

底面近傍の円柱周りの渦構造可視化実験

山口大学工学部 学生員 ○小牧貴大
 山口大学工学部 正会員 朝位孝二
 山口大学工学部 正会員 河元信幸

1. はじめに

瀬と淵は河川に生息する生物に多様性を与える重要な要素であり、多自然型川づくりにおいて瀬と淵の維持・形成は重要である。河川構造物周辺部では局所洗掘による深掘れや土砂の堆積が見られる。斎藤ら¹⁾は円柱に側溝(リブレット)を施した場合、洗掘が軽減されることを指摘している。側溝により円柱周りの渦(襟巻渦)が制御された結果であるが、このように構造物周辺の渦を制御できれば、瀬と淵の創造・制御工法が確立でき、多自然型川づくりの設計に大きな貢献ができる。本研究は瀬と淵を創造・制御技術の開発の第一段階として、円柱に側溝などの細工を施し、円柱周りの渦構造の可視化実験を行い、渦構造を比較した。

2. 実験概要

2.1 実験方法

実験は、幅60cm、長さ600cm、深さ20cm、水路勾配1/1000の亚克力製開水路で行い、上流から150cm、水路中央部に円柱を設置した。可視化方法は、上流よりフルオレセインナトリウム水溶液(200ml)を流し、水路下から円柱前方淀み点付近にスリット光を当て、襟巻渦縦断面をデジタルビデオカメラで撮影した。

2.2 実験条件

実験条件を表-1に示す。実験に使用した円柱形状を図-1に示す。リブレット、つば、スリット、角柱、角溝の幅、深さ(または厚さ)はいずれも2mmで立面図の上端は水面である。

2.3 記号説明

本文で使用する記号を図-2に示す。記号は、 L_x :襟巻渦の横幅、 L_y :襟巻渦の縦幅、 X_* :円柱前縁から襟巻渦中心までの距離、 Y_* :水路床から襟巻渦中心までの高さである。

3. 実験結果および考察

3.1 襟巻渦生成過程

図-3は、RUN2における実際の襟巻渦生成過程の連続写真である。横軸は円柱前縁からの距離で、縦方向に0.5秒間隔で時間が経過している。ここでは単円柱とスリット円柱について示している。周囲のトレーサーを巻き込み、渦が確認され始める時刻を0秒としている。渦はやがて約2秒後で明瞭となり渦径も大きくなる。その後、渦を描いたトレーサーは円柱後方に流れ込み、可視化できなくなる。スリット円柱の場合、単円柱と異なり0秒から1.5秒間で渦が円柱のスリットに吸い込まれているかのように扁平に変形している。

表-1 実験条件

	水深	直径	流速	Fr	Re
	$h(cm)$	$D(cm)$	$V(cm/s)$	V/\sqrt{gh}	VD/ν
RUN1	4.0	4.0	1.4	0.0256	560
RUN2	4.0	4.0	3.4	0.0527	1360
RUN3	4.0	4.0	7.6	0.1294	3040

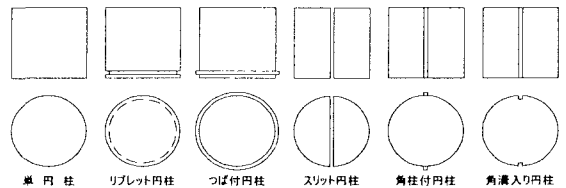


図-1 円柱形状

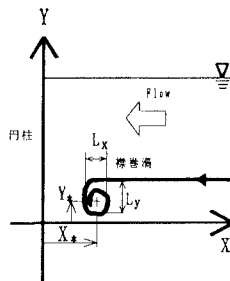


図-2 記号説明

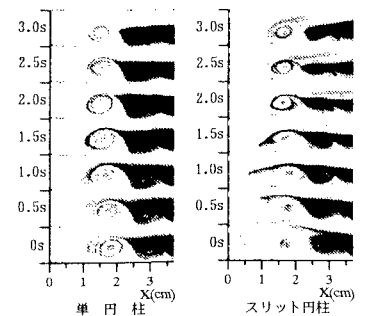


図-3 襟巻渦生成過程

3.2 渦径, 渦中心位置

図-4~7 は各円柱の L_x , L_y , X_t , Y_t とレイノルズ数の関係を示したものである。各図とも横軸にレイノルズ数, 縦軸に RUN1 における単円柱の値 (L_{x0} , L_{y0} , X_{t0} , Y_{t0}) で規格化したものである。また, 便宜上単円柱のデータは直線で結んでいる。可視化できる渦の発生から消滅までの間で規模が最大となった渦に対して渦径や渦点位置のデータを画像から読み取った。

3.2.1 渦径の規模(L_x , L_y)

L_x , L_y とも単円柱はレイノルズ数に関して増加し, その後減少する。リブレット円柱, つば付円柱の L_x については単円柱と同様の変化であるが, リブレット円柱は減少の仕方が緩やかであるのに対し, つば付円柱は増加・減少の変化が大きい。スリット円柱の L_x は単調に増加している。角柱付円柱の L_x はレイノ

ルズ数 1200 程度から緩やかに減少する。角溝入り円柱の L_x は単円柱と逆に下に凸の変化をしている。リブレット円柱の L_y はレイノルズ数に関して単調に増加している。つば付円柱の L_y は単円柱と同様の傾向である。スリット円柱, 角柱付円柱の L_y はレイノルズ数に対する変化が少ない。角溝入り円柱の L_y は傾向が単調に減少している。渦の規模は, レイノルズ数が小さい場合単円柱が最も大きく, レイノルズ数が大きくなるとリブレット円柱, スリット円柱の場合が大きくなる。

3.2.2 渦中心位置(X_t , Y_t)

単円柱の X_t はレイノルズ数の増加とともに減少しているのに対し, つば付円柱, スリット円柱, 角柱付円柱, 角溝入り円柱は増加している。リブレット円柱はレイノルズ数に関して上に凸の変化を示している。 Y_t は円柱形状に関わりなく傾向がほぼ一致しており, レイノルズ数の増加とともに減少している。

4. おわりに

円柱に幅 2mm 程度の細工を施すことにより襟巻渦の構造に顕著な違いが現れた。先に述べたようにリブレット円柱については洗掘軽減効果のあることが実証されている。スリット円柱の渦径はリブレット円柱と同じく単円柱よりも大きい。したがって, 洗掘軽減効果が期待される。一方, つば付円柱の場合の渦はレイノルズ数が大きい場合もっとも小さくなっている。つば付円柱については洗掘促進の効果があると予測される。今後はこれらの円柱について洗掘実験を行う予定である。

【参考文献】

1) 斎藤隆・岩本浩・今若謙氏・河元信幸(1993): 単一水平リブレットによる円柱周りの洗掘軽減, 山口大学工学部研究報告

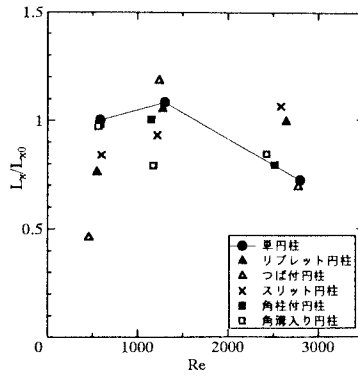


図-4 L_x の比較

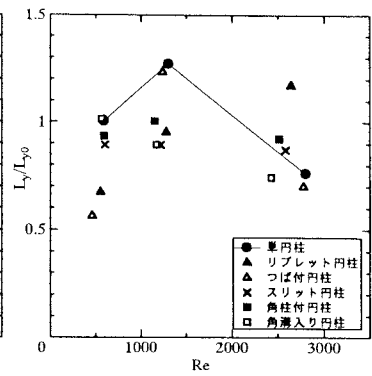


図-5 L_y の比較

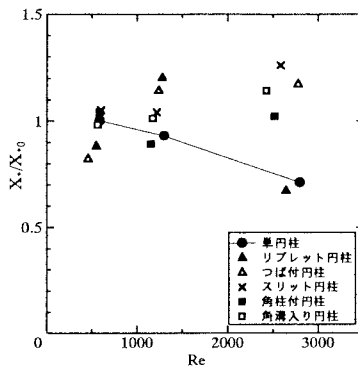


図-6 X_t の比較

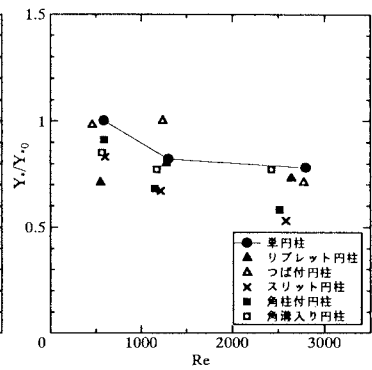


図-7 Y_t の比較