

熊本大学工学部 正員 山尾 敏孝

熊本大学工学部 正員 崎元 達郎

1. まえがき

圧縮を受ける部材を設計する場合には、全体座屈と構成要素の局部座屈が問題となるが、道路橋示方書¹⁾では従来の設計に比べ、板の幅厚比を大きくして局部座屈の発生を許すという考え方になっている。しかしながら、圧縮を受ける部材では、全体座屈強度に及ばず局部座屈の影響は大きく、また連成座屈が生じる場合の強度は、個々に算出した座屈強度よりも当然低下すると考えられる。そこで溶接長方形断面柱を供試体を選び細長比、幅厚比を変化させて耐荷力実験を行ない、座屈挙動や性状について調べたので、ここにその結果を報告する。

表1 材料の機械的性質

	ヤング係数 E kgf/cm ²	降伏応力 σ_y kgf/cm ²	降伏ひずみ ϵ_y	引張強さ σ_m kgf/cm ²	伸び e %	断面収縮 r %
A 材	210×10 ⁸	3185	1560	4450	38.3	0.27
B 材	216×10 ⁸	2860	1325	4320	37.0	0.27

表2 供試体諸元

供試体	b mm	h mm	t mm	L mm	L/r	$\bar{\lambda}$	b/t	R
A-50-41	183.8	54.5	4.50	1258	49.8	0.617	40.8	0.844
A-54-41	184.5	56.1	4.50	1397	54.1	0.671	41.0	0.848
A-60-41	184.4	55.1	4.50	1505	59.3	0.735	41.0	0.848
B-55-27	117.9	56.1	4.42	1366	54.9	0.636	26.7	0.515
B-55-37	162.1	55.4	4.40	1383	54.7	0.634	36.8	0.712
B-55-47	208.0	55.8	4.41	1406	54.3	0.629	47.2	0.911
B-55-56	248.9	55.8	4.44	1424	54.3	0.629	56.1	1.083

$$\lambda = \frac{L}{r} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}, R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{2(1-\nu^2)}{\pi k}} \quad (k=4)$$

2. 実験の概要

実験で使用した鋼材は4.5 mm厚のSS-41であり、引張試験の結果を表1に示す。供試体は、幅厚比一定で細長比を変化させた場合(A材)と、細長比一定で幅厚比を変化させた場合(B材)を組み合わせた計7体で、いずれも溶接長方形断面柱であり、その形状寸法等は表2示す通りであった。表中の供試体名は順に材種、細長比および幅厚比である。また部材断面の溶接集成による残留応力を切断法により測定した。フランジ部の圧縮残留応力の平均値は表3に示すように幅厚比が56~27で0.24 σ_y ~0.46 σ_y であった。

供試体への荷重は、図1に示すような一方半サイリンドラ状のカマボコ形ローラー支承を用いて、両端単純支持の条件に近い状態で行った。特に部材の初期たわみ、偏心等の影響を考慮荷重が断面に等分布に載荷するよう微調整を十分に行なって実験した。実験における測定は、図1に一例を示すが、横たわみは電気抵抗変位形(1/100 mm)を部材方向8~10等分点、あるいは初期変形の大きい箇所に取り付けて測定し、ひずみは4等分点4断面で、中央断面に16点、他の3断面に8点ずつのひずみゲージを貼付して測定した。

3. 実験結果と考察

実験で得られた供試体の最高荷重 P_{max} 、平均圧縮残留応力 σ_{rc} および最大初期たわみ等を表3にまとめて示す。初期たわみの測定は本実験に先だち全供試体について行なった。部材としてのたわみは、両フランジ中心軸線上の値を平均したものであるが、板幅方向のたわみともども示方書の製作条件に適合していることがわかる。また、部材方向のたわみモードはほとんど半波形状であった。

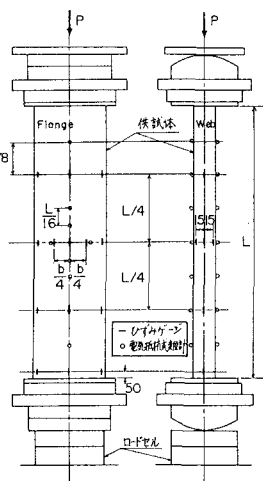


図1 荷重装置

表3 実験結果

供試体	最大初期たわみ		圧縮残留 平均応力	P_{max}	σ_{max}	$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_y}$
	δ_1/L	δ_2/b	σ_{rc}/σ_y	$\times 10^3$ kgf	kgf/cm ²	
A-50-41	1/1940	1/180	0.42	60.8	2370	0.74
A-54-41	1/1310	1/260	0.42	54.3	2510	0.79
A-60-41	1/1730	1/290	0.42	48.7	2260	0.71
B-55-27	1/2130	1/190	0.46	29.3	1910	0.67
B-55-37	1/2430	1/270	0.39	39.8	2080	0.73
B-55-47	1/5860	1/630	0.36	48.1	2070	0.72
B-55-56	1/1640	1/240	0.24	44.9	1660	0.58
δ_1 : 部材としての初期たわみ δ_2 : 板としての初期たわみ						

図2は供試体の平均応力 σ_a と柱中央の横たわみ v の関係を示したものである。平均応力は荷重を断面積で無次元化し、横軸は柱の長さ L により無次元化して示してあり、各々の曲線は供試体ごとに開始点をずらしてある。図3は幅厚比が変化した場合の柱中央部におけるフランジのひずみ分布の変化を示してある。図2からわかるように初期勾配は多少乱れもあるがほぼ鉛直であり、残留応力の影響により塑性化し剛性の低下が生じて曲率 κ 次第に入さくなっている。そして最高荷重に達した後もA-54-41, B-55-56を除いてかなりの強度を保持しながら変形している。つまり最大荷重後の曲線の降下勾配は、細長比の大きさや幅厚比の大きさにあまり関係がなく、その変形能もかなり大きいと思われる。これはHT-80材の場合と同様な傾向を示していることがわかる。また、図3に示されているようにひずみ分布は最高荷重よりも小さな荷重段階から乱れを生じており、局部座屈の発生がみられる。特に $b/t=56$ の供試体では、最高荷重の半分ほどの荷重で局部座屈が生じていると思われるが、柱は直には崩壊していないことがわかる。

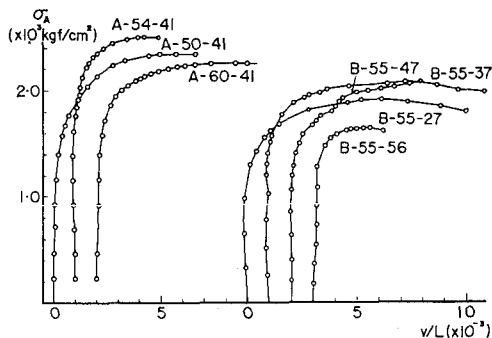


図2 平均応力-横たわみ曲線

図4, 5は縦軸に最高平均応力を降伏応力で無次元化した σ_{max}/σ_y (耐荷力)を、横軸に降伏応力で無次元化した細長比 λ および幅厚比 R をとってある。また図4には示方書の基準耐荷力曲線も一緒に示してある。幅厚比が一定($b/t=41$)の供試体の場合、柱の耐荷力にはそれほど大きな差は見られない。また細長比が一定($L/r=55$)の場合は、いずれも基準耐荷力曲線の下側にきており、局部座屈の影響が大きいことがわかる。一般に幅厚比が大きくなるに従って耐荷力も小さくなるが、 $b/t=27$ の場合は、 $b/t=37, 47$ に比較して耐荷力が小さくなっている。これは表3に示すような大きな圧縮残留応力が入っていることや、残留応力分布の不均一性あるいは実験上の不備等が影響したと考えられる。

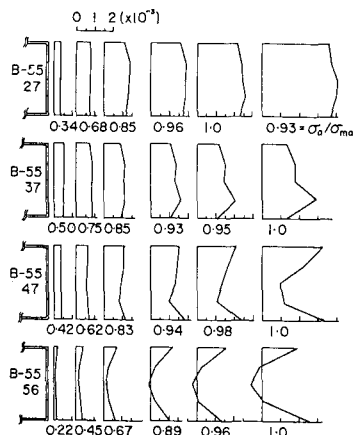


図3 ひずみ分布

図6は文献2)に示されている近似解法により実験値を整理したものである。この場合降伏応力の低減係数 Q は、 $Q = 0.7/R \leq 1.0$ の式から求めた。そして降伏応力のかわりに $Q\sigma_y$ を使って実験値を無次元化し、基準耐荷力曲線と比較してみた。実験値は、 $b/t=27$ の場合を除いて曲線付近あるいは上側にきており、座屈強度を良く推定できると考えられる。

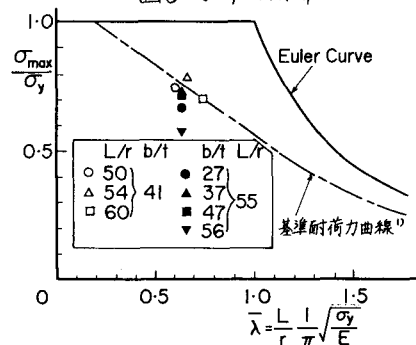


図4

図5は文献2)に示されている近似解法により実験値を整理したものである。この場合降伏応力の低減係数 Q は、 $Q = 0.7/R \leq 1.0$ の式から求めた。そして降伏応力のかわりに $Q\sigma_y$ を使って実験値を無次元化し、基準耐荷力曲線と比較してみた。実験値は、 $b/t=27$ の場合を除いて曲線付近あるいは上側にきており、座屈強度を良く推定できると考えられる。

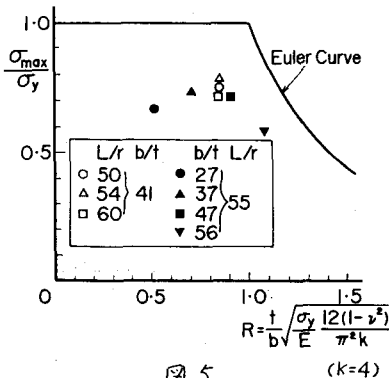


図5

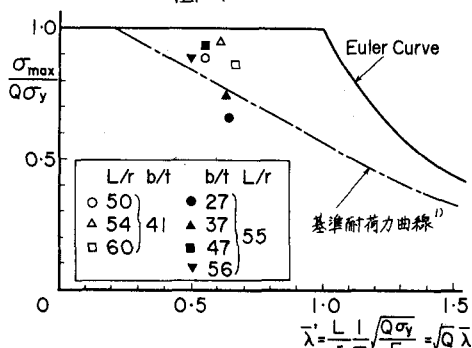


図6

—— 参考文献 ——

- 1) 日本道路協会:「道路橋示方書-同解説」, 1980.2
- 2) 宇佐美 福本 青木:「溶接箱形断面柱」, 土木学会論文報告集, 第308号, 1981.4