

III-B 179 節理性岩盤の掘削時逆解析における初期応力誤差の影響に関する検討

東京電力・電力技術研究所 正会員 田中典明
篠塚研究所 正会員 大矢敏雄

1. まえがき

節理等の不連続面を有する岩盤の中に地下発電所の空洞などを構築する場合、掘削時の岩盤挙動は不連続面の分布状況およびその物性値に大きく依存する。また、岩盤内の不連続面の分布情報および物性値は事前には十分把握できないため、前ステップまでの施工時データからより正確な解析条件を逆推定し、次ステップの挙動予測を行う情報化施工が重要であり、そのためには逆解析が必要となる。

本報告は、逆解析を行う際に設定する諸条件の誤差（主に初期応力に着目）が、不連続面力学特性の推定に及ぼす影響について検討したものである。

2. 解析手法

節理性不連続面を考慮できる岩盤解析手法としては「クラックテンソル法」¹⁾を、また、逆解析手法としては「拡張カルマンフィルター有限要素法」²⁾を適用した。

3. 検討条件、検討ケース

解析モデルを図-1に、解析物性値を表-1に示す。

地盤内初期応力は自重解析により設定した。掘削に伴う変位の観測点として、空洞壁面に7点、地中に3点を設定した。空洞は全断面掘削とし、支保工は考慮していない。

空洞掘削に伴う内空変位の解析結果を図-2に示す。逆解析は、観測点の変位を知り、これから不連続面の垂直剛性とせん断剛性を推定する問題とした。

逆解析ケースを表-2に示す。ここでは逆解析時に設定する条件の誤差として、初期応力を自重解析値に対して80～120%変化させた。また、ヤング率を80%にしたケースも加えた。

観測点の配置としては、図-3に示す4タイプを設定した。

4. 検討結果

クラックの垂直剛性とせん断剛性の逆解析同定結果（観測点タイプA）を図-4に示す。この図より次のことが言える。

①鉛直、水平初期応力を80%に変えた場合は、垂直剛性Hが83%、せん断剛性Gが70%に同定された。

これは観測値の内空変位量と同じになるようにクラック剛性を補正して同定したためと考えられる。

②水平初期応力だけを80%に変えた場合は、垂直剛性Hが17%、せん断剛性Gが318%に同定された。

これは、クラック分布で鉛直方向のクラックが卓越していることから、水平変位の変動20%を調整するためには主にクラックの垂直剛性を1/6に低減して同定した（せん断剛性を低減させると鉛直変位も増大してしまい鉛直方向の整合がとれなくなる）ためと考えられる。せん断剛性は鉛直変位を調整するために318%に増加されたと考えられる。

③水平初期応力だけを120%に変えた場合は、垂直剛性Hが204%、せん断剛性Gが85%に同定された。

これは②の逆のことがおきているためと考えられる。

④鉛直初期応力だけを80%に変えた場合は、発散して解が求められなかった。これは、水平変位の方が鉛直変位よりも3～4倍大きい変位分布において、水平変位の変動が無く、鉛直変位のみを増大させる（H、G）の組合せが存在しないためと考えられる。

観測点配置を変えた場合の結果を図-5に示す。観測点タイプA、B、C、Dによる同定値の差は比較的小さい結果となった。

5. まとめ

- ・逆解析時に使用する条件に誤差がある場合は、誤差を反映した逆解析同定値が算定される。
- ・逆解析のベースになるデータが岩盤変位である場合は、岩盤変位を正しく算定するように逆解析同定値（複数の組合せ）を決めるのであって、逆解析同定値が正しく求められる保証はない。また、解である逆解析同定値の組合せは、複数存在する可能性がある。
- ・誤差を満足させる解が存在しないようなケースでは、逆解析同定値は求まらない場合がある。
- ・パラメータの多い複雑な解析手法の場合は、逆解析はきわめて困難となることが予想される。

<参考文献>

- 1) Oda, M., T. Yamabe, Y. Ishizaka, H. Kumasaka, H. Tada and K. Kimura: Elastic stress and strain in jointed rock masses by means of crack tensor analysis, Rock Mech. & Rock Eng., 26(2), 1993.
- 2) 山辺・松本・大矢：岩盤掘削に伴う変形挙動の逆解析、土木学会第50回年次講演会Ⅲ、pp1360-1361.

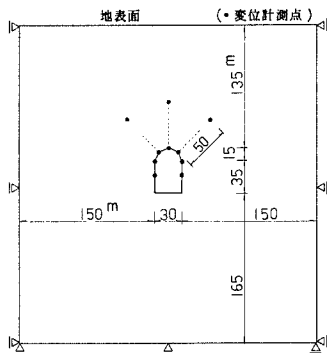


図-1 解析モデル図

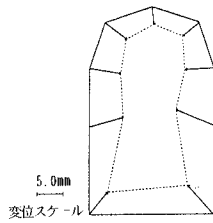


図-2 順解析結果
(空洞内空変位)

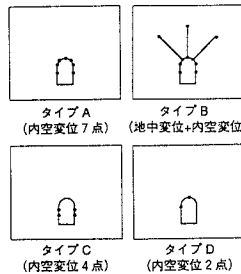


図-3 観測点の配置

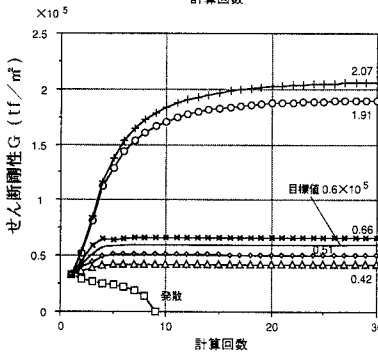
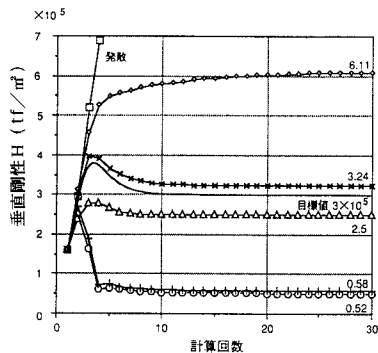


図-4 垂直剛性hとせん断剛性gの
同定結果（観測点タイプA）

表-1 解析物性値

項目	設定値	備考
母岩初期地圧	自重により設定	$k_{11} = 0.5$
弾性係数	$2.6 \times 10^5 \text{ tf/m}^2$	C_{11} 級花崗岩を想定
ポアソン比	0.25	
単位体積重量	2.5 tf/m^3	
2階のクラックテンソル	$\begin{pmatrix} 4.0 & -0.5 \\ -0.5 & 1.0 \end{pmatrix}$	
4階のクラックテンソル	$\begin{pmatrix} 3.5 & 0.5 & -0.4 \\ & 0.5 & -0.1 \\ \text{sym} & & 0.5 \end{pmatrix}$	
垂直剛性H	$3.0 \times 10^5 \text{ tf/m}^2$	$H = 3 \pi E/8$
せん断剛性G	$6.0 \times 10^4 \text{ tf/m}^2$	$G = H/5$

表-2 逆解析ケース

逆解析時に使用する値	観測点配置	同定対象
ヤング率 初期応力		
正值	タイプA, B タイプA, B, C, D タイプA, B "	クラック剛性 H, G
80%	タイプA, B "	クラック剛性 H, G

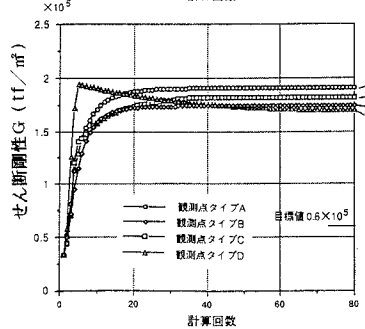
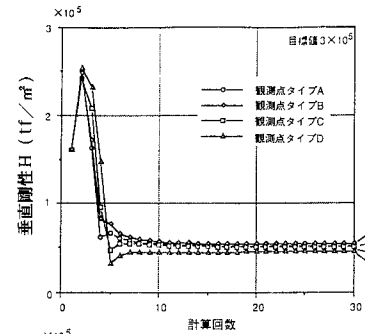


図-5 観測点配置による比較
(水平初期応力80%の場合)