

鏡トンネルの軟弱地山に対する内空変位の抑制対策について

国土交通省北海道開発局札幌開発建設部 岩見沢道路事務所 非会員 山田 慶太
(株)熊谷組 正会員 ○貝塚 正人 正会員 五十嵐 大希

1. はじめに

鏡トンネルは一般国道 452 号の芦別市黄金町から上川郡美瑛町字ルベシベに至る延長 18.5km の区間のうち 6.8km の事業である盤の沢道路において、全長 2,102m となる現在

施工中のトンネルである。鏡トンネルの周辺の地質は、先白亜系神居古潭変成岩類の蛇紋岩が、新第三紀中新世川端層（砂岩泥岩互層）に衝上断層として分布する地層を基盤とし、起点側の一部では新第三紀鮮新世の滝川層（泥岩、砂岩、礫岩）が分布するほか、第四系の岩屑流堆積物、斜面堆積物、地すべり堆積物等が分布する。鏡トンネルは詳細設計時に蛇紋岩・地すべりを避けたルートに変更されているが、新第三紀川端層は南北方向の断層が発生し、著しい褶曲構造を示しているため、地山には大きな圧縮力が作用しているリスクがあった（図-1）。本稿では、トンネルの内空変位の抑圧対策として実施したトンネル安定化のための検討について報告する。

2. 施工検討箇所の状況

施工初期段階から切羽の地質は泥岩優勢の砂岩・泥岩の互層で、泥岩は中硬岩であるがヘアクラックが発達しており細片化しやすい地質構造となっている。また、地層は褶曲しており、内空変位の増大が著しく、吹付クラックや鋼支保工座屈が起る不安定な地山が続いていた。そのため、インバート仮閉合（吹付＋ストラット）し、変位抑制を行っていた。施工検討箇所

の TD=150～200m 付近は土被りが 2D 程度と小さく、トンネル左側に沢が接近しており、偏圧地形となっている。また、坑口から泥岩特有の性質（膨張性等）に加え、褶曲作用で地山応力状況が不安定な地質状況が続いていることから支保工応力の増大が懸念される。そのため、地山安定化のための対策検討を行う必要があった（図-2）。

3. 偏圧・沢地形対策の検討

トンネル安定化のための対策検討として、施工検討箇所と施工条件に近い箇所での支保構造について、A 計測結果を基に FEM 解析にて定量的に検証し、事前予測解析で使した地山物性値の見直しと同定した地山物性値の条件下におけるトンネル周辺地山の安定性評価を実施し、軟弱地山区間での最適な支保パターンについて検討する。

(1) 解析検討断面

解析検討断面は、土被りが 20m 程度となる TD=150m の断面位置において数値解析を行い、トンネル周辺地山の安定評価、トンネル支保部材の安全性評価、および補助対策の検討を行う（図-3）。

(2) 地山の入力物性値の推定（逆解析手法）

地山部の地山物性値については地質調査結果より得られた物性値を採用した。また、変形係数と側圧係数は、解析箇所と土被りの近い坑口パターン（TD=39m）での坑内 A 計測より逆解析して求めた値とした（表-1）。

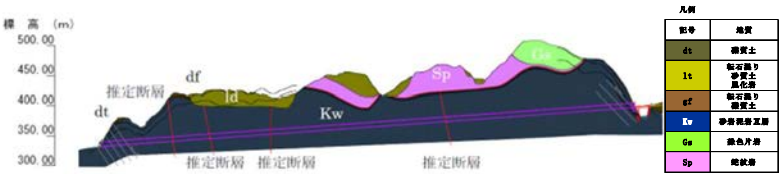


図-1 地質縦断図

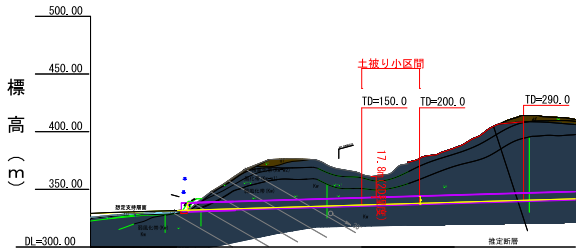


図-2 施工検討位置図

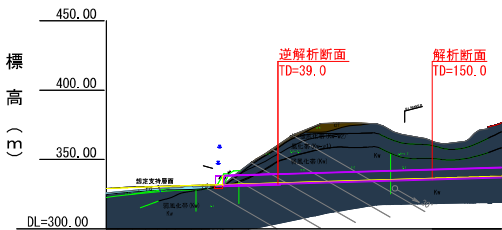


図-3 解析位置図

表-1 地山物性値一覧

変形係数 kN/m2	ポアソン比	粘着力 kN/m2	内部摩擦角 °	単位体積重量 kN/m3	側圧係数 -
25,000	0.35	500	35	25.0 (337.0)	0.85 (0.45)

※（ ）内は当初予測FEM解析で使した数値を示す。

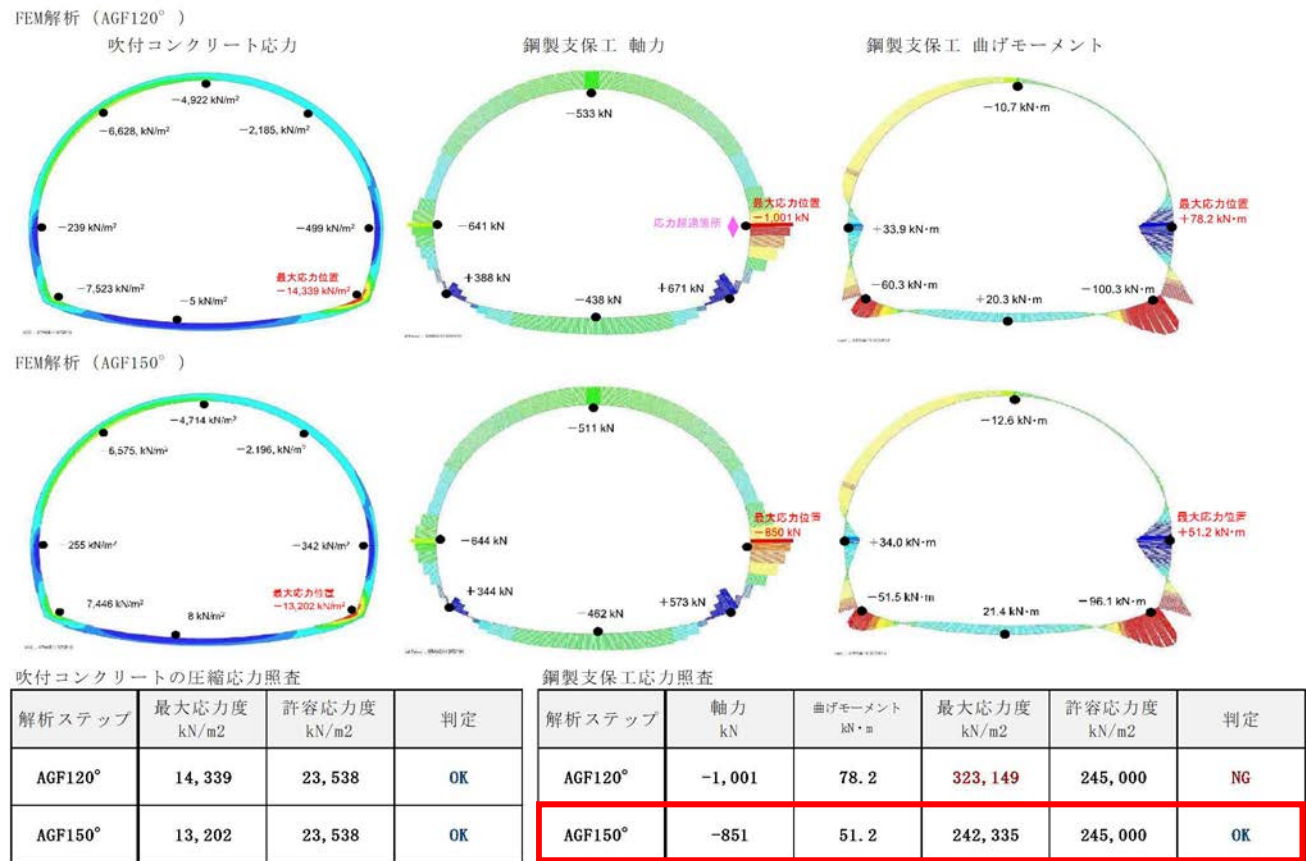
キーワード 山岳トンネル、軟弱地山、FEM 解析

連絡先 〒060-0042 北海道札幌市中央区大通西 7 丁目 3-1 エムズ大通ビル 5F (株)熊谷組北海道支店 TEL011-271-7772

(3) 支保部材と補助工法の選定

施工検討箇所までの間で内空変位は 40mm～60mm 程度で、吹付コンクリートにクラック発生が散見されているため、高強度で高い靱性を与えてクラックの発生を防ぐ目的で高強度繊維補強吹付コンクリートを採用する。鋼製支保工は坑口パターンと同様に H200 を採用する。ロックボルトは、これまでの A 計測結果は初期変位が大きく、早期に支保部材としての効果を発揮する必要があるため、解析断面付近には河道があり、大量湧水が発生して定着材が流出する可能性があることから鋼管膨張型ロックボルト 4.0m を採用する。補助工法は坑口から施工検討箇所まで継続している亀裂質な地質の影響で天端付近から肌落ちが見られる地質が続いていることから天端崩壊の可能性があるため長尺鋼管先受け工 (AGF 工法) を採用する。施工検討箇所では湧水によって地質が悪くなることが考えられるため、長尺鋼管先受け工法施工範囲は上部 120° と 150° での数値解析を行う。

(4) 解析結果



数値解析の結果から、長尺鋼管先受け工範囲上部120° では鋼製支保応力が許容値を超えてしまうため、上部150° を採用することで、すべての許容値を満足することがわかった。支保構造について、吹付けコンクリート応力は、許容値（高強度吹付けコンクリート）の60%程度に収まっているものの鋼製支保工応力は、山側のSL付近で、許容値に迫る応力の発生がみられる。しかし、その範囲はSL付近約1m範囲であること、吹付けコンクリート応力も許容値を下回っていることから、即座にトンネルの安定性が損なわれるとは考えにくく、施工時には計測・観察を行い、必要に応じて、支保構造の増強等の対策を行うこととした。

4. まとめ

地山物性値の逆解析によって得られたデータを用いたFEM解析を行い、軟弱地山区間での最適な支保パターンの選定をすることができた。現在は顕著な偏圧地形を通過し、A計測の結果より内空変位が管理レベルⅠ～Ⅱの間で推移し、収束していることを確認している。今後は土破りが徐々に高くなるため、B計測（鋼製支保工応力計、吹付けコンクリート応力計）を設置し、事前に現状把握として支保部材の耐荷力に問題ないか確認し、支保パターンを検証する必要がある。