

関西大学工学部 正会員 三上 市藏

関西大学工学部 正会員 森沢 敬文

1. まえがき 著者らは先に^{1,2)} 無補剛円筒パネルのたわみおよび応力に関する理論的研究を行い、円断面曲り梁に対する実験により理論の妥当性を検討した。ここでは円周方向に補剛材を有する円筒パネルのたわみおよび応力を明らかにするため、理論的および実験的に研究を行った。理論的には、補剛円筒パネルを直交異方性円筒パネルに置換し、直交異方性板理論を拡張して解析した。実験は補剛円筒フランジを有する円断面曲り梁模型3体に対して行った。

2. 理論解析 図-1に示す補剛円筒パネルが円周方向内力を受ける場合、たわみ曲面の微分方程式はつぎのようになる。

$$D_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \frac{N_y}{R} w = 0 \quad (1)$$

ここで、 D_x, D_y は x, y 方向曲げ剛度、 H はねじり剛度、 w は z 方向たわみ、 R は曲率半径である。 y 方向膜力 N_y は作用面内引張力 $N_m = \sigma_m \bar{t}$ およびたわみ w によってつぎのように表わされる。

$$N_y = N_m + E \bar{t} w / R \quad (2)$$

ここで、 E は弾性係数、 $\bar{t}$ は換算板厚である。

式(1)に式(2)を代入すると、つぎのようになる。

$$D_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \frac{E \bar{t}}{R^2} w = -\frac{\sigma_m \bar{t}}{R} \quad (3)$$

境界条件は端辺 $y = a/2$ で固定支持すなわち、 $w = 0, \partial w / \partial y = 0$ 、側辺 $x = b/2$ で弾性固定支持すなわち、 $w = 0, \partial^2 w / \partial x^2 + \nu/b \cdot \partial w / \partial x = 0$ である。ここに ν 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、差分法によって解析する。

3. 実験概要 模型は Model SA, SB および SC の3体で、その一例を図-2に示す。模型の曲率外側フランジが実験対象で、隔板によって Panel 1 (縦横比 $a/b = 1$) と Panel 2 ($a/b = 2$) に区切られている。各パネルは中央に1本の円周方向補剛材を有し、その設計寸法を表-1

に示す。ここで、 b, t はフランジの幅と厚さである。Model SB と SC は同一の曲率半径を有し、Model SA はそれらより大きな曲率半径を有している。補剛材剛度は Model SA, SB については周辺単純支持補剛平板の座屈に対する最小剛度となるようにし、Model SC は Model SB の約 $1/2$ の剛度になるようにした。

実験方法として、2点載荷によって純曲げを与え、補剛円筒フランジに圧縮力を作用させた。補剛円筒フランジおよび腹板のたわみを摺動型変位計で、補剛円筒フランジ、腹板および曲率内側フランジのひずみを電気抵抗線ひずみ計を用いて測した。

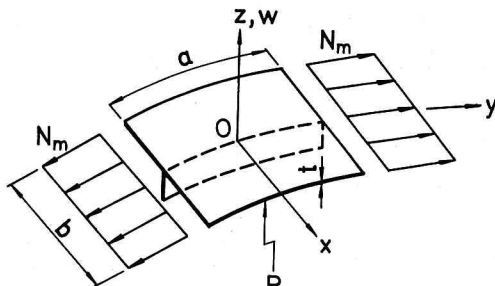


図-1

表-1

Model	R (cm)	b (cm)	t (cm)	n_s	Panel 1		Panel 2	
					t_s (cm)	b_s (cm)	t_s (cm)	b_s (cm)
SA	250	50	0.5	1	0.5	2.9	0.5	4.5
SB	150	50	0.4	1	0.5	2.4	0.5	3.6
SC	150	50	0.4	1	0.5	1.9	0.5	2.8

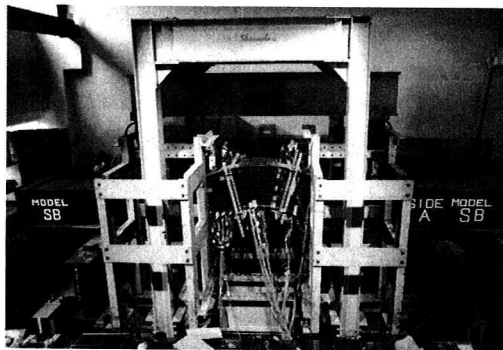


図-2

全測点に対して荷重-ひずみ関係が線形性を保持する荷重すなわち Model SA は $P=8$ t, Model SB は $P=6$ t, Model SC は $P=5$ t に対してたわみおよび応力の検討を行う。π断面曲り梁の応力は 2. の理論解析から得られる有効幅を用いて曲り梁理論によって計算する。

4. 実験値と理論値の比較および考察 実験結果から円筒フランジの変形は図-3 に示す3つの Pattern に分類できることがわかった。Pattern B では板と補剛材が一体となって変形するが, Pattern A では補剛材・腹板間の Subpanel の局部的変形が大きい, 逆に Pattern C では補剛材付近の変形が大きい。補剛材の断面積が小さく, 曲げ剛度が大きい場合は Pattern A, 断面積が大きく剛度が小さい場合は Pattern C が生じる。

Section $y=0$

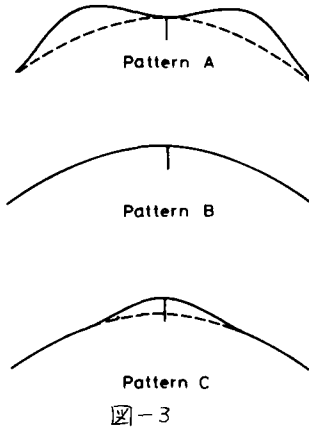


表-2

	Panel 1	Panel 2
Model SA	A	B
Model SB	A	C
Model SC	B	C

実験結果は表-2 のようである。一例として Model SA, Panel 1 の中央断面 ($y=0$) のたわみおよび応力の理論値と実験値とを比較する。図-4 ~ 7 にたわみ分布, x 方向曲げ応力 σ_x^b , 曲率外側面および内側面の y 方向直応力 σ_y^o , σ_y^i の分布を示す。これらの図よりこの Panel には Pattern A の傾向が現われているのがわかる。実験値と直交異方性板理論があまり良く一致しないのは局部的変形の影響であろう。

図-6, 7 の σ_y^o および σ_y^i の算定法は以下のようである。

$$\sigma_y(z') = \frac{M_y b_y}{I'} z' + \frac{N_y}{t} \quad (4)$$

ここに, $\sigma_y(z')$: y 方向直応力, M_y : 直交異方性板理論による単位幅あたりの y 方向曲げモーメント, I' : 有効幅 b' の板と補剛材よりなる T 断面梁の断面 2 次モーメント, b_y : T 断面梁のフランジ幅, ここでは $b_y = b'$, z' : T 断面梁の中立軸からの距離。

σ_y^o および σ_y^i は式 (4) の $\sigma_y(z')$ において z' をフランジの曲率外側面および曲率内側面の位置にとったものである。

その他の詳細は講演会当日に発表する。

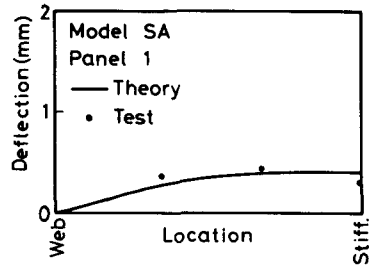


図-4

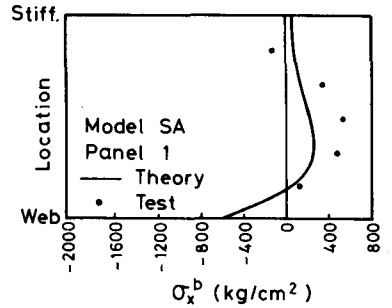


図-5

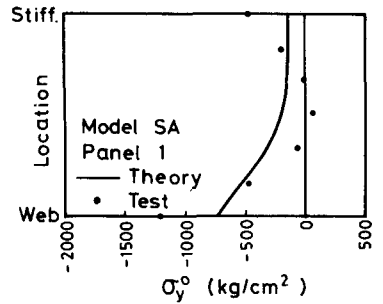


図-6

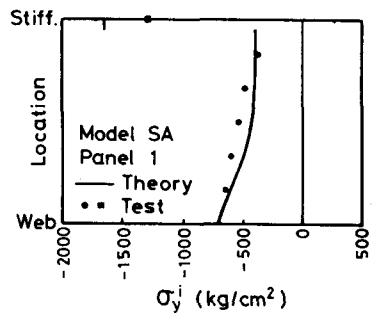


図-7

- 1) 三上・森沢・児玉・米沢: π断面曲が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. 2) 米沢・三上・森沢・岡山: 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, 土木学会関西支部講演概要集, I-66, 1978.