



عملکرد کنترل رسوب صفحات مستغرق مرکب در دهانه آبگیر جانبی ۹۰ درجه

• فرزاد حسن پور (نویسنده مسئول)

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

• سید علی ایوب زاده

استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

• مسعود قدسیان

استاد دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: خرداد ماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۸۹

تلفن تماس: ۰۹۱۵۱۴۴۴۴۷۴

Email: hassanpourir@gmail.com

چکیده

در این تحقیق آزمایشگاهی به منظور کنترل رسوب در دهانه آبگیر از صفحات مستغرق مرکب استفاده گردید. صفحات مستغرق مرکب به عنوان فکر جدید از ترکیب صفحات مستغرق سطح جریان با صفحات مستغرق کف ایجاد می‌شوند. آزمایش‌ها به تعداد ۵۲ مورد در یک فلوم ۱۷ متری به عرض ۱ متر با یک کانال آبگیر افقی به طول ۲/۵۳ متر و عرض ۴۰ سانتیمتر و با زاویه آبگیری ۹۰ درجه در آزمایشگاه هیدرولیک انجام گردید. کنترل رسوب ورودی به دهانه آبگیر در دبی‌ها و نسبت‌های مختلف آبگیری تحت شرایط استفاده از صفحات مستغرق کف در آرایش منظم و استفاده از صفحات مستغرق مرکب با سه ارتفاع صفحه سطحی مختلف بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که در بین گزینه‌های مختلف صفحات مستغرق مرکب، گزینه صفحات مستغرق مرکب با $CH = 0/5$ (پارامتر مشخصه ارتفاع صفحه سطحی) توانست عملکرد بهتری در کنترل رسوب ورودی به آبگیر داشته باشد. این گزینه در نسبت آبگیری ۸ درصد بطور کامل از ورود رسوبات به دهانه آبگیر جلوگیری نمود و در نسبت آبگیری ۱۶ درصد نیز عملکرد بهتری در مقایسه با سایر گزینه‌ها داشت. با توجه به اینکه صفحات مستغرق مرکب توانسته‌اند همانند صفحات مستغرق با آرایش موازی رسوبات ورودی به آبگیر را کاهش دهند، انجام تحقیقات بیشتر در راستای امکان‌سنجی افزایش کارایی آنها در مقایسه با صفحات مستغرق با آرایش موازی قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: کنترل رسوب، آبگیر جانبی، بار بستر، صفحات مستغرق مرکب، تحقیق آزمایشگاهی

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 92 pp: 1-12

Performance of compound submerged vanes in sediment control at 90° lateral intake

By: Farzad Hassan Pour, Department of Irrigation, College of Agriculture, Zabol University, Zabol. (Corresponding Author; Tel: +989151444474) Seyed Ali Ayyoubzadeh, Department of Water Structures Engineering, College of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran. Masoud Ghodsian, Department of Civil Engineering, College of Engineering, Tarbiat Modarres University, Tehran.

Sediment control at 90° diversion using compound submerged vanes is experimentally studied. The compound submerged vanes are considered from joint of bottom and surface vanes as a new idea in this study. A total of 52 experiments are carried out in a flume with 17m length, 100 cm width and 90° diversion angle with 2.53m length, 40 cm width in the hydraulic laboratory using a non-tilting flume. Sediment control at intake entrance is examined with different flow discharges and intake ratios using bottom submerged vanes in parallel arrangement and compound submerged vanes with three surface vane heights. Compound submerged vanes with $CH=0.5$ (surface vane height parameter) among different cases of compound submerged vanes, has shown the best performance in sediment control at lateral intake. The case with $CH=0.5$ in 8 percent intake ratio, eliminates sediment entrance into intake and also in 16 percent intake ratio shows the best performance among other cases. Compound submerged vanes can decrease sediment entrance to intake as parallel submerged vanes therefore it shows the feasibility of some promises for the further developments.

Keywords: Sediment control, Lateral Intake, Bed load, Compound Submerged Vanes, Experimental Study

فیزیکی را در طول سال های بهره برداری تایید نمودند (۲۸).

راه کارهای افزایش کارایی صفحات مستغرق توسط Barkdoll و همکاران مورد بررسی قرار گرفت (۲۴). نتایج تحقیقات آزمایشگاهی آنان برای یک آبگیر جانبی ۹۰ درجه با عرض کانال اصلی برابر $B_M=1/5m$ و عرض کانال آبگیر برابر $B_1=0/61m$ نشان می دهد که نسبت آبگیری موثرترین عامل تاثیر گذار بر نسبت رسوب انحرافی می باشد. همچنین نسبت آبگیری با نسبت رسوب ورودی به آبگیر رابطه مستقیم دارد و با افزایش نسبت آبگیری، نسبت رسوب ورودی به آبگیر نیز افزایش می یابد (شکل ۲).

با توجه به شکل ۲ پس از نصب صفحات مستغرق تا زمانیکه نسبت دبی واحد عرض آبگیر به دبی واحد عرض کانال اصلی (qr) کمتر از حدود $0/2$ ($Q_R=1/8$) باشد، شدت بار بستر ورودی به داخل آبگیر (g_p) (نسبت میزان انتقال رسوب در واحد عرض آبگیر به کانال اصلی) ناچیز می باشد و برای نسبت های آبگیری بیشتر، کارایی صفحات مستغرق کاهش می یابد. Barkdoll و همکاران صفحات مستغرق اصلاح شده را بصورت جفتی نیز همانند شکل ۳ مورد بررسی قرار دادند. این صفحه مستغرق اصلاح شده دارای یک صفحه مستغرق سطحی نصب شده با زاویه مخالف و با همان ابعاد صفحه مستغرق تحتانی می باشد. این ایده در راستای انحراف بیشتر جریان سطحی به آبگیر توسط صفحه سطحی و در نتیجه کاهش مقدار جریان انحرافی نزدیک بستر مطرح گردید اما مشخص شد که این ایده موثر نمی باشد. مشاهدات جریان نشان داد که صفحات اصلاح شده میزان آشفستگی را در ورودی آبگیر افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش انتقال رسوب به دهانه آبگیر در مقایسه با صفحات مستغرق منفرد مطابق شکل ۲ می شوند (۲۴).

ویژگی های حرکت جریان و رسوب اطراف یک صفحه مستغرق بزرگ

مقدمه

کنترل رسوب در دهانه آبگیرها جزء مسائل مهم آبگیری از رودخانه می باشد. استفاده از صفحات مستغرق یکی از روش های جلوگیری و یا کم نمودن ورود بار کف به کانال ها است. این اقدام علاوه بر حفاظت سواحل رودخانه ها و جلوگیری از عمیق کردن کانال ها، نقش بسیار موثری در دور کردن رسوبات بار بستر از دهانه آبگیر دارند (۲۱). در این راستا استفاده از صفحات برای کنترل رسوب در دهانه آبگیر توسط بسیاری از محققین از جمله Varma و همکاران (۳۵)، Nakato و همکاران (۲۷) و Raudkivi (۳۱) توصیه شده است.

ایده استفاده از صفحات هدایت کننده جریان با الهام از جریان حلزونی در پیچ رودخانه و به منظور دور کردن رسوبات بستر برای اولین بار توسط Pynchkin و Potapor در سال ۱۹۴۷ در دانشکده علوم مسکو شوروی سابق مطرح گردیده و با آزمایش های مدل هیدرولیکی تایید گردید (۳۴). بر اثر اختلاف فشار دو طرف صفحات مستغرق، جریان ثانویه ای در اطراف آنها ایجاد می شود که این جریان رسوبات بستر را به داخل رودخانه منتقل کرده و یک شیار فرسایشی در جلو دهانه آبگیر ایجاد می کند. در نتیجه از ورود رسوبات بستر به کانال آبگیر جلوگیری می شود (۲۱). گرداب های به وجود آمده در لبه پائینی صفحه، ضمن چرخش به همراه جریان به پایین دست انتقال یافته و تشکیل گرداب های بزرگتری را می دهند. این گرداب ها مطابق شکل ۱ به صورت یک حرکت مارپیچی در آمده و باعث تغییرات در تنش برشی بستر و توپوگرافی کف رودخانه می شوند (۲۹).

Odgen و Nakato کاهش مشکلات رسوب دهانه آبگیر رودخانه میسوری در اثر استفاده از صفحات مستغرق طراحی شده براساس مدل

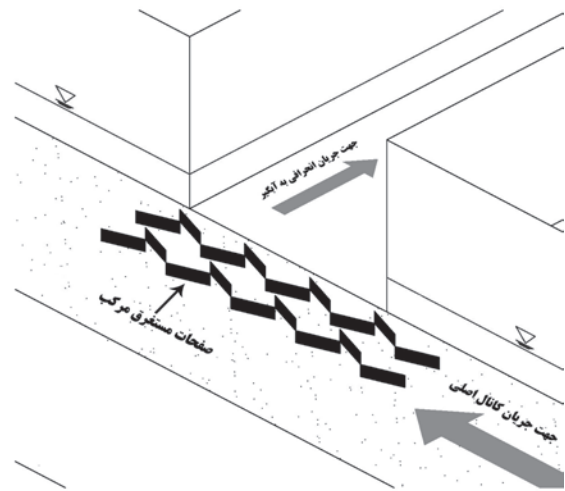
Van Rijn کنترل گردید (۳۳).

در این تحقیق معیار ارزیابی عملکرد صفحات مستغرق، نسبت دبی رسوبات انحرافی به آبیگر به دبی رسوبات بار بستر کانال اصلی می‌باشد و در این راستا آزمایش‌های تحقیق با ایجاد بار بستر بر روی بستر رسوبی انجام پذیرفت. با توجه به اینکه در آزمایش‌ها تزریق رسوب وجود نداشت، رسوب بار بستر جریان از بازه بالادست فلوم تأمین گردید. متغیرهای موثر در میزان رسوبات ورودی به کانال آبیگر (Q_{SI}) به شرح ذیل می‌باشند:

$$Q_{SI} = g(Q_{SM}, Q_M, Q_I, h_M, B_M, B_I, S_M, D_{\Delta}, \sigma, g, t, \rho, \rho_s, \nu, H_V, H_{UV}, H_{DV}, L, N, \delta, \alpha, \delta_n, \delta_b) \quad (1)$$

که در این رابطه: Q_{SM} = دبی بار بستر کانال اصلی، Q_M = دبی جریان در کانال اصلی، Q_I = دبی جریان در کانال آبیگر، h_M = عمق جریان در کانال اصلی، B_M = عرض کانال اصلی، B_I = عرض کانال آبیگر، S_M = شیب کانال اصلی، D_{Δ} = قطر متوسط بار بستر، $g\sigma$ = انحراف معیار رسوبات بستر، g = شتاب ثقل، t = مدت زمان آزمایش، ρ = جرم حجمی آب، ρ_s = جرم حجمی رسوبات، ν = لزجت سینماتیک، H_V = ارتفاع صفحات مستغرق، H_{UV} = زاویه کانال آبیگر با کانال اصلی، H_{DV} = ارتفاع صفحه تحتانی صفحات مستغرق مرکب، L = طول صفحات مستغرق، N = تعداد ردیف صفحات مستغرق، α = زاویه صفحات مستغرق با جریان، δ_s = فاصله طولی صفحات مستغرق، δ_n = فاصله عرضی صفحات مستغرق و δ_b = فاصله عرضی اولین ردیف صفحات مستغرق از دهانه آبیگر می‌باشند.

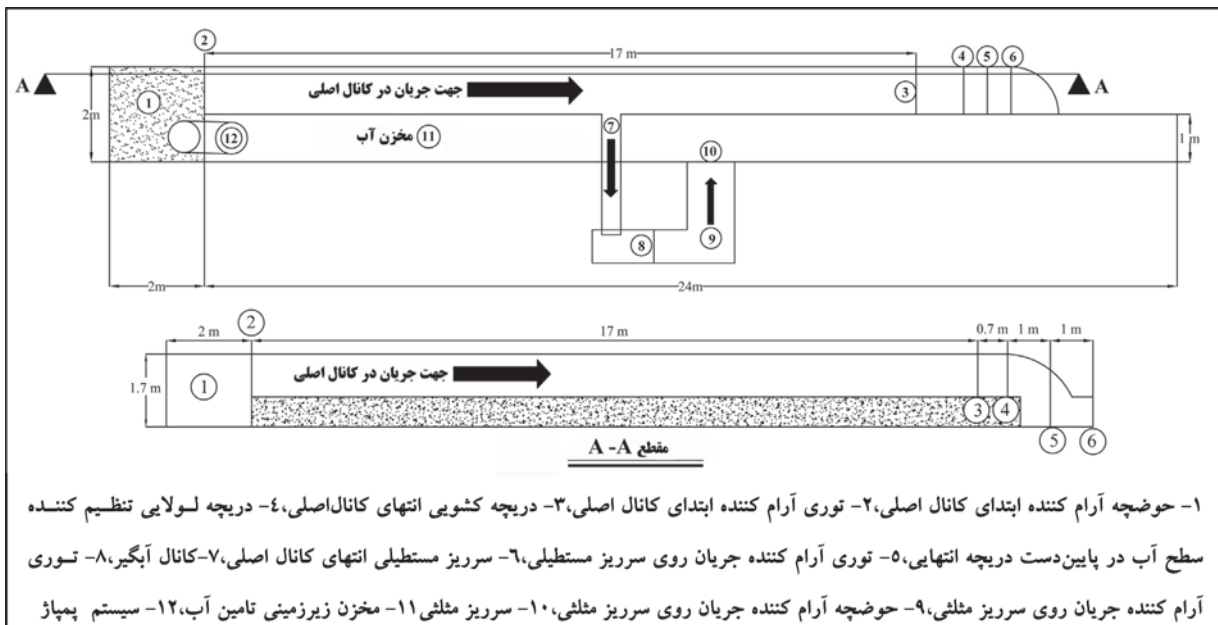
از آنجائیکه تعداد متغیرهای موثر در ورود رسوبات بار بستر به دهانه آبیگر زیاد می‌باشد، در این تحقیق از بین متغیرهای ذکر شده، متغیرهای Q_{SI} ، Q_M ، Q_I و H_{UV} انتخاب شده سپس با استفاده از روش باکینگهام



شکل ۴- وضعیت شماتیک صفحات مستغرق مرکب

جریان با عمق سنج با دقت ۰/۱ میلی متر صورت پذیرفت. بستر کانال اصلی از مصالح یکنواخت سیلیس با $D_{\Delta} = 1 \text{ mm}$ ، ضریب یکنواختی $Cu = 1/18 < 4$ ، انحراف معیار هندسی $\sigma_g = 1/1 < 1/5$ پوشیده گردید.

با توجه به شیب بستر و قطر مصالح انتخابی در محدوده دبی‌ها و عمق‌های ایجاد شده جریان در تمامی آزمایش‌ها، پارامتر شیلدز از پارامتر شیلدز بحرانی بیشتر می‌باشد و بنابراین حرکت مصالح به صورت بار بستر وجود دارد (۳۳). برای کنترل عدم حرکت مصالح بستر به صورت بار معلق، آستانه تعلیق رسوبات به صورت بار معلق نیز از رابطه ارائه شده توسط



۱- حوضچه آرام کننده ابتدای کانال اصلی، ۲- توری آرام کننده ابتدای کانال اصلی، ۳- دریچه کشویی انتهای کانال اصلی، ۴- دریچه لولایی تنظیم کننده سطح آب در پایین دست دریچه انتهایی، ۵- توری آرام کننده جریان روی سرریز مستطیلی، ۶- سرریز مستطیلی انتهای کانال اصلی، ۷- کانال آبیگر، ۸- توری آرام کننده جریان روی سرریز مثلثی، ۹- حوضچه آرام کننده جریان روی سرریز مثلثی، ۱۰- سرریز مثلثی، ۱۱- مخزن زیرزمینی تأمین آب، ۱۲- سیستم پمپاژ

شکل ۵- پلان کانال اصلی، آبیگر و مقطع کانال اصلی

شد، سپس با در نظر گرفتن رابطه $0.2 < \frac{H_{DV}}{h_M} < 0.5$ (۱۲)، ارتفاع

بخش بیرون از بستر صفحات مستغرق برابر ۳ سانتیمتر انتخاب گردید. صفحات مستغرق مرکب تحقیق از ترکیب صفحات مستغرق سطحی با صفحات مستغرق با آرایش موازی ایجاد گردید. صفحه مستغرق سطحی در فاصله ما بین دو صفحه مستغرق تحتانی نصب گردید (شکل ۶). مقادیر ارتفاع بدون بعد صفحه مستغرق سطحی (CH) در جدول ۱ ارائه شده است.

از آنجاییکه در آزمایش‌های تحقیق بررسی تغییرات نسبت رسوب انحرافی (Q_{SR}) مد نظر بوده است، مدت زمان آزمایش‌ها به گونه‌ای انتخاب گردید که حرکت رسوبات به شکل بستر تلماسه در کانال اصلی به حالت پایداری برسد و همچنین نسبت رسوب انحرافی (Q_{SR}) نیز دارای یک تعادل نسبی گردد. از این روی به منظور تعیین نحوه تغییرات نسبت رسوبات انحرافی با زمان دو سری آزمایش مقدماتی پیوسته و گسسته انجام گردید.

آزمایش مقدماتی پیوسته تعیین زمان آزمایش‌ها برای دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه و نسبت آگیری ۲۴ درصد با مدت زمان ۱۰ ساعت انجام گردید. در این آزمایش با نمونه‌گیری از رسوبات خارج شده از انتهای کانال آگیر در طول مدت انجام آزمایش، تغییرات دبی رسوب خارج شده از انتهای کانال آگیر نسبت به زمان مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

آزمایش‌های مقدماتی گسسته تعیین زمان آزمایش‌ها برای دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه و نسبت آگیری ۲۴ درصد به تعداد ۶ آزمایش با طول‌های زمانی ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۵/۵ ساعته انجام گردید. در انتهای هر آزمایش علاوه بر اندازه‌گیری میزان رسوبات ورودی به دهانه آگیر (Q_{SI})، میزان رسوبات منتقل شده از بازه بالادست کانال اصلی (Q_{SM}) نیز از طریق برداشت توپوگرافی بستر کانال اصلی قبل و بعد از پایان آزمایش محاسبه گردید. در تعیین مدت زمان آزمایش‌ها دسترسی به فرصت زمان کافی برای برداشت اطلاعات جریان در زمان تعادل نسبی رسوب انحرافی نیز در نظر گرفته شد. برای محاسبه عدد رینولدز جریان، لزجت از رابطه Bettess

رابطه بدون بعد ۲ براساس پارامترهای بدون بعد Fr ، Q_R ، Q_{SR} و CH ایجاد گردید.

$$Q_{SR} = G(Fr, Q_R, CH) \quad (2)$$

که در این رابطه: $Q_{SR} = \frac{Q_{SI}}{Q_{SM}}$ نسبت رسوب انحرافی،

$$Fr = \frac{U_M}{\sqrt{g h_M}} = \frac{Q_M}{B_M \sqrt{g h_M^3}}$$

عدد فرود جریان،

$$Q_R = \frac{Q_I}{Q_M} = \frac{H_{UV}}{H_V}$$

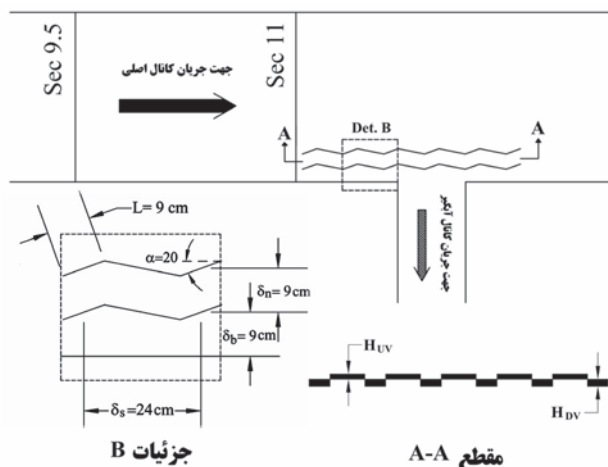
نسبت جریان انحرافی و پارامتر

مشخصه ارتفاع صفحه سطحی صفحات مستغرق مرکب می‌باشد.

با در نظر گرفتن محدودیت‌های فضا و امکانات آزمایشگاهی محدوده متغیرهای مستقل آزمایش‌های جریان با رسوب مطابق جدول ۱ تعیین گردید.

میزان حمل رسوب در کانال اصلی از طریق برداشت توپوگرافی بستر قبل و بعد از آزمایش توسط تراز یاب با دقت ۰/۱ میلی‌متر برآورد گردید. در این راستا عرض کانال اصلی به منظور شبکه بندی نقاط برداشت بستر با توجه به اولین و آخرین نقطه عرضی قابل برداشت با تراز یاب به ۷ نقطه به موقعیت‌های عرضی ۱۳، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۸۷ سانتیمتر تقسیم شد و طول کانال اصلی نیز با فواصل ۱۰ سانتیمتر شبکه‌بندی گردید. شبکه‌بندی بستر کانال اصلی در ابتدا و پایان هر آزمایش به تعداد حدود ۷۵۰ قرائت با تراز یاب و بصورت دستی برداشت گردید. سپس حجم کل رسوبات فرسایش یافته با استفاده از اطلاعات توپوگرافی قبل و بعد از انجام آزمایش و نرم‌افزار SURFER برآورد گردید.

با در نظر گرفتن محدوده طراحی توصیه شده برای صفحات مستغرق، زاویه نصب آنها ۲۰ درجه انتخاب گردید (۲۴). با انجام تعدادی آزمایش مقدماتی با دبی‌های کانال اصلی و نسبت‌های آگیری تحقیق (جدول ۳) محدوده تغییر عمق جریان حدود ۱۲/۵ - ۶/۵ سانتیمتر اندازه‌گیری



شکل ۶- پلان موقعیت قرارگیری، ابعاد، تعداد ردیف و فواصل نصب صفحات مستغرق

جدول ۱- متغیرهای مستقل آزمایش‌ها

مقدار متغیر	عنوان متغیر
۳۰، ۴۵، ۶۰	دبی کانال اصلی QM (لیتر بر ثانیه)
۸، ۱۶، ۲۴	(درصد) QR نسبت جریان انحرافی
۰/۵، ۰/۷۵، ۱	پارامتر مشخصه ارتفاع صفحه سطحی صفحات مستغرق مرکب CH

(۲) محاسبه گردید:

$$V = \frac{0.00000174}{1 + 0.03368t + 0.00022099t^2} \quad (۳)$$

در این رابطه: V = لزجت سینماتیکی آب برحسب مترمربع بر ثانیه و t = دمای آب برحسب درجه سانتیگراد می باشد.

به منظور بررسی عملکرد و مقایسه گزینه‌های مختلف کنترل رسوب نسبت به شرایط عدم استفاده از صفحات مستغرق، پارامتر درصد کاهش نسبی نسبت رسوبات انحرافی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\Delta Q_{SR}^* = \frac{Q_{SR} - Q_{SR-NV}}{Q_{SR-NV}} \times 100 \quad (۴)$$

که در این رابطه، Q_{SR-NV} نسبت رسوب انحرافی در شرایط عدم استفاده از صفحات می باشد.

مشاهدات و نتایج

آزمایش مقدماتی پیوسته تعیین زمان تعادل نسبی رسوبات انحرافی با دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه و نسبت آبگیری ۲۴ درصد نشان داد که این آزمایش در بین آزمایش‌های تحقیق بدلیل کمترین دبی و بیشترین نسبت آبگیری دارای بحرانی‌ترین وضعیت می باشد در این آزمایش ۲۴ درصد جریان کانال اصلی به سمت کانال آبگیر منحرف می گردد و بدلیل میزان بالای انحراف جریان کانال اصلی، ظرفیت حمل رسوب کانال اصلی از ابتدای آبگیر به سمت پایین دست کانال اصلی کاسته می شود بنابراین پس از شروع آزمایش و به تدریج به دلیل کم بودن میزان دبی جریان در کانال اصلی، شکل‌های ریخت شناسی بستر به فرم تلماسه در بازه بالادست کانال اصلی تشکیل شده و به سمت پایین دست حرکت خود را آغاز می نمایند.

تلماسه‌های کانال اصلی با رسیدن به مقابل دهانه آبگیر و کاهش ظرفیت حمل کانال اصلی متوقف شده و با گذشت زمان بر روی هم انباشته شده و افزایش رقوم بستر در این بازه را به دنبال دارند. در اثر این پدیده سرعت جریان در مقاطع مقابل دهانه آبگیر افزایش یافته و در نتیجه قدرت حمل رسوب کانال اصلی افزایش می یابد و بالتبع میزان نسبت رسوب انحرافی به آبگیر کاهش می یابد پس از رسیدن به زمان تعادل نسبی رسوبات انحرافی، تلماسه‌های ایجاد شده در بالادست کانال اصلی به حرکت خود از مقابل دهانه آبگیر به سمت پایین دست کانال اصلی ادامه داده و همچنین نرخ تغییرات رسوبات خروجی از انتهای کانال آبگیر کم می شود (شکل ۷).

هر چند نمونه‌های رسوب ارائه شده در شکل ۷ به دلیل پیوسته بودن آزمایش تغییرات وزن رسوبات نشسته شده داخل کانال آبگیر را شامل نمی شوند، اما این نتایج نشان می دهند که دبی رسوب خروجی از انتهای آبگیر بعد از ۴/۵ ساعت تقریباً ثابت می شود.

نتایج نحوه تغییرات نسبت رسوب انحرافی به آبگیر در برابر زمان، توسط ۶ آزمایش گسسته تعیین زمان تعادل نسبی رسوبات، در شکل ۸ ارائه شده است. میزان تغییر نسبی نسبت رسوبات انحرافی در این ۶ آزمایش نسبت به میانگین آنها برابر با ۸/۶ درصد می باشد (شکل ۸). مقادیر پارامترهای بدون بعد نسبت آبگیری (Q_R) و نسبت رسوبات انحرافی (Q_{SR}) آزمایش‌های اصلی تحقیق در جدول ۲ ارائه شده است. عدد فرود جریان نزدیک شونده به آبگیر کانال اصلی (Sec۲/۵)، (شکل ۶) و عدد فرود جریان در مقطع بالادست کانال

اصلی (Sec۲/۵) واقع در ۲/۵ متری پایین دست ورودی کانال اصلی در کلیه آزمایش‌ها در محدوده جریان زیر بحرانی ۰/۷ - ۰/۴ تغییر نمود (جدول ۲). عدد رینولدز جریان کانال اصلی آزمایش‌ها در محدوده ۲۶۹۶۱ تا ۵۳۱۸۵ می باشد، که نشان دهنده وضعیت جریان آشفته ($Re < 2000$) است (جدول ۲). بنابراین فرض عدم تاثیر لزجت بر میزان جریان رسوب انحرافی (Q_{SR}) صحیح می باشد.

با توجه به شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ که در برگزیده ۴۵ آزمایش تحقیق می باشند نسبت رسوب ورودی به آبگیر در اثر افزایش نسبت آبگیری افزایش نشان می دهد (جدول ۲). در این شکل‌ها N_V و P_V به ترتیب نشان دهنده شرایط بدون نصب صفحات مستغرق و نصب صفحات مستغرق موازی می باشند. در شکل‌های ۹ تا ۱۲ معادله بهترین خطوط عبورکننده بر ۹ داده اندازه گیری در هر یک از شرایط نصب صفحات مستغرق مرکب با پارامترهای مشخصه ارتفاع صفحه سطحی صفحات مستغرق مرکب (CH) برابر ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱، صفحات مستغرق با آرایش موازی و شرایط عدم استفاده از سازه کنترل رسوب ارائه شده است.

با توجه به جدول (۳) میزان کاهش نسبی نسبت رسوبات انحرافی صفحات مستغرق مرکب با CH برابر با ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ در نسبت آبگیری متوسط مورد استفاده در این تحقیق (۱۶ درصد) به ترتیب به میزان ۳۲/۶، ۳۱/۱ و ۲۳/۲ درصد می باشد.

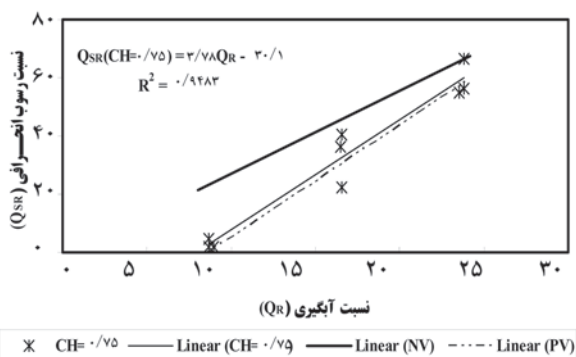
بحث

تعیین مدت زمان آزمایش‌ها

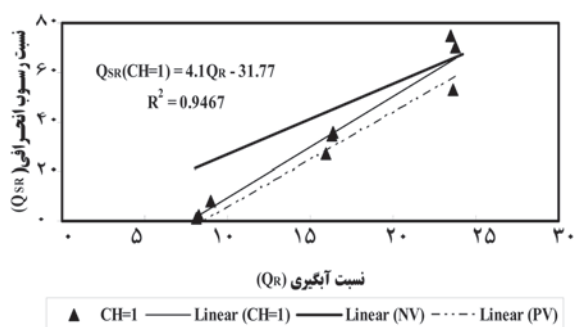
مدت زمان آزمایش‌های تحقیق برابر ۵/۵ ساعت بدلیل فراهم شدن شرایط تعادل نسبی در رسوبات انحرافی به آبگیر پذیرفته شد. زیرا در این زمان شرایط حرکت رسوبات به شکل بستر تلماسه از ابتدا تا پایین دست دهانه آبگیر در کانال اصلی فراهم گردیده و همچنین تغییرات رسوبات خروجی از کانال آبگیر ناچیز می گردد. با توجه به انجام آزمایش‌های مقدماتی در بحرانی‌ترین وضعیت (کمترین دبی و بیشترین نسبت آبگیری)، از آنجاییکه در سایر آزمایش‌ها در مدت زمان کمتری حرکت رسوبات به شکل تلماسه در کل طول کانال اصلی ایجاد می گردید و همچنین رسوبات انحرافی از آبگیر به تعادل می رسید این زمان برای کلیه آزمایش‌های تحقیق پذیرفته گردید.

نحوه ورود و رسوبگذاری در مقابل دهانه آبگیر

از آنجاییکه ورود رسوبات به دهانه آبگیر در شرایط عدم استفاده از سازه کنترل رسوب در مقابل دهانه آبگیر و در نسبت‌های کم آبگیری (۸ و ۱۶ درصد) از پشت تلماسه مقابل دهانه آبگیر صورت می گیرد، تلماسه‌هایی که در بازه بالادست کانال اصلی تشکیل شده‌اند، پس از رسیدن و عبور از مقابل دهانه آبگیر همچنان که به سمت پایین دست کانال اصلی حرکت می نمایند، بخشی از رسوبات آنها از پشت آنها توسط جریان انحرافی به سمت دهانه آبگیر هدایت می شود. با افزایش نسبت آبگیری به ۲۴ درصد، حجم رسوبات منحرف شده به آبگیر نیز افزایش می یابد و رسوبات غالباً توسط یک گردابه عمودی که در پایین دست ورودی آبگیر شکل می گیرد، به داخل کانال آبگیر منحرف می شوند البته در دبی‌های زیاد بدلیل عمق‌های بیشتر، تلماسه‌های ایجاد شده دارای ارتفاع بیشتری بوده و در این شرایط انحراف



شکل ۱۱- نسبت‌های رسوب انحرافی صفحات مستغرق مرکب با $CH=0.75$

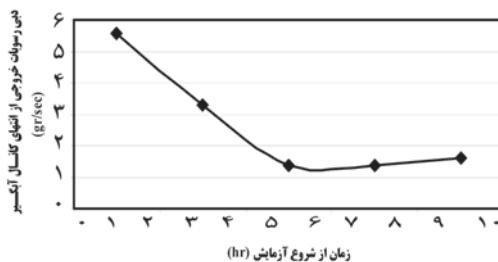


شکل ۱۲- نسبت‌های رسوب انحرافی صفحات مستغرق مرکب با $CH=1$

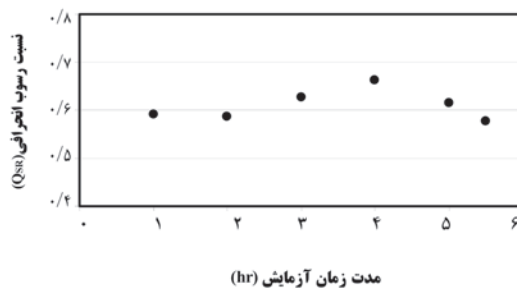
رسوبات به دهانه آبیگر از پشت تلماسه در حال حرکت از مقابل آبیگر نیز صورت می‌گیرد (شکل ۱۳).

نسبت آبیگری زیاد (۲۴ درصد) و تغییر الگوی جریان کانال اصلی در مقابل دهانه آبیگر باعث تغییر در نحوه حرکت تلماسه‌ها از مقابل دهانه آبیگر می‌شود. در این راستا بخشی از تلماسه که در فاصله دورتری از دهانه آبیگر قرار دارد و الگوی جریان نزدیک بستر آن متأثر از آبیگر نشده با همان الگوی حرکتی قبل از دهانه آبیگر به راه خود ادامه می‌دهد. اما بخش دیگر این تلماسه تا ابتدای چاله آبشستگی مجاور پایین‌دست آبیگر در کانال اصلی حرکت کرده و در آنجا به دلیل حجم بالای رسوب انحرافی به آبیگر از بین می‌رود (شکل ۱۳).

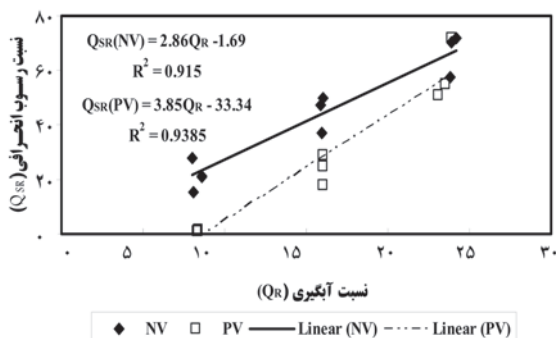
نصب صفحات مستغرق در آرایش موازی باعث کاهش چشمگیری در میزان رسوبات انحرافی به کانال آبیگر می‌شود (شکل ۹). برخورد جریان با صفحات مستغرق و ایجاد جریان گردابی در اطراف صفحات، مانع ورود رسوبات انتقال یافته از بازه بالادست به دهانه آبیگر می‌شود، از طرفی با آبیگری از کانال اصلی از میزان ظرفیت حمل رسوب کانال اصلی در پایین‌دست دهانه آبیگر کاسته می‌شود، بنابراین در بستر مجاور صفحات مستغرق نصب شده در پایین‌دست دهانه آبیگر رسوبگذاری مطابق شکل ۱۴ صورت می‌گیرد و چاله آبشستگی مجاور پایین‌دست دهانه آبیگر در کانال اصلی بوجود نمی‌آید، در حالیکه در بستر مجاور صفحات واقع در بالادست دهانه آبیگر فرسایش مشاهده می‌شود.



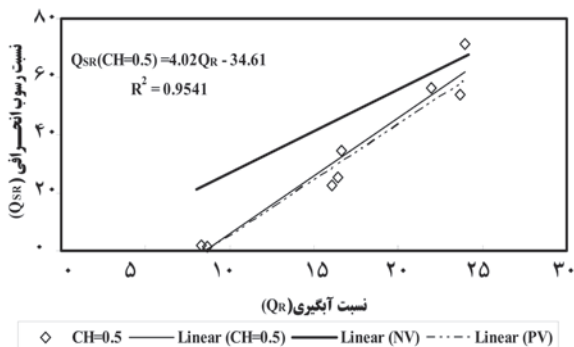
شکل ۷- نمودار تغییرات دبی رسوبات آبیگر در آزمایش پیوسته با دبی ۳۰ لیتر در ثانیه و نسبت آبیگری ۲۴ درصد



شکل ۸- تغییرات نسبت رسوب انحرافی به آبیگر (QSR) در مقابل زمان



شکل ۹- نسبت‌های رسوب انحرافی در شرایط عدم نصب یا نصب صفحات مستغرق موازی



شکل ۱۰- نسبت‌های رسوب انحرافی صفحات مستغرق مرکب با $CH=0.5$

جدول ۲- مقادیر پارامترهای آزمایش‌های تحقیق

شماره	عنوان آزمایش	دمای آب (oC)	دبی کانال اصلی (Lit/Sec)	نسبت آبیگری (%)	دبی رسوب کانال اصلی (gr/Sec)	نسبت رسوب انحرافی (%)	عمق جریان در مقطع (Sec۹.۵mm)	عدد فرود جریان در مقطع Sec۹.۵	عدد رینولدز جریان در مقطع Sec۹.۵	عدد فرود جریان در مقطع Sec۹.۵
۱	NV۰۰۲۴۳۰	۲۳/۹	۳۱/۰	۲۳/۸	۶/۱	۵۷/۶	۶۷/۰	۰/۶	۲۰۳۲۰/۷	۰/۶
۲	NV۰۰۱۶۳۰	۲۳/۹	۳۰/۸	۱۶/۰	۵/۲	۳۶/۸	۷۳/۰	۰/۵	۲۹۸۵۴/۴	۰/۶
۳	NV۰۰۰۸۳۰	۲۳/۹	۳۰/۸	۸/۱	۵/۵	۱۵/۶	۶۸/۰	۰/۶	۳۰۱۳۲/۹	۰/۶
۴	NV۰۰۲۴۴۵	۲۳/۹	۴۵/۵	۲۳/۹	۳/۹	۷۰/۲	۹۲/۰	۰/۵	۴۲۵۶۶/۸	۰/۵
۵	NV۰۰۱۶۴۵	۲۳/۹	۴۵/۷	۱۵/۹	۴/۵	۴۷/۱	۹۱/۰	۰/۵	۴۲۹۴۱/۵	۰/۵
۶	NV۰۰۰۸۴۵	۲۳/۹	۴۵/۶	۸/۶	۴/۱	۲۱/۱	۹۴/۰	۰/۵	۴۲۵۶۹/۴	۰/۵
۷	NV۰۰۲۴۶۰	۲۳/۹	۵۸/۶	۲۴/۲	۵/۰	۷۱/۶	۱۱۱/۰	۰/۵	۵۳۱۸۴/۵	۰/۴
۸	NV۰۰۱۶۶۰	۲۳/۹	۵۸/۴	۱۶/۰	۴/۵	۴۹/۸	۱۱۶/۰	۰/۵	۵۲۶۳۴/۱	۰/۴
۹	NV۰۰۰۸۶۰	۲۳/۹	۵۸/۵	۸/۱	۴/۱	۲۷/۹	۱۱۴/۰	۰/۵	۵۲۸۳۱/۵	۰/۴
۱۰	PV۲۰۲۴۳۰	۲۳/۶	۳۲/۳	۲۳/۱	۵/۷	۵۰/۹	۶۶/۰	۰/۶	۳۱۴۳۰/۱	۰/۶
۱۱	PV۲۰۱۶۳۰	۲۳/۳	۳۱/۵	۱۶/۰	۶/۶	۲۴/۹	۶۹/۰	۰/۶	۳۰۳۰۷/۱	۰/۶
۱۲	PV۲۰۰۸۳۰	۲۳/۳	۳۱/۵	۸/۴	۶/۴	۰/۸	۶۹/۰	۰/۶	۳۰۳۰۲/۸	۰/۶
۱۳	PV۲۰۲۴۴۵	۲۳/۶	۴۶/۴	۲۳/۴	۴/۴	۵۴/۷	۹۱/۰	۰/۵	۴۲۲۵۴/۵	۰/۵
۱۴	PV۲۰۱۶۴۵	۲۳/۳	۴۵/۴	۱۶/۰	۴/۸	۱۸/۱	۹۱/۰	۰/۵	۴۲۰۱۵/۴	۰/۵
۱۵	PV۲۰۰۸۴۵	۲۳/۳	۴۵/۷	۸/۳	۳/۵	۱/۲	۹۵/۰	۰/۵	۴۲۰۱۷/۴	۰/۵
۱۶	PV۲۰۲۴۶۰	۲۳/۱	۵۸/۶	۲۳/۹	۳/۵	۷۱/۸	۱۱۸/۰	۰/۵	۵۱۶۶۲/۶	۰/۴
۱۷	PV۲۰۱۶۶۰	۲۳/۱	۵۸/۴	۱۶/۰	۲/۸	۲۸/۸	۱۱۴/۰	۰/۵	۵۱۸۵۶/۶	۰/۴
۱۸	PV۲۰۰۸۶۰	۲۲/۹	۵۸/۵	۸/۴	۳/۷	۱/۴	۱۱۷/۰	۰/۵	۵۱۳۸۸/۷	۰/۴
۱۹	C۱۲۰۲۴۳۰	۲۲/۹	۳۳/۶	۲۲/۰	۶/۱	۵۶/۱	۷۱/۰	۰/۶	۳۱۹۴۳/۴	۰/۶
۲۰	C۱۲۰۱۶۳۰	۲۲/۹	۳۳/۵	۱۶/۴	۶/۷	۲۵/۲	۷۲/۰	۰/۶	۳۱۷۷۱/۲	۰/۶
۲۱	C۱۲۰۰۸۳۰	۲۲/۸	۳۲/۰	۸/۷	۶/۱	۱/۳	۶۹/۰	۰/۶	۳۰۴۲۹/۹	۰/۶
۲۲	C۱۲۰۲۴۴۵	۲۱/۷	۴۶/۱	۲۳/۷	۴/۸	۵۳/۹	۹۲/۰	۰/۵	۴۱۰۲۸/۴	۰/۵
۲۳	C۱۲۰۱۶۴۵	۲۱/۴	۴۵/۵	۱۶/۰	۴/۱	۲۲/۴	۹۲/۰	۰/۵	۴۰۲۷۹/۶	۰/۵
۲۴	C۱۲۰۰۸۴۵	۲۱/۶	۴۵/۷	۸/۷	۲/۸	۱/۶	۹۵/۰	۰/۵	۴۰۴۲۰/۵	۰/۵
۲۵	C۱۲۰۲۴۶۰	۲۱/۹	۵۸/۴	۲۴/۰	۳/۶	۷۱/۴	۱۱۱/۰	۰/۵	۵۰۶۶۳/۶	۰/۴
۲۶	C۱۲۰۱۶۶۰	۲۱/۸	۵۸/۶	۱۶/۷	۲/۳	۳۴/۵	۱۲۱/۰	۰/۴	۴۹۸۸۴/۹	۰/۴
۲۷	C۱۲۰۰۸۶۰	۲۱/۴	۵۸/۶	۸/۳	۲/۶	۲/۰	۱۲۴/۰	۰/۴	۴۹۲۰۴/۶	۰/۴
۲۸	C۳۲۰۲۴۳۰	۲۱/۴	۳۱/۴	۲۳/۶	۵/۴	۵۲/۹	۶۶/۰	۰/۶	۲۹۰۴۱/۴	۰/۶
۲۹	C۳۲۰۱۶۳۰	۲۱/۴	۳۱/۰	۱۶/۴	۵/۶	۳۶/۰	۶۶/۰	۰/۶	۲۸۷۱۷/۱	۰/۶
۳۰	C۳۲۰۰۸۳۰	۲۱/۴	۳۱/۳	۹/۰	۵/۳	۸/۰	۶۷/۰	۰/۶	۲۸۸۹۳/۴	۰/۶
۳۱	C۳۲۰۲۴۴۵	۲۱/۸	۴۵/۶	۲۳/۵	۳/۳	۷۵/۰	۹۱/۰	۰/۵	۴۰۸۰۰/۰	۰/۵
۳۲	C۳۲۰۱۶۴۵	۲۱/۹	۴۵/۸	۱۵/۹	۴/۱	۲۶/۹	۹۳/۰	۰/۵	۴۰۹۲۵/۹	۰/۵
۳۳	C۳۲۰۰۸۴۵	۲۱/۷	۴۵/۴	۸/۱	۳/۰	۱/۴	۹۴/۰	۰/۵	۴۰۳۳۴/۹	۰/۵
۳۴	C۳۲۰۲۴۶۰	۲۱/۷	۵۸/۵	۲۳/۸	۴/۶	۷۰/۲	۱۱۹/۰	۰/۵	۴۹۸۴۲/۳	۰/۴
۳۵	C۳۲۰۱۶۶۰	۲۱/۵	۵۸/۴	۱۶/۳	۳/۸	۳۴/۶	۱۱۳/۰	۰/۵	۵۰۰۳۷/۲	۰/۴
۳۶	C۳۲۰۰۸۶۰	۲۱/۳	۵۸/۵	۸/۳	۳/۴	۲/۴	۱۱۷/۰	۰/۵	۴۹۴۹۴/۵	۰/۴
۳۷	C۲۲۰۲۴۳۰	۲۰/۶	۳۰/۸	۲۳/۵	۵/۲	۵۴/۹	۶۷/۰	۰/۶	۲۷۸۶۰/۷	۰/۶
۳۸	C۲۲۰۱۶۳۰	۱۹/۸	۳۰/۹	۱۶/۵	۵/۳	۳۶/۱	۶۶/۰	۰/۶	۲۷۴۷۶/۴	۰/۷
۳۹	C۲۲۰۰۸۳۰	۱۸/۸	۳۱/۰	۸/۷	۴/۸	۴/۵	۶۵/۰	۰/۶	۲۶۹۶۱/۴	۰/۶
۴۰	C۲۲۰۲۴۴۵	۱۸/۶	۴۵/۶	۲۳/۸	۳/۵	۶۶/۴	۸۸/۰	۰/۶	۳۷۹۷۳/۰	۰/۵
۴۱	C۲۲۰۱۶۴۵	۱۷/۸	۴۵/۴	۱۶/۶	۴/۲	۲۲/۴	۹۱/۰	۰/۵	۳۶۸۷۹/۲	۰/۵
۴۲	C۲۲۰۰۸۴۵	۱۷/۵	۴۵/۰	۸/۹	۳/۰	۱/۷	۹۲/۰	۰/۵	۳۶۱۹۴/۷	۰/۵
۴۳	C۲۲۰۲۴۶۰	۲۰/۸	۵۸/۴	۲۳/۸	۴/۲	۵۶/۳	۱۰۷/۰	۰/۵	۴۹۶۸۵/۹	۰/۴
۴۴	C۲۲۰۱۶۶۰	۱۷/۶	۵۸/۱	۱۶/۶	۲/۳	۴۰/۶	۱۱۹/۰	۰/۵	۴۴۸۲۲/۱	۰/۴
۴۵	C۲۲۰۰۸۶۰	۱۸/۲	۵۸/۰	۸/۶	۴/۱	۱/۶	۱۱۹/۰	۰/۵	۴۵۴۲۰/۹	۰/۴
مینیمم		۱۷/۵	۳۰/۸	۸/۱	۲/۳	۰/۸	۶۵/۰	۰/۴	۲۶۹۶۱/۴	۰/۴
ماکزیمم		۲۳/۹	۵۸/۶	۲۴/۲	۶/۷	۷۵/۰	۱۲۴/۰	۰/۶	۵۳۱۸۴/۵	۰/۷

حروف بکار برده شده در عنوان آزمایش‌های رسوب به ترتیب از سمت چپ عبارتند از: حروف اول و دوم بیانگر عدم استفاده (NV)، استفاده از صفحات مستغرق با آرایش موازی (PV) و صفحات مستغرق مرکب با ارتفاع صفحه سطحی ۱/۵، ۲/۲۵ و ۳ سانتیمتر به ترتیب C۱، C۲ و C۳، اعداد سوم و چهارم بیانگر زاویه نصب صفحات مستغرق □، اعداد پنجم و ششم بیانگر نسبت آبیگری و اعداد هفتم و هشتم بیانگر دبی جریان وارد شونده به کانال اصلی.

جدول ۳- نسبت رسوبات انحرافی و درصد کاهش نسبی نسبت رسوبات انحرافی در نسبت‌های مختلف آبخیزی

درصد کاهش نسبی نسبت رسوب انحرافی			نسبت رسوبات انحرافی (QSR)			گزینه‌های تحقیق
$Q_R=0.24$	$Q_R=0.16$	$Q_R=0.8$	$Q_R=0.24$	$Q_R=0.16$	$Q_R=0.8$	
-	-	-	۶۷/۰	۴۴/۱	۲۱/۲	عدم نصب صفحات مستغرق
۱۱/۸	۳۵/۹	۱۰۰/۰	۵۹/۱	۲۸/۳	۰/۰	نصب صفحات مستغرق موازی
۷/۶	۳۲/۶	۱۰۰/۰	۶۱/۹	۲۹/۷	۰/۰	صفحات مستغرق مرکب با $CH=0.5$
۹/۵	۳۱/۱	۹۹/۳	۶۰/۶	۳۰/۴	۱/۰	صفحات مستغرق مرکب با $CH=0.75$
۰/۵	۲۳/۲	۹۵/۱	۶۶/۶	۳۳/۸	۱/۰	صفحات مستغرق مرکب با $CH=1$

در آزمایش‌های Barkdoll و همکاران هرچند از یک آبخیز ۹۰ درجه در یک مسیر مستقیم استفاده گردید ولی نسبت رسوب انحرافی کمتر از سایر تحقیقات مشابه برآورد شد. همچنین برخلاف سایر تحقیقات برای نسبت‌های آبخیزی بالا، روند کاهشی در نسبت رسوب انحرافی مشاهده گردید (شکل ۱۶). لازم به ذکر است که در آزمایش‌های Barkdoll و همکاران برای انجام آزمایش‌ها از سیستم چرخشی جریان و رسوب استفاده گردید و میزان متوسط حجم رسوبات بستر حمل شونده در واحد عرض بالادست کانال اصلی از طریق اندازه‌گیری ابعاد و سرعت حرکت تلماسه تعیین گردید. صرف‌نظر از نتایج متفاوت روش‌های مختلف در تعیین میزان دقیق نسبت رسوب انحرافی، در محدوده نسبت‌های آبخیزی این تحقیق ($Q_R < 25\%$) بین نسبت رسوب انحرافی و نسبت آبخیزی رابطه مستقیم برقرار بود.

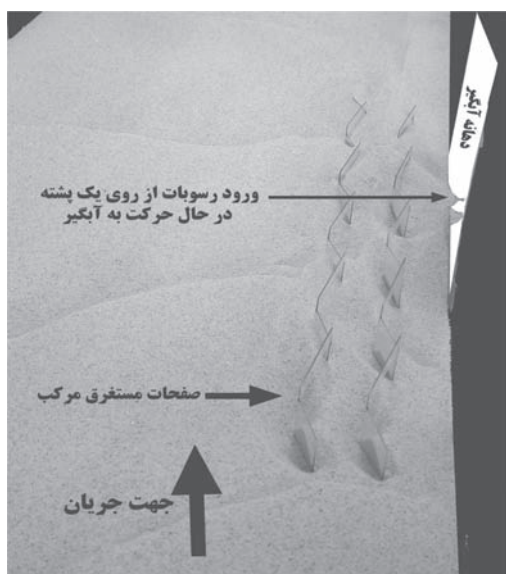
د- تاثیر عدد فرود جریان بالادست کانال اصلی بر نسبت رسوب ورودی به آبخیز عدد فرود جریان در بالادست کانال اصلی با نسبت رسوب ورودی به آبخیز رابطه عکس دارد. با افزایش عدد فرود جریان، رسوب ورودی به آبخیز کاهش می‌یابد. در شکل ۱۷ تغییرات نسبت رسوب ورودی به آبخیز در اثر عدد فرود جریان بالادست کانال اصلی در نسبت‌های آبخیزی ۸، ۱۶ و ۲۴ درصد آزمایش‌های بدون نصب صفحات مستغرق ارائه شد. اعداد فرود جریان بالادست کانال اصلی برای مقطع $2/5$ Sec (در $2/5$ متری ابتدای کانال اصلی) محاسبه شده و در جدول ۲ و شکل ۱۷ ارائه گردید.

با توجه به شکل ۱۷ در کلیه نسبت‌های آبخیزی ۸، ۱۶ و ۲۴ با افزایش عدد فرود جریان نسبت رسوب انحرافی به آبخیز کاهش یافته است. افزایش اعداد فرود در کانال اصلی باعث افزایش سرعت جریان در کانال اصلی می‌شود و با افزایش سرعت جریان، توان حمل رسوب کانال اصلی نیز بیشتر می‌گردد. افزایش سرعت و توان حمل رسوب جریان کانال اصلی در اعداد

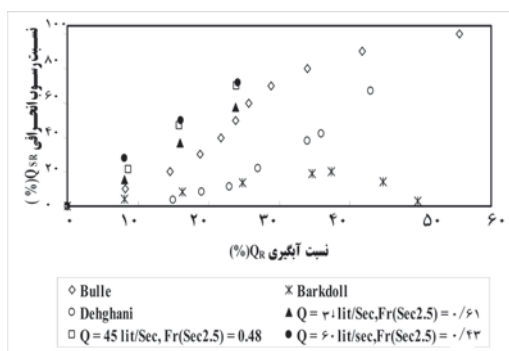
صفحات مستغرق مرکب نیز همانند صفحات مستغرق با آرایش موازی باعث کاهش چشمگیر در میزان رسوب انحرافی می‌شوند و مشابه صفحات مستغرق موازی در بستر مجاور صفحات مستغرق مرکب بالادست دهانه آبخیز فرسایش و در بستر مجاور صفحات مستغرق مرکب پایین دست آبخیز رسوبگذاری مشاهده می‌شود (شکل ۱۵). دلیل این اتفاق آن است که ترکیب صفحات مستغرق سطحی و تحتانی در صفحات مستغرق مرکب همانند صفحات مستغرق با آرایش موازی توانسته است جریان حلزونی را ایجاد نموده و رسوبات بستر را از مقابل دهانه آبخیز دور نماید.

ج- نسبت رسوب ورودی به آبخیز در شرایط عدم نصب سازه کنترل رسوب به منظور مقایسه نسبت‌های رسوب انحرافی اندازه‌گیری شده در طول این تحقیق در شرایط عدم استفاده از سازه کنترل رسوب در دهانه آبخیز با نتایج سایر محققین، از نتایج تحقیقات Bulle در سال ۱۹۲۶ (۳۰)، Barkdoll و همکاران در سال ۱۹۹۹ (۲۴) و دهقانی و همکاران در سال ۱۳۸۵ (۷) استفاده شده است. با توجه به شکل ۱۶، نسبت‌های رسوب انحرافی اندازه‌گیری شده برای دبی‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ لیتر بر ثانیه این تحقیق بیشتر از نتایج Bulle (که براساس تحقیق بر روی یک آبخیز با زاویه ۳۰ درجه در کانال اصلی مستقیم استخراج شده) می‌باشد. علت عمده این افزایش بیشتر بودن مقدار زاویه انحراف کانال آبخیز در این تحقیق (۹۰ درجه) نسبت به تحقیق Bulle می‌باشد.

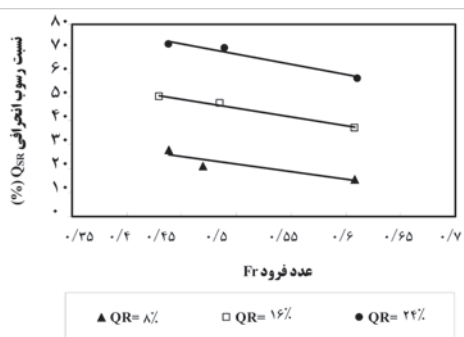
در تحقیق انجام شده توسط دهقانی و همکاران آبخیز جانبی در ساحل خارجی قوس ۱۸۰ درجه احداث شد و از آنجاییکه در قوس خارجی در اثر نیروی گریز از مرکز ناشی از جریان حلزونی از ورود رسوبات به دهانه آبخیز جلوگیری می‌شود، لذا در نسبت‌های آبخیزی یکسان، نسبت‌های رسوب انحرافی کمتری در مقایسه با این تحقیق ایجاد گردید (شکل ۱۶).



شکل ۱۵- بستر کانال اصلی مقابل آبگیر آزمایش صفحات مستغرق مرکب با $CH=0.75$ و دبی ۶۰ لیتر بر ثانیه و نسبت آبگیری ۱۶ درصد

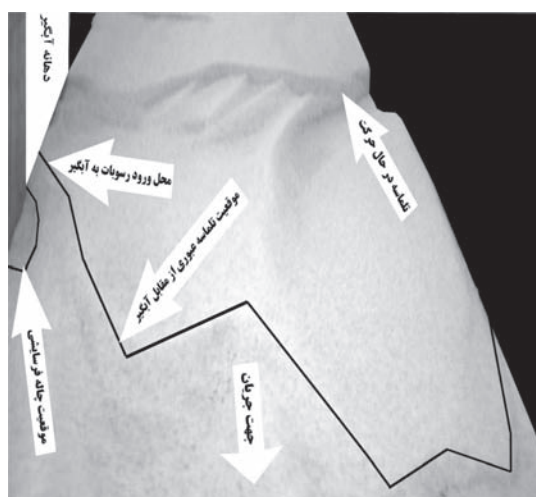


شکل ۱۶- نسبت‌های رسوب انحرافی تحقیق حاضر در شرایط عدم استفاده از سازه کنترل رسوب و در دبی‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ لیتر بر ثانیه در مقایسه با نتایج سایر محققین

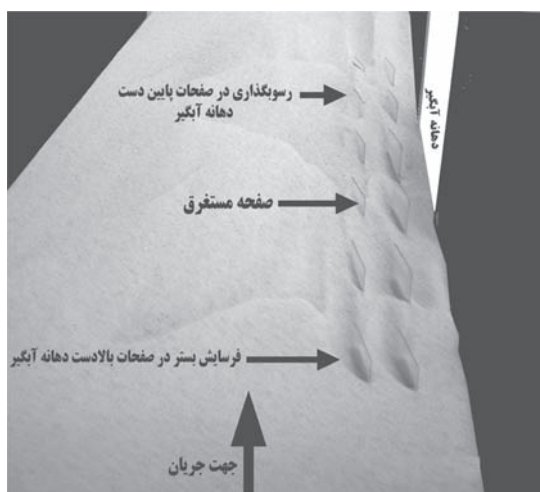


شکل ۱۷- تاثیر عدد فرود جریان بالادست کانال اصلی بر نسبت رسوب ورودی به آبگیر در نسبت‌های آبگیری ۸، ۱۶ و ۲۴ درصد

مهمترین اثر صفحات مستغرق به عنوان یک سازه کنترل رسوب مقابله با جریان متمایل شده در بستر کانال به سمت دهانه آبگیر می‌باشد. در این حالت جریان بیشتری از بخش‌های سطحی جریان به دهانه آبگیر منحرف می‌شود و بنابراین مقدار رسوبات منحرف شده به آبگیر کاهش می‌یابد



شکل ۱۳- بستر رسوبی کانال اصلی در مقابل آبگیر در دبی ۶۰ لیتر بر ثانیه و نسبت آبگیری ۲۴ درصد



شکل ۱۴- بستر کانال اصلی مقابل آبگیر آزمایش با صفحات موازی در دبی ۴۵ لیتر بر ثانیه و نسبت آبگیری ۸ درصد

فرود بیشتر، سبب تاثیرگذاری کمتر دهانه آبگیر بر الگوی جریان و رسوب نزدیک شونده به سمت آن می‌شود و در نتیجه رسوبات کمتری وارد آبگیر می‌شوند.

با توجه به نتایج آزمایش‌های Barkdoll و همکاران (۲۲) نسبت آبگیری (Q_R) موثرترین عامل تاثیرگذار بر نسبت رسوب انحرافی می‌باشد و به عبارتی دیگر تغییر در میزان شدت حمل رسوبات بستر باعث تغییر در رابطه بین نسبت رسوب انحرافی و نسبت آبگیری نمی‌گردد. با توجه به شکل ۱۷ در محدوده اعداد فرود برداشت شده در بالادست کانال اصلی، تغییرات میزان نسبت رسوب انحرافی به آبگیر (Q_{SR}) به ازای تغییر در میزان عدد فرود مقطع بالادست کانال اصلی در نسبت آبگیری یکسان کمتر از ۱۳ درصد می‌باشد که تایید کننده نتایج Barkdoll و همکاران در زمینه تاثیر زیاد نسبت رسوب انحرافی در مقایسه با عدد فرود جریان بالادست می‌باشد.

ه - نسبت رسوب ورودی به آبگیر در شرایط نصب صفحات مستغرق موازی

(۲۴).

ورودی به آبگیر نداشتند.

صفحات مستغرق مرکب معرفی شده در این تحقیق به دلیل اینکه صفحه مستغرق سطحی نصب شده با زاویه مخالف در فاصله ما بین دو صفحه مستغرق تحتانی نصب گردیده است باعث ایجاد آشفستگی در جلوی دهانه آبگیر نشده و توانسته است در گزینه نصب $CH=0/5$ عملکردی مشابه صفحات مستغرق با آرایش موازی در کنترل رسوب ورودی به آبگیر داشته باشد.

نتیجه گیری

صفحات مستغرق مرکب معرفی شده توانسته‌اند در گزینه نصب $CH=0/5$ عملکردی مشابه صفحات مستغرق با آرایش موازی در کنترل رسوب ورودی به دهانه آبگیر داشته باشند. بطوریکه در نسبت آبگیری ۸ درصد همانند صفحات مستغرق با آرایش موازی، بطور کامل از ورود رسوبات به دهانه آبگیر جلوگیری نموده ولی موفق به افزایش کارایی صفحات مستغرق موجود در کنترل رسوب ورودی به آبگیر نشده‌اند. با توجه به اینکه صفحات مستغرق سطحی در ترکیب با صفحات مستغرق با آرایش موازی بررسی شده توسط Barkdoll و همکاران با ایجاد آشفستگی در ورودی آبگیر باعث افزایش انتقال رسوب به دهانه آبگیر در مقایسه با صفحات مستغرق با آرایش موازی گردیدند و صفحات مستغرق مرکب این تحقیق علی‌رغم مطالعه برای اولین بار، در گزینه نصب $CH=0/5$ عملکردی مشابه صفحات مستغرق با آرایش موازی در کنترل رسوب ورودی به دهانه آبگیر داشتند و در نظر گرفتن این ایده که با انحراف بیشتر جریان سطحی و کاهش انحراف رسوبات بستر به آبگیر می‌توان کارایی صفحات مستغرق را افزایش داد، انجام مطالعات بیشتر بر روی صفحات مستغرق مرکب توصیه می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- ۱- آلی، ج. ا. و خانجانی، م. ج. (۱۳۸۵) بهینه‌سازی سیستم صفحات مستغرق جهت کنترل رسوب در دهانه‌های آبگیر رودخانه‌ها. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۷، ص ۱۴۳-۱۵۵.
- ۲- اسدی، م. خانجانی، م. ج. و بارانی، غ. ح. (۱۳۷۸) بررسی تئوری اثر صفحات مستغرق با استفاده از توزیع دو بعدی سرعت. مجموعه مقالات دومین کنفرانس هیدرولیک، دانشکده فنی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، صفحه ۹۵-۹۰.
- ۳- امام، ع. (۱۳۷۴) بررسی تاثیر آرایش قرارگیری صفحات مستغرق بر رفتار رودخانه‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۱۶۰ ص.
- ۴- بارانی، غ. ع. خانجانی، م. ج. و آلی، ج. ا. (۱۳۷۸) بهینه‌سازی کارگذاری صفحات مستغرق در دهانه‌های آبگیر باروش هوک - جوینز اصلاح شده. مجموعه مقالات دومین کنفرانس هیدرولیک، دانشکده فنی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، صفحه ۱۶۵-۱۵۹.
- ۵- حبیبی، م. قلاتی، ع. ر. و قدسیان، م. (۱۳۷۸) بررسی آزمایشگاهی درباره تأثیر زاویه قرارگیری صفحات مستغرق بر عملکرد آنها در محل‌های آبگیری از رودخانه. مجموعه مقالات دومین کنفرانس هیدرولیک، دانشکده فنی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، صفحه ۲۱۰-۱۹۸.
- ۶- حسن پور، ف. ایوب زاده، ع. قدسیان، م. و سامانی، ج. م. و. (۱۳۸۶) اثر صفحات مستغرق بر میزان آبگیری و پروفیل طولی سطح آب در مجاورت

با توجه به شکل ۹ صفحات مستغرق موازی تا نسبت آبگیری ۸ درصد به طور کامل از ورود رسوبات به دهانه آبگیر جلوگیری می‌نمایند. برای نسبت‌های آبگیری بالاتر از این حد صفحات مستغرق میزان نرخ رسوبات ورودی را کاهش می‌دهند ولی آن را حذف نمی‌نمایند. بر اساس معادلات خطی بهترین خط عبورکننده بر داده‌های اندازه‌گیری شده در شکل ۹، میزان کاهش نسبی نسبت رسوبات انحرافی به آبگیر در شرایط استفاده از صفحات مستغرق با آرایش موازی در نسبت آبگیری متوسط مورد استفاده در این تحقیق (۱۶ درصد) با توجه به جدول ۳ برابر ۳۵/۹ درصد می‌باشد. برای مقادیر نسبت آبگیری بالاتر از ۸ درصد گرده‌هایی در مقابل دهانه آبگیر ایجاد می‌شود و آنها رسوبات را به داخل آبگیر هدایت می‌نمایند و صفحات مستغرق قادر به حذف آنها نمی‌باشند. بنابراین مطابق جدول ۳ در نسبت آبگیری ۲۴ درصد، صفحات مستغرق موازی در مقایسه با شرایط عدم نصب صفحات می‌تواند حدود ۱۲ درصد میزان رسوب ورودی به آبگیر را کاهش دهند.

بنابراین مشاهده می‌شود که نتایج Barkdoll و همکاران (۲۴) در زمینه محدوده کارایی صفحات مستغرق موازی برای کاهش ۱۰۰ درصدی در میزان رسوبات ورودی به آبگیر ($Q_R=0/8$) دقیقاً مشابه نتایج بدست آمده در شکل ۱۶ می‌باشد.

و-نسبت رسوب ورودی به آبگیر در شرایط نصب صفحات مستغرق مرکب
با توجه به شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ صفحات مستغرق مرکب در راستای کاهش نسبت رسوب ورودی به آبگیر دارای عملکردی بسیار مشابه صفحات مستغرق با آرایش موازی می‌باشند و حتی در حد بالای نسبت آبگیری برای کنترل کامل ورود رسوب به آبگیر مشابه صفحات مستغرق با آرایش موازی می‌باشند. بنابراین با توجه به جدول ۳ صفحات مستغرق مرکب با $CH=0/5$ همانند صفحات مستغرق موازی تا نسبت آبگیری ۸ درصد بطور کامل از ورود رسوبات به آبگیر جلوگیری می‌نمایند و با افزایش ارتفاع صفحه سطحی صفحات مستغرق مرکب، توان کنترل رسوب آنها کاهش می‌یابد. در واقع افزایش ارتفاع صفحه سطحی صفحات مستغرق مرکب باعث ممانعت در انحراف جریان‌های سطحی با رسوب کمتر متمایل شده به سمت دهانه آبگیر می‌شود. از آنجاییکه زاویه صفحات سطحی به سمت دهانه آبگیر می‌باشد می‌توان انتظار داشت که زاویه تمایل جریان سطحی به سمت دهانه آبگیر از زاویه صفحات سطحی بیشتر باشد.

ز- مقایسه صفحات مستغرق مرکب با صفحات اصلاح شده بارکدل
صفحات مستغرق اصلاح شده Barkdoll و همکاران (شکل ۳) مشابه صفحات مستغرق مرکب این تحقیق دارای یک صفحه مستغرق سطحی با زاویه مخالف می‌باشند. صفحه مستغرق سطحی در راستای انحراف بیشتر جریان سطحی به آبگیر و در نتیجه انحراف کمتر رسوبات نزدیک بستر به آبگیر مطرح گردید اما بر خلاف انتظار صفحات مستغرق اصلاح شده Barkdoll و همکاران میزان آشفستگی را در ورودی آبگیر افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش انتقال رسوب به دهانه آبگیر در مقایسه با صفحات مستغرق با آرایش موازی گردیدند و در $qI=0/9$ دارای نسبت رسوب انحرافی مشابه شرایط عدم نصب صفحات شده و هیچ گونه نقشی در کاهش رسوب

- 21- Barkdoll, B. D., Hagen, B.L. and Odgaard, J. (1995) *Sediment Exclusion at Hydropower Intakes Using Submerged Vanes*. Proc. of Waterpower conference, pp 368-377.
- 22- Barkdoll, B.D., Ettema, R. and Tsou, J. (1997) *Sediment Control at Riverside Water Intakes*. Proc. of the International Joint Power Generation Conference, Denver, U.S.A., PP. 227-232
- 23- Barkdoll, B.D. and Ettema, R. (1998) *Promising New Idea for Sedimentation Exclusion from Intakes*. Proc. of the International Water Resources Engineering Conference, Vol. 2, ASCE, PP. 1535-1540
- 24- Barkdoll, B.D., Ettema, R. and odgaard, J. (1999) *Sediment Control at Lateral Diversion: Limits and Enhancements to Vane Use*. *Journal of Hydraulic Engineering*, pp 862-870.
- 25- Ghorbani, B. (2005) *The Effect of Submerged Vanes on Hydraulic Properties of Open Channel Flow*. The 5th Iranian Hydraulic Conference. pp 139-146.
- 26- Keshavarzi, A. Shamsaddini-nejad, A.R. (2002) *Plain Secondary Current at Water Intakes and its Effect on Sedimentation Process*. CSCE/EWRI of ASCE Environmental Engineering conference, Niagara. pp. 1-7.
- 27- Nakato, T., Kennedy, J. F. and Bauerly, D. (1990) *Pump – Station Intake – Shoaling Control with Submerged Vanes*. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, pp 119-128.
- 28- Nakato, T., Ogden, F. L. (1998) *Sediment Control at Water Intakes Along Sand-Bed Rivers*. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 124, No. 6, pp 589-596.
- 29- Odgaard, J. and Wang, Y. (1991) *Sediment Management with Submerged Vanes. I: Theory*. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 117, No. 3, pp 267-283.
- 30- Raudkivi, A. J. (1976) *Loose Boundary hydraulics*. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. pp. 103-116.
- 31- Raudkivi, A. J. (1993) *Sedimentation: Exclusion and Removal of Sediment from Diverted Water*. Balkema, Rotterdam, 164 p.
- 32- Tan, S.K., Yu, G., Lim, S.Y. and Ong, M.C. (2005) *Flow Structure and Sediment Motion around Submerged Vanes in Open Channel*. *Journal of Waterway, Port, coastal and Ocean Engineering*, Vol. 131, No. 3, PP 132-136.
- 33- Van Rijn, L.C. (1993) *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas*. AQVA Publications, Netherlands, PP. 3.10-5.6
- 34- Vanoni, V. A. (1975) *Sedimentation Engineering*. ASCE, 745 p.
- 35- Varma, C.V.J., Saxena, K.R. and Rao, M.K. (1989) *River Behavior Management and Training*. Central Board of Irrigation and Power, Publication New Delhi, Vol. 1, 469 p.
- آبگیرهای جانبی ۹۰ درجه. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۷۷، ص ۱۰۴-۱۱۴.
- ۷- دهقانی، ا.، قدسیان، م.، صالحی نیشابوری، س ع ا و شفیعی فر، م. (۱۳۸۵) کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در قوس 180° با استفاده از پره‌های مستغرق. مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۸- رحمانیان، م. ر. (۱۳۷۷) بررسی هیدرودینامیکی تاثیر آرایش قرارگیری صفحات مستغرق در محل‌های آبگیری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۴۷ ص.
- ۹- ساجدی سابق، م. و حبیبی، م. (۱۳۸۲) بررسی آزمایشگاهی کاربرد صفحات مستغرق و آبشکن در افزایش راندمان آبگیری. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی، دانشگاه شیراز، شیراز، صفحه ۴۲-۳۵.
- ۱۰- سلیمانی اسبویی، ح. ر. (۱۳۷۵) تاثیر آرایش قرارگیری صفحات مستغرق در مقاطع رودخانه بر تغییر مورفولوژی بستر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۷۵ ص.
- ۱۱- صمیمی بهبهان، ت، بارانی، غ و خانجانی، م ج. (۱۳۸۵) بررسی آزمایشگاهی اثر صفحات مستغرق بر تثبیت بستر رودخانه‌ها. مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۱۲- عباسی، ع. ا. (۱۳۸۲) مطالعه آزمایشگاهی کنترل رسوب در آبگیرهای جانبی در مسیرهای مستقیم. رساله دکتری، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۹۲ ص.
- ۱۳- غیاث‌آبادی فراهانی، ق (۱۳۸۴) آنالیز عددی جریان پشت صفحات مستغرق با مدل k-ε. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، صفحه ۶۴۴-۶۳۷.
- ۱۴- فروغی، ع. (۱۳۷۱) استفاده از صفحات مستغرق در حفاظت و تثبیت سواحل رودخانه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی تاسیسات آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۲ ص.
- ۱۵- فروغی، ع و شفافی بجستان، م. (۱۳۸۲) نقش استقرار پوشش گیاهی بر عملکرد صفحات مستغرق در ساماندهی رودخانه‌های فصلی. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ص ۴۳۰-۴۲۳.
- ۱۶- فلانی، ع. (۱۳۷۷) بررسی آزمایشگاهی درباره تأثیر زاویه قرارگیری صفحات مستغرق بر عملکرد آنها در محل‌های آبگیری از رودخانه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۳ ص.
- ۱۷- کشاورزی، ع ر، شمس‌الدینی، ع ر. (۱۳۸۳) تاثیر توان چرخشی ثانویه صفحه افقی بر رسوب ورودی به دهانه آبگیر با انشعاب ۹۰ درجه. مجله علمی کشاورزی، ویژه‌نامه علوم و مهندسی آب، جلد ۲۷، ص ۱۵۹-۱۵۱.
- ۱۸- یونسسی، ح ا، امید، م ح، و ساجدی سابق، م (۱۳۸۲) بررسی عملکرد آرایش طولی صفحات مستغرق در کاهش میزان رسوب گذاری در دهانه آبگیرها. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی، دانشگاه شیراز، شیراز، صفحه ۴۰۶-۳۹۹.
- ۱۹- یونسسی، ح ا، امید، م ح، و کاشفی پور، م. (۱۳۸۳) بررسی تاثیر آرایش طولی صفحات مستغرق در یک کانال مستقیم بر توپوگرافی بستر، افزایش نسبی راندمان آبگیری و کاهش رسوبگذاری در دهانه آبگیرهای ثقلی. مجله علمی کشاورزی، ویژه‌نامه مهندسی علوم آب، جلد ۲۷، ص ۱۴۹-۱۲۷.
- 20- Ayyoubzadeh, S. A. (1997) *Hydraulic Aspects of Straight-Compound Channel Flow and Bed Load Sediment Transport*. PhD Thesis, The University of Birmingham, England, UK. 178 p.