

«یادداشت تحقیقاتی»

تأثیر بار معلق بر ضریب تخلیه در جریان سرریزها و دریچه‌ها

شوذب عابری فروتن^۱، سید علی ایوب‌زاده^{۲*}

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

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

* تهران، صندوق پستی ۳۳۶ - 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، سازه‌های 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 زمینه ضریب تخلیه

سرریز

تحقیقات انجام شده در زمینه ضرایب تخلیه سرریزها و

1. Discharge Coefficient

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]:

$$C_d = \left(0.611 + 0.075 \frac{H_d}{P} \right) \left(1 - \frac{0.0009}{b} \right) \left(1 + \frac{0.001}{H_d} \right)^{1/5} \quad (4)$$

رانگا راجو و آساوا^۴ 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.

$$C_d = \left(0.611 + 0.075 \frac{H_d}{P} \right) K \quad (5)$$

$$K = f(\text{Re}^{-1/2} \text{We}^{-1/6}) \quad (6)$$

$$\text{Re} = \frac{g^{1/5} H_d^{1/5}}{\nu} \quad (7)$$

$$\text{We} = \frac{\rho g H_d^3}{\sigma} \quad (8)$$

گیل^۵ بر اساس تحقیقات رانگا راجو و آساوا، رابطه زیر را برای تأثیر لزجت و کشش سطحی ارائه کرد [۶]:

$$K = 1/576 - 0.088 \log_e(\text{Re}^{1/2} \text{We}^{1/6}) \quad (9)$$

سارگینسون^۶ با در نظر گرفتن تأثیر کشش سطحی رابطه زیر را ارائه کرده است [۵]:

$$C_d = 0.613 + 0.0745 \frac{H_d}{P} + \frac{1/492\sigma}{\rho g H_d^3} \quad (10)$$

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

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

$$Q = C_d a b \sqrt{2gh} \quad (11)$$

a = اندازه بازشدگی دریچه m

h_0 = ارتفاع آب پشت دریچه m

بوس^۷ با صرف نظر کردن از سرعت نزدیک شدن جریان، ضریب تخلیه روزنه لبه‌تیز دایره‌ای شکل را به صورت تابعی از قطر روزنه ارائه کرد. کانن^۸ اصطکاک بین خطوط

روزنه‌ها (دریچه‌ها) شامل بررسی تأثیر بار آبی بالادست، ارتفاع سرریز و یا بازشدگی روزنه (دریچه)، تأثیر کشش سطحی و لزجت آب صاف بوده است. به طور 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، رقم کف پایین دست و استغراق پایین دست است. رابطه کلی سرریزهای مستطیلی به صورت زیر بیان می‌شود [۲]:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} C_d b H_d^{3/2} \quad (1)$$

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^۱ 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]:

$$C_d = 0.611 + 0.075 \frac{H_d}{P} + \frac{0.36}{H_d \sqrt{\frac{\rho g}{\sigma} - 1}} \quad (2)$$

σ = کشش سطحی آب N/m

ρ = جرم واحد حجم آب، kg/m^3

P = ارتفاع سرریز، m

راوس^۲ رابطه ساده زیر را که فقط شامل دو جمله اول

رابطه رهبوک است، برای ضریب تخلیه این نوع سرریزها ارائه کرده است [۴]:

$$C_d = 0.611 + 0.075 \frac{H_d}{P} \quad (3)$$

کیندسواتر و کارتر^۳ 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

4. Ranga Raju & Asawa, 1977

5. Gill, 1985

6. Sarginson, 1972

7. Bos, 1976

8. Kanen, 1986

1. Rehbock, 1929

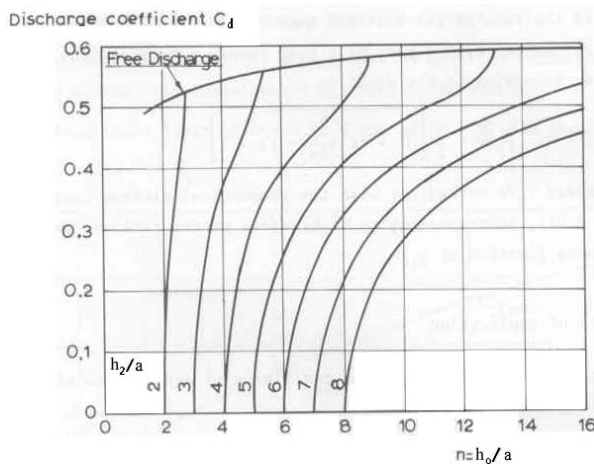
2. Rouse, 1946

3. Kinds Water and Carter, 1957

$V =$ لزجت سینماتیک سیال

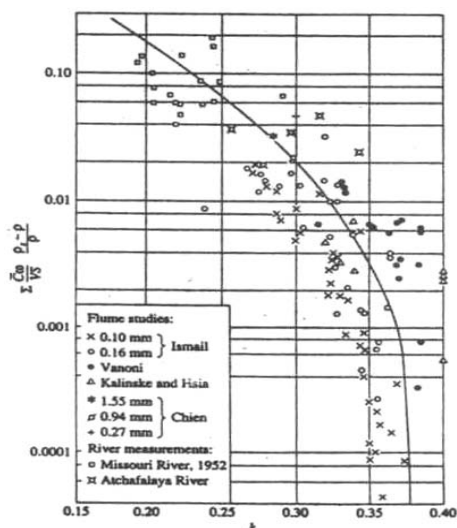
$K =$ ثابت کارمن (برای آب صاف برابر ۰/۴ فرض می شود)

$k_s =$ زبری معادل نیکراده



شکل ۱ ضریب تخلیه دریاچه‌های کشویی آزاد [۲]

ونونی^۳، اسماعیل^۴ و بارتون و لین^۵ با مطالعه داده‌های آزمایشگاهی دریافتند که ضریب ثابت کارمن اغلب برابر با ۰/۴ نیست [۱۱]. بررسی‌های انیشتین و چین^۶ نشان داده است که حضور بار معلق در جریان، سبب کاهش ضریب کارمن می‌شود. این مطلب را می‌توان در شکل ۲ مشاهده کرد.



شکل ۲ اثر بار معلق بر پارامتر K [۱۰]

جریان مایع و فشرده‌گی جریان خروجی از روزنه را در دبی عبوری از روزنه مؤثر دانسته است و برای کم کردن این آثار، ضریب تخلیه C_d را - که در واقع ترکیب دو ضریب اصطکاک و ضریب انقباض است - معرفی کرده [۷]. سوامی^۱، ضریب تخلیه دریاچه‌های کشویی را برای جریان آزاد به صورت زیر ارائه کرده است [۸،۹]:

$$C_d = 0.611 \left(\frac{h_0 - a}{h_0 + 15a} \right)^{1.72} = 0.611 \left(\frac{\left(\frac{h}{a} - 1 \right)}{\left(\frac{h}{a} - 15 \right)} \right)^{1.72} \quad (12)$$

هنری^۲ نیز ضریب تخلیه دریاچه‌های کشویی آزاد را تابعی از $\frac{h_0}{a}$ دانسته و شکل ۱ را برای تعیین C_d ارائه کرده است [۲].

با مطالعه عوامل مؤثر بر ضریب تخلیه سرریز و دریاچه چنین برمی‌آید که وجود بار معلق در جریان‌ات نادیده گرفته شده و فقط شرایط حاکم بر ضریب تخلیه در حالت جریان آب صاف زمینه بررسی شده است. در ادامه به منظور بررسی تأثیر بار معلق بر شرایط هیدرولیکی جریان، مطالعات انجام شده در این زمینه بررسی می‌شود.

۲-۳- مطالعات انجام شده در زمینه 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 پراختل، قانون توزیع سرعت جریان متلاطم عبوری از بستر صاف و زیر به صورت زیر بیان می‌شود [۱۰]:

$$\frac{U}{U_*} = \frac{2/30.3}{K} \log \left(\frac{U_* y}{\nu} \right) + 5/5 \quad \text{بستر صاف} \quad (13)$$

$$\frac{U}{U_*} = \frac{2/30.3}{K} \log \left(\frac{y}{k_s} \right) + 8/5 \quad \text{بستر زبر} \quad (14)$$

$U =$ سرعت جریان در فاصله y از بستر

$U_* =$ سرعت برشی جریان

3. Vanoni, 1946
4. Ismail, 1952
5. Barton & Lin, 1955
6. Einstein & Chien, 1954

1. Swamee, 1992
2. Henry, 1950

δ = ضخامت لایه مرزی

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

$$R_i = \frac{g\delta(\rho_\delta - \rho)}{\rho_{mix} U_*^2} \quad (16)$$

ρ_δ = چگالی مخلوط آب و رسوب در عمق δ

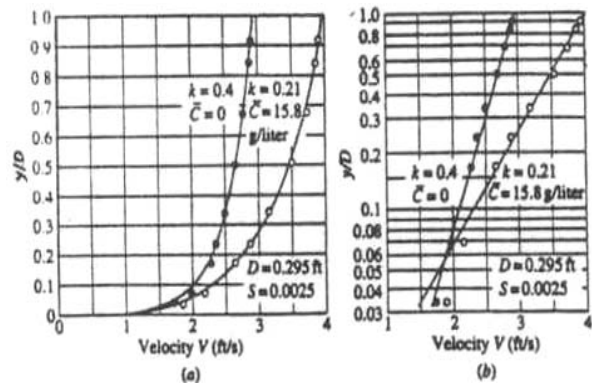
ρ = چگالی مخلوط آب و رسوب در عمق صفر

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 K را با تغییر عدد ریچاردسون و به بیان دیگر تغییر غلظت نشان می‌دهد [۱۲، ۱۳].

کرسلیدزه و کوتاویا^۵ با مطالعه تأثیر بار معلق بر پروفیل سرعت جریان در یک فلوم در دو حالت کف صاف و زیر، 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 زیر سرعت جریان دارای بار معلق هم در نزدیکی کف و هم در نزدیکی سطح آب افزایش می‌یابد. آنان نشان دادند که ثابت K - برخلاف نظر کلمن - بسته به عدد ریچاردسون لایه درونی ارائه شده توسط والیانی^۶، تمایل به کاهش دارد. همچنین نتایج ارائه شده توسط کلمن را در باره تغییر ضریب شدت و یک (Π) نسبت به عدد ریچاردسون، تأیید کردند. بنابراین با افزایش غلظت بار معلق، عدد ریچاردسون کلمن و نیز ضریب Π افزایش می‌یابد [۱۴].

نونونی و نامیکوس^۱ 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^۲ 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 شده کاهش پارامتر K 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، به صورت زیر نشان داد:

$$\frac{U}{U_*} = \frac{2/30.3}{\kappa} \log\left(\frac{U_* y}{\nu}\right) + 5/5 - \frac{\Delta U}{U_*} + \frac{\Pi}{\kappa} \omega\left(\frac{y}{\delta}\right) \quad (15)$$

تابع کاهش سرعت ناشی از زبری کانال

$\omega\left(\frac{y}{\delta}\right)$ = تابع افزایش سرعت ناحیه ویک^۳

Π = ضریب شدت ویک^۴

4. Wake Strength Coefficient
5. Kereselidze & Kutavaia, 1995
6. Valiani, 1991

1. Vanoni & Nomicos, 1960
2. Coleman, 1981, 1986
3. Wake Region

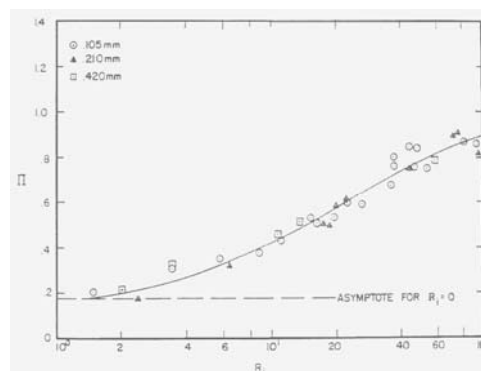
۳- مواد و روشها

تحقیق حاضر با استفاده از فلوم مستطیلی شیب پذیر 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 به صورت کاملاً آزاد به پایین دست انتقال یافته است. همچنین به منظور ایجاد بار معلق، از یک سیستم گردشگری جریان رسوبی استفاده شده که در ادامه معرفی می‌شود.

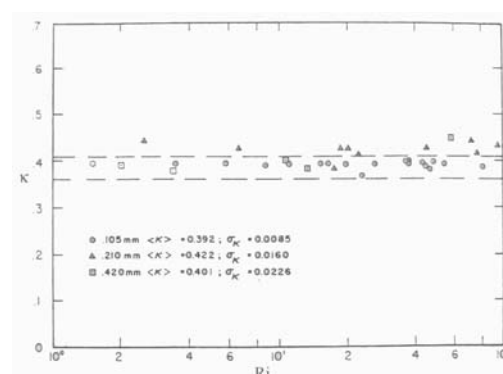
۴- سیستم گردشگری جریان رسوبی

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

سیستم شامل پمپ لجن کش با ظرفیت اسمی ۲۰ لیتر در ثانیه، مخزن استوانه‌ای پمپ کردن به قطر ۱/۲۰ متر و عمق ۲/۸۰ متر و نیز مخزن اندازه‌گیری دبی حجمی به ابعاد ۱/۲۵×۱/۷۵×۰/۸۰ متر است. مخزن اندازه‌گیری دبی توسط دریچه‌ای به چاله پمپ مرتبط می‌شود و همواره سطح آب در مخزن پایین تر از کف مخزن اندازه‌گیری دبی است تا بتوان آب مخزن اندازه‌گیری دبی را به صورت ثقلی به چاله پمپ هدایت کرد. همچنین به منظور کنترل دبی خروجی سیستم و جلوگیری از تغییرات دبی ناشی از تغییرات سطح آب در مخزن، یک منبع هوایی استوانه‌ای به ابعاد ۱/۶۰×۱/۹۰ 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 چاله پمپ هدایت می‌شود. برای جلوگیری از ته‌نشینی رسوبها در چاله پمپ، از مخزن استوانه‌ای با کف



شکل ۴ تاثیر عدد ريجاردسون بر ضريب شدت ويك [۱۳]



شکل ۵ تاثیر عدد ريجاردسون بر ثابت کارمن [۱۳]

۴-۲- جمع‌بندی تحقیقات قبلی

همان طور که بیان شد در زمینه تأثیر بار معلق بر ضریب تخلیه سرریز و دریچه، کاری انجام نشده است. از طرفی از تحقیقات انجام شده در زمینه 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 بر می‌آید 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.

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 $G_s = 1/3$ و $D_{50} = 0/192mm$ و $\sigma_g = 1/68$ به عنوان مناسبترین ماده رسوبی غیر چسبنده‌ای که می‌توانست شرایط جریان بار معلق را برای سرعت‌های نسبتاً 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 $4000ppm$ ایجاد شد. با انجام آزمایشهای اولیه‌ای در غلظتهای مختلف، صورت گرفت مشخص شد که در غلظتهای بالاتر، میزان ته‌نشینی رسوبها بسیار زیاد است؛ به نحوی که پشت سرریز از رسوبها پر می‌شد. در غلظت به‌کار رفته، ته‌نشینی رسوبها تا فاصله‌ای در حدود $10cm$ از دیوار سرریز مشاهده نشد و در فاصله $10-25cm$ از دیوار سرریز نیز رسوب کف در حال حرکت بود. پس از این فاصله، رسوبها در کف فلوم به ضخامت حدوداً $10cm$ 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 $9/5$ 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.

شیبدار استفاده شده که تلاطم ناشی از مکش پمپ، خروجی سرریز منبع هوایی، خروجی جریان از فلوم و جریان برگشتی پمپ^۱، 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 چاله 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.

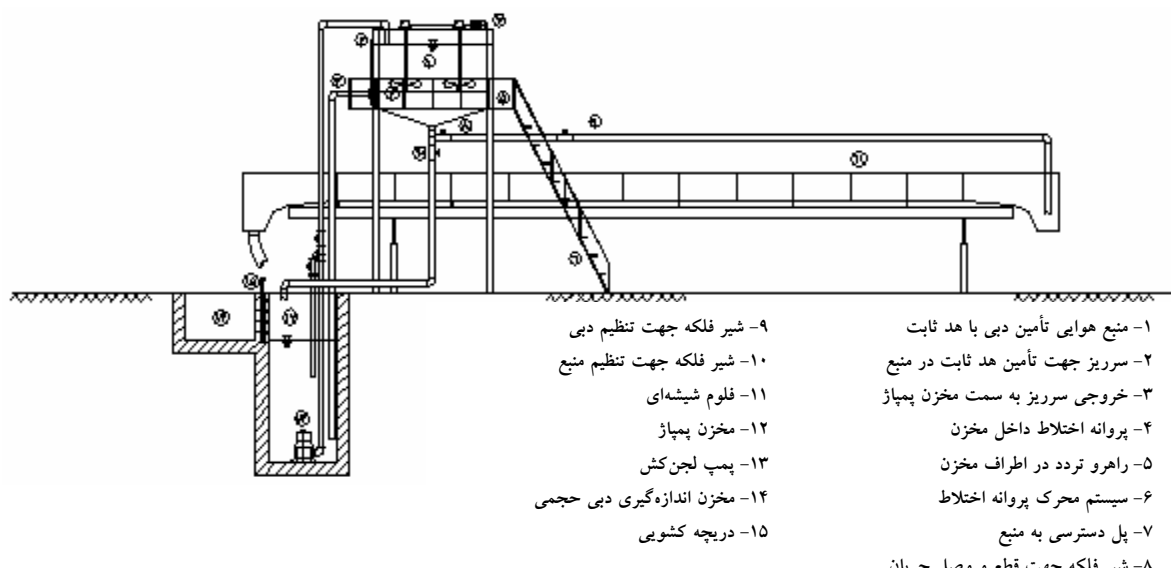
۶- روند انجام آزمایشها

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 $7/20$ متر از ابتدای فلوم نصب شد و به ازای دبیهای مختلف بین $0-12/5$ 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 $3/0$ متر از ابتدای فلوم انجام شد. به‌منظور کاهش حجم رسوبهای ته‌نشین شده پشت سرریز

1. By Pass



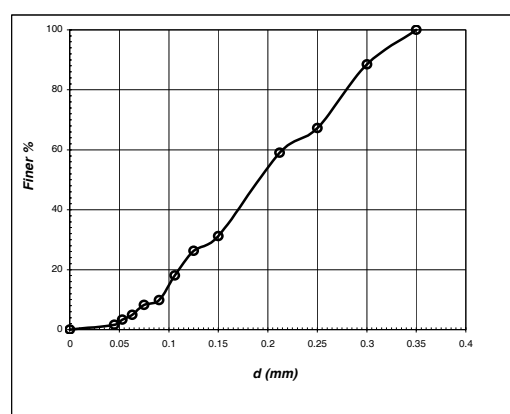
شکل ۶ شمای سیستم جریان بسته آب و رسوب

غلظت متوسط بار معلق عبوری از زیر دریچه در حدود 2475 ppm 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 به ترتیب در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه شده است.

به‌طور کلی تأثیر بار معلق بر ضرایب هیدرولیکی هر دو سازه از این اشکال کاملاً مشهود است. با این تفاوت که همبستگی داده‌های اندازه‌گیری شده با رابطه توانی در زمینه 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 اندازه‌گیری شده از پراکندگی قابل ملاحظه‌ای برخوردارند. از دلالتی که می‌توان برای پراکندگی داده‌های جریان سرریز نسبت به جریان از زیر دریچه ذکر کرد، تأثیر مستقیم نوسانات سطحی و همچنین عدم امکان برقراری آزمایش در شرایط محدوده قابل ملاحظه تیغه آب روی سرریز بوده است، در حالی که جریان عبوری از دریچه با چنین محدودیتهایی مواجه



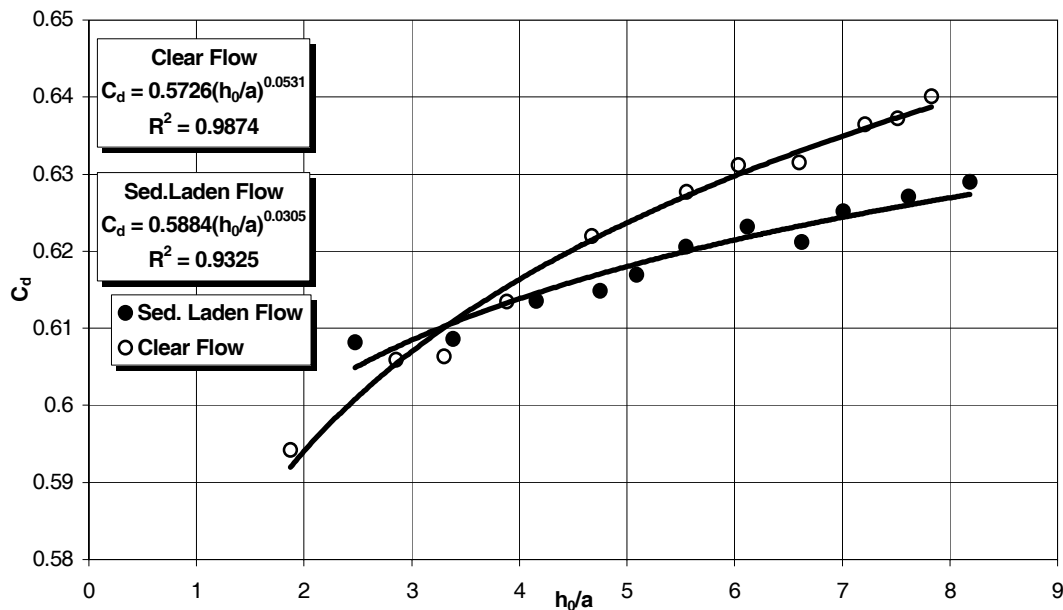
شکل ۷ منحنی دانه‌بندی بار معلق (خاک اره) مورد استفاده در آزمایشها

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.

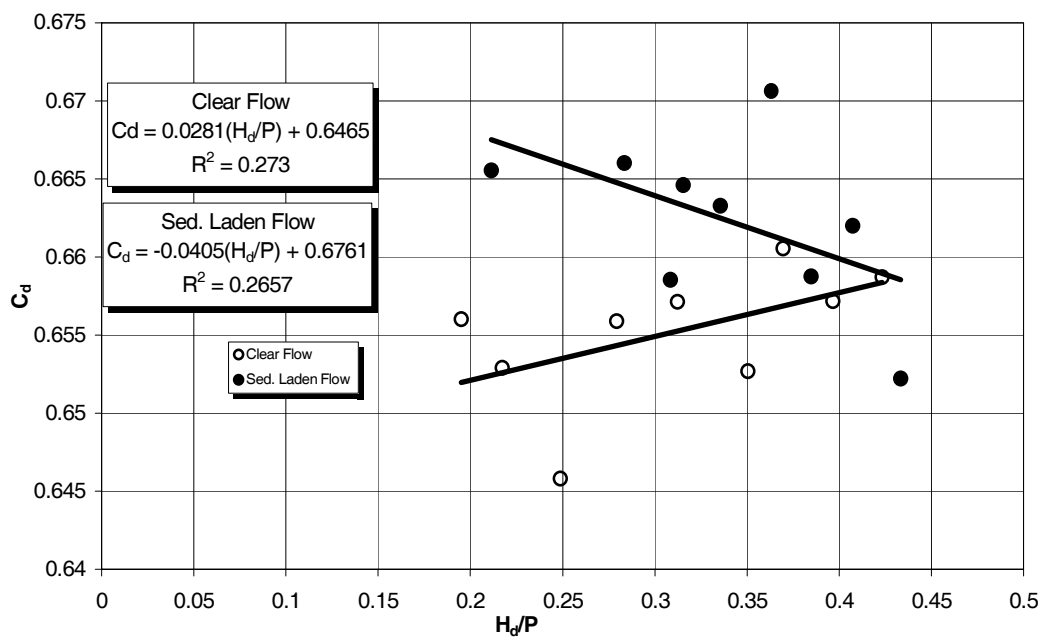
برای غلظت متوسط بار معلق عبوری از روی سرریز در حدود 1115 ppm ، آزمایشهای مربوط به تعیین ضریب تخلیه در شرایط وجود بار معلق انجام شد. این کار برای دریچه با غلظت اسمی سیستم در حدود 6000 ppm و

دریچه عمدتاً تحت تاثیر خصوصیات سیال آب و رسوب، نظیر لزجت و چگالی بوده است به نحوی که با افزایش چگالی سیال، ضریب تخلیه کاهش می یابد. این موضوع را می توان در تحقیقات قبلی مربوط به جریان آب صاف از روزنه ها نیز دریافت.

نبوده و نوسانات سطح آب هم به طور مستقیم بر جریان عبوری تاثیر نداشته است. نکته قابل توجه آنکه داده های اندازه گیری شده در جریان با بار معلق برای دریچه، ضریب تخلیه کمتری را نسبت به جریان با آب صاف نشان داده در حالی که برای سرریز عکس این مطلب مشاهده شده است. به نظر می رسد که جریان عبوری از



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]

بیشتر است. این تفاوت مربوط به جریان رسوبی در غلظت متوسط 1115 ppm (دامنه تغییرات 1636 ppm - 637) است. با توجه به محدود بودن تعداد آزمایشهای انجام شده و به دلیل پراکندگی مقادیر ضرایب تخلیه نسبت به بار آبی در این آزمایشها، برای نتیجه گیری نهایی به تحقیقات گسترده تری 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 می دهد نتیجه اخیر را می توان به تحت فشار بودن جریان خروجی در زمینه دریچه ها نسبت داد.

۵- نتایج ضریب تخلیه دریچه به عنوان 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 زمینه هر دو سازه نسبتاً 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، می توان چنین نتیجه گرفت که دبی خروجی - که براساس مطالعات و تئوری جریان با آب صاف برآورد می شود - بیش از مقدار واقعی آن است. این مسأله منجر به عدم عبور بخشی از جریان از مجرای تخلیه و در نتیجه افزایش خطرپذیری طرح می شود.

۹- پیشنهادها

۱- 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 می شود که به منظور تکمیل تحقیقات،

در زمینه 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 می توان 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، به ویژه برای اعمال در طراحی و مهندسی، حداقل در محدوده غلظتهای رسوبی مورد نظر در این تحقیق، قابل ملاحظه نیست.

۸- نتیجه گیری

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

۲- نتایج به دست آمده از آزمایشهای جریان عبوری از دریچه نشان می دهد 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 می رود، افزایش می یابد؛ به طوری که بیشترین اختلاف حدود ۳/۷ درصد بین دبیهای به دست آمده در هر دو حالت است در حالی که آزمایشهای رسوبی، فقط در غلظت متوسط 2475 ppm (دامنه تغییرات 3356 ppm - 1950) انجام شده است.

۳- نتایج به دست آمده از آزمایشهای جریان عبوری از سرریز نشان می دهد که ضریب تخلیه در شرایط جریان رسوبی تحت بار آبی یکسان، نسبت به جریان آب صاف

[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.

[15] عابری فروتن، ش. "بررسی آزمایشگاهی تأثیر بار معلق بر روی ضریب تخلیه سرریز لبه تیز مستطیلی و دریچه کشویی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، تأسیسات آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۲.

آزمایشگاهی در غلظتهای بیشتر و دامنه دبیهای بیشتر انجام شود.

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

۳- برای بررسی تأثیر اندازه ذره رسوبی نیز پیشنهاد می شود که از چندین ذره با اندازه های متفاوت و دانه بندی یکنواخت استفاده شود.

۴- به منظور مقایسه پروفیل های قائم سرعت در جریانهای یکنواخت و غیریکنواخت، انجام آزمایشهای برای دستیابی به پروفیل های قائم سرعت در جریان آب صاف و جریان حاوی بار معلق در غلظتهای مختلف در هر دو جریان یکنواخت و غیریکنواخت، پیشنهاد می شود.

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.