

八角形断面柱の局部座屈を考慮した復元力モデルの提案

五洋建設（株）○正会員 村上秀樹 大分工業高校 正会員 足立正和
熊本大学 正会員 崎元達郎 熊本大学 正会員 渡辺 浩

1. はじめに

近年、耐風性や美観に優れているということで多角形断面鋼柱が使用され始めているが、多角形断面鋼柱の終局挙動を扱った研究は少なく¹⁾、設計の基準も充分には整備されていない。大規模な鋼構造物に多角形断面を用いるには、その終局挙動の解明や耐震性の解析法開発などの基礎的資料が蓄積されねばならない。

本研究では実用例の多い補剛正八角形断面鋼柱について局部座屈を考慮できる FEM 解析を行い、その終局挙動の解明を試み、更に解析結果を基に等価な応力-ひずみ関係を定式化した²⁾。この応力-ひずみ関係をファイバー要素を用いた骨組解析プログラムに導入すれば、より簡易な解析手法の確立が可能となる。

2. 汎用プログラム MARC による FEM 解析

図-1 に示すような一辺長 B 、高さ a ($=B$)、一辺のワグ 2 本の補剛正八角形断面短柱を解析モデルとして、汎用 FEM プログラム MARC で純圧縮および圧縮-引張の繰り返し载荷を行う解析を行った。要素分割数は精度を確保するため板幅、高さとも 18 分割とした。MARC 解析上の設定として、材料は弾塑性かつ等方性とし、Von Mises の降伏条件、大変形・アップデート ラグランジェ法・有限塑性ひずみ条件、移動硬化則を用いた。鋼材は SM490Y を想定し、真応力-真ひずみ関係は multi linear タイプを用いた。支持条件は橋脚基部を想定するために両端において、板曲げに対する回転を固定とした。多角形断面部材の製作について

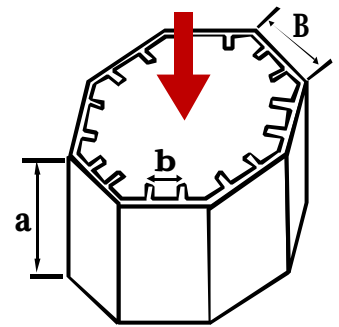


図-1 解析モデル

では、図-2 (a) に示す曲げ加工した板 2 枚を補剛板の中間で溶接する手法が主流であることから、初期不整として残留応力を図-2 (b) のような応力度分布で与えた。初期たわみは、既往の研究¹⁾を参考に $\delta_1/B=1.5 \times 10^{-5}$ (B/t) で求まる δ_1 を最大値とする補剛板全体で正弦半波のたわみと $\delta_2/b=1.0 \times 10^{-4}$ (b/t) で求まる δ_2 を最大値とする補剛材間板

パネルで正弦半波のたわみを重ね合わせる形で図-3 のように断面方向に与え、高さ方向には正弦半波の形で与えた。

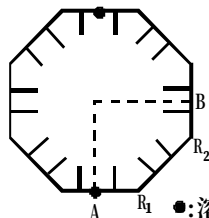
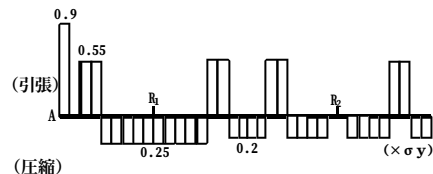


図-2 中間溶接断面 (a)



残留応力度分布 (b)

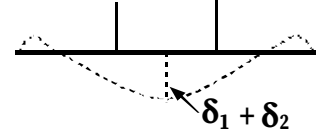


図-3 初期たわみ波形

3. 解析パラメータ

薄肉鋼構造補剛部材の強度を支配するパラメータの内、補剛材の幅厚比パラメータ: R_s を 0.48 で一定とし、補剛材間板パネルの幅厚比パラメータ: R_r を 0.33~1.01、補剛材剛比: γ/γ^* を 0.6~3.0 に変化させて、15 種類のモデルに対して解析を行った。寸法として一辺長: B =高さ: a =180cm、補剛材間板パネル長: b =60cm で一定とし、補剛板板厚: t 、補剛材板厚: t_s 、補剛材高さ: h を調整する方法で各パラメータを変動させた。解析結果の整理においてはそれらを統一的に考慮可能な図-4 の T 型断面より算出される補剛材細長比パラメータ³⁾ I^* を唯一の変動パラメータとした。

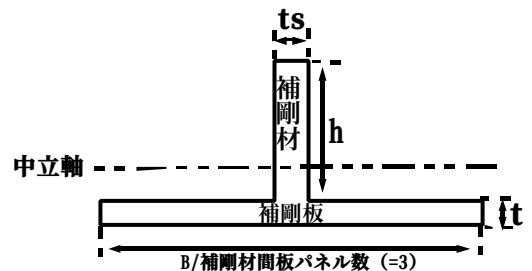


図-4 T 型断面

キーワード：八角形断面柱、局部座屈、等価な応力-ひずみ関係、復元力モデル

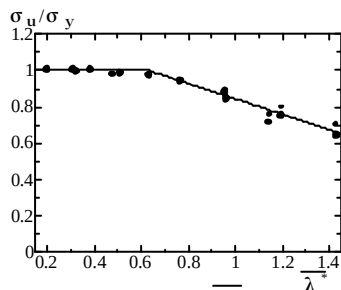
連絡先：〒860-0862 熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学 工学部 環境システム工学科

4. 平均応力－平均ひずみ図（圧縮を正とする）

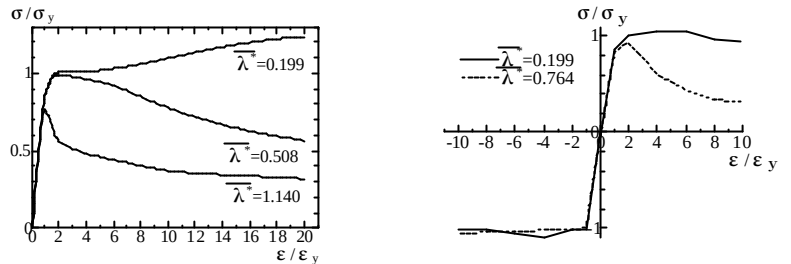
図－5（a）に単調荷重の場合の解析結果を、図－5（b）に繰返し荷重の場合の解析結果の包絡線を示す。これらの図では荷重面の全反力を断面積で除して求まる平均応力を縦軸に、局部座屈の考慮を含む両端面間の相対変位を元の部材高さで除して求まる平均ひずみを横軸にとり、各々降伏値で無次元化している。これらの結果より以下のことが分かる。まず単調荷重の場合は① $\bar{I}^*$ が小さいほど最大平均応力が大きい② $\bar{I}^*$ が極端に小さい 0.199 の時はひずみ硬化による強度上昇がある。③ $\bar{I}^*$ が大きいほど局部座屈が発生しやすく強度低下が急激である。繰返し荷重の場合は $\bar{I}^*$ が小さい時繰返しにより順次更新されて行く圧縮応力の最大値がピーク時の応力とあまり変わらないが、 $\bar{I}^*$ が大きい時は繰返しにつれ徐々に低下している。

5. 局部座屈を考慮した応力－ひずみ関係の定式化

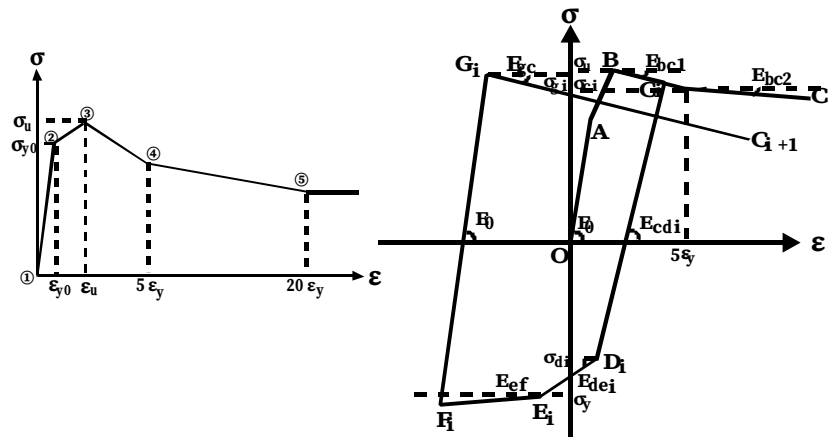
定式化にあたっては上記の性状を考慮して図－6 に示す各点を直線で結ぶ方法で単調荷重、繰返し荷重それぞれについて行った。各点は、解析結果を補剛材細長比パラメータ $\bar{I}^*$ に対しプロットしたものから、誤差の二乗を最小とする回帰式として求めた。一例として単調荷重における最大平均応力度 σ_u （点③の応力度）のプロット図と回帰式を図－8 と式（1）に示す。（他の点に対する式は、紙面の都合で省略する。²⁾）



図－7 σ_u と $\bar{I}^*$ の関係



図－5 FEM 解析結果 単調荷重（左）繰返し荷重の包絡線（右）



図－6 折線による近似 単調荷重（左）繰返し荷重（右）

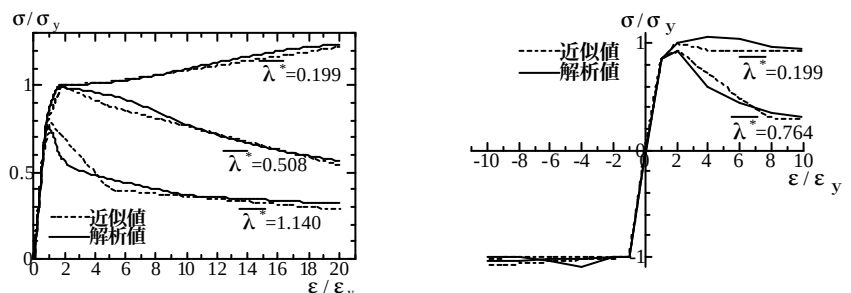
$$\begin{aligned} \sigma_u / \sigma_y &= 1.0 & (\bar{I}^* \leq 0.633) \\ \sigma_u / \sigma_y &= -0.425 (\bar{I}^*) + 1.269 & (0.633 < \bar{I}^* \leq 1.427) \end{aligned} \quad \text{--- (1)}$$

6. 定式化した近似値と解析値の比較

定式化した局部座屈を考慮した応力－ひずみ関係（近似値）の精度検討のために、解析値との比較を図－9 に示す。単調、繰返し荷重ともに精度良く一致しており、この関係をファイバー要素を用いた骨組解析に導入することにより、pushover 解析、繰返し解析、動的解析等が可能となる。

参考文献

- 1) 右田泰弘：多角形断面鋼柱の局部座屈と連成座屈に関する基礎的研究 大阪大学学位論文 1994 年
- 2) 村上秀樹：八角形断面柱の局部座屈を考慮した復元力モデルの提案 熊本大学修士論文 2000 年 2 月 20 日
- 3) 奈良敬：縦補剛材で補剛された連続圧縮板の極限強度の評価法 造工学論文集 Vol.38A 1992 年



図－8 近似値と解析値の比較 単調荷重（左）繰返し荷重（右）