

NTT	正員	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

近年、橋梁などの鋼構造物に対して単にその力学的な使用性のみならず、構造物自体の美観などが要求されるようになり、その結果板厚が連続的に変化する薄肉断面部材が製作されてきている。しかしながら、従来断面の変化を正確に考慮した薄肉断面部材の座屈解析はほとんど行われていないのが現状である。そこで本研究では、変断面の板パネルに対する格間伝達マトリックスを誘導し、等断面薄肉断面部材の座屈解析式に組み込むことにより、伝達マトリックス法による変断面薄肉断面部材の座屈解析プログラムを開発した。既往の解と比較することにより本格間伝達マトリックスの妥当性を検討するとともに、板厚の変化が変断面薄肉断面部材の座屈強度に及ぼす影響を検討した。

2.解析理論

1)変断面の板パネルに対する格間伝達マトリックスの誘導 図-1に示す軸方向圧縮力を受ける変断面の板パネルに対する断面力の釣合方程式、ひずみ-変位関係式及び応力-ひずみ関係式より得られる板パネルの状態量 $Z=\{w, \psi_y, M_y, V_y, v, u, N_y, N_{yx}\}^T$ に関する連立偏微分方程式において、図-1に示している様に荷重辺が単純支持されていることを考慮して、状態量を三角関数 $w(x,y)=\bar{w}(y)\cdot\sin(m\pi x/a)$ 、(m:座屈モード)で置き換えることにより、変数yのみの一階の常微分方程式が次のように得られる。

$$dZ/dy=A(y)\cdot Z \dots\dots\dots (1)$$

本研究では、式(1)をRomberg数値積分法を用いて積分することにより、変断面の板パネルに対する格間伝達マトリックスFを誘導した。

2)伝達方法 1)で誘導した変断面の板パネルに対する格間伝達マトリックスF及び座標変換マトリックスPを用いることにより、部材の両端での状態量を関係づける伝達式が次のように得られる(図-2参照)。

$$Z_3=F_3\cdot P_2\cdot F_2\cdot P_1\cdot F_1\cdot Z_0=U\cdot Z_0 \dots\dots\dots (2)$$

ここで、両端での境界条件を考慮することにより、座屈条件式を誘導する。

3.数値計算結果及び考察

1)本解析法の妥当性の検討

本研究で誘導した変断面の板パネルに対する格間伝達マトリックスを用いた解析法の妥当性を検討するため、図-1に示す変断面板(部材長a,部材幅b,b/t₀=50)を用いて、荷重辺の板厚比t_b/t₀を種々変化させ解析を行い、べき級数を用いて得られた既往の結果と比較した。図-3に四辺単純支持板での座屈係数の比較を示しているが、両解析法による解は非常に良く一致しており、本解析法の妥当性が確認された。

2)薄肉断面部材の板厚の変化が座屈強度に及ぼす影響の検討

変断面を有する薄肉断面部材の板厚の変化が座屈強度に及ぼす影響を検討するため、図-4(a)~(c)に示す変断面を有するL型、U型及びH型断面部材の荷重辺の板厚比t_b/t₀を種々変化させ解析を行った。

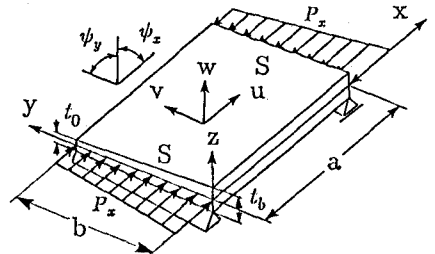


図-1 変断面の板パネル

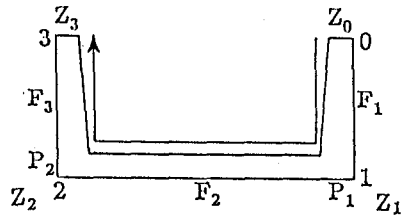


図-2 変断面U型断面部材

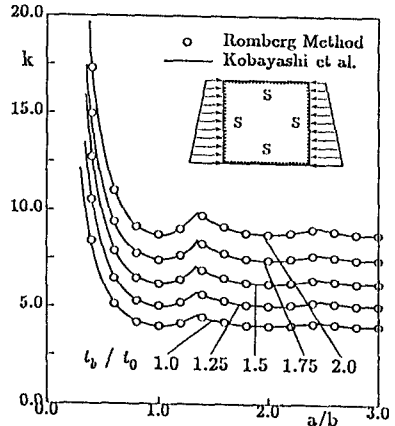
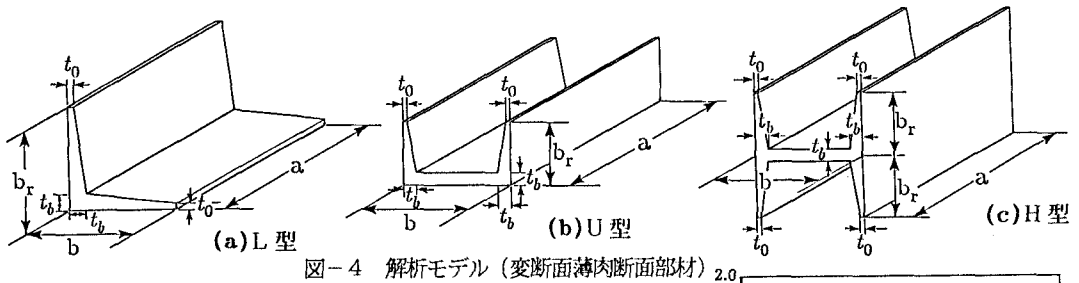


図-3 座屈係数の比較



(a) L型断面部材

図-5にL型断面部材の座屈強度曲線を示している。いずれの板厚比においても形状比 a/b が小さい範囲では局部座屈を示しているが、形状比がある値に達すると全体座屈を生じるようになる。局部座屈領域においては板厚比が $t_b/t_0=1.25, 1.5, 1.75, 2.0$ と増加するに従い、その座屈強度は等断面 ($t_b/t_0=1.0$) と比較して1.3, 1.8, 2.3, 2.9倍と増加している。また全体座屈領域においては板厚比による座屈強度の変化はほとんど見られないが、これは板厚比が変化してもL型断面の主軸に関する断面二次モーメント I と断面積 A との比 I/A がほとんど変化せず、L型断面部材を梁として考えた場合の座屈強度 $\sigma_x = (\pi^2 E / l^2) \cdot (I/A)$ がほとんど変化しないためである。

(b) U型断面部材

図-6にU型断面部材の座屈強度曲線を示している。形状比 a/b が小さい範囲では局部座屈を示しており、板厚比が増加するに従いその座屈強度は等断面と比較して1.4, 1.9, 2.5, 3.2倍と増加している。しかしながら、形状比がある値に達すると全体座屈を生じるようになり、この範囲においては板厚比の増加により逆に座屈強度は減少している。これは、板厚比の増加により主軸に関する断面二次モーメントと断面積との比 I/A が減少し、U型断面部材を梁として考えた場合の座屈強度が減少するためである。

(c) H型断面部材

図-7にH型断面部材の座屈強度曲線を示している。形状比 a/b が小さい範囲では局部座屈を、形状比が大きい範囲では全体座屈を示している。局部座屈領域においては板厚比が増加するに従いその座屈強度は等断面の場合と比較して1.4, 1.9, 2.5, 3.2倍と増加している。また全体座屈領域においては、板厚比の増加により逆に座屈強度は減少している。

4.あ と が き

- 1) 本研究で誘導した変断面の板パネルに対する格間伝達マトリックスを用いた解析法により、変断面板及び変断面を有する薄肉断面部材の線形座屈解析を精度良く行うことができる。
- 2) 板厚比の増加により、変断面を有する薄肉断面部材の局部座屈強度は増大する。

参考文献

H. Kobayashi and K. Sonoda : Buckling of Rectangular Plates with Tapered Thickness, ASCE, Vol.116, No.5, 1990

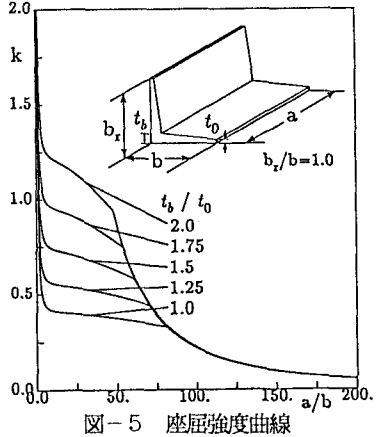


図-5 座屈強度曲線

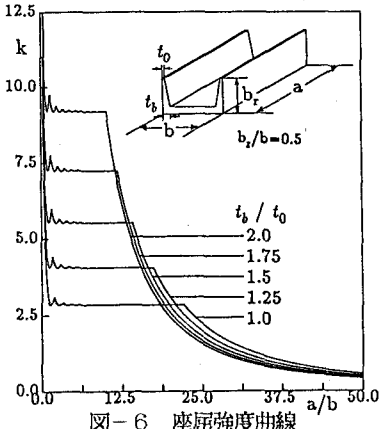


図-6 座屈強度曲線

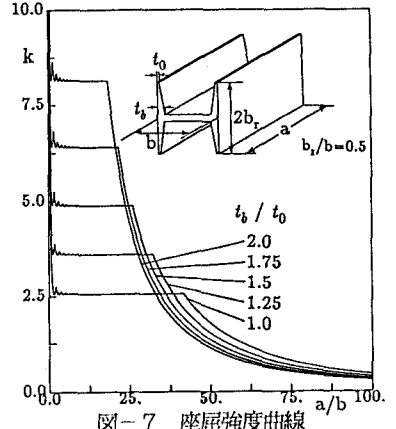


図-7 座屈強度曲線