

座屈する異形鉄筋の圧縮応力-歪関係の提案

筑波大学大学院 学生会員 ○墨野倉 駿

筑波大学 正会員 金久保 利之

筑波大学 正会員 八十島 章

1. はじめに

鉄筋が座屈するときの圧縮応力-歪関係を精度よく表現することは、鉄筋コンクリート部材の圧縮側の終局時挙動を評価する上で重要である。本研究では、鉄筋単体の座屈試験を行い、圧縮応力-歪関係のモデルの提案を行う。

2. 実験概要

実験に使用した鋼材は異形鉄筋 D10 (SD295), D13 (SD295, SD490), D16 (SD295, SD345) である。両端を固定条件とした座屈試験を行った。変動因子は試験長とし、 $20d, 18d, 16d, 14d, 12d, 10d, 8d$ (d は鉄筋径) の計 7 種類 (有効細長比でおよそ 100 未満) の試験体の実験を行った。試験体一覧を表 1 に、各鋼材の引張試験結果を表 2 に示す。

加力には 500kN 万能試験機を用い、単調圧縮载荷を行った。加力および測定方法を図 1 に示す。試験機ヘッドに試験体固定用のジグを取り付け、ジグ内に鉄筋の端部 $8d$ を挿入することにより境界条件を固定とした。鉄筋端部を研磨し、孔と鉄筋の間に隙間が生じないように配慮した。計測項目は、圧縮力およびジグ間の 3 箇所における軸方向変形である。

3. 試験結果

圧縮応力-歪関係の例を図 2 に、加力後の試験体を図 3 に示す。圧縮応力は圧縮力を公称断面積で除して求め、圧縮歪は試験体のジグ内の変形を弾性変形と仮定して計測された軸方向変形から差し引き、試験長で除して求めた。各試験体とも概ね圧縮応力が降伏強度に達した後、座屈した。試験長が小さくなるにつれ明瞭

表 2 引張試験結果

試験体		引張強度 (MPa)	降伏強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	降伏歪 (%)
D10	SD295	468	346	192	0.178
D13	SD295	484	344	192	0.178
	SD490	707	565	196	0.295
D16	SD295	482	334	197	0.174
	SD345	516	358	198	0.190

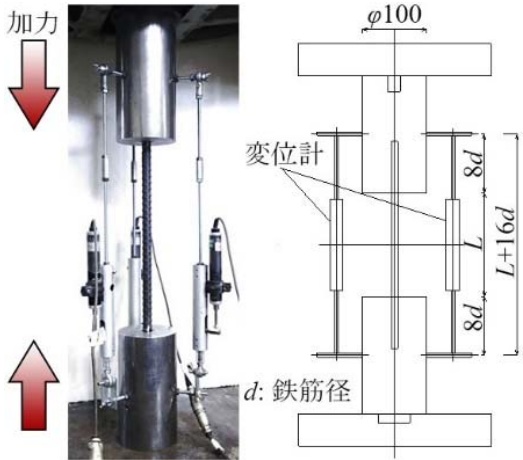


図 1 加力および計測方法

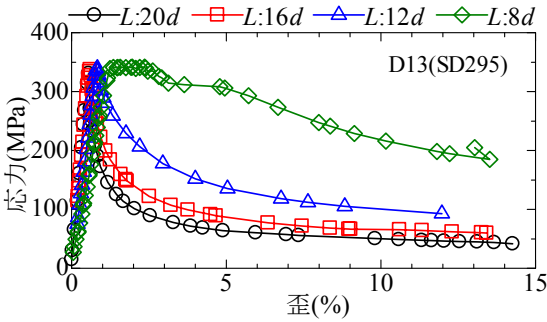


図 2 D13(SD295)の圧縮応力-歪関係

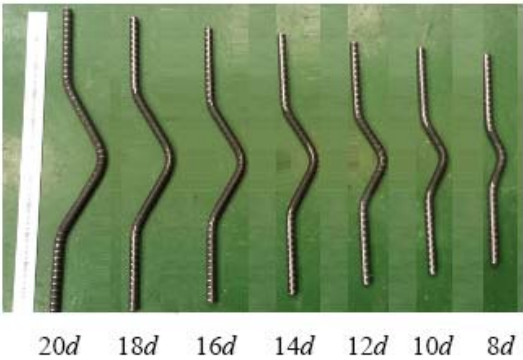


図 3 加力後の試験体

表 1 試験体一覧

試験体		試験長
D10	SD295	$20d, 18d, 16d, 14d, 12d, 10d, 8d$
D13	SD295	
	SD490	
D16	SD295	
	SD345	

キーワード 座屈実験, 応力-歪関係, モデル化

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 TEL 029-853-5462

な降伏棚が見られるようになり、圧縮応力-歪関係の軟化勾配は緩やかになる傾向がある。各試験体とも弱軸（縦節を結ぶ軸）周りの方向に、試験区間の中心が腹となる座屈モードであった。

4. 圧縮応力-歪関係のモデル化

圧縮応力-歪関係の軟化域を式(1)で定式化する。係数 β は軟化勾配の差異を表現する係数で、実験結果より、試験長を用いて評価することとする。実験結果を用いるにあたり、座屈強度 σ_b および座屈開始時歪 ε_b は、降伏棚がない試験体の場合は、それぞれ最大応力および最大応力時の歪とした。降伏棚がある試験体の場合は、図4に示すように、軟化曲線上における降伏点 σ_y 時の歪を ε'_y とし、 $\varepsilon_y - \varepsilon'_y$ 間の応力の平均値を σ_b 、その値と軟化曲線との交点の歪を ε_b とした。各試験体の軟化曲線より β の値を最小二乗法により求めた。試験長を鉄筋径で除した値と β の関係を図5に示す。試験長が小さいほど β の値は小さくなり、軟化勾配が緩やかになる傾向を示している。鋼種の違いによる明確な傾向が見られないことから、全試験体の結果を用いて最小二乗法により式(2)を得た。

$$\sigma = \sigma_b (\varepsilon_b / \varepsilon)^\beta \quad (1)$$

$$\beta = 0.049(L/d) \quad (2)$$

ここで、 σ_b :座屈強度、 ε_b :座屈開始時歪、 L :試験長、 d :鉄筋径である。

また、試験長を鉄筋径で除した値と、座屈開始時歪 ε_b を引張試験による降伏歪 $\varepsilon_{y,t}$ で除した値の関係を図6に示す。試験長が小さいほど座屈開始時歪は大きくなり、全試験体の結果を用いて、最小二乗法により式(3)で定式化した。

$$\varepsilon_b = \varepsilon_{y,t} e^{21.7/(L/d)} \quad (3)$$

ここで、 $\varepsilon_{y,t}$:引張試験より得られた降伏歪である。

以上の方法により構築したモデルと実験結果との比較の例を図7および図8に示す。なお、座屈強度 σ_b は、引張試験による降伏強度とした。圧縮応力-歪関係のモデルは、実験結果を概ね表現できている。

まとめ

- (1) 試験長が小さくなるにつれ明瞭な降伏棚が見られるようになり、圧縮応力-歪曲線の軟化勾配は緩やかになった。
- (2) 圧縮応力-歪曲線の軟化域と座屈開始時歪を試験長で評価したモデルを提案した。

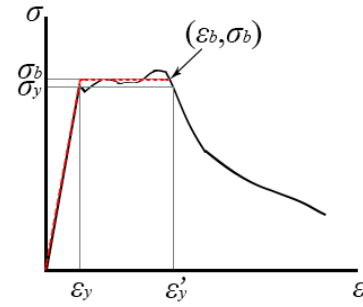


図4 σ_b および ε_b の決定法

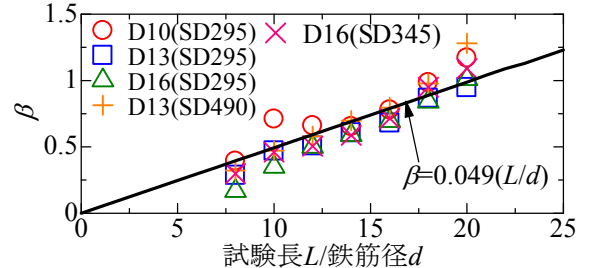


図5 試験長/鉄筋径と β の関係

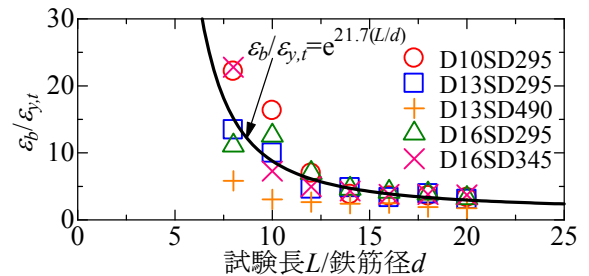


図6 試験長/鉄筋径と $\varepsilon_b/\varepsilon_{y,t}$ の関係

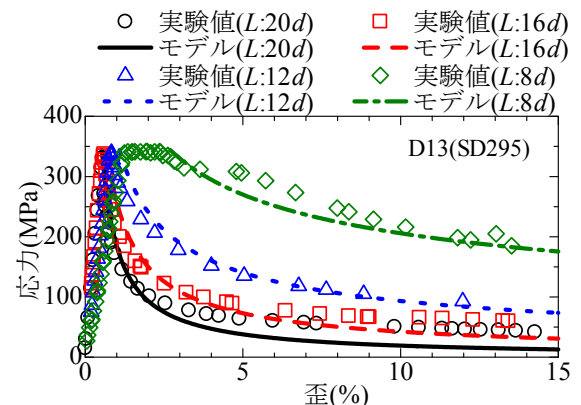


図7 モデルと実験結果の比較 D13(SD295)

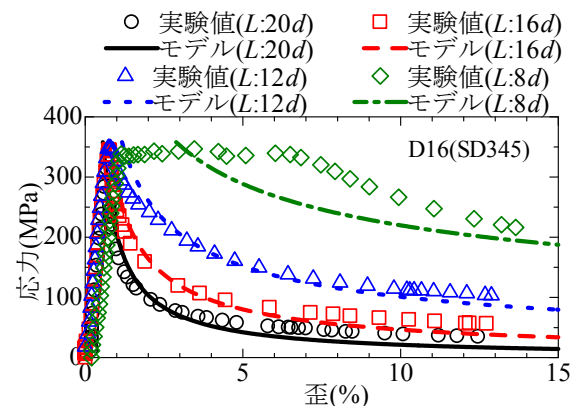


図8 モデルと実験結果の比較 D16(SD345)