

令和元年6月7日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01316

研究課題名（和文）経験的グリーン・テンソルを用いた強震動予測法の高度化

研究課題名（英文）Strong motion prediction using empirical Green's tensor spatial derivatives

研究代表者

大堀 道広 (Ohori, Michihiro)

福井大学・附属国際原子力工学研究所・准教授

研究者番号：50419272

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、経験的グリーン・テンソル法をより多くの利用者が安心して使える強震動予測手法として位置付けるために、(1)適用事例を増やすこと、(2)広帯域の地震動評価法としての適用性を示すこと、(3)経験的グリーン関数法との比較結果を示すこと、(4)研究成果を発信すること、以上の4点を念頭におき、経験的グリーン・テンソル法の高度化を目指した研究を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

福井県嶺南地方の地震、兵庫県北部の地震、東北地方太平洋沖地震の余震を対象として、強震観測記録を用いて、経験的グリーン・テンソルの推定を試みた。広帯域（周期0.1秒以上）における経験的グリーン・テンソルを推定するために、マグニチュードの分布範囲が広い場合には各小地震のコーナー周波数の違いを補正した。その結果、経験的グリーン・テンソルの推定に伴う誤差を小さく抑えることができた。

研究成果の概要（英文）：To make the empirical Green's tensor spatial derivative (EGTD) method one of useful techniques for strong motion prediction, I carried out a basic study focusing on (1) increasing applied examples, (2) simulating broadband strong motions, (3) comparing results from the EGTD method with those from the empirical Green's function method, and (4) publishing research results.

研究分野：地震工学

キーワード：経験的グリーン・テンソル法 強震動予測 モーメント・テンソル 経験的グリーン関数法 震源モデル

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1995年兵庫県南部地震では甚大な被害が生じたが、以降我が国では被害地震が相次いでおり、震源近傍における強震動予測の重要性が広く認識されている。現在、主流となっている広帯域の強震動予測手法として、経験的グリーン関数法が代表例としてあげられる。この方法では、小規模の地震(小地震)で得られた観測記録を経験的グリーン関数とみなし、スケールング則に沿って大規模の地震(大地震)による強震動を合成し、たいへん実用的であると広く認められている。しかし、適切な観測記録の有無と小地震と大地震間で震源メカニズムが異なる場合の補正法に問題がある。この問題を解決すると期待される方法が経験的グリーン・テンソル法である。筆者らは、この方法の適用事例を増やし、適用範囲を広げることで、経験的グリーン関数法と同様に強震動予測手法の選択肢の一つに位置づけたいと考え、研究を行ってきた[引用文献、]

2. 研究の目的

経験的グリーン・テンソル法の適用事例がこれまで少ない理由として、この手法が一部の研究者にしか試されておらず、手法の認知度が低いことと、同一の震源で発生した多数の小地震の記録が必要なことがあげられる。筆者は、強震観測網が整備され、強震記録の蓄積が進む今日において、経験的グリーン・テンソル法の適用事例を積み上げて行くことが、手法の認知度を高めることに効果的である考える。本研究では、経験的グリーン・テンソル法をより多くの利用者が安心して使える強震動予測手法として位置付けるために、(1)適用事例を示すこと、(2)広帯域の地震動評価法としての適用性を示すこと、(3)経験的グリーン関数法との比較結果を示すこと、(4)研究成果を発信すること、以上を念頭におき、経験的グリーン・テンソル法の高度化を目指した研究を実施した。

3. 研究の方法

防災科学技術研究所のK-NET、KiK-netの強震記録、同じくF-netの震源情報をもとに、本研究で対象とする地震を抽出し、本研究では、福井県嶺南地方の地震、2000年兵庫県北部の地震、2000年芸予地震、2011年東北地方太平洋沖地震の宮城県沖の余震などを対象として選択した。これらの地震について、経験的グリーン・テンソルを推定した上で、これにもとづく計算波形が観測波形をどの程度再現できるかを検討した。広帯域(周期0.1秒以上)で経験的グリーン・テンソルを推定するには、解析に用いた各小地震のコーナー周波数の違いが無視できない場合には、-2モデルを用いてコーナー周波数の補正を行った。

4. 研究成果

福井県嶺南地方で得られた強震記録を収集し、三方断層近傍で発生した7地震[いずれもマグニチュード(M)3.7~4.2]を対象に、経験的グリーン・テンソルの推定を行った。対象観測点は震源近傍の3観測点[FKI007(敦賀)、FKIH04(三方)、FKI009(小浜)]とした。長周期帯域(周期1~4秒)および広帯域(周期0.1~4秒)、以上の2帯域の速度波形について、経験的グリーン・テンソルの推定を行った上で、これにもとづく計算波形と観測波形の比較を行った。その結果、3観測点のいずれの帯域についても、3成分の観測波形が良く再現されることがわかった。なお、ここでは小地震のMの分布範囲が狭いことからコーナー周波数の補正は特にしなかった。[学会発表、雑誌論文]

芸予地震に関して、震源近傍の10観測点(広島、山口、愛媛のKiK-netの地中観測点)を対象に、最大余震(M5.0)を用いた経験的グリーン関数法により、本震(M6.7)を広帯域(周期0.1~3秒)で再現することができた[雑誌論文]。しかし、経験的グリーン・テンソル法を適用するには、小地震記録の質、量が十分とは言えず、今後の地震記録の蓄積を待つ結果となった。

兵庫県北部の地震の余震記録(M3.5~4.7)を用いて、経験的グリーン・テンソル法を推定した上で、本震(M5.4)の計算波形を算出し、観測波形との比較を行った。対象観測点は震源近傍の3観測点[HYG004(村岡)、HYG001(浜坂)、HYG007(波賀)]とした。この地震では広帯域(周期0.1~5秒)の地震動を対象とした。なお、余震のMの分布範囲が広く、コーナー周波数の違いが認められたことから、経験的グリーン・テンソルの推定に際して、事前に-2モデルを仮定し、コーナー周波数の補正を行った。さらに、個々の余震を用いて経験的グリーン関数法により本震の計算を行った。その結果、経験的グリーン関数法では選択する余震に依存して本震の再現性が大きく変化するが、経験的グリーン・テンソル法は余震ごとの違いを緩和し、良好に本震を再現した。[雑誌論文]

東北地方太平洋沖地震の余震については、宮城県沖で発生した4/7の余震に関して、地震記録を収集した。MYG001(牡鹿)における約30個の長周期帯域(周期1~4秒)の余震記録(M3.7~4.9)より、経験的グリーン・テンソルの推定を行った。今後、他地点において同様の検討を行うとともに、Mの大きい4余震(M5.4、5.5、5.9、7.1)について震源過程も含めた解析を実施する予定である。

この他、強震動予測の利活用もしくは社会実装について理解を深めるために、有感地震の少ない北陸3県において地震動と津波の発生が懸念される海域3断層の地震によるハザード評価を、本研究と関連付けて実施した。福井、石川、富山の3県の震度、液状化発生率(いずれも

経験式にもとづく簡略法により評価)と津波高さ(差分法により評価)に関するハザードマップを作成し、それらを俯瞰した結果、津波の浸水が予想される地域は概して海岸沿いの低地で地盤が軟らかく地震動が周辺に比較して強くなるところが多いことに気づかされた。[雑誌論文]津波に対して適切に避難するには、津波に先立つ地震の揺れからの被害を最小限に抑える必要があり、こうした地域の災害軽減に取り組む上でも、本研究で取り組んだ地震動予測の高度化という課題が重要であることがわかった。

<引用文献>

大堀道広、久田嘉章、余震記録に基づく2001年兵庫県北部地震(M_J5.4)の経験的グリーン・テンソルの推定と本震のシミュレーション、地震2、59、2006、133-146
Michihiro Ohori, Yoshiaki Hisada, Comparison of the Empirical Green's Spatial Derivative Method and Empirical Green's Function Method, Bulletin of the Seismological Society of America, 101, 2011, 2872-2886
doi: 10.1785/0120100114

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

Michihiro Ohori, Yuri Masukawa, Keisuke Kojima, Tsunami Hazard Assessment for Hokuriku Region, Japan: Towards the Disaster Mitigation for Future Earthquakes Natural Hazards - Risk Assessment and Vulnerability Reduction, InTech, 査読有, 2018, 127-147
DOI: 10.5772/intechopen.79688.
Michihiro Ohori, Comparison of the Empirical Green's Spatial Derivative Method and Empirical Green's Function Method in Simulation of Broadband Strong Motion, Earthquakes - Volume 1, InTech, 査読有, 2018, 191-204
DOI: 10.5772/intechopen.76884.
Michihiro Ohori, Strong Motion Simulation of the 2001 Geiyo (M_J6.7), Japan, Earthquake by Empirical Methods, 11th National Conference on Earthquake Engineering, 査読有, 2018, 1-10
Michihiro Ohori, Estimation of Empirical Green's Tensor Spatial Derivative Elements: A Preliminary Study Using Strong Motion Records in Southern Fukui Prefecture, Japan. Moment Tensor Solutions - A Useful Tool for Seismotectonics -, Springer Natural Hazards, 査読有, 2018, pp.253-262
https://doi.org/10.1007/978-3-319-77359-9_11.

[学会発表](計 4 件)

大堀道広、経験的グリーン・テンソルの推定：福井県嶺南地方で得られた強震記録を用いた試み、日本地震学会2017年秋季大会、2017
Michihiro Ohori, Estimation of Empirical Green's Tensor Spatial Derivative Elements: A Preliminary Study using Strong Motion Records in Southern Fukui Prefecture, Japan, Joint Scientific Assembly of the International Association of Geodesy (IAG) and International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI), 2017
Michihiro Ohori, Estimation of Empirical Green's Tensor Spatial Derivative Elements: A Preliminary Study using Strong Motion Records in Southern Fukui Prefecture, Japan, 5th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion, 2016
大堀道広、経験的グリーン・テンソルの推定 - 福井県嶺南地方で得られた強震記録を用いた試み -、日本地球惑星科学連合2016年大会、千葉、2016

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：
ローマ字氏名：
所属研究機関名：
部局名：
職名：
研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。