

4 径間超長大吊橋における鋼製、RC、複合主塔の試設計

首都大学東京大学院 学生会員 松原 秀和
 首都大学東京大学院 正会員 野上 邦栄
 (株)長大 正会員 森園 康之

1 はじめに

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きたが、今後もその実現へ向けた地道な技術開発が必要である。これらのプロジェクト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、新形式、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。これまでわが国の長大吊橋においてRC主塔が建設されなかった要因は、地震が多く、質量の非常に大きなRC主塔では耐震性の確保が困難であったためである。しかし、現在、コンクリートの強度や施工技術の向上は著しく、これまで困難だったRC主塔を建設できる可能性¹⁾がでてきている。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。

そこでRC主塔さらには鋼、RCの両方の特性を生かした複合構造の主塔も有望な構造(選択肢)と考えられる。また、経済性、耐久性に富んだ合理的な設計・施工が可能という面でこれまでの実績から3径間2ヒンジ吊橋の重連構造形式が考えられる。しかし、この形式は中間アンカレイジを設置する必要があり、塔基礎やアンカレイジ基礎が増大することで経済性に劣ると考えられる。そこで多径間吊橋が注目されている²⁾。

このような背景から本研究では多径間吊橋の代表として4径間吊橋を対象とし、その主塔を鋼製、RC構造、複合構造として試設計を試みた。

2 基本条件

超長大吊橋を試設計するにあたり、次のような基本条件³⁾を設定した。

- 1) 対象とした吊橋は、図-1のような4径間2ヒンジ吊橋である。中央径間長3000mおよび側径間長1500m、サグ比は1/10とした。試設計は本州四国連絡橋公団の上部構造試設計基準⁴⁾に基づいた。
- 2) 主塔の形状は、図-2のように6層ラーメン形式とし、塔高は360mである。鋼製、RC、複合主塔の塔柱はすべて中空断面とした。また各主塔ともに水平材の外形寸法は共通とした。
- 3) 荷重条件は、死荷重と活荷重(D+L)および死荷重と風荷重(D+W)で試設計を行った。
- 4) 複合主塔は、RC主塔と同じ断面寸法のサンドウィッチ構造の合成箱型断面を仮定した。また鋼板はRC主塔の鉄筋量とほぼ等しい鋼材量となる板厚を用いている。

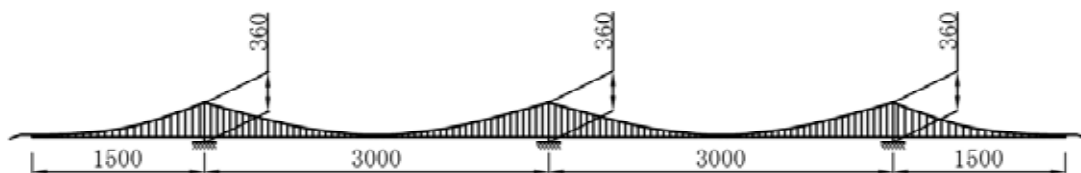


図-1 吊橋全体系(m)

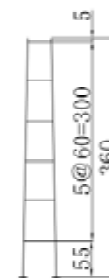


図-2 主塔構造(m)

3 各主塔の試設計結果

基本条件を基に各主塔の形式、外形寸法、使用材料をまとめたものが表-1である。また各主塔の断面形状を示したのが図-3である。表中の σ_{sa} は許容引張応力度を表している。

- 1) 鋼製主塔：図-3(a)は鋼製主塔の塔基部および水平材の断面形状である。また側主塔と中央主塔の構造は共通であるが、使用材料は側主塔にSM490Y、中央主塔にSM570を用いている。水平材は側主塔と中央主塔ともにSM490

Yを用いている。塔基部、塔頂部の板厚はそれぞれ 60mm、32mm とした。

2) RC 主塔：断面形状は図 - 3(b)のようになっており、鉄筋 SD345(D51)を用いることとした。詳細な配置も図 - 3 に示す。腹板に 4 列、フランジに 6 列の鉄筋を配置した。またコンクリートの設計基準強度は $\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$ とした。

3) 複合主塔：断面形状は図 - 3(c)のようになる。断面は RC 断面の鉄筋量とほぼ等価な鋼材量となる鋼板を用いている。鋼板厚はフランジ 40mm、腹板 26mm とした。コンクリートの降伏強度は RC 主塔と同じ $\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$ 、鋼板には SM490Y を用いた。

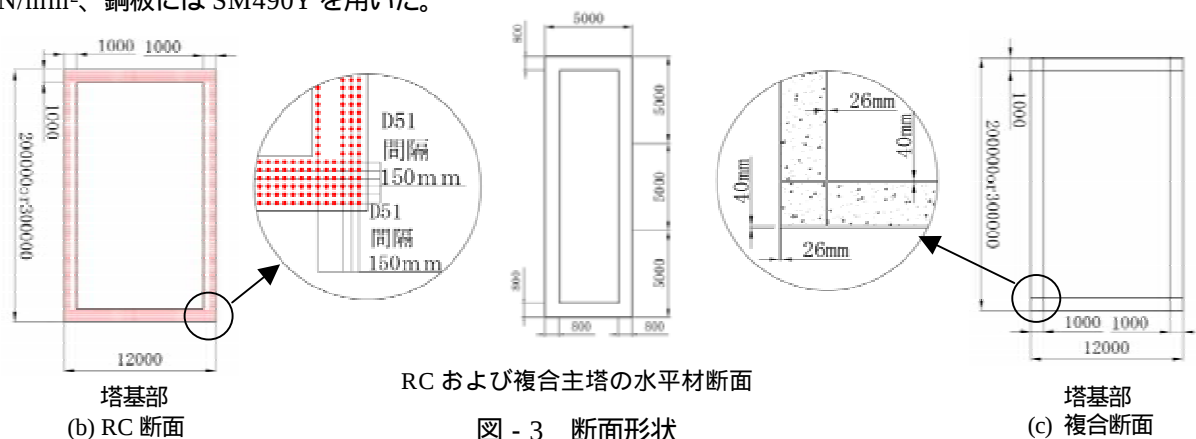
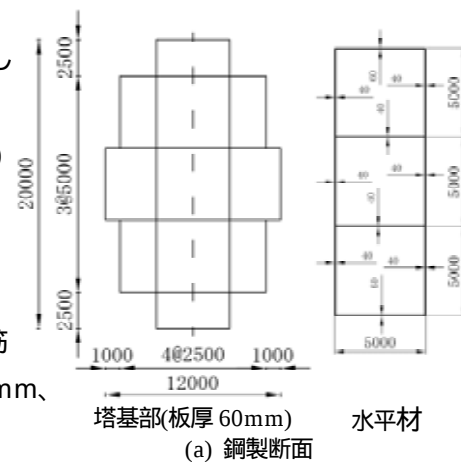


図 - 3 断面形状

表 - 1 主塔断面

形式	鋼製主塔		RC主塔		複合主塔	
	鋼箱型断面		中空鉄筋コンクリート断面		合成箱形断面	
	中央主塔	側主塔	中央主塔	側主塔	中央主塔	側主塔
外形寸法	塔頂部：12×12m 塔基部：12×20m 水平材：5×15m	同左	塔頂部：10×10m 塔基部：12×30m 水平材：5×15m	塔頂部：10×10m 塔基部：12×20m 水平材：5×15m	塔頂部：10×10m 塔基部：12×30m 水平材：5×15m	塔頂部：10×10m 塔基部：12×20m 水平材：5×15m
使用材料	主塔：SM570 $\sigma_{sa} = 255\text{N/mm}^2$ 水平材：SM490Y $\sigma_{sa} = 210\text{N/mm}^2$	主塔、水平材： SM490Y $\sigma_{sa} = 210\text{N/mm}^2$	コンクリート： $\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$ 鉄筋：SD345 $\sigma_{sa} = 200\text{N/mm}^2$		コンクリート： $\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$ 鋼板：SM490Y $\sigma_{sa} = 210\text{N/mm}^2$ 腹板26mm、フランジ40mm	

表 - 2 は各主塔の重量を示している。基本条件 4)より RC 主塔と複合主塔はほぼ同等の重量となったが過去の試設計の例⁵⁾から RC 主塔より複合主塔の断面を小さくできる可能性がある。

表 - 2 重量比較

	鋼製主塔	RC 主塔		複合主塔	
	中央・側主塔	中央主塔	側主塔	中央主塔	側主塔
鋼材量[MN]	321.57	209.5	178.9	212.89	184.06
コンクリート量[m ³]	0	39699.6	32236.6	39655.2	32169.6
主塔重量[MN]	321.57	1122.6	920.3	1125.0	924.0

4. まとめ

- 1) 鋼製主塔において中央主塔に材質 SM570、側主塔に材質 SM490Y が適用できる。
- 2) RC、複合主塔において $\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$ のコンクリート強度を用いる場合、中央主塔の塔基部断面は 12m × 30m となり、また側主塔は塔基部を鋼製主塔と同じ 12m × 20m の断面で応力照査を満足した。
- 3) 複合主塔は鋼板厚をフランジ 40mm、腹板 26mm 程度で許容値を満足することがわかった。

参考文献

- 1) 中川：RC タワー、橋梁と基礎、1998 年 8 月
- 2) Niels J. Gimsing：CABLE SUPPORTED BRIDGES Second Edition、1998
- 3) 長井・他 6 名：超長大吊形式橋梁の塔の変形特性と設計法に関する研究、鋼橋技術研究会技術情報部会、1997 年 4 月
- 4) 本州四国連絡橋公団：上部構造設計基準・同解説、1989
- 5) 神・津村・高尾：長大吊橋における複合主塔構造の試設計、土木学会第 54 回年次学術講演会概要集、1999 年 9 月