

繰返し荷重を受ける SRC 柱の塑性変形能に関する解析的研究

東北大学 学生員 内藤 英樹
東北大学 フェロー 鈴木 基行

運輸省 正会員 林 寛之
東北大学 正会員 秋山 充良

1. 序論

鉄骨を鉄筋コンクリート (RC) 断面に埋め込んだ鉄骨鉄筋コンクリート (SRC) は、その優れた耐震性および耐火性から、特に日本の建築分野において多く用いられてきた。近年土木分野においても、合成構造への関心が高まり、その施工例が増えているが、非線形挙動の評価を行った研究例は少なく、その力学的特性については十分に把握されていない。そこで本研究では、軸力と曲げを受ける SRC 柱の変形性能についてファイバー解析による検討を行った。

2. 解析モデル

図-1 に示すように本解析においては柱躯体の変形 (δ_0) をファイバー解析により算定し、それに鋼材の引き抜けによる回転水平変位 (δ_1) を柱基部に設けた非線形回転バネモデルによって評価することで、柱の全変形量 ($\delta = \delta_0 + \delta_1$) を算定した。また、鉄骨とコンクリート間の付着力の弱さを考慮して、累加強度式を参考に RC 要素と鉄骨要素を個別に設け、上端および下端の節点のみを共有するようなモデル化を行った。

(1) 柱躯体の変形 (δ_0)

柱躯体の変形は、柱基部 $0.5D$ (D : 載荷方向断面幅) を塑性ヒンジ区間とし、汎用ソフト MARC によりファイバー解析を行った。ここでは解の収束性もふまえて、断面分割数を 30 以上とした。本解析で用いた各種材料特性は次のようにモデル化した。

コンクリートは図-2 のように帯鉄筋によって囲まれるコアコンクリートと、外側のかぶりコンクリートの二つの領域に分けてモデル化を行った。コアコンクリートについては収束応力を持つものとした。

鉄筋の材料特性は、座屈の発生とその後の応力変化を考慮して図-3 のようにモデル化した。これは MARC を用いてかぶりコンクリートと鉄筋両端にかかる曲率に着目して解析を行った結果、鉄筋の座屈性状は細長比 (ここでは帯鉄筋間隔 / 鉄筋径) のみをパラメータとして評価できるという結論を得て定式化したものである。履歴則としては、Menegotto-Pinto モデルを用いた。

鉄骨の材料特性に関しては、RC 断面に埋め込まれた H 形鋼のフランジに座屈が生じてても、SRC 柱はゆるやかな耐力低下しか示さないことが報告されている¹⁾。そこで鉄骨部分の応力-ひずみ曲線としては、図-4 に示すように完全弾塑性型の骨格曲線を持つ Menegotto-Pinto モデルを用いた。

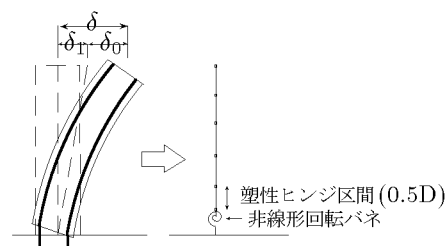


図-1 柱変形の略図とモデル図

(2) 鋼材の引き抜けによる回転水平変位 (δ_1)

フーチングからの鋼材の抜け出しによる回転水平変位は、柱基部の非線形回転バネモデルで評価した。バネ剛性については、原点、引張鉄筋の降伏時および最大耐力時の柱基部でのモーメント-回転角関係を直線で結んだものを骨格曲線とし、各折点の計算は村田ら²⁾の算定式を用いた。また、履歴則には武田モデルを用いた。

3. 既往の実験結果との比較

解析対象とした実験供試体は、村田ら²⁾により行われた正負交番繰返し载荷を受ける SRC 柱である。

Key Words: 鉄骨鉄筋コンクリート (SRC) 柱, ファイバー解析, 鉄筋の座屈, 鋼材の引き抜け

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06 TEL022(217)7449 FAX022(217)7448

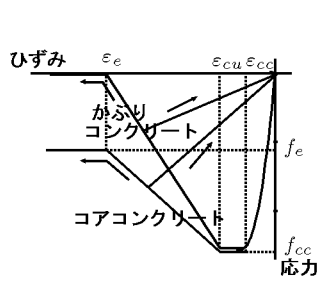


図-2 コンクリートの材料モデル

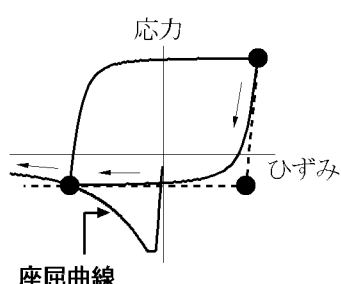


図-3 鉄筋の材料モデル

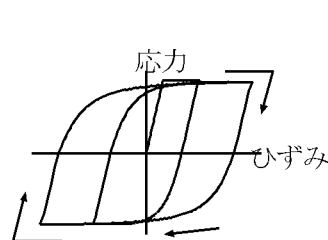


図-4 鉄骨の材料モデル

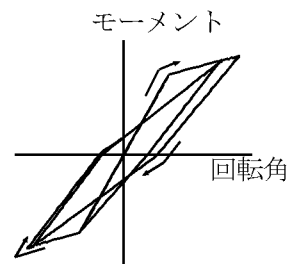


図-5 回転バネモデルの履歴特性

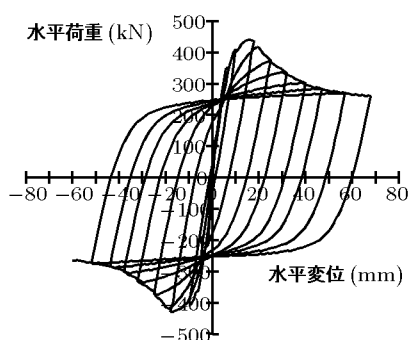


図-6 解析結果による履歴ループ

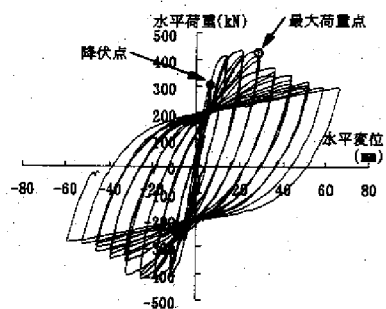


図-7 実験結果による履歴ループ

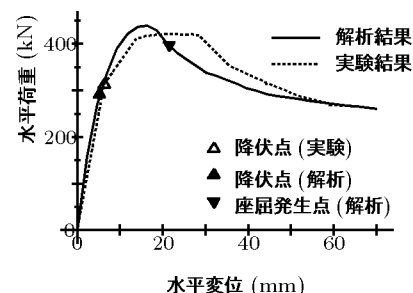


図-8 包絡線の比較

(1) 履歴ループ形状

履歴ループ形状の比較の一例を図-6 および図-7 に示す。この実験結果は、村田らによる実験供試体の中のもの A-2 供試体である。これより、解析による履歴ループ形状は包絡線のみならず、除荷から再載荷にかけての剛性の変化も表現できており、実験結果によく対応した履歴ループ形状を得ることができた。

(2) 包絡線の比較

図-6 と図-7 より得られる包絡線の比較結果を図-8 に示す。図中の三角形マークは引張鉄筋の降伏、逆三角形マークは圧縮鉄筋の座屈発生点を示している。しかし、鉄筋の座屈に関しては、村田らの論文にその座屈発生点が示されていなかったため、解析結果のみを示している。解析は、実験から得られた荷重-変位関係を概ね表現できていることが分かる。さらに本解析は、鉄骨とコンクリート間の付着力の弱さを考慮し、累加強度式に沿ったモデル化を行っているが、別途行った鉄骨とコンクリートを一体化した要素を用いた解析より得られる包絡線に比べ、精度良く実験結果を再現できることが確かめられた。

4. まとめ

本研究により得られた結論は以下の通りである。

1. 軸方向鉄筋の座屈と柱基部での鋼材の引き抜けによる影響を非線形回転バネモデルで評価したことにより、SRC 柱の正負交番載荷実験より得られた荷重-変位関係を概ね再現できていた。
2. SRC 柱の荷重-変位関係の解析では、鉄骨とコンクリートを一体化したモデルよりも、累加強度式に沿ったモデル化により実挙動を精度よく再現できる。

今後は本解析モデルを用いて、SRC 柱の塑性変形能に影響を与える各種因子のパラメータ解析を行い、塑性変形能の定量的評価を行う予定である。

参考文献

- 1) 鈴木敏郎, 元結正次郎, 内山政彦: 鉄骨コンクリート部材の短柱圧縮時の耐力および変形能力に関する研究, 日本建築学会構造系論文集第 480 号, pp.171-178, 1996.2
- 2) 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, 1999.4