

علاجبخشی سد انحرافی آیش دیوان رامیان، استان گلستان

عباس نقوی^{۱*}، مهرداد نوروزی^۲، بهزاد خلیلی^۳، داوود رحیمی^۴، حامد تقی زاده^۵

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران، سازه های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران، آب، شرکت آب منطقه ای گلستان، گلستان

۳- کارشناس ارشد مهندسی عمران، محیط زیست، شرکت آب منطقه ای گلستان، گلستان

۴- کارشناس ارشد مهندسی عمران، سازه های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع

۵- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، سازه های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع

⋮

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب بدلیل موقعیت جغرافیایی و اوضاع اقلیمی کشورمان، ناگزیر به استفاده بهینه از منابع آب موجود می باشیم. یکی از روشهای اساسی و زیربنایی در بهره برداری از منابع آب، مهار آبهای سطحی است. مهار آبهای سطحی از زمان های دور مورد توجه مردم کشورها بوده و با احداث آبگیر و بندهایی با مصالح موجود بر روی رودخانه ها و مجاری طبیعی و هدایت آب به داخل انهار سنتی صورت می پذیرفته است. در این تحقیق با استفاده از تکنیک های عددی دو بعدی در مهندسی رودخانه و سه بعدی در سازه های هیدرولیکی، به علاجبخشی سد انحرافی آیش دیوان شهرستان رامیان پرداخته شده است. با توجه به آبشستگی ۱۰ متری در پایین دست حوضچه آرامش موجود و بررسی های رودخانه ای صورت گرفته، یک سرریز پلکانی برای شکستن این اختلاف ارتفاع با ابعاد پله های ۱ در ۱/۵ متر پیشنهاد شده است. سپس با توجه به شرایط پایین دست، از حوضچه آرامش تنگ شونده استفاده شده است تا عرض ۵۳ متر را به ۴۰ متر برساند. سرریز، سرریز پلکانی و حوضچه آرامش در نهایت بوسیله مدل سه بعدی شبیه سازی و بررسی شده است. نتایج حاکی از عملکرد مناسب سرریز پلکانی و حوضچه آرامش می باشد.

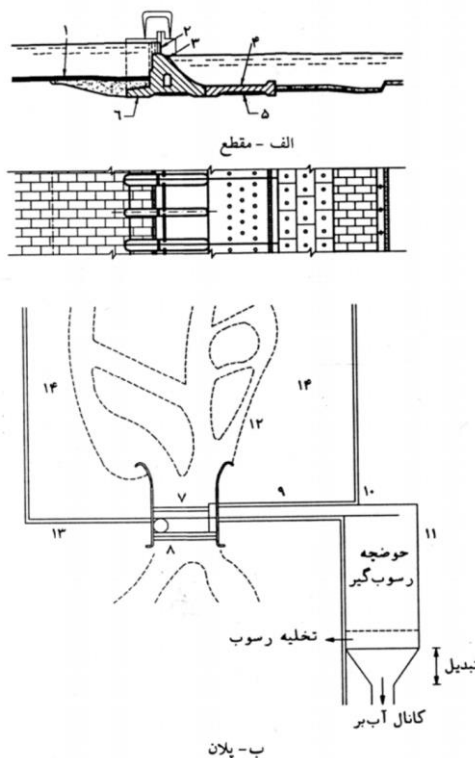
واژه های کلیدی: سد انحرافی آیش دیوان، علاجبخشی، مهندسی رودخانه، شبیه سازی عددی

۱- مقدمه

سدهای انحرافی از جمله سازه های هیدرولیکی پرکاربرد هستند که برای ایجاد تراز آب مورد نظر در عرض مناسبی از رودخانه ساخته می شوند. قسمتی از بدنه شامل سازه های عبور سیلاب و قسمتی نیز ممکن است از یک خاکریز ساخته شود. یک پروژه انحراف آب دارای اجزای مختلفی است که لازم است از لحاظ هیدرولیکی طراحی گردند. از جمله این اجزا میتوان از سرریزها، دریچه ها، سیستم شستشو. سازه های دفع رسوب، سازه های استهلاک انرژی، بلوک آبگیر، پیش بند، سپری ها و عملیات ساماندهی نام برد. استفاده روز افزون از سامانه های انحراف آب بویژه سد های انحرافی، لزوم دقت به طراحی و عملکرد مناسب آنها را دوچندان کرده است. مباحث مربوط به قدرت تخلیه سیلاب های شدید، پایداری سازه های سد و ... از جمله مسائلی است که دارای اهمیت بسیار فراوانی است. مباحث هیدرولیکی در ارتباط با سدهای انحرافی تاثیر مستقیمی بر پایداری سازه ای این سدها نیز دارد، چون در صورت عملکرد نامناسب هیدرولیکی است که سازه دچار تهدید تخریب سازه ای میگردد.

پس لزوم بررسی پایداری و ثبات هیدرولیکی یک سد انحرافی یک مساله بسیار مهم و حیاتی در طول عمر این سازه ها و مفید و قابل استفاده بودن آنهاست [۱].

در شکل ۱ قسمت های مختلف یک سد انحرافی در حالت عمومی نشان داده شده است.



- | | |
|--------------------------|---|
| ۱- کفبند بالادست | ۸- سرریز |
| ۲- دریچه سرریز | ۹- آبگیر و دریچه آن |
| ۳- سرریز | ۱۰- کانال آبرسان |
| ۴- حوضچه آرامش | ۱۱- تأسیسات حذف رسوب |
| ۵- کفبند پائین دست | ۱۲- دیوار هدایت |
| ۶- دیوار آب بند | ۱۳- قسمت خاکی بند انحراف |
| ۷- تأسیسات شستشوی رسوبات | ۱۴- خاکریزهای حفاظت بالادست در مقابل سیل (ساماندهی) |

شکل ۱: قسمت های مختلف یک سد انحرافی

یک سد انحرافی شامل چند سازه هیدرولیکی در ارتباط با هم می باشد که هر کدام بایستی در ارتباط با هم عملکرد مناسبی داشته باشند. تاکنون مطالعات گسترده ای در ارتباط با سرریزهای اوجی و سیستم ها استهلاک انرژی انجام گرفته است که در اینجا به چند مورد از این مطالعات اشاره می گردد [۱].

مطالعات زیادی در ارتباط با هیدرولیک سرریزهای اوجی انجام گرفته است. اما این تحقیقات بیشتر بر روی مدل های فیزیکی صورت گرفته است. استفاده از مدل عددی در جریانهای عبوری از سرریزها، اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط کسیدی برای تعیین فشار روی تاج سرریز بر اساس فرضیه جریان پتانسیل به صورت دو بعدی صورت گرفت. نتایج این تحقیق از همخوانی مناسبی با نتایج آزمایشگاهی برخوردار می باشد و تأثیر لزجت در تعیین سطح آزاد را ناچیز می داند [۲].

لی و همکاران در سال ۱۹۸۹ از انفصال میدان جریان به روش المان محدود و حل دو بعدی جریان به صورت جریان پتانسیل نتایج مناسبی از انحناى سطح آب در تحلیل جریان به دست آوردند [۳].

اولسن و جلسوی در سال ۱۹۸۹، با استفاده از معادلات رینولدز میانگین زمانی و معادلات $k-\epsilon$ استاندارد به روش حجم محدود جریان عبوری از روی سرریز را به صورت دو بعدی و سه بعدی تحلیل نمودند. نتیجه این تحقیق از اثر ناچیز الگوی پخش در تعیین ضریب دبی سرریز دلالت دارد [۴].

مطلبی زاده و همکاران در سال ۱۳۷۷، بر اساس معادلات ممان و میانگیری عمقی و فرض تغییرات درجه دو برای توزیع قائم سرعت و فشار و تغییرات خطی برای سرعت افقی میدان جریان حاکم بر سرریز آزاد را مدل کردند. در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی این روش حداکثر خطای ۲۵٪ در پروفیل سطح آب و حداکثر خطای ۴۱٪ در توزیع فشار وارده بر کف سرریز دیده می شود [۵].

حیدری در سال ۱۳۸۱، جریان روی سرریز را به کمک نرم افزار فلونت شبیه سازی نمود و اثر هندسه سرریز و ارتفاع آب بالادست سرریز را بر میدان جریان و توزیع فشار روی تاج سرریز را بررسی کرد. در این تحقیق پارامترهای آشفتگی میدان جریان را بر اساس مدل آشفتگی $k-\epsilon$ مختلف هندسی تعیین گردید. این نتایج نشان داد که این مدل در مقایسه با روش سایر روشهای عددی دقت بیشتری دارد [۶].

یوهانسون و سویچ در سال ۲۰۰۶، دو مدل فیزیکی و عددی را برای جریان روی سرریز در زمان وجود پایاب مقایسه کردند. در مدل عددی از نرم افزار Flow-3D استفاده گردید. نتایج بدست آمده از تحلیل عددی توسط نرم افزار Flow-3D با روش حجم محدود با نتایج مدل فیزیکی آزمایشگاهی انتطابق خوبی داشته است. در این نرم افزار پروفیل سطح آب به کمک روش حجم سیال تعیین می شود که با مدل فیزیکی تطبیق مناسبی دارد [۷].

مطالعات زیر در ارتباط با سیستم های استهلاك انرژی بوده است که به اهم آنها اشاره گردیده است. امیلی در سال ۲۰۰۴ برای اولین بار به بررسی آزمایشگاهی پرش هیدرولیکی در حوضچه های آرامش غیر تیپ، بدون استفاده از عمق پایاب پرداخت [۸].

هانسا در سال ۲۰۰۶ در موسسه USBR با استفاده از مدل فیزیکی به بررسی موانع (Deflector) در حوضچه های آرامش و تاثیر آن در کاهش فرسایش پرداخت [۹].

در سال ۱۹۹۶، راجاراتنام به بررسی انتقال جریان از پرش هیدرولیکی به جریان کاملاً توسعه یافته کانال باز پرداختند. پروفیل سرعت در این فاصله از پروفیل جت مماسی به پروفیل نیمه لگاریتمی تغییر شکل می دهد. در این ناحیه تنش های برشی کف به طور ناگهانی کاهش پیدا می کنند تا در نهایت به مقدار ثابتی می رسند [۱۰].

راجاراتنام در سال ۲۰۰۲ با در نظر گرفتن زبری بستر، پارامترهای پرش هیدرولیکی را بدست آوردند. مطالعات خود را بر روی پرش هایی با اعداد فرود ۴ تا ۱۰ انجام دادند. بر طبق نتایج بدست آمده، عمق پایاب مورد نیاز برای پرش های هیدرولیکی در کف کنگره دار در مقایسه با کف صاف کمتر است و در نتیجه طول پرش در این شرایط در حدود نصف طول پرش در کف صاف است. همچنین تنش برشی در این شرایط حدود ۱۰ برابر تنش در کف صاف است. افت انرژی در یک پرش در بستر ناهموار تقریباً معادل ۱/۵ برابر افت انرژی حاصل از یک پرش در بستر صاف بدست آمده است. پروفیل سرعت افقی در این حالت شبیه به پروفیل سرعت افقی در بستر صاف است و در مقایسه با جت مماسی متفاوت است [۱۱].

یو در سال ۲۰۰۲ به مطالعه خصوصیات میدان جریان در اطراف سد سویانگ، به صورت عددی پرداختند. در این شبیه سازی از نرم افزار Flow-3D، برای حل عددی معادلات ناویر-استوکس در محیط محاسباتی استفاده شد. به منظور حصول کیفیت مناسب شبکه بندی، محیط محاسباتی به سه ناحیه تقسیم شد. این سه ناحیه شامل مخزن سد، سرریز و حوضچه آرامش می شوند. مقادیر محاسباتی شامل فشار، مولفه های سرعت، نرخ جریان و تراز سطح آب می باشند که با اندازه گیری های آزمایشگاهی موجود مقایسه گردیدند [۱۲].

در این تحقیق ابتدا با توجه به شرایط رودخانه قره چای، به شبیه سازی دوبعدی رودخانه در سیلاب ۱۰۰ ساله پرداخته شده است. نتایج این بخش در تصمیم گیری برای انتخاب بهترین سناریوی علایج بخش مورد استفاده قرار گرفته شده است.

لایروبی بخشی از مخزن بالادست سد انحرافی موجود، استفاده از یک سازه افت ارتفاعی کارآمد و پیش بینی یک حوضچه آرامش تنگ شونده از خروجی های کیفی و کمی شبیه سازی رودخانه ای بوده است. در ادامه با مدلسازی سه بعدی کل مجموعه تخلیه سیلاب (سرریز اوجی، سرریز پلکانی و حوضچه آرامش) به بررسی کارایی آن تحت سیلاب ۱۰۰ ساله پرداخته شده است. نتایج حاکی از این بوده است که سیستم تخلیه سیلاب جدید طراحی شده سیلاب ۱۰۰ ساله را با ایمنی کافی از خود عبور می دهد.

۲- سد انحرافی آیش دیوان

سد انحرافی آیش دیوان در فاصله ۵ کیلومتری جنوب غربی شهر رامیان قرار گرفته است. همچنین این سد در مجاورت گل رامیان که به عنوان یکی از معروف ترین جاذبه های طبیعی شهر رامیان است واقع شده است. سد انحرافی آیش دیوان در مختصات جغرافیایی $x=331689$ و $y=4093426$ قرار دارد.

در سیلاب های متعدد رخ داده در رودخانه قره چای بخصوص در سیلاب خرداد ماه ۹۳، سد انحرافی آیش دیوان دچار آسیب های جدی بخصوص در پایین دست شده است. عدم عملکرد مناسب حوضچه آرامش یکی از مهمترین این عوامل بوده است. رخداد آبشستگی بسیار عمیق (حدود ۱۰ متر) پس از آستانه انتهایی حوضچه آرامش، منجر به تهدیدات سازه ای بسیار جدی برای بند انحرافی شده و در نهایت بخش عمده ای از حوضچه آرامش و سرریز به طور کامل تخریب شده است. در شکل ۲ تصویر ماهواره ای از محدوده مورد بررسی نشان داده شده است.



شکل ۲: تصویر ماهواره ای از سد انحرافی آیش دیوان

با بررسی های انجام گرفته از سد انحرافی آیش دیوان رامیان، مسایل پیش رو در طراحی مجدد برای مرمت و بازسازی آن را می توان به صورت ذیل بیان کرد، مواردی که باید به دقت مورد ارزیابی قرار گیرد تا بتوان طرحی کارآمد ارائه کرد.

- پر شدن مخزن سد انحرافی از رسوبات
- تغییر سرریز اوجی سد انحرافی به سرریز لبه پهن و تغییر شرایط آبگذری (در اثر پر شدن رسوبات در مخزن)
- تخریب کامل حوضچه ی آرامش

- زیر شویی و تخلیه ی مصالح زیر سرریز
 - تخریب کامل حوضچه ی آرامش بخصوص در جناح راست
 - آبشستگی عمیق رخ داده در پایین دست سد انحرافی در طول زیاد
 - مشکلات رخ داده برای دهانه ی آبگیر
- در شکل ۳ تصاویری از محدوده مورد بررسی نشان داده شده است.



ب) پر شدن مخزن سد انحرافی از رسوبات



الف) آبشستگی شدید در پایین دست رودخانه در طول زیاد



د) آبشستگی در خروجی حوضچه ی آرامش سد



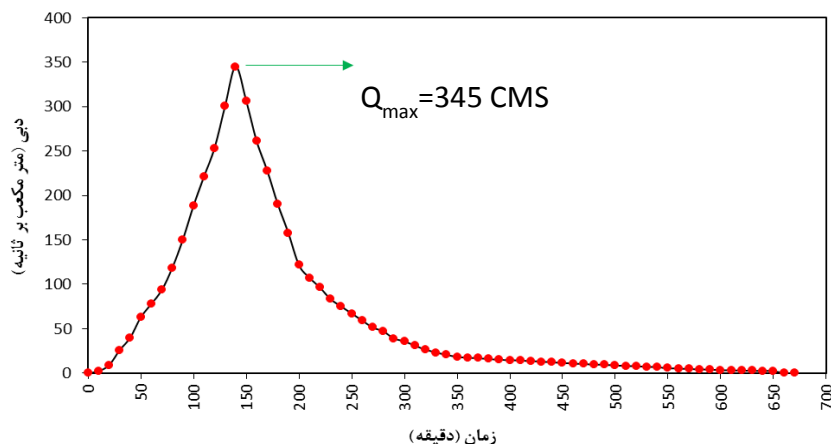
ج) تخریب کامل حوضچه ی آرامش

شکل ۳: تصاویری از رودخانه قره چای و سد انحرافی آیش دیوان

۳- شبیه سازی عددی سیلاب ۱۰۰ ساله رودخانه قره چای در محدوده سد انحرافی

۳-۱ تعیین مشخصات هیدرولیکی محدوده مورد بررسی

بر اساس مطالعات هیدرولوژی در حوضه ی آبریز رودخانه قره سو و انتخاب دبی ۱۰۰ ساله به عنوان دبی طرح، بیشینه دبی سیلاب ۱۰۰ ساله ۳۴۵ مترمکعب بر ثانیه بدست آمده است. هیدروگراف سیلاب ۱۰۰ ساله رودخانه ی قره چای در شکل ۴ نشان داده شده است. هیدروگراف نشان داده شده در شکل ۴ به عنوان مبانی شرط مرزی ورودی رودخانه ی قره چای در مدل عددی مورد استفاده قرار گرفته شده است.



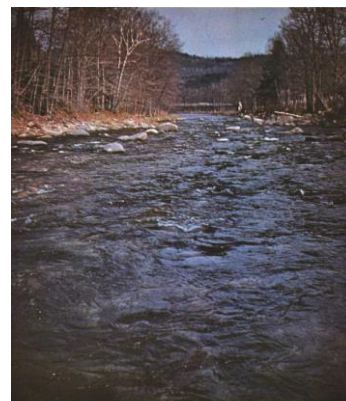
شکل ۴: هیدروگراف سیلاب طرح با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله

برای تعیین عوامل هیدرولیکی نظیر عمق و سرعت جریان، نیاز به تعیین ضریب زبری هیدرولیکی جریان می باشد. در کلیه مطالعات مهندسی رودخانه و طراحی سازه های متقاطع رودخانه نظیر پل ها، سدهای انحرافی و یا دهانه های آبگیر که دانستن عمق و سرعت جریان ضروری است، تعیین دقیق ضریب زبری مورد نیاز خواهد بود. ضریب زبری هیدرولیکی در شرایط متنوع و پیچیده رودخانه ها متأثر از عوامل مختلفی می باشد، بنابراین تحقیقات گستردهای بر روی شرایط متنوع جریان در رودخانه ها صورت پذیرفته و طیف گستردهای از روابط ارائه شده است.

اطلاعات موجود در نشریه ی شماره ۶۸۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی با عنوان راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه ها و نشریه ی جامع موسسه ی USGS آمریکا در ارتباط با ضریب زبری، مبنای بررسی ها در این بخش بوده است. مشاور طرح با بازدیدهای میدانی گسترده ای که از رودخانه ی قره چای به عمل رسانده است، اطلاعات مفیدی جمع آوری نموده که انتخاب پارامتر زبری را تسهیل نموده است. با همسان سازی شرایط رودخانه ی قره چای با یکی از معیارهای بیان شده توسط نشریه ی شماره ۶۶۸ و تصاویر راهنمای نشریه موسسه USGS، رودخانه شماره ۶۹۸ نشان داده شده در شکل ۳-الف، شرایط مشابهی با رودخانه قره چای (شکل ۳-ب) داشته و بر اساس همین همسان سازی ضریب زبری ۰/۵۵ برای بستر اصلی و ۰/۴۵ برای سیلابدشت انتخاب شده است [۱۳].



(ب) وضعیت رسوبات رودخانه قره چای



No. 315 downstream from above section 1, Middle Branch
Westfield River at Goss Heights, Mass.

الف) نمونه معرفی شده در نشریه USGS

شکل ۵: الف) نمونه معرفی شده در نشریه USGS، ب) وضعیت رسوبات رودخانه ی قره چای

۲-۳ مدل عددی

در حال حاضر مدل‌های مختلفی در زمینه شبیه‌سازی هیدرودینامیک و انتقال رسوب در رودخانه توسعه داده شده است که از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل عددی CCHE-2D اشاره نمود. این مدل یک مدل دوبعدی متوسط‌گیری شده می‌باشد که برای هر دو حالت جریان ماندگار و غیرماندگار قابل استفاده است. از روش المان موثر (نوعی از المان محدود) و حجم کنترل برای حل معادلات حاکم و از روش سطوح خشک برای شبیه‌سازی جریان‌های غیرماندگار و حرکت مرزهای آن استفاده می‌کند. این مدل در شرایط بسیار وسیعی مورد بررسی و صحت سنجی قرار گرفته و تاکنون در بسیاری از پروژه‌های مهم کشور سازنده‌ی آن مورد استفاده قرار گرفته است.

مدل عددی CCHE-2D توسط مرکز ملی محاسبات هیدرولیکی و مهندسی (NCCHE) دانشگاه می‌سی‌سی‌پی آمریکا برای مدلسازی فرآیندهای رودخانه و به صورت دوبعدی توسعه داده شده است. این مدل، معادلات ناویر-استوکس را به صورت دوبعدی در پلان (متوسط‌گیری در عمق) حل نموده و تغییرات طولی و عرضی پارامترهای جریان را شبیه‌سازی می‌نماید [۱۴].

۳-۳ معادلات حاکم

مدل عددی CCHE-2D برای حل میدان جریان در بازه‌ی مورد بررسی از معادلات ناویر استوکس متوسط‌گیری شده در عمق (Depth-Average) استفاده می‌کند. دقت و کارایی این معادلات برای مطالعه‌ی هیدرولیک جریان در رودخانه‌ها و کانال‌های باز پذیرفته شده است. یک فرض کلی در استنتاج معادلات آب کم عمق، توزیع فشار هیدرواستاتیک می‌باشد که بر اثر آن، شتاب عمودی ذرات آب، اثر ناچیزی بر فشار آب دارند. معادلات حرکت (مومنتم) برای جریان آشفته دوبعدی متوسط‌گیری شده در عمق عبارتند از:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{h} \left(\frac{\partial h \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{Cor} v \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{1}{h} \left(\frac{\partial h \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho h} + f_{Cor} u \quad (2)$$

که u و v مولفه‌های سرعت متوسط‌گیری شده عمق در جهت‌های x و y است. T زمان، g شتاب گرانش، η ارتفاع سطح آب، ρ چگالی آب و h عمق موضعی آب می‌باشد. f_{Cor} پارامتر کوریولیس است. τ_{xx} ، τ_{xy} ، τ_{yx} و τ_{yy} تنش‌های رینولدز متوسط‌گیری شده در عمق هستند و τ_{bx} و τ_{by} تنش‌های برشی روی سطح بستر می‌باشند [۱۴]. ارتفاع سطح آزاد جریان توسط معادله‌ی پیوستگی متوسط‌گیری شده در عمق محاسبه می‌شود. معادله‌ی پیوستگی بدین صورت فرموله شده است:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

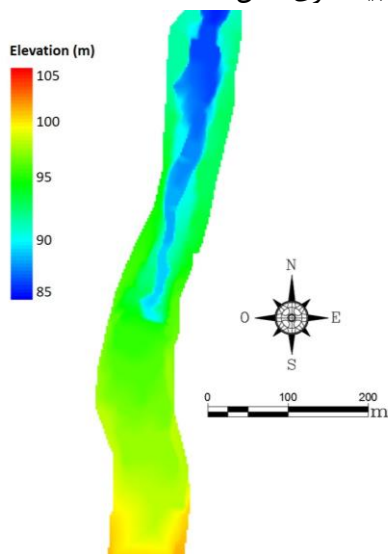
با این فرض که ارتفاع بستر در طی فرآیند شبیه‌سازی تغییر نمی‌کند، معادله‌ی پیوستگی به صورت زیر در می‌آید:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

از آنجا که تغییرات مورفولوژیکی بستر رودخانه‌های بسیار کمتر از فرایندهای هیدرودینامیکی آن است، این معادله به طور گسترده برای محاسبه‌ی پارامترهای هیدرولیکی رودخانه‌ها به صورت‌های یک بعدی و دوبعدی استفاده شده است. مجموعه‌ی معادلات بالا از یک روند متوسط‌گیری در عمق برای معادلات ناویر استوکس بدست می‌آیند و معمولاً به عنوان مدل آب کم عمق (Shallow Water) شناخته می‌شوند [۱۴].

۳-۴ تنظیمات مدل عددی

اولین گام در شبیه سازی عددی فراخوانی مدل رقومی بستر رودخانه در مدل عددی می باشد. پس از فراخوانی توپوگرافی محدوده ی مورد بررسی شبکه بندی شده است. با توجه به اینکه در مدل عددی CCHE-2D هر سلول محاسباتی یا باید تر باشد یا خشک، لذا از شبکه بندی متناسب با نقاط برداشت توپوگرافی استفاده شده است، زیرا برای شبکه بندی ریزتر توپوگرافی محاسباتی میان یابی خواهد شد. با توجه به توضیحات بیان شده تقریباً از ۸۵ هزار المان محاسباتی استفاده شده است. در گام بعدی به تعریف شرایط مرزی مناسب برای مدل عددی پرداخته شده و هیدروگراف سیلاب ۱۰۰ ساله به عنوان شرط مرزی بالادست تعریف می شود. برای پایین دست هم شرایط مرزی آزاد تعریف شده است تا جریان بدون هیچ مانعی از این مرز خارج شود. در شکل ۶ توپوگرافی و شبکه بندی محدوده ی شبیه سازی نشان داده شده است.



ب) مدل رقومی رودخانه قره چای



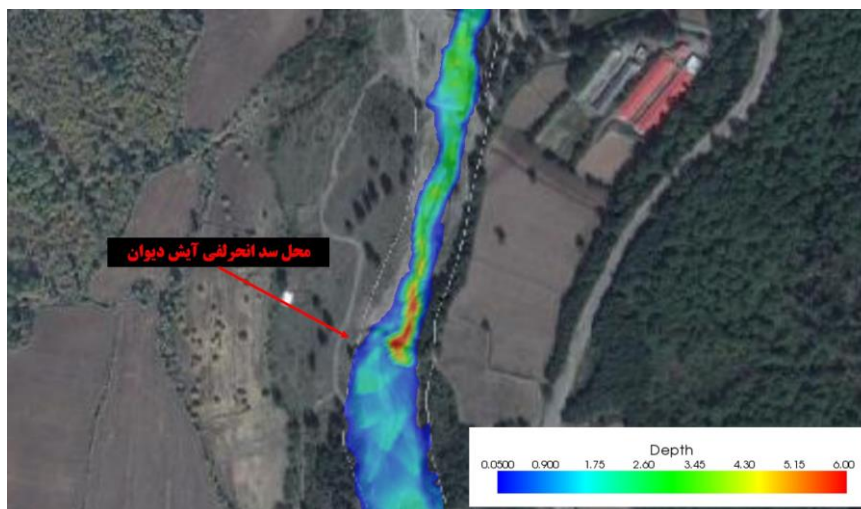
الف) شبکه بندی مدل عددی

شکل ۶: الف) نحوه ی شبکه بندی مدل عددی ، ب) مدل رقومی رودخانه قره چای

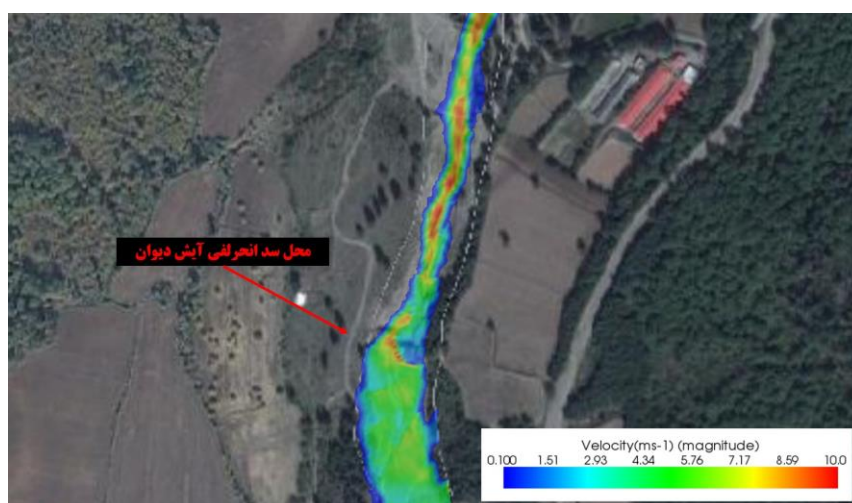
۳-۵ نتایج شبیه سازی

آگاهی از بازخورد هیدرولیکی رودخانه در سیلاب های طراحی یکی از مهمترین مسایلی است که در طراحی سازه های هیدرولیکی باید بدان پرداخته شود. در این بخش به شبیه سازی عددی جریان در رودخانه قره چای برای سیلاب ۱۰۰ ساله، در محدوده سد انحرافی پرداخته شده است. شرایط موجود در این شبیه سازی به دقت مورد بررسی قرار گرفته شده است تا بتوان از واکنش رودخانه به شرایط موجود آگاه تر شد.

در شکل ۷ الگوی عمق جریان، در شکل ۸ الگوی سرعت جریان و در شکل ۹ بردارهای سرعت جریان نشان داده شده است. آنچه از این تصاویر می توان برداشت کرد این مساله می باشد که جریان دقیقاً از محل تخریب کامل در جناح راست سد انحرافی به پایین دست منتقل شده است. همچنین پس از عبور جریان از روی سد انحرافی موجود، جریان با یک فشردگی موضعی مواجه شده و در بخش شسته شده به مسیر خود ادامه می دهد. با توجه به تنگ شدن مقطع در پایین دست سرعت های جریان به شکل چشمگیری افزایش پیدا می کند و به سرعت های نزدیک ۱۰ متر بر ثانیه رسیده است. این سرعت ها علاوه بر تشدید شسته شدن دیوار های رودخانه ممکن است باعث تخریب سازه های پایین دست نیز گردد.



شکل ۷: الگوی عمق جریان در رودخانه ی قره چای در دبی ۱۰۰ ساله



شکل ۸: الگوی سرعت جریان در رودخانه ی قره چای در دبی ۱۰۰ ساله

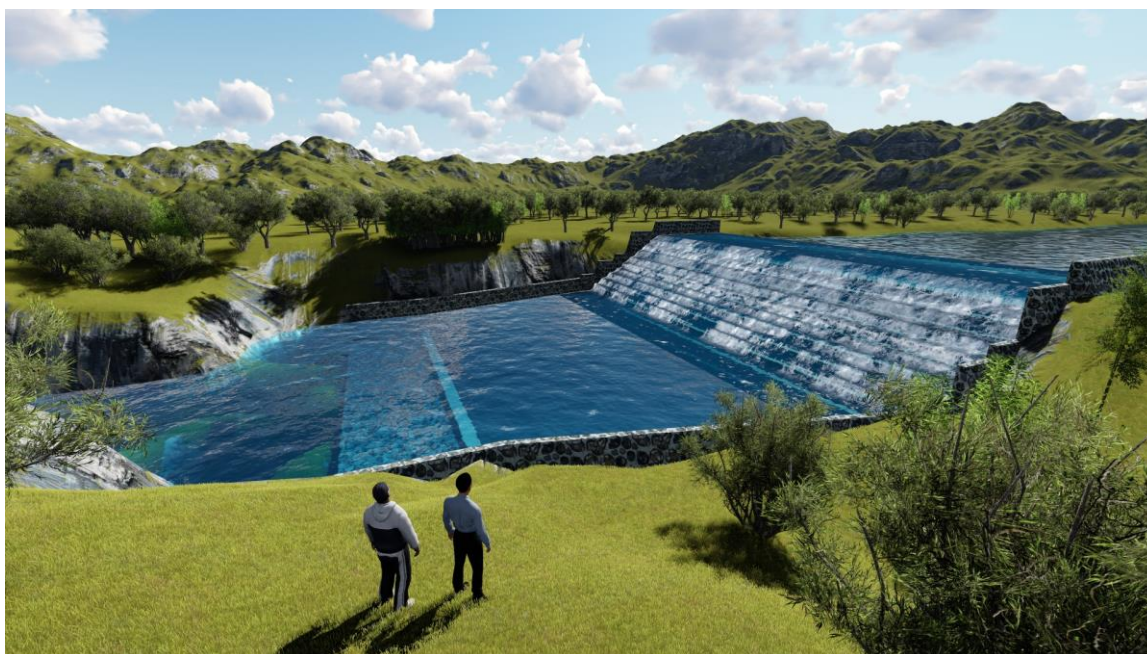


شکل ۹: بردارهای سرعت جریان در رودخانه ی قره چای در دبی ۱۰۰ ساله

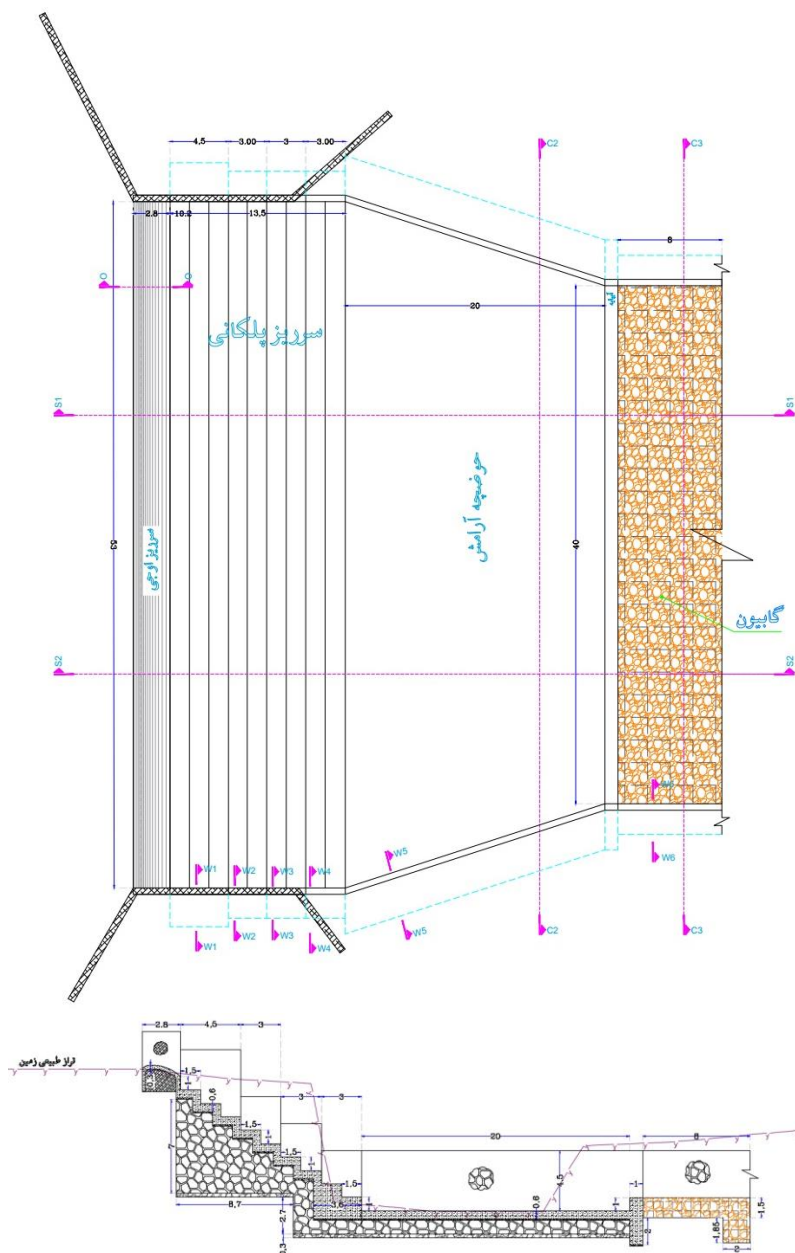
۴- شبیه سازی عددی سد انحرافی آیش دیوان

۴-۱ طرح علاجبخشی

با توجه به بررسی های صورت گرفته و نتایج حاصل از شبیه سازی رودخانه ای، نیاز است تا افت ارتفاع ۱۰ متری بعد از حوضچه آرامش توسط سازه ای ایجاد شود. با توجه به بررسی گزینه های مختلف، یک سرریز پلکانی با ارتفاع پله های ۱ متر و طول ۱/۵ متر در نظر گرفته شده است. نحوه عملکرد سرریز پلکانی در شبیه سازی عددی جریان بر روی سرریز نشان داده شده است. همچنین با توجه به کاهش عرض رودخانه در پایین دست سد انحرافی موجود، از یک حوضچه آرامش تنگ شونده استفاده شده است. با توجه به اینکه روابط هیدرولیکی مشخصی برای این نوع حوضچه های آرامش وجود ندارد از ابزار شبیه سازی سه بعدی برای بررسی صحت عملکرد آن استفاده شده است. در شکل ۱۰ تصویر رندر شده طرح علاجبخشی سد انحرافی در نرم افزار 3ds Max، و در شکل ۱۱ پلان و پروفیل آن نشان داده شده است.



شکل ۱۰: رندر 3ds Max طرح علاجبخشی سد انحرافی آیش دیوان



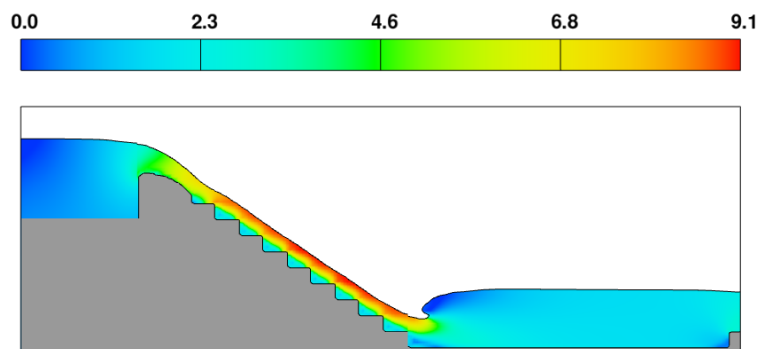
شکل ۱۱: پلان و پروفیل طرح علاجبخشی سد انحرافی آیش دیوان

۴-۲ شبیه سازی عددی

با توجه به اهمیت بسیار زیاد عملکرد سرریز و حوضچه ی آرامش، برای اطمینان از عملکرد سرریز پلکانی و حوضچه آرامش طراحی شده برای سد انحرافی آیش دیوان، اقدام شبیه سازی عددی جریان شده است. برای شبیه سازی عددی از نرم افزار Flow-3D که توسط موسسه ی Flow Science توسعه داده شده، استفاده شده است. این نرم افزار یک مدل ۳ بعدی بسیار جامع هیدرولیکی بوده که در بسیاری از پروژه های مهم مورد استفاده قرار گرفته و صحت و دقت آن بارها مورد تایید قرار گرفته است. در شکل ۱۲ الگوی سرعت جریان بر روی سد انحرافی آیش دیوان نشان داده شده است. سرعت محاسبه شده از رابطه ی تئوری ۱۴ متر بر ثانیه می باشد که در مدل عددی این سرعت ۱۰ متر بر ثانیه برآورد شده است. دلیل اینکه در

مدل عددی این مقدار کمتر برآورد شده این مساله می باشد که رابطه ی تئوری، اثر استغراق را لحاظ نکرده و همچنین پله ها به عنوان یه زبری مصنوعی بخش عمده ای از سرعت جریان را مستهلک کرده است.

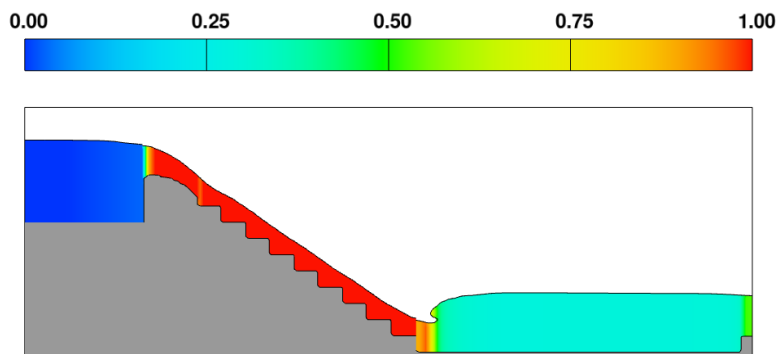
velocity magnitude contours



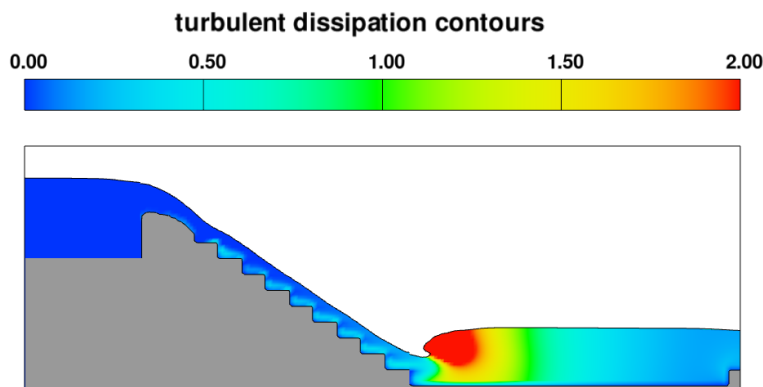
شکل ۱۲: الگوی سرعت جریان بر روی سرریز و داخل حوضچه ی آرامش

عملکرد اصلی حوضچه ی آرامش تبدیل جریان فوق بحرانی به جریان زیر بحرانی و کاهش انرژی مخرب آن از این طریق می باشد. در شکل ۱۳ الگوی عدد فرود جریان بر روی سرریز و داخل حوضچه نشان داده شده است. جریان بلافاصله در پنجه ی سرریز مستغرق شده و پرش در همین محل رخ داده است که از لحاظ عملکرد حوضچه های آرامش بسیار مطلوب است. در شکل ۱۴ نیز کانتور استهلاک انرژی ناشی از آشفتگی جریان نشان داده شده است. همانگونه که از شکل مشخص می باشد جریان در محل تشکیل پرش بیشترین استهلاک انرژی را داشته و بر روی پله ها نیز استهلاک انرژی قابل توجهی مشاهده می شود.

Froude number contours



شکل ۱۳: الگوی عدد فرود جریان بر روی سرریز و داخل حوضچه ی آرامش



شکل ۱۴: الگوی استهلاک ناشی از آشفتگی بر روی سرریز و داخل حوضچه آرامش

۵- نتیجه گیری

با توجه به سیلاب های مخرب رخ داده در کشور بخصوص در استان گلستان، سد های انحرافی موجود در رودخانه ها اغلب دچار آسیب های جدی می شوند. این آسیب ها اغلب در سیلاب هایی بیشتر از سیلاب طراحی اتفاق می افتد. اما در برخی موارد در سیلاب های بسیار کمتر و یا در اثر عوامل ثانویه نیز اتفاق می افتد. در این تحقیق به علایج بخشی سد انحرافی آیش دیوان شهرستان رامیان پرداخته شده است. در گام اول بوسیله مدل دوبعدی شرایط رودخانه شبیه سازی و بررسی شده است. با توجه به آبستنگی ۱۰ متر رخ داده در انتهای سد انحرافی و نتایج خروجی از شبیه سازی رودخانه ای، یک سرریز پلکانی به ابعاد پله های ۱ در ۱/۵ در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به تغییر عرض رودخانه و برای رسیدن به عرض مطلوب، از حوضچه آرامش تنگ شونده استفاده شده است. این حوضچه آرامش عرض مسیل را از ۵۳ متر به ۴۰ متر کاهش داده است. برای اطمینان از عملکرد سرریز پلکانی و حوضچه آرامش طراحی شده اقدام به شبیه سازی جریان در کل سیستم تخلیه سیلاب سد انحرافی شده است. نتایج حاکی از این است که رژیم جریان در سرریز پلکانی در سیلاب طراحی به صورت غلتشی بوده و حوضچه آرامش نیز با پرش هیدرولیکی مناسب عملکرد خوبی داشته است. از اینرو این طرح علایج بخش به عنوان یک طرح کارآمد مد نظر قرار گرفته است.

مراجع

- [۱] افشار، عباس و نیک صفت، غلامرضا، طراحی سازه های هیدرولیکی سدهای کوچک، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۸۶، خرداد ۱۳۶۷.
- [2] CASSIDY, J. J. Irrotational flow over spillways of finite height. Journal of the Engineering Mechanics Division - ASCE, v. 91, n. EM6, p. 155-173, 1965.
- [3] Li W, Xie Q, Chen CJ, Finite analytic solution of flow over spillways, J. Eng. Mech. ASCE, 115(2): 2645-2648, 1989.
- [4] Olsen NR, Kjellesvig HM, Three-dimensional numerical flow modeling for estimation of spillway capacity. J. Hydraulic Res. IAHR., 36(5): 775-784, 1998.
- [۵] مطلبی زاده، م. تحلیل جریان دوبعدی روی سرریزهای آزاد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۷۷.

[۶] حیدری، م. شبیه سازی جریان روی سرریز اوجی با استفاده از نرمافزار FLUENT. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۸۱.

[7] Savage BM, Johnson MC, Flow over ogee spillway: Physical and numerical model case study. J. Hydraulic Eng. ASCE., 127(8): 640- 649. 2001.

[8] Larson, Emily Anne, Energy dissipation in culverts by forcing a hydraulic jump at the outlet, 2006.

[9] US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers Hydraulic Design Criteria, 111-1 to 111-2/1

[10] Wu, S., and N. Rajaratnam, Submerged flow regimes of rectangular sharp-crested weirs, Journal of Hydraulic Engineering 122.7, 1996: 412-414.

[11] Ead, S. A., and N. Rajaratnam, Hydraulic jumps on corrugated beds, Journal of Hydraulic Engineering 128.7, 2002: 656-663.

[12] Yoo, Sungyul, Kiwon Hong, and Manha Hwang. "A 3-dimensional numerical study of flow patterns around a multipurpose dam." Proceedings of the 5th International Conference on Hydroinformatics, Cardiff, UK. 2002.

[13] Harry Hawthorne Barnes, Roughness characteristics of natural channels. USGS, 1967

[14] Wu, W, CCHE2D Sediment Transport Model (Version 2.1). Tech Report No. NCCHETR- 2001-3, NCCHE, University of Mississippi USA, P: 12. 2009