

トンネル施工における逆解析切羽前方予測システムの開発

佐藤工業(株) 技術部	正	瀬谷 正巳, 鈴木 仁志
佐藤工業(株) 技術研究所		黒田 千歳
佐藤工業(株) 大阪支店		宮下 太一

1. はじめに

トンネル掘削において未掘削区間の地山状況を把握することは、安全・経済的な施工に大きく寄与する。そのため施工に際しては、さまざまな調査手法による地山の調査が提案されているが、事前調査として実施される概略的な調査を除けば、コストや調査に時間・手間がかかるため、断層が存在する懸念があるなどの限られた区間についてのみ実施されることが多く、事前には想定されていなかった軟弱地山などが出現した際には対応が遅れる場合がある。

今回、新しく開発したシステムは、トンネル工事における施工管理（観察・計測）として一般的に行われている内空変位計測の変位データを用いて切羽前方地山の物性値を算出し、地山の性状を予測するもので、適切な頻度で内空変位計測を実施すれば、切羽前方地山の予測を日常的に行うことができる。

2. トンネル掘削時の変位と地山の物性値

トンネル掘削時の変位の大きさ・方向は地山の性状によって異なる。たとえば、図-1のようなモデルで地山Bのポアソン比を変えた場合、トンネル軸方向の変位は図-2のようになり、切羽前方地山のポアソン比の違いがトンネル軸方向変位に影響を及ぼしていることが分かる。同様に地山のヤング率についても変位（特に鉛直方向変位）に大きく影響することが分かっている。

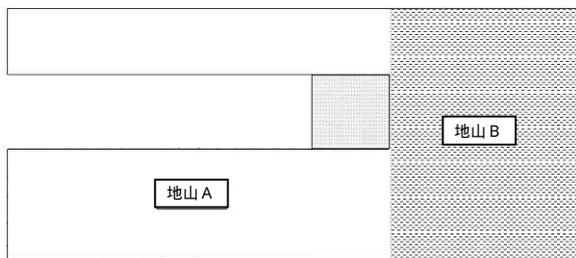


図-1 解析モデル

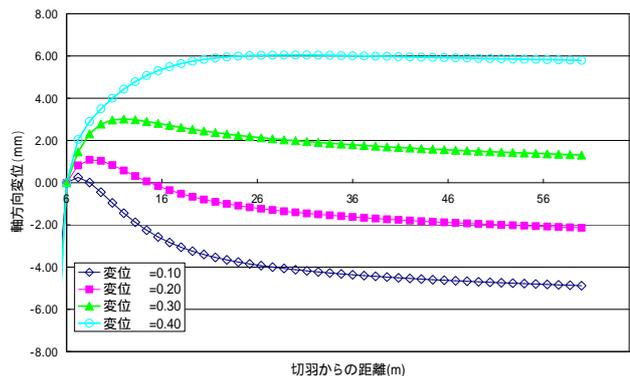


図-2 ポアソン比と軸方向変位

上記により逆解析の手法を用いることで、軸方向および鉛直方向変位の計測値にフィッティングする前方地山のポアソン比とヤング率を算出することができる。

3. システムの概要

本システムでは、まず掘削後、速やかに変位計測用のターゲットを設置し、3次元計測器にて初期値を計測する。その後、2回/日程度の頻度で数回変位の計測を行う。

一方、解析用ソフトにて、FEMモデルを作成する。FEMモデルは、入力された解析範囲、土被り、トンネル断面の形状などから自動的に断面が生成され、軸方向については支保パターンに基づく区間分けと計測管理データから読み取られた計測断面位置、切羽位置などの値に基づき節点位置が決定される。

次に作成したFEMモデル上で逆解析を実行する。逆解析では、入力された計測断面の変位計測値や指定された区間の掘削の実績に基づいてFEMモデルでの掘削のシミュレーションが実行され、観測された計測断面の変位に最も適合するような物性値が繰り返し計算により求められる。

システムのフローを図-3に示す。

キーワード トンネル, 切羽前方探査, 内空変位, 逆解析, 地山物性値

連絡先 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-19 佐藤工業(株) 土木事業本部 技術部 TEL: 03-3661-4794

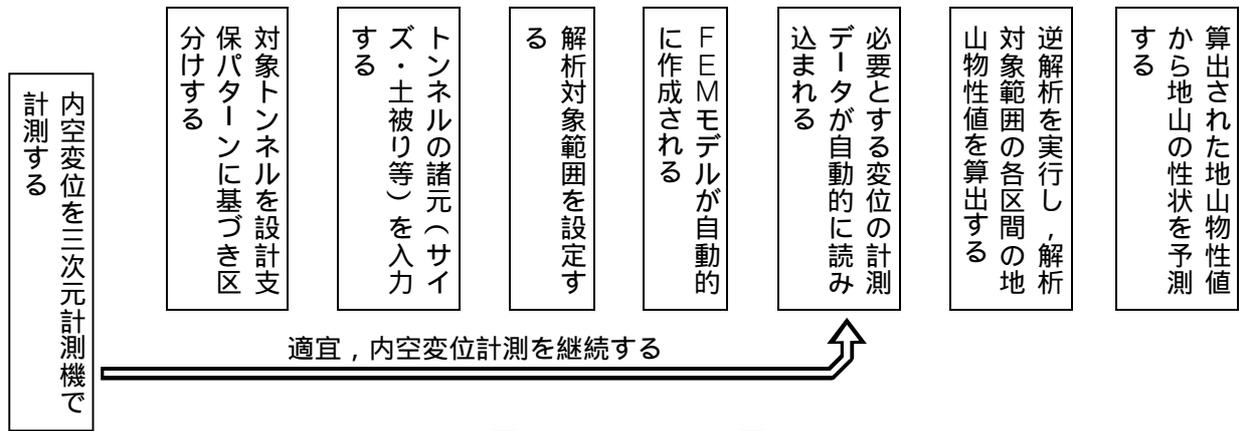


図-3 システムフロー図

4. 実施例

ここで、図-4 に示すようなトンネルにおける実施例を示す。



図-4 解析対象トンネル概略図

この実施例では、切羽の前後 10m ずつを解析範囲として設定し、区間長 5m ずつの区間に区分した。計測点は距離程 13643m に設置し、この点における変位計測の結果に基づき逆解析を行った。変位と逆解析によるフィッティングの結果を図-5, 6, 逆解析によって求められた地山の物性値を表-1 に示す。また、逆解析によって推定した地山の物性値と実際の地山の切羽評価点との比較を図-7, 8 に示す。

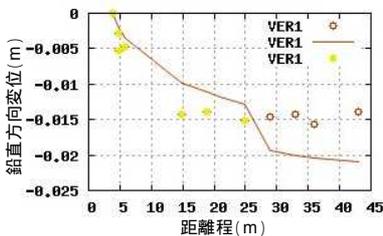


図-5 鉛直方向変位とフィッティング

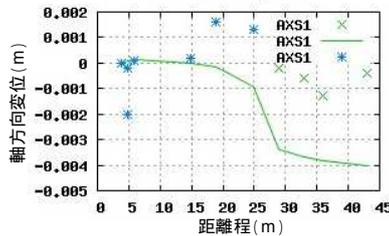


図-6 軸方向変位とフィッティング

表-1 算出した地山物性値

区間	ヤング率 (MN/m ²)	ポアソン比
A	288.4	0.337
B	273.6	0.299
C	90.9	0.368
D	132.4	0.298

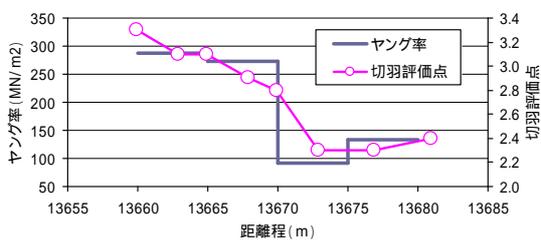


図-7 算出したヤング率と切羽評価点

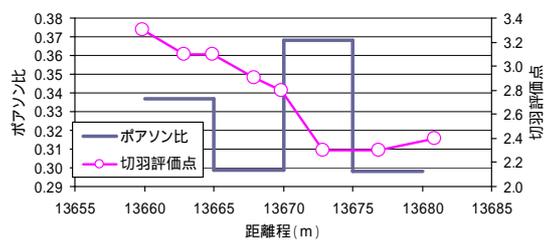


図-8 算出したポアソン比と切羽評価点

図-7, 8 によると、ヤング率については地山状況と整合性が高いが、ポアソン比については地山状況を反映しているとは言い難い。これは、軸方向変位の計測精度が鉛直方向変位の精度に比べて劣っているためと考えられるが、今後の検討が必要である。

5. まとめ

本システムは、日常の施工管理の一環として従来から実施している内空変位計測のデータをそのまま利用し、切羽前方地山の性状を予測するものである。今後は、現場における変位計測に工夫を加え、より良いデータが得られるようにするなどして、実用化を目指したいと考えている。