

川崎重工(株) 正会員 水上義彦
 川崎重工(株) 正会員 中谷忠男
 川崎重工(株) 正会員 赤尾 宏

1. まえがき

斜張橋は、周知の通り、他形式橋梁に比べて設計上の自由度が高く、最適な基本形状、寸法を定めることが困難な形式と言える。この問題については、これまで静力学面での定性的な研究が行なわれ、ほぼ明らかにされているが、定量的な考察については十分でないと思われる。この定量的な問題を取扱うとき、ケーブルプレストレスをいかに決定するか一つの大きな問題となる。本論文は、定量的な考察を進めるため逐次線形計画SLP (Sequential Linear Programming) を用いることによって、合理的なケーブルプレストレスの決定を行なった。さらに、この手法を用い、主桁、塔、ケーブルについて全体的な評価を行なうことによって、最適設計を試みたものである。

2. ケーブルプレストレスの決定法

このような問題を取扱う一つの方法として、従来より桁橋などに応用されている最適設計法がある。ここでは、これらの中で比較的収束の良いSLPを用いた。ケーブルプレストレスを決定する際の基本条件として、以下のものを設定した。

- (1) 構造解析は平面骨組系で行うものとする。
- (2) 有限変位理論およびケーブルによるサグの影響は考慮しない。
- (3) 動的な問題については考慮しない。
- (4) 曲げモーメントおよび軸方向力のみに着目し、曲げねじり、せん断力、Shear lag、応力集中などについては考慮しない。

○ケーブルプレストレスは、図-1に示す様な、完成系からケーブルを取り除いた構造系に作用させる斜方向の荷重で示している。

○目的関数としては最小重量を用いた。目的関数の設定においては、箱断面の基本寸法および縦リブ、腹板厚を一定とした。この研究においてはコアモーメントと断面係数、断面積の関係により、作用力に対する所要断面積を求め、これに部材長と単位体積重量を乗じることにより、重量を求めている。このとき、目的関数は次式で与えられる。

$$Z(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^{NG} ZG(X_1, X_2, \dots, X_n) + \sum_{j=1}^{NT} ZT(X_1, X_2, \dots, X_n) + \sum_{k=1}^{NC} ZC(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

ここに $X_1, X_2, \dots, X_n$: 設計変数 (ケーブルプレストレス)

ZG : 主桁の目的関数

ZT : 塔の目的関数

ZC : ケーブルの目的関数

○図-2にSLPのフローチャートを示す。

なお、設計変数が振動して収束しない場合には、Adaptive Move Limitを用いている。また、SLPは設計許容領域の形状が凹になると必ずしもグローバルな最適解に達する保証がない。このため、ここでは初期値をいくつか変えて計算し、その中で目的関数を最小とするものを最適解としている。

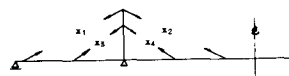


図-1 ケーブルプレストレス

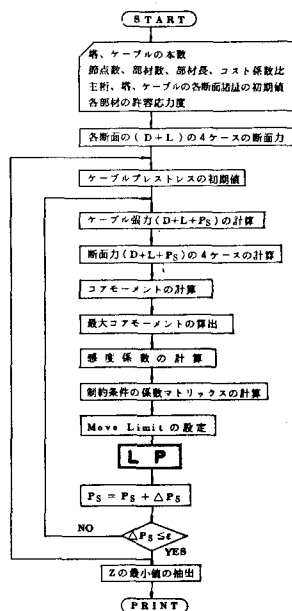
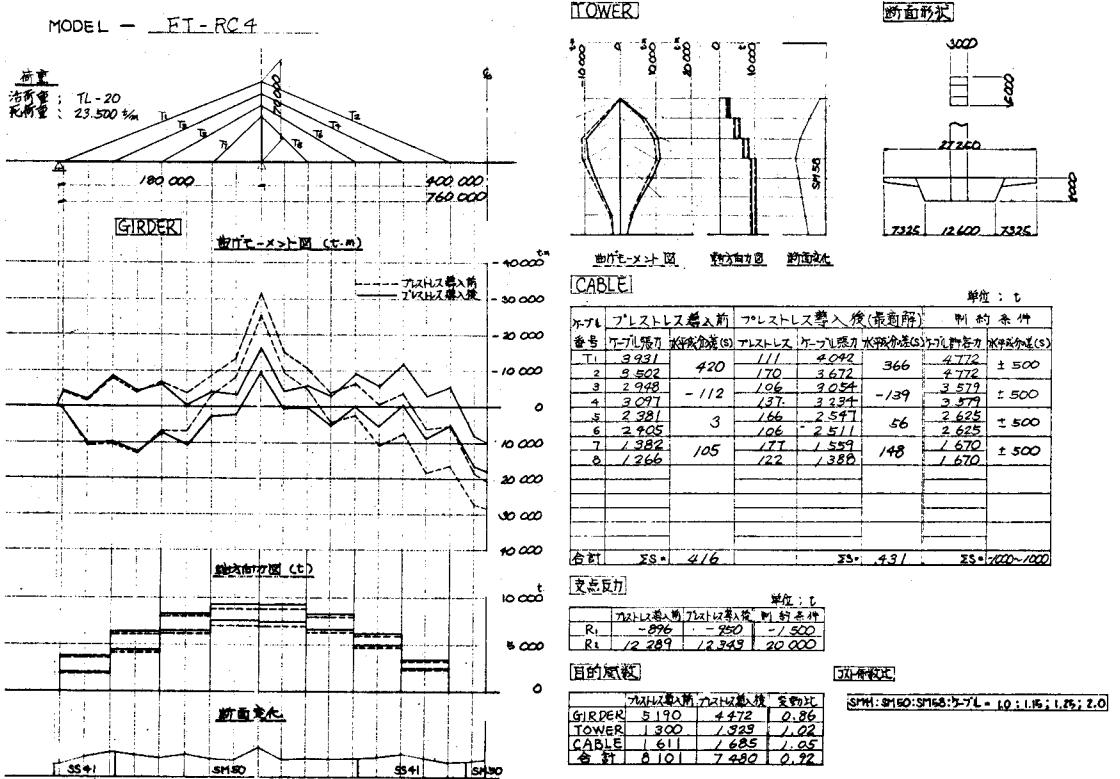


図-2 SLP のフローチャート

3. 数値計算例

ケーブルプレストレス決定法の手順に従って、いくつかの近似的な最適設計を試みた。以下にその数値計算結果の一例を示す。なお、この数値計算例においては次の値を用いている。

- (1) ケーブルの許容応力度は $\sigma_a = 5600 \text{ kg/cm}^2$ とする。
- (2) ケーブルプレストレスの初期値は $100^t, 200^t, 300^t, 400^t, 500^t$ の5ケースとする。



4. まとめ

数値計算結果により、本プログラムの妥当性について考察する。

- (1) 主桁の曲げモーメントおよび断面変化の分布形状は、各ケース共平滑化されており、主桁の応力調整はほぼ完全に行なわれている。
- (2) ケーブルプレストレスは $100^t \sim 500^t$ であり、実用的な範囲にある。
- (3) 各ケース共、塔およびケーブルの目的関数の値には大きな変動はなく、主桁において $93\% \sim 83\%$ に減少している。主桁、塔、ケーブルの合計においては $97\% \sim 90\%$ に減少し、橋梁全体の経済性を高めており、ケーブルプレストレスの導入による効果が表われている。

以上(1)、(2)、(3)より本プログラムによって任意形式の斜張橋のケーブルプレストレスを合理的に決定することができると考えられる。なお、ここで示した数値計算例はIBM370-168により計算され、その計算時間は約15~20秒であった。