

数値流体解析に基づく河川内橋脚周りの抗力係数に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○山徳 幸志郎
山口大学大学院 正会員 渡邊 学歩

1. はじめに

近年,日本各地で豪雨が頻発し,河川に架かる橋梁が倒壊するなどの被害が多発している.そこで本研究では数値流体解析を用いた3次元二相流解析を行い,橋梁被害を未然に防ぐことを目的としている.

2. 数値流体解析手法

数値流体力学とは,流体力学の支配方程式を時間的,空間的に離散化することで様々な物体の流れの性質や物理的な問題の近似解を求める手法である.本研究では,OpenFOAMを用いて工学的に広く用いられており保存性に優れた有限体積法による気液二相流解析を行う.

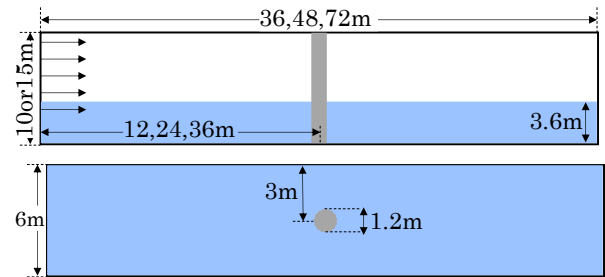
3. 円柱橋脚及び小判型橋脚周りの気液二相流解析

表-1に本研究で用いた解析条件を示す.解析時間は100sとし,河川幅が6mで河川内橋脚の幅は1.2mとしているため河積阻害率は20%となっている.流入流速は洪水時を再現するべく8m/sとしている.乱流モデルはk- ω モデルとk- ϵ モデルを組み合わせたハイブリットモデルであるRANS SSTk- ω モデルを用いている.RANS SSTk- ω モデルはk- ω モデルとk- ϵ モデルを状況によって変えて計算することで精度良く解を得ることができる.また,上流側の河川内橋脚までの長さを変化させることで水位差や抗力係数への影響を評価する.

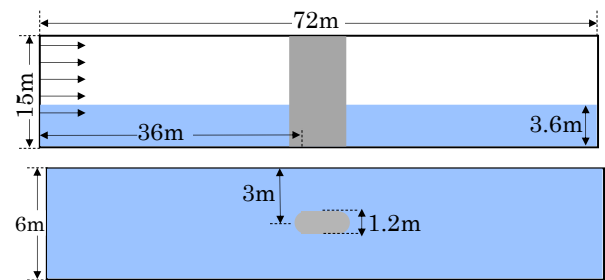
図-1(a)には円柱橋脚の解析モデルを,図-1(b)には小判型橋脚の解析モデルを示す.上流側の長さを変化させると共に解析モデルの長さも変化させている.また,円柱橋脚と小判型橋脚で水位差や抗力係数を比較する.

表-1 解析条件

| 項目 | 条件 |
|-------------------------|---------------------|
| ソルバー | interFoam |
| 乱流モデル | RANS SSTk- ω |
| 解析時間(s) | 100 |
| 河積阻害率(%) | 20 |
| 流入流速 v_{in} (m/s) | 8 |
| レイノルズ数($\times 10^6$) | 9.6 |
| 上流側長さ(m) | 12 24 36 |



(a) 円柱橋脚の解析モデル



(b) 小判型橋脚の解析モデル

図-1 解析モデル

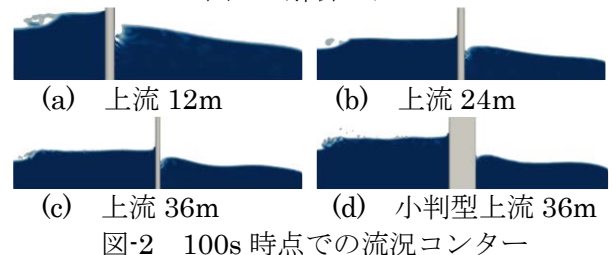


図-2 100s 時点での流況カウンター

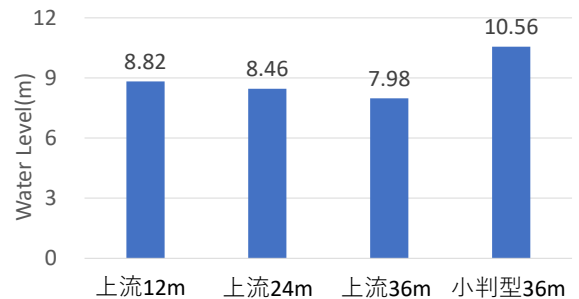


図-3 100s 時の上流側水位

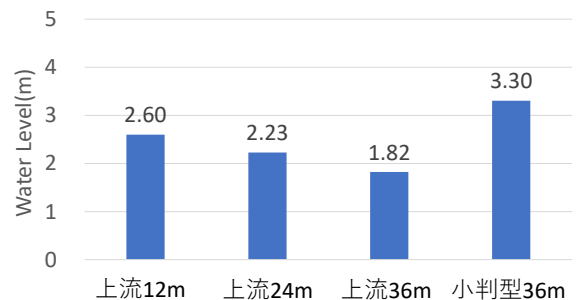


図-4 100s 時の橋脚上下流間水位差

キーワード 数値流体解析, 抗力係数, 水位差, 河川内橋脚,

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL 0836-85-9005

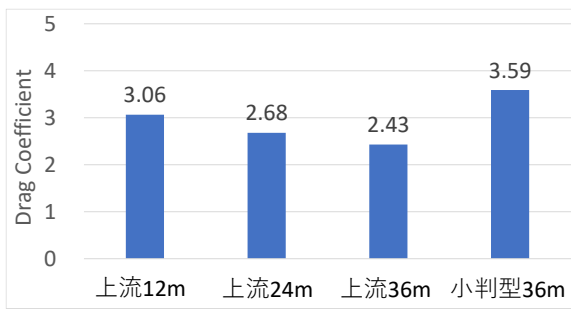


図-5 100s 時の抗力係数

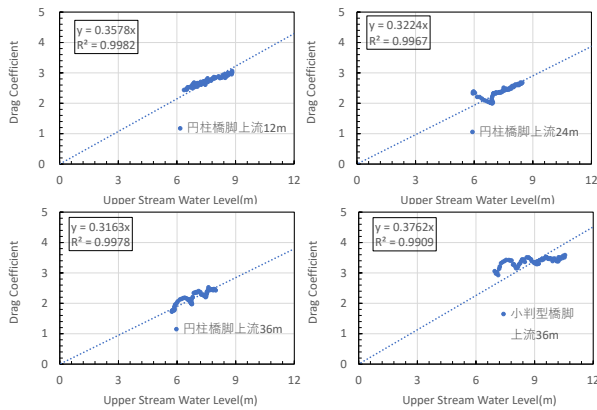


図-6 上流側水位と抗力係数の関係

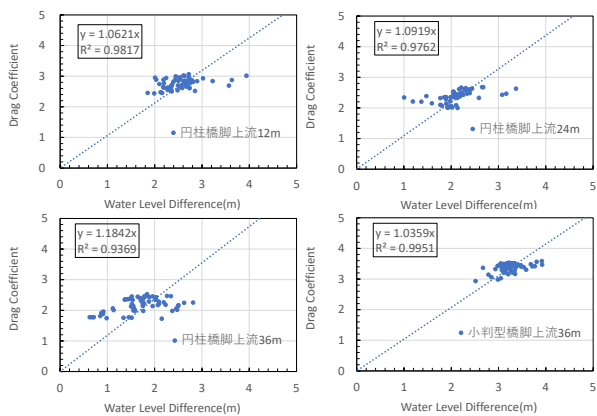


図-7 橋脚上下流間水位差と抗力係数の関係

図-2には100s時点での各ケースにおける流況コンタナーを示す。円柱橋脚においては上流側の長さを長くすればするほど上流側水位が低下していていることが分かる。また、円柱橋脚と小判型橋脚を比較すると小判型橋脚の方が上流側の水位が上昇していることが分かる。

図-3には100s時の上流側水位を示す。円柱橋脚の場合、上流側の長さを12m長くすると約0.4~0.5m程水位低下する様子が見られた。これは上流側の長さが長くなったことで流体の挙動が安定し、水位上昇が低減されていると考えられる。また、小判型橋脚は円柱橋脚よりも顕著に水位上昇が見られた。これは、小判型橋脚は側面が直線になっているため円柱橋脚

の時の流体挙動と異なる挙動となることにより、水位上昇が見られると考えられる。

図-4に100s時の橋脚上下流間水位差を示す。上流側水位と同様に上流側長さを長くする程水位差は小さくなった。これは上流側水位と関係が強く上流側水位が大きい程、水位差も大きくなっている。また、円柱橋脚と小判型橋脚では後者の方が水位差が顕著に大きくなった。これは、小判型橋脚は側面が直線になっているため流体が側面に沿って下流側に流れていく際に、水位が低下することで下流側水位は低く、上流側水位は高くなっていることから円柱橋脚よりも顕著に水位差が大きくなっていると考えられる。

図-5には100s時の抗力係数を示すが、抗力係数も水位差と同じような傾向が見られた。このように上流側水位、橋脚上下流間水位差、抗力係数が同じような傾向になったためこれらの間には何か関係があると推察される。

図-6に上流側水位と抗力係数の関係を示す。同図より、上流側水位が大きくなるほど抗力係数も大きくなっておりこれらの間には強い正の相関関係がある。図-7に橋脚上下流間水位差と抗力係数の関係を示す。同図より、図-7を見ると先程と同様に水位差が大きくなるほど抗力係数も大きくなっており強い正の相関関係がある。

このように上流側水位及び橋脚上下流間水位差と抗力係数の間には正の相関関係があり、抗力係数を評価する上で上流側水位と水位差は重要なパラメータであり、抗力係数は上流側水位と水位差に依存していることが明らかになった。

4. 結論

- 1) 上流側長さを長くする程上流側水位は低くなり、それに伴い橋脚上下流間水位差や抗力係数も同じ傾向で低くなった。
- 2) 小判型橋脚は円柱橋脚と比較して上流側水位及び橋脚上下流間水位差、抗力係数のどの値においても顕著に大きくなった。
- 3) 抗力係数と上流側水位及び橋脚上下流間水位差との間には強い正の相関関係があることが明らかになった。
- 4) 抗力係数は上流側水位及び橋脚上下流間水位差に依存していることが明らかになった。