

数値計算と画像解析を用いた透過性構造物空隙内の流速に関する研究

ドーコン	正会員	田澤 恵康
長岡技術科学大学	正会員	細山田得三
名古屋市役所		中島 慶人
ドーコン	正会員	野田 敬一
ドーコン	正会員	長谷川裕史

1. 研究目的

静穏海域の確保や海洋空間の高度利用を目的として、透過性を有する構造物は、海域波浪制御構造物に利用されることが多い。これは、構造物の中でも高い海水交換性や砂の移動を妨げない方式であるためである。一般的に、これら構造物内部の数値計算は連続体と仮定して解析され、各種パラメータを導入することで透過性構造物を透過率に置換する。流水の透過性に関する相互作用(力学的性質である波動や流動)について、空隙を通過する流れには、主に抵抗係数とダルシー則に用いられている透水係数が影響する。従来の手法により、不透過部と透過部が混在する流れ特有の現象(空隙内部での物質輸送や構造物への付着など)の詳細な解析に抵抗係数、透水係数を適用することは原理的には不可能である。一方、数値計算では、格子1つ1つに透過・不透過の属性を付与することによって透過性構造物を表現することも可能である。

本研究では、ダルシーの法則のような連続体仮定に基づかない計算方法を用いて、波動場に設置された透過構造物内部の流動機構の数値シミュレーションを行う。また、室内実験に基づいた画像解析により空隙内部の流速を計測し、シミュレーションとの比較検討を行うものである。

2. 画像解析によって取得された流速情報

プラスチック粒子を堤体の周りに投入し、空隙内部の流速をビデオカメラで撮影して、それを1枚1枚の静止画として保存して計測した。その粒子を追跡することにより透過性構造物内部の流速を算出する。

そのため、粒子を画像でコマ送りするツールを作成し、目視で1画像につき50点を追いかけて計測する。

3. 数値計算による透過性構造物内部の流れに対する検討

空隙内部の流れを支配する方程式を式(1)(2)(3)に示す。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1) \quad \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \quad (3)$$

式(1),(2),(3)はそれぞれ非圧縮性連続式と2次元のナビエストークスの方程式である。支配方程式の離散化には有限差分法を利用し移流項は1次精度風上差分と2次精度中心差分に同等の重みをつけて計算する。

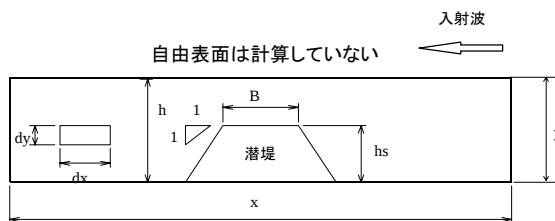
図-1に計算領域の概略を示す。計算領域は、室内実験と一致させるように設定する。計算領域には自由表面が無く、計算領域の境界で振動境界条件を与えることによって波動を表現している。潜堤部は透過条件となっており、格子に透過・不透過の属性を与えることによって多孔質な構造物を表現した。その場合、空隙率を室内実験と一致させている。

キーワード：透過性構造物、波動場、連続体仮定、画像解析、数値シミュレーション

連絡先：〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1 河川部

TEL:011-801-1587、FAX:011-801-1588

4．プログラムの計算条件及び境界条件



図—1 計算領域

図—2 は画像処理と計算によるベクトルの比較である。左の画像処理と右の計算結果は時間的には一致していない。また、計算と実験はブロックの空隙率を一致させてはいるものの全く同様の境界形状をしているわけではない。しかしながら両者とも構造物を迂回しながら流れる様子はよく現れている。

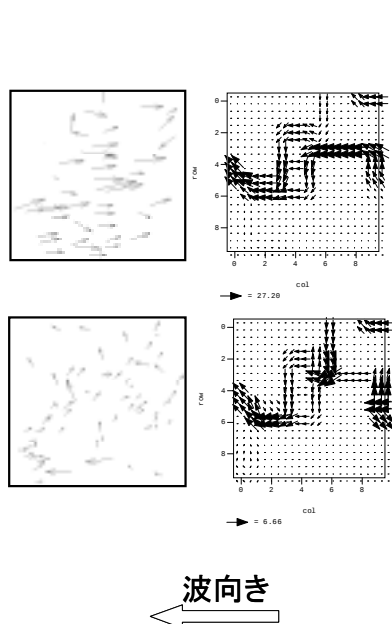
5．計算および実験結果

図—3 は撮影領域における計算値と画像ベクトルとの比較を示す。一例として、図—3 に水深 55cm、周期 1.5sec の水平方向と鉛直方向の流速と通過波高の関係を示す。水平方向において計算値について通過波高に伴う変化は画像ベクトルと同様であったが流速値は小さい。鉛直方向は計算値と画像ベクトルは同じ傾向である。図—4 に時間の経過を流速で示した流速算出のイメージを示す。

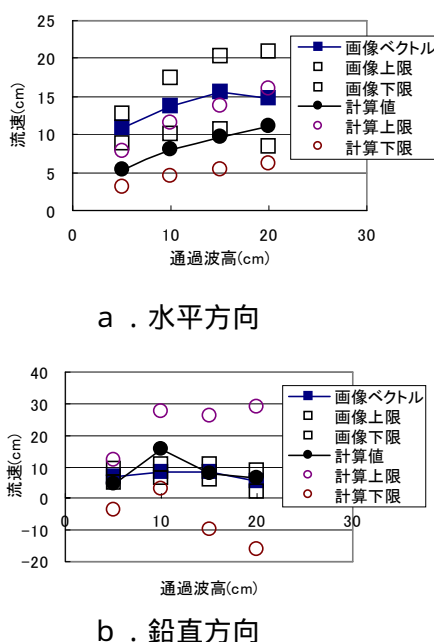
6．まとめ

実験的研究により波動場の空隙率による解析手法が実験・数値計算ともに確立されつつあるが、今回新しい試みとして、透水性構造物を通過する流れについて適用し、連続体として扱わない解析手法を適用した。その結果、以下の事項を確認した。

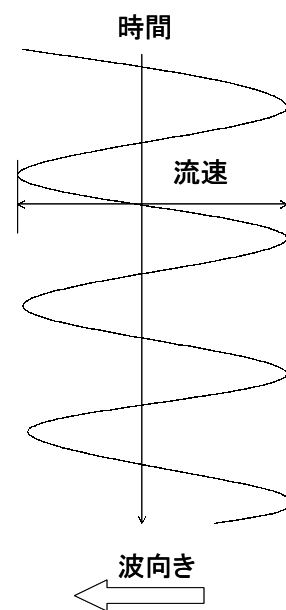
- ・水平方向について、実測値の方が通過波高は高い。
- ・鉛直方向について、計算値と画像ベクトルは数値的に整合性が高い。



図—2 画像処理と計算によるベクトルの比較



図—3 通過波高と空隙内部流速



図—4 流速算出のイメージ

【参考文献】

- 1) 田安正茂、早川典生、福嶋祐介：潜堤周りの波の変形と流れに関する研究、長岡技術科学大学大学院論文集、1994
- 2) 中田芳貴、細山田得三、早川典生：数値流体計算を用いた海域構造物周辺波動場の解析、長岡技術科学大学大学院論文集、1998