

佐友重機械 正員 宮崎 正男
東京大学 正員 宮田 利雄

1. まえがき 完全剥離型の長方形角柱が一様気流中におかれると、渦励振振動やギャロッピング、挟みフラッタといった空力不安定振動を起こすことはよく知られている。この長方形柱については、平均流場での流線や圧力分布に関して、これまで数多くの研究成果が積み重ねられてきた。接近流が乱れた気流の場合についても、その乱れの強さや積分スケールが、物体周囲の圧力分布、特に側面、背面の分布の場合によっては著しい影響を及ぼすことが報告されている。^{1), 2), 3)} 本報告は、1:2角柱の限界風速付近の渦励振領域における同期現象と圧力分布の関連、また、ギャロッピング領域における準定常理論の妥当性と圧力分布との関連について、加振時における断面まわりの平均圧力分布と変動圧力分布を測定し、これと静止時の分布と比較することによって若干の考察を加えたものである。

2. 実験概要 実験に使用した模型は二次元模型で、高さ×幅×長さ $37.5 \times 7.5 \times 1050$ mmであり、測定位置での乱流の特性は、乱れの強さ $I_u = 11\%$ 、乱れの積分スケール $L_z^* = 7.3$ cmであった。加振は一定振幅、一定振動数で行ない、圧力の測定にはScanivalve (D型 0.2 psi)を使用した。実験は、無次元風速 $U_r (U/fd) = 12, 18, 24, 30, 60$ において無次元振幅比 $q/d = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20$ について行なった。このとき、加振振動数は6 Hzとした。また、平均圧力係数 C_p 、および変動圧力係数 $C_{p rms}$ は、風路内に設置したピトー管の静圧と基準圧力として求めた。

3. 実験結果と考察 Fig.1には、一様流、乱流中における加振振幅比 $q/d = 0.10$ の場合の上面での圧力変動の波形を示す。一様流中では、 $U_r = 18$ で同期現象が生じており、圧力の変動分の振動数は加振振動数 f_d と一致している。しかし、 $U_r = 24$ になると同期が外れ、変動分の大きさが小さくなっているのが認められる。このとき波形を注視すれば、 f_d 成分まわりにストローハル振動数の f_s 成分があり、ということが分かる。 $U_r = 30$ になると、むしろ f_s 成分はみられずに f_s 成分が卓越している。これに対して、乱流中では、 $U_r = 18$ で、変動分の振幅は一様流中ほど定常的ではなく、すでに同期が外れていることが分かる。また、 $U_r = 24$ では、一様流中でみられたような変動分の急激な低下は生じてはいない。

ところで、後縁付近の波形に着目すれば、同期しているときに、 f_s 成分の波形が崩れており、それよりも上流側のものとは異なった流場の影響をうけているようである。また同期していないときは、上面のすべての点は同じように変動している。このことは、側面に形成される渦が、同期現象の生じているときと、そうでないときとは相異していること、さらに、同期して

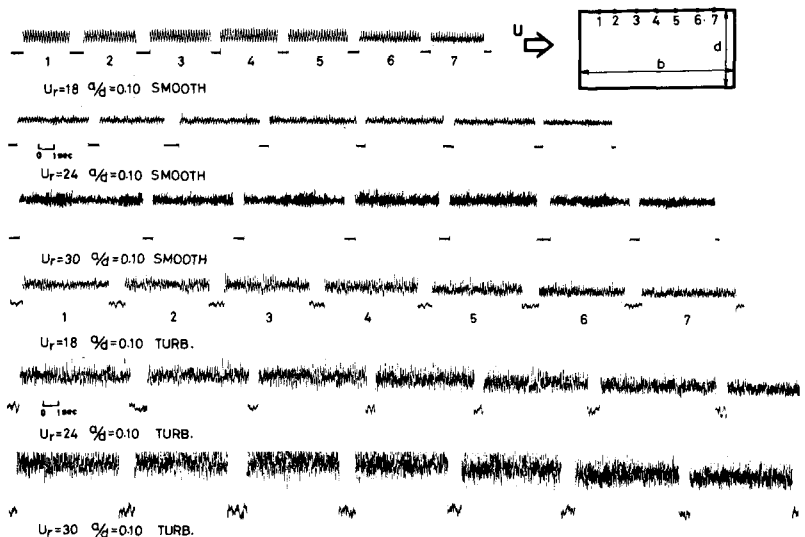


Fig.1 上面での圧力変動波形

いるときでも後縁付近の流れは、それより前縁側とは異なっていることを示している。

Fig.2(a)～Fig.4(b)には、 $U_r=12, 18, 30$ での加振振幅に対する C_p および C_{prms} の分布を示す。まず、同期現象の生じている $U_r=12$ での C_p 分布では、側面において、静止時にくらべ、一様流中では圧力低下を生じており、しかも、加振振幅が増すほど、その低下は著しい。また、後縁付近では振幅依存性がなく、すべて静止時圧に一致している。乱流中では、僅かに圧力回復しているのが特徴であるが、側面の前縁側半分で、静止時に加振時では、一様流、乱流の分布が逆転している。背面圧は、乱流中、一様流中とも静止時にくらべ僅かに圧力回復しており、前面圧は変化しないことが認められる。 C_{prms} 分布では、全国で、静止時より大きな値を示し、かつ振幅依存性のあること、乱流中の方が一様流中より低い値を示すことが特徴である。側面におけるこの C_{prms} 分布の振幅依存性は、一様流中で非定常揚力の絶対値が同期領域で振幅依存性を有することと対応するものであるが、乱流中でも同様の傾向が残っていることが分かる⁴⁾。一様流中、乱流中における C_{prms} の静止時のものとの差の大小と、 C_p 分布の振幅依存性の有無ないしは分布形の逆転が、どのように関連するかは、前述の渦の形成の相異とともに大いに興味あるところであり、今後の研究に期待したい。一様流中では、 $U_r=18$ になると、 $\gamma_d=0.05$ で同期が外れるが、このとき側面の C_p, C_{prms} 分布がともに静止時のそれと一致する。 $U_r=24$ では、さらに $\gamma_d=0.10$ でも同期が外れて静止時分布と一致し、 $U_r=30$ では、 $\gamma_d \leq 0.20$ で同期領域は存在しなくなる。一様流中の C_p, C_{prms} 分布は、同期が外れるとその値が大きく変化するのに対して、乱流中では、 C_p は変化せず、 C_{prms} の振幅による差が徐々に狭くなるという形の対応をとると見ることができ。 $U_r \geq 30$ での平均圧力分布は、いずれも静止時の分布と一致しており、この範囲において準定常理論が成立したことを示している。

参考文献 1) 宮崎, 宮田「乱流中の角柱の空力特性と乱流のスケール効果」第34回土木学会関東支部学術大会 1978

2) 宮崎, 宮田「静止角柱の揚力, 抗力に及ぼす乱流のスケール効果」第6回土木学会関東支部学術大会 1979

3) Barniga, Crowe, Roberson: "Pressure Distribution on a Square Cylinder at a Small Angle of Attack in a Turbulent Cross Flow", Proc. 4th. Int. Conf. Wind Effects on Buildings and Structures, 1975, London

4) 山田, 宮田, 宮崎「乱流中の渦励振に関する一考察」第34回土木学会学術大会 1979

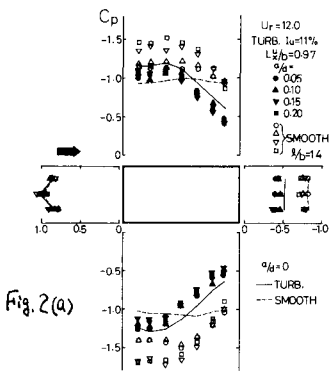


Fig. 2(a)

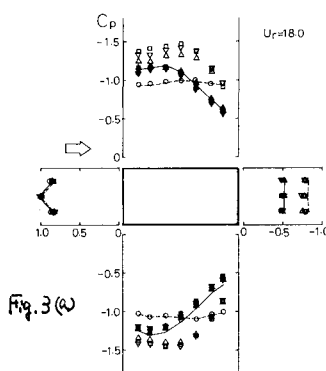


Fig. 3(a)

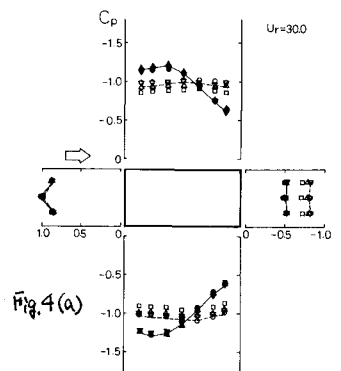


Fig. 4(a)

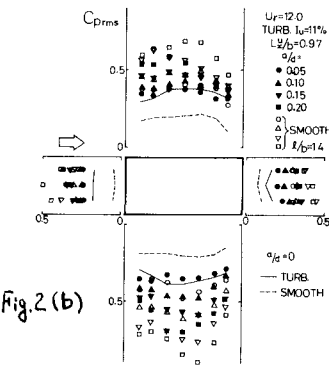


Fig. 2(b)

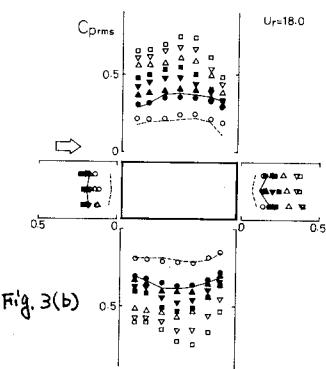


Fig. 3(b)

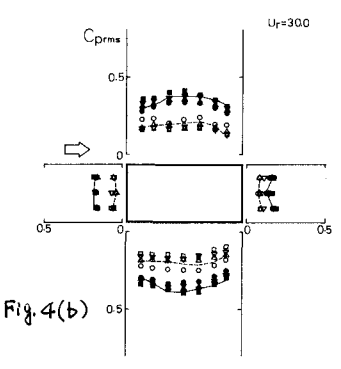


Fig. 4(b)