

2次元ダム破壊流れに関する実験的研究

九州工業大学工学部 正会員
九州工業大学大学院 学生会員秋山 壽一郎
重枝 未玲 ○小林 俊彦

1. はじめに

ここ数年、集中豪雨による大規模な洪水氾濫がわが国を含む世界各地で頻発し、大きな被害が発生している。洪水被害を軽減するためには、治水施設の整備や流域対策などのハード面での対策を講じることがまず重要であるが、そのような対策には自ずと限界があり、洪水ハザードマップや避難体制の確立などのソフト面での対策をより一層強化する必要がある。そこで、信頼性のある危機管理対策のベースとしての予測精度の高い氾濫シミュレーションモデルがいま強く求められている。

本研究は、信頼に足るドライベッド上の2次元洪水氾濫流に関する実験データとして、いまのところ Fraccarollo & Toro¹⁾による水深に関する実験データしか存在しないことを踏まえ、氾濫シミュレーションモデル²⁾の基本性能を定量的に検証する上で不可欠な実験データを得ることを目的として実施したものである。ここでは氾濫原に物体群が設置されている状況とそうでない状況について水深および流速測定を行なうとともに、物体に働く流体力についても測定を行なった。

2. 実験装置および方法

実験装置は図-1に示すような貯水槽部(長さ2.0m, 幅3.0m, 高さ1.0m)と氾濫部(長さ3.0m, 幅3.0m, 高さ1.0m)より構成される洪水氾濫水槽である。貯水槽部と氾濫部は隔壁で仕切られており、隔壁には水槽左から0.75mの位置に幅0.50mの可動ゲートが設けられている。

実験は、構造物を模した角柱群(6×6cm)が設置され

ていない状態(CASE I)と設置された状態(CASE II)の二通りの実験を行った。いずれのCASEにおいても氾濫水槽全体は水平に保たれている。なお、物体群の配置と配列は図-1中に示してある。

貯水槽に溜められた水(CASE Iでは $h_0=0.4\text{m}$, CASE IIでは 0.2m)を開放時間 t_l (CASE Iでは $t_l=0.297\text{s}$, CASE IIでは 0.148s)でドライベッド状態の氾濫部にほぼ瞬間的に解放することで、2次元ダム破壊流れを発生させた。氾濫流の水深 h および表面流速 V_s の測定を以下のような要領で行った。水深測定は、ウランで着色した水にレーザースリット光を所定の測点に照射することで水表面を可視化し、CCDカメラで撮影した映像をデジタルVTRに収録し、その映像を解析することで、水深 h を求めた。レーザースリット光の照射位置を移動させ同一条件下で同様な計測を繰り返し、複数の測点での水深の時系列を得た。なお、本方法では 0.033s 間隔で水深を求めることができる。一方、流速測定は、直径約5mmの発砲スチロール球を多数投入し、水深測定と同一地点の流況を撮影・収録し、発砲スチロール球の動きをPTV画像解析システムで解析することによって流速ベクトルを求めた。同一条件下で繰り返し実験を行い、複数の測点での流速ベクトルの時系列を得た。また、CASE IIでは1列目中央の角柱前面から 0.24m 上流側の測定点jで、接近流速 V_{sa} と水深 h_a を測定するとともに、角柱に働く流体力を2分力計で測定した。

3. 実験結果の一例

ここではCASE IIの実験結果のみを示す。また、本研究の目的である検証のための実験データ収集とともに、洪水時における構造物の安全面を議論する上で必要となる物体に働く流体力特性についても検討した。図-2はダム破壊流れの流況である。これより、物体群の存在により跳水が発生し、その発生位置が時間とと

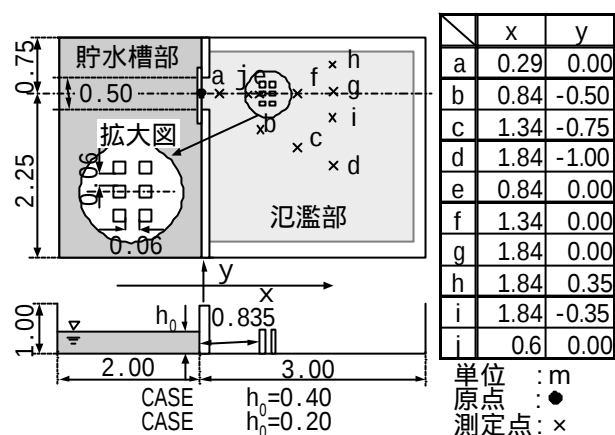


図-1 実験装置および物体群の配置と配列

キーワード: 2次元ダム破壊流れ, 流体力, 抵抗係数

住所: 北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学工学部 建設社会工学科 水工学研究室 TEL093-884-3125 FAX093-884-3105

もに汜濫部の上流側に移動していく様子わかる．図-3 は洪水フロントが拡がっていく様子を示したものである．物体群によって分離されたフロントは，角柱間で加速されるため流下方向に拡がる傾向が強い．一方，角柱を回り込みながら進行するフロントは横断方向に拡がる傾向が強いことがわかる．図-4 は代表的な測点における水深の時系列の一例である．水深はフロントの到達とともに増大した後，時間の経過とともに減少することがわかる．ただし，測点 b では前述した跳水の到達により $t=20\text{s}$ 以降で増大している．また，測点が原点から離れるにつれてフロント到達時における水深変化の割合が小さくなることもわかる．図-5 は流速成分の時系列変化を示したものであり，どの測点においても減速する傾向にある．1 列目中央の角柱に働く抗力 D の時系列を示したものが図-6 である． D は衝撃的な挙動をした後，時間とともに緩やかに減少する．図-7 は D ， V_{sa} ， h_a を用いて求めた抵抗係数 $C_D(=2D/rV_{sa}^2A)$ と経過時間 t との関係を示したものである．ここに， r =水の密度($\text{N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$)， A =投影面積($=dh_a(\text{m}^2)$)， d =主流方向に対する角柱の投影幅(m)

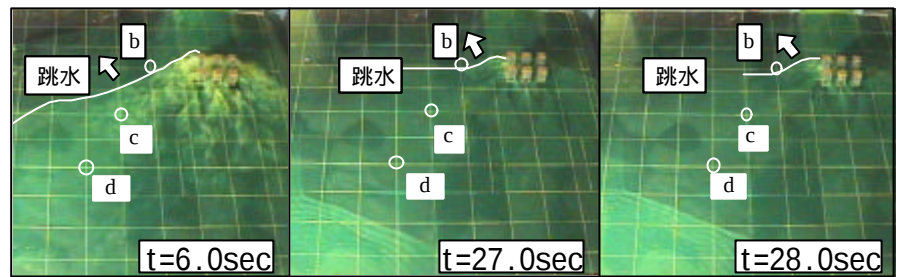


図-2 CASE II の流況写真

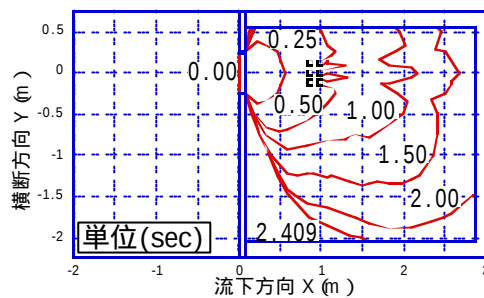


図-3 洪水フロントの拡がり

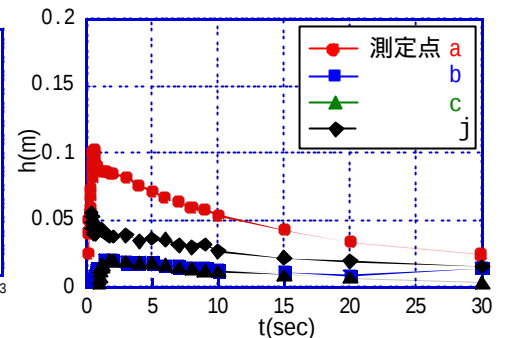
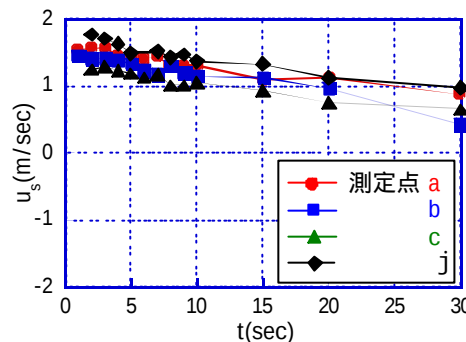
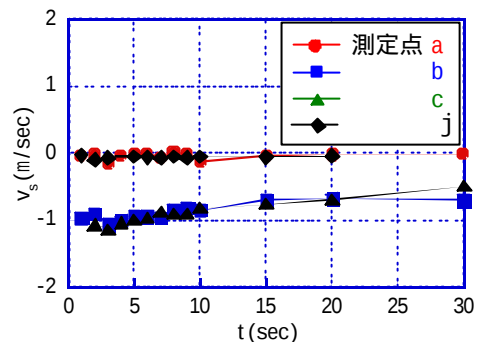


図-4 水深 h の時系列



(a) x 方向表面流速 u_s



(b) y 方向表面流速 v_s

図-5 流速成分の時系列

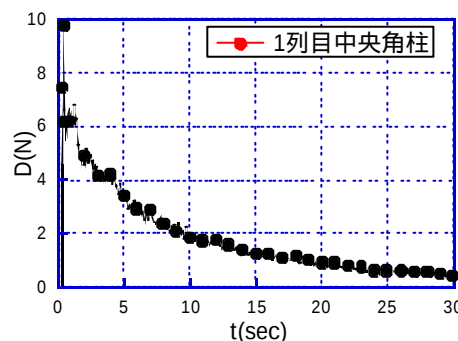


図-6 抗力 D の時系列

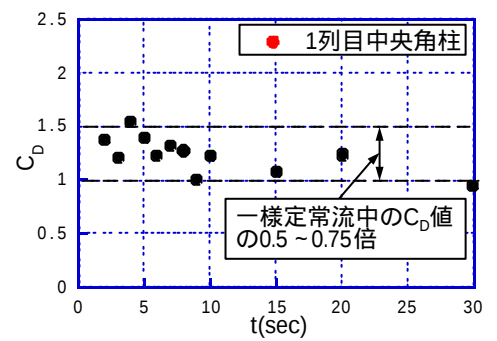


図-7 抵抗係数 C_D の時系列

である．これより， C_D 値は変動しながら，時間とともに若干小さくなることからわかる．また，その値は 1.0 から 1.5 程度であり，一様定常流中における角柱の C_D 値の約 0.5~0.75 倍となる．

4. 結論

2 次元ダム破壊流れの水深および流速の実験データを得ることができた．さらに，ダム破壊流れにおける角柱に働く抗力は衝撃的な挙動を示した後時間とともに減少していくことや角柱の C_D 値は定常状態の約 0.5~0.75 倍になることなどがわかった．今後は数値モデルの地形起伏がある場への適用性について検証するために，水路床勾配がある汜濫部での実験データを収集する予定である．

参考文献：1) Fraccarollo & Toro: J. Hyd. Res., Vol.33, 1995.; 2)重枝未玲ら，水工学論文集，第 45 巻，2001.