

東洋大学^{*1}

東洋大学

東洋大学

三井共同建設コンサルタントKK^{*2}

学生員 青島 正三

学生員 樋口 幸太郎

正会員 新延 泰生

正会員 山下 喜三郎

1. はじめに

斜張橋は、ケーブルにプレストレスを導入することにより、主桁にかかる曲げモーメントを全スパンにわたって最小かつ平均化させる特徴を持っており、このプレストレス力の決定は斜張橋特有の設計事項である。

本研究では、この最適なプレストレス力を感度解析、多目的線形計画法を用い導き出している。

2. 感度解析

剛性マトリクスを $[K]$ 、変位ベクトルを $\{v\}$ 、荷重ベクトルを $\{F\}$ 、プレストレスの荷重ベクトルを $\{F_p\}$ とすると、変位法による状態方程式は、

$$[K]\{v\} = \{F\} + \{F_p\}$$

となる。この式を設計変数 f_{pi} で偏微分すると

$$[K]\left\{\frac{\partial v}{\partial f}\right\} = \left\{\frac{\partial F_p}{\partial f_{pi}}\right\}$$

となり、 $\{\partial v / \partial f_{pi}\}$ は i 部材の設計変数 f_{pi} に対する各変位の感度係数を表し、この感度係数は定数になるので、応答の推定は、次式で行える。

$$z_{k+1} = z_k + \sum_{i=1}^m \frac{\partial z_k}{\partial f_{pi}} \delta f_{pi}$$

また断面力についても同様である。

3. グローバル評価法

グローバル評価法とは、多目的線形計画法の手法の一つであり、それぞれの目的関数による単一目的線形計画法を解いて得られる理想値から目的関数の相対偏差を求め、次に、その結果を目的関数の係数にもつ線形計画問題を解くことにより、最良な妥協解を得る手法である。

4. 解析モデル

本研究の面内解析モデルを図1に、断面性能を表1に示す。図1は、モデルを要素に分割したものであり、数字は節点番号を表す。

5. 数値解析

解析の流れは、図2に示すとおりである。荷重条件

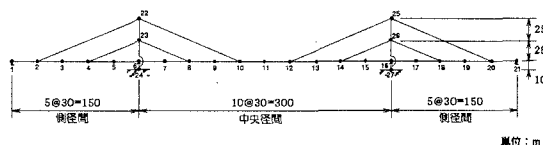


図1・面内解析モデル

表1・断面性能

部材	A (m ²)	I _z (m ⁴)	E (tf/m ²)
主桁	1.13	2.25	2.100E+07
塔	2.70	3.49	2.100E+07
ケーブル	0.10	0.00	2.100E+07

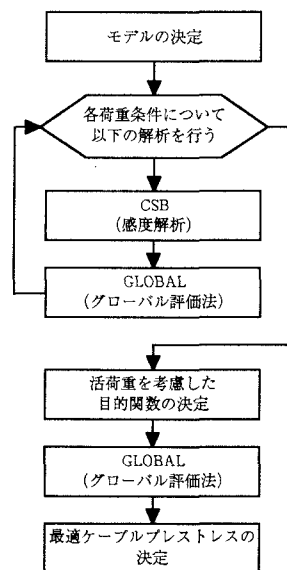


図2・解析の流れ

キーワード：斜張橋ケーブルプレストレス、感度解析、多目的線形計画法

連絡先：^{*1}〒350-0815 埼玉県川越市鯨井2100 TEL 0492-39-1402 FAX 0492-31-4482

^{*2}〒169-0075 東京都新宿区高田馬場1-4-15 TEL 03-3207-0231 FAX 03-3205-5794

は、死荷重+活荷重の等分布荷重、前記の等分布荷重+移動荷重、この移動荷重の作用位置が節点6を除く節点2から11までの計10通りである。この条件のもとでCSB、GLOBALのプログラムを用い解析を行う。また、この段階でのグローバル評価法の目的関数は桁の各節点の曲げモーメントであり、制約条件は曲げモーメントの上限値および下限値、鉛直変位の制限、塔に曲げモーメントを発生させないための制限、ケーブルの許容応力である。

ここまでの解析結果の例として2つの荷重条件の曲げモーメントの推移を図3、4、ケーブルプレストレス力を表2、3に示す。

2組の図、表を見比べると曲げモーメントの推移は同じように均一化されているが、最適プレストレス力を見ると当然の結果ではあるが値は全然違い、ある荷重条件で求められたケーブルプレストレス力は他の荷重条件では利用できない。即ち、ここまでで求めた10個のケーブルプレストレス力をもとに、新たなケーブルプレストレス力を導き出す必要がある。

そこでグローバル評価法のなかでも利用されている相対偏差を使用し、活荷重を考慮した目的関数を導き出す。各荷重条件別に各節点の曲げモーメントの収束値から各目的関数の相対偏差を求め、それらの和を目的関数とする。よって目的関数は荷重条件の数の10個となる。なお制約条件については、前段階のグローバル評価法での制約条件に、移動荷重が節点11以降も考慮するための制約条件をつけ加えた。

得られた最適ケーブルプレストレス力を表4に示し、そのプレストレス力を採用した斜張橋に実際に移動荷重が通過したときの曲げモーメントの推移を図5に示す。但し、見やすくするため移動荷重が節点2、4、7、9、11のものを表している。

6. おわりに

今回の研究では、グローバル評価法を各荷重条件別での第1段階、この結果を利用したの全荷重条件での第2段階で使用する事により、活荷重を考慮した最適ケーブルプレストレス力を比較的簡単に決定する事ができた。

(参考文献)

- 1) 林聡：斜張橋の最適ケーブルプレストレス力の決定法に関する研究 修士論文 1993
- 2) 茨木俊秀・福島雅夫著：最適化プログラミング
- 3) 大塚久智監修 部定式斜張橋研究会：長大斜張橋の解析と設計

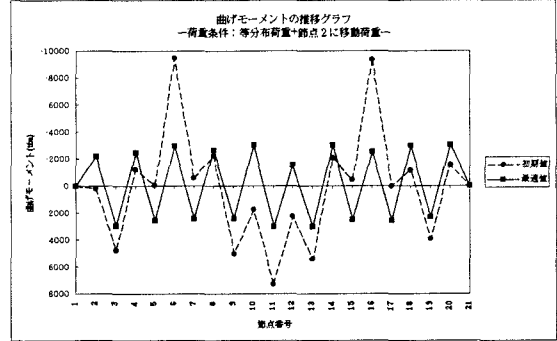


図3・曲げモーメントの推移

表2・ケーブルプレストレス力

ケーブルNo	1	2	3	4	5	6	7	8
ケーブルプレストレス力(kg)	1973.2	1942.4	1942.4	1973.2	1767.9	2077.5	2077.5	1767.9

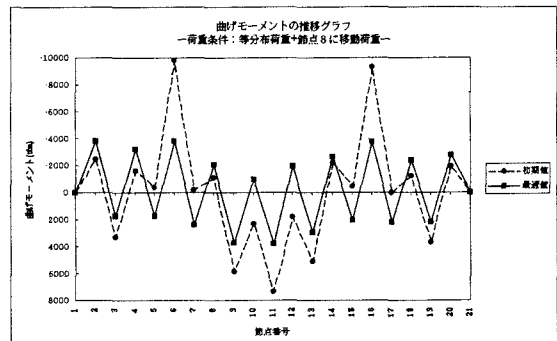


図4・曲げモーメントの推移

表3・ケーブルプレストレス力

ケーブルNo	1	2	3	4	5	6	7	8
ケーブルプレストレス力(kg)	1517.2	1803.7	1803.7	1517.2	1620.6	1668.9	1668.9	1620.6

表4・最適ケーブルプレストレス力

ケーブルNo	1	2	3	4	5	6	7	8
ケーブルプレストレス力(kg)	1806.9	1751.6	1751.6	1806.3	1806.3	1751.6	1751.6	1806.3

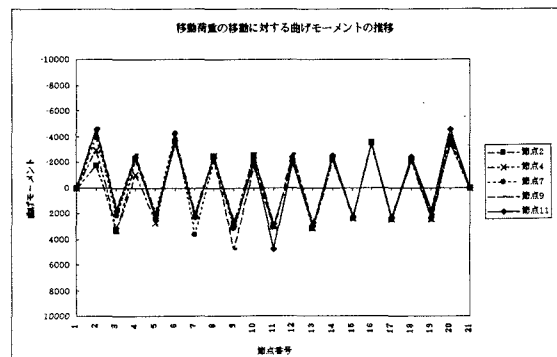


図5・移動荷重の通過による曲げモーメントの推移