

1 まえがき

構造物が長大化し複雑になると変数・制約条件式共にその数は多くなる。そこで Suboptimization によれば、変数・制約条件式の数を減らすことが出来、複雑な構造物または部材要素数の多い構造物に対しても容易に最適設計が可能である。そこで断面変化の箇所を合成 I 形げたについて目的関数には全工場製作費を考慮した場合の最適設計を行った結果については先に発表した。¹⁾ 本研究においては、トラスについて、各部材要素の変数を Suboptimization によって決定し、全体にわたって共通な変数の関数として表し、その後全体にわたって共通な変数について最適設計を行って最適値を求めた。

2. Suboptimization による最適設計手法

Suboptimization の手法として、変数もある 1 つの部材要素のみの変数 x と構造物全体に共通な変数 y に分ける。先ず x について一定の y に対して SLP 法により最適な x を求め、 x と y の関数として表わす。之を用いて構造物全体の制約条件式・目的関数も y の関数とし SUMT 法により最適設計を行ない最適値を求めた。制約条件のない場合の最適化の手法として Davidon-Fletcher-Powell²⁾ の提案した手法を用いた。

3. Suboptimization によるトラスの最適設計例

本研究の手法による最適設計例として Fig. 1 に示す 2 格間のトラスについて最適設計を行った。図中 ①②③④は部材番号、(1), (2), (3) は部材断面の種類を表し、その断面形状を Fig. 1 に示す。荷重として支間中央格長に $P = 2000 \text{ ton}$ を載荷した時の最適値を求めた。

設計変数: 設計変数の内 x に属するものは鋼種 S ($S = 4, 41 \text{ キロ鋼}, S = 5, 50 \text{ キロ鋼}, S = 6, 60 \text{ キロ鋼}$), 断面種類 (1) の断面寸法の内 T_u, T_w , 断面種類 (2) の断面寸法の内 T_w , 断面種類 (3) の断面寸法 T_u, T_w, B_u とし、 y に属するものとしてトラス高 H , トラス弦材幅 B とする。変数の数は合計 14 個である。それ以外の断面寸法は断面種類 (1) の内 $T_e = T_u \times (B+8)/B$, 断面種類 (2) の内 $T_u = T_w \times (B+4)/(B+8)$, $T_e = T_w \times (B+4)/B$ により求まる。

制約条件式: Suboptimization の場合は応力制限, ためみ制限, 変数の上下制限, (1) 断面種類別部材では座底防止のための板幅に対する板厚の制限, 主軸まわりの細長比は x 軸まわりの細長比より小さいという制限, 細長比 $l/r \leq 120$ という制限, (2) 断面種類別部材では板幅に対する板厚の比は 80 以下という制限, $l/r \leq 200$ という制限, (3) 断面種類別部材においてはフランジアレット幅は厚さの 32 倍以下という制限, ウェブアレット高さは厚さの 80 倍以下という制限, $l/r \leq 200$ という制限を制約条件とした。全体の最適設計に対しては変数 y である H, B の上下制限のみを制約条件とした。

目的関数: 目的関数には鋼材費・工場製作費を考えた。すなわち次式で示される。

$$Z = \sum_{i=1}^n \tilde{H}_{i,el} \cdot (SMH)_i + \sum_{j=1}^m H_{j,j} \cdot (CM)_j = Z_1(SMH) + Z_2(SMH) + Z_3(CM) = (CM) \times (Z_1\mu + Z_2\mu + Z_3) \quad \text{--- (1)}$$

ここに P : 鋼材単位重量, C : 鋼材単価係数, (CM) : 鋼材の単価, (SMH) : 1人1時間当りの工数単価, $H_{j,j}$: i 工程 j 部材の工数(時間)で設計変数の関数である。 $\tilde{H}_{i,el}$: i 工程 l 部材の工数(時間)で一定な値である。

μ : $(SMH)/(CM)$ とする。ここで C は T (板厚), S の関数と考え数式化した。 C の内 S の関数である C_1 は 昭和

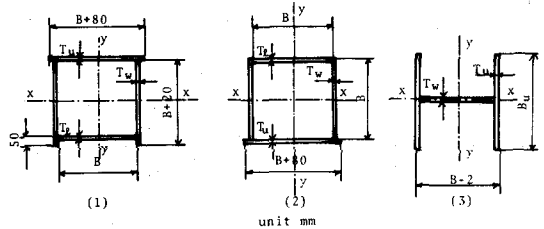
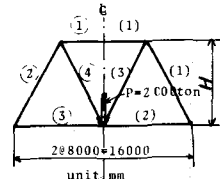


Fig. 1 Notations for truss

50年版鋼道路橋積算参考資料³⁾により

$$C_1 = 0.125S^2 - 0.955S + 2.820 \quad \text{----- (2)}$$

とした。またSの関数である製作費単価係数HAについても同様に次式のように数式化した。

$$HA = 0.085S^2 - 0.725S + 2.54 \quad \text{----- (3)}$$

またHij, H_{rel}は文献4)の式(3),(4)に示す。本計算例では(CM)=6万円/ton, (SMH)=34円/時間としたが、最適値は(1)式によりHの変化によつてのみ変化し、Hが一定ならば経済情勢には影響しない。

許容応力: 許容応力は離散変数であるSの関数であるが、之を連続関数とし次式で示すように数式化した。

$$\left. \begin{aligned} FG1 &= 2S^2 - 23S + 80; FG2 = -13S + 145; \sigma_{a2} = 1.7S^2 - 10.7S + 24; \\ \sigma_{a3} &= 150S^2 - 3050S + 16500; \sigma_{ta} = 100S^2 - 400S + 1400 \end{aligned} \right\} \text{----- (4)}$$

とすると、許容圧縮応力 σ_{ca} は、細長比 l/r の関数で次式のようになる。

$$\left. \begin{aligned} l/r \leq FG1 \quad \sigma_{ca} &= \sigma_{ca}; FG1 < l/r \leq FG2 \quad \sigma_{ca} = \sigma_{ca} - \sigma_{a2}(l/r - FG1); \\ FG2 < l/r \quad \sigma_{ca} &= 12000000 / \{ \sigma_{a3} + (l/r)^2 \} \end{aligned} \right\} \text{----- (5)}$$

となり、許容引張応力は σ_{ta} で求められる。

ここでSは前述のように離散変数であるが、応力・板幅と板厚の制約条件式、目的関数はSの連続関数として数式化し、これらを用いて最適設計を行った結果、求めたSの最適値は非整数であるので折衷法を用いて整数化した。

4 最適設計結果と考察

支間16m, 2格間ワーレントラスの中央格長にP=2000tonを載荷した時の本方法による最適設計を行った結果の変数、罰金関数、目的関数の値の収束状況および最適値をTable 1に示す。これによる収束状況は良好である。

Table 1 Convergence of result for L=16m

K	IS	H (cm)	B (cm)	S1	S2	S3	S4	Tu1 (cm)	Tu3 (cm)	Tu4 (cm)	Tw1 (cm)	Tw2 (cm)	Tw3 (cm)	Tu4 (cm)	Bu (cm)	F (100kg/cm)	Z (100kg/cm)	Rk
1	0	727.3	60.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.28	2.40	2.70	2.79	2.91	1.17	2.97	86.4	2953.8	2953.6	1.00
1	1	717.8	71.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.09	2.09	2.61	2.11	2.26	1.01	2.93	83.6	2889.7	2889.4	1.00
1	2	680.2	72.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.12	2.12	2.60	2.26	2.18	1.05	3.07	83.2	2886.7	2886.4	1.00
2	0	680.2	72.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.12	2.12	2.60	2.26	2.18	1.05	3.07	83.2	2886.4	2886.4	0.02
2	1	682.3	72.2	5.0	5.0	5.0	5.0	2.12	2.12	2.60	2.22	2.15	1.04	3.05	83.2	2885.5	2885.5	0.02
2	2	682.1	72.2	5.0	5.0	5.0	5.0	2.13	2.13	2.60	2.22	2.15	1.04	3.05	83.2	2885.5	2885.5	0.02

5 結論

構造物の部材数が多くなり、また構造が複雑になると、変数・制約条件式の数が多くなり、費用も目的関数とすると変数を省略するところが出来なくなるゆえ、本研究に示すようにSuboptimizationを用いることによつて、変数・制約条件式の数を減おさるゝところが出来、収束が容易となる。また本方法により求めた断面諸数値はただちに利用が可能であり、ここで求めた最適設計結果を用いて自動設計を行うことが可能であり、十分実用性がある。

参考文献

- 1) 小西保則: Suboptimizationによる合成工形桁の最適設計について, 土木学会, 第33回年次学術講演会講演概要集, 第1部, PP264-PP265, 1978-9
- 2) J.D. コワリツク, M.R. オスホーン共著, 山本善文, 小山健夫訳: 非線形最適化問題, 培風館, PP11-PP19, PP53-PP57, 1970.
- 3) 日本橋梁建設協会編: 鋼道路橋積算参考資料, 昭和50年度版, 1975.
- 4) 小西保則: 製作費を考慮した合成工形桁の最適設計について(第2報), 土木学会, 第32回年次学術講演会講演概要集, 第1部, PP261-PP262, 1977-10