

東京大学 正員 宮崎 正男
 東京大学 正員 宮田 利雄
 東京大学 正員 小栗 英和

1. まえがき 本研究は、昨年度の報告に引き続き、乱流中に於ける正方形柱の応答特性と渦励振とギャロッピングの両面から明らかにすることを目的とする。

乱流中での応答特性は一樣流中と比較して大きく変化するが、まずは支持実験により求められた build-up time を比較することで乱れの影響を評価した。さらに、乱流中で三分力を測定し、準定常理論による応答の計算結果と実験結果の比較から、乱流中の応答特性を一樣流中のそれと検討し考察を加えた。

実験に用いた格子は Mesh size 32cm, Bar size 8cm, 乱れのスケール $L_x^u = 7.3\text{cm}$, 乱れの強さ $U_x = 10\%$ であり、正方形柱模型として $5 \times 5\text{cm}$, $10 \times 10\text{cm}$, $14.5 \times 14.5\text{cm}$ の3タイプを使用した。

2. Build up time Γ が小さく、渦励振からそのままギャロッピングへ移行する例 (CASE1) を Fig.1 に、Fig.2 には渦励振とギャロッピングが分離する例 (CASE2) を示す。CASE1 では、同じ構造減衰、同じ Γ に対して、同一振幅で乱流中の方が、一樣流中よりも build-up time が小さくなる。即ち、空力減衰の絶対値は大きくなる。これは、すでに指摘されたところである。これに対して、 Γ が大きい CASE2 では、乱流中の build-up time が、渦励振領域では小さく、ギャロッピング領域では大きくなる傾向の結果が得られた。

3. 乱流中の揚力 一樣流中及び格子乱流中で、上述の3タイプの模型の定常三分力、変動三分力を $Re = 2.8 \times 10^4 \sim 6.8 \times 10^4$, $\alpha = -18^\circ \sim +18^\circ$ の範囲で測定した結果の一部を Fig.3 ~ Fig.6 に示す。乱流中の C_D は一樣流中に比して $\alpha = 0^\circ$ で約 0.3 落ち込むが、 $|\alpha| > 12^\circ$ 以上では逆に増加するなどして全体の形が変わる。これは C_L についても言えることである。 $|dC_L/d\alpha|$ は、乱流中の方が大きくなると予想されたが、見た目にそれほど顕著ではない。変動分については、変動抗力係数 C_{Df} は、乱れの影響を受け易いと考えられる $5 \times 5\text{cm}$ 模型 ($L_x^u/d = 1.46$) では乱流中の値が上昇し、迎角の変化に対して形がなめらかになった。他の2つ、即ち、 $L_x^u/d = 0.73$ 及び 0.50 の場合には、値の増加はなかったものの、迎角に対しては、一樣流中よりなめされた。

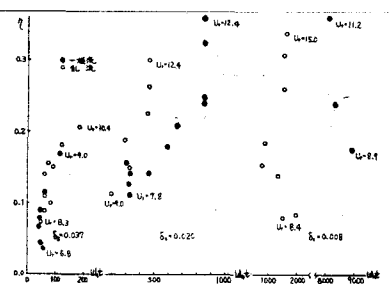


Fig.1 Build-up time (CASE1)

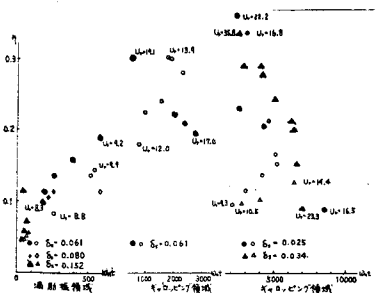


Fig.2 Build-up time (CASE2)

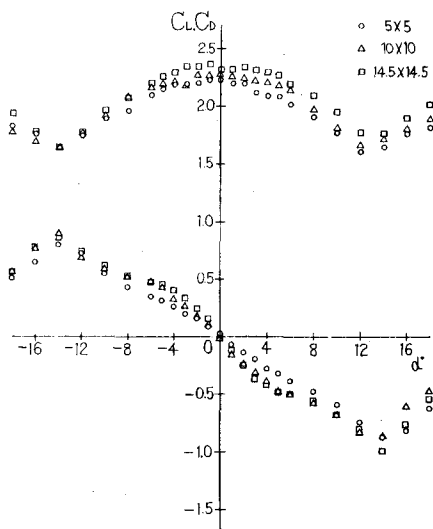


Fig.3 一樣流中の揚力・抗力

変動揚力係数 C_{L_f} は、乱流中の方が α の小さい範囲で一様流中よりも小さい値をとり、 Lx/d が大なる程、 α による値の変化が大きくなる傾向を示す。これは、 Lx/d が大きいほど渦の剥離が乱れの影響を受け易いことを示すと考えられる。

4. 乱流中のギャロッピング応答計算 乱流中で測定した場合、抗力の値より、準定常理論を用いて応答を計算した。

$$C_L = a_1 \alpha + a_3 \alpha^3 + a_5 \alpha^5 + a_7 \alpha^7$$

$$C_D = b_0 + b_2 \alpha^2 + b_4 \alpha^4 + b_6 \alpha^6$$

$$C_F = A_1 \left(\frac{\dot{\alpha}}{U}\right) + A_3 \left(\frac{\dot{\alpha}}{U}\right)^3 + A_5 \left(\frac{\dot{\alpha}}{U}\right)^5 + A_7 \left(\frac{\dot{\alpha}}{U}\right)^7$$

$$\left(U - \frac{2A_1}{A_1 U}\right) + \frac{3}{4} \left(\frac{A_3}{A_1 U}\right) \eta^2 + \frac{5}{8} \left(\frac{A_5}{A_1 U^3}\right) \eta^4 + \frac{35}{64} \left(\frac{A_7}{A_1 U^5}\right) \eta^6 = 0$$

Fig. 7, Fig. 8 に $\Gamma = 20, 30$ の実験値と計算結果を示す。

図中には、実験により求まる応答曲線から共振風速を定め、それに合わせるように A_1 、即ち a_1, b_0 を定め、他の $a_3 \sim a_7, b_2 \sim b_6$ を三分力の場、抗力値から近似して応答を求めたものも示してある。この図から分かる通り、 $\eta \leq 0.35$ の範囲では、一様流、乱流とも応答の性状は準定常理論からは追跡出来なかった。しかしながら、 Γ がさらに大で U_r が大となるような場合とか、 Γ が小さくても η が十分に大となる、即ち $\eta = 1.0$ とか $\eta = 2.0$ の範囲では、準定常値はよく合うとされている。

(2) (2) (2)

$$\Gamma = \left(\frac{2M}{\rho d^2 l}\right) \cdot \delta_s, \eta = a/d, U_r = \bar{U}/f_{nd}$$

$$U = \bar{U}/\omega_n d, m = \rho b^2/2M, M: \text{模型質量}$$

$$\rho: \text{空気密度 } d: \text{模型高さ } l: \text{模型長さ}$$

$$\delta_s: \text{対数減衰率, } f_n: \text{系の固有振動数, } \omega_n: \text{系の固有角振動数}$$

$$U: \text{平均風速 } a: \text{振動振幅 } \dot{\alpha}: \text{鉛直角速度}$$

参考文献

(1) 的場 宮田: 変動気流中のギャロッピング振動の解析と実験 74 回日本気象学会大会

(2) Parkinson & Brooks: On the aeroelastic instability of Bluff Cylinders ASME 11/63, 1961

(3) Laneville & Parkinson: Effects of Turbulence on Galloping of Bluff Cylinders, Proc. 3rd Int. Conf. Wind Effects on B. & S. Struc. Tokyo 1971

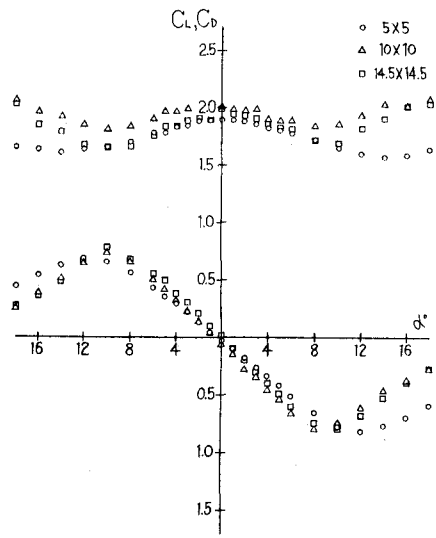
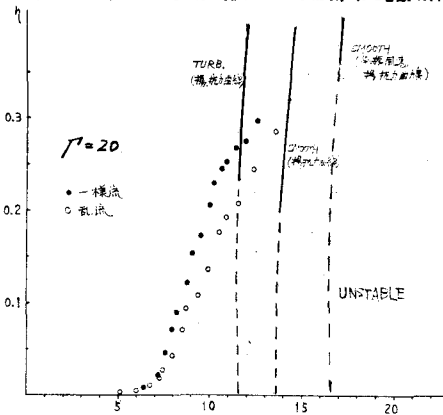


Fig. 4 格子乱流中の揚・抗力

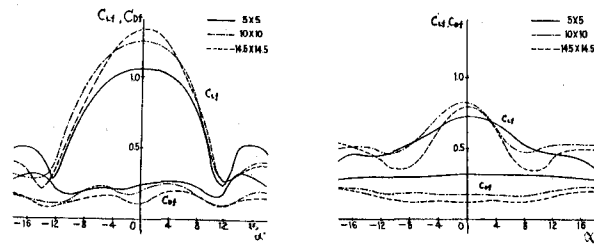


Fig. 5 一様流中の変動揚・抗力

乱流中の変動揚・抗力

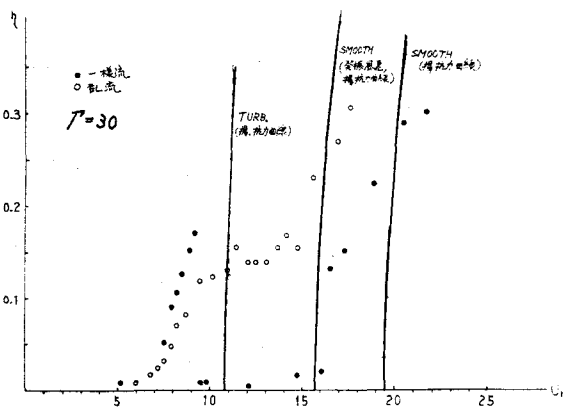


Fig. 8 応答の実験値と計算値

Fig. 7 応答の実験値と計算値