

V-79

履歴特性から求めたRC部材の2軸曲げモーメント-曲率関係に関する研究

兵 庫 県 正 員 上野敏明

京都大学工学部 正 員 山田善一 家村浩和 伊津野和行

スコピエ大学 正 員 Danilo Ristic

1. まえがき

本研究は、RC部材のコンクリート・鉄筋の材料としての非線形な $\sigma-\epsilon$ 関係の構成式から、部材のM- ϕ 関係・P- δ 関係を精算する理論解析手法を示し、高軸力下で2軸曲げを受けた時の部材の挙動を数値計算し、実験結果と比較することにより、用いた理論・ $\sigma-\epsilon$ 構成式などの妥当性を示した。

2. 解析モデルとファイバーモデル

現在、京都大学耐震工学研究室で行なわれているHYLSE R (Hybrid Loading System of Earthquake Response) と呼ばれるシステムによる高軸力下での曲げ破壊実験結果と比較するために、Fig.1 に示す供試体を解析モデルとして採用した。15×15cmの正方形断面で、支点間距離は180cmである。載荷方法は2点載荷とし、支点間距離を3等分する2点に載荷した。両端支点および載荷点のすべての支点では、水平移動、回転が自由であり実験時の支持条件は単純支持である。供試体に対する入力角度の違い、横拘束筋量の違い、軸力レベルの違い、によるRC部材の静的挙動への影響を知ることができるよう、計7ケース実験を行なった。本研究では、解析の精度上、このモデルをFig.2 のように、3つのサブエレメントに分割し、各サブエレメントについて5~7個の断面要素 (Interface-Element) を設定した。また、実験においては、面外方向変位が拘束されているため、Fig.3 のように各 Interface-Elementを地面に水平方向に細かく分割したファイバー要素を設定した。ファイバー要素については、ひびわれ以後も平面保持を仮定し、ボンドスリップは考慮していない。

3. 鉄筋・コンクリートの $\sigma-\epsilon$ 関係

用いたコンクリートの $\sigma-\epsilon$ 関係は、渡辺・六車が提案したものを多少変更したものである。(Fig.4) コンクリートはひずみが $\epsilon = 0.002$ の時最大応力になると仮定し、それまでは放物線で、それ以降は3つの直線で表した。また、除荷・再載荷時には処女載荷曲線を0.9倍したCommon Point Lineを設定して、除荷の部分を放物線で、再載荷の部分を直線で表した。鉄筋については、 $\sigma-\epsilon$ 関係をFig.5 のように双曲線で表し、漸近線を上下に移動することにより、ひずみ硬化を適切に表そうとした。

4. M- ϕ 関係・P- δ 関係の理論解析

本解析は、荷重を変数として与えてモーメント・変位を求める荷重制御方式である。以下に概略を述べる。

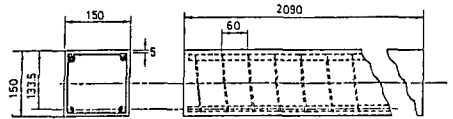


Fig.1 Test Piece

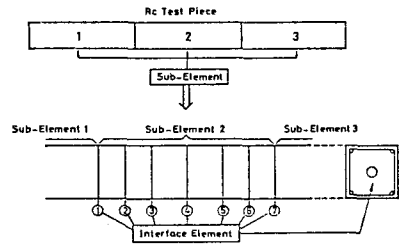


Fig.2 Sub-Element and Interface-Element

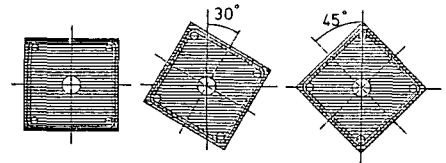


Fig.3 Division into Fiber Segments

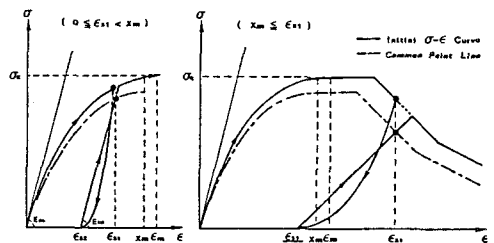


Fig.4 Concrete Stress-Strain Relationship

①時刻 t から $t + \Delta t$ の間は部材の剛性が変わらないとみなし、その間の荷重増分について変位増分を求める。②変位増分 Δu より、断面のひずみ増分 $\Delta \epsilon$ ・曲率増分 $\Delta \phi$ を求める。③各ファイバー要素のひずみを求める。④設定した $\sigma - \epsilon$ 関係より、各ファイバー要素の応力・弾性定数を求める。⑤時刻 $t + \Delta t$ における部材の剛性・曲げモーメントを求める。以上の手順を繰り返して解析を行った。

5. 解析結果の考察

荷重の変化に従って変っていく $M \cdot \sigma$ の分布をFig. 8~7に示す。本解析は荷重制御方式で行ったため、RC部材の最大耐力以後のじん性の部分を表すために、繰り返し荷重を与えた時得られる履歴曲線の包絡線をとって静的解析解とみなした。軸力 $N = 28.5 \text{ ton}$ の時の実験値と比較すると、ほぼ同様な傾向を示しており、用いた応力-ひずみ関係の妥当性を表わしている。値としては、本研究で得られた理論値の方が約5%大きな最大耐力・最大モーメントを示している。(Fig. 8) この原因として考えられることは、理論解析において、時刻 t から $t + \Delta t$ の間で剛性が一定だと仮定していることである。このため実験値よりも変位が小さくなり、曲率も小さくなったと考えられる。部材傾斜角による違いをFig. 9に示す。これより、最大耐力・最大モーメントの大きさは、傾斜角が0度、30度、45度の順になっていることがわかる。これは、供試体の主鉄筋が4本のため、その配置による影響と考えられる。また、横拘束筋の間隔ピッチの違いをFig. 10に示す。これにより、ピッチが9cmの方が耐力の低下が激しく現れており、横拘束筋による拘束効果も理論的に評価できていることがわかる。

6. 結論

(1) 荷重制御方式の解析方法において、繰り返し荷重を加え履歴曲線を得た。この曲線の包絡線と、変位制御方式で行なわれた静的載荷試験から得られる $P - \delta$ 曲線、 $M - \phi$ 曲線とを比較するとよく一致した。これより、解析において用いたコンクリート・鉄筋の応力-ひずみ関係に関する数学モデルは妥当なものと考えられる。(2) 斜め方向の外力を受けた場合、面外方向の変位が拘束されているならば、部材断面をその入力に対して直角方向に細かく分割したファイバー要素を用いることによって、理論的に $M - \phi$ 曲線、 $P - \delta$ 曲線を求めることができる。

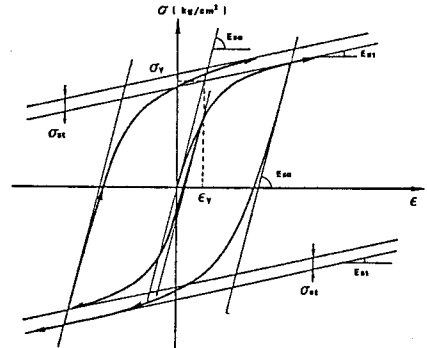


Fig. 5 Steel Stress-Strain Relationship

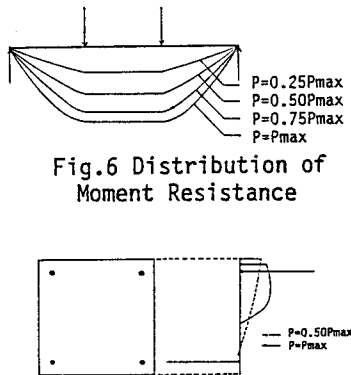


Fig. 7 Stress Distribution

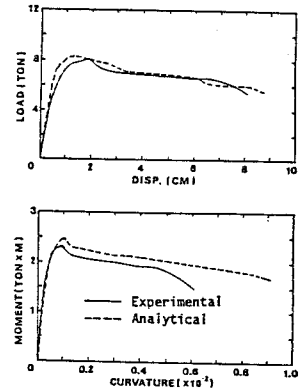


Fig. 8 Comparison between Experiment and Analysis

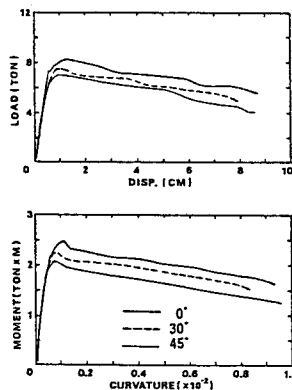


Fig. 9 Comparison of Different Angle

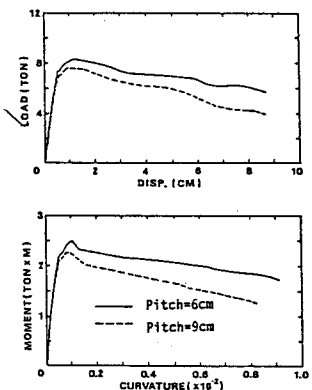


Fig. 10 Comparison of Different Pitch