

定常・非定常自由表面流中の物体に働く流体力と流れに関する研究

九州工業大学大学院 学生員 ○小林俊彦 重枝未玲
九州工業大学工学部 正会員 秋山壽一郎

1. はじめに

精度の高い市街地氾濫シミュレーションモデルを構築するためにはその一つの要素として、家屋や樹林帯などの物体に働く流体力を知る必要がある。本研究は、そのような目的で角柱を設置した水路内でダム破壊流れを発生させ、その流体力について調べると共に、定常状態における結果と比較検討したものである。

2. 実験装置および方法

非定常ならびに定常状態における流速 V 、水深 h および抗力 D に関する計測をそれぞれ以下の要領で行った。

(i)非定常状態：実験装置は上流側から

6.5mの位置に幅0.6mの仕切りゲートを設置した水路(長さ20.5m、幅 $B=0.6m$)である(図1)。開放時間0.025秒で仕切りゲートをほぼ瞬間的に引き上げ、ダム破壊流れを発生させた。ゲートの上流側は水深0.1mの貯水槽で、下流側は水の無いドライベッド状態である。ゲートから2.0m下流側にアクリル製の正方形断面角柱(幅0.06m、長さ0.2m)を配列し、迎角 α を4通りに変化させた(図2)。実験は非越流状態で実施した。表面流速 V_s は、直径0.006mの発泡スチロール球を多量に流し、CCDカメラで水路上部から撮影した画像をPTVで解析して求めた。また、平均流速 u はレーザー光を所定の位置に照射し直径 $200\mu m$ の粒子を可視化し、CCDカメラで水路側面から撮影した画像をPTVにより解析して求めた。水深はレーザー光で流れを可視化し、CCDカメラで水路側面から撮影した画像を画像解析より求めた。抗力は2分力計を用いて算定した。抗力測定のスAMPLING間隔は0.01秒、スAMPLING時間は20秒である。各測定はそれぞれ同一条件下で5回行いデータの信頼性を高めた。

(ii)定常状態：実験は、非定常状態と同じ水路で水深を0.1mの一定に保ちながら、レイノルズ数 $Re=35000 \sim 49000$ の範囲で行った。角柱は水路の中央10mの地点より配置した。配列は非定常の場合と同様である。流速測定は2次元電磁流速計を用い、測定は測定位置の角柱を取り除いた角柱の中心地点で行った。水深測定は容量式波高計を用い、水路中心の角柱の前面から0.005m離れた地点で行った。スAMPLING間隔とスAMPLING時間は、それぞれ0.05秒と50秒である。抗力測定は2分力計を用いて行った。スAMPLING間隔とスAMPLING時間は非定常状態の場合と同じである。

3. 実験結果

非定常状態の表面流速ベクトルと平均流速分布 u の一例を図3と4に示す。これらの測定結果に基づき、 V_s と断面平均流速 $V_a(m/s)$ を算定した。図5に V_s と V_a の時系列をRitter解と比較したものを示す。図5より、 V_a はRitter解とほぼ一致し、 V_s は V_a の約0.94倍となることがわかる。非定常状態において迎角 α を変化させた1本配置(CASE1)の前面水深 h_f と抗力 D の時系列を図6と7にそれぞれ示す。図6より、 $t \geq 3$ 秒では h_f は α に依存せず、また経過時間 t とは無関係にほぼ一定値を取ることがわかる。図7より、 D は α が大きくなるほど増加する傾向が認められる。

以上の結果より非定常状態における角柱の抵抗係数 C_D を $C_D=2D/(\rho V_a^2 A)$ より算出した。ここに、 D =抗力(N)、 ρ =水の密度($N \cdot s^2/m^4$)、 A =投影面積($=dh_f(m^2)$)である。図8にCASE1の C_D の時系列を示す。これより、 C_D は流速変動が激しい $t=2 \sim 7$ 秒では変動するものの、 $t \geq 8$ 秒ではほぼ一定値を取ることがわかる。そこで、 C_D がほぼ一定となる区間の平均値をもってその流れの C_D とした。図9と10にCASE1とCASE2~4(列配置)

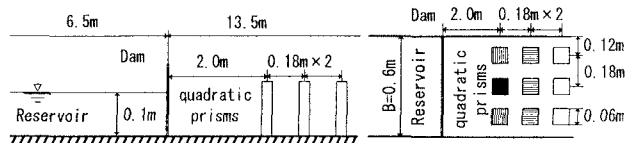


図1 実験装置(左:側面図、右:平面図)

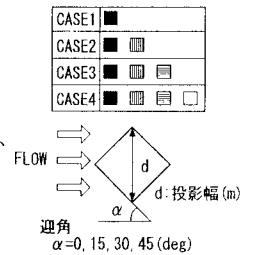


図2 配列条件

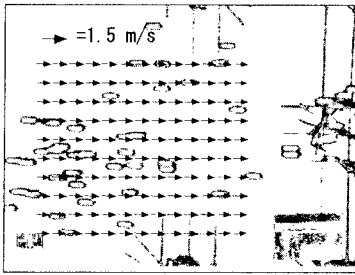


図3 流速ベクトル(t=3秒)

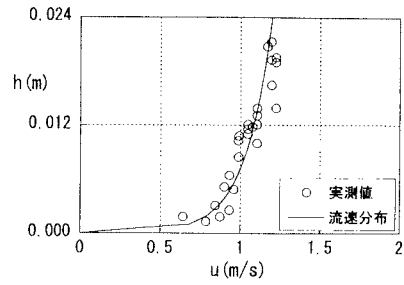


図4 平均流速分布(t=3秒)

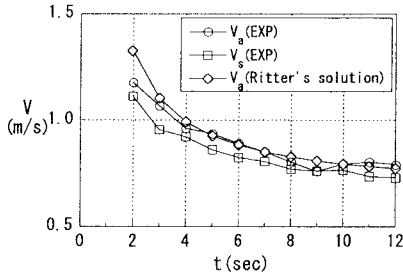


図5 流速Vの時系列(CASE1)

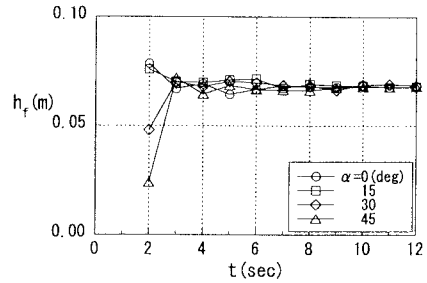


図6 前面水深 h_f の時系列(CASE1)

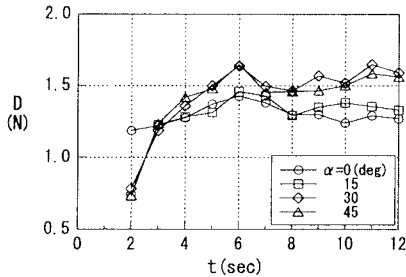


図7 抗力Dの時系列(CASE1)

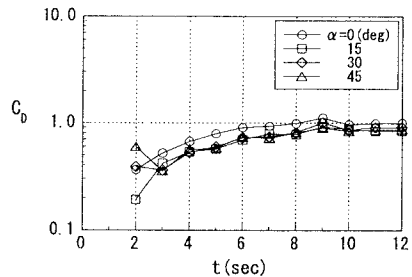


図8 抵抗係数 C_D の時系列(CASE1)

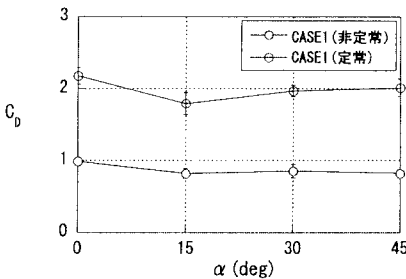


図9 抵抗係数 C_D と迎角 α との関係(CASE1)

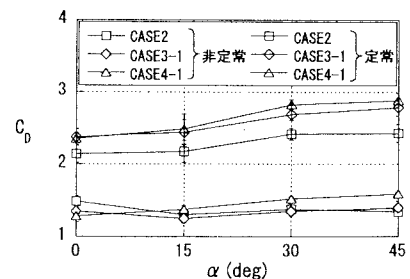


図10 抵抗係数 C_D と迎角 α との関係(CASE2~4)

の定常・非常常の C_D と α との関係を示す。ただし、図10では V_a の測定が困難なため、 V_a として V_s を換算した値($V_a = V_s / 0.94$)を用いている。両図より、CASE1では非常常状態の C_D は α に無関係に定常状態の約0.45倍となり、CASE2~4では約0.50~0.57倍になることがわかる。

4. 結論

定常状態と比較して非常常状態における角柱の C_D 値は、1本(CASE1)では約0.45倍、列配置(CASE2~4)では約0.50~0.57倍となる。ただし、今回得られた C_D 値は水路幅・投影幅比(=B/d)に依存している可能性があるため、この点について今後の検討が必要である。