

審査の結果の要旨

氏名 張 惠 雲

本論文は、住宅や事務所ビルなどに供される中低層建築物の構造形態として普及している鉄骨ラーメン構造の耐震性能の評価技術について論じたものである。耐震性能の評価において構造モデルの設定の仕方および入力地震動の位相特性が及ぼす影響を弾塑性地震応答解析によって明らかにした点が本論文の特筆すべき成果である。

本論文は、本文6章と付録から構成されている。

第1章では、中低層鉄骨ラーメン構造が多くの被害を受けた1995年兵庫県南部地震の被害状況を既往の調査報告に基づいて分析し、角形鋼管柱の局部座屈が一つの支配的な被害要因であることを明らかにしている。

第2章では、一般的な中低層ラーメンを代表する構造モデルを作成している。この中で、局部座屈を伴う柱の弾塑性履歴モデル、およびラーメン骨組から縮約される簡便な質点系モデルの設定がなされている。また、性能設計に着目した3つの限界状態、すなわち弾性限界、劣化限界、倒壊限界を設定し、これらの限界状態を超える入力地震動の強さに基づいて耐震性能への各種要因を分析する方法を提案している。

第3章では、応答解析に用いる入力地震動を作成している。本論では実地震の記録波形を用いずに要因分析が明快となる模擬地震動を入力地震動としている。すなわち、フーリエ振幅スペクトルを固定し、フーリエ位相スペクトルを操作することによって、直下型地震動から海洋型地震動まで5段階の模擬地震動を作成している。

第4章では、第2、第3章でそれぞれ設定した構造モデルと入力地震動を用いて、単層ラーメン構造の耐震性能に及ぼす構造モデルと入力地震動の影響を具体的に調べている。その結果、精緻なフレームモデルとそれを縮約した1質点系モデルでは3種類の限界状態に到達する地震動加速度倍率（基準となる模擬地震動波形に乗じる倍率）すなわち限界加速度倍率がほぼ同じであることを見出し、従来から行われている質点系置換が正当であることを初めて定量的に明らかにした。一方、地震動特性の影響は顕著で、フーリエ位相スペクトルの位相差分布の標準偏差が小さくなるほど、すなわち海洋型地震動から直下型地震動になるにつれて、弾性限界に関する限界加速度倍率は変化しないものの、劣化限界に関する限界加速度倍率が著しく低下することを明らかにし、直下型地震の代表と言われる1995年兵庫県南部で鉄骨ラーメンに建物の傾斜などの大きな被害が発生した理由を説明した。これは、直下型地震動の一撃入力単調荷重的效果を生むため、構造物の履歴

吸収エネルギー能力が発揮できないことが原因であることが突き止められた。ただし、倒壊限界に関する限界加速度倍率については、付録で詳細が示されるように、劣化後の負剛性域での入力エネルギーが直下型地震動ほど小さくなる傾向があるため、これが一撃入力効果と相殺して、倒壊限界加速度倍率については直下型と海洋型であまり大きな差が出ないことが示されている。

第5章では、第4章の結果をさらに一般化するために、多層ラーメンについて同様の検討を行っている。ここでは、質点系への置換法として、多層ラーメンフレームの1次固有モードでの変位制御によるプッシュオーバー解析から得られる各層の荷重-変形曲線を質点系の層バネに当てはめることによって、動的応答挙動に関して等価な多質点系が得られることを明らかにしている。これにより、多層ラーメンにおいても質点系置換が正当化されることが示された。地震動特性の影響に関しては、第4章の単層ラーメンで得られたのと同様の傾向が見い出されたことが示されている。すなわち、劣化限界加速度倍率は海洋型地震動よりも直下型地震動のほうが小さく、両者が同じフリー工振幅スペクトルを持っている場合、直下型地震動のほうがより大きな破壊力を構造物にもたらすことを多層ラーメンについても明らかにした。

第6章では、論文全体のまとめと今後の課題が示されている。

本論に添付された2つの付録のうち、付録Aでは角形鋼管柱の座屈劣化モデルを作成するに当たって参照した既往の実験データが整理されている。付録Bでは、劣化構造物に対する地震入力エネルギーの低減効果について詳細な検討が行われており、本論第4章と第5章の知見を補強している。

以上のように、本論文は構造解析モデルと入力地震動特性が耐震性能評価に及ぼす影響を定量的に明らかにした点において画期的な成果が導かれており、地震に強い建築構造物を構築する耐震設計技術に重要な知見をもたらすものである。

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。