

本州四国連絡橋公団 正員 奈良平俊彦
 本州四国連絡橋公団 正員 加島 聡
 三菱重工業(株) 正員 渡部洋八郎

1. まえがき

急潮流下で施工される大型構造物の場合、レイノルズ数が非常に大きくなり、一般的に抗力係数が大きく変化するといわれている臨界領域を越えることもある。通常の水理模型実験では設備等の面から初期の臨界領域までが限界であり、超臨界領域でのデータは世界でもほとんどない。そこで、そのような構造物の施工を考慮し、レイノルズ数 2×10^6 までの抗力実験を風洞により実施した。又、海峡では潮流方向が変化するため、風向を $0 \sim 40^\circ$ で変化させている。なお、水についての実験を風によって行う場合、問題になるのは空気の圧縮性であるが、最大風速は 26 m/s (マッハ数: 0.08) であり、その影響はほとんどないと判断した。

2. 実験方法

吊橋基礎と約 $1/66.7$ に縮尺した模型(木材で製作)を4体製作した。模型寸法、隅角部半径等の条件は表-1に示す通りである。

実験は風洞内にセットされた模型(写真-1)について、6個のロードセルによって抗力 F_D 、揚力 F_L を計測する方法で行った。各力の方向は図-1に示したものを正とした。また、抗力係数 C_D および揚力係数 C_L は次式によって求めた。

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2 d l}, C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho V^2 d l} \quad \dots (1)$$

ここで、

ρ : 密度定数, V : 実験風速

また、橋軸方向流力係数 C_x 、橋軸直角方向流力係数 C_y については次式によって換算した。

$$\left. \begin{aligned} C_x &= C_D \cos \alpha - C_L \sin \alpha \\ C_y &= C_D \sin \alpha + C_L \cos \alpha \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

なお、レイノルズ数における代表長は長辺の長さ(b)とし、動粘性係数(ν)は実験期間中の平均値を使用した。

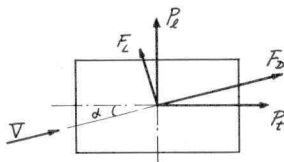


図-1 各力の方向

表-1 実験条件

模型	模型断面寸法 $d \times b$ (m)	隅角部半径 r (m)	迎角 α ($^\circ$)	風速 V (m/s)	レイノルズ数 Re
No.1	0.6×1.05	0	0	5~26	$3.3 \times 10^5 \sim 2.0 \times 10^6$
No.2		0.12	5		
No.3		0.24	10		
No.4	0.6×0.9	0.24	15		
			30		
			40		

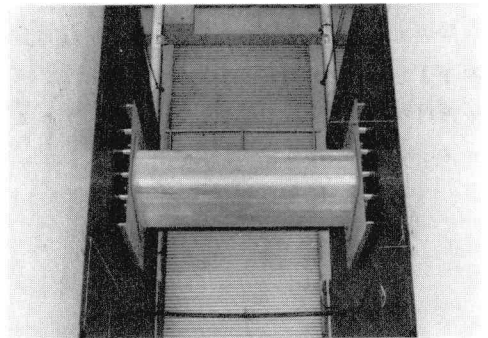
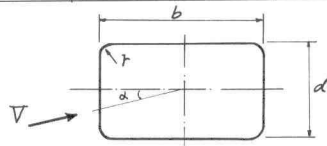


写真-1 風洞内にセットされた模型

3. 実験結果

迎角 $\alpha = 0^\circ$ の場合の $C_t (= C_D)$ と Re の関係を図-2に、最大レイノルズ数における実験結果と模型別、迎角別に表-2に示している。

抗力実験の結果、つぎのようなことが言える。

① $\alpha = 0^\circ$ の場合、隅切りの影響が大きく、隅切りをつけることによって $C_t (= C_D)$ は大きく低下している。(図-2参照)

② 模型 No. 1 の場合、 C_t 、 C_d とともに各迎角 α についてレイノルズ数に關係なく、ほぼ一定値となっている。その他の模型についてはレイノルズ数の変化に応じて C_t 、 C_d が変化している。

③ 各模型の C_t 、 C_d および C_R の最大値と比較すると、模型 No. 1 の各値が最も大きい。

④ 模型 No. 2 の場合、迎角 α が大きくなると C_t 、 C_d 、 C_R は大きくなっている。
 $\alpha = 40^\circ$ と $C_R = 2.25$ である。

⑤ 模型 No. 3、4 については、各迎角に対して C_t の変化は小さい。 C_d は $\alpha = 15^\circ$ で最大となっている。

⑥ 模型 No. 3 と 4 と比較すると、幅 b の減少に伴って C_R は低下している。特に $\alpha = 40^\circ$ では大幅に減少している。

4. あとがき

吊橋基礎の平面寸法は上部工からの荷重、基礎の構造、安定性、そして施工等を考慮して決められるが、同一面積の場合、長辺と短辺の比 (b/α) が小さい方が抗力係数の面では有利である。又、隅切りの影響が大きく、可能なかぎり設けるのが望ましいことが明らかである。なお、ここの検討は $Re = 2 \times 10^6$ 程度までであり、それ以上のものについては外挿する必要がある。

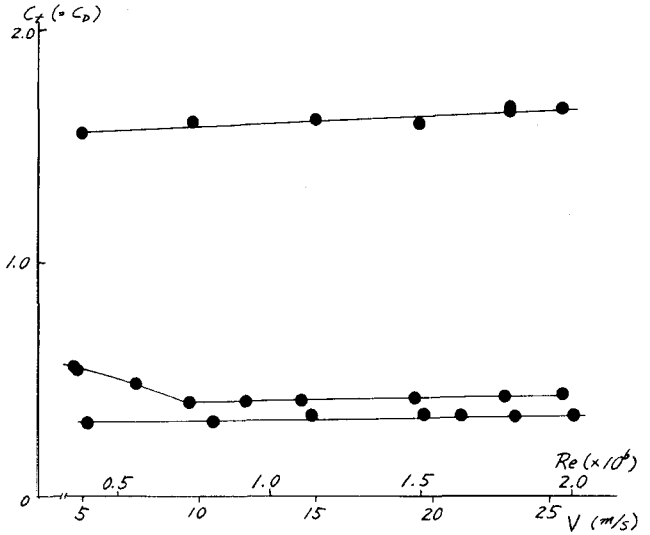


図-2 $\alpha = 0^\circ$ における抗力係数とレイノルズ数

表-2 最大レイノルズ数における実験結果

模型	迎角 α ($^\circ$)	C_t	C_d	$C_R = \sqrt{C_t^2 + C_d^2}$
No. 1	0	1.68	0	1.68
	5	1.576	-0.344	1.61
	10	1.463	-0.808	1.67
	15	1.533	0.003	1.53
	30	1.549	1.657	2.27
	40	1.383	2.257	2.64
No. 2	0	0.44	0	0.44
	5	0.395	0.767	0.86
	10	0.235	1.544	1.56
	15	0.461	1.449	1.52
	30	0.665	1.608	1.74
	40	0.857	2.090	2.26
No. 3	0	0.35	0	0.35
	5	0.303	0.669	0.73
	10	0.157	1.358	1.37
	15	-0.073	2.010	2.01
	30	0.240	1.524	1.54
	40	0.174	1.660	1.67
No. 4	0	0.37	0	0.37
	5	0.335	0.531	0.63
	10	0.221	1.105	1.13
	15	0.013	1.650	1.65
	30	0.314	1.255	1.29
	40	0.296	1.110	1.15