

中間橋脚と面内荷重に着目した一部他定式斜張橋の終局強度特性の検討

東京都立大学大学院 学生員 岩崎 秀隆
 東京都立大学大学院 正 員 野上 邦栄
 長岡技術科学大学 正 員 長井 正嗣

1. はじめに

斜張橋の塔と桁はケーブル張力により軸圧縮力を受ける。とりわけ支間の長大化に伴な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ことが指摘されている¹⁾。そのため、主桁の鋼重に着目すれば自定式斜張橋は他の吊形式橋梁に対して競争力を失なうと考えられる。それに対して、主桁に生じる軸圧縮力を低減し自定式に対して長支間化を可能とする形式として一部他定式が提案されている¹⁾。しかしながら、一部他定式斜張橋の終局強度や挙動に対する検討は少なく^{2,3)}、十分明らかになっていないとも言えない。そこで本論文では、支間 1640m の一部他定式斜張橋を対象に、弾塑性有限変位解析⁴⁾を行い、中間橋脚と面内荷重の変化に着目した一部他定式斜張橋の終局強度や挙動について検討を行なう。

2. 斜張橋モデル

解析対象とした斜張橋は支間 1640m、側径間 680m の一部他定式斜張橋である。なお、240m の他定区間長については架設工法を自定式と同じ張出し架設を想定し前死荷重による支間中央の引張軸力(引込み力)を 98MN と仮定して算出した¹⁾。また、中間橋脚の設置が終局強度に与える影響を検討するために、側径間に中間橋脚を 100m 間隔で 3 基設置した ① 中間橋脚ありと中間橋脚を設置しない ② 中間橋脚なしの 2 種類を解析モデルとした。図-1 に斜張橋モデルとその主桁、主塔の断面を示す。ただし、図は中間橋脚を設置したモデルである。解析モデルの桁から上の塔の高さは他定区間ケーブル定着長 18m を含む 298m であり、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た。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 40mm と仮定した。主桁、主塔の材質には基準降伏点 450N/mm^2 の SM570 を、ケーブルには引張強さ 1570N/mm^2 の ST1570 を用いた。また、応力-ひずみ関係は SM570 に完全弾塑性を、ST1570 にはバイリニアを仮定する。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)を漸増載荷する。従って、荷重倍率を α として $D + PS + \alpha(D + L)$ となる。また、活荷重の載荷状態は、中央径間のみに載荷する ① 中央径間載荷(Center)、一方の側径間と中央径間に載荷する ② 側径間+中央径間載荷(Side & Center)、全径間に載荷する ③ 全径間載荷(Full)の 3 種類を考慮し活荷重の載荷状態が終局強度に与える影響について検討を行う。断面諸元と荷重の値を表-1 に示す。なお、残留応力と初期たわみについては考慮していない。

3. 解析結果

表-2 に中間橋脚の有無、桁高、活荷重載荷状態を変化させた場合の初期降伏時と終局状態における荷重倍率を示す。なお、 α_i は初期降伏時を α_u は終局状態での荷重倍率を表す。また、図-2 はそれらの関係を表し、図の横軸は桁高を縦軸は荷重倍率 α を示す。中間橋脚の有無は記号の色で表し、黒記号が ① 中間橋脚あり、白記号が ② 中間橋脚なしであ

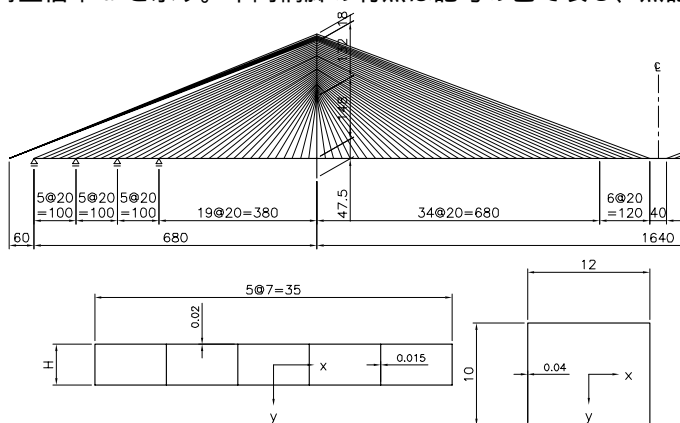


図-1 中間橋脚あり斜張橋モデルと主桁・主塔断面

表-1 断面諸元と荷重

	H (m)	A (m ²)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)
桁	3.0	1.670	3.353	181.504
	4.0	1.760	6.080	194.367
	5.0	1.850	9.688	207.229
塔		1.760	30.667	40.320

J (m ⁴)	D (kN/m)	L (kN/m)
7.109	248.6	43.7
12.409	258.3	
19.052	268.0	
52.364	189.7	

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

る。また、活荷重の載荷状態は記号の形状で区別する。円形は①中央径間載荷を四角形が②側径間+中央径間載荷を三角形が③全径間載荷を示す。なお、これらは図-2~5全てで共通である。桁高3mでの終局時の荷重倍率は、①中間橋脚ありの場合 $\alpha_u = 1.12$ であり、②中間橋脚なしでは①中央径間載荷が最も荷重倍率が低く $\alpha = 1.04$ である。初期状態における荷重 D+PS の荷重倍率を 1.0 とすれば、中間橋脚の有無に関わらず荷重倍率として2程度が確保できることになる。次に、中間橋脚の有無と終局状態での荷重倍率 α_u の変化に着目すると、実線の①中間橋脚ありでは桁高の増加に対して荷重倍率が増加する。しかし、②中間橋脚なしの場合、③全径間載荷を除き桁高の増加に対して荷重倍率が減少する傾向が見られた。これは、①中間橋脚ありでは中間橋脚が側径間の変形を拘束しケーブルを介して塔の変形を減少させる方向に働くのに対して、その効果の無い②中間橋脚なしでは塔の変形が増大するためと考えられる。

図-3に桁高3mの支間中央鉛直変位に対する荷重-変位曲線を示す。図の横軸は支間中央鉛直変位を縦軸は荷重倍率を示す。図から、変位は荷重の増加に従ってほぼ直線的に増加し、幾何学的非線形性の影響は大きくないことがわかる。また、支間中央には引張軸力が生じるため、荷重の増加に従い変位が減少する傾向が見られる。活荷重載荷状態と変位の挙動に着目すると、①中間橋脚ありは載荷状態に関わりなく曲線は同一の経路を描く。また、②中間橋脚なしの場合も差は僅かであり、活荷重載荷状態の影響は小さい。これは、死荷重が活荷重と比較して大きな値であることに加え、アンカーに定着した他定ケーブルによって塔や桁の極端な変形が抑制され比較的安定した構造であるためと考えられる。

図-4, 5に桁高3mの塔位置の桁と塔基部の部材における軸力と曲げモーメントの相関曲線を示す。なお、図中 N , M はそれぞれ作用軸力と曲げモーメント、 N_Y , M_P はそれぞれ断面の降伏軸力と全塑性モーメントである。図-4, 5共に曲線は $N/N_Y = 0.4$ 付近が基点であり完全な軸力支配である。塔位置の桁を示す図-4では中間橋脚の有無や活荷重載荷状態の変化に関わらず同様の曲線となっている。一方、図-5塔基部では、中間橋脚の有無や活荷重の載荷状態によって傾きが異なっている。②中間橋脚なしは①中央径間載荷、②側径間+中央径間載荷で①中間橋脚ありよりも傾きが小さく曲げモーメントの影響が強いことがわかる。③全径間載荷では②中間橋脚なしの方が傾きが大きく、軸力支配である。

4. まとめ

以上の結果から、限定された面内荷重に関する検討ではあるが、中間橋脚の有無に関わりなく桁高3mで荷重倍率2程度が確保でき、面内耐力力の観点から支間1600mクラスの斜張橋に対する可能性が示せた。また、一部他定式斜張橋の幾何学的非線形性は小さく、活荷重の載荷状態による影響も顕著ではないといえる。

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) 謝旭, 山口宏樹, 長井正嗣: 自定, 一部他定式長大斜張橋の弾塑性終局挙動に関する考察, 鋼構造年次論文報告集, Vol.4, pp.325-332, 1996.
- 3) 岩崎秀隆, 野上邦栄, 長井正嗣: 一部他定式斜張橋の終局強度特性に関する検討, 第28回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp.82-83, 2001.
- 4) 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, No.598/I-44, pp.171-181, 1998.

表-2 初期降伏と終局状態の荷重倍率

活荷重	①中間橋脚あり					
	桁高 H (m)					
	H = 3m		H = 4m		H = 5m	
	α_i	α_u	α_i	α_u	α_i	α_u
① Center	0.84	1.12	0.83	1.16	0.81	1.16
② Side & Center	0.85	1.12	0.82	1.16	0.80	1.15
③ Full	0.85	1.12	0.87	1.18	0.86	1.21

活荷重	②中間橋脚なし					
	桁高 H (m)					
	H = 3m		H = 4m		H = 5m	
	α_i	α_u	α_i	α_u	α_i	α_u
① Center	0.73	1.04	0.72	0.99	0.70	0.96
② Side & Center	0.78	1.06	0.75	1.01	0.73	0.98
③ Full	0.84	1.10	0.84	1.16	0.84	1.22

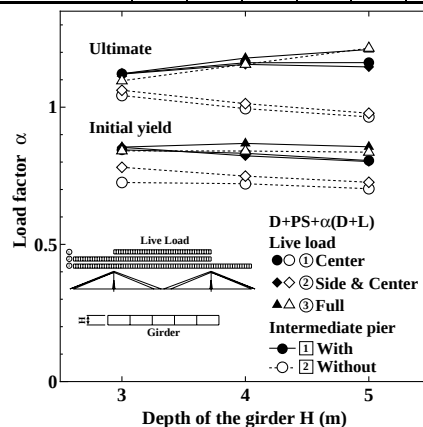


図-2 桁高 H と荷重倍率 α

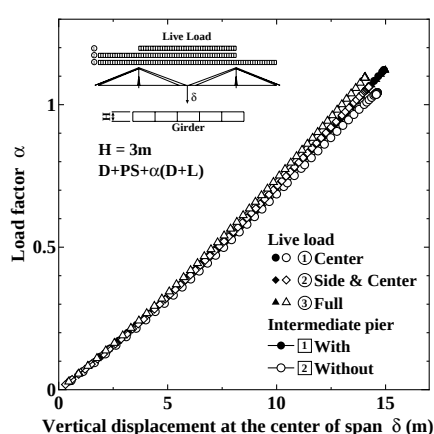


図-3 支間中央鉛直変位の荷重-変位曲線

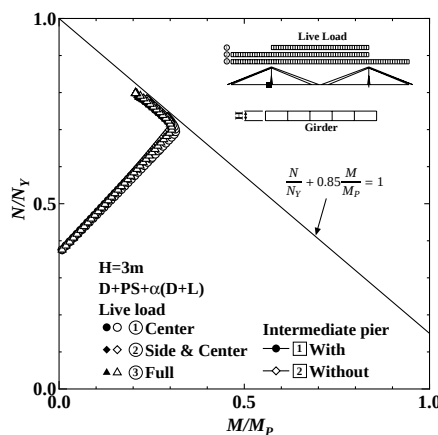


図-4 塔位置桁断面力の相関曲線

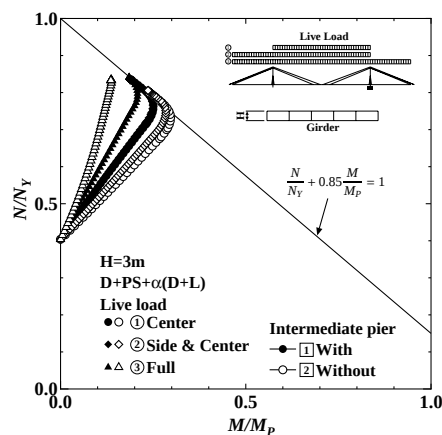


図-5 塔基部断面力の相関曲線