

数値流体解析に基づく円柱周りの混相流および 河川内橋脚に生じる流体作用力の評価に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○今田 吉貴
山口大学大学院 正会員 渡邊 学歩

1. はじめに

近年多発する豪雨により、橋梁の流失被害が多数発生し、橋脚が倒壊する事例も確認されている。これらの事例は交通インフラに大きな影響を与えていることから、本研究では、橋脚上下流間で発生する表面水位差に着目して、数値流体解析により、流体力が橋脚に発生するメカニズムを明らかにした。

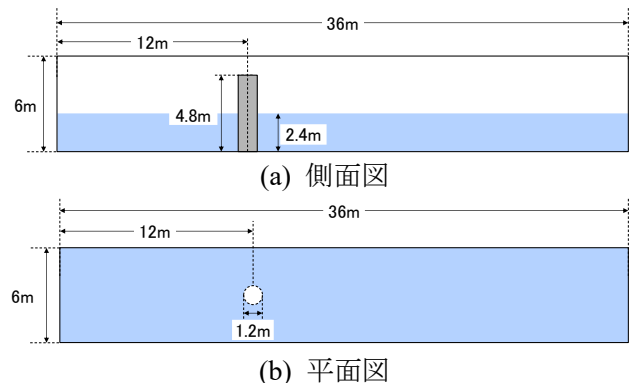
2. 数値流体解析手法

数値流体解析とは、数学的には解けない物理現象を、支配方程式を時間的・空間的に離散化して解く方法である。本研究では OpenFOAM を用いて、有限体積法により気液二相流れの数値流体解析を行った。

3. 単注周りの気液二相流れの解析

表-1 には解析に用いたパラメータを示す。流入初速度は、洪水流として観測されている流速の上限値と下限値を採用した。河床勾配は、一般的な河川の上流の河床勾配を採用した。解析は、流れが定常状態になるのに十分な時間として 180 秒間継続した。

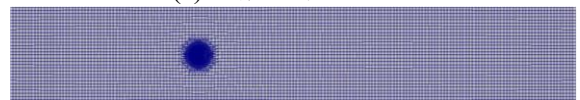
図-1 には解析モデルとメッシュを示す。幅と流下方向長さの比を 1:6 とした中小河川に見立てた領域を設定した。高さは領域から水が流出しない十分な高さとしている。橋脚の幅と高さの比を 1:4 とし、初期水位は橋脚高さの半分の位置まで配置した。橋脚は、全体の領域から円柱をくり抜くことで再現した。



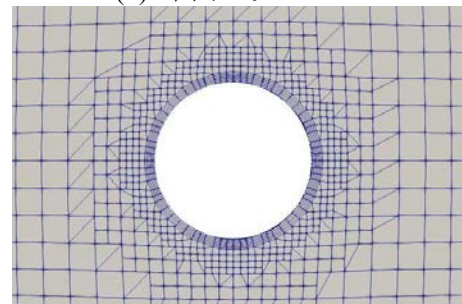
(a) 側面図
(b) 平面図



(a) 側面メッシュ



(b) 平面メッシュ



(c) 橋脚付近のメッシュ

(2) メッシュ図

図-1 解析モデルとメッシュ

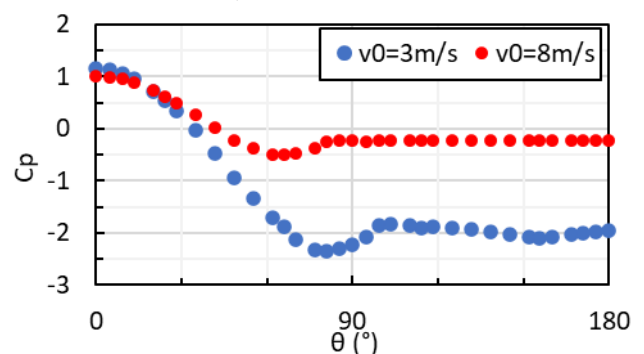


図-2 圧力係数 C_p と θ の関係

表-1 解析に用いたパラメータ

流入初速度	(a) 3m/s, (b) 8m/s
初期水位	2.4m
河床勾配	1/100
解析継続時間	180 秒
時間離散化法	オイラー法 (陽解法)

キーワード 河川内橋脚, 数値流体解析, 気液二相流れ, 水位差, 流体力

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

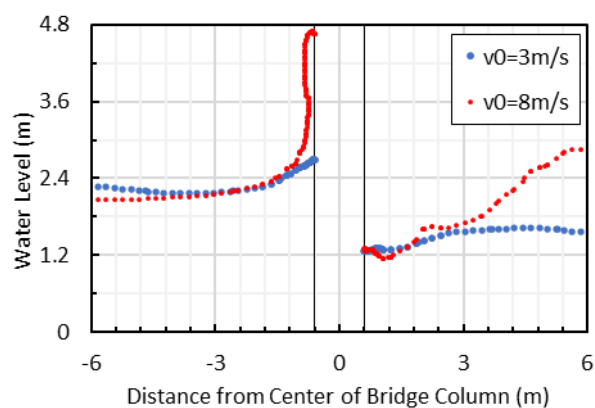


図-3 橋脚付近の水面形

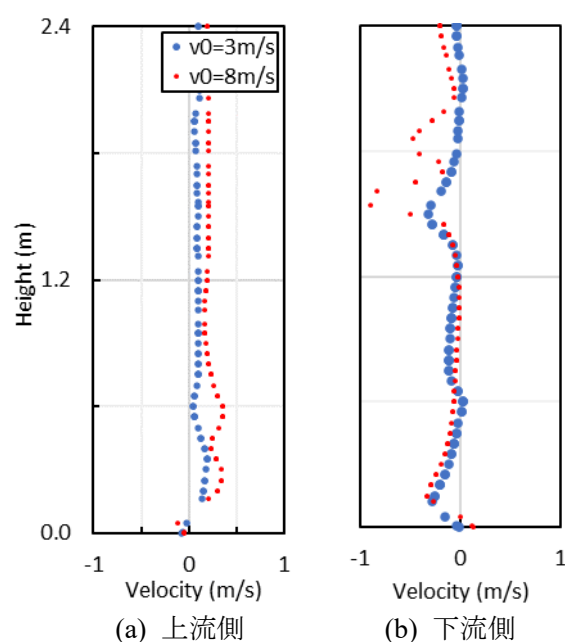


図-4 橋脚前後の流速高さ方向分布

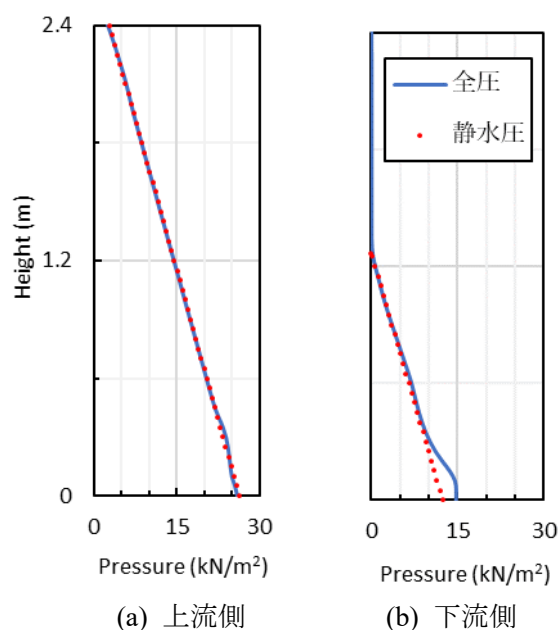


図-5 橋脚前後の圧力高さ分布 (初速度 3m/s)

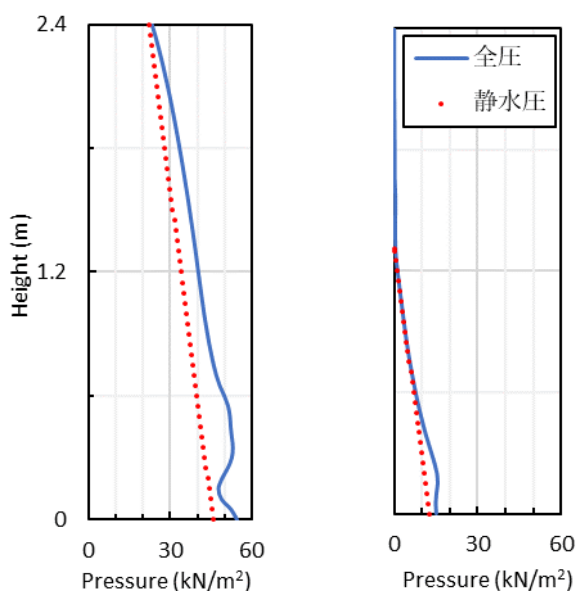


図-6 橋脚前後の圧力高さ分布 (初速度 8m/s)

図-2 には圧力係数 C_p と θ の関係を示す。なお、回転角 θ は、橋梁上流側から時計回りにとる。初速度 3m/s のケースでは、剥離点が 90° よりも下流側に、初速度 8m/s のケースでは、上流側に現れた。

図-3 には橋脚周辺の水位を示し、表面水位差を見る。初速度 3m/s では、橋脚前後の水位差は約 1.3m だった。初速度 8m/s では、橋脚上流側で急激な堰上げが発生し、橋脚前後の水位差は約 3.5m だった。

次に、橋脚前後の流速を見る。図-4 には橋脚上流側および下流側の流速の高さ方向の分布を示す。橋脚下流側で流速が負の値をとっているのは、橋脚下流側で渦が見られ、この渦が原因と考えられる。

最後に、橋脚前後の圧力を見る。図-5 および図-6 には圧力高さ方向分布を示す。橋脚に作用する圧力は、初速度 3m/s のケースでは静水圧と概ね等しく、初速度 8m/s のケースでは、上流側で静水圧よりも大きくなった。また、どちらのケースも、橋脚前後で水位差が発生し、圧力分布が非対称になったことで、橋脚に流体力が作用していることが分かった。

4. 結論

- 1) 橋脚に作用する圧力は、初速度が小さい場合、静水圧とおおむね等しくなるが、初速度が大きい場合、静水圧よりも大きい。
- 2) 橋脚上下流間で水位差が生じ、非対称な圧力分布が発生することで橋脚に流体力が作用する。