

III-A 409 不連続変位への非弾性ひずみ逆解析の適用性に関する一考察

大林組 正会員 志村 友行
 同上 正会員 武内 邦文
 同上 中岡 健一

1. はじめに

トンネルや地下空洞の情報化施工においては観察・計測結果をいかに解析し評価するかが重要である。施工中の岩盤安定性評価手法の一つである逆解析は、変位計測結果からひずみを算定し岩盤の安定性を評価する手法である。桜井らの提案した直接逆解析法¹⁾においては地山を均質の弾性体と仮定して初期応力パラメーターを評価しているため、地山の不連続挙動が卓越する場合には解析結果を慎重に評価する必要がある。一方、最近提案された逆解析法²⁾においては、非弾性ひずみを解析に取り入れることで地山の複雑な挙動を考慮可能となった。

本論文では、不連続変位として個別要素法(UDEC)により作成した岩盤変位が計測されたと仮定し、それを入力変位として非弾性ひずみ逆解析を適用した場合の初期応力パラメーターおよびひずみ分布について考察した。

2. 検討用解析モデルと入力条件

逆解析の適用性を検討する対象として地下発電所を想定し、空洞断面、地質およびUDECに必要な不連続モデル等については既設の地下発電所を参考に仮定した。UDECによる計測変位作成時に使用した空洞モデルとその入力条件を図-1および表-1に示す。なお、解析に際しては実施工を想定し、PSアンカーによる緊張力、および掘削過程を考慮した。

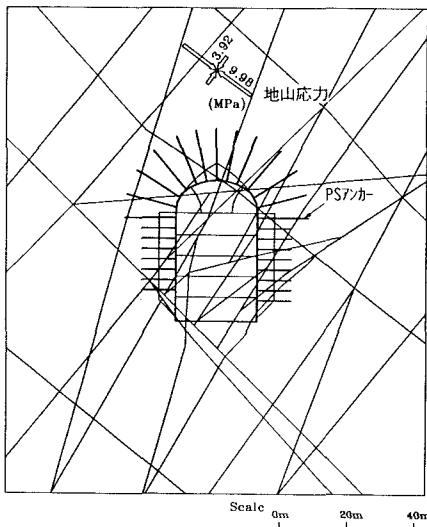


図-1 検討用空洞モデル

表-1 入力条件一覧

項	目	解析入力値
地山応力	水平応力 σ_{x0} (MPa)	-7.9
	鉛直応力 σ_{y0} (MPa)	-5.9
	せん断応力 τ_{xy0} (MPa)	2.8
	鉛直よりの傾き (°)	54.0
岩盤物性	密度 (g/cm^3)	2.6
	弾性係数 (MPa)	2.4×10^4
	ポアソン比	0.25
不連続面特性	垂直剛性 (MPa/m)	1.0×10^5
	せん断剛性 (MPa/m)	5.0×10^3
	せん断強度 (MPa)	0.1
	内部摩擦角 (°)	50.0
PSアンカー ストランド	(緊張力45t/本)	
	弾性係数 (MPa)	1.9×10^5
	降伏荷重 (kN)	844.0
	破断伸び (%)	3.5
定着材	せん断剛性 (MPa)	2.4×10^2
	付着強さ (N/m)	5.1×10^5

3. 非弾性ひずみ逆解析の適用結果

非弾性ひずみ逆解析法は地山の非弾性ひずみ、弾性係数および初期応力を未知パラメーターとして定式化し、解析的にそれらの値を求める手法である。この場合、未知パラメーターの数が現場で得られる計測変位の数より多くなるため、ノルム最小化法により解を最適化する方法を用いている。

図-2にUDECによる入力用計測変位を示す。変位は岩盤のき裂面を境に不連続に変化する傾向がみられ、これは実際の現場計測変位の特徴を表している。

表-2に非弾性ひずみ逆解析の結果を、入力値および等方等質逆解析と比較して示す。また図-3にUDECにより求めた岩盤変形図を、図-4に非弾性ひずみ逆解析により得られた最大せん断ひずみ分布を示す。なお、本逆解析法では入力相対変位と出力変位は完全に一致する。

表-2より初期応力パラメータの同定精度は等方等質逆解析に比較して飛躍的に向上している。

最大せん断ひずみ (γ_{max})は、空洞頂部から右側側壁上部において相対的に大きな値を示す結果となった。 γ_{max} の分布を図-3のUDECによる岩盤変位と比較した場合、 $\gamma_{max} > 0.25\%$ の領域は空洞頂部に見られる岩盤のはく離箇所と良く一致している。さらに、 $\gamma_{max} > 0.05\%$ の領域は岩盤変位が顕著に現れる領域とほぼ一致している。

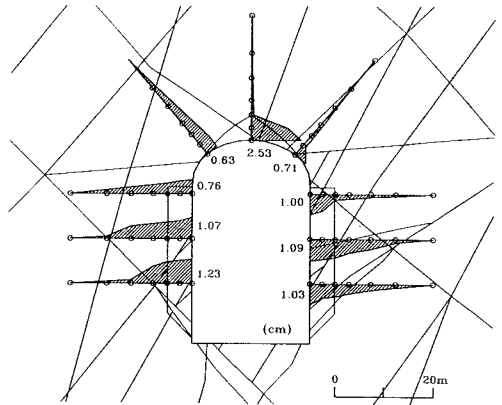


図-2 入力用計測変位

表-2 逆解析結果

	UDEC (入力)	非弾性ひずみ 逆解析	等方等質 逆解析
σ_{x0}/E	-0.0003275	-0.0003551	-0.0005929
σ_{y0}/E	-0.0002475	-0.0002226	-0.0012027
τ_{xy0}/E	0.0001175	0.0001296	0.0001143
σ_{10}/E	-0.0001634	-0.0001433	-0.0005722
σ_{20}/E	-0.0004116	-0.0004344	-0.0012234
θ (°)	-35.6	-31.5	-10.3

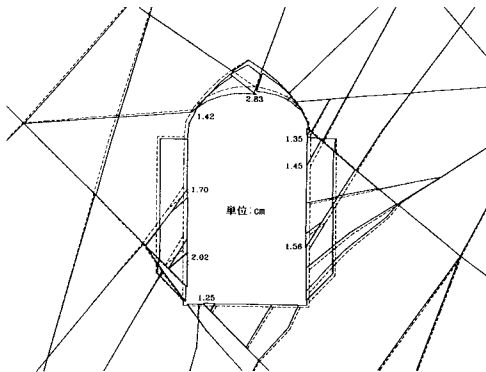


図-3 UDECに基づく岩盤変形図

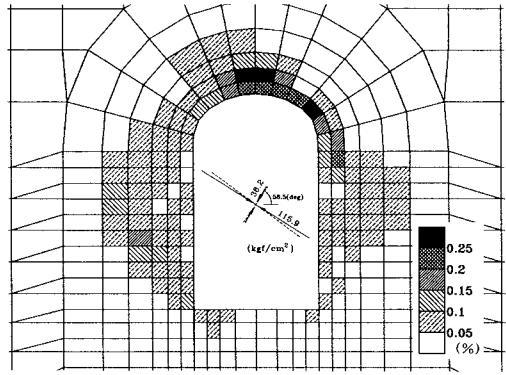


図-4 逆解析に基づく最大せん断ひずみ分布

4. まとめ

不連続変位への非弾性ひずみ逆解析の適用性に関して、地下発電所を想定した数値解析例を通して以下の事項が判明した。

- ① 初期応力パラメータの同定精度は等方等質逆解析に比較して飛躍的に向上する。
- ② 最大せん断ひずみの分布形状は、UDECによる岩盤の不連続挙動が卓越する領域と良好に一致する。

本論文では、限られた条件下での考察であるため結論は断定できないが、一例として、地下空洞施工時における岩盤の不連続挙動を評価する上で有効な判断材料と考えられる。今後は不連続挙動が卓越する場合の岩盤安定性評価手法の確立をめざして、最適な逆解析法および岩盤のひずみ評価基準についてさらに検討を進める必要があると考えている。

参考文献

- 1) 例えば、桜井春輔・武内邦文：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法，土木学会論文集，1983. 9
- 2) 桜井春輔・芥川真一・福留修：ノルム最小化法に基づく非弾性ひずみの逆解析，土木学会論文集，1995. 6