

V-85

RC要素の引張剛性モデルに基づくはりの曲げモーメント-曲率関係の計算

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

各種要因による複合外力が作用する構造物では、その変形挙動を実験的に求めることは不可能であり、何らかの解析的アプローチが必要である。本研究は、RC一軸部材の応力-ひずみ関係をはりの引張部に適用して、荷重と変形の関係を求めようとするものである。

六車・森田¹⁾は、はりの断面のうち、引張鉄筋と図心が一致するコンクリート部分が引張に対して有効であると仮定し、実験的に求めたRC一軸部材の応力-ひずみ関係をこの部分に適用して荷重-変形関係を求めている。さらに、引張部分鉄筋比、すなわち、鉄筋と引張に対して有効であると仮定したコンクリートの断面積の比が2.4~7.1%のはりの曲げ試験により、解析結果を検証している。この解析法が、低鉄筋比の場合にも適用できるかを検証することが本研究の第一の目的である。

岩瀬²⁾は、鉄筋とコンクリートの付着を無視して計算したはりの耐力が実際よりも低いことを指摘し、実験的に求めたRC一軸部材の応力-ひずみ関係を引張部に適用して、荷重-変形関係を鉄筋降伏後に至るまで求めている。同様の計算を、筆者ら³⁾が先に発表した、鉄筋降伏後のRC要素の引張剛性モデルを用いて行うことが本研究の第二の目的である。

2. 対象としたはり

解析の対象とするために、鉄筋コンクリートはりの曲げ載荷実験を行い、曲げモーメント-曲率関係を計測した。実験に用いたはりは、図-1のような断面を有する単鉄筋はりであり、六車・森田の定義によれば、引張部分鉄筋比は1.5%である。なお、せん断補強はなされていない。鉄筋は、ねじふし鉄筋のSD30を用いた。はりの諸元を表-1に、鉄筋の諸元を表-2に示す。載荷時におけるコンクリートの圧縮強度は、20.1MPaであった。載荷中は荷重ならびにスパン中央と載荷点直下の計3点のたわみを測定し、荷重の測定値から曲げモーメントを、たわみの測定値から等モーメント区間の平均曲率を計算した。

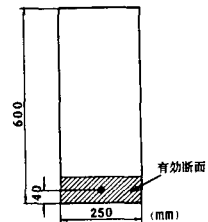


図-1 実験および解析の対象としたはりの断面と引張に有効なコンクリート部分

表-1 実験および解析の対象としたはりの諸元

全長 (cm)	スパン長 (cm)	はり高 (cm)	有効高さ (cm)	はり幅 (cm)	載荷スパン* (cm)
240	220	60	56	25	60

*対称2点載荷

3. 鉄筋降伏前の曲げモーメント-曲率関係

鉄筋降伏前の曲げモーメント-曲率関係について、実験値と六車・森田の方法を用いた解析値を図-2に示す。引張に対して有効なコンクリートの断面は六車・森田の方法に従い、図-1の斜線部とした。引張側のコンクリートの平均応力-平均ひずみ関係には六車・森田と同じモデルを用い、ひびわれ発生荷重は実験値と一致させた。圧縮側のコンクリートの応力-ひずみ関係には前川モデル⁴⁾を用いた。曲げモーメントと曲率は、平面保持の仮定と力のつりあいから求めたものである。六車・森田の方法は低鉄筋比の場合にも適用可能であることがわかる。また、ひびわれ発生荷重を予測することは今後の課題である。

表-2 ねじふし鉄筋SD30の諸元

鉄筋径 D, mm	19.5
ヤング係数 Es, GPa	190
降伏強度 fy, MPa	350
ひずみ硬化開始ひずみ ϵ_{sh} , %	1.65
ひずみ硬化率 Esh, GPa*	3.7

*ひずみ3%までの概略値

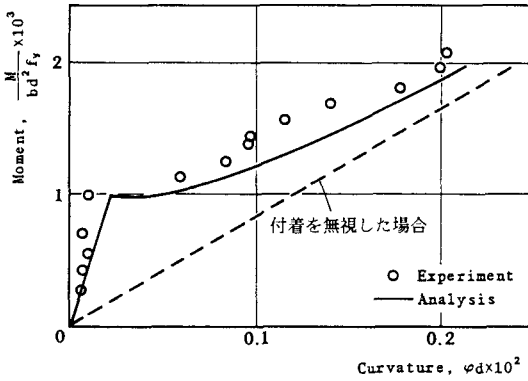


図-2 鉄筋降伏前の曲げモーメントー曲率関係の実験値と解析値

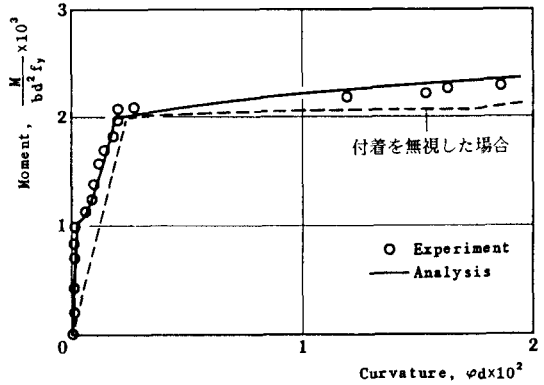


図-3 鉄筋降伏後の曲げモーメントー曲率関係の実験値と解析値

4. 鉄筋降伏後の曲げモーメントー曲率関係

鉄筋降伏後の曲げモーメントー曲率関係の実験値と解析値を図-3に示す。解析値は、鉄筋降伏後のRC一軸部材の応力ーひずみ関係を、筆者らが先に発表した、鉄筋の鉄筋軸に沿った応力分布を仮定する方法により求め、これをはりの引張部に適用したものである。比較のために引張鉄筋の付着を考えないものを図中に破線で示す。

引張側のコンクリートの平均応力ー平均ひずみ関係には、六車・森田のモデルと同様の形状を持つが、表現が簡単な次式⁵⁾を用いた。

$$\sigma_c / f_t = (\epsilon_{tu} / \epsilon_t) \cdot c \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 σ_c : コンクリートの平均応力、 f_t : コンクリートの引張強度、 ϵ_{tu} : ひびわれ発生ひずみ、 ϵ_t : 引張鉄筋の平均ひずみ、 c : 付着性状による係数で異形鉄筋に対して0.4である。

このコンクリートの引張応力に有効断面積を乗じたものがコンクリートが受け持つ引張力であり、これを鉄筋の平均引張力に重ね合わせた。また、降伏後における鉄筋の応力分布形は正弦曲線により仮定した。

解析結果は、鉄筋降伏後における変形の急速な進行と荷重の漸増をよく表現している。

5. まとめ

曲げを受ける鉄筋コンクリートはりの変形は、引張側の鉄筋と周囲のコンクリートを鉄筋コンクリート一軸部材に置き換えることにより計算できるが、引張部分鉄筋比が1.5%と低いはりにおいても同様の計算方法が適用できる。また、鉄筋降伏後の一軸部材の応力ーひずみ関係を求める方法を用いれば、はりの変形を鉄筋降伏後に至るまで求めることができる。

【謝辞】本研究は筆者らが東京大学大学院に在籍中に行ったものであり、ご指導頂いた岡村教授に対してここに謝意を表します。

【参考文献】1) 六車・森田：鉄筋コンクリート梁の変形ときれつ，日本建築学会論文報告集 第90号 昭和38年9月，pp.13-18 2) 岩瀬・六郷・小柳：RCはりの曲げ破壊性状におよぼす付着の影響，土木学会第40回年次学術講演会講演概要集 第5部 昭和60年9月，pp.463-464 3) 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ー平均ひずみ関係，土木学会論文集 No.378/V-6 1987年2月 pp.239-247 4) 前川・岡村：弾塑性破壊モデルに基づくコンクリートの平面応力構成則，コンクリート工学 Vol121 No.5 1983年5月，pp.87-99 5) 岡村・前川：鉄筋コンクリートにおける非線形有限要素解析 土木学会論文集 No.360/V-3 1985年8月，pp.1-10