

بررسی اثر فاصله بلوک‌های کف از دریچه بر طول پرش هیدرولیکی و استهلاک انرژی

میر محمود ولی نیا^۱، سید علی ایوب‌زاده^{۲*} و مهدی یاسی^۳

۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد؛ گروه سازه‌های آبی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ تهران؛ ایران

۲) دانشیار گروه مهندسی آب؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ تهران؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: avyoub@modares.ac.ir

۳) دانشیار گروه مهندسی آب؛ دانشگاه ارومیه؛ ارومیه؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۱۷

چکیده

برای بررسی اثر فاصله بلوک‌های کف بر مشخصات پرش هیدرولیکی، پژوهش حاضر در قالب مطالعه آزمایشگاهی انجام شد. تعداد ۳۶ آزمایش در محدوده تغییرات عدد فرود، عمق پایاب نسبی و فاصله بلوک‌های کف از دریچه انجام گرفت. تحلیل ابعادی برای تفسیر نتایج و مطالعه تأثیر هر یک از پارامترهای موثر مورد استفاده صورت گرفت. نتایج نشان داد فاصله بلوک‌های کف از دریچه، اثر ناچیزی بر استهلاک انرژی نسبی دارد. افزایش عدد فرود از ۶/۴ تا ۸، تنها منجر به افزایش ۸ درصد استهلاک انرژی نسبی ناشی از پرش هیدرولیکی شد. لیکن با افزایش عمق پایاب از ۵/۲۶ تا ۷/۳۶، استهلاک انرژی نسبی ۳۴ درصد افزایش یافت. نتایج راندمان استهلاک انرژی نشان داد که افزایش فاصله بلوک، اثری ناچیز بر راندمان استهلاک انرژی دارد. همچنین با افزایش عدد فرود و همچنین کاهش عمق پایاب نسبی مقدار راندمان استهلاک انرژی کاهش می‌یابد. نتایج همچنین نشان داد که افزایش فاصله بلوک‌های کف از ۰/۱۸ به ۰/۳۶، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر طول نسبی پرش هیدرولیکی دارد به گونه‌ای که این طول به طور میانگین حدود ۱۱۵ درصد افزایش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: استهلاک انرژی؛ بلوک‌های کف؛ دریچه کشویی؛ طول پرش

مقدمه

می‌باشد (Peterka, 1984؛ امیدواری نیا و موسوی، ۱۳۹۱). در ادبیات موضوع، تحقیقات متعددی به تأثیر عوامل مختلفی بر مشخصات پرش هیدرولیکی بر روی شیب معکوس پرداخته شده است ((Okada, Stevens, 1942). (Aki, 1955) and (Abrishami and Saneie, 1994). (Basines and Whitehead, 2003)). [هوگز و فلاک (۱۹۸۴) اثر زبری بستر را روی پرش هیدرولیکی مورد بررسی قرار دادند. مشاهدات ایشان نشان می‌دهد که زبری بستر موجب کاهش عمق ثانویه و طول پرش هیدرولیکی

پرش یا جهش هیدرولیکی، از جریان‌های متغیر سریع بوده که در آن جریان از فوق بحرانی به زیر بحرانی تغییر یافته و عمق جریان در بازه نسبتاً کوتاهی به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد نتیجه چنین فرآیندی، ایجاد افت انرژی و کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان سرعت جریان است. بلوک‌های کف، سازه‌هایی هستند که در قسمت میانی حوضچه نصب گردیده و هدف از بکارگیری آنها، اتلاف انرژی به صورت متمرکز و یکجا

انرژی، در شرایط مختلف عدد فرود و عمق پایاب نسبی انجام شده است. در بخش استهلاک انرژی هدف مقایسه نتایج تحقیقات (جیب‌زاده و همکاران (۲۰۱۱)) و مشاهده نتایج در محدوده‌های مختلف عدد فرود و عمق پایاب نسبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایشات مربوط به این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی سازه‌های آبی دانشگاه تربیت مدرس صورت گرفت. فلوم مورد استفاده دارای عرض ۹۵ سانتی‌متر، ارتفاع ۱ متر، طول ۱۲ متر بوده است. دیواره‌ی سمت راست فلوم از پلگسی گلاس بنظور ایجاد امکان مشاهده جریان و دیواره سمت چپ و کف فلوم از جنس بتن بوده است. جهت پمپاژ آب داخل فلوم از یک الکتروپمپ از نوع ۲۰۰-۱۲۵ ساخت شرکت پمپ ایران استفاده شد. بنظور تنظیم دبی جریان از کوپل یک سامانه ایجاد دور متغیر بر الکتروموتور پمپ استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری دبی جریان، از سرریز لبه‌تیز موجود در انتهای فلوم استفاده شد. تنظیم عمق پایاب با استفاده از سرریز لولایی صورت گرفت. عمق آب روی حوضچه آرامش، پایین‌دست دریچه کشویی نیز با استفاده از یک ارتفاع سنج نقطه‌ای (Point gauge) با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. جهت ایجاد پرش هیدرولیکی، دریچه کشویی از صفحه پلکسی گلاس به ارتفاع ۷۵ سانتی‌متر و عرضی برابر با عرض فلوم در ۴ متری ابتدای فلوم ایجاد شد، برای متناسب بودن عرض فلوم با طول پایین‌دست دریچه، عرض فلوم با استفاده از بلوک‌های یونولیتی، به ۶۲ سانتی‌متر کاهش یافت و سطح بیرونی با شیشه سکوریت پوشانده شد. آزمایشات در دو بخش: (۱) آزمایشات مربوط به پرش هیدرولیکی؛ و (۲): آزمایشات مربوط به آبشستگی انجام شد. در بخش مربوط به پرش هیدرولیکی، بستر متحرک پایین‌دست حوضچه آرامش صلب شده و آزمایشات مربوط صورت گرفت.

می‌شود. نسبت عمق ثانویه پرش به عمق فوق بحرانی پرش بر روی بستر موج‌دار به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به بستر صاف کاهش می‌یابد (Ead and Rajaratnam, 2002). عمق ثانویه مورد نیاز پرش بر روی بستر موج‌دار ۲۰ درصد کوچکتر از بستر صاف می‌باشد و همچنین استهلاک انرژی نسبی در بستر موج‌دار نسبت به بستر صاف بیشتر است (Abbaspour et al., 2008؛ آریان‌فر و همکاران، ۱۳۹۲). عبدالحلیم و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که بستر موج‌دار مثالی نسبت به بسترهای موج‌دار نیم‌دایره‌ای و دوزتقه‌ای عملکرد بهتری در افزایش استهلاک انرژی و کاهش طول پرش دارد. دیواره‌ها و یا بلوک‌های مانع در بعضی از مواقع جهت افزایش راندمان استهلاک انرژی و تثبیت پرش مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hager 1992). افراد زیادی در خصوص پرش مستغرق مطالعه نموده‌اند اما وو و راجاراتنام (۱۹۹۵) برای اولین پرش هیدرولیکی مستغرق همراه با دیواره‌ی مانع مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده نمودند که جریان به دو رژیم جت انحرافی سطحی (DSJ) و جت دیواره‌ای بازگشتی (RWJ) طبقه بندی می‌شود. اونیشکو و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از تکنیک PIV میدان جریان در رژیم جریان DSJ مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده نمودند که دو گردابه در بالادست و پایین‌دست مسیر جت تشکیل می‌شود. راندمان استهلاک انرژی در پرش در ابتدا با افزایش فاکتور استغراق که عبارت است از نسبت اختلاف عمق پایاب و عمق مزدوج پرش هیدرولیکی به عمق مزدوج پرش هیدرولیکی کلاسیک، افزایش یافته تا به یک مقدار ماکزیمم برسد، سپس به صورت آرام کاهش می‌یابد (Habibzadeh et al., 2011). تغییر ارتفاع، عرض، موقعیت و تعداد ردیف‌های بلوک‌های کف در راندمان استهلاک انرژی ناچیز است و تأثیر زیادی بر میدان جریان دارد (Habibzadeh et al, 2012). در تحقیق حاضر هدف بررسی اثر فاصله بلوک‌های بلوک‌های کف روی برخی از مشخصات پرش هیدرولیکی شامل طول پرش و استهلاک

شکل ۲ شماتیکی از مدل دریچه و حوضچه آرامش

پایین‌دست آن را بهمراه بلوک‌های کف که با استفاده از

استاندارد USBR (Peterka, 1984) طراحی شده‌اند را

نشان می‌دهد. مشخصات حوضچه آرامش و بلوک‌های

کف عبارت است از طول حوضچه آرامش $L = 1.1m$ ،

ارتفاع بلوک $h_b = 4cm$ ، عرض بلوک‌های کف

با توجه به شکل ۱، پارامترهای مؤثر بر پدیده پرش

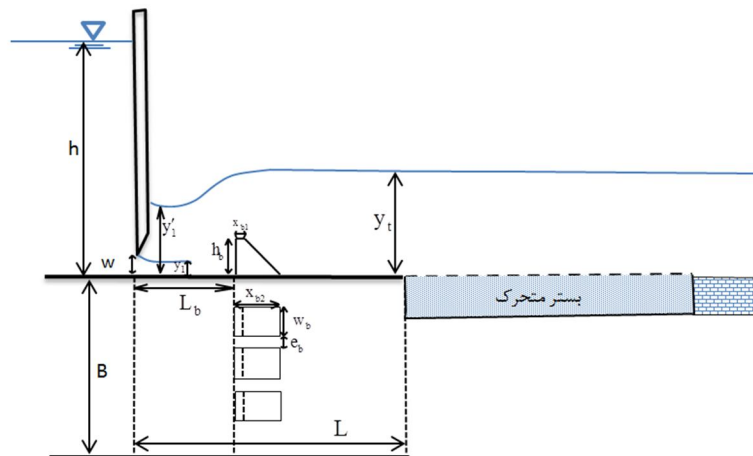
هیدرولیکی را می‌توان با رابطه تابعی (۱) بیان نمود:

ارتفاع بلوک $h_b = 4cm$ ، عرض بلوک‌های کف

$$f_1(\rho, U_1, g, \mu, w, y_1, y_t, h_b, x_{b1}, x_{b2}, w_b, e_b, L, L_b, E_L, E_L, L_j) = 0 \quad (1)$$



شکل ۱. الف) سرریز لولایی جهت تنظیم عمق پایاب (ب) سرریز لبه تیز جهت اندازه‌گیری دبی



شکل ۲. شماتیکی از حوضچه آرامش و بستر صلب پایین‌دست حوضچه آرامش

که در رابطه بالا ρ چگالی سیال، g شتاب ثقل زمین،

هیدرولیکی و عدد فرود جریان در محل اولیه پرش

هیدرولیکی می‌باشد در صورتی که عمق اولیه پرش

μ ویسکوزیته سیال، U_1 سرعت جریان در مقطع اولیه

هیدرولیکی که عمدتاً تابع مقدار بازشدگی دریچه

پرش، E_L انرژی مخصوص در مقطع اولیه پرش، E_L

می‌باشد، بدین ترتیب y_1 بعنوان یکی از پارامترهای

استهلاک انرژی بین مقطع اولیه پرش و مقطع ثانویه پرش

تکراری انتخاب شد تا شرایط یکسانی برای تمامی

و L_j نیز طول پرش می‌باشد. چگالی سیال، سرعت در

آزمایشات حاکم شود. با استفاده از روش Π باکینگهام

مقطع اولیه پرش و عمق اولیه پرش هیدرولیکی بعنوان

می‌توان رابطه ۱ را به صورت تابعی از پارامترهای بدون

پارامترهای تکراری در نظر گرفته شد. بدلیل اینکه عمق

بعد بصورت ذیل دست یافت:

مزدوج پرش هیدرولیکی تابعی است از عمق اولیه پرش

$$\phi_1(Fr_1, Re_1, \frac{y_t}{y_1}, \frac{h_b}{y_1}, \frac{x_{b1}}{y_1}, \frac{x_{b2}}{y_1}, \frac{w_b}{y_1}, \frac{e_b}{y_1}, \frac{L_b}{y_1}, \frac{L}{y_1}, \frac{w}{y_1}, \frac{E_L}{y_1}) = 0 \quad (2)$$

$$\phi_2(Fr_1, Re_1, \frac{y_t}{y_1}, \frac{h_b}{y_1}, \frac{x_{b1}}{y_1}, \frac{x_{b2}}{y_1}, \frac{w_b}{y_1}, \frac{e_b}{y_1}, \frac{L_b}{y_1}, \frac{L}{y_1}, \frac{w}{y_1}, \frac{L_j}{y_1}) = 0 \quad (3)$$

$$\phi_3(Fr_1, Re_1, \frac{y_t}{y_1}, \frac{h_b}{y_1}, \frac{x_{b1}}{y_1}, \frac{x_{b2}}{y_1}, \frac{w_b}{y_1}, \frac{e_b}{y_1}, \frac{L_b}{y_1}, \frac{L}{y_1}, \frac{w}{y_1}, \frac{E_1}{y_1}) = 0 \quad (4)$$

بودن جریان که اثر عدد رینولدز Re_1 قابل صرف نظر می‌باشد. با توجه به روابط (۲)، (۳) و (۴) و همچنین با ترکیب پارامترها در یکدیگر روابط (۲) و (۳) به صورت ذیل در می‌آید:

$$\phi_4(Fr_1, \frac{y_t}{w}, \frac{L_b}{L}, \frac{E_1}{E_1}) = 0 \quad (5)$$

$$\phi_5(Fr_1, \frac{y_t}{w}, \frac{L_b}{L}, \frac{L_j}{w}) = 0 \quad (6)$$

بعد نیز یک سری آزمایش نیز در حالت بدون بلوک انجام گرفت. فهرست آزمایشات، تعداد و مقادیر متغیرهای آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است.

در تحقیق حاضر با توجه به اهداف مورد نظر بررسی برخی از پارامترها مورد نظر نبوده و با توجه به شرایط آزمایشگاهی مقادیر معینی به خود گرفته‌اند که عبارتند از $\frac{x_{b1}}{w} = 0.52$ ، $\frac{w_b}{w} = 1.6$ ، $\frac{e_b}{w} = 1.6$ ، $\frac{L}{w} = 58$ ، $\frac{w}{y_1} = 0.61$ ، $\frac{x_{b2}}{w} = 2.63$ و $\frac{h_b}{w} = 2.1$. ضمناً با توجه به متلاطم

براساس این رابطه پارامترهای متغیر در این تحقیق عدد فرود، عمق پایاب نسبی و فاصله بدون بعد بلوک از دریچه می‌باشد البته جهت مقایسه نتایج با حالت بدون

جدول ۱. فهرست آزمایشات صورت گرفته در تحقیق حاضر

شماره آزمایش	عدد فرود	عمق پایاب نسبی	فاصله بلوک از دریچه	شماره آزمایش	عدد فرود	عمق پایاب نسبی	فاصله بلوک از دریچه
۱	۸	۷/۳۶	۰/۱۸	۱۹	۸	۷/۳۶	۰/۵۴
۲	۸	۶/۳۲	۰/۱۸	۲۰	۸	۶/۳۲	۰/۵۴
۳	۸	۵/۲۶	۰/۱۸	۲۱	۸	۵/۲۶	۰/۵۴
۴	۷/۲	۷/۳۶	۰/۱۸	۲۲	۷/۲	۷/۳۶	۰/۵۴
۵	۷/۲	۶/۳۲	۰/۱۸	۲۳	۷/۲	۶/۳۲	۰/۵۴
۶	۷/۲	۵/۲۶	۰/۱۸	۲۴	۷/۲	۵/۲۶	۰/۵۴
۷	۶/۴	۷/۳۶	۰/۱۸	۲۵	۶/۴	۷/۳۶	۰/۵۴
۸	۶/۴	۶/۳۲	۰/۱۸	۲۶	۶/۴	۶/۳۲	۰/۵۴
۹	۶/۴	۵/۲۶	۰/۱۸	۲۷	۶/۴	۵/۲۶	۰/۵۴
۱۰	۸	۷/۳۶	۰/۳۶	۲۸	۸	۷/۳۶	-
۱۱	۸	۶/۳۲	۰/۳۶	۲۹	۸	۶/۳۲	-
۱۲	۸	۵/۲۶	۰/۳۶	۳۰	۸	۵/۲۶	-
۱۳	۷/۲	۷/۳۶	۰/۳۶	۳۱	۷/۲	۷/۳۶	-
۱۴	۷/۲	۶/۳۲	۰/۳۶	۳۲	۷/۲	۶/۳۲	-
۱۵	۷/۲	۵/۲۶	۰/۳۶	۳۳	۷/۲	۵/۲۶	-
۱۶	۶/۴	۷/۳۶	۰/۳۶	۳۴	۶/۴	۷/۳۶	-
۱۷	۶/۴	۶/۳۲	۰/۳۶	۳۵	۶/۴	۶/۳۲	-
۱۸	۶/۴	۵/۲۶	۰/۳۶	۳۶	۶/۴	۵/۲۶	-

می‌باشد؛ U_1 و U_2 نیز متوسط سرعت جریان در ابتدای دریچه کشویی و انتهای حوضچه آرامش؛ y'_1 عمق استاتیک جریان در جلوی دریچه، y_1 عمق جریان عبوری از زیر دریچه و y_2 عمق جریان در پایین‌دست حوضچه آرامش می‌باشد. اختلاف انرژی در پایین‌دست حوضچه آرامش و ابتدای دریچه و تقسیم آن بر انرژی ابتدای حوضچه آرامش، استهلاک انرژی نسبی بدست می‌آید.

$$E_L = E_1 - E_2 \quad (10)$$

شکل (۳) اثر تغییر دبی، عمق پایاب و فاصله بلوک از دریچه بر روی مقدار استهلاک انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. که با افزایش دبی مقدار استهلاک انرژی به طور میانگین ۵٪ افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش فاصله بلوک از دریچه، مقدار استهلاک انرژی به مقدار ناچیز ۲٪ افزایش می‌یابد. در صورتی که تغییرات عمق پایاب اثر قابل توجهی بر مقدار استهلاک انرژی دارد و با افزایش عمق پایاب مقدار استهلاک انرژی ۳۴٪ افزایش می‌یابد.

با محاسبه عمق مزدوج متناسب با عدد فرود هر آزمایش و با استفاده از فرمول زیر فاکتور استغراق آزمایشات ذکر شده، محاسبه شد. مقدار فاکتور استغراق بین ۰/۱۸- در آزمایش شماره ۳ و ۰/۴۴ در آزمایش شماره ۲۵ می‌باشد. مشاهده می‌شود که آزمایشات شامل حالت‌های مستغرق و آزاد را شامل می‌شود.

$$S = \frac{y_t - y_2}{y_2} \quad (7)$$

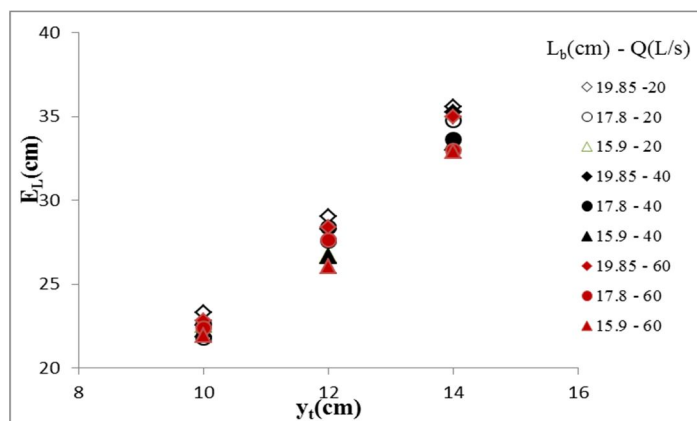
نتایج و بحث - استهلاک انرژی

استهلاک انرژی در پایین‌دست دریچه کشویی با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$E_1 = y'_1 + \frac{U_1^2}{2gy_1^2} \quad (8)$$

$$E_2 = y_2 + \frac{U_2^2}{2gy_2^2} \quad (9)$$

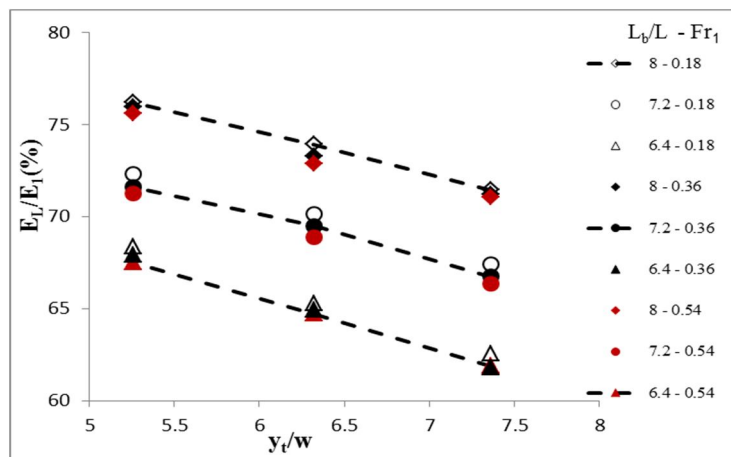
در روابط بالا E_1 و E_2 به ترتیب انرژی مخصوص جریان در ابتدای دریچه و انتهای حوضچه آرامش



شکل ۳. اثر تغییر عمق پایاب بر مقدار استهلاک انرژی در دبی‌ها و فواصل مختلف بلوک‌های کف

استهلاک انرژی نسبی در شرایط مختلف عدد فرود و عمق پایاب نسبی دارد که مطابق نتیجه حییب زاده و همکاران (۲۰۱۲) می‌باشد.

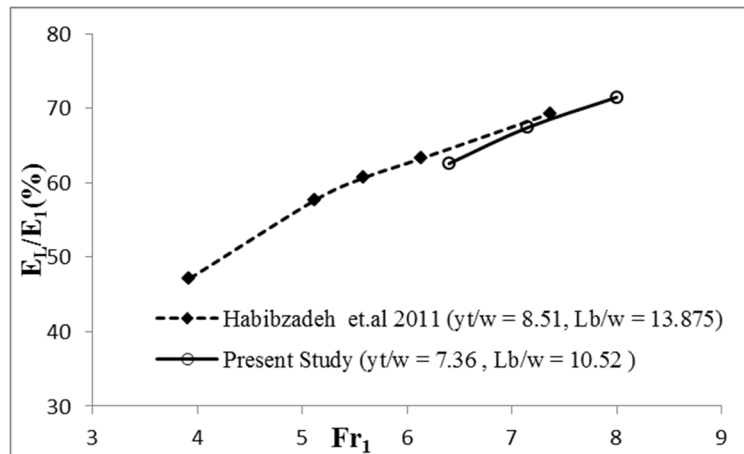
در شکل ۴ مشاهده می‌شود در صورت استفاده از بلوک، به مقدار ناچیزی باعث افزایش استهلاک انرژی نسبی می‌شود، تغییر فاصله بلوک از دریچه اثر ناچیزی بر



شکل ۴. اثر تغییر عمق پایاب نسبی بر مقدار استهلاک انرژی در اعداد فرود و فواصل مختلف بلوک‌های کف

همکاران (۲۰۱۱) با نزدیک‌ترین شرایط آزمایشگاهی در این تحقیق با تحقیق ایشان یعنی $\frac{y_t}{w} = 7.36$ در حالت فاصله بلوک $\frac{L_b}{L} = 0.18$ مورد مقایسه قرار گرفت. در شکل (۵) مشاهده می‌شود که روند تغییرات مشابه بوده و نتایج با $R^2 = 0.99$ و $RMSE = 2.4\%$ همخوانی خوبی دارد.

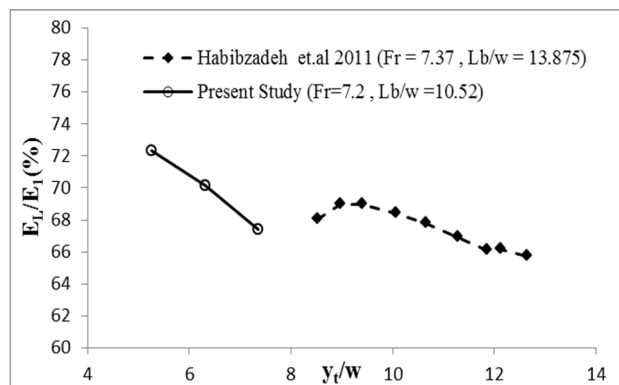
در بین پارامترهای متغیر، عدد فرود بیشترین تأثیر را بر استهلاک انرژی نسبی دارد. با افزایش عدد فرود استهلاک انرژی نسبی در شرایط مختلف عمق پایاب نسبی و فاصله بلوک از دریچه مختلف به طور میانگین ۱۱/۶ درصد افزایش می‌یابد. میزان استهلاک انرژی نسبی با افزایش عمق پایاب نسبی به طور متوسط ۷/۸ درصد کاهش می‌یابد. داده‌های آزمایشگاهی حبیب‌زاده و



شکل ۵. مقایسه اثر عدد فرود بر استهلاک انرژی نسبی با نتایج آزمایشگاهی حبیب‌زاده و همکاران (۲۰۱۱)

نمودار شکل (۶) ملاحظه می‌شود، با افزایش عمق پایاب نسبی استهلاک انرژی نسبی کاهش می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود با وجود تغییر عمق پایاب نسبی در مجموع دو تحقیق از ۵/۲۶ تا ۱۲/۶۴ استهلاک انرژی نسبی تغییر اندکی داشته و از ۶۵ تا ۷۲ درصد تغییر می‌کند.

در شکل (۶) اثر تغییرات عمق پایاب نسبی بر روی استهلاک انرژی در دو تحقیق یاد شده مورد مقایسه قرار گرفته است. نزدیک‌ترین شرایطی برای در عدد فرود $Fr = 7.37$ در تحقیق حبیب‌زاده با عدد فرود $Fr = 7.2$ در این تحقیق می‌باشد. با وجود متفاوت بودن محدوده تغییرات عمق پایاب نسبی در دو تحقیق، نتایج با $R^2 = 0.97$ و $RMSE = 1.6\%$ همخوانی مناسبی دارد. از دو

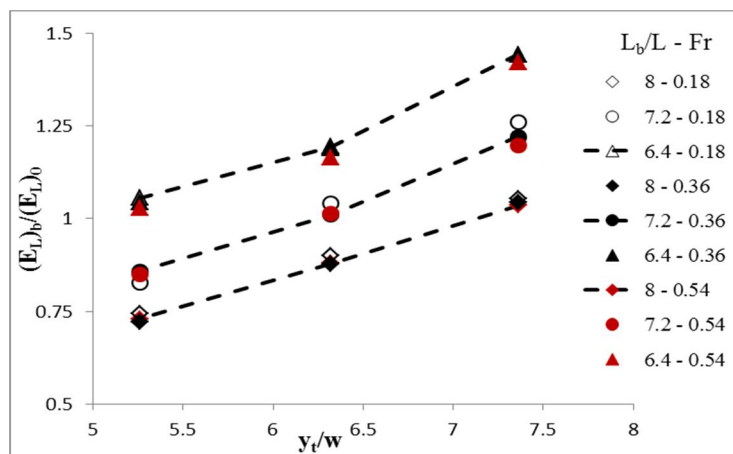


شکل ۶. مقایسه اثر عمق پایاب نسبی بر استهلاک انرژی نسبی با نتایج آزمایشگاهی حبیب‌زاده و همکاران (۲۰۱۱)

نسبی می‌باشد. همانطور که در این شکل ملاحظه می‌گردد. راندمان استهلاک انرژی با افزایش عمق پایاب نسبی افزایش می‌یابد. در صورتی که با افزایش عدد فرود استهلاک انرژی کاهش می‌یابد. افزایش فاصله بلوک‌های کف از دریچه، بر راندمان استهلاک انرژی اثر ناچیزی داشته است.

بررسی راندمان استهلاک انرژی نسبی

در این تحقیق راندمان استهلاک انرژی در حالت بکارگیری بلوک‌ها نسبت به حالتی که در حوضچه آرامش از بلوک استفاده نمی‌شود نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. در شکل (۷) محور عرض‌ها نسبت استهلاک انرژی با حضور بلوک‌های کف به استهلاک انرژی بدون بلوک می‌باشد $(\frac{(E_L)_b}{(E_L)_0})$ و محور طول‌ها عمق پایاب

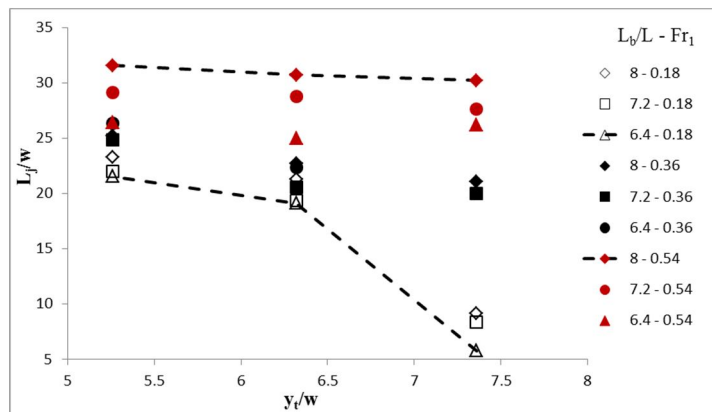


شکل ۷. اثر تغییر عمق پایاب نسبی بر مقدار استهلاک انرژی در اعداد فرود و فواصل مختلف بلوک‌های کف

نقطه‌ای که تغییرات عمق آب از آن نقطه نسبت به عمق پایاب کمتر از ۵ درصد باشد، در نظر گرفته شد. نتایج این پروفیل‌ها، در شکل (۸) نشان داده شده‌اند.

طول پرش هیدرولیکی

بنمظور تعیین طول پرش هیدرولیکی پروفیل سطح آب در جلوی دریچه کشویی تا انتهای حوضچه آرامش در حالت‌های مختلف عوامل موثر بدون بعد مورد بررسی قرار گرفت. طول پرش فاصله ابتدای دریچه کشویی تا



شکل ۸. اثر تغییر عمق پایاب نسبی بر مقدار طول پرش در اعداد فرود و فواصل مختلف بلوک‌های کف

پایاب نسبی و فاصله بلوک‌ها از دریچه مورد بررسی قرار گرفت. در طول آزمایشات رقوم سطح آب از ابتدای دریچه تا انتهای حوضچه آرامش برداشت شده و اثر پارامترهای مذکور بر استهلاك انرژی و طول پرش هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از تحقیق در بندهای زیر خلاصه می‌گردد:

- افزایش عدد فرود بر مقدار استهلاك انرژی اثر ناچیزی دارد، اما با افزایش عدد فرود از $6/4$ تا 8 میزان استهلاك انرژی نسبی به طور میانگین $11/6$ درصد افزایش می‌یابد. با افزایش فاصله بلوک از $0/18$ تا $0/54$ استهلاك انرژی و استهلاك انرژی نسبی تغییر ناچیزی خواهد داشت.
- با افزایش عمق پایاب نسبی استهلاك انرژی نسبی 34% افزایش می‌یابد و با افزایش عمق نسبی استهلاك انرژی نسبی به طور متوسط $7/8$ درصد کاهش می‌یابد.
- طول پرش هیدرولیکی با افزایش عدد فرود از $6/4$ تا 8 به طور میانگین 15 درصد افزایش خواهد داشت.
- طول پرش هیدرولیکی با فاصله بلوک از دریچه رابطه مستقیم داشته و با افزایش فاصله بلوک از $0/18$ تا $0/54$ به طور میانگین 115 درصد افزایش می‌یابد.
- طول پرش هیدرولیکی با عمق پایاب نسبی رابطه معکوس دارد و با افزایش عمق پایاب نسبی از $0/26$

همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود در اکثر حالت‌های عمق پایاب نسبی و فاصله بلوک‌های کف از دریچه، با افزایش عدد فرود از $6/4$ تا 8 طول پرش به طور متوسط 15 درصد افزایش می‌یابد، همچنین با افزایش عمق پایاب نسبی، طول پرش کاهش می‌یابد؛ اما میزان این کاهش در حالت‌های مختلف فاصله بلوک‌ها از دریچه یکسان نمی‌باشد. به طوری در فاصله و عدد فرود، تغییر عمق پایاب از $0/26$ به $7/36$ موجب کاهش 4 درصدی طول پرش می‌شود. اما زمانی که بلوک‌های کف در فاصله قرار دارد، با تغییر عمق پایاب طول پرش تغییر قابل توجهی می‌یابد. به طوری که با تغییر عمق پایاب نسبی از $0/26$ به $7/36$ در و در شرایط عدد فرود طول پرش هیدرولیکی 60 درصد کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش فاصله بلوک‌های کف از دریچه، طول پرش هیدرولیکی افزایش می‌یابد؛ اما روند افزایشی طول پرش در عمق‌های پایاب مختلف یکسان نمی‌باشد، به طوری که در عمق پایاب نسبی با افزایش فاصله بلوک از $0/18$ به $0/54$ طول پرش به طور متوسط 30 درصد افزایش می‌یابد؛ ولی در عمق پایاب نسبی در شرایط عدد فرود برابر، با همان تغییر فاصله بلوک طول پرش به طور متوسط 270 درصد افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

اثر فاصله بلوک‌های کف از دریچه کشویی بر مشخصات پرش هیدرولیکی در محدوده‌ی تغییرات عدد فرود، عمق

Ead, S.A. and Rajaratnam, N. 2002. Hydraulic jump on corrugated bed. *Journal of hydraulic Engineering*, 128: 656-663.

Habibzadeh, A., Loewen, M.R. and Rajaratnam, N. 2012. Performance of Baffle Blocks in Submerged Hydraulic Jumps. *Journal of hydraulic Engineering*, 138: 902-908.

Habibzadeh, A., Wu, S., Ade, F., Rajaratnam, N. and Loewen, M.R. 2011. Exploratory Study of Submerged Hydraulic Jumps with Blocks *journal of hydraulic Engineering*, 137: 706-710.

Huger, W. H. 1992. Energy dissipators and hydraulic jump, Kluwer, London.

Hughes, W.C. and Flack, J.E. 1984. Hydraulic jump properties over rough bed. *Journal of hydraulic Engineering*, 110(12): 1751-1771.

Okada, A. and Aki, S. 1955. Experimental study of hydraulic jump on reversed slope apron. *J. Tech. Lab*, 5(6), Tokyo: 100-101.

Onyshko, P.R., Loewen, M.R., and Rajaratnam, N. 2002. Particle image velocimetry applied to a deflected wall jet. *Proceeding of the ASCE Hydraulic Measurement and Experimental Method Conference*, July 28-August 1, Estes Park, Colorado, USA.

Peterka, A.J. 1984. *Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators (Vol. 25)*. Denver, Colorado: United States Department of the Interior Bureau of Reclamation.

Stevens, C.J. 1942. Discussion of The hydraulic jump in sloping channels by C.E. Kindswater. *Trans. ASCE*, Paper No. 2228: 1125-1135.

Wu, S. and Rajaratnam, N. 1995. Effect of Baffles on Submerged Flows. *journal of hydraulic Engineering*, 121(9): 644-652.

تا ۷/۳۶، طول پرش هیدرولیکی به طور میانگین ۳۰ درصد کاهش می‌یابد.

فهرست منابع

آریان‌فر، ع.، شفاعی بجستان، م.، خسروجردی، ا. و بابازاده، ح. ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی تأثیر اندازه ذرات رسوبی و هندسه ورودی و خروجی بر راندمان حوضچه‌های تله‌اندازی رسوب. *مجله حفاظت منابع آب و خاک*، ۳ (۱): ۱۷-۱.

امیدواری‌نیا، م. و موسوی جهرمی، ح. ۱۳۹۱. تأثیر طول آستانه و زاویه در پرتاب کننده های مثلثی بر مسیر کلی پرتابه خروجی. *مجله حفاظت منابع آب و خاک*، ۱ (۴): ۱-۱۸.

حسینی، سید محمود. ابریشمی، جلیل. ۱۳۹۰. هیدرولیک کانال‌های رویاز. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد، شماره نشر ۷۴، ۶۱۳ صفحه.

Abbaspour, A., Hosseinzadeh, A., Farsadzadeh, D. and Sadraddini, A.A. 2008. Effect of sinusoidal corrugated bed on hydraulic jump characteristics. *Journal of Hydro-environment Research*, 3: 109-117

Abdelhaleem, F.S., M, A.A. and Esam, H.Y. 2012. Effect of Corrugated Bed Shape on Hydraulic Jump and Downstream Local Scour. *Journal of American Science*, 8(5): 1-11.

Abrishami, J. and Saneie, M. 1994. Hydraulic jump in adverse basin slope. *int. J. Water Res. Eng.*, 21: 51-63.

Basines, P.G. and Whitehead, J.A. 2003. On multiple states in single-layer flows. *Phys. Fluids* 15. (Vol. 298).



An experimental study of the effect of baffle blocks distance from a gate on the hydraulic jump length and energy dissipation

Mir Mahmood Valinia¹, Seyed Ali Ayyoubzadeh^{2*} and Mehdi Yasi³

- 1) Former M.Sc. Student, Department of Water Structures Engineering, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran
2*) Associate Professor, Department of Water Structures Engineering, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran
Corresponding author email: ayyoub@modares.ac.ir
3) Associated Professor, Department of Water Engineering, University of Urmia, Urmia, Iran

Received: 01-02-2014

Accepted: 07-06-2014

Abstract

An experimental study was conducted to investigate the effect of blocks distance from the sluice gate on hydraulic jump characteristics. A number of 36 tests in a range of Froude numbers, relative tailwater depths and blocks distances from the gate were considered. Dimensional analysis was used to interpret the results and the effect of each parameter. The obtained results showed that the blocks distance from the gate has negligible influence on energy dissipation and also on relative energy dissipation. Increasing in Froude numbers from 6.4 to 8 resulted in increasing the relative energy dissipation nearly 8%. However, once relative tailwater depths increased from 5.26 to 7.36, the energy dissipation was considerably decreased, i.e. about 34%. Results of energy dissipation efficiency showed that the blocks distance from a gate has no clear effect on this parameter, but it was decreased with increasing Froude number and decreasing relative tailwater depth. Furthermore, the results showed that the relative jump length was increased about 115% when the relative blocks distance increased from 0.18 to 0.54.

Keywords: energy dissipation; floor block; jump length; sluice gate