

愛媛大学工学部 正会員 大賀 水田生
愛媛大学大学院 学生員 ○竹村 慎一郎

1. はじめに

本研究では、伝達マトリックス法を用いて断面隅角部に曲率を有する箱型断面部材が軸圧縮力を受ける場合の線形座屈解析を行い、隅角部に有する曲率の大きさが部材の座屈強度に及ぼす影響について検討した。

2. 伝達マトリックス法による薄肉断面部材の座屈解析

無補剛断面部材 部材を構成する部材パネル（板パネルおよびシェルパネル）に対する格間伝達マトリックス F_P および F_S を無補剛断面部材に適用し、初期状態量 Z_0 を他端まで伝達することにより、部材断面両端の状態量 Z_5 および Z_0 間の関係式が次のように得られる（図-1(a)）。

$$Z_5 = F_{P3} F_{S2} F_{P2} F_{S1} F_{P1} Z_0 = U Z_0 \quad (1)$$

ここで両端の境界条件を考慮することにより、座屈条件式が次のように得られる。

補剛断面部材 図-1(b)に示すように、部材を構成する部材パ

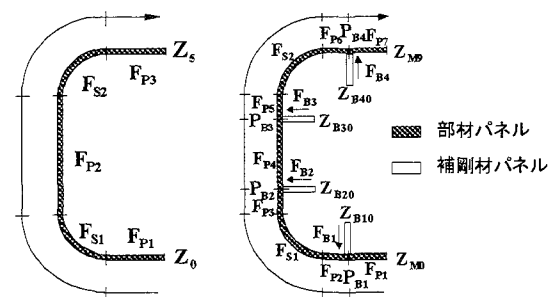
ネルおよび補剛材パネルに分割し、部材パネルと補剛材パネルとの接合線 1~4 での変位の連続条件および断面力の釣合条件より、補剛断面部材の最終状態量 Z_{M9} と部材パネルおよび補剛材パネルの初期状態量 Z_{M0} , Z_{B1} , Z_{B2} , Z_{B3} および Z_{B4} との関係式が次のように得られる。

$$\begin{bmatrix} Z \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{M9}^L = \begin{bmatrix} F_{P7}F_{P6}F_{S2}F_{P5}F_{P4}F_{P3}F_{S1}F_{P2}F_{P1} & F_{P7}F_{P6}F_{S2}F_{P5}F_{P4}F_{P3}F_{S1}F_{P2}P_{B1}F_{B1}^F & F_{P7}F_{P6}F_{S2}F_{P5}F_{P4}P_{B2}F_{B2}^F & F_{P7}F_{P6}F_{S2}F_{P5}P_{B3}F_{B3}^F & F_{P7}P_{B4}F_{B4}^F \\ [F_{P1}]^\delta & -[P_{B1}F_{B1}]^\delta & 0 & 0 & 0 \\ [F_{P3}F_{S1}F_{P2}F_{P1}]^\delta & [F_{P3}F_{S1}F_{P2}P_{B1}F_{B1}^F]^\delta & -[P_{B2}F_{B2}^F]^\delta & 0 & 0 \\ [F_{P4}F_{P3}F_{S1}F_{P2}F_{P1}]^\delta & [F_{P4}F_{P3}F_{S1}F_{P2}P_{B1}F_{B1}^F]^\delta & [F_{P4}P_{B2}F_{B2}^F]^\delta & -[P_{B3}F_{B3}^F]^\delta & 0 \\ [F_{P6}F_{S2}F_{P5}F_{P4}F_{P3}F_{S1}F_{P2}F_{P1}]^\delta & [F_{P6}F_{S2}F_{P5}F_{P4}F_{P3}F_{S1}F_{P2}P_{B1}F_{B1}^F]^\delta & [F_{P6}F_{S2}F_{P5}F_{P4}P_{B2}F_{B2}^F]^\delta & [F_{P6}F_{S2}F_{P5}P_{B3}F_{B3}^F]^\delta & -[P_{B4}F_{B4}^F]^\delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_M \\ Z_{B1} \\ Z_{B2} \\ Z_{B3} \\ Z_{B4} \end{bmatrix}_0 \quad (2)$$

3. 解析結果

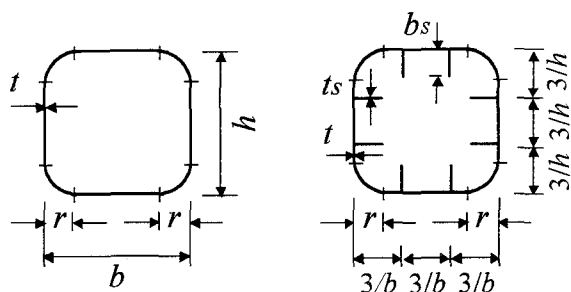
無補剛断面部材 図-3 に無補剛断面部材（図-2(a)：断面の高さ幅比： $h/b=1.0$ ，板の厚幅比： $t/b=0.02$ ）の座屈係数曲線を示している。図-3 に示すように、部材長の小さい範囲（局部座屈領域）では各部材の座屈係数は一定の値を示しており、曲率が大きい部材ほど座屈係数は大きくなっている。一方、部材長の大きい範囲（全体座屈領域）では部材長が大きくなるにしたがい各部材の座屈係数は減少しており、また全体座屈領域での曲率の大きさが座屈係数に及ぼす影響は局部座屈領域に比較して小さくなっている。また、局部座屈から全体座屈へ移行する部材長は曲率が大きくなるほど小さくなる傾向を示している。

図-4 に座屈係数 k と曲率の大きさとの関係を示している。なお、図-4 の縦軸には、各部材に対する座屈係数を箱型断面部材（ $r/b=0.0$ ）での座屈係数 k_0 で除した値をとっている。図-4 より明らかなように、座屈係数は曲率の小さい範囲（ $0.05 < r/b$ ）ではほぼ一定の値を示しているが、曲率の大きい範囲（ $r/b > 0.05$ ）では曲率の増大に伴い急速に増大する傾向を示している。



(a) 無補剛断面部材 (b) 補剛断面部材

図-1 曲率を有する箱型断面部材



(a) 無補剛断面部材 (b) 補剛断面部材

図-2 解析モデル

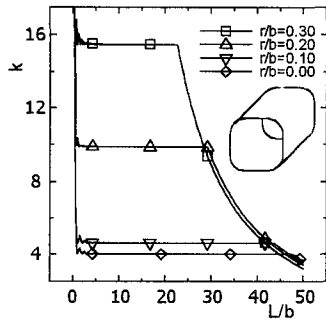


図-3 座屈係数曲線

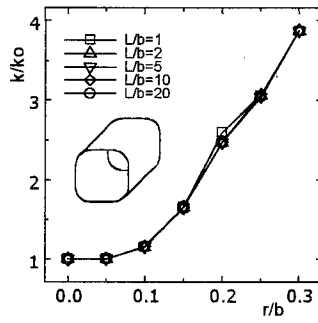


図-4 座屈係数比曲線

図-5 は $r/b=0.00, 0.30$ および $L/b=2, 5, 30, 50$ での座屈時の変形形状を示している．図-5 より明らかなように，局部座屈領域での各部材の変形形状は，部材を構成している板パネルおよびシェルパネルの局部的な変形となっているのに対し，全体座屈領域での変形形状は，いずれの部材においても断面のゆがみは見られず部材全体としての変形となっている．

補剛断面部材 図-6 に補剛断面部材（図-2(b)：断面の高さ幅比 $h/b=1.0$ ，板の厚幅比 $t/b=0.02$ ，補剛材厚比 $t_s/t=1.0$ ，補剛材幅比 $b_s/b=0.1$ ）での座屈係数曲線を示している．図-6 より明らかなように，無補剛断面部材の場合と同様，局部座屈領域では曲率が大きいほど座屈係数は大きくなっているのに対し，全体座屈領域では曲率の大きさが座屈係数へ与える影響は小さくなっている．また局部座屈から全体座屈へ移行する部材長は無補剛断面の場合と比較して小さくなっている．

図-7 に座屈係数と曲率の大きさとの関係を示している．図-7 より明らかなように，座屈係数は曲率の小さい範囲 ($0.15 < r/b$) ではほぼ一定の値を示している．一方，曲率の大きい範囲 ($r/b < 0.15$) では曲率の増大とともに座屈係数は大きくなる傾向を示しているが，その増大率は無補剛断面部材の場合と比較して（図-4）小さくなっている．

図-8 に補剛断面部材での座屈時の変形形状を示している．図-8 より明らかなように，部材軸方向モード数は無補剛断面部材の場合と比較して少なくなっている．

4. 結論

本研究では，伝達マトリックス法を用いて断面隅角部に曲率を有する箱型断面部材が軸圧縮力を受ける場合の線形座屈解析を行い，隅角部に設ける曲率の大きさが部材の座屈強度に及ぼす影響について検討した．

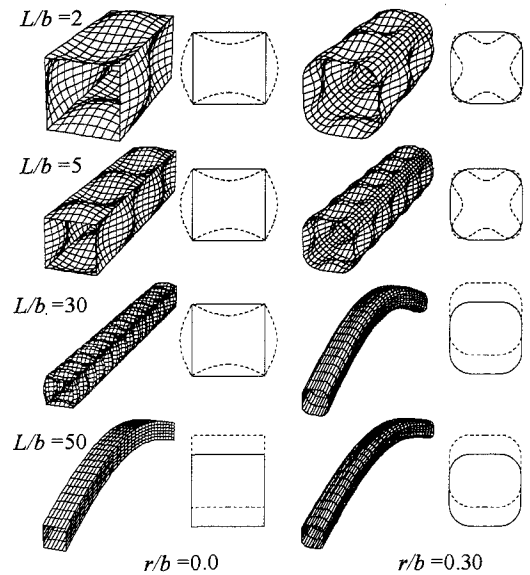


図-5 変形形状

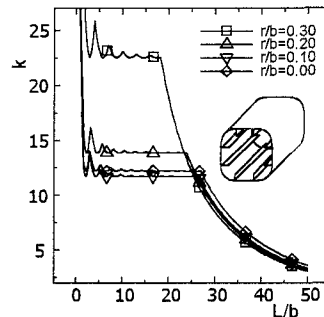


図-6 座屈係数曲線

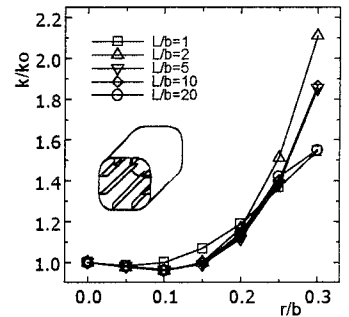


図-7 座屈係数比曲線

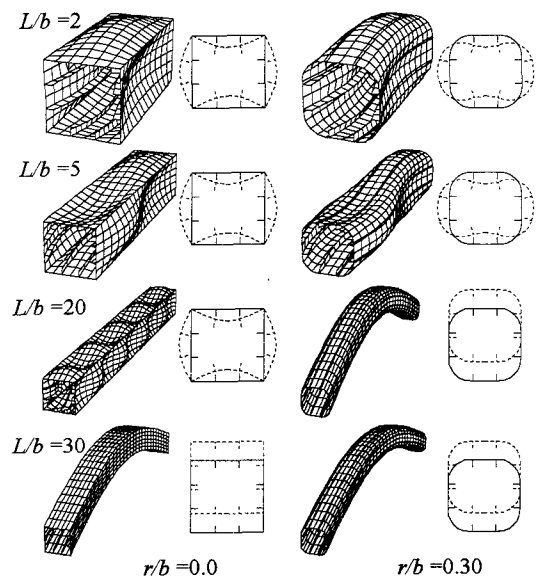


図-8 変形形状