

トンネル変状予測のための合理的レオロジーモデルの検討と適用

長崎大学工学部 正会員 ○蔭 宇静 学生会員 廣門未来
長崎大学工学部 フェロー 棚橋由彦 学生会員 関 振長

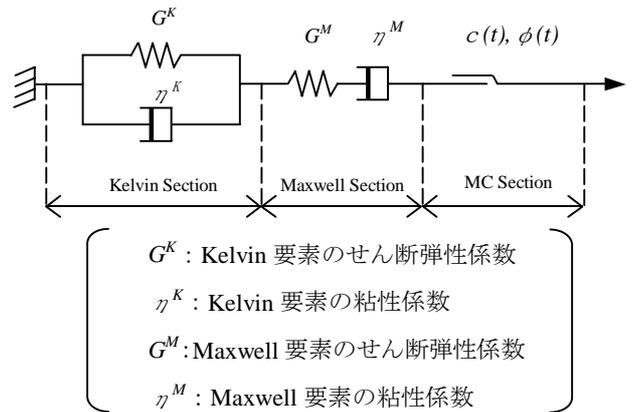
1. 研究の背景と目的

トンネルはその周辺地山条件が複雑に変化したり、周辺環境などの影響を受けたりして、供用されてから経時的変状が生じるケースが少なくない。しかし一方で、岩盤レオロジー値が入手困難であるとされるため、精度の高い変状予測解析が行われることは少なかった。

本研究では、トンネル供用後の変状メカニズムを究明するために、時間依存性モデル（Burger-MC 劣化モデル）と逆解析によるパラメータの算出法を提案し、トンネル変状の予測を行う。これより、変状予測値と計測データを比較・検討し、提案モデルと逆解析によるパラメータ決定法の有用性を確認する。

2. 強度低下時間依存性モデルの概要

トンネルの変状は、周辺地山の経年劣化が原因の1つであると考えられるため、本研究では時間の経過に伴い周辺地山の強度が低下する解析モデルを用いる(図-1)。モデルは Kelvin セッション、Maxwell セッションと Mohr-Coulomb セッション (MC セッション) から成り、Kelvin セッションと Maxwell セッションの直列を Burger モデルと呼ぶ。Burger-MC セッション中の MC セッションの粘着力 c と摩擦角 ϕ を時間と共に低下させ、岩盤の強度劣化を考慮することができるよう修正したモデルを、Burger-MC 劣化モデルと呼ぶ。各セッションの構成要素と主要パラメータは図-1 に示す。



3. Burger-MC 劣化モデルを用いたトンネル変状解析

長崎自動車道うれしのトンネル I 期線は、建設中から変状が発生し、応急対策工を要した。1990 年完成後も変状は恒常的に進行し、1995 年以降には沈静化の傾向に見られたが収束には至らなかった (図-2)。本研究では Burger-MC 劣化モデルを用いて、供用後 5 年の同スパンでの計測結果と変状予測を比較するために、有限差分法解析による天端の変位(u_c) とインバートの変位(u_i) の経時変化を解析する。解析に必要なパラメータは室内試験と類似な地山を参考に設定した。

3.1 変状特徴

まず、レオロジーモデルの基本的な変状特徴を示す。各モデルを用いて組み合わせたモデルでは、指数・線形・発散といった変状特徴が挙げられる。これは、クリープひずみ-時間曲線の各段階における形状と同様の動きを表している。これより、3 つのモデルを連結させた

図-1 Burger-MC 劣化モデル

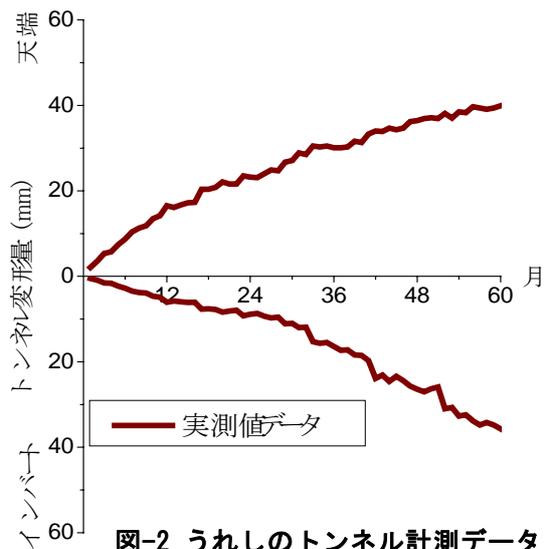


図-2 うれしのトンネル計測データ

キーワード トンネル, 経時的変状, 劣化モデル, 逆解析
連絡先 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 TEL 095-819-2612

Burger-MC 劣化モデルの変状特徴は、3つの変状特徴を組み合わせたクリープひずみ-時間曲線と同様の階段形状となることが予想される。

実際にうれしのトンネルに関する資料¹⁾を参考に、順解析を行う。この解析結果を図-3に示す。インバートにおいてトンネル変位量が経時的階段状に増加し、図-2に示した計測データと各ケースは同様の形状を示し、天端でも同様の指数形状を示した。つまり、Burger-MC 劣化モデルによる変状予測値は計測値と定性的に一致しており、うれしのトンネルが完成してから発生した経時的変状を説明する予測モデルとして、適切であるといえる。しかし、両者には定量的な整合性は不明であるため、解析により求めた変状値からレオロジー値の逆解析を行う。その値からさらに順解析を行うことで予測変状値と実測変状値を比較し、この解析手法の信頼性と整合性を調べる。

3.2 レオロジーモデルパラメータの同定

本研究では変状値からレオロジー値を求めるために逆解析を行う。算出方法は、各変状予測値から実測値との誤差を求め、重み係数を算出することでレオロジー値を同定する。

この計算により求められた値を用いて変状予測を試みる。ここでは塑性のみを変化させたグループと粘弾性のみを変化させたグループ、そして粘弾塑性すべての値を変化させたグループの計3ケースの比較を行った。このうち粘弾塑性すべての値を変化させたグループの変状予測値と計測データの比較を図-4に示す。つまり、他の2ケースに比べて、粘弾塑性に関するレオロジー値を変化させたケースグループの変状予測値は、実測値に最も近い結果となった。この結果から、トンネルの変状を解析的に予測するために、力学的モデルとして粘弾塑性構成モデルを用いれば実現象をより客観的に再現できると考える。

4. まとめ

トンネル変状予測のための合理的レオロジーモデルとして経時的劣化を考慮した Burger-MC 劣化モデルを提案し、うれしのトンネルの計測結果と比較検討を行った。また、逆解析により同定して得たパラメータによる変状予測では、3種類のケースを考慮して解析を行ったところ、粘弾塑性に関するレオロジー値を変化させたケースが最も計測結果と整合性を有していた。よって、Burger-MC 劣化モデルが変状予測を行うために有効であり、逆解析によるパラメータの算出法も妥当であるといえる。これより、供用後のトンネル変状予測において、本解析手法が有効であり、今後は多くの実現場に適用することで信頼性を高めていく。

【参考文献】

1) 土木学会 岩盤力学委員会：トンネルの変状メカニズム，社団法人 土木学会，2003

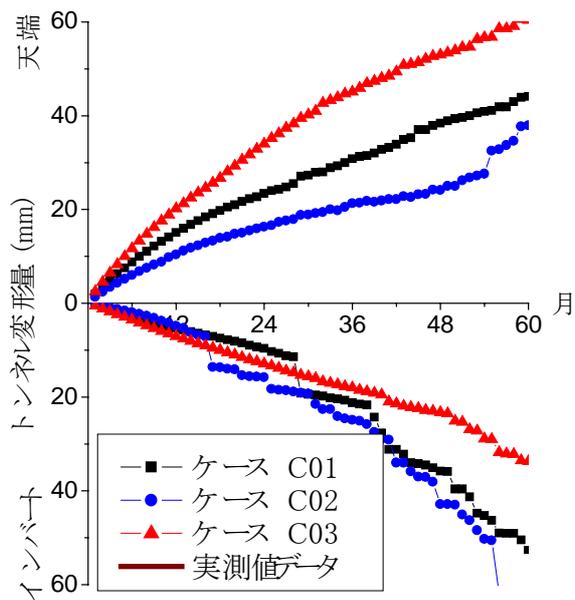


図-3 Burger-MC 劣化モデル変状特徴

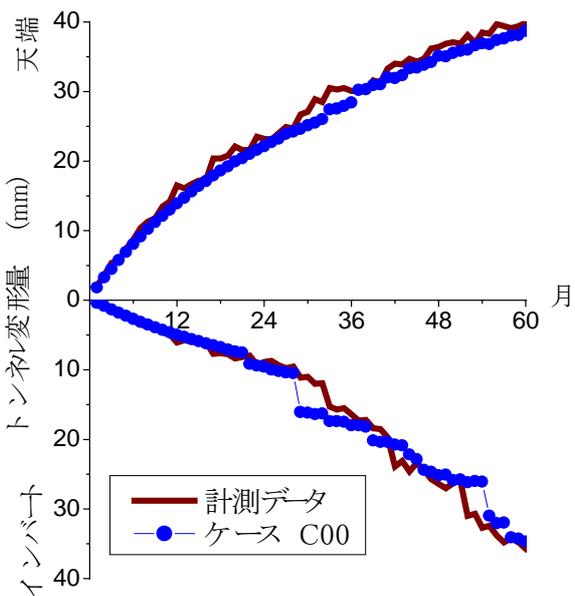


図-4 実測値と逆解析結果の比較