

مدل سازی آزمایشگاهی تاثیر حجم، شکل الوار شناور و ارتفاع جریان سیل بر شرایط هیدرولیکی حالت انسداد جریان رودخانه در مقطع پل

نیما روحانی^{۱*}، حمیدرضا شبانی^۲

۱. دانشجوی دکتری، مهندسی عمران، آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه قم

۲. استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور

n.rohani@stu.qom.ac.ir

تاریخ دریافت ۹۸/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش ۹۸/۱۰/۰۲

چکیده

وقوع سیل علاوه بر تخریب به دلیل قدرت رانش حجم عظیم سیال در مسیر جریان رودخانه، خسارات ثانویه همچون بسط جریان در حاشیه مسیر اصلی را نیز در پی دارد. یکی از دلایل اصلی ورود جریان به زمین‌های کناری مسیل، گرفتگی مقطعی از مسیر اصلی آب رودخانه است. این گرفتگی به دلایل متعدد از جمله جمع شدگی الوار شناور در محل پل‌ها است. این پژوهش با مدل‌سازی آزمایشگاهی، فرآیند انسداد جریان به دلیل توقف الوار شناور در مقاطع سازه‌های هیدرولیکی تقاطعی رودخانه‌های کوهستانی را به صورت دقیق‌تر بررسی می‌کند. برای این منظور پلی با نرده حفاظتی در یک کانال مستطیلی با قابلیت تغییر شیب، برای مطالعه پدیده انسداد ساخته شد. آزمایش‌ها با استفاده از طول‌های مختلف از الوار شناور با شرایط تنه صاف و با شاخه و با تعداد متفاوت از الوار ورودی به صورت تک تک یا تجمعی صورت گرفته است. آزمایش‌ها با دو حالت مختلف وجود و عدم وجود پایه پل و در سه تراز مختلف از سطح آب محقق شده‌اند. همچنین نوع جریان آزمایش‌ها در دو حالت زیر بحرانی و یک حالت فوق بحرانی، ۳ شیب مختلف و ۹ دبی متفاوت، مدل‌سازی شد. هر یک از آزمایش‌ها با شرایط مشابه ده بار تکرار شد. نتایج آزمون‌ها نشان داد، تاثیر شاخه بر میزان بالآمدگی جریان بیش از دو برابر الوار بدون شاخه است. و نیز این که با افزایش ارتفاع اولیه جریان و گذر آن از سطح زیر عرشه پل، میزان رشد بالآمدگی سطح آب نسبت به ارتفاع اولیه، در اثر انسداد توسط الوار شناور کاهش پیدا می‌کند.

واژگان کلیدی: الوار شناور، هیدرولیک جریان، انسداد رودخانه، پل، پسزدگی جریان

۱. مقدمه

استوایی با باران‌های شدید و دائمی و نیز موسمی و در نواحی با عرض جغرافیایی بالاتر در فصول سرد، بارش‌ها، اعم از برف و باران به صورت مستقیم و غیرمستقیم (آب شدن برف‌ها و یخ‌ها در فصول گرم‌تر) سبب بروز سیلاب می‌شود. علاوه بر

وقوع پدیده سیلاب از جمله مخاطرات طبیعی است که احتمال وقوع آن در بسیاری از مناطق وجود دارد. در سرزمین‌های

قدرت پیشرا نه جریان آب، مواد و اشیای معلق همراه جریان نیز سبب بروز خسارات متعدد می شوند. این اشیاء می توانند الوار چوبی شناور و قطعات تنه درختان باشند. وجود قطعات چوبی در جریان سیل، هم ضمن تغییر در هیدرولیک جریان و نیز با ایجاد انسداد در مقطع سازه های هیدرولیکی تقاطعی، مانند پل ها باعث تغییراتی در رفتار سیل و به تبع آن بروز خسارت می شود. رودخانه های گذرنده از مناطق جنگلی، استعداد بیشتری برای حمل الوار و تنه های درختان، حین سیل دارند زیرا بروز سیل، اغلب با زمین لغزش و یا باران های شدید همراه است و این عوامل سبب ورود الوار چوبی به جریان اصلی می شوند. شکل (۱) نمونه هایی از به دام افتادن الوار در مقطع پل ها را نشان می دهد. وجود الوار چوبی در جریان و توقف آن ها در مقطع پل، باعث کاهش ظرفیت انتقال شده و پدیده پس زدگی جریان را به دنبال دارد. کاهش حجم آب عبوری از مقطع پل، پیشروی جریان در دشت سیلابی حاشیه رودخانه اصلی را در بر خواهد داشت. این موضوع خود باعث بروز خسارات و مشکلات دیگری می شود. عدم توجه به گیر افتادگی الوار چوبی و تنه درختان در طراحی پل ها، باعث شده این سازه های هیدرولیکی تقاطعی، برای مقابله با الوار شناور چندان عملکرد مناسبی نداشته باشند. لازم به ذکر است، علاوه بر اقدامات مربوط به طراحی ساخت سازه های هیدرولیکی تقاطعی در رودخانه ها، اقدامات حفاظتی - مدیریتی نیز جهت پیشگیری از ورود تنه درختان به رودخانه ها و نیز جمع آوری این الوار شناور، پیش از برخورد با پل ها، باید انجام پذیرد. از عوامل موثر در انسداد دهانه پل توسط الوار شناور، می توان به هندسه آبراهه، هندسه و تعداد الوار شناور، خصوصیات جریان، شکل و ساختار پل و خصوصیات الوار شناور اشاره کرد. این عوامل، موثر بر احتمال وقوع انسداد و نیز شرایط هیدرولیکی جریان پس از گرفتگی می باشند. جابجایی یا شکست ناگهانی الوار گرفتار در پل ممکن است باعث

ایجاد موج سیلابی در پایین دست رودخانه شود و اقداماتی لازم است تا خطرات و خسارات این موج ها را ارزیابی و در نتیجه به حداقل برساند [1]. مدیریت شرایط پس از وقوع پدیده گرفتگی پل که بر اثر وجود الوار شناور در جریان واقع می شود و پیامد آن پس زدگی جریان آب نیز ایجاد می گردد از جمله نکات حائز اهمیت می باشد. نقصان های علمی در مواجهه با این پدیده نیز در پژوهش های متعددی تاکید شده است که این خود لزوم مدل سازی آزمایشگاهی برای شبیه سازی این شرایط را نشان می دهد [2]. بررسی مشکلات مربوط به الوار شناور در رودخانه ها و ارائه راه کارهای ممکن جهت مقابله با آن ها نیز از جمله مسائل مورد توجه پژوهشگران بوده است [3]. طی بررسی های به عمل آمده، پژوهش های برخی محققین پیشرفت های واقعی در این زمینه را نشان می دهد به نحوی که تا حد زیادی نحوه طراحی پل و روش بهینه برای طراحی پایه پل را جهت به حداقل رساندن قدرت تخریب الوار بررسی می نماید. سندها فر ۲ خطرات ناشی از گرفتگی یک پل در دره اتز (Otz) واقع در شهر تیرول (Tyrol) در کشور اتریش را مورد مطالعه قرار داده و با مدل سازی این پل، تاثیر الوار مختلف با اشکال گوناگون در دبی های متفاوت از جریان را بر گرفتگی بررسی نموده است [4,5]. اشماکر ۳ و هاگر ۴ آزمایش هایی در مدل مقیاس شده، پیرامون احتمال گرفتگی در اثر ورود شاخه ها و ساقه ها در حالت منفرد به داخل رودخانه انجام داده اند. از جمله نتایج کار آن ها، افزایش احتمال گرفتگی الوار در مقطع پل به سبب افزایش طول الوار و نیز افزایش فضای اشغال شده (freeboard) توسط الوار بود همچنین احتمال گرفتگی الوار با کاهش عدد فرود جریان، کاهش می یابد [6]. رستمی و همکاران نیز در خصوص امکان به دام افتادن الوار چوبی شناور در یک کانال آزمایشگاهی مطالعاتی انجام داده اند. نتایج کار آن ها نیز افزایش احتمال گرفتگی با وجود الوار شاخه دار و افزایش طول الوار را

شکل ۱. تجمع الوار در دهانه پل و ایجاد پدیده انسداد جریان



Fig. 1. The accumulation of driftwoods in bridge span and the phenomenon of flow obstruction

شکل (۲) نمونه ای از ورود الوار به مسیر رودخانه سیجان در حاشیه دامنه جنوبی البرز را نشان می دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می شود، ورود الوار شاخه دار و بدون شاخه به رودخانه و در مواجهه با پل، سبب انسداد کلی مسیر جریان شده است. بررسی ها نشان می دهد که طراحی پل های موجود در این منطقه به صورت غیراصولی و بدون در نظر گرفتن شرایط ورود الوار به رودخانه بوده است. بنابراین نیاز است بر اساس ورود الوار مختلف به رودخانه طراحی بهتری برای پل ها صورت گیرد. بر اساس بررسی های بعمل آمده، مطالعات چندانی روی ارزیابی انسداد دهانه پل ها توسط الوارها صورت نگرفته است. به همین منظور ارزیابی هیدرولیکی انسداد جریان در اثر وجود الوار شناور روی آب، یکی از اهداف اصلی مطالعه حاضر است. در این مقاله از ویژگی های هیدرولیکی و هندسی رودخانه های کوهستانی و پل های موجود در آن مناطق استفاده شده و به منظور ارزیابی شرایط هیدرولیکی پس از وقوع پدیده انسداد در اثر الوار چوبی، پارامترهایی از قبیل شکل سازه تقاطعی، شکل و ابعاد الوار، شیب آبراهه و عمق جریان ارزیابی و شبیه سازی شده است. در این پژوهش علاوه بر شبیه سازی و بررسی نتایج مطالعات گذشته مرتبط، نسبت به بومی سازی شرایط حاکم بر مسئله نیز اقدام شده است. همچنین مطالعه تاثیر عوامل مختلف واقعی به طور همزمان در یک روند مدل سازی، مانند شرایط هیدرولیکی و هندسه جریان، شکل و تعداد

نشان می دهد [7]. بینش کیفی که می توان از این آثار استخراج کرد این است که گرفتگی بیشتر به هندسه چوب ها و پل، ویژگی های الوار مانند چگالی و سفتی و شکل خمیدگی الوار، تعداد الوار روی آب و شرایط هیدرولیکی بستگی دارد. مشاهده شد الوار با قطر بدنه و شاخه های بزرگ احتمال گرفتگی بالایی دارند. همچنین الوار با شاخه، احتمال گرفتگی بیشتری نسبت به الوار با تنه صاف دارند. علاوه بر این، در پل های با پایه، احتمال گرفتگی نسبت به پل بدون پایه بسیار قابل توجه است. به علاوه، وجود یک عرشه در پل بدون سازه ای در زیر آن (پایه) احتمال گرفتگی پل را کمتر می کند. پل خرابایی و پل با گارد ریل احتمال گرفتگی بالاتری دارند. نیز الوارهای با شاخه های کوچک تر با احتمال کمتر گرفتگی از الوارهای با شاخه های بزرگ تر بود.

بیانکو-ریکیوز و بیانکو، سازه بند نگهدارنده برای تله اندازی جامدات معلق همچون تنه درختان را پیشنهاد نمودند و با انجام آزمایش هایی، ضمن شناسایی پدیده گرفتگی در این سازه ها، مبانی طراحی هیدرولیکی برای آن ها ارائه نمودند [8]. مولر بر اساس یک مدل آزمایشگاهی شرایط حذف تنه های درختان ورودی به محله ماتچول (Matteschwelle) واقع در شهر برن (Berne) در راستای کاهش خطرات سیلاب را بررسی نمودند. با استفاده از دیوار جداکننده موازی سرریز جانبی کانال انحراف سیلاب اقدام به انحراف تنه درختان موجود در رودخانه از سمت سازه مذکور نمودند [9].

در ایران نیز سالانه سیلاب های متعددی به ویژه در مناطق کوهستانی که دارای پوشش گیاهی جنگلی هستند، رخ می دهد. از آنجا که معمولاً در این مناطق سیلاب از دره ها که همان بستر رودخانه ها هستند شروع می شود، می توان تشدید خطرات این سیلاب ها را در برخورد با سازه های هیدرولیکی تقاطعی از جمله پل ها، به روشنی در نقاط مختلف مانند دامنه های رشته کوه البرز و زاگرس مشاهده نمود.

رودخانه‌های مناطق جنگلی-کوهستانی کشور را مدل کند. در ادامه در مورد آن‌ها به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

۲-۱. مدل واقعی و اصلی

مدل آزمایشگاهی با الهام از مشخصات رودخانه‌های واقع در محدوده دامنه‌های رشته کوه البرز جنوبی ساخته شده است. این رودخانه‌ها معمولاً ۸ تا ۱۲ متر عرض دارند و درختان این منطقه نیز دارای طول‌هایی بین ۶ تا ۱۲ متر هستند. طول بازه‌ای از رودخانه‌های مناطق کوهستانی که به صورت مستقیم است نیز به دلیل شرایط توپوگرافی این مناطق معمولاً چندان زیاد نیست. همچنین با توجه به بررسی‌های انجام شده و مطالعه نقشه‌های مدل ارتفاعی در این مناطق می‌توان گفت که شیب میانگین این رودخانه‌ها نیز بین صفر تا ۰/۸ درصد است. عمده پل‌های موجود در این مناطق به دلیل زیاد نبودن عرض این رودخانه‌ها و ملاحظات طراحی پل‌ها در رودهای با دهانه نه چندان زیاد دارای یک دهانه بدون پایه و یا یک پایه هستند. از مشخصات مذکور برای ساخت مدل آزمایشگاهی استفاده شده که در ادامه توضیحات لازم ارائه شده است.

۲-۲. مدل و تجهیزات آزمایشگاهی

مدل مقیاس شده مناطق کوهستانی مطالعه شده، در کانالی شیب پذیر در آزمایشگاه هیدرولیک پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری ساخته شده است. طول کلی کانال ۸ متر است، که یک متر ابتدایی آن برای آرام کردن جریان و اتلاف انرژی و از ۷ متر ادامه آن برای انجام آزمایش‌ها و مدل‌سازی استفاده شده. شیب کانال به صورت دستی و با جابه‌جایی انتهای کانال در جهت قائم قابل تغییر است. جنس بدنه و کف کانال شیشه‌ای دارای سطح صاف است. تأمین آب توسط مخزنی بزرگ در بالادست کانال با سطح آب ثابت و به کمک پمپ انجام شد. پس از عبور جریان از مدل، آب از طریق یک کانال برگشتی، به مخزن و پمپ‌های واقع در بالادست کانال باز می‌گردد. در پایین دست کانال آزمایشگاهی، یک کانال مستطیل شکل دیگری از جنس

مختلف الوار، اشکال متفاوت پل و غیره از دیگر مزیت‌ها و نوآوری‌های این پژوهش است. همچنین توجه و اشاره به نکات مورد ابتلا در طراحی پل‌های مناطق کوهستانی-جنگلی و سعی به پیوند مشخصات هیدرولیک جریان پس از انسداد به شکل پل، از دیگر نکات مورد توجه در این مقاله است.

شکل ۲. ورود الوار و تنه درختان به داخل رودخانه سیجان واقع در

منطقه البرز در اثر وقوع سیل



Fig. 2. The trunk of trees (driftwood) entrance into the Sijan river in the Alborz region due to floods

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش با استفاده از ساخت مدل فیزیکی با فلوم آزمایشگاهی برای شبیه‌سازی رودخانه‌های متاثر از الوار شناور وارد شده به آن‌ها که بیشتر در نواحی کوهستانی و جنگلی جریان دارند، انجام گرفت. تا حد امکان سعی شد مدل ساخته شده و الوار چوبی شناور شباهت و همگونی لازم با مدل اصلی و واقعی (prototype) را داشته باشند. لازم به ذکر است که لزوماً مدل ساخته شده رودخانه‌ای خاص را شبیه سازی نکرده و سعی دارد طیف گسترده‌ای از

انتخاب شده است.

شکل ۳. نمایی از قرارگیری پل در کانال (a) و نمایی از کانال مدل مقیاس شده (b).

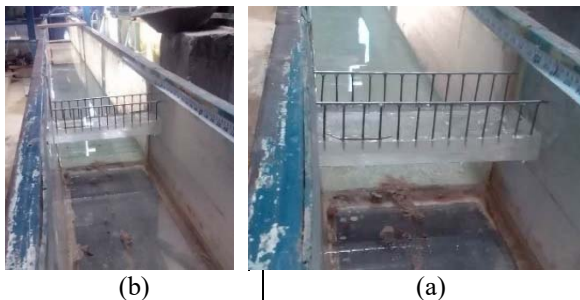


Fig. 3. An overview of the bridge's location on the channel (a) & view of the modeled channel

شکل ۴ - ابعاد کانال و پل در حالت با پایه (شکل بالا) و بدون پایه (شکل پایین)

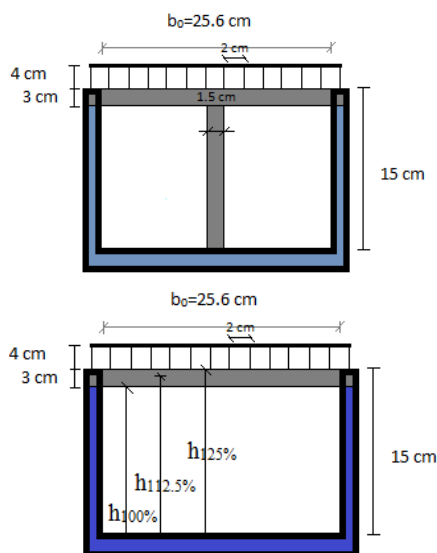


Fig. 4. The dimensions of the channel and the bridge in the case with pier (upper figure) and without pier (bottom figure)

بر اساس مقدار عرض کانال (b)، سه گزینه مختلف برای طول الوار در نظر گرفته شد. در جدول (۱) مشخصات هندسی الوارهای مورد استفاده و در شکل (۵) تصویر الوارهای منتخب برای انجام آزمایشها آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود، الوار در سه طول و دو کلاس از نظر شاخه دار بودن و بدون شاخه تقسیم بندی شده اند. آزمایشها در سه شیب مختلف کانال ۰/۰۰٪ (صفر درصد)، ۰/۳۸٪ (سی و هشت صدم درصد) و ۰/۸۰٪ (هشت دهم درصد) انجام گرفت. در نتیجه اعمال شیبهای مذکور، دو حالت برای جریان زیر بحرانی با اعداد فرود ۰/۵ و ۰/۸ و

مصالح ساختمانی (آجر، ماسه، سیمان و غیره) برای انتقال جریان به پشت سرریز اندازه گیری دبی (سرریز مثلی) و سپس به مخزن ذخیره آب ساخته شده است. اندازه گیری عمق جریان با استفاده از یک پوینت گیج (Point gauge) انجام می گیرد. ارتفاع آب روی سرریز با کمک ارتفاع سنج نقطه ای قرائت می شود. کانال آزمایشگاهی دارای مقطع مستطیل شکل به عرض ۲۵/۶ سانتی متر و ارتفاع ۲۵ سانتی متر است. بر اساس ابعاد و اندازه های مدل واقعی یعنی عرض و شیب رودخانه و ابعاد الوارها، مقیاس ۱:۴۰ را برای مدل سازی شرایط واقعی در آزمایشگاه می توان متصور بود. سازه پل مورد آزمایش با یک عرشه و نرده فلزی بر روی آن ساخته شده است. عرشه پل از جنس پلکسی گلاس به ضخامت ۳ سانتی متر، عرض ۱۰ سانتی متر و طولی برابر عرض کانال است. نرده های پل دارای ۴ سانتی متر ارتفاع هستند و فاصله بین نرده های عمودی ۲ سانتی متر است. نرده ها از جنس فولاد به قطر ۳ میلی متر ساخته شده است. شکل (۳) نمای کلی کانال آزمایشگاهی و پل ساخته شده در آن را نشان می دهد.

مطابق شکل (۴)، پل به دو صورت بدون پایه و با پایه ساخته شد. در حالت پل پایه دار، پایه ای به ضخامت ۱/۵ سانتی متر در وسط کانال قرار گرفته است بطوری که مقطع کانال را به دو قسمت مساوی و به اندازه حدود ۱۲ سانتی متر تقسیم می کند. الوارهای استفاده شده برای آزمایشها، میله های چوبی گرد معروف به چوب روسی است که بیشتر از درختان نراد و انواع کاج تهیه می شوند. چگالی این نوع چوبها بین ۶۰۰ تا ۶۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. مطابق شکل (۵) و برای دستیابی بیشتر به شرایط واقعی آزمایش، چوبها در دو دسته طبقه بندی شده اند. دسته اول دارای تنه های صاف و دسته دوم دارای تنه هایی با شاخه هستند. شاخه ها قطری کوچکتر از تنه اصلی دارند و با چسب چوب در حفره های از پیش ایجاد شده در تنه اصلی الوار کار گذاشته شده اند. در هر تنه، ۹ شاخه در سه قسمت و به صورت سه تایی قرار داده شده است. قطر تنه های اصلی همه الوارها یکسان و برابر ۱۵ میلی متر و قطر شاخه ها ۵ میلی متر

نداشته باشد. برای جلوگیری از تشکیل ناگهانی موج، لازم بود چوب‌ها به آرامی در داخل جریان قرار گیرند. با تغییر سازه پل از حالت بدون پایه به حالت با پایه و نیز تغییر شیب کانال به ۳ حالت و به تبع آن تغییر دبی، برای ایجاد شرایط با اعداد فرود مشخص، هریک از آزمایش‌ها، ۱۰ مرتبه تکرار شد. دلیل تکرار ۱۰ مرتبه برای هر یک از آزمایش‌ها، رسیدن به شرایط قابل اطمینان براساس تجربه در آزمایش‌های گذشته مرتبط که در پژوهش رستمی و همکاران (۱۳۹۷) به تفصیل بیان شده است بر اساس تعریف فرضیه این پژوهش که اساسی تجربی دارد، رویداد گرفتگی، زمانی محسوب می‌شود که کمپنه یکی از الوار رها شده برای مدت زمان بیش از ۳۰ ثانیه در محل پل متوقف شود. شکل (۶) نمونه‌ای از آزمایش‌های انجام شده و انسداد دهانه پل با پایه و الوار بدون شاخه

جدول ۱. هندسه الوار استفاده شده در مدل

l_i (cm) طول الوار	l_i/b_0 (-) نسبت طول الوار به عرض کانال	d (cm) قطر الوار
30.72	1.2	1.5
25.60	1.0	1.5
20.48	0.8	1.5

Table 1. The geometry of the driftwoods used in the model

شکل ۶. نمونه‌هایی از انسداد ایجاد شده توسط الوار در دهانه پل. هر دو تصویر مربوط به انسداد در پل با وجود پایه است. (a) انسداد الوار بدون شاخه و (b) انسداد الوار شاخه دار.

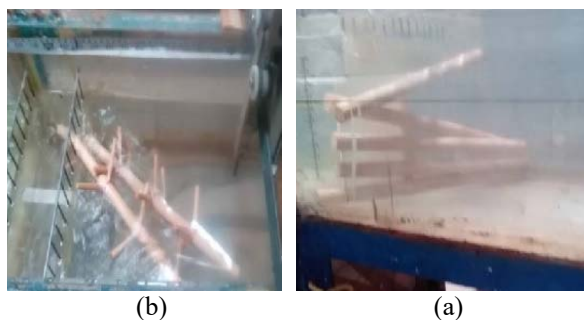


Fig. 6. Examples of obstruction created by the driftwoods at the bridge span. Both images represent the bridge with the pier. (a) Obstruction of drift woods without branches, and (b) obstruction of drift woods with branches.

(a) و با شاخه (b) را نشان می‌دهد. جدول (۳) مشخصات شرایط آزمایش‌ها را نمایش می‌دهد.

یک حالت برای جریان فوق بحرانی با عدد فرود ۱/۲ شکل گرفت. برای هر عدد فرود سه تراز سطح آب مورد آزمایش قرار گرفت. تراز ۱۰۰٪ یا h_{100} که برابر با تراز سطح زیرین عرشه پل بود، تراز ۱۱۲/۵٪ یا $h_{112/5}$ که برابر با تراز بخش میانی ضخامت عرشه پل بود و تراز ۱۲۵٪ یا h_{125} معرف تراز سطح بالایی عرشه پل بود. دبی‌های مختلف، که نتیجه آن‌ها ایجاد اعداد فرود متفاوت در ترازاها و شیب‌های گوناگون بود، در جدول (۲) ارائه شده‌اند.

شکل ۵. الوار استفاده شده در مدل آزمایشگاهی، شامل الوارهای شاخه‌دار و بدون شاخه (شکل بالایی). شمای کلی الوار با شاخه و چگونگی قرار گیری شاخه‌ها در آن - قطر فضایی نشان داده شده مربوط به الوار با طول مساوی با عرض کانال است (شکل پایینی)

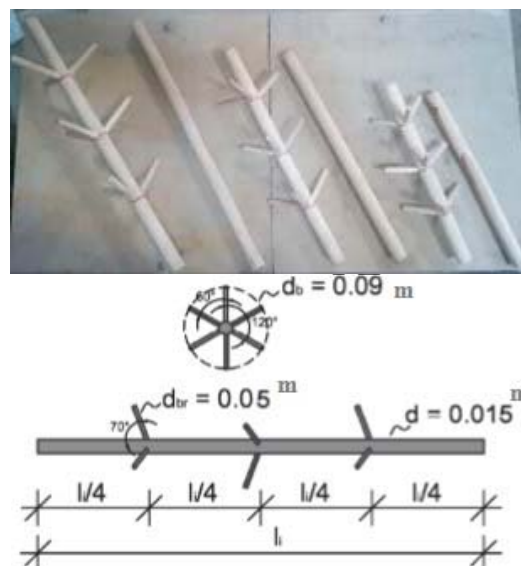


Fig. 5. The driftwoods used in the model include timber with branches and without branches (upper shape) and the overview of timbers with branch and the location of the branches in it. The space diameter which is shown is related to timber with equal length of the channel width (lower figure).

علاوه بر این، تعداد الوار ورودی به کانال در سه نوع مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. نوع اول، الوار به صورت تکی و به موازات محور کانال در مسیر جریان، حالت دوم، سه عدد الوار و در حالت سوم، پنج عدد الوار به صورت یکجا در مسیر جریان جای گرفتند.

در کلیه آزمایش‌ها محل رهاسازی الوار در فاصله ۲ متری بالادست محور پل قرار داشت، تا ورود الوار تاثیری بر جریان و حرکت الوار

مجزا آمده است. در شکل (۷) سکوی سطح نگار بر روی کانال و اهرم حس گر ۱ قابل مشاهده هستند.

شکل ۷. بد پروفایلر و چگونگی قرارگیری آن در کانال



Fig. 7. The Bed Profiler and its placement position in channel

۴. تحلیل جریان ناشی از انسداد

از نتایج مهم این پژوهش تحلیل میزان بالا آمدگی جریان پس از وقوع پدیده انسداد در شرایط مختلف است. حالات مختلفی بر میزان بالا آمدگی جریان پس از انسداد الوار در مقطع پل تاثیر گذار هستند. از جمله این موارد می توان به شاخه دار یا بدون شاخه بودن الوار، تعداد الوار ایجاد کننده انسداد، تراز سطح جریان پیش از انسداد، عدد فرود جریان یا شیب کانال و غیره اشاره نمود. در ادامه در دو قالب تاثیر شاخه ها و نیز تاثیر ارتفاع اولیه جریان بر میزان بالا آمدگی آب مورد تحلیل قرار می گیرد و نتایج مربوط به هر بخش به صورت مجزا ارائه می شود.

۴-۱. تاثیر شاخه ها بر افزایش تراز سطح آب

بر اساس مشاهدات انجام شده و اندازه گیری تراز سطح جریان در فاصله ای برابر با عرض کانال یعنی b_0 در بالادست پل، تاثیر حضور الوار شاخه دار بر میزان بالا آمدن جریان و افزایش میزان مسدود شدن جریان عبوری آشکار شد. براساس اندازه گیری ها که مقایسه میزان بالا آمدگی جریان بین رها سازی یک، سه و پنج عدد الوار در حالت های بدون شاخه و با شاخه است، می توان دید که در هر سه حالت برخورد، تعداد مختلف الوار با پل، شاخه ها نقش مهمی را بر اندازه تغییر تراز سطح جریان دارند.

همان گونه که در شکل (۸) پیداست، در هر یک از حالات

جدول ۲. دبی آزمایش در حالت های مختلف جریان

ارتفاع جریان	دبی در ارتفاع	دبی در ارتفاع	دبی در ارتفاع
شیب کانال	دبی در ارتفاع	دبی در ارتفاع	دبی در ارتفاع
عدد فرود	جریان h_{100}	جریان $h_{112.5}$	جریان h_{125}
	(لیتر بر ثانیه)	(لیتر بر ثانیه)	(لیتر بر ثانیه)
$S=0.00\%$ $Fr=0.5$	17	20	23.6
$S=0.38\%$ $Fr=0.8$	26.66	31.82	37.26
$S=0.8\%$ $Fr=1.2$	40	47.73	55.90

Table 2. Test discharge in different flow modes

جدول ۳ - نمایی جامع از برنامه کلی آزمایش های انجام شده در شرایط مختلف هندسی و هیدرولیکی

series	effective parameters	Number	Description
A	Bridge without pier		
	Hydraulic conditions	3	3 different slopes
		3	3 different level of water
	Type of drift wood	2	With/without branches
		3	3 different lengths
	form of the drift wood entrance	3	1, 3 and 5
	number of repetitions	10	Repetitions number of each test
Total		1620	-
B	Bridge with pier		
	Same as the bridge without pier	*	Repeat A modes
	Total	1620	-

Table 3. A comprehensive view of the overall program of tests conducted in different geometric and hydraulic conditions

۳. بررسی شرایط هیدرولیکی جریان پس از انسداد

در این پژوهش با قرار دادن یک سطح نگار در فاصله ۲۵/۶ سانتی متری بالادست پل، امکان اندازه گیری تراز سطح آب محقق شد. در شکل (۷) سطح نگار و قرارگیری آن در کانال مشاهده می شود. بدین ترتیب با اندازه گیری تراز قبل و بعد از انسداد، میزان بالا آمدن آب بر اثر گرفتگی الوار شناور، اندازه گیری می شود. نتایج این اندازه گیری ها در چند بخش

بود. به نظر می‌رسد این مقدار اکسترمم از لحاظ ریاضی، یعنی تعداد الواری که در صورت داشتن شاخ و برگ تغییر بسیار زیاد و محسوسی را در میزان بالا آمدن آب نسبت به حالت بدون شاخ و برگ ایجاد می‌کند، وابستگی قابل درکی به عرض مقاطع مختلف کانال یا رودخانه داشته باشد. گرچه در این رابطه به طور قطعی نمی‌توان نظر داد. البته بدیهی است میزان بالا آمدن جریان با افزایش تعداد الوار متوقف شده در مقطع پل، افزایش می‌یابد.

شکل ۸. مقایسه میزان بالا آمدگی جریان در حالت‌های انسداد الوار شاخه‌دار و بدون شاخه

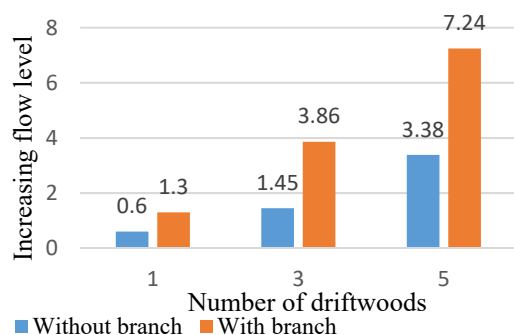


Fig. 8. Comparison of the increasing flow level in type of driftwood with branch and without branch

نتایج اندازه‌گیری ثبت شده در نمودار شکل (۸) حاصل نتایج اندازه‌گیری برای شرایط مختلف هیدرولیکی و هندسی است. این شرایط، سه حالت متفاوت تراز سطح آب، پل با پایه و بدون پایه، ابعاد مختلف الوار (سه اندازه گوناگون)، سه شیب مختلف کانال و ده بار تکرار هر آزمایش می‌باشد. به این ترتیب می‌توان گفت هر یک از مقادیر، حاصل حدود ۵۴۰ آزمایش هستند. لازم به ذکر است که این تعداد آزمایش در صورتی اتفاق می‌افتد که در تمام ده بار تکرار آزمایش، پدیده انسداد رخ دهد، ولی در عمل در همه آزمایش‌ها ده بار انسداد رخ نداد و در تعدادی از آزمایش‌ها همه الوار از مقطع پل گذر کردند و به این ترتیب میزان بالا آمدگی جریان در این حالات نیز اندازه‌گیری نشد. در نتیجه برای بیان تعداد کل آزمایش‌ها برای هر ستون نمودار، کلمه "حدود" به کار برده شد.

مواجهه ۱، ۳ و ۵ عدد الوار تفاوت قابل تأملی میان بالا آمدگی در شرایط الوار با شاخه و الوار بدون شاخه وجود دارد. این نمودار به صورت کمی که بر اساس نتایج پژوهش حاضر بدست آمده است، نشان می‌دهد شاخه‌ها حجم جریان برگشتی بر اثر انسداد پل را به صورت قابل ملاحظه‌ای زیاد می‌کنند. در هر سه گونه رها سازی از تعداد مختلف الوار، میزان بالا آمدگی جریان در حالت شاخه دار، بیش از دو برابر حالت انسداد الوار بدون شاخه است. بر این اساس در رها نمودن پنج عدد الوار بدون شاخه، جریان به میزان ۳/۳۸ میلیمتر و در حالت شاخه دار، ۷/۲۴ میلی‌متر سطح جریان بالا آمده است. یعنی میزان بالا آمدگی جریان در حالت شاخه دار نسبت به حالت الوار بدون شاخه در رها سازی پنج عدد الوار حدود ۱۱۴ درصد افزایش داشته است. درصد افزایش تراز سطح جریان برای حالت‌های ۳ و ۱ عدد الوار نیز بررسی شده است. با رها سازی تعداد ۳ عدد الوار در حالت بدون شاخه، بالا آمدگی سطح آب برابر با ۱/۴۵ میلی‌متر و در حالت شاخه‌دار برابر با ۳/۸۶ میلی‌متر محاسبه شده است. این مقادیر درصد بالا آمدگی جریان آب پس از انسداد را حدود ۱۶۶ درصد نشان می‌دهد. افزایش تراز آب با رها کردن ۱ عدد الوار، ۰/۶ میلی‌متر برای الوار بدون شاخه و ۱/۳ میلی‌متر برای الوار شاخه دار اندازه‌گیری شد. در این حالت نیز درصد بالا آمدگی تراز سطح آب در حدود ۱۱۶ درصد است. برای درک بیشتر نسبت تغییر بالا آمدگی جریان در هنگام انسداد الوار شاخه دار به الوار بدون شاخه، آزمایش‌ها برای تعداد ۲ عدد و ۴ عدد الوار نیز انجام گرفت. با این تفاوت که تعداد تکرار هر آزمایش به دلیل محدودیت‌های زمانی و آزمایشگاهی به جای ۱۰ مرتبه، ۵ مرتبه صورت پذیرفت. می‌توان بیان کرد، نسبت افزایش سطح جریان بر اثر انسداد یک حالت ماکزیمم دارد، که حتماً به تعداد الوار گیر افتاده در مقطع پل حاضر در جریان وابسته نیست. زیرا در این جا مشاهده شد درصد افزایش تراز جریان در حالت انسداد ۱ عدد الوار ۱۱۶ درصد، ۲ عدد الوار ۱۲۶ درصد، ۳ عدد الوار ۱۶۶ درصد، ۴ عدد الوار ۱۲۳ درصد و ۵ عدد الوار ۱۱۴ درصد بود که مقدار تغییر ارتفاع جریان برای الوار با شاخه نسبت به الوار بدون شاخه هنگام انسداد ۳ عدد الوار نسبت به حالت‌های دیگر بیشتر

است. لازم به یادآوری است که هریک از نقاط مشخص شده در شکل (۹) برای تعداد الوار ۱، ۳ و ۵ عدد نماینده حدود ۵۴۰ آزمایش متمایز است.

شکل ۹. چگونگی تغییر میزان افزایش ارتفاع جریان حین انسداد تعداد مختلف الوار شناور

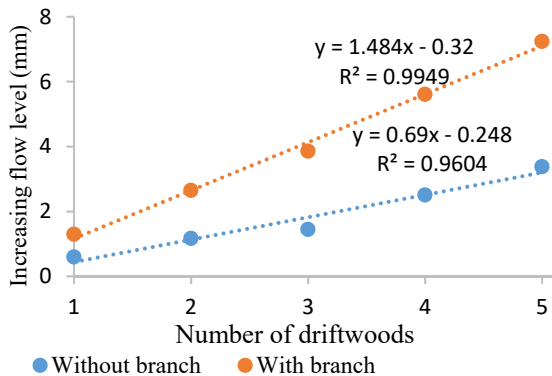


Fig. 9. Changing the rate of increase in the flow level during the obstruction of different number of driftwood

یعنی انجام آزمایش در حالت وجود پل با پایه و بدون پایه، سه شیب مختلف کانال جریان، سه طول مختلف الوار شناور در جریان، سه تراز سطح اولیه آب و ده بار تکرار هر آزمایش است. برای تعداد الوار ۲ و ۴ عدد نیز این مقدار تقریباً نصف و در حدود ۲۷۰ مرتبه است. بدین صورت برازش یک خط رگرسیون به نقاط مختلف در شکل (۹) منطقی به نظر می‌رسد.

از منظری دیگر، وجود نظم در افزایش تراز آب حین انسداد می‌تواند مقدمه‌ای برای پیش‌بینی میزان بالا آمدگی جریان باشد. نکته‌ای که در طراحی کانال‌ها و یا بیان حریم رودخانه‌ها برای کاربری‌های مختلف می‌توان از آن استفاده نمود. به طور کلی در نظر گرفتن تمام پارامترهای مهم در برآورد ارتفاع کانال‌ها و رودها در حین طراحی و اجرا، به ویژه در نزدیکی پل‌ها که عموماً مناطق مسکونی و مهم را شامل می‌شود، از جنبه‌های مختلف اعم از اقتصادی و غیره بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر سایر پارامترهای موثر در طراحی ارتفاع موثر و آزاد کانال، نظیر وزش باد و ایجاد موج، افزایش دبی مقطعی، پیش و خم‌های مسیر و غیره، میزان بالا آمدن بر اثر انسداد توسط الوار شناور چوبی نیز می‌تواند پارامتری قابل بحث و کمی باشد که با توجه به شرایط

برای بررسی بهتر و کمی میزان بالا آمدن جریان پس از انسداد، نیاز است تا علاوه بر نمایش ستونی میزان افزایش جریان، برای این مقادیر از روش برازش خط و تحلیل رفتار تغییرات نیز استفاده نمود. بدین منظور آزمایش‌های دیگری با همان شرایط هیدرولیکی جریان و هندسی کانال و تنها با تغییر تعداد الوار ورودی به کانال انجام پذیرفت. در شکل (۹) میزان افزایش ارتفاع جریان پس از انسداد به ازای تعداد مختلف الوار شناور در حالت‌های شاخه‌دار و بدون شاخه نمایش داده شده است. مطابق این شکل، شیب نمودار در حالت انسداد الوار شاخه دار مقداری در حدود ۲/۱۵ برابر بیشتر از بدون شاخه است، این بدان معنی است که اگر شاخ و برگ درختان شناور در جریان سیل بیشتر شود، میزان بالا زدگی جریان با سرعت زیادی افزایش پیدا می‌کند. همچنین با نمایش داده‌های موجود روی نمودار، می‌توان میزان همبستگی پارامترهای تعداد الوار و مقدار بالا آمدن جریان هنگام انسداد را بدست آورد. ضریب R^2 موجود روی نمودار در هریک از حالات الوار بدون شاخه و الوار با شاخه، مقدار ضریب تعیین (ضریب تشخیص) بین داده‌های موجود را نشان می‌دهد. برای ایجاد درک بهتر می‌توان ضریب همبستگی^۱ نیز محاسبه شود. لازم به ذکر است که قبل از محاسبه ضریب همبستگی آزمون فرضیه نیز انجام شده است. آزمون فرضیه برای به دست آوردن اطمینان از رابطه منطقی (رابطه خطی) بین متغیرها است که در سطح اطمینان ۵ درصد صورت گرفته است. پس از انجام آزمون فرضیه T ، همبستگی متغیرهای موجود (تعداد الوار و میزان بالا آمدن جریان) بررسی گردید. در حالت انسداد الوار بدون شاخه، ضریب همبستگی بدست آمده عدد $R=0.979983$ بود و در حالت انسداد الوار با شاخه ضریب همبستگی مقدار $R=0.997464$ را داشت. نزدیکی بسیار زیاد ضرایب همبستگی محاسبه شده به عدد یک، بیانگر همبستگی بسیار زیاد پارامتر میزان افزایش ارتفاع جریان به تعداد الوار ایجاد کننده انسداد است. همچنین در حالت انسداد الوار با شاخه، ضریب همبستگی بدست آمده به عدد یک نزدیک‌تر از حالت انسداد الوار بدون شاخه است که نشان می‌دهد با وجود شاخ و برگ درختان، میزان بالا آمدن جریان پس از انسداد در مقطع پل به مراتب به تعداد الوار وابسته‌تر

1. Correlation Coefficient

جریان و هندسه کانال و رودخانه‌های مختلف و مدل‌سازی انجام شده در این پژوهش، می‌تواند تخمین زده شده و در محاسبات طراحی اعمال شود. لازم به یادآوری است که عدم نمایش رهاسازی ۲ و ۴ عدد الوار در شکل (۸)، یکسان نبودن تکرار تست‌ها نسبت به رهاسازی ۱، ۳ و ۵ عدد الوار است.

۴-۲. تاثیر ارتفاع اولیه جریان بر افزایش تراز سطح آب

همان‌طور که گفته شد، میزان بالا آمدگی در فاصله b_0 در بالادست پل اندازه‌گیری گردید. نتایج با سه تراز مختلف سطح آب، بررسی شد. در هر تراز از سطح آب، مقدار بالا آمدگی برای انسداد الوار شاخه‌دار و بدون شاخه نیز به صورت مجزا ارزیابی شد و نمودار میله‌ای برای سه تراز جریان در حالت‌های الوار شاخه‌دار و بدون شاخه ترسیم شد. این نمودار در شکل (۱۰) ملاحظه می‌شود. هر یک از میله‌های نمودار، حاصل ۵۴ سری اندازه‌گیری است، که شامل ۲ حالت پل با پایه و بدون پایه، ۳ اندازه برای طول الوار شناور، ۳ حالت رها سازی الوار با تعداد مختلف و در ۳ شیب مختلف می‌باشد. همچنین هر یک از آزمایش‌ها ده بار تکرار شد.

شکل ۱۰. نسبت عمق جریان پس از انسداد به ارتفاع اولیه آن پیش از پدیده انسداد در سه عمق نرمال جریان کانال

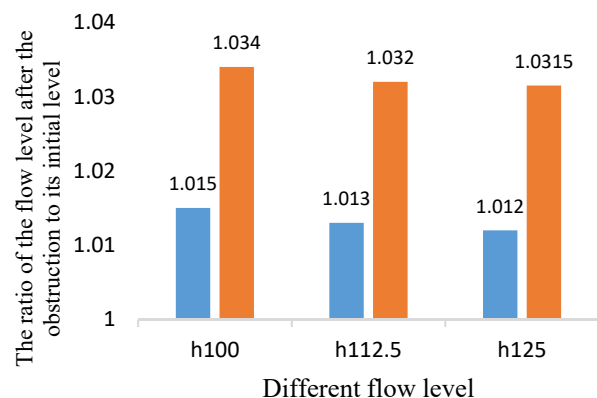
هیدرولیک جریان و در حالات انسداد الوار شاخه دار و بدون شاخه به طور مجزا چندان متفاوت نیستند. با توجه به نتایج این بررسی می‌توان این موضوع را برای تمام جریان‌های مشابه تعمیم داد. همان‌طور که از شکل (۱۰) بر می‌آید، با در نظر گرفتن الوار شاخه‌دار و بدون شاخه به طور مجزا، مشهود است با وجود انجام آزمایش در ترازهای مختلف جریان، همچنان نسبت ارتفاع جریان پس از انسداد به ارتفاع جریان پیش از انسداد تغییر چندانی نکرده است. می‌توان گفت که با تغییر در تراز جریان، در صورت وقوع پدیده انسداد، میزان بالا آمدگی جریان از یک قاعده ای منظم پیروی می‌کند، این قاعده بر اساس ارتفاع اولیه جریان است. یعنی میزان بالا آمدن تراز سطح آب پس از انسداد، به میزان ارتفاع اولیه وابسته است. همچنین این مقدار، یعنی نسبت عمق جریان پس از انسداد به عمق جریان پیش از انسداد در مقطع پل، با افزایش ارتفاع اولیه جریان کاهش می‌یابد، این نتیجه از دستاوردهای این پژوهش حاصل شده. در شکل (۱۰) نیز از چپ به راست نمودار، با افزایش ارتفاع اولیه جریان، ارتفاع نرمال جریان در کانال، از h_{100} تا h_{125} ، نسبت عمق‌ها با شیب ملایمی کاهش می‌یابد. یعنی هرچه ارتفاع اولیه جریان بیشتر شود (نسبت به سطح زیرین عرشه پل) نسبت بالا آمدگی جریان پس از وقوع پدیده انسداد به ارتفاع اولیه جریان، کمتر است. به نوعی می‌توان نتیجه گرفت که تراز آب بالاتر خود مانعی برای افزایش هرچه بیشتر تراز سطح آب پس از وقوع پدیده گرفتگی در مقطع پل است. از این موضوع در طراحی پل‌ها و دیواره کانال یا رودخانه‌ای که پل در آن اجرا می‌شود، که معمولاً توسط تیم طراح پل پیشنهاد و طراحی می‌شود، می‌توان استفاده کرد. میزان بالا آمدن جریان در حین شرایط خاص مثل انسداد پل، می‌تواند پل و محدوده حاشیه‌ای آن را تحت تاثیر قرار دهد. با مدل‌سازی، تخمین و پیش‌بینی این میزان افزایش ارتفاع جریان، می‌توان با آن به صورت منطقی مقابله نمود. براساس نتایج بدست آمده، در حالت الوار شناور بدون شاخه، یعنی میله‌های آبی رنگ نمودار، گرچه ارتفاع جریان در سه حالت مختلف اندازه‌گیری شده است ولی نسبت ارتفاع جریان پس از انسداد به ارتفاع آن پیش از انسداد در هر سه حالت تغییر چندانی نکرده است و این نسبت برای ارتفاع اولیه مختلف

جریان و هندسه کانال و رودخانه‌های مختلف و مدل‌سازی انجام شده در این پژوهش، می‌تواند تخمین زده شده و در محاسبات طراحی اعمال شود. لازم به یادآوری است که عدم نمایش رهاسازی ۲ و ۴ عدد الوار در شکل (۸)، یکسان نبودن تکرار تست‌ها نسبت به رهاسازی ۱، ۳ و ۵ عدد الوار است.

۴-۲. تاثیر ارتفاع اولیه جریان بر افزایش تراز سطح آب

همان‌طور که گفته شد، میزان بالا آمدگی در فاصله b_0 در بالادست پل اندازه‌گیری گردید. نتایج با سه تراز مختلف سطح آب، بررسی شد. در هر تراز از سطح آب، مقدار بالا آمدگی برای انسداد الوار شاخه‌دار و بدون شاخه نیز به صورت مجزا ارزیابی شد و نمودار میله‌ای برای سه تراز جریان در حالت‌های الوار شاخه‌دار و بدون شاخه ترسیم شد. این نمودار در شکل (۱۰) ملاحظه می‌شود. هر یک از میله‌های نمودار، حاصل ۵۴ سری اندازه‌گیری است، که شامل ۲ حالت پل با پایه و بدون پایه، ۳ اندازه برای طول الوار شناور، ۳ حالت رها سازی الوار با تعداد مختلف و در ۳ شیب مختلف می‌باشد. همچنین هر یک از آزمایش‌ها ده بار تکرار شد.

شکل ۱۰. نسبت عمق جریان پس از انسداد به ارتفاع اولیه آن پیش از پدیده انسداد در سه عمق نرمال جریان کانال



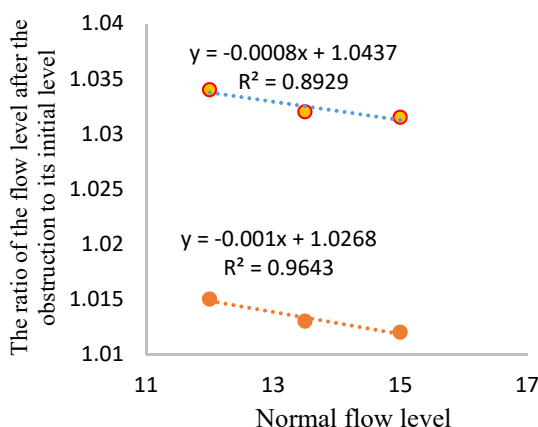
■ Without branch ■ With branch

Fig. 10. The ratio of the flow level after the obstruction to its initial level at three normal depths of channel flow

در این حالت میزان بالا آمدگی جریان پس از انسداد به صورت نسبی بیان شده است. یعنی نسبت بین ارتفاع جریان پس از وقوع پدیده انسداد، به ارتفاع جریان آب پیش از وقوع انسداد که ارتفاع اولیه جریان نامیده می‌شود. بر اساس شکل (۱۰) به‌طور کلی می‌توان گفت که میزان بالا آمدگی در شرایط ثابت

ایجاد دید جامع‌تر در رابطه با تغییرات ارتفاع سطح جریان پس از انسداد نسبت به ارتفاع اولیه در ترازهای مختلف جریان، از ترسیم داده‌ها روی نمودار و برازش منحنی خطی به آن‌ها استفاده شده است. بدین منظور شکل (۱۱) چگونگی ارتباط این متغیرها را نمایش می‌دهد. گرچه تنها با وجود سه نقطه محاسبه ضریب تعیین و ضریب همبستگی چندان ارزش تحلیل‌های آماری را ندارد، ولی نمایش تغییرات به صورت کمی و عددی را در پی دارد و این موضوع امکان پیش‌بینی تغییرات و مقایسه با شرایط واقعی و آزمایشگاهی دیگر را فراهم می‌کند. مانند بحث آنالیز ابعادی در مکانیک سیالات که اعداد بدون بُعد مانند اعداد فرود و رینولدز را رابط بین مدل آزمایشگاهی و مدل حقیقی می‌داند، در بحث ریاضی و آماری نیز برای تحلیل نتایج و مقایسه تغییر رفتار متغیرها، می‌توان از ضرایب تعیین و همبستگی استفاده کرد [10].

شکل ۱۱ - نمایش تغییرات نسبت ارتفاع پس از انسداد به ارتفاع اولیه جریان در ارتفاع‌های مختلف جریان اولیه به تفکیک الوار شاخه‌دار و بدون شاخه



● Without branch ● With branch

Fig. 11. Changes in the ratio of the flow level after the obstruction to its initial flow level, separated by branches and without branches driftwood

مانند قسمت قبل، ضریب تعیین (تشخیص) و ضریب همبستگی بین متغیرهای مسئله محاسبه شده است. در رابطه با انسداد الوار بدون شاخه در مقطع پل، ضریب همبستگی $R = -0.9820$ و برای انسداد الوار با وجود شاخه این ضریب $R = -0.9449$ بدست آمد. عدد منفی به دلیل رابطه معکوس بین متغیرهاست. در اینجا نیز ضرایب بدست آمده تا حد زیادی به

جریان اعداد $1/0.15$ ، $1/0.13$ و $1/0.12$ می‌باشد که بسیار نزدیک هستند و بیشینه اختلاف بین این نسبت در ترازهای مختلف جریان، برابر با سه هزارم (برای ارتفاع‌های جریان $h100$ و $h125$) است که مقداری بسیار اندک است. به عنوان نمونه برای ملموس نمودن این مقدار اختلاف، با ضرب آن در ارتفاع اولیه جریان در حالت کمتر که برابر با 12 سانتی‌متر (120 میلی‌متر) است، عدد 0.336 میلی‌متر بدست می‌آید؛ این عدد به صورت قراردادی دلتا (δ) نام‌گذاری می‌شود. حال می‌توان گفت که حداکثر اختلاف برای پذیرش نتایج شکل (۱۰) برابر با 0.336 میلی‌متر است.

همچنین با در نظر گرفتن الوار شاخه دار، در سه تراز جریان مختلف، ملاحظه می‌شود نتایج حاکم بر شرایط هیدرولیکی پیش و پس از انسداد، که برای الوار بدون شاخه تثبیت گردید، در شرایط آزمایش با الوار شاخه دار نیز قابل قبول هستند. به این مفهوم که با تغییر در تراز جریان با وجود انسداد با الوار شاخه دار، نسبت بیان شده در شکل (۱۰)، یعنی نسبت ارتفاع ثانویه جریان پس از انسداد به ارتفاع اولیه پیش از انسداد، برای این الوار هم صادق است. همان طور که برای الوار بدون شاخه نیز بیان گردید در انجام آزمایش‌ها با الوار شاخه دار اختلاف مقدار بین میله‌های نمودار (میله‌های به رنگ قرمز) در بیشترین حالت برابر با بیست و پنج ده هزارم (برای ارتفاع‌های جریان $h100$ و $h125$) است. برای مشهود نمودن این مقدار اختلاف نیز، با ضرب آن در یکی از اعداد ارتفاع جریان اولیه و به عنوان مثال ارتفاع کمتر جریان یعنی 12 سانتی‌متر (120 میلی‌متر) برای ساختن مقدار تعریف شده دلتا (δ)، این عدد برابر با 0.30 میلی‌متر خواهد شد که مانند حالت وجود الوار شاخه دار، مقداری ناچیز می‌باشد.

در این حالت با مقایسه مقادیر عددی دلتا (δ) یعنی اعداد 0.336 و 0.30 میلی‌متر می‌توان به این نتیجه رسید، با اضافه شدن شاخه‌ها، نسبت افزایش ارتفاع، یعنی مقدار نسبت افزایش ارتفاع جریان پس از انسداد به پیش از انسداد در مقطع پل، کاهش می‌یابد. موضوعی که تا حدی می‌تواند برخلاف انتظار باشد. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت در حضور الوار شاخه دار، میزان افزایش تغییر ارتفاع جریان پس از انسداد با بزرگتر شدن ارتفاع اولیه جریان، نسبت به الوار بدون شاخه، کمتر است. مانند قسمت قبل برای بررسی بهتر و

نکرده است و این اعداد بسیار نزدیک به هم و دارای مقدار ناچیز $0/0008$ و $0/001$ است و این بدان معناست که نسبت ارتفاع ثانویه جریان پس از انسداد به ارتفاع اولیه جریان پیش از انسداد در حالت‌های مختلف ارتفاع نرمال کانال چندان تفاوتی نکرده است و نیز ناچیز بودن آن‌ها بیانگر این است که خط رگرسیونی برازش داده شده نزدیک به خط افقی بوده که خود دلیلی برای تاثیر کم تغییرات ارتفاع اولیه به نسبت ارتفاع ثانویه به ارتفاع اولیه جریان است. از طرفی، دیگر نتیجه‌گیری حائز اهمیت در این قسمت این موضوع است که با اضافه شدن شاخه‌ها (الوار دارای شاخ و برگ نسبت به الوار بدون شاخه) میزان نسبت افزایش ارتفاع جریان پس از انسداد به پیش از انسداد در مقطع گرفتگی، کاهش می‌یابد. نتیجه‌ای که شاید تا حدی خلاف انتظار به نظر برسد. از سویی دیگر نتیجه نهایی شکل (۱۰) بیان کننده این موضوع است که به طور کلی افزایش ارتفاع اولیه جریان، خود به عنوان مانعی برای افزایش ارتفاع سطح جریان بر اثر انسداد عمل می‌کند و از افزایش تصاعدی ارتفاع جریان با افزایش ارتفاع اولیه آن بر اثر انسداد مقابله می‌نماید.

۶. منابع

- [1] Mazzorana B., Comiti F., Scherer C., Fuchs S., (2011). Developing consistent scenarios to assess flood hazards in mountain streams. *Journal of Environmental Management*, Vol. 94, 112-124.
- [2] R Rudolf-Miklau, F & Hübl, J. (2010), Managing risks related to drift wood (woody debris). Austria. Congress interpraevent.
- [3] Lange, D, Bezzola, G.R. (2006). Schwemmholz: Probleme und Lösungsansätze [Driftwood: Problems and solutions]. VAW-Mitteilung 188, Minor, H.-E., ed. ETH Zurich, Zurich [in German].
- [4] Sendlhofer, A. (2010). Systematische Versuchsreihen zur Überprüfung der Verklauungs Sicherheit von Brücken. Diploma Thesis.
- [5] Gens, B., Sendlhofer, A., Achleitner, S., Huttenlau, M., & Aufleger, M. (2012). Verklauung von Brücken. Evaluierung verklauungsinduzierter Überflutungsflächen durch Kopplung eines physikalischen und

عدد ۱- و یا در حالت قدر مطلق به عدد ۱، نزدیک هست که نشان دهنده همبستگی زیاد بین متغیرهاست. نکته حائز اهمیت در اینجا همبستگی بیشتر در رابطه با الوار بدون شاخه است که عکس رفتار تغییر ارتفاع جریان هنگام انسداد تعداد مختلف الوار است و در قسمت قبل بررسی شد. این بدان معنی است که هنگام انسداد جریان در مقطع پل با الوار بی شاخه، تغییر تراز آب، تغییرات بیشتری را در نسبت ارتفاع ثانویه جریان پس از انسداد به ارتفاع اولیه در پی دارد.

۵. نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان در دو بخش اصلی طبقه بندی نمود. ۱) ابتدا تاثیر شاخه‌ها و شکل و تعداد الوار شناور بر میزان بالا آمدگی جریان که بر طبق اطلاعات به دست آمده بر اثر به دام افتادن الوار شاخه دار، با زیاده‌تر شدن تعداد آن‌ها میزان بالا آمدگی تراز سطح آب، به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کند. شیب حاصل از این افزایش در خط رگرسیونی برازش داده شده به نقاط در حالت الوار شاخه دار $1/485$ بوده، در حالی که شیب افزایش ارتفاع جریان بر اثر انسداد الوار بدون شاخه عدد $0/695$ است. این امر تاثیر بسیار زیاد شاخه‌ها بر میزان بالا آمدگی جریان پس از انسداد را نشان می‌دهد. البته ماهیت این موضوع در توجه ابتدایی به این قسمت از طرح نیز به همین شکل به نظر می‌رسد. همچنین با بررسی پارامتر تعداد الوار شناور در جریان به عنوان متغیر شرایط آزمایش و مدل سازی، به مقدار ظرفیت بهینه حمل تعداد الوار در کانال نیز می‌توان رسید. در شکل (۹) در هر دو حالت الوار با شاخه و بدون شاخه دو نقطه مربوط به تعداد ۳ عدد الوار به طور واضح زیر خط رگرسیونی برازش داده شده قرار گرفته اند و بیان کننده این موضوع است که میزان افزایش ارتفاع جریان در اثر انسداد الوار در حالت کمینه در مقایسه با سایر تعداد الوار است.

۲) نتایج حاصل از بررسی تاثیر ارتفاع اولیه جریان بر افزایش تراز سطح آب پس از رخداد انسداد. در این حالت شیب خط رگرسیونی برازش داده شده در شرایط مختلف ارتفاع اولیه جریان در حالت‌های الوار با شاخه و بدون شاخه چندان تغییری

- the Aare River at the Matteschwelle in Berne. Switzerland,
http://www.vaw.ethz.ch/people/fb/archive/fb_212_matteschwelle_bern.
- [10] Asuero, A. G., Sayago, A., & Gonzalez, A. G. (2006). The correlation coefficient: An overview. *Critical reviews in analytical chemistry*, 36(1), 41-59.
- numerischen Modells. In *12th Congress Interpraevent, Grenoble*.
- [6] Schmocker, L., & Hager, W. H. (2011). Probability of drift blockage at bridge decks. *Journal of Hydraulic Engineering*, 137(4), 470-479.
- [7] Rostami, M., Rohani, N., & Sheibani, H. (2018). Experimental Investigation of the Effect of Bridge Geometry Configuration on Blocking Probability by Floating Driftwood in Flow. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 10(2), 171-181. (In Persian)
- [8] Bianco-Riccioz, M. & Bianco, P. (2014), Design of a bed load and driftwood filtering dam, analysis of the phenomena and hydraulic design. Switzerland, Swiss Competences in River Engineering and Restoration – Schleiss, Speerli & Pfammatter 2014 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02676-6.
- [9] Moeller, G. (2015), Physical experiments to reduce the flood risk caused by drift wood in

Experimental Modeling of the Effect of Number and Shape of Driftwood and Flow Level on Hydraulic Conditions of River Flow Obstruction State at Bridge Section

Nima Rohani¹, Hamid Reza Sheibani²

1. Ph.D. Student of Water and Hydraulic Structures, Dept. of Civil Eng., University of Qom, Qom, Iran
2. Assistant professor, Engineering Department of Payame Noor University, Tehran, Iran

Abstract

One of the natural hazards is the flood occurrence. This natural phenomenon can lead to more risks on the riversides, especially at the downstream of dams and floodgates and near the bridges. Rivers that pass through forest areas on their route can carry a lot of wooden pieces. One of the issues that increases the flood damages, especially in mountainous and forest areas, is the entry of trees and wood chunks and trees branches into the rivers and their movement to the downstream of flow. Generally, these floating tree branches and wooden pieces are called driftwood. Rivers are fast in mountain slopes and can carry more driftwood. This will carry more material and objects floating along the river flow and causes the timber or driftwood accumulation in the bridge spans and river flow obstruction, thereby reducing the capacity of flood flow. Reducing the capacity of intersecting structures provides the conditions for entering the flood into the marginal waters of the river and causing a rise in water flow and secondary damages. Due to the potential risks, it is very difficult to study such a mechanism in nature, so it is necessary to examine these conditions by experimental studies and these condition and hydraulic flow changes are measured with high precision. Parameters such as the rate of uplift flow, the probability of obstruction by the driftwood, the type and dimensions of the trapped driftwood, etc., are among these. The present study, with laboratory modeling, examines the process of river flow obstruction due to the movement of floating driftwood in Mountain Rivers. A bridge was built with protective railings in a rectangular channel for study. Each of the experiments was carried out with different conditions, including the size and the number of driftwood, and the presence or absence of branches in several times. Experiments was carried out with two different modes of existence and lack of bridge pier in three levels of water flow. Also, the type of flow of experiments was modeled in two sub-critical and one super-critical state, 3 different slopes and 9 different discharges. Each of the tests is repeated ten times with similar conditions. According to the definition given in this study, an obstruction occurs when at least one of logs or driftwoods stops for at least 30 seconds at the bridge section. The results of the tests showed that the effect of branches on the flow level increase is more than twice that of driftwoods without branches, and that with increasing initial height of the stream and passing from the surface below the bridge deck, the growth rate of the water level decreases compared to the initial height. Also, the correlation of the effect of changes in the number of driftwood with branches is greater than the same value in driftwood without branches and is closer to number one. Another important result in this paper is that the effect of the initial height of the flow on the increasing the flow level is less than the driftwood branches. This is the result of a comparison of the gradient of Changes in water flow height in two states.

Keywords: Drift Wood, Flow Hydraulic, River Obstruction, Bridge, Backflow