

京都大学工学研究科 正会員 後藤仁志
 京都大学工学研究科 正会員 酒井哲郎
 京都大学工学研究科 学生員 林 稔
 京都大学工学研究科 学生員 〇織田晃治

1.はじめに 土砂流や海底地滑りが誘発する津波の発生時の波高の推定は、その被害予測のために不可欠であるが、水面の複雑な変化を良好に記述できるモデルなくしては、物理過程としての合理性を保証された予測を行うことは難しい。本研究では、流体運動を流れとともに移動する座標で観測する Lagrange 的方法の1つである MPS 法(Kosizuka and Oka,1995)を用いて、水面の複雑な変化に柔軟に対応しつつ、種々の条件下での水面波の発生について比較検討する。

2.粒子間相互作用モデル Navier-Stokes 式

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \mathbf{F} - \frac{1}{\rho} \cdot \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u}$$

($\mathbf{u}$: 流速ベクトル, p : 圧力, ν : 同粘性係数, $\mathbf{F}$ は外力でここでは重力がこれに相当) において計算する必要があるのは移流項, 外力項, 圧力項, 及び粘性項であるが, MPS 法においては移流項は流体素子の移動として直接計算される。MPS 法では、圧力項と粘性項は物理的なイメージ, すなわち勾配および拡散の現象を表すモデル

$$-\frac{1}{\rho} \cdot \langle \nabla p \rangle_i = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\dim}{n^0} \sum_{j \neq i} \left\{ \frac{p_j - p_i}{r_{ij}^2} \cdot \mathbf{r}_{ij} \cdot w(r_{ij}) \right\}, \quad \nu \langle \nabla^2 \mathbf{u} \rangle_i = \frac{2\nu \cdot \dim}{n^0 \lambda} \sum_{j \neq i} \{ (\mathbf{u}_j - \mathbf{u}_i) \cdot w(r_{ij}) \}$$

$$w(r) = \begin{cases} \frac{r_e}{r} - 1 & (r \leq r_e) \\ 0 & (r > r_e) \end{cases}, \quad \langle n \rangle_i = \sum_{j \neq i} w(r_{ij}), \quad \lambda = \frac{\sum_{j \neq i} \{ w(r_{ij}) \cdot r_{ij}^2 \}}{\sum_{j \neq i} w(r_{ij})}$$

で表現する。ここに、 r_{ij} : 粒子 i とその近傍粒子 j との距離, r_e : 粒子間相互作用の計算半径, $w(r_{ij})$:

重み関数, n : 粒子数密度 (非圧縮条件下での粒子数密度の一定値を n^0 とする), $\dim$: 空間の次元数, λ : 変数分布の分散を解析解と一致させるための係数である。なお、剛体に関しては、kosizuka(1996)らと応用の同様の手法を用い、流体粒子として同時計算を行った後に、剛体粒子のみ座標修正計算を行い、剛体構成粒子の相対位置を変化させないようにしている。

3.水面発生過程の数値解析 本稿では、後藤ら(2000)と同時の条

件下で、(1)流入土砂の運動を運動方程式で扱う混相流型のモデル、(2)土砂流入体積に見合う水柱を、流入端に設置する単相流計算に、(3)剛体くさび落下型および(4)流入関数型(鉛直造波板、(図-2)による)を加えた4種の造波方式について発生波を比較した。これらの対応は表-1に示す。図-1に case-3 の初期配列を、図-2に case-4

表-1 各計算条件の名称対応

混相流型	case-1
単相流型	case-2
剛体くさび落下型	case-3
鉛直造波板型	case-4

の初期配を示す.case-3 では水槽に勾配が 10° の一様斜面を接続し、斜面の上方に設置してある剛体くさびを瞬間的に重力場に解放し静水面に突入させて、造波する.case-4 では鉛直造波板を周期 2.8 秒で正弦波形で、半周期間移動させて、造波した. 水深はすべて 0.20m とした. また、粒子径 d_0 は

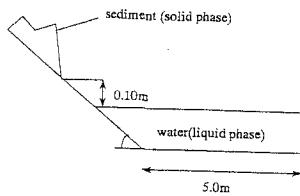


図-1 剛体くさび落下型初期配列

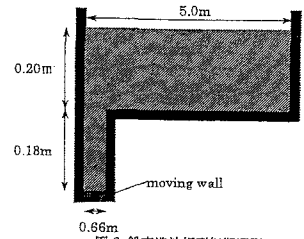


図-2 鉛直造波板型初期配列

0.01m とした. 図-3 に case-1, 図-4 には case-4 の計算結果の一部を示す. 模型落下型では水塊と模型の衝突により、模型の前端部に急激な水位上昇が起こり、その後模型がさらに前進し、沖側に波が伝播する様子がわかる. また、図-5, 6 に case-1~4 についての水位変動記録を示す. case-1~3 については斜面と水平面の接続地点から 3.0m の位置, case-4 については水槽の左端から 3.0m の位置とする. これら

の図より水変動は case-1 と比較し、case-3 では過大評価が、case-4 では過小評価となっている. これまで、土砂流誘発型津波の被害域の予測に用いられることが多かった流入関数型の造波形式が、発生波を過小に評価する可能性があること、さらに水理実験で、土砂流の代用として使われることが多い剛体くさびが、発生はを過大評価することがわかった.

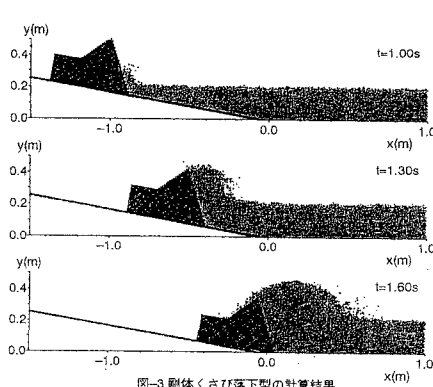


図-3 剛体くさび落下型の計算結果

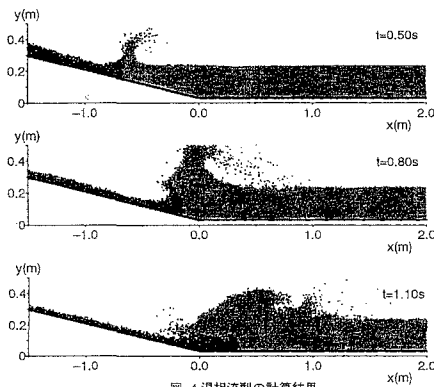


図-4 混相流型の計算結果

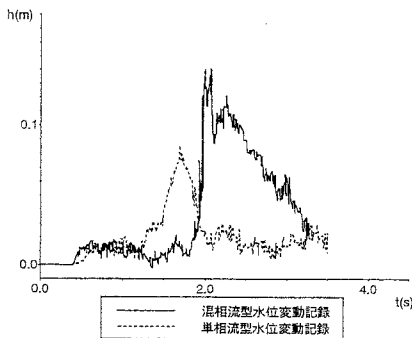


図-5 水位変動記録

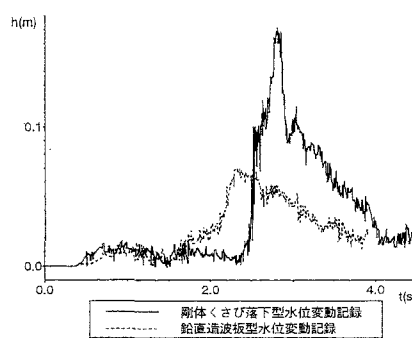


図-6 水位変動記録

参考文献：

- Koahizuka, S. Tamako, H. and Oka, Y.(1995) : A particle method for incompressible viscous flow with fluid fragmentation, Computational Fluid Dynamics Journal, Vol.4, No.1, pp.29-46
- Koshizuka, S and Oka, Y.(1996) : Moving-particle semi-implicit method for fragmentation of incompressible fluid, Nuclear Science and Engineering, Vol.123, pp.421-434
- 後藤 仁志・酒井 哲郎・林 稔 (2000) : 大規模斜面崩壊による水面波の発生過程のグリッドレス解析, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp56-60