

経験的グリーン関数法による2001年芸予地震 ($M_J5.4$) の震源モデルの推定と強震動シミュレーション

Source modeling and strong motion simulation of the 2001 Geiyo ($M_J5.4$) earthquake, using the empirical Green's function method

大堀 道広 [1]

Michihiro Ohori[1]

[1] 海洋研究開発機構・DONET

[1] DONET, JAMSTEC

1. はじめに

2001年3月24日芸予地震 ($M_J6.7$) は、沈み込むフィリピン海プレート内部 (深さ 51km) で起こった正断層型のスラブ内地震である [瀧 藤・古村 (2002)]。すでにこの地震の震源の破壊過程の推定結果が報告されている [例えば、菊池・山中 (2001), Sekiguchi & Iwata (2001), 野津 (2001), Kakehi (2004) など]。こうした研究では一般的に周期 1 秒程度以上の長周期帯域の地震動が対象とされるが、スラブ内地震の場合、高周波数成分の励起性が懸念される [例えば、池田・他 (2003)] ことから、広帯域な強震動シミュレーションに適用可能な震源モデルの構築が重要な課題となる。ただし、芸予地震の場合、震源近傍の多くの地表記録に非線形性が見られたことも指摘されており [神野・三浦 (2005)]、上述の震源モデルの構築は容易ではない。本研究では、スラブ内地震における震源近傍の広帯域な強震動シミュレーションに適用可能な震源モデルの構築を目的として、KiK-net の地中記録 (本震の震央距離 19~66 km) を用いたスペクトル・インヴァージョンによる震源パラメータの推定と、最大余震 ($M_J5.0$) を経験的グリーン関数とする本震の広帯域な強震動シミュレーションを行っている。

2. 震源パラメータの推定

本震と 12 個の余震 ($M_J3.5\sim5.0$) で得られた KiK-net の地中記録を用いて、岩田・入倉 (1986) を基本とする手法に基づき、震源パラメータの抽出を行った。対象とする 10 観測点 (HRSH01, HRSH07, HRSH08, HRSH12, YMGH03, YMGH04, YMGH05, EHMH02, EHMH04, EHMH05) は、瀧 藤・古村 (2002) を参考に選択している。スペクトルの観測値は水平 2 成分を合成したものを対象とし、S 波の立ち上がりを含む 20 秒間の記録より算出した。伝播経路特性に関しては、予備的解析による Q 値の推定を行うとともに、数通りの Q 値モデルを試し、最終的に $Q(f)=81\cdot f^{0.85}$ とした。この Q 値による補正と幾何減衰の補正を観測スペクトルに施した上で、震源特性とサイト特性のみを未知数とするスペクトル・インヴァージョンを実施した。この時、サイト特性は 2 以上とする拘束条件を与えている。得られた震源特性に対し、 -2 モデルによるフィッティングを行い、震源パラメータ (地震モーメント M_0 , コーナー周波数 f_c , 応力降下量) の推定を行った。その結果、本震は $M_0=3.2\cdot10^{25}$ dyne*cm ($M_w6.3$), $f_c=0.52$ Hz, $\tau=377$ bar, 最大余震は $M_0=7.9\cdot10^{23}$ dyne*cm ($M_w5.2$), $f_c=0.77$ Hz, $\tau=32$ bar と推定された。

3. 強震動シミュレーション

断層モデルは、既往の研究を参考に、走向は 180° 、傾斜角は 60° とし、断層の長さは 30km、幅は 18km、それぞれ 10 個、6 個に分割 ($3\text{km} \times 3\text{km}$ の小断層) した。まず、最大余震の地中記録を 2 回積分し、 $0.3\sim1.0\text{Hz}$ のバンドパスフィルターを施した変位波形とした上で、壇・佐藤 (1998) の方法により、各小断層の破壊に伴うグリーン関数とみなせるように補正した。この時、スペクトル・インヴァージョンで得られた M_0 , f_c , τ を用いている。各小断層から観測点に伝播する地震動を合算して得られる計算波形と観測波形と一致するように、各小断層で解放される地震モーメント (最大余震に対する相対的な量) を非負の条件付最小二乗法 [Lawson & Hansen (1974)] により算出する。なお、破壊伝播速度は $2.5\sim3.5$ km/s の範囲 (0.1km/s 刻み) で波形残差が最小となる 3.0 km/s を正としている。地震モーメントの分布にはいくつかのアスペリティが観察されるが、最大のもは破壊開始点から 15km 程南側に位置し、次に大きいものは破壊開始点のやや北側に位置する。本震は最大余震に対して M_0 が約 80 倍大きく評価されていることから、最大余震の $M_w5.2$ に対して本震は $M_w6.5$ と見積もられる。波形インヴァージョンの結果を用いて、壇・佐藤 (1998) の経験的グリーン関数法によるシミュレーションを行ない、本震の観測波形と比較した。最大余震の地中記録には $0.3\sim10\text{Hz}$ のバンドパスフィルターを施し、加速度、速度、変位を算出した。その結果、多くの観測点で計算波形は観測波形と良好な一致を示した。以上より、震源のモデル化には、震源近傍の地中記録の有用性が指摘される。

謝辞

本研究では、防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net, F-net の各種データを利用させて頂きました。関係者各位に感謝申し上げます。