

2方向面内力を受ける補剛板の終局強度 の相関曲線とその応用

高知高専 正員 勇 秀憲

1. はじめに

本報告は、2方向面内力を受ける周辺単純支持鋼矩形補剛板に対して、著者の統一的簡易評価法の結果から、その終局強度の相関曲線¹⁾を提案し応用するものである。

2. 終局強度

図-1のモデルが、2方向面内力 σ_x と σ_y を受ける場合を考える。材料は完全弾塑性体とし、2方向の残留応力分布形は n 次曲線分布(最大圧縮残留応力 σ_{rx} , σ_{ry})、縦補剛材には一様な引張残留応力 σ_{rs} を考え、各方向で初期自己平衡とする。

終局強度の簡易評価法²⁾に基づき、与えられた2方向のひずみ比 $\rho' = \varepsilon_y/\varepsilon_x$ に対し、2方向面内力を受ける矩形補剛板の縦方向の終局強度 σ_{xm} と横方向の終局強度 σ_{ym} はそれぞれ

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

で求められる。ここに、 ρ は応力比、 σ_m は等価応力の終局強度で

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

また、 σ_{eq}^* と α^* は当該の弾塑性座屈モード、弾塑性分岐点、弾塑性つり合い曲線、塑性崩壊機構曲線などから決定される係数である。さらに、 w_o^* は等価初期たわみで初期たわみ W_o 、板厚 t と一般化幅厚比 R の関数²⁾である。

3. 相関曲線

図-2は、補剛材 $n_s = 2$ 、縦横比 $\phi = 1$ 、断面積比 $\delta_s = 0.1$ 、剛比 $\gamma = \gamma^*$ の補剛板の終局強度の相関曲線である。ここに残留応力は、 $\sigma_{rx} = 0.3\sigma_Y$, $\sigma_{ry} = 0.3\sigma_Y$, $\sigma_{rs} = -0.2\sigma_Y$ (σ_Y は材料の降伏応力)で、初期たわみは $W_o = a/1000$ である。図中、横軸は σ_{xm}/σ_{xm0} (σ_{xm0} は縦方向のみに圧縮力を受けるときの終局強度)、縦軸は σ_{ym}/σ_{ym0} (σ_{ym0} は横方向のみに圧縮力を受けるときの終局強度)である。また、○、●および△は、幅厚比 $b/t = 30, 40$ および 60 に対する簡易評価法の下限值²⁾である。結局、補剛板の終局強度の相関曲線は、幅厚比 b/t に無関係に次の曲線で近似できる：¹⁾

(i) 縦方向が引張力、横方向が圧縮力のとき

$$\frac{\sigma_{ym}}{\sigma_{ym0}} = 1 - 0.1369 \left(\frac{\sigma_{xm}}{\sigma_{xm0}} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

(ii) 2方向が圧縮力のとき

$$\left(\frac{\sigma_{xm}}{\sigma_{xm0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{ym}}{\sigma_{ym0}} \right)^2 = 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

(iii) 縦方向が圧縮力、横方向が引張力のとき

$$\frac{\sigma_{ym}}{\sigma_{ym0}} = -8.1957 \left(\frac{\sigma_{xm}}{\sigma_{xm0}} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、式(1)と(3)の係数は簡易評価法の結果から最小二乗法により定めた。また σ_{xm0} と σ_{ym0} は、簡易評価法の結果より表-1と表-2で与えられる。ただし、この近似曲線は von Mises の降伏曲線

$$\left(\frac{\sigma_{xm}}{\sigma_{xm0}} \cdot \frac{\sigma_{xm0}}{\sigma_Y} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{ym}}{\sigma_{ym0}} \cdot \frac{\sigma_{ym0}}{\sigma_Y} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{xm}}{\sigma_{xm0}} \cdot \frac{\sigma_{xm0}}{\sigma_Y} \right) \left(\frac{\sigma_{ym}}{\sigma_{ym0}} \cdot \frac{\sigma_{ym0}}{\sigma_Y} \right) = 1$$

の内側にある。

図-3と図-4は、それぞれ $b/t = 30$ と 60 のとき、横軸を σ_{xm}/σ_Y 、縦軸を σ_{ym}/σ_Y とした場合の提案の終局強度の近似相関曲線である。簡易評価法の結果(○と●)および北田らの有限要素法解析の結果(一点鎖線)と

表-1 $\sigma_{ymo}(n_s = 2, \gamma = \gamma^*)$

b_t/t	Kitada ³⁾	Isami ²⁾	Error(%)
30	0.826	0.849	+2.78
40	0.693	0.733	+5.77
60	0.433	0.563	+30.02

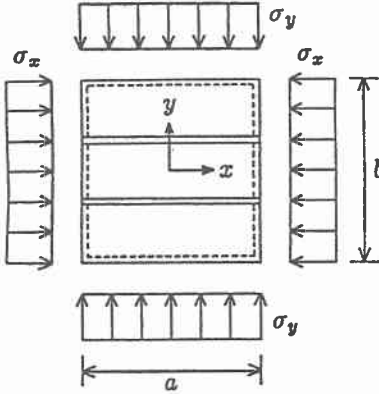


図-1 補剛板モデル

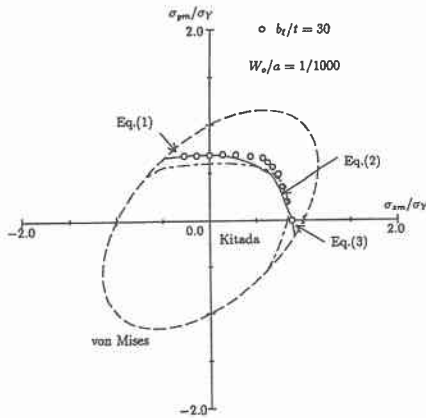

図-3 補剛板の終局強度の相関曲線
($b_t/t = 30, W_o = a/1000$)

表-2 $\sigma_{ymo}(n_s = 2, \gamma = \gamma^*, \alpha = 3)(SS41)$

b_t/t	Kitada ³⁾	Isami ²⁾	Error(%)
30	0.575	0.566	-1.57
40	0.421	0.452	+7.36
60	0.279	0.290	+3.94

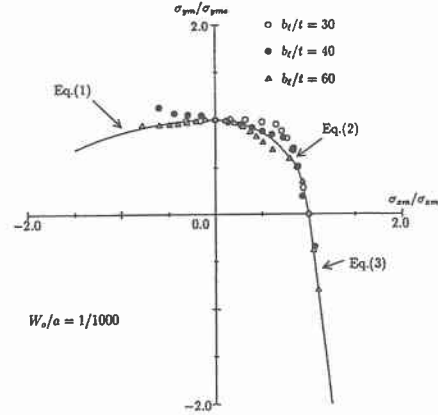
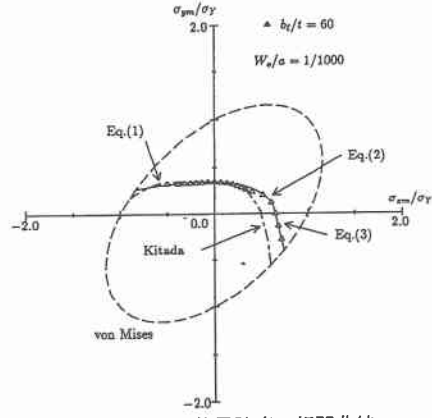


図-2 補剛板の終局強度の相関曲線


図-4 補剛板の終局強度の相関曲線
($b_t/t = 60, W_o = a/1000$)

比較する。本提案の近似相関曲線は、簡易評価法の結果と北田らの結果のほぼ下限値曲線を与えていることがわかる。なお、詳細は当日発表する予定である。

参考文献

- 1) 勇: 2 方向面内力を受ける補剛板の終局強度の相関曲線。構造工学論文集, Vol.41A, 1995.
- 2) Isami, H.: A prediction method of ultimate strength for stiffened plates under biaxial in-plane forces. *J. Struct. Eng./Earthq. Eng.*, Vol.11, 23s-31s, 1994.
- 3) Kitada, T., Nakai, H. and Furuta, T.: Ultimate strength and interaction curve of stiffened plates subjected to biaxial in-plane force. *J. Struct. Eng./Earthq. Eng.*, Vol.8, 113s-122s, 1991.