

V-368

高軸力を受けるRC柱部材の2軸曲げM-Φ関係の解析と実験との比較

鹿島建設技術研究所 正会員 古市耕輔
 鹿島建設技術研究所 正会員 村山八洲雄
 カリフォルニア大学 Stephen A. Mahin

1. はじめに

斜張橋に2方向の地震力が作用すると、塔部材には2軸曲げが生じる。特にA形の塔を有する斜張橋では、橋軸方向地震の場合でも2軸曲げが生じる。近年、構造物の耐震検討において、大地震に対する構造系としての安全性の検討も行なわれてきており、その場合、部材力と変形の関係を精度よく計算する必要がある。本報告は特に部材降伏後の2軸曲げM-Φ関係に着目し、比較的スレンダーな塔部材を対象に、模型実験とファイバーモデルによる解析結果を比較し、解析の適合性を調べたものである。

2. 実験方法

部材実験は、M-Φ関係に与えるせん断力の影響を除くため純曲げ加力とし、P-Δ効果を除くため軸力は部材図心を貫通するアンボンドPC鋼棒を介して载荷した。試験体は、斜張橋の塔部材を想定して鉄筋比の小さい矩形断面とした(軸方向鉄筋比0.95%、横方向鉄筋比0.2%)

80kg/cm²の軸力を载荷したのち、2軸曲げを加えたが、No.1試験体では一方の曲げモーメントを一定に保って他方向に交番曲げを、No.2試験体では2方向地震加速度(エルセントロ地震)に比例する曲げモーメントを加えた。曲率の測定は、互いに材軸方向に断面長辺の2倍離れた位置での相対軸方向変位の測定値から求めた。

3. 解析方法

解析は、非拘束コンクリート、拘束コンクリート、および鉄筋の各要素に分割し、要素種別ごとに単軸のσ-e履歴モデルを与えた(ファイバーモデル)。要素の断面積、位置を考慮して得られる各履歴状態での接線断面剛性(1式)を計算し、実験で得られた曲率増分で積分して部材力履歴を算出した。

$$k_t = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^n A_j E_j y_j^2 & \sum_{j=1}^n A_j E_j x_j y_j & -\sum_{j=1}^n A_j E_j y_j \\ \sum_{j=1}^n A_j E_j x_j y_j & \sum_{j=1}^n A_j E_j x_j^2 & -\sum_{j=1}^n A_j E_j x_j \\ -\sum_{j=1}^n A_j E_j y_j & -\sum_{j=1}^n A_j E_j x_j & \sum_{j=1}^n A_j E_j \end{bmatrix} \quad (1)$$

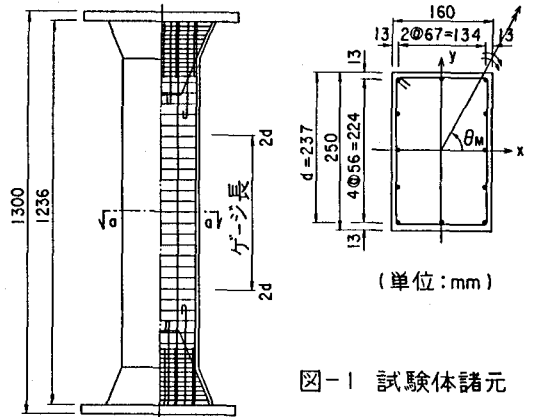


図-1 試験体諸元

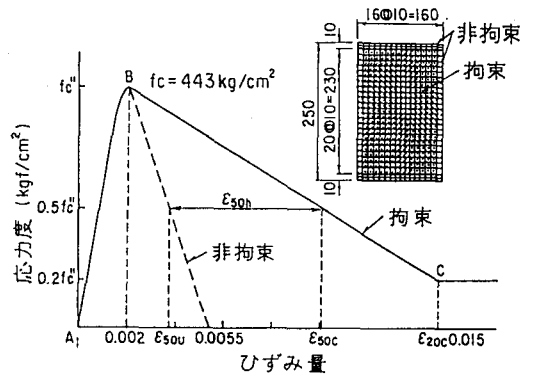


図-2 コンクリートモデル

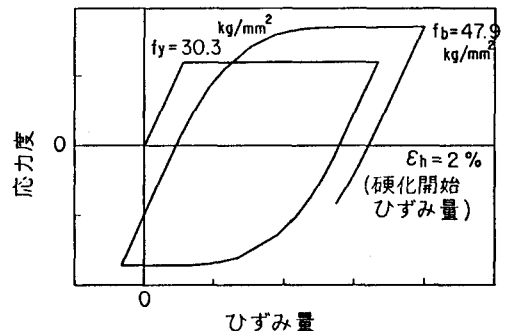


図-3 鉄筋モデル

ここに、 E_j 、 A_j 、 X_j 、 Y_j はそれぞれ、その時点の接線剛性、要素断面積、要素重心のx座標とy座標である。非拘束コンクリートは、テストピースの $\sigma-\epsilon$ の測定結果をもとにモデル化し、拘束コンクリートにはKent-Parkモデルを用いた。応力減少時の勾配は初期接線勾配と同じにした。鉄筋の包絡線のモデル化は使用鉄筋の試験結果を基にし、その履歴は3次曲線で近似した(図-3)。

4. 実験と解析の比較

No.1試験体のMx-My関係(図-4)の解析結果は、加力の終盤で実験結果と異なる部分もあるが、Myがほぼ一定でMxが交番加力される様子を良く表している。Mx- Φ_x 関係(図-5)も最大荷重以降に生じる包絡線の低下の程度の相違を別にすれば、比較的良くシミュレートできている。これらの相違は、実験では最大荷重を示したあとかぶりコンクリートが剥落し鉄筋が座屈したのに対し、解析では鉄筋の座屈を考慮していないことによる。

No.2試験体の場合、解析によるMx-My関係は実験におけるMx-My関係の包絡形状とヒステリシスの特徴を良くシミュレートできている(図-6)。ただし、No.1の場合と同様に、ソフトニング領域で若干の差異が生じているようである。

解析で得られた応力度-ひずみ履歴から、被りコンクリートが最大応力度相当ひずみを超え、かつ鉄筋の接線剛性が0に達したときを座屈とみなすと(図-5中、○印)、このような座屈基準によっても解析値が実験結果からずれていく始点を十分把握することができる。

5. まとめ

ファイバーモデルを用いることにより実用上十分の精度で2軸のM- Φ 関係をシミュレートすることができた。今後、さらにソフトニング領域での精度向上を計りたい。

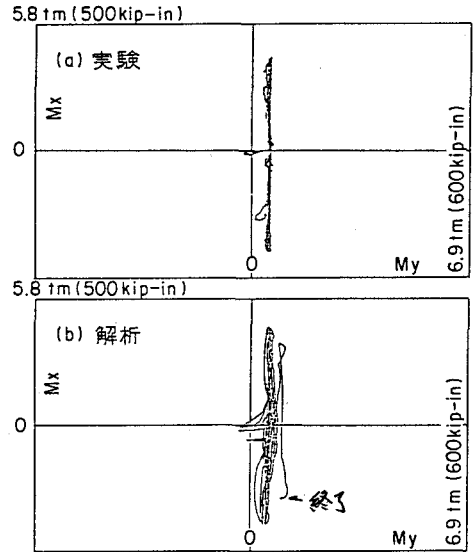


図-4 No.1試験体 Mx-My 関係

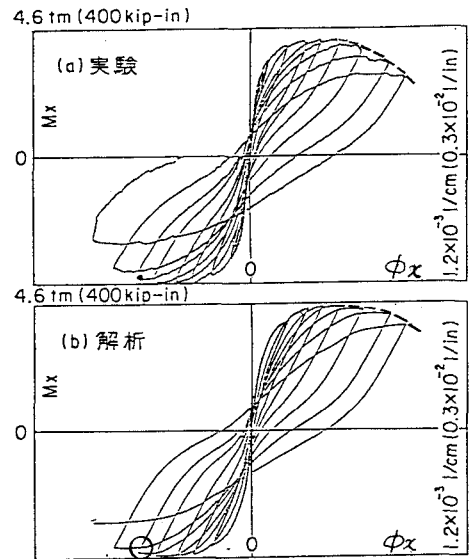


図-5 No.1試験体 Mx- Φ_x 関係

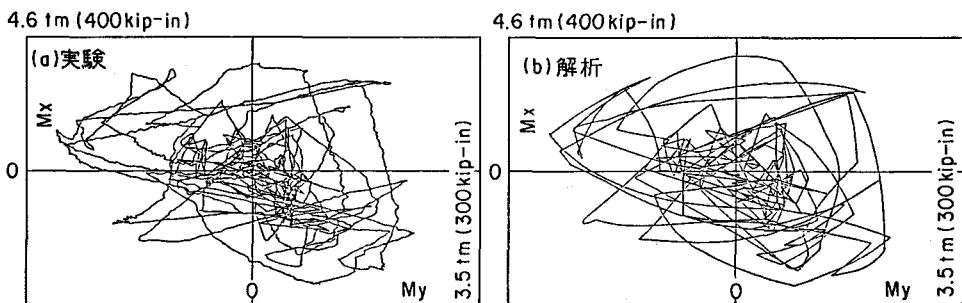


図-6 No.2試験体 Mx-My 関係