

パソコンによる骨組構造物の最適設計に関する研究(第2報)

長崎大学工学部 ○学生員 龍 博志

長崎大学工学部 正員 小西保則

長崎大学工学部 学生員 前田義孝

1 はじめに

一般に構造物が長大化し、複雑になると、変数、制約条件式の数が共に多くなり、最適設計が困難になる。しかし、そのような場合でも、Suboptimizationによれば変数、制約条件式の数を減ずることができることによって容易に最適設計ができるというのは先に述べた。今回も前回に引続き、パーソナルコンピューターを使って、骨組構造物の最適設計を含んだ自動設計製図のプログラム開発の準備的研究を行った。まず静定トラスに於いて、SLP法のみ用いて解析した結果と本法のSuboptimizationを用いて解析した結果を比較した後に、斜張橋に於ける最適設計を行う為の構造解析プログラムの研究から進めていった。

2 Suboptimization による最適設計の手法

本手法については先に1)に詳細に述べられているが、設計変数を

2つのグループに分ける。

○各部材要素のみに関する変数群; $x_I, x_{II}, \dots$

一般に x_N

○構造物全体に共通な変数群 ; y

一般に最適設計の問題として

(制約条件式)

$$g_{NI}(x_I, x_{II}, \dots, x_N, y) \leq 0 \quad \text{--- ①}$$

$$g_{NII}(x_I, x_{II}, \dots, x_N, y) \leq 0 \quad \text{--- ②}$$

$$g_N(y) \leq 0 \quad \text{--- ③}$$

(目的関数)

$$Z = f_I(x_I, x_{II}, y) + f_{II}(x_I, x_{II}, y) + \dots \rightarrow \min \quad \text{--- ④}$$

静定構造物で変位制約がない場合

$x_I, x_{II}, \dots$ 互いに独立。

y を一定とすると、制約条件式、目的関数共に独立。

故に

$$g_{NI}(x_I, y) \leq 0$$

$$g_{NII}(x_{II}, y) \leq 0$$

!

$$Z = f_I(x_I, y) + f_{II}(x_{II}, y) \rightarrow \min$$

SLP法を用いて y を一定として①, ②の制約条件のもとに

$$g_{NI}(x_I, y) \leq 0$$

$$Z_I = f_I(x_I, y) \rightarrow \min$$

とする x_I の最適値を求め $x_{I0} = h_I(y)$ なる関係式を求める。これを①, ②, ③に代入すると、 y のみの関数となる。次にSUMT法を用いて③の制約条件のもとに④を最小にする y の最適値を求める。

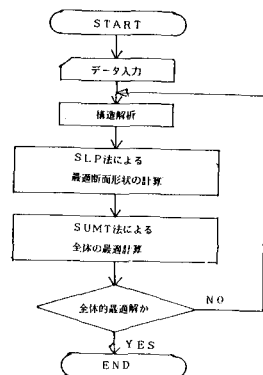


図-1 Suboptimizationによる最適化プログラム

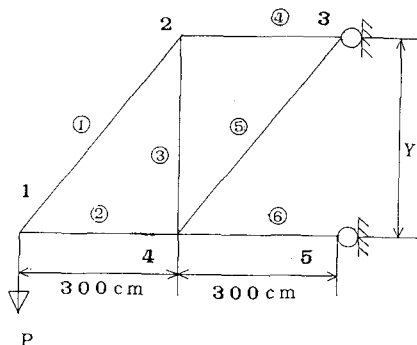


図-2 6本静定トラス

4. が求まる。よって
 $\alpha_{10}, \alpha_{20}, \gamma$ が求まる。
 この手法の流れ図を図-1に
 示す。

3 最適設計例

図-1の例で本法とSLP法
 と比較してみた。

設計条件; 支間 $L = 600 \text{ cm}$

荷重; $P = 10 \text{ kN}$ 。設計変数

本法では, α に属するもの断

面積, $X_{11}, X_{21}, X_{31}, X_{41}$

X_{51}, X_{61} 。 γ に属するもの, 高さ, Y 。SLP法では, 2つ

のグループに分けず, 断面積, $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5,$

X_6 , と高さ X_7 。制約条件; 応力制限; 101-許容応力

(σ_a) ≤ 0 。 $\sigma_a = 10 \text{ kN/cm}^2$ 。断面積の上下制限値,

$200 \text{ cm}^2 \leq \alpha \leq 0$ 。高さの上下制限値, $600 \text{ cm} \geq \gamma \geq$

300 cm 。目的関数; $Z =$ 全部材の総体積, 即ち最小重量設

計とする。

計算結果は, 本法によるものは, 表-1に, SLP法によるも

の表-2に示す。

4 斜張橋の最適設計の為の予備的研究

斜張橋をヒンジ部材を含んだ一種のラーメンとみなして構造解析してい

くことにした。手初めに図-3に示したヒンジ材を含んだラーメンを有

限要素法に基づいたプログラム2)を用いて計算してみた。断面積は,

①~③は 0.05 m^2 。④は 0.02 m^2 。断面2次モーメントは, ①~③

は 0.001 m^4 。④は 0.0005 m^4 である。この計算結果は, 表-3

及び, 表-4に示す。

5 結論

静定トラスに於いては, SuboptimizationとSLP法

の2つの手法の計算結果を比較したところ最適値はほぼ同じである。

このことにより, パソコンに於いても, Suboptimization

を用いて十分良好な結果が得られるということが確認できた。

図-3のヒンジ材を含んだラーメンの構造解析の計算結果も, 良好な

値が出たように思える。これをもとにして斜張橋の解析をしていく,

参考文献

1) Y. KONISHI and Y. MAEDA: Optimum Design of TRUSSES
 USING Suboptimization. Proc. of JSCE NO. 333. PP-181,

1983. 2) 小堀・吉田: 有限要素法による構造解析プログラム, 丸善, 1980年12月, PP.

39~52

表-1 6本静定トラス 例1の計算結果

CASE	初期値							最適値							目的関数	収束
	X_{11} cm^2	X_{21} cm^2	X_{31} cm^2	X_{41} cm^2	X_{51} cm^2	X_{61} cm^2	Y cm	X_{11} cm^2	X_{21} cm^2	X_{31} cm^2	X_{41} cm^2	X_{51} cm^2	X_{61} cm^2	Y cm	Z cm^3	判定値
1	1.60	1.20	1.20	1.20	1.60	2.20	300.0	1.230	0.713	1.002	0.713	1.230	1.426	421.6	2545.6	e
2	1.40	0.90	1.10	0.90	1.40	1.80	400.0	1.230	0.708	1.010	0.708	1.230	1.416	424.5	2545.5	e
3	1.40	0.90	1.10	0.90	1.40	1.80	400.0	1.233	0.714	1.001	0.714	1.233	1.428	421.1	2545.6	e/10

表-2 SLP法による6本静定トラス 例2の計算結果

CASE	初期値							最適値							目的関数	収束
	X_1 cm^2	X_2 cm^2	X_3 cm^2	X_4 cm^2	X_5 cm^2	X_6 cm^2	X_7 cm	X_1 cm^2	X_2 cm^2	X_3 cm^2	X_4 cm^2	X_5 cm^2	X_6 cm^2	X_7 cm	Z cm^3	判定値
1	1.60	1.20	1.20	1.20	1.60	2.20	450.0	1.235	0.719	1.004	0.719	1.235	1.438	420.8	2544.6	e
2	1.60	1.20	1.20	1.20	1.60	2.20	410.0	1.222	0.702	1.000	0.703	1.222	1.405	427.4	2545.5	e/10

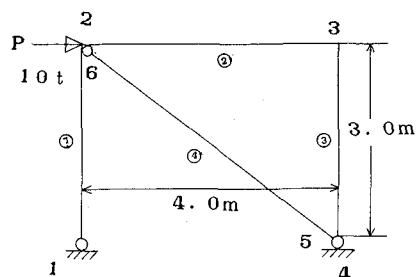


図-3 門型ラーメン

表-3 節点力

	RX	RY	RMZ
1	-.2504E+01	-.3750E+01	.5325E-06
2	.5000E+00	.0000E+00	.2861E-05
3	.1097E-04	.2384E-06	.0000E+00
4	-.2496E+01	.3750E+01	-.5515E-06
5	-.9669E+02	.7252E+02	.1136E-06
6	.9669E+02	-.7252E+02	.1081E-06

表-4 部材力

	AXIAL FORCE	SHEAR FORCE	BENDING MOMENT
1 1	-.3750E+01	.2504E+01	.5325E-06
2 2	.3750E+01	-.2504E+01	.7511E+01
2 2	.2496E+01	-.3750E+01	-.7511E+01
3 3	-.2496E+01	.3750E+01	.7489E+01
3 3	.3750E+01	.2496E+01	.7489E+01
4 4	-.3750E+01	-.2496E+01	-.5515E-06
4 5	.1209E+03	.2187E-05	.1136E-06
6 6	-.1209E+03	-.2187E-05	.1087E-06