

## 審査の結果の要旨

氏名 鈴木(五十嵐) さやか

本論文は、建物の地震時確率論的機能損傷評価において、従来手法の課題の改善と効率性を格段に改良した新しい方法を提案し、その方法の有効性を示したものである。従来手法は、元は原子力発電所施設を対象にした地震時確率論的リスク評価手法として開発され使用されてきたもので、確率論的地震動ハザード評価、建物・設備の地震脆弱性評価およびシステム評価を夫々個別に実施して、最後にこれらの評価結果を統合してリスク評価する方法で、極めて実際的な方法であること、個々の評価分野毎に高度化できる利点を有する。しかしながら、評価分野毎に独立に評価することは、評価分野間で情報の欠落や非連続性が存在し、場合によっては不確定性の二重評価などに繋がりがねない課題も指摘されている。また、従来手法では、建物や地盤の地震時応答評価においては、応答の非線形性は近似的にしか扱えない方法論上の制約がある。一方、近年、重要構造物の耐震性評価に断層モデルに基づく地震動シミュレーション技術が利用され、時刻歴波形の形で地震動を取り扱うことが一般的になりつつあり、建物の地震リスク評価に適用することが期待されている。

従来手法におけるこれらの課題の克服と、断層モデルによる時刻歴波形を用いる方法論の開発に対して、本論文では、従来の確率論的地震ハザード評価結果の震源-距離分解から特定される支配的震源や重要震源パラメータを用いた断層モデルから多数の時刻歴サンプル波形を生成し、建物や設備機器の非線形応答評価を行って脆弱性評価する手法が提案されている。ハザード情報から生成された時刻歴波形を脆弱性評価にも一貫して用いることにより従来法を改良しようとしたものである。手法の改良にあたっては、多数の波形の生成や、多様な不確定性の考慮といった点で新たな検討が必要となる。それには、建物・設備の損傷に相関の高い地震動強度指標の選定、作成サンプル数の削減について工夫が含まれる。また、建物・設備の損傷を最も生じさせやすい地震動条件を把握することが評価精度の向上と評価手法の効率性に大きく寄与するとの考え方に基づいて、手法の改良提案がなされている。

本論文は、全6章の構成である。第1章では、建築分野における地震リスク評価の重要性や役割を解説した後、従来の地震リスク評価手法の特徴を示し、その課題を的確に抽出している。これらの課題を克服した理想の地震リスク評価手法の目標像を明確に示しており、それが本研究の目的となっている。

第2章では、建物の地震脆弱性評価に用いる時刻歴波形作成方法を記述している。既往研究成果を基に、震源特性の不確定性を確率表現した後、確率変数のサンプル

を多数生成して断層モデルを用いて所定の条件に合う時刻歴サンプル波形を作成する方法論を議論している。

第3章では、方法論の改良に当たり、地盤条件や多層建物を仮設定して、前章で作成された時刻歴サンプル波形を入力とする応答解析を実施している。この時、地盤や建物の塑性化を考慮した非線形応答解析を実施し、従来の地震動強度指標と建物最大応答との相関性の検討を実施することで、建物の応答値に最も相関の高い指標の検討がなされている。さらに、断層モデルを構成する震源パラメータの建物応答への感度分析がなされている。以上の検討の結果として、震源の平均応力降下量や媒質のQ値の影響が建物応答の不確定性に相対的に大きな影響を与えることを指摘している。

第4章では、適用可能な地震波数として抽出された250波の時刻歴サンプル波形の応答スペクトル特性を統計的に分析し、変動特性、周期間相関特性を評価している。これを用いて複数の近似的地震動評価手法のリスク評価検討を行い、各評価手法の特徴と精度を比較している。時刻歴サンプル波形をそのまま用いる方法が与える結果を正として、各評価手法の特徴に関する重要な知見を得ている。

第5章では、実際の問題への適用上の課題を解決する方法の検討を実施している。すなわち、断層モデルから得られる時刻歴サンプル波形群を用いた地震リスク評価手法では、波形毎に建物モデルの応答解析を実施する必要があるため、その計算負荷の低減が必須である。提案では、少数のサンプル計算結果から最終的な結果を最も説明できる地震動強度指標を特定し、それを条件として重要な時刻歴サンプル波形を選定する方法が提案されている。この提案手法について、様々な解析ケースを設定して適切な地震動強度指標が選定されることの確認と、提案手法の妥当性検証がなされている。そして、これらの検討結果を踏まえて、断層モデル地震波群を用いた地震リスク手法の効率化の手順をフローの形で提案している。

第6章では、前章までに得られた結論がまとめられている。地震動強度指標に基づく従来法と比較して、提案した時刻歴波形を用いた建物・設備脆弱性評価手法は、非線形応答評価の精度が向上していること、また、多数の応答計算負荷を軽減する方法として提案した、支配的な震源の特定、適切な地震動強度指標による時刻歴サンプル波の選定方法が、結果として効率性の高い手法であることが確認されている。さらに、本研究の成果として明らかになった今後の課題として、多様な地震動強度指標に関する地震ハザード評価手法確立の必要性、震源パラメータの不確定性の定量化手法の必要性、建物・設備の損傷に寄与する地震波特性の把握の必要性を挙げている。

以上、本論文は、断層モデルによる時刻歴波形を用いて効率的な脆弱性評価手法を提案しており、地震リスク評価の発展に寄与し、建築構造学の発展に資するところが大きい。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。