

RC 部材の軸方向鉄筋低サイクル疲労破断評価に用いる曲率－鉄筋ひずみ関係

九鉄工業 正 会 員 ○瀧口 将志
九州大学 フェロー 大塚 久哲
大林組 正 会 員 池永 貴史

1. 目的

筆者らは、地震時の RC ラーメン構造物の挙動を倒壊まで解析することを最終目的として、部材モデル ($M-\theta$, $M-\phi$) を用いた RC 部材のポストピーク領域のモデル化に取り組んでいる。ここで曲げ破壊型 RC 部材のポストピーク領域後半では、鉄筋座屈とコンクリート脱落による緩やかな耐力低下の他に、軸方向鉄筋の低サイクル疲労破断による急激な耐力低下を考慮することが必要である。ところで座屈鉄筋の低サイクル疲労破断は、座屈長における平均ひずみ振幅－破断回数関係を用いて評価するのが現段階では適用性が高いと考えられるが、部材モデルで得られる解析結果は部材角 θ ($=\delta/L$) あるいは塑性ヒンジの平均曲率 ϕ であるため、これを軸方向鉄筋の平均ひずみに換算する必要がある。以下では断面解析により、曲率 ϕ と軸方向鉄筋ひずみ ε_r との関係について検討する。

2. 曲率と軸方向鉄筋ひずみ関係の検討

(1) 解析モデル

図-2 の試験体¹⁾をファイバーモデルでモデル化し解析を行う。諸元、解析条件等は以下のとおり。

400mm×400mm の縮小試験体、引張鉄筋比 $\rho_t = 0.43\%$

基本の軸力： $N = 685 \text{ kN}$ (軸力比 $\eta = 0.08$)

応力ひずみ曲線：コンクリート＝二次曲線

鉄筋＝修正 Menegotto-Pinto モデル

荷重パターン：漸増交番荷重 ($1\delta_y$ ごと 1 回繰返し, $1\sim 8\delta_y$)

(2) 断面寸法を考慮した基本的な $\phi-\varepsilon_r$ 関係

断面寸法の影響をあわせて検討するため、引張鉄筋比を $\rho_t = 0.43\%$ で一定として、断面寸法を $200\text{mm}\times 200\text{mm}$, $400\text{mm}\times 400\text{mm}$, $600\text{mm}\times 600\text{mm}$, $800\text{mm}\times 800\text{mm}$, $1000\text{mm}\times 1000\text{mm}$ に変化させ漸増交番荷重解析を行った。図-3 より、曲率と鉄筋ひずみは概ね線形関係にあること、その勾配は断面寸法により異なり、また引張側と圧縮側で異なることが分かる。図より引張鉄筋ひずみ ε_{rt} は有効高さ d を用い式(1)で、また圧縮鉄筋ひずみ ε_{rc} は平面保持を仮定し中立軸 x , かぶり c を用い式(2)で近似できる。

$$\varepsilon_{rt} = \frac{\phi \cdot d}{1.2} \quad \dots (1)$$

$$\varepsilon_{rc} = \frac{c-x}{d-x} \cdot \varepsilon_{rt} \quad \dots (2)$$

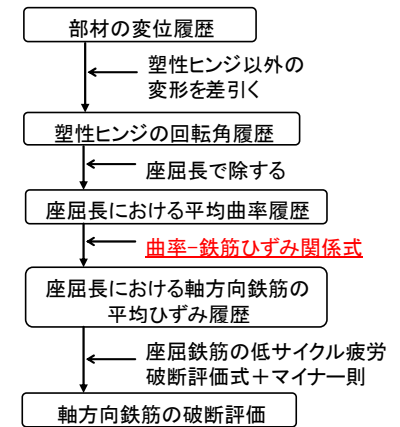


図-1 鉄筋破断評価フロー

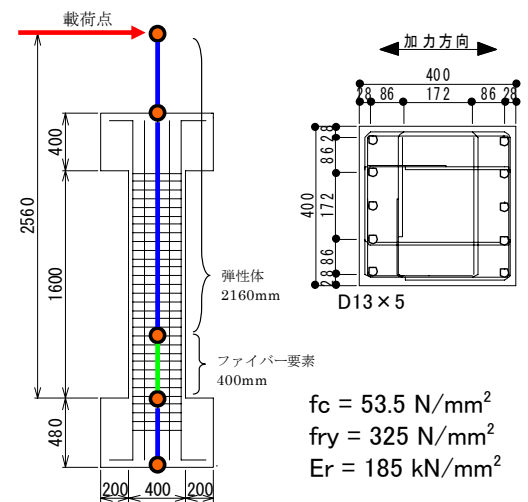


図-2 検討に用いた試験体

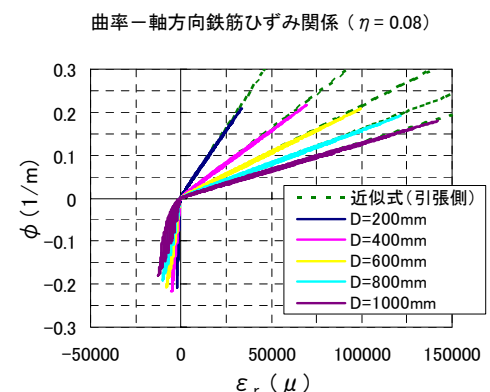


図-3 断面寸法の影響

キーワード 軸方向鉄筋, 曲率, ひずみ, 鉄筋破断, 低サイクル疲労, ポストピーク

連絡先 〒800-0007 北九州市門司区小森江3丁目12-10 九鉄工業(株)北九州支店 土木課 TEL 093-371-1661

(3) 軸力の影響

軸力比の影響を検討するため、軸力を $N=0$ ($\eta=0$), 320 kN ($\eta=0.037$), 640 kN ($\eta=0.075$), 960 kN ($\eta=0.112$), 1920 kN ($\eta=0.224$) に変化させ解析を行った。図-4 より、 $N=0$ および 1920 kN では多少のずれが見られるものの、 $N=320\sim 960 \text{ kN}$ では概ね近似式と一致することが分かる。

(4) 軸方向鉄筋量の影響

軸方向鉄筋量の影響を検討するため、引張鉄筋（および圧縮鉄筋）を $D13\times 2$ 本 ($\text{pt}=0.17\%$), $D13\times 5$ 本 ($\text{pt}=0.43\%$), $D13\times 10$ 本 ($\text{pt}=0.85\%$), $D13\times 15$ 本 ($\text{pt}=1.28\%$), $D13\times 20$ 本 ($\text{pt}=1.70\%$) に変化させ解析を行った。図-5 より、引張側は鉄筋量によらず概ね同一の直線となることが分かる。

(5) コンクリートの応力ひずみ関係の影響

コンクリートの応力ひずみ関係として、2次曲線と COM3（図-6）を用いた場合の比較を行う。 $N=640 \text{ kN}$ ($\eta=0.075$) の結果を図-7 に示す。図より引張側では概ね同一の直線となることが分かる。

(6) 鉄筋の応力ひずみ関係の影響

鉄筋の応力ひずみ関係として、バイリニアモデル、修正 Menegotto-Pinto モデル、座屈モデル（図-8）を用いた場合の比較を行う。図-9 より鉄筋応力ひずみ曲線によらず概ね同一の直線となることが分かる。

3. まとめ

曲率と軸方向鉄筋ひずみの関係は、一般的な土木構造物上部工の軸力範囲では、式(1)(2)で概ね妥当に表現できると考えられる。

参考文献

- 1) 瀧口将志, 大塚久哲, 池永貴史: 鉄筋とコンクリートの荷重分担を考慮した RC 部材の履歴モデルの検討, 構造工学論文集, Vol. 55A, pp. 1075-1084, 2009. 3
- 2) 瀧口将志, 池永貴史, 大塚久哲: RC 柱部材の交番載荷試験における軸方向鉄筋破断評価, 土木学会年次学術講演会, V-470, pp. 939-940, 2008. 9

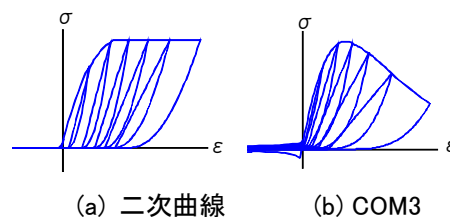
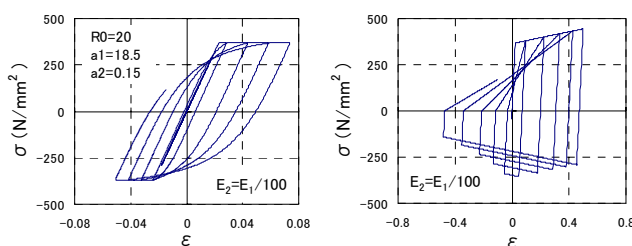


図-6 コンクリートの応力ひずみ関係



(a) 修正 Menegotto-Pinto モデル (b) 座屈モデル

図-8 鉄筋の応力ひずみ関係

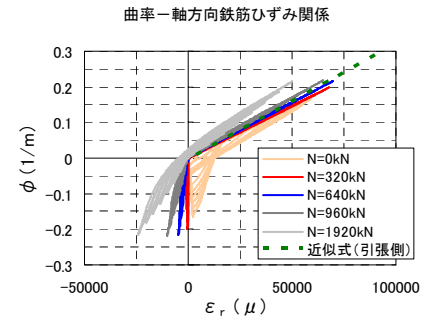


図-4 軸力の影響

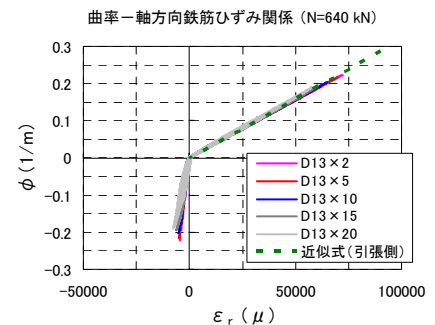


図-5 軸方向鉄筋量の影響

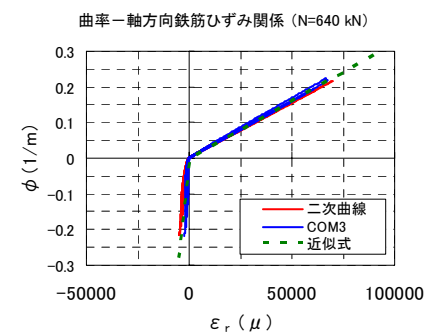


図-7 コンクリート応力ひずみ関係の影響

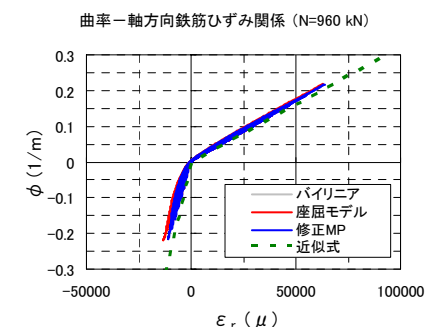


図-9 鉄筋応力ひずみ関係の影響