

関西大学工学部 正会員 森 沢 敬 文
 関西大学工学部 正会員 三 上 市 蔵
 関西大学工学部 正会員 米 沢 博

まえがき 曲り梁の円筒フランジが円周方向に面内圧縮力を受ける場合、座屈現象は生じず、その挙動は非線形性が著しいと考えられる。これまで、Washizu¹⁾の薄いシェルに対する非線形理論に基づいて、円周方向に圧縮力を受ける円筒パネルを理論的に解析し、数値計算を行なって種々のパラメータが非線形挙動に及ぼす影響について検討してきた²⁾。また、非線形理論における種々の非線形項のうち非線形性に顕著な影響を与える項を明らかにし、簡単で精度の良い近似非線形理論をさぐる試みを行なった³⁾。これまでの研究では円筒フランジは側面で単純支持されているとみなしてきたが、現実には腹板の拘束を受けており、これが円筒フランジの応力分布や有効幅あるいは非線形挙動に大きな影響を与えるものと思われる。ここでは、腹板による拘束を側面における弾性回転拘束に置換し、この拘束条件が円筒圧縮フランジの非線形挙動に及ぼす影響を調べた。

境界条件式 図-1に示すような弧に沿った長さ a 、幅 b 、厚さ t 、曲率半径 R の等方性円筒パネルが円周方向に圧縮力を受け、側面で腹板の拘束を受けるものとする。基礎微分方程式および境界条件についての詳細は文献2)にゆずることにし、ここでは文献2)と異なる側面における面外変形に関する境界条件のみを次に示しておく。

$$x = \frac{b}{2} : w = 0, \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\psi}{b} \cdot \frac{\partial w}{\partial x} = 0$$

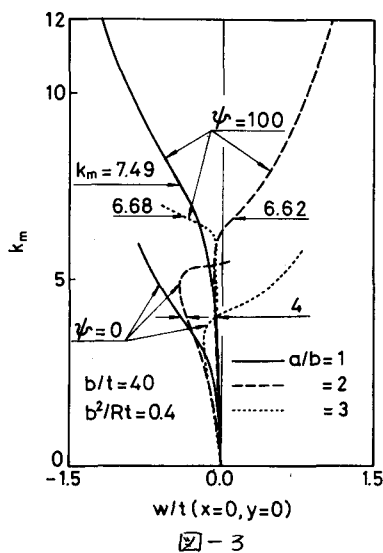
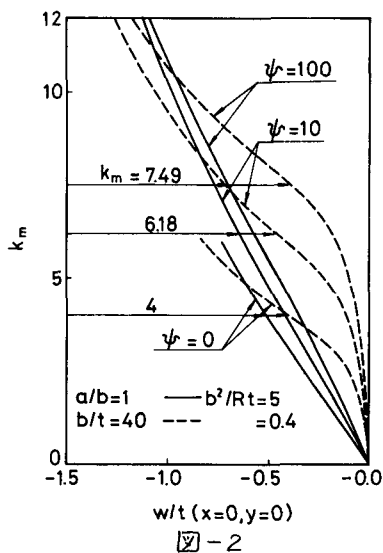
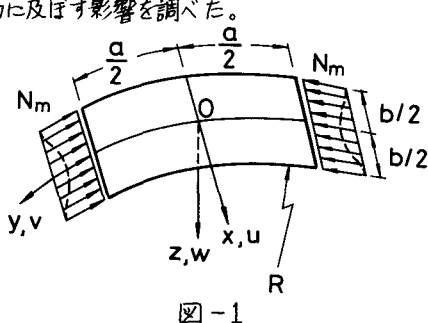
ここに、 ψ は固定係数である。

数値計算結果と考察 以下ではパラメータとして縦横比 a/b 、幅厚比 b/t 、曲率パラメータ b^2/Rt 、荷重 $k_m = N_m b^2 / \pi^2 D$ を用いる。ただし、 D はフランジの曲げ剛さである。

図-2は $b/Rt = 0.4$ 、5の場合の荷重-たわみ曲線を示したものである。 ψ が大きくなると、非線形性の現われる荷重は大きくなっている。 $b^2/Rt = 0$ の場合、すなわち平板の座屈荷重は図示したように、 $\psi = 0, 10, 100$ においてそれぞれ $k_m = 4, 6.18, 7.49$ である。

b^2/Rt が小さい場合には ψ が大きくなると、たわみの変向点が生じる荷重が上昇するが、 b^2/Rt が大きい場合も含めて、荷重-たわみ曲線の形状は ψ によってあまり影響を受けない。

図-3は $a/b = 1, 2, 3$ の場合の荷重-たわみ曲線を比較したものである。 a/b が大きい場合、 ψ の影響の仕方は複雑で一概には言えない。これは a/b が大きくなった場合のたわみ変形における半波の数が変化するためで



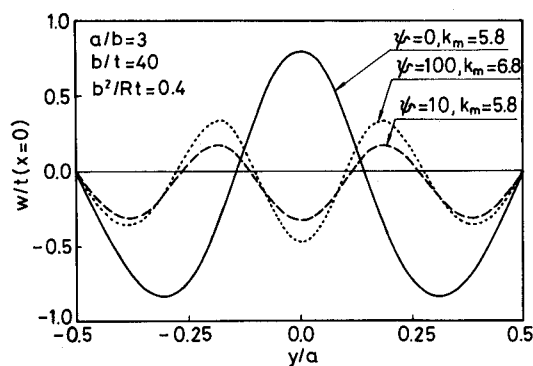


図-4

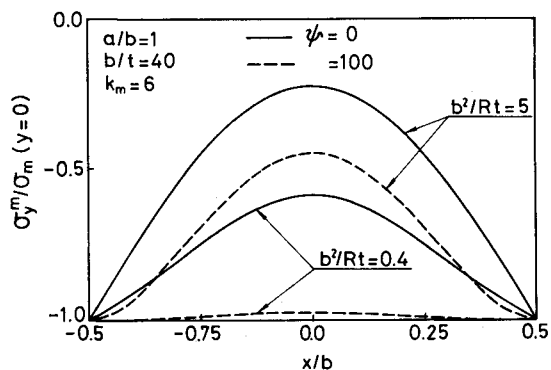


図-5

ある。このことを明確にするために、図-4には $a/b=3$ の場合の $x=0$ 断面におけるたわみの分布を示した。図からわかるように、 $\psi=0$ の場合にはたわみ波形における半波の数は3個であるが、 $\psi=10$ 、100の場合は半波の数が5個になる。曲率を有するためであるが、半波の数が奇数個のたわみ波形しか現われない。このため ψ が0から大きくなると、半波の数が3個から急に5個に増加する。

図-5は、 $y=0$ 断面における円周方向膜応力 σ_y^m/σ_m の分布を表わす。ただし、 $\sigma_m = N_m/t$ である。 ψ の値が大きくなると、中央部における応力減少の割合が減る。また b^2/Rt が小さいほど ψ の影響が大きくなり、中央部の応力減少があまり見られなくなる。

図-5に見られる円周方向膜応力の応力減少の程度は、有効幅比 b/b を用いて表現できる。 $y=0$ 断面における有効幅と荷重の関係を示すと図-6のようになる。図から有効幅に対する ψ の影響が大きいことがわかる。 b^2/Rt が大きい場合には荷重の増加とともに有効幅は漸減する。この有効幅の減少は ψ の値が小さくなるほどはげしい。

円筒フランジでは x 方向の曲げ応力もかなり大きく、 $y=0$ 断面における曲率内側の等価応力の分布を調べてみると、図-7のようになる。 ψ が大きくなると側辺で σ_e/σ_m が増加する。 b^2/Rt が大きくなると、その増加の割合は大きくなる。これは ψ の値が大きくなるほど x 方向の曲げ応力が増加するためである。

その他の数値計算結果や詳細な考察については、講演会当日に述べる。

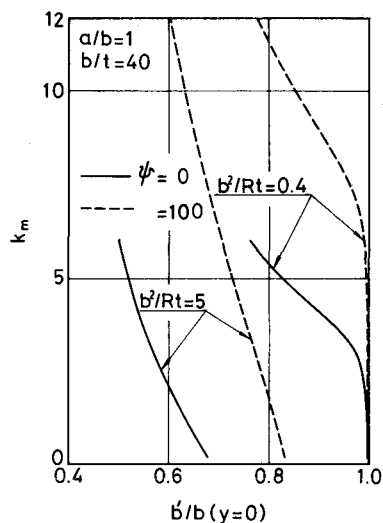


図-6

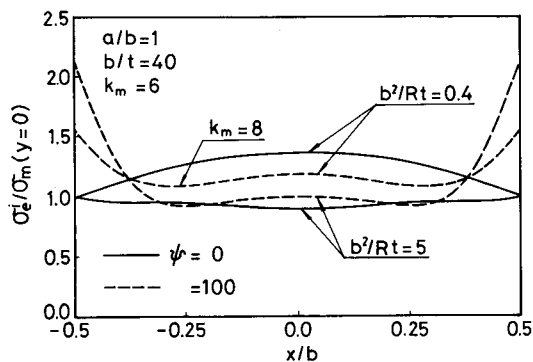


図-7

1) Washizu, K: Variational Methods in Elasticity and Plasticity, 2nd ed., Pergamon Press, 1975. 2) 三上・米沢・森沢: 曲り梁の円筒フランジの非線形解析, 第27回応用力学連合講演会論文抄録集 (昭52.10), D-45, 1977-11. 3) 三上・森沢・米沢: 曲りばりの円筒フランジの挙動における非線形性, 土木学会年次学術講演会, I-112, 1976-10.