着材注入…注入専用仮プレートをホールインアンカー等により固定した後，定着材を注入
 - ⑥座金，ナット設置…注入材硬化後，注入専用仮プレートを外し，座金，ナットにより締付け
- 特殊親子ビットの径は，後注入型ロックボルトの場合，子φ64mm，親φ210mmとする。先充填型

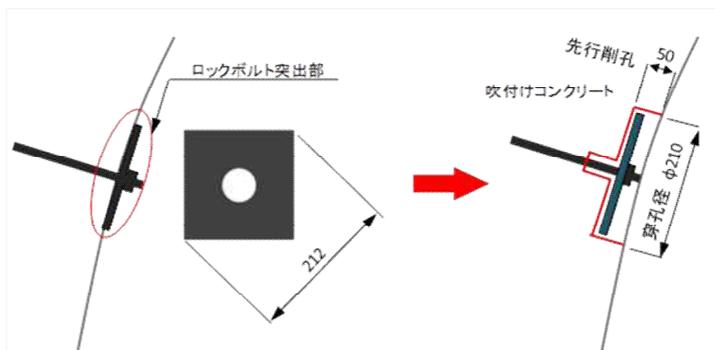


図 2 ロックボルト頭部先行削孔による処理図

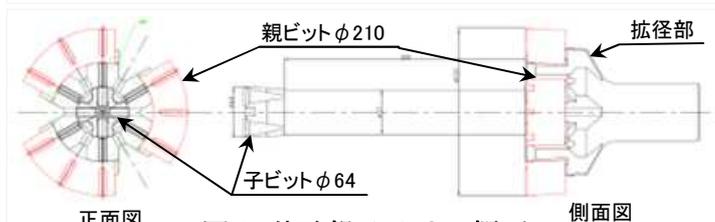


図 3 特殊親子ビットの概要

キーワード 山岳トンネル, NATM, ロックボルト, 防水工, 背面平滑型トンネルライニング工法
 連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 1-8-15 W ビル 4F TEL:03-6455-8327

の場合は子ビットはφ40mm程度とする。吹付け仕上り面の窪みの深さは、ロックボルトの座金、ナット、ネジ部が収まる5cm程度とする。親ビットの後方には余計な削孔を防止するための拡径部を設けることもできる。背面平滑型トンネルライニング工法を実施する場合、ロックボルト頭部の保護キャップは設置せず、窪み部にもモルタルを充填することができる。

特殊親子ビットは通常のビットに比べ重いため、施工手順②では径の太いT38ロッドを使用する必要がある。したがって、施工手順③のロックボルト穿孔時には、ビット交換とともにロッドも取り替える。実施工における施工手間は、施工手順②の先行削孔が追加作業となるが、1孔当り10秒から15秒要するだけで1サイクルの工程に影響を及ぼすことはなかった。

3. 窪み形成による欠損部の吹付けコンクリートやロックボルトの支保機能に与える影響について

考案したロックボルト頭部処理を実施するに際して、適用するトンネル現場（以下、Tトンネルと記す）では、以下に示す二つの条件があった。このため、表1に示すように、CⅠ、DⅠ、DⅢaでは、局所的に吹付厚が設計吹付厚を下回る部分が発生するが、最終的には吹付けコンクリートと同等の強度を有するモルタルにより欠損部を充填するため、吹付けコンクリートの支保機能の低下はないと判断した。

条件1：鋼製支保工を拡大した上で、吹付け仕上り面を鋼製支保工内面に揃えた平滑仕上げとする。

条件2：防水工には背面平滑型トンネルライニング工法を実施し、防水工の背面をモルタルで充填する。

次に、施工したロックボルトに発生する軸力によって、欠損部の吹付けコンクリートが押し抜きせん断破壊しないかどうかを検討した。検討条件は、吹付けコンクリートの材齢1日で、ロックボルトには引抜き耐力に相当する軸力が発生するものとした。表2に検討結果を示す。

表2より、吹付けコンクリート施工後、すなわち、ロックボルト施工後1日で引抜き耐力相当の軸力がロックボルトに発生するとしても、吹付けコンクリートは押し抜きせん断破壊しないことが確認できる。ただし、CⅠの安全率は1.5と最も小さく、吹付厚も施工上不均一となりやすいことから、本頭部処理の適用に際しては、試験施工等を実施して、支保機能が確実に発揮されているかを観察や計測等により検証する必要があると考えている。

4. おわりに

図4に、TトンネルのCⅡ区間で実施したロックボルト頭部処理の状況を示す。本工事では後注入型ロックボルトを実施しており、ロックボルト頭部を特殊親子ビットにより先行削孔することで座金設置面が平坦となり、口元パッカを使用せずとも、簡易な漏れ防止材の付いた注入専用仮プレートを用いて定着材を漏れなく後注入し、確実に密充填が実施できるようになった。

今後も、実施工を通じて本頭部処理方法の改良改善を積み重ね、ロックボルト工を含む支保部材の支保機能向上や防水工の品質向上を図っていきたいと考えている。

参考文献

1) 土木学会：トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [山岳工法編]・同解説, p.119, 2016.

表1 頭部処理により断面欠損が生じる支保パターン

支保パターン	吹付厚(mm)				断面欠損の有無
	設計	平滑仕上げ	実吹付け	穿孔部	
CⅠ	150	無	150	100	○
CⅡ	150	有	200	150	
CⅡ-L	200	有	250	200	
DⅠ	200	無	200	150	○
DⅢa	250	無	250	200	○

表2 吹付けコンクリートの押し抜きせん断破壊に対する検討

支保パターン	ロックボルト		吹付けコンクリート			切欠き部		座金: 150×150×9			判定
	長さ(m)	①耐力(kN)	厚さ(m)	圧縮強度(N/mm ²)	せん断強度(N/mm ²)	厚さ(m)	直径(m)	せん断抵抗面積(m ²)	②せん断抵抗力(kN)	安全率②/①	
CⅠ	4	117.7	0.15	5.0	1.25	0.05	0.21	0.14	176.8	1.5	OK
CⅡ	4	176.5	0.2	5.0	1.25	0.05	0.21	0.25	318.2	1.8	OK
CⅡ-L	4	176.5	0.2	5.0	1.25	0.05	0.21	0.25	318.2	1.8	OK
DⅠ	6	176.5	0.2	5.0	1.25	0.05	0.21	0.25	318.2	1.8	OK
DⅢa	6	176.5	0.25	5.0	1.25	0.05	0.21	0.40	495.0	2.8	OK

※押し抜きせん断は、せん断破壊角45°の四角錐台を仮定。

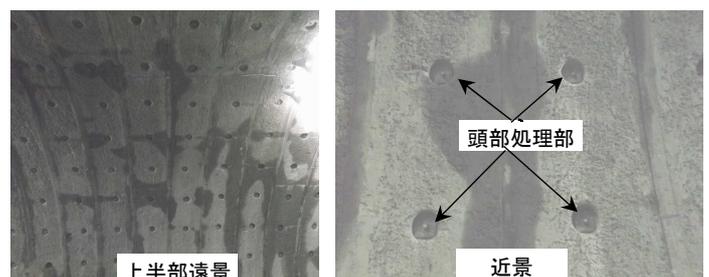


図4 ロックボルト頭部処理の状況