

## ケーブルトラス橋の形状決定解析におけるパラメーターの特性について

○摂南大学 学生員 野上佳重      摂南大学 正会員 波田凱夫  
 摂南大学 正会員 頭井 洋

## 1. 概説

ケーブルのみを主要な構造部材として、これらを立体トラス状に組み合わせたケーブルトラス構造は不安定な3次元のリンク構造を形成するから、これに構造物として剛性を与えるためには、適切な初期張力（プレストレス）を部材に導入して、安定なつり合い系を与えなければならない。一方、このような構造は、プレストレスが与えられてはじめて形状が決まるものであるから、設計計算を行うにあたっては、最初に形状および張力の目標値を設定（設計条件）し、死荷重などの固定荷重下でのつり合い状態を求めることとなる（形状決定解析）。このような形状決定解析では、部材の非抗圧性を考慮に置いて固定荷重下での完成状態を決定する過程において、つぎのような設計条件を考慮する必要がある。

①橋体の架設が完了し、全固定荷重が作用する状態（完成状態）で構造の全体形状が目標として設定された形状に可能な限り近いものであること。【形状条件】

②完成状態での部材の初期張力が、あらかじめ設定された目標値に可能な限り近いものであること。【張力条件】

本研究では、文献1)の所論に従い形状決定解析を行っているが、そこでは形状および張力条件に重みを与え、この重みの相対的な大きさにより、設計の意図に応じて、形状を重視した解あるいは張力を重視した解を求めることができる。文献2), 3)では、これら2つの条件は、互いに相反する性質を持っており、一方をよりよく満たそうとすれば他方が満たされなくなるという関係にあることを示している。

実際の設計にあたって、例えば、橋下空間の制限が厳しい架橋地点では、下弦材の形状が厳しい制約を受ける。このような場合には、下弦材に対して形状条件を厳しくすることによって対処されることになる。このように、実際の設計における形状決定解析では、設計の意図や構造物の機能により、特定の節点座標や部材の張力をコントロールして、所要の解を得なければならない。

そこで本研究は、ケーブルトラス橋の形状決定解析において、特定の節点座標の目標値、部材の目標張力をパラメーターとし、完成状態を

決定する上で、どのような特性を示すかを検討したものである。

## 2. 数値計算例および考察

図1に示すような簡単な2次元対称ケーブルトラス橋を1つのモデルとして数値計算例を示す。図中の数字は節点番号を、○数字は部材番号を表す。図1に示すケーブルトラス橋は、形状決定解析により、固定荷重下でのつり合い状態（完成状態）が得られており、表1に各節点の節点座標を、表2に各部材の張力を示す。

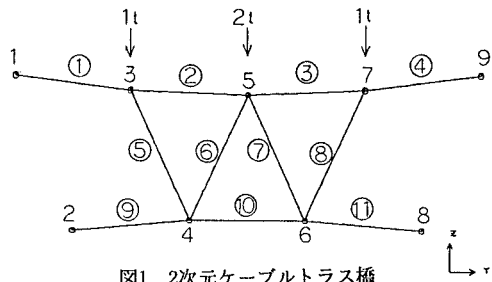


図1 2次元ケーブルトラス橋

表1 各節点の座標(m)

| 節点番号 | 節点座標(m) |       |
|------|---------|-------|
|      | y       | z     |
| 1    | -10.00  | 0.00  |
| 2    | -7.50   | -6.25 |
| 3    | -5.00   | -0.60 |
| 4    | -2.50   | -5.85 |
| 5    | 0.00    | -0.80 |

表2 各部材の張力(t)

| 部材番号 | 張力(t)  |
|------|--------|
| 1    | 27.441 |
| 2    | 26.693 |
| 5    | 1.334  |
| 6    | 0.074  |
| 9    | 15.933 |
| 10   | 16.424 |

このつり合い状態を基本系とし、目標張力あるいは節点座標の目標値をパラメーターとして、次に記す条件のもとで形状決定解析を行い、得られるつり合い状態にはどのような特性があるのかを検討した。

- ex 1 上弦材の目標張力のみを変化させた場合
- ex 2 下弦材の目標張力のみを変化させた場合
- ex 3 腹材の目標張力のみを変化させた場合
- ex 4 上弦材の節点座標（節点3, 5, 7）の目標値を上下に変化させた場合
- ex 5 下弦材の節点座標（節点4, 6）の目標値を上下に変化させた場合
- ex 6 下弦材の節点座標（節点4, 6）の目標値を左右に変化させた場合

紙面の都合で以下にex 1の結果のみ示す。

表3 各段階での張力(t)

| 各段階    | 部材番号   |        |       |       |        |        |
|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
|        | 1      | 2      | 5     | 6     | 9      | 10     |
| ex 1.1 | 45.224 | 44.552 | 1.374 | 0.077 | 15.941 | 16.416 |
| ex 1.2 | 35.295 | 34.596 | 1.353 | 0.075 | 15.940 | 16.415 |
| 基本系    | 27.441 | 26.693 | 1.334 | 0.074 | 15.933 | 16.424 |
| ex 1.3 | 22.425 | 21.660 | 1.300 | 0.072 | 15.937 | 16.412 |
| ex 1.4 | 15.540 | 14.703 | 1.235 | 0.067 | 15.933 | 16.407 |

表4 各段階での節点座標(m)

| 各段階    | 節点番号         |              |             |
|--------|--------------|--------------|-------------|
|        | 3            | 4            | 5           |
|        | (y, z)       | (y, z)       | (y, z)      |
| ex 1.1 | -4.95, -0.37 | -2.50, -5.83 | 0.00, -0.49 |
| ex 1.2 | -4.94, -0.47 | -2.50, -5.84 | 0.00, -0.63 |
| 基本系    | -5.00, -0.60 | -2.50, -5.85 | 0.00, -0.80 |
| ex 1.3 | -4.92, -0.74 | -2.50, -5.86 | 0.00, -0.98 |
| ex 1.4 | -4.89, -1.06 | -2.50, -5.88 | 0.00, -1.42 |

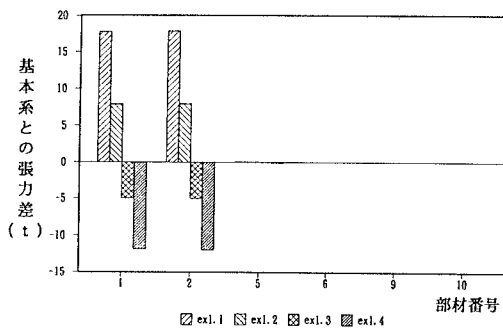


図2 各段階での基本系との張力差(t)

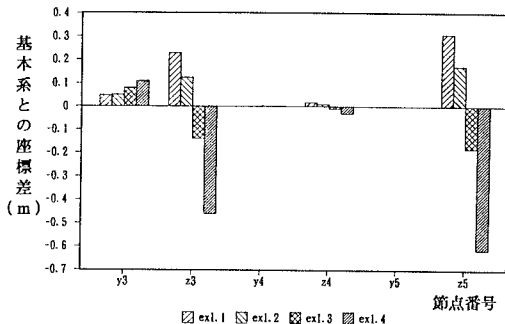


図3 各段階での基本系との座標差(m)

表3に基本系および各段階での張力を示し、表4に各段階の節点座標を示す。図2, 3は、各段階での基本系との張力の差、座標差を図示したものである。図2, 3より、上弦材の張力が基本系より大きくなるにつれ上弦材の節点が上方に変化し、張力が小さくなれば下方に変化していることが分かる。また、各段階で上弦材以外の節点座標、部材の張力はほとんど変化していない。

### 3. まとめ

ex 1からex 6までの計算結果より、以下の様な特性が明らかになった。

- (1) 上弦材の張力が基本系より大きくなれば上弦材が上方に変化し、小さくなれば下方に変化する。(ex 1 より)
- (2) 下弦材の張力が基本系より大きくなれば下弦材が下方に、小さくなれば上方に変化する。(ex 2 より)
- (3) 上弦材あるいは下弦材の目標張力を変化した場合、他の部材の張力はほとんど変化しないのに対し、腹材の目標張力を変化した場合には、上弦材、下弦材の張力もかなり変化し、形状の変化も上弦材、下弦材の目標張力を変化した場合に比べかなり大きい。(ex 3 より)
- (4) 上弦材の節点が上方に変化させると、上弦材の張力は大きく、腹材、下弦材の張力は小さくなり、下方に変化すると、上方に変化した場合の逆となる。腹材の張力の変化は、下材の張力の変化に等しい。(ex 4 より)
- (5) 下弦材の節点が上下に変化すると、上弦材の節点が変わった場合の逆の結果となる。なお、腹材の張力の変化は、上弦材の張力の変化に等しい。(ex 5 より)
- (6) 下弦材の節点4, 6が左右に遠ざかるように変化すれば、上弦材、腹材の張力は大きくなり、下弦材の張力は小さくなっていく。近づくように変化すれば場合その逆となる。(ex 6 より)

(1), (2), (4), (5)より、上弦材あるいは下弦材の目標張力、節点座標の目標値を変化させた場合の完成状態は正反対の性質を示し、(3)より、パラメータとしての腹材の目標張力が形状決定解析において、支配的な影響を与えると考えられる。

本文では、簡単なモデルについてのみ示したが、3次元の実橋モデルについても検討している。結果は講演当日に報告する。

#### 【文献】

- 1) 波田凱夫, 中西 宏: 最適値問題の手法による吊構の形状決定解析, 日本建築学会論文報告集, 第238号, 1975-12
- 2) 野上佳重, 波田凱夫, 頭井 洋: ケーブルトラス橋の設計解析に関する一つの手法について, 土木学会年次学術講演会概要集 I-145, 1994-9
- 3) 野上佳重, 波田凱夫, 頭井 洋: ケーブルトラス橋の設計解析に関する一つの手法について, 鋼構造年次論文報告集, 第2巻, 29, 1994-11