

広域・高密度強震動予測に用いるグリーン関数の改良

Green's function for strong ground motion prediction over a wide area with a high density

増田 徹 [1]; 引間 和人 [2]

Tetsu Masuda[1]; Kazuhito Hikima[2]

[1] 応用地質 (株) 技術本部; [2] 応用地質 (株) および東大地震研

[1] Oyo Corporation; [2] Oyo Corp. and ERI

統計的グリーン関数法による強震動予測では、観測される波形としてのグリーン関数は、正規乱数時系列と包絡線関数の積と震源スペクトルから計算されているが、観測点によらず同一の包絡線を採用しており、地震波の伝播経路や観測点のサイト特性を反映したものでなかった。その結果、振幅が小さく震動の継続時間が短い山地と振幅が大きく震動の継続時間が長い平野や盆地との相違を十分に表現できていなかった。本研究では、震動継続時間の相違を地下構造の特性の違いにより整理し、地下構造の特性に応じた包絡線を採用したグリーン関数を用いた強震動予測手法を開発した。

1. 観測記録による包絡線形状の設定

2004年9月5日19時7分に紀伊半島沖に発生したM6.9の地震を観測したK-NETおよびkik-netの波形記録を観測点の地盤固有周期および震央距離との関係で整理をすると、S波後続部分の継続時間が、震央距離が大きいほど、また、観測点の地盤固有周期が大きいほど長いという特徴がみられる。さらに、観測波形の周波数に注目すると、低周波数帯域でこの特徴が顕著となり、地盤固有周期が大きく震央距離が長くなると、波形の包絡形状が全体的に長い紡錘形となる。

このようなS波およびS波後続部分の地震動波形の特徴を定量的に把握するために、S波およびS波後続部分の包絡線を関数で近似する。観測波形の包絡線は、観測波形とそのヒルベルト変換とのベクトル和とし、時間区間1sで平滑化を行う。包絡線の関数形は次式のBoore(1983)のウィンドウ関数を採用する。

$$w(t)=at^b\exp(-ct) \dots (1)$$

式(1)で表される包絡線関数を表現するパラメータはa、b、c、およびS波の初動時刻 t_s である。パラメータbはBoore(1983)で推奨されている値を採用する。固定されるb以外のパラメータa、cおよびS波の初動到達時刻 t_s は、周波数0.125~0.25Hz、0.25~0.5Hz、0.5~1Hz、1~2Hz、2~4Hz、4~8Hz、8~16Hz、16~32Hzの8つの周波数帯域ごとに最小二乗法で推定する。

それぞれの周波数帯域で得られた包絡線関数のパラメータを震源距離および地盤固有周期の関数として整理すると、包絡線振幅を表すパラメータaは、長周期側の帯域では震源距離による減衰は比較的緩やかであり、地盤固有周期が長い観測点ほど振幅が大きい傾向がある。短周期側の帯域になるにつれ、震源距離による減衰は急峻になり、観測点の地盤固有周期の長いほど振幅は小さくなる傾向にある。包絡線の形状を表すパラメータcは、長周期側の帯域では震源距離に対する依存性が強く、また観測点の地盤固有周期に対する依存性も強く、震源から遠いほど、また地盤固有周期は小さいほど、cの値は小さい。短周期側の帯域になるにつれ、震源距離に対する依存性はほとんどなくなり、また、地盤固有周期に対する依存性も弱くなる。

解析結果からは、包絡線が式(1)で表現される関数形で近似され、包絡線関数のパラメータが震源距離および地盤固有周期の関数として表現できることが確認される。また、この結果は、S波後続部分が主に表面波により構成され、平野部や盆地による表面波の励起あるいは生成を表現していることと調和的である。このことは、包絡線すなわちS波およびその後続波動の特徴を、震源距離および地盤固有周期をパラメータとしてモデル化し、地下構造の特徴を十分に反映する強震動を予測できることを示唆する。

2. 改良した統計的グリーン関数による広域地震動予測

近い将来に発生が懸念される、南海トラフで発生する地震の震度分布の予測に、本研究の手法を適用した。震源は地震調査研究推進本部および中央防災会議による震源モデルを参照し、地下構造は別途構築したモデルを採用した。新たな統計的グリーン関数法では、地下構造の特性に応じてグリーン関数の震動継続時間と包絡線振幅が設定されている。この効果により、大阪平野、濃尾平野、関東平野、および近江盆地、伊那谷、甲府盆地等で周辺の山地に比較すると震度が大きく予測された。また、宝永地震型の巨大地震を想定して、計算を行った結果では、従来の方法と比較すると、震源近傍のみならず震源からやや離れた平野部で震度が大きく、1707年宝永地震や1854年安政地震による被害分布と調和的な結果が得られた。