

高速・高剛性ボルトシステム（高強度定着改良タイプ）による内空変位抑制対策 — 現場適用事例 —

アイサワ工業株式会社 遠藤 祐司

原田 隆太

株式会社カテックス 足立 忠彦

正会員○嘉本 惇一

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

正会員 寺戸 秀和

1. はじめに

高速・高剛性ボルトシステム（以下、高高ボルトシステムと呼ぶ）は、芯材に高剛性ボルト（KAT-R51）を使用することで、従来の二重管削孔方式の補助工法に比べて高速削孔が可能になるため、削孔水により地山を乱すことなく打設可能である。また、KAT-R51 と高強度シリカレジン（以下、ガンバン SRC）の組合せは、数分で定着・高強度改良することができ、早期の変位抑制効果が期待できる技術である。本報告では、高高ボルトシステムを増しロックボルトに適用した内空変位抑制対策としての現場適用事例について報告する。

2. 大変形地山における増しロックボルト事例

2. 1 施工条件

当現場は、手取層群砂岩頁岩互層からなる脆弱な地質であり、頁岩主体部では縦方向の層状亀裂の発達が著しく、大きな造山作用を受けていた。地質に大きな変化は無く、断続的に頁岩主体の地質が分布し、土被りは250m 程度となる（写真-1）。対策工として、インバートストラット（H-200）と高強度吹付けコンクリート（ $t=250, 36N/mm^2$ ）による早期閉合、増しロックボルトおよびサイドパイルを実施している（図-1）。内空変位は、下半掘削までに約 150mm、早期閉合後でも約 200mm 程度となり、ロックボルトプレートの変形やナット抜け落ち、吹付けコンクリートのクラック・浮き等が生じており、大変形を生じていた（写真-1、図-2）。このような理由から、高い引張耐力とせん断力が期待でき、注入後即時に強度発現できるガンバン SRC を用いた高高ボルトシステム（ $L=6.0m$ ）を2D 区間（30m）、変位・変状対策のパターン増しロックボルトとして実施した。

2. 2 現場施工

上下半支保工側部に「パターン増しロックボルト」として高高ボルトシステム（ $L=6.0m$, $n=10$ 本）を施工し



写真-1 切羽状況～ロックボルトプレート変形状況～吹付けコンクリートのクラック・浮き状況

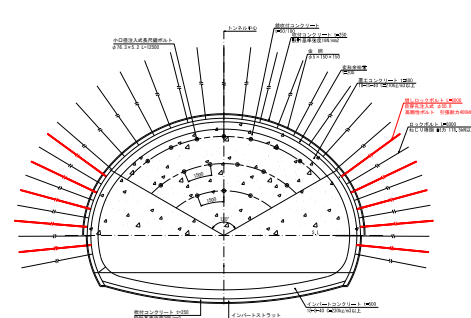
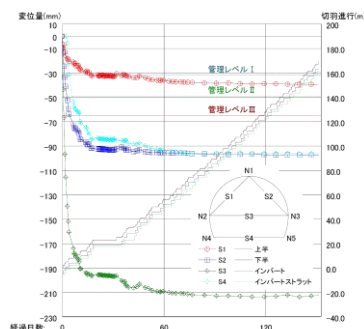
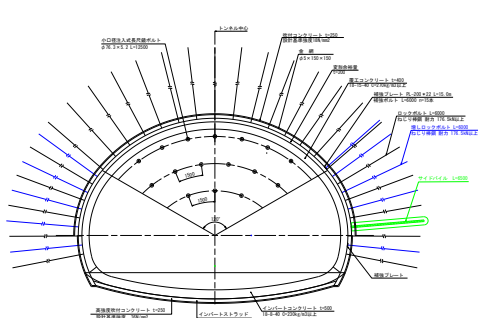


図-1 支保パターン図(初期対策工)

図-2 経時変化図(初期対策区間)

図-3 支保パターン図(対策工)

キーワード 高速・高剛性ボルト（高高ボルト）、大変形地山、増しロックボルト、高強度シリカレジン
連絡先 〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号（株）カテックス TEL052-331-8821



写真-2 施工状況全景 写真-3 打設状況 写真-4 注入チューブ建込状況 写真-5 注入状況

た(図-3).実施区間とその前後区間との変位量を比較することで、本技術による内空変位抑制効果を確認した。なお、実施・未施工区間ともに縦方向層状亀裂の発達が著しい頁岩主体層が継続していた。(写真-1)

2. 3 現場施工結果

高高ボルトシステムの実施区間と未施工区間の A 計測結果を表-1、図-4 に示す。実施区間手前の未施工区間では、内空変位は最大 222mm と大きな値を示していた。高高ボルトシステムの実施区間においては、概ね 100mm 程度となり 5 割程度の内空変位抑制効果が確認できた。

表-1 計測結果一覧表

		←1D→										←1D→									
支保工No.		784	794	804	814	824	834	844	854	864	874	884	894								
土被り (m)		240.6	243.3	246.8	251.7	258.1	264.5	270.8	277.2	283.6	290.0	296.4	302.7								
変位量 (mm)	S1最終変位	-33.6	-25.0	-32.3	-34.2	-38.0	-29.8	-30.8	-34.4	-23.3	-30.7	-39.4	-36.4								
	S2最終変位	-94.3	-108.2	-103.4	-86.3	-72.3	-64.3	-44.3	-43.6	-51.4	-52.4	-713.0	-62.5								
	S3	下半掘削時 (初期)	-182.2	-168.1	-81.8	-114.5	-75.3	-67.0	-52.9	-36.5	-55.7	-40.1	-83.3	-63.1							
		閉合後		-198.6	-133.3	-126.7	-100.1	-76.2	-60.9	-58.8	-73.0	-72.9	-94.9	-95.8							
		最終変位	-217.5	-222.2	-183.4	-170.4	-132.2	-112.1	-86.6	-92.0	-98.6	-103.3	-137.2	-130.8							
S4最終変位		-40.2	-38.1	-79.3	-71.7	-57.4	-39.9	-59.8	-33.9	-60.5	-79.4	-70.1	-71.1								
														←1D→							
ロックボルト(耐力176kN以上)														高高ボルト実施区間		高耐力ロックボルト					

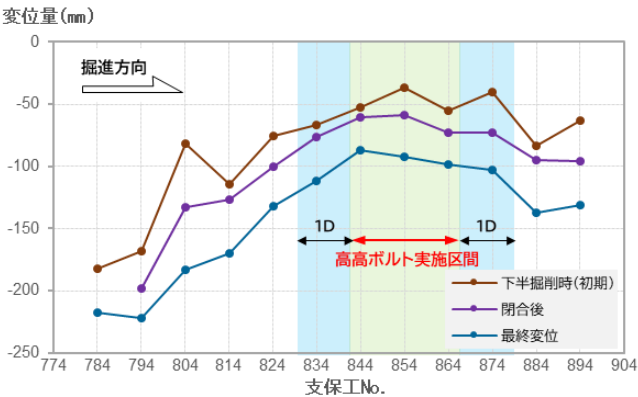


図-4 変位量グラフ

変位の傾向を以下に示す。

- ・実施区間手前の支保工 No. 794 では、初期変位量が 168mm と大きく、早期閉合後には 199mm となる。
- ・実施区間の支保工 No. 844 では、初期変位量が 53mm となり、早期閉合後には 61mm となる。
- ・実施区間後半の支保工 No. 854 では、初期変位量が 37mm となり、早期閉合後には 59mm となる。

実施区間において変位量の抑制が確認され、変位速度も減少傾向にあることから、変形余裕量以下(80mm 以下)で収めることが可能であると判断したため、高高ボルトシステムの施工を終了し、パターンロックボルト・増しボルトを高耐力ロックボルト(耐力 290kN 以上)へと変更した。

3. まとめ

高剛性ボルト(KAT-R51)と瞬結で高強度の定着が可能となる「ガンパン SRC」を組合せた高高ボルトシステムを「パターン増しロックボルト」として採用した現場適用結果を以下に列挙する。

- ・実施区間の計測結果から、変位速度の減少および内空変位量を抑制することが確認できた。
- ・早期閉合が必要となる大変形地山において、5 割程度の変位抑制効果を確認できた。
- ・掘削とともに内空変位が増大した大変形地山(変位大；200mm 程度)において、高高ボルトシステムの高強度部材により 2D 区間(30m)の内空変位を強制的に抑制(変位小；100mm 程度)することで、連続する 1D 手前区間ならびに 1D 前方区間の内空変位が概ね安定した変位量に抑制(変位中；120 mm程度)されたことが確認できた。

高高ボルトシステムは、上記のような地盤条件や施工条件において有効な技術であり、大変形地山の内空変位抑制対策としての「パターン増しロックボルト」に適用可能な技術であると考える。