

3000m 4 径間超長大吊橋の弾塑性挙動と耐荷力特性

首都大学東京大学院 学生会員 ○ 藤岡 健祐

首都大学東京大学院 フェロー会員 野上 邦栄

(株) 長大 正会員 池田 虎彦

長岡技術科学大学名誉教授 正会員 長井 正嗣

1. 目的

現在、海外では多くの超長大橋梁・新吊形式橋梁の計画・建設が進められている。これらのプロジェクトを実現させるためには、超長大橋に対する新材料、新構造形式の開発が必要となるとともに、経済性、耐久性に富んだ合理的な設計・施工が求められる。超長大橋の構造形式としては、これまでの実績から 3 径間吊橋の重連構造形式が多く採用されてきたが、この形式は塔基礎の増加、中間アンカレイジの設置が必要のため経済性に劣る。そこで多径間吊橋が新たな選択肢として注目されている。しかし、多径間吊橋の構造全体系の弾塑性挙動および終局強度について検討した研究は少ない。以上の背景から、本研究では、中央径間長 3000m を有する 4 径間超長大橋を対象にして、構造全体系の弾塑性挙動および終局強度特性を解析的に検討する。

2. 解析モデル

対象とするモデルは、サグ比 1/10、中央径間長 3000m（スパン比 1 : 2 : 2 : 1）の 4 径間吊橋である。これは本州四国連絡高速道路(株)の設計基準により、応力度照査ならびに座屈安定照査を満足するように試設計した。主塔は、図 2 のような塔高 360m の 6 層鋼製ラーメン形式であり、塔柱断面は図 3、4 のような 7 セルの変断面である。側塔と中央塔の剛性比は 1 : 2.8 : 1 である。ケーブル中心間隔は 35.5m、ハンガーケーブルの定着間隔は 50m である。補剛桁は図 5 のような単室箱桁を採用した。なお、箱断面は縦リブを考慮した換算板厚として板厚を計算した。主ケーブルには ST2000 を、ハンガーには ST1570 を用いる。構成則は、図 6 のように主塔と補剛桁は完全塑性型、主ケーブルとハンガーはバイリニア型を仮定する。初期不整は考慮していない。各部材要素の断面諸元を表 1 にまとめる。

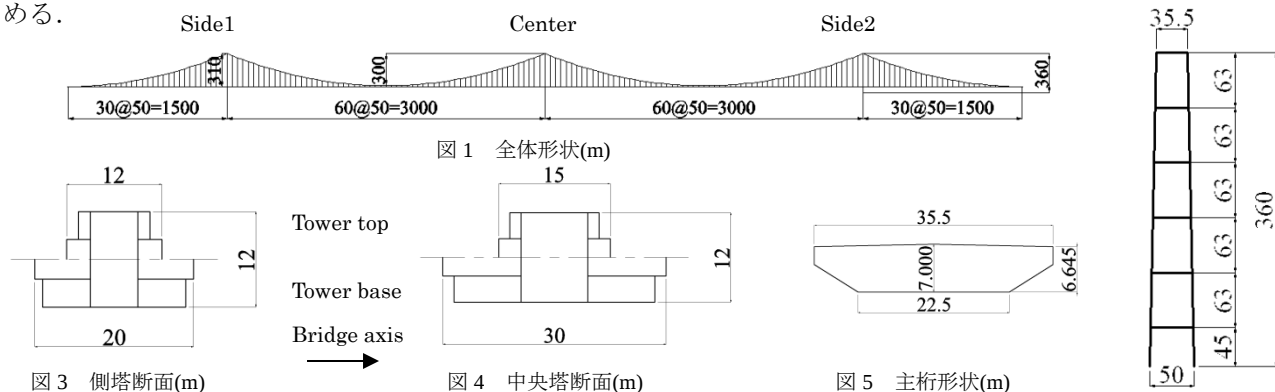


表 1 断面形状

		A(m ²)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)	材質
側塔	塔頂部	2.887	49.482	48.800	SM570
	塔基部	6.266	112.808	229.007	
中央塔	塔頂部	4.346	78.852	104.271	SM570
	塔基部	11.307	214.497	791.112	
主桁		1.553	13.670	199.000	SM490Y
メインケーブル		0.931			ST2000
ハンガーケーブル		0.011			ST1570

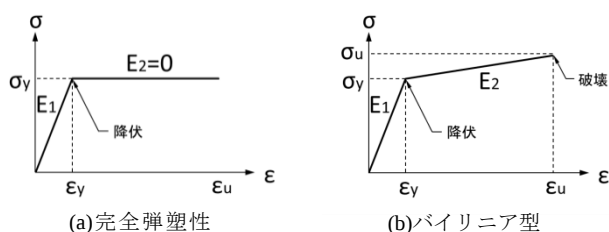


図 6 構成則

キーワード 多径間吊橋 弾塑性挙動 耐荷力特性

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL042-677-1111

解析方法は、弾塑性有限変位理論による骨組構造解析を用いた。荷重条件は、死荷重 D が作用する初期状態 1.0D から死荷重と活荷重 L を載荷した状態に対して荷重倍率 α を乗じて荷重 $\alpha(D+L)$ を漸増載荷した。なお、 α に 1 を加えた初期状態からの荷重倍率を全荷重倍率 β と定義する。活荷重載荷条件は図 7 に示す 6 ケースを設定した。

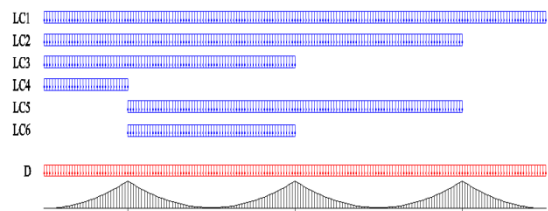


図 7 活荷重載荷条件

3. 解析結果

図 8 に各部材の各荷重条件における初期降伏時および終局時の荷重倍率を示す。LC2 と LC5 以外の荷重条件ではハンガーが最も早く初期降伏を迎えているのに対し、LC2 と LC5 では側塔が先に初期降伏を迎えた。終局時荷重倍率においては、LC2 が 2.21 で最も厳しい荷重条件となった。以下、LC2 のケースについて考察する。

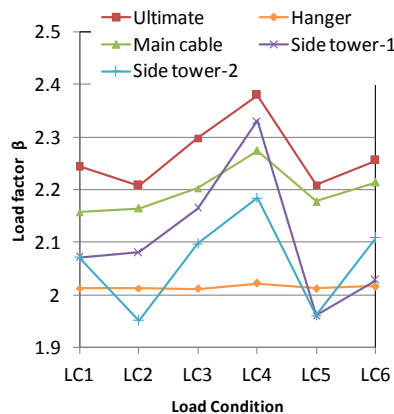


図 8 初期降伏時および終局時荷重倍率

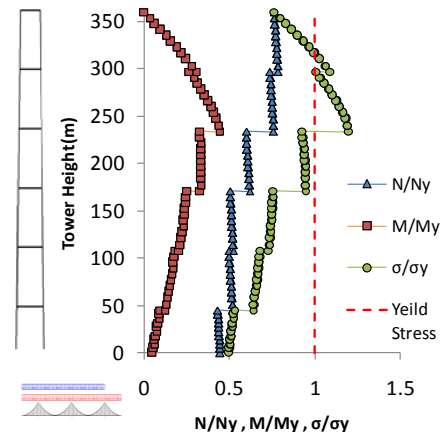


図 9 終局時側塔 2 応力分布(LC2)

LC2 では側塔 2、ハンガー、側塔 1、主ケーブル(側塔 1 塔頂部付近側径間側)の順に初期降伏を起こし、側塔 2 の上から 2 層目の下部で全断面塑性を起こすことによって終局を迎える。図 9 に側塔 2 の終局時応力分布を示す。塔基部から 2/3 付近の位置で最も大きな応力が働き、上から 2 層目、1 層目下部が塑性域に達している。図 10 の終局時崩壊形状では、側塔 2 が中央径間側に大きく変形しているのが確認できる(塔頂部の最大橋軸方向変位/塔高=1/87)。図 11 に LC2 の荷重-塔頂部変位曲線を示す。側塔 1、2 の鉛直方向変位はほぼ同様

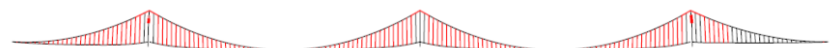
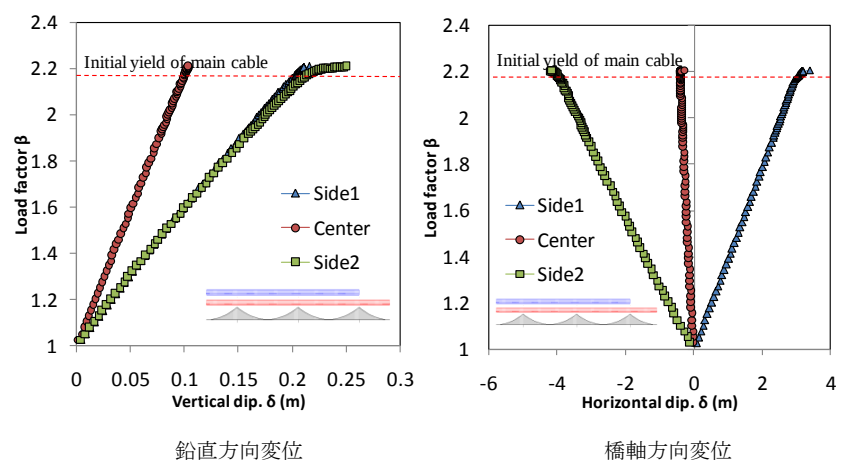
図 10 LC2 における終局時崩壊形状モード($\beta=2.21$)

図 11 荷重-塔頂部変位曲線(LC2)

な挙動を示しているが、断面の大きい中央塔の変位は比較的小さい。塔頂部の鉛直変位、橋軸方向変位ともに荷重倍率の増加に伴って増加しているが、主ケーブルの初期降伏後(荷重倍率 $\beta=2.16$)、側塔 1、2 は急激に変位が増大している。このことから、主ケーブルには主塔塔頂部の変位の増加を防ぐ働きがあるが、主ケーブルが降伏を起こすことで、塔頂部の変位が増大し、主塔の全断面塑性を引き起こす要因となったと考えられる。

4. 結論

今回対象とした 4 径間吊橋は、終局強度に着目した場合、全ての活荷重載荷条件で終局時荷重倍率 2.2 以上を確保していることを明らかにし、実現の可能性を示すデータを得た。また構造全体系の弾塑性挙動および終局強度特性を示すデータを得た。

参考文献

財団法人 海洋架橋調査会：海に架ける海峡横断プロジェクトを支えた 20 年-そして明日へ-，1998.10