

# 断層挙動の一解析手法について

○佐藤工業 正員 矢田 敬  
 明星大学 正員 竹内 則雄  
 東京大学 正員 大久保 誠介

## 1. はじめに

近年における断層に関する地形・地質学的研究では、断層のなかで新しいものは新生代第四紀において活動を繰り返したことや、その繰り返しによって地震が発生し地震断層が出現したことが明らかにされている[1]。これまでに、このような断層挙動の解析としてジョイント要素を用いたFEMやDEMなどにより断層の破壊過程のシミュレーションが行われている[2][3]。いずれの解析法を用いたとしても、断層の活動が繰り返し起こり破壊が伝播していく状況を解析的に表現するためには、①断層が進展する際の破壊規準②断層面での応力状態③断層が破壊伝播する際のエネルギー解放などの取り扱いが重要な検討課題である。本論文ではこのような断層挙動をシミュレーションするためのアルゴリズムを提案しRBSM（剛体パネモデル）を用いてアルゴリズムの特性を検討した。

## 2. 解析手法

解析のフローを図1に示す。断層部の破壊規準はクーロンの条件とし、塑性後のばね定数として法線方向のばねは弾性時に用いたばね定数と同じ値を、接線方向のばねは弾性時のばね定数に対し低減率 $\beta$ を乗じた値を用いる。断層部の非線形解析法は、山田の方法による荷重増分法を用いる。

## 3. 解析条件

解析モデルを図2に示す。初期応力状態は静水圧状態とし、水平および鉛直応力は $\gamma H$ （ $\gamma$ :岩盤の単位体積重量,  $H$ :地表面までの距離）で設定する。岩盤および断層の物性値を表1に示す。荷重は1荷重ステージ当たり左右の境界に片側50mずつ、解析モデル全体では合計100mの強制変位 $u$ を作用させる。全荷重ステージ数は5ステージとし、累計で500mの強制変位を与える。なお、今回の

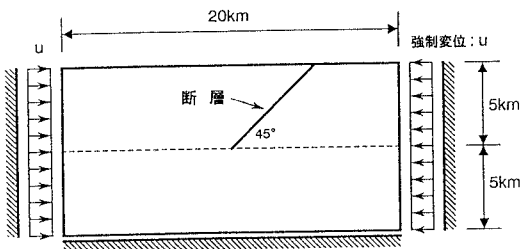


図2 解析モデル

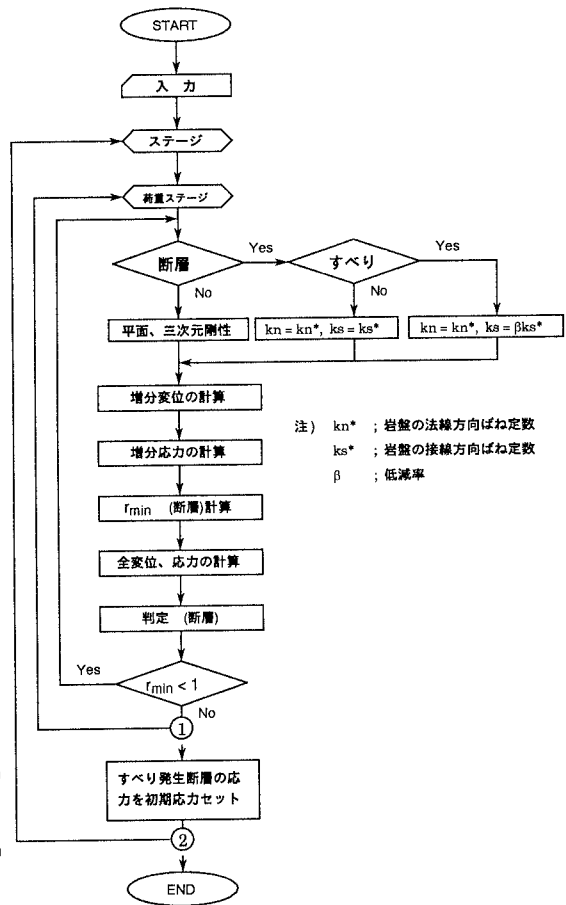


図1 解析のフロー

表1 物性値

|    |             |                               |
|----|-------------|-------------------------------|
| 岩盤 | 弾 性 係 数     | $1.0 \times 10^4 \text{ MPa}$ |
|    | ポ ア ソ ン 比   | 0.2                           |
|    | 単 位 体 積 重 量 | $2,600 \text{ kg/m}^3$        |
|    | 粘 着 力       | $4.0 \text{ MPa}$             |
|    | 内 部 摩 擦 角   | $60.0 \text{ deg.}$           |
| 断層 | 法線方向ばね定数    | 岩盤相当                          |
|    | 接線方向ばね定数    | 岩盤の 1/10                      |
|    | 粘 着 力       | $0.0 \text{ MPa}$             |
|    | 内 部 摩 擦 角   | $30.0 \text{ deg.}$           |

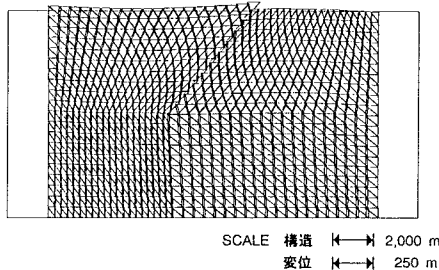


図3 変形図

解析は本解析手法の特徴を明確にすることを目的にしているので、荷重値は実際に想定される量よりかなり大きな値とした。解析ケースは塑性後の接線方向ばね定数の低減率 $\beta$ の値を検討するために $\beta=0$ および $0.01$ の2ケースとする。

#### 4. 解析結果

低減率  $\beta=0.01$  の場合の変形図（強制変位量  $u=500\text{m}$ ）を図3、断層部の破壊過程を図4に示す。図4では断層の位置を点線、破壊した断層を実線で、断層が破壊する順序を丸印の番号で示す。この図より、断層は地表面から順に塑性化するのではなく、荷重ステージ2では地表面から順に①③②④であり、荷重ステージ4では②④③⑤①⑥の順に塑性化しているのが分かる。なお、 $\beta=0$  および  $0.01$  の2ケースの解析を実施した結果、両者の違いはほとんど認められなかった。

#### 5. まとめ

ここで提案したアルゴリズムを用いると、断層の破壊過程などにおいて断層の挙動として特徴のある解析結果が得られた。また、塑性後の接線方向のばね定数の低減率は  $\beta=0.01$  程度で良いと考えられる。今後、実際の断層の挙動との比較検討が必要であると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 活断層研究会編：新編日本の活断層，東京大学出版会，1991
- [2] 土岐憲三，三浦房紀，吉村隆：有限要素法による断層モデルのシミュレーション，京都大学防災研究所年報，第26号，B-2，pp. 15-34，1983
- [3] 岩下和義，伯野元彦：粒状体シミュレーションによる断層破壊解析，土木学会第43回年次学術講演会概要集1部門，pp. 952-953，1988

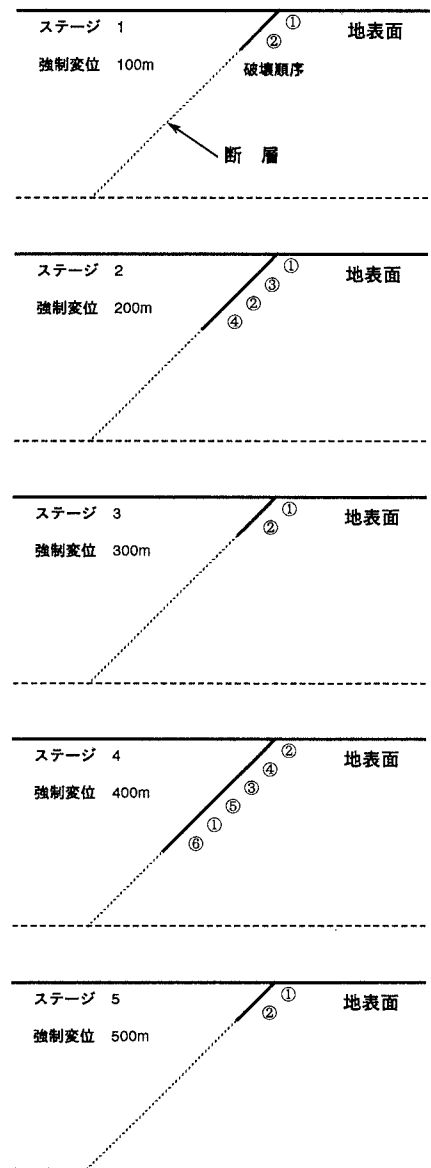


図4 断層部の破壊過程