

II-187

水路床に凹部を有する開水路流れの特性

神戸大学大学院 学生員 池上 迅 神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 岐阜大学工学部 正 員 藤田 一郎 神戸大学工学部 正 員 宮本 仁志
 石 川 県 正 員 岡本 直久

1. はじめに

近年、多自然型河川工法のひとつとして人工の淵の造成等が行われているが、その内部の流況や周辺の流れに及ぼす影響は明らかでない。本稿は、このような流れ場の特性を基礎的に把握するために、直線開水路に水路の半幅もしくは全幅の凹部を設け、画像計測により凹部内の流況を調べたものである。

2. 実験装置および計測法

実験水路を図-1に示す。表-1のように、凹部の幅が水路の全幅と半幅の各場合について、2通りの凹部深さの実験を行った。流量は $Q=757.6(\text{cm}^3/\text{s})$ ，流入水深は $H_0=3.0(\text{cm})$ ，断面平均流速は $U_0=12.63(\text{cm}/\text{s})$ ，流入水深を用いたレイノルズ数は約3800である。サンプリング周波数60Hzで約16.7秒間CCDカメラで画像計測し、PIV手法(相関法)により流速ベクトルを求めた。

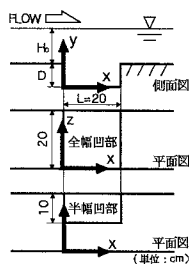


図-1 実験水路

表-1 水路形状

	凹部幅	凹部深さD
CASE1	全幅	2cm
CASE2	半幅	2cm
CASE3	全幅	4cm
CASE4	半幅	4cm

3. 画像処理結果

図-1にCASE2の鉛直断面平均流速ベクトル，図-2に瞬間流速ベクトルを示す。CASE2では段落ち部で剥離した流れが凹部内 $x=10\sim 11\text{cm}$ で再付着している。全幅凹部の場合に比べ、再付着点距離がやや短くなっているものの全般的に同様な流況を示す。また、図-2より段落ち部から剥離渦が生成し、主流と凹部の境界が激しく波打っている様子がわかる。水深が深いCASE4の平均流速ベクトルは図-3のようであり、再付着はせずに凹部内に循環流を形成している。全幅凹部では $x=11\text{cm}$ 付近を中心として凹部内の全域にわたる循環流が形成されるのに対し¹⁾，半幅凹部中央(a)では循環流の中心は $x=17\text{cm}$ 付近の下流部に位置している。また、半幅凹部内壁近傍(b)では、 $x=8, 12\text{cm}$ を中心として二つの循環流が見られる。

図-4にCASE2の水平断面境界部($y=2.25\text{cm}$)の平均流速ベクトルを、図-5にCASE2,4の $z=10\text{cm}$ での流速 w の分布を示す。CASE2では、図-4でも見られるように、 $x=13\text{cm}$ 付近までは凹部のない側から凹部側へ流入し、それより下流では逆に流出している。これは、主流が段落ち部で剥離した後に凹部内部へと落ち

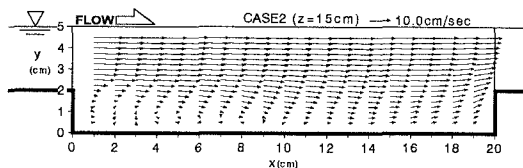


図-1 平均流速 (CASE2, 半幅凹部中央)

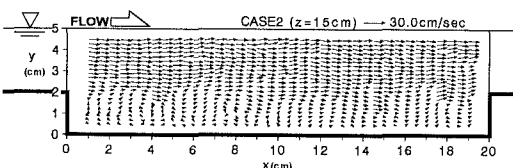
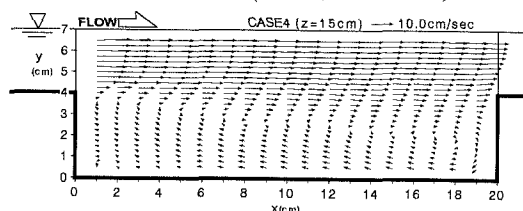
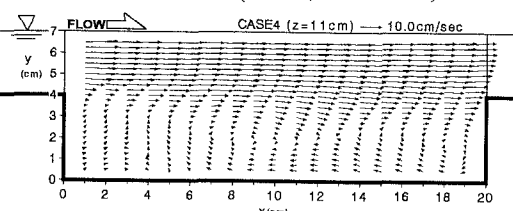


図-2 瞬間流速 (CASE2, 半幅凹部中央)



(a) 半幅凹部中央



(b) 半幅凹部内壁近傍

図-3 平均流速 (CASE4)

込むのに伴い側方からも流入すると考えられる。一方、凹部内で循環流が形成される CASE4 では、主流が凹部にあまり落ち込まないため、流出入は CASE2 に比べて少ない。

図-6 に CASE1,2 の平均再付着点距離の空間分布を示す。全幅凹部では $x=10\sim12\text{cm}$ の範囲で変動するものの、横断方向にほぼ一様であるのに対し、半幅凹部では横断方向に大きく変化しており、半幅凹部中央で 11.3cm と最も長く、凹部内壁近傍ほど短くなっている。これは先に示した側方から凹部への流入により剥離した流れが下降するためと考えられる。図-7 に CASE4 の半幅凹部内 ($y=2\text{cm}$) の水平断面平均流速を示す。 $x=14\sim17\text{cm}$ に

おいて凹部内壁から側壁側に向かう強い流れが認められる。また、図-8 に示す凹部内壁近傍の二次元発散分布では $x=11\sim16\text{cm}$ において負の大きな値が見られる。これは、図-3(b)で見られた二つの循環流の境界付近に位置し、この部分で収束した流れが z 方向の流れとなっていることがわかる。

図-9(a)に CASE1, 2, (b)に CASE3, 4 のレイノルズ応力を示す。CASE1 では、ステップ高さにおいてピーク値を持ち、下流に向かうにつれて再付着点付近まで増大している。CASE2 はピークがはっきりしないものの、分布の形状とその大きさは CASE1 とさほど変わらない。一方、CASE3 ではステップ高さから、やや下方にピークが見られ、 $x=12\text{cm}$ までピーク値が増大し、その後減衰するのに対し、CASE4 では、 $x=12\text{cm}$ までピーク値が増大し、その後も減衰しない。また、そのピーク値の大きさは CASE2 の2倍程度である。これは、凹部内壁からの強い二次的な流れにより乱れが大きくなることによると推察される。

4. まとめ

再付着点を有する浅い半幅凹部では、主流が凹部内へ下降するため、側方から凹部内へ流入し、その影響で凹部内壁近傍で再付着点距離が短くなる。凹部内で循環流を形成する深い半幅凹部では、側方から凹部への流入は少ないものの凹部内での流れの三次元性は強く全幅凹部とかなり異なる、また、全幅凹部に比べレイノルズ応力が大きくなる特徴が見られた。

参考文献 1) 神田・藤田・池上・岡本：水路の半幅に凹部を有する開水路流れの画像解析，関西支部年講，1996。

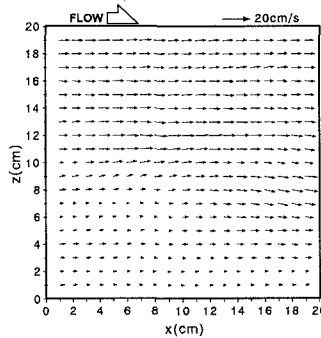


図-4 境界部平均流速(CASE2)

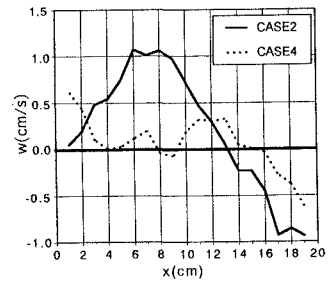


図-5 境界部での流速 w の分布

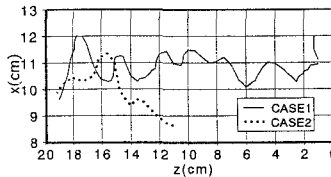


図-6 再付着点距離の空間変動

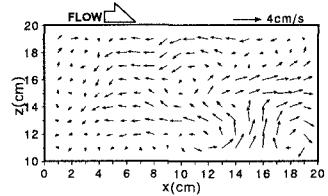


図-7 凹部内平均流速(CASE4)

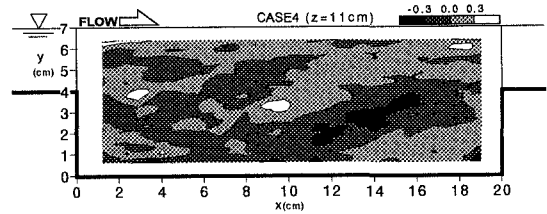
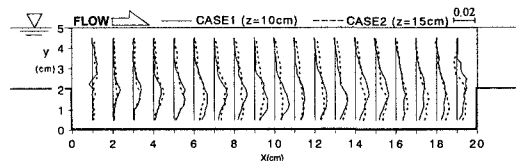
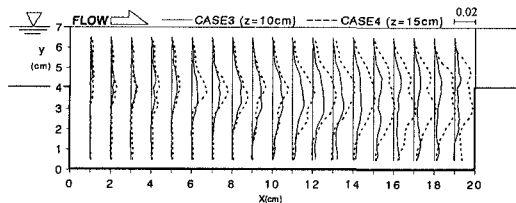


図-8 半幅凹部内壁近傍の二次元発散(CASE4)



(a)CASE1,2



(b)CASE3,4

図-9 レイノルズ応力分布