

論文名

繊維化塑性関節法の汎用性の向上と実用化に関する研究

氏名

生産科学研究科 林田 幸浩

論文内容の要旨

本論文は、著者が所属する研究室で開発を進めてきた、鋼骨組の三次元崩壊解析のための汎用はり要素モデルである繊維化塑性関節モデルをベースとして、有限要素法になじみの薄い中小の設計事務所でも利用可能な、三次元耐震性能評価ソフトウェアシステムを構築するための研究の一環として、一軸非対称(溝形)および二軸非対称(不等辺山形)の断面を有する鋼部材の弾塑性挙動解析への本要素モデルの拡張と、それら非対称断面および H 形断面部材における弾塑性解析性能の検証、さらに平面骨組構造解析に使用した場合の本要素モデルの信頼性を検証する研究を行い、その結果をまとめたものである。

本論文は、以下のような構成となっている。

第 1 章では、既往の非対称断面(溝形および山形)や H 形鋼の力学的挙動に関する研究、および平面骨組解析手法についての研究について調査した結果と、本研究の目的および概要について述べる。

第 2 章では、本要素モデルの基礎理論について述べる。繊維化塑性関節モデルは、骨組の非線形問題において骨組全体の荷重～変位関係を釣合い経路に引き戻す機能を有する **modified incremental stiffness method** と、回転行列を用いて剛体回転を完全に除去する **updated Lagrangian formulation**、要素端断面に関する塑性変形増分評価のための数値積分を組み合わせて定式化している。

第 3 章では、本要素モデルを一軸非対称の溝形断面および二軸非対称の山形断面へ拡張するとともに、これら 2 種類の非対称断面に H 形断面を加えた計 3 種類の断面部材で偏心軸力を受ける一端固定一端ピン柱の弾塑性座屈実験を、さらに山形鋼については片持ち柱の繰返し弾塑性曲げ実験を行ない、対応する弾塑性挙動解析の結果から、本モデルの解析精度を検証する。

一般に非対称断面部材は、断面主軸が骨組の構面と一致しないため弾性域であっても変形が構面外に生じ、塑性的挙動を断面力を引数とする降伏曲面と塑性流れ則で得ようとするれば、軸力の正負や曲げの方向などに応じてそれぞれ異なる降伏曲面を近似関数表示する必要がある。このため、取扱いが煩雑になる可能性があり、従来の解析手法では解くことが難しいと思われる。一方、本要素モデルでは第 2 章で述べる特徴からこのような非対称断面に関しても問題なく取り扱えると考えられるが、実際の構造解析において有効な精度

を有するか否かについては未だ確認されておらず，検証する必要がある．

実際の構造物において，例えば部材の接合部をボルト接合とする場合，その荷重形態は部材断面上に載荷点が生じる偏心軸力となる．本モデルを実務設計で使用することを考えた場合，このような荷重形態の骨組に対しても，十分な精度を有するか否か検証する必要がある．

なお，H形鋼部材に対する本モデルの信頼性は，修行らのこれまでの研究により，H形鋼を含む立体ラーメン構造解析の精度，そして水平力とねじりを受けるH形鋼柱の弾塑性挙動解析の精度の検証を通して確認されてきた．しかし，軸部材としてH形鋼部材を用いた際の弾塑性座屈挙動に対する信頼性の検証は未だ行われていないため，本章での研究対象に加えた．

第4章では，平面骨組構造解析における本解析法の精度の検証に関する研究について述べる．日本を含め多くの国において構造物の耐震性能を評価する場合，平面骨組として構造解析とすることが一般的であり，本解析モデルが耐震診断の汎用的なツールとなるためには，三次元骨組構造解析だけではなく，現在主流の平面骨組構造解析においても十分な精度を有している必要がある．本章では，構造物を平面骨組として扱った海外の著名な解析例を用い，既存の精度の高い解析法による解析結果と，本解析モデルによる同じ骨組の解析結果を比較し，平面骨組構造解析における本モデルの妥当性を検証する．

第5章は，本論文の総括とし，研究から得られた知見をまとめた．

なお，著者は上記の研究と並行して，本解析法をパーソナルコンピュータ上でより扱いやすくするためのインタフェース・ソフトウェアを開発し，研究室のWebページ上に公開してきたが，その内容の紹介とマニュアルを付録として添付した．