

## 小土被り部 NATM における長尺鏡ボルトによる鏡面・天端の安定対策

大成建設株式会社 正会員 ○上田 孝行

大成建設株式会社 正会員 田中 秀明

国土交通省中国地方整備局山陰西部国道事務所

山村 嘉治

国土交通省中国地方整備局山陰西部国道事務所

石川 俊康

### 1. はじめに

山岳工法 (NATM) で適用される補助工法のうち、鏡ボルトは、主に鏡面の安定対策として用いられるものである。そのうち長尺鏡ボルト (一打設長 5m 程度以上) は、切羽前方からの先行変位を抑制する効果が高い。特に注入式の場合は周辺地山の改良効果も併せ持つため、トンネル天端付近に打設する場合には、天端の安定対策としての役割も期待できる。本稿では、鏡面の安定に加えて、天端の安定に対する効果も期待して注入式長尺鏡ボルトを適用した結果について報告する。

### 2. 工事概要

木与防災は、国道 191 号の事前通行規制区間を回避し、緊急時の代替路を確保することを目的とした、山口県阿武郡阿武町木与から同町宇田に至る延長 5.1km の道路 (事業主体：国土交通省中国地方整備局) であり、そのうち、木与第 3 トンネルは、阿武町木与地内に位置する全長 410m の 2 車線道路トンネル (設計掘削断面積 124.3m<sup>2</sup>) である (図-1)。本トンネルの通過部には全体に流紋岩が分布しているが、トンネル位置が全体に浅く (最大土被り 50m 程度)、風化が進んでいるため、設計支保パターンは D I および D III a の区間のみで構成されている。

### 3. 中間小土被り部の特徴

本トンネル中央には延長 70m 程度の小土被り部 (土被り 1.5D 以下) が存在する。この区間には土被り 1D (=15.3m) 未満の箇所もあり、最小土被り厚は発進側 (西側) 坑口から 185m (測点 No. 39+90) 付近で 6~7m 程度となっている (図-2)。この箇所の地上部には、地元住民や質量 200kg 程度の不整地運搬車が通行する農道が横断しており、未固結土が厚く堆積しているため、地表面沈下や振動に対して慎重な施工が必要となった。

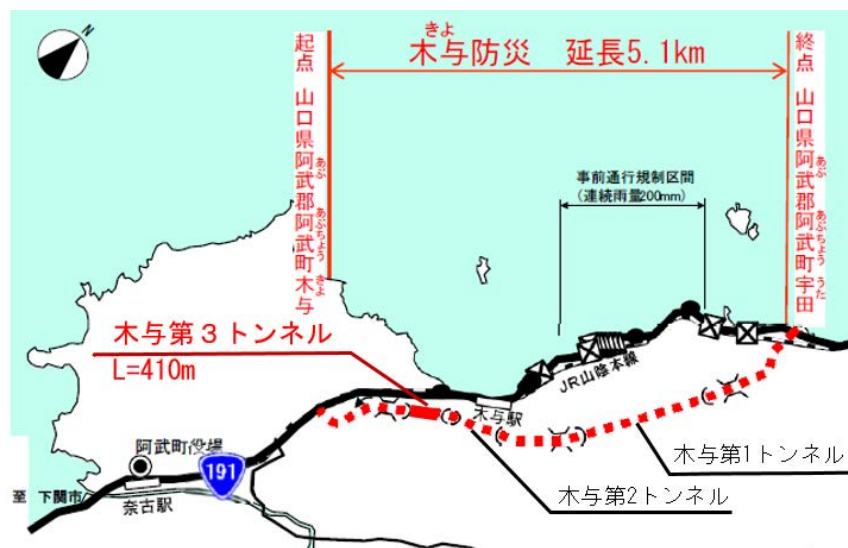


図-1 位置図

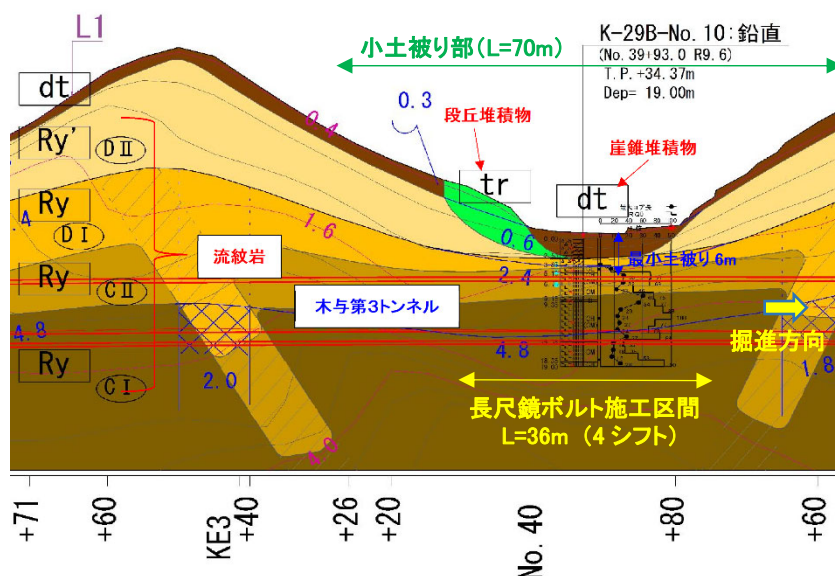


図-2 中間小土被り部 地質縦断面図

キーワード NATM, 小土被り, 補助工法, 長尺鏡ボルト, 流紋岩

連絡先 〒759-3622 山口県阿武郡阿武町大字奈古 1007 大成建設(株)木与第3トンネル作業所 電話 08388-2-2880

#### 4. 施工上の課題と解決策

当該区間の地質は、地表から4m程度までは未固結の崖錐層で、それ以深は風化流紋岩である。トンネル断面内は風化が進んでおり、細かい割れ目が多い上に薄い粘土層を挟んでいるため、鏡面が剥落しやすく、切羽の自立が困難な状況であった。そのため、核残しにより切羽を安定させて掘削を行っていたが、核残しのみでは施工が困難な状況となった。ただし、トンネル天端部については、当初設計の充填式フォアポーリングの効果により、大規模な剥落等は見られず安定した状態であった。そこで、鏡面の安定を図るため、注入式長尺鏡ボルトを採用して鏡面の安定を図ることとした。また、できるだけ天端に近い位置に鏡ボルトを施工する工夫により、天端の安定効果および地表面沈下抑制効果も期待することとした。なお、天端からの抜け落ちや顕著な地表面沈下などの現象が見られた場合は、注入式フォアポーリングやAGF工等の天端安定対策を必要に応じて追加する方針とした。さらに、当該区間の掘削中は、地表面沈下計測を強化するため、24時間自動計測が可能な測定器を設置し、管理基準値に達した場合には警報を携帯メールで発信するシステムも導入した。

#### 5. 長尺鏡ボルトの施工

当該区間における支保パターンおよび長尺鏡ボルト施工図を図-3に示す。鏡ボルトは鋼管（ $\phi 76.3\text{mm}$ ,  $L=12.5\text{m}$ ）で1シフト長を9mとし、注入材はシリカレジンを採用した。鏡ボルトの配置は上半 $120^\circ$ 範囲に上下2段で1.5mピッチ（計16本）とし、上段はできるだけ天端に近づけて施工した。

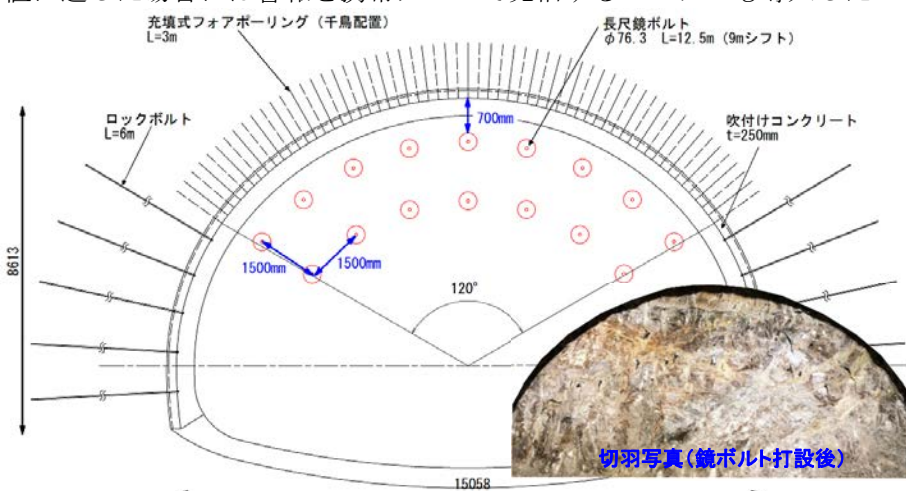


図-3 支保パターン・長尺鏡ボルト施工図

#### 6. トンネル掘削と計測結果

当該区間の掘削は、長尺鏡ボルトを使用しながら慎重に行った。また、鏡ボルトの削孔時に穿孔エネルギー等のデータを取得し、前方のトンネル掘削における補助工法の採否を判断するための参考資料として活用した。その結果を先行削孔によるデータも含めて図-4に示す。同図では青色が穿孔エネルギー $100\text{J}/\text{cm}^3$ 以下の軟質な箇所を示しており、赤色に近い暖色になるほど硬質であることを示す。この結果も参考に、長尺鏡ボルトの施工は4シフト（ $L=36\text{m}$ ）までとした。地表面地下は、最も土被りの小さい箇所でも $17\text{mm}$ であった。

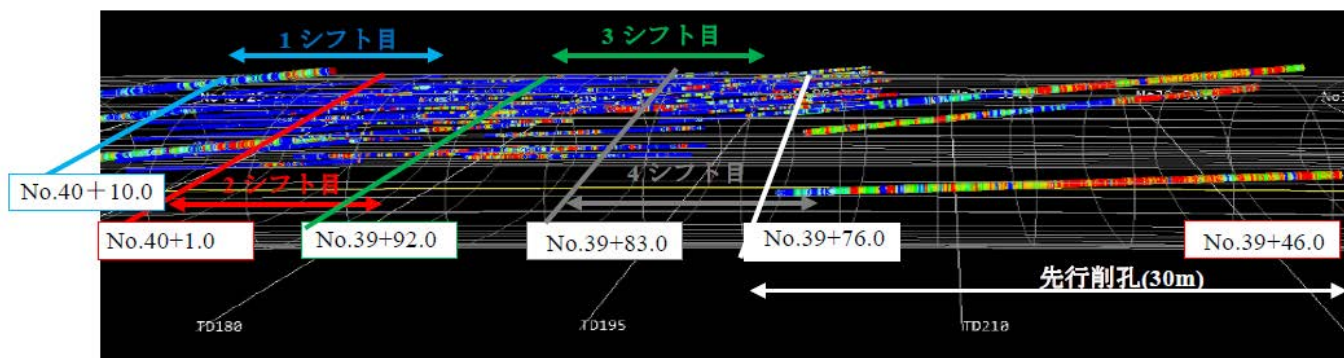


図-4 長尺鏡ボルト・先行削孔時取得データ(穿孔エネルギー)3D図

#### 7. まとめ

本工事では、補助工法の経済的な施工を目指し、注入式長尺鏡ボルトのみの施工で、鏡面の安定と天端の安定の両方を確保する方針でトンネル掘削を行った。その結果、鏡面・天端の剥落を防止して安全に施工することができた。また、地表面沈下も最大 $17\text{mm}$ 程度に抑えることができ、周辺環境への影響を最小限にとどめることができた。今回は、注入材のシリカレジンが割れ目に浸透・充填されたことが有効に作用し、周辺地山を改良・一体化させることができたと考えている。本事例の施工の工夫が、今後のトンネル施工の参考となれば幸甚である。