

# 局部座屈を考慮した柱-梁の強度に関する実験的研究

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およぼす影響は大きい。局部座屈は全体座屈と連成して起こり、その挙動はよくわかっていない。そこで薄肉部材の局部座屈性状に注目し、その耐荷力を検討するために、箱形断面柱(柱-梁)について耐荷力試験を行なったので、ここに結果を報告する。

## 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 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ が得られた。

Aシリーズ Bシリーズの2組の供試体を用意し、Aシリーズについては中心圧縮試験を、Bシリーズに対しては偏心圧縮試験を行なった。両シリーズとも幅厚比は30, 40, 48の3種類とし、各々細長比も3通り選び、計9種18体ずつである。各供試体の細長比と幅厚比、およびこれらを降伏応力を用いて無次元化した値を、表-1に示す。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30, 40, 48の供試体でそれぞれ、900, 1400, 1300  $\text{kg/cm}^2$ 程度であった。

載荷試験は、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、中心載荷した。Bシリーズに対しては、応力勾配が1となるよう、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に調節することにより設定した。歪や水平撓みなど測定量はすべて、デジタル化して自動的に計測した。

## 3. 試験結果および考察

### (1) 中心圧縮試験結果 (Aシリーズ)

得られた耐荷力と局部座屈応力とを表-1に示す。最高荷重を断面積で除した値を耐荷力とした。局部座屈応力は次のように決定した。板の中央部で測定する歪の荷重-歪関係は、局部座屈が起こるまではほぼ線形を保つが、

表-1

| 供試体<br>番号 | 細長比(バウマン)<br>$\frac{L}{r} \left( \frac{1}{\sqrt{E}} \frac{L}{r} \right)$ | 幅厚比(バウマン)<br>$\frac{b}{t}, (R)$ | 局部座屈<br>応力 $\sigma_p$<br>$\text{kg/cm}^2$ | 耐荷力<br>$\sigma_r, (\sigma_y/\sigma_p)$<br>$\text{kg/cm}^2$ |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| A 1-1     | 73.4 (1.00)                                                              | 48 (1.07)                       | 19                                        | 2220 (0.59)                                                |
| 1-2       |                                                                          |                                 | 19.5                                      | 2130 (0.56)                                                |
| A 2-1     | 19                                                                       |                                 | 2190 (0.58)                               |                                                            |
| 2-2       | 20                                                                       |                                 | 2350 (0.62)                               |                                                            |
| A 3-1     | 20                                                                       |                                 | 2360 (0.62)                               |                                                            |
| 3-2       | 20.5                                                                     |                                 | 2470 (0.65)                               |                                                            |
| A 4-1     | 74.3 (1.01)                                                              | 40 (0.89)                       | 20                                        | 2270 (0.60)                                                |
| 4-2       |                                                                          |                                 | 20.5                                      | 2570 (0.68)                                                |
| A 5-1     | 21                                                                       |                                 | 2810 (0.74)                               |                                                            |
| 5-2       | 20.8                                                                     |                                 | 2680 (0.71)                               |                                                            |
| A 6-1     | 22                                                                       |                                 | 3010 (0.79)                               |                                                            |
| 6-2       | 21.4                                                                     |                                 | 2750 (0.72)                               |                                                            |
| A 7-1     | 75.3 (1.02)                                                              | 30 (0.67)                       | 20.8                                      | 2550 (0.67)                                                |
| 7-2       |                                                                          |                                 | 19.8                                      | 3050 (0.80)                                                |
| A 8-1     | 23                                                                       |                                 | 3280 (0.86)                               |                                                            |
| 8-2       | 22                                                                       |                                 | 3730 (0.98)                               |                                                            |
| A 9-1     |                                                                          |                                 | 3220 (0.85)                               |                                                            |
| 9-2       | 18.5                                                                     |                                 | 3590 (0.94)                               |                                                            |
| B 1-1     | 46.4 (0.63)                                                              | 48 (1.07)                       | 22.0                                      | 1220 (0.32)                                                |
| 1-2       |                                                                          |                                 | 20.0                                      | 1100 (0.29)                                                |
| B 2-1     | 23.9                                                                     |                                 | 1320 (0.35)                               |                                                            |
| 2-2       | 22.3                                                                     |                                 | 1280 (0.34)                               |                                                            |
| B 3-1     | 24.2                                                                     |                                 | 1420 (0.37)                               |                                                            |
| 3-2       | 20.0                                                                     |                                 | 1330 (0.35)                               |                                                            |
| B 4-1     | 46.4 (0.63)                                                              | 40 (0.89)                       | 23.5                                      | 1400 (0.37)                                                |
| 4-2       |                                                                          |                                 | 18.9                                      | 1190 (0.31)                                                |
| B 5-1     | 20.8                                                                     |                                 | 1400 (0.37)                               |                                                            |
| 5-2       | 21.6                                                                     |                                 | 1400 (0.37)                               |                                                            |
| B 6-1     | 23.1                                                                     |                                 | 1560 (0.41)                               |                                                            |
| 6-2       | 23.3                                                                     |                                 | 1540 (0.41)                               |                                                            |
| B 7-1     | 47.8 (0.65)                                                              | 30 (0.67)                       | 21.0                                      | 1660 (0.44)                                                |
| 7-2       |                                                                          |                                 | 23.7                                      | 1700 (0.45)                                                |
| B 8-1     | 25.2                                                                     |                                 | 1860 (0.49)                               |                                                            |
| 8-2       | 20.8                                                                     |                                 | 1690 (0.44)                               |                                                            |
| B 9-1     | 25.6                                                                     |                                 | 2010 (0.53)                               |                                                            |
| 9-2       | 24.0                                                                     |                                 | 1920 (0.50)                               |                                                            |

$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2} \quad \nu = 0.3$$

$$R = 4.0$$

局部座屈変形が生じると、その変形による歪が重なり線形関係が崩れ、この時の歪から求まる応力を、局部座屈変形開始応力と考え、局部座屈応力とした。

図-2は、縦軸に降伏応力によって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細長比をとって描いたグラフである。この図から明らかに、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、殊に、幅厚比30と40の供試体の耐荷力間の差が注目される。幅厚比48の供試体の耐荷力は細長比によってそれ程大きな変化がなく、局部座屈が支配的な影響をおよぼしているのがわかる。

表-1の局部座屈応力をみると、若干のばらつきはあるが、局部座屈の始まる応力はどの供試体でもほとんど変わらず19~22 kg/mm程度であるのがわかる。幅厚比の違いによる差は認められない。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、特に幅厚比30の供試体においても20 kg/mm程度の小さな応力で局部座屈が起こっていること、が注目される。これは残留応力の影響が大きいものと考えられる。残留圧縮応力の大きい所から部分的に剛性が失われ、局部座屈が起こるものと思われる。

従って、各供試体の耐荷力の差は、局部座屈の始まる応力の違いではなく、局部座屈変形の進み方の違いによるものと思われる。すなわち幅厚比の大きなものは、局部座屈が始まるとその変形は大きく急激に進行するのに対し、幅厚比が小さいと変形に対する拘束が大きく、座屈波長も短く振幅も小さいので、座屈変形開始後も荷重の増加に耐え得るものと考察される。

参考までに、道路橋示方書の許容軸方向圧縮応力度の基準のひとつであるG. Schulzの耐荷力曲線Ⅱと比較してみると、幅厚比40の供試体の耐荷力が、この曲線とほぼ一致するが、細長比が小さいものはこの曲線で示される耐荷力よりも小さい。

## (2) 偏心圧縮試験結果 (Bシリーズ)

耐荷力と局部座屈応力を表-1に示す。耐荷力は(1)同様最高荷重を断面積で割った平均応力で表わしている。

図-3は、図-2同様、無次元化した細長比に対して耐荷力を示したグラフである。図中の曲線は弾性計算により最大縁応力がそれぞれ示した値となる時の平均応力を表す。幅厚比の異なる供試体の耐荷力は異なり、特に幅厚比30と40の供試体の耐荷力の差は著しい。

表-1から、局部座屈が始まる応力には、幅厚比の違いによる差がないことがわかる。(1)と同じような傾向がみられ、幅厚比の違いにより、局部座屈開始後の変形の進み方が異なり、耐荷力に大きな差が生ずるものと考えられる。

図-1

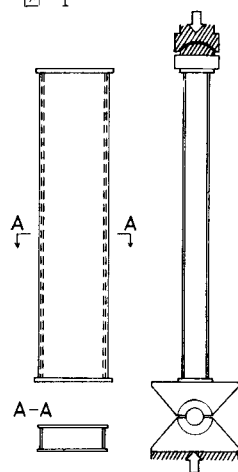


図-2

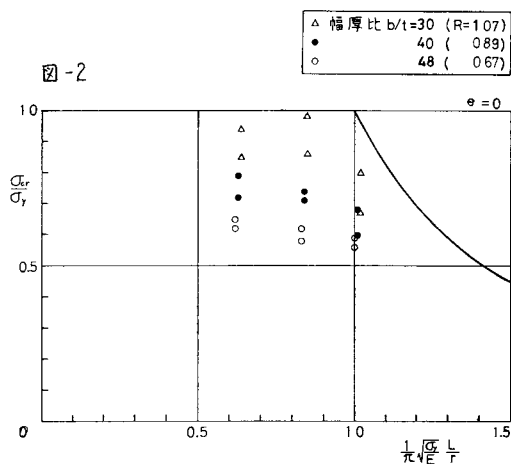


図-3

