

I-8

マルチケーブル長大斜張橋の最適定着方式

九州大学工学部 正員 大塚 久哲

大田 俊昭

学生員 加藤 和彦

1. 緒言

現在の長大橋はほとんどすべて完全定着式吊橋であり、斜張橋の中央径間は精々600mまでと言われている。これは現在の斜張橋が自定式すなわち主桁が圧縮部材であるからであり、主桁が引張部材として使用できれば、斜張橋はもっと長大化できるはずである。この点に着目して Gilson²⁾は、部分定着式斜張橋を考案し、Gimising³⁾らの考案した完定式斜張橋や従来の自定式斜張橋、完定式吊橋と上部工のコスト比較を行って、部定式の合理性を指摘した。著者らも、文献3)、4)において、上部工に加えて塔やアンカレイジのコストをも考慮し、スパン・サグ比を変数にした経済性を議論した。ところでマルチケーブル長大斜張橋では、塔頂と主桁でのケーブル定着上の要求から、一般にセミハープ型斜張橋となる。本文ではこれまでの知見1)~4)を踏まえて、特に(1)アンカレイジのコストによる部定式と完定式の経済性変化、(2)セミハープ型斜張橋のコストについて議論する。

2. 理論式の誘導

上部工と塔のコストの合計を $Cost I$ 、 $Cost I$ にアンカレイジのコストを加えたものを $Cost II$ とすると、文献4) から $Cost I$ 、 $Cost II$ は次式で与えられる。

$$Cost I = \frac{rPL^2}{6c} C \left(D_c + \frac{r_c}{A_1 \bar{a}_s} D_s + \frac{1}{A_2} D_t \right) = \frac{rPL^2}{6c} C K_3, \quad Cost II = \frac{rPL^2}{6c} C \left(\frac{\bar{a}_s \beta}{A_1} D_c + K_3 \right)$$

ここに、 r = 鋼の単位体積当りの重量、 c = ケーブルの許容応力、 L = 主径間長、 P = 等分布荷重、 C = 単位重量当りのケーブルの価額、 $\bar{a}_s$ = 鋼の許容応力、 A_1 = ケーブルと主桁の単位重量価額の比、 A_2 = ケーブルと塔の単位重量価額の比、 $\bar{a} =$ (自定式のとき0、完定式のとき0.3、部定式斜張橋のとき0.3~0.6と仮定)、 N = 中央径間のハンガー(ステイ)本数、 k = 主桁の伸縮継手位置を示す定数 ($k=0$ で完定式、 $k=N/2$ で自定式、その中間は部定式)、 β = アンカレイジとアンカフレームの価額の比である。 D_c 、 D_s 、 D_t はそれぞれケーブル、主桁、塔のコストに関係した係数で、表1で与えられる。ただし、吊橋の $D_c \sim D_t$ は文献3)、4)を参照されたい。

表 1

	B_c	B_s	D_t	D_c
セミハープ型 斜張橋	$\frac{4}{LN} \sum_{i=1}^{i=N/2} \left[\frac{\left(\frac{L}{N+1} \right)^2 i^2}{\alpha H + \frac{2H(1-\alpha)(i-1)}{(N-2)}} + \alpha H + \frac{2H(1-\alpha)(i-1)}{(N-2)} \right]$	$\frac{4L}{N(N+1)^2}$	$i=C \text{ または } S$ $D_t = \frac{B_i}{\left[1 - \frac{B_c r}{4c} - \frac{B_s r L}{2c} \right]}$	$\frac{4c}{N} \left(\frac{1}{L} + \frac{r}{2c} D_c + \frac{r}{2c} D_s \right) \sum_{i=1}^{i=N/2} \frac{h_i}{\bar{a}_{sco} - \frac{r}{2} h_i}$

$$\bar{a}_s = \bar{a}_{sesh} = \frac{1}{L} \left[\frac{1}{\bar{a}_{sco}} \sum_{i=1}^{i=k} \frac{i^2}{\alpha H + \frac{2H(1-\alpha)(i-1)}{(N-2)}} + \frac{N+1}{\bar{a}_{ste}} \sum_{i=k+1}^{i=N/2} \frac{\left(\frac{1}{2} - \frac{i}{N+1} \right)}{\alpha H + \frac{2H(1-\alpha)(i-1)}{(N-2)}} \right]$$

表中、 $SSR = L/H$ 、 H = 主桁から塔頂までの高さ、 h_i = 主桁から i 番目のケーブルまでの高さ、 α = 最下段ケーブルと塔高との比 ($\alpha=1.0$ のときファン型、 $\alpha=2/N$ のときハープ型となる)。 $\bar{a}_{sco}$ = 主桁の許容圧縮応

力、 σ_{ste} = 主桁の許容引張応力、 σ_{sco} = 塔に用いた鋼の許容軸方向圧縮応力（鋼道示Ⅱによる）を示す。

3. 数値計算結果と考察

(1) 各形式の経済性比較 完定式吊橋 ($SSR=10$)、ファン型・セミハーブ型・ハーブ型部定式斜張橋 ($SSR=5$) の4種類の橋梁について、主径間長を200mから2000mまで変化させたときの $Cost I$ をプロットすれば図-2をうる。この図から吊橋より部定式斜張橋が経済的であること、部定式斜張橋の中では、ファン型、つづいてセミハーブ型が経済的であることがわかる。

(2) アンカレイジコストの変化にともなう経済性の推移 図-3は、主径間長1000m、 $\alpha=0.7$ のセミハーブ型斜張橋について、完定式、部定式の $Cost II$ を自定式の $Cost I$ と比較したものである。縦軸は、コスト比（分母が自定式）、横軸はアンカレイジとアンカーフレームのコスト比 β である。この図から、① SSR が大きいほど完定式・部定式のコストは安くつくこと、② 完定式より部定式の方が安価なこと、③ 例えば $SSR=5$ の完定式では、 $\beta=1.9$ 程度まで自定式より経済的であることなど知られる。

(3) ケーブル定着高の変化による経済性比較 α を変化させて、各形式の斜張橋の $Cost I$ を算出すれば図-4をうる。これから、 α の増加と共に（ファン型に近づくにつれて）コストが低減することがわかる。したがって経済性の面からは、なるべくケーブルの定着を塔頂付近にかためる方がよいと言える。

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) Gimsing, N.J.: Cable Systems for Bridges, Proceedings of 11th Congress of the IABSE, Aug. 31-Sep. 5, 1980, Vienna, Austria, pp. 727-732
- 3) 大塚・太田・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
- 4) 大塚・太田: 大径間斜張橋の定着方式について, 第30回構造工学ソフトウェア論文集, 1984. 2

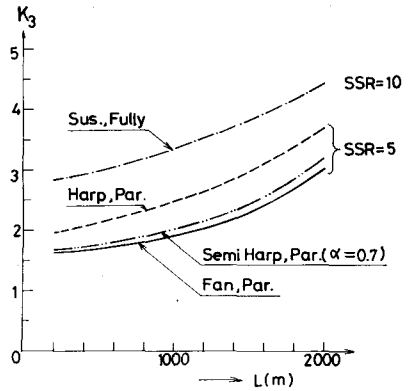


図-2

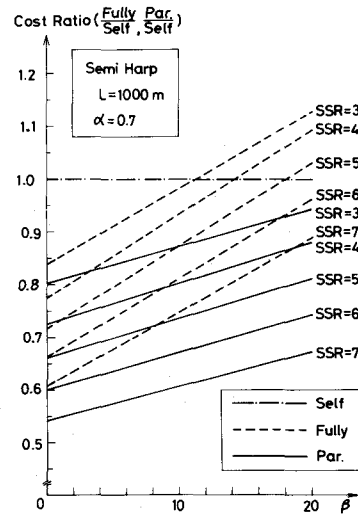


図-3

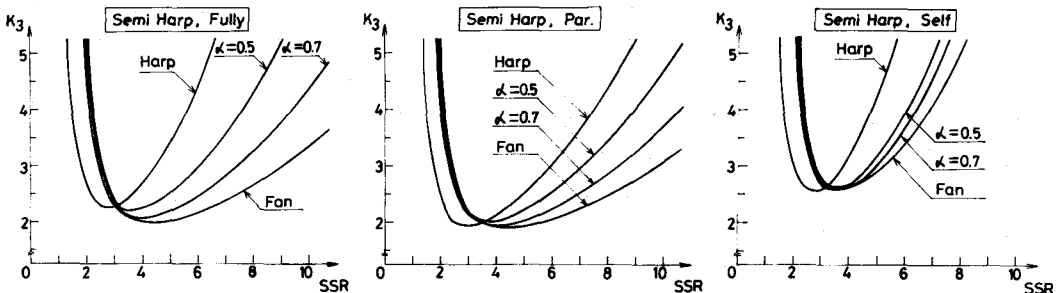


図-4