



آبشکن افزایش می یابد.

واژه های کلیدی: فرسایش، دیواره رودخانه، سیلابدشت، آب شکن، رسوبگذاری و آب شستگی.

الگوی رسوبگذاری و فرسایش در دماغه آبشکن های واقع در سیلاب دشت رودخانه

مقدمه

رودخانه ها شریان های اصلی حیات بشری به شمار می آیند و استفاده ی بهینه از آن ها به دلیل اهمیتی که این منابع طبیعی در برآورد نیازهای بشری، از دیرباز تاکنون داشته اند و همچنین به دلیل نزدیکی زمین های کشاورزی به سواحل رودخانه، نیاز به یک برنامه ریزی علمی برای حفظ و حراست از این سازه ها اجتناب ناپذیر است. از عامل هایی که هم در مرفولوژی و حیات این شریان و هم در کشاورزی مورد توجه قرار می گیرد، پدیده ی فرسایش خاک است [۹]. شفیعی و همکاران [۷] با اشاره به معضلات و پیامدهای فرسایش خاک؛ به تاثیرگذاری آن در کشاورزی و حوزه های آبخیز پرداخته است. فرسایش خاک از جمله نگرانی های عمده ی زیست محیطی سده ی حاضر بوده و یکی از دلایل مهاجرت هزاران نفر از روستاییان به سمت شهرها ست. قبادیان و شفافی بجزستان [۱۲] فرسایش در سواحل آبراهه ها را باعث خسارت به اراضی کشاورزی، تاسیسات مجاور و عریض شدن آبراهه جریان و روی هم رفته تغییر ریخت شناسی رودخانه می دانند. این امر در کنار مسائل زیست محیطی ناشی از آن است [۱۱ و ۵]. افزون بر آن، انتقال و رسوب گذاری در پایین دست باعث بروز مشکلات عدیده ای در دهانه ی رودخانه ها می شود که خود از مسائل و معضلات بنادر به ویژه در حواشی رودخانه ها است [۱۳]. در زمینه ی انتقال رسوب اسماعیلی و همکاران [۱] به بررسی عامل های موثر بر انتقال رسوب در رودخانه ی فصلی و در شرایط سیلاب طغیانی پرداختند. یکی از دلیل های این امر شسته شدن سواحل رودخانه ها و یا فرسایش توده ای به داخل رودخانه است. دیواره های رودخانه اغلب در معرض فرسایش و تخریب قرار دارند. مکانیزم تخریب و شکست دیواره ها نه تنها بستگی به نوع و شدت فرسایش دارد، بلکه به ویژگی های دیواره نظیر شکل سازه و ویژگی های مکانیکی مواد تشکیل دهنده ی آنها نیز وابسته است [۸]، لذا مطالعه روی سازه های آب شکن به منظور افزایش پایداری آنها به لحاظ عملکرد و کنترل فرسایش رودخانه ای دارای اهمیت است. در این میان به لحاظ قرارگیری سازه های حیاتی، نظیر جاده ها، پل ها و زمین های حاصلخیز کشاورزی در سیلابدشت، محافظت از آنها دارای اهمیتی

بابک امین نژاد^۱، مجتبی صناعی^۲، سعیدرضا صباغ یزدی^۳ و ناصر طالب بیدختی^۴

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲ تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۱۵

چکیده

منابع طبیعی از جمله جنگل، مرتع، خاک، آب و روی هم رفته عناصر اکوسیستم ها به عنوان بستر حیات طبیعی و اقتصادی هر کشور به شمار می آیند و به دلیل این که رودخانه ها نیز یکی از اجزای منابع آبی محسوب می شوند، حفاظت و بهره برداری بهینه از آنها و همچنین حراست از بستر و حریم آنها ضروری است. رودخانه در ضمن حرکت خود باعث فرسایش بستر و کناره ها می شود. بدین منظور یکی از سازه های جلوگیری از آبشستگی کناره ها، آب شکن می باشد که وظیفه ی اصلی این سازه ها حفاظت از کناره های رودخانه است. طول آب شکن از پارامترهای مهم در کنترل آب شستگی و محافظت از کناره است و پایداری آب شکن در اثر آب شستگی هنگام برخورد جریان به ویژه نوک آبشکن دارای اهمیتی فراوان است. با توجه به این که سیلابدشت در شرایط عادی خشک بوده و در مواقع سیلابی مستغرق است، رسوبگذاری و فرسایش آن نیز در اندرکنش با کانال اصلی دارای اهمیت می باشد. بدین منظور برای بررسی رفتار آب شکن و اثر شکل دماغه آن با مدل سازی فیزیکی؛ از سه شکل آب شکن در سیلابدشت و با طول های ۱۰ و ۲۰ سانتی متر؛ در یک سمت کانال مرکب؛ طراحی و آزمایش شد. نتایج نشانگر آن است که در یک دبی ثابت؛ آبشستگی در دماغه مستطیلی نسبت به آبشستگی دماغه دایره ای شکل ۲۶ درصد بیشتر است. همچنین افزایش ۸ درصدی دبی در کانال مرکب، میزان بیشینه ی عمق آبشستگی ۱۷/۵ تا ۲۳ درصد در دبی ها و طول های گوناگون

- ۱- نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری مهندسی عمران آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، babak1409@yahoo.com
- ۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور MojtabaSaneie@Yahoo.com
- ۳- دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی SYazdi@kntu.ac.ir
- ۴- استاد دانشگاه شیراز Taleb@shirazu.ac.ir

فراوان است [۶ و ۵]. سیلابدشت به اراضی مجاور یا حاشیه رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها گفته می‌شود که عموماً در شرایط عادی خشک و عاری از جریان بوده و در مواقع سیلابی مستغرق می‌باشد. سیلابدشت‌ها با دوره‌ی برگشت سیلابی که آنها را زیر آب ببرد، از یکدیگر متمایز می‌شوند [۴].

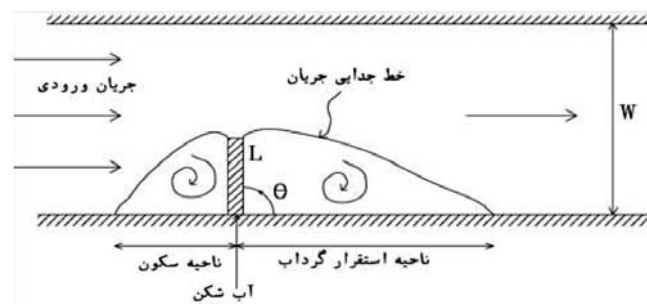
یکی از راه‌های جلوگیری از فرسایش دیواره‌ها، تثبیت سواحل است. در این روش برای حفاظت سواحل در برابر جریان، از دو راه می‌توان استفاده کرد. راه نخست حفاظت دیواره‌ها در برابر عوامل مهاجم است که در این زمینه می‌توان از روکش‌های و سازه‌های گوناگون استفاده کرد. راه دوم آنست که عامل مهاجم را به گونه‌ای تغییر داده و اثر مخرب آن را زدود که برای انجام این روش با ایجاد سازه‌هایی الگوی جریان به گونه‌ای تغییر داده می‌شود که اثر مخرب بر دیواره‌های رودخانه نداشته باشد، لذا با این نگرش، روش‌های حفاظت سواحل به دو گروه (۱) روش‌های حفاظت مستقیم (۲) روش‌های حفاظت غیرمستقیم^۲ زیر تقسیم می‌شوند [۶]:

شکل ۱- الگوی جریان در مقطع سیلابدشت

شکل ۱- الگوی جریان در مقطع سیلابدشت

در روش حفاظت مستقیم (ایجاد سازه‌های طولی) از ابزارهایی استفاده می‌شود که این ابزارها با حایل قرار دادن خود میان دیواره و جریان آب در طول رودخانه، کناره‌های رودخانه را از خطر فرسایش محافظت می‌کنند. در این روش از سازه‌ی تثبیت کننده به گونه‌ی مستقیم و به شکل پوشش بدنه بر روی ساحل استفاده می‌کنند. منظور از حفاظت غیرمستقیم عملیاتی است که در داخل رودخانه با هدف کاهش نیروی فرسایشی جریان صورت می‌پذیرد. این امر با دور کردن جریان از مجاورت کناره‌ها و کوشش در جهت رسوب گذاری جریان در مقابل کناره‌ها تحقق می‌یابد. تثبیت رودخانه‌ها در روش غیرمستقیم به وسیله‌ی احداث سازه‌های عرضی یا آب شکن در طول ساحل فرسایش پذیر انجام می‌گیرد. از جمله روش‌های حفاظت کناره‌های رودخانه، ساخت سازه‌هایی است که بر خطوط جریان تأثیر گذاشته و موجب انحراف آنها از دیواره‌های فرسایش پذیر به میان رودخانه می‌شوند و یا با کاهش سرعت از شدت برخورد جریان با دیواره کاسته و توانایی رسوب گذاری جریان را افزایش می‌دهند. یکی از این سازه‌ها آب شکن‌ها هستند که به گونه‌ی معمول در حفاظت دیواره‌ی خارجی قوس‌ها و طرح‌های اصلاح مسیر

- 1- Direct Methods
- 2- Indirect Methods

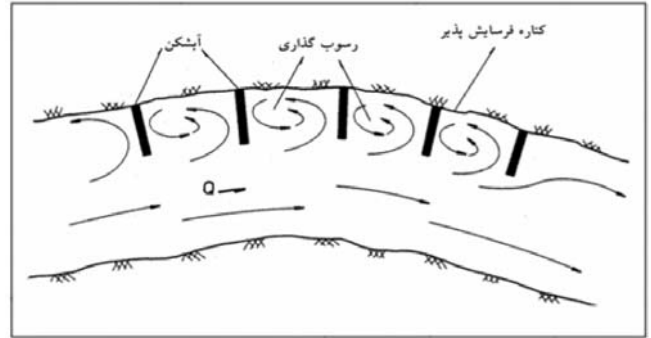


شکل ۲- خطوط جریان و انحراف آنها در برخورد با آب شکن

آب شکن‌ها به گونه‌ی معمول بر روی رودخانه‌های عرضی به منظور تولید آبراهه‌ای که نه ایجاد رسوب^۴ می‌کند و نه با کف کنی^۵ سبب تغییر بستر می‌گردد، ساخته می‌شوند. از این سازه همچنین در پیچان رودها^۶ و در گذاره‌ی رودخانه^۷ به منظور کنترل جریان استفاده می‌شود. آب شکن‌ها اغلب به صورت سری ساخته می‌شوند که این مورد به منظور استفاده از آنها در رسوب گذاری در فضاهای بین آب شکن‌ها است تا براساس طراحی انجام گرفته، یک کناره‌ی ساحلی پایدار ایجاد شود [۶].

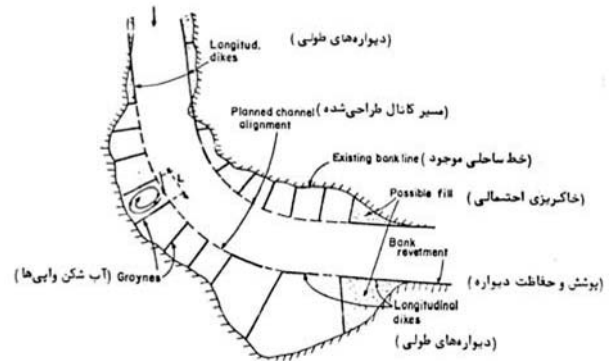
- 1- Incipient motion
- 2- Aggradation
- 3- Degradation
- 4- Meanders
- 5- Crossing

خیلی عریض توجیه نمی شود و این تنگ شدگی ممکن است به عنوان فاکتور ثانویه تأثیرگذار باشد. سان ها [۲۱] پی برد که برای جریان حرکت پیوسته رسوب (بستر زنده)، عمق آب شستگی به نسبت تنگ شدگی بستگی نداشته و فقط تحت تأثیر پدیده های موضعی می باشد. کانی و همکاران مطالعه ای روی الگوی آب شستگی اطراف آب شکن ها برای برآورد بیشینه ی عمق آب شستگی انجام داده اند که نتایج آن شامل هندسه ی حفره ی آب شستگی و تفاوت در حفره های آب شستگی، نرخ رشد آنها و حجم نسبی مواد ته نشین شده روی شب پایین دست حفره ی آب شستگی بوده است. دیویس و چانگ [۲۰] مطالعه ای روی آب شستگی موضعی اطراف میله های جانبی پل انجام داده اند. این مطالعه شامل دو قسمت، مربوط به آب شستگی آب حاوی رسوب و دیگری آب شستگی آب تمیز می باشد. کانل و همکاران [۲۴] آب شستگی در اطراف آب شکن های مستغرق با زاویه ی قائم را مورد بررسی قرار داده اند که شکل حفره ی آب شستگی، نسبت های بالازدگی زیاد آب، فرسایش کف بستر در نزدیکی جدار کانال را لحاظ کردند. راجو و کوتاری [۲۳] با بررسی آب شستگی اطراف آب شکن و اطراف کوله های پل در کانال با آب زلال و کف متحرک به روابطی دست یافتند. میدوسوزوکی و همکاران [۲۵] با بررسی آزمایشگاهی سازه های نفوذپذیر و نفوذناپذیر به نتایجی از قبیل بیشینه ی عمق آب شستگی و محل آن، شکل حفره ی آب شستگی و مقایسه ی آن با اعماق آب شستگی در سازه ی نفوذپذیر و سازه ی نفوذناپذیر پرداختند. عباسی و همکاران [۱۰] مطالعه ای روی آب شستگی اطراف آب شکن های توری سنگی انجام دادند که در این پژوهش اثر پارامتر نسبت فاصله به طول آب شکن بر میزان آب شستگی بررسی شده است. کاردوسو و همکاران [۱۹] مطالعه ای روی تأثیر زمان و هندسه کانال روی آب شستگی اطراف پایه های جانبی پل انجام دادند. یاسی [۱۷] مطالعه ای روی خصوصیات جریان و پروفیل بستر اطراف آب شکن های ناتراوا انجام داده است که در این مطالعه رابطه ای برای تأثیر زمان بر روی بیشینه ی عمق آب شستگی پیشنهاد شده است. نصرالهی و قدسیان [۱۵] اثر نسبت پارامتر بر روی بیشینه ی آب شستگی عمق اطراف آب شکن های بسته را مطالعه کردند. بهرامی و جوان [۲]، الگوی آب شستگی پیرامون سه آب شکن متوالی با زاویه ی ۶۰ درجه را مورد بررسی قرار دادند. خزیمه نژاد و شفاعی بجستان [۳]، روابط موجود در زمینه ی شرایط آستانه ی حرکت را مقایسه و مورد بررسی قرار دادند. یاسی [۱۸] ساماندهی بازه پل نازلو، در مدل فیزیکی با استفاده از آب شکن ها را مورد ارزیابی قرار داد. هاشمی نجفی و همکاران [۱۶] مقایسه ای بر روی میزان بیشینه ی آب شستگی آب شکل L شکل، تیغه ای و پارامترهای موثر در انتخاب آنها به روش فیزیکی در فلوم آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام دادند. با توجه به این که طبیعت جریان در مقاطع مرکب و اختلاف رقم های آب در کانال اصلی و سیلابدشت رودخانه، پدیده ای



شکل ۳- وضعیت جریان و رسوبگذاری بین آب شکن

یک آب شکن منفرد معمولاً نمی تواند در انحراف جریان و رسوب گذاری در بالادست یا پایین دست خود اثر مهمی داشته باشد. افزون بر این یک آب شکن منفرد به دلیل ایجاد آشفتگی در جریان طبیعی رودخانه، ممکن است بیشتر اثر تخریبی ایفا نماید. زمانی که فاصله ی داخلی مسیر جدید رودخانه و دیوار ساحلی موجود زیاد باشد، افزون بر آب شکن ها، دیواره های طولی مطابق شکل (۴) به انتهای آن اضافه می شود [۶].



شکل ۴- آب شکن و دیواره طولی در ساماندهی رودخانه

با توجه به اهمیت رودخانه ها و حفاظت و پایداری آنها در گذشته مطالعات نسبتاً مفصلی صورت گرفته است. طول آب شکن و نسبت تنگ شدگی به گونه ای گسترده در فرموله کردن بیشینه ی عمق آب شستگی در آب شکن ها مورد استفاده واقع شده است. کانداسمی [۲۲] اشاره می کند که اگر طول آب شکن افزایش یابد، نسبت بازشدگی کاهش می یابد و عمق آب شستگی به تغییراتی همچون کاهش در نسبت تنگ شدگی و افزایش در طول آب شکن نسبت داده می شود. زاغلول و مک کورکودل [۳۰]، نواچکو و راجاراتنام [۲۹] نسبت تنگ شدگی را در تحلیل های خود مورد استفاده قرار دادند. آنها محدوده ی جریان و تنش برشی در آب شکن ها را آزمایش کرده و پی بردند که تنش برشی ای که در گوشه ی بالادست آب شکن است، ۵ برابر تنش برشی بستر می باشد. نیل [۲۶] استدلال می کند که استفاده از نسبت تنگ شدگی به عنوان پارامتر مقیاس در مورد پروژه ی آب شکن های کوتاه در کانال های

پیچیده بوده، در این مقاله به بررسی آزمایشگاهی اثر شکل دماغه با دو طول مختلف آبشکن در میزان آب شستگی آبشکن و الگوی رسوبگذاری در پایین دست، در آب صاف (تمیز) و با مصالح ریزدانه‌ای غیر چسبنده در دماغه آبشکن‌های متوالی عمود بر دیواره و از جنس نفوذناپذیر نا مستغرق در کانال مستقیم در سیلابدشت فرسایش پذیر پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

در آزمایش‌ها ابتدا پارامترهای مؤثر بر پدیده‌ی آب شستگی شناسایی شده و بر اساس نظریه‌ی گارده [۳۱] این پارامترها به صورت زیر دسته بندی شده است:

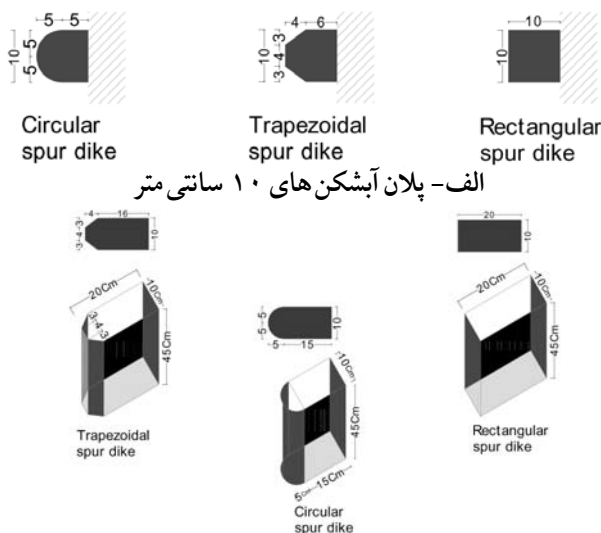
پارامترهای توصیف کننده‌ی وضعیت کانال و سازه‌ی آبشکن: عرض کف کانال، طول آبشکن، زاویه‌ی تمایل آبشکن و شیب کانال، پارامترهای ویژگی جریان: میانگین سرعت جریان؛ عمق آب شستگی بیشینه و عمق جریان، پارامترهای ویژگی سیال: جرم ویژه‌ی آب، اختلاف وزن ویژه‌ی آب و هوا و ویسکوزیته‌ی دینامیکی، پارامترهای ویژگی‌های رسوب: میانگین قطر رسوب، اختلاف وزن ویژه‌ی رسوب با آب (با فرض رسوب کروی شکل)، سرعت سقوط ذره و تنش برشی بحرانی را می‌توان در این گروه‌ها جای داد. رشد و توسعه‌ی حفره‌ی آب شستگی تابعی از نوع و ویژگی‌های آبشکن‌ها، دانه بندی مواد بستر، وضعیت بار رسوبی و شرایط هیدرولیکی رودخانه است. بر اساس بررسی‌های ملویل [۳۲] ساز و کار تشکیل حفره‌ی آب شستگی در دماغه‌ی آبشکن‌ها مشابه پدیده‌ی فرسایش در پایه‌ی پل‌ها و دماغه‌ی کوله پل‌ها می‌باشد. بنابراین، در این آزمایش‌ها طول آبشکن از وضعیت کانال و سازه‌ی آبشکن، عمق جریان و به تبع آن سرعت جریان و در نهایت محاسبه‌ی عمق بیشینه‌ی آب شستگی از ویژگی‌های جریان به عنوان پارامترهای مورد بررسی در این پژوهش انتخاب

شد. برای بررسی مطالعات هیدرولیکی و هندسی مربوط به آب شستگی آزمایش‌ها در یک فلوم شیب پذیر، به طول تقریبی ۱۴ متر، عرض ۱۵۰ سانتی متر و عمق ۶۰ سانتی متر با شیب افقی ثابت برابر ۰/۰۰۱ انجام شد (شکل ۵).

جنس فلوم از نوع سیمانی بوده و طول موثری معادل ۶ متر از آن برای انجام آزمایش و اندازه گیری مورد استفاده قرار گرفت.

آبشکن‌های مورد استفاده در این پژوهش نفوذناپذیر، نامستغرق و عمود بر کناره نصب شده و از سه آبشکن متوالی به طول ۲۰ و ۱۰ سانتی متر و عرض ۱۰ سانتی متر، به صورت یک سویه کار گذاشته شد. همچنین بر اساس توصیه‌ی سایر پژوهشگران و مراجع درباره‌ی فاصله‌ی نصب بین آبشکن‌های متوالی؛ در این پژوهش فاصله‌ی نصب محور به محور بین آبشکن‌ها، دو برابر طول آبشکن در نظر گرفته شد. محمودی زنگنه [۱۴]. بنابراین نخستین آبشکن در فاصله‌ی ۱۲۰ سانتی متری از شروع کانال کار گذاشته شد و با توجه به طراحی آزمایش‌ها فاصله‌ی دومین آبشکن (برای آزمایش آبشکن ۲۰ سانتی متری - آبشکن شماره ۲) دو برابر طول آبشکن یعنی در فاصله‌ی ۱۶۰ سانتی متری و سومین آبشکن (آبشکن شماره ۳) نیز در فاصله‌ی ۲۰۰ سانتی متری از شروع کانال و به صورت یک سویه کار گذاشته شد. در سری دوم و با طول ۱۰ سانتی متری، آبشکن‌ها در فاصله‌های ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ سانتی متری در سیلابدشت نصب شدند. در شکل ۵ نمای کلی آبشکن‌های ۱۰ و ۲۰ سانتی متر مورد استفاده را نشان می‌دهد. دماغه‌ی آبشکن‌ها برای طول ۱۰ سانتی متر نیز مانند آبشکن ۲۰ سانتی متر است و تنها طول قسمت صاف و مستقیم آن امتداد پیدا کرده است.

با توجه به این که آزمایش‌ها از نوع نامستغرق طراحی شده است، لذا ارتفاع آبشکن‌ها نیز به اندازه‌ی لزوم مرتفع و ۴۵ سانتی متر در نظر گرفته شده است که در حدود ۲۵ سانتی متر از آن در داخل بستر دانه‌ای فرو رفته تا پایداری کلی آبشکن حفظ شود.



الف- پلان آبشکن‌های ۱۰ سانتی متر

ب- آبشکن‌های ۲۰ سانتی متر

شکل ۶- الف و ب؛ آبشکن‌های مورد استفاده در آزمایش‌ها



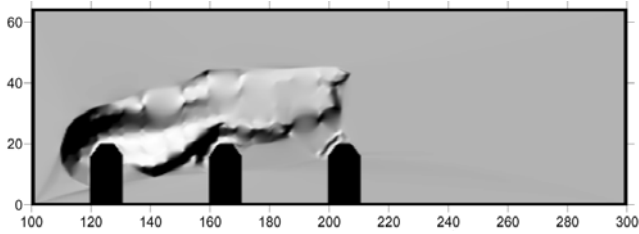
شکل ۵- نمایی از فلوم و آبشکن‌های ۱۰ سانتی متر دایره‌ای شکل

1- Abutment

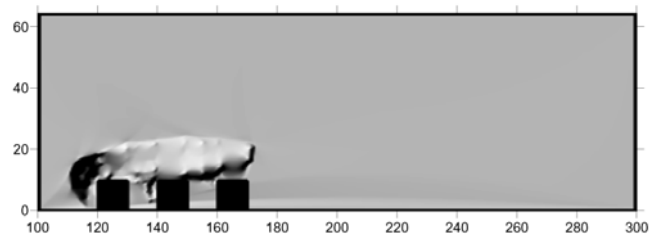
شرح آزمایش و الگوی کلی آب شستگی

آزمایش‌ها در شرایط جریان بدون رسوب از بالادست^۱ انجام شد، به گونه‌ای که تنش برشی جریان بالادست کمتر از تنش برشی بحرانی برای حرکت مواد بستر ماسه‌ای بوده است. برای دستیابی به این منظور، با استفاده از تعدادی آزمایش شاهد در مقادیر دبی‌های بیشتر از دبی مورد آزمایش و سپس کنترل آن با استفاده از دیاگرام شیلدز و محاسبه‌ی که در محدوده‌ی نزدیک به آستانه‌ی حرکت بدست آمده است، آزمایش‌ها با سه دبی ۱۴، ۱۷/۵ و ۱۸/۹ لیتر در ثانیه و به مدت زمان ۲ ساعت در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی انجام شد. برای به دست آوردن

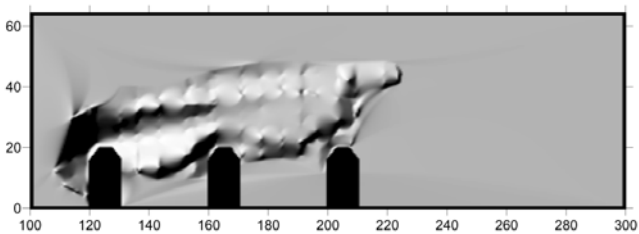
زمان آبشستگی، در ابتدا آزمایش‌هایی برای رسیدن به عمق ثابت (تبادل) آبشستگی و به مدت ۶ ساعت اجرا شد. با توجه به نتایج آزمایش‌های طولانی مدت (۶ ساعت زمان هر آزمایش) در زمان ۱۲۰ دقیقه، عمق بیشینه‌ی آبشستگی حدود ۹۰ درصد بیشینه‌ی عمق آبشستگی می‌شود که این مدت به عنوان زمان هر آزمایش در نظر گرفته شده است. در کانال مورد آزمایش در سیلابدشت مصالح دانه‌ای غیر چسبنده به عنوان بستر فرسایش پذیر به ضخامت ۲۵ سانتی متر با دانه بندی و ریخته شد. الگوی کلی آب شستگی بر اساس شکل‌های زیر می‌باشد.



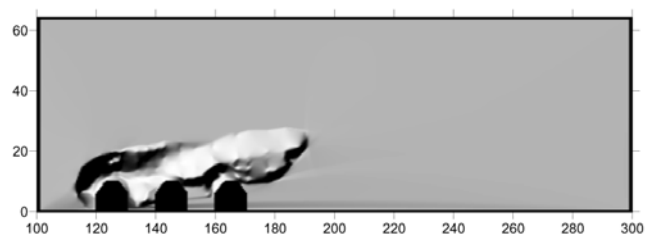
شکل ۱۱- آب شکن دوزنقه به طول ۲۰ سانتی متر و دبی ۱۷/۵ lit/s



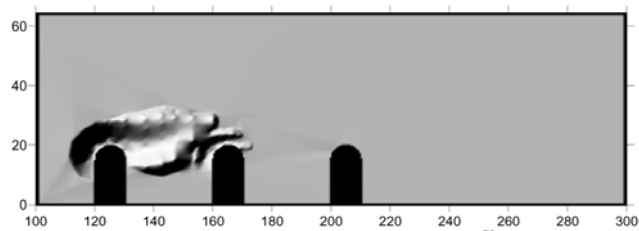
شکل ۷- آب شکن مستطیلی به طول ۱۰ سانتی متر و دبی ۱۸/۹ lit/s



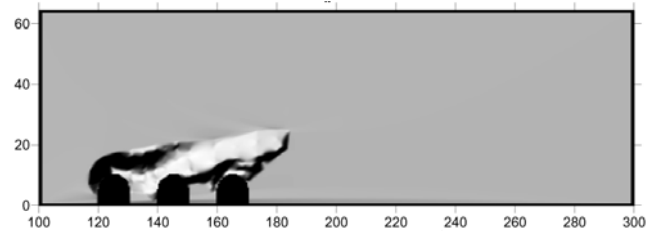
شکل ۱۲- آب شکن دوزنقه به طول ۲۰ سانتی متر و دبی ۱۸/۹ lit/s



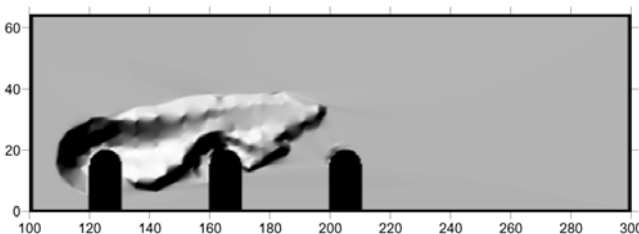
شکل ۸- آب شکن دوزنقه به طول ۱۰ سانتی متر و دبی ۱۸/۹ lit/s



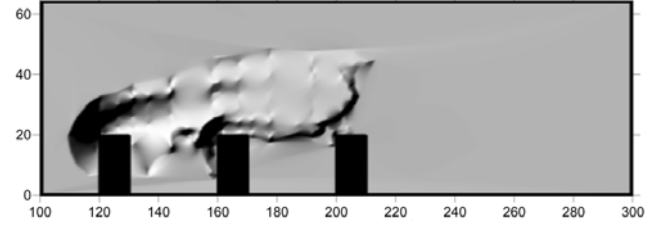
شکل ۱۳- آب شکن نیم دایره به طول ۲۰ سانتی متر و دبی ۱۷/۵ lit/s



شکل ۹- آب شکن نیم دایره به طول ۱۰ سانتی متر و دبی ۱۸/۹ lit/s



شکل ۱۴- آب شکن نیم دایره به طول ۲۰ سانتی متر و دبی ۱۸/۹ lit/s



شکل ۱۰- آب شکن مستطیلی به طول ۲۰ سانتی متر و دبی ۱۷/۵ lit/s

1- Vortex

مشاهدات و تحلیل نتایج

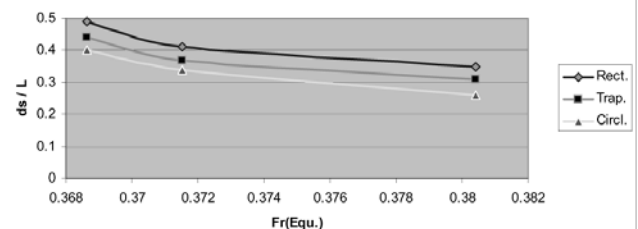
اثر متقابل جریان و بستر فرسایشی، با تقابل جریان بالادست و آب شکن شروع شده و این موضوع تا زمان کاسته شدن تغییرپذیری هندسه‌ی کف بستر (زیرا آب شستگی پدیده‌ای زمان دار بوده و متوقف نمی‌شود و فقط پس از مدت زمانی سرعت رشد و گسترش آن کند می‌شود) ادامه دارد. در شروع آزمایش، مقاومت جریان ناشی از حضور آب شکن سبب تغییر در توزیع عمق آب به صورت برگشت آب به سمت بالادست و ایجاد اختلاف شایان توجه سطح آب در دو سمت و دماغه‌ی آب شکن شد و بلافاصله فرسایش شدید همراه با گردش ماسه در دماغه‌ی آب شکن در دقایق اولیه مشاهده و به سمت بالادست آب شکن مشهود بود که وجود یک جریان گردابی قوی ۱۴ را در این ناحیه نشان می‌دهد. آب شستگی درست در دماغه‌ی بالادست آب شکن شروع و همزمان به سمت بالادست و پایین دست ادامه می‌یافت. مواد فرسایشی به گونه‌ی پیوسته و اغلب به صورت غلطش به سمت پایین دست کانال حمل شد و به تدریج یک حفره‌ی آب شستگی^۱ در پیرامون آب شکن توسعه یافت. تجمع رسوبات در پایین دست آب شکن و گسترش تدریجی آن به سمت پایین، یک بار رسوبی نسبتاً طویل به موازات دیواره‌ی کانال تا امتداد تقریبی طول ناحیه‌ی گردابی جریان^۲ در پایین دست را پدید آورد. با افزایش دبی، گسترش در عمق و سطح حفره آب شستگی دماغه‌ی آب شکن در همان زمان مشخص بین آزمایش‌های مشابه، با سرعت بیشتری صورت پذیرفت که این اثر به ویژه از دبی ۱۷/۵ به دبی ۱۸/۹ لیتر بر ثانیه به نسبت مشابه آن، یعنی دبی ۱۴ به ۱۷/۵ لیتر بر ثانیه با شدت بیشتری ادامه یافت. در نیم ساعت نخست، در دبی ۱۴ لیتر بر ثانیه بیشترین مقدار آب شستگی در آب شکن شماره ۱ رخ داد و در ادامه‌ی آزمایش، آب شستگی در آب شکن شماره ۲ از بالا دست رخ داد که نشان می‌دهد پس از تعادل نسبی حفره‌ی آب شستگی از تغییرات شدید، آب شستگی آب شکن شماره ۲ از بالادست شروع می‌شود، ولی این نحوه آب شستگی با شدتی کمتر و به گونه‌ای خفیف‌تر در دبی‌های بعدی رخ می‌دهد به گونه‌ای که در دبی بیشینه

(دبی ۱۸/۹ لیتر بر ثانیه) در چند دقیقه‌ی نخست آب شستگی آب شکن شماره ۲ آغاز می‌شود.

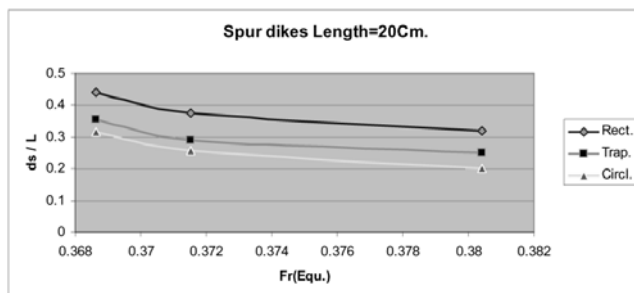
در نمودارهای ۱۵ و ۱۶، آب شستگی آب شکن اول بر حسب عدد فرود و عمق آب شستگی بر طول آب شکن، در دو طول مختلف آب شکن یعنی ۱۰ و ۲۰ سانتی متر و با سه دبی نشان داده می‌شود که در این نمودارها، اعداد فرود ۳۸۲/، ۳۷۵/ و ۳۶۹/ به ترتیب متناظر با دبی‌های ۱۴، ۱۷/۵ و ۱۸/۹ لیتر بر ثانیه می‌باشد.

بر اساس نمودارها و نتایج آن که در بالا نشان داده شده است، کمترین میزان آب شستگی مربوط به کمترین دبی، یعنی دبی ۱۴ لیتر بر ثانیه بوده است. با افزایش دبی، میزان آب شستگی نیز افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که در دبی ۱۸/۹ لیتر بر ثانیه، بیشترین میزان آب شستگی در دماغه‌ی آب شکن مشاهده شد. عموماً در دبی کمتر نقش آب شکن سوم و میزان آب شستگی دماغه آن در مقابل آب شکن شماره ۱ و ۲ از بالادست کمتر بوده و به تدریج و با افزایش دبی، افزون بر افزایش بیشینه‌ی میزان آب شستگی دماغه‌ی آب شکن، در عمل آب شکن شماره ۳ (آب شکن پایین دست) نیز نقشی موثر در میزان انحراف جریان از کناره‌ها حتی با طول‌های مختلف آب شکن ایفا می‌کند. همچنین با توجه به مشاهدات و برداشت‌ها، بیشترین میزان آب شستگی مربوط به آب شکن‌های با دماغه‌ی مستطیل شکل بوده و در اشکال آب شکن دایره‌ای شکل میزان آب شستگی در همان دبی متناظر، ولی با شکل دوزنقه‌ای و مستطیلی کمتر است و در بین شکل‌های دماغه دوزنقه‌ای و مستطیلی شکل آب شکن بیشترین عمق و گسترش حفره مربوط به دماغه‌ی مستطیلی شکل است و می‌توان به این صورت توجیه کرد که شکل دایره‌ای دماغه‌ی آب شکن، در مقایسه با شکل دوزنقه‌ای، با توجه به هندسه و فرم آن، به میزانی هموارتر جریان را از کناره و در کل آب شکن منحرف کرده و با هدایت مناسب جریان به سمت محور کانال و دور کردن از کناره و آب شکن، تنش برشی ناشی از تنگ‌شدگی مقطع در کف که باعث آب شستگی می‌شود، در دبی متناظر نسبت به آب شکن دوزنقه‌ای شکل کمتر شده و این موضوع نیز در گسترش عمق و حفره‌ی آب شستگی بین اشکال دوزنقه‌ای و مستطیلی درست است و در نتیجه بیشترین میزان آب شستگی در بین این سه شکل مربوط به دماغه‌ی مستطیل شکل بوده که با افزایش دبی، آب شستگی نیز در هر سه شکل

Spur dikes Length=10Cm.



شکل ۱۵ - آب شستگی بر حسب عدد F_r و d_s/L با آب شکن به طول ۱۰ cm



شکل ۱۶ - آب شستگی بر حسب عدد F_r و d_s/L با آب شکن به طول ۲۰ cm

- 1- Scour Hole
- 2- Recirculating Flow Zone

افزایش می‌یابد.

سرعت اندازه‌گیری شده در کانال مرکب در بالادست آبشکن‌ها است و با اندازه‌گیری سرعت در ۹ نقطه از عرض کانال و میانگین‌گیری از مقادیر اندازه‌گیری شده در این ستون نشان می‌دهد و بیانگر سرعت در کانال مرکب و بدون در نظر گرفتن آبشکن می‌باشد. در ستون پنجم مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی عمق آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن است که بیش‌ترین مقدار آبشستگی در دبی مورد نظر در نخستین آبشکن از بالادست می‌باشد.

در جدول‌های (۱) و (۲) مقادیر مورد استفاده در تامین شرایط هیدرولیکی آزمایش‌ها برای آبشکن ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر و همچنین برخی از اندازه‌گیری‌ها را نشان می‌دهد. در ستون نخست پس از اسامی اشکال دماغه‌ی آبشکن، ارتفاع آب در سیلابدشت را نشان می‌دهد که بر اساس دبی‌های متناظر که در ستون دوم نشان داده شده است، اندازه‌گیری شده‌اند. در ستون سوم مقادیر فرود جریان در کانال مرکب را منعکس می‌کند. در این ستون منظور از عدد فرود معادل، میانگین عدد فرود در کانال اصلی و کانال سیلابدشت است که پس از به‌دست آمدن عدد فرود در هر کانال، با درصد مشارکت ۵۰ درصد از هر کدام به‌دست آمده است. ستون چهارم مقادیر

تحلیل ابعادی

روی هم رفته می‌توان عامل‌های موثر بر پدیده‌ی آبشستگی ناشی از حضور آبشکن در جریان را به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد [۳۱]:

جدول ۱- مقادیر آزمایش‌ها و نتایج برای آبشکن ۱۰ سانتی‌متر

Shape	cm-h	Q(lit/s)	Fr. Equ.	ave.(cm/s) V	scour Depth-cm
Rect.	۳/۴	۱۴	۰/۳۸۰	۱۹/۵	۳/۵
	۴/۱	۱۷/۵	۰/۳۷۲	۲۴	۴/۱
	۴/۴	۱۸/۹	۰/۳۶۹	۲۵/۵	۴/۹
Trap.	۳/۴	۱۴	۰/۳۸۰	۱۹/۵	۳/۱
	۴/۱	۱۷/۵	۰/۳۷۲	۲۴	۳/۷
	۴/۴	۱۸/۹	۰/۳۶۹	۲۵/۵	۴/۴
circl.	۳/۴	۱۴	۰/۳۸۰	۱۹/۵	۲/۶
	۴/۱	۱۷/۵	۰/۳۷۲	۲۴	۳/۴
	۴/۴	۱۸/۹	۰/۳۶۹	۲۵/۵	۴

جدول ۲- مقادیر آزمایش‌ها و نتایج برای آبشکن ۲۰ سانتی‌متر

Shape	cm-h	Q(lit/s)	Fr. Equ.	ave.(cm/s) V	scour Depth-cm
Rect.	۳/۴	۱۴	۰/۳۸۰	۱۹/۵	۶/۴
	۴/۱	۱۷/۵	۰/۳۷۲	۲۴	۷/۵
	۴/۴	۱۸/۹	۰/۳۶۹	۲۵/۵	۸/۸
Trap.	۳/۴	۱۴	۰/۳۸۰	۱۹/۵	۵
	۴/۱	۱۷/۵	۰/۳۷۲	۲۴	۵/۸
	۴/۴	۱۸/۹	۰/۳۶۹	۲۵/۵	۷/۱
circl.	۳/۴	۱۴	۰/۳۸۰	۱۹/۵	۴
	۴/۱	۱۷/۵	۰/۳۷۲	۲۴	۵/۱
	۴/۴	۱۸/۹	۰/۳۶۹	۲۵/۵	۶/۳

● پارامترهایی که وضعیت کانال و سازه‌ی آب شکن را توصیف می‌کنند: B - عرض کانال (کانال مستطیلی)، L - طول آب شکن، θ - زاویه‌ی تمایل آب شکن و S شیب کانال

● پارامترهایی که ویژگی‌های جریان را بیان می‌کنند: V - سرعت متوسط جریان، d_s - عمق آب شستگی بیشینه و H - عمق جریان

● پارامترهایی که ویژگی‌های سیال را تشریح می‌کنند: ρ - جرم مخصوص آب، ΔY - اختلاف وزن ویژه‌ی آب و هوا و μ - ویسکوزیته‌ی دینامیکی

● پارامترهایی که ویژگی‌های رسوب را توصیف می‌کنند: d_{50} - میانگین قطر رسوب و ΔY_s - اختلاف وزن ویژه‌ی رسوب با آب (با فرض رسوب کروی شکل)

● سرعت سقوط ذره W_s و تنش برشی بحرانی τ_c را می‌توان در این گروه‌ها جای داد.

اگر d_s به عنوان یکی از مهم‌ترین ابعاد پروفیل طولی آبشستگی، معرف بیشینه‌ی عمق آبشستگی در زمان تعادل نسبی باشد، می‌توان گفت پارامترهای موثر در آبشستگی به صورت تابع زیر است:

$$d_s = f(B, L, \theta, S, V, H, \rho, \Delta Y, \mu, d_{50}, \Delta Y_s, W_s, \tau_c) \quad (1)$$

در مطالعه‌ی انجام شده برخی از عامل‌های مؤثر در پدیده، ثابت در نظر گرفته شده است، با حذف پارامترهای بدون بعدی که در طول آزمایش‌ها ثابت نگه داشته شده‌اند و با انتخاب مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر پدیده‌ی آب شستگی و چشم‌پوشی از سایر پارامترهایی که معمولاً اثر چندانی بر پدیده‌ی مزبور ندارند به برقراری رابطه‌ی بین میزان آب شستگی و پارامترهای مزبور پرداخته شد.

با استفاده از آنالیز ابعادی و حذف پارامترهای کم‌اثرتر، رابطه‌ی (۲) به دست آمد.

$$\frac{d_s}{h} = f(Fr, h, L) \quad (2)$$

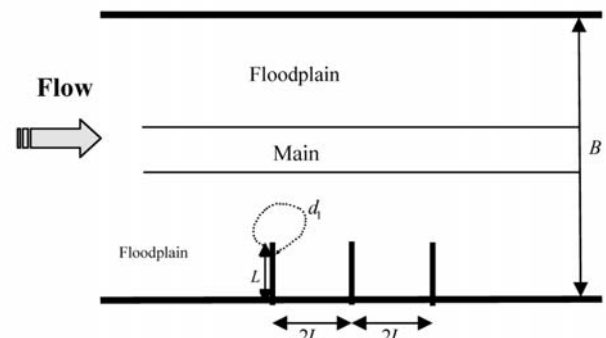
L : طول آب شکن

h : عمق آب در سیلابدشت

Fr : عدد فرود در بالادست آب شکن‌ها

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}} \quad (3)$$

V - سرعت جریان (m/s)، H - عمق جریان (m) و g - شتاب ثقل



شکل ۱۷ - پارامترهای موثر بر پدیده آبشستگی

($\frac{m^2}{s}$) می‌باشد.

با توجه به موردهای بالا و این که در آزمایش‌های طراحی شده ۳ شکل دماغه، ۲ طول آبشکن و ۳ دبی در یک سمت در سیلابدشت است، در کل ۱۸ آزمایش انجام شد.

با توجه به نکته‌ی بالا، آزمون آماری و برازش رگرسیونی داده‌ها رابطه‌ی توانی (۴) را با ضریب تعیین $R^2 = 0.916$ برای بیشینه‌ی آبشستگی نخستین آب شکن به عمق جریان در سیلابدشت و با آبشکن‌های در یک سمت سیلابدشت، ارائه می‌کند.

$$\frac{d_s}{h} = 18/3 \times 10^5 Fr^{13} \left(\frac{L}{h}\right)^{6/22} \quad (4)$$

مقایسه با روابط سایر پژوهشگران

بسیاری از پژوهشگران بر روی آبشستگی آبشکن‌ها در کانال ساده مطالعات زیاد و روابط متعددی ارائه داده‌اند. از آنجایی که کارهای انجام شده بر روی آبشستگی آبشکن‌ها در سیلابدشت (کانال مرکب) فرسایش‌پذیر محدود بوده، مقایسه‌ای با روابط ارائه شده از جمله کارها و نتایج با ارزش احمد و رابطه‌ی ارائه شده توسط وی، همچنین مقایسه‌ای نیز با رابطه‌ی گیل انجام می‌شود، تا میزان دقت یا انطباق نتایج آنها برای آبشستگی آبشکن‌ها در کانال مرکب بررسی شود.

احمد در سال ۱۹۵۱ رابطه‌ی برای آبشستگی آبشکن‌ها ارائه داد [۶ و ۵]:

$$y_o + y_s = 2.2 k_1 k_2 k_3 \left(\frac{Q}{B - B_1}\right)^{2/3} \quad (5)$$

Q : دبی طراحی جریان رودخانه بر حسب مترمکعب در ثانیه
 B : عرض اولیه‌ی رودخانه بر حسب متر، B_1 : طول آبشکن در امتداد عمود بر جهت جریان (متر)، y_o : عمق اولیه‌ی جریان رودخانه (متر)، y_s : بیشینه‌ی عمق آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن (متر).

زاویه‌ی آبشکن نسبت به ساحل بالادست؛ چون در این تحقیق زاویه ۹۰ درجه است برابر ضرایب داده شده برابر ۱ است.

ضریب شکل دماغه آبشکن و منظور حالت دماغه است و چون دیواره‌ی دماغه به صورت عمود است برابر ضرایب داده شده این مقدار برابر ۱ لحاظ شد. k_3 ضریب موقعیت و محل آبشکن و چون

جدول ۳ - متغیرهای اندازه‌گیری در تحلیل رابطه‌ی آزمایشگاهی

عمق جریان به طول آبشکن h/L	عدد فرود Fr
۰/۳۴	۰/۳۸۰۴
۰/۴۱	۰/۳۷۱۵
۰/۴۴	۰/۳۶۸۶
۰/۱۷	
۰/۲۰۵	
۰/۲۲	

کانال به صورت مستقیم است، برابر ضرایب داده شده برابر ۱ است. همچنین بر اساس رابطه ی گیل در سال ۱۹۷۲، آبشستگی آبشکن ها از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$\left(\frac{y_s}{y}\right)_{\max} = 8.4 \left(\frac{d_{50}}{y}\right) 0.25 \left(\frac{B}{B_1}\right)^{\frac{6}{7}} \quad (6)$$

y_s بیشینه ی عمق فرسایش از سطح جریان (متر)
 y عمق جریان (متر)، d_{50} اندازه ی میانگین ذرات (متر)؛
 B عرض جریان پیش از آبشکن، B_1 عرض جریان پس از انقباض به وسیله ی آبشکن (عرض کانال در محل آبشکن)
 با مقایسه ی نتایج ارائه شده، میزان آبشستگی ارائه شده توسط رابطه ی احمد در هر دو حالت دارای مقادیری نزدیکتر نسبت به مقادیر به دست آمده از رابطه گیل است، به گونه ای که مقادیر به دست آمده برای آبشکن ۲۰ سانتی متر از روابط احمد دارای انطباق بیشتر و به طور میانگین ۹۳ درصد نتایج آزمایشگاهی است، ولی در مقادیر گیل، این مقدار ۵۵ درصد از مقادیر آزمایشگاهی بیشتر است.

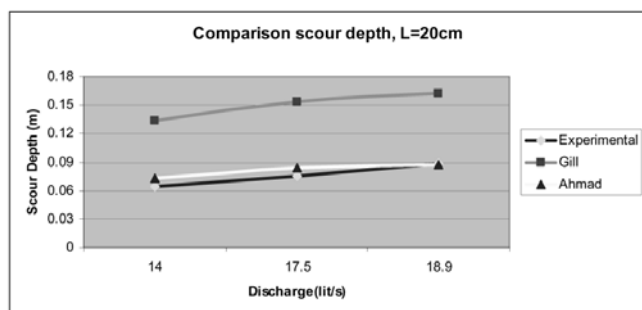
بحث و نتیجه گیری

آب شستگی از دماغه ی بالادست آب شکن شروع و همزمان به سمت بالادست و پایین دست ادامه می یافت. مواد فرسایشی به گونه ی پیوسته و اغلب به صورت غلطش به سمت پایین دست کانال حمل شد و به تدریج یک حفره ی آب شستگی در پیرامون آب شکن توسعه یافت. انباشته شدن رسوبات در پایین دست آب شکن و گسترش تدریجی آن به سمت پایین، یک بار رسوبی نسبتاً طولی به موازات دیواره ی کانال تا امتداد تقریبی طول ناحیه گردابی جریان در پایین دست را پدید می آورد. با افزایش دبی، گسترش در عمق و سطح حفره ی آب شستگی دماغه آب شکن در همان زمان مشخص بین آزمایش های مشابه، با سرعت بیشتری صورت پذیرفت. در نیم ساعت نخست در دبی ۱۴ لیتر بر ثانیه بیشترین مقدار آب شستگی در آب شکن شماره ی ۱ رخ داد و در ادامه ی مدت زمان آزمایش آب شستگی در آب شکن شماره ی ۲ از بالادست رخ داد، ولی این نحوه ی آب شستگی با شدت کمتری به

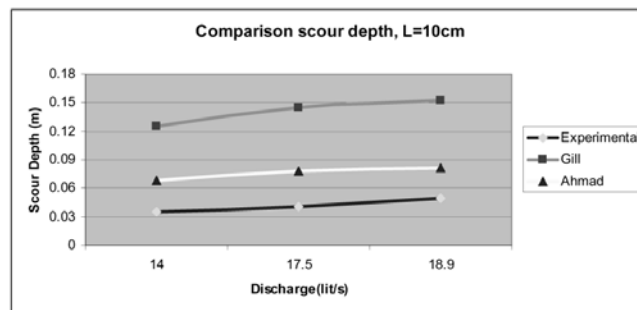
ویژه در دبی بیشینه، در چند دقیقه ی نخست آب شستگی آب شکن شماره ی ۲ آغاز می شود. کمترین میزان آب شستگی مربوط به دبی کم بوده است. با افزایش دبی میزان آب شستگی نیز افزایش می یابد، عموماً در دبی کمتر نقش آب شکن سوم و میزان آب شستگی دماغه ی آن در برابر آب شکن شماره ی ۱ و ۲ از بالادست کمتر بوده و به تدریج و با افزایش دبی، علاوه بر افزایش بیشینه ی میزان آب شستگی دماغه ی آب شکن، در عمل آب شکن شماره ی ۳ (آب شکن پایین دست) نیز نقشی موثر در میزان انحراف جریان از کناره ها حتی با طول های گوناگون آب شکن؛ ایفا می کند. همچنین، بیش ترین میزان آب شستگی مربوط به آب شکن های با دماغه ی مستطیل شکل بوده (۲۶٪ بیشتر از آبشکن دایره ای) و به ترتیب آب شکن ذوزنقه ای شکل (۱۵٪ بیشتر از آب شکن دایره ای) بوده است و با افزایش دبی، آب شستگی نیز در هر سه شکل افزایش می یابد. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از آزمایش ها که در جداول بالا منعکس شده است، با افزایش ۸ درصدی دبی در کانال مرکب، یعنی ۱۷/۵ لیتر بر ثانیه به ۱۸/۹ لیتر بر ثانیه، میزان حداکثر عمق آبشستگی ۱۷/۵ تا ۲۳ درصد بسته به طول های مختلف آبشکن و شکل دماغه آبشکن افزایش می یابد.

منابع

- ۱- اسماعیلی، ک.، شفاعی بجستان، م. و کاشفی پور، م. ۱۳۸۶. بررسی آزمایشگاهی عوامل موثر بر انتقال رسوب در شرایط سیلاب طغیانی مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال اول شماره ۲. ص ۳-۱۰.
- ۲- بهرامی، ا.، جوان، م. و کشاورزی، ع. ۱۳۸۵. بررسی الگوی آب شستگی پیرامون سه آب شکن متوالی با زاویه ۶۰ درجه. هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران. دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۳- خزیمه نژاد، ح. و شفاعی بجستان، م. ۱۳۸۶. بررسی و مقایسه روابط موجود در زمینه شرایط آستانه حرکت، ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران- دانشگاه شهرکرد.
- ۴- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۶. راهنمای روش های محاسبه آب شستگی موضعی، نشریه شماره ۳۱۸ الف.



شکل ۱۹- مقایسه ی آبشستگی آبشکن ۲۰ سانتی متر با روابط سایرین



شکل ۱۸- مقایسه ی آبشستگی آبشکن ۱۰ سانتی متر با روابط سایرین

- کنفرانس هیدرولیک ایران- دانشگاه شهرکرد.
- 19- Cardoso, A.H. and Bettess, R. 1999. Effects of time and channel geometry on scour at bridge abutments. *J. Hyd. Eng., Am.Soc. Civ. Eng.*
- 20- Chang, F. and Davis, S. 1999. Maryland Sha procedure for estimating scour at abutment, Part I- Live bed scour for estimating, Vol. 125, No. 9 P 350- 362.
- 21- Cunha, L.V. 1975. Time evolution of local scour, Proc. 16th Conf. Int. Assoc. Hyd. Research Delft:IAHR, pp.285-299.
- 22- Kandasamy, J.K. 1989. Abutment scour, Rep. No. 458, School of Engineering University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- 23- Kothyari, U.C. and Ranga Raju., K.G. 2001. Scour around spur-dikes and bridge abutments. *J. Hydraulic. Res.* 39: 367-374.
- 24- Kuanle, R.A., Alenso, C.V. and Douglas, F. 1999. Geometry of Scour Holes Associated With 90 Spurdikes *J. of Hydraulic Engineering*, Vol. 129, No. 9 -PP 635-646.
- 25- Mioduszewki, T., Meano, S., and Uema. Y. 2003. Influence of the spur dike permeable on flow and Scouring during surge pass *J. of Hydraulic Eng.*, Vol 333, PP 397-402.
- 26- Neill, C.R. 1973. Guide to bridge hydraulics, Toronto: University of Toronto.
- 27- Peterson, M.S. 1986. River Eng. Prentice Hall. Englewood Cliffs, printed U.S.A.
- 28- Przedwojski, B. 1995. River Training Techniques, A.A. Balkema, Netherlands.
- 29- Rajaratnam, N. and Nwachukwu, B.A. 1983. Flow near groin-like structures, *J. Hyd. Eng.*, ASCE, pp.463-480.
- 30- Zaghoul, N.A. and McCorquodale, J.A. 1975. A stable numerical model for local scour, *J. Hyd. Res.* Vol.13, pp.425-444.
- 31- Garde, R.G., Subramanya, K. and Nambudripad, K.D. 1961. Study of scour around spur-dikes. *ASCE Journal of the Hydraulics Division*, 87(HY6): 23-37.
- 32- Melville, B.W. 1992. Local scour at bridge abutments, *J. Hyd. Eng.*, ASCE, pp.615-631.
- ۵- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۶. راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری آبشکن های رودخانه ای، نشریه ۳۱۱ الف.
- ۶- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۳. راهنمای مهار فرسایش و حفاظت رودخانه ها- نشریه شماره ۱۴۹-ن.
- ۷- شفيعی، ف.، رضوانفر، الف.، حسینی، س.م. و سرمدیان.، ف. ۱۳۸۷. نظرسنجی نسبت به عملیات حفاظت خاک از دیدگاه کشاورزان حوزه های آبخیز کرخه و دز، مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال دوم شماره ۳. ص ۳-۱۰.
- ۸- صمدی، ا.، امیری تکلدانی، ا.، ریحیمی، ح. شهرپور ۱۳۸۴. فرسایش توده ای ساحل رودخانه، تخریب اراضی و پیامدهای آن. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران.
- ۹- طالب بیدختی، ن. و سلیمانی، ع. ۱۳۷۵. محاسبات پایداری سواحل رودخانه با در نظر گرفتن اثرات فرسایش جانبی و کف کنی بستر، چهارمین سمینار مهندسی رودخانه، اهواز.
- ۱۰- عباسی، ع.ا. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر طول و شکل اپی های گابیونی در حفاظت سواحل و رودخانه ها، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی.
- ۱۱- رستمی پور، م. و طباطبایی، م. ۱۳۸۳. بررسی آزمایشگاهی فرسایش در اثر نشت آب از کناره رودخانه به عنوان عاملی مهم در فرسایش و ناپایداری کناره، کنفرانس آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان، ایران.
- ۱۲- قبادیان، ر. و شفاعی بجستان، م. ۱۳۸۶. پیش بینی حداکثر عمق فرسایش بستر در محل تلاقی رودخانه ها، مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال اول شماره ۱. ص ۵۱-۶۳.
- ۱۳- قدرتی، ع.، غریب رضا، م.ر.، صدیقی، ف. و داداشی، م.ع. ۱۳۸۴. بررسی تغییرات فرسایش و رسوب سواحل استان گیلان. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران.
- ۱۴- محمودی زنگنه، ا.، صانعی، م. و اردشیر، ع. ۱۳۸۵. اثر طول و فاصله در کاهش عمق آبشستگی در سری آبشکن ها، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۱۵- نصرالهی، ع. و قدسیان، م. ۱۳۸۲. تاثیر پارامتر بر روی عمق حداکثر آبشستگی اطراف آب شکن های بسته، چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران- شیراز.
- ۱۶- هاشمی نجفی، س.ف.ا.، ایوب زاده، س.ع.، دهقانی، ا. و ازبرمی، ر. ۱۳۸۷. مقایسه آب شستگی آب شکن L شکل و تیغه ای آب شکن مناسب، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران- دانشگاه تهران.
- ۱۷- یاسی، م. ۱۳۷۷. بررسی خصوصیات و توپوگرافی کف بستر پیرامون یک آب شکن. پنجمین سمینار مهندسی رودخانه.
- ۱۸- یاسی، م. ۱۳۸۶. ارزیابی ساماندهی بازه پل نازلو با استفاده از آب شکن ها در مدل فیزیکی رودخانه نازلو، ششمین