

氏 名	矢 野 まさ 士
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2594 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 社 会 基 盤 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	開水路側岸凹部流れにおける組織乱流構造と物質輸送に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 欄 津 家 久	教 授 細 田 尚	助教授 牛 島 省
--------	----------------------	-----------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、実河川のワンド流れをモデル化した開水路側岸凹部流れにおいて、PIV (Particle Image Velocimetry) およびレーザー流速計 (LDA) を用いた水理実験と LES (Large Eddy Simulation) による数値シミュレーションを行い、乱流構造および物質輸送機構に関して考察したものである。本論文は以下の8章からなっている。

第一章：序論

本論文の研究意義ならびに研究目的を示しており、フローチャートによって本論文の構成を説明している。また、既往研究に関するレビューも行っており、本研究の位置付けを行っている。

第二章：計測手法および数値計算手法の概要

本研究で使用する計測機材の解析方法や数値計算手法について概説している。

第三章：側岸凹部周辺における流れ構造の三次元性に関する研究

水深を系統的に変化させた条件で研究を行う。実河川で見られる側岸凹部構造物周辺では様々な水深分布が見られる。特に、河口付近における潮汐の影響を受ける領域では数 m のオーダーで水深が変化するため、流れの構造は大きく変化すると考えられる。そこで、水理実験および数値計算を行い、流れの三次元性について検討した。

第四章：側岸凹部周辺流れに及ぼすアスペクト比の影響に関する研究

アスペクト比を系統的に変化させた条件で水理実験および数値計算を行う。実河川では水制を流下方向に連続的に設置することにより死水域を形成しており、その設置間隔はおおよそ一定であるものの、様々な分布を有している。このため、アスペクト比は様々な変化しており、流れ構造も大きく変化するものと考えられる。そのため、この章ではアスペクト比の変化が及ぼす側岸凹部流れへの影響について水理実験および数値計算から検討を行った。

第五章：フルード数の変化が側岸凹部流れに及ぼす影響に関する研究

フルード数を系統的に変化させた条件で水理実験および数値計算を行う。流れを支配するパラメータとしては、レイノルズ数やアスペクト比あるいは水深などが挙げられるが、側岸凹部流れにおいてはセイシュの発生など水面変動に特徴的な現象が見られる。水面変動の支配パラメータはフルード数であるため、ここではフルード数を系統的に変化させて組織渦との関連性を言及した。

第六章：側岸凹部を流下方向に連続的に配置した流れに関する研究

側岸凹部模型を流下方向に2個連続的に配置し、その設置間隔およびアスペクト比を系統的に変化させて水理実験を行う。淀川や木曽川で見られるワンドは連続的に配置されており、土砂の堆積により、そのアスペクト比の分布は様々である。そこで、上流側に設置した凹部のアスペクト比を系統的に変化させ、また、下流側に設置された凹部のアスペクト比は最頻値に設定して、上流側に設置された凹部流れが下流側に設置された凹部流れに及ぼす影響について検討している。その結果、上流凹部のアスペクト比を大きくするに従い、水はね効果に起因する流向変化が顕著になり、下流凹部での流向は全体的に

主流部側へ変化する。これに伴い、凹部内部での大規模循環渦の発生位置は主流部側かつ上流側へと移動し、乱流特性量の最大値発生位置も主流部側かつ上流側へと移動する。また、仮想粒子の変動時系列から、主流部と凹部内部との物質交換率も増加することがわかった。こうした傾向はワンド設置間隔を大きくするに従い減少した。

第七章：浸透性ワンド流れにおける組織渦と物質輸送に関する PIV および LIF 計測

浸透性を有する側岸凹部流れにおける PIV 計測および LIF 計測を行う。木曽川の現地観測結果によると、木曽川ワンドは浸透流の影響を受けることがわかった。浸透流の発生原因として、以下のことが挙げられる。木曽川と平行して流下する長良川は下流堰の影響で、特に干潮時に木曽川よりも高水位となる。このため、長良川から木曽川へと浸透流が流入する。さらに、木曽川では透過型連続水制によってワンドが形成されているため、隣接するワンドからの浸透作用が発生する。以上2つがワンド周辺で発生する浸透流の主な原因である。また、こうした現象がワンド周辺での物質拡散分布に影響を及ぼしていることも指摘されている。そこで、本章では浸透性ワンド流れにおける乱流構造および物質交換特性を検討し、それらの関連性を検討する。これまで凹部流れ周辺での物質交換特性について検討した例はいくつか挙げられるが、そのほとんどは点計測による結果であり、広域的なデータは取得されていない。ワンド周辺での物質交換特性を把握するには、こうした点計測だけでは不十分であり、より広域的な結果が必要不可欠となる。そこで、本章ではこうした課題を解決するため、LIF 計測による物質濃度分布に関するデータを取得し、解析している。

第八章：総合的考察

各章で得られた知見をまとめて総合的考察とする。

論文審査の結果の要旨

本論文は、実河川のワンド流れをモデル化した側岸凹部周辺流れについて、様々な条件下で乱流計測および数値計算を行い、流れ特性および物質輸送機構に関する検討を行い、総合的に考察したものである。これらから得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 側岸凹部周辺における流れ構造の三次元性に関する研究成果

水平断面の流速分布は水深が変化しても大きく変化しない。しかし、二次循環渦の規模は底面付近あるいは水面付近かで若干の変化が見られた。一方、鉛直断面の流速分布に着目すると、凹部下流壁底面付近において平均渦が発生することがわかった。

2. 側岸凹部周辺流れに及ぼすアスペクト比の影響に関する研究成果

凹部内部では大規模循環渦が発生する。ここで、アスペクト比が2.0では二次循環渦が発生するが、1.5から1.0程度では発生しない。一方、アスペクト比が0.5のケースでは大規模循環渦が凹部内部で二つ発生することが明らかとなった。

3. 側岸凹部周辺流れに及ぼすフルード数の影響に関する研究成果

フルード数が増加するに従って水面形状が顕著に変化することがわかった。凹部下流壁では水面が上昇し、その直下流では低下している。特に、フルード数が0.8のケースでは平均水深の15%程度の変化が見られた。これは、流れが下流壁に衝突するためと考えられる。一方で、凹部上流域ではフルード数が増加するに従って水面が低下した。これは、大規模循環渦が主流へと流出することが原因と考えられる。

4. 側岸凹部を流下方向に連続的に配置した流れに関する研究成果

上流ワンドのアスペクト比を大きくするに従い、水はね効果に起因する流向変化が顕著になり、下流ワンドでの流向は全体的に主流部側へ変化する。これに伴い、ワンド内部での大規模循環渦の発生位置は主流部側かつ上流側へと移動する。こうした傾向はワンド設置間隔を大きくするに従い減少する。

5. 浸透性ワンド流れにおける組織渦と物質輸送に関する PIV および LIF 計測の成果

浸透流量および浸透流入位置の相違にかかわらず、ワンド内部で大規模な循環渦が発生する。これに伴ってワンド内部上流域で二次循環渦が発生するが、比較的低流速領域である。ワンド内部の平均濃度分布は、大規模循環渦の周辺では低濃度分布であり、ワンド内部上流域では高濃度分布であった。これは、高流速領域では物質が停滞しにくく、一方、

低流速領域では停滞しやすいためである。

以上、本論文は、開水路側岸凹部流れにおける流れ構造と物質輸送に関して基礎的研究を行ったものであり、これから得られた知見は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年1月13日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。