

ガラーキン境界積分方程式法を用いた自発的な断層破壊解析手法の開発  
 Galerkin boundary integral equation method for spontaneous rupture propagation problems

○ 後藤浩之・Jacobó Bielak  
 ○ Hiroyuki Goto, Jacobó Bielak

We develop a Galerkin finite element boundary integral equation method (GaBIEM) for spontaneous rupture propagation problems for a planar fault. A 2D antiplane rupture propagation problem, with a slip-weakening friction law, is simulated by the GaBIEM. Simulated results throw light into the performance of the GaBIEM and highlight differences with respect to that of the traditional, collocation, boundary integral equation method (BIEM). Both methods converge with a power law with respect to grid size, with different exponents. There is no restriction on the CFL stability number for the GaBIEM since an implicit, unconditionally stable method is used for the time integration. The error of the approximation increases with the time step, as expected, and it can remain below that of the BIEM.

1. はじめに

震源の断層破壊現象を動力学に基づいて表現するためには、発生する滑りに対応した表面力の時間発展を精度よく記述する必要がある。従来、数々の方法が提案されてきたが、全無限均質媒質を仮定した理想的な場合においては、境界積分方程式法 (BIEM) が有力な解析手法の1つであると考えられている。

BIEM では断層面の要素毎に滑り変位が一定であると仮定するが、より高次の形状関数を導入して精度を向上させるために、本研究ではガラーキン積分方程式法 (GaBIEM) を適用し、その解析結果が有する性質について検討した。

2. ガラーキン積分方程式法の特徴

GaBIEM は境界積分方程式を弱形式化し、離散化することで構成される。弱形式化したことにより、従来の境界積分方程式の積分核に含まれる空間微分を1次低減できるため、安定した数値積分が可能となる。このため、任意の形状関数から成る要素に対しても、特別な解析的評価を必要とせずに実行出来る利点がある。

2次元平面断層に対して自発的な断層破壊解析を行い、従来のBIEMによる解と1次の形状関数を用いたGaBIEMによる解を比較する。断層上の要素幅を、破壊端部の背後に存在する凝着域のサイズに対して十分小さく取れば、両者の解析結果は一致する。しかし、要素幅が十分小さくない場合に両者の解析結果の振る舞いに違いが表れ、

BIEM では滑り速度の最大値以降で滑らかな形状を示すことに対し、GaBIEM では破壊開始時刻が正確に計算される (Fig.1)。また、要素幅に対する収束特性を比較すると、1次の形状関数を用いたことにより、GaBIEMの方がよい収束特性を有していることが認められた (Fig.2)。

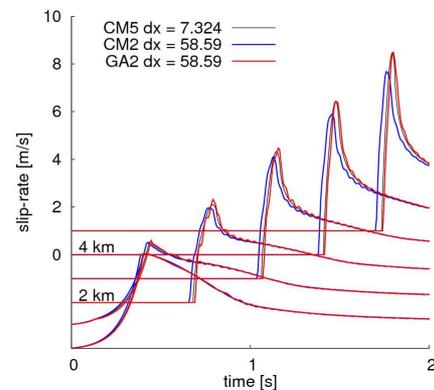


Fig.1 粗い要素に対する解析結果の振る舞いの比較 (BIEM:青線, GaBIEM:赤線, 黒線は細かい要素の解)

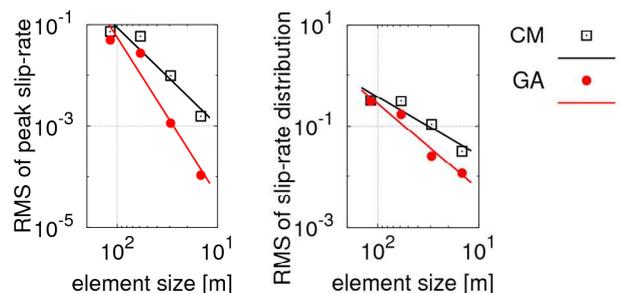


Fig.2 GaBIEM (赤線) と BIEM (黒線) の収束特性 (左:滑り速度の最大値, 右:滑り速度の時空間分布)

