

論文の内容の要旨

論文題目 震源特性の偶然的不確実性に起因する地震動予測の
ばらつきに関する研究

氏 名 引田 智樹

本論文では、想定地震の地震動予測において、震源特性の偶然的不確実性に起因する予測地震動振幅のばらつきを評価することを目的として、地震観測記録の分析と地震動シミュレーションによる検討を実施した。以下に本論文の構成と各章の概要を示す。

第1章「序論」では、想定地震の地震動予測において、震源特性の偶然的不確実性に起因する予測地震動振幅のばらつきを考慮することの重要性を述べた。予測地震動振幅のばらつきを評価するための方法として、断層パラメータの不確実性を考慮した多数サンプルの地震動シミュレーションが挙げられるが、不確実性の条件が明らかでないためにばらつきの定量的評価に課題があること、および多数サンプルの地震動シミュレーション方法に課題があることを述べた。これらの課題を解決し、震源特性の偶然的不確実性に起因する予測地震動振幅のばらつきを定量的に評価することが本研究の目的である。

第2章「震源特性の偶然的不確実性による観測地震動振幅のばらつきの分析」では、震源特性の偶然的不確実性に起因する地震動振幅のばらつきの特徴を地震観測記録に基づいて検討した。地震規模、震源位置、震源メカニズムが同じ2地震による同一観測点での記録ペアの加速度応答スペクトル振幅の違いに着目した分析を行い、サイト特性や地震波伝播経路特性が共通した記録ペアから、地震毎の震源特性の違いに起因すると考えられる観測地震動振幅のばらつきを抽出した。記録ペアから求めた観測地震動の自然対数振幅のばらつきの標準偏差はおよそ0.3~0.45程度であった。標準偏差には弱いピークが認められ、その卓越周期は地震規模が大きいほど長周期側に変化する傾向があることがわかった。卓越周期の地震規模依存性は震源スペクトルのコーナー周波数の地震規模依存性と概ね整合すること、そのような特徴が地震内のばらつきに現れていることから、地震毎の断層破壊様式の違いが対象とする地震動振幅のばらつきに大きな影響を

与えている可能性があることを述べた。

第3章「断層モデルによる地震動応答スペクトルの評価方法」では、断層パラメータの不確実性を考慮した多数サンプルの地震動シミュレーションを効率的に行うために、ランダム振動論を利用して地震動応答スペクトルの分布を評価する手法を提案した。断層パラメータの不確実性を考慮した地震動シミュレーションに適用した結果、提案手法による予測地震動の応答スペクトル分布は統計的グリーン関数法（SGFM）による評価結果をほぼ再現することを確認した。提案手法はSGFMよりも計算量が少なくて済む利点があり、多数の断層モデルに対する地震動シミュレーションに適した手法である。

提案手法を用いて、マグニチュード7クラスの地震の断層面を仮定し、地震モーメント、短周期レベル、アスペリティ位置、破壊開始点位置、平均破壊伝播速度の不確実性を考慮した多数サンプルの地震動シミュレーションを行った。その結果、各断層パラメータの変動による予測地震動振幅のばらつきは断層面と評価点の位置によって異なり、特に断層端部付近の評価点でばらつきが大きくなることがわかった。アスペリティ位置、破壊開始点位置、平均破壊伝播速度の不確実性が予測地震動振幅のばらつきに与える影響は断層面と評価点の位置関係に依存しており、その影響が最も強く現れる断層端部付近では予測地震動振幅のばらつきが大きくなる。また、地震モーメントと短周期レベルの不確実性は、それぞれ地震動の長周期成分と短周期成分のばらつきに大きな影響を与えており、その影響は評価点によらず共通していることがわかった。なお、仮定した不確実性によって得られた予測地震動振幅のばらつきの標準偏差は第2章の観測事実に基づく標準偏差と整合しない点が認められた。地震動シミュレーションによって観測事実と矛盾しない予測地震動振幅のばらつきを評価するためには、地震モーメントおよび短周期レベルの不確実性の条件を適切に設定する必要があることがわかった。

第4章「震源特性の偶然的な不確実性を考慮した地震動振幅のばらつきのシミュレーション」では、初めに、観測事実と矛盾しない合理的なばらつきを評価するために重要となる地震モーメント、短周期レベルの不確実性の条件を、観測記録を用いて調べた。第2章で使用した記録ペアを利用して、条件が同じ2地震の地震モーメント、短周期レベルのばらつきを調べた結果、地震規模が大きいほどこれらの断層パラメータのばらつきが小さい傾向があることがわかった。この結果に基づいて、地震モーメントと短周期レベルの不確実性を地震規模に応じてモデル化し、その条件に従って第3章と同じ断層パラメータの不確実性を考慮した地震動シミュレーションを実施した。マグニチュード3.6～5.2の地震を対象とした震源近傍でのばらつきの評価結果は、第2章で調査した観測地震動振幅のばらつきの特徴を良く再現しており、観測事実と矛盾しない地震動振幅のばらつきを評価するという目的に対して、仮定した断層パラメータの不確実性の条件が概ね妥当であることを確認した。

この断層パラメータの不確実性の条件を用いて、更に規模が大きな地震を想定した予測地震動振幅のばらつきの評価を行った。規模が大きくなると、ばらつきの卓越周期が長周期側に変化し、マグニチュード7.0では周期2秒程度の応答スペクトル振幅のばらつきが大きくなることが確認された。このときの周期2秒における全評価点に対する自然対数振幅のばらつきの標準偏差は0.5程度であった。一方、卓越周期よりも短周期成分の標準偏差は地震規模による変化が相対的に小さく0.3~0.35程度の値であった。これらことから、想定される大地震に対する地震動予測において、震源特性の偶然的な不確実性に起因する予測地震動振幅のばらつきは、短周期成分のばらつきに比べて長周期成分のばらつきを相対的に大きく見積もる必要があると考えられる。ばらつきの大きさは想定する地震の断層面の大きさ、形状および評価点の位置によって異なるため、それらを定量的に評価するためには断層パラメータの不確実性を考慮した多サンプルの地震動シミュレーションが有効であることを述べた。

第5章「結論」では、各章で得られた知見を総括し、本研究の結論と課題を述べた。

以上の知見は、想定地震に対する確率論的地震動評価において活用できると考えられる。確率論的地震動評価では、地震動予測に伴う偶然的な不確実性を確率分布により表現する必要があるが、その際に、本論文で示した断層パラメータの偶然的な不確実性を考慮した地震動シミュレーションを行い、予測地震動振幅の確率分布を直接的に評価することが可能である。断層パラメータの不確実性による予測地震動振幅のばらつきは断層面と評価点の位置関係によって異なることから、ばらつきの空間的な非一様性を考慮することが、より合理的な確率論的地震動評価に繋がる可能性がある。