斜め桟粗度による二次流の生成と浮遊ゴミ捕捉法に関する研究

名古屋工業大学	学生会員	○吉広	健太
名古屋工業大学	フェロー会員	冨永	晃宏

1. はじめに

近年,海洋プラスチック問題が大きく注目されて いる.その約八割が陸域で発生し河川を経由して海 洋に流出しているとされ,2050年には海洋中に存在 するプラスチックの重量が魚の重量を上回るという 予測まで立てられている.そこで,河川内でプラスチ ックごみを捕捉し適切な処理をすることにより海洋 プラスチック問題の解決に寄与できると考える.先 行研究では,水制を用いて流れ構造を変化させ河岸 凹部に浮遊ゴミを捕捉する手法が検討されている¹⁾. 今回は側岸に斜め桟粗度を設置することで強制的に 二次流を生成し,それの表面流に与える影響を用い て河岸凹部に浮遊ゴミを誘導し捕捉する手法の検討 を行った.

2. 側岸斜め桟粗度を用いた場合の水面流れ構造

(1) 実験概要

実験水路は長さ 7.5m, 幅 0.30m, 水路勾配 I=1/1000 の長方形断面可変勾配開水路を用い,図-1 に示すよ うに実験 1~4 は単一長方形断面,実験 5 は河岸凹部 を設けた水路とし,表-1 に示す水理条件で実験を行 った.

(2) PIV 計測

原点は図-1 に示す通りで,実験 1,3,4 は鉛直方向 に 0.5cm 間隔で z=0.5~4.5cm の 9 断面, 実験 2 は z=0.5 ~2.0cmの4断面,実験4は2.0cm間隔でz=1.0~9.0cm の5 断面を計測した.実験 1~4 では基本的な流れ構 造を知るため,斜め桟粗度の設置角度,間隔,距離, 粗度高さ,アスペクト比を変化させた.代表的な設置 条件を表-2に示す.実験5では実験1の結果より, 斜め桟粗度の設置条件を caseL1_1 のみとし,誘導壁 の設置条件を加えた実験条件を表-3に示す.流れの 可視化には、直径 100µm、比重 1.02 のナイロン樹脂 粒子を用い,厚さ約3mmのシート状にしたグリーン レーザー光を開水路水平断面に照射しビデオ撮影し た.この可視化画像は高速度カメラ(Ditect HAS-U1) を用いて 1024×1024 (pixel) の画像を 1/200s で撮影 し、画像計測には FlowExpert (カトウ光研)を用いて 流速ベクトル計測を行った.相互相関法により画像 を 24×24 (pixel) の検査領域で解析して, 3200 個 16 秒間平均値の平面流速ベクトルデータを得た.



(b)実験水路3,4の水路 (c)実験水路5の水路 図-1実験水路概略図

(3) スーパーボールを用いた捕捉率測定実験

実験 5 のみで行った.水理条件は表-1,実験水路は 図-1(c)に示す通りである.フィルターの設置条件は (16cm,0°),(8cm,0°),(8cm,30°)の3ケースとした. 浮遊物モデルとしてスーパーボール(直径13mm,比重 0.91)を約2.0m上流の右岸から1.0,7.5,14.0(cm)の位置 でそれぞれ10(個)×5(回)の50個,合計150個放流し, 下流端に設置したフィルターと河岸凹部内に捕捉さ れた数を計測し捕捉率を算出した.

- 3. 実験結果
- (1) PIV 計測

斜め桟粗度を設置した場合の基本的な流れ構造を 知るために,実験 1~4 の結果から整理する.斜め桟 粗度の最適な配置条件は,実験 1 の横断流速の横断 方向分布と縦断方向分布で比較した結果,粗度高さ 1.0cm,設置間隔 10cm,設置角度 30°,設置距離 2.0m であった.caseL1_1_2.0の平均主流速で無次元化した 横断流速コンター図を図-2 に示す.横断流速が底面 では正(右岸→左岸),表面では負(左岸→右岸)と異符 号であることより強制的な二次流が生成されたとい

キーワード 斜め桟粗度,二次流,浮遊ゴミ,海洋プラスチック問題 連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学・社会工学科 TEL052-735-5490



図-3 実験 5(z=4.5) での流速ベクトルと無次元化した 横断流速コンター

える. その大きさについて表面での平均主流速に対 する横断流速の割合に着目し、水路幅とアスペクト 比による比較を行う.実験1では等高線の間隔が広 くなだらかに減少し水路幅の 1/2 で 10%となる.実 験 2 では水路幅の 2/5 程度まで 30%以上の大きさを 維持するが、その後急激に減少し水路幅の 1/2 を少 し超えた辺りで10%以下となる.実験3では水路幅 の 2/3 程度までの広範囲に 30%以上の大きさを維持 し、その後急激に減少する.実験4の横断流速は他 よりも著しく小さく全体的に 10%程度であった. こ れよりアスペクト比を小さくすることによる二次流 セルの拡大は認められるが、側岸に斜め桟粗度を設 置する場合二次流セルの大きさに限界があると考え られる.また,実験4は水深が浅く二次流が十分に 発達出来なかったと考えられる.実験5の表面での ベクトルと横断流速コンター図を図-3に示す.誘導 壁無しと 1:1 誘導壁では二次流の影響が y=11cm 程度 までしか達せず河岸凹部内に流入しないが 1:3 誘導 壁, 横断方向流速が河岸凹部内まで達している.



図-5 フィルター設置角 30°の場合の捕捉率 (2)スーパーボールを用いた捕捉率測定実験

フィルターを設置角 0°,長さ 8cm,16cm で設置し た場合の捕捉率を図-4 に示す. 16cm で 1:3 誘導壁を 導入すると高い捕捉率が得られた.フィルターを設 置角 30°,長さ 8cm で設置し主流側に 4cm 張り出し た場合の結果を図-5 に示す.誘導壁の設置条件にあ まり影響されず、90%以上の捕捉率が得られた. 斜め 桟粗度の設置距離について、1.1mまで90%以上の捕 捉率が得られたことから、実験5 での斜め桟粗度の 最適な設置条件は粗度高さ1.0cm,設置角度30°,設置 間隔 10cm, 設置距離 1.1m 以上であるといえる. ま た、スーパーボールの横断方向の投入位置による捕 捉率の変化ついて,斜め桟粗度設置距離が1.1m以上 のとき最大でも 10%の差しかなかったため浮遊物の 位置によらず安定して捕捉できるといえる. フィル ターの設置角度による差は PIV 計測で分かった以下 の2点から説明できる.(1)y=11cmまで強い横断流速 が得られることから、フィルターを 4cm 張り出すこ とで左岸に寄ったスーパーボールを捕捉できた.(2) 河岸凹部内に流入するケースが 1:3 誘導壁のみであ ることから、フィルターを 16cm,0° で設置する場合 1:3 誘導壁により河岸凹部内に流入したスーパーボ ールは一部捕捉されるが 1:1 誘導壁と誘導壁無しで は捕捉されにくく、8cm だと水面の乱れによりフィ ルターの手前で逸れて捕捉されにくいといえる.

4. おわりに

斜め桟粗度を側岸に設置する場合,その二次流セル大きさに限界があることが示唆された.河川の幅によって 90% 以上の捕捉率を得ることができた.

5. 参考文献

1) Tominaga, A., Tang, Z. and Zhou T., Capture method of floating garbage by using riverside concavity zone, River Flow 2020, 2154-2162, ISBN 978-0-367-62773-7, 2020.