

سورة الاحقاف

پایان نامه خانم بقیه محبوب کرم بستی به تاریخ ۱۵ / ۱۱ / ۱۳۹۱ به شماره ۵۰۸ - ۲ - ک مورد

پذیرش هیات محترم داوران بارتبه عالی و نمره (نمره زره) قرار گرفت.



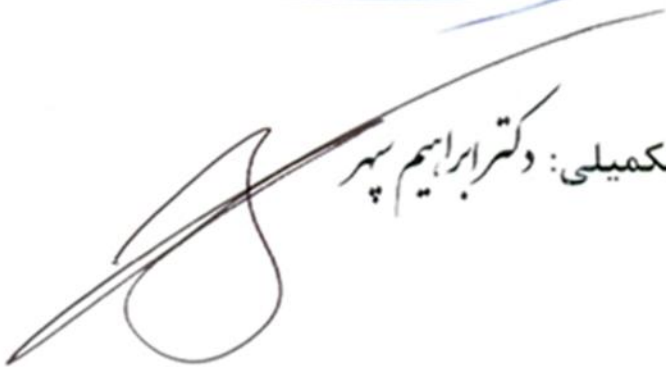
۱- استاد راهنمای اول و رئیس هیات داوران: دکتر امیر مصلی محمد شاد

~~۲- استاد راهنمای دوم: دکتر جواد بهمنش~~



۳- داور خارجی: دکتر سینا شاریات

۴- داور داخلی: دکتر حسین رحمانی



۵- سرپرست تحصیلات تکمیلی: دکتر امیر اghا

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است.



دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته سازه های آبی

موضوع:

مدلسازی عددی آبشستگی اطراف پایه های پل توسط مدل FLUENT

اساتید راهنما:

دکتر بایرامعلی محمدنژاد

دکتر جواد بهمنش

تنظیم و نگارش:

بنفشه محبوب

بهمن ماه ۱۳۹۱

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

به نام پدر

بوسه ای باید زد

دست پایی را

که می تلبانند

نیرو را

و محکم می کنند

استواری پایه های زیستن را

و به نام مادر

بوسه ای باید زد

دست پایی را

که می شویند غبار محنتی روزگار را

و سیراب می کنند روح تشنه را

تقدیر و تشکر

نبی توانم معنایی بالاتر از تقدیر و تشکر بر زبانم جاری سازم و سپاس خود را در وصف استادان خویش آشکار نمایم، که هر چه گویم و سهرایم، کم گفته ام.

از اساتید گرامیم جناب آقایان دکتر یار معلی محمد نژاد و دکتر جواد بهمنش بسیار سپاسگذارم چرا که بدون راهنماییهای ایشان تائید این پایان نامه بسیار مشکل می نمود.

ضمناً از همکاری های دوستان گرامیم خانم مهندس مهرنوش کهندل، خانم مهندس نوشین مرتضوی و خانم مهندس ماریامرادی که همواره مریاری داده و موجب

دلگرمی من بوده اند سپاسگذارم.

چکیده

راه‌ها شریان‌های حیاتی یک کشور هستند و پل‌ها یکی از مهم‌ترین سازه‌های راه‌ها به حساب می‌آیند که در صورت خرابی آن‌ها به ویژه در مواقع بحرانی مانند وقوع سیل‌ها، شریان‌های حیاتی ارتباطی قطع شده و مشکلات فراوانی را موجب می‌شوند. طبق آمارهای ارائه شده توسط کشورهای مختلف می‌توان گفت اکثر تخریب پل‌ها نه در اثر ضعف‌های سازه‌ای بلکه در زمان‌های وقوع سیل و در اثر وقوع پدیده آبشستگی در اطراف پایه‌ها رخ می‌دهند. بنابراین شناخت فرآیند آبشستگی و الگوی جریان در اطراف پایه‌های پل و نیز تخمین ماکزیمم عمق آبشستگی در اطراف پایه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

در این تحقیق از مدل عددی سه بعدی فلوئنت برای بررسی آبشستگی موضعی اطراف تک پایه، زوج پایه و گروه پایه استوانه‌ای در شرایط آب زلال و بستر ماسه‌ای یکنواخت استفاده گردید. در این مدل، جریان حاوی رسوب به صورت جریان دو فاز (آب-ماسه) در نظر گرفته شد و از مدل دو فاز اولرین استفاده گردید. برای تخمین پارامترهای آشفتگی جریان در فاز آب از مدل $k-\epsilon$ RNG استفاده شد. به منظور ارزیابی و صحت سنجی مدل عددی، نتایج محاسباتی با داده‌های تجربی حاصل از آزمایشات انجام گرفته بر روی مدل‌های فیزیکی مورد مقایسه قرار گرفت. تطابق رضایت بخش حاصل از این مقایسه نشان از کارآمدی مدل عددی فلوئنت در تخمین آبشستگی موضعی اطراف پایه‌ها بود.

در این تحقیق همچنین به مقایسه نتایج به دست آمده آبشستگی با برخی از فرمول‌های تجربی پرداخته شد و فرمول‌هایی که با نتایج به دست آمده مطابقت بیشتری دارند انتخاب شدند. از بین فرمول‌های ارائه شده، فرمول‌های اینگلیس پونا ۲ (۱۹۴۹)، بروزرز (۱۹۶۵)، بلنچ- اینگلیس ۲ (۱۹۶۹)، ریچاردسون CSU (۱۹۷۵) و ملویل و ساترلند (۱۹۸۸) عمق آبشستگی را بهتر پیش‌بینی می‌کنند.

کلمات کلیدی: آبشستگی، الگوی جریان، پایه پل، رسوب، مدل عددی.

فهرست مطالب

فصل اول	۱
کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- موضوع و طرح	۲
۳-۱- روش به کار گرفته شده در این تحقیق	۲
۴-۱- ضرورت و اهداف مطالعه	۳
۱۴-۱- تقسیم موضوعی رساله	۴
۱-۱۴-۱- فصل اول	۴
۲-۱۴-۱- فصل دوم	۴
۳-۱۴-۱- فصل سوم	۴
۴-۱۴-۱- فصل چهارم	۵
۵-۱۴-۱- فصل پنجم	۵
فصل دوم	۶
بررسی ادبیات موضوع و سابق تحقیق	۶
۱-۲- مقدمه	۶
۲-۲- آبخستگی	۷
۳-۲- انواع آبخستگی	۷
۱-۳-۲- کف کنی و بالا آمدن بستر	۷
۲-۳-۲- آبخستگی در اثر کاهش مقطع	۸
۳-۳-۲- آبخستگی عمومی	۹
۴-۳-۲- آبخستگی موضعی	۱۰
۱-۴-۳-۲- آبخستگی آب زلال	۱۰
۲-۴-۳-۲- آبخستگی بستر زنده	۱۲
۴-۲- مراحل توسعه حفره آبخستگی	۱۳
۵-۲- خصوصیات پایه پل	۱۴

- ۶-۲- بررسی وضعیت جریان در محدوده پایه های پل ۱۴
- ۷-۲- سیستم های گردابی تشکیل شده در محل پایه ۲۰
- ۱-۷-۲- سیستم گردابی نعل اسبی ۲۰
- ۲-۷-۲- سیستم گردابی شیاری ۲۱
- ۳-۷-۲- سیستم گردابی دنباله دار ۲۲
- ۴-۷-۲- سیستم موج کمائی ۲۲
- ۸-۲- بررسی مبانی و مکانیسم فرسایش در محدوده پایه های پل ۲۳
- ۹-۲- شکل های مختلف فرسایش در محدوده پایه های پل ۲۵
- ۱۰-۲- روش های مهار فرسایش پایه پل ها و توصیه ها ۲۷
- ۱۱-۲- پارامترهای موثر بر آبشستگی موضعی ۲۸
- ۱-۱۱-۲- پارامترهای هندسی ۲۹
- ۲-۱۱-۲- پارامترهای هیدرولیکی ۲۹
- ۳-۱۱-۲- پارامترهای مربوط به سیال ۳۰
- ۴-۱۱-۲- پارامترهای رسوب ۳۰
- ۱۲-۲- اینگلیس پونا ۱ و ۲ (۱۹۴۹) ۳۱
- ۱۳-۲- لارسن و تاج (۱۹۵۶) ۳۲
- ۱۴-۲- وارزیوتیس (۱۹۶۰) ۳۲
- ۱۵-۲- چیتال (۱۹۶۲) ۳۳
- ۱۶-۲- احمد (۱۹۶۲) ۳۴
- ۱۷-۲- لاراس (۱۹۶۳) ۳۴
- ۱۸-۲- بروزرز (۱۹۶۵) و (۱۹۷۷) ۳۵
- ۱۹-۲- آرونچلام (۱۹۶۵) ۳۷
- ۲۰-۲- بلنچ (۱۹۶۶) ۳۷
- ۲۱-۲- کارستنز (۱۹۶۶) ۳۷
- ۲۲-۲- بلنچ- اینگلیس (۱۹۶۹) ۳۸
- ۲۳-۲- هانکو (۱۹۷۱) ۳۹

- ۲-۲۴- کلمن (۱۹۷۱)..... ۴۰
- ۲-۲۵- نورمن (۱۹۷۵)- رادکیوی (۱۹۸۶)- ملویل (۱۹۸۸)..... ۴۱
- ۲-۲۶- روش دانشگاه ایالتی کلرادو (۱۹۷۵)- (CSU)..... ۴۱
- ۲-۲۷- بیکر (۱۹۸۰)..... ۴۲
- ۲-۲۸- کادار (۱۹۸۱)..... ۴۳
- ۲-۲۹- گاینکتی (۱۹۸۶)..... ۴۳
- ۲-۳۰- فروهلیچ (۱۹۸۸)..... ۴۴
- ۲-۳۱- ملویل و ساترلند (۱۹۸۸)..... ۴۵
- ۲-۳۲- جاو و همکاران (۱۹۹۳)..... ۴۷
- ۲-۳۳- وله و باچ (۱۹۹۹)..... ۴۸
- ۲-۳۴- رابطه دانشگاه ایالتی کلرادو (۲۰۰۱)..... ۴۸
- ۲-۳۵- مروری بر تحقیقات انجام گرفته..... ۵۱
- فصل سوم..... ۶۰
- روش تحقیق..... ۶۰
- ۳-۱- مقدمه..... ۶۰
- ۳-۲- تاریخچه دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)..... ۶۱
- ۳-۳- دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)..... ۶۲
- ۳-۴- انواع شبکه ها و روش های حل CFD..... ۶۴
- ۳-۴-۱- روش تفاضل محدود..... ۶۴
- ۳-۴-۲- روش المان محدود..... ۶۴
- ۳-۴-۳- روش حجم محدود..... ۶۵
- ۳-۴-۴- روش های طیفی..... ۶۵
- ۳-۵- معتبر سازی نتایج CFD..... ۶۶
- ۳-۶- توانایی های نرم افزار فلوئنت..... ۶۷
- ۳-۷- قوانین حاکم بر میدان جریان..... ۶۸
- ۳-۸- مدل های آزمایشگاهی استفاده شده در این تحقیق..... ۶۹

۷۱	۹-۳- معرفی نرم افزار گمبیت
۷۲	۱۰-۳- ساخت هندسه مدل های آزمایشگاهی و شبکه بندی آن ها با نرم افزار گمبیت
۷۲	۱-۱۰-۳- ساخت هندسه مدل های تک پایه و زوج پایه و شبکه بندی آن ها
۷۷	۲-۱۰-۳- ساخت هندسه مدل گروه پایه و شبکه بندی آن
۸۰	۱۱-۳- تعیین شرایط مرزی و نواحی مختلف در گمبیت
۸۱	۱۲-۳- معرفی نرم افزار فلوئنت
۸۲	۱۳-۳- سیستم واحدها در نرم افزار فلوئنت
۸۲	۱۴-۳- تنظیم و به کار گیری حل کننده در فلوئنت
۸۴	۱۵-۳- مدل سازی جریان چند فازه
۸۵	۱-۱۵-۳- معادلات حاکم بر مدل اولرین
۸۵	۲-۱۵-۳- ضریب تبادل بین فازی در مدل اولرین
۸۶	۱۶-۳- مدل کردن جریان مغشوش در فلوئنت
۸۷	۱-۱۶-۳- مقایسه حجم و زمان محاسبه برای مدل های موجود
۸۸	۲-۱۶-۳- انتخاب مدل مغشوش
۸۸	۱-۲-۱۶-۳- مدل k-ε استاندارد
۸۹	۲-۲-۱۶-۳- مدل RNG k-ε
۸۹	۳-۲-۱۶-۳- مدل Realizable k-ε
۹۰	۴-۲-۱۶-۳- مدل تنش رینولدز (RSM)
۹۱	۱-۴-۲-۱۶-۳- مدل RSM کرنش فشار خطی
۹۱	۲-۴-۲-۱۶-۳- مدل RSM کرنش- فشار درجه دوم
۹۲	۳-۴-۲-۱۶-۳- مدل Low- Re Stress Omega RSM
۹۲	۱۷-۳- تنظیم خواص فیزیکی مواد در فلوئنت
۹۲	۱۸-۳- شرایط مرزی در نرم افزار فلوئنت
۹۳	۱-۱۸-۳- شرط مرزی ورودی سرعت
۹۴	۲-۱۸-۳- شرط مرزی خروجی
۹۵	۳-۱۸-۳- شرط مرزی دیوار

۹۵	..... شرط مرزی تقارن	۳-۱۸-۴
۹۶	..... شرایط سیال	۳-۱۸-۵
۹۶	..... چگونگی استفاده از حل کننده	۳-۱۹
۹۶	..... انتخاب روش های مجزا سازی	۳-۱۹-۱
۹۷	..... روش های مجزا سازی مرتبه ۱ و مرتبه ۲	۳-۱۹-۱-۱
۹۷	..... سایر روش های مجزا سازی	۳-۱۹-۱-۲
۹۸	..... انتخاب روش ارتباط فشار- سرعت	۳-۱۹-۲
۹۸	..... چگونگی تخمین و محاسبه مشتق ها	۳-۱۹-۳
۹۹	..... تنظیم فاکتورهای زیر تخفیف	۳-۱۹-۴
۱۰۰	..... مقداردهی اولیه به حل	۳-۱۹-۵
۱۰۱	..... مقداردهی اولیه در کل میدان جریان	۳-۱۹-۵-۱
۱۰۱	..... مقداردهی وصله ای در سلول های انتخاب شده	۳-۱۹-۵-۲
۱۰۱	..... نمایش همگرایی حل	۳-۱۹-۶
۱۰۱	..... نمایش باقیمانده های حل	۳-۱۹-۶-۱
۱۰۳	..... نمایش نیروها	۳-۱۹-۶-۲
۱۰۳	..... شروع محاسبه و حل عددی	۳-۱۹-۷
۱۰۴	..... همگرایی و پایداری	۳-۱۹-۸
۱۰۵	..... معرفی نرم افزار Tecplot	۳-۲۰
۱۰۵	..... خطای مدل عددی فلونت	۳-۲۱
۱۰۷	..... فصل چهارم	
۱۰۷	..... تجزیه و تحلیل نتایج	
۱۰۷	..... مقدمه	۴-۱
۱۰۸	..... نتایج به دست آمده از شبیه سازی آبستگی اطراف تک پایه در فلونت	۴-۲
۱۱۴	..... نتایج به دست آمده از شبیه سازی آبستگی اطراف زوج پایه در فلونت	۴-۳
۱۲۲	..... مقایسه نتایج به دست آمده از شبیه سازی آبستگی اطراف تک پایه و زوج پایه	۴-۴
۱۲۴	..... نتایج به دست آمده از شبیه سازی آبستگی اطراف گروه پایه در فلونت	۴-۵

۱۳۰	۶-۴- خطای محاسباتی مدل عددی فلوئنت نسبت به مدل های آزمایشگاهی.....
۱۳۲	۷-۴- مقایسه فرمول های آبستگی موضعی با نتایج به دست آمده.....
۱۳۷	فصل پنجم
۱۳۷	نتیجه گیری و پیشنهادات.....
۱۳۷	۱-۵- مقدمه
۱۳۸	۲-۵- خلاصه نتایج.....
۱۳۸	۱-۲-۵- نتایج به دست آمده از شبیه سازی آبستگی اطراف تک پایه، زوج پایه و گروه پایه با فلوئنت.....
۱۴۱	۲-۲-۵- نتایج به دست آمده از مقایسه نتایج با فرمول های موجود.....
۱۴۱	۳-۵- پیشنهادات.....
۱۴۳	منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲- آبشستگی به دلیل تنگ شدگی مقطع ۹
- شکل ۲-۲- تغییرات نوسانی آبشستگی نسبت به زمان ۱۱
- شکل ۳-۲- تغییرات عمق آبشستگی نسبت به سرعت برشی یا سرعت نزدیکی به پایه ۱۲
- شکل ۴-۲- مشخصات اصلی جریان که میدان جریان را در یک پایه باریک به شکل استوانه ای مدور شکل می دهد ۱۵
- شکل ۵-۲- وضعیت جریان در اطراف پایه پل (از نوع استوانه ای) ۱۵
- شکل ۶-۲- نمایش چگونگی تشکیل گرداب نعل اسبی و گرداب برخاستگی در اطراف پایه پل استوانه ای ۱۶
- شکل ۷-۲- وضعیت جریان در اطراف پایه پل با دماغه تیز از نوع عدسی ۱۸
- شکل ۸-۲- نمایش چگونگی تغییر وضعیت خطوط جریان ناشی از تنگ شدگی مقطع در محل احداث پل (رودخانه با مسیر سیلابدشت) ۱۹
- شکل ۹-۲- تاثیر تنگ شدگی در تغییرات پروفیل سطح آب و شرایط هیدرولیکی جریان ۱۹
- شکل ۱۰-۲- الگوی جریان در اطراف پایه استوانه ای پل ۲۳
- شکل ۱۱-۲- جریان رو به پایین و سیستم های گردابی اطراف پایه استوانه ای پل ۲۳
- شکل ۱۲-۲- وقوع فرسایش موضعی در محدوده پایه پل ناشی از انحراف خطوط جریان و افزایش سرعت در حالت بستر متحرک و بستر ثابت ۲۴
- شکل ۱۳-۲- نمایش چگونگی تاثیر پذیری چاله فرسایشی از افت عمومی بستر ۲۶
- شکل ۱۴-۲- فرسایش عمومی، گود افتادگی بستر و آثار نامطلوب آن در محدوده پل ناشی از برداشت مصالح رودخانه ای ۲۷
- شکل ۱۵-۲- فرسایش عمومی ناشی از احداث سد مخزنی و آثار آن در محدوده پایه پل ۲۷
- شکل ۱۶-۲- محدوده پوشش سنگچین پیشنهادی توسط گارده و راجو در اطراف پایه های پل ۲۸
- شکل ۱۷-۲- ضریب اصلاحی k_{α} برای تاثیر ضریب غیریکنواختی مصالح بستر رودخانه ۴۷
- شکل ۱-۳- پلان کانال تحت آزمایش و محل قرارگیری رسوبات و پایه ها ۷۱
- شکل ۲-۳- پلان فلوم و محل قرارگیری تک پایه ۷۳
- شکل ۳-۳- پلان فلوم و محل قرارگیری زوج پایه ۷۳
- شکل ۴-۳- هندسه کانال برای شبیه سازی آبشستگی اطراف تک پایه و زوج پایه پل ۷۴
- شکل ۵-۳- شبکه محاسباتی سه بعدی برای شبیه سازی عددی آبشستگی موضعی اطراف تک پایه ۷۶
- شکل ۶-۳- شبکه محاسباتی سه بعدی برای شبیه سازی عددی آبشستگی موضعی اطراف زوج پایه ۷۷
- شکل ۷-۳- پلان فلوم و محل قرارگیری گروه پایه ۷۸

- شکل ۳-۸- هندسه کانال برای شبیه سازی آبستگي اطراف گروه پایه پل ۷۹
- شکل ۳-۹- شبکه محاسباتی سه بعدی برای شبیه سازی عددی آبستگي موضعی اطراف گروه پایه ۸۰
- شکل ۴-۱- گسترش حفره آبستگي محاسبه شده توسط فلونت در اطراف تک پایه ۱۰۹
- شکل ۴-۲- نمایش آبستگي اطراف تک پایه در وسط پایه و به فاصله ۰/۱۵ متر از لبه راست فلوم در فلونت ۱۰۹
- شکل ۴-۳- پلان فلوم و پایه با مقاطع طولی روی آن ۱۱۰
- شکل ۴-۴- آبستگي اطراف تک پایه در مقطع طولی A ۱۱۰
- شکل ۴-۵- آبستگي اطراف تک پایه در مقطع طولی B ۱۱۱
- شکل ۴-۶- آبستگي اطراف تک پایه در وسط پایه، در مقطع طولی C ۱۱۱
- شکل ۴-۷- آبستگي اطراف تک پایه در مقطع طولی D ۱۱۲
- شکل ۴-۸- آبستگي اطراف تک پایه در مقطع طولی E ۱۱۲
- شکل ۴-۹- توسعه زمانی عمق آبستگي در جلوی پایه در هر دو مدل آزمایشگاهی و عددی ۱۱۳
- شکل ۴-۱۰- گسترش حفره آبستگي محاسبه شده توسط فلونت در اطراف زوج پایه ۱۱۴
- شکل ۴-۱۱- پلان فلوم و پایه ها با مقاطع طولی روی آن ۱۱۵
- شکل ۴-۱۲- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی A ۱۱۵
- شکل ۴-۱۳- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی B ۱۱۶
- شکل ۴-۱۴- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی C ۱۱۶
- شکل ۴-۱۵- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی D ۱۱۷
- شکل ۴-۱۶- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی E ۱۱۷
- شکل ۴-۱۷- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی F ۱۱۸
- شکل ۴-۱۸- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی G ۱۱۸
- شکل ۴-۱۹- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی H ۱۱۹
- شکل ۴-۲۰- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی I ۱۱۹
- شکل ۴-۲۱- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی J ۱۲۰
- شکل ۴-۲۲- آبستگي اطراف زوج پایه در مقطع طولی K ۱۲۰
- شکل ۴-۲۳- توسعه زمانی عمق آبستگي در جلوی زوج پایه در مدل عددی ۱۲۱
- شکل ۴-۲۴- توسعه زمانی عمق آبستگي متوسط بین دو پایه در مدل عددی و آزمایشگاهی ۱۲۲

- شکل ۴-۲۵- مقایسه توسعه زمانی عمق آبستتگی بین تک پایه و زوج پایه در مدل فیزیکی ۱۲۳
- شکل ۴-۲۶- مقایسه توسعه زمانی عمق آبستتگی بین تک پایه و زوج پایه در مدل عددی ۱۲۴
- شکل ۴-۲۷- گسترش حفره آبستتگی محاسبه شده توسط فلوننت در اطراف گروه پایه ۱۲۵
- شکل ۴-۲۸- آبستتگی اطراف گروه پایه در وسط پایه ها به فاصله ۰/۶ متر از لبه راست فلوم نسبت به جهت جریان ۱۲۵
- شکل ۴-۲۹- توسعه زمانی عمق آبستتگی در جلوی گروه پایه در مدل آزمایشگاهی ۱۲۶
- شکل ۴-۳۰- توسعه زمانی عمق آبستتگی در جلوی گروه پایه در مدل عددی ۱۲۷
- شکل ۴-۳۱- مقایسه توسعه زمانی عمق آبستتگی در جلوی پایه اول در مدل عددی و آزمایشگاهی ۱۲۸
- شکل ۴-۳۲- مقایسه توسعه زمانی عمق آبستتگی در جلوی پایه دوم در مدل عددی و آزمایشگاهی ۱۲۹
- شکل ۴-۳۳- مقایسه توسعه زمانی عمق آبستتگی در جلوی پایه سوم در مدل عددی و آزمایشگاهی ۱۳۰
- شکل ۴-۳۴- مقایسه عمق آبستتگی آزمایشگاهی و فرمول های تجربی ۱۳۵
- شکل ۴-۳۵- مقایسه درصد خطای فرمول های تجربی در برآورد عمق آبستتگی ۱۳۵

فهرست جداول

جدول ۱-۲- اشکال مختلف دماغه و پایه در پل ها	۱۷
جدول ۲-۲- ضرایب تصحیح آبستنگی موضعی برای پایه های پل	۳۶
جدول ۳-۲- ضریب شکل پایه (ϕ)	۴۴
جدول ۴-۲- مقدار k_r با استفاده از انحراف معیار هندسی توزیع ذرات بستر	۴۶
جدول ۵-۲- ضریب k_2 با توجه به زاویه هجوم آب و نسبت طول به عرض پایه پل	۴۹
جدول ۶-۲- ضریب k_3 با توجه به وضعیت بستر	۴۹
جدول ۱-۳- روش مجزا سازی معادلات	۹۸
جدول ۲-۳- تنظیم فاکتورهای زیر تخفیف	۱۰۰
جدول ۱-۴- درصد خطای مدل عددی فلوئنت نسبت به مدل های آزمایشگاهی برای محاسبه عمق آبستنگی نهایی	۱۳۰
جدول ۲-۴- خطای مدل عددی فلوئنت نسبت به مدل های آزمایشگاهی	۱۳۱
جدول ۳-۴- مقایسه فرمول های آبستنگی موضعی	۱۳۲

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

رودخانه‌ها از اجزای مهم طبیعت محسوب می‌شوند و زندگی بشر و سایر موجودات زنده وابسته به این منبع طبیعی می‌باشد. با توجه به مسائل و مشکلاتی که بشر در مواجهه با رودخانه با آن روبرو می‌شود ناگزیر است تغییراتی را در سیستم رودخانه به‌وجود آورد. از جمله آنکه به منظور اتصال مناطق مسکونی در دو سمت رودخانه باید در عرض رودخانه پل احداث شود.

هرگونه تغییر در مسیر رودخانه یا به وجود آوردن مانع در مسیر رودخانه می‌تواند منجر به بروز مشکلات موضعی و عمومی در طول مسیر رودخانه شود. منظور از مشکلات موضعی مواردی است که در محل احداث سازه موردنظر به وجود می‌آید و منظور از مشکلات عمومی مواردی است که در طول یک بازه از رودخانه رخ می‌دهد. یکی از مسائل و مشکلات ناشی از احداث سازه‌ها در مسیر جریان رودخانه مسئله آبشستگی می‌باشد.

در طراحی سازه‌های هیدرولیکی احداث شده در مسیر رودخانه باید مسئله آبشستگی به‌خوبی مورد بررسی قرار گیرد و مقدار مناسب آن جهت طراحی انتخاب شود زیرا در صورت برآورد کم عمق آبشستگی امکان بروز خطر برای سازه وجود دارد و برآورد بیش از حد آن باعث افزایش هزینه‌های زمان ساخت پل می‌شود.

از آن جا که آبشستگی یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب پل‌ها می‌باشد به منظور جلوگیری و کاهش اثرات آن، شناخت مکانیزم آن لازم و ضروری می‌باشد. مواد بستر رودخانه‌ها فرسایش پذیر هستند، اما شدت این فرسایش به زمان بستگی دارد. به طوری که بستر رودخانه‌های پوشیده از گرانیات سال‌های زیادی طول می‌کشد تا فرسایش یابد، در حالیکه رودخانه‌های با بستر ماسه‌ای در فاصله زمانی بسیار کوتاه حداکثر عمق آبشستگی را دارا می‌باشد. علاوه بر ساختار زمین و رودخانه‌ها که یکی از عوامل مهم در فرسایش است، عوامل هیدرولیکی نیز نقش بسزایی در وقوع این پدیده ایفا می‌کنند.

تعیین عمق فرسایش در محدوده پایه پل‌ها مستلزم آگاهی از نحوه جابه‌جایی مواد رسوبی بستر رودخانه‌ها است. پایه پل‌ها جریان عادی رودخانه را مختل می‌کند و تلاطم و اغتشاش حاصل از آن موجب فرسایش مواد رسوبی موجود در اطراف پایه می‌شود. چاله فرسایشی ایجاد شده در اطراف پایه به شکل و مشخصات هندسی آن بستگی دارد. به علاوه نوع مواد تشکیل دهنده بستر رودخانه و همچنین شرایط هیدرولیکی جریان نظیر وقوع حالت سیلابی و عبور تلماسه‌ها در میزان عمق چاله فرسایشی مؤثر است.

۱-۲- موضوع و طرح

برای طراحی پل‌ها با ضریب اطمینان بالا و به صورت اقتصادی نیاز به برآورد دقیق ماکزیمم عمق آبشستگی اطراف پایه‌ها می‌باشد. این مهم با استفاده از معادلات تجربی که توسط محققان ارائه شده‌اند برآورده می‌شود. اما از آنجائیکه بیشتر این معادلات تجربی هستند، ممکن است همیشه از دقت خوبی برخوردار نباشند. بنابراین استفاده از مدل‌های عددی کمک بسیار زیادی در تعیین مقدار ماکزیمم عمق آبشستگی و در نتیجه طراحی مناسب پایه پل در مقابل آبشستگی اطراف پایه‌ها خواهد کرد. از سال ۱۹۹۰ با مدلسازی عددی جریان در پایه‌ها پیشرفت‌های بزرگی به دست آمده است. مدل‌های دینامیک سیالات محاسباتی سه بعدی در دسترس امروزه می‌توانند مشخصات جریان اصلی و فعل و انفعالات متغییر آن را حل کنند.

۱-۳- روش به کار گرفته شده در این تحقیق

با توجه به محدودیت‌های مطالعات آزمایشگاهی مانند زمان بر بودن، هزینه بالا و نیاز به امکانات آزمایشگاهی خاص خود و نیز لزوم انجام مطالعات بیشتر برای شناخت کامل‌تر این روش، نیاز به استفاده از روش‌های عددی کارآمد و کم هزینه به روشنی احساس می‌شود. فلونتت یکی از نرم‌افزارهای بسیار قدرتمند در مدل کردن جریان سیالات در هندسه‌های پیچیده است که می‌تواند کمک بسیاری در این زمینه به محققین نماید. قابلیت‌های این نرم‌افزار موجب گردیده که در بازه وسیعی از رشته‌های مهندسی مانند شیمی، هوا فضا، مکانیک، نفت و گاز، محیط زیست و عمران به کار گرفته شود.

در این تحقیق به بررسی و مطالعه الگوی جریان و آبشستگی موضعی اطراف پایه‌های پل پرداخته شد. برای این منظور از آزمایش‌هایی که بر روی مدل‌های فیزیکی متشکل از تک پایه، زوج پایه و گروه پایه استوانه‌ای در شرایط آب زلال و با استفاده از رسوبات یکنواخت انجام گرفته، استفاده گردید. مدل عددی سه بعدی فلونتت^۱ منطبق بر شرایط آزمایشگاهی نیز برای شبیه سازی عددی الگوی جریان و آبشستگی اطراف پایه‌ها به کار گرفته

^۱ FLUENT

شد. در شبیه سازی عددی آبشستگی از مدل دو فازی اولرین (سیال آب به عنوان فاز اولیه و لایه ای از ماسه به عنوان فاز جامد) و مدل آشفتگی RNG K-ε برای فاز سیال استفاده شد. سپس نتایج به دست آمده از شبیه سازی عددی با نتایج آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار گرفت و به ارزیابی کارآمدی مدل سه بعدی فلوئنت در پیش بینی آبشستگی اطراف پایه های پل پرداخته شد. همچنین به مقایسه نتایج به دست آمده آبشستگی با برخی از فرمول های تجربی پرداخته شد و فرمول هایی که با نتایج به دست آمده مطابقت بیشتری دارند انتخاب شدند.

۱-۴- ضرورت و اهداف مطالعه

تخمین عمق آبشستگی موضعی در محل سازه های احداث شده در مسیر جریان رودخانه برای سلامت سازه ها و طرح اقتصادی آن ها لازم است. روابط زیادی توسط محققین مختلف به منظور تعیین حداکثر عمق آبشستگی در محل سازه های مختلف ارائه گردیده است اما باید توجه داشت که توسعه این روابط عمدتاً براساس داده های محدود جمع آوری شده از مدل های فیزیکی با شرایط متفاوت از شرایط طبیعی و یا بر اساس داده های محدود صحرایی و آن هم برای شرایط خاص یک رودخانه صورت گرفته است. بنابراین استفاده از این روابط در طراحی بدون در نظر گرفتن شرایط و محدودیت ها و همچنین ارزیابی و تعیین صحت درستی این روابط غیر قابل قبول می باشد. امروزه شبیه سازی های عددی بر اساس دینامیک سیالات محاسباتی^۱ به صورت گسترده ای برای مطالعه جریان آشفتنه و انتقال رسوب در اطراف پایه ها استفاده شده است. مدلسازی سه بعدی میدان جریان و سیر تکاملی سوراخ آبشستگی در اطراف پایه های پل این روزها بیشتر امکان پذیر است زیرا هزینه و زمان محاسبات به صورت قابل توجهی کاهش پیدا می کند.

در این تحقیق شبیه سازی عددی آبشستگی اطراف پایه های پل با اهداف زیر، مورد مطالعه قرار گرفت:

۱. توسعه دانش هیدرولیک کاربردی در زمینه طراحی و ساخت پایه های پل بر روی رودخانه ها.
۲. مهمترین هدف کم کردن هزینه و سرعت بخشیدن به محاسبات است. هزینه به کار بردن یک برنامه کامپیوتری به مراتب کمتر از مخارج تحقیق آزمایشگاهی مشابه می باشد، این عامل وقتی که وضعیت فیزیکی مورد مطالعه بزرگ و پیچیده تر می شود، اهمیت بیشتری پیدا می کند و در حالی که قیمت بیشتر اقلام در حال زیاد شدن است، هزینه های محاسباتی در آینده احتمالاً کمتر خواهد بود. یک تحقیق محاسبه ای می تواند با سرعت قابل ملاحظه ای انجام شود. طراح می تواند چندین ترکیب از حالت های مختلف را در مدت کوتاهی مطالعه کرده و طرح بهینه را انتخاب نماید. از طرف دیگر، بسادگی می توان تصور کرد، رسیدگی یا تحقیق آزمایشگاهی مشابه نیاز به زمان زیادی خواهد داشت.

^۱ CFD

۳. طراحی پایه‌های پل با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری در مواقعی که امکان ساخت مدل فیزیکی وجود ندارد.
۴. بررسی سه بعدی الگوی جریان در اطراف پایه‌های پل به کمک مدل عددی فلونت مدنظر است و با تحلیل نتایج حاصل از مدلسازی حالت‌های مختلف، آبشستگی اطراف پایه‌های پل مورد بررسی و ارزیابی قرار خواهد گرفت.
۵. ارزیابی کارآمدی مدل عددی فلونت در تخمین آبشستگی از طریق مقایسه نتایج آن با نتایج آزمایشگاهی.

۱-۱۴- تقسیم موضوعی رساله

۱-۱۴-۱- فصل اول

در این فصل، به ذکر مقدمه‌ای از این پایان نامه پرداخته شد و اهداف این تحقیق مشخص گردید.

۱-۱۴-۲- فصل دوم

در این فصل، برای شناخت موضوع آبشستگی به تعریف آبشستگی و انواع آن پرداخته شده است. مکانیزم آبشستگی و عوامل هیدرولیکی موثر در ایجاد این پدیده شرح داده شده و پارامترهای موثر در آبشستگی ذکر گردیده است. همچنین به مرور کارهای دیگر محققان پرداخته شده است. این فصل شامل معادلات مختلفی است که توسط محققان در سال‌های گذشته ارائه شده است. روش تحقیق و نوع داده‌های مورد استفاده این محققان نیز ذکر گردیده است.

۱-۱۴-۳- فصل سوم

در این فصل مدل‌های آزمایشگاهی به کار برده شده در این پایان نامه شرح داده شده است. سپس به معرفی نرم‌افزار فلونت و گمبیت^۱ پرداخته شده و نحوه ساخت هندسه مدل‌های آزمایشگاهی موجود و شبکه بندی آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار گمبیت تشریح شده. در این فصل همچنین به بررسی مدل عددی دو فازی اولرین و معادلات حاکم بر آن پرداخته شده. در نهایت به بررسی شرایط مرزی و مدل‌های آشفتگی موجود در نرم‌افزار فلونت که در این تحقیق استفاده شده‌اند پرداخته شده است.

^۱ GAMBIT