



دانشگاه بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی عمران آب

عنوان:

پیش بینی آب شستگی موضعی پیرامون تکیه گاه
پل با استفاده از نرم افزار BRI-STARS

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا عزیزیان

استاد مشاور:

دکتر حسین خزیمه نژاد

تحقیق و نگارش:

احمد رضائی

اردیبهشت ۱۳۹۳

چکیده:

پیش بینی خصوصیات جریان در رودخانه ها از نیاز های اساسی در طرح های مهندسی رودخانه است. با این وجود باید بتوان با داشتن اطلاعاتی از مورفولوژی رودخانه ها به پیش بینی های هیدرولیکی قابل قبولی دست یافت. امروزه مدل های ریاضی می توانند با گرفتن اطلاعات از هندسه محل عبور جریان و رسوب عبوری از آن و همچنین با داشتن اطلاعات هیدرولیکی، روندیابی آب و رسوب را به منظور تحلیل مسائل پیچیده مهندسی رودخانه انجام دهند. در تحقیق حاضر با استفاده از نتایج یک تحقیق آزمایشگاهی، مدل **BRI-STARS** مورد ارزیابی قرار گرفت. تحقیق آزمایشگاهی مذکور در فلومی به طول ۸ متر، عرض یک متر و ارتفاع ۰/۶ متر با شیب ثابت ۰/۰۰۳ صورت گرفته است. هندسه ی فلوم، پایه کناری با ۵ بعد مختلف، رسوب مورد استفاده و شرایط جریان مطابق آنچه که در تحقیق آزمایشگاهی صورت گرفته بود به مدل معرفی گردید. نتایج حاکی از عملکرد خوب مدل **BRI-STARS** در پیش بینی عمق آبستگي پیرامون پایه کناری پل می باشد. مدل با اطلاعات این تحقیق آزمایشگاهی برای دو بخش اجرا شد. در بخش اول با تغییر ابعاد تکیه گاه نتایج حاصل از اجرای مدل با نتایج بدست آمده در آزمایشگاه مقایسه شد و مشخص شد که با کاهش بعد عمود بر جریان، عمق آبستگي بدست آمده با استفاده از مدل کاهش می یابد. همچنین با قرار دادن نتیجه بدست آمده از مدل فیزیکی در آزمایشگاه و نتایج حاصل از اجرای مدل در قالب نمودار مشخص شد که عمق آبستگي بدست آمده از معادله لارسن به نتایج بدست آمده از تحقیق آزمایشگاهی نزدیک تر است. در بخش دوم با تغییر دبی ورودی، شرایط هیدرولیکی متفاوتی، برای جریان معرفی شد. با تغییر دبی ورودی "طبعاً" عدد فرود تغییر می کند. با مقایسه نتایج مدل **BRI-STARS** و آزمایشگاه مشخص شد با کاهش عدد فرود عمق آبستگي کاهش پیدا میکند و در اعداد فرود کمتر از ۰/۲۱ رابطه لارسن پیش بینی نزدیکتری به نتایج آزمایشگاهی دارد و در اعداد فرود بالاتر از ۰/۲۱ رابطه جین و فیشر نتایج نزدیکتری به شرایط مدل فیزیکی ارائه میکند.

واژه های کلیدی: آبستگي، پایه کناری پل، مدل **BRI-STARS**، عدد فرود، داده های آزمایشگاهی

فهرست مطالب

۱	فصل اول - مقدمه و هدف	۱
۲	۱-۱- مقدمه	۲
۴	۲-۱- هدف	۴
۸	فصل دوم- مروری بر منابع	۸
۹	۱-۲- مقدمه	۹
۹	۲-۲- تعریف آبشستگی و انواع آن	۹
۱۰	۱-۲-۲- انواع آب شستگی از نظر علت بوجود آمدن	۱۰
۱۱	۱-۱-۲-۲- آبشستگی کلی (عمومی)	۱۱
۱۱	۲-۱-۲-۲- آبشستگی در اثر تنگشدگی	۱۱
۱۲	۳-۱-۲-۲- آبشستگی موضعی	۱۲
۱۲	۲-۲-۲- انواع آب شستگی از نظر وضعیت حمل رسوب	۱۲
۱۲	۱-۲-۲-۲- آب شستگی در حالت آب زلال	۱۲
۱۳	۲-۲-۲-۲- آب شستگی در حالت بستر متحرک (زنده)	۱۳
۱۴	۳-۲- آبشستگی موضعی در اطراف تکیه گاه پل	۱۴
۱۴	۱-۳-۲- تکیه گاهها	۱۴
۱۵	۱-۱-۳-۲- تکیه گاه دیواره بالدار	۱۵
۱۵	۲-۱-۳-۲- تکیه گاه با دیواره شیبدار	۱۵
۱۶	۳-۱-۳-۲- تکیهگاه با دیواره عمودی	۱۶
۱۶	۲-۳-۲- مکانیزم آبشستگی موضعی در اطراف تکیه گاه پل	۱۶
۱۸	۳-۳-۲- پارامترهای موثر بر آبشستگی موضعی تکیه گاه پل	۱۸
۲۰	۱-۳-۳-۲- اثر پارامترها بر عمق آب شستگی	۲۰
۲۰	۱-۱-۳-۳-۲- عمق جریان	۲۰
۲۱	۲-۱-۳-۳-۲- اندازه تکیه گاه	۲۱
۲۱	۳-۱-۳-۳-۲- سرعت جریان	۲۱
۲۲	۴-۱-۳-۳-۲- اندازه مواد بستر	۲۲
۲۳	۵-۱-۳-۳-۲- شکل تکیه گاه	۲۳
۲۳	۶-۱-۳-۳-۲- زاویه جریان	۲۳
۲۴	۴-۲- تغییرات زمانی آبشستگی	۲۴
۲۷	۵-۲- تخمین عمق آبشستگی	۲۷
۲۹	۶-۲- مدل‌های ریاضی آب شستگی	۲۹
۳۰	۱-۶-۲- مدل یک بعدی HEC-RAS	۳۰
۳۱	۲-۶-۲- مدل کامپیوتری WSPRO	۳۱

۳۱	..... مدل سه بعدی FLUENT	۳-۶-۲
۳۴	..... مدل شبه دو بعدی BRI-STARS	۴-۶-۲
۳۵	..... مدل سه بعدی SSIIM	۵-۶-۲
۳۷	..... مدل یک بعدی FASTER	۶-۶-۲
۳۹	..... فصل سوم- مواد و روشها	
۴۰	..... ۱-۳- مقدمه	
۴۰	..... ۲-۳- مدل BRI-STARS (BRIdge Stream Tube model for Alluvial River Simulation)	
۴۲	..... ۱-۲-۳- برخی قابلیت‌های BRI-STARS	
۴۲	..... ۲-۲-۳- شرایط سیستم برای اجرای مدل BRI-STARS	
۴۲	..... ۳-۲-۳- اطلاعات مورد نیاز مدل BRI-STARS	
۴۲	..... ۱-۳-۲-۳- بخش هندسی	
۴۳	..... ۲-۳-۲-۳- بخش هیدرولیک و هیدرولوژی	
۴۳	..... ۳-۳-۲-۳- بخش رسوب و مصالح بستر	
۴۴	..... ۴-۳-۲-۳- بخش شبیه سازی با عرض متغیر	
۴۴	..... ۵-۳-۲-۳- بخش هیدرولیک پل	
۴۴	..... ۴-۲-۳- تعریف اطلاعات برای مدل	
۴۶	..... ۱-۴-۲-۳- رابطه CSU	
۴۸	..... ۲-۴-۲-۳- رابطه لارسن	
۴۸	..... ۳-۴-۲-۳- رابطه جین و فیشر	
۴۹	..... ۴-۴-۲-۳- رابطه فروهلیچ	
۴۹	..... ۵-۲-۳- خروجی های مدل BRI-STARS	
۵۰	..... ۳-۳- تحقیق آزمایشگاهی	
۵۴	..... ۴-۳- شبیه سازی مدل آزمایشگاهی در مدل BRI-STARS	
۵۸	..... فصل چهارم- نتایج و بحث	
۵۹	..... ۱-۴- مقدمه	
۵۹	..... ۲-۴- تأثیر ابعاد تکیه گاه در میزان آبستگي پیرامون تکیه گاه پل	
۶۶	..... ۳-۴- تأثیر شرایط جریان(اعداد فرود متفاوت) بر میزان آبستگي پیرامون تکیه گاه پل	
۶۹	..... ۴-۴- مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج گذشتگان	
۷۱	..... فصل پنجم- نتیجه گیری کلی و پیشنهادات	
۷۲	..... ۱-۵- مقدمه	
۷۲	..... ۲-۵- نتیجه گیری کلی	
۷۲	..... ۳-۵- پیشنهادات	

فهرست جداول

جدول (۱-۱): آمار پلهای تخریب شده ی کشور	۲
جدول (۱-۲): انواع شرایط مرزی در مدل FASTER	۳۷
جدول (۱-۳): ضریب تصحیح نوع پایه پل K_1	۴۷
جدول (۲-۳): ضریب تصحیح زاویه جریان K_2	۴۷
جدول (۳-۳): مشخصات تکیه گاه در تحقیق	۵۱
جدول (۴-۳): موقعیت ایستگاهها	۵۴
جدول (۵-۳): مختصات نقاط مقطع	۵۵
جدول (۱-۴): نتایج کایاتورک (۲۰۰۵)	۷۰

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) خسارت وارده به تکیه گاه پل عبدالخان	۳
شکل (۱-۲) اجزای آبستگی	۱۱
شکل (۲-۲) انقباض جریان و افزایش سرعت در مقطع با احداث پل	۱۲
شکل (۳-۲) تصویری از اجزای پل	۱۴
شکل (۲-۳) رسوب مورد استفاده و منحنی دانه بندی رسوب	۵۰
شکل (۳-۳) فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در تحقیق حاضر	۵۱
شکل (۴-۳) الف) الگوی فرسایش و رسوبگذاری پیرامون تکیه گاه در عدد فرود $0/22$ (ب) پروفیل رسوبات بستر پیرامون تکیه گاه در شرایط مختلف جریان	۵۲
شکل (۵-۳) عمق آبستگی در نقطه ی مبنا در مقابل عدد فرود	۵۳
شکل (۶-۳) تاثیر ابعاد تکیه گاه بر میزان عمق آبستگی در نقطه ی مبنا	۵۴
شکل (۷-۳): شماتیک مقطع عرضی فلوم	۵۵
شکل (۸-۳): منحنی دبی - اشل ($Fr= 0/22$)	۵۶
شکل (۱-۴): مقایسه عمق آبستگی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و مدل CSU -BRI-STARS	۵۹
شکل (۲-۴): مقایسه عمق آبستگی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و مدل J&F -BRI-STARS	

- شکل (۳-۴): مقایسه عمق آبشستگی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و مدل LAUR. -BRI-STARS..... ۶۱
- شکل (۴-۴): مقایسه میزان عمق آبشستگی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و مدل BRI-STARS - ۰/۶..... ۶۲
- شکل (۵-۴): مقایسه میزان عمق آبشستگی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و مدل BRI-STARS - ۰/۷۵..... ۶۲
- شکل (۶-۴): مقایسه میزان عمق آبشستگی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و مدل BRI-STARS - ۱..... ۶۳
- شکل (۷-۴): مقایسه میزان عمق آبشستگی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و مدل BRI-STARS - ۱/۲۴..... ۶۳
- شکل (۸-۴): مقایسه میزان عمق آبشستگی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و مدل BRI-STARS - ۱/۵۶..... ۶۴
- شکل (۹-۴): مقایسه نتایج حاصل از مدل BRI-STARS با معادلات متفاوت و یافته های آزمایشگاهی..... ۶۴
- شکل (۱۰-۴): مقایسه درصد های خطا برای روابط متفاوت..... ۶۴
- شکل (۱۱-۴): مقایسه میزان آبشستگی محاسبه شده توسط مدل BRI-STARS و مدل آزمایشگاهی $Fr=0/22$ ۶۶
- شکل (۱۲-۴): مقایسه میزان آبشستگی محاسبه شده توسط مدل BRI-STARS و مدل آزمایشگاهی $Fr=0/2$ ۶۷
- شکل (۱۳-۴): مقایسه میزان آبشستگی محاسبه شده توسط مدل BRI-STARS و مدل آزمایشگاهی $Fr=0/18$ ۶۷
- شکل (۱۴-۴): تغییرات عمق بی بعد در مقابل اعداد فرود متفاوت..... ۶۸
- شکل (۱۵-۴): پروفیل سطح آب و رسوبات بستر - خروجی گرافیکی مدل BRI-STARS با رابطه لارسن..... ۶۹
- شکل (۱۶-۴): پروفیل لوله های جریان و تغییرات سرعت - خروجی مدل BRI-STARS با رابطه لارسن..... ۶۹
- شکل (۱۷-۴): مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج کایاتورک..... ۷۰
- پیوست: داده های ورودی..... ۷۳
- پیوست ۱: شکل فلوم شبیه سازی شده..... ۷۴
- پیوست ۲: اطلاعات ورودی نرم افزار..... ۷۵
- پیوست ۳: اطلاعات خروجی نرم افزار..... ۸۹
- منابع..... ۹۷

فصل اول

مقدمه و هدف

۱-۱- مقدمه

همه ساله پلهای زیادی در اثر سیلاب دقیقاً هنگامیکه بیشترین نیاز به آنها برای امدادسانی به مناطق سیل زده وجود دارد تخریب می گردند . طبق بررسی های بعمل آمده ۶۰ درصد این خرابیها ناشی از عوامل هیدرولیکی می باشد که در این بین آبستگي نقش بسزایی دارد. آمار ها نشان میدهد در کشورمان به طور متوسط سالانه بیش از ۳۰ میلیارد ریال به سازه های آبی در معرض آبستگي از قبیل پلها، آب نماها، دیوارهای ساحلی، موج شکن ها و اسکله ها خسارت وارد می شود. جدول (۱-۱) آماری از تخریب پلهای کشور را در سالهای مختلف ارائه می دهد (فرهادزاده، ۱۳۷۸).

فاصله‌ی زمانی(سال)	تعداد پلهای تخریب‌شده(دهانه)
۱۳۳۱-۴۰	۷۸
۱۳۴۱-۵۰	۶۴۸
۱۳۵۱-۶۰	۹۷
۱۳۶۱-۷۰	۵۷۲۴
۱۳۷۱-۷۵	۹۳۹۲

جدول (۱-۱) آمار پلهای تخریب‌شده‌ی کشور (فرهادزاده، ۱۳۷۸)[۱۶]

آمار این جدول نشان می دهد که علی‌رغم بهبود و ارتقاء دانش فنی در مورد طراحی سازه‌ای پلها و پیشرفت تکنولوژی ساخت، آمار تخریب پلها افزایش یافته است و این خود نشاندهنده اینست که هنوز جنبه های زیادی از مسأله آبستگي وجود دارد که حل نشده و ناشناخته باقی مانده است.

آبستگي کلی در پلها شامل سه بخش می باشد، آبستگي عمومی^۱، آبستگي ناشی از انقباض^۲ و آبستگي موضعی^۳. آبستگي عمومی یک پروسه‌ی طولانی مدت بوده و باعث تغییرات ارتفاعی بستر می شود که ناشی از عوامل طبیعی یا انسانی می باشد. آبستگي ناشی از انقباض، باعث برداشت مواد از بستر و دیوارها در تمام یا بیشتر عرض آبراهه می شود. این آبستگي می تواند نتیجه‌ی انقباض جریان به دلیل وجود تکیه‌گاه، تغییر در ارتفاع سطح آب پایین دست و یا قرار گرفتن محل پل در خم باشد. در این دو مورد، آبستگي ناشی از افزایش انتقال مواد بستر در مقطع پل است. آبستگي موضعی که اطراف پایه و تکیه‌گاهها رخ می دهد به دلیل شتاب جریان و توسعه‌ی سیستم گردابی ناشی از انسداد این بخشها در مقابل جریان است که منجر به ایجاد یک سیستم سه بعدی جریان گردابی در اطراف آنها شده و باعث جدا شدن دانه‌ها از بستر و آبستگي موضعی می -

-
- 1- General Scour
 - 2- Contraction Scour
 - 3- Local Scour

شود. عموماً اعماق مربوط به آبشستگی موضعی حدود ۱۰ برابر اعماق آبشستگی ناشی از تنگ‌شدگی و آبشستگی عمومی است (کاپاترک، ۲۰۰۵). این نوع آبشستگی به دلیل پیچیده بودن جریان‌های ایجاد شده دارای اهمیت زیادی بوده و موثرترین عامل در تخریب پل‌ها می‌باشد. باید توجه داشت که عمق نهایی آبشستگی ایجاد شده در مجاورت پایه یا تکیه‌گاه پل، برابر با مجموع عمق‌های فرسایش ناشی از آبشستگی موضعی، عمومی و تنگ‌شدگی عرض جریان می‌باشد.

تناقض‌های گوناگونی در نتایج محققین موجود است که خود دلیل دیگری بر پیچیده شدن این موضوع شده است. مسأله آبشستگی در محدوده‌ی پل‌ها، سال‌هاست که ذهن محققین را به خود مشغول نموده است، هافمن و ورهيج (۱۹۹۷) به این موضوع اشاره داشتند که آنالیز آبشستگی جزء لاینفک و مکمل طراحی زیرسازی و پی‌سازی پل‌های جدید می‌باشد و این آنالیز بایستی تضمین‌کننده‌ی مقاومت پل در برابر جریان‌ها و سیلاب‌های بزرگ باشد. پدیده‌ی آبشستگی، پتانسیل زیادی برای تهدید کردن کل سازه‌ی پل و دیگر سازه‌های هیدرولیکی را دارا می‌باشد، تقریباً تمامی دنیا با این مشکل دست و پنجه نرم می‌کنند و مربوط به جا و مکان خاصی نمی‌باشد. آبشستگی منجر به تخریب پی‌ها و فونداسیون سازه‌ها از زیر شده و نهایتاً موجب ریزش پل می‌شود، به همین دلیل است که تقریباً اکثر محققین بر این باورند که مسأله‌ی آبشستگی، عامل بسیاری از تخریب پل‌ها می‌باشد (واردهانا و هدیپریونو، ۲۰۰۳).

شکل (۱-۱) نمونه‌ای از خسارات وارده بر تکیه‌گاه پل عبدالخان در استان خوزستان را که در اثر آبشستگی بوده است را نشان می‌دهد. (خادمی و همکاران، ۱۳۸۹)



شکل (۱-۱): خسارت وارده بر تکیه‌گاه پل عبدالخان [۱۴]

بر اساس برآورد ملویل و کلمن (۲۰۰۰)، سالانه حدود ۳۶ میلیون دلار در نیوزیلند صرف هزینه‌های تحمیل شده‌ی ناشی از آبشستگی می‌شود. در طول ۳۰ سال، بیش از هزار پل از میان ۶۰۰۰۰۰ پل موجود در ایالات متحده دچار نقص یا تخریب شده‌اند. که در این میان ۶۰ درصد این خرابی‌ها ناشی از آبشستگی گزارش شده است (شیرهول و هالت، ۱۹۹۱). بر اساس گزارش چرمیسینوف و همکاران (۱۹۸۷)، تخریب پل‌ها و بزرگراه‌ها بر اثر طغیان‌های منطقه‌ای از سال ۱۹۶۴ تا ۱۹۷۲ هر ساله تقریباً یک میلیون دلار خسارت در برداشته است. آبشستگی موضعی مسئول تخریب ۱۷ پل در نیویورک و نیوانگلند در خلال سیلاب‌های بهار سال ۱۹۸۷ می‌باشد. در سال ۱۹۸۹ تخریب پل هاتچی^۱ موجب کشته شدن ۸ نفر شد. سیلاب سال ۱۹۹۳ در می‌سی‌سی‌پی شمالی باعث ۲۳ مورد تخریب پل با تخمین حدود ۱۵ میلیون دلار خسارت شد. در سال ۱۹۹۴ در سیلاب حاصل از طوفان آلبرتو در جورجیا، بیش از ۵۰۰ پل دچار آبشستگی شدید شدند به گونه‌ای که ۷۳ عدد از آن‌ها باید تعمیر اساسی و یا تعویض می‌شدند (رچاردسون و همکاران، ۲۰۰۱). مطالعات انجام شده بر روی شکست ۳۸۳ پل در ایالات متحده نشان می‌دهد که در ۲۵ درصد آنها تخریب پایه و در ۷۲ درصد تخریب تکیه‌گاه، علت شکست پل بوده است. بر طبق مطالعات ملویل (۱۹۹۲)، از ۱۰۸ شکست پل که در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۶۰ در نیوزیلند رخ داد، ۲۹ مورد آن مربوط به آبشستگی تکیه‌گاه پل بوده است. ملویل هم‌چنین خاطر نشان می‌سازد که ۷۰ درصد هزینه‌ها روی شکست پل در نیوزیلند ناشی از آبشستگی تکیه‌گاه پل بوده است. بررسی آمار و داده‌ها نشان می‌دهد که مشکل آبشستگی در تکیه‌گاه پل‌ها بسیار مهم است [۱۰].

۲-۱- هدف

با توجه به موارد فوق الذکر تخمین دقیق عمق آبشستگی اطراف تکیه گاههای پل برای یک طراحی مطمئن ضروری به نظر می‌رسد در چند دهه اخیر تحقیقات زیادی در زمینه پدیده آب شستگی در محل تکیه گاهها و پایه ها انجام شده است ولی بدلیل پیچیدگی اندرکنش موج - جریان تاکنون روشهای تحلیلی و تئوری دقیقی جهت محاسبه آب شستگی در مجاورت پلهای واقع بر رودخانه ها ارائه نشده است و بیشتر تأکید بر روی نتایج آزمایشگاهی و تجربی استوار بوده است. پیشینیان نیز کم و بیش با این پدیده آشنایی داشتند به نحویکه آنها می دانستند به ازای هر فوت (۳/۰ متر) افزایش تراز سطح آب عمق حفره آب شستگی سه تا چهار برابر افزایش می یابد که این مورد در محاسبه عمق آب شستگی بکار میرفت. به طور کلی سه روش کاربردی برای تعیین و پیش‌بینی عمق آبشستگی در محل پایه و تکیه‌گاه، مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارتند از:

1- Hatchie

۱- مدل‌های ریاضی و کامپیوتری

۲- استفاده از داده‌های واقعی

۳- مدل‌های فیزیکی

روش اول، اساساً مبتنی بر تئوری‌ها و روابط ریاضی بوده، به طوری که در ابتدا با استفاده از روابط مربوط به فرسایش و تئوری‌های ارائه شده در رابطه با هیدرولیک پل‌ها و آبشستگی، یک مدل ریاضی ارائه می‌گردد. از جمله مدل‌های ریاضی می‌توان به مدل GFLUVIAL اشاره کرد. این مدل در سال ۱۹۹۲ توسط مارشال جنینز، هاوارد چنگ و استاولر به منظور بررسی پتانسیل بستر رودخانه بارزو در محل پل، ارائه شد. از دیگر مدل‌های ریاضی رایج نیز مدل ریاضی تفاضل محدود است که یک مدل ریاضی دو بعدی زمانمند بود و جواب‌های این مدل با مقادیر طبیعی تطابق خوبی نشان داد [۹]. پس از این مرحله و با توجه به مدل ریاضی تهیه شده، یک مدل کامپیوتری که قابل انطباق با شرایط و حالات مختلف پدیده‌ی آبشستگی باشد، ساخته می‌شود که البته به دلیل پیچیده‌بودن مساله‌ی آبشستگی، تعدد پارامترهای تاثیرگذار و دخالت هم‌زمان پارامترهای جریان و رسوب در بسیاری از موارد، نتایج قابل اعتمادی با استفاده از این روش به دست نمی‌آید. از نمونه مدل‌های متداول کامپیوتری برای تعیین عمق آبشستگی می‌توان به مدل‌های HEC-RAS , Fluent , FASTER , SSIIM , WSPRO , BRI-STARS اشاره کرد که در فصل دوم به تفصیل مورد بحث قرار خواهند گرفت. روش دوم، روش دقیقی است که بیشتر برای پل‌های ساخته شده مناسب می‌باشد تا بدین طریق مشکلات موجود شناسایی شده و طرح مورد نظر در برابر تهدیدات آبشستگی، محافظت و تقویت گردد. عمده‌ترین مشکلی که در این رابطه وجود دارد، این است که تجهیزات دارای قابلیت‌های رفتارسنجی آبشستگی مورد استفاده در این روش، بسیار گران و پرهزینه می‌باشند. روش سوم، کاملاً تجربی بوده و بر مبنای آزمایش و مشاهده استوار می‌باشد. با استفاده از این روش، می‌توان رفتار آبشستگی را هم برای پل‌های در دست احداث و هم برای پل‌های ساخته شده بررسی نمود. این روش به علت مشاهده‌ای بودن و دقت قابل قبول نتایج آن، راه حل خوبی جهت بررسی رفتار آبشستگی و در نهایت تعیین عمق فرسایش می‌باشد (ریچاردسون و دیویس، ۱۹۹۵). روش اخیر، مبنای بسیاری از تحقیقات در زمینه‌ی آبشستگی می‌باشد و علی‌رغم مطالعات زیادی که با استفاده از این روش در خصوص آبشستگی در محل پایه و تکیه‌گاه پل‌ها انجام شده است، هنوز بسیاری از محققین علاقه‌مند به کارکردن در این زمینه می‌باشند و این نکته سبب شده است که پایان‌نامه‌های متعددی در دوره‌ی کارشناسی ارشد و دکتری به این سمت، سوق داده شوند.

در این تحقیق داده های بدست آمده از یک مدل فیزیکی در محیط آزمایشگاه را در مدلی کامپیوتری، شبیه سازی می شوند در واقع مشخصات هندسی یک فلوم آزمایشگاهی با جزییات هیدرولیکی و رسوبی در مدل BRI-STARS شبیه سازی شده اند و عمق آبشستگی بدست آمده در محیط آزمایشگاه با خروجی های مدل طی معادلات متفاوت (فروهلیچ، لارسن، CSU، جین و فیشر) در شرایط بستر ثابت (آب زلال) مقایسه میشود و در نهایت معادله یا معادلاتی که نزدیکترین نتیجه به عمق آبشستگی اندازه گیری شده در آزمایشگاه را نشان می دهد تعیین می گردد همچنین با تعریف تکیه گاههایی با ابعاد هندسی متفاوت برای مدل مشخص می شود تغییر ابعاد تکیه گاه به چه میزان در عمق آبشستگی تأثیر گذار خواهد بود.

این پایان نامه شامل پنج فصل به شرح ذیل می باشد :

فصل اول - مقدمه و هدف

در این فصل مقدمه ای کوتاه در خصوص تحقیق حاضر بیان خواهد شد ضرورت های تحقیق و در نهایت اهداف مورد نظر مطرح خواهد شد.

فصل دوم - مروری بر منابع

در این فصل پدیده آب شستگی با تأکید بر بررسی آب شستگی موضعی اطراف تکیه گاه پل مورد بحث قرار خواهد گرفت. شرایط جریان در اطراف تکیه گاه پل و مکانیزم آب شستگی در این محل بررسی می شود. در ادامه معادلات برآورد عمق آب شستگی با توضیح پارامترهای مؤثر بر آن بیان شده است و در پایان فصل نیز به معرفی تعدادی از مدل های ریاضی که در این زمینه ارائه شده اند با مرور تحقیقات گذشتگان آورده شده است.

فصل سوم - مواد و روشها

در بخش اول این فصل مدل BRI-STARS به صورت کامل معرفی خواهد شد و در بخش دوم تحقیق آزمایشگاهی صورت گرفته که برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفت ارائه خواهد شد.

فصل چهارم - نتایج و بحث

در این فصل نتایج اجرای مدل ارائه می شود و با نتایج بدست آمده در شرایط آزمایشگاهی مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

فصل پنجم - نتیجه گیری کلی و ارائه پیشنهادات

نتایج حاصل از این تحقیق بررسی شده و در نهایت از بین روابط تجربی مختلف ارائه شده مناسب ترین معادله معرفی شده است. در پایان نیز پیشنهاداتی برای انجام تحقیقات بیشتر در زمینه آبستگي پیرامون تکیه گاه پلها ارائه می شود.

فصل دوم

مروری بر منابع

۲-۱- مقدمه

آب شستگی پدیده ای است که در اثر جریان آب در رودخانه ها و نهرها در محل سازه های هیدرولیکی اتفاق می افتد. در واقع وجود سازه هیدرولیکی در مسیر عبور آب رژیم جریان را بهم می زند و در پایاب این سازه ها سرعت جریان به جهت تنگ شدن مجرا افزایش می یابد سپس در مقاطعی که سرعت جریان افزایش پیدا می کند ظرفیت آبشستگی قویتری مطرح می گردد. تجربه در موارد کثیری نشان داده است که آبشستگی می تواند به طور پیوسته زیر فونداسیون سازه ها را خالی کرده و نهایتاً موجبات تخریب سازه را فراهم آورد. دیوارهای ساحلی، موج شکن ها و پل ها از جمله سازه هایی هستند که تحت تاثیر پدیده آبشستگی قرار می گیرند. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص تعیین عمق آبشستگی پیرامون سازه های هیدرولیکی، مخصوصاً پل ها چه در محل پایه و چه در محل تکیه گاه انجام شده است و نمودارها و روابط متعددی نیز استخراج شده است. پل ها از جمله با اهمیت ترین سازه های هیدرولیکی هستند که نگهداری از آنها نقش استراتژیکی مهمی دارد آبشستگی یکی از موارد اصلی خرابی و شکست پلها محسوب می شود و بر اساس تحقیقات شیرهال و هیلت (۱۹۹۱)^۱ در سی سال گذشته بیش از یک میلیون پل در ایالات متحده آمریکا فرو ریخته و شصت درصد این خرابیها ناشی از آبشستگی فونداسیون آنها بوده است. آبشستگی پدیده ای دینامیکی است که تحت تاثیر پارامترهای زیادی از قبیل عمق جریان، زاویه برخورد جریان به جلو پایه، عرض و شکل پایه، تکیه گاه، ویژگیهای ذرات رسوب و دیگر موارد می باشد. در این فصل ابتدا کلیاتی در خصوص آبشستگی بیان خواهد شد و پس از آن به توضیح مختصری در خصوص مدل‌های ریاضی که تاکنون توسط افراد مختلف جهت تعیین عمق آب شستگی ارائه شده اند می پردازیم.

۲-۲- تعریف آبشستگی و انواع آن

آبشستگی در حقیقت جابجایی ذرات توسط جریان از محل استقرار اولیه ی آنها به مکان دیگری است. آبشستگی ممکن است در نتیجه ی تغییرات طبیعی جریان در آبراهه یا در نتیجه ی فعالیت‌های انسان مانند ساخت سازه ها در مسیر جریان یا برداشت مصالح بستر اتفاق افتد. به طور کلی آبشستگی در اثر اندرکنش نیروهای زیر حاصل می‌شود:

۱- نیروی محرک ناشی از جریان که در راستای جداکردن ذره از بستر عمل می‌کند.

1 :Shirhole & Holt(1991)

۲- نیروی مقاوم ناشی از اصطکاک ذرات و وزن ذره که در برابر حرکت ذره مقاومت کرده و مانع جدایی ذره از بستر می‌شود.

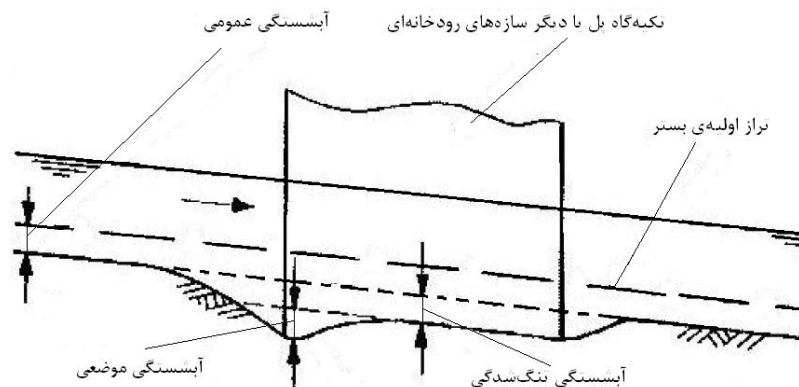
حرکت یک ذره هنگامی آغاز می‌شود که نیروهای اعمال شده توسط جریان یعنی نیروهای کشسانی^۱ و بالا برنده^۲ که باعث جدا شدن ذره از بستر می‌شوند، بر نیروی مقاوم ذره غالب آید. پدیده آبشستگی علاوه بر این که مستقیماً خود باعث بروز تخریب در مسیر آبراهه می‌گردد، ممکن است با اثر- گذاری بر سایر پارامترهای حاکم بر جریان به صورت غیرمستقیم نیز عواقبی را به همراه داشته باشد. از این رو لازم است مهندسين هیدرولیک به طور وسیع با مکانیزم این فرآیند آشنایی داشته تا بتوانند تمهیدات لازم را در مقابله با آن بکارگیرند. چرا که بعضاً مشاهده شده است، مقابله با فرسایش در بازه‌ای از رودخانه با تاثیرگذاری بر مورفولوژی مسیر باعث بروز تخریب در بازه‌های بالادست یا پایین دست آن شده و لطمات وسیع- تری را به وجود می‌آورد.

محققین زیادی از جمله لارسن و تاج (۱۹۵۶)، رادکیوی و اتما (۱۹۸۳)، ریچاردسون و دیویس (۲۰۰۱) و ملویل و کلمن (۲۰۰۰) در مورد انواع آب شستگی تحقیق نموده اند. با بررسی مطالعات آنها می توان آب شستگی را از دو جنبه‌ی کلی مورد بررسی قرار داد: الف) انواع آب شستگی از نظر علت بوجود آمدن
ب) انواع آب شستگی از نظر وضعیت حمل مواد بستر

۲-۲-۱- انواع آبشستگی از نظر علت بوجود آمدن

آبشستگی حاصل از جریان رودخانه ها در محدوده‌ی پل ها را از نظر علت بوجود آمدن مطابق شکل (۲-۱) به سه دسته می‌توان تقسیم نمود [۷]: ۱- آبشستگی عمومی^۳ ۲- آبشستگی ناشی از تنگ شدگی^۴
۳- آبشستگی موضعی^۵

-
- 1- Drag Force
 - 2- Lift Force
 - 3 - General Scour
 - 4 - Contraction Scour
 - 5 - Local Scour



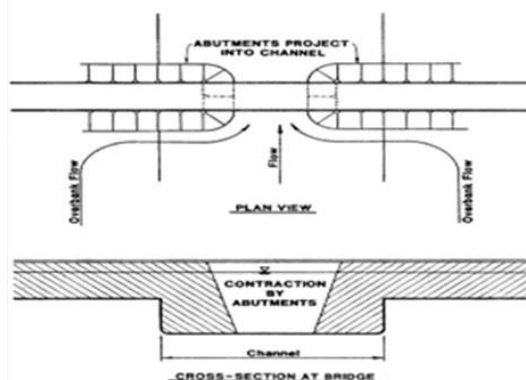
شکل (۱-۲) - اجزای آبشستگی [۷]

۱-۱-۲-۲- آبشستگی کلی (عمومی)

این نوع آبشستگی در یک رودخانه یا نهر و در نتیجه‌ی وجود جریان اتفاق می‌افتد چه سازه‌ای موجود باشد یا نباشد. با تغییر پارامترهای هیدرولیکی (پارامترهای مستقل) پارامترهای هندسی (پارامترهای وابسته) دچار تغییر و تحول می‌شوند. مثلاً هرگاه در بازه‌ای از رودخانه قدرت حمل رسوب جریان به خاطر بالارفتن دبی جریان یا کم‌شدن بار رسوبی افزایش یابد، جریان آب ذرات بستر را با خود حمل می‌کند و کف کنی در کل طول آن بازه رخ می‌دهد که به آن آبشستگی عمومی یا کلی گویند. مثلاً در هنگام وقوع سیل این پدیده اتفاق می‌افتد. کنترل آبشستگی عمومی به مطالعات ساماندهی رودخانه برمی‌گردد.

۲-۱-۲-۲- آبشستگی در اثر تنگ‌شدگی

معمولاً برای کاهش طول پل، عرض رودخانه در محل احداث پل کم می‌گردد. کاهش عرض رودخانه باعث می‌شود که سرعت جریان در آن بازه از سرعت بحرانی حرکت ذرات بالاتر رود، در این مقطع از آبراهه آبشستگی کلی رخ می‌دهد که به آن آبشستگی در اثر تنگ‌شدگی گویند. شکل (۱-۲) کم‌شدن عرض رودخانه در محل احداث پل را که عامل ایجاد آبشستگی در اثر تنگ‌شدگی می‌باشد را نشان می‌دهند.



شکل (۲-۲) - انقباض جریان و افزایش سرعت در مقطع با احداث پل [۱۶]

۲-۱-۲-۳- آبشستگی موضعی

این نوع آبشستگی که مستقیماً ناشی از اثر سازه بر جریان است تابعی از نوع سازه بوده و به آبشستگی عمومی و آبشستگی ناشی از تنگ‌شدگی اضافه می‌گردد. آبشستگی موضعی به این صورت اتفاق می‌افتد که الگوی جریان در اطراف سازه‌های داخل جریان تغییر کرده و جریان‌های آشفته چرخشی و گرداب‌هایی در اطراف آن‌ها ایجاد می‌شود. این تغییر الگوی جریان سبب می‌گردد به طور موضعی نیروهای وارد بر کف افزایش یافته و ذرات بستر شروع به حرکت کنند.

۲-۲-۲- انواع آب شستگی از نظر وضعیت حمل رسوب

از این لحاظ آب شستگی به دودسته تقسیم می‌شود: ۱- آب شستگی در حالت آب زلال^۱

۲- آب شستگی در حالت بستر متحرک (زنده)^۲

۲-۲-۲-۱- آبشستگی در حالت آب زلال

آبشستگی آب زلال، زمانی اتفاق می‌افتد که حمل رسوب از بالادست رودخانه توسط جریان وجود ندارد؛ به عبارت دیگر رودخانه در محدوده‌ی بالادست سازه‌ی مورد نظر پایدار می‌باشد. هم‌چنین شدت جریان نزدیک شونده برای انتقال رسوبات کافی نیست، به عبارت دیگر تنش‌های برشی بستر در ناحیه‌هایی که تحت تاثیر مستقیم سازه قرار دارند کمتر از تنش برشی آستانه حرکت ذره‌ی رسوبی است (رادکیوی ۱۹۹۰).

¹ - Clear Water Scour

² - Live Bed Scour

در این وضعیت زمانی که سرعت جریان به کمتر از نصف حالت بحرانی خود می رسد آبشستگی در اطراف سازه شروع می شود. ($0 < V/V_c \leq 0.5$)، (گراف، ۱۹۹۶، سیمونز و شن تورک، ۱۹۹۲) البته در بعضی منابع شرط ($0 < V/V_c \leq 0.3$) برای وقوع آبشستگی در حالت آب زلال ذکر شده است (ملویل و چپو، ۱۹۹۹).

در حالت آبشستگی آب زلال، عمق آبشستگی نسبت به زمان به تدریج افزایش می یابد، زمانی که توانایی انتقال رسوب به خارج از حفره آبشستگی ناچیز شده و به صفر برسد، عمق آبشستگی به صفر و به یک مقدار ثابت مجانب می شود. در این زمان عمق آب شستگی بدست آمده را عمق تعادل آب شستگی می نامند که البته رسیدن به این زمان در مدت زمان طولانی اتفاق می افتد (کایاترک، ۲۰۰۵). اگر سرعت جریان با سرعت بحرانی برابر باشد ($V=V_c$) رسوبات شروع به حرکت می کنند که در واقع شروع آب شستگی در وضعیت بستر متحرک می باشد.

۲-۲-۲- آبشستگی در حالت بستر متحرک (زنده)

در این نوع آبشستگی سرعت جریان بزرگتر از سرعت بحرانی رسوبات می باشد ($V > V_c$)، رسوبات بستر توسط تنش برشی مازاد از داخل حفره ی آبشستگی به بیرون حفره انتقال داده می شوند. در این حالت عمق آبشستگی به سرعت با زمان افزایش پیدا می کند و در ابتدا به یک مقدار حداکثر می رسد و سپس اطراف یک مقدار متوسط که همان عمق تعادل آبشستگی است نوسان می کند. این حالت تا زمان برقراری تعادل بین رسوباتی که به حفره وارد می شوند و رسوباتی که از آن خارج می شوند، ادامه خواهد داشت این حالت همان حالت پایدار آب شستگی بستر متحرک است و عمق بدست آمده عمق تعادل آب شستگی است. شرایط آبشستگی بستر متحرک در زمان خیلی کوتاهی به وقوع می پیوندد. لازم بذکر است که عمق آب شستگی در حالت آب زلال ۱۰ در صد بیشتر از حالت بستر متحرک می باشد (گراف، ۱۹۹۶؛ بارهپویا و دی، ۲۰۰۴).

این نوع آبشستگی زمانی روی می دهد که جریان از بالادست حاوی رسوب باشد به این معنا که تنش برشی بالادست از تنش برشی بحرانی فراتر رفته باشد. تنش برشی بحرانی تنش برشی است که در آن ذرات بستر شروع به حرکت می نمایند.

۳-۲- آبستگي موضعي در اطراف تكيه‌گاه پل

اجزای تشکیل دهنده پلها شامل پایه، تکیه‌گاه، تیرهای اصلی و دال، قرنیز و دیوارهای هدایت می باشد(شکل ۳-۲).



شکل (۳-۲) تصویری از اجزای پل

۳-۲-۱- تکیه‌گاه‌ها

تکیه‌گاه‌های پل یا همان کوله‌های پل در واقع پایه‌های چسبیده به ساحل رودخانه می باشند که معمولاً جنس آنها بتنی می باشد.

در حالت کلی، تکیه‌گاه‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- تکیه‌گاه‌های خط جریان^۱

- تکیه‌گاه‌های دماغه تیز^۲

هندس تکیه‌گاه به انواع مختلفی نظیر دیواره بالدار، دیواره شیبدار، دیواره قائم تقسیم می‌شود. در شکل (۳-۲) انواع تکیه‌گاه‌ها کشیده شده است.

1 -Stream Lined

2 -Blunt