

荒津大橋の塔の耐風安定性

福岡北九州高速道路公社 井上朝登, 頭田千秋, 藤田敏夫
九州産業大学工学部 頭吉村 健, 頭龜井賴隆, 頭武藤賢司

[1] まえがき

荒津大橋は、福岡都市高速道路1号線の荒津・須崎間の博多澳港に架設される橋長345mの3径間連続鋼箱桁斜張橋であり、現在、下部工を施工中である。本橋の主桁と架設時における塔の耐風安定性についてはすでに報告したが^{1),2)}、本報告では、完成時の塔の耐風安定性について検討した結果を記すことにしたい。

[2] 検討概要

本橋の塔は、橋軸方向に $d=3\text{m}$ 、橋軸直角方向に $h=2\text{m}$ の矩形断面をした高さ60mの1吊用独立1本柱である。この種の塔は、完成時における橋軸直角方向の曲げ剛性の増加を期待できず、本塔の1次固有振動数は0.58Hzと低い値を示す。そのため、橋軸方向の風によってギャロッピングと渦励振を生じることが予想され、1/43縮尺の2次元ばね支持模型を用いて風洞実験を行なった。

これら空力不安定振動に対する主な安定化対策法として、①空力的手法(空力ダンパ)と②系の減衰を増す手法とがあるが、ここでは②の手法の一つ、ダイナミックダンパ(チューンドマスダンパ)を塔内スペースに設置する方向で検討した。具体的には、ダンパで系の減衰をいくら増せばよいかについて調べた。②を選定した理由の一つとして耐候性の問題があげられる。つまり、本橋は常時海風を受けため、比較的薄肉断面の空力ダンパとその取付金具の腐食が懸念される。かつ、②の手法は、チューニングをすれば、架設時における塔の耐風安定化対策としても有効であり、好都合といえる。なお、塔の設計風速は65%であり、その2割増の80%をフラッタの限界風速として以下の検討を行なった。

[3] 実験結果

図-1, 2は、橋軸方向に近い風に対する風速一変位応答曲線の例であり、系の減衰を変化させた時の結果を示す。 $\alpha=90^\circ$ の場合、対数減衰率 $\delta_0=0.01$ ではギャロッピングと渦励振を生じるが、減衰を少し増すとギャロッピングは消滅する。一方、 $\alpha=98^\circ$ の場合、 $\delta_0=0.1$ に

しないとギャロッピングは消滅しない。これらの結果を取りまとめた図-3に示す不安定限界図を得た。ただし、図の結果は、倍振幅10cm($2\frac{1}{4}h=5\%$, h は塔頂部の片振幅)以上の不安定振動を生じる限界風速を示す。図-2に見たギャロッピングは、 $\alpha=97^\circ\sim 100^\circ$ の狭い風向範囲でのみ認められるものであり、 $\delta_0=0.09$ にすると消滅することが図よりわかる。 $\alpha=97^\circ\sim 100^\circ$ でギャロッピングに対する安定性が最も悪いという図の結果は、図-4³⁾に示す空力3分力曲線の $\alpha=7^\circ\sim 10^\circ$ (ここでは $97^\circ\sim 100^\circ$ に相当)における揚力傾斜(図のC曲線の勾配)が大きい負値を示すことと対応している。結局、 $\delta_0=0.1$ にすると、ギャロッピングと渦励振は実用上問題にはならないことが示された。

図-5は、架設系に関する検討結果の一例であり、これらを取りまとめた、縦軸と横軸に、それぞれ渦励振における最大倍振幅と風向を取りアロットすると図-6のようになる。 $\delta_0=0.01$ では、橋軸直角方向($\alpha=0^\circ$)の風に対して1.3mを越える大振幅の渦励振が10%付近から発生するが、 $\delta_0=0.1$ にすると50cm以下に減少する。この振幅は決して小さくないが、①塔がフリースタANDINGの状態にあるのは冬期の1ヶ月間であること②この期間中に10%以上の風が吹く頻度は5日間程度であること⁴⁾③その卓越風向は北西～北北西($\alpha=20^\circ\sim 45^\circ$)であること、の3点を考慮に入れると、 $\delta_0=0.1$ で充分安全であるといえよう。なお、 $\alpha=15^\circ\sim 20^\circ$ では、減衰の小さい系に対してギャロッピングを生じながら、 $\delta_0>0.05$ にすると消滅することを確認している。

[4] 安全性に関する二つの考察

最後に、架橋地奥の風の特性等を考慮して、上記の $\delta_0=0.1$ に対する安全性(安全率)について考察を加える。昭和59年12月から、架橋地奥(主桁の架設位置、海面上40m)で超音波風速計とプロペラ型風速計を用いた風観測を行なっているが、ここでは昭和60年8月31日、福岡地方を直撃した台風13号について記す。上記のセンサーで得られた最大瞬間風速は、それぞれ51

度と43度であり、台風の通過に伴い、風向は東から南へと変化した。表-1は、15分間隔でサンプリングした各10分間のデータの解析例である。風向の標準偏差 σ に着目すると、おおむね σ を示している。図-7に見るように、風向変動は正規分布曲線にのっている。図-8は平均値まわりの風向変動を示す。これから次のことがいえる。①図-3に見た $97^{\circ}\sim 100^{\circ}$ という $\pm 0.20(\pm 2^{\circ})$ の狭い風向範囲の風が吹く頻度は、平均風向が 98.5° の風の吹く継続時間の約15%。②風向は一時も一定値を示さず、 $\pm 0.20^{\circ}$ の範囲の風向は、数秒間隔で不規則にくり返される。また、③ $\alpha=100^{\circ}\sim 120^{\circ}$ では強い正減衰振動を呈す(図-4の $\alpha=10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ のCL曲線の大きい正の

勾配を参照)。更に、④上記の風洞実験で用いた模型の重量には、塔の自重とケーブルの重量は考慮されていない。以上の考察により、一定風向の風洞気流中で得られた $\delta=0.1$ なる減衰は、かなり安全側の値であると考えられる。

5 むすび

完成時と架設時における塔の耐風安定性について検討した結果、ダイナミックダンパでギャロッピングと渦励振を制御できることが示された。おわりに、本研究を行なうにあたり、九大建築の前田潤滋博士、道路公社の諸氏はらびに九産大の院生・卒研生諸君の協力を受けたことを記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 井上 ほか: 荒津大橋の耐風安定性, 土木学会全国大会 議概集, S. 60.
- 2) 柳野 ほか: 荒津大橋上部工の設計, 土木構造 木村論文集, 才1号, S. 61.
- 3) 中村 ほか: 矩形およびH型断面柱の空力3次元特性について, 九大産研報, 才40号, S. 48.

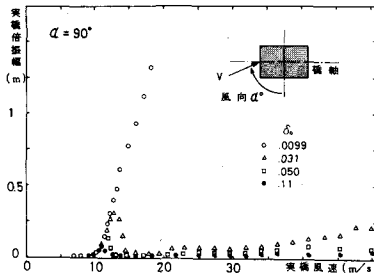


図-1

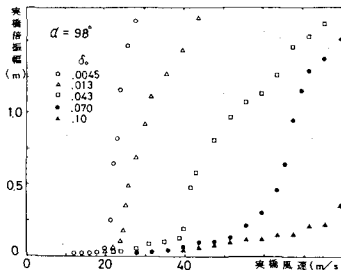


図-2

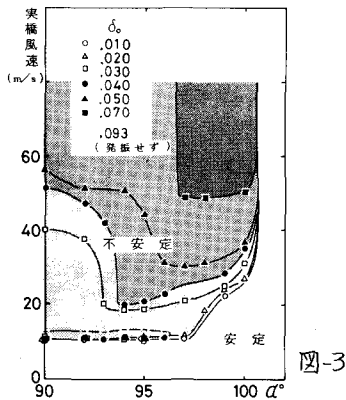


表-1

RUN	風速ベクトル絶対値成分				風向	
	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s, X)	最大瞬間 値(m/s)	方位角(度) 標準偏差	方位	
1	22.3	6.4	28.7	11.5	SE	
2	22.4	4.4	19.6	10.2	SE	
3	21.5	5.3	24.7	11.2	SE	
4	22.8	5.1	22.4	11.2	SE	
5	25.5	5.0	19.8	9.2	S	
6	24.7	4.3	17.4	10.1	S	
7	21.9	4.4	20.1	10.3	S	
8	17.5	3.7	21.1	11.4	S	
9	15.7	3.3	21.0	11.5	S	
10	14.9	3.5	23.5	11.0	SSW	
11	15.7	2.9	18.4	10.8	SSW	
12	13.3	2.5	18.8	9.7	SSW	

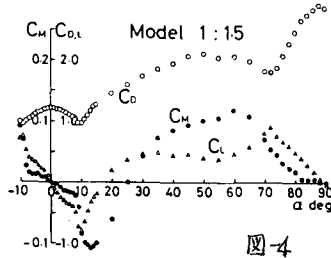


図-4

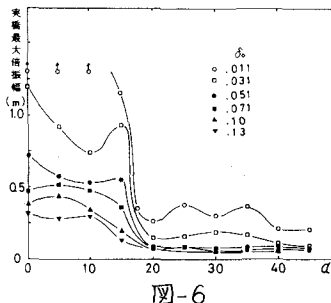


図-5

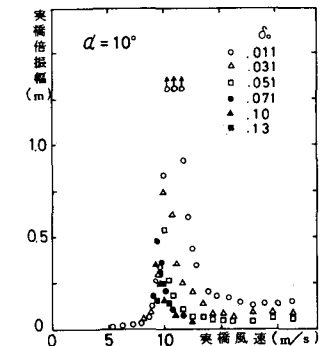


図-6

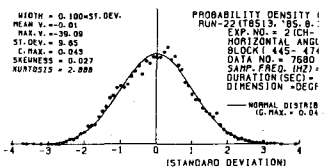


図-7

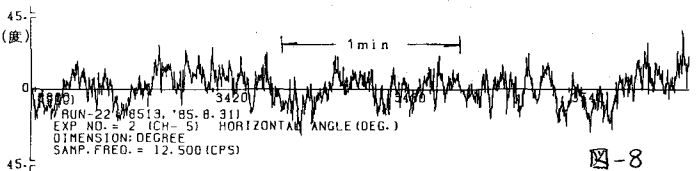


図-8