

漂流物を伴う氾濫流の実験での水理量決定法について

秋田大学 学生員○古戸貴大 正員 松富英夫

1. はじめに 著者ら¹⁾は漂流物を伴う氾濫流の水理実験を行い、氾濫流先端部における漂流物の塞き止め現象の理解と対象氾濫流の氾濫水深などの基本特性を検討し、対象氾濫流の一簡易評価理論を構築した。

初期・境界条件を除いたときの対象氾濫流の実験値には氾濫水深 h_2 、漂流物移動速度 u_2 ($\equiv$ 氾濫流速)、氾濫伝播速度 ω と漂流物域層長 L ($=$ 漂流物域層縦断面積 / 氾濫水深) の4つがある。これまでは著者らの実験があるのみで、これら実験値の決定法に決まった方法はない。そこで、本研究は合理的な実験値の決定法を検討・確認するとともに、その方法に基づいた実験値を用いて対象氾濫流の基本特性を再検討する。

2. 実験 実験装置の概略、測定機器の配置と諸記号の定義を図-1に示す。実験水路は両面ガラス張りの鋼製矩形水路である。氾濫流はゲート急開流れで模擬した。

漂流物には漂流物群間の空隙率 e ($=1$ -全漂流物の占有面積 / 漂流物配置域の面積) が評価しやすい断面 $1.8\text{cm} \times 1.8\text{cm}$ 、長さ $L_w=1.8, 5.4, 10.8\text{cm}$ (各々を L1, L3, L6 と呼ぶ) の立方体や直方体の白木材 (米ツガ) を用いた (図-2)。実験中に漂流物の密度 ρ_0 が大きく変化しないように、予め30分以上水に浸して用いた。その経時変化例を表-1に示す。

漂流物はゲート上下流域の全域に配置し、向きはランダムとした。漂流物層は一層で、ゲート操作の影響や非定常性が弱くなるゲートからの距離 $X=3.5\text{m}$ の観察断面において、準定常流時と初期ゲート下流域の空隙率が同じになるように、予備実験により初期ゲート上流域の漂流物量を決めた。

表-2に実験条件をまとめて示す。各条件3回ずつ実験を行った。測定項目は超音波式変位計 (樹キーエンス, UD-500) による観察断面での氾濫水深、水路上方と側面からのビデオ撮影による観察断面での漂流物の移動速度と空隙率、および氾濫流先端部の漂流物域層長 L_{exp} である。漂流物移動速度は漂流物域層の後端直後のもので、ビデオのコマ送り数と漂流物移動距離から評価した。氾濫伝播速度の評価 (ビデオからも評価可能) と準定常性の確認のため、観察断面から1m下流にも超音波式変位計を設置した。

3. 実験結果と考察 3.1 氾濫水深と準定常性 観察断面 ($X=3.5\text{m}$) とその下流1mでの氾濫水深の経時変化例を図-3に示す。図には矢印で漂流物移動速度と空隙率を評価したとき (図-4) の氾濫水深も示している。図から、①平坦部があり、2地点のその高さがほぼ同じである、②漂流物移動速度と空隙率評価時の氾

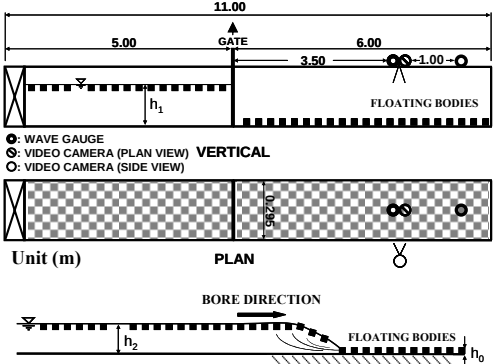


図-1 実験水路、測定機器配置と記号定義

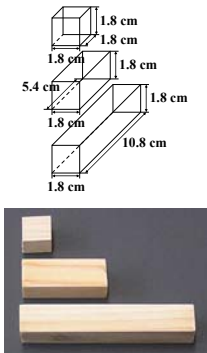


図-2 漂流物模型

表-1 漂流物模型の比重の経時変化例

t (min.)	0	1	3	5	10	30	60	90
比重(L1)	0.47	0.50	0.51	0.52	0.56	0.61	0.61	0.61
比重(L3)	0.45	0.48	0.49	0.51	0.54	0.58	0.59	0.59
比重(L6)	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.55	0.56	0.56

表-2 実験条件

h_1 (cm)	L_w (cm)	e	初期配置
20, 25, 30	1.8, 5.4, 10.8	0.4, 0.6, 0.8	一層, ランダム

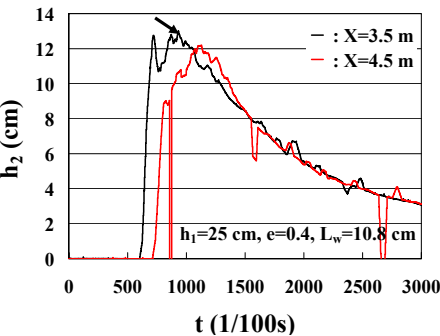
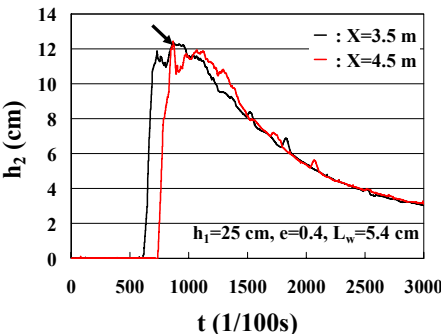
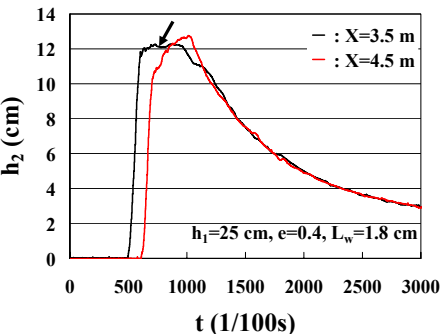


図-3 観察断面とその下流1mでの氾濫水深の経時変化例



図-4 観察断面での漂流物例（左： $h_1=25\text{cm}$, $e=0.4$, $L_w=1.8\text{cm}$, 中： 25cm , 0.4 , 5.4cm , 右： 25cm , 0.4 , 10.8cm ）

濫水深が平坦部のそれとほぼ同じであることから、準定常性が満たされ、本研究の実験値の決定法が合理的であることが判る。この結果は他の実験条件でも同じであった。氾濫伝播速度は、氾濫水深の立ち上がり部で評価すれば²⁾、個人差が小さい。

3.2 漂流物域層長 漂流物域層の例を図-5に示す。薄緑色に網掛けしたところが漂流物域層で、実験でのその長さ L_{exp} は網掛け部の面積をプランメータで評価し、氾濫水深で割ったものである。図から、漂流物域層長の評価が比較的容易であることが判る。

3.3 既報理論¹⁾の適用性 氾濫水深と漂流物域層長に実験値を用い、実験と既報理論の氾濫伝播速度を一致させたときの実験と理論の漂流物移動速度の比較を図-6に示す。また、実験と理論の漂流物移動速度を一致させたときの実験と理論の氾濫伝播速度の比較を図-7に示す。図-6では理論値が大きめで、その傾向は空隙率が小さいときに顕著となる。これは、①氾濫流速 $\geq$ 漂流物移動速度であること、②漂流物の空隙率が小さいときは、漂流物による氾濫流塞き止め効果が強く、空隙率が大きいときに比べて、塞き止めによる氾濫流の非定常性が強いと考えられる。一方、図-7では実験値が大きめである。これは、実験での小さな漂流物移動速度に対応して理論の氾濫伝播速度が小さくなっただけで、当然の結果である。

3.4 基本特性 本研究実験値の決定法が合理的であることが判った。この決定法で得られた実験値を用いて対象氾濫流の基本特性を検討した。それは基本的に既報¹⁾と同じで、詳細は発表時に示す。

既報理論¹⁾において、氾濫水深と漂流物域層長は実験値を用い、漂流物移動速度と氾濫伝播速度は実験値と理論値が比率において同程度に一致したものをを用いて評価した合成摩擦係数 μ の値を図-8に示す。この合成摩擦係数の変化傾向は既報と同じであるが、値は2.3倍程度となっている。とは言え、木材同士や木材と鋼材(水路底面)の静止摩擦係数(0.43~1.49)に比べてかなり小さい。実験値が洗練されたためか、既報に比べて実験値のまとまりがよくなっている。

4. おわりに 新たに水理実験を行い、漂流物を伴う氾濫流の合理的な実験値の決定法を検討すると共に、対象氾濫流の基本特性を再検討し、次の結果を得た。①本研究の実験値の決定法は合理的で、実験値のまとまりがよくなった。②対象氾濫流の基本特性は基本的に既報と同じであった。③合成摩擦係数 μ は0.03~0.13程度で、既報(0.02~0.05)に比べて2.3倍程度大きめとなった。

参考文献 1) 松富ら：漂流物を伴う氾濫流の基礎実験とモデル化，海岸論文集，54巻，pp.226-230，2007。 2) Matsutomi, H.: Two-dimensional Behavior of a Strong Bore over a Sloping Beach, J. Hydr. Coast. Environ. Eng., No.740/II-64, pp.197-208, 2003.

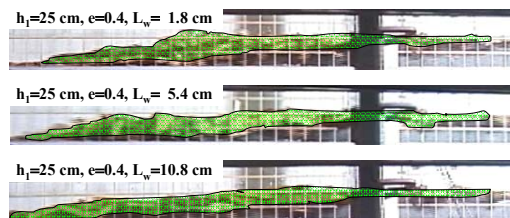


図-5 漂流物域層の例

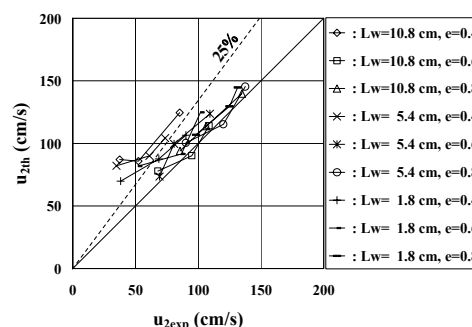


図-6 漂流物移動速度の実験と理論の比較

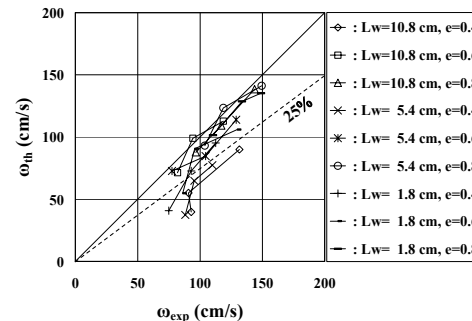


図-7 氾濫伝播速度の実験と理論の比較

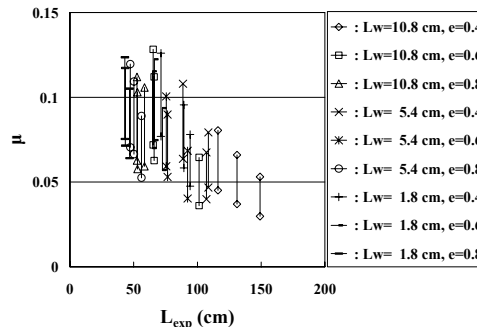


図-8 合成摩擦係数の漂流物域層長への依存