

曲り梁の圧縮および引張円筒フランジの非線形挙動

関西大学工学部 正員 三上 市藏
 住友重機械工業(株) 正員 〇福富 孝泰
 関西大学工学部 正員 米沢 博

1. まえがき 著者らは、曲り梁の円筒フランジが円周方向に面内圧縮力または面内引張力を受ける場合について一連の非線形解析を行ってきた。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾まず、Washizu⁵⁾の薄いシェルに対する非線形理論に基づいて理論解析を行ない、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た。¹⁾⁴⁾次に、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。²⁾また、現実の円筒フランジは腹板による拘束を受けるが、それを側面における弾性回転拘束とみなして解析し、腹板の拘束が円筒フランジの非線形挙動に及ぼす影響を調べた。³⁾⁴⁾これまでの研究では円筒フランジは端辺で単純支持されているものとしてきたが、実際は端辺で固定支持されていると考えるのが妥当で、端辺の条件は応力分布、有効幅および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、円筒フランジが端辺において固定支持される場合を解析し、これまでの結果と比較しながら周辺の支持条件が非線形挙動に及ぼす影響について検討する。

2. 基礎微分方程式・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または引張力を受け、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式についての詳細は文献1),3),4)に譲ることにし、ここでは端辺における面外変形に関する境界条件、すなわち固定支持の条件のみを示しておく。

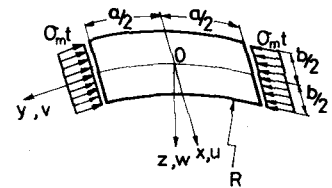


図-1

$$y = a/2 : w = w_{,y} = 0$$

3. 数値計算例 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 、側面の拘束の程度を表わす固定係数 ψ ($\psi=0$ は単純支持、 $\psi=\infty$ は固定)、荷重 $k_m = 5m \cdot tb^3/\pi^2 D$ を用いる。ただし、 D は円筒パネルの曲げ剛さである。対称性により1/4領域を対象とし、差分法を用いて解析した。以下に2~3の

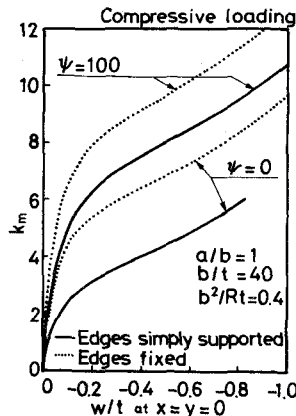


図-2

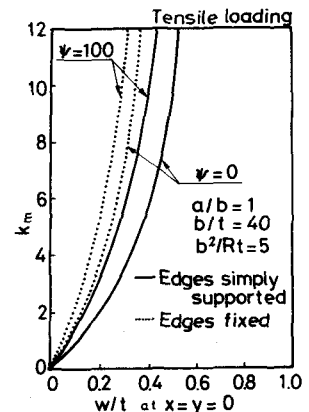


図-3

Mikami Ichizou, 〇Fukutomi Yoshiyasu, Yonezawa Hiroshi

計算結果を示す。

図-2は圧縮を受ける円筒パネル中央点の荷重-たわみ曲線を示したものである。パネルが周辺で固定支持されるとたわみは小さくなり、非線形性の現われる荷重は大きくなる。端辺のみが固定支持された場合よりも側辺のみが固定支持($\psi = 100$)された場合のほうがたわみが小さい。

一方、引張を受ける場合の荷重-たわみ曲線(図-3)には急な変向点は現れない。引張の場合は、圧縮の場合とは逆に、端辺のみが固定支持された場合よりも側辺のみが固定支持された場合のほうがたわみが大きくなる。

端辺での支持条件と、断面 $x=0$ におけるたわみ分布との関係を図-4に示す。荷重が増大するとたわみは半波数3の波形になるが、端辺が固定支持の場合と単純支持の場合とでたわみ波形は反転している。

円筒パネル中央横断面($y=0$)における有効幅と圧縮荷重の関係を図-5に示す。周辺単純支持の場合、低い荷重で、有効幅はかなり減少するが、周辺固定支持の場合は、有効幅の減少は小さい。

周辺固定支持された円筒パネルの等価応力と圧縮荷重の関係を図-6に示す。荷重が小さいと、端辺中央点($x=0, y=a/2$)曲率外側の等価応力が最大となる。荷重が大きくなると、側辺中央点($x=b/2, y=0$)曲率内側の等価応力が最大となる。

その他の結果については講演会当日に述べる。

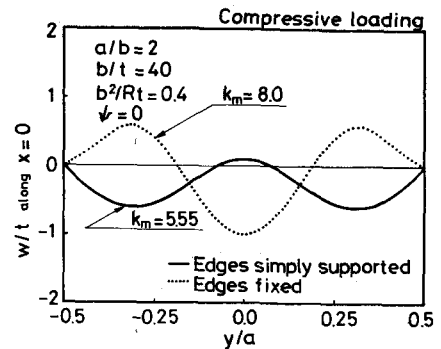


図-4

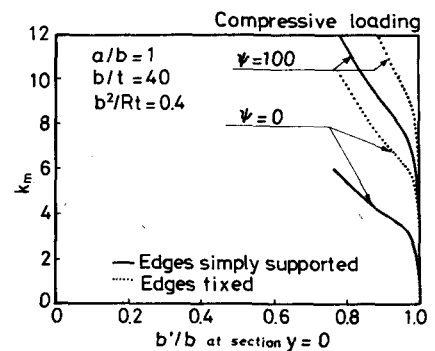


図-5

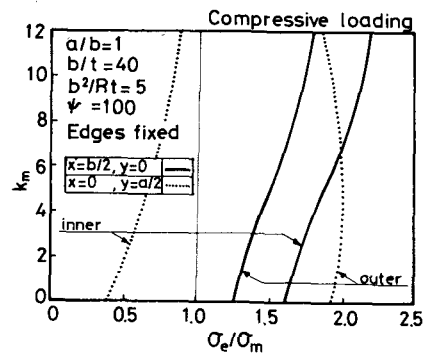


図-6

- 1) 三上・米沢・森沢：曲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，I-112，1976-10。
- 2) 三上・森沢・米沢：曲りばり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-101，1977-10。
- 3) 森沢・三上・米沢：腹板の拘束を考慮した曲り梁円筒フランジの非線形挙動，土木学会年次学術講演会，I-52，1978-9。
- 4) 三上・森沢・福富：円周方向面内引張力を受ける曲りばり円筒フランジの非線形挙動，第29回応用力学連合講演会論文抄録集，A-41，1979-11。
- 5) K. Washizu：Variational Methods in Elasticity and Plasticity，2nd ed.，Pergamon Press，1975。