

モンテカルロシミュレーション・カタストロフィー理論による鋼圧縮板、
鋼圧縮補剛板の強度評価について

京都大学 正員 丹羽 義次

京都大学 正員 渡辺 英一

日本IBM 正員 〇橋田 晃

1. はじめに

本研究の目的は次のとおりである。まず、圧縮板および圧縮補剛板について、強度に影響を及ぼす残留応力と初期たわみを既存の統計資料に基づいて想定し、その強度をモンテカルロシミュレーション、およびカタストロフィー理論を用いて推定する。これは柱・はりに関する文献〔1〕を参考にしたものである。

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こると仮定して、その5%フラクタイルに対して最も生起確率の高い初期たわみと残留応力の組合せを探るなど、強度の統計的評価を行う。

2. 手法

四辺単純支持で一様な軸方向荷重を受ける圧縮板、圧縮補剛板を対象とする。圧縮板の初期たわみの大きさは、板曲げモードを用い、全幅で除したとき平均値 5.97×10^{-3} 、分散が 8.76×10^{-6} を持ったガンマ分布に従うと仮定する。〔2〕 圧縮補剛板については、初期たわみを補剛板全体での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箇条書きに述べる。

- ① 上に仮定した平均値、標準偏差を持つようなガンマ分布および正規分布に従う乱数を生じさせ、それぞれを初期たわみ、残留応力の値とする。
- ② ステップ①で求めた組合せを、カタストロフィ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1000回繰り返す。
- ④ ステップ③で求められた1000個の耐荷力を大きさの順に並べ替え、小さいほうから50番目の値を5%フラクタイルとする。
- ⑤ 縦軸に残留応力、横軸に初期たわみをとリ、初期たわみと残留応力の同時確率密度が同様に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おろし、その足の座標を求め、垂線の長さを β' とする。

以上の①～⑥を実際上重要な $R=0.6$ から $R=1.4$ まで0.2きざみで繰り返す。

圧縮補剛板については、相対曲げ剛比 α^* の値を0.5, 0.75, 1.0と変化させることにする。

3. 数値計算例

ここには圧縮板のみの結果を示すことにする。図-1は $R=1.2$ の場合である。上記のステップ④で求めた座標 $(\overline{w_0/b^*}, \overline{\sigma_c/\sigma_y^*})$ 、それを標準化した座標 $(w_0/b^*, \sigma_c/\sigma_y^*)$ 、垂線の方向余弦 $(\alpha_w/b, \alpha_{\sigma_c}/\sigma_y)$ 、さらに β' を表-1に、 $(w_0/b^*, \sigma_c/\sigma_y^*)$ および β' をグラフ化したものを図-2に示す。

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、設計基準に一資料を提供することになる。

数値計算の結果をみると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、圧縮板では $R=1.2$ で残留応力の影響は大となる。補剛材1本を有する補剛板は、 σ_c/σ_y^* 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。

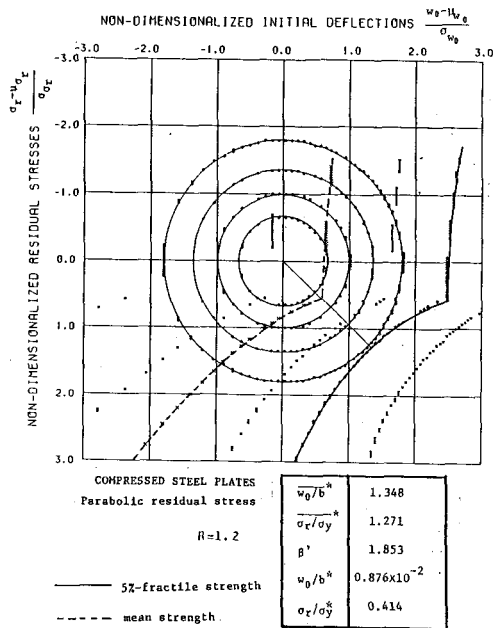


図-1 初期不整と5%フラクタイルの幾何学的意味。圧縮板， $R=1.2$ 。

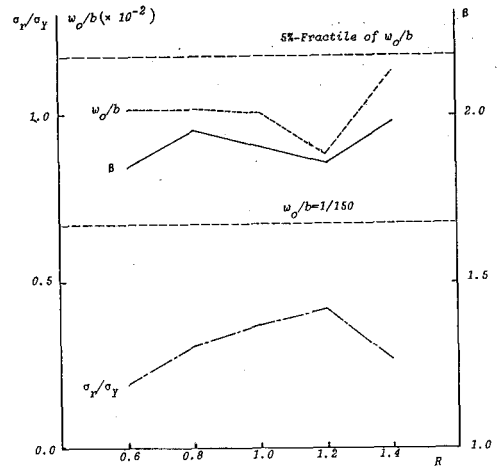


図-2 残留応力と初期たわみの最頻組合せ。圧縮板。

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 strengths of steel bridge members, JSSC, Vol. 16, No. 170, pp. 10-43, 1980 (in Japanese).
- (3) Fukumoto, Y. and Y. Itoh; Basic compressive strength of steel plates from test data, Proc. JSCE, No. 344, pp. 129-139, 1984.

表-1 圧縮板の計算結果

R	w_0/b^* $\times 10^{-2}$	σ_c/σ_y^*	$\overline{w_0/b^*}$	$\overline{\sigma_c/\sigma_y^*}$	α_w/b	$\alpha_{\sigma_c}/\sigma_y$	β'
0.6	1.074	0.184	1.814	-0.320	-0.174	0.985	1.842
0.8	1.101	0.303	1.874	0.502	0.966	0.259	1.941
1.0	1.002	0.368	1.652	0.954	0.866	0.500	1.908
1.2	0.876	0.414	1.348	1.271	0.728	0.686	1.853
1.4	1.125	0.263	1.976	0.445	0.974	0.225	1.976