

中央径間長 200m, 400m, 600m を有する低塔斜張橋の終局強度評価とその適用性

清水建設株式会社 正会員 ○吉田直樹
首都大学東京大学院 正会員 野上邦栄
株式会社長大 正会員 森園康之
長岡技術科学大学 正会員 長井正嗣

1. 研究背景・目的

都市内湾岸部に斜張橋を計画・建設する場合、吊橋に比べ、同じ支間長に対する塔高が高いことから、空港近接時や住居等近接時には様々な問題が想定される。この背景の下、橋梁形式の一選択肢として、(桁上)塔高をこれまで経済的とされてきた中央径間長の 1/5 (以後 1/5 モデル) から、思い切って半分の、(桁上)塔高を中央径間長の 1/10 とした低塔斜張橋 (以後 1/10 モデル) をこれまでに提案してきた¹⁾²⁾。これに関して、本研究では中央径間長 200m, 400m, 600mを有する 1/10 及び 1/5 モデルを試設計して、これらの弾塑性挙動及び終局強度特性を比較検討し、低塔化や支間長の変化が斜張橋の耐荷力に及ぼす影響について考察し、さらに長大橋の建設計画の一選択肢として、低塔斜張橋の適用可能性を明らかにする。

2. 解析モデル

本研究では、図 1 に示す中央径間長 200m, 400m, 600mを有する 1/10 及び 1/5 斜張橋モデルを対象とした。試設計は道路橋示方書³⁾、本四上部構造設計基準⁴⁾及び吊橋主塔設計基準⁵⁾に基づいている。主桁形状は 200mモデルを図 2-(a)に、400m,600mを図 2-(b)に示す。主塔断面は図 3 のような一室箱型断面とし、主塔形状は二層ラーメン形式 (600m1/5 モデルのみ三層)、桁下空間は全モデル共通の 20mとする。ここに主桁、主塔の板厚は補剛材を考慮した換算板厚である。ケーブルには 1/10 モデルにST1770 材、1/5 モデルにはST1570 材を使用している。得られた断面諸元を表 1 に示す。荷重載荷条件は、死荷重(D)+ケーブルプレストレス(PS)のかかる初期状態に対し、常時荷重(D+活荷重(L))を漸増載荷させる。つまり $D+PS+\alpha(D+L)$ と表記でき、この時の α を載荷倍率、また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 4 に示す 1)中央載荷、2)偏載、3)満載の 3 パターンを検討した。また主桁及び主塔には引張側 σ_y 、圧縮側 $0.4\sigma_y$ の理想化した溶接残留応力を仮定した。

表 1 断面諸元

支間長 (m)		200				400		600	
塔高比 (H/L ₀)		1/10	1/5	1/10	1/5	1/10	1/5	1/10	1/5
中間橋脚 (基)		0	0	0	0	2	0	4	0
主桁断面形状		エッジガーダー		箱型		箱型		箱型	
主桁	断面寸法 (m)	20×2.5	同左	20×2.5	同左	22×2.5	同左	22×2.5	同左
	換算板厚 t _w , t _f , t _s (mm)	20,15,60	20,15,50	20,15,15	同左	20,15,20	同左	20,15,20	同左
	材質	SM490Y	同左	SM400	同左	SM400	SM400	SM490Y	SM400
	断面積 (m ²)	0.571	0.535	0.774	同左	0.955	同左	0.955	同左
	曲げ剛性 (m ⁴)	0.567	0.420	1.113	同左	1.414	同左	1.414	同左
	曲げ剛性 (m ⁴)	0.405	0.405	0.405	同左	2.083	同左	2.083	同左
主塔	断面寸法 (m)	2.0×3.0	同左	同左	同左	2.5×5.0	同左	2.5×5.0	同左
	換算板厚 (mm)	30	同左	同左	同左	40	同左	40	同左
	材質	SM400	同左	同左	同左	SM400	SM400	SM490Y	SM490Y
	断面積 (m ²)	0.300	同左	同左	同左	0.600	同左	0.600	同左
	曲げ剛性 (m ⁴)	0.220	同左	同左	同左	0.729	同左	0.729	同左
	曲げ剛性 (m ⁴)	0.405	0.405	0.405	同左	2.083	同左	2.083	同左
ケーブル	断面積 (mm ²)	7.2~11.6	4.2~7.2	7.2~11.6	4.2~7.2	4.9~16.2	4.9~10.9	5.8~19.2	4.7~10.9

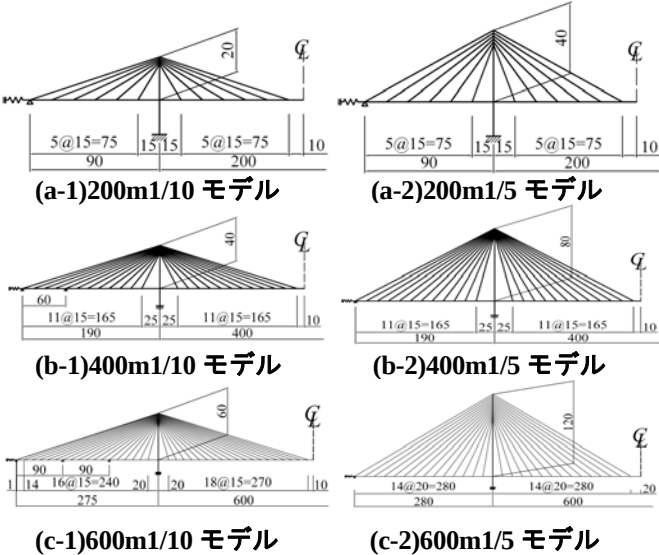


図 1 斜張橋全体形状

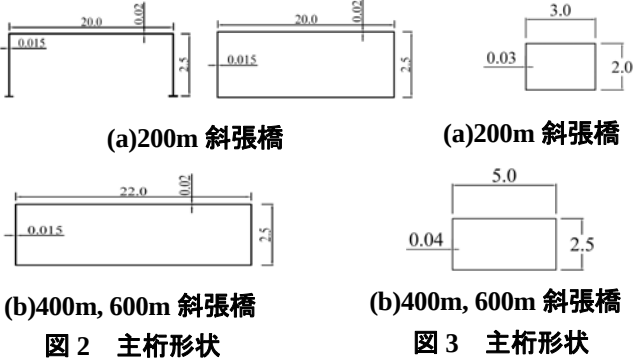


図 2 主桁形状

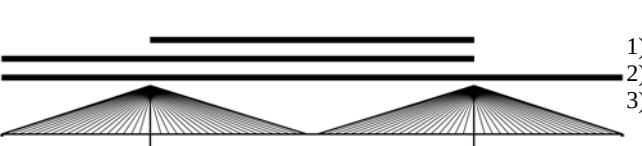


図 3 主桁形状



図 4 活荷重載荷条件

キーワード 中央径間長, 低塔化, 斜張橋, 終局強度, 弾塑性挙動

連絡先 192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院

3. 解析結果

図5には各斜張橋モデルにおける各部材の初期降伏時及び終局時荷重倍率 β_U を、図6には各斜張橋モデルの主桁中央部における荷重-鉛直変位曲線をまとめた。これらの図より、一部ケーブルが降伏しないケースがあるものの、ほぼ全てのケースで主桁→主塔→ケーブルの順で降伏し、終局に至る。

3.1 200m斜張橋 200m1/10 モデル箱型では $\beta_U=1.9$ ～2.0程度、エッジガーダーでは2.3～2.36程度となり、両者とも活荷重載荷条件の違いによる影響は小さい。一方1/5モデルでは、箱型が2.3～2.6程度、エッジガーダーでは2.39～2.45程度となり、箱型では偏載時、エッジガーダーでは中央載荷時で最も厳しい。また荷重-変位曲線より両斜張橋1/10モデルでは主塔の初期降伏、1/5モデルではケーブル降伏範囲の進展を契機に非線形性が増大していることから、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。

3.2 400m斜張橋 400m斜張橋では、 β_U はどの活荷重載荷条件でもほぼ同等で、1/10モデルで2.1～2.2、1/5モデルで2.2～2.4である。また荷重-変位関係においては1/10モデルで主塔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を契機に非線形性が増大していることから、1/10モデルでは主塔及びケーブル、1/5モデルではケーブルが終局限界を支配している。

3.3 600m斜張橋 600m斜張橋の1/10モデルでは、活荷重載荷条件が β_U に与える影響は小さく、各々2.0付近となっている。一方1/5モデルでは1.84～2.28となり、中央載荷時で最も厳しい。また1/10モデルではケーブル降伏領域の進展が、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ことから、1/10モデルではケーブル、1/5モデルでは主に主塔が荷重-変位関係を支配していると言える。

4. 結論

表2は各斜張橋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である。これより全ての低塔斜張橋は、 $\beta_U=1.94$ 以上を確保しており、十分な耐荷力を有していることから、建設実現の可能性がある。

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.2007.3, 2)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.2005.3, 3)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編, II 鋼橋編 2002, 4)本四連絡橋公団: 上部構造設計基準・同解説 1989, 5)本四連絡橋公団: 吊橋主塔設計要領(案)・同解説 1989 他

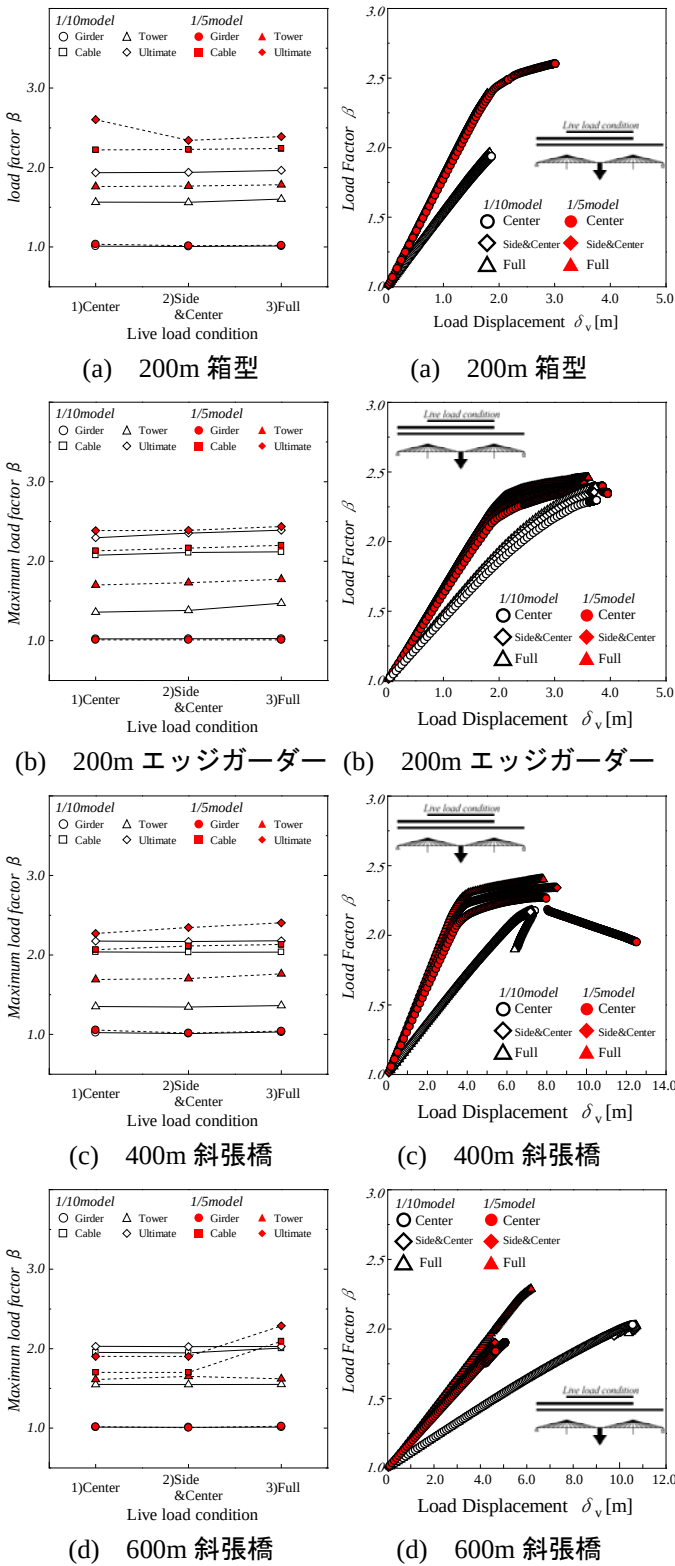


図5 各モデルの初期降伏時及び終局時荷重倍率 図6 各モデルの主桁中央部における荷重-変位曲線

表2 各斜張橋モデル最も厳しい終局時荷重倍率 β_U

	200m		400m	600m
	box	edge		
1/10モデル	1.94	2.30	2.17	2.02
1/5モデル	2.34	2.40	2.27	1.90