

## 論文の内容の要旨

論文題目 鉄筋コンクリート柱梁接合部の弾塑性マクロエレメント  
に関する研究

氏名 田尻 清太郎

本論文では、鉄筋コンクリート造建築物の構造設計において、柱梁接合部の弾塑性挙動を考慮した弾塑性骨組解析を可能とするために、柱梁接合部の弾塑性マクロエレメントを提案し、その検討を行った。以下に各章ごとのまとめを示す。

第 1 章では、鉄筋コンクリート柱梁接合部に関する研究の背景について述べ、それに対する本研究の目的および意義について述べた。

鉄筋コンクリート材料の高強度化、鉄筋コンクリート造建築物の高層化、柱・梁部材の断面の縮小化といった近年の傾向から、ラーメン骨組の中で柱梁接合部が構造的弱点となりつつある。そのため、柱梁接合部の弾塑性挙動を考慮できる部材モデルを用いた弾塑性骨組解析を行う必要性が高まってきている。しかし、現状では柱梁接合部の弾塑性挙動を理論的に追跡できる部材モデルは存在しない。そこで、本研究では鉄筋コンクリート造建築物の弾塑性解析に適用可能な柱梁接合部の弾塑性マクロエレメントの開発を行うことを主目的とした。

第 2 章では、鉄筋コンクリート造建築物の設計における柱梁接合部の設計法に関して述べるとともに、柱梁接合部の弾塑性挙動を追跡する解析モデルに関する既往の研究について述べた。

現在の鉄筋コンクリート造建築物の設計法では柱梁接合部の変形を考慮した弾塑性骨組解析を行うことを推奨しているが必須ではない。強度に対しては、接合部せん断力が接合部せん断強度を超えないように設計すること、付着に対しては、接合部内の付着応力度が付着強度を超えないように設計すること、接合部補強筋を規定量以上配筋すること、といった方針で設計が行われているのが現状である。

接合部の弾塑性挙動を考慮した解析モデルには、いくつかのアプローチがあり、柱部材や梁部材といった骨組要素に柱梁接合部の変形を組み込むことによってモデル化する方法、柱梁接合部の変形を回転ばねによってモデル化する方法、柱梁接合部の弾塑性変形は主筋の拔出し変形が卓越するとして、主筋の拔出し変形にのみ着目してモデル化する方法、接合部パネルの変形を表す要素と接合部パネルからの主筋の拔出し変形を表す要素を併用し

てモデル化する方法，有限要素法の考え方を導入して，平面応力要素などの有限要素とそれらの要素と骨組要素を接続する要素を併用してモデル化する方法があった。

第 3 章では，本論文で提案する鉄筋コンクリート柱梁接合部の弾塑性挙動を表す柱梁接合部マクロエレメントの構成について述べた。

本モデルは鉄筋コンクリート造建築物の弾塑性骨組解析において，柱梁接合部を表す部材モデルとして組み込むことのできる弾塑性要素であり，コンクリート断面の平面保持仮定を表す剛板とコンクリート，鉄筋，付着，せん断といった材料特性を有する一軸ばねのみから構成される簡便なモデルである。本章では，本モデルを構築するにあたっての基本仮定について述べるとともに，剛板と一軸ばねの配置，一軸ばねの荷重変形関係について詳述した。また，本モデルを骨組解析に適用する場合に，部材モデルとしていかに取り扱うかという考え方についても述べた。

第 4 章では，鉄筋コンクリート柱梁接合部マクロエレメントを用いた弾塑性解析法について述べた。

本モデルを弾塑性骨組解析に組み込むため，変位法の考え方をを用いて，マクロエレメントの適合条件，釣合条件を定式化し，マクロエレメントの構成方程式を導いた。ここで，マクロエレメントの構成方程式は，釣合条件マトリクス及び各一軸ばねの瞬間剛性のみから簡潔に求まることを示した。また，マクロエレメントの弾塑性解析の手順について示した。なお，マクロエレメントの有する内部自由度を縮約せずに解析する手法を示すとともに，骨組のモデル化においてマクロエレメントを部材モデルとして組み込む場合の内部自由度を縮約する解析手法についても示した。さらに，変位制御で耐力低下の現象を追跡する解析を行うために，スケーリング係数を用いた弧長法を導入することとし，それを基として数値計算において不釣合い力を次ステップに持ち越すことができるように拡張したアルゴリズムについて示した。

第 5 章では，提案した柱梁接合部マクロエレメントを用いて，過去に実験された十字型柱梁接合部試験体の解析を行い，提案モデルの検討を行った。

接合部破壊した試験体，梁曲げ降伏後接合部破壊した試験体，梁曲げ降伏した試験体を中心に，具体的なモデル化の方法について示すとともに，実験を模擬した弾塑性解析例を示した。提案モデルを用いた解析により，各破壊モードに対応した復元力特性，各部変形割合の特徴を良好に追跡できることを示した。しかし，接合部破壊した試験体では耐力を過大に評価する傾向があること，全体の復元力ループの形状を大きく評価する傾向があることが確かめられた。また，提案モデルの改善，特徴の検討のために接合部パネルのコンクリート圧縮強度，接合部パネル内主筋の付着強度を低減した解析モデルを用いた解析例を示した。その結果，これらの強度低減を考慮した解析モデルでは，接合部破壊した試験

体の耐力や全体の復元力ループの形状等に関して、提案モデルより実現象と近い挙動を示すことが確かめられた。

第 6 章では、提案した柱梁接合部マクロエレメントを用いて、過去に実験されたト型柱梁接合部試験体の解析を行い、提案モデルの検討を行った。

定着破壊が生じずに接合部破壊した試験体、梁曲げ降伏後接合部破壊した試験体を対象として、具体的なモデル化の方法について示すとともに、実験を模擬した弾塑性解析例を示した。提案モデルを用いた解析により、各破壊モードに対応した復元力特性、各部変形割合の特徴を良好に追跡できることを示した。しかし、第 5 章の十字型柱梁接合部の場合と同様に、接合部破壊した試験体では耐力を過大に評価する傾向があることが確かめられた。そこで、同様に、接合部パネルのコンクリート圧縮強度、接合部パネル内主筋の付着強度を低減した解析モデルを用いた検討を行った。その結果、十字型接合部の場合と同様に、接合部破壊した試験体の耐力や全体の復元力ループの形状等に関して、提案モデルより実現象と近い挙動を示すことが確かめられた。

第 7 章では、提案した柱梁接合部マクロエレメントを用いて、過去に実験された L 型柱梁接合部試験体の解析を行い、提案モデルの検討を行った。

定着破壊が生じずに梁曲げ降伏後接合部破壊した試験体、梁曲げ降伏した試験体を対象として、具体的なモデル化の方法について示すとともに、実験を模擬した弾塑性解析例を示した。提案モデルを用いた解析により、各試験体の耐力は良好な結果が得られたが、急激な耐力低下をはじめ、ループ形状については追跡できなかった。第 5 章と同様に、接合部パネルのコンクリート圧縮強度、接合部パネル内主筋の付着強度を低減した解析モデルを用いた検討も行ったが、これらの現象は追跡することができず、更なる検討が必要であると判断した。

第 8 章では本論のまとめを述べた。