مطالعه آزمایشگاهی تاثیر تعداد و زاویه گرداب شکن بر آستانه استغراق در سرریز نیلوفری مربعی و دایره ای

سید رضا موسوی[۱]، عادل براتی[۲]، امیر عباس کمان بدست [۳]

۱- کارشناسی ارشد رشته سازه های آبی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.

۲- کارشناسی ارشد رشته سازه های آبی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، baratikhz@gmail.com

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ka_57amir@yahoo.com

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۱/۰۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۳/۳۰

چکیده

سرریز نیلوفری یکی از انواع سرریزها است که در مواقعی که امکان استفاده از سایر سریزها فراهم نباشد از آن استفاده می شود. با شروع استغراق و ایجاد افت جریان و نیز شدت یافتن جریان های چرخشی، کارایی سرریز به شدت افت کرده و ارتفاع آب مخزن افزایش می یابد و باعث افزایش احتمال آسیب دیدن سد بر اثر عدم توانایی تخلیه جریان های بزرگ می شود. افزایش آستانه ی استغراق سرریز، امکان عبور جریان های بزرگ تر ،بدون استغراق و بروز پیامدهای منفی آن را فراهم می کند. به منظور بررسی تاثیر گرداب شکن در افزایش آستانه ی استغراق، تعداد ۱۹۹ آزمایش بوسیله مدل فیزیکی روی سرریزهایی بامقطع مربعی و دایره ای در حالتهای مختلف تعداد و زاویه گرداب شکن انجام شد. نتایج نشان داد در سرریز مربعی با افزایش تعداد (بهترین حالت ۸ تیغه)، یا کاهش زاویه تیغه ها (بهترین حالت۳۰ درجه) آستانه استغراق افزایش می یابد. در سرریز دایره ای با افزایش تعداد (بهترین حالت ۸ تیغه)، یا افزایش زاویه تیغه ها (بهترین حالت۹۰ درجه) آستانه استغراق افزایش می یابد. در همه ی حالتهای تعداد و زاویه تیغه ها، میزان افزایش آستانه استغراق در سرریز دایره ای بیشتر از مربعی است ولی مقادیر آستانه ی استغراق در سرریز مربعی در همه حالتها بیشتر می باشد. .همچنین در هر دو سرریز زاویه تیغه ها بیشتر از تعداد آنها بر آستانه استغراقت اثیر می گذارد.

واژه‌های کلیدی : ***سرریز نیلوفری، آستانه ی استغراق، گرداب شکن، مقطع مربعی، زاویه***

مقدمه

یکی از انواع سرریزهای مورد استفاده در سدها، سرریز نیلوفری می باشد . این سرریز در حالت معمول، از یک تاج بتنی دایره ای ساخته شده که جریان رابه یک مجرا وصل می کند. این نوع سرریز زمانی بیشتر مورد توجه قرار می گیرد که ساخت سایر سرریزها محدودیت داشته باشد . دبی عبوی از سرریز با رابطه ی کلی زیر محاسبه می شود:

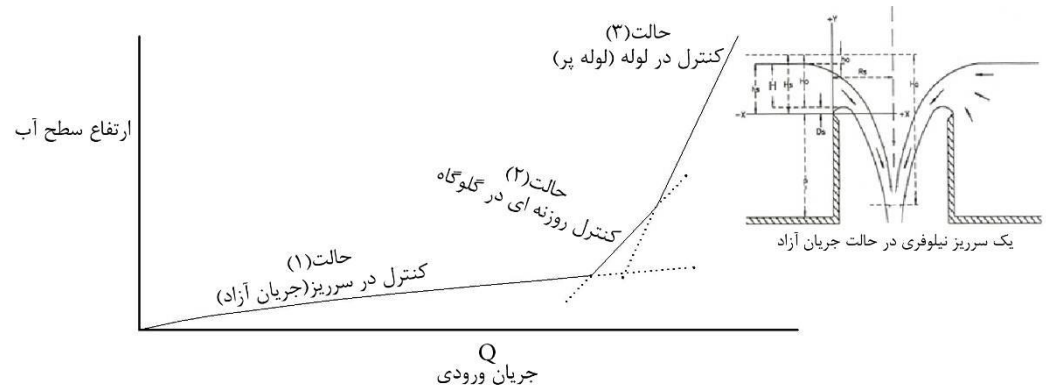
$$Q = C_d L H^{\frac{3}{2}} \qquad (۱)$$

در این رابطه ، Q دبی عبوری از سرریز ، C_d ضریب دبی سرریز (ضریب تخلیه) ،L طول موثر سرریز و H ارتفاع آب روی سرریز می باشد .

برای سرریز های دایره ای L طول محیط دایره در شروع منحنی اوجی می باشد. البته طول محیط دایره ای که از روی تاج سرریز عبور می کند می تواند در نظر گرفته شود ، که در این صورت مقدار ضریب سرریز C_d تغییر خواهد کرد . طول تاج را می توان برابر با πD منهای طول قسمت اشغال شده توسط جداکننده ها

(تیغه های گرداب شکن) در صورتی که وجود داشته باشند در نظر گرفت.

جریان در سرریز های نیلوفری به سه حالت کنترل در تاج سرریز یا حالت جریان آزاد ، کنترل روزنه ای در گلوگاه و کنترل در لوله (لوله پر) تقسیم می شود . رابطه ی ذکر شده برای محاسبه ی دبی عبوری از سرریز [رابطه ی ۱] مربوط به حالت جریان آزاد می باشد . با شروع استغراق سرریز و تغییرحالت جریان از آزاد به کنترل روزنه ای در گلوگاه ، کارایی سرریز به شدت افت می کند و ارتفاع آب در مخزن نسبت به افزایش دبی خیلی بیشتر افزایش پیدا می کند . که این نشانگر افت شدید ضریب دبی سرریز (C_d) در این حالت است (شکل۱). این امر باعث افزایش ریسک و احتمال آسیب دیدن سد بر اثر عدم توانایی سرریز در تخلیه جریان های ورودی بزرگ می شود.



شکل ۱- نمودار دبی اشل در یک سرریز نیلوفری برای حالتهای مختلف جریان

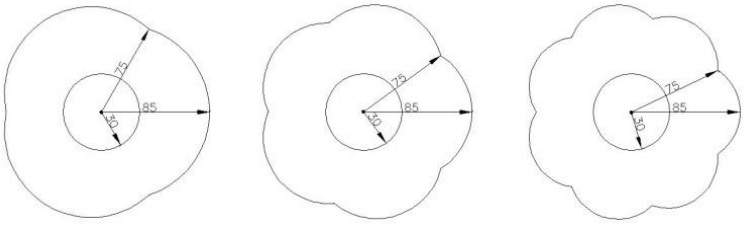
طراحی سریز نیلوفری نباید بر اساس شرایط پر انجام شود. با توجه به افت شدید کارایی سرریز در حالت استغراق، با افزایشآستانه ی استغراق، یعنی حداکثر جریانی که سرریز می تواند بدون اینکه مستغرق شود از خود عبور بدهد، می توان کارایی سرریز را بالا برد. همچنین خطرات احتمالی ناشی از جریان های خارج از ظرفیت تخلیه سرریز نیز کاهش می یابد. از دیگر مشکلاتی که معمولاً در مورد جریان در سرریزهای نیلوفری پیش می آید، ایجاد گردابه ها و جریان چرخشی می باشد که با شروع حالت استغراق شدت می شوند. در حالت ایجاد جریان چرخشی ، جریان آب مسیر بیشتری را نسبت به حالتی که جریان آب بصورت قائم به خروجی سرریز می رسد طی می کند که این موجب افزایش افت انرژی آب شده و این اتلاف انرژی موجب کاهش ضریب دبی سرریز می شود . به منظور رفع این مشکلات از تیغه های گرداب شکن (تیغه های هدایت کننده ی جریان) استفاده می گردد. تیغه های گرداب شکن از طرفی با اصلاح الگوی جریان باعث کاهش جریان چرخشی و گردابه ها می شوند و از طرف دیگر در صورت افزایش آستانه ی استغراق موجب تاخیر در ایجاد استغراق و شدت یافتن جریان های چرخشی و گردابه ها خواهند شد . به نظر می رسد تاثیر دوجانبه ی تیغه ها بر افزایش آستانه ی استغراق و کاهش جریان های چرخشی و گردابه هادر نهایت به افزایش کارایی سرریز بیانجامد . به همین جهت در این تحقیق به بررسی تاثیر تعداد تیغه ها ی گرداب شکن در اصلاح مسیر جریان و افزایش آستانه ی استغراق سرریز پرداخته شده است.

از طرفی ساخت سرریزهای نیلوفری بدلیل لزوم اجرای همزمان مقطع دایره ای آن و منحنی اوجی دیواره ، بلحاظ اجرایی سخت است و ساخت هر سرریز مستلزم صرف هزینه و زمان زیاد و استفاده از قالب های

منحصر بفرد برای اجرای بتن سرریز می باشد. از این رو راهکاری برای ساده سازی اجرا و به دنبال آن کاهش هزینه و زمان اجرا اتخاذ گردید و آن عبارت است از تغییر شکل مقطع ورودی سرریز از دایره ای به مربعی، ونیز تغییر قوس مرکب دیواره ی سرریز به چند شیب. از آنجا که آزمایشات در حالت آزاد انجام می شود، انتظار می رود که مشکلات کاویتاسیون پیش نیاید که البته این موضوع و راه حل های احتمالی مانند هوادهی، جای بررسی دارند.

در سرریز با مقطع مربع نیز رابطه ی ۱ برای محاسبه ی دبی عبوری کاربرد دارد. در این حالت L همچنان طول سرریز می باشد که برابر محیط مقطع جدید در نظر گرفته می شود.

باقری ع. و همکاران (۲) بوسیله مدل فیزیکی به بررسی تاثیر تغییر هندسه تاج سرریز روی ضریب تخلیه سرریز نیلوفری پرداختند. ایشان با انجام ۹۰ آزمایش مختلف روی سرریزهایی با مقطع چند وجهی (شکل ۲) در یافتند که چند وجهی کردن تاج سرریز باعث افزایش دبی عبوری و ضریب تخلیه سرریز می شود و بیشترین افزایش در حالت تاج سه وجهی حاصل شد.



شکل ۲. شکل مقاطع استفاده شده در آزمایشات باقری و همکاران

البته به نظر می رسد که ساخت چنین سرریزهایی در عمل با سختی های اجرایی همراه باشد.

کشکولی و همکاران (۷) به مطالعه تاثیر تیغه های گرداب شکن بر هیدرولیک جریان در سرریزهای نیلوفری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از تیغه های گرداب شکن، ضریب تخلیه و ظرفیت عبور جریان سرریز را افزایش می دهد. همچنین ایشان در قسمتی از نتایج خود بیان داشته اند که رسیدن به ظرفیت عبور جریان و ضریب دبی تئوری، به سادگی با استفاده از تعداد زیاد تیغه های گرداب شکن امکان پذیر نیست. کریستودولو و همکاران (۵) با استفاده از مدل فیزیکی به بررسی تاثیر تعداد تیغه های گرداب شکن بر ضریب دبی سرریز نیلوفری پرداختند و در تحقیق خود به ارتباط معنی داری بین تعداد تیغه های گرداب شکن و افزایش ضریب تخلیه سرریز دست یافتند. نوحانی ا. و موسوی جهرمی س. ح. (۳) بوسیله ی مدل فیزیکی و انجام ۸۴ آزمایش تاثیر تعداد و ضخامت تیغه های گرداب شکن را بر بازدهی سیستم تخلیه مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که افزایش تیغه های گرداب شکن موجب افزایش ضریب دبی در سرریز نیلوفری می شود. موسوی جهرمی ح. و الستی ک. (۴) با استفاده از مدل فیزیکی و انواع تیغه های گرداب شکن به بررسی تاثیر تیغه ها بر هیدرولیک جریان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزایش تیغه های گرداب شکن در کنترل موثر بوده و باعث افزایش ضریب دبی می شود. کمان بدست ا.ع. (۶) با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی به بررسی تاثیر تعداد تیغه های گرداب شکن بر ضریب تخلیه سرریز پرداخت که نتایج تحقیق وی نشان از تاثیر مثبت تیغه ها بر ضریب دبی دارد.

در تحقیقات انجام شده ی فوق الذکر سرریزها با مقطع دایره ای ساخته شده اند. در تحقیق حاضر به

بررسی تاثیر تعداد تیغه های گرداب شکن بر ضریب دبی سرریز با هر دو مقطع مربع و دایره و در حالت کنترل در تاج سرریز پرداخته شده است.

آنالیز ابعادی و استخراج اعداد بدون بعد

رابطه ی محاسبه ی دبی عبوری از سرریز که پیشتر مطرح شد[رابطه ی ۱] ، به شکل رابطه ۲ نیز قابل بیان است.

$$Q = C\sqrt{2g}LH^{\frac{3}{2}} \qquad (۲)$$

در این رابطه Q دبی بر حسب مترمکعب بر ثانیه، C ضریب تخلیه سرریز بدون بعد، g شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه، L طول سرریزی بر حسب متر و H ارتفاع آب روی سرریز بر حسب متر می باشد.

در شرایط استفاده از تیغه های گرداب شکن، دو پارامتر بدون بعد N (تعداد تیغه های گرداب شکن) و A (زاویه تیغه های گرداب شکن) نیز بر جریان تاثیر می گذارند.

$$Q = f(C, g, L, H, N, A) \qquad (۳)$$

در واقع رابطه ی اصلی محاسبه ی دبی سرریز رابطه ی (۲) می باشد. چرا که در این حالت ضریب دبی عددی بدون بعد می شود ولی از آنجا که حاصل عبارت $\sqrt{2g}$ عددی ثابت است، همراه با پارامتر C، با عنوان C_d استفاده می شود. طول سرریز برای سرریز دایره ای برابر πD که D قطر سرریز است و برای سرریز مربعی برابر با 4B که B طول یک ضلع مربع است. در این تحقیق ابعاد سرریز مربعی ساخته شده به گونه ای است که قطر دایره برابر با طول ضلع مربع است. به عبارتی B=D می شود که این به این معناست که طول سریز مربعی برابر 4D می شود. حال پارامتر k را به عنوان ضریب عدد D معرفی می کنیم، یعنی طول سرریز برای هر دو حالت برابر kD می شود . که مقدار k برای سرریز دایره ای برابر با عدد π و برای سرریز مربعی برابر ۴ می شود. به این ترتیب:

$$Q = C\sqrt{2g}kDH^{\frac{3}{2}} \qquad (۴)$$

با تقسیم طرفین معادله ی [۴] بر عبارت $D^{\frac{5}{2}}\sqrt{2g}$ معادله ی زیر بدست می آید:

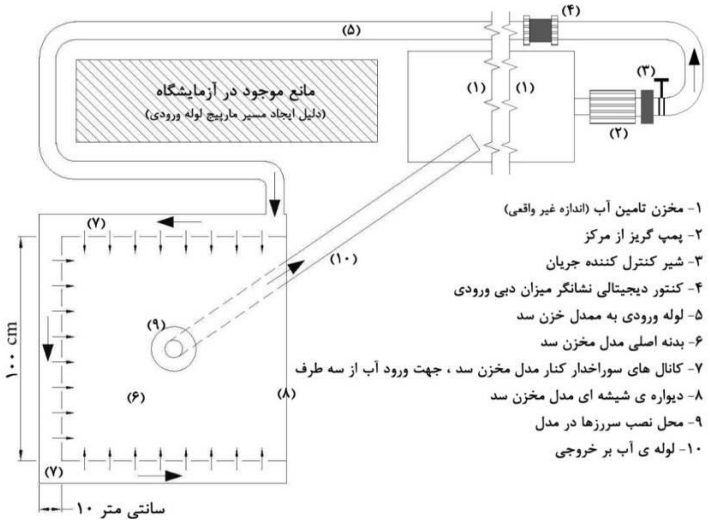
$$\frac{Q}{D^{\frac{5}{2}}\sqrt{2g}} = Ck(\frac{H}{D})^{\frac{3}{2}} \qquad (۵)$$

در معادله ی فوق عبارت های $\frac{Q}{D^{\frac{5}{2}}\sqrt{2g}}$ و $(\frac{H}{D})^{\frac{3}{2}}$ بدون بعد هستند . با توجه به اینکه هر ضریب و توانی از عدد بدون بعد، خود عددی بدون بعد است، برای رسم نمودارها از $(\frac{H}{D})$ و نیز C_d، N، A و $\frac{Q}{D^{\frac{5}{2}}\sqrt{2g}}$ استفاده می شود.

مواد و روش

این تحقیق با استفاده از مدل فیزیکی انجام شده است . مدل آزمایشگاهی شامل مدل مخزن سد، مخزن تامین آب، پمپ و تجهیزات انتقال و کنترل آب و همچنین سرریز ها و لوله ی خروجی آب بود. مدل مخزن سد بصورت مکعب به طول و عرض ۱۰۰ سانتی متر و ارتفاع ۵۰ سانتی متر و با کف و سه وجه فلزی (از جنس گالوانیزه) و یک وجه شیشه ای ساخته شد. بمنظور وارد شدن آرام و از همه ی جهاتِ آب به مدل مخزن سد ، از یک کانال بسته به ابعاد ۱۰×۱۰ سانتی متر در کنار دیواره ی سه وجه فلزی مخزن استفاده شد، که با وجود سوراخهایی در سرتاسر طول خود ، آب را بصورت آرام و یکنواخت از جهات مختلف وارد مدل می کرد . آب به واسطه ی یک پمپ گریز از مرکز از مخزن تامین آب به مدل هدایت می شد. در مسیر لوله ی خروجی پمپ ، یک شیر کنترل جهت تنظیم آب ورودی به مدل ، و یک دستگاه کنتور دیجیتال جهت نشان دادن دبی عبوری قرار داشت، که قرائت دبی را به آسانی و با کمترین خطا میسر می ساخت. با ورود آب به مخزن و پس از پر شدن مخزن تا ارتفاع سرریز، آب سرریز می

شد و آب سرریز شده بوسیله ی لوله خروجی به مخزن تامین آب باز گردانده می شد. شکل شماره ۳ طرح شماتیک مدل آزمایشگاهی را نشان می دهد.

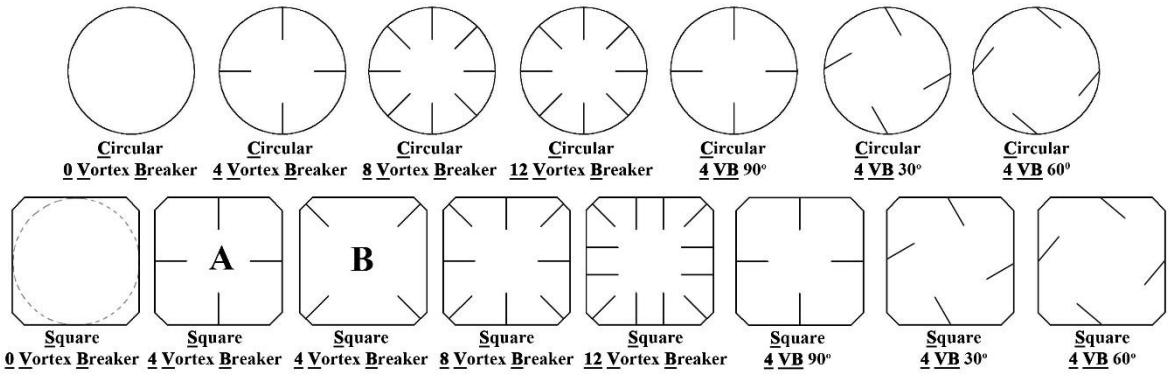


شکل ۳- شکل شماتیک مدل آزمایشگاهی

یک سرریز دایره ای به ارتفاع ۱۸ سانتی متر، و قطر تاج ۲۰ سانتی متر با مقیاس ۱:۱۴۰ از سرریز سد ویسکی تاون(WhiskeyTown) واقع در ایالت کالیفرنیای ایالات متحده ی آمریکا (40°36'2.02"N 122°32'11.62"W) و از جنس پلی اتیلن طراحی و ساخته شد . یک سرریز با مقطع مربع نیز از جنس مشابه و با ارتفاعی برابر با سرریز دایره ای و طول ضلعی معادل قطر تاج سرریز دایره ای (۲۰ سانتی متر) طراحی و ساخته شد. در طراحی سرریز مربعی بمنظور کاهش افت ناشی از گوشه های تیز مربع ، چهار گوشه ی سریز با زاویه ۴۵ درجه اندکی پخ شد . با محاسبه ی طول سرریز مربعی در نرم افزار اتوکد، پارامتر k (ضریب D در محاسبه ی طول سرریز ها–به قسمت آنالیز ابعادی مراجعه شود–) برابر با ۳.۷۵ بدست آمد . همچنین در طراحی دیواره های سرریز مربعی هر قوس از دیواره ی سرریز دایره ای به چند شیب تقسیم شد . بطوریکه مجموعه ی شیب های حاصل انطباق خوبی با قوس مرکب دیواره ی سرریز دایره ای داشته باشد. تیغه های گرداب شکن نیز همگی از جنس پلکسی گلاس سفید ساخته شد. شکل شماره ۴ مجموعه ی تصاویری از جزئیات مدل می باشد.

در این تحقیق با استفاده از مدل فیزیکی تعداد ۱۹۹ آزمایش در محدوده دبی ۲۵ تا ۲۵۰ لیتر در دقیقه بر روی سرریز مربعی و دایره ای با حالتهای مختلف زاویه و تعداد تیغه های گرداب شکن انجام شد (شکل ۵) که در هر آزمایش ، مقادیر مختلف دبی (Q) و ارتفاع آب روی سرریز (H) برداشت شد . برداشت داده ها تا ظاهر شدن اولین نشانه های استغراق یعنی ایجاد گردابه های مارپیچ در محور سرریز ادامه پیدا کرد و آخرین داده ی برداشت شده به عنوان عدد آستانه ی استغراق در نظر گرفته شد . همچنین به کمک نرم افزار اکسل برای هر حالت از آزمایشات، نمودار و معادله ی دبی اشل به روش برازش توانی بدست آمد. مقادیر حداکثر دبی و ارتفاع نظیر آن برای تمام حالات استخراج شد و پس از انجام محاسبات مربوط به تبدیل واحد ها ، مقادیر عددی I_{max} و Y_{max} (اعداد آستانه ی استغراق) محاسبه، و برای رسم نمودارهای مقایسه ای نتایج استفاده گردید.

شکل ٤- مجموعه تصاویری از جزئیات مدل

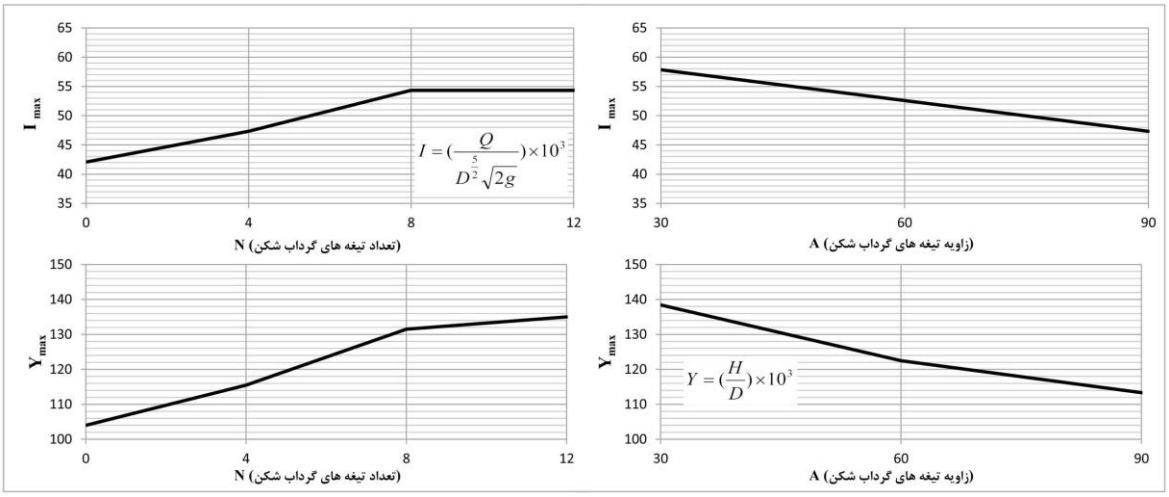


شکل ٥- شکل شماتیک حالات مختلف سرریز و تعداد تیغه های گرداب شکن در آزمایشات

نتایج و بحث

در ادامه نتایج حاصل از تحلیل داده های آزمایشگاهی ارائه می گردد. لازمه ی استفاده از نتایج مدل های آزمایشگاهی در مدل واقعی، ارائه ی داده هایی بصورت بدون بعد است . به همین منظور اعداد بدون بعد استخراج شده از معادله ی سرریز که پیشتر در قسمت آنالیز ابعادی و استخراج اعداد بدون بعد معرفی شدند، برای هر دبی و ارتفاع محاسبه شد که نتایج حاصله بصورت نمودار و جدول ارائه شده است.

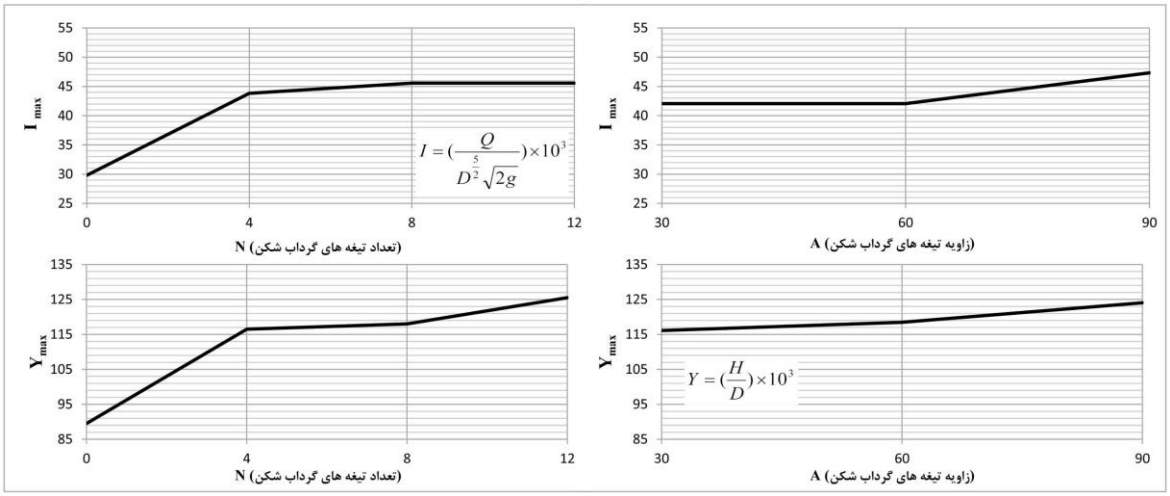
در نتایج ارائه شده ، جهت سهولت در نگارش، عبارت $(\frac{Q}{D^{\frac{5}{2}}\sqrt{2g}})\times10^3$ با نماد I ، و عبارت $(\frac{H}{D})\times10^3$ با نماد Y نشان داده شده است . ضرب کردن اعداد بدون بعد در 10^3 بدلیل کوچک بودن این اعداد بوده است. همچنین لازم به توضیح است که در مورد حالت تعداد ۴ گرداب شکن، از حالت S-4VB-A که دارای شرایط مناسب تر بود استفاده شده است.



شکل ٦- تاثیر زاویه (راست) و تعداد (چپ) گرداب شکن ها بر آستانه ی استغراق در سرریز نیلوفری مربعی

در نمودار های شکل ۶ مقادیر Y_{max} و I_{max} در آستانه ی استغراق –که در واقع حداکثر ارتفاع و جریان ورودی در حالت آزاد (کنترل در سرریز) است– به ازای حالتهای مختلف زاویه و تعداد گرداب شکن برای سرریز مربعی آورده شده است.

طبق نمودارهای تاثیر زاویه تیغه ها (سمت راست)، افزایش زاویه گرداب شکن ها موجب کاهش ارتفاع آب و جریان ورودیِ آستانه ی استغراق سرریز مربعی (قبل از آغاز مستغرق شدن) می شود و طبق نمودارهای تاثیر تعداد (سمت چپ)، افزایش تعداد گرداب شکن ها موجب افزایش ارتفاع آب و جریان ورودیِ آستانه ی استغراق سرریز مربعی می شود. به عبارت دیگر با افزایش تعداد، و یا کاهش زاویه گرداب شکن ها، بدون اینکه سرریز مستغرق شود و مشکلاتی از قبیل کاهش شدید ضریب دبی و ایجاد گردابه های شدید و خطرناک –که موجب افزایش ریسک آسیب دیدن سرریز و نهایتاً کل سد می شوند– برای آن پیش بیاید، سرریز مربعی جریان بیشتری را از خود عبور می دهد و ار تفاع آب بیشتری را تجربه و در واقع تحمل می کند. که این بیانگر افزایش ظرفیت عبور جریان سرریز می باشد. بر این اساس، بهترین زاویه قرارگیری تیغه های گرداب شکن در سرریز مربعی، زاویه ی ۳۰ درجه می باشد. در مورد تعداد، با وجود تاثیر مثبت افزایش تعداد گرداب شکن ها، در نمودار مشاهده می شود که مقدار I_{max} برای حالتهای ۸ و ۱۲ گرداب شکن، تغییری نداشته است . یعنی کارایی هر دو حالت یکسان است اما در همین بازه یعنی حالات ۸ و ۱۲ گرداب شکن، مشاهده می شود که مقدار Y_{max} برای حالت ۱۲ گرداب شکن بیش از ۸ گرداب شکن است. در نگاه اول این افزایش مثبت به نظر می رسد اما با در نظر داشتن این مساله که هر دو ارتفاع، در میزان جریان ورودی یکسانی اتفاق افتاده است، می توان نتیجه گرفت که افزایش ارتفاع آب در حالت ۱۲ گرداب شکن نشانگر تاثیر منفی تعداد تیغه ها از یک حد به بعد می باشد چرا که با افزایش تعداد تیغه ها از یک حد به بعد، تیغه ها با وجود اصلاح جریان، خود بصورت مانعی موجب ایجاد افت در مسیر جریان می شوند و اثر این افت بیش از اثر اصلاحی گرداب شکن ها است و خود را بصورت ارتفاع گرفتن آب نشان می دهد و از آنجا که محدودیت ارتفاع آب برای مخازن سدها وجود دارد، این موضوع می تواند مساله ساز شود. پس با توجه به توضیحات فوق و در صورتی که سایر شرایط هیدرولیکی جریان مانند C_d و غیره مد نظر قرار نگیرد، در مورد آستانه ی استغراق، می توان تعداد ۸ گرداب شکن را به عنوان بهترین تعداد گرداب شکن در سرریز مربعی معرفی کرد.



شکل ۷- تاثیر زاویه (راست) و تعداد (چپ) گرداب شکن ها بر آستانه ی استغراق در سرریز نیلوفری دایره ای

در نمودار های شکل ۷ مقادیر Y_{max} و I_{max} در آستانه ی استغراق به ازای حالتهای مختلف زاویه و تعداد گرداب شکن برای سرریز دایره ای آورده شده است.

طبق نمودارهای تاثیر زاویه تیغه ها (سمت راست)، با افزایش زاویه گرداب شکن ها ، ارتفاع آب و جریان ورودیِ آستانه ی استغراق سرریز دایره ای افزایش می یابد و طبق نمودارهای تاثیر تعداد (سمت چپ)، با افزایش تعداد گرداب شکن ها ارتفاع آب و جریان ورودیِ آستانه ی استغراق سرریز دایره ای افزایش می یابد. به عبارت دیگر با افزایش تعداد، و یا افزایش زاویه گرداب شکن ها، بدون اینکه سرریز مستغرق شود جریان ورودی و ار تفاع آب بیشتری را از خود عبور می دهد که بیانگر افزایش ظرفیت عبور جریان سرریز می باشد. بر این اساس، بهترین زاویه قرارگیری تیغه های گرداب شکن در سرریز دایره ای، زاویه ی ۹۰ درجه می باشد. در مورد تعداد، با وجود تاثیر مثبت افزایش تعداد گرداب شکن ها، در نمودار مشاهده می شود که مقدار I_{max} برای حالتهای ۸ و ۱۲ گرداب شکن، تغییری نداشته است ولی در همین بازه، مقدار Y_{max} برای حالت ۱۲ گرداب شکن بیش از ۸ گرداب شکن است. با توجه به توضیحاتی که در مورد این مساله در سرریز مربعی داده شد، می توان نتیجه گرفت که افزایش ارتفاع آب در حالت ۱۲ گرداب شکن نشانگر تاثیر منفی تعداد تیغه ها از یک حد به بعد می باشد. پس در سرریز دایره ای نیز در صورتی که سایر شرایط هیدرولیکی جریان مانند C_d و غیره مد نظر قرار نگیرد، در مورد آستانه ی استغراق ، می توان تعداد ۸ گرداب شکن را به عنوان بهترین تعداد گرداب شکن در سرریز دایره ای معرفی کرد.

جدول ۱- مشخصات جریان در آستانه ی استغراق در بهترین حالت تعداد گرداب شکن

نوع سرریز	مشخصات جریان	بدون گرداب شکن	بهترین تعداد گرداب شکن	بهترین زاویه گرداب شکن	درصد افزایش با تعداد	درصد افزایش با زاویه
مربعی	Y_{max}	۱۰۴.۰	۱۳۱.۵	۱۳۸.۴	۲۶.۴٪	۳۳.۱٪
	I_{max}	۴۲.۱	۵۴.۳	۵۷.۸	۲۹.۲٪	۳۷.۵٪
دایره ای	Y_{max}	۸۹.۵	۱۱۸.۰	۱۲۴.۱	۳۱.۸٪	۳۸.۶٪
	I_{max}	۲۹.۸	۴۵.۶	۴۷.۳	۵۲.۹٪	۵۸.۸٪

در جدول شماره ۱ میزان حداکثر جریان ورودی(I) و ارتفاع آب(Y) در شرایط جریان آزاد (آستانه ی استغراق) برای حالت های بهترین تعداد و زاویه گرداب شکن و حالت بدون گرداب شکن در هر دو سرریز مربعی و دایره ای آورده شده است. همچنین درصد افزایش مقادیر I_{max} وY_{max} در بهترین حالت تعداد و زاویه نسبت به حالت بدون گرداب شکن در این جدول آمده است. در این جدول برای آستانه ی استغراق (بدون در نظر گرفتن سایر شرایط هیدرولیکی)، در سرریز مربعی ، حالت ۸ گرداب شکن برای تعداد و حالت ۳۰ درجه برای زاویه، و در سرریز دایره ای حالت ۸ گرداب شکن برای تعداد و ۹۰ درجه برای زاویه، به عنوان بهترین حالت آورده شده اند.

طبق جدول فوق استفاده از گرداب شکن ها موجب افزایش ظرفیت پذیرش جریان ورودی و ارتفاع آب قبل از شروع استغراق در هر دو نوع سرریز مربعی و دایره ای نسبت به حالت بدون گرداب شکن می شود. افزایش آستانه ی استغراق در سرریز مربعی ، برای بهترین حالت تعداد گرداب شکن، به میزان ۲۶.۴٪ برای ارتفاع آب و ۲۹.۲٪ برای جریان ورودی، و برای بهترین زاویه گرداب شکن ، به میزان ۳۳.۱٪ برای ارتفاع آب و ۳۷.۵٪ برای جریان ورودی می باشد. این افزایش در سرریز دایره ای، برای بهترین حالت تعداد گرداب شکن، به میزان ۳۱.۸٪ برای ارتفاع آب و ۵۲.۹٪ برای جریان ورودی، و برای بهترین زاویه گرداب شکن، به میزان ۳۸.۶٪ برای ارتفاع آب و ۵۸.۸٪ برای جریان ورودی می باشد. همچنین نتایج نشان می دهد که تاثیر تیغه های گرداب شکن در همه حالتهای تعداد و زاویه ی تیغه ها، در سرریز دایره ای بیشتر از سرریز مربعی است. دلیل این مساله آن است که در سرریز مربعی جریان چرخشی کمتر مشاهده می شود و از آنجا که اصلاح جریان چرخشی از وظایف گرداب شکن ها است، لذا گرداب شکن های نصب شده بر سرریز دایره ای این عمل را بیشتر انجام می دهند. با این حال مقادیر I_{max} و Y_{max} در سرریز مربعی هم در حالت بدون گرداب شکن و هم در حالت بهترین زاویه و تعداد گرداب شکن، بیشتر از سرریز دایره ای است . همچنین نتایج نشان می دهد که تاثیر زاویه گرداب شکن ها بر I_{max} و Y_{max}، در هر دو سرریز مربعی و دایره ای، بیشتر از تاثیر تعداد گرداب شکن ها می باشد.

نتیجه گیری نهایی

نتایج حاصل از انجام این تحقیق، به اختصار به این شرح است:

۱- در سرریز مربعی با افزایش تعداد تیغه های گرداب شکن (بهترین حالت۸ تیغه)، یا کاهش زاویه تیغه ها (بهترین حالت ۳۰درجه)، آستانه استغراق سرریز افزایش می یابد. به عبارت دیگر استغراق سرریز به ازای مقادیر بیشتری از جریان ورودی و ارتفاع آب روی سرریز اتفاق می افتد.

۲- در سرریز دایره ای با افزایش تعداد تیغه های گرداب شکن (بهترین حالت۸ تیغه)، یا افزایش زاویه تیغه ها (بهترین حالت ۹۰درجه)، آستانه استغراق سرریز افزایش می یابد.

۳- افزایش تعداد تیغه های گرداب شکن تا یک حد مشخص می تواند موجب افزایش آستانه استغراق شود و بعد از آن تیغه ها خود به عنوان مانع در مسیر جریان موجب ایجاد افت در مسیر جریان می شوند.

۴- برای همه حالتهای تعداد و زاویه، تاثیر گرداب شکن ها بر افزایش مقادیر I_{max} و Y_{max} در سرریز دایره ای بیشتر از سرریز مربعی است. با این حال، این مقادیر در همه ی حالات ها در سرریز مربعی بیش از سرریز دایره ای می باشد.

۵- در هر دو سرریز و در همه ی حالتها، تاثیر زاویه ی گرداب شکن ها بر آستانه ی استغراق بیشتر از تاثیر تعداد آنهاست.

با توجه به نتیجه گیری های فوق در یک نگاه کلی می توان مقطع مربع و استفاده از گرداب شکن ها را با توجه به سهولت ساخت و کاهش هزینه و زمان انجام پروژه نسبت به سرریز با مقطع دایره، به عنوان یک گزینه ی پیشنهادی مناسب برای جایگزینی با سرریز های نیلوفری با مقطع دایره بمنظور تحقیق و بررسی بیشتر معرفی کرد. تحقیق حاضر این سرریز ها و تعداد و زاویه گرداب شکن ها را تنها در زمینه میزان تاثیری که بر آستانه استغراق دارند مورد بررسی قرار داده است. از این رو سایر جنبه های هیدرولیکی این سرریزها و تیغه های گرداب شکن جای بررسی دارد و اعلام نظر قطعی در مورد این سرریزها تیغه ها، منوط به بررسی این موارد است.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشجوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز می باشد. بدینوسیله از حمایت های دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز از این تحقیق تشکر و قدردانی می شود.

مراجع

۱. محمد ولی سامانی، ح. ۱۳۸۷. طراحی سازه های هیدرولیکی. شرکت مهندسی مشاور دزآب، اهواز.

۲. باقری، ع. ، ف. یوسفوند، و م.ه. توانا .۱۳۹۱. تاثیر تغییر هندسه تاج سرریز روی ضریب تخلیه سرریز نیلوفری. مجموعه مقالات یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران ، دانشگاه ارومیه .

۳. نوحانی، ا. و س. ح. موسوی جهرمی. ۱۳۸۸. تاثیر تعداد و ضخامت تیغه های گرداب شکن بر روی ضریب تخلیه سرریز نیلوفری . مجموعه مقالات همایش ملی علوم آب خاک گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول .

۴. موسوی جهرمی، ح. و الستی، ک. ۱۳۸۵. تاثیر تیغه های گرداب شکن بر جریان سرریزهای نیلوفری . مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی ، دانشگاه شهید چمران اهواز .

5. Christodoulou G., Mavrommatis A. and Papathanassiadis T. 2010. Experimental study on the effect of piers and boundary proximity on the dischrge capacity of a Morning Glory Spillway . The First European IAHR Congress.

6. Kamanbedast A. 2012. The Investigation of Discharge Coefficient for the Morning Glory Spillway Using Artificial Neural Network. World Applied Sciences Journal 17 (7): 913-918.

7. Kashkoli, H. A., H. Sedghi,. H. Mousavi Jahromi and R. Aghamajidi, 2013. Simultaneous Study Effect of Guide Pier and Stepped Chamber on Hydraulic Behavior of Morning Glory SpillWay. World Applied Sciences Journal, 21 (4): 548-557.