

塔高を中央径間長の1/5 および1/10 とした 鋼製斜張橋の試設計と適用性

(株) 長大	正 員	森園康之
長岡技術科学大学	正 員	長井正嗣
首都大学東京	正 員	野上邦榮
東京大学	フェロー	藤野陽三

1. はじめに

都市内湾岸部で長大橋が計画される場合、吊形式橋梁の建設が検討の対象になる。この場合、空港の近隣に建設が計画される場合は、航空制限の問題が生じ、また建築構造物（住居）が近接している場合は、風や日照などの自然環境への配慮の問題が生じる。そのため、塔高をこれまでの1/5に比べて低く計画する必要が生じるが、これまでの知見^{1),2)}と照らし合わせれば、経済性の面で劣ることになる。しかしながら、塔高に制約を受ける場合でも、斜張橋の適用の可能性を探っておくことは、昨今の強いコスト縮減要請のなかで、経済設計の検討にあたっての選択肢、メニューを提供する上で極めて有益と考える^{3),4)}。本研究では、以上の目的を達成するため、中央径間長400mおよび600mを対象に、塔高（桁上）を中央径間長の1/5とした鋼斜張橋（以後、1/5モデルと呼ぶ）および1/10とした鋼斜張橋（以後、1/10モデルと呼ぶ）の試設計を行い、中央径間長の1/10とした低塔型鋼斜張橋の適用性を明らかにする。

2. 基本条件

斜張橋の試設計は、以下のような基本条件のもと、中間橋脚設置の有無、主塔および主桁の発生応力に合わせて材質を変化させて、現行設計法^{5),6)}の応力度照査をほぼ満足するように行った。

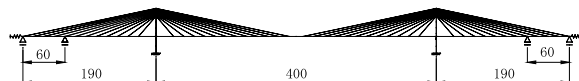


図-1 400m 斜張橋 (1/10 モデル、中間橋脚有)

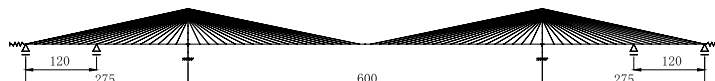


図-2 600m 斜張橋 (1/10 モデル、中間橋脚有)

1) 径間割りは、図-1および図-2のように中央径間長 l_c に対する側径間長 l_s の-span比 $l_s/l_c \approx 1/2$ とする。また、桁上塔高 H は中央径間長の1/5および1/10とし、桁下空間は両橋梁とも同一の20mと仮定する。2) 塔の形状は、図-3のようなラーメン形式とする。3) 塔柱断面および桁断面は、図-4のように両橋梁

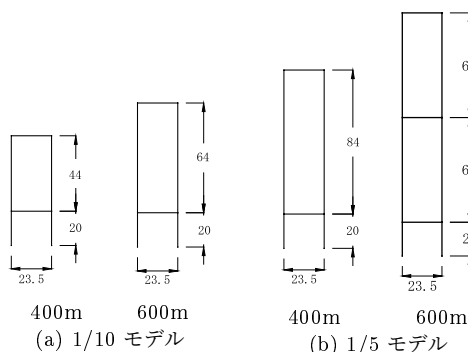


図-3 主塔形状

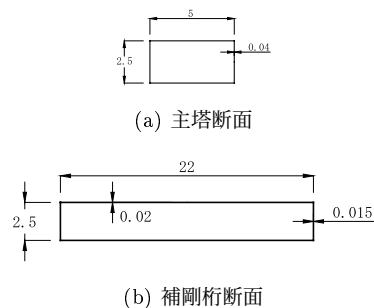


図-4 共通断面

共通に一室箱型、等断面に統一する。4) 荷重は、常時荷重（死荷重D+活荷重L）および暴風時荷重（D+風荷重W）とし、温度変化、支点変位、地震、架設誤差は無視する。5) 活荷重Lは影響線載荷を行うが、集中荷重に1458 kN、等分布荷重に35.45 kN/mを用いる。また、風荷重は本四公団の耐風設計基準⁷⁾に準じて算出する。

3. 試設計断面

中央径間長400mおよび600m斜張橋を対象にして、1/10モデルでは中間橋脚を設置しない場合と図-1、図-2のように中間橋脚を1本設置した場合の2ケース、および1/5モデルについて試設計を行った。その試設計した断面をまとめたのが表-1である。中間橋脚を設置した400mおよび600m斜張橋の1/10モデルにおいて、主桁の最大鉛直たわみの中央径間長に対する比は、各々1/371、1/335になった。したがって、600m斜張橋の場合は、さらに1基の追加設置が必要となる可能性がある。

400m斜張橋は、主桁は常時が、主塔は部分的に暴風時が支配的となり、中間橋脚無の主桁および主塔断面と同じ断面を用いた場合、中間橋脚を設置したことによる主桁の最大応力度は、中間橋脚無の151.3MPaから146.8MPaに、主

塔では 196MPa から 136.5MPa に低下した。したがって、表-1 に示すように主桁の材質は SM400~SM490Y、塔は SM400 が適用できる。

次に、600m 斜張橋の場合、主塔が低いため、1/5 モデルに比べて（主桁、主塔、ケーブルとも）たわみや断面力が非

常に大きい。断面決定の荷重条件は、主桁は常時が、主塔は部分的に暴風時が支配的となる。中間橋脚設置位置および塔位置直上の主桁に最大応力度 221.8MPa が生じており、さらに、最下段ケーブル定着位置から塔基部までの塔柱には、150~184MPa の範囲の応力度が生じている。したがって、表-1 から明らかなようにこの領域では SM570 が必要になり、その他の主桁の大部分には SM490Y が適用できる。また、塔柱では大部分の領域で SM490Y を用いることが可能である。

4. 経済性比較と考察

表-1 の決定断面に対して鋼重および概算工費から主塔の低塔化による経済性について比較検討した。表-2 は、両斜張橋の概算重量と工費をまとめたものである。塔高を中央径間長の 1/5 から 1/10 へと下げた場合、400m 斜張橋の概算鋼重は、主桁

は同一、主塔は 33%減少、ケーブルは 36%増加となった。一方、600m 斜張橋の鋼重は、主桁は同一、主塔は 38%減少、ケーブルは 36%増となった。上部構造の総鋼重は、両橋梁ともに低塔化したことにより低減している。

次に、上部工の概算工費を算出するに当たり、概算工費に用いた工費単価は、主桁と主塔は 100 万円/t、ケーブルは 200 万円/t と仮定した。なお、高強度材ほど単価は高くなるがその比率の影響は小さく、ここでは無視している。塔高を中央径間長の 1/5 から 1/10 へ下げた場合の上部工の概算工費は、400m および 600m 斜張橋ともにほぼ同等の値となった。なお、中間橋脚の工費は、下部工工事費を上部工工事費の 30%と仮定し、主塔基礎と端（中間橋脚）基礎の工事費比率を 2:1 と仮定すると、400m、600m スパンともに中間橋脚の工事費（片側 1 基合計 2 基分）は上部工工費の 10%、1/5 モデルの工費の約 7%程度の工費増と予想され、最終的には 1/5 モデルよりコストアップとなるものの、他の形式に比べて競争できるものと考えられる。今後、中央径間長 150~350m 領域についても同様な検討を実施することにより、短い主塔を持つ斜張橋の適用スパン領域の拡大に繋がるものと期待できる。

参考文献

1) 野上, 成田：鋼斜張橋主塔の構造特性と座屈設計に関する実績調査研究, 構造工学論文集, Vol.38A, 1992.
2) 藤野, 長井：吊形式橋梁の現状と将来, 鋼構造論文集, Vol.1, 1994.
3) 森園, 長井, 野上, 藤野：塔高を中央径間長の 1/10 とした鋼斜張橋の力学的特性と自定式吊橋との比較, 構造工学論文集, Vol.50A, 2004
4) 秋本, 野上, 山沢, 森園, 長井：塔高を中央径間長の 1/10 とした鋼製斜張橋の終局強度特性, 構造工学論文集, Vol.51A, 2005.
5) 本州四国連絡橋公団：鋼上部構造設計基準・同解説, 1992
6) 本州四国連絡橋公団：吊橋主塔設計要領（案）・同解説, 1989.
7) 本州四国連絡橋公団：耐風設計指針・同解説, 1989.

表-1 400m および 600m 斜張橋の断面諸元

	中央径間長 (ℓ_c , m)	400			600		
	塔高比 (H/ℓ_c)	1/10		1/5	1/10		1/5
	中間橋脚	無	有	無	無	有	無
桁	断面寸法 (B_{gg} , m)	22.0× 2.5	同左	同左	22.0× 2.5	同左	同左
	板厚 (t_{gf}, t_{gw} , mm)	20, 15	同左	同左	20, 15	同左	同左
	材質	SM400, SM490Y	SM400, SM490Y	SM400	SM490Y, SM570	SM490Y, SM570	SM400, SM490Y
	断面積 (A_g , m ²)	0.874	同左	同左	0.874	同左	同左
	曲げ剛性 (I_g , m ⁴)	1.267	同左	同左	1.267	同左	同左
塔	断面寸法 (B_{tt} , m)	2.5× 5.0	同左	同左	2.5× 5.0	同左	同左
	板厚 (t_f, t_w , mm)	40,40	同左	同左	40,40	同左	同左
	材質	SM400, SM490Y	SM400	SM400, SM490Y	SM490Y, SM570	SM490Y	SM490Y, SM570
	断面積 (A_t , m ²)	0.594	同左	同左	0.594	同左	同左
	曲げ剛性 (I_t , m ⁴)	2.024	同左	同左	2.024	同左	同左
ケーブル	断面積 (A_c , m ²)	0.0049~0.0162	同左	0.0049~0.0109	0.0058~0.0192	同左	0.0047~0.0109
	外径 (d , mm)	105~180	110~195	同左	105~180	110~195	同左

表-2 概算重量と工費

		400 m		600 m	
中央径間長 (ℓ_c)		1/10		1/10	
塔高比 (H/ℓ_c)		有		有	
中間橋脚の有無		有		無	
鋼重 (t)	桁	SM400	1,825	SM490Y	4,802
		SM490Y	5,666	SM570	6,242
		小計	7,490	小計	11,044
	塔	SM400	2,283	SM490Y	2,805
		小計	2,283	小計	2,805
	ケーブル	969	715	2,364	1,548
合計		10,742	11,532	16,214	17,269
工費 (億円)	桁	75	75	110	110
	塔	23	33	28	47
	ケーブル	19	14	47	31
	合計	117	122	186	188