

広帯域強震動予測のための震源モデル構築手法の開発

背景

国や地方の地震防災計画立案に際しての被害想定や、土木建築構造物の耐震設計技術の向上には、対象地域における強震動特性の評価・予測が不可欠である。特に1Hz以上の高周波地震動には多くの重要構造物の固有振動数が含まれることから、震源における高周波地震動励起特性の解明は重要な研究課題となっている。しかしながら、現在広く用いられている震源破壊過程の推定手法では、このような高周波地震動を直接解析することは困難であり、現状ではより低周波の地震記録から推定された震源モデルに基づき間接的に高周波地震動の励起を評価している。このため、高周波成分を含む広帯域の強震記録を直接用いて震源破壊過程を精度よく推定できる手法の開発が求められている。さらに推定された震源破壊過程から、断層のすべり量や応力変化の空間分布など、強震動の予測に有用な統計的な性質を抽出することも、工学的なニーズに応えるためには重要である。

目的

これまで考慮できなかった高周波数帯を含む広帯域の強震記録から、震源の破壊過程を推定するインバージョン手法を開発し、実観測記録に適用するとともに、強震動シミュレーションにより開発手法の適用性を検証する。

主な成果

1. 経験的グリーン関数法と高速焼きなまし法を用いた震源インバージョン手法の開発

震源での高周波地震動発生領域を観測記録から直接推定するために、震源から観測地点までの地震波応答特性を高精度に評価できる経験的グリーン関数法と、効率性に優れた解探索アルゴリズムである高速焼きなまし法を組み合わせた新しい震源インバージョン手法を開発した。テストモデルを用いた検討の結果、開発した手法は他の代表的な探索手法よりも早く、かつ確実に最適解を発見する能力を持つことを示した(図1)。

2. 開発手法の実地震記録への適用

当所の岩盤上強震観測点で良好な記録が得られている1997年伊豆半島東方沖地震(M5.9)(図2)を対象地震として、既往の研究では1Hz前後が上限であった解析周波数を5Hzまで拡大したうえで開発手法を適用し、観測された速度波形記録を精度よく再現する震源破壊過程の推定手法を確立できた(図3)。開発手法は、低周波地震動励起の指標となる地震モーメントと、高周波地震動を規定する実効応力の断層面における空間分布を独立に推定でき、今回の対象地震では地震モーメント解放量の分布と実効応力の分布が同様の傾向を示すことから(図4)、低周波地震動と高周波地震動が同一の領域から強く励起されていることが明らかとなった。

さらに、解析結果から地震モーメントと実効応力の空間分布に関する統計的な情報を抽出して、強震動予測のための震源モデルを作成し、波形合成シミュレーションによりその有効性、妥当性を検証した。

今後の展開

開発手法をより大規模な地震に適用することにより、震源の破壊特性に関連する高周波地震動と低周波地震動の励起特性を解明し、震源断層の詳細な破壊過程を反映した強震動予測手法を確立する。さらに電力施設の重要構造物に対して、卓越周期に基づく最適入力地震動を提供することにより、耐震設計の高度化を図る。

主担当者 地球工学研究所 地震工学領域 主任研究員 芝 良昭

関連報告書 「Study on Rupture Process by Waveform Inversion Using Simulated Annealing and Simulation of Broadband Ground Motions」 CRIEPI REPORT : N04006 (2004年10月)

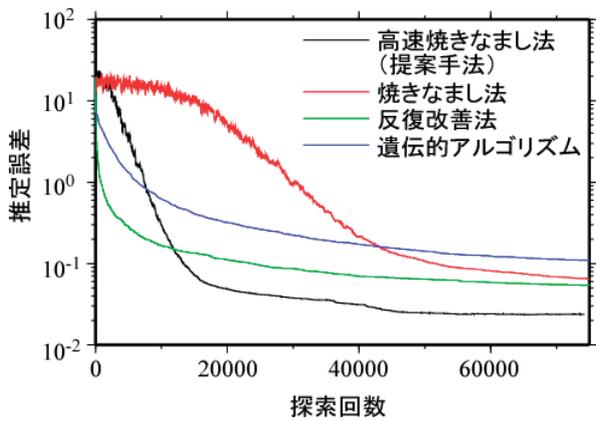


図1 各種手法による解探索能力の比較

いずれの手法も経験的グリーン関数法と組み合わせた定式化をおこなった。提案手法は、他の手法と比べて同じ回数で最も推定誤差の小さい解を探索できることを示した。

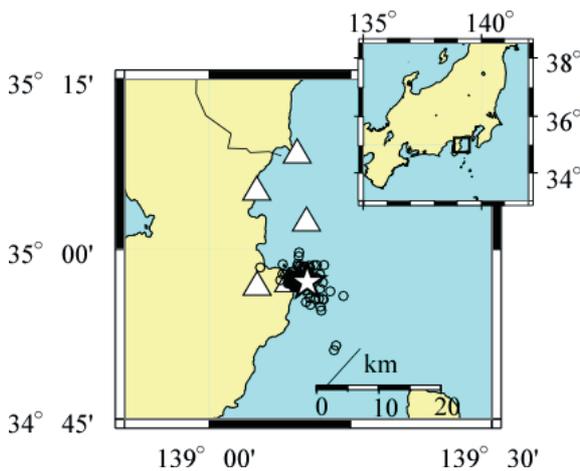


図2 解析地震の震央(☆)と観測点(△)および余震(○)の分布

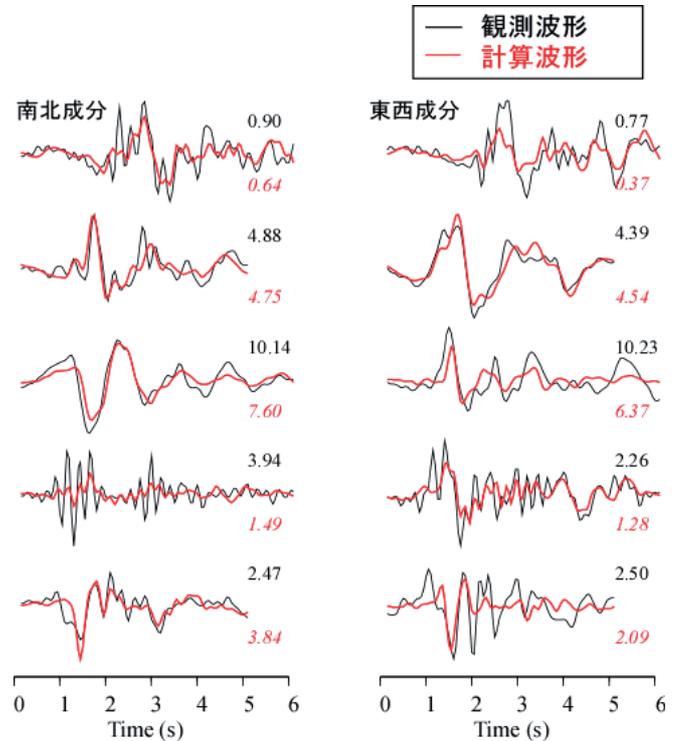


図3 観測波形と解析結果に基づく計算波形の比較

解析には、0.4~5Hzの帯域の速度波形を用いた。図中の数値は観測波形と計算波形の最大値(単位cm/s)を示す。

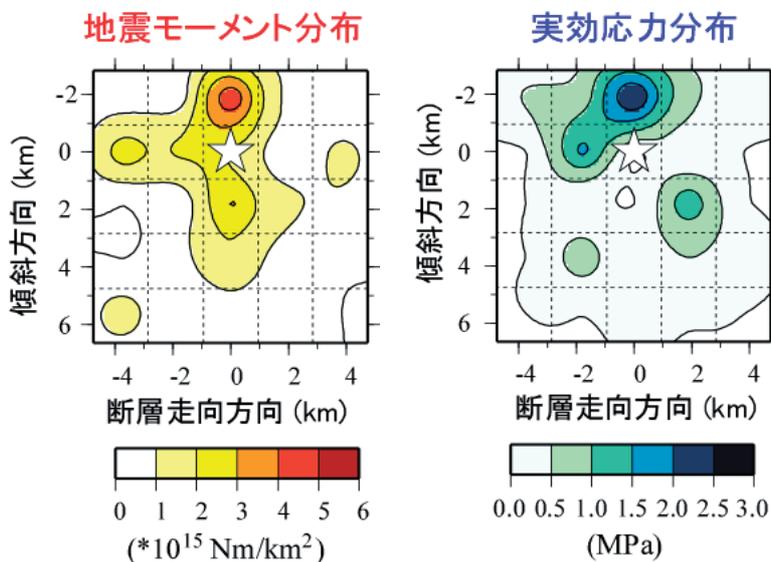


図4 推定された震源の地震モーメントと実効応力の分布

震源断層は5×5のメッシュに分割され、各点での最適値が探索される。長周期地震動を励起する地震モーメント、短周期地震動を規定する実効応力とも、破壊開始点(図中の☆)の直上にピークの領域が存在する。