

I-126

隅角部に曲率を有する薄肉断面部材の線形座屈強度について

愛媛大学大学院 学生員 川口 晃 一
愛媛大学工学部 正 員 大賀 水田生
徳 山 高 専 正 員 重松 恒 美

1. まえがき

本研究では、隅角部に曲率を有する薄肉断面部材の曲率の大きさが線形座屈強度に及ぼす影響を検討するため、伝達マトリックス法を用いて、隅角部に曲率を有するL、U及び箱型断面部材が一方向に等分布圧縮荷重を受ける場合の座屈解析を行った。その際、隅角曲線部の解析を効率的かつ精度良く行うために、直線部分には平板に対する格間伝達マトリックスを、曲線部分にはシェル構造に対する格間伝達マトリックスを適用した。

2. 解析理論

上述したように、本研究での薄肉断面部材の解析には平板及びシェル構造に対する格間伝達マトリックスを用いたが、平板に対する格間伝達マトリックスはシェル構造に対する格間伝達マトリックスにおいて、曲率半径 r を無限大とすることにより求めている。図-1に示すシェル要素の応力-歪関係式及び変位-歪関係式

$$\sigma = D\varepsilon, \quad \sigma = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}^T, \quad \varepsilon = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}\}^T \quad \dots (1)$$

$$\varepsilon = Bd, \quad d = \{u, v, \psi\}^T \quad \dots (2)$$

を力の釣合式に代入し、載荷辺が単純支持されていることを考慮して、 x 方向を三角関数 $w = w_0 \sin(m\pi x/a)$ (m : 座屈モード) で置き換えることにより、次のような状態量 z に関する一階の連立常微分方程式が得られる。

$$dz/d\psi = A_s z_0, \quad z = \{w, \psi, M_y, V_y, v, u, N_y, N_x\}^T \quad \dots (3)$$

式(3)を数値積分することにより、シェル構造に対する格間伝達マトリックス T_s が得られる。

$$z = T_s z_0 \quad \dots (4)$$

3. 数値計算結果及び考察

シェル構造に対する格間伝達マトリックスを用いることの有効性の検討 図-2に示す等分布圧縮荷重を受ける四辺単純支持の円筒シェルの座屈解析をシェル構造に対する格間伝達マトリックスを用いて行い、折板近似により得られた解との比較を行った。図-3に細長比 $a/b=1, 10, 20$ の場合のシェル構造解析による座屈係数と折板近似(分割数 $N=1 \sim 80$)による解との比較を示している。部材長が短い場合($a/b=1$)、 $N=62$ で両解析法による解は一致しているが、長くなるとともに($a/b=10, 20$)折板近似による解の精度は悪くなり、 $N=80$ においても、それぞれ0.45%、0.91%の誤差を生じている。これらのことより、曲線部にシェル構造に対する格間伝達マトリックスを用いることの有効性が確認された。

隅角部の曲率が座屈強度に及ぼす影響 薄肉断面部材の断面隅角部の曲率の大きさが座屈強度に及ぼす影響を検討するため、図-4に示すL、U及び箱型断面部材について、曲率半径 r と断面幅 b の比を $0 \leq r/b \leq 0.6$ (L型)、 $0 \leq r/b \leq 0.3$ (U、箱型)と種々変化させ座屈解析を行い、得られた座屈係数 k と $r/b=0$ の場合の座屈係数 k_0 と

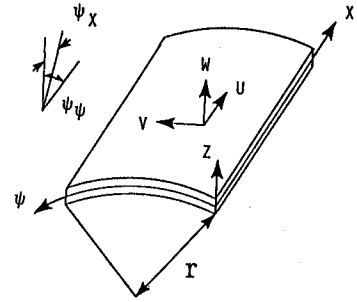


図-1 シェル要素

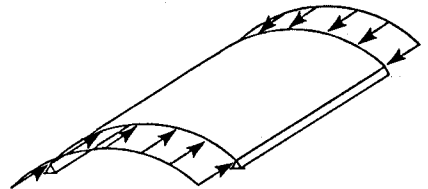


図-2 解析モデル

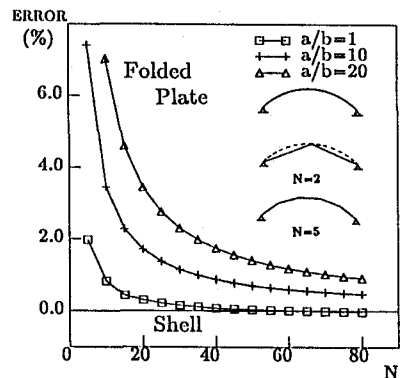


図-3 座屈係数の比較

の比較を行った。図5～7にそれぞれL、U及び箱型断面部材の細長比 $a/b=1, 2, 5, 10, 15$ 及び20における座屈強度の変化を示している。いずれの部材においても r/b が小さい場合、座屈強度の変化はほとんどみられないがそれ以後、 r/b の増加とともに座屈強度は大きく増大し、特に箱型部材においては $r/b=0.3$ の場合、 $k/k_0=3.87$ となっている。図-8～10に種々の曲率を有するL、U及び箱型断面部材の座屈強度と細長比 a/b の関係を示している。いずれの部材においても a/b が小さい場合、局部座屈を示しており、 r/b の増加とともに座屈係数 k は大きくなっている。しかしながら a/b がある値に達するとオイラー座屈を呈するようになり、 r/b が大きくなるとともに座屈係数が低下する傾向を示している。この現象は特にL型断面部材において大きい、これは r/b の増大により梁としての断面二次モーメントが小さくなるためである。

4. あとがき

本研究では、L、U及び箱型断面を有する薄肉断面部材の隅角部の曲率が薄肉断面部材の線形座屈強度に及ぼす影響を検討するため、平板及びシェル構造に対する格間伝達マトリックスを用いて座屈解析を行った。その結果、薄肉断面部材の隅角部に曲率を挿入することにより、いずれの部材の局部座屈強度も大きく増大すること、L型断面部材のオイラー座屈強度は逆に小さくなることなどが明らかになった。

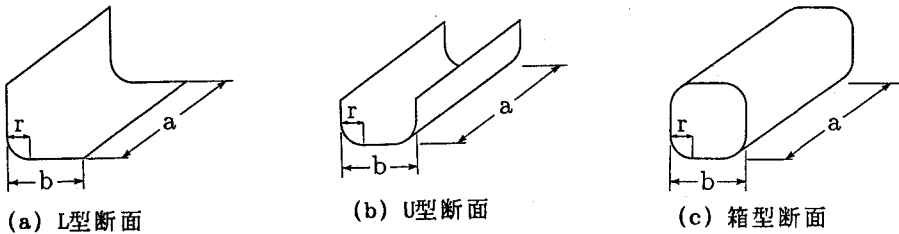


図-4 解析モデル

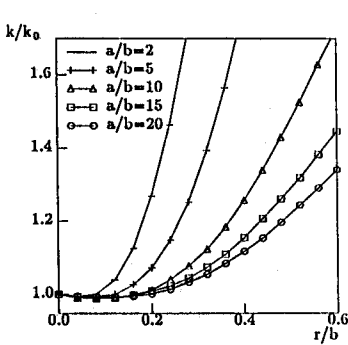


図-5 座屈係数比 (L型)

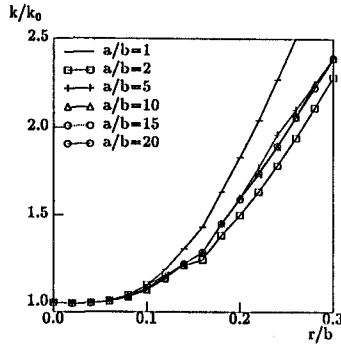


図-6 座屈係数比 (U型)

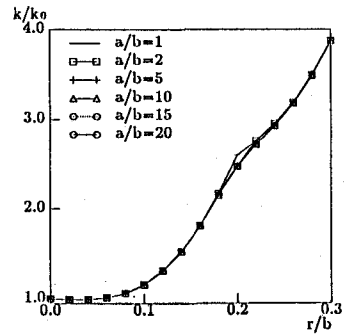


図-7 座屈係数比 (箱型)

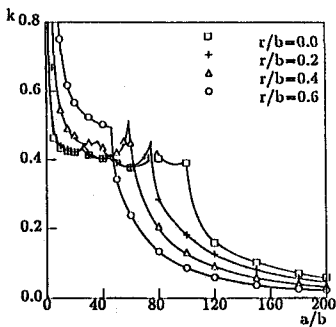


図-8 座屈係数曲線 (L型)

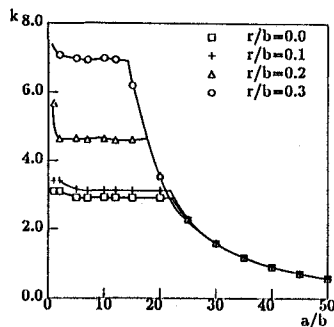


図-9 座屈係数曲線 (U型)

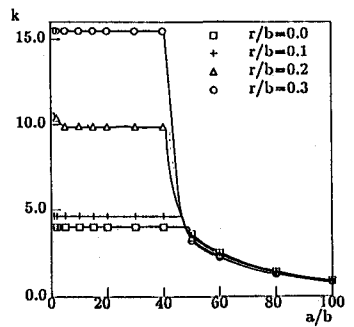


図-10 座屈係数曲線 (箱型)