

京都大学大学院 学生員 〇谷口 信彦 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 川崎製鉄 正員 福若 雅一
 大阪府庁 正員 福森世志夫

1. はじめに

通常、鋼構造物の多くは、弾塑性域で極限状態に達するように設計がなされる。また、鋼構造物の安全性は、初期不整・残留応力の耐力力に及ぼす影響を、考慮せずには評価できないと考えられる。

本研究では、鋼矢板の局部座屈を対象に、溝形断面柱の圧縮載荷実験を行ない、弾塑性域へのカラストロフィー理論の拡張により解析を行なった。更に、繰り返し載荷の下で、初期不整・残留応力と耐力力の関係を調べて、柱の劣化特性を解明し、フランジ断面形状の差異がもたらす、耐力力の挙動を考察した。

尚、矢板の打設には、動的載荷や、地質・施工方法等の複雑な問題が含まれるが、本考察は地盤に固定支持されるとし、準静的載荷による基礎実験を行なった。

2. 実験内容

(i) 供試体 : 供試体は、同一ウェブに対して、フランジの紙横比2種、フランジの板厚3種の計6種類の溝形断面柱を、各4本ずつ、鋼材SS41を用いて、溶接組立により製作した。

(ii) 実験システム : 本実験は、耐力力を客観的かつ即時的に判定・制御するために、マイコンによる自動制御実験システムを採用した。このシステムは、大別して以下の3つのグループから成る。

(I) 関数発生器を制御装置とし、フィードバック機能をも有する載荷装置である サーボ試験機グループ

(II) 載荷中の供試体が示す応答を検出する 計測器グループ

(III) マイコンを中核として、実験全体の制御・監視を行なう マイコングループ

(iv) 実験のフローチャート : 実験は、初期変位計測より、耐力力の検出、除荷に至る一連の行程をサイクルとし、再び残留変位を初期変位として、繰り返し載

荷を行なった。Fig. 1に実験のフローチャートを示す。また、図中のサブステップMとは、データをとる回数であり、更に以下の4つの独立なプログラムから成る。

START : パラメータの入力、計器の初期化

DISP : 面外変位の計測

PLOT : 面外変位の図化

KLOAD : 載荷及び除荷、耐力力の判定

耐力力の判定は、構造物の耐力力付近における典型的な挙動に対して、2つの基準を考えた。

基準 1

$$\Delta P = P_n - P_{n-1} < \epsilon$$

荷重の変動が、予め設定した値を以内であるか否かの判定。

基準 2

$$\left| \frac{dP}{dS} \right|_n > \frac{1}{\alpha} \left| \frac{dP}{dS} \right|_0$$

荷重-変位曲線の勾配が、弾性時の $\frac{1}{\alpha}$ 倍である設定値より小さくなるか否かの判定。弾性時の勾配は理論耐力力の.25~50%の勾配により決定する。

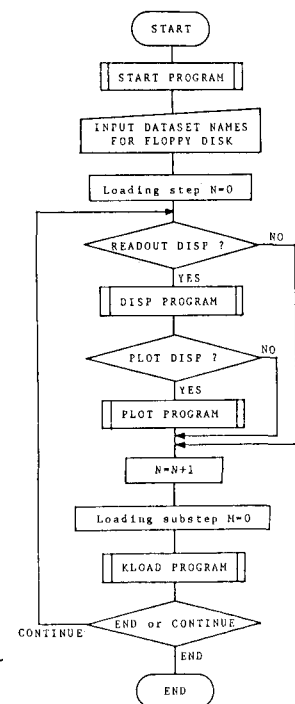


Fig. 1 実験のフローチャート

3. 解析手法

弾塑性大変形解析は、一般には材料、幾何学的非線形性を考慮した、離散化手法で解かれるが、その労力は膨大なものである。本考察は、破壊機構曲線上に、擬似的な特異点も設定し、そして擬似的なポテン

シャルを考えることにより、カタストロフィー理論を弾塑性域に拡張し、系の初期不整に対する敏感性の立場より、耐荷力の評価を行なった。この解析では、以下に述べる方法を用いた。

- i) 弾塑性座屈荷重は、塑性域に Shanley 効果を考え、Prandtl - Ruess の構成関係式を用いて Galerkin 法により求める。ただし、変位関数としては弾性時の座屈モードを用いた。また Bleich の理論によ、ても座屈荷重を計算した。^{1), 3)}
- ii) 後座屈釣合経路は Chatterjee-Dowling の式を、secant modulus を用いて変形したものを用いる。
- iii) 初期不整は、擬似ポテンシャルを考える上で、係数 μ を乗じた等価初期不整を用いる。
- iv) 後座屈釣合経路と崩壊後構曲線の交点を擬似ポテンシャルの特異点とする。系は、この点で分岐座屈を起こし、降伏現象を“折り目”のカタストロフィーとして解析を行なう。

4. 実験結果

Fig. 2 に応力図を示す。図は、残留応力を仮定した初回サイクルの応力挙動を示しており、一旦塑性化すれば、ウェブの応力分布は平坦化し、フランジの応力分布は、中央部から自由辺にかけて、固定化される傾向が見られる。

Fig. 3 は、荷重-軸変位図である。図は全体の実際荷重と、各部材が分担する荷重を示しており、繰り返し載荷により、全体荷重とフランジの分担する荷重が減少することがわかる。

Fig. 4 は、弾塑性カタストロフィーによる、敏感性曲線であり、耐荷力とモード解析による初期不整の大

きさとの関係を示すものである。図は、初回サイクルの残留応力をもとに、 $\frac{1}{2}$ 乗則を用いており、一般化幅厚比 R の 1.0 付近で実験値とよく合う。

5. 結論

- i) マイクロコンピュータ制御による実験で、ピーク荷重はかなり正確にとらえられた。除荷判定は全て荷重-軸方向変位図の傾きで判断され、傾き零や、小さな値が出ることは、明らかにピーク荷重が把握されていることを示す。そして、このピーク荷重は Bleich の理論値のまわりに散布する。
- ii) 溝形断面柱の繰り返し載荷に対する耐荷力の低下すなわち劣化の大きさは、ウェブに比べ、フランジの分担する荷重の減少が原因となる。
- iii) フランジの縦横比が大きいほど、柱の劣化の程度も大きくなる。
- iv) 繰り返し載荷により残留変形は増大する、その変形は高応力下での塑性変形によるところが大きい。
- v) 広幅化を、矢板の有効幅に対する有効高さの相対的な低下と考えると、概して座屈応力は高められるが、崩壊後構形成後の耐荷力の劣化は大きくなる。幅厚比と劣化の関係は、縦横比が関与し、局部座屈が誘起させる全体座屈には、材料強度も関係する。

参考文献

- 1) Bleich, F.: Buckling Strength of Metal Structures, McGraw-Hill, 1952.
- 2) Chatterjee, S. and P. J. Dowling: Design of boxgirder compression flanges, Steel Plated Structures, edited by Dowling, Harding and Frieze, Crosby Lockwood Staples, London, 1977, pp. 196-228.
- 3) 大方茂: U 形金剛鉄板の圧縮耐力について, 44 崎型鉄板, Vol. 8, No. 1, 昭和 51 年, pp. 109-115.

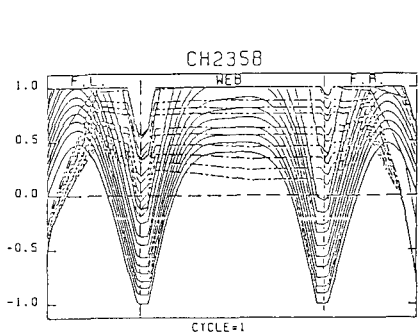


Fig. 2 応力図

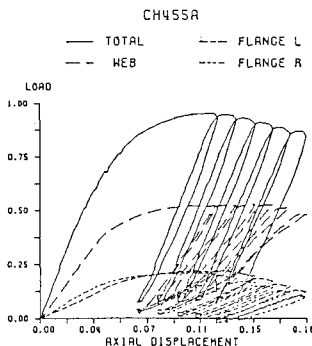


Fig. 3 荷重-軸変位図

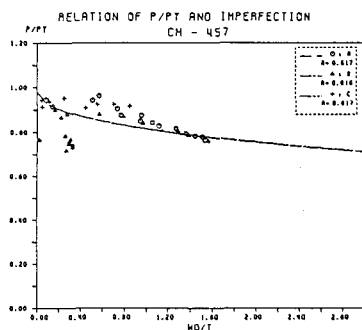


Fig. 4 敏感性曲線