

降伏線理論による H 形鋼の局部座屈に着目した SRC 柱の変形性能評価

東北大学大学院 正会員 ○内藤 英樹
 東北大学大学院 正会員 秋山 充良

東北大学大学院 学生会員 白濱 永才
 オリエンタル建設(株) 正会員 高田 真人
 東北大学大学院 フェロー 鈴木 基行

1. はじめに

著者ら¹⁾は、復旧性の観点から、かぶりコンクリートの剥落に着目した SRC 柱の変形性能評価法を提示してきた。一方で、SRC 柱では、かぶりコンクリートの剥落後においても、H 形鋼が曲げ耐力を有することで優れた塑性変形能が期待できる点に構造上の利点を有する。このため、合理的な SRC 構造物の耐震設計を行うためには、別途、かぶりコンクリートの剥落以降の部材損傷に着目した SRC 部材の変形性能評価法を提示する必要がある。

著者ら²⁾は、H 形鋼の局部座屈に着目した SRC 柱の靱性能評価法を構築するため、FEM 解析による SRC 柱における H 形鋼(以下、SRC 鉄骨)の座屈解析を行い、実験結果との比較により解析手法の妥当性を検討した。そこで、本研究では、降伏線理論を用いた SRC 鉄骨の局部座屈発生時変位の算定手法を提示し、FEM 解析の結果と比較することで提案手法の妥当性を検討する。

2. 降伏線理論による座屈抵抗係数

SRC 構造では、コアコンクリートがウェブの面外変形とフランジの内側への変形を拘束することで裸鉄骨とは異なる座屈形状となり、その結果、座屈抵抗性が向上する²⁾。そこで、FEM 解析から得られた裸鉄骨と SRC 鉄骨の座屈形状に着目した図-1 のモデル化に対して、降伏線理論³⁾を適用することで、裸鉄骨と SRC 鉄骨のフランジの局部座屈発生時ひずみが次式で表される。

$$\varepsilon_0 = K_0 (t_f/b)^2 \quad (1)$$

$$\varepsilon_{SRC} = K_{SRC} (t_f/b)^2 \quad (2)$$

ここで、 ε_0 は裸鉄骨の座屈発生時ひずみ、 ε_{SRC} は SRC 鉄骨の座屈発生時ひずみ、 t_f はフランジ厚さ、 b は H 形鋼の幅 B の半分の値、

K_0 および K_{SRC} は降伏線理論³⁾から得られる座屈抵抗係数である。図-1 の降伏線を定める際に必要となる座屈区間の設定は、裸鉄骨では断面幅 B を仮定し³⁾、SRC 鉄骨ではかぶりコンクリートの剥落区間とした²⁾。

ただし、SRC 鉄骨において、かぶりコンクリートの剥落区間が断面幅 B を上回る場合には、断面幅 B を座屈区間とした。

3. 軸力と曲げを受ける SRC 鉄骨の靱性能評価法

(1) 単調軸荷を受ける場合

加藤ら⁴⁾は、既往の H 形鋼の軸荷実験の結果を重回帰分析することで、単調軸荷を受ける裸鉄骨の局部座屈発生時変位 δ_{u0} を式(3)で評価している。

$$\delta_{u0} = \frac{h(s-1)}{2(s-1)^2(1-\rho)} [50(s-1)(1+2s-3\rho) + 37.23(1+s-2\rho)] \quad (3)$$

ここで、 h はせん断スパン、 s はフランジの局部座屈発生時応力を降伏応力 σ_y で除した応力上昇率、 ρ は作用軸力 P と H 形鋼の断面積 A_s および σ_y を用いて $P/A_s\sigma_y$ で定義される軸力比である。

式(3)の δ_{u0} は裸鉄骨の塑性化区間での変形 δ_{p0} と弾性変形 δ_{y0} の和で表される。ここで、SRC 鉄骨の塑性化

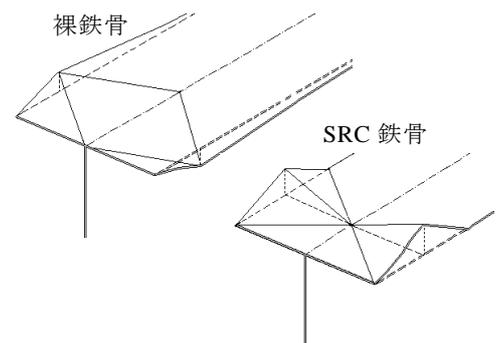


図-1 降伏線によるモデル化

Key Words : SRC 柱, H 形鋼の局部座屈, 降伏線理論, 靱性能評価

連絡先 : 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL : 022(795)7449 FAX : 022(795)7448

区間での変形を，式(1),(2)の座屈抵抗係数の比を用いて $K_{SRC}/K_0 \cdot \delta_{p0}$ として与えることで，単調荷重を受ける SRC 鉄骨の座屈発生時変位 $\delta_{u,mon}$ は次式で算定される．

$$\delta_{u,mon} = (K_{SRC}/K_0 - 1)\delta_{y0} + K_{SRC}/K_0 \cdot \delta_{u0} \quad (4)$$

(2) 正負交番荷重を受ける場合

式(4)の $\delta_{u,mon}$ に対して，交番荷重の影響を考慮することで，正負交番荷重を受ける SRC 鉄骨の座屈発生時変位 $\delta_{u,cyc}$ を算定する．単調荷重と交番荷重を受ける H 形鋼の座屈発生時のひずみ分布を図-2 に示す．著者ら¹⁾は，正負交番荷重を受ける RC および SRC 柱の軸方向鉄筋の座屈発生点に着目した解析において，図-2 の $\Delta\varepsilon_{buc} = \varepsilon_{mon} = \varepsilon_{cyc} + \varepsilon_t$ を仮定することで，繰返し曲げを受ける RC および SRC 断面での軸方向鉄筋の座屈発生時ひずみを算定した．そこで，上記のひずみ分布の関係を SRC 鉄骨にも適用することで，正負交番荷重を受ける場合の $\delta_{u,cyc}$ は次式で算定される．

$$\delta_{u,cyc} = (\alpha_{cyc} K_{SRC}/K_0 - 1)\delta_{y0} + \alpha_{cyc} K_{SRC}/K_0 \cdot \delta_{u0} \quad (5)$$

$$\alpha_{cyc} = \frac{P}{2\sigma_y t_w (H - 2t_f)} + 0.5 \quad (6)$$

ここで， t_w はウェブ厚さ， t_f はフランジ厚さ， H は H 形鋼の断面高さである． α_{cyc} は H 形鋼を完全弾塑性とした軸力の釣合い計算により得られる中立軸位置を考慮した係数である．

4. 提案手法の妥当性の検討

SRC 鉄骨の座屈発生点が明記された実験報告は極めて少ない．そこで，著者ら²⁾の FEM 解析による正負交番荷重を受ける SRC 鉄骨の座屈発生点と式(5)の $\delta_{u,cyc}$ を比較することで，提案手法の妥当性を検討する．著者ら¹⁾の No.4S 供試体および村田ら⁵⁾の D1 供試体で用いられる H 形鋼に対して，フランジ幅厚比 b/t_f を 6～15，軸力比 ρ を 0～0.2 の範囲で変化させた 38 体の SRC 鉄骨について，FEM 解析と式(5)から得られる結果を図-3 に示す．なお，式(2)を算定する際には，幅厚比や軸力比に関わらず，かぶりコンクリートの剥落区間を参考文献 2)と同様に仮定した．図-3 に示す FEM 解析と提案手法の比は，平均値が 0.96，変動係数が 18% となった．これらの比較では，幅厚比が小さい場合に提案手法が座屈発生時変位を過大評価する傾向が見られたが，提案手法は，簡便な計算のみを用いて FEM 解析の結果を概ね再現することができた．

5. まとめ

本研究では，H 形鋼の座屈発生点に着目した SRC 柱の靱性能評価法として，降伏線理論を用いた H 形鋼の局部座屈発生時変位の算定手法を提示した．提案手法は，簡便な計算により，SRC 構造における H 形鋼の座屈抵抗性の向上効果を考慮した FEM 解析と同様の座屈発生時変位が得られた．

参考文献

- 1) 内藤英樹，秋山充良，高田真人，清水真介，洪起男，鈴木基行：正負交番荷重を受ける SRC 柱の塑性曲率分布のモデル化および軸方向鉄筋の座屈に着目した靱性能評価，構造工学論文集，Vol.51A，pp.1415-1424，2005．
- 2) 白濱永才，内藤英樹，秋山充良，高田真人，鈴木基行：3次元 FEM による SRC 柱の H 形鋼局部座屈解析，土木学会第 60 回年次学術講演会，2005.(投稿中)
- 3) 加藤勉ほか：板要素の変形能力について，日本建築学会論文報告集，No.147，pp.19-25，1968．
- 4) 加藤勉ほか：局部座屈に支配される H 形断面鋼部材の耐力と変形能力，日本建築学会構造系論文集，No.458，pp.127-136，1994．
- 5) 村田清満ほか：鉄骨鉄筋コンクリート柱の変形性能の定量評価に関する研究，土木学会論文集，No.619/I-47，pp.235-251，1999．

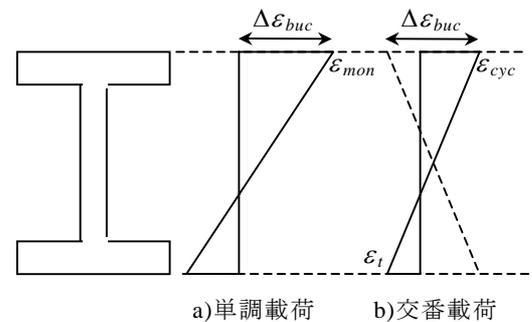


図-2 H 形鋼のひずみ分布

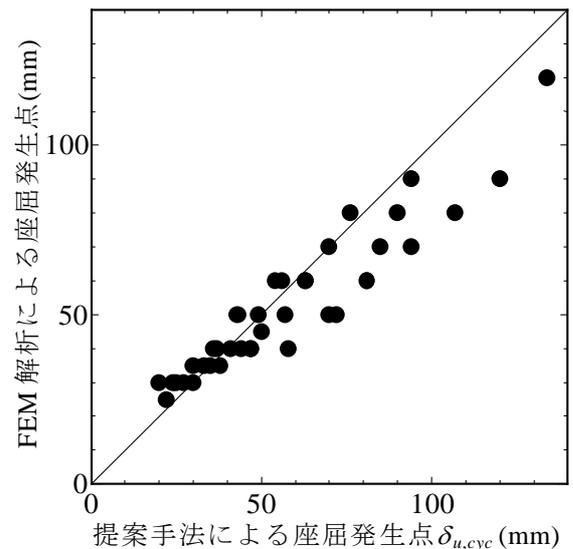


図-3 提案手法の妥当性の検討