

応力 - ひずみ履歴特性から精算した  
RC部材の2軸曲げモーメント - 曲率関係

京都大学工学部 正員 山田善一 家村浩和 伊津野和行

スコピエ大学地震研究所 学正員 Danilo Ristic

兵庫県正員○上野敏明

### 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- $\phi$ 関係・P- $\delta$ 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HYLSEERによる高軸力下での2点載荷曲  
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。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  
Sub-Elementに分割し、各Sub-Element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-Ele  
ment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0.8  
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、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。

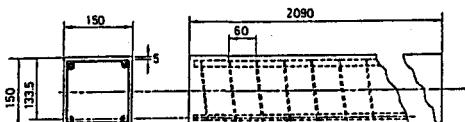


Fig. 1 Test Piece

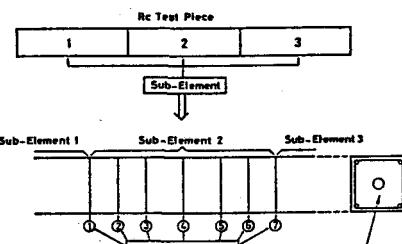


Fig. 2 Sub-Element  
and Interface-Element

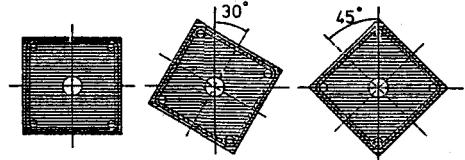


Fig. 3 Division into Fiber Segments

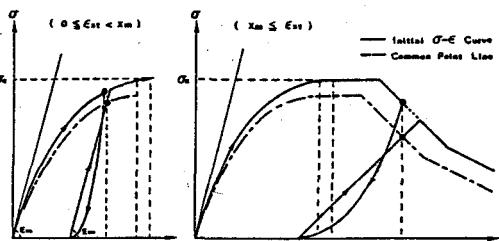


Fig. 4 Concrete Stress-Strain  
Relationship

#### 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。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  $\Delta u$  より、断面のひずみ増分  $\Delta \epsilon$ ・曲率増分  $\Delta \gamma$  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. 6~7 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  $N = 26.5\text{ton}$  の時の実験値と比較すると、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) これは、 $\Delta t$  の間は剛性が一定であることから誤差が生じたと考えられる。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られる。また、横拘束筋の間隔 Pitch の違いを Fig. 10 に示す。これにより、Pitch が 8cm 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。

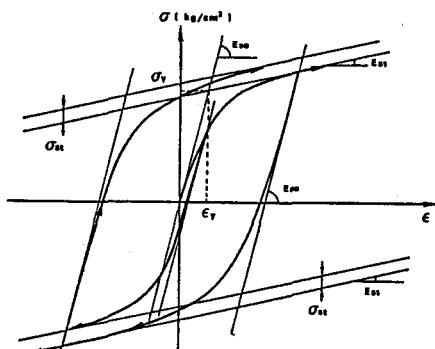


Fig.5 Steel Stress-Strain Relationship

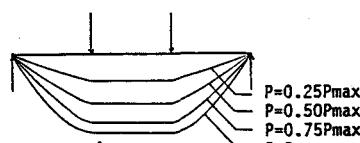


Fig.6 Distribution of Moment Resistance

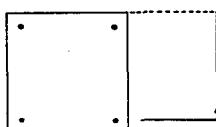


Fig.7 Stress Distribution

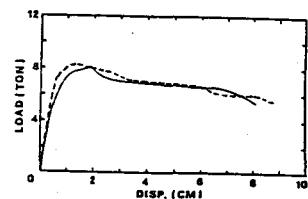


Fig.8 Comparison between Experiment and Analysis

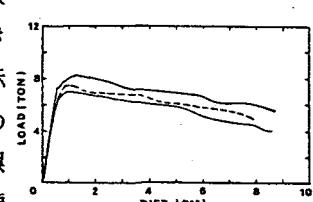
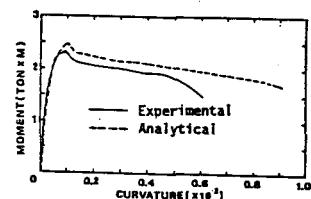


Fig.9 Comparison of Different Angle

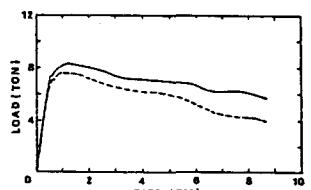


Fig.10 Comparison of Different Pitch