

マイコン制御によるみぞ形断面柱の反復大変形に関する基礎的考察

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
大 阪 府 正 員 福森世志夫 京都大学大学院 学生員 谷口信彦

1. はじめに 最近の土木構造物の多くは、弾塑性域で極限状態に達する設計がなされる。また、鋼構造物の安全性は、初期不整・残留応力の耐荷力に及ぼす影響を考慮せずには評価できない。

本考察は、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い、弾塑性カストロフィーにより解析した。更に、繰り返し載荷の下で初期不整・残留応力と耐荷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荷力の挙動を考察するものである。尚、矢板の打設は、動的載荷や地質・施工方法等複雑な問題を含むが、本考察は固定の境界条件及び準静的な載荷による基礎実験とした。

2. 実験内容

(i) 供試体 供試体は、同一ウェブに対して、フランジの縦横比2種・幅厚比3種の計6種類の溝形断面柱を、各4体づつ鋼材SS41を用いて溶接組立により製作した。

(ii) 実験システム 本実験は耐荷力を客観的かつ即時的に判定・制御するため、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) 載荷中の供試体が生ずる応答を検出する『計測器グループ』
- (III) マイコンが中核をなし、実験全体の制御・監視を行う『マイコングループ』

(iii) 実験フローチャート 実験は初期変位計測より耐荷力の検出・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った。フローチャートを Fig. 1 に示す。図中のサブステップMとはデータをとる回数であり、更に次の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、耐荷力の判定

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

基準 1

$$dP = P_M - P_{M-1} < \epsilon$$

荷重の変動が予め設定した値を以内に収まるか否かの判定。

基準 2

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

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 $\left. \frac{dP}{dS} \right|_0$ は、理論耐荷力の25%~50%の勾配により決定する。

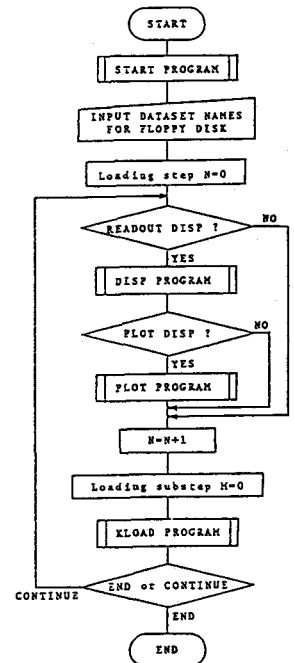


Fig. 1 実験フローチャート

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、崩壊機構曲線上に特異点をもつ擬似的なポテンシャルを考えて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った。この解析では次に述べる方法を用いる。

- (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。但し、変位関数は弾性の座屈モードを用いた。また、Bleichの理論による座屈荷重も考えた。
- (ii) 後座屈釣合経路は、Chatterjee-Dowlingの式を座屈点に関し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機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、塑性を経験してウエブの分布は平坦化し、フランジの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に荷重-軸変位図を示す。図は、全体の実働荷重と各部材が分担する荷重を示し、繰り返し載荷により全体荷重とフランジの分担する

荷重の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) 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、ウエブに比べフランジの分担する荷重の減少が原因となる。
- (ii) 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。
- (iii) 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。

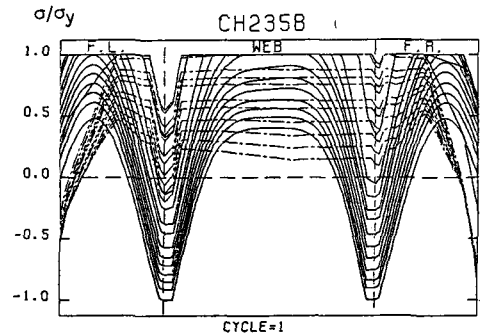


Fig. 2 応力図

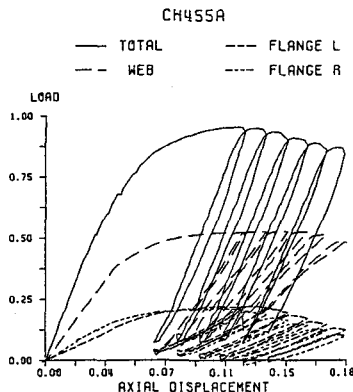


Fig. 3 荷重-軸変位図

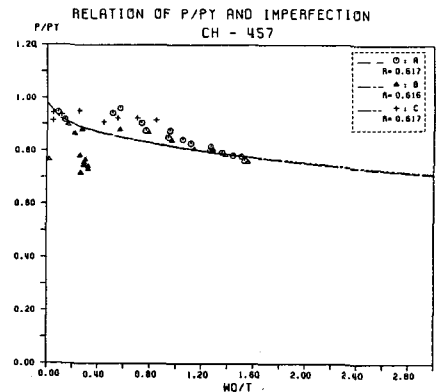


Fig. 4 敏感性曲線