

کاربرد صفحات مستغرق در کنترل رسوب بار بستر آبیگرهای منشعب از کانال‌های آبیاری دوزنقه‌ای شکل

لیلا داودی^{۱*} و محمود شفاعی بچستان^۲

(E-mail: layla.davoodi@gmail.com)

(تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱۷)

چکیده

احداث سازه‌های آبیگر که به منظور انحراف بخشی از جریان عبوری از کانال اصلی صورت می‌گیرد، موجب به وجود آمدن تغییراتی در شرایط هیدرولیکی در مقابل دهانه آبیگر می‌شود. این تغییرات سبب ایجاد و تقویت جریان‌های ثانویه و رسوب‌گذاری در ساحل آبیگر می‌شود. یکی از روش‌های مؤثر برای کنترل رسوب ورودی به آبیگر جانبی، کاربرد صفحات مستغرق می‌باشد. عمده مطالعات قبلی انجام شده در این زمینه، استفاده از صفحات مستغرق در کانال‌هایی با مقطع مستطیلی بوده است. این در حالی است که بیشتر کانال‌ها دوزنقه‌ای شکل هستند. از این رو، این مطالعه با هدف کنترل رسوب ورودی به کانال فرعی در آبیگری از کانال دوزنقه‌ای با استفاده از صفحات مستغرق انجام شده است. برای این منظور، چهار فاصله طولی بین صفحات ۴H، ۶H، ۸H و ۱۰H در نظر گرفته شد و آزمایش‌ها با اعداد فرود ۰/۴۵، ۰/۵۵، ۰/۶۰ و ۰/۶۶ و نسبت آبیگری ۷/۵ درصد انجام شد. کلیه آزمایش‌ها در کانال اصلی با مقطع دوزنقه‌ای (۱:۱/۵) به طول ۸/۲ متر و آبیگر جانبی به طول ۲/۶ متر و زاویه آبیگری ۶۰ درجه انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد صفحات مستغرق به طور متوسط ۳۱-۱۹ درصد نسبت دبی رسوب ورودی به آبیگر جانبی کانال دوزنقه‌ای را کاهش می‌دهد. همچنین طبق نتایج تحقیق حاضر، مناسب‌ترین فاصله طولی بین صفحات ۸H می‌باشد.

کلمات کلیدی: جریان ثانویه، رودخانه، عدد فرود، فاصله طولی، کانال فرعی

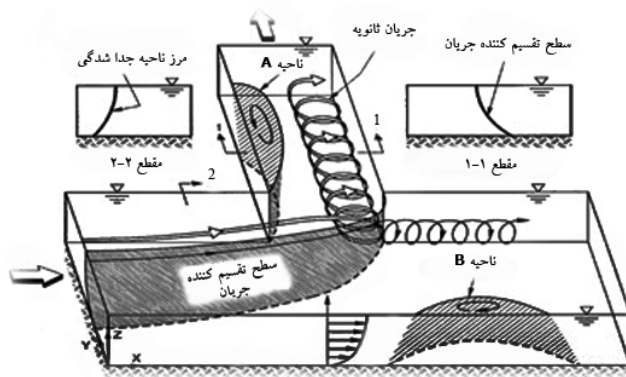
۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز - ایران (نویسنده مسئول مکاتبات*)

۲ - استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز - ایران

مقدمه

عمق جریان غیریکنواخت می‌باشد، به طوری که در نزدیک بستر در مقایسه با سطح آب پهنای بیشتری دارد. به همین دلیل، قسمت عمده جریان از نزدیک بستر که ضمناً دارای غلظت رسوب معلق بیشتری می‌باشد، وارد آبگیر می‌شود. الگوی جریان در محل آبگیر جانبی در شکل (۱) نشان داده شده است (۷). به همین دلیل، قسمت عمده جریان از نزدیک بستر که دارای غلظت رسوب بیشتری است، وارد آبگیر می‌شود. جریان ورودی در دهانه آبگیر دارای مومتم شدیدی در جهت کانال اصلی بوده، موجب جدایی جریان در داخل آبگیر می‌شود.

یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال ارزان‌ترین روش‌های استفاده از آب رودخانه برای مصارف گوناگون ساخت آبگیرهای ثقلی است. انحراف آب با استفاده از آبگیر جانبی همواره مشکل ورود رسوبات به کانال‌ها و سیستم‌های انتقال آب را به دنبال دارد. با نزدیک شدن جریان به آبگیر، به دلیل اعمال مکش از طرف کانال جانبی، جریان در جهت عرضی شتاب گرفته و به دو قسمت تقسیم می‌شود: قسمتی وارد آبگیر شده و مابقی در کانال اصلی پایین‌دست جریان می‌یابد. صفحه تقسیم‌کننده جریان مبین قسمتی است که وارد آبگیر می‌شود. در ناحیه حد فاصل ساحل آبگیر و صفحه برشی موسوم به 'مجرای جریان'، توزیع عرض در راستای



شکل ۱ - الگوی جریان در محل آبگیر جانبی

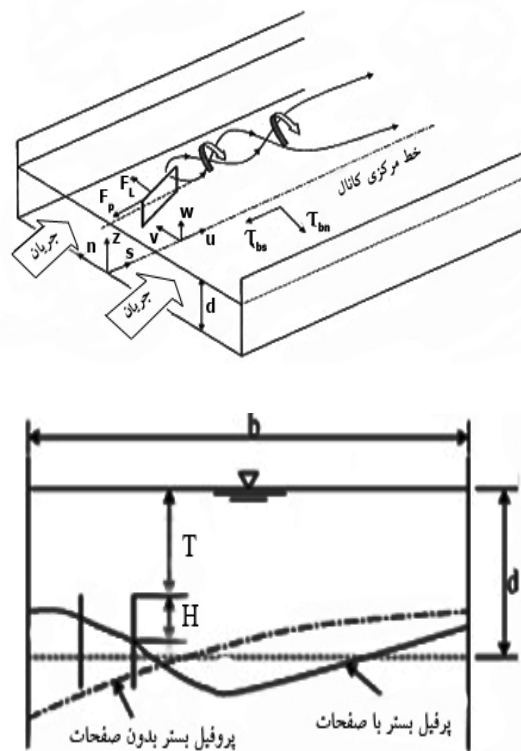
به آبگیر و هدایت آن به جهت عرضی، مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲). یک صفحه مستغرق که زاویه کوچکی با جهت جریان می‌سازد، موجب به وجود آمدن یک چرخش افقی در پایین‌دست جریان خواهند شد. این چرخش بر اثر اختلاف فشار قائمی که بر دو سطح صفحه وارد می‌شود، به وجود می‌آید. این اختلاف فشار باعث می‌شود که جریان در امتداد سمت پرفشار، یک مؤلفه سرعت رو به بالا و در امتداد سمت کم فشار یک مؤلفه سرعت رو به پایین داشته باشد. گرداب‌های به وجود آمده در لبه پایینی صفحه، ضمن چرخش به همراه جریان به پایین دست انتقال یافته و تشکیل گرداب‌های بزرگتر را می‌دهند. محل شکل‌گیری گرداب در نزدیکی رأس لبه انتهایی صفحه می‌باشد. این گرداب‌ها به یک

گردابان فشار جانبی، تنش برشی بستر و نیروی جانب مرکز ناشی از انحنای خطوط جریان، موجب ایجاد جریان ثانویه‌ای در طول آبگیر شد، موجب جاروب شدن رسوبات نزدیک بستر و تنه‌نشین شدن رسوبات نزدیک بستر در دهانه آبگیر می‌شود که علاوه بر کاهش آبگذری، موجب وارد آوردن خساراتی به شبکه‌های آبیاری و تأسیسات هیدروالکتریک می‌شود. بنابراین اگر به نحوی بتوان جریان‌های ثانویه را در محل آبگیر تشدید نمود، رسوبات کمتری وارد آبگیر می‌شود. یکی از روش‌های تولید و تشدید این جریان‌ها استفاده از صفحات مستغرق می‌باشد که گاه برای حذف اثرات جریان‌های حلزونی به منظور تثبیت جداره و گاه برای ایجاد این جریان‌ها و جلوگیری از ورود رسوبات

گرداب‌ها بر اثر لزوجت سیال بعد از طی مسیر از بین خواهند رفت، لذا برای حفظ این گرداب‌ها و تداوم تغییرات تنش برشی بستر در پایین‌دست، لازم است که ردیف صفحات مستغرق با فاصله مشخصی در پایین‌دست تکرار شوند. انتخاب فاصله طولی بین صفحات مستغرق به هدف طراحی بستگی دارد. به‌طورکلی، عملکرد صفحات مستغرق به عوامل متعددی از جمله فواصل طولی و عرضی، فاصله اولین ردیف صفحات از ساحل آبیگر، تعداد صفحات در هر ردیف، زاویه قرارگیری صفحات نسبت به جهت جریان، نسبت ارتفاع خارج از بستر صفحات به عمق جریان و شکل صفحات بستگی دارد.

حرکت مارپیچی تبدیل شده، موجب ایجاد تغییراتی در تنش برشی بستر و توپوگرافی کف رودخانه می‌شوند (۹). در شکل‌های (۲) و (۳) اثر صفحه بر جریان و بستر نشان داده شده است. در نهایت صفحات مستغرق با ایجاد شیاری نسبتاً عمیق و پیوسته در طول کانال اصلی جلوی دهانه آبیگر، رسوبات را به پایین‌دست انتقال داده و بدین ترتیب از میزان ورود رسوب به آبیگر جانبی می‌کاهند. ناحیه‌ای از بستر که تحت تأثیر جریان‌های ثانویه ناشی از یک صفحه منفرد قرار می‌گیرد محدود بوده (حدود سه برابر ارتفاع خارج از بستر صفحات) و در صورت استفاده از دو یا چند صفحه، سطح بیشتری از بستر را می‌توان تحت تأثیر عملکرد صفحات قرار داد (معیار تعیین فاصله عرضی صفحات). از طرف دیگر،

شکل ۲ - تأثیر صفحه بر تغییر شرایط جریان



شکل ۳ - تأثیر صفحه بر تغییر توپوگرافی بستر

معطوف داشته است. تحقیقات مختلفی برای یافتن ابعاد، فواصل، زاویه برخورد با جریان و آرایش نصب صورت

استفاده از صفحات مستغرق به شکل کنونی با طول عمری حدود سه دهه توجه بسیاری از محققین را به خود

زاویه صفحات با جریان (20° درجه = α) می‌باشد (۵). ویژگی‌های حرکت جریان و رسوب در اطراف یک صفحه مستغرق به طول‌های یک تا چهار متر را در یک فلوم مستقیم و عریض بررسی شد، نتایج نشان داد که ارتفاع بهینه صفحات دو تا سه برابر فرم بستر صفحات و زاویه برخورد بهینه به منظور ایجاد انحراف در مسیر رسوبات 30° درجه می‌باشد (۱۲). برای طراحی صفحات مستغرق به منظور کنترل رسوب، رابطه زیر را بین نسبت عرض مجرای جریان در سطح به عرض کانال اصلی با نسبت دبی انحراف ارائه شد (۱۰):

$$b_s/w = Qr \quad (۱)$$

تاکنون عمده مطالعات انجام شده در زمینه آبیگر در آزمایشگاه بر روی فلوم‌های مستقیم با مقطع مستطیلی بوده است. درحالی‌که بیشتر مقاطع کانال‌ها دوزنقه‌ای هستند. از این رو، هدف اصلی این مطالعه استفاده از صفحات مستغرق در کنترل رسوب ورودی به آبیگر جانبی منشعب از کانال دوزنقه‌ای شکل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور شناخت پارامترهای مؤثر در پدیده مورد مطالعه، تعیین اعداد بدون بعد و بیان ارتباط بین آن‌ها از آنالیز ابعادی به روش باکینگهام استفاده شد. نتیجه حاصل، پس از حذف پارامترهای ثابت و انجام محاسبات این روش، رابطه‌ای بدون بعد به صورت زیر تعیین گردید:

$$Gr = f(Re, Qr, Fr, \delta s/H) \quad (۲)$$

G_r نسبت دبی رسوب ورودی به کانال آبیگر به دبی رسوب بالادست کانال اصلی، Re عدد رینولدز جریان، Q_r نسبت دبی کانال آبیگر به دبی کانال اصلی (نسبت آبیگری)، Fr عدد فرود جریان بالا دست آبیگر و $\delta s/H$ نسبت فاصله طولی به ارتفاع خارج از بستر صفحات مستغرق می‌باشد. باتوجه به این‌که در شرایط جریان انجام آزمایش‌ها عدد رینولدز در محدوده ۱۳۹۴۴۱ تا ۲۰۲۵۰۷ می‌باشد که بیانگر جریان آشفته است ($Re > 4000$). عدد رینولدز از رابطه (۲) حذف گردید. باتوجه به شرایط مدل فیزیکی جهت انجام آزمایش‌هایی بدون ایجاد افتادگی سطح آب در دهانه آبیگر به

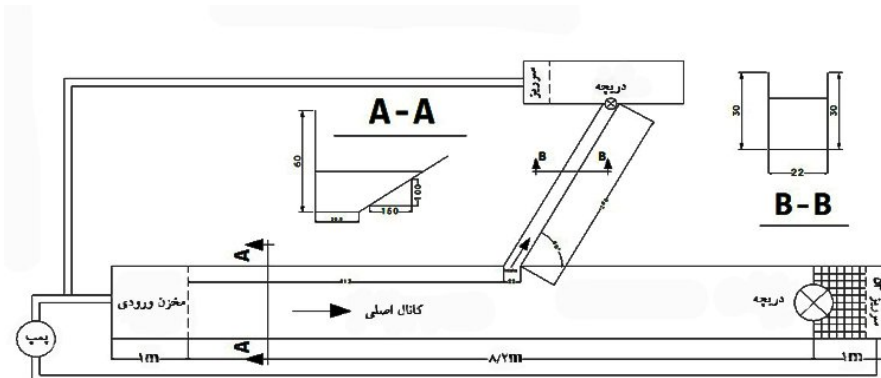
گرفته است، اما به دلیل تعدد متغیرهای مؤثر بر رسوب ورودی به آبیگر جانبی در شرایط استفاده از صفحات، تحقیقات بیشتری در راستای شناخت و افزایش کارایی کنترل رسوب همچنان ادامه دارد. برخی محققین از صفحات مستغرق برای حفاظت ساحل در پیچ رودخانه استفاده نموده و به بررسی تئوری صفحات پرداختند (۸). نخستین بار کنترل رسوب در دهانه آبیگر با استفاده از صفحات مستغرق را در یک مدل آزمایشگاهی ایستگاه پمپاژ واحد ۳ نیروگاه کانسیل بلافس سازمان برق آیووا واقع در رودخانه میسوری مورد بررسی قرار گرفت (۶). دیگر محققین با مدل کردن یک آبیگر، به بررسی کاربرد صفحات مستغرق در مورد جلوگیری از تجمع رسوبات در دهانه آبیگر پرداختند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با نصب صفحات مستغرق ضمن کاهش رسوبات تجمع یافته در دهانه آبیگر به میزان ۸۰-۷۰ درصد شکل معمول آبستگگی در دیواره کانال اصلی در پایین دست آبیگر و رسوب‌گذاری مجاور دهانه تغییر می‌کند (۴). با بررسی فیزیک جریان قبل از رسیدن به یک صفحه مستغرق زاویه 40° درجه را به عنوان زاویه‌ای که می‌تواند بیشترین گشتاور و در نتیجه تأثیر را بر توپوگرافی بگذرد، انتخاب شد (۱۱). در یک تحقیق آزمایشگاهی، عملکرد آرایش طولی در یک کانال مستقیم بر توپوگرافی بستر، افزایش راندمان آبیگری و کاهش رسوب‌گذاری در دهانه آبیگر ثقلی را مورد بررسی قرار گرفت (۳). نتایج نشان داد که آرایش منظم صفحات مستغرق و فاصله طولی $4H$ در مقایسه با دو فاصله $3H$ و $6H$ برای رسیدن به اهداف تحقیق ارجحیت دارد (۳). با طراحی و انجام مدل فیزیکی، بهترین موقعیت نصب صفحات مستغرق را برای جلوگیری از ورود رسوبات به سازه آبیگر ریوگراند تعیین شد (۵). پس از انجام مدل فیزیکی از بین چهار گزینه صفحات مستغرق، صفحات اصلاح شده آیووا را به دلیل ممانعت از ورود رسوبات به داخل آبیگر انتخاب نمودند که به صورت نسبت ارتفاع خارج از بستر صفحات به عمق جریان $(H/d = 0/2-0/3)$ ، طول صفحات $(L = 3H)$ ، فاصله عرضی بین صفحات $(\delta_n = 3H)$ ، فاصله طولی بین صفحات $(\delta_s = 30H)$ ، فاصله صفحات تا ساحل آبیگر $(\delta_b = 3H)$ ،

شده است. کانال آبیگر در فاصله ۴/۱۳ متری از مخزن تأمین هد در ابتدای کانال اصلی و در فاصله ۳/۸۴ متر از دریچه انتهایی کانال اصلی واقع شده است. مصالح بستر نیز با قطر متوسط ۱/۵۹ میلی‌متر و در لایه‌ای به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در بستر کانال اصلی قرار داده شده است. سیستم گردش آب فلوم به صورت مدار بسته می‌باشد و آب مورد نیاز از طریق مخازن زیرزمینی مرتبط به هم تعبیه شده در زیر فلوم، تأمین می‌گردد. جریان ورودی از طریق پمپ موجود در بالادست فلوم تأمین گشته و میزان دبی جریان به وسیله سرریزهای لبه تیز مثلثی ۵۳ و ۹۰ درجه به ترتیب در پایین‌دست کانال اصلی و آبیگر اندازه‌گیری می‌شود. پلان و مقاطع کانال اصلی و آبیگر در شکل (۴) نشان داده شده است.

منظور جلوگیری از ورود بی‌رویه رسوبات و در نتیجه ایجاد خطا در آزمایش و همچنین در نظر گرفتن محدودیت زمانی، آزمایش‌ها با نسبت دبی آبیگری ثابت ۷/۵ درصد انجام شد و رابطه نهایی به صورت زیر تبدیل شد:

$$Gr = f(Fr, \delta s/H) \quad (3)$$

آزمایش‌ها در یک نیم کانال دوزنقه‌ای از جنس پلکسی گلاس به طول ۸/۲ متر، شیب دیواره جانبی ۱:۰/۵، (۶۰ سانتی‌متر افقی و ۴۰ سانتی‌متر عمودی) و عرض کف ۲۰/۵ سانتی‌متر، در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهید چمران، انجام شده است. آبیگری توسط کانالی به طول ۲/۶ متر، عرض کف ۲۲ سانتی‌متر، ارتفاع دیواره ۳۰ سانتی‌متر و زاویه آبیگری ۶۰ درجه نسبت به جهت جریان در کانال اصلی انجام



شکل ۴ - پلان و مقاطع کانال اصلی و آبیگر

توصیه ادگارد صورت گرفته است. این فاصله باید حداقل برابر با عرض مجرای جریان در کف باشد تا اختلالی در آبیگری به وجود نیاید (۱۰). عرض مجرای جریان در کف نیز با استفاده از روابط به دست آمده (مشابه رابطه ۲) از مطالعات انجام شده قبلی بر روی مدل فیزیکی مطالعه حاضر برآورد شده است (۱). باتوجه به دوزنقه شکل بودن مقطع کانال اصلی به منظور ایجاد فاصله صفحات از ساحل آبیگر در سطح بستر رسوبات، ورق پلکسی همراه با مدل صفحات مستغرق ابتدا بر سطحی از رسوبات به ارتفاع شش سانتی‌متر از کف کانال اصلی قرار می‌گرفت و مجدداً روی آن تا رسیدن

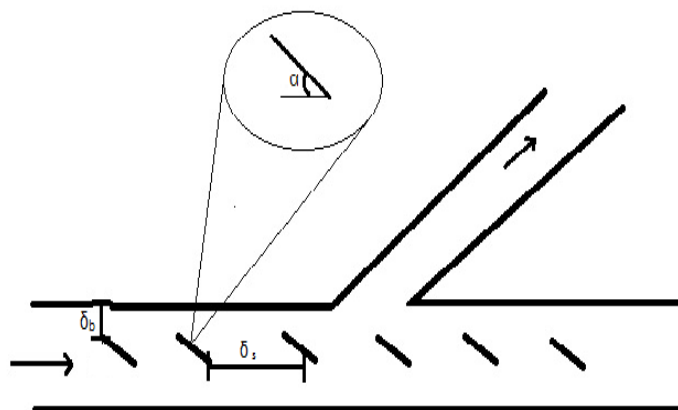
برای ساخت مدل صفحات مستغرق ورق گالوانیزه به ضخامت یک میلی‌متر به ابعاد شش در هفت سانتی‌متر برش داده شد. به منظور نصب صفحات در کانال از ورق پلکسی گلاس به ضخامت شش میلی‌متر استفاده شد. بر روی ورق پلکسی خطوط مناسب که نشان‌دهنده مکان و زاویه قرارگیری صفحات باشد مشخص و به وسیله اره نوکی، شیارهایی بر روی پلکسی ایجاد شد و ورق‌های گالوانیزه طوری در این شیارها قرار داده شد که از هر گونه ارتعاش صفحات و ایجاد خطا در آزمایش جلوگیری به عمل آید. در این مطالعه، انتخاب فاصله صفحات مستغرق از ساحل آبیگر بر اساس

(۱) انتخاب گردیده است (۱۰). برخی از پارامترهای صفحات مستغرق در شکل (۵) نشان داده شده است.

به ضخامت ۱۰ سانتی متری به وسیله رسوبات پوشانده می‌شود. در این مطالعه، ابعاد صفحات مستغرق با توجه به توصیه‌های ادگارد و در نظر گرفتن شرایط مدل فیزیکی به شرح جدول

جدول ۱ - ابعاد صفحات مستغرق مورد استفاده در این مطالعه

پارامتر	H/d	L	α	δ_b
مقدار	۰/۲۵	۲H	۲۰ درجه	۱/۵H



شکل ۵ - برخی از پارامترهای صفحات مستغرق

اولین پشته رسوب از مقابل آبگیر در دبی ۲۴/۱ لیتر بر ثانیه صورت گرفته است. لذا زمان انجام کلیه آزمایش‌ها یک ساعت در نظر گرفته شده است.

پیش از شروع هر آزمایش، سطح رسوبات بستر تسطیح می‌شد، سپس با بستن دریچه کانال اصلی و آبگیر، آب با دبی کم وارد کانال شده تا سطح آب به اندازه‌ای بالا آید که از حرکت رسوبات قبل از تنظیم دبی و نسبت دبی آبگیری جلوگیری به عمل آید. پس از گشودن هم‌زمان دریچه انتهای کانال اصلی و شیر فلکه در محل پمپ جهت ایجاد دبی مورد نظر، گشایش دریچه آبگیر طوری انجام می‌گرفت که علاوه بر برقراری نسبت‌های آبگیری مورد نظر، در تمامی شرایط جریان عمق آب بالادست آبگیر ۱۲ سانتی متر ایجاد گردد. پس

باتوجه به این‌که مصالح بستر از ماسه با قطر متوسط ۱/۵۹ میلی‌متر انتخاب شد، تعیین دبی (شرایط جریان)، باید به گونه‌ای انجام می‌گرفت که علاوه بر ایجاد شرایط بستر زبر جهت حذف اثر لزوجت، حرکت رسوبات فقط به صورت بار بستر وجود داشته باشد. بنابراین به منظور تطبیق با شرایط آزمایشگاهی چند سری آزمایش انجام شد و در نهایت مشاهده گردید که در دبی ۲۴/۱ لیتر بر ثانیه حرکت عمومی رسوبات ضمن عبور از دهانه آبگیر اتفاق می‌افتد (آستانه حرکت). بنابراین باتوجه به محدودیت آزمایشگاهی و مدل فیزیکی، آزمایش‌ها در چهار دبی ۲۴/۱، ۲۲/۳، ۳۲/۲ و ۳۵ لیتر بر ثانیه (به ترتیب متناظر با اعداد فرود ۰/۴۵، ۰/۵۵، ۰/۶۰ و ۰/۶۶) انجام شد. انتخاب زمان هر آزمایش، براساس مدت زمان عبور

کاربرد صفحات مستغرق و گروه‌های دوم، سوم، چهارم و پنجم با کاربرد صفحات مستغرق به ترتیب با فواصل طولی ۴H، ۶H، ۸H و ۱۰H انجام شده است.

نتایج و بحث

لیست نتایج آزمایش‌های انجام شده در جدول (۲) آورده شده است:

از گذشت مدت زمان آزمایش، با خاموش نمودن پمپ و تخلیه کامل آب کانال اصلی و آبیگر، رسوبات تجمع یافته درون آبیگر و قسمت پایین دست آبیگر در کانال اصلی جمع‌آوری شده و پس از خشک شدن توزین می‌گردید. مقدار نسبت دبی رسوب، از خارج قسمت وزن رسوبات درون آبیگر بر مجموع وزن رسوبات آبیگر و پایین دست آبیگر در کانال اصلی محاسبه شده است. گروه اول، آزمایش‌ها بدون

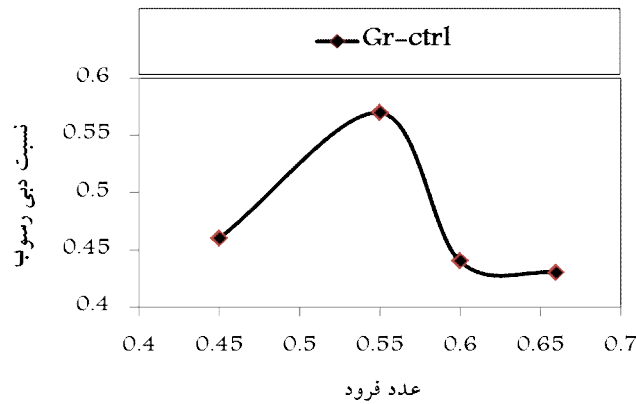
جدول ۲ - لیست نتایج آزمایش‌های انجام شده در این مطالعه

گروه اول		گروه دوم		گروه سوم		گروه چهارم		گروه پنجم	
(شاهد)		(۴H)		(۶H)		(۸H)		(۱۰H)	
Gr	Fr	Gr	Fr	Gr	Fr	Gr	Fr	Gr	Fr
۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۴۵
۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۳۷	۰/۵۵	۰/۳۶	۰/۵۵	۰/۳۸	۰/۵۵	۰/۴۷	۰/۵۵
۰/۴۴	۰/۶۰	۰/۳۸	۰/۶۰	۰/۴۱	۰/۶۰	۰/۳۸	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۶۰
۰/۴۳	۰/۶۶	۰/۳۲	۰/۶۶	۰/۳۶	۰/۶۶	۰/۳۴	۰/۶۶	۰/۳۱	۰/۶۶

۰/۶۶ نسبت دبی رسوب کاهش می‌یابد (شکل ۶). دلیل این نحوه تغییرات را می‌توان افزایش و کاهش مؤلفه عرضی سرعت و زاویه بردارهای سرعت ورودی به آبیگر به ترتیب در اعداد فرود ۰/۴۵ تا ۰/۵۵ و ۰/۵۵ تا ۰/۶۶ دانست. در تصاویر شکل‌های (۷) و (۸) رسوب ورودی به آبیگر جانبی در آزمایش‌های بدون کاربرد صفحات مستغرق (شاهد)، مربوط به دو عدد فرود ۰/۵۵ و ۰/۶۰ نشان داده شده است:

الف) ورود رسوب به آبیگر جانبی بدون کاربرد صفحات مستغرق

هدف از انجام آزمایش‌های گروه اول، علاوه بر کنترل و مقایسه نتایج حاصل از آزمایش‌های با حضور صفحات مستغرق، بررسی تأثیر اعداد فرود ۰/۴۵ تا ۰/۶۶ بر میزان رسوب ورودی به آبیگر جانبی کانال دوزنقه‌ای می‌باشد. با افزایش عدد فرود از ۰/۴۵ به ۰/۵۵، نسبت دبی رسوب افزایش می‌یابد، در صورتی که با افزایش عدد فرود از ۰/۵۵ به



شکل ۶ - تغییرات نسبت دبی رسوب در مقابل عدد فرود جریان در آزمایش‌های شاهد



شکل ۸ - رسوب ورودی به آبگیر، فرود ۰/۶



شکل ۷ - رسوب ورودی به آبگیر، فرود ۰/۵۵

پایین دست کانال اصلی بعد از آبگیر و در نتیجه کاهش میزان رسوب ورودی به آبگیر جانبی می‌گردد.

ج) مقایسه تأثیر فواصل طولی بین صفحات بر کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی

نتایج آزمایش گروه‌های دوم تا پنجم، براساس مشاهدات به عمل آمده از تغییرات خط القعر به وجود آمده ناشی از صفحات در مدت زمان آزمایش‌های هر یک از فواصل طولی H (۴-۱۰) مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که اشاره شد، وجود خط القعر موجب کاهش

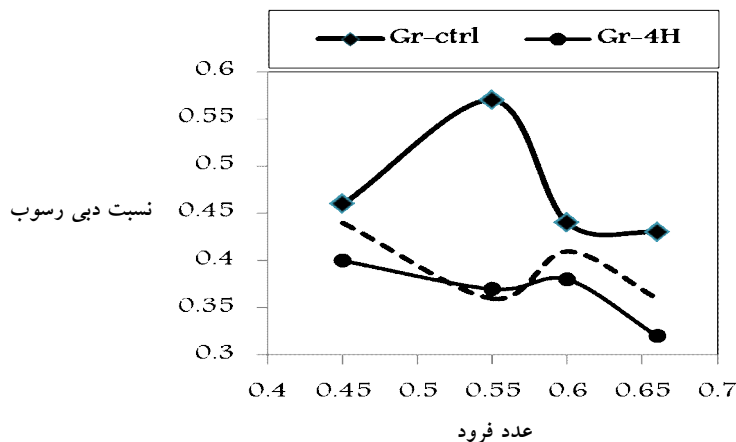
ب) تأثیر صفحات مستغرق بر میزان رسوب ورودی به آبگیر جانبی

در ابتدای هر آزمایش، پس از ایجاد شرایط جریان، عملکرد صفحات مستغرق در تولید جریان‌های ثانویه به انتقال رسوبات از طرف کم‌فشار به طرف پرفشار صفحات آغاز می‌شود. بدین ترتیب شیاری (خط القعر) مقابل دهانه آبگیر در حد فاصل ساحل آبگیر و صفحات به وجود می‌آید که موجب هدایت بخشی از رسوبات انتقال یافته از بالادست به

آبگیر رسیده، گاهی موجب پر شدن خط القعر به وجود آمده ناشی از صفحات مستغرق می‌گردند. متوسط مدت زمان نزدیک شدن پشته شاخص به محدوده صفحات مستغرق در آزمایش‌های مربوط به اعداد فرود ۰/۴۵، ۰/۵۵، ۰/۶۰ و ۰/۶۶ به ترتیب حدود ۳۵، ۲۵، ۱۵ و ۱۲ دقیقه می‌باشد.

در مقابل، واکنش صفحات مستغرق در ایجاد مجدد خط القعر و هدایت پشته‌های انتقال یافته به پایین‌دست بر اساس فاصله طولی بین آن‌ها عامل کنترل ورود رسوب به آبگیر به شمار می‌آید. به بیان دیگر، میزان رسوبات انتقال یافته از بالادست کانال اصلی در آزمایش‌هایی با عدد فرود یکسان در هر دو حالت با و بدون صفحات مستغرق، تقریباً برابر می‌باشد. اما تفاوت واکنش صفحات مستغرق با فواصل طولی مختلف، سبب ایجاد تغییر در نحوه کنترل رسوب توسط صفحات می‌گردد. شکل (۹) مربوط به روند تغییرات نسبت دبی رسوب در مقابل عدد فرود جریان در آزمایش‌های با فواصل طولی ۴H و ۶H در مقایسه با آزمایش‌های شاهد بیان‌گر این تفاوت می‌باشد.

رسوب ورودی به آبگیر جانبی می‌شود، بنابراین مسئله تغییرات خط القعر در طول زمان که ناشی از دو عامل شرایط جریان (عدد فرود بالادست آبگیر) و عملکرد صفحات مستغرق در هر یک از فواصل طولی می‌باشد، بر میزان تأثیر آن در کاهش رسوب ورودی به آبگیر دارای اهمیت می‌باشد: ویژگی‌های پشته‌های رسوبی انتقال یافته از بالادست کانال اصلی، نظیر ارتفاع و زمان نزدیک شدن به محدوده صفحات در مقابل دهانه آبگیر نسبت به کل زمان آزمایش، به عدد فرود جریان بستگی دارد. به طوری که با برقراری شرایط جریان در ابتدای آزمایش، حرکت پشته‌های رسوبی با ارتفاعی در حدود ۰/۵-۱ سانتی‌متر آغاز می‌شود، پس از مدتی پشته‌ای با ارتفاع حدود ۳-۲ سانتی‌متر شروع به حرکت می‌کند که به دلیل تأثیر حرکت این پشته بر تغییر خط القعر و میزان ورود رسوب به آبگیر نسبت به پشته‌های انتقال یافته قبلی 'پشته رسوبی شاخص' نامیده می‌شود. پشته‌های انتقال یافته بعدی، تقریباً هم ارتفاع پشته شاخص بود که با سرعت‌های متفاوت و بیشتری نسبت به آن به محدوده صفحات و مقابل دهانه



شکل ۹ - تغییرات نسبت دبی رسوب در مقابل عدد فرود جریان در آزمایش‌های ۴H و ۶H

رسوبات به آبگیر افزایش یافته و تا قبل از تشکیل مجدد خط القعر ادامه دارد. مدت زمانی که طول می‌کشد تا صفحات دوباره خط القعر را ایجاد کرده و موجب هدایت رسوبات به پایین‌دست شوند، عامل مؤثری در میزان کنترل رسوب در

مشاهدات در خصوص فاصله طولی ۴H، حاکی از آن است که عبور پشته‌های رسوبی نظیر پشته شاخص موجب پر شدن خط القعر می‌گردد، با ایجاد ناپیوستگی در خط القعر به ویژه در اطراف صفحات مقابل دهانه آبگیر، شدت ورود

در آزمایش‌های فاصله طولی ۸H، تغییرات و ناپیوستگی خط القعر در اعداد فرود مختلف، به ندرت مشاهده می‌شود، روند مشابه تغییرات نسبت دبی رسوب در فاصله ۸H نسبت به آزمایش‌های شاهد، بیان‌گر این امر می‌باشد (شکل ۱۲). دلیل آن را می‌توان جریان‌های ثانویه قوی‌تر ناشی از عملکرد صفحات با این فاصله طولی در مقایسه با فواصل طولی ۴H و ۶H دانست. وجود روند مشابه تغییرات نسبت دبی رسوب در آزمایش‌های فاصله طولی ۱۰H نیز صادق است، این در حالی است که مقادیر نسبت دبی رسوب در فاصله طولی ۱۰H بیشتر از سایر فواصل طولی می‌باشد که نشان‌دهنده کاهش قدرت جریان‌های ثانویه ناشی از صفحات در این فاصله نسبت به فواصل دیگر بوده و در آزمایش‌ها به شکل خط القعر کم عمق‌تر پدیدار شده است. کم عمق بودن خط القعر اجازه فرار رسوبات از ساحل مقابل به دهانه آبگیر و در نتیجه افزایش میزان رسوب ورودی به آبگیر می‌گردد.

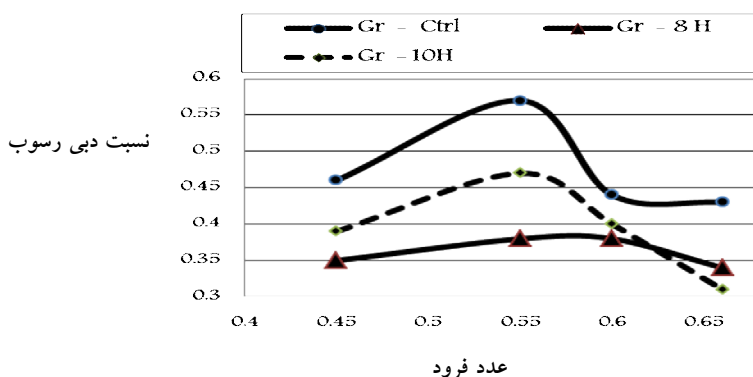
اعداد فرود مختلف می‌باشد. این زمان در آزمایش مربوط به عدد فرود ۰/۶ طولانی‌تر از عدد فرود ۰/۵۵ می‌باشد (تفاوت شکل ۴H با شاهد). دلیل نحوه عملکرد صفحات با این فاصله طولی در تغییرات خط القعر را می‌توان نزدیکی فاصله و تأثیر آن بر هم‌پوشانی گرداب‌ها و تضعیف جریان‌های ثانویه ناشی از صفحات دانست. با توجه به نزدیک بودن موقعیت قرارگیری صفحات مقابل دهانه آبگیر در فواصل ۴H و ۶H، شرایط مشابهی بر روند تغییرات نسبت دبی رسوب در مقابل عدد فرود در آزمایش‌های ۶H حاکم است و در اکثر موارد، نسبت دبی رسوب در فاصله ۶H بیشتر از ۴H می‌باشد که دلیل آن کم عمق‌تر بودن خط القعر به وجود آمده در فاصله ۶H می‌باشد. نمونه‌ای از تغییرات ناشی از صفحات در عدد فرود ۰/۵۵ در تصاویر شکل‌های (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده است.



شکل ۱۱ - فاصله طولی ۶H



شکل ۱۰ - فاصله طولی ۴H



شکل ۱۲ - تغییرات نسبت دبی رسوب در مقابل عدد فرود جریان در آزمایش‌های ۸H و ۱۰H

۱ - در حالت بدون کاربرد صفحات، نسبت دبی رسوب با افزایش عدد فرود از ۰/۴۵ به ۰/۵۵ و از ۰/۵۵ به ۰/۶۶ به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد.

۲ - کارایی صفحات مستغرق در اعداد فرود بالاتر، بیشتر می‌شود.

۳ - کاربرد صفحات مستغرق با فواصل طولی ۴H، ۶H، ۸H و ۱۰H، به ترتیب کاهش ۲۹، ۲۲، ۳۱ و ۱۹ درصدی را در نسبت دبی رسوب ورودی به آبیگر نسبت به حالت بدون کاربرد صفحات مستغرق در پی دارد.

۴ - در شرایط جریان مشابه، به منظور کنترل رسوب ورودی به آبیگر ضمن توجه به صرفه اقتصادی، کاربرد صفحات مستغرق با فاصله طولی ۸H در کانال دوزنقه‌ای با شیب جانبی ۱:۱/۵ مناسب به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

از قطب علمی مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی به خاطر حمایت مالی این طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

د) مقایسه با نتایج مطالعات انجام شده بر روی کانال اصلی با مقطع مستطیلی

از جمله مطالعات صورت گرفته در زمینه بررسی اثر فاصله طولی بین صفحات مستغرق بر کنترل رسوب ورودی به آبیگر جانبی منشعب از کانال مستطیلی مطالعه یونسی (۱۳۸۲) می‌باشد. وی آزمایش‌های خود را در فلومی مستطیلی با زاویه انحراف ۶۰ درجه، اعداد فرودی نزدیک ۰/۷ و صفحاتی با ارتفاع خارج از بستر ۲/۵ سانتی‌متر انجام داد، نتایج نشان داد که فاصله طولی ۴H در مقایسه با سایر فواصل ارجحیت دارد (۳). این در حالی است که در مطالعه حاضر فاصله طولی ۸H مناسب دیده شده است. دلیل عمده این اختلاف را می‌توان دوزنقه‌ای بودن مقطع کانال اصلی برشمرد که کاربرد این فاصله صرفه اقتصادی نیز دارد.

نتیجه‌گیری

از مجموع آنچه که گفته شد، به طور خلاصه نتایج زیر به دست آمده است:

منابع مورد استفاده

۱. سیدیان س. م (۱۳۸۹) بررسی تأثیر شیب رودخانه بر رسوب ورودی به آبیگر جانبی. دانشگاه شهید چمران اهواز. رساله دکتری.
۲. صالحی نیشابوری ع. ا. و دهقانی، ا. ا (۱۳۷۸) بررسی و ارایه راه‌حل برای کاهش رسوب ورودی به آبیگر جانبی رودخانه. طرح تحقیقاتی کاربردی مؤسسه تحقیقات آب وزارت نیرو:
۳. یونسی ح.، امید م. و کاشفی پور س. م (۱۳۸۳) بررسی تأثیر آرایش طولی صفحات مستغرق در یک کانال مستقیم بر توپوگرافی بستر، افزایش نسبی راندمان آبیگری و کاهش رسوب‌گذاری در دهانه آبیگرهای ثقلی. علمی کشاورزی (ویژه‌نامه مهندسی علوم آب) ۲۷: ۱۳۷-۱۵۰.
4. Barak doll BD and Hagen BL and Odgaard AJ (1995) Sediment exclusion at hydropower intakes using submerged vanes. Proc. materpower. ASCE: Pp. 892-908.
5. Ho J, Janson A and Whit S (2004) 3-D Numerical Simulation Study of Permanent Sediment Control Submerged Vanes. National Science Foundation, Research Education for Undergraduation. P. 15.
6. Nakato T (1984) Model Investigation of Intake Shoaling and Pump-vibration Problems: Iowa Generation Council Bluffs unit 3 Circulation water Intake. IIHR Report. No 283. Iowa Inst. of Hydraulic Research.
7. Neary VS and Stavropoulos F (1996) Numerical Investigation of Laminar Flows Through 90-degree Diversion of Rectangular Cross-section. Computers and Fluids 25(2): 95-118.

- 8 . Odgaard AJ and Kennedy JF (1983) Bed River bank Protection by submerged vanes. *Hydraulic Engineering* 109(8): 1161-1173.
- 9 . Odgaard AJ and Wang Y (1991) Sediment management with submerged vanes I. theory. *Hydraulic Engineering* 117(3): 267-283.
- 10 . Odgaard AJ (2009) *River Training and Sediment Management with Submerged vanes*. ASCE Publisher. Reston. Virginia. USA. 171 P.
- 11 . Sinha SK and Marelius F (2000) Analysis of flow past submerged vanes. *Hydraulic Engineering* 38(1): 65-71.
- 12 . Tan SK and Yu G Lim SY and Ong MC (2005) Flow Structure and Sediment Motion around Submerged Vanes in Open Channel. *Waterway. Port. Coastal and Ocean Engineering* 131(3): 132-136.

Application of submerged vanes for sediment control at Intakes from Irrigation trapezoidal channels

L. Davoodi ^{1*} and M. Shafai Bejestan ²

(E-mail: layla.davoodi@gmail.com)

Abstract

Construction of the intake structures to divert some portion of flow water from a main channel causes some variations of flow conditions at the intake entrance. These variations cause the reinforcement of the eddy flow and sedimentation in the bank of the intake. An effective measure to control the entry sediment is the use of submerged vanes. Most of previous studies in this regards have been conducted in a rectangular flume cross section. Since most of the main channel has trapezoidal cross sectional shape, this study was conducted with this shape. Four different longitudinal distances equal to 4H, 6H, 8H and 10H between vanes considered. Each distance was tested under four different flow conditions (Froude number equal to 0.45, 0.55, and 0.60 and 0.66). In all tests, the flow discharge ratio was kept constant equal to 7.5 percent. Total of experiments were carried out in a main channel with trapezoidal cross section ($z = 1.5$), 8.2 m length, and one channel as Intake with 2.6 m length and 60° diversion angle. The results of the study show that application of submerged vanes can cause the entry of sediment to intake an average reduction of 19-31 percent. The best distance between vanes was found to be 8H.

Keywords: Eddy flow, Froude numbers, Longitudinal distance, Intake channel, River

1 – M.Sc. Graduate Student, Department of Water Structures, Faculty of Water Science, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz – Iran (**Corresponding Author ***)

2 – Professor, Department of Water Structures, Faculty of Water Science, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz - Iran