

III-91 地山自重を考慮した切取り斜面の逆解析

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正 松村 真一郎

正 西垣 好彦

1. はじめに

櫻井が提案している連続体力学に基づく逆解析手法¹⁾は、掘削時に生じる現場変位データを入力値として、FEM逆定式化手法によって初期応力パラメータを求めるもので、順解析で計算される地山内ひずみ分布をもとに、切取り斜面の変形のメカニズムを明かにすることができる。解析は弾性計算であるため、パソコンを用い現地で行えるので、結果を即座に施工にフィードバックさせることが可能である。しかし、斜面の安定性の評価は、結果として得られる掘削によるひずみ増分の分布だけでは不十分であり、どうしても掘削前の初期応力を評価する必要がある。著者らは、掘削前の初期応力を地山自重で評価するフローを新たに追加し、掘削後の絶対的なひずみ及び応力分布を計算することで、切取り斜面の安定性を評価するプログラムを開発した。本報告は、解析フローの概要と適用例を示す。

2. 解析フロー

図-1のように、掘削前の地山に自重による節点力を作用させて求めた初期ひずみに、掘削で生ずるひずみ増分を足し合わせて全ひずみを計算する。応力についても同様である。自重計算に用いる掘削前の地山弾性係数は、逆解析結果で初期鉛直土圧を土被り圧に等しいと仮定して計算した等価弾性定数を用いた。また、地山ポアソン比は掘削前後で変化しないと仮定した。掘削後の斜面の安定性は、櫻井の提案している限界ひずみ²⁾及びせん断強度に基づく要素安全率等、ひずみ・応力両面の判断基準をもとに総合評価することができる。

3. 解析例

工事現場は上水道給水施設としてのポンプ場建設のため、幅19.8m、奥行き10.8m、深さ20.0mの規模で、岩盤中に矩形状に掘り下げられた。地質は新第三紀の泥岩が広く分布するが、地表面とほぼ平行に約20°の層理が見られる。従って施工中に乾湿繰返しによる小崩壊または層理に沿うすべりが懸念されたため、傾斜計を挿入した段階掘削が実施された。解析に用いたメッシュは図-2のように層理方向に沿って切り、境界条件は側面、下端ともスライド支持とした。現場変位の測定は図中ABまで掘削された後、AA', BB'2測線で行ったが、解析は掘削部を一度に切り取った場合を想定した。

図-3は地山の不均質、不連続性を考慮せずに逆解析を行った結果得られた計算変位と計測変位の比較である。BB'測線上部で若干ばらつきはあるものの、ほぼ工学的精度で一致する。従って、掘削後の地山はほぼ弾性体として挙動していることがわかる。

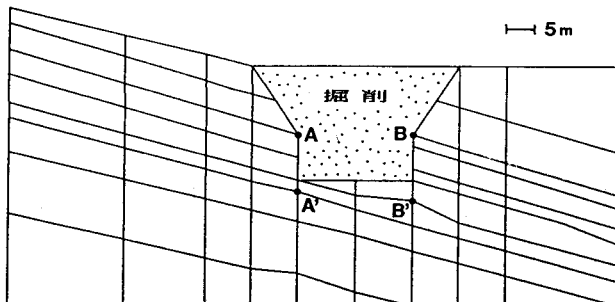


図-2 解析メッシュと計測位置図

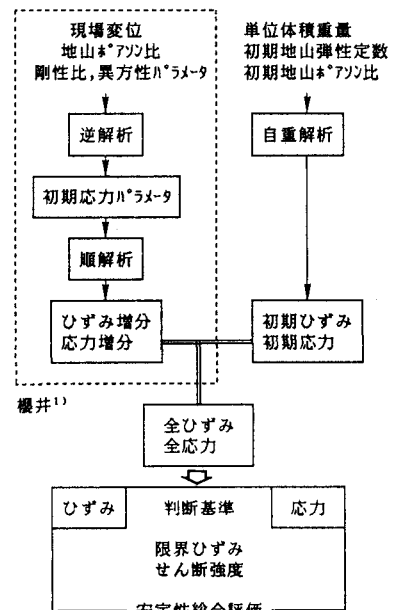


図-1 解析フロー

図-4は掘削で生じる最大せん断ひずみ増分の分布である。ひずみ増分の最大値は左のり先に生じているが、初期ひずみが考慮されていないため、絶対的なひずみ値は不明であり、図から直接地山の安定性は判断できない。

図-5は今回開発した解析手法で求めたひずみ分布であり、初期ひずみを自重で評価した結果、地山の全ひずみ値が得られる。図-4と比較すると、掘削底部でひずみは減少し、側面後方では逆に増加することが特徴的であり、ひずみの最大値を示す位置は変化しないが、値は僅かながら増加する。

初期応力を考慮した結果、掘削後の地山応力状態が明かになり、応力の面からの安定性の判断が可能になる。図-6は地山内の主応力ベクトルであるが、図のように斜面上部に掘削面とほぼ直交した引張応力が生じることがわかる。これは斜面と平行なひび割れを発生する原因を示唆している。計算される最大せん断応力の最大値は、ひずみと同様に左のり先で生じ 6.4 kgf/cm^2 である。コア試料での一軸圧縮強度が平均 11.5 kgf/cm^2 であることを考えると若干危険側になるが、地山が三軸状態にあること、及び段階掘削で施工されたため、別断面で乾湿繰返しに起因する小規模な表層崩壊が生じたものの、工事は安全に終了した。

4. おわりに

自然地山は、自重の他に構造運動による応力を受けており、初期応力を自重のみで評価するには問題があるが、今回紹介した例のように緩斜面の掘り下げ問題等には、本手法により逆解析を利用した斜面の安定性の評価が可能であると考えられる。今後は現場への適用を含め、急斜面地山の掘削問題及び不連続性を考慮した解析等、ケーススタディを重ねていく所存である。なお解析を行うにあたり、櫻井教授には熱心な御指導を頂いた。ここに深謝致します。

参 考 文 献

- 1) 櫻井他：現場計測結果に基づく切り取り斜面の安定性の評価，第7回岩の力学国内シンポジウム講演概要集，1987。
- 2) 櫻井：トンネル工事における変位計測結果の評価法，土木学会論文報告集，第317号，1982。

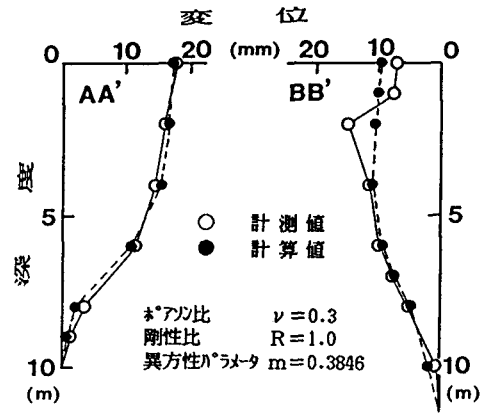


図-3 計測変位と計算変位の比較

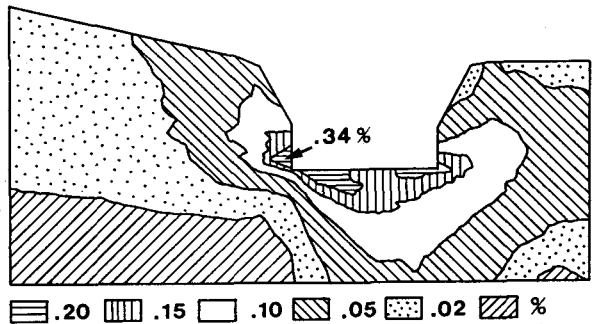


図-4 最大せん断ひずみ増分の分布

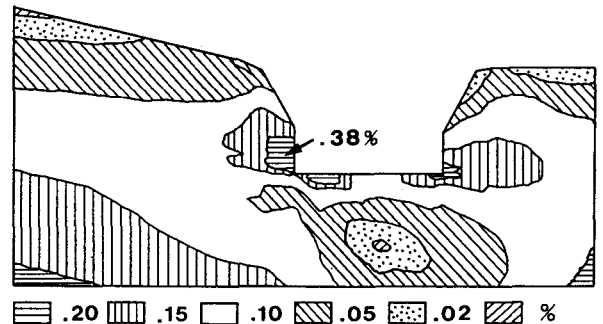


図-5 最大せん断ひずみ分布

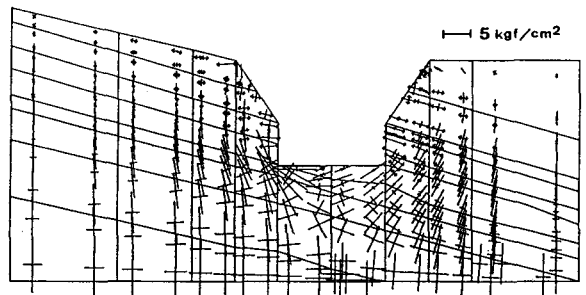


図-6 主応力ベクトル図