

異方性層としての断層破碎帯の反射特性(2) - ランダムに分布する亀裂群の場合 -

The wavenumber dependence of reflection coefficients of a fracture zone modeled as an anisotropic layer (2)

村井 芳夫 [1]

Yoshio Murai[1]

[1] 北大・理・地震火山研究観測センター

[1] Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido Univ.

<http://www.eos.hokudai.ac.jp/>

1. はじめに

断層破碎帯の内部構造の解明は、断層への歪・応力集中メカニズムの解明にとって重要である。様々な地震観測から断層破碎帯中には断層面に平行な亀裂が高密度で分布していることが明らかになってきているので、村井(2003)では、断層破碎帯を断層面に平行な亀裂が非常に密に分布する帯状の領域としてモデル化し、そこに平面波が入射した時の理論波形を計算し、反射波の反射係数の波数依存性からその構造を推定する方法について調べた。その結果、亀裂長に比べ長波長の波に対して、断層破碎帯を異方性を持つ帯状の層と見なして反射係数を合わせることによって断層破碎帯の幅と弾性定数を決定すれば、破碎帯の内部構造を推定できることが示された。

しかし、村井(2003)では亀裂が周期的に分布する場合の結果しか示されていなかった。また、仮定した亀裂群に対応する異方性媒質の定式化に誤りが発見された。そこで、今回はこの定式化を訂正し、また、より現実的な破碎帯として亀裂がランダムに分布する場合に適用した結果を示す。

2. 断層破碎帯のモデルと手法

2次元媒質中のSH波を仮定する。平行で同じ長さ a の亀裂がランダムに分布する長方形の領域を考える。その際、帯状の領域を表すように、長さが幅に比べて充分長い長方形の領域に亀裂を分布させる。ここに平面波を入射させて、Murai et al.(1995)による境界積分方程式法によって理論波形を計算し、亀裂群からの反射波のスペクトルを入射波のスペクトルで割ることによって反射係数を求め、これを観測データと見なす。次に、無限媒質中に異方性を持つ帯状の層が存在する場合に、異方性層からの反射波の反射係数を計算し、これを亀裂群の反射係数とフィッティングさせることによって断層破碎帯の幅と弾性定数を推定する。さらに、弾性定数と亀裂分布密度との関係式を用いて亀裂密度を求め、仮定した亀裂群がうまく推定できたかどうか検討してみる。

3. 結果

一例として、長さ $68a$ 、幅 $13.6a$ の長方形の領域に 92 個の亀裂が密度 $na^2=0.1$ (n は亀裂の数密度) で分布する場合を考える。このような断層破碎帯に垂直および斜め 45° から Ricker 波の平面波を入射させて反射波を計算し、反射波部分のスペクトルを入射 Ricker 波のスペクトルで割ることによって反射係数を求めた。次に、亀裂分布に対応する帯状の異方性媒質に平面波を入射させた時の反射係数を計算し、低波数領域で亀裂群の反射係数に最もよく合うような異方性媒質の幅と弾性定数を推定した。この時、2次元媒質中で X_2 方向の変位を持ち、 (X_1, X_3) 平面を伝播するSH波を表す弾性定数は c_{1212} 、 c_{1223} 、 c_{2323} の3つであるが、亀裂の向きが X_1 方向に一致するように座標系を取り、媒質の密度が破碎帯の内外で一定と仮定すると、 $c_{1212}=m$ 、 $c_{1223}=0$ なので、 c_{2323} が推定すべき弾性定数となる。ここで、 m は剛性率である。この例では、幅が $12.5a$ 、 $c_{2323}=0.65m$ と求められた。したがって、破碎帯の幅はほぼ正しい値に求められたと言える。

ここで、上述のような異方性媒質中を伝わる平面波の速度は任意の入射角に対して導出することができ、一方、亀裂群中を伝播する平面波の位相速度を na^2 の1次の項までとった長波長極限での値は、大野・他(2001)により与えられる。今、亀裂群と等価な異方性媒質を考えているのであるから、2つの速度は一致すべきであり、この関係から、等価な異方性媒質の弾性定数と亀裂密度との関係式が得られる。この式に $c_{2323}=0.65m$ を代入すると $na^2=0.12$ となり、仮定した亀裂密度 0.1 とほぼ一致し、亀裂密度もほぼ正しい値に求められたと言える。

以上より、断層破碎帯中に断層面に平行な亀裂が非常に密に分布する場合には、異方性媒質としてモデル化して反射係数を解析すれば、その内部構造を推定できると考えられる。

文献

村井、2003、日本地震学会講演予稿集、P005。

Murai et al., 1995, Geophys. J. Int., 122, 925-937.

大野・他、2001、地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会予稿集、Sr-P002。