

三次元地質モデル逐次更新システムの改良と運用例

清水建設(株)技術研究所 正会員 ○吉河 秀郎
清水建設(株)技術研究所 正会員 青野 泰久
清水建設(株)名古屋支店 正会員 齊藤 寛治

1. はじめに

著者らは、ICT 技術を活用した山岳トンネル高度情報化施工の取組みとして、施工時に実施される先進ボーリングや弾性波探査など各種調査データから三次元地質モデルを時間と手間を極力かけずに作成・更新するシステムを開発している^{1)・2)}。狙いとしては、地質リスクを早期に抽出し、ゆとりをもった工程で設計変更を提案できるようにすること、かつ現場の安全に資することである。また、生産性向上・働き方改革・担い手確保といった社会的要請に答えるべく、システムをなるべく効率化し、かつ一般化できるようにすることもモチベーションである。本発表では、昨年度の発表²⁾ から改良したシステムについて、また、現場での運用例について説明する。

2. システムの改良

開発ソフトについては、現場で使用していくなかで得られた複数の課題に対して改良を行った。主な内容の1つ目はモデル更新機能の向上である。簡易に地質モデルを更新できるように、という観点から、当初は層状の地質変化に対応できるシステムであった。しかし実際の切羽では、岩塊の出現により切羽崩落の可能性や、補助工法の検討にも影響がでる場面もある。そのため1つの地質区分を複数の境界面で囲みブロック化できる機能を追加した。もう1点は出力機能の向上である。現場での使い勝手を考慮し、一般的に施工管理で使われているiPadに備わっている3D PDF Readerに地質モデルを出力できるようにした。これにより、切断面も容易に作成でき、また角度を変えた表示も簡易になる等、アウトプットを広く活用でき現場内や発注者間との協議、切羽の作業員への注意喚起も容易になる。

3. 現場での運用例

3-1. 運用現場の地山地質概要

本発表で対象とする地山地質は、領家変成岩類の砂質片麻岩、珪質片麻岩（および変成チャート）が基盤となり、部分的に閃緑岩の貫入が認められる。施工前の地質的な懸念としては、局所的な閃緑岩の分布（周囲の岩盤との強度の違い）、片麻岩の風化、断層など弱層の出現が考えられた。実際には、風化が著しく進んだ切羽や部分的な粘土化などの影響を考慮して、肌落ち対策を検討しながら掘削している。そのため、初期モデル（施工前の調査にもとづき作成する地質モデル）から、施工中の探査結果を用いて再モデル化するまでを、なるべく精度良くタイムリーに行う必要がある。

3-2. 施工時探査結果の可視化、地質モデル更新の例

当社施工のトンネル現場において行った探査結果の可視化から地質モデル更新、またその活用例について記す。最初に、初期モデルすなわち、汎用ソフトで作成したソリッドモデル（図1-①）からモデルを更新する範囲を決定する。範囲が大きいほど更新時間が長くなるため用途に応じて決める。今回はトンネル1とトンネル2が入る範囲としてボクセルモデルに変換して開発ソフトに入力している（図1、①→②）。トンネル1では先進ボーリング結果から、破碎質な地質が部分的に認められたことからTD40m前後（図1-②の白丸）でブレーカ探査（弾性波探査）^{3)・4)}を実施し、切羽前方で認められる反射面から破碎質な地層の走向傾斜を想定した。先進ボーリングでは、その破碎質な部分はコア長5m程度であったが、実際の切羽では、破碎質な部分を含む脆弱な範囲は12m程度続いたため、新たにモデル化した青い層を、切羽で確認後5mから12mに幅を広
キーワード 山岳トンネル、三次元地質モデル、可視化、探査データ、逐次更新

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL:03-3820-5504

げた(図1-③の青い層は幅を広げた後の図である)。また、近接するトンネル2までその弱層は続いていると考えられたため、図1-④に示すように縦断図と平面図により、その出現位置を検討することにした。そしてトンネル2を掘削中に、ブレーカ探査を図1-③の白丸付近で実施した。反射面の分布としては高角度な差し目流れ目状の岩盤密度境界が想定された。実際、切羽では差し目流れ目が複合的に出てV字状の抜け落ちが生じた場面もあった。なお、図1-①で示した初期モデルの断層は、切羽で明瞭な出現が認められなかったため、モデル更新時に削除している。

以上に述べたように、トンネル1からトンネル2にいたるまで、施工時の探査結果から素早く可視化・再モデル化することにより、地質的懸念箇所の分布や性状を予想し、補助工法の追加といった設計変更のスムーズな提案にも繋がっている。

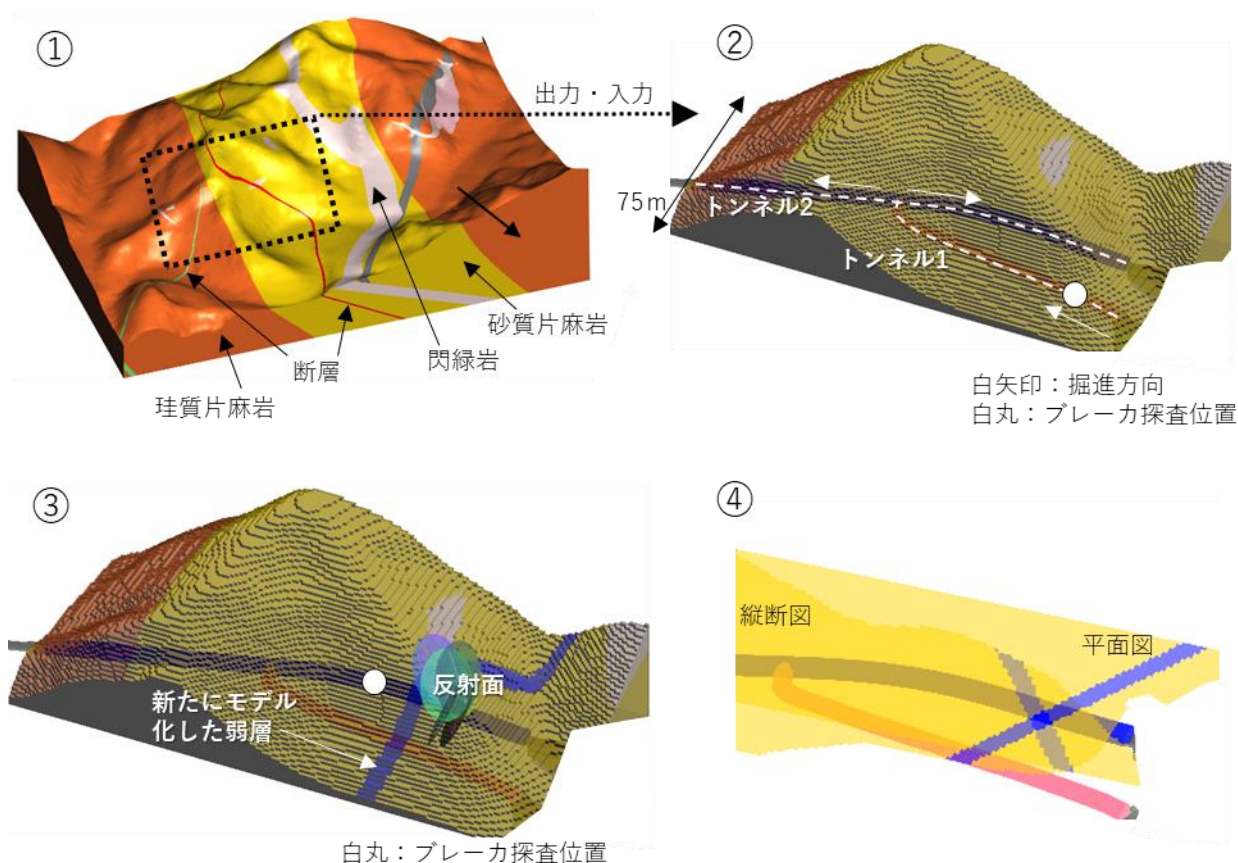


図1 地質モデル更新の一例

4. 今後の課題

今後は現場で使っていく中で必要とされる機能を追加してブラッシュアップしていくとともに、地質専門技術者ではなくても更新できるようにするためのルール化も合わせて検討していく。そのルールや定義づけにより、ソフトの自動化に向けた改良も考えている。本システムは、予測解析精度を向上させる基盤技術であり、掘削時の坑内湧水量予測や、変位予測などにもこのモデル更新技術を活かしていく予定である。

参考文献

1. 吉河, 福田, 松尾(2021): 土木学会第76回年次学術講演会, VI-199.
2. 吉河, 福田, 齊藤(2022): 土木学会第77回年次学術講演会, VI-812.
3. 西・若林(2016): 応用地質, Vol.56, No.6, pp.343-349.
4. 吉河ほか(2021): 第15回岩の力学国内シンポジウム講演集, pp.115-120.