

(I-21) 一部他定式斜張橋の終局強度に与える残留応力の影響

東京都立大学 学正会員 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¹⁾。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²⁾、十分明らかになっているとは言えない。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³⁾を行い、特に残留応力が一部他定式斜張橋の終局強度や挙動に与える影響について検討した。

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 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である。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 である。また、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、ケーブルには引張り強度 1570N/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、①なし（考慮しない）のものと、引張り側(σ_{rt})に降伏応力 σ_y と同じ大きさを、圧縮側(σ_{rc})には $0.2\sigma_y$ ②- $0.4\sigma_y$ ③を考慮するものの計 3 ケース考え、その影響について検討を行う。残留応力の分布形状については、図-1 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。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図-2 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。

表-1 断面諸元・荷重

	$H\text{ (m)}$	$A\text{ (m}^2\text{)}$	$I_x\text{ (m}^4\text{)}$	$I_y\text{ (m}^4\text{)}$
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

$J\text{ (m}^4\text{)}$	$D\text{ (kN/m)}$	$L\text{ (kN/m)}$
7.109	248.6	43.7
12.409	258.3	
19.052	268.0	
52.364	189.7	

表-2 残留応力

残留応力	引張り側 (σ_{rt})	圧縮側 (σ_{rc})
①なし	0	0
②- $0.2\sigma_y$	σ_y	$(-0.2\sigma_y)$
③- $0.4\sigma_y$	σ_y	$(-0.4\sigma_y)$

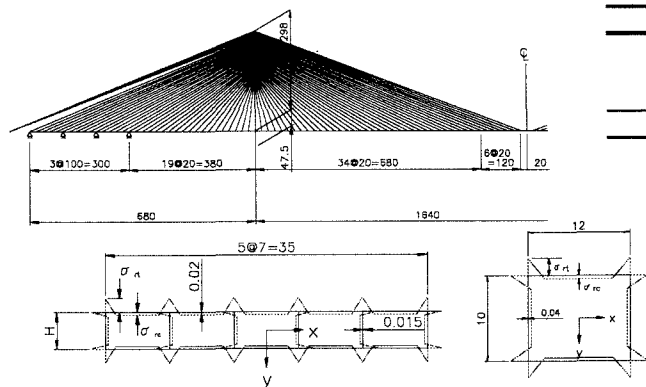


図-1 斜張橋モデル & 主桁・主塔断面図と残留応力分布形状

キーワード：一部他定式斜張橋、終局強度、残留応力、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-3,4 に桁高 $H=3\text{m}$ 、活荷重 A) 全径間載荷におけるそれぞれ中央径間第1第2ケーブル定着部中間部と塔の最下端ケーブル定着部の荷重-変位曲線を示す。両図の横軸には各々鉛直変位を、橋軸方向変位を、また、縦軸は荷重倍率 α を意味する。図中の曲線は、実線○が①なしを、点線△が②- $0.2\sigma_y$ を、一点鎖線◇が③- $0.4\sigma_y$ を表す。黒塗りは初期圧縮降伏点を表す。図-3,4 のいずれの残留応力条件においても初期降伏が起こるまでは荷重の増加に従って直線的に増加し、初期降伏後に傾きの変化が生じるのが分かる。また、両図とも3種の曲線はほぼ同様の軌跡を描き、残留応力の増大に伴い初期降伏は大幅に早まるが、終局荷重倍率には大きな影響が表れなかった。

図-5 は、桁高を変化させた場合の初期降伏時及び終局状態における荷重倍率 α の関係を表している。図の横軸は桁高を、縦軸は荷重倍率 α を意味する。図中の黒塗り記号は初期降伏時を、白抜き記号は終局状態を表す。初期降伏点を見ると、①から②で27~34%、②から③で51~54% 荷重倍率 α が減少している。桁高の変化による影響は極めて小さい。終局状態を見ると、残留応力の影響は最大で桁高5mの5%程度と小さい。他の荷重載荷条件でもほぼ同様の傾向を示しており、終局時荷重倍率に残留応力が与える影響は極めて小さいと言える。

図-6 は桁高 $H=3\text{m}$ 、活荷重 A) 全径間載荷での各残留応力条件における終局時崩壊モードである。太線部が塑性化の進展している箇所である。①→②→③と残留応力の値が大きくなるに連れ、塔基部、塔基部桁部そして周辺の桁へと塑性領域が広がっていくのが分かる。

4.まとめ

以上の結果より、今回対象とした支間1600m級の一部他定式斜張橋の耐荷力特性において、残留応力の影響は初期降伏時期および塑性領域に顕著に表れるが、終局状態に与える影響は小さいことが明らかになった。

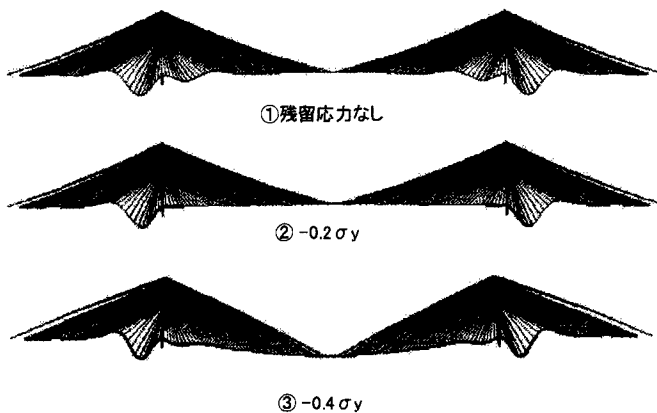


図-6 終局時の崩壊モード (荷重状態 A) , $H=3\text{m}$

参考文献

- 1) 長井正嗣, 水上義彦, 森國康之, 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) 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, N0.598/1-44, pp.171-181, 1998

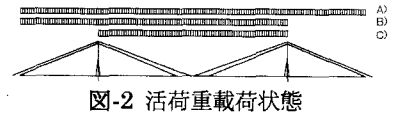


図-2 活荷重載荷状態

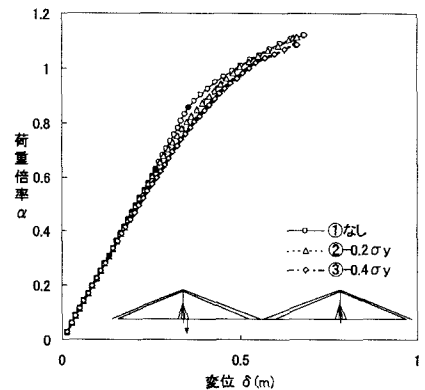


図-3 中央径間主桁第1第2ケーブル定着部中間部の荷重-変位曲線 (荷重状態 A) , $H=3\text{m}$

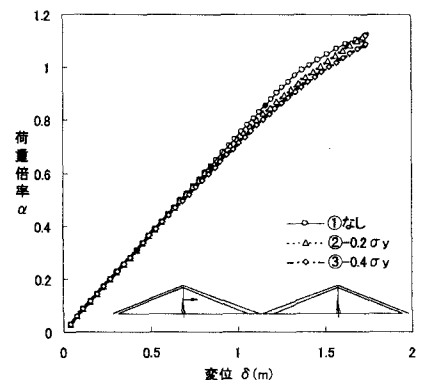


図-4 塔最下端ケーブル定着部の荷重-変位曲線 (荷重状態 A) , $H=3\text{m}$

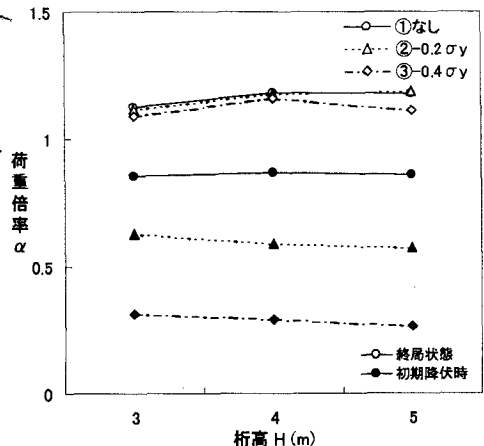


図-5 桁高-荷重倍率 (荷重状態 A))