

II-57 漂流物を伴う津波氾濫流の基礎的研究

秋田大学 学生員 ○山口 健

正 員 松富英夫

1. はじめに

漂流物を伴う氾濫流の理論（松富ら，2005）では漂流物を伴うと流速が大きくなる．そこで，ゲート急開流れによる氾濫流実験を行い，理論の有効性を確認するとともに，漂流物を伴う氾濫流の基礎特性の検討を行うことを本研究の目的とする．

2. 漂流物を伴う氾濫流の理論¹⁾

定常段波を考える．段波下流域に瓦礫や油などを想定し，任意の密度を持った均質な仮想静止流体と見立てる．本モデルは，漂流物は段波下流域での分布状態を維持したまま段波上流域に巻き込まれ空隙部に海水が入り込むという簡易モデルである．図-1は仮想静止流体の密度が水よりも小さい場合のものである．段波上流域での漂流物の鉛直分布次第で圧力分布が異なり流速や伝播速度が変化する．

(1) 連続式 本モデルの質量保存則は，

$$\{[\rho_0 + (\rho - \rho_0)e]h_0 + \rho(h_2 - h_0)\}(\omega - u_2) = \{\rho_0 + (\rho_f - \rho_0)e\}h_0\omega. \quad (1)$$

ここで， ρ は海水の密度， ρ_0 は漂流物の密度， ρ_f は段波下流域の空隙部の密度（空気の場合は零）， e は段波下流域の漂流物分布の空隙率， h_2 は段波上流域の水深， u_2 は段波上流域の流速， h_0 は段波上・下流域の漂流物層の厚さ， u_0 は段波下流域の流速（零を想定）， ω は段波伝播速度である．式(1)右辺の $\{\}$ 内の密度が仮想静止流体の平均密度である．式(1)において， $\rho_0 = \rho_f = \rho$ とすれば，理想段波理論の質量保存則となる．

(2) 運動方程式 静水圧分布を仮定したときの運動量保存則は，

$$\begin{aligned} & \{[\rho_0 + (\rho - \rho_0)e]h_0 + \rho(h_2 - h_0)\}(\omega - u_2)u_2 \\ &= \frac{1}{2}\rho g(h_2 - h_0)^2 + \{\rho_0 + (\rho - \rho_0)e\}gh_2h_0 \\ & \quad - \frac{1}{2}\{2(1-e)\rho_0 + (\rho + \rho_f)e\}gh_0^2. \end{aligned} \quad (2)$$

下流側の静水圧を考慮しないときは，

$$\begin{aligned} & \{[\rho_0 + (\rho - \rho_0)e]h_0 + \rho(h_2 - h_0)\}(\omega - u_2)u_2 \\ &= \frac{1}{2}\rho g(h_2 - h_0)^2 + \{\rho_0 + (\rho - \rho_0)e\}gh_2h_0 \\ & \quad - \frac{1}{2}\{\rho_0 + (\rho - \rho_f)e\}gh_0^2. \end{aligned} \quad (3)$$

(3) 流速と段波伝播速度 基礎式から流速 u_2 と段波伝播速度 ω として各々，

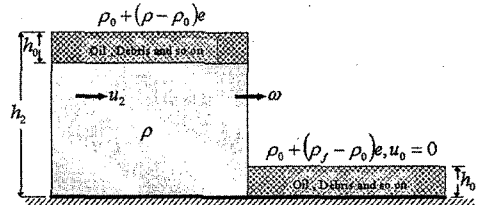


図-1 漂流物を伴う氾濫流の簡易モデル

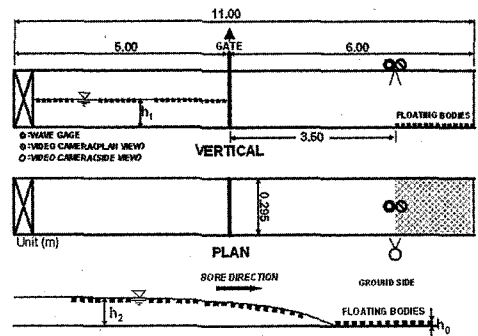


図-2 実験水路の概要

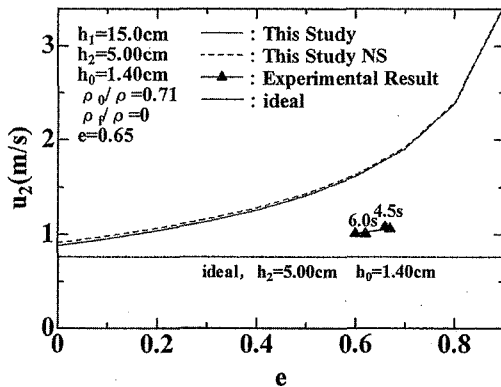
$$u_2 = \frac{\left\{ \left[\frac{\rho - \rho_f}{\rho_0} e + \frac{\rho}{\rho_0} \left(\frac{h_2}{h_0} - 1 \right) \right] \right\} \omega}{\left\{ 1 + \left(\frac{\rho_f - 1}{\rho_0} \right) e + \frac{\rho}{\rho_0} \left(\frac{h_2}{h_0} - 1 \right) \right\}} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{g \left\{ \left[\frac{\rho_0}{\rho} + \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) e \right] h_0 + h_2 - h_0 \right\}}{\left\{ 1 + \left(\frac{\rho_f - 1}{\rho_0} \right) e \right\} \left\{ \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho} \right) e + \frac{h_2}{h_0} - 1 \right\}} \\ & \times \sqrt{\frac{1}{2} \frac{\rho}{\rho_0} \left(\frac{h_2}{h_0} - 1 \right)^2 + \left\{ 1 + \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) e \right\} \frac{h_2}{h_0} - \frac{1}{2} \left\{ 2(1-e) + \left(\frac{\rho}{\rho_0} + \frac{\rho_f}{\rho_0} \right) e \right\}} \end{aligned} \quad (5)$$

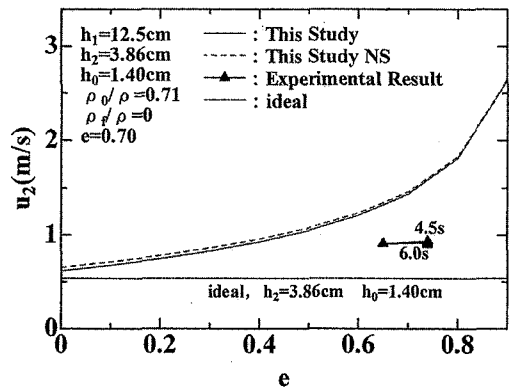
を得る．下流側の静水圧を考慮しないときは，

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{g \left\{ \left[\frac{\rho_0}{\rho} + \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) e \right] h_0 + h_2 - h_0 \right\}}{\left\{ 1 + \left(\frac{\rho_f - 1}{\rho_0} \right) e \right\} \left\{ \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho} \right) e + \frac{h_2}{h_0} - 1 \right\}} \\ & \times \sqrt{\frac{1}{2} \frac{\rho}{\rho_0} \left(\frac{h_2}{h_0} - 1 \right)^2 + \left\{ 1 + \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) e \right\} \frac{h_2}{h_0} - \frac{1}{2} \left\{ 1 + \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) e \right\}} \end{aligned} \quad (6)$$

本理論ではドライ・ベッドの流れであっても，氾濫流速と氾濫の伝播速度が異なったものとなる．



(a) Case-1



(b) Case-2

図-3 漂流物の空隙率 e と流速 u_2 の関係

3. 実験

ゲート急開により氾濫流を模擬した。実験水路の概要を図-2 に示す。漂流物はモミ材(1.4×1.4×1.4cm, $\rho_0/\rho=0.71$)で模擬した。観察断面に設置した超音波式変位計で水深を、ビデオカメラ(PAN VIEW)で漂流物の移動速度と漂流物の空隙率を測定した。漂流物は氾濫流での空隙率と下流域・観察断面以降の空隙率が同じとなるように配置した。

4. 実験結果および考察

図-3(a), (b)に漂流物の空隙率 e と流速 u_2 の関係を示す。Case-1 は貯留水深(浮かべた漂流物を含む) $h_1=15$ cm, 観察断面以降を $e=0.65$, Case-2 は $h_1=12.5$ cm, $e=0.70$ とした場合である。測定された段波上流水深 h_2 と漂流物層の厚さ $h_0=1.4$ cm を漂流物を伴う氾濫流の理論と理想段波理論に適用し、実験値(u_2 ≡漂流物の移動速度)と比較している。破線は下流側の静水圧を考慮しないときのものである。

本実験結果から、本理論の再検討が必要であることが分かる。しかし、水よりも密度の小さい仮想静止流体(空気と漂流物による層の平均密度)を取り込む場合は、理想段波理論よりも流速が大きくなるという本理論結果と同じ傾向を得た。

また、ゲート下流直後から漂流物を配置し、氾濫流を発生させる実験も行い、下流域漂流物分布の空隙率による段波波高への影響を観察した。図-4 に漂流物層の厚さ 1.4cm を下流側水深 h_0 としたときの Stoker 理論による段波波高との比較(相対段波波高)を示した。漂流物の分布により段波波高に影響がみられ、 e が小さくなるにつれ、段波の水深は増大していく傾向とな

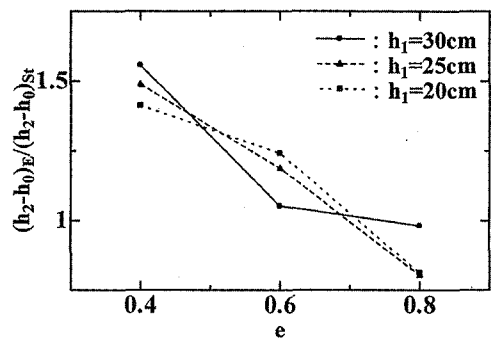


図-4 漂流物分布の段波波高への影響

った。これは、漂流物そのものの抵抗により、氾濫流が堰上がった結果であり、実際の漂流物の取り込み状況等を考慮しなければ、現象を説明できないことを示唆している。

5. おわりに

本理論は、実際の漂流物の取り込み状況等を考慮していない理想的なものである。そのため本実験により理論のような結果を得ることが出来なかった。しかしながら、水より密度の小さいものを取り込んでいく場合は、流速が大きくなるという傾向が確認できた。

実験結果を説明するためには、漂流物を伴った氾濫流の特性をさらに把握し、漂流物の取り込み過程等を考慮した理論の構築が必要である。

参考文献

- 1) 松富ら: Banda Ache と周辺における 2004 年インド洋津波と被害想定からみた課題, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.1366-1370, 2005.