

離散波数法による静的変位まで含めた波形合成-波数積分のパラメータに関する研究-

Static and Dynamic Displacement with the Discrete Wave-number Method

本多 亮[1], 蓬田 清[1]

Ryou Honda[1], Kiyoshi Yomogida[1]

[1] 北大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

本研究では、離散波数法で波形を合成する場合の波数積分のパラメータ、とくに水平波数 $k=0$ における計算について議論する。波数 $k=0$ は震源から真上に伝播する波にあたる。この真上に伝播する波 VTSE (Vertically Traveling plane S wave Element) が波形に与える影響を調べた。VTSE の有無によって波形を比較した結果、最も断層から遠い観測点では波形自体が明らかに異なっており、直達波による変位が特に大きく変わっているのが分かった。断層から遠い観測点では相対的にずれの量が大きくなるので、大きく波形がゆがむのである。また VTSE の効果は断層が深い方が大きいことが分かった。

波数積分によって地震波を表現する場合、問題になるのは波数積分の打ち切りの値と波数の増分の値である。特に震源と観測点の深さが近いとき、もしくは周波数が 0 の時には被積分関数の収束が非常に遅くなるために波数積分の打ち切りの値について特別な配慮が必要となる。震源と観測点の深さが大きく異なる場合はこの収束の問題は大きな障害にならないが、新たな問題が発生する。本発表ではこの点について議論する。

通常 3 次元の波動場の計算は P-SV 波と SH 波に分けて考えられるが、このようにすると水平波数 $k=0$ の波、いいかえると震源から真上に伝播する S 波 (VTSE, Vertically Traveling plane S wave Element) (Hirata, 1992) が表現できない。そこで、S 波の振動方向とそれに直交するような座標系を考えて厳密に VTSE を計算できるようにした (Hirata, 1992 ; Takenaka, 1990)。次に VTSE の波形への影響を調べるために、

(1) VTSE が厳密に計算された波形

(2) それらが無い ($k=0$ の計算を省いた) 波形

(3) $k = k_0 + dk * n$ のように非常に小さい値 k_0 を加えて近似的に $k=0$ の計算をした波形

について比較を行った。仮定したモデルは半無限媒質中の長さ 20km、幅 10km の有限断層で、断層下端の深さを 20km、15km、10.1km と変化させた。断層は鉛直面の strike と dip の 2 通りの slip の断層。Hirata (1992) によれば、鉛直な strike slip および、45 度の傾斜角を持つ dip slip fault では VTSE は存在しないため、厳密に $k=0$ を計算した場合と、省いた場合とで違いは出ないことが分かっている。しかし矩形断層を考える (点震源を面積で積分し有限断層を表現する場合、このような座標系の問題以外に $k=0$ でポテンシャルの値が消えてしまうことがある。鉛直の dip slip 断層の場合がこれに対応し、この場合は $k=0$ の P 波及び S 波のポテンシャルは 0 になってしまう。すなわち厳密に $k=0$ の計算を行うのは不可能である。ただし、鉛直面の dip slip の場合でも 破壊の伝播方向が滑り方向に一致しなければ厳密に $k=0$ の計算は可能である。

上の 3 つの合成波形を比較して、以下のようなことが分かった。Hirata (1992) では震央距離が近いほうが VTSE の影響が大きいことが示されているが、本研究では静的変位については観測点によらずずれの絶対値は一定であった。動的な変位に関しては、観測点によって多少の違いが見られた。最も断層から遠い観測点では波形自体が明らかに異なっており、直達波による変位が特に大きく変わっているのが分かった。断層に近い観測点でも、最大振幅は大きく異なる。また P 波や S 波の振幅のずれの絶対値は静的変位のものよりも大きい。これは各位相のずれに静的変位のずれが加わるためと考えられる。すなわち、ずれの絶対量は全ての観測点で一定であり、断層から遠い観測点では相対的にずれの量が大きくなるので、大きく波形がゆがむのである。断層の深さが 10.1km の場合には波形はほぼ同じ、すなわち VTSE の効果は断層が深い方が大きいといえる。つまり、震源が深いときは k が大きくなるにつれて波数積分の被積分関数が急激に減衰するが、震源が浅くなると収束が遅くなり、 $k=0$ 以外の部分からの寄与が大きくなり、VTSE の影響が相対的に小さくなるのである。

以上の結果から、波数積分によって静的変位を含む波形合成をする場合には、特に震央距離が遠く、震源の深さが深い場合に真下から伝播する S 波 (VTSE) の影響が大きいことが分かった。震源が浅くなると $k=0$ 以外の寄与が大きくなり、最大波数の打ち切りの値が波形に大きく影響を与える。

参考文献

Hirata, K., 1992, Synthetic near-field seismograms due to rupture propagation fault models, J. Phys.

Earth., Vol. 40, pp. 535-554.

 Takenaka, H., 1990, Theoretical Studies of Seismic wave fields in Irregularly layered media, PhD thesis, Hokkaido University.