



دانشگاه گواران

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و هفتم، شماره چهارم، ۱۳۹۹

۲۰۱-۲۱۶

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2020.16871.3222

مقاله کامل علمی - پژوهشی

بررسی پروفیل سطح آب و آبشستگی پایین دست سرریز گابیونی V شکل در پلان

حمید نوری^۱، * مهدی مفتاح‌هلقی^۲، امیراحمد دهقانی^۱، عبدالرضا ظهیری^۱ و هوشنگ حسونی زاده^۳

^۱ دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، ^۲ دانشیار گروه مهندسی

آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، ^۳ مدیر واحد مطالعات سازمان آب و برق خوزستان، اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۹

چکیده

سابقه و هدف: سرریزها مهم‌ترین قسمت سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند که جهت اندازه‌گیری جریان، کنترل سیلاب در مخازن و کنترل سطح آب در کانال‌های باز مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از گزینه‌های جایگزین مانند سرریزهای گابیونی به دلیل سازگاری با طبیعت و نیازهای اکولوژیکی ترجیح داده می‌شوند. در این سرریزها مواد فیزیکی و شیمیایی مانند رسوبات ریزدانه و مواد معلق آلی امکان عبور از منافذ به پایین دست را دارند و رسوب‌گذاری پشت سازه را کاهش می‌دهد. همچنین آشفته‌گی جریان درون منافذ امکان افزایش هوادهی جریان و منجر به پالایش آب رودخانه می‌شود. یکی از عمده‌ترین مشکلات سازه‌هایی مانند سرریزها، دریچه‌ها و حوضچه‌های آرامش که در بالادست بسترهای فرسایش پذیر قرار دارند، آب‌شستگی در مجاورت سازه است که علاوه بر تأثیر مستقیم بر پایداری سازه، ممکن است باعث تغییر مشخصات جریان و در نتیجه تغییر در پارامترهای طراحی سازه شود. هدف از این پژوهش بررسی پروفیل‌های جریان عبوری از سرریز گابیونی V شکل با زوایای مختلف رأس و آب‌شستگی پایین دست آن‌ها است.

مواد و روش‌ها: آزمایش‌های این پژوهش روی مدل فیزیکی سرریز گابیونی با ۴ زاویه رأس، ۳ دانه‌بندی مصالح درون بدنه سرریز و ۲ موقعیت قرارگیری رأس سرریز در بالادست جریان و پایین دست جریان و ۴ دبی انجام شد. همچنین آزمایش‌های آب‌شستگی در ۳ زاویه رأس سرریز، ۲ دانه‌بندی مصالح بدنه و ۲ حالت قرارگیری رأس در بالادست و پایین دست جریان و ۳ دبی با بستر فرسایش‌پذیر در کانالی به طول ۱۲ متر، عرض و ارتفاع ۰/۶ متر مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد با کاهش اندازه مصالح بدنه سرریز، تراز آب بالادست افزایش و حداکثر عمق آب‌شستگی نیز افزایش می‌یابد. همچنین با کاهش زاویه رأس به دلیل افزایش طول سرریز تراز آب بالادست کاهش می‌یابد و عمق آب‌شستگی در زاویه رأس ۱۲۰ درجه بیش‌تر از زاویه ۱۵۰ درجه و بیش‌تر از زاویه ۱۸۰ درجه می‌باشد. الگوی

* مسئول مکاتبه: meftahhalaghi@gmail.com

آب‌شستگی با موقعیت قرارگیری رأس سرریز تغییر می‌کند. در صورتی که رأس سرریز در بالادست باشد یک حفره آب‌شستگی در وسط کانال و چنانچه رأس در پایین دست باشد ۲ حفره آب‌شستگی در طرفین ایجاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری: بسته به هدف استفاده از سرریز هر یک از حالت‌های قرارگیری رأس سرریز گابیونی می‌تواند مؤثر باشد. در صورتی که هدف تأمین آب و افزایش تراز آب باشد سرریز با دانه‌بندی ریز مفیدتر و اگر هدف کنترل انرژی جریان باشد دانه‌بندی درشت‌تر مفید است. استفاده از سرریز V شکل در کنترل فرسایش در کناره‌ها می‌تواند مفید باشد. استفاده از سرریزهای V شکل به دلیل داشتن طول بیش‌تر نرخ تغییرات تراز آب را با دبی کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آب‌شستگی پایین دست، پروفیل طولی، دانه‌بندی مصالح بدنه، سرریز گابیونی

مقدمه

سرریزها مهم‌ترین قسمت سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند که جهت اندازه‌گیری جریان، کنترل سیلاب در مخازن و کنترل سطح آب در کانال‌های باز مورد استفاده قرار می‌گیرند. اخیراً گزینه‌های جایگزین مانند سرریزهای گابیونی به دلیل سازگاری با طبیعت و نیازهای اکولوژیکی ترجیح داده می‌شوند. در این سرریزها مواد فیزیکی و شیمیایی مانند رسوبات و مواد معلق آلی امکان عبور از منافذ به پایین دست را دارند و رسوب‌گذاری پشت سازه را کاهش می‌دهد. هم‌چنین آشفته‌گی جریان درون منافذ سبب افزایش هوادهی جریان و منجر به پالایش آب رودخانه می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سرریزهای گابیونی سازه‌هایی با کم‌ترین تأثیر منفی بر محیط‌زیست می‌باشند (۶).

در خصوص بررسی وضعیت سرریز پلکانی گابیونی منابع علمی موجود نشان می‌دهد اولین پژوهش‌ها توسط استیونسن (۱۹۷۹) با ساخت مدلی آزمایشگاهی با مقیاس ۱:۱۰ و برای یک سرریز پلکانی ۴ متری انجام شد. نتایج پژوهش وی نشان داد شیب سازه در بالادست بر رژیم جریان از روی سرریز مؤثر است به نحوی که هر چقدر این شیب کاهش یابد افت انرژی نیز کاهش خواهد یافت. هم‌چنین افزایش تعداد پله‌ها تا ۳ عدد موجب افزایش افت انرژی

می‌شود (۲۴). پیراس و همکاران (۱۹۹۲) هیدرولیک جریان روی سرریزهای گابیونی پلکانی را در چهار حالت: سرریز پلکانی ساده بدون پوشش حفاظتی، سرریز پلکانی با پوشش حفاظتی روی سطح افقی پله‌ها، سرریز پلکانی با پوشش روی سطح پله با شیب سطح منفی و سرریز پلکانی با آستانه انتهایی در لبه پله را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس پژوهش‌های آن‌ها سرریز پلکانی گابیونی به نسبت سرریزهای پلکانی با مصالح صلب بیش از ۱۰ درصد افت انرژی بیش‌تر دارد. هم‌چنین شیب معکوس سطح پله و اجرای آستانه انتهایی در جریان ریزشی موجب بهبود تشکیل پرش هیدرولیکی می‌شود (۲۱). کیلز (۱۹۹۳) موضوع جریان از داخل بدنه سرریزهای گابیونی را مورد بررسی قرار داد و نشان داد جریان در داخل بدنه سرریز گابیونی از معادله دارسی برای محیط‌های متخلخل پیروی نمی‌کند. هم‌چنین تفکیک جریان درون‌گذر و روگذر در سازه‌های گابیونی جهت تحلیل هیدرولیکی لازم است. نتایج نشان داد نسبت جریان درون‌گذر به کل جریان در محدوده ۰/۲۵ تا ۰/۵ می‌باشد (۷). وی هم‌چنین در پژوهش دیگری ضمن پوشش‌دار کردن بخشی از سطوح پلکان تأثیر مهم جریان درون‌گذر عبوری از بدنه سازه‌های گابیونی در تلفات انرژی را نشان داد (۸).

مقایسه نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند ضریب جریان در سرریزهای لبه‌پهن به دلیل انحراف ناشی از ناحیه جدا شده به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سرریزهای ربع دایره‌ای است (۱۶). مددی و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر شیب بالادست سرریزهای دوزنقه‌ای را بر ضریب جریان بررسی کردند. نتایج بیانگر این بود که با کاهش شیب بالادست ابعاد ناحیه جداشدگی جریان کاهش می‌یابد و سبب افزایش عملکرد سرریز می‌شود (۱۳). عظیمی و همکاران (۲۰۱۳) عملکرد هیدرولیکی سرریزهای مثلثی و لبه‌پهن صلب را با وجود رمپ بالادست و پایین‌دست و هر دو رمپ بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد با افزایش شیب پایین‌دست ضریب جریان سرریز مثلثی افزایش و با افزایش شیب بالادست ضریب جریان کاهش می‌یابد. علاوه بر آن در سرریزهای لبه‌پهن صلب ضریب جریان (Cd) برای حالت رمپ بالادست و پایین‌دست بیش از حالت وجود یک رمپ است. آن‌ها نتیجه گرفتند اثر شیب پایین‌دست بر ضریب جریان کم‌تر از شیب بالادست به دلیل تشکیل ناحیه جداشدگی در بالادست است. همچنین تفاوت بین نمودار Cd با یکدیگر در سرریزهای با رمپ بالادست، پایین‌دست و هر دو رمپ با افزایش سطح آب بالادست بیشتر می‌شود (۱).

پژوهشگران زیادی جریان درون و اطراف سرریزهای متخلخل و صلب را به‌صورت آزمایشی و عددی بررسی کرده‌اند. طراحی صحیح هیدرولیکی این سازه‌ها نیازمند شناخت اصول حاکم بر جریان درون محیط درشت‌دانه است. تفاوت جریان آب درون محیط درشت‌دانه در مقایسه با جریان درون خاک، به علت سرعت بالای جریان آشفته است که از قانون دارسی عدول نموده و در این حالت برای تعیین دبی نشت، نیروی نشت و شبکه جریان درون محیط

میچیکو (۲۰۰۵) نشان داد جریان درون‌گذر سرریزهای متخلخل تابعی از سطح آب بالادست و پایین‌دست، تخلخل، ارتفاع سرریز و طول آن است (۱۴). چانسون (۲۰۰۶) بیان کرده که برهم‌کنش جریان درون‌گذر و روگذر موضوع ارزشمندی برای پژوهش‌های آینده است که توجه کمی به آن شده است (۲). لیو و همکاران (۲۰۰۸) توزیع سرعت و شدت آشفستگی را اطراف سازه‌های صلب و متخلخل در شرایط جریان مستغرق بررسی کردند. آن‌ها نوسان مقدار سرعت و شدت آشفستگی را اطراف سرریزهای صلب و متخلخل بررسی و نشان دادند توزیع سرعت عمودی در بالای بدنه‌های متخلخل آرام‌تر از بدنه‌های سخت است. همچنین افزایش قطر متوسط ذرات می‌تواند منجر به افزایش مؤلفه سرعت در جهت جریان، شدت آشفستگی، انرژی حرکتی آشفستگی و تنش برشی رینولدزی شود (۱۱). سرگیسون و پرس (۲۰۰۹) تأثیر شیب‌های بالادست و پایین‌دست سرریزهای لبه‌پهن را بر جریان عبوری مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند افزایش شیب بالادست تا حالت عمودی ارتفاع پروفیل سطحی، فشار ایستایی سطحی و ضریب جریان را کاهش می‌دهد (۲۳).

وانگ و همکاران (۲۰۱۰) هیدرودینامیک سرریز دوزنقه‌ای را با شیب بالادست و پایین‌دست ۱:۲ با استفاده از تکنیک سرعت‌سنجی با تصویر ذرات بررسی کردند. پارامترهای بررسی‌شده شامل رژیم جریان، دامنه سرعت و ضریب جریان است. آن‌ها نتیجه گرفتند که جریان وابستگی زیادی به سطح آب پایین‌دست نسبت به عدد فرود بالادست دارد (۲۶). عملکرد هیدرولیکی سرریزهای لبه‌پهن در پژوهش‌های گوناگون مورد مطالعه قرار گرفته است. هابیلی و همکاران (۲۰۱۳) مشخصه‌های هیدرولیکی سرریزهای لبه‌پهن محدود را با سرریز ربع دایره‌ای

آب عبوری از آبراهه، از میزان بحرانی شروع حرکت ذرات بستر، بیش‌تر شود. پژوهش‌ها نشان داده است که عوامل بسیار زیادی بر آب‌شستگی در پایین‌دست سازه‌ها تأثیرگذار هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به اندازه و دانه‌بندی رسوبات، عمق پایاب، عدد فرود ذره، هندسه سازه و غیره اشاره کرد (۴، ۵، ۹، ۱۲ و ۲۲). دهقانی و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی آزمایشگاهی حداکثر عمق آب‌شستگی پایین‌دست سرریز، دریچه و سازه ترکیبی سرریز-دریچه بدون انقباض پرداختند. نکته جالبی که در کار آزمایشگاهی ایشان دیده شده است رفتار نوسانی روند فرسایش و رسوب‌گذاری به‌صورت پر و خالی شدن حفره آب‌شستگی است. حفره آب‌شستگی ابتدا عمیق می‌شود، سپس با وجود جریان‌های برگشتی کمی رسوبات فرسایش یافته به درون حفره برمی‌گردد و حفره کمی پر می‌شود. سپس دوباره حفره توسط گردابه‌های زیر دریچه عمیق می‌شود و روند پر و خالی شدن ادامه می‌یابد (۳). نظری و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی آزمایشگاهی نرخ آب‌شستگی و اتلاف انرژی در سرریزهای گابیونی پلکانی در شرایط تغییر دبی، عمق پایاب، شیب پلکان و دانه‌بندی مصالح بدنه پرداختند (۱۸). پاگلیرا و پالمو (۲۰۱۳) در پژوهشی به بررسی تأثیر سرریزهای سنگی و گابیونی پلکانی بر الگوی جریان و آب‌شستگی پایین‌دست پرداختند. آن‌ها فرآیند آب‌شستگی، انواع پرش هیدرولیکی و الگوی جریان را بررسی نمودند و دو نوع پرش هیدرولیکی را شناسایی نمودند. نتایج نشان داد رژیم جریان به‌شدت بر فرآیند آب‌شستگی تأثیرگذار است و در رژیم جریان رویه‌ای^۱ شدت می‌یابد و روابطی را جهت تخمین حداکثر عمق آب‌شستگی، حداکثر طول آب‌شستگی در نظر گرفتند (۱۹). پاگلیرا و همکاران (۲۰۱۵) فرآیند فرسایش و

متخلخل درشت‌دانه ملزم به استفاده از روابط غیرخطی گرادیان هیدرولیکی یا سرعت جریان هستیم (۱۰). زانگ و چانسون (۲۰۱۶) موضوع اختلاط هوا در جریان عبوری از سرریزهای گابیونی و تعیین سطح جریان روی سرریز و جریان درون‌گذر از داخل گابیون را مورد بررسی قرار دادند (۲۷). توکل صدرآبادی و همکاران (۱۳۹۷) دبی جریان روگذر و درون‌گذر در سرریزهای لبه‌پهن گابیونی با شیب جانبی را به‌صورت عددی مدلسازی کردند (۲۵). فتحی‌مقدم و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی پارامترهای هیدرولیکی جریان اطراف سرریزهای مثلثی و لبه‌پهن گابیونی با شیب‌های جانبی مختلف را به‌صورت عددی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد با کاهش قطر متوسط ذرات ضریب جریان Cd، دبی جریان درون‌گذر و افت انرژی در مدل به‌ترتیب تا مقادیر ۲۷٪، ۳۴٪ و ۸٪ کاهش می‌یابد (۶). مرادی و فتحی‌مقدم (۱۳۹۸) هیدرولیک جریان مستغرق سرریز گابیونی لبه‌پهن با شیب بالادست و پایین‌دست را به‌صورت آزمایشگاهی بررسی نمودند (۱۷).

یکی از عمده‌ترین مشکلات سازه‌هایی مانند سرریزها، دریچه‌ها و حوضچه‌های آرامش که در بالادست بسترهای فرسایش‌پذیر قرار دارند، آب‌شستگی در مجاورت سازه است که علاوه بر تأثیر مستقیم بر پایداری سازه، ممکن است باعث تغییر مشخصات جریان و در نتیجه تغییر در پارامترهای طراحی سازه شود. به‌دلیل پیچیدگی موضوع، اکثر پژوهش‌گران آن را به‌صورت آزمایشگاهی بررسی کرده‌اند که با وجود تمام دستاوردهای مهمی که تاکنون در زمینه آب‌شستگی موضعی حاصل گردیده است، هنوز هم شواهد زیادی از آب‌شستگی گسترده در پایاب دریچه‌ها، سرریزها، شیب‌شکن‌ها، کالورت‌ها و مجاورت پایه‌های پل دیده می‌شود. پدیده آب‌شستگی زمانی اتفاق می‌افتد که تنش برشی جریان

میلی‌متر انجام شد. در مجموع ۲۵۲ آزمایش هیدرولیکی با بستر صلب بر روی ۶۳ مدل سرریز گابیونی، در ۴ دبی و ۳۰ آزمایش آب‌شستگی شامل ۵ حالت مختلف سرریز در ۳ دبی و ۲ دانه‌بندی مصالح درون سرریز (۶ میلی‌متر و ۱۲ میلی‌متر) انجام شد. سرریزهای گابیونی از جنس توری گالوانیزه با چشمه‌های مربعی به اندازه ۵ میلی‌متر ساخته شده است. این سرریزها در سه شکل مستقیم در پلان و V شکل با رأس به سمت بالادست و V شکل با رأس به سمت پایین‌دست جریان مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱). آزمایش‌های آب‌شستگی بر روی سرریز با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر با بستر فرسایش‌پذیر به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر با اندازه متوسط ذرات رسوبی ۲ میلی‌متر انجام شد.

در همه آزمایش‌های هیدرولیکی پس از تغییر هر دبی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه برای به تعادل رسیدن جریان در نظر گرفته شده است. در آزمایش‌های آب‌شستگی پس از یک آزمایش ۴۸ ساعته، با توجه به این‌که ۹۵ درصد از آب‌شستگی در ۶ ساعت اولیه اتفاق افتاد و از طرفی هدف از این پژوهش بررسی تأثیر زوایای رأس بر آب‌شستگی است، بنابراین زمان تعادل آب‌شستگی به مدت ۶ ساعت تعیین گردید. در این پژوهش تنها بخشی از آزمایش‌های هیدرولیکی متناظر با آزمایش‌های آب‌شستگی ارائه گردیده است. در جدول ۱ مشخصات هندسی مدل‌های آزمایش‌های هیدرولیکی و در جدول ۲ مشخصات هندسی مدل‌های آزمایش‌های آب‌شستگی به‌کاررفته در این پژوهش ارائه شده است.

هیدرودینامیک در پایاب سازه‌های کنترلی با ارتفاع کم را بررسی نمودند (۲۰).

نگاهی به پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد در ترکیب جریان هم‌زمان درون و روگذر پژوهش‌های کمی صورت گرفته است و در تمام پژوهش‌ها پلان‌های مستقیم مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به استفاده از سرریزهای با شکل‌های V و W در پلان در مسائل مربوط به مهندسی رودخانه و از طرفی با توجه به سازگاری این نوع سازه‌ها با محیط‌زیست لزوم پژوهش در این زمینه و تشخیص روابط حاکم جهت درک بهتر این نوع سرریزها و طراحی آن‌ها ضروری است. هم‌چنین به‌منظور بررسی عملکرد سازه سرریز با پلان‌های V شکل و بررسی تأثیر آن بر آب‌شستگی پایین‌دست این سازه با سرریز مستقیم مقایسه می‌شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها روی مدل سرریز گابیونی در کانالی به طول ۱۲ متر، عرض و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر با کف فلزی و دیواره‌های از جنس شیشه در آزمایشگاه تحقیقات آب و رسوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. دبی جریان توسط یک دستگاه پمپ با آبدهی تا ۳۰ لیتر در ثانیه تأمین گردید. هم‌چنین برای تنظیم دقیق‌تر دبی جریان در آزمایش‌ها، با تنظیم دور الکتروپمپ توسط یک دستگاه فرکانس‌سنج دیجیتال دبی موردنظر تنظیم و برای اندازه‌گیری دبی جریان از دبی‌سنج التراسونیک استفاده شده است. اندازه‌گیری عمق جریان و آب‌شستگی توسط یک ترازسنج دیجیتالی با دقت ۰/۱

جدول ۱- مشخصات هندسی مدل‌های هیدرولیکی.

Table 1. Geometric of models used in this research.

تعداد دبی Number of Discharges	زاویه رأس Vertex angle Θ (degree)	دانه‌بندی مصالح سرریز D (mm)	ارتفاع سرریز Weir height P (cm)	شکل در پلان Plan	سری آزمایش Test No.
4	180	6, 12, ترکیبی (mix)	15, 20, 25	مستقیم Straight	1
4	90, 120, 150	6, 12, ترکیبی (mix)	15, 20, 25	رأس در بالادست Weir pointed upstream	2
4	90, 120, 150	6, 12, ترکیبی (mix)	15, 20, 25	رأس در پایین‌دست Weir pointed downstream	3



(ب) B



(الف) A

شکل ۱- آزمایش‌های هیدرولیکی: سرریز گابیونی V شکل با زاویه رأس ۱۵۰ درجه به سمت بالادست (الف)، سرریز گابیونی V شکل با زاویه رأس ۱۲۰ درجه به سمت پایین‌دست (ب).

Figure 1. hydraulic tests: V shape gabion weir pointed upstream with 150 degree apex angel (A) and V shape gabion weir pointed downstream with 120 degree apex angel (B).

جدول ۲- مشخصات هندسی آزمایش‌های آب‌شستگی.

Table 2. Geometric of scouring tests.

تعداد دبی Number of Discharge	زاویه رأس Vertex angle Θ (degree)	دانه‌بندی مصالح سرریز D (mm)	ارتفاع سرریز Weir height P (cm)	شکل در پلان Plan	سری آزمایش Test No.
3	180	6, 12	15	مستقیم Straight	1
3	120, 150	6, 12	15	رأس در بالادست Weir pointed upstream	2
3	120, 150	6, 12	15	رأس در پایین‌دست Weir pointed downstream	3

در جریان هم‌زمان در سرریز گابیونی به صورت رابطه ۱ استفاده شده است:

برای تحلیل ابعادی جریان هم‌زمان درون‌گذر و روگذر غیرمستغرق، رابطه کلی پارامترهای مشخصه

$$F(Q, B, P, L, d, H_d, \theta, \rho_s, \rho, g, \mu, S_0, \sigma_g, DH) = 0 \quad (1)$$

معادله پارامترهای مشخصه جریان هم‌زمان چنانچه g به‌عنوان مشخصه جریان، ρ مشخصه سیال و H_d به‌عنوان مشخصه هندسی، باشند، آن‌گاه می‌توان از این پارامترها به‌عنوان کمیت‌های تکرارشونده استفاده نمود و با استفاده از تئوری باکینگهام، کمیت‌های بدون بعد را با استفاده از متغیرهای تکراری انتخاب‌شده، تشکیل داد و در نهایت رابطه کلی و بدون بعد حاکم بر جریان هم‌زمان در سرریز گابیونی به‌صورت رابطه ۲ خواهد بود:

$$f\left(\frac{Q}{H_d^{2.5}g^{0.5}}, \frac{H_d}{B}, \frac{H_d}{P}, \frac{H_d}{L}, \frac{H_d}{d}, \theta, \frac{\rho_s - \rho}{\rho}, \frac{\mu}{\rho g^{0.5}H_d^{1.5}}, S_0, \frac{\sigma_g}{H_d}, \frac{DH}{H_d}\right) = 0 \quad (2)$$

جریان هم‌زمان در سرریزهای گابیونی با تغییر دادن Q ، H_d ، θ و d به بررسی جریان هم‌زمان پرداخته می‌شود. بنابراین رابطه نهایی به‌صورت رابطه ۳ خواهد بود:

$$\frac{H_d}{P} = f\left(\frac{Q}{BDH^{1.5}g^{0.5}}, \theta, \frac{d}{P}\right) \quad (3)$$

رسوب D_s قطر متوسط ذرات بستر (m) ، (ρ_s) چگالی ذرات رسوبی بستر (kg/m^3) ، Z_s عمق آب‌شستگی (m) ، خصوصیات هندسی (B) پهنای کانال (m) ، (S) شیب کانال، (P) ارتفاع سرریز (m) ، (n) تخلخل بدنه و (θ) زاویه رأس با توجه به موارد مذکور، می‌توان تمامی پارامترهای دخیل را به‌صورت رابطه ۴ نوشت:

که در آن، Q دبی جریان (m^3/s) ، B عرض فلوم (m) ، P ارتفاع سرریز (m) ، L طول سرریز در جهت جریان (m) ، d اندازه مصالح بدنه (m) ، H_d عمق آب در مخزن بالادست نسبت به تاج (m) ، θ زاویه رأس، DH اختلاف عمق آب در بالادست و پایین‌دست (m) ، ρ و ρ_s به‌ترتیب جرم مخصوص سیال و مصالح بدنه (kg/m^3) ، g شتاب ثقل (m/s^2) ، μ لزجت دینامیکی سیال $(N.s/m^2)$ ، S_0 شیب کف فلوم، σ_g انحراف معیار دانه‌بندی مصالح فلوم می‌باشند. طبق

با ثابت در نظر گرفتن S_0 و ضرب معکوس پارامترهای دوم، چهارم و پنجم در معکوس پارامتر سوم، پارامترهای دوم و چهارم به‌دلیل ثابت بودن در آزمایش‌ها و پارامتر هفتم به‌دلیل تغییر بسیار اندک حذف می‌شوند. در این پژوهش به‌منظور بررسی

به‌منظور تحلیل ابعادی آب‌شستگی پایین‌دست سرریز گابیونی، با توجه به مشاهدات و روابط موجود عوامل مؤثر در آب‌شستگی پایین‌دست سرریز گابیونی V شکل تابعی از هیدرولیک جریان، مشخصات بستر و خصوصیات هندسی است.

مشخصات هیدرولیکی جریان (Q) دبی (m^3/s) ، (V) سرعت جریان (m/s) ، (Y) عمق جریان (m) ، (ρ) چگالی آب (kg/m^3) ، (μ) ویسکوزیته دینامیکی سیال $(N.s/m^2)$ ، (g) شتاب ثقل (m/s^2) . مشخصات

$$f(Q, V, Y_u, Y_d, \rho, \mu, g, D_s, \rho_s, Z_s, B, S, P, n, \theta) = 0 \quad (۴)$$

حال با استفاده از آنالیز ابعادی و تئوری π انتخاب پارامترهای ρ ، g و D_s به‌عنوان متغیرهای باکینگهام پارامترهای بدون بعد محاسبه می‌شود. با تکراری خواهیم داشت (رابطه ۵):

$$f\left(Fr, \frac{Q}{D_s^{2.5}g^{0.5}}, \frac{Y_u}{D_s}, \frac{Y_d}{D_s}, \frac{\mu}{\rho D_s^{1.5}g^{0.5}}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{Z_s}{D_s}, \frac{B}{D_s}, S, \frac{P}{D_s}, n, \theta\right) = 0 \quad (۵)$$

سرریز با افزایش دبی، به‌دلیل افزایش دبی روگذر، نسبت $\frac{H_d}{P}$ افزایش می‌یابد. هم‌چنین در یک دبی ثابت، با افزایش ارتفاع سرریز از ۱۵ سانتی‌متر به ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر به‌دلیل افزایش سهم دبی درون‌گذر، نسبت $\frac{H_d}{P}$ به‌ترتیب به‌میزان ۳۲٪ و ۶۰٪ کاهش می‌یابد.

شکل ۲-ب تغییرات $\frac{H_d}{P}$ با تغییرات دانه‌بندی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود در دبی و ارتفاع ثابت سرریز با کاهش اندازه دانه‌بندی مصالح بدنه سرریز، از اندازه متوسط ۱۲ میلی‌متر به ۶ میلی‌متر، به‌دلیل کاهش دبی درون‌گذر و افزایش دبی روگذر نسبت $\frac{H_d}{P}$ به‌میزان ۱۰٪ افزایش می‌یابد. هم‌چنین این شکل افزایش $\frac{H_d}{P}$ با افزایش دبی را نیز نشان می‌دهد.

شکل ۲-ج تغییرات $\frac{H_d}{P}$ با تغییرات زاویه رأس سرریز را نشان می‌دهد. مطابق شکل ملاحظه می‌شود با افزایش زاویه رأس، در مقادیر ثابت دبی، ارتفاع سرریز و اندازه دانه‌بندی مصالح بدنه به‌دلیل کاهش طول مؤثر سرریز تراز آب بالای تاج سرریز افزایش می‌یابد. در بررسی تغییرات پروفیل جریان عبوری از روی سرریز، پروفیل طولی جریان روگذر در سرریز، تابع پارامترهای مختلفی است. در شکل ۳ تغییرات پروفیل طولی جریان عبوری از روی سرریز گابیونی در شرایط تغییر دبی جریان، تغییر دانه‌بندی مصالح بدنه سرریز، غییر زاویه رأس بدنه سرریز و شکل سرریز در پلان (دماغه رو به‌سمت بالادست و دماغه

و با حذف پارامترهای ثابت و کم اثر درنهایت خواهیم داشت (رابطه ۶):

$$\frac{Z_s}{D_s} = f(Fr, Fr_*, \frac{Y_u}{Y_d}, \theta) \quad (۶)$$

که در آن، Fr فرود جریان و Fr_* عدد فرود ذره است.

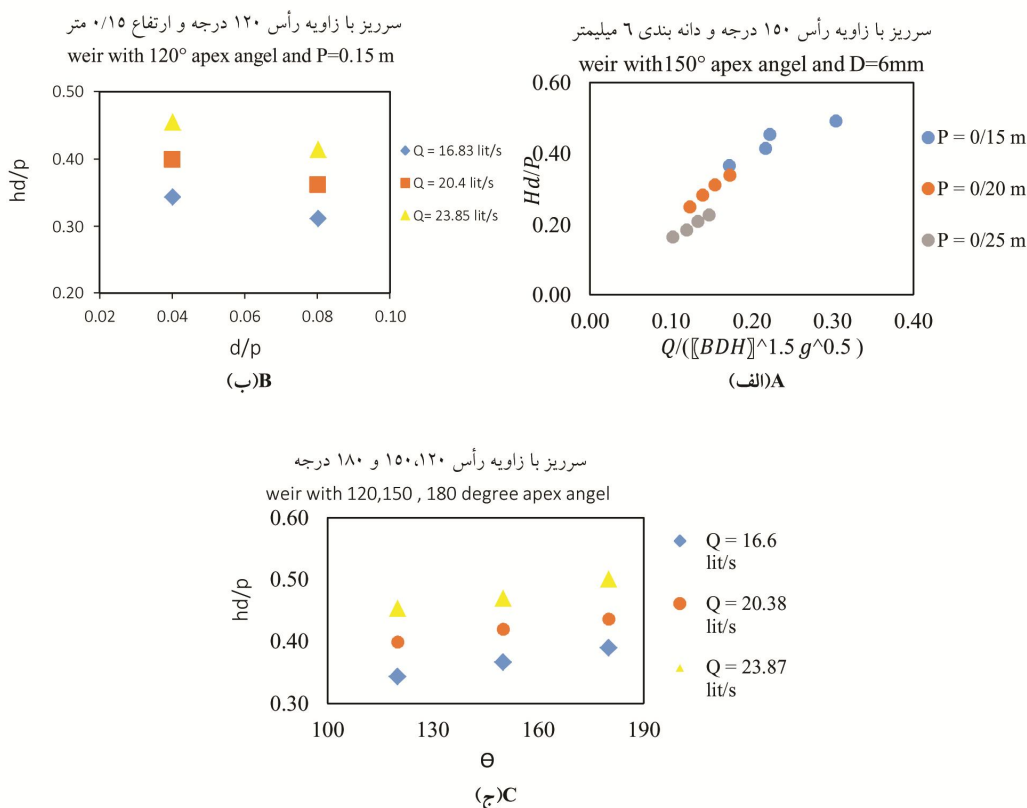
نتایج و بحث

همان‌طور که اشاره شد در این پژوهش ابتدا به بررسی رفتار هیدرولیکی در سرریزهای گابیونی با تغییر در شکل پلان، دانه‌بندی مصالح داخلی، زاویه رأس و دبی و سپس به بررسی آبستنگی پایین‌دست سرریز پرداخته شد. پس از انجام آزمایش‌های متعدد و با توجه به داده‌های به‌دست آمده در آزمایش‌ها، تجزیه و تحلیل نتایج و ترسیم آبستنگی به کمک نرم‌افزار Tecplot از سری آزمایش‌های انجام شده نتایج زیر به تفکیک ارائه می‌گردد.

به‌منظور بررسی تغییرات تراز آب بالادست سرریز، با استفاده از پارامترهای بدون بعد رابطه شماره ۳ تغییرات نسبت هد آب بالادست سرریز به ارتفاع سرریز $(\frac{H_d}{P})$ ، با تغییرات دبی Q ، زاویه θ و اندازه متوسط مصالح بدنه سرریز d بررسی می‌شود. در شکل ۲-الف تغییرات $\frac{H_d}{P}$ با تغییرات $\frac{Q}{BDH^{1.5}g^{0.5}}$ نمایش داده شده است. مطابق شکل در هر ارتفاع

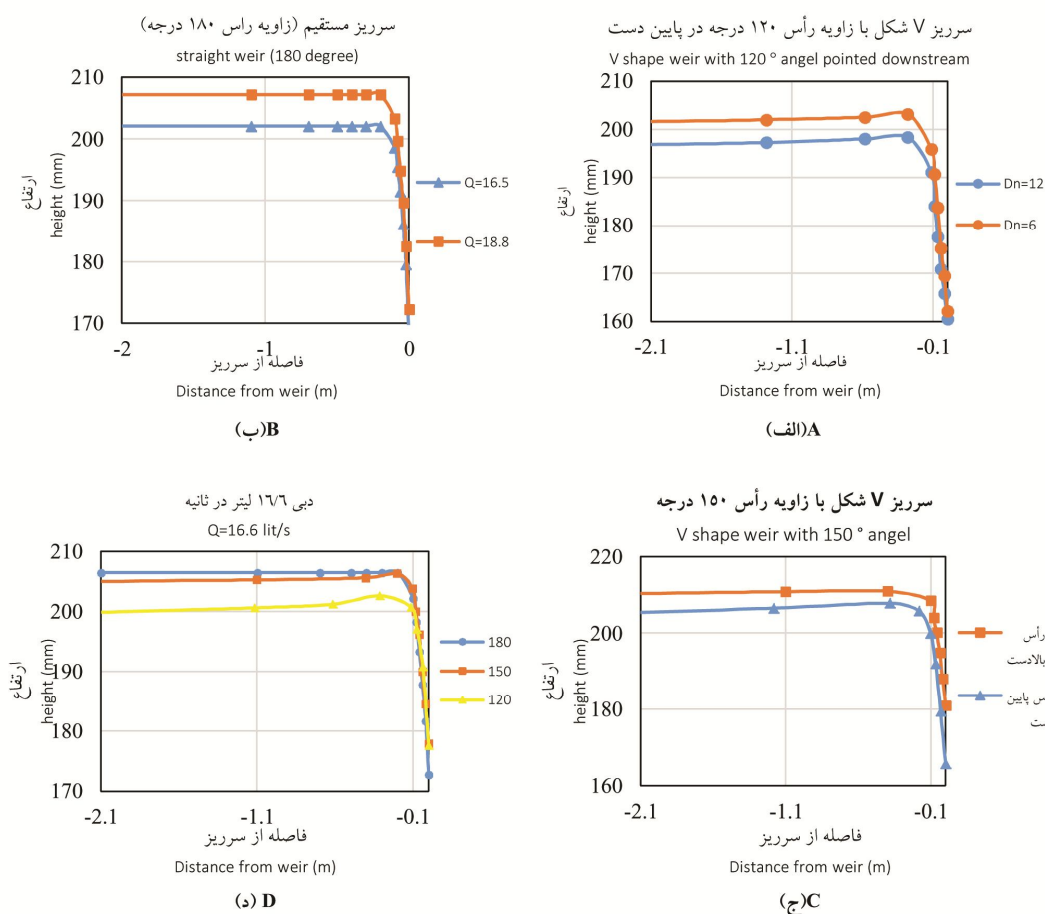
برای سرریز با زاویه رأس ۱۸۰ درجه با دانه‌بندی مصالح بدنه درشت‌دانه ترسیم گردیده است. با افزایش دبی، تراز آب بالادست از تراز ۲۰۲/۱۱ میلی‌متر به تراز ۲۰۷/۲۳ میلی‌متر افزایش می‌یابد. در شکل ۳-ج تأثیر شکل سازه در پلان (رأس در بالادست یا پایین‌دست) در جهت جریان بر پروفیل طولی و تراز سطح آب در زاویه رأس ۱۵۰ درجه و دبی ۱۶/۶ لیتر در ثانیه برای دانه‌بندی ریزدانه نشان داده شده است. از این شکل پیداست که پلان رأس در بالادست در مقایسه با پلان رأس در پایین‌دست آبگذری کم‌تری دارد و به دلیل فشرده کردن جریان در مرکز، سبب افزایش تراز سطح آب از ۲۰۵/۳۲ میلی‌متر به میزان ۲۱۰/۴۴ میلی‌متر در بالادست گردیده است.

رو به سمت پایین‌دست جریان) نشان داده شده است. در شکل ۳-الف تأثیر تغییر دانه‌بندی مصالح بدنه سرریز (سرریز V شکل با زاویه رأس ۱۲۰ درجه و شکل پلان، رأس به سمت پایین‌دست) بر تراز آب بالادست و پروفیل طولی نشان داده شده است. با کاهش قطر متوسط دانه‌های سنگی میزان جریان درون‌گذر کاهش یافته و تراز آب بالادست در دبی ثابت، از تراز ۱۹۶/۸۱ میلی‌متر در دانه‌بندی درشت‌دانه به تراز ۲۰۱/۵۵ میلی‌متر در دانه‌بندی ریزدانه، به میزان ۴/۷۴ میلی‌متر افزایش می‌یابد. این تغییر در تمامی حالت‌ها روند افزایشی دارد. همچنین در این حالت به دلیل فشرده‌گی جریان به سمت مرکز در وسط سرریز افزایش تراز روی سرریز مشاهده می‌گردد. در شکل ۳-ب تغییرات تراز آب بالادست در حالت تغییر دبی،



شکل ۲- تغییرات نسبت بدون بعد $\frac{H_d}{P}$ با: تغییر دبی جریان (الف)، تغییر اندازه متوسط مصالح بدنه (ب)، تغییر زاویه رأس (ج).

Figure 2. Variation of $\frac{H_d}{P}$ by: effect of discharge variation (A), effect of gabion material size (B), effect of apex angle variation (C).



شکل ۳- تغییرات پروفیل طولی جریان عبوری از سرریز گابیونی: تأثیر تغییر دانه‌بندی مصالح (الف)، تأثیر تغییر دبی جریان (ب)، تأثیر تغییر شکل در پلان (ج)، تأثیر تغییر زاویه رأس (د).

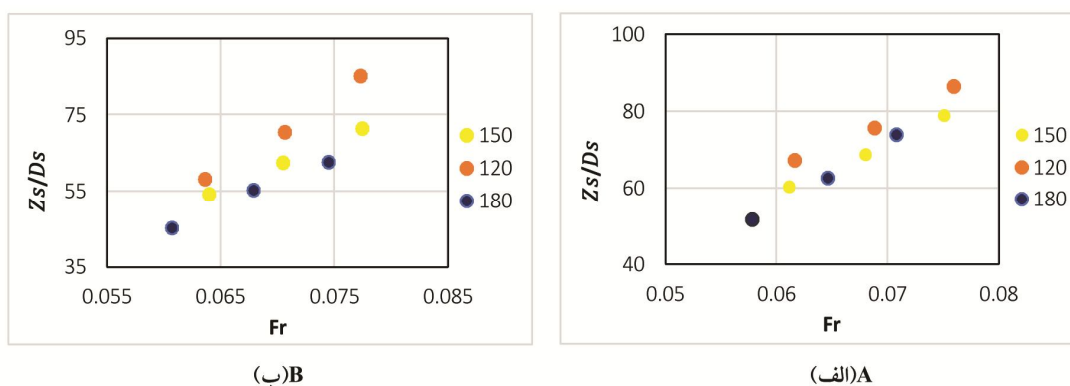
Figure 3. Variation of longitude profile of gabion weir: effect of gabion material size (A), effect of discharge variation (B), effect of weir plan (C) effect of apex angle variation (D).

رأس مختلف مورد استفاده قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شد این سرریزها در ۳ زاویه ۱۲۰، ۱۵۰، و ۱۸۰ درجه و ۲ دانه‌بندی مصالح درون سرریز به اندازه ۱۲ و ۶ میلی‌متر می‌باشند. در تمامی مدل‌ها ارتفاع سرریز ۱۵ سانتی‌متر است. براساس آنالیز ابعادی انجام‌شده برای بررسی آب‌شستگی (رابطه ۶) نسبت حداکثر عمق آب‌شستگی به اندازه متوسط ذرات رسوبی $(\frac{Z_s}{D_s})$ ، تابع عدد فرود جریان Fr ، عدد فرود ذره Fr_* ، نسبت عمق بالادست به پایین‌دست و زاویه رأس است. نتایج حاصل از پژوهش در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است.

شکل ۳-د تغییرات تراز سطح آب در بالادست ناشی از تغییر زاویه رأس، در ۳ زاویه رأس ۱۸۰، ۱۵۰ و ۱۲۰ درجه را نشان می‌دهد. در این حالت با کاهش زاویه رأس، طول مؤثر سرریز افزایش و با افزایش طول مؤثر سرریز، تراز آب بالادست در دبی ثابت ۱۶/۶ لیتر در ثانیه از میزان ۲۰۶/۴۹ میلی‌متر در زاویه رأس ۱۸۰ درجه به تراز ۲۰۵/۰۵ و ۱۹۹/۸۸ به ترتیب در زوایای رأس ۱۵۰ و ۱۲۰ درجه کاهش می‌یابد. در بررسی حداکثر عمق آب‌شستگی پایین‌دست سرریز گابیونی، به‌منظور بررسی تأثیر زاویه رأس، دانه‌بندی مصالح درون سرریز گابیونی و موقعیت قرارگیری دماغه نسبت به جریان، سرریزهایی با زاویه

مطابقت دارد (۱۹ و ۱۵). در دانه‌بندی ریزدانه به دلیل افزایش سهم جریان روگذر حداکثر عمق آب‌شستگی بیش‌تر است. در دانه‌بندی درشت‌دانه به دلیل تداخل جریان درون‌گذر و روگذر بخشی از انرژی جریان مستهلک‌شده و حداکثر عمق آب‌شستگی کاهش می‌یابد.

همان‌گونه که از شکل ۴ پیدا است در تمامی زوایا با افزایش عدد فرود جریان نسبت $\frac{Z_s}{D_s}$ به‌طور متوسط به میزان ۲۶ درصد و ۱۳ درصد به‌ترتیب در زوایای ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه افزایش پیدا می‌کند. این روند در هر دو دانه‌بندی روند یکسان دارد که این مطلب با پژوهش پاگلیرا و پالرمو (۲۰۱۳) و محمد (۲۰۱۰)



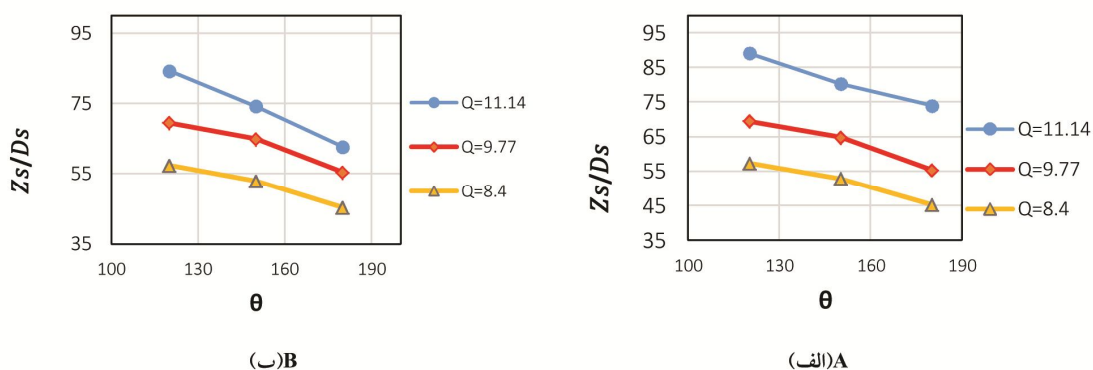
شکل ۴- تغییرات $\frac{Z_s}{D_s}$ در مقابل عدد فرود. Fr در سرریز با زاویه رأس ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه رو به پایین‌دست Dn=۶ mm (الف) و Dn=۱۲ mm (ب).

Figure 4. Variation of $\frac{Z_s}{D_s}$ against Fr number. Weir with apex angle 120, 150 and 180 degree pointed downstream, Dn = 6 mm (A) and Dn = 12 mm (B).

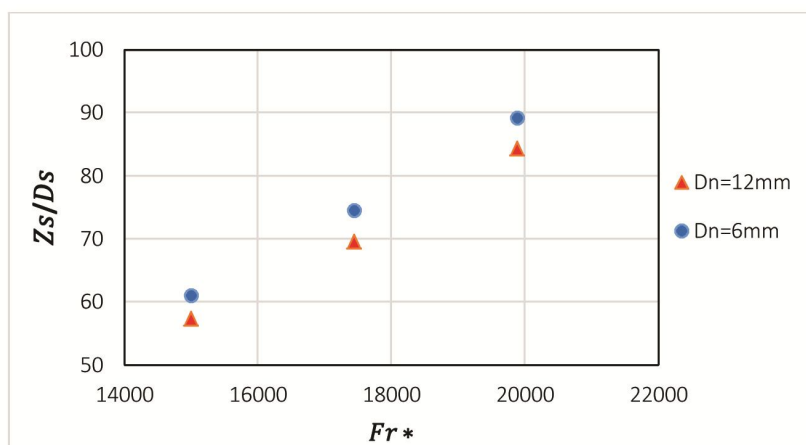
زاویه ۱۵۰ درجه ۸/۵ درصد بیش‌تر از زاویه ۱۸۰ درجه است. این روند افزایشی در هر دو دانه‌بندی مشابه است.

مطابق شکل ۶ با افزایش عدد فرود ذره میزان آب‌شستگی نیز افزایش می‌یابد. به‌نحوی که در عدد فرود ذره بالا در هر دو دانه‌بندی، حداکثر عمق آب‌شستگی به‌میزان ۴۵ درصد نسبت به عدد فرود ذره پایین افزایش داشته است. با تغییر محل قرارگیری دماغه در بالادست جریان یا پایین‌دست جریان موقعیت حفره آب‌شستگی تغییر می‌نماید که در شکل‌های ۷ و ۸ قابل‌مشاهده است.

شکل ۵ تغییرات نسبت حداکثر عمق آب‌شستگی به‌اندازه متوسط ذرات رسوبی $\frac{Z_s}{D_s}$ در مقایسه با تغییرات زاویه (θ) را در ۳ دبی و ۲ دانه‌بندی درشت‌دانه و ریزدانه نشان می‌دهد. با توجه به شکل به‌خوبی واضح است حداکثر عمق آب‌شستگی در یک دبی، دانه‌بندی و حالت قرارگیری سرریز، به دلیل فشردگی بیش‌تر جریان، در زاویه رأس ۱۲۰ درجه بیش‌تر از زاویه رأس ۱۵۰ درجه و بیش‌تر از زاویه رأس ۱۸۰ درجه است. به‌عنوان نمونه در دانه‌بندی ریزدانه و دبی ۱۱/۱۴ لیتر در ثانیه، حداکثر عمق آب‌شستگی در زاویه رأس ۱۲۰ درجه ۲۰ درصد و در



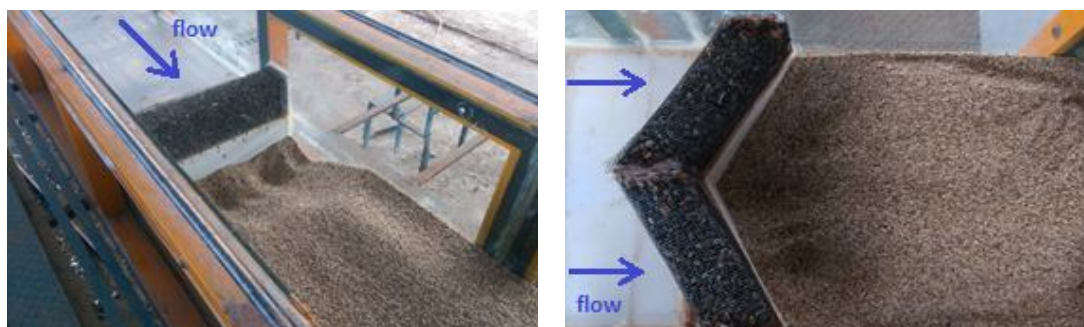
شکل ۵- تغییرات $\frac{Z_s}{D_s}$ ناشی از تغییر زاویه رأس سرریز در ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه، (الف) $D_n=6$ mm و (ب) $D_n=12$ mm.
 Figure 5. Variation of $\frac{Z_s}{D_s}$ against variation of weir apex angle. 120, 150 and 180 degree, $D_n = 6$ mm (A) and $D_n = 12$ mm (B).



شکل ۶- تغییرات $\frac{Z_s}{D_s}$ در مقابل عدد فرود Fr_* .
 Figure 6. Variation of $\frac{Z_s}{D_s}$ against Fr_* .

افزایش می‌یابد. این حالت در مسائل مهندسی رودخانه جهت محافظت از کناره‌ها می‌تواند مفید باشد. با قرار دادن رأس سرریز به سمت پایین دست مطابق شکل ۸-الف حداکثر عمق آب‌شستگی در کناره‌ها اتفاق می‌افتد.

در سرریز با تاج مستقیم آب‌شستگی در پایین دست به صورت تقریباً یکنواخت در عرض اتفاق می‌افتد. با قرار دادن دماغه سرریز به سمت بالادست شکل ۷-الف و ۸-ج حفره آب‌شستگی در مرکز کانال متمرکز می‌شود و نسبت به حالت مستقیم سرریز (شکل ۷-ب و ۸-ب) عمق آب‌شستگی

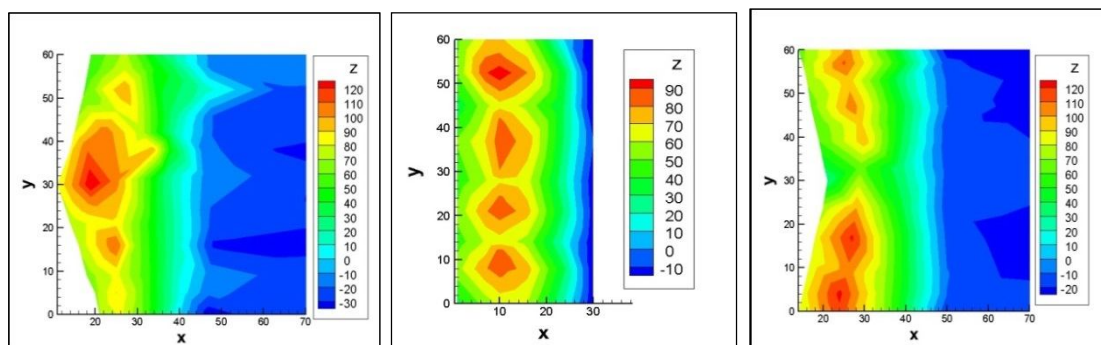


(ب) B

(الف) A

شکل ۷- آزمایش‌های آب‌شستگی: آب‌شستگی پایین‌دست سرریز گابیونی V شکل با زاویه رأس ۱۲۰ درجه به سمت بالادست (الف) و آب‌شستگی پایین‌دست سرریز گابیونی مستقیم (ب).

Figure 7. Scouring tests: scouring downstream of V shape gabion weir pointed upstream with 120 degree apex angel (A) and scouring downstream of straight gabion weir (B).



(ج) C

(ب) B

(الف) A

شکل ۸- تغییرات موقعیت آب‌شستگی با تغییر موقعیت رأس سرریز. سرریز با رأس در پایین‌دست (الف)، سرریز با تاج مستقیم (ب) و سرریز با رأس در بالادست (ج).

Figure 8. Variation of Scouring Position with change of weir apex position. Weir apex pointed downstream (A), straigh weir (B) and Weir apex pointed upstream (C).

نتیجه‌گیری کلی

عمق آب‌شستگی در زاویه رأس ۱۲۰ درجه بیشتر از زاویه ۱۵۰ درجه و بیش‌تر از زاویه رأس ۱۸۰ درجه است. با افزایش عدد فرود جریان و فرود ذره حداکثر عمق آب‌شستگی افزایش می‌یابد. در یک زاویه ثابت موقعیت قرارگیری رأس در بالادست و پایین‌دست نیز بر تراز آب بالادست، حداکثر عمق آب‌شستگی و نحوه آب‌شستگی تأثیرگذار است. در حالت مستقیم

نتایج نشان داد در تمامی زاویه‌های رأس با افزایش دبی تراز آب بالادست، حداکثر عمق آب‌شستگی افزایش و با کاهش اندازه مصالح بدنه سرریز، تراز آب بالادست و حداکثر عمق آب‌شستگی افزایش می‌یابد. هم‌چنین با کاهش زاویه رأس به دلیل افزایش طول سرریز تراز آب بالادست کاهش می‌یابد.

داده‌ها و اطلاعات

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش بخشی از داده‌های آزمایشگاهی رساله دکتری نویسنده اول می‌باشد که در آزمایشگاه آب و رسوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان جمع‌آوری گردیده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

آب‌شستگی به صورت نواری در پایین‌دست سرریز اتفاق می‌افتد. در حالت رأس در بالادست آب‌شستگی در مرکز کانال متمرکز می‌شود و در حالت رأس در پایین‌دست ۲ حفره آب‌شستگی در طرفین ایجاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به دلیل حمایت‌های بی‌دریغ جهت انجام این پژوهش تشکر می‌نمایند.

منابع

1. Azimi, A.H., Rajaratnam, N., and Zhu, D.Z. 2013. Discharge characteristics of weirs of finite crest length with upstream and downstream ramps. *J. Irrig. Drain. Eng.* 139: 1. 75-83.
2. Chanson, H. 2006. Discussion of "discharge through a permeable rubble mound weir" by Kohji Michioku, Shiro Maeno, Takaaki Furusawa and Masanori Haneda, *J. Hydraul. Eng.* 132: 4. 432-433.
3. Dehghani, A.A., Bashiri, H., Meshkati Shahmirzadi, M.E., and Ahadpour, A. 2009. Experimental investigation of scouring in downstream of combined flow over weirs and below gates. 4: 3578-3584. 33rd Iahr Conference. Canada.
4. Dey, S., and Sarkar, A. 2006. Scour downstream of an apron due to submerged horizontal jets. *J. Hydr. Engin.* 132: 3. 246-257.
5. Faruque, M.A.A., Sarathi, P., and Balachandar, R. 2006. Clear water local scour by submerged three dimension wall jets: effect of tail water depth. *J. Hydr. Engin.* 132: 6. 575-580.
6. Fathi Moghadam, M., Sardabi, M.T., and Rahmanshahi, M. 2018. Numerical simulation of the hydraulic performance of triangular and trapezoidal gabion weirs in free flow condition. *J. Flow Measure. Instrument.* 62: 93-104.
7. Kells, J.A. 1993. Spatially varied flow over rock fill embankments. *Can. J. Civ. Eng.* 20: 5. 820-827.
8. Kells, J.A. 1994. Reply on discussion of spatially varied flow over rock fill embankments. *Can. J. Civ. Eng.* 21: 1. 63-166.
9. Kells, J.A. 2001. Effect of grain size on local channel scour below a sluice gate. *Can. J. Civil Engin.* 28: 440-451.
10. Legrand, J. 2002. Revisited analysis of pressure drop in flow through crushed rocks. *J. Hydr. Engin. ASCE.* 128: 11. 1027-1034.
11. Leu, J.M., Chan, H.C., and Chu, M.S. 2008. Comparison of turbulent flow over solid and porous structures mounted on the bottom of a rectangular channel. *Flow Meas. Instrument.* 19: 6. 331-337.
12. Lim, S., and Yu, G. 2002. Scouring downstream of sluice gate. P 395-409. First International conference on scour of foundation. Texas Transportation Institute. Nov. 17 – 20. Texas A & M University. College Station. Texas. USA.
13. Madadi, M.R., Hosseinzadeh Dalir, A., and Farsadizadeh, D. 2014. Investigation of flow characteristics above trapezoidal broad-crested weirs. *Flow Meas. Instrument.* 38: 139-148.

14. Michioku, K., Maeno, S., Furusawa, T., and Haneda, M. 2005. Discharge through a permeable rubble mound weir. *J. Hydraul. Eng.* 131: 1. 1-10.
15. Mohamed, H.I. 2010. Flow over gabion weirs. *J. Irrig. Drain. Eng.* 136: 8. 573-577.
16. Mohammadzadeh-Habili, J., Heidarpour, M., and Haghiabi, A. 2016. Comparison the hydraulic characteristics of finite crest length weir with quarter-circular crested weir. *Flow Meas. Instrument.* 52: Supplement C. 77-82.
17. Moradi, M., and Fathi-Moghadam, M. 2019. Experimental investigation of Submerged Flow over Porous Embankment Weirs with Up and Downstream Slopes. *Irrigation Sciences and Engineering* (online) doi: 10.22055/jise.2018.20052.1432.
18. Nazari, S., and Gholami, R. 2014. Laboratory evaluation of Scour rate and energy dissipation in Gabion Stepped Weirs with considering the effect of Discharge and tail water depth. *J. Appl. Sci. Agric.* 9: 4. 1424-1439.
19. Pagliara, S., and Palermo, M. 2013. Rock Grade Control Structures and Stepped Gabion Weirs: Scour Analysis and Flow Features. *J. Acta Geophysic.* 61: 1. 126-150.
20. Pagliara, S., Palermo, M., Mahmoudi Kurdistania, S., and Sagvand Hassanabadia, L. 2015. Erosive and hydrodynamic processes downstream of low-head control structures. *J. Hydr. Res.* 3: 2. 122-131.
21. Peyras, L., Royet, P., and Degoutte, G. 1992. Flow and energy dissipation over stepped gabion weirs. *J. Hydraul. Eng.* 118: 5. 707-717.
22. Qian, J., Zhan, H., Zhao, W., and Sun, F. 2005. Experimental study of turbulent unconfined groundwater flow in a single fracture. *J. Hydrol.* 311: 1. 134-142.
23. Sargison, J., and Percy, A. 2009. Hydraulics of broad-crested weirs with varying side slopes. *J. Irrig. Drain. Eng.* 135: 1. 115-118.
24. Stephenson, D. 1979. Gabion energy dissipators. *Proc. 13th ICOLD Congress.* New Delhi, India. 50: 3. 33-43.
25. Tavakol-Sadrabadi, M., Fathi-Moghadam, M., and Mohammadpour R. 2018. Numerical Simulation of the over and through flow Discharge in Broad-Crested Gabion Weirs with side Slopes. *Amirkabir J. Civil Eng.* 50: 4. 191-194.
26. Wang, X.K., Hao, Z.Y., and Tan, S.K. 2010. Hydrodynamics of trapezoidal embankment weirs. *J. Hydrodyn. Ser. B* 22: 5. 386-390.
27. Zhang, G., and Chanson, H. 2016. Gabion Stepped Spillway: Interactions between Free-Surface, Cavity and Seepage Flows. *J. Hydr. Engin.* 142: 5. 601-611.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(4), 2020

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2020.16871.3222

Research Full Paper

Investigation of flow profile and downstream scouring of V shape gabion weir (in plan)

H. Nouri¹, *M. Meftah Halaghi², A.A. Deghani², A. Zahiri²
and H. Hassoni Zadeh³

¹Ph.D. Student of Water Structures, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, ²Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, ³Head of Studies Unit of Khuzestan Water and Power Authority, Ahvaz

Received: 07.07.2019; Accepted: 04.28.2020

Abstract

Background and Objectives: Weirs are the most important portion of hydraulic structures utilized for flow measurement, flood control in reservoirs as well as water level control in open channels. Alternatives such as gabion weirs are recently preferred because of their adaptation to nature and ecological requirements. In latter weirs, physical and chemical materials such as sediments and organic suspensions could pass through the pores to the downstream and reduce sedimentation behind the structure. Turbulence in the pore can also increase flow aeration and lead to the treatment of river water. One of the major obstacles of structures such as weirs, valves, and stilling basins located upstream of erodible beds is scouring by the structure which not only directly affects the structure stability, it might alter the flow characteristics and consequently makes changes in their design. This purpose of study was to investigate the flow profiles of V-shaped gabion weir with different apex angles and their downstream scour.

Materials and Methods: The experiments were carried out on a physical model of gabion weir with four vertex angles, three aggregates within the weir body, and two positions of the weir positioning upstream and downstream of the flow and four flow rates. Scour experiments were also conducted at three vertex angles, two grain sizes of weir body material, and two positions of locating vertices upstream and/or downstream of the flow and three discharges with erodible bed in a 12 m long, 0.6 m wide and 0.6 m height channel.

Results: The results indicated that thorough all vertex angles, upstream water level and maximum scour depth increased with increasing discharge and finer weir material grain size made both upstream water level and maximum scour depth arisen. Upstream water level also decreased by decreasing the vertex angle due to elongated weir length, the scouring was deeper at 120° vertex with respect to the scour depth at both 150° and 180° vertices. Scouring pattern is changed by weir apex location. Upstream weir apex induces one scouring hole at center of channel while downstream weir apex makes two holes in sides of channel.

Conclusion: Depending on the weir purpose, each of the mounting modes of gabion weir could be effective. Weir with finer grains is more useful if the objective is water supply with increasing in water levels. Weir with coarser material is helpful if the purpose is to control the flow energy. A V-shaped weir can be useful to control erosion on the sides. Due to its elongated weir length, V-shaped weir reduces the rate of fluctuation of water level versus discharge.

Keywords: Downstream scour, Gabion weir, Grading of body materials, Longitudinal profile

* Corresponding Author; Email: meftahhalaghi@gmail.com