

I-701

舞洲～夢洲連絡橋（仮称）の風荷重に関する検討

大阪市建設局 正員 丸山 忠明
川崎重工業 正員 小川 一志
川崎重工業 正員 ○下土居秀樹

1. まえがき 舞洲～夢洲連絡橋（仮称）は、大阪市北港の埋立地間に計画中の、橋長410m（主径間280m）のボンツーンを基礎とする浮体橋梁である。また、大型船舶の航行に際しては、舞洲側の橋端部を軸として巡回移動する可動橋として計画されている。このため、本橋の設計、特に係留設備などの設計においては、暴風時の風荷重と波力が支配的となり、一般の固定式橋梁に比べて風荷重の評価がより重要となる。また、有効な風荷重低減対策を講ずることにより、有利な設計が行えることが考えられる。本報告は、三次元剛体模型を用いた風洞実験による静的空気力の計測と、風荷重（抗力）低減のための空力対策の検討結果について報告するものである。図-1に本橋の一般図を示す。

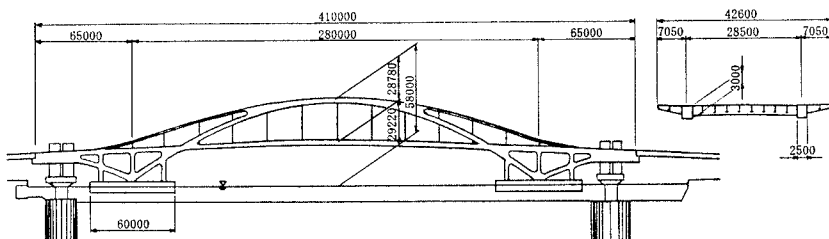


図-1 橋梁一般図

2. 実験の概要 本実験では、できるだけ模型縮尺を大きくとり寸法精度を確保するため、半橋分の三次元剛体模型（アクティブ模型；縮尺1/100）を用いた。一方で、模型端部での気流の廻り込みによる影響を除去し、残り半橋分の構造部材との空力的な干渉について評価するため、風洞内に設置可能な範囲で、残りの橋体をダミー模型として縁切り設置した。また、模型の桁下には水面板を設置し桁下空間を相似した。図-2には実験状況の概要図を示す。空気力の計測はボンツーン部の下側に直列に配置した5分力計と2分力計による6分力の同時計測とし、風向は橋軸直角方向（ $\beta=0^\circ$ ）から橋軸方向（ $\beta=\pm 90^\circ$ ）まで、 10° ビッチを標準として変化させた。また、風の鉛直傾斜角（迎角）の影響について、橋体にローリング変位（橋軸回り回転）を与えることにより検討を行った。さらに、一様流中のほか、境界層乱流中（鉛直分布のべき指数1/7、主流方向の乱れの強さ $I_u=10\%$ ；実橋換算30m高度）での計測により、気流特性の影響についても調査した。

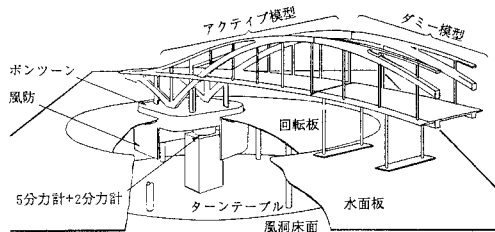


図-2 実験状況概要図

3. 基本計画案の空気力係数 表-1には基本計画案に対して得られた空気力係数を、図-3には風向による抗力と横力の変化を示す。なお、ここでの抗力および横力係数については橋軸鉛直面に対する投影面積を、揚力係数に関しては橋面積を用いて基準化を行っている。また、境界層乱流中では、主径間中央の路面高度に相当する実橋換算高度30mでの平均風速を基準風速として用いた。これらの結果より、一様流中での抗力係数は $\beta=20^\circ$ で最大となり、迎角 $+5^\circ$ では、迎角 0° に比べ約11%増加することが確認された。また、境界層乱流中では、抗力最大となる

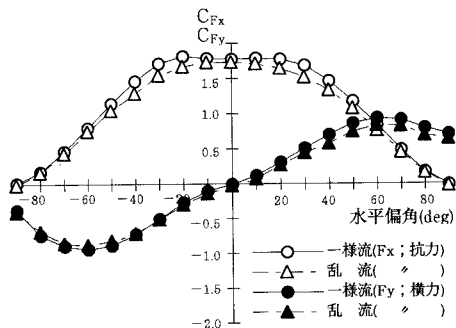


図-3 風向による空気力係数の変化（基本計画案）

風向は $\beta=0^\circ$ へと変化するが、空気力係数については、基準風速の取扱いの問題はあるものの、一様流中とほぼ同様の値が得られた。なお、表-2には、既往データに基づく抗力係数の推定値を示すが、本実験結果はこれに比べ20%程度小さめの値となった。

4. 抗力低減対策案の空気力係数 抗力低減対策の検討においては、上アーチ、下アーチ、補剛桁の各部材に対し個別にいくつかの対策について検討したのち、各々に対する最適対策の組合せ案に対して空気力計測を行った。なお、この対策の検討に際しては、上アーチの部材厚に関する計画変更に伴い、これを基本計画案での部材厚 $D=1.0\text{m}$ から 1.8m に変更した。

本検討の結果、図-4に示すように、 α -リブに対しては、その側面に流れに対する見付け角が約 30° となるような隅切りやフェンス板とも呼ばれる板部材を設置することが抗力低減を図るうえで有効となり、主構の外面のみならず内面にも対策を施すのがより有効と考えられた。また、補剛桁についても、フェアリングの設置や桁下面の閉塞によって断面の流線形化を図るのが有効との結果が得られた。これらの対策の組合せ案に対して得られた空気力係数を表-3に示すが、この対策により抗力係数については約20%の低減が可能となることが確認された。また、これらの対策の組合せによる抗力低減効果は、各部材の個別対策による低減効果を重ね合せたものとはほぼ一致することを確認した。

5. まとめ 本実験による検討の結果、本橋の設計に用いる抗力係数は、道路橋示方書に準じて設定された基本検討時の設計値 $C_D=2.3$ から、抗力低減対策により $C_D=1.6$ までの低減が可能となった。また、対策による工費増と風荷重低減による係留設備等の工費減を比較した結果、経済性の面からも対策の実施が有利となることが確認された。なお、 α -リブに対する最終的な対策については、景観面にも配慮し、図-4に示すように内外面ともすべて隅切りとした改良対策案を採用する計画としており、これによって抗力係数はさらに7%程度低減されることを、その後の検討により確認している。従来の α -橋の設計で、このような抗力低減対策の検討が行われた例はあまり見られないが、場合によっては積極的な抗力低減を図ることも、より合理的な橋梁を建設するうえで有効となるものと考えられる。本検討の実施にあたりご助言をいただいた、立命館大学・小林紘士教授をはじめ大阪市橋梁技術委員会可動橋検討委員会（委員長：小松定夫 大阪大学名誉教授）の諸先生に感謝の意を表します。

表-1 基本計画案の空気力係数（抗力係数最大時）

気流	迎角	抗力係数	横力係数	揚力係数	抗力作用中心 ボーン上
一様流	0°	1.79	0.29	0.17	27.7 m
一様流	$+5^\circ$	1.94	0.28	0.34	28.2 m
境界層乱流	0°	1.73	0.28	0.10	30.5 m

受風面積 $A_n=3,624.6\text{ m}^2$
橋面積 $A_d=17,380.8\text{ m}^2$

表-2 既往データに基づく抗力係数推定値（迎角 0° ）

部 材	受風面積		抗力係数	抗力分担(推定値)		備 考
	m ²	比率	推定値	係数分担	分担率	
補剛桁	1530.8	42 %	0.700	0.296	13 %	
上アーチ	231.0	6 %	1.300	0.124	5 %	B/D=2.6
下アーチ	1033.6	29 %	2.200	0.941	41 %	B/D=0.87
一体区間	378.6	10 %	2.500	0.392	17 %	B/D=0.65
吊り材	161.0	4 %	2.000	0.133	6 %	
支 柱	289.6	8 %	2.000	0.240	10 %	
合 計	3624.6	100 %				
横 構	410.0	11 %	1.000	0.170	7 %	
合 計				2.30		①
(橋体部全体の抗力係数)				(1.79)		②本実験
				78%		②/①

注) 下流側主構面の抗力係数は上流側の50%と仮定

表-3 抗力低減対策案の空気力係数（抗力係数最大時）

気流	迎角	抗力係数	横力係数	揚力係数	抗力作用中心 ボーン上
一様流	0°	1.46	0.30	0.12	27.4 m
一様流	$+5^\circ$	1.60	0.29	0.33	30.3 m
境界層乱流	0°	1.34	0.31	0.06	28.3 m
境界層乱流	$+5^\circ$	1.44	0.30	0.27	34.7 m

受風面積 $A_n=3,824.6\text{ m}^2$
橋面積 $A_d=17,380.8\text{ m}^2$

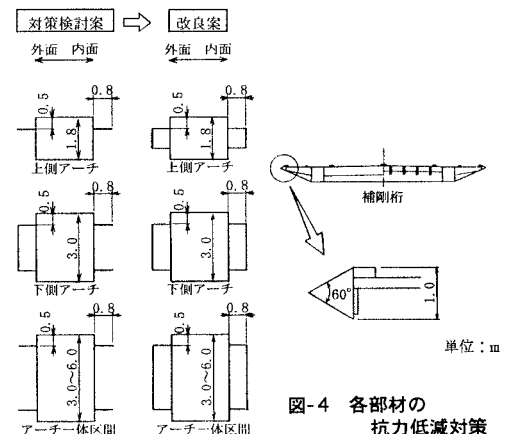


図-4 各部材の抗力低減対策