I-100　製作費を考慮したI型ばりのSUMT法による最適設計法について

長崎大学工学部　正員　小西保則

1　まえがき

製作費を考慮したI型ばりのSLP法(*Sequence of Linear Programming Method*)による最適設計については既に発表しているが[5]. 今回はSUMT法(*Sequence of Unconstrained Minimization Technique*)について述べる。今回は前回対称とした支間2273の場合について更に詳細に検討を加えた。前回と同様,材料費,製作加工費を考慮して最適設計を行った。

2　SUMT法の概要

決定すべき未知数ベクトルをXとする。制約条件は

$$g_i(X) \geqq 0 \quad (i=1,2,\cdots\cdots,n) \qquad \text{-----------(1)}$$

とし，目的関数は

$$z=f(X) \qquad \text{-----------(2)}$$

とする。目的関数を最小化する問題を考えるとき罰金関数として

$$P(X,r_k)=f(X)+r_k\Sigma 1/g_i(X) \qquad \text{-----------(3)}$$

を考える。この関数は右辺第2項が罰金項であって制約条件の逆数にr_kなる係数をかけたものである。そこで(3)式はr_kが大きい間は罰金項の影響が大なるため最適解から離れた点で(3)式は最小値が得られるがr_kを0に近ずけると一応最適解に近い値となる。r_kの各値を取る時の最小化の手法は最大傾斜法によって次のように行う．無制約化最小関数$P(X,r_k)$のグラディエント

$$\nabla P(X,r_k)=\left(\frac{\partial P}{\partial x_1},\frac{\partial P}{\partial x_2},\cdots\cdots\frac{\partial P}{\partial x_n}\right) \qquad \text{-----------(4)}$$

を求めk番目のX^kから$k+1$番目のX^{k+1}へは

$$X^{k+1}=X^k-\nabla P\cdot\Delta t \qquad \text{-----------(5)}$$

(Δtは進むべき変数の歩み)

として求める。

3　デッキプレートガーダーのSUMT法による最適設計

本研究で考えた桁断面はカバープレート1枚の溶接I型桁である。又設計変数Xとしては　T_C:カバープレートの厚さ，　T_F:フランジプレートの厚さ，　B_W:ウエブプレートの高さ，　CL:カバープレートの桁℄からの長さを考えた。又制約条件式としては．桁℄上における実応力度をσ_1,許容応力度をσ_{a1}，カバープレート端部．即ちフランジプレートのみの断面ケ所の実応力度をσ_2,許容応力度をσ_{a2}とすると

$$\sigma_{a1}-\sigma_1 \geqq 0 \qquad \sigma_{a2}-\sigma_2 \geqq 0 \qquad \text{-----------(6)}$$

及びT_C,T_F,B_W,CLの上限値及び下限値を夫々$T_{Cu},T_{Fu},B_{Wu},CL_u$; $T_{Cl},T_{Fl},B_{Wl},CL_l$とすると．

$$\left.\begin{array}{ll} T_{Cu}\geqq T_C\geqq T_{Cl}, & T_{Fu}\geqq T_F\geqq T_{Fl} \\ B_{Wu}\geqq B_W\geqq B_{Wl}, & CL_u\geqq CL\geqq CL_l \end{array}\right\} \qquad \text{-----------(7)}$$

以上(6),(7)を制約条件とした。その他にたわみの制約条件もあるが本研究では一般に使用されている桁高の範囲を考えているので影響がない。故にたわみの制約条件は考えなかった。

目的関数としては桁の製作費を考え．鋼道路橋原価計算表(昭和46年度)を参照して原寸，加工，組立溶接，仮組，工場塗装を考えた。又主桁の4を対称に現場継手は主桁℄の位置に設けた。二次部材の取付ガセット等は凡て目的関数から省略した。目的関数Zは

$$z=\Sigma V_j\cdot\rho\cdot C_j+\Sigma H_j\mu_j \qquad (j=1,2,\cdots\cdots,N) \qquad \text{------------}(8)$$

こゝでは $j=1$ である。又 V_j : j 部材の体積、 ρ : 鋼材単位重量、 C_j : j 部材の鋼材単価、μ_j : j 部材の1人1時間当りの作業単価 H_j : 作業人時間、 であっていずれも X の関数である。

尚こゝでSUMT法で最適値を求めるに当って、変数 T_C, T_F, と B_W, 及び CL の値は可成オーダーに差があるので同じ位のオーダーになる様目的関数及び制約条件式の係数を修正した。

次に概略の流れ図を書くと図-1のようになる。

4 初期値と最適設計結果の考察

初期値及び結果については図-2に示す。図で分るように P が罰金関数の値 Z が目的関数の値であるが横軸に歩4の合計を取った場合 $\Sigma A1=360$ の所以後殆んど水平に近くなっていることから最適値と考えられる。又SLP法で求めた場合は $Z=517.2$ に対して $Z=519.1$ と殆んど変りない。又 $P=519.4$ である所からも最適値と考えられる。この時の許容応力 $\sigma_{a1}=1114\,kg/cm^2$, $\sigma_{a2}=1144\,kg/cm^2$ に対して実際応力は $\sigma_1=1113\,kg/cm^2$, $\sigma_2=1143\,kg/cm^2$ と全応力となっている。こゝで繰返し回数は收斂の精度を0.005と小さく取ったため及びA1(歩4)が小さいため40回と可成多い。この点研究改良の必要があると思はれる。第2図に示すようにSUMT法で求めた結果はそれぞれ $T_C=1.9^{cm}$, $T_F=2.4^{cm}$, $B_W=216.7^{cm}$, $CL=589.9^{cm}$ であるに対しSLP法では

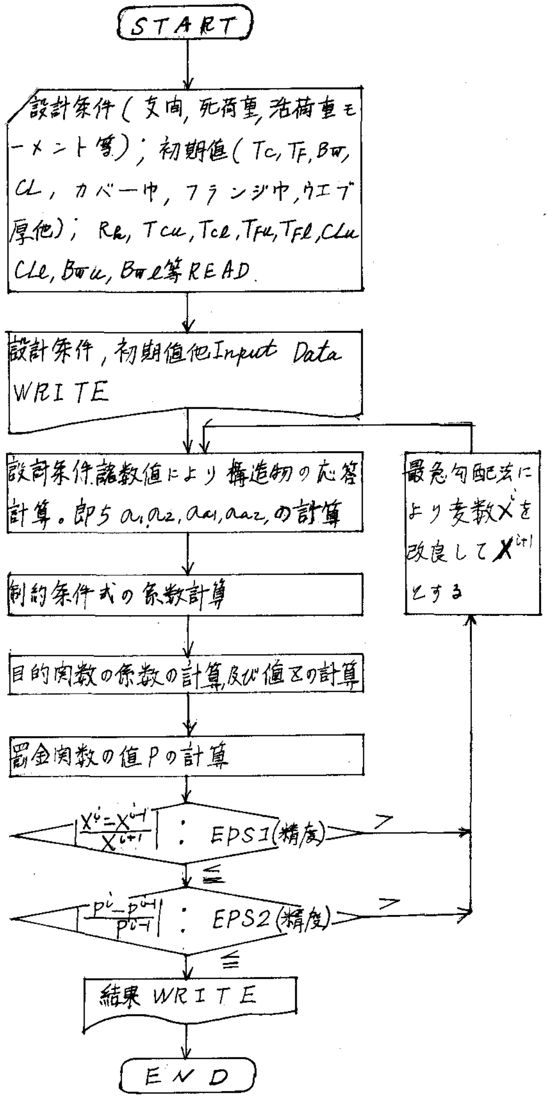

図1 概略流れ図

$T_C=2.14^{cm}$, $T_F=1.75^{cm}$, $B_W=227.2^{cm}$, $CL=635.6^{cm}$ となっている。之の比を%で示すと $T_C=89\%$, $T_F=135\%$, $B_W=95\%$, $CL=93\%$ となる。之に対し目的関数の値はSUMT法とSLP法とが、前述の通り可成よく合っている。従ってこの研究のデーターに関しては全応力設計であって且つ B_W と CL が今じ値に近ければ良いと云える。即ち B_W, CL は最適設計上では影響度が高い。之に対して T_C, T_F は違いがあっても、影響度は少いと思はれる。

終りに本研究は大阪大学工学部前田幸雄教授の御指導並に同大学林正講師長崎大学工学部高橋和夫講師の御援助をいたゞいたことに謝辞を申し上げる。又本計算には長崎大学FACOM 270-30，九州大学FACOM 230-60,

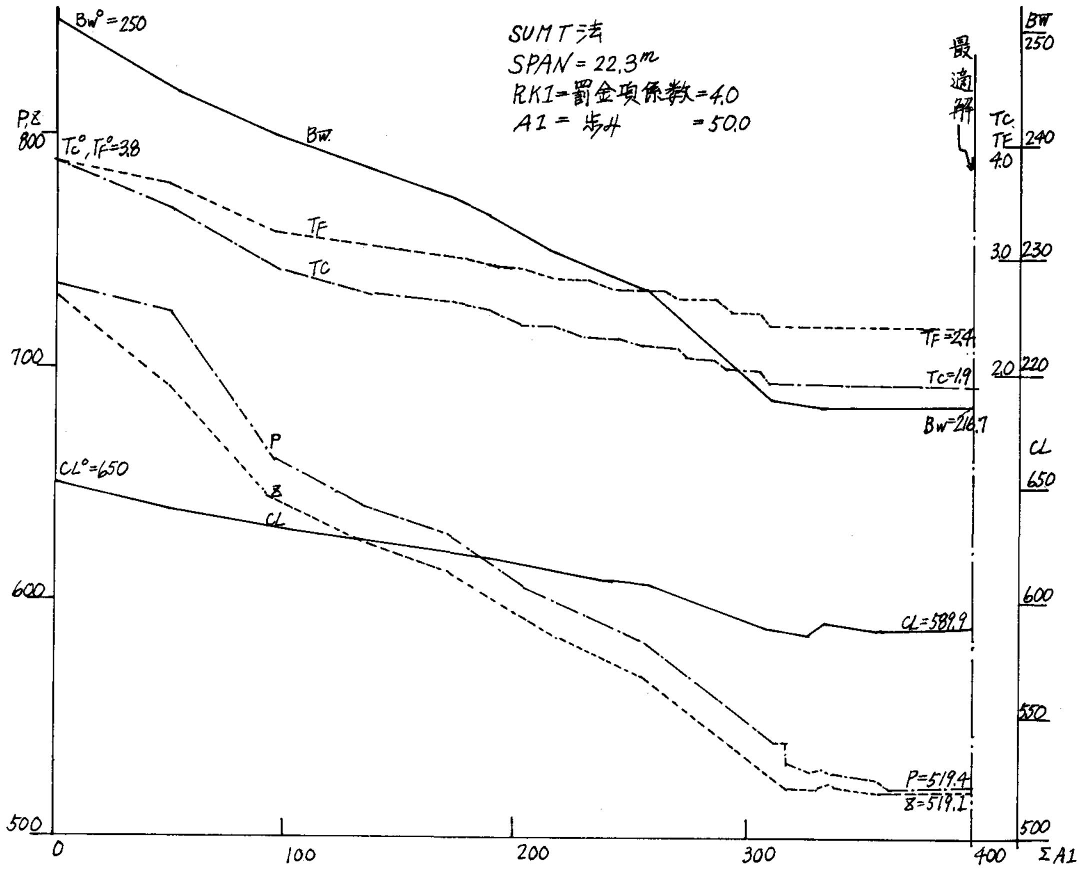

図2.

を使用した。御援助いただいた計算機室の方々に感謝する。

5　参考文献

1) 長　尚：構造物の最適設計　朝倉書店

2) 日本鋼構造協会技術委員会：SUMTによる構造の最適設計について　JSSC Vol. 7, No 66.

3) 大地羊三：電子計算機の手法とその応用　森北出版株式会社

4) 日本橋梁建設協会、鉄骨橋梁協会共編：鋼道路橋原価計算表（昭和46年度版）

5) 小西保則：製作費を考慮したI型ばりの最適設計について　土木学会西部支部昭和47年度学術講演会講演概要集