I －22　　図表によるトラス橋の最小重量設計

九州工業大学　学生員　○小鄉政弘
正　員　　山本　宏

1．まえがき

ここ数年来，トラス橋の最適設計について多くの研究がなされているが，(i)設計変数が増大するとシンプレックス表の容量が大きくなること，(ii)多くの場合，制約条件式が設計変数の非線形な関数となるので，最適値を求めるのが容易でない，などの問題があることは否めない。この問題に対し，文献(2)では，箱形断面に対して断面の幅Bを拘束した後，最小断面積－断面二次半径，あるいは最小断面積－断面寸法の関係を示す近似式を誘導し，設計変数を減少させると同時に，計算の簡便化をはかっている。しかし一部の領域で，箱形断面を正方形に理想化していること，実際のトラス橋では弦材，端柱については，同一の内幅，高さが，腹材についても同一の外幅がとられることを考慮すれば，実用的応用にまだ問題が残されているように思われる。

したがって，ここではこの点に注目して，各種の最適値計算を行ない，その結果を図表にまとめて，トラス部材の最適断面の決定の簡便化をはかることとした。なお，計算はSLP法により，目的関数は重量とした。

2．図表の作成

(1)長方形断面

トラス部材に注目し，長さ(ℓ)の部材が軸力(P)を受ける場合必要とする断面寸法(X)，最小断面積(A)を求めℓ，Pを各種変化させ，幅B，ℓをパラメータとするP-Aのグラフを作成する。図1は内幅拘束（上弦材，端柱）B＝30cmとした場合のP－A曲線である。他のBに対しても同様に求めることができる。図2は同時に得られるA－Xの関係を示すグラフであり，パラメータはBのみであり，グラフの上でℓは関係しない。

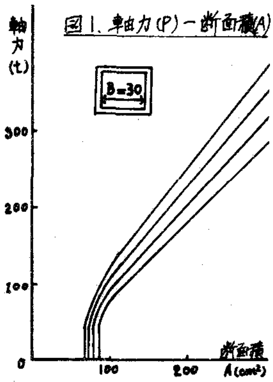

図1．軸力(P)－断面積(A)

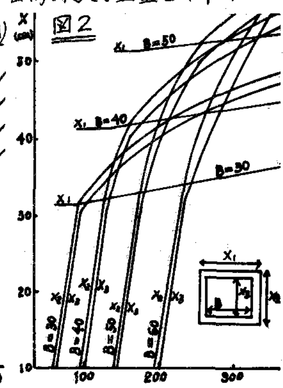

図2

(2)正方形断面

幅を拘束した箱形断面の中で，正方形断面は必ずしも最小断面積とならないが，4．で後述するように長方形断面の幅を決定する基準とするため，長方形断面と同様にP－A，A－X曲線を求める。内幅に拘束を受けない正方形断面のγ－A曲線は，文献(2)より

$$\left.\begin{array}{lll} \text{(i)}\ 2.56 < A < 105.0\ \text{の時} & & \gamma = \sqrt{(0.3125A)^2 + 0.64/6} \\ \text{(ii)}\ 105.0 < A & \text{の時} & \gamma = 1.307\sqrt{A} \end{array}\right\} \quad (1)$$

と表わされる。

(1)式を用いて，P－A曲線を座屈長ℓの部材に対し求めると図3のようになる。図3によって，箱形断面の中で最小断面積としての正方形断面を得るが，実際のトラス橋では，幅，高さに拘束があるため，必要な断面積はやや大きくなる。

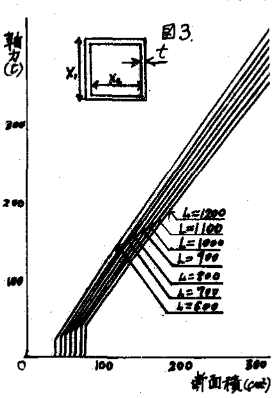

図3

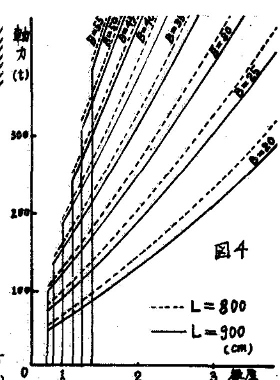

図4

この点に対し，筆者は図4を求めた。図4はℓ＝8.9 mにおける内幅拘束による正方形断面のP－t曲線であり次のようにして求める。内幅をBとすれば，鋼道路橋示方書 3.1.6，3.2.1より，$t \geqq \max(\frac{B}{40}, 0.8)$となり

(i) $B/40 \geq 0.8$ の時　$A_{min} = (B + \frac{B}{20})^2 - B^2$
(ii) $B/40 < 0.8$ の時　$A_{min} = (B + 1.6)^2 - B^2$

$$\left.\begin{array}{l} \text{(i)}\ B/40 \geq 0.8 \text{ の時}\quad A_{min} = (B + \frac{B}{20})^2 - B^2 \\ \text{(ii)}\ B/40 < 0.8 \text{ の時}\quad A_{min} = (B + 1.6)^2 - B^2 \end{array}\right\}, \quad \gamma = \sqrt{I/A_{min}}, \quad P = A_{min} \cdot \sigma_{ca} \qquad (2)$$

以下，板厚を増加させ，

$$A = (B + 2t)^2 - B^2, \ \gamma = \sqrt{I/A}, \ P = A \cdot \sigma_{ca}$$

によって各点を求める。

3．断面二次半径による正方形，長方形断面の最適性の検討

断面二次半径 γ は許容応力度を決定するパラメータであり，断面二次半径が大きい程，許容応力度は大きくなる。図5は図中に示す長方形断面の幅 B を30～60cmに拘束した圧縮部材の $\gamma - A$ 関係を示すグラフである。図中の点線は文献(2)に述べられた，幅，高さともに30～60cmと拘束した正方形断面の場合であるが，長方形断面（実線部分）の方がはるかに大きい γ を期待でき，断面積も小さくできる。なお，実線の太線は断面の幅，高さに拘束を受けない正方形断面の $\gamma - A$ 関係を示す。

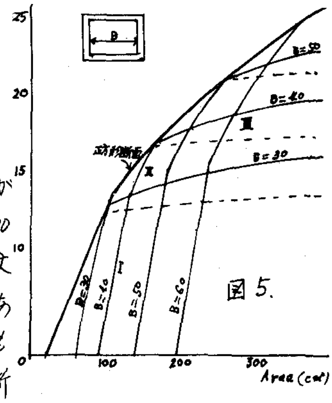

図5.

4．図式解法の概要

(1)正方形断面

(a)軸力が求められると，図3を用いて各部材毎に最小断面積が与えられる。

(b)最小断面積より各部材 k の幅 $(B_k)_{opt}$ を，次の式を用いて求める。（文献(2)より）　ただし　$k = 1, \cdots, n$

(i) $2.56 < A \leq 105.0$　　$(B_k)_{opt} = 0.3125A - 0.8$

(ii) $105.0 < A$　　$(B_k)_{opt} = 3.123\sqrt{A}$

(c)(b)より n 個の $(B_k)_{opt}$ が得られるが，いま構造全体として幅 B を任意の k 部材の B に統一するならば，n 本の部材の板厚は図4によって求めることができ，それを元にして，全鋼重 $(W_k)_{opt}$ が計算される。

(d)n 個の $(B_k)_{opt}$ について，(c)の計算を行なえば n 個の $(W_k)_{opt}$ が求まり，その中で最小の $(W_i)_{opt}$ を与える $(B_i)_{opt}$ を求める。

(e)ここで $(W_i)_{opt}$ は，n 個の $(W_k)_{opt}$ の中で最小となるものであり，n 個以外の B においてさらに鋼重を減少できる可能性がある。従って，$W - B$ 関係式を求めることによって，全域的な幅，鋼重を求める検討がなされるべきである。

(2)長方形断面

(a)正方形断面の場合の(a)，(b)と同様にして $(B_k)_{opt}$ を求める。

(b)図1のような $P - A$ グラフによって各部材の最小断面積を求める。

(c)図2の $A - x$ グラフを用いて，$B = (B_k)_{opt}$ に対する各部材の高さ x_k を求める。この時，高さは部材によって異なるが，いま構造全体として高さを任意の j 部材の高さに統一し，それに対する部材の厚さを $P - t$ グラフより決定する。B は $(B_k)_{opt}$ に固定し，高さを種々変化させ，全鋼重 W を計算する。これより $B = (B_k)_{opt}$ とする時の全鋼重 W を最小にする構造全体の高さが与えられる。

(d)n 個の $(B_k)_{opt}$ について，(c)の計算を行なえば n 個の $(W_k)_{opt}$ が求まり，その中で最小の $(W_i)_{opt}$ を与える $(B_i)_{opt}$ $(x_i)_{opt}$ を求めることができる。

(e)正方形断面における(e)の操作を長方形断面に対しても行なうことによって，全域的な幅，高さ，全鋼重の検討を行なう。

なお，種々の計算例および詳細については，講演当日発表する。

参考文献(1)大久保禎二：トラス構造物の最適設計に関する研究，土木学会論文集　1970年5月
(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，同論文集，1972年12月