

武蔵工業大学 正員 王 方一

1. 序文: 砂礫の始動限界はその露出程度に対応する安定度と流体力の変化に依存する。昨年の報告では圧力孔を有する実験球を用い、水路底に配置した球列に対して種々の露出比における周りの圧力水頭を測定して、抗力係数と揚力係数を求めた。実験球と上下させる際、底球1つを抜いた空間における支持状態は3種類にした。また勾配と水深は1種類に限った。今回は空間状態の1つであるあきに対して昨年と異なる1種類の水深について実験を行った。さらに円柱についても2種類の水深について実験した。これらの実験結果について報告し、これらの条件に近い従来の実験者の結果と比較しながら検討している。

2. 実験の種類、方法、結果

(1): 球の場合: 長さ12mの水路底に直径2.5cmのガラス球を千鳥方式に配置し、水路のほぼ中間の中心線上にある球1個を抜き取り、その空間内で底球と同径の圧力孔付真鍮製実験球を下流側に2個の底球と接觸させながら上下し、圧力水頭を測定して抗力係数と揚力係数を求めた。実験球は圧力孔の垂直面の方が異なる2種類を用いた(図-1)。1種類は流向に対してO方向の半円周上に圧力孔5個をあけ、もう1種類は流向に対して45°方向をなすものである。水压を伝達する細いパイプが入っている扁平管は攪乱の影響をよけるため、圧力孔に遠い方の実験球の側方にとりつけられ、上下する支持棒の役目を持っている。180°と225°方向の圧力は0°と45°方向の実験球を反転して測った。また135°、270°方向の圧力は対称性を考えて、45°、225°方向の測定値をそのまま使用した。実験球上流の空間は昨年度(8081)の実験では(1): あき(あいたま)、(2): 平直支持(実験球が平面柱頂と接觸する状態)および(3): 球頂支持(球形柱頂と接觸する状態)の3種類の支持状態にした。

(図-2a, 2c, 2d)。水理条件は $i=1/60$, h_0 (球頂より水面までの距離)=8.63cm, $h_0/d=3.45$, $u_*=\sqrt{gRe}=11.29\text{cm/sec}$, $Re=2.68\sim3.43\times 10^4$ で、実験球中心の流速は実験前、ピトー管を用いて測定した。露出比 $\beta/d=\gamma$ が0.8以上に对应的 C_D と C_L の値は図-3a, 3b に示す。また $C_{D*}=F_D/\frac{1}{2}\rho u_*^2 A$, $C_{L*}=F_L/\frac{1}{2}\rho u_*^2 A$ の値は γ が全域に對応して図-3c, 3d に示す。図-3a に示す描英の内容は図-3b, 3c, 3d にもあてはまる。 C_D は $\gamma=1$ 付近で大きく、 $\gamma\approx 1.5$ まで減少し、以後はほぼ一定になっている。 C_L は $\gamma=0.8\sim 1.0$ で負となり、さらに減少した後、増加する傾向を示している。 C_{D*} は γ と共に増加し、 C_{L*} は $\gamma\approx 0\sim 0.6$ で増加、 $0.6\sim 1.0$ で減少、以後は C_L と同傾向である。支持状態による相違は $\gamma\approx 0.8\sim 1.0$ における C_D 以外、見わけ困難である。今回の実験(8182年度)は上流空間をあき状態にして、 $i=1/60$, $h_0=10.63\text{cm}$, $h_0/d=4.5$, $Re=2.4\sim 3.07\times 10^4$, $u_*=9.49\text{cm/sec}$ の水理条件で実験を行い、結果は図3a~3d に○印で示す。傾向は昨年のおき状態の結果(○印)と似ているが、○印より C_D が大きく出ている。これら4種類の Re の範囲に対応する無限一様流における球の C_D は約0.45である。類似の従来の実験として底球を抜きず1球とのせた Coleman の実験(1987, $d=1.27\text{cm}$, $\gamma\approx 0.82$)の中、 $Re=2.4\sim 2.1\times 10^3$ に対して $C_D\approx 0.54$ と得ている(無限一様流では $C_D\approx 0.40$)。また平面底に接する球に関する Aksog の実験(1993, $d=2\text{cm}$, $\beta/d=12.5\sim 18$, $Re=2.7\sim 6.6\times 10^3$)では $C_D=0.98\sim 1.29$, $C_L=0.09\sim 0.22$ になっている。また参考のため、Dementiev の実験(平面底、 $\beta/d=1.5$ の短円柱、 $Re=8\sim 14\times 10^4$)による C_D , C_L と γ の関係を図-3a, 3b に示す。

(2). 円柱の場合: 7980年度の実験で(1)の球の場合と同じ水路を用い、底に直径 $d_0=2.5\text{cm}$ の円柱と密に並べ、1本を抜き取り、空間内を $d_i=1.6\text{cm}$ の実験円柱を下流円柱と接觸させて上下し、上流円柱にあけた圧力孔の水頭を測定して諸係数を求めた。下流側の圧力は反転して測定した(図-4)。水理条件は $i=1/60$, $h_0=8.24\text{cm}$, $h_0/d_i=5.15$, $Re=1.55\sim 2.24\times 10^4$, $u_*=10.91\text{cm/s}$ 。おき $i=1/60$, $h_0=10.14\text{cm}$, $h_0/d_i=6.34$, $Re=1.70\sim 2.35\times 10^4$, $u_*=12.03\text{cm/s}$ の2通りがある。実験結果は図-5a~5d に示す。全般的な傾向は球の場合と類似している。また実験の Re の範囲に対応する無限一様流における円柱の C_D は約1.2である。Brown の実験(1967, 平面底に接する円柱, $d=15.24\text{cm}$, 25.4cm ,

$R_e = 6 \sim 30 \times 10^4$ では $C_D = 0.9 \sim 0.55$, $C_L = 0.8 \sim 1.3$ を得ている。比較のため Dementia の曲線と図-5a, 5b に示す。

注: 傾向として球・円柱とも、近底では離れた英より C_D が大きい、揚力は $\gamma=1$ 付近で激妙に変化する、上流の空開状態により近底では C_D は幾分異なる、 γ が大きくなると C_D はいく分大きくなる、平面底の場合とはかなり異なるなどがあるようである。

