

III-266 RBSMによる不連続性岩盤の解析

佐藤工業(株)中央技術研究所 正会員 ○児玉 敏雄
佐藤工業(株)中央技術研究所 正会員 矢田 敬

1 はじめに

不連続性岩盤においてトンネル、地下発電所、ダム等を構築するために掘削を行う場合、岩盤に存在する節理、層理、断層等の弱面の取扱いに苦慮することが多い。したがって岩盤を掘削する以前に、あらかじめこれら弱面の挙動を数値解析的手法を用いて予想し、構造物の安定性を検討しておく必要がある。不連続性岩盤の安定解析においては、せん断・引張破壊が同時に進行する複合破壊の取扱い、岩盤の破壊後の強度劣化特性の評価等が重要となり、これらを解析に考慮することにより実際の岩盤の挙動を把握することができると考えられる。不連続性岩盤の安定解析に有効な方法の一つにRBSM¹⁾(川井モデル)がある。本報告はRBSMを基礎として複合破壊、強度劣化等を考慮したアルゴリズムを提案し、その有効性を示すものである。

2 計算アルゴリズム

図-1に計算の概略フローを示す。赤井らはひずみ軟化を考慮した弾塑性FEM計算に応力伝達法を用いた解析手法を示している。応力伝達法はせん断と引張破壊による応力再配分を同じループの中で行い、応力の急激な劣化を容易に取扱うことが可能な手法である。したがって本手法においても基本的には、応力伝達法を用いている。降伏の判定は図-2に示すように破壊領域を設定し、せん断破壊領域に入ったスプリングの応力に対しては破壊包絡線の法線方向に残留強度になるまで応力解放を行う。引張破壊領域に入ったスプリングに対しては、スプリングを切断し、応力を零とするような応力再配分を行う。このため、①引張で破壊したスプリングに対しては要素剛性マトリクスを零とする操作、②応力再配分の過程で一度引張破壊したスプリングに再接触が生じた場合についてはスプリングの復活を認めるため要素剛性マトリクスの再設定を行なう等の処理をアルゴリズムに配慮する必要がある。これらの計算を各荷重増分段階において行い、解放力が十分小さくなるまで繰り返し、解が収束すると次の荷重増分に進んでゆくアルゴリズムを用いている。

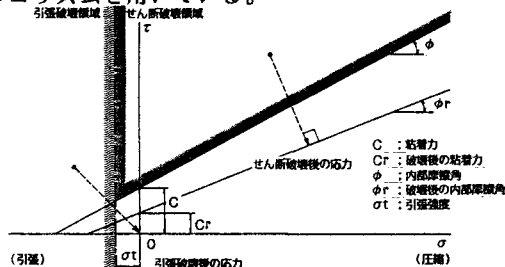


図-2 降伏条件

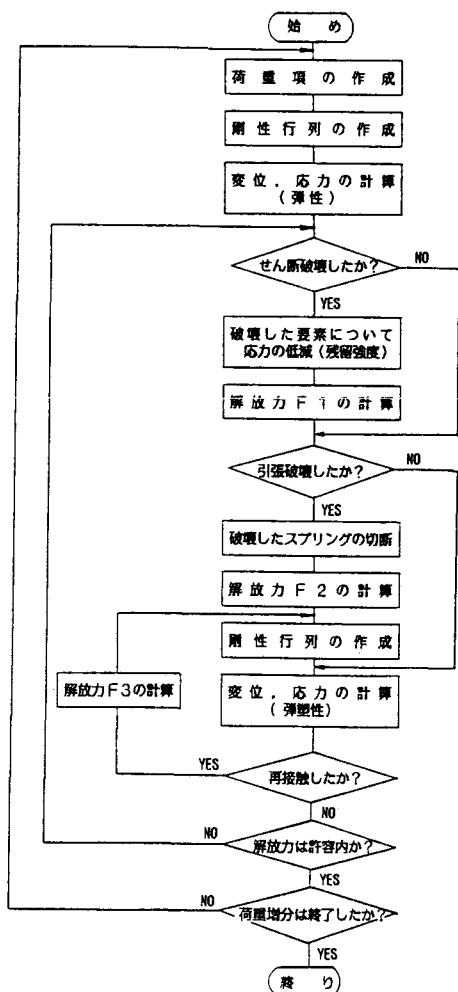


図-1 概略フローチャート

3 数値計算例

(1) 複合破壊解析

図-3に示す鉛直斜面モデルについて自重による安定解析を行った。地山の物性値は図-3に示す値を用い、境界条件はB-CおよびC-Dでローラー支持とした。荷重増分Rは同じモデルを山田のRmin法で計算した際の増分率Rminによって決定し、応力-ひずみ関係は完全塑性体と仮定した。図-4にせん断および引張破壊の進展状況を示す。図中太い実線はせん断破壊、波線は引張破壊したことを示すものである。せん断破壊は荷重が72%載荷された時点で境界C-D付近の最深部より生じ次第に掘削面A-Bに近づいてきている。引張破壊は荷重が77%載荷された時点で上部地表面に生じ荷重が90%載荷された時点でせん断破壊面とつながりメカニズムを形成していることがわかる。したがってこのモデル計算は荷重の90%が載荷された時点で大規模な複合破壊が生じ斜面は自立しないという結果を表わしている。

(2) 強度劣化解析

図-5に示す岩石の一軸圧縮試験の供試体をモデル化しcase①；完全塑性体、case②；急激劣化の各々の場合の応力と変位の関係について調べた。荷重は供試体上部端面に鉛直方向強制変位として与えた。供試体の物性値は図-5に示す値を用いた。図-6にcase①およびcase②の応力-変位関係を示す。case①では完全塑性の挙動を良く示している。case②では供試体が破壊した後応力が残留強度まで低下する挙動を表していることがわかる。

4 おわりに

RBSMを基礎として複合破壊、強度劣化等を考慮した不連続性岩盤の挙動をより实际的に表現することのできる解析手法のアルゴリズムを示した。本提案手法をモデル計算に適用した結果、不連続性岩盤の安定解析に有効であることが確認された。しかしながら、実際の問題に適用する際、解の収束性、ひずみ硬化の取扱い等の問題が残されている。したがって今後これらの点を検討し、さらに実用的な方法にしていきたいと考える。最後に本報告をするにあたり助言して下さった(株)国際テクノロジー・センター竹内則雄博士に感謝致します。

参考文献 1)竹内則雄：新離散化モデルによる地盤基礎の極限解析法に関する基礎的研究，東京大学学位論文，1981
2)赤井浩一，堀正幸：岩石材料のひずみ軟化特性を考慮したトンネルの不安定性に関する研究，第13回土質工学研究発表会，pp1141~1144，1978。

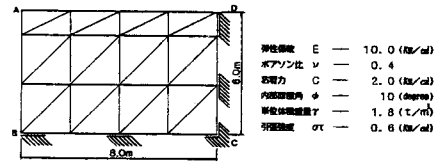


図-3 鉛直斜面モデル

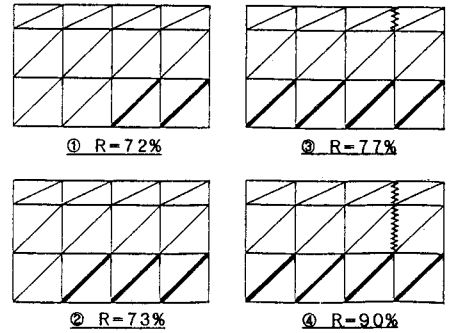


図-4 破壊パターン

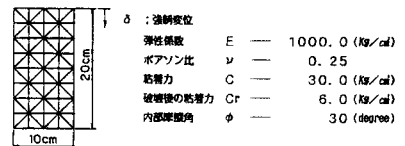


図-5 一軸圧縮供試体モデル

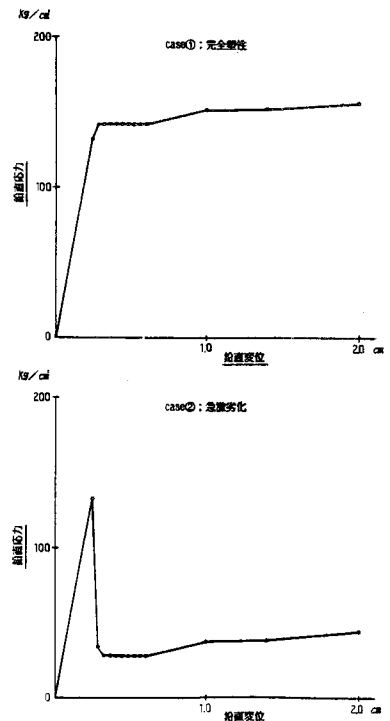


図-6 応力-変位関係