

III-565 個別要素法による土被りの浅いトンネルの掘削解析について

バシフィックコンサルタンツ株式会社 岡島正樹
同 上 鈴木久尚
同 上 倉田知己

1. 概 要

トンネル掘削に伴う地盤挙動を予測する手法としては、一般に2次元の有限要素法解析(FEM)が使用されている。しかしFEMでは地盤を連続体として取り扱うことから、地盤のすべりを表現するのが困難であり、特に、土被りの浅い軟弱な土砂トンネルではその適用の問題点等が指摘されている。

そこで本論文では、地盤のすべりを表現できる個別要素法(DEM)によって「土被りの浅い土砂トンネル」の掘削解析を行った場合のFEMとの比較と、その適用性について検討をした結果を報告する。

2. 計算条件

計算は2次元の非線型解析とし、図-1に示すような砂層中における無支保の円形トンネルを考えた。トンネル径は $\phi 10\text{m}$ とし、トンネル土被りは $5\text{m}(0.5D)$ を設定した。

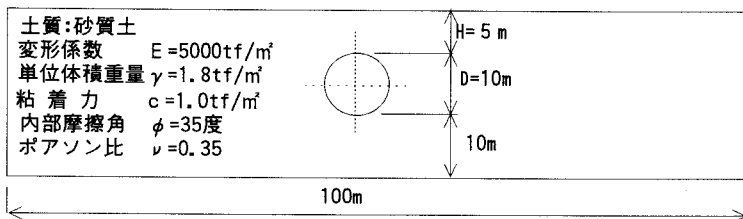


図-1 計算モデル

3. 計算結果

3.1 DEMの計算

DEMでは運動の法則から、一定の時間増分で各接点の角速度、速度および変位が計算される。したがって、本計算に先だって「初期応力状態として定常状態になるまでの計算回数」「要素分割数の違いによる影響」等についてパラメータスタディを行い計算モデルを設定した。計算に使用した要素ブロックは完全に変形できる要素であり、Mohr-Coulombの破壊規準を持つ弾塑性モデルを使用した。

計算はまず初期応力解析として10000サイクルの計算を行った後、一度にトンネル掘削を行いその後さらに計算回数をかさねた。

図-2にトンネル周辺のブロック要素の変位とジョイントのすべり状況図、応力図を示す。

3.2 FEMの計算結果

FEMもDEMと同様に、地盤をMohr-Coulombの破壊規準を持つ弾塑性モデルとした。計算手順もDEMと同様として計算を行った。

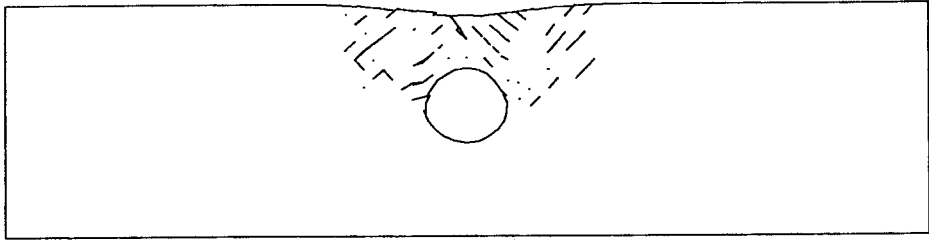
図-3にトンネル周辺の要素の変位図、応力図、塑性域図を示す。

3.3 比 較

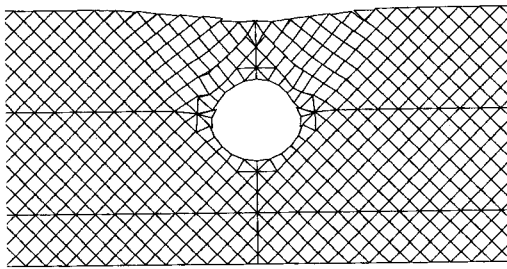
FEMでは掘削による地表面の沈下形状はかなり広範にわたり、塑性域もある程度広がりのあるものとなっているのに対し、DEMでは、掘削によるトンネル内壁部の変形とこれに伴う周辺地盤の亀裂の発生の様子が表されており、地表面の変形も亀裂の発生によって不連続なものとなっている。地盤内の応力状態もFEMでは、トンネル全周を通して壁面部の要素に大きな圧縮応力が作用しているが、DEMでは、トンネル周辺部ではトンネルに沿って圧縮力が分布する傾向を示すものの、トンネル壁面および上方では亀裂の発生によって発生応力が極端に小さいことが解る。

4. ま と め

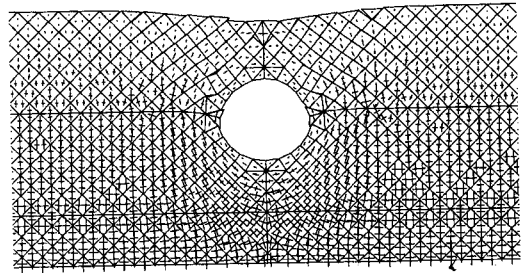
ここで検討した計算モデルは元来FEMを適用しにくい大変形のモデルとしたが、DEMを土被りの小さな土砂トンネルの掘削解析に使用した場合には、変形に伴う亀裂の発生と、トンネル壁面部の崩壊により地盤の変形が発生する様子がよく示されたと考える。今後は、さらに支保工を考慮した場合の解析についても検討してみると共に、さらに多様な計算条件においても適用性の検討を行い、土砂地山でのトンネル掘削解析手法として確立をしてゆきたいと考えている。



ジョイントのすべり状況図

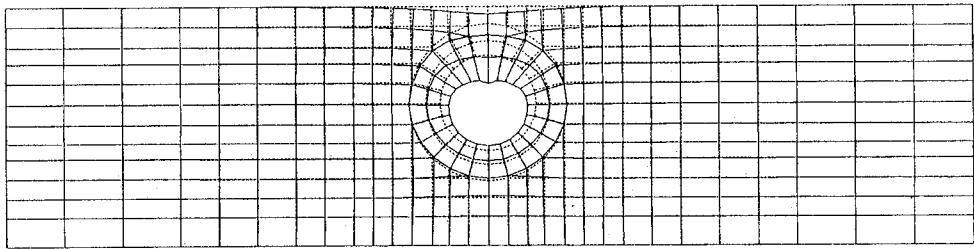


変位図



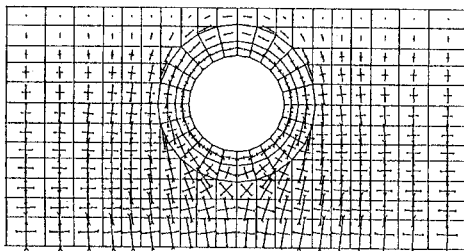
応力図

図-2 DEMによるトンネル周辺のブロック要素の変位とジョイントのすべり状況図、応力図

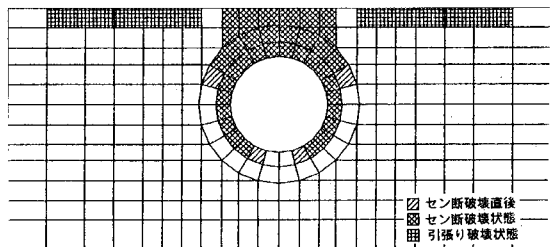


変位図

20.0cm



応力図



塑性域図

図-3 FEMによるトンネル周辺の要素の変位図、応力図、塑性域図