

## 2層媒質中の準静的亀裂に関する数理的解析

## Mathematical and numerical analyses of quasi static crack in a two-layered medium

# 平野 史朗 [1]; 山下 輝夫 [1]

# Shiro Hirano[1]; Teruo Yamashita[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. of Tokyo

mode-II 及び mode-III の準静的な亀裂が生み出す変位食い違い及び応力場が、弾性定数の異なる媒質が接する境界の存在を仮定する事によっていかに変化するかという問題について、理論的な考察を行なった。本研究の解析においては、境界積分方程式法 (BIEM) と呼ばれる手法を用いている。本研究のような亀裂の解析において、変位食い違いは、亀裂面上に応力降下量を与え、BIEM によって積分方程式を数値的に解くことで得られる。ここで、BIEM を用いるにあたっては、点震源の作る応力を核関数 (kernel function) として解析的に求めておく必要がある。2層媒質中で任意方向を取る mode-II の点震源による応力の核関数はこれまで知られていなかったが、本論文では Fourier 変換を用い、また複素関数列を導入する事によって、その核関数を解析的に求める事に成功した。

また、本研究においては、BIEM のために必要な離散化の過程で非等分分割あるいは非直角格子を用いる事により、亀裂端や亀裂と境界とのごく近傍における微視的な領域における応力変化も重要な解析対象の一つとしている。

上記の解析解および手法を用いた数値計算により、結果的に、2層媒質中の亀裂が生み出す応力場には、均質媒質の場合と比べ大きく異なる点が発見された。まず、mode-II 亀裂の先端が境界に近づくにつれて、亀裂端近傍の応力集中の度合いが変化する様子が明らかになった。この現象は mode-III 亀裂の場合に Kame et al. 2008 によって確かめられていたものと同様である。また、媒質境界と任意の角度で交差する mode-II, mode-III の亀裂が作る応力場についても計算を行なった。その際、応力降下量が初期応力の値に等しいという仮定を用いたが、2層媒質中の初期応力の向きおよび大きさは、境界での固着の条件により各媒質中で異なるという点に注意が必要である (Rybicki and Yamashita 2008)。この計算により、媒質境界と交差する亀裂の生み出す応力場は、初期応力についての最大主応力の方向と媒質境界とがなす角度によって変化し、特に mode-II 亀裂の場合には、上下媒質中の亀裂端近傍の応力集中の度合いが大きく変わりうるという結果が得られた。これらの結果から、初期応力場の向きや断層と媒質境界との位置関係によって、断層周辺で生じる余震や破砕帯形成などの二次的な破壊の空間分布が変化する可能性が示唆される。

一方、mode-III 亀裂の場合において、応力降下量が特定の条件を満たさない場合には亀裂と境界との交点で応力の特異性が生じ、そこから境界に沿って二次的な破壊が誘発される可能性が指摘されていた (Bonafede et al. 2002)。これに対し、本研究では mode-II 亀裂と境界との交点における応力の特異性の有無を考察した。ただし、mode-II 亀裂の場合は核関数の複雑さゆえに数学的な解析を行なうことが困難であるため、数値的な解析による検証を行なった。結果、mode-III 亀裂の場合には交点近傍で応力が局所的に増大する現象が数値計算によっても確認できることが判明したのに対し、mode-II 亀裂に関しては、同等の空間スケールではそのような変化は確認されなかった。これにより、mode-II 亀裂と境界との交点においては、応力の特異性は存在しないか、仮に生じたとしても mode-III に比べてその影響は小さいと考えられる。