

## 多相場の解法を用いた弾性体に作用する流体力の数値計算

## Computational method of fluid forces acting on elastic objects with multiphase approach

○黒田 望, 京都大学大学院社会基盤工学専攻, 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスタ, kuroda@civil.mbox.media.kyoto-u.ac.jp:

牛島省, 京都大学大学院准教授社会基盤工学専攻, 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスタ, ushijima@mbox.kudpc.kyoto-u.ac.jp:

Nozomu Kuroda, Department of Civil and Earth Resources Engineering, Kyoto University, C-Cluster, Kyoto University, Kyoto-shi, 615-8540

Satoru Ushijima, Associate Professor, Department of Civil and Earth Resources Engineering, Kyoto University, C-Cluster, Kyoto University, Kyoto-shi, 615-8540

This paper presents the results of numerical simulations on the wave flows acting on the submerged elastic plate in a laboratory flume. In order to predict the displacements of elastic arbitrarily-shaped bodies due to the fluid forces in free-surface flows, the free-surface flows including elastic objects are treated by MICS. A T-type FEM model, in which an object is represented by tetrahedron elements and their deformations are evaluated with FEM, is introduced into MICS. The corresponding fluid forces acting on the elastic plate are also examined.

## 1. はじめに

流れ場に弾性体が存在する問題は、様々な分野において関連がある。例えば、水工学分野においては、河道内樹木が洪水時の流水抵抗に与える影響や水理構造物の変形などがある。既往の研究において、変形を伴う物体に作用する流体力の計算とその妥当性に着目した例は少ない。そこで、波動流れによって変形する弾性体に作用する流体力を計測する実験を行い、計算結果との比較を行う。

本研究では、弾性体を節点で離散化し、FEMによって物体の変形を計算する固体モデルを構築した。これをT型FEMモデルと呼び、多相場の解法であるMICSに導入することで流体と構造物の連成解析を行う。既報<sup>(1)</sup>では水槽に水平加速度を与えて水面変動と流れを発生させ、水槽内に固定された弾性板の変形について検証を行い、弾性体の変形に関する適用性を確認している。本報では、上記の解析手法の適用性を確認するために、小型の実験水路内で造波装置によって自由水面流れを発生させ、主流方向に存在する弾性板に作用する流体力を計測し、計算結果との検証を行う。

## 2. 水理実験と解法の検証

## 2.1 弾性板に作用する流体力の評価

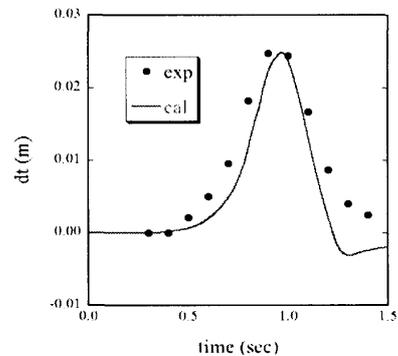
上記で述べた数値解法の適用性を確認するため、造波水槽内で自由水面流れを発生させ、弾性板に作用する流体力を計測する実験を行った。この実験結果を計算結果と比較する。

実験では、ボックス左端から造波板側0.1mの位置における最大水深を $h_m$ と定義し、3種類の $h_m$ に関する実験条件を定めた。 $h_m = 185, 191, 195$  mmとなる造波条件の実験を行い、最初の1波から生ずる自由水面流れによる流体力を計測した。同時に、弾性板が変形する様子を側面からビデオで測定し、ビデオ画像の解析によって弾性板の変形量を求めた。

## 2.2 計算結果との比較

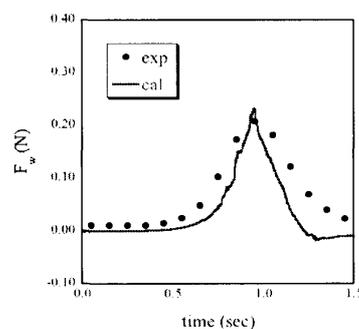
Fig.1に、弾性板先端の $x$ 方向変位 $dt$ の時系列を示す。ケースH185では、第一波による変形は十分に再現できていることがわかる。Fig.2に、ケースH185における弾性板に作用する流体力 $F_w$ を示す。本実験計測システムでは、 $x$ 軸方向の流体力成分 $F_w$ のみが得られる。Fig.2に示されるように、実験結果と計算結果を比較すると、流体力 $F_w$ の最大値はほぼ一致している。計算により得られた時系列の全体的な分布形状は、実験結果と

ほぼ一致していると考えられる。



(a) ケース H185

Fig. 1 弾性板先端変位の時系列



(a) ケース H185

Fig. 2 流体力の時系列

## 3. おわりに

本報では、多相場の解法であるMICSに、T型FEMモデルを導入し、自由水面流れにおける複雑形状弾性体の変形を予測する解法を構築した。この解法の適用性を確認するため、波動流れにより変形する弾性板の変形と流体力を計測する実験を行った。本報の解法をこの実験結果に適用した結果、変形が比較的小さい範囲での弾性板の変位や、変形する弾性板に作用する流体力に関して、ほぼ良好な再現性が認められた。

## 参考文献

- (1) 牛島省, 黒田望, 瀬津家久. MICSと有限要素法による自由水面流と弾性体の連成運動に対する3次元数値計算. 水工学論文集, Vol. 52, pp. 1033-1038, 2008.