

多補剛材腹板を有するプレートガーダーの曲げ強度の算定法について

関西大学工学部 正会員 三上市藏 フジタ工業 ㈱ 正会員 出口恒宜
 関西大学大学院 学生員 森川陽介 関西大学大学院 学生員 〇木村泰三
 大明電話工業㈱ 正会員 田尻和行

1. まえがき 近年、諸外国の設計示方書の限界状態設計法への移行に伴い、我が国においても構造物の設計を限界状態設計法で行う気運が高まってきた。そこで、これまでの研究に基づき多補剛材腹板を有するプレートガーダーの曲げ強度の算定法¹⁾²⁾を検討し、実験値とよく一致し、できる限り簡略な算定法を策定したので報告する。

2. 圧縮フランジの終局強度 水平座屈強度は道路橋示方書の横倒れ座屈強度式(1)より求める。

$$\sigma_{ult} / \sigma_{yf} = 1 \quad : \quad \lambda \leq 0.2$$

$$= 1 - 0.412(\lambda - 0.2) \quad : \quad 0.2 < \lambda \quad (1)$$

ここに、 $\lambda = \left(\frac{\sigma_{yf}}{\sigma_{cr^e}} \right)^{1/2}$, $\sigma_{cr^e} = \frac{\pi E}{12} \left(\frac{b_f}{L} \right)^2$

ねじれ座屈強度はBaslerによる片辺支持パネルの終局圧縮強度式(2)より求める。

$$\sigma_{ult} / \sigma_{yf} = 1 \quad : \quad \lambda \leq 0.45$$

$$= 1 - 0.53(\lambda - 0.45)^{1.36} \quad : \quad 0.45 < \lambda < \sqrt{2}$$

$$= 1 / \lambda^2 \quad : \quad \sqrt{2} \leq \lambda \quad (2)$$

ここに、 $\lambda = (\sigma_{yf} / \sigma_{cr^e})^{1/2}$,

$$\sigma_{cr^e} = k_f \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_f}{b_f} \right)^2, k_f = \left(\frac{b_f}{2L} \right)^2 + \frac{6(1-\nu)}{\pi^2}$$

ただし、E:ヤング率、 ν :ポアソン比、 σ_{yf} :フランジの降伏応力、L:全体パネル幅、 b_f :圧縮フランジ幅、 t_f :圧縮フランジ厚さである。

以上の強度のうち小さい方の値を圧縮フランジの終局強度 $\sigma_{ult, f}$ とする。

3. 腹板の終局強度 図-1の水平・垂直補剛材で囲まれた単一パネルの弾性座屈強度は次式で計算する。

$$\sigma_{cr^e} = k_1 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{b_1} \right)^2 \quad (3)$$

ここに、 $k_1 = 4$: $\phi = 1$ (圧縮), $k_1 = 23.9$: $\phi = -1$ (曲げ),
 $k_1 = 23.9 \{ (1-\phi)/2 \}^2$: $-7 \leq \phi \leq -1$ (曲げ・引張り)

単一パネルの終局強度は曲げ・圧縮を受ける場合は圧縮強度式

(5)³⁾、曲げ強度式(6)⁴⁾を使って、相関式(4)⁴⁾より求める。

$$\frac{1+\phi}{2} \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{ult, c}} + \frac{1-\phi}{2} \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{ult, b}} = 1 \quad (4)$$

ここに、

$$\sigma_{ult, c} / \sigma_{yw} = 1 \quad : \quad \lambda \leq 0.526$$

$$= (0.526 / \lambda)^{0.7} \quad : \quad 0.526 < \lambda \quad (5)$$

$$\sigma_{ult, b} / \sigma_{yw} = 1 \quad : \quad \lambda \leq 1.21$$

$$= (1.21 / \lambda)^{0.42} \quad : \quad 1.21 < \lambda \quad (6)$$

曲げ・引張りの場合は式(7)⁴⁾より求める。

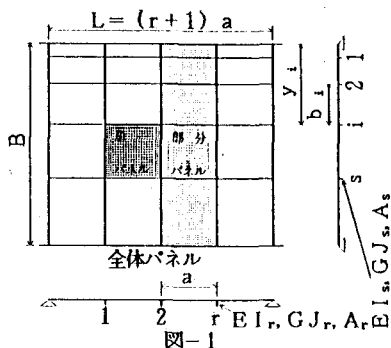


図-1

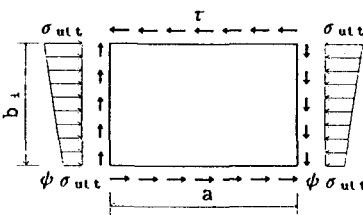


図-2

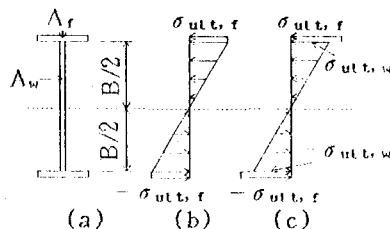


図-3

Ichizou MIKAMI, Tsunenobu DEGUCHI, Yousuke MORIKAWA, Taizou KIMURA and Kazuyuki TAJIRI

$$\begin{aligned}\sigma_{ult} / \sigma_{yw} &= 1 & : \quad \lambda \leq 1.21 \\ &= (1.21 / \lambda)^{0.42} & : \quad 1.21 < \lambda\end{aligned}\quad (7)$$

ただし、 $\lambda = (\sigma_{yw} / \sigma_{cr}^e)^{1/2}$ 、 σ_{ult} : 終局強度、 $\sigma_{ult,c}$: 終局圧縮強度、 $\sigma_{ult,b}$: 終局曲げ強度、 σ_{yw} : 腹板の降伏応力、 ϕ : 応力勾配 (図-2 参照)、 t_w : 腹板厚さ、 b_i : 単一パネル i の高さである。

垂直補剛材間の水平補剛版である部分パネルの終局強度は補剛版を直交異方性板への換算¹⁾²⁾して、次式より求める。

$$\begin{aligned}\sigma_{ult} / \sigma_{yw} &= 1 & : \quad \lambda \leq 0.6 \\ &= 1 - 0.614(\lambda - 0.6) & : \quad 0.6 < \lambda \leq \sqrt{2} \\ &= 1 / \lambda^2 & : \quad \sqrt{2} < \lambda\end{aligned}\quad (8)$$

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

$$\sigma_{cr}^e = k_b \frac{\pi^2}{B^2 t_w} (D_x D)^{1/2},$$

$$k_b = \frac{9\pi^2}{32} \left(\frac{F_{11} F_{12}}{1 + (27/25)^2 F_{11}/F_{13}} \right)^{1/2},$$

$$F_{1n} = (1/\alpha^*)^2 + 2n^2 \kappa + n^4 \alpha^{*2} : \alpha^* < 2/3$$

$$= 9/4 + 2n^2 \kappa + 4n^4/9 : 2/3 \leq \alpha^*,$$

$$\alpha^* = (a/B)(D/D_x)^{1/4}, \kappa = H/(D_x D)^{1/2}$$

ただし、 B : 腹板高さ、 a : 部分パネル幅、 D 、 D_x 、 H : 板の曲げ剛度、水平方向曲げ剛度、有効ねじり剛度である。

単一パネルの終局強度と部分パネルの終局強度のうち小さい方の値を腹板の終局強度 $\sigma_{ult,w}$ とする。

4. 曲げ耐荷力 圧縮フランジの座屈が先行するときは図-3 (b)、腹板の座屈が先行するときは図-3 (c) に示す応力分布で崩壊に到るとみなすと、曲げ耐荷力 M_{ult} は次式より求められる。

$$\frac{M_{ult}}{M_y} = \frac{\sigma_{ult,f}}{\sigma_{yf}} \quad : \quad \sigma_{ult,f} \leq \sigma_{ult,w} \quad (9)$$

$$\frac{M_{ult}}{M_y} = \frac{\sigma_{ult,f}}{\sigma_{yf}} \left(1 - \frac{1 - \sigma_{ult,w} / \sigma_{ult,f}}{1 + 6 A_f / A_w} \right) \quad : \quad \sigma_{ult,f} > \sigma_{ult,w} \quad (10)$$

ただし、 M_y : フランジ降伏モーメント、 A_w 、 A_f : 腹板、圧縮フランジの断面積。

5. 実験値との比較 文献5)~9)の実験値と本算定法より求めた理論値を比較した。その結果を図-4に示す。結果の詳細は講演当日に譲る。

6. あとがき 実験値が理論値より下回っているのは、無補剛材腹板の場合である。水平・垂直補剛材剛度が現行道路橋示方書の基準を満足すれば、本算定法によって妥当な値を計算できるものと考えられる。垂直補剛材を含めた直交補剛版である全体パネルの終局強度は直交異方性板に換算¹⁾²⁾して求められるが、これより垂直補剛材剛度が照査できる。

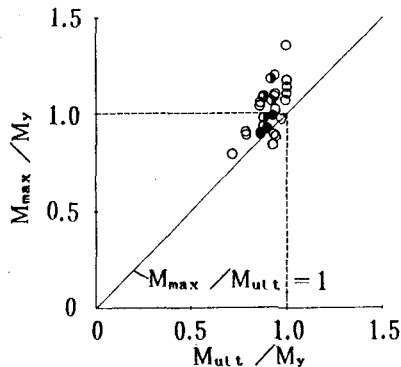


図-4

文献 1)三上：座屈設計ガイドライン、第9章、土木学会、1987。2)三上・武田・大谷：橋梁と基礎、Vol. 17, No.1, pp.32-38, 1983。3)Mikami: Discussion, Structural Eng./Earthquake Eng., JSCE, Vol.2, No.1, pp.293-294, 1985。4)奈良・津田・福本：土木学会論文集、1987 (投稿中)。5)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、1987 (印刷中)。6)長谷川・西野・奥村：土木学会論文報告集、No.234, pp.33-44, 1975。7)前川・伊藤・福本：土木学会論文集、1987 (投稿中)。8)福本・前川・伊藤・浅里：土木学会論文集、No.362/I-4, pp.323-332, 1985。9)森脇・藤野：土木学会論文報告集、No.264, pp.1-15, 1977。