

鋼補剛板の圧縮耐荷力に関する実験データの分析

関西大学工学部 正会員 三上 市藏
 日本電子計算機 正会員 丹羽 量久
 関西大学大学院 学生員 ○大谷 康史

1 まえがき 著者らは鋼補剛板の耐荷力実験に関するデータベースを構築¹⁾してきた。そこに集められた実験データを用いて、簡便で高精度な、補剛板の終局強度算定式を確立すべく、終局強度の検討を行った。なお、今回は文献²⁾³⁾に基づく強度算定式を対象とした。

2 補剛板の全体座屈 図-1に示すような周辺が単純支持された長方形補剛板が一方向圧縮を受ける場合の座屈強度を考える。この補剛板は、主板(長さ L , 幅 B , 厚さ t , ヤング率 E , ポアソン比 ν , 降伏応力 σ_y)が, n_s 本の縦補剛材(断面2次モーメント I_s , 断面積 A_s , ヤング率 E_s , ポアソン比 ν_s , 降伏応力 σ_{ys})と n_r 本の横補剛材(断面2次モーメント I_r , 断面積 A_r , ヤング率

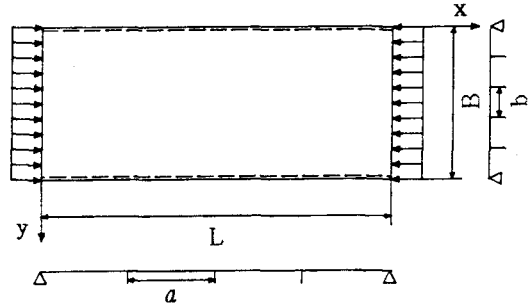


図-1 圧縮を受ける直交補剛板

E_r , ポアソン比 ν_r , 降伏応力 σ_{yr})で補剛されている。縦補剛材間隔 b , 横補剛材間隔 $a = L / (n_r + 1)$, 全体パネルの縦横比 $\alpha = L/B$, 横補剛材間の部分パネルの縦横比 $\alpha_r = a/B$ である。

補剛板を直交異方性板とみなし、縦・横補剛材のねじり剛度を無視すると、全体座屈に対する終局強度 σ_u は次式から求められる。²⁾

$$\sigma_u / \sigma_y^* = 1.0 - \lambda^2 / 3.6 \quad : \lambda \leq \sqrt{1.8} \quad (1a)$$

$$= 0.9 / \lambda^2 \quad : \lambda > \sqrt{1.8} \quad (1b)$$

ここに、 σ_y^* は補剛板としての換算降伏応力で次式で求められる。

$$\sigma_y^* = (\sigma_y + \delta_s \sigma_{ys}) / (1 + \delta_s) \quad (2)$$

$$\lambda_1 = R \sqrt{\alpha^2 / [\gamma_s + (n_r + 1) \gamma_r \alpha^3 + (1 + \alpha^2)^2]} \quad : \alpha < \alpha_0$$

$$\lambda_2 = R \sqrt{1/2 \{1 + \sqrt{(1 + \gamma_s)(1 + \gamma_r / \alpha_r)}\}} \quad : \alpha \geq \alpha_0$$

$$\lambda_3 = R \sqrt{\alpha_r^2 / [\gamma_s + (1 + \alpha_r^2)^2]} \quad : \alpha < (n_r + 1) \alpha_{r0}$$

$$\lambda_4 = R \sqrt{1/2 \{1 + \sqrt{1 + \gamma_s}\}} \quad : \alpha \geq (n_r + 1) \alpha_{r0}$$

$$R = \beta \sqrt{(12(1 - \nu^2) \sigma_y^* / \pi^2 E) (1 + \delta_s)}$$

$$\alpha_0 = \sqrt[4]{(1 + \gamma_s) / (1 + \gamma_r / \alpha_r)} \quad \alpha_{r0} = \sqrt[4]{1 + \gamma_s}$$

$\beta = B/t$, $\gamma_s = E_s I_s / bD$, $\delta_s = A_s / bt$, $\gamma_r = E_r I_r / BD$, $D = Et^3 / 12(1 - \nu^2)$ である。

3. 補剛板の局部座屈 主板パネルおよび補剛材の局部座屈を考慮する。

(1) 主板パネル 単一パネルと、縦補剛材が閉断面の場合は補剛材内部の主板パネルの局部座屈強度は次式から計算する。

$$\sigma_{up} / \sigma_y = 1.0 \quad : \lambda_p \leq 0.526 \quad (3a)$$

$$= (0.526 / \lambda_p)^{0.7} \quad : \lambda_p > 0.526 \quad (3b)$$

ただし、 $\lambda_p = (b_p / t) \sqrt{12(1 - \nu^2) \sigma_y / k \pi^2 E}$, b_p = 対象パネルの幅, $k = 4.0$ である。

この λ_p を用いて主板パネルの終局強度を次式より求める。

(2) 縦補剛材 縦補剛材を構成する板要素 i に対する局部座屈強度は次式から計算する。

$$\sigma_{us}/\sigma_{ys} = 1.0 \quad : \lambda_{sp} \leq 0.526 \quad (4a)$$

$$= (0.526 / \lambda_{sp})^{0.7} \quad : \lambda_{sp} > 0.526 \quad (4b)$$

ただし、 $\lambda_{sp} = (b_{si}/t_{si}) \sqrt{12(1-\nu_s^2) \sigma_{ys}/k \pi^2 E_s}$ 、 b_{si} =板要素の幅、 t_{si} =板要素の厚さ、板要素が単純支持されているとき $k=4.0$ 、自由突出のとき $k=0.425$ である。

縦補剛材がT形またはL形断面の場合、主板との接合部を回転中心としたねじり座屈も照査する。そり剛度を無視することによれば、縦補剛材の終局ねじり強度は次式から求められる。

$$\sigma_{us}/\sigma_{ys} = 1.0 \quad : \lambda_{st} \leq 0.45 \quad (5a)$$

$$= 1.0 - 0.53 (\lambda_{st} - 0.45)^{1.36} \quad : \lambda_{st} > 0.45 \quad (5b)$$

ただし、 $\lambda_{st} = \sqrt{\sigma_{ys}/\sigma_{crt}}$ 、 $\sigma_{crt} = G_s J_s / I_{pc}$ 、 G_s =せん断弾性係数、 J_s =ねじり定数、 I_{pc} =主板との接合点まわりの断面二次極モーメントである。

σ_{us}/σ_{ys} の最小値が縦補剛材の局部座屈強度である。

4. 補剛板の連成座屈 主板と縦補剛材の降伏応力を低減させることにより、全体座屈強度に局部座屈の影響を加味する。³⁾ 連成座屈に対する補剛板の終局強度は次式で与えられる。

$$\frac{\sigma_u^*}{\sigma_y^*} = \frac{\rho_p \sigma_y + \delta_s \rho_s \sigma_{ys}}{1 + \delta_s} \quad \frac{\sigma_u}{\sigma_y^*} \quad (6)$$

ただし、 ρ_p は主板パネルに対する低減係数、 ρ_s は縦補剛材に対する低減係数で次式から求める。

$$\left. \begin{aligned} \rho_p &= 1.0 & : \sigma_{up} \geq \sigma_u \\ &= \sigma_{up}/\sigma_y & : \sigma_{up} < \sigma_u \end{aligned} \right\} (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \rho_s &= 1.0 & : \sigma_{us} \geq \sigma_u \\ &= \sigma_{us}/\sigma_{ys} & : \sigma_{us} < \sigma_u \end{aligned} \right\} (8)$$

5. 理論値と実験値の比較 側辺支持された補剛板 139体 (縦補剛板 104, 直交補剛板35) のうち、側辺で破壊したもの 2体、寸法不明のもの10体、降伏応力不明のもの 2体、縦桁を含むもの 1体を除いた縦補剛板 104体と直交補剛板32体について、理論終局強度と実験最大応力を比較した。一部を図-2、図-3に示す。その他の結果や考察については、講演会当日に述べる。

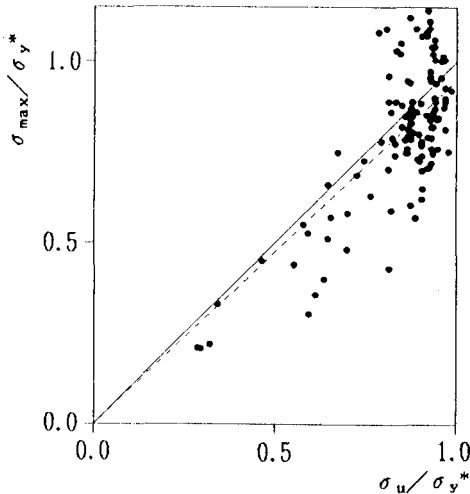


図-2 縦補剛板の終局強度と全体座屈強度の比

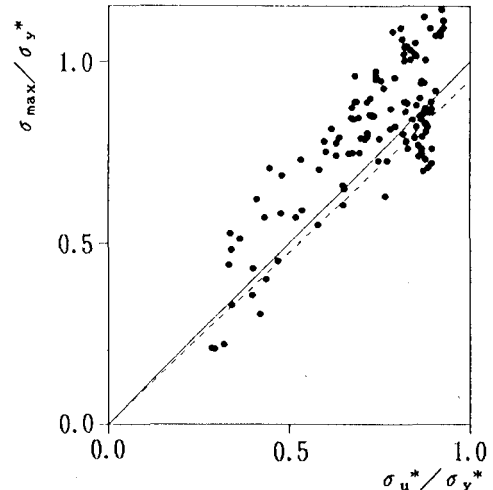


図-3 縦補剛板の終局強度と連成座屈強度の比

1) 三上・丹羽・井上・大谷：構造工学論文集，1989。2) 三上・堂垣・米沢：土木学会論文報告集，No.298, 1980。3) 三上・堂垣・米沢：土木学会論文報告集，No.334, 1983。