

ضریب شدت جریان دریچه‌ی کناری در قوس ۱۸۰ درجه

فرشید فیض‌اله^۱، مسعود قدسیان^{۲*}، امیراحمد دهقانی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد عمران آب، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استاد دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

ghods@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۳/۱۵

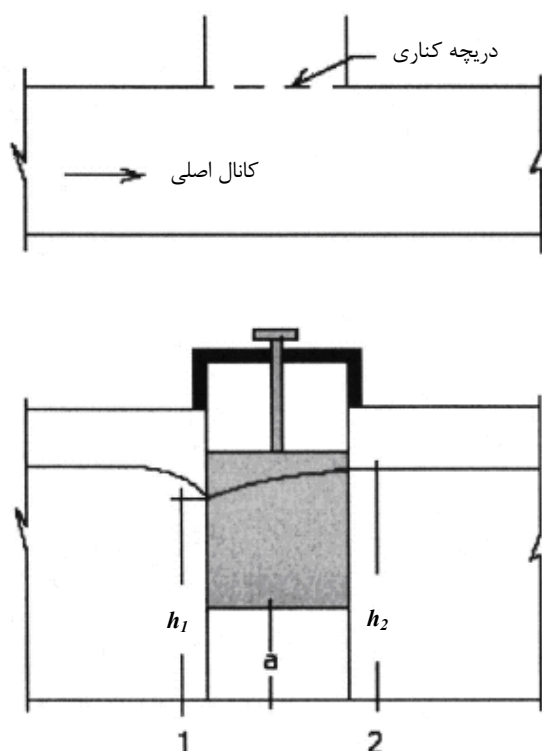
چکیده- برای تنظیم میزان جریان ورودی از کانال انتقال اصلی به کانال فرعی می‌توان از دریچه‌های کناری استفاده کرد. برای تخمین دبی عبوری از زیر دریچه، نیاز به تعیین ضریب شدت جریان آن است. این ضریب را می‌توان به صورت تجربی به دست آورد. برای ضریب شدت جریان دریچه کناری در مسیر مستقیم، محققان روابط اندکی ارائه داده‌اند؛ اما در قوس ۱۸۰ درجه تا کنون مطالعاتی در این مورد انجام نشده است. از پارامترهای مؤثر بر دبی جریان می‌توان به ارتفاع آب در بالادست دریچه؛ عدد فرود بالادست، میزان بازشدگی دریچه و موقعیت دریچه کناری در قوس ۱۸۰ درجه اشاره کرد. برای بررسی پارامترهای مؤثر بر ضریب شدت جریان دریچه کناری در قوس ۱۸۰ درجه آزمایش‌هایی انجام شد. در این مقاله با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و به کارگیری فرمول عمومی دریچه‌ها، ابتدا پارامترهای بدون بعد مؤثر بر ضریب شدت جریان تعیین می‌شود؛ سپس روابطی برای تعیین ضریب شدت جریان دریچه‌های کناری، در موقعیت‌های مختلف قوس ۱۸۰ درجه ارائه می‌شود.

کلیدواژگان: دریچه کناری، ضریب شدت جریان، قوس ۱۸۰ درجه، دبی جریان

۱- مقدمه

برای استفاده بهینه از آب موجود به راحتی برنامه‌ریزی کرد. برای تنظیم میزان دبی واردشده به کانال فرعی از دریچه‌های کناری استفاده می‌شود. با توجه به مطالب بالا باید بر اساس میزان بازشدگی دریچه، دبی و ارتفاع آب در کانال اصلی و مشخصات هندسی دبی عبوری از زیر دریچه را محاسبه کرد. جریان در امتداد دریچه کناری حالتی عمومی از جریان‌های متغیر مکانی با کاهش دبی است. از محققانی که در این مورد مطالعاتی انجام داده‌اند می‌توان به پاندا (۱۹۸۱)، سوامی و همکاران (۱۹۹۳)، اجا

انتقال آب برای مصارف کشاورزی، انحراف آب‌های اضافی، کنترل ارتفاع سیلاب‌ها و ... با کانال‌های فرعی انجام می‌شود. کانال‌های فرعی مقداری از جریان آب کانال‌های اصلی و یا کانال فرعی بزرگ‌تر را دریافت و آن را برای مصارف کشاورزی انتقال می‌دهد. تعیین میزان دبی عبوری از کانال‌های فرعی مورد توجه مهندسين هیدرولیک است؛ زیرا می‌توان با برآورد میزان دبی عبوری از کانال فرعی، میزان حقابه کشاورزان را کنترل کرده و



شکل (۱) پروفیل سطح آب در طول دریچه کناری

و دی (۱۹۹۷) و قدسیان (۲۰۰۳) اشاره کرد. اساس مطالعات این محققان بر ارتباط دادن ضریب شدت جریان دریچه‌های کناری به عمق جریان و میزان بازشدگی دریچه استوار است. مروری بر تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که بر خلاف اهمیت دریچه‌های کناری در کانال‌های انتقال، مطالعات زیادی روی رفتار جریان در طول سازه انجام شده است. در قوس ۱۸۰ درجه تا کنون هیچگونه پژوهشی انجام نشده است. بنابراین، در این پژوهش برای تعیین ضریب شدت جریان در رابطه عمومی دریچه‌ها از اطلاعات آزمایشگاهی استفاده کرده و پارامترهای مؤثر بر ضریب شدت جریان دریچه کناری در قوس ۱۸۰ درجه به دست می‌آید.

۲- تئوری پایه

شکل ۱ پروفیل سطح جریان در طول دریچه کناری در کانال اصلی را نشان می‌دهد. به علت این که معمولاً جریان در کانال‌های انتقال زیر بحرانی است، در طول دریچه سطح آب در کانال اصلی بالا می‌افتد. رابطه عمومی برآورد دبی دریچه به صورت زیر است [۱]:

$$Q_g = C_d a L \sqrt{2gh_1} \quad (1)$$

در این رابطه Q_g دبی عبوری از زیر دریچه، C_d ضریب شدت جریان دریچه کناری، a میزان بازشدگی دریچه، L عرض کانال فرعی، h_1 عمق جریان در ابتدای دریچه در مقطع ۱ و g شتاب ثقل است. بنابراین ضریب آبگذری دریچه کناری (C_d) را می‌توان با فرمول زیر به دست آورد.

$$C_d = \frac{Q_g}{aL\sqrt{2gh_1}} \quad (2)$$

۳- تجهیزات آزمایشگاهی

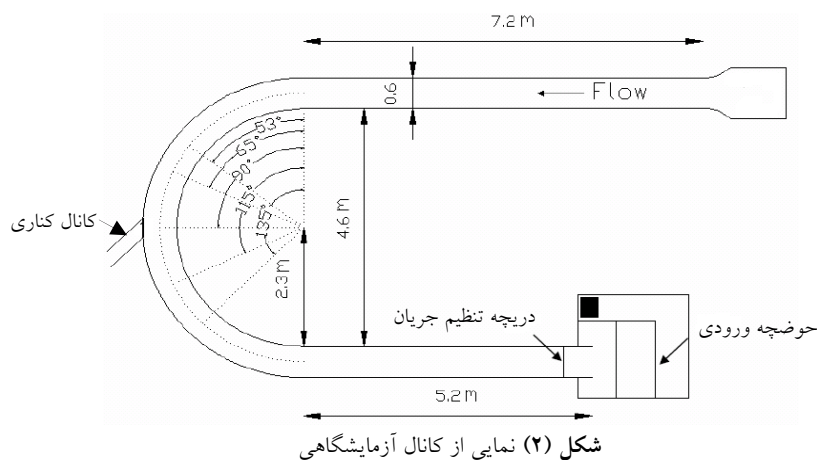
آزمایش‌ها در یک کانال مستطیل شکل با دیواره‌هایی از جنس پلکسی گلاس با زاویه مرکزی ۱۸۰ درجه و با شعاع متوسط ۲/۶ متر و عرض ۰/۶ متر انجام شد. نمایی از کانال آزمایشگاهی در شکل ۲ مشاهده می‌شود. در شکل مشخص است که خم به وسیله‌ی دو بازه مستقیم در بالادست و پایین دست به ترتیب برابر ۷/۲ متر و ۵/۲ متر به حوضچه ورودی و حوضچه انتهایی متصل می‌شود. عمق آب درون کانال به وسیله‌ی دریچه در انتهای کانال تنظیم می‌شود. بلافاصله بعد از دریچه، سریز مثلی نصب شده است که میزان دبی عبوری از انتهای کانال را تا حد ۴۰ l/s اندازه‌گیری می‌کند. کانال فرعی از جنس پلکسی گلاس با زاویه ۴۵ درجه نسبت به کانال اصلی در موقعیت‌های ۵۳، ۶۵، ۹۰، ۱۱۵ و ۱۳۵ درجه نصب و در ابتدای آن دریچه

کناری از جنس پلکسی گلاس تعبیه شده است. آب از یک مخزن ذخیره به وسیله ی پمپ، به درون کانال اصلی فرستاده شده و میزان جریان ورودی به کانال نیز با یک شیر تخلیه کنترل می شود. میزان دبی ورودی در کانال اصلی با دبی سنج دیجیتال و دبی خروجی در این کانال با سیریز مثلی که قبلاً کالیبره شده بود، اندازه گیری می شود. از اختلاف دبی ورودی و خروجی در کانال اصلی، دبی عبوری از زیر دریچه کناری محاسبه می شود. آزمایش ها برای ترکیبات مختلف از میزان بازشدگی دریچه، عمق آب در بالادست دریچه و موقعیت دریچه کناری در زاویه ۱۸۰ درجه برای جریان آزاد انجام شد. لازم به ذکر است که در این آزمایش ها جریان به صورت زیر بحرانی بود. جدول ۱ متغیرهای آزمایش ها را نشان می دهد.

۴- نتایج

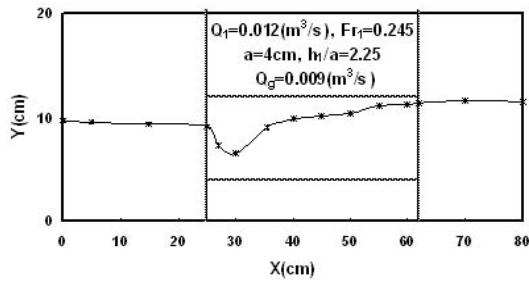
۴-۱- تغییرات عمق جریان در طول دریچه کناری

برای تعیین چگونگی و شناخت تغییرات عمق جریان در محدوده مقابل دریچه کناری در قوس ۱۸۰ درجه، پروفیل طولی و عرضی جریان در محدوده دریچه برداشت شد. شکل ۳ پروفیل های طولی برداشت شده را نشان می دهد. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود،

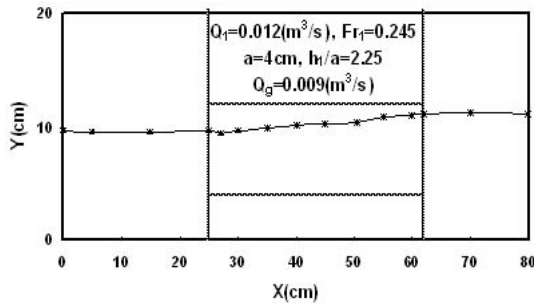


جدول (۱) محدوده متغیرهای مطالعه شده

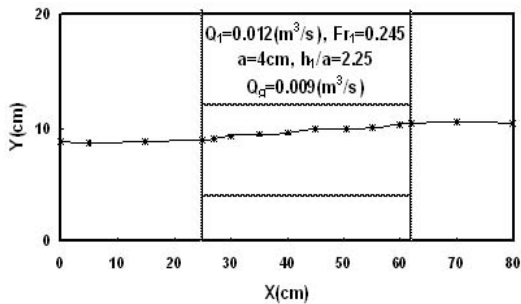
موقعیت دریچه در قوس α°	عدد فرود بالادست Fr_1	دبی انشعابی $Q_s(m^3/s)$	دبی بالادست $Q_1(m^3/s)$	بازشدگی دریچه (m)	عمق آب بالادست $h_1(m)$
۵۳-۱۳۵	۰/۱۶۹ - ۰/۶۹۴	۰/۰۰۳۵ - ۰/۰۰۹۴	۰/۰۰۷۲ - ۰/۰۱۲۴	۰/۰۳ - ۰/۰۴	۰/۰۴۵ - ۰/۰۸



(الف)



(ب)



(ج)

شکل (۳) پروفیل طولی جریان در موقعیت ۱۳۵ درجه

الف) امتداد دهانه (ب) وسط کانال (ج) دیواره داخلی

در نزدیکی دیواره داخلی، پروفیل جریان با نرخ بسیار ملایمی در طول دریچه افزایش عمق می‌یابد به گونه‌ای که در دیواره داخلی پروفیل تقریباً افقی است که علت آن پایین بودن سرعت جریان و تشکیل ناحیه سکون در دیواره داخلی قوس است [۳].

۲-۴- ضریب شدت جریان

با فرض این که ضریب شدت جریان تابعی از پارامترهای عمق جریان در بالادست دریچه (h_1)، میزان بازشدگی دریچه (a)، موقعیت دریچه کناری در قوس ۱۸۰ درجه (α)، سرعت جریان در کانال اصلی قبل از دریچه (V_1) و شتاب ثقل (g) باشد، داریم:

$$C_d = f(h_1, V_1, g, a, \alpha) \quad (۳)$$

بنابراین اگر C_d به صورت تابعی از پارامترهای بالا ترسیم شود نمودارهای شکل ۴ به دست می‌آید. با توجه به این نمودارها می‌توان دریافت که افزایش h_1 ، افزایش C_d را به همراه دارد در حالی که افزایش V_1 و کاهش a را به همراه دارد.

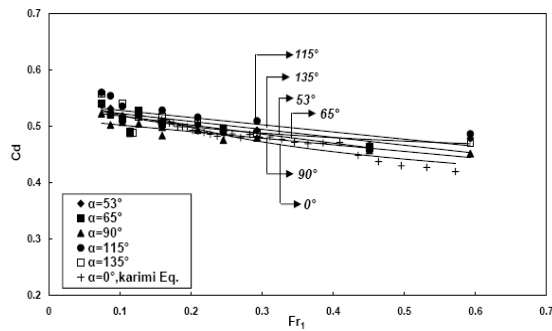
در این مرحله به وسیله یکی از روش‌های آنالیز ابعادی مانند تئوری π باکینگهام [۴]، پارامترهای بدون بعد بر اساس رابطه ۴ مشخص می‌شود.

$$C_d = F\left(\frac{h_1}{a}, \frac{d}{a}, Fr_1, \alpha\right) \quad (۵)$$

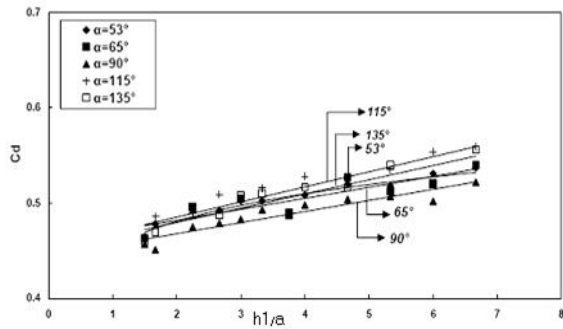
$$\pi_1 = C_d, \pi_2 = \frac{h_1}{a}, \pi_3 = \frac{d}{a}, \pi_4 = \alpha, \pi_5 = Fr_1 \quad (۴)$$

در این رابطه $Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}}$ عدد فرود در کانال اصلی است.

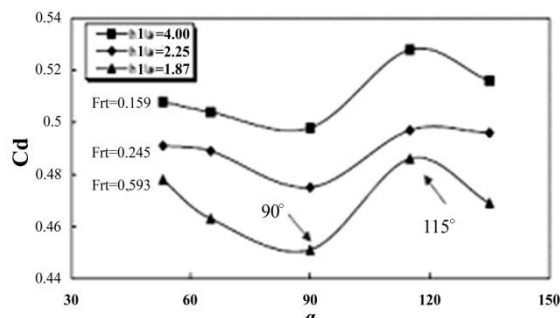
بنابراین رابطه زیر به دست می‌آید:



(الف)



(ب)



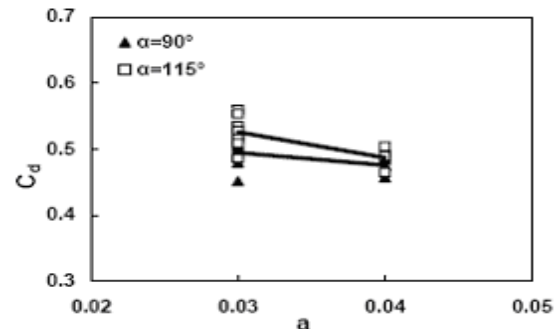
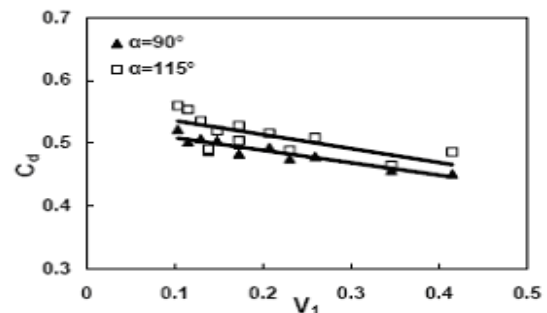
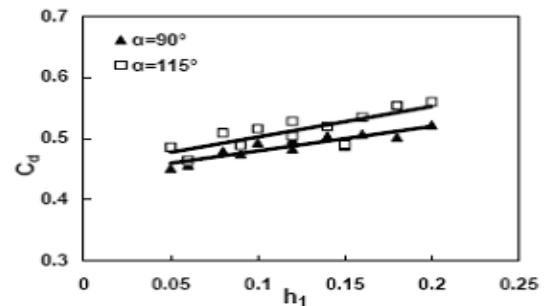
(ج)

شکل (۵) تغییرات C_d در مقابل پارامترهای بی بعد

الف) C_d در مقابل Fr_1 ب) C_d در مقابل h_1/a ج) C_d در مقابل α

همچنین در شکل ۵-الف نتایج مطالعات کریمی (۱۳۸۴) در مورد دریچه کناری در مسیر مستقیم برای مقایسه با مسیر قوسی شکل ارائه شده است. اگر چه مشخصات هندسی دریچه استفاده شده در مطالعات این محقق ($L = 20\text{cm}$, $B = 40\text{cm}$) با مطالعات حاضر تا حدودی متفاوت است اما همان گونه که مشاهده می شود رفتار منحنی ها در دو حالت مستقیم و قوس مشابه و روند

اگر ضریب شدت جریان بر اساس هر یک از اعداد بدون بعد فوق ترسیم شود نمودارهای شکل ۵ به دست می آید.



شکل (۴) تغییرات ضریب شدت جریان دریچه کناری با پارامترهای

α و V_1 ، h_1

شکل ۵-الف تغییرات Fr_1 را بر حسب C_d برای دریچه در موقعیت های مختلف قوس ۱۸۰ درجه نشان می دهد و روشن است که افزایش Fr_1 ، کاهش C_d را همراه خواهد داشت. از تغییرات C_d بر حسب $\frac{h_1}{a}$ در موقعیت های مختلف قوس روشن است که افزایش $\frac{h_1}{a}$ ، سبب افزایش C_d خواهد شد (شکل ۵-ب).

رابطه ۶ و مقایسه با ضریب شدت جریان واقعی (C_{dobs}) در آزمایشگاه، خطای موجود بین آن‌ها (e) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

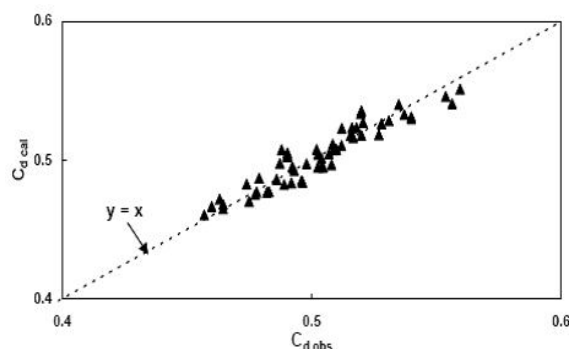
$$e = \frac{C_{dcal} - C_{dobs}}{C_{dobs}} \quad (7)$$

و سرانجام مقدار متوسط درصد قدر مطلق خطا (E) برای همه‌ی داده‌های آزمایشگاهی به صورت زیر قابل محاسبه خواهد بود.

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{(C_{dcal})_i - (C_{dobs})_i}{(C_{dobs})_i} \right] \quad (8)$$

در رابطه بالا، N تعداد کل آزمایش‌های موجود و i شمارنده داده‌ها است که در این حالت مقدار متوسط درصد قدر مطلق خطا در نتیجه استفاده از رابطه ۶، ۲/۳۴ درصد خواهد بود.

شکل ۶ مقایسه بین ضریب شدت جریان محاسباتی حاصل از رابطه ۶ و ضریب شدت جریان واقعی را برای کل موقعیت‌های دریچه کناری در قوس ۱۸۰ درجه نشان می‌دهد. نتیجه به دست آمده مطلوب بودن همبستگی بین روابط پیشنهادی و مقادیر واقعی را به دلیل توزیع متقارن داده‌ها حول خط $y=x$ و نزدیکی آنها به این خط نشان می‌دهد.



شکل (۶) مقایسه ضریب شدت جریان محاسباتی با شدت جریان واقعی برای کل موقعیت‌های قوس ۱۸۰ درجه

کاهشی دارد که دلیل این تشابه کوتاه بودن نسبی طول دریچه‌های جانبی ($\frac{L}{B} < 1$) در هر دو حالت است؛ زیرا جریان ثانویه‌ای که به دلیل جریان عرضی ناشی از آب‌گیری ایجاد می‌شود هنگامی که طول دریچه نسبتاً زیاد است، نسبت به جریان اصلی حاکم می‌شود [۳]؛ اما این‌جا به دلیل کوتاه بودن طول نسبی دریچه، جریان عرضی ناشی از آب‌گیری اثر زیادی ندارد.

از سوی دیگر بر اساس شکل (۵) ج بیشترین مقدار ضریب شدت جریان دریچه کناری (C_d) در موقعیت ۱۱۵ درجه مشاهده می‌شود زیرا این زاویه در مسیر بیشینه‌ی سرعت جریان قرار دارد، هم‌چنین جریان ثانویه در این موقعیت به توسعه یافتگی بیشینه و کامل خود می‌رسد [۵].

چنانچه C_d تابعی از Fr_1 و $\frac{h_1}{a}$ و در نظر گرفته شود، C_d برابر خواهد بود با:

$$C_d = W (Fr_1)^x \left(\frac{h_1}{a}\right)^y \quad (6)$$

مقادیر W ، X و Y مقادیر تجربی است که از داده‌های آزمایشگاهی و با استفاده از روش کمینه‌ی مربعات خطا به دست می‌آیند. این مقادیر برای دریچه در موقعیت‌های مختلف قوس ۱۸۰ درجه در جدول ۳ آمده است. همچنین در این جدول مقادیر ضریب همبستگی در موقعیت‌های مختلف قوس مشخص شده است.

جدول (۳) ضرایب W ، X و Y در موقعیت‌های مختلف قوس ۱۸۰ درجه

α	W	X	Y	R^2
53	0.455	0.024	0.116	0.92
65	0.462	0.037	0.124	0.812
90	0.456	0.061	0.143	0.915
115	0.455	0.081	0.212	0.92
135	0.452	0.029	0.134	0.804

با محاسبه ضریب شدت جریان محاسباتی (C_{dcal}) از

۵- نتیجه گیری

نتایج این تحقیقات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که برای یافتن دبی جریان دریچه کناری در قوس ۱۸۰ درجه می‌توان از رابطه عمومی دریچه‌ها استفاده کرد. نتایج نشان می‌دهد که ضریب شدت جریان دریچه کناری در قوس ۱۸۰ درجه در جریان زیر بحرانی، تابعی از عدد فرود بالادست، نسبت عمق جریان بالادست به بازشدگی دریچه و موقعیت دریچه در قوس ۱۸۰ درجه است. از سوی دیگر هنگامی که طول دریچه نسبتاً کوتاه است رفتار منحنی‌های $C_d - Fr_1$ در هر دو حالت دریچه در جریان مستقیم و در قوس و جریان در خم، به دلیل کم‌اثر بودن جریان عرضی ناشی از آب‌گیری، مشابه یک‌دیگر است. همچنین بیشترین مقدار ضریب شدت جریان در موقعیت ۱۱۵ درجه مشاهده می‌شود زیرا جریان ثانویه در این موقعیت به توسعه‌یافتگی کامل و بیشینه‌ی خود رسیده است.

۶- مراجع

- [1] Chow V. T., Open channel hydraulics, New York, McGraw Hill, 1959; pp 402-409.
- [2] El-Khashab A., Smith K. V. H.; "Experimental investigation of flow over side weirs", J. Hyd. Div.; ASCE, Vol.102, No.9, 1976, pp 18-29.
- [3] Agaccioglu H., Yuksel Y.; "Side weir flow in curved channels", J. Irrig. Drain. Eng.; ASCE, Vol.124, No.3, 1998, pp 163-175.
- [4] Streeter V. L., Fluid Mechanics, New York, McGraw Hill, 7th Edition, 1981.
- [5] Rozovskii I. L., Flow of water in bends of open channels, Academy of Sciences of Ukrainian S. S. R., Kiev, Russia, 1957, pp 205-222.
- [6] Panda S.; "Characteristics of side sluice flow", ME thesis, Univ. of Roorkee, India, 1981.
- [7] Swamee P. K., Pathak, S. K., and Ali, M. S.; "Analysis of rectangular side sluice gate", J. Irrig. Drain. Eng.; Vol.119, No.6, 1993, pp 1026-1035.

[8] Ojah C. S. P., Subbaiah, D.; "Analysis of flow through lateral slot", J. Irrig. and Drain. Eng.; ASCE, Vol.123, No.5, 1997, pp402-405.

[9] Ghodsian M.; "Flow through side sluice gate", J. Irrig. and Drain. Eng.; ASCE, Vol.129, No.6, 2003, pp458-463.

[۱۰] کریمی حسین؛ تأثیر پارامترهای هیدرولیکی و هندسی بر ضریب تخلیه هم‌زمان دریچه و سرریز جانبی؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشکده کشاورزی تربیت مدرس، ۱۳۸۴، صص ۶۸-۷۲.

«Research Note»

Discharge Coefficient of Side Sluice Gate in 180° Curved Channel

F. Faizollahy¹, M. Ghodsian^{2*}, A. A. Dehghani³

1- Ex. Post graduate student, Hydraulic Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran- Iran

2- Prof. of Hydraulic Engineering, Water Engineering Research Institute and Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran- Iran

3- Assist. Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Gorgan- Iran

ghods@modares.ac.ir

Abstract:

Side sluice gates are flow metering structures, which are used for controlling the flow from the main channel to the side channel. It is usually required to determine the discharge coefficient for estimation of the side sluice gate discharge. In order to study the influence of some important parameters on the discharge coefficient of side sluice gate, extensive experiments were conducted. The experiments were conducted in a re-circulating channel having a central angle of 180°, a centerline radius of $R_C = 2.6$ m, and the width and height of 0.6 m. The ratio of radius of centerline of the channel to the width of the channel R_C/B was 4.33. The bend was connected to two straight upstream and downstream reaches. The upstream one was 7.2 m in length while the length of downstream one was 5.2 m. The bed and sides of the channel were made of glass and supported with metal frames. The side channel was set at different locations of bend (i.e. at the sections 53, 65, 90, 115 and 135 degree). The side sluice gate was made of Plexiglas and was set at the entrance of the side channel. The experiments were carried out for different gate openings, upstream depth of flow and location of the side sluice gate under free flow condition. The upstream discharge was measured by a digital flow meter, while the downstream discharge was measured using a calibrated triangular weir. The difference of upstream discharge and downstream discharge resulted to the sluice gate discharge.

The results of experiments on a side sluice gate located in a 180 degree curved channel are reported. The variation of flow depth along the side sluice gate was studied. The influence of different parameters like: depth of flow, approach Froude number, side sluice gate opening and location of side sluice gate on discharge coefficient were investigated.

It was found that increase of approach Froude number increases the discharge coefficient. Moreover, increase of relative flow depth h_1/a increases the discharge coefficient. Here, h_1 is the approach Froude number and a is the sluice gate opening. Maximum discharge coefficient was observed when the sluice gate was located at the section 150 degree in the channel bend.

New equation for discharge coefficient of a side sluice gate in a 180 degree curved channel was developed. The discharge coefficient was found to be related to approach Froude number, location of sluice gate in the channel bend and the relative flow depth.

Keywords: Side sluice gate, Discharge coefficient, 180° bend