

کنترل جهش هیدرولیکی در مقاطع دوزنقه‌ای با استفاده از بلوک‌های کف

عاطفه منصوری^۱، محمد حسین امید^{۲*}، ابراهیم امیری^۳

۱- کارشناس ارشد سازه‌های هیدرولیکی

۲- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

* کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

momid@ut.ac.ir

چکیده - حوضچه آرامش دوزنقه‌ای، به دلیل کارایی بالای استهلاک انرژی، کمتر بودن نسبت عمق ثانویه نسبت به مقاطع مستطیلی و نیاز نداشتن به سازه تبدیل، همواره مورد توجه طراحان سازه‌های آبی است. این نوع مقطع، معایبی مانند ناپایداری جهش، طول زیاد و تشکیل گردابه در طول جهش و انتقال آن به پایین دست را دارد که کاربرد آن را با تردید روبه‌رو می‌سازد. لذا در این تحقیق امکان برطرف ساختن معایب جهش در مقاطع دوزنقه‌ای با استفاده از بلوک‌های کف و نیز تأثیر بلوک بر نسبت عمق ثانویه و افت انرژی مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از یک گروه بلوک در کف حوضچه آرامش، ضمن کاهش محسوس نسبت عمق ثانویه و طول جهش و افزایش استهلاک انرژی، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بهبود وضعیت جهش، کاهش گردابه‌های عرضی و کنترل جهش در محدوده مورد نظر دارد.

کلید واژگان: جهش هیدرولیکی، حوضچه آرامش دوزنقه‌ای، بلوک کف، استهلاک انرژی.

۱- مقدمه

یکی از روشهای از بین بردن انرژی جنبشی مخرب آب و جلوگیری از خسارتهای ناشی از انرژی زیاد در جریانهای فوق بحرانی در انتهای سازه‌هایی نظیر سرریزها، تنداب‌ها و دریچه‌ها، استفاده از حوضچه‌های آرامش با جهش هیدرولیکی است. اگرچه حوضچه آرامش را می‌توان با

مقاطع مختلفی ساخت، لیکن به دلیل سهولت طراحی مقاطع مستطیلی و عدم اطمینان از عملکرد سایر مقاطع، طراحان غالباً مقطع مستطیلی را ترجیح می‌دهند. از طرفی مقطع دوزنقه‌ای - به دلیل برخی از ویژگیهای آن مانند نزدیک بودن به مقطع بهینه هیدرولیکی و نیاز نداشتن به قالب‌بندی که منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه و

انجام شده که کاملترین آن مربوط به USBR است. تحقیقات Rand (1965) (برگرفته از گزارش بیرامی و حسینی، ۱۳۸۴) نشان داده که افزایش ارتفاع دیوار قرار داده شده در مسیر جریان یا کاهش فاصله قرارگیری آن از ابتدای جهش، موجب کاهش عمق آب در پایاب می‌شود. بهرامیان و همکاران (۱۹۹۸) اثر موقعیت بلوک‌های میانی را در حوضچه آرامش نوع ۳، بر استهلاک انرژی و عمق ثانویه جهش هیدرولیکی بررسی کردند. آنان همچنین با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی به دست آمده توسط فرهودی و ولکر (۱۹۹۵)، روابطی تجربی را برای تخمین ضریب دراگ بلوک‌ها ارائه کردند. در این تحقیق موقعیت بلوک‌های میانی حوضچه آرامش بر عمق ثانویه جهش آبی و استهلاک انرژی نیز بررسی و رابطه‌ای برای محاسبه ضریب دراگ ارائه شده است. بیرامی و حسینی (۱۳۸۴) اثر یک و دو دیوار ممتد را بر کنترل جهش هیدرولیکی در حوضچه آرامش مستطیلی بررسی کردند و نتیجه گرفتند که کوتاه بودن فاصله دیوارها از پنجه جهش و افزایش ارتفاع آنها، بر کاهش عمق ثانویه، کاهش طول گرداب پرش و افزایش افت انرژی، مؤثر است. در بررسی کارهای گذشته، گزارشی در باره استفاده از بلوکهای کف در حوضچه‌های دوزنقه‌ای مشاهده نشد.

در این تحقیق، تأثیر بلوک‌های کف بر خصوصیات جهش هیدرولیکی و امکان استفاده از آنها به منظور برطرف ساختن معایب حوضچه‌های آرامش دوزنقه‌ای یعنی ناپایداری جهش و طول زیاد آن، مطالعه شده است. با توجه به هدف این تحقیق که بررسی تغییرات مشخصات جهش در حضور بلوک‌های کف در مقایسه با حوضچه بدون بلوک است، در تمامی موارد مقایسه بین داده‌های به دست آمده در آزمایشگاه و نتایج محاسبه شده از روابط تئوری مربوط به حوضچه آرامش با مقطع دوزنقه‌ای بدون

سهولت در اجرای سازه می‌شود- به عنوان مقطع مطلوب در سازه‌های هیدرولیکی شناخته می‌شود. لذا چنانچه بتوان مشکلات جهش در حوضچه آرامش دوزنقه‌ای یعنی طول زیاد و ناپایداری جهش را بر طرف نمود، این گونه مقاطع - به دلیل تشکیل جهش با عمق ثانویه کمتر و افت بیشتر و نیاز نداشتن به سازه تبدیل- گزینه مناسبی برای جایگزینی مقاطع مستطیلی خواهند بود.

محققان زیادی برای شناخت ویژگی‌های جهش در شرایط مختلف و دستیابی به معیارهای طراحی حوضچه آرامش به تحقیق در مورد این پدیده پرداخته‌اند، اما هنوز هم نکات ناشناخته متعددی در مورد این پدیده وجود دارد که زمینه را برای انجام تحقیقات بیشتر فراهم می‌سازد. اولین مطالعه مربوط به جهش آبی در حوضچه‌های دوزنقه‌ای به (Posy and Hsing (1938) نسبت داده شده است. آنان دریافته‌اند که اگرچه خصوصیات جهش در مقطع دوزنقه‌ای کاملاً با مقاطع مستطیلی متفاوت است، لیکن عمق ثانویه محاسبه شده با معادله ممتد به خوبی با داده‌های به دست آمده در آزمایشگاه توافق دارند. آنان همچنین دریافته‌اند که ناپایداری جهش، پیشانی مورب و موجهای غلتنانی که به پایین دست منتقل می‌شوند برخی از خصوصیات بارز این نوع جهش هستند. (Sandover and Holmes (1962) جهش هیدرولیکی در کانال‌های دوزنقه‌ای با زوایای جانبی ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه را بررسی کردند. امید (۱۳۷۵) مشخصات جهش هیدرولیکی را در مقاطع دوزنقه‌ای در کانالی آزمایشگاهی بررسی و منحنی‌هایی را برای طراحی حوضچه‌های آرامش دوزنقه‌ای ارائه کرد. در تمامی تحقیقات ذکر شده حوضچه آرامش بدون ضمام اضافی مانند آب‌پایه و بلوک کف بررسی شده است.

در مورد اثر بلوک‌های کف بر مشخصات جهش در مقطع مستطیلی و نیز مشخصات بلوک‌ها، مطالعات متعددی

دیوارهای حوضچه طوری طراحی و ساخته شد که ایجاد زاویه جانبی دلخواه در آن امکان پذیر بود. حوضچه آرامش از بالا دست به یک دریچه مستغرق متصل به مخزن تنظیم ارتفاع و از پایین دست به یک کانال مستطیلی برای انتقال جریان به پایین دست و کنترل پایاب متصل بود.

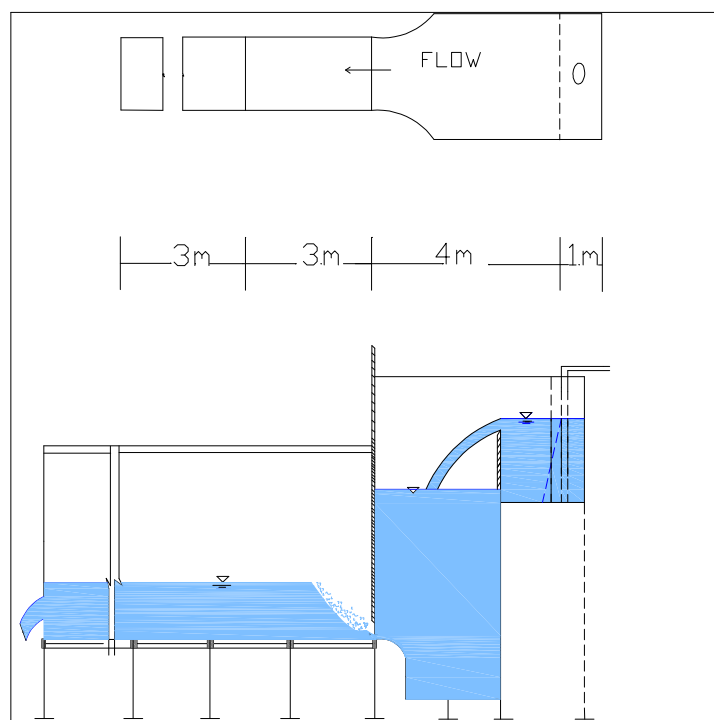
از آنجا که جهش باید طوری تنظیم می شد که عمق اولیه جهش در محل نصب اولین پیزومتر اتفاق بیفتد، در انتهای کانال آب رسان دریچه ای کشویی برای تنظیم پایاب و هدایت جهش به موقعیت مورد نظر قرار داده شد. به منظور آرام کردن و اندازه گیری جریان ورودی مدل، از دو مخزن آرام کننده و تأمین ارتفاع در بالادست دریچه - که بین آنها یک سرریز لبه تیز قرار داشت - استفاده شد. سرریز قبلاً" به روش حجمی واسنجی شده بود.

بلوک کف و همچنین داده های آزمایشگاهی امید (۱۳۷۵) -که مربوط به حوضچه آرامش ذوزنقه ای بدون بلوک می باشد- انجام شده است.

۲- مواد و روشها

به منظور مطالعه آزمایشگاهی اثر بلوک های کف بر خصوصیات جهش هیدرولیکی در مقطع ذوزنقه ای، از نوعی مدل آزمایشگاهی که مشخصات اجزای آن در شکل ۱ نشان داده شده است، استفاده شد.

حوضچه آرامشی که در این تحقیق استفاده شد، کانالی به عرض ۰/۵ متر، طول ۳ متر و ارتفاع ۰/۶ متر بود. دیوارها و کف حوضچه از پلاکسی گلاس ساخته و در کف حوضچه، به هشت چاهک مشاهده ای برای اندازه گیری ارتفاع آب در هشت موقعیت مکانی مورد نظر متصل شد.



شکل ۱ نمای کلی مدل آزمایشگاهی

- محل نصب بلوک‌ها (فاصله از محل وقوع عمق اولیه $X=$):
 $y_2, 0.8y_2$ و $1/2y_2$ (عمق ثانویه جهش)
 طراحی بلوک‌های کف در حوضچه آرامش بر اساس عدد فرود اولیه برای جهش مشخصی انجام می‌شود که در این مقاله به آن عدد فرود طراحی گفته می‌شود. در این تحقیق، از آنجا که در هر ترتیب طراحی، علاوه بر جریان با عدد فرود مربوط، دامنه وسیعی از مقادیر بالاتر و پایین‌تر عدد فرود نیز آزمایش شده، در مجموع ۳۱۵ آزمایش انجام شد.

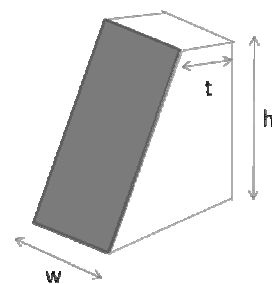
به‌منظور انتخاب شکل بلوک و طراحی ابعاد آن، از معیار USBR برای حوضچه‌های مستطیلی استفاده شد. پارامترهای مربوط به ابعاد بلوک‌های استفاده شده در آزمایشها در شکل ۲ و ابعاد طراحی شده بر اساس عدد فرود جریان قبل از وقوع جهش (عدد فرود طراحی) در جدول ۱ ارائه شده است.

دامنه آزمایشهای انجام شده در این تحقیق عبارت است از:

- شیب‌های جانبی (z): ۱:۱، ۱:۱/۵ و ۱:۲
- مقادیر اولیه عدد فرود ($Fr^2 = \frac{Q^2 T}{gA^3}$): ۴، ۵/۵، ۷، ۸ و ۹

جدول ۱ مشخصات بلوک‌های استفاده شده در آزمایشها

شماره	عدد فرود جریان، Fr_1	ارتفاع، h (mm)	عرض، w (mm)	ضخامت، t (mm)	فاصله از محل، y_1 mm	تعداد بلوک
۱	۴	۲۶	۲۰	۵	۳۱	۱۲
۲	۵/۵	۳۰	۲۲/۵	۶	۳۶	۱۱
۳	۷	۳۸	۳۱	۸	۴۶	۸
۴	۸	۴۴	۳۵	۹	۵۳	۷
۵	۹	۴۸	۴۱	۱۰	۵۸	۶



شکل ۲ بلوک‌های استفاده شده در آزمایشها

(۱۳۷۵) برای حوضچه بدون بلوک ترسیم و ارزیابی شده است. نمونه‌ای از این منحنیها برای حالتی که بلوکها برای هفت مقدار عدد فرود طراحی شده در شکل ۳ نشان داده شده است:

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(Fr_1^2 \frac{D_1}{y_1} \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right] + k_1 \right) \frac{b'_1}{k_2 b'_2} \quad (1)$$

در این رابطه $Fr_1^2 = \frac{Q^2 T}{g A^3}$ ، $b' = b + yz$ ، $k = \frac{1}{3} + \frac{b}{yb'}$ ، Q دبی جریان، T عرض مقطع در سطح جریان، D عمق هیدرولیکی برابر A/T ، A سطح مقطع جریان، b عرض کف، y عمق جریان، z شیب جانبی حوضچه، g شتاب ثقل و شاخص‌های ۱ و ۲ ابتدا و انتهای جهش را نشان می‌دهد. معادله فوق رابطه کلی محاسبه نسبت عمق ثانویه در مقاطع دوزنقه‌ای است که با استفاده از روش سعی و خطا و با داشتن مقادیر Fr_1 و A_1, y_1 حل می‌شود.

همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، استفاده از بلوک‌های کف، تغییر قابل ملاحظه‌ای را در نسبت عمق ثانویه جهش ایجاد کرده است. علت این تغییر را می‌توان نیروی دراگ حاصل از بلوک‌های کف حوضچه آرامش دانست. همچنین از این شکل مشخص می‌شود که در منحنی تغییرات نسبت عمق ثانویه با عدد فرود بالادست نتایج آزمایش‌ها با منحنی تئوری بدون بلوک از روند یکسانی برخوردار بوده و تغییر محل نصب بلوک تأثیری بر نسبت عمق ثانویه نداشته است.

به‌منظور بررسی اثر اندازه بلوک بر کاهش نسبت عمق ثانویه، یا به بیان دیگر بررسی میزان تأثیر بلوک‌ها بر کاهش نسبت عمق ثانویه در حالتی که جریان با عدد فرودی غیر از عدد فرودی که بلوک‌ها بر اساس آن طراحی شده، نسبت $\frac{(y_2/y_1)_e}{(y_2/y_1)_{wb}}$ (عمق ثانویه آزمایش شده به نسبت عمق ثانویه محاسبه شده بدون بلوک) در

پارامترهای اندازه‌گیری شده در هر آزمایش عبارتند از: H_d ، ارتفاع آب بر روی سرریز لبه تیز برای محاسبه دبی (mm)، H_w ، ارتفاع استاتیک آب قبل از خروج از دریچه (mm)، L_j طول جهش (m)، y_n عمق آب در طول جهش (mm)، که n معرف شماره چاهک مشاهده است که از ۱ تا ۸ تغییر می‌کند.

برای تشخیص طول جهش، علاوه بر روش مشاهده‌ای، از تقاطع خط افقی برازش داده شده به دو تا سه عمق خوانده شده در چاهک‌های مشاهده‌ای انتهایی و خط برازش داده شده بر پروفیل طولی جهش نیز استفاده شده است. از میان تعاریف متفاوتی که برای طول جهش هیدرولیکی ارائه شده، در این تحقیق فاصله بین محل وقوع عمق اولیه تا جایی که عمق آب به حداکثر مقدار خود رسیده - و سطح آب تقریباً افقی شده و برگشت آب مشاهده نمی‌شود - به‌عنوان طول جهش در نظر گرفته شده است.

۳- تحلیل نتایج

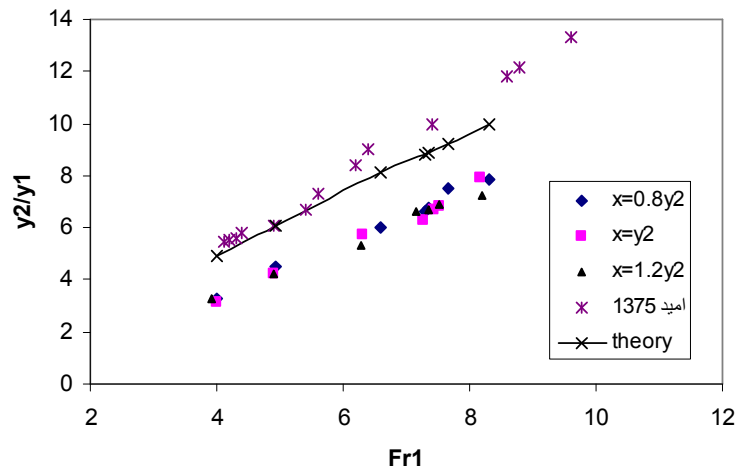
برای ارزیابی وضعیت جهش در حوضچه آرامش دوزنقه‌ای با بلوک‌های کف، سه مشخصه اصلی جهش یعنی نسبت عمق ثانویه، طول جهش و میزان استهلاک انرژی در جهش بررسی و با همین مشخصات در شرایط بدون بلوک مقایسه شده است.

۳-۱- اثر بلوک‌ها بر عمق ثانویه

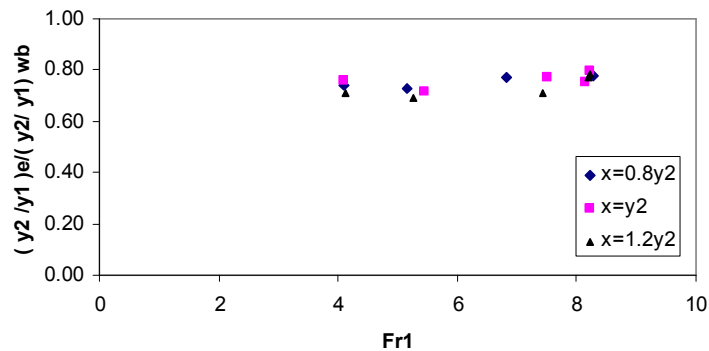
برای بررسی اثر بلوک بر نسبت عمق ثانویه، نسبتهای عمق ثانویه اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه در مقابل مقادیر اولیه عدد فرود در سه موقعیت نصب بلوک و در سه شیب جانبی در کنار داده‌های به‌دست آمده از رابطه تئوری (معادله ۱) و نتایج آزمایشگاهی به‌دست آمده توسط امید

برای مقایسه اثر انحراف عدد فرود از مقدار طراحی در شیبهای جانبی مختلف، نسبت $(y_2/y_1)_e$ در مقابل عدد فرود در موقعیتهای مختلف نصب، شیبهای جانبی متفاوت و اندازههای متغیر بلوک ترسیم شد. در اینجا e و w_b به ترتیب نشان‌دهنده نتایج آزمایشگاهی حوضچه با بلوک و نتایج تئوری مربوط به حوضچه بدون بلوک است. نمونه‌ای از این منحنی‌ها برای عدد فرود طراحی برابر ۷ و موقعیت $0.8y_2$ در شکل ۵ نشان داده شده است.

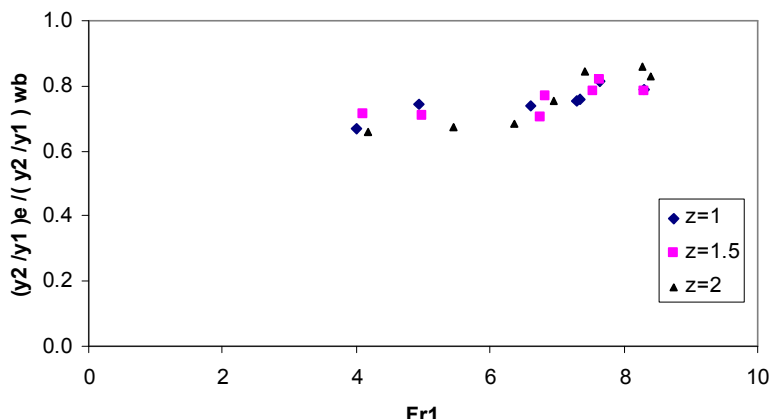
همان عدد فرودی که بلوک‌ها برای آن طراحی شده، در مقابل اعداد فرود بالادست، برای موقعیتهای مختلف بلوک در شکل ۴ ترسیم شده است. در این شکل که مربوط به نتایج آزمایشها در حوضچه آرامش با شیب جانبی ۱/۵ است، تأثیر نداشتن قابل ملاحظه انحراف عدد فرود از مقدار طراحی در محدوده آزمایشهای تحقیق حاضر به خوبی مشاهده می‌شود.



شکل ۳ تغییرات نسبت عمق ثانویه در برابر عدد اولیه فرود برای موقعیت بلوک بر اساس عدد فرود $z=1$ و 7



شکل ۴ نسبت عمق ثانویه اندازه‌گیری شده با بلوک به نسبت محاسبه شده بدون بلوک در مقابل مقادیر اولیه عدد فرود



شکل ۵ اثر انحراف عدد فرود از مقدار طراحی بر نسبت عمق ثانویه برای عدد فرود طراحی برابر ۷

معادله ۲)، در کنار داده‌های آزمایشگاهی بدون بلوک (امید، ۱۳۷۵) ترسیم شده است.

$$E_L = E_1 - E_2 = y_1 + y_2 + \frac{Fr_1^2 D_1}{2} \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right] \quad (2)$$

معادله فوق رابطه کلی محاسبه افت انرژی در جهش هیدرولیکی برای مقطع دلخواه است که با استفاده از آن، با در دست داشتن مشخصات جریان در مقاطع قبل و بعد از جهش، افت انرژی در جهش هیدرولیکی را می‌توان محاسبه کرد.

شکل ۶ نشان می‌دهد که استفاده از بلوک سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان افت انرژی شده، اما میزان آن با افزایش عدد فرود کاهش پیدا می‌کند، به گونه‌ای که برای عدد فرود برابر ۴ افزایش افت تا ۳۰٪ می‌رسد، در حالی که این افزایش برای عدد فرود برابر ۸ حداکثر برابر ۱۰٪ است. از این شکل همچنین مشخص می‌شود که در محدوده آزمایشهای انجام شده، موقعیت بلوک تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تغییر کارایی جهش ندارد.

به منظور بررسی اثر انحراف عدد فرود از مقدار طراحی بر میزان افت انرژی، مشخصه $\frac{(E_1 - E_2)/E_1}{(E_1 - E_2)/E_1} \epsilon$ (افت نسبی آزمایش شده به محاسبه شده بدون بلوک) در مقابل

همان‌طور که از این شکل مشخص است، انحراف عدد فرود از مقدار طراحی، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر اثر کاهش بلوک ندارد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که، صرف‌نظر از اینکه بلوک‌ها برای چه مقدار از عدد فرود طراحی شده باشند، تأثیر وجود آنها در مقادیر پایین، بیشتر است.

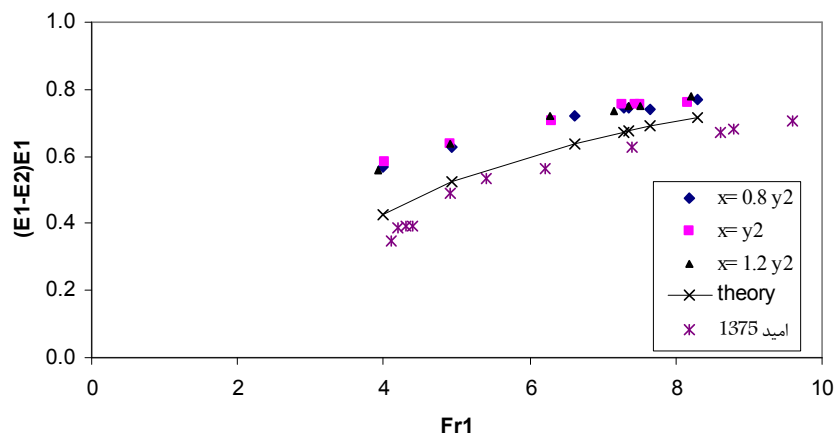
۳-۲- اثر بلوک‌ها بر افت انرژی مخصوص

مهمترین هدفی که از احداث حوضچه آرامش دنبال می‌شود اتلاف انرژی جنبشی آب است. برای بررسی اثر بلوک‌های کف بر میزان افت انرژی $(E = y + \frac{Q^2}{2gA^2})$ ، مشخصه $\frac{E_1 - E_2}{E_1}$ (به ترتیب انرژی جریان در مقاطع ۱ و ۲) در مقابل مقادیر اولیه عدد فرود در سه موقعیت نصب بلوک و برای هر سه شیب جانبی در مقادیر مختلف طراحی ترسیم شد. شکل ۶ نتایج مربوط به حالتی را که بلوک‌ها برای عدد فرود برابر ۷ طراحی شده نشان می‌دهد. در این شکل نسبت $\frac{E_1 - E_2}{E_1}$ به دست آمده از رابطه تئوری برای کف بدون بلوک (با استفاده از

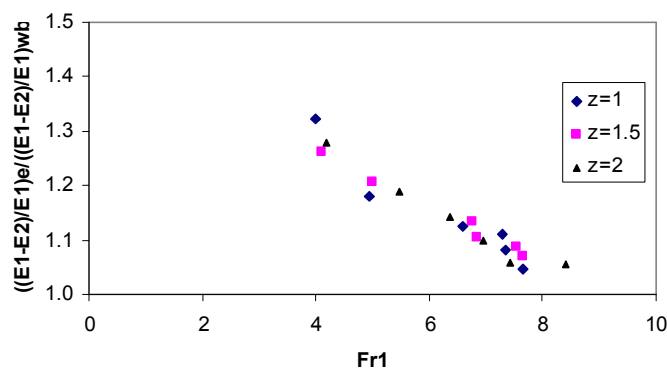
۳-۳- اثر بلوکها بر طول جهش

یکی از دیگر مشخصه‌های جهش که در این تحقیق به آن پرداخته شد، طول جهش آبی است. برای این منظور نسبت بی بعد L_j/y_1 (نسبت طول جهش به عمق اولیه) در مقابل اعداد فرود بالادست برای موقعیت‌های مختلف نصب بلوک، شیبهای جانبی مختلف و مقادیر عدد فرود طراحی مورد نظر بررسی شد.

عدد فرود بالادست برای تمامی آزمایشها ترسیم شد. نمونه‌ای از این منحنی‌ها برای حالتی که بلوکها برای عدد فرود برابر ۷ طراحی شده در شکل ۷ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که تشکیل جهش با مقادیر فرود کوچکتر از مقدار طراحی، به دلیل استغراق کامل بلوکها، با افت بیشتر انرژی و تشکیل جهش با مقادیر بیشتر از مقدار طراحی با افت کمتر انرژی همراه بوده است.



شکل ۶ تغییرات انرژی مخصوص نسبی در مقابل مقادیر اولیه عدد فرود برای عدد فرود طراحی برابر ۷ در $z=1$



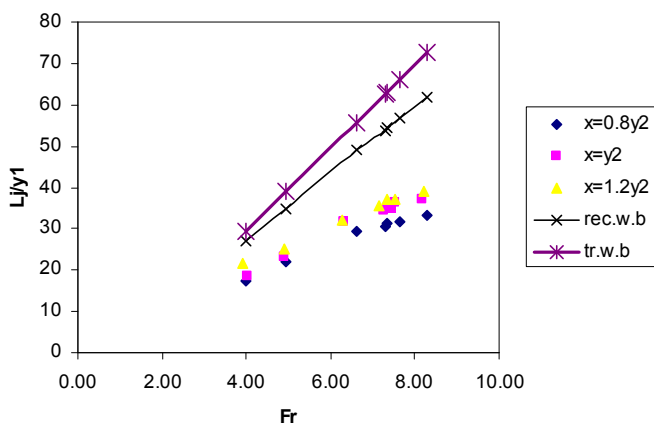
شکل ۷ اثر انحراف عدد مقدار از فرود طراحی بر نسبت افت انرژی آزمایش شده به نسبت محاسبه شده در شیبهای جانبی مختلف برای عدد فرود طراحی برابر ۷ در موقعیت $x=0.8y2$

به منظور بررسی اثر انحراف عدد فرود از مقدار طراحی بر طول جهش، نسبت $\frac{(L_j/y_1)_e}{(L_j/y_1)_{wb}}$ (طول نسبی آزمایش شده با بلوک به طول نسبی بدون بلوک) در مقابل اعداد فرود بالادست برای تمامی آزمایشها ترسیم شد. نمونه‌ای از این منحنی‌ها برای حالتی که بلوکها برای عدد فرود برابر ۷ طراحی شده در شکل ۹ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که تشکیل جهش با مقادیر پایین‌تر از مقدار طراحی، موجب کاهش اثر کاهندگی بلوک بر طول جهش شده است.

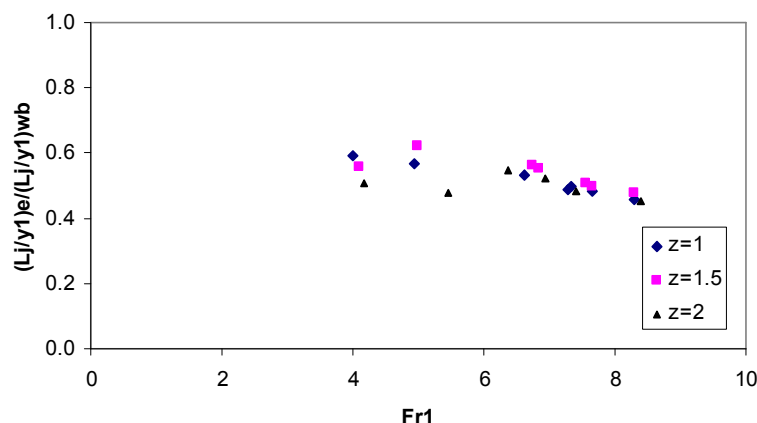
در شکل ۸ نمونه‌ای از این منحنی‌ها برای حالتی که بلوکها برای عدد فرود برابر ۷ در شیب جانبی ۱/۵ طراحی شده، در کنار نتایج حاصل از رابطه (۳)، (الواتورسکی، ۱۹۵۹) که در شکل ۸ با خط ممتد tr_{wb} نشان داده شده، در شرایط یکسان عدد فرود بالادست، ترسیم شده است.

$$L_j = 6.9(y_2 - y_1) \quad (3)$$

شکل ۸ نقش بلوک را در کاهش طول جهش به خوبی نشان می‌دهد. در این شکل همچنین نسبت طول جهش به عمق اولیه در مقطع مستطیلی با خط چین rec_{wb} نشان داده شده است.



شکل ۸ تغییرات طول نسبی جهش در مقابل اعداد فرود بالادست برای موقعیت بلوک بر اساس $F_r=7, Z=1.5$



شکل ۹ اثر انحراف عدد فرود از مقدار طراحی بر طول نسبی جهش در حالت با و بدون بلوک در $x=0.8y_2, Fr_1=7$

۴- نتیجه گیری

به منظور بررسی اثر بلوک‌های کف بر مشخصات جهش هیدرولیکی در مقاطع دوزنقه‌ای، آزمایشهایی در فلوم آزمایشگاهی انجام شد و نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از بلوک‌هایی در کف حوضچه آرامش، علاوه بر بهبود وضعیت جهش، کاهش گرداب‌های سطحی و تثبیت جهش در موقعیت مورد نظر، تأثیر مثبتی نیز بر مشخصات اصلی جهش، شامل نسبت عمق ثانویه، افت نسبی انرژی و طول جهش دارد. این نتایج به شرح زیر است:

اثر بلوک بر عمق ثانویه جهش ، افت انرژی و

طول جهش - نصب بلوک در تمامی آزمایشها کاهش

۲۰-۴۰ درصد را در نسبت عمق ثانویه نسبت به حوضچه بدون بلوک کف نشان می‌دهند،

- موقعیت بلوک در محدوده آزمایشهای انجام شده در این تحقیق تأثیری بر نسبت عمق ثانویه ندارد،

- انحراف عدد فرود از مقدار طراحی تأثیر چندانی بر تغییر نسبت عمق ثانویه نسبت به مقدار طراحی ندارد و تفاوت اندک موجود نیز در اعداد فرود بالا بیشتر است.

- در تمامی آزمایشها نصب بلوک باعث افزایش قابل ملاحظه افت انرژی و کارایی جهش شده است، به طوری که در مقادیر پایین عدد فرود، افزایش حدود ۲۰ درصد و در مقادیر بالا حدود ۱۵ درصد در افت انرژی را نشان می‌دهد،

- در محدوده آزمایشهای انجام شده در این تحقیق، موقعیت بلوک تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر استهلاك انرژی نداشته است،

- اثر بلوک در افزایش کارایی جهش هیدرولیکی در مقادیر کم عدد فرود بیشتر است و

- انحراف عدد فرود از مقدار طراحی تأثیر چندانی بر میزان افت انرژی ندارد.

- در تمامی آزمایشها، نصب بلوک باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در طول جهش شده است،

- نسبت طول نسبی جهش با بلوک به طول نسبی بدون بلوک با افزایش عدد فرود کاهش می‌یابد و

- انحراف عدد فرود از مقدار طراحی تأثیر اندکی بر طول جهش می‌گذارد؛ اما چنانچه حوضچه برای عدد فرود پایین طراحی شده باشد و عدد فرود بالا اتفاق بیفتد، اثر کاهش بلوک بر طول جهش کاهش می‌یابد و به عکس.

۵- تقدیر و تشکر

این تحقیق از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است. بدین وسیله از دانشگاه تهران به خاطر فراهم ساختن امکانات تحقیق قدردانی می‌شود.

۶- فهرست علائم

h	ارتفاع بلوک
Fr	عدد فرود
w	عرض بلوک
Z	شیب جانبی کانال
t	ضخامت بلوک
X	فاصله از محل وقوع عمق اولیه
y_1	عمق اولیه جهش
H_d	ارتفاع آب روی سرریز
y_2	عمق ثانویه جهش
H_w	ارتفاع استاتیک آب قبل از خروج از دریچه
Q	دبی جریان
L_j	طول جهش آبی

منصوری، ع. (۱۳۸۵). کنترل جهش هیدرولیکی در مقاطع دوزنقه‌ای با استفاده از بلوکهای کف، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ص. ۱۱۲.

Elvatorski, A. (1959). Hydraulic Energy Dissipators, Mc. Graw Hill, Book Co.

Farhoodi, J. and Volker, R.E. (1995). "Drag force acting on baffle blocks in the stilling basin", J. Water Resource Engineering, Vol. 3, No. 1, pp. 47-67.

Peterka, A.J. (1958). Hydraulic design of stilling basins and energy dissipaters, USBR, No. 25, pp. 222.

Posy, C.J. and Hsing, P.S. (1938). "Hydraulic jump in trapezoidal channel", Engineering News-Record, pp. 797.

Rand W. (1965). Flow over a vertical sill in an open channel. Journal of Hyd. Div, ASCE, Vol. 91, pp. 97-121.

Sandover, J. A. and Holmes, P. (1962). "The hydraulic jump in trapezoidal channel", J. Water Power, Vol. 11, pp. 445-446.

T	عرض مقطع در سطح جریان
E	انرژی مخصوص جریان
D	عمق هیدرولیکی
b	عرض کف
A	سطح مقطع جریان

۷- منابع

ابریشمی، جلیل، و حسینی، م. (۱۳۷۷). هیدرولیک کانال‌های باز، انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ ششم، ص. ۴۴-۵۰.

امید، م. ح. (۱۳۷۵). جهش هیدرولیکی در مقاطع دوزنقه‌ای، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۷، شماره ۲، ص. ۱۸-۲۷.

بهرامیان، س. (۱۳۸۰). بررسی اثر موقعیت بلوک‌های میانی حوضچه آرامش نوع ۳ بر روی استهلاك انرژی و عمق ثانویه جهش هیدرولیکی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ص. ۲۱۵-۲۲۲.