

V-66

3次元FEMモデルによるSRC柱に生じるH形鋼の局部座屈解析

東北大学 学生会員 ○白濱 永才
東北大学大学院 正会員 秋山 充良

東北大学大学院 正会員 内藤 英樹
オリエンタル建設㈱ 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

兵庫県南部地震以降、鉄骨鉄筋コンクリート(以下、SRC)構造やコンクリート充填鋼管など、合成構造の優れた靱性能が着目されており、これらの土木構造物への適用例が増加している。特に、合成構造では、コンクリートの拘束により鉄骨の局部座屈性状が変化し、座屈抵抗性が大きく向上することから、高い靱性能とエネルギー吸収能を有する¹⁾。

一方で、著者ら²⁾が行ったSRC柱の正負交番載荷実験では、かぶりコンクリートの剥落や軸方向鉄筋の座屈後も優れた靱性能を有するが、H形鋼の局部座屈後に鋼材が破断することで、脆性的に耐力を失った。そこで、FEM解析により、SRC柱の正負交番載荷実験において生じたH形鋼の局部座屈性状の再現を試みた。また、裸鉄骨とSRC構造におけるH形鋼の座屈解析の結果を比較することで、SRC構造で生じるH形鋼の局部座屈性状と座屈抵抗性の向上効果を検討する。

2. 解析モデル

著者らが行った正負交番載荷実験²⁾の諸元を表-1に示し、4体のSRC柱(断面寸法500×500mm、せん断スパン1500mm、軸力なし)を対象に、汎用有限要素解析プログラムMARCを用いたH形鋼の座屈解析を行った。図-1に示すように、フーチング面から上部のH形鋼を4節点シェル要素によりモデル化する。H形鋼の基部は下端固定とし、鋼材の応力-ひずみ曲線は完全弾塑性を仮定した。SRC構造におけるコンクリートの効果は、図-1に示すようにH形鋼を拘束することで考慮する。

図-1の①に示す圧縮トラス要素による柱基部のモデル化は、柱基部のかぶり剥落区間において、H形鋼のフランジ外側のコンクリートによる座屈抑制効果を見逃している。No.4Sの実験結果から、H形鋼フランジ外側のコンクリートの剥落が局部座屈よりも先行することを確認したため、柱基部のかぶり剥落区間に圧縮トラス要素を配置した図-1のモデル化は妥当であると考えられる。

3. 解析結果

3.1 実験結果との比較

No.1S~No.4SのH形鋼の座屈解析結果を、実験結果と併せて表-2に示す。座屈解析から得られる天端変位は、柱基部に設置した変位計により計測される、かぶりコン

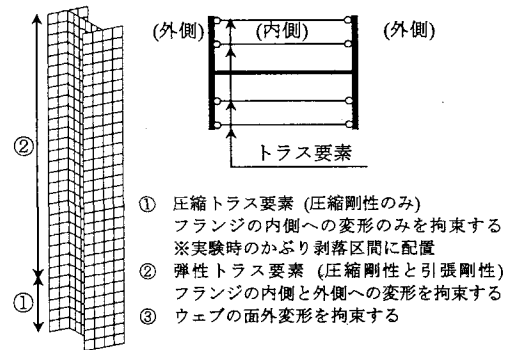


図-1 H形鋼の座屈解析モデル

表-1 供試体諸元

供試体 番号	H形鋼		軸方向鉄筋		帯鉄筋		鉄骨 鉄筋比 ^(注)	曲げ せん断 耐力比
	$H_s \times B_s \times t_w \times t_f$ (mm)	フランジ 幅厚比	径・本数	鉄筋比 (%)	径・間隔 (mm)	体積比 (%)		
No.1S	300×200×10×15	6.7	D16×10	0.79	D10@100	0.66	4.4	2.1
No.2S	300×80×10×15	2.7	D25×8	1.62	D10@100	0.66	1.3	2.0
No.3S	300×250×10×15	8.3	D13×8	0.41	D10@100	0.66	10.1	2.0
No.4S	300×250×10×15	8.3	D13×8	0.41	D6@300	0.10	10.1	1.6

(注) 鉄骨鉄筋比: (H形鋼の総断面積)/(軸方向鉄筋の総断面積)

表-2 H形鋼の座屈解析結果

供試体 番号	解析結果			実験結果			
	塑性化区間 (mm)	座屈区間 (mm)	天端変位 ^{注)} (mm)	塑性化区間 (mm)	かぶり剥落 区間(mm)	座屈区間 (mm)	天端変位 (mm)
No.1S	300	200	104.1 (14.1)	250	300	200	143
No.2S	300	—	—	250	500	—	—
No.3S	300	200	93.8 (23.8)	350	200	100	123
No.4S	300	200	93.8 (23.8)	350	200	200	106

注) 括弧内はフーチングからの鋼材の伸び出しの影響 (かぶり剥落時の鉛直変位計による計測値)

No.3S では、変位計の値に大きな誤差が含まれたことから、No.4S の実験結果を用いた。

クリート剥落時の回転変位を付加することで、フーチングからの鋼材の伸び出しの影響を考慮した³⁾。これらの影響を考慮した結果から、解析結果は天端変位を過小評価する傾向が見られるが、実験時におけるH形鋼の局部座屈性状を概ね再現できた。

3.2 座屈性状の検討

フランジ幅厚比が最も大きいNo.4SのH形鋼について、SRC構造と裸鉄骨の解析結果を比較する。解析から得られる荷重-変位関係を図-2に示し、H形鋼の変形図を図-3に示す。裸鉄骨では、フランジ-ウェブ接合部を支点として、フランジの端部が内側と外側に変形するのに対し、SRC構造では、フランジの端部がいずれも外側に変形する座屈性状へと変化する。また、図-3から、両者の座屈区間は200～250mmと同程度である。このことから、SRC構造では、コンクリートがフランジの内側への変形を拘束することで、図-2の荷重-変位関係に示すように、裸鉄骨の座屈発生点に対して、SRC構造では、H形鋼の座屈抵抗性が大きく向上しており、優れた靱性能とエネルギー吸収能が得られる結果となった。

4. まとめ

本解析により、1)H形鋼の局部座屈が生じる大変形域では、H形鋼のフランジ外側のコンクリートは大きく損傷していることから、座屈抑制効果は無視できること、2)コンクリートがH形鋼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性状となり、座屈抵抗性が大きく向上すること、を示した。今後は、H形鋼の局部座屈に着目した簡便な計算による靱性能評価法を提示するとともに、SRC構造に使用される鉄骨と鉄筋の割合に応じた終局点の設定方法についても検討する必要がある。

参考文献

- 1) 鈴木敏郎, 元結正次郎, 内山政彦: 一定軸力下において繰返し曲げを受ける鉄骨コンクリート部材の履歴特性および塑性変形能に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, No.490, pp.207-214, 1996.
- 2) 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, 2005.(印刷中)
- 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造, 1998.

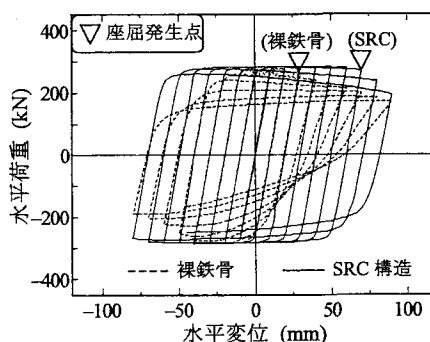


図-2 SRC構造による座屈抵抗性の向上

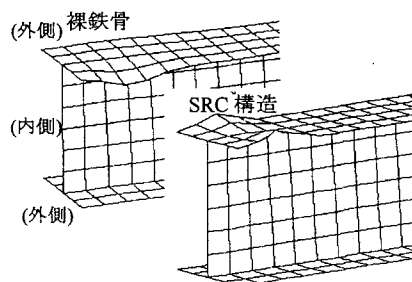


図-3 H形鋼の局部座屈性状