

変断面中心軸圧縮柱の耐荷力実験

中部大学工学部 学生員○石川健一
中部大学工学部 正 員 塩見弘幸
愛知工業大学 正 員 青木徹彦

1. 研究目的

土木構造物に対して美観が要求される場合が多くなってきた。構造物全体の調和と共に構成部材個々の美も重要な要素である。パルテノン神殿や法隆寺の変断面柱は美観的に高く評価されていることから、素材こそ異なるが薄肉の鋼変断面柱も美観上優れた構造部材になり得ると思われる。しかしこの耐荷力特性や変形特性に関してはほとんど不明であるため、これらの諸特性を明らかにする必要がある。塩見らは鋼変断面はり・柱の終局強度を等価細長比の概念を用い、はりおよび柱のそれぞれについて、変断面部材をこれと終局強度の等しい等断面部材に置き換えることにより、それぞれの変断面部材の耐荷力を等断面部材の耐荷力評価式で表し、それらの相関式をはり・柱の終局強度として提案した¹⁾。これらは多くの数値計算結果から導かれたもので、実験による検証は曲げと軸力を同時に受ける場合に限られ²⁾、基本となる中心軸圧縮に対しては行われていない。

研究目的は、変断面柱の美観と強度の研究のための基礎的な実験データを得ることにあるが、今回の実験では特に、等断面柱と変断面柱との間の耐荷力特性および変形特性の関連性を調べ、文献1)の等価細長比係数 S を検討する。

2. 実験概要

2.1 実験供試体 供試体は溶接箱形断面柱で、局部座屈を起こさない幅厚比とした。変断面柱は図-1のウェブに相当する高さが一方向に直線的に変化する形状とした。変断面柱の最小断面の断面寸法を一律にし、文献1)から計算される等価細長比係数 S を用いた等価細長比を 40, 60, 80 の3種類、変断面性を表す β ($\beta = I_L / I_S$ 、ここに I_L, I_S はそれぞれ最大断面および最小断面に関する断面2次モーメント)を2, 4, 6の3種類に変化させ、合計9体を製作した。なお各細長比の $\beta=6$ の供試体を2体製作し、1体を残留応力測定に用いた。各供試体寸法を表-1に示す。

等断面供試体は変断面供試体の $\beta=6$ の最小断面、最大断面、および平均断面を断面寸法とし、細長比を 40, 60, 80 の3種類、合計9体を製作した。鋼板は公称板厚 4.5mmのSS41材を用いた。両供試体とも内部には 3 - 7 枚のダイヤフラムが設けられている。

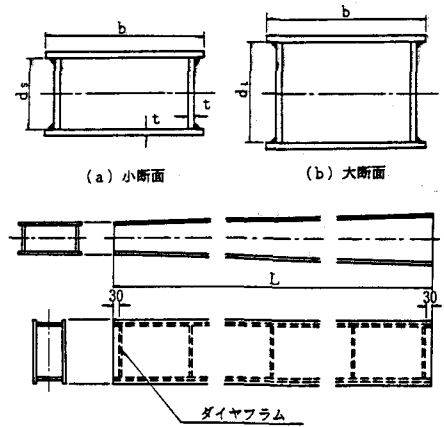


図-1 変断面供試体の形状

表-1 変断面供試体寸法

Specimen	Flange b (mm)	Web		t (mm)	L (mm)	A _s (cm ²)	Moment of inertia		β	S	r _s (mm)	L/r _s · S
		d _s (mm)	d _L (mm)				I _S (cm ⁴)	I _L (cm ⁴)				
80 - 6	155	50	122	4.3	3 327	17.6	107.4	661.9	6.2	0.600	24.7	80.8
80 - 4	155	50	100	4.3	2 922	17.6	107.4	434.4	4.0	0.690	24.7	81.6
80 - 2	155	50	71	4.3	2 358	17.6	107.4	214.8	2.0	0.855	24.7	81.6
60 - 6	155	50	121	4.3	2 495	17.6	107.4	650.4	6.1	0.603	24.7	60.9
60 - 4	155	51	100	4.3	2 192	17.7	111.6	434.4	3.9	0.695	24.6	61.9
60 - 2	155	50	71	4.3	1 769	17.6	107.4	214.8	2.0	0.855	24.7	61.2
40 - 6	155	50	121	4.3	1 864	17.6	107.4	650.4	6.1	0.603	24.7	40.6
40 - 4	156	50	101	4.3	1 461	17.7	108.1	445.9	4.1	0.684	24.6	40.6
40 - 2	156	50	71	4.3	1 179	17.7	108.1	216.0	2.0	0.855	24.6	41.0

2.2 素材試験、初期変形・残留応力の測定 素材試験は JIS 5号試験片の引張試験を行い、降伏点強度を求めた。5本の試験結果の内、最大値と最小値を省いた3本の平均値として降伏点応力 $\sigma_y = 2463 \text{ kgf/cm}^2$ (240MPa)を得た。

初期変形の測定は、全実験供試体18体の弱軸まわり(両フランジ面)の両ウェブ直下およびその中間点の、3ラインについて文献(3)と同じ方法で行った。図-2は測定結果の一例として、供試体番号 80-6 の初期変形を示したものである。各変断面供試体の最大たわみを表-2に示す。

残留応力の測定には、あらかじめ各2体製作しておいた変断面供試体 40-6, 60-6, 80-6 の各々1体を使用した。測定方法は機械的切断による応力解放の方法に依った。供試体の両端および中央部に、ダイヤフラムを避ける形で切断箇所を定め、フランジ部を9等分、ウェブ部を5・9等分し、ゲージ長100mmのコンタクトゲージを使って測定した。図-3は供試体80-6の先端部と後端部の残留応力の測定結果を示したものである。他の供試体についても圧縮残留応力の値として、ほぼ $0.6\sigma_y$ が測定された。

2.3 実験方法 供試体は小断面端を上向きにセットした。実験条件は中心軸圧縮、両端ピン支持とし、ピン支持装置は愛知工業大学所有のローラーベアリングを有する斜円盤付ピン支持装置を用いた。供試体の両端面は、載荷時の平面を保つため入念に研磨仕上げをし、降伏荷重の1/10程度の荷重を加え、供試体の上下端から1.5bの位置でフランジ上4隅に貼付けた弾性歪ゲージの値のばらつきが、弱軸方向(回転方向)平均で3%以内、強軸方向(回転と直角方向)平均で4%以内になるよう中心軸のセットをした。載荷時の測定としては図-4に示すように、横たわみ、両端回転角、軸方向変位を1/100mmのダイヤルゲージで、また歪は両面フランジ上に貼付けた弾性歪ゲージによって行った。測定は荷重が最高荷重を過ぎ、その2/3程度に降下するまで行った。なお使用した試験機は、愛知工業大学および中部大学所有の300t耐圧試験機である。

3. 実験結果

中心軸圧縮実験により得られた変断面柱の終局強度 P_u 、最小断面に関する降伏荷重 P_{ys} およびそれらの比を表-2に示す。等断面に関するデータは紙面の都合上省略した。講演当日その詳細と変断面柱との関連性および等価細長比係数 S についての検討結果を述べる。

表-2 変断面供試体実験結果

Specimen	δ/L	P_{ys} (tf)	P_u (tf)	P_u/P_{ys}
80-6	1/3200	43.35	35.00	0.81
80-4	1/5800	43.35	32.01	0.74
80-2	1/5600	43.35	36.05	0.83
60-6	1/6300	43.35	36.43	0.84
60-4	1/4600	43.60	40.17	0.92
60-2	1/4100	43.35	35.95	0.83
40-6	1/4900	43.35	45.35	1.05
40-4	1/5400	43.60	46.59	1.07
40-2	1/2900	43.60	44.67	1.02

参考文献 1)座屈設計ガイドライン 第7章, 土木学会, 1987. 2)堀見他:「鋼変断面はり-柱部材の耐力実験」土木学会論文報告集, No.334, 1983.6 3)青木:「鋼柱座屈強度の変動性に関する基礎的研究」名古屋大学学位論文, 1974.1

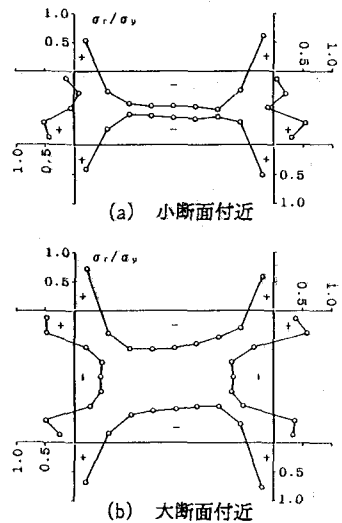


図-2 残留応力測定結果

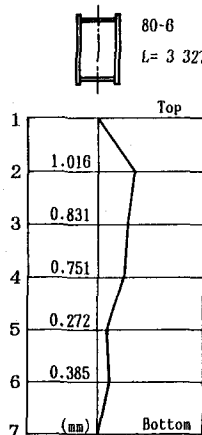


図-3 初期変形測定結果

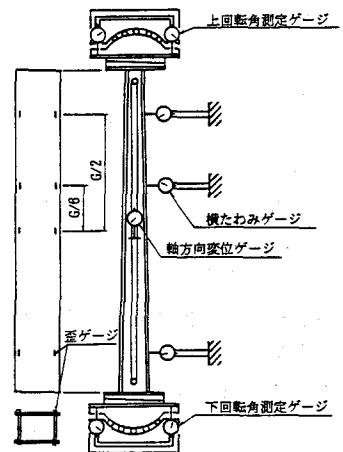


図-4 測定装置