

審査の結果の要旨

氏名 キナイ ファー - エロル バルド

本論文は、断層一構造物系に基づく大型構造物の耐震解析手法の開発と本手法を活かした応用例を検討している。既存の断層一構造物系に基づく大型構造物の耐震解析手法を分析し、より大規模な断層一構造物系を効率的に取り扱うことができる数値解析手法を開発することで、抜本的な改良を加えている。開発した手法の数値検証及びその妥当性を検討した後に、応用として、実際に観測された大地震時の大規模構造物の応答解析を行い、本手法の有用性を示している。また、信頼性の高い地殻構造モデルを用いることにより、断層一構造物系に基づく大型構造物の耐震解析の信頼性も向上することから、地殻構造モデルの信頼性を高めるための手法もあわせて開発し、その有用性を示している。

本論文の主要な内容の一つである、より大規模な断層一構造物系を効率的に取り扱うことができる数値解析手法の開発では、既往の手法の分析及びその拡張に特徴がある。構造物の地震時応答に影響を及ぼす、断層の破壊過程、地殻内地震波動伝播、地表近傍の堆積層による地震動の増幅、構造物と地盤の相互作用を適切に考慮するには、断層から構造物までのすべてを含む断層一構造物系の三次元数値解析モデルを構築し、その動的挙動の数値シミュレーションを行えば良いとの着想は以前からあった。しかし、その膨大な計算量から実現が難しいとされていた。近年、階層型解析手法と大規模数値解析手法を組み合わせることにより、この膨大な計算量の軽減が試みられつつあったが、いまだに大規模な断層一構造物系の三次元数値解析モデルの数値シミュレーションは難しいとされていた。本論文は、既往手法を分析し、その手法（具体的には、有限要素用数値解析モデル構築手法及び有限要素解析手法）の仕組みを利用した大幅な拡張により大規模な断層一構造物系の三次元数値解析モデルの数値シミュレーションを実現している。上記の拡張は、既往研究を質的に大きく変更させたことは確実であり、本論文の独自性として評価される。具体的には、既往研究では、小規模な直下地震時の断層一構造物系の三次元数値解析モデルの数値シミュレーションのみが可能とされていたが、本論文の成果によれば、大領域・大断層に対する断層一構造物系の三次元数値解析モデルの数値シミュレーションが可能となる。これは工学的応用の観点から重要な成果と考えられる。例えば、整備が進められている日本列島地殻モデルと想定シナリオ断層と本論文成果を活用することにより、海溝型巨大地震時の大規模構造物の長周期地震に対する断層一構造物系の三次元数値解析モデルを用いた詳細応答解析などの実用化の道が開かれることを意味している。

本論文の二つ目の主要な内容である、地殻構造モデルの信頼性を高めるための手法の開発では、既往の地殻構造モデルの信頼性向上を目指し、有限要素法による波動場計算を用

いた逆解析手法を開発している。近年の研究により、地殻構造モデルの表面形状や境界形状を適切にモデル化することが重要と指摘されているが、地震波動場解析では、これらの幾何形状は近似的に取り扱われることが多い。本論文では、この幾何形状の近似が及ぼす影響を評価するとともに、近似をせずに大量の地震波動場解析を繰り返すことにより、地殻構造モデルの信頼性を向上させる逆解析手法の開発を行っている。幾何形状の近似をせずに地震波動場計算を行うには、有限要素法を用いるのが一般的ではある。逆解析時には、幾何形状の異なる地殻構造モデルの有限要素法モデルを多数生成する必要があるが、これは難しいとされていた。本論文では、構造要素と非構造要素を組み合わせることにより有限要素モデルの自動生成を行い、最適化手法と組み合わせることにより、地殻構造モデルの逆解析手法を構築し、その有用性を示している。従来の幾何形状を近似した手法による逆解析と本手法による逆解析の結果が大きく異なることから、既往地殻モデルの信頼性向上への適用が期待される。

以上のように、本論文では、断層一構造物系に基づく大型構造物の耐震解析手法の開発とこれを活用するための地殻構造モデルの信頼性向上手法の開発に関して、十分な検討がなされていること、実際に開発された手法の性能を定量的に検証していること、さらに、将来の課題として本手法の改良と応用の具体的な方向を示していることが審査会で示された。

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。