

中心圧縮柱の非線形座屈に関する研究
 (その6：断面寸法の異なる試験体を用いた実験)

正会員 ○宮木 彩乃* 鈴木 敏志**
 正会員 西村 功***

座屈荷重 幾何学的非線形 材料非線形
 静的載荷実験 正方形断面

1 はじめに

前報(その4・5)に示した正方形断面鋼材を用いた座屈実験について、断面寸法が座屈荷重および座屈後挙動に与える影響を確認する目的で、追加の実験を行った。

本報では、試験体の概要および主な実験結果について述べる。なお、前報までと同様に(その6)では式や図表に記号Fを付す。

2 試験体概要

試験体の寸法および断面性能を表F-1に示す。断面寸法は、前報よりも小さい14×14mmで、規格サイズの材料の中から試験機の載荷能力(圧縮力500kN)などを考慮して選定した。試験体の断面係数Zおよび断面2次モーメントIは、前回の19×19mm試験体と比較して3分の1程度の値となる。部材長さLは、前報の細長比Aと近い値になるように設定した。なお、実験では試験体の両端60mmを治具にはめ込むため、製作した試験体の長さは、部材長さLに120mmを加えた値となる。試験体名は、前報と同様に細長比Aの値が小さい方から順にA, B, C, D, E, F, G, H, Iとし、前回の19×19mm試験体と区別するために、頭に14を付けて表記する(例:14A)。また、ここでは前回の試験体には19を付けて表記する。試験体本数は、結果のばらつきを確認するために各種類3本とした。試験体の材料は、前報と同様のSS400(ミカギ四角棒)であり、材料試験からヤング係数 $E=2.03 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、降伏応力度 $\sigma_y=520 \text{ N/mm}^2$ 、引張応力度 $\sigma_u=596 \text{ N/mm}^2$ が得られている。

表F-1 試験体概要

試験体名			14A	14B	14C	14D	14E	14F	14G	14H	14I
部材長さ	L	mm	115	230	345	460	570	685	800	915	1030
幅	B	mm	14								
厚さ	H	mm	14								
断面積	A	mm ²	196								
断面2次モーメント	I	mm ⁴	3201								
断面2次半径	i	mm	4.04								
細長比	A	-	14.2	28.5	42.7	56.9	70.5	84.7	99.0	113.2	127.4
基準化細長比	A'	-	0.23	0.46	0.69	0.92	1.14	1.37	1.59	1.82	2.05
辺方向	断面係数	Z	457								
	塑性断面係数	Z _p	686								
	全塑性モーメント	M _p	357								
	最大モーメント	M _u	409								
	降伏モーメント	M _y	238								
対角方向	断面係数	Z	323								
	塑性断面係数	Z _p	647								
	全塑性モーメント	M _p	336								
	最大モーメント	M _u	385								
	降伏モーメント	M _y	168								

3 実験結果

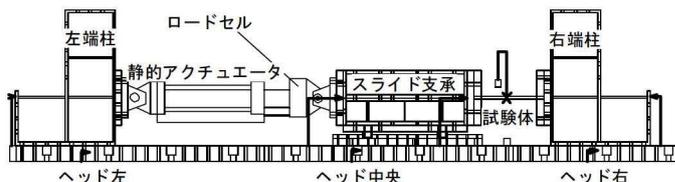
(I) 軸方向の荷重 - 変形関係(座屈後の挙動)

実験に用いた試験機のセットアップを図F-1に示す。なお、載荷方法および計測方法は、前報と同様のため、ここでは説明を割愛する。試験体は、幅14mm×高さ14mm×深さ60mmの穴が開けられた両端部の治具にはめ込み、両端固定となるように取り付けて実験を行った。

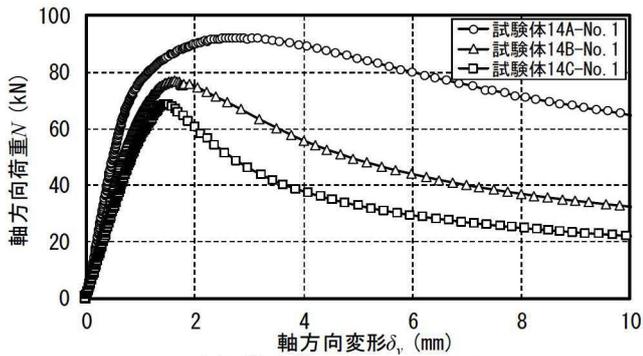
図F-2は、実験より得られた各試験体の軸方向の荷重 - 変形関係である。ここで、軸方向変形 δ は、試験機の各所に取り付けた変位計の値を基に、試験体の変形量を算定した結果を用いている。座屈後(最大荷重到達後)の挙動に注目してみると、試験体14A~14Cならびに試験体14E~14Iは、座屈後も連続的に荷重と変形が推移している(図F-2(a)・(c))。それに対して、試験体14Dは、前述の試験体に比べると座屈後に荷重が大きく低下し、かつ軸方向変形も大きく進む非連続な挙動を示している(図F-2(b))。前報で、試験体の細長比を基準に座屈後の挙動を見ると、連続(安定) - 非連続(不安定) - 連続(安定)の3つの領域に分けられるという結果が得られているが、今回も同様に3つの領域に分けられる結果となった。なお、前報で非連続な挙動を示した試験体19C・19D・19Eでは、座屈後、急激に荷重が低下していたのに対し、今回の試験体14Dでは、前報に比べると大幅な荷重の低下は見られなかった。

次に、座屈後の荷重の推移を見ると、試験体14A・14H・14Iは、低下の割合が緩やかであることが分かる。また、前報の試験体19Aおよび試験体19Iでも同様の傾向が見られ、基準化細長比が小さい試験体および大きい試験体では、低下の割合が緩やかになる傾向がある。

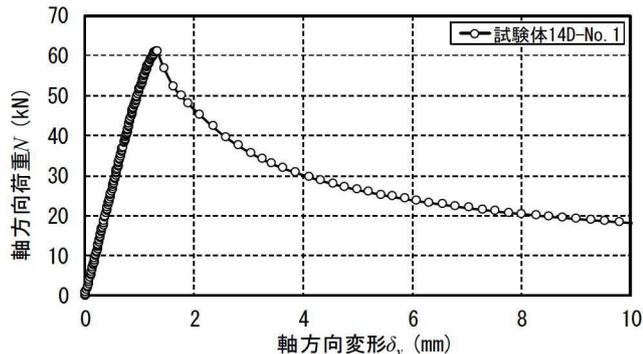
ここでは、各試験体のNo.1の結果を示したが、3本ずつ実施した実験の結果に、ばらつきは少なく、形状毎にほぼ同一の結果が得られている。



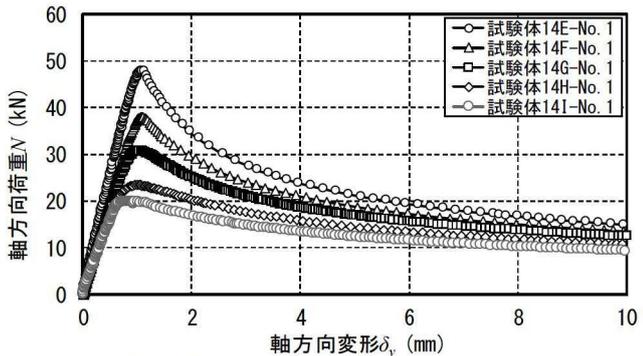
図F-1 試験機のセットアップ



(a) 試験体 14A・14B・14C



(b) 試験体 14D



(c) 試験体 14E・14F・14G・14H・14I

図 F-2 軸方向の荷重 - 変形関係

(II) 座屈の方向

各試験体の実験結果を表 F-2 に示す。また、座屈時から軸方向に 30mm 変形した時の試験体を写真 F-1 に示す。なお、紙面の都合上、試験体 14A・14C・14F について示しているが、前述の座屈後挙動と対応させると、試験体 14A・14C・14F とともに連続な挙動を示した試験体である。座屈後の変形方向は、試験体 14A は辺方向、試験体 14C および試験体 14F は対角方向となった。同様に、試験体 14D・14E・14G・14H・14I は、対角方向となった。試験体 14B に関しては、辺方向 (No. 1・No. 2) および対角方向 (No. 3) の両方が混在する結果となったため、表 F-2 には混在と記している。対角方向に変形した試験体は、多少のばらつきはあるが、おおよそ 45° 方向に変形した。

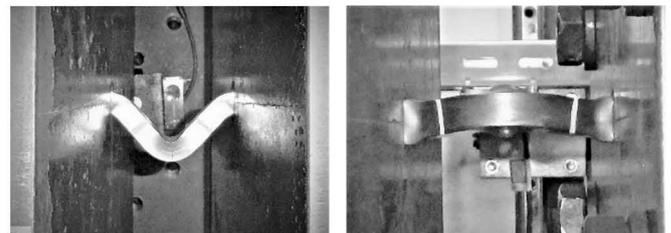
前報 19×19mm 試験体の結果を見ると、試験体 19A および試験体 19B では辺方向、その他の試験体では対角方向という結果が得られている。したがって断面寸法によらず、基準化細長比が小さい試験体では、辺方向に座屈する結果が得られている。また、試験体 14B の結果には辺方向と対角方向が混在しており、試験体 14B ($A'=0.46$) が座屈の方向が変わる境界であったと推測できる。

4 まとめ

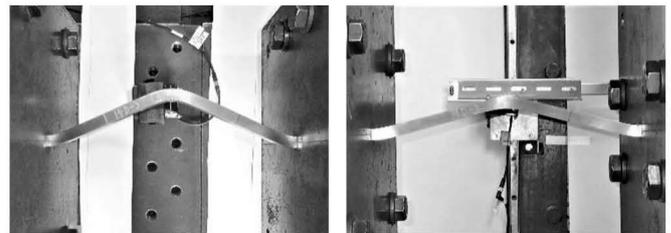
断面寸法を 19×19mm から 14×14mm に変更し、中心圧縮の座屈実験を行った。次報 (その 7) では、得られた実験結果と既報 (その 1~3) に示す理論予想を比較し、座屈モデルの妥当性を検証する。

表 F-2 座屈荷重と座屈後挙動

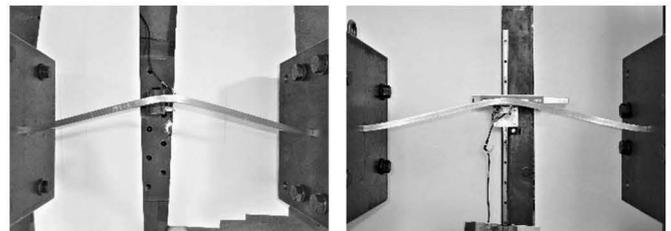
試験体名	14A	14B	14C	14D	14E	14F	14G	14H	14I	
試験体本数	3									
座屈荷重 N_{cr} (kN)	最大	92.3	79.6	70.5	62.5	48.9	39.9	30.8	24.6	20.3
	最小	91.2	76.9	68.2	60.5	48.0	37.9	29.8	23.4	19.9
	平均	91.8	78.2	69.2	61.3	48.5	38.7	30.2	23.8	20.1
座屈応力度 σ_{cr} (N/mm ²)	469	399	353	313	247	197	154	121	103	
σ_{cr}/σ_y	0.90	0.77	0.68	0.60	0.48	0.38	0.30	0.23	0.20	
座屈後挙動	安定			不安定		安定				
座屈の方向	辺方向	混在		対角方向						



(a) 試験体 14A No. 3



(b) 試験体 14C No. 3



(c) 試験体 14F No. 3

写真 F-1 座屈後の変形状態 (左: 上面 右: 側面)

* 愛知工業大学大学院 工学研究科博士前期課程
 ** 愛知工業大学 工学部 建築学科 講師
 *** 東京都市大学 工学部 建築学科 教授

* Graduate Student of Eng., Aichi Institute of Technology
 ** Lect., Dept. of Architecture, Aichi Institute of Technology
 *** Prof., Dept. of Architecture, Tokyo City University