

I-5

部分定着式マルチケーブル長大斜張橋の構造特性

九州大学工学部 正会員 大塚 久哲

〃 今井 富士夫

学生員〇吉田 武

〃 小倉 弘康

1. 緒言

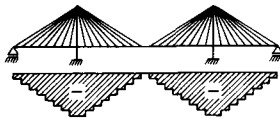
斜張橋のケーブルの定着方式としては、自己定着式(自定式)、完全定着式(完定式)および部分定着式(部定式)の3方式が考えられる。このうち、部定式斜張橋は、上記3方式のうちで最も経済的な定着方式であることが期待されている。^{1)~4)}

本研究は、部定式斜張橋の構造特性を、自定式・完定式斜張橋および吊橋と対比させて明らかにするため、実橋諸元での解析を行ったものである。

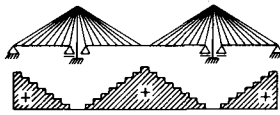
2. 斜張橋の構造モデルと解法

自定式はケーブルを主桁に定着する方式であり、主桁には圧縮力が作用する。完定式はケーブルを橋台に定着し主桁を3個の単純桁に分割した構造であるため、主桁には引張力が作用する。部定式は自定式と完定式の間位置する定着方式であり、

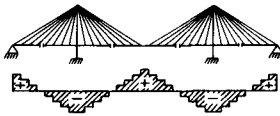
ケーブルの一部を橋台に定着し、中央径間と側径間に伸縮継手を挿入した構造である。したがって塔近傍の主桁は圧縮力、中央径間中央部および側径間端部の主桁は引張力を受ける。この場合、最大軸



(a) self anchored



(b) fully anchored



(c) partially anchored

図-1

力が他の2形式より小さくなる。これが、部定式斜張橋が最も経済的であるとされる理由である(図-1)。

本研究では、マトリックス構造解析法を用いて斜張橋の全体構造を解いている。伸縮継手位置では、半剛性節点と考えて要素の剛性行列を次のように誘導した。長さ L 、曲げ剛性 EI の部材の両端1および2が、単位回転角度差あたりにそれぞれ $4EI k_1/L$ 、 $4EI k_2/L$

のモーメントを伝える接合部によって残りの部材に結合されている時の、部材の剛性行列は、次式で与えられる。

$$K = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix}$$

ここに

$$K_{11} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 \\ 0 & (12EI/L^3)(4k_1k_2 + k_1 + k_2/2k) & (6EI/L^2)(k_1 + 2k_2k/k) \\ 0 & (6EI/L^2)(k_1 + 2k_2k/k) & (4EI/L)(3k_2 + 4k_1k_2/2k) \end{bmatrix}$$

$$K_{22} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 \\ 0 & (12EI/L^3)(4k_2k_1 + k_2 + k_1/2k) & -(6EI/L^2)(k_2 + 2k_1k/k) \\ 0 & -(6EI/L^2)(k_2 + 2k_1k/k) & (4EI/L)(3k_1 + 4k_2k_1/2k) \end{bmatrix}$$

$$K_{12} = \begin{bmatrix} -EA/L & 0 & 0 \\ 0 & -(12EI/L^3)(4k_1k_2 + k_1 + k_2/2k) & (6EI/L^2)(k_2 + 2k_1k/k) \\ 0 & -(6EI/L^2)(k_1 + 2k_2k/k) & (2EI/L)(2k_1k_2/k) \end{bmatrix}$$

$$K_{21} = K_{12}^T$$

ただし、 $k = 2(1 + k_1)(1 + k_2) - 1/2$

ここで、 k_1 の値を零とすればその部材端はヒンジ節点、無限大とすればその部材端は剛節点となる。まず、部材端2に伸縮継手を有する部材の剛性行列は、上式において k_1 の値を無限大と置いて次のように得られる。

$$K_{11} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 \\ 0 & (12EI/L^3)(4k_2 + 1/4(k_2 + 1)) & (6EI/L^2)(2k_2 + 1/2(k_2 + 1)) \\ 0 & (6EI/L^2)(2k_2 + 1/2(k_2 + 1)) & (4EI/L)(4k_2 + 3/4(k_2 + 1)) \end{bmatrix}$$

$$K_{22} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 \\ 0 & (12EI/L^3)(4k_2 + 1/4(k_2 + 1)) & -(6EI/L^2)(k_2/k_2 + 1) \\ 0 & -(6EI/L^2)(k_2/k_2 + 1) & (4EI/L)(k_2/k_2 + 1) \end{bmatrix}$$

$$K_{12} = \begin{bmatrix} -EA/L & 0 & 0 \\ 0 & -(12EI/L^3)(4k_2 + 1/4(k_2 + 1)) & (6EI/L^2)(k_2/k_2 + 1) \\ 0 & -(6EI/L^2)(2k_2 + 1/2(k_2 + 1)) & (2EI/L)(k_2/k_2 + 1) \end{bmatrix}$$

$K_{21} = K_{12}^T$ 部材端1に伸縮継手を有する部材の剛性行列は、 k_2 の値を無限大と置いて得られる。伸縮継手を挟む2部材の剛性行列には、上式を用いればよい。

3. 解析例と考察

ここで対象とした斜張橋モデルは、大阪市のかもめ大橋（中央径間240m、10段マルチケーブル）である（図-2）。

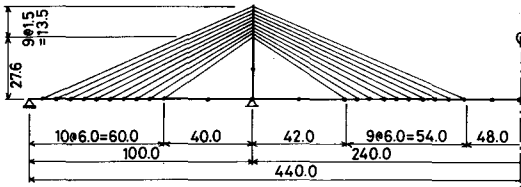


図-2

表-1

主桁	I_g (m ⁴)	0.9414	
	w_g (t/m)	14.243	
	A_g (m ²)	0.571	
塔	断面位置	頂部	基部
	I_T (m ⁴)	0.352	0.544
	w_T (t/m)	3.82	4.19
	A_T (m ²)	0.442	0.487
ケーブル	A_c (m ²)	A_{1-2}	0.0045
		A_{3-6}	0.0072
		A_{7-10}	0.0106
	E_c (t/m ²)	2.0×10^7	

表-1の諸元に基づいて静的な解析を行ない、3つの定着方式間で以下の比較を行なった。荷重は6t/mを等分布満載した。

- (1) 軸力 (図-3) (2) たわみ (図-4)
(3) 曲げモーメント (図-5) (4) 水平変位 (図-6)

図-3は軸力図を示しているが、文献1)~4)で指摘されたように、部定式斜張橋の軸力、本橋では特に圧縮軸力、の減少が顕著に現われている。伸縮継手がモーメント伝達を行なわない場合、図-4に見られるように側径間の主桁の折れ曲がりが見られ、部定式斜張橋の実現にあたっては、曲げモーメント伝達が可能な伸縮継手の開発が重要な鍵となることが知られる。曲げモーメント図では、 $k=0$ の部定式斜張橋において側径間のモーメント減少が目立っている。部定式の水平変位は、完定式・半定式のいずれよりもかなり小さくなる。図-6から知られる。

参考文献

- 1) Gilsanz, R.E. & Biggs, J.M.: Cable Stayed Bridges: Degrees of Anchoring, Proceeding of ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 109, No. 1, January, 1983
- 2) 大塚・大田・吉田: 斜張橋の最適定着方式について、第33回応用力学連合講演会講演論文抄録集、1983. 12
- 3) 大塚・大田: 大径間斜張橋の定着方式について、第30回構造工学シンポジウム論文集、1984. 2
- 4) 大塚・大田・加藤: マルチケーブル長大斜張橋の最適定着方式、昭和58年度土木学会西部研究発表会講演要録集、1984. 2
- 5) リブスレイ著(山田・川井共訳): マトリックス構造解析入門、培風館、1968年

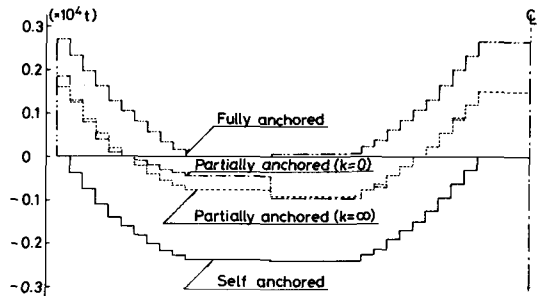


図-3

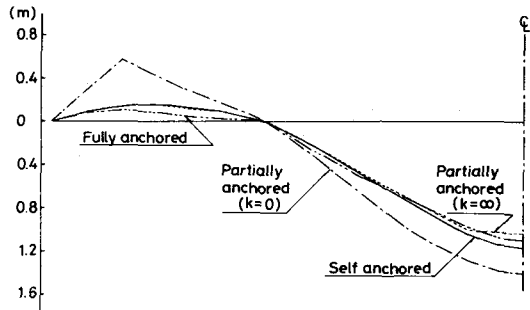


図-4

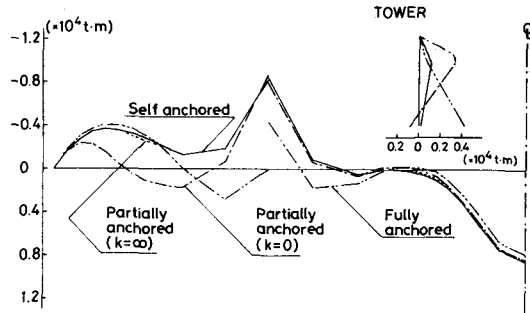


図-5

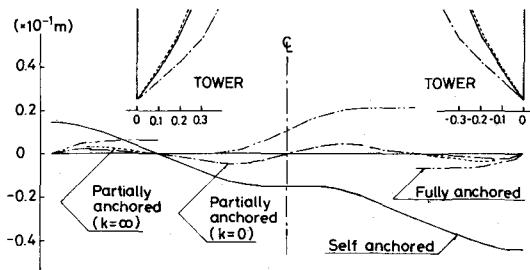


図-6