

長崎大学工学部 正 員 小西保則

長崎大学工学部 学生員 馬場雅彦

長崎大学工学部 学生員 山下正人

1. まえびき

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。そこで本研究は、不静定構造物を Suboptimization によって、変数、制約条件式の数を減らし、容易に最適設計を行なうのを目的としたもので、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い、最適値を求めた。

2. Suboptimization による最適設計手法

Suboptimization の方法として、変数がある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。まず 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 を y の関数として表わす。これを繰り返して構造物全体の制約条件式・目的関数を y の関数として 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-Powell の提案した手法を用いた。

3. 最適設計例

α) 連続トラス (図-1) について最適設計を行った。

図中(1)(2)(3)(4)は部材断面の種別を表し、その断面形式を図-1に示す。荷重として上弦材両端部に $P=6000 \text{ ton}$ 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 ($S=4$, 4ノキ鋼, $S=5$, 50ノキ鋼, $S=6$, 60ノキ鋼),

断面(1)(2)の断面寸法の内 T_u, T_w , 断面(3)の断面寸法の内 T_w , 断面(4)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(1)(3)を引張部材、断面(2)(4)を圧縮部材として考え、求める。

制約条件式；Suboptimization の場合は、応力制限、たわみ制限、変数の上下制限、(2)(4)の断面部材ごは座屈防止のための板幅に対する板厚の制限、軸まわりの細長比は工軸まわりの細長比より小さいという制限、細長比 $\lambda/t \leq 20$ という制限、(1)(3)の断面部材ごは板幅に対する板厚の比は80以下という制限、 $\lambda/t \leq 200$ 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。 T (板厚), S の関数である鋼材単価係数, B の関数である製作費単価係数については50年板鋼道路橋構算参考資料により、数式化した。また、本計算例では鋼材の単価を8万円/ton, 1人1時間当りの工数単価を4千円/時間とした。

許容応力；許容応力は設計変数である S の関数であるが、これを連続関数として数式化した。また許容圧縮応力に関しては、新しい変わった示方書に依り、局部座屈を考慮するようにした。許容引張応力は、いままでの値を使用。 S は設計変数であるが、応力・板厚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、最適設計を行った。

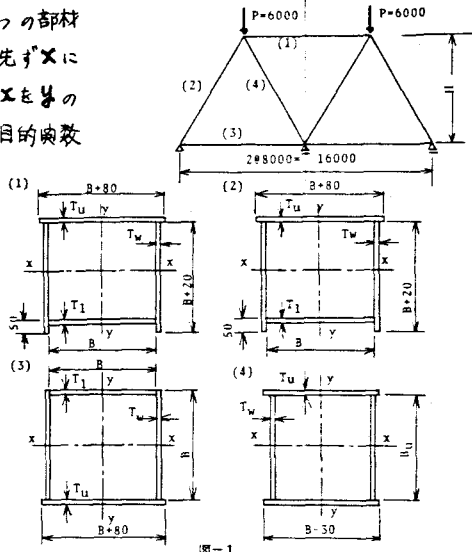


図-1

b) タイドアーチ(図-2)の設計条件として、支間80m、橋種一等橋、有効幅員10mとし、型式は2-ヒンジド・タイドアーチで、アーチ軸線形状は放物線状とした。

設計変数; スに属するものは、トラス同様に鋼種Sや等断面により設計するものとし、アーチリブには、 T_u, T_s タイは T_{wt} 、ハンガーは T_{fs} の6倍を用い、 S に属するものは F, B 、アーチリブの B_w, T_w タイの B_{ut} の5倍とする。他には $T_{ut} = T_{wt} \times (B+4.0)/(B+8.0)$ 、 $T_{lt} = T_{wt} \times (B+4.0)/B$ とした。

制約条件式; 部材の設計において、アーチリブは軸力、向圧縮力と曲げモーメントを同時に受けるため、 $Q_{ay} = 1.2 \times 10^7 / (l/f)^2$ と $Q_c / Q_{az} + Q_{cy} / Q_{bazy} (1 - Q_c / Q_{ay}) \leq 0$ により照査する。

Q_c : 軸力向圧縮応力度、 Q_{az} : 弱軸まわり許容軸力向圧縮応力度、 Q_{cy} : 強軸まわり曲げ圧縮応力度、 Q_{bazy} : 局部座屈を考慮しない強軸まわり許容曲げ圧縮応力度、 Q_{ay} : 強軸まわり許容オイラー座屈応力度、 l : 有効座屈長、 f : 強軸まわり断面二次平行径である。また、部材の細長比 l/f は圧縮材のアーチリブは120以下、引張材となるタイ、ハンガーにおいては200以下にせねばならない。他に、設計条件として、板幅に対する板厚の比の制限としては、タイにおいては80以下、ハンガーにおいては32以下とした。

目的関数; 目的関数は次式で計算する。 $COST = V \times \{0.3F1 + (0.764 + 0.236F2) \times 0.7\}$ V : アーチ各部材のVolume, $F1 = 0.0845S^2 + 0.5955S + 2.036$: 鋼材費, $F2 = 0.0865S^2 - 0.7415S + 2.582$: 溶接費とし、鋼材費と製作費の比率は55/41材で0.3:0.7とし、また溶接費以外の製作費と溶接費の比率は0.764:0.236とした。これらの諸数値は昭和40年から現在までの15年間の橋梁製作会社の実績の推移にもとづいて算定した。

4. 結果と考察 アーチについては、鋼種と支間を一定とし、本方法による最適設計を行なった結果を表-1に示す。表において F は罰金関数、 O は目的関数の値で、他に各変数の収束状況と最適値を示す。また罰金項の係数 R_k は $k=1$ のとき $R_k=1.0$ 、 $k=2$ のとき $R_k=0.02$ として計算したがその結果は、表により収束状況は良好である。トラス橋の最適設計結果、また結論については、当日発表する。

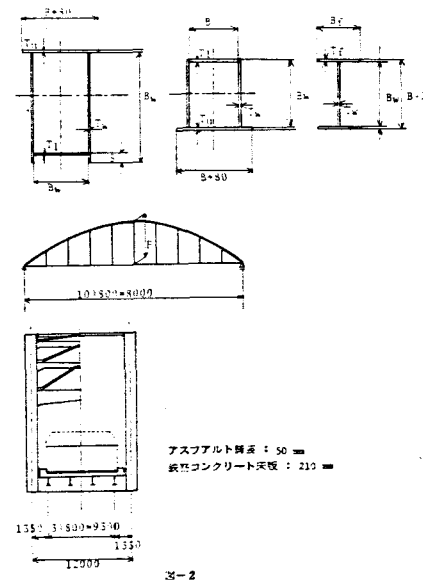


表-1 タイドアーチの収束状況

K	IS	F	O	f	B	Bw	Tw	Tu	Tl	Bw	Tw	Bf	Tf
1	0	0.9839×10 ⁷	0.9839×10 ⁷	1400.00	70.00	120.00	1.22	4.14	1.78	40.00	0.92	30.99	0.97
	1	0.9538×10 ⁷	0.9538×10 ⁷	1368.59	57.44	125.27	1.30	5.00	1.83	40.00	0.90	29.52	0.92
	2	0.9525×10 ⁷	0.9525×10 ⁷	1474.24	54.66	130.35	1.33	4.94	1.60	40.00	0.90	30.81	0.96
	3	0.9533×10 ⁷	0.9532×10 ⁷	1497.60	53.70	125.51	1.26	5.17	1.98	40.00	0.90	31.06	0.97
2	0	0.9533×10 ⁷	0.9532×10 ⁷	1497.60	53.70	125.51	1.26	5.17	1.98	40.00	0.90	31.06	0.97
	1	0.9484×10 ⁷	0.9484×10 ⁷	1466.07	50.76	127.90	1.31	5.51	1.87	40.00	0.90	30.33	0.95
	2	0.9484×10 ⁷	0.9483×10 ⁷	1509.66	47.11	128.54	1.30	5.90	2.00	40.00	0.91	30.61	0.96
	3	0.9472×10 ⁷	0.9472×10 ⁷	1556.61	45.11	133.84	1.35	5.88	1.71	40.00	0.90	32.08	0.97

単位: F, O (cm³) 変数 (cm)

参考文献 1) Suboptimizationによる合成工形けた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, オ1部 PP264-PP265, 1978-9.
 2) J.D.コワリック, M.R.オスボーン共著, 山本善之, 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: 鋼道路橋預算参考資料, 昭和50年度版 1975