

که امکان محاسبه ی ضریب تخلیه در حالت آب حاوی رسوبات را با استفاده از ضریب تخلیه در حالت آب خالص دارا می باشد. واژه های کلیدی: ضریب تخلیه، سرریز مثلثی، سرریز مستطیلی، سرریز اوجی، سرریز روگذر و کانال باز

بررسی تجربی تأثیر رسوبات بر ضریب تخلیه در سرریزهای مثلثی، مستطیلی، اوجی و روگذر در کانال باز

نادر دیزجی^۱ و امیرمسعود محمودخانی^۲

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۷ تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۲۵

مقدمه

در پی بحرانی که مناطق خشک و نیمه خشک را تهدید می کند، حفظ و اداره ی منابع آبی، کاهش تلفات آب و دقت در میزان مصرف آن، امری ضروری است. استوارت و همکاران و چانسون [۱۰ و ۲] روش های گوناگونی جهت استفاده ی بهینه از آب ارایه داده اند که استفاده از وسایل اندازه گیری جهت اداره ی دقیق آب مورد نیاز، از آن جمله است. به منظور تعیین میزان جریان عبوری از کانال ها، روش های گوناگونی ارایه گردیده که در این میان، استفاده از سرریزها کاربرد بیش تری دارد. سازه ای که آب اضافی را، به ویژه هنگام سیلاب که جریان آب به بدنه ی سد آسیب می رساند و امکان دارد باعث تخریب آن شود، دفع می کند [۴]. در حقیقت این نوع سازه، تخلیه کننده دریاچه ی سد در مواقع اضطراری است. مهم ترین و حساس ترین بخش در سازه های آبی، سرریز می باشد. در حقیقت اگر سرریز یک سد به درستی محاسبه و احداث شود، مشکل ناپایداری سازه و بحث سیلاب در آن منطقه را نخواهیم داشت. همچنین سرریزها از جمله سازه هایی هستند که در اندازه گیری جریان آب در کانال ها و بسیاری از مورد های دیگر مورد استفاده قرار می گیرند [۷ و ۸]. به همین دلیل تلاش های زیادی صورت گرفته است تا روابط تعیین شده برای اندازه گیری جریان این سازه ها از دقتی بیش تر برخوردار باشد. در بسیاری از مورد ها از جمله شبکه های آبیاری و هنگام وقوع سیلاب، یکی از مشکلات مهم، ورود رسوبات رودخانه ها به درون کانال ها می باشد. با وجود اقدام هایی که برای کاهش ورود رسوبات به کانال ها صورت می گیرد، امکان جداسازی کامل این رسوبات از آب وجود ندارد. تاکنون روابط زیادی برای سرریزها به وسیله ی پژوهشگران ارایه شده که در هیچ یک از این روابط، تأثیر وجود رسوبات (شن، گل و لای، ماسه و غیره) دیده نشده است، در حالی که وجود این ذرات در آب امری کاملاً طبیعی می باشد که بر ضریب تخلیه، تأثیر گذار است.

تئوری سرریزها

سرریزها را بر حسب شکل تاج و این که آیا تمام یا بخشی از عرض

چکیده

در این پژوهش اثر رسوبات بر ضریب تخلیه در سرریزهای مثلثی، ۹۰، ۶۰، مستطیلی، اوجی و روگذر در جریان پایدار یکنواخت مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفته است. برای انجام آزمایش از دو دستگاه کانال باز به طول های ۷ متر (برای بده های کم) و ۵ متر (برای بده های زیاد) با توانایی نصب سرریزهای مورد نظر، استفاده شده است. آزمایش ها برای کانال ۷ متری با سه شیب ۰/۰۳۵، ۰/۰۷ و ۰/۰۸۷ و برای کانال ۵ متری با شیب ۰/۰۸۷۳، در دو حالت جریان آب خالص و جریان آب با رسوبات انجام شده است. در کانال ۷ متری بده بین ۸ لیتر بر ثانیه بر واحد عرض (۲ متر مکعب بر ساعت) تا ۱۴/۷ لیتر بر ثانیه بر واحد عرض (۴ متر مکعب بر ساعت) و در کانال ۵ متری بده بین ۱/۸ لیتر بر ثانیه بر واحد عرض (۳/۹۶ متر مکعب بر ساعت) تا ۱۱/۸ لیتر بر ثانیه بر واحد عرض (۲۵/۵۶ متر مکعب بر ساعت) تنظیم شده است. ذرات رسوبی به گونه ی همگن با نرخ وابسته به بده به درون کانال تغذیه شده اند. برای اندازه گیری سرعت، از لوله ی پیتو و برای اندازه گیری عمق از عمق سنج نقطه ای یا قلابی با دقت ۰/۰۲ میلیمتر استفاده شده و هر آزمایش سه تا چهار بار تکرار و داده برداری انجام گرفته است. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که از مقایسه با آب زلال، رسوبات معلق سبب کاهش ضریب تخلیه می شوند که این اثر روی ضریب تخلیه، در بده های کم تر و شیب کم تر، نمایان تر بوده و مستقل از نوع سرریز به کار گرفته شده است. همچنین بر اساس داده ها و نتایج به دست آمده، روابطی به روش همبندی برای ضرایب تخلیه ی سرریزهای به کار رفته در این آزمایش پیشنهاد گردیده است

۱ نویسنده مسئول و مربی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مهندسی مکانیک و هوافضا ndizadji@srbiau.ac.ir
۲ فارغ التحصیل کارشناسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده ی مهندسی مکانیک و هوافضا amirmasoud.mkhani@gmail.com

$$V = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

و لذا مقدار بده جاری شده از روی سرریز، برابر خواهد شد با:

$$Q = Lq = L \cdot \int_{H_v}^{H_e} V \cdot dh = L \cdot \sqrt{2g} \int_{H_v}^{H_e} h^{1/2} \cdot dh = \frac{2}{3} \sqrt{2gL} [H_e^{3/2} - H_v^{3/2}] \quad (2)$$

در این رابطه L عرض کانال می باشد. با توجه به فرضیه های در نظر گرفته شده، در عمل مقدار بده سرریز از مقدار بالا کم تر بوده و بستگی به شکل سرریز و نیز انحنای خطوط جریان روی سرریز دارد که با معرفی ضریب C_d به عنوان ضریب شدت جریان یا ضریب تخلیه، معادله به صورت زیر تصحیح می گردد [۱۶]:

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

تغییرات C_d که تابعی از $\frac{H_d}{W}$ (فاصله ی تاج سرریز تا بستر کانال) است، به وسیله ی معادله ی رهوک به صورت رابطه ی (۴) داده می شود که برای مقادیر $\frac{H_d}{W} \leq 5$ قابل استفاده است.

$$C_d = 0.611 + 0.08 \frac{H_d}{W} \quad (4)$$

اگر $\frac{H_d}{W} < 10$ باشد، مقدار C_d بتدریج از مقدار به دست آمده از معادله ی بالا فاصله گرفته و در $\frac{H_d}{W} < 10$ برابر $1/135$ می شود. برای مقادیر $10 < \frac{H_d}{W} < 20$ هنوز پژوهش های کاملی در این زمینه صورت نگرفته و اگر $\frac{H_d}{W} > 20$ باشد، سرریز به صورت یک آب پایه^۱ که در انتهای یک کانال افقی قرار دارد، عمل می کند و به گونه ی تجربی ثابت شده است که در چنین حالتی جریان در بالادست سرریز یا آب پایه، بحرانی می شود [۲-۱۳].

سرریز لبه تیز مثلی

سرریزهای لبه تیز مثلی که به صورت متقارن در یک صفحه ی نازک و عمود بر کناره ها و کف کانال قرار می گیرند، به دلیل دارا بودن سطح مقطع نسبتا کوچک تر، در بده های کم، حساسیت بیش تری نسبت به تغییر ارتفاع داشته و بنابراین در اندازه گیری بده های کم، در مقایسه با سرریزهای مستطیلی از دقتی بیش تر برخوردارند. به همین دلیل، در انجام اندازه گیری های حساس و بده های کم و کارهای آزمایشگاهی، بیش تر از سرریزهای مثلی که به سرریزهای V شکل نیز موسومند، استفاده می شود. معادله ی بده این نوع سرریزها که از روش تحلیلی و با انتگرال گیری روی جزء نشان داده شده در شکل (۲) و با همان فرضیه های در نظر گرفته شده در بخش پیش به دست می آید، به صورت زیر است [۱۶]:

$$Q = \frac{1}{15} \sqrt{2g} (\tan \theta) H_d^{5/2} \quad (5)$$

که در آن از انرژی حرکتی $(\frac{V^2}{2g})$ صرف نظر شده است، اما مقدار حقیقی بده از آنچه که از معادله ی بالا به دست می آید، متفاوت است و بنابراین جهت تعدیل آن، معادله ی زیر پیشنهاد می شود [۱۶]:

کانال را گرفته اند، تقسیم بندی می کنند [۱۲]. در معمول ترین تقسیم بندی ها، شفاعی بجستان [۱] سرریزها را به دو گروه سرریزهای لبه تیز و سرریزهای لبه پهن تقسیم می کند. همچنین سرریزها به شکل های مستطیلی، مثلی، دوزنقه ای و سهموی ساخته می شوند.

سرریزهای لبه تیز

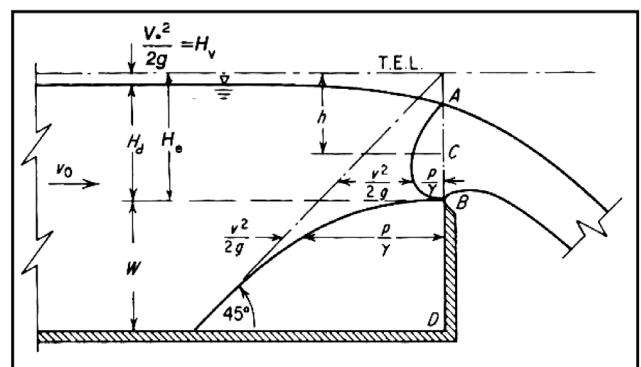
این نوع سرریز عموما از یک صفحه ی قائم کار گذاشته شده در مسیر جریان، تشکیل شده که دارای لبه و تاجی نسبتا تیز در بالا (محلی که آب از روی آن عبور می کند) می باشد. سرریزهای لبه تیز افزون بر این که به عنوان وسیله ای برای اندازه گیری بده در کانال باز، مورد استفاده قرار می گیرند، به عنوان یک سرریز که باعث افزایش ارتفاع و حجم آب در بالادست شده و آب از روی آن می گذرد نیز به کار می روند و از آن جا که تئوری هیدرولیکی مربوط به این سرریزها به عنوان پایه و اساس محاسبات و طراحی سرریزهای لبه پهن (سرریز سدها) به کار می رود، از اهمیتی ویژه برخوردارند، کلمنز و همکاران- السن و همکاران- سارکر و رودز - هرشی [۳، ۶، ۱۱، ۱۳].

برای محاسبه ی بده جاری شده از روی سرریزهای لبه تیز، مفهوم عمق بحرانی در روی سرریز قابل استفاده نبوده بلکه برای این منظور چانسون [۱۰] فرضیه های زیر را ارایه می کند:

۱. ارتفاع آب در روی سرریز همان است و انقباض و کاهش عمقی وجود ندارد.
۲. سرعت آب در روی سرریز، در راستای افقی، ثابت است.
۳. فشار در تمام مقطع AB در شکل (۱) همان فشار اتمسفریک است.

سرریز لبه تیز مستطیلی هم عرض کانال

یکی از انواع سرریزهای لبه تیز، سرریز مستطیلی هم عرض کانال است که در داخل یک کانال مستطیلی قرار گرفته و لذا یک جریان دو بعدی در روی سرریز وجود دارد. با توجه به فرضیه های ذکر شده در بخش پیش و نوشتن رابطه ی $h = \frac{V^2}{2g}$ در نقطه ی نظیر C در مقطع AB (شکل ۱) خواهیم داشت [۱۵]:



شکل ۱ - جریان از روی سرریز لبه تیز

اگر $C_u < 4$ باشد، مصالح یکنواخت و اگر $C_u > 4$ باشد، مصالح نایکنواخت است. مصالح نایکنواخت مصالحی هستند که از مخلوط ذرات با اندازه‌های متفاوت تشکیل شده‌اند، شفاعی بجستان [۱]. میانگین اندازه‌ی ذرات (D_{50}) عبارت است از اندازه‌ی ذره‌ای که ۵۰ درصد وزنی مصالح از آن کوچک ترند. چنانچه منحنی دانه بندی را به چند بخش تقسیم کنیم، D_t میانگین اندازه‌ی هر بخش و P_t درصد وزنی مصالح در هر بخش خواهد بود. بدین ترتیب اندازه‌ی میانه‌ی ذرات از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$D_m = \frac{\sum P_t D_t}{\sum P_t} \quad (11)$$

مواد رسوبی که همراه جریان آب در حرکت هستند، ممکن است درون جریان به صورت معلق باشند و یا این که مواد رسوبی به صورت لغزش، پرش و یا غلتیدن روی بستر رودخانه حرکت کنند و یا همزمان به دو صورت بالا انتقال یابند، شفاعی بجستان [۱].

با افزایش تدریجی سرعت برشی بستر (D_0) در یک کانال، مصالح بستر نیز به آهستگی شروع به حرکت می‌کنند و چنان چه مقدار سرعت برشی بستر در مقایسه با سرعت سقوط ذرات افزایش یابد، ذرات به صورت معلق در می‌آیند. بر اساس تجربیات بگنولد، ذره موقعی به حالت معلق باقی می‌ماند که مؤلفه‌ی عمودی سرعت در جریان در هم V_y بیش تر از سرعت سقوط ذرات (w) باشد. مقدار V_y به شدت عمودی جریان در هم بستگی دارد که متناسب به سرعت برشی بستر است. بر این اساس شروع معلق شدن ذرات به صورت زیر ارایه شده است، شفاعی بجستان [۱]:

$$\frac{U_0}{w} > K^* \quad (12)$$

ضریب K^* بر اساس مطالعات بگنولد برابر واحد و بر اساس مطالعات انگلوند برابر ۰/۲۵ می‌باشد. یعنی اگر $U_0 > 0.25w$ شود، ذرات به حالت معلق در خواهند آمد. سرعت سقوط از روابط زیر به دست می‌آید، شفاعی بجستان [۱]:

$$D_m < 2 \text{ mm} \rightarrow w = \frac{(1636(\rho_s - \rho)D_m^3 + 9\mu^2)^{1/5} - 3\rho\mu}{(50 \cdot D_{50})} \quad (13)$$

$$D_m < 2 \text{ mm} \rightarrow w = 3/22 (U_{50})^{0.5} \quad (14)$$

همچنین سرعت برشی به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\tau_0 = \rho g R_h S$$

$$U_0 = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = (g R_h S)^{0.5} \quad (15)$$

پارامترهای مؤثر در کانال روباز همراه با رسوب

گراف و سونگ [۹] پارامترهای متعددی را در کانال‌های باز همراه با ذرات رسوب مؤثر می‌دانند که می‌توان در پنج دسته‌ی زیر تقسیم نمود:

۱. ویژگی‌های سیال (μ ، ρ ، SG) به ترتیب وزن مخصوص نسبی، دانسیته و ویسکوزیته مطلق آب.

۲. پارامترهای ویژگی‌های موج (Δt ، A ، y_m) به ترتیب بیشینه‌ی

عمق، حجم آب زیر آب پایه در واحد عرض و زمان آن.

۳. پارامترهای مربوط به ویژگی‌های کانال (η_a ، η_x ، η^*)، شیب بستر، η ضریب شکل هندسه مقطع، η_a پارامتر تصحیح محور طولی کانال، η^* پارامتر تغییر مقطع عرضی و η_x ضریب تصحیح در جهت x .

۴. ویژگی‌های رسوب (ρ_s ، d_s ، G ، G_c ، G_s ، δ_p ، X ، λ) به ترتیب تخلخل ذرات بستر، X چسبندگی ذرات رسوب، δ_p پارامتر نفوذپذیری ذرات رسوب و یا دیواره‌های کانال، G_s پارامتر شکل ذرات رسوب، G_c پارامتر مربوط به نایکنواختی ذرات رسوب در طول محیط خیس شده، G پارامتر درجه بندی، d_s قطر و ρ_s چگالی ذرات.

۵. جریان پایه (x ، t ، y_0 ، U_0 ، Z_s) به ترتیب عمق، سرعت جریان پایه، تراز کف بستر، زمان و فاصله.

در این آزمایش بسیاری از پارامترهای ذکر شده ثابت هستند، لذا در تحلیل ابعادی شرکت نمی‌کنند. گروههای بدون بعد با استفاده از قضیه‌ی بکینگهام عبارتند از:

$$\left(\frac{y}{y_0}, \frac{U}{U_0}, \frac{Z}{Z_0}, C \right) = f \left\{ Fr, Re, y_m, y_0, \Gamma_{HG}, \frac{A}{y_0 L_0}, \frac{L_0}{y_0} \right\} \quad (16)$$

$$\frac{b}{y_0}, S_0, \tau_c^*, \eta, \eta_a, \eta_x, \eta^*, d_s, y_0, SG, G_c, G, G,$$

$$S_s, \lambda, X, \frac{Z_b}{y_0}, \frac{x}{y_0}, \frac{t}{y_0/U_0} \left\{ \right.$$

$$\left(\frac{y}{y_0}, \frac{U}{U_0}, \frac{Z}{Z_0}, C \right) = f \left\{ Fr, \Gamma_{HG}, \frac{A}{y_0 L_0}, \frac{L_0}{y_0}, \frac{b}{y_0}, S_0, S_s, \eta \right\} \quad (17)$$

$$\frac{d_s}{y_0}, \frac{Z_0}{y_0}, \frac{x}{L_0}, \lambda, \frac{t}{y_0/U_0} \left\{ \right.$$

از مجموعه گروههای بدون بعد ذکر شده، گروههای زیر در زمینه‌ی انتقال رسوب از اهمیتی بیش تر برخوردارند.

$$\tau_c^* = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho)gd} \quad (18)$$

$$Fr = \frac{U_0}{\sqrt{gy_0}} \quad (19)$$

$$Re = \frac{\rho U_0 R_{h0}}{\mu} \quad (20)$$

$$\Gamma_{HG} = \frac{1}{U_0} \times \frac{\Delta y}{\Delta T} \quad (21)$$

در رابطه‌ی بالا τ_c^* پارامتر شیلدز، Fr عدد فرود، Γ_{HG} پارامتر ناماندگاری جریان، Re عدد رینولدز، R_{h0} شعاع هیدرولیکی جریان پایه، اختلاف بین عمق جریان پایه و عمق جریان در هر لحظه و Δt زمان پایه‌ی آبنمود، می‌باشند. گراف و سونگ [۹] معادله‌های حاکم بر جریان و رسوب را به صورت زیر بیان می‌کنند.

مواد و روش‌ها

وسایل آزمایش

برای انجام این آزمایش از دو دستگاه کانال باز دارای لانه زنبوری با قابلیت تنظیم در شیب‌های متفاوت، استفاده شده است. این کانال‌ها بر اساس کاتالوگ توکیومتر [۵] دارای ویژگی‌های زیر هستند:

● کانال ۷ متری:

L×W: ۷۰۰۰mm×۷۵mm

ابعاد کانال

۱/۵kW

الکتروپمپ طبقه ای

قابلیت تغییر شیب ۰°~۲۰°

جک هیدرولیکی

● کانال ۵ متری:

L×W: ۵۰۰۰mm×۶۰۰mm

ابعاد کانال

۱/۷۵kW

الکتروپمپ سه طبقه ای

۰/۵°

شیب

این آزمایش در سه شیب ۲°، ۴° و ۵° برای کانال ۷ متری با نصب سرریزهای مستطیلی، مثلثی ۶°، اوجی و روگذر (برای بده‌های کم) و در شیب ۵/۰° برای کانال ۵ متری با نصب سرریز مثلثی ۹°

معادله ی پیوستگی جریان

$$\alpha \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial (uy)}{\partial x} + \alpha \frac{\partial z}{\partial t} = 0 \quad (22)$$

که در حالت جریان پایدار

$$\alpha = \left(\frac{L_0/U_0}{T_0} \right) \rightarrow 0 \quad (23)$$

معادله ی مومنتم

$$\frac{y_0}{L_0 S_0} \left\{ Fr^2 \alpha \frac{\partial u}{\partial x} + (\beta - 1) Fr^2 u \frac{\partial u}{\partial x} + (\beta - 1) \frac{Fr^2 u^2}{y} + (\beta - 1) \frac{\partial (uy)}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} \right\} = 1 - \frac{1}{S_0} S_f \quad (24)$$

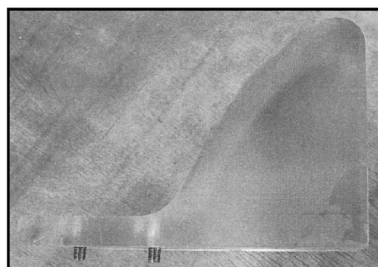
معادله ی پیوستگی رسوب

$$\alpha \frac{\partial z}{\partial t} + \alpha \gamma \frac{\partial ((C/C_0)y)}{\partial x} + \gamma \frac{\partial ((C/C_0)yx)}{\partial x} = 0 \quad (25)$$

که در آن

$$\gamma = \frac{C_0}{(1-\lambda)} \quad (26)$$

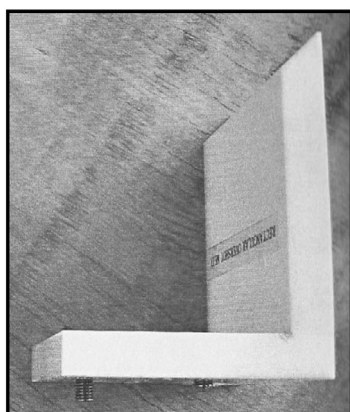
در این رابطه‌ها y_0 عمق جریان پایه، f شیب خط انرژی، u سرعت جریان، β ضریب مومنتم جریان، C بدهی بار کف در جریان غیر دایمی، C_0 بدهی بار کف در جریان دایمی، عمق جریان و k و k' ضریب می باشند.



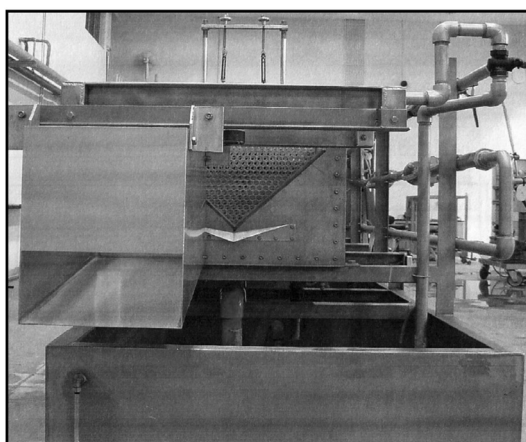
شکل ۶- سرریز اوجی (آبریز)



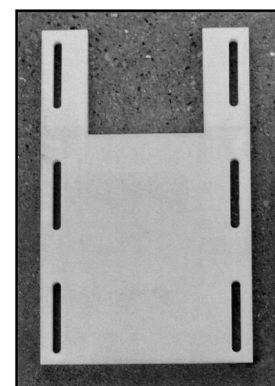
شکل ۳- سرریز مثلثی



شکل ۷- سرریز روگذر



شکل ۵- سرریز مثلثی



شکل ۴- سرریز مستطیلی

1- Point Gauge

2- Hook Gauge

بررسی شرایط معلق ماندن ذرات رسوبی

برای شبیه سازی ذرات رسوبی در طول کانال از تراشه ی چوب درخت راش استفاده شد. معلق شدن ذرات تراشه ی چوب راش به نسبت U_0/w بستگی دارد که با استفاده از روابط (۱۴) و (۱۵) این نسبت به دست آمد و نتایج به دست آمده از آن در جدول (۱) ارایه شده است.

ذرات رسوبی به صورت یکنواخت بر اساس رابطه ی (۱۰) با شرط $Cu < 4$ انتخاب شد. اندازه ی قطر میانه ی ذرات با استفاده از الک پاش و رابطه ی (۱۱) ۵ میلیمتر به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (۱)، نسبت U_0/w بزرگ تر از ۰/۲۵ بوده و بنابراین ذرات به صورت معلق در جریان آب خواهند بود.

روش آزمایش

آزمایش در شرایط پایدار بر روی سرریز مستطیلی و سرریزهای مثلثی ۶۰° و ۹۰°، اوجی و روگذرانجام گرفته است. نخست برای آب بدون رسوبات با اندازه گیری و استفاده از روابط (۳)، (۶) و (۷)، ضریب تخلیه اندازه گیری شد. (در رابطه ی (۳) برای سرریز مستطیلی برابر ۰/۰۷۵ متر است، همچنین برای سرریز مثلثی ۶۰° مقدار K_H برابر ۰/۰۱۱۶۹۱ متر و برای سرریز مثلثی ۹۰° مقدار K_H برابر ۰/۰۲۹۰۲۵۲ متر است.) سپس ذرات الک شده از

(در بده های زیاد)، در دو حالت جریان آب خالص و جریان آب با رسوبات انجام شده است. در شکل های (۳) تا (۷) تصاویری از سرریزهای مورد استفاده در این آزمایش نشان داده شده است. برای اندازه گیری سرعت از لوله پیتو با دقت ۰/۱۴ متر بر ثانیه و برای اندازه گیری عمق از عمق سنج نقطه ای^۱ (در کانال ۷ متری) و از عمق سنج قلابی^۲ (در کانال ۵ متری) با دقت ۰/۰۲ میلیمتر استفاده شده است. بده ی دستگاه نیز برای کانال ۷ متری در محدوده ی بین ۲ متر مکعب بر ساعت تا ۴ متر مکعب بر ساعت تنظیم گردیده و برای کانال ۵ متری در محدوده ی بین ۳/۹۶ متر مکعب بر ساعت تا ۲۵/۵۶ متر مکعب بر ساعت اندازه گیری شده است. بده نیز با بده سنج (روتامتر برای کانال ۷ متری و اندازه گیری وزنی به وسیله ی تراز و با دقت ۵۰ گرم برای کانال ۵ متری) به گونه ی منظم اندازه گیری شد.

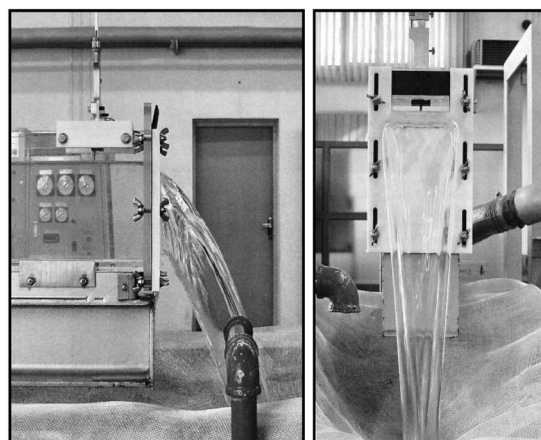
فرضیه های آزمایش

در این مرحله فرضیه های زیر نیز در نظر گرفته می شود:

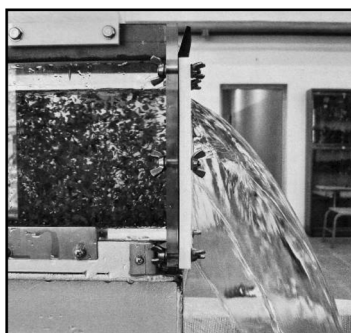
۱. رسوبات به گونه ی یکنواخت در تمام مسیر جریان وجود دارد.
۲. رسوبات، ته نشین نمی شوند و کاملاً در تمام مسیر، معلق می مانند.
۳. بده ی ورودی رسوبات ثابت است.

جدول ۱ - شرایط معلق ماندن ذرات

$\frac{U_0}{w}$	سرعت برشی بستر U_0 (m/s)	سرعت سقوط w (m/s)	شیب کانال S
کانال ۷ متری			
۰/۴۱	۰/۰۹۳	۰/۲۲۸	۰/۰۳۵
۰/۵۷	۰/۱۳۱	۰/۲۲۸	۰/۰۷
۰/۴۶	۰/۱۰۵	۰/۲۲۸	۰/۰۸۷
کانال ۵ متری			
۰/۲۲۸	۰/۱۴۶	۰/۶۴	۰/۰۰۸۷۳



شکل ۸ - سرریز مستطیلی در جریان آب خالص



شکل ۹ - سرریز مثلثی در جریان آب با رسوبات

جدول ۲- نتایج عددی محاسبات سرریز مثلی ۶۰

سرریز مثلی ۶۰ با شیب ۰/۰۸۷ و جریان آب خالص					
ورودی m ^۳ /hr	بدهی m ^۳ /hr	سرعت کانال m/s	ارتفاع آب سرریز m	عدد رینولدز Rr	عدد فرود Fr
۲	۰/۰۵۴	۰/۱۳۷	۱۵۹۶	۰/۰۴۵۶	
۲/۵	۰/۰۶۵	۰/۱۴۲	۱۹۳۷	۰/۰۸۶۶	
۳	۰/۰۷۵	۰/۱۴۷	۲۲۶۳	۰/۰۹۶۴	
۳/۵	۰/۰۸۵	۰/۱۵۱	۲۵۸۲	۰/۱۰۶	
۴	۰/۰۹۵	۰/۱۵۵	۲۸۹۴	۰/۱۱۵	
سرریز مثلی ۶۰ با شیب ۰/۰۸۷ و جریان آب با ذرات معلق					
۲	۰/۰۵۳۵	۰/۱۳۸	۱۵۸۶	۰/۰۷۴	
۲/۵	۰/۰۶۵۶	۰/۱۴۳	۱۹۲۷	۰/۰۸۵۳	
۳	۰/۰۷۵	۰/۱۴۸	۲۲۵۳	۰/۰۹۵۲	
۳/۵	۰/۰۸۵۱	۰/۱۵۲	۲۵۷۲	۰/۱۰۵	
۴	۰/۰۹۵	۰/۱۵۵	۲۸۸۴	۰/۱۱۴	
سرریز مثلی ۶۰ با شیب ۰/۰۷ و جریان آب خالص					
۲	۰/۰۵۴۸	۰/۱۳۵	۱۶۱۶	۰/۰۴۸	
۲/۵	۰/۰۶۶	۰/۱۴	۱۹۶۱	۰/۰۵۶	
۳	۰/۰۷۶۳	۰/۱۴۵	۲۲۸۶	۰/۰۶۴	
۳/۵	۰/۰۸۶۴	۰/۱۵	۲۶۰۴	۰/۰۷۱	
۴	۰/۰۹۶۲	۰/۱۵۴	۲۹۱۴	۰/۰۷۸	
سرریز مثلی ۶۰ با شیب ۰/۰۷ و جریان آب با ذرات معلق					
۲	۰/۰۵۴۲	۰/۱۳۶	۱۶۰۳	۰/۰۴۷	
۲/۵	۰/۰۶۵۵	۰/۱۴۱	۱۹۴۹	۰/۰۵۶	
۳	۰/۰۷۵۸	۰/۱۴۶	۲۲۷۲	۰/۰۶۳	
۳/۵	۰/۰۸۵۸	۰/۱۵۱	۲۵۸۹	۰/۰۷	
۴	۰/۰۹۵۸	۰/۱۵۵	۲۹۰۳	۰/۰۷۸	
سرریز مثلی ۶۰ با شیب ۰/۰۳۵ و جریان آب خالص					
۲	۰/۰۵۵	۰/۱۳۵	۱۶۲۱	۰/۰۴۸	
۲/۵	۰/۰۶۶۳	۰/۱۴	۱۹۶۷	۰/۰۵۷	
۳	۰/۰۷۶۸	۰/۱۴۵	۲۲۹۷	۰/۰۶۴	
۳/۵	۰/۰۸۷	۰/۱۵	۲۶۱۶	۰/۰۷۲	
۴	۰/۰۹۷	۰/۱۵۳	۲۹۲۸	۰/۰۸	

سرریز مثلی ۶۰ با شیب ۰/۰۳۵ و جریان آب با ذرات معلق				
۲	۰/۰۵۴۵	۰/۱۳۶	۱۶۰۷	۰/۰۴۷
۲/۵	۰/۰۶۵۶	۰/۱۴۱	۱۹۵۲	۰/۰۵۶
۳	۰/۰۷۴۱	۰/۱۴۶	۲۲۸۱	۰/۰۶۴
۳/۵	۰/۰۸۶۳	۰/۱۵	۲۶۰۲	۰/۰۷۱
۴	۰/۰۹۶۲	۰/۱۵۴	۲۹۱۳	۰/۰۷۸

جدول ۳- نتایج عددی محاسبات سرریز مستطیلی

سرریز مستطیلی با شیب ۰/۰۸۷ و جریان آب خالص					
ورودی m^3/hr	بدهی m^3/hr	سرعت کانال m/s	ارتفاع آب سرریز m	عدد رینولدز Rr	عدد فرود Fr
۲	۰/۰۵۶۲	۰/۱۳۲	۱۶۴۷	۰/۰۴۹	۲
۲/۵	۰/۰۶۸۱	۰/۱۳۶	۲۰۰۹	۰/۰۵۹	۲/۵
۳	۰/۰۷۹۷	۰/۱۳۹	۲۳۶۶	۰/۰۶۸	۳
سرریز مستطیلی با شیب ۰/۰۸۷ و جریان آب با ذرات معلق					
۲	۰/۰۵۶	۰/۱۳۲	۱۶۴۲	۰/۰۵	۲
۲/۵	۰/۰۶۸	۰/۱۳۶	۲۰۰۵	۰/۰۶	۲/۵
۳	۰/۰۸	۰/۱۴	۲۳۶۲	۰/۰۷	۳
سرریز مستطیلی با شیب ۰/۰۷ و جریان آب خالص					
۲	۰/۰۵۶	۰/۱۳۱	۱۶۵۰	۰/۰۵	۲
۲/۵	۰/۰۶۸	۰/۱۳۵	۲۰۱۶	۰/۰۶	۲/۵
۳	۰/۰۷۹	۰/۱۳۹	۲۳۶۶	۰/۰۷	۳
سرریز مستطیلی با شیب ۰/۰۷ و جریان آب با ذرات معلق					
۲	۰/۰۵۶	۰/۱۳۲	۱۶۴۳	۰/۰۵	۲
۲/۵	۰/۰۷	۰/۱۳۶	۲۰۱۰	۰/۰	۲/۵
۳	۰/۰۸	۰/۱۴	۲۳۵۹	۰/۰۷	۳
سرریز مستطیلی با شیب ۰/۰۳۵ و جریان آب خالص					
۲	۰/۰۵۷	۰/۱۲۹	۱۶۶۷	۰/۰۵۱	۲
۲/۵	۰/۰۶۸	۰/۱۳۴	۲۰۲۶	۰/۰۵۹	۲/۵
۳	۰/۰۷۹	۰/۱۳۹	۲۳۶۰	۰/۰۶۸	۳
سرریز مستطیلی با شیب ۰/۰۳۵ و جریان آب با ذرات معلق					
۲	۰/۰۵۶	۰/۱۳	۱۶۵۸	۰/۰۵	۲
۲/۵	۰/۰۶۸	۰/۱۳۵	۲۰۱۶	۰/۰۵۹	۲/۵
۳	۰/۰۷۸	۰/۱۴	۲۳۴۸	۰/۰۶۷	۳

جدول ۴- نتایج عددی محاسبات سرریز مثلی ۹۰

سرریز مثلی ۹۰ با شیب ۰/۰۰۸۷۳ و جریان آب خالص					
ورودی m^3/hr	بدهی m^3/hr	سرعت کانال m/s	ارتفاع آب سرریز m	عدد رینولدز Rr	عدد فرود Fr
۳/۹۷	۰/۰۱۰۳	۰/۱۷۷	۱۱۶۰	۰/۰۰۷۷	
۷/۴۵	۰/۰۱۷۷	۰/۱۹۴	۲۱۰۳	۰/۰۱۲۹	
۱۴/۳۵	۰/۰۳۰۷	۰/۲۱۵	۳۸۷۷	۰/۰۲۱۱	
ورودی m^3/hr	بدهی m^3/hr	سرعت کانال m/s	ارتفاع آب سرریز m	عدد رینولدز Rr	عدد فرود Fr
۱۵/۲۴	۰/۰۳۲۱	۰/۲۱۹	۴۰۹۲	۰/۰۲۱۹	
۱۸/۵۸	۰/۰۳۷۱	۰/۲۳۱	۴۸۷۶	۰/۰۲۴۶	
۲۵/۸۱	۰/۰۴۹۳	۰/۲۴۲	۶۶۳۹	۰/۰۳۲	
سرریز مثلی ۹۰ با شیب ۰/۰۰۸۷۳ و جریان آب با ذرات معلق					
۳/۹۷	۰/۰۱۰۳	۰/۱۷۸	۱۱۵۹	۰/۰۰۷۸	
۷/۴۵	۰/۰۱۷۷	۰/۱۹۴	۲۱۰۳	۰/۰۱۲۸	
۱۴/۳۵	۰/۰۳۰۷	۰/۲۱۶	۳۸۷۶	۰/۰۲۱۱	
۱۵/۲۴	۰/۰۳۲۱	۰/۲۱۹	۴۰۹۱	۰/۰۲۲	
۱۸/۵۸	۰/۰۳۷۱	۰/۲۳۱	۴۸۷۵	۰/۰۲۴۷	
۲۵/۸۱	۰/۰۴۹۳	۰/۲۴۲	۶۶۳۸	۰/۰۳۲	

جنس تراشه‌ی چوب درخت راش با دانه بندی یکسان و میانگین قطر ۵ میلیمتر با بدهی جرمی تقریباً ثابت از ابتدای کانال به درون آن به صورت تر تغذیه شد؛ بدین صورت که ذرات درون آب باد کرده و دارای وزن مخصوص بیش تری می گردند و پس از آن که جریان به حالت کاملاً پایدار رسید، با استفاده از عمق سنج نقطه‌ای یا عمق سنج قلابی ارتفاع آب اندازه گیری شد. بدهی آب نیز با استفاده از روتامتر یا روش وزنی اندازه گیری شد و سپس همانند آب بدون رسوبات با استفاده از روابط (۳)، (۶) و (۷) ضریب تخلیه برای آب بارسوبات محاسبه شد. در شکل (۸) سرریز مستطیلی در جریان آب خالص در دو نما و در شکل (۹) نمایی از سرریز مثلی در جریان با رسوبات نشان داده شده است.

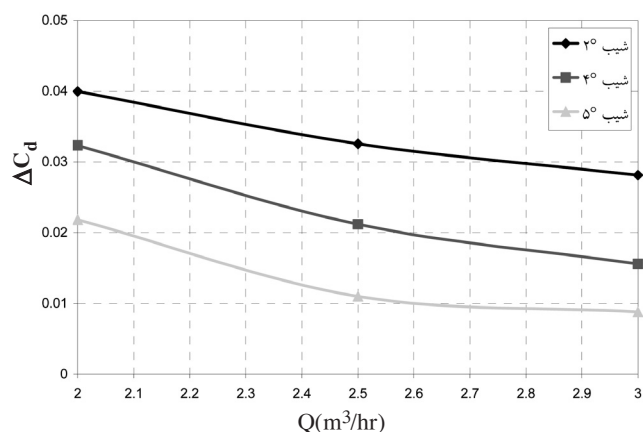
نتایج

نتایج به دست آمده از محاسبه‌ی ضریب تخلیه در حالت‌های گوناگون برای سرریزهای مستطیلی، مثلی، اوجی و روگذر در دو حالت جریان آب خالص و جریان آب با رسوبات به دست آمد و نمونه‌ای از این اعداد با استفاده از روابط ۳، ۶، ۷، ۱۹ و ۲۰ در

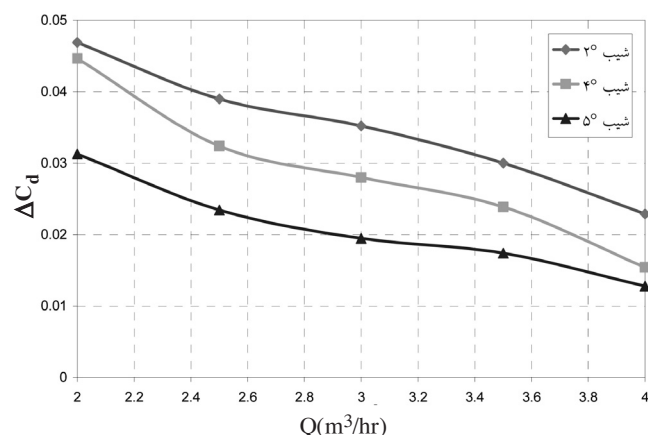
جدول ۵- نتایج عددی محاسبات سرریز روگذر

سرریز روگذر با شیب ۰/۰۸۷ و جریان آب خالص					
ورودی m^3/hr	بدهی m^3/hr	سرعت کانال m/s	ارتفاع آب سرریز m	عدد رینولدز Rr	عدد فرود Fr
۲	۰/۰۷۴۱	۰/۰۹۹	۶۹۷	۰/۰۷۴۹	
۲/۵	۰/۰۸۹۳	۰/۱۰۳	۸۶۴	۰/۰۸۸۶	
۳	۰/۱۰۲۲	۰/۱۰۸	۱۰۲۴	۰/۰۹۹	
۳/۵	۰/۱۱۳۹	۰/۱۱۴	۱۱۸۰	۰/۱۰۷۹	
۴	۰/۱۲۶۳	۰/۱۱۷	۱۳۳۷	۰/۱۱۷۸	
سرریز روگذر با شیب ۰/۰۸۷ و جریان آب با ذرات معلق					
۲	۰/۰۷۱۸	۰/۱۰۳	۶۹۲	۰/۰۷۱۴	
۲/۵	۰/۰۸۶۵	۰/۱۰۷	۸۵۶	۰/۰۸۴۴	
۳	۰/۱۰۰۳	۰/۱۱۱	۱۰۱۸	۰/۰۹۶۳	
۳/۵	۰/۱۱۳۴	۰/۱۱۴	۱۱۷۸	۰/۱۰۷۱	
۴	۰/۱۲۶	۰/۱۱۷	۱۳۳۶	۰/۱۱۷۴	
سرریز روگذر با شیب ۰/۰۷ و جریان آب خالص					
۲	۰/۰۷۴۳	۰/۰۹۹	۶۹۸	۰/۰۷۵۲	
۲/۵	۰/۰۸۹۴	۰/۱۰۳	۸۶۴	۰/۰۸۸۷	
۳	۰/۱۰۲۳	۰/۱۰۸	۱۰۲۴	۰/۰۹۹۲	
۳/۵	۰/۱۱۴۲	۰/۱۱۳	۱۱۸۰	۰/۱۰۸۳	
۴	۰/۱۲۶۶	۰/۱۱۷	۱۳۳۸	۰/۱۱۸۲	
سرریز روگذر با شیب ۰/۰۷ و جریان آب با ذرات معلق					
۲	۰/۰۷۱۸	۰/۱۰۳	۶۹۲	۰/۰۷۱۵	
۲/۵	۰/۰۸۶۶	۰/۱۰۷	۸۵۷	۰/۰۸۴۵	
۳	۰/۱۰۰۴	۰/۱۱۱	۱۰۱۹	۰/۰۹۶۵	
۳/۵	۰/۱۱۳۵	۰/۱۱۴	۱۱۷۸	۰/۱۰۷۲	
۴	۰/۱۲۶	۰/۱۱۷	۱۳۳۶	۰/۱۱۷۴	
سرریز روگذر با شیب ۰/۰۳۵ و جریان آب خالص					
۲	۰/۰۷۴۵	۰/۰۹۹	۶۹۸	۰/۰۷۵۴	
۲/۵	۰/۰۸۹۶	۰/۱۰۳	۸۶۴	۰/۰۸۸۹	
۳	۰/۱۰۲۵	۰/۱۰۸	۱۰۲۴	۰/۰۹۹۵	
۳/۵	۰/۱۱۴۵	۰/۱۱۳	۱۱۸۱	۰/۱۰۸۶	
۴	۰/۱۲۶۷	۰/۱۱۷	۱۳۳۸	۰/۱۱۸۴	

سرریز اوجی با شیب ۰/۰۳۵ و جریان آب خالص				
۰/۰۷۵۴	۶۹۸	۰/۰۹۹	۰/۰۷۴۴	۲
۰/۰۸۸۹	۸۶۴	۰/۱۰۳	۰/۰۸۹۵	۲/۵
۰/۰۹۹۵	۱۰۲۴	۰/۱۰۸	۰/۱۰۲۶	۳
۰/۱۰۸۶	۱۱۸۱	۰/۱۱۳	۰/۱۱۴۴	۳/۵
۰/۱۱۸۴	۱۳۳۸	۰/۱۱۶	۰/۱۲۶۷	۴
سرریز اوجی با شیب ۰/۰۳۵ و جریان آب با ذرات معلق				
۰/۰۷۱۷	۶۹۲	۰/۱۰۳	۰/۰۷۲	۲
۰/۰۸۵	۸۵۷	۰/۱۰۶	۰/۰۸۶۸	۲/۵
۰/۰۹۶	۱۰۱۹	۰/۱۱۰۵	۰/۱۰۰۵	۳
۰/۱۰۷۴	۱۱۷۹	۰/۱۱۴۱	۰/۱۱۳۶	۳/۵
۰/۱۱۷۶	۱۳۳۶	۰/۱۱۷۴	۰/۱۲۶۲	۴



شکل ۱۰- نمودار اختلاف ضریب تخلیه سرریز مستطیلی در دو حالت جریان آب خالص و جریان آب با رسوبات در کانال بر حسب بدهی جریان ورودی



شکل ۱۱- نمودار اختلاف ضریب تخلیه سرریز مثلثی در دو حالت جریان آب خالص و جریان آب با رسوبات در کانال بر حسب بدهی جریان ورودی

سرریز روگذر با شیب ۰/۰۳۵ و جریان آب با ذرات معلق				
۰/۰۷۱۷	۶۹۲	۰/۱۰۲۸	۰/۰۷۲	۲
۰/۰۸۴۹	۸۵۷	۰/۱۰۶۶	۰/۰۸۶۸	۲/۵
۰/۰۹۶۶	۱۰۱۹	۰/۱۱۰۵	۰/۱۰۰۶	۳
۰/۱۰۷۴	۱۱۷۸	۰/۱۱۴۱	۰/۱۱۳۶	۳/۵
۰/۱۱۷۶	۱۳۳۶	۰/۱۱۷۴	۰/۱۲۶۲	۴

جدول ۶- نتایج عددی محاسبات سرریز اوجی

سرریز اوجی با شیب ۰/۰۸۷ و جریان آب خالص				
بدهی ورودی m³/hr	سرعت کانال m/s	ارتفاع آب سرریز m	عدد رینولدز Rr	عدد فرود Fr
۲	۰/۰۷۴۱	۰/۰۹۹	۶۹۷	۰/۰۷۴۸
۲/۵	۰/۰۸۹۳	۰/۱۰۳۶	۸۶۴	۰/۰۸۸۶
۳	۰/۱۰۲۲	۰/۱۰۸۶	۱۰۲۴	۰/۰۹۹
۳/۵	۰/۱۱۴۱	۰/۱۱۳۶	۱۱۸۰	۰/۱۰۸۱
۴	۰/۱۲۶۴	۰/۱۱۷۲	۱۳۳۷	۰/۱۱۷۹

سرریز اوجی با شیب ۰/۰۸۷ و جریان آب با ذرات معلق				
۲	۰/۰۷۱۸	۰/۱۰۳۲	۶۹۲	۰/۰۷۱۴
۲/۵	۰/۰۸۶۵	۰/۱۰۷۱	۸۵۶	۰/۰۸۴۴
۳	۰/۱۰۰۳	۰/۱۱۰۷	۱۰۱۸	۰/۰۹۹۳
۳/۵	۰/۱۱۳۴	۰/۱۱۴۳	۱۱۷۸	۰/۱۰۷
۴	۰/۱۲۶	۰/۱۱۷۷	۱۳۳۵	۰/۱۱۷۲

سرریز اوجی با شیب ۰/۰۷ و جریان آب خالص				
۲	۰/۰۷۴۳	۰/۰۹۹۷	۶۹۸	۰/۰۷۵۲
۲/۵	۰/۰۸۹۴	۰/۱۰۳۶	۸۶۴	۰/۰۸۸۷
۳	۰/۱۰۲۴	۰/۱۰۸۵	۱۰۲۴	۰/۰۹۹۲
۳/۵	۰/۱۱۴۲	۰/۱۱۳۵	۱۱۸۰	۰/۱۰۸۲
۴	۰/۱۲۶۶	۰/۱۱۷	۱۳۳۸	۰/۱۱۸۲

سرریز اوجی با شیب ۰/۰۷ و جریان آب با ذرات معلق				
۲	۰/۰۷۱۸	۰/۱۰۳	۶۹۲	۰/۰۷۱۵
۲/۵	۰/۰۸۶۶	۰/۱۰۷	۸۵۷	۰/۰۸۴۶
۳	۰/۱۰۰۴	۰/۱۱۱	۱۰۱۹	۰/۰۹۶۵
۳/۵	۰/۱۱۳۵	۰/۱۱۴	۱۱۷۸	۰/۱۰۷۲
۴	۰/۱۲۶۱	۰/۱۱۷۵	۱۳۳۶	۰/۱۱۷۴

جدول‌های (۲) تا (۶) آورده شده است. سپس با استفاده از اعداد به دست آمده، نمودارهایی بر اساس اختلاف ضریب تخلیه در دو حالت جریان آب خالص و جریان آب با رسوبات بر حسب بدهی جریان ورودی ارائه شده که در شکل‌های (۱۰) تا (۱۳) نشان داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده، با استفاده از رگرسیون با روش تقریب مربعات و نرم افزار Matlab برای هر مرحله از آزمایش در سرریزهای مستطیلی، مثلثی، اوجی و روگذر ضریبی محاسبه شد و در نتیجه روابط همبندی ۶ شده‌ای برای محاسبه‌ی ضریب تخلیه در حالت آب با رسوبات از روی ضریب تخلیه در حالت آب خالص به دست آمد.

برای محاسبه‌ی ضریب تخلیه‌ی سرریز مثلثی ۹۰° با شیب ۰/۵ و در حالت جریان آب با رسوبات با استفاده از ضریب تخلیه در حالت

آب خالص، رابطه‌ی زیر پیشنهاد می‌شود:

$$C_{ds} = 0.9961 C_d \quad (27)$$

که در آن C_{ds} ضریب تخلیه در حالت جریان آب با رسوبات و C_d ضریب تخلیه در حالت جریان آب خالص می‌باشد.

روابط به دست آمده برای سرریزهای مستطیلی، مثلثی ۶۰°، اوجی و روگذر نیز به صورت کلی زیر است:

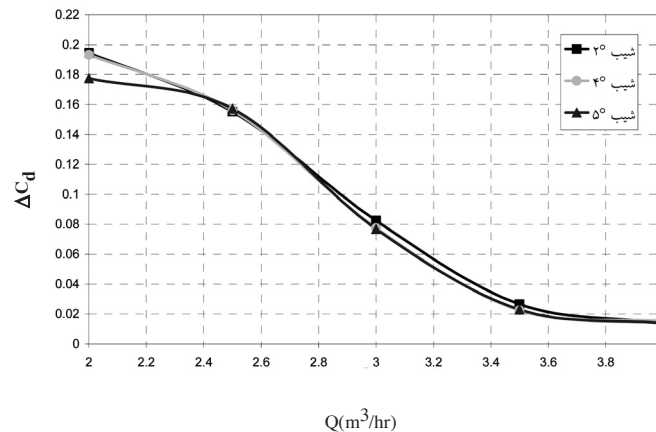
$$C_{ds} = \alpha \cdot C_d \quad (28)$$

که در آن ضریب α به صورت تابعی بر حسب درجه‌ی شیب برای سرریز مستطیلی، مثلثی ۶۰°، اوجی و روگذر از روابط زیر به دست می‌آید:

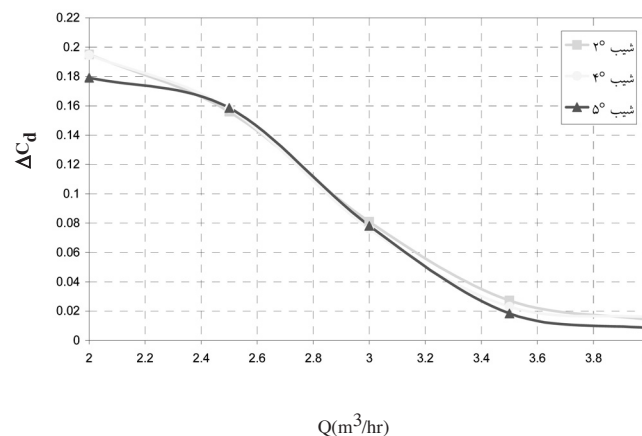
$$\alpha = 0.002\theta^2 - 0.007\theta + 0.96 \quad (29) \quad \text{سرریز مستطیلی}$$

$$R^2 = 0.9648$$

$$\alpha = 0.002\theta^2 - 0.009\theta + 0.96 \quad (30) \quad \text{سرریز مثلثی ۶۰°}$$



شکل ۱۲ - نمودار اختلاف ضریب تخلیه‌ی سرریز اوجی در دو حالت جریان آب خالص و جریان آب با رسوبات در کانال بر حسب بدهی جریان ورودی



شکل ۱۳ - نمودار اختلاف ضریب تخلیه‌ی سرریز روگذر در دو حالت جریان آب خالص و جریان آب با رسوبات در کانال بر حسب بدهی جریان ورودی

که با افزایش شیب، اختلاف ضرایب تخلیه در حالت های جریان آب خالص و با رسوبات، کم تر می شود. همچنین سرعت روی سرریز نیز پارامتری مهم است که دیده می شود در هنگامی که سرعت بر روی تاج سرریز زیاد است، همانند سرریز روگذر و اوجی، اختلاف میان دو ضریب تخلیه کوچک می باشد (به شکل های ۱۲ و ۱۳ رجوع شود). در نهایت، برای سرریز مستطیلی، مثلثی، اوجی و روگذر با استفاده از نتایج به دست آمده، روابط (۲۹) تا (۳۲) ارائه شده است که قابلیت محاسبه ی ضریب تخلیه در حالت جریان آب خالص رسوبات را با استفاده از ضریب تخلیه در حالت جریان آب خالص دارد. با دقت در روابط به دست آمده دیده می شود که این روابط بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و می توان نتیجه گرفت که ضریب در شیب های کم با تغذیه ی ثابت، مستقل از نوع سرریز است.

منابع

۱- شفاعی بجستان م. ۱۳۸۷. اصول نظری و عملی هیدرولیک انتقال رسوب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ص ۴۶۰-۴۸۰.

$$R^2 = 0.9181$$

$$\alpha = 0.0007\theta^2 - 0.0035\theta + 0.9 \quad \text{سرریز اوجی} \quad (31)$$

$$R^2 = 0.8002$$

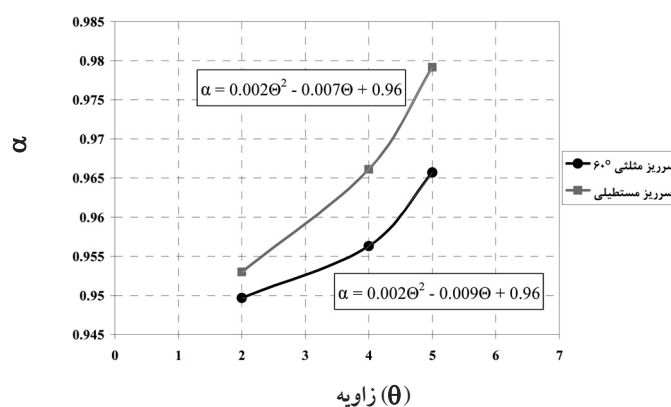
$$\alpha = 0.0016\theta^2 - 0.0095\theta + 0.9 \quad \text{سرریز روگذر} \quad (32)$$

$$R^2 = 0.6113$$

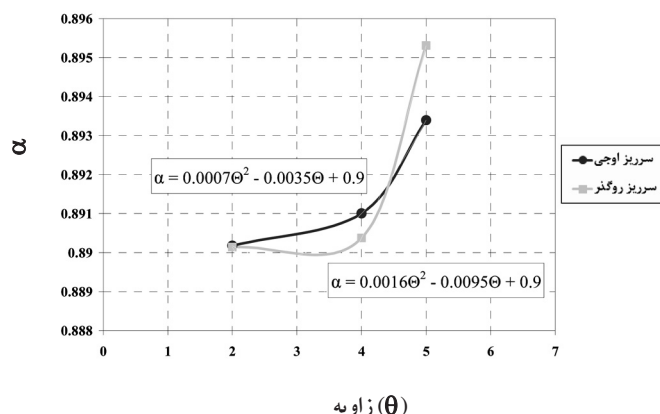
در شکل های (۱۴) و (۱۵)، نمودارهای ضریب بر حسب زاویه ی شیب بستر کانال نشان داده شده است.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده بیانگر آن است که رسوبات سبب کاهش ضریب تخلیه بین ۱ تا ۱۲ درصد می شوند که در بده های زیاد اختلاف بین ضرایب تخلیه در حالت جریان آب با رسوبات و جریان آب خالص، کم است و با توجه به در نظر گرفتن عدم قطعیت در اندازه گیری ها، حتی از این مقدار نیز می توان صرف نظر کرد، ولی در بده های کم، اثر رسوبات محسوس است و باید در نظر گرفته شود. همچنین شیب کانال نیز بر ضریب تخلیه تأثیر گذار است بدین ترتیب



شکل ۱۴ - نمودار ضریب α برای سرریزهای مستطیلی و مثلثی ۶۰°



شکل ۱۵ - نمودار ضریب α برای سرریزهای اوجی و روگذر

Chapter A14, United States Geological Survey.

9- Graf, W.H. and Song, T. 1997. Bed- Shear Stress in Non-Uniform and Unsteady Open-Channel Flows. *Journal of Hydraulic research*. 33(5) : 399-704.

10- Chanson, H. 2004. *Hydraulics of Open Channel Flow*, Second Edition, Elsevier Ltd., The University of Queensland, Australia, 650 pages.

11- Sarker, M. A. and Rhodes, D.G. 2003. Calculation of free-surface profile over a rectangular broad-crested weir, Elsevier.

12- Ackers, P., White, W.R., Perkins, J.A. and Harrison, A.J.M. 1970. *Weirs and flumes for flow measurement*, Chichester.

13- Herschy, R. 2000. General purpose flow measurement equations for flumes and thin plate weirs, Elsevier Ltd., UK, Volume 6, Issue 4, Pages 283-293.

14- Herschy, R.W. 1975. *Streamflow Measurement*, Elsevier Applied Science, London.

15- Shames, I.H. 1988 . *Mechanics of fluids*, 2nd edition, Mc Graw Hill Book Company Inc, p. 296-342.

16- Chow, V. T. 1959 . *Open Channel Hydraulics*, Mc Graw Hill Book Company Inc., New York, US, p. 245-274

2- Stewart, B.A. and Howell, T.A. 2003. *Encyclopedia of Water Science*, Marcel Dekker, P 120-122 & 307-309.

3- Clemmens, A. J., Wahl, T. L., Bos, M. G. and Roplogle, J. A. 2001. *Water measurement with flumes and weirs*, Rep. No. 57, International Institute for Land Reclamation and Improvement.

4- Coleman, N.L. 1976. Effects of suspended sediment on the open channel velocity distribution, *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 22, No. 10, p.1355-1374.

5- Catalog: Operation Manual. 1991. Model IFC5000, Inclined Flow Channel, Tokyo Meter Co., LTD, Japan.

6- Van, E.E., Hessel, R., Liu, B., Trouwborst, K. O., Stolte, J., Coen, J. and Blijenberg, H. 2003. Discharge and sediment measurements at the outlet of a watershed on the Loess plateau of China, *CATENA*, Volume 54, Issues 1-2, Pages 117-130.

7- Boiten, W. 2002. *Environmental Research Instruments*, Venturi gate, adjustable gate for discharge measurement and fish migration, Elsevier, Volume 13, Issues 5-6, Pages 203-207.

8- Kilpatrick, F.A. and Schneider, W.R. 1973. *Use of Flumes in Measuring Discharge*, Book 3,

Abstract**Experimental Research on the Effects of Sediments on Discharge Coefficient of Rectangular, V-notch, Ogee and Overflow Weirs**N. Dizadji¹ and A. M. Mahmoudkhani²

This research is about the effects of sediments on discharge coefficient of rectangular, v-notch, ogee and overflow weirs. Two open channels with 7m and 5m length for low and high flow rates are used in the experiment. Tests are done for 2°, 4° and 5° slope of 7m open channel and 0.5° slope of 5m open channel in two states, including water flow and water- sediment flow. Experiments were conducted with flow rates ranging from 8 lit/s/m to 14.7lit/s/m and 1.8 lit/s/m to 11.8 lit/s/m in the 7m and 5m open channels, respectively. Sediment particles are thrown into channel according to the flow rate. A calibrated pitot tube is used for velocity measurement and a point or hook gauge with 0.02m accuracy is used for depth measurement. Each test is done three or four times and data are recorded. It can be concluded that sediments decrease the discharge coefficient and this effect is obvious in lower flow rates and smaller slopes and this trend is independent of weir type. Also, according to the results and data, some equations are suggested by correlation method which enables calculation of discharge coefficient in water-sediment flow from discharge coefficient in water flow.

Keywords: *Discharge Coefficient, V- Notch Weir, Rectangular Weir, Ogee weir, Overflow Weir and Open Channel.*

1-Instructor, Dept. of Mechanical & Aerospace Eng. Islamic Azad University, Science & Research, Tehran,Iran, ndizadji@srbiau.ac.ir

2-BSc. Graduate in Mechanical Eng. , Dept. of Mechanical & Aerospace Eng., Islamic Azad University, Science & Research, Tehran, Iran, amirmasoud.mkhani@gmail.com