

天端傾斜計測で評価したトンネル切羽前方地山情報の視覚化

大成建設(株) 正会員 ○谷 卓也 坂井 一雄
大成建設(株) フェロー会員 青木 智幸

1. はじめに

筆者らは、掘削に伴ってトンネル天端に生じるトンネル軸方向の傾斜角度の変化を、一定の間隔(例えば5m)で設置した傾斜計(図-1)により連続的計測することで、切羽前方約20mまでの地山評価を行う手法「TT-Monitor (Tunnel Tilt Monitor)」を開発してきた¹⁾。傾斜角の計測は、坑内変位計測と同様に日常管理計測として実施されるが、前方地山の評価に際してはトンネル技術者によるデータ処理が必要であった。表計算ソフトの使用により地山の不良化は傾斜計設置後の2回の切羽進行後に捉えられるものの、現状の切羽位置に対する不良化の程度や地質変化点までの距離を評価するには数値解析検討を要した²⁾。加えて、地質変化を迅速に判断し、補助工法等による対策を事前に検討するためには、評価システムの開発が必要であった。

本報では、現地にて取得した傾斜角の計測データを、坑内変位計測管理プログラム(Cyber-NATM: 演算工房社製)に転送し、傾斜角度変化をビジュアルに表示するとともに、数値解析結果を踏まえた地山の評価結果を提示するシステム開発を行ったので、その内容について報告する。

2. 切羽前方地山の評価方法

TT-Monitor から得られるトンネル掘進に伴う微小な傾斜角は、表計算ソフト等で予測グラフとして整理され、切羽前方の地質変化予測に用いられる。切羽前方に不良地山が存在する時の予測グラフが示す傾斜角変化の様子を図-2の模式図に示す。予測グラフはトンネル距離程を横軸とし、一定間隔(標準5m)で切羽後方1mに設置された傾斜計により観測した切羽離れ3mにおける傾斜角度を縦軸にプロットしたものである。この図に示された傾斜角のトレンドの分析により切羽前方の地山の変化を捉える。

3. 数値解析

傾斜角の増分量と地山の不良化の程度、および地質の変化点までの距離を求めるため、図-3の解析メッシュを用いて三次元逐次掘削解析を実施した。図-4は土かぶり200m、地山の変形係数が1000MPa(岩盤等級C II)、500MPa(岩盤等級D I)を想定した場合の弾性解析結果である。図-4の青、緑プロットで示すように、地質が変化しない場合の傾斜角度(切

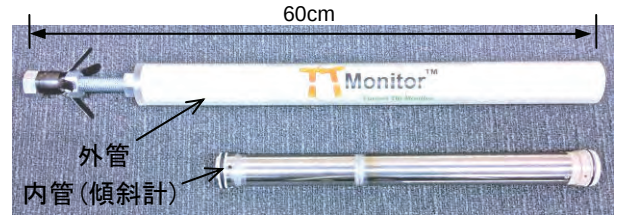


図-1 TT-Monitor の外観

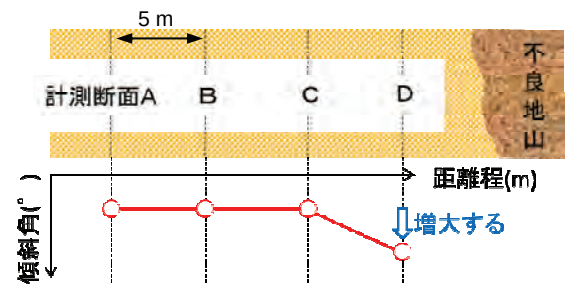


図-2 予測グラフと切羽前方に不良地山が存在する場合の傾斜角変化

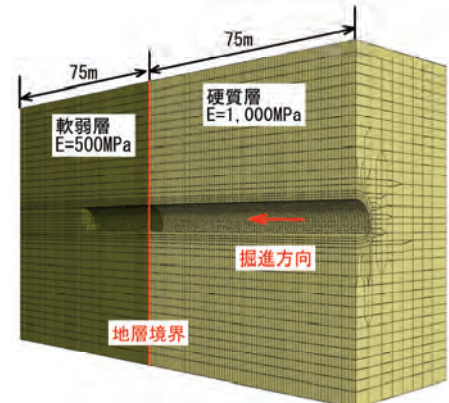


図-3 解析メッシュ

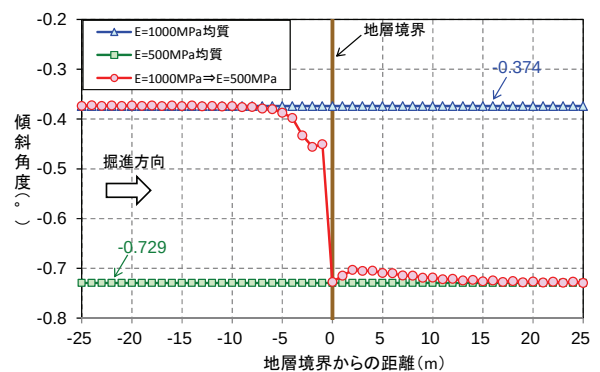


図-4 予測グラフ(数値解析結果)

キーワード 山岳トンネル, 傾斜計, 地山評価, 前方探査, 不良地山, ビジュアル化

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設株式会社技術センター TEL045-814-7217

羽離れは 3m) は同じ値を示す。ただし、傾斜角度の絶対値は地山の変形係数および土かぶりによって決まる。

図-4 の赤プロットは、岩盤等級が C II から D I に変化する場合の解析結果である。切羽前方の軟弱層の影響を受け、傾斜角の絶対値は地質境界の手前約 10m から増加している。実際、地層境界直前の傾斜角度変化を拡大すると図-5 のようになり、傾斜角度の分解能である 0.001° 以上の増分が地層境界手前 9m から算出される。この傾斜角の増加量により、地質境界までの距離を推定できる。図-5 の解析ケースの他、土かぶりが 200m で軟弱層の弾性係数が 250MPa, 100MPa としたときの解析結果も合わせ、図-6 に地層境界までの距離と傾斜角の増分値の関係を示す。

上述の解析を他の土かぶり条件や、地質の変化パターンを種々設定し、図-6 中に示すような近似関数を複数求め、計算していない条件においても、条件の近い近似関数同士の関係から、地質の変化と地質境界までの距離の関係が求められるように評価システムに組み込んだ。

4. 切羽前方地山の評価結果表示

図-7 に開発した評価システムの画面一例を示す。主な表示項目は以下の通りである。

- ・計測値と傾斜角のトレンド (予測グラフ)
- ・前方地山の評価結果 (図中太い下向き矢印で表示)
- ・不良化判定 (警報機能)
- ・不良度合いと地質変化点までの距離 (図-7 中の右下表)

図-7 に示した画面表示は計測工 A で実施される坑内変位の管理計測プログラムから起動・表示できる。ここには現在掘削中の切羽位置における土かぶり情報が事前に入力できる他、内空変位や天端沈下のデータが蓄積され参照できるようになっており、切羽前方 5~20m 程度までの施工管理が行える。

5. まとめ

TT-Monitor によるトンネル天端の傾斜角観測と坑内変位計測管理プログラムとの融合により、切羽前方地山の情報を視覚化して現場の施工管理に活用できるシステムの開発を行った。この成果により、昼夜作業班の引継ぎ時の注意喚起や事前の変形余裕量の確保等により工程遅延リスクを低減できると考えている。

今後はこのシステムの普及と更なるデータ収集・分析をすすめて、前方予測の高精度化および信頼性を高めていきたい。

参考文献

- 1) 谷卓也ら：高精度小型傾斜計による山岳トンネル施工時の切羽前方と近傍の地山評価, 大成建設技術センター報 No. 47, 2014.
- 2) 坂井一雄ら：トンネル天端の傾斜角度の変化を利用した切羽前方地山評価, 第 50 回地盤工学研究発表会, 2015 (投稿中)

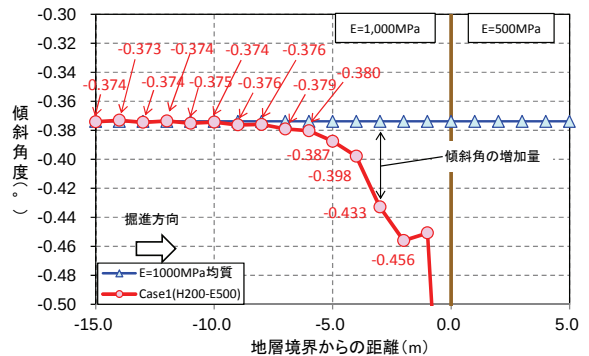


図-5 予測グラフ (地層境界部の拡大)

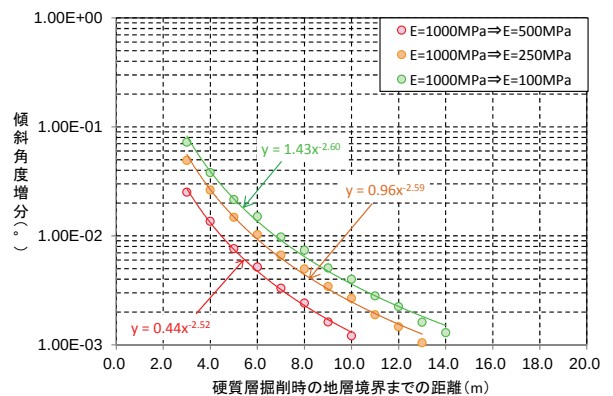


図-6 傾斜角の増分値と予測可能な不良地山境界までの距離 (土かぶり 200m)

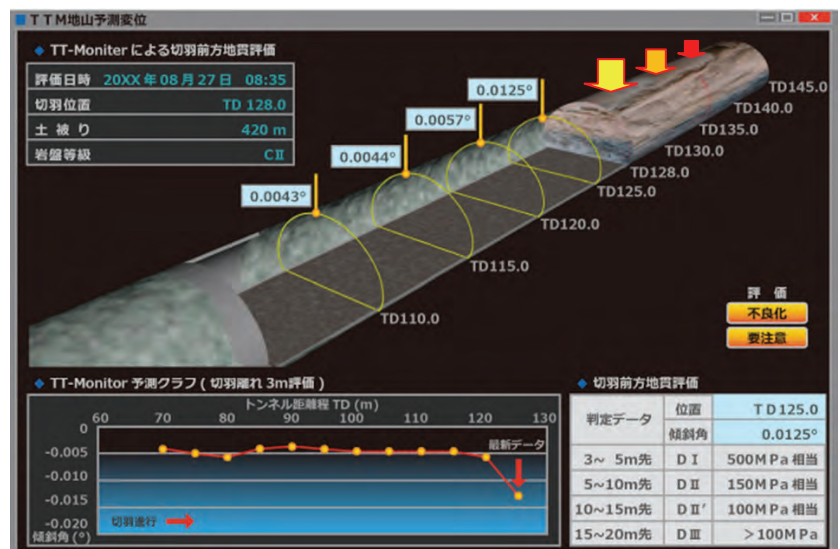


図-7 TT-Monitor による切羽前方地山情報の視覚化表示