

未固結地山における沈下抑制を目的としたレッグパイルの施工

大成建設株式会社 九州支店 正会員 古賀 快尚

1. はじめに

熊本 57 号滝室坂トンネルは、阿蘇カルデラの東側である熊本県阿蘇市坂梨～波野に位置し、本坑 4,834m、避難坑 4,898m の山岳トンネルである。本トンネルでは、本坑の未固結地山が分布する区間において坑内変位が管理基準値を超過し、特に天端沈下が卓越する変形モードが確認された。この変形は支保工脚部の沈下が原因と考えられ、これを抑制して地山の安定を確保することを目的に、脚部補強工としてレッグパイルを施工した。本稿では、レッグパイル施工までの経緯とその効果について述べる。

2. 現場概要

滝室坂トンネルは、本坑が掘削断面積 100m^2 を超える扁平形状の大断面トンネル、避難坑が掘削断面積 20m^2 程度の小断面トンネルである。掘削の対象となる地質は、阿蘇火山の噴火サイクルで形成された第四紀の火砕流堆積物であり、溶結の程度で硬さが異なる点と各噴火サイクルで形成された火砕流堆積物の間に脆弱な間隙堆積物が分布する点が特徴である。事前の地質調査結果から、地山強度比が 1 を下回る区間に対して、特殊パターンである E パターンが計画されていた。図-1 に本坑の E パターンにおける支保パターン図を示す。掘削方式は機械掘削、掘削工法は補助ベンチ付き全断面工法と一次インバートによる早期閉合を採用した。

3. 変状が発生した区間における地質の特徴と変形モード

設計で E パターンが計画されていた区間において、吹付コンクリートのクラックといった支保の変状が発生し、坑内変位における天端沈下が管理基準値Ⅲを超過した。図-2 に変状が発生した区間の代表切羽写真を示す。この区間では、下半より下側に砂礫層 (Aso-4(B)) が分布しており、砂礫層の一軸圧縮強さは針貫入試験による測定がで

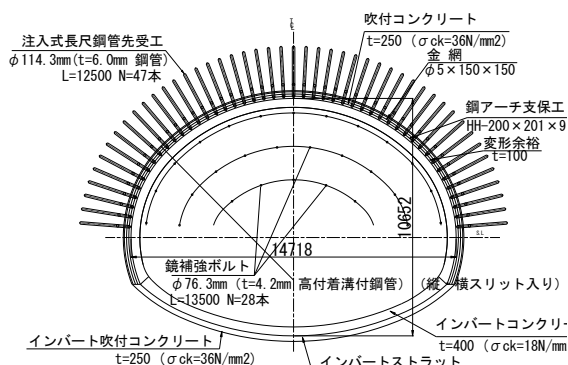
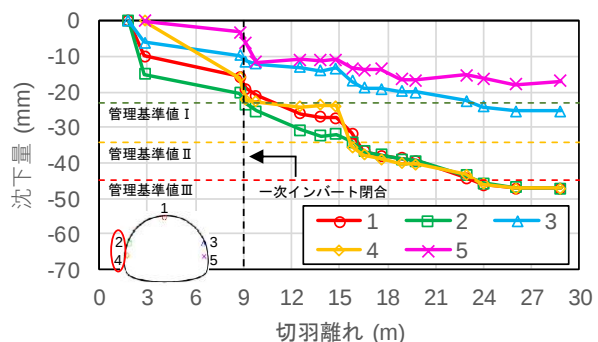


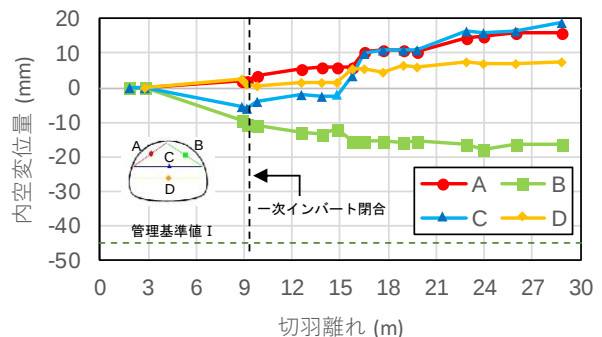
図-1 Eパターンの支保パターン図



図-2 変状区間の代表切羽写真 (TD=459m地点)



(a) 沈下変位



(b) 内空変位

図-3 変状区間の変位計測結果 (TD=459m, 経距変化図, レッグパイル施工前)

キーワード 山岳トンネル, 未固結地山, 補助工法, レッグパイル

連絡先 〒869-2801 熊本県阿蘇市波野大字小地野 1143-2 大成・杉本 JV 滝室坂トンネル東工事作業所 TEL: 0967-24-0211

表-1 レッグパイルの仕様

項目	単位	値	備考
鋼管径	mm	114.3	t=6mm, AGF鋼管を使用
打設長	m	6.5	AGF鋼管の先頭管+端末管
打設間隔	m	1.0	一掘進長に準ずる
改良径	mm	600	
注入材	-	シリカレジン	注入式長尺鋼管先受け工の施工実績をもとに選定
注入圧	Mpa	初期圧+2.5MPa	左記を上限とする

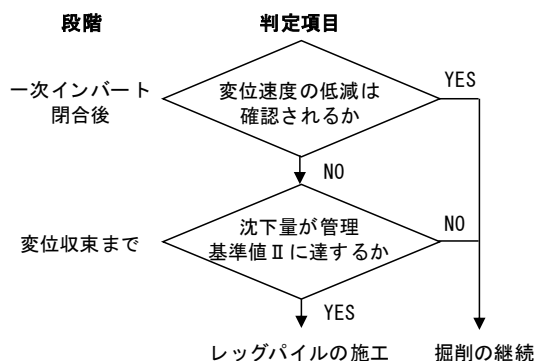


図-4 レッグパイル必要性判定のフロー

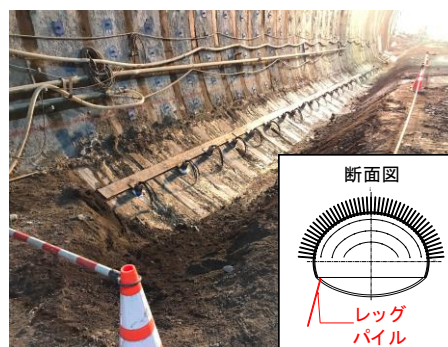
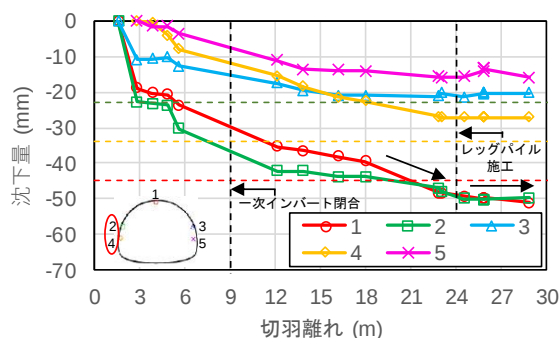


図-5 レッグパイル施工完了写真

図-6 レッグパイル箇所の変位計測結果
(TD=492m, 経距変化図, レッグパイル施工前後)

きない程度（0.2MPa以下）であった。また、帯水層で湧水により即座に軟弱化するという特徴も見られた。

図-3 に変状区間の変位計測結果（TD=459m, 経距変化図）を示す。一次インバート閉合後も、掘削に伴い変位速度に変化なく沈下が生じ、切羽離れ 24m（≒1.5D）地点で天端部・左肩部・左脚部が管理基準値Ⅲ（-45mm）に達している。一次インバート閉合による変位抑制効果が小さい要因として、断面が扁平な形状であるため、断面閉合による地山への内圧付与効果が小さいことが考えられる。また同じ切羽離れにおいて、右肩部・右脚部は管理基準値Ⅰ（-23mm）相当とトンネルの左右で沈下の傾向が異なることが確認できる。この計測結果から、一次インバート閉合による変位抑制効果が十分ではないと判断し、追加の沈下対策を検討した。

4. レッグパイルの施工と対策効果

変位計測結果と切羽観察結果から、砂礫層が下半より下側に分布する区間（TD=445m～531m, L=86m）については、トンネル左側の支保工脚部の地耐力が不足していると判断し、追加の脚部補強工としてレッグパイル¹⁾を施工した。表-1 にレッグパイルの仕様を示す。レッグパイルの施工の必要性については、図-4 のフローに基づいて一次インバート閉合後の変位速度の変化と、変位収束までに沈下量が管理基準値Ⅱ（-34mm）を超過するかどうかで判断した。図-5 にレッグパイル施工完了写真、図-6 にレッグパイル施工箇所の変位計測結果（TD=492m, 経距変化図）を示す。TD=492m では切羽離れ 24m 地点でレッグパイルを施工した。一次インバート閉合後、レッグパイル施工前である切羽離れ 12m～23m 区間では、天端部・左肩部・左脚部にて掘削に伴う沈下変位が生じていたが、レッグパイル施工後の切羽離れ 24m 以降は沈下変位の低減が認められ、対策工の有効性を確認できた。

5. まとめ

未固結地山が分布する区間において、一次インバート閉合による変位抑制効果が十分でなく、沈下変位を抑制することを目的に脚部補強工としてレッグパイルを施工した。レッグパイル施工前後の坑内変位の経過を比較することで、対策工の有効性を確認した。滝室坂トンネルの施工は現在（2021年3月）も継続しており、無事故・無災害で竣工を迎えることが出来るよう、安全第一で作業を進めたい。

参考文献

- 1) ジェオフロンテ研究会：坑内から行う地山先行補強工の設計手法，pp.149-152，2007。