

بررسی و مطالعه پارامترهای موثر در موقعیت قرارگیری دیوار آب بند بر میزان نشت آب از خاکریز و بستر سدهای خاکی (مطالعه موردی: سد تنگ سرخ- شیراز)

مسعود مصباحی^۱

^۱ استادیار گروه عمران و معماری، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، ارسنجان، ایران

نام و ایمیل نویسنده مسئول:

مسعود مصباحی

masoud.mesbahi@iaui.ac.ir

چکیده

پیش بینی دقیق میزان دبی نشت آب از خاکریز و بستر سد خاکی (به علت پیچیدگی ذاتی) حائز اهمیت بوده که در این میان، در صورت وجود احتمال مشکلات عمده‌ای چون ناپایداری ناشی از نشت آب در خاکریز و بستر (و نهایتاً خرابی سد)، در نظر گرفتن تمهیدات خاصی چون ساخت دیوار آب بند در بستر سد ضروری می‌باشد که در این خصوص ارزیابی موقعیت قرارگیری و عمق حفاری مناسب دیوار آب بند در بستر سد (با توجه به تراز آب مخزن سد)، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شود. در این تحقیق، ضمن اطمینان از صحت نحوه شبیه سازی‌های عددی توسط برنامه اجزای محدود Seep/W (در نرم افزار Geostudio)، در ادامه، با شبیه سازی عددی دوبعدی نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز در دو شرایط با و بدون قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد (توسط برنامه مذکور)، علاوه بر بررسی عملکرد دیوار آب بند بستر سد در کاهش میزان دبی نشت آب از خاکریز و بستر سد، تأثیر موقعیت قرارگیری و عمق حفاری دیوار آب بند (با توجه به تراز آب مخزن سد) نیز در بهبود این عملکرد، مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق، نشان از اطمینان به عملکرد مناسب دیوار آب بند نزدیک به محور مرکزی سد در کاهش میزان دبی نشت آب از سد مذکور داشته که با افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد (خصوصاً تا عمق ۴۰ متری از سطح بستر سد) بر این عملکرد خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد (تراز ۹۰ متر) افزوده می‌شود.

واژگان کلیدی: دیوار آب بند، سد خاکی، نشت آب، روش اجزای محدود، برنامه Seep/W

مقدمه

اهمیت وجود آب برای ادامه زندگی و به دست آوردن مواد غذایی دامی و کشاورزی باعث گردید تا انسان به فکر راهی برای انتقال، مهار و ذخیره آب بیفتد. اصلی ترین روش برای مهار و ذخیره آب جاری رودخانه‌ها، ساخت انواع سدها و بندها بر روی آن‌ها است.

ساخت سدهای خاکریز (خاکی)، به دلیل عدم وابستگی به بستر و شکل دره خاص و نیز تکنولوژی ساخت ساده‌تر، در سال‌های اخیر، بیش از انواع دیگر سدها (همچون سدهای بتنی)، مورد توجه قرار گرفته است. چرا که سدهای خاکی را تقریباً در روی هر

نوع بستر و یا سائیتی که برای ساخت سازه‌های بتنی نامناسب هستند، می‌توان اجرا نمود. برای ساخت این نوع سدها، به شرط آن که در ناحیه بندی مصالح به کار رفته دقت شود، از انواع مختلفی از مصالح ساختمانی می‌توان در هنگام ساخت بهره جست. پدیده نشت آب به عنوان یکی از اصلی ترین عوامل تخریب سدهای خاکی، در ابتدا، به وسیله روابط تجربی و تحلیلی و یا ساخت مدل‌هایی در ابعاد کوچکتر از اندازه طبیعی مورد بررسی قرار می‌گرفت که این روش‌ها علاوه بر داشتن مشکلاتی ناشی از عدم تطابق کامل با نمونه اصلی، در اکثر موارد، هزینه‌های بالای اجرایی داشتند. پس از ظهور کامپیوترهای با قدرت محاسباتی بالا و در راستای آن معرفی روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل (با استفاده از این کامپیوترها)، پدیده نشت آب نیز همچون پدیده‌های علمی دیگر، به وسیله روش‌های مختلف عددی، مورد بررسی محققین بسیاری قرار گرفت. از اصلی ترین روش‌های عددی مورد استفاده در شبیه سازی پدیده نشت آب، روش‌های اجزای محدود و تفاضل محدود بوده که هر کدام دارای مزایا و معایبی می‌باشند.

مدل سازی عددی برای طراحی پرده ی آب بند

جهت تعیین عمق پرده آب بند معیارهای تجربی متفاوتی ارائه شده است که در آنها عمق پرده آب بند براساس ارتفاع هیدرواستاتیک بیان شده است. استفاده از روش‌های تجربی با توجه به شرایط متفاوت هر پروژه چندان قابل اعتماد نمی باشد. بنابراین لزوم استفاده از روش‌های شبیه سازی و مدلسازی عددی برای اجرای بهتر و موثرتر پرده آب بند احساس می‌شود. به منظور مدلسازی حرکت جریان آب در پی سد از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود که روش‌های تحلیلی، عددی، آنالوگ‌های الکتریکی، مدل‌های هیدرولیکی و ترسیم شبکه جریان از آن جمل اند.

در روش تحلیلی برای تشریح معادله حرکت جریان آب در محیط‌های همگن از راه حل‌های ریاضی با شرایط مرزی ساده و برای محیط‌های ناهمگن و شرایط مرزی پیچیده از روش‌های عددی استفاده می‌گردد؛ از نرم افزارهای قابل استفاده در روش‌های عددی می‌توان به نرم افزار ANSYS اشاره کرد. لازم به ذکر است که با استفاده از روش تحلیلی Fragment هندسه سازه مورد نظر که تا حدی پیچیده است به ابعاد کوچکتر و ساده‌تری تقسیم شده و سپس با استفاده از نمودارهای موجود مقدار نشت در هریک از قطعات بدست آمد و از مجموع آنها نشت کل حاصل می‌گردد [۱].

پی سدها، عموماً حالت اشباع از آب را دارد، بنابراین برای بررسی و تحلیل حرکت آمیزه تزریق می‌توان از مفاهیم سیالات دوفازی استفاده نمود. مهمترین کارها در بررسی حرکت سیالات به شکل دوفازی، بررسی حرکت آنها به شکل دو سیال غیر قابل امتزاج (مخلوط نشدنی) می‌باشد، که بر مبنای قانون داریسی، معادلات سرعت و تغییر مکان سیالات در محیط ارائه شده است.

روش اجرای تحقیق

یکی از روش‌های شبیه سازی روند نشت آب در خاک، روش اجزای محدود می‌باشد. روش اجزای محدود، یکی از انواع روش‌های عددی مورد کاربرد در محیط‌های پیوسته چون محیط‌های خاکی بوده که در چند دهه اخیر به جهت دقت و سهولت، کاربرد وسیعی در شبیه سازی مسائل پیچیده مهندسی چون مسائل ژئوتکنیکی پیدا کرده است. از جمله مسائل ژئوتکنیکی قابل شبیه سازی با این روش، مسأله روند نشت آب در سدهای خاکی می‌باشد که با استفاده از حل فرمولاسیون نشت آب در خاک، به بررسی این روند می‌پردازد. Seep/W، از جمله برنامه‌های اجزای محدود موجود در نرم افزار Geostudio بوده که توانایی شبیه سازی دوبعدی روند نشت آب در خاک (همچون سدهای خاکی) را دارا می‌باشند که جهت این امر، مدل مربوطه در این برنامه ساخته و جهت محاسبه سرعت جریان آب در خاک، مورد تحلیل قرار می‌گیرد [۲].

معرفی نرم افزار Geostudio

نرم افزاری ژئوتکنیکی بر مبنای روش عددی اجزای محدود می‌باشد. در این نرم افزار، برای تحلیل تنش‌ها و جابه جایی‌ها و نیز تحلیل جریان آب، جریان گرمایی و جریان هوا در محیط‌های متخلخل خاکی و سنگی، مسائل به صورت شبکه‌هایی دوبعدی (متشکل از المان‌هایی چند ضلعی) تعریف می‌شود. المان‌ها، مطابق با یک قانون تنش- کرنش خطی یا غیرخطی، در واکنش به نیروهای وارده و شرایط مرزی، رفتار می‌کنند. لذا، در این نرم افزار، رفتار سازه‌های خاکی و سنگی که ممکن است بعد از حد

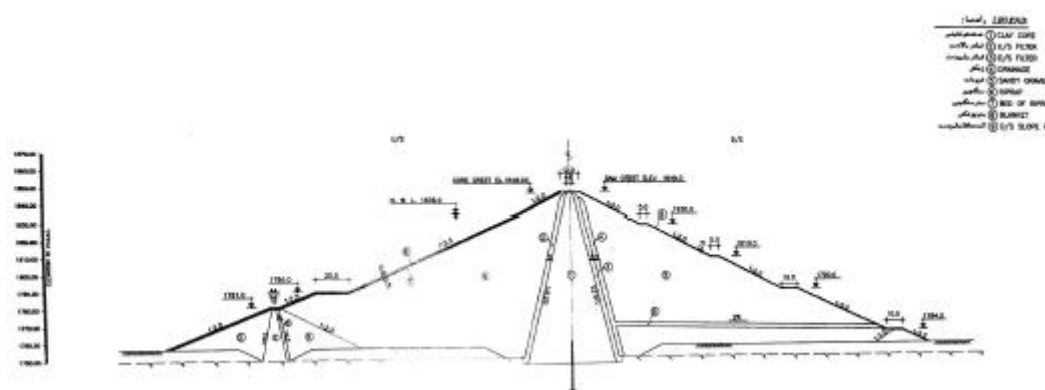
- پر نامہ Σ/W

Seep/W - بیر نامه

Slope/W - بر نامہ

این برنامه، مربوط به تحلیل پایداری شیب‌های خاکی بوده که از طریق آن، ارزیابی ضریب اطمینان شیب (FOS) به کمک روش‌های متعدد تعادل حدی از قبیل روش‌های Bishop, Ordinary, Jumbu, Morgenstern-Price, Spencer و GLE صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که این برنامه از نرم افزار Geostudio، بر خلاف سایر برنامه‌های دیگر این نرم افزار، از روش عددی اجزای محدود به منظور مدل سازی و تحلیل استفاده نکرده و همانطور که اشاره شد، از روش‌های تعادل حدی ترسیمی برای تحلیل پایداری شیب‌های خاکی، سود می‌برد.

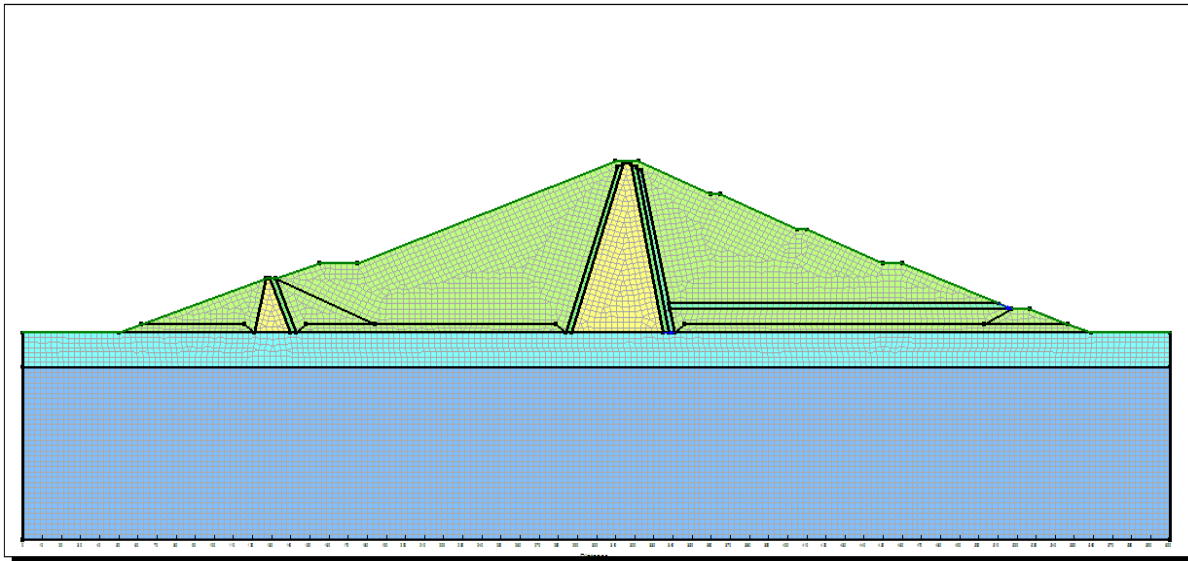
سد خاکی تنگ سرخ، از جمله سدهای خاکی کشور بوده که در استان فارس و در فاصله ۵ کیلومتری شمال غربی شهرستان شیراز و نیز در فاصله ۵ کیلومتری غرب شهرک شهید بهشتی با هدف مهار سیلاب رودخانه خشک شیراز (به منظور جلوگیری از خسارت سیلاب به شهر شیراز) واقع شده است. این سد، از جمله سدهای خاکی ناهمگن با هسته رسی بوده که بر روی بستری آبرفتی (با عمق در حدود ۲۰ متر) قرار گرفته است. سد مذکور، با تاجی به طول و عرض به ترتیب حدود ۶۵۰ و ۱۲ متر و ارتفاع حدود ۹۹ متر (از بستر طبیعی، رودخانه)، حجم مخزن ذخیره آب حدود ۱۶ میلیون متر مکعب دارد (شکل ۱).



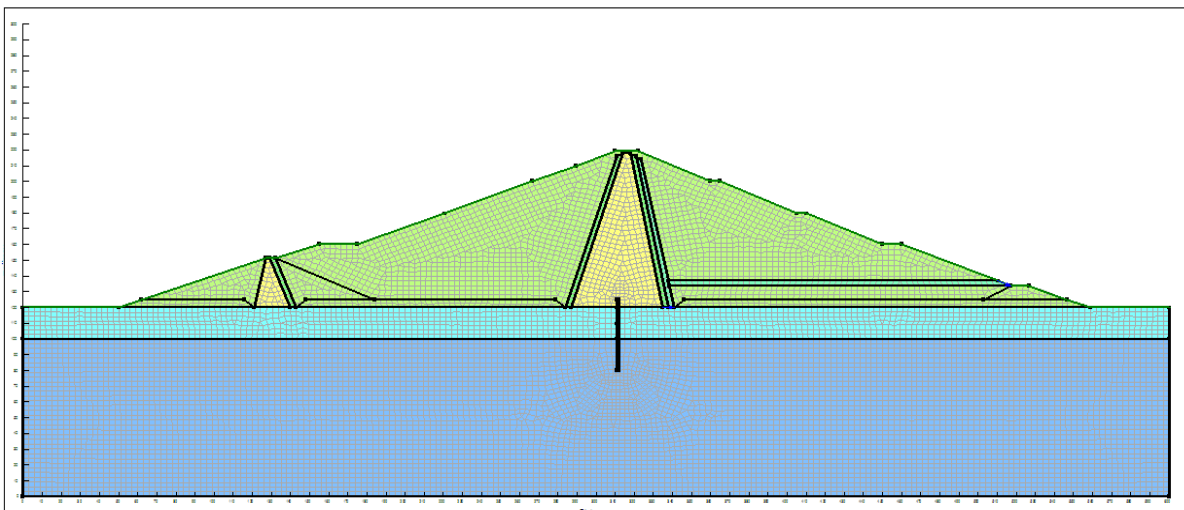
شکل (۱) نیمرخ، عرضی از سد خاکی، تنگ سرخ شیراز

مش بندی توده‌های مصالح

برای مش‌بندی مدل‌های عددی، از المان‌های مربعی و مثلثی متوسط (با ابعاد حدود ۳ متر) مطابق اشکال ۲ و ۳ استفاده می‌شود.



شکل (۲) مش بندی مدل هندسی سد خاکی تنگ سرخ شیراز در شرایط بدون قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد



شکل (۳) مش بندی مدل هندسی سد خاکی تنگ سرخ شیراز در شرایط قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد

حل مدل‌ها

جهت حل مدل‌های عددی و در طی آن بررسی روند نشست آب از خاکریز و بستر سد خاکی و ارزیابی میزان دبی نشست آب از سد در هر مدل، از تحلیل جریان دائمی آب در خاک استفاده می‌شود. به گونه‌ای که در طی حل، اختلاف هد کل آب ناشی از اختلاف تراز سطح آب بالادست (مخزن) با سطح آب پایین دست سد، منجر به ایجاد سرعت جریان آب و نهایتاً نشست آب در سد خواهد شد [۴].

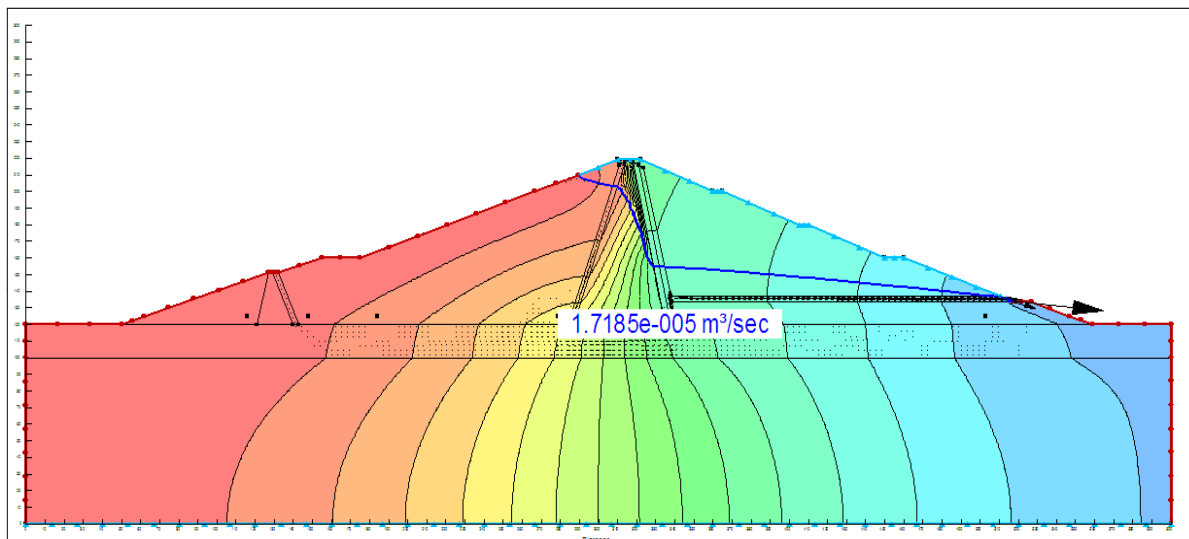
نحوه ارزیابی نتایج حاصل از شبیه سازی‌های عددی

به منظور بررسی نتایج حاصل از مطالعات پارامتریک صورت گرفته به کمک شبیه سازی‌های عددی تشریح شده در بخش قبلی، یعنی شبیه سازی عددی نشست آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز در دو شرایط با و بدون قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد، با ارزیابی میزان دبی نشست آب از خاکریز و بستر سد در ترازهای مختلف آب مخزن، ضمن مطالعه بر روی عملکرد دیوار آب بند بستر سد در کاهش میزان این دبی، به منظور مطالعه بر روی تأثیر متقابل موقعیت قرارگیری (در حد فاصل بالادست و محور مرکزی سد) و عمق حفاری دیوار آب بند در بهبود این عملکرد نیز با تغییر در میزان پارامترهای مذکور در ترازهای مختلف آب

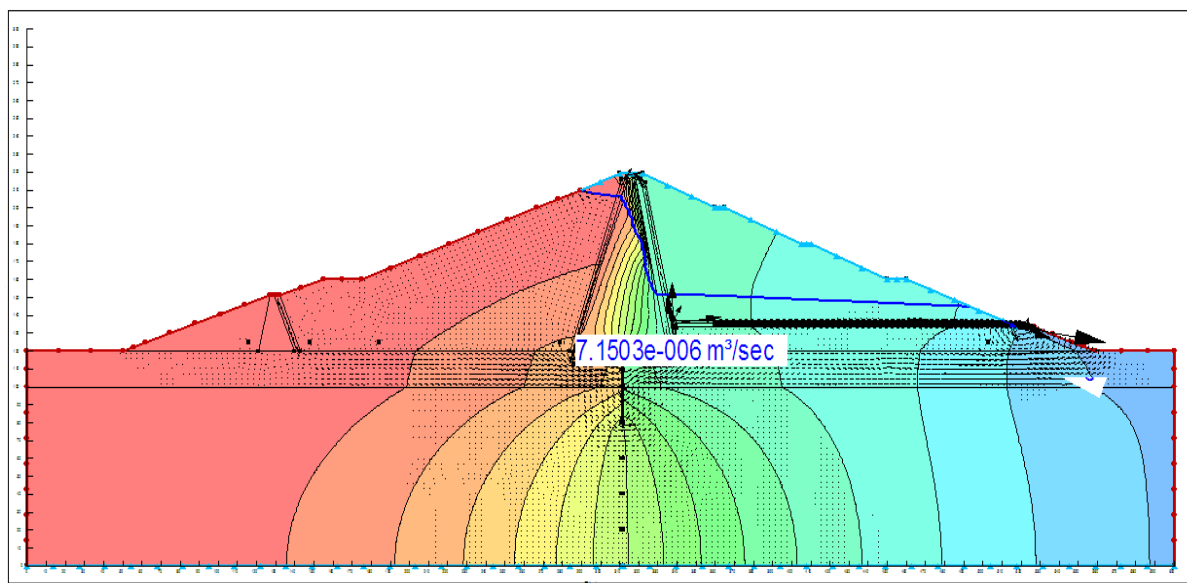
مخزن سد، پارامتر بی بعد درصد کاهش دبی نشت آب از سد ($\frac{\Delta Q}{Q_0}$) در هر حالت مورد ارزیابی قرار گرفته که در این پارامتر، Q_0 ، میزان دبی نشت آب از سد در شرایط بدون قرارگیری دیوار آب بند و ΔC ، اختلاف دبی نشت آب از سد در دو شرایط با و بدون قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد می باشد. لذا، در این مطالعات، در ۳ فاصله (S) دیوار آب بند از محور مرکزی سد (فواصل ۰، ۱۰ و ۲۰ متر در حد فاصل بالادست و محور مرکزی سد)، با تغییر در عمق (D) حفاری دیوار آب بند (از ۱۰ تا ۸۰ متر در بستر سد)، به ارزیابی پارامتر بی بعد مذکور در ترازهای (H) مختلف آب مخزن سد (ترازهای ۹۰، ۸۰ و ۶۰ متر از سطح بستر سد) پرداخته می شود [۶ و ۵].

ارزیابی و بررسی نتایج حاصل از مطالعات پارامتریک

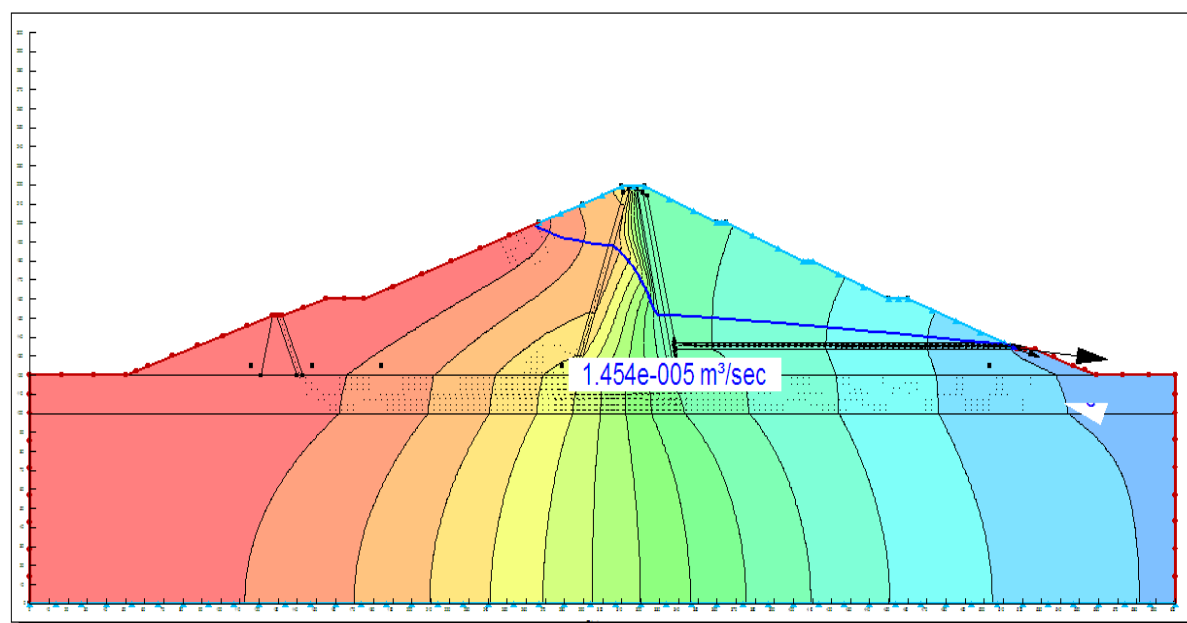
در این بخش، ضمن ارزیابی و مقایسه روند و میزان دبی نشت آب از خاکریز و بستر سد خاکی در دو شرایط با و بدون قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد (با توجه به تراز آب مخزن سد مطابق اشکال ۴ تا ۹، با تغییر در میزان عمق حفاری دیوار آب بند (از ۱۰ تا ۸۰ متر در بستر سد) در ۳ میزان فاصله ۰، ۱۰ و ۲۰ متری دیوار آب بند از محور مرکزی سد (در حد فاصل بالادست و محور مرکزی سد) نیز ابتدا مطابق اشکال ۴ تا ۹، میزان دبی نشت آب از سد و سپس مطابق اشکال ۱۰ تا ۱۲، درصد کاهش دبی نشت آب از سد ($\frac{\Delta Q}{Q_0}$)، برای ترازهای مختلف آب مخزن سد (ترازهای ۹۰، ۸۰ و ۶۰ متر از سطح بستر سد)، مورد ارزیابی قرار می گیرد [۷ و ۹].



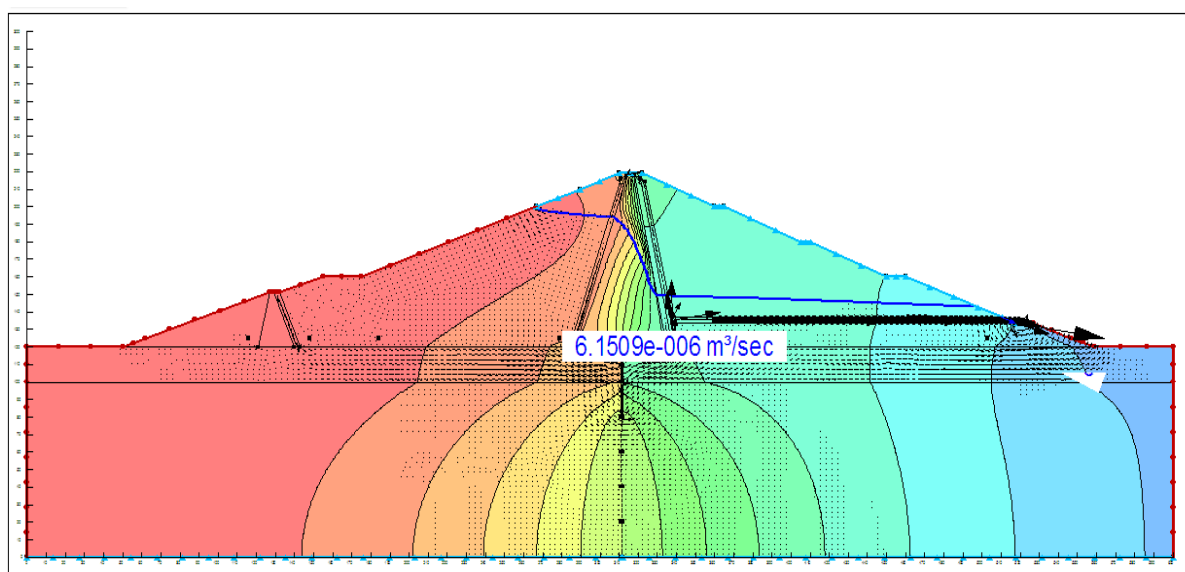
شکل (۴) روند نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۹۰ متر) در شرایط بدون قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد



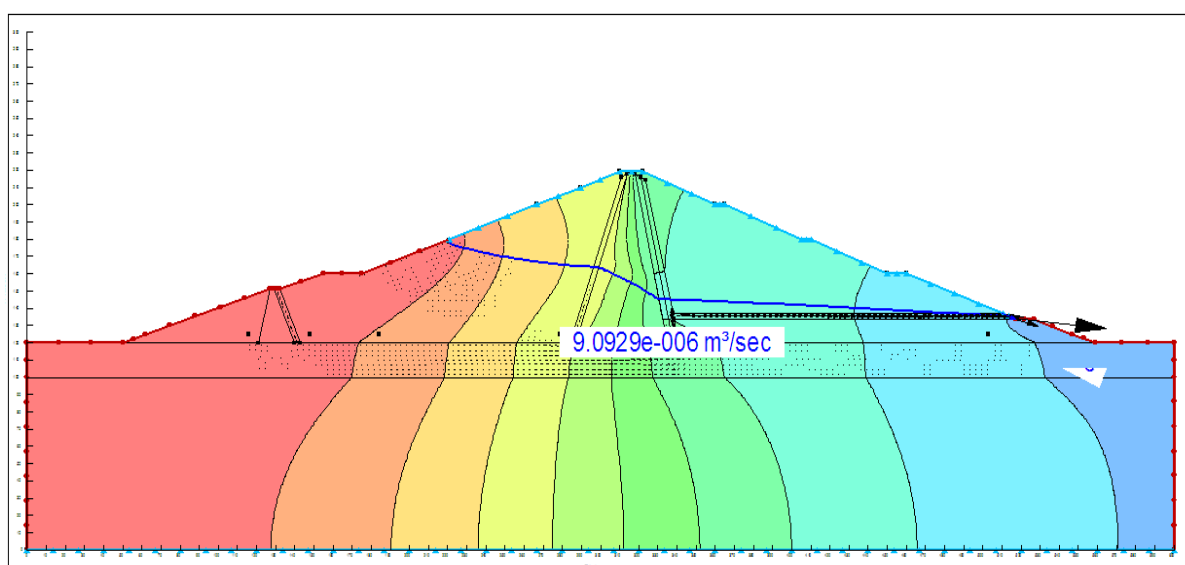
شکل (۵) روند نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۹۰ متر) در شرایط قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد ($D=40\text{ m}$, $S=0\text{ m}$)



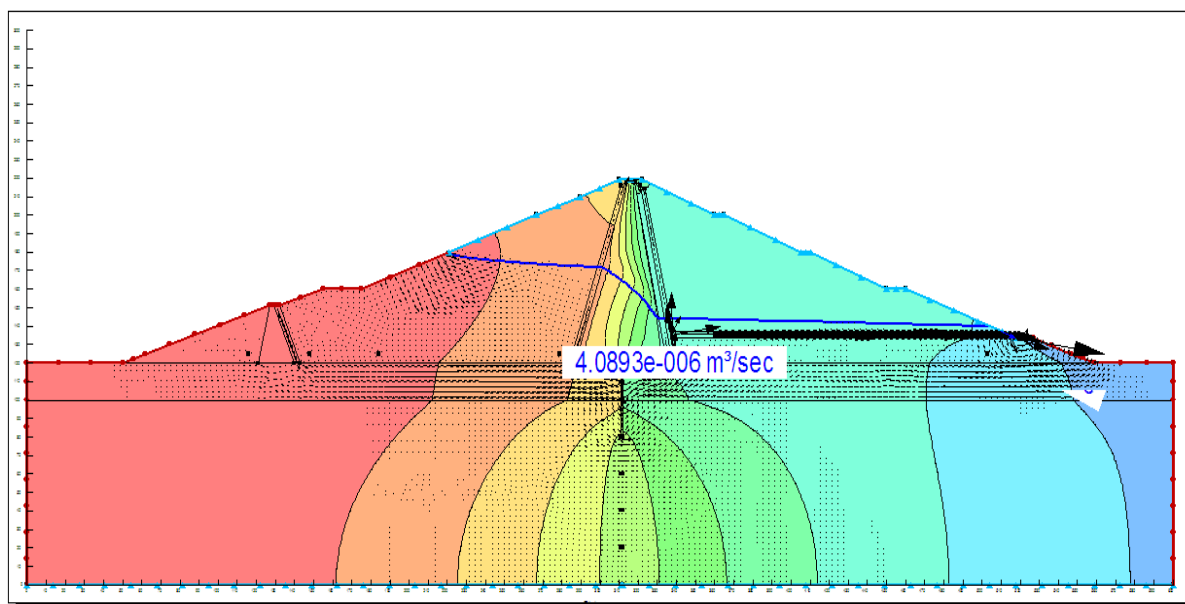
شکل (۶) روند نشت آب از سد خاکی تنگ شیراز (با تراز آب مخزن ۸۰ متر) در شرایط بدون قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد



شکل (۷) روند نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۸۰ متر) در شرایط قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد ($D=40 \text{ m}$, $S=0 \text{ m}$)

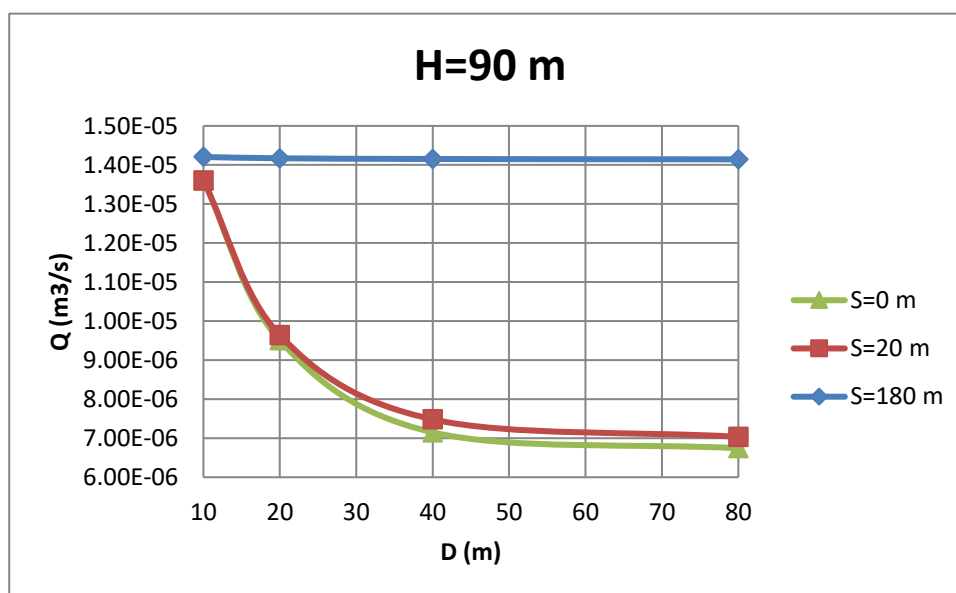


شکل (۸) روند نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۶۰ متر) در شرایط بدون قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد

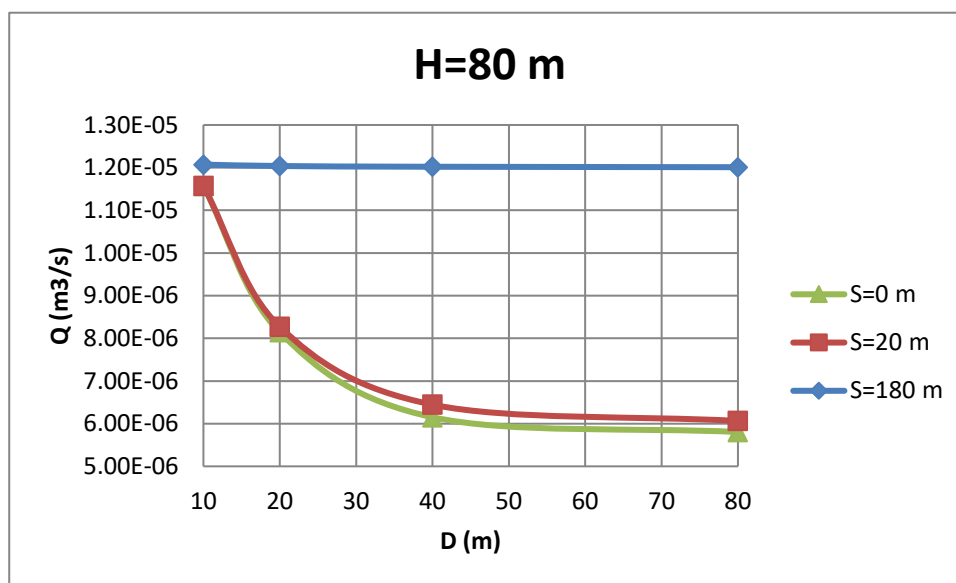


شکل (۹) روند نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۶۰ متر) در شرایط قرارگیری دیوار آب بند در بستر سد ($D=40\text{ m}$, $S=0\text{ m}$)

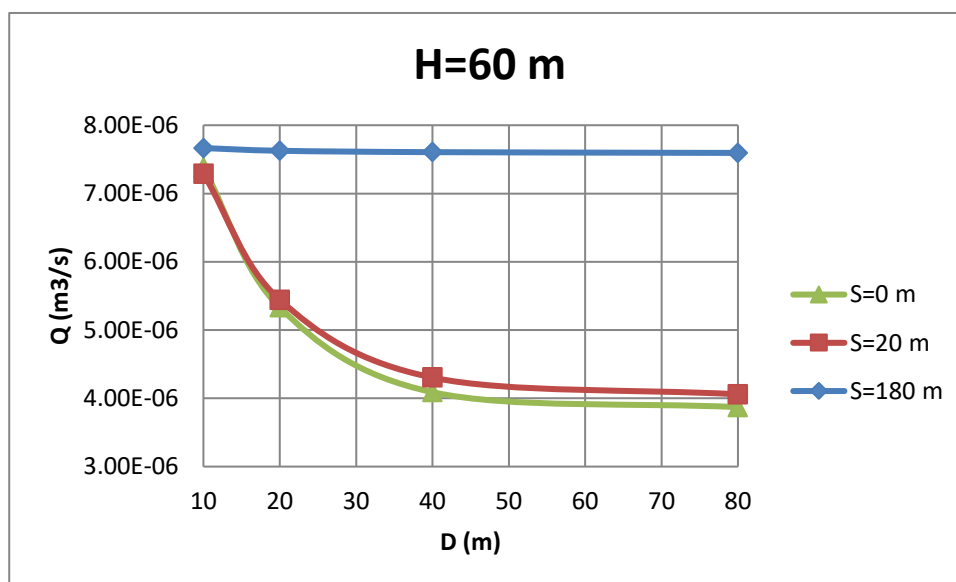
مطابق اشکال ۴ تا ۹، از روی روند و میزان دبی نشت آب از خاکریز و بستر سد خاکی در ترازهای مختلف آب مخزن سد، دیده می‌شود که ضمن نشت قابل توجه آب از بالادست به سمت پایین دست سد خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد (تراز ۹۰ متر)، با قرارگیری دیوار آب بند بستر سد در حد فاصل بالادست و محور مرکزی سد، از میزان دبی نشت آب از سد (خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد) به طور چشمگیری کاسته می‌شود.



شکل (۱۰) تأثیر متقابل موقعیت قرارگیری و عمق حفاری دیوار آب بند بستر سد بر روی میزان دبی نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۹۰ متر)



شکل (۱۱) تأثیر متقابل موقعیت قرارگیری و عمق حفاری دیوار آب بند بستر سد بر روی میزان دبی نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۸۰ متر)

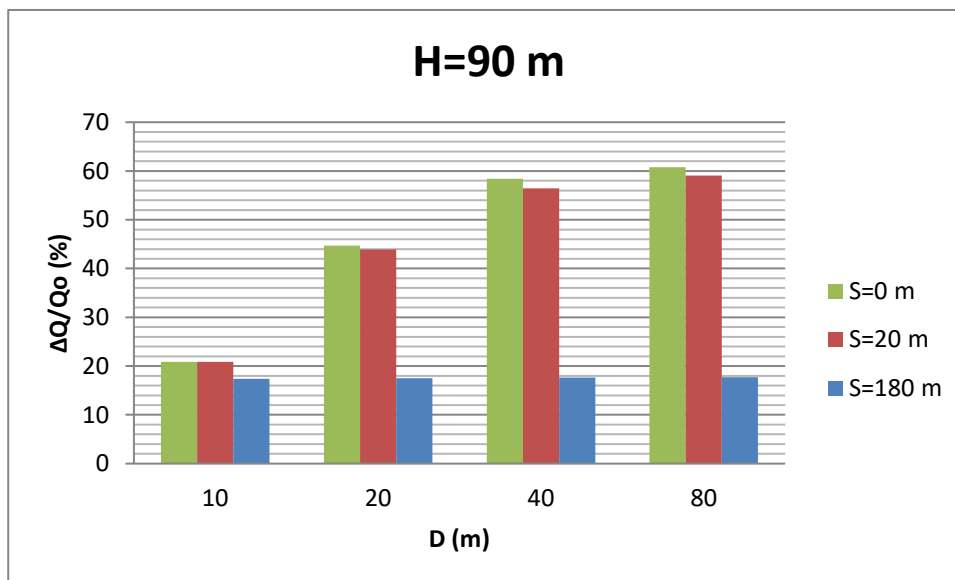


شکل (۱۲) تأثیر متقابل موقعیت قرارگیری و عمق حفاری دیوار آب بند بستر سد بر روی میزان دبی نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۶۰ متر)

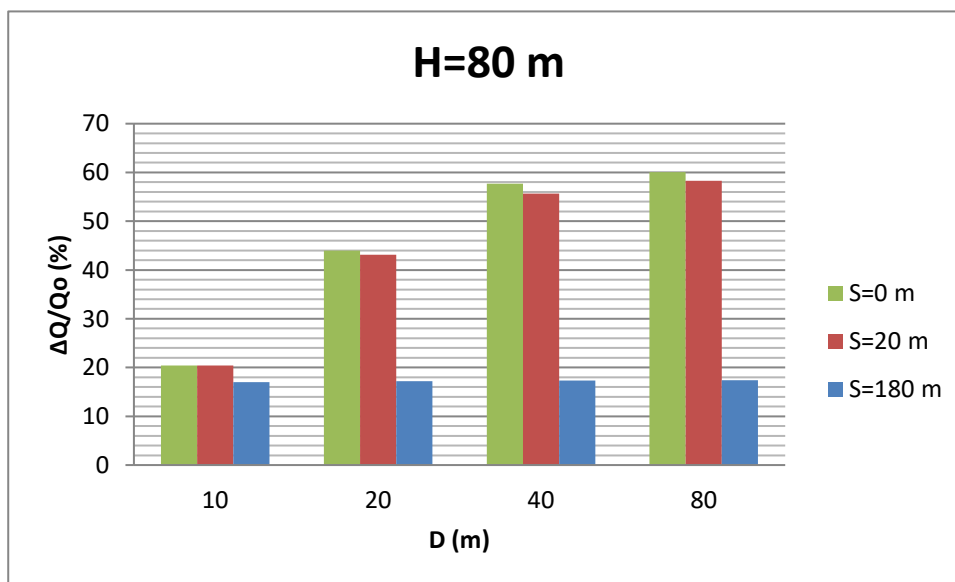
مطابق اشکال ۱۰ تا ۱۲، منحنی‌های دبی نشت آب از خاکریز و بستر سد خاکی در ترازهای مختلف آب مخزن سد نیز نشان از کاهش میزان دبی نشت آب از سد، با قرارگیری دیوار آب بند بستر سد در حد فاصل بالادست و محور مرکزی سد (خصوصاً در فواصل نزدیک دیوار آب بند به محور مرکزی سد) دارد که این کاهش در میزان دبی نشت آب از سد، با افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد خصوصاً تا عمق ۴۰ متری از سطح بستر سد، شدت بیشتری نیز می‌یابد. چرا که افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد، منجر به افزایش طول مسیر جریان آب در بستر سد و نهایتاً کاهش سرعت و دبی این جریان خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد (تراز ۹۰ متر) می‌شود.

همچنین، از این منحنی‌ها، دیده می‌شود که با وجود کاهش چشمگیر میزان دبی نشت آب از سد در فواصل نزدیک دیوار آب بند به محور مرکزی سد، ولی، کاهش این فاصله از حدی مشخص (فاصله ۲۰ متری از محور مرکزی سد)، دیگر تأثیر قابل توجهی در کاهش میزان دبی نشت آب از سد نخواهد داشت.

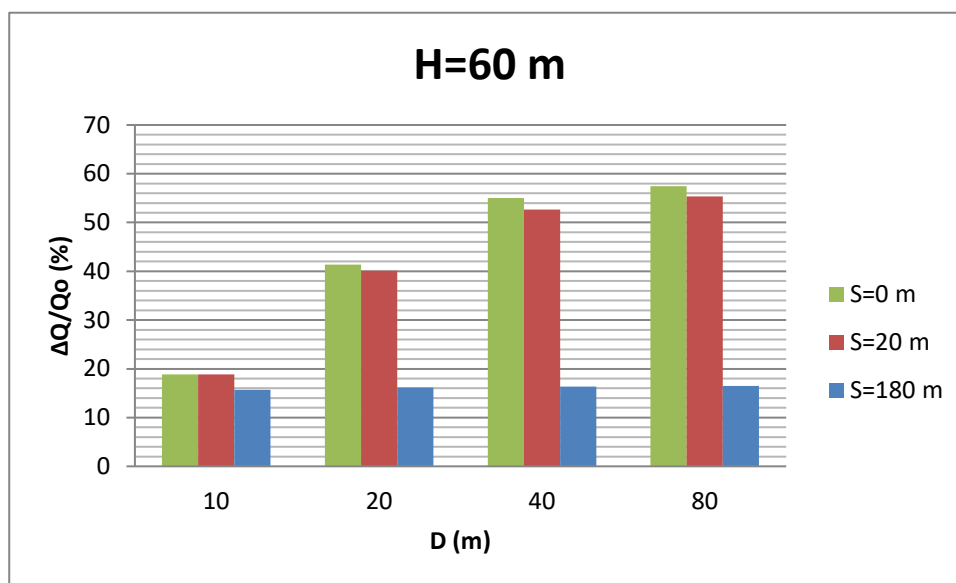
همچنین، با توجه به این منحنی‌ها، دیده می‌شود که در فواصل دور دیوار آب بند از محور مرکزی سد، افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد، تأثیر قابل توجهی در کاهش میزان دبی نشت آب از سد ندارد. در حالی که در فواصل نزدیک دیوار آب بند به محور مرکزی سد (خصوصاً با قرارگیری دیوار آب بند بستر سد در محور مرکزی سد)، افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد خصوصاً تا عمق ۴۰ متری از سطح بستر سد، تأثیر چشمگیری در کاهش میزان دبی نشت آب از سد خواهد داشت.



شکل (۱۳) تأثیر متقابل موقعیت قرارگیری و عمق حفاری دیوار آب بند بستر سد بر روی درصد کاهش دبی نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۹۰ متر)



شکل (۱۴) تأثیر متقابل موقعیت قرارگیری و عمق حفاری دیوار آب بند بستر سد بر روی درصد کاهش دبی نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۸۰ متر)



شکل (۱۵) تأثیر متقابل موقعیت قرارگیری و عمق حفاری دیوار آب بند بستر سد بر روی درصد کاهش دبی نشت آب از سد خاکی تنگ سرخ شیراز (با تراز آب مخزن ۶۰ متر)

مطابق اشکال ۱۳ تا ۱۵، منحنی‌های درصد کاهش دبی نشت آب از خاکریز و بستر سد خاکی در ترازهای مختلف آب مخزن سد، به طور کلی، نشان از اطمینان به عملکرد مناسب دیوار آب بند نزدیک به محور مرکزی سد در کاهش میزان دبی نشت آب از سد داشته که با افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد (خصوصاً تا عمق ۴۰ متری از سطح بستر سد) بر این عملکرد خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد (تراز ۹۰ متر) افزوده می‌شود.

نتیجه گیری

در این پژوهش، با تغییر در میزان عمق حفاری دیوار آب بند (از ۱۰ تا ۸۰ متر در بستر سد تنگ سرخ شیراز) در ۳ میزان فاصله ۱۰، ۲۰ و ۴۰ متری دیوار آب بند از محور مرکزی این سد (در حد فاصل بالادست و محور مرکزی سد) و ارزیابی روند و میزان دبی نشت آب از سد و نیز درصد کاهش دبی نشت آب از سد برای ترازهای مختلف آب مخزن سد (ترازهای ۹۰، ۸۰ و ۶۰ متر از سطح بستر سد)، دیده شده است که:

- ضمن نشت قابل توجه آب از بالادست به سمت پایین دست سد خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد (تراز ۹۰ متر)، با قرارگیری دیوار آب بند بستر سد در حد فاصل بالادست و محور مرکزی سد (خصوصاً در فواصل نزدیک دیوار آب بند به محور مرکزی سد)، از میزان دبی نشت آب از سد (خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد) به طور چشمگیری کاسته می‌شود.
- با افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد خصوصاً تا عمق ۴۰ متری از سطح بستر سد، کاهش در میزان دبی نشت آب از سد، شدت بیشتری نیز می‌یابد. چرا که افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد، منجر به افزایش طول مسیر جریان آب در بستر سد و نهایتاً کاهش سرعت و دبی این جریان خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد (تراز ۹۰ متر) می‌شود.
- با وجود کاهش چشمگیر میزان دبی نشت آب از سد در فواصل نزدیک دیوار آب بند به محور مرکزی سد، ولی، کاهش این فاصله از حدی مشخص (فاصله ۲۰ متری از محور مرکزی سد)، دیگر تأثیر قابل توجهی در کاهش میزان دبی نشت آب از سد نخواهد داشت.

- در فواصل دور دیوار آب بند از محور مرکزی سد، افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد، تأثیر قابل توجهی در کاهش میزان دبی نشت آب از سد ندارد. در حالی که در فواصل نزدیک دیوار آب بند به محور مرکزی سد (خصوصاً با قرارگیری دیوار آب بند بستر سد در محور مرکزی سد)، افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد خصوصاً تا عمق ۴۰ متری از سطح بستر سد، تأثیر چشمگیری در کاهش میزان دبی نشت آب از سد خواهد داشت.

- منحنی‌های درصد کاهش دبی نشت آب از خاکریز و بستر سد خاکی در ترازهای مختلف آب مخزن سد، به طور کلی، نشان از اطمینان به عملکرد مناسب دیوار آب بند نزدیک به محور مرکزی سد در کاهش میزان دبی نشت آب از سد داشته که با افزایش عمق حفاری دیوار آب بند در بستر سد (خصوصاً تا عمق ۴۰ متری از سطح بستر سد) بر این عملکرد خصوصاً در ترازهای بالاتر آب مخزن سد (تراز ۹۰ متر) افزوده می‌شود.

منابع

- [۱] گشتاسی، ک.، ریسی، د.، لنگری، ع.، بهنیا، م. (۱۳۸۶). ارزیابی عمق بهینه پرده آببند سد آزادی به روش‌های تحلیلی و عددی، سومین کنفرانس مکانیک سنگ ایران ۲۴-۲۶ مهرماه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۹۶۵-۹۷۰.
- [۲] غفاری، م. غفاری، ا. (۱۳۹۳). چگونگی و عملکرد تزریق شیمیایی پرده آببند تزریقی و تزریق ترمیمی برای جلوگیری از نشت آب در پی سدهای خاکی، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، ارومیه، انجمن علمی دانشجویی عمران دانشگاه ارومیه.
- [۳] شهرکی و اژدری مقدم. (۱۳۹۲). بررسی موقعیت قرارگیری دیواره آببند نسبت به محور سد بر دبی و سرعت نشت، تنش و فشار آب منفذی (مطالعه موردی سد سارادان). هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان.
- [۴] بهرامی فر، ا. منافی، س.، محمدی، م. ع. (۱۳۹۰). بررسی گزینه‌های مختلف آب بندی پی سد مخزنی نازلو با استفاده از شبیه سازی عددی. اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه‌های برق آبی، تهران.
- [۵] حجتی، ص. اژدری، خ. قریشی، س.ح. و بهمنی، م. (۱۹۳). بررسی آزمایشگاهی و عددی طول خزش نشت با وجود پرده آببند در زیر سدهای خاکی، دومین کنگره بین المللی سازه، معماری و توسعه شهری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنگره بین المللی سازه، معماری و توسعه شهری.
- [۶] صدقی اصل، م. رحیمی، ح. و خالقی، ح. (۱۳۸۴). اثر موقعیت بهینه پرده آب بند قائم در کاهش نشت و سرعت جریان در زیر سازه‌های آبی با استفاده از مدل عددی، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، کرمان، دانشگاه باهنر کرمان.
- [۷] رزاززاده، ح. نورزاد، ع. (۱۳۹۰). ارزیابی طراحی پرده آب بند سد خاکی البرز با استفاده از نفوذپذیری و خوردند سیمان. نشریه زمین شناسی مهندسی، جلد چهارم، شماره ۲.
- [۸] طاهرآبادی، احسان و محمدامین کربلا، ۱۳۹۴، بررسی پاسخ پرده آببند به انفجارهای استخراجی در تکیه گاه سد خاکی مطالعه موردی، سومین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، دبیرخانه دائمی کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، دانشگاه شهید بهشتی.
- [۹] بازرگان، ج. فتحی، ع. (۱۳۸۸). دیوار آببند بتن پلاستیک در پی‌های آبرفتی سدهای خاکی، دومین همایش ملی سد سازی، زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.