

マルチケーブル斜張橋の最適パラメータ設計

京都大学工学部 正員 山田 善一
 株式会社鉄工所 正員 大宮司 尚
 京都大学工学部 学生員 新家 晴義

1. まえがき

近年、経済性に富み美観にもすぐれた橋梁形式として、斜張橋が建設される機会が多くなり、それに伴って多くの定性的な研究がなされ、力学的特性はほぼ明らかにされている。しかし、斜張橋においては鋼部材とケーブルの許容応力度及び建設コストが著しく違うため、最適化の手法として全応力設計法を用いた場合、かなりの経験と比較設計が必要となるものと予想される。また、制約条件もしくは目的関数が往々にして非線形となるのであるが、この場合には、通例、非線形計画法が用いられる。しかしながら、この場合も多く設計変数について最適化を試みなければならず、設計変数が増加するに従って求められた収束値は信頼性に乏しく計算時間も増大する。そこで、コスト及び強度のかなり異なる構造系における最適設計法として、最適基準設計が注目されている。

2. 最適設計法

本研究では、構造物全体を表す基準を何か定めることによって、許容応力度の制約のもとに部材の最適な配分を決定し、安全性と経済性とも同時に保証する実用的な設計を目指すものである。最適基準設計に関する研究としては、ケーブル本数8本の3径間斜張橋をモデルにした山田・大宮司の研究²⁾があるが

本研究では、マルチケーブル3径間斜張橋を用い、塔の剛性を一定とした場合のケーブル・主桁系の近似的な最適設計を試みる。モデル概要をFig.1に、主桁断面をFig.2に示す。

1) 静力学的特性

主桁の曲げ剛性 $E_g I_g$ とケーブルの伸び剛性 $E_c \Delta A_c$ との比率、すなわち剛比がほぼ等しい場合、Fig.1で示すようにほぼ等しい格点断面力が得られる。

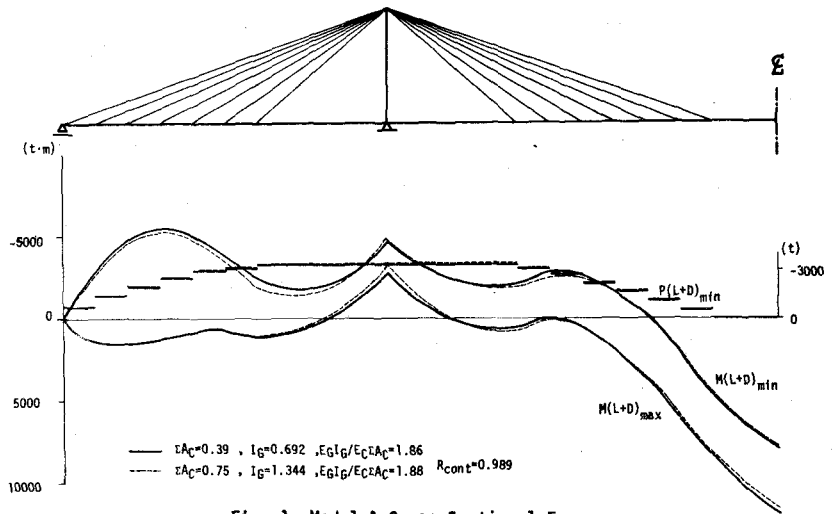


Fig. 1 Model & Cross-Sectional Force

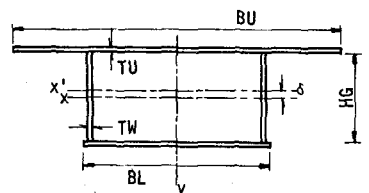


Fig. 2. Cross Section of Main Beam

2). 最適パラメータ条件

1) の特性に注目して最適パラメータを求めるのであるが、その必要条件を記す。

① プレストレス導入後の最適なケーブル・主桁系の推定が可能であること。

② 最適パラメータによって仮定剛度とそれに基づく実剛度が与えられ、仮定断面の剛比と実断面のそれとの違いが許容値内におさまっていること。

条件②として、仮定断面と実断面との剛比の比率、剛比基準 R_{cont} を $0.9 < R_{cont} < 1.1$ とする。さらに、コスト評価として施工コストを含む換算コストを $SS41:SM50:ケーブル = 1:1.15:2.0$ とした。

3) Element-Optimization

上記の仮定のもとに、主桁の最小コストを point 探索法で求める。ここで経済的な材質の組合わせ、板厚が決定され、これを基本剛性とする。

設計変数 上・下フランジ厚

制約条件 上フランジ厚 $\geq 18\text{mm}$, 下フランジ厚 $\geq 12\text{mm}$, $2 \leq \text{桁高} \leq 4\text{ (m)}$

応力度及び安定による制約は道路橋示方書³⁾に従う。

目的関数 施工コストまで含めた桁コスト

4) プレストレスの導入と最適パラメータの決定

斜張橋では、通常、プレストレスの導入によって主桁応力を調整するので、ケーブル断面に余裕をもたせて剛比を決定する必要がある。ここでは、プレストレスを外荷重と考え、合理的に導入された場合の最適パラメータを point 探索法により求める。2) の条件を満たすパラメータとして、 $K_{opt} = E_g I_g / E_c \Sigma A_c H_g^2$ が得られた。

5) 最適設計の定式化

設計変数 主桁の断面2次モーメント及びケーブル断面積。

制約条件 ケーブル応力度が許容応力度内。主桁の応力度及び安定に関するもの。

目的関数 施工まで含めた主桁及びケーブルのコスト。

以上のように定式化され、主桁のコストは Element-Optimization により決定される。

3. 数値計算例

Fig.1 のモデルについて、ケーブル形状に関して次の4タイプを考慮した。

Type 1. ケーブルの断面積が等しい場合。

Type 2. 2つの等断面積の群に分けた場合。

Type 3. 最上段ケーブル断面積を基準としてケーブル長の比により変化させた場合。

Type 4. 最上段ケーブル断面積のみが他のケーブル断面積と異なる場合。

以上について現在計算中であり、結果は当日、スライドを使って発表する。

参考文献

- 1) 前田 幸雄他：「斜張橋の剛性による静力学的特性に関する一考察」土木学会論文報告集 No. 199号
- 2) 山田 善一他：「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 No. 253号
- 3) 日本道路協会・道路橋示方書，1973