«یادداشت تحقیقاتی»

تأثیر بار معلق بر ضریب تخلیه در جریان سرریزها و دریچه‌ها

شوذب عابری فروتن[۱]، سید علی ایوب‌زاده[۲*]

۱ـ کارشناس ارشد تأسیسات آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲ـ استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

*** تهران، صندوق پستی۳۳۶ - ۱۴۱۱۵**

ayyoub@modares.ac.ir

(دریافت مقاله: آذر ۱۳۸۲، پذیرش مقاله: اسفند ۱۳۸۳)

چکیده- سرریزها و دریچه‌ها سازه‌هایی هستند که در اندازه‌گیری جریان آب در کانالهای باز استفاده می‌شوند. ورود رسوبهای رودخانه به کانالها، یکی از مشکلات عمده در شبکه‌های آبیاری است. همچنین در رسوبزدایی هیدرولیکی با عملیات شاس از مخازن سدها، جریان عبوری از مجاری مربوط با حجم قابل توجهی رسوب همراه است. روابطی که تاکنون بر اساس نتایج آزمایشگاهی برای ضرایب تخلیه سرریزها، روزنه‌ها و دریچه‌ها ارائه شده، براساس شرایط جریان آب عاری از رسوب (آب صاف) استخراج و توسعه داده شده است. در این تحقیق تأثیر بار معلق بر ضریب تخلیه سرریز و دریچه به‌صورت آزمایشگاهی و تحت شرایط بار رسوبی نسبتاً ثابت، بررسی شده است. نتایج آزمایشها حاکی از اختلاف بین ضرایب تخلیه سرریز و دریچه در شرایط وجود بار معلق نسبت به جریان با آب صاف است.

کلید واژگان: سرریز، دریچه، ضریب تخلیه، بار معلق، شستشوی سریع، سازه های هیدرولیکی.

۱- مقدمه

به دلیل اهمیت اندازه‌گیری جریان و یا تعیین مجاری با ظرفیت تخلیه مورد نظر در طراحی، تلاشهای زیادی انجام شده تا روابط تعیین شده برای سرریزها و دریچه‌ها، دقت بیشتری داشته باشند. به منظور دستیابی به مقادیر واقعی تخلیه جریان از این مجاری با استفاده از روابط ارائه شده بر اساس مبانی نظری و هیدرودینامیکی حاکم بر این‌گونه سازه‌ها، معمولاً از یک ضریب اصلاحی با عنوان ضریب تخلیه[۱]، C_d استفاده می‌شود و تمامی عوامل مؤثر بر همسان‌سازی روابط با میزان واقعی جریان در این ضریب به‌صورت یکجا گنجانده می‌شود. طرح هیدرولیکی و رفتار هیدرودینامیکی این سازه‌ها در انتقال آب، مستقیماً تابع این ضرایب هیدرولیکی است.

در شستشوی سریع (رسوبزدایی هیدرولیکی) مخازن سدها که به کمک عملیات شاس برای حفظ و احیای ظرفیت مخازن سدها صورت می‌گیرد، جریان عبوری از مجاری مربوطه متأثر از وجود بار معلق است که باید تأثیر این مسأله بر روی ضریب تخلیه این‌گونه مجاری بررسی شود [۱].

۲- سابقه تحقیق

۲- ۱- مطالعات انجام شده در زمینهٔ ضریب تخلیه سرریز

تحقیقات انجام شده در زمینهٔ ضرایب تخلیه سرریزها و

1. Discharge Coefficient

Archive of SID

www.SID.ir

روزنه‌ها (دریچه‌ها) شامل بررسی تأثیر بار آبی بالادست، ارتفاع سرریز و یا بازشدگی روزنه (دریچه)، تأثیر کشش سطحی و لزجت آب صاف بوده است. به‌طور کلی ضریب تخلیه سرریز تابعی از عمق جریان تقرب به سرریز، رابطه شکل واقعی تاج سرریز و شکل ایده‌آل فواره پرتاب جریان آب، شیب وجه بالادست سرریز، رقوم کف پایین دست و استغراق پایین‌دست است. رابطه کلی سرریزهای مستطیلی به‌صورت زیر بیان می‌شود [۲]:

$$Q=\frac{۲}{۳}\sqrt{۲g}C_d bH_d^{۱/۵} \qquad (۱)$$

$Q=$ دبی جریان سرریز، m^3/s

$g=$ شتاب ثقل، m/s^2

$H_d=$ ارتفاع آب روی تاج سرریز، m

$b=$ عرض کانال و طول تاج سرریز، m

$C_d=$ ضریب تخلیه

رهبوک[1] با مطالعه ضریب تخلیه سرریزهای مستطیلی ارتفاع سرریز، بار آبی روی آن و کشش سطحی آب را مؤثر دانسته و معادله زیر را برای ضریب تخلیه سرریز لبه‌تیز پیشنهاد کرده است [۳]:

$$C_d=۰/۶۱۱+۰/۰۷۵\frac{H_d}{P}+\frac{۰/۳۶}{H_d\sqrt{\frac{\rho g}{\sigma}-۱}} \qquad (۲)$$

$\sigma=$ کشش سطحی آب N/m

$\rho=$ جرم واحد حجم آب، kg/m^3

$P=$ ارتفاع سرریز، m

راوس[2] رابطه ساده زیر را که فقط شامل دو جملهٔ اول رابطه رهبوک است، برای ضریب تخلیه این نوع سرریزها ارائه کرده است [۴]:

$$C_d=۰/۶۱۱+۰/۰۷۵\frac{H_d}{P} \qquad (۳)$$

کیندسواتر و کارتر[3] اثر لزجت و کشش سطحی را بر ضریب تخلیه مطالعه کرده و دریافتند که اثر نادیده گرفتن لزجت و کشش سطحی با افزایش ارتفاع آب به اندازه ۰/۰۰۱ متر و کاهش عرض سرریز به اندازه ۰/۰۰۰۹ متر می‌تواند جبران شود. بر این اساس رابطه زیر را پیشنهاد کرده‌اند که فقط در واحد SI معتبر است [۵]:

$$C_d=\left(۰/۶۱۱+۰/۰۷۵\frac{H_d}{P}\right)\left(۱-\frac{۰/۰۰۰۹}{b}\right)\left(۱+\frac{۰/۰۰۱}{H_d}\right)^{۱/۵} \qquad (۴)$$

رانگا راجو و آساوا[4] با در نظر گرفتن اثر کشش سطحی و لزجت، ضریب K را در رابطه (۳) وارد و بدین صورت رابطه C_d را با اعمال K تصحیح کردند.

$$C_d=\left(۰/۶۱۱+۰/۰۷۵\frac{H_d}{P}\right)K \qquad (۵)$$

$$K=f(\mathrm{Re}^{-۰/۲}We^{-۰/۶}) \qquad (۶)$$

$$\mathrm{Re}=\frac{g^{۰/۵}H_d^{۱/۵}}{\nu} \qquad (۷)$$

$$We=\frac{\rho g H_d^{۲}}{\sigma} \qquad (۸)$$

گیل[5] بر اساس تحقیقات رانگا راجو و آساوا، رابطه زیر را برای تأثیر لزجت و کشش سطحی ارائه کرد [۶]:

$$K=۱/۵۷۶-۰/۰۸۸\log_e^{\left(\mathrm{Re}^{-۰/۲}We^{-۰/۶}\right)} \qquad (۹)$$

سارگینسون[6] با در نظر گرفتن تأثیر کشش سطحی رابطه زیر را ارائه کرده است [۵]:

$$C_d=۰/۶۱۳+۰/۰۷۴۵\frac{H_d}{P}+\frac{۱/۴۹۲\sigma}{\rho g H_d^{۲}} \qquad (۱۰)$$

۲- ۲- مطالعات انجام شده در زمینهٔ ضریب تخلیه دریچه و روزنه

رابطه کلی جریان عبوری از دریچه‌ها به‌صورت زیر است [۲]:

$$Q=C_d ab\sqrt{۲gh} \qquad (۱۱)$$

$a=$ اندازه بازشدگی دریچه m

$h_0=$ ارتفاع آب پشت دریچه m

بوس[7] با صرفنظر کردن از سرعت نزدیک شدن جریان، ضریب تخلیه روزنه لبه‌تیز دایره‌ای شکل را به‌صورت تابعی از قطر روزنه ارائه کرد. کانن[8] اصطکاک بین خطوط

1. Rehbock,1929
2. Rouse, 1946
3. Kinds Water and Carter,1957
4. Ranga Raju & Asawa,1977
5. Gill,1985
6. Sarginson,1972
7. Bos, 1976
8. Kanen, 1986

Archive of SID
www.SID.ir

جریان مایع و فشردگی جریـان خروجـی از روزنـه را در دبی عبوری از روزنه مؤثر دانسته است و برای کـم کـردن این آثار، ضـریب تخلیـه C_d را -کـه در واقـع ترکیـب دو ضریب اصطکاک و ضریب انقباض اسـت- معرفـی کـرده [۷]. سوامی[1]، ضریب تخلیه دریچه‌هـای کـشویی را بـرای جریان آزاد به‌صورت زیر ارائه کرده است[۸،۹]:

$$C_d = ۰/۶۱۱\left(\frac{h_o - a}{h_o + ۱۵a}\right)^{۰/۰۷۲} = ۰/۶۱۱\left(\frac{\left(h_{\diagup a} - ۱\right)}{\left(h_{\diagup a} - ۱۵\right)}\right)^{۰/۰۷۲} \quad (۱۲)$$

هنری[2] نیز ضریب تخلیه دریچه‌های کشویی آزاد را تـابعی از $\frac{h_o}{a}$ دانسته و شـکل ۱ را بـرای تعیـین C_d ارائـه کـرده است[۲].

با مطالعه عوامل مؤثر بر ضریب تخلیه سرریز و دریچه چنین برمی‌آید که وجـود بـار معلـق در جریانـات نادیـده گرفته شده و فقط شرایط حاکم بر ضریب تخلیه در حالت جریـان آب صـاف زمینـه بررسـی شـده اسـت. در ادامـه به‌منظور بررسی تأثیر بـار معلـق بـر شـرایط هیـدرولیکی جریان، مطالعات انجام شده در این زمینه بررسی می شود.

۲-۳- مطالعات انجام شده در زمینهٔ تأثیر بار معلق بر روی جریان

طبق بررسیهای انجام شده وجود بار معلق در جریان، سبب تغییر پروفیل سرعت جریان یکنواخت نسبت به جریان آب صاف می‌شود. بر طبق تئوری طول اختلاط پرانتل، قانون توزیع سرعت جریان متلاطم عبوری از بستر صاف و زبر به‌صورت زیر بیان می‌شود [۱۰]:

$$\frac{U}{U_*} = \frac{۲/۳۰۳}{\kappa}\log\left(\frac{U_* y}{\nu}\right) + ۵/۵ \quad \text{بستر صاف} \quad (۱۳)$$

$$\frac{U}{U_*} = \frac{۲/۳۰۳}{\kappa}\log\left(\frac{y}{k_S}\right) + ۸/۵ \quad \text{بستر زبر} \quad (۱۴)$$

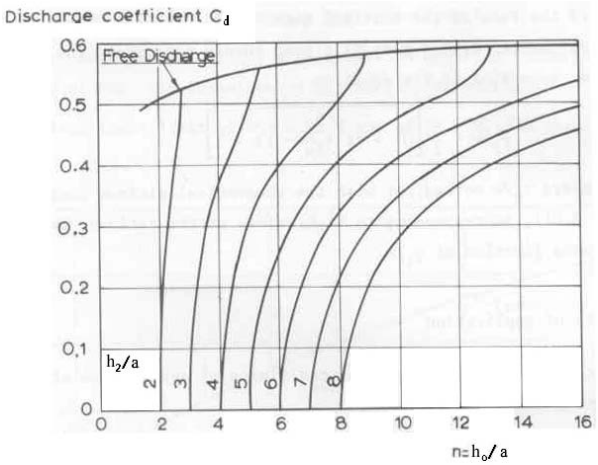
U = سرعت جریان در فاصله y از بستر

U_* = سرعت برشی جریان

ν = لزجت سینماتیک سیال

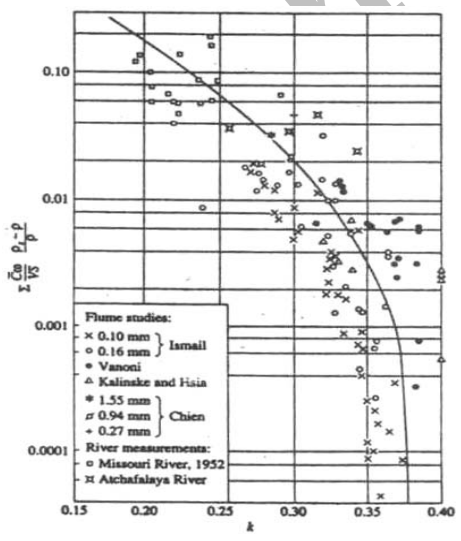
κ = ثابت کـارمن (بـرای آب صـاف برابـر ۰/۴ فـرض می‌شود)

k_S = زبری معادل نیکرادزه



شکل ۱ ضریب تخلیه دریچه‌های کشویی آزاد [۲]

ونونی[3]، اسماعیل[4] و بارتون و لین[5] با مطالعه داده‌هـای آزمایشگاهی دریافتند که ضریب ثابت کارمن اغلـب برابـر با ۰/۴ نیست [۱۱]. بررسی‌های انیشتین و چین[6] نشان داده است که حضور بار معلق در جریان، سبب کاهش ضریب کارمن می‌شود. این مطلب را می‌توان در شکل ۲ مـشاهده کرد.

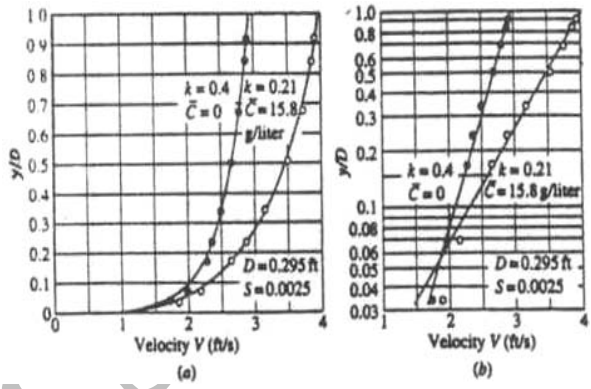


شکل ۲ اثر بار معلق بر پارامتر K [۱۰]

1. Swamee, 1992
2. Henry, 1950
3. Vanoni,1946
4. Ismail,1952
5. Barton & Lin, 1955
6. Einstain & Chien, 1954

Archive of SID
www.SID.ir

ونونی و نامیکوس[1] دریافتند که وقتی رسوب به داخل جریان آب صاف اضافه می‌شود ضریب کارمن کاهش می‌یابد. شکل ۳ بیانگر کاهش ثابت کارمن بر اثر خفگی تلاطم ناشی از گرادیان بالای غلظت و افزایش گرادیان سرعت نزدیک بستر کانال است [۱۱].



شکل ۳ توزیع سرعت در آب زلال و آب دارای ذرات معلق [۱۰]

کلمن[2] با مطالعه اثر تغییر غلظت بار معلق بر روی خصوصیات پروفیل سرعت، نشان داد که ضریب کارمن، مستقل از تغییرات غلظت بار معلق بوده و تئوری پذیرفته شدهٔ کاهش پارامتر κ با افزایش غلظت بار معلق را ناشی از روش نادرست تحلیل داده‌ها دانست و با بیان این نکته که حضور بار معلق در جریان، سبب افزایش پروفیل سرعت در ناحیه لایه مرزی می‌شود، این افزایش سرعت را با اضافه کردن جملات دیگری به قانون توزیع سرعت لگاریتمی پرانتل، به‌صورت زیر نشان داد:

$$\frac{U}{U_*} = \frac{۲/۳۰۳}{\kappa}\log\left(\frac{U_* y}{\nu}\right) + ۵/۵ - \frac{\Delta U}{U_*} + \frac{\Pi}{\kappa}\omega\left(\frac{y}{\delta}\right) \qquad (۱۵)$$

$\left(\frac{\Delta U}{U_*}\right)$ = تابع کاهش سرعت ناشی از زبری کانال

$\omega\left(\frac{y}{\delta}\right)$ = تابع افزایش سرعت ناحیه ویک[3]

Π = ضریب شدت ویک[4]

δ = ضخامت لایه مرزی

از آنجا که بر طبق نظر کلمن ضریب شدت ویک با بار معلق افزایش می‌یابد، وی برای بیان این اثر از پارامتر دیگری به نام عدد ریچاردسون R_i که به‌صورت ذیل تعریف می‌شود و رابطه مستقیم با غلظت جریان دارد استفاده کرد:

$$R_i = \frac{g\delta(\rho_\delta - \rho_۰)}{\rho_{mix} U_*^۲} \qquad (۱۶)$$

ρ_δ = چگالی مخلوط آب و رسوب در عمق δ

$\rho_۰$ = چگالی مخلوط آب و رسوب در عمق صفر

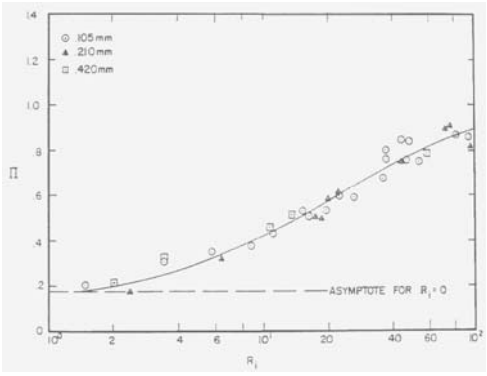
ρ_{mix} = متوسط چگالی مخلوط آب و رسوب

او تغییرات Π را با R_i در شکل ۴ نشان داد. شکل ۵ نیز ثابت ماندن پارامتر κ را با تغییر عدد ریچاردسون و به بیان دیگر تغییر غلظت نشان می‌دهد [۱۲، ۱۳].

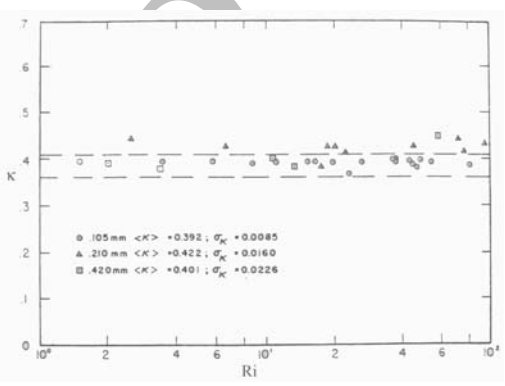
کرسلیدزه و کوتاوایا[5] با مطالعه تأثیر بار معلق بر پروفیل سرعت جریان در یک فلوم در دو حالت کف صاف و زبر، دریافتند که سرعت در فلوم با کف صاف در نزدیکی کف کاهش یافته و در نزدیکی سطح آب افزایش می‌یابد و بنابراین سرعت متوسط جریان دارای بار معلق در فلوم دارای کف صاف ممکن است بیشتر، برابر یا کمتر از سرعت جریان آب صاف باشد. اما در فلوم با کف زبر سرعت جریان دارای بار معلق هم در نزدیکی کف و هم در نزدیکی سطح آب افزایش می‌یابد. آنان نشان دادند که ثابت κ – برخلاف نظر کلمن– بسته به عدد ریچاردسون لایه درونی ارائه شده توسط والیانی[6]، تمایل به کاهش دارد. همچنین نتایج ارائه شده توسط کلمن را در بارهٔ تغییر ضریب شدت ویک (Π) نسبت به عدد ریچاردسون، تأیید کردند. بنابراین با افزایش غلظت بار معلق، عدد ریچاردسون کلمن و نیز ضریب Π افزایش می‌یابد [۱۴].

1. Vanoni & Nomicos, 1960
2. Coleman, 1981,1986
3. Wake Region
4. Wake Strength Coefficient
5. Kereselidze & Kutavaia, 1995
6. Valiani, 1991

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴ تاثیر عدد ریجاردسون بر ضریب شدت ویک [۱۳]



شکل ۵ تاثیر عدد ریجاردسون بر ثابت کارمن [۱۳]

۲-۴- جمع‌بندی تحقیقات قبلی

همان طور که بیان شد در زمینهٔ تأثیر بار معلق بر ضریب تخلیه سرریز و دریچه، کاری انجام نشده است. از طرفی از تحقیقات انجام شده در زمینهٔ تأثیر بار معلق بر جریان یکنواخت، چنین بر می‌آید که وجود بار معلق سبب کاهش ضریب کارمن و افزایش پروفیل سرعت خواهد شد. از شکل ۳ نیز چنین برمی‌آید که با افزایش سرعت لزوماً باید عمق جریان کاهش یابد. بر این اساس چنانچه در جریانات رسوبی عمق جریان کاهش یابد، با فرض جریان ثابت در دو نوع جریان با و بدون بار معلق، انتظار داریم که ضریب تخلیه در جریان رسوبی بیش از مقدار آن در جریان آب صاف باشد. لذا این فرضیه بعنوان مبنای این تحقیق در نظر گرفته شد.

۳- مواد و روشها

تحقیق حاضر با استفاده از فلوم مستطیلی شیب‌پذیر با عرض ۳۰ سانتیمتر، ارتفاع ۴۵ سانتیمتر و طول ۱۰ متر و دبی حداکثر ۱۲/۵ لیتر در ثانیه و شیب ۰/۰۰۱ انجام شده است. سازه‌های مورد استفاده شامل سرریز لبه تیز مستطیلی هم‌عرض با فلوم به ارتفاع ۱۸ سانتیمتر و نیز دریچه کشویی با دهانه بازشدگی ۳ سانتیمتر و هم‌عرض با فلوم بوده که جریان از رو و درون آنها به‌صورت کاملا آزاد به پایین‌دست انتقال یافته است. همچنین به‌منظور ایجاد بار معلق، از یک سیستم گردشی جریان رسوبی استفاده شده که در ادامه معرفی می‌شود.

۴- سیستم گردشی جریان رسوبی

به‌منظور ایجاد بار معلق در جریان به‌نحوی که در طول آزمایشها غلظت جریان ثابت مانده و سیستم در طول آزمایشها در حال تعادل باقی بماند، وجود سیستم گردشی جریان رسوبی ضروری است. لذا یک سیستم گردشی جریان رسوبی در این تحقیق طراحی و ساخته شد.

سیستم شامل پمپ لجن‌کش با ظرفیت اسمی ۲۰ لیتر در ثانیه، مخزن استوانه‌ای پمپ کردن به قطر۱/۲۰ متر و عمق ۲/۸۰ متر و نیز مخزن اندازه‌گیری دبی حجمی به ابعاد ۰/۸۰×۱/۷۵×۱/۲۵ متر است. مخزن اندازه‌گیری دبی توسط دریچه‌ای به چالهٔ پمپ مرتبط می‌شود و همواره سطح آب در مخزن پایین‌تر از کف مخزن اندازه‌گیری دبی است تا بتوان آب مخزن اندازه‌گیری دبی را به‌صورت ثقلی به چالهٔ پمپ هدایت کرد. همچنین به‌منظور کنترل دبی خروجی سیستم و جلوگیری از تغییرات دبی ناشی از تغییرات سطح آب در مخزن، یک منبع هوایی استوانه‌ای به ابعاد ۱/۹۰×۱/۶۰ متر با کف مخروطی و شرایط تأمین هد ثابت طراحی و ساخته شد. هد ثابت، با ایجاد یک سرریز در ارتفاع ۱/۳۰ متر ایجاد و جریان مازاد از طریق لوله‌ای به چالهٔ پمپ هدایت می‌شود. برای جلوگیری از ته‌نشینی رسوبها در چالهٔ پمپ، از مخزن استوانه‌ای با کف

Archive of SID
www.SID.ir

شیبدار استفاده شده که تلاطم ناشی از مکش پمپ، خروجی سرریز منبع هوایی، خروجی جریان از فلوم و جریان برگشتی پمپ[1]، به تعلیق ذرات کمک می‌کند. در منبع هوایی نیز دو پروانه در دو موقعیت نسبت به مرکز منبع و در عمق ۷۰ سانتیمتری نصب شده که سبب تلاطم آب و تعلیق ذرات می‌شود. قسمتهای مختلف سیستم گردشی جریان رسوبی در شکل ۶ نشان داده شده است.

۵- راه‌اندازی سیستم

پس از پر کردن منبع هوایی و چالهٔ پمپ، پمپ روشن شده و آب به مخزن هوایی پمپ می‌شود و مازاد جریان از طریق سرریز خارج می‌شود. در کف منبع هوایی یک سه‌راهی در نظر گرفته شده که از یک طرف جریان به سمت فلوم هدایت شده و از سمت دیگر برای تخلیه آب منبع هوایی به‌کار می‌رود. بر روی لوله‌ای که آب را به سمت فلوم هدایت می‌کند، دو شیر فلکه قرار دارد که یکی برای تنظیم دبی و دیگری برای قطع و وصل جریان به‌کار می‌رود.

۶- روند انجام آزمایشها

۶- ۱- تعیین ضریب تخلیه در شرایط جریان آب صاف

به‌منظور تعیین ضریب تخلیه دریچه و سرریز با شرایط جریان آب صاف، ابتدا دریچه در موقعیت یک-سوم انتهایی طول فلوم و در فاصله ۷/۲۰ متر از ابتدای فلوم نصب شد و به ازای دبیهای مختلف بین ۱۲/۵-۰ لیتر در ثانیه، ارتفاع آب پشت دریچه در فاصله حداقل ۴ برابر عرض سطح آب قرائت و جریان عبوری از دریچه به‌صورت حجمی تعیین شد.

این کار برای سرریز در موقعیت یک-سوم ابتدایی طول فلوم و در فاصله ۳/۰ متر از ابتدای فلوم انجام شد. به‌منظور کاهش حجم رسوبهای ته‌نشین شده پشت سرریز در شرایط جریان رسوبی و ایجاد بار معلق با غلظتهای بالاتر، سرریز در موقعیت یک سوم ابتدایی فلوم نصب شد.

۱-۶- ۱- انتخاب ماده رسوبی

از میان مواد رسوبی مختلف، خاک اره با G_s = ۱/۳ و D_{50}=۰/۱۹۲mm و σ_g=۱/۶۸ به‌عنوان مناسبترین ماده رسوبی غیر چسبنده‌ای که می‌توانست شرایط جریان بار معلق را برای سرعتهای نسبتا کم جریان در بالادست سرریز و دریچه ایجاد کند، انتخاب شد. منحنی دانه‌بندی خاک اره مورد استفاده در شکل ۷ نشان داده شده است.

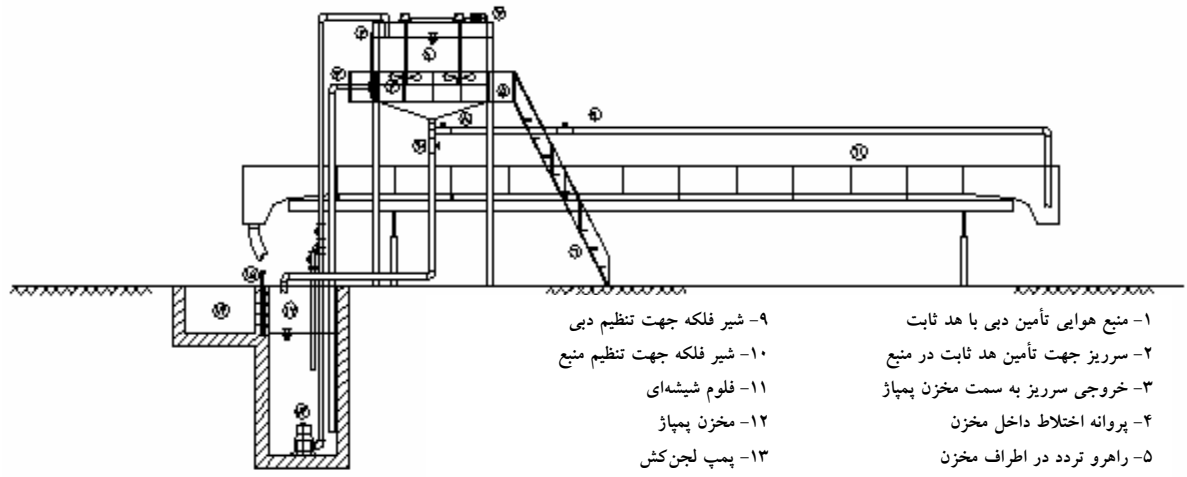
۱-۶-۲- تعیین ضریب تخلیه در شرایط جریان حاوی بار معلق

برای تعیین ضریب تخلیه سرریز در جریان رسوبی، ابتدا ۲۰ کیلوگرم خاک اره در ۵ متر مکعب آب صاف موجود در سیستم اضافه و غلظت اسمی ۴۰۰۰ppm ایجاد شد. با انجام آزمایشهای اولیه‌ای در غلظتهای مختلف، صورت گرفت مشخص شد که در غلظتهای بالاتر، میزان ته‌نشینی رسوبها بسیار زیاد است؛ به‌نحوی که پشت سرریز از رسوبها پر می‌شد. در غلظت به‌کار رفته، ته‌نشینی رسوبها تا فاصله‌ای در حدود ۱۰cm از دیوار سرریز مشاهده نشد و در فاصله ۲۵cm-۱۰ از دیوار سرریز نیز رسوب کف در حال حرکت بود. پس از این فاصله، رسوبها در کف فلوم به ضخامت حدوداً ۱۰cm جمع شده بود.

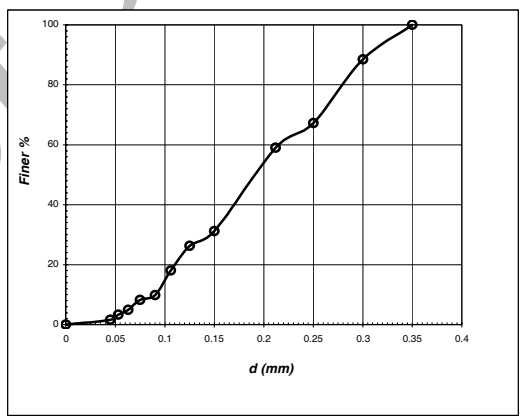
با این شرایط سیستم در حدود ۳ ساعت کار کرد تا به تعادل نسبی برسد. بر اساس نمونه‌گیری‌هایی که در دبی حدود ۹/۵ لیتر در ثانیه از خروجی فلوم در شرایط استفاده از دریچه در موقعیت یک- سوم انتهایی انجام شد، مشخص شد که سیستم پس از ۳ ساعت کار به تعادل می‌رسد. در طول این مدت نیز غلظت بار معلق خروجی سیستم فقط در حدود ۱۰ درصد تغییر داشته است.

1. By Pass

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۶ شمای سیستم جریان بسته آب و رسوب



شکل ۷ منحنی دانه‌بندی بار معلق (خاک اره) مورد استفاده در آزمایشها

از آنجا که برای تعیین ضریب تخلیه، به تغییر دبی نیاز بود، لذا این تغییرات سبب تغییر مقاومتهای جریان و تنش برشی شده و میزان رسوبگذاری پشت سرریز و دریچه به‌صورت دینامیکی در حال تغییر بود که به تبع آن، غلظت بار معلق خروجی سرریز و دریچه نیز تغییر می‌کرد و حفظ غلظت ثابت، در عمل غیرممکن بود.

برای غلظت متوسط بار معلق عبوری از روی سرریز در حدود $1115ppm$، آزمایشهای مربوط به تعیین ضریب تخلیه در شرایط وجود بار معلق انجام شد. این کار برای دریچه با غلظت اسمی سیستم در حدود $6000ppm$ و غلظت متوسط بار معلق عبوری از زیر دریچه در حدود $2475ppm$ انجام شد.

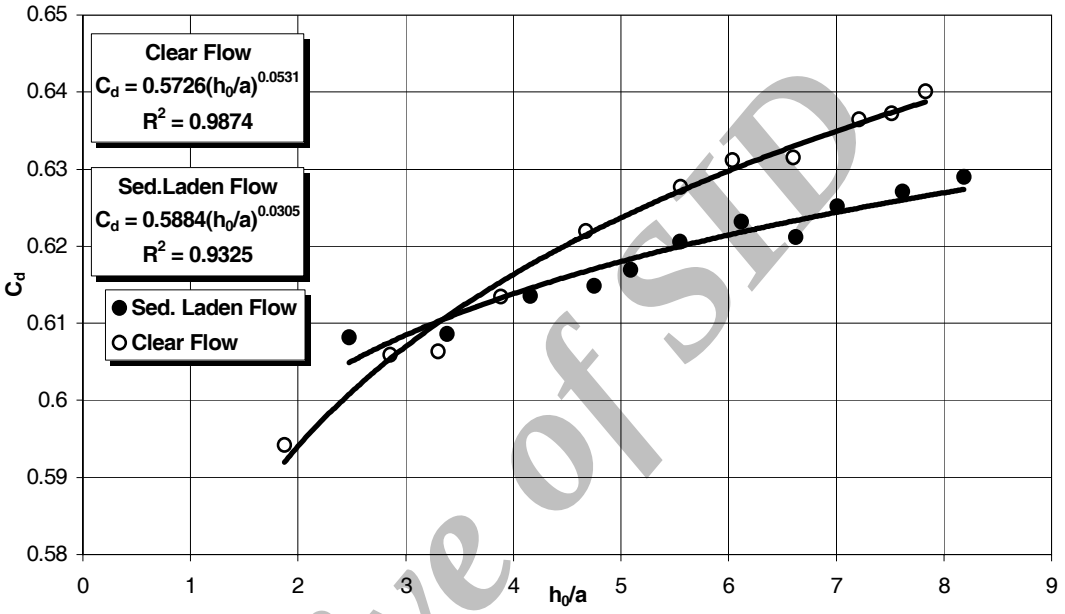
۷- نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیریهای جریان و تعیین ضرایب تخلیه دریچه و سرریز در شرایط جریان آب صاف و آب حاوی بار معلق به‌ترتیب در شکلهای ۸ و ۹ ارائه شده است.

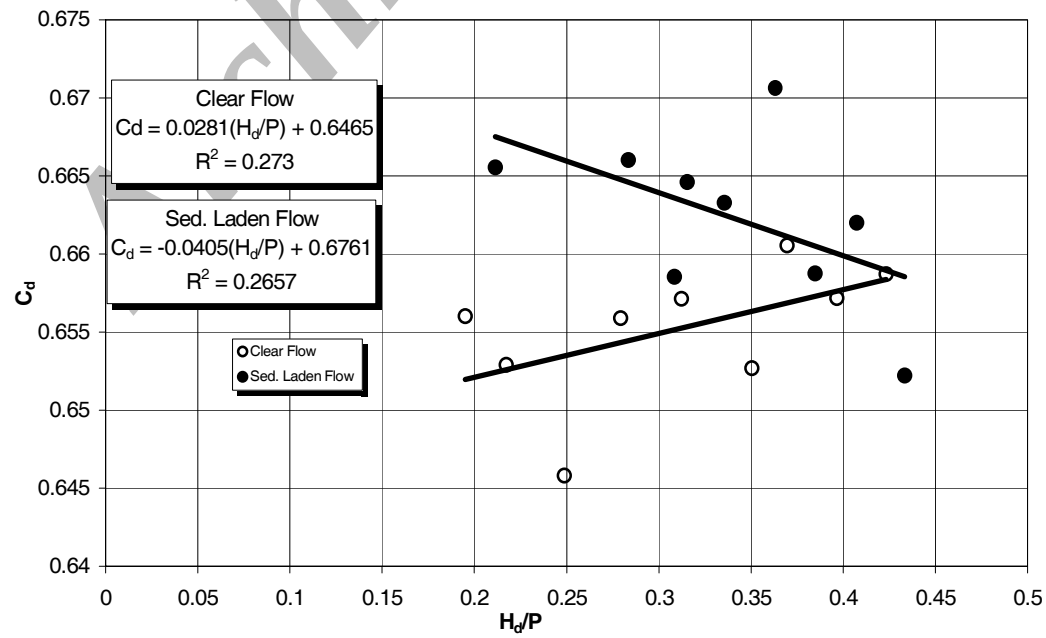
به‌طور کلی تأثیر بار معلق بر ضرایب هیدرولیکی هر دو سازه از این اشکال کاملا مشهود است. با این تفاوت که همبستگی داده‌های اندازه‌گیری شده با رابطه توانی در زمینهٔ دریچه بسیار زیاد و در حدود ۹۶ تا ۹۷ درصد است در حالی که این همبستگی برای داده‌های مربوط به سرریز، کم بوده و نقاط اندازه گیری شده از پراکندگی قابل ملاحظه‌ای برخوردارند. از دلائلی که می‌توان برای پراکندگی داده‌های جریان سرریز نسبت به جریان از زیر دریچه ذکر کرد، تأثیرمستقیم نوسانات سطحی و همچنین عدم امکان برقراری آزمایش در شرایط محدوده قابل ملاحظه تیغه آب روی سرریز بوده است، در حالی‌که جریان عبوری از دریچه با چنین محدودیتهایی مواجه

Archive of SID
www.SID.ir

نبوده و نوسانات سطح آب هم به‌طور مستقیم بـر جریـان عبوری تاثیر نداشته است. نکته قابل توجه آنکـه داده‌هـای اندازه‌گیری شده در جریـان بـا بـار معلـق بـرای دریچـه، ضریب تخلیه کمتری را نسبت بـه جریـان بـا آب صـاف نشان داده در حالی‌کـه بـرای سـرریز عکـس ایـن مطلـب مشاهده شده است. به‌نظر می‌رسد کـه جریـان عبـوری از دریچه عمدتاً تحت تاثیر خصوصیات سیال آب و رسوب، نظیر لزجت و چگالی بوده است به‌نحوی کـه بـا افـزایش چگالی سیال، ضریب تخلیه کاهش می‌یابد. این موضوع را می‌توان در تحقیقات قبلی مربوط به جریـان آب صـاف از روزنه‌ها نیز دریافت.



شکل ۸ مقایسه ضریب تخلیه دریچه در دو حالت جریان آب صاف و حاوی بار معلق [۱۵]



شکل ۹ مقایسه ضریب تخلیه سرریز در دو حالت جریان آب صاف و حاوی بار معلق [۱۵]

Archive of SID
www.SID.ir

در زمینهٔ جریان عبوری از روی سرریزها، رفتار جریان تابع خصوصیات جریان و نه سیال بوده و لذا رفتاری شبیه آنچه در مورد تأثیر بار معلق در کانالها با جریان یکنواخت نشان داده شد، داشته و می‌توان چنین گفت که در شرایط بار آبی یکسان در بالادست سرریز در دو جریان رسوبی و آب صاف، میزان دبی عبوری در شرایط جریان با آب صاف کمتر از دبی عبوری در شرایط جریان حاوی بار معلق است یا به بیان دیگر در شرایط بار آبی یکسان در دو جریان، میزان دبی عبوری در جریان رسوبی بیشتر از جریان آب صاف است. نتایج جریان حاوی بار معلق نیز عموماً ضریب تخلیه بیشتری را نسبت به جریان آب نشان داده و خط برازش داده شده نیز بالاتر از خط برازشی جریان آب صاف است. با وجود این اختلاف بین نتایج سرریز در جریان با و بدون بار معلق، به‌ویژه برای اعمال در طراحی و مهندسی، حداقل در محدوده غلظتهای رسوبی مورد نظر در این تحقیق، قابل ملاحظه نیست.

۸- نتیجه‌گیری

۱- مقایسه ضریب تخلیه سرریز در دو حالت جریان آب صاف و آب حاوی بار معلق، وجود اختلاف بین نتایج ضریب تخلیه را نشان می‌دهد.

۲- نتایج به‌دست آمده از آزمایشهای جریان عبوری از دریچه نشان می‌دهد که ضریب تخلیه در شرایط جریان رسوبی تحت بار آبی یکسان نسبت به جریان آب صاف کمتر است. این اختلاف هر چه به سمت دبیهای بیشتر پیش می‌رود، افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که بیشترین اختلاف حدود ۳/۷ درصد بین دبیهای به‌دست آمده در هر دو حالت است در حالی که آزمایشهای رسوبی، فقط در غلظت متوسط ۲۴۷۵*ppm* (دامنه تغییرات *ppm* ۳۳۵۶ ـ ۱۹۵۰) انجام شده است.

۳- نتایج به‌دست آمده از آزمایشهای جریان عبوری از سرریز نشان می‌دهد که ضریب تخلیه در شرایط جریان رسوبی تحت بار آبی یکسان، نسبت به جریان آب صاف بیشتر است. این تفاوت مربوط به جریان رسوبی در غلظت متوسط *ppm* ۱۱۱۵ (دامنه تغییرات*ppm* ۱۶۳۶ ـ ۶۳۷) است. با توجه به محدود بودن تعداد آزمایشهای انجام شده و به‌دلیل پراکندگی مقادیر ضرایب تخلیه نسبت به بار آبی در این آزمایشها، برای نتیجه‌گیری نهایی به تحقیقات گسترده‌تری نیاز است.

۴- نتایج ضریب تخلیه سرریز در شرایط جریان رسوبی با فرضیه ارائه شده براساس جریان با بار معلق در کانالهای روباز مطابقت دارد. لیکن نتایج حاصل از ضرایب تخلیه دریچه، روندی معکوس را در مقایسه با فرضیه مذکور نشان می‌دهد نتیجه اخیر را می‌توان به تحت فشار بودن جریان خروجی در زمینهٔ دریچه‌ها نسبت داد.

۵- نتایج ضریب تخلیه دریچه به‌عنوان تابعی از بار آبی در مقایسه با مقادیر ضریب تخلیه سرریز از همبستگی و دقت بیشتری برخوردار است (بیش از ۹۳٪). اما اختلاف ضریب تخلیه در شرایط جریان رسوبی با جریان آب صاف، در زمینهٔ هر دو سازه نسبتا کم است.

۶- از آنجا که در مخازن سدها و در هنگام شست و شوی رسوبها، جریان عبوری از مجاری تخلیه رسوب با حجم قابل توجهی رسوب همراه است و با توجه به نتایج بدست آمده برای دریچه، می‌توان چنین نتیجه گرفت که دبی خروجی -که براساس مطالعات و تئوری جریان با آب صاف براورد می‌شود- بیش از مقدار واقعی آن است. این مسأله منجر به عدم عبور بخشی از جریان از مجرای تخلیه و در نتیجه افزایش خطرپذیری طرح می‌شود.

۹- پیشنهادها

۱ـ آزمایشهای انجام شده وجود تفاوت بین نتایج آب صاف و آب حاوی بار معلق را نشان داده است. از آنجا که نتایج سرریز و دریچه، فقط در یک غلظت به دست آمده است، پیشنهاد می‌شود که به‌منظور تکمیل تحقیقات،

Archive of SID
www.SID.ir

آزمایشهایی در غلظتهای بیشتر و دامنه دبیهای بیشتر انجام شود.

۲- به‌منظور کاهش حجم رسوبگذاری در بالادست سرریز و دریچه و دستیابی به غلظتهای بیشتر، توصیه می‌شود که از مصالح رسوبی دیگری با چگالی و اندازه ذرات کمتری استفاده شود.

۳- برای بررسی تأثیر اندازه ذره رسوبی نیز پیشنهاد می‌شود که از چندین ذره با اندازه‌های متفاوت و دانه‌بندی یکنواخت استفاده شود.

۴- به‌منظور مقایسه پروفیلهای قائم سرعت در جریانهای یکنواخت و غیریکنواخت، انجام آزمایشهای برای دستیابی به پروفیلهای قائم سرعت در جریان آب صاف و جریان حاوی بار معلق در غلظتهای مختلف در هر دو جریان یکنواخت و غیریکنواخت، پیشنهاد می‌شود.

۱۰- منابع

[۱] احمدی رنانی، م. ، "*سدهای کشور، مدیریت، رسوب و رسوبزدایی*"، سمینار کارشناسی ارشد، تأسیسات آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.

[2] Bos, M. G.; "*Discharge Measurement Structures*"; ILRI; Printed in the Netherlands; 1976.

[3] Swamee, P. K.; "*Generalized Rectangular Weir Equations*"; Journal of Hydraulic Engineering; Vol. 114; No. 8; 1998; pp. 945-949.

[4] Ranga Raju, K .G.; Asawa, G. L.; "*Viscosity and Surface Tension Effects on Weir flow*"; Journal of Hydraulic Division; 103(10); 1977; pp. 1227-1231.

[5] Ghodsian, M.; "*Viscosity and Surface Tension Effects on Rectangular Weir Flow*"; International Journal of Engineering Science; Iran University of Science & Technology; Vol. 9; No.4; 1998; pp. 111-117.

[6] Gill, M. A.; "*Flow Measurement by Triangular Broad Crested Weir*"; Journal of Water Power & Dam Construction; 1985; pp. 47-49.

[7] Kanen, J. D.; "*Applied Hydraulics for Technology*"; CBS International Editions; Printed in Japan; 1986.

[8] Swamee, P. K.; Ojha, C. S. P. ; Kumar, S.; "*Discharge Equation for Rectangular Slots*"; Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 124; No. 9; 1998; pp. 973- 974.

[9] Swamee, P. K.; "*Sluice Gate Discharge Equations*"; Journal of Irrigation and Drainage Engineering; Vol. 8; No. 1; 1992; pp. 56-60.

[10] Yang, C. T.; "*Sediment Transport: Theory and Practice*"; McGraw-Hill; USA; 1996.

[11] Garde, R. J.; Ranga Raju, K. G.; *Mechanics of sediment transportation and alluvial stream problems*"; Third Edition; New Age International publishers; 2000.

[12] Coleman, N. L.; "*Velocity profiles with suspended sediment*"; Journal of Hydraulic Research; Vol. 19; No. 3; 1981; pp. 211-228.

[13] Coleman, N. L.; "Effects of suspended sediment on the open channel velocity distribution"; Journal of Hydraulic Research; Vol. 22; No. 10; 1986; pp. 1377-1384.

[14] Kerselidze, N. B; Kutavaia, V. I.; "*Experimental research on kinematics of flows with high suspended solid concentration*"; Journal of Hydraulic Research, Vol. 33, No. 1; 1995; pp. 65-75.

[۱۵] عابری فروتن، ش. "بررسی آزمایشگاهی تأثیر بار معلق بر روی ضریب تخلیه سرریز لبه‌تیز مستطیلی و دریچه کشویی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تأسیسات آبیاری، داشنگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۲.

Archive of SID
www.SID.ir