

تأثیر بار معلق بر ضریب شدت جریان سرریز جانبی در کانال مستطیلی^۱سید علی ایوب زاده، سعید گوهری اسدی و جمال محمدولی سامانی^۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۸/۳

چکیده

سرریزهای جانبی، سازه‌های منحرف کننده جریان هستند که در شبکه های آبیاری و زهکشی، کنترل سیلاب، مهندسی بهداشت، و سیستم‌های فاضلاب شهری کاربرد فراوانی دارند. روابطی که برای ضریب شدت جریان سرریز جانبی در کانال مستطیلی پیشنهاد شده است برای جریان آب صاف عاری از رسوب معتبر است اما غالباً در طبیعت جریان موجود در آبراهه‌ها حاوی مقادیری از مواد رسوبی است که تأثیر آنها در ضرایب شدت جریان سازه‌ها باید لحاظ گردد. تحلیل ابعادی در سرریزهای جانبی با وجود بار معلق نشان می‌دهد ضریب شدت جریان را می‌توان تابعی از عدد فرود بالادست Fr_1 ، عمق نسبی (y_1/P) و غلظت جریان (X) در نظر گرفت. به منظور مطالعه این تأثیر، مدل آزمایشگاهی با سرریز به طول ۵۰ سانتی متر در سه ارتفاع ۴، ۵، و ۶ سانتی متر و عرض کانال اصلی ۲۰ سانتی متر ساخته شده است. شیب کف کانال به مقدار ثابت ۰/۰۰۱ در نظر گرفته شد. از پودر سیلیس به عنوان ماده رسوبی در چهار غلظت ۳۰۰۰، ۵۷۰۰، ۱۰۵۰۰ و ۱۹۵۰۰ قسمت در میلیون قسمت استفاده شد که به وسیله سیستم چرخشی رسوب به همراه فلوم شیب‌پذیر به طول ۱۰ متر و عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۴۵ سانتی متر تأمین شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش غلظت جریان، سرعت جریان افزایش و مقدار افت جریان در طول سرریز جانبی کاهش می‌یابد. ضریب شدت جریان برای غلظت ۱۹۵۰۰ قسمت در میلیون قسمت تا حدود ۱۵ درصد افزایش نشان داده است. با توجه به تحلیل ابعادی، رابطه‌ای خطی برای ضریب شدت جریان به عنوان تابعی از سه پارامتر، عدد فرود بالادست، عمق نسبی، و غلظت جریان پیشنهاد می‌شود که ضریب شدت جریان را در شرایط وجود بار معلق و در محدوده آزمایش‌های انجام شده برآورد می‌کند.

واژه‌های کلیدی

آبگیرهای جانبی، بار معلق جریان، سرریز جانبی، ضریب شدت جریان، عمق نسبی

- ۱- برگرفته از طرح مصوب و پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- به ترتیب استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تقاطع بزرگراه‌های جلال آل احمد و شهید دکتر چمران، ص. پ. ۴۸۳۸-۱۴۱۵۵، تلفن: ۰۲۱-۸۰۱۱۰۰۱، دورنگار: ۰۲۱-۸۰۰۶۵۴۴، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس و دانشیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

حسب متر است با انتگرال گیری از رابطه فوق

می توان نوشت:

$$X = \frac{3B}{2C_d} \Phi(y, E, P) + cte \quad (2)$$

$$C_d = \frac{3B}{2L} (\Phi_2 - \Phi_1) \quad (3)$$

که در این رابطه؛ C_d = ضریب شدت جریان دی-مارچی؛ اندیس های ۱ و ۲ مربوط به مقاطع ابتدا و انتهای سرریز؛ B = عرض کانال اصلی بر حسب متر، L = طول سرریز جانبی بر حسب متر؛ E = انرژی مخصوص بر حسب متر؛ و P = ارتفاع سرریز جانبی بر حسب متر؛ است. عده ای از محققان نیز از ضریب شدت میانگین برای بررسی ضریب شدت جریان در سرریزهای جانبی استفاده کرده اند و درصدد مقایسه این نوع سرریزها با سرریزهای معمولی برآمده اند. بررسی ها نشان می دهد که وجود بار معلق همراه جریان، باعث تغییر شرایط جریان از جمله پروفیل سرعت نسبت به حالت آب صاف می شود. همچنین با وجود بار معلق ضریب وان کارمن را کاهش می دهد (Einstein & Chien, 1954) (شکل های شماره ۱ و ۲). در جدول شماره ۱۰ خلاصه ای از رابطه های پیشنهادی بعضی از محققان ارائه شده است. همان طور که در این جدول دیده می شود بیشتر محققان ضریب شدت جریان را تابعی از عدد فرود بالادست می دانند و همچنین برای مقایسه سرریزهای جانبی با سرریزهای نرمال روابطی نیز برای C_d بر حسب عمق نسبی (y/P) بیان شده است.

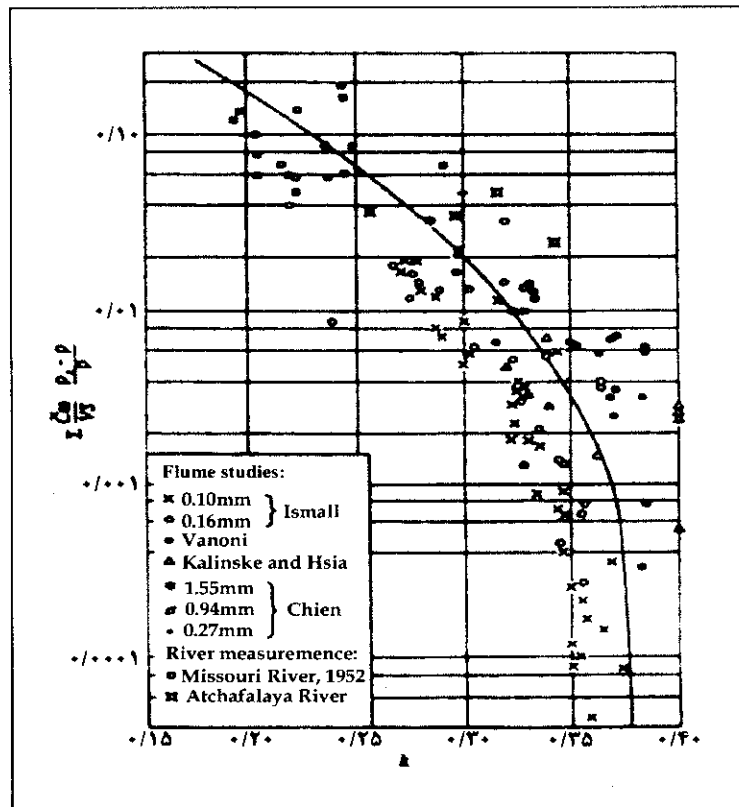
سرریزهای جانبی سازه هایی هستند که در دیواره کانال ها یا آبراهه ها تعبیه می شوند و هنگامی که تراز سطح آب در کانال از تاج سرریز بالاتر می رود بخشی از آب وارد کانال فرعی یا حوضچه آن می شود. نوع جریان در این نوع کانال ها به صورت جریان متغیر مکانی با کاهش دبی است. بررسی این نوع سرریزها سابقه ای نزدیک به یک قرن دارد. تاکنون مطالعات زیادی در این باره انجام گرفته است دی-مارچی (De Marchi, 1934) اولین کسی بود که معادله جریان متغیر مکانی در کانال همراه با سرریز جانبی را به صورت تئوری استخراج کرد؛ کار او اساس کار اکثر محققان قرار گرفت. وی نشان داد که برای یک کانال افقی مستطیلی، صرف نظر از شیب اصطکاکی، معادله جریان متغیر مکانی با کاهش دبی به صورت زیر است:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f - \left(\frac{\alpha Q}{gA^2}\right) \frac{dQ}{dx}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{gA^2 D}} \quad (1)$$

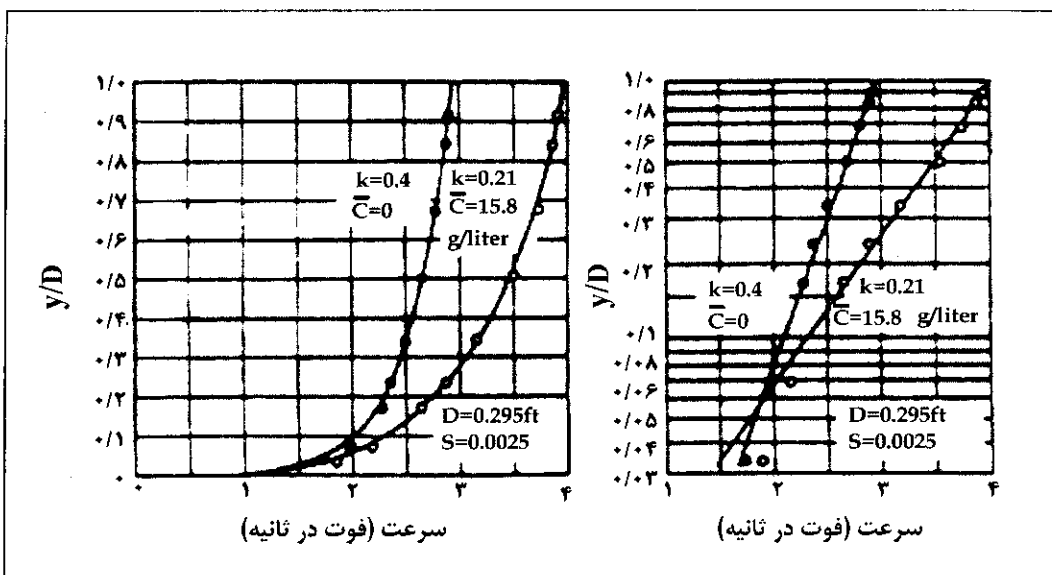
در این رابطه؛ y = عمق آب در کانال اصلی بر حسب متر؛ S_0 = شیب کف کانال؛ S_f = شیب انرژی؛ A = سطح مقطع جریان بر حسب متر مربع. α = ضریب تصحیح انرژی؛ g = شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه؛ Q = مقدار شدت جریان بر حسب متر مکعب بر ثانیه؛ و D = عمق هیدرولیکی بر

جدول شماره ۱- خلاصه‌ای از رابطه‌های پیشنهادی برای تعیین ضریب شدت جریان در سرریزهای جانبی

ملاحظات	رابطه	سال ارائه	محقق	ردیف
جریان زیر بحرانی	$C_d = 0.611 \sqrt{1 - \frac{3 F_{r1}^2}{F_{r1}^2 + 2}}$	۱۹۷۲	Subramanya & Awasthy	۱
سرریزهای لبه تیز	$C_d = 0.81 - 0.6 F_{r1}$	۱۹۷۹	Ranga Raju	۲
جریان زیر بحرانی	$C_d = 0.45 - 0.22 F_{r1}^2$	۱۹۸۶	Hager	۳
جریان زیر بحرانی	$C_d = 0.33 - 0.18 F_{r1} + 0.49 \frac{P}{y_1}$	۱۹۹۲	Singh <i>et al.</i>	۵
جریان زیر بحرانی	$C_d = 0.45 - 0.22 F_{r1}^2$	۱۹۹۴	Cheong	۶
جریان زیر بحرانی	$C_d = 0.607 - 0.147 \frac{y_1}{P}$	۱۹۹۷	Pinheiro & Silva	۶
جریان زیر بحرانی	$C_d = 0.55 - 0.47 F_{r1}$	۱۹۹۹	Borghesi <i>et al.</i> ,	۷



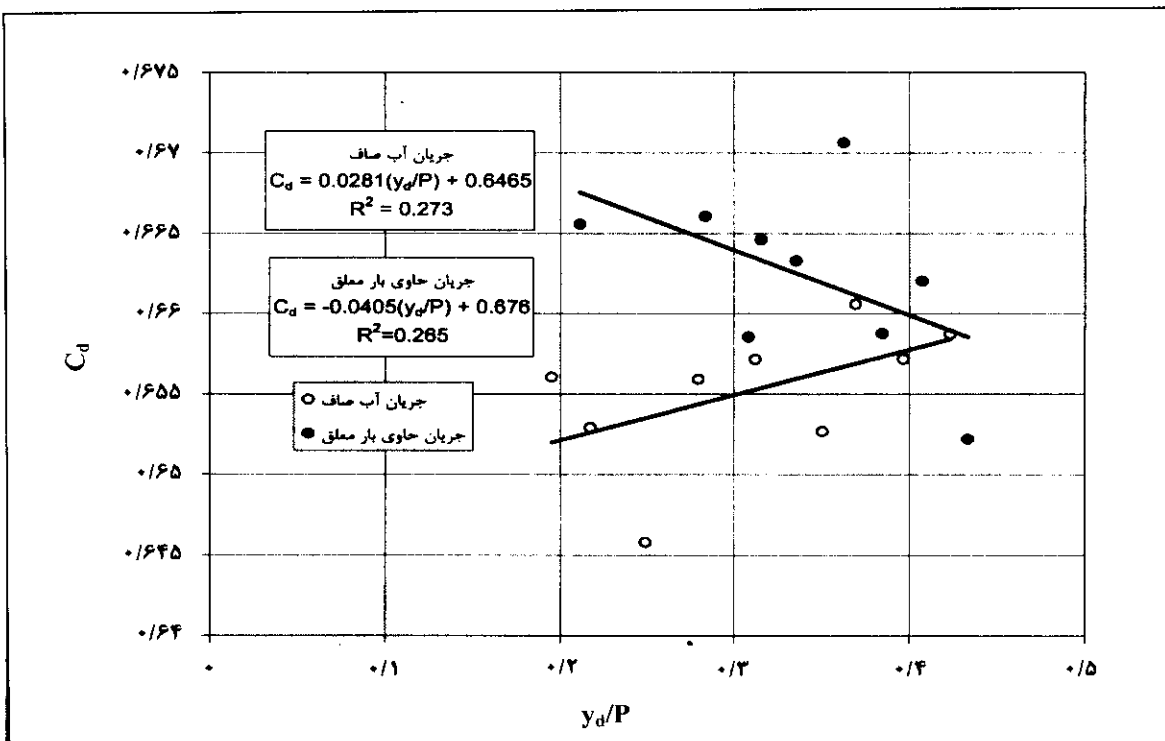
شکل شماره ۱- اثر بار معلق بر پارامتر C_d ، از: (Einstein & Chien, 1954)



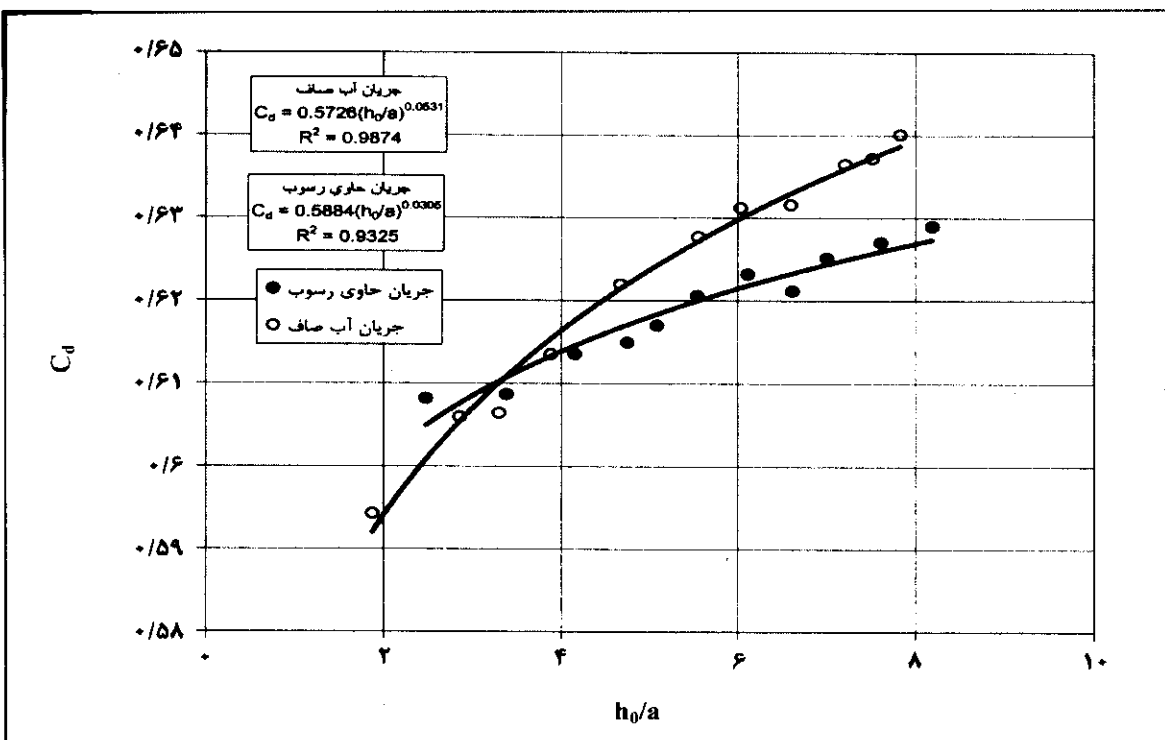
شکل شماره ۲- توزیع سرعت در آب زلال و آب دارای ذرات معلق، از: (Vanoni & Nomicos, 1960)

شماره ۳ و ۴ نتایج حاصل از مطالعه عبوری فروتن را نشان می‌دهند. در این نمودارها y_a عمق جریان روی سرریز، P ارتفاع سرریز، a بازشدگی دریچه و h_0 عمق جریان قبل از دریچه است. در این تحقیق، از سرریزهای جانبی استفاده شده است و دلیل آن انباشته نشدن رسوبات در پشت سرریز و امکان به کارگیری غلظت‌های بالای جریان در این نوع سرریزهاست.

عبوری فروتن (Aberi Forutan, 2003) تأثیر بار معلق را بر سرریزهای نرمال و دریچه‌های مستطیلی بررسی کرد. نتایج حاصل از تحقیق وی نشان داد که تأثیر بار معلق بر ضریب شدت جریان دریچه‌ها به صورت کاهشی است و در سرریز معمولی که به دلیل انباشت رسوبات در پشت سرریز با غلظت کمتری نسبت به دریچه‌ها کار شده است به طور کلی روند خاصی را نشان نداده است. شکل‌های



شکل شماره ۳- تأثیر بار معلق جریان بر ضریب شدت جریان سرریز نورمال (Aberi Forutan, 2003)



شکل شماره ۴- تأثیر بار معلق جریان بر ضریب شدت جریان روزنه مستطیلی (Aberi Forutan, 2003)

۲۰ لیتر در ثانیه است. به منظور ایجاد بار معلق، از سیستم چرخشی رسوب استفاده شده است. این سیستم شامل یک پمپ لجن‌کش با ظرفیت اسمی ۲۰ لیتر در ثانیه، یک مخزن پمپاژ استوانه‌ای به قطر ۱٫۲ متر و ارتفاع ۲٫۸ متر، و یک مخزن اندازه‌گیری دبی حجمی به ابعاد ۱٫۲۵×۱٫۷۵×۸۰ متر است. رسوب به صورت دستی به حجم مشخصی از آب اضافه شد و با شروع به کار سیستم مخلوط آب و رسوب از مخزن زمینی با پمپ لجن‌کش به درون مخزن بالایی انتقال می‌یافت و بعد از به تعادل رسیدن سیستم دبی مورد نیاز با شیر فلکه تنظیم و مازاد جریان از مخزن سرریز و به درون مخزن پایینی برگشت داده می‌شد. این جریان با ایجاد تلاطم در حوضچه پمپ، از انباشته شدن رسوبات در سیستم جلوگیری می‌کند و رسوبات همواره به صورت بار معلق در می‌آیند. ماده رسوبی استفاده شده پودر سیلیس با $G_s = 2,765$ ، $d_{50} = 2,23$ میلی‌متر و $\sigma_g = 2,23$ بود. شکل شماره ۵ منحنی دانه‌بندی این مصالح را نشان می‌دهد. نحوه محاسبه ضریب شدت جریان متوسط از رابطه زیر به دست آمد:

$$Q_s = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g(\bar{y}-P)^3} \quad (2)$$

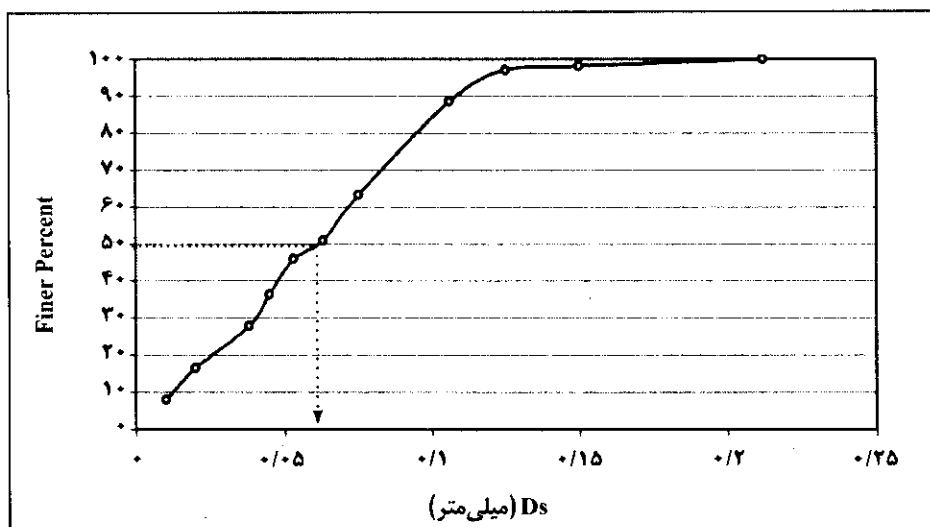
که در آن، Q_s = شدت جریان عبوری از روی سرریز بر حسب متر مکعب در ثانیه؛ و \bar{y} = متوسط عمق جریان بر حسب متر روی سرریز است.

در اندازه‌گیری مقدار شدت جریان و تحویل حجمی آب در شبکه‌ها و جریان عبوری از انواع سازه‌های هیدرولیکی، آگاهی از ضریب شدت جریان و نحوه تغییرات آن ضروری است. از طرفی، همان‌طور که اشاره شد، بار معلق همراه جریان موجود در کانال‌ها و انواع سازه‌ها می‌تواند شرایط هیدرولیکی جریان و نیز ضریب شدت جریان را که بر اساس پارامترهای هندسی و هیدرولیکی جریان تعریف می‌شود تحت تأثیر قرار دهد. از این رو، مطالعه تأثیر بار معلق بر نحوه تغییرات ضریب شدت جریان ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

- مواد

این تحقیق با استفاده از فلوم آزمایشگاهی شیب‌پذیر با عرض ۳۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر و طول ۱۰ متر و با ظرفیت ۲۰ لیتر در ثانیه در شیب ۰٫۰۰۱ انجام شده است. این فلوم با صفحات پلاستیکی گلاس^۱ به دو کانال با عرض‌های ۲۰ و ۹٫۶ سانتی‌متر تقسیم‌بندی شده است. سرریزهای جانبی در یک سوم انتهای فلوم و در جداره آن تعبیه شدند. طول سرریزهای جانبی نصب شده در این آزمایش‌ها ثابت و برابر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. ارتفاع سرریزهای جانبی به ترتیب ۴، ۵، و ۶ سانتی‌متر است. میانگین غلظت‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش‌ها صفر، ۳۰۰۰، ۵۷۰۰، ۱۰۵۰۰ و ۱۹۵۰۰ قسمت در میلیون قسمت و محدوده دبی جریان بالادست سرریز در کانال اصلی بین ۹ تا

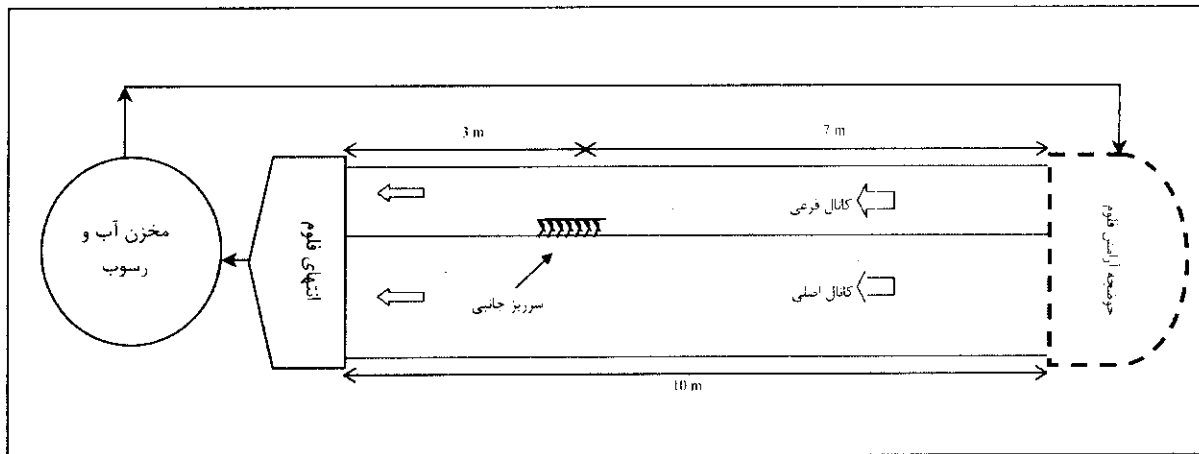


شکل شماره ۵ - منحنی دانه بندی رسوبات (پودر سیلیس) مورد استفاده

- روش‌ها

آب در فواصل ۰٫۲۵ متری به سمت پایین دست (با عمق سنج مدرج با دقت ۰٫۱ میلی‌متر) تا ابتدای سرریز برداشت شد. سپس در محدوده سرریز جانبی، مقادیر عمق و سرعت در ۰٫۶ عمق جریان در یک شبکه بندی با فواصل طولی و عرضی ۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری و مقادیر سرعت و عمق نیز در کانال تخلیه و کانال اصلی بعد از سرریز جانبی اندازه‌گیری شد. به ازای مقادیر کم دبی در کانال اصلی، پرش هیدرولیکی ایجاد شده در کانال تخلیه به سمت بالادست منتقل شد و حتی به محدوده سرریز جانبی نیز نفوذ کرد و به ازای مقادیر بالای دبی منشعب شده، پرش در پایین دست سرریز جانبی در کانال تخلیه ایجاد می‌شد. در شکل شماره ۶ شمایی از کانال اصلی و جانبی و محل نصب سرریز ارائه شده است.

آنالیز ابعادی نشان می‌دهد که ضریب شدت جریان در سرریزهای جانبی را در شرایط وجود بار معلق می‌توان به صورت تابعی از عدد فرود بالادست (Fr_1)، عمق نسبی ($\frac{y_1}{p}$)، و غلظت جریان (X) در نظر گرفت. بنابراین، آزمایش‌ها در ۶ دبی مختلف و ۳ ارتفاع سرریز با ۵ غلظت مختلف و در مرحله نخست با آب صاف انجام شد. بدین منظور پس از شروع به کار سیستم، جریان با شدت‌های مختلف (که با شیرهای فلکه‌ای تنظیم می‌شد) وارد فلوم گردید. سپس در ۳ متری بالادست سرریز جانبی، که تأثیر پروفیل ایجاد شده توسط سرریز جانبی ناچیز بود، عمق آب و سرعت جریان در ۰٫۲، ۰٫۶ و ۰٫۸ عمق (به کمک میکرومولینه با دقت ۰٫۰۰۲ متر در ثانیه) اندازه‌گیری شد. مقادیر عمق



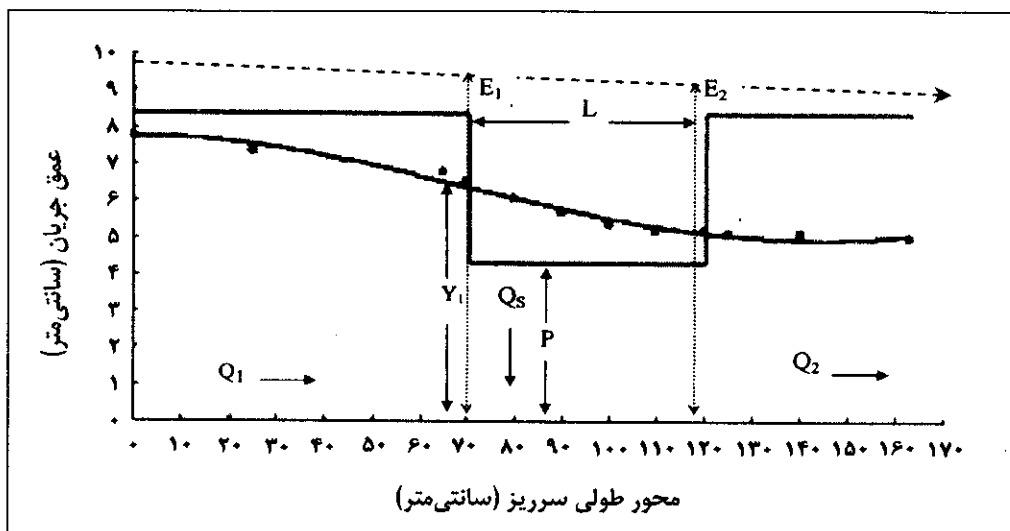
شکل شماره ۶- شمایی از کانال اصلی و جانبی و محل نصب سرریز

آب صاف اندازه‌گیری شده نیز در این قسمت اندازه‌گیری شد. به علاوه، در این قسمت پارامترهای دیگری چون غلظت رسوب در کانال تخلیه در بالادست و پایین دسته سرریز جانبی و محدوده سرریز جانبی اندازه‌گیری شد. هنگامی که آزمایش‌ها برای اولین غلظت به پایان رسید غلظت‌های بعدی در سیستم ایجاد و آزمایش‌ها به همان نحو تکرار شد. در جدول شماره ۲ محدوده پارامترهای متغیر ذکر شده است.

تمامی موارد فوق برای سایر سرریزها با تغییرات مختلف تکرار شد. در مرحله بعد، با تغییر مواد رسوبی اجازه داده شد تا جریان رسوبی در فلوم برقرار شود. غلظت رسوبی در قسمت ۳۵۰۰ در میلیون قسمت برای این آزمایش‌ها فراهم و اجازه داده شد که سیستم چرخش رسوبی به مدت یک ساعت کار کند تا به تعادلی نسبی برسد. مقادیر مختلف دبی نیز مانند آزمایش‌ها با آب صاف به سیستم وارد و همان پارامترها مشابه آزمایش‌ها با

جدول شماره ۲- محدوده پارامترهای متغیر در آزمایش‌ها

پارامتر	P (متر)	Q (لیتر در ثانیه)	Qs (لیتر در ثانیه)	X (قسمت در میلیون قسمت)	Fr ₁
دامنه تغییرات	۰/۰۴-۰/۰۶	۹-۱۵	۰/۴۴-۳/۴۳	۰-۱۹۵۰۰	۰/۶۲-۰/۸۲

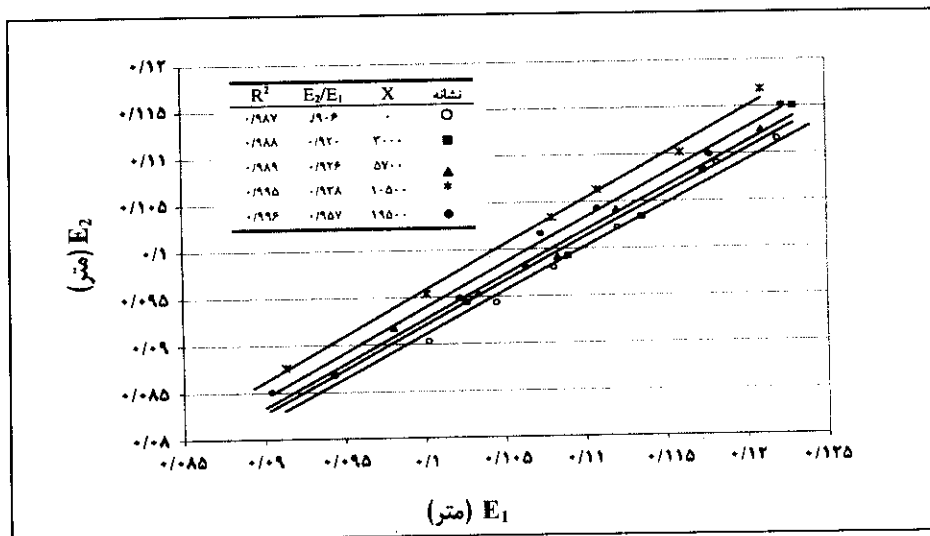


شکل شماره ۷- اجزای سرریز جانبی و تغییرات پروفیل سطح آب در محل سرریز جانبی

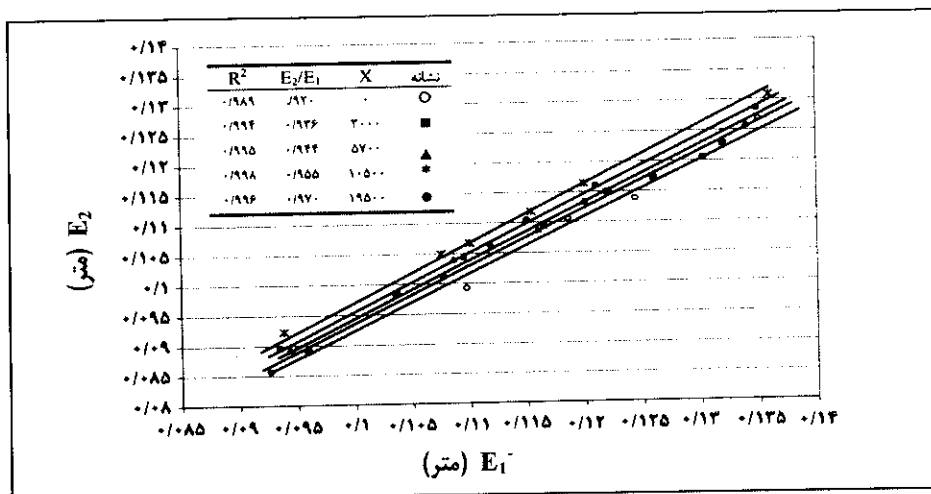
نتایج و بحث

غلظت جریان مقادیر انرژی مخصوص در انتهای سرریز (E_2) به (E_1) نزدیکتر می‌شود و به عبارت دیگر مقدار افت انرژی جریان کاهش پیدا می‌کند. از طرف دیگر، با افزایش ارتفاع سرریز نمودارهای ترسیم شده به خط ($E_1 = E_2$) نزدیکتر می‌شوند که حاکی از کاهش مقدار افت جریان با افزایش غلظت جریان است. انرژی مخصوص روی سرریز جانبی نسبت به انرژی مخصوص در فواصل عرضی از سرریز جانبی دارای مقادیر بیشتری است. میانگین مقدار افت در طول سرریز ۶ درصد است که در منابع نیز افت جریان در همین حدود گفته شده است (Borghai et al., 1999).

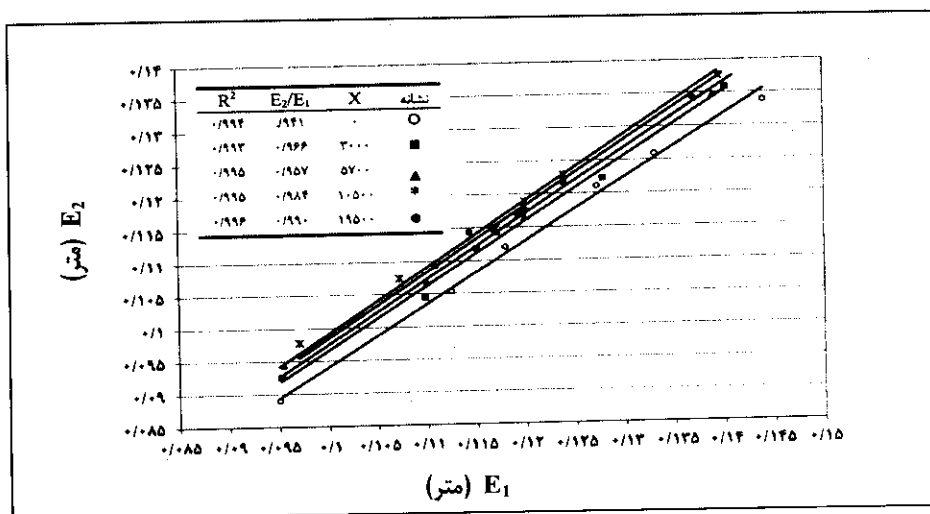
پروفیل جریان مشاهده شده در این تحقیق به صورت شکل شماره ۷ است. همان طور که در این شکل دیده می‌شود، روند تغییرات پروفیل سطح آب در طول سرریز به صورت کاهشی است که در طبقه‌بندی کلی انواع پروفیل‌های سرریز جانبی از نوع دوم است، و همچنین مقدار عمق در ابتدای سرریز به طور متوسط ۰/۹۵ عمق بحرانی مشاهده شده است. تغییرات انرژی مخصوص و ضریب شدت جریان با افزایش غلظت جریان بررسی شد. همان طور که در شکل‌های شماره ۸ تا ۱۰ دیده می‌شود، به طور کلی مقدار انرژی مخصوص در طول سرریز کاهش پیدا می‌کند و با افزایش



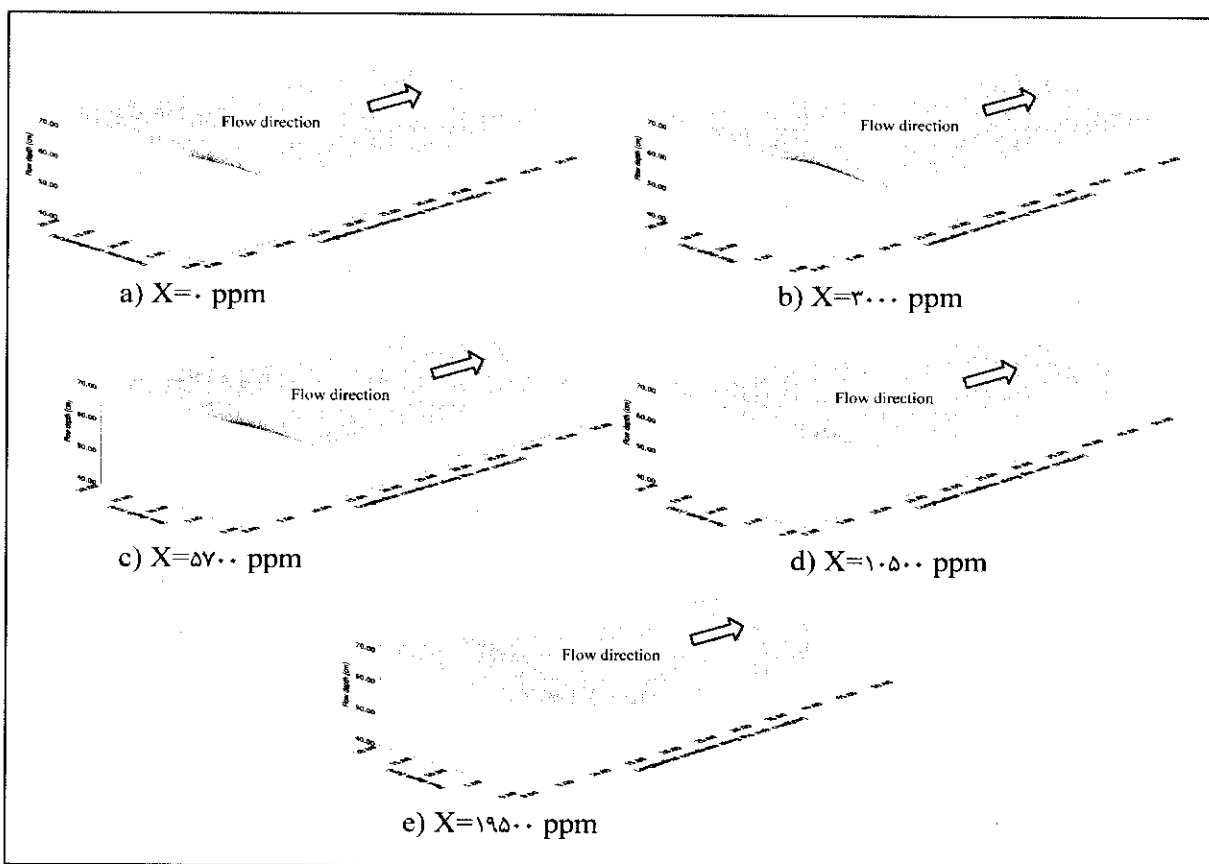
شکل شماره ۸- تغییرات انرژی مخصوص در محل سرریز جانبی برای ۴ سانتی متر P=



شکل شماره ۹- تغییرات انرژی مخصوص در محل سرریز جانبی برای ۵ سانتی متر P=



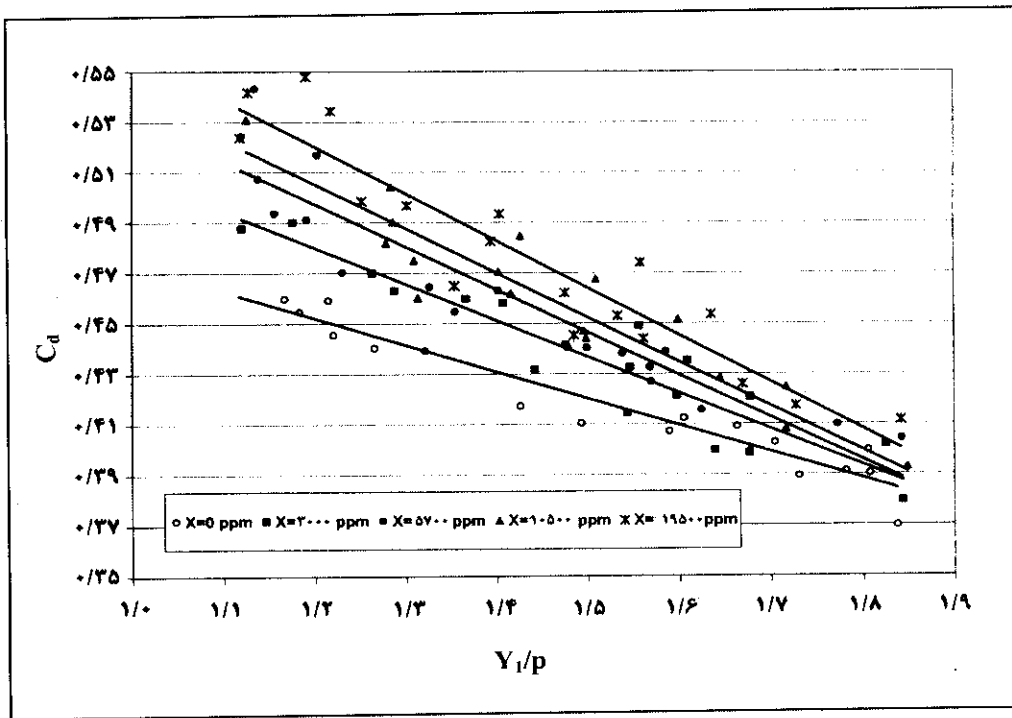
شکل شماره ۱۰- تغییرات انرژی مخصوص در محل سرریز جانبی برای ۶ سانتی متر P=



شکل شماره ۱۱- تغییرات سه بعدی عمق آب در محل سرریز جانبی

پراکندگی هستند اما روند کلی داده‌ها این تغییرات را به خوبی نشان می‌دهد، همچنین داده‌های مربوط به آب صاف روند بهتری را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که با افزایش مقدار (y_1/P) تأثیر غلظت جریان بر ضریب شدت جریان کمتر شده است و نمودارهای ترسیم شده همگرا شده‌اند از این رو به نظر می‌رسد که تأثیر غلظت جریان بر ضریب شدت جریان در عمق‌های زیاد جریان در روی سرریز، ناچیز باشد. افزایش ضریب شدت جریان با افزایش غلظت جریان به این معناست که برای انحراف یک مقداری ثابت از جریان یا باید طول سرریز را کاهش یا ارتفاع آن را افزایش داد.

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در محدوده سرریز جانبی هر چه از سرریز در جهت عرضی فاصله گرفته شود عمق جریان افزایش و سرعت جریان کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش غلظت بار معلق عمق جریان کاهش می‌یابد که روند این کاهش با شکل‌های شماره ۱۱ (a تا e) نشان داده شده است. تأثیر بار معلق بر ضریب شدت جریان متوسط سرریزهای جانبی در شکل شماره ۱۲ نشان داده شده است. در این شکل دیده می‌شود که به طور کلی مقدار ضریب شدت جریان متوسط با افزایش نسبت عمق آب به ارتفاع سرریز کاهش و با افزایش غلظت جریان برای یک عمق نسبی ثابت افزایش می‌یابد. هر چند داده‌ها دارای مقداری



شکل شماره ۱۲- تغییرات ضریب شدت جریان در مقابل $\frac{1}{p}$ برای غلظت‌های مختلف

نیز شکل‌های شماره ۱۳ تا ۱۵ حاکی از کاهش ضریب شدت جریان متوسط با افزایش عدد فرود بالادست است. همان طور که در این شکل دیده می‌شود، با افزایش بار معلق، جریان ضریب شدت جریان متوسط افزایش می‌یابد. با افزایش ارتفاع سرریز ضریب شدت جریان افزایش پیدا می‌کند که این افزایش در شکل‌های شماره ۱۲، ۱۳، و ۱۴ به خوبی دیده می‌شود.

خطوط ترسیم شده در شکل شماره ۱۲ را می‌توان با رابطه زیر نشان داد:

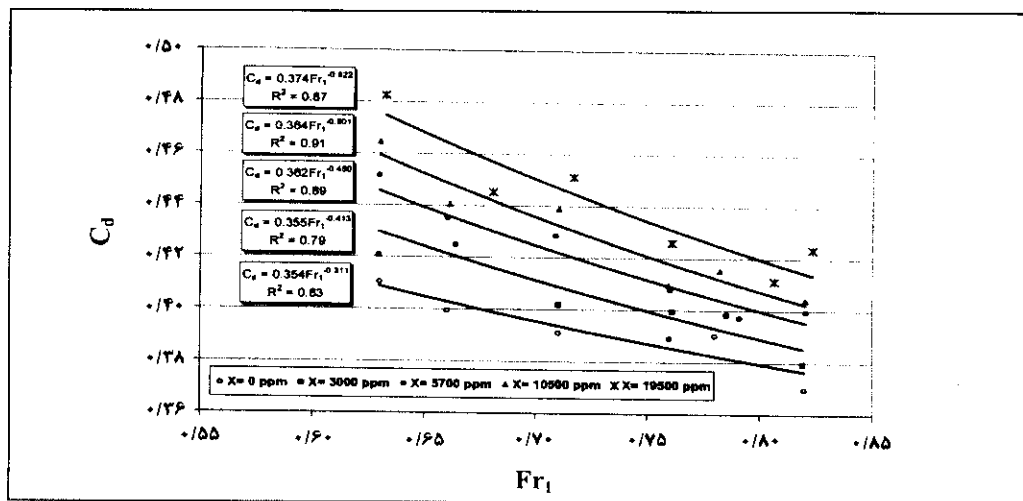
$$C_d = A(y^*) + B \quad (4)$$

که $y^* = \frac{1}{p}$ است و مقادیر A و B نیز در جدول شماره ۳ ذکر شده است.

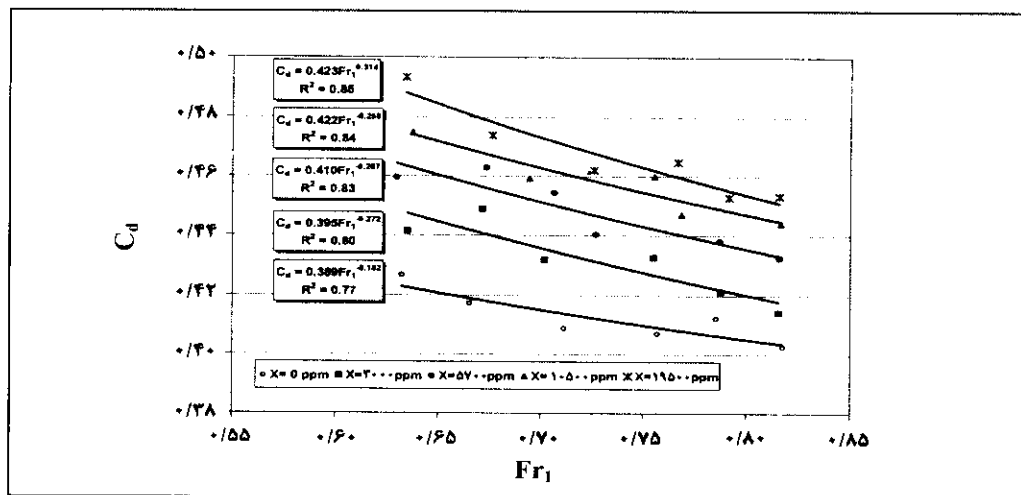
در مورد تغییرات ضریب شدت جریان در مقابل عدد فرود بالادست که در مقدمه به آن اشاره شده

جدول شماره ۳- مقادیر A، B و ضریب همبستگی برای رابطه شماره ۴

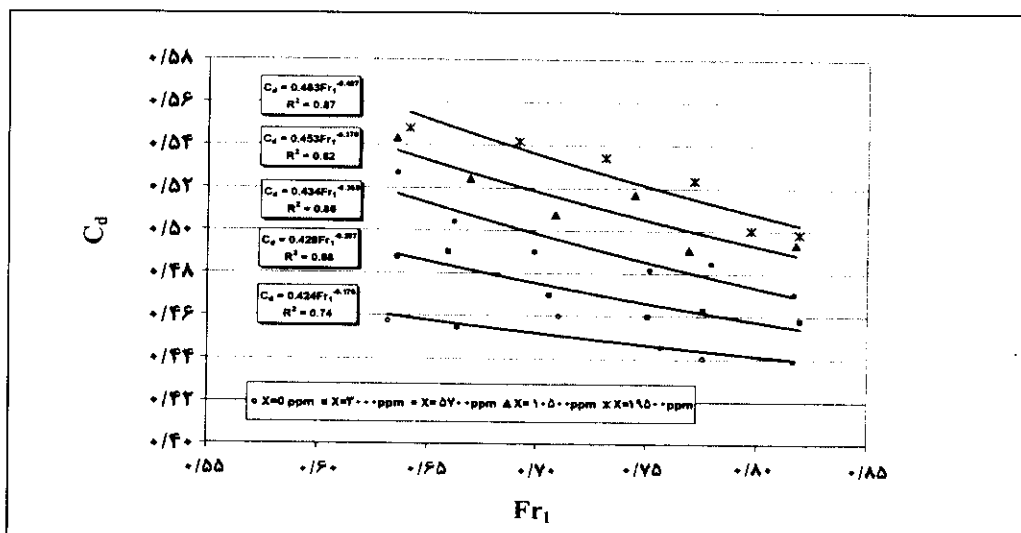
R ²	B	A	X
			(قسمت در میلیون قسمت)
۰/۹۲	۰/۵۷۹	-۰/۱۰۶	○
۰/۸۸	۰/۶۵۲	-۰/۱۴۴	△
۰/۸۷	۰/۷۰۰	-۰/۱۶۹	●
۰/۸۷	۰/۷۱۶	-۰/۱۷۶	*
۰/۸۸	۰/۷۴۴	-۰/۱۸۷	■



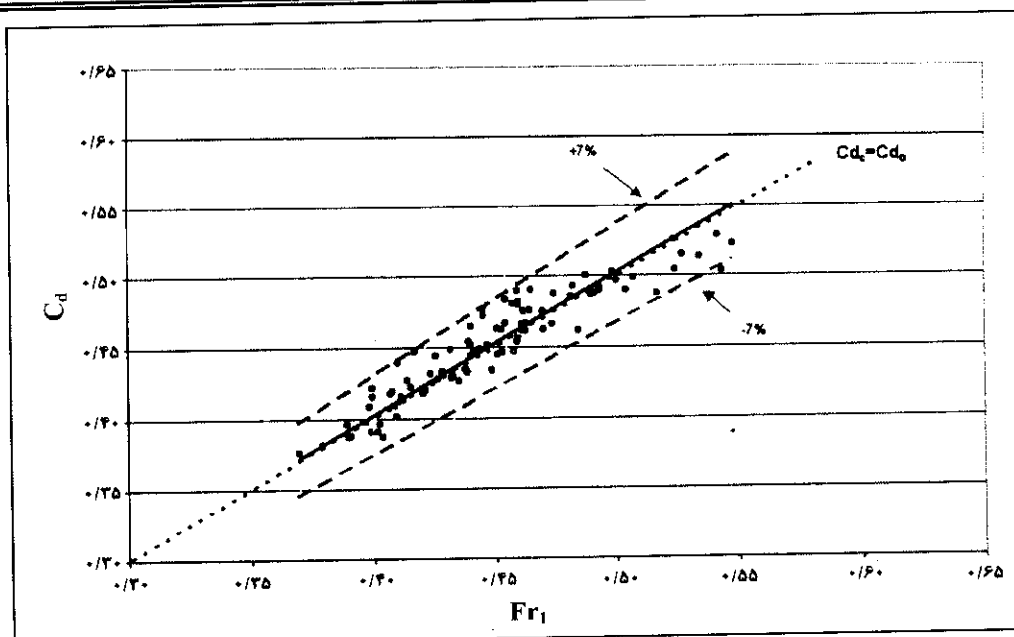
شکل شماره ۱۳ - تغییرات ضریب شدت جریان با عدد فرود بالادست برای غلظت‌های مختلف، ۴ سانتی‌متر P=



شکل شماره ۱۴ - تغییرات ضریب شدت جریان با عدد فرود بالادست برای غلظت‌های مختلف، ۵ سانتی‌متر P=



شکل شماره ۱۵ - تغییرات ضریب شدت جریان با عدد فرود بالادست برای غلظت‌های مختلف، ۶ سانتی‌متر P=



شکل شماره ۱۶ - مقایسه ضریب شدت جریان اندازه‌گیری شده و محاسبه شده

ضریب شدت جریان تحت تأثیر بار معلق جریان قرار می‌گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سرعت جریان روی سرریز جانبی نسبت به کانال اصلی بیشتر است همچنین ضریب شدت جریان با افزایش عدد فرود بالادست کاهش و با افزایش غلظت بار معلق جریان افزایش می‌یابد. تغییرات ضریب شدت جریان در مقابل نسبت عمق جریان روی سرریز به ارتفاع سرریز، $\frac{y_1}{P}$ ، مورد بررسی قرار گرفت و در این مورد نیز ضریب شدت جریان با افزایش نسبت عمق جریان به ارتفاع سرریز کاهش می‌یابد و با افزایش غلظت بار معلق جریان روند افزایشی را نشان می‌دهد. همچنین با افزایش غلظت بار معلق جریان شیب خطوط ترسیم شده برای تغییرات ضریب شدت جریان در مقابل $\frac{y_1}{P}$ و تغییرات ضریب شدت جریان در مقابل عدد فرود بالادست افزایش پیدا می‌کند.

با توجه به تحلیل ابعادی صورت گرفته که در آن ضریب شدت جریان در سرریزهای جانبی تابعی از سه پارامتر: عدد فرود بالادست (Fr_1)، عمق نسبی (y_1/P)، و غلظت بار معلق (X) معرفی گردید رابطه زیر برای ضریب شدت بر اساس مربع حداقل مجذورات ارائه می‌شود:

$$C_d = 0.7 - 0.061Fr_1 - 0.15\frac{y_1}{P} + 2 \times 10^6 X \quad (5)$$

همان طور که در شکل شماره ۱۶ دیده می‌شود این رابطه ضریب شدت جریان واقعی (Cd_0) را در محدوده $\pm 7\%$ درصد برآورد می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی تأثیر بار معلق جریان بر ضریب شدت جریان در سرریزهای جانبی نشان می‌دهد که

مراجع

- 1- Aberi Forutan, S. H. 2003. The Effect of suspended load on discharge coefficient of normal weir and gates. M. Sc. Thesis. Tarbiat Modarres University. (In: Farsi)
- 2- Borghei, S. M., Jalili, M. R. and Ghodsian, M. 1999. Discharge coefficient for sharp-crested side weirs in subcritical flow. J. of Hydraul. Eng. ASCE. 125 (10) : 1051-1056.
- 3- Cheong, H. F. 1991. Discharge coefficient of lateral diversion from trapezoidal channel. J. of Irrig. and Drain. Eng. ASCE. 117 (4): 461-465.
- 4- De Marchi, G. 1934. Saggio di teoria di funzionamento delgi stramazzi laterali. Energ. Elett. 11 (11): 849-860. (In: Italian)
- 5- Einstein, H. A. and Chien, N. 1955. Effects of heavy sediment concentration near the bed on velocity and sediment distribution. MRD Series No. 8. University of California. Institute of Engineering Research and United States Army Engineering division. Missouri River. Corps of Engineering, Omaha.
- 6- Gohari Asadi, S. 2004. The Effect of suspended load on discharge coefficient of side weirs in rectangular channels. M. Sc. Thesis. Tarbiat Modarres University. (In: Farsi)
- 7- Hager, W. H. 1986. Lateral outflow over side weirs. J. of Hydraul. Eng. ASCE. 113 (4): 491-504.
- 8- Lee, K. L. and Holley, E. R. 2002. Physical modeling for side channel weirs. Center of Research for Water Resources. The University of Texas at Austin. available on <http://www.crrw.utexas.edu/online/Shtml>.
- 9- Muslu, Y. 2001. Numerical analysis for lateral weir flow. J. of Irrig. and Drain. Eng. ASCE. 127 (4) : 246-253.
- 10- Pinheiro, A. N. and Silva, I. N. 1999. Discharge coefficients of side weirs: Experimental study and comparative analysis of different formulas. Proceeding of the International Association of Hydraulic Research. XXXVIIth Congress Graz. Austria. Theme B3, Aug.
- 11- Ranga Raju, K. G., Prasad, B. and Gupta, S. K. 1979. Side weir in rectangular channel. J. of Hydraul. Div. ASCE. 105 (HY5): 547-554.
- 12- Singh, R. M., Manivannan, D. and Satyanarayana, T. 1994. Discharge coefficient of rectangular side weirs. J. of Irrig. and Drain. Eng. ASCE. 120 (4): 814-819.
- 13- Subramanya, K. and Awasthy, S. C. 1972. Spatially varied flow over side weir. J. of Hydraul. Div. ASCE. 98 (HY1): 1-10.
- 14- Uyumaz, A. and Smith, R. H. 1991. Design procedure for flow over side weirs. J. of Irrig. and Drain. Eng. ASCE. 117, 79-90.
- 15- Vanoni, V. A. 1957. Sedimentation Engineering. ASCE. Manuals and Reports on Engineering Practice. No. 54. N. Y.
- 16- Vanoni, V. A. and Nomicos, G. N. 1960. Resistance properties of sediment laden stream. Trans. ASCE. 125 (3055): 1140-1175.

The Effect of Suspended Load on Discharge Coefficient of Side Weirs in Rectangular Channels

S. A. Ayyoubzadeh, S. Gohari Asadi and J. M. Vali Samani

Side weirs have been extensively used for water level control, in irrigation and drainage canal systems for diverting excess water into relief channels in flood protection works, and as storm overflow in urban sewage systems. The first theoretical approach that studied the hydraulics of side weir was reported by De-Marchi (1934). Up to Now, all the conducted experiments were under clear water condition and relationships proposed for side weir discharge coefficient (C_d) in clear water condition were used. Flow in channels and through dam outlets and other measuring structures have various concentration of suspended solids that may change the flow hydraulics and hence the discharge coefficient. A study of suspended load effect on discharge coefficient was carried out in hydraulics laboratory, department of water structures engineering, Tarbiat Modarres University. Dimensional analysis indicates that C_d can be written as a function of upstream Froude number (Fr_1), depth ratio (y_1/P), and flow concentration (X). Therefore, 6 various discharges, 3 heights of weir (4, 5, & 6 cm) and 5 levels of concentration (0, 3000, 5700, 10500, 19500 ppm), totally 90 runs were conducted. The experimental results suggest that increasing the flow concentration for a given discharge increases the average velocity in the main channel, reduce the head loss, and finally increase the discharge coefficient of the side weir. In high-level concentration (19500 ppm), discharge coefficient is increased up to 15%. With respect to dimensional analysis, a formula for calculating discharge coefficient of side weirs in sediment-laden flow condition is proposed. This formula can predict discharge coefficient of side weirs within $\pm 7\%$ accuracy.

Key words: Discharge Coefficient, Lateral Intake, Side Weir, Suspended Load