

審査の結果の要旨

氏名 大淵 正博

本論文は、構造物の性能規定型耐震設計における設計用地震動の設定について信頼性理論に基づいて断層モデルを決定する新しい手法を提案する論文である。本論文は本文5章より構成されている。

第1章では、本研究の背景、最近の研究の動向および目的を記している。現在、重要構造物の耐震設計においては、設計用地震動（時刻歴波形）を用いて設計が実施されているが、その設定根拠は経験的過ぎたり、あるいは、工学の観点よりも理学の知見を直接的に反映しているなど極めて説明性が悪い状況があることが指摘されている。これは、対象とする自然現象に大きな不確定性が存在していることが主要因であり、不確定性の科学的な取り扱いと不確定下での工学的意思決定の重要性が説明性を向上させるために重要である。一方、地震学・地震工学においては、昨今、実現象の逆解析結果に基づく震源の物理モデル（以下、断層モデル）の研究結果が蓄積され実用に供する段階に来ている。この断層モデルを用いた設計用地震動の設定方法について、信頼性理論に基づいた強震動予測手法・設計用断層モデルの意義が記されている。

第2章においては、本研究で用いる理論・用語の解説を行ない、分かりやすい説明を加え、この分野に詳しくない読者への配慮を払うとともに、本研究の重要な部分を展開する上での基礎的な整理ともなっている。具体的には、不確定下での合理的な意思決定手法と位置づけられる構造信頼性理論を説明し、強震動予測に関わる不確定性の抽出と定量化、本研究で用いた理論である強震動予測手法と1次近似2次モーメント信頼性手法が説明されている。

第3章では、今まで決定論的に用いられてきた強震動予測手法に、震源のパラメタの不確定性を明示的に取り込むために確率論・信頼性理論を導入している。各断層パラメタの不確定性を考慮する必要性についても検討し、断層モデルを用いた強震動予測にモンテカルロシミュレーションを適用し、統計解析を行っている。この解析結果の分析によれば、設計レベル・地震動に与える影響は回帰誤差以上にアスペリティ特性の不確定性が影響している事を指摘している。本章で論じられているこれらの結果は、断層モデルのパラメタを入力変数とし、予測地震動波形を出力変数と位置づけることにより、入力と出力の経験

的な関係づけが得られることになり、次章で重要となる意思決定に大いに役に立つことになる。

第4章では、この入力-出力の関係を用いて逆に、ある条件を課した出力を保証する入力値すなわち断層モデルのパラメタを決定する、所謂、設計問題を扱うことができることが示されている。本章では、構造物の要求性能レベルに見合った設計用地震動およびそれを実現する断層モデルのパラメタを具体的に同定する手法を提案しており、本論文の主要な部分となっている。

ここでは、まず、断層モデルの信頼性評価と各断層パラメタの関係をまとめ、次に設計レベルに基づいた設計用地震動を作成している。設計用地震動作成において地震の生起確率の違いによる影響も本手法では考慮できるため、生起確率が大きく違うという条件下で断層モデルのパラメタを同定し結果を比較し、設計で考慮すべき地震動レベルが生起確率によって大きく異なることが指摘されている。つまり、一定の再現期間を定めた場合に、対象とする地震の生起確率が大きいほど、地震動の不確定性の影響が大きくなることが示され、これは今後の設計用地震動の設定には極めて重要な知見である。さらに、本論では、複数の震源を対象とする場合、従来の確率論的な地震ハザード解析手法との関わりについても今後の方針を示している。また、ここで提案した手法の問題点についても指摘している。

第5章では、本研究で得られた知見をまとめ、かつ、性能規定型耐震設計における強震動予測手法をより完成に近づけるための今後の課題も抽出し、さらにそれらの解決の見通しについて記述している。

本論文では、構造物の性能設計の枠組みの中で合理的な根拠に基づいてどのように設計用地震動を策定するかという命題に対し、改良すべき点は含まれるものの、ひとつの極めて有効な手法を提案しており、その点は高く評価できる。その具体的な内容は、構造物に求められる多様な性能と、その性能レベルに応じた設計用地震動（時刻歴波形）の一貫した作成方法についての新しい提案であり、その際に、地震学の最新知見である断層モデルによる地震動予測手法と、予測に伴う不確定性を適切に取り扱う確率論に立脚した信頼性理論を用いて、いろいろな要求性能に応じた設計用地震動波形を具体的に求めている点である。

本論文は、重要構造物とされる原子力施設を含む建築構造物のみならず、土木構造物にも適用可能であり、今後の性能規定型耐震設計における動的な解析を行う際における設計用地震動の設定に関して新しい提案を行っており、耐震工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。