

I-20

面内力を受ける非載荷辺固定支持板の極限強度の平均値

三重県 正員○矢野英樹
 岐阜大学工学部 正員 森脇良一
 岐阜大学工学部 正員 奈良 敬

1. はじめに 本研究では、載荷辺単純支持非載荷辺固定支持の鋼板要素を対象として、その極限強度と統計学的に評価をおこなった。極限強度の評価の際に、それに大きく影響を与える初期不整については、実測データを用いて、統計量として扱い、これに基づき極限強度を統計的に評価する。さらに、面内組合せ荷重をうける鋼板の極限強度の平均値評価法を確立するための基礎資料を提示することを目的として面内荷重を受ける鋼板の極限強度の平均値曲線を提示する。

2. 初期不整の統計的処理

図-1に示す研究流れの中で、初期不整を考慮に入れた極限強度の評価を行うために、残留応力および初期たわみの確立モデルについて考える。初期たわみの分布を表す確立密度関数については、文献1)により式(1)に示す Weibull分布が良好に適合することがわかっている。しかし残留応力については統計的処理ができるほどのデータがないため Weibull分布に当てはまると想定し文献2)をもとに確率モデルを作成した。

$$f(X) = \frac{m}{\alpha} (X - \gamma)^{m-1} \cdot \exp \left[- \frac{(X - \gamma)^m}{\alpha} \right] \quad (1)$$

求められた確率密度関数 $f(X)$ より累積分布関数 $F(X)$ を求める。0から1までの一様乱数を発生させ、それを $F(X)$ とし、初期不整量 X を算出する。初期不整のシミュレーションにおいて初期たわみと残留応力は独立であったとした。発生させた初期不整はカイ自乗適合度検定により指定した Weibull分布ののっとり発生しているかを検定する。求められた初期不整の頻度分布を図-2に示す。

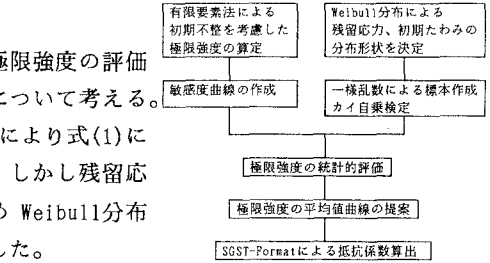


図-1 研究フローチャート

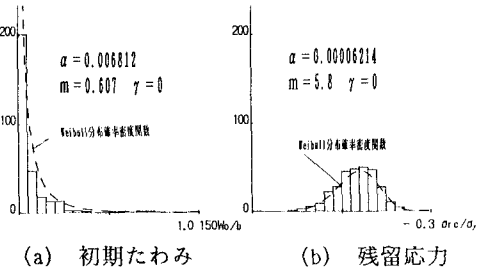


図-2 初期不整の頻度分布

3. 圧縮を受ける鋼板の極限強度

(1)解析モデル：解析モデルは図-3に示す様にX方向に純圧縮を与えるようにする。最小の極限強度を与える縦横比選択し、鋼種は一般的なSM400とする。幅厚比パラメータを $R=0.5, 0.7, 0.9, 1.1, 1.3$ に変化させ、文献3)により弾塑性解析法を用いて極限強度を計算した。

(2)敏感度曲線の作成：解析結果より初期不整と極限強度の関係を式(2)に示す敏感度曲線で表す。係数 $a_1 \sim a_9$ については、最小自乗法により求める。

$$z = a_1 + a_2 y + a_3 y^2 + a_4 x + a_5 x y + a_6 x y^2 + a_7 x^2 + a_8 x^2 y + a_9 x^2 y^2 \leq 1 \quad (2)$$

ここに $Z=N_u/N_y$ 、 $x=150W_0/b$ 、 $y=-\sigma_r/\sigma_y$ 、 N_u :最大圧縮荷重、 N_y :降伏荷重、 W_0 :最大初期たわみである。

(3)極限強度の統計的評価：式(2)によって求められた敏感度曲線に一様乱数を用いたシミュレーションから得られた初期不整量を代入し、 $R=0.5 \sim 1.3$ について極限強度を算出する。敏感度曲線による極限強度の平均値、標準偏差、変動係数を表-1に示し、頻度分布を図-4に示す。

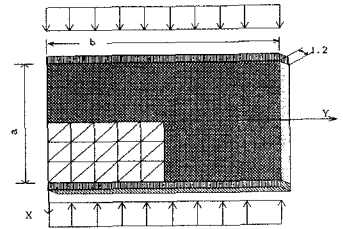


図-3 解析モデル

表-1 極限強度の平均値、標準偏差、変動係数

R	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3
平均値	0.998	0.941	0.801	0.693	0.596
標準偏差	0.0058	0.0213	0.0274	0.0206	0.0120
変動係数	0.0058	0.0226	0.0342	0.0297	0.0201

(4)平均値曲線の提案 : 各R毎に得られた極限強度の平均値を用いて、極限強度の平均値曲線を図-5に実線として示す。図中には、 $W_o=b/150$ の場合で① $\sigma_{rc}/\sigma_y=-0.3$ 、② $\sigma_{rc}/\sigma_y=0.0$ のときの極限強度曲線も併せて示す。平均値曲線は次式で表される。

$$\frac{N_u}{N_y} = \left[\frac{0.654}{R} \right] 0.731 \quad (3)$$

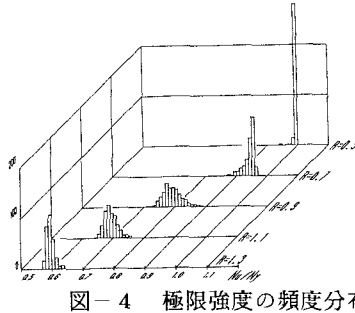


図-4 極限強度の頻度分布

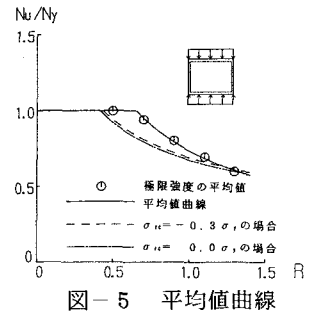


図-5 平均値曲線

(5)SGST-Formatによる抵抗係数の算出 : SGST-Format⁴⁾によると抵抗係数 ϕ は次式で表される。

$$\phi = \phi_1(1 - k_R V_R) M_m \cdot F_m \cdot P_m \quad (4)$$

文献4)により抵抗係数を算出すると、 $\phi=0.917$ となる。また以下の荷重条件でも同じ値を示した。

4. 面内曲げを受ける鋼板の極限強度

(1)解析モデル : 圧縮のときと同様の解析モデルを用い、載荷辺に曲げ剛性無限大の剛棒を取り付け、剛棒の中心に回転変位を与える。最小の極限強度を与える様に縦横比を決定し、弾塑性有限変位解析⁵⁾を用いて解析を行う。

(2)敏感度曲線の作成 : 式(2)を用いて、敏感度曲線を定義する。ただし、 $Z=M_u/M_y \le 1.5$ 、 $x=150W_o/b$ 、 $y=-\sigma_{rc}/\sigma_y$ 、 M_u :極限曲げモーメント、 M_y :降伏モーメント、 W_o :最大初期たわみである。

(3)平均値曲線の提案 : 敏感度曲線と乱数発生させた初期不整から極限強度を計算し、各Rにおけるその平均値を算出した。その結果をプロットすると図-6の実線に示す。

$$\frac{M_u}{M_y} = \left[\frac{1.021}{R} \right] 0.748 \quad (5)$$

5. せん断を受ける鋼板の極限強度

(1)解析モデル : 面内境界条件は文献6)と同じ解析法を用い、縦横比は1とする。

(2)平均値曲線の提案 : 座屈係数 $k_\tau (=13.2)$ を含む幅厚比パラメータ R_τ で極限強度を整理する。極限強度を表す指標として、極限せん断応力度 τ_{max} を、降伏せん断応力度 τ_y で除したものを、敏感度曲線から極限強度の平均値曲線は次式で表される。

$$\frac{\tau_{max}}{\tau_y} = \left[\frac{0.729}{R_\tau} \right] 0.336 \quad (6)$$

6. 考察と結論

面内荷重を受ける鋼板の極限強度を統計的に評価することができたが、系統的に実施された実験データに基づいて、極限強度の評価法を確立させる必要がある。今回提案された非載荷辺固定支持板の極限強度の平均値曲線と、周辺単純支持板の平均値曲線を比較したが、両曲線は非常によく似ており、単純支持板の強度曲線がそのまま、非載荷辺固定支持板に適用できる可能性があると言える。ただしせん断に関しては上記のことが言えず、縦横比を考慮した強度特性を考える必要があり、今後一層の研究が望まれる。

【参考文献】 1)小松定夫:鋼材部材の形状初期不整と耐荷力の統計学的研究, JSCC, Vol. 16, No. 170, pp. 10-43, 1980年4月. 2)小松定夫・牛尾正之・北田俊行:補剛板の溶接残留応力および初期たわみに関する実験的研究, 土木学会論文集, 第285号, pp. 25-35, 1977年 9月. 3)矢野英樹:Ritz/FEM混用法を用いた非載荷辺固定圧縮板の弾塑性解析, 中部支部講演概要集, 1-9, 1992年 3月. 4)東海鋼構造物グループ:鋼構造物材の抵抗強度と信頼性設計への適用(上)、橋梁と基礎, Vol. 14, No. 11, pp. 33-41, 1980年9月 5)奈良敬・小島治雄・津田 真・小松定夫:面内曲げと圧縮を受ける鋼板の極限強度特性に関する研究, 土木学会論文集, 第386号/1-8, 1987年10月. 6)奈良敬・出口恭司・福本晴士:純せん断応力を受ける鋼板の極限強度に関する研究, 土木学会論文集, 第392号/ 1-9, pp. 265-271, 1988年4月.