

「高速・高剛性ボルト（高高ボルト）システム」の開発 ― 現場適用事例 ―

前田建設工業（株） 正会員 森田 篤 正会員○水谷 和彦 正会員 金子 和己 野田 力 松下 弘樹
 （株）カテックス 足立 忠彦 浅井 勉 正会員 岩本 昭仁 正会員 安田 耕治
 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（以下、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（長尺鋼管フォアパイリングなど）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（Type-Ⅲ）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、開発した高高ボルトシステム（Type-Ⅲ）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先行サイドパイル事例

2. 1 施工条件

当現場は、強風化砂岩および頁岩からなる混在岩の脆弱な地質であり、地盤支持力が小さいことから、トンネル全体での沈下が見られ、早期閉合により変位抑制を図っていた。しかし、早期閉合後も変位が進行することや変形余裕量以上の沈下量が生じることから、高高ボルトシステムによる沈下抑制効果の現場試験を実施した（写真-1～4）。

2. 2 現場試験計画

当現場では、沈下によって生じるすべり線を地山緩みが拡大する早い段階でせん断補強することを目的に、上半支保工脚部（SL+1m）、切羽前方 60° 方向に左右 1 本打設する「先行サイドパイル」を採用した（図-1, 2）。試験区間長は L=10m とし、試験区間と前後の未施工区間の沈下量を比較することで、本技術による変位抑制効果を確認した。



写真-1 施工状況全景



写真-2 打設状況



写真-3 インナーチップ 建込状況



写真-4 注入状況

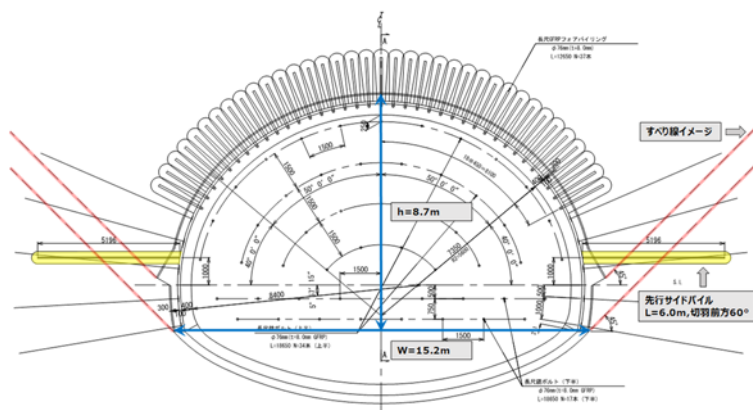


図-1 横断面図

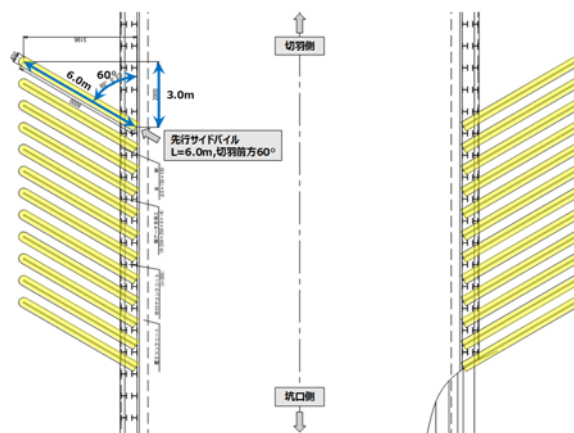


図-2 平面図

キーワード 高速・高剛性ボルト, 高速施工, 補助工法, 高強度改良

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 TEL:052-331-8821

2. 3 現場試験結果

(1) KAT-R51 の打設

KAT-R51 は、ドリルジャンボ JTH3200R に搭載された油圧ドリフターにて削孔し、一般的な長尺フォアパイリングに比べて 2~4 倍の速度で打設することができた（打設速度は 2 分/m 程度：L=6m で平均 11 分 52 秒）。

(2) ガンバン SRC の注入

注入材であるガンパン SRC の硬化試験結果を表-1 に示す。通常の自穿孔ボルトよりも太径の KAT-R51 と組み合わせることで、先端と中間の 2 ステップで注入することができる(図-3)。ボルト口元でなく、地山注入直前の先端ミキサで混合・攪拌することにより、ボルト内での閉塞は無く、全長(L=6m)にわたる均一な限定地山改良が可能であった。

表-1 硬化試驗結果

項目 製品名	液 温 (℃)		発泡倍率 (倍)	硬化時間 (秒)
	A 液	B 液		
ｶﾞﾝﾊﾞ SRC	23	23	1.1	76

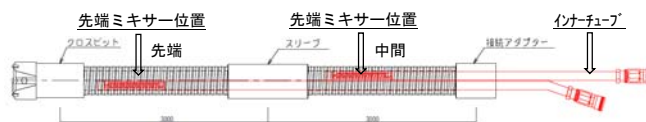


図-3 先端ミキサーおよび注入位置図

(3) 沈下抑制効果

天端、右脚部、左脚部の3点で沈下計測を実施した(表-2、図-4)。閉合後の試験施工区間の平均値は85mm、未施工区間の平均値は126mm((130+122)/2)であり、変位抑制効果は3割程度((126-85)/126)確認できた。今回は試験施工であり施工区間がL=10mと短区間であったが、施工区間をより長くすれば、更なる変位抑制効果が期待できる。

表-2 沈下計測結果一覽表

支轴/组	箇所	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377
主翼(上)	10	18	18	18	17	17	17	16	16	15	15	14	14	13	13	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
初期値		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下昇 (mm)	天候	-13	-50	-64	-44	-32	-52	-59	-45	-44	-30	-15	-25	-45	-24	-30	-22	-55	-49	-46	-42	-39	-33	-28	-23
	天候	-22	-60	-76	-55	-41	-65	-60	-77	-66	-62	-47	-27	-45	-25	-28	-21	-53	-51	-45	-42	-39	-33	-28	-23
下昇 (mm)	天候	-22	-60	-76	-55	-41	-65	-62	-83	-64	-57	-37	-57	-41	-61	-36	-44	-29	-67	-60	-56	-48	-46	-43	-40
下昇 (mm)	天候	-25	-53	-58	-64	-60	-65	-58	-70	-57	-47	-35	-44	-50	-33	-41	-32	-66	-59	-55	-49	-56	-48	-48	-43
建込後 (mm)	天候	-60	-103	-61	-72	-62	-76	-70	-87	-85	-72	-39	-45	-36	-49	-29	-27	-34	-61	-59	-56	-58	-80	-64	-130
	天候	-45	-63	-83	-85	-70	-94	-80	-93	-75	-66	-66	-60	-58	-62	-42	-56	-40	-76	-68	-85	-81	-66	-57	-55
即前 (mm)	天候	-73	-98	-108	-122	-112	-103	-98	-97	-85	-92	-81	-60	-68	-72	-52	-58	-55	-77	-73	-75	-70	-119	-120	-111
	天候	-111	-146	-101	-127	-125	-112	-111	-115	-107	-98	-66	-63	-56	-67	-47	-51	-53	-74	-82	-88	-84	-111	-175	-155
即前 (mm)	天候	-110	-109	-140	-149	-142	-134	-127	-130	-115	-105	-95	-90	-79	-89	-67	-68	-85	-84	-89	-88	-89	-113	-116	-105
	天候	-84	-101	-114	-120	-122	-103	-99	-105	-92	-81	-67	-65	-62	-60	-58	-80	-102	-101	-109	-162	-162	-162	-162	-134
即後 (mm)	天候	-125	-150	-106	-130	-127	-119	-116	-112	-113	-101	-71	-69	-58	-52	-57	-72	-74	-72	-102	-126	-130	-152	-179	-185
	天候	-114	-112	-145	-150	-144	-140	-134	-125	-113	-100	-99	-87	-98	-76	-94	-101	-107	-109	-107	-112	-115	-113	-135	-133
割合平均値						-122								-85								-130			

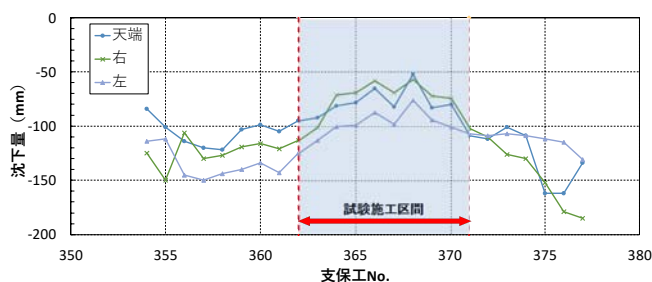


図-4 全沈下量グラフ（閉合後）

3. その他の適用事例

その他事例としては、帯水破碎質地山における増しロックボルト事例や未固結地山における交差部補強(斜坑と本坑)事例が挙げられる。これら事例においては所定耐力以上(ボルト耐力 80%)を確認し、無事に施工が完了している。

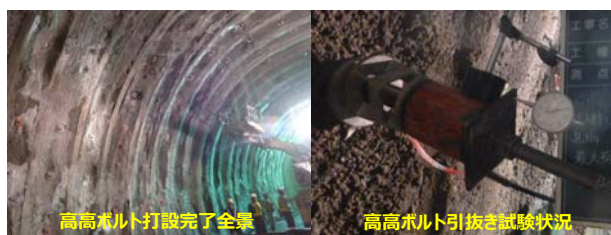


写真-5 破碎質地山におけるロックボルト事例



写真-6 交差部補強事例

4. まとめ

高高ボルトシステム (Type-Ⅲ) の現場適用結果を以下に列挙する。

- ・ 打設速度は2分/m程度となり、一般的な長尺フォアパイリングに比べて2～4倍の速度で打設可能。
- ・ 先端ミキサーでの混合・攪拌により、ボルト内を閉塞することなく、均一な限定地山改良が可能。
- ・ 早期閉合が必要となる大変形地山において、沈下量を3割程度抑制することができた。
- ・ 大変形地山や帯水破碎質地山などの不良地山や交差部などの補強ロックボルトとして適用可能である。

高高ボルトシステムは、上記の様な地盤条件や施工条件において有効な技術であり、その他の高圧大量湧水下におけるトンネル掘削や拡幅工事などにも適用可能な技術であるとする。