

軸方向鉄筋の付着すべり現象が RC 柱の曲げ変形挙動に与える影響の解析的検討

山口大学 非会員 ○Shao Peilun
山口大学大学院 正会員 渡邊 学歩

1. はじめに

鉄筋コンクリート柱構造の曲げ変形の挙動は、軸鉄筋のフーチングからの伸び出しに大きく支配される。本研究では鉄筋コンクリート柱模型を用いた正負交番载荷実験を行い、軸鉄筋のひずみ履歴、柱の変形および各部の損傷を詳細に分析するとともに、非線形有限要素解析に基づく構造解析により実験結果の再現を試みた。実験では、両側の軸鉄筋の荷重～ひずみ履歴に顕著な差異がみられた。また、ポストピークでは軸鉄筋のはらみだしに伴い水平耐力の低下現象が確認された。非線形有限要素解析では、軸鉄筋の付着すべり特性を適切にモデル化することで、実験で得られた荷重変位関係や载荷時の水平荷重～ひずみ履歴の傾向を概ね捉えることができた。本論文では、軸鉄筋の付着すべり特性が RC 柱構造の曲げ変形挙動に及ぼす影響について報告する。

2. 対象供試体

RC 柱供試体の構造寸法及び RC 柱断面の配筋状況を示すと図-1 の通りとなる、コンクリートの圧縮強度は 27.6MPa であり、柱基部位置で軸方向応力度が 1MPa 程度となるように、鉛直方向の油圧ジャッキにより 160kN の軸力を導入した。一方、载荷点に有効高さ 1600mm の 0.5%相当変位（以後“0.5 % Drift”と記述）の 8mm を基準変位とし、その整数倍の変位振幅に対して 3 回繰り返し与えた。また、両側軸鉄筋にひずみゲージも付設して、各载荷ステップにおけるひずみを計測している。

実験で得られた水平荷重～変位関係の履歴を図-2 のようになる。载荷が進むにつれて、履歴形状が紡錘形から、ピンチング現象特有の逆 S 字カーブ型の履歴を描くように変化していく様子が確認できる。

3. 有限要素解析による構造物のモデル化

本研究では、汎用構造解析コード DIANA を用いて有限要素解析を行った。コンクリートを平面応力要素で、鉄筋は埋込み鉄筋要素でモデル化した。付着特性では、鉄筋とコンクリート間にインターフェース要素を配置し、図-3 に

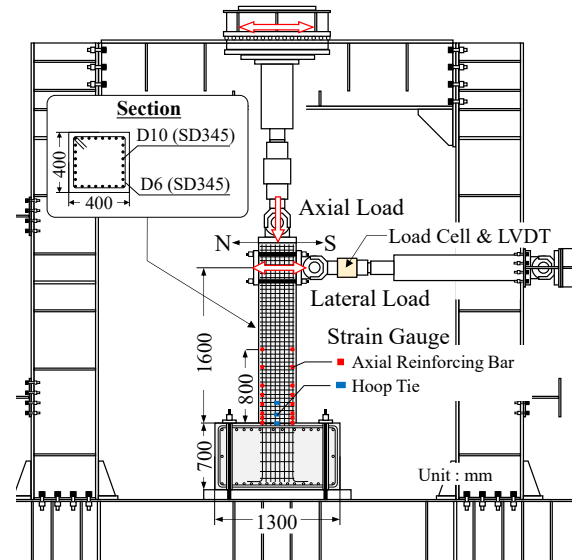


図-1 RC 供試体の構造寸法および载荷装置

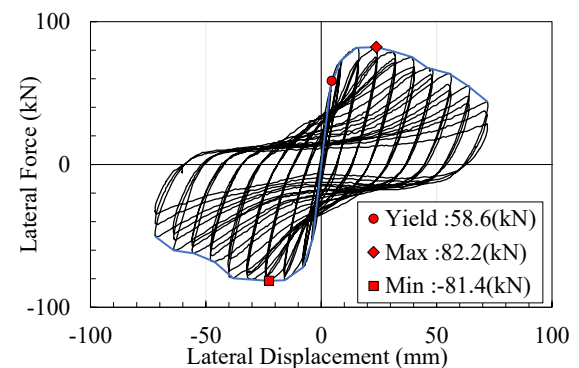


図-2 载荷位置の変位载荷履歴

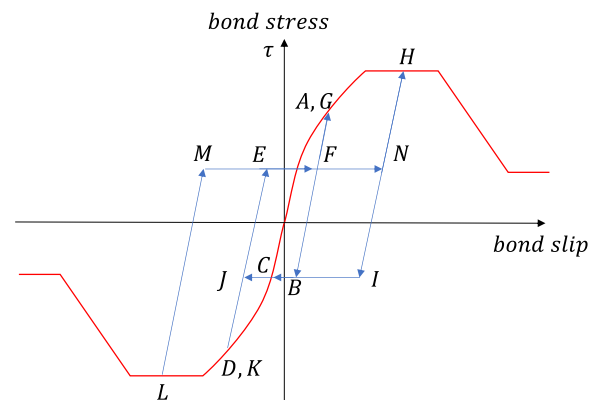


図-3 CEB-FIP 付着すべりモデル

キーワード RC 柱, 交番载荷実験, 有限要素解析, 付着すべり, ピンチング現象,
連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2 丁目 16-1 山口大学工学部 創成科学研究科

T E L 0836-85-9302

示す、ヨーロッパの CEB-FIP 設計基準¹⁾に提案された付着すべりモデルを導入することで考慮した。

4. 鉄筋の定着長さが RC 柱の曲げ変形能力および鉄筋の挙動に与える影響

鉄筋の定着長の差異が RC 柱の曲げ変形能力および鉄筋のひずみ履歴に与える影響を考察するため、図-4に示すように、フーチング内の定着長を考慮して、フーチング深さ 600mm まで全鉄筋 Case-1 と柱基部表面から 300 mm 区間内の鉄筋のみ Case-2、それぞれ付着すべり現象をモデル化して解析を行った。

両解析で得られた荷重変位関係の履歴を図-5に示す。Case-1 では、実験時の最大および最小水平力を精度良く再現できたが、変位載荷履歴は完全に紡錘形になって構造物のエネルギー吸収能力を過大評価された。一方 Case-2 では、1.0 % Drift 以降、各 Drift 時の水平耐力が実験結果よりも小さくなっているものの、最大耐力を精度良く再現している。また、除荷・再載荷の履歴のピンチング挙動の再現性があまり高くないが、実験結果の曲げ変形挙動の履歴を概ね捉えている。

柱基部における水平荷重～軸鉄筋のひずみの履歴を図-6に示す、実験では載荷後期（灰色線部分）鉄筋が座屈したため、履歴線が圧縮側（負側）へとシフトしたが、座屈する前に、南側と北側で軸鉄筋の塑性化程度が既に極端異なっていることが分かった。

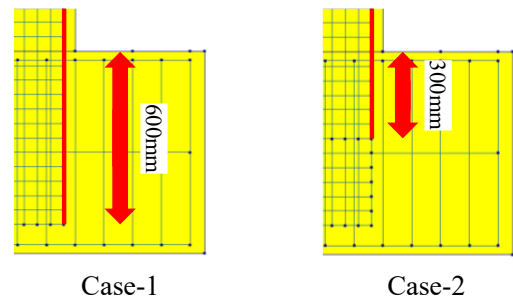
解析結果については、実験で南側鉄筋はほぼ弾性変形を示していたのに対して、Case-1 では南北両側の軸鉄筋が同レベルの塑性化している一方、実験より塑性化が過大に評価されたため、実験結果の再現性は低いと考えられる。また、Case-2 では、北側軸鉄筋が弾性変形を示す一方で、南側軸鉄筋は塑性化後に引張側で永久ひずみを生じている、実験に比べて南側ではなく北側の軸鉄筋に損傷が集中しているが、南北の損傷状況が反転している点を除けば、鉄筋が座屈する前の実験結果を精度良く再現している。

5. まとめ

以上により、軸鉄筋～コンクリート間の付着現象およびその定着部について適切にモデル化をすることで、水平荷重～変位関係や軸鉄筋の損傷履歴が、実験結果と整合する結果となった。しかし、ピンチング現象の再現精度の面で改善の余地がある。特に、今回はモデル化をしなかった軸鉄筋のはらみ出し現象が、水平荷重～変位関係の再現度に及ぼす影響等について検討を行いたい。また、本研究により軸鉄筋の付着性状が鉄筋コンクリートの曲げ変形挙動および伸び出しに与える影響が大きいことが分かったことから、付着性状のモデル化についても今後の検討課題としたい。

参考文献

1) CEB: CEB-FIP Model Code 2010- Final draft, vol. 1.Comité Euro-International du Béton, 2012



Case-1 Case-2

図-4 異なる定着長を有する軸鉄筋の付着すべりモデル化

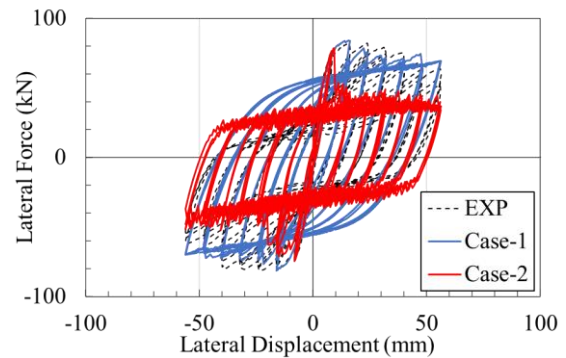


図-5 載荷位置の変位載荷履歴の比較

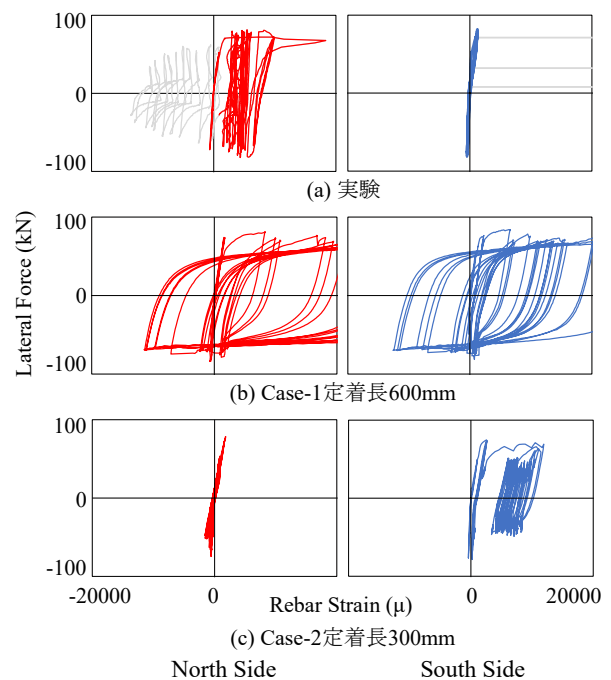


図-6 柱基部位置軸鉄筋のひずみ履歴の比較