

# II断面曲がりばりに関する実験的研究

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  
 青木建設 正会員 児玉徳行  
 関西大学工学部 正会員 米沢 博

まえがき 曲がりばりの応力分布は 曲がりばり理論または弾性理論によって決定される。曲がりばり理論については Résal など多くの研究者によって古くから研究されている。<sup>1)~3)</sup> 一方、弾性理論については I 断面に対する解が, chu<sup>4)</sup>によって得られている。応力分布の決定は曲がりばり理論によって実用上十分になし得るが、重要な問題はフランジが曲率を有しているために面外たわみが生じ、応力が均一でなくなることである。すなわちフランジの有効幅を正しく評価する必要がある。Bleich<sup>1)</sup>は有効幅の近似法を導き chu<sup>4)</sup>は円筒フランジとしての有効幅を与えたが、いずれもフランジの長さの影響は考慮されていない。ここでは、Bleich-chu理論を拡張するとともに、2体の曲がりばり模型に対する実験を行って、理論の妥当性を検討した。

曲がりばり理論と有効幅 図-1に示すII断面曲がりばりを考える。応力分布は 曲がりばり理論を用いて求めた。無限長フランジとしての chu-Bleich理論は 非載荷面を単純支持としているが、これを一般的に弾性固定支持の場合に拡張すると 有効幅  $b$  はつぎのような式になる。

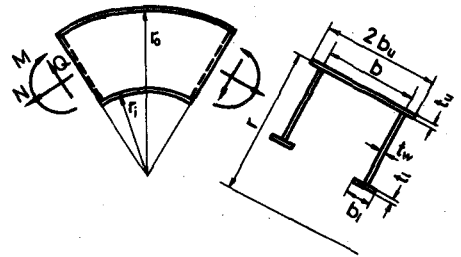


図-1

$$\frac{b'}{b} = -\frac{1}{\lambda} \left\{ C_1 \left( \sinh \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} + \cosh \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right) + C_2 \left( \cosh \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} - \sinh \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} \right) \right\}$$

ただし、

$$C_1 = \frac{-4\lambda \cosh \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} - 2\psi (\sinh \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} + \cosh \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2})}{2\lambda (\cosh \lambda + \cos \lambda) + \psi (\sinh \lambda + \sin \lambda)}$$

$$C_2 = \frac{-4\lambda \sinh \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} + 2\psi (\sinh \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} - \cosh \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2})}{2\lambda (\cosh \lambda + \cos \lambda) + \psi (\sinh \lambda + \sin \lambda)}$$

$\lambda = \sqrt[4]{3(1-\nu^2)} \sqrt{Z}$ ,  $Z = b^3/rt_u$ ,  $t_u$  = フランジ厚,  $\nu$  = ポアソン比,  $r$  = フランジ中央面の曲率半径,  $\psi$  = 弾性固定係数で,  $M_x = (D/b)\psi \partial w / \partial x$  なる関係があり F. Bleich の方法<sup>5)</sup>で計算した。ここに  $D$  = フランジの曲げ剛度である。

上式は無限長としての解で、縦横比の影響は考慮されていない。図-2に示す有限長フランジの有効幅を Galerkin 法を用いて求めると次のようになる。

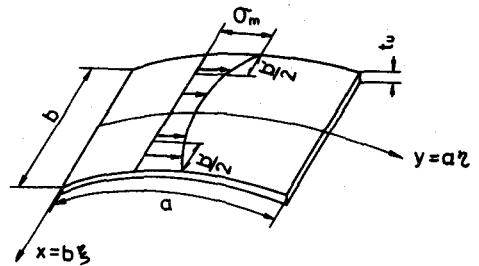


図-2

$$\frac{b}{b} = 1 - \sum_{j=0}^{\infty} \left[ \sum_{\lambda=0}^{\infty} \bar{g}_{\lambda,j} \cdot P_{2\lambda,\lambda} \right] \sin(2j+1)\pi\eta$$

ただし  $\bar{g}_{\lambda,j}$  は  $\lambda=0 \sim m$  のそれぞれについてつぎの  $(n+1)$  元連立方程式を解いて求められる。

$$\sum_{\lambda=0}^m \bar{g}_{\lambda,k} \left\{ 2\lambda(2\lambda-1) \times 2\lambda-2 \times 2\lambda-3 \times 2\lambda-4 \right\} P_{2\lambda+2k-4,k} + C_{1,\lambda} (2\lambda+2 \times 2\lambda+1) \times 2\lambda(2\lambda-1) P_{2\lambda+2k-2,k} \\ + C_{2,\lambda} (2\lambda+4 \times 2\lambda+3) \times 2\lambda(2\lambda+1) P_{2\lambda+2k,k} - 2 \frac{(2\lambda+1)^2 \pi^2}{d^2} \left\{ 2\lambda(2\lambda-1) P_{2\lambda+2k-2,k} \right. \\ \left. + C_{1,\lambda} (2\lambda+2 \times 2\lambda+1) P_{2\lambda+2k,k} + C_{2,\lambda} (2\lambda+4 \times 2\lambda+3) P_{2\lambda+2k+2,k} \right\} + \left\{ \frac{(2\lambda+1)^4 \pi^4}{d^4} + 4\lambda^4 \right\} \\ \cdot \left\{ P_{2\lambda+2k,k} + C_{1,\lambda} P_{2\lambda+2k+2,k} + C_{2,\lambda} P_{2\lambda+2k+4,k} \right\} = \frac{16\lambda^4}{(2\lambda+1)\pi} P_{2k,k} \quad (k=0,1,\dots,n)$$

$$P_{2,j} = \left( \frac{1}{Z} \right) \left\{ \frac{1}{\lambda+1} + \frac{C_{1,j}}{4(\lambda+3)} + \frac{C_{2,j}}{16(\lambda+5)} \right\}$$

$$d = \frac{a}{b}, \quad C_{1,j} = \frac{-8(8j+6+\psi)}{8j+10+\psi}, \quad C_{2,j} = \frac{16(8j+2+\psi)}{8j+10+\psi}$$

**有効幅の理論値** 有効幅は曲率パラメータ  $(Z)$ 、非載荷辺の固定度  $(\psi)$  およびフランジの縦横比  $(a/b)$  の影響を受ける。図-3 に数値計算結果の1例を示す。縦横比が大きくなると有効幅は急激に減少するが、2以上になると無限長と考えるとよい。縦横比が 1~2 の範囲では有効幅は無限長フランジとしての値よりも減少する。

**実験** 実験に使用したモデルは モデルA ( $Z=8.47$ ,  $r=270\text{cm}$ )、モデルB ( $Z=16.0$ ,  $r=200\text{cm}$ ) の2体の曲がりばりである。各モデルには縦横比が1と2の2つの試験パネルがあり、純曲げ (Test I) および曲げ・せん断・軸力 (Test II) が作用する実験を行った。結果の1例を図-3 に示す。図-4 にフランジ中央のたわみについて実験値、有限長フランジとしての理論値、および非線形シェル理論<sup>6)</sup> による値を示した。

その他の実験値と理論値の比較などについての詳細は講演会当日に述べる。

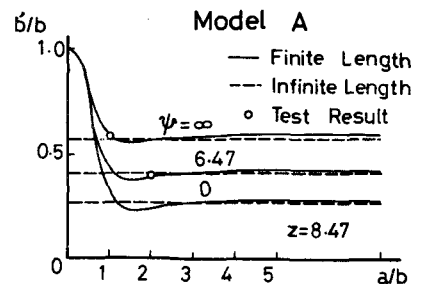


図-3

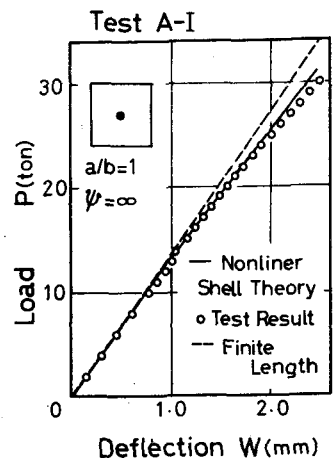


図-4

- 1) Bleich, F: 鉄骨構造, 下巻, コロナ社 2) 大野諫: 土木学会誌, Vol. 29, No. 10, pp. 731~743, 1943、3) Oden, J.T.: Mechanics of Elastic Structures, McGraw-Hill, 1967. 4) Chu, K, Y: Stahlbau, 35 Jg., H.5, S. 129~142, 1966.
- 5) Bleich, F: Buckling Strength of Metal Structures, McGraw-Hill, 1952. 6) 三上・米沢・森沢: 曲がりばりの円筒フランジの非線形解析, 土木学会年次学術講演会, 1976-10.