

強風化凝灰角礫岩区間における縞付き鋼管切羽補強工法の施工実績

鹿島建設(株) 正会員 ○山本 拓治 横田 泰宏 伊達 健介 扇 裕次 後藤 直人

1. はじめに

近年、山岳トンネル分野では鏡ボルトを切羽に打設して地山を安定化させる切羽補強工が注目されている。筆者らは、切羽補強工の補強材に GFRP ボルトを用いた場合に発生する混合廃棄物、また通常の鋼管型鏡ボルトを用いた場合の定着力不足の問題を解決すべく、新しい縞付き鋼管切羽補強工を開発し、その補強効果の大きさを室内・現場引抜試験によって実証してきた¹⁾。今回、第四期更新世の凝灰角礫岩を主体とするトンネル掘削工事において、坑口部の崖錐及び強風化凝灰角礫岩区間に本工法を適用した。その結果、先進トンネルである下り線は、切羽及び天端崩落もなく、顕著な変形量も発生せず無事施工を完了することができたので、その施工実績について報告する。

2. 工事及び地質概要

熊本県発注の万日山トンネルは、熊本駅の西に位置する標高 130m 程度の万日山を貫く、延長 L=442m×2 本の超近接トンネルである。図-1 は本トンネルの地質縦断図である。地質は、トンネルの大部分を弱風化凝灰角礫岩 (Tb-2 層) が占め、その基質部は、固結度の違いにより指圧にて容易に砕けるものからハンマーにて砕けるものまで様々で、砂～砂質シルト状を呈す。礫部はハンマーで割れる程度の安山岩礫からなり、礫径は φ10～200mm を主体とするが、稀に 1,000mm 程度の礫も観られる。坑口付近には、基質部が風化により粘土化した強風化凝灰角礫岩 (Tb-1 層) や崖錐性堆積物 (dt 層) が堆積しており、切羽や天端の崩落が懸念されていた。さらに、本トンネルは、上下線トンネルが写真-1 のように非常に近接しており、先行する下り線掘削による緩みを最小限に抑える慎重な施工が必要であった。また、本トンネルでは、定着材にシリカレジンを用いる必要があり、通常鋼管では十分な補強効果が得られないことも懸念されたため、地山に補強材を確実に

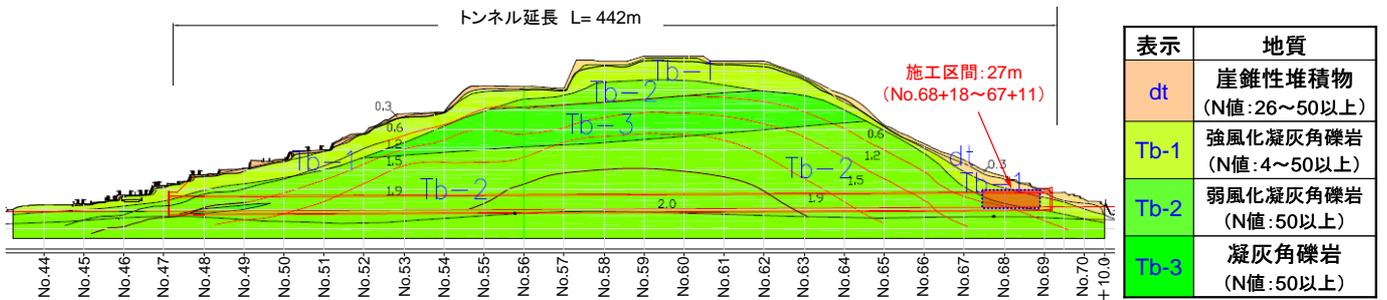


図-1 地質縦断図



写真-1 坑口状況



写真-2 ジャンボによる施工状況



写真-3 削孔ツール

キーワード 凝灰角礫岩, 切羽補強工, 鏡ボルト, 付着耐力

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2丁目19-1 鹿島技術研究所 TEL042-489-7088

定着することができ、前方地山の補強効果に優れた縞付き鋼管切羽補強工法を採用した。本工法は、特殊な機械・設備に変更する必要がなく、従来どおり油圧ジャンボによる施工が可能であり（写真-2）、また削孔は二重管方式で行われるため、本トンネル坑口部のように孔壁が不安定な地質状態でも打設が可能である（写真-3）。

3. 施工実績

図-2、及び図-3は、補助工法の配置パターン図である。図-2に示すように、補強材に用いた縞付き鋼管（鋼管径 $\phi=76.3\text{mm}$ 、肉厚 $t=4.5\text{mm}$ 、ボルト長 $L=12.5\text{m}$ ）は1断面あたり12本打設した。また、図-3に示すように、ラップ長を3.5m（1シフト9.0m）と設定し、合計3シフト間（No.68+18～No.67+11：27.0m区間）に適用した。縞付き鋼管は、表面形状を凹凸とすることでボルト周面の付着耐力を高めているため、ボルト打設時の削孔性が悪化することが懸念された。しかしながら、本施工に要したサイクルタイムは通常鋼管を補強材に用いた場合とほぼ同等であることが確認できた。写真-4は、縞付き鋼管ボルト打設前後の切羽写真である。

図-4は、No.68+10のA計測結果（天端沈下量と内空変位量）である。同図から、天端沈下量、内空変位量共に切羽が5m（0.5D）程度進行すると収束傾向を示し、発生した変位量も10mm以下と非常に小さく抑制できている。また、B計測として実施した地中変位計測や地表面沈下計測においても、掘削期間中に大きな変化は見られなかった。これらの計測結果を考察すると、縞付き鋼管切羽補強工法の補強効果により、強風化凝灰角礫岩や崖錐性堆積物が堆積する坑口部を安全に掘削できただけでなく、切羽周辺の緩みを最小限に抑制することができたと考えられる。さらに、今回用いた縞付き鋼管は、鋼管表面に一定間隔のスリットを設け切除部としたことで、掘削時の鋼管回収性を高めることができた。今後は掘削時に鋼管と定着材が分別回収できるよう更なる回収性の向上に努めたい。

参考文献

- 1) 横田泰宏, 伊達健介, 山本拓治, 辻孝志, 岡部正: 付着耐力を向上させた縞付き鋼管切羽補強工法の開発, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.

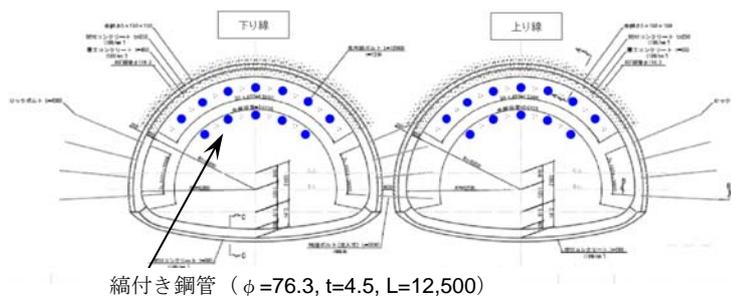


図-2 補助工法パターン概要図（横断面）

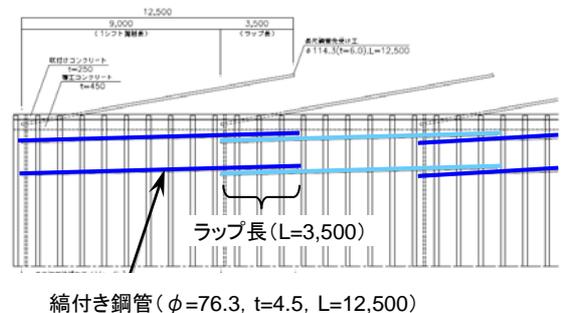


図-3 補助工法パターン概要図（縦断面）



鏡ボルト施工前



鏡ボルト施工後

写真-4 切羽写真

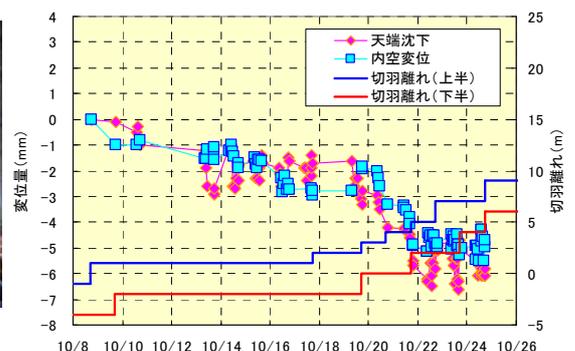


図-4 A計測結果（No.68+10）