

断層の影響を受けた不良地山のトンネル掘削（施工経過報告）

国土交通省 九州地方整備局 八代河川国道事務所 小辻 英俊
国土交通省 九州地方整備局 八代河川国道事務所 矢野 幸樹
(株) 熊谷組 瀬戸口 大志 正会員 ○小松 花穂里

1. はじめに

中尾山トンネルは、熊本県水俣市長野町に位置する全長 1,428m の道路トンネルであり（表-1）、全線において一軸圧縮強度が 1～3N/mm² で、地山強度比が 2 以下の軟弱地山が分布し、設計支保パターンは坑口部を除く約 90%がDⅡである（図-1）。
本報告では、当初想定されていない断層の影響を受けた不良地山の掘削（施工経過）について報告する。

表-1 工事概要

工事名称	熊本3号 中尾山トンネル新設工事
工事場所	熊本県水俣市長野町地内
工期	平成30年3月14日～令和2年10月30日
発注者	国土交通省 九州地方整備局
路線	南九州西回り自動車道 芦北出水道路
工法	NATM(機械掘削工法)
工事数量	施工延長 1,428m(掘削・インバート・覆工 全線) 坑門工 2基 工事用道路 1式

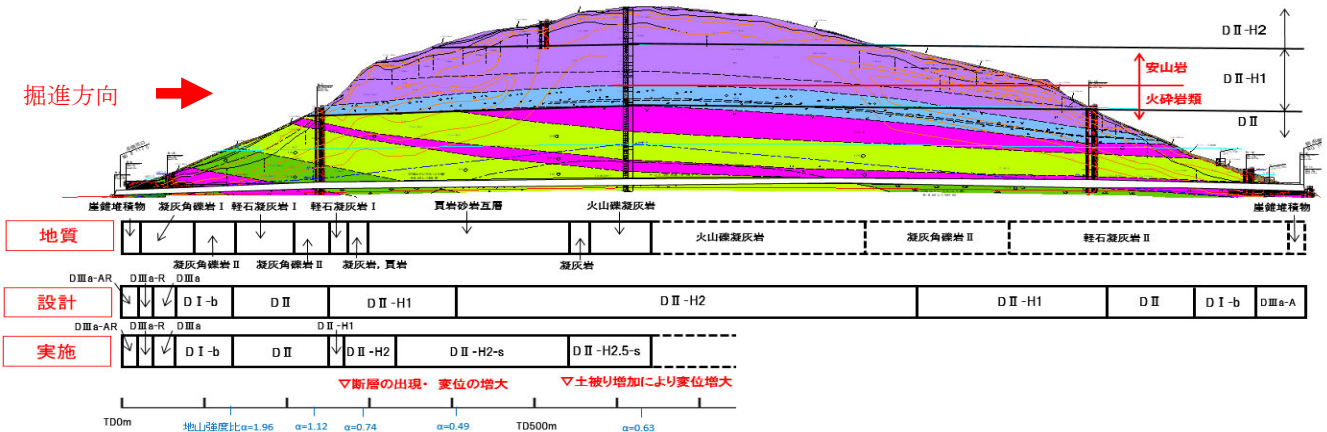


図-1 地質縦断面図

2. 地質概要

中尾山トンネルは主に新第三紀の地質で構成され、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、軽石凝灰岩等の複数の岩相を含む火砕岩類が分布する。掘削においては、前方探査ボーリングを行って地質状況を確認しながら施工を進めている。しかし、事前の地質調査で確認されていない、断層を伴う凝灰岩がトンネル断面に出現した（写真-1）。

この凝灰岩はスレーキング特性が顕著で大きな変位を及ぼすとともに、切羽を不安定化させた。さらに、切羽が進行するにつれ、下層にある堆積岩類（強風化頁岩）が切羽に出現し崩落が頻発（写真-2）、支保の変状が発生した。

3. 切羽安定対策

切羽安定対策として、核残しや部分掘削、短尺先受けおよび短尺鏡ボルトを行ったが切羽は安定せず、天端部に小口径長尺鋼管先受工(シリカレジン注入)、鏡面には小口径長尺鏡ボルト(シリカレジン注入)を施工することで安定した施工が可能になった。

キーワード トンネル、地山強度比、不良地山、断層、凝灰岩、早期閉合

連絡先 〒810-0004 福岡市中央区渡辺通 4-10-10 (株) 熊谷組 九州支店土木部 TEL092-721-0215

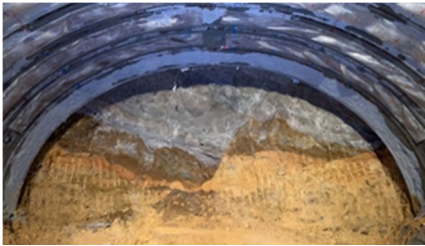


写真-1 断層を伴う凝灰岩 (TD280m)



写真-2 強風化頁岩の崩落 (TD310m)

4. 支保パターンの変更

設計において、本トンネルの支保構造は地山強度比が 2 以下の区間を DII（変形余裕 100mm）とし、さらに、FEM 解析による許容限界に応じて表-2 のとおり、高強度吹付コンクリートと高規格鋼アーチ支保工の採用による 3 段階のパターンが設定されていた。施工時には、支保の選定基準となる岩強度の測定に、軟岩の強度を推定できる針貫入試験を用いた。また、前方探査ボーリングにおけるコアの強度試験を随時行った。設計どおり DII-H1 で施工中（TD=260m）に前述の断層が出現し管理レベルⅢを超える 180 mm の内空変位が生じたため（図-2）、高強度吹付コンクリートを採用した DII-H2 に変更し、早期強度発現による支保耐力増強で変位抑制を試みた。しかし、期待した効果は得られず管理レベルⅢを超える変位が継続し、支保の変状が生じた（写真-3）。

5. 変位抑制対策（早期閉合）

変位は、沈下量に対して水平方向の内空変位が卓越しており、初期変位が大きいことが特徴であった（図-2）。また、切羽離れが 2D（D：トンネル径）を超えても進行するという状況であった。そこで、変位増大を抑制するため、支保を早期にリング構造として切羽離れ 1D 以内でストラットと吹付コンクリートを施工する DII-H2-s パターンに変更し、早期閉合を行った。

5-2. 初期変位抑制対策

切羽安定対策と早期閉合により安定して施工を進めていたが、土被りの増加（地山強度比の減少）に伴い、早期閉合を施工するまでの初期変位が管理レベルⅢまで進行する状況となり、さらなる支保のランクアップが必要となった。そこで、鋼アーチ支保工を HH150 から NH200 に、吹付けコンクリート厚さを 200mm から 250mm とすることで支保圧を増強した DII-H2.5-s パターン（図-3）に変更した。この結果、初期変位を抑制し、早期閉合時の変位が管理レベルⅠ程度（図-4）になり、安定した施工を進めることが可能となった。

6. 今後について

本トンネルは、設計において軟弱地山が想定されていたものの、施工では、想定されていない断層・不良地山が出現し、多くの対策が必要となった。これに対し、前方探査ボーリングを実施し、発注者や関係機関と事前に対策を検討することで、崩落災害や工事休止などに見舞われることなく工事を進めてきた。今後も軟弱地山が継続することが想定されており、引き続き前方探査ボーリングを行いながら、切羽状況を慎重に見極め、地山の安定に最適な支保や補助工法を選定し工事を進めていく。

表-2 支保パターン

	土被り	吹付けCa	鋼製支保	RB	支保圧	備考
DII	112m未満	$\sigma 18(t=200\text{mm})$	NH150	4m	0.952MPa	設計パターン
DII-H1	112~200m	$\sigma 18(t=200\text{mm})$	HH150	4m	1.149MPa	設計パターン
DII-H2(-s)	200m以上	$\sigma 36(t=200\text{mm})$	HH150	4m	1.781MPa	設計パターン
DII-H2.5(-s)	-	$\sigma 36(t=250\text{mm})$	NH200	4m	1.996MPa	新パターン

※-sは早期閉合を示す



写真-3 ロックボルト、吹付コンクリートの変状

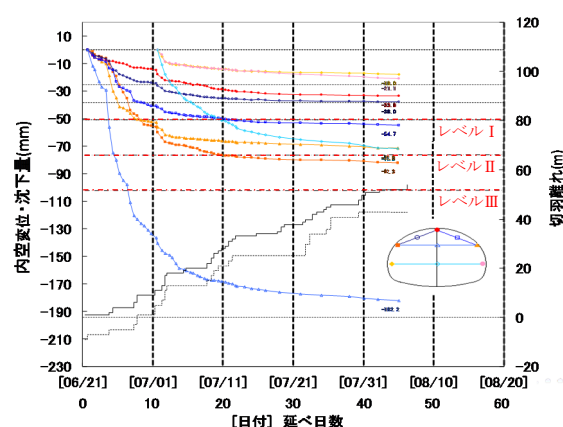


図-2 経時変化図(DII-H1)

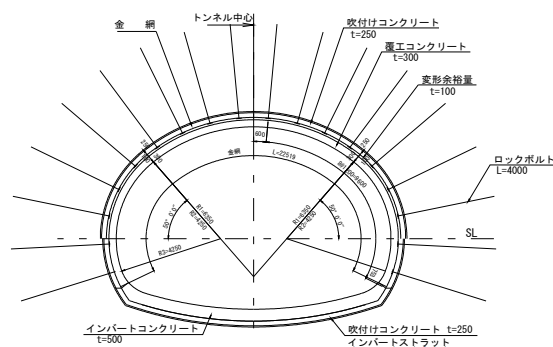


図-3 支保パターン図(DII-H2.5-s)

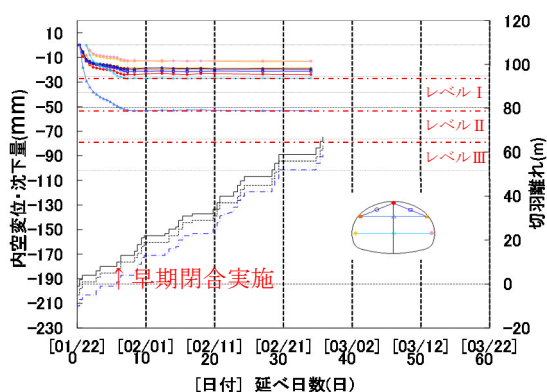


図-4 経時変化図(DII-H2.5-s)