Archive of SID

اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار
تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

بررسی آزمایشگاهی اثر آبشکن‌های سرسپری بر کاهش آبشستگی تکیه‌گاه پل واقع در دشت سیلابی

امین ناظری
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب دانشگاه صنعتی شاهرود aminnazeri25@yahoo.com
صمد امامقلی زاده
استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه صنعتی شاهرود s_gholizadeh517@yahoo.com
خلیل اژدری
دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه صنعتی شاهرود
مجتبی صانعی
دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
جواد مکاری ساعی
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده

یکی از عمده ترین مشکلات سازه هایی نظیر پل‌ها که پایه‌ها و تکیه‌گاه‌های آنها در رود خانه‌های قابل فرسایش قرار گرفته است، آبشستگی ایجاد شده در اطراف دماغه تکیه‌گاه و پایه‌های آن‌ها می‌باشد. پدیده آبشستگی موضعی دماغه به علت تنگ‌شدگی مقطع جریان و وجود گردابه‌های قوی ایجاد می‌شود . از جمله روش‌هایی که برای تغییر در الگوی جریان در اطراف تکیه‌گاه به کار برده می‌شود احداث آبشکن در بالادست تکیه‌گاه است. آبشکن T شکل یکی از انواع مختلف آبشکن می باشد. هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر آبشکن های T شکل متقارن بر کاهش آبشستگی تکیه‌گاه پل واقع در دشت‌های سیلابی می‌باشد. تحقیق حاضر بر روی یک فلوم آزمایشگاهی به عرض ۱ متر و طول ۱۲ متر که دارای سیلابدشت در دو طرف کانال اصلی بوده است، انجام شد. به منظور بررسی تاثیر اندازه بال و جان آبشکن T شکل بر کاهش آبشستگی تکیه‌گاه پل آزمایش‌ها در ۱۸، ۲۰ و ۲۲ لیتر بر ثانیه انجام شد. نتایج حاصله بیانگر کاهش چشمگیر آبشستگی اطراف دماغه پل نسبت به حالت های شاهد می باشد .

واژه های کلیدی: آبشکن سرسپری، آبشستگی، تکیه‌گاه پل، کانال مرکب.

مقدمه

لازمه طراحی صحیح پل و ابنیه مشابه، شناسایی و منظور نمودن کلیه عواملی است که ممکن است به طور مستقیم یا غیر مستقیم در طول عمر مفید یک سازه باعث تخریب یا کاهش کار آیی آن گردد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند اصلی‌ترین

www.SID.ir

Archive of SID

دلیل خراب شدن پل‌ها پدیده‌ی آبشستگی است که افزون بر جان باختن بسیاری از انسان‌ها، هزینه‌های زیادی بـه صـورت مستقیم و غیر مستقیم در کشورها به بار می‌آورد (شریعتی و همکاران، ۱۳۹۰).

پس از احداث پل در مسیر رودخانه، پایه‌ها و تکیه‌گاه‌های پل به صورت یک مانع عمل کرده و باعث تغییر مسیر جریـان در محل برخورد با تکیه‌گاه و توسعه جریان‌های گردابی می‌شوند. این گرداب‌ها به نوبه خود مواد اطراف تکیـه‌گـاه را از جـای خـود کنده و سپس این مواد توسط جریان رودخانه به سمت پایین‌دست حمل می‌شوند که این عمل در نهایـت باعـث توسـعه حفـره آبشستگی در محل استقرار تکیه‌گاه خواهد شد. در بسیاری از موارد آبشستگی می تواند منجر به تخریب و ویرانـی کامـل پـل و ایجاد خسارات اقتصادی و جانی گردد. به عنوان مثال در سال ۱۹۸۷ تعداد زیادی پل بر روی رودخانه سـچوهاری نیویـورک در اثر پدیده آبشستگی ویران شد که در این حادثه ها جمعا ۱۰ نفر جان خود را از دست دادنـد. در سـال ۱۹۹۵ نیـز در کالیفرنیـا تعداد ۵ پل در اثر پدیده آبشستگی ویران شد که در این حادثه نیز ۷ نفر از بین رفتند. و موارد دیگری کـه در کشـورمان ایـران اتفاق افتاده است (سعادت‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸). در حال حاضر نیز میلیون‌ها پل در سطح جهان وجود دارد که به دلیـل وقـوع سیلاب‌های سالانه آبشستگی در اطراف پایه‌ها و یا تکیه‌گاه‌های آنان پدیدار شده و احتمال تخریـب آنهـا در صـورتی کـه بـرای محافظت از آنها طرحی اندیشیده نشده باشد حتمی است. این مطلب وقتی بحرانی تر می شود که بدانیم پل هـا زمـانی تخریـب می‌شوند که ما بیش‌ترین احتیاج را به راه‌های دسترسی جهت کمک به آسیب‌دیدگان از بلایای طبیعی داریم (بـه عنـوان مثـال در مواقع سیلابی). بنابراین به غیر از مساله اقتصادی، مساله حفاظت پل ها در برابر آبشستگی یـک موضـوع انسـانی- اجتمـاعی است (آیین‌نامه طراحی شماره ۳۰۲). گزارش‌های مرتبط بیانگر آن است که آبشستگی تکیه‌گاه پل در مقایسه با آبشستگی پایـه پل بسیار مشکل ساز تر خواهد بود. مطالعات انجام شده بر روی شکست ۳۸۳ پل در ایالات متحـده نشـان مـی‌دهـد کـه در ۲۵ درصد آنها تخریب پایه و ۷۲ درصد تخریب تکیه‌گاه علت شکست پل بوده است. هم‌چنین بر طبـق مطالعـات ملویـل (۱۹۹۲)، ۷۰ درصد هزینه‌ها روی شسکت پل در نیوزیلند ناشی از آبشستگی تکیه‌گاه پـل بـوده اسـت (رمضـانی و همکـاران، ۱۳۹۰). بـا توجه به این که اکثر تکیه‌گاه ها در دشت سیلابی قرار گرفته‌اند لزوم شناسایی کامل فرآیند ابشستگی تکیه‌گاه‌های پل واقع در دشت‌های سیلابی و نیز بدست آوردن راهکاری مناسب جهت کاهش آن کاملا مشخص می‌گردد.

روش‌های زیادی برای کاهش میزان آبشستگی و مهار آن مورد استفاده قرار گرفته است این روش‌ها به دو گروه کلی تقسیم می شوند :

۱- افزایش مقاومت بستر با ریختن ریپ رپ و یا مصالح مقاوم دیگر در اطراف تکیه‌گاه

۲- تغییر الگوی جریان در اطراف کوله پل با تغییر در هندسه کوله و ایجاد موانع در مسیر

از جمله روش‌هایی که برای تغییر در الگوی جریان در اطراف تکیه‌گاه بکار برده می‌شود احداث آبشکن در بالادست تکیه‌گاه می‌باشد (بصیرت، ۱۳۸۸).

به طور کلی آبشکن‌ها، سازه‌هایی هستند که با زاویه‌ای نسبت به ساحل رودخانه، برای انحراف جریـان آب از نقـاط بحرانـی، جلوگیری از آبشستگی ساحل، تولید آبراهه‌های مناسب و کنترل آبشستگی احداث می‌شوند (صانعی و همکاران، ۱۳۸۸).

تحقیقات مختلفی در رابطه نقش آبشکن در کاهش آبشستگی تکیه‌گاه پل صورت گرفته است. لذا این تحقیقات محـدود بـه آبشکن‌های ساده بوده و تحقیقی در خصوص میزان تاثیر احداث آبشکن‌های سرسپری بر کاهش آبشستگی تکیه‌گاه پل تا کنون صورت نپذیرفته است. بصیرت و همکاران (۱۳۸۸)، به طور آزمایشگاهی به بررسی نقـش آبشـکن محـافظ درمیـزان آبشسـتگی تکیه‌گاه پل در رودخانه‌های سیلاب‌دشتی پرداخته‌اند. تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که با افـزایش فاصـله آبشـکن از تکیـه‌گـاه، آبشستگی تکیه‌گاه افزایش، و با افزایش طول آبشکن عمق آبشستگی تکیه‌گاه کاهش پیدا می‌کند.

سعادت‌نیا و همکاران (۱۳۸۸)، اثرات زاویه آبشکن بر کاهش آبشستگی دماغه تکیه‌گاه پل را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج حاصله حاکی از آن است که وجود آبشکن در نزدیکی بالادست دماغه تاثیر بسیار زیادی در کاهش آبشستگی دماغه هم ازجهت حداکثر عمق فرسایش و هم از جهت حجم آبشستگی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

به منظور انجام آزمایش‌های لازم برای بررسی پدیده آبشستگی تکیه‌گاه از یک فلوم فلزی با جداره‌های شیشه‌ای به طول ۱۲ متر و عرض ۱ متر دارای کانال اصلی به طول هشت متر و عرض ۲۰ سانتی‌متر در خط مرکزی استفاده شد. دو طرف کانال اصلی به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از رسوبات درشت‌دانه و به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر بر روی آن‌ها از رسوبات ریزدانه یکنواخت با قطر متوسط d_{50}=1 mm و شیب طولی ۰/۰۰۱ پوشیده شده است. در بالادست کانال جهت یکنواخت و آرام کردن جریان از یکسری صفحات و بلوک مشبک استفاده شده است. با توجه به این که پس از گذشت مدت زمان ۱۲۰ دقیقه حداکثر عمق و حجم آبشستگی با گذشت زمان تغییرات بسیار اندکی داشتند، مدت زمان انجام هر آزمایش ۲ ساعت انتخاب شد. دبی عبوری از کانال با استفاده از یک دستگاه دبی‌سنج الکترومغناطیسی اندازه‌گیری شده است. اندازه‌گیری عمق با استفاده از یک دستگاه عمق سنج مکانیکی با دقت ۰/۱ mm صورت گرفته است. دماغه تکیه‌گاه از آهن گالوانیزه ساخته شده و در فاصله ۵ متری از ابتدای مقطع مرکب قرار دارد.

شکل (۱): تصویر کامل از فلوم، مقطع مرکب و تکیه‌گاه پل

پارامترهای متغیر در طول آزمایشات عبارتند از دبی جریان، طول جان آبشکن، طول بال آبشکن و فاصله آبشکن از تکیه‌گاه.

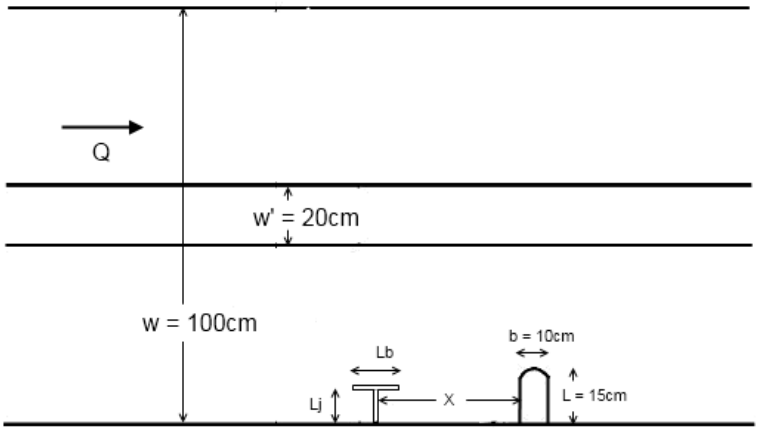
جدول (۱): مشخصات متغیرهای مورد آزمایش

پارامتر	مقدار				
دبی Q (lit/s)			۲۲	۲۰	۱۸
طول جان آبشکن Lj (cm)	۱۲	۱۰/۵	۹	۷/۵	۶
طول بال آبشکن Lb (cm)	۱۲	۱۲	۹	۷/۵	۶
فاصله آبشکن از تکیه‌گاه X (cm)			۲۴	۱۸	۱۲

در مجموع ۳ آزمایش شاهد و ۲۲۵ آزمایش برای بررسی اثر طول جان، طول بال، و فاصله آبشکن سرسپری از تکیه‌گاه انجام گرفت.در شکل زیر نمای کلی کانال و پارامترهای هندسی مورد استفاده در آزمایشات نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲): هندسه کانال و موقعیت تکیه‌گاه و آبکشن سرسپری

در ایجاد پدیده آبشستگی تکیه‌گاه پل پارامترهای مختلفی تاثیر گـذار هسـتند از جملـه، دبـی جریـان Q (m^3/s) ، سـرعت جریان V (m^3/s)، عمق جریان Y_1 (m)، عرض کانال اصلی W (m)، عرض کانال اصلی W' (m) ، طول تکیـه‌گـاه L (m)، عـرض تکیه‌گاه B (m)، طول جان آبشکن L_j (m)، طول بال آبشکن L_b (m)، فاصله آبشکن از تکیه‌گاه X (m)، شیب مواد بستر S، جرم مخصوص آب ρ، جرم مخصوص رسوبات بستر ρ_s، قطر متوسط ذرات بستر d_{50}، شتاب گرانش $g(m^2/s)$ و زلال یا گل آلود بودن جریان عبوری.

با توجه به پارامترهای ذکر شده، می‌توان رابطه زیر را برای حداکثر عمق آبشستگی تعریف نمود:

$$ds = f\left(Q, V, Y1, W, W', L, B, Lj, Lb, X, S, \rho, \rho s, d50, g\right) \quad (۱)$$

در آنالیز و بی‌بعد سازی به روش باکینگهام پارامترهای ثابت و پارامترهایی که تاثیر خود را در سایر پارامترها نشان می‌دهند حذف شده و پارامترهای بی بعد زیر برای آبشستگی بدست آمده است:

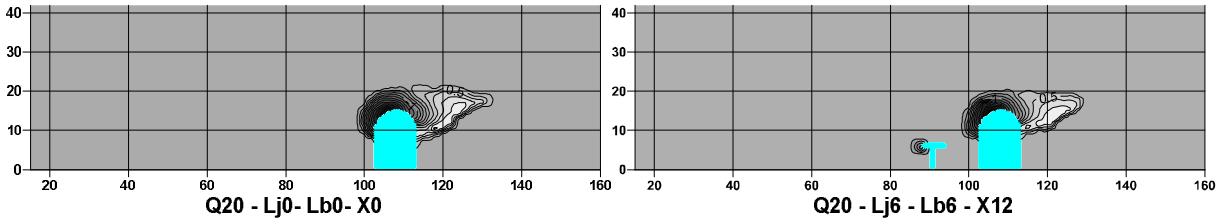
$$\frac{ds}{X} = \left(Fr, \frac{Lb}{L}, \frac{Lj}{L}\right) \quad (۲)$$

پارامتر Fr در رابطه (۲)، مقدار عدد فرود جریان بوده و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Fr = \frac{Q}{A\sqrt{gy}} \quad (۳)$$

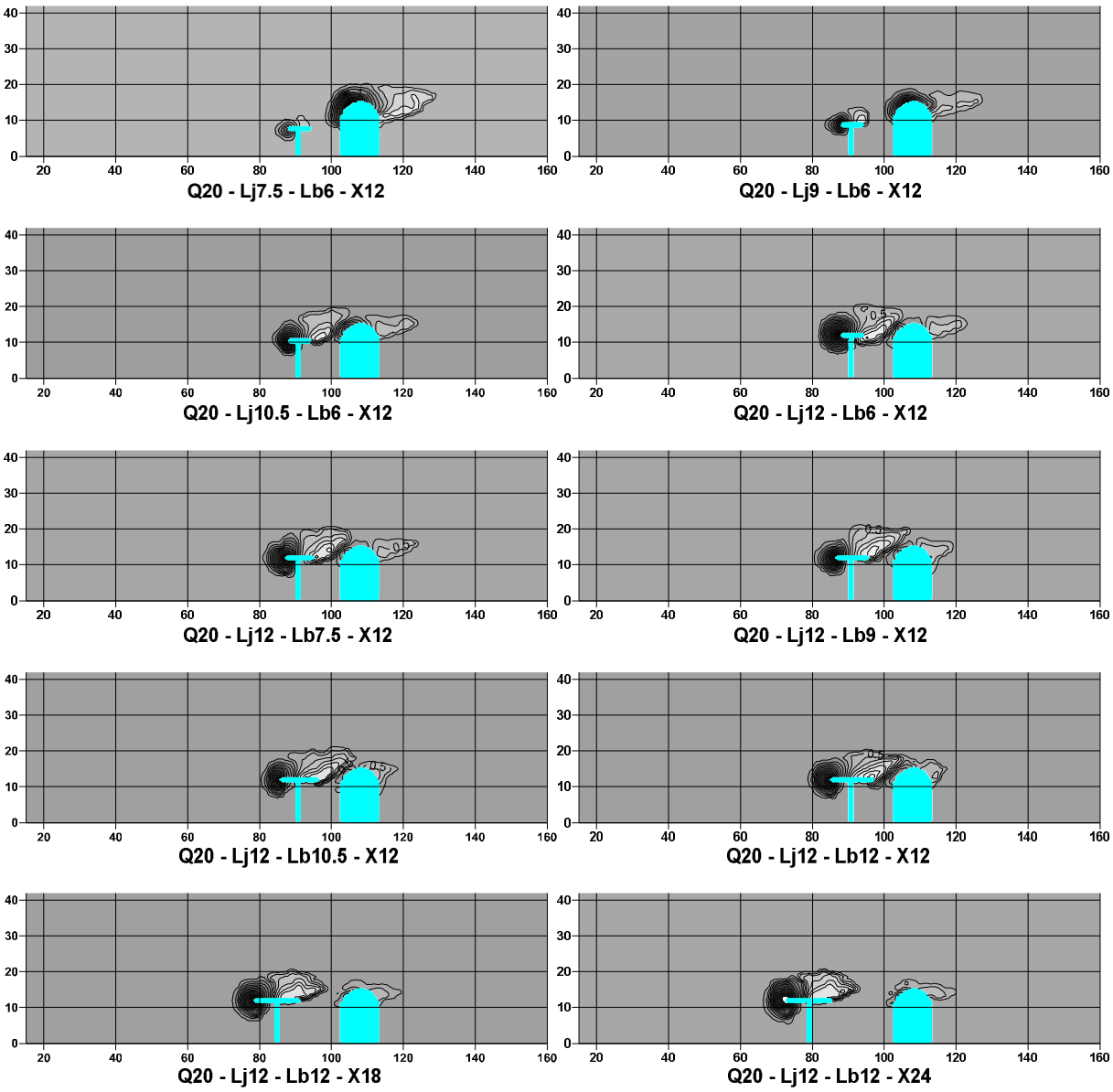
نتایج و بحث

برای بررسی اثر آبشکن بر آبشستگی، به ازای یک مقدار ثابت از اندازه طول جان آبشکن، پنج اندازه مختلف طـول بـال در ۳ فاصله مختلف از تکیه‌گاه قرار داده شده و پروفیل آبشستگی تکیه‌گاه و آبشکن برداشت شد. در شکل (۳) نمایی از ۱۲ آزمـایش انجام گرفته در دبی ۱۸ لیتر بر ثانیه به عنوان نمونه‌ای از کل آزمایش‌ها آورده شده است. اولین آزمایش مربـوط بـه توپـوگرافی آبشستگی تکیه‌گاه در دبی ۱۸ بدون حضور آبشکن می‌باشد. در آزمایش‌های بعدی با ثابت بودن سایر متغیرها به ترتیب میـزان تاثیر طول جان، طول بال و فاصله آبشکن بر میزان آبشستگی تکیه‌گاه نشان داده شده است.



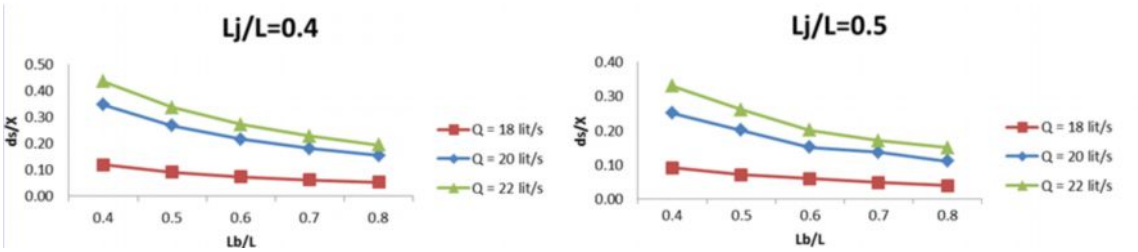
www.SID.ir

Archive of SID



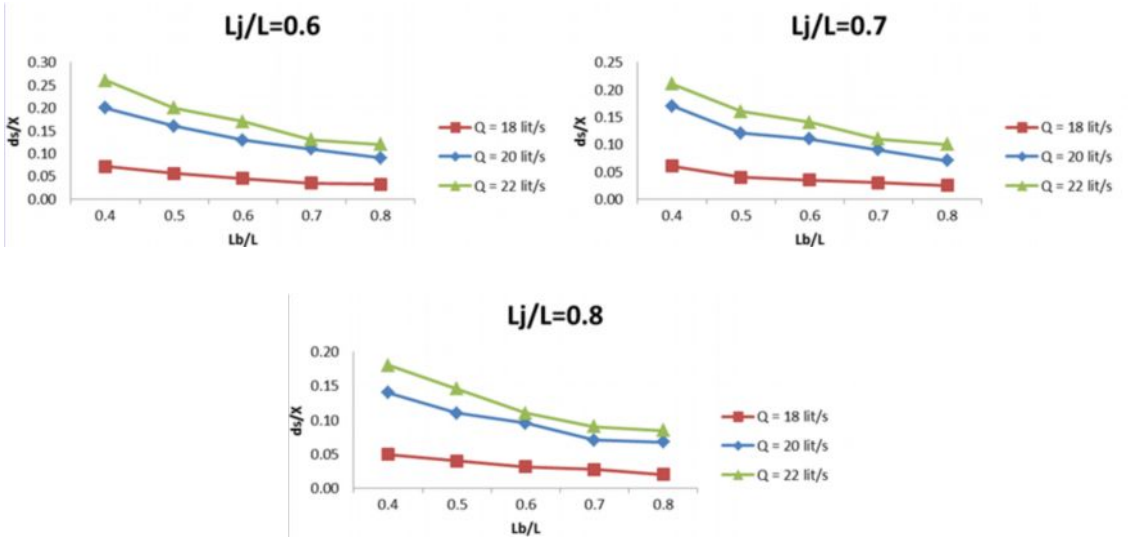
شکل(۳): توپوگرافی بستر تکیه‌گاه و آبشکن در آزمایشات با دبی ۱۸ لیتر بر ثانیه

در نمودارهای زیر میزان تاثیر آبشکن بر میزان عمق آبشستگی به صورت پارامترهای بی بعد مشاهده می‌شود.

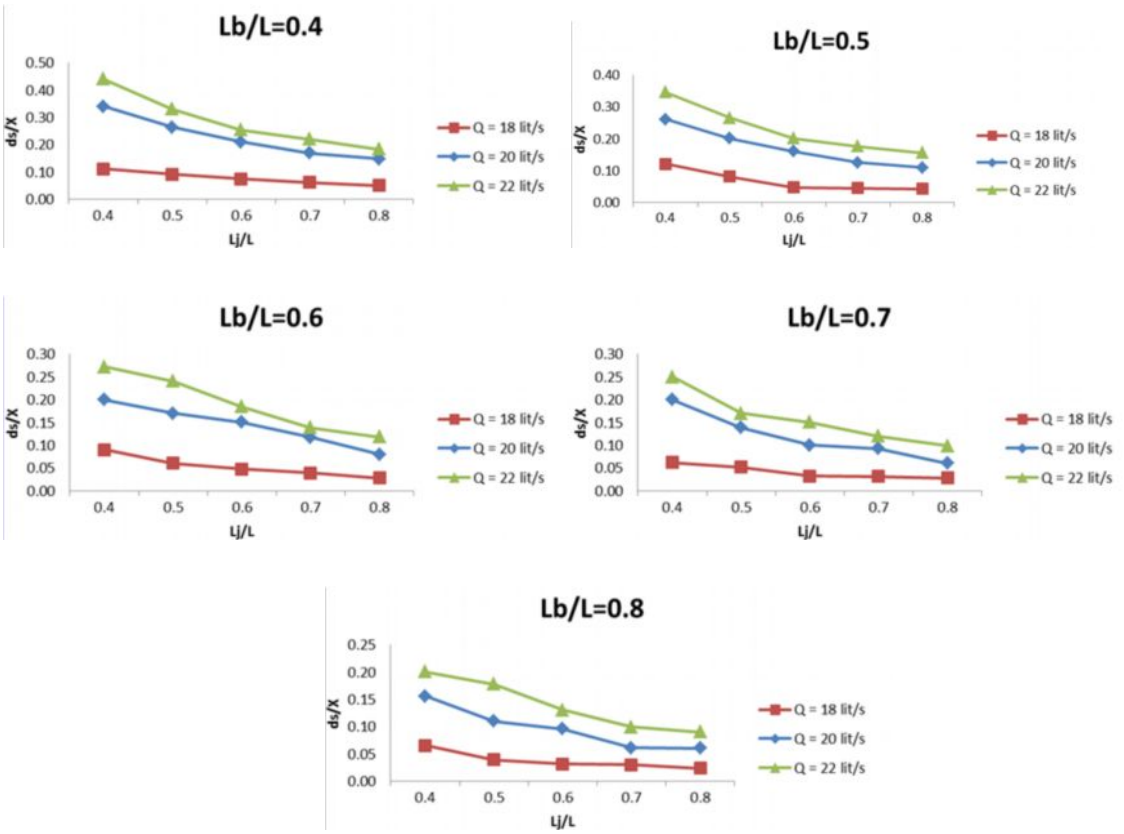


www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۴): نمودار تغییرات عمق حداکثر آبشستگی به ازای نسبت Lj/L ثابت



شکل (۵): نمودار تغییرات عمق حداکثر آبشستگی به ازای نسبت Lb/L ثابت

با توجه به پروفیل‌های آبشستگی در شکل شماره (۳) و نیز نمودارهای شکل‌های (۴) و (۵) ملاحظه می‌شود که:

www.SID.ir

Archive of SID

۱. در مقادیر مختلف دبی، وجود آبشکن سرسپری در بالادست تکیه‌گاه به میزان قابل ملاحظه‌ای، آبشستگی تکیه‌گاه را کاهش می‌دهد. با افزایش دبی بر میزان تاثیر آبشکن بر کاهش آبشستگی تکیه‌گاه افزوده می‌شود.

۲. با افزایش طول جان و طول بال آبشکن، عمق آبشستگی تکیه‌گاه کاهش می‌یابد. مطالعه تاثیر طول بال و جان آبشکن محدود به اندازه حداکثر ۰/۸L شد زیرا با توجه به هدف طرح که ارائه‌ی یک سازه بهینه برای آبشستگی می‌باشد استفاده از یک آبشکن با طول جان و بال برابر با طول تکیه‌گاه مقرون به صرفه نمی‌باشد.

۳. در اندازه ثابت طول بال و جان، با افزایش فاصله جان آبشکن از تکیه‌گاه، از میزان تاثیر بر آبشکن بر آبشستگی تکیه‌گاه کاسته شده، درنتیجه عمق آبشستگی تکیه‌گاه افزایش می‌یابد. علت این امر را می‌توان باز شدن مجدد جریان به سمت جداره کانال دانست. با افزایش فاصله بین آبشکن و دیواره جریان مجدد به سمت تکیه‌گاه بر می‌گردد. اگر فاصله به اندازه کافی زیاد شود، به طور کلی جریان به شکل اولیه (بدون وجود آبشکن) بازسازی شده و عملا نقش آبشکن قابل صرف‌نظر خواهد بود.

۴. تغییرات طول جان آبشکن در مقایسه با تغییرات طول بال و فاصله آبشکن، تاثیر بیشتری بر آبشستگی تکیه‌گاه دارد. این امر بیانگر این موضوع می‌باشد که افزایش طول جان نسبت به دو متغیر دیگر (طول بال و فاصله آبشکن از تکیه‌گاه)، در دور کردن جریان از تکیه‌گاه موثرتر است.

۵. با افزایش طول جان و بال آبشکن، از میزان آبشستگی تکیه‌گاه کاسته می‌شود، ولی آبشستگی آبشکن به طور محسوسی افزایش می‌یابد، لذا در طراحی‌ها لازم است پایداری آبشکن سرسپری مورد بررسی قرار گیرد.

۶. با استفاده از تحلیل داده‌های آزمایشگاهی در این تحقیق، رابطه (۴) برای تخمین حداکثر عمق آبشستگی تکیه‌گاه در حالتی که آبشکن سرسپری در بالادست تکیه‌گاه وجود داشته باشد، و رابطه (۵) برای تخمین حداکثر عمق آبشستگی آبشکن سرسپری که در بالادست تکیه‌گاه واقع شده است، ارائه می‌شود:

$$\frac{ds}{X} = 0.000025(Fr)^{-12.33}\left(\frac{Lj}{L}\right)^{-1.206}\left(\frac{Lb}{L}\right)^{-1.16} \qquad (۴)$$

$$\frac{dsp}{X} = 0.403(Fr)^{-2.013}\left(\frac{Lj}{L}\right)^{0.1}\left(\frac{Lb}{L}\right)^{1.357}\left(\frac{X}{Y1}\right)^{-0.888} \qquad (۵)$$

ds حداکثر عمق آبشستگی تکیه‌گاه و dsp حداکثر عمق آبشستگی آبشکن می‌باشد. سایر پارامترها مشابه پارامترهای توضیح داده شده در رابطه (۱) می‌باشد. ضرایب همبستگی رابطه (۴) و (۵) به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۹۵ و در حد مطلوب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

استفاده از آبشکن سرسپری راهکاری مناسب جهت کاهش آبشستگی تکیه‌گاه پل می‌باشد. آبشکن سرسپری در مقایسه در با آبشکن‌های ساده در کاهش آبشستگی تکیه‌گاه پل موفق‌تر عمل می‌کند، ولی ذکر دو نکته ضروری است، نکته اول اینکه اجرای این نوع از آبشکن در مقایسه با آبشکن‌های ساده مشکل‌تر بوده، دوم اینکه به علت شکل خاص، این آبشکن بیش‌تر در معرض جریان رودخانه بوده و لذا در ساخت آن باید از مصالح مقاوم‌تری استفاده گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

در کل باید در انتخاب این نوع آبشکن (با توجه به محدودیت‌های اجرایی و نگهداری) جانب احتیاط را رعایت نموده و تنها بعد از بررسی تمامی جوانب موضوع، نسبت به استقاده از آبشکن سرسپری اقدام نمود.

منابع

۱- بصیرت،ش.، صانعی، م.، ساغروانی، ف. بررسی آزمایشگاهی اثر فاصله، طول آبشکن، طول تکیه‌گاه و دبی بر مساحت گسترش تل و چاله آبشستگی. نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اردیبهشت ۱۳۹۱.

۲- رمضانی، ی.، ،قمشی، م.، موسوی جهرمی، س.ح. بررسی و مقایسخ مطالعات انجام گرفته در زمینه آبشستگی تکیه‌گاه پل در مقطع مرکب. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، اردیبهشت ۱۳۹۰.

۳- سازمان مدیریت وبرنامه‌ریزی، ۱۳۸۴. آیین نامه استاندارد اجرایی طرح‌های عمرانی نشریه ۳۰۲، دستورالعمل مطالعات هیدرولیکی و آبشستگی پل.

۴- سعادت نیا، م.، خداشناس، س.ر.،صانعی، م.، اسماعیلی، ک. اثرات زاویه آبشکن بر کاهش آبشستگی دماغه تکیه‌گاه پل. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، بهمن ۱۳۸۸.

۵- شریعتی، ح.، خداشناس،س.ر.، اسماعیلی، کاظم. ۱۳۹۰. بررسی آزمایشگاهی کارکرد با هم طوق و شکاف بر میزان آبشستگی موضعی در پایه پل. نشریه مهندسی عمران، سال بیست و سوم، شماره یک.

۶- صانعی، مجتبی. بررسی آزمایشگاهی تاثیر سرعت بحرانی و دانه‌بندی بر میزان آبشستگی. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۸۷

7- Breusers, N.H.C. and Raudkivi, A.J., Scouring, 2nd Hydraulic Structures Design Manual, IAHR, A.A. Balkema,Roterdam, The Netherlands, 1991.

8- Bruce, Melville, M.ASCE, 2006. scour countermeasures for wing-wall abutments, journal of hydraulic engineering ASCE.

9- Ettema, R., Scour at bridge piers, Report No. 216, University of Auckland, New Zeland, 1980.

10- Garde R J, Sabramanya K, Nambudripad K D (1961) , "Study of scour around spur-dikes". J.Hydraulic Div., Am. Soc.

11- Hua Li., Brian D., 2006. parallel walls as an abutment scour countermeasure, Journal of hydraulic engineering ASCE.

12- Melville, B. W. and Sutherland, A. J., "Design method for local scour at bridge piers", J. Hyd. Eng., ASCE, 114(10): 1210-1226,1988.

13- Melville, B. W., and Chiew, Y. M., "Time scale for local scour at bridge piers", J. Hyd. Eng., ASCE, 125(1): 59-65, 1999.

14- Siow-Yong Lim,1997, Equilibrium clear water scour around an abutment, school of Civ. And struct. Engrg., nanyang technol.univ.

Seung Jaeoh, 2007, The effect of abutment length for abutment scour in cohesive soil, Journal of hydraulic

www.SID.ir