

تأثیر صفحات مثلثی بر طول اختلاط و ضریب اختلاط عرضی در کانال مستقیم

الهام بیاره پور*، محمود شفاعی بجستان و سید محمود کاشفی پور^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۴)

چکیده

کانال‌ها و آب‌های سطحی راهی برای انتقال آلاینده‌ها به محیط زیست و انسان هستند. هنگامی که آلاینده‌ای به کانال وارد می‌شود غلظت آلاینده پس از طی مسافتی کاهش می‌یابد. کاهش این مسافت یک مصلحت مهندسی است و برای کاهش این مسافت باید اختلاط در آب را افزایش داد. بنابراین در این مطالعه هدف این است که تأثیر نصب صفحه مثلثی، از سازه‌های کنترل فرسایش سواحل رودخانه، بر ضریب اختلاط مواد ردیاب را بررسی کرد. برای انجام آزمایش‌های این تحقیق از یک فلوم به عرض ۸۰ سانتی‌متر استفاده شد. صفحه مثلثی از جنس پلکسی‌گلاس با طول مؤثر ۳۰ درصد عرض فلوم و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر در فاصله ۰/۵ متری محل تزریق محلول نمک (که به‌عنوان ردیاب استفاده شد)، نصب شد. برای نشان دادن اثر سازه، آزمایش‌های مختلفی در دو حالت بدون و با حضور صفحه مثلثی در شرایط مختلف جریان انجام شد و برای اندازه‌گیری غلظت ردیاب در چهار مقطع پایین دست محل تزریق از حسگرهای شوری‌سنج استفاده شد. تغییرات طول اختلاط و ضرایب اختلاط عرضی محاسبه شد و مبین این است که نصب صفحه مثلثی باعث کاهش طول اختلاط به‌میزان حدود ۳۰ درصد و افزایش ضریب اختلاط عرضی به‌میزان بیش از ۱/۴۳ برابر نسبت به حالت بدون حضور صفحه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: طول اختلاط اختلاط عرضی سرعت برشی صفحه مثلثی

۱. گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: e.yabarepoor14@gmail.com

مقدمه

بین فرایندهای اختلاط، پس از پدیده انتشار طولی به عنوان تأثیرگذارترین پارامتر اهمیت خاصی دارد. وقتی یک آلاینده به کانال تزریق می شود، در ضمن حرکت با جریان آب، در سه جهت پخش می شود. با این وجود بعد از انتشار طولی مهم ترین راستا در ارتباط با پخشیدگی، آلاینده راستای عرضی است. برای افزایش این ضریب و در نتیجه کاهش طول اختلاط تلاش های زیادی انجام شده است. با توجه به مروری که بر منابع گذشته انجام شد، می توان کارهای انجام شده در این زمینه را به دو گروه مربوط به مطالعات انجام شده در کانال های مستقیم و قوسی تقسیم بندی کرد. در مسیرهای مستقیم سعادت پور و همکاران (۲) به بررسی اثر تغییرات نسبت عرض به عمق جریان بر ضریب اختلاط عرضی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش نسبت عرض به عمق از ۲/۸ به ۵/۶۹ انتقال از طریق جریان های ثانویه افزایش می یابد. در نتیجه در سرعت ثابت ۰/۳۳ متر بر ثانیه مقدار ضریب بی بعد اختلاط عرضی با افزایش عمق جریان برای کانال مورد نظر از ۰/۴۹۰ به ۰/۱۲۱۰ کاهش یافت. قاسمی و همکاران (۱) اثر ارتفاع تاج تلماسه بر ضریب اختلاط عرضی در کانال مستطیلی مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده از تحقیق ایشان نشان داد که تلماسه به میزان زیادی می تواند به اختلاط عرضی آلاینده کمک کرده و سرعت اختلاط را افزایش دهد. پورآبادی و همکاران (۵) به بررسی تأثیر پارامترهای جریان بر ضریب پخش عرضی آلودگی در یک کانال مستطیلی پرداختند و در نهایت ضریب پخش عرضی را به دست آوردند. در این مطالعه با استفاده از یک کانال کم عرض، تأثیر نسبت عرض به عمق جریان و جریان های ثانویه مورد بحث و بررسی قرار گرفت و چنین نتیجه گیری شد که در کانال های صاف، کاهش نسبت عرض به عمق، باعث افزایش ضریب اختلاط عرضی می شود اما رابطه دقیقی بین این دو پارامتر مشاهده نشد. سعادت پور و همکاران (۲) به بررسی تأثیر فاصله زبری موضعی از محل تزریق آلودگی بر ضریب اختلاط عرضی در کانال مستطیلی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که وجود زبری ها در هر موضعی باعث افزایش آشفتگی و جریان های عرضی و در نهایت افزایش ضریب

وقتی آلاینده ای وارد کانال می شود، غلظت نقطه ای آلودگی ابتدا افزایش و پس از طی مسافتی در اثر توزیع عرضی و طولی کاهش می یابد. فرایند پخش آلودگی به این حداقل مسافت نیاز دارد تا اختلاط کامل انجام شود. این مسافت وابسته به غلظت آلودگی، شرایط هیدرولیکی کانال و شرایط هیدرولیکی ورود فاضلاب به کانال دارد. در طول این مسافت غلظت نقطه ای آلودگی ممکن است فراتر از حد مجاز باشد که از نظر زیست محیطی هر چه این فاصله، یا طول اختلاط کامل، کوتاه تر باشد مطلوب تر است. طول اختلاط کامل به فاصله میان محل تزریق آلودگی تا محلی که آلاینده به طور یکنواخت در عرض مجرا پراکنده شود به طوری که کلیه نقاط در هر سطح مقطع غلظتی کمتر یا برابر پنج درصد مقدار غلظت کل تزریق شده را دارا باشند، گفته می شود. برای زمانی که منبع در وسط قرار دارد، طول اختلاط کامل از رابطه (۱) به دست می آید (۱۰).

$$l = 0.1 \frac{uw^2}{ez} \quad (1)$$

که در این رابطه u سرعت متوسط جریان، w عرض متوسط رودخانه و ez ضریب اختلاط عرضی است. در حالتی که تزریق ردیاب در کناره های کانال صورت بگیرد، عرضی که در آن اختلاط کامل رخ می دهد، دو برابر حالت فوق، زمانی که منبع در وسط قرار دارد خواهد بود. در واقع فاصله معقول برای آنکه آلاینده ای که در کناره کانال تزریق شده به خوبی در عرض کانال مخلوط شود، از رابطه (۲) به دست می آید (فیشر و همکاران ۱۹۷۹).

$$l = 0.4 \frac{uw^2}{ez} \quad (2)$$

این طول خود تحت تأثیر عواملی نظیر سرعت جریان عبوری، آشفتگی ها و جریانات ثانویه تغییر می کند. در واقع با توجه به تأثیر هر کدام از پارامترهای یاد شده بر ضریب اختلاط عرضی و همچنین فرمول های ذکر شده در بالا، مشخص است که یکی از راه های کاهش این طول افزایش ضریب اختلاط عرضی است که در نهایت بر طول اختلاط کامل یک آبراهه تأثیر می گذارد. ضریب اختلاط عرضی یکی از پارامترهای هیدرولیکی جریان است که



شکل ۱. (رنگی در نسخه الکترونیکی) نمایی از فلوم ۸۰ سانتی متری در حضور سنسورهای اندازه‌گیری غلظت و چهار مقطع اندازه‌گیری

اشاره کرد. مطالعات بهرامی یاراحمدی و شفاعی بجستان (۷). نشان داد که نصب این صفحات منجر به تشکیل جریان‌های ثانویه‌ای می‌شود که باعث تغییر الگوی فرسایش و رسوبگذاری در قوس‌ها شده به نحوی که چاله آبشستگی در محل پاشنه ساحل به میانه رودخانه منتقل و رسوب‌گذاری پشت صفحه اتفاق می‌افتد. از طرفی بررسی منابع نشان داد که وجود جریان‌های ثانویه در افزایش ضریب اختلاط عرضی تأثیر به‌سزایی دارد. از این‌رو هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر حضور صفحه مثلثی، که باعث تشکیل جریان ثانویه قوی می‌شود، بر تغییرات ضریب اختلاط عرضی و در نتیجه کاهش طول اختلاط به‌صورت آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش آزمایش‌ها در یک فلوم واقع در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران انجام شد (شکل ۱). آب از طریق یک سیکل بسته و با عبور از توری‌های مشبک وارد ابتدای فلوم می‌شود. برای انجام آزمایش‌های ردیابی از محلول آب و نمک که از طریق سیستم تزریق ردیاب که شامل یک مخزن و پمپ اکواریوم کوچک بود و محلول آب نمک را از طریق لوله ال شکل به قطر یک سانتی‌متر به مرکز مقطع جریان به‌صورت پیوسته تزریق می‌کرد،

اختلاط عرضی شدند و با افزایش فاصله زبری‌های موضعی از منبع آلودگی، تأثیر این زبری‌ها بر ضریب اختلاط عرضی کاهش می‌یابد. شیرازی و همکاران (۶) به بررسی تأثیر تراکم پوشش گیاهی بر ضریب پخش عرضی آلودگی در یک کانال آزمایشگاهی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش تراکم پوشش گیاهی ضریب پخش عرضی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. عزیزپورپیرسرای و امیری تکلدانی (۴) به بررسی تأثیر زبری موضعی بر ضریب انتشار عرضی آلودگی در یک کانال مستطیلی مستقیم پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که در نتیجه وجود زبری و افزایش مقدار عامل اصطکاک، ضریب اختلاط عرضی افزایش و در نتیجه طول اختلاط کاهش یافته و در فاصله کمتری رقیق‌سازی انجام می‌شود. همچنین در بیشتر موارد افزایش مقدار سرعت جریان بر توانایی حمل آلودگی جریان افزوده و در نتیجه از میزان ضریب اختلاط عرضی کاسته شده و طول اختلاط کامل افزایش می‌یابد. در مسیرهای قوسی نیز به مطالعات محققانی مانند مارین و زاملا (۱۱) و بیک و همکاران (۹) می‌توان اشاره کرد که اثر جریان‌های ثانویه را بر افزایش ضریب اختلاط عرضی مورد بررسی قرار دادند. از طرفی امروزه به‌منظور مدیریت رسوب، سازه‌های مختلفی پیشنهاد شده است که از جمله می‌توان به معرفی صفحات مثلثی به‌عنوان یک سازه دوست‌دار محیط‌زیست برای کنترل فرسایش ساحل در قوس‌های رودخانه



شکل ۲. صفحه مثلثی با زاویه ۴۵ درجه نسبت به جهت اصلی جریان

برای سرعت 0.3 متر برثانیه برداشت شد.

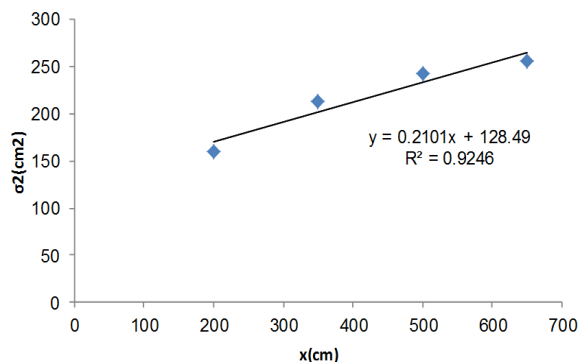
نتایج و بحث

به کمک داده‌های اندازه‌گیری شده، در ابتدا ضریب اختلاط عرضی برای کلیه آزمایش‌ها به کمک رابطه (۳) تعیین شد (۱۵):

$$e_z = \frac{U}{2} \frac{d\sigma^2}{dx} \quad (3)$$

در این رابطه U سرعت متوسط جریان و $\frac{d\sigma^2}{dx}$ شیب خط برازش بر داده‌های واریانس غلظت است. مقادیر واریانس غلظت را با توجه به داده‌های غلظت مربوط به قبل و بعد از تزریق ردیاب به دست آورده و نمودار واریانس توزیع غلظت نسبت به فاصله طولی x رسم شد و شیب خط مستقیم برازش داده به عنوان شیب واریانس توزیع غلظت $\frac{d\sigma^2}{dx}$ تعیین شد. شکل (۳) به عنوان نمونه نحوه تعیین شیب واریانس را برای آزمایش بدون حضور صفحه در سرعت جریان 0.25 متر بر ثانیه نشان می‌دهد. پس از تعیین شیب واریانس، مقدار ضریب اختلاط عرضی از رابطه (۳) به دست آورده و به این ترتیب طول اختلاط از رابطه (۱) برای هر آزمایش محاسبه شد. جدول (۱) نتایج محاسبات را نشان می‌دهد. همچنین نتایج مربوط به اختلاط عرضی و طول اختلاط در شکل‌های ۴ و ۵ نمایش داده شده است. وجود صفحه

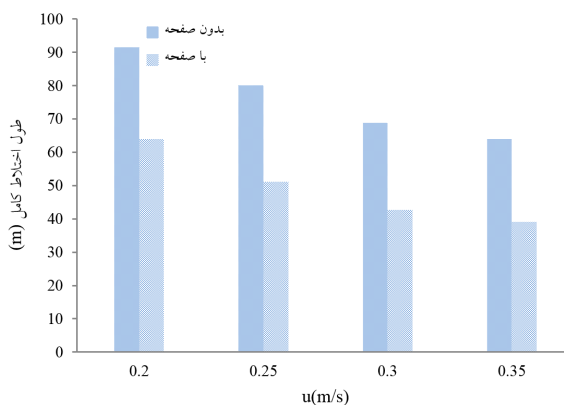
استفاده شد. محل تزریق ردیاب نیز به فاصله $2/5$ متری از ابتدای فلوم انتخاب شد. این فاصله با توجه به پروفیل‌های سرعت برداشت شده، مشخص شده است. زیرا با توجه به این پروفیل‌ها در این فاصله جریان کاملاً توسعه پیدا کرده است. صفحه مثلثی نیز از جنس پلکسی‌گلاس به ضخامت 4 میلی‌متر و ارتفاع راس 15 سانتی‌متر (معادل عمق آب) و با زاویه 45 درجه نسبت به جریان اصلی فلوم نصب شد (شکل ۲). برای اندازه‌گیری غلظت از دستگاه غلظت‌سنج طراحی شده برای این تحقیق استفاده شد. در طراحی این دستگاه داده‌های غلظت توسط سنسورهایی که به دستگاه دیتا لاگر و به سیستم کامپیوتری وصل شدند ثبت می‌شود. چهار مقطع برای برداشت غلظت و پروفیل سرعت در نظر گرفته شد که محل این مقاطع با خط مشکی در شکل (۱) نشان داده شده است. فاصله اولین مقطع در دو متری پایین‌دست محل تزریق ردیاب قرار داشت. مقدار پخش عرضی ردیاب در مسیر جریان با توجه به داده‌های غلظت به دست آمد. در مجموع هشت آزمایش با چهار سرعت جریان مختلف 0.2 ، 0.25 ، 0.3 و 0.35 متر بر ثانیه انجام شد که چهار آزمایش مربوط به حالت بدون صفحه و چهار آزمایش برای حالتی که صفحه مثلثی نصب شده انجام شد. همچنین با استفاده از سرعت‌سنج سه‌بعدی الکترومغناطیس، الگوی جریان در اطراف صفحه



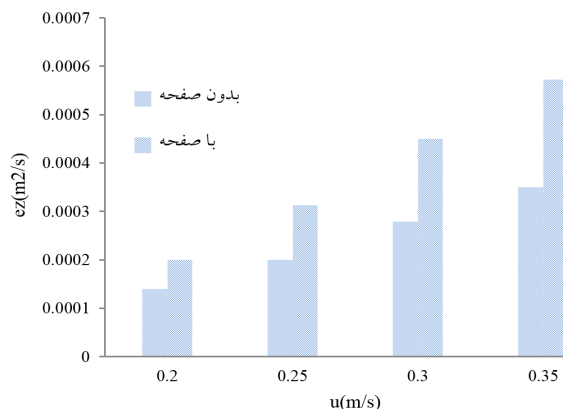
شکل ۳. نمایش شیب واریانس توزیع غلظت بدون حضور صفحه مثلثی در سرعت جریان ۰/۲۵ متر بر ثانیه

جدول ۱. ضریب اختلاط عرضی و طول اختلاط محاسبه شده

با حضور صفحه مثلثی		بدون حضور صفحه مثلثی		سرعت جریان (متر بر ثانیه)
طول اختلاط (متر)	ضریب اختلاط عرضی (سانتی متر مربع بر ثانیه)	طول اختلاط (متر)	ضریب اختلاط عرضی (سانتی متر مربع بر ثانیه)	
۶۴	۲	۹۱/۴	۱/۴	۰/۲
۵۱/۲	۳/۱۲۵	۸۰	۲	۰/۲۵
۴۲/۷	۴/۵	۶۸/۸	۲/۷۹	۰/۳
۳۹/۲	۵/۷۲	۶۴	۳/۵	۰/۳۵



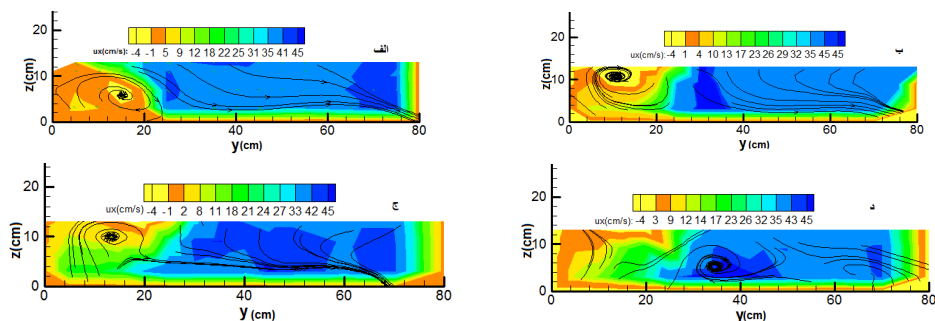
شکل ۵. طول اختلاط کامل برای دو حالت با صفحه و بدون صفحه در برابر سرعت



شکل ۴. ضریب اختلاط عرضی برای دو حالت با صفحه و بدون صفحه در برابر سرعت

افزایش و طول اختلاط کامل نیز به ترتیب به میزان ۳۰ درصد و ۳۸/۷۵ درصد کاهش یافته است. که به منظور بررسی اثر صفحه، الگوی جریان اطراف آن در سرعت ۰/۳ متر بر ثانیه برای چهار مقطع عرضی پایین دست صفحه برداشت و با

مثالی نسبت به حالت بدون صفحه بر کاهش طول اختلاط و افزایش ضریب اختلاط عرضی تأثیر چشمگیر دارد، به طوری که برای سرعت های ۰/۲ تا ۰/۳۵ ضریب اختلاط عرضی نسبت به حالت شاهد به ترتیب به میزان ۴۳ و ۶۳/۴ درصد



شکل ۶. مقاطع عرضی سرعت و کانتورهای سرعت طولی که از مقطع (الف) تا (د) به ترتیب در پایین دست سازه و جریان با سرعت متوسط ۰/۳ متر بر ثانیه

با نصب سازه جریان را به سمت ساحل روبه‌رو و مرکز فلوم هدایت کرد و به این ترتیب باعث افزایش تنش برشی و در نتیجه سرعت برشی می‌شود. برای محاسبه سرعت برشی از فرمول زیر استفاده شده است.

$$\tau_{bx} = \frac{\rho g}{C^2} U \sqrt{U^2 + V^2} \quad (4)$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho g}{C^2} V \sqrt{U^2 + V^2} \quad (5)$$

$$\tau_b = \sqrt{\tau_{bx}^2 + \tau_{by}^2} \quad (6)$$

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}} \quad (7)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (8)$$

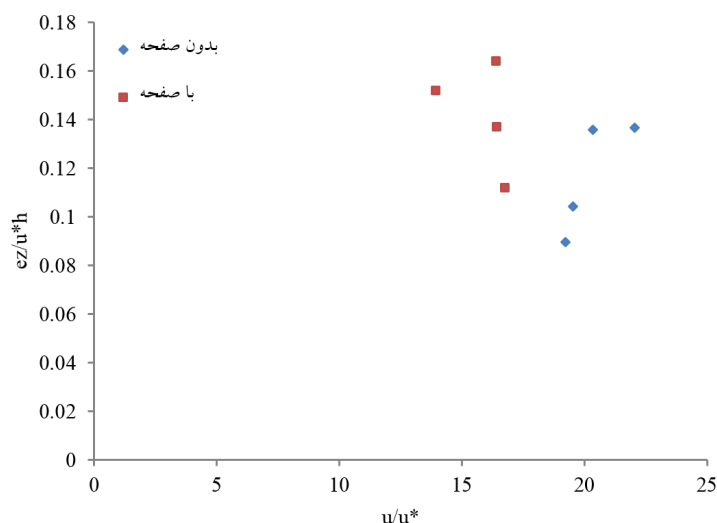
τ_{bx} و τ_{by} به ترتیب تنش برشی بستر در جهت x و y و U و V به ترتیب متوسط عمقی سرعت در جهت‌های x و y و ρ و g به ترتیب جرم مخصوص سیال و ضریب گرانندگی زمین است. همچنین C ضریب شزی است که با توجه به n ضریب مانینگ و شعاع هیدرولیکی به دست می‌آید. با توجه به اینکه صفحات از جنس PVC بوده است، ضریب مانینگ ۰/۱۱ در نظر گرفته شد. همانطور که در جدول ۲ که مشاهده می‌شود حالت شاهد در مقایسه با حالت وجود صفحه میزان سرعت برشی به میزان ۱۵ تا ۴۶ درصد به ترتیب برای کمترین و بیشترین سرعت افزایش داشته است.

همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است با افزایش سرعت جریان نسبت بدون بعد اختلاط عرضی برای هر دو

استفاده از نرم‌افزار تک پلات ترسیم شد. در این شکل‌ها (۶- الف- د) کانتورهای سرعت طولی جریان و الگوی خطوط جریان در مقاطع عرضی مختلف نشان داده شده است (واحدهای سرعت برحسب سانتی‌متر بر ثانیه است). اعداد صفر تا ۸۰ محور افقی مربوط به عرض فلوم و اعداد صفر تا ۱۳ مربوط به عمق جریان است. همان‌طور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود، صفحه ساحل چپ نصب شده است که باعث انحراف خطوط جریان به سمت ساحل روبه‌رو (ساحل راست) شده است. همچنین وجود صفحه باعث ایجاد جریان چرخشی پشت آن شده است، زیرا جریان در مقاطع بالاتر از آن به سمت مرکز جریان و در نزدیکی‌های کف به سمت دیواره کانال هدایت می‌شود که همین امر باعث تشکیل این جریان چرخشی می‌شود. همچنین با فاصله گرفتن از صفحه، ابعاد ناحیه چرخشی کمتر و فشردگی جریان نیز کمتر شده است و پس از گذر از این نواحی مقطع مربوط به شکل (۶- د) یک جریان چرخشی در حال جابه‌جا شدن در عرض مقطع را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه همه این تغییرات در جهت عرضی باعث انتقال هرچه بیشتر مواد آلاینده در جهت عرضی می‌شود، در نتیجه باعث افزایش ضریب اختلاط عرضی می‌شوند و طول اختلاط را که با ضریب اختلاط عرضی رابطه عکس دارد کاهش می‌دهد. وجود سازه باعث ایجاد جریان‌های ثانویه و در نتیجه افزایش سرعت برشی موضعی شده که از عوامل بسیار مؤثر بر بهبود اختلاط عرضی است. زیرا

جدول ۲. سرعت برشی و سرعت متوسط برای دو حالت با صفحه و بدون صفحه

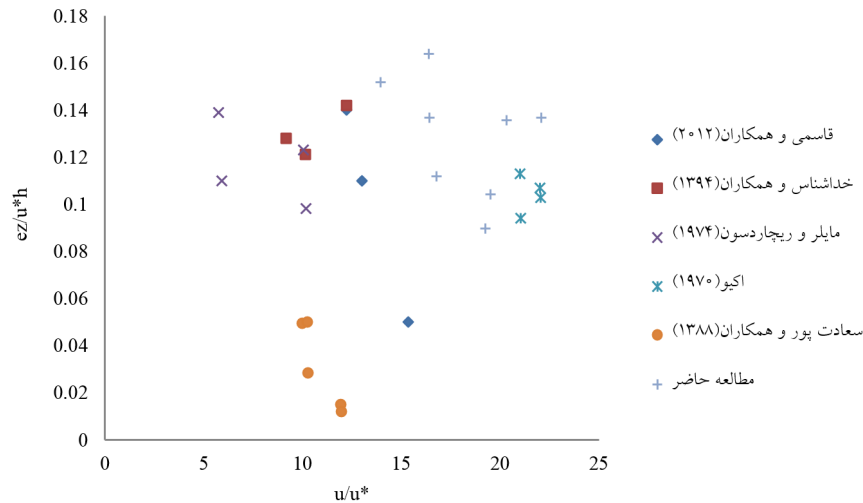
سرعت متوسط (m/s)	سرعت برشی در حالت با صفحه (cm/s)	سرعت برشی در حالت بدون صفحه (cm/s)
۰/۲	۱/۱۹۲	۱/۰۴
۰/۲۵	۱/۵۲	۱/۲۸
۰/۳	۱/۸۳	۱/۳۶
۰/۳۵	۲/۵۱	۱/۷۱



شکل ۷. نسبت بی بعد اختلاط عرضی برای دو حالت با سازه و بدون صفحه در برابر نسبت بی بعد سرعت جریان به سرعت برشی

می شود، بازه داده های نسبت بی بعد $\frac{e_z}{u_* h}$ برای تمامی مطالعات در محدوده ۰/۰۸۰ تا ۰/۱۶۹ قرار دارد به جز مطالعه مربوط به سعادت پور (۲) که به نظر می رسد در این مطالعه به دلیل اینکه سرعت برشی به دست آمده، به میزان قابل توجهی بالاتر است آمده است میزان این نسبت نسبت به سایر مطالعات پایین به دست آمده و در محدوده ۰/۰۱۲۱ تا ۰/۰۵۰ قرار گرفته است. همچنین همان طور که در شکل مشاهده می شود بخشی از داده های مربوط به این نسبت بی بعد برای مطالعه حاضر به نتایج مطالعه اکیو (۱۳) نسبت به سایر مطالعات نزدیک تر بوده است، زیرا از آنجا که ضریب اختلاط عرضی وابسته به شرایط هیدرولیکی است و برای هر دو مطالعه شرایط هیدرولیکی کانال ها از جمله نسبت عرض به عمق بیش از پنج مشابه است،

حالت با صفحه و بدون صفحه روند افزایشی داشته است همچنین با توجه به شکل ۷ ضریب بی بعد اختلاط عرضی برای کل آزمایش های شاهد و در حضور صفحه بین ۰/۰۹ تا ۰/۱۵ است که در محدوده ذکر شده توسط رادرفورد (۱۴) برای کانال های مستقیم است. نکته دیگری که از این شکل می توان برداشت کرد این است که وجود صفحه باعث افزایش این نسبت شده است و همان طور که در این شکل مشخص است، این محدوده برای حالت بدون صفحه در بازه ۰/۰۹ تا ۰/۱۳ است و با نصب صفحه این نسبت در بازه ۰/۱ تا ۰/۱۵ قرار گرفته است. به منظور مقایسه نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج سایر محققان که از داده های موجود از منابع مختلف به دست آمده و به همراه تمامی نتایج به دست آمده از آزمایش های مطالعه حاضر شکل ۸ رسم شده است. همان طور که در این شکل مشاهده



شکل ۸. مقایسه نسبت بی بعد $\frac{w_z}{u^* h}$ تحقیق حاضر با نتایج سایر محققان

بنابراین ضرایب بی بعد به دست آمده در هر دو مطالعه نزدیک هم هستند.

ضریب اختلاط عرضی به میزان بیش از ۴۳ درصد می شوند و طول اختلاط را که با ضریب اختلاط عرضی رابطه عکس دارد، به میزان بیش از ۳۰ درصد کاهش می دهد. همچنین وجود صفحه باعث افزایش سرعت برشی به میزان حدود ۱۵ تا ۴۶ درصد به ترتیب برای کمترین و بیشترین سرعت می شود که خود افزایش این عامل نیز می تواند دلیلی بر افزایش ضریب اختلاط عرضی و کاهش طول اختلاط باشد. همچنین ضریب بی بعد اختلاط عرضی برای کل آزمایشات شاهد و در حضور صفحه بین ۰/۰۹ تا ۰/۱۵ است که در محدوده سایر مطالعات قرار داشته است.

نتیجه گیری

با توجه به اینکه هدف اصلی این مقاله کاهش طول اختلاط بود، نتایج نشان داد که پس از نصب صفحه مثالی این صفحه با هدایت جریان نزدیک بستر از میانه فلوم به طرف ساحل بیرونی و هدایت جریان سطح آب از ساحل بیرونی به طرف میانه فلوم باعث ایجاد جریان ثانویه پادساعت گرد می شوند و در نتیجه باعث افزایش

منابع مورد استفاده

۱. قاسمی، م.، م. حیدرپور و م. اسماعیل زاده. ۱۳۹۰. اثر ارتفاع تاج تلماسه بر ضریب اختلاط عرضی در یک کانال مستطیلی. اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه برق آبی، تهران.
۲. سعادت پور، ع.، م. حیدرپور و م. پورآبادهائی. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات نسبت عرض به عمق بر ضریب اختلاط عرضی. هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور. تهران.
۳. سعادت پور، ع.، م. حیدرپور و م. پورآبادهائی. ۱۳۹۰. انتخاب روش مناسب برای کاهش طول اختلاط کامل در جریان آشفته در کانال مستطیلی. مجله پژوهش آب/ایران ۵(۹): ۱۱-۱۸.
۴. عزیزپورسرای، م.، و ا. امیری تکلدانی. ۱۳۹۰. بررسی تجربی ضریب انتشار عرضی آلودگی در یک کانال مستطیلی مستقیم. اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه برق آبی، تهران.

۵. پورآبادهای، م.، ا. امیری تکللدانی و ع. لیاقت. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر پارامترهای جریان بر ضریب پخش عرضی آلودگی در یک کانال مستطیلی. ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهرکرد.
۶. شیرازی، پ.، م. حیدرپور و ا. لندی. ۱۳۸۸. مطالعه تأثیر تراکم پوشش گیاهی بر ضریب پخش عرضی آلودگی در یک کانال آزمایشگاهی. هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
۷. بهرامی یاراحمدی، م. و م. شفاعی بجستان. ۱۳۹۴. تأثیر سری صفحات مثلثی در قوس ملایم ۹۰ درجه بر الگوی توپوگرافی بستر. نشریه مهندسی عمران و محیط زیست ۳(۴۵): ۱-۱۱.
۸. خداشناس، س. ر.، ر. معارف دوست و م. قاسمی. ۱۳۹۴. مطالعه پتانسیل خودپالایی جریان روی تلماسه در یک کانال مستطیلی روباز. نشریه آبیاری و زهکشی ایران ۳(۹): ۵۳۹-۵۳۳.
9. Baek, K. O. and I. W. Seo. 2011. Transverse dispersion caused by secondary flow in curved channels. *Journal of Hydraulic Engineering* 137(10): 1126-1134.
10. Fischer, H. B., E. J. List and R. C. Koh (n.d.). Y., J. Imberger and N. H. Brooks. 1979. Mixing in Inland and Coastal Waters. Academic Press, New York..
11. Marion, A. and M. Zaramella. 2006. Effects of velocity gradients and secondary flow on the dispersion of solutes in a meandering channel. *Journal of Hydraulic Engineering* 132(12): 1295-1302.
12. Miller, A. C. and E. V. Richardson. 1974. Diffusion and dispersion in open channel flow. *Journal of the Hydraulics Division* 100, no. hy1,.
13. Okoye, J. K. 1970. Characteristics of Transverse Mixing in Open-Channel Flows. California Institute of Technology, Pasadena, CA.
14. Rutherford, J. 1994. River Mixing: John Wiley and Son Ltd. New Jersey, Us.
15. Webel, G. and M. Schatzmann. 1984. Transverse mixing in open channel flow. *Journal of Hydraulic Engineering* 110(4): 423-435.

Effect of Triangular Vanes on Mixing Length and Transverse Mixing Coefficient in Straight Channel

E. Yabbarehpour*, M. Shafai Bajestan and S. M. Kashefipour¹

(Received: April 24-2017 ; Accepted: January 24-2018)

Abstract

Channels and surface water are ways for the transfer of pollutants to the environment and human. When any pollutant is spilled into the channel, the pollutant concentrations are decreased after the travel. Reducing the distance is an engineering expedient. To reduce the distance, mixing in water should be increased. Thus, the main goal of the present study was to investigate the effect of the triangular vane on transverse mixing used for control bank erosion. Experiments were carried out in an 80cm width flume. The vane, which was triangular, was made of Plexi-glass with a 30% width of the flume length, 15cm height and 50cm far from the tracer injection. Salt solution was used as the soluble tracer. The experiment was carried out to investigate the effect of the triangular vane for two conditions: with and without vane. The transverse mixing (e_z) and complete mixing length were estimated for the two conditions of with and without vane. The results showed with installing the triangular vane, the transverse mixing was increased up to 2.5 and the length of mixing was decreased by 60%, as compared with the tests of no vane.

Keywords: Complete mixing length, transverse mixing, Shear velocity, Triangular vane

1. Department of Hydraulic Structure, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahwaz, Iran.

*: Corresponding Author, Email: e.yabarepoor14@gmail.com