

せん断力を受ける圧延変厚鋼板の座屈固有値

東亜建設工業(株) 正会員 ○水野 雅仁
岐阜大学 正会員 村上 茂之

1. はじめに

近年、性能照査型設計の導入が建設投資額の縮減という経済的な動向を見据えながら検討されている。その設計例の一つとして、圧延変厚鋼板を採用する構造形式の橋梁が考えられる。この圧延変厚鋼板は板厚を連続的に変化させた鋼板であり、鋼橋部材へ適用することで、溶接延長の低減や材片数の削減が期待できる。しかし、圧延変厚鋼板の耐荷力特性を反映した設計法は確立されておらず、設計基準の策定が必要である。

これまでに、圧延変厚鋼板を用いた自由突出板あるいは周辺単純支持板の圧縮強度に関する研究¹⁾や、面内曲げを受ける周辺単純支持板に関する研究は行われている。しかし、せん断力が卓越する支点上の腹板を想定した、せん断力を受ける圧延変厚鋼板に関する研究は行われていない。本論文では、せん断力を受ける圧延変厚鋼板を対象に、弾性固有値解析により座屈強度特性を明確にし、座屈係数算定式を提案することを目的としている。

2. 数値解析法

解析モデルとして、せん断力を受ける周辺単純支持板を図-1に示す。板長を a 、板幅を h 、平均板厚 t_{ave} 、薄部板厚を t_A (断面A)、厚部板厚を t_B (断面B) とする。

ここで、圧延変厚鋼板の特徴である板厚の連続的な変化により、鋼板要素全体の力の釣り合いは保たれておらず、式(1)で与える付加せん断流 q_{add} を作用させる。

$$q_{add} = C_\tau C_t (\tau_B t_B - 1.0)$$

(1)

ここに、 C_τ : 応力比 C_t : 板厚比

$$C_\tau = \frac{\tau_B}{\tau_A}$$

(2)

$$C_t = \frac{t_B}{t_A}$$

(3)

また、付加せん断流を付加せん断変形に変換することで、力学的関係を考慮する。

3. せん断力を受ける圧延変厚鋼板の固有値解析

(1) 構造諸元

材料定数は、弾性係数 $E = 205.8(\text{GPa})$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ とする。本論文では、作用応力状態を変化させるため、式(2)および式(3)から求められる応力パラメータ β を用いる。

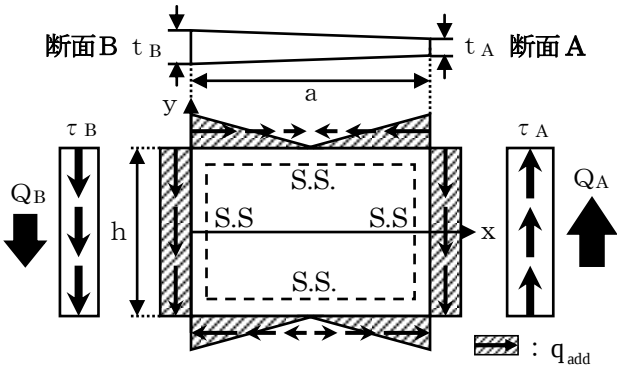


図-1 せん断力を受ける周辺単純支持板

$$\beta = \frac{C_\tau - 1}{1 - C_t} C_t$$

(4)

β 正の範囲では、鋼板全体に対して平均断面より薄部側での応力が卓越する状態であり、 β が負の範囲では、平均断面より厚部側での応力が卓越する状態である。また、 $\beta = 0.0$ は一定応力状態を再現している。構造諸元を表-1に示す。

表-1 構造諸元

平均板厚 t_{ave} (mm)	幅厚比パラメータ λ_0	板厚比 $1/C_t$	縦横比 α	応力パラメータ β	板長 a (mm)	板幅 h (mm)
20.0	0.4	0.6	0.5	1.0	602.6	731.4
	0.7	0.7	0.7	0.0	{	{
	1.0	0.8	0.8	-0.5		
	1.3	0.9	0.9	-1.0		
			1.0		2377.0	3916.9

(2) 座屈係数

本解析対象は板厚が連続的に変化するため、座屈係数の算出において、弾性座屈荷重および Euler の座屈荷重は評価する断面の板厚および応力状態により異なる。そこで本論文では、代表断面として薄部断面、厚部断面、平均断面の3つの断面を用いる。さらに、平均板厚が圧延変厚鋼板と同等である等厚鋼板と各代表断面で評価した座屈係数との関係を座屈係数比 k/k_0 として表した。図-2に、板厚比 $1/C_t$ と座屈係数比の関係を示す。結果から、鋼板全体に対して平均断面より薄部側での作用応力が卓越する(a)では、板厚比の減少に対し、薄部断面での座屈係数比は増加し、厚部断面では減少する。また、平均断面での板厚比による座屈係数比の変化は見られない。これは、(a)は一定断面力状態であり、座屈係数比は板厚にのみ影響されるため

キーワード 圧延変厚鋼板、座屈係数、せん断力、LP 鋼板

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学総合情報メディアセンター TEL058-293-2458

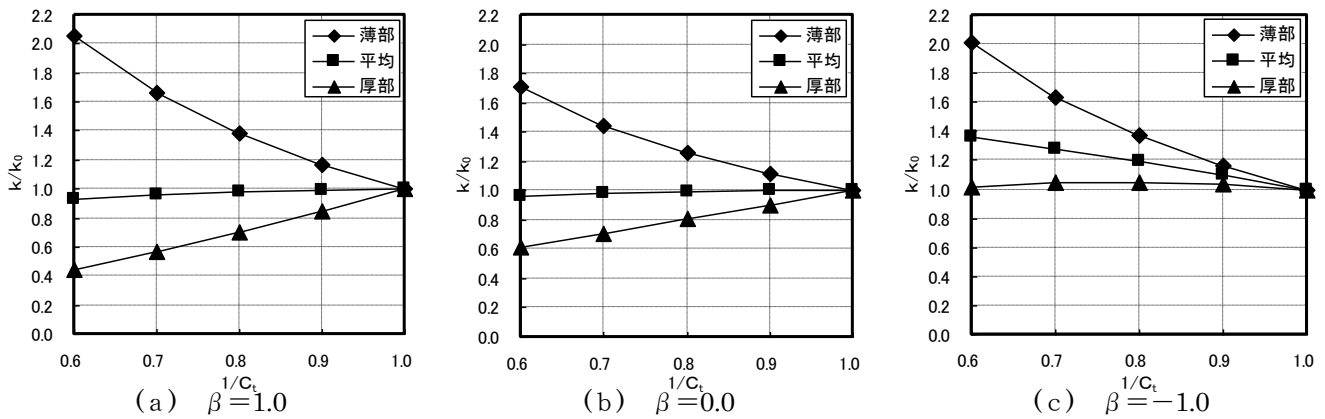


図-2 板厚比と座屈係数比の関係

である。鋼板内の応力が一定である(b)においても(a)と同様の傾向が見られるが、(a)に比べて各断面における座屈係数比の増減量は減少する。平均板厚より厚部側での応力が卓越する(c)では、板厚比の減少に対し、どの断面においても座屈係数比は増加する。このことから、平均断面で評価した場合、 β が負の範囲において座屈係数比が等厚鋼板より増加する傾向が見られる。

図-3に、応力パラメータ β と座屈係数比の関係を示す。縦軸は平均断面で評価した座屈係数比、横軸は応力パラメータ β である。 β が正の範囲では、座屈係数比は1.0でほぼ一定であり、等厚鋼板の座屈荷重と同様であることが分かる。しかし、 β が負の範囲では、座屈係数比は増加し、その傾向は板厚比が減少するほど顕著に見られる。これは、厚部側での応力が卓越する場合、厚部断面での座屈荷重が増加することで、平均断面においても座屈係数比は大きくなったと考えられる。

(3) 座屈係数算定式

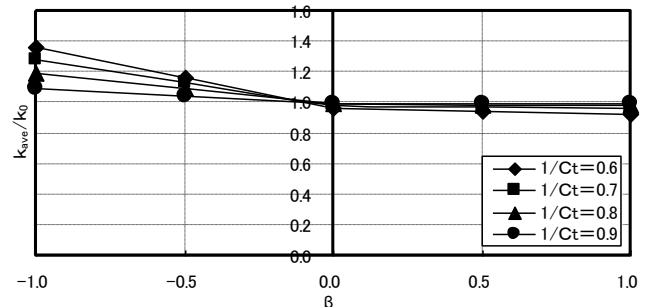
(2)より、せん断力を受ける圧延変厚鋼板の座屈係数は、応力パラメータおよび板厚比に影響されることが示唆された。この結果から、せん断力を受ける圧延変厚鋼板の座屈係数算定式を式(5)に提案する。

$$k_{ca} = k_t \cdot \varphi \cdot \frac{(C_t + 1)^2}{2(C_t + 1)} \cdot \frac{(C_t - 1)^{\frac{x}{a} + 1}}{\left\{ (C_t - 1)^{\frac{x}{a} + 1} + 1 \right\}^2} \quad (5)$$

- ・ x/a : 座屈係数評価位置(薄部断面からの割合)
- ・ $k_t \cdot \varphi$: 平均断面で評価した圧延変厚鋼板の座屈係数

ここで、圧延変厚鋼板の座屈係数は、等厚鋼板の座屈係数 k_t に補正係数 φ を乗じることにより求める。表-2に補正係数 φ を示す。提案式①は簡易的な提案式であり、提案式②は2つの補正係数を用いた提案式である。

解析結果と提案式の座屈係数を比較した結果を図-4に示す。破線は $\pm 5\%$ の誤差を表す。(a)は提案式①、(b)は提案式②である。結果から(a)は一部のモデルで

図-3 応力パラメータ β と座屈係数比の関係表-2 補正係数 φ

提案式① ($\varphi = \varphi_1$)	
$\varphi_1 = -1.0 \cdot \beta \cdot (1 - 1/C_t) + 1.0$	($\beta < 0.0$)
$\varphi_1 = 1.0$	($\beta \geq 0.0$)
提案式② ($\varphi = \varphi_1 \cdot \varphi_2$)	
$\varphi_1 = -1.0 \cdot \beta \cdot (1 - 1/C_t) + 1.0$	($\beta < 0.0$)
$\varphi_1 = 1.0$	($\beta \geq 0.0$)
$\varphi_2 = 0.1 \cdot (1/C_t) + 0.9$	

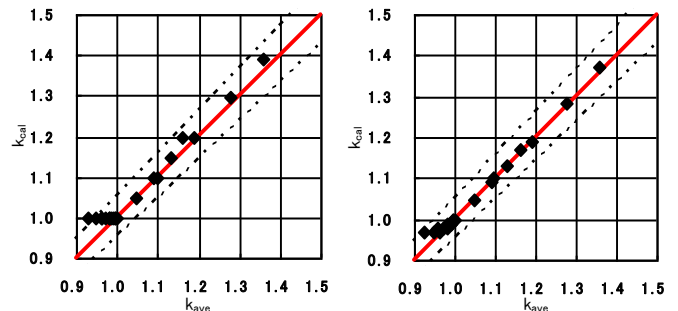


図-4 妥当性の検証

$\pm 5\%$ の誤差より大きくなるが、これらのモデルは製作できない寸法であり、本提案式は実用上問題ない。(b)はすべてのデータが誤差範囲内にあり、提案式は妥当である。

4. まとめ

せん断力を受ける圧延変厚鋼板の座屈係数は、板厚比および応力パラメータの影響を受けることが明らかとなった。そこで、その結果を用い、座屈係数算定式を提案した。

【参考文献】1) 村上茂之, 西村宣男, 堀田毅: 自由突出テーパプレートの変形強度, 構造工学論文集, p107-p116, 1997年3月。2) 村上茂之: 変厚鋼板および有孔鋼管の極限圧縮強度特性に関する研究, 大阪大学学位論文, 1996年7月