

九州大学 応用力学研究所 正員 溝田 武人

1. まえがき 流れの中に静止させた断面比1/1, 1/2および1/4角柱のまわりの逆流を含む非定常流速をタンDEM型熱線プローブで測定し¹⁾, その結果から角柱まわりの最大変動流速分布, 位相速度分布, 非定常流線を求めた。実験は, 幅×高さ×長さ = 0.7×3×2の測定部断面を有するエッフェル型風洞を使い, 流速は $U_{\infty} = 6.9 \text{ cm/sec}$. 角柱断面は $15^{\circ} \times 15^{\circ}$ (1/1), $15^{\circ} \times 30^{\circ}$ (1/2) および $9^{\circ} \times 36^{\circ}$ (1/4) である。流れのレイノルズ数は角柱の高さを代表長として $Re = 7.14 \times 10^4$ (1/1, 1/2), 4.28×10^4 (1/4) である。

2. 実験結果

2.1. 等変動速度分布 各々の角柱まわりの等変動速度 $(u_{rms}^2 + v_{rms}^2)^{1/2} / U_{\infty}$ の分布を図1に示す。1/1角柱についてすでに述べたが²⁾, 中心軸付近を詳細に調べた結果, 非常に高い値を示すことがわかった。本図から, 変動揚力 C_L の大きい角柱では, wakeの中心線上付近に大きな流速変動を示す領域が存在し(1/1, $C_L \approx 1.40$), C_L が比較的小さい角柱(1/2, $C_L \approx 0.50$; 1/4, $C_L \approx 0.07$)では, その領域が中心線上にはなく, 上下に分離して存在していることがわかる。前者の角柱では上下2列の剥離剪断層の相互干渉が激しく, 中心線付近の速度変動はひび成分が卓越していることが特徴である。

2.2. 位相速度分布 変動流速の卓越周波数を $N \text{ Hz/sec}$, Δt° 離れた2点間における位相差を $\Delta \theta \text{ rad}$ とすれば, 波長は $\lambda = 2\pi \times \Delta t^{\circ} / \Delta \theta^{\circ}$, 無次元位相速度は $C_{\lambda} = 2\pi N \lambda / U_{\infty}$ である。Y = 一定の線上におけるu成分の C_{λ} / U_{∞} に関する測定結果を図2に示す。両図からわかるように角柱の上流や側面上方では, C_{λ} / U_{∞} が非常に大きくなり流速変動は場所的にほぼ同相となる。Simmonsはbound vortexとvortex streetが流れることの2つの効果を考慮して, blunt trailing edgeまわりの位相速度の実験結果を説明している。前縁から剥離する角柱においても, 1/1角柱では $X \leq 0.0$ で急激に C_{λ} / U_{∞} が大きくなり, 1/4角柱では, $X \leq 0.5$ まで同傾向が見られる。また1/1角柱では後縁より後の $X \approx 1.0 \sim 1.2$ で, 1/4角柱では, 側面上方 $X \approx 1.2 \sim 1.7$ で各々 C_{λ} / U_{∞} が大きくなる。いずれの角柱でも $X \geq 5.0$ の後方では $C_{\lambda} / U_{\infty} \approx 0.75$ のほぼ一定値となる。

2.3. 角柱まわりのフローパターン 1/2, 1/4角柱に加わる非定常揚力との位相関係において非定常流線を画いた結果を図3, 4に示す。図は上向き最大の揚力が角柱に作用する瞬間を 0° とし, 下向き最大の揚力を示す 180° までの流れの半周期を 30° 毎に流線を求めた結果である。1/2角柱の場合は, まず 0° で前縁の上側の角から流れる $\psi = 0$ の流線は2個の循環流 $\psi = -0.05$ を取り囲んで背面下方で閉じている。 30° では, 内部の循環流の一方が大きくなり, $\psi = 0$ の流線はさらに長く後方に及んでいくが, 背面下方に戻って閉じている。1/4角柱では 30° ですでに, 下側の $\psi = 0$ の流線が背面で閉じてしまったことと比較される。 60° では発達した循環流が放出され, $\psi = 0$ の流線は無限後方に連続している。他方, 前縁の下側の角から連続する $\psi = 0$ の流線が背面下方で閉じている。揚力が0となる 90° では, 放出された循環流が沈黙して後方に流され, 下側の $\psi = 0$ の流線は発達してくる。 120° , 150° と下側の $\psi = 0$ の流線が拡大するにつれ, 下向きの揚力が増加して, 0° と丁度, Y軸に对称な流れとなる (180°)。1/4角柱では, 前縁から剥離した流れが, 上下面で再付着する位置が角柱に作用する非定常揚力に大きく関連している。すなわち再付着より後は, 圧力が回復側に作用すると考えられるからである。まず 0° では, 下面側の

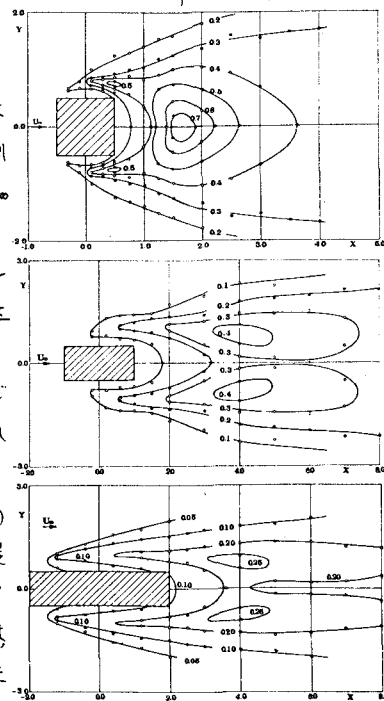


図1. 等変動速度分布 (1/1, 1/2, 1/4)

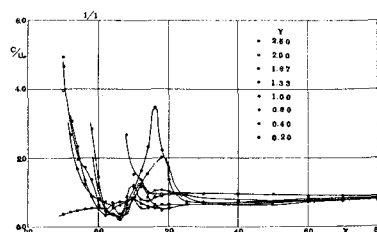


図2.位相速度分布 (1/1, 1/4)

$\psi = 0$ の流線は内部に $\psi = 0.05$ の循環流を囲んで $X \approx 1.25$ で閉じている。上面側の $\psi = 0$ は、 $X \approx 1.80$ で閉じている。30°では再付着点は1)おれも後方に移動し、上面側は壁面から離れていく。60°では下面側の再付着点はさらに後方に移動しているが、上面側の $\psi = 0$ は $Y < 0$ 側に凸な流れとなり側面に接近しており、90°(40) = 0°ではその側面が再付着が発生している。その後120°~180°では、下面側の再付着点はあまり移動しないが、上面側の再付着点が実質的に前方に移動して、下面側の再付着点とのX方向の位置の差が大きくなり、結果として下方への揚力が大きくなる。

3 おわりに レイノルズ数(428~7.14) $\times 10^4$ にあける静止させた1/1, 1/2 および1/4角柱のまわりの非定常流速を測定し、流れを考察した。

[文献]

- 1) 溝田, 土木学論叢生集 第278号, 1978.
- 2) 溝田, 土木学第32回講義集, S. 52, 10.
- 3) J.E.J. Simmons, J.F.M., vol. 64, 1974.

図3. 1/2 角柱まわりのフローパターン

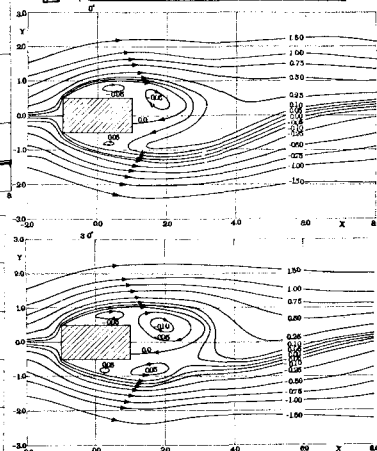


図4. 1/4 角柱まわりのフローパターン

