

V-76 鉄筋コンクリート壁の弾塑性解析

電力中央研究所 正会員 加藤 治
電力中央研究所 正会員 遠藤 孝夫

1. はじめに

鉄筋コンクリート(RC)構造物の耐震設計の合理化を図るためには、構造物の限界状態を正確に把握する必要がある。この目的達成のためには、実験のほかに実験を精度良くシミュレートできる解析法の開発が望まれる。

本報告は、鉄筋コンクリート構造物の二次元解析プログラムを用いて行った鉄筋コンクリート壁部材の解析結果について検討したものである。

2. 解析方法

本解析では、図1に示すようなコンクリートと鉄筋を層状に重ねたモデルを用いた。このモデルを平面応力状態とみなして各要素の降伏条件を設定し、各荷重ごとに要素の非線形性による不平衡節点力が収束するまでイテレーションを繰り返す方法をとっている。コンクリートと鉄筋は、8節点アイソパラメトリック要素でモデル化している。

コンクリートは、図2に示すように、一軸状態では引張側で破壊まで弾性体とした。また、左縮側ではTri-linearとし、降伏後の応力保持について2つのケースを考えた。一軸状態で定めたコンクリートの応力-ひずみ関係は二軸状態に拡張するため、降伏関数を Von Mises 式とし、これをポテンシャルとする流動側にひずみ硬化を考えて一軸状態に合うように定めた。この際、二つの降伏面は等方硬化を考え相似形とした(図3参照)。

また、限界ひずみも限界相当ひずみにおきかえた。

コンクリートは、主応力の最大値が引張強度 σ_{cr} に達したらひびわれが発生するものとし、直交異方性材料として扱う。すなわち、ひびわれと直交方向の剛性を初期剛性の1%($\alpha_1=0.01$)とし、かつ、ひびわれ方向の剛性も(1)式のように低減させるものとした。ただし、 σ_1 , σ_2 , E_1 , E_2 は、ひびわれ時の主応力方向の角度に関する応力とひずみを表している。ひびわれと直交方向の応力は、テンションステフネス効果を考慮し、図4のように考えた。さらに、ひびわれ面におけるせん断剛性は青柳の実験式を採用し、図5のように定めた。

鉄筋は、軸剛性のみを有する等断面の断面積をもつ異方性板に置換した。鉄筋の応力-ひずみ関係は図6に示す Bi-linear とした。

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 E_{11} & \alpha_1 E_{12} & 0 \\ \alpha_1 E_{12} & \alpha_2 E_{22} & 0 \\ 0 & 0 & G \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} \quad \text{----- (1)}$$

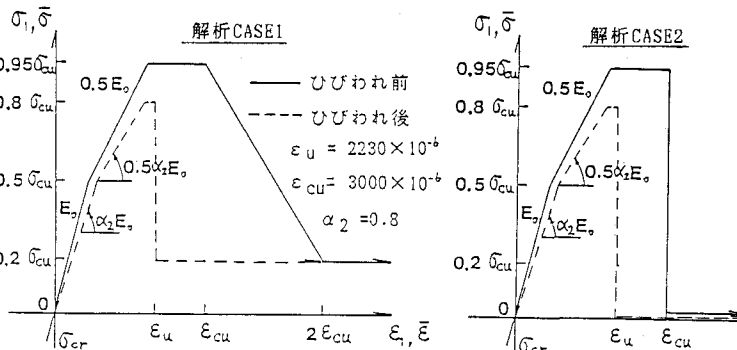


図2 解析に用いたコンクリートの応力-ひずみ関係

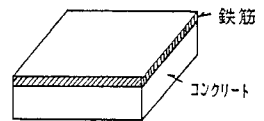


図1 有限要素モデル

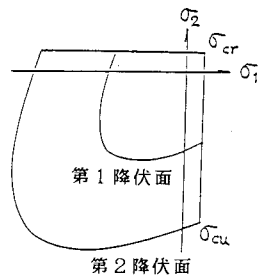


図3 2軸応力下のコンクリートのひびわれ発生面と降伏面と降伏曲面

3. 解析結果とその検討

解析により得られた試験体のひびわれパターンと実験結果とを比較して図7に示す。また、実験と解析の荷重－変位曲線を図8に示す。これらを見るとせん断ひびわれの発生状況は比較的良好に対応しているが、壁の右上部分では一部相違が見られる。また、壁と柱の脚部の圧壊領域は、実験と比較的良好な対応を示していることがわかる。荷重－変位関係では、CASE 1, CASE 2とも剛性が高めとなり、コンクリートの圧壊と鉄筋の降伏以後急激に変形が進んでいる。計算耐力は、CASE 1 が 139 ton で CASE 2 が 136 ton であり、実験値 (141 ton) とほぼ近似している。CASE 1 と CASE 2 の耐力の相違は、コンクリートの応力－ひずみ特性の違いによるものと考えられるが、この特性の差異は、破壊近傍になるまでは、荷重－変位関係にほとんど影響を及ぼさない。

全体的に剛性が高めとなった原因は、テンションステイニングの仮定と、計算では考慮していない試験体の柱脚部や壁部の鉛直方向鉄筋の下梁からの抜け出しによるものと考えられる。

4. あとがき

今後は、さらに、テンションステイニング特性の吟味と鉄筋の引き抜き等を考慮して解析する予定である。

<参考文献>

- 1) 上田真稔他：鉄筋コンクリートシェル構造物の弾塑性解析、
竹中技術研究所報告第31号、1985.5
- 2) 井上範夫他：コリンズ理論に基づくRC弾塑性解析法、
第7回コンクリート工学年次講演会論文集、1985
- 3) 山田嘉昭著：塑性・粘弾性、培風館、昭和55年12月
- 4) 第2回RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム 解析モデル検証用試験体の実験データ集

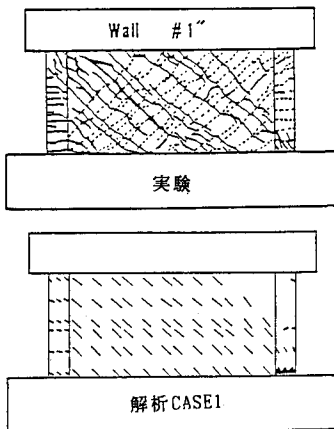


図7 ひびわれパターン

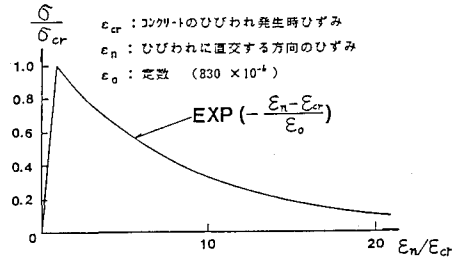


図4 テンションステイニング特性をあらわす応力－ひずみ関係

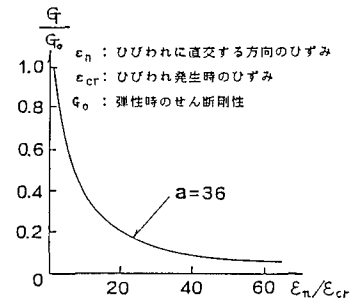


図5 ひびわれ要素の残存せん断剛性率とひずみ関係

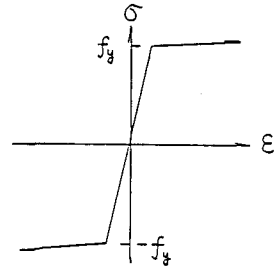


図6 鉄筋の応力－ひずみ関係

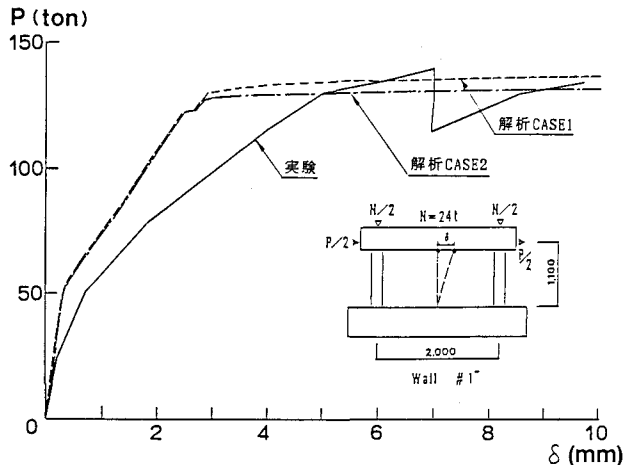


図8 荷重－変位曲線