

(株) 春本鐵工所 正員 大宮司 尚

" 木 本 栄 一

" ○水 谷 克 己

1. まえがき

斜張橋の最適基準設計に関しては、補剛桁・ケーブル系についての基本的計算手法は文献¹⁾に発表した。本文では、さらに若干の理論的根拠の説明と、補剛桁・ケーブル系のみならず、斜張橋には経済的設計のためにも不可欠と思われるプレストレスの設計、そして、塔の最適設計、および、架設応力度の照査を付け加えることにより、斜張橋上部構造における総合的なコストの評価を行って、斜張橋の最適設計を行つた。

2. 最適設計手法

a) 最適パラメーター設計

補剛桁・ケーブル系の最適設計手法としては次の様な手順による。まず、3.で述べるような斜張橋の力学的特性を利用して構造特性パラメーターにより、プレストレス導入前の概略設計を能率よく行い基本剛性を決定する。決定のための目的関数としては、補剛桁・ケーブルの材質に応じた評価係数によつて算定したコスト評価重量を選ぶ。得られた基本系断面にプレストレスを合理的に導入し、最適パラメーター(K_{opt})が決定される。

b) 最適プレストレス量の決定

決定された基本系断面に対し、最適プレストレス量を次のように決定する。ケーブル引張応力度が許容応力度に余裕のある基本系に、上段および下段ケーブルのプレストレス量の上限値、下限値の指定範囲内の組合わせによるプレストレスを与えて補剛桁・ケーブル系のコスト評価重量を計算し、それらの中で、ケーブルの応力度が許容引張応力度の制限を満たし、かつ、コスト評価重量が最小となるケースを、最適プレストレス量とする。

c) 塔の最適設計

塔の剛性が補剛桁・ケーブル系の断面力に与える影響は小さいので、塔の設計は独自に行うことができる。荷重は、死荷重、活荷重、プレストレス荷重、および、風荷重を考える。塔断面は、形状および材質を種々変化させて全応力設計を行い、仮定剛度と実剛度とが一致する迄繰り返し計算を行つた。その結果のうちに、鋼重が最小となる断面を最適として選び、コスト評価重量は考慮しなかつた。

d) 架設時の応力照査

架設時における応力照査は、最適プレストレスが導入された完成系を基準として、架設方法とは逆に順次、部材を取り除いてゆき、各段階における断面力により照査した。また、各段階におけるたわみ量を架設時の初期たわみとして与えることによつて、最終的に所要のプレストレスが導入される。

以上の最適設計手法の概略フローを図-1に示す。

3. 斜張橋の構造特性

プレストレス導入前の基本剛性の決定に際しては、仮定剛度における断面力を一度計算するだけで繰り返し計算は必要としない。それは以下のような

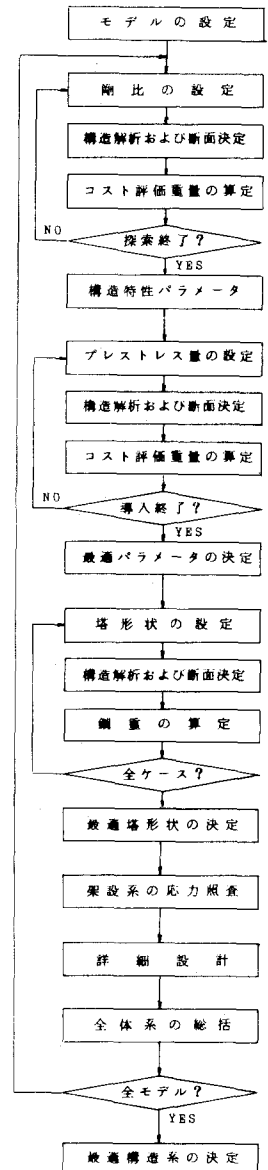


図-1 最適化の流れ

理由による。



図 - 2

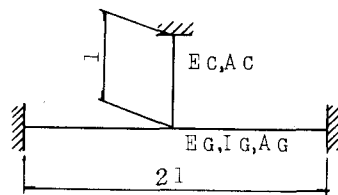


図 - 3

図-2に示される一般的な斜張橋は、基本的には図-3に示す構造モデルに単純化することができる。ただし、このモデルでは塔の変形は無いものと考えているが、実際の斜張橋においても塔の変形が補剛桁ケーブルに与える影響は小さく、このモデル化は妥当であると考えられる。

さて、最適パラメーター設計において重要な意味を持つ構造特性パラメーター δ は、(1)式で定義される。

$$\delta = EGIG / ECAC \quad \text{--- (1)}$$

ここで $EGIG$: 補剛桁の曲げ剛性

$ECAC$: ケーブルの伸び剛性 である。

構造モデルにおける剛性マトリックス K は(2)式で表わされるが、 $EGIG$ 、 $ECAC$ が変化したとき、 δ の値は変化しないとするれば、つまり、補剛桁とケーブルとの剛比が一定であれば、剛性マトリックスが $K = n \cdot K$ となる事は明らかである。したがって、構造特性パラメーターが等しければ、断面力は等しくなるという最適パラメーター設計を行う上での重要な特性を導くことができる。ただし、(2)式では ケーブルを斜めに張つた時に生ずる補剛桁の軸力に関する、補剛桁とケーブルの伸び剛性の連成項が考慮されていないが、 $EGAG$ は $EGIG$ の従属変数であることを考えれば、やはり、上述のように考えることができる。したがって、仮定剛度による断面力で計算された補剛桁の断面二次モーメント IG に対し、実剛度による構造特性パラメーター δ_{real} を仮定剛度による構造特性パラメーター δ_{try} に一致するようにケーブルの断面積 AC を決定すれば、実剛度による繰返し計算をせずに、仮定剛度による断面力をそのまま利用することができる。また、この δ -特性を利用するにあたって、 $EGIG$ 、 $ECAC$ は全断面にわたる平均値を用いているが、プレストレス導入後に得られる断面はほぼ一定断面であると考えられるので、平均値を用いる事は妥当であると思われる。

$$K = \begin{bmatrix} \frac{2EGAG}{1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{24EGIG}{1^3} + \frac{ECAC}{1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{8EGIG}{1} \end{bmatrix} \quad \text{--- (2)}$$

4. 最適パラメーター

最適設計によつて得られた補剛桁・ケーブル系に対し、最適パラメーターは(3)式で定義される。

$$K_{opt} = EGIG / ECAC \cdot HG^2 \quad \text{--- (3)}$$

ここで、 HG は補剛桁のウェブ高である。また、補剛桁の断面二次モーメント IG は、

$$IG = \alpha \cdot AG \cdot HG^2 \quad \text{--- (4)}$$

と表わされると考えると、 α は断面固有の定数となつて(3)式は(5)式のように書くことができる。

$$K_{opt} = \alpha \cdot EGAG / ECAC \quad \text{--- (5)}$$

つまり、補剛桁とケーブルの断面積の比で表わされる最適パラメーター K_{opt} が、斜張橋の最適設計をする上での基準として表わされる。

5. 計算対象モデルと計算結果

以上述べた方法により、同一スパンを有する、ハープ形式、フアン形式の3段および4段ケーブル、そしてマルチケーブルを対象として最適設計を試みたが、結果については講演会当日、スライドを用いて発表する次第である。

参考文献 1) 山田善一・大宮司 尚：斜張橋の最適基準設計に関する研究 土木学会論文報告集第253号