

III-68 岩盤内の割れ目が内圧を受ける空洞の変形に与える影響について

清水建設 正○熊坂博夫 若林成樹
清水建設 正 八田敏行 小野勇司
清水建設 正 石塚与志雄 木下直人

1. はじめに

圧縮空気を貯蔵する方法として岩盤内貯蔵が考えられている。この方法にはライニング材により気密性を確保する方式がある。著者らは、ライニング材として薄肉鋼板を用いた場合の設計方法や内圧変動による繰返し荷重が岩盤の安定性に及ぼす影響などについて検討を行っている。¹⁾²⁾³⁾ これまでの検討では、空洞の建設深度は、最大内圧が作用したとき周辺岩盤や隣接空洞に影響を与えないという条件から、空洞壁面の岩盤に引張応力状態が生じない深度を対象としている。このため、建設深度は岩盤の強度に関係なく初期地圧の大きさによって決められることになる。しかし、岩盤が良い場合には、浅い深度で建設が可能であると考えられ、これは立地条件や経済性の面で有利になる。

一方、建設深度を浅くすると初期地圧より高い圧力で貯蔵することになり、空洞周辺の岩盤に引張応力状態が生じる。このため、岩盤は引張応力に抵抗しない no-tension 材料として取り扱うことが考えられている³⁾。しかし、内圧を高くして岩盤が引張応力状態になると空洞周辺の岩盤内のブロックの動きが大きくなり、割れ目の開口や割れ目間のせん断による局所的な変形が、岩盤のマスとしての変形より大きくなる場合もあると考えられる。すなわち、岩盤を連続体の no-tension 材料として取り扱った場合に比べ、岩盤中の割れ目分布、密度の影響が大きくなることが予想される。これは、薄肉鋼板をライニング材として用いる場合、ライニング材に生じる平均的なひずみより、割れ目近傍のライニング材のひずみが局所的に大きくなる可能性があり、空洞周辺のブロック及び割れ目の変形挙動を把握する必要がある。

従って、空洞と交差する割れ目の分布をDEM（個別剛体要素法）を用いて直接モデル化することにより、初期地圧に比べ高い内圧を作用させたときの割れ目の挙動を検討したので報告する。

2. 検討条件

図-1に、解析モデルを示す。割れ目により分割される領域を30m×30mとし、その外側に、弾性体の無限領域をもつ境界要素をつけたモデルを考える。⁴⁾ 空洞は円形で直径10mとする。割れ目は、一方向に等間隔な場合、直交する等間隔の割れ目の場合の2ケースを考える。岩盤の物性は、割れ目で作られるブロックと割れ目の力学特性およびブロックを囲む境界要素について、表-1のように設定する。初期地圧は2Mpaとし、内圧は8Mpaが作用すると設定する。

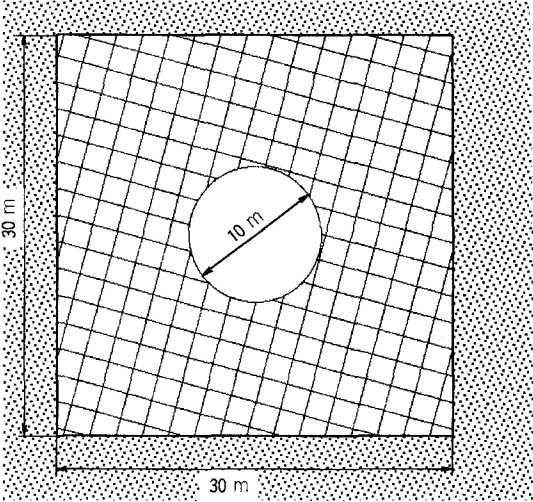


図-1 解析モデル図

表-1 解析に用いた物性

ブロック	弾性係数	6 GPa
	ポアソン比	0.20
ジョイントの物性	垂直剛性	236 GPa/m
	せん断剛性	4.94 GPa/m
岩盤の物性 境界要素)	弾性係数	3 GPa
	ポアソン比	0.20

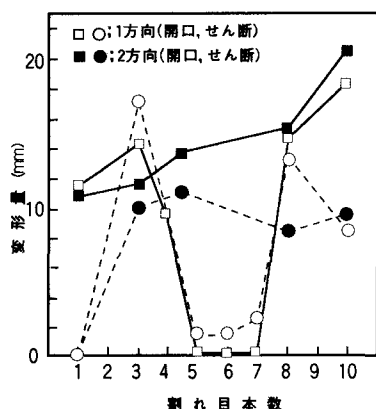


図-2 割れ目本数と変形量の関係

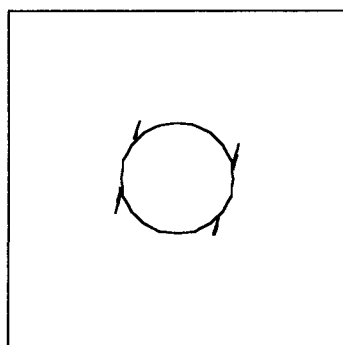


図-3 割れ目が7本のときの開口分布

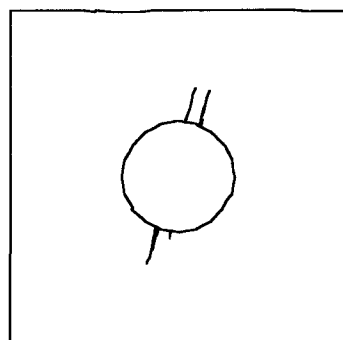


図-4 割れ目が8本のときの開口分布

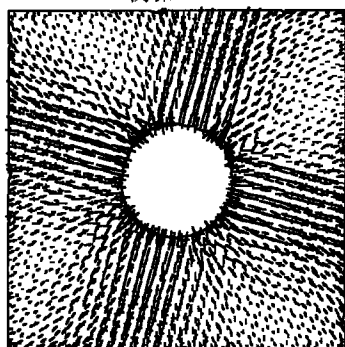


図-5 割れ目が10本のときの主応力図

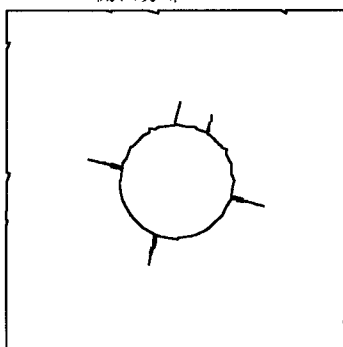


図-6 割れ目が10本のときの開口分布

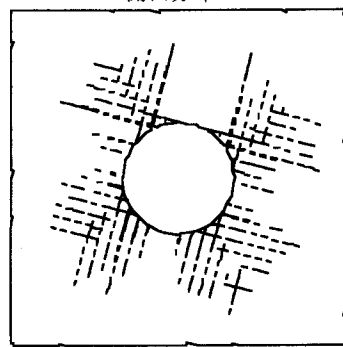


図-7 割れ目が10本のときのせん断変形分布

3. 結果

図-2に、空洞に交差する割れ目本数と空洞壁面の割れ目の開口及びせん断変形の最大値の関係を示す。図より、一方向の割れ目分布を持つ岩盤では、割れ目本数が5～7本の場合に非常に小さな変形量になっている。これは、図-3, 4の空洞に交差する割れ目の本数が $n=7, n=8$ の場合の開口幅の分布図からわかるように、空洞軸(中心)の近くを交差する場合には、大きな開口が生じ、壁面近くを交差する場合には、非常に小さな開口で、等方の岩盤に近い変形を示す。一方、直交する割れ目がある場合は、割れ目の本数(密度)が大きくなるに従って、空洞壁面の割れ目の開口幅が大きくなる。これは、割れ目の密度が大きくなるに従って、岩盤のマスとしての見掛けの弾性係数が低下することによって考えられる。図-5, 6, 7に、割れ目本数10本の場合の主応力図、割れ目の開口分布図及びせん断変形分布図を示す。主応力図より、応力状態は割れ目による異方性の影響が出ていることがわかる。また、変形特性としては、割れ目が空洞の軸を通る場合には開口し、その他の割れ目においてはせん断変形が生じている。

4. おわりに

DEMを用いて、空洞内に高い内圧が作用したときの空洞周辺の割れ目の開口、せん断変形について検討した。その結果、一方向の割れ目と二方向の割れ目では、割れ目密度と開口量の関係に異なった傾向があり、応力状態、変形においても異方性が見られた。

参考文献

- (1) 八田, 他; 土木学会第46回年次学術講演会概要集, III-28, pp.82~83, 1991-9. (2) 熊坂, 他; 土木学会第46回年次学術講演会概要集, III-304, pp.630~631, 1991-9. (3) 石塚, 他; 清水建設研究報告, 第54号, pp.21~32, 1991-10. (4) ITASCA CO.; UDEC Version ICG 1.7 User's Manual.