

Ⅲ-333

DDAによる岩盤内空洞解析の適用例

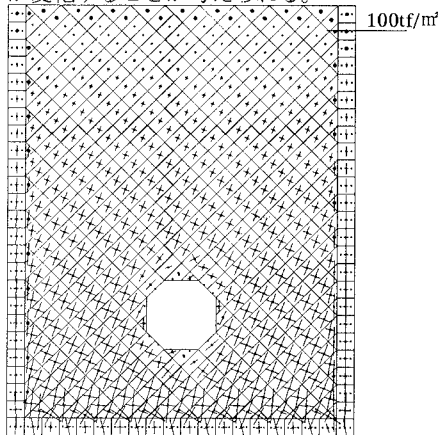
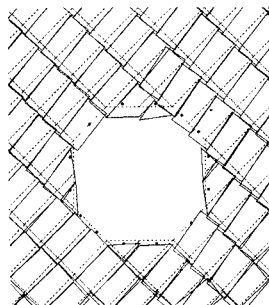
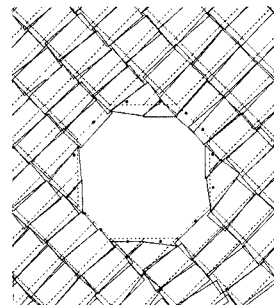
埼玉大学 正員 吉中 龍之進 ○蟻坂 俊英
松長 剛 西條 信行
土屋 康海 宮崎あけみ

はじめに

DDAは1984年、G. H. Shiにより開発された(文献1, 2)。以来、DDAの岩盤工学への適用に関し斜面の崩壊問題や実験の検証など様々な試みがなされている(文献3)。DDAはその解析対象をブロックの集合体とみなし解析を行う。DDAは個々のブロックの形状を問わず、また大変位・大変形の解析に適しているといわれている。本研究ではDDAの地下空洞解析への適用を試みた。

DDA解析モデルその1

傾斜した層状の解析モデルを用いた解析結果を図1に示す。解析モデルは $25 \times 20\text{m}$ 、 $\phi 4\text{m}$ の空洞を一段階掘削した場合を対象としている。解析パラメータは表1のとおりである。なお、境界に接するブロックは水平・鉛直・回転の3方向を固定している。一旦、空洞の崩落が始めると応力分布を正しく表示することができないが、天盤・側壁の崩落の形態をシミュレートすることができる。例えば、図2、図3のように側圧定数 k に応じて空洞の崩落パターンが変化することが考えられる。

図1 $k=0.3$ 応力図図2 $k=0.3$ 空洞周囲のみ $\times 2000$ 図3 $k=1$ 空洞周囲のみ $\times 2000$

	DDA
解析タイプ	平面ひずみ(動的)
計算ステップ数	500
ペナルティばね(垂直 せん断)	2×10^7 2×10^6
時間ステップ増分(s)	10^{-3}
単位面積質量(t/m^2)	2
想定最大変位比	5×10^{-3}
粘着力(tf/m^2)	0
基本摩擦角(deg)	60
弾性係数(tf/m^2)	4.1×10^6
ポアソン比	0.3
側圧係数(tf/m^2)	0.3, 1

DDA : 545ブロック(空洞部除く)

表1 層状モデル解析パラメータ

DDA解析モデルその2

DDAは解析対象をブロックの集合体として扱うため、FEMの連続体解析結果と単純に比較することはできないが、参考までに同一メッシュを用いてFEM連続体解析との比較を行っている。解析モデルは地下空洞として土被り厚180m、 $20 \times 20\text{m}$ の空洞を一段階掘削した場合を想定している。解析対象はFEMでは均一な連続体であるが、DDAではメッシュによって区切られた独立したブロックの集合体である。また、FEMでは境界条件にローラー支持を与えているが、DDAでは境界部分のブロックを3方向すべて固定としている。なお、DDAでは個々のブロックの基本摩擦角を 0° と設定しているため、境界部のブロックを固定した場合、その内側のブロックとの間にローラー支持と同等の効果が得られる。

	DDA	FEM
解析タイプ	平面ひずみ(動的)	平面ひずみ
計算ステップ数	200	-
ペナルティばね(垂直せん断)	2×10^7 2×10^6	-
時間ステップ増分(s)	10^{-5}	-
単位面積質量(t/m^2)	2.5	2.5
想定最大変位比	5×10^{-5}	-
粘着力(tf/m^2)	0	-
基本摩擦角(deg)	0	-
弾性係数(tf/m^2)	3.0×10^6	3.0×10^6
ポアソン比	0.25	0.25
側圧係数(tf/m^2)	1	1

DDA: 438ブロック(空洞部除く)

FEM: 511節点 四角形460要素(空洞部を含む)

表2 解析パラメータ

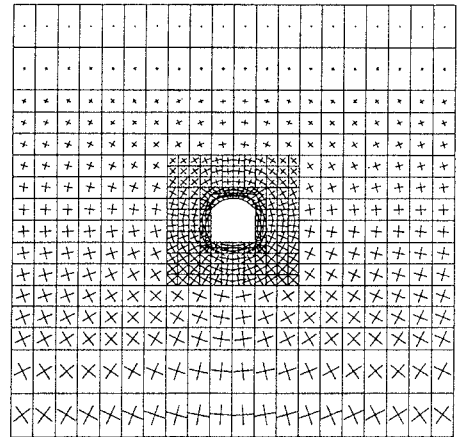


図4 FEM解析結果(応力図)

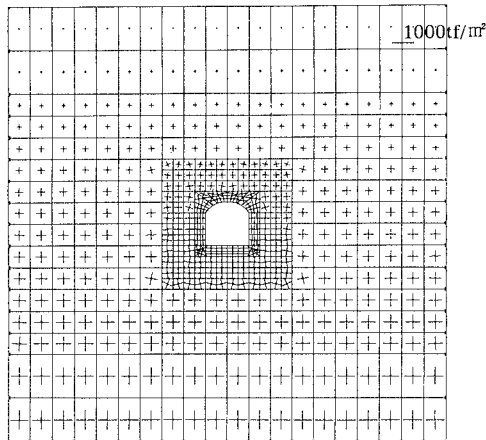


図5 DDA解析結果(応力図)

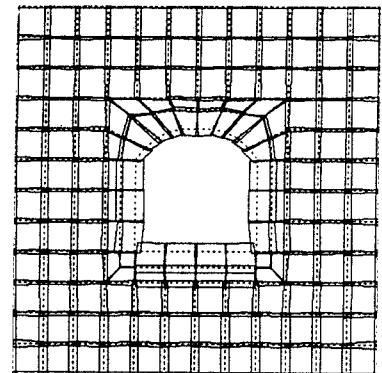


図6 DDA解析結果(変形図 空洞周囲×10000)

DDAの問題点

地下空洞解析におけるDDAの問題点を列挙する。

- ブロック内の応力を均一なものとするため応力集中が生じるような場合に対応できない。
- ペナルティばね・想定最大変位比など経験的な数値に支配されるパラメータが多い。
- 初期設定パラメータが変位・変形の著しいブロックの挙動に追従できないことがある。

まとめ

地下空洞解析においてDDAの適用を試みた。空洞の崩落パターンが分かるほか、おおむね良好な結果が得られる。設定パラメータについては今後も検討を要する。

参考文献

- 1) Gen-Hua Shi: Block System Modeling by Discontinuous Deformation Analysis, Univ. of California Berkeley, Dept. of Civil Eng., 1989
- 2) 社) システム総合研究所: DDA(Discontinuous Deformation Analysis)解説書, 1993
- 3) 佐々木、大西、吉中: 「不連続変形法(DDA)とその岩盤工学への適用に関する研究」, 土木学会論文集, No. 493/III-27, pp. 11-20, 1994