

氏 名	ベニー アッサ Beni Assa
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3226 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Response of Reinforced Concrete Beam-Columns and Frames to Lateral Seismic Loading Based on Material Properties (材料特性に基づいた鉄筋コンクリート柱・梁及び骨組の地震時水平力に対する応答)
論文調査委員	(主 査) 教 授 渡 邊 史 夫 教 授 森 田 司 郎 教 授 藤 井 學

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、鉄筋コンクリート部材及び架構の地震水平力に対する非線形応答を、それらの構成材料であるコンクリート及び鉄筋の力学的特性に基づいて解析的に予測する方法を提示したもので、全7章よりなる。

第1章は序論であり、鉄筋コンクリート造骨組みの耐震設計と部材もしくは架構の履歴復元力特性の関連及び骨組みの履歴復元力特性を得る為の非線形骨組み解析の問題点について述べ、それらに関連させて本研究の目的と論文の全体構成が述べられている。

第2章では、鉄筋コンクリート造骨組みの耐震設計における塑性応答による設計地震荷重の抵減及び部材設計とその性能評価が解説されており、弾塑性応答に基づく骨組み耐震設計法の枠組みの中での本研究の位置づけが行われている。

第3章では、鉄筋コンクリート梁・柱部材ヒンジ部の弾塑性曲げ解析に必要な横拘束コンクリートの応力歪曲線モデル及びその繰返し応力下での履歴法則を提案している。まず、基礎実験として、コンクリートの圧縮強度範囲が20MPa～90MPaの横拘束された33体の円柱の単調及び繰返し中心軸圧縮試験を行っている。単調載荷試験の結果より、横拘束コンクリートが最大軸圧縮強度を示す時の横歪が、コンクリート強度と横拘束応力の関数で与えられることを実験的に見だし、Peak Load Condition Line として実験式を誘導した。次に、種々の横拘束鉄筋形状及び配置を持つ正方形断面柱が軸圧縮応力を受ける場合の、横歪増加に対する横拘束応力の増加の関係を求めるため、軸圧縮応力によって横膨張するコンクリートとそれを拘束する横拘束鉄筋からなる Steel Concrete System に非線形有限要素解析を適用した。非線形有限要素解析で得られた横歪 - 横拘束応力曲線が、先の Peak Load Condition Line に交叉する点が、横拘束された正方形断面柱の最大強度時に対応すると仮定したが、コンクリート強度範囲 25.3MPa～113.2MPa に対して成り立つことを過去の実験結果との比較により明らかにした。この仮定を用いることにより、横拘束された正方形断面柱の最大軸圧縮強度が得られるので、最大軸圧縮強度時軸歪に対する実験式を組み合わせ、全歪み領域に渡る横拘束コンクリート応力歪み曲線を Popovics の数式表現を用い

て提示した。但し、ピーク以降の下り勾配部は荷重が80%に減じる時の歪みに基づいている。以上述べた手法は、拘束コンクリートが最大軸応力に到達した時の、横歪み及び横拘束応力の関係に着目しており、横拘束が極めて有効な円形断面から有効でない正方形外周筋のみを持つ正方形断面まで統一して扱うことが出来る。さらに、繰り返し応力状態での拘束コンクリートの応力歪み履歴法則を、繰り返しによる劣化を考慮した形で、実験結果より導き出しており、第4章の部材解析に適用している。

第4章では、第3章で得られた拘束コンクリートの応力歪み関係を用いて、梁・柱部材の地震荷重にたいする応答を非線形有限要素解析により予測する方法を考案している。梁・柱微小要素の層分割法による曲げ解析、塑性ヒンジ長さの評価、軸鉄筋のスタブからの抜けだし量の定量的把握および部材せん断変形評価を組み合わせて、より精緻に梁・柱部材の地震荷重にたいする応答を求めているのが特長で、実験結果との適合は極めて良好である。また、解析の精度が、広いコンクリート強度範囲に渡って検証されており、高強度コンクリートにも適用可能な手法である。

第5章では、各種パラメータに関する感度解析を行っている。パラメータは、コンクリートの圧縮強度、横拘束鉄筋の量と降伏強度、部材断面の大きさ等で、感度解析の結果、コンクリートの圧縮靱性を改善し梁・柱部材に靱性挙動を確保するための基本は横拘束筋を密に配置することであり、高強度コンクリートの場合には降伏強度の増大はそれ程有効でない。また、正方形断面柱を3本掛け横拘束筋で拘束する場合、コンクリートの圧縮強度が25MPa程度であれば800MPa迄、コンクリートの圧縮強度が80MPa程度では600MPa迄が有効に利用できる横拘束筋の上限降伏強さであることもあわせて示されている。この、横拘束筋を有効に利用できる降伏強度には限界がありコンクリート強度に関連しているという現象は、過去に実験事実として多くの研究者により報告されていた。第5章では、それを解析的に証明したことになる。

第6章では、骨組みの地震水平力に対する応答解析の手法を示しており、1層1スパンモデル架構が例題として解かれており、層間たわみ靱性率、ヒンジ部曲率靱性率及び層間変形角の相互関係が解析より得られている。層間たわみ靱性率若しくは層間変形角が建物耐震設計での制御値となるので、部材設計の為のヒンジ部曲率靱性率要求値を算出する上で必要不可欠な解析手法である。

第7章では、本論分の各章で得られた結果を取りまとめて、結論としている。

論文審査の結果の要旨

鉄筋コンクリート部材及び架構の地震水平力に対する非線形応答特性は、構成材料であるコンクリート及び鉄筋の応答に基づいて演繹的に求められている。従って、材料の力学的特性把握とその結果を反映させる解析手法の精度が、部材・架構の応答を如何に精緻に予測し得るかのキーとなる。本研究は、横拘束コンクリートの単調及び繰り返し応力歪み関係を、従来とは全く異なる新しいアプローチでモデル化し、その結果を用いて、鉄筋コンクリート部材及び架構の地震水平力に対する非線形応答を求める有限要素解析法を構築した。得られた成果の主なものは以下の通りである。

1. 横拘束コンクリートが軸応力を受けて最大耐力に達した時のコンクリート横歪は、横拘束応力の大きさ及びブレインコンクリートの圧縮強度の関数である Peak Load Condition Line で与えられる。

2. 種々の配筋詳細を持つ横拘束筋で拘束された正方形断面柱に対し、横歪増大に伴う横拘束応力増大を非線形有限要素解析で明らかにした。さらに、得られた横歪 - 横拘束応力経路が Peak Load Condition Line に交わる点で、最大耐力時の横拘束応力を与えることを示した。この手法では、拘束効果が高い円形断面と低い矩形断面の差異を解析的に定量化出来る。

3. 横拘束応力による耐力上昇が、リヒアルトの単純なモデルで最も精度よく予測出来ることを示し、ポポビックスの数式表現を用いて全歪み領域に渡る拘束コンクリート応力歪み曲線を提示した。

4. 梁・柱微小要素の層分割法による曲げ解析、塑性ヒンジ長さの評価、軸鉄筋のスタブからの抜けだし量の定量的把握及び部材せん断変形評価に基づいて極めて精緻な梁・柱部材の地震荷重にたいする応答解析法を提示した。

5. 梁・柱部材の応答解析法を用い、骨組みの地震水平力に対する応答解析の手法を提示した。

以上要するに、本論文は鉄筋コンクリート造部材及び架構の地震荷重時応答を、材料レベルまで遡って予測する極めて精巧な解析方法を提示したもので、学術上、實際上、寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また平成9年2月5日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。