

مطالعه آزمایشگاهی تأثیر آبشکن بر راندمان آبنگیرهای جانبی

محمد مهدی احمدی^۱، سید علی ایوبزاده^{۲*}، مسعود ساجدی سابق^۳

۱- دانشجوی دکتری گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی

* تهران، صندوق پستی ۳۳۶-۱۴۱۱۵

ayyoub@modares.ac.ir

چکیده - یکی از مشکلات اساسی آبنگیرهای ثقلی، کاهش راندمان آبنگیری پس از بهره‌برداری است. این پدیده اغلب ناشی از جابه‌جاشدن و دور افتادن خط‌القعر رودخانه از محدوده آبنگیر است. از این رو مطالعه روشهایی که باعث کنترل جابه‌جایی خط‌القعر شود، می‌تواند باعث افزایش راندمان آبنگیری شود. در این تحقیق تأثیر استفاده از آبشکن در ساحل مقابل آبنگیر بر راندمان آبنگیر و کنترل خط‌القعر رودخانه در فلوم آزمایشگاهی بررسی شده است. این فلوم، شامل کانال اصلی با ۳۰ متر طول، ۱/۵ متر عرض و کانال آبنگیر با طول ۳ متر و عرض ۶۰ سانتیمتر با زاویه اتصال ۶۰ درجه به کانال اصلی می‌باشد. آزمایشها با سه طول متفاوت آبشکن و بدون آبشکن با سه دبی متفاوت انجام شده است. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش و کاهش مقدار رسوب ورودی به آبنگیر با استفاده از آبشکن بوده است. ضمن آنکه موقعیت تشکیل خط‌القعر مقطع اصلی نیز به سمت آبنگیر متمایل شده است.

کلید واژگان: آبنگیر جانبی، آبشکن، راندمان آبنگیری، ضریب آبنگیری، ضریب رسوبگیری، خط‌القعر رودخانه.

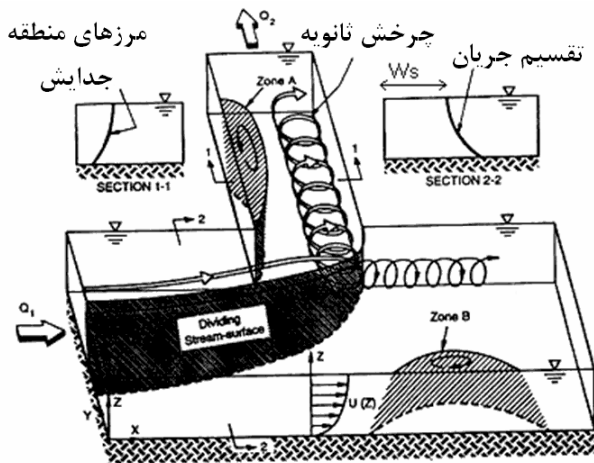
۱- مقدمه

اساسی آبنگیرهای ثقلی، عدم آبنگیری مناسب آبنگیر به دلیل هجوم جریان آب به سمت ساحل مقابل آبنگیر است. بنابراین ارائه روشی که بتواند الگوی جریان و وضعیت خط‌القعر رودخانه را به نحوی بهبود بخشد که باعث افزایش راندمان آبنگیری شود، می‌تواند مشکل فوق را برطرف سازد. برای نیل به این مقصود، در این تحقیق استفاده از آبشکن - که یک سازه اصلاح الگوی جریان است - در ساحل مقابل آبنگیر بررسی شده است.

آبنگیری از رودخانه با اهداف متفاوتی از جمله به منظور پخش سیلاب، آبیاری، آبرسانی شهری و غیره انجام می‌شود، که در هر صورت باید تعدادی سازه آبی در مسیر انحراف از رودخانه ساخته شود. طراحی پروژه انحراف باید بر اطلاعات و داده‌های جامع از رودخانه مورد نظر استوار باشد. موضوعاتی که مستقیماً به فعالیت انحراف رودخانه مربوط می‌شوند و باید مورد بررسی قرار گیرند عبارتند از: مشخصات هیدرولیکی جریان رودخانه، ویژگیهای انتقال رسوب و مشخصات هندسی آبراهه (Razvan, 1989). در مواقع کم آبی یکی از مشکلات

۱-۱- آبنگیر

در هر پروژه انحراف آب، عملکرد کل سیستم به طراحی



شکل ۱ الگوی سه بعدی جریان در آبگیرهای جانبی (Neary et al., 1999)

مهمترین پارامتر هیدرولیکی آبگیر ضریب آبگیری (K_r) است که به صورت زیر تعریف می‌شود (Razvan, 1989).

$$K_r = \frac{Q_D}{Q_r} \quad (1)$$

در رابطه فوق، Q_D دبی جریان انحرافی و Q_r دبی جریان کانال بالادست است. سایر پارامترهای هیدرولیکی آبگیر تحت تأثیر این ضریب قرار می‌گیرند (Barkdoll, 1997). تأثیر زاویه آبگیری بر نسبت میزان رسوب ورودی به آبگیر به رسوب حمل شده در کانال اصلی به صورت آزمایشگاهی توسط عباسی در سال ۱۳۸۱ در کانالی به عرض ۱ متر و شیب کف ۱ در هزار مطالعه شده که در آن عرض کانال آبگیر ۰/۵ متر بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که ضریب آبگیری به طور مستقیم و عدد فرود جریان در کانال اصلی به طور معکوس بر نسبت مذکور مؤثر است. به طوری که برای زاویه آبگیری (θ) رابطه (۲) را پیشنهاد کرد (عباسی، ۱۳۸۱):

$$Q_{sr} = Q_r^a Fr^b \quad (2)$$

که در آن b مقدار ثابتی با متوسط $1/0.2$ است و پارامتر a به زاویه آبگیری با رابطه زیر مرتبط می‌شود:

$$a = 0.27\theta^{0.35} \quad (3)$$

شکل ۲ نشان دهنده نتایج تحقیقات Kasthuri and

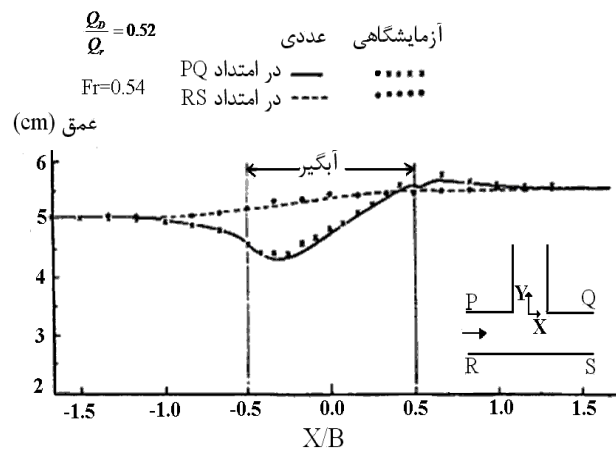
مناسب آبگیر و کارایی آن بستگی دارد. به طور کلی آبگیر باید دو وظیفه مهم را برآورده سازد، جذب و کنترل جریان منحرف شده و هدایت آن به داخل کانال آبگیر و جلوگیری از ورود بار بستر و اجسام شناور به داخل کانال آبگیر. آبگیرهای جانبی (ثقلی) در مواقعی به کار می‌روند که نسبت آب آبگیری به آب رودخانه کم بوده و تغییرات سطح آب زیاد نباشد (Neary, 1995). از مشخصات مهم آبگیری بدون بند عدم کنترل بر تراز آب رودخانه و مسیر خط‌القعر ناشی از عدم وجود مجرای رسوب‌شوی است (Razvan, 1989). بهترین مکان برای آبگیری در محل انحنای رودخانه‌ها، در قسمت بیرونی خم به دلیل وجود جریان ثانویه است. زاویه آبگیری جزو پارامترهای مهم طراحی این سازه‌ها است. هدف از انتخاب زاویه آبگیر، حداقل کردن منطقه گردابی در ورودی آبگیر است. زاویه مناسب به پارامترهایی از جمله نسبت دبی آبگیری به دبی رودخانه (ضریب آبگیری)، عرض رودخانه و عرض دهانه آبگیر بستگی دارد (Neill and Evans, 1997). خصوصیات عمومی هیدرولیک جریان ورودی به آبگیر برای آبگیری با زاویه ۹۰ درجه در شکل ۱، نشان داده شده است. این الگو در سایر زوایا نیز به همین صورت وجود دارد. مقدار زاویه آبگیر بر مقدار رسوب و روی به آبگیر و هندسه منطقه گردابی داخل آبگیر تأثیر می‌گذارد (عباسی، ۱۳۸۱). در شکل ۱، جریان لایه سطحی در مقابل دهانه آبگیر جدا شده، یک قسمت به پایین دست رودخانه حرکت کرده و یک قسمت هم به آبگیر وارد می‌شود. خطوط جدایی جریان سطحی (W_s) و عمقی (W_d) بر هم منطبق نیستند؛ به نحوی که با حرکت به سمت کف، عرض خط جدایی جریان افزایش می‌یابد (مقطع ۲-۲). در ابتدای کانال آبگیر نیز یک منطقه جدایش در کنار دیوار بالادست آبگیر به وجود می‌آید (ناحیه A)، که باعث کاهش عرض مؤثر مقطع آبگیر شده و جریان ثانویه چرخشی نیز در کنار دیواره پایین دست به وجود می‌آید.

برای هر عرض معین رودخانه، مقادیر L_{sz} و H_{sz} کاهش می‌یابند (Kasthuri and Pundarikanthan, 1987).

۱-۲- آبشکن

آبشکن^۱ سازه‌ای سنگی، شنی، پاره‌سنگی، گابیونی، گاهی با کیسه‌های ماسه سیمان و شمع‌کوب به صورت گروهی و منفرد است که با زاویه‌ای نسبت به ساحل رودخانه، برای انحراف جریان از نقاط بحرانی، جلوگیری از آبشستگی ساحل، تولید آبراهه مناسب و کنترل آبشستگی ایجاد می‌شود. نواحی ایجاد شده در اطراف آبشکن شامل یک ناحیه ایستایی قبل از آبشکن و یک ناحیه گردابی در پشت آبشکن است. عملکرد آبشکن به گونه‌ای است که باعث هدایت جریان به محور رودخانه شده و مانع از امکان وقوع جریان قوی در طول دیوار ساحلی بین دو آبشکن می‌شود و جریانهای گردابی به وجود آمده، باعث توسعه جریانهای ثانویه قوی و ته‌نشست رسوبات درشت دانه در کنارهای ساحل می‌شوند (Joglekar, 1971). آبشکن‌هایی که به منظور تأمین تنگ‌شدگی در مقطع جریان به کار می‌روند، عموماً عمود بر جریان ساخته می‌شوند (Richardson, 1975). در آبشکن‌ها فاصله بین آنها معمولاً بر اساس ضریبی از طول بیان می‌شود. این فاصله، به طول آبشکن، شعاع انحنای بازه، سرعت جریان و هدف از ساخت آبشکن بستگی دارد. ریچاردسون و همکاران نیز فاصله آبشکن‌ها را حداقل ۳-۴ برابر و حداکثر ۱۰-۱۲ برابر طول قائم آنها گزارش کرده‌اند (Richardson, 1975). طول هر آبشکن بر اساس مسیر جدید کانال و فاصله دیوار ساحلی تا لبه مسیر جدید انتخاب می‌شود، ولی این طول نباید از ۳ برابر عمق عادی آب در لبه انتهایی آن کمتر باشد. طول دیوار محافظت شده توسط آبشکن‌ها، معمولاً برابر با طول ناحیه استقرار گرداب است (Richardson, 1975).

Pundarikanthan, (1987) در مطالعه آزمایشگاهی پروفیل‌های سطح آب در طول دیوارهای بالادست و پایین‌دست آبگیر و در امتداد دیوار کانال اصلی که آبگیر در آن واقع شده است می‌باشد. ایشان بیان کردند که سطح آب در کانال اصلی در رسیدن به آبگیر، نوعی پروفیل فروآب تشکیل داده و در محدوده آبگیر به دلیل کاهش دبی، نوعی پروفیل فرآب تشکیل می‌شود و بعد از آبگیر با کمی افزایش عمق، نهایتاً عمقی بیشتر از عمق اولیه در کانال اصلی تثبیت می‌شود.



شکل ۲ پروفیل سطح آب در مقابل آبگیر در کانال اصلی (Kasthuri and Pundarikanthan, 1987)

ایشان بررسی را بر روی عرض و طول منطقه جدایش جریان در اتصال دو کانال با استفاده از مدل فیزیکی شامل دو کانال به عرض ۰/۳ متر متصل بهم با زاویه ۹۰ درجه انجام داده‌اند و با استفاده از نتایج اندازه‌گیری شده رابطه‌ای را بین طول (L_{sz}) و عرض (H_{sz}) ناحیه جدایش جریان در داخل کانال انحرافی (منطقه A، شکل ۱) و ضریب آبگیری به صورت روابط (۴) و (۵) به دست آورده‌اند.

$$\frac{H_{sz}}{B} = 0.504 \left(\frac{Q_D}{Q_r} \right)^2 - 0.893 \left(\frac{Q_D}{Q_r} \right) + 0.861 \quad (4)$$

$$\frac{L_{sz}}{B} = 6.49 \left(\frac{Q_D}{Q_r} \right)^2 - 8.44 \left(\frac{Q_D}{Q_r} \right) + 4.45 \quad (5)$$

با توجه به روابط این محققان با افزایش ضریب آبگیری

1. Groyne

۲- روش تحقیق

برای بررسی تأثیر آبشکن بر راندمان آبگیرهای ثقلی، از روش آزمایشگاهی استفاده شده است. مطالعات آزمایشگاهی با همه تواناییها و مزایای متعدد، مشکلات و محدودیتهای خود را دارند. از آنجا که شرایط ایجاد شده در آزمایشگاه باید به نحوی طراحی شود که نتایج، قابل تعمیم برای شرایط واقعی باشد؛ با مطالعه وضعیت هیدرولیکی-رسوبی چند آبگیر ثقلی احداث شده و در دست بهره‌برداری، خصوصیات مدل آزمایشگاهی به صورت زیر مشخص شد:

۱- شرایط جریان در مدل باید شرایط جریان در مقطع عریض را داشته باشد.

۲- مدل با بستر متحرک ساخته شود و در آزمایشها بار بستر وجود داشته باشد.

برای تعیین روابط بین عوامل مختلف از تحلیل ابعادی استفاده شد. با استفاده از روشهای تحلیل ابعادی می‌توان پارامترهای بدون بعد مؤثر را استخراج کرده و نتایج آزمایشها را با بررسی تغییرات این پارامترها و تأثیرشان بر یکدیگر بیان کرد.

۲-۱- برنامه‌ریزی آزمایشها با استفاده از تحلیل

ابعادی

به منظور بررسی عوامل مؤثر بر پارامترهای وابسته مانند دبی آبگیر، دبی رسوب مقطع اصلی، دبی رسوب آبگیر و مختصات خط‌القعر رودخانه، با استفاده از تحلیل ابعادی، ارتباط این عوامل به صورت تابعی از گروههای بدون بعد ارائه می‌شود. ارتباط پارامترهایی را که در هر رفتاری از سیستم دخالت دارند می‌توان به صورت رابطه زیر نوشت (Yalin, 1971):

$$K = f(Q_r, B, b, \eta, S_0, S_d, \theta, P_s, D_{50}, n_d, \rho_s, \mu, \rho, L_g, b_g, X_g, g) \quad (6)$$

در معادله فوق: Q_r, B, S_0 به ترتیب شیب کف، عرض کف و دبی مقطع اصلی، b, S_d, n_d, P_s, θ به ترتیب

زاویه آبگیر، ارتفاع آستانه، زبری، شیب کف آبگیر و عرض آبگیر و D_{50}, η, ρ_s به ترتیب چگالی ذرات رسوبی، پارامتر منحنی دانه‌بندی و اندازه متوسط ذرات رسوب است. پارامترهای μ, ρ بیان کننده چگالی و لزجت دینامیکی سیال، g شتاب ثقل زمین و L_g, b_g به ترتیب طول و فاصله بین آبشکن‌ها است. پارامتر X_g بیان کننده آرایش آبشکن‌ها در مقابل آبگیر و برابر است با نسبت فاصله آخرین آبشکن (از بالادست) تا لبه پایینی آبگیر در امتداد کانال اصلی بر عرض کانال اصلی. با توجه به به‌کارگیری تنها یک شیب و یک نوع زبری آبگیر و عدم تغییر نوع رسوب به‌کار رفته در تمامی آزمایشها، پارامترهای مربوط به این عوامل از تحلیل ابعادی حذف شد. بنابراین رابطه (۶) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$A = f(Q_r, B, b, L_g, b_g, \rho, g, X_g) \quad (7)$$

با در نظر گرفتن سه کمیت تکراری و با استفاده از تئوری باکینگهام نتایج حاصل، به صورت زیر است:

$$K_r = \psi_1\left(\frac{b}{B}, \frac{b_g}{B}, \frac{L_g}{B}, Fr, X_g\right) \quad (9)$$

$$\frac{Y}{B} = \psi_2(K_r) \quad (10)$$

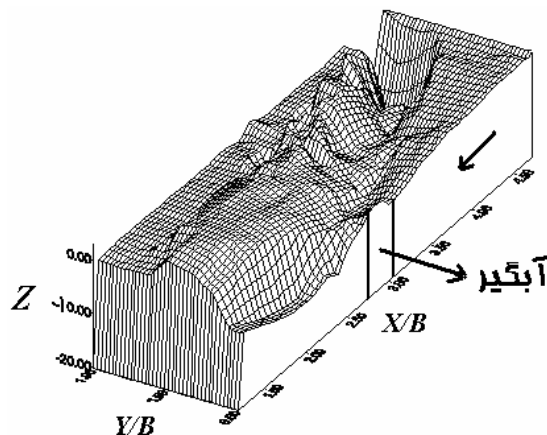
$$\frac{W_s}{B} = \psi_3(K_r) \quad (11)$$

$$K_s = \psi_4\left(\frac{b}{B}, \frac{b_g}{B}, \frac{L_g}{B}, Fr, X_g\right) \quad (12)$$

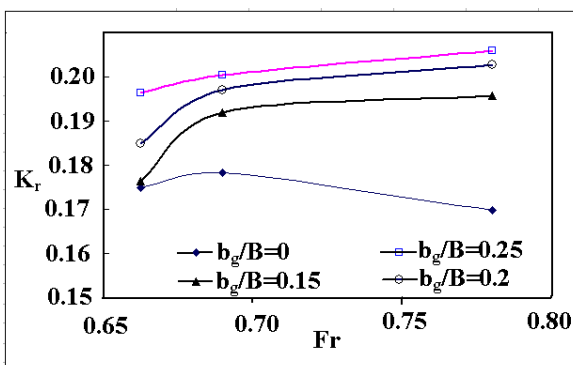
F_r عدد فرود جریان در کانال اصلی است. در این مطالعه مقادیر B و b در طول آزمایشها ثابت بوده است بنابراین پارامتر $\frac{b}{B}$ از معادلات بالا حذف خواهد شد. در این آزمایشها فاصله آبشکن‌ها دو برابر طول آبشکن در نظر گرفته شده، بنابراین پارامتر L_g/B دو برابر پارامتر b_g/B است.

کانال آزمایشگاهی طراحی شده برای این تحقیق، کانالی با مقطع اصلی مستطیلی با مشخصات: طول ۳۰ متر و عرض ۱/۵ متر، مصالح کف با قطر متوسط ۳/۴ میلی‌متر و

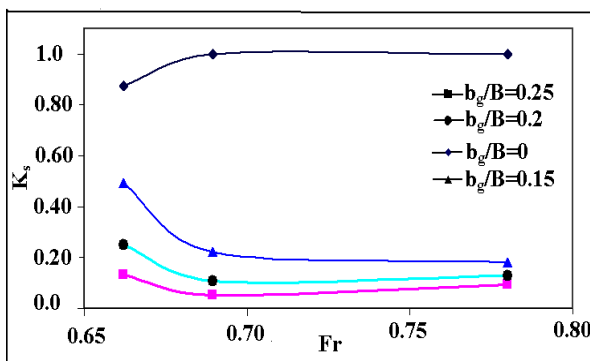
می‌یابد. دلیل این امر، افزایش تراز سطح آب در مقابل آبگیر با استفاده از آبشکن است.



شکل ۳ نمونه‌ای از توپوگرافی برداشت شده کانال اصلی



شکل ۴ تغییرات ضریب آبگیری نسبت به تغییر عدد فرود جریان در نسبت‌های مختلف b_g/B



شکل ۵ تغییرات ضریب رسوبگیری نسبت به عدد فرود جریان در نسبت‌های مختلف b_g/B

روند تغییرات ضریب آبگیری در هر طول ثابت آبشکن در

انحراف معیار توزیع دانه‌بندی ذرات برابر با ۱/۴۵ و شیب کف ۰/۰۰۵ و آبگیر با مقطع مستطیلی به طول ۳ متر و عرض ۰/۶ متر با زاویه اتصال به کانال اصلی ۶۰ درجه با کف ثابت سیمانی با شیب صفر و به فاصله ۲/۵ متری بالاتر از انتهای مقطع اصلی است که در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری جهاد کشاورزی ساخته شد.

بعد از آزمایش‌های راه‌اندازی و کالیبراسیون مدل و تثبیت پارامتر X_g برابر ۰/۲۳۳ و کالیبراسیون ابزارهای اندازه‌گیری، آزمایش‌های اصلی با سه دبی ۵۰، ۶۰ و ۷۰ لیتر بر ثانیه انجام شد که برای هر دبی، بدون کاربرد آبشکن و با کاربرد آبشکن با سه طول مختلف ۲۰٪، ۲۵٪، ۱۵٪ عرض کانال اصلی و بنابراین در مجموع ۱۲ آزمایش انجام شد. دو آزمایش نیز به عنوان آزمایش تکمیلی با حضور آبشکن به طول ۲۵٪ عرض کانال اصلی، که در یکی از این آزمایش‌های تکمیلی پای دماغه اولین آبشکن (از بالادست) حفاظت شده و در دیگری جلوی آبگیر مسدود شده بود، نیز انجام شد. در تمامی آزمایش‌ها، دبی ورودی آبگیر، رسوب ورودی آبگیر، عرض خط جدایی جریان سطحی، توپوگرافی بستر کانال اصلی بعد از آزمایش و الگوی نشست رسوب‌های داخل آبگیر برداشت شده و سپس ضریب آبگیری (K_r) و ضریب رسوبگیری (K_s) محاسبه شده است. برای بررسی وضعیت خط‌القعر نیز با ترسیم توپوگرافی برداشت شده کانال اصلی مانند شکل ۳، مسیر خط‌القعر تعیین شده است.

۳- تجزیه و تحلیل نتایج

شکل‌های ۴ و ۵ تغییرات ضریب آبگیری و ضریب رسوبگیری نسبت به تغییر عدد فرود جریان در بالادست آبگیر را در نسبت‌های متفاوت آبشکن نشان می‌دهند.

با توجه به نتایج ملاحظه شد که با کاربرد آبشکن، ضریب آبگیری افزایش می‌یابد. این افزایش به طول آبشکن بستگی دارد و با افزایش طول، ضریب آبگیری افزایش

است، اما کاربرد آبشکن منجر به ایجاد خط‌القعر مشخصی در کانال اصلی به سمت آبگیر شده است. در رابطه با تغییرات خط‌القعر ملاحظه شد که با استفاده از آبشکن، خط‌القعر ایجاد شده به سمت آبگیر تمایل پیدا کرده و با افزایش میزان تنگ‌شدگی به آبگیر نزدیکتر شده است. با افزایش میزان تنگ‌شدگی عمق خط‌القعر ایجاد شده در مقابل آبگیر افزایش می‌یابد. همچنین برای طول ثابت آبشکن‌ها، با افزایش K_r خط‌القعر کانال اصلی در محدوده مقابل دهانه آبگیر، به آبگیر نزدیکتر می‌شود.

در صورت حفاظت پای دماغه آبشکن اول، رسوب ورودی نسبت به حالت عدم حفاظت پای دماغه اول تغییری نکرده و این بدان معنا است که رسوبهای شسته شده پای دماغه آبشکن اول، به آبگیر وارد نمی‌شوند. در این حالت خط‌القعر ایجاد شده نیز با فاصله بیشتری از مقابل آبگیر عبور کرده است. در وضعیت عدم حضور آبگیر، خط‌القعر ایجاد شده در کف رودخانه به سمت آبگیر حرکت نکرده و از بالادست آبگیر تقریباً افقی شده و از فاصله ۲۰٪ عرض مقطع اصلی از مقابل آبگیر عبور کرده که این نتیجه، تأثیر جریانهای عمقی در محل آبگیر را روی خط‌القعر نشان می‌دهد.

۴- نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر و با مطالعه آزمایشگاهی، تأثیر کاربرد سازه آبشکن بر راندمان آبگیرهای ثقلی مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز داده‌های جریان و رسوب وارده به آبگیر در شرایط بدون و با حضور سازه آبشکن نشان داد که استفاده از آبشکن، علاوه بر افزایش ضریب آبگیری سبب کاهش قابل ملاحظه میزان رسوب ورودی به آبگیر می‌شود. همچنین بررسی داده‌های تغییرات تراز بستر تحت شرایط مذکور نشان داد که استفاده از آبشکن منجر به ایجاد خط‌القعر مشخصی در کف کانال اصلی شده که جهت این خط‌القعر بسمت آبگیر می‌باشد.

ازای افزایش عدد فرود در حضور آبشکن، افزایشی است. همچنین ضریب رسوبگیری با استفاده از آبشکن کاهش چشمگیری یافته است. با افزایش عدد فرود جریان در هر طول ثابت آبشکن، مقدار این ضریب کاهش یافته و در هر عدد فرود ثابت، با افزایش تنگ‌شدگی مقدار این ضریب افزایش یافته است. بعلاوه در هر عدد فرود مشخص با افزایش طول آبشکن، تأثیر طول آبشکن بر ضریب رسوبگیری کاهش می‌یابد و در اعداد فرود بالاتر از ۰/۷۷، ضریب رسوبگیری، در عمل تحت تأثیر عدد فرود جریان نیست. دلیل این روند آن است که با کاربرد آبشکن، سرعت جریان در مقابل آبگیر افزایش می‌یابد و در ازای افزایش طول آبشکن، افزایش سرعت نیز بیشتر خواهد بود. در نتیجه رسوبهای کف بیشتری حمل شده و همچنین سرعت حرکت بیشتری خواهند داشت. سرعت حرکت بیشتر رسوبها باعث عبور و فرار آنها از مقابل آبگیر شده و رسوبهای کمتری به آبگیر وارد می‌شود. همچنین حمل بیشتر رسوبهای کف مقطع اصلی باعث افت بیشتر تراز بستر در مقابل آبگیر می‌شود که این امر، در عمل حالت آبگیری با پاشنه را به وجود می‌آورد و رسوب کف کمتری وارد آبگیر می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده، با استفاده از آبشکن، عرض خط جدایی جریان سطحی نسبت به حالت بدون آن کاهش می‌یابد و نسبت عرض خط جدایی جریان به عرض کانال اصلی، از مقدار متوسط ۰/۱۴ در حالت عدم کاربرد آبشکن به مقادیر متوسط ۰/۱، ۰/۱۳۸ و ۰/۱۰۳ به ترتیب به ازای طولهای آبشکن ۲۵٪، ۲۰٪ و ۱۵٪ عرض کانال اصلی می‌رسد. از این پدیده می‌توان نتیجه گرفت که عرض خط جدایی جریان عمقی - که باعث ورود رسوبات کف بداخل آبگیر می‌شود- نیز کاهش یافته است، که این خود باعث کاهش ورود رسوبها به داخل آبگیر می‌شود.

با بررسی مسیرهای خط‌القعر کانال اصلی اندازه‌گیری شده ملاحظه شد که در وضعیتی که آبشکن به کار نرفته، در عمل خط‌القعر مشخصی در کف فلوم به وجود نیامده

ارشد. گروه سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

[3] Barkdoll, B.D., Ettema, R. and Tsou, J. (1997). Sediment control at riverside water intakes, Proc. of the International Joint Power Generation Conference. Denever, U.S.A., pp. 227-232.

[4] Garde, R. J. (1961). "Study of scour around spur-dikes". J. Hydraulic Div., ASCE. 86 (6), pp. 364-372.

[5] Joglekar, D.V. (1971). "Manual on river behavior control and training". Central Board of Irrigation and Power, New Delhi.

[6] Kasthuri, B. and Pundarikanthan, N.V. (1987). "Discussion of separation zone at open channel junction". J. of Hydraulic Eng., ASCE. 113(4). pp. 325-333.

[7] Neary, V.S., and Sotiropoulos, F., and Odgaard, A.J. (1999). "Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows". J. of Hydraulic Eng., ASCE. 125(2). pp. 123-138.

[8] Neill, C.R., and Evans, B. J. (1997). "Discussion on sediment control at water intake". J. of Hydraulic Eng., ASCE, 123(7). pp. 556-558.

[9] Razvan, E. (1989). "River intakes and diversion dams". Elsevier Science Publishing Company Inc. New York, NY, U.S.A.

[10] Richardson, E.V. (1975). "The design of spur for river training". Proc. of the 15th Congress of the International Association on Hydraulic Research, Vol. 2., pp. 1203.

[11] Varma, C.V.J., Saxena, K. R. and Rao, M. K. (1989). River Behavior Management and Training. Central Board of Irrigation and Power, Publication No. 204, Vol. I, New Delhi, pp. 253-283.

[12] Yalin, M. S. (1971). "Theory of hydraulic models". Macmillan Press, LTD, London and Basingstoke, New York, Toronto.

۵- تقدیر و تشکر

از مسؤولان حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس و بخش مهندسی رودخانه مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی تهران به دلیل حمایت از این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌شود.

۶- فهرست علائم

B	عرض کانال اصلی
D_{50}	اندازه متوسط ذرات رسوبی
Q_D	دبی جریان آبگیر
Q_r	دبی جریان مقطع اصلی
K_r	ضریب آبگیری
L_{sz}	طول ناحیه جدایش
H_{sz}	عرض ناحیه جدایش
P_s	ارتفاع پاشنه آبگیر
S_0	شیب کف کانال اصلی
S_d	شیب کف آبگیر
W_s	عرض خط جدایی جریان در سطح
W_d	عرض خط جدایی جریان در سطح
b_g	طول آبشکن
L_g	فاصله بین آبشکن‌ها
g	شتاب ثقل
n_d	ضریب زبری مانینگ
θ	زاویه آبگیر
ρ_s	چگالی ذرات رسوب

۷- منابع

- [۱] عباسی، ع.ع. (۱۳۸۲). بررسی کاربرد صفحات مستغرق بر روی آبگیرهای ثقلی. رساله دکتری. گروه عمران آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- [۲] احمدی، م.م. (۱۳۸۱). بررسی آزمایشگاهی تأثیر آبشکن بر راندمان آبگیرهای ثقلی. پایان‌نامه کارشناسی