

長大吊橋 RC 主塔の橋軸直角方向面内における耐荷力特性

首都大学東京大学院 学生会員 ○松原 秀和
 東京都 正会員 古澤 智章
 鹿島建設(株) 正会員 山沢 哲也
 首都大学東京 正会員 野上 邦榮

1. 研究目的・背景

わが国では、吊橋を中心とした海峡横断橋のビックプロジェクトが計画されているが、それを実現するためには、経済性、施工の合理化が要求されている。特に、吊橋主塔においては、安全性、耐久性、経済性の立場から、新断面、新構造に関する開発研究を進める必要がある。これまでのわが国の長大吊橋の主塔に着目すると、全て鋼製主塔が採用されてきた。一方、欧州では世界を代表する吊橋にコンクリート主塔(RC主塔)も採用されている。これまでわが国でRC主塔が建設されなかった最大の要因には厳しい自然環境が挙げられ、軽量でフレキシブルな鋼製主塔に比べ、質量の非常に大きなRC主塔では設計が困難であったためである。しかし、現在、コンクリート強度の向上は著しく、わが国の厳しい設計基準をクリアできる可能性がある。さらに鋼製主塔に比べ、工期短縮、工費低減が可能であるとの報告もある。

以上を背景において筆者らはこれまで長大吊橋の主塔としてRC構造に着目し、橋軸方向面内に関して弾塑性挙動、および終局強度特性をすでに検討してきた^{1) 2)}。方向面内主塔の弾塑性挙動、および終局強度特性について解析的に検討する。

2. RC主塔

解析対象とした吊橋は、中央支間長1500m、サグ比1/10、中央支間と側径間の比率は1:3:1の3径間2ヒンジ吊橋である。RC主塔は図-1のように塔高200m、水平材数4段、塔柱間隔28mのラーメン形式主塔である。図-2に、塔柱部および水平材の断面を示す。図中の(a)は塔柱基部および(b)は塔柱中間部の断面である。ここで図-1のように左塔柱、右塔柱を定義する。

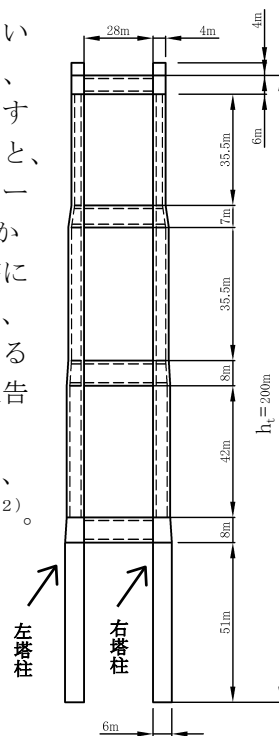
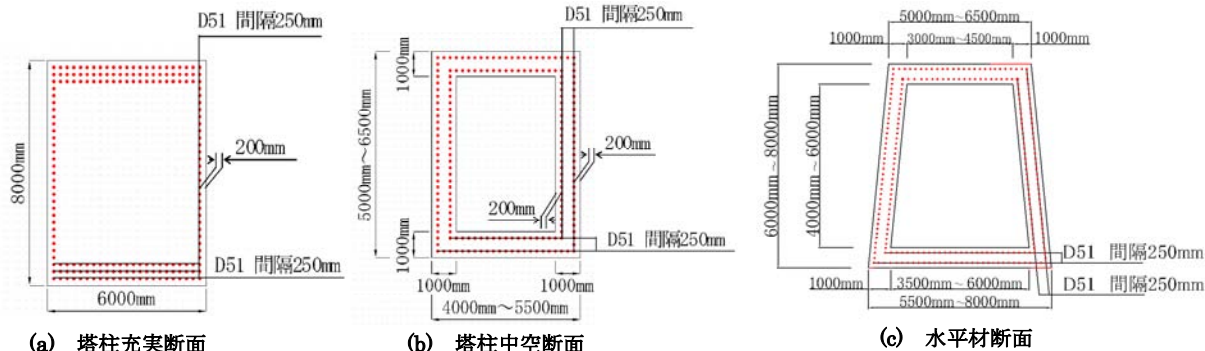


図-1 RC主塔



(a) 塔柱充実断面

(b) 塔柱中空断面

(c) 水平材断面

図-2 断面図

3. 解析方法

耐荷力解析を行うにあたり、汎用有限要素解析ソフトMSC、MARC2005 r2を用いた。構成する各要素の構成則は図-3、図-4に示す。鉄筋は図-3に示すように完全弾塑性型とし、材質はSD345(D51)である。コンクリートは、図-4に示すように圧縮域が非線形曲線、引張域がひずみ軟化領域を持つ圧縮強度 $\sigma_{ck}=58.8\text{N/mm}^2$ である。ケーブルとサドルは弾性体と仮定した。またコンクリートと鉄筋とは完全付着とし、クリープおよび乾燥収縮の影響はないものと仮定した。

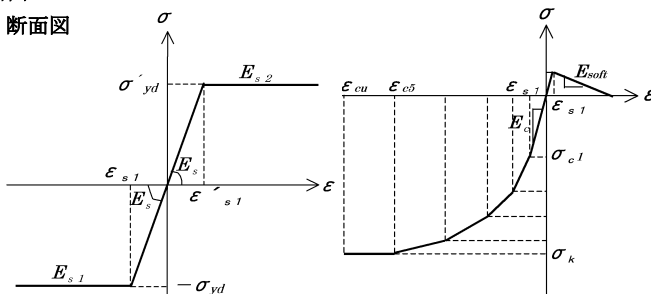


図-3 鉄筋の構成則

図-4 コンクリートの構成則

キーワード 長大吊橋 RC主塔 橋軸直角方向

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1丁目1番地 TEL0426-77-1111

主塔の境界条件は塔基部を固定、塔頂部は橋軸直角方向を自由、橋軸方向をヒンジ固定とする。ケーブルは極めて長い剛棒とする。

荷重条件は、表－１に示すようにケーブル架設前の２ケースとケーブル架設後の３ケースとした。ここで V_{cmax} 、 g 、 W はそれぞれケーブル最大鉛直力、自重、風荷重であり、 V_{cmax} 、 W はそれぞれ 1.31kN、3.48kN/m² である。なお、風荷重は左塔柱の左側面のみ作用するものとする。さらに初期たわみを考慮し、塔頂部の最大値(δ)として塔高の 1/200、1/1000、1/5000 を有する 1/4 正弦波を導入した。

表－１ 荷重条件

ケーブル状態	荷重条件
架設前	αg
	$\alpha W+g$
架設後	$\alpha (V_{cmax}+g)$
	$\alpha (V_{cmax}+g)+W$
	$\alpha (V_{cmax}+g+W)$

4. 解析結果

図－５、図－６は、それぞれ荷重条件 $\alpha W+g$ 、 $\sigma_{max}=h/200$ と荷重条件 $\alpha (V_{cmax}+g+W)$ 、初期たわみ $h_t/5000$ のケースで断面力が最大となる位置の水平変位と荷重倍率の関係を示している。

図－７は $\alpha=3.745$ 時の塑性進展モード図を示す。終局時には左右塔柱の塔基部第２～４層が降伏を達している。(黒色領域)

図－８は、左塔柱の荷重倍率をパラメータとした時の断面力である。横軸は各々降伏軸力に対する比、降伏曲げモーメントに対する比である。

図より塔柱は軸力が支配的であることがわかる。また左右どちらの塔柱も塔基部から約 1/4 付近で軸力が最大となる。

最後に、架設前後および荷重の組み合わせをパラメータにして解析した結果をまとめたのが、表－２である。

フリースタANDING状態では初期たわみの影響は少なく、終局時荷重倍率は 5 倍から 6 倍となった。

完成系では初期たわみの影響が大きく、初期たわみ $h_t/200$ は最大の時、それぞれの荷重条件に対して 2.8～3.6 となった。一方、 $h_t/1000$ 、 $h_t/5000$ においては鉛直荷重のみの増分において約 6 倍、 $\alpha (V_{cmax}+g+W)$ の荷重条件では 3.7 倍の終局時荷重倍率をとる。

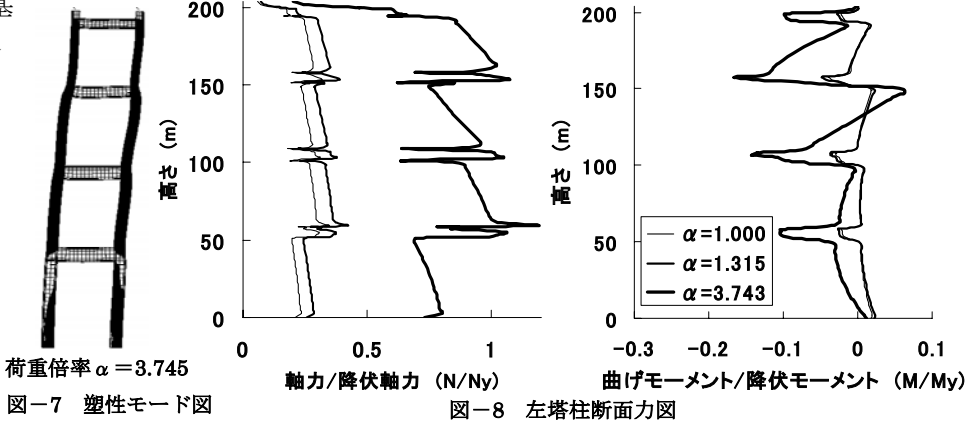
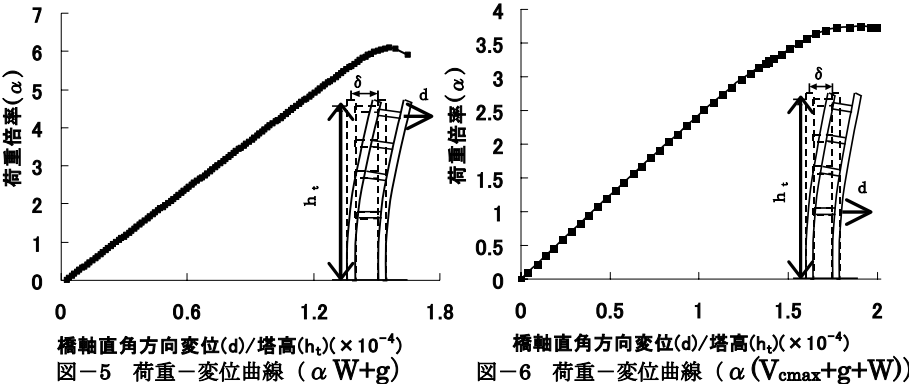
5. 結論

フリースタANDING状態では、橋軸直角方向主塔は、塔基部から 1/4 付近が終局強度を支配していることがわかった。

完成系では、橋軸直角方向主塔は、塔基部から 1/4、および 3/4 付近が終局強度を支配していることがわかった。

参考文献

- 1) 古澤、山沢、野上 長大吊橋 RC 主塔の橋軸方向面内における弾塑性挙動と耐荷力 全国大会 2006
- 2) 古澤、山沢、野上 長大吊橋主塔の橋軸方向面内における弾塑性挙動と耐荷力 全国大会 2007



表－２ 解析結果

	荷重条件	σ_{max}	α_{max}
架設前	αg	1/200	5.130
		1/1000	5.359
		1/5000	5.390
	$\alpha W+g$	1/200	6.080
		1/1000	6.374
		1/5000	6.361
架設後	$\alpha V_{max}+g$	1/200	3.599
		1/1000	6.006
		1/5000	6.340
	$\alpha (V_{max}+g)+W$	1/200	3.302
		1/1000	5.890
		1/5000	6.020
	$\alpha (V_{max}+g+W)$	1/200	2.801
		1/1000	3.702
		1/5000	3.745