

断層の影響を受けた不良地山のトンネル掘削  
—熊本3号 中尾山トンネル新設工事 施工経過報告—

九州支店 中尾山トンネル作業所 小松 花穂里

1. はじめに

熊本3号中尾山トンネル新設工事は、熊本県水俣市長野町に位置する全長 1,428m の道路トンネル新設工事である (表-1)。本トンネルは全線において、一軸圧縮強度が 10N/mm<sup>2</sup> 以下と非常に小さく、地山強度比が 2 以下となる区間がほとんどである。設計では坑口部を除き、約 90% が不良地山を示す地山等級 DII と設定している。

本報告では、TD260m 付近で遭遇した断層による影響を受けた不良地山区間の施工について報告する。

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	熊本県水俣市長野長地内
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	トンネル延長 L=1,428m インバート工 L=1,428m トンネル覆工 L=1,426.9m 坑門工 2基 他

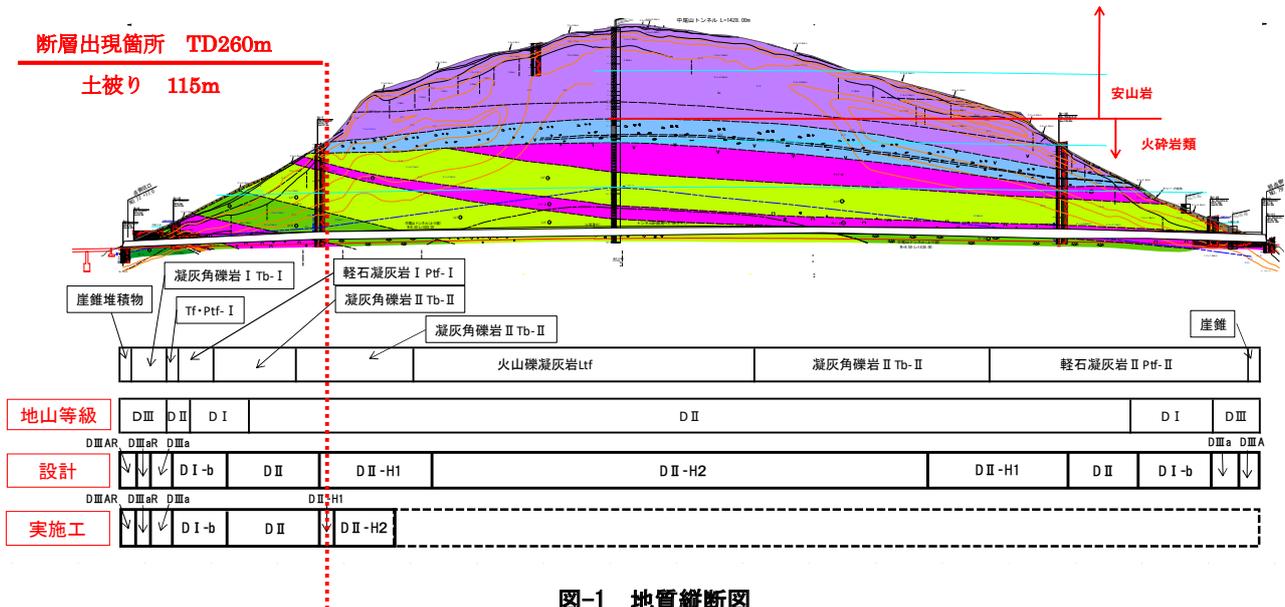


図-1 地質縦断面図

2. 地質概要

中尾山トンネル周辺の地質は、白亜紀四万十帯の堆積岩類を基盤とし、その上位に第四紀火山岩類 (安山岩、凝灰角礫岩) がみられる (図-1)。凝灰角礫岩は、凝灰岩、火山礫凝灰岩、軽石凝灰岩等の複数の岩相を含み、トンネルはこの火砕岩分布域を通過する。凝灰岩は顕著なスレーキング特性を示し、起点側坑口で一部想定されていたが、施工時には TD260m 付近で断層を伴い出現して、トンネルに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、TD300m 付近より断層の影響でトンネル下方に位置すると推定されていた堆積岩類 (頁岩) が切羽に出現した。頁岩は割れ目沿いに風化の影響を強く受けており、崩落が頻発した。



写真-1 切羽に出現した断層 (TD280m)

3. 支保パターンの変更

設計において、支保構造は、地山強度比が小さくなる要因である土被りにより、表-2 に示すとおり設定されていた。TD260m 付近は、土被りが 115m 程度であったため、設計どおり DII-H1 パターンで施工を進めていた。しかし、断層の影

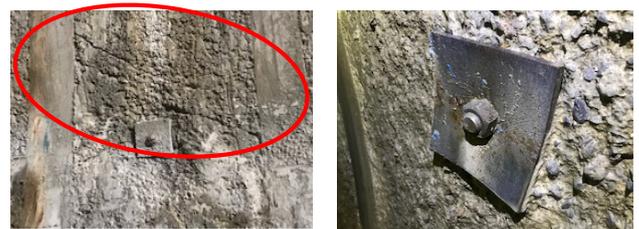


写真-2 吹付けコンクリートおよびロックボルト変状状況

響を受けた不良地山（写真-1）の出現により、吹付けコンクリートのクラックやロックボルトに変状（写真-2）が発生し、150mmを超える大きな内空変位（図-3）が生じた。内空変位が管理レベルⅢの102mmを超えたため、高強度吹付けによる支保耐力の増強効果を期待し、支保構造をDII-H2パターンに変更した。

表-2 支保パターン

支保パターン	土被り (m)	吹付けコンクリート		鋼アーチ支保工		ロックボルト		
		設計基準 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	吹付け 厚さ (cm)	種類	建込 間隔 (m)	長さ (m)	周 方向 (m)	延長 方向 (m)
D II	112未満	18	20	NH150	1.0	4.0	1.2	1.0
D II-H1	112~200	18	20	HH150	1.0	4.0	1.2	1.0
D II-H2	200~230	36	20	HH150	1.0	4.0	1.2	1.0

#### 4. 切羽安定対策

当初、掘削方向左側からの不良地山出現により、大きなトンネル変位が生じたものの、切羽は安定傾向にあった。しかし、TD290m付近で切羽全面に想定されていない脆弱な凝灰岩が広がり、切羽からの崩落が発生した（写真-3）。

##### 4.1 天端安定対策

天端部の崩落が生じたため、充填式フォアポーリング（L=3.0m）を実施したが、ボルト間の抜け落ちが発生した。薬液注入による地山改良効果で地山を安定させるため、注入式フォアポーリング（L=3.0m）に変更した。しかし、フォアポーリングごと抜け落ちが発生し、切羽前方5m以上の先受けが必要であることから、小口径長尺鋼管先受け（φ72.6mm・L=12.5m）に変更した。

##### 4.2 鏡面安定対策

充填式フォアポーリングごと崩落が生じた際、切羽の核も崩壊したため、鏡面安定対策として、注入式鏡ボルト（GFRP製・L=4.0m）を実施した。しかし、脆弱な凝灰岩に加え、想定されていない強風化頁岩の出現により、4m以上前方から鏡面が崩壊したため、長尺鏡ボルト（L=12.5m）に変更した。

#### 5. 今後の方針

令和元年7月末現在、TD330m地点を掘削している。切羽は断層の影響を受けたと考えられる不良地山が続いているため、引き続き支保はDII-H2パターン、切羽安定対策として小口径長尺鋼管先受けおよび長尺鏡ボルトにより、掘削を進めている。この先も、土被りは大きくなり地山強度比は小さくなるため、さらに地山状況が悪化することが懸念される。

現在、トンネル変位抑制として吹付インバート及びストラットによる早期閉合や支保パターンの更なるランクアップを検討している。

今後も、水平ポーリングによる前方探査を行いながら、切羽状況を見極め、地山の安定に最適な支保や補助工法を選定し、工事を安全に進めていく。

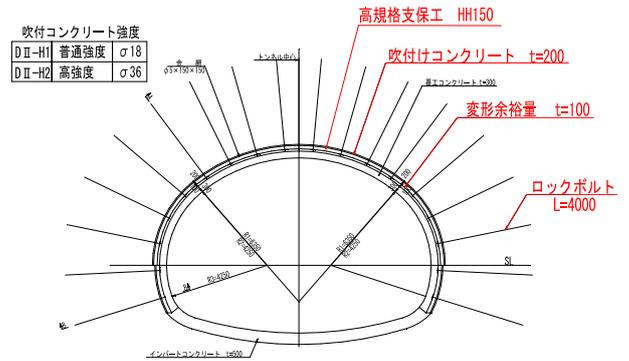


図-2 DII 支保パターン図

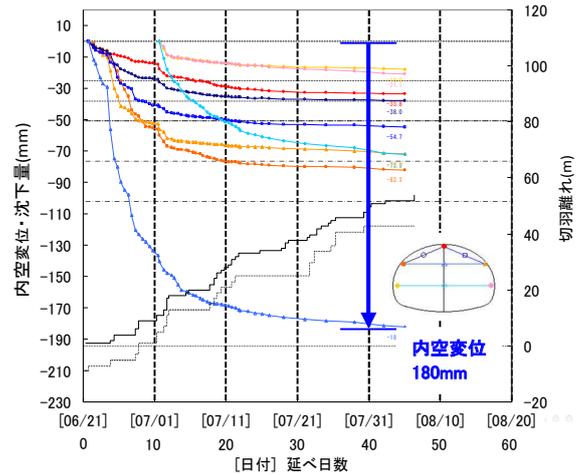


図-3 内空変位経時変化図（TD280）



写真-3 崩落後の切羽状況

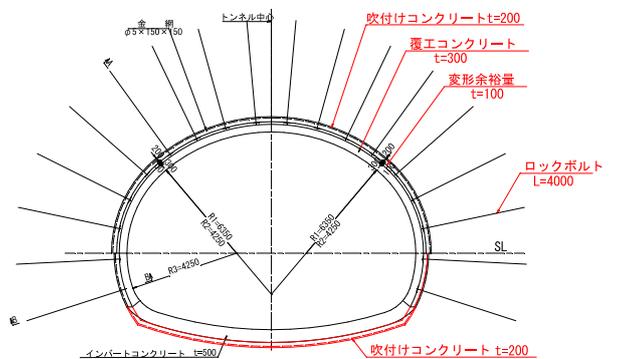


図-4 吹付インバート早期閉合  
（インバートストラット）