

I-64

プレートガーダーのフランジ垂直座屈強度の算定法

関西大学工学部 正会員 三上市藏

関西大学大学院 学生員○木村泰三

関西大学大学院 学生員 徳田浩一

1. まえがき 近年、鋼構造物の限界状態設計法のための研究^{1) 2)}がなされている。その中で、プレートガーダーのフランジ垂直座屈強度については垂直補剛腹板に対するBasler³⁾、長谷川⁴⁾、藤井⁵⁾による研究があるが、水平・垂直補剛腹板についてはよくわかっていないようである。そこで、文献2)の考え方を発展させ、水平・垂直補剛腹板にも適用できるフランジ垂直座屈強度の簡略な算定法を考案したので報告する。

2. 単一パネルの座屈強度 図-1に示す単一パネル(長さa, 幅b, 厚さ t_w)がx方向(水平方向)に曲げ・圧縮, y方向(垂直方向)に圧縮を受ける場合を考える。弾性座屈応力はそれぞれ次のように求められる。

i) x方向の圧縮に対する座屈応力は次式より求められる。

$$\sigma_{cr^e, cx} = k_{cx} \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{b} \right)^2 \quad (1)$$

ここに、

$$k_{cx} = (b/a + a/b)^2 \quad : a/b < 1$$

$$= 4 \quad : a/b \geq 1$$

E: ヤング率, ν : ポアソン比である。

圧縮強度は次式より求められる。

$$\sigma_{ult, cx} / \sigma_{yw} = 1 \quad : \lambda_{cx} \leq 0.526$$

$$= (0.526 / \lambda_{cx})^{0.7} \quad : \lambda_{cx} > 0.526 \quad (2)$$

ここに、 $\lambda_{cx} = (\sigma_{yw} / \sigma_{cr^e, cx})^{1/2}$, σ_{yw} : 腹板の降伏応力である。

ii) y方向の圧縮に対する座屈応力は次式より求められる。

$$\sigma_{cr^e, cy} = k_{cy} \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{a} \right)^2$$

ここに、

$$k_{cy} = (b/a + a/b)^2 \quad : a/b > 1$$

$$= 4 \quad : a/b \leq 1$$

圧縮強度は次式より求められる。

$$\sigma_{ult, cy} / \sigma_{yw} = 1 \quad : \lambda_{cy} \leq 0.526$$

$$= (0.526 / \lambda_{cy})^{0.7} \quad : \lambda_{cy} > 0.526 \quad (3)$$

ここに、 $\lambda_{cy} = (\sigma_{yw} / \sigma_{cr^e, cy})^{1/2}$

iii) 曲げに対する座屈応力は次式より求められる。

$$\sigma_{cr^e, b} = k_b \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{b} \right)^2 \quad (5)$$

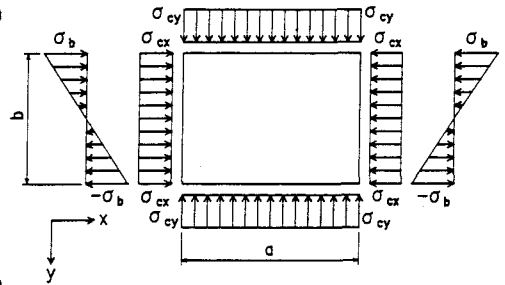


図-1

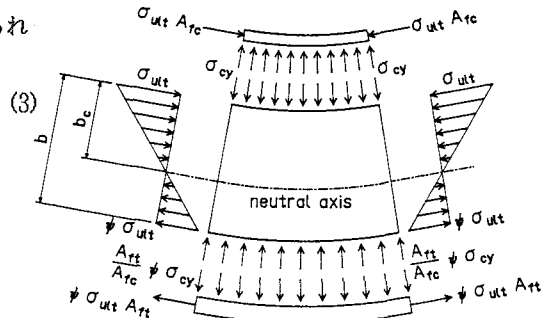


図-2

ここに、 $k_b = 23.9$

曲げ強度は次式より求められる。

$$\begin{aligned} \sigma_{ult.b} / \sigma_{yw} &= 1 & : \lambda_b \leq 1.21 \\ &= (1.21 / \lambda_b)^{0.42} & : \lambda_b > 1.21 \end{aligned} \quad (6)$$

ここに、 $\lambda_b = (\sigma_{yw} / \sigma_{cr^e.b})^{1/2}$

図-1の組み合わせ応力に対する終局強度は次の相関式より求められる。

$$\sqrt{\left\{ \frac{\sigma_{cx}}{\sigma_{ult.cx}} \right\}^2 + \left\{ \frac{\sigma_{cy}}{\sigma_{ult.cy}} \right\}^2 + \left\{ \frac{\sigma_b}{\sigma_{ult.b}} \right\}^2} = 1 \quad (7)$$

ただし、 σ_{cx} : x方向作用圧縮強度、 σ_{cy} : y方向作用圧縮強度、 σ_b : 作用曲げ強度である。

3. フランジの垂直座屈強度 Basler³⁾の考え方によればフランジ垂直座屈時の応力状態は図-2のようになり、次の関係が得られる。

$$\sigma_b = \frac{1-\phi}{2} \sigma_{ult}, \quad \sigma_{cx} = \frac{1+\phi}{2} \sigma_{ult}, \quad \sigma_{cy} = \frac{(1-\phi)^3}{4E} \frac{A_{fc}}{A_w} \sigma_{ult}^2 \quad (8)$$

ただし、 σ_{ult} : 腹板の圧縮縁の終局強度、 A_w : 腹板の断面積、 A_{fc} : 圧縮フランジの断面積、 ϕ : 応力勾配係数である。

したがって、垂直座屈強度 σ_{ult} は次式から計算できる。

$$\sqrt{\left\{ \frac{1+\phi}{2} \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{ult.cx}} \right\}^2 + \left\{ \frac{(1-\phi)^3}{4E} \frac{A_{fc}}{A_w} \frac{\sigma_{ult}^2}{\sigma_{ult.cy}} \right\}^2 + \left\{ \frac{1-\phi}{2} \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{ult.b}} \right\}^2} = 1 \quad (9)$$

4. 曲げ耐荷力 この座屈が生ずる場合のプレートガーダーの曲げ強度は次式より求められる。

$$\frac{M_{ult}}{M_y} = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{yf}} \quad (10)$$

ただし、 σ_{yf} : 圧縮フランジの降伏応力である。

5. 実験値との比較 文献6)のB-01桁の実験値 M_{max} と本算定法との比較を表-1に示す。この表にはBasler³⁾、長谷川⁴⁾の理論値も付記する。実験値と比較すると、Basler、長谷川の理論値はそれぞれ26%、6%高目の値を予測している。これに対して、本算定法は、安全側に6%の誤差の値を与える。

6. あとがき 本算定法は、対称プレートガーダーのみならず非対称プレートガーダーにも適用できる。また、多数の水平補剛材が任意の位置に設けられた場合についても、圧縮縁側の単一パネルに対して計算することで、垂直座屈強度が得られるものと考えられる。

表-1

	$\frac{M_{ult}}{M_y}$	$\frac{M_{max}}{M_{ult}}$
Basler	1.000	0.743
長谷川	0.791	0.939
本算定法	0.704	1.055
$\frac{M_{max}}{M_y}$	0.743	—

文献 1)三上：座屈設計ガイドライン，9章，土木学会編，1987. 2)三上・木村・山里：構造工学論文集，土木学会，Vol.35A，1989.3. 3)Basler, K., Thürlimann, B.: Proc. of ASCE, Vol.87, 1961.8. 4)長谷川・和田・西野：土木学会論文報告集，No.300，1980.8. 5)藤井・大村：土木学会論文集，No.374/I-6，1986.10. 6)建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室：土木研究所資料，プレートガーダー耐荷力実験報告，1988（印刷中）。