

## 一部他定式・自定式斜張橋の終局強度比較

東京都立大学大学院 学生会員 秋本 泰治  
 東京都立大学大学院 学生会員 岩崎 秀隆  
 東京都立大学大学院 正会員 野上 邦栄  
 長岡技術科学大学 正会員 長井 正嗣

### 1. まえがき

斜張橋は塔と桁にケーブル張力により軸圧縮力を受ける構造物であり、支間の長大化に伴い塔や桁に生じる軸圧縮力が増大し断面の大型化が避けられなくなる。特に、支間 1000m を超える自定式斜張橋では桁に対する静的安定性を確保するために車線数に関係なく桁幅を広くし、かつ桁高も高くする必要があることが指摘されている<sup>1)</sup>。そのため、主桁鋼重に着目すれば斜張橋は他の吊形式橋梁に対して競争力を失うと考えられる。それに対し、主桁に生じる軸圧縮力を低減し従来の自定式に対して長支間化を可能にする形式として一部他定式が提案されている。しかしながら、一部他定式斜張橋の終局強度やその挙動に対する検討は少なく<sup>2)</sup>、十分明らかになっているとは言えない。そこで本研究では、一部他定式斜張橋の終局強度や弾塑性挙動の特性を明らかにすることを目的とし、支間 1640m の一部他定式斜張橋と支間 1400m の自定式斜張橋を対象に弾塑性有限変位解析<sup>3)</sup>を行い、自定式斜張橋と一部他定式斜張橋の終局強度および挙動特性について比較検討した。なお、モデルの決定理由として、桁に働く軸圧縮力が同等となる 2 モデルとした。

### 2. 斜張橋モデル

解析対象とした斜張橋とその主桁、主塔の断面を図-1,2 に示す。斜張橋モデルは支間 1640m、側径間 680m の一部他定式斜張橋と、支間 1400m、側径間 680m の自定式斜張橋である。桁から上の塔の高さは、自定式が 280m、一部他定式が他定区間ケーブル定着長 18m を含む 298m である。また、どちらも側径間には 100m 間隔で中間橋脚を配置する。主桁断面は桁幅 35m の 5 セル、主塔断面は 1 セルの矩形断面とし、自定式と一部他定式で同一断面を用いる。桁高は  $H=3.0, 4.0, 5.0\text{m}$  と変化させ、桁高が終局強度に与える影響を考慮する。なお、桁高の変化に関わらず主塔断面は同一とした。板厚はリブを含む換算板厚とし、主桁はデッキ、フランジを 20mm、ウェブを 15mm、主塔は 40,60mm と仮定した。主桁、主塔の材質には基準降伏点  $450\text{N/mm}^2$  の SM570 を、ケーブルには引張強度  $1570\text{N/mm}^2$  の ST1570 を用いた。また、応力-ひずみ関係は、塔・桁に対して完全弾塑性を、ケーブルに対してバイリニア型を仮定する。

断面諸元及び荷重の値は表-1 に示す。主桁及び塔には残留応力を、引張側に  $\sigma_{rt} = \sigma_y$ 、圧縮側に  $\sigma_{rc} = -0.2\sigma_y$  の大きさで考慮する。残留応力の分布形状については、図-2 の主桁・主塔断面図内に合わせて示す。なお、初期たわみについては考慮していない。荷重条件は死荷重(D)とケーブルプレストレス(PS)が作用する初期状態に対して死荷重と活荷重の和(D+L)を漸増増加する。つまり、荷重倍率増分を  $\alpha$  として  $D+PS+\alpha(D+L)$  となる。従って、初期状態からの荷重倍率は  $\beta = \alpha + 1$  となる。また、活荷重の載荷状態は図-3 に示すような A) 全径間載荷 B) 側径間+中央径間載荷 C) 中央径間載荷の 3 種類を考慮した。

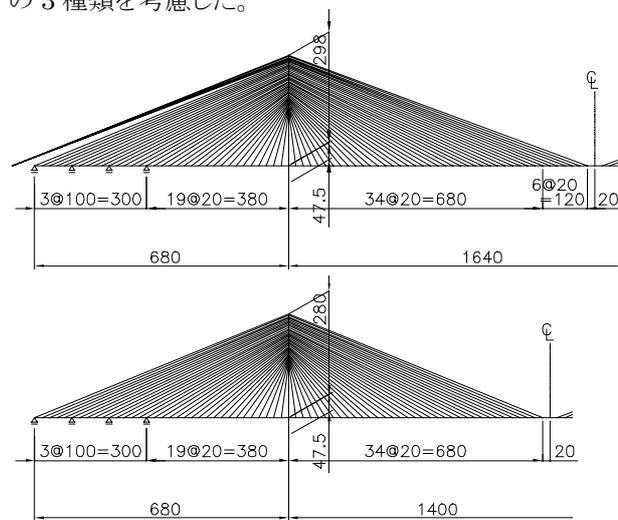


図-1 斜張橋モデル(上;一部他定式・下;自定式)

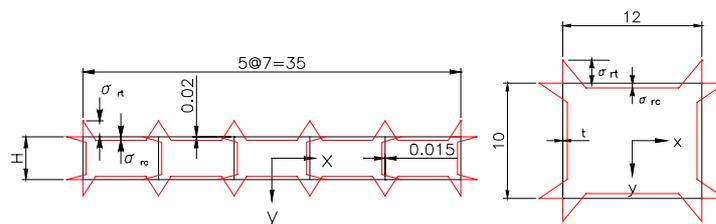


図-2 主桁・主塔断面図および残留応力分布形状

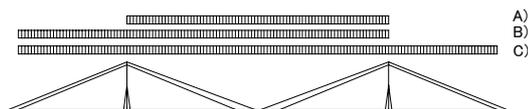


図-3 活荷重載荷状態

表-1 断面諸元・荷重

	H, t (m)	A (m <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (m <sup>4</sup> )	J (m <sup>4</sup> )	D (kN/m)	L (kN/m)
桁	3.0	1.670	3.353	181.504	7.109	248.6	43.7
	4.0	1.760	6.080	194.367	12.409	258.3	
	5.0	1.850	9.688	207.229	19.052	268.0	
塔	0.04	1.760	30.667	40.320	52.364	189.7	
	0.06	2.640	46.000	60.480	78.546	284.5	

キーワード:一部他定式斜張橋,終局強度,弾塑性有限変位解析

連絡先:192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL.(0426)77-1111 FAX.(0426)77-2772

### 3.解析結果

図-4 に塔の板厚  $t=0.04m$ 、桁高  $H=3m$ 、活荷重  $C$  全径間载荷における、図中に示す桁位置(4,5 本目ケーブル中間)の荷重-変位曲線を示す。図の横軸は鉛直変位を、縦軸は荷重倍率  $\beta$  を意味する。図中の記号は、○が支間 1640m 一部他定式を、△が支間 1400m 自定式の挙動を表す。黒塗りは、それぞれの曲線の左下から右上に向かって順に、桁の初期圧縮降伏点、塔の初期降伏点、ケーブルの初期降伏点を表す。矢印で示す点が終局時である。桁の初期降伏は両者ほぼ同時期に起こるが、一部他定式はその直後に塔の初期降伏が起こるのに対し、自定式では一部他定式よりもかなり遅れて起こる。その理由として、塔が同一断面の条件下で、一部他定式の方が桁と塔の自重が大きいと考えられる。また、両曲線とも桁の初期降伏までは荷重の増加に従って直線的に増加し、自定式では桁の初期降伏後に傾きの変化を生じるのに対し、一部他定式では初期降伏後も線形的挙動をし、ケーブル降伏後に著しい傾き変化を生じ、終局状態に達している。

図-5 に同条件での終局時変位増分モードを示す。図-4 の着目点の決定理由として、このモードの左側径間で最も撓んでいる付近の同地点を採用した。太線部が塑性領域であるが、全体として自定式・一部他定式共に終局モード形はほぼ同形となるのが分かる。その中で、自定式の方が一部他定式よりも桁の塑性化がやや先行し、一部他定式ではケーブルの塑性化が自定式よりも進んでいるのが両者の違いとしてあげられる。塔においては両者の塑性領域の違いはほとんど現れていない。なお、引張軸力が働く一部他定式支間中央付近の塑性化は、引張残留応力の影響上、考慮しなかった。

図-6 は、塔の板厚  $t=0.04m$ 、荷重状態  $C$  で桁高を変化させた時の初期降伏時及び終局状態における荷重倍率  $\beta$  の関係を、図-7 は桁高  $H=3m$  で荷重状態を変化させたときの初期降伏時および終局状態における荷重倍率  $\beta$  の関係を示している。●が一部他定式、▲が自定式を表し、実線が終局時荷重倍率、点線が初期降伏時荷重倍率の相互関係を表す曲線である。初期降伏時の記号については、白抜きが塔降伏、黒塗りが桁降伏、褐色が塔と桁でほぼ同時に起こったことを表す。桁高および荷重状態変化時の耐荷力は一部他定式と自定式でほぼ同じ傾向を示し、初期降伏時荷重倍率、終局時荷重倍率共に、その差は最大のもので 2% (桁高 3m, 荷重  $C$ , 終局時) とごくわずかである。塔の板厚を  $t=0.06m$  に増加すると一部他定式と自定式ともに初期降伏はいずれの条件においても桁から起こり、耐荷力は同様に近接したものとなった。他の桁高・荷重载荷状態の組み合わせにおいても同様の傾向が見られ、数値的には一部他定式と自定式はほぼ同じ終局荷重倍率値を得た。

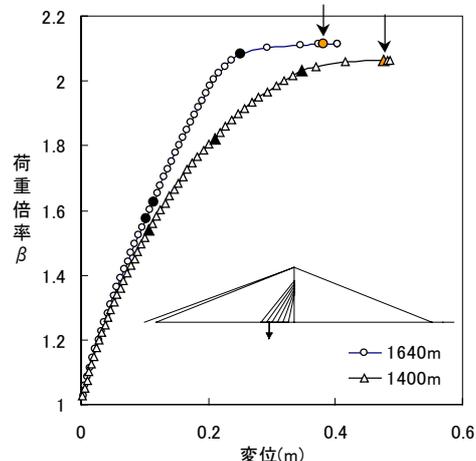


図-4 荷重-変位曲線

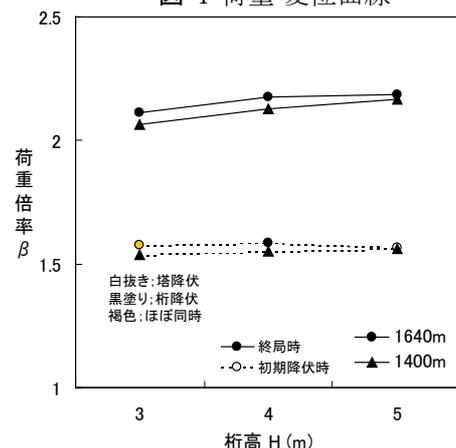


図-6 桁高-荷重倍率

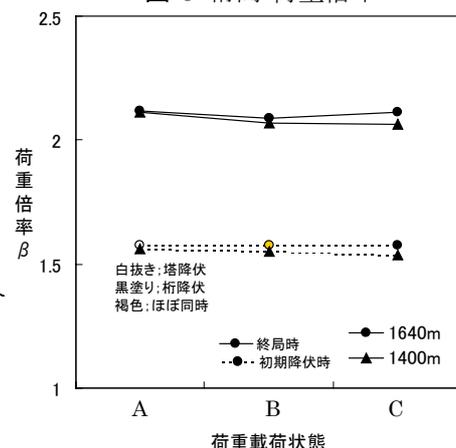


図-7 荷重载荷状態-荷重倍率

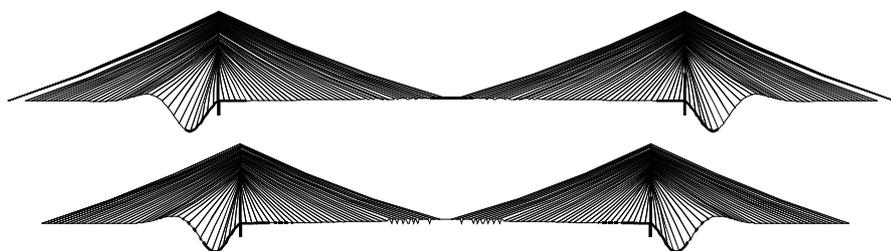


図-5 終局時変位増分モード

### 4.結論

以上の結果から、今回対象とした支間 1640m 一部他定式斜張橋と支間 1400m 自定式斜張橋において、ケーブル形式の違いからくる挙動の違いはあるものの、同等の終局荷重倍率値を有することが明らかになった。

#### 参考文献

- 1)長井正嗣,水上義彦,森園康之,藤野陽三:自定,一部他定式を用いた斜張橋の長大化の可能性に関する一考察,鋼構造年次論文報告集,Vol.2,pp.635-642,1994.
- 2)岩崎秀隆,野上邦栄,長井正嗣:超長大一部他定式斜張橋の終局強度に与える構造パラメータの影響,構造工学論文集,Vol.48A,pp.77-86,2002
- 3)謝旭,長井正嗣,山口宏樹:長大斜張橋の終局強度解析と挙動に関する一考察,土木学会論文集,N0.598/I-44,pp.171-181,1998