

東京大学 正員 宮崎 正男
東京大学 正員 宮田 利雄

1. まえがき 乱流中におかれた角柱に作用する揚力, 抗力は, 断面の辺長比や, 主流方向の乱れの強さ, 乱れの積分スケールによって著しくその特性が変化する。本報告は, 断面の辺長比が1:1, 1:2の場合について, 乱れの積分スケールと断面の代表長の比が, 揚力, 抗力特性に及ぼす効果を風洞実験結果を中心に考察したものである。本文中に使用した記号は以下の通りである。

b: 模型全幅, d: 模型高さ, l: 模型長さ, L_x^u : 主流方向乱れの積分スケール, I_u : 主流方向乱れの強さ, ρ : 空気密度, U: 平均風速
 α : 迎角, L: 揚力, D: 抗力, P_0 : 基準圧力

$$C_L = L / \frac{1}{2} \rho U^2 d l, \quad C_D = D / \frac{1}{2} \rho U^2 d l, \quad C_P = (P - P_0) / \frac{1}{2} \rho U^2$$

2. 実験概要 実験に用いた模型は, 二次元模型で, 同一の格子乱流に対して, その平均スケール L_x^u との比が変化するように, 主流方向の長辺 b を, 50, 75, 150 mm とし, 模型長さは1050 mm に統一した。従って, 縦横比 $b/b = 21, 14, 7$ となる。また, 模型の両端には, 流れの二次元性を保つため $\phi 400$ mm の円形端板をとり付けた。これらの模型を用いて, 一様流中と格子乱流中で揚力, 抗力を測定し (半導体ゲージ方式三分力計, 分解能 1gr 使用), さらに同一寸法の圧力測定用模型を用いて, 同じ Re 数で, 断面周囲の圧力分布を測定した (差圧式メカニカルD型, 容量 0.2 psi を使用)。格子乱流は単一のものを用い, 模型位置は格子に対してすべて同距離にセットした。その位置での主流方向の乱れの強さ $I_u = 11\%$, 乱れの積分スケール $L_x^u/b = 7.3$ cm で, 模型断面の長辺との比は, $L_x^u/b = 1.46, 0.97, 0.49$ となる。

3. 実験結果と考察 Fig. 1, 2 に1:1および1:2角柱の $0 \leq \alpha \leq 18^\circ$ の範囲における揚, 抗力特性の実験結果を示す。まず, 抗力係数 C_D については, 1:1角柱, 1:2角柱とも, 一様流中と乱流中とでは差があるが, L_x^u/b による効果は認められない。一方, 揚力係数 C_L は, $\alpha = 0^\circ$ 付近の揚力の負勾配 $-dC_L/d\alpha$ に着目すれば, 1:1角柱では, L_x^u/b による効果も, また一様流と乱流との差もないことが分かる。1:2角柱では, $-dC_L/d\alpha$ は一様流中にくらべ乱流中ではかなり小さくなっており, しかも L_x^u/b が大なる程, より小さくなって, ギャロッピングに関する準定常理論における空気力係数の勾配 $dC_{Py}/d\alpha$ が, L_x^u/b が大なる程, より小さくなることを予想させる。従って, これらの事実, 1:1角柱におけるギャロッピングの発振風速が, 一様流中, 乱流中でほぼ等しく, L_x^u/b の効果も小さいこと, さらに, 1:2角柱では, 乱流中の方が, 一様流中よりも発振風速が高風速側へ寄り, L_x^u/b が大なる程, より高風速側へと移っていくという実験結果^{1), 2)} とよく符合する。

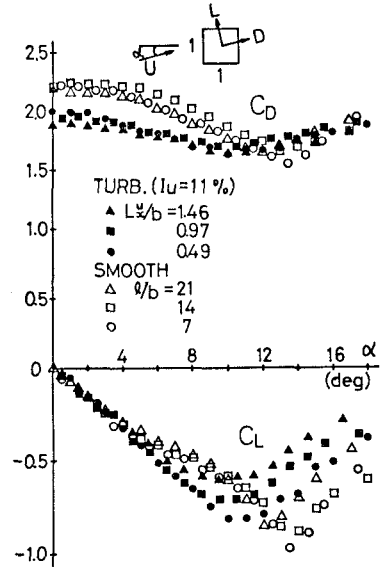


Fig. 1 1:1角柱の揚・抗力係数

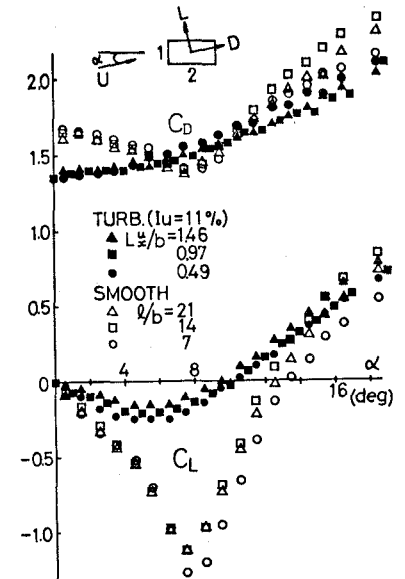


Fig. 2 1:2角柱の揚・抗力係数

角柱の前縁からの剥離剪断層の後縁への再付着に着目すれば、揚力係数の極小値を示す迎角で再付着すると言われているが、1:1角柱、1:2角柱とも、乱流中で再付着を生ずる迎角は、一様流中よりも小さくなり、しかも L/b が大なる程、より小迎角側へと移っている。これは、乱流中では L/b が大なる程、より剪断層が再付着を起こす側の側面に接近していることを示している。

Fig. 3, 4 には、1:1角柱の $\alpha=0^\circ$ および $+9^\circ$ における断面周囲の圧力分布を、Fig. 5, 6 には同じく 1:2角柱の $\alpha=0^\circ$ および $+4^\circ$ の場合を示す。1:1角柱、1:2角柱のどちらにも共通してみられる傾向は、前面の圧力分布が一様流、乱流によって変化せず、背面の負圧および上面の負圧分布が、迎角が大きくなることによって著しく圧力回復している点である。しかも、その圧力回復の変化量は、 L/b による差がほとんど認められない。これに対して、下面の負圧分布は著しく低下し、 L/b による差がみられる。即ち、 L/b が大なる程低下の割合は大きくなっている。これらのことより、前述の $-dC_L/d\alpha$ や、再付着迎角にみられる L/b の効果は、下面負圧分布に及ぼす L/b の効果によるものと云えよう。

(参考文献)

- 1) 宮崎, 宮田: 乱流中の角柱の空力特性と乱流の付着効果, 第5回 構造物の耐風性に関するシンポジウム
- 2) 宮崎, 宮田: 格子乱流中の角柱の応答特性に関する二, 三の考察, 土木学会 39 回全国大会 報告集
- 3) 中村, 溝田, 吉村: 矩形およびH型断面柱の空力特性について, 九大応力研究所報 水40号

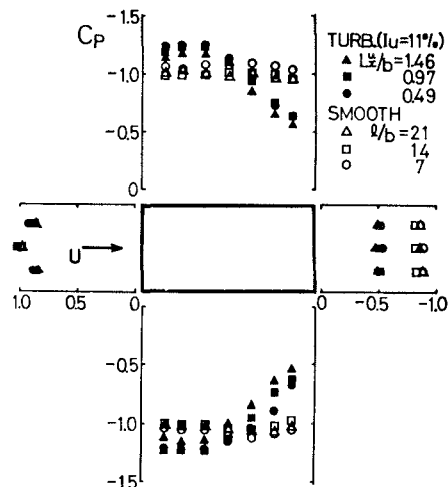


Fig. 5 1:2 角柱の圧力分布 ($\alpha=0^\circ$)

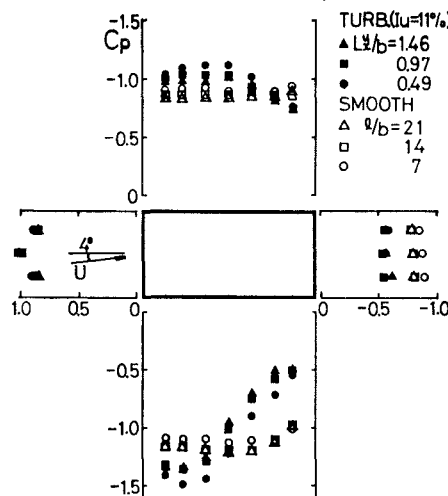


Fig. 6 1:2 角柱の圧力分布 ($\alpha=+4^\circ$)

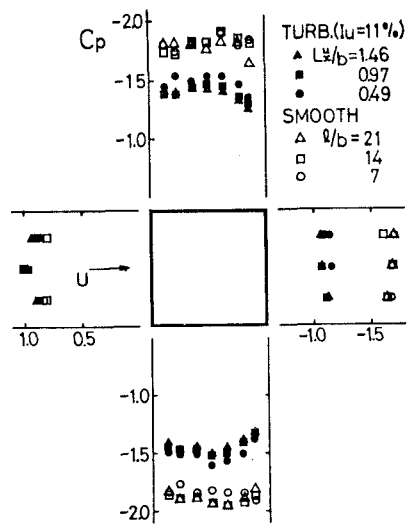


Fig. 3 1:1 角柱の圧力分布 ($\alpha=0^\circ$)

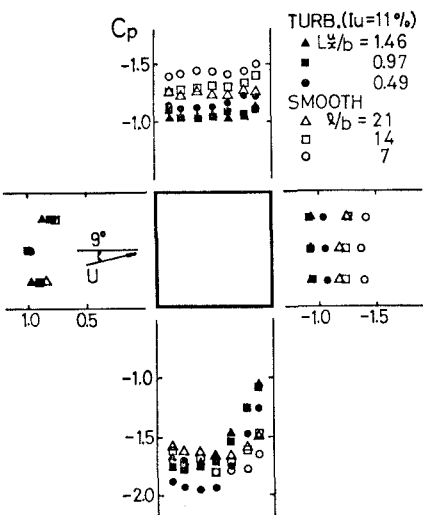


Fig. 4 1:1 角柱の圧力分布 ($\alpha=+9^\circ$)