

Ⅲ - A293

不連続面を考慮した非弾性ひずみの逆解析

ニュージェック* 正会員 ○中村 真 北條 明
 神戸大学工学部** 正会員 櫻井春輔
 神戸大学都市安全研究センター*** 正会員 芥川真一

1. まえがき

近年、トンネルなどの地下構造物を掘削するのに情報化施工が盛んに行われている。しかし、不連続性岩盤においては、その変形挙動が内在する不連続面の力学特性に大きく支配されるため、従来の岩盤を等方均質とした弾性論に基づく逆解析を適用することには限界がある。そこで著者らは、まず岩盤に生じる不連続性挙動を非弾性ひずみを導入することによって同定する手法を提案した¹⁾。

さらに本研究では、不連続面の幾何学特性と力学特性を考慮した逆解析手法として、先の手法に不連続面をモデル化した等価連続体構成式²⁾を組み込んだ逆解析手法を提案し、その適用性について検証した。

2. 逆解析の考え方

一般に地下構造物などの掘削解析においては、まず地山の力学モデルを仮定し、その後モデルに見合った力学定数を求め、これらをインプットデータとして解析を行う。一方、逆解析では、まずインプットデータとして計測値が与えられ、その後に地山のモデル化を行うために、逆解析で得られるアウトプットとしての結果は、そこで用いる力学モデルに依存する。そこで、力学モデルの仮定を必要としない逆解析手法として、地山に生ずるひずみを次式のように表し、非弾性ひずみを未知パラメータとした手法を提案した。

$$\{\varepsilon_t\} = \{\varepsilon_e\} + \{\varepsilon_p\} \cdots \cdots (1)$$

ここで $\{\varepsilon_t\}$: 全体ひずみ, $\{\varepsilon_e\}$: 弾性ひずみ, $\{\varepsilon_p\}$: 非弾性ひずみ

非弾性ひずみには、塑性ひずみや不連続面の挙動など弾性ひずみ以外のひずみが含まれる。

3. 等価連続体構成式

本研究では不連続性岩盤の全体変形は、図-1に示すように岩盤基質部の変形と不連続面の変形の和で表されたと仮定する。さらに、複数の不連続面における変形は、個々の不連続面の変形の和として表せるものとする。すなわち、

$$\{\varepsilon\} = \{[C_{int}] + [C_1] + [C_2] + \cdots + [C_j]\} \{\sigma\} \cdots (2)$$

ここで、 $\{\varepsilon\}$ および $\{\sigma\}$ はそれぞれひずみベクトルと応力ベクトルを示す。また、 $[C_{int}]$ は岩盤基質部のコンプライアンスマトリックスを、 $[C_j]$ は j 番目の不連続面の系のコンプライアンスマトリックスを表す。

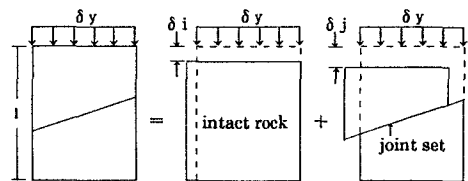


図-1 等価連続体モデル

キーワード：不連続性岩盤，地下空洞，逆解析，非弾性ひずみ，等価連続体

* 〒542 大阪市中央区島之内 1-20-19 Tel 06-245-4901 Fax 06-251-2565

** 〒657 神戸市灘区六甲台 1-1 Tel 078-803-1026 Fax 078-803-1050

*** 〒657 神戸市灘区六甲台 1-1 Tel 078-803-1026 Fax 078-803-1050

4. 円形トンネルによる検証

検証は不連続面のせん断破壊を考慮した順解析から得られた地中変位、（8計測線、32計測値）を用いて、非弾性ひずみの逆解析を実施し、順解析でのせん断破壊領域と逆解析での非弾性ひずみの分布を比較することとした。さらに逆解析では、不連続面を考慮しない等方連続体構成式と、本研究で提案する等価連続体構成式を用いた場合の比較も行った。

解析条件を表-1に示す。本検討では、不連続面を2次元で考えており、引張破壊は考慮していない。

図-2に順解析に用いた初期応力と、逆解析で得られた初期応力の比較を示す。同図より、逆解析の結果は、どちらの構成式を用いた場合でも引張主応力が若干生じたものの、最大圧縮主応力および主応力の向きは順解析結果とほぼ等しくなった。

さらに、図-3に示す順解析におけるせん断破壊領域と、逆解析における非弾性ひずみの分布の比較から、等方連続体逆解析では、不連続面の影響による異方性挙動や不連続面の破壊によって、かなり広域に非弾性ひずみが生じているが、等価連続体逆解析では、順解析における破壊領域にほぼ対応した領域で非弾性ひずみが発生している。

表-1 解析に用いた物性値

岩盤基盤部	弾性係数 E_t	100GPa
	ポアソン比 ν_t	0.25
不連続面	傾斜 θ	$\theta_1=25^\circ, \theta_2=65^\circ$
	間隔 d	20mm
	せん断剛性 K_s	10GPa/m
	垂直剛性 K_n	50GPa/m
	粘着力 c	0.1MPa
	内部摩擦角 ϕ	45°

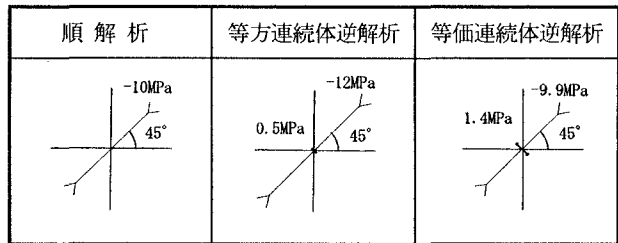


図-2 初期応力の比較

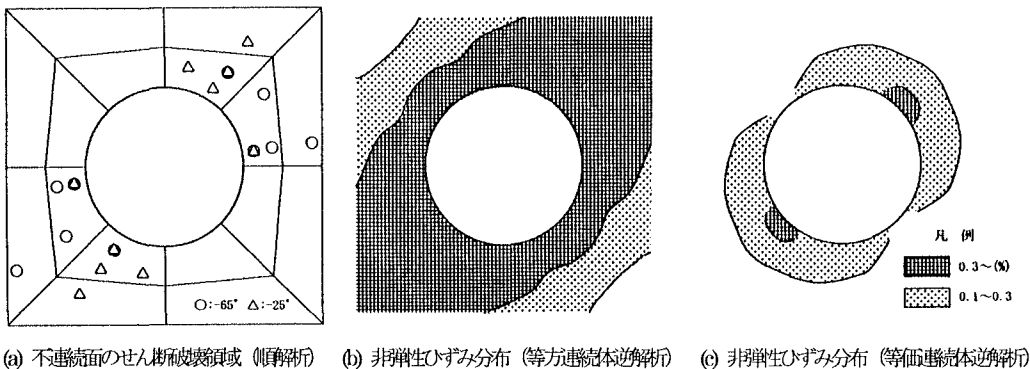


図-3 非弾性挙動を示す領域の比較

5. あとがき

本研究では不連続面のせん断破壊を、非弾性ひずみとして精度よく把握することができることを示した。さらに、不連続面を3次元で考慮し、大規模地下空洞で得られた地中変位計測結果を用いた解析も行い、良好な結果を得ている。

(参考文献)

- 1) 櫻井春輔・芥川真一・徳留修：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、No. 517/III-31、PP. 197~202、1995。
- 2) 中村真・北條明・櫻井春輔・芥川真一：不連続面を考慮した逆解析手法の適用性について、土木学会大51回年次学術講演会、IV-A344、PP. 688~689、1996。