

مطالعه آزمایشگاهی روی پارامترهای طراحی صفحات مستغرق جهت کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در کانال قوسی ۱۸۰ درجه

حسین منتصری^{۱*}، مسعود قدسیان^۲، سید علی اکبر صالحی نیشابوری^۲

۱- استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه یاسوج

۲- استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست و پژوهشکده مهندسی آب، دانشگاه تربیت مدرس

hmontaseri@gmail.com

تاریخ دریافت ۹۸/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش ۹۹/۰۶/۰۲

چکیده

صفحات مستغرق از جمله سازه‌هایی هستند که در دهانه آبگیرها بکار گرفته می شوند تا با ایجاد جریان ثانویه، رسوبات را از جلوی دهانه آبگیر دور نمایند. صفحات مستغرق تاکنون بیشتر به منظور تثبیت قوس خارجی رودخانه‌ها و کنترل رسوب در آبگیری از مسیرهای مستقیم استفاده گردیده‌اند و مشخصات طراحی این صفحات بر اساس کاربردهای فوق بدست آمده است. در این تحقیق به تعیین مشخصات طراحی صفحات مستغرق با آرایش دو ردیفه که جهت کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در یک کانال قوسی ۱۸۰ درجه مورد استفاده قرار گرفته است، پرداخته شده است. رسوبات ورودی به صورت بار بستر بوده و از بالادست قوس به صورت یکنواخت تزریق می گردد و پس از زمان تعادل، میزان انحراف رسوبات به درون آبگیر برای هر آرایش از صفحات اندازه گیری می گردد. دامنه متغیرهای طراحی صفحات بر اساس توصیه های موجود انتخاب شده است. نتایج نشان می دهد بهترین ارتفاع برای صفحات مستغرق، ۰/۳۳ عمق جریان می باشد. زاویه مناسب صفحات نسبت به شعاع قوس در هر نقطه ۲۰ درجه می باشد. مقدار مناسب برای فاصله اولین ردیف صفحات از دیواره خارجی قوس ۲ برابر ارتفاع صفحات و مقدار مناسب برای فاصله عرضی صفحات، ۱/۵ برابر ارتفاع صفحات بدست آمد. نتایج نشان داد با زیگزاک کردن آرایش دو ردیفه، پیوستگی طولی بین صفحات از بین می رود و مقدار رسوب ورودی به آبگیر افزایش می یابد.

واژه‌های کلیدی: آبگیر جانبی، صفحات مستغرق، قوس ۱۸۰ درجه، کنترل رسوب

۱- مقدمه

آبگیرها، انحراف بیشترین جریان همراه با کمترین رسوبات می‌باشد (دهقانی، ۱۳۸۵). جانمایی آبگیر در قوس خارجی رودخانه‌ها به علت وجود جریان حلزونی در قوس رودخانه، یکی از روش های کاهش رسوب ورودی به آبگیرهاست اما

یکی از روش های بهره برداری از آب رودخانه ها جهت مصارف شرب و کشاورزی، انحراف آب رودخانه توسط آبگیرهای ثقلی است. نکته حائز اهمیت در طراحی این

(۱۳۸۲)، داودی و شفاعی بجستان (۱۳۹۰)، جعفری میانائی و ایوب زاده (۱۳۹۲)، ملک نژاد یزدی و عباسی (۱۳۹۳)، ناکاتو و ادگن (۱۹۹۰) و بارکدول و همکاران (۱۹۹۹) اشاره نمود. با توجه به این تحقیقات جمع‌بندی زیر را میتوان در مورد آرایش صفحات ارائه نمود:

۱- برای ارتفاع صفحات (H) توصیه شده که $0/5 < H/Y < 0/2$ باشد که Y عمق جریان است.

۲- مقدار توصیه شده برای طول صفحات (L) در محدوده $2H < L < 3H$ می باشد و در بیشتر تحقیقات $L=3H$ استفاده شده است.

۳- فاصله طولی صفحات (δ_s) در بیشتر تحقیقات در کاربرد صفحات مستغرق در کنترل رسوب ورودی به دهانه‌های آبگیر، در محدوده $8H$ تا $10H$ بوده است.

۴- فاصله عرضی صفحات (δ_n) بین $2H$ تا $3H$ توصیه شده است.

۵- فاصله صفحات از دیواره آبگیر (δ_b) کمتر از $4H$ توصیه شده و در بیشتر تحقیقات $3H$ در نظر گرفته شده است.

۶- زاویه صفحات با جهت جریان (α) در محدوده $15^\circ < \alpha < 25^\circ$ توصیه شده ولی بیشترین کاربرد زوایای 19° و 20° درجه بوده است.

۷- در مورد تعداد ردیف صفحات در تحقیقات مختلف استفاده از دو ردیف و سه ردیف صفحات موازی با دیوار کانال اصلی جواب بهتری داده است.

کاربرد صفحات مستغرق در کانال‌های قوسی توسط محققینی مانند اودگارد و کندی (۱۹۸۳)، اودگارد و مسکونی (۱۹۸۷)، اودگارد و ونگ (۱۹۹۱) و ویزن و تانزند (۲۰۰۱) مورد بررسی قرار گرفته است و در این تحقیقات از صفحات مستغرق صرفاً برای تثبیت جداره و کف استفاده شده است. در بکارگیری صفحات مستغرق در قوس جهت کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی میتوان به تحقیق دهقانی و همکاران (۱۳۸۵) اشاره نمود که از صفحات مستغرق با یک آرایش ثابت جهت کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در کانال قوسی شکل با

به هرحال به خاطر الگوی خاص جریان در آبگیرها و بخصوص در مواقع سیلاب مقداری رسوب وارد آبگیر خواهد شد. روش دیگری که به عنوان یک ابزار مکمل در کنترل رسوب دارای قابلیت‌های بالایی است، استفاده از "صفحات مستغرق" می‌باشد. صفحات مستغرق، سازه‌های کوچکی هستند که برای اصلاح الگوی جریان نزدیک بستر و انتقال رسوب در جهت عرضی کانال طراحی می‌گردند. این سازه‌ها با زاویه $15-25$ درجه نسبت به جهت جریان در کف رودخانه نصب می‌شوند و ارتفاع آنها $0/5-0/2$ برابر عمق آب می‌باشد. عمل صفحات مستغرق به صورت تولید جریان ثانویه می باشد که بزرگی و جهت تنش‌های برشی بستر را تغییر می‌دهد و موجب تغییر توزیع سرعت، عمق و انتقال رسوب در ناحیه متأثر از صفحات می‌گردد (شکل ۱، اودگارد و ونگ ۱۹۹۱). در صورتی که صفحات مستغرق در آبراهه قوسی بگونه‌ای استقرار یابند که جریان ثانویه القا شده توسط صفحات با جریان ثانویه قوس هم جهت باشد، در آن صورت صفحات مستغرق می‌توانند جریان ثانویه قوس را تشدید نمایند و در کاهش رسوب ورودی به آبگیر جانبی تأثیر مهمی داشته باشند.

شکل ۱- چرخش ناشی از وجود یک صفحه

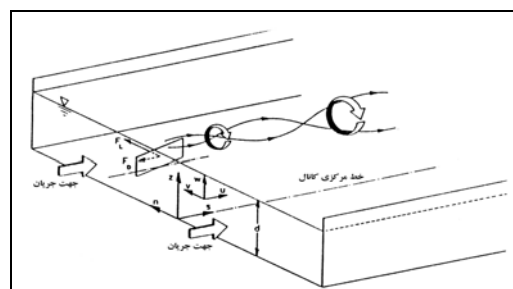


Fig 1. The vortex due to a submerged vane

اکثر مطالعات عددی و آزمایشگاهی انجام شده در بکارگیری صفحات مستغرق به منظور کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در آبراهه‌های مستقیم متمرکز شده است که به عنوان نمونه می‌توان به تحقیقات امام (۱۳۷۴)، رحمانیان (۱۳۷۷)، قلانی (۱۳۷۷)، اسدی و همکاران (۱۳۷۸)، یونس و همکاران (۱۳۸۲)، عباسی

شکل ۲- نمایی از کانال آزمایشگاهی (ابعاد به متر است)

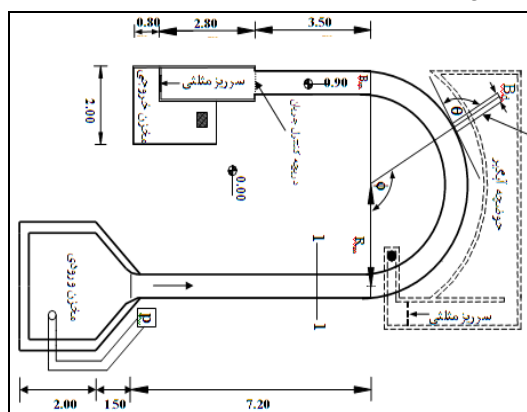


Fig 2. A schematic of experimental channel

این تحقیق از ورق های پلکسی گلاس با ضخامت ۳ میلیمتر جهت ساخت صفحات مستغرق استفاده شد. صفحات دارای طول ثابت $L=10\text{cm}$ بوده که با ارتفاع های مختلف برش داده شد. جهت نصب صفحات در کف کانال، ابتدا الگوی چیدمان صفحات بر اساس آرایش مورد نظر در نرم افزار اتوکد ترسیم شده و سپس از روی آن شابلن هم اندازه با کانال تهیه شد. سپس شابلن در کف کانال نصب شده و محل نصب صفحات روی کف شیشه ای کانال علامت گذاری گردید. در نهایت با استفاده از چسب قطره ای، صفحات در محل مورد نظر چسبانیده شده و تراز گردید. سپس با استفاده از چسب چوب یک لایه از رسوبات روی بستر شیشه ای چسبانیده شد.

در تحقیق حاضر جهت بررسی تاثیر پارامترهای صفحات مستغرق بر میزان رسوب ورودی به آبگیر از روش تزریق رسوب روی بستر صلب استفاده گردید. با استفاده از این روش می توان نحوه حرکت رسوبات در قوس، چگونگی شکل گیری توپوگرافی بستر، مکانیسم ورود رسوبات به آبگیر و مکانیسم های مربوط به تاثیر پارامترهای صفحات مستغرق روی ورود رسوبات به آبگیر را شناسایی و ردیابی نمود. بدین منظور دستگاهی مطابق شکل (۳) طراحی و ساخته شد.

زاویه مرکزی 180° درجه استفاده نمود. ایشان نشان داد کاربرد صفحات مستغرق به عنوان روشی جهت کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در قوس نسبت به مسیر مستقیم کارایی بیشتری دارد. همچنین منتصری و همکاران (۱۳۸۸) به مطالعه آزمایشگاهی روی تاثیر یک آرایش ثابت از صفحات مستغرق روی میدان جریان اطراف آبگیر جانبی در کانال قوسی پرداختند. در تحقیق حاضر با استفاده از روش تزریق رسوب روی بستر صلب، به مطالعه روی آرایش های مختلف دو ردیفه از صفحات مستغرق جهت کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در قوس 180° درجه پرداخته شده است و تلاش شده است تا مقادیر بهینه طراحی صفحات و جانمایی مناسب آن نسبت به آبگیر تعیین گردد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مدل آزمایشگاهی

آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس در یک کانال آزمایشگاهی با عرض $0/6$ متر شامل یک بخش قوسی با زاویه مرکزی 180° درجه و شعاع متوسط $2/6$ متر انجام شده است. در قسمت بالادست قوس یک کانال مستقیم به طول $7/2$ متر و در پایین دست قوس، کانال مستقیمی به طول $5/2$ متر وجود دارد. دیواره های کانال از جنس پلکسی گلاس و کف کانال از جنس شیشه می باشد. در موقعیت 115° درجه از قوس، کانال آبگیر با زاویه 45° درجه نسبت به امتداد جریان در کانال اصلی نصب گردید. عرض و طول کانال آبگیر به ترتیب 25 سانتیمتر و $2/5$ متر می باشد (شکل ۲). موقعیت آبگیر و زاویه انحراف آبگیر بر اساس توصیه دهقانی (۱۳۸۵) انتخاب شده است.

شکل ۳- دستگاه تزریق رسوب طراحی شده

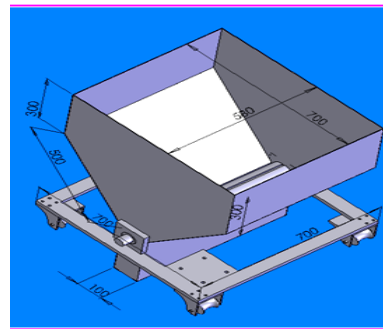


Fig 3. The sediment injection mechanism

عمق آب روی سرریز مثلثی واقع در حوضچه پایین دست کانال اصلی تعیین می گردد. سپس با تنظیم همزمان دریچه‌های انتهای کانال اصلی و انتهای آبگیر جانبی، عمق جریان ورودی و مقدار دبی آگیری تنظیم می گردید. محدوده تغییر نسبت دبی انحرافی از ۲۰٪ تا ۴۰٪ دبی جریان در کانال اصلی انتخاب گردید. دبی آگیری ۴۰٪ حداکثر دبی انحرافی است که به صورت کنترل شده توسط دریچه انتهای آبگیر قابل تنظیم است. جدول ۱ محدوده پارامترهای هیدرولیکی مورد نظر برای انجام آزمایشهای کنترل رسوب مربوط به تاثیر پارامترهای مختلف صفحات مستغرق بر میزان رسوب ورودی به آبگیر جانبی را نشان می دهد. محدوده تغییرات پارامترهای جریان با توجه به محدودیت‌های زمانی، فضا و امکانات آزمایشگاهی انتخاب شده است.

جدول ۱ - مشخصات هیدرولیکی جریان

Y (m)	(lit/s) Q	Q _r	Fr
۰/۱۵	۴۰	۰/۲ - ۰/۴	۰/۳۲

Table 1. hydraulic characteristic of inflow

پس از تنظیم شرایط جریان و برقراری جریان دائمی، تزریق رسوبات توسط دستگاه تزریق رسوب به صورت پیوسته و با نرخ ثابت از بالادست قوس آغاز می گردد. محل تزریق رسوبات 2m بالاتر از شروع قوس که شرایط جریان یکنواخت برقرار بود، انتخاب گردید. نرخ تزریق رسوب در آزمایشات برابر با ظرفیت انتقال رسوب کانال مستقیم بالادست قوس که جریان یکنواخت برقرار است، در نظر گرفته شده است تا رسوبگذاری در مسیر مستقیم بالادست قوس انجام نشود و رسوبگذاری فقط در قوس و تحت اثر جریان حلزونی قوس و اندرکنش آن با آبگیر صورت گیرد. ظرفیت انتقال رسوب کانال مقدار بار رسوبی است که در واحد زمان توسط جریان قابل حمل می باشد. نرخ تزریق رسوب برای عدد فرود به کار رفته در آزمایشات برابر 250gr/min بدست آمد. لازم به ذکر است که این عدد بر اساس روش ارائه شده توسط فن راین (۱۹۹۳) برای تعیین نرخ انتقال رسوب بار بستر محاسبه و توسط دستگاه تزریق

این دستگاه دارای مخزنی به حجم تقریبی 200 kg ماسه بوده که روی ارابه ای متحرک قرار دارد. درون دستگاه، شفتی قرار دارد که روی آن شیار به عرض 1cm تعبیه شده و توسط موتور گیربوكسی که دور آن قابل تنظیم است، می چرخد. این دستگاه رسوب را به صورت خشک و با نرخ یکنواخت در عرض کانال تزریق می نماید. رسوبات تزریق شده دارای قطر متوسط $d_{50}=1.28\text{ mm}$ و ضریب یکنواختی $\sigma_g=\sqrt{d_{84}/d_{16}}=1.3$ بوده و لذا مصالح مورد استفاده در رده بندی مصالح یکنواخت قرار دارند. به منظور زبر کردن کف کانال، یک لایه رسوب با قطر متوسط $d_{50}=1.28\text{ mm}$ نیز روی کف شیشه ای کانال چسبانیده شد.

۲-۲- روش انجام آزمایشات

در مدل آزمایشگاهی، دبی جریان ورودی توسط دبی سنج اولتراسونیک نصب شده بر روی لوله‌های ورودی اندازه گیری و با سرریز مثلثی استاندارد موجود در انتهای کانال اصلی کنترل می شود. عمق جریان در ورودی کانال اصلی نیز با استفاده از دریچه پروانه‌ای واقع در انتهای کانال اصلی تنظیم و با استفاده از یک عمق سنج دیجیتال که دارای دقت 0.01mm می باشد، اندازه گیری می گردد. دبی انحرافی کانال آبگیر نیز با استفاده از سرریز مثلثی که در انتهای حوضچه تخلیه آبگیر جانبی قرار دارد، تعیین می شود. در ابتدای آزمایشات برای تنظیم شرایط جریان، دریچه انتهای آبگیر را بسته و دریچه پروانه ای انتهای کانال اصلی بطور کامل پایین آورده می شد. سپس شیر پمپ به تدریج باز شده تا دبی جریان به دبی مورد نظر برسد. مقدار دبی جریان، از روی

دیون ها در مقطع ۱۰ درجه قوس تشکیل می شوند و از مقطع حدود ۷۰ درجه به سمت قوس خارجی گسترش می یابند. این دیون ها با رسیدن به جلوی آبرگیر تحت اثر الگوی خاص جریان موجود در کف، به سمت لبه پایین دست آبرگیر منحرف می شوند و در نهایت از گوشه پایین دست آبرگیر وارد آبرگیر می شوند. پس از گذشت مدتی، دیون های متناوب خود را به قوس خارجی رسانده و از لبه بالادست آبرگیر نیز یکی پس از دیگری وارد آبرگیر می شوند. مکانیسم ورود رسوبات به آبرگیر در این حالت شامل ورود پیوسته رسوبات از لبه پایین دست آبرگیر و ورود تناوبی رسوبات از لبه بالادست آبرگیر در امتداد قوس خارجی می باشد (شکل ۴). در آزمایشات تزریق رسوبات تا رسیدن به شرایط تعادل ادامه می یابد. بطور کیفی می توان شرایط تعادل را شرایطی دانست که در آن، تغییرات فرم های بستر شکل گرفته در کانال در زمان ناچیز باشد. شکل (۵) توپوگرافی بستر پس از زمان تعادل را نشان می دهد که با نتایج تحقیق دهقانی (۱۳۸۵) مطابقت دارد.

شکل ۴- مکانیسم های ورود رسوبات به درون آبرگیر

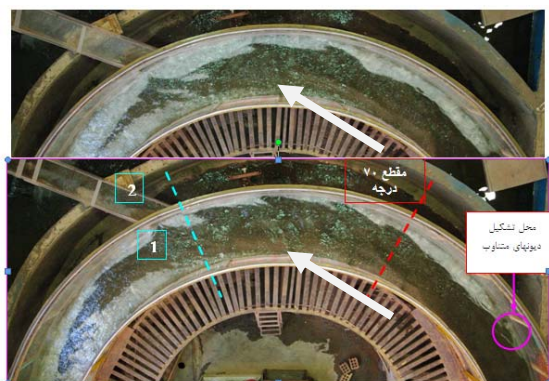


Fig. 4 sediment transport mechanism

شکل ۵- توپوگرافی بستر $Qr=40\%$, $Fr=0.32$

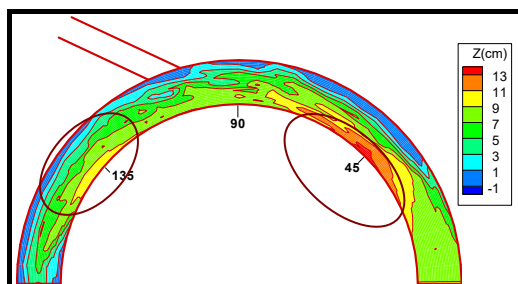


Fig. 5 bed topography, $Qr=40\%$, $Fr=0.32$

رسوب که دارای نرخ قابل تنظیم می باشد، به درون جریان تزریق گردید. با توجه به قطر متوسط رسوبات یعنی $d_{50}=1.28\text{mm}$ ، بر اساس معیار فن راین (۱۹۹۳) رسوبات در حین تزریق به آستانه تعلیق نمی رسند. آزمایشات نیز نشان می دهد که مد رایج حرکت بار بستر است. پس از رسیدن به پایان زمان تعادل آزمایش، بطور همزمان پمپ خاموش شده و دریچه انتهایی آبرگیر به آهستگی بسته می شد تا فرم های بستر تشکیل شده در کانال دچار تغییر نشوند. سپس دستگاه تزریق رسوب خاموش می گردید. بعد از آن اجازه داده می شد تا آب موجود در کانال زهکشی شود. سپس مقدار رسوبات انتقال یافته به پایین دست آبرگیر و رسوبات انتقال یافته به درون آبرگیر و همچنین رسوبات تله اندازی شده در خروجی آبرگیر جمع آوری شده و توزین می گردید. در نهایت کلیه رسوبات تزریق شده جمع آوری و خشک می گردید. به منظور شناسایی الگوی جریان و تحلیل نتایج، مولفه های سه بعدی سرعت جریان در قوس و حول آبرگیر جانبی با استفاده از یک سرعت سنج سه بعدی ADV اندازه گیری گردید.

۲-۳- زمان تعادل در انجام آزمایشات

با آغاز آزمایش، رسوبات با ورود به قوس، در اثر جریان ثانویه موجود در قوس، به سمت قوس داخلی منحرف می شوند و در قوس داخلی دیونی را تشکیل می دهند که در امتداد قوس داخل به جلو حرکت می نماید. از آنجا که حرکت این دیون به آهستگی صورت می گیرد، لذا بخشی از رسوبات تزریق شده از این دیون سبقت گرفته، از آن عبور می نمایند و در امتداد قوس داخلی به سمت پایین دست حرکت می کند. دیون شکل گرفته در قوس داخلی تا مقطع ۴۵ درجه پیشروی می نماید و در این محل یک پشته رسوبی را تشکیل می دهد. در ادامه رسوباتی که از این پشته رسوبی سبقت گرفته اند، دیون هایی را تشکیل می دهند که به صورت متناوب یکی پس از دیگری شکل می گیرند و در اثر مکش آبرگیر به سمت قوس خارجی متمایل شده و در امتداد قوس خارجی به سمت آبرگیر حرکت می نمایند. با تکمیل فرم های بستر، این

آبگیر S_d ، عرض کانال اصلی B_m ، عرض کانال آبگیر B_d ، شعاع مرکزی قوس R_m ، دبی جریان در کانال اصلی Q_m ، سرعت جریان در کانال اصلی V_m ، دبی جریان در کانال آبگیر Q_d ، چگالی سیال ρ ، شتاب ثقل g ، چگالی مایع ρ ، ضریب لزجت دینامیکی μ ، قطر متوسط ذرات رسوبی d_s ، شکل هندسی ذرات رسوبی، دبی رسوبات حمل شده در کانال اصلی G_m ، چگالی رسوبات ρ_s ، انحراف معیار رسوبات σ_g ، ارتفاع صفحات H ، طول صفحات L و عمق آب در ورودی کانال اصلی Y ، فاصله طولی δ_s ، فاصله عرضی صفحات δ_n ، فاصله اولین ردیف صفحات از دیواره خارجی قوس δ_b ، زاویه صفحات نسبت به جریان (α) و تعداد صفحات در هر ردیف N .

در آزمایشات شیب کانال اصلی و شیب کانال آبگیر ۰/۰۱۵ بوده و هندسه و زبری کانال اصلی و کانال آبگیر در تمامی آزمایشات ثابت است. همچنین رسوبات با دانه بندی یکنواخت و جنس ثابت در آزمایشات بکار برده می شود. عدد رینولدز جریان در محدوده جریان های آشسته قرار دارد ($Re \approx 70000$). آزمایشات اصلی با عدد فرود $Fr=0.32$ و عمق جریان ورودی $Y=15cm$ انجام گردید. بر اساس توصیه های ارائه شده توسط پیرستانی (۱۳۸۳) و دهقانی (۱۳۸۵)، موقعیت آبگیر در، زاویه ۱۱۵ درجه قوس و زاویه انحراف آبگیر برابر ۴۵ درجه ثابت در نظر گرفته شد. در مطالعه پارامترهای طراحی صفحات از یک آرایش دو ردیفه از صفحات استفاده شد که در هر ردیف $N=4$ صفحه قرار دارد. مبنای چیدمان صفحات، شعاع قوس گذرنده از وسط آبگیر می باشد و فاصله سایر صفحات نسبت به صفحه واقع بر این خط تنظیم می شوند. لذا همواره در طول آبگیر یک جفت صفحه وجود دارد. ویژگی دیگر آرایش مورد استفاده این است که دو جفت صفحه در بالادست آبگیر و یک جفت صفحه در پایین دست آبگیر قرار دارد (شکل ۷).

از نظر کمی می توان شرایط تعادل را زمانی دانست که نرخ رسوب انحرافی به درون آبگیر ثابت شود. بدین منظور آزمایشاتی با زمان های مختلف برای حداکثر دبی آبگیری (۴۰ درصد) و عدد فرود ۰/۳۲، انجام گرفت. جهت تعیین نرخ رسوب منحرف شده به آبگیر، در هر آزمایش، میزان رسوب منحرف شده به درون آبگیر و میزان رسوب منحرف شده به پایین دست آبگیر اندازه گیری گردید و نرخ رسوب منحرف شده به سمت آبگیر از رابطه زیر محاسبه گردید. پارامترهای این رابطه در ادامه تعریف شده اند.

$$Gr = M_2 / (M_1 + M_2) \times 100 \quad (۱)$$

Gr : درصد رسوب منحرف شده به آبگیر

M_1 : وزن رسوبات انتقال یافته به پایین دست آبگیر (وزن

رسوبات موجود در ناحیه ۱ در شکل ۴)

M_2 : وزن رسوبات منحرف شده به درون آبگیر (وزن

رسوبات موجود در ناحیه ۲ در شکل ۵ و تله اندازی شده در

خروجی آبگیر)

تغییرات زمانی نرخ رسوب انحرافی به آبگیر در شکل (۶) ارائه شده است. ملاحظه می گردد که تغییرات نرخ رسوب انحرافی دارای یک منحنی نزولی است که از زمان حدود ۴ ساعت تقریباً ثابت می گردد. لذا زمان انجام آزمایشات ۴/۵ ساعت انتخاب گردید.

شکل ۶- تغییرات زمانی نرخ رسوب انحرافی به درون آبگیر

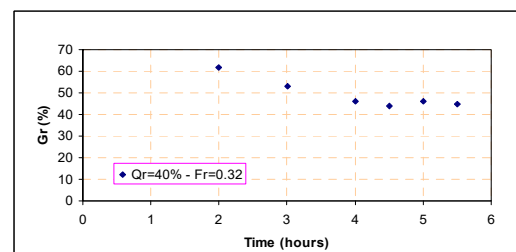


Fig. 6 variation of sediment discharge rate diverted into the intake

۳- آنالیز ابعادی

پارامترهای مهم و مؤثر بر میزان رسوب انحرافی عبارتند از زاویه مرکزی محل استقرار آبگیر ϕ ، زاویه انحراف آبگیر θ ، شیب کانال اصلی S_m ، شیب کانال

۴-۱- بررسی اثر فاصله طولی صفحات

بدین منظور مبنای چیدمان صفحات وسط آبگیر انتخاب گردید و فاصله سایر صفحات نسبت به صفحه واقع در وسط آبگیر تنظیم گردید تا همواره در طول آبگیر یک صفحه وجود داشته باشد. سایر پارامترها طبق توصیه های

$$\text{موجود به صورت زیر ثابت در نظر گرفته شد: } \frac{H}{Y} = 0.33, \frac{L}{H} = 2, \frac{\delta_n}{H} = 2, \alpha = 20^\circ, \frac{\delta_b}{H} = 2 \quad (3)$$

در این آرایش ها، فواصل طولی صفحات از 6H (یعنی ۶ برابر ارتفاع صفحات) تا 12H (یعنی ۱۲ برابر ارتفاع صفحات) با فواصل یکنواخت تنظیم گردید (شکل ۸).

شکل ۸- آرایش صفحات مستغرق با فواصل طولی مختلف

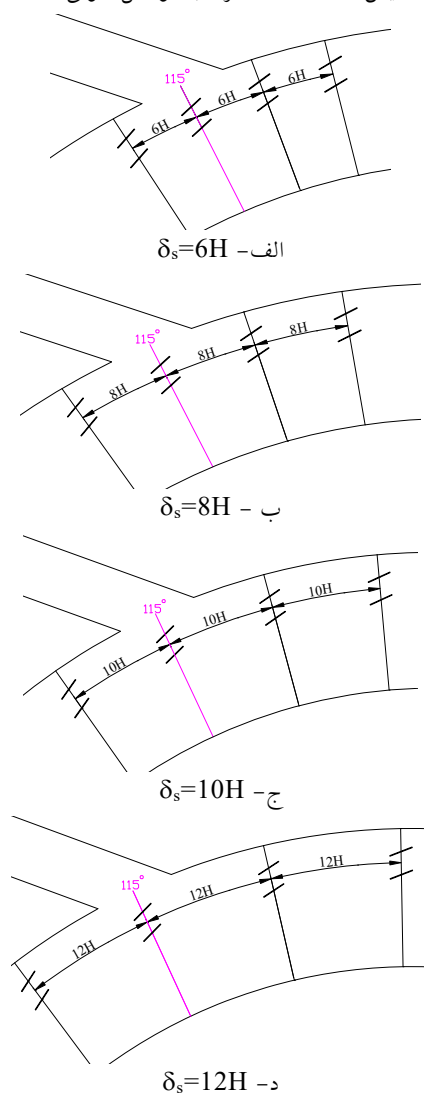


Fig 8. submerged vanes system with different vane spacing in transverse direction (δ_s)

شکل ۷- آرایش دو ردیفه صفحات مورد استفاده

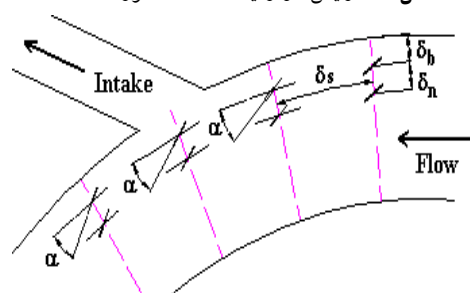


Fig. 7 two row submerged vanes system

لذا برخی از پارامترها از آزمایشات حذف می گردد. در نهایت پارامترهای بدون بعد به صورت زیر در نظر گرفته شد.

$$G_r = f(Q_r, \delta_s/H, H/Y, \alpha, \delta_b/H, \delta_n/H) \quad (2)$$

در این رابطه $G_r = \frac{Q_d}{Q_m}$ ، معرف نسبت رسوب انحرافی و $Q_r = \frac{Q_d}{Q_m}$ معرف نسبت آبگیری می باشد.

با توجه به محدوده توصیه شده توسط ونگ (۱۹۹۰) برای ارتفاع صفحات مستغرق در مسیر مستقیم $(0.2Y < H < 0.5Y)$ و با توجه به محدوده توصیه شده برای طول صفحات مستغرق $(2H < L < 3H)$ و با توجه به اینکه $Y = 15\text{cm}$ انتخاب شد، طول صفحات برابر $L = 10\text{cm}$ انتخاب گردید. همچنین بر اساس توصیه های موجود و مطالعات انجام شده در رابطه با هندسه آرایش صفحات مستغرق، محدوده تغییرات پارامترهای صفحات مستغرق انتخاب گردید.

۴- مطالعات پارامتریک

از آنجا که ارتفاع صفحات تابع عمق جریان است. ارتفاع صفحات به عنوان پارامتر مستقل در نظر گرفته شد و سایر پارامترهای صفحات یعنی فاصله طولی، فاصله عرضی و فاصله از دیواره خارجی، بر حسب ارتفاع صفحات بی بعد شدند. در هنگام بررسی اثر یک پارامتر، سایر پارامترهای صفحات ثابت در نظر گرفته شده و سپس با مقدار بهینه بدست آمده برای پارامتر بررسی شده، به بررسی اثر یکی دیگر از پارامترها پرداخته شده است.

عدم پیوستگی عملکرد صفحات در بالادست آبگیر موجب می گردد از همان اواسط آزمایش رسوبات از بالادست آبگیر و از پشت صفحه واقع در وسط آبگیر نیز وارد آبگیر شوند. شکل ۱۰ چگونگی ورود رسوبات به آبگیر را در حین آزمایش برای دو حالت $\delta s=10H$ و $\delta s=12H$ نشان می دهد.

شکل ۱۰- عملکرد صفحات در انحراف رسوبات از بالادست آبگیر

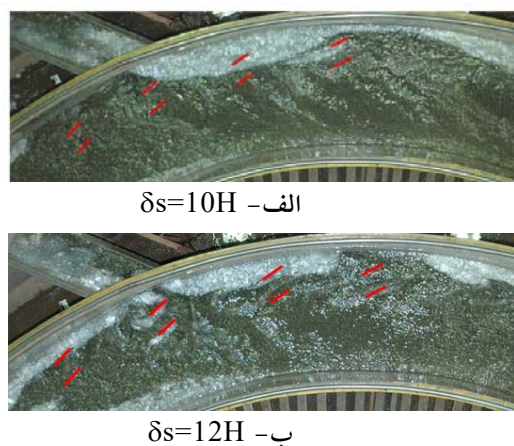


Fig 10. Submerged vanes operation in diversion of sediment

قدرت جریان ثانویه در محدوده صفحات با استفاده از روش معیار قدرت گرداب که در تحقیق متصیری و همکاران (۱۳۸۷) ارائه شده است، برای سه حالت فوق الذکر در مقاطع مختلف محاسبه گردید. تغییرات قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف برای دو فاصله طولی $\delta s=10H$ و $\delta s=12H$ در شکل ۱۱ نشان داده است. از آنجا که مبنای چیدمان صفحات وسط آبگیر است لذا محل اولین صفحه در آرایش با فاصله طولی $\delta s=12H$ در فاصله دورتری نسبت به بالادست آبگیر قرار دارد. لذا قدرت جریان ثانویه در شروع بیشتر است اما بدلیل زیادتر بودن فاصله صفحات مقدار استهلاک قدرت جریان ثانویه بیشتر خواهد بود. همچنین در لبه بالادست آبگیر قدرت جریان ثانویه در حالت $\delta s=12H$ نسبت به $\delta s=10H$ بسیار کمتر است. لذا حداقل فاصله طولی یکنواخت صفحات با مبنای چیدمان وسط آبگیر $\delta s=10H$ انتخاب می گردد.

نتایج آزمایشات تزریق رسوب نشان می دهد که با افزایش فاصله طولی صفحات از $\delta s=6H$ تا $\delta s=10H$ میزان رسوبات ورودی به آبگیر کاهش می یابد، اما با افزایش فاصله طولی صفحات از $\delta s=10H$ تا $\delta s=12H$ میزان رسوب ورودی به آبگیر به شدت افزایش می یابد (شکل ۹).

شکل ۹- تغییرات نسبت رسوب انحرافی به ازای مقادیر $H/\delta s$

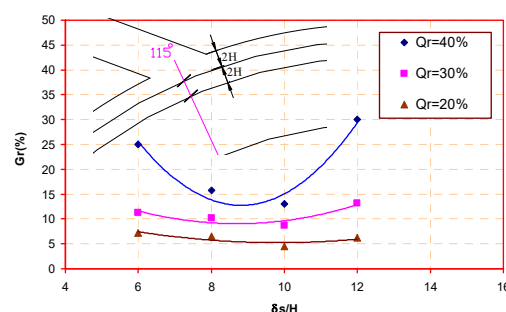


Fig 9. Variation of diverted sediment discharge ratio versus different values of δs

از طرفی در نظر گرفتن وسط آبگیر به عنوان نقطه مبنا و تنظیم فواصل طولی صفحات نسبت به این نقطه موجب می گردد با افزایش فاصله طولی صفحات، محل اولین صفحه در بالادست آبگیر تغییر یابد و به فاصله ای دورتر از لبه بالادست آبگیر منتقل شود. در نتیجه دیون هایی که در قوس خارجی تشکیل می شوند و از لبه بالادست آبگیر وارد آبگیر می شوند، از فاصله دورتری نسبت به لبه بالادست آبگیر به سمت قوس داخلی منحرف می شوند. با افزایش فاصله صفحات، پیوستگی عملکرد صفحات از بین رفته و صفحات بصورت منفرد عمل می نمایند. در نتیجه رسوبات می توانند از فضای بین صفحات وارد آبگیر شوند. با افزایش فاصله صفحات از $\delta s=6H$ تا $\delta s=10H$ صفحات به صورت کاملاً پیوسته و متحد رسوبات را از بالادست آبگیر به سمت پایین دست منحرف می نمایند و فقط رسوبات از پایین دست آبگیر، وارد آبگیر می شوند ضمن اینکه در آرایش با فاصله طولی $\delta s=10H$ رسوبات از فاصله دورتری در بالادست آبگیر منحرف می گردد، لذا کمترین مقدار رسوب ورودی به آبگیر مربوط به فاصله طولی $\delta s=10H$ می باشد. اما در آرایش با فاصله طولی $\delta s=12H$

صفحات، مکانیسم جدیدی در میدان جریان ایجاد می شود. در حالت $H/Y=0.50$ یک جریان برگشتی از گوشه پایین دست آبگیر بوجود می آید که رسوبات به تله افتاده در این ناحیه را به درون آبگیر هدایت می نماید و موجب افزایش میزان رسوب ورودی به آبگیر می شود (شکل ۱۳). با توجه به اینکه ابعاد گردابه ایجاد شده توسط صفحات دو برابر ارتفاع صفحات می باشد، لذا کاربرد صفحات با ارتفاع برابر نصف عمق جریان، مانعی در برابر جریان ورودی به آبگیر ایجاد نموده و موجب آشفته گری جریان و ورود بیشتر رسوبات به آبگیر می گردد.

شکل ۱۳- خطوط جریان اطراف صفحات مستغرق با H/Y مختلف

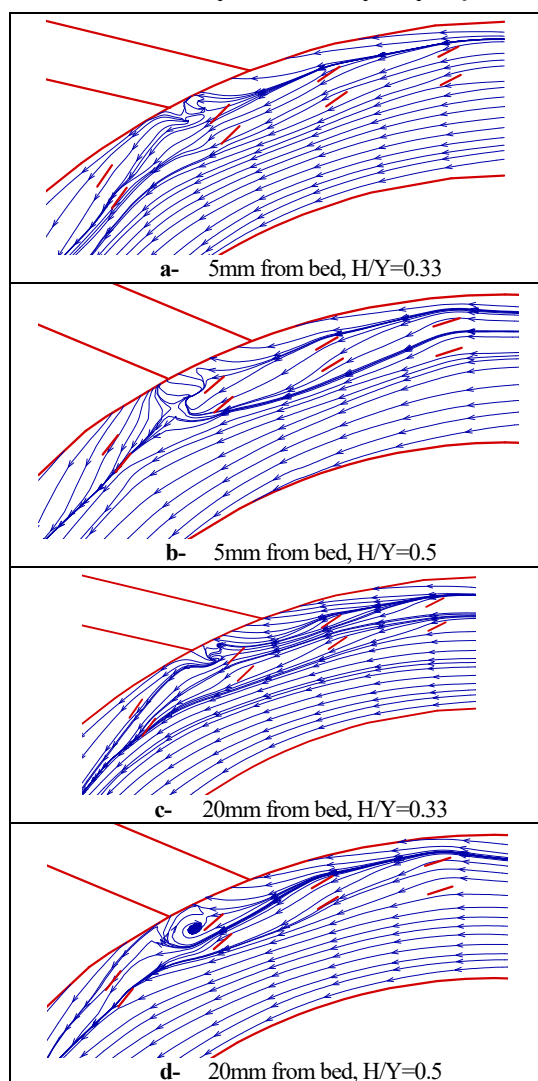


Fig 13. Streamline around the submerged vanes

۳-۳- بررسی اثر زاویه صفحات مستغرق

زاویه صفحات، زاویه حاده بین امتداد صفحه و خط عمود بر شعاع قوس گذرنده از مرکز صفحه در نظر گرفته شد. به منظور مطالعه

شکل ۱۱- تغییرات قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف

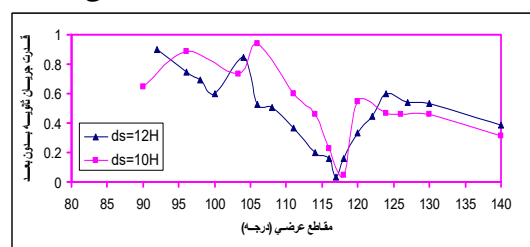


Fig 11. Variation of secondary flow strength

۴-۲- بررسی اثر ارتفاع صفحات

در مرحله قبل برای $H/Y=0.33$ که معادل $H=5\text{cm}$ می باشد، فاصله طولی بهینه صفحات برابر $\delta s=10H$ که معادل 50cm می باشد، بدست آمد. در ادامه با استفاده از آرایش حاصل شده در مرحله قبل با فاصله طولی $\delta s=50\text{cm}$ ، به بررسی اثر ارتفاع صفحات پرداخته می شود. لذا ۳ مقدار $H/Y=0.23, 0.33, 0.5$ ، برای ارتفاع نسبی صفحات در نظر گرفته شد. شکل ۱۲ تغییرات رسوب انحرافی برحسب مقادیر مختلف ارتفاع نسبی صفحات به ازای دبی های مختلف را نشان میدهد. همانگونه که مشخص است برای $H/Y=0.33$ ، منحنی ها برای دبی های آبگیری ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد دارای یک مقدار بهینه هستند.

شکل ۱۲- تغییرات رسوب انحرافی بر حسب H/Y

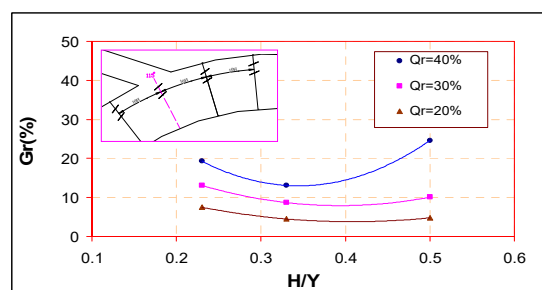


Fig 12. Variation of diverted sediment ratio versus different values of H/Y

مشاهدات نشان داد که در حالت بدون حضور صفحات، رسوبات به راحتی به درون آبگیر هدایت میگردند. با نصب صفحات با ارتفاع نسبی $H/Y=0.23$ ، ناحیه تقسیم جریان جلوی آبگیر کاهش می یابد و رسوبات ورودی از لبه بالادست آبگیر تنها از فضای بین دیواره خارجی و اولین ردیف صفحات وارد آبگیر می شوند، ضمن اینکه صفحات واقع در لبه پایین دست آبگیر نیز ورود رسوبات از لبه پایین دست آبگیر را به تأخیر می اندازند. لذا میزان رسوب ورودی به آبگیر کاهش می یابد. این روند تا ارتفاع نسبی صفحات برابر $H/Y=0.33$ ادامه می یابد. با افزایش ارتفاع

دارند. در این حالت آشفتگی خاصی در میدان ملاحظه نمی شود. در حالت $\alpha=30^\circ$ ، رسوبات به سمت لبه پایین دست آبگیر منحرف شده و در این ناحیه متوقف می شوند. در این حالت با توجه به افزایش زاویه صفحات، بخشی از رسوبات در پشت اولین صفحه بالادست تجمع می نمایند، اما در نهایت ورود رسوبات از لبه پایین دست آغاز می گردد. در حالت $\alpha=30^\circ$ ، شروع یک آشفتگی در بالادست آبگیر مشاهده می شود بگونه ای که موجب می گردد ورود رسوبات از پشت صفحه وسط آبگیر نیز آغاز گردد. با افزایش رسوبات در بالادست آبگیر و افزایش آشفتگی، ورود رسوبات از لبه بالادست آبگیر نیز آغاز می گردد. در حالت $\alpha=40^\circ$ ، صفحات بیشتر به صورت مانع در برابر جریان عمل می نمایند و به جای منحرف کردن رسوبات به سمت پایین دست، موجب افزایش تجمع رسوبات در بالادست آبگیر می گردند که در نهایت موجب افزایش آشفتگی در جریان و افزایش ورود رسوبات از لبه بالادست آبگیر می گردد (شکل ۱۵).

شکل ۱۵- عملکرد صفحات با زوایای مختلف

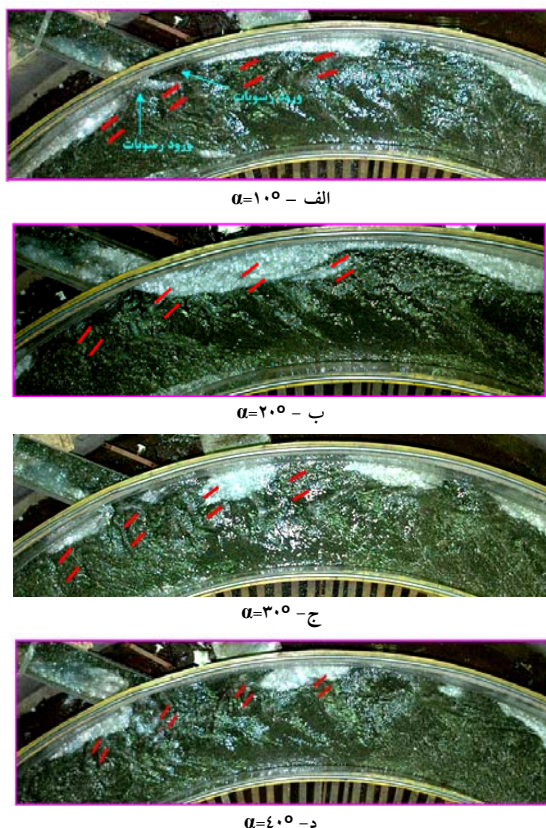


Fig 15. The vanes operation with different value of (α)

اثر زاویه صفحات، چهار مقدار ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه برای زاویه صفحات در نظر گرفته شد. سایر پارامترها به صورت زیر ثابت در نظر گرفته شد.

$$\frac{H}{Y} = 0.33, \quad \frac{L}{H} = 2, \quad \frac{\delta_s}{H} = 10, \quad \frac{\delta_b}{H} = 2, \quad \frac{\delta_n}{H} = 2 \quad (4)$$

نتایج حاصل از آزمایشات تزریق رسوب برای زوایای مختلف در شکل (۱۴) ارائه شده است. ملاحظه می گردد نمودار دارای یک نقطه بهینه است که مربوط به زاویه ۲۰ درجه می باشد.

شکل ۱۴- تغییرات میزان رسوب انحرافی بر حسب زوایای مختلف صفحات

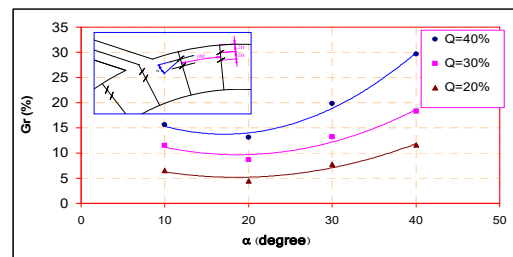


Fig 14. Variation of diverted Gr versus different values of (α)

در حالت $\alpha=10^\circ$ ، رسوبات توسط صفحات به سمت لبه پایین دست آبگیر منحرف می گردند و در این موقعیت متوقف می گردند. با رسیدن دیون های متناوب در بالادست آبگیر، این دیون ها از ردیف اول صفحات عبور نموده و در ادامه با رشد این دیون ها و عبور از ردیف دوم صفحات، ورود رسوبات از لبه بالادست آبگیر آغاز می گردد. در ادامه با افزایش رسوبات متوقف شده در لبه پایین دست آبگیر، ورود رسوبات از لبه پایین دست آبگیر نیز آغاز می گردد. به نظر می رسد زاویه صفحات وسط آبگیر در این حالت برای انحراف رسوبات ورودی از لبه پایین دست آبگیر مناسب است، اما رسوبات ورودی از لبه بالادست آبگیر به راحتی از صفحات عبور می نمایند. در این حالت، خطوط جریان به صورت هموار هستند و آشفتگی در میدان ملاحظه نمی شود. در حالت $\alpha=20^\circ$ ، رسوبات به سمت لبه پایین دست آبگیر منحرف شده و در این ناحیه متوقف می شوند. با رسیدن دیون های متناوب به قوس خارجی، صفحات واقع در بالادست آبگیر به خوبی رسوبات را به سمت پایین دست منحرف می نمایند و در نهایت موجب می گردند تا ورود رسوبات از لبه پایین دست آبگیر آغاز گردد. در این حالت زاویه صفحات واقع در بالادست آبگیر بسیار مناسب به نظر می رسد، ضمن اینکه صفحات وسط آبگیر نیز عملکرد مناسبی

۴-۳- اثر فاصله صفحات مستغرق از دیواره خارجی قوس

برای فاصله صفحات از دیواره خارجی قوس در محدوده تعیین شده سه مقدار مختلف $\delta_b=1H$ ، $\delta_b=2H$ و $\delta_b=3H$ در نظر گرفته شد و میزان رسوب ورودی به آبگیر به ازای دبی های مختلف اندازه گیری گردید. سایر

$$\text{پارامترها به صورت زیر ثابت در نظر گرفته شد. } \frac{H}{Y}=0.33, \frac{L}{H}=2, \frac{s}{H}=10, \frac{n}{H}=2, \alpha=20^\circ \quad (5)$$

شکل (۱۶) تغییرات نرخ رسوب ورودی به آبگیر برحسب فواصل مختلف صفحات از دهانه آبگیر که با ارتفاع صفحات بی بعد شده اند را به ازای درصدهای مختلف آبگیری نشان می دهد. ملاحظه می گردد نمودارهای مربوطه به ازای دبی های آبگیری مختلف، دارای یک نقطه بهینه هستند که مربوط به حالت $\delta_b/H=2$ می باشد. در آزمایشات مشاهده شد که در حالت $\delta_b/H=1$ ورود رسوبات از لبه پایین دست آبگیر آغاز می گردد و پس از تشکیل دیون های متناوب و رسیدن آنها به دیواره خارجی قوس، به خاطر نزدیکی اولین ردیف صفحات به دیواره خارجی قوس، این دیون ها نمی توانند از فضای بین دیواره و صفحات عبور نمایند و توسط صفحات واقع در بالادست آبگیر به سمت پایین دست منحرف شده و به رسوبات ورودی از لبه پایین دست آبگیر می پیوندند و موجب افزایش ورود رسوبات از لبه پایین دست آبگیر می گردند.

شکل ۱۶- تغییرات رسوب انحرافی برحسب فاصله اولین ردیف صفحات از دیواره خارجی

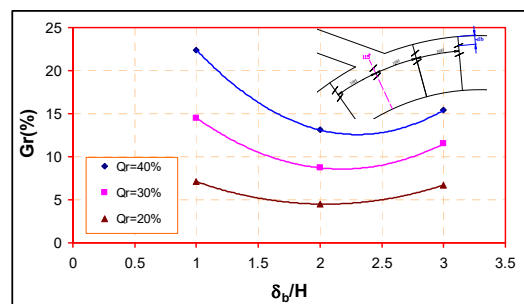


Fig 16. Variation of diverted sediment ratio versus δ_b

در حالت $\delta_b/H=3$ صفحات، رسوبات منتقل شده به لبه پایین دست آبگیر را از فاصله دورتری نسبت به آبگیر به

سمت پایین دست منحرف می نمایند. در نتیجه ورود رسوبات از لبه پایین دست به تأخیر می افتد. زمانی که دیون های متناوب خود را به قوس خارجی می رسانند، ورود رسوبات به آبگیر از لبه بالادست آبگیر آغاز می گردد. این دیون ها از فضای بین اولین ردیف صفحات و دیواره خود را به آبگیر رسانده و رسوب را به درون آبگیر تخلیه می نمایند. پس از آن، رسوبات متوقف شده در لبه پایین دست آبگیر نیز به تدریج رشد نموده و خود را به لبه پایین دست آبگیر رسانده و ورود رسوبات از این ناحیه نیز آغاز می گردد. اما در حالت $\delta_b/H=2$ ضمن اینکه ورود رسوبات از لبه پایین دست آبگیر در زمان دیرتری نسبت به حالت $\delta_b/H=1$ اتفاق می افتد، پس از رسیدن دیون های متناوب به لبه بالادست آبگیر، بر اثر پیوستگی مناسبی که بین صفحات بالادست آبگیر در این حالت وجود دارد، این دیون ها به سمت پایین دست منحرف می گردند. الگوی جریان در تراز نزدیک بستر در حالت $\delta_b/H=1$ نشان می دهد در این حالت عرض صفحه تقسیم جریان بطور چشم گیری کاهش یافته است، اما در گوشه پایین دست آبگیر نقطه زینی شکل گرفته است و همانگونه که قبلا بیان شد، وجود این نقطه در پایین دست آبگیر موجب به تله افتادن رسوبات در این ناحیه شده که در نهایت این رسوبات بر اثر مکش آبگیر وارد آبگیر می شوند. الگوی جریان در تراز نزدیک بستر در حالت $\delta_b/H=2$ نشان می دهد در این حالت عرض صفحه تقسیم جریان مجدداً افزایش یافته است، ضمن اینکه در گوشه پایین دست آبگیر نقطه زینی نیز شکل گرفته است (شکل ۱۷).

شکل ۱۷- الگوی جریان در تراز نزدیک بستر برای فواصل مختلف صفحات از دیواره

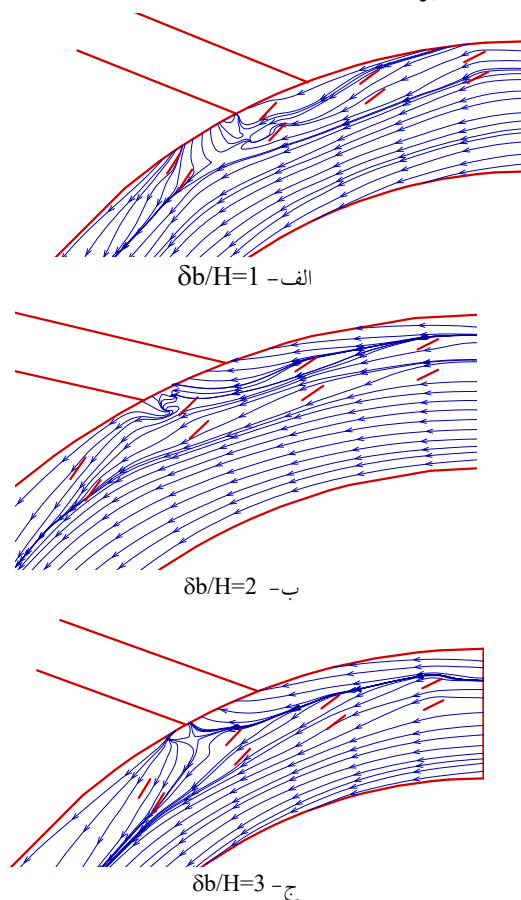


Fig 17. Streamline around the submerged vanes for different value of δb

شکل (۱۸) تغییرات قدرت جریان ثانویه در محدوده صفحات را نشان می دهد. حالت $\delta b/H=2$ ضمن کاهش عرض صفحه تقسیم جریان جلوی آبگیر، حداکثر قدرت جریان ثانویه ناشی از صفحات را به همراه خواهد داشت. با افزایش فاصله از دیواره به $\delta b=3H$ ، قدرت جریان ثانویه تقریباً ثابت باقی مانده است، اما چون عرض صفحه تقسیم جریان در کف افزایش یافته است، باعث افزایش رسوب ورودی به آبگیر می گردد.

شکل ۱۸- تغییرات قدرت جریان ثانویه برای فاصله مختلف صفحات از دیواره خارجی

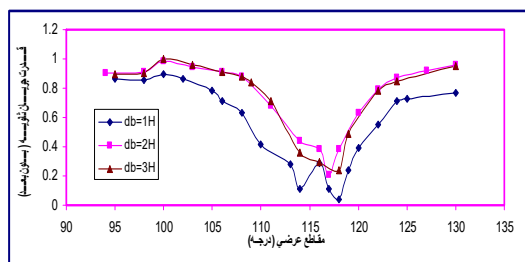


Fig 18. Variation of secondary flow strength versus different value of δb

۵-۳-۱ اثر فاصله عرضی صفحات مستغرق

بطور کلی فاصله عرضی صفحات باید چگونه ای باشد که صفحات به صورت پیوسته عمل نمایند و یک گردابه واحد تولید کنند (ادگارد و ونگ، ۱۹۹۱). در مطالعه فاصله عرضی صفحات، سه مقدار $\delta_n=1H$ ، $\delta_n=1.5H$ ، $\delta_n=2H$ برای فاصله عرضی صفحات در نظر گرفته شد و سایر پارامترها به صورت ثابت در نظر گرفته شد.

$$\frac{L}{H} = 2, \quad \frac{\delta_s}{H} = 10, \quad \alpha = 20^\circ, \quad \frac{\delta_b}{H} = 2 \quad (6)$$

لازم به ذکر است که ابتدا فواصل عرضی برابر $\delta_n=2H$ و $\delta_n=1H$ به ازای دبی های مختلف مورد آزمایش قرار گرفت و با توجه به روند افزایشی میزان رسوب ورودی به آبگیر، فاصله عرضی $\delta_n=1.5H$ نیز بررسی گردید. تغییرات نرخ رسوب ورودی به آبگیر بر حسب فواصل عرضی مختلف صفحات به ازای دبی های مختلف آبگیری در شکل ۱۹ ارائه شده است.

ملاحظه می گردد به ازای همه دبی های آبگیری، منحنی ها دارای یک نقطه بهینه می باشند که مربوط به آرایش با فاصله عرضی $\delta_n=1.5H$ می باشد. در آزمایشات مشاهده گردید که در حالت $\delta_n=1H$ ، دیون های متناوب رسیده به قوس خارجی نمیتوانند از فضای بین دو صفحه واقع در یک مقطع عبور نمایند و دو صفحه به صورت واحد و پیوسته رسوبات را به پایین دست منحرف می نمایند.

شکل ۱۹ - تغییرات رسوب انحرافی بر حسب فواصل عرضی مختلف

صفحات

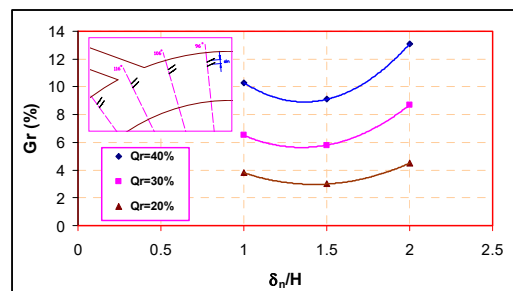


Fig 19. Variation of diverted sediment ratio versus δ_n/H

جریان در مقاطع عرضی مختلف برای فواصل عرضی مختلف نیز این مطلب را تأیید می نماید. الگوی جریان در مقاطع عرضی مختلف برای حالت $\delta_n=1H$ بیانگر عملکرد یکپارچه دو صفحه واقع در این مقطع و تشکیل یک گردابه واحد می باشد. در حالت $\delta_n=1.5H$ نیز عملکرد یکپارچه صفحات در تولید یک گردابه واحد مشاهده می گردد. در حالت $\delta_n=2H$ عملکرد یکپارچه صفحات از بین می رود و صفحات به صورت مستقل، گردابه های مجزا تولید می نمایند (شکل ۲۰).

شکل ۲۰- الگوی جریان در مقطع عرضی ۱۰۶ درجه

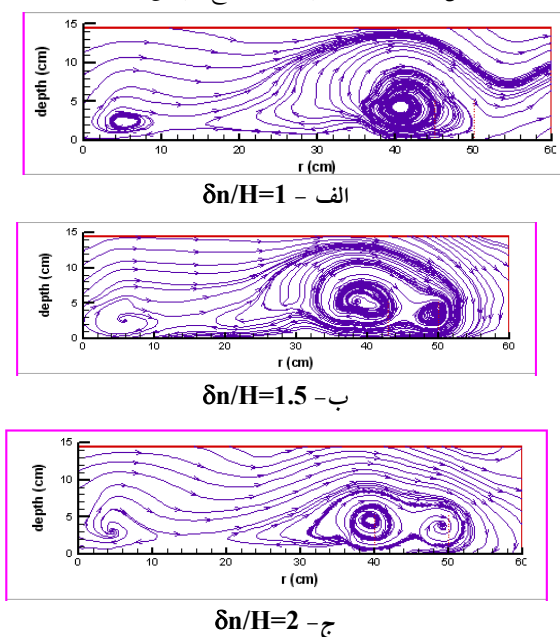


Fig 20. Streamline in cross section of 106-degree

تغییرات قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف حول صفحات، برای سه آرایش صفحات با فاصله عرضی مختلف در شکل (۲۱) ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می شود با افزایش فاصله عرضی صفحات از $\delta_n=1H$ به $\delta_n=1.5H$ ، قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف اندکی افزایش یافته است، اما افزایش این فاصله از $\delta_n=1.5H$ به $\delta_n=2H$ موجب کاهش چشم گیر قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف حول آبگیر گردیده است.

در حالت $\delta_n=1.5H$ ، نیز عملکرد صفحات مشابه حالت قبل بود، یعنی صفحات به صورت پیوسته دیون های رسیده به بالادست آبگیر را به سمت پایین دست منحرف می نمایند، ضمن اینکه در این حالت به علت افزایش فاصله عرضی صفحات نسبت به حالت قبل، رسوبات جمع شده در لبه پایین دست آبگیر از فاصله دورتری نسبت به آبگیر به سمت پایین دست منحرف می شوند. اما در حالت $\delta_n=2H$ همانگونه که بیان شد پیوستگی عرضی صفحات وجود ندارد و دیون های متناوب رسیده به قوس خارجی در بالادست آبگیر از بین صفحات عبور می نمایند و بخشی از بار رسوبی خود را به درون آبگیر تخلیه می نمایند. برای فاصله عرضی ۲ برابر ارتفاع صفحات، صفحات واقع در یک عرض، به صورت مجزا عمل نموده و گردابه های مجزا تولید می نمایند بگونه ای که رسوبات می توانند از بین صفحات عبور نمایند. با کاهش فاصله عرضی صفحات به یک برابر ارتفاع صفحات، صفحات به صورت واحد عمل کرده و یک گردابه واحد تولید می نمایند و باعث افزایش قدرت جریان ثانویه می گردند. در این حالت رسوبات نمی توانند از بین صفحات عبور کنند و در نتیجه میزان رسوب ورودی به آبگیر کاهش می یابد. در حالت فاصله عرضی ۱/۵ برابر ارتفاع صفحات، ضمن برقراری پیوستگی عرضی صفحات و تشکیل یک گردابه واحد، با توجه به بیشتر شدن فاصله نسبت به حالت ۱ برابر ارتفاع صفحات، رسوبات از فاصله دورتری نسبت به آبگیر از جلوی آبگیر منحرف می شوند. در نتیجه میزان رسوب ورودی به آبگیر باز هم کاهش می یابد. بررسی الگوی

شکل ۲۲- تغییرات Gr بر حسب Qr برای آرایش های زیگزاگ و دو ردیفه

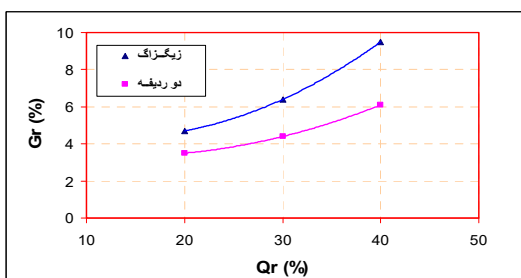
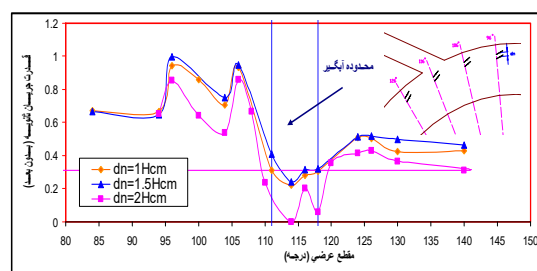


Fig 22. Variation of Gr versus Qr for Zigzag and 2-rows arrangement

شکل ۲۰- تغییرات قدرت جریان ثانویه در با فواصل عرضی مختلف

Fig 20. Variation of secondary flow strength versus different value of δ_n

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق اثر پارامترهای طراحی سیستم صفحات مستغرق در کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در یک کانال قوسی ۱۸۰ درجه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر بدست آمد:

- قرارگیری صفحات در جلوی آبگیر، موجب کاهش عرض صفحه تقسیم جریان در تراز نزدیک بستر شده و در نتیجه میزان رسوب ورودی به آبگیر کاهش می یابد.
- افزایش ارتفاع صفحات از طرفی موجب افزایش ابعاد گردابه القا شده توسط صفحه می گردد اما از طرف دیگر میزان دبی آبگیری را کاهش می دهد. بهترین ارتفاع برای صفحات مستغرق، ۰/۳۳ عمق جریان می باشد.
- ۱- بهترین زاویه صفحات برابر ۲۰ درجه بدست آمد.
- ۲- مقدار مناسب فاصله اولین ردیف صفحات از دیواره خارجی قوس در این تحقیق ۲ برابر ارتفاع صفحات بدست آمد.

۳- مقدار مناسب برای فاصله عرضی صفحات، ۱/۵ برابر ارتفاع صفحات می باشد.

مقایسه نتایج مربوط به مقادیر پارامترهای طراحی صفحات در مسیر مستقیم با با مسیر قوسی نشان می دهد نتایج حاصل با یکدیگر مطابقت دارد به جز در مورد فاصله عرضی که مقدار توصیه شده آن در مسیر مستقیم ۲ تا ۳ برابر ارتفاع صفحات می باشد اما در مسیر قوسی این مقدار ۱/۵ برابر ارتفاع صفحات بدست آمد.

- با زیگزاگ کردن آرایش دو ردیفه، پیوستگی طولی بین صفحات از بین می رود و مقدار رسوب ورودی به آبگیر

۶-۳- اثر زیگزاگ کردن آرایش صفحات

در این قسمت با استفاده از پارامترهای بهینه به دست آمده برای صفحات مستغرق طبق رابطه (۷)، به بررسی اثر زیگزاگ کردن آرایش صفحات بر میزان رسوب ورودی به آبگیر پرداخته شده است (شکل ۲۱).

$$\frac{H}{Y} = 0.33, \frac{L}{H} = 2, \frac{\delta_s}{H} = 10, \frac{\delta_b}{H} = 2, \frac{\delta_n}{H} = 1.5, \alpha = 20^\circ \quad (7)$$

آزمایشات تزریق رسوب نشان داد که با زیگزاگ کردن آرایش دو ردیفه، پیوستگی طولی صفحات بطور کامل از بین می رود، ضمن اینکه عملکرد صفحه واقع در وسط آبگیر در انحراف رسوبات از لبه پایین دست، به شدت تضعیف می گردد. درصد رسوب انحرافی برای دبی های آبگیری مختلف در دو آرایش دو ردیفه و زیگزاگ در شکل ۲۲ مقایسه شده است. مشاهده می شود که برای کلیه دبی های آبگیری، آرایش دو ردیفه نسبت به آرایش زیگزاگ عملکرد بهتری در انحراف رسوبات ورودی به آبگیر نشان داده است.

شکل ۲۱ - آرایش زیگزاگ صفحات

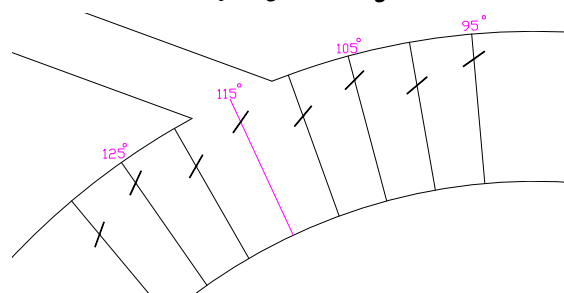


Fig 21. Zig-zag arrangement of submerged vanes

- Irrigation and Drainage", No. 4, Vol. 7 (In Persian).
- [11] Malek Nezhad Yazdi, M., Abbasi, A.A., (1393) "Effect of sill and submerged vanes on sediment discharge ratio to the lateral intakes", Irrigation & Water Engineering Journal, No. 4, Vol. 16 (In Persian).
- [12] Nakato, T. and Odgen, F.L. (1990), Sediment Control at Water intakes along Sand Bed Rivers, Journal of Hyd. Eng., ASCE, Vol 116, and No 1. pp. 119-128.
- [13] Barkdoll, B.D., Ettema, R., and Odgaard, A.J. (1999). Sediment Control at Lateral Diversions: Limits and Enhancements to Vane Use. J. Hydraulic Engineering, ASCE, Vol: 125, pp. 862-870.
- [14] Odgaard, A. J., and Kennedy, J.F. (1983), River Bend Bank Protection by submerged Vanes, Journal of Hyd. Eng., ASCE, Vol 109, and No 8. pp. 1161-1173.
- [15] Odgaard, A. J., and Mosconi, C. E. (1987), "Streambank protection by submerged vanes", J. Hydraulic Engineering., ASCE, 113(4), 520-536.
- [16] Odgaard, A. J., and Wang, Y. (1991), Sediment Management with Submerged Vanes I: Theory, Journal of Hyd. Eng., ASCE, Vol 117, and No 3. pp. 267-283.
- [17] Voisin A., Townsend R.D. (2002), Model Testing of Submerged Vanes in Strongly Curved Narrow Channel Bends, Can. J. Civ. Eng, Vol 29, pp 37-49.
- [18] Dehghani, A.A., Ghodsian, M., Salehi Neyshabouri, A.A. (2006), "Sediments Control at lateral intake in a U shaped channel bend using submerged vanes" 7th International congress on civil engineering (In Persian).
- [19] Montaseri, H., Ghodsian and Dehghani, A.A. (2009) " Experimental Study on turbulent flow field around submerged vanes at a lateral diversion in a U shape rectangular channel bend", J. Agric. Sci. Natural Resources, Vol. 16 (In Persian).
- [20] Van Rijn, L. C. "Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas", Aqua Publications, 1993.

افزایش می یابد. راندمان آرایش زیگزاک در کنترل رسوب ورودی به آبگیر از آرایش دو ردیفه بسیار کمتر است.

۵- مراجع

- [1] Dehghani, A.A., (2006), "Experimental investigation of Sediments Control at lateral intake in a 180-degree channel bend", PHD Thesis, Tarbiat Modaress University, Tehran, Iran (In Persian).
- [2] Odgaard, A. J., and Wang, Y. (1991), Sediment Management with Submerged Vanes I: Theory, Journal of Hyd. Eng., ASCE, Vol 117, and No 3. pp. 267-283.
- [3] Emam, A., (1374) "Investigation of arrange of submerged vanes on the river behavior", M.s Thesis, Tehran University (In Persian).
- [4] Rahmanian, M.R. (1377) "The hydrodynamics effect of submerged vanes at the intakes ", Ms Thesis, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran (In Persian).
- [5] Ghalani A. (1377) "Experimental Investigation of effect of submerged vanes angles on their functionalities at the intakes in rivers", Ms Thesis, Tarbiat Modaress University, Tehran, Iran (In Persian).
- [6] Yunosi, H.A., Omid, M.H., Sajedi, M., (1382) "Investigation of effect of submerged vanes spacing in streamwise on sedimentation at the intakes edges", 4nd Iranian Hydraulic Conference, Shiraz, Iran (In Persian).
- [7] Asadi, M., Khanjani, M., Barani, H., (1387) "Theoretical investigation of submerged vanes effect on 2D velocity field", 2nd Iranian Hydraulic Conference (In Persian).
- [8] Abbasi, A.A., (1382) "Experimental Investigation of sediment control at lateral intake in the straight channels", PHD Thesis, Tarbiat Modaress University, Tehran, Iran (In Persian).
- [9] Davoodi, L. and Shafai Bejestan, M., (2011), "Application of submerged vanes for sediment control at Intakes from Irrigation trapezoidal channels", Journal of Water and Irrigation Management, Vol. 1, No. 2 (In Persian).
- [10] Jafari, S., Ayoubzadeh, S.A., (1392), "Experimental Investigation of effect of lateral slope of main channel wall on sediment discharge ratio into the intake with submerged vanes", Iranian J. of

Experimental study on design parameters of submerged vanes for sediment control at lateral intake in a 180-degree bend

Hossein Montaseri ^{*1}, Masoud Godsian ², Seyed Ali Akbar Salehi Neyshabouri²

^{*1} Assistant Prof., Faculty of Engineering, Yasuj University

² Prof., Faculty of civil and environmental Engineering, Water Engineering Research Center, Tarbiat Modares University

*hmontaseri@gmail.com

Abstract

Sediment transport by a fluid flow is one of the most important two phase flows in the nature. Due to the existence of a secondary current in channel bends, the mechanism of flow and sediment transport is much complex where the use of lateral intake at outer bank of the bends decreases this complexity. One of the most important characteristics of channel bends is the existence of spiral flow. Design of intakes as one of the flow diversion structures, always had been interested to hydraulics engineering. The important problem in design of intakes, is diversion of maximum discharge with minimum amount of sediment. Outer bank of the river bend is one of the best positions for lateral diversion. Since floodwater carries a large amount of sediment, the sediment enters to lateral intake situated even in outer bank of the bend. In these cases, submerged vanes can be useful as a sediment control method. Submerged vanes are frequently used devices that have several applications such as protection against bank erosion, exclusion of sediment from water intake structures. However, there is not much information on the vanes application for sediment control to water intake located in a channel bends.

In this paper, an experimental study on the effective parameters of a 2 rows layout of vanes on sediment control at lateral intake in a U shape channel bend has been carried out. The intake was installed in position 115 degree of bend with 45-degree diversion angle according to previous research suggestion. The sediment control experiments, was carried out with injection of sediment on rigid bed. The position of injection was upstream of bend and sediment injection rate was approximately equal to sediment transport capacity of straight channel upstream of the bend. At first, the effect of Froude Number and diversion discharge rate on mechanism of sediment entry to the intake was considered and the $Fr=0.32$ was selected as hydraulic conditions in the main experiments. In this Froude Number, the mechanism of sediment entry was consisting of continues entrance from downstream edge of intake and periodic entrance from upstream of the intake. Then, the effects of design parameters of the 2 rows layout of vanes on the amount of sediment entry to lateral intake were considered for different discharge rate. The design parameters of array vanes consist of vane angle of attack with main flow (α), distance from outer wall to vanes (δb), vane spacing in streamwise and transverse direction (δs and δn , respectively), location of vanes with respect to upstream and downstream intake edges and position of first vanes upstream of the intake. The optimum value of design vanes parameters was obtained $H=0.33y$ (y is water depth and H is vanes height), $\alpha=20^\circ$, $\delta s=14H$, $\delta n=1.5H$, $\delta b=2H$. Also zigzag arrangement of vanes causes reduction of strength of secondary vortex induced by vanes and therefore reduces the efficiency of vanes array. Also zigzag arrangement of vanes causes reduction of strength of secondary vortex induced by vanes and therefore reduces the efficiency of vanes array.

Keywords: Submerged Vanes, Sediment Control, Sediment Injection, River Bends, and Lateral Intake.