

軸方向鉄筋の座屈による低サイクル疲労破断評価 (鉄筋形状等の影響の定性的評価)

J R 九州 正会員 ○瀧口 将志 コイシ 正会員 池永 貴史
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣 九州大学 正会員 梶田 幸秀

1. 目的

筆者らは、RC ラーメン構造物の地震時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-θ, M-φ) 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。それにあたり、曲げ破壊型 RC 部材のポストピーク領域後半のモデル化においては、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。しかし鉄筋の低サイクル疲労破断に関しては、ふしの立ち上がり形状によるひずみ集中の解析的評価方法²⁾や、座屈鉄筋破断の実験的検討³⁾は行われているものの、鉄筋座屈に起因するふし内側へのひずみ集中についてはいまだ十分に明らかにされていないのが現状である。筆者らはファイバーモデルを用いた異形鉄筋単体の座屈解析によりこれらを考慮した鉄筋破断評価に取り組んでおり、本稿ではふし間隔や高さ等が及ぼす影響の定性的評価について報告する。

2. 鉄筋単体の座屈解析

(1) 解析モデル

異形鉄筋 (竹ふし) 単体をファイバーモデルでモデル化し座屈解析を行う。諸元、解析条件等は以下のとおり【カッコ内は変動値】

- ・鉄筋径：D19, ふし谷部直径 φ min =18.2mm 【17.5mm, 19mm】
- ・ふし幅 (縦ふし・横ふしとも同一値) B =3mm 【2mm, 4mm】
- ・ふし高さ (縦ふし・横ふしとも同一値) H =1.3mm 【0.5mm~2.0mm】
- ・ふし間隔 11.46mm 【9.55mm, 14.325mm】
- ・鉄筋強度：鋼材単体の fy =345N/mm² 【235, 490, 685】
- ・応力ひずみ曲線：繰返し载荷による降伏棚の消失を考慮し、バイリニアモデルとした。E =200kN/mm², E2 =E/100
- ・鉄筋長：L/D =3.6~18 (Lは固定長, Dは公称径 19.1mm)
- ・初期不整：Xo = 0.191mm (公称径の 1%) 【0.191mm~4.584mm】をコサインカーブ 1 波長で与えた。
- ・長さ方向分割：ふし谷部, 山部の平均ひずみを算定するため, 個々のふし谷部・山部をそれぞれ 1 要素でモデル化した。
- ・载荷方法：鉄筋全長の長さ変化率 ΔL/L = ±2% 【±1%, 3%】とした変位制御の交番载荷 (変位-2%まで圧縮 → 変位+2%まで引張 → 圧縮を 10 回繰返し) (データ整理には第 2~第 10 サイクルの平均値を使用)
- ・解析ソフト：鋼構造向けのファイバーモデルソフト EERC/Fiber⁴⁾ を使用し, 幾何学的非線形を考慮。

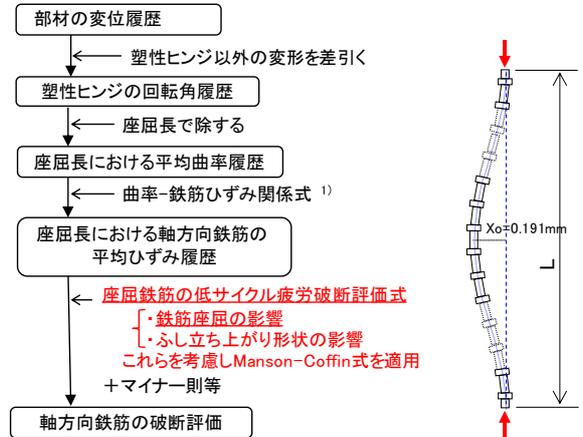


図-1 鉄筋破断評価フローと本検討 図-2 座屈解析

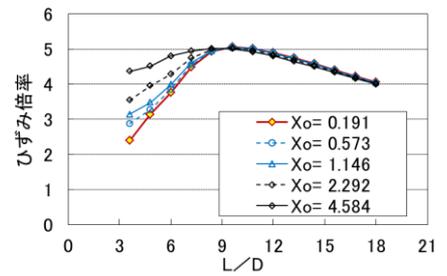


図-3(a) 初期不整の影響 (ひずみ倍率)

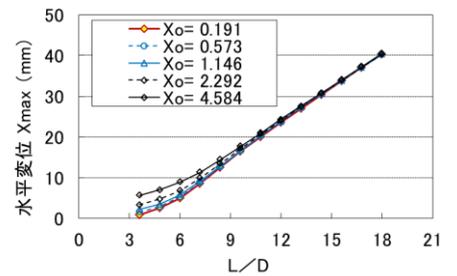


図-3(b) 初期不整の影響 (座屈時水平変位)

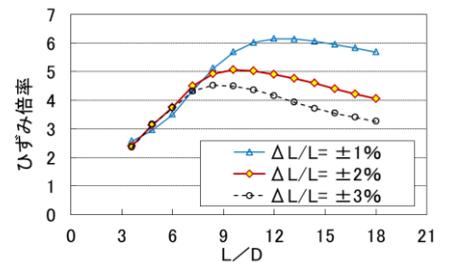


図-4 長さ変化率の影響

キーワード 軸方向鉄筋, 鉄筋座屈, 鉄筋破断, 低サイクル疲労, ポストピーク, ファイバーモデル
 連絡先 〒802-0002 北九州市小倉北区京町4丁目7 JR九州 門司保線区 TEL 093-521-7355

3. パラメータの影響

(1) 初期不整

図-3 (a)に、初期不整 X_0 を変化させたときのひずみ倍率（スパン中央のふし谷部平均ひずみの振幅/長さ変化率の振幅）を示す。短スパンでは初期不整が影響するが、長スパンでは影響はみられない。これは座屈時の水平変位が長スパンではかなり大きくなり（図-3 (b)）、初期ひずみの影響が小さくなるためである。

(2) 長さ変化率の振幅 $\Delta L/L$

図-4より、短スパンでは $\Delta L/L$ によらずひずみ倍率はほぼ一定で、長スパンでは $\Delta L/L$ が大きい方がひずみ倍率が小さくなる。これは短スパンでは軸圧縮変形が主体で、長スパンでは座屈変形が主体のためと考えられる。

(3) 最小径

鉄筋最小径を変化させたときのひずみ倍率を、公称径 D で整理したものを図-5 (上)に、最小径 ϕ_{min} で整理したものを図-5 (下)に示す。最小径で整理すると各データがよく一致することより、座屈変形は公称径ではなく最小径の影響を受けることが分かる。

(4) ふし幅（ふし谷部幅）

図-6より、ふし幅が大きくなる（ふし谷部幅が小さくなる）とひずみ倍率が大きくなる。これは同一量変形するには、ふし谷部幅が小さくなるとひずみが大きくなるためと考えられる。

(5) ふし高さ

図-7より、ふし高さが一定以上（本検討では $H=0.9$ 以上：鉄筋径の約5%以上）では、ふし高さの影響はほとんどみられない。

(6) ふし間隔

図-8より、ふし間隔が小さくなるとひずみ倍率が大きくなるが、その影響は比較的小さい。これはふし幅を一定（ $B=3$ ）としてふし間隔のみを変動させているため、(4)と同様のことを行っていることになるが、その変動幅が小さいためと考えられる。

(7) 鉄筋強度

図-9より、鉄筋強度が大きくなるとひずみ倍率も大きくなる。これは高強度の場合、隣接要素が降伏しにくいため、スパン中央のふし谷部に変形が集中することを示している。

3. まとめと課題

鉄筋座屈解析により、ふし間隔や高さ等が座屈によるひずみ増加に及ぼす影響の定性的評価を行った。今後、これらを考慮した鉄筋低サイクル疲労破断評価式を作成する予定である。

参考文献

- 1) 瀧口将志ほか: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, 土木学会年次学術講演会, V-096, 2013.9
- 2) 判治剛ほか:局部ひずみを基準とした異形鉄筋の低サイクル疲労強度評価法, 構造工学論文集, Vol.61A, 2015.3
- 3) 梶貝勇ほか:塑性域から座屈域にわたる大変位の繰返しを受ける異形鉄筋の破壊条件に関する研究, 土木学会論文集, No.746/V-61, 2003.11
- 4) 野中哲也, 吉野廣一:パソコンで解くファイバーモデルによる弾塑性有限変位解析, 丸善, 2010

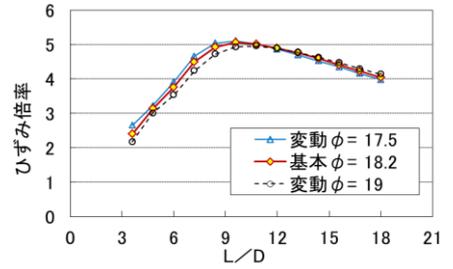


図-5 最小径の影響

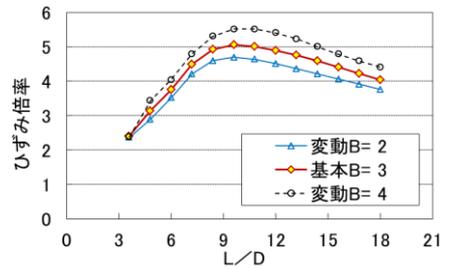
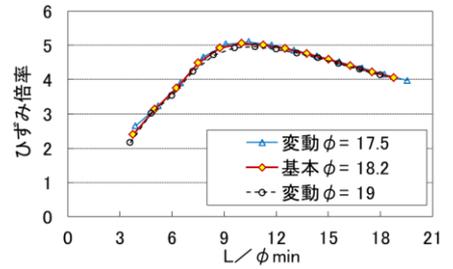


図-6 ふし幅の影響

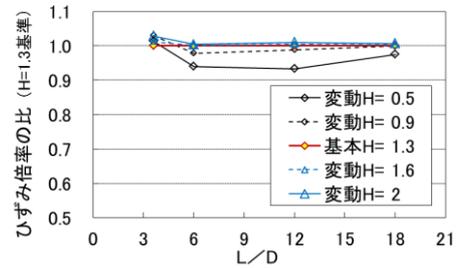


図-7 ふし高さの影響

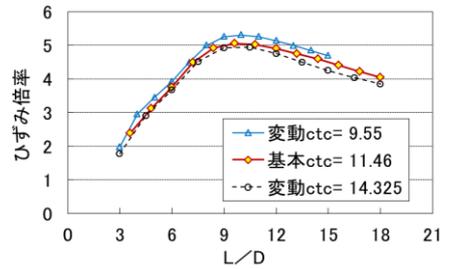


図-8 ふし間隔の影響

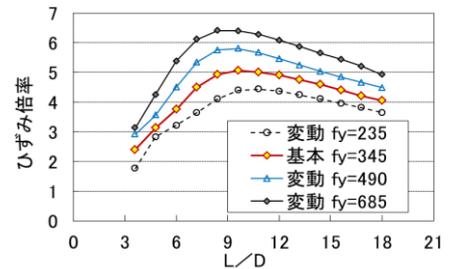


図-9 鉄筋強度の影響