

1. 緒言：橋梁主塔の隅切り矩形断面の空力不安定振動に対するレイノルズ数 ($Re = UH/\nu$; H は模型見付け高さ、 U は一様風速、 ν は空気の動粘性係数) の影響が注目されている。本研究では、その不安定振動と関連深い隅切り近傍の剥離剪断層の様相に注目し、隅切り高さを種々変えて矩形断面周りの流れパターンや静特性に対する Re 数の影響について考察する。

2. 実験方法：風洞実験は、本学エッフェル型風洞装置（乱れ強さ0.3%以下、非一様性1%以下）の測定部（300×1200mm、長さ2m）内に、図1に示す供試模型を設置して、静圧や後流周波数の測定、可視化観察などを行った。模型は見付け高さ $H=60\text{mm}$ 、見付け幅 $B=39.6\text{mm}$ 、閉塞率は5%である。実物との縮尺率は約1/167、隅切りは全スパン一様である。

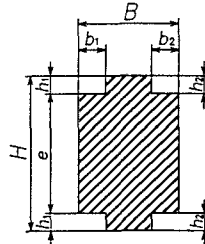


図1 供試模型断面図
(原型模型)

表1 供試模型の諸元

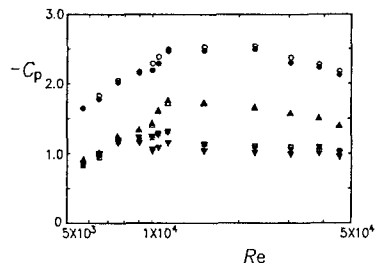
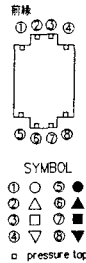
	H	B	h ₁	b ₁	h ₂	b ₂
原型断面	60	39.6	6.9	10.8	6.9	10.8
Shape 1	60	39.6	5.0	10.8	6.9	10.8
Shape 2	60	43.1	5.0	10.8	6.9	14.3
Shape 3	60	43.1	5.0	10.8	—	—
Shape 4	60	39.6	6.0	10.8	6.9	10.8
Shape 5	60	41.6	6.0	10.8	6.9	12.8
Shape 6	60	41.6	6.0	10.8	—	—
Shape 7	60	41.6	6.0	10.8	—	—
Shape 8	60	39.6	6.9	10.8	—	—
Shape 9	62	39.6	8.0	10.8	—	—

(単位:mm)

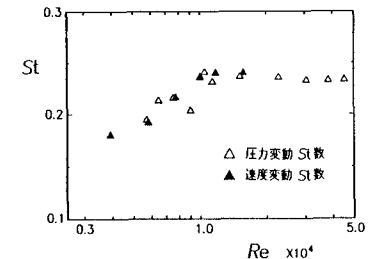
模型はアクリル樹脂製とし、スパン長さ $l=300\text{mm}$ で、直径 $d=0.5\text{mm}$ の静圧測定孔を模型のスパン中央に上下の側面合計8箇所設けた。模型角部は可能な限り鋭くした。ストローハル数 ($St=fH/U$; f 後流渦周波数) は、主として圧力変動データから求めた。供試模型形状は主塔原型断面の他に、現象を簡易化するため、図1および表1に示すように前縁のみ隅切りを付け、隅切り高さを系統的に、 $h_1/H=0.083$ (形状3), 0.1 (形状6), 0.115 (形状8), 0.129 (形状9) に変え、 Re 数を $(0.57\sim 4.5) \times 10^4$ の範囲で変えて、 h_1 の効果に対する Re 数の影響を調べた。その他、前面辺長さ e と断面の見付け幅 B の比 B/e の影響、表面粗さ効果なども調べるため、表1に示す形状の異なる9種類の断面の供試模型を準備した。

3. 実験結果：本報では、主塔原型模型の静特性と前縁隅切り効果に対する Re 数の影響について述べる。

(1) 主塔原型断面の場合：図2に、主塔原型断面の (a) 静圧分布と (b) St 数を示す。静圧変化は $Re \approx (0.8\sim 1) \times 10^4$ を境にして2つの領域に分類される。 $Re < 0.8 \times 10^4$ では、前縁隅切り部で大きな負圧で、側面前縁で回復し、後縁まで一様な C_p 値である。一方、 $Re > 10^4$ では、前縁隅切り部の低い C_p 値から側面前縁で回復するが、側面後縁付近や後縁隅切り部の値とはかなり相違する。図(b)は、圧力変動 (図中、 Δ 印) と後流速度変動 ($\blacktriangle$) の St 数値を Re 数に対して示すが、共に $St \approx 0.18$ から漸増し、 $Re > 10^4$ で、一定値 ($St \approx 0.23$) となる。図3は、模型隅切り部に四塩化チタン (TiCl_4) を滴下し、発生する白煙をトレーサとし、 Re 数が [(a), 0.5 , (b), 1] $\times 10^4$ の流れを可視化したものである。低 Re 数の場合、前面からの剥離流れは側面前縁付近で一旦付着して側面前縁から完全剥離する。 $Re > 10^4$ では、側面前縁から剥離した剪断層は側面上を流下し、低 Re 数の場合に比べ後流幅は狭く背面に近い位置で渦形成する。この場合、 $Re \approx (0.8\sim 1) \times 10^4$ を境として、流れパターンが変化する。



(a) 側面静圧分布



(b) St 数

図2 原型断面の静圧分布と St 数

(2) 前縁隅切り $h_1/H=0.115$ (形状8) の場合: 主塔原型断面の後縁隅切りのない、形状8断面の静圧と St 数の Re 数に対する変化を図4に示す。図(a)の静圧分布は原型断面と定量的にも定性的にも一致するが、図(b)の St 数は原型断面と若干異なる。形状8模型の $Re < 0.7 \times 10^4$ では、 $St \approx 0.2$ で、 $Re \geq 0.7 \times 10^4$ で不連続的に急変して、 $St=0.25$ になり、不連続的急激な変化を呈する。隅切り高さが $h_1/H=0.1$ の形状6の場合でも、静圧の分布形状など定性的には変化はないが、流れパターンの変化する Re 数は若干低下し ($Re \approx 0.6 \times 10^4$)、側面前・後縁の静圧の回復は大きく、両者の差は小さい。

(3) $h_1/H=0.083$ (形状3) の場合: 隅切り高さの極端に小さい形状3断面では、図5に示すように、(a) 静圧分布は隅切り部および側面上のいずれの C_p 値も等しく、3点の C_p 値の Re 数による変化もほとんど見られない。図6の(a) $Re=0.5 \times 10^4$ 、(b) $Re=1.0 \times 10^4$ の断面周りの可視化写真のごとく、いずれも前縁で発生した剥離剪断層が完全剥離していることと対応している。

(4) $h_1/H=0.129$ (形状9) の場合: 高い h_1 の形状9断面の静圧特性を図7に示す。(a) 静圧分布は、 $Re \approx 10^4$ の高い Re 数域まで、前縁隅切りの静圧は低く、側面上前・後縁の静圧が等しく、一様分布形状となり、原型断面や形状8断面の低 Re 数域と類似した流れが保持される。 $Re \approx 10^4$ で、静圧分布および St 数値は不連続的に急変し、全 C_p 値は低下する。 $Re > 10^4$ では、側面前縁の C_p 値は隅切り部と等しく、後縁付近で急激に圧力回復する分布形状を示す。(b) St 数も静圧分布と同様 $Re \approx 10^4$ で不連続に変化する。このような静圧分布と St 数の変化や可視化写真から、形状9断面周りの流れの $Re < 10^4$ では、前縁で剥離した流れは隅切り前面に衝突した後、側面前縁から再度剥離しているが、 $Re > 10^4$ では、側面前縁からの剥離流れは隅切り部と側面前縁を包含し、剪断層は側面に近接して流下し、背面近く比較的小さい渦領域を形成する。

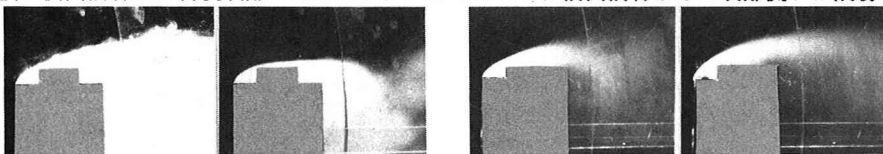
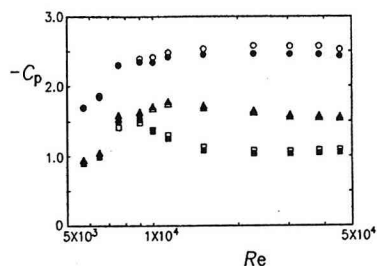
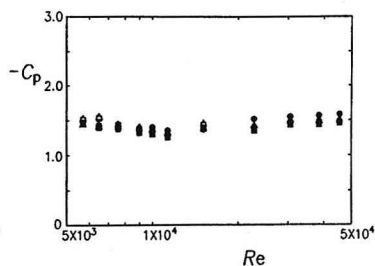


図3 原型断面周りの流れ

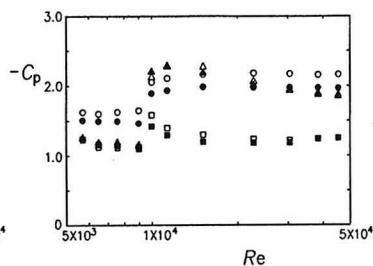
図6 形状3断面周りの流れ



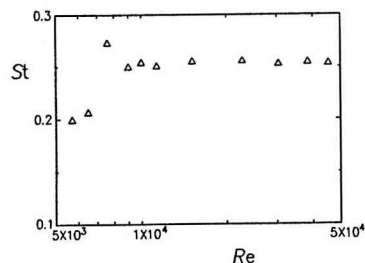
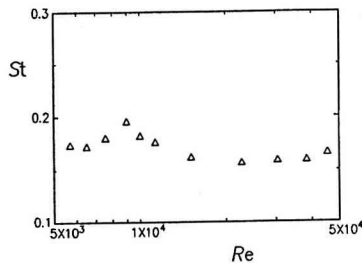
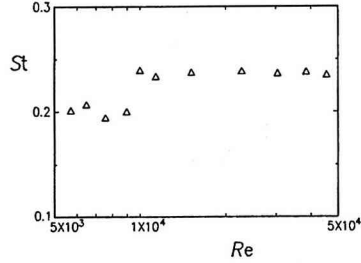
(a) 側面静圧分布



(a) 側面静圧分布



(a) 側面静圧分布

(b) St 数(b) St 数(b) St 数図4 形状8断面の静圧分布と St 数図5 形状3断面の静圧分布と St 数図7 形状9断面の静圧分布と St 数