

建屋背後の風場の数値シミュレーション

東北工業大学大学院 学生会員○伊藤 麻衣子
東北工業大学 正会員 相原 昭洋、正会員 新井 信一

1. はじめに

台風時に船舶は多くの場合港外へと避難するが、風荷重の減少を期待して倉庫などの建屋の陰に港内避泊し、係留中の安全を確保しようとすることがある。このとき船舶に作用する弱くなったはずの風荷重が実際どのようになっているかは十分調べられる必要がある。

風荷重に対する建屋の影響については風洞実験が有力な調査方法といえるが、現象の理解を深める上で数値シミュレーションは欠かすことが出来ないツールである。さらに、コンピューターの性能向上により実験ではカバーできないレイノルズ数の調査が将来可能となることも期待される。

本研究では、別途、風洞の代わりに開水路を使用して風場を作り建屋の影響を調べているが、この実験値と比較しながらシミュレーション計算の精度を確認しつつ、風荷重の特性の一端を明らかにしようとしている。

2. 計算方法

流れの流速や圧力等の物理量は、支配方程式、すなわち質量保存式、運動方程式を満たす必要がある。これらの式は変形、整理して次式の一般形保存式で与えられる。

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\phi) + \text{div}(\rho u\phi) = \text{div}(\Gamma \text{grad}\phi) + S \quad (1)$$

この方程式を解くための数値計算方法としてSIMPLE法¹⁾を採用する。計算領域はスタッガード格子を用いて区分する。粘性の効果については、壁近傍では壁法則の速度が適用され、また、壁からの距離を用いた混合距離モデルが採用されている。

3. 計算対象とした実験

計算と比較する実験の状況を図1に示す。開水路の前方に粗度を配置して、実験範囲内で地上風で言われている1/7乗則の流速分布になるよう工夫している。水深は20cmで、水深を使用したレイノルズ数(Re)は約23000である。高さ5cmのフェンスまたは高さ5cm×幅10cmの倉庫の模型を置き、その下流に船舶を簡素化した矩形模型を配置し、作用荷重を計測している。

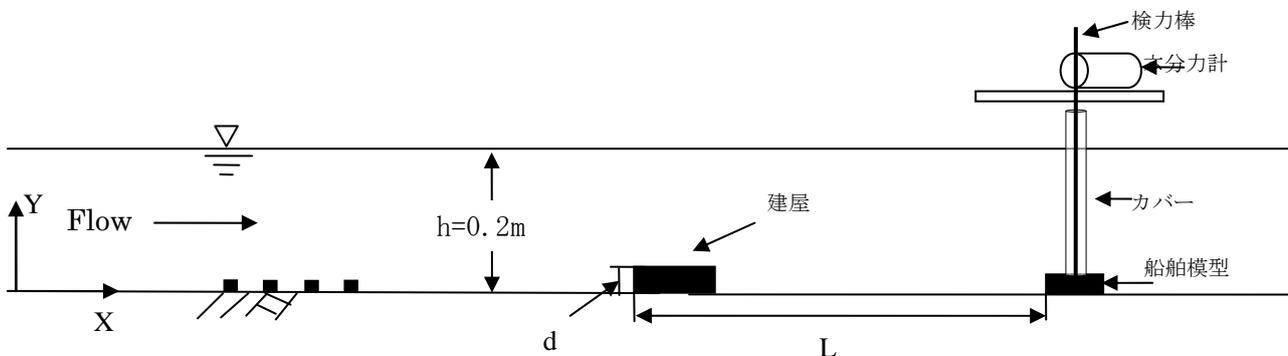


図1 実験状況図

キーワード SIMPLE法、風荷重、流速分布

連絡先 住所：宮城県仙台市太白区八木山香澄町35番1号 東北工業大学工学部建設システム工学科 電話：022-305-3540

4. 計算例

4. 1 入力値の風速分布

図2に地上に障害物がないときの流速(風速)分布を示す。左端から一様流速(高さ方向に均一)を入力すると、水底(地面)の抵抗があるため鉛直方向の流速が発生し、さらに、流下していくとようやく落ち着いた流速分布になる。そこで、その落ち着いた流速分布を改めて計算流域の入力するようにした。図2は、前述の鉛直流がよく見える例として $Re=2000$ の例を示している。図右端に、層流の理論分布式²⁾を実線で示しているがこの場合よく一致している。

4. 2 建屋背後の風荷重

建屋と船舶のある場合を計算した。船舶の位置を種々変えて調べたが図3はその一例である。左側から流体が流れてきて白く見える前方のものが倉庫で、後方のものが船舶である。計算領域の高さは実験水深の2を倍とっている。実験にあわせて $Re=23000$ とした。図4は、圧力荷重 F_m を実験値と比較している。無次元化に用いた F_{m0} は建屋を配置していない場合の荷重を示している。結果をみると船舶と倉庫の距離が近い時に一致しているとは言えないが離れている場合は流場の荷重を再現できていると考えられる。

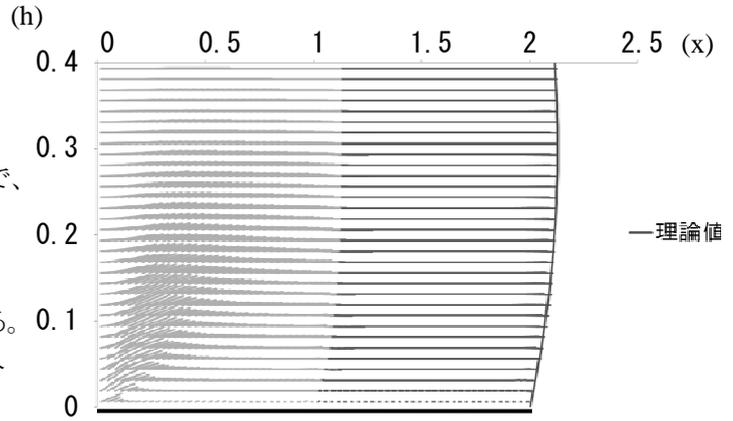


図 2 層流時流速分布

5. おわりに

本研究では建屋背後の流速場、船舶に作用する風荷重について検討した。その結果から、実験値を説明できるまでにはいかないが計算でも流場を再現できる可能性を見出した。更に、メッシュの切り方と時間刻みの与え方、乱流モデルの改良などを検討し精度を上げていきたい。

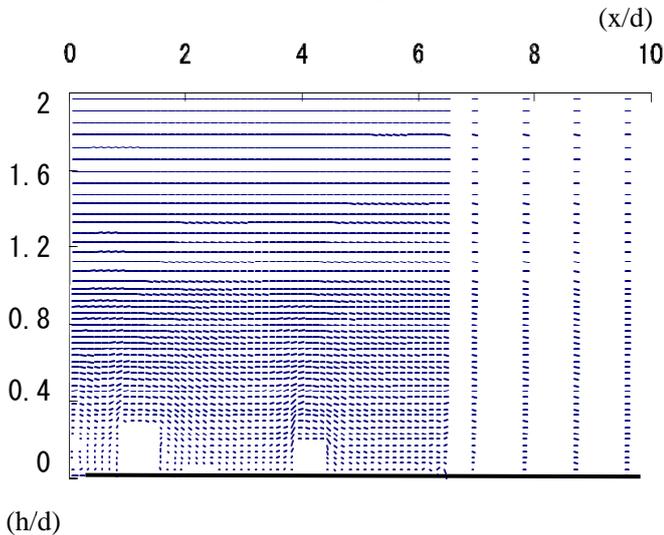


図 3 建屋、船舶配置時の流況

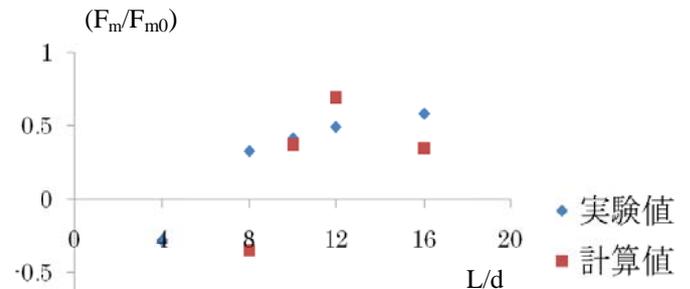


図 4 船舶模型に働く流体力(風荷重)

6. 参考文献

- 1) 香月正司・中山頭:熱流動の数値シミュレーションー基礎からプログラムまでー、森北出版、1990
- 2) 澤本正樹:流れの力学ー水理学から流体力学へー、共立出版、2005