

鹿島技術研究所 正会員 古 市 耕 輔

鹿島技術研究所 正会員 村 山 八洲雄

1. はじめに

最近、RC柱部材の2軸曲げ復元力特性を解析的に推定する方法として、力学的根拠が明解で汎用性のあるファイバーモデルによる方法が建築構造物の柱のみならず、高橋脚や斜張橋のタワーなど橋梁分野でも利用されるようになってきた。ファイバーモデルによる解析では、これに用いる鉄筋モデルの特性が解析結果に大きな影響を与えることがある。そこで本論文では簡単な一軸純曲げ柱部材を対象として、一般に良く用いられている4つの異なる鉄筋モデルを用いて解析を行い、実験結果との比較を行った。

2. 実験

実験は最も単純な方向純曲げで、軸圧縮応力度 σ_N をパラメータとして行った。試験体は図-1に示す形状寸法で、一般橋脚を想定したU1試験体($\sigma_N=7\text{kgf/cm}^2$)、および高橋脚や斜張橋のタワーを想定したU2試験体($\sigma_N=80\text{kgf/cm}^2$)とし、柱鉄筋比を $\rho_1=0.95\%$ 、試験区間の帯筋比を 0.16% とした。使用材料の特性を表-1に示す。

3. 解析モデル

コンクリートは、帯鉄筋より外側の非拘束部と内側の拘束部に分けてモデル化した。非拘束部の応力-ひずみ関係は、試験体と同一配合コンクリートテストピースの圧縮試験結果から決定し、拘束部は同試験結果の軟化域をKent-Parkの方法により補正したものを用いた。除荷時の勾配は初期弾性係数 E_c とした。(図-2参照)

鉄筋の応力-ひずみモデルとしては、比較的良好に使われているbilinearモデル、cubicモデル、Ramberg-Osgoodモデル、および加藤モデルの4種類を取り上げた。bilinearモデルの単調増加曲線は、降伏点 f_y を境に初期弾性係数 E_s と硬化時弾性係数 E_h の勾配を有する2本の直線と与えた。他の3種類のモデルでの単調増加曲線は、勾配が E_s の弾性領域、降伏ひずみ ϵ_y から硬化点ひずみ ϵ_h までの降伏棚、およびその後の3次曲線で表わした。3次曲線の初期勾配は E_h とし、最大応力度 $f_{\max}$ と対応するひずみ量 $\epsilon_{\max}$ における勾配が0の曲線とした。各モデルのヒステリシスルールはそれぞれの文献にゆずることとし、その除荷時および途中の再載荷時の曲線は全て勾配 E_s の直線とした。また、解析で用いる材料の諸定数は部材実験に使用した材料の試験をもとに表-1のように設定した。シミュレーション解析では、実験で得られた曲率を入力とし、曲げモーメントを算出することでM- ϕ 関係を求めた。

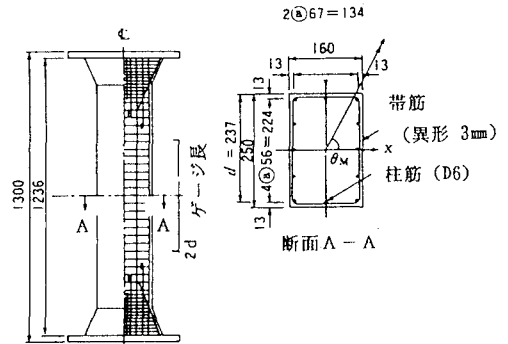


図-1 試験体諸元

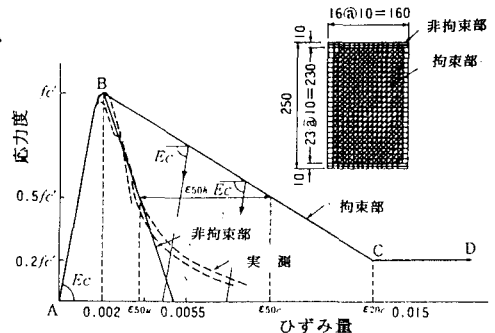


図-2 コンクリートの応力度-ひずみ関係

表-1 実験材料特性と解析用諸定数

コンクリート	圧縮強度	$f_c = 473, 443 \text{ kgf/cm}^2$
	初期弾性係数	$E_c = 2.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
鉄筋	降伏強度	$f_y = 3,030 \text{ kgf/cm}^2$
	引張強度	$f_{\max} = 4,790 \text{ kgf/cm}^2$
	降伏ひずみ	$\epsilon_y = 1,580 \times 10^{-6}$
	硬化ひずみ	$\epsilon_h = 1.5 \%$
	最大荷重時ひずみ	$\epsilon_{\max} = 9.5 \%$
	初期弾性係数	$E_s = 1.9 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
	硬化時初期勾配	$E_h = 0.063 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

4. 解析及び実験結果からの知見

U1, U2試験体について各モデルを用いて解析した $M-\phi$ 関係を実験結果とともに図-3に示す。

これらの結果から、以下のことがわかった。

①斜張橋タワーを対象とした軸力の大きいU2試験体の場合、どのモデルによっても類似の $M-\phi$ 関係が得られ、実験結果とも比較的良く対応する。

②一般橋脚を対象とした軸力の小さいU1試験体の場合、鉄筋モデルの違いが $M-\phi$ 関係に顕著に現れる。

③特にcubicモデルは内部履歴の面積を大きく計算するため吸収エネルギーを過大評価し、Ramberg-Osgoodモデルでは包絡線の曲率の増加に伴う曲げモーメントの増加を表現できず、最大荷重を過少評価する。

④加藤モデルはどのケースに対しても実験を良く表現することができ、最も単純なbilinearモデルもケースによらず比較的良好的な結果が得られる。

5. おわりに

今後、実験結果における曲げモーメントの急激な低下を表現するため、柱筋の座屈も考慮した解析が必要と考えられる。

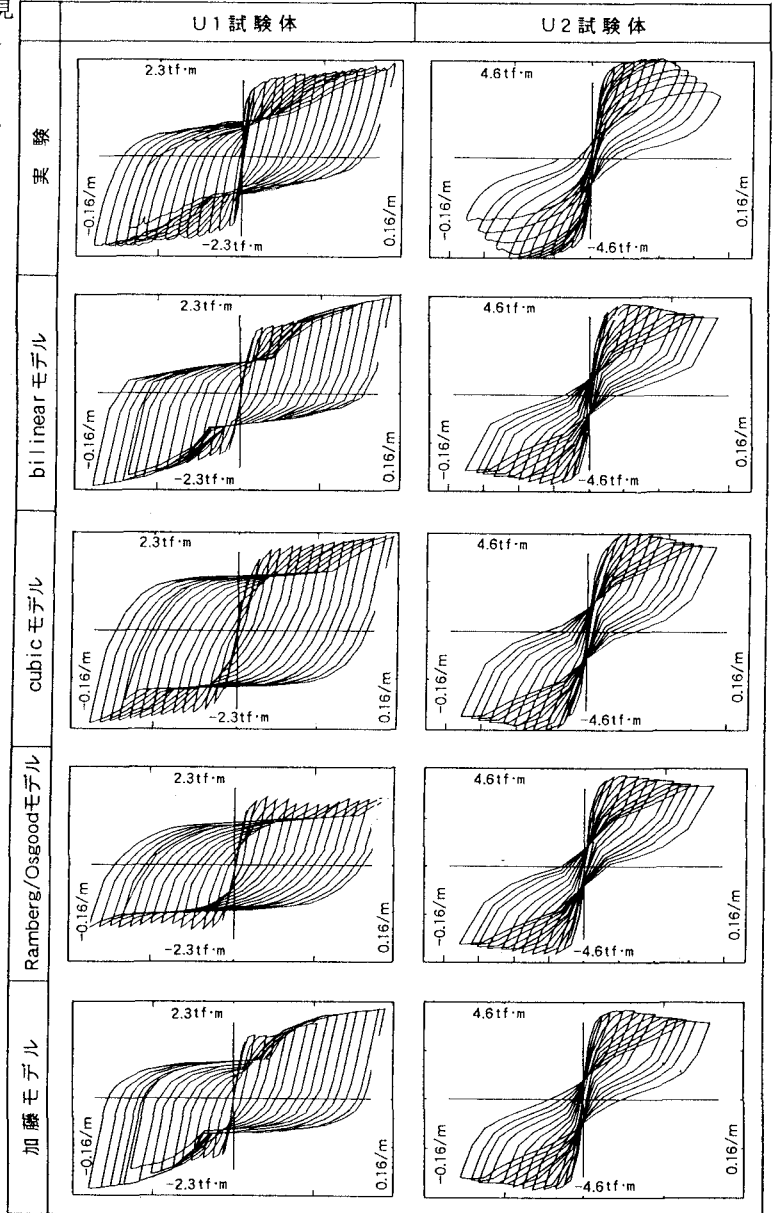


図-3 一軸純曲げ試験体の $M-\phi$ 関係

参考文献

- 1) R.Park, T.Paulay : Reinforced Concrete Structures, A Wiley-Interscience Publication. pp.254~255
- 2) S.A.Kaba, S.A.Mahin : Interactive Computer Analysis Methods for Predicting the Inelastic Behaviour of Structural Sections, UCB/EERC Reports 83/18 July 1983
- 3) D.C.Kent, R.Park : Cyclic Load Behaviour of Reinforcing Steel, Strain July 1973
- 4) Kato B., Akiyama H. & Yamanouchi Y. : Predictable Properties of Materials under Incremental Cyclic Loading, IABSE Reports Vol.13, Lisbon 1973, pp.119~124