

東北大学工学部 学生員 ○木村公男
 東北大学工学部 正会員 倉西 茂
 東北大学工学部 正会員 菅原統一

1. まえがき

薄板から構成される溶接部材では、全体座屈と共に局部座屈を生ずるおそれがあり、局部座屈が全体強度に及ぼす影響は大きい。しかし、局部座屈は全体的変形と連成して起こるので、その挙動は複雑であり解明されていない点が多い。そこで薄肉部材の局部座屈に注目し、その座屈性状を調べて部材の耐荷力を検討するために、幅広フランジを有する箱形断面柱(柱-梁)について耐荷力試験を行なった。ここにその結果を報告する。

2. 実験の概要

供試体として、図-1に示すような、板厚6mmのSS41材をすみ肉溶接して製作した箱形断面柱を用いた。材料試験の結果、降伏応力度 $\sigma_y = 3800 \text{ kg/cm}^2$ 、ヤング率 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ の値が得られた。

このような供試体を、中心圧縮試験用のAシリーズ、および偏心圧縮試験用のBシリーズとして2組用意した。各供試体の細長比と幅厚比を、これらを降伏応力を用いて無次元化した値と共にまとめたのが表-1である。両シリーズとも、フランジの幅厚比を48, 40, 30の3種類とし、細長比もそれぞれ3通り得られるよう、9種(18体)ずつの供試体からなっている。

残留応力は台形分布しており、残留圧縮応力の大きさは、測定の結果、幅厚比48, 40, 30の供試体でそれぞれ、1300, 1400, 900 kg/cm^2 程度であった。

載荷試験は、図-1のように供試体の端部にピン支承と球座を用いて、両端単純支持の条件に近い状態で行なった。Aシリーズに対しては、予備載荷により初期不正・偏心等を相殺し、断面に応力が均等に分布するよう調節して、中心載荷を行なった。Bシリーズの供試体には、応力勾配が1となるように、核半径に等しい距離だけ偏心させて荷重を加えた。偏心量は、予備載荷を行ない供試体の片側フランジに応力が生じないよう調節して設定した。歪や横撓みなど測定量はすべて、デジタル化して計測した。

3. 試験結果および考察

(1) 中心圧縮試験結果(Aシリーズ)——中心圧縮試験の結果得られた供試体の耐荷力を図-2に示す。これは、縦軸に降伏応力で無次元化した耐荷力、横軸に同じく降伏応力を使って無次元化した幅厚比をとって描いたグラフである。この耐荷力は、最高荷重から、測定した歪をもとにしてウェブが受け持っていると考えられる荷重分を差し引いた荷重を、フランジ断面積で除いたフランジの平均応力である。図-2より、幅厚比の異なる供試体の耐荷力の間には明瞭な差が認められ、幅厚比が大きくなるとに従い耐荷力が減少している。また細長比74の供試体は、全体座屈の影響により耐荷力が小さくなっている。しかし、幅厚比48の供試体の耐荷力には、細長比による変化がほとんどなく、局部座屈が支配的な影響を及ぼしていることがわかる。

図-1 供試体形状

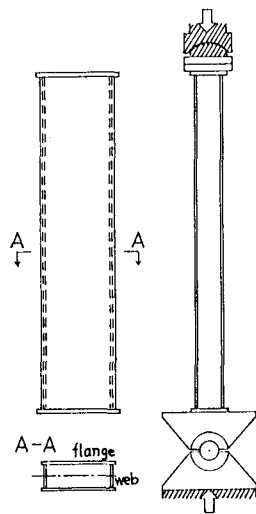


表-1 供試体の細長比、フランジ幅厚比

細長比 L/r	幅厚比 $\frac{b}{t}$			
		48	40	30
74	1.01	A 1	A 4	A 7
62	0.84	A 2	A 5	A 8
47	0.63	A 3	A 6	A 9
47	0.63	B 1	B 4	B 7
39	0.53	B 2	B 5	B 8
31	0.43	B 3	B 6	B 9

$$\lambda = \frac{L}{r} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}, \quad R = \frac{b}{t} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}}, \quad \nu = 0.3, \quad k = 4$$

次に、局部座屈が起こる応力を調べる。図-3は、無次元化した幅厚比に対して局部座屈応力をプロットしたものである。局部座屈応力は次のように決定した。フランジの中央部で測定される歪の荷重-歪関係は、局部座屈が起こるまでは線形を保つが、局部座屈変形が生じると、その面外変形による歪が加わり線形関係が崩れる。この時の歪に対応する応力を局部座屈（変形開始）応力とした。図-3を見ると、幅厚比によらず各供試体が同程度の応力で局部座屈変形を始めていることがわかる。幅厚比30の供試体においても、幅厚比40、48の供試体と同様の小さな応力で局部座屈が起こっていることは興味深い。これは、残留応力の影響により、大きな残留圧縮応力の存在する所から部分的に剛性が失われていき、局部座屈が起こるためと考えられる。

従って、幅厚比の異なる供試体の耐荷力の差は、局部座屈の始まる応力の違いによるのではなく、座屈変形の進み方の違いによることからわかる。すなわち、幅厚比が大きい場合は、局部座屈が始まるとその変形は急激に進行するのに対し、幅厚比が小さいと局部座屈波長が短く、座屈振幅も小さくその増加は緩慢なので、局部座屈変形が始まってからも、荷重の増加に耐えることができるものと考察される。

(2) 偏心圧縮試験結果（Bシリーズ）——無次元化した幅厚比に対して、耐荷力を示したのが図-4である。この耐荷力は、ウェブの寄与を推定しその影響を除いた、最高荷重時の圧縮フランジの応力である。図-4から、幅厚比30と40の供試体の耐荷力の差が非常に大きく、幅厚比が大きくなると耐荷力は大幅に低下することがわかる。

図-5は、局部座屈応力を幅厚比に対してプロットしたものである。中心圧縮の場合と較べて、分布範囲は広くなっているが、偏心圧縮した場合は圧縮フランジの局部座屈応力には、幅厚比の違いによる差は認められない。

試験の結果は、中心圧縮試験結果とよく対応しており、中心圧縮の場合同様、局部座屈の始まる応力には幅厚比による違いはなく、変形の進み方が異なるため耐荷力に大きな差が生ずることが示されている。

図-2 フランジ耐荷力

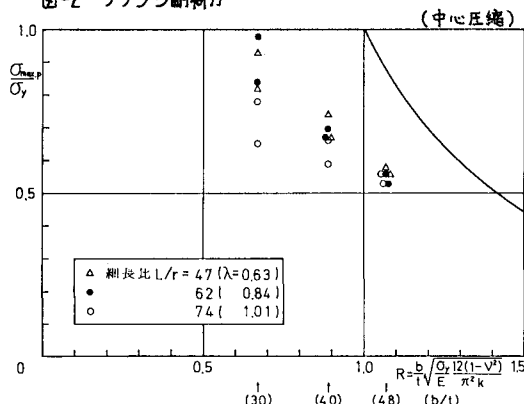


図-3 フランジ局部座屈応力

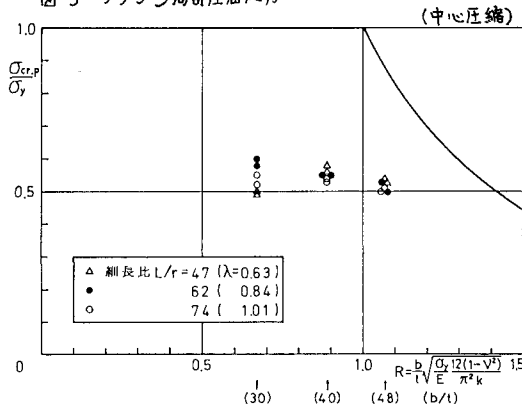


図-4 圧縮フランジ耐荷力

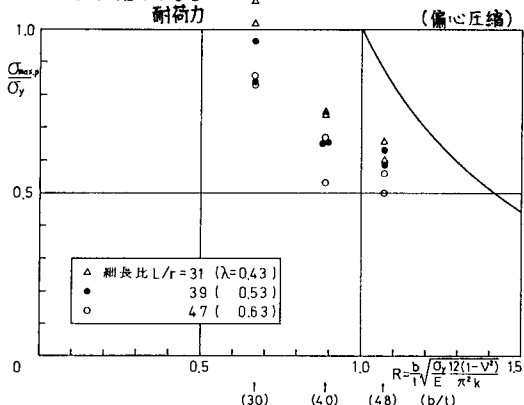


図-5 圧縮フランジ局部座屈応力

