

V-65 正負交番荷重を受ける SRC 柱の復元力特性に関する解析的研究

東北大学大学院 学生会員 ○佐藤 慎治 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 フェロー 鈴木 基行

1. はじめに

正負交番荷重を受ける充腹形の鉄骨鉄筋コンクリート（以下、SRC）柱では、かぶりコンクリートの剥落（以下、かぶり剥落）後も、H 形鋼による曲げ耐力を有しており、優れた靱性能とエネルギー吸収能を示す¹⁾²⁾。著者ら²⁾は、修復性の観点から、かぶり剥落に着目した SRC 柱の靱性能評価法を提示してきたが、ラーメン橋脚などでは、特定部位に配置した SRC 部材の損傷を許容し、かぶり剥落後の優れた塑性変形能により地震エネルギーを吸収させることが合理的である。このような構造物の耐震安全性照査では、動的解析を行う際に、SRC 部材におけるかぶり剥落後の復元力特性を精度良く評価する必要がある。

著者ら³⁾は、SRC 断面に配置される鉄骨量の増加に伴い復元力特性が連続的に変化することに着目し、鉄骨量をパラメータとした簡便な履歴則による SRC 断面のモーメント-曲率関係（以下、SRC 履歴則）を提示した。そこで、SRC 履歴則を用いた正負交番荷重実験²⁾の再現解析を行うことで、解析手法の妥当性を検討する。

2. 解析概要

2.1 解析対象

鉄骨鉄筋比が異なる 2 体の SRC 柱を対象として、正負交番荷重実験²⁾の再現解析を行う。供試体概略図および供試体諸元を図-1 および表-1 に示す。これらの正負交番荷重実験では、軸力は載荷していない。

2.2 SRC 柱の復元力モデル

柱部分を 2 次元はり要素でモデル化し、柱基部に設けた塑性ヒンジ区間でのモーメント-曲率関係に SRC 履歴則³⁾を適用することで、柱の躯体変形 δ_0 を評価した。この SRC 履歴則は骨格曲線を完全弾塑性とする Menegotto-Pint モデルから回帰計算することで、弾性域と塑性域の軸方向鉄筋と鉄骨の剛性を評価している。また、著者ら²⁾は、正負交番荷重を受ける SRC 柱において、かぶり剥落が生じる際の断面曲率の算定手法を提示している。そこで、参考文献 2)を用いて算定されるかぶり剥落時曲率以降では、H 形鋼フランジの外側のコンクリートと軸方向鉄筋を無視することで、かぶり剥落後の復元力特性を評価する。なお、柱基部に設けた塑性ヒンジ区間は、SRC 柱の実験時に測定された軸方向鉄筋の塑性化区間と対応するように、参考文献 2)を用いて算定した。これらの手法を用いることで復元力特性を評価する。

2.3 鋼材の伸び出しによる回転変位のモデル化

正負交番荷重実験との比較を行う際には、フーチングからの鋼材の伸び出しの影響を考慮する必要がある。図-2 より、かぶり剥落点までの交番荷重においては、柱の全体変位 δ と鋼材の伸び出しによる回転変位 δ_{pull} は概ね線形関係が確認された。そこで、かぶり剥落点までの載荷では、実験結果の回帰により得られる値を用いて δ_{pull}/δ を一定とした。また、かぶり剥落後の載荷では、鋼材の伸び出しによる回転変位 δ_{pull} は増加しないとの仮定を設けた¹⁾。

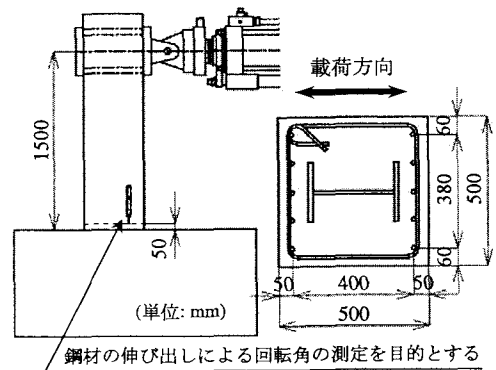


図-1 供試体概略図²⁾

表-1 供試体諸元²⁾

供試体 番号	H 形鋼寸法(mm) $H_g \times B_g \times t_w \times y$	軸方向鉄筋 径・本数	帯鉄筋 径・間隔(mm)	鉄骨 鉄筋比
No.1S	300×200×10×15	D16×10	D10@100	4.4
No.4S	300×250×10×15	D13×8	D6@300	10.1

注) 鉄骨鉄筋比: (H 形鋼の総断面積)/(軸方向鉄筋の総断面積)

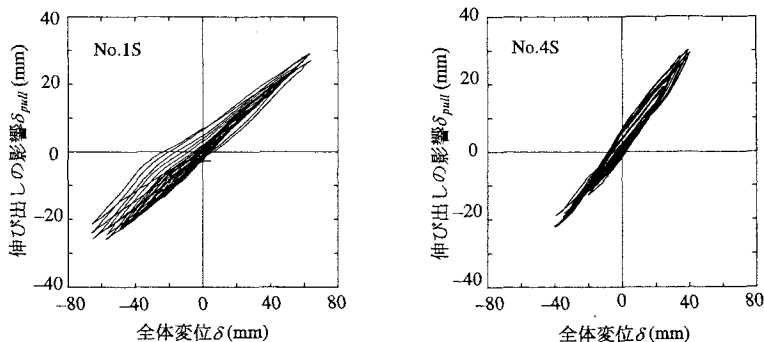
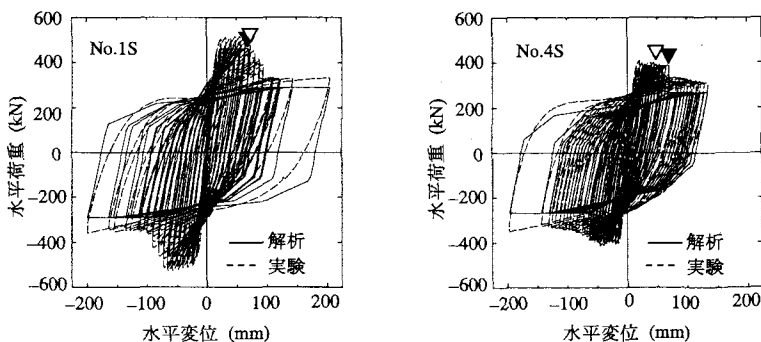


図-2 全体変位 δ と伸び出しの影響 δ_{pull} の関係



▼：解析のかぶり剥落点 ▼：実験のかぶり剥落点

図-3 SRC 柱の正負交番載荷実験との比較

3. 解析結果

SRC 履歴則による躯体変形 δ_0 に鋼材の伸び出しの影響 δ_{pull} を付加することで、正負交番載荷実験との比較を行う。実験と解析による荷重-変位関係を図-3に示す。SRC 履歴則を用いることで、鉄骨鉄筋比が異なる2体の実験結果に対して、かぶり剥落点や、 $\pm 200\text{mm}$ の交番載荷における紡錘型の履歴ループ形状が概ね再現できた。しかし、1)SRC 履歴則では、H 形鋼のひずみ硬化を考慮していないため、水平耐力を過小評価すること、2)かぶり剥落後の交番載荷では、鋼材の伸び出しによる回転変位は増加しないとの仮定を設けるため、除荷剛性を過大評価すること、3)かぶり剥落後は、H 形鋼フランジから外側のコンクリートと軸方向鉄筋を無視するため、荷重-変位関係における耐力低下勾配が再現できないこと、などの問題点が示された。

4. まとめ

簡便な履歴則による SRC 断面のモーメント-曲率関係と、かぶり剥落点の算定手法を組み合わせることで、SRC 柱の正負交番載荷実験におけるかぶり剥落時変位や、その後の紡錘型の履歴ループ形状が概ね再現できた。なお、参考文献 2)の正負交番載荷実験では、H 形鋼の局部座屈後の交番載荷において、鋼材が破断することで脆性的に耐力を失った。このため、動的解析による耐震安全性照査では、H 形鋼の局部座屈や破断を終局することが妥当であると考えられ、今後は、これらの部材損傷点に対応した SRC 柱の靱性能評価法を構築する必要がある。

参考文献

- 1) 村田清満, 池田学, 川井治, 瀧口将志, 渡邊忠朋, 木下雅敬: 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.
- 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) 内藤英樹, 秋山充良, 鈴木基行: 軸方向鉄筋の座屈を考慮した RC 柱と SRC 柱の履歴復元力モデル, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.2, pp.1189-1194, 2003.