بسم الله الرحمن الرحيم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

دانشکده فنی مهندسی
گروه عمران

پایان نامه جهت اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی عمران گرایش آب

عنوان پایان نامه

بررسی توزیع تنش برشی مرزی در جریان کانال های باز

استاد راهنما:
دکتر حسین بنکداری

استاد مشاور:
دکتر افشین اقبال زاده

نگارش:
محترم توشمالانی

مهر ماه ۱۳۹۱

جانی که من گرفتم تا درس را بخوانم

از روح پاک مادر رفته در استخوانم

صبر و دعای او تا همراه من روان شد

عقل و خرد بتازد بر ذهن و بر زبانم

روح و کلام خود را از مهر تو گرفتم

بی کوه استواری چون تو پدر نمانم

این تکه های کاغذ محصول عمر من شد

ناقابل است تقدیم بر تکه های جانم

گر قطره قطره بوده افکار کوچک من

استاد ره نمایاند دریای بی کرانم

تقدیم مینمایم بر زحمت دو سالی

که علم بی دریغش بخشید رایگانم

سپاس گذاری...

سپاس خداوندگار حکیم را که با لطف بی کران خود، آدمی را زیور عقل آراست.

در آغاز وظیفه خود می دانم از زحمات بی دریغ استاد راهنمای خود، جناب اقای دکتر بنکداری، صمیمانه تشکر وقدردانی کنم که قطعا بدون راهنمایی های ارزنده ایشان، این مجموعه به انجام نمی رسید.

از جناب آقای دکتر اقبال زاده که زحمت مطالعه و مشاوره این رساله را تقبل فرمودند و در آماده سازی این رساله اینجانب را مورد راهنمایی قرار دادند، کمال امتنان را دارم.

چکیده

در این تحقیق با استفاده از مفهوم انتروپی تسالیس و ماکزیمم سازی آن به کمک ضرایب لاگرانژ، رابطه ای برای پیش بینی توزیع تنش برشی در کانال های باز بدست آمده است. با توجه به اینکه ساده ترین مقطع هیدرولیکی کانال با مقطع عرضی مستطیلی می باشد، صحت سنجی رابطه در کانال مستطیلی صورت پذیرفته است. بر اساس نتایج محققین در پیش بینی توزیع تنش برشی مرزی، رابطه حاصل به دو رابطه مجزا برای بستر ودیوار کانال مستطیلی تفکیک شده است. با کمک دو رابطه بدست آمده، توزیع تنش برشی در چندین ارتفاع جریان در کانال مستطیلی محاسبه و ترسیم شده است که هماهنگی بسیار نزدیکی با نتایج آزمایشگاهی از خود نشان می دهد. درصد خطای متوسط بدست آمده از رابطه در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی در کانال مستطیلی کمتر از ۴٪ بوده است.

در بررسی بیشتر رابطه در مقاطع عرضی دیگر، سه الگوی مختلف از رابطه معرفی شده برای پیش بینی توزیع تنش برشی مرزی ارائه شده است. حالت اول: الگویی برای پیش بینی توزیع تنش برشی در کانال با مقطع عرضی دایره ای، حالت دوم: الگویی که برای پیش بینی توزیع تنش برشی در کانال با مقطع مستطیلی استفاده شده که از آن برای کانال دایره ای با کف پر شده از رسوبات نیز استفاده شده است و حالت سوم: الگویی که برای پیش بینی توزیع تنش برشی در کانال ذوزنقه ای کاربرد دارد. با استفاده از سه الگوی مختلف توزیع تنش برشی در کانال دایره ای، دایره ای با کف پر شده از رسوبات و کانال ذوزنقه ای محاسبه و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است. با توجه به نتایج حاصله می توان گفت که مدل های ارائه شده کاملا با نتایج آزمایشگاهی هماهنگ و بر آن ها منطبق می باشند. مقادیر درصد خطای متوسط الگوهای ارائه شده در مقاطع عرضی مختلف در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی محاسبه شده است. درصد خطای متوسط در کانال دایره ای ۲,۷٪، در کانال دایره با کف پر شده از رسوبات ۳,۸٪ و در کانال ذوزنقه ای ۵,۴٪ بوده است.

با استفاده از معادلات ارائه شده برای پیش بینی توزیع تنش برشی مرزی در کانال مستطیلی و تعریف نیروی برشی دیوار و بستر، روابطی برای محاسبه مقدار تنش برشی متوسط در دیوار وبستر کانال مستطیلی حاصل شده است. به کمک دو رابطه حاصله، مقادیر تنش برشی متوسط در بستر ودیوار کانال مستطیلی در نسبت های مختلف b/h محاسبه شده است. با استفاده از این مقادیر و تقسیم آن ها بر مقادیر نظیر ρghS و ρgRS مقادیر تنش برشی بدون بعد در بستر و دیوار کانال محاسبه گردیده و تغییرات آن ها بر حسب میزان b/h ترسیم شده است. به کمک نتایج حاصل ۴ رابطه برای پیش بینی تنش برشی بدون بعد (به کمک ارتفاع جریان و شعاع هیدرولیکی) در دیوار و بستر کانال و یک رابطه برای نسبت تنش برشی متوسط دیوار به بستر حاصل شده است. روابط بدست آمده در مقایسه با دو معادله تنش برشی متوسط محاسبه شده بسیار ساده بوده و تنها تابعی از نسبت b/h می باشند. در مقایسه روابط حاصله با روابط الیور و همکاران، ۱۹۹۹ که از تلفیق نتایج آزمایشگاهی بدست آمده از کانال و مجرای مستطیلی حاصل شده و نتایج آزمایشگاهی واقع در کانال و مجرای مستطیلی، مشاهده شده که روابط الیور و همکاران، ۱۹۹۹ به سمت نتایج بدست آمده از مجرای مستطیلی متمایل می شوند و مقداری با روابط بدست آمده در این تحقیق که از کانال مستطیلی حاصل شده است متفاوت می باشند.

با کمک الگوی به کار رفته در کانال مستطیلی، توزیع تنش برشی در یک کانال مرکب با کانال اصلی مستطیلی و سیلاب دشت با دیوار قائم محاسبه شده است. همچنین نتایج بدست آمده با روابط ارائه شده توسط گو جولین، ۲۰۰۵ ، نایت و استرلینگ، ۲۰۰۲ و خداشناس و پاکووار، ۱۹۹۹ مقایسه شده است. نتایج حاصله نشان می

دهد که الگوی معرفی شده نسبت به سه روش دیگر در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی عملکرد بسیار بهتری را از خود نشان می دهد.

کلید واژه: انتروپی تسالیس، تابع توزیع تجمعی احتمال، تابع توزیع احتمال، توزیع تنش برشی مرزی، تنش برشی متوسط دیوار و بستر

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مطالعات کتابخانه ای

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-روش نایت و همکاران، ۱۹۹۴ ..... ۲

۱-۲-۱-توزیع تنش برشی مرزی با داده های آزمایشگاهی ۲

۱-۲-۲-نیروهای برشی مرزی ٤

۱-۲-۳-تنش های برشی مرزی میانگین و ماکزیمم ۹

۱-۳ روش لگاریتمی ۱۰

۱-۴ روش خداشناس و پاکووار، ۱۹۹۹ ..... ۱۱

۱-۴-۱ روش مساحت نرمال ۱۱

۱-۴-۲ استفاده از نیمساز گوشه ها ۱۲

۱-۴-۳ مطالعه حساسیت برای تقسیم بندی ۱۳

۱-۵ روش راجارات نام، ۲۰۰۰ ..... ۱۳

۱-۶ روش پراسود و مانسون، ۲۰۰۲ ..... ۱۴

۱-۷ روش یانگ و لیم، ۲۰۰۵ ..... ۱۵

۱-۷-۱ کانال های ذوزنقه ای با سطح صاف ۱۵

۱-۷-۲ کانال های ذوزنقه ای با سطح زبر ۱۷

۱-۸ معادله تنش برشی با استفاده از انتروپی شانون ۱۷

۱-۹ روش گو و جولین، ۲۰۰۵ ..... ۱۹

۱-۹-۱ حل معادلت ناویر استوکس متوسط ۱۹

۱-۹-۲ معادله میانگین تنش های برشی بستر ۲۰

۱-۹-۳ معادله میانگین تنش های برشی دیوارهای جانبی ۲۱

۱-۹-۴ اولین تقریب بدون جریان های ثانویه ۲۱

۱-۹-۵ حدود BG و CH ۲۲

۱-۹-۶ میانگین تنش برشی بستر ۲۲

۱-۹-۷ میانگین تنش های برشی دیوار جانبی ۲۲

۱-۹-۸ میانگین تقریب با ضرایب اصلاحی ۲۳

فصل دوم: معرفی روش انتروپی تسالیس برای پیش بینی توزیع تنش برشی

۲-۱ مقدمه ۲۵

۲-۲ فرضیه ای برای تابع توزیع تجمعی احتمال ۲۶
۲-۳ انتروپی تسالیس ۲۸
۲-۴ اصل انتروپی ماکزیمم ۲۹
۲-۵ تعیین شرایط مرزی ۲۹
۲-۶ تابع چگالی احتمال ۳۰
۲-۷ ساده سازی معادله (۲-۱۲) ۳۱
۲-۸ چگونگی بدست آمدن رابطه تنش برشی با استفاده از انتروپی تسالیس ۳۱
۲-۹ بررسی تاثیر پارامترهای مختلف در رابطه تنش برشی ۳۲
۲-۱۰ بررسی پارامتر $\mathbf{m}$ ۳۲
۲-۱۱ بررسی پارامتر $\boldsymbol{\lambda 2}$ ۳۴
۲-۱۲ بررسی پارامتر $\boldsymbol{\lambda'}$ ۳۵
۲-۱۳ بررسی تابع توزیع احتمال در توزیع تنش برشی ۳۶
۲-۱۴ بدست آوردن پارامتر های $\boldsymbol{\lambda'}$ و $\boldsymbol{\lambda 2}$ با کمک شرایط مرزی ۳۸
۲-۱۵ چگونگی ترسیم تنش برشی در کانال مستطیلی با استفاده از معادله (۲-۱۹) ۴۰
۲-۱۶ بررسی و صحت سنجی رابطه تنش برشی (معادله ۲-۱۹) ۴۱
۲-۱۷ بررسی میزان درصد خطای اندازه گیری ۴۳
۲-۱۸ خلاصه و جمع بندی ۴۵

فصل سوم: بررسی مدل انتروپی تسالیس در انواع مقاطع هیدرولیکی

۳-۱ مقدمه ۴۷
۳-۲ رابطه نایت و استرلینگ، ۲۰۰۲ ..... ۴۸
۳-۳ معادله تنش برشی با استفاده از انتروپی تسالیس ۴۹
۳-۴ بررسی توزیع تنش برشی در کانال دایره ای ۵۰
۳-۵ بررسی توزیع تنش برشی در کانال دایره ای با کف تخت ۵۴
۳-۶ بررسی و مقایسه توزیع تنش برشی در کانال مستطیلی ۵۶
۳-۷ بررسی و مقایسه توزیع تنش برشی در کانال ذوزنقه ای ۶۰
۳-۸ خلاصه وجمع بندی ۶۵

فصل چهارم: بررسی تنش برشی متوسط بدون بعد

در کانال مستطیلی ۶۷
۴-۱ مقدمه ۶۸
۴-۲ خلاصه ای از روابط ارائه شده برای تنش برشی متوسط ۶۹

۴-۳ محاسبه تنش برشی متوسط با استفاده از مدل انتروپی تسالیس ۷۰
۴-۴ بررسی نتایج تنش برشی متوسط بدون بعد در بستر ودیوار کانال ۷۳
۴-۵ مقایسه روابط بدست آمده در این فصل با معادلات الیور و همکاران، ۱۹۹۹ ..... ۷۸
۴-۶ مقایسه معادلات بدست آمده با سایر معادلات و نتایج آزمایشگاهی ۸۲
۴-۷ درصد نیروی برشی دیواره ۸۴
۴-۸ خلاصه و جمع بندی ۸۵

فصل پنجم: بررسی مدل انتروپی تسالیس در کانال مرکب

۵-۱ مقدمه ۸۸
۵-۲ خلاصه ای از روش های پیش بینی تنش برشی مرزی ۸۹
۵-۳ بررسی تنش برشی در دیوار کانال در قسمت سیلاب دشت ۹۲
۵-۴ بررسی تنش برشی در بستر سیلاب دشت ۹۳
۵-۵ بررسی تنش برشی در بستر کانال اصلی ۹۶

فصل ششم: نتایج و پیشنهادات

۶-۱ مقدمه ۱۰۰
۶-۲ نتیجه‌گیری ۱۰۰
۶-۲-۱ معرفی روش انتروپی تسالیس برای پیش بینی توزیع تنش برشی ۱۰۰
۶-۲-۲ بررسی مدل انتروپی تسالیس در انواع مقاطع عرضی ۱۰۱
۶-۲-۳ بررسی تنش برشی متوسط بدون بعد در کانال مستطیلی ۱۰۲
۶-۲-۴ بررسی مدل انتروپی تسالیس در کانال مرکب ۱۰۳
۶-۳ پیشنهاداتی برای ادامه تحقیق ۱۰۴
منابع ۱۰۵

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ مقایسه توزیع تنش برشی مرزی عرض دهانه در کانال های ذوزنقه ای در نسبت های عرض به ارتفاع متفاوت $Fr=0.48-0.59$ ۵

شکل ۱-۲ مقایسه توزیع تنش برشی مرزی عرض دهانه در کانال های ذوزنقه ای در نسبت های عرض به ارتفاع متفاوت $Fr=2-3.2$ ۶

شکل ۱-۳ درصد نیروی برشی حمل شده توسط دیوارها در مقایسه با نسبت P_b/P_w برای کانال های زبر و صاف $(0<P_b/P_w<10)$ ۸

شکل ۱-۴ درصد نیروی برشی برای کانال های مختلف در مقایسه P_b/P_w ،همراه با معادله ۱-۴ و $C_2=1.5$ $(0< P_b/P_w <50)$..... ۹

شکل ۱-۵ درصد نیروی برشی برای کانال های مختلف در مقایسه P_b/P_w ،همراه با معادله ۱-۱۳ و $C_2=1.5$ $(0< P_b/P_w <10)$..... ۱۱

شکل ۱-۶ درصد نیروی برشی برای کانال های مختلف در مقایسه P_b/P_w ،همراه با معادله ۱-۱۳ و $C_2=1.38$ $(0< P_b/P_w <10)$..... ۱۲

شکل ۱-۷ پروفیل عرضی سرعت در نزدیکی کف در حالت جریان آشفته ۱۴

شکل ۱-۸ نحوه تقسیم بندی دیواره کانال در روش مساحت نرمال..... ۱۵

شکل ۱-۹ نحوه تقسیم بندی دیواره کانال در روش مساحت نرمال با زیاد شدن شیب دیواره ها ۱۵

شکل ۱-۱۰ نحوه توزیع تنش برشی در دیواره ها و مقادیر ماکزیمم آن ۱۶

شکل ۱-۱۱ تقسیم بندی دیواره کانال به دو قسمت A و B..... ۱۶

شکل۱-۱۲ تقسیم بندی جداره ها با استفاده از نیمساز گوشه ها ۱۷

شکل ۱-۱۳ سیستم مختصات در جریان های کانال باز ۲۶

شکل ۱-۱۴ کنترل والیوم کانال مستطیلی برای حل معادلات ناویر استوکس..... ۲۷

شکل ۲-۱ . توزیع تجمعی محاسبه شده با استفاده از نتایج تومیناگا و همکاران، ۱۹۸۹ در کانال مستطیلی ۳۵

شکل ۲-۲ . توزیع تجمعی محاسبه شده با استفاده از نتایج آزمایشگاهی نایت و استرلینگ، ۲۰۰۰ در کانال دایره ای..... ۳۵

شکل ۲-۳. توزیع تجمعی محاسبه شده با استفاده از نتایج آزمایشگاهی نایت و استرلینگ، ۲۰۰۰ در کانال دایره ای با کف تخت ۳۶

شکل ۲-۴. بررسی تغییرات معادله (۲-۱۹) با تغییر پارامتر m به ازای $m < 3/4$ ۴۲

شکل ۲-۵. بررسی تغییرات معادله (۲-۱۹) با تغییر پارامتر m به ازای $m > 3/4$ ۴۲

شکل ۲-۶ . بررسی تغییرات معادله (۲-۱۹) با تغییر پارامت λ_2 به ازای $\lambda_2 > 0$ ۴۳

شکل ۲-۷. بررسی تغییرات معادله (۲-۱۹) با تغییر پارامتر λ_2 به ازای $\lambda_2 < 0$ ۴۴

شکل ۲-۸. بررسی تغییرات معادله (۲-۱۹) با تغییر پارامتر λ' به ازای $\lambda' > 0$ ۴۵

شکل ۲-۹. بررسی تغییرات معادله (۲-۱۹) با تغییر پارامتر λ' به ازای $\lambda' < 0$ ۴۵

شکل ۲-۱۰. تغییرات تابع توزیع احتمال با افزایش تنش برشی در کانال مستطیلی با ارتفاع h=0.05m ۴۶

شکل ۲-۱۱. تغییرات تابع توزیع احتمال با افزایش تنش برشی در کانال مستطیلی با ارتفاع h=0.1m ۴۷

شکل ۲-۱۲. تغییرات تابع توزیع احتمال با افزایش تنش برشی در کانال مستطیلی با ارتفاع h=0.2m ۴۷

شکل ۲-۱۳ . مقطع عرضی مستطیل با پارامتر های تعریف شده در آن ۵۱

شکل ۲-۱۴ . توزیع تنش برشی در طول دیوار کانال مستطیلی ۵۲

شکل ۲-۱۵ . توزیع تنش برشی در طول بستر کانال مستطیلی با نسبت b/h=2 ..... ۵۲

شکل ۲-۱۶. توزیع تنش برشی در طول بستر کانال مستطیلی با نسبت b/h=3.94 ..... ۵۳

شکل ۲-۱۷ . توزیع تنش برشی در طول بستر کانال مستطیلی با نسبت b/h=7.37 ..... ۵۳

شکل ۳-۱ . شکل مقطع عرضی و علائم آن ۶۱

شکل ۳-۲ . توزیع تنش برشی در کانال دایره ای برای (h+t)/D=0.333 , t=0 ..... ۶۳

شکل ۳-۳ . توزیع تنش برشی در کانال دایره ای برای (h+t)/D=0.506 , t=0 ..... ۶۳

شکل ۳-۴ . توزیع تنش برشی در کانال دایره ای برای (h+t)/D=0.666 , t=0 ..... ۶۴

شکل۳-۵. توزیع تنش برشی در کانال دایره ای برای (h+t)/D=0.826 , t=0 ..... ۶۴

شکل ۳-۶ . توزیع تنش برشی در کانال دایره ای با کف تخت برای (h+t)/D=0.333 , t=0.25 ..... ۶۶

شکل ۳-۷ . توزیع تنش برشی در کانال دایره ای با کف تخت برای (h+t)/D=0.666 , t=0.25 ..... ۶۶

شکل ۳-۸ . مقطع عرضی کانال مستطیلی با معرفی پارامتر های آن ۶۸

شکل ۳-۹ . توزیع تنش برشی در دیوار کانال مستطیلی ۶۸

شکل ۳-۱۰ . توزیع تنش برشی در بستر کانال مستطیلی با $b/h = 7.37$ ۶۹

شکل ۳-۱۱ . توزیع تنش برشی در بستر کانال مستطیلی با $\mathbf{b/h = 3.94}$ ۷۰
شکل ۳-۱۲ . توزیع تنش برشی در بستر کانال مستطیلی با $\mathbf{b/h = 2}$ ۷۰
شکل۳-۱۳ . مقطع عرضی کانال ذوزنقه ای با معرفی پارامتر های آن ۷۲
شکل ۳-۱۴ . توزیع تنش برشی در بستر کانال ذوزنقه ای با $\mathbf{b/h = 10}$ ۷۳
شکل ۳-۱۵. توزیع تنش برشی در بستر کانال ذوزنقه ای با $\mathbf{b/h = 10}$ ۷۴
شکل ۳-۱۶ . توزیع تنش برشی در بستر کانال ذوزنقه ای با $\mathbf{b/h = 5.26}$ ۷۵
شکل ۳-۱۷ . توزیع تنش برشی در بستر کانال ذوزنقه ای با $\mathbf{b/h = 5}$ ۷۵
شکل ۳-۱۸ . توزیع تنش برشی در بستر کانال ذوزنقه ای با $\mathbf{b/h = 3.15}$ ۷۶
شکل ۳-۱۹ . توزیع تنش برشی در بستر کانال ذوزنقه ای با $\mathbf{b/h = 3}$ ۷۶
شکل ۴-۱. تغییرات نسبت تنش برشی متویط دیوار به بستر در کانال مستطیلی با سطح صاف ۸۶
شکل ۴-۲ . تنش برشی بدون بعد با کمک ارتفاع جریان در بستر کانال مستطیلی با سطح صاف ۸۸
شکل ۴-۳ . تنش برشی بدون بعد با کمک ارتفاع جریان در دیوار کانال مستطیلی با سطح صاف ۸۹
شکل ۴-۴ . تنش برشی بدون بعد با کمک شعاع هیدرولیکی جریان در بستر کانال مستطیلی با سطح صاف ۹۰
شکل ۴-۵ . تنش برشی بدون بعد با کمک شعاع هیدرولیکی جریان در دیوار کانال مستطیلی با سطح صاف ۹۰
شکل ۴-۶ . مقایسه روابط الیور وهمکاران، ۱۹۹۹ و رابطه (۴-۲۴) در تغییرات نسبت تنش برشی متویط دیوار به بستر در کانال مستطیلی ۹۳
شکل۴-۷ . مقایسه روابط الیور وهمکاران، ۱۹۹۹ و رابطه (۴-۲۵) در تغییرات تنش برشی بدون بعد با کمک ارتفاع جریان در بستر کانال مستطیلی ۹۳
شکل ۴-۸ . مقایسه روابط الیور وهمکاران، ۱۹۹۹ و رابطه (۴-۲۶) در تغییرات تنش برشی بدون بعد با کمک ارتفاع جریان در دیوار کانال مستطیلی ۹۴
شکل ۴-۹ . مقایسه روابط الیور وهمکاران، ۱۹۹۹ و رابطه (۴-۲۷) در تغییرات تنش برشی بدون بعد با کمک شعاع هیدرولیکی در بستر کانال مستطیلی ۹۴
شکل۴-۱۰ . مقایسه روابط الیور وهمکاران، ۱۹۹۹ و رابطه (۴-۲۸) در تغییرات تنش برشی بدون بعد با کمک شعاع هیدرولیکی در دیوار کانال مستطیلی ۹۵
شکل ۴-۱۱. مقایسه روابط نایت وهمکاران، ۱۹۹۴، پراسود ومانسون، ۲۰۰۲ و رابطه (۴-۲۸) در تغییرات تنش برشی بدون بعد با کمک شعاع هیدرولیکی در دیوار کانال مستطیلی ۹۶

شکل ۴-۱۲. مقایسه روابط نایت وهمکاران، ۱۹۹۴، پراسود ومانسون، ۲۰۰۲ و رابطه (۴-۲۷) در تغییرات تنش برشی بدون بعد با کمک شعاع هیدرولیکی در بستر کانال مستطیلی ۹۶

شکل ۴-۱۳. مقایسه روابط گو و جولین، ۲۰۰۵ و رابطه (۴-۲۵) در تغییرات تنش برشی بدون بعد با کمک ارتفاع جریان در بستر کانال مستطیلی ۹۷

شکل۴-۱۴. مقایسه درصد نیروی برشی بدست آمده از مدل معرفی شده در این تحقیق با نتایج آزمایشگاهی و رابطه تجربی نایت وهمکاران، ۱۹۹۴ ..... ۹۹

شکل ۵-۱ . نحوه تقسیم بندی دیواره کانال در روش مساحت نرمال ۱۰۳

شکل ۵-۲. تقسیم بندی جداره ها با استفاده از نیمساز گوشه ها ۱۰۳

شکل ۵-۳ . مشخصات مقطع عرضی کانال مرکب فاضلاب ۱۰۷

شکل ۵-۴-a. توزیع تنش برشی نسبی در دیوار کانال در قسمت سیلاب دشت با نسبت $\boldsymbol{h/H = 0.333}$ ۱۰۷

شکل ۵-۴-b. توزیع تنش برشی نسبی در دیوار کانال در قسمت سیلاب دشت با نسبت $\boldsymbol{h/H = 0.333}$ ۱۰۸

شکل ۵-۵-a . توزیع تنش برشی نسبی در بستر کانال در قسمت سیلاب دشت $\mathbf{h/H = 0.13}$ ۱۰۹

شکل ۵-۵-b. توزیع تنش برشی نسبی در بستر کانال در قسمت سیلاب دشت $\mathbf{h/H = 0.15}$ ۱۰۹

شکل ۵-۵-c . توزیع تنش برشی نسبی در بستر کانال در قسمت سیلاب دشت $\mathbf{h/H = 0.325}$ ۱۱۰

شکل ۵-۵-d . توزیع تنش برشی نسبی در بستر کانال در قسمت سیلاب دشت $\mathbf{h/H = 0.5}$ ۱۱۰

شکل ۵-۶ . توزیع تنش برشی نسبی در بستر کانال اصلی ۱۱۱

فهرست جدول ها

لیست جداول صفحه

جدول ۲-۱. درصد خطای متوسط اندازه گیری شده در دیواره ها و بستر کانال مستطیلی ۵۴

جدول ۳-۱ . خلاصه ای از پارامتر های هیدرولیکی اصلی در کانال دایره ای و دایره ای با کف تخت.....۶۲

جدول ۳-۲ . درصد خطای روش نایت و استرلینگ و مدل معرفی شده با نتایج آزمایشگاهی در کانال دایره ای ۶۵

جدول ۳-۳ . درصد خطای روش نایت و استرلینگ و مدل معرفی شده با نتایج آزمایشگاهی در کانال دایره ای با کف تخت ۶۷

جدول ۳-۴ . درصد خطای روش نایت و استرلینگ و مدل معرفی شده با نتایج آزمایشگاهی در کانال مستطیلی.....۷۱

جدول ۳-۵ . درصد خطای روش نایت و استرلینگ و مدل معرفی شده با نتایج آزمایشگاهی در کانال ذوزنقه ای ۷۷

جدول ۴-۱ . مقادیر تنش برشی متوسط و ضرایب لاگرانژ دردیوار و بستر کانال مستطیلی در نسبت های مختلف b/h ...۸۴

جدول ۴-۲. مقادیر تنش برشی متوسط بدون بعد با استفاده از مدل انتروپی تسالیس ۸۵

فهرست علایم و نشانه ها

علامت اختصاری	عنوان
h و b	ارتفاع جریان و عرض بستر کانال
τ	تنش برشی مرزی
τ_0	تنش برشی متوسط کل کانال
SF_T	نیروی برشی کل کانال در واحد طول
SF_W	نیروی برشی دیوارهای کانال در واحد طول
SF_b	نیروی برشی بستر کانال در واحد طول
$\tau_{mean(w)}$ و $\tau_{mean(b)}$	تنش برشی متوسط دیوار و بستر کانال
P_h و P_w	پیرامون مرطوب دیوارها و بستر کانال
S	پارامتر قائم شیب دیوار کانال
τ_b و τ_w	تنش برشی دیوار و بستر کانال
γ	چگالی وزنی آب
ρ	چگالی جرمی آب
g	شتاب گرانش
R	شعاع هیدرولیکی
u_*	سرعت برشی
k_s	زبری معادل کانال
ϑ_t و ϑ	ویسکوزیته سینماتیکی و گردابی جریان
$p(x)$	تابع چگالی احتمال
$F(x)$	تابع توزیع تجمعی احتمال
$H(x)$	تابع انتروپی
λ_1 ، λ_2، λ_3 و λ_4	ضرایب لاگرانژ
L	کل پیرامون مرطوب کانال
x	متغییر پیوسته
X	ماکزیمم مقدار x
$\bar{x}$	امید ریاضی x
σ	انحراف معیار x
u، v و w	سرعت جریان در راستای محور x، y و z

τ_{zx} و τ_{yx}	تنش برشی در جهت x روی صفحه x-z و y-x
$\forall$	حجم اختیاری با مساحت A
$F(\tau)$	تابع توزیع تجمعی احتمال تنش برشی مرزی
$f(\tau)$	تابع چگالی احتمال تنش برشی مرزی
$P(\tau_i)$	احتمال τ_i
m	پارامتر توانی تابع انتروپی تسالیس
τ_{max}	تنش برشی ماکزیمم
$\bar{\tau}$	تنش برشی متوسط
β و α	ضرایب مومنتوم و انرژی
P_d	پارامتر بدون بعد دیواره کانال
$\tau_{max\,(w)}$ و $\tau_{max\,(b)}$	تنش برشی ماکزیمم دیوار و بستر کانال
λ'_b ، λ_{2w} ،λ'_w و λ_{2h}	ضرایب لاگرانژ در دیوار و بستر کانال
t	ارتفاع رسوبات در کانال دایره ای
D	قطر کانال دایره ای
$\overline{E}(\%)$	درصد خطای متوسط
F	عدد فرود
Q	دبی جریان
U	سرعت متوسط
H	ارتفاع کل جریان در کانال مرکب
τ_{wfp} و $\overline{\tau_{wfp}}$	تنش برشی مرزی و متوسط در دیوار سیلاب دشت در کانال مرکب
τ_{bfp} و $\overline{\tau_{bfp}}$	تنش برشی مرزی و متوسط در بستر سیلاب دشت در کانال مرکب

پیشگفتار

از ساده ترین مقاطع هیدرولیکی کانال مستطیلی می باشد، به همین دلیل در اکثر تحقیقات آزمایشگاهی از این مقطع هیدرولیکی استفاده شده است. همچنین در بسیاری از مجاری انتقال آب نیز از کانال مستطیلی کمک گرفته می شود. کانال ذوزنقه ای به عنوان بهترین مقطع هیدرولیکی رایج ترین مقطع عرضی در انتقال مجاری آبرو است. بیشترین اهمیت این مقطع به دلیل ساده و ارزان بودن مراحل ساخت این مقطع می باشد. علاوه بر مجاری انتقال آب، کانال های فاضلاب یکی از مهمترین مجراهای دورن شهری هستند که مهمترین نقش را در انتقال فاضلاب و آب های سطحی درون شهر ایفا می کنند. در طراحی کانال های فاضلاب در بیشتر مواقع از مقاطع عرضی دایره ای و تخم مرغی استفاده می شود. در ساخت مجاری مصنوعی در اکثر مواقع همانگونه که در بالا ذکر شده است، از مقاطع عرضی ساده استفاده می شود. اما مجاری موجود در طبیعت مانند رودخانه ها و سایر مجاری طبیعی، دیگر به سادگی این مجراها نمی باشند. در بررسی هیدرولیکی، این مقاطع به دو قسمت کانال اصلی و سیلاب دشت تقسیم بندی می شوند. به همین دلیل مقاطع مرکب نیز از مقاطع عرضی مهم در علم هیدرولیک محسوب می شوند.

در طراحی کانال مسائلی چون ابعاد کانال، بهینه کردن ابعاد آن، شیب طراحی، جنس مصالح به کار رفته مهم می باشد، اما مهمتر از همه این ها مبحث ته نشینی و رسوب گذاری مواد معدنی و آلی و چگونگی شتسشوی آنها از کف کانال می باشد که در صورت طراحی ناصحیح کانال، منجر به خسارت کانال و حتی مسدود شدن آن می گردد. تنش برشی مرزی در مقطع کانال یکی از فاکتورهای اساسی در مبحث ته نشینی و رسوب گذاری، مطالعه آشفتگی، فرسایش بستر و تغییرات هندسی و مورفولوژی رودخانه است و براساس نتایجی که تاکنون به دست آمده است به عواملی نظیر سطح مقطع مجرا، توزیع زبری بستر و جریانهای ثانویه وابسته است. محاسبه دقیق تنش برشی مرزی منجر به طراحی ایمن تر کانال در برابر فرسایش می شود. بیشترین اهمیت موضوع تنش برشی در تحقیق و بررسی در زمینه رسوب گذاری و شستشوی رسوبات ته نشین شده در کانال ها، کالورت ها وسایر مجاری انتقال با مقاطع عرضی مختلف می باشد.

بسیاری از محققین کارهای آزمایشگاهی زیادی در این زمینه انجام داده اند و توزیع تنش برشی را در انواع مقاطع عرضی هیدرولیکی با استفاده از تکنیک لوله پریستون اندازه گیری نموده اند. اندازه گیری تنش برشی با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی کاری پیچیده، زمان بر و با هزینه بالا می باشد، همچنین از آنجایی که تنش برشی به آشفتگی و جریان های ثانویه رابطه مستقیم دارد و اندازه گیری این پارامترها به طور مستقیم امکان پذیر نمی باشد، از این رو محققان با استفاده از معادلات متوسط ناویر استوکس(RANS)، معادله لگاریتمی، روش هندسی و روش های تجربی روابطی را به صورت تئوری برای پیش بینی توزیع تنش برشی مرزی پیشنهاد داده اند. بیشتر روابطی که در این زمینه ارائه شده است تنها تنش برشی متوسط را در دیوار و بستر کانال پیش بینی می کنند و یا تنش برشی را در یک یا دو مقطع عرضی برآورد می نمایند. روابطی که توزیع تنش برشی را پیش بینی می نمایند و دقت کافی در پیش بینی توزیع تنش برشی را نداشته اند. به همین دلیل ارائه مدلی که بتواند توزیع تنش برشی را در انواع مقطع عرضی پیش بینی کند، اهمیت بسیار بالایی خواهد داشت.

تابع انتروپی در حالت احتمال هم شانس ماکزیمم می شود و مطابق با آن خواص زیادی را برای سیستم های مستقل دارا می باشد، به خاطر این و سایر خواص، از مفهوم انتروپی پیوسته برای رسیدن به حقایق بزرگ به ویژه در فیزیک استفاده شده است. مفهوم انتروپی یکی از روش هایی است که برای پیش بینی توزیع تنش برشی از

آن کمک گرفته شده است. در مقالات علمی درباره توزیع تنش برشی با استفاده ازمفهوم انتروپی شانون صحبت شده است. اما دیگر انتروپی، انتروپی تسالیس است که دارای خواص قابل توجهی بوده و انتروپی شانون نیز حالت خاصی از آن می باشد و تاکنون برای پیش بینی توزیع تنش برشی از آن استفاده نشده است. بنابراین استفاده از انتروپی تسالیس برای پیش بینی توزیع تنش برشی در دیواره کانال موضوع قابل توجهی می باشد. در این تحقیق با استفاده از مفهوم انتروپی تسالیس مدلی برای پیش بینی توزیع تنش برشی مرزی در کانال ارائه شده است. مدل مورد نظر در مقاطع عرضی مستطیلی، ذوزنقه ای، دایره ای، دایره ای با کف تخت و کانال مرکب صحت سنجی شده است. مدل معرفی شده تنش برشی را با درصد خطای بسیار کمی در مقاطع گفته شده پیش بینی می نماید، این موضوع و قابلیت مدل در پیش بینی توزیع تنش برشی در انواع مقاطع عرضی اهمیت مدل معرفی شده را به طور وضوح نشان می دهد.

فصل اول

مطالعات کتابخانه‌ای