

地震動継続時間とマグニチュード Ground motion duration and earthquake magnitude

増田 徹^{1*}

Tetsu Masuda^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹ERI, University of Tokyo

地震動を予測する方法の一つである統計的グリーン関数法において、アスペリティの効果や破壊伝播の効果を取り入れるためには、点震源としてではなく、代表的長さ L の震源断層を代表的長さ R の要素断層に分割して、それぞれの要素断層からの地震動を合成することが必要となる。このとき、要素断層の大きさ R は任意に設定できるが、予想される地震動は要素断層 R の大きさに依存しないことが条件となる。統計的グリーン関数は正規乱数時系列と包絡線形状関数 $e(t)$ との積を基本としている。通常、包絡線形状関数の継続時間 T_r は要素地震のコーナー周波数 f_c に反比例、あるいは要素断層の長さ R に正比例するように設定されている。

$$T_r = d/f_c = (d/C_c)(R/V_s) \dots (1)$$

点震源の場合は、地震動の継続時間 T は、包絡線形状関数の継続時間 T_r と一致し、

$$T = T_r = d/f_c = (d/C_c)(L/V_s) \dots (2)$$

と表される。合成地震波の継続時間 T は、断層全体の長さ L を破壊が伝播する時間 T_p と、要素地震の継続時間 T_r との和となる。

$$T_p = C_p(L/V_s) \dots (3)$$

$$T = T_p + T_r \dots (4)$$

一般的に、点震源の場合の式 (2) と有限断層の場合の式 (4) では、継続時間の計算値は異なる。要素断層が小さくなると式 (4) の和は小さくなり、予測地震波は要素断層の大きさに依存することになってしまう。地震動の継続時間は、震源に起因する要素地震の継続時間 T_r と破壊の伝播時間 T_p のみで決まるものではなく、波の散乱や反射等の媒質に起因する項 T_m も影響している。したがって、継続時間は、

$$T = T_m + T_p + T_r \dots (5)$$

という形に表されるはずである。断層の長さ L はマグニチュードの増加関数としてよいから、継続時間 T はマグニチュードが大きくなると長くなる。式 (4) と (5) では継続時間のマグニチュードへの依存性が異なる。

以上を踏まえて、近年日本周辺で起きたいくつかの大地震とその余震について、地震動の継続時間とマグニチュードとの関係を調べた。解析に用いた地震は、内陸地殻内の地震、プレート境界型の地震、スラブ内地震である。マグニチュードの範囲は 3.6 から 8.0 であった。地震記録は防災科学技術研究所の K-NET、KiK-net の観測記録、気象庁の強震観測記録を用いた。地震動の継続時間の定義は様々であるが、統計的グリーン関数との関連から、Boore により提案され広く用いられている包絡線形状関数 $e(t)$ の中で定義される T_w を採用した。

$$e(t) = a t^b \exp(-ct), t > T_s \dots (6)$$

$$T_w = b/c/0.2 \dots (7)$$

ここで、 t は時間、 a 、 b 、 c は包絡線形状を決定するパラメタ、 T_s は S 波到達時刻である。

それぞれの地震のそれぞれの観測点の地震記録の包絡線に対して、式 (6) のパラメタ a 、 b 、 c 、及び T_s を未知数として最小二乗法により解を求めた。継続時間 T_w は式 (7) により計算した。

解析の結果、以下のことが確かめられた。

1. 地震動継続時間は震央距離が大きいほど長くなる。
2. 地震動継続時間はマグニチュードが大きい地震ほど長くなる。
3. 地震動継続時間は観測点近傍の地下構造に影響され、地盤の固有周期が長いほど長くなる。
4. マグニチュードの小さい地震に対して、地震動継続時間は式 (4) で期待されるほど短くならない。
5. 地震動継続時間は式 (5) でよりよく説明される。

キーワード: 地震動継続時間, マグニチュード, 破壊伝播, ライズタイム, 強震動予測, 統計的グリーン関数

Keywords: ground motion duration, earthquake magnitude, rupture propagation, rise time, strong ground motion prediction, stochastic Green's function