

座屈を考慮した RC 柱部材の非線形解析

武蔵工業大学工学部 正会員 吉川 弘道  
 武蔵工業大学大学院 学生員 渡辺 耕平

1. はじめに

鉄筋コンクリート橋脚の耐震解析で重要となることは、潜在する複数の破壊モードの中でどの破壊モードが顕在化するかを把握し、非線形領域における塑性変形を適切に検討することである。

本研究では、座屈を考慮した鉄筋構成則をファイバーモデルに導入し、初期たわみ、両端支持条件、座屈長をパラメータにとり、部材の変形性能に与える影響を検討する。

2. 解析対象および解析条件

解析対象の諸元を表 1 に示す。解析モデルは、断面 320 × 320(mm)、高さ 1200(mm)、せん断スパン比 4.05 とした。材料構成則を表 2 に示す。コンクリート構成則には Mander Model を使用した。一方、鉄筋構成則には、座屈を考慮しない場合は引張側・圧縮側ともにトリリニアモデルを用い、座屈を考慮する場合は、圧縮側に本提案式(弾塑性座屈モデル)<sup>1)2)</sup>を用いた。

RC 柱部材の座屈に影響を与える因子を把握するために、表 3 に示すパラメータをもとに解析を行い、比較検討をした。

3. 座屈を考慮した RC 柱部材の破壊メカニズムの検討

本解析における部材の破壊過程を把握するため、図 1(a)に曲げモーメント - 曲率関係、(b)圧縮側最外縁かぶりコンクリートの応力 - 曲率関係(c)引張側および圧縮側最外縁鉄筋の応力 - 曲率関係を示す。

まず、引張側鉄筋が降伏に至るまでは、M - 関係において両モデルともにほぼ同様な挙動を示し((a)参照)、降伏点以降最大曲げモーメント付近までに、圧縮側のかぶりコンクリートの応力軟化傾向を示す(b)参照)。かぶりコンクリートが損傷を受け、応力を受け持たなくなったことにより、圧縮側のひずみが急激に増加することとなる。圧縮側のひずみ増加に伴い、鉄筋の応力 - ひずみ関係は全塑性限界曲線上に移行し(c)参照)、急激な断面耐力の低下を引き起こすこととなる(a)参照)。

すなわち、断面耐力の低下は圧縮側コンクリートおよび鉄筋の双方の負担応力分が急激に低下したため生じるものであり、鉄筋の座屈による応力軟化のみで耐力が低下するの

key words : ファイバーモデル, 弾塑性座屈, 両端支持条件, 座屈長, 初期たわみ

連絡先 : 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL : 03-3703-3111(内線:3241) FAX:03-5707-1165

表 1 解析対象の諸元

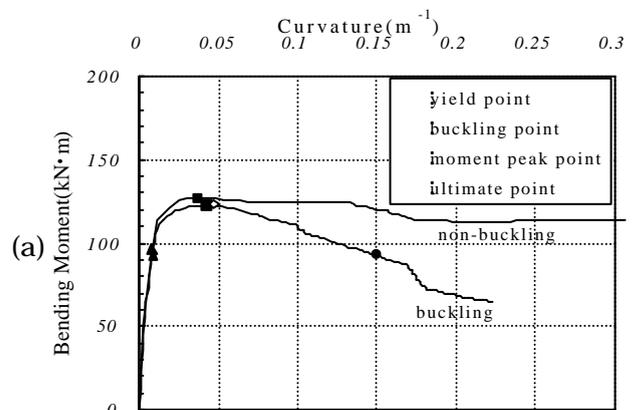
	断面 B×H (mm)	320 × 320
	せん断スパン L (mm)	1200
	軸方向鉄筋 $\rho_s$ (%)	2.5
	帯鉄筋比 $r_w$ (%)	0.44
	軸方向鉄筋の降伏強度 $f_{sy}$ (MPa)	295
コンクリートの圧縮強度 $f_c$ (MPa)	24	

表 2 材料構成則

材料	構成則
コンクリート	Mander Model
軸方向鉄筋	座屈考慮なし 引張側/圧縮側：トリリニア
	座屈考慮あり 引張側：トリリニア 圧縮側：弾塑性座屈モデル

表 3 解析パラメータ

Model	支持条件	座屈長 L (mm)	初期たわみ a(mm)
	fixed-fixed	296(1d)	5.0
	hinged-hinged		
	fixed-fixed	148(0.5d)	5.0
		296(1d)	
		444(1.5d)	
	fixed-fixed	296	2.5
			5.0
			7.5



ではないことを示している。

一方、座屈発生を考慮しないモデルに着目すると、断面耐力の低下はほぼ確認されなかった。圧縮側のコンクリートの応力は軟化挙動を示していることを考えると、軸方向鉄筋の座屈挙動が耐力低下に大きく寄与していることもわかる。

4. 部材レベルにおける座屈に対する影響因子の検討

各パラメータにおける荷重 - 変位関係を図2に示す。比較対象として、座屈を考慮しない場合の結果も併記する。

Model における支持条件の違いによる影響を(a)示す。最大耐力は両端ヒンジよりも両端固定支持の場合の方が大きくなるが、最大荷重以降の耐力低下の割合はほぼ同様な傾向が見られた。また、両端固定支持の場合、早期に圧縮鉄筋の軟化が開始するが、圧縮力をより多く負担できるため、終局点が遅くなることがわかる。

Model における座屈長による影響を(b)に示す。圧縮鉄筋が軟化を開始した以降に表われ、座屈長が大きいほど耐力低下は急激に起こることが確認された。座屈長が小さいほど緩やかな耐力低下を示すことがわかる。

また、RC 柱部材における実際の座屈長は、 $1d$ ( $d$ : 断面の有効高さ)程度であることが、多くの実験結果より明らかとなっているが、一般的には帯鉄筋ピッチやコンクリートの損傷領域などの影響を受けると言われている。

Model における初期たわみによる影響を(c)に示す。本解析で用いたパラメータにおいては、初期たわみが大きいほど最大耐力が小さくなる傾向はみられたが、顕著な違いはみられなかった。さらに、変形が進むほど初期たわみの違いによる影響は小さくなり、終局点はほぼ同時期となることが確認できる。

5. まとめ

本解析結果より、両端の支持条件と座屈長は挙動に顕著な差が表われ敏感パラメータであるといえる。一方、初期たわみに関しては、挙動や靱性率に差が表われず、鈍感パラメータであるといえる。したがって、解析を行なう上の仮定で、不確定要素が多い初期たわみによる影響が部材レベルでは小さいことが確認されたことから、提案した弾塑性座屈モデルは部材の変形性能を評価する上で有用性が高いといえる。

【参考文献】

- 1) 竹市八重子：軸方向鉄筋の座屈を考慮した鉄筋コンクリート柱部材の非線形挙動，武蔵工業大学 修士学位論文，1998.3
- 2) 渡辺耕平，吉川弘道，竹市八重子：RC 橋脚の軸方向鉄筋弾塑性座屈モデルの提案，第 56 回 年次学術講演会講演概要集投稿中

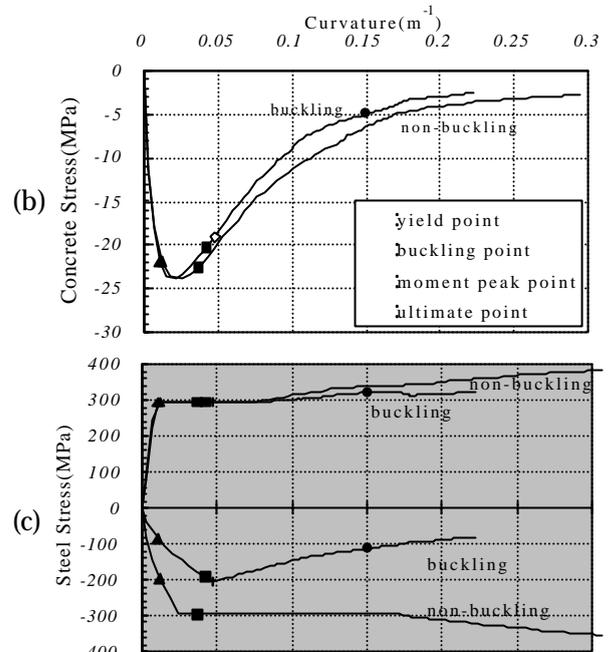


図1 座屈を考慮した RC 柱部材の破壊過程

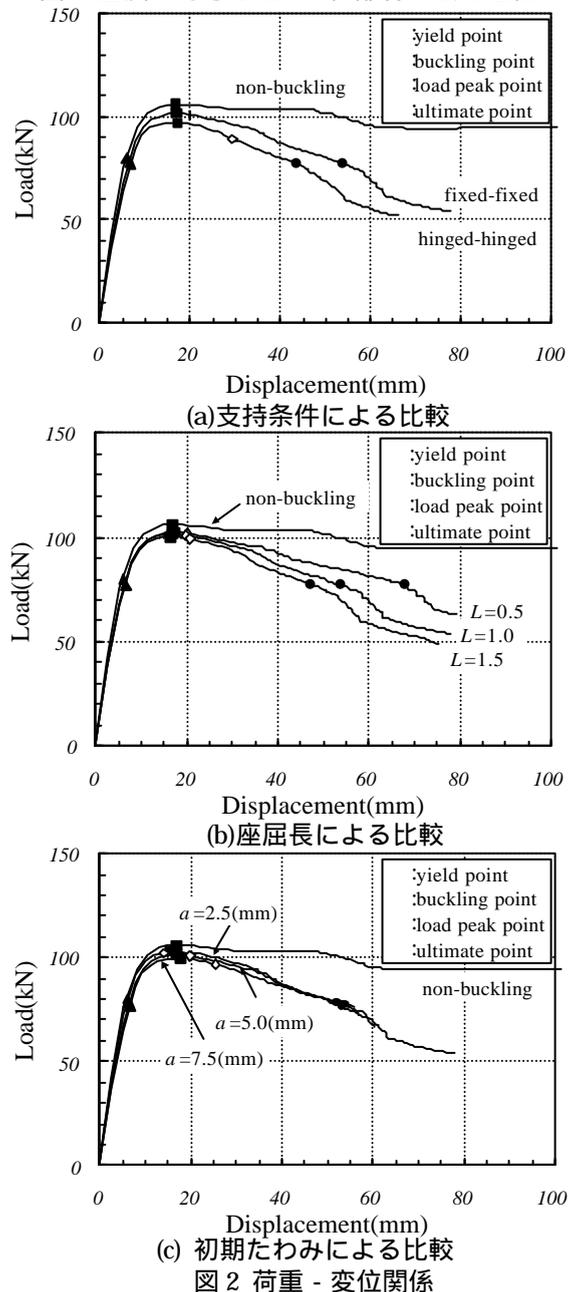


図2 荷重 - 変位関係