

第II部門

側岸凹部の奥行による開水路の平均流れ構造の変化の考察

神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 ○門谷 健
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 椿 涼太
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 藤田 一郎

1.はじめに

側岸に凹部の主流部方向に対して比較的深い凹部を設置したとき、循環渦が発生することが知られている。藤田ら¹⁾は凹部上流端から剥離した流れが凹部内の側岸で再付着する場合急拡・急縮的な流れ場になるが、剥離流れが再付着せず凹部下流端まで達する時は凹部内において強い循環流が発生し急激にそれまでとは違った流れ場を形成することを指摘している。本研究ではこの循環流を発生させる凹部流れの3次元解析を行い、三次元的な流線図から凹部奥行による凹部内の時間平均流れ構造の変化について考察を行う。

表-1 解析ケースの詳細 ([-]の数は格子数)

Case	フルード数	凹部長さ	凹部奥行	主流幅	水深				
	Fr (cm)	L (cm)	b (cm)	B (cm)	h (cm)				
F06L35b10	0.6	35 [35]	10 [25]	10 [25]	4 [28]				
F06L30b10		30 [30]							
F08L35b10	35 [35]								
F08L30b10	30 [30]								
F06L35b06	0.6	35 [35]	6 [15]			10 [25]	4 [28]		
F06L30b06		30 [30]							
F08L35b06	0.8	35 [35]	6 [15]					10 [25]	4 [28]
F08L30b06		30 [30]							

2.解析条件

解析は、密度関数を用いた LES 解析²⁾ によって行う。解析ケースは表-1 に示すように主流幅および水深一定の下でフルード数、凹部長および凹部奥行を変化させた。

3.解析結果および考察

今回の解析結果の速度データを用いた凹部全体の時間平均流線を図-1 に示す。流線の色は底面からの高さを表しており、青は底面付近、赤は水面付近の流線を意味する。上部の4ケースは凹部奥行 $b=6\text{cm}$ のケースの流線を図示したもので、凹部奥行が水深に対し相対的に小さくなっている。どのケースにおいても凹部下流側の底面付近から上流・水面方向へ向かう流線が形成されている。このような流れ場が形成される理由として、底面付近では凹部上流付近から凹部中央にかけて凹部内への流入が発生するが、水面付近では主流流速は相対的に大きくなるため慣性力も大きくなり流入する位置は底面の流入位置よりも下流側に移動するためであると考えられる。また、凹部上流端の水面付近では主流部の速い流れに連行されて凹部内からの流出が促進されていることも理由として考えられる。この結果、凹部内底面付近から流入した水塊は凹部上流の水面方向へと移動する。また凹部水面付近から流入した流れも上流へ向かう逆流を形成し、凹部全体としては図-2(a)に示すように歪んだチューブ状の流れ場を形成している。

図-1 の下段の4つの図は凹部奥行 $b=10\text{cm}$ のケースの時間平均流線を図示したものである。どのケースにおいても $b=6\text{cm}$ のケースに見られた主流方向にチューブ状の渦構造ではなく、図-2(b)に示すような凹部下流端付近で水深方向にチューブ状となった二次元的な渦構造が形成されている。凹部内底面付近では若干上昇する流れも見られるが、全体的には凹部底面全体で大きな渦構造を形成している。水面付近では、底面に比較するとコンパクトな渦構造となっており、これは主流部表面付近の速い流れに連行されて流出が促進するためであると考えられる。水面付近の渦の大きさは、横断方向長さを凹部奥行に一致すると仮定すると流下方向長さはどのケースにおいてもは凹部の奥行のおよそ1.5~2倍となっていて、渦の大きさはほとんど変化していない。これは水面付近の大規模渦のスケールが、凹部形状よりも主流部の流速に依存するためであると考えられる。このように凹部奥行によって流れ場の構造が変化したことの原因として、 $b=10\text{cm}$ のケースでは凹部の奥行が水深に対して相対的に大きくなるため、凹部内部での底面および水面による拘束が大

きくなり、鉛直方向の流れが形成されにくくなるためであると考えられる。

図-3 に凹部中央の流下断面の速度ベクトル図を示す。凹部奥行 6cm のケースでは凹部全体で反時計回りの渦が形成されているのに対し、奥部奥行き 10cm のケースでは主流部に近い底面付近で小さな渦を確認することができるが、全体的には主流部方向へ向かう流れ場が形成されており、流線の結果と一致する。

おわりに

本研究では側岸凹部を有する開水路について三次元解析を行った結果、水深に対し比較的凹部奥行が小さなきは、凹部内の時間平均流れ構造が三次元的となることに対し、凹部奥行が比較的大きなきは、二次元的な流れ構造となることがわかった。

参考文献

- 1) 藤田一郎・小澤純・長浜弘典：直線水路に設置された側岸凹部が主流に与える影響について，応用力学論文集, Vol.4, pp.549-556, 2001.
- 2) 門谷健，藤田一郎，椿涼太，松原隆幸：水面変動を考慮した LES による側岸凹部を有する開水路流れの解析，水工学論文集，第 51 巻，pp.655-660, 2007.

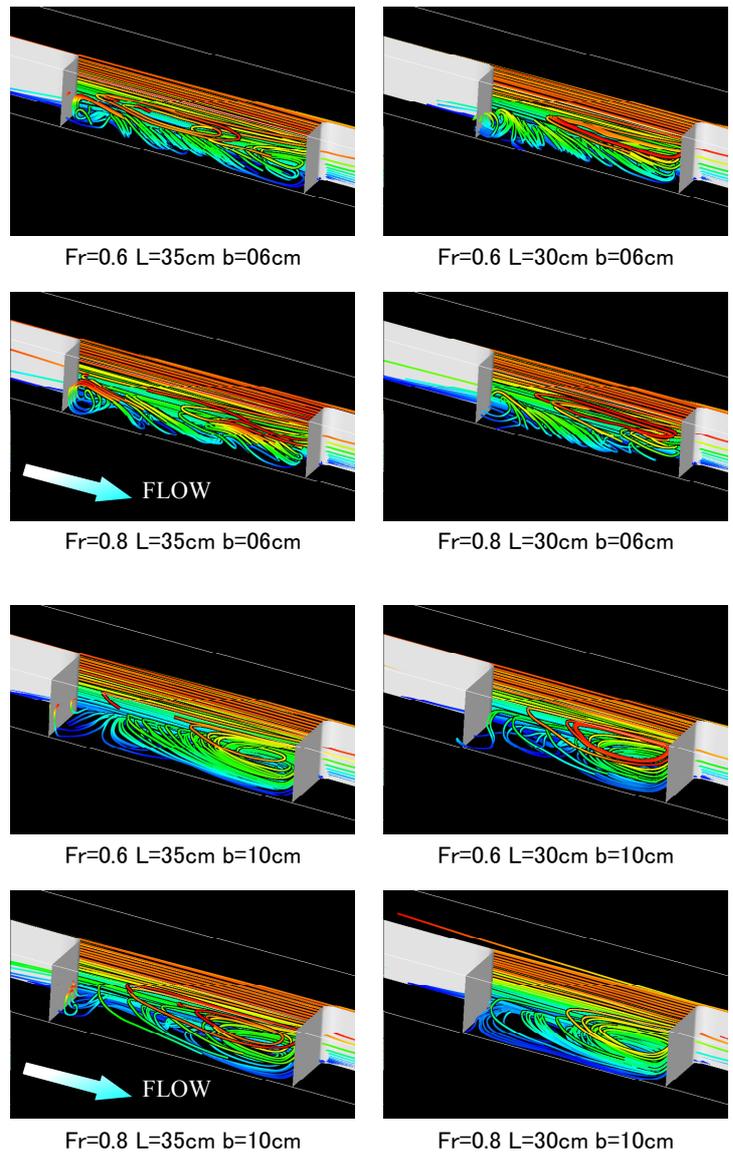


図-1 時間平均流線

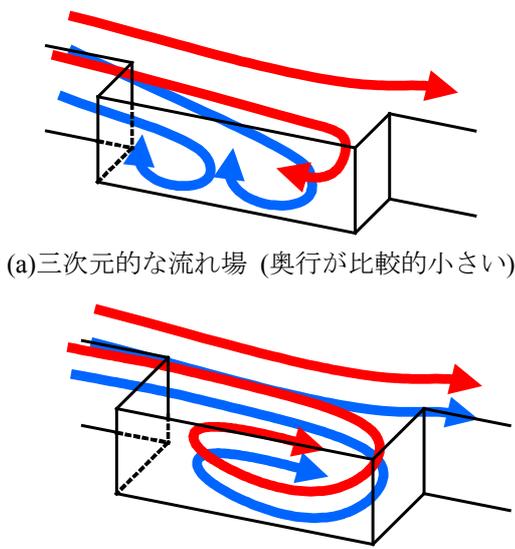


図-2 凹部奥行の違いによる流れ構造の変化

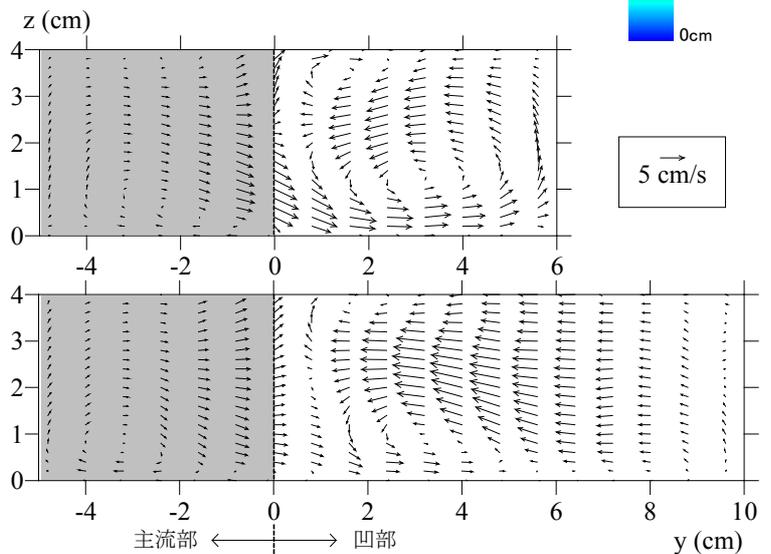


図-3 凹部中央での流下断面の流速ベクトル($Fr=0.8$, $L=30\text{cm}$, 上：凹部奥行 6cm, 下：凹部奥行 10cm)