

بررسی هیدرولیکی و طراحی دریچه فلپ اصلاح شده برای کنترل خودکار سطح آب در کانال‌های آب

علی ربیعی مقدم^۱، سعید رضا خداشناس^{۲*}، علی نقی ضیایی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۵

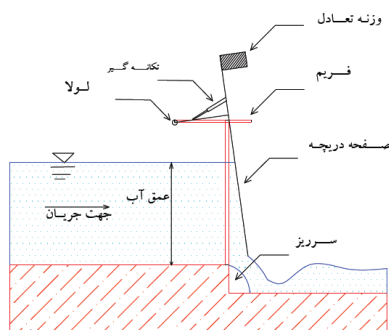
چکیده

امروزه با توجه به اهمیت مصرف آب، استفاده از سازه‌های هیدرولیکی که بتوانند با دقت مناسب میزان آب را تنظیم و کنترل نمایند بسیار با اهمیت می‌باشد. از سازه‌های هیدرولیکی که تراز آب بالادست خود را تثبیت می‌کند، دریچه فلپ می‌باشد. با وجود افزایش استفاده از این دریچه، وجود مشکلاتی حین بهره‌برداری از آن باعث شده دقت آن کاهش یابد. جدایش جریان از لبه‌های آن و ایجاد لرزش و کاویتاسیون و به هم خوردن تنظیمات آن از مهم‌ترین مشکلات آن می‌باشد. در این تحقیق برای کاهش معایب دریچه فلپ، اصلاحاتی بر روی آن ایجاد شد. بدین منظور مدلی هیدرولیکی از دریچه فلپ اصلاح شده ساخته شد. در دریچه جدید از لبه گرد گوشه استفاده شد که باعث انطباق بهتر خطوط جریان بر لبه آن و عدم ایجاد نوسان و جدایش جریان شد. علاوه بر این، نوع وزنه تعادل در دریچه اصلاح شده باعث تعادل بهتر دریچه شد. برای تحلیل‌های استاتیکی، میزان فشار وارد بر دریچه در دبی‌های مختلف اندازه‌گیری شد و با استفاده از آن معادله‌ی عمومی برای تخمین نیرو و گشتاور بازکننده‌ی دریچه بدست آمد که قابل به-کارگیری برای دریچه‌های مشابه می‌باشد. در انتها پارامترهای لازم برای طراحی دریچه مانند وزن، وزنه تعادل و شعاع انحنا لبه دریچه، ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: دریچه‌های خودکار هیدرولیکی، دریچه فلپ، کانال‌های آبیاری، کنترل خودکار سطح آب

مقدمه

دریچه فلپ نمونه‌ای از یک دریچه کنترل سطح آب از بالادست کانال (مانند دریچه آمیل) می‌باشد. این سازه اولین بار توسط ولاگتر طراحی و ارائه شد. دریچه فلپ متشکل از یک صفحه و چارچوبی است که دریچه روی آن پیاده می‌شود. همچنین دارای یک بازو می‌باشد که صفحه را به محور چرخش متصل می‌کند. شکل ۱ تصویری شماتیک و در حال بهره‌برداری این دریچه را نشان می‌دهد. این دریچه با دقت قابل قبول ارتفاع آب را در پشت خود نگه می‌دارد، از مزایای این دریچه می‌توان به طراحی ساده و اجرا با کم‌ترین هزینه نسبت به سایر دریچه‌های خودکار اشاره کرد و از معایب آن می‌توان امکان ایجاد خلا زائی^۴ در دبی‌های پایین، ایجاد امواج در بالادست دریچه و از بین رفتن کالیبراسیون اولیه اشاره کرد.



الف



ب

شکل ۱- دریچه فلپ کلاسیک (Vlugter., 1940)

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: khodashenas@ferdowsi.um.ac.ir)

4- cavitation

می‌تواند در آینده موجب ایجاد مشکلاتی در سازه، از جمله از بین رفتن کالیبراسیون دریچه، خوردگی در اثر کاویتاسیون، ایجاد امواج در بالادست و از بین رفتن شرایط جریان ماندگار در کانال که اساس طراحی دریچه می‌باشد، گردد.

در این تحقیق نوع جدیدی از دریچه فلپ با نام دریچه فلپ اصلاح شده توسعه داده شده است. در دریچه اصلاح شده، قطاعی در لبه پایینی دریچه فلپ اضافه شده که جریان خروجی از زیر دریچه را به صورت جتی منطبق بر شکل سازه از خود عبور می‌دهد و مشکل جدایش جریان و احتمال کاویتاسیون و لرزش سازه را کاهش می‌دهد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق دریچه ارایه شده توسط ولاگتر مورد تجدید نظر قرار گرفت. شکل ۲ شمایی از دریچه فلپ اصلاح شده را نشان می‌دهد. در دریچه اصلاح شده وجود یک کمان در دریچه خطوط جریان خروجی از دریچه را منطبق بر شکل سازه نموده و جت خروجی از زیر دریچه حتی در دبی‌های کم دارای یک فرم منحنی می‌باشد و عدم ایجاد کاویتاسیون را به دنبال خواهد داشت. اگر طراحی این دریچه بصورت صحیح انجام شود، سطح آب در بالادست دریچه با کم‌ترین خطا نسبت به ارتفاع طراحی شده برای دریچه حفظ خواهد شد. این دریچه باید در شرایط جریان آزاد در کانال نصب شود. عملکرد صحیح این دریچه نیازمند آن می‌باشد که گشتاور بسته کننده دریچه برابر با گشتاور باز کننده آن نسبت به لولا باشد. در یک طراحی دقیق سطح آب پشت دریچه برای هر دبی و به تبع آن برای هر زاویه یکسان خواهد شد. گشتاور بسته کننده دریچه ناشی از وزن دریچه و نیز وزن وزنه تعادل قرار گرفته در بالای دریچه می‌باشد و گشتاور باز کننده دریچه ناشی از نیروی فشار آب پشت دریچه می‌باشد.

در این تحقیق، میزان گشتاور باز کننده و بسته کننده دریچه در زوایای مختلف با استفاده از یک ارتفاع آب مشخص محاسبه شد. میزان فشار وارد بر دریچه در زوایای باز شدگی مختلف و نیز تغییرات مرکز فشار در مقابل زاویه باز شدگی دریچه نیز محاسبه شد. اگر جرم و ابعاد هر عضو از دریچه معلوم باشد، مرکز جرم کل دریچه از قوانین و معادلات اساسی استاتیک قابل محاسبه است، و با استفاده از جرم کل دریچه نیز مرکز ثقل کل دریچه گشتاور بسته شدن دریچه محاسبه شد.

ارزیابی‌های هیدرولیکی روی دریچه فلپ کلاسیک توسط رامی و هیگر صورت پذیرفت (Raemy and Hager., 1998). آن‌ها اعلام نمودند که دریچه در زمانی که کاملاً بسته است از یک توزیع خطی فشار تبعیت می‌کند. هر قدر دریچه بیش تر باز شود تفاوت بین نیروی استاتیک و نیروی واقعی افزایش می‌یابد و نیز نیروی واقعی وارد بر دریچه کاهش می‌یابد. این امر ناشی از این واقعیت است که آب

بیش تر تحقیقات صورت گرفته بروی دریچه فلپ در کشور هلند انجام گرفته است. ولاگتر (۱۹۴۰) نمونه‌های مختلفی از دریچه (از جمله دریچه بی گی من^۱) را مورد بررسی و تحقیق قرار داد (Vlugter 1940). برورر اصول مهم طراحی این دریچه از قبیل ابعاد کلیدی این سازه را خلاصه سازی نمود (Brouwer., 1987). رامی و هیگر مدلی دقیق از دریچه فلپ با وزنه‌ی تعادل ارایه دادند. آن‌ها گشتاور باز کننده و بسته کننده دریچه را در زاویه‌های مختلف بدست آوردند. (Raemy and Hager., 1998). برنت به مستندسازی در مورد استفاده برخی از این دریچه‌ها در اندونزی پرداخت (Brants., 1995). از سال ۱۹۹۷ حدود ۴۰ دریچه در شبکه‌های آبیاری چوچیل^۲ در کالیفرنیا نصب شد. اگرچه بسیاری از دریچه‌های نصب شده در این شبکه آبیاری عملکرد خوبی داشتند، اما بعضی از آن‌ها سطح آب را در ارتفاعی متفاوت از ارتفاع طراحی نگه داشتند. در نتیجه این امر الگوریتم و برنامه کامپیوتری مبنی بر طراحی صحیح این دریچه پرداخت. دریچه طراحی شده بر اساس این برنامه کامپیوتری در دیگر نقاط کالیفرنیا مورد استفاده قرار گرفت. بورت و همکاران یک فرآیند طراحی دریچه فلپ با استفاده از برنامه اکسل ارایه دادند (Burt et al., 2001). روش بورت و همکاران بعداً به وسیله هیگر مورد نقد قرار گرفت (Hager., 2002). بلود و همکاران یک مدل ریاضی برای دریچه ولوگتر بدست آوردند و با مدل هیدرولیکی مورد بررسی قرار دادند (Belaud et al 2008., Litrico at al., 2005). کانگ و همکاران کاربرد دریچه فلپ را در پروژه تنظیم در رودخانه دوانگميجان^۳ چین مورد بررسی قرار دادند (Kang et al., 2013). آمبروسینی با تحلیل دریچه‌های فلپ ITRC نصب شده در نوادا و کالیفرنیا، راه‌های اصلاح عملکرد آن‌ها ارایه کرد (Ambrosini., 2014). کیمورا و همکاران کاربرد و نصب دریچه فلپ در دیوارهای ساحلی دریا را برای مقابله در مقابل سونامی بررسی کردند (Kimura et al., 2012; 2015; 2017). دریچه فلپ دارای مشکلاتی در حین گذر آب در کانال می‌باشد که مهم‌ترین این معایب ایجاد کاویتاسیون به تبع آن ایجاد لرزه در سازه می‌باشد در دریچه‌های با لبه‌ی تیز خطوط جریان از لبه جدا می‌شوند و این جدایش جریان در سرعت بالای جریان باعث پدیده‌ی خلازایی و کاویتاسیون می‌شود که هر چند ثانیه یک بار با بزرگ‌تر شدن حباب و خروج آن به سمت پایین دست سازه دچار لرزه می‌شود. این پدیده در تحقیقاتی دی گراف و بورت و همکاران مورد بررسی قرار گرفته و از معایب دریچه‌های فلپ ذکر شده است (De Graff., 1998; Burt et al., 2001)

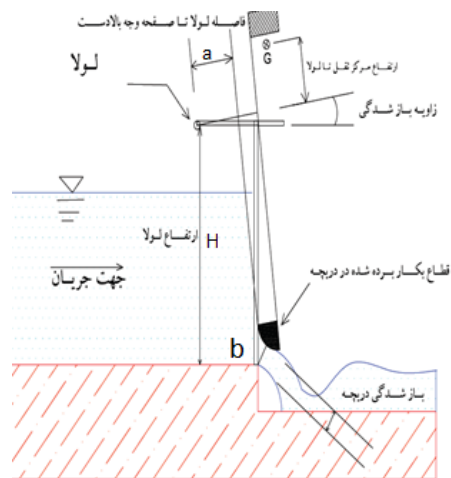
- 1- Begemann
- 2- Chowchilla
- 3- Irrigation Training and Research Center
- 4- Duanmijian

موجود در انتهای دریچه دارای فشار صفر است.

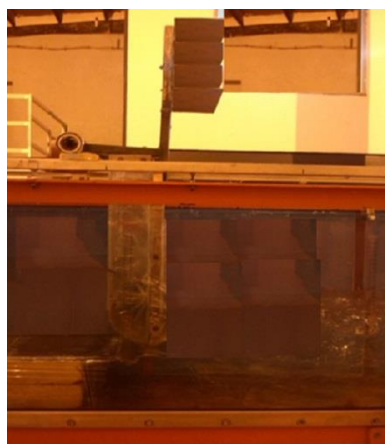
مدل اصلاح شده‌ی این دریچه در آزمایشگاه گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد مورد آزمایش قرار گرفت. بر روی بدنه‌ی این دریچه در قسمت میانی و در خط مرکزی، حفره‌هایی ایجاد شد و لوله‌های پیزومتری به آن‌ها متصل شد و میزان فشار پیزومتری وارد بر دریچه در هر زاویه، اندازه‌گیری و ثبت گردید. این فشار معادل است با انرژی کل که جمع هد سرعت و هد ارتفاع است. ابعاد دریچه آزمایش شده در جدول ۱ با توجه به شکل ۲ آورده شده است.

پارامترهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق به همراه واحدهای آن‌ها در جدول ۲ مشخص شده است. در این آزمایش‌ها میزان چرخش دریچه با متر لیزری با دقت ۰/۱ درجه اندازه‌گیری شد. ارتفاع آب پشت دریچه با عمق‌سنج ریلی با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میزان دبی عبوری در هر آزمایش نیز ابتدا با سرریز لبه تیز مستطیلی و روش وزنی اندازه‌گیری شد و سپس با اینورتر دیجیتال واسنجی شد، به‌صورتی که در هر فرکانس مقدار ثابتی از دبی از کانال عبور می‌کرد.

با توجه به لوله‌های پیزومتری روی دریچه توزیع فشار روی دریچه بدست آمد. شکل ۳ نمونه‌ی از این منحنی‌ها برای دبی ۸/۶ لیتر بر ثانیه را نشان می‌دهد. تغییرات در توزیع فشار روی دریچه به دلیل باز شدن دریچه میزان فشار آب در لبه‌ی دریچه صفر خواهد شد. این تغییرات فشار روی دریچه با افزایش باز شدگی دریچه تغییر خواهد کرد. در شکل ۳ ملاحظه می‌شود که یک منحنی درجه ۳ بر روی آن برازش داده شده است.



الف



ب

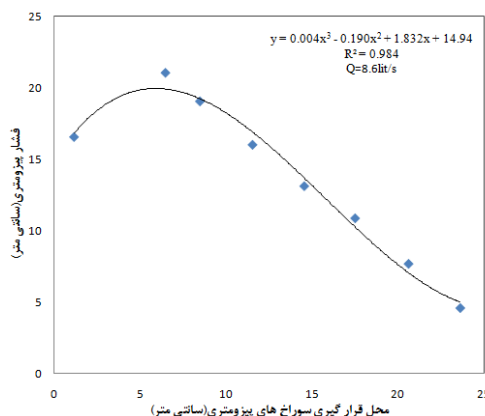
شکل ۲- دریچه فلپ اصلاح شده مورد آزمایش و پارامترهای طراحی دریچه

جدول ۱- مشخصات دریچه فلپ اصلاح شده مورد آزمایش در این تحقیق

اندازه mm	اجزا دریچه
۱۰۴	فاصله لولا تا صفحه وجه بالادست a
۲۱۷-۱۵۴-۱۰۳	فاصله عمودی مرکز ثقل تا لولا
۲۱۶	فاصله افقی مرکز ثقل تا لولا
۵۵	شعاع قطاع بکار رفته در ساختمان دریچه R
۳۱۰	عمق طراحی h
۲۳۵	عرض دریچه B _g
۳۹۰	ارتفاع صفحه وجه بالادست
۴۴۰	ارتفاع صفحه وجه پایین دست
۴۷۰	فاصله مرکز لولا تا کف کانال (ارتفاع لولا) H
۱۰۵	ارتفاع سرریز
۲۴۳	عرض سرریز
۱۶-۶	جرم وزنه‌ی تعادل (Kg)
۲۵-۳۵-۴۵	زاویه خط واصل لولا به مرکز ثقل دریچه با افق θ (deg)

جدول ۲- پارامترهای متغیر در آزمایش

پارامترهای اندازه گیری شده در هر آزمایش	واحد	پیشینه	کمینه
دبی (Q)	lit/s	۲۵/۵	۴/۵
ارتفاع طراحی (h)	Mm	۳۲۰	۲۵۰
جرم وزنه ی تعادل	Kg	۱۶	۶
زاویه چرخش دریچه (φ)	Deg	۱۱	۱/۲



شکل ۳- منحنی توزیع فشار بر روی دریچه برای دبی ۸/۶ لیتر بر ثانیه

جدول ۳- محدوده تغییرات پارامترهای آزمایش شده

نیرو (N)	زاویه (deg)	دبی (lit/s)
۱۱۳	۰	۵
۸۷/۲۵	۲/۵۳	۸/۶
۷۴/۸۵	۳/۲۴	۱۱/۴
۵۲/۶۳	۷/۴	۲۳/۳

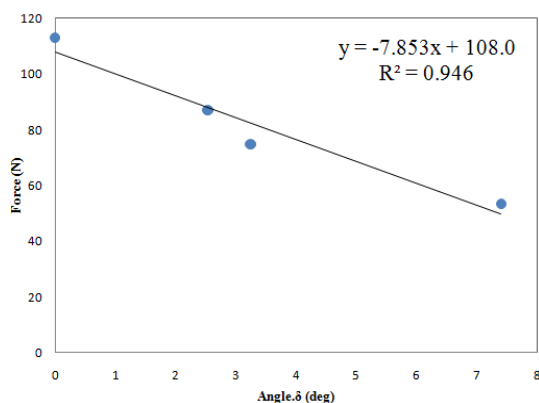
نتایج و بحث

محاسبه نیرو: افزایش شدت جریان باعث افزایش باز شدگی و کاهش نیروی فشار روی دریچه خواهد شد. توزیع فشار روی دریچه در حالت باز شدگی به صورت منحنی می باشد. میزان نیروی وارد بر دریچه از حجم زیر منحنی فشار در واحد عرض دریچه بدست می آید. برای تعیین منحنی فشار، همان طور که بیان شد در چند نقطه از دریچه پیزومتر نصب شد تا تغییرات فشار روی آن بدست آید. سطح زیر منحنی فشار برای سه دبی ۸/۶، ۱۱/۴ و ۲۳/۳ لیتر بر ثانیه به ترتیب برابر ۳۶۶، ۳۱۴، ۲۲۵ سانتی مترمربع بدست آمد. با استفاده از روش منشور فشار میزان نیروی وارد بر دریچه در دبی های مختلف با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

$$F = \gamma \cdot B_g \cdot A \quad (1)$$

در این رابطه F مقدار نیروی وارد بر دریچه در زاویه باز شدگی ϕ ، γ لای وزن مخصوص آب و B_g عرض دریچه و A مساحت زیر منحنی فشار می باشد. مقدار دبی، زاویه باز شدگی دریچه و نیز نیروی وارد بر هر دریچه در جدول ۳ آورده شده است.

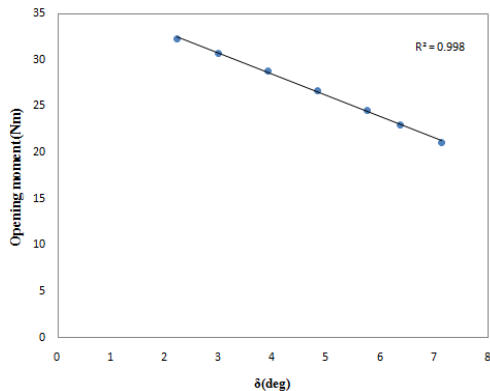
همان گونه که ملاحظه می گردد با افزایش دبی از میزان فشار هیدرواستاتیک وارد بر دریچه کاسته می شود که دلیل آن باز شدن دریچه و کاهش فشار ناشی از افزایش سرعت است. شکل ۴ رابطه بین نیرو و زاویه باز شدگی برای دریچه اصلاح شده را نشان می دهد.



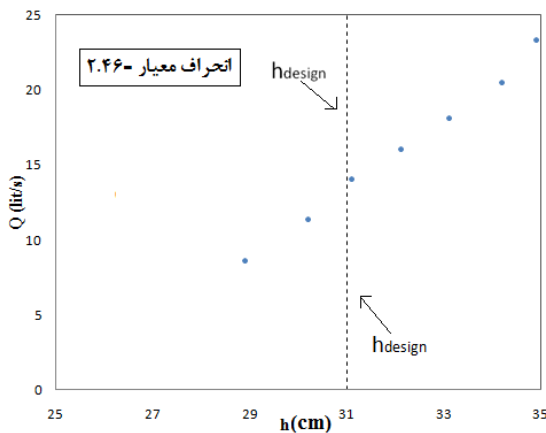
شکل ۴- تغییرات نیرو در مقابل زاویه باز شدگی

شیب این خط برای هر دریچه مشابه یکسان باشد. ولی عرض از مبدأ آن مقدار نیرو در حالت بسته بودن دریچه است و برای دریچه های مختلف متفاوت خواهد بود. با توجه به شکل ۴ نیروی واقعی روی دریچه برای هر زاویه به صورت معادله ۲ قابل محاسبه است.

$$F(\phi) = (F_H) \times (1 - 0.0695 \times \phi) \quad (2)$$



شکل ۶- تغییرات گشتاور بسته کننده در مقابل زاویه بازشدگی



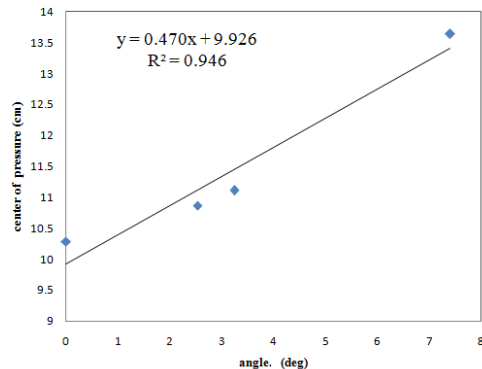
شکل ۷- تغییرات عمق پشت دریچه نسبت به دبی

سایر ملاحظات طراحی

این تحقیق نشان داد که:

- ۱- هر قدر صفحه دریچه به محل قرارگیری وزنه تعادل نزدیکتر باشد، تغییرات عمق آب بالادست نسبت به عمق طراحی در دبی‌های مختلف کمتر می‌شود و کارایی دریچه را بالا می‌برد.
- ۲- اندازه‌ی قطاع استفاده شده در دریچه با توجه به تحقیقات بر روی دریچه‌های کشویی با لبه‌ی گرد و با توجه به عرض کانال و نیز ارتفاع طراحی پشت دریچه تعیین می‌شود در واقع بهترین اندازه برای قطر این قطاع $0.4hd$ می‌باشد.
- ۳- استفاده از یک تکانه‌گیر به منظور مهار نیروی ناشی از موج آب بالادست باعث می‌شود دریچه بصورت ناگهانی باز شود لازم است. وجود تکانه‌گیر باعث عملکرد منعطف دریچه شده و از بازشدگی ناگهانی آن و ایجاد امواج در بالادست جلوگیری می‌کند.
- ۴- بهترین زاویه‌ی φ یا زاویه بین افق و امتداد محور چرخش و مرکز ثقل دریچه برابر 30° درجه می‌باشد که کم‌ترین تلاطم سطح آب در بالادست بوجود می‌آید.

در این رابطه $F(\varphi)$ مقدار نیروی وارد بر دریچه در زاویه باز شدگی F_H ، φ نیروی هیدرواستاتیک زمان بسته بودن دریچه است. شکل ۵ رابطه بین مرکز فشار و زاویه بازشدگی دریچه را نشان می‌دهد.



شکل ۵- رابطه بین مرکز فشار و زاویه بازشدگی دریچه

برای بدست آوردن مرکز فشار برای دریچه‌ها در زاویه‌های دیگر می‌توان از رابطه ۳ استفاده کرد.

$$h_c(\varphi) = \frac{hc_s}{3} (1 + 0.0457\varphi) \quad (3)$$

$h_c(\varphi)$ مرکز فشار در زاویه بازشدگی φ و hc_s ارتفاع آب پشت

دریچه در حالت بسته می‌باشد.

گشتاور باز کننده: با ادغام نیرو و موقعیت مرکز نیرو و متناظر،

گشتاور بازشدگی برای هر زاویه بازشدگی قابل محاسبه است.

$$M_o = (F_H) (1 - 0.0695 \times \varphi) \left(H - \frac{hc_s}{3} \right) (1 + 0.0457\varphi) \quad (4)$$

که در آن H فاصله عمودی لولا تا کف دریچه می‌باشد.

گشتاور بسته کننده: برای محاسبه گشتاور بسته کننده نیاز به

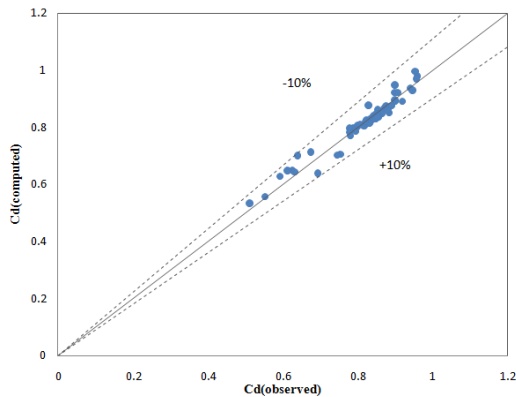
تعیین وزن تک، تک اجزا دریچه و نیز تعیین فاصله مرکز ثقل هر قطعه تا دریچه می‌باشد. محل قرارگیری وزنه‌ی تعادل نیز تاثیر به سزایی بر روی گشتاور بسته کننده دارد.

شکل ۶ نشان می‌دهد که با افزایش میزان بازشدگی دریچه گشتاور بسته کننده کاهش می‌یابد. در واقع با افزایش زاویه بازشدگی فاصله وزنه‌ی تعادل تا لولا کاهش می‌یابد و با توجه به ثابت بودن اندازه وزنه تعادل از میزان مومنتم بسته شدن کاسته می‌شود.

تغییرات سطح آب در دبی‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است به صورتی که در این تحقیق با توجه به ارتفاع طراحی که برابر با ۳۱ سانتی‌متر می‌باشد سطح آب پشت دریچه در دبی‌های مختلف در شکل ۷ رسم شده است.

مشاهده می‌شود که این تغییرات عمق آب دارای خطای نسبی حداکثری $12/9\%$ انحراف از معیاری برابر با $2/46$ سانتی‌متر می‌باشد.

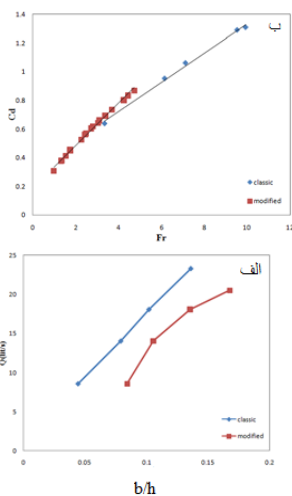
۱۰٪ می‌باشد.



شکل ۹- مقادیر ضریب دبی محاسبه شده در مقابل ضریب دبی مشاهده شده در دریچه فلپ اصلاح شده

مقایسه دو دریچه فلپ کلاسیک و فلپ اصلاح شده

برای بررسی عملکرد دریچه فلپ اصلاح شده آزمایشاتی با شرایط مشابه برای دریچه فلپ کلاسیک انجام شد. در شکل ۱۰ تغییرات ضریب آگذری دریچه فلپ کلاسیک و فلپ اصلاح شده در دبی ۸/۶ لیتر بر ثانیه به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۱۰- مقایسه عملکرد دو دریچه فلپ کلاسیک و فلپ اصلاح شده (الف) تغییرات دبی در مقابل میزان بازشدگی دریچه (ب) تغییرات ضریب شدت جریان در مقابل عدد فرود

همان گونه که از شکل ۱۰- الف دیده می‌شود در یک دبی ثابت میزان بازشدگی دریچه اصلاح شده بیش‌تر از باز شدگی دریچه کلاسیک می‌باشد. این بدین معنا است که سرعت جت خروجی در دریچه کلاسیک بیش‌تر است و عدد فرود افزایش می‌یابد. این موضوع در شکل ۱۰- ب بطور واضح‌تری مشخص شده است. در این

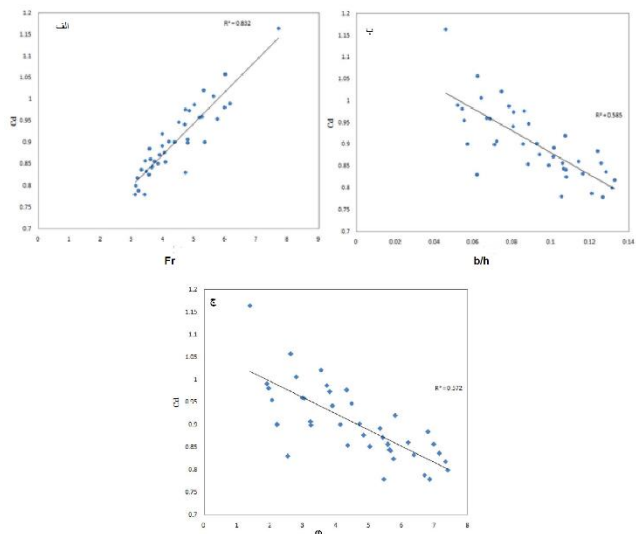
ضریب شدت جریان دریچه فلپ اصلاح شده

جریان عبوری از دریچه وابسته به عوامل مختلفی می‌باشد. در این بخش به آنالیز ابعادی عوامل موثر بر روی دبی عبوری از دریچه فلپ اصلاح شده پرداخته می‌شود. پارامترهای موثر بر ضریب شدت جریان عبارت‌اند از: b میزان بازشدگی دریچه، h عمق آب پشت دریچه، B_g عرض دریچه، μ لزجت دینامیک سیال، ρ جرم مخصوص سیال، g شتاب ثقل، V_1 سرعت جریان در زیر دریچه، شعاع دریچه، φ زاویه بازشدگی دریچه، با استفاده از آنالیز ابعادی و تئوری باکینگهام ضریب شدت جریان بصورت تابعی از عوامل زیر بدست آمد (رابطه ۵):

$$C_d = f\left(\frac{b}{h}, Fr, \varphi, \frac{R}{b}\right) \quad (5)$$

شکل ۸ تغییرات ضریب شدت جریان در مقابل عدد فرود Fr ، نسبت $\frac{b}{h}$ و زاویه بازشدگی φ را برای دریچه فلپ اصلاح شده با قطر $R = 110 \text{ mm}$ نشان می‌دهد. این روند برای سایر قطرهای دریچه ملاحظه شد. با استفاده از روش رگرسیون خطی چندمتغیره رابطه ۶ بر روی داده‌های بدست آمده از آزمایشات برآزش داده شد.

$$C_d = -0.657 \frac{b}{h} + 0.145 Fr + 0.01913 \varphi - 0.0288 \frac{R}{b} + 0.361, \quad R^2 = 0.948 \quad (6)$$



شکل ۸- تغییرات ضریب شدت جریان در مقابل (الف) عدد فرود Fr ، (ب) نسبت $\frac{b}{h}$ و (ج) زاویه بازشدگی φ برای دریچه فلپ اصلاح شده با قطر $R = 110 \text{ mm}$

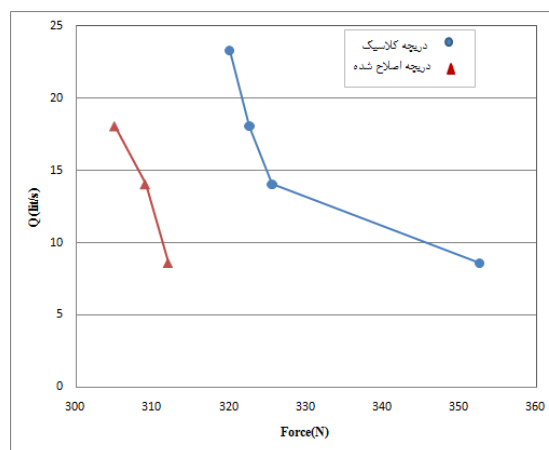
این رابطه با استفاده از ۷۰٪ داده‌ها برآزش داده شد و با استفاده از ۳۰٪ باقی‌مانده اعتبارسنجی شد. شکل ۹ مقادیر ضریب دبی بدست آمده از رابطه ۶ را در مقابل مقادیر واقعی ضریب دبی به نمایش گذاشته است. ملاحظه می‌گردد که این رابطه دارای خطایی کم‌تر از

احتمال ایجاد کاویتاسیون و لرزش را کاهش می‌دهد. در دریچه کلاسیک در دبی‌های کم و بازشدگی کم دریچه، حباب‌های آب در لبه دریچه مشاهده شد که حکایت از شروع کاویتاسیون بود. این در حالی بود که در دریچه اصلاح شده این اتفاق نمی‌افتاد. آزمایشات مختلف بر روی دریچه فلپ اصلاح شده نشان داد که استفاده از زاویه θ بیش‌تر از 45° درجه و نیز کاهش فاصله مرکز ثقل دریچه تا صفحه وجه بالادست دریچه باعث کاهش نوسانات سطح آب در دبی‌های مختلف می‌شود. دریچه جدید از لحاظ دقت برآورد دبی و همچنین کاهش خروج جریان از جوانب دریچه بسیار مفید بود. ضمن این‌که شرایط جریان ماندگار در هر دبی ثابت می‌ماند که باعث کنترل مناسب بر روی سازه شد. ایجاد خطوط جریان منطبق بر سازه علاوه بر تأییدی که بر روی ضریب دبی سازه گذاشت باعث عملکرد متعادل سازه در هر زاویه و هر دبی شد و بازشدگی‌های ناگهانی و ایجاد امواج نوسانی در بالادست سازه را به طور کامل از بین برد. این به نوبه خود باعث جلوگیری از به هم خوردن کالیبراسیون دریچه شد. در این تحقیق روابطی برای محاسبه نیروی وارد به دریچه و محل اثر آن در زوایای مختلف با استفاده از نیروی وارد بر دریچه در حالت بسته ارائه شد. با استفاده از رابطه ارائه شده می‌توان میزان گشتاور وارد بر دریچه از طرف آب پشت دریچه را در هر زاویه محاسبه کرد. نتایج حاصل از طراحی نشان دهنده این است که این دریچه با هزینه کم‌تر و با اجرایی آسان‌تر از سایر دریچه‌های خودکار دیگر قابل استفاده برای شبکه‌های آبیاری می‌باشد.

منابع

- Ambrosini, K. 2014. Analysis of Flap Gate Design and Implementations for Water Delivery Systems in California and Nevada, BioResource and Agricultural Engineering, BioResource and Agricultural Engineering Department, California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- Belaud, G.; Litrico, X., De Graff, B., Baume, J.P. 2008. Hydraulic Modeling of an Automatic Upstream Water Level Control Gate for Submerged Flow Conditions, Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 134.3: 315-326.
- Brants, M.L. 1995. Automatic gates facilitate water management in Pungur Utara Irrigation Project (Indonesia). Republic Haskoning Royal Dutch Consulting Engineers and Architects, Nijmegen, The Netherlands.
- Brouwer, S. 1987. Design and application of automatic check gate for tertiary turn outs. Proceeding 13th International Congress on Irrigation and Drainage, Rabat, Morocco.
- Burt, C., Angold, R., Lehmkuhl, M and Styles, S. 2001.

شکل دیده می‌شود که محدوده تغییرات ضریب شدت جریان در دریچه کلاسیک بیش‌تر می‌باشد. علت این امر آن است که محدوده-ی باز شدن دریچه کلاسیک کم‌تر از دریچه اصلاح شده می‌باشد و در نتیجه سرعت و عدد فرود در آن بیش‌تر خواهد شد. افزایش عدد فرود امکان لرزش دریچه و همچنین کاویتاسیون را افزایش می‌دهد. در شکل ۱۱ تغییرات دبی در مقابل نیروی وارد بر دریچه رسم گردیده است. در این شکل دیده می‌شود که در دبی‌های کم یک تغییر نیروی ناگهانی در دریچه کلاسیک وجود دارد. می‌توان این نتیجه را گرفت که دریچه فلپ اصلاح شده در یک دبی ثابت نسبت به دریچه فلپ کلاسیک دارای زاویه چرخش بیش‌تر و نیز نیروی فشاری کم‌تر از طرف جریان می‌باشد و در واقع با نیرویی کم‌تر، خیلی نرم‌تر و منعطف‌تر شروع به چرخش می‌کند. اما در ابتدای آزمایش و در دبی‌های کم عملکرد دریچه کلاسیک کمی پیچیده‌تر از دریچه اصلاح شده بود. به صورتی که در دبی $5/4$ کمی دریچه کلاسیک، شاهد نوسانات ناگهانی ناشی از پدیده کاویتاسیون بود. به صورتی که در هر بازه زمانی 10 تا 30 ثانیه در زیر دریچه و در جلوی سرریز قرار گرفته در کانال تجمع حباب‌های خلازا مشاهده شد و هر بار با بزرگ‌تر شدن این حباب‌ها دریچه به صورت ناگهانی بیش‌تر از $1/5$ درجه باز شد و جریان خروجی از زیر دریچه افزایش ناگهانی داشت. این عمل باعث افت شدید سطح آب پشت دریچه شد و با خروج حباب‌های تشکیل شده دریچه با عملکردی سریع به حالت اولیه خود باز گشت. این حالت برای دریچه اصلاح شده، مشاهده نشد.



شکل ۱۱- تغییرات نیرو در مقابل دبی برای دو دریچه فلپ کلاسیک و فلپ اصلاح شده در حالت جریان آزاد

نتیجه گیری

در این تحقیق نوع جدیدی از دریچه فلپ مورد بررسی قرار گرفت. مشاهدات عینی هنگام آزمایش در این تحقیق نشان داد که تغییر در ساختار دریچه باعث کاهش عدد فرود جریان می‌شود و

- Civil Engineering. Seri. B3.68. 2: 246-251
- Kimura, Y., Shimizu, K., Wani, M., Yasuda, M., Kimura, H. and Mase, H. 2015. Development and Installation of Flap-gate Seawall against Tsunami, in: Proc., Coastal Structures and Solutions to Coastal Disasters Joint Conference, ASCE, Boston, US.
- Kimura, Y., Wakunaga, T., Yasuda, M., Kimura H., Kani, N., Mase, H. 2017. Development and verification of wall-flap-gate as tsunami inundation defence for nuclear plants, Nuclear Engineering and Design. 323.11: 299-308
- Litrico, X., Belaud, G., Baume, J.P and Bruno, J.R. 2005. Hydraulic Modeling of an Automatic Upstream Water-Level Control Gate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 131.2:176 - 189
- Raemy, F and Hager, W. 1998. Hydraulic level control by hinged flap gate. Proceedings Institution Civil Engineers Water Maritime and Energy. 130: 95-103.
- Vlugter, H. 1940. Over zelfwerkende peilregelaars bij den waterstaat in nederlandsch-indie. De ingenieur in Nederlandsch-Indie, 6 (in Dutch). 84-93
- Flap gate design for automatic upstream canal water level control Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 127.2: 84-91.
- De Graaff, B. 1998. Stability analysis of the Vlugter gate. Master's thesis, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft, The Netherlands.
- Goussard, J. 1987. Neyrpec automatic equipment for irrigation canals. Proceeding Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems, ASCE, New York.
- Hager, H. 2002. Discussion of Flap Gate Design for Automatic Upstream Canal Water Level Control Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 128.4: 264
- Kang, Y.B. Rjap, A. Huang, K. 2013. The Application of Hydraulic Automatic Flap Gate in the Regulation Project of Duanmijian River. Applied Mechanics and Materials. 380-384: 4155-4158
- Kimura, Y., Yamakawa, Y., Kawabata, T., Mizutani, N., Hiraishi, T., Mase, H. 2012. Experimental study for response of wall attached-type flap-gate against bore-type tsunamis Journal of Japanese. Society of

Hydraulic Study and Design of Modified Flap Gate to Automate the Water Level Control in Canals

A. Rabiee Moghadam¹, S. R. Khodashenas^{2*}, A.N. Ziaee³

Recived: Oct.13, 2017

Accepted: Nov.26, 2017

Abstract

Nowadays, considering the importance of water, the hydraulic structures that can accurately control the amount of water is very important. One of the automatic hydraulic gates that fixes the upstream water level is the flap gate. Despite the development of the use of this gate, the existence of problems during operation makes it less accurate. These gates have some disadvantages such as, flow separation, vibration and cavitation. These phenomenon can change the configuration of gate. In this study, a new flap gate has been developed to reduce the disadvantages of the classic flap gate. For this purpose, a hydraulic model was made. In modified flap gate, a round-edge was used to prevent the flow separation. Additionally, a new counterbalance provided a better balance in gate. For static analyzes, the pressure applied to the gate was measured in different discharges and using a general equation for estimating the force and gate opening moment. These equations can be used for similar gates. Finally, the parameters for valve design were presented.

Keywords: Automatic hydraulic gate, Automatic water level control, Flap gate, Irrigation canals

1- M. Sc. Student of Hydraulic Structures, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

3- Associate Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

(*-Corresponding Author: khodashenas@ferdowsi.um.ac.ir)