

曲りばりの圧縮および引張円筒フランジの応力分布に関する実験

関西大学工学部 正会員 米沢 博
 関西大学工学部 正会員 三上 市蔵
 関西大学工学部 正会員 森沢 敬文
 大 津 市 正会員 岡山 正行

1. まえがき さきに¹⁾、著者らは曲りばりの円筒フランジの応力分布および有効幅を理論的に求め、その理論の妥当性を検証するために、全溶接鋼製曲りばりに対して載荷実験を行った。今回は理論的には隔板上での境界条件の影響を検討するため、単純支持および固定支持の場合に対する解を差分法を用いて求めた。実験的には断面寸法の異なる模型を追加し、種々の形状と寸法のフランジを対象とし、フランジが圧縮を受ける場合および引張を受ける場合に対する実験値を求め、理論値と比較検討した。

2. 解析 図-1に示す円筒フランジが円周方向に圧縮応力 σ_m を受ける場合を解析する。円筒シェルの線形理論において、 x 方向面内力 N_x と面内せん断力 N_{xy} は小さいものとして無視すると、 z 方向のつりあい式は

$$D \nabla^4 w + N_y / r = 0 \quad (1)$$

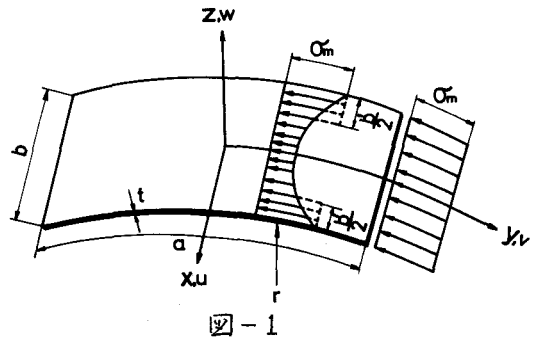
となる。ここに、 $\nabla^2 = (\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2})$ 、 N_y は y 方向面内力、 $D = Et^3/12(1-\mu^2)$ 、 E はヤング率、 μ はポアソン比である。ここで、条件 $N_x = Et\{\partial u/\partial x + \mu(\partial v/\partial y + w/r)\}/(1-\mu^2) = 0$ を用い、さらに $\partial v/\partial y = -\sigma_m/E$ と仮定すると、式(1)はつぎのようになる。

$$\nabla^4 w + Et w / Dr^2 = \sigma_m t / Dr \quad (2)$$

境界条件は端部 $y = \pm a/2$ において単純支持または固定支持とする。側辺では弾性固定支持、すなわち、 $x = \pm b/2$ において $w = 0$ 、 $\partial^2 w / \partial x^2 + \psi/b \cdot \partial w / \partial x = 0$ である。ここに ψ は固定係数である。対称性を考慮して1/4領域を解析の対象とした。式(2)を上記境界条件のもとで差分法により解くと、たわみ w が定まり、それを用いて応力が計算できる。 y 方向面内応力 σ_y^m の分布は図-1に示すように、中央部で減少する。この応力分布に対して図の破線で示すような有効幅 b を定義することができる。

なお、フランジに引張応力が作用する場合は σ_m を負の値にとればよい。その場合、たわみおよび応力は圧縮の場合と符号が逆になるだけで、それらの分布は同じである。

3. 理論結果 差分誤差が1%以内になるように、1/4領域を 12×12 に分割して計算を行った。図-2は端部($y = \pm a/2$)が固定された場合の、中央断面($y = 0$)における有効幅比 b/b と曲率パラメータ $Z = b^2/rt$ との関係を示したものである。 Z が大きくなると有効幅は減少する。ただし、縦横比 a/b が大きいほど減少は急激になる。また、固定係数 ψ が小さくなるほど、有効幅は小さくなる。図-3は $y = 0, a/4, a/2$ における曲率外側と内



側の等価応力 σ_e の分布である。側辺中央の曲率内側と端部中央の曲率外側で等価応力は最大となるので、設計においては有効幅の取扱いのみ

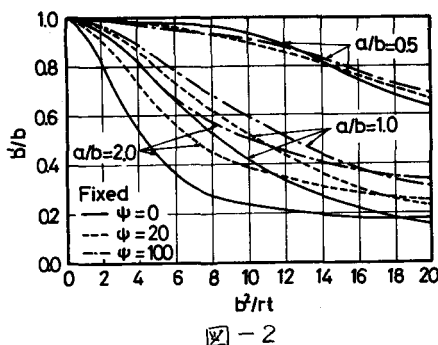


図-2

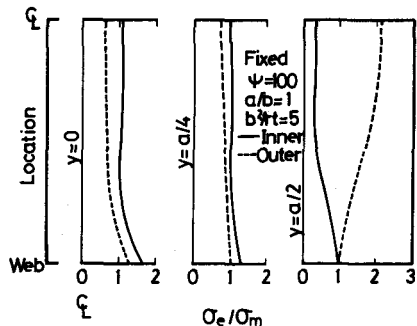


図-3

表-1

Model	A	B	C
r (cm)	270	200	472
t (cm)	0.7	0.5	0.4
b (cm)	40	40	40
b^2/rt	8.47	16.0	8.47

ならず、この2点の等価応力を照査する必要がある。

4. 実験の概要と結果 実験桁は3体 (Model A, B, C) で、そのフランジの寸法を表-1に示す。実験の手順は前回と同様で、実験の対象としたのは π 断面曲りばりの曲率外側フランジで、縦横比1および2の2つのパネルが設けられてある。フランジが圧縮を受ける場合 (Test 1) と引張を受ける場合 (Test 3) について実験を行った。図-4は、Model Aのフランジの y 方向面内応力 σ_y^m の分布で、上半分が圧縮実験、下半分が引張実験を表す。端部が単純支持と固定支持の場合の理論値が比較のため示されている。圧縮フランジに対する実験、引張フランジに対する実験とも、端部固定支持の条件による理論値とはほぼ一致している。理論値は実験値と若干異なるが、

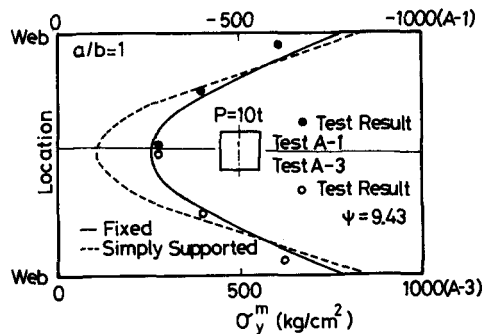


図-4

これは固定係数が実際はもう少し大きいと思われる。図-5, 6はそれぞれ、

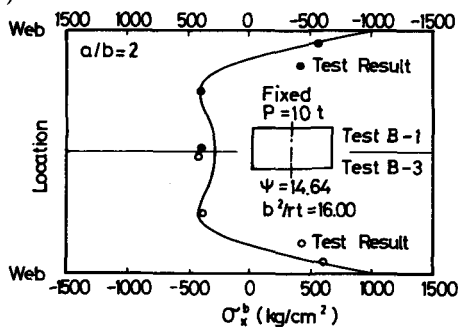


図-5

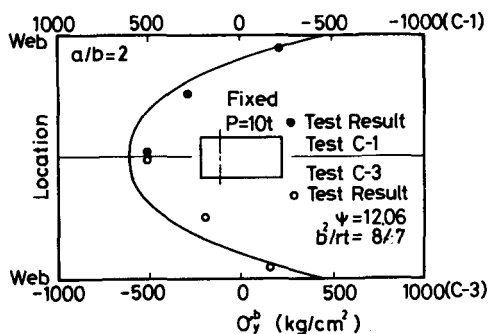


図-6

および y 方向の曲げ応力 σ_x^b , σ_y^b の分布である。実線は理論値を表わし、ほぼ妥当な結果が出ている。

1) 上・森沢・児玉・米沢: π 断面曲りばりに関する実験的研究, 土木学会関西支部講演概要集, I-46, 1977.