

مطالعه آزمایشگاهی اثر سرریزهای مستغرق در پیچ آبراهه بر ضرایب مقاومت جریان

محمدحسین جوشن^۱، محمد همتی^{۲*}، مهدی قمشی^۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۰۸

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

^۲ استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

^۳ استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.hemmati@urmia.ac.ir

چکیده

سرریزهای مستغرق از جمله سازه‌هایی هستند که در دو دهه اخیر برای کنترل فرسایش ساحل در قوس آبراهه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سازه‌ها با زاویه‌ای مناسب نسبت به بالادست، در قوس خارجی جهت حفاظت ساحل احداث می‌گردند. تحقیق حاضر به بررسی تأثیر زاویه احداث و نسبت طول سرریزهای مستغرق در پیچ آبراهه بر ضریب افت اصطکاکی در یک کانال سینوسی شکل و در شرایط مختلف هیدرولیکی پرداخته است. سه زاویه 60° ، 75° ، 90° نسبت به بالادست، سه نسبت طول به عرض سطح آب برابر با $0/2$ ، $0/3$ ، $0/4$ و سه نسبت استغراق برابر با $2/8$ ، $2/6$ ، 3 به‌عنوان متغیرهای مورد استفاده تحقیق حاضر بودند. تمامی آزمایش‌ها در بستر زنده همراه با تزریق پیوسته رسوب انجام گرفت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ضرایب دارسی-ویسباخ (f) و مانینگ (n) با کاهش زاویه و نسبت طول و با افزایش نسبت استغراق، افزایش یافتند. در نتیجه احداث سرریزها، ضرایب f و n به ترتیب ۹۰ درصد و ۲۰ درصد افزایش و ضریب C ، ۲۷ درصد کاهش یافتند.

واژه‌های کلیدی: بستر زنده، تزریق رسوب، سرریزهای مستغرق در پیچ آبراهه، ضرایب مقاومت جریان، مطالعه آزمایشگاهی

Experimental Study of the Submerged Bendway Weirs Effect on Flow Resistance Coefficients

MH Joshan¹, M Hemmati*², M Ghomeshi³

Received: 28 August 2013 Accepted: 28 April 2015

¹MSc Graduate, Water Structures, Islamic Azad Univ.- Shoushtar Branch, Shoushtar, Iran

²- Assist. Prof., Water Eng. Dept., Faculty of Agric., Urmia Univ., Urmia, Iran

³- Prof., Water Str. Dept., Faculty of Water Sci. Eng., Univ. of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran

* Corresponding Author, Email: mhemmati1982@yahoo.com

Abstract

During the past two decades, bendway weirs have been used as erosion control structures in river bends. These structures are constructed for erosion control at the outer bank with suitable upstream angle. This research investigates the effect of the angle and length ratio of weirs on the resistance coefficients of the flow (f , n) in a sinusoidal channel and in different hydraulic conditions. Three angles (60° , 75° and 90°), three length ratios (0.2, 0.3 and 0.4) and three submergence ratios (2.6, 2.8 and 3) were used as variables. All experiments were performed in alive bed condition with a continuous sediment injection. The results showed that the Darcy-Weisbach's f and Manning's n coefficients decreased with increasing of the angle and length ratio. Flow resistance coefficients " f " and " n " increased 90% and 20%, respectively and " C " coefficient decreased 27% due to weirs construction.

Keywords: Experimental study, Flow friction factors, Live bed, Sediment injection, Submerged bendway weirs

مقدمه

معلوم نبوده (مگر در مواردی که جریان رودخانه بسیار کم گردد) و جریان از روی آن‌ها عبور می‌کند. این سازه‌ها باعث کاهش سرعت در نزدیک ساحل، کاهش شدت جریان در قوس خارجی، بهبود زیستگاه آبزیان، بهبود شرایط کشتیرانی، رسوب‌گذاری در قوس خارجی (حفاظت قوس خارجی) و کاهش رسوب‌گذاری در قوس داخلی و ... می‌گردند (همتی و همکاران ۲۰۱۲).

احداث هر گونه سازه حفاظتی از جمله سرریزهای مستغرق باعث افزایش ضرایب مقاومت جریان خواهد شد که برای تعیین این ضرایب از روابط

سرریزهای مستغرق، سازه‌های سنگی با ارتفاع کوتاه هستند که کاملاً مستغرق بوده و در قسمت بیرونی قوس‌های رودخانه‌ای احداث می‌گردند. جریان عبوری از قسمت بالایی سرریز، به‌صورت عمود بر موقعیت سرریز و به‌طرف قوس داخلی تغییر جهت می‌دهد (آل یاسین ۱۳۷۹). این سازه‌ها از نظر سیما شبیه سازه‌های سنگی آبشکن هستند اما تفاوت کارکردی معنی‌داری با هم دارند. آبشکن‌ها از بالای سطح آب معلوم بوده و جریان رودخانه سازه را دور می‌زند اما سرریزهای مستغرق در حالت طبیعی از بالای سطح آب

سازه آخری و زاویه 60° و نسبت طول 0.4 بیشترین تأثیر را در فرسایش تپه رسوبی در قوس داخلی ایجاد نمودند. همتی و همکاران (۱۳۹۱) اظهار داشتند تأثیر زاویه‌های 60° و 75° در رسوب‌گذاری بین سرریزها و در نتیجه آن حفاظت از قوس خارجی بهتر از 90° بوده و استفاده از زاویه 90° را برای احداث سرریزهای مستغرق در پیچان‌رود توصیه نکردند. نایاک و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که با افزایش نسبت عمق آب به عرض آبراهه مؤاندری و همچنین با افزایش شیب بستر آبراهه، ضرایب مانینگ و دارسی-ویسباخ افزایش یافتند و برعکس ضریب شزی کاهش یافت. احداث سرریزهای مستغرق باعث افزایش قابل توجه تراز آب نمی‌گردد و با افزایش طول سرریزهای مستغرق، نسبت شیب پروفیل عرضی سطح آب کاهش و ابعاد طولی و عرضی چاله فرسایشی زیاد می‌گردند (همتی و همکاران ۱۳۹۲). آذین‌فر (۲۰۱۰) به بررسی مقاومت جریان و افزایش تراز آب به علت وجود آبشکن در مجاری باز پرداخت. نتایج ایشان نشان داد که افزایش تنگ‌شدگی عرض مقطع آبراهه در اثر احداث آبشکن یکی از مهم‌ترین پارامترها در افزایش ضریب پسای^۱ آبشکن هست که نتیجه آن افزایش تراز آب و مقاومت جریان هست. کینزلی و تورونتون (۲۰۱۰) چهار معادله را جهت پیش‌بینی سرعت جریان در اطراف سرریزهای مستغرق ارائه دادند. آباد و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از مدل ریاضی CCHE3D به بررسی ساختار جریان در شرایط مختلف در یک قوس مؤاندری با وجود سرریزهای مستغرق پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که همبستگی خوبی بین داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه‌شده سرعت و انرژی جریان متلاطم وجود دارد. همچنین مدل آن‌ها دقت کمی در پیش‌بینی سرعت و انرژی جنبشی جریان متلاطم موجود در لایه برشی که بلافاصله در پایین‌دست نوک سرریز ایجاد می‌شود، دارد.

بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که اولاً مطالعات اندکی در زمینه سرریزهای مستغرق در پیچ

مختلفی که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌گردد استفاده می‌شود.

$$V = \frac{k_n}{n} R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \quad [1] \quad \text{رابطه مانینگ}$$

$$V = C \sqrt{RS_f} \quad [2] \quad \text{رابطه شزی}$$

$$V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{RS_f} \quad [3] \quad \text{رابطه دارسی-ویسباخ}$$

که در آن‌ها V سرعت متوسط جریان، k_n ضریب ثابت (مقدار آن در سیستم متریک و انگلیسی به ترتیب برابر با ۱ و $1/486$ هست)، R شعاع هیدرولیکی، S_f شیب خط انرژی، n ضریب زبری مانینگ، C ضریب زبری شزی و f ضریب زبری دارسی ویسباخ می‌باشند. ضرایب مقاومت جریان در روابط ۱ تا ۳ به صورت زیر با هم ارتباط دارند:

$$\sqrt{\frac{f}{g}} = \frac{n\sqrt{g}}{R^{\frac{1}{6}}k_n} = \frac{\sqrt{g}}{C} = \frac{\sqrt{gRS_f}}{V} \quad [4]$$

بنابراین با دانستن مقدار یکی از ضرایب زبری، می‌توان مقدار ضرایب دیگر را نیز تعیین نمود (به نقل از بهرامی یاراحمدی و شفافی بجزستان ۱۳۹۰). از جمله مطالعاتی که اخیراً در زمینه سرریزهای مستغرق و ضرایب مقاومت جریان صورت گرفته است می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

بهرامی یاراحمدی و شفافی بجزستان (۱۳۹۰) به بررسی اثر شکل ذرات رسوبی بستر رودخانه بر ضریب زبری پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که با بزرگ‌تر شدن اندازه رسوبات بستر، مقادیر ضریب اصطکاکی (f) رسوبات با شکل‌های مختلف به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند و اثر شکل ذرات رسوبی بر روی ضریب زبری در اندازه‌های کوچک‌تر نمایان‌تر و قابل توجه‌تر است. همتی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تأثیر طول و زاویه سرریزهای مستغرق بر عمق آبشستگی و رسوب‌گذاری در یک رودخانه مؤاندری پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که زاویه 75° و نسبت طول 0.3 بیشترین تأثیر را در عمق آبشستگی در دماغه

¹ Drag coefficient

در شرایط بستر زنده همراه با تزریق پیوسته رسوب انجام گرفت. مدت زمان انجام آزمایشها با توجه به دبی جریان بین ۶ تا ۱۸ ساعت متغیر بود. پس از اتمام هر آزمایش، داده‌های برداشت‌شده در نرم‌افزار اکسل وارد گردید. سپس با استفاده از معادله انرژی که در ذیل آمده است، مقدار افت انرژی محاسبه شد:

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H_L \quad [5]$$

پس از محاسبه افت انرژی از معادله فوق، شیب خط انرژی از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$S_f = \frac{H_L}{L} \quad [6]$$

که در آن S_f شیب خط انرژی، H_L افت انرژی و L فاصله بین دو مقطع اندازه‌گیری شده (مقاطع F و I) می‌باشند.

با محاسبه S_f و جایگذاری آن در معادله ۱، مقدار ضریب زبری مانینگ محاسبه گردید. با محاسبه ضریب زبری مانینگ، سایر ضرایب مقاومت جریان از رابطه ۴ محاسبه گردیدند که نتایج آن در بخش بعدی آورده شده است. جدول ۱ پارامترها و حدود تغییرات آنها را در تحقیق حاضر نشان می‌دهد. پلان مدل فیزیکی مورد استفاده و مشخصات مربوط به سرریزهای مستغرق در قوس آبراهه به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

آبراهه صورت گرفته است و ثانیاً مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر احداث چنین سازه‌هایی بر ضرایب مقاومت جریان پرداخته باشد، صورت نگرفته است. لذا تحقیق حاضر در نظر دارد با انجام یکسری آزمایش‌های آزمایشگاهی به بررسی تغییرات ضرایب مقاومت جریان در اثر احداث سرریزهای مستغرق بپردازد.

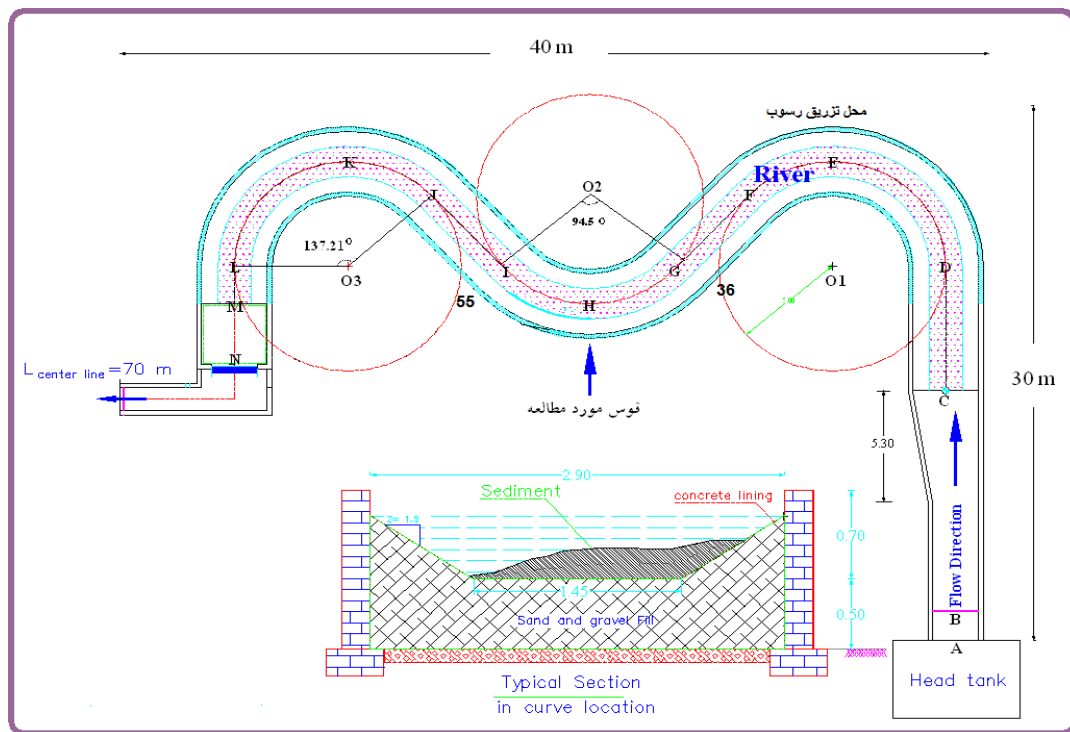
مواد و روشها

این مدل در فضائی به مساحت ۱۲۰۰ متر مربع در سالن مهندسی رودخانه موسسه تحقیقات آب، مطابق شکل ۱، اجرا گردیده است. در ابتدای کانال، جریان توسط یک سرریز مستطیلی لبه تیز به عرض ۲ متر اندازه‌گیری می‌شود. مقطع کانال نوزنقه‌ای با شیب ۱:۱/۵، طول مستقیم مئاندر ۲۱/۳۳ متر، طول مئاندر ۲۷/۳۱ متر، عرض مئاندر ۹/۷ متر، نسبت شعاع مرکزی قوس به عرض سطح آب در حدود ۲ هست. زاویه مرکزی قوس مورد مطالعه $94/5^\circ$ هست.

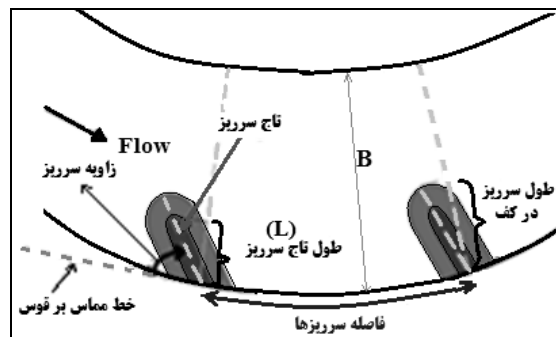
در این تحقیق ابتدا سازه‌ها با مشخصات مربوطه احداث گردیدند و سپس رسوبات با ضخامت ۳۵ سانتی‌متری در کف کانال گسترانده شدند. برای اطمینان از به تعادل رسیدن بستر، از سه اندازه‌گیری نقطه‌ای در مقاطع H، F و I برای کنترل شیب سطح آب استفاده گردید؛ زیرا ثابت ماندن شیب سطح آب به‌منزله به تعادل رسیدن بستر هست. لذا بعد از به تعادل رسیدن بستر آبراهه، اطلاعات هیدرولیکی برداشت می‌شد و دبی جریان قطع و بعد از زهکشی شدن آب، مقطع تغییر شکل یافته بستر با استفاده از متر لیزری با دقت ۰/۱ میلی‌متر برداشت و ثبت می‌گردید. تمامی آزمایشها

جدول ۱- پارامترها و دامنه تغییرات آنها در تحقیق حاضر.

پارامتر	دامنه تغییرات
زاویه احداثی سرریزها (α)	$60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$
نسبت طول سرریز به عرض سطح آب در دبی طراحی (L/B)	۰/۲، ۰/۳، ۰/۴
نسبت شعاع هیدرولیکی به ارتفاع سازه (R/H _w)	۲/۶، ۲/۸، ۳



شکل ۱- پلان و مقطع مدل پیچان رود.



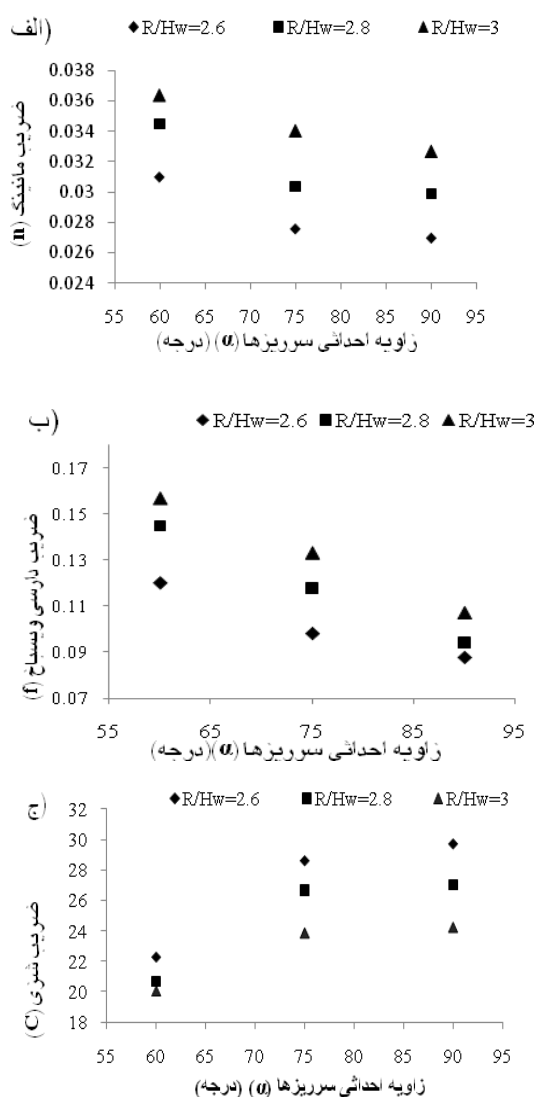
شکل ۲- مشخصات سرریزهای مستغرق (همتی و همکاران ۱۳۹۱).

شکل ۳- ب که مربوط به ضریب زبری مانینگ هست نیز مشاهده می‌گردد. اما از آنجاکه ضریب شزی (C) رابطه عکس با ضریب زبری دارد، با افزایش زاویه احداثی، مقدار ضریب شزی برعکس مقادیر دو ضریب دیگر، حالت افزایشی پیدا می‌کند (شکل ۳- ج). در تحقیق حاضر، از طول عمود بر شعاع قوس استفاده شده است؛ لذا طول واقعی سرریزها در یک نسبت طول ثابت، در زاویه‌های مختلف متفاوت خواهد بود. به عبارت دیگر طول واقعی سرریزها در زاویه 60° ، به ترتیب ۱۱ و ۱۵

نتایج و بحث

بررسی تأثیر زاویه سرریزهای مستغرق بر ضرایب مقاومت جریان

برای بررسی تأثیر زاویه احداثی سرریزهای مستغرق بر روی ضرایب مقاومت جریان از سه زاویه 60° ، 75° و 90° استفاده گردید که نتایج آن در شکل ۳ ارائه شده است. شکل ۳- الف نشان می‌دهد که در تمامی نسبت‌های (R/H_w) ، با افزایش زاویه احداثی سرریزها، ضریب دارسی- ویسباخ کاهش می‌یابد. این روند در



شکل ۳- تأثیر زاویه احداثی سرریزهای مستغرق بر: الف) ضریب اصطکاکی دارسی - ویسباخ ($L/B=0.4$)، ب) ضریب زبری مانینگ ($L/B=0.3$) و ج) ضریب شزی ($L/B=0.3$).

زیرا با افزایش نسبت استغراق منطقه جداشدگی جریان در اطراف سازه‌ها بیشتر می‌شود و در نتیجه، نیروهای پسای فشاری و اصطکاکی بیشتر می‌شوند. علاوه بر آن، اختلاف فشار جلو و عقب سازه برای سرریزهای با طول بیشتر (زاویه کم) به دلیل زیاد بودن وسعت منطقه جداشدگی جریان بیشتر از سرریزهای با طول کوتاه (زاویه بیشتر) هست. در بیشترین حالت ممکن مقادیر ضرایب f و n در نسبت استغراق ۰.۳، به ترتیب ۳۵٪ و ۱۸٪ بیشتر از مقادیر آن در نسبت

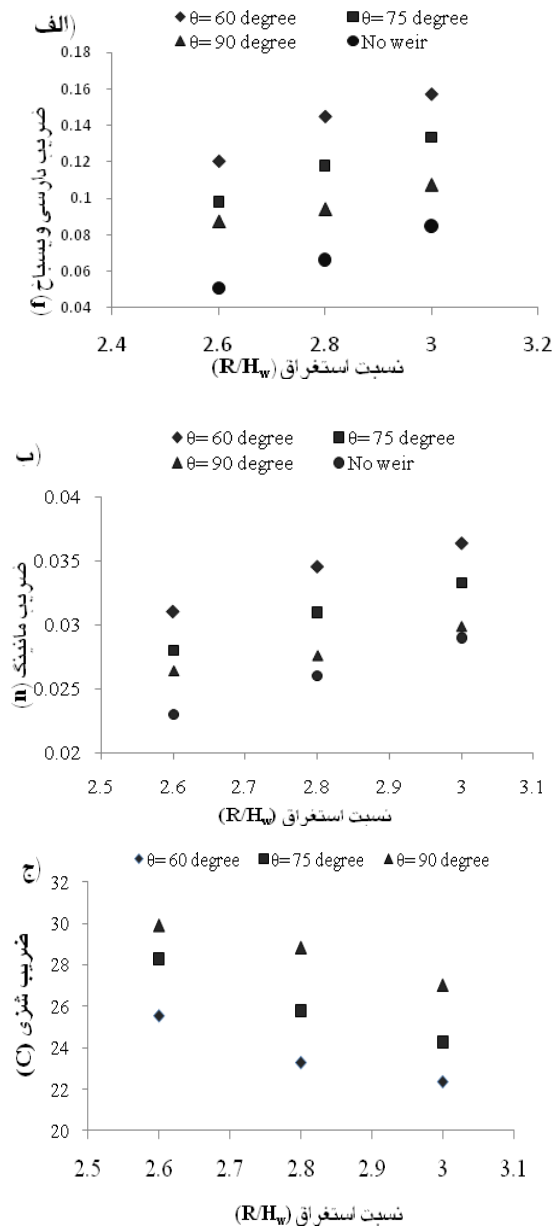
درصد بیشتر از طول آن‌ها در زاویه‌های 75° و 90° هست و همین امر (زیاد بودن طول سازه‌ها) باعث افت بیشتر انرژی جریان می‌شود. در طول یک بستر زبر در جهت جریان هم نیروی پسای اصطکاکی و هم نیروی پسای فشاری از سیال بر بستر و دیواره‌ها اثر می‌کنند. با شرایط هیدرولیکی یکسان، هر چقدر اندازه زاویه احداثی کم باشد و یا به عبارتی طول سازه‌ها بیشتر باشد به دلیل اینکه سطحی از سازه که در مقابل جریان قرار می‌گیرد بزرگتر می‌شود، پس نیروی پسای فشاری بیشتر می‌شود. از طرفی، نیروی پسای اصطکاکی با افزایش طول سرریز، زیاد می‌شود و در نتیجه، کل پسای وارده بر سازه، دیواره و بستر کانال بیشتر می‌شود که این امر سبب افزایش افت جریان می‌شود. به همین دلیل است که با کاهش زاویه احداثی و یا افزایش طول سرریزها، ضرایب مانینگ و دارسی - ویسباخ زیاد و ضریب شزی کاهش می‌یابند. به طور نمونه می‌توان گفت که بیشترین میزان ضریب f در زاویه 60° در نسبت طول برابر با 0.3 ، $1/7$ برابر آن در زاویه 90° هست. لذا می‌توان گفت که تأثیر زاویه احداثی سازه‌ها بر مقدار ضرایب مقاومت جریان قابل توجه هست.

بررسی تأثیر نسبت استغراق بر ضرایب

مقاومت جریان

به منظور بررسی تأثیر شعاع هیدرولیکی بر ضرایب مقاومت جریان، نمودارهای R/H_w در مقابل ضرایب f و n به ازای زاویه‌های مختلف احداثی سرریزها و حالت بدون سازه در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که شکل‌های ۴-الف و ۴-ب نشان می‌دهند با افزایش نسبت استغراق (R/H_w)، مقدار ضرایب مانینگ و دارسی - ویسباخ بیشتر می‌گردند یعنی اثر وجود چنین سازه‌هایی بر روی ضرایب مقاومت جریان، در نسبت‌های استغراق بالا بیشتر از شرایط جریان کم هست.

معنی‌داری بر افت جریان و افزایش ضرایب مقاومت جریان f و n دارد.



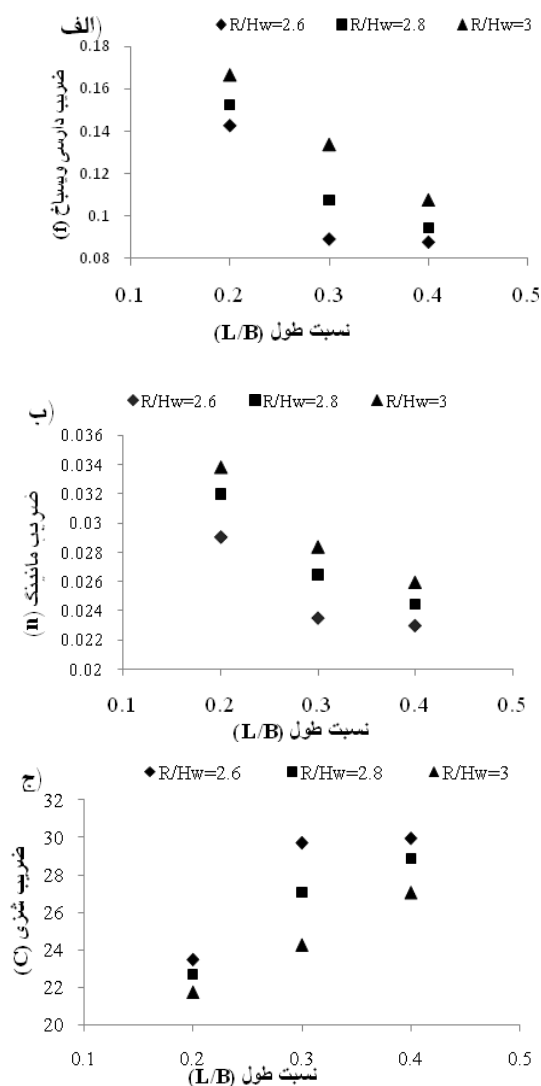
شکل ۴- تأثیر نسبت استغراق R/H_w بر: الف) ضریب اصطکاکی ($L/B=0.4$)، ب) ضریب زبری ($L/B=0.4$) و ج) ضریب شزی ($L/B=0.4$).

همچنین ضریب زبری شزی نیز با افزایش نسبت طول سازه‌ها افزایش می‌یابد که در شکل ۵- ج نشان داده شده است. در نسبت طول 0.2 و نسبت استغراق 0.3 ، مقادیر f و n به ترتیب 63% و 34% بیشتر از مقادیر

استغراق $2/6$ می‌باشند. همین مقادیر در حالت بدون سازه به ترتیب برابر با 70% و 26% می‌باشند. لذا مقایسه این ارقام نشان‌دهنده این است که شیب تغییرات ضرایب مقاومت جریان (f و n) در مقابل نسبت استغراق در حالت بدون سازه نسبت به حالت با وجود سرریزهای مستغرق بیشتر است. علاوه بر آن شکل ۴- ج نشان‌دهنده کاهش مقدار ضریب شزی با افزایش نسبت استغراق است که همین امر نیز دال بر افزایش مقاومت جریان است. همچنین همان‌طور که در شکل‌های مذکور قابل مشاهده است ضرایب اصطکاکی و مانینگ در حالت با وجود سازه بیشتر از حالت بدون سازه می‌باشند؛ به‌طور نمونه، مقدار ضریب f در نسبت استغراق $2/6$ و حالتی که زاویه احداثی سرریزها 60° است در حدود 3 برابر آن در حالت بدون سازه است.

بررسی تأثیر نسبت طول سرریزهای مستغرق بر ضرایب مقاومت جریان

شکل‌های ۵- الف الی ۵- ج نتایج مرتبط با تأثیر نسبت طول بر ضرایب مقاومت جریان را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که با توجه به ثابت بودن فاصله سازه‌ها در تحقیق حاضر با کاهش طول سازه‌ها بر تعداد آن‌ها افزوده شده است؛ به‌طوری‌که تعداد سازه‌ها در نسبت‌های طول 0.2 ، 0.3 و 0.4 به ترتیب برابر با 5 ، 4 و 3 عدد سازه می‌باشند. لذا به دلیل بیشتر بودن تعداد سازه‌ها و سطحی از سازه که در مقابل جریان قرار می‌گیرد، نیروهای پسای اصطکاکی و فشاری بیشتر شده و در نتیجه افت جریان بیشتر می‌شود و به همین دلیل تأثیر نسبت طول 0.2 که در آن تعداد 5 عدد سازه در قوس احداث شده بود، بر روی ضرایب f و n در تمامی نسبت‌های استغراق بیشتر از نسبت طول 0.3 (۴ عدد سرریز) و آن‌هم بیشتر از نسبت طول 0.4 (۳ عدد سرریز) است (شکل‌های ۵- الف و ب). با اینکه به نظر می‌رسد با افزایش طول سازه‌ها ضرایب مقاومت جریان افزایش یابد اما تعداد سازه‌ها و یا به عبارتی افزایش سطح اشغال شده کانال توسط سازه‌ها، باعث شده است تا این روند نتیجه عکس داشته باشد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که تعداد سازه‌های احداثی در قوس، تأثیر



شکل ۵ - تأثیر نسبت طول با زاویه احداثی ۹۰ درجه بر: (الف) ضریب اصطکاکی، (ب) ضریب زبری و (ج) ضریب شزی.

به منظور بررسی دقت رابطه فوق مقادیر افت اصطکاکی اندازه گیری شده و مقادیر برآورد شده با رابطه فوق در مقابل هم ترسیم گردیدند (شکل-۷). همان گونه که در این شکل نشان داده شده است تقریباً بیشتر نقاط بر روی خط با شیب ۴۵ درجه قرار دارند که نشان دهنده دقت رابطه ۷ در پیش بینی افت اصطکاکی در اثر احداث سرریزهای مستغرق و برای حالت بدون سازه هست.

آن در نسبت طول ۰/۴ می باشند در حالی که مقدار C، در نسبت طول ۰/۲، ۲۴٪ کمتر از مقدار آن در نسبت طول ۰/۴ هست.

مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج محققان دیگر برای اینکه بتوان نتایج تحقیق حاضر را با مطالعات دیگران مقایسه کرد از ضریب زبری مانینگ (n) استفاده گردید. شکل های ۶- الف و ۶- ب به ترتیب مربوط به نتایج تحقیق حاضر و تحقیق کینزلی (۲۰۰۵) می باشند. همان طور که در این شکل ها ملاحظه می گردد با افزایش نسبت طول، مقدار ضریب مانینگ کاهش می یابد. با وجود آنکه نسبت های طول انتخابی در دو تحقیق مذکور متفاوت می باشند؛ اما روند کاهش مقدار ضریب مانینگ در هر دو شکل کاملاً مشهود هست. در شکل ۶- ب واحد دبی جریان بر حسب، فوت مکعب بر ثانیه (cfs) هست.

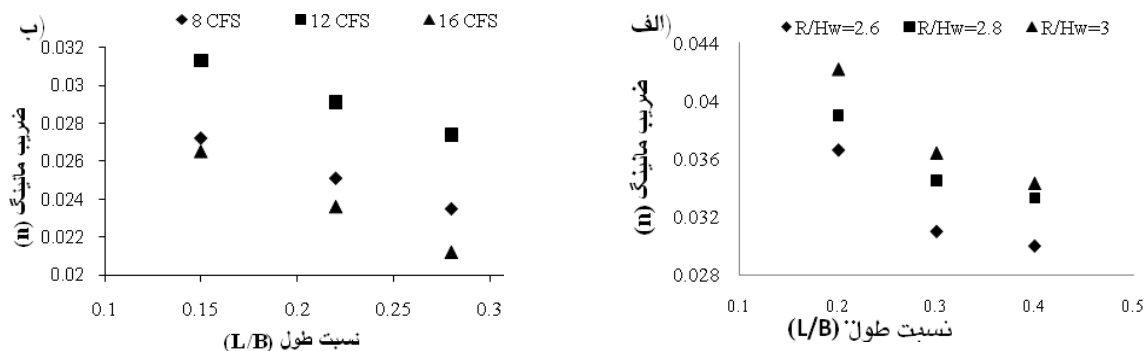
استخراج رابطه پیش بینی ضریب اصطکاکی (f)

برای دستیابی به رابطه ای که با در نظر گرفتن تأثیر متقابل پارامترهای مؤثر، ضریب اصطکاکی را پیش بینی نماید از نتایج کلی ۲۷ آزمایش انجام شده استفاده گردید. داده های به دست آمده با روش رگرسیون گیری چند متغیره توسط نرم افزار SPSS-۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نهایتاً پس از تحلیل های مختلف رابطه زیر که بیشترین ضریب همبستگی را نشان داد، استخراج گردید:

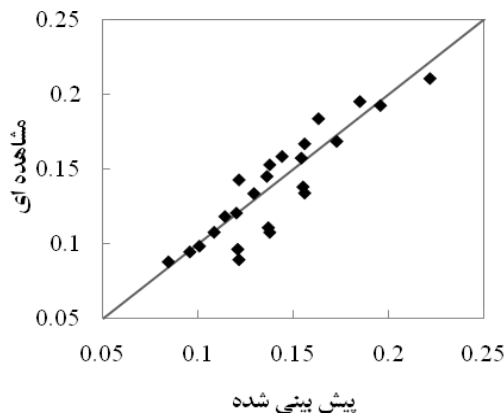
$$f = \exp[-0.0117(\frac{\alpha}{90}) - 1.81(\frac{L}{B}) + 0.622(\frac{R}{H_w}) - 2.31] \quad [V]$$

$$R^2 = 0.788$$

که در آن α زاویه احداثی سرریزها بر حسب درجه، L طول تصویر شده تاج سرریز، B عرض سطح آب در دبی طراحی، R شعاع هیدرولیکی و H_w ارتفاع سرریز می باشند. لازم به ذکر هست که فرمول ارائه شده در محدوده داده های آزمایشگاهی این پژوهش معتبر هست.



شکل ۶- تأثیر نسبت طول بر ضریب مانینگ ($\alpha=60^\circ$) (الف) مطالعه حاضر و (ب) مطالعه کینزلی (۲۰۰۵).



شکل ۷- مقادیر ضریب اصطکاکی اندازه‌گیری شده و مقادیر پیش‌بینی‌شده با رابطه ۷.

نتیجه‌گیری کلی

- به‌طور متوسط احداث سرریزها باعث افزایش ۹۰٪ و ۲۰٪ به‌ترتیب برای ضرایب f و n و کاهش ۲۷٪ برای ضریب C نسبت به حالت بدون سازه گردیدند.

- با افزایش نسبت طول سازه‌ها به‌دلیل کاهش تعداد سازه‌ها، مقادیر ضرایب f و n کاهش و ضریب شزی افزایش یافت.

- افزایش نسبت استغراق باعث افزایش ضرایب f و n و کاهش ضریب C گردید.

در مطالعه حاضر به بررسی آزمایشگاهی تأثیر زاویه احداثی، نسبت طول و نسبت استغراق سرریزهای مستغرق بر ضرایب مقاومت جریان پرداخته شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که:

-افزایش زاویه احداثی باعث کاهش ضرایب f و n و افزایش ضریب C گردید؛ به‌طوری‌که مقدار ضریب f در زاویه 60° ، ۷۰٪ بیشتر از مقدار آن در زاویه 90° هست.

منابع مورد استفاده

آل یاسین، ۱۳۷۹. کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون. نشریه شماره ۳۳ وزارت نیرو- کمیته ملی سدهای بزرگ ایران- ۵۹۱ صفحه.

بهرامی یاراحمدی م و شفافی بجمستان م، ۱۳۹۰. بررسی آزمایشگاهی اثر شکل ذرات رسوبی بستر بر ضریب زبری مانینگ. نشریه آب‌و خاک، جلد ۲۵، شماره ۱، صفحه‌های ۵۱ تا ۶۰.

همتی م، قمشی م و کاشفی پور س م، ۱۳۹۱. بررسی آزمایشگاهی تأثیر زاویه سرریزهای مستغرق بر الگوی رسوب و فرسایش در پیچان رود. تحقیقات منابع آب ایران، جلد ۲۵، شماره ۳، صفحه‌های ۶۶ تا ۷۶.

همتی م، کاشفی پور س م و قمشی م، ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی تأثیر طول سرریزهای مستغرق بر الگوی رسوب و تراز آب در پیچان رود. نشریه مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تبریز، جلد ۴۳، شماره ۱، صفحه‌های ۵۰ تا ۶۰.

Abad JD, Rhoads BL, Guneralp I and Gorka MH, 2008. Flow structure at difference stages in a meander-bend with Bendway weir. *Journal of Hydraulic Engineering ASCE*. 22(1):21-25.

Azinfar H, 2010. Flow resistance and associated backwater effect due to spur dikes in open channels. PhD Thesis, Department of Civil and Geological Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon.

Hemmati M, Ghomeshi M, Kashefipour SM, Shafai-Bejestan M and Lanzoni S, 2012. Experimental investigation of the effects of angle and length of bendway weirs on scouring and sedimentation in a meander river. *Journal of American Science* 8(9): 912-917.

Kinzli K and Thornton C, 2010. Predicting velocity in bendway weir eddy fields. *Journal of River Research and Applications* 26(7): 823-834.

Kinzli K, 2005. Effects of bendway weir characteristics on resulting eddy and channel flow conditions. M.S. Thesis, Colorado State University, Department of Civil Engineering, Fort Collins, CO. 203 P.

Nayak PP, Khatua KK and Patra KC, 2009. Variation of resistance coefficients in a meandering channel. *Proceeding of National Conference Advances in Environmental Engineering*, 14-15, Nov-2009, Rourkela.