

層構造媒質中の横ずれ断層破壊の準静的解析 ~ FEM- を用いて ~

Quasi-static Analysis on Strike-slip Faulting in Layered Media -FEM-beta Approach-

齋藤 秀司 [1]; # 亀 伸樹 [2]

Shuji Saito[1]; # Nobuki Kame[2]

[1] 九大・理・地惑; [2] 九大・理院・地惑

[1] Earth and Planetary, Kyushu Univ; [2] Dept. of Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

地震破壊過程を予測する理論的研究では地震を弾性体中の亀裂の成長としてモデル化するが、均質媒質中の平面形状破壊の取り扱いのみが可能であった。しかし、実際の地震は不均質媒質中で発生し、断層面形状も非平面であり、数値的な解析手法を用いることが必要となる。

不均質媒質の弾性体解析手法として、有限要素法 (FEM) がある。しかし、FEM は「なめらか」かつ「互いに重なり合う」形状関数を用いているという点で、破壊の自発的成長の解析は不得手である。それに対し、個別要素法は、不均質媒質と、破壊の自発的成長の解析が容易であるが、連続体モデルとの等価性が必ずしも明確ではない。この両者の特性を合わせ持つ FEM- 法 (小国他, 2004) が近年提案された。FEM- 法は粒子的変位場の離散化による定式化を用いた事によって、破壊の解析を簡便に取り扱う事を可能にした。本来 FEM- 法は欠損を含む工学材料の面内引っ張り破壊 (モード) 解析に対して開発された手法である。本研究では地震の横ずれ断層の面外せん断破壊 (モード) 解析に対してのプログラム開発を行った。

平面断層面を含む不均質媒質中の応力場の解析解が Bonafede et al. (2003) により求められている。しかし、予め破壊面の位置と形状を仮定しており、不均質媒質中の自発的破壊成長はどのようになるか? という問題には、直接答えていない。本研究ではこれを FEM- 法を用いた数値シミュレーションによって調べる。

半無限層に破壊面を含む層構造媒質モデルを考える。媒質の剛性率を下層 22.5GPa、上層 2.25GPa とした (剛性率比 10:1)。このモデルを用いて地下から地表に向けて横ずれ断層が進む地震破壊過程について調べる。境界条件として、無限遠方からの応力載荷により下層 $\sigma_{xz}=5\text{MPa}$ 、上層 $\sigma_{xz}=0.5\text{MPa}$ の初期応力状態を考え、そこからの準静的な破壊成長過程を決定する。静的平衡状態での応力場を求め、最大せん断応力値が最大となる要素に対して破壊判定を行う。破壊基準値 (ここでは上層:下層 = 1:10 にする) を満たす時、その要素内で破壊とする。その後、この過程を繰り返す事で破壊進展を追いかける。

無限媒質中では破壊面の成長につれ応力は単調に増大し、また進展方向は直進するのみである。そこで本研究では、層構造の存在によりどのような変化が起きるのかに注目した。層構造が存在するモデルにおいては、破壊面は分岐や屈曲せず層境界を付き抜け直進した。これは応力集中方向が常に破壊先端前方である事を意味する。一方、応力集中の大きさに注目すると、層境界までは増大傾向にあるが、層境界を突き抜けると減少傾向が見られた。特に、層境界を突き抜けた直後で減少傾向がはっきりと現れ、その後進むにつれ減少傾向はやわらいた。これは、破壊基準の比に依っては破壊が層境界を突き抜けた所で止まる可能性がある事を示唆する。