

# 経験的グリーン・テンソル法による震源近傍の強震動シミュレーション - 2001 年兵庫県北部地震 (MJ5.4) を例題として -

## Simulation using the empirical Green's tensor spatial derivatives method: case of the 2001 Hyogo-ken Hokubu earthquake

# 大堀 道広[1]; 久田 嘉章[1]

# Michihiro Ohori[1]; Yoshiaki Hisada[1]

[1] 工学院大・建築

[1] Kogakuin Univ.

### 1. はじめに

Plicka and Zahradnik (1998, GJI)は、震源位置がほぼ等しい小地震の観測記録を多数利用した波形インバージョンによりモーメント・テンソルではなくグリーン・テンソルを推定し、これを用いて任意の震源メカニズムを持つ地震による強震動を合成する方法(経験的グリーン・テンソル法)を提案している。この方法はたいへん魅力的であるが、多数の観測記録が必要であり、その適用は今のところ伊藤・他(2001, 震研彙報)などわずかな事例に限られている。一方、現在では防災科学技術研究所が運用する K-NET および KiK-net により全国的に強震観測網が整備され、強震観測記録が急速に蓄積されてきており、経験的グリーン・テンソル法を利用できる機会は今後増えて行くと予想される。そこで、著者らは、K-NET および KiK-net の観測記録を用いて経験的グリーン・テンソル法の妥当性や適用性を確認したいと考えている。本研究では、2001 年兵庫県北部地震の震源近傍で得られた余震記録を用いて推定した経験的グリーン・テンソルとこれに基づく本震記録のシミュレーションの結果について報告する。

### 2. 観測記録

2001 年兵庫県北部地震は、1 月 12 日に発生した本震 (MJ5.4) とその前後に活発な地震活動を伴った。K-NET および KiK-net により、本震と 25 個の余震 (MJ3.1~4.7) による地震動が記録されている。これらの地震の震央は東西方向 4km 南北方向 5km の範囲に分布し、震源の深さは 9~12km に分布する。震源に最も近い観測点は K-NET 観測点の HYG004 (震央距離 6~10km) である。ここでは本震と 15 個の余震による地震動が記録されている。K-NET について公開されている地盤情報によれば HYG004 の地盤は表層に厚さ 0.2m の埋土・盛土の直下より岩盤が現れ、地盤条件は良好である。本研究では、HYG004 で観測された加速度記録を積分し、周期 1~10 秒のバンドパスフィルターを施した速度波形として用いる。なお、後述する震源モデルの再決定においては P 波の立ち上がり部分を含む 5 秒間を解析対象とし、経験的グリーン・テンソルの推定においては波形全体を解析対象とする。

### 3. 震源モデルの再決定

予備解析として、F-net のメカニズム解を用いて、震源時間関数としてすべり速度関数が二等辺三角形型となる Smoothed Ramp 関数 (立ち上がり時間 0.3 秒) を仮定した理論地震波形 [Hisada (1995, BSSA)] を算出し、観測波形と比較した。その結果、観測波形の再現性を高めるためには、震源メカニズム解と震源時間関数の両方を再検討する必要性が認められた。そこで、まず、Grid Search [大堀 (2005, 地震 2)] により F-net の解より 20° 以内の範囲で、走向、傾斜角、すべり角を再決定した。次に、以上のパラメータを固定した上で、5 回のすべりを仮定し、各すべりに対する地震モーメントを非負の拘束条件下で最小二乗法 [Lawson and Hanson (1974)] により算出した。こうして再決定した震源モデルにより、本震と 11 余震において理論波形と観測波形との一致度が向上した。

### 4. 経験的グリーンテンソルの推定

11 個の余震が本震位置で発生したすべり回数 1 回の単位地震モーメントの地震とみなせるように観測波形に補正を加えた後に、インバージョンにより経験的グリーン・テンソルを算出した。この時、震源に対する観測点の方位角が 90° となるように座標変換を行い、経験的グリーン・テンソルの未知成分の数を、Radial, UD 成分では 3 個に、Transverse 成分では 2 個に減じることで解の安定を図った。

### 5. 本震記録のシミュレーション

推定された経験的グリーン関数と本震に対して再決定した震源モデルを用いて、本震のシミュレーションを行った。その結果、Radial, Transverse, UD の三成分のいずれに関しても、波形全体にわたり計算波形は観測波形と良い対応を示すことが確認された。観測記録には理論波形にはないコーダ部が続いているが、経験的グリーン・テンソルを用いた計算波形はこの部分を良く表現していることが特徴的である。

### 6. まとめ

本研究より、数 km におよぶ震源域で発生した余震記録を用いた場合にも、経験的グリーン・テンソル法が適用可能であることを確認した。

### 7. 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。

