

名港中央大橋の塔架設時制振対策

JH伊勢湾岸道路工事事務所 太田 哲 司 正員 井ヶ瀬良則
 三菱・宮地・住重JV 正員 富田 昇 正員 勝浦 啓
 川重・片山・春本JV 正員 恒川 昌宏 正員 玉木 利裕

1. はじめに

名港中央大橋は、橋長 1,170m、中央径間590mの3径間連続鋼斜張橋であり、A型形状であるその塔の高さは海面上195mにも達している。この塔に関しては、完成時の橋軸方向風に対する面内曲げ発散振動を防止するため、塔柱断面を長方形から45°面取り断面(変形8角形)に変更している(図1参照)。しかしながら、架設時を想定した塔独立の状態では、橋軸直角方向風に対する面外曲げの渦励振振動が風速8m/s付近の低風速で発生することが認められていることから、制振方法について検討を行ったので下記に報告する。

2. 塔の架設方法

塔上部の架設は、主桁大ブロック設置後に高さ3.2m~9.0mの小ブロックを、東塔はタワークレーン、西塔はクローラークレーンにより吊り上げ、現場溶接により積み上げていく方法である。そのため、架設ステップにより構造系が変化し、それに応じた制振の検討を行う必要がある。

3. 風洞試験結果

塔自立状態の風洞試験としては、平成2年度に行った塔独立時の風洞試験¹⁾と、平成4年度に行った塔の架設状態を再現した風洞試験²⁾がある(図2参照)。両者とも一様流中においては風速8m/s付近で、塔頂部の振幅が2m以上の渦励振が発生している。乱流中においては両試験の乱れ強さに違いがあるため、乱れ強さの大きい塔架設時の風洞試験では、振幅は小さくなっている。なお、図中に他の橋梁での乱れ強さの観測結果を示している。図中「西二区」とは架橋地点付近の鉄塔での観測結果である。

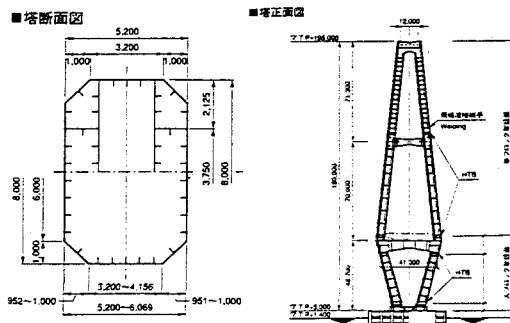
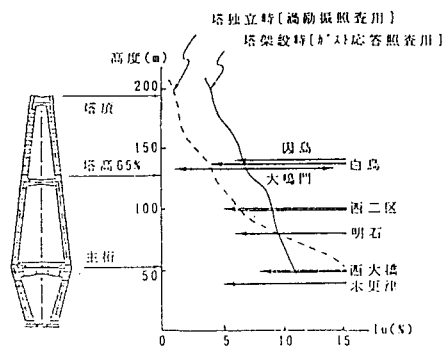
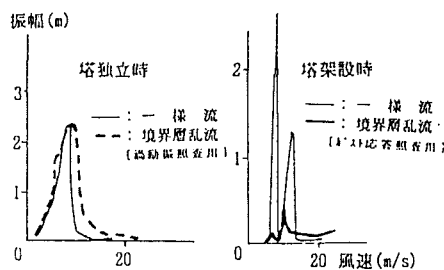


図1 名港中央大橋塔形状



① 境界層乱流の特性



② 風速-応答振幅図

図2 風洞試験結果

4. 現地における風の特徴

架橋地点近くの西二区鉄塔における観測記録より日最大平均風速の発生日数の頻度を求めた結果を図3に示す。7m/s以上の日最大平均風速が観測された日数の頻度は、およそ8割程度と極めて高い。図4には現地付近における乱れ強さの観測結果を示す。

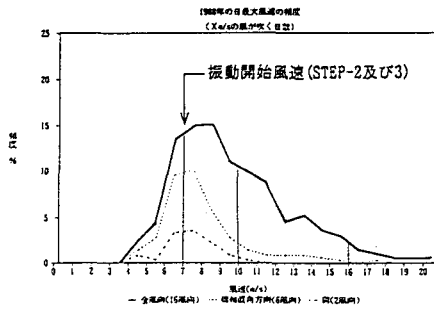


図3 日最大平均風速の発生日数の頻度

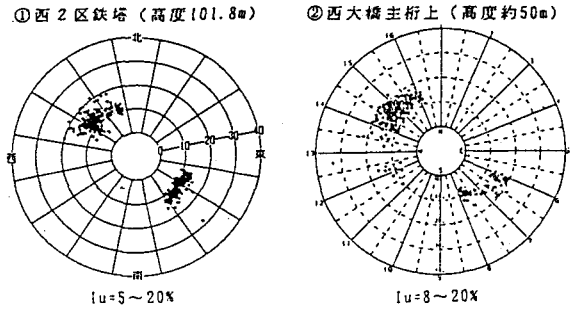


図4 乱れ強さの観測結果

5. 制振対策の必要性

塔架設時の風洞試験において乱流中で振動が小さくなる結果が得られているが、この試験では高度100m程度までの観測記録を参考に乱れ強さの平均値を設定したものであることから、場合により乱れ強さがこれより小さくなることは十分に考えられる。そのため、名港中央大橋では渦励振の評価は一樣流の試験結果を用いることとした。風洞試験結果から、架設作業が十分可能な低風速においても塔柱の許容応力を超える振動が発生することがわかった。また、高風速ではあるが、塔の中間水平梁を架設する段階から大きな振動が発生する（表1参照）。したがって、塔架設時には何らかの制振対策を行う必要がある。架設各ステップでの渦励振発生風速と最大振幅、制振に必要な対数減衰率の関係を表1に示す。東塔のSTEP1及びSTEP1-1での渦励振は20m/s以上の高風速で発生し、台風時期以前の短期間に限られることから制振対象外とした。

表1 各架設ステップにおける制振条件

ステップ名称		STEP 1		STEP 1-1		STEP 1-2		STEP 2		STEP 3'		STEP 3	
制振条件	架設状態 (図は、架設を示す)	架設状態		架設状態		架設状態		架設状態		架設状態		架設状態	
		西塔	東塔	西塔	東塔	西塔	東塔	西塔	東塔	西塔	東塔	西塔	東塔
主 固有振動数	f (Hz)	0.419	0.384	0.350	0.323	0.276	0.237	0.203	0.173	試験段階なし	0.167	0.182	0.179
塔 一般化質量	M (t/s ² /m)	167.0	135.5	156.7	122.9	141.5	135.5	142.9	163.3		176.6	144.2	139.8
塔 等価質量	m (t/s ² /m ²)	5.44	6.30	4.92	5.33	3.86	4.86	3.22	4.42		3.96	3.16	3.08
元 スパース数	$Sc = \pi \delta / \rho b$	7.08	10.50	6.41	6.70	5.03	6.10	4.19	5.50		5.00	4.11	3.90
渦 発生風速	V_{cr} (m/s)	25.7	23.6	22.1	20.2	16.9	14.6	10.2	9.0		8.4	9.2	9.0
軸 指向最大振幅	a (mm)	2.65	2.42	3.07	2.89	4.41	3.32	5.04	2.67		3.78	5.21	5.80
軸 指向最大加速度	a (gal)	1837	1410	1562	1229	1326	736	820	338		417	681	734
対 渦励振上対数減衰率	$\alpha = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{M}$	1.87 [1296]	—	2.29 [1119]	—	2.56 [770]	2.45 [543]	3.46 [563]	3.20 [405]		2.61 [387]	3.23 [422]	2.82 [357]
対 制振目標加速度	α_{tar} (gal)	—	制振対象外	—	制振対象外	300	50	50	50		50	50	50
値 必要最低対数減衰率	α_{min}	0.013	—	0.013	—	0.027	0.061	0.052	0.022		0.035	0.046	0.049

6. 制振方法

制振方法としては効果が確実な制振装置によるものとする。塔上に制振装置を設置することから設置場所に制限があり、制振が必要な架設ステップが複数回あることから、装置の盛替えが少なくすみ、振動数変化に対する適応性が高いアクティブ型の制振装置を使用することとした。なお、本検討は名港大橋の設計施工等に関する調査研究委員会（委員長：埼玉大 伊藤學教授）の御指導を得て行われた。

参考文献 1) 横山・鈴木他、土木学会第46回年講 I-246, 1991.

2) 横山・鈴木他、土木学会第48回年講 I-358, 1993.