

日本 IBM 正員 ○福田 晃
京都大学工学部 正員 丹羽義次
京都大学工学部 正員 渡辺英一

また、アーラン乱数を発生させるにはパラメータ α 、 k を与えて以下のようにした:

$$x = \sum_{i=1}^k x_i = -\frac{1}{\alpha} \sum_{i=1}^k \log r_i = -\frac{1}{\alpha} \log \left(\prod_{i=1}^k r_i \right)$$

1. はじめに

本研究は圧縮板・補剛板の強度を、それに影響を及ぼす残留応力と初期たわみの実態に関する統計資料を参考にしてモンテカルロシミュレーションとカストロフイー理論により推定しようとするものであり、柱・梁に関する文献〔1〕に準拠している。さらに、求められた強度に5%フラクタイルという評価基準を設定し、強度がその値以下になったとき破壊が起ると仮定してそのときもっとも生起確率の高い初期たわみと残留応力の組合せを求める等、強度の統計的評価を行なう。

2. 解析手法

四辺単純支持で一樣な軸方向荷重を受ける圧縮板、圧縮補剛板を対象とする。圧縮板の板曲げモードの初期たわみの大きさは板幅で除したとき、平均値が 5.97×10^{-3} 、分散が 8.76×10^{-6} であるガンマ（アーラン）分布に従うものと仮定し〔2〕、圧縮補剛板については、補剛板全体の初期面外たわみを考えて、圧縮板と同じくガンマ分布に従うものとする。圧縮板、圧縮補剛板とも圧縮残留応力の大きさは、降伏応力度を σ_Y とするとき平均値が $0.23 \sigma_Y$ 、標準偏差が $0.145 \sigma_Y$ なる正規分布に従うと仮定する〔3〕。以下にモンテカルロシミュレーションの方法を概説する:

- 〔1〕 上に仮定した平均値、標準偏差を持つようなアーラン分布及び正規分布に従う乱数を発生させ、それぞれを初期たわみ、残留応力とする。正規乱数はボックス・マラーの方法により発生させたが、これは区間 (0, 1) の一樣分布から生成された2つの一樣乱数 u_i, u_{i+1} につぎの2つの変換を施すことにより求めた。ただし、 m 、 σ をそれぞれ平均値、標準偏差とすると:

$$Z_i = \sigma (-2 \log u_i)^{\frac{1}{2}} \cos(2\pi u_{i+1}) + m;$$

$$Z_{i+1} = \sigma (-2 \log u_i)^{\frac{1}{2}} \sin(2\pi u_{i+1}) + m.$$

- 〔2〕 ステップ1で求めた組合せを、カストロフイー理論より導かれる耐荷力の計算式に代入する。
- 〔3〕 1 ~ 2 のステップを 1,000 回繰り返す。
- 〔4〕 ステップ3で求められた 1,000 個の耐荷力を大きさの順に並べ換え、小さなほうから50番目の値を
- 〔5〕 縦軸に残留応力、横軸に初期たわみを取り、初期たわみと残留応力の同時確率密度が同心円上に表せるように座標を標準正規化する。また、耐荷力の5%フラクタイルを与える等高線を太線で示す。
- 〔6〕 原点からステップ5で示した太線に垂線を下し、その足の座標を求め、垂線の長さを β' とする。

以上の1~6を實際上重要な $R=0.6$ から $R=1.4$ まで0.2きざみで繰り返す。ただし、圧縮補剛板については相対曲げ剛比 γ/γ^* の値を 0.5、0.75、1.0 と変化させることとする。

3. 数値計算例

図-1は圧縮板の例であり、 $R=0.8$ の場合の初期不整・強度の等高線、強度の平均値・5%フラクタイル、さらには、初期不整と残留応力の最頻組合せを図示している。ステップ6で求めた座標 ($w_0/b, \sigma r/\sigma_Y$)、それを標準化した座標 ($w_0/b, \sigma r^*/\sigma_Y$)、垂線の方余弦 ($\alpha w_0/b, \alpha \sigma r/\sigma_Y$)、($w_0/b, \sigma r^*/\sigma_Y$) および β' をグラフ化したものを図-2に示す。

図-3は一方圧縮補剛板の例であり、圧縮板の場合と同様に $R=0.8$ の場合であって、図-1に対応している。さらに、図-4は圧縮板 (図-2) に対応する圧縮補剛板の結果を示す。

4. 考察および結論

圧縮板および補剛板の耐力の5%フラクタイルは、初期たわみ、残留応力の設計許容値を定める目安となり、この値を求めることは設計に関して一つの資料を提供することになる。

結果より以下のようなことがいえよう：耐力の5%フラクタイルを考えたとき、一般に残留応力よりも初期たわみの影響が顕著であるが、圧縮板の場合 $R=1.2$ で残留応力の影響が大となる。補剛材1本を有する補剛板は γ/γ^* の値が大きくなるにつれて、耐力が残留応力の影響を受けやすくなり、初期たわみの影響度は小さくなる。

5. 参考文献

- [1] Niwa, Y., E. Watanabe and T. Miyajima: A strength estimation of steel columns and beams by Monte Carlo simulation and catastrophe theory. 4th International Conference on Structural Safety and Reliability, T12A. Reliability Theory (II), Kobe, Japan. May 27-29, 1985.
- [2] IDM Committee: Statistical study on the initial deformations and the ultimate strength of steel bridge members. JSSC. Vol. 16. No. 170, pp. 10-43, 1980.
- [3] Fukumoto, Y. and Y. Itoh: Basic compressive strength of steel plates from test data. Proc. JSCE. No. 344 pp. 129-139, 1984.

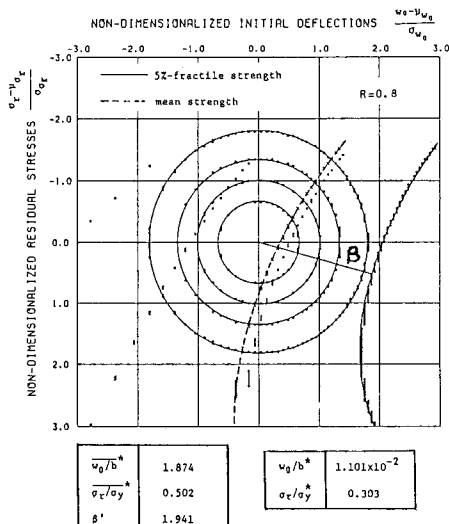


図-1. 圧縮板の強度と残留応力・初期不整の組合せ

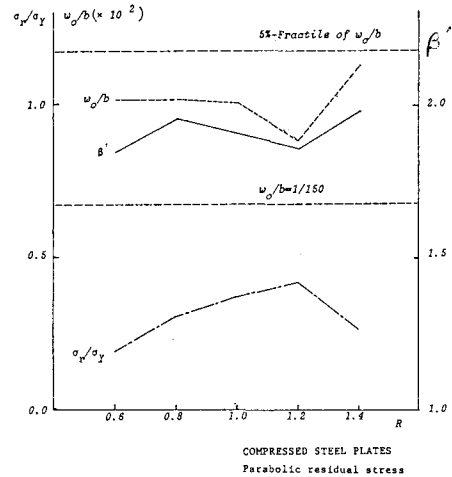


図-2. 圧縮板の残留応力と初期不整の最頻組合せ

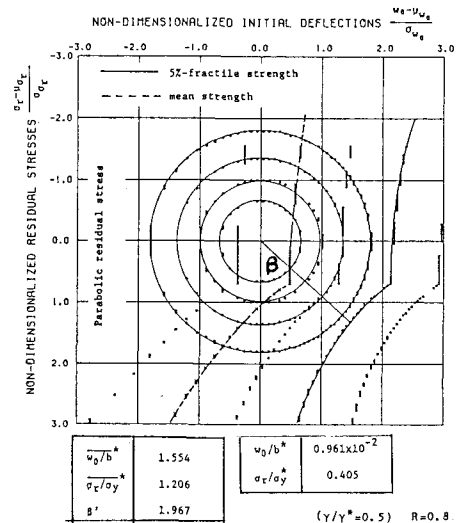


図-3. 圧縮補剛板の強度と残留応力・初期不整

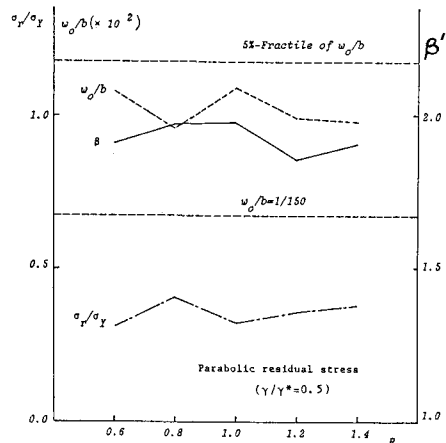


図-4. 補剛板の残留応力・初期不整の最頻組合せ