

短周期地震波の成因の理解のために 数値シミュレーションによる考察 (3)

Generation mechanism of short period seismic waves using numerical simulation, part 3.

宮武 隆 [1]; 隅谷 謙一 [2]; 三宅 弘恵 [3]; 木村 武志 [1]

Takashi Miyatake[1]; Kenichi Sumitani[2]; Hiroe Miyake[3]; Takeshi Kimura[1]

[1] 東大・地震研; [2] 東大・地震研; [3] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. of Tokyo; [2] ERI, Tokyo Univ.; [3] Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

1: はじめに

断層近傍地震波に含まれる短周期成分が断層のどの場所から生じているのかは震源物理においても、強震動予測などの応用においても重要な問題である。短周期地震波の生成に破壊伝播速度の急変や揺らぎが効果的であることは、Yamashita(1983) や、三雲(1976) などによっても述べられている。一方、破壊停止によって生じる Stopping Phase も短周期成分を効率よく生成させる (Madariaga, 1977)。破壊伝播速度など揺らぎ起源の短周期地震波は、主にアスペリティ内部から発生し、ストップピングフェーズ起源のものはアスペリティ端から発生するはずである。Miyake et al (2003) は、地震波の解析から、アスペリティと強震動生成領域がほぼ一致することを示している。しかしアスペリティ端が中央部かについて答えることは、現在の地震観測システムや解析手法などの限界のため難しい。そこで、数値シミュレーションによって、2つの成因により短周期地震波成分を発生させ、その生成のし易さを検討し議論する。極端な値や分布が必要なメカニズムは起こりにくく、自然は、非常に効率よいメカニズムを選択すると考えるからである。

本稿では、前回(2006 地震学会秋 A70)に続き、さらなる数値シミュレーションに加え、より単純化したモデルの解析解なども使い、より明解に理解することを試みる。

2: 揺らぎについて

簡単のため、長さ L の線震源、滑り速度は関数の場合を考える。滑り分布がランダムで伝播速度 V_r は一様な場合、滑りが一様で V_r がランダムな場合、の遠方での波動の表現は簡単に得られる。これらは破壊指向性関数を分母に持つ。従っての場合には V_r が S 波速度に近い断層部分からスパイク状の大振幅パルスが生じる。これに対し、では滑り分布に比例するような速度波形が得られる。 V_r の揺らぎが破壊伝播方向では極端に増幅される。このことは古来、言われてきた「破壊伝播の揺らぎの方が、滑り分布の揺らぎよりも短周期成分を効率よく生成させる」ことを明解に説明する。指向性について、 V_r を $0.5V_s \sim V_s$ (V_s は S 波速度) の範囲で揺らがせた場合、破壊進展方向となす角が $0 \sim 60$ 度の範囲では、 V_r の揺らぎが優位であるが、 90 度では、同等、それ以上だと V_r の揺らぎの影響は相対的に小さくなった。

3: ストップピングフェーズについて

ここでは、従来の研究のようにアスペリティ内部(断層)から破壊が開始し断層端で停止するというモデルでは無く、アスペリティを破壊フロントが通過するような条件で、以下の形状のアスペリティを扱った。

- 矩形(1) 一様滑り、
- 矩形(2) 端付近で滑りが直線的に増加する場合、
- 円形(1) 一様滑り、
- 円形(2) 端付近で滑りが直線的に増加する場合、
- 円形(3) 円形クラックの滑り量分布、

について遠地 S 波の解析解を求め、ストップピングフェーズの性質を調べた。一様滑り分布と比較して、現実の断層滑り分布に近いが、強いストップピングフェーズを生成しやすい、円形(2)と(3)の場合には、両者とも加速度に特異性があり(2)では関数的(3)では t の $-1/2$ 乗に比例した特異性がある。

4: 数値シミュレーション

前回(2006 地震学会秋季 A070, 2007 同 P3-57)と同様に、Haskell model での3次元での計算を行った。現実の波形に似せることよりも破壊伝播の影響を取り出すことを目的にしているため、滑り速度時間関数は関数を数値化して与えることにした。ただし滑り量分布を考えるため、数値化された関数の振幅(面積)は不均質滑り分布に対応して調整する。なお断層長さ方向に2000、幅方向に1000程度の分割数とした。前回は矩形アスペリティを扱ったが、これはストップピングフェーズ発生効率が円形アスペリティの場合より悪いにも関わらず、揺らぎ優位という結論を出したが、今回は円形のアスペリティでの計算を行い、これも検討した。

5: フラクタル分布による短周期生成

現実の地震のすべり分布は、アスペリティ内部にさらに中規模アスペリティがその中にさらに小規模アスペリティが、さらに含まれている、と考えることもできる。するとそれぞれのアスペリティ端でストップピングフェーズが生成されるものと期待され、これが短周期生成のメカニズムに成り得る。このモデルについても検討した。

6: 文献

Madariaga, 1977, GJ, 51, 625-651.

三雲, 1976, 総合技術プロジェクト報告書, pp25-44, 建築研.

Miyake et al, BSSA, 93, 2531-2545, 2003,

Yamashita, 1983, JPE, 31, 1-24.