

九州大学 学生員 ○丸山義一
九州大学 正会員 彦坂 熙
九州大学 学生員 Mian Amar Mahmood

1. 緒言

著者らは先に、任意の多角形状薄肉閉断面をもつ部材が任意荷重を受ける場合の、断面形状の変化を考慮した有限変位理論¹⁾を提示し、その有効性について検討してきた²⁾。本報はこの理論を鋼I形断面部材の非弾性安定解析に適用し、局部座屈と全体座屈の連成問題を棒理論の拡張により1次元的に解析するものである。本理論はフランジの局部座屈に伴うウェブの曲げ変形のみならず、ウェブ自身の局部座屈をも考慮できるため、フランジおよびウェブの局部座屈と全体座屈の連成問題が、FEMやFSMに比べ極めて少ない自由度で解析可能となる。

2. 2軸対称I形断面部材の非弾性安定解析

(1) 中心軸圧縮力を受けるH形断面柱の座屈

図-1のような長さL、両端ピン支持の2軸対称H形断面柱が中心軸圧縮力Pを受けるとき、x軸方向の全体曲げ座屈とx軸に關し対称な断面変形を生ずる局部座屈との連成問題を解析する。残留応力は図-2のような圧延による分布を考慮する。

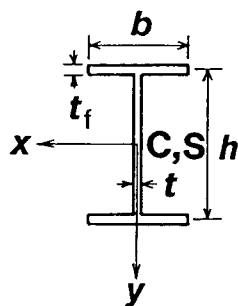


図-1 断面諸元

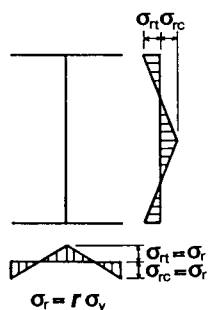


図-2 残留応力分布

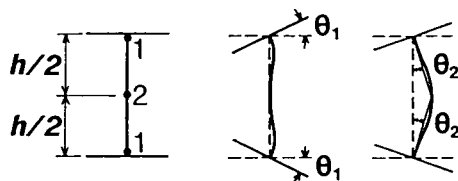


図-3 H形断面柱の断面変形の節点と基本モード

また、本解析では断面形状の変化を考慮するため、図-3のような断面変形の節点と基本モードを設定する。ここでは、対称性により断面変形の自由度は2である。このとき、図中の1番節点(片側T形断面のせん断中心)のx軸方向変位 u_s と断面変形角 θ_1, θ_2 に関する支配方程式は次式で得られる。

$$EI_y u_s'''' + P u_s'' - EH_{2y} \theta_2'''' + M_{x2}^{(0)} \theta_2'' = 0 \quad (1a)$$

$$2\{EI_\omega'(\theta_1 + \theta_2)'''' - (GJ' + K_{11}^{(0)}/2)(\theta_1 + \theta_2)''\} + f_{11}\theta_1 + f_{12}\theta_2 = 0 \quad (1b)$$

$$-EH_{2y} u_s'''' + M_{x2}^{(0)} u_s'' + 2\{EI_\omega' \theta_1'''' - (GJ' + K_{11}^{(0)}/2)\theta_1''\} \\ + 2\{EI_\omega' \theta_2'''' - (GJ' + K_{22}^{(0)}/2)\theta_2''\} + f_{12}\theta_1 + f_{11}\theta_2 = 0 \quad (1c)$$

但し、肩字f, Tはそれぞれフランジ1枚および片側T形断面に関する断面定数を表している。

本研究では接線係数理論に基づいて非弾性解析を行い、式(1)をスパン長Lについて解けば、H形断面柱に関する非弾性座屈曲線を描くことができる。

本解析値(自由度3)の精度を検証するために、図-4, 5においてFSM³⁾による結果(断面Aは自由

度16、断面Bは自由度20）との比較を行った。全体曲げ座屈に関しては非常によく一致するので、ここでは局部座屈の極小値を縦軸にとり、横軸はフランジ幅と板厚の比 b/t に関するパラメータ λ である。また、フランジ幅とウェブ高の比 b/h に関しては断面Aは1.0、断面Bは0.5であり、残留応力は $r = \sigma_r / \sigma_y = 0.3$ （図-4）および0.5（図-5）の2つの場合について考慮している。まず、FSMの解析結果において、破線はフランジの横断面内の曲げ変形を考慮しているのに対し、1点鎖線は無視しておりフランジの曲げ剛性を過大評価している。この両曲線の差異は残留応力および非弾性域が大きい場合に著しく、また、ウェブの局部座屈（断面B）よりもフランジの局部座屈（断面A）の場合に大きい。これに対し、本解析値はフランジの横断面内曲げ変形を無視し、かつ接線係数理論に基いているため、1点鎖線よりやや低めの値をとるべきであるが、ウェブの局部座屈に関しては非弾性域において破線よりも低い値となっている。これは、本理論が棒理論としての一貫性を守り、ウェブの面外曲げ剛性に対してポアソン比を考慮せず過小評価しているためである。

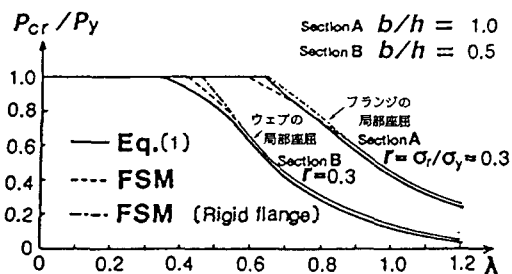


図-4 H形断面柱の局部座屈強度曲線（1）

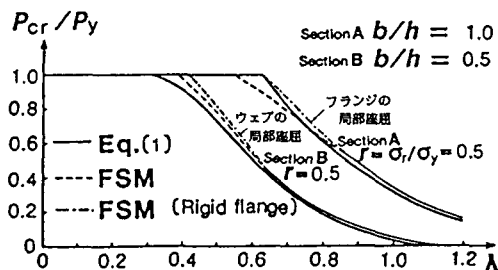


図-5 H形断面柱の局部座屈強度曲線（2）

（2）等曲げを受けるI形断面ばりの座屈

図-1のような長さ L 、両端単純支持の2軸対称I形断面ばりが強軸まわりの等曲げ荷重 M を受けるとき、全体横倒れ座屈と局部座屈との連成問題を解析する。図-2のような残留応力を考慮し、断面変形の節点と基本モードは図-6に示している。ここでは、断面変形の自由度は4であり、解析の総自由度は6である。

図-7は、 $r = 0.3$ の残留応力を考慮し、フランジ幅とウェブ高の比 b/h を変化させたときの弾塑性座屈モーメントとスパン長との関係を示したものである。図中、スパン長 L の短い領域に存在するのは下に凸のフランジの局部座屈曲線である。

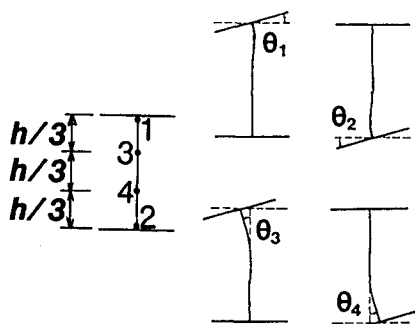


図-6 I形断面ばりの断面変形の節点と基本モード

《参考文献》

- （1）彦坂，高海，丸山：薄肉開断面部材の断面変形を考慮した有限変位理論と弾性安定問題への応用，構造工学論文集，Vol.32A，1986-3．（2）丸山，彦坂：断面変形を考慮したI形断面部材の弾性安定解析，土木学会第41回年次学術講演会，1-80，1986-11．（3）吉田：H形鋼柱の局部座屈と曲げ座屈の連成座屈強度，土木学会論文報告集，Vol.243，1975-11．

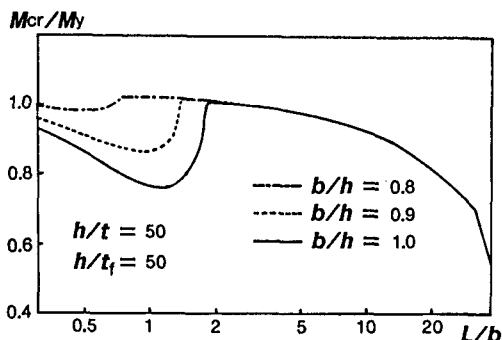


図-7 I形断面ばりの弾塑性横座屈曲線