

ارزیابی مقایسه ای نحوه رسوب گذاری مخازن سدهای شکافدار و سد تاخیری معمولی با استفاده از

مدل HEC-RAS

محمد ابراهیم بنی حبیب

استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران-پردیس ابوریحان

Banihabib@ut.ac.ir

یوسف حسن زاده

استاد گروه عمران- آب دانشگاه تبریز

لیلا حسن اصفهانی

دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب دانشگاه تبریز

چکیده:

سدهای شکافدار نوع خاصی از سدهای تاخیری هستند که در مناطق کوهستانی و آبراهه های پر رسوب مورد استفاده قرار می گیرد. در این نوع سدها، شکاف سراسری قائم در محور سد به عنوان خروجی سد تاخیری عمل می نماید. مدل HEC-RAS¹ که اخیراً به بخش شبیه سازی رسوب مجهز گردیده است، برای رسوب گذاری در مخازن سدهای شکافدار استفاده شده است. ابتدا مدل با استفاده از داده های مدل فیزیکی سد تاخیری معمولی واسنجی گردیده، سپس این مدل در شبیه سازی رسوب گذاری در مخازن سدهای تاخیری شکافدار مورد استفاده قرار گرفته است. بدین ترتیب ضمن بررسی امکان شبیه سازی رسوب گذاری در مخازن سدهای شکافدار، نحوه رسوب گذاری در مخازن این سدها با سدهای تاخیری معمولی مقایسه گردیده است. تحلیل نحوه رسوب گذاری در پشت سدهای تاخیری معمولی و سدهای تاخیری شکافدار حاکی از بهبود نسبی عملکرد رسوب گذاری در مخازن سدهای تاخیری شکافدار نسبت به سدهای تاخیری معمولی می باشد.

کلید واژه ها: HEC-RAS ، رسوب گذاری ، سد شکافدار و سد تاخیری

۱- مقدمه:

مواد رسوبی که توسط رودخانه حمل می شوند قبلاً بر اثر عوامل فیزیکی ، شیمیایی و مکانیکی از سطح حوضه آبخیز جدا شده و به رودخانه ها ریخته و به وسیله جریان آب حمل می گردند. رسوبات موجود در رودخانه ها، مشکلات زیادی را بوجود می آورند از قبیل: رسوب گذاری در بستر رودخانه ها، ایجاد جزایر رسوبی در بازه های کم شیب رودخانه، جایجای مسیر رودخانه و رسوب گذاری در مخازن سدها و کاهش ظرفیت آنها. کاهش ظرفیت مخازن سدهای ذخیره ای

¹Hydrologic Engineering Center - River Analysis System

باعث کاهش بهره وری آنها گردیده و در سدهای تاخیری، کاهش ظرفیت مخزن در اثر رسوب گذاری می تواند بازدهی تسکین سیلاب سد را کاهش دهد. لذا ارزیابی این موضوع، توسط مدل های ریاضی ضروری به نظر می رسد. جرت و استراتن^۱ یک مدل عددی بنام STEP^۲ برای شبیه سازی میزان و روند ته نشین شدن رسوبات در مخازن کوچک (کوچک تر از یک هکتار) و محاسبه ضریب تله اندازی رسوب^۳ (STE) تهیه نمود و در این راستا تعدادی آزمایش بر روی یک مخزن تاخیری معمولی در آزمایشگاه انجام داده و با مدل STEP ضریب تله اندازی و غلظت رسوبات خروجی را به خوبی پیش بینی نمود^[۱].

آرون آرمانی^۴ و مایکل لارچر^۵ روشی تحلیلی برای تعیین عرض شکاف سدهای شکافدار، در رودخانه های پر شیب، بر مبنای نوع رژیم جریان در شکاف، ارائه کردند و در نهایت با در نظر گرفتن شرایط ماندگار برای جریان، پارامتر بی بعد M را به عنوان معیاری برای طراحی عرض شکاف ارائه نمودند. این پارامتر بر اساس مشخصه های جریان، هندسه سد و هیدروگراف رسوب و هیدروگراف آب تعریف شده است^[۲].

دمبرسیو^۶ و همکاران روشی را به عنوان سلول های اتوماتیک^۷ که مبنی بر تقسیم منظم فضای شبیه سازی است، ارائه کردند. با تلفیق مناسب نتایج مقدماتی رفتار پدیده فیزیکی جریان و اریزه ای را شبیه سازی نمودند. این مدل قادر به شبیه سازی آبستگي نمی باشد و فقط رسوب گذاری و انتقال رسوب شبیه سازی می شوند. با این وجود توسط مدل پیشنهادی آن ها، جریان های اریزه ای حوضه کورتی- سارنو^۸، جریان های سطحی منطقه تسینا^۹ در ایتالیا و بهمن و اریزه ای کوه انتیک^{۱۰} در ژاپن به نحوه مناسبی شبیه سازی شدند^[۳].

هیو پنگ لین^{۱۱} روشی را برای مهار جریان های اریزه ای پشت سد های شکافدار بر مبنای قانون بقای جرم و اریزه ها استخراج کرد. در این روش از پارامترهای بی بعد بدست آمده از نتایج آزمایش، برای ارزیابی سدهای شکافدار استفاده شده است^[۴].

جیانچان هیونگ^{۱۲} و همکاران یک مدل عددی برای پیش بینی انتقال رسوب و روند تغییر شکل بستر در رودخانه های طبیعی که دارای دشت سیلابی هستند، را ارائه کرده اند. این مدل عددی (GSTARS 2.1) برای امتداد رودخانه ریو گراند^{۱۳}، از سد انحرافی سن آکاسیا^{۱۴} تا مخزن الفنت بوت^{۱۵} بکار گرفته شده است^[۵].

¹ Gert Verstraeten

² Sediment Trap Efficiency for small Ponds

³ Sediment Trap Efficiency

⁴ Aronne Armanini

⁵ Michele Larcher

⁶ D.D'Ambrosi

⁷ cellular automata (CA)

⁸ Curti-Sarno

⁹ Tessina

¹⁰ Ontake

¹¹ Hui – Pang LIEN

¹² JianchanHUANG

¹³ Rio Grand

¹⁴ San Acacia

¹⁵ Elaphant Butte

محمود شفاعی بجستان تحقیقی در مورد آبستتگی پایین دست سدهای انحرافی با استفاده از نرم افزار GSTARS 3.0 انجام داد و نهایتاً با جمع بندی مطالعات صورت گرفته تاثیر پارامترهای دخیل در آبستتگی حاصله معین گردید [۶]. جنیفر جی. دان^۱ تحقیقی برای انتقال رسوب در رودخانه های کوهستانی با بستر سنگریزه ای (شنی) انجام داد. در این راستا رودخانه آپر اسپانیش گریک^۲ با مدل اصلاح شده میانگین عمقی دو بعدی هیدرودینامیک و انتقال رسوب شبیه سازی شد. تغییرات در رقوم بستر با حل معادله بقای جرم برای رسوبات محاسبه می شود. مدل اصلاح شده برای پیش بینی انتقال بار بستر در رودخانه آپر اسپانیش گریک برای شناسایی مناطق مستعد فرسایش که نیازمند حفاظت های ساحلی هستند مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان دهنده توانایی مدل مذکور برای استفاده در طرح های ساماندهی رودخانه با بستر شنی و قلوه سنگی در شرایط جریان غیرماندگار است [۷].

مایکل کتلا^۳ در تحقیقی صحت یابی صحرایی تخمین میزان رسوب گذاری در چهار سد شکافدار ساخته شده در دو زیر حوضه رودخانه ورسیلیا در توسکانی^۴ در ایتالیا بررسی کرده اند. این بررسی بر مبنای اطلاعات نسبتاً گسترده ای از منطقه و روابط پیشنهاد شده توسط لارچر^۵ و آرمانی^۶ است. بازده سدهای شکافدار با توجه به شکل گیری رسوبات در خلال سیلاب های عظیم و اثر آن بر روی رژیم انتقال رسوب طولانی مدت، تحلیل می شود [۸].

بنی حبیب و مختاری بر مبنای معادلات دو بعدی متوسط گیری شده در عمق و معادلات پیوستگی و دبی و جریان رسوب، مدلی ارائه کردند که به وسیله یک الگوریتم کوپل نشده عددی برای شبیه سازی رسوب گذاری سیلاب در مخازن سدهای تاخیری بکار گرفته است این الگوریتم شامل یک مدل دو بعدی جریان با اسکیم مک کورمک و مدل جریان رسوب بر اساس اسکیم پیشنهادی بنی حبیب می باشد. در این مدل، رسوب گذاری در مخزن یک سد تاخیری آزمایشگاهی توسط مدل پیشنهادی بصورت دو بعدی شبیه سازی شده و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است [۹].

تا کنون برخی مدل های آزمایشگاهی برای تعیین عرض شکاف و مهار جریان های واریزه ای پشت سدهای شکافدار استفاده شده اند ولی مدل ریاضی برای ارزیابی میزان رسوب گذاری و ضریب تله اندازی سدهای شکافدار و هم چنین مقایسه قابلیت سدهای شکافدار با انواع دیگر سدهای تاخیری معمولی تا کنون انجام نشده است. هدف از این تحقیق ارزیابی نحوه رسوب گذاری در مخازن سدهای تاخیری شکافدار و مقایسه توزیع رسوب گذاری در آن مخازن، با مخازن تاخیری معمولی و نیز ارزیابی اثر توزیع رسوب گذاری در این دو نوع سد تاخیری در مهار سیلاب توسط آن ها می باشد.

۲- مواد و روش:

۲-۱- داده های مورد استفاده برای راست آزمایی HEC-RAS

در بخش اول این تحقیق از داده های فلوم و سد تاخیری برای بررسی قابلیت مدل HEC-RAS در شبیه سازی رسوب گذاری در مخازن تاخیری استفاده شده است. مدل فیزیکی مورد استفاده دارای مشخصات زیر می باشد [۹]:

¹ Jenifer G. Daun

² Upper Spanish Greek

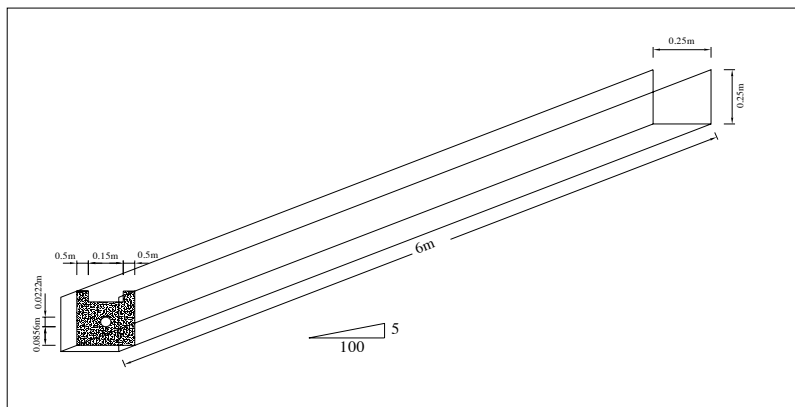
³ Michele Catella

⁴ Tuscany

⁵ Larcher

⁶ Armanini

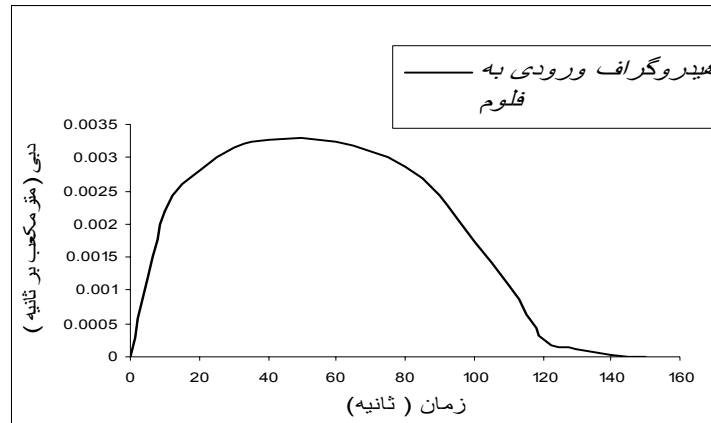
مدل فیزیکی شامل فلومی از جنس پلکسی گلاس است (شکل ۱). فلوم در واقع به عنوان مخزن سد تاخیری بکار گرفته شده است. این فلوم دارای ۶ متر طول، ۰/۲۵ متر عرض و ۰/۲۵ متر عمق می باشد. فلوم در ابتدا و انتها بر روی دو پایه فلزی قرار گرفته است. پایه ابتدای فلوم به قسمی ساخته شده که امکان تغییر رقوم ابتدای فلوم و در نتیجه تغییر شیب کف فراهم شده است. ماکزیمم شیب مجاز برای فلوم با توجه به ابعاد مدل، ۵/۵٪ می باشد که در این تحقیق از شیب ۵٪ استفاده شده است. در فاصله ۱ متر تا انتهای فلوم محلی برای قرار گرفتن سد در نظر گرفته شده و این سد دارای سرریز لبه تیزی با عرض ۰/۱۵ متر می باشد. خروجی تحتانی به قطر ۲/۲۲ سانتی متر در فاصله ۸/۵۶ سانتی متر از کف فلوم قرار دارد. به منظور قرائت سطح رسوب گذاری شده و تعیین رقوم رسوبات، از ۵ عدد دستگاه نقطه سنج^۱ استفاده شده است. این تعداد بر روی یک ارابه به فاصله ۵ سانتی متر از یکدیگر نصب شده اند و به وسیله ریلی که بر روی فلوم قرار گرفته است، می توانند در سرتاسر فلوم حرکت کرده و تراز رسوبات را اندازه گیری نمایند. دقت اندازه گیری نقطه سنج مورد استفاده ۰/۱ میلیمتر می باشد. ذرات رسوب مورد استفاده در آزمایش ماسه ریز دانه می باشد. ذرات ماسه دارای دانه بندی یکنواخت با قطر متوسط ۰/۱۵ میلیمتر با چگالی ۲/۶۵ می باشند.



(شکل ۱): شکل شماتیک فلوم آزمایشگاهی

همچنین هیدروگراف ورودی، پروفیل طولی بستر پس از رسوب گذاری، ارتفاع آب در محل سد، دبی عبوری از سرریز، دبی عبوری از تخلیه تحتانی و غلظت حجمی رسوبات وارده در گام های زمانی ۱۰ ثانیه ای، در آزمایش اندازه گیری شده است [۹]. هیدروگراف ورودی فلوم در شکل ۲ ارائه گردیده است.

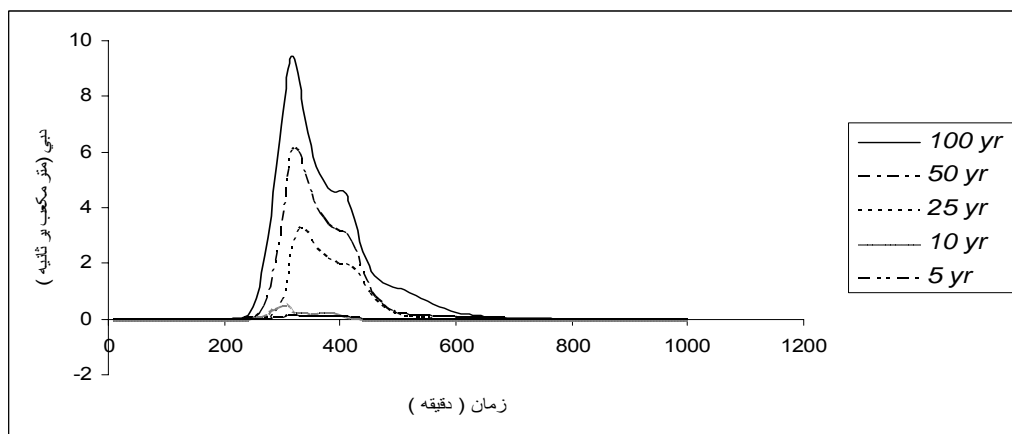
^۱Point gage



(شکل ۲): هیدروگراف ورودی فلوم

در بخش دوم این تحقیق، داده ها و مشخصات سد تاخیری بر روی رودخانه مجن مورد استفاده قرار گرفته است که اطلاعات مورد استفاده به شرح زیر است:

این سد بر روی رودخانه مجن (بالادست شهر مجن) واقع در شمال غربی شهر شاهرود، در استان سمنان در نظر گرفته شده است. داده های موجود برای این بخش تحقیق شامل نقشه توپوگرافی ساختگاه سد و هیدروگراف های سیلاب های با دوره بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله و هم چنین غلظت حجمی رسوبات می باشد. هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت مختلف برای رودخانه مجن در ساختگاه سدهای تاخیری مورد تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است. متوسط غلظت حجمی سیلاب های واریزه ای ورودی به مخازن تاخیری ۱۰٪ بوده است.

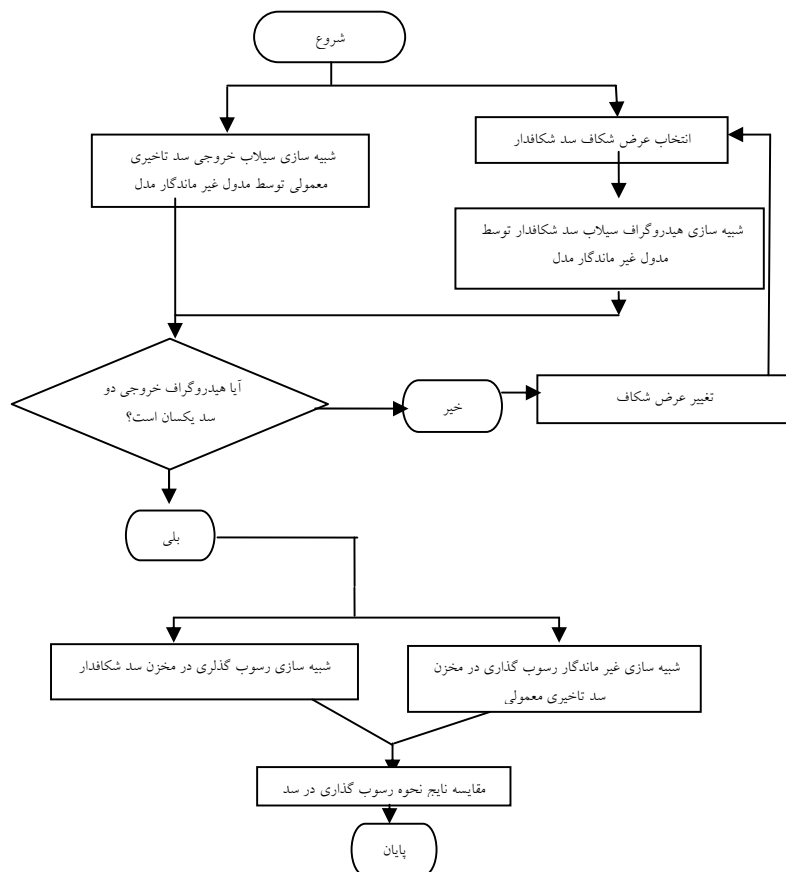


(شکل ۳): هیدروگراف های سیلاب با دوره بازگشت مختلف رودخانه مجن

۲-۲- روش ها:

در بخش اول تحقیق از مدل HEC-RAS برای شبیه سازی شرایط سدهای تاخیری معمولی و شکافدار در فلوم و مقایسه آن ها با داده های آزمایشگاهی، استفاده شده است. مراحل این بخش تحقیق در فلوچارت ۱ نشان داده شده است. ابتدا

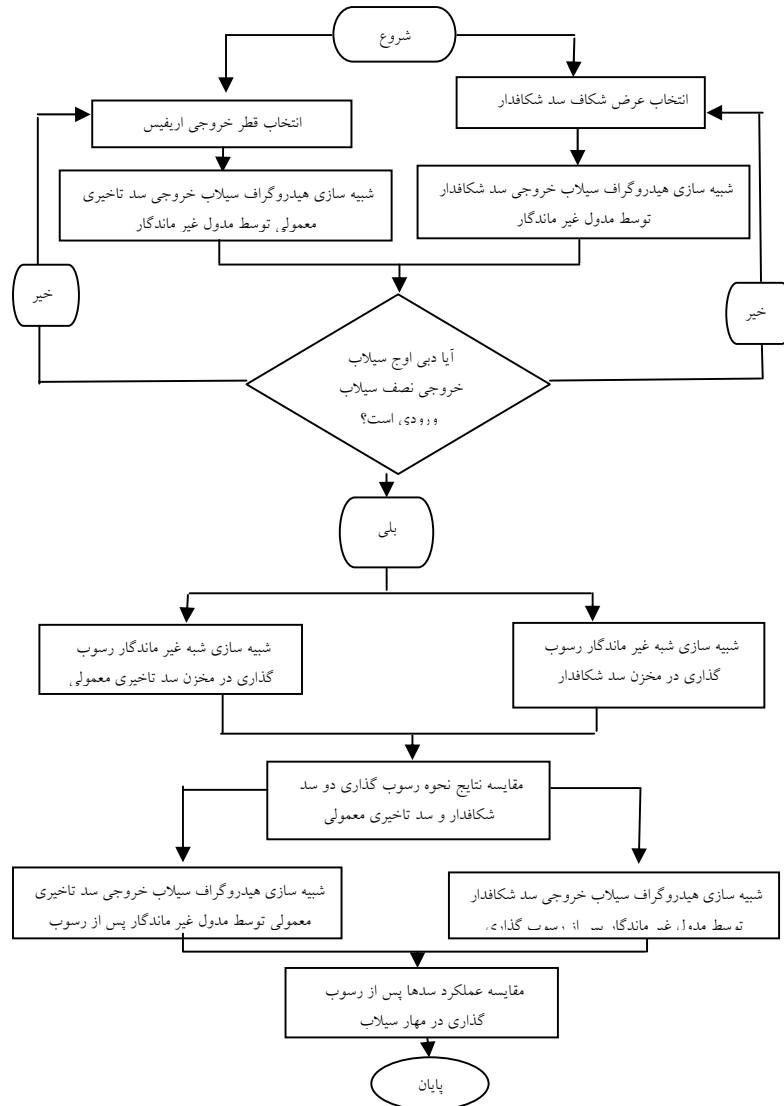
عرض سد شکافدار طوری تعیین گردید که هیدروگراف سیلاب خروجی سد شکافدار با سد تاخیری معمولی یکسان شود. بدین منظور به ازای عرض شکاف های مختلف سد شکافدار، جریان غیر ماندگار توسط مدل شبیه سازی شده و با نتایج شبیه سازی هیدروگراف خروجی از سد تاخیری معمولی مقایسه گردید. سپس رسوب گذاری در مخزن هر دو سد تاخیری توسط مدل شبه غیر ماندگار مدل، شبیه سازی گردید و نتایج حاصله با پروفیل رسوب گذاری در فلوم مدل آزمایشگاهی مقایسه شدند.



فلوچارت ۱: فلوچارت مرحله اول تحقیق

در بخش دوم تحقیق هیدروگراف سیلاب خروجی و رسوب گذاری در مخازن سد تاخیری معمولی و شکافدار بر روی رودخانه مچن شبیه سازی گردید. فلوچارت ۲ مراحل این بخش از تحقیق را نشان می دهد. برای تعیین ابعاد خروجی سدهای تاخیری معمولی و شکافدار در رودخانه مچن سیلاب ۱۰۰ ساله به عنوان سیلاب طراحی در نظر گرفته شد. ابعاد خروجی سدهای تاخیری معمولی و عرض شکاف سدهای شکافدار بر اساس کاهش دبی اوج سیلاب ۱۰۰ ساله به نصف انجام گردید. سپس نحوه رسوب گذاری در این دو سد مقایسه شده و در نهایت عملکرد این سدها برای مهار سیلاب پس از رسوب گذاری پشت سد با هم مقایسه شدند. از آنجایی که عمر این سدها ۱۰۰ سال در نظر گرفته شده تعداد ۱۰

سیلاب ۵ ساله، ۶ سیلاب ۱۰ ساله، ۲ سیلاب ۲۵ ساله، ۱ سیلاب ۵۰ و ۱ سیلاب ۱۰۰ ساله برای رسوب گذاری ناشی از سیلاب ها مورد استفاده قرار گرفت.



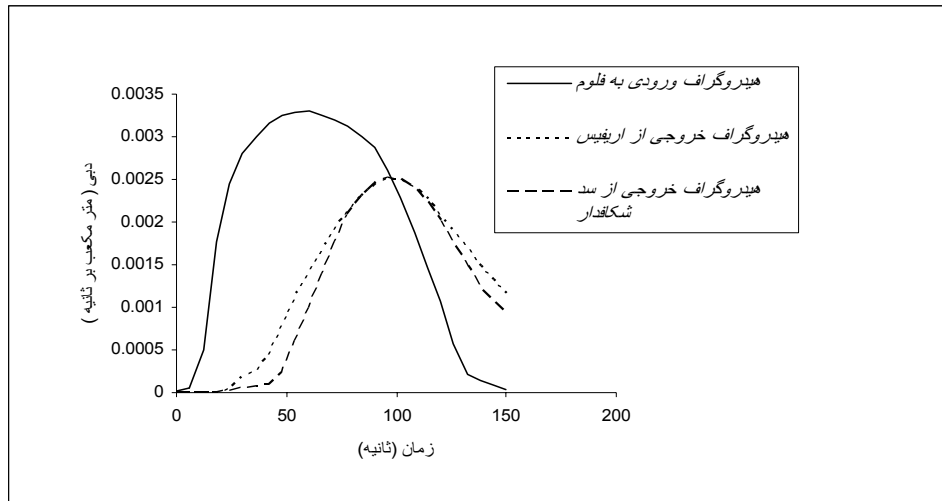
فلوچارت ۲: فلوچارت مرحله دوم تحقیق

۳- نتایج و بحث :

۳-۱- نتایج بخش اول تحقیق :

در شکل ۴ هیدروگراف های ورودی و خروجی فلوم در هر دو حالت فلوم با سد تاخیری معمولی و فلوم با سد شکافدار نشان داده شده است. هر دو هیدروگراف دارای دبی اوج تقریباً یکسانند و از آنجایی که مساحت بین منحنی هیدروگراف ورودی و هیدروگراف های خروجی برای هر دو سد تا نقطه دبی اوج خروجی تقریباً برابر می باشد، حجم فعال مخزن در تسکین سیلاب تقریباً یکسان می باشد. از آن جا که ضریب تله اندازی رسوب معمولاً تابعی از نسبت حجم فعال مخزن به

حجم سیلاب ورودی بیان می شود، انتظار می رود ضریب تله اندازی هر دو مخزن تقریباً یکسان باشد. برای بررسی این موضوع نحوه و مقدار رسوب گذاری مخازن را بر اساس نتایج شبیه سازی مورد بررسی قرار می دهیم.

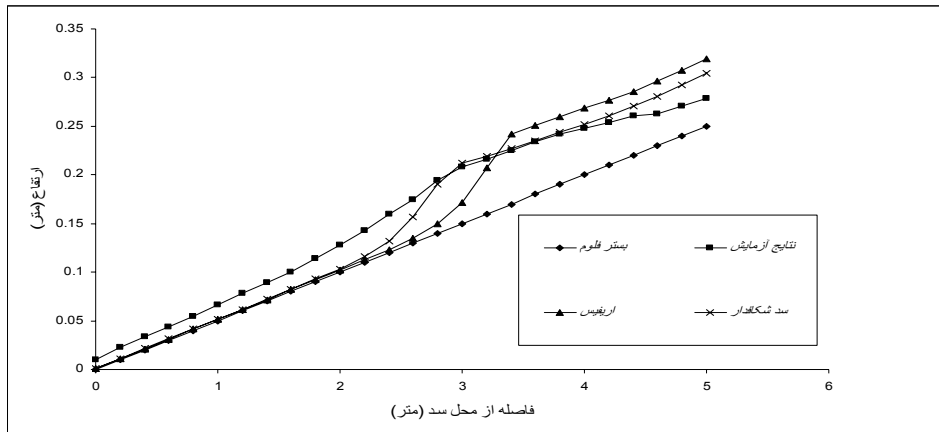


(شکل ۴): هیدروگراف ورودی و خروجی فلوم

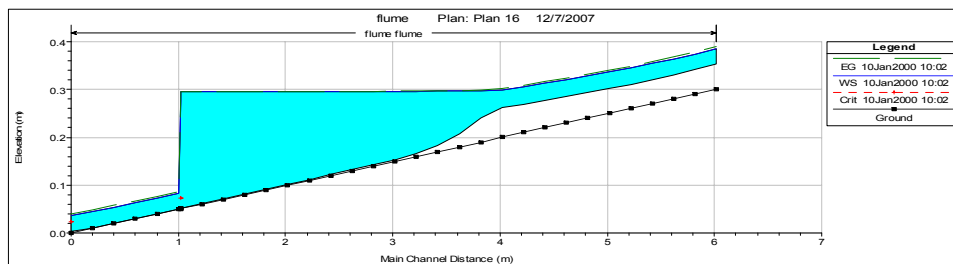
پروفیل طولی فلوم پس از رسوب گذاری نیز در سه حالت یعنی مدل فیزیکی، فلوم با سد تاخیری معمولی و فلوم با سد شکافدار در شکل های ۶، ۵ و ۷ نشان داده شده اند. در شکل های یاد شده، روی بیشتر رسوبات به سمت پایین دست در سد شکافدار نسبت به سد تاخیری معمولی قابل مشاهده است. جدول ۱ نشان میدهد که حجم رسوبات ته نشین شده در مخزن در هر دو حالت تقریباً برابر است. مقایسه وزن رسوب گذاری شبیه سازی شده در سد تاخیری معمولی و سد تاخیری شکافدار با نتایج آزمایشگاهی در جدول یاد شده حاکی از نتایج نسبتاً خوب شبیه سازی رسوب گذاری می باشد تفاوت حدود ۲۵٪ در بین نتایج آزمایشگاهی و شبیه سازی می تواند از خطای آزمایش و یا شبیه سازی باشد ولی در هر حال با توجه به اینکه معمولاً خطای شبیه سازی رسوب گذاری معمولاً زیاد است نتایج حاصله نسبتاً خوب تلقی می شود. ضریب تله اندازی هر دو سد یکسان است و این موضوع می تواند ناشی از تقریباً یکسان بودن نسبت حجم فعال مخزن به حجم سیلاب در هر دو سد باشد. بطور کلی با توجه به نتایج یاد شده می توان به صحت شبیه سازی توسط مدل پی برد بنابراین در مرحله بعدی تحقیق شبیه سازی برای سد مجن با ابعاد واقعی ارائه می گردد.

جدول شماره ۱: مقایسه وزن رسوب گذاری و ضریب تله اندازی در نتایج آزمایشگاهی و شبیه سازی

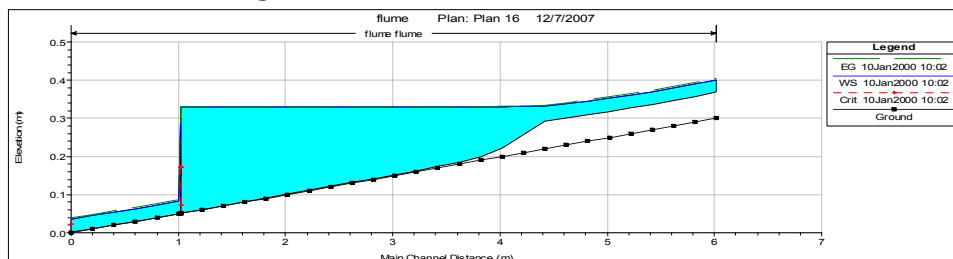
مدل	شبیه سازی سد شکافدار	شبیه سازی سد تاخیری معمولی	مدل آزمایشگاهی
جرم کل رسوبات باقی مانده در فلوم (ton)	۰ / ۰ ۳ ۴ ۳	۰ / ۰ ۳ ۴ ۴	۰ / ۰ ۴ ۲ ۲
ضریب تله اندازی مخزن	۰ / ۷ ۲ ۸	۰ / ۷ ۳ ۰	۰ / ۸ ۹ ۵



شکل شماره ۵: مقایسه پروفیل طولی نهایی رسوب گذاری شبیه سازی شده و آزمایش



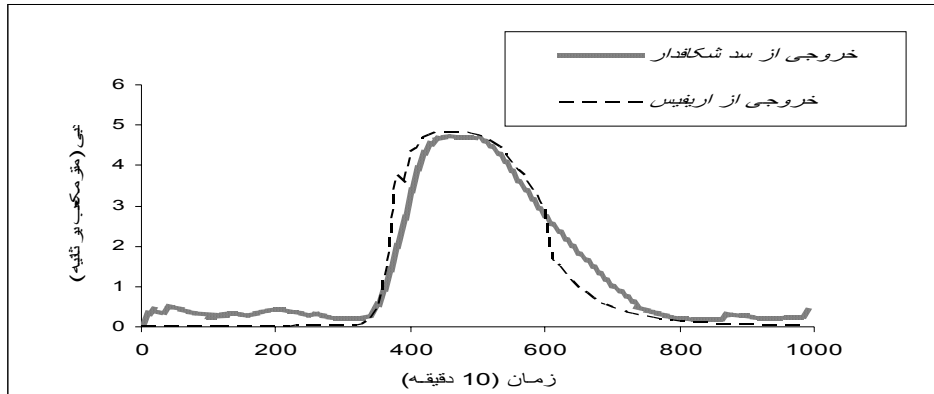
شکل شماره ۶: پروفیل طولی نهایی نحوه رسوب گذاری در زمان دبی اوج خروجی، در سد شکافدار



شکل شماره ۷: پروفیل طولی رسوب گذاری و سطح آب در زمان دبی اوج خروجی، در سد تاخیری معمولی

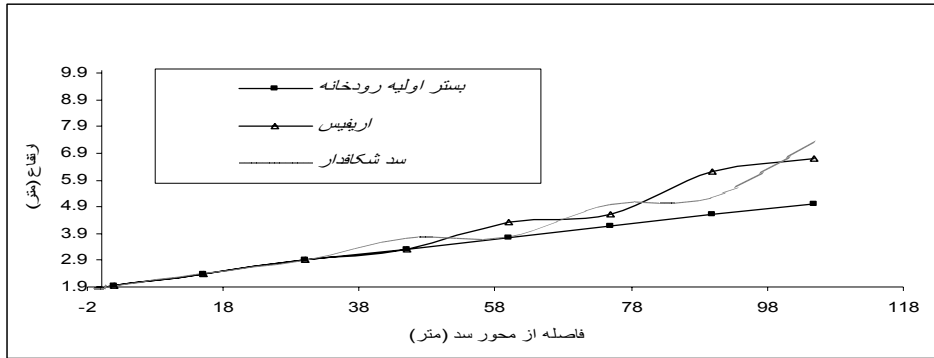
۲-۳- نتایج بخش دوم تحقیق:

هیدروگراف های خروجی از مخزن سد تاخیری معمولی و شکافدار مجن در شکل ۸ نشان داده شده اند. ابعاد روزنه در سد تاخیری معمولی و عرض شکاف در سد شکافدار به ترتیب ۱ متر و ۰/۲۲ متر با سعی و خطا مطابق فلوجارت مراحل تحقیق تعیین شده اند. بطوری که دبی اوج هیدروگراف خروجی نصف هیدرو گراف ورودی می گردد.



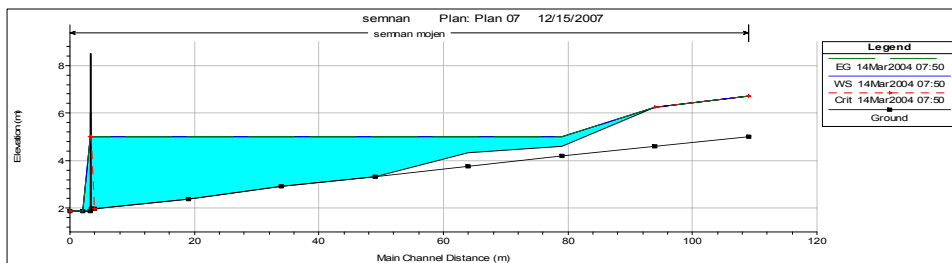
شکل ۸: هیدروگراف خروجی از سد

پروفیل طولی بستر رودخانه بعد از رسوب گذاری در مخزن هر دو نوع سد تاخیری معمولی و سد تاخیری شکافدار در شکل ۹ نشان داده شده است.

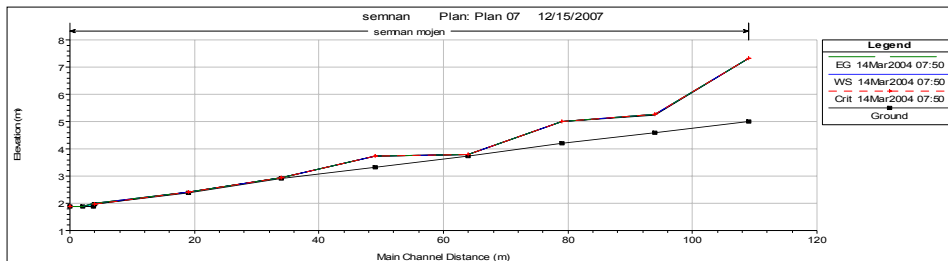


شکل ۹: پروفیل طولی نهایی رودخانه و نحوه رسوب گذاری

پیشروی رسوب در سد شکافدار بیشتر و یکنواخت تر از سد تاخیری معمولی است (شکل ۱۰ و ۱۱). بنابراین انتظار می رود سریعتر رسوبات به انتهای مخزن رسیده و از آن خارج شوند. پس حجم رسوب گذاری و ضریب تله اندازی در هر دو سد تقریباً برابر است و علت آن نیز مشابه فلوم آزمایشگاهی بوده و از مساوی بودن نسبت حجم مخازن به حجم سیلاب ورودی ناشی می شود.



شکل شماره ۱۰: پروفیل طولی رودخانه در پایان رسوب گذاری (سد تاخیری معمولی)



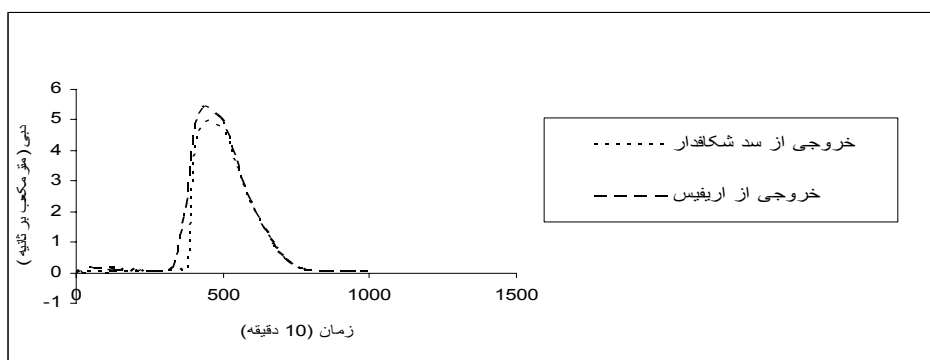
شکل شماره ۱۱: پروفیل طولی رودخانه در پایان رسوب گذاری (سد شکافدار)

شکل ۱۲ هیدروگراف سیلاب خروجی از مخازن تاخیری معمولی و شکافدار پس از رسوب گذاری سیلاب های یاد شده دربخش روش ها را نشان می دهد و نیز جدول شماره ۲ نسبت بده اوج هیدروگراف خروجی بعد از رسوب گذاری سیلاب ها به بده اوج سیلاب خروجی در ابتدای بهره برداری از سدهای تاخیری معمولی و شکافدار را نشان می دهد.

جدول شماره ۲: مقایسه عملکرد سدها ابتدای بهره برداری و پس از رسوب گذاری

نوع سد	بده اوج خروجی در ابتدای بهره برداری (Q_{pi})	بده اوج خروجی بعد از رسوب گذاری سیلاب ها (Q_{pf})	Q_{pf}/Q_{pi}
تأخیری معمولی	۴/۸۲	۵/۴۲	۱/۱۲
تأخیری شکافدار	۴/۷۴	۴/۹۶	۱/۰۵

در نهایت با مقایسه اثر تغییر شکل پروفیل بستر پس از رسوب گذاری بر دبی اوج سیلاب های خروجی در هر دو نوع سد نشان می دهد که سد شکافدار دبی اوج معادل ۵ در صد و در سد تاخیری معمولی معادل ۱۲ در صد به بده اوج سیلاب خروجی نسبت به قبل از رسوب گذاری افزوده شده است. بنابراین نشان می دهد که استفاده از سد تاخیری شکافدار در مقایسه با سد تاخیری معمولی موجب می شود بازدهی مهار سیلاب سد شکافدار کمتر در اثر رسوب گذاری کاهش می یابد. بنابراین سد شکافدار در مقایسه با سد تاخیری معمولی ارجحیت خواهد داشت.



شکل شماره ۱۲: خروجی از سدها (بعد از رسوب گذاری)

۴- نتیجه گیری:

بررسی و مقایسه قابلیت سدهای تاخیری معمولی و شکافدار در مهار سیلاب و کنترل جریان های واریزه ای، در هیچ یک از مطالعات گذشته صورت نگرفته است. مقایسه این قابلیت ها در این تحقیق موضوع بحث قرار گرفته است. نرم افزار HEC-RAS قادر به شبیه سازی رسوب گذاری به وسیله اجرای شبه غیر ماندگار جریان در بازه مورد مطالعه می باشد و نتایج نرم افزار برازش مناسبی با نتایج حاصل از مدل آزمایشگاهی دارند. هم چنین با استفاده از این نرم افزار رسوب گذاری سیلاب های مختلف بر روی دو نوع سد تاخیری در روی رودخانه مجن بررسی گردیده و تاثیر حجم رسوب گذاری را بر دبی اوج سیلاب های بعدی مورد بحث قرار گرفت. نتایج شبیه سازی نشلن می دهد که سدهای شکافدار در مقایسه با سدهای تاخیری معمولی کمتر بازدهی خود را در مهار سیلاب در اثر رسوب گذاری سیلاب های قبلی از دست می دهند. بنابراین سدهای شکافدار برای مهار سیلاب در رودخانه های پر رسوب توصیه می شوند.

۵- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از دانشگاه تهران و معاونت پژوهشی آن و مدیریت پردیس ابوریحان تشکر می نمایند.

۶- منابع و ماخذ:

- 1-Versaeten.G.(2001).Modeling the Long-Term Sediment Trap Efficiency of Small Ponds. Hydrological Processes. Vol. 15.Issue. 14. pp 2797-2819
- 2-Armanini.A, Larcher.M. (2001).Rational Criterion For Designing Opening Of Slit-Check Dam. Journal of Hydrolic Engineering, Vol.127,No. 2 February,2001
- 3-D.D'Ambrosio,S.DiGregorio,G.Lovine,V.Lupiano,L.Merenda.(2002). Simulating the Curti-Sarno :the model SCIDDICA(releaseS2).Physics and Chemistry Debris Flow Through Cellular Automata of the earth 27(2002).pp 1577-1585
- 4- LIEN. H.(2003). Design Of Slit Dams For Controlling Stony Debris Flows. International Journal of Sediment Research, Vol.18, No. 1, 2003,pp.74-87
- 5- HUANG. J, B.GREIMANN,C.T. YANG.(2003).Numerical Simulation of Sediment Transport in Alluvial River with Floodplains. International Journal of Sediment Research, Vol. 18, No.1, 2003,pp.50-59
- ۶- شفاعی بجستان .محمود، مرادلو.جواد،تفرج نوروز. علی و اتحاد.علیرضا (۱۳۸۴) " بررسی فرسایش پایین دست حوضچه آرامش سد میل و مغان " . پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران ، کرمان..
- 7-Duan. J.G.(2006). Two-Dimensional Simulation of Flow Hydraulics and Bed- Load Transport in a Mountain Gravel-bed Stream: Upper Spanish Creek. Journal of Hydrology
- 8-Catella.M,E.Paris, L.Solari.(2005).Case Study :Efficiency of Slit-Check Dams in the Mountain Region of Versilia Basin. Journal of Hydraulic Engineering, Vol.131, No.3. March 1, 2005
- 9-Banihabib M.E., and Mokhtari, A. H., (2001), Numerical simulation of sedimentation in detention dams during a high concentrated flow, International Symposium on Environmental hydraulics, Arizona, USA