

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 方 沛 宇

本論文は、An Application of FORM Design Point Search to Seismic Test and Analysis of Framed Structures (FORM 設計点探索の骨組構造物の耐震実験・解析への応用) と題する英文の論文であり、近似信頼性理論に基づいて、実証的構造性能評価システムの開発を試み、あわせて動的非線形解析に基づく耐震設計計算の簡略化手法を提案することを目的としたものである。本論文は、本文 4 章ならびに図表から構成されている。

「第 1 章 序章」では、FORM を中心とした 1 次近似信頼性解析手法、計算機制御載荷実験 (電算機-試験機オンライン実験) に関する既往研究の成果ならびに本論文の研究背景をまとめ、本論文の研究内容を概観している。

「第 2 章 ハイブリッド設計点探索」では、1 次近似信頼性解析手法に基づく設計点探索と構造模型試験体に対する載荷実験とをオンラインで結合した実験システムを開発し、その適用例を示している。設計点探索アルゴリズムと載荷実験とを結合した適応載荷システムを構築し、製作された構造模型に対する構造信頼性検証実験を実施している。本検証システムは、載荷実験中の実験情報 (復元力、変位、歪みなど) から、骨組の限界状態到達を認知し、事前予測を試みることによって、発生しようとする破壊状況に対して、不利でありかつ生起しやすい荷重条件へと載荷条件を変化させ、最も発生しやすい破壊状況に到達させる実験システムとなっている。限界状態関数が既知の場合の例としては、矩形断面部材から成る 2 層ラーメン鉄骨骨組の試験体に対して、いずれかの層の層間変位が予め指定した限界値に達する状態を限界状態として設定し、ハイブリッド設計点探索を行っている。このシステムでは、載荷プロセスにおいて測定される各時点の試験体応答の実測値に基づいて、与えられた限界状態関数の値を評価しており、多様な限界状態関数に対応でき

るように非微分型の設計点探索アルゴリズムを導入している。また、実験状況に応じて限界状態関数形が変化する場合の例として、H形鋼部材から成る2層骨組の崩壊メカニズム形成を限界状態として設計点探索を行った例を示している。この場合、実験で測定される塑性変形増分をモニターし、出現の推測される崩壊モード形状に応じて、1次近似信頼性解析の意味で最も不利なモード乗数分布を評価し、その荷重条件へと移行するような適応载荷実験システムを開発することに成功している。

「第3章 FORMによるNDPの簡略化」では、崩壊モード数の低減と振動モード数の低減による簡略化弾塑性地震応答解析手法を提案している。これらのモード低減数決定のための予備解析として、第2章で用いたランダム複合モード荷重条件による予備設計点探索を行い、高次弾性振動モードの影響を合理的に取り入れた予備解析手法を提案している。

崩壊モード数の低減に関しては、発生しやすい崩壊モードを標準空間における原点から設計点までの距離の昇順でならべ、距離の小さい方から有限個の崩壊モードを選択して、崩壊モード数を低減した降伏多面体モデルを構成している。またシステム信頼性理論における確率回路網法を応用した崩壊モードの統合化を行っている。

また振動モード数の低減に関しては、固有周波数の上限を設定するとともに、崩壊モードの設計点における信頼性感度を参照して、応答解析に考慮する振動モードを選択している。提案された簡略化手法は、2層ラーメン骨組のオンライン地震応答実験、ならびに9層骨組の応答計算例との比較を通じて、その妥当性および適用性を検討している。

「第4章 結論」では、本研究で得られた結果を要約し、今後の研究課題について展望している。

以上のように、本論文においては、構造模型に対する载荷実験と、近似信頼性解析における設計点探索解析との結合を試み、不確定荷重条件を対象とした適応载荷実験システムを開発することに成功しているとともに、従来の部材レベルの弾塑性挙動モデルに基づく弾塑性骨組地震応答解析を、グローバルな視点で大幅に簡素化する方策が提案されている。これらの実験手法および解析手法は、建築構造物の今後の性能設計法の展開において、新しい有用な設計検証ツールを提供している。

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。