

東京大学工学部 正員 ○ 宮田 利雄
 建設省 正員 矢野 善章
 東京大学大学院 学生員 沼田 敏樹

1. まえがき

いままで、円柱断面に関する変動抗・揚力については多くの研究がなされてきたが、この以外の充腹断面に対しては注意の払われ方が比較的少なかった。本報告は、充腹断面系の対風挙動、あるいはこのらの挙動におよぼす乱れた気流の効果を調べるために、まず、正方形断面柱について空気の測定を行なったのでその結果を示すものである。

2. 実験条件

乱れた気流は風洞吹出口に格子を設置して得た。模型の位置における乱れの強さは、平均流方向について約9%、鉛直方向について5%であり、乱れの流小方向のスケールは約12cmであった。二次元的な変動抗・揚力を測定した正方形断面模型は各辺52, 100, 150, 200mmであり、風洞壁面に水平にかけられた。他方、風洞床面に鉛直におかれた高さ1mの正方形模型(50×50mm)について非定常抗力を測定した。四種類の模型は乱れのスケールとの関連を知るためのものである。いずれも、模型の一边が流れに直角になる迎角 $\alpha=0^\circ$ の場合をとりあつかっている。

3. 静止した正方形柱の変動抗揚力

静止した二次元模型に対する平均抗力、変動抗力、および変動揚力係数を表1に示すような結果が得られた。変動抗力について、一様流と乱流の結果が一致するのは、Vickery¹⁾の成果と同傾向ながら、変動揚力は二つの流れの場合ともかなり低い値となっている。($\sqrt{C_{Df}} = 0.17$, $\sqrt{C_{Lf}} = 1.32$; 一様流, 0.67; 乱流, 模型幅 = 6in, 乱れのスケール = 8in, 乱れの強さ = 10%)
 いずれにせよ、表1に示すとおり、模型の大きさや乱れのスケールの関係が結果に大きく影響するこゝがわかる。図1は乱流における変動抗力係数と模型の大きさとの関係を示すものであるが、流れに直角におかれた平板に対する Bearman²⁾の実験結果

模型の種類 mm	52×52	100×100	150×150	200×200	
平均抗力 \bar{C}_D	一様流	2.08			
	乱流	1.64	1.81	1.78	1.60
変動抗力 $\sqrt{C_{Df}}$	一様流	0.15			
	乱流	0.15	0.13	0.11	0.10
変動揚力 $\sqrt{C_{Lf}}$	一様流	0.58			
	乱流	0.41	0.53	0.45	0.32

表1 静止した正方形柱の変動抗・揚力係数($\alpha=0^\circ$)
 (乱れのスケール = 12cm, 乱れの強さ = 9%)

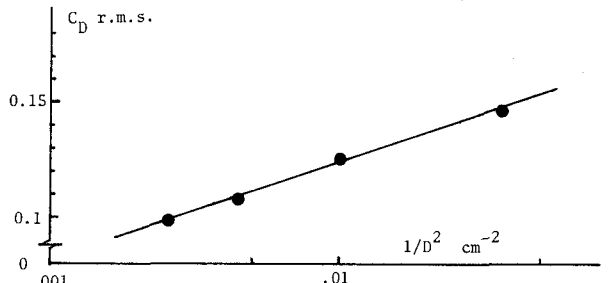


図1 乱れた気流中の正方形柱の変動抗力係数($\alpha=0^\circ$)

1) B.J. Vickery, J. Fluid Mech., 25, 3, 1966

2) P.W. Bearman, J. Fluid Mech.; 46, 1, 1971

(正方形平板の大きさ = 2, 4, 6, 8 in, 乱れのスケール ≃ 3 in, 乱れの強さ ≃ 8%) に全く一致している。

4. 正方形柱の非定常揚力

図2は正方形柱に作用する非定常揚力係数の測定結果である。この非定常揚力は、いわゆる強制振動法により求めた。このとき空気を

$$L = \pi \rho \left(\frac{D}{2}\right)^3 \omega^2 (L_R + i L_I) \frac{Z}{D/2}$$

と表わし、模型をある振幅A, 振動数 ω に2次振し、換算振動数 $k = \omega D/2U$ を変数として空気力係数 L_R, L_I を求める。

ただし、Uは(平均)風速、Dは模型の一边の長さ、Zは変位である。図2には L_I

のみを示したが、乱れた気流中の値は、一樣流の場合と同様にして求められた。すなわち、測定出力の加振変位(振動数 ω)に対応する成分を抽出して空気力の振幅、変位との位相差を計算している。空気力係数が正から負へ急激に変化する範囲は渦励振現象の発生領域であり、一樣流の場合にみられる、係数が負の値をなすほどの小さい範囲はギャロップ現象の発生する領域と見なすことができよう。乱れた気流においては、後者の範囲でいさゝか一樣流の場合と異なっているようであるが、他はあくまで同じ傾向を呈している。

5. 正方形柱の非定常抗力

風洞床面に鉛直におかれた三次元模型について、いわゆる自由振動法によって非定常抗力を求めた。すなわち、ある固有振動数 ω_0 をもつ模型について流の方向に自由振動させ、その減衰係数を求めれば、

$$\zeta_{aero} = -\frac{\omega}{\omega_0} \frac{L_I}{2\mu} = \zeta - \zeta_0; \quad \mu = \frac{m}{\pi \rho (D/2)^2}$$

なる関係式から非定常抗力係数 L_I が定まる。ここで、 ζ_0 : 構造減衰係数, m : 単位長当りの質量。

図3には ζ_{aero} の形で結果を示してある。なお、準定常理論による ζ_{aero} は、

$$\zeta_{aero} = \int_0^H \frac{1}{2U_0} \rho D C_D U \phi^2 dZ / \int_0^H m \phi^2 dZ$$

によって与えられるが、この結果も合わせ示した。(φは振動モード、 C_D は平均抗力係数)

三次元模型の平均抗力係数は $C_D \div 1.74$ に2、縦横比の影響は従来の成果ばかりであった。非定常抗力について、準定常理論は十分によい結果を与えると考えられる。

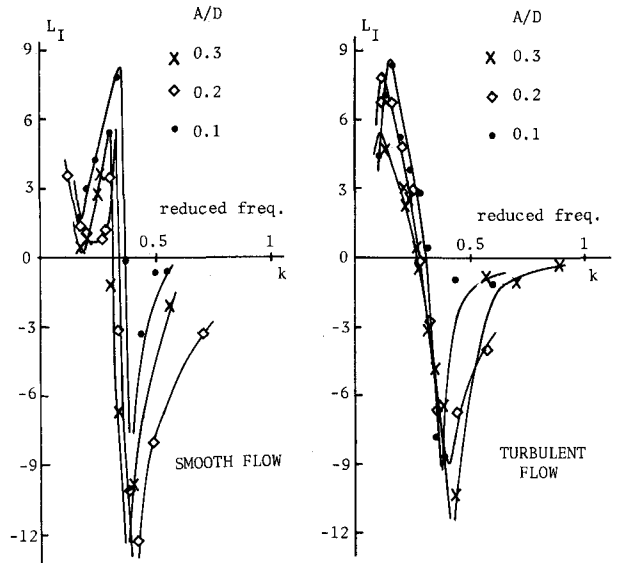


図2 正方形柱の非定常揚力係数 ($\alpha = 0^\circ$)

(模型 52x52 mm, 乱れのスケール ≃ 12 cm)

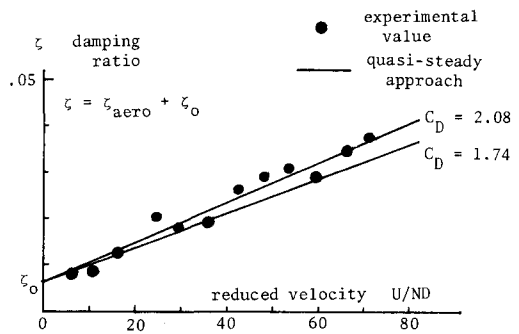


図3 正方形柱の非定常抗力 ($\alpha = 0^\circ$)