

鹿島技術研究所 正員 一宮 利通、 正員 村山八洲雄
正員 須田久美子、 正員 新保 弘

1. はじめに

R C柱部材が交番繰返し曲げ加力されるとき、軸力の大小にかかわらず、特に側方鉄筋量が多い場合には、鉄筋が引張降伏した後、ひずみ硬化点に至る前に降伏棚の途中で除荷されることがある。軸力が小さい場合は、R C部材の荷重-変形曲線は鉄筋の応力-ひずみ曲線に支配されるのでこれをできるだけ正確に再現する必要がある。軸力が大きい場合は、R C柱部材の荷重-変形曲線はコンクリートの応力-ひずみ曲線に支配されるが、最大耐力を超えて終局状態に至るまでの挙動を再現するには鉄筋の座屈モデルを考慮する必要がある、そのためには鉄筋の応力-ひずみ曲線が重要となる。しかし、従来の鉄筋モデルの適用性は、上記の条件下では十分に検討されていない。そこで、本研究では、鉄筋が引張降伏した後、降伏棚の途中で除荷される場合に着目して鉄筋の圧縮引張交番加力実験を行い、よく用いられている既往の鉄筋応力-ひずみ履歴モデルの適用性を検討した。

2. 実験方法

加力装置および試験体を図-1に、試験体の機械的特性を表-1に示す。試験体はD16 鉄筋を切削加工して製作した。試験区間は直径5mm、長さ15mmであり、ひずみゲージを表裏2枚貼付してひずみを測定した。試験区間の隣に直径10mmの区間があり、ここにひずみゲージを表裏2枚貼付して応力を測定した。試験体の両端部はM12 のネジを切っており、加力用ナットを回すことによって加力および除荷を行った。また、試験区間にねじりが生じないように加力部と試験区間の間に回転止めを設けた。加力は、応力-ひずみ関係をモニターして、曲げが生じていないことを確認しながら行った。

表-1 試験体材料の特性

	材料 種類	降伏点応力度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	硬化点ひずみ (μ)
試験体 1	SD345	4,120	1.81×10^6	7,000
試験体 2	SD295	3,300	1.80×10^6	17,000

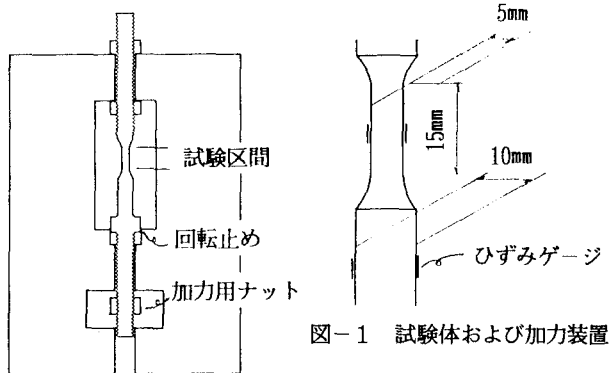


図-1 試験体および加力装置

3. 実験結果

応力ひずみ関係の実験結果を図-2に示す。

応力は降伏点応力度で正規化している。試験体1では、引張側で降伏させて降伏棚の途中で除荷した後、圧縮側に加力し、圧縮側降伏点応力度の手前から折り返して引張側に再加力した。2サイクル目の引張加力において1サイクル目の除荷開始点に戻っているのがわかる。試験体2では、降伏棚の途中で除荷した後、圧縮側でも降伏点応力度を超えて加力してから引張側に再加力した。2サイクル目の引張加力において1サイクル目の除荷開始点よりもひずみが小さい位置に戻っているのがわかる。その後引張加力を継続すると、両試験体とも、再度降伏棚が生じた後ひずみ硬化点に至っており、1サイクル目の降伏棚と足し合わせると単調加力した場合の降伏棚の長さとはほぼ等しくなっている。

4. モデルの適用性

解析モデルとして、よく用いられているBi-linear モデル(B/L)、Ramberg-Osgoodモデル(R/O)、Menegott-Pintoモデル(M/P)、加藤モデル(KT)を用いた。BLおよびM/Pにおける第2勾配は、ひずみが大きい領域で応力が過大とならないように、降伏点と5%ひずみ点を結んだ線の勾配を用いた。

図-3～6に、B/L、R/O、M/P、KTをそれぞれ用いて試験体1の実験をシミュレーションした結果を示す。B/Lでは軟化現象が含まれていないので実験値をほとんど再現できていない。R/Oでは、2サイクル目に1サイクル目の除荷開始点に戻っているが、それ以降かなり応力が大きくなっており、3サイクル目においては応力が小さくなっている。M/Pでは、3サイクル目で応力が小さくなっている。KTでは、2サイクル目に1サイクル目の除荷開始点に戻っており、その後の降伏棚も再現する規則が含まれているので実験結果をよく再現している。図-7にKTを用いて試験体2の実験をシミュレーションした結果を示す。2サイクル目において1サイクル目の除荷開始点よりもひずみが大きい位置に戻っており、圧縮降伏を経験した後は2サイクル目の引張加力時の応力が実験値よりも若干小さくなっている。

5. おわりに

鉄筋単体の圧縮引張交番加力実験により、ひずみ硬化点ひずみ前後の応力ひずみ履歴特性を明らかにした。また、既往のモデルのうち、加藤モデルは圧縮側でも降伏応力度に達する場合に引張側の応力が若干小さくなるものの実験値をよく再現している。しかし、その他のモデルでは実験値を再現できない。

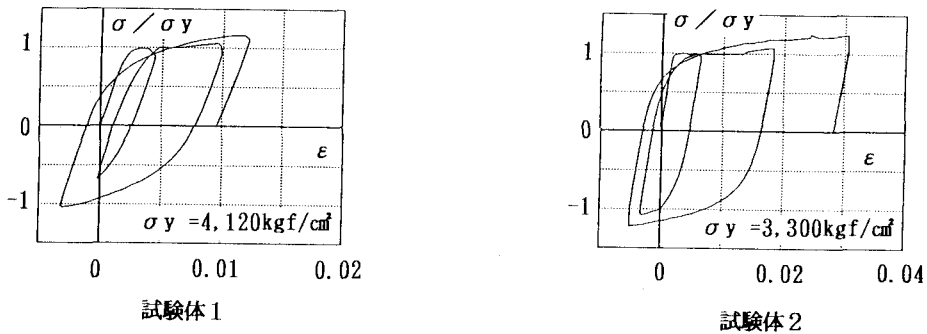


図-2 鉄筋の応力ひずみ関係（実験結果）

