

بررسی تأثیر شکل تکیه گاه بر چاله آبشستگی

علی رضا طوبائی زاده

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه علوم آب، شوشتر، ایران، Tubaezadeh@hotmail.com

هوشنگ حسونی زاده

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه علوم آب، شوشتر، ایران، hassoni44@hotmail.com

مهدی قمشی

استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران، m.ghomeshi@yahoo.com

چکیده

آبشستگی پدیده طبیعی است که بواسطه جریان آب رودخانه ها و یا سیلاب بوجود آمده، و نتیجه آن عمل فرسایش بوسیله جریان آب است، که موجب انتقال و سائیدن مواد از کف، سواحل و اطراف پایه های پل می شود و در بسیاری از موارد منجر به تخریب پل و سازه های هیدرولیکی می گردد. در این مطالعه آبشستگی تکیه گاه مستطیلی، دوزنقه 45° و نیم دایره کوتاه (نسبت طول پیش آمدگی تکیه گاه به عمق جریان کمتر از یک است) به صورت آزمایشگاهی بر بستری از رسوبات تیکنواخت با قطر متوسط ذرات 0.35 ، 0.7 و 1.5 میلی متر در شرایط آب زلال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد عمق آبشستگی برای d_{50} یکسان، بیشترین مقدار را در تکیه گاه مستطیل و کم ترین مقدار را در تکیه گاه نیم دایره دارد.

واژه های کلیدی: آبشستگی، تکیه گاه مستطیل، تکیه گاه دوزنقه 45° ، تکیه گاه نیمدایره، مدل فیزیکی

مقدمه

هر ساله با وقوع سیلاب در هر رودخانه تعداد زیادی از پل ها و سازه های هیدرلیکی تخریب میگردند. طبق آمارهای ارائه شده توسط کشورهای مختلف می توان گفت اکثر تخریب پل ها نه در اثر ضعف سازه ای بلکه در اثر وقوع پدیده آبشستگی در اطراف پایه ها رخ می دهد. آبشستگی پدیده طبیعی است که بواسطه جریان آب رودخانه ها و یا سیلاب بوجود آمده، و نتیجه آن عمل فرسایش بوسیله جریان آب که انتقال و سائیدن مواد را از کف، سواحل و اطراف پایه های پل را موجب می شود (بروسرز و همکاران، ۱۹۷۷). عمقناشیاز فرسایشبستر نسبتبهبستر اولیهرا عمقا آبشستگیمینامند. همچنین فضای خالی و تورفتگی بوجود آمده، بواسطه شسته شدن رسوبات از کف بستر رودخانه را چاله آبشستگی می نامند.

انواع آبشستگی

محققین زیادی از جمله لارسون تاچ (۱۹۵۶) راد کیویواتما (۱۹۸۳)، ریچار دسونو، دیویس (۲۰۰۱) و ملویلو کلمن (۲۰۰۰) در مورد انواع آبشستگی تحقیق نموده‌اند. با بررسی مطالعات آنها میتوان انواع آبشستگی را از دو جنبه کلی مورد بررسی قرار داد (خزیمه نژاد، ۱۳۹۱): انواع آبشستگی از نظر علت به وجود آمدن، انواع آبشستگی از نظر وضعیت حمل مواد بستر. انواع آبشستگی از نظر علت به وجود آمدن به سه دسته تقسیم می‌شود.

۱- آبشستگی عمومی: آبشستگی عمومی در اثر تغییرات رژیم رودخانه و صرف نظر از وجود پل در مسیر جریان اتفاق می‌افتد.
۲- آبشستگی ناشی از تنگ شدگی: ایجاد هر نوع سازه در مسیر طبیعی رودخانه، منجر به کاهش عرض رودخانه می‌شود. این عمل باعث می‌شود که سرعت جریان و تنش برشی بیشتر در این محدودها افزایش یابد، در نتیجه پاره شدن لایه‌های رسوبات و فرود همدو سبب خواهد شد تا مواد بستر رودخانه از محل تنگ شدگی به قسمت‌های پایین دست رودخانه منتقل شوند.
۳- آبشستگی موضعی: قرار گرفتن مانعی در برابر جریان مانند پایه پل باعث تغییر الگوی جریان در اطراف این سازه‌های داخل جریان و ایجاد جریان‌های آشفته چرخشی و گرداب‌هایی در اطراف آنها می‌شود که در نتیجه باعث فرسایش در زیر این سازه‌ها می‌گردد. این فرسایش تنها در اطراف سازه مذکور رخ می‌دهد، از این رو فرسایش حاصل را موضعی می‌خوانند. از مجموع این سه آبشستگی، عمق آبشستگی کلی به دست می‌آید.

بنابراین شرایط انتقال رسوب بر اساس میزان رسوباتیکه به حفره‌های آبشستگی وارد یا خارج می‌شوند، چابرت و انگل دینگر (۱۹۵۶) آبشستگی را به دو حالت تقسیم کردند (خزیمه نژاد، ۱۳۹۱): آبشستگی‌های زلال، آبشستگی‌های لالی، زمانیا نفاقی می‌افتد که حفره رسوبات بالادست رودخانه توسط جریان وجود ندارد. آبشستگی بستر زنده‌ها منیر ویمی دهد که جریان از بالادست، حاوی رسوبات باشد؛ اینگونه می‌توان گفت که سرعت جریان بزرگتر از سرعت بحرانی (آستانه حرکت) رسوباتی باشد ($U > U_c$). عمق آبشستگی در حالت آب زلال ۱۰ درصد بیشتر از حالت بستر متحرک می‌باشد، بنابراین حداکثر عمق آبشستگی در شرایط آستانه حرکت رسوبات (لحظه‌ای که ذرات شروع به حرکت می‌کنند را اصطلاحاً آستانه حرکت می‌نامند) یعنی $1 = \frac{U}{U_c}$ رخ می‌دهد. (گراف، ۱۹۹۶؛ باربویا و دی، ۲۰۰۴).

الگوی جریان و مکانیزم آبشستگی در اطراف تکیه گاه پل

تکیه گاه‌های پل یا کوله‌های پل، پایه‌های پل چسبیده به ساحل رودخانه می‌باشند. اگر تکیه گاهی بطور عمودی در بستر رودخانه قرار گرفته باشد جریان آب در اطراف آن متلاطم شده و یک سلسله جریان‌های گردابی ایجاد می‌کند. این سیستم‌های گردابی مکانیزم اصلی آبشستگی به حساب می‌آیند. به طور دقیق‌تر عوامل درگیر در آبشستگی اطراف تکیه گاه پل را می‌توان به جریان رو به پائین گرداب موج‌کمانی، گرداب نعل اسبی (گرداب اصلی)، گرداب ثانویه و گرداب برخاستگی تقسیم بندی کرد.

در سطح بالادست سازه، هنگام برخورد جریان آب به دماغه تکیه گاه پل، سرعت جریان نزدیک شونده تقریباً صفر می‌شود، که این قسمت سازه را نقطه رکود یا ایستایی می‌گویند (کودیاری و همکاران، ۱۹۹۲) در این نقطه تمام سرعت به هد فشار تبدیل می‌شود. با توجه به توزیع غیر یکنواخت سرعت در عمق رودخانه، توزیع فشاری که ایجاد می‌شود نیز غیر یکنواخت بوده و از الگوی پروفیل سرعت تبعیت می‌کند. از آنجا که سرعت از سطح به طرف کف کم می‌شود، فشار دینامیکی هم روی پایه از بالا به پایین کم می‌شود و بدین ترتیب گرادیان فشار ایجاد شده باعث ایجاد جریانی به طرف کف بستر می‌گردد. جریان رو به پایین پس از برخورد به بستر به جهات مختلف پراکنده می‌شود و مقداری از آن صرف حفر زمین می‌شود. کاهش سرعت در قسمت فوقانی پروفیل سرعت جریان، سبب ایجاد یک گرادیان فشار به سمت بالا بر روی پایه می‌شود که جریان را به سمت سطح منحرف می‌کند و سبب ایجاد گرداب موج‌کمانی می‌گردد. مقداری از جریان پایین رونده که رو به سمت بالادست بازگشت می‌کند، در برخورد با جریان عمومی مجبور به حرکت در جهت جریان می‌شود و به پایه برخورد می‌کند، این چرخش جریان و بازگشت مجدد آن مقدمه تشکیل گرداب نعل اسبی می‌باشد. چرخش این گرداب به طرف پایین دست امتداد می‌یابد که شکلی شبیه نعل اسب در پلان پیدا می‌کند و به این دلیل آنرا گرداب نعل اسبی می‌نامند. هنگام

جداشدن جریان از انتهایدماغه تکیه گاه به دلیل کاهش فشار در پشتدماغه، جریان به سمت پشتتکیه گاه منحرف شده و ایجاد گرداب می کند که به آن گرداب بر خاستگی می گویند.

پارامتر های موثر بر آبشستگی تکیه گاه

به منظور ناچیز در نظر گرفتن تاثیر دیواره کانال بر آبشستگی، لارسن و تاج (۱۹۵۶) و چپو و ملویل (۱۹۸۷)، نسبت عرض کانال به عرض پایه پل را بزرگتر یا مساوی ۱۰ پیشنهاد دادند ($\frac{B}{l} \geq 10$).

چپو (۱۹۸۴)، آزمایش هایی را در حالت بستر زنده انجام داد و پی برد که نسبت ($\frac{B}{l} = 8$) پیشنهاد شده توسط شن و همکاران (۱۹۶۶)، به طور قابل توجهی تاثیر دیواره کانال را کاهش می دهد.

ملویل (۱۹۹۲) آزمایشاتی با عمق و طول های مختلف تکیه گاه در زمان های خیلی طولانی انجام داد و در نهایت توانست محدوده های مربوط به عمق تعادل آبشستگی (d_s) را شناسایی کند. او تکیه گاه ها را به سه گروه تکیه گاه های کوتاه ($\frac{l}{h} \leq 1$)، تکیه گاه های بلند ($\frac{l}{h} \geq 25$) و تکیه گاه های متوسط ($1 < \frac{l}{h} < 25$) تقسیم بندی کرد.

مطالعات اینگلس (۱۹۴۹) در مورد تکیه گاه ها نشان داد که عمق آبشستگی در تکیه گاه ها به نسبت شکل انحنا و خمیدگی آنها متغیر است. لیو و همکاران (۱۹۶۱) پی بردند که آبشستگی در تکیه گاه های بالدار، دو برابر آبشستگی در تکیه گاه های میان ریزشی است. آزمایشات دانگل (۱۹۹۴) نشان داد که حداکثر عمق آبشستگی در تکیه گاه های دیوار عمودی و کمترین عمق آبشستگی در تکیه گاه های میان ریزشی با شیب ملایم اتفاق می افتد. تحقیقات لارسن و تاج (۱۹۵۶) نشان از تاثیر شکل تکیه گاه بر عمق آبشستگی و کاهش ۱۵ درصد برای تکیه گاه های آنرویدینامیک داشت. راجاراتنام و نواچوکوو (۱۹۸۳)، مشاهده کردند که تنش برشی در دیواره ساحلی صفحه ای به مقدار ۱۴ درصد بیشتر از دیواره ساحلی دایره ای است (لی و همکاران، ۲۰۰۶).

اتما (۱۹۸۰) بیان داشت که برای رسوبات ریپل^۱ ($d_{50} \leq 0/7$ میلی متر) باقی ماندن بستر به صورت تخت در شرایط آستانه حرکت غیر ممکن است. اتما (۱۹۸۰) و اتما و رادکیوی (۱۹۸۳) بیان داشتند که عمق آبشستگی در رسوبات ریپل کمتر از رسوبات غیر ریپل^۲ ($d_{50} > 0/7$ میلی متر) است.

ملویل و ساترلند (۱۹۸۸) فاکتور اندازه رسوب را برای محاسبه تاثیر اندازه رسوبات روی عمق آبشستگی تکیه گاه پیلار اهدادند (خزیمه نژاد، ۱۳۹۱). بر این اساس در صورتی که $\frac{l}{d_{50}} > 25$ (نسبت طول پیش آمدگی تکیه گاه به قطر متوسط ذرات رسوب) باشد، عمق آبشستگی به اندازه ذرات رسوب بستگی ندارد و برای $\frac{l}{d_{50}} \leq 25$ اندازه ذرات رسوب بر عمق آبشستگی تاثیر می گذارد.

در این مطالعه آبشستگی تکیه گاه های کوتاه نسبت طول پیش آمدگی تکیه گاه به عمق جریان کمتر از یک است $\frac{l}{h} \leq 1$ (ملویل ۱۹۹۲) با سه شکل مقطع مستطیلی، دوزنقه 45° و نیم دایره کوتاه بر بستری از رسوبات یکنواخت با قطر متوسط ذرات (d_{50}) ۰/۳۵، ۰/۷، و ۱/۵ میلی متر در شرایط آب زلال مورد بررسی قرار می گیرد.

مواد و روش ها

فلوم آزمایشگاهی

اجزاء مختلف فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق به این شرح است. کانال های ورودی و خروجی روباز مستطیلی با جداره شیشه، که طول کانال های ورودی در ابتدای فلوم و خروجی در انتهای فلوم بترتیب ۶ و ۴ متر می باشد، عرض و ارتفاع فلوم نیز ۰/۶ متر می باشد. مسیر ورودی و خروجی مستقیم و کف آن از جنس ورق فلزی به ضخامت ۳ میلیمتر و دیواره ها از جنس شیشه شفاف به ضخامت ۶ میلیمتر و به طول ۶ متر ساخته شده که هم اثر زبری جداره را کاهش می دهد و هم پدیده های هیدرولیکی در محفظه قابل رویت می باشند. کف فلوم بصورت بستر ثابت و بدون شیب و در حد دقت اجرائی (شیب حدود

^۱Rippling Sediment

^۲Non-Rippling Sediment

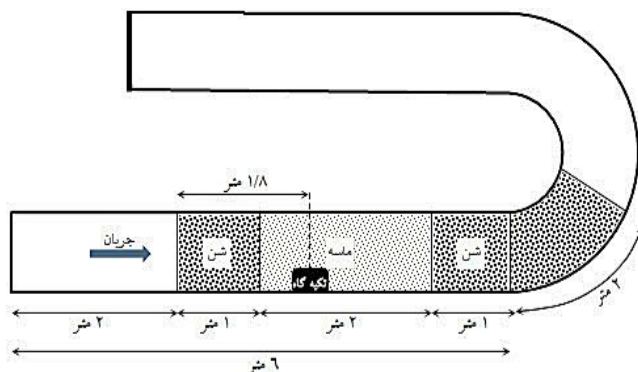
صفر) بصورت افقی ساخته شده است. قوس ۱۸۰ درجه فلوم با جداره ای از جنس پلکسی گلاس به ضخامت ۳ میلیمتر و شعاع مرکزی ۱/۸ متر و طول قوس های داخلی و خارجی بترتیب ۴/۷ و ۶/۶ متر و با توجه به اینکه نسبت R/B کانال برابر ۳ بوده، لذا در دسته کانال های تند و متمایل به تند قرار می گیرد. برای چرخش آب در فلوم آزمایشگاهی از یک پمپ لجن کش به قدرت ۱۱ کیلووات، که قطر لوله مکش و دهش آن ۶ اینچ است، استفاده می شود. ارتفاع مکش پمپ تقریباً ۲ متر و ارتفاع دهش آن حدود ۶ متر و حد اکثر دبی قابل انتقال توسط پمپ ۱۸ لیتر در ثانیه است.

مدل رودخانه و مدل تکیه گاه پل

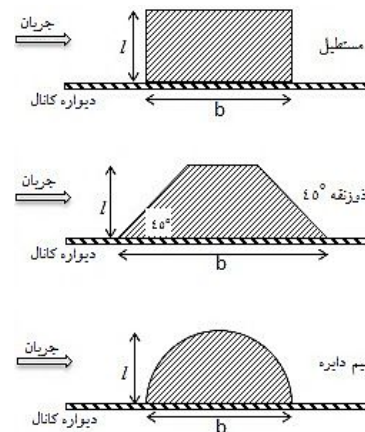
از آنجایی که در کلیه آزمایش ها باید شرایط جریان یکنواخت برقرار باشد، کانال ورودی به دلیل طول مناسب و مسیر مستقیم بهترین گزینه برای ساخت مدل رودخانه می باشد. از ۶ متر طول کانال ورودی ۲ متر اول آن برای آرام ساختن جریان اختصاص داده شد، پس از آن سکویی به ارتفاع ۱۱/۵ سانتی متر و طول ۱ متر با استفاده از شن $\frac{3}{4}$ ساخته شد و سپس محدوده ای به ارتفاع ۱۱/۵ سانتی متر و به طول ۲ متر توسط ماسه غیر چسبیده یکنواخت پر شد و در انتها نیز سکوی دیگری به ارتفاع ۱۱/۵ سانتی متر و طول ۱ متر با استفاده از شن $\frac{3}{4}$ ساخته شد (شکل ۱). سکو های شنی به دلیل کاهش حجم ماسه مصرفی (بدست آوردن ماسه با دانه بندی مشخص و یکنواخت کاری پر زحمت و زمان بر است) و همچنین ایجاد طول کافی جهت فراهم آوردن شرایط جریان یکنواخت و رودخانه ای ساخته شدند. لازم به ذکر است که پس از سکوی انتهایی، سطح شیبداری تا میانه های قوس (طول تقریبی ۲ متر) با استفاده از شن $\frac{3}{4}$ ساخته شده تا شرایط جریان خروجی از روی مدل به طور تدریجی تغییر کند. در این تحقیق آبشستگی تکیه گاه مستطیل، دوزنقه 45° و نیم دایره مورد بررسی قرار می گیرد. شکل ۲ این تکیه گاه ها را نشان می دهد. شکل ۱ محل قرار گیری این تکیه گاه ها را در فلوم آزمایشگاهی نشان می دهد. تکیه گاه های مستطیل و نیم دایره نسبت $\frac{b}{l}=2$ و تکیه گاه دوزنقه نسبت $\frac{b}{l}=3$ (b= طول تکیه گاه در جهت جریان و l= طول تکیه گاه عمود بر جهت جریان) و ارتفاع ۰/۵ متر دارند. ابعاد تکیه گاه به گونه ای انتخاب شده که اثر دیواره جانبی کانال بر عمق حفره آبشستگی ناچیز باشد. در جدول ۱ ابعاد این تکیه گاه ها آورده شده است. تکیه گاه مستطیل و دوزنقه از جنس پلکسی گلاس و تکیه گاه نیم دایره از جنس پولیکا به ضخامت ۳ میلی متر ساخته شده اند. لازم به ذکر است که برای اتصال تکیه گاه ها به دیواره فلوم از چسب آکواریوم استفاده شد.

جدول ۱: ابعاد تکیه گاه های استفاده شده در آزمایش ها

تکیه گاه مستطیل		تکیه گاه دوزنقه 45°		تکیه گاه نیم دایره	
l(m)	b(m)	l(m)	b(m)	l(m)	b(m)
0/062	0/124	0/062	0/186	0/062	0/124



شکل ۱: پلان مدل رودخانه و مکان قرار گیری تکیه گاه



شکل ۲: تکیه گاه استفاده شده در آزمایش ها

تجهیزات اندازه گیری

متر لیزری استفاده شده در این تحقیق ساخت کشور آلمان با عنوان تجاری BOSCH مدل DLE 70 Professional می باشد (شکل ۳). محدوده اندازه گیری این دستگاه بین ۰/۰۵ تا ۷۰ متر و دقت اندازه گیری آن برابر $\pm 1/5$ میلیمتر و واحد اندازه گیری آن متر می باشد. با استفاده از متر لیزری و با حرکت آن بر روی صفحه شیشه ای شبکه بندی شده در طول و عرض و اندازه گیری نقطه برخورد لیزر تا مبداء اندازه گیری، توپوگرافی بستر رسوبی و عمق آبستگتی را می توان برداشت کرد.

جریان سنج الکترومغناطیس مدل (۸۰۱)^۱ شرکت ویل پرت^۲ ساخت کشور انگلستان توانایی اندازه گیری سرعت آب در کانال های باز را با دقت بالا دارد. این دستگاه دو نوع سنسور استوانه ای و تخت دارد و در آب زلال و گل آلود قابل استفاده است. به دلیل اینکه عمق جریان در آزمایش ها کمتر از ۱۵ سانتی متر بود بنابراین از جریان سنج الکترومغناطیس با سنسور تخت در این تحقیق استفاده شد. محدوده سرعت اندازه گیری دستگاه با سنسور تخت از -۵ تا +۵ متر بر ثانیه، دقت اندازه گیری $\pm 0/5\%$ خطا در اندازه گیری و حداقل عمق جریان مورد نیاز دستگاه ۵ سانتیمتر می باشد. (شکل ۴)



شکل ۴: جریان سنج الکترومغناطیس



شکل ۳: متر لیزری

برنامه ریزی آزمایش

برای هر پایه ۳ آزمایش بر بستری از رسوبات یکنواخت با اندازه ذرات مختلف انجام می شود. مشخصات این رسوبات در جدول ۲ آورده شده است. در این جدول d_{50} قطر متوسط ذرات رسوب، σ_g ضریب انحراف استاندارد هندسی، G_s چگالی ذرات جامد رسوب و U_c سرعت بحرانی ذرات رسوب می باشد. σ_g بیانگر درجه یکنواختی رسوب است که به صورت $\sqrt{\frac{d_{84}}{d_{16}}}$ ارائه شده است (d_{84}, d_{16} بهتر تیب قطر مربوط به ذراتی است که ۱۶،۸۴ درصدوزن ذرات کوچکتر از آن می باشند) و اگر کمتر از ۱/۳ باشد، رسوبات یکنواخت می باشند. (شفاعی بجستان، ۱۳۷۸).

جدول ۲: رسوبات استفاده شده در آزمایش ها

d_{50} (mm)		G_s	U_c (m/s)
0/35	1/27	2/65	0/352
0/7	1/27	2/65	0/364
1/5	1/25	2/65	0/388

در این تحقیق کلیه آزمایش ها در شدت جریان زیر آستانه حرکت ($0/9 \leq \frac{U}{U_c} < 1$) انجام می شوند. همچنین عمق جریان به گونه ای تنظیم می گردد که آزمایش ها در شرایط تکیه گاه کوتاه مطابق با نظر ملویل (۱۹۹۲)، ($\frac{l}{h} \leq 1$) انجام شوند. تغییرات عمق جریان بین ($1 \leq \frac{h}{l} \leq 2/6$) محدود می شود.

¹ The Model 801 Electromagnetic Flow Meters

²Valeport

نتایج و بحث

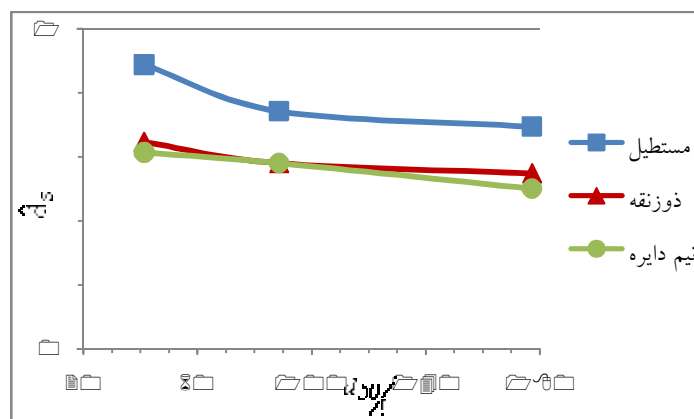
فرآیند آبخستگی

زمانی که سرعت جریان به ۵۰٪ سرعت بحرانی ذرات رسوب برسد، آبخستگی تکیه گاه شروع می‌شود و توسعه چاله آبخستگی از گوشه بالا دست (دور از ساحل) برای تکیه گاه مستطیل و دوزنقه ۴۵° و از محدوده ای به زاویه ۴۰ تا ۵۰ درجه از ساحل بالادست برای تکیه گاه نیم دایره، آغاز می‌گردد. حداکثر عمق آبخستگی برای هر تکیه گاه نیز در نقاط ذکر شده اتفاق می‌افتد. در آزمایش‌ها زمانی که تغییری در عمق آبخستگی در دو ساعت متوالی مشاهده نشد، فرض بر آن گرفته شد که شرایط تعادل برقرار شده است. بر این اساس زمان تعادل آزمایش‌ها ۸ ساعت بود.

بررسی آبخستگی تکیه گاه‌ها

جهت بررسی آبخستگی تکیه گاه‌های پل، نتایج آزمایش‌های آبخستگی به صورت شکل ۵ ارائه شده است. در شکل ۵ تغییرات $\hat{d}_s = \frac{d_s}{l}$ (نسبت حداکثر عمق آبخستگی به طول پیش آمدگی تکیه گاه) به ازای $\frac{d_{50}}{l}$ (نسبت قطر متوسط ذرات رسوب $d_{50}=0/35,0/71/5$ میلی متر به طول پیش آمدگی تکیه گاه) در سه نوع تکیه گاه (مستطیل، دوزنقه ۴۵° و نیم دایره) رسم شده است.

همواره در تکیه گاه مستطیلی بیشترین مقدار آبخستگی و در تکیه گاه نیم دایره کمترین مقدار آبخستگی برای d_{50} یکسان اتفاق می‌افتد. عمق آبخستگی برای d_{50} یکسان، به ترتیب از تکیه گاه مستطیلی به تکیه گاه دوزنقه و تکیه گاه نیم دایره کم می‌شود. عمق آبخستگی در تکیه گاه دوزنقه و نیم دایره به هم نزدیک است در حالی که عمق آبخستگی در هر دوی این تکیه گاه‌ها با تکیه گاه مستطیلی اختلاف قابل ملاحظه ای دارد.



شکل ۵: نمودار تغییرات \hat{d}_s به ازای $\frac{d_{50}}{l}$ در سه نوع تکیه گاه

الگوی آبخستگی اطراف تکیه گاه‌ها

در شکل‌های ۶ تا ۸ نحوه رسوبگذاری و فرسایش در آزمایش‌های آبخستگی بر بستر یکنواخت از نماهای مختلف در سه نوع تکیه گاه نشان داده شده است.

از مقایسه ۶ با شکل ۷ و ۸ مشاهده می‌شود که توسعه چاله آبخستگی در بالا دست و جلوی تکیه گاه مستطیلی در مقایسه با سایر تکیه گاه‌ها بیشتر است. رسوب گذاری از گوشه پایین دست تکیه گاه شروع شده و موجب ایجاد پشته رسوبی شده است. پشته رسوبی ایجاد شده دور از ساحل پایین دست تشکیل شده است.

از مقایسه شکل ۷ با شکل ۶ و ۸ نتیجه می‌شود که چاله آبخستگی در بالادست تکیه گاه دوزنقه ۴۵° کمترین توسعه را داشته است. چاله آبخستگی در جلوی تکیه گاه دوزنقه ۴۵°، نسبت به تکیه گاه مستطیلی توسعه کمتری یافته در حالی که

نسبت به تکیه گاه نیم دایره توسعه بیشتری یافته است. چاله آبشستگی در ضلع پایین دست تکیه گاه نیز توسعه یافته است. از گوشه پایین دست تکیه گاه (نزدیک ساحل) رسوب گذاری آغاز شده و منجر به ایجاد پشته رسوبی شده که این پشته رسوبی بر خلاف تکیه گاه مستطیلی چسبیده به ساحل پایین دست شروع شده و انتهای آن از ساحل پایین دست دور شده است.

با ۶

از مقایسه شکل ۸

و ۷ مشاهده می شود که چاله آبشستگی در تکیه گاه نیم دایره در بالادست تکیه گاه نسبت به تکیه گاه مستطیلی کمتر پیش رو و یکرده و نسبت به تکیه گاه ذوزنقه ای بیشتر پیش رو و یکرده است.

چاله آبشستگی در جلو تکیه گاه نیم دایره در مقایسه با سایر تکیه گاه ها کمتر توسعه یافته است. چاله آبشستگی در پایین دست تکیه گاه نیم دایره نسبت به دو تکیه گاه دیگر پیش رو و بیشتر توسعه یافته است. پشته رسوبی تشکیل شده در پایین دست تکیه گاه نیم دایره هم سمت ساحل پایین دست متمایل شده و به ساحل پایین دست چسبیده و در طول ساحل پایین دست پیش رو و یکرده است. شرایط جریانی یا ناطراف تکیه گاه نیم دایره هو قوی تر بود نگر دایره خاستگی در این تکیه گاه همو جبهه رسوب با تخار جبهه ها از چاله آبشستگی هم سمت ساحل پایین دست رانده شوند و در نزدیکی ساحل نشست کنند و در نتیجه هم طول پشته رسوبی در نزدیکی ساحل در مقایسه با تکیه گاه های دیگر افزایش دهند.



شکل ۶: چاله آبشستگی تکیه گاه مستطیل بر بستر یکنواخت از نماهای مختلف



شکل ۷: چاله آبشستگی تکیه گاه ذوزنقه ۴۵° بر بستر یکنواخت از نماهای مختلف



شکل ۸: چاله آبشستگی تکیه گاه نیم دایره بر بستر یکنواخت از نماهای مختلف

نتیجه گیری

- زمانی که سرعت جریان به 0.50 / سرعت بحرانی ذرات رسوب برسد، آبشستگی تکیه گاه شروع می شود و توسعه چاله آبشستگی از گوشه بالا دست (دور از ساحل) برای تکیه گاه مستطیل و دوزنقه 45° و از محدوده ای به زاویه 40° تا 50° درجه از ساحل بالا دست برای تکیه گاه نیم دایره، آغاز می گردد. حداکثر عمق آبشستگی برای هر تکیه گاه نیز در نقاط ذکر شده اتفاق می افتد.

- عمق آبشستگی برای d_{50} یکسان، به ترتیب از تکیه گاه مستطیلی به تکیه گاه دوزنقه و تکیه گاه نیم دایره کم می شود.

- توسعه چاله آبشستگی در بالا دست و جلوی تکیه گاه مستطیلی بیشترین پیشروی و در بالا دست تکیه گاه دوزنقه 45° و جلوی تکیه گاه نیم دایره کمترین پیشروی را داشته است. چاله آبشستگی در تکیه گاه نیم دایره در پایین دست بیشترین توسعه و در تکیه گاه مستطیل کمترین توسعه را یافته است.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله نگارندگان این مقاله از مسولین سازمان آب و برق خوزستان به ویژه کارکنان مرکز ملی رسوب به خاطر همکاری صمیمانه و در اختیار گذاشتن تجهیزات آزمایشگاهی کمال تشکر و قدردانی را می نمایند.

منابع

- ۱- خزیمه نژاد، ح. ۱۳۹۱. بررسی اثر ابعاد و موقعیت قرارگیری بطوقه بر آبشستگی موضعی ایجاد شده در محله تکیه گاهپل، گاهپل، پایان نامه دکتریدر رشته سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۲- شفاعیبجستان، م. ۱۳۷۸. مبانی نظری و عملی هیدرولیک انتقال رسوب، انتشارات دانشگاه شهید چمران، چاپ اول.
- 3- Barbhuiya, A.K. and Dey, S. 2004. Local scour at abutments: A review, Sadhana, 29(5): 449-476.
- 4- Breusers, H.N.C., Nicollet, G., and Shen, H.W. 1977. Local scour around cylindrical piers. Journal of Hydraulic Research, 15(3): 211-252.
- 5- Chiew, Y.M. 1984. Local scour at bridge piers, University of Auckland, Department of Civil Engineering, Report No. 355.
- 6- Chiew, Y. M. Melville, B. W. 1987. Local scour around bridge piers, J. Hyd. Res., 25,(1): 15-26.
- 7- Ettema, R. 1980. Scour at bridge piers, Rep. No. 216, School of Engineering, University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- 8- Graf, W. H. 1996. Fluvial Hydraulics, John Wiley & Sons, N.Y. Hyd. Res., IAHR, 43(4): 445-448.
- 9- Kothyari, U. C. Garde, R. C. and Raju, K. G. R. 1992. Temporal variation of scour around circular bridge piers. J. Hydraul. Engrg., 118(8): 1091-1106
- 10- Li, H., Kuhnle, R.A. and Barkdoll, B.D. 2006. Countermeasures Against Scour At Abutments. Report No. 49, USDA Agricultural Research Service.
- 11- Laursen, E. M. and Toch, A. 1956. Scour around bridge piers and abutments. Bull. No. 4, Iowa Highway Res. Board.
- 12- Melville, B.W. 1992. Local Scour at Bridge Abutments, J. Hydraul. Eng., ASCE, 118(4): 615-631.
- 13- Raudkivi, A., and Ettema, R. 1983. Clear-water scour at cylindrical piers. Journal of Hydraulic Engineering, 109(3): 338-350.
- 14- Shen, H. W. Schneider, V. R. Karaki, S. S. 1966. Mechanics of local scour, Civil Engineering Department, Colorado State University. Shen
- 15- Sturm, T. W., Ettema, R., Melville, B. W. 2011. Evaluation of bridge-scour research: Abutment and contraction scour processes and prediction. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies.