

斜面の逆解析

神戸大学工学部 正 桜井春輔

1. まえがき

斜面の掘削問題を有限要素法によって解析する場合、その結果は、たとえ弾塑性解析を行っても掘削時に実際現れる挙動と大きく異なることを経験する。これは斜面掘削問題の解析に用いる地盤材料の構成式が実際のものと異なるからである。また、地盤内に不連続面が存在するため、連続体力学に基づく有限要素法では解析できないと考えることもできる。しかし、著者は大抵の場合、変位が微小な範囲では、連続体力学が十分利用できるものと考えている。したがって、むしろ用いる構成式に問題があると思われる。

ここでは、斜面の解析に必要な構成式を提案する。ただし、そこに含まれる材料定数は斜面の掘削時に行う現場計測結果の評価によって求めることを前提とする。すなわち、現場計測結果の評価に利用できる逆解析法を提案する。なお、ここで示す逆解析法は、先にトンネルを対象に開発したプログラム(DBAP)¹⁾をベースにしている。なお、ここでは、さらに、逆解析で得られた材料定数を用いて、斜面の安全率を掘削段階に応じて求めることも示す。

2. 斜面の有限要素解析

斜面の崩壊機構は大きく分けると”すべり型”，”トップリング型”及びその”融合型”に分類できる。したがって、有限要素解析も、それらすべてに適用できるものでなくてはならない。著者は、トップリング破壊を対象にして行った室内実験の結果を考慮して斜面の有限要素解析に用いる構成式に対して次式を提案する。

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \quad [D] = [T]^T [D'] [T] \quad (1)$$

ただし、 $[D'] = E/(1-\nu-2\nu^2) \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & m(1-\nu-2\nu^2) \end{bmatrix}$, $[T]$: 座標変換マトリックス

いま、斜面の有限要素モデルを図-1のように層状にモデル化した場合、斜面の変形挙動は、地表面付近の層の m の値が小さければ、”トップリング型”，深部のある層の m が小さければ”すべり型”となる。また、 $m = 1/2(1+\nu)$ の場合は通常の等質等方の弾性体の挙動となる。したがって、この構成式によって、斜面のすべての型の変形挙動を表現できることになる。以上のことから、現場計測の結果からこの m の値が逆解析されると斜面の変形挙動が明らかとなる。

この構成式を用いてアルミ棒によるトップリング型破壊に対する室内試験の結果の逆解析を行った。その結果を図-2に示す。この図は逆解析で得た変位と測定変位を比較したものであり、両者は非常によく一致していることがわかる。

3. 安全率

逆解析の結果、 σ_{x^0}/E 、 σ_{y^0}/E 、 τ_{xy^0}/E 及び $m_1 \sim m_N$ が求められる。ここで、 σ_{x^0} 、 σ_{y^0} 、 τ_{xy^0} は掘削部分の初期応力である。ただし、ポアソン比は仮定する。いま、 $\sigma_{y^0} = \gamma H$ (γ : 単位体積重量、 H : 土被り) を仮定すると、初期応力と弾性係数が分離できる。すべり、あるいは、トップリングが生じる可能性のある領域のせん断弾性係数 G は、 $G = m \cdot E$ によって求められる。いま、地山材料の限界ひずみ²⁾ ε_0 が求められると内部摩擦角 ϕ を与えることにより次式によって粘着力が推定できる。

$$c = [(1 - \sin \phi) / 2 \cos \phi] \varepsilon_0 E' \quad (2)$$

ただし、 $E' = 2(1 + \nu)G$ である。以上のように c 、 ϕ が推定できると安全率は通常の極限平衡法によって求めることができる。

4. 実際問題への適用例

実際問題への適用例は講演会当日示す。

5. むすび

ここで提案した斜面の逆解析法ならびに施工管理の方法は神戸大学岩盤力学研究室で過去3年間余研究を行ってきた成果の一部である。研究協力者に感謝の意を表したい。

参考文献 1) 桜井他, 土木学会論文集, 358, pp. 37, 1985, 2) 桜井, 同, 317, pp. 93, 1982

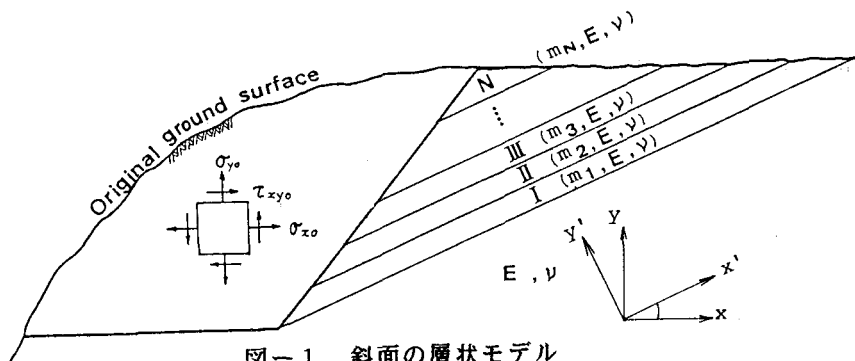


図-1 斜面の層状モデル

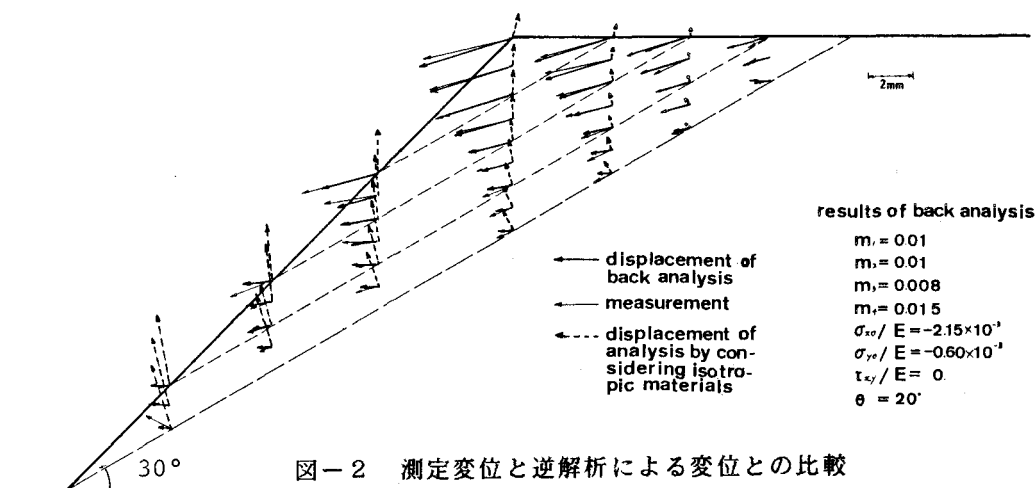


図-2 測定変位と逆解析による変位との比較