

懸垂ケーブルの側方荷重による挙動解析

熊本工業大学 正 員 結城皓曠

熊本工業大学 学生員 ○ 成末博徳

1. はじめに

吊橋や斜張橋が長大化するにつれて、橋軸直角方向の挙動が重要になってくる。特に架設段階における風荷重による側方への変形挙動を解析することが要求される。また、長大吊橋ではケーブルは鉛直面から外れ、斜めに張られる構造が採用されることもあろう。このような場合、ケーブルは鉛直面内の挙動に加え、面外方向の挙動解析が要求される。

ケーブルの面外方向への変形挙動を解析する方法として、ケーブルを数個の直線棒要素でモデル化して行うことができる。しかしこの場合、1本のケーブルを何個の棒要素で近似すれば実用的に満足できるかについては明らかでない。また、節点が増加することで解析的に安定性の低い問題に置き換えていることにもなり、長大橋梁を解析する上で得策ではない。

本報告は、懸垂ケーブルの鉛直面内の挙動解析の手法を拡張して、面外方向の解析法を示し簡単な計算例によって検証する。

2. ケーブル要素の増分式

図-1に示すケーブル要素の力と変位の釣合式および増分式は、すでに知られているように、次のように表わすことができる。^{1) 2)}

$$\left. \begin{aligned} H_1 &= -\frac{w x}{2\phi} & H_2 &= \frac{w x}{2\phi} \\ V_1 &= \frac{w}{2}(y \coth\phi - 3\ell) & V_2 &= \frac{w}{2}(y \coth\phi - \ell) \end{aligned} \right\} \quad (\text{式-1})$$

$$\phi = \frac{w x}{2H} \quad c = \frac{w}{H}$$

x : 水平支間

y : 垂直支間

u : 水平距離

w : ケーブルの単位長当りの自重

H : 水平張力

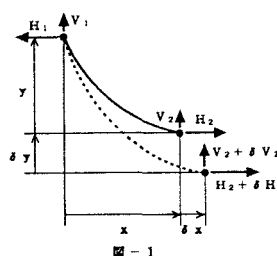


図-1

$$\begin{Bmatrix} \delta H \\ \delta V \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_x & K \\ K & K_y \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta x \\ \delta y \end{Bmatrix} \quad (\text{式-2})$$

ケーブルの水平張力をHとすると、面外方向(z)の増分関係式は次のように表わすことができる。

$$\begin{Bmatrix} \delta W_1 \\ \delta W_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} H/x & -H/x \\ -H/x & H/x \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta z_1 \\ \delta z_2 \end{Bmatrix} \quad (\text{式-3})$$

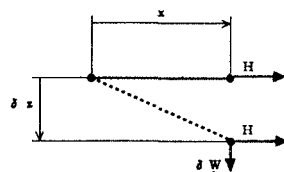


図-2

(式-2)と(式-3)からx, y, z方向の増分式は次のようにまとめることができる。

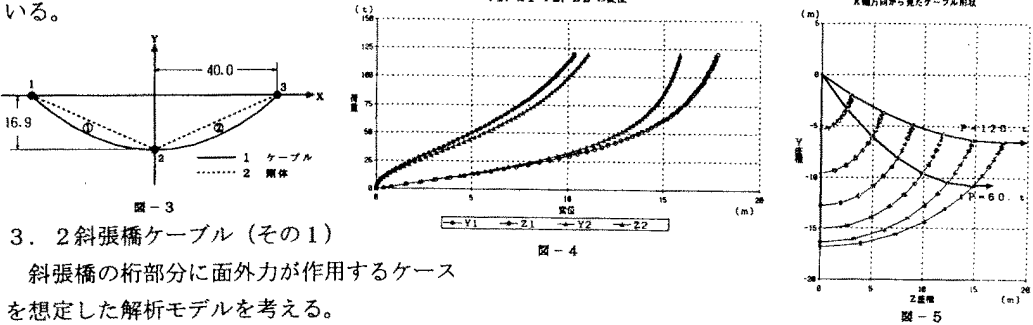
$$\begin{bmatrix} K_x & -K & -K_x & -K \\ & K_y & -K & -K_y \\ & & H/x & -H/x \\ \text{SYMM.} & & & K_x & K \\ & & & & K_y \\ & & & & & H/x \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta x_1 \\ \delta y_1 \\ \delta z_1 \\ \delta x_2 \\ \delta y_2 \\ \delta z_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \delta H_1 \\ \delta V_1 \\ \delta W_1 \\ \delta H_2 \\ \delta V_2 \\ \delta W_2 \end{Bmatrix} \quad (\text{式-4})$$

ただし、この式では、面外方向荷重は節点力のみに作用するものとしている。

3. 計算例

3. 1 懸垂ケーブルの面外変形

図-3のようなケーブルを2要素に分割し、中央点に面外方向（z）の集中荷重を作用させる。その結果、荷重と変位を示すと図-4のようになる。比較のため三点を剛体で結んだ構造との比較を行っている。



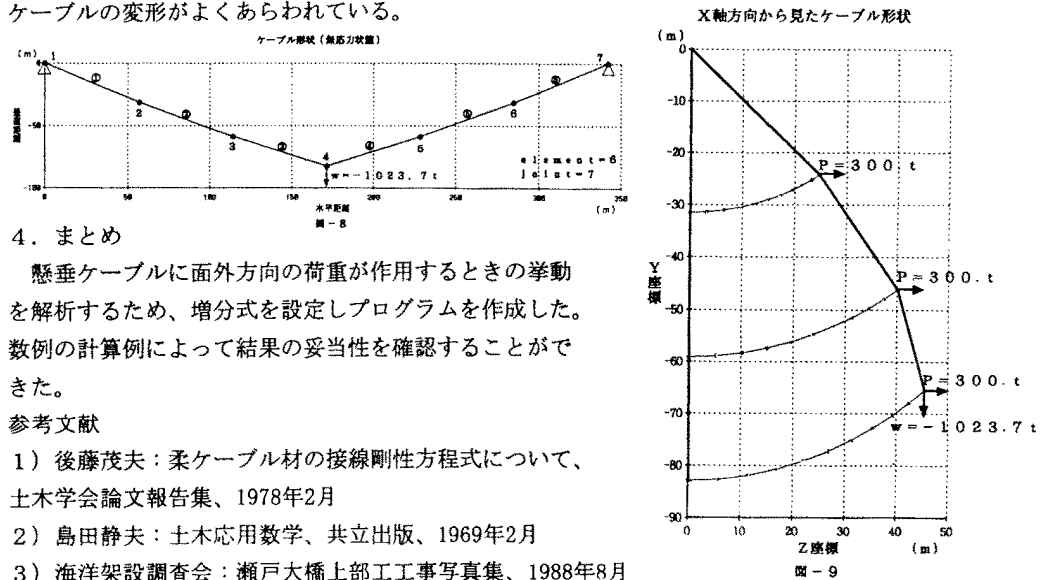
3. 2 斜張橋ケーブル（その1）

斜張橋の桁部分に面外力が作用するケースを想定した解析モデルを考える。

斜張橋ケーブルを簡単のため図-6のように2要素を中央で結合した構造とする。ただし所定の水平張力を発生させるために中央点に死荷重（鉛直下向きの一定荷重 w ）を作用させている。この構造の中央点に面外方向荷重が作用するときの荷重と変位の関係を計算すると図-7のようになる。

3. 3 斜張橋ケーブル（その2）

図-6の構造で、要素をさらに3分割して合計6要素とする（図-8）。各節点に面外方向の荷重を作用させると、荷重 $P=300t$ における変位は図-9のようになり、風によるケーブルの変形がよくあらわれている。



4. まとめ

懸垂ケーブルに面外方向の荷重が作用するときの挙動を解析するため、増分式を設定しプログラムを作成した。数例の計算例によって結果の妥当性を確認することができた。

参考文献

- 1) 後藤茂夫：柔ケーブル材の接線剛性方程式について、土木学会論文報告集、1978年2月
- 2) 島田静夫：土木応用数学、共立出版、1969年2月
- 3) 海洋架設調査会：瀬戸大橋上部工工事写真集、1988年8月