

بررسی آزمایشگاهی تاثیر همزمان موانع زبر تیز گوشه و شیب مثبت بر روی طول پرش

هیدرولیکی در حوضچه‌های آرامش کلاسیک

روزبه آقامجیدی^{۱*}، امیر حسین نوذری^۲، سجاد امیری^۳

(۱) استادیار گروه عمران، واحد سپیدان، دانشگاه آزاد اسلامی سپیدان، ایران.

(۲) کارشناس ارشد گروه سازه‌های هیدرولیکی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

(۳) کارشناس ارشد گروه سازه‌های آبی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

*نویسنده مسئول: roozbeh1381@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۱۹

چکیده

سازه‌های هیدرولیکی نظیر حوضچه‌های آرامش عمدتاً به منظور استهلاک انرژی در پایین‌دست سرریزها، تندآب‌ها و دریچه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق با استفاده از روش آزمایشگاهی، میزان تاثیر همزمان موانع زبر تیز گوشه و نیز شیب مثبت بستر بر روی پارامتر طولی پرش هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایشات بر روی فلومی بطول ۸ متر، عرض ۰/۳۵ متر و ارتفاع ۰/۴ متر انجام گرفت. محدوده عدد فرود در این تحقیق بین ۴ تا ۱۲ و تغییرات شیب کف از ۰ تا ۰/۳ درصد بود. پارامترهایی نظیر دبی جریان، عمق اولیه، عمق ثانویه، پروفیل سطح آب در طول پرش، هد هیدرولیکی روی تاج سرریز و هد هیدرولیکی در بالادست سرریز اندازه‌گیری و برداشت شدند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که وجود موانع زبر تیز گوشه می‌تواند نسبت طول پرش به عمق ثانویه را تا ۳۵/۵٪ کاهش دهد. همچنین برای وجود موانع زبر تیز گوشه و افزایش عدد فرود نسبت y_2/y_1 به‌طور میانگین ۶/۵٪ افزایش می‌یابد. در نهایت مشاهده شد برای یک عدد فرود مشخص، با نصب موانع زبر تیز گوشه نسبت L_j/y_2 به‌طور میانگین ۱/۲٪ کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: پرش هیدرولیکی، حوضچه آرامش، سرریز، مدل فیزیکی، زبری و تیز گوشه.

مقدمه

پرش هیدرولیکی یا خیزآب، مهم‌ترین نوع جریان‌های متغیر مکانی است که عبارت است از تغییر جریان از حالت فوق بحرانی به حالت زیر بحرانی. این جریان با افزایش ناگهانی سطح آزاد آب و استهلاک انرژی جنبشی زیادی، همراه است. پدیده پرش هیدرولیکی، هنگام عبور آب از زیر یک دریچه، بالای سرریز، تغییر ناگهانی شیب آبراهه از شیب تند به شیب ملایم در طول نسبتاً کوتاه رخ می‌دهد. در نتیجه این جریان، عمق در فاصله‌های کوتاه افزایش و از میزان سرعت جریان کاسته شده که همراه با تلاطم و آشفتگی زیاد سطح آب همراه است. با فاصله گرفتن از ابتدای پرش، به سمت پایین دست از شدت این تلاطم و نهایتاً انرژی آب کاسته می‌شود. اگر زبری‌ها به‌طور یکنواخت بر روی سطح بستر محل وقوع پرش قرار گرفته باشند، پرش ایجاد شده را پرش هیدرولیکی بر روی بستر زبر گویند. تاثیر زبری و شیب مثبت بر روی مشخصات پرش هیدرولیکی توسط محققین مورد ارزیابی قرار گرفته است. Rajaratnam (۱۹۶۸) اولین سیستم سیستماتیک را در خصوص پرش‌های بر روی بستر زبر انجام داد. او نشان داد طول غلتایی L_r و طول پرش L_p بر روی بسترهای زبر بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. از این رو بیان داشت که پرش‌های هیدرولیکی بر روی بسترهای زبر برتری قابل توجهی را نسبت به حالت کلاسیک دارا هستند. Daneshfaraz و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی آزمایشگاهی خصوصیات پرش هیدرولیکی در مقاطع واگرا و همگرا پرداختند. ایشان با استفاده از پنج عدد فرود (در محدوده $Fr < 9/1$ و $5/8 < Fr$) به انجام تحقیق پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که افت انرژی در مقاطع همگرا در مقایسه با واگرا به‌طور متوسط به میزان $8/74\%$ کاهش یافته است. از سوی دیگر مقادیر عمق ثانویه و طول پرش به‌طور متوسط به میزان $1/8$ و $2/5$ سانتی‌متر افزایش داشته است. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش فاصله طولی از ابتدای پرش، مقدار عدد رینولدز در مقاطع همگرا به حداکثر میزان خود می‌رسد و در مقاطع واگرا نیز کاهش می‌یابد. Eltoukhy و Mahmoud (۲۰۱۶) به بررسی آزمایشگاهی خصوصیات پرش هیدرولیکی برای جانمایی‌های مختلف کانال روباز و حوضچه آرامش پرداخت. ایشان با استفاده از شیب بستر (پنج شیب متفاوت) به همراه آبپایه (سه ارتفاع متفاوت) به انجام تحقیق پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد نسبت پرش هیدرولیکی، نسبت طول پرش به عمق اولیه، نسبت طول پرش به عمق ثانویه، نسبت عمق‌های ثانویه به اولیه پرش و نسبت درصد افت انرژی همگی با توجه به افزایش عدد فرود و نیز شیب‌های متفاوت بستر افزایش می‌یابد. تاکنون مطالعات بسیاری بر روی پرش هیدرولیکی و خصوصیات آن انجام شده است و آنچه تحقیق حاضر را با دیگر مطالعات صورت گرفته متمایز می‌کند در واقع استفاده همزمان موانع زیر و شیب مثبت بستر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایشات تحقیق حاضر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه آزاد واحد یاسوج انجام شد که ابعاد هندسی آن شامل طول ۸ متر، عرض ۰/۳۵ متر و ارتفاع ۰/۴ متر بود (شکل ۱). جنس بستر کف و دیواره فلوم نیز به ترتیب از پلکسی‌گلاس و شیشه بوده است. ضمن آنکه جنس موانع زبر تیز گوشه از جنس تفلون بوده است. در این تحقیق جهت ایجاد جریان فوق بحرانی و عمق اولیه پرش هیدرولیکی از یک عدد سرریز اوجی مطابق استاندارد USBR از جنس پلکسی‌گلاس استفاده گردید. به منظور جلوگیری از اثرات مخرب شرایط هیدرولیکی خاص، تراز فوقانی زبری‌ها با تراز کف سرریز اوجی که در آن جریان فوق بحرانی ایجاد می‌گردد در یک راستا قرار داده شدند. مشخصات زبری‌های استفاده شده در بستر به شرح جدول ۱ می‌باشد. بر این اساس h_R : ارتفاع زبری‌ها، W_R : عرض زبری‌های، L_{RC} : طول تاثیرگذار زبری‌ها می‌باشد.

جدول ۱: مشخصات موانع زبر تیز گوشه در تحقیق حاضر

شماره زبری	شکل زبری	ارتفاع زبری (mm)	طول زبری در جهت جریان (mm)	عرض زبری (mm)
۱	بدون زبری			
۲	لوزی	۱۶	۱۶	۲۲/۶



شکل ۱: فلوم آزمایشگاهی در تحقیق حاضر

با توجه به اهداف تحقیق تعداد ۶۰ آزمایش طراحی و اجرا شد. برای اندازه‌گیری دقیق عمق‌های اولیه و ثانویه در پرش، یک عمق در وسط و دو عمق از کنار دیواره کانال اندازه‌گیری و متوسط آن‌ها به‌عنوان عمق جریان منظور شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده در هر آزمایش عبارتند از دبی (Q)، عمق اولیه پرش (Y_1)، عمق ثانویه پرش (Y_2)، عمق پایاب (TW)،

طول پرش هیدرولیکی (L_j)، طول غلتاب (L_r)، هد هیدرولیکی روی تاج سرریز (H) و هد هیدرولیکی بالادست سرریز، پروفیل سطح آب در طول پرش، میزان بازشدگی دریاچه پایین دست و در تعدادی از آزمایش‌ها اندازه‌گیری پروفیل عمقی سرعت در طول پرش. در نهایت با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده اقدام به محاسبه پارامترهایی همچون (Fr)، ($Y2/Y1$) و ($Lj/Y2$) گردید. برای هر یک از ابعاد زبری بستر تعداد ۵ دبی و ۵ عدد فرود ($1.0/99 < Fr < 4/1$) و به همراه چهار شیب مثبت (۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳) جهت انجام آزمایشات مد نظر قرار گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات نسبت عمق ثانویه به عمق اولیه پرش ($Y2/Y1$)، نسبت طول پرش به عمق ثانویه ($Lj/Y2$) و نهایتاً نسبت اختلاف انرژی به انرژی مخصوص قبل از پرش ($\Delta E/E1$) به صورت مجزا در مقابل عدد فرود (Fr) برای موانع زبر لوزی شکل و شیب ۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد ترسیم و به ترتیب در بخش‌های مختلف شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ نمایش داده شده‌اند.

تاثیر $\Delta E/E1$ ، $Lj/Y2$ ، $Y2/Y1$ در مقابل Fr برای موانع زبر لوزی شکل و شیب صفر درصد

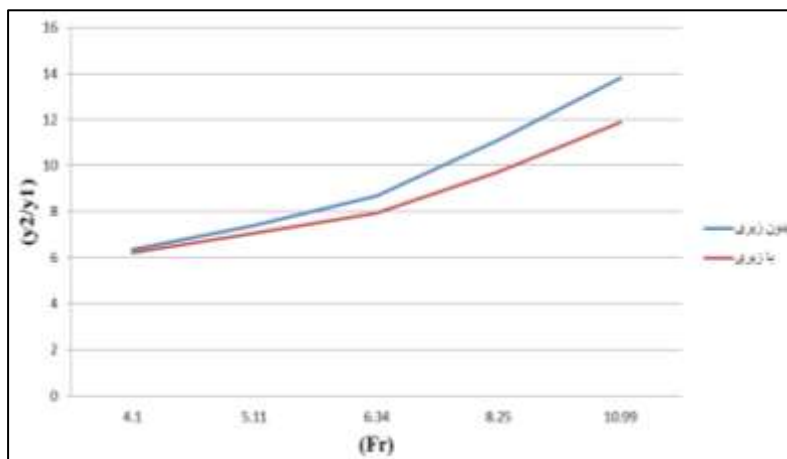
بررسی شکل ۲ - الف نشان داد میزان کاهش عمق مزدوج با توجه به حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۹/۶ درصد می‌باشد و شکل ۲- ب نشان داد میزان کاهش نسبت طول پرش به عمق ثانویه با توجه به حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۳۵/۵ درصد می‌باشد و شکل ۲- ج نشان داد میزان کاهش انرژی در بستر صاف ۵۵/۶ و با حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۵۸/۳ درصد می‌باشد.

تاثیر $\Delta E/E1$ ، $Lj/Y2$ ، $Y2/Y1$ در مقابل Fr برای موانع زبر لوزی شکل و شیب ۰/۱ درصد

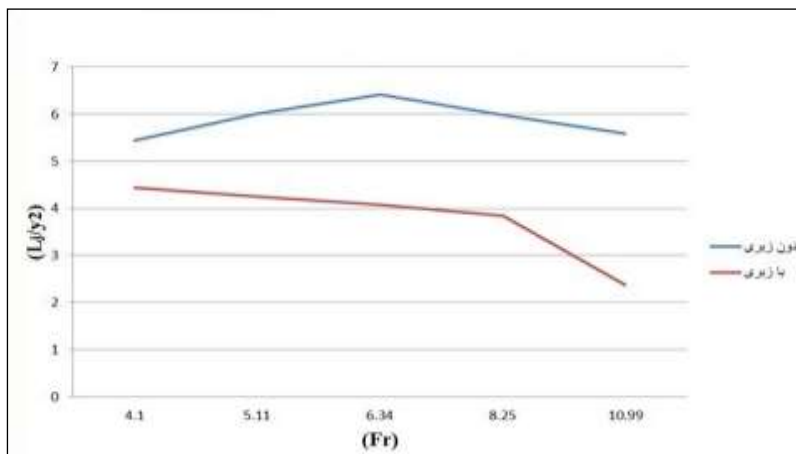
بررسی شکل ۳ - الف نشان داد میزان کاهش عمق مزدوج با توجه به حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۴/۱ درصد می‌باشد و شکل ۳ - ب نشان داد میزان کاهش نسبت طول پرش به عمق ثانویه با توجه به حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۳۱/۲ درصد می‌باشد و شکل ۳ - ج نشان داد میزان کاهش انرژی در بستر صاف ۵۷/۷ و با حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۵۹/۳ درصد می‌باشد.

تاثیر $\Delta E/E1$ ، $Lj/Y2$ ، $Y2/Y1$ در مقابل Fr برای موانع زبر لوزی شکل و شیب ۰/۲ درصد

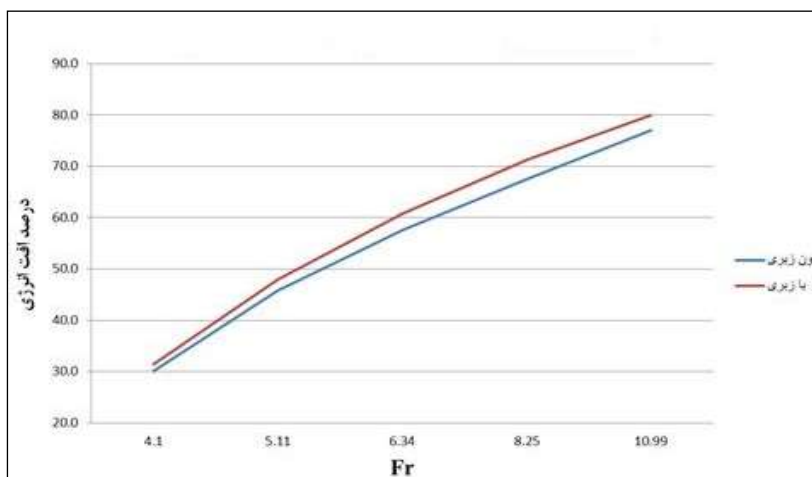
بررسی شکل ۴ - الف نشان داد میزان کاهش عمق مزدوج با توجه به حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۲/۶۵ درصد می‌باشد و شکل ۴ - ب نشان داد میزان کاهش نسبت طول پرش به عمق ثانویه با توجه به حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۳۱/۲ درصد می‌باشد و شکل ۴ - ج نشان داد میزان کاهش انرژی در بستر صاف ۵۸/۴ و با حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۵۹/۵ درصد می‌باشد.



شکل ۲ - الف: تاثیر نسبت $Y2/Y1$ در مقابل Fr

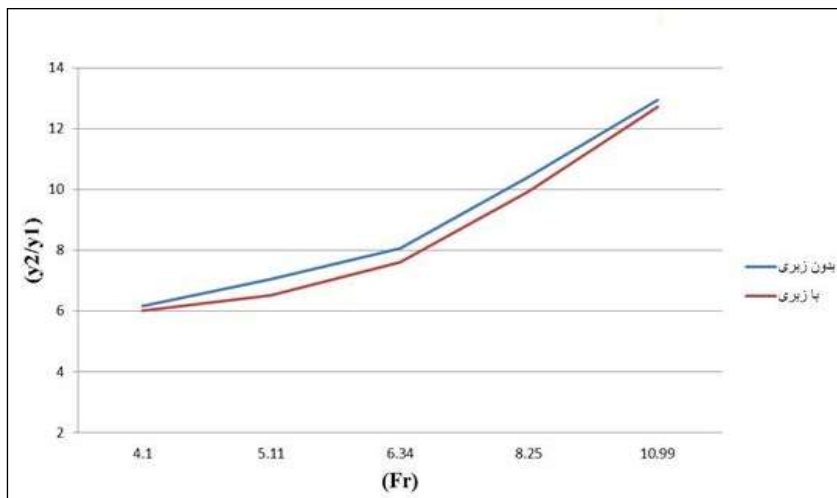


شکل ۲ - ب: تاثیر نسبت $Lj/Y2$ در مقابل Fr

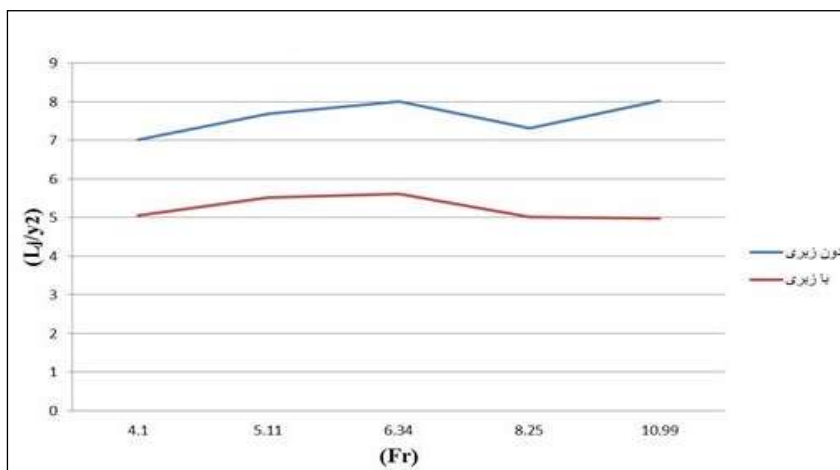


شکل ۲ - ج: تاثیر نسبت $\Delta E/E1$ در مقابل Fr

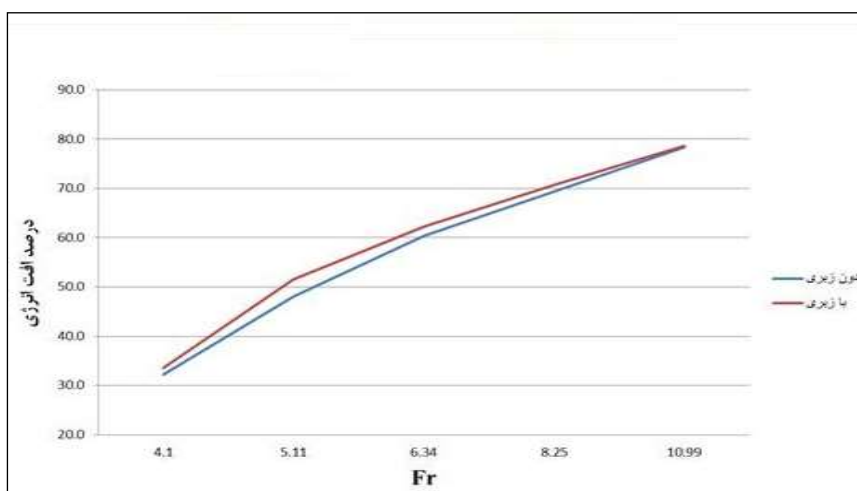
شکل ۲: تاثیر $Y2/Y1$ ، $Lj/Y2$ ، $\Delta E/E1$ در مقابل Fr برای موانع زبر لوزی شکل و شیب صفر درصد



شکل ۳ - الف: تاثیر نسبت $Y2/Y1$ در مقابل Fr

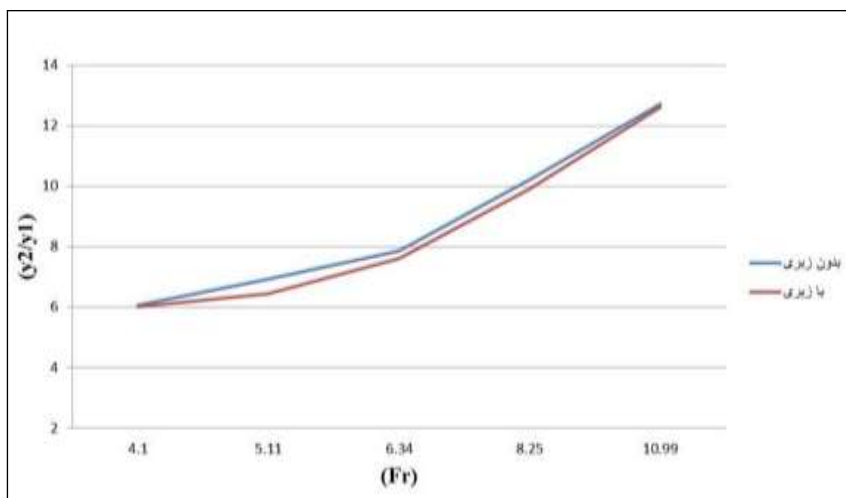


شکل ۳ - ب: تاثیر نسبت $Lj/Y2$ در مقابل Fr

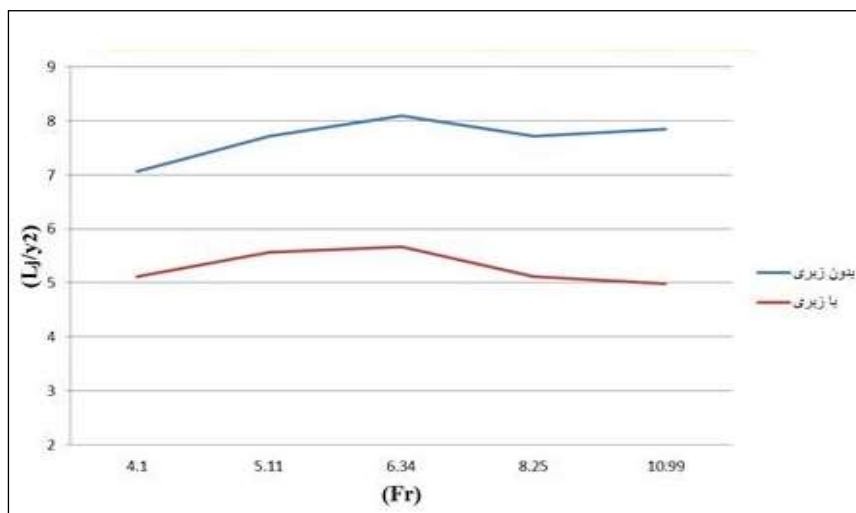


شکل ۳ - ج: تاثیر نسبت $\Delta E/E1$ در مقابل Fr

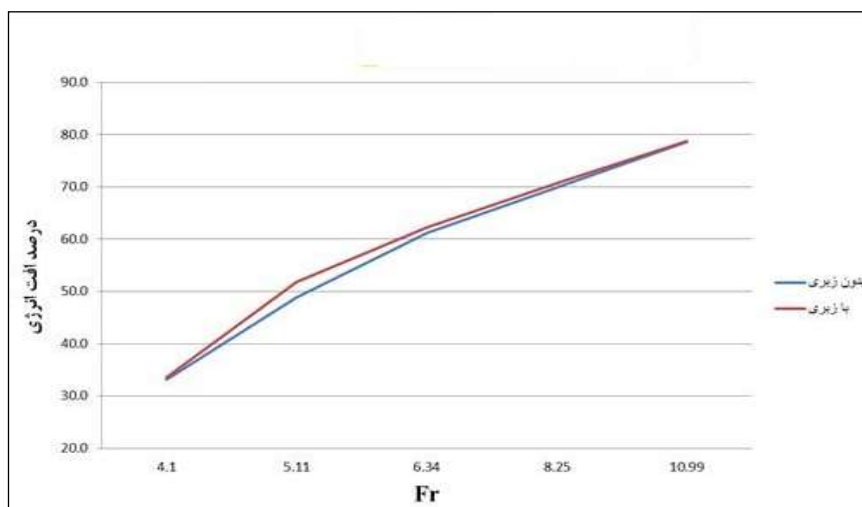
شکل ۳: تاثیر $Y2/Y1$ ، $Lj/Y2$ ، $\Delta E/E1$ در مقابل Fr برای موانع زبر لوزی شکل و شیب ۰/۱ درصد



شکل ۴ - الف: تاثیر نسبت $Y2/Y1$ در مقابل Fr



شکل ۴ - ب: تاثیر نسبت $Lj/Y2$ در مقابل Fr



شکل ۴ - ج: تاثیر نسبت $\Delta E/E1$ در مقابل Fr

شکل ۴: تاثیر $Y2/Y1$ ، $Lj/Y2$ ، $\Delta E/E1$ در مقابل Fr برای موانع زبر لوزی شکل و شیب ۰/۲ درصد

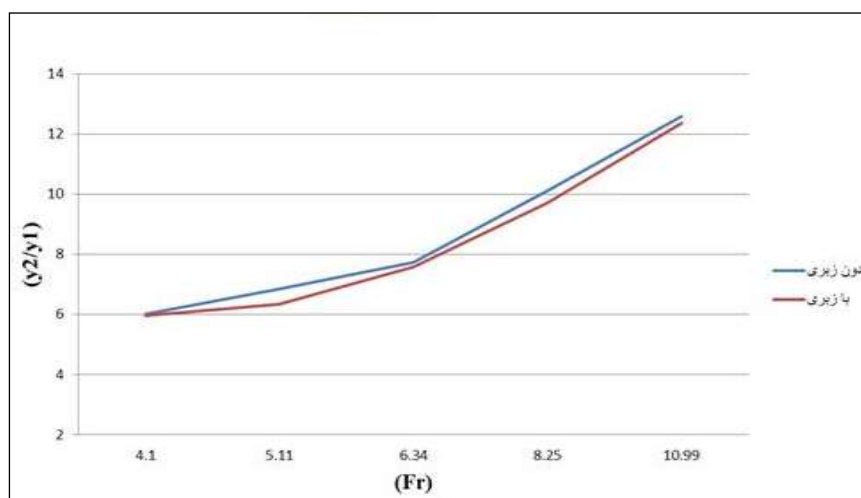
تاثیر $\Delta E/E1$, $Lj/Y2$, $Y2/Y1$ در مقابل Fr برای موانع زبر لوزی شکل و شیب ۰/۳ درصد

بررسی شکل ۵ - الف نشان داد میزان کاهش عمق مزدوج با توجه به حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۳/۱۶ درصد می‌باشد و شکل ۵ - ب نشان داد میزان کاهش نسبت طول پرش به عمق ثانویه با توجه به حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۳۱/۱ درصد می‌باشد و شکل ۵ - ج نشان داد میزان کاهش انرژی در بستر صاف ۵۸/۷ و با حضور موانع زبر لوزی شکل در حدود ۶۰ درصد می‌باشد.

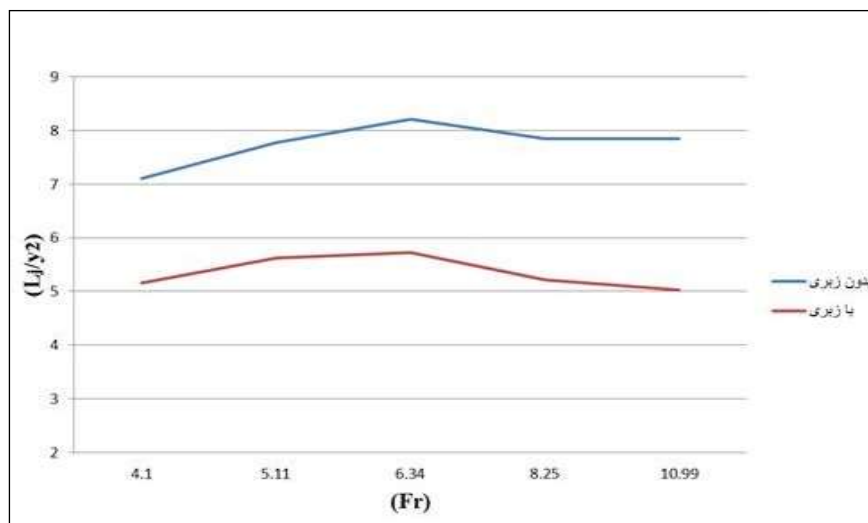
در جمع بندی این بخش و با توجه به بخش های مختلف از شکل های ۲ تا ۵ می توان بیان داشت که با نصب موانع زبر لوزی شکل، افزایش Fr و نسبت $y2/y1$ بصورت مستقیم بوده و به یک میزان می باشد. ضمن آنکه برای یک عدد فرود مشخص با نصب موانع زبر لوزی شکل نسبت های $y2/y1$ و $Lj/y2$ کاهش می یابند. از سوی دیگر نیز با نصب موانع زبر لوزی شکل میزان افت انرژی افزایش می یابد.

نتیجه گیری

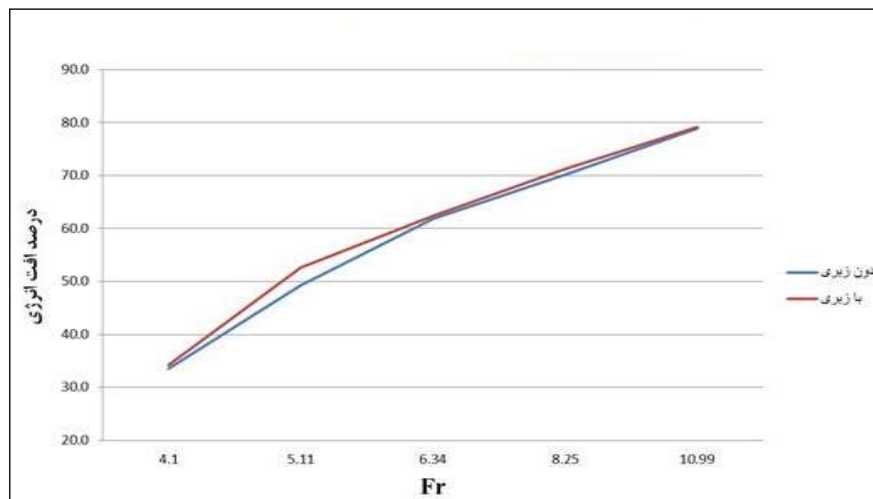
نتایج تحقیق حاضر نشان داد موانع زبر لوزی شکل می‌توانند باعث کاهش عمق مزدوج پرش در مقایسه با پرش کلاسیک به میزان حدود ۲/۶۵٪ تا ۹/۶٪ و به‌طور میانگین ۶/۱۳٪ شوند. از سوی دیگر نتایج بررسی پرش هیدرولیکی کلاسیک روی بستر صاف نشان داد که موانع زبر لوزی شکل می‌توانند نسبت طول پرش به عمق ثانویه را تا ۳۵/۵٪ کاهش دهند. این در حالی است که با وجود موانع زبر لوزی شکل، با افزایش عدد فرود نسبت $y2/y1$ به‌طور میانگین ۶/۵٪ افزایش می‌یابد. از سوی دیگر می‌توان بیان داشت برای یک عدد فرود مشخص و با وجود موانع زبر لوزی شکل نسبت های $Lj/y2$ و $y2/y1$ به ترتیب به‌طور میانگین ۱/۲٪ و ۲٪ کاهش می‌یابند و در نهایت نیز با نصب موانع زبر لوزی شکل میزان افت انرژی به‌طور متوسط ۱/۷٪ افزایش می‌یابد.



شکل ۵ - الف: تاثیر نسبت $Y2/Y1$ در مقابل Fr



شکل ۵ - ب: تاثیر نسبت $Lj/Y2$ در مقابل Fr



شکل ۵ - ج: تاثیر نسبت $\Delta E/E1$ در مقابل Fr

شکل ۵: تاثیر $Y2/Y1$ ، $Lj/Y2$ ، $\Delta E/E1$ در مقابل Fr برای موانع زبر لوزی شکل و شیب ۰/۳ درصد

منابع

Daneshfaraz, R., Sadeghi, H., Rezazadeh Jodi, A. and Abraham, J. 2017. Experimental Investigation Of Hydraulic Jump Characteristics In Contractions and Expansions. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 35 (1): 87-98.

Mahmoud, A. and Eltoukhy, R. 2016. Hydraulic Jump Characteristics For Different Open Channel and Stilling Basin Layouts. International Journal of Civil Engineering and Technology, 7(2): 290-301.

Rajaratnam, N. 1968. Hydraulic jump on rough bed, Transactions of the engineering institute of Canada, 11(A-2): 1-8.

Laboratory study of simultaneous coarse-gradient roughness and positive slope on hydraulic jump length in classical stilling basin

R. Aghamajidi^{1*}, A. H. Nozari² and S. Amiri³

- 1) Professor Assistant, Civil Department, Sepidan branch, Islamic Azad University, Sepidan, Iran.
- 2) M.sc of Civil Engineering, Marvdasht branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
- 3) M.sc of Civil Engineering, Shoushtar branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

*Corresponding Author: roozbeh1381@yahoo.com

Received Date: 2019.04.08

Accepted Date: 2020.03.05

Abstract

Hydraulic structures such as stilling basins mainly utilize this important property of hydraulic jump mainly for the dissipation of energy downstream of overflows, dams and valves. In this research, the amount and manner of hydraulic jump effect are determined by laboratory experiments. The target for incoming landing numbers was in the range of 4 to 12 in a 35 cm wide flume. In these experiments, a sharp corner roughness was installed as well as by changing the slope of the floor from 0 to 0.3%. Parameters such as flow rate, primary depth, secondary depth, surface profile jump length, water overflow canopy and water pre-overflow were measured accurately. The analysis of the data showed that the sharpness of the rough corner can decrease the ratio of secondary to long depth jump by up to 35.5%. For sharp corner roughness, the y_2 / y_1 ratio increases by 6.5% on average. For a single landing number, the L_j / y_2 ratio is reduced by 1.2% on average by a sharp corner installation..

Keywords: hydraulic jump, relaxation basin, overflow, physical model, roughness and sharp corner.