

صلى الله عليه وسلم



تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای فرزین اسدزاده پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان مطالعه آزمایشگاهی الگوی
آبشستگی موضعی و ساختار جریان اطراف آبشکن با دیواره شیبدار در تاریخ

۱۳۹۱/۱۱/۱۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا
برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی آب پیشنهاد می کنند.

اعضا	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیات داوران
	استاد	دکتر علی اکبر صالحی نیشابوری	استاد راهنما
	استادیار	دکتر اکبر صفرزاده	استاد مشاور
	استاد	دکتر مسعود قدسیان	استاد ناظر
	استادیار	دکتر سید تقی امید نائینی	استاد ناظر
	استاد	دکتر مسعود قدسیان	مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه رساله مورد تایید است
امضای استاد راهنما
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

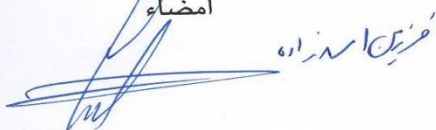
ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء



آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی عمران است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده مهندسی عمران و معماری دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر سید علی اکبر صالحی نیشابوری، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر اکبر معز آره و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر اکبر معز آره از آن

دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مزاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب فرین اسدزاده مقطع کارشناسی ارشد دانشجوی رشته مهندسی عمران - مهندسی آب

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: فرین اسدزاده

تاریخ و امضا:

 ۹۱/۱۱/۲۴



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش هیدرولیک

مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبشستگی موضعی و ساختار جریان اطراف آبشکن با دیواره‌ی شیب‌دار

نام دانشجو:

فرزین اسدزاده

استاد راهنما:

دکتر سید علی اکبر صالحی نیشابوری

استاد مشاور:

دکتر اکبر صفرزاده

بهمن ۱۳۹۱

تقدیم به:

پدر و مادرم که همه وجودم وام دار حمایت های به دریشان است. پروانه ای خواهم ماند در طوفانی مدام کرداگر دشمن وجودشان

,

خانواده کرامی ام به پاس عاطفه سرشارشان و لبخند چشمانشان که ارمغان همه خوبی هاست

,

همه کسانی که باغ جانم از آمار صحبتشان عطر افشان و گلباران است

تشکر و قدردانی:

شکوهت پاینده باد ای معلم که درخشان ترین ستاره‌ای.

خالصانه‌ترین سپاس نثار استاد دوران پژوهش، جناب آقای دکتر صالحی نیشابوری که در مقاطع کارشناسی ارشد از راهنمایی‌های ارزنده و حمایت‌هایشان بهره‌مند بودم و در کمال فروتنی مرا در انجام این رساله هدایت نمودند.

با نهایت تشکر و قدردانی از استاد مشاور گرامی و بزرگوام جناب آقای دکتر صفرزاده، که دلسوزانه و با حمایت‌های بی دریغشان بنده را در انجام این پایان نامه یاری نمودند و با در اختیار قرار دادن تجربیات علمی خود مرا در پیشبرد پایان نامه یاری نمودند.

از اساتید ارجمند و گرامی جناب آقای دکتر قدسیان و جناب آقای دکتر نصیری صالح به دلیل زحماتشان در طول دوران تحصیلم کمال تشکر را دارم.

از هم اتاقی‌های عزیزم و دوستان بزرگوام کمال تشکر را دارم.

و همه‌ی آنان که مرا علم آموختند.

چکیده

مطالعه آزمایشگاهی بر روی تأثیر شیب بدنه تک آبشکن بر الگوی آبشستگی موضعی و ساختار جریان انجام شد. این تحقیق شامل دو بخش می‌باشد، در بخش اول تحقیق هیدرودینامیک سه بعدی اطراف تک آبشکن مستقیم با دیواره‌ی شیب‌دار ۷۵ درجه، بصورت آزمایشگاهی و در یک کانال مستقیم با بستر صلب مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور مشخصات جریان با برداشت پارامترهای آشفتگی و تنش برشی بستر اطراف آبشکن به وسیله سرعت‌سنج نقطه‌ای سه بعدی ADV مورد بررسی قرار گرفت. در بخش دوم تحقیق با انجام آزمایشات آبشستگی در حالت بستر با مصالح غیر تثبیت شده، تأثیر شیب کناره‌ی آبشکن در آبشکن‌های مستقیم بر آبشستگی اطراف آبشکن مطالعه گردید.

در پشت آبشکن با کاهش سرعت جریان که منجر به تشکیل ناحیه‌ی سکون می‌شود، سرعت جریان در نواحی میانی افزایش می‌یابد. به همین علت قسمتی از جریان به سمت بالا و قسمتی از جریان به سمت پایین که فشار کمتر است، حرکت می‌کند. جریان پایین رونده عامل تشکیل گردابه‌ی نعل اسبی می‌باشد. دو ناحیه‌ی تشدید سرعت که اولی مربوط به تشدید سرعت در هسته‌ی اصلی جریان و ناشی از کاهش عرض عبوری جریان بوده و ناحیه‌ی پرسرعت دیگر که مربوط به تشدید موضعی سرعت در پایین دست آبشکن و در ناحیه‌ی بیرونی لایه‌ی برشی می‌باشد، تشکیل شد. با محاسبه تنش برشی در لایه نزدیک بستر مشاهده شد که تمرکز تنش در بالادست دماغه آبشکن ایجاد می‌شود. این امر باعث افزایش سرعت جریان ناشی از کاهش عرض عبوری بوده و باعث شروع آبشستگی از این ناحیه می‌گردد. حداکثر مقدار مؤلفه‌ی تنش $\overline{\rho u'v'}$ - در امتداد لایه‌ی برشی رخ می‌دهد. با توجه به مقادیر منفی تنش‌های رینولدز $(-\overline{\rho u'w'})$ و $(-\overline{\rho v'w'})$ ، تجمع رسوبات در ناحیه‌ی چرخشی پشت آبشکن اتفاق می‌افتد.

نتایج نشان داد که در آبشکن‌های مستقیم با کناره شیب‌دار در عددهای فرود مختلف، با افزایش عدد فرود و تندتر شدن شیب کناره‌ی آبشکن، حداکثر عمق آبشستگی و ابعاد حفره‌ی آبشستگی افزایش می‌یابد. این روند همچنین در مورد طول پشته‌ی رسوبی تشکیل شده نیز مشاهده شد اما ارتفاع این پشته رسوبی کاهش یافته و نیز، مقدار پیشروی تغییرات بستر به سمت پایین دست بیشتر می‌شود.

کلید واژه: آبشکن مستقیم با دیواره‌ی شیب‌دار، پارامترهای آشفتگی، تنش برشی، آبشستگی.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات	۱
۱- مقدمه و کلیات	۲
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- تعریف آبشکن	۳
۳-۱- ساختار عمومی آبشکن	۴
۴-۱- اهداف احداث آبشکن	۴
۵-۱- انواع آبشکن	۵
۱-۵-۱- مصالح و روش ساخت آبشکن	۵
۱-۱-۵-۱- نفوذ پذیری آبشکن	۵
۲-۱-۵-۱- انعطاف پذیری آبشکن	۸
۲-۵-۱- استغراق آبشکن	۸
۳-۵-۱- تأثیر آبشکن بر جریان رودخانه	۹
۱-۳-۵-۱- آبشکن‌های جاذب	۹
۲-۳-۵-۱- آبشکن‌های عمودی	۹
۳-۳-۵-۱- آبشکن‌های دافع	۱۰
۴-۵-۱- شکل ظاهری آبشکن	۱۰
۱-۴-۵-۱- آبشکن‌ها در سطح افق	۱۰
۲-۴-۵-۱- آبشکن‌ها در مقطع طولی	۱۱
۳-۴-۵-۱- آبشکن‌ها در مقطع عرضی	۱۱
۶-۱- آبشستگی	۱۳
۱-۶-۱- مراحل مختلف فرسایش	۱۳
۲-۶-۱- انواع آبشستگی	۱۴
۱-۲-۶-۱- انواع آبشستگی از نظر علت تشکیل	۱۴
۲-۲-۶-۱- انواع آبشستگی از نظر وضعیت حمل رسوب	۱۵

۱-۶-۲-۳- آبشستگی از نظر وضعیت ذرات رسوب در حفره‌ی آبشستگی	۱۶
۱-۶-۳- آبشستگی کل	۱۶
۱-۷- ساختار پایان نامه	۱۷
فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته	۱۸
۲- مروری بر تحقیقات گذشته	۱۹
۲-۱- مقدمه	۱۹
۲-۲- مطالعات مربوط به آبشستگی	۱۹
۲-۲-۱- بررسی اثر طول آبشکن	۱۹
۲-۲-۲- بررسی اثر عدد فرود	۲۰
۲-۳- مطالعات مربوط به الگوی جریان	۲۲
۲-۴- ضرورت انجام تحقیق	۳۰
۲-۵- نوآوری تحقیق	۳۲
۲-۶- محدودیت‌های تحقیق	۳۲
فصل سوم: تجهیزات آزمایشگاهی و روش انجام آزمایشات	۳۳
۳- تجهیزات آزمایشگاهی و روش انجام آزمایشات	۳۴
۳-۱- مقدمه	۳۴
۳-۲- تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده در آزمایشگاه	۳۴
۳-۲-۱- فلوم آزمایشگاهی	۳۴
۳-۲-۱-۱- کانال آزمایشگاهی مستقیم	۳۴
۳-۲-۱-۲- مخزن ورودی	۳۵
۳-۲-۱-۳- مخزن پایین دست	۳۶
۳-۲-۱-۴- حوضچه تله انداز رسوب	۳۶
۳-۲-۱-۵- تکیه‌گاه ریلی و اراپه‌های روی آن	۳۶
۳-۲-۱-۶- دریچه پروانه‌ای	۳۷
۳-۲-۱-۷- قسمت شیب‌دار ابتدای کانال	۳۷
۳-۲-۲- سیستم آبرسانی	۳۷
۳-۲-۴- مصالح بستر	۳۸

۴۰	۳-۲-۵- صاف کننده سطح بستر
۴۰	۳-۲-۶- مشخصات آبشکن های بکار رفته در آزمایشات
۴۱	۳-۲-۷- کمپرسور هوا
۴۱	۳-۲-۸- عمق سنج نقطه ای و متر لیزری
۴۲	۳-۲-۹- دستگاه سرعت سنج سه بعدی
۴۴	۳-۳- آنالیز ابعادی
۴۶	۳-۴- نحوه تعیین ارتفاع جریان در آزمایشات
۴۷	۳-۵- نحوه ی انجام آزمایشات
۴۷	۳-۵-۱- شرح آزمایش
۴۸	۳-۵-۲- تقسیم بندی آزمایشات
۴۸	۳-۵-۲-۱- آزمایش آبشستگی
۴۸	۳-۵-۲-۲- آزمایشات زمان تعادل
۴۹	۳-۵-۲-۲- آزمایشات الگوی جریان
۵۲	۳-۶- خطاهای آزمایشگاهی
۵۲	۳-۶-۱- خطای ذاتی
۵۳	۳-۶-۲- خطای مشاهداتی
۵۳	۳-۶-۳- خطاهای آماری
۵۴	فصل چهارم: بررسی آبشستگی اطراف آبشکن مستقیم با دیواره ی کناره ی شیب دار
۵۵	۴- بررسی آبشستگی اطراف آبشکن مستقیم با دیواره ی کناره ی شیب دار
۵۵	۴-۱- مقدمه
۵۵	۴-۲- بررسی تأثیر شیب کناره ی آبشکن مستقیم بر آبشستگی اطراف آبشکن
۵۶	۴-۲-۱- تأثیر شیب کناره ی آبشکن بر پارامترهای حفره ی آبشستگی
۵۶	۴-۲-۲- بررسی تأثیر شیب آبشکن بر پروفیل عرضی در وسط مقطع آبشکن
۵۸	۴-۲-۳- بررسی تأثیر شیب آبشکن بر پروفیل عرضی در حداکثر عمق آبشستگی
۵۹	۴-۲-۴- بررسی تأثیر شیب کناره ی آبشکن بر پروفیل طولی ده درصد عرض کانال ($y=4.5\text{ cm}$)
۶۰	۴-۲-۵- بررسی تأثیر شیب آبشکن بر توپوگرافی بستر
۶۲	۴-۳- بررسی تأثیر عدد فرود جریان بر آبشستگی اطراف آبشکن

۶۲.....	۴-۲-۱- تأثیر عدد فرود جریان بر پارامترهای حفره‌ی آبشستگی.....
۶۳.....	۴-۳-۲- بررسی تأثیر عدد فرود جریان بر پروفیل عرضی در وسط مقطع آبشکن.....
۶۵.....	۴-۳-۳- بررسی تأثیر عدد فرود بر پروفیل طولی ده درصد عرض کانال.....
۶۶.....	۴-۲-۵- بررسی تأثیر شیب آبشکن بر توپوگرافی بستر.....
۶۹.....	فصل پنجم: ساختار جریان آشفته حول تک آبشکن مستقیم.....
۷۰.....	۵- ساختار جریان آشفته حول تک آبشکن مستقیم.....
۷۰.....	۵-۱- مقدمه.....
۷۰.....	۵-۲- مفاهیم پایه‌ای و مبانی تئوریک.....
۷۰.....	۵-۲-۱- تعریف آشفتگی.....
۷۱.....	۵-۲-۲- روش آماری مطالعه جریان های آشفته.....
۷۴.....	۵-۴- الگوی جریان حول آبشکن با دیواره شیب دار.....
۷۴.....	۵-۴-۱- الگوی جریان متوسط.....
۷۸.....	۵-۴-۲- ساختار سه بعدی جریان.....
۸۴.....	۵-۴-۳- الگوی جریان آشفته.....
۹۰.....	۵-۴-۴- توزیع تنش برشی بستر حول آبشکن.....
۹۱.....	۵-۴-۴-۱- روش نقطه‌های تنش رینولدز.....
۹۱.....	۵-۴-۴-۲- روش انرژی جنبشی آشفتگی کل.....
۹۲.....	۵-۴-۴-۳- روش انرژی جنبشی آشفتگی مؤلفه‌ی قائم.....
۹۵.....	فصل ششم.....
۹۵.....	جمع بندی و ارائه پیشنهادات.....
۹۶.....	۶- جمع بندی و ارائه پیشنهادات.....
۹۶.....	۶-۱- مقدمه.....
۹۶.....	۶-۲- جمع بندی بحث الگوی جریان اطراف آبشکن.....
۹۷.....	۶-۳- جمع بندی بحث آبشستگی اطراف آبشکن.....
۹۸.....	۶-۴- ارائه پیشنهادات.....
۹۹.....	منابع و مراجع.....

فهرست شکل ها

- شکل (۱-۱): نمونه‌ای از فرسایش جداره رودخانه به هنگام سیلاب ۲
- شکل (۲-۱): نمایش کاربرد آبشکنها در ساماندهی رودخانه‌ها (اصلاح مسیر یک بازه ی مستقیم، عریض و شریانی ۴
- شکل (۳-۱): نمایش ساختار عمومی یک آبشکن در پلان ۵
- شکل (۴-۱): آبشکن‌های احداث شده در رودخانه‌ی راین آلمان به منظور تسهیل کشتیرانی ۶
- شکل (۵-۱): نمونه‌ای از آبشکنهای نفوذناپذیر ۷
- شکل (۶-۱): انواع آرایش آبشکن‌های جاذب، عمودی و دافع ۱۰
- شکل (۷-۱): انواع شکل آبشکن در پلان ۱۱
- شکل (۸-۱): مقطع طولی و تاج آبشکن شیب‌دار ۱۲
- شکل (۹-۱): برخی از انواع شکل آبشکن‌ها در مقطع عرضی ۱۲
- شکل (۱۰-۱): نحوه تغییرات عمق آبشستگی در دو حالت آب زلال و آب حاوی رسوب در برابر زمان ۱۶
- شکل (۱۱-۱): نمونه ای از سه جزء آبشستگی کل ۱۷
- شکل (۱-۲): تغییرات آبشستگی در اثر تغییرات طول آبشکن ۲۰
- شکل (۲-۲): تغییرات توپوگرافی بستر برای عمق جریان‌های (اعداد فرود) مختلف ۲۱
- شکل (۳-۲): ساختار گردابه‌های نعل اسبی در وجه بالادست تک آبشکن واقع در کانال با بستر صلب و تخت ۲۶
- شکل (۴-۲): توزیع تنش برشی بستر حول تک آبشکن در حالت بستر صلب و تخت. (الف): الگوی لحظه‌ای، (ب): الگوی متوسط و (ج): ارتباط ساختار گردابه‌های حول آبشکن با توزیع تنش برشی حول آبشکن ۲۷
- شکل (۵-۲): ابعاد و مقاطع مختلف کانال و آبشکن مورد استفاده و نقاط اندازه‌گیری شده در پلان ۲۸
- شکل (۶-۲): مقایسه داده‌های آزمایشگاهی و شبیه سازی عددی در در حالت بستر تخت و تعادل یافته ۲۸
- شکل (۷-۲): توپوگرافی بستر ۵۳ دقیقه پس از شروع آزمایش ۲۹
- شکل (۸-۲): توزیع تنش برشی حاصل از مقادیر تنش رینولدز در فاصله یک سانتیمتری بستر ۳۰
- شکل (۹-۲): مقطع عرضی یک آبشکن نفوذناپذیر با مصالح رودخانه‌ای و روکش سنگریزه‌ای ۳۱
- شکل (۳-۱): نمایی از کانال مورد آزمایش ۳۵
- شکل (۳-۲): مشخصات کانال آزمایشگاهی ۳۵
- شکل (۳-۳): مخزن بالادست کانال ۳۶
- شکل (۴-۳): قسمت شیب‌دار ابتدای کانال ۳۷
- شکل (۵-۳): (الف) نمایشگر دبی سنج، (ب) سیستم لوله‌کشی و دبی سنج نصب شده، (ج) پمپ مورد استفاده ۳۸
- شکل (۶-۳): نمودار دانه بندی مصالح بستر ۳۹
- شکل (۷-۳): رسوب صاف کن مورد استفاده ۴۰
- شکل (۸-۳): نمایی از آبشکن‌های مورد استفاده ۴۱
- شکل (۹-۳): نمایی از عمق سنج نقطه‌ای و متر لیزری ۴۲
- شکل (۱۰-۳): شمای کلی سرعت سنج ADV و موقعیت حجم نمونه گیری نسبت به سنسور ۴۳
- شکل (۱۱-۳): الف-سرعت سنج با حسگر جانب گرا، ب-سرعت سنج با حسگر پائین گرا ۴۴

- شکل (۳-۱۲): نمودار زمان تعادل آزمایش آبخستگی ۴۹
- شکل (۳-۱۳): پلان شبکه بندی مقاطع طولی ۵۰
- شکل (۳-۱۴): پلان شبکه بندی مقاطع عرضی ۵۱
- شکل (۳-۱۵): پلان شبکه بندی مقاطع ارتفاعی ۵۱
- شکل (۳-۱۶): شبکه بندی سه بعدی مورد استفاده در آزمایشات ۵۱
- شکل (۴-۱): نمایش شماتیک ابعاد حفره آبخستگی ۵۵
- شکل (۴-۲): تغییرات پارامترهای حفره آبخستگی در شیب‌های مختلف آبشکن. (الف): حداکثر عمق آبخستگی، (ب): طول پایین دست حفره آبخستگی، (ج): طول بالادست حفره آبخستگی، (د): عرض حفره آبخستگی. ۵۷
- شکل (۴-۳): پروفیل عرضی در وسط آبشکن برای $Fr=0.29$ ۵۸
- شکل (۴-۴): پروفیل عرضی در وسط آبشکن برای $Fr=0.26$ ۵۸
- شکل (۴-۵): پروفیل عرضی در محل حداکثر عمق آبخستگی برای $Fr=0.26$ ۵۹
- شکل (۴-۶): پروفیل عرضی در محل حداکثر عمق آبخستگی برای $Fr=0.23$ ۵۹
- شکل (۴-۷): پروفیل طولی در ۱۰ درصد عرض کانال برای $Fr=0.26$ ۶۰
- شکل (۴-۸): پروفیل طولی در ۱۰ درصد عرض کانال برای $Fr=0.23$ ۶۰
- شکل (۴-۹): تغییرات توپوگرافی بستر برای حالت $Fr=0.26$. (الف): آبشکن با شیب کناره‌ی ۷۵ درجه، (ب): آبشکن با شیب کناره‌ی ۸۰ درجه، (ج): آبشکن با شیب کناره‌ی ۸۵ درجه، (د): آبشکن با شیب کناره‌ی ۹۰ درجه ۶۱
- شکل (۴-۱۰): تغییرات توپوگرافی بستر برای حالت $Fr=0.23$. (الف): آبشکن با شیب کناره‌ی ۷۵ درجه، (ب): آبشکن با شیب کناره‌ی ۸۰ درجه، (ج): آبشکن با شیب کناره‌ی ۸۵ درجه، (د): آبشکن با شیب کناره‌ی ۹۰ درجه ۶۲
- شکل (۴-۱۱): تغییرات پارامترهای حفره آبخستگی در اعداد فرود مختلف. (الف): حداکثر عمق آبخستگی، (ب): طول پایین دست حفره آبخستگی، (ج): طول بالادست حفره آبخستگی، (د): عرض حفره آبخستگی. ۶۴
- شکل (۴-۱۲): پروفیل عرضی در وسط آبشکن برای آبشکن با شیب ۹۰ درجه ۶۵
- شکل (۴-۱۳): پروفیل عرضی در وسط آبشکن برای آبشکن با شیب ۷۵ درجه ۶۵
- شکل (۴-۱۴): پروفیل طولی در ۱۰ درصد عرض کانال برای آبشکن با شیب کناره ۹۰ درجه ۶۶
- شکل (۴-۱۵): پروفیل طولی در ۱۰ درصد عرض کانال برای آبشکن با شیب کناره ۸۰ درجه ۶۶
- شکل (۴-۱۶): تغییرات توپوگرافی بستر برای حالت آبشکن ۹۰ درجه. (الف): $Fr=0.29$ ، (ب): $Fr=0.26$ (ج): ۶۷
- شکل (۴-۱۷): تغییرات توپوگرافی بستر برای حالت آبشکن ۷۵ درجه. (الف): $Fr=0.29$ ، (ب): $Fr=0.26$ (ج): ۶۷
- شکل (۵-۱): انواع مکانیزم‌های تولید جریان‌های آشفته در کانال‌های باز ۷۱
- شکل (۵-۲): سری زمانی یک مؤلفه سرعت در جریان آشفته و تعریف مقادیر لحظه‌ای و متوسط زمانی آن ۷۲
- شکل (۵-۳): خطوط جریان و بردارهای سرعت حول آبشکن با شیب دیواره‌ی ۷۵ درجه در ترازهای مختلف، (الف) $Z=0.5$ ، (ب) $Z=4.0$ ۷۵
- شکل (۵-۴): توزیع مؤلفه عرضی سرعت در ترازهای مختلف قائم ۷۷

- شکل (۵-۵): توزیع مؤلفه قائم سرعت در لایه نزدیک بستر و لایه نزدیک سطح آب ۷۸
- شکل (۶-۵): توزیع برآیند سرعت در ترازهای مختلف قائم جریان ۷۹
- شکل (۷-۵): بردارهای سرعت جریان ثانویه در داخل مقاطع مختلف عرضی در طول میدان ۸۱
- شکل (۸-۵): توزیع مؤلفه طولی سرعت در مقاطع عرضی ۸۳
- شکل (۹-۵): توزیع مؤلفه عرضی سرعت در مقاطع عرضی ۸۳
- شکل (۱۰-۵): توزیع برآیند سرعت در مقاطع عرضی ۸۴
- شکل (۱۱-۵): توزیع انرژی جنبشی جریان متوسط ۸۴
- شکل (۱۲-۵): توزیع مجذور مربع نوسانات مؤلفه طولی سرعت ۸۶
- شکل (۱۳-۵): توزیع مجذور مربع نوسانات مؤلفه عرضی سرعت ۸۶
- شکل (۱۴-۵): توزیع مجذور مربع نوسانات مؤلفه قائم سرعت ۸۷
- شکل (۱۵-۵): توزیع انرژی جنبشی آشفتگی جریان ۸۷
- شکل (۱۶-۵): توزیع تنش رینولدز ناشی از نوسانات مؤلفه طولی و عرضی سرعت ۸۹
- شکل (۱۷-۵): توزیع تنش رینولدز ناشی از نوسانات مؤلفه طولی و قائم سرعت ۸۹
- شکل (۱۸-۵): توزیع تنش رینولدز ناشی از نوسانات مؤلفه عرضی و قائم سرعت ۹۰
- شکل (۱۹-۵): توزیع تنش برشی بستر به روش نقطه‌های تنش رینولدز ۹۳
- شکل (۲۰-۵): توزیع تنش برشی بستر به روش انرژی جنبشی آشفتگی کل ۹۳
- شکل (۲۱-۵): توزیع تنش برشی بستر به روش انرژی جنبشی آشفتگی مؤلفه قائم ۹۳

فهرست جداول

جدول (۳-۱) : اعداد فرود و عمق های مورد استفاده در آزمایشات ۴۷

فهرست علائم و نشانه‌ها

علامت اختصاری

عنوان

α	ضریب باز شدگی آبشکن
L	طول آبشکن
ds	حداکثر عمق آبشستگی
U	سرعت جریان
U_c	سرعت آستانه حرکت مصالح
B	عرض کانال
σ_g	انحراف معیار مصالح بستر
d_{84}	قطر رسوباتی که ۸۴ درصد رسوبات از آن ریزترند
d_{16}	قطر رسوباتی که ۱۶ درصد رسوبات از آن ریزترند
S_0	شیب طولی مجرا
ν	زاویه‌ی اتصال آبشکن به ساحل
H	ارتفاع آبشکن
Z	شیب جانبی آبشکن
h	عمق جریان در بالادست آبشکن
d_{50}	قطر متوسط رسوبات
ρ_s	چگالی مصالح بستر
ω	سرعت سقوط ذرات
$\Delta\gamma_s$	وزن مخصوص مستغرق مصالح بستر
C	چسبندگی ذرات رسوبی
ϕ	زاویه اصطکاک داخلی مصالح بستر
ρ	چگالی سیال
g	شتاب ثقل
μ	لزجت دینامیک
Re	عدد رینولدز
Fr	عدد فرود
hm	عمق جریان در شرایط آستانه حرکت
x	مختصات طولی نقاط برداشت شده

y	مختصات عرضی نقاط برداشت شده
z	مختصات قائم نقاط برداشت شده
a	طول بالادست حفره‌ی آبشستگی
b	طول پایین دست حفره‌ی آبشستگی
c	عرض حفره‌ی آبشستگی
U_i	مؤلفه‌ی متوسط زمانی سرعت
u_i^9	مؤلفه لحظه‌ای سرعت
T	طول زمان متوسط گیری
TKE	انرژی جنبشی کل جریان
U	مؤلفه‌ی طولی سرعت
V	مؤلفه‌ی عرضی سرعت
W	مؤلفه‌ی قائم سرعت
R	مؤلفه‌ی برآیند سرعت
MKE	انرژی جنبشی جریان متوسط
u-RMS	مجدور مربع نوسانات مؤلفه‌ی طولی سرعت
v-RMS	مجدور مربع نوسانات مؤلفه‌ی عرضی سرعت
w-RMS	مجدور مربع نوسانات مؤلفه‌ی قائم سرعت
$-\rho u^9 v^9$	تنش رینولدز ناشی از نوسانات طولی و عرضی سرعت
$-\rho u^9 w^9$	تنش رینولدز ناشی از نوسانات طولی و قائم سرعت
$-\rho v^9 w^9$	تنش رینولدز ناشی از نوسانات عرضی و قائم سرعت
τ_b	تنش برشی برآیند بستر
τ_b^x	تنش برشی در جهت طولی
τ_b^y	تنش برشی در جهت عرضی

فصل اول:

مقدمه و کلیات

۱- مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

رودخانه‌ها از دیرباز به عنوان یکی از اساسی‌ترین منابع تأمین آب مورد توجه انسان بوده‌اند، به طوری که تمدن‌های بزرگ برای بهره‌گیری از نعمت آب در حاشیه رودخانه‌ها شکل گرفته‌اند و از این رو نقشی حیاتی در زندگی بشر ایفا کرده‌اند. علیرغم این نقش حیاتی و به علت عدم شناخت ماهیت رودخانه‌ها، به هنگام طغیان‌های رودخانه خسارات جبران ناپذیری به حاشیه نشینان آن وارد می‌شود. یکی از مشکلات مهم در مباحث مهندسی رودخانه، بحث فرسایش کناره‌های رودخانه و اثرات ناشی از آن می‌باشد، بطوریکه این پدیده باعث از بین رفتن زمین‌های کناره رودخانه‌ها شده و تهدیدی برای بناهای احداث شده در نزدیکی رودخانه می‌باشد. علاوه بر آن، بار رسوبی حاصل از فرسایش جداره رودخانه می‌تواند مشکلاتی در تأسیسات پایین‌دستی نظیر آبگیرهای رودخانه‌ای ایجاد نماید. در شکل (۱-۱) نمونه‌ای از فرسایش کناری رخ داده در یک رودخانه نشان داده شده است.



شکل (۱-۱): نمونه‌ای از فرسایش جداره رودخانه به هنگام سیلاب

به منظور حفظ مشخصات هندسی بستر و کناره‌های رودخانه و یا تغییر شرایط آن، سازه‌های تنظیمی ساخته می‌شوند. هدف از احداث این سازه‌ها ممکن است حفظ کناره‌ها و یا بستر در مقابل فرسایش باشد و در حالت‌های دیگر، به طور موقت زدودن رسوبات بستر و دیواره‌ها که از نقطه نظر ساماندهی در نقاط نامناسب