

変厚鋼板の面内耐荷力解析

長崎大学 工学部 正員 ○ 森田 千尋

長崎大学 工学部 正員 松田 浩

長崎大学 工学部 正員 崎山 毅

1 まえがき

近年、鋼橋工事の省力化工法への取り組みが行われており、鋼板の圧延技術の進歩により製造が可能となった、板厚を連続的に変化させた鋼板(テーパプレート)の利用が注目されている。変厚鋼板をI桁や箱桁のフランジ材に用いることにより、桁の曲げモーメントの変化に応じた板厚変化が可能となるため、鋼重ならびに板継工数の低減が図られ、すでに国内においても実橋梁への適用例が報告されている。¹⁾このような変厚鋼板は、主桁以外にも主塔や橋脚などへの使用も可能であり、省力化はもちろん、構造物の大型化・薄肉軽量化につながるものと考えられる。

しかしながら、これらの構造物の設計に関しては、最小板厚を用いた安全側の設計となるため、変厚鋼板の極限強度特性を十分に反映した設計とはならない。省力化工法の推進のためには、変厚鋼板の耐力特性を反映した設計基準の確立が望まれる。

本研究においては、変厚鋼板の力学的特性の基礎資料として、耐荷力特性に関する検討を解析的に行うことを目的としている。

2 基礎理論

図 1 に示すように、板厚が x 方向にのみ直線的に変化し、 $x = 0, a$ 上において面内荷重を受ける変厚板を考える。変厚板の板厚および板剛度は次の式で与えられる。

$$h(x) = h_0 \left[1 + 2\alpha \left(\frac{x}{a} - 0.5 \right) \right], \quad D(x) = D_0 \left[1 + 2\alpha \left(\frac{x}{a} - 0.5 \right) \right]^3, \quad D_0 = \frac{Eh_0^3}{12(1-\nu^2)}$$

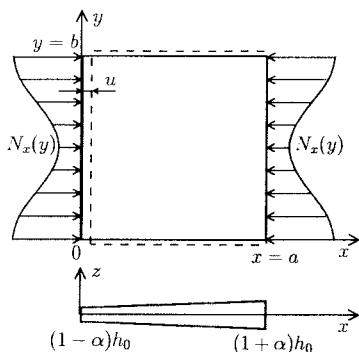


表 1: 面外に関する境界条件

	$x = 0, a$ 上において	$y = 0, b$ 上において
(1) SSSS	$M_x = 0, \theta_y = 0, w = 0$	$M_y = 0, \theta_x = 0, w = 0$
(2) CSCS	$\theta_y = 0, \theta_x = 0, w = 0$	$M_y = 0, \theta_x = 0, w = 0$
(3) SCSC	$M_x = 0, \theta_y = 0, w = 0$	$\theta_y = 0, \theta_x = 0, w = 0$

図1: 面内荷重を受ける変厚矩形板

境界条件としては、面外に関して、(1) 周辺単純支持 (SSSS)、(2) 載荷辺固定支持非載荷辺単純支持 (CSCS)、および (3) 載荷辺単純支持非載荷辺固定支持 (SCSC) の 3 種類を考え、具体的な境界条件を表 1 に示す。また、面内に関しては、変厚板の解析を容易にするため、 $x = 0$ 上において面内変位を拘束せず、 $x = a$ 上において面内変位を拘束し、載荷辺が直線形状を保持するように一定変位を加え、非載荷辺は面内変位を拘束しないもので、境界条件は次のようになる。

$$\begin{array}{ll} x=0 \text{ 上において} & u = \text{const.}, \quad \int_0^b N_x(y) dy = h(0) \int_0^b \sigma_x(0, y) dy = -\bar{p}bh_0, \quad N_{xy} = 0 \\ x=a \text{ 上において} & u = 0, \quad \int_0^b N_x(y) dy = h(a) \int_0^b \sigma_x(a, y) dy = -\bar{p}bh_0, \quad N_{xy} = 0 \end{array}$$

$$y = 0, b \text{ 上において} \quad N_{xy} = 0, \quad N_y = 0$$

解析手法としては、近年、著者らが提案している離散的近似解析法²⁾を用いて、弾塑性有限変位解析を行った。なお、解析上の仮定は、変厚鋼板は完全弾塑性材料から成り、応力～ひずみ関係は、弾性域では Hook の法則に、塑性域では Prandtl-Reuss 式に従うものとし、降伏判定には von-Mises の降伏条件式を用いた。

3 数値解析結果

数値解析例として、まず、表 1 に示す 3 つの境界条件を持つ変厚鋼板の弾性座屈解析を行った。初期不整として、中央点のたわみ (SCSC の場合、点 $(a/4, b/2)$) を $w_0/h_0 = 0.1$ とし、残留応力は考慮せず、テーパ比 α を種々変化させた場合の荷重～たわみ曲線を図 2 に示す。図中の p_{cr}^* は、周辺単純支持の場合の弾性座屈応力度である。同図より、SSSS, CSCS の場合は、テーパ比を変化させても後座屈挙動にはあまり変化は見られないが、SCSC の場合は、点 $(a/4, b/2)$ のたわみであるため後座屈挙動は大きく変化し、 $\alpha = 0.2$ の場合は、たわみが減少していく挙動を示す。

次に、周辺単純支持された変厚鋼板の弾塑性座屈解析を行った。初期不整、テーパ比は先程と同様とし、降伏応力 σ_0 と弾性係数 E の比 $\sigma_0/E = 1/750$ とした場合の耐荷力曲線を図 3 に示す。図中のプロットした点は、上田ら³⁾による等厚鋼板の場合の簡易算定式による解である。同図より本解析法による解は、等厚鋼板の場合、上田らによる解とほぼ一致し、テーパをつけることにより耐荷力は減少している。

4 あとがき

今回の解析例では、一様圧縮荷重の場合のみを取り扱ったため、基準板厚で無次元化した耐荷力曲線は、テーパをつけることにより減少した結果となった。しかしながら、実構造物においては作用荷重の変化に対応して変厚鋼板が使用されるため、作用荷重に応じた耐荷力解析も行う予定である。

また、これらの結果を基に、今後は、曲げモーメントが支配的な鋼製橋脚の柱基部に注目し、鋼製橋脚の耐荷力をできるだけ簡単な方法で改善できる柱基部の構造を開発するため、変厚鋼板の鋼製橋脚への適用可能性を検討していく予定である。

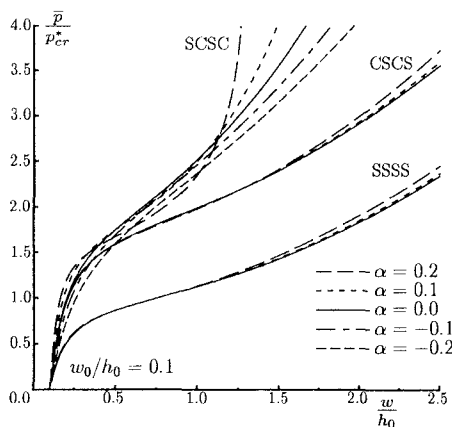


図 2：面内荷重を受ける変厚板の荷重～たわみ曲線

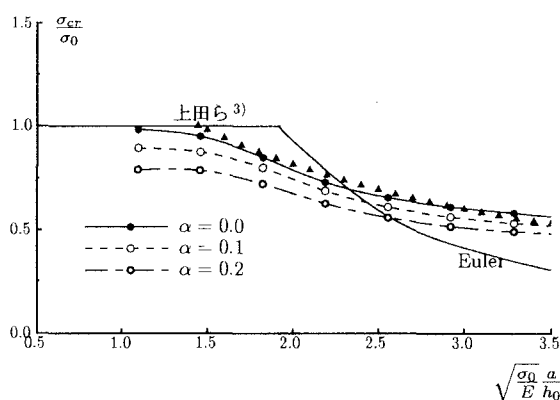


図 3：変厚板の耐荷力曲線

【参考文献】

- 1) 日本道路公団パンフレット：鋼橋工事の省力化工法－上信越自動車道 深沢川橋－
- 2) 崎山他：変厚矩形板の曲げの一解析法，土木学会論文報告集，第 338 号，pp.21-28，1987
- 3) 上田他：圧縮を受ける正方形板の最終強度に関する研究（第 2 報），日本造船学会論文集，第 140 号，pp.205-209，1976