

統計的グリーン関数の適正化

Refinement of stochastic Green's function

増田 徹^{1*}

Tetsu Masuda^{1*}

¹東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute

1. はじめに

震源モデルから強震動を計算するときの1つの手法としてグリーン関数を利用する方法がある。経験的グリーン関数として小地震記録を利用する場合は、小地震のマグニチュードは観測値に限定され、小断層のサイズも同様に固定される。一方、統計的グリーン関数を用いる場合はそのような制限はなく、断層サイズは任意に選択できる。ここでは統計的グリーン関数に限定して議論する。

統計的グリーン関数による強震動の計算においては以下のことが要求される。

(1) 合成波の振幅スペクトルは多くの観測から推定されるモデルと一致する。

(2) 断層の分割サイズに依らず同じ振幅・形状のスペクトル、最大速度値・最大加速度値・震度を得られる。

大地震の断層はN個の小断層に分割され、それぞれの小断層にグリーン関数が指定される。分割断層は断層サイズが小さいためすべり量も少ないが、大地震のすべり量は断層サイズが分割断層より大きいことにより大きい。そのためライズタイムあるいはコーナー周波数を修正しグリーン関数を補正する必要がある。

補正後のスペクトルは補正前の分割断層のスペクトルに対して、振幅比が低周波数帯域ではNの平方根、高周波数帯域では1に等しく設定される。分割断層のコーナー周波数 f_{ce} は分割断層の幅に依存する。ライズタイムは、断層全域の幅と破壊伝播速度から推定されてきており、ライズタイムに対応するコーナー周波数 f_{cr} と分割断層のコーナー周波数 f_{ce} との比は断層分割数Nの平方根に等しい。従来のすべり補正関数は2つのコーナー周波数 f_{ce} と f_{cr} の間の帯域で周波数に逆比例してスペクトル振幅が減衰する。したがって合成波のスペクトル振幅はこの周波数帯域で周波数の3乗に逆比例して減衰する。このため、断層分割数Nが大きくなると従来の補正では上記の2条件を満たすことができない。

本報告は、断層分割数Nに依らず安定して上記の条件を満たす強震動を予測できるように統計的グリーン関数を最適化するために、グリーン関数の断層すべり補正および継続時間の設定について新たな方法を提案する。

2. グリーン関数のライズタイム

従来設定されてきたライズタイムは、断層全体でみたときのすべりの継続時間に関係しており、断層上各点でのライズタイムはこれより小さい。そこで、上記2つの条件を満たす1つの方法として、断層分割数Nが大きい場合にも分割断層のコーナー周波数とライズタイムに対応するコーナー周波数の差を小さく設定することが考えられる。分割断層のコーナー周波数より高周波数帯域ではスペクトル振幅はもとの振幅と一致する必要があるから、この場合補正後の中間帯域で補正後のスペクトル振幅は急激に減衰する必要がある。この条件を満たす1つの関数として以下の関数(1)を試みた。

$$G(t)=g(t,f_c)+At^m \exp(-Ct), \dots (1)$$

ここで、 t は時間、 $g(t, f_c)$ は補正前のグリーン関数、 f_c は補正前の分割断層のコーナー周波数、 m は正の整数、 C はライズタイムに対応するコーナー周波数 f_{cr} に比例する正の実数、 A は f_{cr} のべき乗に比例する実数である。関数(1)の振幅スペクトルは2つのコーナー周波数 f_{cr} と f_{ce} の間で周波数の $(m+1)$ 乗に逆比例して減衰する。ライズタイムに対応するコーナー周波数 f_{cr} と分割断層のコーナー f_{ce} との差が小さくなるようにとり、 f_{cr} からの減衰が急になるように正の整数 m の値を十分に大きくした。その結果、合成波のスペクトル振幅はモデルとよく一致した。

3. グリーン関数の継続時間

合成波の継続時間は断層全体を破壊が伝播する時間とグリーン関数の継続時間との和になる。断層全体を破壊が伝播する時間は断層長さを破壊伝播速度で割った値である。統計的グリーン関数の継続時間は分割された小断層のコーナー周波数 f_{ce} の逆数と比例定数 C_w との積として設定され、分割断層の長さを破壊伝播速度で割った値に比例する。断層分割数 N が大きくなるとグリーン関数の継続時間は N の逆数に比例して短くなり、合成波の継続時間も短くなる。補正後のグリーン関数として関数(1)を採用することにより、スペクトル振幅は断層分割数に依らずモデルに一致しているため、継続時間が短くなるにつれて振幅は過大評価となる。

断層分割数に依らず合成波の継続時間と振幅が同じ値となるようにするに、断層分割数 N に応じてグリーン関数の継続時間比例定数 C_w を変化させた。その結果、合成波振幅は断層分割数に依らず安定して得られた。

4. まとめ

(1) 合成波のスペクトル振幅をモデルと一致させるために、ライズタイムを従来よりも小さくとり新たな補正関数を適用した。

(2) 合成波の振幅が断層分割数に依らぬようにするために、断層分割数に応じてグリーン関数の継続時間を調整した。

キーワード: 統計的グリーン関数, ライズタイム, コーナー周波数, 地震動継続時間, 分割小断層

Keywords: stochastic Green's function, rise time, corner frequency, duration of motion, sub-fault