

吊橋の塔基部応力に関する一考察

本州四国連絡橋公団 正員 加島 聡
正員 大橋 治一

1. まえがき

最近の長大吊橋の主塔は、鋼製フレキシブルタワーとし、塔基部は極厚のベースプレートを通してアンカーボルトによりコンクリート基礎に定着する構造が多い。

一般に、塔柱断面は、塔自身の設計面から剛性および応力、コンクリートの支圧応力度、製作架設性、美観等の総合的判断によって決定される。

一方、塔基部にはテーブル反力、補剛桁反力、塔自重、そして施工中と完成後の暴風時の浮上り防止用プレストレスが作用し、これら全荷重をコンクリート基礎に直接伝達する塔壁直下では支圧応力度の局部集中が起こる。従って、塔基部は塔壁から成るセル内に支圧応力度の集中分散化のための補強リブが数mの高さまで設けられ、複雑な薄肉多室構造を形成している。

本報告は、塔基部コンクリートの支圧応力度の緩和に着目した塔基部断面形状および補強リブ構造の効果について考察したものである。

解析手法としては、(I)塔基部は面外格子とし格点はケーリン指針によるバネで独立支持する、(II)塔基部は面外格子とし格点はブーシネスクの理論解 $\delta = P/A$ より逆算した連成バネで支持する⁽¹⁾、(III)塔基部、ベースプレート、コンクリート基礎をFEM解析する、等があるが、ここでは(I)、(II)を用いた。

2. セルの定性的特性とセル間の相乗効果

支圧応力度に及ぼす要因としては(1)セル割、(2)補強リブ構成、(3)セル構成がある。鉛直力のみ作用する場合の(1)(2)の影響を手法(II)で図-1に示すセル断面に対して分析すると次の様になる。(図2~図4)

①セル縦横比 η/b が大きい程(扁平)、支圧応力の分布は良く、 A が大きい程その効果が大きい。

②補強リブ厚 t_r の効果は顕著でない。

③補強リブ間隔 d_r の効果は1m以下で著しい(製作上から0.8m以上)。

④補強リブ高 h の効果を短辺 b との比 h/b で評価すれば、図-5に

示すように A 、 η/b により特有の性状を示す。

⑤応力集中度 $\alpha = \sigma_{\max}/\sigma_{\text{mean}}$ の最小値は表-1に示す値が限界である。

セル構成による相乗効果について、底面積、塔壁延長、補強リブ構成を同一としセルから成る長方形断面に対しセル区画を変化させ手法(II)で鉛直力を作用させた場合の検討結果、次の事が言える。

① $\sigma_{\max}$ はセル区画によってほとんど差が無い。

② 曲げモーメントが作用する場合は、小さなセルあるいは密な補強リブを断面の内側に

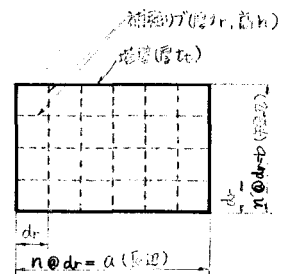


図-1 セル断面

表-1 応力集中の最小限界値

η/b	A	h/b	α	η/b	A	h/b	α
1	36	3	2.2	4	36	5	2.0
	16	3.5	1.9		16	6	1.7
	9	4	1.7				

$\alpha = \sigma_{\max}/\sigma_{\text{mean}}$

配置させた方が傾向的に秀れていると思える。

3. 塔断面形状の特性

既述の主要長大吊橋の塔断面形状としては長方形、十字形、凸形、凹形あるいは、それらの変形であり、多く採用されているのが、十字形断面である。⁽²⁾ 手法(Ⅳ)により Type1~Type5 についての比較が表-2 で、考察を以下に記す。

① 支圧応力の分布の良さは多数の最小セルから成る Type5 が秀れており、Golden Gate Br. にその例を見る。

② 鉛直力(N)のみ作用させた場合、Type2、Type4 が σ_{max} を効率的に小さくすることが容易な形状である。

③ 橋軸方向曲げモーメント(M_L)が卓越する場合、Type4 は各コーナーでの応力に大きな差がはく傾向的に秀れている(Ex. 常時塔頂移動量最大時)。

④ 橋軸直角方向曲げモーメント(M_T)が作用する場合、Type4、Type1 の順に秀れている(Ex. 暴風時)。

※表-2 は各タイプ、全ての要因を同一レベルで比較できないため、底面積、塔壁延長等のみで補正したものである。

表-2 各タイプの最大支圧応力度の Type5 に対する比較

補正	Type	1	2	3	4	5	
なし		1.14	1.13	1.25	1.2	1.0	Type1
N	底面積	1.21	1.17	1.28	1.22	1.0	
	塔壁延長	0.78	0.73	0.75	0.72	1.0	Type2
	リブ面積	1.28	1.26	1.33	1.24	1.0	
	塔壁相当の底面積	0.74	0.7	0.74	0.71	1.0	Type3
M _L	なし	1.36	1.21	1.22	0.98	1.0	Type4
M _T	なし	1.07	1.38	1.15	0.88	1.0	Type5

○ N作用時の σ_{max} 発生点 (M_Tとも同じ)

◇ M_L作用時の σ_{max} 発生点

〈参考文献〉① 榎坂 恭田: 長大吊橋における塔基部の変形解析について、

工学会第20回学術講演会講演要集、550年

② 世界長大吊橋の設計諸元、神戸市、1966年1月

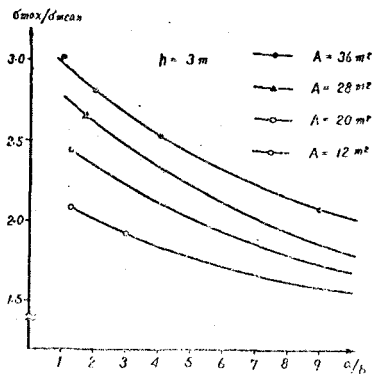


図-2 縦筋比面積の効果

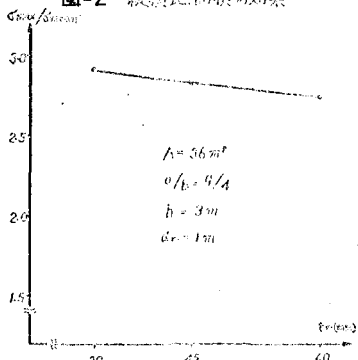


図-3 リブ間隔の効果

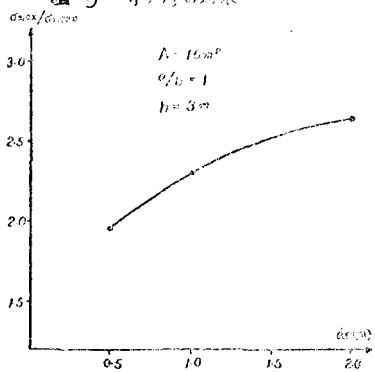


図-4 リブ間隔の効果

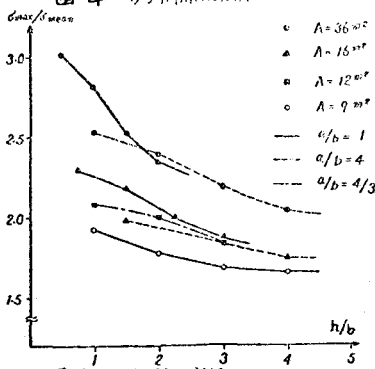


図-5 リブ高の効果