Archive of SID

برآورد دبی فاضلابروهای مدور با استفاده از مدل ترکیبی سرریز- دریچه

محمود فغفور مغربی [۱] میرسجاد رضایی نسب [۲]

(دریافت ۸٤/۲/۲۳ پذیرش ۸٤/۸/۳۰)

چکیده

در بسیاری از موارد، دسترسی به مجرای فاضلابرو در طول مسیر به سهولت امکانپذیر نمی‌باشد. از این رو برای اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از روشهای هیدرولیکی، فضای محدود منهول‌ها مناسب‌ترین محل می‌باشد. سیستم‌های متعارف سرریز و یا دریچه می‌توانند به صورت بالقوه برای اندازه‌گیری دبی به کار گرفته شوند، لکن به علت آنکه فاضلاب ماهیتاً حاوی مواد رسوبی و قابل ته‌نشینی و نیز مواد شناور می‌باشد؛ با انباشتگی این مواد، سیستم‌های فوق نمی‌توانند گزینه مناسبی به عنوان محل اندازه‌گیری جریان باشند. از این رو، به کارگیری سیستم هیدرولیکی متمرکزی به نام سرریز- دریچه که با موجود بودن اطلاعات در یک مقطع، قادر باشد تخمین مناسبی از دبی ارائه نماید، بهترین گزینه به نظر می‌رسد که تاکنون به خصوص در مقاطع دایره‌ای توجه چندانی به آن نشده است. در مقاله حاضر نتایج آزمایشگاهی به دست آمده از شدت جریان عبوری برای جریان همزمان از رو و زیر یک دریچه لبه تیز که در انتهای مجرای دایره‌ای نصب شده، ارائه گردیده است. ارتباط بین نتایج آزمایشگاهی و نتایج ناشی از تئوری جریان در سیستم سرریز- دریچه که تابع برخی از پارامترهای هندسی و هیدرولیکی جریان می‌باشد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته، نهایتاً با تحلیل آماری داده‌ها و به کمک رگرسیون خطی، معادله‌ای برای ضریب تخلیه پیشنهاد شده است که خطای ناشی از به کارگیری این رابطه به ±۱۰ درصد محدود می‌شود.

واژه‌های کلیدی: *سرریز- دریچه، دریچه کشویی، سرریز، ضریب تخلیه، تحلیل آماری.*

۱- استادیار دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد- magrebi@yahoo.com
۲- کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی دانشگاه فردوسی مشهد

Discharge Estimation of Circular Sewer Using Combined Device of Weir-Sluice Gate

Mahmoud F. Maghrebi[1], Mir Sajjad Rezaii Nasab[2]

Abstract

Due to space constraints any access to a buried sewer conduit is seriously limited. In order to install the flow measurement devices, the space of manholes are the most appropriate places in a conduit. The conventional weir plates or sluice gates are usually used for flow measurements, however, these devices due to the nature of sewage, which contains sediments or floating objects are not suitable for flow measurements in sewer conduits. In a sewer conduit, the heavy solid particles tend to settle down behind a weir plate and floating objects accumulate behind a sluice gate, which both affects the accuracy of measurements by these devices. Therefore, the implementation of a combined system of weir-sluice gate at a cross section of conduit seems to be able to recover the defects of weirs and sluice gates. The application of this device in a circular cross section has not been received enough attention in the past. In the present paper the experimental results obtained from discharge measurement using combined weir-sluice gate system which allows simultaneously flow over and under a weir plate installed at the end of a sewer conduit are presented. The relationship between the experimental results and the theoretical flow which is a function of some geometric and hydraulic information of flow, are analyzed. Using statistical analysis of the obtained results of flow measurements accompanied with linear regression, an equation for discharge coefficient C_d is proposed. The efficiency of the proposed technique is limited to ± 10%.

Keywords: *Weir-Sluice Gate, Sluice Gate, Weir, Dimension Analysis, Discharge Coefficient, Statistical Analysis.*

1- Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad. magrebi@yahoo.com
2- M.Sc., Student, Dept. of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بررسی جریان از زیر دریچه‌های کشویی یا از روی سرریزها، از مسائل عمده هیدرولیکی است. در عمل به دلیل رابطهٔ ساده و نسبتاً دقیقی که برای دبی در این نوع سازه‌ها وجود دارد، عموماً به عنوان وسیله اندازه‌گیری به کار می‌روند.

در رابطه با دریچه‌های کشویی تحقیقاتی توسط هنری[1] در سال ۱۹۵۰ صورت گرفت که توسط فرّو[2] و نگم[3] مورد توجه دوباره قرار گرفته است [۱ و ۲]. در همین رابطه راجار اتنام[4] و سوبرامانیا[5] نیز تحقیقات دیگری انجام داده‌اند [۳]. سوامی[6] از روی منحنیهای به دست آمده توسط آزمایشهای هنری یک معادلهٔ کلی برای دبی عبوری از زیر دریچه‌های کشویی استخراج کرد[۲ و ٤]. مونتس[7] نیز یک روش عددی برای حل معادله لاپلاس دبی عبوری از زیر یک دریچه کشویی ارائه نمود [۵].

در رابطه با جریان از روی سرریزها، نتایج تحقیقاتی زیادی گزارش شده است. از این میان می‌توان به تحقیقات کیندزوتر[8] و کارتر[9][۶]، اکرز[10][۷] و باس[11] [۸] اشاره کرد. همچنین کوششهای انجام گرفته در ارتباط با جریان ترکیبی از زیر و روی دریچه- به عنوان یک وسیله اندازه‌گیری جریان- را می‌توان در تحقیقی که توسط نگم و همکارانش انجام یافته، پیگیری کرد. فعالیتهای دیگری نیز توسط چو در سال ۱۹٥٤، احمد در سال ۱۹٥٦ و نادشر در سال ۱۹۹۱ صورت گرفته است [۲]. حمید یک معادله رگرسیونی برای تخمین دبی جریان از روی یک سرریز مستطیلی و دریچه مثلثی ارائه داد و نگم و همکاران، پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مؤثر بر روی جریان ترکیبی را مورد بررسی قرار داده و برای تخمین دبی جریان سرریز مثلثی روی دریچه مستطیلی و بر عکس، معادله‌ای استخراج کردند[۲]. آنها ثابت کردند که استفاده از ضریب شدت جریان معمول برای این گونه سرریزها و دریچه‌ها، در حالت ترکیبی می‌تواند خطای بزرگی ایجاد کند. فّرو معادله‌ای برای تخمین نظری دبی به طور همزمان از یک سرریز و دریچه مستطیلی لبه پهن بر اساس معادلات انرژی و قضیه π استخراج کرد[۱].

دراین مقاله به منظور تعیین مشخصات جریان در یک مدل ترکیبی از سرریز و دریچه لبه تیز که در یک کانال دایره‌ای واقع شده است، یک مدل آزمایشگاهی ساخته شد و کلیه پارامترهای لازم برای حالتهای مختلف بازشدگی و ارتفاع دریچه، برداشت شد. پس از تعیین ارتباط بین عوامل مؤثر بر ضریب تخلیه به کمک آنالیز ابعادی، تحلیل آماری روی داده‌ها انجام گرفته و رابطه‌ای برای دبی عبوری از این مدل استخراج گردید.

۲- مواد و روشها

به منظور تعیین پارامترهای مؤثر بر دبی و تعیین پروفیل سرعت در بالادست دستگاه سرریز- دریچه، یک مدل آزمایشگاهی ساخته شد. شبیه‌سازی در این مدل، از روی سیستم سرریز- دریچه‌ای انجام گرفت که در انتهای مجرایی با مقطع دایره‌ای و در حالت نیمه پر قرار داشت. در این مدل از یک لوله پی وی سی به طول٦ متر و قطر داخلی ٢٤ سانتیمتر و با ضخامت ٤ میلیمتر استفاده شد که آن نیز داخل یک فلوم آزمایشگاهی به طول ۱۰متر و عرض۳۰ سانتیمتر قرار گرفت و به ورودی کانال (محل اتصال مخزن به کانال) متصل گردید. برای جلوگیری از خم شدن لوله به دلیل سنگینی لوله و آب داخل آن، از تکیه‌گاههای چوبی در فواصل مناسب در زیر و اطراف لوله استفاده شد. نمایی کلی از برپایی تجهیزات آزمایشگاهی به منظور انجام آزمایشهای مورد نظر در شکل ۱ نشان داده شده است.

از صفحات آهنی گالوانیزه به ضخامت ۲میلیمتر که لبه آنها با زاویه°٤٥برش زده شده بود، با ارتفاعهای بی بعد، $w/D=\frac{1}{12}، \frac{1}{8}، \frac{1}{6}، \frac{1}{4/8}$ ، که در آن w ارتفاع دریچه و D قطر لوله می‌باشد، به عنوان دریچه استفاده شد. با قرار دادن صفحات در بین ریلهای هادی امکان تنظیم فواصل آنها از کف مجرا فراهم شد. بدین ترتیب توانستیم آزمایشها را

---

[1] Henri
[2] Ferro
[3] Negm
[4] Rajaratnam
[5] Subramaniya
[6] Swamee
[7] Montes
[8] Kindsvater
[9] Carter
[10] Ackers
[11] Bos

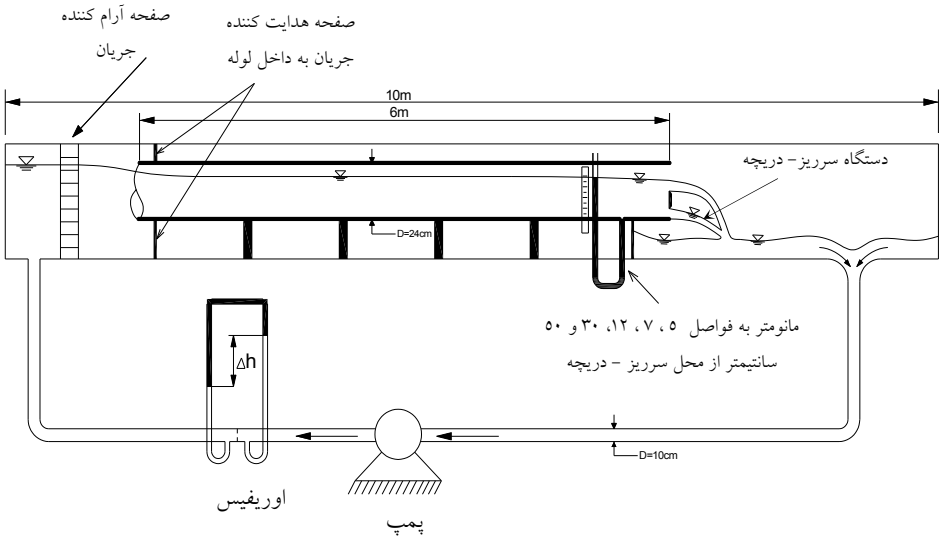
www.SID.ir

Archive of SID

بـــرای ارتفاعهـــای مختلفـــی از دریچـــه (w) و مقـــدار بازشدگیهای متفاوت دریچه (a)، انجام دهیم.

برای اندازه‌گیری عمق جریان و ترسیم پروفیل سطح آب در طول لوله، پیزومترهایی در زیرآن تعبیه شد. کشش سطحی در لوله‌های پیزومتر ناچیز و کمتر از ۲ میلیمتر است. به دلیل آنکه قسمتی از اندازه‌گیریهای عمق توسط پیزومترها و قسمتی بر اساس پوینت گیج مستقیماً از روی سطح آزاد برداشت شده بود، واسنجی[1] لازم جهت قرائت صحیح سطح آب اعمال گردید. همچنین برای بازشدگیهای دریچه، نسبتهای بی بعد ۱/۱۲، ۱/۶ و ۱/۴ =a/D انتخـاب گردید. بـــرای بررسی اثر شیب

[1] Calibration



شکل ۱- موقعیت قرارگیری لوله در فلوم آزمایشگاهی همراه با دستگاه سرریز- دریچه در انتهای لوله

نیز لوله در شیبهای ۰/۰۰۰، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۳ قرار داده شد که ترکیبهای مختلفی از شیب، a/D و w/D ایجاد گردید. در هـر ترکیـب ایجـاد شـده از پارامترهـای انتخـابی بـه ازای تغییرات دبی، عمق جریان در انتهای لوله (روی سـرریز) و فواصـل ۵، ۷، ۱۲، ۳۰ و ۵۰ سـانتیمتری از انتهـای لولـه و وسط لوله اندازه‌گیری شد. در مجموع، ۵۸ آزمـایش انجـام شد که نتایج به دست آمـده مـورد بحـث قـرار مـی‌گیـرد. انتخـاب ایـن شـرایط آزمـایش بـا ملاحظـه امکانـات آزمایشگاهی و حـصول بهتـرین نحـوه تغییـرات پارامترهـا صـــورت گرفتـــه اســـت. ایـــن آزمایـــشها بـــرای هـــر بازشدگی(سانتیمتر ٦ و ٤ ، ٢=a) و ارتفاع مشخص دریچه (سـانتیمتر ٦ و ٤ ، ٢=w) ، بـرای چهـار دبـی مختلـف در گستره ۱۷/۲۱> Q >٤/۰۸ لیتر بر ثانیه، در حالت با دریچـه و بـدون دریچـه تکـرار شـد. خلاصـه‌ای از متغیرهـای آزمایشگاهی در جدول ۱ آورده شده است.

۳ – مبانی نظری

شـکل ۲، جزئیـات جریـان در یـک سیـستم ترکیبـی سرریز- دریچه را نشان می‌دهد که در خروجی یک کانـال با مقطع دایره‌ای شکل نصب می‌شود.

اگر d حداکثر عمق آب در داخل لوله و در بـالا دسـت سرریز- دریچه باشد، و ترکیب پارامترهای آزمایشگاهی در برداشتهای مختلف بـا فـرض اینکـه ضـریب تخلیـه (C_d) ، ضریب تخلیه کل سیستم برای ایـن مـدل باشـد، مـی‌تـوان نوشت:

(۱)

$$Q = C_d\left[Q_w + Q_g\right]$$

که در آن، Q دبی خروجی از لوله،C_d ضریب تخلیـه،Q_w دبی نظری عبوری از روی سرریز و Q_g دبی نظری عبـوری از زیر دریچه می‌باشد.

باس، رابطه ۲ را برای سرریزهای دایـره‌ای بـه صـورت زیر پیشنهاد کرد [۸] :

www.SID.ir

Archive of SID

(۲)

$$Q_w = \varphi_i D^{2.5}$$

که دراین رابطه φ_i ضریب تجربی بوده و به نسبت-d)P)/D بستگی دارد. این پارامترها در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. مقادیر φ_i بر اساس آزمایشهای انجام گرفته، در جدول ۲ آمده است [۷]. همچنین مقدار Q_g را می‌توان از رابطه توریچلی به صورت زیر به دست آورد:

$$Q_g = \sqrt{2gd}\, A_a \qquad (۳)$$

که در آن، A_a مساحت قسمت بازشدگی و d عمق آب در بالادست سرریز می‌باشد(شکل۲). بنابر این معادله کلی برای جریان از سیستم ترکیبی سرریز- دریچه به صورت زیر خواهد بود:

(٤)

$$Q = C_d\left[\ \varphi_i D^{2.5} + \sqrt{2gd}A_a\ \right]$$

٤- نتایج و بحث

٤-۱- تأثیر پارامترهای مختلف بر ضریب تخلیه C_d

٤-۱-۱- پارامترهای هندسی

میزان بازشدگی دریچه (a)، ارتفاع سرریز-دریچه (w) و قطر لوله (D) که در معادلات مختلف آزمایش تغییر و تأثیر می‌نمایند، به عنوان پارامترهای هندسی انتخاب گردیدند. آنگاه ضریب تخلیه (C_d) را که با استفاده از رابطه ٤ و برداشتهای آزمایشگاهی به دست آمد بر حسب d/a در شکلهای ۳- الف، ب و ج به ترتیب برای شیبهای ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۲، ۰ = S و برای مقادیر w/a برابر ۰/۵، ۱/۰، ۱/۵، ۲/۰، و ۳/۰ ترسیم شد. همان طور که ملاحظه می‌شود روند تغییرات در هر سه نوع شیب تقریباً یکسان است. از طرفی با فرض ثابت بودن d و w، افزایش مقدار a باعث کاهش شدید ضریب تخلیه C_d می‌گردد و بالعکس. همچنین در صورت ثابت بودن a و d، افزایش ارتفاع دریچه (w) نیز کاهش C_d را به دنبال دارد.

٤-۱-۲- شیب کانال

تأثیر شیب کانال بر ضریب شدت جریان برای مقادیر مختلف w/a برابر ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ در شکل ٤ نشان داده شده است. در این شکل همان طور که ملاحظه می‌شود، پراکنش ناچیزی به دست آمده و هماهنگی آنها حول خط چین برازش شده حاکی از آن است که تغییرات C_d برحسب d/a برای هر سه شیب یکسان می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اثر شیب بر ضریب تخلیه ناچیز است. همچنین می‌توان توجه نمود شیب کلیه خطوط خط‌چین برازش داده شده برای تمامی مقادیر w/a یکسان است. این موضوع، استقلال پارامتر بی بعد w/a از سایر پارامترها در این تحلیل ابعادی را نشان می‌دهد. همچنین می‌توان مشاهده نمود w/aهای کم، در مقایسه با w/aهای زیاد، برای داشتن یک C_d مشخص، نیازمند مقادیر کوچکتری از d/a هستند. فاصله بین خط‌چینهای ترسیم شده به ازای یک C_d مشخص نیز از نکات جالب توجه می‌باشد؛ همچنان که در خط‌چینهای w/a مشاهده می‌شود،

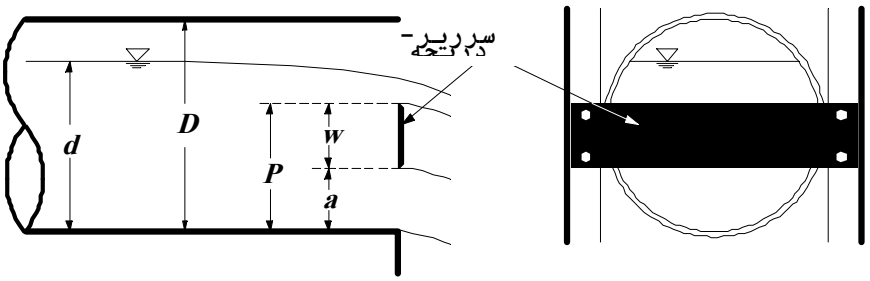
بین w/aهای ۰/۵ و ۱/۵ فاصله بیشتری وجود دارد تا بین w/a های ۲ و ۳ که این امر نشانگر کاهش حساسیت w/a

جدول۱ – شرایط مختلف آزمایشگاهی

شرایط سرریزی	Q (L/s)	w(cm)	a(cm)	شیب S
بدون دریچه، با دریچه	$Q_۱$ ، $Q_۲$ ، $Q_۳$ ، $Q_۴$	۲ ، ۴ ،۶	۲ ، ۴ ،۶	۰/۰۰۰ ، ۰/۰۰۲ ، ۰/۰۰۳

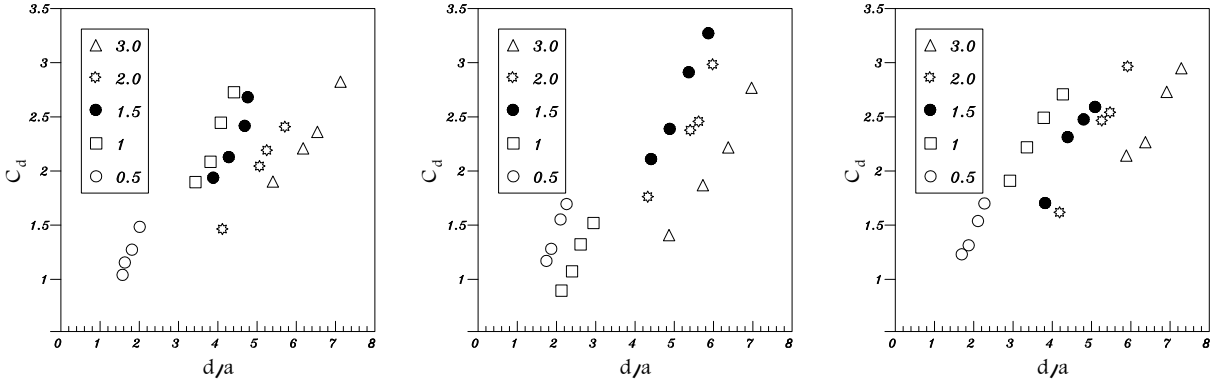
www.SID.ir

Archive of SID



(الف) مقطع عرضی همراه با ریلهای هادی (ب) مقطع طولی

شکل ۲- سرریز- دریچه در مقطع دایره ای



S=0.003 (ج) S=0.002 (ب) S=0 (الف)

شکل ۳- تغییرات ضریب تخلیه به عنوان تابعی از d/a برای شیبهای مختلف

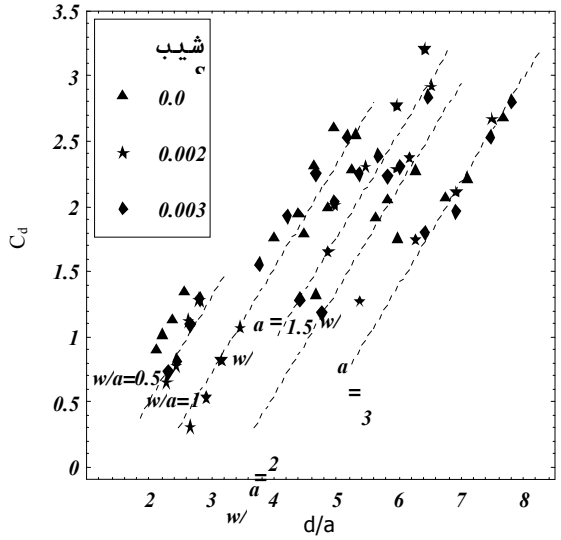
جدول۲- مقادیر φ_i برای سرریزهای لبه تیز دایره‌ای [۷]

φ_i	(d-P)/D	φ_i	(d-P)/D	φ_i	(d-P)/D
1.2632	0.67	0.3660	0.34	0.00047	0.01
1.2957	0.68	0.3866	0.35	0.00154	0.02
1.3284	0.69	0.4076	0.36	0.00319	0.03
1.3612	0.70	0.4291	0.37	0.00543	0.04
1.3943	0.71	0.4511	0.38	0.00839	0.05
1.4275	0.72	0.4735	0.39	0.0120	0.06
1.4609	0.73	0.4965	0.40	0.0164	0.07
1.4946	0.74	0.5199	0.41	0.0215	0.08
1.5284	0.75	0.5437	0.42	0.0273	0.09
1.5623	0.76	0.5681	0.43	0.0338	0.10
1.5963	0.77	0.5929	0.44	0.0409	0.11
1.6303	0.78	0.6182	0.45	0.0487	0.12
1.6644	0.79	0.6439	0.46	0.0571	0.13
1.6986	0.80	0.6700	0.47	0.0661	0.14
1.7328	0.81	0.6965	0.48	0.0758	0.15
1.7671	0.82	0.7233	0.49	0.0860	0.16
1.8013	0.83	0.7506	0.50	0.0967	0.17
1.8356	0.84	0.7782	0.51	0.1080	0.18
1.8699	0.85	0.8062	0.52	0.1198	0.19
1.9041	0.86	0.8344	0.53	0.1322	0.20
1.9384	0.87	0.8630	0.54	0.1452	0.21
1.9725	0.88	0.8920	0.55	0.1588	0.22
2.0066	0.89	0.9212	0.56	0.1729	0.23
2.0407	0.90	0.9509	0.57	0.1877	0.24
2.0743	0.91	0.9809	0.58	0.2030	0.25
2.1077	0.92	1.0111	0.59	0.2190	0.26
2.1409	0.93	1.0416	0.60	0.2355	0.27
2.1738	0.94	1.0724	0.61	0.2527	0.28

www.SID.ir

Archive of SID

2.2063	0.95	1.1035	0.62	0.2704	0.29
2.2384	0.96	1.1349	0.63	0.2888	0.30
2.2702	0.97	1.1666	0.64	0.3072	0.31
2.3015	0.98	1.1986	0.65	0.3264	0.32
2.3322	0.99	1.2308	0.66	0.3460	0.33



شکل٤- تغییرات ضریب تخلیه بر حسب d/a برای تمامی نسبتهای w/a و تمامی شیبها

نسبت به افزایش پارامتر d/a می‌باشد. به طورکلی می‌توان نتیجه گرفت در یک w/a ثابت، ضریب شدت جریان با افزایش مقدارd/a افزایش می‌یابد و به همین ترتیب در یک d/a ثابت، با کاهش مقدارw/a، ضریب تخلیه افزایش می‌یابد.

٤-٢- وضعیت (حالت) هیدرولیکی جریان

برای بررسی وضعیت هیدرولیکی جریان، مقادیر عدد فرود در دو حالت بدون سرریز- دریچه و با نصب سرریز- دریچه در فواصل مختلف بالادست سرریز- دریچه برداشت شد. بعضی از نتایج به دست آمده به طور نمونه در شکل ٥ آورده شده است. چنان که ملاحظه می‌شود، در شرایطی که سرریز-دریچه وجود ندارد، عدد فرود جریان تا فاصله کمی در بالادست خروجی آن، شرایط زیربحرانی را نشان می‌دهد؛ لکن جریان در عبور از انتهای پایین دست مجرا، فوق بحرانی می‌باشد. گرچه عمق بحرانی قدری در بالادست‌تر در حدود x/d=-٠/٧ رخ می‌دهد، لکن این موقعیت در عمل با نوسان موقعیت طولی و عمق همراه است که اگر به عنوان مبنایی برای محاسبات دبی قرار گیرد، با خطای زیادی همراه خواهد بود[۴ و۹].

در مقایسه اعداد فرود در حالت بدون دریچه و با دریچه، با نگاهی به شکل ٥ می‌توان گفت با افزایش ارتفاع دریچه فاصله بین دو دیاگرام افزایش یافته، زیرا افزایش ارتفاع دریچه به معنای بالا آمدگی تراز سطح آب است که منجر به کاهش سرعت متوسط در مقطع خواهد شد. در تمامی مقاطع کنترل با دریچه‌های زیر گذر، در بالادست، جریان زیر بحرانی بوده و در گذر از زیر دریچه، به فوق بحرانی تبدیل می‌شود. انتظار می‌رود چنین شرایطی در سیستم سرریز- دریچه نیز برقرار باشد. تنها در زمانی که جریانهای فوق بحرانی در مجرای بدون دریچه برقرار است، ممکن است با نصب دریچه دو حالت رخ دهد. حالت اول وضعیتی است که جریان همچنان فوق بحرانی خواهد ماند و این به علت ناکافی بودن مانع ایجاد شده در برابر جریان توسط سریز- دریچه می‌باشد. این حالت در آزمایشگاه با پرتاب آب همراه بوده و عملاً هیچ گونه امکان اندازه‌گیری دبی را فراهم نمی‌کند. لکن در حالت دوم با نصب دریچه، برقراری جریان زیر بحرانی در بالادست سرریز- دریچه تضمین می‌شود. مطمئناً هر چه مانع ایجاد شده توسط سرریز- دریچه نیروی بیشتری بر جریان وارد نماید، از

www.SID.ir

Archive of SID

سرعت جریان کاسته شده و همزمان جریان با عمق بیشتر، سرعت و عدد فرود کمتر در مجرا برقرار خواهد شد.

موقعیت نصب دریچه در مقطع، نسبت به کف لوله نیز عامل مؤثری است زیرا اگر دریچه در ترازهای پایین نسبت به کف لوله کار گذاشته شود، باز شدگی کمتری را ایجاد نموده و با بالا بردن دریچه این سطح افزایش خواهد یافت. این موضوع دلیل ایجاد اختلاف فاصله بیشتر در شکل ۵-د نسبت به ۵- الف است. توجه به یک نکته در شکل ۵-د ضروری است. در این شکل در حالتی که دریچه نصب شده است، عدد فرود اندکی کمتر از حالت بدون دریچه بوده و از حدود ۰/۷۵ در موقعیت x/d=-۱/۲۵ شروع شده و به مقدار حدود ۰/۹ در مجاورت دریچه می‌رسد. در اینجا d عمق جریان در حالت بدون دریچه است. واضح است که نمی‌توان با نصب یک دریچهٔ کم ارتفاع نظیر قرار دادن یک میله نازک، مقطع کنترل ایجاد نمود و رژیم جریان را تغییر داد؛ بلکه باید نیروی کافی از طرف مانع به گونه‌ای بر سیال وارد شود که موجب بالا آمدن سطح آب گردیده و رژیم جریان را که بلافاصله در بالادست خروجی فوق بحرانی است، به زیر بحرانی تبدیل کند. مشخص است که فاصله بین دو منحنی در یک دیاگرام در اثر قرار گرفتن دریچه ایجاد شده است. هر قدر ارتفاع دریچه کمتر شود، این دو منحنی به هم نزدیک‌تر شده و لذا ممکن است مقطع بحرانی در دریچه‌های کم ارتفاع قبل از سرریز- دریچه و نه در بالای آن رخ دهد. با توجه به گسترهٔ آزمایشهای انجام شده که نتایج آنها در این مقاله مورد استفاده واقع نگردیده است، معیار w/d>۱/۸ که در آن w ارتفاع دریچه و d عمق جریان قبل از نصب دریچه می‌باشد، مناسب‌ترین معیار برای ایجاد مقطع کنترل تشخیص داده شد.

٤-۳- تحلیل آماری داده‌ها

برای تشخیص ارتباط عوامل مؤثر بر ضریب تخلیه C_d ابتدا به کمک آنالیز ابعادی رابطه‌ای بین عوامل مؤثر به دست می‌آید . رابطه ۵ نتیجهٔ کار را نشان می‌دهد:

$$C_d = 0.5\left(\frac{d}{P}\right)^{a}\left[a_1 + a_2\left(\frac{d}{a}\right) + a_3\left(\frac{w}{a}\right) + a_4\left(\frac{P}{a}\right)\right] \qquad (۵)$$

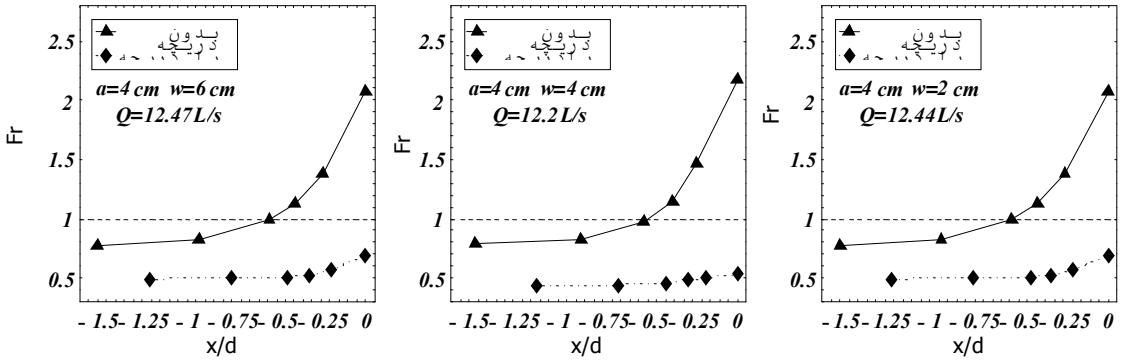
که در آن a، a_1 ، a_2 ، a_3 و a_4 ضرایب ثابت بوده و سایر نمادها قبلاً تعریف شده‌اند. با معرفی C_d^* به صورت زیر داریم:

$$C_d^* = \frac{C_d}{0.5\left(\frac{d}{P}\right)^{a}} \qquad (۶)$$

اگر a =۱/۵ انتخاب شود، رابطه ۵ به صورت خطی زیر در می‌آید:

$$C_d^* = \left[a_1 + a_2\left(\frac{d}{a}\right) + a_3\left(\frac{w}{a}\right) + a_4\left(\frac{P}{a}\right)\right] \qquad (۷)$$

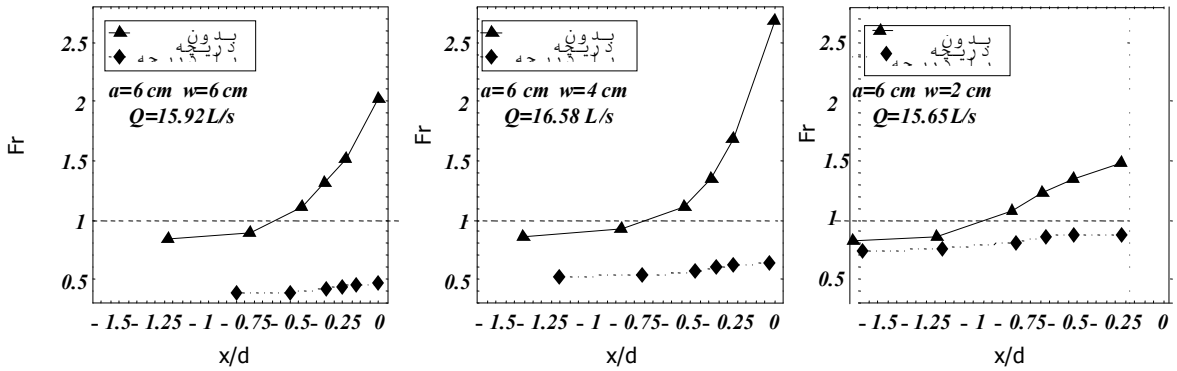
باید در نظر داشت که مقدار a =۱/۵ به صورت تکراری و به گونه‌ای تعیین شد که بهترین رابطه خطی بین پارامترها به دست آید.



(الف) (ب) (ج)

www.SID.ir

Archive of SID



(و) (ه) (د)

شکل۵- نمایش عدد فرود در پشت دریچه در حالت بدون دریچه و با دریچه

c_d^*را متغیر وابسته و P/a، w/a و d/a را به عنوان متغیرهای مستقل در نظر می‌گیریم. شکل ٦ پراکنش این متغیرها را در مقابل یکدیگر نشان می‌دهد.

نمودار ماتریسی فوق بیانگر آن است که بین متغیر پاسخ c_d^* و پارامترهای بی بعد P/a ، w/a و d/a یک رابطه قوی خطی و مثبت وجود دارد؛ برای مثال با افزایش c_d^* ، P/a نیز افزایش می‌یابد. این همبستگی قوی در تولید یک مدل خطی مناسب برای تشریح تغییرات c_d^* از روی این متغیرهای توضیحی بسیارمفید می‌باشد. همچنین، همان طور که در شکل ٦ دیده می‌شود، نمودار P/a در مقابل w/a نشان دهنده وابستگی شدید این دو متغیر به یکدیگر می‌باشد زیرا رابطه خطی P/a=1+w/a را می‌توان بین آنها برقرار نمود. از این رو w/a را حذف کرده و تنها از متغیرهای P/a وd/a در تحلیل آماری استفاده خواهیم کرد. برای حذف کامل وابستگی بین این دو متغیر و ایجاد یک متغیر کاملاً مستقل، از روی ماتریس واریانس ـ کوواریانس آنها، مقادیر ویژه ماتریس و بردارهای ویژهٔ یکه را استخراج کرده و ترکیب خطی E_1 را ایجاد می‌کنیم. به کمک رگرسیون خطی چندگانه و نرم افزار تحلیل آماری SPSS [۱۰]، رابطه زیر با ضریب تعیین ۰/۹= r^2 وخطای تخمین استاندارد ۰/۰۰۸=SEE به دست می‌آید:

$$C_d = 0.5(d/P)^{1.5} \times C_d^* \qquad (۸)$$

$$C_d^* = 0.742 + 0.177E_{11}$$

$$E_{11} = e^{E_1}$$

$$E_1 = 0.087\frac{P}{a} + 0.209\frac{d}{a}$$

شایان ذکر است که روابط اخیر در دامنه برداشت اطلاعات برای حالتهای ۳/۵≤P/a≤۴/۹۵ و۱/۸۵≤d/a≤۴/۹۵ اعتبار دارند. حال رابطه زیر را در نظر می‌گیریم:

$$\text{خطای نسبی} = \frac{Q_a - Q_c}{Q_a} * 100 \qquad (۹)$$

با در نظر گرفتن رابطه ۹، میزان خطای بین Q_a به عنوان دبی واقعی و Q_c به عنوان دبی تخمین زده شده به کمک ضریب تخلیه (رابطه ۸)، محاسبه می‌شود.

میانگین و انحراف استاندارد خطای نسبی محاسبه شده از رابطه ۹ به ترتیب ۰/۳۹- و٦/۱۳ درصد، به دست می‌آید.

برای تخمین بازه مطمئن خطای نسبی، از رابطه زیر استفاده می‌شود[۱۰]:

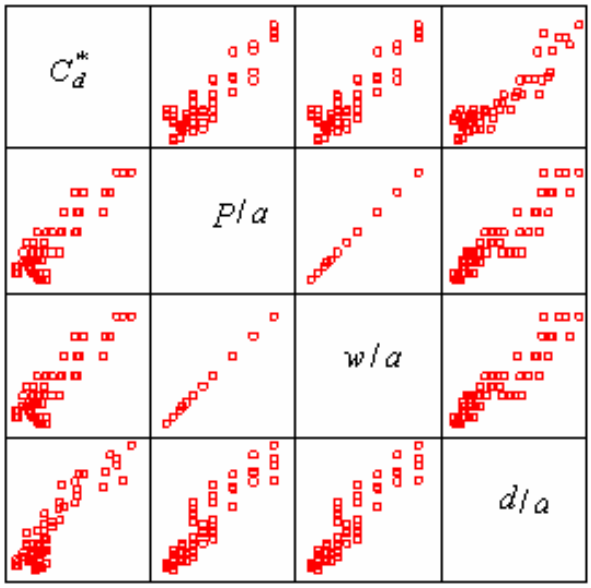
$$X \approx N(\mu, \sigma^2)$$
$$P\left[\mu - Z_{\alpha/2}\sigma \le X \le \mu + Z_{\alpha/2}\sigma\right] = (1-\alpha)\% \qquad (۱۰)$$

رابطه فوق بیانگر این است که اگر X از توزیع نرمال با میانگین μ و واریانس σ^2 پیروی کند، آنگاه در سطح اعتماد $(1-\alpha)\%$، X بین مقادیر $\mu \pm Z_{\alpha/2}\sigma$، قرار خواهد گرفت. باتوجه‌به رابطه ۱۰ و سطح اعتماد ۹۵ درصد، خطای رابطه ۸ در بازه۱۰± درصد قرار می‌گیرد. این بازه اطمینان در سطح اعتماد ۹۵درصد به این معنی است که

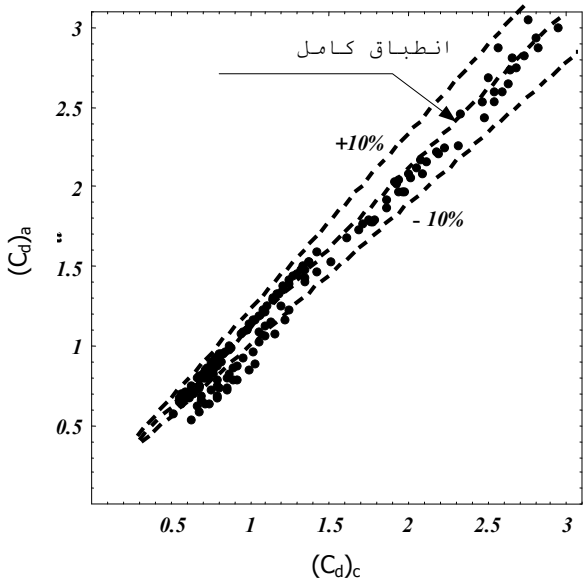
www.SID.ir

Archive of SID

اگر مثلاً ۱۰۰ بار این اندازه گیریها را انجام دهیم، خطای نسبی ۹۵ بار از اندازه‌گیریها در این بازه قرار می‌گیرد.



شکل ٦- نمودار پراکنش C_d^* در مقابل P/a ، w/a و d/a



شکل ۷- مقایسه ضریب تخلیه محاسبه شده $(C_d)_c$ درمقابل ضریب تخلیه واقعی $(C_d)_a$

در شکل ۷، ضریب تخلیه محاسبه شده $(C_d)_c$ توسط روابط به دست آمده درمقابل ضریب تخلیه واقعی $(C_d)_a$ رسم شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، داده‌ها حول خط برازش داده شده، به میزان اندکی دارای نوسان می‌باشندکه نشان دهنده تخمین نسبتاً مناسبی از ضریب تخلیه به کمک پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مؤثر بر مدل سرریز- دریچه می‌باشد. همچنین این شکل نشان از همبستگی مناسب‌تر بین مقادیر محاسبه شده و واقعی ضریب تخلیه در ضرایب کوچکتر تخلیه که متناظر با ترازهای کمتری از آب در داخل مجرا و در نتیجه دبی‌های کمتر می‌باشد، دارد.

۵- نتیجه‌گیری

www.SID.ir

Archive of SID

در این پژوهش مشخصات جریان همزمان عبوری از یک مدل مرکب سرریز- دریچه مورد بررسی قرار گرفت و تأثیر پارامترهای هیدرولیکی و هندسی بر دبی جریان، نمایش داده شد. نتایج به دست آمده از آن به صورت زیر خلاصه می‌شود:

۱) رسم پارامترهای هیدرولیکی و هندسی در مقابل ضریب تخلیه برای شیبهای مختلف کف کانال، نشان داد که تغییرات ضریب تخلیه برای شیبهای مختلف بسیار ناچیز بوده و می‌توان با اطمینان، از اثر شیب بر روی آن صرفنظر نمود.

۲) ضریب تخلیه در مدل سرریز- دریچه تحت تأثیر میزان بازشدگی دریچه می‌باشد؛ به گونه‌ای که برای عمق ثابت، افزایش بازشدگی دریچه باعث کاهش شدید ضریب تخلیه جریان می‌گردد. این موضوع بر رفتار سرریزی این دستگاه در مقابل رفتار دریچه‌ای آن تاکید دارد.

۳) در مقادیر ثابت d/a، افزایش پارامتر w/a کاهش مقدار C_d را به دنبال دارد.

٤) با توجه به ایجاد مقطع کنترل توسط سرریز- دریچه، ارتفاع این دستگاه (w)، باید به گونه‌ای باشد که بتواند قدرت کافی برای ایجاد مقطع کنترل داشته باشد. به این ترتیب، حداقل ارتفاع مناسب برای نصب این دریچه، برابر ۱/۸ <w/d، تشخیص داده شد.

٥) با استفاده از تحلیل آماری معادله‌ای برای ضریب تخلیه مدل سرریز- دریچه بر حسب پارامترهای بی بعد d/P، d/a و P/a با خطای متوسط ۱۰درصد پیشنهاد شده است. از این معادله می‌توان به راحتی برای تعیین مقدار C_d در شرایط و حالات مختلف استفاده کرد و در عین حال تأثیر عوامل مختلف از جمله موارد اشاره شده در بندهای ۲ و ۳ را تعیین کرد.

۶- قدردانی و تشکر

نویسندگان لازم می‌دانند از همکاری شرکتهای آب و فاضلاب استان خراسان و مشهد به خاطر حمایتهای مالی از طرح تحقیقاتی حاضر که طبق قرار داد شماره ۱۰۲۱۸/۱۱۱ مورخ ۸۱/۹/۲۱ انجام شده، تقدیر و تشکر نمایند.

www.SID.ir

Archive of SID

۷- مراجع

1- Ferro, V. (2000). "Simultaneous Flow Over and Under a Gate." *J. Irrigation and Drainage Engineering,* 126(3), 190-193.

2- Negm, A., AL-Brahim, M., and Al-Hamid, A. A. (2002). "Combined Free Flow Over Weir and Below Gates. " *J. Hydraulic Research*, 40, 359-365.

3- Rajaratnam, N., and Subramaniya, K. (1967). "Flow Equation for Sluice Gates." *J. Irrigation and Drainage Division*, *Proc. ASCE*, 93(IR.3),167-186.

4- Swamee, P. K. (1993). "Critical Depth Equations for Irrigation Canals." *J. Irrigation and Drainage Engineering*, *ASCE*, 119 (2), 400-409.

5- Montes, J. S. (1997). "Irrotational Flow and Real Fluid Effects under Planar Sluice Gate." *J. Hydraulic Engineering,* 123(3), 219-232.

6- Kindsvater, C. E., and Carter, R. W. (1957). "Discharge Characteristics of Rectangular Thin Plate Weirs." *J. Hydraulic Division, Proc.* ASCE, 83, 1-36.

7- Ackers, P. (1978). *Weirs and flumes for flow measurements,* John Wiley & Sons Ltd, Chichester, U.K.

8- Bos, M. G. (1989). *Discharge measurement structures.* International Institute for Land Reclamation and Improvement. Washington, The Netherlands, Pub. No. 20.

9- Rajaratnam, N., and Muralidhar, D. (1964). "End Depth for Circular Channels. " *J. Hydraulic Division, Proc. ASCE*, 17-39.

۱۰- بی نام (۱۳۷۷). *راهنمای کاربران* ***SPSS6*** ، جلد دوم، چاپ اول، *انتشارات پرتو*.

www.SID.ir