

人工リーフの堤体及び堤体破壊時における 流速分布の数値シミュレーション

日大生産工(院) ○山崎 崇史
日大生産工 鷲見 浩一

1 まえがき

日本は周囲を海に囲まれた島国であり、海とともに生活をする地域がほとんどである。海産物等の自然の恵みを得ている反面、自然の驚異も多く受けている。中でも津波は地震大国である我が国にとって避けられない自然災害である。実際、2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震により発生した大津波を目の当たりにして、多くの人が従来以上に津波災害に対する危機意識を持ちながら暮らしている。

普遍的な海岸保全施設に堤防、護岸などがあるが、近年はこれらのような海岸線を防護する線の防護方式から、利用面や環境面も重視して、人工リーフや養浜、緩傾斜護岸等の複数の施設によって、波の力を分散させて受け止める面的防護方式に変わってきている。

人工リーフは、汀線から離れた沖側に汀線にほぼ平行に設置され、景観に配慮して堤体天端面を水面下にとどめた施設であり、海岸付近に幅広い浅瀬を作るものである。波は水深が浅くなると砕けてその勢いを失うことから、人工リーフによってつくられた浅瀬により、沖のほうで波が砕けるので波の小さい海域をつくることができる。これは自然のサンゴ礁を真似た構造物であり、離岸堤とほぼ同じ効果を有するといわれている。

本研究では、コンピューターによる流体の数値シミュレーションを行い、設置した人工リーフ及び津波等により破壊されたことを想定した人工リーフ周辺における波の流速場を確認する。計算領域は、気体と液体から成る気液二相流とし、計算には功刀(1997)により開発された自由界面を有する多相流の直接解析法(MARS法)を用いる。

2 数値計算

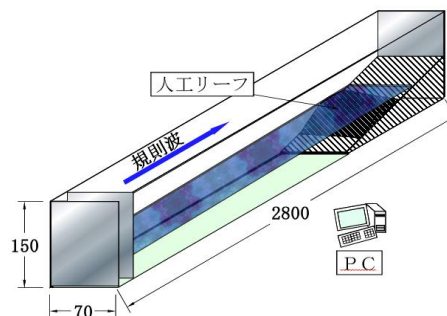


図-1 計算領域

本研究では、数値計算するにあたって、水路や構造物、造波時間さらに造波境界等を設定する必要がある。そこで計算領域を図-1に示すように水路長 $L=28.0\text{m}$ 、高さ $H=1.5\text{m}$ とし、初期水深 $h=0.50\text{m}$ とした。入射波条件は波高 $H=0.1\text{m}$ 、周期 $T=1.6\text{s}$ の微小振幅波とした。水路岸側のスロープ高さ $Y=0.65\text{m}$ 、長さ 19.5m とした。構造物は、空隙率40%、粒子径 16.6mm の人工リーフ及び破壊された人工リーフを設置した。

自由水面を有する波の数値計算の研究に関してはHirt・Nichols(1981)によるVOF法の開発により、波の変形や自由表面形状のモデル化、構造物への波の作用に関する数値解析が発展している。功刀(1997)により考案されたMARS法は、VOF法を応用した自由界面の解法である。MARS法は流体体積率の輸送方程式をNavier-Stokes方程式と連立させ解くVOF法のDonor-Acceptor法に基づく厳密な界面の体積保存に加えて、計算格子の界面勾配を1次関数として近似するline-segment関数の導入により、界面形状の正確な捕獲と輸送及び格子界面内での流体率の連続性が考慮可能となった多相流の直接解析手法である。

Numerical Value Simulation of the Speed Distribution in the Wave
at the Artificial Leaf and the Destroyed Artificial Leaf

Takahumi YAMASAKI and Hirokazu SUMI

水平方向をX、水深方向をZとする直交座標における多相流の連続方程式、体積率輸送方程式を(1)～(4)に示す。

$$\frac{\partial(F_1 + F_2)}{\partial t} + \frac{\partial F_1 u}{\partial x} + \frac{\partial F_1 w}{\partial z} + \frac{\partial F_2 u}{\partial x} + \frac{\partial F_2 w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = & -\frac{1}{F_1 \rho_1 + F_2 \rho_2} \frac{\partial P}{\partial x} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{\sigma \kappa n_x}{\rho} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = & -g - \frac{1}{F_1 \rho_1 + F_2 \rho_2} \frac{\partial P}{\partial z} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \frac{\sigma \kappa n_z}{\rho} \end{aligned} \quad (3)$$

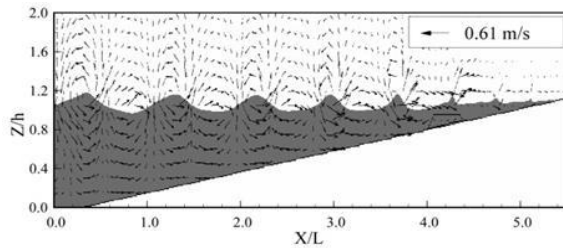
$$\frac{\partial F_1}{\partial t} + \frac{\partial F_1 u}{\partial x} + \frac{\partial F_1}{\partial z} - F_1 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0 \quad (4a)$$

$$F_1 + F_2 = 1.0 \quad (4b)$$

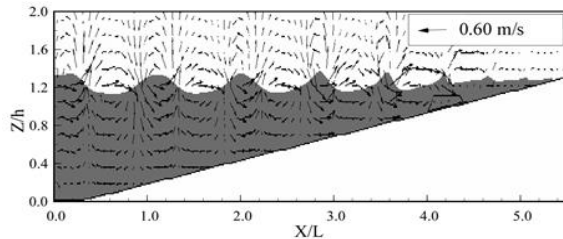
ここに F_1, F_2 は気相と液相の液体体積率、 u, w はX, Z方向の流速、 P は圧力、 ρ_1, ρ_2 は気相と液相の密度、 ν は動粘性係数である。

3 解析結果

図-2および図-3の双方において人工リーフ通過以降、波が大きく弱まり、砕波していることが解る。また、流速も人工リーフ通過以降、大きく損なわれているのが解る。

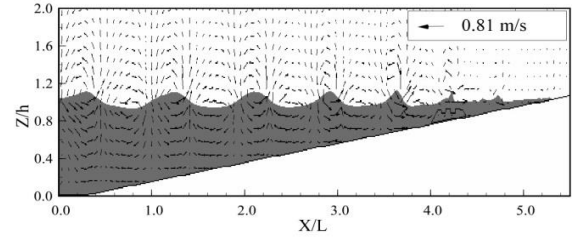


(a) T/t = 9.56

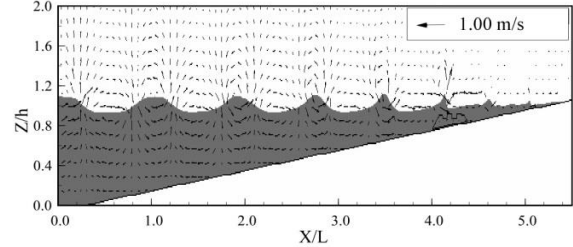


(b) T/t = 12.375

図-2 人工リーフ堤体周辺の流速ベクトル



(a) T/t = 10.4



(b) T/t = 11.7

図-3 破壊された人工リーフ堤体周辺の流速ベクトル

4 結論

本研究では、数値シミュレーションを行い、人工リーフ及び破壊された人工リーフの周辺域に対しての流速をベクトルに表し、人工リーフが波に及ぼす影響を調査した。

解析結果から、人工リーフ上での砕波時、流速が増加し、通過後は流速が減少する傾向がみられる。また、双方を比較すると破壊された人工リーフの方がより強い流速ベクトルが発生することが解る。

MARS 法を使い、流速ベクトルの詳細な結果を得ることができた。構造物への影響を考慮する際には気体の流速、圧力など要素が多いほうがより高精度な結果が得られる。

この研究により、実際に人工リーフ周辺域における流速場を確認することができた。

「参考文献」

- 1) 川崎浩司、潜水構造物による砕波変形と再生過程に関する基礎的研究、pp. 1~44
- 2) 川崎浩司、海岸工学分野における数値波動水槽の研究・開発について、数理解析研究所考究録1673巻、(2010)、p. 77~90
- 3) 功刀資彰(1997):自由表面を含む多相流の直接数値解析法、日本機械学会論文集(B編)、第63 巻609 号、pp. 88~96.
- 4) 水村和正(1992)、海岸海洋工学pp. 5~17
- 5) 長瀬恭一、島田昌也、MARS法を用いた数値波動水槽に関する研究、海岸工学論文集、47巻、(2000)、p. 46~47.