

## 1. 緒論

台風などにより大量の倒木が産出され、豪雨によって土砂とともに流木として河川に流出した場合、橋脚に衝突し流れを堰き止めることがある。その結果、橋梁の破壊や、急激な水位上昇、堤内地への氾濫などの災害が発生しているケースもある。このような漂流物から橋梁を守る仕組みとして流木除けがあり、いくつかの橋梁で利用されている。流木を捕捉するための施設としては、透過型砂防堰堤や流木捕捉工などがあり、流木捕捉に関する多くの研究がなされてきた。しかし、具体的な水流の変化や流木の流れに関する研究は少ないものと思われる。

このような背景を踏まえ、本研究では流木除けが作り出す水流の変化と流木の流れに着目する。流木除けの形状や流速を変更させたときにどのように水流が変わるのか、さらに最も効果を発揮する形状について解析を実行することで検討していくことを本研究の目的とする。

## 2. 解析概要

### 2.1 モデル概要

本研究では、汎用流体解析プログラム OpenFOAM を用いる。これは、水と空気の2相を扱えるフリーソフトウェアである。

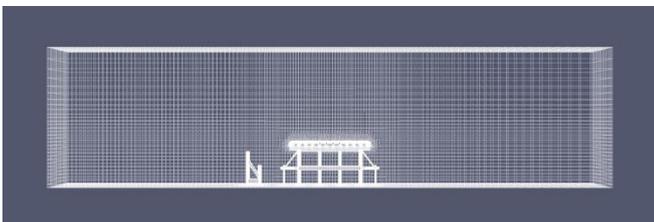


図-1 解析モデル概略図



図-2 ○モデルの形状



図-3 □モデルの形状



図-4 △モデルの形状

解析モデル対象として渡月橋を採用し、解析モデルの概略図を図-1に示す。水路壁と橋梁模型の境界条件は、流入境界とする場合を除いて、すべてノンスリップ条件とした。大気境界では、圧力は一定の値が設定され、空気が自由に出入りすることの出来る境界である。流入境界は水位と流速を関数で設定できる groovyBC としている。

x 軸=水の流下方向 (図-1 右方向: 正), y 軸=水底からの高さ方向 (図-1 上方向: 正), z 軸=幅方向 (図-1 手前方向: 正) としている。モデルの形状は上流部 (図-2, 3, 4 の左側の柱) のみ円柱, 四角柱, および三角柱の3種類とした。

### 2.2 解析条件

本研究では、乱流モデル kEpsilon を用いているため、乱流エネルギー  $k$  と乱流エネルギー散逸率  $\epsilon$  の初期値を  $k=0.000676$ ,  $\epsilon=2.5e-05$  とした。また解析時の時間間隔は自動的に設定されており、解析結果は 0.1 秒間隔で出力されるよう設定した。その他条件を表-1に示す。

表-1 解析条件

モデル名	流速 (m/s)	形状	水位 (m)	解析時間 (s)
○-3.0	3.0	円柱	4.4	10.0
○-8.0	8.0	円柱	4.4	7.9
□-3.0	3.0	四角柱	4.4	10.0
□-8.0	8.0	四角柱	4.4	7.9
△-3.0	3.0	三角柱	4.4	10.0
△-8.0	8.0	三角柱	4.4	7.9

## 3. 解析結果および考察

各モデルにおいて仮想の流木(幅と厚さが 0.2m, 長さ 1.0m でその 1.0m を 3 点で結ぶ直線)を想定し、各モデルの 2.0m 手前から橋脚付近まで (図-5 中青矢印の区間) の挙動について再現し、比較することにした。

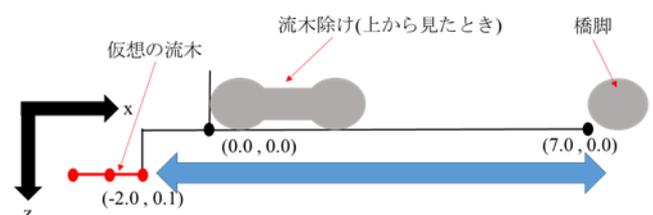


図-5 仮想流木の位置設定について

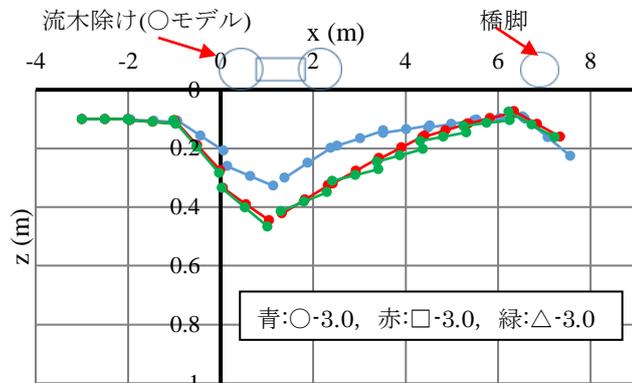


図-6 流速 3.0m/s での流木の挙動

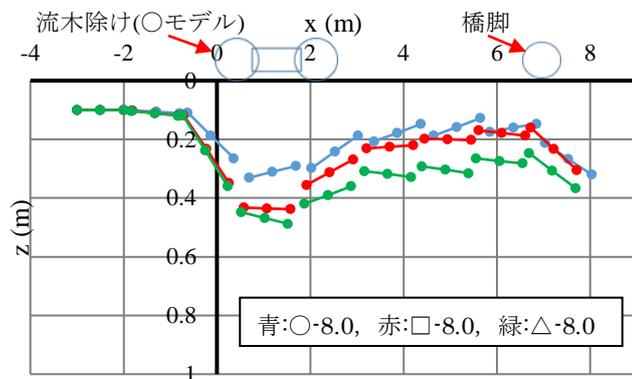


図-7 流速 8.0m/s での流木の挙動

流木の挙動は、流木位置における流れの向きと速さから一定時間後の位置を推測し、これを繰り返すことで再現した。流木が流れの向きと平行になっているケース(図-5)の結果を図-6, 7に示す。

図-6より、○-3.0モデルはxが0.0~2.0mにおいて□-3.0, △-3.0モデルよりもz方向への広がりが少なく、真っ直ぐx方向に流れている。しかし、橋脚付近ではどのモデルも同じような位置になるため、流木除けの効果はどの形状もあまり変わらないと考えられる。流速8.0m/sの場合(図-7)は、各形状によって特徴のある挙動になることが分かった。○-8.0モデルはz方向にあまり広がらずにx方向に流れている。□-8.0モデルは○-8.0モデルよりもz方向に広がるが、橋脚付近は○-8.0モデルと同じ位置まで収束している。△-8.0モデルは□-8.0モデルと同じ位置まで広がり、その後もあまり収束せずにx方向に流れている。このことから、流速によって流木除けの形状の特徴が表れやすくなっており、流速が大きくなったことで四角形と三角形の面に当たる水流の力が大きくなり、z方向に広がるような水流が大きくなったことと、x方向の流速が大きいため収束する流れを少なくしているためだと考えられる。

次に、流木の角度を変えた時の挙動を調べるために、図-8のように角度を90度傾けた状態から流木の挙動について再現し、図-9, 10に結果を比較した。

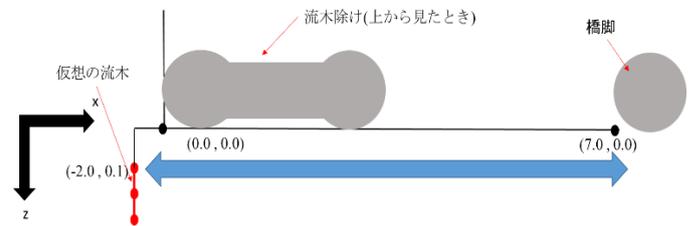


図-8 角度を変えた仮想流木の位置設定について

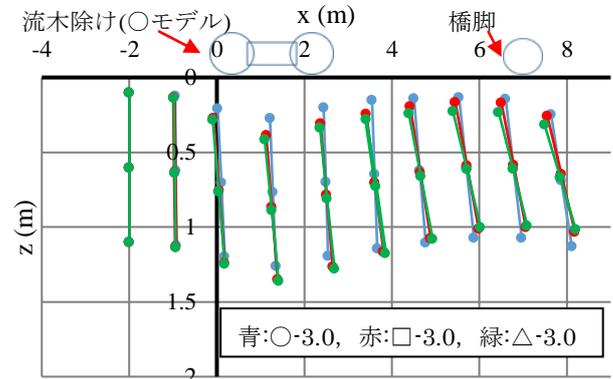


図-9 流速 3.0m/s での流木の挙動

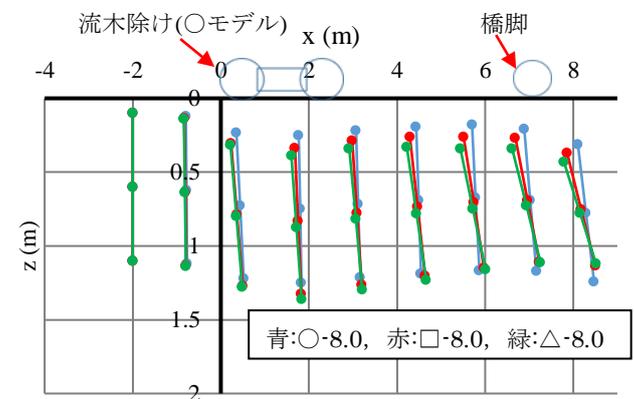


図-10 流速 8.0m/s での流木の挙動

図-9, 10より、○モデルは他のモデルよりもz方向に広がらずx方向へ流れているのに対し、△モデルは最もz方向に広がっている。また、流速を変更させた後の方がz方向に広がりをもちながらx方向に流れている。これらの傾向は角度を変える前と同じになった。

以上のことから最も良い効果を発揮するのは△モデルだと考えられる。流速を大きくしてもモデル周りでz方向に広がるような流れを作り出すことで橋脚に衝突する可能性を最も小さくしているのが最も安定的な結果となったからである。

#### 4. 結論

本研究の検討範囲内では、△モデルは流速によらず安定的にモデル付近でz方向に広がるような水流を作り、流木をx方向に流しており、橋脚に衝突する可能性が最も小さい形状だと分かった。