

V-311 鉄筋降伏後の正負交番荷重下におけるRC部材中の鉄筋モデル

徳島大学 正会員 島 弘
東急建設㈱ 正会員 玉井真一

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の復元力特性を解析的に精度良く求めるには、鉄筋降伏後における繰返し荷重下での引張剛性を評価する必要がある。通常、鉄筋コンクリートの引張剛性は鉄筋の剛性とコンクリートの剛性の重ね合わせによって表現される。著者ら^{1,2)}は、鉄筋降伏後における部材中の鉄筋の剛性は鉄筋単体のものとは異なることを明らかにし、鉄筋降伏後の交番繰返し荷重下における鉄筋の剛性を計算する方法を提案した。申ら³⁾は、この方法に基づいて、数値解析のためのより簡単な部材中の鉄筋モデルを単調載荷時のものについて開発している。本研究は、さらに復元力特性の解析において必要となる交番繰返し荷重下での部材中の簡単な鉄筋モデルについて検討するものである。

2. 既往の平均応力-平均ひずみ関係の計算方法

部材中の鉄筋の剛性は、鉄筋の軸方向の平均応力-平均ひずみ関係で表される。著者らは、図-1に示すように、鉄筋降伏後の交番繰返し荷重下における鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係を求める手段として、単調載荷時¹⁾と同様に鉄筋の応力分布を仮定する方法を提案した²⁾。すなわち、鉄筋の応力分布形を決め、応力を鉄筋単体の応力-ひずみ関係を用いてひずみ分布に変換することにより、平均ひずみを求めるのである。

この方法では、応力分布からひずみ分布を計算する過程で、鉄筋の応力分布を細分し、各点の履歴を鉄筋単体の応力-ひずみモデルを用いて追跡しなければならない。したがって、この方法は多大な計算時間を要する。

3. モデル化

3.1 実験結果

前述の問題を解決するために、降伏後の鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係を実験結果に基づいて巨視的にモデル化する。著者らが行った交番荷重下の引張剛性の実験²⁾で測定したひずみ分布および供試体の伸びから平均応力-平均ひずみ関係を求め、それを実験結果として用いる。供試体は図-2に示すように、鉄筋を2本埋め込み、実際のRC壁あるいは板の一部を切り出した断面に近くなるようにしたものである。鉄筋比は1.0%、鉄筋の降伏強度は350MPa、コンクリートの圧縮強度は28.6MPaである。

鉄筋単体の応力-ひずみ関係に図-3に示すような加藤モデル⁴⁾を用いて計算した平均応力-平均ひずみ関係の実験結果を図-4に破線で示す。載荷は平均ひずみが0.9%から引張、圧縮の繰返しを3サイクル、1.45%と2.25%から各1サイクルずつ行っている。平均応力は、図-2に示す各測定点におけるひずみを応力に変換し、軸方向に平均したものである。また、平均ひずみは、ワイヤーを用いて測定した供試体の伸び

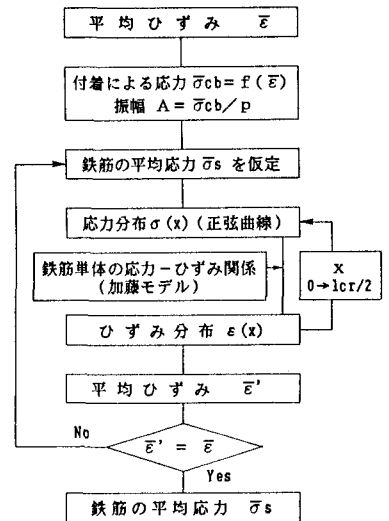


図-1 既往の計算方法

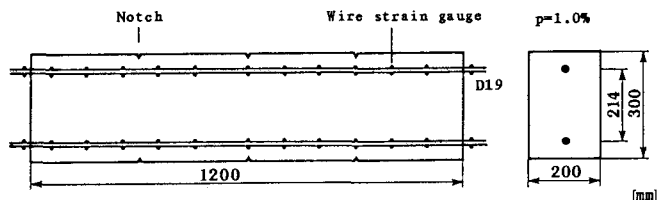


図-2 供試体

を測定点間距離で除すことによって求めた。

3.2 モデル

図-4の破線で示されるように、平均応力-平均ひずみ関係の内部曲線は、図-3に示す鉄筋単体の加藤モデルと同様の形であることがわかる。そこで、平均応力-平均ひずみ関係についても加藤モデルを応用することを考える。その考えを用いたモデルを図-4に実線で示す。これは、鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係を加藤のモデルの応力を平均応力に、ひずみを平均ひずみに置き換えて計算したものである。すなわち、平均ひずみを加藤モデルにおけるひずみに代入し、そのひずみから計算された応力を平均応力とした。

包絡線には、次式で表される申ら³⁾のモデルを用いた。

$$\sigma = \sigma_y + Esh(\varepsilon - \varepsilon_y) \quad (1)$$

ここで、 Esh ：ひずみ硬化率 (MPa)， σ_y ：平均応力-平均ひずみ関係の降伏応力 (MPa)， ε_y ：平均応力-平均ひずみ関係の降伏ひずみである。ひずみ硬化率は、一軸の場合、

$$Esh = 100(f_y - \sigma_y)K_p K_y K_c \quad (2)$$

となり、

$$K_p = p^{0.5p} \quad (3)$$

$$K_y = (400/f_y)^{0.1} \quad (4)$$

$$K_c = (30/f'c)^{0.25} \quad (5)$$

として用いた。ここで、 f_y ：鉄筋の降伏強度 (MPa)， p ：鉄筋比 (%)， $f'c$ ：コンクリートの圧縮強度 (MPa) である。

図-4にみられるように、モデルは包絡線および内部曲線ともに実測値とよく一致している。すなわち、鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係は、加藤モデルを応用することにより表せていることがわかる。

4. まとめ

交番荷重を受ける鉄筋コンクリート中の鉄筋の降伏後の平均応力-平均ひずみ関係の内部曲線は、鉄筋単体の応力-ひずみ関係である加藤モデルにおいて、応力を平均応力に、ひずみを平均ひずみに置き換えることにより表現することができる。

〔謝辞〕本研究は著者らが東京大学大学院に在籍中に行ったものであり、ご指導いただいた岡村甫教授に対し感謝の意を表します。

〔参考文献〕 1) 玉井，島，出雲，岡村：一軸引張部材における鉄筋の降伏以後の平均応力-平均ひずみ関係，土木学会論文集，No.378/V-6，1987年2月，pp.239-247。 2) 玉井，島：正負交番載荷時のテンションスティフニング効果，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.9，No.2，1987，pp.85-90。 3) 申，出雲：面内力を受ける鉄筋コンクリート部材の鉄筋降伏後の鉄筋モデル，土木学会第42回年次学術講演会講演概要集，昭和62年9月，pp.268-269。 4) B.Kato：Mechanical properties of steel under load cycles idealizing seismic actions，Structural concrete under seismic actions，Vol.1，AICAP-CEB Symposium，Rome，May 1979，Bulletin D'Information No.131，CEB，pp.7-27。

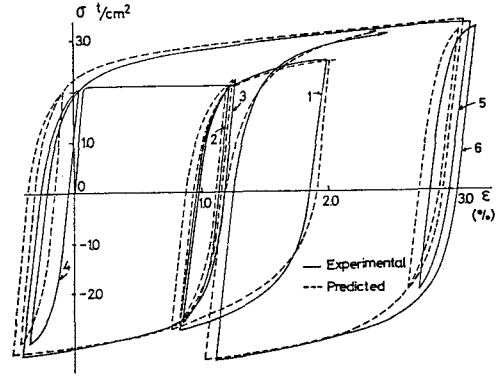


図-3 単体鉄筋の加藤モデル⁴⁾

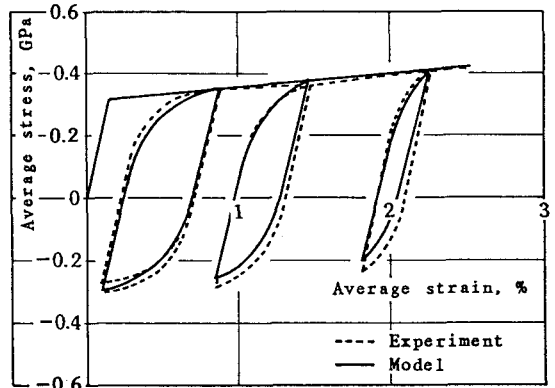


図-4 部材中の鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係