

長崎大学工学部 正員 小西 保則
 学生員 ○高瀬 信夫

1. 序

単純活荷重合成桁の設計をオペレーションリサーチ手法を用いて行うこととし、構造物の最適設計に用いられる非線形計画法の1つである反復線形計画法(Sequence of Linear Programming Method, SLP)を用い、これによって合成桁の主桁1本に関する最小重量設計をするものである。

2. SLP法の概要

制約条件および目的関数の一般式は

$$\left. \begin{aligned} g_i(x) &\leq (or \geq, or =) b_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \\ z &= f(x) \longrightarrow \min \text{ or } \max \end{aligned} \right\} \text{-----} \textcircled{1}$$

で表わされ、次にこの制約条件を等式化するために調整変数 x'_i を導入すると①式は

$$\left. \begin{aligned} g_i(x) + x'_i &= b_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \\ z &= f(x) + \sum_{i=1}^m c'_i x'_i \longrightarrow \min \text{ or } \max \end{aligned} \right\} \text{-----} \textcircled{2}$$

となる。そこで②式をある近似解 x_0 の回りにテラー展開して第2項までとり整理すると次のような制約条件および目的関数が得られる。

$$\left. \begin{aligned} g_i(x_0) + \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial g_i}{\partial x_j} \right)_0 (x_j - x_{j0}) &\leq (or \geq, or =) b_i \\ z &= f(x_0) + \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} \right)_0 (x_j - x_{j0}) \longrightarrow \min \text{ or } \max \end{aligned} \right\} \text{-----} \textcircled{3}$$

③式で表わされる制約条件および目的関数は線形であるので、この問題は線形計画法の対象となる。ただ③式は x_0 の近傍での近似式であるので、変数の値は x_0 点よりあまり離れることは出来ない。そこで変数に次のようなmove limitである上下限を設けてこれをも制約条件とする。

$$x_0 - \Delta A = A \leq x_i \leq A' = x_0 + \Delta A \text{-----} \textcircled{4}$$

3. 単純活荷重合成桁の最適設計

(1) 変数

図1に示すように鋼断面における圧縮側フランジ幅BUF, 圧縮側フランジ厚TUF, 引張側フランジ幅BLF, 引張側フランジ厚TLF, 1桁につき2断面変化を与えるものとし支間中央断面を②とし支点上断面を①とした時、②の断面と①の断面ではウェブ断面は変化しないものとして取扱い、ウェブ高HW, ウェブ厚TW, をそれぞれ変数とし、それに支間中央からの断面変化距離AXを変数とする。

計11個の変数とする。

(2) 設計条件(定数の決定)

次にあげるものはプログラミングに際し、データとして入力するものとする。

AL(支間) = 3000.0 cm, BE(版の有効幅) = 270.0 cm,

HO(版の厚さ) = 18.0 cm, HG(ウェブ上端より版下面までの高さ)

= 10.0 cm, AK(ウェブ最大板厚比: 補剛材1段) = 220.0

CSU1 = 1068 kg/cm² CSL1 = 1813 kg/cm² はそれぞれ断面

①の場合の圧縮側フランジ許容応力度, 引張側フランジ許容応力度であり、

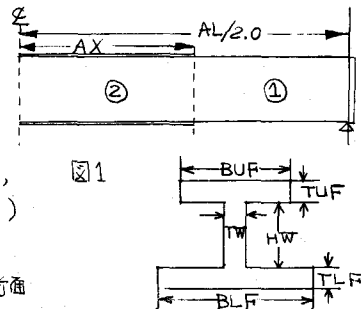


図1

圧縮側フランジはSS41を用い、引張側フランジにはSM50Aを使用するものとして、コンクリートのクランプ、温度変化による応力を差し引いた値としている。 $CSU2 = 1300 \text{ kg/cm}^2$ $CSL2 = 1900 \text{ kg/cm}^2$ はそれぞれ断面②の場合の圧縮側フランジ許容応力度(SS41)、引張側フランジ許容応力度(SM50A)である。 $DELTA$ (合成桁の場合のため制限値) $= AL/500.0$ 、 AE (ヤング係数) $= 2.1 \times 10^6$

(a) 制約条件

変数の move limit による制約条件; これは変数全体について行うので、まとめて書くと、

$$A \leq X_n \leq A' \quad (i)$$

板厚比による制約条件;

$$BUF1 \leq 24.0 \times TUF1 + TW \quad (ii)$$

$$BUF2 \leq 24.0 \times TUF2 + TW \quad (iii)$$

$$BLF1 \leq 30.0 \times TLF1 + TW \quad (iv)$$

$$BLF2 \leq 30.0 \times TLF2 + TW \quad (v)$$

$$TW \geq HW/AK \quad (vi)$$

応力による制約条件;

$$CSUR1 - CSU1 \leq 0 \quad (vii)$$

$$CSUR2 - CSU2 \leq 0 \quad (viii)$$

$$CSLR1 - CSL1 \leq 0 \quad (ix)$$

$$CSLR2 - CSL2 \leq 0 \quad (x)$$

ここで $CSUR1 \sim CSUR2$ は実応力を示す。

たわみによる制約条件;

$$DELTA_{R-} - DELTA \leq 0 \quad (xi)$$

ここで $DELTA_{R-}$ は実たわみを示す。

(b) 目的関数

主桁1本(スチフナー、ラテラルブレースングなどを考慮しない)についての最小重量設計を行うので、①の断面積を $AS1$ 、②の断面積を $AS2$ とすると、目的関数としては桁の半分をとればよいので、

$$Z = AS1 \times (AL/2.0 - AX) + AS2 \times AX \longrightarrow \min \quad (xii)$$

(c) 最適化

以上のような制約条件と目的関数にSLP法を適用して最適化を行う。このようにして計算した結果、収束値が上フランジ幅よりも下フランジ幅の方が小さくなったので(断面積としては下フランジが太)、新たに次の制約条件を加えて計算を行った。

$$TUF - TLF \leq 0, \quad BUF - BLF \leq 0 \quad (xiii)$$

フローチャート(主プログラム)を示すと右図になる。

参考文献

- ・長 尚 ; 構造物の最適設計
- ・日本鋼構造協会 技術委員会 ; 骨組構造物の最適設計

