

I-19

鋼矩形補剛板の二軸圧縮強度の簡易評価法

高知高専 正員 勇 秀憲

1. まえがき

本報告は、周辺単純支持鋼矩形補剛板の二軸圧縮に対する弾塑性耐荷力を、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。特に、補剛板の全体座屈と板パネルの局部座屈の両方を考慮して、その二軸圧縮強度を算定した。¹⁾

2. 弾性座屈係数

図-1のモデルが、二軸圧縮応力 σ_x と σ_y を受ける場合を考える(補剛材本数 $n_s = 2$ 、補剛板の縦横比 $\phi = a/b = 1$ 、補剛材の板パネルに対する断面積比 $\delta_s = 0.1$)。このとき、Galerkin法から弾性座屈係数の相関曲線は図-2となる(北田ら²⁾に一致)。実線は板パネルの局部座屈モードL1($m = n = 3$)、L2($m = 2, n = 3$)とL3($m = 1, n = 3$)に対する3本の相関直線で、破線は補剛板の全体座屈モードG1($m = n = 1$)とG2($m = 1, n = 2$)に対する(曲げ剛比 $\gamma = 0.0 \sim 12.0$ 毎の)2本の相関直線である。図中、各座屈モードL1、L2、L3、G1、G2に対応する崩壊機構も示す。この5つのモードと崩壊機構について考える。

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、縦補剛材には一律な引張残留応力 σ_{rs} を考え、各方向で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 は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] 等価圧縮応力 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] 上記の5つのモードについて、弾塑性座屈モード w と初期たわみモード w_0 は、ともに弾性域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、 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。また、ここで分岐点での応力比 $\rho = \sigma_y / \sigma_x$ を算定し以下で用いる。

- [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_0 を有する補剛板の弾塑性耐荷力 σ_m は

$$\sigma_m = \sigma_{eq}^* \left[1 + \alpha^* w_0^* - \sqrt{2\alpha^* w_0^* \left(1 + \frac{1}{2} \alpha^* w_0^* \right)} \right] \quad (4)$$

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 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 $\phi = 1$ 、断面積比 $\delta_s = 0.1$ 、剛比 $\gamma = \gamma^*$ の補剛板の耐荷力の相関曲線である。残留応力は、 $\sigma_{rx} = 0.3$ 、 $\sigma_{ry} = 0.3$ 、 $\sigma_{rs} = 0.2$ で、初期たわみは $a/1000$ とする。なお、詳細は当日発表する予定である。

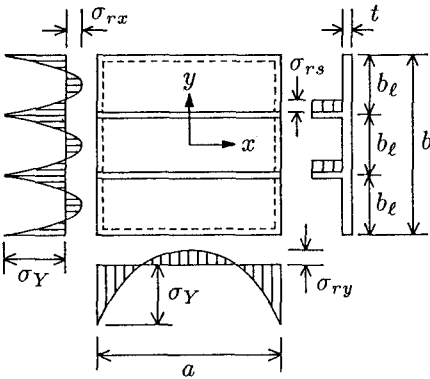


図-1 2軸圧縮補剛板モデル

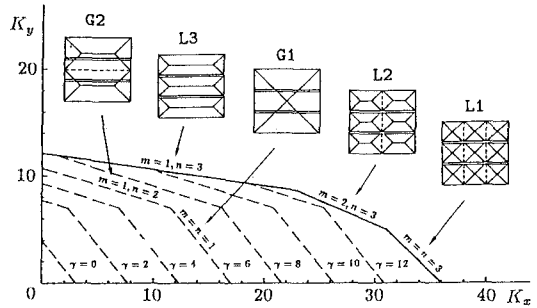


図-2 弾性座屈係数の相関曲線と塑性崩壊機構

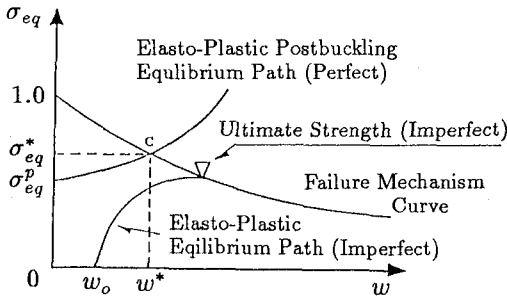


図-3 等価分岐点

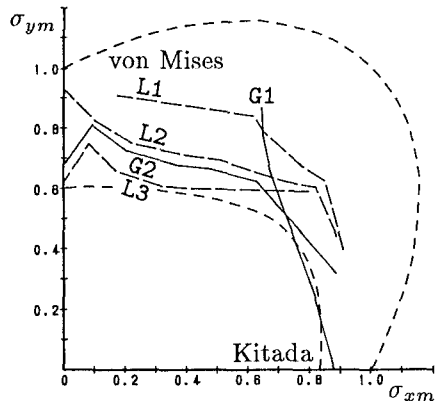


図-4 補剛板の耐荷力の相関曲線
($\phi = 1$, $\gamma = \gamma^*$, $n_s = 2$)
($b/t = 30$, $w_o = a/1000$)

1) 勇: 構造工学論文集, 第38A巻, 1992. 2) Kidata et al.: 土木学会論文集, 第437号, 1991.