

I-193

部分定着式鋼斜張橋の最適設計

戸田建設（株） 正 員 ○佐々木 高
 熊本大学工学部 正 員 小林 一郎
 熊本大学工学部 正 員 三池 亮次

1. はじめに 長大斜張橋の主桁支持方式として、側径間に軸力を全く伝達しない伸縮継手を挿入した部分定着式が、従来の方式である自己定着式に比べて経済的に優れていることが指摘されている^{1,2)}。しかし、それらの比較においては部分定着式斜張橋の伸縮継手の位置や骨組形状等についての検討はなされていない。本研究においては対象を部分定着式鋼斜張橋に限定し、伸縮継手挿入位置 η 、伸縮継手部の曲げモーメント伝達率 k 、塔高 H の3点をパラメーターとして最適設計を行う。

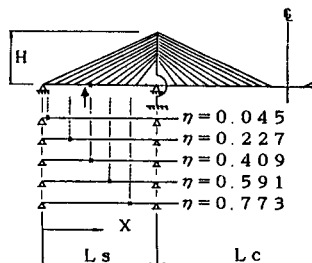
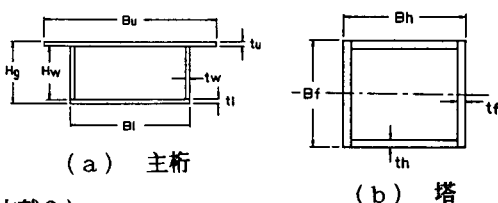


図1 解析モデル

2. 解析モデルについて 図1は解析モデルの一般図であり、設計条件

件は表1の通りである。構造解析法としては応力法を用い

多段階決定法による最適設計を行なったが、各段階の最適化に当ってはSLP法を用いた。設計変数は図2において



(a) 主桁

(b) 塔

主桁の各部材の板厚 t_u , t_l , t_w および桁高 H_g （ただし、全部材共通の変数）、塔の各部材の部材幅 B_h , B_f , 板厚 t_h 、

t_f 、各ケーブルの断面積 A_c である。制約条件式については文献3)

に詳述の通りであるが、主として「道路橋示方書・同解説（55年版）」に従った。

図2 断面形状

表1 設計条件

伸縮継手挿入位置は図1において、 $\eta = X/L_s$ で表すものとする。

また、伸縮継手部では軸力は全く伝達されないが、モーメントは単位回転角あたり $4EI_k/L$ だけ伝えられる半剛性節点としてモデル化した。従って、 $K=\infty$ のときは曲げモーメントを完全に伝達する剛結合節点として機能し、 $K=0$ のときは全く曲げモーメントを伝えないピン構造となる。目的関数は主桁、塔、ケーブルの各重量にコスト評価数量 $C_g:C_t:C_c = 1.0:1.2:2.0$ をかけた総コストとする。

3. 数値計算と考察

(1) 伸縮継手挿入位置 η について

η は図1のように5通りについて、ケース2 ($k=1.0$, $H=200\text{m}$) で計算した。図3の主桁の軸力分布図からわかる通り継手位置が端支点に近い ($\eta=0.045$, 0.227) 場合、桁のほぼ全域に亘って圧縮力が作用するため、有効屈長が長くなり許容応力度が小さくなる。逆に中間支点付近 ($\eta=0.773$) では桁のほぼ全域に亘って引張力が作用する。マルチケーブル長大斜張橋においては、主桁の応力度に占める軸力による応力度の割合が大きいため、これらの場合は最大軸力が大きく、不利な構造となる。これに対して、側径間中間部 ($\eta=0.407$) に伸縮継手がある場合は、圧縮力、引張力、共に小さくなるので部分定着式斜張橋の特徴である伸縮継手が有効に働いている。許容引張応力度は許容圧縮応力度の1.1から1.7倍程度である

		ケース 1	ケース 2
中央径間長	: L_c (a)	500.0	1000.0
側径間長	: L_s (a)	220.0	440.0
全長	: L_t (a)	940.0	1880.0
塔高	: H (a)	100.0	200.0
荷重	死荷重強度 (kg/cm ²)	110.0	178.5
	総活荷重強度 (kg)	48750.0	66250.0
	等分布活荷重強度 (kg/cm ²)	29.3	39.8
主桁	上フランジ幅 : B_u (cm)	1400.0	2100.0
	下フランジ幅 : B_l (cm)	1200.0	1900.0
	桁高 : H_g (cm)	500.0	900.0
	上フランジ厚 : t_u (cm)	2.5	2.5
	下フランジ厚 : t_l (cm)	2.5	2.5
	ウェブ厚 : t_w (cm)	3.0	3.0
弾性係数 (kg/cm ²)		2.1×10^4	2.1×10^4
塔	フランジ幅 : B_f (cm)	300.0	500.0
	ウェブ幅 : B_h (cm)	400.0	600.0
	フランジ厚 : t_f (cm)	6.0	8.0
	ウェブ厚 : t_h (cm)	7.0	9.0
弾性係数 (kg/cm ²)		2.1×10^4	2.1×10^4
ケーブル	断面積 (cm ²)	上段4本 460.0 中段4本 380.0 下段2本 300.0	1200.0 1000.0 800.0
	弾性係数 (kg/cm ²)	2.0×10^4	

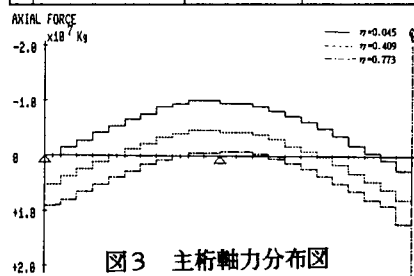
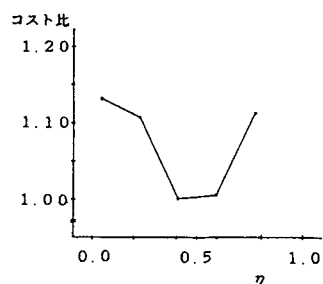


図3 主桁軸力分布図

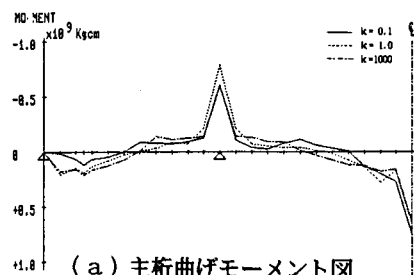
ので、図3の主桁の軸力分布図において引張力の最大値と圧縮力の最大値の比が約1.4:1.0 付近のとき、 η の最適値が得られるものと思われる。本解析における η の最適値である $\eta=0.407$ のときの引張力の最大値と圧縮力の最大値の比は約1.7:1.0 であった。

図4はコストの比較図であり $\eta=0.407$ のコストを1としたときのコスト比を示した。なお、ケース1についても同様の計算を行なった。その結果、応力制約よりも板厚制限により断面形状が決定されるため η によるコストの差は小さいが同様の傾向が見られた。

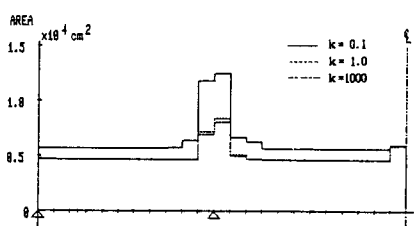
図4 η についてのコスト比較

(2) 伸縮継手部の曲げモーメント伝達率 k について

図5はケース1 ($\eta=0.227, H=100\text{m}$) について k を変化させた時の主桁の曲げモーメント分布図と最適解の主桁の断面積の分布図である。また、図6は各々の k に対するコストの比較図である。影響線解析の結果、活荷重に対する主桁の最大変位 $d_{\max}$ は図1の↑印($X=80\text{m}$)の点であるが、曲げモーメントをほとんど伝達しない場合($k=0.01$)は、 $d_{\max}=151\text{cm}$ と、曲げモーメントをほとんど伝達する場合($k=1000$)の 102cm に比べて1.5倍となっている。このため $k \leq 1.0$ のときは、かなりたわみやすい構造となり、中間支点付近で大きな負の曲げモーメントが生じるためケーブル断面が大きくなるのでコスト的には不利となる。 k が0から1.0に近づくにつれて最適解は大幅に改善されているが、 $1.0 \leq k$ の範囲では解の変動は極めて小さい。なお、 k に対応する実際の曲げモーメントの伝達率は $k=1.0$ で95%、 $k=0.1$ で70%、 $k=0.01$ で20%であった。



(a) 主桁曲げモーメント図

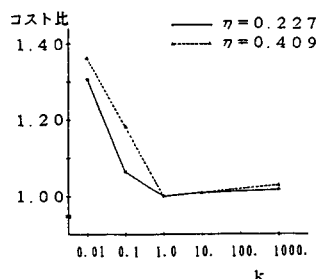
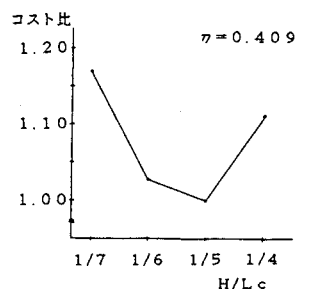


(b) 主桁の断面積(最適解)

(3) 塔高 H について

ケース1 ($\eta=0.407, k=10.0$) について、図7のように H/Lc とコストの関係を調べた。実橋の場合の H/Lc には $1/5$ から $1/7$ のものが採用されており、中央径間長 $Lc=250\text{m}$ に対しては $H/Lc=1/6$ 付近の施工例が最も多いようである。図7の結果は部分定着式の $Lc=500\text{m}$ の場合であり、 H/Lc の最適解は $1/5$ となり実橋と比較してやや大きくなっている。本解析においては構造は平面骨組系とみなし、微小変位理論に従っている。このため、主桁のねじり等は考慮していないが、最適解においては実橋と比べて塔高をより高く、桁高をより低くする傾向がある。

4. まとめ 以上の結果より、部分定着式マルチケーブル鋼斜張橋で中央径間長 $Lc=500\text{m}$ の場合は、伸縮継手挿入位置 $\eta=0.400$ 付近、曲げモーメント伝達率は $1.0 \leq k$ の範囲、塔高 $H=100\text{m}$ 付近の値を用いると最も経済的な設計ができるものと思われる。

図5 k についての解析結果図6 k についてのコスト比較図7 H/Lc についてのコスト比較

参考文献 1) Gilzanz, R.E. et al.:Degrees of Anchoring, Proc. of ASCE, ST1, Vol.109, 1983. 2)小林 他:主桁支持方式の異なる長大斜張橋の最適設計、年講、1986.11.

3) 小林 他:マイクロコンピュータを用いた斜張橋の多段階最適設計、土木構造・材料論文集 1987.1.