

III-B 401 計測変位に基づくすべり面の強度低下を考慮した逆解析法

応用地質 川本地盤工学研究所 正会員 ○徳永 理 奥井裕三
正会員 森誠一郎 進士正人

1. はじめに

筆者のひとりとはトンネルや斜面掘削中の現場変位計測結果から斜面に潜在するすべり面の強度低下を評価する逆解析手法をすでに提案している。この手法では、トンネルや切土等の掘削に誘発された地すべり挙動は、すべり面のせん断剛性の低下とすべり土塊に見掛けの不均衡力の作用により生じているものと仮定し、それらの量を逆定式化法に属する逆解析によって推定している。この手法は掘削などの外的な要因がある場合の解析には適しているが、施工後に発生する地すべりや、自然に発生する地すべりに対しての適用は困難である。

そこで著者らはすべり挙動をすべり面のせん断剛性の低下のみで表現し、すべり面の強度定数を推定する直接定式化法に属する逆解析手法を考案した。本論文ではこの手法を紹介し、さらに施工後に地すべりが発生した斜面の計測事例に本手法を適用し、その適用について検討する。

2. 解析手法

本解析は地山を図1に示すような異方性（面内等方性）をもつ弾性体とし、特にすべり面では、この地山材料の面外方向のせん断弾性係数の低下が生じているものと仮定している。すべり面のせん断弾性係数の低下に伴って地すべりが発生し、その結果として地山の変位が観測されることから、本逆解析ではすべり発生順序を考慮して、すべり面の強度低下が生じている状態での変形挙動と強度低下以前の変形挙動との差分をとり、その差分が計測変位と最も良く一致する解を求めた。

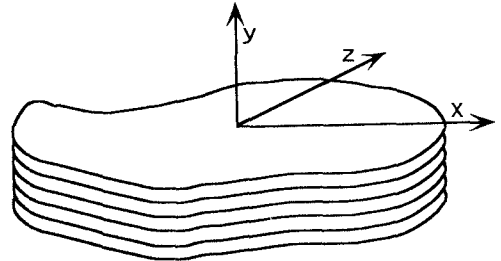


図1 面内等方性を有する材料

以下で異方性パラメータ（ m ）について述べる。

（1）異方性パラメータ（ m ）

E 、 ν 、 G をそれぞれ、縦弾性係数、ポアソン比、せん断弾性係数とする。ここで図1の積層面内の変形に関するものを E_1 、 ν_1 、 G_1 、積層面に鉛直な方向に関するものを E_2 、 ν_2 、 G_2 とする。このときの応力-ひずみ関係は式(1)のようになる。

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} \quad (1)$$

ここで、

$$[D] = \frac{E_2}{(1+\nu_1)(1-\nu_1-2n\nu_2^2)} \begin{bmatrix} n(1-n\nu_2^2) & n\nu_2(1+\nu_1) & 0 \\ n\nu_2(1+\nu_1) & 1-\nu_1^2 & 0 \\ 0 & 0 & m(1+\nu_1)(1-\nu_1-2n\nu_2^2) \end{bmatrix}$$

である。 $\{\sigma\}$ 、 $\{\varepsilon\}$ はそれぞれ、応力およびひずみテンソルを表し、 $n = E_1/E_2$ 、 $m = G_2/E_2$ である。

このときの m を異方性パラメータと呼ぶ。

3. 解析条件

本手法をトンネル掘削後に地すべりが発生したある斜面に適用した。計測変位はトンネル掘削から1年後の約2ヶ月間の変位増分を使用した。従ってこの変位増分は掘削後充分時間が経ってから発生した変位と考える。

弾性係数、ポアソン比、単位体積重量は、過去の資料から表1のように決定した。

表1 解析に用いた材料定数

弾性係数(kgf/cm ²)	3000
ポアソン比	0.3
単位体積重量(kgf/cm ³)	0.002

4. 解析結果

解析結果として図2に計測値と解析値の比較図、図3に変位ベクトル図を示す。図2では異方性パラメータを用いることにより、施工後の斜面の変位が非常に良く表されていることがわかる。さらに、図3の変位ベクトル図より土塊のすべりが明確に現れているのがわかる。

図4では最大せん断ひずみ図を示す。ひずみに関しては掘削時の影響を考慮している。図4ではトンネル上部とすべり面上端部のひずみが大きくなっていることがわかる。この結果は参考文献1)の結果とも一致する傾向である。

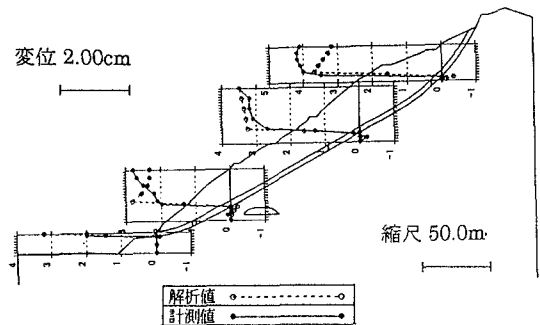


図2 解析結果（計測値と解析値の比較）

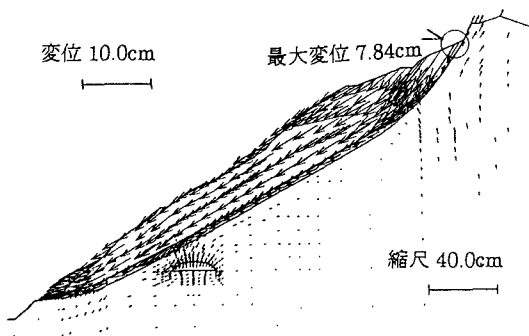


図3 解析結果（変位ベクトル）

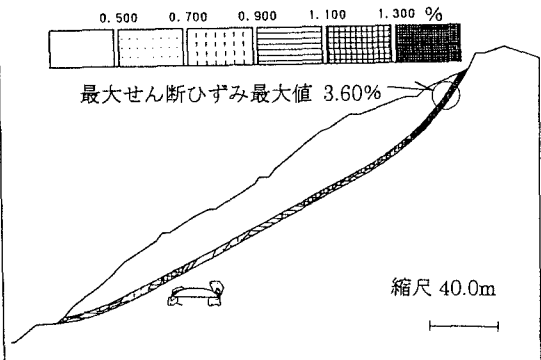


図4 解析結果（最大せん断ひずみ）

5. おわりに

解析結果と計測変位の比較から、本手法が施工後の斜面のすべりを非常に良く表していることがわかった。この手法を適用することにより、自然斜面の地すべりや掘削後に地すべり挙動が生じる切土斜面に対しても、現場変位計測を行うことで逆解析が可能となり、すべりを伴う場合の情報化施工に対して予測精度の向上を図ることができる。

<参考文献>

- 1) 岡本敦、進士正人、李弘揆：「地すべりを考慮したトンネル坑口部の逆解析手法の検討」、平成7年11月、岩盤力学に関するシンポジウム