

バランス断面法の概念を有限要素解析に導入した岩盤斜面の地形変動シミュレーション

群馬大学 学生会員 ○岡安 祥克
 株式会社環境地質 非会員 瀬崎 章太郎
 群馬大学 正会員 若井 明彦
 株式会社環境地質 非会員 小坂 英輝
 株式会社環境地質 正会員 稲垣 秀輝

1. はじめに

バランス断面法は、Suppe(1983)¹⁾により体系的に整理された断層に関連する褶曲理論に基づく地質解析手法であり、斜面変形へのプロセスを把握するために用いられている。この手法は小坂(2015)²⁾によって防災に 응용されており、バランス断面図を用いて初生地すべりの再現を試みている。また近年では数値解析手法である有限要素法の飛躍的な進歩により、地すべり挙動の再現が可能になってきている。

バランス断面法のプロセスを有限要素法に適用して斜面重力変形の挙動を解析することにより、熟練地質研究者の高度な技術を必要とするバランス断面法と同程度の地形変動解析が可能になることが期待できる。本研究では、バランス断面法の結果として得られる斜面変動を、有限要素法を用いて再現することに加えて、山梨県にある実際の岩盤斜面を対象として、地形変動解析を試みた。

2. 解析モデル

本解析は弾完全塑性モデルを用いており、降伏関数と塑性ポテンシャルはいずれも以下の Mohr-Coulomb の破壊規準に従う。また一般的な有限要素法では、バランス断面法で表現される高角度な面に沿ったずれや隙間を伴う断層や褶曲は表現できない。そこで本解析ではこれを要素の生成と削除によって表現する³⁾。この接触のための要素を接触要素と呼ぶ。接触要素は、図1のようにあらかじめ決めた要素群間において要素群同士が設定した接触判定値より接近・遠離れた際に要素群間に生成・削除される。これは従来の弾塑性 FEM 解析では表現できなかったことである。

3. 実際の岩盤斜面における重力変形の模擬

本解析手法により、実際の岩盤斜面で確認される変形が再現できることを確認する。

3.1 解析条件

解析を行うにあたり、斜面モデルを図2(a)の有限要素分割図として示した。また、材料定数は表1の通りである。なお、バランス断面法の面積一定の前提条件に基づき、岩盤・薄層要素ともに面積変化が生じないという条件を満たすように設定してある。また、与えた強制外力の概要図を図2(a)に示す。

3.2 解析結果

解析結果を図2に示す。応力不変量 I_1 , J_2 は自重により生じた成分を除いた値を図化した。頭部では緩斜面が形成され、底部では座屈変形が再現できた。また、内部応力においても、変形図と相違ない結果が得られた。

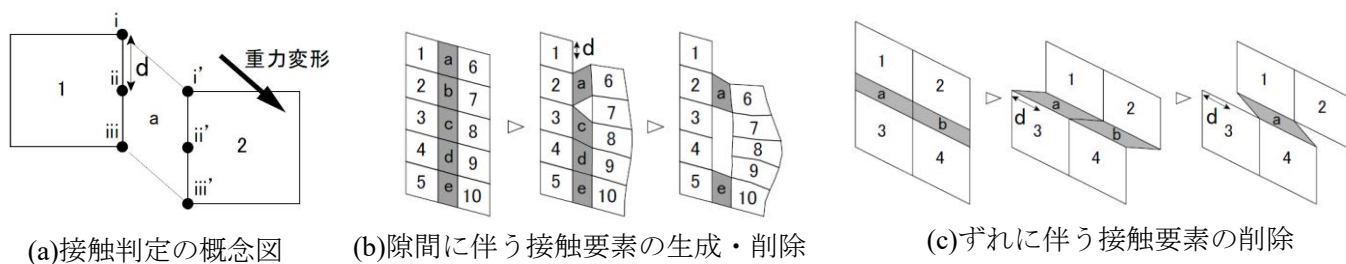


図1 接触要素の表現

キーワード 地すべり, バランス断面法, 弾塑性有限要素法, 岩盤斜面
 連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1
 群馬大学理工学部 地盤工学研究室 TEL:0277-30-1622

このように、実際の岩盤斜面と同様の変形が確認されることから、本解析手法が実斜面においても適用可能であると言える。

4. まとめ

本研究では、バランス断面法の結果として得られる岩盤斜面の斜面変動を、新たに開発した有限要素法を用いて再現することを試みた。その結果は以下のとおりである。

- 1) バランス断面法で得られる岩盤斜面の斜面変形を、本解析手法によって再現できることを確認した。
- 2) 実際の岩盤斜面の斜面変形を、本解析手法によって概略再現できることを確認した。

参考文献

1) Suppe, J., 1983 : Geometry and kinematics of faultbend folding. Amer. Jour. Sci., 283, pp.684-721.

2) 小坂英輝(2015) : バランス断面法による岩盤斜面の初生地すべり地形とその変位率, 応用地質, 第 56 巻, 第 5 号, pp.219-229.

3) 岡安祥克他(2022) : バランス断面法の考え方を取り入れた岩盤斜面の弾塑性有限要素法による各材料定数の感度分析, 第 57 回地盤工学研究発表会 要旨

4) 瀬崎章太郎他(2022) : バランス断面法の考え方を取り入れた岩盤斜面の弾塑性有限要素法によるモデル斜面への適用事例, 第 57 回地盤工学研究発表会 要旨

5) 岡安祥克他(2022) : バランス断面法の考え方を取り入れた弾塑性有限要素法による岩盤斜面の地形変動解析, 日本地すべり学会第 61 回研究発表会 要旨

表 1 材料定数

材料番号	材料名	弾性係数 E(kPa)	粘着力 c(kPa)	せん断抵抗角 ϕ (deg.)	ポアソン比 ν (-)	ダイレイタンス角 ψ (deg.)	単位体積重量 γ (kN/m ³)
1	基岩部	100000	Large	5	0.499	0	25
2	変形部	50000	100	5	0.499	0	25
3	底部すべり面 (接触要素)	50000	100→80	5→2.9	0.499	0	25
4	薄層 (接触要素)	50000	100→80	5→2.9	0.499	0	25

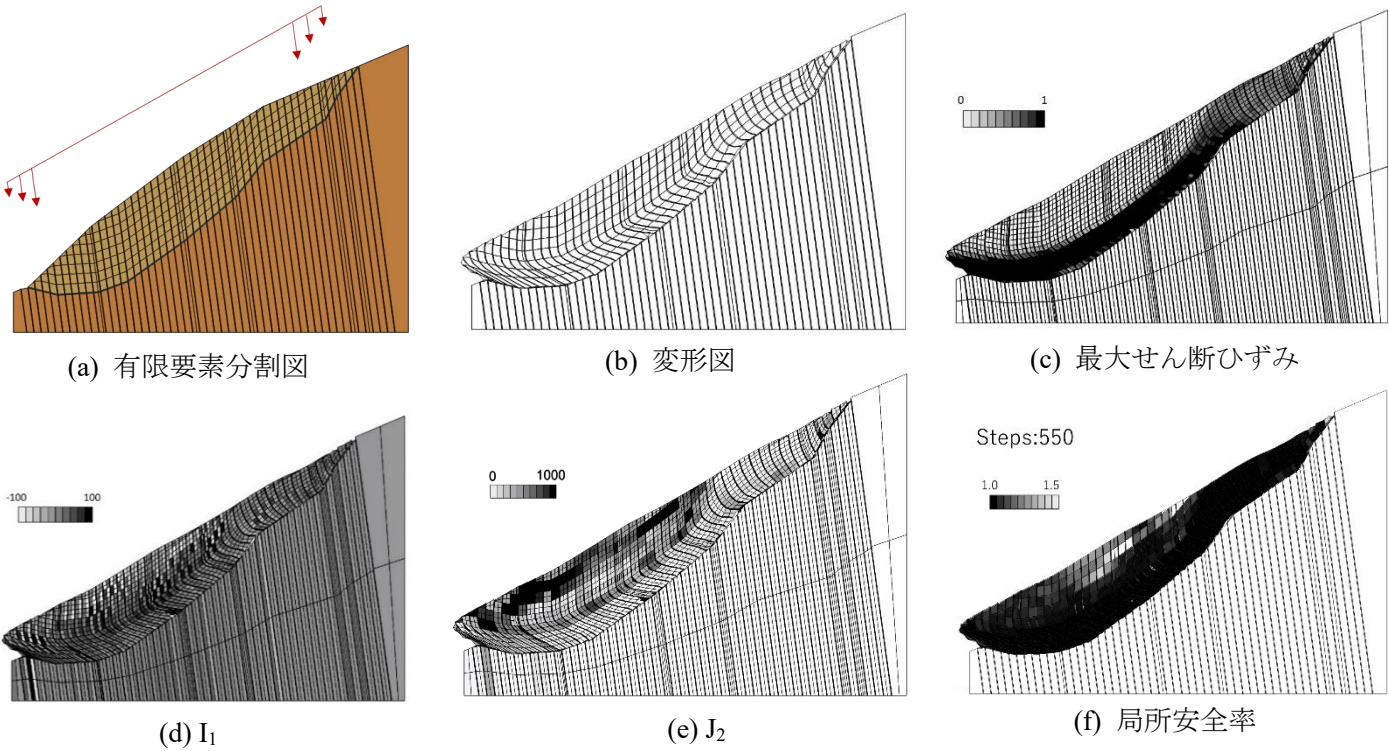


図 2 解析条件・解析結果