

II-580

経験的レオロジーモデルを用いた底泥運動の数値計算

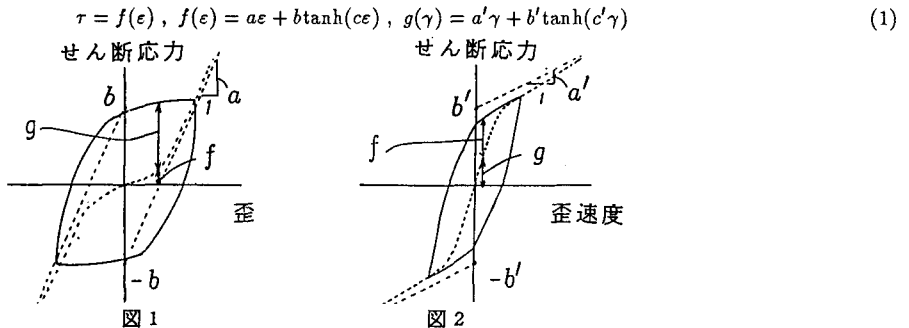
東京大学工学部	学生会員	鈴木	高二朗
東京大学工学部	正会員	磯部	雅彦
東京大学工学部	正会員	渡辺	晃

1 はじめに

波による底泥移動量を算定するためのモデル化に関して多くのモデルが提案されているが、これらの主な違いは底泥のレオロジー特性の仮定にあり、これまでに、粘性流体、粘弾性体、塑性体というような仮定が用いられてきた。波作用下における底泥は歪-応力関係においてヒステリシスループを描くが、Hyunh は動的回転せん断試験機を用いて実験を行い、歪速度応力関係において底泥運動の経験的レオロジーモデルを得た。著者らは波作用下における底泥の力学特性を一次直線と $\tanh$ 関数を用いることで近似し、さらにそれをもとに質量輸送速度を計算した。

2 底泥の構成方程式

応力-歪速度関係を応力 τ と歪速度 $\dot{\gamma}$ の一意の関数で表現すると、ヒステリシスループが得られない。著者らは、図1、図2に示されるように $\tau-\epsilon$, $\tau-\dot{\gamma}$ の関数を次のように定式化することによりヒステリシスループを表現した。



3 基礎方程式と境界条件

(1) 底泥運動の解析に用いる仮定は以下の通りである。

- a) 底泥層は固定床上にあるものとし、その厚さは鉛直速度や加速度が無視できる程度に小さいものとする。
- b) 波作用下における底泥については (1) 式で示される底泥の構成方程式が成り立つものとする。
- c) 底泥は流体状化しているため、波による変動圧力は全底泥層に鉛直に伝わる。また、底泥表面の変動水圧は水層の厚さに相当する水深での微小振幅波理論から得られる。
- d) 外力としては、圧力勾配に比べて底泥表面のせん断力は無視できる。

(2) 基礎方程式

- a), c) の仮定から運動方程式における移流項は無視できると考え、1次元の基礎方程式を立てると次の式ようになる。

$$\rho_m \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial z} \quad (2)$$

境界条件は、せん断応力の連続条件 $\tau = 0$ ($z = h$) と固定床での non-slip 条件 $u(0, t) = 0$ ($z = 0$) である。

4 波高減衰

底泥層におけるエネルギー逸散により波の進行とともに波高が減衰する。波高減衰を求めるための式は次式で表現される。

$$\frac{d}{dx} < EC_g > = -D \quad (3)$$

ここに、 $E(=\rho gh^2, \rho$ は水の密度) および C_g は波の輸送速度である。また、 D はエネルギー逸散速度であり、底泥内のせん断応力の仕事として次式で表せる。

$$D = \left\langle \int_0^h \tau(\epsilon, \gamma) \frac{\partial u}{\partial z} dz \right\rangle \tag{4}$$

上式に底泥の運動を解いた結果を代入してエネルギー逸散速度 D を求めれば、式 (3) により波高変化が求められる。

5 質量輸送速度

ラグランジュ流の質量輸送速度 u_L^m は、オイラー流の質量輸送速度 u^m とストークスドリフトの和として、

$$u_L^m = u^m + \left\langle \frac{\partial u}{\partial x} \int u dt \right\rangle + \left\langle \frac{\partial w}{\partial z} \int w dt \right\rangle \tag{5}$$

と表される。ここに、 u および w はオイラー流の水平および鉛直速度の時間変化を表す。

ここでは、1次元モデルを扱っているので、鉛直速度 w は 0 であるから、上式の右辺第 3 項は無視される。右辺第 2 項については波高減衰率 D_H を考慮すると、結局ストークスドリフト u_s^m は

$$u_s^m = \left\langle \left(-\frac{k}{\omega} \frac{\partial u}{\partial t} - u D_H \right) \int u dt \right\rangle \tag{6}$$

と表される。これに底泥の速度変化を代入すれば、ストークスドリフトが計算される。本研究ではストークスドリフトについてのみ計算した。

6 計算結果

図 3 に計算結果と Sakakiyama and Bijker の行った実験及び数値計算結果を示す。また、表 1 は計算条件である。計算値と実測値はほぼ合っているが、分布形状に差がみられる。今後の課題としてはパラメーターの精緻化が挙げられる。

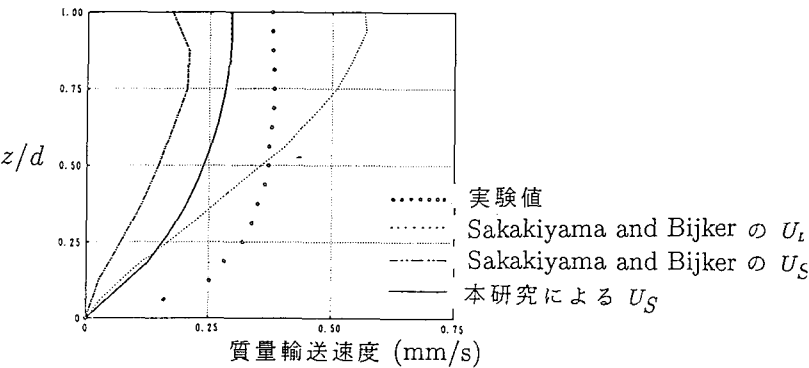


図 3

b^*	c^*	a^{**}	b^{**}	c^{**}	ρ_m (g/cm^3)	d_1 (cm)	d (cm)	T (s)	$H_{\omega 0}$ (cm)
-0.2	2.0	0.4	3.0	2.0	1.380	30	9	1.02	3.8

表 1

参考文献

[1] 柴山知也・青木徹・佐藤慎司(1989): 粘弾塑性モデルによる底泥移動量の評価法, 海岸工学講演会論文集第 36 巻, pp.334-338. [2] Huynh Ngoc Trien・磯部雅彦・小林智尚・渡辺晃(1991): 波による底泥の質量輸送における底泥のレオロジー特性の影響について, 海岸工学講演会論文集第 38 巻, pp.466-470. [3] Huynh Ngoc Trien・磯部雅彦・小林智尚・渡辺晃(1990): 底泥のレオロジー特性に関する実験的研究, 海岸工学講演会論文集第 36 巻, pp.225-229.