

I-64 2方向面内圧縮力を受ける矩形補剛板の弾塑性耐荷力

高知高専 正員 勇 秀憲

1. まえがき

本報告は、2方向面内圧縮力を受ける周辺単純支持鋼矩形補剛板の弾塑性耐荷力を、塑性崩壊機構を考慮した初期不整敏感性評価により統一的に簡易評価するものである¹⁾。

2. 弾性座屈係数

図-1のモデルが、2方向面内平均軸圧縮応力 σ_x と σ_y を受ける場合を考える(補剛材本数 $n_s = 2$ 、補剛材の板パネルに対する断面積比 $\delta_s = 0$)。このとき、Galerkin法による弾性座屈係数の相関曲線(文献²⁾)に一致)から、必要最小剛比 γ^* (補剛板の座屈係数=補剛材間の板パネルの局部座屈係数)が、応力比 $\rho = \sigma_y/\sigma_x$ の関数として図-2に示される。また、座屈モードは($m=1, n=1$)と($m=1, n=2$)を対象とする(m と n は補剛板全体の縦横方向のモードの半波数)。

3. 弾塑性耐荷力

[1] 材料は完全弾塑性体とする(応力は材料の降伏応力 σ_Y で無次元化する。以下も同じ)。

[2] 2方向の残留応力分布形は図-1に示すような n 次曲線分布(最大圧縮残留応力 σ_{rx} 、 σ_{ry})とし、縦補剛材には一様な引張残留応力 σ_{rs} を考える。残留応力は、各方向で全体として初期自己平衡とする。

[3] 2方向の平均軸圧縮応力 σ_x 、 σ_y と平均軸ひずみ ε_x 、 ε_y を、それぞれ独立に断面の接線係数 τ_x 、 τ_y の関数として表現し、ひずみ比 $\rho' = \varepsilon_y/\varepsilon_x$ を与える。

[4] 等価応力 σ_{eq} と等価ひずみ ε_{eq} を

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y} \quad \text{および} \quad \varepsilon_{eq} = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 - \varepsilon_x \varepsilon_y} \quad (1)$$

で定義し、これより補剛板断面全体の平均的な割線係数 E_s を求める。

[5] 弾塑性座屈モード w と初期たわみモード w_o は、ともに弾性座屈モードと同じものを仮定する(モードの大きさは板厚 t で無次元化)。

[6] von Kármánの式にBleichの $\sqrt{\tau}$ 理論を適用して直交異方性板として弾塑性剛性を取り扱う。

[7] Galerkin法から、初期たわみのない補剛板の弾塑性釣り合い径路は

$$\sigma_{eq} = \sigma_{eq}^p + C_p w^2 \quad (2)$$

ここに、 σ_{eq}^p は弾塑性分岐座屈等価応力で、このとき、分岐点における応力比 ρ より補剛材の曲げ剛比をいつも $\gamma = \gamma^*$ とすることができる(図-2)。 C_p は弾塑性分岐点における諸特性から決定される定数である。

[8] また、[5]の座屈モードに対応する塑性崩壊機構曲線は

$$w = A_p \frac{\sqrt{1 - \sigma_{eq}^2}}{\sigma_{eq}} \quad (3)$$

ここに、 A_p は各モードごとに応力比 ρ の関数として定義される。

[9] 弾塑性釣り合い曲線(2)と塑性崩壊機構曲線(3)との交点を「等価分岐点」(w^* , σ_{eq}^*)と定義すると(図-3)、初期たわみ w_o を有する補剛板の弾塑性耐荷力 σ_m は

$$\sigma_m = \sigma_{eq}^* \left[1 + \alpha^* w_o^* - \sqrt{2\alpha^* w_o^* \left(1 + \frac{1}{2} \alpha^* w_o^* \right)} \right] \quad (4)$$

ここに、 α^* は崩壊機構曲線(4)の等価分岐点Cにおける勾配、 w_o^* は等価初期たわみで、

$$w_o^* = \mu(R)w_o, \quad \mu(R) = \mu_c(R/R_p)^\beta, \quad \beta = 2(1 - R/R_p) \quad \text{および} \quad \mu_c = 1/4 \quad (5)$$

ここに、 R は一般化幅厚比、 R_p と $\mu(R)$ は定数である。

[10] 結局、補剛板の縦方向と横方向の終局強度は与えられた応力比 ρ に対し

$$\sigma_{xm} = \frac{\sigma_m}{\sqrt{1 - \rho + \rho^2}} \quad \text{および} \quad \sigma_{ym} = \rho \sigma_{xm} \quad (6)$$

図-4は、補剛材 $n_s = 2$ 、縦横比 $\phi = a/b = 1$ 、剛比 $\gamma = \gamma^*$ 、断面積比 $\delta_s = 0.1$ 、幅厚比 $b_t/t = 40$ ($b_t = b/3$)の補剛板の耐荷力の相関曲線である。ただし、 $E/\sigma_Y = 2100/2.4$ 、残留応力は $\sigma_{rx} = 0.3$ 、 $\sigma_{ry} = 0.3$ 、 $\sigma_{rs} = 0.2$ で、初期たわみは $b/1000$ とする。

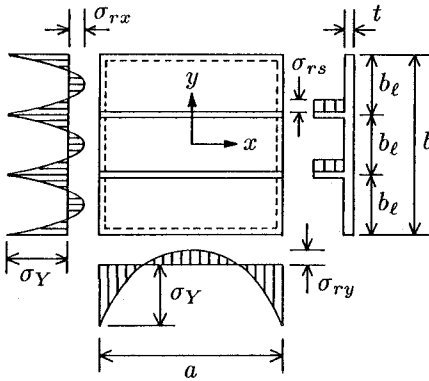


図-1 補剛板モデル

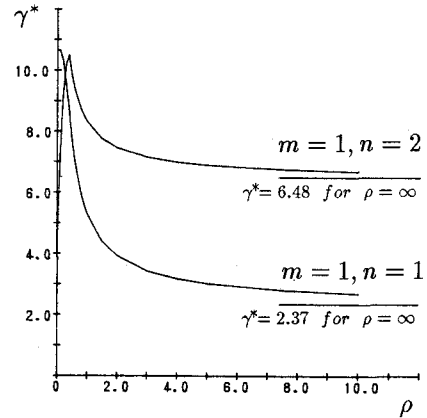


図-2 応力比 ρ と必要最小剛比 γ^* (弾性)

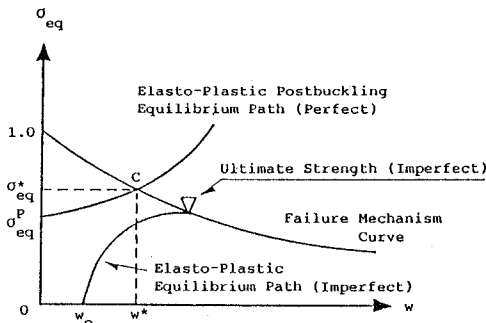


図-3 等価分岐点

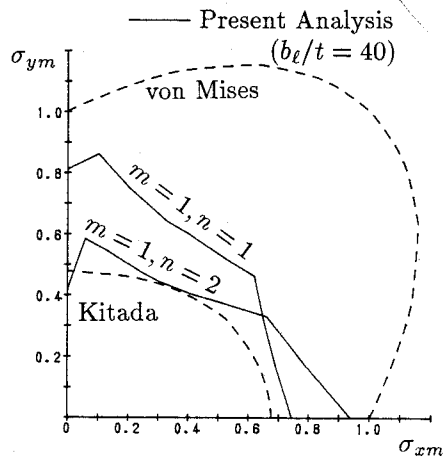


図-4 補剛板の耐荷力の相関曲線
($\gamma = \gamma^*$, $n_s = 2$, $\phi = 1$)