



دانشکده مهندسی زراعی
پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی

عنوان پایان نامه

بررسی آزمایشگاهی کاربرد آستانه در کاهش آبشستگی در اطراف گروه
پایه کج

نام دانشجو:

سیده سمیرا سعادت‌نی پاچه‌کناری

استادان راهنما:

دکتر: رامین فضل‌اولی

دکتر: مهدی اسمعیلی ورکی

بهمن ۱۳۹۲



به نام خدا

صورت جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

شماره:

تاریخ:

جلسه دفاع از رساله آقای/خانم: سیده سمیرا سعادت پاجهنکاری ، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته: سازه های آبی ، به شماره دانشجویی ۹۰۴۲۴۵۸۳۶ دوره: شبانه روزانه گرایش: - ، در ساعت: ۱۳ روز: سه شنبه ، مورخ: ۱۳۹۲/۱۱/۰۸ در محل: کلاس ۸۰۰ دانشکده: مهندسی زراعی ، با حضور امضاء کنندگان ذیل تشکیل گردید. پس از بررسی های لازم، پایان نامه نامبرده بنا به رای هیأت داوران با نمره به عدد: ۱۹٫۵ ، و با درجه: عالی بدون اصلاحات پذیرفته شد. با اصلاحات پذیرفته شد (دانشجو موظف است تا تاریخ: رساله اصلاح شده خود را که به تأیید: رسیده است به گروه آموزشی تحویل دهد). مردود شناخته شد.

عنوان پایان نامه: بررسی آزمایشگاهی کاربرد آستانه در کاهش آبسنگی در اطراف گروه پایه کج

هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	دانشکده	دانشگاه	امضاء
استاد راهنما	دکتر رامین فضل اولی	استادیار	مهندسی آب	مهندسی زراعی	علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	
استاد راهنما	دکتر مهدی اسمعیلی ورکی	استادیار	"	دانشکده کشاورزی	دانشگاه گیلان	
داور	دکتر علیرضا عمادی	استادیار	"	"	علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	
داور	دکتر محسن مسعودیان	استادیار	"	"	"	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر سید رضا موسوی سیدی	استادیار	مکانیک	"	"	

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری است.

تقدیم به مهربان فرشتگانی که

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه‌های یکتا و

زیبای زندگی‌م، مدیون حضور سبز آنهاست

سپاسگزاری

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. بعد از مدتها و پس از پیمودن راههای فراوان که با حضور شیرین اساتید عزیزم، با راهنمایی‌ها و دغدغه‌های فراوانشان و شیطنتهای زیبای آن دوران، نگاه‌های پدر و مادرم، با چشم‌های پر از برق شوق و زیبایی حضور آن‌ها در کنارم، که خستگی‌های این راه را به امید و روشنی راه تبدیل کردند و امیدوارم بتوانم در آینده ای نزدیک جوابگوی این همه محبت آنها باشم. اکنون، با احترام فراوان برای این همه تلاش این عزیزان برای موفقیت من، از پدر و مادرم و استاتید گرامیم، که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند، سپاسگذاری می‌کنم، امیدوارم قادر به درک زیبایی‌های وجودشان باشم.

چکیده

با قرارگیری پایه پل در مقابل جریان، گرداب‌هایی در مقابل آن شکل گرفته که در نتیجه فعالیت آن مواد بستر پیرامون پایه فرسایش یافته و چاله آبستگي شکل می‌گیرد و در صورت کافی نبودن عمق پی و شمع‌های پایه پل، شکست پل را به دنبال خواهد داشت. یکی از روش‌های کاهش آبستگي اطراف پایه‌های پل، استفاده از آستانه در مجاورت پایه می‌باشد. در تحقیق حاضر تاثیر موقعیت آستانه بر ابعاد چاله آبستگي اطراف گروه پایه کج در شرایط مختلف هیدرولیکی و رقوم کارگذاری فونداسیون بصورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. گروه پایه‌ای مورد بررسی متشکل از دو پایه کج مستطیلی با ابعاد ۲/۵ در ۳/۵ سانتیمتر بوده که با زاویه ۲۸ درجه بر روی فونداسیونی با ابعاد ۱۰ در ۱۶ سانتیمتر نصب شده بود. آزمایش‌ها تحت شرایط مختلف موقعیت آستانه (در مقابل، وسط و پشت فونداسیون)، سرعت و عمق جریان و نیز رقوم‌های نسبی مختلف کارگذاری فونداسیون (فاصله روی فونداسیون تا سطح بستر نسبت به عرض پایه)، ۱-، ۰/۵-، صفر و ۱+، انجام شد. مقایسه نتایج نشان داد که استقرار آستانه در مقابل فونداسیون بیشترین تاثیر را در کاهش حداکثر عمق آبستگي دارد. در تحقیق حاضر تاثیر موقعیت قرارگیری آستانه در جلو، میانه و پایین‌دست فونداسیون در گروه پایه کج برای شرایط مختلف عمق و سرعت جریان مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه نتایج طول و عمق آبستگي به عنوان مهم‌ترین پارامترهای تحلیل آبستگي نشان داد که استقرار آستانه در بالادست، وسط و پایین‌دست در دامنه عمق‌های و سرعت‌های مورد بررسی باعث کاهش عمق آبستگي به‌طور متوسط ۳۷، ۳۳ و ۱۲ درصد شده است. مقایسه نتایج نشان داد که در شرایط استقرار آستانه برای وضعیت‌های مختلف، طول آبستگي وابسته به تراز کارگذاری فونداسیون است. در شرایط کارگذاری فونداسیون برای نسبت تراز استقرار به عرض (Z/D_*) معادل ۱- و ۱، به دلیل تمرکز گردابه‌ها در چاله آبستگي طول آن افزایش می‌یابد ولی در سایر ترازهای کارگذاری، استقرار آستانه باعث کاهش طول آبستگي شده است.

واژه‌های کلیدی: کاهش آبستگي، آستانه، گروه پایه کج، رقوم کارگذاری فونداسیون

فصل اول (کلیات و تعاریف مقدماتی آبخستگی)

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق	۲
۳-۱- روش انجام تحقیق و نحوه تدوین پایان نامه	۳
۴-۱- تعریف آبخستگی	۵
۵-۱- انواع آبخستگی	۵
۶-۱- آستانه حرکت رسوبات	۹

فصل دوم (مروری بر منابع)

۱-۲- مقدمه	۱۶
۲-۲- مروری بر مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی آبخستگی اطراف پایه‌های پل	۱۶
۳-۲- مروری بر مطالعات آزمایشگاهی در خصوص کنترل آبخستگی پایه پل	۴۱

فصل سوم (روش انجام آزمایش)

۱-۳- مقدمه	۴۸
۲-۳- تجزیه و تحلیل ابعادی	۴۸
۳-۳- تجهیزات آزمایشگاهی	۴۹
۴-۳- روش انجام آزمایش‌ها	۵۶

فصل چهارم (تجزیه و تحلیل نتایج)

۱-۴- مقدمه	۶۲
۲-۴- بررسی تاثیر آستانه بر تغییرات ابعاد چاله آبخستگی برای شرایط $Z/D_* = 1$	۶۲
۳-۴- بررسی تاثیر آستانه بر تغییرات ابعاد چاله آبخستگی برای شرایط $Z/D_* = 0$	۶۷
۴-۴- بررسی تاثیر آستانه بر تغییرات ابعاد چاله آبخستگی برای شرایط $Z/D_* = -0.5$	۷۴
۵-۴- بررسی تاثیر آستانه بر تغییرات ابعاد چاله آبخستگی برای شرایط $Z/D_* = -1$	۷۸

فصل پنجم (نتیجه گیری)

۱-۵- مقدمه	۸۴
۲-۵- جمع بندی نتایج	۸۴
۳-۵- ارائه پیشنهادات	۸۸

فهرست شکل‌ها

عنوان

صفحه

- شکل ۱-۱-۱- نمایی از پل هشتم اهواز ۳
- شکل ۲-۱- نمایش چگونگی وقوع آبشستگی عمومی ناشی از تنگ‌شدگی مقطع رودخانه (وزارت نیرو، ۱۳۸۸). ۶
- شکل ۳-۱- الگوی جریان پیچیده متشکل از سیستم گردابه‌ای در اطراف پایه پل دایره‌ای شکل (ملویل ۱۹۸۸). ۷
- شکل ۴-۱- بررسی تغییرات عمق آبشستگی با زمان و سرعت جریان بین آبشستگی آب زلال و آبشستگی بستر متحرک ۸
- شکل ۵-۱- آبشستگی کلی در محل قرارگیری پل (ملویل و کلمن ۲۰۰۰). ۹
- شکل ۶-۱- دیاگرام شیلدز ۹
- شکل ۷-۱- مکانیزم آبشستگی اطراف پایه‌های پل ۱۱
- شکل ۸-۱- نمایی تقریبی از چگونگی تشکیل گرداب نعل اسبی از زاویه دید جانبی ۱۲
- شکل ۹-۱- الگوی جریان اطراف یک پایه قائم استوانه‌ای (رامباثو و همکاران، ۲۰۰۲). ۱۳
- شکل ۱۳-۱- تصحیح برای نسبت قطر پایه به قطر متوسط رسوبات (اتما ۱۹۸۰). ۲۰
- شکل ۲-۳- ضریب K_{σ} بعنوان تابعی از انحراف استاندارد هندسی δg ذرات (رادکیوی و اتما ۱۹۸۳). ۲۱
- شکل ۳-۲- نمودار ضریب تصحیح زاویه برخورد جریان (ملویل و ساترلند ۱۹۸۸). ۲۲
- شکل ۴-۲- آبشستگی در پایه‌های مخروطی شکل (بروزر و رادکیوی ۱۹۹۱). ۲۴
- شکل ۵-۳- چگونگی تخمین پارامتر T_1 ۲۶
- شکل ۶-۲- ضریب KI در مقابل شدت جریان (ملویل ۱۹۹۷). ۲۹
- شکل ۷-۲- ضریب Kd در مقابل نسبت قطر پایه به اندازه رسوب (ملویل ۱۹۹۷). ۲۹
- شکل ۸-۲- نمودار ارائه شده جهت بررسی تأثیر عمق جریان بر آبشستگی موضعی (ملویل و کلمن ۲۰۰۲). ۳۷
- شکل ۹-۲- نمودار عمق نسبی جریان در برابر ضریب تصحیح آن (اتما ۱۹۸۰). ۳۷
- شکل ۱-۳- نمایی از فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده الف) طرح کلی فلوم و ب) نمای داخل فلوم ۵۰
- شکل ۲-۳- نمایی از دریچه انتهایی فلوم ۵۰
- شکل ۳-۳- نمایی از پمپ سانتریفیژ ۵۱
- شکل ۴-۳- نمایی از سرریز لبه تیز مثلثی ۵۱
- شکل ۵-۳- منحنی دبی-اشل سرریز فلوم آزمایشگاهی ۵۲
- شکل ۶-۳- نمایی از متر لیزری ۵۳
- شکل ۷-۳- تصویری از دستگاه عمق سنج لحظه‌ای ۵۳
- شکل ۸-۳- نمایی از تراز قرارگیری فونداسیون در شرایط مختلف ۵۴
- شکل ۹-۳- نمایی از مراحل تراز نمودن بستر و فونداسیون ۵۵
- شکل ۱۰-۳- نمایی از نحوه نصب آستانه و تراز نمودن بستر جهت انجام آزمایش ۵۶
- شکل ۱۱-۳- موقعیت قرارگیری آستانه ۵۶
- شکل ۱۲-۳- توسعه زمانی آبشستگی برای $U/U_c = 0.95$ و $y/D_* = 1$ ۵۸
- شکل ۱۳-۳- نحوه ورود اولیه آب به فلوم ۶۰
- شکل ۱۴-۳- نمایی از آشکار سازی الگوی جریان در ترازهای مختلف ۶۱
- شکل ۱-۴- توسعه زمانی آبشستگی برای سرعت نسبی 0.95 و $Z/D_* = 1$ ، الف) عمق نسبی ۱ و ب) عمق نسبی ۳ ۶۳
- شکل ۲-۴- نیمرخ نهایی آبشستگی برای موقعیت مختلف آستانه، در سرعت نسبی 0.8 ۶۴
- شکل ۳-۴- نیمرخ نهایی آبشستگی برای موقعیت مختلف آستانه، در سرعت نسبی 0.95 ۶۴
- شکل ۵-۴- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه میانی در تراز نسبی یک و سرعت نسبی 0.95 ۶۵

- شکل ۴-۶- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه جلویی در تراز نسبی یک و سرعت نسبی $0/95$ ۶۵
- شکل ۴-۷- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه انتهایی در تراز نسبی یک، عمق نسبی ۳ و سرعت نسبی $0/95$... ۶۶
- شکل ۴-۸- الگوی خط جریان نزدیک شونده به فونداسیون برای تراز نسبی کارگذاری ۱، $U/U_c=0.95$ و $y/D_* = 3$ ۶۷
- شکل ۴-۹- نمایی از گردابه شکل گرفته در اطراف فونداسیون با و بدون استقرار آستانه جلویی..... ۶۷
- شکل ۴-۱۰- توسعه زمانی آبشستگی در طرفین فونداسیون برای آستانه جلویی در $z/D_* = 0$ ، سرعت نسبی $0/95$ ۶۸
- شکل ۴-۱۱- توسعه زمانی آبشستگی در شرایط استقرار آستانه میانی، $z/D_* = 0$ ، سرعت نسبی $0/95$ ۶۹
- شکل ۴-۱۲- آشکارسازی الگوی جریان در تراز نسبی کارگذاری $z/D_* = 0$ برای عمق‌های نسبی ۱ و ۳..... ۷۰
- شکل ۴-۱۳- توسعه زمانی آبشستگی در شرایط استقرار آستانه انتهایی، $z/D_* = 0$ ، سرعت نسبی $0/95$ ۷۱
- شکل ۴-۱۴- نیمرخ نهایی آبشستگی برای موقعیت مختلف آستانه، در سرعت نسبی $0/8$ و تراز نسبی ۰..... ۷۲
- شکل ۴-۱۵- نیمرخ نهایی آبشستگی برای موقعیت مختلف آستانه، در سرعت نسبی $0/95$ و تراز نسبی ۰..... ۷۳
- شکل ۴-۱۶- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه میانی در تراز نسبی ۰ و عمق نسبی ۱۰..... ۷۳
- شکل ۴-۱۷- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه میانی در تراز نسبی ۰ و عمق نسبی ۳۰..... ۷۴
- شکل ۴-۱۸- توسعه زمانی آبشستگی برای آستانه جلویی برای سرعت نسبی $0/95$ و تراز نسبی $-0/5$ ۷۵
- شکل ۴-۱۹- آشکارسازی الگوی جریان در تراز نسبی کارگذاری $z/D_* = -0.5$ و عمق نسبی ۳..... ۷۵
- شکل ۴-۲۱- نیمرخ نهایی آبشستگی برای موقعیت مختلف آستانه، در سرعت نسبی $0/8$ و تراز نسبی $-0/5$ ۷۶
- شکل ۴-۲۲- نیمرخ نهایی آبشستگی برای موقعیت مختلف آستانه، در سرعت نسبی $0/95$ و تراز نسبی $-0/5$ ۷۷
- شکل ۴-۲۳- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه میانی در تراز نسبی $-0/5$ و عمق نسبی ۱..... ۷۸
- شکل ۴-۲۴- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه میانی در تراز نسبی $-0/5$ و عمق نسبی ۳..... ۷۸
- شکل ۴-۲۵- توسعه زمانی آبشستگی برای سرعت نسبی $0/95$ و تراز نسبی ۱-، الف) عمق نسبی ۱..... ۷۹
- شکل ۴-۲۶- نیمرخ نهایی آبشستگی برای موقعیت مختلف آستانه، در تراز نسبی ۱-، الف) $y/D_* = 1$ و ب) $y/D_* = 3$ ۸۰
- شکل ۴-۲۷- نیمرخ نهایی آبشستگی برای موقعیت مختلف آستانه، در تراز نسبی ۱-، الف) $y/D_* = 1$ و ب) $y/D_* = 3$ ۸۱
- شکل ۴-۲۸- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه میانی در تراز نسبی ۱-، عمق نسبی ۱-..... ۸۱
- شکل ۴-۲۹- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه میانی در تراز نسبی ۱-، عمق نسبی ۳..... ۸۲
- شکل ۴-۳۰- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه انتهایی در تراز نسبی ۱-، عمق نسبی ۱..... ۸۲
- شکل ۴-۳۱- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه انتهایی در تراز نسبی ۱-، عمق نسبی ۳..... ۸۲
- شکل ۴-۳۲- توپوگرافی بستر نهایی آبشستگی برای آستانه جلویی در تراز نسبی ۱-، عمق نسبی ۱..... ۸۳
- شکل ۴-۳۳- الگوی خط جریان نزدیک شونده به فونداسیون برای تراز نسبی کارگذاری ۱- $U/U_c = 0.95$ ۸۳

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۲۳.....	جدول ۱-۲- شکل KS برای پایه با شکل‌های مختلف (ساترلندو ملویل ۱۹۸۸).....
۲۹.....	جدول ۲-۲- ضریب شکل KS برای انواع شکل پایه (ملویل ۱۹۹۷).....
۳۰.....	جدول ۲-۲- ضریب $K\theta$ به ازای زوایای مختلف راستای پایه نسبت به محور جریان (ملویل ۱۹۹۷).....
۳۳.....	جدول ۲-۳- روابط ارائه شده برای محاسبه حداکثر عمق آبشستگی.....
۳۴.....	ادامه جدول ۲-۳- روابط ارائه شده برای محاسبه حداکثر عمق آبشستگی.....
۳۵.....	ادامه جدول ۲-۳- روابط ارائه شده برای محاسبه حداکثر عمق آبشستگی.....
۸۶.....	جدول ۵-۱- طول و حداکثر عمق چاله آبشستگی با آستانه انتهایی.....
۸۷.....	جدول ۵-۲- طول و حداکثر عمق چاله آبشستگی با آستانه جلویی.....
۸۸.....	جدول ۵-۳- طول و حداکثر عمق چاله آبشستگی با آستانه میانی.....

لیست علائم و اختصارات

- D : قطر پایه
 D_* : عرض فونداسیون
 d_{50} : قطر متوسط ذرات
 d_0 : عمق جریان
 d_{eu} : اندازه موثر ذرات
 d_s : عمق حفره آبشستگی
 d_{se} : عمق تعادل آبشستگی
 Fr : عدد فرود
 g : شتاب ثقل
 H_p : ارتفاع پشته آبشستگی
 K_d : ضریب اندازه ذرات
 K_{d_0} : ضریب عمق جریان
 K_G : ضریب معرف هندسه کانال
 K_{in} : ضریب کج شدگی پایه به پایین دست
 K_s : ضریب شکل
 K_{yw} : ضریب معرف عمق نسبی
 K_α : ضریب زاویه برخورد جریان به دماغه پایه
 K_σ : ضریب غیر یکنواختی مصالح
 L_p : طول پشته آبشستگی
 L_s : طول حفره آبشستگی
 P : فشار
 Q : دبی جریان
 Re_* : رینولدز سرعت برشی
 T_1 : زمان سپری شده برای توسعه آبشستگی
 t : زمان سپری شده
 t_e : زمان تعادل
 U : سرعت در راستای عرض
 u_* : سرعت برشی
 u_{*c} : سرعت برشی بحرانی
 V : سرعت در راستای طول
 γ_s : وزن مخصوص رسوب
 γ_f : وزن مخصوص سیال
 θ_* : پارامتر شیلدز
 ρ : چگالی ذرات بستر
 ρ_f : چگالی سیال

σ_g : انحراف معیار ذرات بستر

τ : تنش برشی

فصل اول

کلیات

آبشستگی در اطراف پایه‌های پل یکی از پارامترهای مهم در طراحی ایمن این نوع از سازه‌ها می‌باشد. طبق گزارش‌های منتشر شده، تخریب پل‌ها در بیشتر موارد به دلیل در نظر نگرفتن نقش عوامل هیدرولیکی به ویژه حداکثر مقدار آبشستگی در مرحله طراحی و ساخت آنها می‌باشد. زندگی بشر در طول تاریخ در کنار رودخانه‌ها و سواحل شکل گرفته و این خود به معنی رویارویی دائم انسان با عوارض این پدیده است. به دلیل پیچیدگی‌های رفتاری خاص این پدیده در شرایط گوناگون و همچنین تعداد زیاد پارامترهای موثر در آن، همچنان بررسی آن مورد توجه محققین علم هیدرولیک می‌باشد.

طبق گزارشات منتشر شده در طول ۳۰ گذشته سال بیش از هزار پل از میان ۶۰۰۰۰۰ پل موجود در ایالات متحده دچار تخریب و نقصان شده‌اند، که در این میان ۶۰ درصد این خرابی‌ها ناشی از آبشستگی گزارش شده است (شیرهول و هالت، ۱۹۹۱)^۱. آبشستگی موضعی مسئول تخریب ۱۷ پل در نیویورک و نیوانگلند در خلال سیلاب‌های بهار سال ۱۹۸۷ می‌باشد. بر اساس گزارش اداره راه فدرال آمریکا از تخریب ۳۸۳ پل به دلیل سیلاب‌های مخرب سال ۱۹۷۳، ۲۵ درصد خرابی‌ها در اثر تخریب پایه و ۷۵ درصد در اثر تخریب کوله‌ها یا تکیه‌گاه‌های پل بوده است.

سیلاب سال ۱۹۹۳ در می‌سی‌سی‌پی شمالی باعث تخریب ۲۳ پل با تخمین حدود ۱۵ میلیون دلار خسارت شد. در سیلاب حاصل از طوفان آلبرتو در سال ۱۹۹۴ در جورجیا، بیش از ۵۰۰ پل دچار آبشستگی شدید شده و ۷۳ دهنه از آنها نیاز به تعمیر اساسی و یا تعویض پیدا نمود (ریچاردسون و همکاران، ۲۰۰۱).

از مدل‌های فیزیکی به عنوان یک کمک برای طراحی در مراحل اولیه استفاده می‌گردد. بسیاری از پدیده‌های هیدرولیک که در طبیعت رخ می‌دهد، بیش از حد پیچیده‌اند که نیاز است با مدل سازی فیزیکی آنها پارامترهای مهم شناسایی و مکانیزم‌های مهم حاکم بر پدیده مطالعه شوند (شارپ ۱۹۸۱).

مدل‌های عددی اساساً مبتنی بر تئوری‌ها و روابط ریاضی می‌باشد، به طوریکه در ابتدا با استفاده از روابط مربوط به فرسایش و تئوری‌های ارائه شده در رابطه با هیدرولیک پل‌ها و آبشستگی، یک مدل ریاضی

^۱. Shirhole and Holt (1991)

تهیه می‌گردد. پس از این مرحله و با توجه به مدل ریاضی تهیه شده، یک مدل کامپیوتری که قابل انطباق با شرایط و حالات مختلف آبشستگی باشد، ساخته می‌شود (ریچاردسون، ۱۹۹۳).

استفاده از داده‌های صحرایی پل‌های ساخته شده، مشکلات موجود به صورت بازرسی (نظارت)، شناسائی شده و طرح مورد نظر در برابر تهدیدات آبشستگی، محافظت و تقویت می‌گردد. البته باید توجه داشت که تجهیزات دارای قابلیت رفتارسنجی آبشستگی مورد استفاده در این روش، بسیار گران و پرهزینه می‌باشند (پیس و هی، ۱۹۹۳).^۱

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

نیاز به عبور از رودخانه و ایجاد ارتباط بین دو ساحل دارای جایگاه ویژه در توسعه جوامع شهری و مناطق صنعتی بوده و در نتیجه آن، پل‌های زیادی احداث شده است. با قرار گرفتن پایه پل در جریان آب در رودخانه‌ها، آبشستگی در اطراف آن شکل گرفته و در صورت عدم اتخاذ تمهیدات حفاظتی مناسب، تخریب پل به ویژه در زمان سیلاب‌ها را به همراه خواهد داشت و در نتیجه آن مشکلات بهره‌برداری، اقتصادی و اجتماعی ایجاد می‌شود. از این رو شناخت مکانیزم موثر بر آبشستگی پایه‌های پل و برآورد ابعاد آن از اهمیت بالایی در طراحی پل‌ها می‌باشد. آبشستگی محلی در پایه پل و کناره‌ها در بستر رسوبی علل عمده شکست پایه‌های پل است. ۷۹ درصد آبشستگی مربوط به آبشستگی محلی و ۵ درصد مربوط به انقباض گزارش شده است.

از این رو مطالعه مکانیزم حاکم بر پدیده آبشستگی، شناخت عوامل موثر بر آن و اتخاذ راهکارهایی جهت کاهش آبشستگی از اهمیت زیادی برخوردار است.

به جهت اهمیت موضوع مربوط به آبشستگی اطراف پایه‌های پل، تاکنون تحقیقات زیادی در این رابطه انجام شده است با وجود این به دلیل پیشرفت فناوری ساخت پل‌ها به اشکال مختلف، که نمونه ای از آن در سطح کشور، پل هشتم اهواز می‌باشد. در این نوع از پایه‌های پل به دلیل ترکیب همزمان تاثیر کج‌شدگی پایه‌ها، فونداسیون و سپرشدگی پایه دوم از پیچیدگی زیادی برخوردار است.

^۱ . Paice and Hey(1993)

نیاز به تحقیق در این رابطه ضروری به نظر می‌رسد. از جمله این اشکال، پل‌ها با گروه پایه کج است که نمایی از این پل که در شکل (۱-۱) نشان داده شده است



شکل ۱-۱- نمایی از پل هشتم اهواز

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی در خصوص کاهش آبستگی در این نوع از پایه‌های پل صورت نگرفته است، هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیرگذاری موقعیت آستانه، در شرایط مختلف هیدرولیکی نظیر سرعت و عمق جریان و رقوم کارگذاری فونداسیون بر تغییرات آبستگی اطراف پایه گروه کج می‌باشد.

۳-۱- روش انجام تحقیق و نحوه تدوین پایان نامه

پایان نامه حاضر مشتمل بر پنج فصل می‌باشد. پس از پرداختن به کلیات و مقدمه‌ای بر بررسی تعریف آبستگی و مروری مختصر بر مکانیزم و الگوی جریان حول پایه خواهیم پرداخت. مروری بر تحقیقات گذشته به صورت خلاصه در دو زمینه آبستگی آزمایشگاهی و صحرایی، همچنین کنترل آبستگی با روش‌های مختلف در فصل دوم انجام می‌شود که با توجه به زمینه آزمایشگاهی تحقیق حاضر، بیشتر مطالب

این فصل به بررسی این دسته از تحقیقات اختصاص می‌یابد. در فصل سوم ضمن معرفی پارامترهای موثر بر پدیده، تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق، به نحوه انجام آزمایش‌ها و دامنه پارامترهای مورد بررسی اشاره می‌گردد. در فصل چهارم به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته و در فصل پنجم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۱-۴- تعریف آبشستگی

شناخت مکانیزم آبشستگی و الگوی جریان حول پایه علاوه بر اینکه در تفسیر پدیده‌های مشاهده و اندازه‌گیری شده در حین آزمایش‌ها یا مشاهدات صحرایی کاربرد دارد، می‌تواند به عنوان ابزاری مطلوب جهت ارائه روش‌های طراحی و حفاظتی استفاده شود. آبشستگی یعنی فرسایش ناشی از حرکت آب در مجاورت بستر یا دیواره‌های قابل حرکت که در طی این فرایند آب تا جایی که توانایی حرکت دادن ذرات رسوب را داشته باشد، آنها را با خود حمل می‌کند و با از دست رفتن این ظرفیت عمل رسوب‌گذاری اتفاق می‌افتد (رادکیوی و اتمه، ۱۹۸۳)^۱. در واقع ذرات موجود در بستر، تا زمانی در برابر حرکت مقاومت می‌کنند که نیروی وارده بر آنها از نیروی وزن آنها کمتر باشد و زمانی که برآیند نیروهای وارد به ذرات از نیروی مقاوم بیشتر شد، ذرات شروع به حرکت می‌کنند. این حرکت ذرات، ابتدا در سطح و سپس با گذشت زمان در عمق نیز مشاهده می‌شود.

آبشستگی در اثر تأثیر متقابل هندسه آبراهه، بستر و مشخصات جریان در اطراف یک سازه هیدرولیکی به طور موضعی ایجاد می‌گردد که در اثر آن شکل بستر جریان در اثر آبشستگی تغییر می‌کند. تغییر شکل بستر در اثر آبشستگی سبب تهدید پایداری سازه‌های هیدرولیکی می‌گردد (ناصحی، ۱۳۸۶). عمق آبشستگی را عمق ناشی از فرسایش نسبت به تراز اولیه می‌دانند که البته در بررسی‌های آبشستگی و اقدامات حفاظتی، حداکثر عمق آبشستگی را مد نظر قرار می‌دهند. ساماندهی و تعیین مشخصه‌های سازه‌های حفاظت مستلزم شناخت صور مختلف آبشستگی می‌باشد.

۱-۵- انواع آبشستگی

آبشستگی‌ها بر اساس مدت زمان لازم برای شکل‌گیری و نیز توسعه آن به دسته‌های زیر طبقه‌بندی می‌شود.

۱-۵-۱ آبشستگی عمومی

با افزایش دبی یا سرعت جریان تنش برشی وارد بر بستر و جدار کانال افزایش می‌یابد که در نتیجه آن آبشستگی عمومی در طول مجرای آبرفتی رخ می‌دهد. بسته به طول دوره‌ی زمانی، آبشستگی عمومی به

^۱. Raudkivi and Ettema (1983)

آبشستگی‌های بلند مدت (کاهش عمومی تراز بستر، جابه‌جایی طولی و عرضی در پلان رودخانه و غیره) و کوتاه مدت که در یک دوره کوتاه مانند عبور سیلاب، طبقه‌بندی می‌گردند.

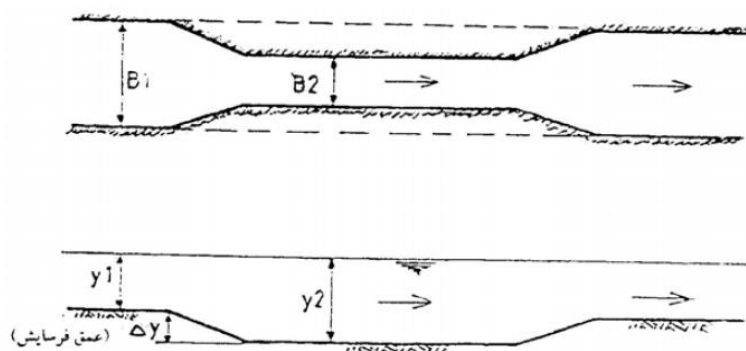
۱-۵-۲- آبشستگی موضعی

هر گاه فرسایش در منطقه محدودی از آبراهه به وقوع بپیوندد به آن آبشستگی موضعی گفته می‌شود. این آبشستگی ناشی از ایجاد تغییرات موضعی توسط انسان در مسیر رودخانه بوده و به دو دسته ی آبشستگی ناشی از تنگ شدگی و موضعی ناشی از پایه پل تقسیم می‌شود.

الف) آبشستگی محلی ناشی از تنگ شدگی

تنگ شدگی می‌تواند ناشی از ایجاد پایه‌های پل متعدد در مسیر رودخانه باشد، که باعث تنگ شدگی عرضی مقطع رودخانه می‌شود و سرعت جریان در اثر تنگ شدگی افزایش یافته و ظرفیت حمل رسوب زیاد می‌شود.

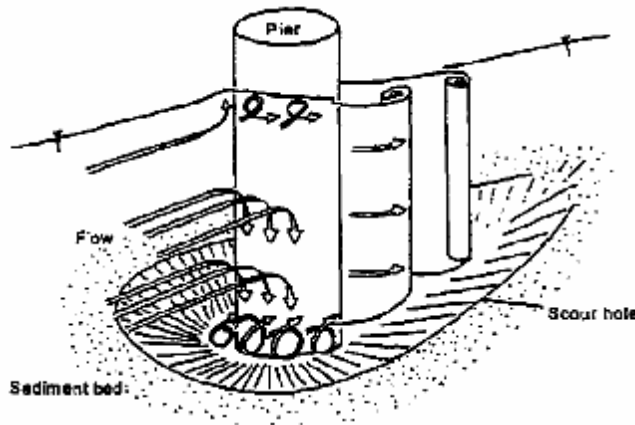
در این شرایط بستر در آن ناحیه دچار فرسایش شده تا جاییکه سطح مقطع آنقدر افزایش یابد که از ظرفیت حمل رسوب در آن ناحیه کاسته شده و برابر ظرفیت حمل رسوب جریان رودخانه گردد. این افزایش سطح مقطع از طریق فرسایش کف و افزایش عمق صورت می‌گیرد. آبشستگی انقباضی، با کاهش سطح مقطع بستر رودخانه به علت نزدیک شدن جریان ورودی بین دو پایه پل موجود در بستر رودخانه ایجاد می‌شود (بریود و همکاران، ۲۰۰۴).



شکل ۱-۲- نمایش چگونگی وقوع آبشستگی عمومی ناشی از تنگ‌شدگی مقطع رودخانه (وزارت نیرو، ۱۳۸۸).

ب) آبشستگی موضعی ناشی از پل

وقتی سازه در مسیر جریان واقع شود، در اثر برخورد جریان آب با آن سازه الگوی جریان پیچیده‌ای ناشی از گردابه‌ها در اطراف آن سازه شکل می‌گیرد. این گردابه‌ها در ابتدا توانایی بالایی از نظر فرسایش و حمل رسوب دارند. در نتیجه فعالیت آنها در اطراف سازه گودالی حفر می‌شود، که به آن حفره آبشستگی گفته می‌شود.



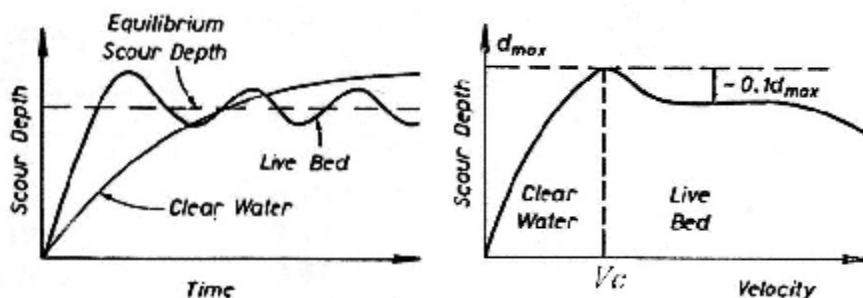
شکل ۱-۳- الگوی جریان پیچیده متشکل از سیستم گردابه‌ای در اطراف پایه پل دایره‌ای شکل (ملویل ۱۹۸۸)

این حفره با گسترش در سطح و عمق باعث خرابی سازه‌هایی که مهمترین آن‌ها پل‌ها می‌باشند، خواهد شد.

انواع آبشستگی محلی از لحاظ چگونگی حمل رسوب از بالادست و شرایط جریان به دو دسته آبشستگی آب زلال و بستر متحرک تقسیم می‌شوند.

در حالت آبشستگی آب زلال بستر واقع در بالادست سازه که در مسیر جریان قرار گرفته است ثابت بوده و در حقیقت جریان توانایی فرسایش بستر بالادست را ندارد. در این نوع آبشستگی هیچگونه تغذیه رسوبی از بالادست به داخل حفره رخ نمی‌دهد.

در آبشستگی بستر متحرک بر خلاف حالت قبل بستر بالادست سازه بر اثر شرایط جریان موجود در حال فرسایش است و رسوبات فرسایش یافته به پایین دست حرکت نموده، به داخل حفره وارد می‌گردند. به عبارت دیگر تغذیه رسوب از بالادست به سمت حفره‌ی آبشستگی می‌باشد.



شکل ۱-۴- بررسی تغییرات عمق آبشستگی با زمان و سرعت جریان بین آبشستگی آب زلال و آبشستگی بستر متحرک (رادکیوی و اتما ۱۹۸۳)

بررسی‌ها نشان می‌دهد، که در آبشستگی بستر متحرک سرعت شکل‌گیری حداکثر عمق و حفرة آبشستگی نسبت به حالت زلال بیشتر است.

در آبشستگی بستر متحرک به علت ورود رسوبات از بالادست حداکثر عمق آبشستگی دچار نوسان شده و حول یک مقدار میانگین کم و زیاد می‌گردد. با گذشت زمان طولانی حداکثر عمق آبشستگی در حالت آب زلال بیشتر از میانگین عمق‌های حداکثر مشاهده شده در حالت بستر متحرک می‌باشد. با افزایش سرعت به تدریج بر میزان فرسایش موضعی افزوده شده تا جاییکه بستر بالادست هم در آستانه فرسایش قرار می‌گیرد.

۱-۵-۳- آبشستگی کلی

آبشستگی کلی که به صورت واقعی در طبیعت رخ می‌دهد، مجموع سه نوع آبشستگی عمومی، تنگ‌شدگی و موضعی می‌باشد. در نتیجه در هنگام طراحی سازه‌های واقع در داخل یا کنار بستر رودخانه‌ها می‌بایست اثر هر سه نوع آبشستگی لحاظ شود. به بیان بهتر بحرانی‌ترین شرایط محتمل برای طراحی بایستی در نظر گرفته شود. شکل (۱-۵) آبشستگی کلی ایجاد شده در اطراف پل را نشان می‌دهد.