بررسی تاثیر ارتفاع و زاویه ی قرارگیری پره های هادی جریان بر ضریب دبی سرریز چند وجهی زیگزاگی ذوزنقه ای

محمود منتظمیان[۱]، ابراهیم نوحانی*[۲]، محمد حیدرنژاد[۳]

۱- گروه عمران – سازه های هیدرولیکی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

۲- گروه عمران، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دزفول، ایران،Nohani_e@yahoo.com

۳- گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۹

چکیده

سرریزهای زیگزاگی سازه های هیدرولیکی مهم جهت تنظیم سطح آب و کنترل جریان در کانال ها، رودخانه ها و مخازن سدها بشمار می آیند. سرریزهای زیگزاگی از طریق افزایش طول تاج سرریز در یک محدوده معین عرضی ظرفیت انتقال جریان بر روی سرریز را افزایش می دهند. هدف اصلی در تحقیق حاضر، بررسی تاثیر زاویه و ارتفاع مختلف پره های هادی جریان بر ضریب دبی سرریز زیگزاگی ذوزنقه ای است. به همین منظور پس از انجام آنالیز ابعادی به روش باکینگهام، رابطه ای بدست آمد که در آن ضریب دبی (C_d) تابع پارامترهایی همچون زاویه پره (θ)، ارتفاع پره (h_b) و نسبت بارهیدرولیکی به ارتفاع سرریز (H_0/P) شد. آزمایش های تحقیق حاضر بر روی یک فلوم به طول ۱۲ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۵۰ سانتی متر انجام شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که روند افزایش زاویه قرارگیری پره هادی به ازای یک ارتفاع ثابت و مشخص (۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ سانتی متر) موجب شد تا ضریب دبی به ازای تمامی نسبت های بارهیدرولیکی کاهش یابد دلیل این امر افزایش اغتشاش و تلاطم در خطوط جریان عبوری از روی سرریز و به تبع آن ایجاد اختلال در روند هواگیری به ازای نسبت های بارهیدرولیکی مختلف است، سرریزی که دارای بیشترین ضریب دبی است، سرریز با زاویه ۳۰ درجه پره بود. همچنین نتایج نشان داد که سیر صعودی ضریب دبی به ترتیب از سرریز شاهد تا سرریز با ارتفاع ۷/۵ و ۱۵ سانتی متر پره بوده است. به عبارت دیگر حد نهایی افزایش ضریب دبی به ازای تمامی نسبت های بارهیدرولیکی از سرریز شاهد شروع و به سرریز با ارتفاع ۱۵ سانتی متر پره خاتمه می یابد دلیل این نتایج نیز اغتشاش کمتر در خطوط جریان عبوری از روی سرریز، کاهش افت انرژی و بالابودن کیفیت هوادهی تیغه جریان ریزشی از روی سرریز می باشد.

واژه های کلیدی: ***پره هادی، زاویه پره، ضریب دبی، سرریز زیگزاگی، افت انرژی***

مقدمه

سرریزهای زیگزاگی سرریزهایی هستند که از لبه مستقیم و صاف برخوردار نبوده و در پلان حالت خطی شکسته دارند. عملکرد این سرریزها در سدها علاوه برافزایش دبی خروجی، ذخیره بیشتر آب با افزایش ارتفاع تاج سرریز می‌باشد. این نوع از سرریزها به‌عنوان سرریز اصلی باعث افزایش ضریب دبی می‌شوند. متغیرهایی چون ارتفاع تاج، زاویه، تعداد سیکل‌ها، ضخامت و شکل تاج در این نوع سرریزها مهم می‌باشند[۱]. به طور کلی از نظر هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی در بارهای هیدرولیکی پایین عملکرد مطلوبی دارند ولی با افزایش ظرفیت آب‌گذری، به دلیل تداخل تیغه‌های جریان در دماغه سرریز، بازدهی آن کاهش می‌یابد[۲]. ضریب دبی سرریزهای مورد مطالعه با استفاده از رابطه عمومی سرریزها رابطه (۱) پیروی می کند.

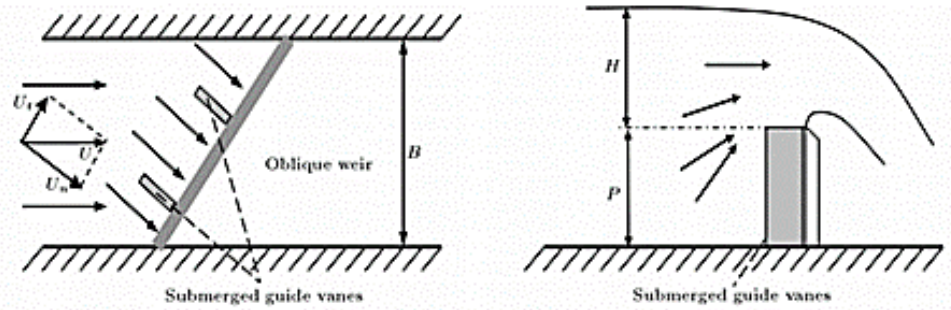
$$Q = C_d \frac{2}{3}\sqrt{2g}LH_0^{\frac{3}{2}} \qquad (۱)$$

که در آن Q دبی جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه، g شتاب ثقل زمین برابر با ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه، L طول موثر سرریز بر حسب متر، H_0 هد آبی کل روی سرریز بر حسب متر و C_d ضریب دبی جریان می باشند.

سابقه ساخت و استفاده از سرریزهای زیگزاگی به قبل از سال۱۹۲۰ برمی گردد. اولین تحقیقات بر روی سرریز زیگزاگی توسط کوزاک و سواب (۱۹۶۱) انجام گرفت آنها یازده سرریز زیگزاگی با پلان ذوزنقه‌ای متفاوت را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که حجم دبی عبوری از سرریز زیگزاگی به ازای یک هد مشخص در بالادست، به صورت قابل توجهی از سرریز خطی بیشتر است. همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که به ازای یک طول معادل، تعداد سیکل‌های کوچک نسبت به سیکل‌های بزرگ دارای کارایی بیشتری می‌باشد[۳]. تولیس و همکاران (۱۹۹۵) اعلام کردند که ظرفیت آب‌گذری یک سرریز زیگزاگی تابعی است از بار هیدرولیکی کل، طول مؤثر تاج و ضریب آب‌گذری، که ضریب آب‌گذری خود به بار هیدرولیکی کل، ارتفاع سرریز، ضخامت دیواره، شکل تاج، نوع، شکل رأس تاج و زاویه دیواره‌های سرریز وابسته است. آنان ضمن بررسی تأثیر این پارامترها بر عملکرد سرریزهای زیگزاگی، نمودارهای جدیدی ارائه نمودند. روش پیشنهادی توسط این محققین به علت صحت سنجی با داده‌های ۲۴ سد مختلف و حصول خطای کمتر از ۱۰ درصد در نتایج، روش معیار در زمینه طراحی سرریزهای زیگزاگی خطی محسوب می‌شود[۴]. دلگادو و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش آزمایشگاهی، ضریب آب‌گذری سرریزهای زیگزاگی ذوزنقه‌ای را به وسیله نصب سازه‌های هیدرودینامیکی در قسمت دماغه‌های بالادست سرریز، مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد سازه‌های مورد استفاده، به عنوان یک روش هیدرودینامیکی، بر روی ضریب و نیز میزان ظرفیت آب‌گذری سرریز، تأثیر مثبت داشته‌اند. لازم به ذکر است که در بین سازه‌های هیدرودینامیکی مورد مطالعه، طول سازه‌ای که برابر با ۱۸ سانتی متر بود، بیشترین راندمان هیدرولیکی را داشت[۵]. اژدری مقدم و جعفری ندوشن (۱۳۹۲) به بررسی مدل عددی سرریز زیگزاگی ذوزنقه‌ای با زوایا و طول‌های مختلف بدنه پرداخت، نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش زاویه دیواره سرریز در امتداد جریان (α)، ضریب آب‌گذری افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که این روند افزایش زاویه، کاهش پیدا می‌کند و همچنین با افزایش میزان ظرفیت آب‌گذری یا نسبت بدون بعد بار هیدرولیکی به ارتفاع سرریز (H_0/P)،

ضریب آب‌گذری برای همه زوایا (به دلیل افزایش تداخل لایه‌ها و استغراق) کاهش می‌یابد. همچنین افزایش طول دماغه به علت کاهش تداخل لایه‌های جریان سبب افزایش ضریب آب‌گذری شده که این افزایش در زوایای کوچک به علت کاهش چشمگیر تداخل لایه‌های ریزشی، قابل توجه است. برعکس زوایای بزرگ که در آنها افزایش طول دماغه تأثیر کمتری بر افزایش ضریب آب‌گذری جریان دارد [۶]. تشنیزی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی آزمایشگاهی تأثیر پره‌های هادی مستغرق در بالادست سرریز مثلثی بر روی ضریب دبی عبوری از سرریز پرداختند. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌ها می توان به تاثیر مثبت استفاده از پره‌های هادی در بالادست سرریز مثلثی پی برد. این پره‌ها به طور عمود بر وجه مایل سرریز قرار می گیرند و در دبی بالا باعث هدایت جریان در جهت عمود بر سرریز می شوند با این کار ضمن استفاده بیشتر از طول موثر سرریز، ضریب دبی جریان عبوری را افزایش می دهند [۷]. کبیری سامانی (۲۰۱۰) تأثیر استفاده از پره‌های هادی مستغرق را بر روی سرریزهای مایل مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که بکارگیری پره‌های هادی مستغرق در حالت عمود بر سرریز، می‌تواند ضریب دبی را به میزان ۳۳ درصد

افزایش دهد. شکل(۱) کاربرد پره‌های هادی مستغرق را در بالادست سرریز مایل در این مطالعه نشان می‌دهد [۸].



شکل ۱- شکل شماتیک پره‌های هادی مستغرق در بالادست سرریز مایل (کبیری سامانی، ۲۰۱۰)

در تحقیق حاضر عملکرد هیدرولیکی سرریز زیگزاگی ذوزنقه ای با توجه با استفاده از پره های‌هادی جریان در درون سیکل ورودی آن، با سه ارتفاع و سه زاویه مختلف مورد بررسی قرار گرفت که مشخصات آزمایش‌ها در جدول ۱ به صورت خلاصه بیان شده است.

جدول ۱- مشخصات و خصوصیات آزمایشهای استفاده شده در تحقیق حاضر

عنوان	هدف	خصوصیات آزمایش‌ها
گروه ۱	تاثیر ارتفاع پره‌های هادی	پره‌های هادی جریان در سرریز چندوجهی ذوزنقه ای با ۳ ارتفاع ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ با ۳ زاویه ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه نسبت به دیواره قرار دارند.
گروه ۲	تاثیر زاویه قرارگیری پره‌های هادی	پره‌های هادی جریان در سرریز چندوجهی ذوزنقه ای با ۳ زاویه ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه نسبت به دیواره قرار دارند.

مواد و روش‌ها

آنچه که در بررسی‌های آزمایشگاهی باید مد نظر قرار گیرد این است که نتایج حاصل از آزمایش‌ها را بتوان به شرایط واقعی و طبیعی تعمیم داد و بدون در نظر گرفتن ابعاد، در شرایط واقعی و مشابه استفاده نمود. آنالیز ابعادی در واقع رابطه ای بین مدل آزمایشگاهی و نمونه واقعی موجود در طبیعت می باشد. در تحقیق حاضر اولین گام باید متغیرهای مؤثر بر میزان آب‌گذری سرریزهای چندوجهی ذوزنقه‌ای مشخص شود و سپس با استفاده از تئوری π باکینگهام، پارامترهای بدون بعد تعیین گردد. پس از تعیین پارامترهای بدون بعد، می‌توان نحوه اثرگذاری آن‌ها بر میزان آب‌گذری سرریزها را مورد بررسی قرارداد وبه نتایج منطقی مناسبی بین آن‌ها دست یافت. به طور کلی کمیت‌های موثر در ضریب آب‌گذری سرریزهای چندوجهی ذوزنقه ای را می توان به شکل رابطه ۲ ارائه نمود.

$$f\,(W_c, H_c, L_c, S_c, A_c, n_c, D, P, L_l, w, W_t, n_l, T, \alpha, S_e, b, N, \theta, h_b, W_b, T_b, Q, V_m, y_m, g, H_0, \mu, \rho, \sigma, \nu) = 0 \quad (۲)$$

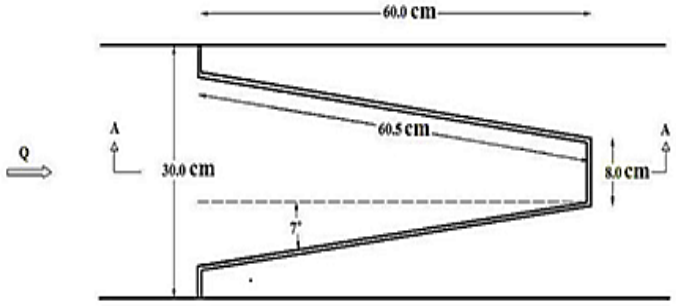
پس از معرفی کمیت‌های موثر، متغیرهای تکراری را تعیین نموده و درنهایت با استفاده از آنالیز ابعادی به روش π باکینگهام، رابطه ساده شده زیر برای ضریب

آب‌گذری سرریز چندوجهی ذوزنقه‌ای تحقیق حاضر به‌صورت رابطه ۳ بیان می‌گردد.

$$C_d = f\ (H_0/P,\ h_b) \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، (C_d) معرف ضریب آب‌گذری سرریز، (H_0/P) معرف نسبت بار هیدرولیکی به ارتفاع سرریز و (h_b) معرف ارتفاع پره‌های هادی در سرریز زیگزاگی ذوزنقه‌ای می‌باشد. در این تحقیق تأثیر پارامترهای رابطه (۳) بر عملکرد هیدرولیکی سرریزهای چندوجهی ذوزنقه‌ای با حضور پره‌های هادی جریان در درون سیکل ورودی سرریز مورد بررسی قرار گرفت و با سرریز چندوجهی ذورنقه ای ساده (شاهد) مقایسه گردید.

آزمایش‌ها در یک فلوم آزمایشگاهی به طول ۱۲، عرض ۰/۳ و ارتفاع ۰/۵ متر انجام گردید. مدل مورد نظر را در فاصله ۶ متری از ابتدای کانال نصب شد. علت انتخاب این فاصله توسعه یافتگی کامل جریان در این فاصله از ابتدای کانال می باشد. مدل مورد نظر یک سرریز چندوجهی ذوزنقه ای شکل می باشد که از جنس پلاکسی گلاس و با ضخامت ۵ میلی متر ساخته شده است. عرض سرریز با توجه به عرض کانال ۳۰ سانتی متر می باشد و با توجه به توصیه لاکس (۱۹۸۵) نسبت ظاهری عمودی w/P (w عرض کانال و P ارتفاع سرریز) را عددی بین ۲ و ۲/۵ پیشنهاد داد که در این آزمایش عدد ۲ مورد استفاده قرار گرفت. لذا با توجه به این موضوع ارتفاع سرریز برابر ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. ابعاد کامل سرریز استفاده شده در این تحقیق در شکل ۲ قابل مشاهده می باشد. پره‌های هادی جریان از جنس پلاکسی گلاس با ضخامت ۵ میلی متر، عرض ۱ سانتی متر و در ۳ ارتفاع ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ سانتی متر در نظر گرفته شده است.



شکل ۲-ابعاد سرریز چندوجهی مورد استفاده در این تحقیق

عرض پره‌های هادی به صورت ضریبی از طول یک وجه سرریز (۲/۵ درصد از طول) که برابر ۱ سانتی متر می باشد انتخاب گردید. با توجه به ثابت بودن ارتفاع سرریز و بی تاثیر بودن این پارامتر بر ضریب دبی عبوری از سرریز، ارتفاع پره‌ها ی هادی برابر با ضریبی از ارتفاع سرریز (۰/۵، ۱ و ۱/۵ برابر از ارتفاع سرریز) که برابر ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ سانتی متر می باشد انتخاب گردید که این پره‌ها با زاوایای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه بر وجه مایل سرریز چندوجهی ذوزنقه ای قرار می گیرند. نمونه ای از سرریز چندوجهی ذوزنقه ای همراه با پره‌های هادی جریان در شکل ۳ قابل مشاهده می باشد.

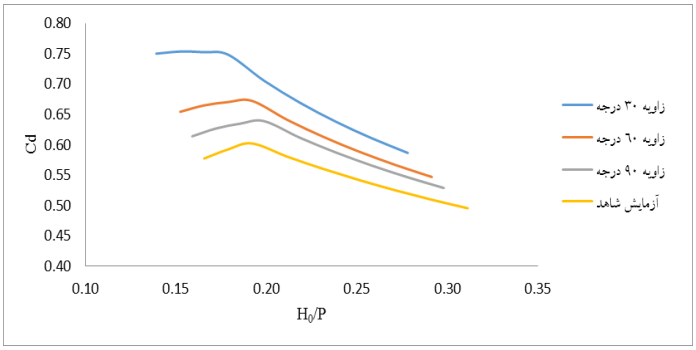
شکل ۳- نمونه ای از سرریز با پره های هادی جریان

با توجه به توضیحات بالا آزمایش‌ها یک بار بر روی سرریز چندوجهی ذوزنقه ای ساده انجام گردید و پس از آن آزمایش‌ها با حضور پره‌های هادی جریان که ارتفاع پره‌ها برابر ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ سانتی متر می باشد صورت گرفت با اعمال ۹ دبی مختلف برداشت گردید. نحوه انتخاب دبی‌ها در این تحقیق به این صورت می باشد که حداقل دبی باید طوری انتخاب گردد که شرایط حداقل ۲ سانتی متر هد آبی بر روی تاج سرریز برقرار باشد که بتوان از اثر لزوجت و کشش سطحی بر جریان صرف نظر نمود. لازم به ذکر است منظور از هد آب، تفاضل عمق آب و ارتفاع سرریز می باشد. با توجه به توضیحات یاد شده مقدار دبی‌ها ۹/۱۷ الی ۲۰/۲۸ لیتر بر ثانیه در فلوم برقرار گردید. دبی جریان با استفاده از یک دستگاه دبی سنج دیجیتال جهت اندازی گیری مقدار آب‌گذری بدست آورده شد (دقت این دستگاه ۰/۵ درصد می باشد). جهت اندازه گیری عمق و ارتفاع سطح آب، از عمق یاب مکانیکی از نوع نقطه ای با دقت اندازه گیری ۰/۱± میلیمتر استفاده شده است. وسیله عمق یاب بر روی یک سیستم متحرک نصب گردیده که بر روی فلوم قرار می گیرد که نیز قابلیت حرکت طولی و عرضی عمق یاب را جهت برداشت پروفیل طولی و عرضی سطح آب، در محدوده تاثیر هیدرولیکی سرریز فراهم می نماید. جهت کالیبره بودن عمق سنج و قرائت صحیح بار هیدرولیکی، در ابتدای هر برداشت آن را نسبت به کف کانال صفر می نماییم. لازم به ذکر است که هنگام قرائت بار هیدرولیکی باید دقت شود که عمق سنج در مرکز کانال قرار داشته باشد که این امر به وسیله خط کشی که بر روی عمق سنج به صورت افقی قرار دارد انجام می گردد.

نتیجه گیری

تحلیل آزمایش‌های گروه ۱

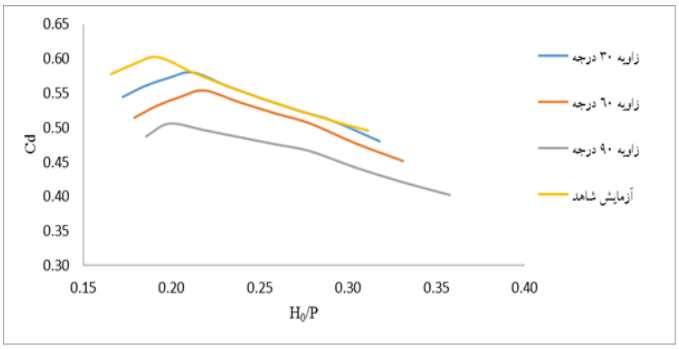
باتوجه به نمودار ۱ مشاهده می شود که با افزایش نسبت بارهیدرولیکی، ضریب دبی سیر کاهشی به خود می گیرد همچنین می توان بیان داشت که با افزایش زاویه پره، ضریب دبی به ازای نسبت‌های بارهیدرولیکی مختلف سیر کاهشی به خود می گیرد که در این نمودار سرریزی که بدون وجود پره است (آزمایش شاهد) بالاترین ضریب دبی را به ازای نسبت‌های بارهیدرولیکی مختلف داشته است. سرریز با زاویه پره ۹۰ درجه نسبت به سایر سرریزها در نسبت بارهیدرولیکی کمتری به حداکثر ضریب دبی می رسد و به تبع آن با افزایش نسبت بارهیدرولیکی، ضریب دبی آن با شیب بیشتری سیر کاهشی را طی می کند که دلیل آن ایجاد اغتشاش و تلاطم بیشتر در خطوط جریان عبوری از روی سرریز نسبت به سایر سرریزها است. ضریب دبی سرریز شاهد در نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲ نسبت به سرریزهای با زاویه پره ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه به ترتیب به میزان ۳/۵، ۱۱/۱۱ و ۱۷/۶ درصد افزایش داشته است.



نمودار ۱- ضریب دبی سرریز در مقابل نسبت بار هیدرولیکی و ارتفاع ۱۵ سانتی متر پره

تحلیل آزمایش‌های گروه ۲

در نمودار ۲ مشاهده می شود که به ازای افزایش نسبت بارهیدرولیکی، ضریب دبی کاهش می یابد. همچنین مشاهده می شود که با افزایش زاویه پره، ضریب دبی سیر کاهشی به خود می گیرد. عملکرد هیدرولیکی سرریزها در این ارتفاع مشخص از پره (۱۵ سانتی متر) به خوبی محسوس است از این لحاظ که نمودارها با فاصله مناسبی از یکدیگر سیر افزایش و یا کاهش ضریب دبی را طی می کنند. در این نمودار مشاهده می شود که ارتفاع پره ۱۵ سانتی متر با زوایای مورد تحقیق به خوبی توانسته است که ضریب دبی بیشتری را نسبت به عدم وجود پره در سرریز (آزمایش شاهد) داشته باشد. ضریب دبی سرریز شاهد در نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲ نسبت به سرریزهای با زاویه پره ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه به ترتیب به میزان ۱۴/۳، ۹ و ۶/۳ درصد کاهش داشته است.

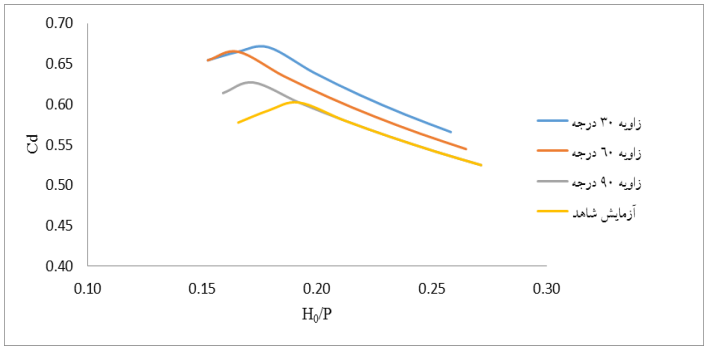


نمودار ۲- ضریب دبی سرریز در مقابل نسبت بار هیدرولیکی و ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر پره

تحلیل آزمایش‌های گروه ۳

در نمودار ۳ مشاهده شد که افزایش زاویه پره موجب کاهش ضریب دبی به ازای افزایش نسبت بارهیدرولیکی شده است. همچنین مشاهده شد که افزایش نسبت بارهیدرولیکی موجب کاهش ضریب دبی شده است. عملکرد هیدرولیکی سرریزها در این ارتفاع مشخص از پره (۷/۵ سانتی متر) باتوجه به وجود زوایای مختلف پره‌ها در آن تقریبا یکسان است ولی آنچه که مسلم است حاکی از آن است که وجود پره آن هم با زوایای مورد نظر (۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه) بر روی این سرریز تاثیر مثبتی بر روی ضریب دبی نسبت به عدم وجود پره داشته است. ارتفاع ۷/۵ سانتی متر و زاویه ۹۰ درجه پره عملکرد هیدرولیکی محسوسی نسبت به سرریز با عدم وجود پره ندارد و تفاوت فقط در نسبت بارهیدرولیکی خیلی پایین محسوس است. ضریب دبی سرریز شاهد در نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲

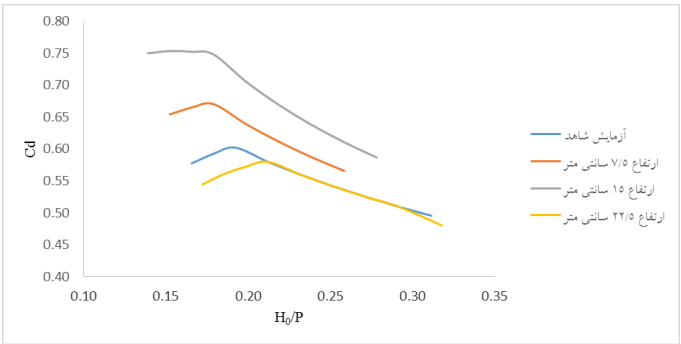
نسبت به سرریزهای با زاویه پره ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه به ترتیب به میزان ۶/۳، ۳/۳ درصد کاهش داشته و در مورد زاویه آخر نیز بدون اختلاف بوده است.



نمودار ۳- ضریب دبی سرریز در مقابل نسبت بار هیدرولیکی و ارتفاع ۷/۵ سانتی متر پره

تحلیل آزمایش‌های گروه ٤

درنمودار ۴ مشاهده شد که با افزایش نسبت بارهیدرولیکی، ضریب دبی بتدریج کاهش می یابد. همچنین با افزایش ارتفاع پره تا حد مشخصی (شاهد، ۷/۵ و ۱۵ سانتی متر) مشاهده شد که ضریب دبی به ازای نسبت‌های بارهیدرولیکی مختلف افزایش می یابد. اما در مورد سرریز با ارتفاع پره ۲۲/۵ سانتی متر باید بیان داشت که تاثیر منفی بر ضریب دبی داشته است و دلیل آن از بین رفتن هوا از زیر تیغه جریان ریزشی از سرریز است. ضمناً عملکرد هیدرولیکی یکسان سرریز با ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر و شاهد از نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲۱ به بعد بوضوح قابل مشاهده است و این به معنی عدم تاثیر مثبت ارتفاع پره ۲۲/۵ سانتی متر در سرریز نسبت به نوع شاهد آن است. ضریب دبی سرریز با ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر پره در نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲ نسبت به سرریزهای با ارتفاع ۷/۵ و ۱۵ سانتی متر پره و شاهد به ترتیب به میزان ۹/۴، ۱۷/۲ و ۳/۳ درصد کاهش داشته است.

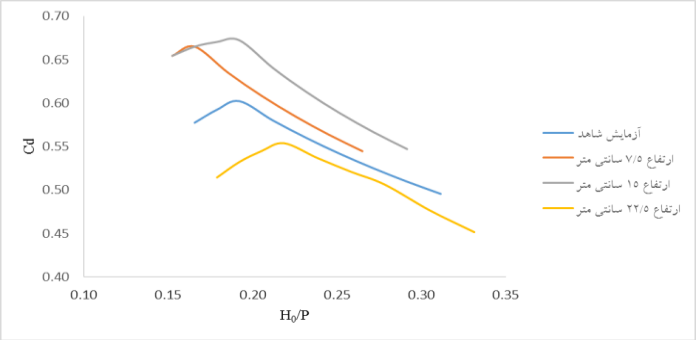


نمودار ٤-ضریب دبی سرریز در مقابل نسبت بار هیدرولیکی و زاویه ۳۰ درجه پره

تحلیل آزمایش‌های گروه ٥

در نمودار ۵ مشاهده شد که افزایش نسبت بارهیدرولیکی موجب کاهش ضریب دبی شده و این روند در تمامی سرریزها به خوبی مشهود است. همچنین با افزایش ارتفاع پره تا حد مشخصی، مشاهده شد که ضریب دبی به ازای تمامی نسبت‌های بارهیدرولیکی افزایش می یابد ولی افزایش ارتفاع از حد مشخصی به بعد (۱۵ سانتی متر) موجب کاهش

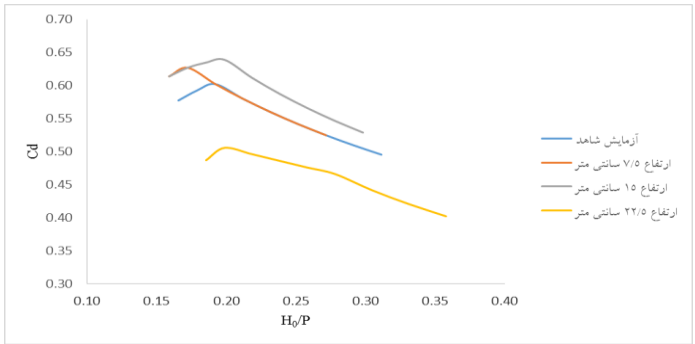
محسوس ضریب دبی به ازای تمامی نسبت‌های بار هیدرولیکی شده است. دلیل این امر افزایش اغتشاش و از بین رفتن لایه هوادهی شده تیغه ریزشی جریان است. ضریب دبی سرریز با ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر در نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲ نسبت به سرریزهای با ارتفاع ۷/۵، ۱۵ سانتی متر و شاهد به ترتیب به میزان ۱۱/۵، ۱۸/۲ و ۸/۵ درصد کاهش داشته است.



نمودار ۵- ضریب دبی سرریز در مقابل نسبت بار هیدرولیکی و زاویه ۶۰ درجه پره

تحلیل آزمایش‌های گروه ٦

بررسی نمودار ۶ نشان داد که با افزایش نسبت بارهیدرولیکی، ضریب دبی بتدریج و با شیب ملایم سیر کاهشی به خود می گیرد. همچنین با افزایش ارتفاع پره تا حد مشخصی (شاهد، ۷/۵ و ۱۵ سانتی متر) مشاهده شد که ضریب دبی به ازای تمامی نسبت‌های بارهیدرولیکی افزایش می یابد و با یکدیگر نسبت مستقیم دارند ولی با افزایش ارتفاع پره از حد مشخصی به بعد (۱۵ سانتی متر)، ضریب دبی آن به ازای تمامی نسبت‌های بارهیدرولیکی و نیز نسبت به سایر سرریزها سیر کاهشی قابل ملاحظه ای به خود می گیرد. ضریب دبی سرریز با ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر در نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲ نسبت به سرریزهای با ارتفاع ۷/۵ ، ۱۵ سانتی متر و شاهد به ترتیب به میزان ۱۳/۵ ، ۲۰/۳ و ۱۳/۵ درصد کاهش داشته است.



نمودار ٦- ضریب دبی سرریز در مقابل نسبت بار هیدرولیکی و زاویه ۹۰ درجه پره

درتحقیق حاضر عملکرد هیدرولیکی سرریز زیگزاگی ذوزنقه ای با توجه با استفاده از پره‌های‌هادی جریان در درون سیکل ورودی آن، با سه ارتفاع و سه زاویه مختلف مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به تحلیل نمودارها می توان نتیجه گرفت که در مورد نمودارهای ۱ تا ۳ باید بیان نمود که در تمامی آنها بطور متوسط از نسبت بارهیدرولیکی ۰/۱۴ تا ۰/۲، ضریب دبی سیر افزایشی داشته است و در این حالت

سرریز در حین گذر از مرحله چسبندگی است و در نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲، ضریب دبی سرریز به حداکثر مقدار رسید، در واقع سرریز به مرحله هوادهی کامل رسیده است و جت ریزشی جریان از روی سرریز حالت پرتابی دارد که از نظر کیفیت آب نیز حائز اهمیت است. از نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲ به بعد، جریان عبوری از روی سرریز مراحل هوادهی جزئی و خفگی را طی می کند که در این حالت نیز تاج سرریز به خصوص دماغه سرریز دچار استغراق موضعی شد که این حالت موجب کاهش چشم گیر ضریب دبی سرریز شده است. روند افزایش زاویه پره به ازای یک ارتفاع ثابت و مشخص (۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ سانتی متر) موجب شد تا ضریب دبی به ازای تمامی نسبت‌های بارهیدرولیکی کاهش یابد دلیل این امر افزایش اغتشاش و تلاطم در خطوط جریان عبوری از روی سرریز و به تبع آن ایجاد اختلال در روند هواگیری به ازای نسبت‌های بارهیدرولیکی مختلف است. زاویه ۹۰ درجه پره در درون سیکل سرریز ذوزنقه ای همانند یک مانع عمل می کند و زمانی که جریان به آن برخورد کند موجب ایجاد پدیده جداشدگی در لبه آن می شود که در روند عبور خطوط جریان از روی سرریز اختلال ایجاد می کند. البته این اختلال در پره‌های با زاویه ۳۰ و ۶۰ درجه کمتر است چرا که آنها به نوعی در درون سیکل سرریز مستغرق هستند و همانند یک زائده عمل می کنند که البته تاثیر مثبت آنها در نمودارهای ۴-۱ تا ۴-۳ به خوبی مشاهده شد. بطور خلاصه و با توجه به نمودارهای ۱ تا ۳ می توان بیان نمود که زوایای مختلف پره برای ارتفاع‌هایی از پره که مساوی و یا کمتر از تاج سرریز (۷/۵ و ۱۵ سانتی متر) هستند تاثیر مثبتی در افزایش ضریب دبی داشته است، حال آنکه این امر در مورد زوایای مختلف پره برای ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر پره صادق نیست و موجب کاهش ضریب دبی شده است که همانگونه که پیش تر هم بیان شده دلیل آنرا می توان در ایجاد افت انرژی بیشتر نسبت به حالت دیگر پره‌ها جستجو کرد.

با توجه به نتایج حاصل از نمودارهای ۴ تا ۶ در تحقیق حاضر می توان بیان داشت تمامی سرریزها شرایط هیدرولیکی چهارگانه را طی کردند به عبارت دیگر سرریزها بطور متوسط از نسبت بارهیدرولیکی ۰/۱۴ تا ۰/۲ در مرحله چسبندگی، در نسبت بارهیدرولیکی ۰/۲ در مرحله هوادهی و از ۰/۲ به بعد در مرحله هوادهی جزئی و خفگی قرار گرفتند. در تمامی سرریزها مشاهده شد که سرریز با ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر پره به ازای تمامی زوایای پره کمترین ضریب دبی را دارد و سیر صعودی ضریب دبی به ترتیب از سرریز شاهد تا سرریز با ارتفاع ۷/۵ و ۱۵ سانتی متر پره بوده است. به عبارت دیگر حد نهایی افزایش ضریب دبی به ازای تمامی نسبت‌های بارهیدرولیکی از سرریز شاهد شروع و به سرریز با ارتفاع ۱۵ سانتی متر پره خاتمه می یابد. در نمودار ۴-۴ مشاهد شد که سرریز شاهد عملکرد هیدرولیکی یکسانی با سرریز دارای ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر پره دارد. از سوی دیگر در نمودار ۴-۶ مشاهده شد که سرریز شاهد عملکرد هیدرولیکی یکسانی با سرریز دارای ارتفاع ۷/۵ سانتی متر پره دارد.

در جمع بندی بخش‌های ۵-۲ و ۵-۳ اینگونه استنباط شد که با توجه به نتایج بدست آمده از نمودارهای ۱ تا ۳، افزایش زاویه پره به ازای ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر پره موجب کاهش ضریب دبی به ازای نسبت‌های بارهیدرولیکی مختلف نسبت به حالت عدم وجود پره (آزمایش شاهد) شده است و تاثیر مثبتی در عملکرد هیدرولیکی سرریز ندارد. به عبارت دیگر افزایش زاویه پره تا زمانی در افزایش ضریب دبی تاثیر گذار است که ارتفاع پره مساوی و یا کمتر از تاج سرریز باشد (نمودارهای ۲ و ۳)، در غیر اینصورت موجب می شود ضریب دبی حتی از حالت عدم وجود پره نیز کمتر شود (نمودار ۱) و یا به بیان دیگر وجود پره در این حالت و با زوایای مختلف تاثیر منفی داشته است.

از نمودارهای ۴ تا ۶ می توان دریافت که افزایش ارتفاع پره تا محدوده معین (از شاهد تا ۱۵ سانتی متر)

به ازای افزایش زاویه پره در تمامی نمودارها موجب کاهش ضریب دبی به ازای نسبت‌های بارهیدرولیکی شده است. در حالی که سرریز دارای ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر پره به ازای افزایش زاویه پره دارای کمترین ضریب دبی در مقایسه با سایر سرریزها است که دلیل آن ایجاد افت انرژی، اختلال در تیغه ریزشی جریان و هوادهی آن با توجه به افزایش نسبت بار هیدرولیکی بود. به عبارت دیگر ارتفاع ۲۲/۵ سانتی متر پره بدلیل شرایط هیدرولیکی خاصی که بوجود می آورد و نیز بالاتر بودن تراز ارتفاعی آن نسبت به تاج سرریز، نسبت به یک زاویه ثابت دارای کمترین ضریب دبی است.

منابع

۱- نظامی، ف.، (۱۳۸۹)، "بررسی آزمایشگاهی مشخصه‌های هیدرولیکی سرریزهای جانبی کنگره ای ذوزنقه ای،" پایان نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- جباری، احسان و حامد طیبی، (۱۳۹۴)، "بررسی افت انرژی در سرریزهای کنگره ای با استفاده از نرم افزار FLOW3D،" کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب، تهران، شرکت همایش فرازان کاراهیوا.

3- Crookston, B.M. (2010), "Labyrinth weirs," Ph.D. thesis, Utah State Univ, Logan, UT.

4- Tullis, J. P. N. Amanian and D. Waldron. (1995), "Design of labyrinth spillways," ASCE, J. Hyd. Eng. 121(3): 247-255.

5- Delgado F, G.A. Paulina, M.A. and F.J.Camino S. (2015), "Discharge Coefficients Spillways Labyrinth,"36th IAHR World Congress. Hague, the upstream side. Proceedings Implementing Hydrodynamic Devices in Netherlands. pp. 1-7.

۶- اژدری مقدم، م. و ا. جعفری ندوشن، (۱۳۹۲)، "طراحی هیدرولیکی سرریزهای کنگره ای ذوزنقه ای با استفاده از هیدرودینامیک محاسباتی،" مجله علمی– پژوهشی عمران مدرس، دوره سیزدهم، شماره ۲، صص. ۱۲۳–۱۲۳، دانشگاه تربیت مدرس.

۷- حسینی تشنیزی، ز.، حیدرپور، م. و س. اسلامیان، (۱۳۹۲)، "مطالعه آزمایشگاهی تعیین اثر پره‌های هادی جریان بر ضریب دبی سرریز چندوجهی مثلثی،" دوازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران.

8- Kabiri Samani, A. R. (2010), "Analytical Approach for Flow Over an Oblique Weir," J.Civil Engineering, Vol.17, No.2, PP. 107-117.