

بررسی آزمایشگاهی تأثیر به کارگیری توأم صفحات مستغرق خمیده و آبشکن نفوذپذیر بر میزان آبیگری و تغییرات بستر در دهانه آبیگر

فرانک امیدی سراوانی^{۱*}، رامین فضل‌اولی^۲ و مجتبی صانعی^۳

چکیده

در این پژوهش کنترل ورود رسوب به آبیگر جانبی در حالت استفاده توأم صفحات مستغرق خمیده و آبشکن نفوذپذیر به صورت آزمایشگاهی بررسی شده است. تأثیر آبشکن نفوذپذیر با زاویه ۹۰ و ۷۵ درجه نسبت به جهت جریان آب در سه طول و با انسداد ۱۵٪، ۱۸٪ و ۲۳٪ عرض کانال اصلی در دو موقعیت ۲ و ۱/۲ برابر عرض دهانه آبیگر بالادست دهانه آبیگر در سه دبی انحراف ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۶٪ بر تغییرات بستر، حداکثر عمق آب‌شستگی و درصد دبی آبیگری در کانال آبیگر بررسی شد. پس از انجام ۴۸ آزمایش با در نظر گرفتن آزمایش‌های شاهد با و بدون نصب صفحات، نتایج نشان داد وقتی آبشکن در موقعیت ۱/۲ برابر عرض دهانه آبیگر، بالادست ابتدای دهانه آبیگر جایگذاری شد، نسبت به زمان جاگذاری در موقعیت ۲ برابر عرض دهانه آبیگر، بالادست دهانه، نتایج بهتری در کاهش حداکثر عمق آب‌شستگی و افزایش مقدار دبی آبیگری مشاهده شد. همچنین در هر سه درصد انحراف، آبشکن با طول ۲۷ یعنی انسداد ۱۸٪ بهترین نتیجه را داشت. نتایج نشان داد آبشکن با زاویه ۷۵ درجه نسبت به جهت جریان، مؤثرتر از آبشکن قائم بوده است. به طور کلی وقتی آبشکن به طول ۲۷ سانتی‌متر با زاویه ۷۵ درجه در موقعیت ۱/۲ عرض دهانه آبیگر بالادست آبیگر قرار گرفت در سه دبی انحراف ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۶٪ به ترتیب سبب، ۳۰٪، ۳۴/۶٪ و ۵۸/۸٪ افزایش در درصد آبیگری کانال فرعی همچنین سبب ۱/۹٪، ۲۶/۱٪ و ۲۹/۵٪ کاهش در حداکثر عمق آب‌شستگی نسبت به حالتی که از آبشکن قائم استفاده شد، گردید.

واژه‌های کلیدی: آبیگر جانبی، آبشکن نفوذپذیر، حداکثر عمق آب‌شستگی، دبی آبیگری، صفحات مستغرق خمیده.

ارجاع: امیدی سراوانی ف. فضل‌اولی ر. و صانعی م. ۱۳۹۶. بررسی آزمایشگاهی تأثیر به کارگیری توأم صفحات مستغرق خمیده و آبشکن نفوذپذیر بر میزان آبیگری و تغییرات بستر در دهانه آبیگر. مجله پژوهش آب ایران. ۲۶: ۱-۱۰.

۱- کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج جهاد کشاورزی.

* نویسنده مسئول: faraanakomidi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۱۶

مقدمه

هنگام ورود جریان سیال از کانال اصلی به کانال انشعابی یک منطقه جدایش در دیواره بالادست کانال انشعابی، شامل جریان‌های کم‌سرعت، جریان گردابی و جریان‌های چرخشی برگشتی ایجاد می‌شود. بردارهای مشخصه برای سرعت در بستر بیشتر از بردارهای سرعت در سطح آب به سمت کانال انشعابی منحرف می‌شوند. جریان ثانویه در کانال انشعابی به این سبب ایجاد می‌شود که جریان پرسرعت در سطح آب نسبت به جریان کم‌سرعت کف کانال احتیاج به نیروی بیشتری برای تغییر مسیر دارد. اگر کانال اصلی حامل رسوبات باشد، بیشتر رسوبات در نزدیکی بستر قرار خواهند گرفت، بنابراین کانال انشعابی که بیشتر دبی خود را از بستر کانال دریافت کرده است به طور نسبی رسوب بیشتری را در مقایسه با کانال اصلی جذب می‌کند (نیری و ادگارد، ۱۹۹۷). روشی که برای کنترل رسوب در دهانه آبگیر پیشنهاد شده، طرح استفاده از صفحات مستغرق است. پره‌های مستغرق با ایجاد جریان چرخشی ثانویه به وجود آمده در اثر انحراف خطوط جریان، جهت و مسیر تنش برشی کف را عوض کرده و رسوبات را از جلوی دهانه آبگیر منحرف می‌کنند (ادگارد و اسپالجاریک، ۱۹۸۶). پره‌های مستغرق با ایجاد سرعت چرخشی در جریان، سبب تولید یک جریان مارپیچی یا گردابی در جریان پایین‌دست پره‌ها می‌شوند. جریان مارپیچی ایجاد شده با گرداب‌ها، سبب ایجاد تنش‌های برشی اریب روی بستر رودخانه شده، و باعث می‌شوند که رسوبات از ناحیه مکش پره‌ها (ناحیه با فشار کم) برداشته شده و در ناحیه با فشار زیاد انباشته شوند. اولین تلاش‌ها برای طراحی صفحات مستغرق، توسط ادگارد و کندی (۱۹۸۳) ارسال شد. پژوهش آن‌ها برای طراحی پره‌های مستغرق برای توقف یا کاهش فرسایش ساحل خارجی در انحنای رودخانه متمرکز شده بود. ادگارد و اسپالجاریک (۱۹۸۶) در پژوهشی استفاده از پره‌های مستغرق را برای کنترل رسوب و توپوگرافی بستر ارزیابی کردند. بارکدول و همکاران (۱۹۹۸) صفحه شاتر و عریض را بر روی دهانه آبگیر همراه با کارگذاری پره‌های مستغرق را بررسی کرد. ادگارد و وانگ (۱۹۹۱) طرح استفاده از پره‌های مستغرق را در دو کانال مستقیم و قوس‌دار بررسی کردند. اله‌یونسی و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر آرایش طولی صفحات مستغرق بر رفتار رسوبات نزدیک سازه‌های آبگیری را بررسی کردند.

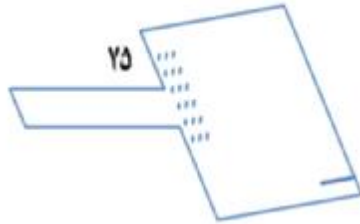
همچنین بررسی‌هایی در زمینه آبگیری بهینه در حالت وجود صفحات مستغرق در کانال‌های آبیاری انجام شد (کرمی‌مقدم و کشاورزی، ۲۰۰۹). پژوهشی با هدف بررسی آزمایشگاهی تأثیر زاویه قرارگیری صفحات مستغرق روی عملکرد آن‌ها در مجاورت یک آبگیر با دهانه نسبی بزرگ انجام شد (به نقل از حبیبی، ۱۳۷۸). خانجانی (۱۳۷۸) نیز برای رفع مشکل رسوب‌گذاری در مدخل آبگیر، صفحات مستغرق را بررسی کرد. هدف او بررسی هیدرودینامیک جریان برای طراحی و بالا بردن راندمان سیستم بود. احمد آلی و خانجانی (۱۳۸۵) پژوهش‌هایی در زمینه محاسبه ابعاد و آرایش بهینه صفحات مستغرق در دهانه آبگیر انجام دادند. در آن بررسی ضمن معرفی مدل هیدرودینامیکی و مدل بهینه‌سازی سیستم برای تعیین ابعاد و آرایش مکانی با توجه به غیرخطی بودن معادله حاکم بر هیدرولیک جریان و رسوب در دهانه آبگیر، روش بهینه‌سازی جهات امکان‌پذیر استفاده شد. ولی‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی تأثیر صفحات مستغرق بر خصوصیات جریان در کانال‌های مرکب پرداختند. گوهری (۱۳۸۸) تأثیر توأم صفحات مستغرق و آبشکن را بررسی کرد.

در این پژوهش، برای هدایت جریان به سمت آبگیر و افزایش کارایی صفحات از آبشکن در ضلع مقابل آبگیر استفاده شد. نوآوری این بررسی در استفاده از صفحات مستغرق خمیده دوزنقه شکل و آبشکن نفوذپذیر در بالادست آبگیر ۷۵ درجه یک کانال مرکب است. نتایج آزمایش‌ها به صورت تأثیر جانمایی آبشکن نفوذپذیر بر تغییرات مرفولوژی آبگیر و مقدار آبگیری در سه دبی انحراف و همچنین تأثیر طول آبشکن نفوذپذیر بر تغییرات مرفولوژی در آبگیر و مقدار آبگیری در سه دبی انحراف دسته‌بندی می‌شوند.

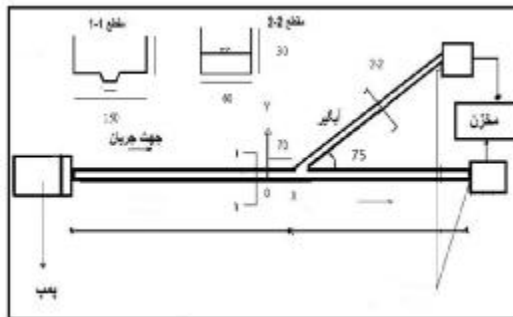
مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در فلومی مرکب به طول ۱۴ متر به عرض ۱/۵ متر و ارتفاع ۰/۵ متر از جنس دیواره‌های پلکسی‌گلاس با شیب طولی ۰/۰۰۱ و دارای دهانه آبگیری به عرض ۶۰ سانتی‌متر و با زاویه آبگیری ۷۵ درجه در پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری کشور انجام شد. کل پلان کانال مستقیم با دیواره‌های جانبی ثابت است. مصالح بستر متحرک و میانگین قطر مصالح بستر در همه آزمایش‌ها

صفحات و H_m عمق جریان است. برای هدایت جریان به سمت آبگیر، از آبشکن در ضلع مقابل استفاده شده است. سطح جریان آب همیشه زیر لبه بالایی شمع‌ها قرار داشت (شمع‌ها مستغرق نیستند).



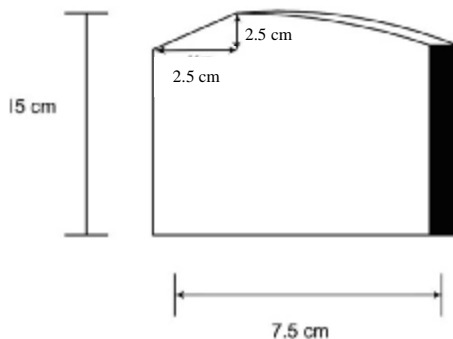
شکل ۱- نمای فلوم، صفحات و شمع‌ها



شکل ۲- پلان فلوم و آبگیر جانبی



شکل ۳- نمای آبگیر و صفحات



شکل ۴- صفحات مورد استفاده در آزمایش‌ها

۰/۸۸ میلی‌متر با انحراف معیار ۱/۲۴ میلی‌متر است. سیستم مختصات و ابعاد مدل پایه در شکل ۱ و ۲ و نمای فلوم، صفحات و شمع‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. جنس صفحات فلزی است و به شکل ذوزنقه و انتهای آن دارای خمی است که با معادله (۱) تعریف می‌شود. آزمایش‌هایی جداگانه روی هر یک انجام شد. نمای صفحات در شکل ۴ آمده است.

$$y = -0.251x^2 + 0.35x - 0.17 \quad (1)$$

برای ایجاد آبشکن نفوذپذیر از تعدادی شمع به قطر ۷ میلی‌متر استفاده شد. شمع‌ها با زاویه ۷۵ و ۹۰ درجه نسبت به کانال اصلی در ضلع مقابل آبگیر نصب شدند. همه آزمایش‌ها در دبی ۵۰ لیتر بر ثانیه و سه نسبت انحراف ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۶٪ انجام شدند. بعد از تنظیم دبی، با یک سرریز مستطیلی، عمق آب در کانال اصلی و کانال فرعی و عمق پایاب کانال‌ها با یک دریچه بادبزی در انتهای هر کانال، به صورت همزمان تنظیم شد. پس از قرارگیری ۳۰ سانتی‌متر رسوب در کانال اصلی و ۲ سانتی‌متر رسوب در آبگیر (به دلیل به وجود آوردن شرایط واقعی‌تر برای حرکت رسوبات، سطح رسوبات هم‌تراز کف آبگیر در نظر گرفته شده است).

سطح رسوبات در ابتدای آزمایش‌ها صاف و اشباع شده، سپس با وارد کردن آب و تنظیم عمق مناسب با بستن دریچه‌ها در انتهای کانال اصلی و آبگیر و بالا آوردن کم آب در کانال (برای جلوگیری از حرکت ذرات بستر قبل از شروع آزمایش)، آزمایش‌ها شروع شدند.

بالا آوردن و تنظیم تدریجی دبی به این دلیل بود که قبل از شروع آزمایش حرکت ذرات بستر وجود نداشته باشد. پس از پایان مدت زمان انجام آزمایش، اندازه‌گیری و ثبت داده با بستر نگار خودکار انجام شد. در نهایت توپوگرافی بستر در ورودی آبگیر با نرم‌افزار surfer محاسبه و تحلیل شد.

مدت زمان آزمایش‌ها، برابر با مدت زمان عبور اولین پشته از مقابل آبگیر در نظر گرفته شد. پس از رسیدن دبی به میزان موردنظر با باز کردن دریچه آبگیر به درصد انحراف‌های مورد نظر دست یافتیم. مدل آبشکن، در سمت راست دیواره فلوم، قرار گرفت.

در همه آزمایش‌ها سه ردیف صفحه در جلوی دهانه آبگیر نصب شده‌اند، که ابعاد، تعداد و آرایش صفحات براساس مقادیر توصیه شده، توسط ادگارد و ونگ (۱۹۹۷) طراحی شدند. در جدول ۱، H_v ارتفاع صفحات، α زاویه قرارگیری

آبشکن در دو فاصله ۷۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر از دهانه آبگیر (در دو موقعیت ۱/۲ و ۲ برابر عرض دهانه آبگیر بالادست دهانه آبگیر) در سه طول ۲۷، ۲۲/۵، ۳۴ سانتی‌متر و در دو زاویه ۷۵ و ۹۰ درجه بررسی شد سطح رسوبات هم‌تراز کف آبگیر در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- ابعاد صفحات مستغرق به کار رفته در آزمایش‌ها

پارامتر	زاویه صفحات با جهت جریان (α)	ارتفاع صفحات مستغرق (H_V)	طول صفحات (L)	فاصله طولی صفحات (δ_S)	فاصله عرضی صفحات (δ_B)	فاصله صفحات از دیواره آبگیر (δ_B)
محدوده توصیه شده	$15 < \alpha < 45$	$0.2 < \frac{H_V}{h_M} < 0.5$	$2H_V < L < 3H_V$	$8H_V$ تا $10H_V$	$2H_V$ تا $2H_V$	$2H_V$
مقدار به کار رفته	۲۰	$0.3H_V$	$2H_V$	$8H_V$	$2H_V$	$2H_V$

آنالیز ابعادی

در بحث آنالیز داده‌ها در ابتدا پارامترهای مختلفی دخیل و مؤثر فرض می‌شوند، اما پس از آنالیز حساسیت و توصیه سایر پژوهش‌گران و دانشمندان در حذف یا باقی ماندن برخی از پارامترها، برخی از آن‌ها در تحلیل به کار گرفته می‌شوند. برخی پارامترها نیز به صورت غیرمستقیم اثر خود را بر سایر پارامترهای باقیمانده نشان می‌دهند که آنها نیز به دلیل اثر تکراری، از معادله حذف می‌شوند. در این بخش تحلیل ابعادی برای حداکثر عمق آبشستگی و مقدار عمق آب در کانال آبگیر، برای شکل صفحات خمیده انجام شده است. که در زیر بحث می‌شود.

پارامترهای مؤثر در حداکثر عمق آبشستگی در حالت استفاده از صفحات خمیده

پارامترهای مؤثر در حداکثر عمق آبشستگی به قرار زیر است:

$$d_s = f(Q, h, g, t, B, b, L, \alpha_l, p_l, \rho, \rho_s, \mu, d_{50}, \sigma) \quad (2)$$

که، d_s ، حداکثر عمق آبشستگی، Q دبی انحراف، y_1 عمق جریان در کانال آبگیر، g شتاب ثقل، t مدت زمان عبور اولین پشته از مقابل آبگیر، B عرض کانال اصلی، b عرض کانال آبگیر، L طول آبشکن، α_l زاویه آبشکن، p_l موقعیت آبشکن، ρ وزن مخصوص آب، ρ_s وزن مخصوص مصالح بستر، μ ویسکوزیته دینامیک آب، d_{50} میانگین قطر ذرات، σ انحراف از معیار مصالح است. متغیرهای تکراری g ، y_1 و ρ هستند. پس از آنالیز ابعادی:

$$\frac{d_s}{L} = f\left(\frac{gt^2}{y_1}, \frac{\rho Q}{y_1 \mu}, \frac{Q}{(y_1)^2 \sqrt{gy_1}}, \frac{P_l}{y_1}\right) \quad (3)$$

$$\alpha_l, \frac{d_{50}}{y_1}, \frac{L}{y_1}, \frac{B}{y_1}, \frac{b}{y_1}$$

با فرض اینکه رابطه توانی بین و سایر کمیت‌ها برقرار است می‌توان معادله (۴) را به صورت زیر نوشت:

$$\frac{d_s}{L} = A \left[\frac{gt^2}{y_1} \right]^\alpha \left[\frac{\rho Q}{y_1 \mu} \right]^\beta \left[\frac{Q}{(y_1)^2 \sqrt{gy_1}} \right]^e \left[\frac{P_l}{y_1} \right]^f \left[\alpha_l \right]^g \left[\frac{d_{50}}{y_1} \right]^h \left[\frac{L}{y_1} \right]^j \left[\frac{b}{y_1} \right]^k \left[\frac{B}{y_1} \right]^c \quad (4)$$

در نهایت پس از ساده کردن معادلات و حذف جملاتی که با توجه به جدول ۲ و معادله (۴) تأثیر کمتری دارند، معادله (۵) به دست آمد. (شکل ۵) در معادله (۵) متوسط خطای نسبی ۲۷/۴٪ و $R^2 = 0.758/10$ است.

پارامترهای مؤثر در عمق جریان در کانال آبگیر در حالت استفاده از صفحات خمیده

پارامترهای مؤثر در عمق جریان در کانال آبگیر به قرار زیر است:

$$\frac{d_s}{L} = 0.006 \left(\frac{Q}{(y_1)^2 \sqrt{gy_1}} \right)^{2.728} \quad (5)$$

$$(\alpha_l)^{0.967} \left(\frac{y_1}{L} \right)^{0.850}$$

$$y_2 = f(Q, y_1, g, t, B, b, L, \alpha_l, p_l, \rho, \rho_s, \mu, d_{50}, \sigma) \quad (6)$$

پس از آنالیز ابعادی (معادله (۷)) و نوشتن معادله نمایی بین داده‌ها (معادله (۸)) و حذف عباراتی که با توجه به جدول ۳ تأثیر کمتری دارند، معادله (۹) برای محاسبه عمق آبشستگی حاصل شد (شکل ۶).

$$\frac{y_2}{L} = f\left(\frac{gt^2}{y_1}, \frac{\rho Q}{y_1 \mu}, \frac{Q}{(y_1)^2 \sqrt{gy_1}}\right) \quad (۷)$$

$$\frac{P_l}{y_1} = 1.657 \left(\frac{P_l}{y_1}\right)^{1.038} (\alpha_l)^{0.153} \quad (۹)$$

که در معادله (۹) درصد متوسط خطای نسبی ۴/۱٪ و R^2 ۰/۹۳۸ است.

$$\frac{y_2}{L} = A \left[\frac{gt^2}{y_1}\right]^\alpha \left[\frac{\rho Q}{y_1 \mu}\right]^\beta \left[\frac{Q}{(y_1)^2 \sqrt{gy_1}}\right]^e \left[\frac{P_l}{y_1}\right]^f [\alpha_l]^g \left[\frac{d_{50}}{y_1}\right]^h \left[\frac{L}{y_1}\right]^j \left[\frac{b}{y_1}\right]^k \left[\frac{B}{y_1}\right]^c \quad (۸)$$

جدول ۲- تعیین ضریبها و ارزش جملات معادله

ضریبهای معادله	A	α	β	ϵ	ϕ	γ	η	φ	κ	χ	R^2	MAE
۱	۰/۸۹۱	-۲/۱۱۰	۱/۳۷۲	۱/۷۳۷	-۰/۳۰۱	۱/۶۳۲	-۰/۵۹۹	۰	-۰/۷۵۶	-۰/۹۴۷	۰/۸۹۸	۲۲/۹٪
۲	۰/۲۲۳	-۳/۰۱۴	۱/۵۹۸	۱/۵۱۳	-۰/۳	۱/۶۳۶	-۰/۱۲۷	-	-	-	۰/۸۹۸	۲۲/۹٪
۳	۱/۵۵۸	-	-	۳/۴۸۰	-	-۲/۸۳	-۰/۴۶۳	-۰/۷۰۴	-۲/۷۰۴	-	۰/۸۵۶	۲۶/۴٪
رابطه نهایی	۰/۰۰۶	-	-	۲/۷۲۸	-	-	-	-	-	-	۰/۷۵۶	۲۷/۴٪

جدول ۳- تعیین ضریبها و ارزش جملات معادله

ضرایب معادله	A	α	β	ϵ	ϕ	γ	η	φ	κ	χ	R^2	MAE
۱	۰/۷۴۳	-۱/۱۷۷	۱/۶۱۱	-۱/۷۵۷	-۱/۰۰۴	-۰/۲۳۹	۲/۱۸۳	۰/۰۰۹	۰/۷۴۳	۰/۵۰۸	۰/۹۸۲	۳/۲٪
۲	۰/۹۶۵	-۲/۴۵۸	۱/۹۶۷	-۱/۹۶۱	-۱/۰۰۱	-۰/۳۱۹	۱/۸۸۸	-	۱/۸۹۵	۱/۶۴۶	۰/۹۷۸	۳/۰٪
۳	۱/۰۷	-۰/۵۸۴	۱/۳۸۸	-۱/۵۶۲	-۱/۰۰۹	-۰/۱۳۱	۲/۵۲۳	-	-	-	۰/۹۸۲	۲/۰٪
رابطه نهایی	۱/۶۵۷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۹۳۸	۴/۱٪

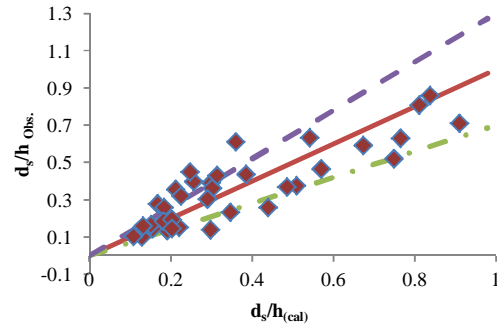
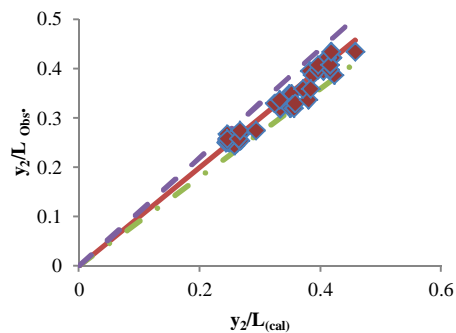
نتایج و بحث

آزمایش‌های جداگانه‌ای برای واسنجی دریاچه انتهایی کانال آبگیر انجام شد و معادله دبی اشل برای دریاچه محاسبه شد. با توجه به عمق آب روی دریاچه بادبزی انتهایی کانال فرعی و دبی عبوری از سرریز مثلثی پایین دست مقدار دبی گذرنده از روی دریاچه بادبزی به ازای ارتفاع‌های متفاوت آب قرار گرفته روی دریاچه محاسبه شد (جدول ۴) و معادله (۱۰) به دست آمد.

$$Q = 0.0285(H - 2.457)^{4.5} \quad (۱۰)$$

H بر حسب سانتی‌متر و Q بر حسب سانتی‌متر مکعب بر ثانیه است.

یک آزمایش بدون استفاده از صفحات مستغرق و دیگری با استفاده از صفحات مستغرق خمیده و سپس شش آزمایش برای بررسی تأثیر وجود، جانمایی و طول آبشکن در ضلع مقابل آبگیر انجام شد. نتایج به سه دسته تأثیر طول و جانمایی آبشکن بر درصد آبگیری، حداکثر عمق آب‌شستگی و همچنین تأثیر زاویه تقسیم می‌شوند.

شکل ۵- d_s/h_{obs} مشاهداتی و d_s/h_{cal} محاسباتیشکل ۶- y_2/L_{obs} مشاهداتی و y_2/L_{cal} محاسباتی

برابر عرض دهانه آبگیر بالادست ورودی آبگیر قرار می‌گیرد نسبت به زمانی که در موقعیت ۲ برابر عرض دهانه آبگیر بالادست ورودی آبگیر قرار می‌گیرد، مقادیر کمتری در حداکثر عمق آبشستگی مشاهده شد. شکل‌های ۱۳ تا ۱۸ بیانگر این هستند که آبشکن با طول ۲۷ سانتی‌متر در موقعیت ۱/۲ برابر عرض دهانه آبگیر نسبت به دیگر حالت‌ها بیشترین تأثیر را بر حداکثر عمق آبشستگی داشت.

ج) تأثیر زاویه آبشکن با جهت جریان، بر حداکثر عمق آبشستگی و مقدار دبی آبگیری

با توجه به شکل‌های ۱۹ تا ۲۴ مشاهده شد که به طور کلی آبشکن با زاویه ۷۵ درجه تأثیر بیشتری بر افزایش درصد دبی آبگیری و همین‌طور کاهش حداکثر عمق آبشستگی داشته است. شکل‌های ۱۹، ۲۰ و ۲۱ نشان می‌دهند که وقتی آبشکن در موقعیت دو برابر عرض دهانه آبگیر بالادست آبگیر قرار گرفت، زاویه ۹۰ درجه نتیجه بهتری از آبشکن با زاویه ۷۵ درجه داشت. ولی وقتی موقعیت آبشکن به ۱/۲ عرض دهانه آبگیر بالادست آبگیر تغییر پیدا کرد، افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان آبگیری کانال فرعی در حالت استفاده از آبشکن با زاویه ۷۵ درجه نسبت به آبشکن با زاویه ۹۰ درجه، مشاهده شد. در بهترین حالت، وقتی که از آبشکن با انسداد ۱۸٪ در موقعیت ۱/۲ برابر عرض دهانه آبگیر با زاویه ۷۵ درجه نسبت به جهت جریان آب در کانال اصلی استفاده شد، در سه دبی انحراف ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۶٪ به ترتیب، ۱/۹٪، ۲۶/۱٪ و ۲۹/۵٪ افزایش در آبگیری کانال فرعی نسبت به زمانی که از آبشکن قائم استفاده شد، مشاهده شد.

با توجه به شکل‌های ۲۲ و ۲۳ و ۲۴ در بهترین حالت یعنی وقتی که از آبشکن با طول ۲۷ سانتی‌متر در موقعیت ۱/۲ برابر عرض دهانه آبگیر با زاویه ۷۵ درجه نسبت به جهت جریان در کانال اصلی استفاده شد، در هر سه درصد انحراف ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۶٪، به ترتیب، ۳۴/۶٪، ۳۰٪ و ۵۸/۸٪ افزایش در درصد آبگیری کانال فرعی نسبت به زمانی که از آبشکن قائم استفاده شد، مشاهده شد، که با افزایش درصد انحراف این تأثیر بیشتر شد.

جدول ۴ - مشاهدات مربوط به دبی گذرنده از سرریز به ازای ارتفاع‌های متفاوت آب روی دریچه کانال آبگیر

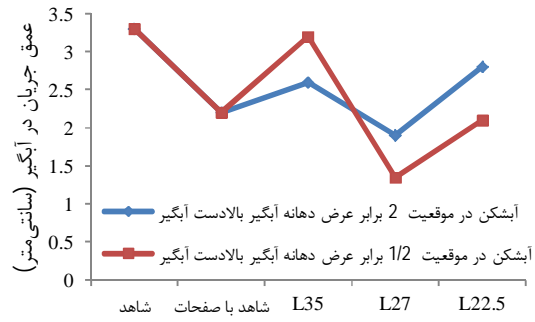
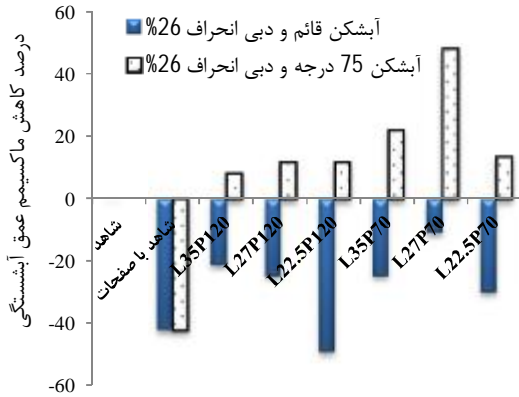
H ₂ (cm)	H ₁ (cm)	Y ₂ (cm)	Y ₁ (cm)
۱۵/۳	۶/۱	۹/۸	۱۱/۷
۱۶/۳۱	۶/۸۵	۹/۲	۱۱/۵۵
۱۷/۴	۷/۰۵	۸/۱	۱۱/۳
۱۳/۳	۵/۷	۱۰/۱	۱۲/۲
۱۰/۵۵	۴/۶	۱۰/۶	۱۲/۵۵
۷/۳	۳/۳	۱۱/۰	۱۲/۹

الف) تأثیر جانمایی و طول آبشکن در ضلع مقابل آبگیر بر درصد آبگیری

با توجه به شکل‌های ۷ تا ۱۲، مشخص است که در هر سه دبی انحراف، استفاده از صفحات خمیده و آبشکن بر عمق جریان در کانال آبگیر مؤثر بوده است. در همه حالت‌ها وقتی آبشکن در موقعیت ۱/۲ برابر عرض دهانه آبگیر بالادست ورودی آبگیر قرار گرفته عمق جریان در کانال آبگیر، نسبت به حالتی که آبشکن در موقعیت ۲ برابر عرض دهانه آبگیر بالادست ورودی آبگیر قرار داشت، مقادیر بیشتری داشته است. همین‌طور وقتی آبشکن در موقعیت ۲ برابر عرض دهانه آبگیر بالادست قرار می‌گیرد، با کاهش طول آبشکن آبگیری بیشتری مشاهده شد. ولی در تمام موارد، بهترین حالت، به عبارتی دیگر بیشترین مقادیر آبگیری، با وجود آبشکن به طول ۲۷ سانتی‌متر در موقعیت ۱/۲ برابر عرض دهانه آبگیر بالادست ورودی آبگیر مشاهده شد. در شکل‌های ۷ تا ۱۲، L35 نشان دهنده آبشکنی به طول ۳۵ سانتی‌متر و L35P120 نشان دهنده آبشکنی به طول ۳۵ سانتی‌متر در موقعیت ۱۲۰ سانتی‌متر بالادست دهانه آبگیر است.

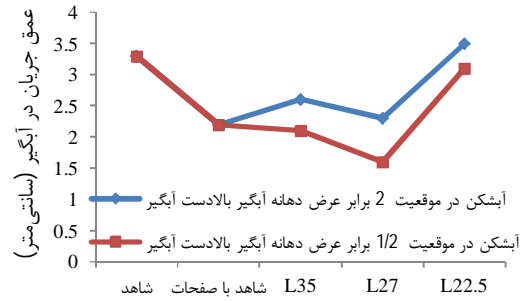
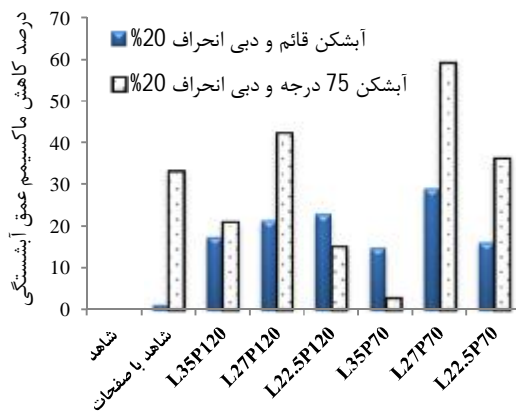
ب) تأثیر جانمایی و طول آبشکن در ضلع مقابل آبگیر بر حداکثر عمق آبشستگی

شکل‌های ۱۳ تا ۱۸ نشان می‌دهند که در هر سه درصد انحراف، در آزمون شاهد با استفاده از صفحات مستغرق نسبت به آزمون شاهد بدون نصب صفحات، حداکثر عمق آبشستگی کاهش پیدا کرده است. همچنین از مقایسه ضلع مقابل آبگیر سبب کاهش حداکثر عمق آبشستگی در دهانه آبگیر نسبت به حالت شاهد با صفحات شده است بلکه طول و موقعیت آبشکن بر مقدار عمق آبشستگی مؤثر بوده است به طوری که وقتی آبشکن در موقعیت ۱/۲



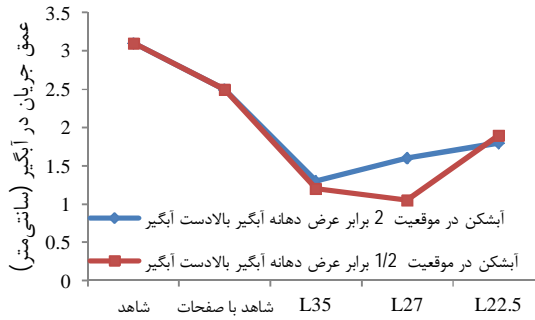
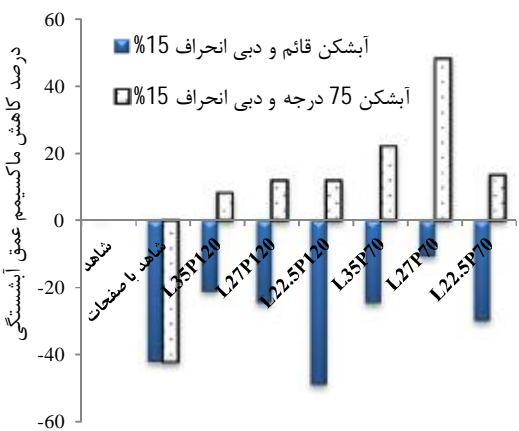
شکل ۱۵- آبشکن با زاویه 75° در دبی انحراف 20%

شکل ۱۹- تأثیر زاویه آبشکن بر حداکثر عمق آبشستگی در انحراف 26%



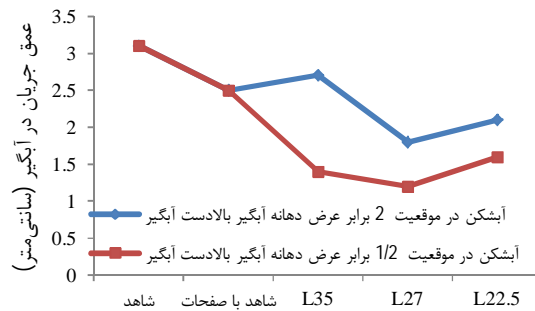
شکل ۱۶- آبشکن با زاویه 90° در دبی انحراف 20%

شکل ۲۰- تأثیر زاویه آبشکن بر حداکثر عمق آبشستگی در انحراف 20%



شکل ۱۷- آبشکن با زاویه 75° در دبی انحراف 15%

شکل ۲۱- تأثیر زاویه آبشکن بر حداکثر عمق آبشستگی در انحراف 15%

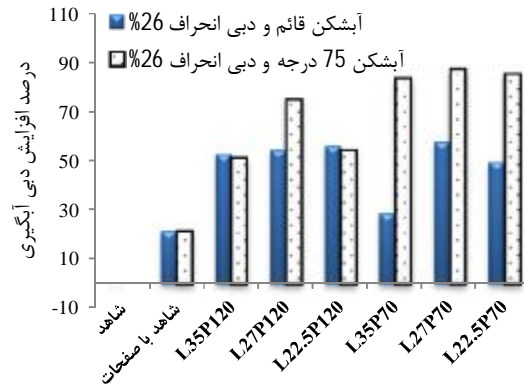


شکل ۱۸- آبشکن با زاویه 90° در دبی انحراف 15%

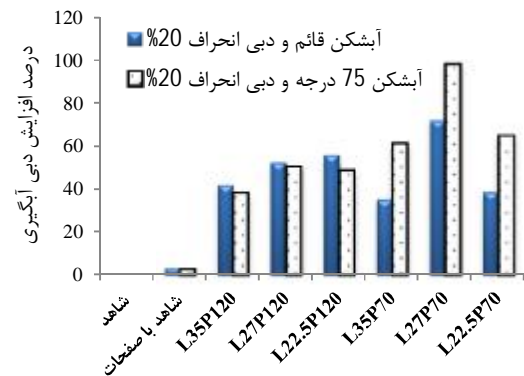
نتایج بهتری را در افزایش مقدار آبیگری و کاهش حداکثر عمق آبشستگی در مقایسه با دیگر طولها داشت. کمترین مقادیر آبشستگی و بیشترین مقادیر آبیگری کانال فرعی با استفاده از آبشکن با طول ۲۷ سانتی‌متر در موقعیت ۱/۲ برابر عرض دهانه آبیگر بالادست آبیگر، حاصل شد. در هر سه درصد انحراف، بیشترین مقدار آبیگری و کمترین مقدار حداکثر عمق آبشستگی در حالت استفاده از آبشکن با زاویه ۷۵ درجه نسبت به جهت جریان آب، مشاهده شد. به طور کلی با افزایش دبی انحراف، تأثیر زاویه آبشکن بیشتر شد.

منابع

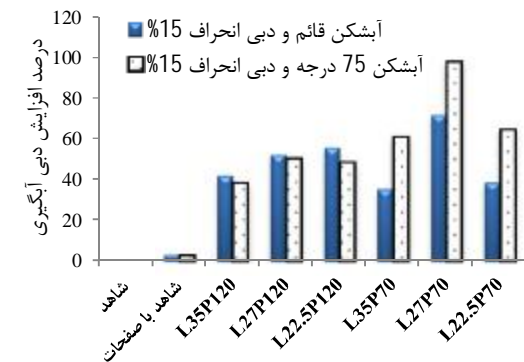
۱. احمد آلی ج. و خانجانی م. ج. ۱۳۸۵. بهینه‌سازی سیستم صفحات مستغرق جهت کنترل رسوب در دهانه آبیگر رودخانه‌ها، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۷(۳۶): ۱۴۳-۱۵۷.
۲. حبیبی م. ۱۳۷۸. بررسی آزمایشگاهی در تأثیر زاویه قرارگیری صفحات مستغرق بر عملکرد آن‌ها در محل آبیگری از رودخانه، دومین کنفرانس هیدرولیک تهران.
۳. خانجانی م. ج. ۱۳۷۸. بررسی آرایش مکانی صفحات مستغرق جهت کاهش رسوب‌گذاری در دهانه آبیگر با استفاده از مدل فیزیکی. مجله استقلال، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۷: ۴۲-۵۰.
۴. گوهری س. ۱۳۸۸. کنترل رسوب ورودی به آبیگرها با استفاده از آبشکن و صفحات مستغرق، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز.
۵. ولی‌زاده م. کشاورزی ع. و سیستانی ب. ۱۳۸۷. تأثیر صفحات مستغرق بر خصوصیات جریان در کانال‌های مرکب، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، اردیبهشت ماه، دانشگاه تهران.
6. Allahyonesi H. M. H. O. and Haghiabi A. H. 2008. A study of the effects of the longitudinal arrangement sediment behavior near intake structures. Journal of Hydraulic Research. 46(6): 814-819
7. Barkdoll B. D. and Ettema R. 1998. Promising New Idea for Sedimentation Exclusion from Intakes. Proc. of the International Water Resources Engineering Conference. 2: 1535-1540.
8. Karami-Moghadam M. and Keshavarzi A. R. 2009. An Optimized Water Intake with the Presence of Submerged Vanes in Irrigation



شکل ۲۲- تأثیر زاویه آبشکن بر دبی آبیگر در انحراف ۲۶٪



شکل ۲۳- تأثیر زاویه آبشکن بر دبی آبیگر در انحراف ۲۰٪



شکل ۲۴- تأثیر زاویه آبشکن بر دبی آبیگر در انحراف ۱۵٪

نتیجه‌گیری

مشاهدات حاکی از عملکرد مؤثر استفاده هم‌زمان صفحات خمیده و آبشکن در ضلع مقابل آبیگر است. آبشستگی موضعی در ورودی آبیگر می‌تواند با استفاده از صفحات مستغرق خمیده و آبشکن نفوذپذیر کاهش داده شود. در مجموع، استفاده از آبشکن با طول ۲۷ سانتی‌متر یعنی ۱۸٪ انسداد در هر سه دبی انحراف ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۶٪

- canals. Journal of Irrigation and Drainage, DIO: 10-1002/ird.504
9. Neary V. S. and Odgaard A. J. 1993. Three-Dimensional Flow Structure at Open-channel Diversions, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE. 119(11): 1223-1230
 10. Odgaard A. J. and Kennedy J. F. 1983. River-Bend Bank Protection by Submerged Vanes. Journal of Hydrologic Engineering ASCE, Hydraulic Engineering, ASCE. 112(12): 1164-1181.
 11. Odgaard A. J. and Spoljaric A. 1986. Sediment Control by Submerged Vanes. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. 112(12): 1164-1181.
 12. Odgaard A. J. and Wang Y. 1991. Sediment management with Submerged Vanes, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. 117(3): 284-302.