

بررسی تأثیر اصلاح ساختار هندسی صفحات مستغرق بر میزان آبستگي اطراف آنها با حضور آبگیر جانبی

امین جویندا، محمد حسین پورمحمدی*

۱- گروه عمران، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، ajobband67@gmail.com

۲- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، purmohammadi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷

چکیده

برداشت آب همیشه در زمان بهره برداری به واسطه روش های انتقال آب و قوانین هیدرولیکی و هیدرولوژیکی با مشکلاتی مواجه بوده است که مهمترین آن رسوب گذاری بستر در دهانه های آبگیر و کانال آبگیر می باشد. یکی از روشهای کنترل رسوب وارده به آبگیر جانبی استفاده از صفحات مستغرق است، صفحات مستغرق قطعات کوچکی از جنس های مختلف هستند که در زاویه ای کم نسبت به جهت جریان (۱۰ تا ۳۰ درجه) قرار میگیرند که در اثر ایجاد جریان گردابی عمود بر جهت جریان در لایه های بستر موجب آبستگي اطراف و پایین دست صفحه شده و چاله ای در رسوب بستر علاوه بر ایجاد کانال عبور رسوبات به پایین دست ایجاد می کند. آبستگي اطراف صفحات علاوه بر کاهش عملکرد آنها باعث تغییر شرایط هیدرولیکی و ورود رسوب بیشتر در آبگیر میشود که بررسی میزان آن در انتخاب شکل بهینه هم موجب بالا رفتن طول عمر و زمان بازدهی صفحه و هم کنترل رسوب بیشتر می شود در این مقاله با استفاده از مدل سازی عددی با نرم افزار CCHE 2D برای ۵ شکل هندسی صفحات مستغرق در چهار عدد فرود $0/45$ ، $0/55$ ، $0/6$ و $0/66$ براساس کار آزمایشگاهی داوودی و همکاران (۱۳۹۴) شبیه سازی شده با این تفاوت که علاوه بر شکل مستطیلی ۴ شکل اصلاح شده نیز بررسی که هدف اندازه گیری میزان آبستگي اطراف این صفحات به منظور شناسایی اثر اصلاح ساختار هندسی در کاهش آبستگي می باشد که صفحات B3 و بعد از آن B4 بهترین عملکرد را داشتند.

واژه های کلیدی: اصلاح ساختار، صفحات مستغرق، آبگیر جانبی، آبستگي

مقدمه

که در زاویه ای کم نسبت به جهت جریان (۱۰ تا ۳۰ درجه) قرار میگیرند صفحات مستغرق با ایجاد جریان های ثانویه در دو دست ابتدا و انتها منجر به ایجاد خاکریز در سمت پرفشار و همچنین آب شستگی در سمت کم فشار می گردد. جریان های گردابی عمود بر جهت جریان باعث فرسایش بستر در پایین دست و ایجاد کانال عبور رسوبات می گردند. افزایش آبستگي با ایجاد گرداب و حفره در لبه ی ابتدای صفحه باعث کاهش بازدهی و در نهایت واژگونی و تخریب صفحه

برداشت آب از منابع زیرسطحی و رو سطحی همیشه در زمان بهره برداری به واسطه روش های انتقال آب و قوانین هیدرولیکی و هیدرولوژیکی با مشکلاتی مواجه بوده است که مهمترین آن رسوب گذاری بستر در دهانه های آبگیر و کانال آبگیر می باشد. یکی از روشهای کنترل رسوب وارده به آبگیر جانبی استفاده از صفحات مستغرق است، صفحات مستغرق قطعات کوچکی از جنس های مختلف هستند

درجه کاهش نسبت آبگیری را در مقایسه با شرایط بدون استفاده از سازه کنترل رسوب به دنبال داشته اند، که نهایتاً استفاده از زاویه آبگیری ۶۰ درجه پیشنهاد گردیده است.

داودی و همکاران (۱۳۹۴) با مطالعه آزمایشگاهی تأثیر فاصله طولی صفحه مستطیل شکل در مدیریت رسوب به آبگیر دریافتند که بهترین عملکرد صفحات مستغرق در فاصله طولی ۸H می باشد.

در این تحقیق مجموعاً با نتیجه به یافته های بالا با استفاده از زاویه بهینه ۲۰ درجه و فاصله بهینه ۸H و اصلاح ساختار هندسی صفحات گروه B پیشنهادی عزیز در اعداد فرود ۰/۴۵ ، ۰/۵۵ ، ۰/۶ و ۰/۶۶ آزمایش داودی و همکاران (۱۳۹۴) به نحو زیر بمنظور یافتن میزان آبستگي ناشی از اصلاح هندسی صفحات مدل سازی شده است.

مواد و روش ها نحوه کار آزمایشگاهی

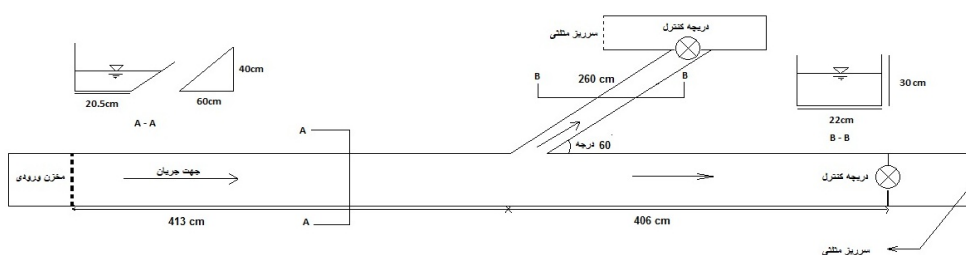
جهت داده های ورودی و همچنین مقایسه و صحت سنجی نهایی کار مدل سازی نرم افزاری با کار آزمایشگاهی شاهد از اقدامات آزمایشگاهی داودی و همکاران (۱۳۹۴) استفاده می نمایم .

داودی و همکاران (۱۳۹۴) اقدام به پژوهش آزمایشگاهی در خصوص عملکرد صفحات مستغرق مستطیلی در جلوگیری از ورود رسوب به آبگیر جانبی با در نظر گرفتن اثر فاصله ی طولی صفحات کردند. شکل ۱

می شود. آبستگي اطراف صفحات همواره عملکرد آنها را در کنترل رسوبات کاهش می دهد لذا به منظور افزایش راندمان صفحات و بالا بردن طول عمر کاربرد آنها ضروری است تا از روش هایی برای این منظور استفاده کرد یکی از این روش ها اصلاح ساختار هندسی صفحات مستغرق می باشد ، که اثر گروهی از آنها توسط عزیز و همکاران (۱۳۹۱) در تغییر توپوگرافی بستر مورد بررسی قرار گرفته است. حال در این تحقیق با کمک مدل سازی عددی در نرم افزار CCHE 2D به بررسی اثر اصلاح ساختار هندسی صفحات پیشنهاد شده بر میزان آبستگي اطراف صفحات به منظور شناسایی بهترین شکل در کنترل آبستگي اطراف صفحه پرداخته شده تا با معرفی بهترین شکل کنترلی علاوه بر افزایش بازدهی و طول عمر استفاده از آنها به بهره برداران در کاهش هزینه های اجرایی و بهره برداری کمک شایانی گردد. لذا اصلاح ساختار هندسی در صرفه جویی ساخت صفحات، کاهش سرعت و عمق آبستگي و راندمان آبگیری به دلیل اختلاف سطح در دهانه آبگیر گام مؤثری می باشد.

ادگارد و کندی (۱۹۸۳) با بکارگیری صفحات مستغرق جهت حفاظت و تثبیت ساحل رودخانه دریافتند که این صفحات تأثیر قابل توجهی بر جریان های ثانویه و سرعت حمل رسوبات به آبگیر دارد .

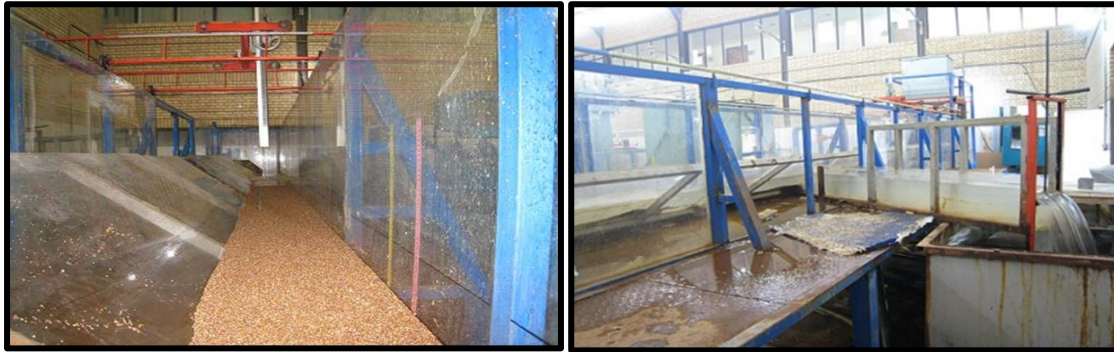
حسن پور و همکاران (۱۳۸۴) با مطالعه آزمایشگاهی اثرات صفحات مستغرق بر میزان آبگیری در آبگیر جانبی ۹۰ درجه دریافتند که صفحات مستغرق در زاویه آبگیری ۲۵ درجه افزایش نسبت آبگیری، در زاویه ۲۰ درجه بدون تأثیر منفی در میزان آبگیری و در زاویه ۱۵



شکل ۱ - پلان کلی کار آزمایشگاهی

رسوبات مورد استفاده میانگین حسابی اندازه منافذ دو الک شماره ۱۰ و ۱۶ معادل ۱/۵۹ میلی‌متر به عنوان قطر متوسط مصالح بستر در نظر گرفته شده است. در شکل ۲ فلوم و آبگیر مورد استفاده در آزمایشگاه نشان داده شده است.

کار آزمایشگاهی در فلومی با ابعاد ۸/۲ متر طول، ۲۰/۵ سانتیمتر عرض و ارتفاع دیواره ها ۱ متر به عنوان کانال اصلی و آبگیر جانبی با ابعاد ۲/۶ متر طول، ۲۲ سانتیمتر عرض و ارتفاع دیواره ها ۳۰ سانتیمتر برای چهار عدد فرود ۰/۴۵، ۰/۵۵، ۰/۶ و ۰/۶۶ انجام شده است.



شکل ۲ - نمای کلی فلوم های آزمایشگاهی

در این پژوهش برای هندسه صفحات مستغرق از ۵ شکل مختلف با ابعاد و زوایای مخصوص به شرح شکل ۳ استفاده شده است.

صفحه‌ی مستطیلی ساده؛ طول صفحه: ۷/۵۱ سانتی‌متر ارتفاع صفحه: ۲/۵ سانتی‌متر ارتفاع فلوم عرض (ضخامت) صفحه: ۱ سانتی‌متر		B1
مشابه صفحه‌ی B1 با این تفاوت که ضخامت صفحه، از لبه‌ی ابتدایی تا لبه‌ی انتهایی، به طور یکنواخت از ۱ سانتی‌متر به ۰/۵ سانتی‌متر کاهش می‌یابد.		B2
مشابه صفحه‌ی B2 با این تفاوت که لبه‌ی ابتدایی صفحه، نیم‌دایره‌ای شده است (شعاع نیم‌دایره ۰/۵ سانتی‌متر است).		B3
مشابه صفحه‌ی B3، با این تفاوت که بخش تحتانی انتهایی صفحه، انحنا دار شده است.		B4
مشابه صفحه‌ی B4 با این تفاوت که طول پال‌های تحتانی و فوقانی صفحه، به اندازه‌ی ۳/۵ سانتی‌متر، به ترتیب افزایش و کاهش یافته است.		B5

شکل ۳ - جزئیات صفحات مستغرق مورد استفاده در آزمایشات

محل قرارگیری این صفحات با زاویه ۲۰ درجه نسبت به مسیر جریان در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ - بازه و محل قرارگیری صفحات مستغرق

فاصله	بازه قرارگیری صفحات مستغرق در کانال اصلی	طول بازه
۸H	از ۶۰ سانتیمتر بالادست، مقابل دهانه و ۳۷ سانتیمتر پایین دست آبگیر	۱۲۰ سانتی متر

شبیه سازی و مدل سازی

در ادامه با استفاده از نرم افزار CCHE 2D آزمایش فوق را عیناً شبیه سازی می شود و از جدول ۱ صرفاً فاصله ی طولی بهینه را مد نظر قرار می گیرد. با این تفاوت که از تمامی ۵ شکل اصلاح شده استفاده گردید و با توجه به اینکه درصد های به دست آمده در شبیه سازی شباهت به کار آزمایشگاهی در شکل B1 را دارد می توان نتیجه ی شبیه سازی در سایر اشکال را بست داده و آبخستگی اطراف صفحات را مورد بررسی قرار داد.

معرفی نرم افزار CCHE 2D

مدل CCHE2D در سال ۱۹۹۷ در مرکز بین المللی NCCHE توسط اقایان ونگ و هوو زیرنظر دانشگاه می سی سی پی آمریکا تهیه گردید در سالیان اخیر مدل مذکور به تدریج توسعه یافته به طوری که نگارش آخر آن از قابلیت های زیادی در زمینه شبیه سازی آب و رسوب برخوردار می باشد. کدهای این برنامه با استفاده از زبان برنامه نویسی فرترن ۹۰ نوشته شده است. به طور کلی این مجموعه شامل دومدل جداگانه CCHE2D، Mesh Generator و CCHE2D-GUI می باشد.

نحوه ی شبیه سازی

با توجه به ثابت بودن بار بستر نقشه ی توپوگرافی با استفاده از نرم افزار civil 3d ترسیم شده و با توجه به پلان رسم شده در نرم افزار Autocad Land مرتب

سازی و یکپارچه سازی نقاط انجام شده و سپس آماده ورود به مدل گردید.

پس از ایجاد پلان سناریو و ورود نقاط، از نرم افزار Autocad Land به شکل (space delimited) PENZD خروجی تهیه می گردد.

تعیین محدوده فیزیکی

شرایط مرزی

برای تعریف نخستین شرایط مرز از نوار ابزار ترسیم مرزهای محاسباتی استفاده گردید. بدین منظور ابتدا گزینه مرز نخست (First Boundary) انتخاب گردید . سپس ساحل چپ فلوم از بالادست به سمت پائین دست (در جهت جریان) نقطه گذاری می شود. در ادامه همین مراحل برای ساحل سمت راست جهت ایجاد شرایط مرز تکرار گردید. برای این منظور قبل از ترسیم مرز، گزینه مرز نخست را به گزینه مرز ثانویه (Second Boundary) تغییر داده و سپس مرز ساحل راست نیز ترسیم گردید.

شبکه بندی محدوده محاسباتی

از گزینه Generate Algebraic Mesh که تنها روش قابل دسترس می باشد تعداد I max و J max مناسب که همان تعداد خطوط طولی و عرضی می باشند، با توجه به ابعاد فلوم انتخاب می شود. I max برای معرفی حداکثر خطوط شبکه (I) در راستای جهت جریان فلوم و J max برای معرفی

حداکثر خطوط شبکه (J) در راستای عمود بر جهت جریان فلوم استفاده می شود.

تنظیم پارامترهای جریان

گروه پارامترهای شبیه سازی

برای بخش گام زمانی (Time Step) زمان شبیه سازی (Simulation Time) ۳۶۰۰ ثانیه وارد می شود و گامهای زمانی (Time step) ۱۰۰ وارد می شود و کل گام های زمانی (R Total Time Steps) ۳۶ به صورت خودکار تنظیم می شود.

برای بخش گام زمانی خروجی (Time Step for Output) در این بخش مدت زمانی را که طبق بررسی نیاز است مدل خروجی را ارائه کند، وارد گردید. از همین رو در تحقیق حاضر عدد ۱۰ در قسمت (History File) و عدد ۱۰۰ در قسمت (Intermediate File) وارد شد، تا مدل هر ۱۰۰ ثانیه یکبار پارامترهای محاسبه شده را گزارش نماید. در بخش آشفتگی (Turbulence) مدل K-ε انتخاب می کنیم. در بخش Numerical گزینه Wall Slipness Coefficient برای تعیین شرایط مرزی دیواره که چون در فلوم هست لغزش صفر است.

گروه ضریب زبری بستر

به صورت پیش فرض با توجه به مدل آشفتگی انتخاب گردید.

گروه پارامترهای پیشرفته

در این صفحه پارامترهایی همچون ضریب شتاب کوریولیس، شتاب ثقلی، ثابت ون کارمن و ویسکوزیته سینماتیک باید وارد شوند که برای این مقادیر اعداد پیش فرض اختیار گردید.

نتایج و بحث

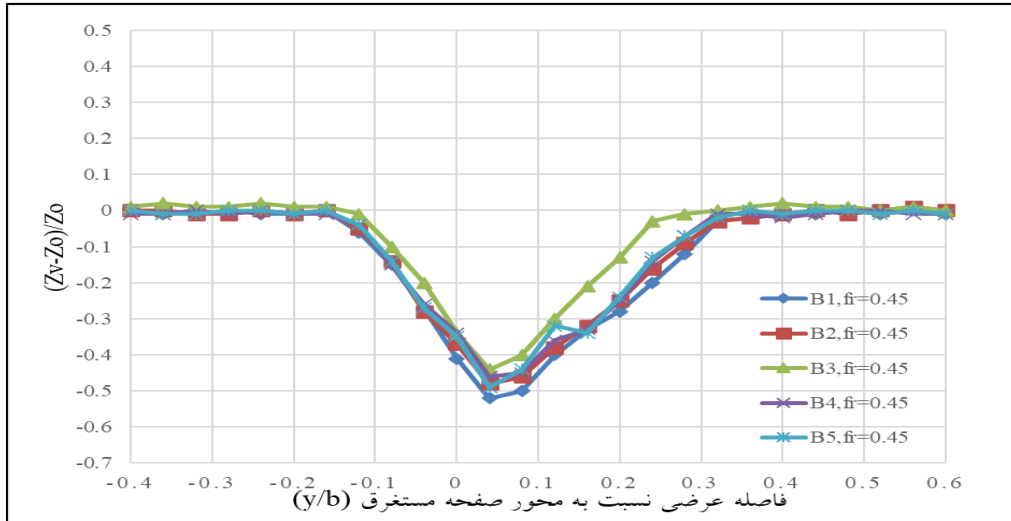
شرایط آلودگی اطراف صفحات مستغرق در عدد فرود

در ادامه، نمودارهای مربوط به نیم رخ عرضی بستر در محل لبه ی ابتدایی کلیه صفحات نسبت به صفحه B1 به عنوان صفحه شاهد برای هر عدد فرود ارائه می گردد. عمدتاً وضعیت بستر رسوبی در لبه ی ابتدایی صفحات، معیار مقایسه ی عملکرد صفحات بوده است.

نتایج آلودگی صفحات مستغرق در عدد فرود

۰/۴۵

همانطور که در شکل ۴ در عدد فرود ۰/۴۵ اولین عدد فرود مورد بررسی در شبیه سازی در نرم افزار CCHE 2D مقطع عرضی در فواصل مشخص حول محور صفحه مستغرق در لبه ابتدایی برای صفحات سری B آلودگی رخ داده را ملاحظه می کنید. برای صفحه مسطحی که صفحه مبنا می باشد و سایر صفحات با آن مقایسه می گردند حداکثر عمق آلودگی برابر ۵/۱ سانتیمتر می باشد که صفحه B2 این مقدار به عدد ۴/۵ سانتیمتر و معادل ۵/۳ درصد کاهش یافته همچنین برای صفحه B3 این مقدار به عدد ۴/۱ سانتیمتر رسیده که معادل ۱۶/۳ کاهش یافته است و نیز برای صفحه B4 این مقدار به عدد ۴/۲ رسیده که معادل ۸/۹ درصد کاهش یافته است. همچنین برای صفحه B5 این مقدار به ۴/۴ برداشت گردید که معادل ۷ درصد کاهش داشته است. در نتیجه در این عدد فرود بیشترین کاهش آلودگی مربوط به صفحه B3 بوده است که مشخص کننده اثر ساختار هندسی صفحه که کاهش آلودگی اطراف صفحات می باشد.

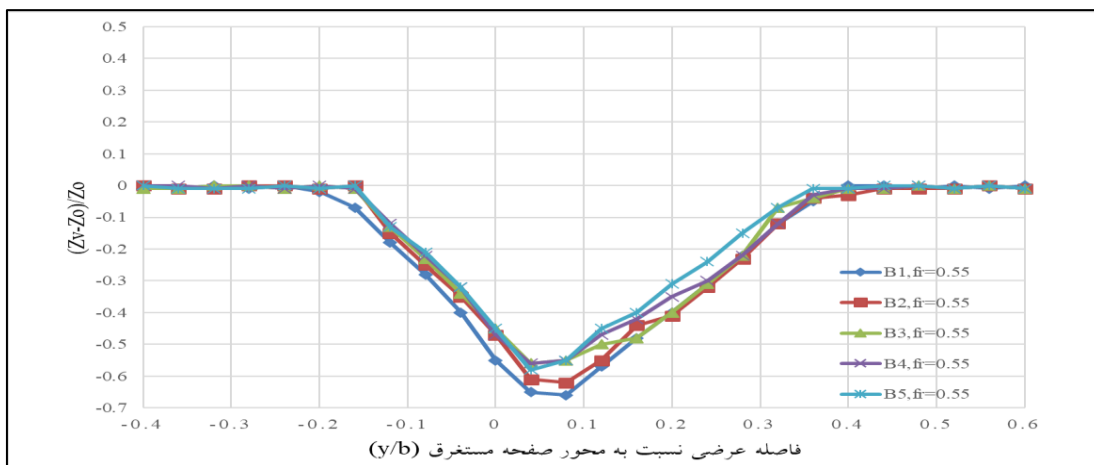


شکل ۴- نیم رخ عرضی آبشستگی در محل لبه ی ابتدایی صفحات ، $Fr=0.45$

نتایج آبشستگی صفحات مستغرق در عدد فرود ۰/۵۵

۱۱/۹ درصد کاهش آبشستگی اتفاق افتاده و در صفحه B4 این مقدار به عدد ۵/۷ می رسد کاهش ۳/۵ درصد را نشان می دهد همچنین برای صفحه B5 این مقدار به ۵/۴ می رسد که نسبت به صفحه شاهد کاهش ۸/۴۷ را به نمایش می گذارد که در این عدد فرود باز هم به صورت میانگین عملکرد صفحه B3 در کاهش آبشستگی بیشتری را نشان می دهد که حاکی از مؤثر بودن این نوع اصلاح ساختار هندسی صفحه در کاهش آبشستگی اطراف خود در عدد فرود ۰/۵۵ را نشان می دهد.

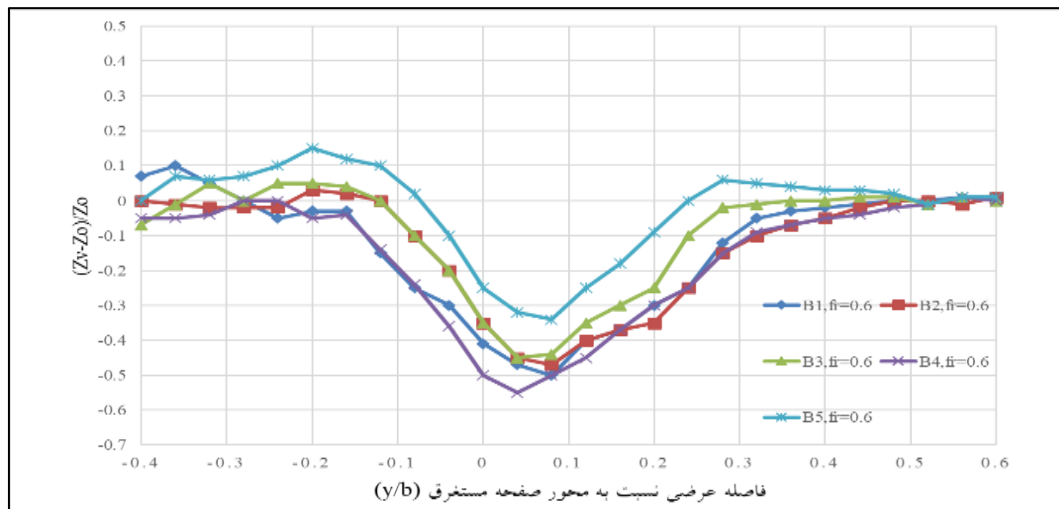
همانطور که در شکل ۵ در عدد فرود ۰/۵۵ دومین عدد فرود مورد مطالعه ملاحظه می گردد عمق آبشستگی در صفحه B1 که به عنوان صفحه شاهد نیز ملاک مقایسه قرار می گیرد و در بیشترین حالت و به صورت میانگین برابر ۵/۹ سانتیمتر می باشد که برای صفحه B2 این مقدار به عدد ۵/۸ سانتیمتر که معادل ۱/۰۶ درصد کاهش آبشستگی اتفاق افتاده و همچنین این مقدار برای صفحه B3 به ۵/۲ معادل



شکل ۵- نیم رخ عرضی آبشستگی در محل لبه ی ابتدایی صفحات ، $Fr=0.55$

آبشستگی برای صفحه B5 به عدد ۳ سانتیمتر می رسد که ۲۹/۷ درصد کاهش میزان آبشستگی را به نمایش می گذارد. به نظر می رسد افزایش برش صفحه در لبه بالایی و انحنا در پایین صفحه اثر مؤلفه عرضی سرعت بر یکدیگر را در این عدد فرود خنثی کرده و این شکل در عدد فرود ۰/۶ عملکرد بهتری را ر کاهش آبشستگی اطراف خود به نمایش می گذارد که البته میزان کاهش آبشستگی به میزانی مطلوب است که چاله انحراف رسوب را در این لایه ایجاد کند. لذا هرکاهش آبشستگی به صورت کلی مطلوب به نظر نمی رسد و باید موضوع به صورت کمی در امتداد بستر مورد مطالعه قرار گیرد.

نتایج آبشستگی صفحات مستغرق در عدد فرود ۰/۶ همانطور که در شکل ۶ در عدد فرود ۰/۶ که سومین عدد مورد مطالعه در شبیه سازی می باشد حداکثر آبشستگی در صفحه شاهد موسوم به صفحه B1 عدد ۴/۵ سانتیمتر مشاهده می گردد. که این مقدار در صفحه B2 به ۴/۴ سانتیمتر معادل ۱/۹ درصد کاهش یافته و همچنین این مقدار در صفحه B3 به ۴/۲ سانتیمتر معادل ۵/۸ درصد کاهش یافته است و نیز این مقدار برای صفحه B4 به عدد ۵/۳ می رسد که نسبت به صفحه شاهد به میزان ۱۷/۱ درصد افزایش آبشستگی را نشان می دهد. به نظر می رسد علت این افزایش ایجاد گرداب های بزرگتری حول لبه انحنادار صفحه در این عدد فرود بوجود آمده که تغییرات مولفه های عرضی سرعت در این امر مؤثر بوده است میزان



شکل ۶- نیم رخ عرضی آبشستگی در محل لبه ی ابتدایی صفحات ، Fr=0.6

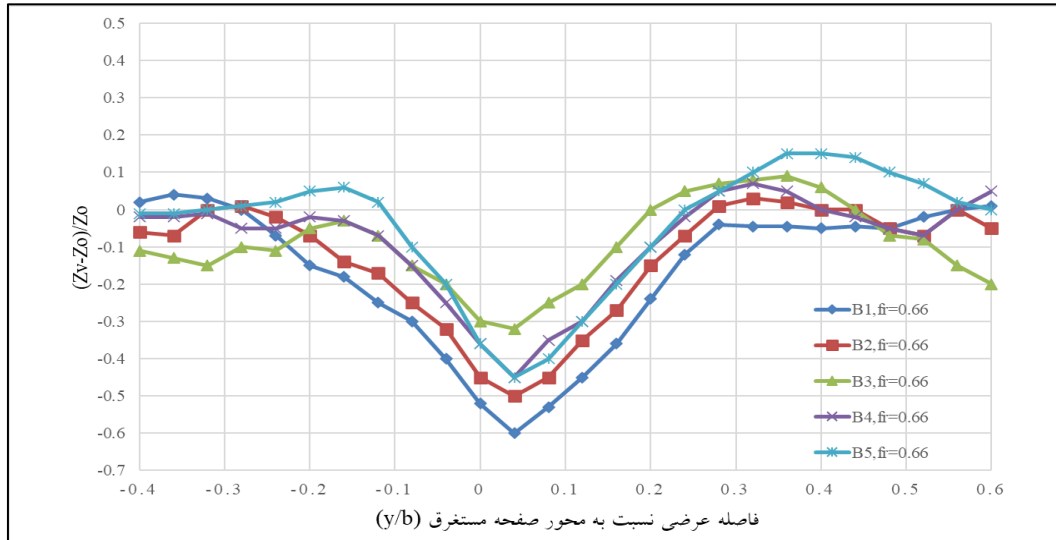
می دهد همچنین برای صفحه B3 این مقدار به طور میانگین به ۲/۹ می رسد که کاهش ۴۲/۸ درصدی را نشان می دهد و نیز این مقدار برای صفحه B4 به طور میانگین به ۴/۱ سانتیمتر می رسد که معادل ۲۳/۲ درصد کاهش را نشان می دهد. برای صفحه B5 این مقدار به ۴/۳ سانتیمتر و همان درصد کاهش ۲۳/۲ درصد را نسبت به صفحه شاهد نشان می دهد.

نتایج آبشستگی صفحات مستغرق در عدد فرود ۰/۶۶

همانطور که در شکل ۷ که نتایج را در عدد فرود ۰/۶۶ و آخرین عدد فرود مورد مطالعه ملاحظه می گردد عمق آبشستگی در صفحه شاهد به ۵/۴ سانتیمتر می رسد که در صفحه B2 این مقدار به عدد ۴/۵ سانتیمتر می رسد که کاهش ۱۴/۷ درصدی را نشان

مؤثر است. که البته در این عدد فرود مجدداً ملاحظه می شود که رفتار آبشستگی اطراف صفحات اثر شکل صفحه B3 را نسبت به سایر صفحات بهتر نشان می دهد.

بنابراین با توجه به افزایش عدد فرود که نتیجه آن کاهش محل رسوب در بستر را به دنبال دارد ملاحظه می شود که اثر صفحه در کاهش آبشستگی نسبت به سایر اعداد فرود بیشتر است این دلیل یعنی کاهش محل رسوب و تغییر مؤلفه های سرعت علاوه بر شکل هندسی صفحه به میزان آبشستگی اطراف صفحات



شکل ۷- نیم رخ عرضی آبشستگی در محل لبه ی ابتدایی صفحات ، Fr=0.66

درصد کاهش یافته عمق آبشستگی برای هر صفحه نسبت به صفحه B1 در هر عدد فرود در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ - میزان آبشستگی در اطراف صفحات مستغرق

Fr=0.66		Fr=0.6		Fr=0.55		Fr=0.45		نوع صفحه
درصد کاهش	عمق آب شستگی (cm)	درصد کاهش	عمق آب شستگی (cm)	درصد کاهش	عمق آب شستگی (cm)	درصد کاهش	عمق آب شستگی (cm)	
۰	۵/۴	۰	۴/۵	۰	۵/۹	۰	۵/۱	B1
۱۴/۷	۴/۵	۱/۹	۴/۴	۱/۰۶	۵/۸	۵/۳	۴/۵	B2
۴۲/۸	۲/۹	۵/۸	۴/۲	۱۱/۹	۵/۲	۱۶/۳	۴/۱	B3
۲۳/۲	۴/۱	-۱۷/۱	۵/۳	۴/۲	۵/۷	۸/۹	۴/۲	B4
۲۳/۲	۴/۳	۲۹/۷	۳/.	۸/۸	۵/۴	۷/۰	۴/۴	B5

آبستگي نسبت به سایر صفحات از خود نشان داد. در مورد اصلاح شکل هندسی صفحات مشاهده شد که کمترین عمق آبستگي و بیشترین درصد کاهش آبستگي مربوط به صفحه B3 می باشد. عملکرد صفحه ی B3 در ایجاد خاکریز در سمت پرفشار صفحات، بهتر از سایر صفحات بوده است. در عین حال به طور نسبی، صفحه ی B4 در تعمیق بستر رسوبي در سمت کم فشار صفحات عملکرد بهتری داشته است. در نزدیکی لبه ی ابتدایی صفحات، مؤلفه های رو به پایین سرعت موجب آب بستگي در این محل می گردد.

با توجه به نمودار های مذکور، به ازای صفحه ی نوع B3 کم ترین آب بستگي در لبه ی ابتدایی صفحات رخ داده است؛ به استثنای شکل ۶. این شکل کم ترین آب بستگي را به ازای صفحه B5 نشان می دهد. دلیل این امر وارد شدن فرم های بستر به داخل چاله ی فرسایشی است که در نتیجه ی آن کاهش محسوسی نسبت به حالات دیگر مشاهده می شود.

نتیجه گیری کلی

در بین صفحات مختلف استفاده شده، صفحه نوع B3 بطور میانگین عملکرد بهتری در خصوص

منابع

۱. حسن پور، ف. ایوب زاده، س. ع. قدسیان، م. محمد ولی سامانی، ج. شمسی، ع. ۱۳۸۴. مطالعه آزمایشگاهی اثرات صفحات مستغرق بر میزان آبگیری، آبگیرهای جانبی ۹۰ درجه. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲. داودی، ل. شفاعی بجستان، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر فاصله طولی صفحات مستغرق بر کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در کانال دوزنقه ای. دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
۳. عزیزی، ر. شفاعی بجستان، م. ۱۳۹۱. بررسی اثر شکل بهینه و فاصله ی نصب صفحات مستغرق بر الگوی رسوب در بستر کانال. دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
۴. غیاث آبادی فراهانی، ق. ۱۳۸۴. آنالیز عددی جریان پشت صفحات مستغرق با مدل k-ε. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران دانشگاه شهید باهنر کرمان
۵. گوهری، س. ایوب زاده، س. ع. قدسیان، م. صالحی نیشابوری، س. ع. ا. ۱۳۸۷. مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان در اطراف آبگیر جانبی با وجود صفحات مستغرق و آب شکن. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران دانشگاه تبریز
۶. یونسی، ح. ا. امید، م. ح. کاشفی پور، س. م. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر آرایش طولی صفحات مستغرق در یک کانال مستقیم بر توپوگرافی بستر، افزایش نسبی راندمان آبگیری و کاهش رسوب گذاری در دهانه آبگیرهای ثقیلی. مجله علمی کشاورزی ۲۷ (ویژه نامه مهندسی علوم آب). ۱۳۷-۱۵۰.
۷. صالحی نیشابوری، ع. ا. دهقانی، ا. ا. ۱۳۸۷. بررسی و ارائه راه حل برای کاهش رسوب ورودی به دهانه آبگیر جانبی در رودخانه. طرح تحقیقاتی کاربردی مؤسسه تحقیقات آب. ۴۲- ۱۱ و ص ۴۴ - وزارت نیرو، ص ۱
۸. عباسی، ع. ا. حبیبی، م. ۱۳۸۸. بررسی آزمایشگاهی تأثیر زاویه آبگیری در کنترل رسوب ورودی به آبگیر در حالت وجود صفحات مستغرق. هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه دانشگاه شهید چمران اهواز اسفند ۱
9. Barkdoll, B. D. Ettima, R. Jacob, A. 1999. Sediment control at lateral diversion: limits and enhancements to vane use. J. Hydraul. Eng., 125(8) 862-870.

10. Gupta. P . U . Sharma. N . Ojha. C . S . P . 2006. Performance evaluation of submergence ratio of a rectangular submerged vane with a collar. International J. of Sediment Res. 21(1), 42-49.
11. Ho. J. Johnson. A . White. S . 2004 . 3-D Numerical simulation study of permanent sediment control submerged vanes.
12. Nakato. T . Ogden. F . L . 1998 . Sediment control at water intakes along sand-bed rivers. J . Hydraul. Eng., 124(6) 589-596.
13. Odgaard. A . J . Kennedy. J . F . 1983. River-bend bank protection by submerged vanes. J . Hydraul. Eng., 109(8), 1161-1173.
14. Odgaard. A . J . Wang. Y . 1991 . Sediment management with submerged vanes. I: Theory. J. Hydraul. Eng., 117(3), 267-283.
15. Odgaard. A . J . Wang. Y . 1991. Sediment management with submerged vanes. II: Application. J. Hydraul. Eng., 117(3), 284-302.
16. Odgaard. A . J . Mosconi. C . E . 1998 . Stream bank protection by submerged vanes. J . Hydraul. Eng., 113(4) 520-536.
17. Odgaard. A . J . Spoljaric. A . 1998 . Sediment control by submerged vanes. J . Hydraul. Eng., 112(12), 1164-1181.
18. Wang. Y . Odgaard. A . J . Melville. B . W . Jain. S . C . 1996 . “Sediment control at water intakes. J . of Hydraul. Eng, 122(6), 353-356.