

中央径間長 200mを有する低塔斜張橋の弾塑性挙動と終局強度特性

首都大学東京大学院 学生会員 ○吉田直樹
首都大学東京 正会員 野上邦栄
日邦第一技研株式会社 正会員 岩崎秀隆

1. はじめに

都市内湾岸部などに吊形式橋梁を計画する場合、アンカレイジ用地確保や空港近接時における電波障害、航空制限、さらに住居等近接時には日照権や通風権等の自然条件への配慮といった様々な問題が想定される。さらに、昨今強いコスト縮減の要請がある。この背景の下、建設計画における橋梁形式の選択肢の一つとして、(桁上)塔高を今まで経済性の面から最も適用されている中央径間長の1/5(以下1/5モデル)から半分の1/10まで下げ(以下1/10モデル)、地盤条件等も考慮に入れた上でより軽量の鋼製斜張橋を適用し、その経済性や安全性の面から建設の実現の可能性を探ることはとても有益である。これまで中央径間長 400m, 600mを対象に 1/10 及び 1/5 斜張橋の試設計を実施し、経済性や安全性の観点から、それらの適用性について比較検討を行ってきた^{1),2)}本研究では、中央径間長 200mの試設計モデルを対象に、弾塑性有限変位解析により 1/10 モデルと 1/5 モデルの弾塑性挙動及び終局強度特性を明らかにし、低塔化の耐力力への影響について検討する。

2. 基本条件

1/10 及び 1/5 モデルを対象とし、中央径間長 $L_c=200m$ 、側径間 $L_s=90m$ より、スパン比 $L_s/L_c \approx 1/2$ とする。塔高は、1/10 斜張橋の場合桁上より 24m、1/5 斜張橋は 44mである。桁下空間は、同一の 20mとする。主塔形式はラーメン形式を採用し、その断面は一室箱型断面とする。主桁断面はエッジガーダー断面を選択する。図中に示す板厚は補剛材を換算した換算板厚である。ケーブルには両斜張橋ともにST1770 材を使用している。これら基本条件を基に決定された断面諸元が表 1 である。桁上塔高を半分にすることで合計概算重量は 1/10 の方が小さくなっている。

荷重載荷条件は、死荷重Dと活荷重Lの常時荷重とし、DとケーブルプレストレスPSの作用する初期状態から、 $\alpha(D+L)$ として死荷重と活荷重を漸増載荷させていく。初期状態からの全荷重倍率を $\beta=\alpha+1$ と定義する。活荷重載荷条件は図 3 に示すように①中央載荷②偏載③満載の 3 つについて検討しており、主桁及び主塔には理想化した溶接残留応力分布($\sigma_{rt}=1.0\sigma_y$, $\sigma_{rv}=0.25\sigma_y$, $0.4\sigma_y$)を仮定している。構成則は主桁及び主塔に完全弾塑性型、ケーブルにはバイリニア型を採用している。

また、表 1、概算重量のケーブル関連について 1/5 モデルより 1/10 モデルの重量が大きくなっているのは、後者は低塔化によって、前者に比べ断面内の軸力が大きくなるためである。さらに桁については、図 4 より、下フランジの厚さ・幅分だけ後者的の方が重量増となっている。

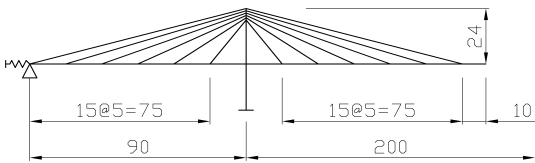


図1 1/10 斜張橋形状 [m]

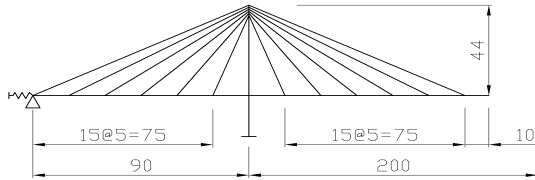
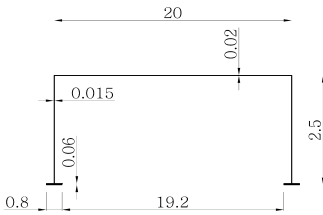


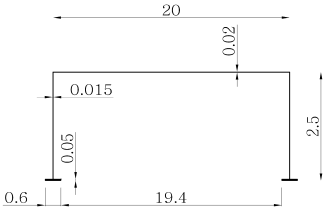
図2 1/5 斜張橋形状 [m]



図3 活荷重載荷条件



(a) 1/10 斜張橋



(b) 1/5 斜張橋

図4 主桁断面 [m]

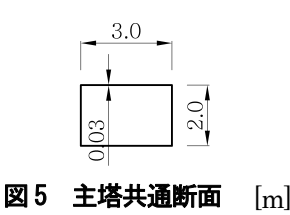
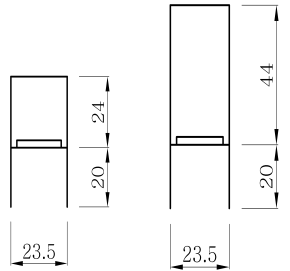


図5 主塔共通断面 [m]



(a) 1/10 斜張橋 (b) 1/5 斜張橋

図6 主塔形状 [m]

表 1 断面諸元

桁断面		エッジガーダー	
塔断面		鋼箱型	
塔高比		1/10	1/5
桁	断面寸法	20×2.5	同左
	換算板厚 t_e, t_w	20,800×60.15	20,600×50.15
	材質	SM490Y	同左
	断面積	0.57	0.53
	曲げ剛性	0.54	0.40
塔	断面寸法	2.0×3.0	同左
	換算板厚(壁厚)	30	同左
	材質	SM400	同左
	断面積	0.2964	同左
	曲げ剛性	0.3917	同左
ケーブル	断面積(mm ²)	7.197~11.584	4.195~7.197
	外径(d,mm)	119~153	95~119
概算重量	桁(t)	2,375	2,225
	塔(t)	880	1,140
	ケーブル関連(t)	246	171
	合計(t)	3,500	3,537

キーワード 斜張橋, 低塔化, 中央径間長, 終局強度

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 TEL : 042-677-1111

3. 研究結果

図7(a), (b)は, 活荷重載荷条件に対して, 最も厳しい初期降伏時及び終局時荷重倍率をまとめたものである。両モデルとも, 主桁→主塔→ケーブルの順(一部のパターンを除き)に初期降伏が生じ, 最後終局に至る。

主桁の初期降伏時の荷重倍率は残留応力を載荷した全パターンでおよそ 1.0, 主塔では 1/10 モデルで 1.36~1.47, 1/5 モデルで 1.72~2.00, ケーブルでは両モデルとも 2.1 付近で初期降伏を迎える。終局時荷重倍率は, 1/10 モデルにおいて $\beta_u \approx 2.30 \sim 2.39$ となりほぼ横ばいとなる。また, 1/5 モデルでは $\beta_u \approx 2.39 \sim 2.44$ を有しており, 両斜張橋において最も厳しい活荷重載荷条件は中央載荷である。

また図8の荷重変位曲線から明らかに, 1/10 モデルでは主塔の降伏範囲の進展, 1/5 モデルではケーブルの初期降伏発生後, 非線形性が増している。すなわち, 1/10 モデルでは主塔, 1/5 モデルではケーブルが終局限界を支配している。図9は, 中央載荷時における両斜張橋の終局時の総変位モード図である。1/10 モデルでは主塔が塔基部からケーブル定着点直下まで降伏している(図中, 太線領域)の 비해, 1/5 斜張橋では塔基部, ケーブル定着点付近は降伏に至っていないが, ケーブルの降伏が広範囲に進展している。最後に, 図10は1/10斜張橋について残留応力の耐力への影響をまとめたものである。この図が示すように圧縮残留応力の増加に対して, 終局時荷重倍率はほぼ一定となっており, 中央径間 200m の低塔斜張橋においてその影響は小さい。

4. 考察

以上より, 両モデルにおいて最も厳しい終局時荷重倍率をまとめたものが表2である。桁上塔高を従来のものより半分としても, 残留応力を載荷したモデルも含め, 全てのパターンで終局時荷重倍率を 2.296 以上有しており, 十分な終局強度を確保している。したがって低塔を有する鋼製斜張橋は橋梁形式の一選択肢として建設実現の可能性が期待できる。

表2 各載荷条件で最も厳しい終局時荷重倍率

モデル	①中央載荷	②偏載	③満載
1/10	2.296	2.355	2.390
1/5	2.385	2.389	2.436

参考文献

1)野上, 気仙, 山沢, 森園, 長井: 中央径間長 400m および 600m 鋼製斜張橋の低塔化が終局強度特性に与える影響 構造工学論文集, Vol.53A, 2007. 2)村上, 野上, 森園, 長井: 塔高を中央径間長の 1/5 及び 1/10 とした 200m 斜張橋の試設計と適用性 土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集 I-59, 2006. 3)秋元, 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. 4)社団法人日本道路協会: 道路橋示方書 I 共通編 II 鋼橋編, 1972.

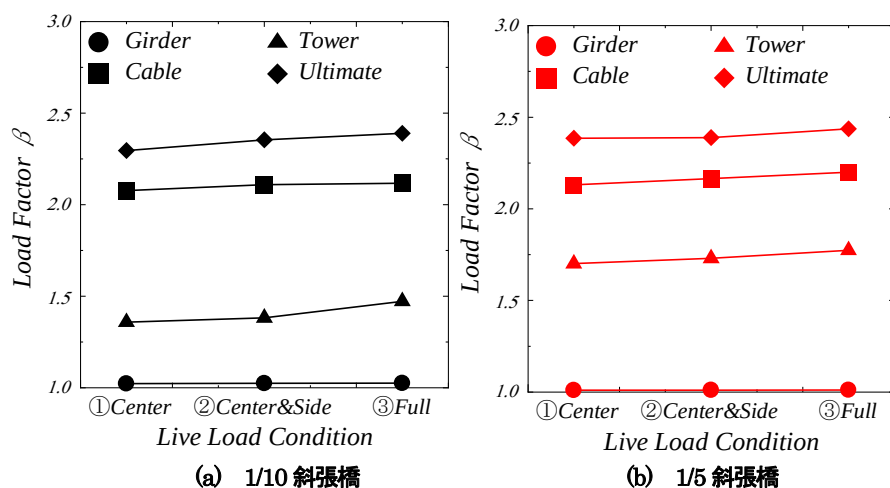


図7 200m 斜張橋初期降伏時荷重倍率

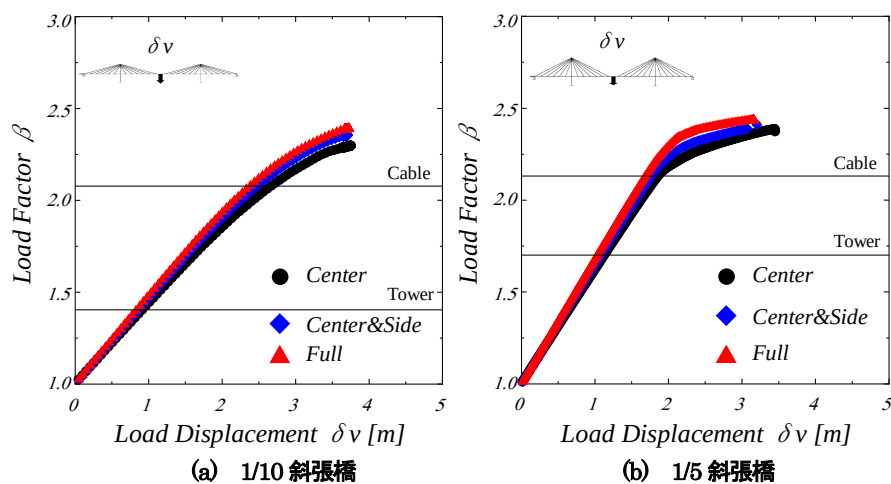


図8 各斜張橋 荷重変位曲線



図9 終局時総変位モード図

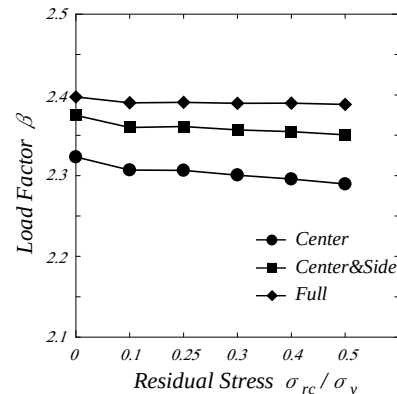


図10 終局時荷重倍率と圧縮残留応力の影響