دانشکده آب و خاک

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته
مهندسی آب

بررسی آزمایشگاهی کنترل آبشستگی پایه پل با استفاده از مواد نانو ساختار در جریان غیرماندگار

پژوهش و نگارش:
احسان قاسمی

استاد راهنما:
دکتر عبدالرضا ظهیری

اساتید مشاور:
دکتر امیراحمد دهقانی
دکتر مهدی مفتاح هلقی

پاییز ۱۳۹۳

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت‌های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

۱. این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی- پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است مگر آنکه در متن به نویسنده یا پدید آورنده اثر ارجاع داده شده باشد.

۲. چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.

۳. انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه:

به فارسی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

و به انگلیسی: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.

۴. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.

۵. تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.

اینجانب **احسان قاسمی**دانشجوی رشته **سازه‌های آبی**مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

تقدیم به

بی‌بدیل‌ترین گنجینه‌های هستی،

پدر گرانقدر و مادر صبورم

تشکر و قدردانی

سپاس پروردگاری را که هرگاه از او هدایت خواستم راهم گشود و هرگاه نور خواستم علمم افزود . بر درگاه او سجده که در لحظه های سخت همواره همراهم بود و اگر لطف بی منتهایش نبود طی دشواری ها برایم ناممکن می شد و اراده در من می خفت و قد کوتاه صبرم هرگز شیرینی خرمای نخیل دانایی را نمی چشید. گذراندن مراحل اجرائی و تدوین این پایان نامه پس از الطاف الهی مدیون راهنمایی و همفکری بزرگوارانی است که بر خود لازم می دانم مراتب سپاس خود را به آنها اعلام دارم.

از خانواده عزیزم

از استاد راهنمای محترم و بزرگوارم **جناب آقای دکتر عبدالرضا ظهیری** که همیشه همراه من بودند و در فراهم نمودن شرایط و امکانات این تحقیق نهایت تلاش را نمودند کمال سپاسگزاری را دارم و همچنین از اساتید مشاور محترم و ارجمند خود **جناب آقای دکتر مهدی مفتاح هلقی** و **جناب آقای دکتر امیراحمد دهقانی** به پاس قبول زحمات این پایان نامه و ارائه نقطه نظرات ارزشمندشان و همچنین از مساعدت و لطف دوستان عزیز و گرانقدرم سرکار خانم **ها مهندس باقری تنها**، **مهندس رباط جزی** و **مهندس قربانی** و کلیه عزیزانی که یاد آنها همواره در خاطرم خواهد ماند، نهایت سپاسگزاری را دارم .

یادم می ماند که به پاس لحظات ارزشمندی که متعلق به خودشان بود و از من دریغ نورزیدند، مدیون شان بمانم و همواره روزهایی سرشار از موفقیت و سربلندی را برایشان آرزومندم.

چکیده

یکی از مسائل عمده و مهم در مباحث مهندسی رودخانه، طراحی و احداث پل‌ها می‌باشد که علاوه بر مسائل پایداری، تخمین عمق آبشستگی در مجاورت پایه‌ها نیز دارای اهمیت بسیاری است. وقوع آبشستگی موضعی یکی از دلایل عمده‌ی عدم پایداری پل‌ها و در نهایت شکست آن‌ها می‌باشد. در حالی که اکثر تحقیقات انجام شده در جریان ماندگار انجام شده است، در رودخانه‌ها معمولاً و به ویژه در شرایط وقوع سیل، جریان غیرماندگار بوده و ممکن است تغییرات دبی جریان نسبتا سریع باشد. از طرفی در نظر گرفتن جریان غیرماندگار موجب پیش بینی واقعی‌تر واقتصادی‌تر عمق بیشینه آبشستگی در اطراف پایه‌های پل می‌گردد. به همین دلیل در این تحقیق آزمایشگاهی تلاش شده است تا روشی نوین جهت کاهش آبشستگی اطراف پایه پل در رودخانه در شرایط جریان غیرماندگار مورد بررسی قرار گیرد. برای دستیابی به این مهم، در رسوب بستر اطراف پایه پل از اختلاط نوعی ماده نانو ساختار به نام نانورس استفاده شد. آزمایش‌ها بر روی پایه پل استوانه ای به قطر۳۵ میلیمتر در یک کانال با طول ۹/۵ متر با عرض و ارتفاع ۴۰ سانتیمتر وشیب کف ۰/۰۰۱ انجام شد. برای شبیه سازی جریان غیرماندگار از هیدروگراف‌های پلکانی مثلثی با زمان اوج ۷/۵ دقیقه و دبی‌های اوج ۸، ۱۲ ، ۱۶ و ۲۰ لیتر بر ثانیه استفاده گردید که در دو حالت رسوب بستر آمیخته با مواد نانوساختار و بدون آن انجام شد. نتایج حاصله نشان داد که با حضور مواد نانو در رسوب بستردر جریان غیر ماندگار، عمق حداکثر آبشستگی به نسبت عدم وجود این مواد حدود ۵۶ تا ۶۳ درصد کاهش می‌یابد. در همه دبی‌های اوج روند آبشستگی در بازه‌های زمانی اولیه در این حالت مشابه حالت عدم وجود این مواد اما با شیب بیشتری اتفاق افتاد. این روند در بازه های زمانی بعدی با شیب کمتری ادامه یافت و در نهایت به یک مقدار ثابت رسید.

کلیدواژگان: آبشستگی موضعی، پایه‌پل، مواد نانوساختار، جریان غیرماندگار، هیدروگراف

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ تعریف آبشستگی ۳

۱-۲-۱ انواع آبشستگی ٤

۱-۲-۲ آبشستگی آب زلال ٥

۱-۲-۳ آبشستگی بستر زنده ۷

۱-۳ مکانیزم آبشستگی موضعی ۸

۱-۳-۱ سیستم گردابی نعل اسبی ۸

۱-۳-۲ سیستم گرداب شیاری ۸

۱-۳-۳ سیستم گردابی دنباله دار ۹

۱-۳-٤ سیستم موج کمانی ۹

۱-٤ پارامترهای موثر بر آبشستگی ۱۱

۱-٤-۱ پارامترهای هندسی ۱۱

۱-٤-۲ پارامترهای هیدرولیکی ۱۱

۱-٤-۳ پارامترهای مربوط به سیال ۱۲

۱-٤-٤ پارامترهای رسوب ۱۲

۱-٥ فرضیه‌های تحقیق ۱۲

۱-٦ اهداف و ضرورت انجام تحقیق ۱۳

۱-۷ ساختار کلی پایان نامه ۱۳

فصل دوم

۲-۱ مقدمه ۱۶

۲-۲ خواص و ویژگی‌های مواد نانو ۱۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۳ عوامل موثر بر آبشستگی ۱۹
۲-۳-۱ تاثیر شکل پایه ۲۰
۲-۳-۲ زاویه برخورد جریان به پایه پل ۲۲
۲-۳-۳ نسبت تنگ شدگی ۲۲
۲-۳-٤ تاثیر عمق جریان ۲۲
۲-۳-۵ تاثیر عرض پایه ۲۳
۲-۳-٦ تاثیر رژیم جریان ۲٤
۲-٤ مدل سازی عددی ۲٦
۲-۵ توسعه زمانی عمق حفره آبشستگی ۲٦
۲-٦ جمع‌بندی کلی مرور منابع ۲۸

فصل سوم

۳-۱ مقدمه ۳۰
۳-۲ تحلیل ابعادی ۳۰
۳-٤ تجهیزات و مواد مورد استفاده در آزمایش ها ۳۱
۳-٤-۱ مشخصات فلوم آزمایشگاهی ۳۱
۳-٤-۲ اندازه‌گیری دبی ۳۲
۳-٤-۳ عمق سنج نقطه‌ای دیجیتالی ۳۳
۳-٤-٤ مشخصات ذرات رسوبی بستر ۳۳
۳-٤-۵ مفهوم آستانه حرکت ذرات ۳۵
۳-۵ نحوه انجام آزمایش ها ۳۵
۳-۵-۱ کالیبره کردن دستگاه تنظیم دبی ۳۵
۳-۵-۲ تعیین زما/ن تعادل آزمایش ها ۳٦

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۵-۳ تعیین سرعت آستانه حرکت ذرات رسوبی ۳۷
۳-۵-٤ آماده سازی کانال ۳۷
۳-۵-۵ موقعیت نصب پایه‌پل ۳۹
۳-٦ نحوه انجام آزمایش های اصلی ۳۹
۳-۷ نحوه تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی و ارزیابی نتایج ۳۹
۳-۸ آزمایش‌های جریان ماندگار ٤۰
۳-۹ آزمایش‌های جریان غیرماندگار ٤۰

فصل چهارم

٤-۱ مقدمه ٤٤
٤-۲ بررسی نتایج در شرایط جریان ماندگار ٤٤
٤-۳ بررسی نتایج در شرایط جریان غیرماندگار ٤۵
٤-٤مقایسه میزان عمق بیشینه آبشستگی درجریان ماندگار و غیرماندگار ٤٦
٤-۵ تاثیر دبی نسبی بر عمق بیشینه آبشستگی ۵۱
٤-٦ تاثیر سرعت جریان در عمق بیشینه آبشستگی ۵۲
٤-۷ مقدار بیشینه عمق آبشستگی درجریان های ماندگار و غیرماندگار ۵۳
٤-۸ تخمین عمق بیشینه آبشستگی در شرایط جریان غیر ماندگار ۵۳
٤-۹ توسعه زمانی عمق آب آبشستگی ۵٤
٤-۱۰ مقایسه پروفیل طولی بستر ۵۸

فصل پنجم

۵-۱ مقدمه ٦٤
۵-۲ نتیجه‌گیری کلی ٦٤

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۵-۳ پیشنهادها ٦٥

منابع
فهرست منابع ٦٨

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ مشخصات نانو رس ۱۸
جدول ۲-۲ ضریب شکل پایه (فرهلیچ، ۱۹۸۸) ۲۰
جدول ۲-۳ فاکتور شکل پایه (گارد و رانگاراجو، ۱۹۸۵) ۲۱
جدول ٤-۱ مقایسه درصد آبشستگی ساعت اول در جریان ماندگار و غیرماندگار ٤۹
جدول ٤-۲ درصد افزایش عمق آبشستگی در هر پله هیدروگراف نسبت به پل ماقبل ۵۰
جدول ٤-۳ نسبت مقدار بیشینه عمق آبشستگی در جریان ماندگار به غیرماندگار در ساعت اول . ۵۱
جدول ٤-٤ مقادیر سرعت بر حسب سانتی متر در پله‌های هیدروگراف ۵۲
جدول ٤-۵ سرعت در دبی‌های مختلف در شرایط جریان ماندگار ۵۲
جدول ٤-٦ مقدار بیشینه عمق آبشستگی ۵۳
جدول ٤-۷ مقایسه داده‌های مشاهداتی و مقادیر برآورد شده توسط رابطه بنی هاشم (۱۳۸٤) ۵۳
جدول ٤-۸ مقادیر خطا در معادله مورد استفاده ۵٤
جدول ٤-۹ درصد کاهش عمق بیشینه آبشستگی در حضور مواد نانورس نسبت به حالت شاهد . ۵۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ آبشستگی اطراف پایه پل ۳
شکل ۱-۲ آبشستگی به دلیل تنگ شدگی مقطع ٤
شکل ۱-۳ تغییرات نوسانی آبشستگی نسبت به زمان (ریچاردسون و دیویس، ۱۹۹۵) ٦
شکل ۱-٤ تغییرات عمق آبشستگی نسبت به سرعت برشی (چابرت و انگل دینگر، ۱۹٥٦) ٦
شکل ۱-٥ جریان رو به پایین و سیستم‌های گردابی اطراف پایه استوانه‌ای پل ۱۰
شکل ۲-۱ نمونه مواد نانوساختار ۱۹
شکل ۲-۲ تغییرات جریان ورودی با کاهش عمق (گزارش شماره ۲٤-۲۷(۰۱)، NCHRP، 2011) ... ۲۳
شکل ۳-۱ فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در تحقیق حاضر ۳۲
شکل ۳-۲ دستگاه تنظیم فرکانس دبی ۳۲
شکل ۳-۳- الف کانال آزمایشگاهی؛ پ- عمق سنج دیجیتالی؛ ت- جک هیدرولیکی تنظیم کننده ۳۳
شکل ۳-٤ منحنی دانه‌بندی رسوبات بستر ۳٤
شکل ۳-٥ نمودار دبی - فرکانس ۳٦
شکل ۳-٦ الف-نحوه تراز کردن بستر؛ ب-نمایی از آبشستگی اطراف پایه پل ۳۸
شکل ۳-۷ هیدروگراف پلکانی مثلثی با دبی اوج ۸ لیتر بر ثانیه، زمان اوج ۳۰ دقیقه و گام زمانی ۷/٥ دقیقه ٤۱
شکل ۳-۸ هیدروگراف پلکانی مثلثی با دبی اوج ۱۲ لیتر بر ثانیه، زمان اوج ۳۰ دقیقه و گام زمانی ۷/٥ دقیقه ٤۱
شکل ۳-۹ هیدروگراف پلکانی مثلثی با دبی اوج ۱٦ لیتر بر ثانیه، زمان اوج ۳۰ دقیقه و گام زمانی ۷/٥ دقیقه ٤۲
شکل ۳-۱۰ هیدروگراف پلکانی مثلثی با دبی اوج ۲۰ لیتر بر ثانیه، زمان اوج ۳۰ دقیقه و گام زمانی ۷/٥ دقیقه ٤۲
شکل ٤-۱ تغییرات آبشستگی در جریان ماندگار ٤٤

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ٤-٢ تغییرات آبشستگی در جریان غیرماندگار ٤٥
شکل ٤-٣ مقایسه آبشستگی در جریان‌های ماندگار و غیر ماندگار ٤٧
شکل ٤-٤ مقایسه عمق بیشینه آبشستگی نسبت به دبی نسبی در دو حالت جریان ماندگار و غیرماندگار ٥٢
شکل ٤-٥ توسعه زمانی عمق آبشستگی اطراف پایه پل در حضور مواد نانو ٥٤
شکل ٤-٦ توسعه زمانی عمق آبشستگی اطراف پایه پل در شرایط حضور و عدم حضور مواد نانو در جریان غیرماندگار ٥٥
شکل ٤-٧ درصد کاهش آبشستگی در حضور مواد نانو در جریان غیرماندگار ٥٧
شکل ٤-٨ مقایسه پروفیل طولی بستر در دبی‌های مختلف ٥٨
شکل ٤-٩ نانو رس اطراف پایه پل در فلوم آزمایشگاه ٦٠
شکل ٤-١٠ پروفیل بستردبی ٨ لیتربرثانیه الف- در حالت شاهد ب)-در حضورمواد نانو ٦١
شکل ٤-١٠ پروفیل بستردبی ٢٠ لیتربرثانیه الف- در حالت شاهد ب)-در حضورمواد نانو ٦١

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

اثرات انسانی بر ویژگی‌های رودخانه ها منجر به بروز عکس العمل از طرف رودخانه می‌شود. در این راستا احداث پایه‌های پل بر روی رودخانه تغییر در شرایط طبیعی آن قلمداد می‌شود. همه ساله پل‌های زیادی در سراسر جهان به دلیل در نظر نگرفتن نقش عوامل هیدرولیکی در طراحی آن‌ها تخریب می‌شود که علاوه برتلفات جانی، هزینه‌های زیادی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر کشورها تحمیل می‌کنند. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که آبشستگی موضعی اطراف پایه‌های پل یکی از عوامل اصلی تخریب پل‌ها است برای نمونه در سال۱۳۸۵ در پنسیلوانیا و در ویرجینیا غربی ۷۳ پل به علت آبشستگی خراب شدند(آلابی، ۲۰۰۶). اهمیت تعیین عمق آبشستگی از آن جهت است که بیانگر میزان پتانسیل تخریب جریان در اطراف سازه بوده و علاوه بر این نقش بسیار مهمی در طراحی ابعاد پی سازه‌هایی که در معرض برخورد آب قرار دارند ایفا می کند. به عنوان مثال سیلاب ویرانگری درسال ۱۹۸۷ بر روی رودخانه‌ی سچوهاری واقع در نیویورک اتفاق افتاد که تعداد زیادی پل در اثر پدیده آبشستگی تخریب گردید و ۱۰ نفر جان خود را از دست دادند. در سال ۱۹۹۵ در ایالت کالیفرنیا که تعداد ۵ پل در اثر همین پدیده ویران گردید و ۷ نفر جان خود را از دست دادند (میلر، ۲۰۰۳) و نیز در کشور خودمان در سال ۱۳۶۵ تعداد زیادی از پل‌های ساخته شده در اثر سیلاب رخ داده در استان فارس از بین رفت. این مطالب وقتی بحرانی تر می‌شود که بدانیم پل‌ها درست زمانی تخریب می‌شوند که بیشترین احتیاج به آنها برای دسترسی به آسیب دیدگان وجود دارد.

به همین دلیل روش‌های مناسب جهت کاهش و کنترل عمق آبشستگی از جمله مسائلی است که بسیار مورد توجه بوده است. این روش‌ها در دو فاز متفاوت مقابله با فرسایش و از بین بردن عامل فرسایش انجام می‌شود. در بخش اول با به کارگیری مواد و مصالح متفاوت مانند انواع سنگ چین‌های حفاظتی یا سنگریزه‌های حفاظتی در اطراف پایه پل، سعی در جلوگیری از حرکت ذرات بستر می‌نمایند. در روش دوم، در جهت حذف عوامل فرسایش دهنده مانند جریان‌های ثانویه و گرداب‌های نعل اسبی در مجاورت پایه پل تلاش می‌شود.

۱-۲ تعریف آبشستگی

به فرسایش بستر و کناره آبراهه در اثر عبور جریان، فرسایش بستر در پایین دست سازه های هیدرولیکی به علت شدت جریان زیاد و یا فرسایش بستر در اثر به وجود آمدن جریان‌های متلاطم موضعی، آبشستگی گویند. عمق ناشی از فرسایش بستر نسبت به بستر اولیه را عمق آبشستگی می‌نامند (شفاعی بجستانی، ۱۳۸۷).

پس از احداث پل در مسیر رودخانه به دلیل قرار گرفتن پایه‌های پل در مسیر جریان تغییراتی در جریان پیش می‌آید. به طور کلی اگر پایه‌ای به طور عمودی در بستر رودخانه قرار گیرد موجب فشردگی افقی جریان در رودخانه و تلاطم جریان آب در اطراف پایه می‌شود. در نتیجه یک سلسله جریان‌های گردابی را ایجاد می‌کند(شفاعی، ۱۳۸۷). این جریان‌های گردابی در اطراف پایه‌های پل، باعث فرسایش شدید بستر می‌شود و به مرور باعث تخریب پل در اثر آبشستگی خواهد شد، شکل ۱-۱.

پدیده آشستگی زمانی اتفاق می‌افتد که تنش برشی بین جریان آب و بستر آبراهه یا دیواره آبراهه از میزان لازم جهت حرکت ذرات تشکیل دهنده بستر یا دیواره بیشتر باشد (آیین نامه طراحی پل‌ها، نشریه ۳۰۲).

شکل ۱-۱ آبشستگی اطراف پایه پل

۱-۲-۱ انواع آبشستگی

آبشستگی به طور کلی به دو دسته تقسیم می شود:

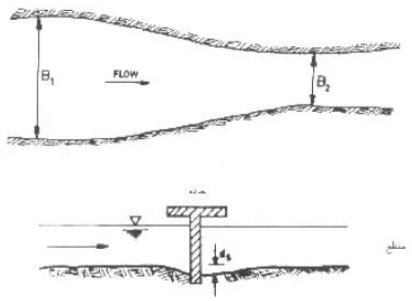
۱. آبشستگی طبیعی

پدیده آبشستگی طبیعی به علت خصوصیات رودخانه می‌باشد که در بسیاری از رودخانه‌ها با بستر متحرک به وجود می‌آید. مواردی نظیر فرسایش‌ناپذیر بودن کناره‌های رودخانه باعث تشدید آبشستگی طبیعی در بستر رودخانه می‌شود، زیرا در محل پیچ رودخانه، جریان آب مواد بستر و کناره‌ها را از قسمت خارجی پیچ شسته و در قسمت داخلی پیچ رسوب می‌دهد.

۲. آبشستگی به علت خصوصیات جریان که خود به سه دسته تقسیم می‌شود:

الف) آبشستگی عمومی: این آبشستگی زمانی رخ می‌دهد که کل بستر رودخانه در بازه ای که پل در آن قرار دارد، شسته شده و نسبت به بستر طبیعی رودخانه در بالادست در تراز پایین‌تری قرار دارد

ب) آبشستگی در اثر کاهش مقطع: کاهش سطح مقطع رودخانه به علت وجود تاسیسات یا علل دیگر موجب آبشستگی می‌گردد. معمولا برای کاهش طول پل، عرض رودخانه در محل احداث پل کم می‌شود. کاهش عرض رودخانه منجر به بالا آمدن سطح آب در بالا دست پل و افزایش سرعت می‌شود و در نتیجه پتانسیل حمل رسوب و یا شدت فرسایش بستر در محل پل افزایش می‌یابد. شکل۱-۲ آبشستگی به دلیل تنگ شدگی مقطع را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲ آبشستگی به دلیل تنگ شدگی مقطع

معمولا در اینگونه موارد، عمل فرسایش آنقدر ادامه خواهد داشت تا اینکه سطح مقطع جریان به اندازه‌ای افزایش یابد تا ظرفیت حمل رسوب کاهش یافته و برابر با ظرفیت حمل رسوب در مقاطع بالادست محل پل گردد و در این حالت فرسایش تقریبا متوقف می‌گردد. هرچند این فرسایش موجب می‌شود که تاثیر پس‌زدگی آب در بالا کاهش یابد ولی به خاطر این موضوع نباید اجازه داده شود فرسایش صورت گیرد (شفاعی بجستان، ۱۳۸۷).

ج) آبشستگی موضعی: به طور کلی این نوع آبشستگی در پایین دست سازه‌های هیدولیکی، در محل پایه‌های پل و به طور کلی هر مکان که شدت جریان‌های در هم به طور موضعی افزایش یابد، به وجود می‌یابد. وجود پایه‌های پل در مسیر جریان باعث تغییر الگوی جریان و ایجاد یک حفره آبشستگی در اطراف پایه‌ها می‌شود این نوع آبشستگی را آبشستگی موضعی می‌گویند که ممکن است همزمان با آبشستگی عمومی و آبشستگی ناشی از انقباض رخ دهد. به طور کلی عمق آبشستگی موضعی بسیار بزرگتر از عمق آبشستگی ناشی از انقباض و آبشستگی عمومی می‌باشد. آبشستگی ایجاد شده در اطراف سازه های نظیر پایه‌پل و آبشکن‌ها نمونه‌ای از آبشستگی موضعی می‌باشد (زراتی، ۱۳۷۶).

بنا به شرایط انتقال رسوب و بر اساس میزان رسوباتی که به حفره آبشستگی وارد یا خارج می‌شود دو حالت وجود دارد:

۱. آبشستگی آب زلال

۲. آبشستگی بستر زنده

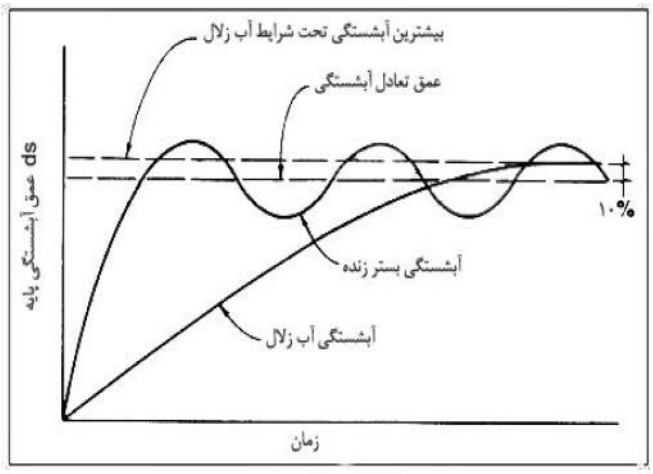
۱-۲-۲ آبشستگی آب زلال

آبشستگی آب زلال موقعی اتفاق می‌افتد که مواد بستر بالادست محل پل هیچگونه حرکتی ندارند. یعنی اینکه شرایط جریان در بستر افقی به آستانه حرکت نرسیده است، اما شتاب جریان و گرداب‌های ایجاد شده در محل پایه‌های پل سبب حرکت مواد از جای خود می‌شوند. در واقع هنگامی که نسبت سرعت جریان به سرعت جریان بحرانی کمتر از یک باشد آبشستگی آب زلال اتفاق می‌افتد (ملویل و چیو، ۱۹۹۹).

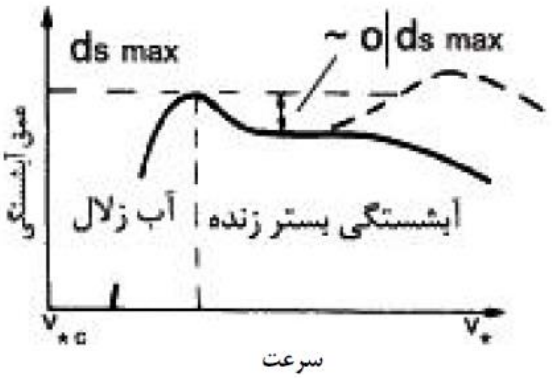
ریچاردسون و دیویس (۱۹۹۵) بیان نمودند که حداکثر عمق آبشستگی موضعی اطراف پایه‌های پل درحالت آب زلال ۱۰ درصد بزرگتر از عمق تعادل آبشستگی در آب حاوی رسوب است، شکل۱-۳.

چابرت و انگل دینگر (۱۹۵۶) دریافتند که در آبشستگی آب زلال، عمق آبشستگی یک رابطه تقریبا خطی با نیروی برشی و یا سرعت جریان در بالادست دارد و هرچه سرعت جریان زیادتر باشد، عمق

آبشستگی نیز افزایش می‌یابد تا اینکه سرعت به نقطه بحرانی خود که آستانه حرکت ذرات در بالادست باشد می‌رسد. تا این لحظه رسوباتی از بالادست وارد حفره نمی‌شود، ولی از این به بعد حرکت رسوبات از بالادست شروع می‌شود و مقداری از حفره توسط رسوبات بالادست پر می شود و عمق ماکزیمم کاهش می‌یابد، شکل ۱-۴.



شکل ۱-۳ تغییرات نوسانی آبشستگی نسبت به زمان (ریچاردسون و دیویس، ۱۹۹۵)



شکل ۱-۴ تغییرات عمق آبشستگی نسبت به سرعت برشی (چابرت و انگل دینگر،۱۹۵۶)

هنگامی که سرعت جریان و یا نیروی برشی از حد بحرانی گذشت عمق آبشستگی نسبت به زمان، تغییرات تقریبا نوسانی حول عمق تعادل آبشستگی خواهد داشت و علت این تغییرات حرکت توده‌های شنی است که از بالادست شروع می‌شود(اتما، ۱۹۸۰).

حداکثر عمق آبشستگی، در این نوع آبشستگی در شرایطی که سرعت متوسط برابر با سرعت آستانه حرکت باشد اتفاق می‌افتد. در این حالت عمق آبشستگی در زمان طولانی‌تری به تعادل می‌رسد. در واقع عمق آبشستگی هنگامی به حداکثر مقدار خود می‌رسد که جریان دیگر توانایی انتقال ذرات رسوبی حفره‌ی آبشستگی را نداشته باشد (بروسرز و همکاران، ۱۹۷۷).

۱-۲-۳ آبشستگی بستر زنده

در این حالت، شرایط جریان در بستر افقی ازآستانه حرکت عبور کرده و در نتیجه حرکت عمومی مواد رسوبی مواد بستر وجود دارد. این نوع آبشستگی هنگامی اتفاق می‌افتد که نسبت سرعت جریان به سرعت بحرانی ذرات بستر بزرگتر از یک باشد. در این نوع آبشستگی حفره ایجاد شده به طور متوسط با رسوباتی که از بالادست منتقل می شوند پر می‌شود. البته به دلیل وجود جریان‌های گردابی تولید شده در محل پایه‌های پل، مقدار فرسایش در ابتدا زیاد می‌باشد و پس از مدتی آبشستگی به حالت تعادل می‌رسد. حالت تعادل در آبشستگی آب زلال زمانی اتفاق می‌افتد که عمق آبشستگی به حدی برسد که نیروهای بالارونده توانایی بلند کردن ذرات و خارج کردن آن‌ها را از گودال حفر شده ندارند. در حالی که حالت تعادل در آبشستگی بستر زنده موقعی اتفاق می‌افتد که میزان رسوبات وارد شده به حفره مساوی رسوبات خارج شده باشد (شفاعی بجستان، ۱۳۸۷). طبق نظر شن و اشنایدر (۱۹۶۹) حداکثر عمق آبشستگی در این حالت در حدود ۱۰ درصد کمتر از عمق آبشستگی آب زلال است (آلابی، ۲۰۰۶).

واکنش بین جریان و پایه‌های پل در رودخانه‌های با بستر متحرک اغلب منجر به آبشستگی موضعی می‌شود (بروسرز و همکاران، ۱۹۷۷؛ ملویل و کلمن، ۲۰۰۰؛ دی و رای‌کار، ۲۰۰۷).