

تأثیر آب شکن‌ها و شیب شکن‌ها بر عمق و گستره سیل (مطالعه موردی: رودخانه کن تهران)

* سید حمیدرضا صادقی^۱، محمد حاجی‌قلی‌زاده^۲ و مهدی وفاخواه^۱

^۱به ترتیب اعضای هیات علمی و دانش‌آموخته، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس نور، مازندران
تاریخ دریافت: ۸۴/۴/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۱۱/۱۰

چکیده

در مقابل منافع بی‌شمار مجاورت رودخانه‌های بزرگ با مراکز شهری، صنعتی و کشاورزی، وقوع سیلاب‌های مهیب در رودخانه تهدیدی جدی برای تأسیسات احداث شده بر رودخانه‌ها و مناطق مجاور آنها محسوب می‌گردد. یکی از علل وقوع و یا تشدید سیلاب، احداث نامناسب و نامتناسب سازه‌هایی از قبیل پل‌ها، دیواره‌ها، آب شکن‌ها، شیب شکن‌ها و دایک‌ها می‌باشد. در این تحقیق نقش آب شکن‌ها و شیب شکن‌ها در سازه‌ای به طول تقریبی ۷ کیلومتر از رودخانه کن تهران مد نظر قرار گرفت. نقش هر یک از این سازه‌ها بر رفتار هیدرولیکی سیل در دبی‌های با دوره‌های بازگشت ۵ تا ۷۰۰ سال با در نظر گرفتن وضعیت هندسی رودخانه در بازه مورد نظر و در دو حالت وجود و عدم هر یک از این سازه‌ها با استفاده از نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS بررسی شد. نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که روند تغییرات ایجاد شده در عمق و سطح سیل‌گیری با دوره‌های بازگشت مختلف متأثر از نوع سازه و شرایط هندسی کانال بوده و تأثیر شیب شکن‌ها بر تغییر خصوصیات اصلی سیل بیشتر از آب شکن‌ها بوده است. همچنین تأثیر بیشتر آب شکن‌ها بر کنترل غیرمعنی‌دار گستره سیل و نقش معنی‌دار شیب شکن‌ها بر عمق آب گرفتگی از دیگر یافته‌های این تحقیق می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مطالعات سیل، شیب شکن، آب شکن، HEC-RAS، رودخانه کن، تهران

مقدمه

شناخت رفتار هیدرولوژیکی و هیدرولیکی رودخانه‌ها و انجام اقدامات و فعالیت‌های سازگار با آنها ضروری بوده و بررسی آنها به وسیله روش‌های مختلف همواره مورد توجه مهندسين بوده است. شبیه‌سازی شرایط و استفاده از مدل‌ها نیز به‌عنوان ابزاری کارآمد برای انجام تحلیل‌های مربوطه مطرح بوده‌اند. بدون بکارگیری چنین ابزاری قضاوت‌های مهندسی غالباً با محافظه‌کاری و یا هزینه‌های بالاتر به اجرا در می‌آیند.

پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در زمان وقوع سیلاب‌های احتمالی برای کاهش خسارات وارده به مناطق شهری، تأسیسات در حال ساخت، مزارع و سایر کاربری‌ها در اطراف رودخانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (جلالی‌راد، ۱۳۸۱).

علم جوان و نوپای مهندسی رودخانه با ترکیب تخصص‌های مختلف، از جمله تلفیق دو علم هیدرولیک و هیدرولوژی، به بحث و بررسی حرکت جریان آب در مجرا می‌پردازد (ضیایی، ۱۳۸۰).

تحقیقی نیز توسط صادقی و جلالی‌راد (۲۰۰۴ ب) در رابطه با نقش دو پل پیاپی در تغییر عمق و گستره سیل‌گیری در حوزه آبخیز دارآباد تهران انجام شد. ایشان از نرم افزار HEC-RAS^۱ برای تحلیل جریان و نقشه‌های بزرگ مقیاس منطقه برای انتقال پهنه‌های سیل روی آنها استفاده نموده و نتایج به‌دست آمده دلالت بر نقش متفاوت و مؤثر پل‌ها در تغییر عمق و گستره سیلاب داشته است. همچنین مهدوی (۱۳۷۶) و تلوری (۱۳۷۶) به تحلیل کیفی نقش مؤثر سازه‌های هیدرولیکی بر افزایش شدت سیلاب پرداخته‌اند. جلالی‌راد (۱۳۸۱) و عبقری (۱۳۸۳) نیز نقش پل‌های احداث شده به‌ترتیب روی رودخانه‌های دارآباد و جاجرود را بر افزایش پهنه سیلاب و توسعه آن به اراضی کناری بررسی نموده‌اند.

نظر به محدودیت سوابق علمی مرتبط با عملکرد آب شکن‌ها و شیب شکن‌ها در تغییر رفتار سیل، تحقیق حاضر سعی بر بررسی تغییرات عمق و سطح سیل‌گیری ناشی از احداث سازه‌های مذکور در رودخانه کن با استفاده از مدل HEC-RAS^۲ به‌عنوان یکی از کاربردی‌ترین مدل‌های تحلیل هیدرولیکی (تیت و همکاران، ۱۹۹۹ و صادقی و جلالی‌راد، ۲۰۰۴ الف) داشته است.

مواد و روش‌ها

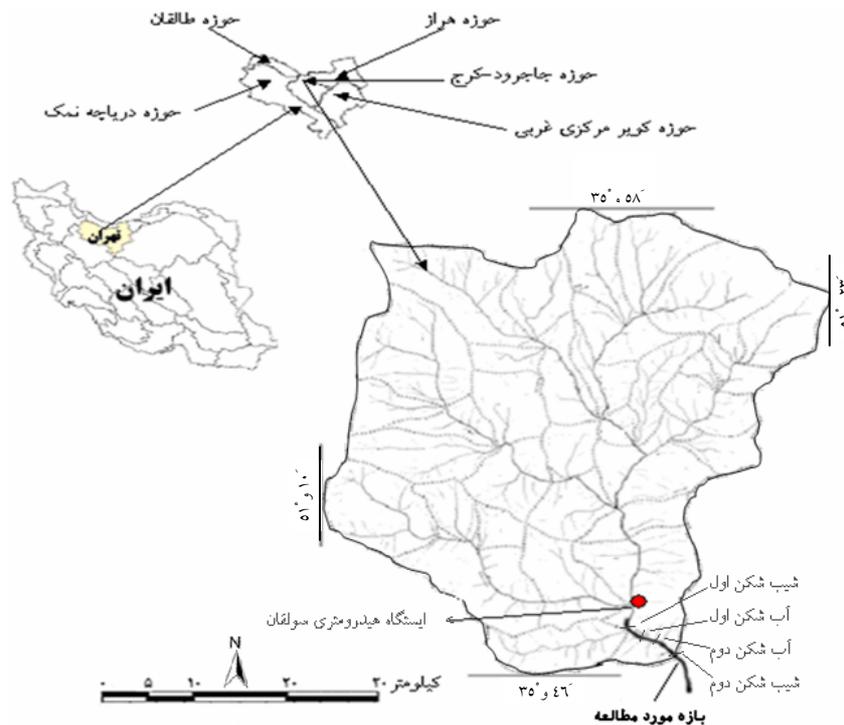
در این تحقیق نقش دو آب شکن و دو شیب شکن در بازه‌ای به طول تقریبی ۷ کیلومتر و عرض متغیر بین ۲۰ تا ۴۰۰ متر واقع در انتهای حوزه آبخیز کن مشرف بر منطقه شهری تهران مد نظر قرار گرفته است. حوزه آبخیز مورد مطالعه در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ۳۵°۴۶' تا ۵۸°۳۵' شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۱°۱۰' تا ۵۱°۲۳' شرقی واقع شده است. سیمای کلی و موقعیت منطقه و بازه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. آب شکن ۱ به طول ۱۲۵، ارتفاع ۲/۵ و عرض بالا ۱/۵ متر، واقع در بالادست بازه از نوع انحرافی^۳ و برای دور کردن جریان از

با این تفاسیر، اقدامات مهندسی همانند محدودسازی مقطع رودخانه، ساخت سازه‌های متقاطع، ساماندهی موضعی رودخانه و برداشت مصالح نیاز به درک صحیحی از اثر آنها بر رفتار هیدرولیکی رودخانه خواهد داشت. به همین دلیل جریان در رودخانه از ابزار اولیه مطالعات مهندسی رودخانه بوده و همیشه مورد تأکید قرار می‌گیرد (جلالی‌راد، ۱۳۸۱). در مورد آب شکن‌ها، تحلیل هیدرولیکی جریان مشابه هنگام مواجهه با یک تنگ شدگی موضعی در کانال انجام گردیده و در مواقعی که جریان سیل از روی بدنه آب شکن عبور می‌کند، این سازه به‌عنوان یک برآمدگی موضعی در بستر تلقی شده و محاسبات جریان بر این اساس صورت می‌گیرد. چنانچه در فواصلی از مسیر رودخانه، شیب طبیعی زمین از حد لازم برای کف کانال تندتر باشد، برای انتقال آب از سطح بالاتر به پائین‌تر، از شیب شکن^۲ استفاده می‌شود. نظر به شباهت شیب شکن‌های قائم و مایل به سرریز سدهای کوتاه، بسیاری از مسائل هیدرولیکی آنها همانند سرریزها حل می‌شوند. همچنین از این سازه برای کنترل پرش هیدرولیکی استفاده می‌شود که ضمن سرشکن کردن شیب زمین به‌عنوان وسیله‌ای برای از بین بردن انرژی آب جاری شده به سمت پائین به کار می‌رود.

تحقیقات متنوعی در خصوص نقش سازه‌های هیدرولیکی بر تغییر خصوصیات سیلاب صورت گرفته است. نقش مؤثر و متفاوت آب شکن‌ها بر افزایش سطح سیل (شیلدز و همکاران، ۱۹۹۵) و سازه‌های هیدرولیکی بر رفتار سیل توسط تانستال و همکاران (۲۰۰۰)، نایت (۲۰۰۱) و انجمن مهندسی ایالت هوستون آمریکا (۲۰۰۲) گزارش شده است. بررسی نقش جاده‌ها، پل‌ها و سایر سازه‌های تقاطعی احداث شده بر سیلاب رودخانه در حوزه آبخیز شهری فونتن کریک^۳ توسط موریس و هاروی (۲۰۰۴) انجام و به بالا بردن خطر سیلاب به میزان ۱۵ درصد در منطقه مورد مطالعه اشاره شده است.

4-Hydraulic Engineering Center, River Analysis System
5-Diversion groin

1- Groin
2- Drop
3- Fountain Creek



شکل ۱- سیمای کلی حوزه آبخیز کن و بازه مورد مطالعه

به تهیه آب‌نمود سیل‌های با دوره‌های بازگشت مختلف، روندیابی، نقشه‌برداری مقاطع عرضی، ثبت مشخصات هندسی رودخانه و تعیین ضرایب زبری شد. سپس مشخصات سیل از طریق معرفی اطلاعات به‌دست آمده در مورد بازه مورد مطالعه به مدل کامپیوتری HEC-RAS 3.1.1 (سازمان مهندسی ارتش آمریکا، ۲۰۰۴) و به‌صورت جریان مختلط^۱ محاسبه شد. عمق و سطح سیلاب جریان به‌دست آمده در شرایط فعلی (وجود سازه‌ها) و حذف فرضی آب‌شکن‌ها و همچنین بالادست و پایین‌دست شیب‌شکن‌ها مقایسه شد و در نهایت تحلیل خروجی‌های مدل در این دو حالت صورت پذیرفته و با استفاده از آزمون t جفتی (ارقامی و بزرگ‌نیا، ۱۳۷۰) مستند گردیدند.

نتایج

نتایج مربوط به آب‌شکن‌ها: نتایج خروجی مشخصات مختلف جریان و همچنین تراز جریان در دوره‌های

دیواره‌های سمت راست رودخانه که محل تأسیسات نظامی می‌باشد، ساخته شده حال آنکه آب‌شکن ۲ با طول ۱۶۵ متر، ارتفاع ۲/۵ و عرض بالا ۱/۵ متر، در فاصله ۳۰۰ متری پایین‌دست آب‌شکن ۱ و برای محافظت از جاده دسترسی احداث شده از پادگان به سیلابدشت سمت راست کانال احداث شده است. شیب‌شکن ۱ با ارتفاع ۷/۵ و طول متوسط ۱۸ متر، واقع در پایین دست پل همت و بالادست آب‌شکن ۱ از نوع مایل با مقطع مستطیلی بوده و از بخش‌های دسترسی خاکی، ناحیه افقی ورودی، شیب مایل و تبدیل در انتهای سازه تشکیل شده است. شیب‌شکن ۲ با ارتفاع ۲/۳ و طول ۱۰۵ متر، قبل از پل متروی تهران - کرج و پس از آب‌شکن ۲ و به صورت قائم و بدون مانع احداث شده است.

به‌منظور انجام تحقیق، آمار دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه ایستگاه سولقان طی سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۲، اطلاعات مربوط به مطالعات انجام شده حوزه آبخیز کن و نقشه‌های ۱:۵۰۰ بازه مورد مطالعه از سازمان نقشه‌برداری و امور آب استان تهران گردآوری شد. در مرحله بعد اقدام

1- Mixed Flow

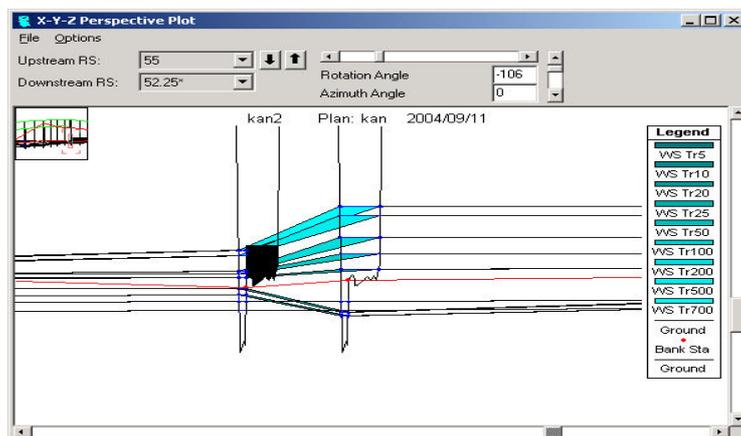
نتایج مربوط به شیب شکن‌ها: وضعیت جریان در بالادست و پائین دست شیب شکن ۱ در شکل‌های ۷ و ۸ نمایش داده شده است. همچنین تأثیر شیب شکن ۱ بر سطح و عمق سیلاب در مقاطع بالادست و پائین دست شیب شکن با هم مقایسه شده و نتایج آن به صورت جدول ۳ و شکل ۹ نشان داده شده است.

همچنین وضعیت جریان در بالادست و پائین دست شیب شکن ۲ و نیمرخ جریان در محل احداث سازه به ترتیب در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. بررسی تأثیر شیب شکن بر عمق و سطح سیلاب، در دو مقطع بالایی و پائینی شیب شکن ۲ در جدول ۴ و شکل ۱۲ ارائه گردیده است.

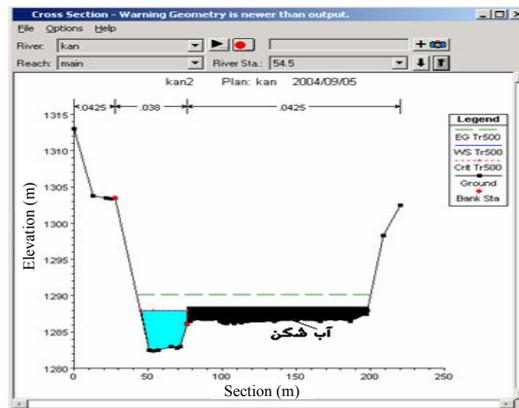
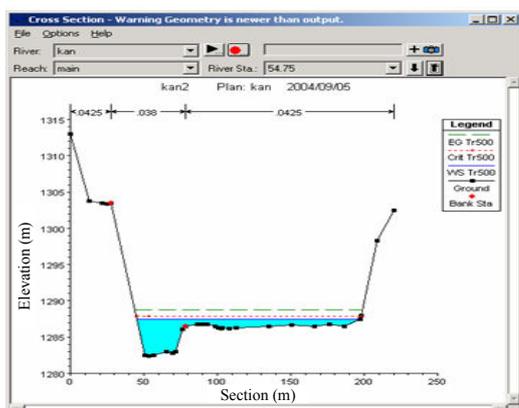
بازگشت مختلف متأثر از آب شکن ۱ در شکل ۲ نشان داده شده است.

نیمرخ عرضی جریان مربوط به سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت مختلف در محل احداث آب شکن ۱ در حالات وجود و حذف فرضی آب شکن با اجرای دوبار مدل در شکل ۳ و وضعیت جریان در جدول ۱ و شکل ۴ نمایش داده شده است.

نتایج مربوط به نقش آب شکن ۲ در تغییر شرایط جریان و جزئیات مربوطه در شکل ۵ آورده شده است. برای مقایسه وضعیت جریان با حالت بدون وجود آب شکن، مدل یک بار دیگر و با حذف فرضی آب شکن مذکور اجرا شده که نتایج آن در جدول ۲ و شکل ۶ نشان داده شده است.



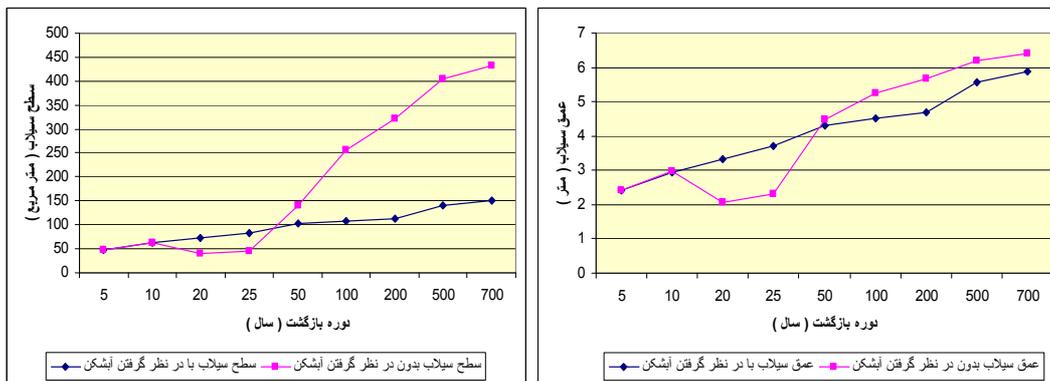
شکل ۲- نمای وضعیت جریان با دوره‌های بازگشت مختلف در آب شکن ۱.



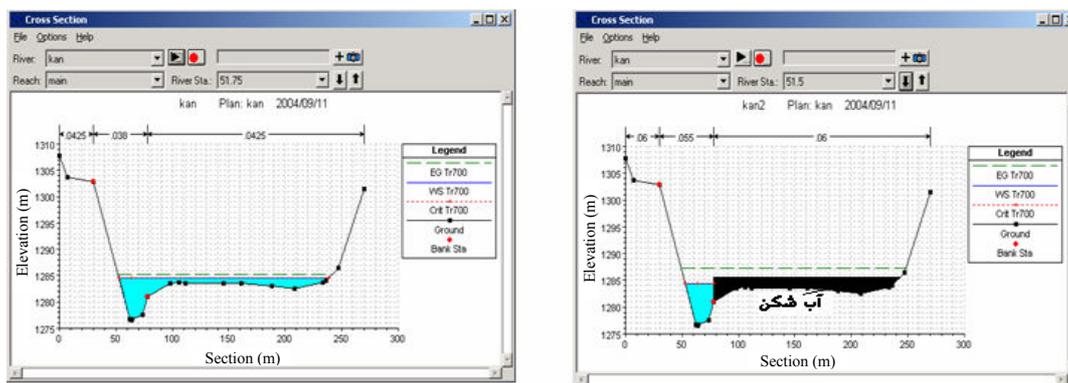
شکل ۳- وضعیت سطح آب در دبی با دوره بازگشت ۷۰۰ ساله در صورت وجود (راست) و عدم وجود (چپ) آب شکن ۱.

جدول ۱- عمق و سطح سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت مختلف در آب شکن ۱.

دوره بازگشت (سال)	۷۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	
عمق (m)	۵/۸۸	۵/۵۶	۴/۷۰	۴/۵۱	۴/۳۱	۳/۷۰	۳/۳۱	۲/۹۴	۲/۴۰	با آب شکن
	۶/۴۰	۶/۲۱	۵/۶۸	۵/۲۶	۴/۴۸	۲/۳۲	۲/۰۸	۲/۹۶	۲/۴۱	بدون آب شکن
سطح (m ²)	۱۵۰/۹۴	۱۴۰/۷۰	۱۱۴/۰۱	۱۰۸/۲۴	۱۰۲/۰۹	۸۴/۰۶	۷۲/۵۴	۶۲/۳۵	۴۸/۰۰	با آب شکن
	۴۳۱/۹۷	۴۰۳/۹۲	۳۲۱/۱۴	۱۵۶/۶۲	۱۴۱/۱۵	۴۵/۸۴	۳۹/۶۸	۶۲/۹۳	۴۸/۲۸	بدون آب شکن



شکل ۴- مقایسه عمق (راست) و سطح سیلاب (چپ) در بازه با آب شکن ۱ و بدون آن.

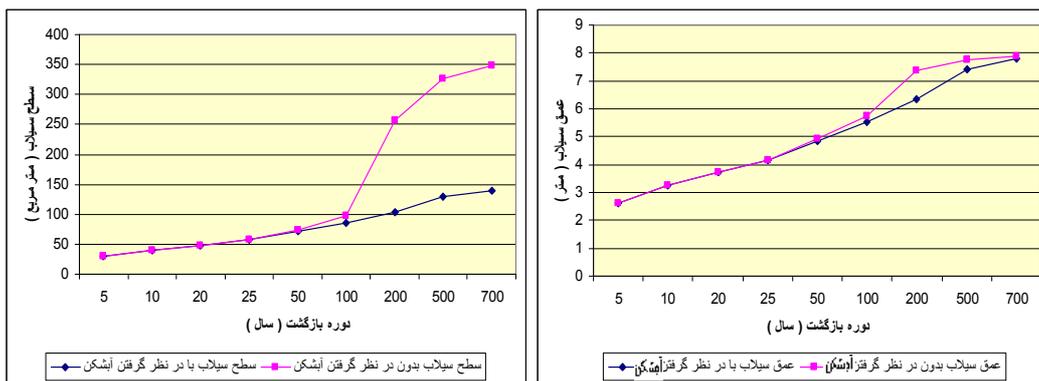


شکل ۵- وضعیت سطح آب در دبی با دوره بازگشت ۷۰۰ ساله در صورت

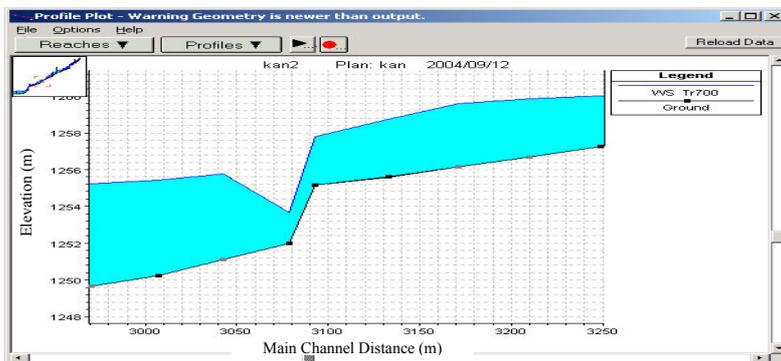
وجود (راست) و عدم (چپ) آب شکن ۲.

جدول ۲- عمق و سطح سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت مختلف در آب شکن ۲.

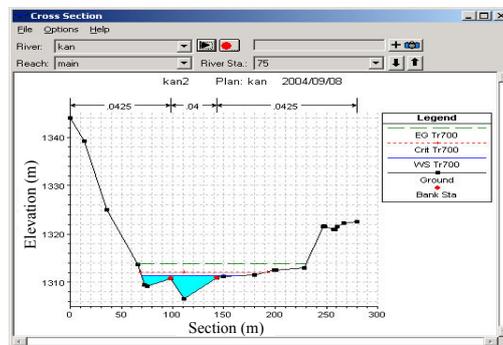
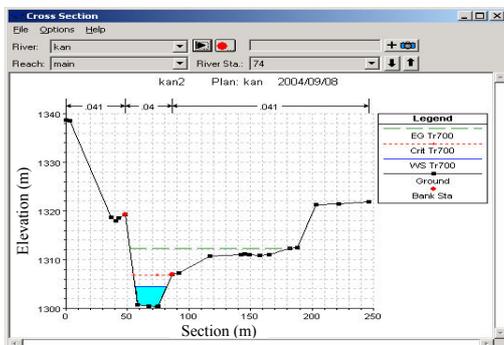
دوره بازگشت (سال)	۷۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	
عمق (m)	۷/۷۹	۷/۴۰	۶/۳۳	۵/۵۴	۴/۸۵	۴/۱۶	۳/۷۱	۳/۲۷	۲/۶۲	با آب شکن
	۷/۸۹	۷/۷۶	۷/۳۹	۵/۷۴	۴/۹۲	۴/۱۵	۳/۷۱	۳/۲۷	۲/۶۲	بدون آب شکن
سطح (m ²)	۱۳۸/۶۹	۱۲۹/۲۲	۱۰۳/۸۶	۸۶/۳۶	۷۱/۵۴	۵۷/۲۲	۴۸/۴۸	۴۰/۴۷	۲۹/۵۷	با آب شکن
	۳۴۸/۸۸	۳۲۶/۳۱	۲۵۶/۷۲	۹۸/۰۴	۷۴/۰۳	۵۷/۱۶	۴۸/۴۸	۴۰/۴۷	۲۹/۵۷	بدون آب شکن



شکل ۶- مقایسه عمق (راست) و سطح سیلاب (چپ) در بازه با آب شکن ۲ و بدون آن.



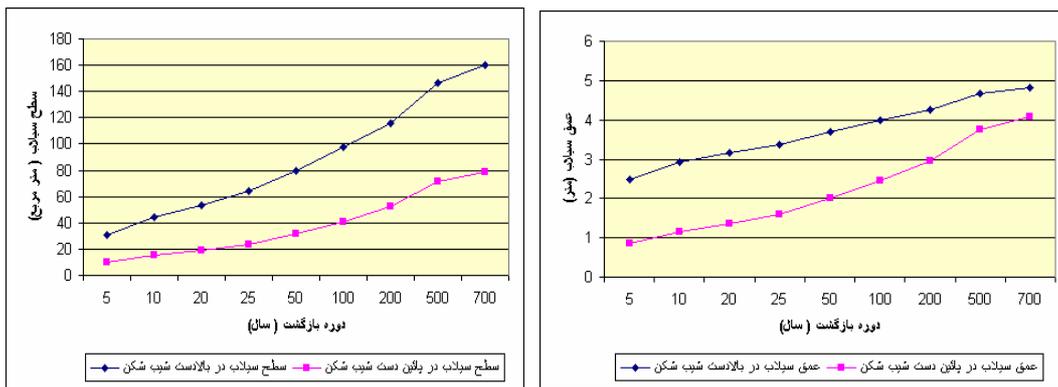
شکل ۷- نمای پروفیل جریان در محل شیب شکن ۱.



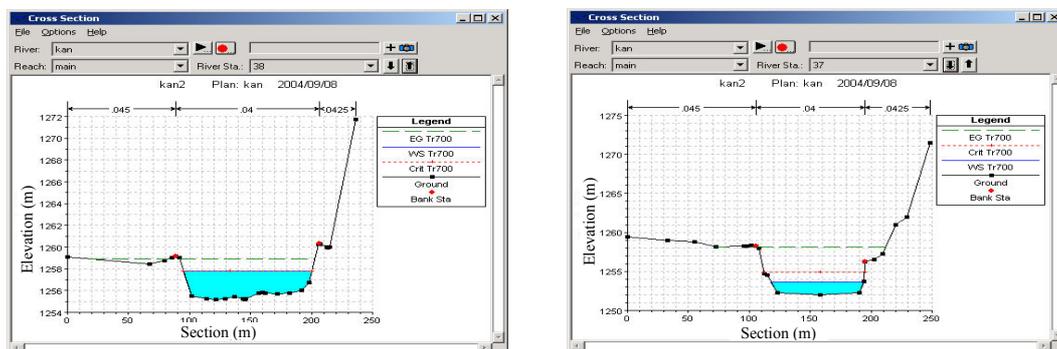
شکل ۸- وضعیت سطح آب در دبی با دوره بازگشت ۷۰۰ ساله در مقطع بالادست (راست) و پایین دست (چپ) شیب شکن ۱.

جدول ۳- عمق و سطح سیل گیری با دوره های بازگشت مختلف در بالادست و پایین دست شیب شکن ۱.

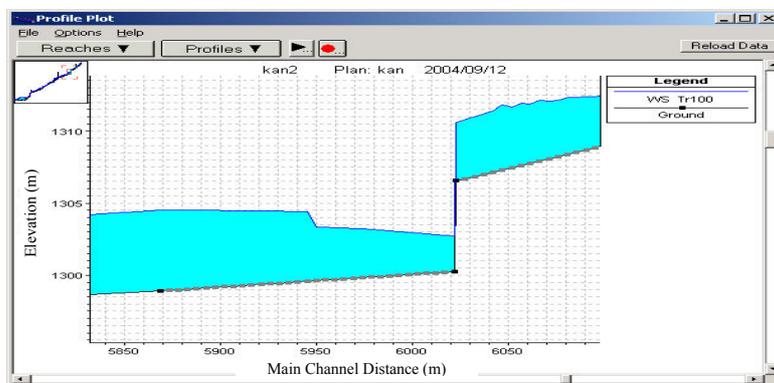
		دوره بازگشت (سال)								
		۷۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵
عمق (m)	در بالادست	۴/۸۳	۴/۶۷	۴/۲۶	۳/۹۸	۳/۶۹	۳/۳۸	۳/۱۶	۲/۹۲	۲/۴۷
	در پایین دست	۴/۰۸	۳/۷۶	۲/۹۷	۲/۴۶	۲/۰۰	۱/۵۹	۱/۳۶	۱/۱۴	۰/۸۳
سطح (m ²)	در بالادست	۱۵۹/۹۳	۱۴۶/۳۲	۱۱۵/۹۰	۹۷/۴۱	۸۰/۰۰	۶۳/۸۰	۵۳/۷۲	۴۴/۲۱	۳۰/۹۴
	در پایین دست	۷۹/۰۲	۷۱/۰۶	۵۲/۴۷	۴۱/۱۲	۳۱/۵۸	۲۳/۵۸	۱۹/۰۸	۱۵/۱۲	۱۰/۰۷



شکل ۹- مقایسه عمق سیلاب (راست) و سطح سیلاب (چپ) در بالادست و پائین دست شیب شکن ۱.



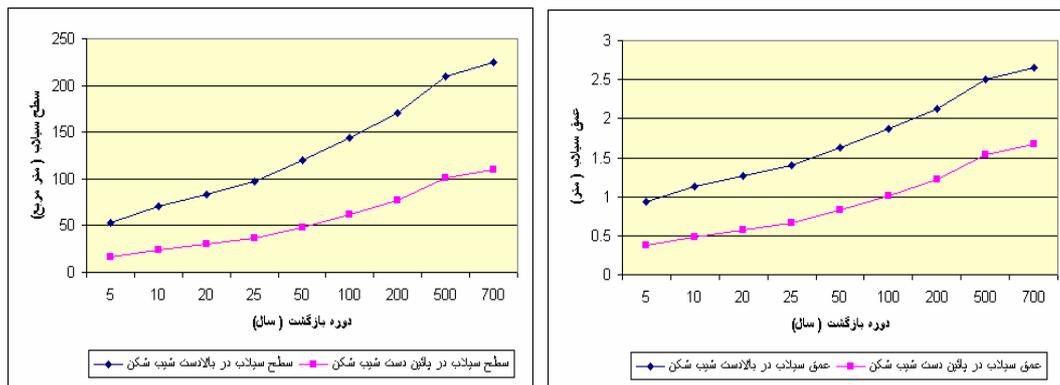
شکل ۱۰- وضعیت سطح آب در دبی با دوره بازگشت ۷۰۰ ساله در مقطع بالادست (راست) و پائین دست (چپ) شیب شکن ۲.



شکل ۱۱- نمای پروفیل جریان در محل شیب شکن ۲.

جدول ۴- عمق و سطح سیل گیری با دوره های بازگشت مختلف در بالادست و پائین دست شیب شکن ۲.

		دوره بازگشت (سال)								
		۷۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵
عمق (m)	در بالادست	۲/۶۶	۲/۵۱	۲/۱۳	۱/۸۷	۱/۶۳	۱/۴۰	۱/۲۶	۱/۱۳	۰/۹۳
	در پایین دست	۱/۶۷	۱/۵۴	۱/۲۲	۱/۰۱	۰/۸۳	۰/۶۶	۰/۵۷	۰/۴۸	۰/۳۷
سطح (m ²)	در بالادست	۲۲۴/۶۸	۲۰۹/۱۴	۱۷۰/۰۷	۱۴۳/۵۸	۱۱۹/۵۰	۹۶/۸۷	۸۳/۰۶	۷۰/۴۰	۵۲/۵۴
	در پایین دست	۱۱۰/۲۷	۱۰۰/۵۶	۷۶/۹۷	۶۱/۶۱	۴۸/۳۸	۳۶/۹۰	۳۰/۳۳	۲۴/۴۰	۱۶/۶۱



شکل ۱۲- مقایسه عمق سیلاب (راست) و سطح سیلاب (چپ) در بالادست و پائین دست شیکن ۲.

گیری در سیلاب‌های ۱۰ تا حدود ۴۰ ساله در صورت احداث آب شکن افزایش داشته (شکل ۴) که دلیل آن را می‌توان در ضرورت عبور جریان بیشتر در حالت زیر بحرانی عنوان نمود. همچنین از دوره بازگشت تقریباً ۴۰ سال به بعد سطح سیلاب در محل آب شکن کاهش داشته که دلیل آن رسیدن رژیم جریان به وضعیت بحرانی می‌باشد و در این حالت حجم جریان با سرعت بیشتری از کانال عبور کرده است. عمق سیلاب نیز در مقطع فاقد سازه جز در دو دوره بازگشت ۲۰ و ۲۵ سال به دلیل رژیم فوق بحرانی، در بقیه دوره‌های بازگشت از حالت فعلی بیشتر است. بنابراین می‌توان گفت که احداث این آب شکن موجب پائین آوردن خطر سیل به اراضی کشاورزی، جاده و مناطق مسکونی اطراف و کم کردن عمق و سطح سیل‌گیری با دوره بازگشت بیش از ۴۰ سال شده و در عین حال افزایش عمق و سطح سیل‌گیری در اثر احداث سازه در سیل‌های با دوره‌های بازگشت بین ۱۰ تا ۴۰ سال به دلیل وجود ظرفیت حجمی کانال طبیعی، مشکل خاصی در منطقه به وجود نخواهد آمد.

براساس نتایج به دست آمده، رژیم جریان در بالادست آب شکن ۲ در تمامی دوره‌های بازگشت از نوع زیر بحرانی می‌باشد که هنگام رسیدن به تنگ شدگی حاصل از احداث آب شکن، انرژی ویژه جریان مقداری کاهش یافته و به وضعیت عمق بحرانی رسیده و از مقطع آب شکن عبور می‌کند. همچنین خروجی‌های مدل نشان می‌دهد که وجود یا عدم آب شکن ۲ به دلیل امکان عبور

بحث و نتیجه گیری

از نتایج به دست آمده استنباط می‌شود که رژیم جریان در بالا دست آب شکن ۱ در دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۰ سال با توجه به عدد فرود کمتر از یک زیر بحرانی، در دوره‌های بازگشت ۲۰ و ۲۵ سال با توجه به عدد فرود بیش از یک فوق بحرانی و در دوره‌های بازگشت بالاتر دوباره به صورت زیر بحرانی می‌باشد. عملکرد جریان در این محل شبیه به عملکرد جریان در محل تنگ‌شدگی‌های موضعی و براساس معادلات انرژی و پیوستگی می‌باشد. بدین معنی که در دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۰ سال که دبی جریان کم است، جریان با عمق نرمال خود از مقطع عبور کرده است. در دوره‌های بازگشت ۲۰ و ۲۵ سال که با رژیم فوق بحرانی مواجه می‌شود، می‌بایست در محل تنگ شدگی با افزایش عمق جریان روبرو شده که شکل ۲ نیز صحت این مسئله را نشان می‌دهد. از این دوره بازگشت به بعد که رژیم جریان دوباره به وضعیت زیر بحرانی می‌رسد، در محل تنگ‌شدگی، عمق خود را کاهش داده و به حد عمق بحرانی (عدد فرود ۱/۰۱) رسانده و از مقطع آب شکن عبور می‌کند و در فاصله ۲۶/۳۵ متری پائین دست آب شکن دوباره به وضعیت نرمال خود می‌رسد. همچنین همان‌طور که از جدول ۱ بر می‌آید، وجود و عدم آب شکن ۱ تأثیر محسوسی در تغییر عمق و سطح سیل‌گیری برای سیلاب‌های با دوره بازگشت کمتر از ۱۰ سال نداشته است زیرا تمامی جریان از کرانه چپ کانال و بدون ارتباط با آب شکن عبور می‌کند. عمق و وسعت سیل-

اظهارات بورمان و ژولین (۱۹۹۱) و یافته‌های سوخودلوف و همکاران (۲۰۰۴) همخوانی دارد.

طول پرش هیدرولیکی ایجاد شده در پائین دست شیب شکن ۲ به دلیل عدم استفاده از مانع در آن زیاد است. در این شیب شکن وضعیت جریان در بالادست زیر بحرانی بوده و همان‌طور که از جدول خروجی مدل پیداست در ابتدای ورود به شیب شکن تراز آب به عمق بحرانی رسیده و پس از جاری شدن از روی آن حالت فوق بحرانی ایجاد شده، در نتیجه جهش هیدرولیکی رخ داده و در سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال در فاصله ۷۱/۴۵ متری پائین دست به عمق نرمال خود رسیده است. به تدریج و با افزایش دبی جریان و در دوره‌های بازگشت بالاتر جهش هیدرولیکی ایجاد شده به سمت پائین دست حرکت می‌کند. همچنان که از جدول ۴ استنباط می‌گردد، در شیب شکن ۲ نیز عمق و سطح سیل‌گیری پس از احداث شیب شکن نسبت به بالادست سازه کاهش پیدا کرده است.

مقایسه کلی نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر بیانگر نقش متفاوت آب شکن‌ها و شیب شکن‌ها بر سطح و عمق سیل بوده که با دستاوردهای شیلدز و همکاران (۱۹۹۵)، تانستال و همکاران (۲۰۰۰)، نایت (۲۰۰۱) و انجمن مهندسی هوستون آمریکا (۲۰۰۲)، موریس و هاروی (۲۰۰۴)، صادقی و جلالی‌راد (۲۰۰۴)، مهدوی (۱۳۷۶)، تلوری (۱۳۷۶)، جلالی‌راد (۱۳۸۱) و عبقری (۱۳۸۳) در خصوص سایر سازه‌های هیدرولیکی همخوانی می‌باشد. از طرفی نتایج مربوط به مقایسه میانگین متغیرهای مورد بررسی در شرایط وجود و حذف فرضی سازه‌ها با استفاده از آزمون t جفتی نشانگر تأثیر غیرمعنی‌دار آب‌شکن ۱ و ۲ در تغییر عمق آب‌گرفتگی به ترتیب با سطح غیرمعنی‌داری ۰/۸۵۱ و ۰/۱۲۴ و گستره سیل به ترتیب با مقادیر ۰/۰۸۱ و ۰/۰۷۵ سیلاب داشته است. مقادیر سطوح به دست آمده مؤید تأثیرگذاری بیشتر آب‌شکن ۲ نسبت به آب‌شکن ۱ در کنترل عمق و پهنه سیل و همچنین نقش بیشتر آنها بر تغییر سطح سیلاب می‌باشد. حال آنکه نقش بسیار معنی‌دار شیب‌شکن‌ها در

جریان سیل با دوره‌های بازگشت زیر ۲۵ سال به دلیل عبور جریان از کرانه چپ رودخانه، تأثیر خاصی در تغییر عمق و سطح سیل‌گیری نداشته است، حال آنکه از دوره بازگشت ۲۵ سال به بعد، عمق و سطح سیلاب در مقطع بدون آب شکن بیشتر از وضعیت فعلی می‌باشد که با نظر شیلدز و همکاران (۱۹۹۵) مبنی بر افزایش سطح سیل در اثر احداث آب شکن مطابقت دارد. تأثیر آب شکن یاد شده بر عمق و سطح سیل‌گیری به ترتیب در دوره‌های بازگشت ۲۰۰ و ۷۰۰ سال حداکثر می‌باشد. تأثیر آب شکن ۲ بر کاهش عمق سیل‌گیری پس از سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۰۰ سال به تدریج کم شده و اثر معکوس آن به دلیل شرایط استغراق کامل آب شکن و تغییر نوع جریان در سیل‌های با دوره بازگشت بیش از ۲۰۰ سال می‌باشد.

در شیب شکن ۱ جریان آب به واسطه شیب زیاد کانال در بالادست به صورت فوق بحرانی می‌باشد. در این حالت رفتار آب به صورت یک جت آبی عمل کرده و یک جریان آشفته در مقطع قبل از ورودی شیب شکن مشاهده می‌شود و پس از آن آب از شیب شکن گذشته و در پایاب آن ایجاد جهش هیدرولیکی کرده است که با افزایش دبی جهش هیدرولیکی فاصله بیشتری از شیب شکن گرفته است. همانگونه که از جدول ۳ و شکل ۹ منتج از بررسی نقش شیب شکن ۱ بر تغییر عمق و سطح سیلاب بر می‌آید، عمق و سطح سیل‌گیری در پائین دست سازه در حالت وجود شیب شکن کمتر بوده که به دلیل تغییر عدد فرود و به طبع تغییر در نوع جریان می‌باشد که با تحلیل‌های چمنی و بیرامی (۲۰۰۲) در خصوص تغییر نوع جریان در حالات مختلف و در شرایط استفاده از شیب شکن‌ها مطابقت دارد. کاهش اختلاف عمق و افزایش اختلاف سطح سیل‌گیری در سیلاب‌های با دوره بازگشت بیشتر از ۲۰۰ سال به واسطه افزایش دبی جریان و نقش نسبی کمتر سازه در کنترل آن نیز متجلی است. کاهش نسبی مشخصه‌های سیل پس از احداث سازه از لحاظ مقابله با سیل‌گیری اراضی حاشیه سودمند بوده، ولی به دلیل افزایش سرعت و فرساینده‌گی جریان، آبشویی بستر رودخانه و انتقال زیاد رسوب را به دنبال دارد که با

حادث شده در عمق و سطح سیل گیری در رابطه با سیل و فرسایش رودخانه‌ای در هنگام انجام اقدامات مهندسی حائز توجه است. همچنین نظر به محدودیت سوابق علمی مرتبط با عملکرد آب شکن‌ها و شیب شکن‌ها در تغییر رفتار سیل، استفاده از روش مشابه در سایر رودخانه‌های کشور و مقایسه نتایج به دست آمده به منظور دستیابی به جمع‌بندی‌های کلی توصیه می‌گردد.

کاهش عمق و گستره سیلاب در قبل و بعد از سازه‌ها با سطح معنی‌داری بسیار نزدیک به صفر توسط آزمون t جفتی تأیید گردیده و همچنین نقش شیب‌شکن ۲ نسبت به شیب‌شکن ۱ در کنترل مولفه‌های اصلی سیل بیشتر و تأثیر آنها بر عمق سیلاب بیش از پهنه آن می‌باشد. در جمع‌بندی نهایی می‌توان اظهار نمود که روند تغییرات ایجاد شده در عمق و سطح سیل‌گیری نیز متأثر از نوع سازه و شرایط هندسی کانال بوده و تأثیرات متقابل

منابع

۱. ارقامی، ن.ر.، و بزرگ نیا، ا. ۱۳۷۰. آمار چند متغیره کاربردی (ترجمه)، انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۹۶ ص.
۲. تلوری، ع. ۱۳۷۶. عوامل مؤثر در وقوع یا تشدید سیل و خسارات آن. کارگاه آموزشی - تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، دانشگاه صنعتی شریف، صفحات ۱۵۹-۱۳۸.
۳. جلالی‌راد، ر. ۱۳۸۱. پهنه‌بندی سیل در بخشی از حوزه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۵ ص.
۴. ضیایی، ح.ا. ۱۳۸۰. اصول مهندسی آبخیزداری. انتشارات آستان قدس رضوی، ۵۴۲ ص.
۵. عبقری، ه. ۱۳۸۳. پهنه‌بندی سیلاب در حوزه آبخیز جاجرود با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۰۵ ص.
۶. مهدوی، م. ۱۳۷۶. بررسی آثار اقتصادی - اجتماعی و زیست محیطی خسارات سیل. کارگاه آموزشی - تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، دانشگاه صنعتی شریف، صفحات ۱۸۸-۱۶۰.
7. Bormann, N.E., and Julien, P.Y. 1991. Scour downstream of grade-control structures. *Journal of Hydraulic Engineering*, 117(5):579-594
8. Chamani, M.R., and Beirami, M.K. 2002. Flow characteristics at drops. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(8):788-791.
9. Houston Engineering, Inc. 2002. Decision support applications for flood management in the Pembina river basin. HE Job No. 10114.01, 17-20.
10. Knight, D.W. 2001. Scoping study on reducing uncertainty in river flood conveyance. School of Civil Engineering, The University of Birmingham, 17-31.
11. Morris, C.E., and Harvey, M.D. 2004. Downstream effects of urbanization in Fountain, Creek, Colorado. Available at: www.ASCE.org, 8p.
12. Sadeghi, S.H.R., and Jalali Rad, R. 2004a. Floodplain zoning in an Iranian urban watershed using HEC-RAS hydraulic model and ArcView GIS. *Hydrology Journal of Indian Associations of Hydrologists*, 27(1-2):69-77.
13. Sadeghi, S.H.R., and Jalali Rad, R. 2004b. Effects of bridges on variation of inundation depth and area. 9th International Seminar on River Sedimentation Proceedings, China, 2:569-573.
14. Shields, F.D., Cooper, C.M., and Knight, S.S. 1995. Experiment in Stream Restoration. *Journal of Hydraulic Engineering*, 121(6): 494-502.
15. Sukhodolov, A., Engelhardt, C., Krüger, A., and Bungartz, H. 2004. Case Study: Turbulent Flow and Sediment Distributions in a Groyne Field. *Journal of Hydraulic Engineering*, 130(1):1-9.
16. Tate, E.C., Olivera, F., and Maidment, D. 1999. Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS. Center for Research in Water Resources (CRWR), Report No. 99-1.
17. Tunstall, S.M., Parker, D.J., and Green, C.H. 2000. Assessment of flood control and management options. *Flood Hazard Research Center*, (4):19-74.
18. US Army Corp. of Hydraulic Engineers, 2004. HEC-RAS. Available at: <http://www.hec.usace.army.mil>.

Effects of groins and drops on flood depth and extension (Case study: Tehran Kan river)

S.H.R. Sadeghi¹, M. HajiGholizadeh² and M. Vafakhah¹

¹Respectively, Faculty members and Former Master Student of Dept. of watershed management engineering, college of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres Univ., Noor, Mazandaran, Iran

Abstract

In contrary to different benefits that a river may have for urban, industrial and agricultural sectors existed on neighboring areas, it may be supposed as a serious threat to the vicinity areas as well as structures constructed on it. The construction of unsuitable and ill-designed structures such as bridges, floodwalls, groins and dikes may have significant effects on flood occurrence and exaggeration. The effects may be imposed through changing the cross sections, flow velocity, storage area, flow level and surface area. In the present study, the effects of groins and drops on inundation depth and extension have been investigated in a 7 Km reach of Kan River, Tehran. The hydraulic analyses were made for floods with 5 to 700 years return periods using HEC-RAS computer software package in two situations of structures presence and absence. The results of the study revealed that the trend of changes occurred in flood depth and the type of hydraulic structures and channel geometric conditions affects area as well. The results also showed that the drops were more effective on flood main characteristics than groins. The non-significant effects of groins on flood area and significant role of drops on inundation depth was found to be as another finding of the present research.

Keywords: Flood Studies; Groin; Drop; HEC-RAS; Kan River; Tehran