

微生物膜形成場としてのコンクリート表面場の流れの可視化に関する研究

愛媛大学大学院 正会員 門田 章宏
 愛媛大学大学院 学生員 ○新家 研蔵
 愛媛大学大学院 フェロー会員 鈴木 幸一

1. はじめに

河川の水質浄化や生態系保全において重要な役割を担っているものは河床等に形成された生物膜である。治水や利水目的で河川中に設置された人工構造物上にも、時間の経過とともに水面付近などから生物膜が形成されるが、その発達は、構造物の材質や形状、設置条件により異なることが知られている。これらの条件を多少変化させることで、生物膜の形成促進や生物活性の強化が図れるのであれば、治水・利水目的を果たすと同時に、環境修復機能をも強化できることになる。この試みとして、構造物の表面をポーラス形状とすることや、物質吸着作用のある化学物質を添加することがこれまでに検討され、一部は製品開発まで行われているが、その定量的な評価はほとんどなされていない。そこで本研究では、種々の河川環境因子としての流れに着目し、生物膜の形成・維持に及ぼす影響を的確にかつ詳細に評価する一つの手段として流れの可視化手法を用いて、生物膜が形成されるポーラスコンクリート表面の流況を詳細に把握することを目的とした。

2. 実験方法および流れの可視化解析手法

本実験では、循環式直線開水路(長さ 2m, 幅 10cm, 高さ 20cm)に、粒径を変化させたポーラスコンクリートを設置し、デジタルハイスピードカメラ(HAS-220)を用いて、可視化実験を行った。また、光源としてメタルハライドファイバー照明装置を用い、2~3mmのスリット光を発生させた。流量調節は、アンプ分離型電磁式デジタル流量センサ(KEYENCE FD-MA500A)により行った。実験条件に関しては、上述の装置を用いて図-1に



図-1 本実験で用いた三種類の供試体

示すように 3 種類の供試体(10cm×10cm)をそれぞれ用いて水路床に敷き詰め、断面平均流速 20,40,60(cm/s)の計 9 つの実験条件下で可視化実験を行った。また、上述のコンクリート担体周辺の粒子画像を追跡する手段として、本研究グループで開発した PTV 法を採用した。ここでは、FFT 相互相関法によって精度のやや低い仮ベクトルを評価した後、このベクトルの先端を中心に探查領域を新たに設定し精度の良い結果が得られる直接相互相関法に適用する手法(門田ら, 2007)を適用した。得られた瞬間流速値の結果は、乱れ強度、レイノルズ応力や組織的構造を抽出する POD パターン等の基本的乱流統計量として考察を行った。

3. 乱流統計量に関する実験結果および考察

実験結果の一例として断面平均流速 40(cm/s)の水平断面内の乱れ強度の横断方向成分 w_{rms} (cm/s)の分布を、三つの供試体についてそれぞれ図-2に示している。また、同様に Reynolds 応力(cm^2/s^2)の分布も図-3に示した。図-2 の乱れ強度の横断方向成分の大きさにより、ポーラス空隙からの横断方向への運動量輸送が活発に行われていることが推測される。図-3 では、供試体のポーラス形状による顕著な違いが観られ、ポーラス間で発生する巻き上げによってもたらされたものと考えられる。粒径が大きくなるほど、空隙間とその外部の流れによる流速差でせん断が強く傾向が現れており、さらに、粗面乱流に観察される縞構造が発生し、ポーラスの粗度に応じて大きくなるといえる。これらの乱流統計量を指標にすることによって、どの様な水理条件下で生物膜が形成することができるかを定量的に把握することが可能と考えられる。

キーワード ポーラスコンクリート, PTV, POD 解析

連絡先 〒790-8577 愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻環境建設工学コース TEL089-927-8579

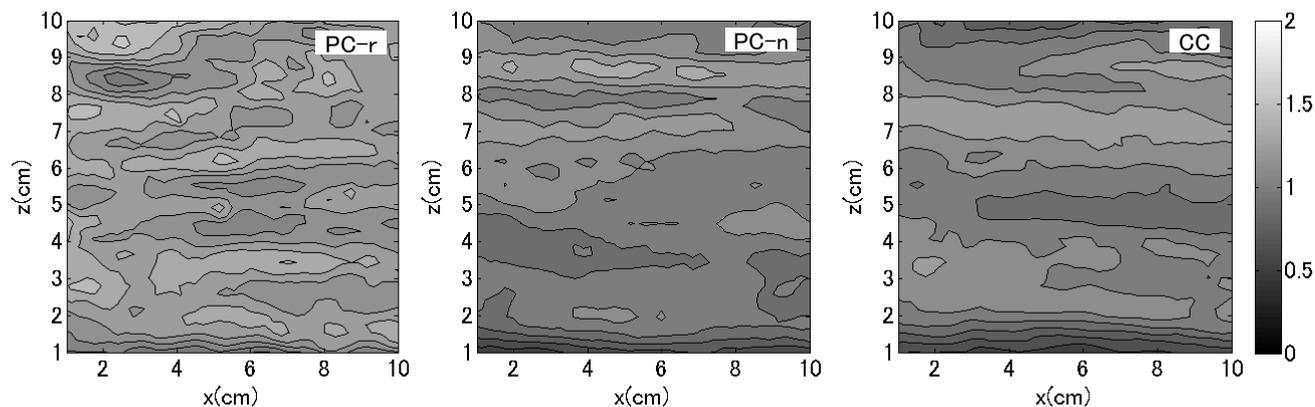


図-2 供試体表面付近における乱れ強度の横断方向成分 w_{rms} (cm/s)

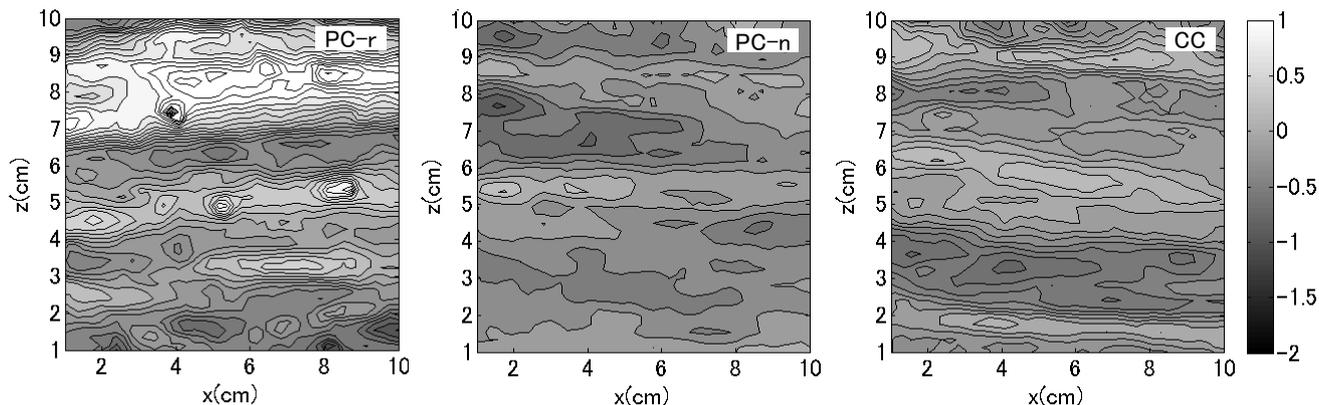


図-3 供試体表面付近における Reynolds 応力 $-uw$ (cm^2/s^2)

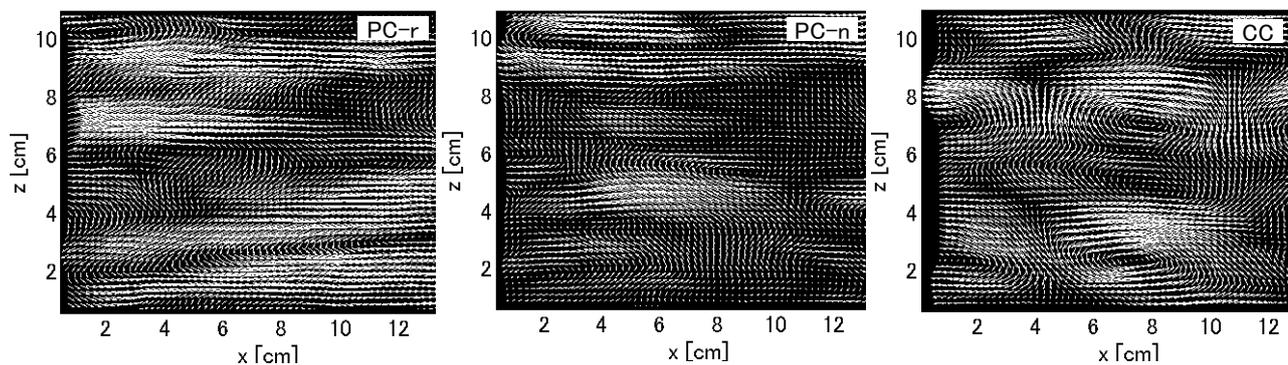


図-4 POD 解析による特徴的な乱れ変動パターン

次に、瞬間的にどのような乱れ変動が起きているかを把握するために POD 解析を行った。図-4 に解析結果の一例を示している。これらの水平断面内の POD 抽出パターンにおいて交互に正負の主流方向の瞬間的乱れ変動が生じ縞模様の構造が観られる。また、上述の Reynolds 応力などの平均的乱れ変動量と同様に強いせん断が観られる粒径の粗いポーラスコンクリート表面に大きなスケールの変動パターンが観られる。これらの POD 解析結果は、瞬間的に起きる時間スケールの極小さな生物膜の剥離現象解明に有効であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、ポーラスコンクリート表面上の流れに関する可視化実験・解析および考察を行った。今後、水路内に基質を流入し、実際にポーラスコンクリート表面に生物膜を付着させ、その上で生物膜の形成・剥離過程の現像解明を行うとともに、付着特性や剥離状態と本研究で得られた流れとの関係を解明する予定である。また、本研究は、科学研究費若手研究(B) (課題番号 19760342)によって行われた研究である。

参考文献

・門田ら：単独水制周辺部の浅水流可視化実験と組織的乱流変動場の移流構造に関する解析、可視化情報学会論文集, Vol.28, No.1, pp.1-8., 2007