

長崎大学工学部 正会員 小西保則

長崎大学工学部 学生員 小林 宇一

1. 序

橋梁に係わらず諸々の構造物の設計において、今日なお多くが設計者の経験と勘によって、仮定した設計値の繰り返し計算を行なうて、試行錯誤の方法で求められている。そこで、電子計算機の計算速度の早さを利用して、与えられた設計条件を満足して活荷重合成の工型桁の重量が最小になるプログラムの作成を最急勾配法によつて行なつてみた。

2. 最急勾配法

最急勾配法は構造物の設計に用いられるオペレーションズ・リサーチ手法の非線形計画法に属している。この方法によると、設計値によつて求まる目的関数の等高線に直交（最急勾配方向）に進んで、つまり、最短距離で最小（或最大）に到達する。もし、求める設計値が制約条件による許容領域を出たならば、制約条件に直交に戻る直接微分傾斜を用いる。

求める値(変数) x ($=x_1, x_2, \dots, x_n$)

制約条件式 $g_j(x) \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, m$)

目的関数 $Z = f(x) \Rightarrow \min$ (or $\max$)

$f(x)$ の勾配 $\nabla f(x) = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n} \right)$

進むべき変数の歩み Δt

k 番目に達した点 x^k

k 番目の次の点 x^{k+1}

$$x_i^{k+1} = x_i^k - \left\{ \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)_{x^k} + \sum_{j=1}^m \delta_j \left(\frac{\partial g_j}{\partial x_i} \right)_{x^k} \right\} \Delta t$$

但し $\delta_j = \begin{cases} 0 & g_j(x^k) \geq 0 \text{ のとき} \\ K (\text{数値}) & g_j(x^k) < 0 \text{ のとき} \end{cases}$

3. 最適設計

(1) 変数

上フランジ断面積 A_u ($A_{u2}, A_{u3}, \dots, A_{un+1}$)

下フランジ断面積 A_e ($A_{e2}, A_{e3}, \dots, A_{en+1}$)

ウェブの厚さ t_w

変数及び諸数値は実用性を果たせるためにすべて mm 単位に整数化して cm 単位で表わす。

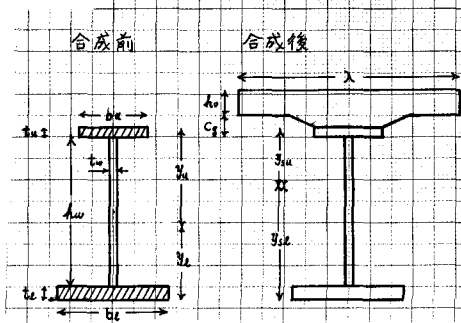
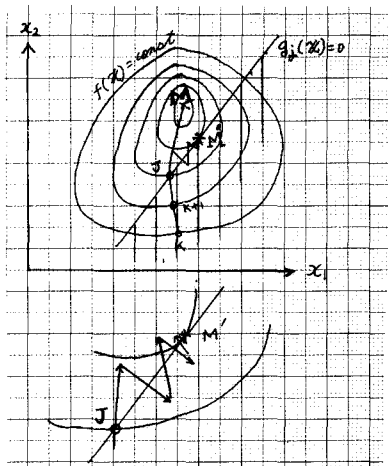
(2) 設計条件

N 断面数 λ 版の有効幅 h_0 版の厚さ

l 支間 C_g ウェブ上端から版下面までの高さ

w_s 合成前荷重 b_a 最小フランジ幅 t_{ur} 上フランジ最大板厚比

w_u 合成後荷重 t_a 最小フランジ厚 t_{er} 下フランジ最大板厚比 t_{wa} 最小ウェブ厚 t_{wr} ウェブ最大板厚比



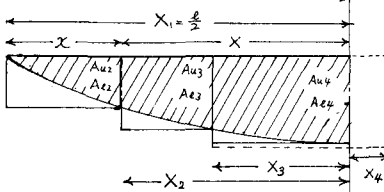
(3) 制約条件

$$X_i = g(A_{ui}, A_{ei}, t_w) > 0 \quad (i = 2, 3, \dots, N)$$

$$X_{N+1} \leq 0$$

$$\begin{aligned} M_s &= \frac{1}{2} w_s x(l-x) & M_v &= \frac{1}{2} w_v x(l-x) \\ \sigma_{sa} &= (\sigma_{is})_s + (\sigma_{ie})_v & \sigma_{sa} &: \text{鋼許容応力度} \\ &= \frac{M_s}{I_s} y_{se} + \frac{M_v}{I_v} y_{se} \\ &= \frac{1}{2} x(l-x) \left(\frac{w_s}{I_s} y_{se} + \frac{w_v}{I_v} y_{se} \right) \\ x &= \frac{l}{2} - \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 - \frac{2 I_s I_v \sigma_{sa}}{w_s I_v y_{se} + w_v I_s y_{se}}} \\ &= \frac{l}{2} - x \end{aligned}$$

X_i : 断面 (A_{ui}, A_{ei}, t_w) により決定される支間中央からの最小許容長さ。



(4) 目的関数

$$Z = f(A_u, A_e, t_w) \quad \text{I型桁の体積の} \frac{1}{2}$$

(5) 勾配

$$\frac{\partial f}{\partial A_{ui}}, \quad \frac{\partial f}{\partial A_{ei}}, \quad \frac{\partial X_i}{\partial A_{ui}}, \quad \frac{\partial X_i}{\partial A_{ei}}$$

(6) 最適化

A_u と A_e は最急勾配法によって行う。

t_w は t_w を一定にしたとき、ウェブ高 h_w が許容最大高のときに、 Z を最小するので、次様にする。

$$t_w = h(l) \quad (\text{少し大き目にとる})$$

として、 Z を収束させた。

$$t_w^{k+1} = t_w^k - \alpha$$

として、 Z^{k+1} と Z^k を比較しながら、最終収束させた。

フローチャートを示すと右図になる。

4. 後述

構造物の最適設計では本研究の材料費の他に、加工費、組立費、架設費、保守費などを含めた費用が最も安くなるような総合的なプログラムを作ることが望まれる。

参考文献 長 尚：構造物の最適設計

