

第 I 部門

流木除けが流木の動きに与える影響に関する一考察

立命館大学工学部 学生員 ○野中 紀宏

立命館大学工学部 正会員 野阪 克義

1. 緒論

近年、台風などによる豪雨によって流木が河川に流出し、橋脚等に衝突、流れを堰き止めることによって橋梁の破壊や、急激な水位上昇による氾濫などにつながり、被害が生じていることが問題となっている。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、いくつかの橋梁では実際に設置されている。

このような漂流物の構造物への影響や、対策に関する研究はこれまでにも橋梁における歴史的な流木対策に関する研究、円柱モデル個別要素法による捕捉工の流木捕捉解析のように行われてきているが、効果的な対策が見つかっていないのが現状である。本研究では、近年、一般的に用いられるようになった汎用流体解析プログラムを用いて、流木除けの効果を検証できないか検討した。流体解析プログラムでは、比較的簡便に水流の変化を捉えることができるが、今回はその結果を用いて流木の動きを推測できないか検討した。

2. 解析概要

解析には汎用解析ソフトウェア OoanFOAM を用いた。京都市にある渡月橋を参考に解析モデルを作成、流木除けの形状が異なる 3 つのモデルを作成した。

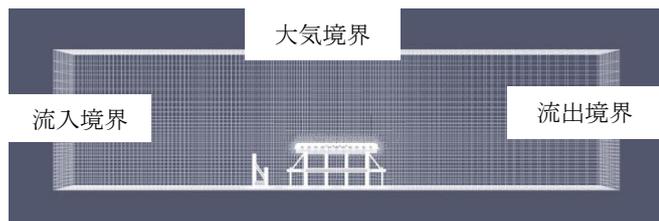


図-1 解析モデル概略図

図-1 に解析モデル概略図を示す。解析モデルは橋脚をひとつだけ含み、橋長方向に橋脚と橋脚の中央（支間中央）までとした。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。大気境界は、空気が自由に出入りする事の出来る境界である。流入境界では水位と流速を関数で設定した。本研究において、x 軸=水の流下方向(図-1 右方向：正)、y 軸=水路底からの高さ方向(図-1：上向き正)、z 軸=横方向(図-1 手前方向：正)としている。

Norihiro NONAKA and Katsuyoshi NOZAKA

k-nozaka@se.ritsumei.ac.jp



図-2 ○モデルの形状



図-3 □モデルの形状



図-4 △モデルの形状

流木除けの形状については、上流部(図-2, 3, 4の左側の柱)のみ変更しており、それぞれ円形、四角形、および三角形である。

本研究では、乱流モデル kEpsilon を用いており、乱流エネルギー k と乱流エネルギー散逸率 ϵ の初期値を $k=0.000676$, $\epsilon=2.5e-05$ とした。解析時の時間間隔は自動的に設定されており、解析結果を 0.1 秒ごとに出力されるよう設定した。おもな解析条件を表-1 に示す。初期水位は 3.5m に設定し、流入境界から、表-1 に示す水位、流速で水を流入させ、15 秒の解析時間のうち、x 方向流速を保ったまま橋脚まで水の流れが到達する 10 秒後の流況を確認することにした。

表-1 解析条件

| モデル | 形状 | 水位 (m) | 流速 (m/s) | 参照時間 (s) |
|-----|-----|-----------|-------------|-------------|
| ○ | 円柱 | 4.4 | 3.0 | 10.0 |
| □ | 四角柱 | 4.4 | 3.0 | 10.0 |
| △ | 三角柱 | 4.4 | 3.0 | 10.0 |

3. 解析結果および考察

各モデルの形状が変わったことによる周辺部分の水流の特徴を詳しく調べることにした。柱の端から 0.1m 離れた地点を通り、柱の手前 3.0m から橋脚までの直線($z=0.1$ で図-5 の白線上)において水流の違い(x 方向流速、z 方向流速)を調べることにした。

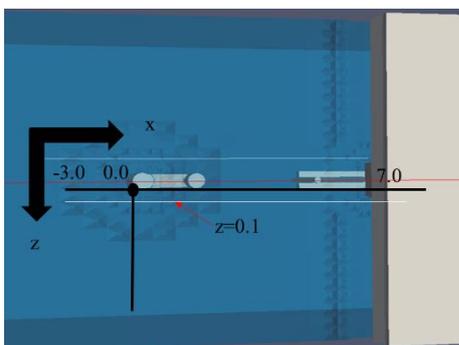


図-5 流木除けと橋脚部分

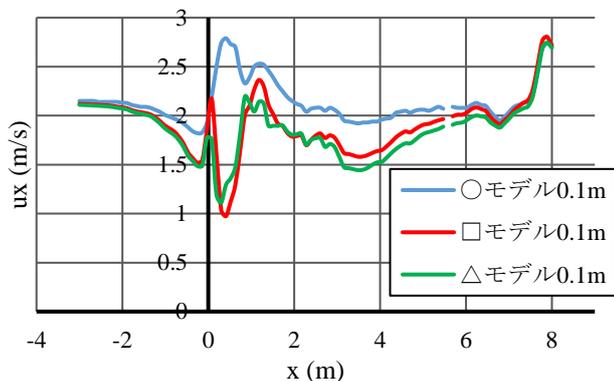


図-6 x 方向流速分布の比較

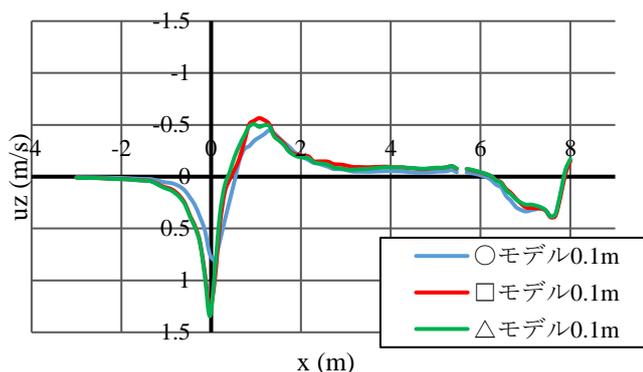


図-7 z 方向流速分布の比較

図-6, 7 よりモデル周辺の水流を比較すると, ○モデルは x 方向の流速が大きく, z 方向の流速は小さい. □モデルは流木除け付近で x 方向流速が○モデルよりも小さくなり, 橋脚付近まで小さい状態が継続している. △モデルは□モデルよりも x 方向流速が小さく, 最も x 方向流速に影響を与えていると考えられる. この傾向は流木除けから z 方向にある程度離れた地点まで続いていることが分かった. 以上のことを踏まえて流木の流れを推測すると○モデルはモデル周りで x 方向の流速を落とさずにあまり z 方向に広がらずに流れると考えられる. □モデルは○モデルよりも z 方向に広がるような流れをつくり, 下流へ流れる. △モデルは傾向としては□モデルと同じだが, 柱後ろ部分の x 方向の流速をさらに小さくして下流へ流れると考えられる. 流木は水面付近の水流に乗って流れるという性質があるため, 先ほど述べた考察が正しいか流木の流れを推測することで調べることができるので

はないかと考えた.

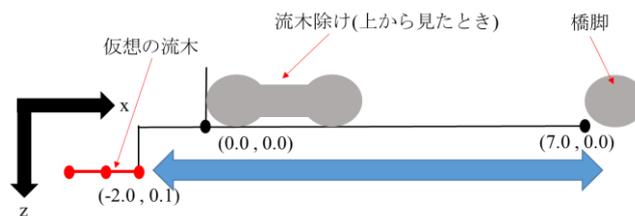


図-8 仮想流木の位置設定について

各モデルにおいて仮想の流木(幅と厚さが 0.2m, 1.0m)を各モデルの 2.0m 手前(図-8 の赤丸の地点)から橋脚付近まで(青矢印の区間)の挙動について再現をし, 比較することにした.

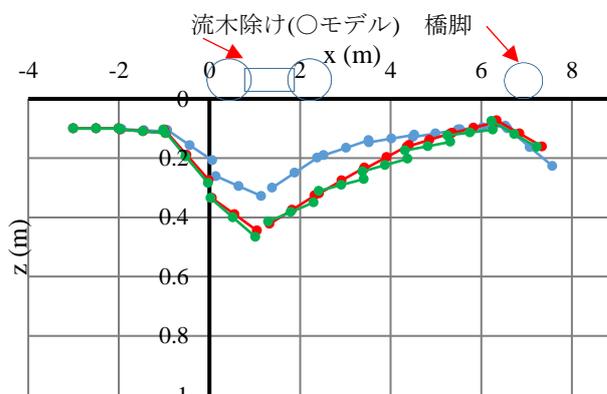


図-9 各モデルの流木の挙動(青は○モデル, 赤は□モデル, 緑は△モデル)

図-9 は各モデルの流木(3 点を結んだ線)の挙動を表しており, 左から右方向に流れている. 各モデルの流木の挙動を比較すると○モデルは流木除け付近において z 方向(横方向)に他のモデルよりも広がりが少なく, 流下方向(x 方向)に流れている. □, △モデルは○モデルよりも z 方向に広がり, 橋脚付近までには○モデルとほぼ同じ地点まで収束するような挙動になっている. この傾向は先ほど考察したモデル周りの水流の特徴に似ており, 流速分布と整合性があると考えられる. これらを踏まえた上で最も良い効果を発揮するのは△モデルだと考えられる. モデル周りで z 方向に広がるような流れを作り出し, モデル後ろ部分の x 方向流速が最も小さく, 仮に流木が橋脚に衝突しても橋脚への負担が最も小さいと考えられるからである.

4. 結論

汎用解析ソフトウェアを用いて, 流木の流れ方を再現できた. その結果, △モデルが x 方向の流速を抑えるなどの効果をもたらすため, 流木が橋脚に衝突したときの負担が最も小さく, 最も良い形状だと分かった.