

横河橋梁製作所 正員 ○花村義久
横河橋梁製作所 石村久治

1. まえがき

最近の電子計算機の発達とそれともなう数理計画法の急速な発展によって、構造物の設計にも最適化の技法を持ち込める素地が生れて来ており、以前に比べるとかなり具体的に根拠ある取り組みが可能になって来ている。しかし、我々の当面する設計においては、変数の数は非常に多く、しかも目的関数、制約式ともに非線形である。また、離散変数として取り扱わなければならないものも多く存在している。したがって、従来の数理計画法をそのまま適用しても、問題がただ複雑になるだけで、最適設計として実用化することは難かしく、この点をどう解決するかということが大切になる。

本報告では、連続桁の最適設計について、これらの問題を実用的な観点から取り上げ計算例を示した。課題を2つに分けて考え、はじめに鋼重を最小にする断面変化位置と桁高を決定する問題を取り上げ、この問題にSUMTの適用が可能であることを確認した上で、次にこの計算結果である断面変化位置を *Suboptimization* として利用しながら、材料費を含む工場製作費を最小にする断面変化数、桁高、材質を求める問題を取り上げた。

2. 最適化手法

こゝでは、非線形の最適化問題としてSUMTを適用した。SUMTにおいては、拘束条件のある最適化問題を拘束条件のない問題に変換するが、この拘束条件のない問題としてPOWELLの方法を採用した。POWELLにおける1変数の関数の最小点を求める問題には、FIBONACCIの方法を用いた。上の変換には、次の式を用いた。

$$P(X, Rk) = F(X) + Rk \sum_j \frac{1}{G_j(X)}$$

こゝに、 $F(X)$ は目的関数、 $G_j(X)$ は制約条件式、 Rk は重み係数である。

こゝで、離散変数は、いくつかの離散点を満足する連続関数を作ることによって、それを連続変数として取り扱うことにした。すなわち、ある設計点と N 次元空間におけるベクトルの各方向の両側の離散点の目的関数を満足し、各方向の切断線が2次曲線になるような曲面を考えて連続関数を作ろうとするもので、それは次式における定数 A_j, B_j, C を求めることによって得られる。

$$F_i = \sum_{j=1}^N A_j X_{ij}^2 + \sum_{j=1}^N B_j X_{ij} + C \quad (i=1, 2, \dots, 2N+1)$$

3. 連続桁の最小鋼重設計

目的関数を鋼重、設計変数を断面変化位置と桁高とし、制約条件としてフランジの長さや桁高の制限を設けて最小鋼重設計を行った。図・1は幅員7.5m、支間40+50+40mの場合の計算結果である。これらの計算を多数のケースについて行うことによって各支間と断面変化数に対する断面変化位置を求め、最小コスト設計の *Suboptimization* として利用した。

4. 連続桁の最小コスト設計

こゝでは、鋼材費と製作費という相反する要素を中心に全体のコストを最小にする最適設計を試みた。設計変数は、断面変化数、材質、桁高とし、断面変化位置は3の結果を利用した。断面変化数、材質は離散変数であるが、これは2で述べた考えによっている。

目的関数は、次式で与えられている。

$$F = C_{MT} + C_{FB}$$

$$\text{ただし } C_{MT} = \sum_{i=1}^N K_{MT,i} \times W_{g,i}$$

$$C_{FB} = K_W \times W_W + (1 + \alpha) \times K_L \times H$$

ここに、 F ：工場原価、 C_{MT} ：鋼材費、 C_{FB} ：製作加工費、 $K_{MT,i}$ ： i 部材の鋼材単価、 K_W ：溶接棒の単価、 $W_{g,i}$ ： i 部材の重量、 W_W ：溶接棒の重量、 K_L ：1人工の単価、 H ：所要工数、 α ：工場間接費に関する係数。なお、制約条件としては各変数の上下限を与えた。

表・1は、幅員7.5mの三径間連続桁の各支間に対する結果であり、図・2はそのうち支間40+50+40mの場合の収束の状態を示したものである。SUMTにおいては、他の非線形問題と同じく最適値が必ずGLOBALなものになるという保障がない。著者らの計算においても、初期値によってはLOCALなものとなった。この様子を理解するために設計空間図を図-3に示した。

この他、Rの初期値、許容誤差などの影響を知るために各種の計算を行なったが、その結果は講演当日に報告する。

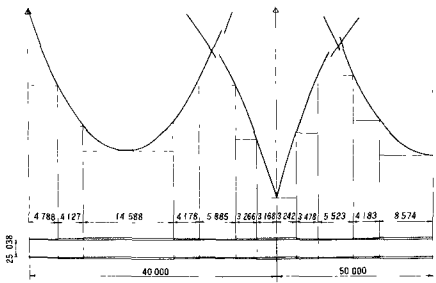


図-1 曲げモーメント図と断面変化位置

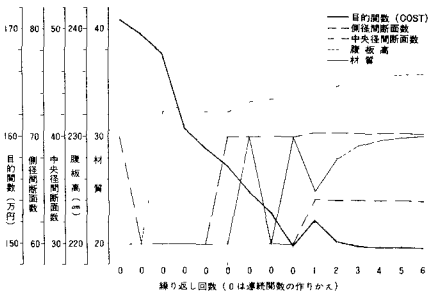


図-2 目的値および変数の収束状態

表-1 中央支間 30, 40 および 50 m の場合の計算結果

支 間 (m)	COST(万円)	側径間断面数	中央径間断面数	腹板高 (mm)	使 用 材 質					
					1	2	3	4	5	6
24+30+24	63 668	41 038	33 461	186 059	15 292	29 997	23 729	29 993	23 679	29.947
32+40+32	100 351	61 925	33 326	210 634	20 088	29 997	29 993	29 993	29.993	29.988
40+50+40	149 681	70 260	33 940	235 776	29 995	29 443	29.895	29 562	29.995	29.988

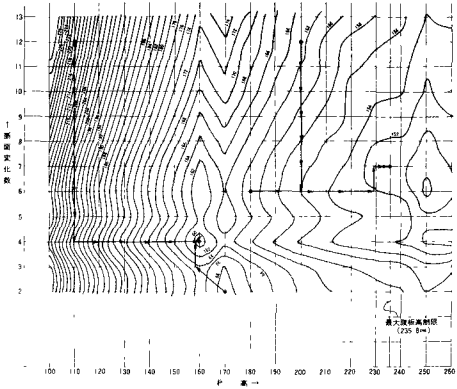


図-3 設計空間図(断面変化数, 桁高, 目的値の状態と初期値との関係)