

トンネル施工データを用いた三次元地盤モデルの作成

～Ⅱ期線トンネル設計への活用～

株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング ○白井杏実, 小瀬川奉久
株式会社オリエンタルコンサルタンツ 濱田拳太郎, 片山武, 本多玲奈
国土交通省九州地方整備局北九州国道事務所 松坂千寛, 上田倫大, 長野大史

1. はじめに

近年、交通量の増加によりトンネル内の安全性が懸念されるようになり、供用を停止した既設の廃線トンネルの再活用が、全国で計画されている。本論文の対象トンネルについても、交通混雑の緩和、安全性の向上を図る目的で、現在は使用されていない隣接する既設トンネルを改修し、4車線化することが計画されている。しかし、このような古いトンネルの利活用において、改築設計のために必要なデータが古い、あるいは存在しないとされた問題も発生している。

本論文では、現在供用されているトンネル（Ⅰ期線）施工時の切羽観察記録を用いて三次元地盤モデルを作成し、隣接した老朽化により現在は廃線となっている旧トンネルをⅡ期線として利活用する改築設計に用いた事例について述べる。具体的には、Ⅰ期線の既往地質調査やⅠ期線施工時の切羽観察記録からトンネル部の地質、地山分類を整理し、作成された三次元地盤モデルから、改築設計のためにⅡ期線位置の地質縦断面図を作成、新たに支保パターンを設定した。

三次元地盤モデルの作成には Autodesk 社の Civil 3D 及び GEORAMA for Civil3D を使用した。

2. 地形地質概要

対象となるトンネルの周辺の地形は北北西～南南東方向に延びる細尾根を成し、トンネルはこの尾根筋を西南西～東北東方向に貫通している。尾根筋は標高300～400mで、尾根の両斜面は平均傾斜35～45°と比較的急峻であり、山麓へ下るほど緩やかになる。

基盤岩は古生代石炭紀～中生代三畳紀に変成作用を受けて生成したとされる三郡変成岩類と、中生代白亜紀に三郡変成岩中に貫入したとされる花崗岩類から構成される。三郡変成岩類は花崗岩類の貫入接触により一部接触変成作用を受けホルンフェルス化している。尾根の西側に三郡変成岩類が分布し、東側に花崗岩類が分布しており、その境界は複雑に入り組んでいる。

3. 三次元地盤モデルの活用

(1) 三次元地盤モデル活用フロー

図-1 に三次元地盤モデル活用フローを示す。

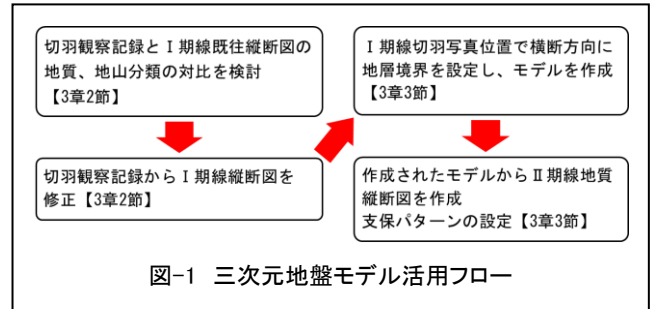


図-1 三次元地盤モデル活用フロー

(2) 切羽観察記録によるⅠ期線縦断面図の修正

既往Ⅰ期線地質縦断面図は、ボーリング等の地質調査結果からⅠ期線施工前に作成された想定地層断面図であり、施工時に確認された地質と異なる部分が存在する。この既往Ⅰ期線地質縦断面図を、Ⅰ期線トンネル部の施工時に確認された地質情報である切羽観察記録をもとに修正した。施工前に作成された既往地質縦断面図とトンネル施工時の切羽観察記録は、地質・地山分類の評価区分が一致していなかったため、まず既往Ⅰ期線地質縦断面図とⅠ期線施工時の切羽観察記録の地質・地山分類の対比について検討した。表1に、地質と地山分類の対比表を示す。表1をもとにⅠ期線縦断面図の地層分布と支保パターンを修正するとともに、後に作成するⅡ期線縦断面図の支保パターンを設定した。

表-1 凡例対比表

既往地質調査		地山分類	切羽観察	
地質区分	地質記号		地質記号	地質区分
崖錐堆積物	Dt	—	—	—
強風化花崗岩	Grw1	D II	Grm1	強風化花崗岩
		D I	Grm2	
風化花崗岩	Grw2	C II	Grw1	風化花崗岩
花崗岩	Gr	C I	Grw2	弱風化花崗岩
		B	Gr	花崗岩
強風化片岩	BSchw1	D II	BSchw1	強風化片岩
		D I	BSchw2	
風化片岩	BSchw2	C II	BSchw3	風化片岩
片岩	Bsch	C I	BSchw4	弱風化片岩
		B	Bsch	片岩
アブライト	Ap	D I	Apw2	強風化アブライト
		C II	Apw3	風化アブライト
		C I	Apw4	弱風化アブライト

(3) 地層境界の設定

本検討は、Ⅱ期線となる廃線トンネルを利活用するための改築設計が目的であるため、特にトンネル部の地質分布を精度よく表現することが重要であった。そのた

め、Ⅰ期線トンネル部に切羽写真を三次元的に配置し、切羽写真上の地層境界を利用して地層境界線を設定した。トンネル範囲外は、既往地質平面図や地形を参考に地層境界線を設定した。図-2に切羽写真上に設定した地層境界線の例を示す。

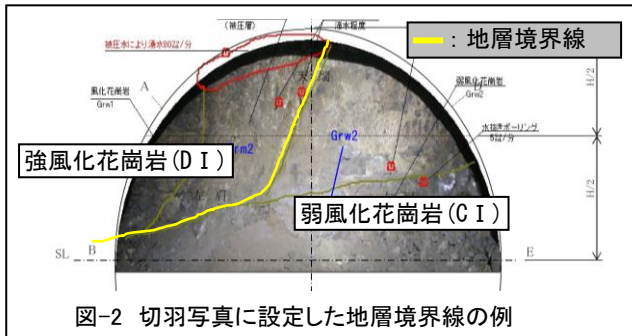


図-2 切羽写真に設定した地層境界線の例

風化区分は地形を参考にし、アプライト(細粒花崗岩の一種)や熱水変質脈といった脈状の構造は切羽で確認された走向傾斜を参考にモデル化した。図-3に作成したモデル(ソリッドモデル)を示す。

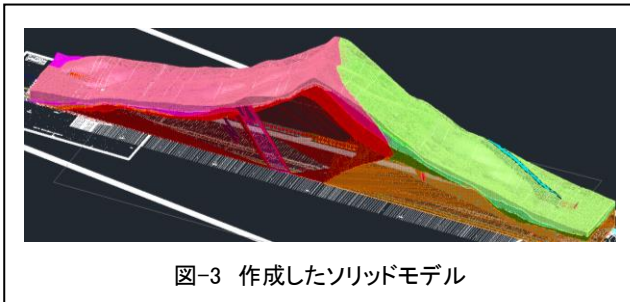


図-3 作成したソリッドモデル

図-4に、Ⅱ期線縦断位置で切り取った地層境界サーフェスと、その地層境界を用いて作成したⅡ期線縦断図を示す。作成されたⅡ期線縦断図を用い、Ⅱ期線の支保パターンを設定した。

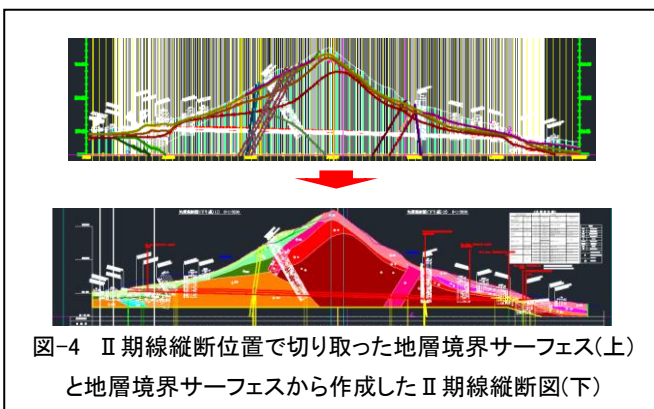


図-4 Ⅱ期線縦断位置で切り取った地層境界サーフェス(上)と地層境界サーフェスから作成したⅡ期線縦断図(下)

4. 本検討の成果

現在供用されているトンネル(Ⅰ期線)施工時の切羽観察記録を地質的に解釈し、それを用いて三次元地盤モデルを作成することにより、追加調査を行うことなく、隣接した廃線トンネルをⅡ期線として利活用するための改築設計、支保パターンの検討を行うことができた。これまで、Ⅰ期線の施工データとして、崩壊や湧水など情

報が申し送られることはあっても、整理されたⅡ期線施工に生かされた事例は少ないと考えられる。その要因として、切羽のデータを地質的に解釈し、Ⅱ期線に展開する手段・手法が確立していなかったことが挙げられる。

大規模な岩盤地下掘削などでは、亀裂の三次元的な分布を推定しグラウトを行う等の取り組みも行われているが、DX技術の発展と共に、トンネルといった線状構造物でも少ない労力で的確にモデル構築を行っていくことが可能となると考えられる。地質のみでなく、湧水の情報をモデルに組み込むこともできる。

また、ダム等においても三次元モデルを活用することで地質・亀裂分布の連続性の評価の誤り等を防止することができると考える。

5. 今後の課題と展望

今後の課題としては、切羽観察記録上の地質評価の正確さやバラつきが挙げられる。切羽観察を行う技術者が地質の専門技術者であるとは限らないため、地質や岩級区分の評価をそのまま利用できるとは限らない。岩級区分等の評価が不十分な場合は、切羽写真を見直し、地質情報を評価し直す必要がある。

また、切羽観察記録は1回の掘削深度の違いにより間隔が定まっておらず、今回の場合、切羽観察の間隔が1~20mと一様ではなかった。幅が広すぎると地質情報が粗になる一方、幅が狭すぎても地層境界の急な変化をモデルとして再現できない。マイクロとマクロの視点を持って地層をモデル化し、三次元的に表現する能力が必要である。

一般にトンネル計画に伴う地盤調査では、ボーリング調査や弾性波探査等の物理探査が行われるが、ボーリングは線(一次元)の情報であり、物理探査は間接的な調査である。一方、今回使用した切羽情報は、大断面で地質状況を直接確認できるものであるため、ボーリング等と比較し得られる情報量が格段に多い。今回対象としているⅠ期線とⅡ期線トンネルの外周間の離隔は約30mと近接している。Ⅱ期線の地層を推定する上でⅠ期線の施工データは活用すべきであり、施工データを用いて作成された三次元地盤モデルは有効であると考えられる。

今回紹介した事例は設計時に三次元地盤モデルを活用した例であったが、その他トンネル供用後の維持管理に活用できる可能性もあると考える。例えば、破碎帯や湧水の情報を三次元モデルに残しておくことで、供用後に変状が発生した位置の地質等情報を即時に引き出すことが可能となる。今後、設計や施工・維持管理の各ステップで三次元モデルの活用方法を開発していくためには、作成されたモデルがどのような推定を含むのかを記録し、後工程に伝達する手法を確立することが重要である。