

住友重機械 正員 宮崎正男
横浜国立大学 正員 宮田利雄
東京大学 学生員 山田均

1. まえがき 一様な気流中に弾性支持された角柱がかかると、曲げ、あるいは捻れの、いわゆる渦励振振動であるとか、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。これら不安定振動に及ぼす乱れの効果は、乱れの性質によるものもさること、振動現象の種類や断面の辺長比などによっても、その効果の現れ方が異なってくる^{1), 2), 3)}。本研究は、限界風速付近の渦励振振動や、より高風速側で発生するギャロップ現象に対して、乱れの効果が比較的少ない、断面の辺長比が $1/2$ の正方形角柱と、著しく影響の現れる $1/2$ の長方形断面とをとりあげ、非定常圧力を測定することにより、乱れの効果の現れ方の差を明らかにしようとするものである。

2. 実験概要 実験に使用した模型は、 $1/4$ 断面が $25 \times 75 \text{ mm}$ 、 $1/2$ 断面が $37.5 \times 75 \text{ mm}$ の二次元模型で、長さはいずれも 1050 mm である。乱れた気流の模型位置での特性は、主流方向の乱れの強さ $I_u = 11\%$ 、同じく乱れの積分スケール $L_x^u = 7.3 \text{ cm}$ であり、模型の主流方向の長辺を b とすると $L_x^u/b = 0.97$ となる。これらの模型を一樣気流中および乱れた気流中で強制加振し、断面まわりの圧力分布を測定した。結果は平均圧力係数と変動圧力係数については動圧を用いて無次元化し、非定常圧力係数については、いわゆる非定常空気力の測定と同様の手法により、実部と虚部に分けた後、動圧を用いて無次元化した。また、変位に対する非定常圧力の位相差 β は、下向き変位のとき下向き圧力を正とした。従って、今回の実験では上面は負圧で変動しているために $\beta = 0 \sim 180^\circ$ の範囲が加振力となる。圧力の測定にはScanivalve社製の圧力計(D型, 0.20 psi)を使用した。圧力孔から圧力変換器までのチューブ長さによる位相遅れは $3 \sim 9^\circ$ 程度であった。尚、実験は $Re = 1.2 \sim 3.3 \times 10^4$ の範囲で行なった。

3. 実験結果と考察 Fig. 1~3には、 $1/4$ 断面の加振振幅比 $g/d = 0.20$ (d : 模型高さ)における上面での平均圧力係数 C_p 、非定常圧力の虚部 C_{pI} 、および位相差 β の分布を代表的な換算風速 $U_r (= U/f_d)$ (U : 風速, f_d : 加振動数)について示す。 C_p 特性については一樣流、乱流中とも傾向は似ていますが、全体として乱流中の方が圧力回復しており、流線が接近したことを示しているとも言える。一方、 C_{pI} 、 β 特性は、 U_r 付近での一樣流中の急激な変化が乱流中ではなめかにならっており、乱れの効果が認められる。 U_r 付近以外の風速域では、一樣流、乱流中とも結果はかなりよく一致している。また、 C_{pI} 、 β が負から正へ転ずる $U_r = 10$ 付近がひとつの境界となし、これを境に C_p 分布も変化していることが分かる。即ち、 $U_r > 10$ では C_p はほぼ一定分布となるのに対して、 $U_r \leq 10$ では前縁側で圧力低下が著しく、後縁側で圧力回復している。さらに、 C_{pI} が最大となるときに C_p の圧力回復が最も大きくなっている。Fig. 4~6には $1/2$ 断面の $g/d = 0.20, 0.30, 0.40$ での C_p 、 C_{pI} 、 β の分布を示す。 C_p 分布では $U_r \leq 10$ 、 C_{pI} 、 β 特性では $U_r \leq 20$ で一樣流、乱流中ともよく傾向が一致しているが、 U_r が増すとともに著しい差がみられ、乱流中では加振力の形成が難しくなっていることが分かる。これらの $1/4$ 、 $1/2$ 断面にみられる C_p 、 C_{pI} 、 β の U_r に対する特性変化を上図中央表について示したものがFig. 7~10である。

これらの結果より、 $1/4$ 断面では、乱れの効果は平均圧力を変化させるが、加振力そのものにはほとんど変化を及ぼさないこと、平均圧力からは $U_r \geq 30$ 非定常圧力の特性変化からは $U_r \geq 50$ でほぼ準定常理論が一樣流中、乱流中とも成立すると言える。一方、 $1/2$ 断面では、乱れの効果は著しく平均圧力を変

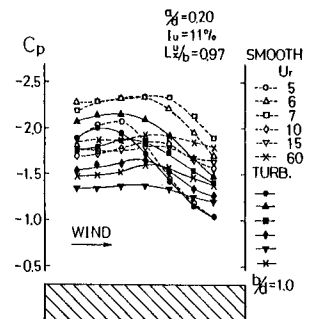


Fig. 1. $1/4$ 断面上面での平均圧力係数 C_p の分布

化させるだけでなく加振力をも変化させ、振動の発生を妨げる効果を発揮すること、位相差特性からは $U_r \leq 80$ $q_d \leq 0.40$ の範囲で、乱流中では準定常理論が成立しそうにないことが分かる。

(参考文献) U.T.Miyata, M.Miyazaki, "Turbulence Effects on Aerodynamic Response of Rectangular Cylinders", Proc. 5th Int. Conf. Wind Engng. (Colorado), 1979, 2) 山田 寛田, 京山崎, "乱流中の渦励振に関する一考察", オマ回土木学会学術講演会, 1979 3) 宮田 寛田, 山田, "乱れた乱流に対する橋梁構造の定常弾性応答に関する2,3の考察", オマ回構造工学シンポジウム, 1980

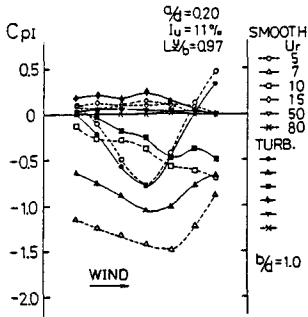


Fig. 2. 1/2断面の非定常圧力係数 C_{p1} の分布

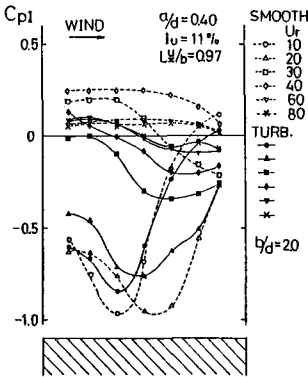


Fig. 3. 1/2断面の C_{p1} 分布

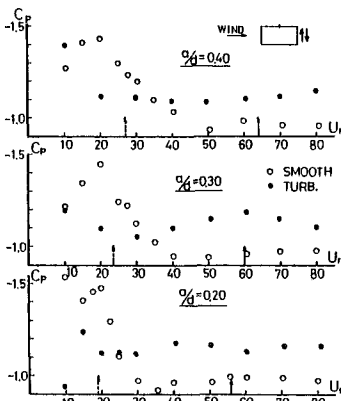


Fig. 4. 1/2断面の上面中央の C_p の U_r に対する変化

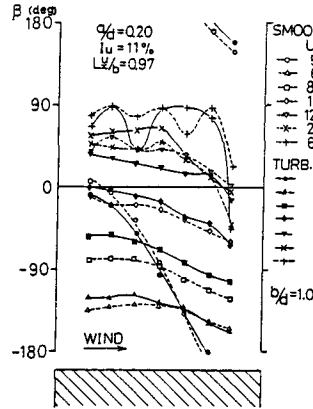


Fig. 5. 1/2断面の位相差 β の分布

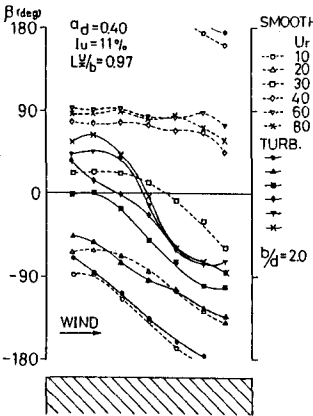


Fig. 6. 1/2断面の β 分布

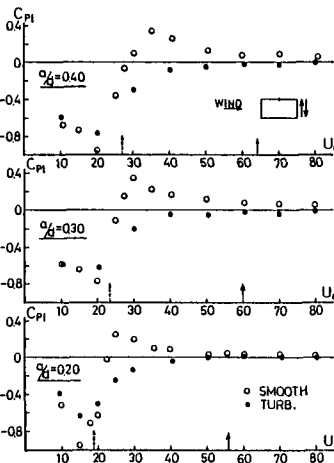


Fig. 7. 1/2断面の C_{pI} の U_r に対する変化

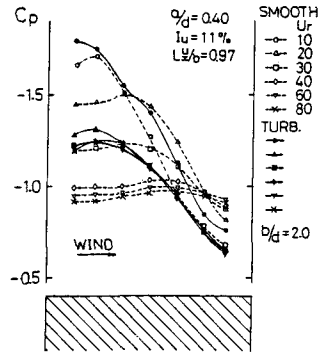


Fig. 8. 1/2断面の上面の C_p 分布

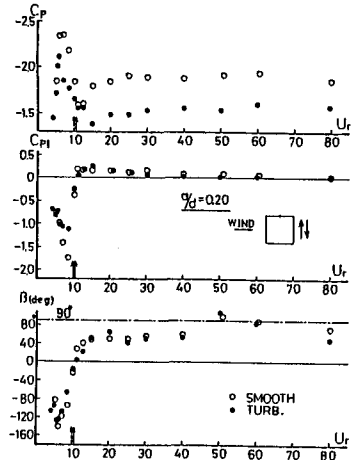


Fig. 9. 1/2断面の上面中央の C_{pI} の U_r に対する変化

注) 図中の破壊の矢印は質量比、減速10% - 7% $\Gamma (=2\pi b d \delta_2) = 100$ の底層部 (橋脚) で $q_d = 0.20$ と U_r の位置を示す。実験矢印は乱流中の応答

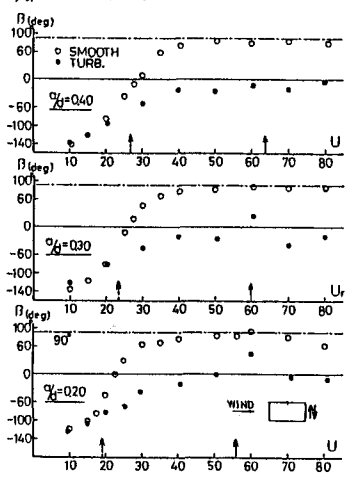


Fig. 10. 1/2断面の β の U_r に対する変化