

ارزیابی تأثیر تغییرات هندسه و موقعیت آستانه بر ضریب دبی دریاچه کشویی عمودی

رسول دانشفراز^{۱*}، رضا نوروزی^۲، پریسا عبادزاده^۳

^۱ استاد گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه

^۲ دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه

دریافت: ۱۴۰۱/۴/۲۴، بازنگری: ۱۴۰۱/۶/۲۷، پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۹، نشر آنلاین: ۱۴۰۱/۷/۹

چکیده

هدف از تحقیق حاضر، بررسی ضریب دبی دریاچه کشویی با آستانه در موقعیت‌های مختلف قرارگیری می‌باشد. برای این هدف، تأثیر آستانه با اشکال هندسی نیم‌استوانه، استوانه، هرمی و مکعب‌مستطیلی در عرض‌های متفاوت ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۱ سانتی‌متر در سه موقعیت آستانه در زیر دریاچه کشویی، آستانه به حالت مماس بر پایین‌دست و آستانه به صورت مماس بر بالادست دریاچه کشویی به صورت آزمایشگاهی، مورد بررسی قرار گرفت. بررسی موقعیت قرارگیری آستانه نشان داد که آستانه با اشکال هندسی هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی ضریب دبی جریان در حالت مماس بر پایین‌دست دریاچه کشویی در آستانه به عرض ۰/۱ سانتی‌متر را نسبت به موقعیت آستانه در زیر دریاچه کشویی به ترتیب به میزان ۰/۱۰۰، ۰/۱۳۳، ۰/۱۰۲ و ۳/۵ درصد افزایش یافت. مقادیر ذکر شده در حالت مماس بر بالادست به ترتیب به ۰/۵/۲، ۰/۱/۷۷، ۰/۲/۳۲ و ۲/۰۰ درصد افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که ضریب دبی جریان علاوه بر محل قرارگیری آستانه، از هندسه آستانه نیز تأثیر می‌پذیرد. به این صورت که در موقعیت آستانه در زیر دریاچه کشویی، حداکثر ضریب دبی به آستانه با هندسه نیم‌استوانه‌ای و در حالت‌های مماس بر پایین‌دست و بالادست دریاچه کشویی، به آستانه هرمی اختصاص یافت.

کلیدواژه‌ها: ضریب دبی، سرعت جریان، آستانه، دریاچه کشویی، خطوط جریان.

۱- مقدمه

طراحی دریاچه کشویی با آستانه، از جمله راهکارهای کنترل دبی عبوری می‌باشد. چرا که به کارگیری توأم دریاچه کشویی با آستانه، در شرایط هیدرولیکی متفاوت، نتایج قابل توجهی بر ضریب دبی خواهد داشت. در ادامه به بررسی مطالعات انجام شده بر دریاچه‌های کشویی پرداخته شده است.

از جمله پژوهش‌های اولیه در زمینه هیدرولیک دریاچه‌های کشویی مطالعه آزمایشگاهی (Subramania و Rajaratnam، ۱۹۶۷؛ Swamee، ۱۹۹۲) می‌باشد. در ادامه فررو با استفاده از آنالیز ابعادی و تئوری خودمانایی ناقص، رابطه بدون بعدی را برای دریاچه کشویی ارائه داد (Ferro، ۲۰۰۰). مقایسه داده‌های حاصل از رابطه پیشنهادی برای ضریب دبی با نتایج آزمایشگاهی تطابق قابل قبولی را نشان داد. سرعت جریان در بالادست دریاچه کشویی توسط (Aköz و همکاران، ۲۰۰۹) به صورت آزمایشگاهی و عددی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که مدل آشفتگی $k-\epsilon$ دارای توانایی قابل توجهی در شبیه‌سازی پروفیل

کنترل میزان آب تحویلی در شبکه‌های آبیاری، یکی از اولویت‌های محققان در طراحی سازه‌های هیدرولیکی می‌باشد. دریاچه‌ها از جمله سازه‌های هیدرولیکی هستند که در امر توزیع و کنترل جریان آب مورد استفاده قرار می‌گیرند (Seyed Hoshiyar و همکاران، ۲۰۲۱؛ Rahimi و همکاران، ۲۰۲۲).

تقسیم‌بندی انواع مختلف دریاچه‌ها شامل دریاچه‌های کشویی، دریاچه‌های قطاعی و دریاچه‌های آویخته با توجه به کاربرد و محل نصب صورت گرفته است. در این میان دریاچه‌های کشویی قائم به دلیل سهولت نصب، نگهداری و سادگی معادلات حاکم بر آن‌ها، توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. تحقیقات انجام گرفته بر ضریب دبی این سازه از جمله مسائل مهم در مهندسی هیدرولیک می‌باشد (Daneshfaraz و همکاران، ۲۰۲۲a).

با توجه به افزایش نیاز روزافزون در کنترل منابع آبی، اتخاذ روش‌هایی نوین جهت بهبود در کارایی این سازه احساس می‌گردد.

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۱۴۳۲۰۲۱۲۶

دریچه کشویی با آستانه را نسبت به حالت بدون آستانه گزارش کرد.

حیدری و همکاران، (۱۳۹۴) ضریب دبی در شرایط بدون آستانه را به‌میزان بازشدگی دریچه و عمق آب بالادست عنوان کردند. در این تحقیق پارامترهای ارتفاع و شکل آستانه از جمله عوامل تأثیرگذار بر ضریب دبی جریان در حالت با آستانه بیان گردید. تأثیر شکل هندسی آستانه بر ضریب دبی در مطالعه آزمایشگاهی بررسی گردید (Norouzi و Salmasi، ۲۰۱۸). محققان در این تحقیق بیشترین ضریب دبی را به دریچه کشویی با آستانه دایروی و در بین چندضلعی‌ها مربوط به آستانه مثلثی بیان کردند. دیگر مطالعه در زمینه طراحی دریچه کشویی با آستانه هم عرض فلوم، مطالعه می‌باشد (Karami و همکاران، ۲۰۲۰). در تحقیق مذکور تأثیر ارتفاع آستانه بر ضریب دبی دریچه کشویی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع آستانه، ضریب دبی تا یک حد مشخص افزایش می‌یابد.

تأثیر آستانه‌های غیرهم‌عرض در زیر دریچه کشویی بر ضریب دبی در مطالعه آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت (Daneshfaraz و همکاران، ۲۰۲۲b). نتایج نشان داد که افزایش در عرض آستانه، ضریب دبی جریان را افزایش می‌دهد. در پژوهشی عددی و آزمایشگاهی تأثیر قرارگیری آستانه در زیر دریچه کشویی بر الگو و سرعت جریان بررسی شد (Daneshfaraz و همکاران، ۲۰۲۲c). نتایج نشان داد که برخورد جریان با آستانه در عرض‌های بزرگ‌تر، تشکیل نواحی کم‌سرعت در پایین‌دست دریچه کشویی را کاهش داده و ضریب دبی را افزایش می‌دهد. محققان در مطالعه‌ای به بررسی هم‌زمان ضریب دبی و استهلاک انرژی دریچه کشویی پرداختند (Abbaszadeh و همکاران، ۲۰۲۳).

بررسی تحقیقات انجام شده، علاوه بر این که اهمیت طراحی اصولی سازه‌های هیدرولیکی از جمله دریچه‌های کشویی را تأیید می‌کند، همچنین خلاء تحقیقاتی در زمینه بررسی پارامترهای مختلف مؤثر در رابطه با کاربرد دریچه کشویی با آستانه را روشن‌تر می‌سازد. چرا که اتخاذ روش نوین جهت افزایش کارکرد این سازه احساس می‌گردد. طراحی دریچه کشویی با آستانه در هندسه‌ها و در موقعیت‌های مختلف نسبت به دریچه کشویی، به‌عنوان المان افزایش دهنده دبی عبوری هدف اصلی تحقیق حاضر می‌باشد. بنابراین مطالعه حاضر، سعی در بررسی نوین استفاده از دریچه کشویی با آستانه دارد که ابزاری ساده و با دقت مناسب در شبکه‌ها و کانال‌های آبیاری می‌باشد.

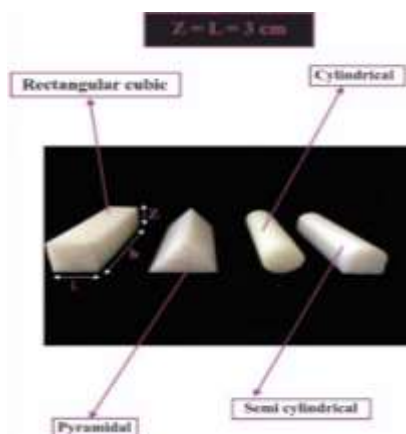
سطح آزاد آب و میدان سرعت نسبت به مدل آشفستگی $k-\omega$ می‌باشد.

Daneshfaraz و همکاران، (۲۰۱۶) با بهره‌گیری از روش حجم‌محدود تأثیر هندسه لبه انتهایی دریچه کشویی بر ضریب دبی جریان را به‌صورت عددی بررسی کردند. در این تحقیق ضریب دبی دریچه کشویی لبه‌تیز کم‌تر از سایر دریچه‌ها گزارش گردید. Ashkan و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از روش حجم‌محدود و نرم‌افزار FLOW-3D، عملکرد دریچه‌های کشویی متوالی را بر ضریب دبی جریان ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که دبی خروجی از این سازه‌های هیدرولیکی در مقایسه با فاصله بین دریچه‌ها، بیشتر وابسته به بازشدگی دریچه می‌باشد.

انحراف در زاویه قرارگیری دریچه کشویی و به‌کارگیری دریچه‌های مایل از جمله عوامل تأثیرگذار بر ضریب دبی این سازه است که از آن جمله می‌توان تحقیق را نام برد (Shesha Prakash و Shivapure، ۲۰۰۵). افزایش ضریب دبی دریچه‌های مایل نسبت به دریچه‌های قائم از نتایج این تحقیق بود.

Ilkhanipour Zeynali و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی شیب صفحه دریچه کشویی بر مشخصات هیدرولیکی جریان پرداختند. آن‌ها، نسبت انرژی مخصوص جریان در دریچه کشویی مایل به انرژی مخصوص در دریچه کشویی قائم را تابعی از شیب صفحه دریچه کشویی برآورد کردند. همچنین، روابطی برای تغییرات ضریب فشردگی و ضریب دبی دریچه کشویی با تغییر زاویه شیب آن ارائه گردید.

در مطالعه‌های دیگر ویژگی‌های جریان زیر دریچه‌های عمودی و مایل با استفاده از شبکه‌های مصنوعی بررسی گردید. این مطالعه مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)^۱ را مدلی مناسب برای پیش‌بینی ضریب دبی دریچه‌های کشویی عمودی و مایل عنوان کرد (Reda، ۲۰۱۶). در مطالعه دیگر با به‌کارگیری مدل‌های هوش مصنوعی شامل SVM، ANN، GRNN، RF، GP و RT ضریب دبی دریچه‌های کشویی مایل را مورد بررسی قرار دادند (Salmasi و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج نشان داد که استفاده از مدل ANN دارای بیشترین دقت در مقایسه با سایر مدل‌ها می‌باشد. زاویه انحراف قرارگیری دریچه کشویی از دیگر عوامل تأثیرگذار بر ضریب دبی می‌باشد (Daneshfaraz و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج نشان داد که با افزایش زاویه انحراف دریچه کشویی به سمت بالادست، ضریب دبی افزایش می‌یابد. در دسته‌بندی مربوط به مطالعات دریچه کشویی با آستانه، می‌توان به مطالعه آزمایشگاهی اشاره کرد (Alhamid، ۱۹۹۹). ایشان در این تحقیق افزایش ضریب دبی



شکل ۲- شکل هندسی و ابعاد آستانه‌های به کار گرفته شده در تحقیق حاضر

برای محاسبه ضریب دبی در شرایط جریان آزاد، معادلات (۱) (Heidari و همکاران، ۲۰۲۰) و (۲) به ترتیب برای حالت شاهد (بدون آستانه) و با آستانه به کار گرفته شد. رابطه (۱) معادله عمومی ضریب دبی دریاچه‌های کشویی بوده و رابطه (۲) با تأثیر دادن تغییرات بازشدگی زیر دریاچه با قرارگیری آستانه، حاصل شده است.

$$C_d = \frac{Q}{BG\sqrt{2g(H)}} \quad (1)$$

$$C_d = \frac{Q}{2A_1\sqrt{2g(H)} + A_2\sqrt{2g(H-z)}} \quad (2)$$

۲-۱- آنالیز ابعادی

پارامترهای مؤثر بر ضریب دبی عبوری از دریاچه کشویی با آستانه در حالت آزاد به صورت زیر تعریف می‌گردد (Daneshfaraz و همکاران، ۲۰۲۳a).

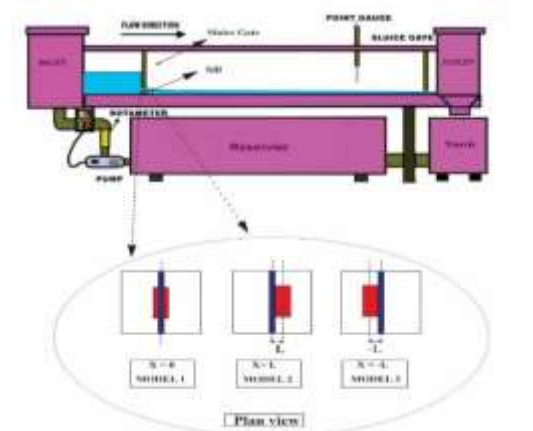
$$f_1(C_d, \rho, Q, g, \mu, H, G, Z, b, B, X) = 0 \quad (3)$$

که در آن C_d ضریب دبی جریان (-)، ρ جرم مخصوص آب (ML^{-3})، Q دبی جریان (L^3T^{-1})، g شتاب گرانش زمین (LT^{-2})، μ لزوجت دینامیکی آب ($ML^{-1}T^{-1}$)، H عمق آب پشت دریاچه (L)، G بازشدگی دریاچه (L)، Z ارتفاع آستانه (L) و b عرض آستانه (L)، B عرض فلوم آزمایشگاهی (L) و X فاصله محور دریاچه تا مرکز آستانه (L) می‌باشد. بنابر قضیه پی-باکینگهام و با در نظر گرفتن (H, g, ρ) به عنوان متغیرهای تکراری، فراسنجه‌های بی‌بعد برای دریاچه با آستانه به صورت رابطه (۴)، ارائه می‌شود (Norouzi و همکاران، ۲۰۲۳):

$$f_2\left(C_d, \frac{1}{Fr'}, \frac{1}{Re'}, \frac{G}{H'}, \frac{Z}{H'}, \frac{b}{H'}, \frac{B}{H'}, \frac{X}{H'}\right) = 0 \quad (4)$$

۲- مواد و روش‌ها

آزمایش‌های تحقیق حاضر در آزمایشگاه هیدرولیک با فلوم به ابعاد طول ۵ متر، عرض ۰/۳۰ متر و ارتفاع ۰/۴۵ متر انجام گرفت. فلوم آزمایشگاهی دارای کف و دیواره‌هایی از جنس پلاکسی گلاس بوده و مجهز به یک عمق‌سنج نقطه‌ای با دقت ± 1 میلی‌متر می‌باشد. دریاچه کشویی به ضخامت ۱ سانتی‌متر در فاصله یک متری از ابتدای فلوم نصب شده است. جریان ورودی به وسیله دو پمپ تأمین می‌گردد که هر کدام ظرفیت تولید ۵۰۰ لیتر بر دقیقه را دارد. در همه آزمایش‌ها، بازشدگی دریاچه ثابت و برابر ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. جهت بررسی تأثیر هندسه، آستانه‌های استوانه‌ای، نیم‌استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی در عرض‌های ۷/۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر تهیه گردید. ارتفاع همه آستانه‌ها در تحقیق حاضر برابر مقدار ثابت ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آستانه‌ها به دلیل سبکی و سهولت کاربرد از جنس پلی‌اتیلن انتخاب شدند. نحوه قرارگیری آستانه‌ها با توجه فاصله محور مرکزی دریاچه تا محور مرکزی آستانه (X) تنظیم شده است. مقدار پارامتر (X) در موقعیت‌های آستانه در زیر دریاچه کشویی، آستانه مماس در پایین دست دریاچه کشویی و مماس بر بالادست دریاچه کشویی به ترتیب برابر $X=0$ ، $X=L$ و $X=-L$ در نظر گرفته شد. فلوم آزمایشگاهی و محل قرارگیری آستانه‌های به کار گرفته به شرح شکل (۱) می‌باشد. در کل ۳۶۰ آزمایش با ۱۲ مدل آزمایشگاهی آستانه جهت بررسی تأثیر هندسه و محل قرارگیری آستانه بر ضریب دبی جریان در شرایط جریان آزاد انجام شد. در این پژوهش دبی جریان در محدوده ۴۷۵ تا ۷۰۰ لیتر بر دقیقه بر هر کدام از مدل‌ها اعمال گردید. شکل (۱) و (۲) به ترتیب حالت شماتیک فلوم آزمایشگاهی و آستانه‌های به کار گرفته در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.



شکل ۱- حالت شماتیک فلوم آزمایشگاهی و محل قرارگیری آستانه‌ها

گرفت. شکل (۵)، تغییرات ضریب دبی دریاچه کشویی برای آستانه‌های نیم‌دایره‌ای، دایره‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی در عرض‌های ۷/۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر و در موقعیت‌های مختلف قرارگیری نسبت به دریاچه کشویی را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که جای‌گذاری آستانه در موقعیت‌های مختلف دریاچه کشویی، ضریب‌دبی جریان را تحت تأثیر قرار می‌دهد شکل (۵). این تغییر به‌گونه‌ای است که بیشترین ضریب‌دبی به‌ترتیب در موقعیت‌های مماس بر بالادست دریاچه، مماس بر پایین‌دست و در زیر دریاچه محاسبه گردید. علت این امر چنین بیان می‌گردد که جای‌گذاری آستانه در حالت مماس بر بالادست دریاچه کشویی نسبت به موقعیت‌های مماس بر زیر دریاچه و موقعیت آستانه در زیر دریاچه کشویی انقباض جریان عبوری از دریاچه کشویی را افزایش می‌دهد. نخست میزان افزایش ضریب دبی در موقعیت آستانه مماس بر پایین‌دست دریاچه کشویی نسبت به موقعیت آستانه در زیر دریاچه کشویی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آستانه با اشکال هندسی هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی ضریب دبی جریان در حالت مماس بر پایین‌دست دریاچه کشویی در عرض ۷/۵ سانتی‌متر را نسبت به موقعیت آستانه در زیر دریاچه کشویی به‌ترتیب به‌میزان ۳/۸۸، ۰/۶۹، ۱/۸۵، ۱/۶۳ درصد افزایش داده است. مقادیر ذکر شده در آستانه به عرض ۱۰ سانتی‌متر به‌ترتیب به ۵/۳۸، ۲/۱، ۲/۵ و ۱/۶۵ درصد و در آستانه به عرض ۲۰ سانتی‌متر به ۲۰/۲۲، ۱۴/۳۳، ۱۴/۲۸، ۳/۵ درصد افزایش یافت.

در رابطه (۴)، Fr معرف عدد فرود جریان و Re بیانگر عدد رینولدز می‌باشد. باتوجه به این که $26286 \leq Re \leq 38866$ لذا جریان آشفته بوده و از تأثیر عدد رینولدز صرف‌نظر شد. پارامتر G/H به‌دلیل ثابت بودن بازشدگی دریاچه، در همه آزمایش‌ها، از رابطه (۴) حذف شد. از تأثیر پارامتر بی‌بعد Z/H به‌دلیل ثابت بودن ارتفاع آستانه‌ها در همه مدل‌ها چشم‌پوشی شد و عرض کانال به‌عنوان پارامتر ثابت در همه آزمایش‌ها، از بین عوامل مؤثر حذف گردید. در نهایت رابطه (۴) با در نظر گرفتن عوامل ذکر شده، به صورت رابطه (۵) بازنویسی شد (Daneshfaraz و همکاران، ۲۰۲۳b):

$$C_d = f_3 \left(\frac{b}{H}, \frac{X}{H} \right) \quad (5)$$

۳- بحث و نتیجه‌گیری

۳-۱- تأثیر موقعیت قرارگیری آستانه نسبت به دریاچه

کشویی بر ضریب دبی

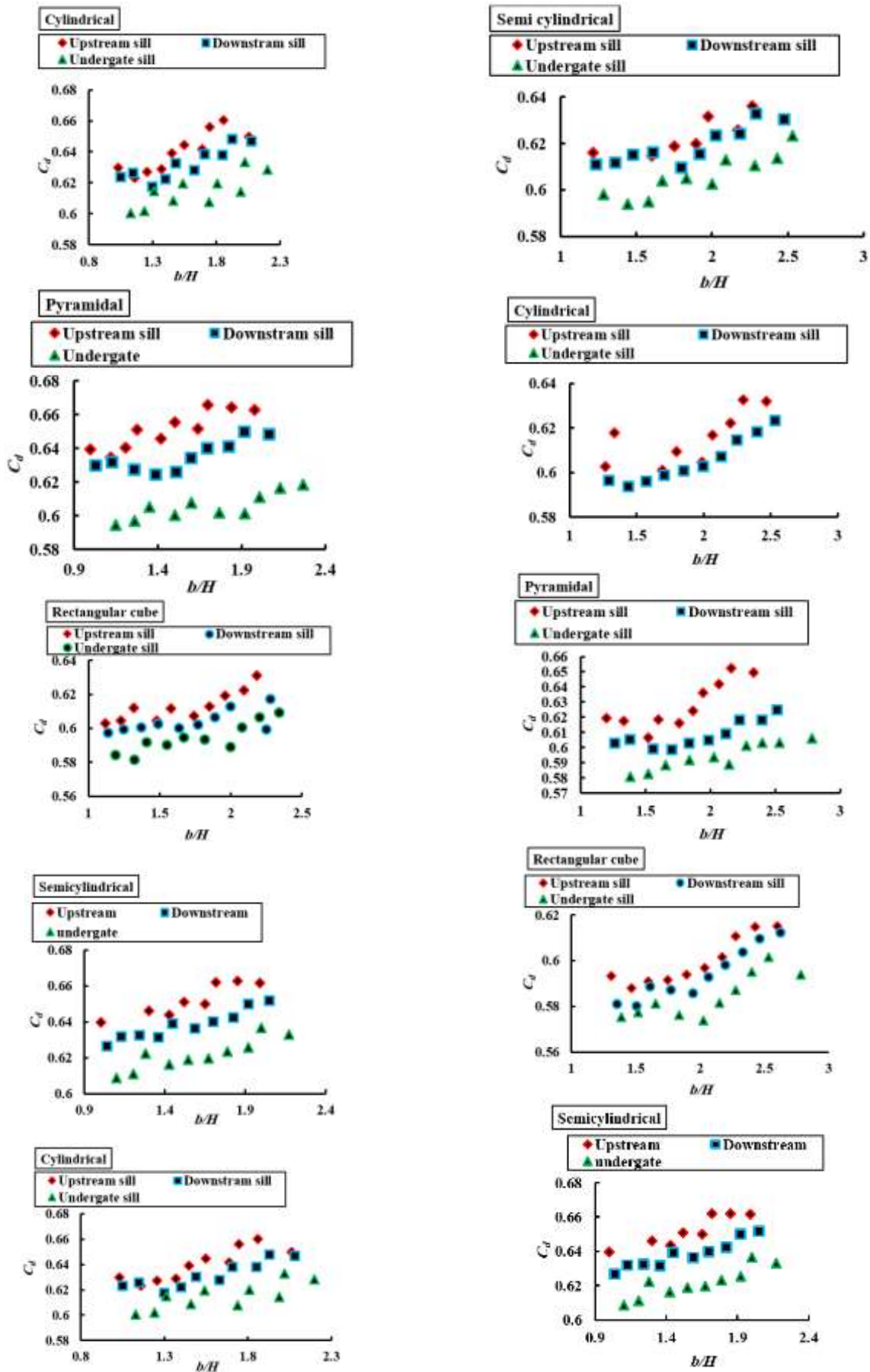
در ابتدا ضریب دبی دریاچه کشویی با آستانه در موقعیت‌های مختلف و در عرض‌های ۷/۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. موقعیت قرارگیری آستانه‌ها در شکل (۳)، نشان داده شده است. تمامی آستانه‌ها در اشکال هندسی نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی جهت بررسی تأثیر موقعیت استقرار بررسی گردیده است. حالت شماتیک قرارگیری آستانه‌ها در شکل (۴)، ترسیم شده است. طبق آنالیز ابعادی صورت گرفته پارامتر X/H و b/H جهت ارزیابی روند ضریب دبی مورد بررسی قرار



شکل ۳- موقعیت قرارگیری آستانه‌ها نسبت به دریاچه کشویی: الف) زیر دریاچه، ب) مماس بر پایین‌دست دریاچه، ج) مماس بر بالادست دریاچه



شکل ۴- تصویر شماتیک جریان عبوری از دریاچه کشویی در موقعیت‌های مختلف قرارگیری آستانه: الف) زیر دریاچه، ب) مماس بر پایین‌دست دریاچه، ج) مماس بر بالادست دریاچه



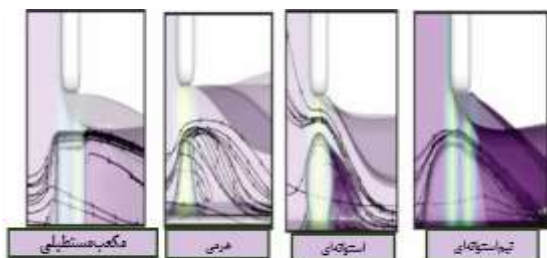
ضریب‌دبی خواهد شد. به‌منظور بررسی تأثیر هندسه، ضریب‌دبی دریاچه کشویی با آستانه در اشکال نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی در سه حالت شامل آستانه زیر دریاچه کشویی، آستانه مماس بر پایین‌دست و آستانه مماس بر بالادست دریاچه کشویی مورد بررسی قرار گرفت. محدوده دبی اعمال شده بر آزمایش‌ها، ۴۷۵ تا ۷۰۰ لیتر بر دقیقه می‌باشد. ارتفاع آستانه‌ها و بازشدگی دریاچه‌کشویی ثابت و به‌ترتیب برابر ۳ و ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

۳-۲-۱- آستانه در زیر دریاچه کشویی

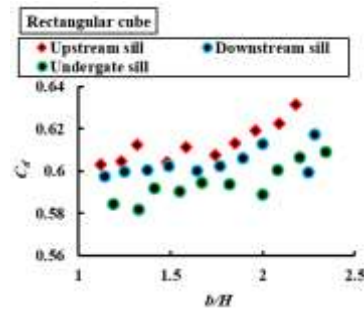
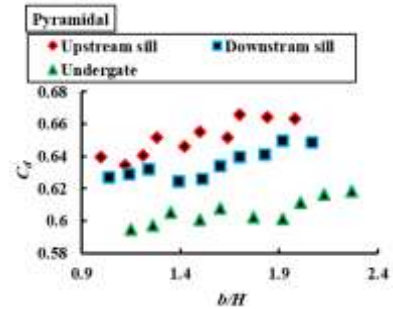
در این حالت آستانه‌های نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی در زیر دریاچه کشویی تعبیه گردید. به‌طوری‌که مرکز سطح فوقانی آستانه دقیقاً در زیر دریاچه کشویی قرار گرفت. شکل (۶) و (۷)، به‌ترتیب حالت قرارگیری آستانه‌ها را به‌صورت آزمایشگاهی و شماتیک نشان می‌دهد. بررسی ضریب‌دبی در موقعیت آستانه در زیر دریاچه‌کشویی در اشکال هندسی مختلف نشان داد که ضریب‌دبی جریان، از شکل هندسی آستانه تأثیر می‌پذیرد. در این حالت حداکثر ضریب‌دبی به آستانه با هندسه نیم‌استوانه‌ای اختصاص یافت. مقایسه ضریب‌دبی در سایر آستانه‌ها نشان داد که حداکثر ضریب‌دبی پس از آستانه نیم‌استوانه‌ای به آستانه‌های استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی مربوط می‌گردد. با توجه به شباهت هندسی آستانه‌های مدور در سطح فوقانی، ضریب‌دبی آستانه نیم‌استوانه‌ای در مقایسه با آستانه استوانه‌ای، بیشتر برآورد گردید (Ebadzadeh و همکاران، ۲۰۲۳).



شکل ۶- قرارگیری آستانه در اشکال هندسی متفاوت در زیر دریاچه کشویی



شکل ۷- خطوط جریان عبوری در حالت آستانه در زیر دریاچه‌کشویی با تغییر در هندسه آستانه



شکل ۵- تغییرات ضریب‌دبی در حالت آستانه در زیر دریاچه‌کشویی، آستانه مماس بر پایین‌دست دریاچه‌کشویی و آستانه مماس در بالادست دریاچه‌کشویی: الف) $b=7.5\text{cm}$ ، ب) $b=10\text{cm}$ ، ج) $b=20\text{cm}$

بررسی تغییرات ضریب‌دبی در موقعیت آستانه مماس بر بالادست دریاچه‌کشویی نشان داد که آستانه‌های هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی به عرض ۷/۵ سانتی‌متر، ضریب‌دبی را نسبت به موقعیت آستانه در زیر دریاچه کشویی به‌ترتیب به میزان ۵/۷۷، ۲/۹۳، ۲/۸۶ و ۲/۶۳ درصد افزایش داده است. مقادیر ذکر شده در آستانه به عرض ۱۰ سانتی‌متر به‌ترتیب به ۷/۵۳، ۴/۱۵، ۴/۰۹ و ۳/۱۵ درصد و در آستانه به عرض ۲۰ سانتی‌متر به ۲۵/۸، ۱۹/۷۶، ۱۸/۳۸ و ۸/۲۱ درصد افزایش یافت.

۳-۲- تأثیر هندسه در موقعیت‌های مختلف

با در نظر گرفتن معادله کلی ضریب‌دبی دریاچه‌های کشویی با آستانه غیرهم‌عرض، پارامترهای مؤثر بر ضریب‌دبی جریان شامل، دبی ورودی، عرض کانال، عرض آستانه، بازشدگی دریاچه‌کشویی، عمق آب پشت دریاچه و ارتفاع آستانه می‌باشد. با توجه به مقدار ثابت پارامترهای دبی ورودی، عرض کانال، ارتفاع و عرض آستانه و بازشدگی دریاچه‌کشویی در هر حالت، می‌توان اظهار داشت که عامل تغییر در روند ضریب‌دبی، پارامتر عمق آب پشت دریاچه می‌باشد. لذا می‌توان گفت عمق آب پشت دریاچه اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار بر ضریب‌دبی خواهد بود. به‌طوری‌که با ثابت در نظر گرفتن پارامترهای هیدرولیکی ذکر شده در یک حالت، کاهش عمق آب پشت دریاچه، بیان‌گر افزایش در

چرخشی در بالادست و پایین دست آستانه می باشد و در نتیجه ضریب دبی نسبت به سایر آستانه ها کاهش می یابد. بررسی نتایج حاصل از جای گذاری آستانه در اشکال هندسی متفاوت در زیر دریچه کشویی، حاکی از این است که به کارگیری آستانه نیم استوانه ای نسبت به سایر اشکال، سبب افزایش چشم گیری در میزان ضریب دبی می گردد. نتایج حاکی از این است که این آستانه در کمترین عرض (b=7/5cm)، ضریب دبی را به طور میانگین ۰/۹۲، ۳/۱ و ۴/۹ درصد نسبت به آستانه استوانه ای، هرمی و مکعب مستطیلی افزایش می دهد. این در حالی است که در بیشترین عرض (b=20cm)، میزان افزایش ضریب دبی در این آستانه نسبت به اشکال ذکر شده به ترتیب برابر ۱/۶، ۳/۷، ۵/۹ محاسبه گردید. شکل (۸)، تغییرات ضریب دبی را در موقعیت آستانه در زیر دریچه کشویی در هندسه و عرض های متفاوت آستانه را نشان می دهد که در آن محور قائم و افقی به ترتیب بیانگر ضریب دبی و پارامتر بی بعد (b/H) می باشد.

۲-۳-۲- آستانه مماس بر پایین دست دریچه کشویی

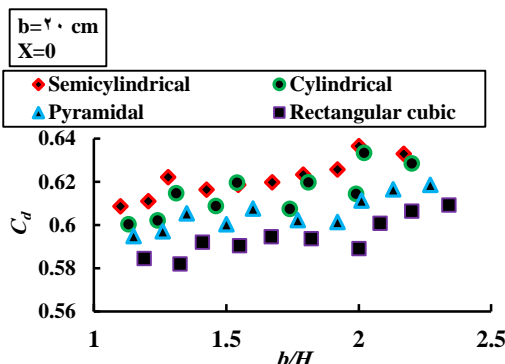
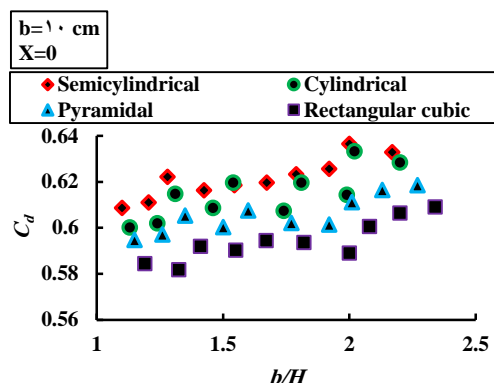
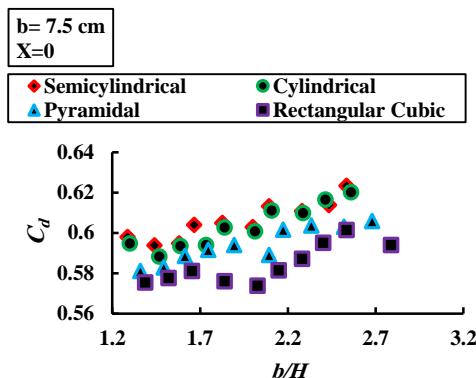
در این حالت آستانه در هندسه های نیم استوانه ای، استوانه ای، هرمی و مکعب مستطیلی بر پایین دست دریچه کشویی مماس گردید. شکل (۹) نحوه جای گذاری آستانه در هندسه های یاد شده و در حالت مماس بر پایین دست دریچه کشویی را نشان می دهد. حالت شماتیک جریان عبوری از دریچه کشویی در این حالت در شکل (۱۰) تشریح شده است.



شکل ۹- قرارگیری آستانه در حالت مماس بر پایین دست دریچه کشویی: الف) مکعب مستطیلی، ب) هرمی، ج) استوانه ای، د) نیم استوانه ای



شکل ۱۰- خطوط جریان عبوری در حالت آستانه مماس بر پایین دست دریچه کشویی با تغییر در هندسه آستانه



شکل ۸- تغییرات ضریب دبی در حالت آستانه در زیر دریچه کشویی

چرا که قوس دار بودن قسمت پایین آستانه استوانه ای سبب افت زیاد جریان در این ناحیه می گردد. همین علت باعث کاهش ضریب دبی این آستانه نسبت به آستانه نیم استوانه ای می شود. بررسی تأثیر هندسه آستانه های هرمی و مکعب مستطیلی نشان داد که شیب ضلع آستانه در قسمت بالادست، سبب جداشدگی جریان در پشت آستانه می گردد (Daneshfaraz و همکاران، ۲۰۲۲b). این موضوع باعث به وجود آمدن خطوط جریان نامتقارن در زیر دریچه می شود. در واقع می توان گفت، این شکل آستانه، همگرایی جریان در بالادست دریچه را نسبت به آستانه های مدور در زیر دریچه می کاهد. بررسی ضریب دبی در آستانه با هندسه مکعب مستطیلی، بیان گر کاهش ضریب دبی در این آستانه نسبت به سایر اشکال ذکر شده می باشد. علت آن تشدید جریان های

جای‌گذاری آستانه مکعب‌مستطیلی در این حالت، تغییر مسیر خطوط جریان در زیر دریچه‌کشویی سبب افت شدید انرژی می‌گردد. لذا کم‌ترین ضریب‌دبی در موقعیت مماس بر پایین‌دست به این آستانه مربوط می‌گردد. بررسی جریان عبوری از دریچه‌کشویی با آستانه‌های مدور نشان داد که این آستانه‌ها از تغییرات سرعت و در نتیجه تنش برشی جریان می‌کاهد. لذا ضریب‌دبی آستانه‌های مدور نسبت به آستانه مکعبی بیشتر برآورد گردید. نتایج حاکی از این است که قرارگیری ضلع شیب‌دار آستانه هرمی در زیر دریچه‌کشویی از جداسازی جریان در ناحیه بازشدگی دریچه می‌کاهد. بنابراین ضریب‌دبی دریچه‌کشویی با آستانه هرمی نسبت به سایر هندسه‌ها افزایش می‌یابد. در شکل (۱۱)، تغییرات ضریب‌دبی جریان در حالت آستانه مماس بر پایین‌دست دریچه‌کشویی در عرض‌های ۷/۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر آورده شده است. نتایج نشان داد ضریب‌دبی دریچه‌کشویی با آستانه هرمی نسبت به حالت کاربرد آستانه‌های نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی در (b=7/5cm) به ترتیب به میزان ۱/۴، ۱/۸ و ۴/۳ درصد و در عرض (b=20cm) ۲/۳، ۳/۲ و ۱۶/۱ درصد افزایش یافت.

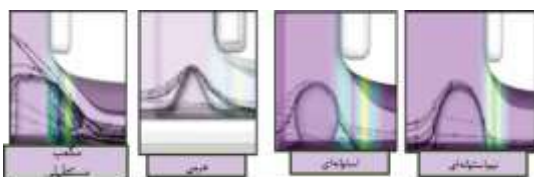
۳-۲-۳- آستانه مماس بر بالادست دریچه‌کشویی

در قسمت سوم آزمایش‌ها، آستانه در هر چهار هندسه شامل نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی به صورت مماس بر بالادست دریچه‌کشویی قرار گرفت که به ترتیب در شکل‌های (۱۲) و (۱۳) به حالت آزمایشگاهی و شماتیک نشان داده شده است.

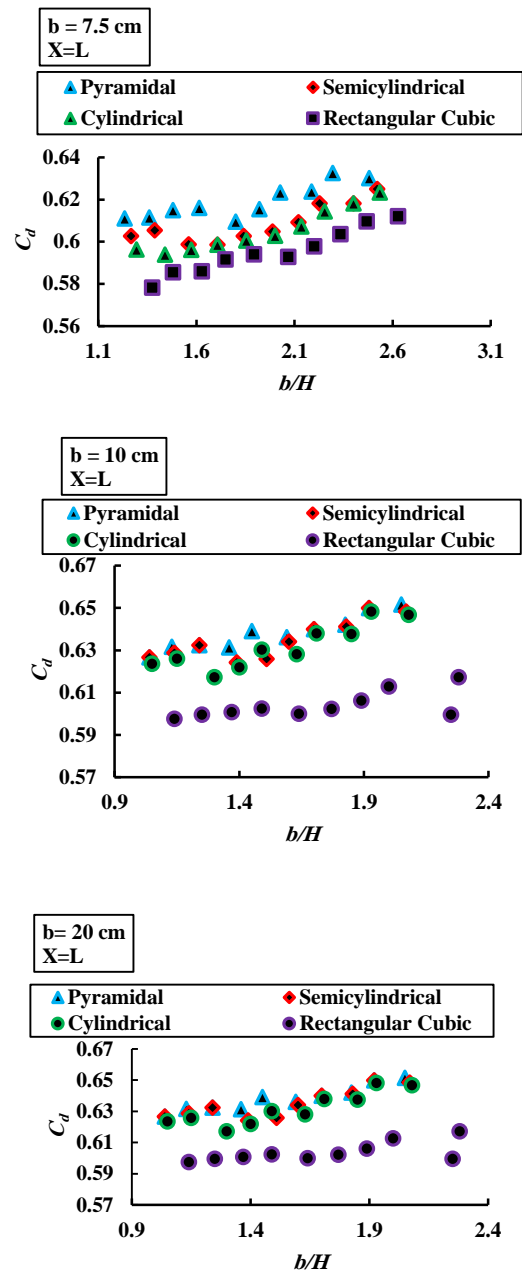


شکل ۱۲- قرارگیری آستانه در حالت مماس بر بالادست

دریچه‌کشویی: الف) مکعب‌مستطیلی، ب) هرمی،
ج) استوانه‌ای، د) نیم‌استوانه‌ای



شکل ۱۳- خطوط جریان عبوری در حالت آستانه مماس بر بالادست دریچه‌کشویی با تغییر در هندسه آستانه



شکل ۱۱- تغییرات ضریب‌دبی در حالت آستانه مماس بر پایین‌دست دریچه‌کشویی

با قرارگیری آستانه در هندسه‌های مکعب‌مستطیلی، هرمی، استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای در عرض‌های ۷/۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر به صورت مماس بر پایین‌دست دریچه‌کشویی، به بررسی ضریب‌دبی پرداخته شد. نتایج نشان داد که تغییر موقعیت آستانه از حالت زیر دریچه به حالت مماس بر پایین‌دست، ضریب‌دبی را افزایش می‌دهد. در این حالت بیشترین ضریب‌دبی به ترتیب به آستانه با هندسه‌های هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی مربوط می‌گردد. نتایج نشان داد که با

همین علت سبب افزایش عمق آب پشت دریچه و در نتیجه کاهش ضریب دبی دریچه کشویی در مقایسه با سایر هندسه‌ها می‌گردد. با قرارگیری آستانه‌های مدور به‌علت هندسه سطح فوقانی آن‌ها، از میزان افت انرژی نسبت به آستانه مکعبی در زیر دریچه کشویی کاسته شد و شیب مستقیم آستانه هرمی با جهت جریان، سبب انقباض بیشتر جریان عبوری از دریچه کشویی، نسبت به سایر هندسه‌های ذکر شده گردید. شکل (۱۴)، ضریب دبی دریچه کشویی با آستانه‌های نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی در عرض‌های ۷/۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر و در حالت مماس بر بالادست دریچه کشویی را نشان می‌دهد.

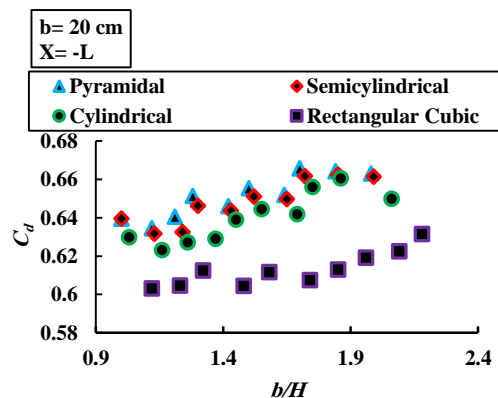
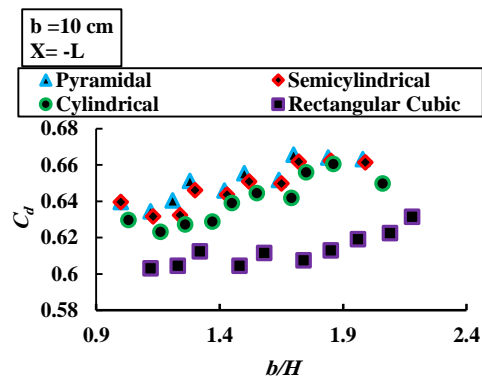
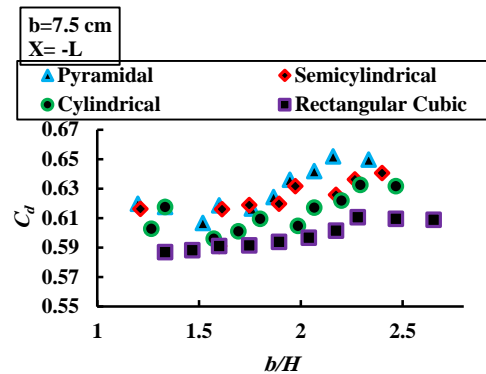
با توجه به شکل (۱۴) تغییر موقعیت قرارگیری آستانه، از جمله عوامل مؤثر بر ضریب دبی جریان می‌باشد. در این حالت با جای‌گذاری آستانه به صورت مماس بر بالادست دریچه کشویی ضریب دبی جریان دریچه کشویی با آستانه در هندسه‌های متفاوت مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاکی از این است که قرارگیری آستانه هرمی حداکثر ضریب دبی را دارد. این آستانه در $b=7/5\text{cm}$ ، ضریب دبی را به‌میزان ۰/۶۳، ۲/۸۶ و ۴/۴۵ درصد نسبت به آستانه‌های نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی افزایش داد. مقادیر ذکر شده در $b=20\text{cm}$ به‌ترتیب به ۱/۷۱، ۴/۱۷ و ۱۶/۲ درصد افزایش یافت.

۴- نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر نخست به بررسی تأثیر قرارگیری آستانه در موقعیت‌های مختلف دریچه کشویی شامل آستانه در زیر دریچه کشویی، آستانه مماس بر پایین‌دست و حالت آستانه مماس بر بالادست دریچه کشویی پرداخته شد. سپس به‌منظور بررسی تأثیر هندسه بر ضریب دبی در موقعیت‌های مختلف، آستانه‌های نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی مورد بررسی قرار گرفت. اصلی‌ترین نتایج تحقیق حاضر به شرح زیر بیان می‌گردد:

- (۱) با تغییر موقعیت حداکثر ضریب دبی به‌ترتیب به حالت مماس بر بالادست دریچه کشویی، مماس بر پایین‌دست دریچه کشویی و سپس به حالت آستانه در زیر دریچه کشویی اختصاص یافت. چراکه قرارگیری آستانه در حالت مماس بر بالادست دریچه کشویی انقباض جریان عبوری را نسبت به دیگر حالت‌ها به‌شدت افزایش داد.
- (۲) آستانه با اشکال هندسی هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی ضریب دبی جریان در حالت مماس بر پایین‌دست دریچه کشویی در عرض ۷/۵ سانتی‌متر نسبت به موقعیت آستانه در زیر دریچه کشویی به‌ترتیب به میزان ۳/۸۸، ۰/۶۹، ۱/۸۵، ۱/۶۳ درصد افزایش داده است. مقادیر

نتایج نشان داد با تغییر موقعیت آستانه به حالت مماس بر بالادست، حداکثر ضریب دبی به‌ترتیب به دریچه کشویی با آستانه هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی تغییر یافت. نتایج حاکی از این است که قرارگیری آستانه به‌صورت مماس بر بالادست دریچه کشویی، سبب افزایش انقباض در جریان عبوری از زیر دریچه می‌گردد. بررسی جریان در پایین‌دست از آستانه مکعبی نشان داد که ضلع قائم آستانه مذکور در زیر دریچه کشویی، سبب به‌وجود آمدن جریان‌های چرخشی در نتیجه گرادیان منفی سرعت می‌گردد.



شکل ۱۴- تغییرات ضریب دبی در حالت آستانه مماس بر بالادست دریچه کشویی

- Akoz M, Kirkgoz M, Oner A, "Experimental and numerical modeling of a sluice gate flow", *Hydraulic Research*, 2009, 47 (2), 167-176. <https://doi.org/10.3826/jhr.2009.3349>.
- Daneshfaraz R, Ghahramanzadeh A, Ghaderi A, Joudi AR, and Abraham J, "Investigation of the effect of edge shape on characteristics of flow under vertical gates", *American Water Works Association*, 2016, 108 (8), E425-E432. <https://doi.org/10.5942/jawwa.2016.108.0102>
- Daneshfaraz R, Abbaszadeh H, Gorbanvatan P, Abdi M, "Application of Sluice gate in different positions and its effect on hydraulic parameters in free flow condition", *Hydraulic structures*, 2021, 7 (3), 72-87. 10.22055/JHS.2022.39208.1196
- Daneshfaraz R, Norouzi R, Abbaszadeh H, Kuriqi A, Di Francesco S, "Influence of sill on the hydraulic regime in sluice gates: an experimental and numerical analysis", *Fluids*, 2022a, 7 (7). <https://doi.org/10.3390/fluids7070244>
- Daneshfaraz R, Norouzi R, Ebadzadeh P, "Experimental investigation of non-suppressed sill effect with different geometry on flow pattern and discharge coefficient of sluice", *Journal of Hydraulics*, 2022b, 17 (3), 47-63. <https://doi.org/10.30482/jhyd.2022.316603.1566>
- Daneshfaraz R, Norouzi R, Ebadzadeh P, "Experimental and numerical study of sluice gate flow pattern with non-suppressed sill and its effect on discharge coefficient in free-flow conditions", *Hydraulic Structures*, 2022c, 8 (1), 1-20. <https://doi.org/10.22055/JHS.2022.40089.1201>.
- Daneshfaraz R, Norouzi R, Ebadzadeh P, Kuriqi A, "Influence of sill integration in labyrinth sluice gate hydraulic performance", *Innovative Infrastructure Solutions*, 2023a, 8 (4), 118. <https://doi.org/10.1007/s41062-023-01083-z>
- Daneshfaraz R, Norouzi R, Ebadzadeh P, Di Francesco S, Abraham JP, "Experimental study of geometric shape and size of sill effects on the hydraulic performance of sluice gates", *Water*, 2023b, 15 (2), 314. <https://doi.org/10.3390/w15020314>
- Ebadzadeh P, Daneshfaraz R, Norouzi R, "Energy Dissipation of Supercritical Flow with Use of Different Geometric Shapes of Sills", *Water and Soil Science*, 2023. <https://doi.org/10.22034/ws.2023.55791.2518>
- Ferro V, "Simultaneous Flow over and under a gate", *Irrigation and Drainage engineering*, 2000, 190-193.
- Heidari M, Karami S, Adibrad M, "Investigation of free flow under the radial gate with the sill", *Civil and Environmental Engineering*, 2020, 50 (3) (100), 9-19. <https://doi.org/10.22034/jcee.2020.23384.1568>.
- Ilkhanipour Zeynali R, Mousavi Jahromi S, Kashefipour Dezfouli S, Fathi Moghadam M, "Influence of gate plate slope on hydraulic characteristics of sluice".
- Karami S, Heidari MM, Rad MHA, "Investigation of free flow under the sluice gate with the sill using flow-3D model", *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 2020, 44, 317-324.
- Norouzi R, Ebadzadeh P, Sume V, Daneshfaraz R, "Upstream vortices of a sluice gate: an experimental and numerical study", *AQUA-Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 2023. <https://doi.org/10.2166/aqua.2023.269>
- ذکر شده در آستانه به عرض ۲۰ سانتی متر به ۲۰/۲۲، ۱۴/۳۳، ۱۴/۲۸، ۳/۵ درصد افزایش یافت. زیرا افزایش در عرض آستانه، با کاهش در میزان بازشدگی دریچه کشویی، ضریب دبی را افزایش داد.
- (۳) بررسی تغییرات ضریب دبی در موقعیت آستانه مماس بر بالادست دریچه کشویی نشان داد که آستانه‌های هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی به عرض ۷/۵ سانتی متر ضریب دبی را نسبت به موقعیت آستانه در زیر دریچه کشویی به ترتیب به میزان ۵/۷۷، ۲/۹۳، ۲/۸۶ و ۲/۶۳ درصد افزایش داده است. مقادیر ذکر شده در آستانه به عرض ۲۰ سانتی متر به ۲۵/۸، ۱۹/۷۶، ۱۸/۳۸ و ۸/۲۱ درصد افزایش یافت.
- (۴) نتایج نشان داد که در حالت آستانه در زیر دریچه کشویی، بیشترین ضریب دبی به ترتیب به آستانه‌های نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای، هرمی و مکعب‌مستطیلی مربوط می‌شود.
- (۵) با قرارگیری آستانه در حالت مماس بر پایین دست دریچه کشویی، بیشترین ضریب دبی به ترتیب به آستانه‌های هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب‌مستطیلی اختصاص یافت.
- (۶) با تغییر موقعیت قرارگیری آستانه به حالت مماس بر بالادست دریچه کشویی، آستانه‌های هرمی، نیم‌استوانه‌ای، استوانه‌ای و مکعب مستطیلی به ترتیب دارای بیشترین ضریب دبی گردید.
- نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که سازه الحاقی دریچه کشویی و آستانه را می‌توان به‌عنوان المان افزایش‌دهنده دبی جریان به‌کار برد. لذا جای‌گذاری آستانه در موقعیت‌های مختلف قرارگیری نسبت به دریچه کشویی، می‌تواند انتخاب مناسبی جهت کنترل و اندازه‌گیری دبی عبوری در شبکه‌های آبرسانی باشد به‌طوری‌که تعبیه آستانه هرمی در موقعیت‌های مماس بر بالادست و پایین دست دریچه کشویی بیشترین ضریب دبی را خواهد داشت.

۵- مراجع

- Abbaszadeh H, Norouzi R, Sume V, Kuriqi A, Daneshfaraz R, Abraham J, "Sill role effect on the flow characteristics (Experimental and Regression Model Analytical)", *Fluids*, 2023, 8 (8), 235. <https://doi.org/10.3390/fluids8080235>
- Alhamid AA, "Coefficient of discharge for free flow sluice gate", *King Saud University-Engineering Sciences*, 1999, 11 (1), 33-47. [https://doi.org/10.1016/S1018-3639\(18\)30989-9](https://doi.org/10.1016/S1018-3639(18)30989-9)
- Ashkan F, Daneshfaraz R, Ghaffarinik A, Ghahramanzadeh A, and Minaei O, "Numerical investigation of the successive sluice gates performance in regulating flow rate through channels using flow-3D software", *Water and Soil Science*. 2019, 29 (4), 85-96.

- Rahimi H, Yuan S, Tang X, Lu C, Singh P and Dehrashid FA, "Study on conveyance coefficient influenced by momentum exchange under steady and unsteady flows in compound open channels", *Water Resources Management*, 2022, 1-21.
- Rajaratnam N, Subramanya K, "Flow equation for the sluice gate", *Irrigation and Drainage Division*, 1967, 93 (3), 167-186.
- Rady RAEH, "Modeling of flow characteristics beneath vertical and inclined sluice gates using artificial neural networks", *Ain Shams Engineering Journal* 2016, 7 (2), 971-924.
- Roth A, Hager WH, "Underflow of standard sluice gate", *Experiments in fluids*, 1999, 27 (4), 339-350.
- Salmasi F, Nouri M, Sihag P, Abraham J, "Application of SVM, ANN, GRNN, RF, GP and RT models for predicting discharge coefficients of oblique sluice gates using experimental data", *Water Supply*, 2021, 21 (1), 232-248.
- Salmasi F, Norouzi Sarkarabad R, "Investigation of different geometric shapes of sills on discharge coefficient of vertical sluice gate", *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 2018, 52 (1), 21-36 (in Persian). <https://doi.org/10.22060/ceej.2018.14232.5596>.
- Seyed Hoshiyar SM, Pirmoradian N, Ashrafzadeh A, Parvaresh Rizi A, "Performance assessment of a water delivery canal to improve agricultural water distribution", *Water Resources Management*, 2021, 35 (8), 2487-2501. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02843-1>.
- Shivapur AV, Shesha Prakash MN, "Inclined sluice gate for flow measurement", *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 2005, 11 (1), 46-56.
- Swamee PK, "Sluice-gate discharge equations", *Irrigation and Drainage Engineering*, 1992, 118 (1), 56-60.

EXTENDED ABSTRACT

Evaluation Effect of Changing the Sill Geometries and Positions on Discharge Coefficient of Vertical Sluice Gate

Rasoul Daneshfaraz^{*}, Reza Norouzi, Parisa Ebadzadeh

Faculty of Engineering, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Received: 15 July 2022; Review: 18 September 2022; Accepted: 01 October 2022

Keywords:

Discharge coefficient, Flow velocity, Sill, Sluice gate, Streamlines.

1. Introduction

In controlling water resources, sluice gates have received attention from researchers due to the ease of installation and simplicity of the operation and the governing equations. The experimental study of (Henry, 1950) is one of the first research publications in this field that estimated the flow discharge coefficient for the sluice gate with a diagram. The studies of (Alhamid, 1999), Rajaratnam and Subramanian (1967), Ferro (2000), Daneshfaraz et al. (2016) and Heidari et al. (2020) are other studies in the field of hydraulics of sluice gate, that explains the importance of research in this field. In the present paper, results of experimental investigations on the effect of applying sill on discharge coefficient in different positions of the sluice gate are presented. The effect of sills including semi-cylindrical, cylindrical, pyramidal and rectangular cube in different widths was investigated.

2. Methodology

2.1. Experimental study

The experiments were performed in a laboratory flume 5m long, 0.30m wide and 0.45m high. The laboratory channel has a floor and walls made of Plexiglass and is equipped with a point depth gauge with an accuracy of ± 1 mm. In all experiments, the gate opening was considered constant and equal to 4cm. The effect of the sills with semi-cylindrical, cylindrical, pyramidal, and rectangular cube geometric shapes and with widths of 7.5, 10 and 20cm in different position relative to the sluice gate were investigated experimentally.

3. Results and discussion

3.1. Effect of changing the location of the sill relative to the sluice gate on the discharge coefficient

Results showed that Sills with pyramidal, semi-cylindrical, cylindrical, and rectangular cube geometric shapes have increased the discharge coefficient in the tangential state downstream of the sluice gate in ($b=7.5$ cm) compared to the position of the sill under the sluice gate by 3.88, 0.69, 1.85, 1.63 percent, respectively.

Examining the changes in the discharge coefficient in the position of the sill tangent to the upstream of the sluice gate showed that the pyramidal, semi-cylindrical, cylindrical and rectangular cube sills with a width of 7.5cm have increased the discharge coefficient by 5.77, 2.93, 2.86 and 2.63 percent, respectively compared to the position of the sill under the sluice. The schematic view of sill's position is shown in Fig. 1.

* Corresponding Author

E-mail addresses: daneshfaraz@yahoo.com (Rasoul Daneshfaraz), rezanorouzi1992@gmail.com (Reza Norouzi), p.ebadzadeh95@gmail.com (Parisa Ebadzadeh).

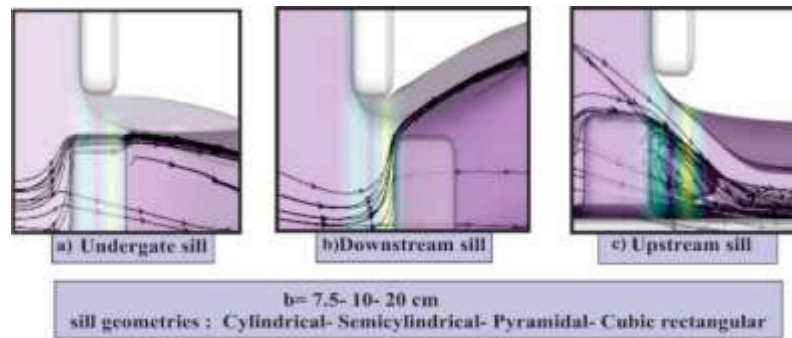


Fig. 1. Schematic view of sill's position

3.2. The effect of sill geometry on the discharge coefficient

The results showed that in the condition of sill under the sluice gate, the highest flow coefficient is related to semi-cylindrical, cylindrical, pyramidal and rectangular cube sills, respectively. But with the placement of the sill in the tangent state downstream of the sluice gate, the highest discharge coefficient was assigned to the pyramidal, semi-cylindrical, cylindrical and rectangular cube sills, respectively. By changing the position of the sill to tangent to the upstream of the sluice gate, pyramidal, semi-cylindrical, cylindrical and rectangular cubical sills respectively have the highest discharge coefficient.

4. Conclusions

The results showed that changing the position and geometrical shape of sill affects the discharge coefficient of sluice gate. The results showed that the change in the location of the sill affects the discharge coefficient. By changing the position of the sill, the maximum flow coefficient was assigned to the tangent state upstream the sluice gate, tangent to the downstream of the sluice gate, and then to the sill under the sluice gate, respectively. Because placing the sill in the tangent mode upstream of the sluice gate increased the contraction of the flow compared to other models. The results showed that the discharge coefficient is affected by the sill geometry. Because in the sill position under the sluice gate, the maximum discharge coefficient was assigned to the sill with semi-cylindrical geometry and in the tangential states downstream and upstream of the sluice gate, to the pyramidal sill.

5. References

- Alhamid AA, "Coefficient of discharge for free flow sluice gate", King Saud University-Engineering Sciences, 1999, 11 (1), 33-47.
- Daneshfaraz R, Ghahramanzadeh A, Ghaderi A, Joudi AR, Abraham J, "Investigation of the effect of edge shape on characteristics of flow under vertical gates", American Water Works Association, 2016, 108 (8), E425-E432.
- Ferro V, "Simultaneous Flow over and under a gate", Irrigation and Drainage engineering, 2000, 190-193.
- Heidari M, Karami S, Adibrad M, "Investigation of Free Flow under the Radial Gate with the Sill", Civil and Environmental Engineering, 2020, 50 (100), 9-19.
- Rajaratnam N, Subramanya K, "Flow equation for the sluice gate. Irrigation and Drainage Division", 1967, 93 (3), 167-186.