

合成桁橋の最適設計に関する研究

長崎大学工学部 正員 小西 保則
長崎大学大学院 学生員 〇林田 桂智

1. まえがき

構造物が長大化し、構造が複雑になり、または合成桁の場合でも断面変化の数が多くなると変数・制約条件式の数が多くなるが、Suboptimizationによれば変数・制約条件式を減らすことが可能である。そこで、本研究では、最適設計例として、I形合成桁橋についてSuboptimizationによる方法で最適値を求めることを目的としている。

2. Suboptimizationによる最適化手法

Suboptimizationの方法は、変数がある1つの断面要素のみの変数 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 の関数として表す。これを次式で示す。

$$x = h(y) \text{ ----- (1)}$$

次に、(1)式を用いて構造全体の制約条件式と目的関数を y のみの関数とし、SUMT法を用いて最適値を求める。

3. 計算手順

本研究は荷重分配を考慮した2断面要素の格子合成桁橋について最適設計を行なった。なお、本研究の計算手順は図-1に示してある。最適化の手法としてはSLP法を用い、まず構造物全体の変数である桁高及び断面変化点を一定として各部材要素の最適断面を決定し、その後、桁高及び断面変化点を変数としてSUMT法により構造物全体について最適設計を行ない最適値を求める。

4. I形合成桁橋の最適設計

I形合成桁の設計変数は鋼種 S 、上フランジプレート厚 T_u 、下フランジプレート厚 T_l 、上フランジプレート幅 B_u 、下フランジプレート幅 B_l 、ウェブプレート板厚 T_w 、ウェブプレート高さ B_w 、断面変化点までの長さ C_d で2断面要素の場合13個である。ここで、鋼種も変数として扱い、41キロ鋼は $S=4$ 、50キロ鋼は $S=5$ 、58キロ鋼は $S=6$ で表わす。また、 $\alpha = (\text{支間}) / (\text{桁高})$ として α を仮定する。

(1) 設計条件

- 形式：活荷重格子合成桁
- 橋種及び活荷重：1等橋(TL-20)
- 支間：32 m
- 有効幅員：7 m
- 床版：鉄筋コンクリート20cm厚
- 舗装：アスファルト5cm厚
- 適用示方書：道路橋示方書²⁾

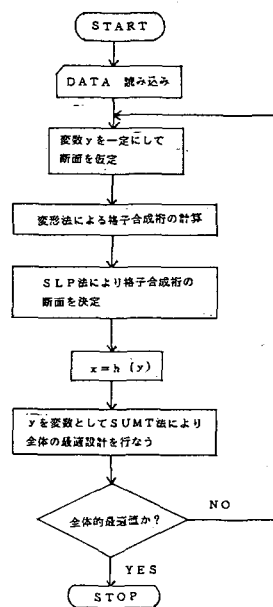


図-1 流れ図

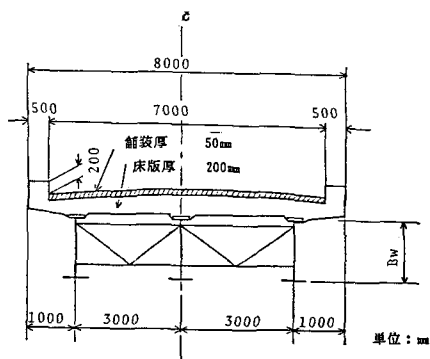


図-2 格子合成桁橋の横断面図

また対象としたモデルは図-2に示すような3本主桁の格子合成桁橋である。

(2) Suboptimization

a) 設計変数

設計変数の内々に属するものは S , T_u , T_e , T_w , B_u , B_e の6個である。断面要素番号は図-3に示すように中央断面から端部断面へそれぞれ1, 2とする。変数のサフィックス1, 2はそれぞれ断面要素の番号を示す。

b) 制約条件式

制約条件として次のようなものがある。主荷重応力, 架設応力, 床版のコンクリートのクリープ応力, 乾燥収縮応力, 温度差応力などの全応力制限, たわみ制限, 示方書による座屈防止の板厚制限, 鉄筋コンクリート床版に引張が生じないための制限, 断面寸法の上下限などである。

c) 目的関数

目的関数には材料費・工場製作費を考慮する。工費を Z とすると Z は次式で示される。

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \hat{H}_{ij} \cdot (SMH) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{ij} \cdot (SMH) + \sum_{i=1}^n P \cdot V_i \cdot C_o \cdot (CM) \quad (\text{千円}) \quad (2)$$

ここに, P : 鋼材単位重量, C_o : 鋼材単価係数, CM : 鋼材の単価, SMH : 1人1時間当りの作業単価, H_{ij} : i 工程 j 部材の作業人時間, $\hat{H}_{ij}$: i 工程 j 部材の作業人時間である。また, H_{ij} は重量・表面積の関数と考えられる。

(3) 全体の最適設計

設計変数の内々に属するものは, B_w , C_e の2個である。Suboptimizationにより求めた(1)式は Y の上下限を除いたすべての制約条件を満足しているのど, この場合の制約条件は Y の上下限値の制約条件のみを考慮すればよい。目的関数の値は各断面要素ごとに(2)式により計算し, 各断面要素を合計したものである。全体の最適設計は以上のような制約条件式, 目的関数を用い, SUMT法により値を求める。

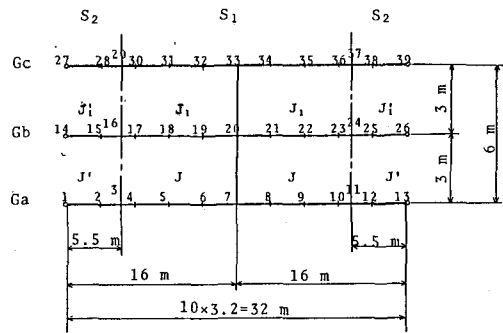


図-3 格子合成桁橋の骨組

5. 格子合成桁橋の概形

格子合成桁橋は図-3に示されているように, 各主桁を10等分して変形法により計算した。ここに, J , J' : G_a , G_c 桁の断面1, 2の断面2次モーメント, J_1 , J_2 : G_b 桁の断面1, 2の断面2次モーメントを表わす。

6. 結果

α , C_e の値を仮定すると, 主桁に関しては $\alpha=17.3$ の場合が最も $Cost$ が小さくなった。その場合の最適設計値を表-1に示す。この場合の $Cost$ は3905.32 ($\times 1000$ yen)であった。以上のことより長大複雑化した構造物なども, Suboptimizationにより変数制約条件式を裁ることが出来, 収束が容易となる。以上述べたことは主桁についての最適設計の結果であるが, 格子合成桁橋全体についての最適設計は講演時に発表する予定である。

(参考文献) 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 文叢, 1973

2) 在団法人日本橋梁建設協会: 鋼道路橋原価計算表 3) 長 尚: 構造物の最適設計, 朝倉

4) 小西保則: 土木学会, 第33回年次学術講演会講演概要集, PP264-265, 1978-9

変数	外 桁	中 桁
S_1	4.0	4.0
S_2	4.0	4.0
T_{u2} (cm)	1.48	1.45
T_{u1} (cm)	1.00	1.00
T_{12} (cm)	2.56	2.14
T_{11} (cm)	1.36	1.38
T_w (cm)	1.22	1.22
B_{u2} (cm)	38.44	37.66
B_{u1} (cm)	24.79	24.67
B_{12} (cm)	61.67	61.67
B_{11} (cm)	43.43	44.24
Weight (ton)	5.2753	5.0525
	15.6031	
Cost ($\times 1000$ yen)	1314.18	1276.96
	3905.32	

表-1 最適設計値