

塔高を同一とした 600m 鋼斜張橋と自定式吊橋の試設計

(株) 長大 正 員 森園康之
 長岡技術科学大学 正 員 長井正嗣
 東京都立大学 正 員 野上邦栄
 東京大学 フェロー 藤野陽三

1. はじめに

我が国では、1999 年に世界最長の多々羅大橋が完成しているが、海外に目を向けると、中国ではスパン 1000m を超える斜張橋が数橋計画されており、その内の 1 橋はまもなく詳細設計が終了する状況にある¹⁾。この他に、中国を含む海外では合成斜張橋の建設が盛んで、100m から 600m と幅広いスパン領域をカバーしている²⁾。我が国における鋼製斜張橋の建設はかつてに比べて多くの例をみなくなったものの、世界的には斜張橋の建設は依然活発な状況にある。

ところで、都市内での長大斜張橋の建設を考えた場合、例えば、空港が近接して塔高を高くできない、あわせて地盤の状態が非常に悪い、といった条件が存在するため、塔高をこれまでの最適高さ(経済的高さ)にできない可能性がある。このような制約条件下において、その建設実現を可能にするには、これまでの最適塔高である中央径間長の 1/5 を思い切って低くする必要がある。そこで、最適塔高の約半分とした、すなわち吊橋の塔高と同程度の短塔を有する鋼製斜張橋が考えられる。また、同じ条件での吊橋として自定式吊橋の採用も考えられる。そこで、本研究では、都市型の長大吊形式橋梁の開発を目的に試設計を試みた。具体的には、塔高を同一にした中央径間長 600m の鋼斜張橋および自定式吊橋を対象にしている。

2. 基本条件

鋼斜張橋および自定式吊橋を試設計するにあたり、次のような基本条件を設定した。

- 1) 径間割りは、図-1 および図-2 のように中央径間長を 600m、側径間長を 275m(スパン比=1/2.2) とする。また、塔高は中央径間長の 1/10 とし、桁下空間を 20m と仮定する。
- 2) 吊橋主ケーブルの許容応力度は、 $804(=1770/2.2)$ N/mm²、ハンガーおよび斜張橋のケーブルは、 $708(=1770/2.5)$ N/mm² を用いる。また、斜張橋ケーブル間隔および吊橋ハンガー間隔は 15m とする。
- 3) 塔の形状は、図-3、図-4 のような 2 層ラーメン形式とする。図-5 のように、両橋梁の塔柱桁断面は、共通に一室箱型、等断面とし、その寸法は $(B_t \times H_t \times t)=(2.5\text{m} \times 3.5\text{m} \times 40\text{mm})$ を基本値とする。

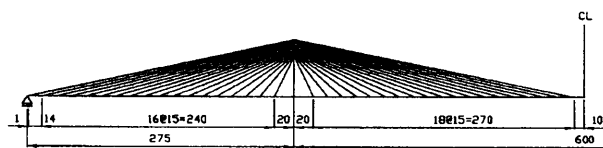


図-1 斜張橋全体系

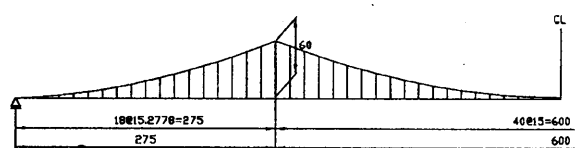


図-2 吊橋全体系

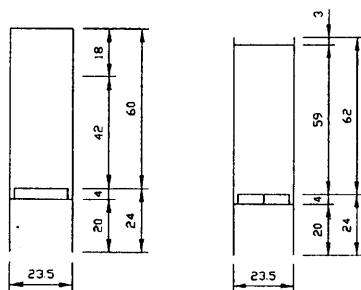


図-3 斜張橋主塔

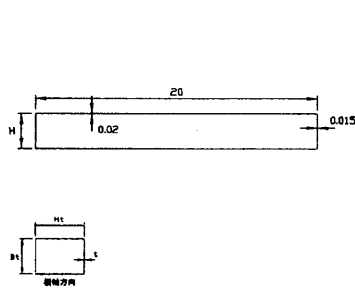


図-4 吊橋主塔

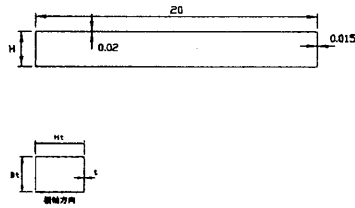


図-5 補剛桁および主塔断面(共通)

表-1 死荷重強度・許容応力度

	ケーブル 許容応力度 (N/mm ²)	死荷重強度	
		吊構造部 (kN/m)	ケーブル関係 (kN/m)
斜張橋	708	150	0.14
吊橋	804	150	19.43

- 4) 桁断面は、図5のように両橋梁共通に一室箱型、等断面($B \times H$)=(20m $\times$ 2.5m)とし、その寸法は補剛材を換算した等価フランジ厚 20mm、腹板厚 15mm を基本値とする。また、桁重量は断面積の 1.4 倍を考慮する。
- 5) 両橋端部には、10,000 kN/m (片側) の水平ばねを設置する。
- 6) 地覆および高欄の重量は、4 kN/m、付属物重量は 20 kN/m を仮定する。
- 7) 荷重は、常時荷重とし、活荷重は集中荷重 1,458 kN、等分布荷重 36.45 kN/m を用いる。
- 8) 吊橋および斜張橋の吊構造部およびケーブル関係死荷重は、表-1 を基本値とする。

上記の基本条件の基、現行設計法³⁾により主塔(B_t , H_t , t) および桁(H) の断面寸法および鋼材の材質を変化させて試験設計を行う。

3. 試験設計結果

斜張橋、自定式吊橋の試験設計結果をまとめたのが表-2である。また、桁の曲げモーメント分布を図-6、図-7に示す。両桁の最大応力度は側径間に発生している。

斜張橋の場合、桁は基本断面（桁高 2.5m）、材質 SM490Y で応力照査を満足するが、塔柱断面は 2.5m $\times$ 5.0m 程度必要であり、塔基部付近は SM570、その他の大半は SM490Y の材質で成立することが確認された。

一方、自定式吊橋は、基本断面（桁高 2.5m）では桁の最大応力度が 390N/mm² となり、成立が困難であったため、桁高を変化させて試験設計を試みた結果、桁高 7m まで増やしたときに材質 SM570 程度でようやく成立する結果となった。この場合の塔柱断面は 2.5m $\times$ 3.5m、材質 SM490Y で成立した。

鋼重は、吊橋の方が斜張橋よりも約 7%大きくなった。自定式吊橋の場合は、全支間に渡って桁に大きな軸圧縮力が働き、桁高が斜張橋の桁高の 2.8 倍となるだけでなく、鋼重の大半を占める桁に SM570 程度の高材質が必要なため、不経済な断面になる傾向にある。また、自定式吊橋は施工性に関しても斜張橋に劣る。両形式とも鉛直たわみが大きい

表-2 試験設計結果

		単位	斜張橋	吊橋
桁	断面寸法 $B \times H$	m	20.0 $\times$ 2.5	20.0 $\times$ 7.0
	等価板厚 t_f, t_w	mm	20, 15	同左
	材質		SM490Y	SM570
	断面積 A	m ²	0.874	1.009
	曲げ剛性 I	m ⁴	1.267	10.59
	鉛直たわみ	m	2.75	3.09
塔	断面寸法 $B_t \times H_t$	m	2.5 $\times$ 5.0	2.5 $\times$ 3.5
	等価板厚 t_f, t_w	mm	40	同左
	材質		SM490Y, SM570	SM490Y
	断面積 A	m ²	0.594	0.474
ケーブル	断面積 A_c	m ²	0.0058~0.0192	0.1056
	外径	mm	95~195	418
概算鋼重	桁	t	11,044	12,750
	塔	t	2,681	2,238
	ケーブル関係	t	2,364	2,285
	合計	t	16,089	17,273

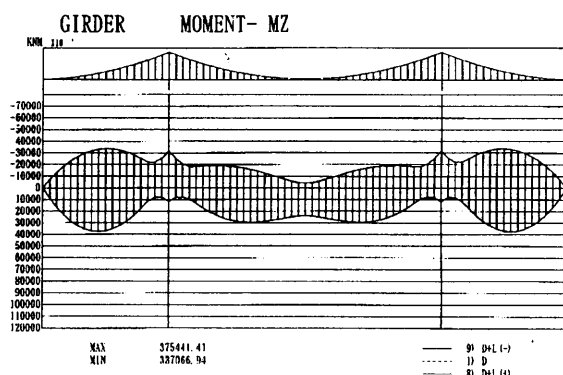


図-6 斜張橋桁曲げモーメント図

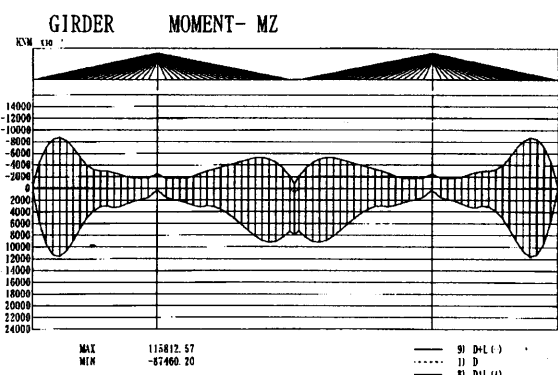


図-7 吊橋曲げモーメント図

4. まとめ

塔高を同一とした中央径間長 600m クラスの吊形式橋梁の比較では、斜張橋の場合は塔高を経済塔高の約半分に下げても設計可能であることが確認できた。一方、自定式吊橋はサグ比が 1/10 では桁高を相当高くしないと成立せず、斜張橋と比較して不経済となることが明らかになった。

参考文献

- 1) 藤野陽三：香港ストーンカッターズ橋の設計協議に参加して、橋梁と基礎、Vol.36、No5、pp.37-39、2002
- 2) 長井正嗣，奥井義昭，岩崎英治：合成斜張橋の動向と技術的課題、橋梁と基礎、Vol.35、No.11、pp.27-34、2001
- 3) 本州四国連絡橋公団：鋼上部構造設計基準・同解説、1992