



پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی عملکرد طوق و شکاف در کاهش آبشستگی پایه پل

حسین شریعتی

استادان راهنما

دکتر سعید رضا خدانشناس

دکتر کاظم اسماعیلی

استاد مشاور

مهندس محمد رضا اکبرزاده

شهریور ۱۳۸۸

چکیده:

فرسایش بستر و حمل مواد جدا شده از آن بوسیله جریان آبشستگی نامیده می‌شود. آبشستگی موضعی که نوع خاصی از آبشستگی است یکی از دلایل عدم پایداری پل‌ها و در نهایت شکست آنها محسوب می‌شود. به همین دلیل ارائه روش‌هایی برای کنترل و کاهش این پدیده حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق، با استفاده از مدل فیزیکی به بررسی این پدیده و کاهش آن به کمک طوق و شکاف، در تک پایه استوانه‌ای پرداخته شد. در ابتدا به منظور بررسی و مقایسه عملکرد طوق از دو نوع طوق مربعی و دایره‌ای در ابعاد $\frac{W}{D} = 1/5, 2, 2/5$ (W قطر طوق دایره‌ای یا عرض طوق مربعی و D قطر پایه) در سه موقعیت بالای بستر، روی بستر و زیر بستر برای کاهش آبشستگی اطراف پایه استفاده شد. در مرحله بعد با ایجاد شکاف روی پایه به طول ۲ برابر قطر پایه و عرض ۰/۲۵ قطر پایه عملکرد شکاف در کاهش آبشستگی بررسی گردید. شکاف نیز در دو موقعیت نزدیک بستر و بالای بستر قرار داشت. در نهایت از ترکیب طوق و شکاف برای کاهش عمق آبشستگی موضعی استفاده شد. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد، هر چه طوق عریض‌تر و ارتفاع آن روی پایه کمتر باشد عملکرد بهتری در کاهش آبشستگی دارد. طوق مربعی نسبت به طوق دایره‌ای در کاهش آبشستگی موثرتر است به گونه‌ای که به کاربردن طوق مربعی با عرض ۲/۵ برابر قطر پایه در زیر بستر باعث کاهش ۷۰ درصدی عمق آبشستگی شد. استفاده از شکاف نزدیک بستر توانست عمق آبشستگی را تا ۲۰ درصد تقلیل دهد. ترکیب دو روش طوق و شکاف روی پایه موجب شد عمق آبشستگی به میزان بیشتری کاهش یابد ترکیب طوق مربعی با $\frac{W}{D} = 2/5$ زیر بستر و شکاف نزدیک بستر توانست عمق آبشستگی را تا ۸۰٪ کاهش دهد.

کلید واژه ها: آبشستگی موضعی، پایه پل، شکاف، طوق، رسوب.

سپاس‌گزاری

هر که در قبال خوبی مردم تشکر نکند از خدای عزوجل تشکر نکرده است.

حضرت رضا(ع)

حمد و ستایش بر آن نگارنده غیب که توفیق کسب علم و معرفت بدین مسکین عنایت فرمود و نیز سپاس از خانواده‌ام که در تمامی مراحل زندگی همواره مشوقم بوده‌اند. قدردانی و تشکر از زحمات بی دریغ اساتید گرانقدر جناب آقایان دکتر خداشناس و دکتر اسماعیلی که به عنوان اساتید راهنما در طول دوران تحصیل و مراحل انجام و تدوین پایان نامه مرا یاری نموده‌اند. از استاد مشاور محترم جناب آقای مهندس اکبرزاده و همچنین از اعضای هیئت داوران آقایان دکتر داوری و مهندس هاشمی نیا که به ارزیابی رساله پرداختند و جناب آقای دکتر ثنایی نژاد نماینده تحصیلات تکمیلی نهایت تشکر را دارم. علاوه بر این سپاس فراوان بر تمامی دوستان و یارانی که در طول این دوره از کمک‌شان بهره‌مند بودم. دوام توفیقات این عزیزان را از خداوند متعال مسالت دارم.

فهرست مطالب

فصل اول - کلیات

۱-۱- مقدمه	۱۲
------------	----

فصل ۲ - بررسی منابع

۱-۲- مقدمه	۱۶
۲-۲- انواع آبشستگی	۱۸
۳-۲- انواع مختلف آبشستگی موضعی در اطراف پایه پل	۱۹
۱-۳-۲- آبشستگی آب زلال	۱۹
۲-۳-۲- آبشستگی بسترزنده	۲۰
۴-۲- الگوی جریان و مکانیزم آبشستگی در اطراف پایه‌های پل	۲۱
۵-۲- آستانه حرکت ذرات بستر	۲۵
۶-۲- تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر آبشستگی موضعی	۲۸
۱-۶-۲- شدت جریان	۲۹
۲-۶-۲- عمق جریان	۳۰
۳-۶-۲- اندازه پایه	۳۱
۴-۶-۲- شکل پایه	۳۲
۵-۶-۲- زاویه برخورد	۳۳
۶-۶-۲- نسبت انقباض	۳۵
۷-۶-۲- دانه بندی و درشتی رسوبات	۳۵
۸-۶-۲- اندازه ذرات	۳۷
۷-۲- توسعه زمانی آبشستگی	۳۷
۸-۲- حداکثر عمق آبشستگی موضعی در اطراف پایه‌های پل	۴۲
۱-۸-۲- رابطه انگلس (۱۹۴۸)	۴۲
۲-۸-۲- بلنچ (۱۹۶۲)	۴۲
۳-۸-۲- لاراس (۱۹۶۰ و ۱۹۶۳)	۴۲
۴-۸-۲- نیل (۱۹۶۴)	۴۳
۵-۸-۲- هانکو (۱۹۷۱)	۴۳

۴۳	۶-۸-۲- شن و اشنایدر (۱۹۶۶-۱۹۷۱).....
۴۴	۷-۸-۲- لارسون و تاچ (۱۹۷۲).....
۴۴	۸-۸-۲- بروسرز (۱۹۷۷).....
۴۴	۹-۸-۲- جین (۱۹۸۱).....
۴۵	۱۰-۸-۲- رادکیوی و اتما (۱۹۸۳).....
۴۵	۱۱-۸-۲- ملویل و ساترلند (۱۹۸۸).....
۴۶	۱۲-۸-۲- دانشگاه ایالتی کلرادو (CSU) (۱۹۹۳).....
۴۷	۱۳-۸-۲- ملویل و چیو (۱۹۹۹).....
۴۸	۹-۲- روشهای کنترل و کاهش آبشستگی موضعی.....
۴۸	۱-۹-۲- استفاده از سنگچین.....
۴۹	۲-۹-۲- استفاده از صفحات مستغرق.....
۵۱	۳-۹-۲- استفاده از طوق.....
۵۵	۴-۹-۲- استفاده از شکاف.....
۵۹	۱۰-۲- اثر طوق و شکاف در کاهش آبشستگی پایه های استوانه ای شکل.....

فصل ۳ - مواد و روشها

۶۱	۱-۳- مقدمه.....
۶۲	۲-۳- تجهیزات آزمایشگاهی.....
۶۲	۱-۲-۳- دستگاه نمایش جریان.....
۶۵	۲-۲-۳- نصب و آماده سازی مدل.....
۶۸	۳-۳- مدل های آزمایشگاهی.....
۷۰	۴-۳- انتخاب پارامترهای آزمایش.....
۷۰	۱-۴-۳- اندازه پایه پل.....
۷۱	۲-۴-۳- اندازه و دانه بندی ذرات.....
۷۲	۳-۴-۳- عمق جریان.....
۷۳	۴-۴-۳- سرعت برشی.....
۷۴	۵-۴-۳- زمان آزمایشات.....
۷۵	۵-۳- روش انجام آزمایش.....
۷۷	۶-۳- مدل های نرم افزاری.....

فصل ۴- نتایج و بحث

۷۸	۱-۴- مقدمه
۷۹	۲-۴- نتایج مربوط به دستگاه F_{14}
۷۹	۳-۴- مدل ساده (بدون طوق و شکاف)
۸۱	۴-۴- مقایسه حداکثر عمق آبستگي با فرمول های ارائه شده توسط محققين ديگر
۸۲	۵-۴- بررسی اثر هندسه و موقعیت نصب طوق بر کاهش آبستگي
۸۲	۴-۵-۱- طوق مربعی
۸۲	۴-۵-۱-۱- تاثیر ارتفاع نصب طوق
۸۴	۴-۵-۱-۲- تاثیر ابعاد طوق
۸۶	۴-۵-۱-۳- پروفیل طولی (الگوی آبستگي)
۸۷	۴-۵-۲- طوق دایره ای
۸۷	۴-۵-۲-۱- تاثیر ارتفاع نصب طوق
۸۸	۴-۵-۲-۲- تاثیر ابعاد طوق
۹۰	۴-۵-۲-۳- پروفیل طولی (الگوی آبستگي)
۹۱	۴-۶- مقایسه عملکرد طوق دایره ای و مربعی بر کاهش آبستگي
۹۲	۴-۷- نتایج آزمایشات پایه با شکاف
۹۳	۴-۸- ترکیب طوق و شکاف
۹۶	۴-۹- پروفیل طولی آبستگي برای ترکیب طوق و شکاف

فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۰۰	۵-۱- مقدمه
۱۰۰	۵-۲- نتیجه گیری
۱۰۱	۵-۳- پیشنهادها

۱۰۳	منابع
-----	-------------

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲: مراحل توسعه حفره آبستگي (نشریه شماره ۳۱۸ وزارت نیرو، ۱۳۸۶)..... ۱۷
- شکل ۲-۲: انواع آبستگي (چرمیسوف و همکاران، ۱۹۸۷)..... ۱۹
- شکل ۳-۲: تغییرات حفره آبستگي بر حسب سرعت اطراف پایه پل (نشریه شماره ۲۶۰ وزارت نیرو، ۱۳۸۱)..... ۲۰
- شکل ۴-۲: تغییرات حفره آبستگي بر حسب زمان اطراف پایه پل نشریه شماره ۳۱۸ وزارت نیرو، ۱۳۸۱..... ۲۱
- شکل ۵-۲: نمایش چگونگی تشکیل گرداب نعل اسبی و برخاستگی..... ۲۴
- شکل ۶-۲: الگوی سه بعدی جریان اطراف پایه..... ۲۵
- شکل ۷-۲: منحنی شیلدز برای تعیین آستانه حرکت رسوبات (شفاعی بچستان، ۱۳۸۴)..... ۲۶
- شکل ۸-۲: فاکتور تاثیر جهت جریان بر عمق آبستگي در پایه های پل (لارسون و تاچ، ۱۹۵۶) ... ۳۴
- شکل ۹-۲: ضریب k_{σ} (رادکیوی و اتما، ۱۹۸۳)..... ۳۶
- شکل ۱۰-۲: مراحل توسعه آبستگي (آلابی، ۲۰۰۶)..... ۳۸
- شکل ۱۱-۲: نحوه تخمین T_1 در آزمایشات سامر و همکاران (آلابی، ۲۰۰۶)..... ۴۰
- شکل ۱۲-۲: محدوده پوشش سنگچین پیشنهادی توسط گارده و راجو در اطراف پایه های پل..... ۴۹
- شکل ۱۳-۲: آرایش صفحات در آزمایشات لاجلان (۱۹۹۹)..... ۵۰
- شکل ۱۴-۲: اثر طوق بر آبستگي موضعی پایه استوانه ای (چیو، ۱۹۹۲)..... ۵۳
- شکل ۱۵-۲: نصب طوق روی پایه در آزمایشات کومار و همکاران (۱۹۹۹)..... ۵۴
- شکل ۱۶-۲: شکاف نزدیک بستر (a)، شکاف نزدیک سطح آب (b) چیو (۱۹۹۲)..... ۵۶
- شکل ۱۷-۲: اثر شکاف بر آبستگي پایه استوانه ای چیو (۱۹۹۲)..... ۵۶
- شکل ۱۸-۲: شکاف روی پایه در آزمایشات کومار و همکاران (۱۹۹۹)..... ۵۷
- شکل ۱۹-۲: انواع شکافها در پایه استوانه ای (ریچا بابار و همکاران ۲۰۰۰)..... ۵۸
- شکل ۱-۳: دستگاه نمایش جریان به کمک حباب هیدروژن (F_{14})..... ۶۳
- شکل ۲-۳: الگوی جریان اطراف پایه ی استوانه ای..... ۶۴
- شکل ۳-۳: الگوی جریان اطراف پایه ی استوانه ای..... ۶۴
- شکل ۴-۳: الگوی جریان اطراف پایه با طوق دایره..... ۶۴
- شکل ۵-۳: الگوی جریان اطراف پایه با طوق مربعی..... ۶۴
- شکل ۶-۳: الگوی جریان اطراف پایه با شکاف..... ۶۵
- شکل ۷-۳: نمایی شماتیک از کانال آزمایشگاهی..... ۶۶

- شکل ۳-۸: حوضچه آرامش ابتدای کانال ۶۶
- شکل ۳-۹: بستر زبر با ذرات چسبیده شده ۶۷
- شکل ۳-۱۰: بالا آوردن کف کانال با آجر و شمشه بنای ۶۷
- شکل ۳-۱۱: نمایی از کانال آزمایشگاهی ۶۷
- شکل ۳-۱۲: نحوه قرارگیری و استقرار پایه در کانال ۶۸
- شکل ۳-۱۳: پایه شکافدار نصب شده در بستر ۶۹
- شکل ۳-۱۴: انواع طوق های مختلف ۶۹
- شکل ۳-۱۵: نمای پلان و پروفیل قرارگیری طوق روی پایه ۶۹
- شکل ۳-۱۶: منحنی دانه بندی رسوبات استفاده شده در آزمایشات ۷۱
- شکل ۳-۱۷: دریچه انتهای کانال ۷۲
- شکل ۳-۱۸: مسطح کردن سطح بستر قبل از شروع آزمایش ۷۶
- شکل ۴-۱: تغییرات زمانی عمق آبستگي در حالت پایه بدون طوق ۸۰
- شکل ۴-۲: تصویر سه بعدی حفره آبستگي در اطراف پایه بدون طوق و شکاف ۸۰
- شکل ۴-۳: تغییرات زمانی عمق آبستگي در حالت پایه با طوق مربعی $\frac{W}{D}=1.5$ ۸۳
- شکل ۴-۴: تغییرات زمانی عمق آبستگي در حالت پایه با طوق مربعی $\frac{W}{D}=2$ ۸۴
- شکل ۴-۵: تغییرات زمانی عمق آبستگي در حالت پایه با طوق مربعی $\frac{W}{D}=2.5$ ۸۴
- شکل ۴-۶: تغییرات زمانی عمق آبستگي برای طوق مربعی با قرارگیری روی بستر ($\frac{Z}{D}=0$) ۸۵
- شکل ۴-۷: تغییرات زمانی عمق آبستگي برای طوق مربعی با قرارگیری زیر بستر ($\frac{Z}{D}=-0.4$) ۸۵
- شکل ۴-۸: پروفیل طولی آبستگي اطراف پایه با طوق مربعی روی بستر ($\frac{Z}{D}=0$) ۸۶
- شکل ۴-۹: پروفیل طولی آبستگي اطراف پایه با طوق مربعی زیر بستر ($\frac{Z}{D}=-0.4$) ۸۶
- شکل ۴-۱۰: تغییرات زمانی عمق آبستگي در حالت پایه با طوق دایره ای $\frac{W}{D}=1.5$ ۸۷
- شکل ۴-۱۱: تغییرات زمانی عمق آبستگي در حالت پایه با طوق دایره ای $\frac{W}{D}=2$ ۸۸
- شکل ۴-۱۲: تغییرات زمانی عمق آبستگي در حالت پایه با طوق دایره ای $\frac{W}{D}=2.5$ ۸۸
- شکل ۴-۱۳: تغییرات زمانی عمق آبستگي برای طوق دایره ای با قرارگیری روی بستر ($\frac{Z}{D}=0$) ۸۹
- شکل ۴-۱۴: تغییرات زمانی عمق آبستگي برای طوق دایره ای با قرارگیری زیر بستر ($\frac{Z}{D}=-0.4$) ۸۹

- شکل ۴-۱۵: پروفیل طولی آبشستگی اطراف پایه با طوق دایره ای روی بستر ($\frac{Z}{D} = 0$) ۹۰
- شکل ۴-۱۶: پروفیل طولی آبشستگی اطراف پایه با طوق دایره ای زیر بستر ($\frac{Z}{D} = -0.4$) ۹۱
- شکل ۴-۱۷: تغییرات زمانی عمق آبشستگی برای طوق مربعی و دایره ای با $\frac{W}{D} = 2$ ۹۱
- شکل ۴-۱۸: تغییرات زمانی عمق آبشستگی برای طوق مربعی و دایره ای با $\frac{W}{D} = 2.5$ ۹۲
- شکل ۴-۱۹: تغییرات زمانی عمق آبشستگی برای پایه شکاف دار ۹۳
- شکل ۴-۲۰: تغییرات زمانی عمق آبشستگی با ترکیب طوق دایره ای ($\frac{W}{D} = 2.5$) زیر بستر و شکاف نزدیک بستر ۹۴
- شکل ۴-۲۱: تغییرات زمانی عمق آبشستگی با ترکیب طوق دایره ای ($\frac{W}{D} = 2.5$) روی بستر و شکاف نزدیک بستر ۹۵
- شکل ۴-۲۲: تغییرات زمانی عمق آبشستگی با ترکیب طوق مربعی ($\frac{W}{D} = 2.5$) زیر بستر و شکاف نزدیک بستر ۹۵
- شکل ۴-۲۳: تغییرات زمانی عمق آبشستگی با ترکیب طوق مربعی ($\frac{W}{D} = 2.5$) روی بستر و شکاف نزدیک بستر ۹۵
- شکل ۴-۲۴: پروفیل طولی آبشستگی اطراف پایه با ترکیب طوق مربعی زیر بستر و شکاف ۹۷
- شکل ۴-۲۵: تصویر سه بعدی حفره آبشستگی در اطراف پایه با طوق مربعی زیر بستر و شکاف ۹۷
- شکل ۴-۲۶: پروفیل طولی آبشستگی اطراف پایه با ترکیب طوق دایره ای زیر بستر و شکاف ۹۸
- شکل ۴-۲۷: تصویر سه بعدی حفره آبشستگی در اطراف پایه با طوق دایره ای زیر بستر و شکاف .. ۹۸
- شکل ۴-۲۸: پروفیل طولی آبشستگی اطراف پایه با ترکیب طوق مربعی روی بستر و شکاف ۹۹
- شکل ۴-۲۹: پروفیل طولی آبشستگی اطراف پایه با ترکیب طوق دایره ای روی بستر و شکاف ۹۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: وضعیت برخی از پلهای کشور (خادم ۱۳۸۱)..... ۱۵
- جدول ۱-۲: رابطه عمق جریان با عمق آبشستگی (ملویل و کلن، ۲۰۰۰)..... ۳۱
- جدول ۲-۲: اشکال مختلف دماغه و پایه پل..... ۳۳
- جدول ۳-۲: مدت زمان تعادل آبشستگی طبق نظرات مختلف..... ۴۱
- جدول ۴-۲: ضریب شکل پایه (ملویل و ساترلند ۱۹۸۸)..... ۴۶
- جدول ۵-۲: روابط مختلف تعیین حداکثر عمق آبشستگی..... ۴۸
- جدول ۱-۳: محاسبه سرعت برشی به ازای عمق های مختلف..... ۷۴
- جدول ۱-۴: مقایسه حداکثر عمق آبشستگی در آزمایشات با روابط ارائه شده توسط محققین مختلف ۸۱
- جدول ۲-۴: درصد کاهش عمق آبشستگی نسبت به پایه بدون طوق..... ۹۲
- جدول ۳-۴: درصد کاهش عمق آبشستگی نسبت به پایه بدون طوق در حالت ترکیب طوق و شکاف ۹۶

فهرست علائم و اختصارات

علامت اختصاری	معادل انگلیسی	معادل فارسی
θ	Angle of attack	زاویه برخورد آب به پایه
θ_c	Critical shields stress	تنش شیلدز بحرانی
ρ	Density of Water	چگالی آب
ρ_s	Density of sediment	چگالی ذرات
σ_g	Geometric standard deviation of sediment grading	انحراف معیار هندسی ذرات
ν	Kinematic viscosity	لزجت سینماتیکی
D	Pier diameter	قطر پایه
D_{50}	Median particle size	اندازه متوسط ذرات
d_s	Depth of scour	عمق آبشستگی
d_{sm}	Maximum scour depth	ماکزیمم عمق آبشستگی
Fr	Froude number	عدد فرود
G_s	Specific gravity	چگالی دانه ها
g	Gravitational acceleration	شتاب جاذبه
L	Pier length	طول پایه
Q	Flow discharge	دبی جریان
R	Hydraulic radius	شعاع هیدرولیکی
Re	Reynolds number	عدد رینولدز
t	Time	زمان
t_e	Equilibrium time of scour	زمان تعادل
U	Mean velocity	سرعت جریان
U_c	Critical velocity	سرعت بحرانی
U_*	Shear velocity	سرعت برشی
U_{*c}	Critical shear velocity	سرعت برشی بحرانی
Y	Water depth	عمق آب
Z	Location of collar at pier	موقعیت طوق در پایه

فصل اول - کلیات

۱-۱- مقدمه

آبشستگی پدیده‌ایست که در اثر فرسایش بستر توسط جریان آب و حمل مواد بستر توسط نیرویی که این جریان به مواد بستر وارد می‌کند، بوجود می‌آید. آبشستگی یکی از موارد مهمی است که در زمینه علم هیدرولیک و هیدرولیک رسوب وجود دارد. مکانیسم این پدیده طوری است که قبل از آنکه سازه در اثر نیروهای مخرب سیل منهدم گردد، در معرض خطرات ناشی از فرسایش اطراف پی خود قرار می‌گیرد. این پدیده به مرور زمان باعث می‌شود اطراف پی پایه پل خالی شود و در نهایت به خالی شدن زیر پی می‌انجامد. که سبب تخریب پایه پل می‌شود. این امر بیشتر در زمان وقوع سیلاب که بیشترین نیاز به استفاده از پل‌ها احساس می‌شود، رخ می‌دهد. بنابراین بررسی موضوع آبشستگی پایه‌های پل و به کار بردن روش‌ها و تجهیزاتی برای کاهش آبشستگی اطراف پایه بسیار حائز اهمیت است.

آبشستگی از جنبه‌های مختلف به صورت زیر تقسیم بندی می‌شود:

الف- آبشستگی از نظر علت بوجود آمدن آن شامل آبشستگی عمومی، آبشستگی ناشی از تنگ

شدگی و آبشستگی موضعی است. در اثر جمع این سه آبشستگی، عمق آبشستگی کل بدست می‌آید.

ب- آبخستگی از نظر وضعیت حمل رسوب که شامل آبخستگی در حالت آب زلال و آبخستگی در حالت آب حاوی رسوب است.

ج- آبخستگی از نظر وضعیت ذرات رسوب در حفره آبخسته شامل آبخستگی استاتیکی و دینامیکی می شود.

مطالعات انجام شده نشان می دهد که آبخستگی موضعی اطراف پایه های پل یکی از عوامل اصلی تخریب پل ها است. برای نمونه در سال ۱۹۸۵ در پنسیلوانیا و ویرجینیا غربی، ۷۳ پل به علت آبخستگی خراب شدند (آلابی، ۲۰۰۶).

در ایران بر طبق آمار انجام شده مشکل آبخستگی موضعی در پایه های پل عامل اصلی تخریب آنها می باشد. تحقیقات انجام شده در هشت منطقه و استان کشور نشان می دهد که ۴۲٪ از پلهای این محدوده دچار آبخستگی شده اند. همچنین نتایج آمار بدست آمده نشان می دهد که از تعداد کل پل ها که نیاز به مرمت و تعمیر دارند، ۵۷٪ آنها به جهت آبخستگی نیاز به تعمیرات دارند. جدول ۱-۱ وضعیت پل های این محدوده را نشان می دهد (خادم، ۱۳۸۱).

برای طراحی اقتصادی و قابل اطمینان پایه های پل، برآورد حداکثر عمق آبخستگی در اطراف پایه ها ضروری است. در حال حاضر پایه و اساس علمی برای طراحی سازه ای پایه ها به خوبی مشخص شده است، ولی در مقابل هیچ تئوری واحد یا مشخصی وجود ندارد که عمق آبخستگی را در پایه های پل با ضریب اطمینان بالا برآورد کند. در طراحی پل ها، پی آنها باید به اندازه کافی عمیق باشد تا در مقابل آبخستگی مقاومت کند. از طرفی، این پی نبایستی آنقدر عمیق باشد که باعث بالارفتن هزینه ها گردد. با بکاربردن روشهایی برای کاهش عمق آبخستگی در اطراف پایه ها، می توان پی ها را در تراز بالاتری قرار داده و به این ترتیب هزینه ها را کاهش داد.

با توجه به مطالب ذکر شده شناخت پدیده آبشستگی و مهمتر از آن به کار بردن روش‌های برای کاهش آبشستگی اطراف پایه پل ضروری به نظر می‌رسد. عمده روشهایی که به منظور کاهش و کنترل پدیده آبشستگی در پایه پل‌ها انجام می‌شود، روشهای مستقیم و روشهای غیر مستقیم می‌باشند. در روشهای مستقیم با افزایش مقاومت ذرات بستر در برابر فرسایش، نظیر سنگچین و تورهای گابیون فلزی در اطراف پایه سعی در کاهش و کنترل آبشستگی می‌شود و در روشهای غیر مستقیم با عوض کردن الگوی جریان در اطراف پایه اثر نیروهای مخرب کاهش داده می‌شوند. متداولترین راهها نیز در این روش استفاده از طوق، صفحات مستغرق و شکاف اطراف و روی پایه می‌باشد (زراتی وهمکاران، ۲۰۰۴).

هدف از این تحقیق به کارگیری متدهای جدید شامل طوق و ایجاد شکاف به همراه پایه برای بررسی عملکرد آنها بر میزان آبشستگی در اطراف پایه پل می‌باشد.

جدول ۱-۱: وضعیت برخی از پل‌های کشور (خادم، ۱۳۸۱)

نام استان	تعداد کل پل‌های -	تعداد پل‌های دچار	تعداد پل‌های که	تعداد پل‌های که
	گزارش شده	آبستگی	به تعمیر نیاز دارد	بستر شن و ماسه دارد
آذربایجان غربی	۶	۶	-	۱
کردستان	۱۱	۱۱	۳	۳
گیلان	۶	۴	۶	۶
همدان	۱۸	۱۱	۱۱	۴
منطقه لارستان	۴۱	گزارش نشده	۱۶	۱
مازندران	۴	۴	۴	۴
یزد و اصفهان		آبستگی مهمی در این منطقه گزارش نشده است		

فصل ۲- بررسی منابع

۲-۱- مقدمه

آبشستگی در حقیقت جابجایی ذرات رسوب ناشی از تغییر الگوی جریان می‌باشد. آبشستگی ممکن است در نتیجه‌ی تغییر طبیعی جریان در آبراهه یا در نتیجه فعالیت‌های انسان مانند ساخت انواع سازه‌ها در مسیر جریان یا برداشت مصالح بستر اتفاق بیفتد. به طور کلی آبشستگی ذرات بستر در اثر اندرکنش نیروهای زیر حاصل می‌شود:

۱. نیروی محرک ناشی از جریان که در راستای جدا کردن ذرات از بستر عمل می‌کند.
 ۲. نیروی مقاومت ناشی از اصطکاک ذرات و وزن ذره که در برابر حرکت ذره مقاومت کرده و مانع جدایی ذره از بستر می‌شود.
- حرکت یک ذره هنگامی آغاز می‌شود که نیروهای اعمال شده توسط جریان یعنی نیروهای کشسانی و بالابرنده که باعث جدا شدن ذره از بستر می‌شوند، بر نیروهای مقاومت ذره غالب آید.

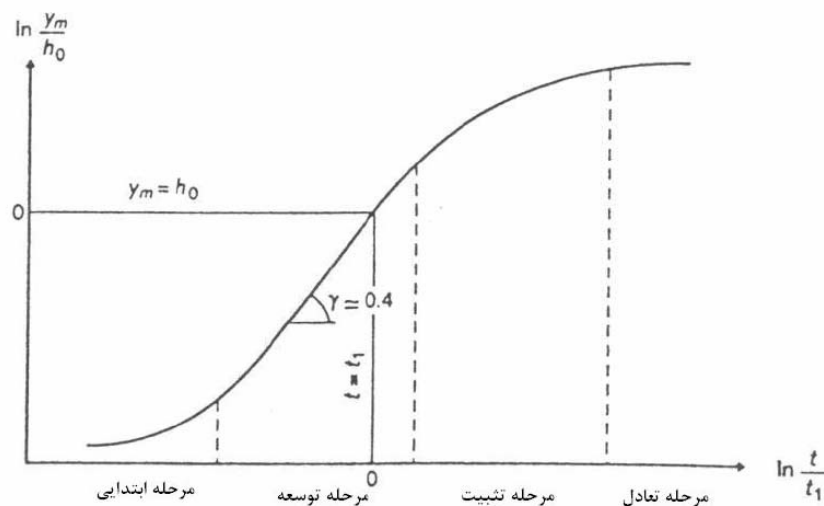
بر اساس مطالعاتی که توسط محققینی نظیر بروسرز (۱۹۶۶)، دیتز (۱۹۶۹) و زنک (۱۹۸۷) انجام گرفته است، پدیده آبشستگی همان طور که در شکل ۱-۲ نشان داده، به طور کلی دارای چهار مرحله زیر است که در آن y_m عمق آبشستگی، t زمان آبشستگی، t_1 زمان پایه آبشستگی، γ شیب منحنی در مرحله توسعه و h_0 عمق آب می باشد. (نشریه شماره ۳۱۸ وزارت نیرو، ۱۳۸۶).

۱. مرحله ابتدایی

۲. مرحله توسعه

۳. مرحله تثبیت

۴. مرحله تعادل



شکل ۱-۲: مراحل توسعه حفره آبشستگی (نشریه شماره ۳۱۸ وزارت نیرو، ۱۳۸۶)

مرحله اول ظرفیت آبشستگی بالایی دارد و حفره آبشستگی در این مرحله ایجاد می شود. در مرحله دوم حفره آبشستگی گسترش می یابد. در مرحله سوم روند تغییرات پروفیل بستر کاهش می یابد. در این مرحله، دیواره پایین دست حفره آبشستگی دستخوش تغییرات محسوسی می شود. در مرحله چهارم که مرحله تعادل است تنها حرکت ذرات ممکن است درون حفره آبشستگی صورت گیرد.

سازه‌های هیدرولیکی که به صورت مانعی در برابر جریان قرار می‌گیرند، الگوی جریان در محدوده خود را تغییر داده و به صورت موضعی باعث فرسایش یا آبستگی در این منطقه می‌شوند. اهمیت بررسی پدیده آبستگی زمانی آشکار می‌گردد که عمق آبستگی قابل ملاحظه باشد. بگونه‌ای که این عمق به پی سازه‌های رودخانه‌ای رسیده و پایداری آنها را در معرض خطر قرار دهد یا موجب تخریب آنها گردد.

۲-۲- انواع آبستگی

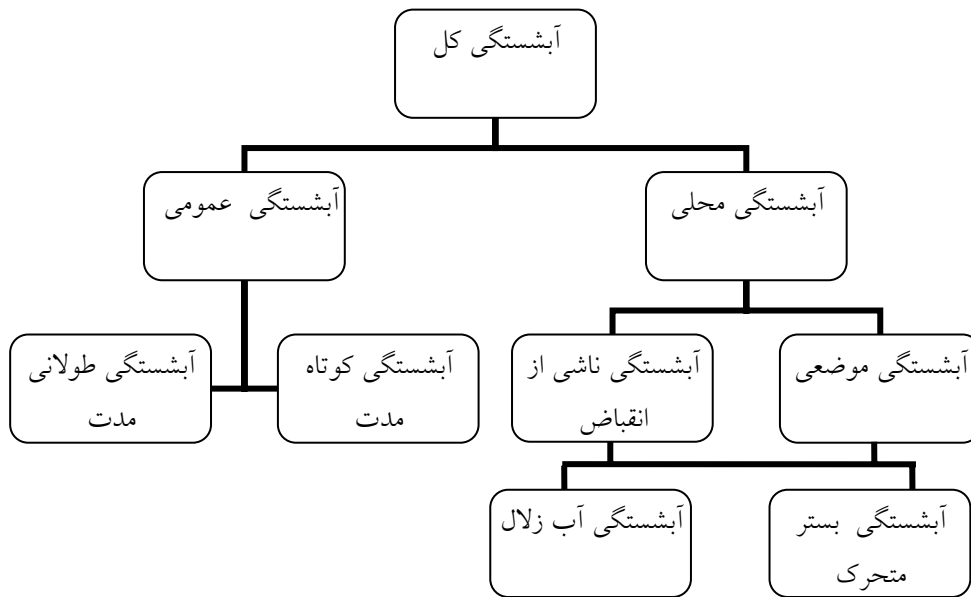
سه نوع آبستگی ممکن است در محل یک پل اتفاق بیفتد (رادکیوی و اتما، ۱۹۸۳):

الف - آبستگی عمومی: این آبستگی زمانی رخ می‌دهد که کل بستر رودخانه در بازه‌ای که پل در آن قرار دارد، شسته شده و نسبت به بستر طبیعی رودخانه در بالادست در تراز پایین‌تری قرار بگیرد.

ب- آبستگی در اثر تنگ شدن (انقباض): معمولاً برای کاهش طول پل، عرض رودخانه در محل احداث پل کم می‌شود. کاهش عرض رودخانه منجر به افزایش سرعت و ایجاد آبستگی در محل پل می‌شود.

ج- آبستگی موضعی: این آبستگی ناشی از برخورد مستقیم آب به پایه پل می‌باشد و تابعی از نوع سازه می‌باشد و ممکن است همزمان با آبستگی عمومی و آبستگی ناشی از انقباض رخ دهد. به طور کلی، عمق آبستگی موضعی بسیار بزرگتر از عمق آبستگی ناشی از انقباض و آبستگی عمومی می‌باشد. آبستگی ایجاد شده در اطراف سازه‌هایی نظیر پایه پل و آبشکن‌ها نمونه‌ای از آبستگی موضعی می‌باشد.

چرمسینوف و همکاران (۱۹۸۷) آبستگی را به دو نوع عمومی و محلی تقسیم کردند که در شکل زیر نمایش داده شده است (آلابی، ۲۰۰۶).



شکل ۲-۲: انواع آبشستگی (چرمیسوف و همکاران، ۱۹۸۷)

۲-۳- انواع مختلف آبشستگی موضعی در اطراف پایه پل

۲-۳-۱- آبشستگی آب زلال

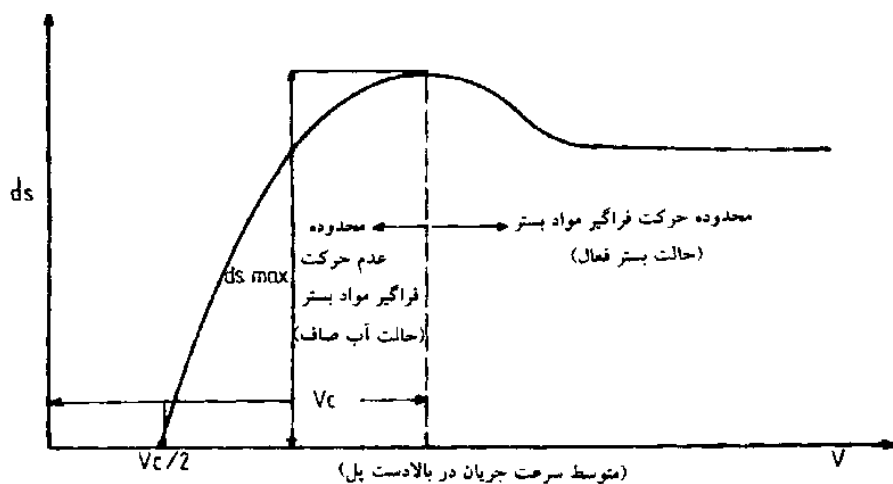
آبشستگی آب زلال، در شرایطی اتفاق می‌افتد که مواد بستر در بالادست حفره آبشستگی، ساکن هستند و انتقال رسوب رودخانه وجود ندارد. در این آبشستگی سرعت متوسط جریان کمتر از سرعت آستانه حرکت ذرات رسوبی است. طبق بررسی‌های انجام شده حرکت مواد بستر عملاً در سرعت $\frac{U_c}{4}$ (نصف سرعت در آستانه حرکت) به صورت تدریجی و انفرادی آغاز می‌شود و در سرعت U_c مجموعه مواد تشکیل دهنده‌ی بستر رودخانه به صورت فراگیر و یکپارچه حرکت خود را آغاز می‌کند. مطابق شکل ۲-۳ حداکثر عمق چاله فرسایشی در سرعت معادل U_c اتفاق می‌افتد که متناظر با شرایط آب زلال است (رادکیوی، ۱۹۹۰). در آبشستگی آب زلال با بستر ثابت، ابتدا شدت افزایش عمق آبشستگی نسبت به زمان زیاد است، ولی با افزایش زمان این شدت کاهش یافته و در نهایت پس از گذشت زمانی نسبتاً طولانی به عمق تعادل

می‌رسد. روند افزایش عمق آبشستگی در شرایط آب زلال تا زمانی است که جریان دیگر توانایی جابجایی ذرات بستر را نداشته باشد، که در این زمان عمق آبشستگی حداکثر رخ داده‌است (بروسرز و همکاران، ۱۹۷۷).

۲-۳-۲- آبشستگی بستر زنده

این آبشستگی زمانی اتفاق می‌افتد که رسوبات بستر توسط جریان حمل می‌شوند. در این حالت تنش برشی وارد بر بستر (سرعت متوسط) بیشتر از تنشی برشی (سرعت متوسط) بحرانی آستانه حرکت ذرات است. در این نوع آبشستگی عمق حفره آبشستگی به سرعت افزایش یافته و به حداکثر خود می‌رسد، اما با آغاز ورود ذرات به داخل حفره از عمق آبشستگی کاسته می‌شود. در بسترهای متحرک حرکت تلماسه‌ها و پشته‌های رسوبی موجب نوسان عمق چاله فرسایش می‌شود.

عمق آبشستگی متعادل زمانی رخ می‌دهد که در یک دوره زمانی، مقدار ذرات خارج شده از حفره آبشستگی با میزان ذرات تامین شده از بالاست حفره توسط جریان برابر باشد (شکل ۲-۴) (ملویل و چیو، ۱۹۹۹).



شکل ۲-۳: تغییرات حفره آبشستگی بر حسب سرعت (نشریه شماره ۲۶۰ وزارت نیرو، ۱۳۸۱)