

鋼板の圧縮座屈強度に関する一考察

名古屋大学工学部 正員 伊藤義人

名古屋大学工学部 正員 福本啓士

1. はじめに

これまでに、著者らは、鋼材の材料強度、鋼柱および鋼はりの座屈強度に関するデータベースを作成し、その利用例を示し、また、結果に統計的処理をほどこし評価検討を加えた。本報文は、主として溶接製作を対象とした長方形無補剛鋼板に関する圧縮座屈強度に関する実験データを収集し、データベース化を行い評価検討を加えて、強度特性を明らかにし、板要素の抵抗強度の統計的評価を行うものである。

2. 実験データの収集

今回、対象としたデータは、一方向に等圧縮力を受ける板の実験データであり、支持条件の明らかなものである。供試体の断面形状によって分類すると、次のようになる。a) 単一板、b) 正方形柱、c) 十字形断面柱。それぞれの非載荷辺の支持条件は、単一板が単純支持と固定支持のものがあ、b) の正方形箱形断面柱は、単純支持、c) の十字形断面柱は、一端単純支持、他端自由と考えられる。収集・ファイル化した鋼板の実験データ数を、供試体断面形状別に分類し、実験実施地域別に示したのが Table 1 である。

Table 1 Number of Plate Data

Type of Profile	Europe	North America	Japan	Total
Single Plate	362		55	417
Welded Square Box	74	8	93	175
Square Tube			49	49
Welded Rectangular Box	20		6	26
Rectangular Tube			22	22
Cruciform	20	12	72	104
Total	476	20	297	793

3. 供試体形状、製作方法などによる強度特性の違い

単一板— Fig. 1 は、単一板の実験結果である。非載荷辺が単純支持のものが $N = 312$ 、固定支持のものが $N = 101$ である。また、アスペクト比 $\alpha = a/b < 1$ の供試体は、 $N = 72$ である。Fig. 1 の横軸は、形状パラメータとして等価幅厚比 $\bar{\lambda}$ を用いている。なお、図中 + と ↓ で $\bar{\lambda}$ の 0.1 きざみの範囲に入る実験データのそれぞれの平均値と平均値から 2 倍の標準偏差を差し引いた値を示してある。同様に、図の下部に ● で変動係数 ω を示してある。

正方形箱形断面柱— 正方形断面柱を構成している 4 枚の板要素は一樣圧縮のもとで、支持両縁では一般に単純支持と考えられる。そこで、 $k = 4.0$ を用いて無次元座標中に実験データをプロットしたのが Fig. 2 である。

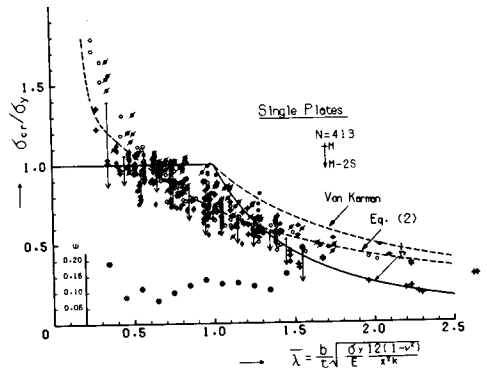


Fig. 1 Test Results of Single Plates

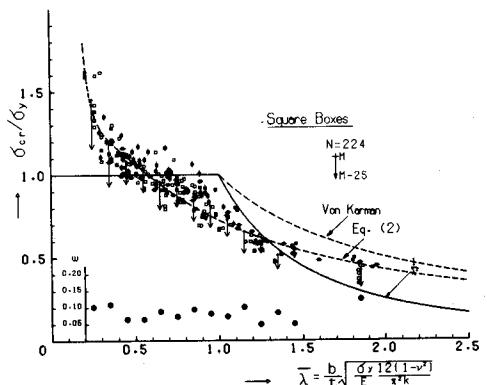


Fig. 2 Test Results of Square Box Columns

4. 実証的に見た鋼板の強度

残留応力のある鋼板の強度—Fig. 3 に示したのが残留応力のある板の実験供試体 $N=383$ の結果をプロットしたものである。残留応力のある板としたのは、単一板の場合は、両側に溶接ビードをおいたものであり、正方形断面柱の場合は、as-weld の供試体である。

Fig. 3 の 2S を意味する矢印の長さからわかるように、 $\bar{\lambda}=0.2\sim 0.4$ で大きな値を示す他は、多少ばらつきはあるが、ほぼ $\bar{\lambda}$ の全域にわたって等分散を仮定してよいようである。そこで、Fig. 3 の実験データを用いて、最小二乗法により非線型回帰分析を行った。その結果、実験データの平均値を表わす式として次式がえられた。

$$\sigma_{cr}/\sigma_y = 0.968/\bar{\lambda} - 0.286/\bar{\lambda}^2 + 0.0338/\bar{\lambda}^3 \quad \text{---(1)}$$

条件付き標準偏差は、 $S = 0.0871$ であった。

残留応力のない鋼板の強度—Fig. 4 に示したのが、残留応力のない板の供試体 $N=172$ の結果をプロットしたものである。単一板の場合は、as-cutting または焼鈍したもので、正方形溶接断面柱の場合は焼鈍したものであり、ほぼ残留応力がない、または、非常に小さいと考えられる供試体である。残留応力のある鋼板の強度の場合と同様に、等分散を仮定した非線型回帰分析を行った結果、次式の平均値関数がえられた。

$$\sigma_{cr}/\sigma_y = 1.133/\bar{\lambda} - 0.384/\bar{\lambda}^2 + 0.0468/\bar{\lambda}^3 \quad \text{---(2)}$$

条件付き標準偏差は、 $S = 0.104$ であった。平均値関数は、 $\bar{\lambda}$ が大きくなると、von Karman の式に漸近する。また、M-2S 関数は、かなり安全側に実験データの下限をおさえている。実験データのばらつきは、残留応力のある板より大きい、これは、一般に焼鈍することにより初期変形が大きくなるためと考えられる。

5. 結論

- 1) 実験供試体の断面形状による強度特性を比較し、単一板と正方形断面柱の実験結果は、同等に扱えることを明らかにした。
- 2) 鋼板の製作方法、鋼種などによる強度特性を比較し、残留応力の有無により、鋼板を分類して強度曲線を求めるのがよいことを示し、それぞれについて平均値関数と、データの下限を示す M-2S 曲線を提案した。

なお、本研究の遂行にあたり、昭和 57 年度、58 年度の日本学術振興会国際共同研究事業費を受けたことを付記する。最後に、本実験データベースに収録のため貴重なデータを引用させていただいた内外の研究者各位に厚く感謝する次第である。

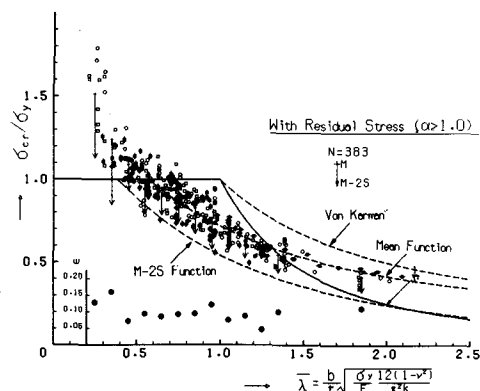


Fig. 3 Test Results and Proposed Design Curves
"with residual stress" (W)

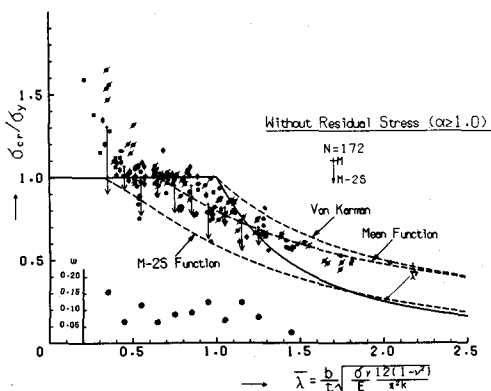


Fig. 4 Test Results and Proposed Design Curves
"without residual stress" (W/O)