

名古屋大学 正員 福本孝士

名古屋大学 学生員 永田孝三

1. 序

一定軸力と繰り返し曲げを受ける鋼部材の履歴挙動に関する研究は、数多くなされてきたが、局部座屈による部材断面の剛性低下を考慮したものはほとんどない。本報では、溶接組立てされた鋼製箱形断面柱が一定軸力と繰り返し曲げを受ける場合の履歴挙動に関して数値計算したものである。荷重-変位曲線の計算には、Column Deflection Curveの考えに基づく数値積分法を用いている。

2. 数値計算上の仮定

本計算で用いた仮定は、次のとおりである。

- 1) 応力-ひずみの履歴関係は、Fig-1に示すように bi-linear である。記号 μ は、ひずみ硬化係数を表す。
- 2) 断面の平面保持。
- 3) セン断変形は無視する。
- 4) 変形は、部材長に比べて小さいとする。
- 5) 箱形断面の溶接残留応力は、Fig-2のようにする。
- 6) 局部座屈による断面欠損には、有効幅の概念を用いる。

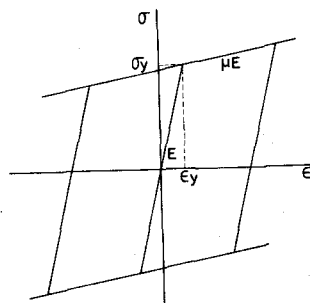


Fig-1

3. 計算方法

1) M-φ-P関係

箱形断面を微小矩形要素に分割し、数値積分により M-φ-P の履歴関係を求めている。

M-φ-P 関係の基本式は、次の2つである。

$$P = \int_A \sigma dA = \sum \sigma_i \cdot dA_i \quad \text{----- (1)}$$

$$M = \int_A \sigma y dA = \sum \sigma_i y_i dA_i \quad \text{----- (2)}$$

(y_i : 各要素の断面の重心からの距離)

曲率 ϕ が与えられれば、平面保持の仮定により、断面の各分割要素のひずみ ϵ_i は、

$$\epsilon_i = \epsilon_{\phi i} + \epsilon_{ri} + \epsilon_v \quad \text{----- (3)}$$

($\epsilon_{\phi i}$: 曲げひずみ, ϵ_{ri} : 残留ひずみ, ϵ_v : 軸ひずみ)

となり、Fig-1の応力-ひずみの履歴関係から応力 σ_i が求まる。試行錯誤により (1) 式が満足されれば、(2) 式から M が計算される。一定の曲率 ϕ_{max} に達すれば除荷する。その時、 ϕ_{max} に対応する応力、ひずみを残留応力、残留ひずみとみなして、逆方向の曲率を与え、 $-\phi_{max}$ で計算する。

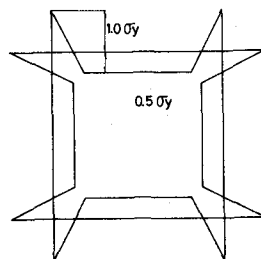


Fig-2

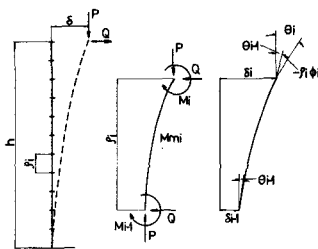


Fig-3

2) 荷重-変位関係

1 端固定他端自由の柱を Fig-3 のように、軸方向に n 分割すると、 i 番目の要素について次のような関係が成立する。

$$\theta_i = \theta_{i-1} - P_i \phi_i \quad \text{----- (4)}$$

$$S_i = S_{i-1} + \theta_{i-1} P_i - \frac{1}{2} P_i^2 \phi_i \quad \text{----- (5)}$$

$$M_i = M_{i-1} + Q P_i + P(S_i - S_{i-1}) \quad \text{----- (6)}$$

また、 i 番目の要素の平均モーメント M_{mi} は、

$$M_{mi} = M_{i-1} + Q \frac{P_i}{2} + P \theta_{i-1} \frac{P_i}{2} \quad \text{----- (7)}$$

となる。柱脚部の固定モーメント M_0 と外力 P , Q の関係より

$$Q = \frac{1}{n} (M_0 - PS) \quad \text{----- (8)}$$

柱頭の水平変位 S を与え、 M_0 を仮定すれば、(7) 式から平均モーメントが求まる。そのモーメントに適合する曲率 ϕ が分れば、(4), (5), (6) 式から柱頭の水平変位 S_n が計算され、試行錯誤により $S = S_n$ となれば、(8) 式から与えられた水平変位に対する水平力 Q が求まる。一定の水平変位 S_{max} に達すれば除荷する。除荷に際しては、 $M-\phi-P$ 曲線と同様に、その時の断面内の応力、ひずみをそれぞれ残留応力、残留ひずみとして、逆方向に水平変位を与えていく。

4. 計算結果および考察

$M-\phi-P$ 曲線の計算結果を Fig-4, 5 に示す。Fig-4 は軸力比 $P/P_y = 0.3$, Fig-5 は $P/P_y = 0.6$ の場合で、モーメントおよび曲率をそれぞれ降伏モーメント、降伏曲率で割って無次元化している。軸力とひずみ硬化の影響により、繰り返しとともにモーメントが増大し、ある一定の大きさ（軸力がない場合のモーメント）に漸近している。また、軸力の大きさによりその挙動が異なっている。Fig-6, 7 は荷重-変位曲線を示す。こゝろ 2 つの曲線は、板要素が局部座屈を生じないものとして計算したものである。ここでも、繰り返しとともに荷重が増大するが、軸力の大きさにより変形性状はかなり異なっている。構成する板の局部座屈後の部材の挙動については、目下、検討中であるので、他の計算結果とともに、当日、報告する予定である。

5. 参考文献

1) 吉村浩二, 「繰り返し荷重を受ける鋼部材の非弾性挙動」

九州大学 学位論文, 1973 年

2) Shien T. Wang, 「Post-Buckling Behavior of Continuous Box Girders」

Specialty Conference on Metal Bridges, St. Louis, 1974

$P/P_y = 0.30$
 $SHF = 0.0100$
 $RSQM = -1.00$

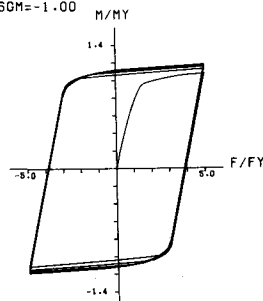


Fig-4

$P/P_y = 0.60$
 $SHF = 0.0100$
 $RSQM = -1.00$

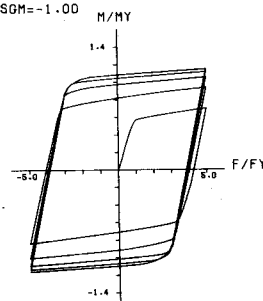


Fig-5

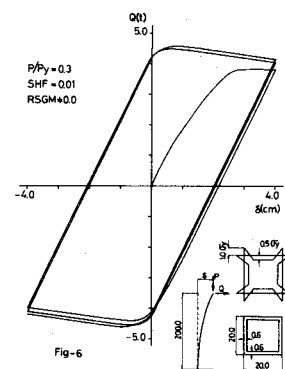


Fig-6

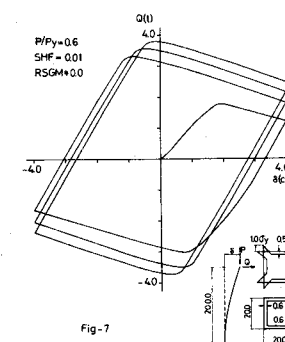


Fig-7