## 低塔を有する中央径間長 200m, 400m, 600m 鋼製斜張橋の終局強度

㈱オリエンタルコンサルタンツ 正会員 〇村上 真也

首都大学東京 正会員 野上 邦栄 鹿島建設㈱ 正会員 山沢 哲也

正会員 長岡技術科学大学 長井 正嗣 ㈱長大 森園 康之 正会員

#### 1. 研究背景

都市内湾岸部において斜張橋の建設を計画する場合、空港近接時の航空制限や電波障害、建築構造物(住居) 近接時の日照権の侵害等の問題が想定される. そのため、(桁上) 塔高を従来の中央径間長の 1/5 に比べて低く計 画する必要がある. 塔高をこれまでに比べて低くすると,これまでの知見<sup>1),2)</sup>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、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

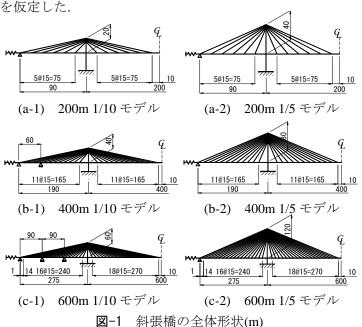
いコスト縮減要請の中で,経済設計の検討にあたっての選択肢, メニューを提供する上で極めて有益と考える. 以上の目的を達 成するため、中央径間長 200m、400m、600mを対象に塔高を思 い切って吊橋と同程度、すなわち中央径間長の1/10まで低くし た鋼斜張橋(以下 1/10 モデル)及び 1/5 とした従来タイプの鋼 斜張橋(以下 1/5 モデル)の試設計が実施され、それらの経済 面からの適用性について比較検討が行われた3,4).

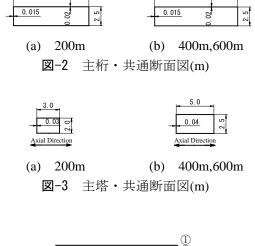
本研究では、その試設計結果を基に弾塑性有限変位解析を実 行し、両モデルを比較することにより、塔高を低くした鋼斜張 橋の弾塑性挙動及び終局強度特性を明らかにする.

衣一									
支間長 (m)		200		400		600			
塔高比 (H/I <sub>c</sub> )		1/10	1/5	1/10	1/5	1/10	1/5		
Girder	断面寸法(m)	$20 \times 2.5$	同左	$22 \times 2.5$	同左	$22 \times 2.5$	同左		
	換算板厚t <sub>u</sub> , t <sub>i</sub> , t <sub>w</sub> (mm)	20, 15, 15	同左	20, 15, 15	同左	20, 15, 15	同左		
	材質	SM400	同左	SM400 SM490Y	SM400	SM490Y SM570	SM400 SM490Y		
	断面積(m²)	0. 774	同左	0. 874	同左	0.874	同左		
	曲げ剛性(m <sup>4</sup> )	1.0961	同左	1. 267	同左	1. 267	同左		
Tower	断面寸法(m)	$2.0 \times 3.0$	同左	$2.0 \times 5.0$	同左	$2.0 \times 5.0$	同左		
	換算板厚(mm)	30	同左	40	同左	40	同左		
	材質	SM400	同左	SM400	SM400 SM490Y	SM490Y	SM490Y SM570		
	断面積(m²)	0. 2964	同左	0. 594	同左	0. 594	同左		
	曲げ剛性(m <sup>4</sup> )	0.3917	同左	2. 024	同左	2. 024	同左		
Cable	断面積(mm²)	7. 2 ~11. 6	4. 2 ~7. 2	4. 9 ~16. 2	4. 9 ~10. 9	5. 8 ~19. 2	4.7 ~10.9		
	外径(d, mm)	119~153	95~119	110~195	同左	110~195	同左		

### 2. 解析モデル

1/10 モデル及び 1/5 モデルの各々に対し、中央径間長を 200m, 400m, 600mとした 6 橋梁を解析対象とする. 支間割りは、 $\mathbf{Z}$ -1 のように中央径間長 $\mathbf{L}$ に対する側径間長 $\mathbf{L}$ のスパン比 $\mathbf{L}/\mathbf{L}$ =1/2 とし、主塔形状はラーメン形式、 桁下空間は各モデル同一の 20mとする. 主桁断面及び主塔断面は 1/10 モデル, 1/5 モデル各々共通の一室箱型断面 とし、その断面図を図-2、図-3に示す、図中に示す板厚は、補剛材を換算した等価フランジ厚である。また、全 モデル共通にケーブルにはST1770 材を用いる.以上の基本条件のもと、現行設計法5~7により試設計を行なった 結果が表-1 である.荷重載荷条件は,死荷重(D)とプレストレス(PS)の初期状態に対し常時荷重(D+L)を漸増載荷 させるD+PS+lpha(D+L)とし,初期状態からの全荷重倍率はeta=lpha+1 と定義する.活荷重条件は $oldsymbol{eta}$ -- $oldsymbol{A}$  に示す ①中央 載荷 ②偏載 ③満載の3つを検討した. 主桁及び主塔には引張側 $\sigma_y$ , 圧縮側 $0.4\sigma_y$ の理想化した溶接残留応力分布





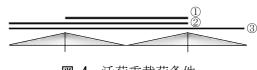


図-4 活荷重載荷条件

-ワード: 斜張橋, 弾塑性挙動, 終局強度特性, 弾塑性有限変位解析, 都市型橋梁 連絡先: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL.0426-77-2772 FAX.0426-77-2772

## 3. 解析結果

図-5, 7, 9 は各モデルの初期降伏時荷重倍率及び終局時荷重倍率についてまとめたものである。全てのモデルにおいて, (一部, ケーブルが降伏しないケースがあるものの)主桁→主塔→ケーブルの順に降伏し, 終局に至る. 図-6, 8, 10 は各モデルの主桁端部における荷重-水平変位曲線である.

#### 3.1 200m 斜張橋

200m 斜張橋の解析結果を図-5,6 にまとめた.図 -5 より,1/10 モデルの終局時荷重倍率は1.9~2.0 程度と,どの活荷重条件でもほぼ同等である.僅かな差ではあるが,終局時荷重倍率は中央載荷時が最も低い.一方,1/5 モデルの終局時荷重倍率は中央載荷時においては2.64 程度を確保している.最も厳しい活荷重条件は偏載である.また,図-6 に示す荷重変位曲線に注目すると,1/10 モデルでは主塔の初期降伏,

1/5 モデルでは主にケーブル降伏領域の進展を契機に非線形性が増している.

#### 3.2 400m 斜張橋

図-7,8は400m斜張橋の解析結果である.図-7より1/10モデル、1/5モデル共に活荷重載荷条件の違いが終局時荷重倍率にもたらす影響は極めて小さく、その値は1/10モデルで2.1~2.2、1/5モデルで2.2~2.4である.また、最も厳しい活荷重条件は1/10モデルでは偏載、1/5モデルでは中央載荷である.図-8より、1/10モデルでは主塔の初期降伏及びケーブル降伏領域の進展、1/5モデルでは主にケーブル降伏領域の進展と共に非線形性が増す.

## 3.3 600m 斜張橋

600m 斜張橋の解析結果を図-9,10 に示す.図-9 より,1/10 モデルでは活荷重条件が終局時荷重倍率に与える影響が非常に小さく,各々2.0~2.1 となっている.ほとんど差はないものの,終局時荷重倍率は偏載時が最も低い.一方,1/5 モデルの終局時荷重倍率は偏載時及び中央載荷時では1.8~1.9 と同程度だか,満載時では2.3 程度を確保しており,最も厳しい活荷重条件は中央載荷となる.また,図-10 に示す荷重変位曲線に注目すると,1/10 モデルではケーブル降伏領域の進展,1/5 モデルでは主に主塔の初期降伏を契機に非線形性が増している.

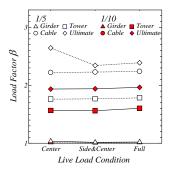


図-5 200m 斜張橋の初期 降伏時荷重倍率

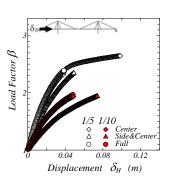


図-6 200m 斜張橋の 荷重変位曲線

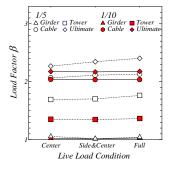


図-7 400m 斜張橋の初期 降伏時荷重倍率

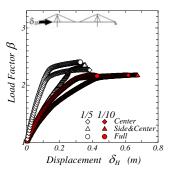


図-8 400m 斜張橋の 荷重変位曲線

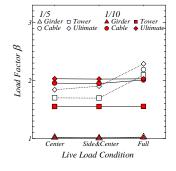


図-9 600m 斜張橋の初期 降伏時荷重倍率

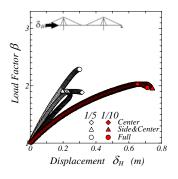


図-10 600m 斜張橋の 荷重変位曲線

#### 4. 結論

以上の解析結果のもと、各モデルの最も厳しい活荷重条件における 終局時荷重倍率をまとめたものが表-2である。全ての1/10モデルは 終局時荷重倍率が1.94以上と十分な終局強度を確保しており、低塔を 有する鋼製斜張橋は建設実現の可能性が期待できる。

# 表-2 各モデルの最も厳しい活荷重 条件における終局時荷重倍率

	200m	400m	600m
1/5モデル	2.34	2.27	1.84
1/10モデル	1.94	2.17	2.02

# 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,pp.167-180,1992.
- 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, 野上,長井,藤野:塔高の低い鋼斜張橋の試設計と適用性に関する比較考察,橋梁と基礎,pp.49-53,2005.12.
- 4)村上, 野上, 山沢, 長井, 森園: 塔高を中央径間長の 1/5 および 1/10 とした 200m 斜張橋の試設計と適用性, 土木学会第 61 回年次学術講演会.
- 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)日本道路協会:道路橋示方書・同解説, I共通編, II鋼橋編, 丸善, 2002.