

砂層および湧水区間における切羽安定対策—中津3号トンネル工事(2工区)—

三井住友・小田開発・野村特定建設工事共同企業体所長 正会員○平野 啓一

大分県中津土木事務所中津日田道路建設室長 田中 修

大分県中津土木事務所中津日田道路建設室主任 疋田 拓郎

三井住友・小田開発・野村特定建設工事共同企業体 正会員 武井 和音

三井住友建設株式会社土木本部土木技術部トンネル技術グループ長 正会員 鷹嘴 智司

1. はじめに

中津日田道路は、大分県の中津市と日田市を結ぶ延長約 50km の地域高規格道路として整備が進められている。付近を流れる山国川が豪雨により氾濫し、主要国道の一部が通行止めになった際、部分的に開通していた中津日田道路が代替道路として活躍するなど、生活・産業・観光面での貢献が期待されている。

中津3号トンネル工事は、中津日田道路の中間に位置し、標高 664m の鹿熊岳の下を直線状に東西に貫く延長 2,986m のトンネル新設工事であり、本工区はそのうち西側（日田側）から 1,440m を施工する。

平成 27 年 10 月からトンネル掘削を開始し、坑口から暫くは比較的安定した地山状況であったが、397.7m 地点で鏡面の崩落が生じ、その後も脆弱な砂層に起因する不安定な切羽が続いた。また、坑口から 530m 付近から湧水が増加し、608m 付近では切羽での湧水量が毎分 600 リットルに達した。本報では、脆弱な砂層および大量湧水下での切羽安定対策について報告する。

2. 地質変化

地質縦断図(図-1)によると、シルト岩を主体とする互層、凝灰角礫岩、安山岩の順にトンネルに出現すると想定されていた。終点側から掘削する 2 工区では、トンネル上部に耶馬溪の奇岩・急崖を形成する耶馬溪火砕流堆積物(溶結凝灰岩)が存在し、柱状節理が発達することからトンネル上部の地層境界付近に裂カ水の帯水が懸念されていた。掘削開始から崖錐堆積物区間を抜けると想定通りのシルト岩を主体とする互層区間が続いた。シルト岩は圧縮強度が 10~15N/mm² 程度であり、土被りが大きくなるにつれて地山強度比が小さくなるにも関わらず内空変位量が最大でも 15mm 程度と安定した地山状況であった。坑口から約 330m 付近から掘削面の下部より未固結砂層(層厚 1~3m 程度)が出現し、これに伴い、鏡面の自立性がシルト岩部分も含めて低下し、不安定な地山へと変化した。砂層については既存のボーリングコアで確認されていたが設計段階では補助工法の採用には至っていない。砂層は、上下に緩やかな起伏を繰り返しながらトンネル断面内に長く(約 730m)出現することとなり、掘削進捗に大きく影響した。

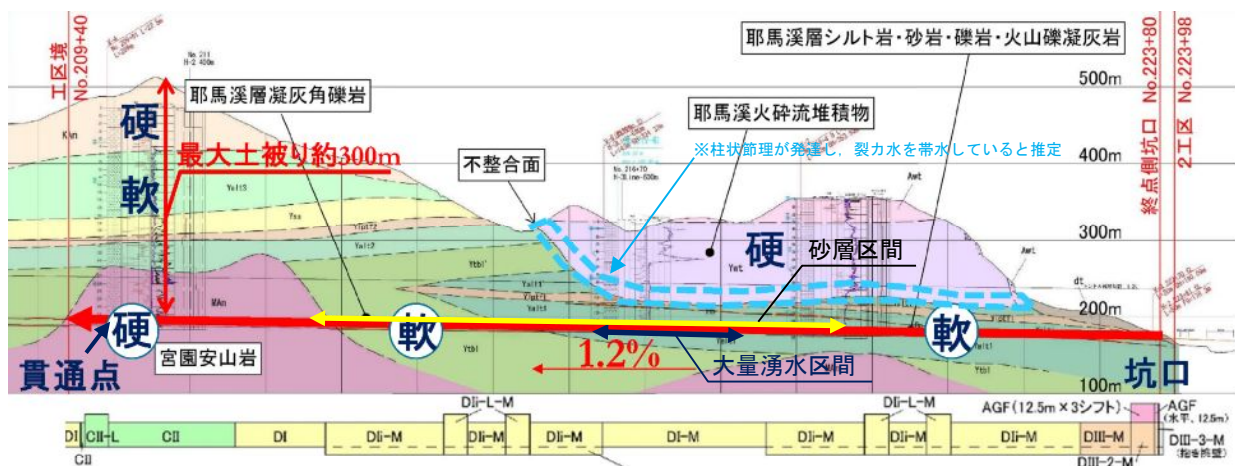


図-1 中津3号トンネル工事(2工区)地質縦断図

キーワード 砂層, 湧水対策, AGF, ウレタン

連絡先 〒871-0432 大分県中津市耶馬溪町大字金吉 688-3 三井住友・小田開発・野村 J V T E L 0979-26-7766

3. 砂層における変状と切羽安定対策

坑口から 397.7m 地点において、掘削後のずり出し中に鏡面が幅 8m、高さ 5m、奥行 1mにわたり崩れ落ちた(写真-1)。崩落の要因として、掘削面下部に出現した相対的に脆弱な砂層(写真-2)が上部のシルト岩を主体とする岩塊を支えきれずに破壊したと推定された。砂層は、圧縮強度 0~2N/mm² 程度(指で容易に押しつぶせるほどの硬さ)であり、吹付けコンクリートの付着が悪く、エアーの圧力程度で吹付け箇所が崩れるほど自立性が低い。

切羽安定対策としては、崩落箇所とその周辺のゆるみ範囲の拡大を考慮して、長尺鋼管鏡補強工(φ76.3, L=12.5m, @1.5m, シリカレジンを注入)および長尺鋼管先受工(φ76.3, L=12.5m, @45cm, シリカレジンを注入)を応急対策として実施した(図-2)。その後も砂層は出現し続け、範囲は拡大縮小を繰り返し、天端付近にまで広がったが、同種の補助工法を適宜採用することにより切羽の安定性を確保した。

4. 湧水による変状と切羽安定対策

坑口から 530m 付近から湧水量が増大し、575m 地点で、湧水とともに長尺鋼管先受工の隙間から砂層の抜け落ちが生じた(写真-3)。対策として水抜きを行うとともに鋼管の打設間隔を 45cm から 30cm に縮めた。608m 付近では湧水量が毎分 600 リットルに達し、注入するシリカレジンは、水に流され、砂層と互層を形成するシルト岩についても湧水の影響により自立性が乏しく、部分的な崩壊を繰り返し、掘削は困難を極めた。増大する湧水への対応として、清濁分離により濁水処理設備の増設(+60m³/h)と待避沈殿池の設置、インバートを含む切羽からの徹底した水抜きを実施した。また、鋼管打設時に大量湧水が生じる箇所については、注入する薬液をシリカレジンから水と反応して発泡固化するウレタン系減水・止水剤(KOD-M)に変更した。高压注入(最大 5MPa)により鋼管周辺に強固な改良体(写真-4)を形成することが可能となり、湧水量を滴水程度にまで減水した(KOD-M は鋼管内湧水量 20 リットル/分以上に適用)。

5. おわりに

トンネルは平成 29 年 12 月末に貫通している。本工事では、改めてトンネル工事で直面する地質変化の怖さを経験した。今後も安全第一で竣工を目指していく所存である。



写真-1 鏡面の崩落



写真-2 脆弱な砂層

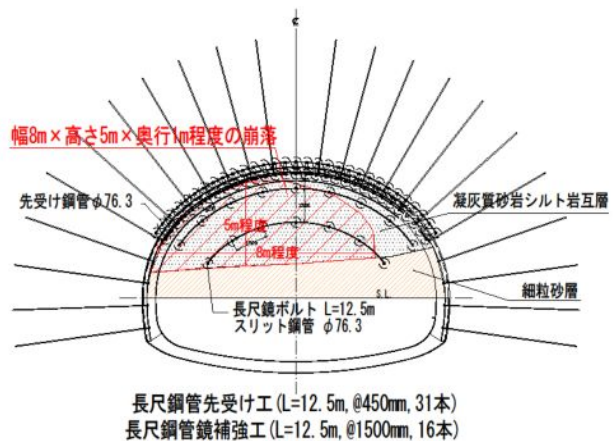


図-2 切羽安定対策工

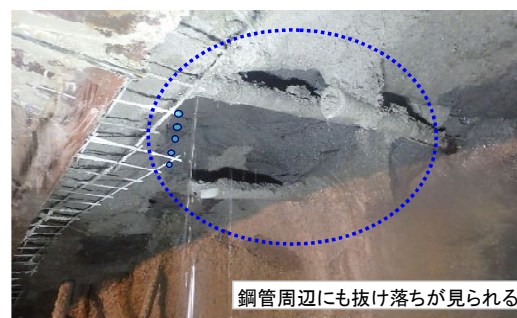


写真-3 湧水を伴う砂層の抜け落ち



写真-4 鋼管周辺に形成した改良体