

総合技術コンサルタント
九州工業大学

正員 小郷政弘
正員 山本 宏

1. まえがき

筆者は先にトラス橋の設計に対して、設計変数の減少、設計の単純化を目的として、計算手順が比較的簡単な反復線形計画法(SLP法)を用いて軸力より最小重量を与えるトラス各部材の断面寸法を段階的に、

第1段階：幅高さ拘束しない正方形断面における軸力(F)—断面積(A)—幅(B)の関係を示すグラフより最適な部材の幅の基準値を求める。

第2段階：第1段階で得た幅の基準値でトラス全部材を拘束した長方形断面における F — A —高さ(H)の関係を示すグラフより最適な幅の決定とともに部材の高さの基準値を求める。

第3段階：第2段階で得た最適な幅および高さの基準値で全部材を拘束した長方形断面における F — A — X の関係を示すグラフより最適な部材の高さを求める。

という3段階に分け決定していく図表によるトラス橋の最小重量設計について報告した。

ところで前回求めた F — A — X の関係を示すグラフは、不連続的に $B = 25 \sim 60$ (cm), $H = 25 \sim 45$ (cm) を 5 cm 間隔に拘束した結果得られたグラフであり、任意の B あるいは H に対するグラフは 5 cm 間隔で求めたグラフの曲線近似を行ない、横軸に B あるいは H をとり、縦軸に近似式の係数をとったグラフより必要な係数を読みとることとした。そこでグラフによる値を他による値と比較検討を行なう必要があると思われるので、次に図表結果を用いて F — A — X の関係を高次方程式によって表わすことを検討し、本報では図表による設計法とともに計算式による設計法について報告するものである。

2. 図表による設計法

具体的な設計図表の計算方法については文献(1)を参照して頂き、ここでは各段階において用いられる図表を掲げ利用法について簡単に述べる。Fig.2 は第1段階において用いる F — A 関係を示すグラフであるが、このグラフを用いて任意の圧縮長に対するトラス部材の軸力より必要な最小断面積(A)を求め、 A の範囲によって文献(2)の $103.0 > A$ (cm²) の時 $B = 0.3/25 A - 0.8$, $103.0 \leq A$ (cm²) の時 $B = 3.280/\sqrt{A}$ より最適な幅の基準値を求めることができる。次に Fig.3 は第3段階で用いる F — A , A — X_2 関係を示すグラフであるが、第2段階で求めた最適な部材の幅で拘束した時、任意の軸力に対して必要な最小断面積を Fig.3 より求め、この断面積より Fig.4 を

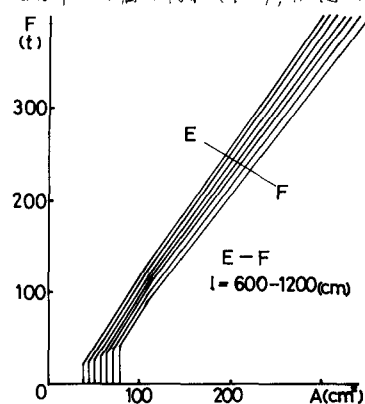


Fig. 2. 第1段階の F — A 関係

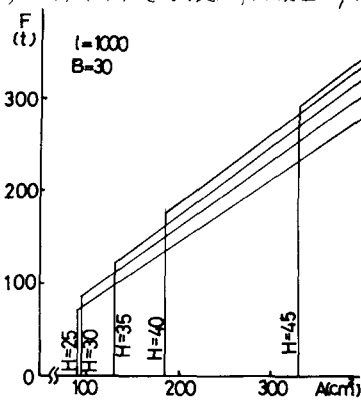


Fig. 3. 第3段階の F — A 関係

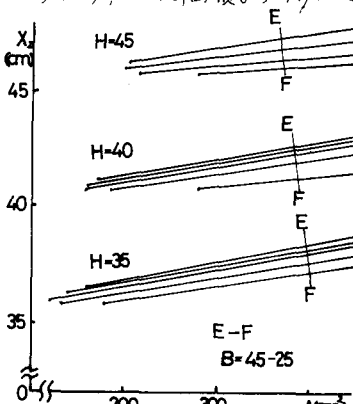


Fig. 4. 第3段階の A — X_2 関係

用いて最適高さを決定する。

3. 計算式による設計法

計算式による場合も図表による方法と同様に3段階に分けて幅・高さを決定していく。ここでは第1, 第3段階の計算式について述べる。

第1段階：文献(2)によれば、幅・高さ拘束のない正方形断面の場合断面二次半径(r)は A の関数として

① $1050 > A(\text{cm})$ の時 $r = \sqrt{\frac{0.3125A^2 + 0.68}{6}}$, ② $1050 \leq A(\text{cm})$ の時 $r = 1.307\sqrt{A}$ と表わされており、ここではこれらの関係式を用いることとした。つまり $r = r(A)$ の関係式を許容応力度(σ_{ca})の式に代入すれば、 F と A の関係は $A = F/\sigma_{ca}(A)$ となり軸力より部材の最小断面積は1~3次の高次方程式の解として与えられる。結果のみ示すと、

(1) $F > 548.6\text{t}$ の時 l : 圧縮長(cm) , F : 軸力(t)

$$245900A^2 - (31.36F + 41.31l^2)A + F^2 = 0, \quad B = 3.280\sqrt{A}$$

(2) $548.6\text{t} \geq F > 66.27\text{t}$ の時

$$1568A - (F + 65.83l) = 0, \quad B = 0.3125A - 0.8$$

(3) $66.27\text{t} \geq F$ の時

$$195400A^3 - 109.1FA^2 - Fl^2 = 0, \quad B = 0.3125A - 0.8$$

と表わされこれによって最適幅の基準値が得られる。

第3段階：最適高さを求める計算につけては、 B あるいは H によって断面積をFig. 5のように表わす。

(i) $B \leq 32(\text{cm})$ の時

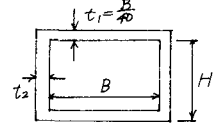
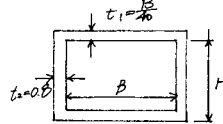
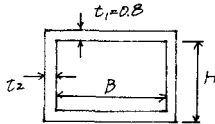
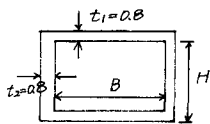
(ii) $B > 32(\text{cm})$ の時

(a) $H \leq 32.8(\text{cm})$

(b) $H > 32.8(\text{cm})$

(a) $H \leq 32.8(\text{cm})$

(b) $H > 32.8(\text{cm})$



$$A = 1.6(B + H + 0.8)$$

$$\begin{cases} A = 1.6(B + t_2) + 2t_2H \\ r_x = r_y \end{cases}$$

$$A = \frac{B^2}{20} + 1.6(H + \frac{B}{40})$$

$$\begin{cases} A = \frac{B^2}{20} + 2t_2(H + \frac{B}{40}) \\ r_x = r_y \end{cases}$$

Fig. 5. 幅高さ拘束した時の各断面形状

ここで $B = 32.0$, $H = 32.8$ を境界として領域が分けられるのは $B \leq 32.0$ では $t_1 = 0.8$ であり, $B > 32.0$ では $t_1 = \frac{B}{40}$, さらに $H < 32.8$ では $t_2 = 0.8$, $H \geq 32.8$ では $t_2 \geq \frac{H - t_1}{40}$ となることから理解できる。ただし(i)の(ii)の(ii)では $r_x = r_y$ の関係式を用いて t_2 を決定した後、 $r = r(H)$ の関係式を $A(H) = F/\sigma_{ca}(H)$ に代入すれば軸力より必要な最小断面積あるいは断面寸法を決定することができる。一例として(i)の(ii)における $r = r(H)$ の式を求めれば $r = \sqrt{\frac{(B+1.6)(H+0.8)^2 - B(H-0.8)}{19.2(B+H+0.8)}}$ となる。

4. あとがき

- ① 軸力の増加に伴い圧縮部材では段階的に ①細長比 ②板厚の制限より断面が決定される。この間長方形断面は正方形断面へと近づき、断面が正方形となった後は ③断面二次半径の制限より断面が決定される。
- ②図表による設計法では任意の B あるいは H に対して $F-A-X$ 関係は近似的にしか得ることが出来るが計算式による設計では、より厳密な値が高次方程式の解として得ることが出来ると思われる。

参考文献

- (1) 山本小郎：“図表によるトラス橋の最小重量設計” 昭和52年度土木学会西部支部研究発表会
- (2) 杉本博之：“トラス構造物の実用的最適設計に関する研究” 土木学会論文集 1972年12月