

地表面断層と潜在断層の成長過程に関する数値シミュレーション

Numerical simulation for rupture process of surface and subsurface faults

藤田 博之[1]; 岩瀬 康行[2]

Hiroyuki Fujita[1]; Yasuyuki Iwase[2]

[1] 防大・地球; [2] 防大・地球海洋

[1] Geosci., NDA; [2] Dept. Earth & Ocean Sci., NDA

1 はじめに

断層の成長過程は一樣ではなく、断層の位置や形状、応力状態等の様々な条件下で複雑に進展する。特に自由表面に接する地表面断層と四方から封圧を受けている潜在断層ではその成長過程や規模も大きく異なると考えられる。地表面断層や潜在断層がそれ自体の成長のみならず、他の領域の破壊にどのように影響しているかどうかは、最終的な破壊規模の大きさを左右する重要な問題である。本研究では、有限要素法を用いて断層の発生・成長を表現する2次元数値モデルを開発した。それを用いて、地表面断層と潜在断層の成長過程の数値シミュレーションを実施し、断層の成長及び破壊領域に与える影響を考察した。

2 方法

線形三角形要素を用いた2次元有限要素法弾性体モデルにおいて、要素間に厚さ0の四角形接合要素(Goodman et al., 1968)を導入し、断層面とみなした。本研究では、接合要素の破壊を考慮し、破壊の前後でそれぞれ連続体と不連続体の性質を有することにより断層の発生・成長を表現する。破壊の判定は接合要素にかかる応力により行う。破壊条件を満していないときは接合要素は弾性体として働く。破壊条件を満足している場合は接合要素はスライダーとして働き摩擦力によって非弾性せん断変形するとした。

まず、開発したモデルの妥当性を検証した。連続状態においては、接合要素を用いた場合と用いない場合について比較し、誤差が0.003%以下であることが確認できた。不連続状態においては、摩擦が適切に働くことを確認した。また、開口型破壊及びせん断破壊が合理的な場所、方向に発生、進行した。これにより、本モデルの有効性を確認した。

3 モデル

以下の2つのモデルに対して、それぞれ地表面と地中に断層を設置し、断層の時間発展を調べた。

(1) 5000m×1200mの長方形の地塊の下底および右側面を固定し、左側面に一様に10000000Nの荷重をかけて釣り合いの式を解き初期値とした。その状態にさらに、地表面断層モデルでは水平方向に左端から3000m~4000m、深さ0m~400mの位置に初期亀裂を設定した。同様に潜在断層はモデルでは水平方向に左端から3000m~4000m、深さ800m~1200mの位置に設定した。その後、両者とも左側面に10000000N/sの荷重を加え続けた。

(2) 3500m×3000mの長方形の地塊の下底および右側面を固定し、左側面に一様に1000000000000Nの荷重をかけて釣り合いの式を解き初期値とした。その状態にさらに、地表面断層モデルでは水平方向に左端から1500m~2500m、深さ0m~400mの位置に初期亀裂を設定した。同様に潜在断層はモデルでは水平方向に左端から1500m~2500m、深さ1200m~1600mの位置に設定した。その後、両者とも左側面に1000000000000N/sの荷重を加え続けた。

4 結果と議論

今回の結果では、地表面断層モデルは共通して地表面付近でのみ破壊領域が発生し、深部までの拡大は確認することができなかった。それに対し、潜在断層モデルでは初期断層直下が固定されている(1)の場合は初期断層自体が成長するとともに、その領域に進行してきた地表面の破壊領域と結合することにより大きな破壊領域を形成した。また、潜在断層の位置が境界から十分にはなれている(2)の場合は初期断層は進行しないが、地表面から初期断層軸に向かって破壊領域の進展がみられた。

この潜在断層の成長過程の違いは、既存の断層付近の状態に依存する。潜在断層が一樣な弾性体中にある(2)の場合には断層に働く応力が下方の弾性領域に分散されて断層の成長が妨げられる。それに対し、断層の下方が堅い地層を想定した(1)場合には、断層に働く応力が下方に分散されずに初期断層の破壊を進展させることになると思われる。また、地表面断層モデルと比較して潜在断層モデルの方が大きな破壊領域を形成する可能性があることがわかった。