

三次元地質モデル逐次更新システムの開発と現場適用

清水建設(株)技術研究所 正会員 ○吉河 秀郎
 清水建設(株)土木技術本部 正会員 福田 毅
 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提案している¹⁾。もともとなる初期の地質モデルは、施工前の地質調査や鉛直ボーリング結果などにより作成する。本システムの開発要素は、三次元地質モデルを更新するためのソフト開発と、そのソフトウェアを使い地質専門技術者ではなくても比較的容易に地質モデルを逐次更新できるようにするためのルール化からなる。これらを達成することにより、掘削中に想定される地質災害リスクの抽出を容易にするだけでなく、事前の変状対策検討にも役立てられるため、安全性と生産性の向上につながる開発である。本論では、開発中のシステムを現場で使用するにあたり、実際の地山の地質モデルを使い、更新過程を例示する。

2. 地山地質の概要

本論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。施工時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あげられる。後述する初期モデル（施工前の調査にもとづき作成する地質モデル）は、限られたデータから作成するため、作成者の解釈により、実際の地質分布とは異なることが大いに想定できる。そのため、施工中の調査結果からいかに精度よくタイムリーに、地質的懸念を予測できるかが重要になる。

3. 地質モデルの更新

3-1. 調査データ

本開発ソフトが扱う三次元座標をもたせた入力可能なデータは、先進ボーリング結果（岩相区分、 V_p 検層、強度試験結果などの区分）、ブレーカ探査^{2),3)}やTSPによる弾性波探査データ（反射面、 V_p 分布）、削孔投入エネルギー値などであり、線状・面状のデータ、および三次元補間データを示すことができる。また切羽観察による地層境界の走向傾斜の値を参考に、モデル内の境界面の角度を変えることができる。

3-2. 地質モデルの更新過程の例示

最初に、初期モデルから、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。本システムではボクセルモデルを扱うため、汎用ソフトで作成したソリッドモデル（図1-①）を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）。次のステップとして調査データの入力を行う。ここでは図1-③のように、先に斜坑を掘削する場合を想定して、斜坑での先進ボーリングによる地質変化を色の違いで示した線状データと、弾性波探査による反射面もしくは切羽観察による断層などの弱層境界面を模擬した面を示している（これらは実際の調査データではない）。この調査データを図1-②の更新前のモデルに反映させたものが図1-④（青矢印）になる。図1-④ではそれ以外に、断層Aの厚さを広げたケース、断層Bの走向傾斜を変更したケース、閃緑岩の大きさを広げたケースを更新例として示している（図1-②から④への変化を参照）。また本ソフトでは、見たい対象のボクセルだけを表示可能であり、図1-⑤のように、基盤岩（片麻岩）を非表示にして、断層の出現予測と、構造物の位置関係をあわせて見て施工への

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

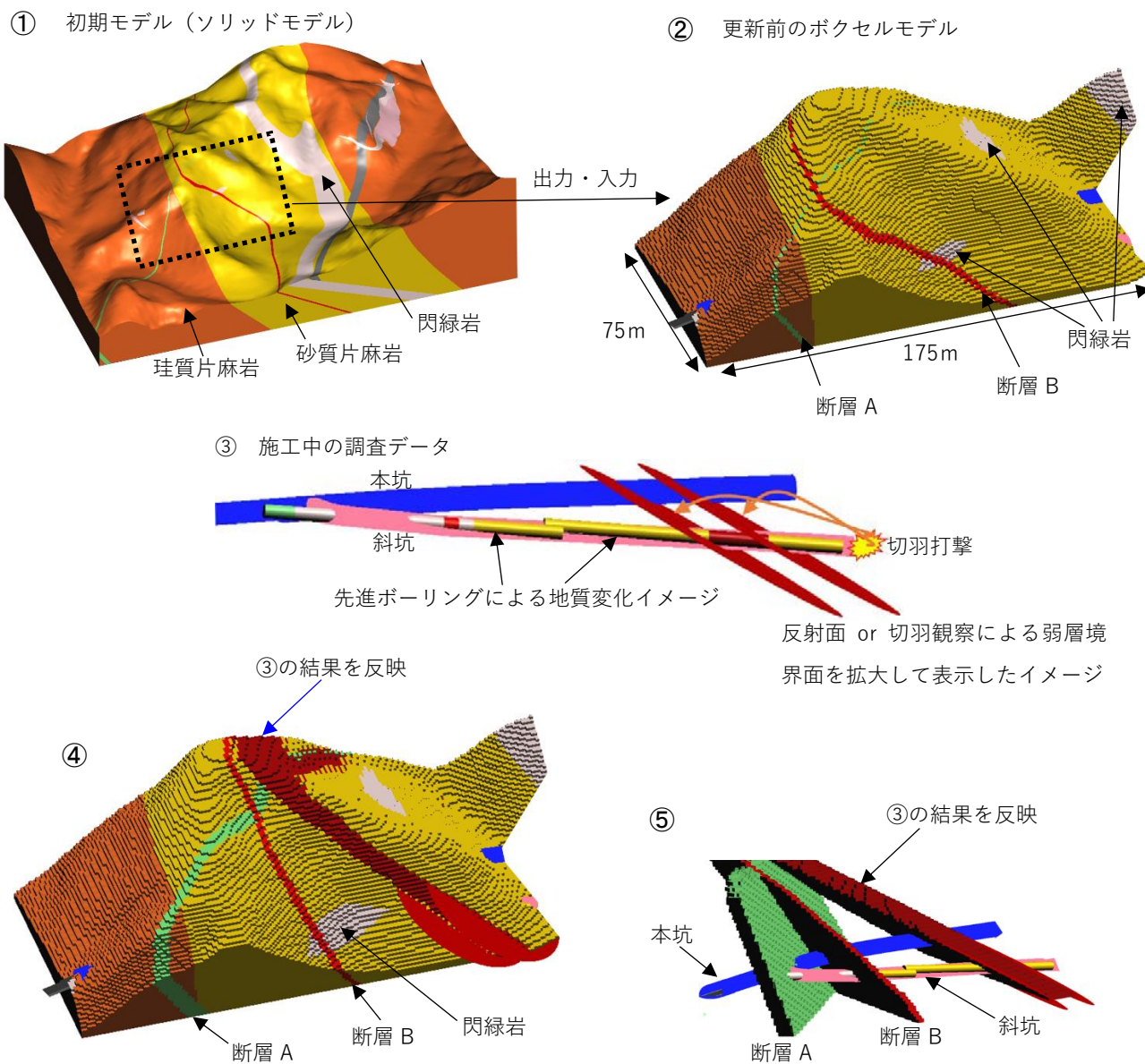


図1 地質モデルの更新例

影響を三次元的に把握しやすくしている。なお、図1ではボクセルの属性情報は地質であるが、これは任意で変更可能である。例えば、先進ボーリング結果から地山区分がだされていた場合、それに応じた属性を割り当てることができる。

4. まとめと課題

実際の現場では、施工前に想定していた地質分布とは異なるケースが頻繁にみられる。今回の開発では、施工前に想定していなかった新しい地層の作成、断層など弱層部の厚さや走向傾斜の変更、本域の閃緑岩のような岩塊の大きさの変更など、実際の施工現場で起きうる事象に出来る限り対応できる機能を昨年発表時¹⁾の開発ソフトに加えた。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、更新するためのルール化も合わせて検討していく。また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. 西・若林(2016): 応用地質, Vol.56, No.6, pp.343-349.
3. 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.