

側岸凹部を利用した浮遊ゴミ捕捉法について

名古屋工業大学 学生会員 大柿 貴利

名古屋工業大学 Zhou Ting

名古屋工業大学 フェロー会員 富永 晃宏

1. はじめに

近年、海洋におけるプラスチックゴミの問題が注目されているが、ゴミの起源は河川からに流出にあると考えられる。出水後、河川敷に多量のプラスチックゴミが堆積している状況が見られる。治水に悪影響を与える流木の問題もさることながら、浮遊ゴミの海洋への流出を防ぐ対策も重要と考えられる。名古屋市の堀川では、浮遊しているゴミが潮汐によって行き来している状況が観察される。そこで、河岸に存在する凹部を利用して、浮遊ゴミを回収する方策について検討した。凹部の対岸に水制を設けて浮遊物を凹部内へ誘導し、凹部下流のメッシュで捕捉する構造とし、凹部の上流側誘導壁の角度の効果を検討したものである。

2. 実験方法

実験水路は長さ 12m、幅 60cm の長方形断面水路を使用し、水路勾配 $I=1/1000$ とした。水路左岸に幅 30cm、高さ 6cm の塩ビ版を設置し主水路幅を 30cm とした。上流から 4m の位置に図-1 に示すような凹部を設けた。また長さ 40cm の捕捉用の金網を凹部下流端に設置した。水深は下流端で 3cm となるように流量及び下流の堰で調節をした。水理条件については表-1 に示す。これは都市河川である堀川の約 1/80 のスケールを考えている。今回の実験では、対岸水制の位置は凹部入口に固定し、凹部上流側の誘導壁の角度を変えて、その浮遊物捕捉率に及ぼす影響を検討した。これは岡本らの流木捕捉システムに関する研究において¹⁾、誘導壁の角度が重要であるとの結果を参考としたものである。凹部の境界条件を表-2 に示す。

浮遊物としては、直径 13mm、比重 0.91 のスーパーボールを用いた。スーパーボール 200 個を凹部上流 2.5m の位置から主水路幅全体にわたるように入力し、これを 20 回繰り返して凹部下流端の金網で捕捉された個数をカウントして捕捉率を求めた。

また、表面流況を把握するために、ベビーパウダーをトレーサーとした可視化 PIV 法による流速計測を行った。デジタルカメラを用いて 1280x780 画素、30fps で約 20 秒間撮影した。PIV 解析ソフト

表-1 水理条件

discharge Q (L/s)	water depth h (cm)	mean velocity U_m (cm/s)	Reynolds Number $Re(U_m h/\nu)$	Froude number Fr	bed slope I
1.0	3.0	11.1	3300	0.41	1/1000

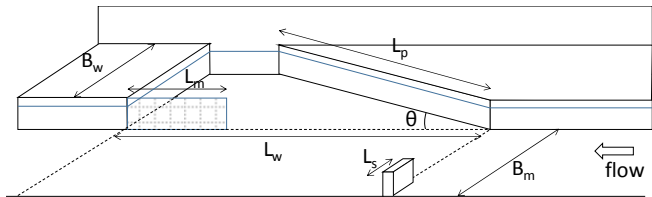


図-1 凹部形状

表-2 凹部境界条件

case	B_m (cm)	B_w (cm)	L_w (cm)	L_s (cm)	L_m (cm)	L_p (cm)	θ (°)
ZH-0	30	15	120	10	40	0	90.0
ZH-20						20	48.6
ZH-24						24	38.7
ZH-30						30	30.0
ZH-40						40	22.0
ZH-50						50	17.5
ZH-60						60	14.5
ZH-100						100	8.6

FlowExpert (カトウ光研) を用いて相互相関法により解析し時間平均流速ベクトルを得た。

3. 流れに及ぼす誘導壁角度の効果

実験に先立ち、水深平均の $k-\epsilon$ モデルによる計算を行い、誘導壁の角度が横断方向流速に及ぼす影響を検討した。定数は Rodi による値を用い、数値解法は有限体積法に SIMPLE 法を用いた。計算格子は x 方向には 2cm または凹部周辺で 1cm とし、 y 方向には 1cm 間隔とした。計算は実験のケース zh-01, 04, 05 とほぼ同条件のケースと凹部無しのケースを行った。図-2 に各ケースの横断方向流速 V のコンターを示す。凹部が無い場合、水制対岸域における負の流速の範囲は、水制長の 1.5 倍程度までであるのに対し、 $\theta=90^\circ$ の場合、水制後方に凹部があることで、水制の水はねによる右岸向きの横断方向流速が凹部内まで進入し、凹部深さの 6 倍程度まで維持されている。誘導壁の角度が小さくなるにつれて、横断方向流速の値は小さくなるものの、より下流まで右岸向きの流れが維持されるようになる。

キーワード 河岸凹部、浮遊ゴミ、水制、捕捉率

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 TEL 052-735-5490

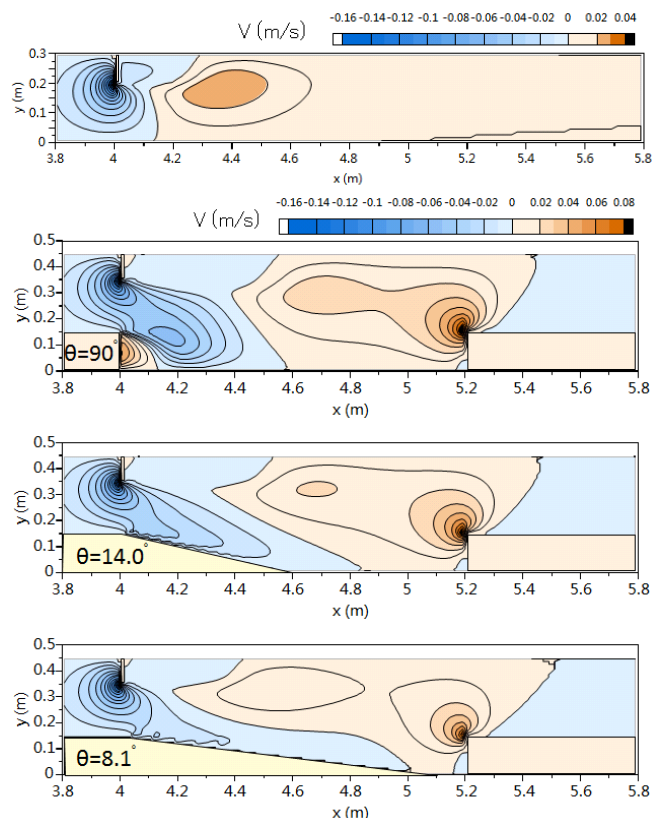


図-2 計算による横断方向流速 V コンター
(上から、凹部無し、 $\theta=90^\circ$ 、 $\theta=14^\circ$ 、 $\theta=8.1^\circ$)

次に、PIV 実験による表面流速ベクトルと横断方向流速コンターを誘導壁角度 90° と 8.6° のケースについて図-3 に示す。画角の制限から凹部下流端までは計測されていない。また、 $x=70\text{cm}$ 付近の画像に明度の高い映り込みがあったためデータが欠落している。計測された横断方向流速の変化傾向は計算と良く一致しており、誘導壁角度が小さくなるにつれて、値そのものは小さくなるが、負の値の範囲が下流側へ広がっていることがわかる。瞬間画像で見ると、水制の先端からせん断不安定による大規模渦が発生しており、水制背後には長さ 1m 以上に及ぶ再循環流が形成されていた。また、 $\theta=90^\circ$ では、凹部上流端にも再循環流が発生している。

4. 浮遊物捕捉実験の結果

浮遊物の捕捉実験結果を box-plot として図-4 に示す。実験は 200 個のスーパーボールを主水路前面に一樣になるように投入することを 20 回繰り返したが、捕捉率は実験ごとによりばらつきがあった。図の $\times$ 印が平均値であり、ばらつきの大きいことを示している。凹部側の 25% の領域を通過した浮遊物はほとんど捕捉される。誘導壁の角度が小さくなるほど捕捉率は上昇する傾向は見られるが、 20° 以下ではあまり変化がなくなり、平均的には 50% 以上が捕捉されている。しかし、捕捉率のばらつきは大きく、水制背後の組織的な渦による攪乱が影響しているものと考え

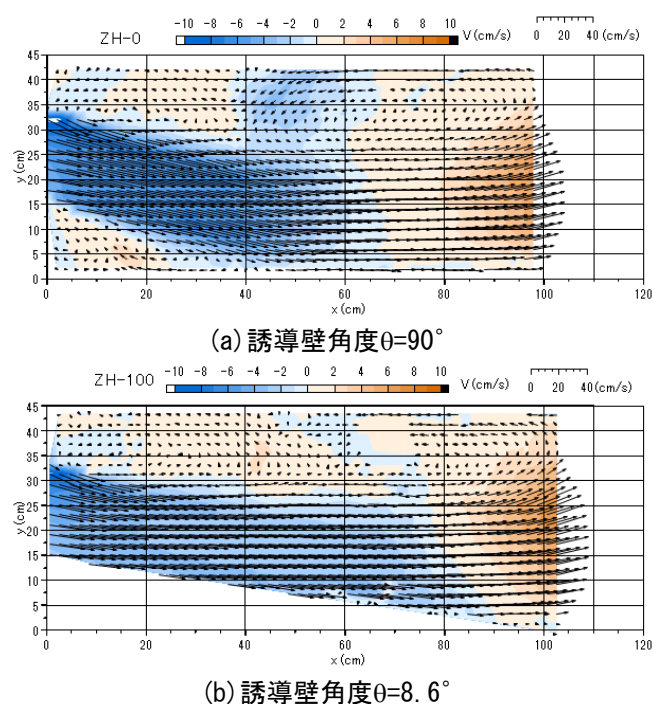


図-3 表面流速ベクトルと横断方向流速コンター

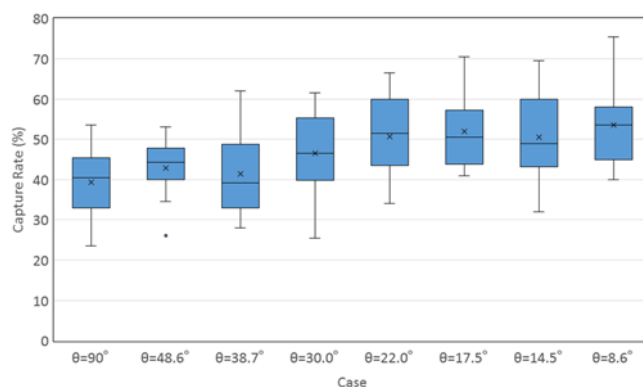


図-4 浮遊物捕捉率

えられる。また、捕捉率には下流端の金網の長さも関係すると考えられる。

4. おわりに

今回の実験では、浮遊物の捕捉に関して、水制位置と長さを固定して誘導壁の角度に着目して検討を行った。岡本らの実験に比べて相対水制長さ L_s/B が 0.33 と大きいにもかかわらず、捕捉率の平均は 55% 程度と小さかった。岡本らの実験と今回の実験の大きな違いは、幅水深比 $B/h=2$ に対して $B/h=10$ と大きい点にあると考えられる。幅水深比が小さい場合は、水制により 2 次流の形成が大きな効果をもたらした可能性がある。今後は、さらに条件を検討してより高い捕捉率を得るための条件を明らかにしていきたい。

参考文献

岡本, 山上, 樫原, 遊水域を利用したアクティブな流木捕捉システムに関する実験的研究, 土木学会論文集 B(水工学) Vol. 74, No. 4, I_673-I_678, 2018.