

III-B 94 解析手法の違いによる硬岩地山トンネルの変形挙動

摂南大学大学院 学生員 斎藤茂樹
 摂南大学工学部 正会員 道廣一利
 大林組技術研究所 正会員 木梨秀雄
 大林組技術研究所 正会員 吉岡尚也

1. はじめに

岩盤は、種々なタイプの不連続面によって構成されているだけでなく、土被りなどに依存した初期地圧を有している。このような岩盤内にトンネルなどの構造物が構築されると、トンネルの周辺は岩盤の特性に応じて挙動する。この変形挙動を予測するために、いろいろな解析手法が開発されている。

解析手法の主なものとして、FEM、BEM、DEMなどがある。これらの解析手法を適用するうえで、パートンら¹⁾ はつぎのように指摘している。すなわち、Q値が0.1を下回るような地山では、き裂が非常に多いため、FEMのような連続体モデルが適し、Q値が0.1～100のような地山では、岩盤の不連続性が考慮できるDEMを適用することを提案している。また、Q値が100を上回るようなマッシブな岩盤に対しては、むしろFEMやBEMのような連続体モデルが適していることを提案している。

本研究では、パートンら¹⁾ が指摘しているQ値に着目した解析手法の適用性を把握するため、DEMとFEMによってトンネルの変形挙動を解析し、得られた解析結果を比較・検討した。

2. 解析方法

ここではQ値に換算して約23となるような岩盤内にトンネルが掘削されるものとする。すなわち、RQDが90～100、不連続面の数は2節理系で、不連続面の粗さは滑らかで凹凸があるものとする。また、これらの不連続面は多少変質しているものとする。

解析は、約500mの土被りを有する結晶質岩内に5m×5mの矩形トンネルを想定し、岩盤の不連続性を考慮できるDEMと連続体理論に基づくFEMによって行った。DEM解析には、解析コードUDEECを使用した。FEM解析には、解析コードSIGNASを使用した。

岩盤の不連続性を簡単にモデル化するため、岩盤が格子状で2節理系をなしているものとする。したがって、掘削されるトンネルの断面寸法を考慮し、DEM用の解析モデルは2.5mの等間隔で不連続面を発生させた。一方、FEM用の解析モデルは空洞周辺の岩盤を細かな要素で分割した。

解析に必要な入力定数を表1に示す。弾性係数とポアソン比については、Q値約23を考慮して設定した。初期地圧については、土被りが約500mであることを考慮し、土被り圧から設定した。また、DEM解析に必要な不連続面に関する定数は、室内試験のデータベースに基づき設定した。

3. 解析結果

図1と2は、それぞれDEMとFEMで解析して得られた変位をベクトルで示したものである。ただし、FEMによる解析は、左右の対称性を考慮して半断面で行った。トンネルの掘削に伴う変位の方向は、両者の解析結果とも同様な挙動を示しているが、DEM解析による値がFEMのそれに比べて大きくなっている。いずれの解析結果とも天端の変位が最大値を示し、DEMで2.9mm、FEMで2.5mmであった。

図3と4は、鉛直方向の変位のコンターをグレー階調で示

表1 解析のための入力定数

	入力項目	D E M	F E M
岩 盤	単位体積重量	2700kg/m ³	2700kg/m ³
	弾性係数	24000MPa	24000MPa
	ポアソン比	0.2	0.2
不 連 続 面	垂直剛性	270MPa/mm	
	せん断剛性	15.1MPa/mm	
	粘着力	0.31MPa	
	内部摩擦角	65°	
初 期 地 圧	鉛直成分	13.2MPa	13.2MPa
	水平成分	13.2MPa	13.2MPa

したもので、色が濃くなるほど変位が大きくなることを意味している。図3がDEM、図4がFEMによる結果である。ここでのFEMによる解析も、左右の対称性を考慮して半断面で行った。両図を比較した場合、トンネルの掘削に伴う影響範囲は、DEMによる解析結果の方がFEMによる解析結果よりも大きくなっている。このような違いは、岩盤の不連続面の影響を解析で考慮できるか否かによるものである。

以上に示した解析結果を踏まえ、トンネル掘削後の空洞の安定性に着目した場合、FEMによる結果は、過小評価する可能性がある。すなわち、天端部分からの岩塊の崩落を見落とす危険がある。岩盤内地下構造物の予測解析を行ううえで、解析手法の適用上の問題をバートン¹⁾が指摘しているのは、先述した内容を懸念していることも一つの要因である。

4. おわりに

岩盤の不連続性を考慮したDEM解析と連続性を仮定したFEM解析を実施し、両者の解析結果を比較・検討した。その結果、空洞の安定性に着目した場合、FEMによる解析結果では、トンネル天端部分からの岩塊の崩落現象を見落とす可能性のあることがわかった。しかしながら、DEMによる解析は、岩盤不連続面のモデル化が容易ではないので、適用実績を増やしながらノウハウを蓄積していく必要がある。

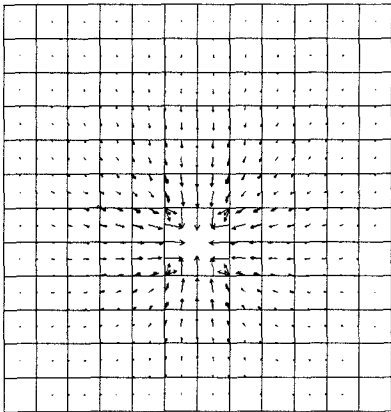


図1 DEM解析による変位のベクトル

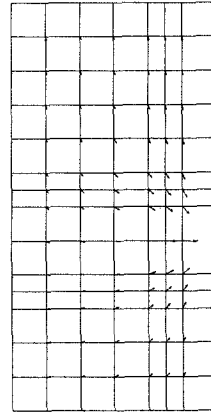


図2 FEM解析による変位のベクトル

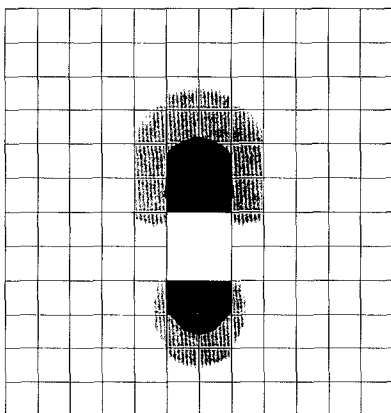


図3 DEM解析による変位のコンター

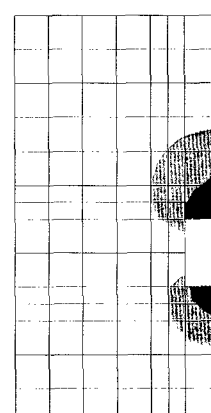


図4 FEM解析による変位のコンター

参考文献

- 1) バートンほか：ノルウェートンネル工法（NMT）の概要、トンネルと地下、第26巻10号、pp.39-46、1995