بسم الله الرحمن الرحیم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و

نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه رازی

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی عمران

گرایش آب

عنوان:

شبیه سازی عددی میدان جریان آشفته روی سرریز جانبی

اساتید راهنما:

دکتر میترا جوان

دکتر افشین اقبال‌زاده

استاد مشاور :

دکتر علی‌اکبر اختری

نگارش:

شراره محمودی‌نیا

شهریور ۱۳۹۱

سپاس خدایی را که انسان را آفرید و به او آنچه را که نمیدانست آموخت.
اکنون که این تحقیق به سرانجام رسیده است بر خود واجب می‌دانم که از زحمات فراوان و راهنمایی‌های ارزشمند اساتید مهربان و گرانقدرم، سرکار خانم دکتر میترا جوان و جناب آقای دکتر افشین اقبال زاده کمال تشکر را داشته باشم.
همچنین از دوستان عزیزم که در مراحل مختلف انجام این پایان نامه همراهم بودند سپاسگزارم ، به ویژه دکتر معصومه رستم آبادی، مهندس علی شادمان‌حیدری ، مهندس مصطفی حمزئی و مهندس سمیه الیاسی.

محمودی‌نیا
۱۳۹۱

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان در این سردترین روزگاران

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم

چکیده

سرریزهای جانبی یکی از سازه‌های هیدرولیکی کاربردی و مهم در سیستم‌های کنترل و هدایت آب هستند. این سازه در دیواره کانال اصلی احداث شده و هنگامی که سطح آب در کانال بالاتر از تاج سرریز قرار می‌گیرد، قسمتی از جریان توسط آن به خارج از کانال هدایت می‌گردد. سرریزهای جانبی در انحراف آب اضافی در سیستم های جمع آوری فاضلاب شهری، همچنین در کنترل و پخش سیلاب و به عنوان سازه اضطراری در تأسیسات هیدرولیکی بزرگ چون سدها و شبکه‌های آبیاری و زهکشی به کار برده می‌شود. یکی از نکات مهم در طراحی این نوع سازه هیدرولیکی اینست که سطح آب در مخزن یا کانال اصلی حتی در زمان عبور دبی بیشینه از سرریز جانبی تحت تاثیر جریان کانال جانبی قرار نگیرد و ضریب تخلیه سرریز تغییر نکند. در نتیجه باید خصوصیات جریان عبوری از سرریز جانبی به طور موشکافانه و دقیقی مورد بررسی قرار گیرد که این سازه در عمل بیشترین کارایی را از خود نشان دهد.

در تحقیق حاضر جهت رسیدن به درک روشنی از فیزیک حاکم بر میدان جریان عبوری از سرریز جانبی لبه تیز با استفاده از نرم افزار فلوئنت نسخه ۶/۰۳/۲۶ ، روش VOF و مدل آشفتگی RSM، میدان جریان در مسیر مستقیم همراه با سرریز جانبی شبیه سازی عددی و با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی انجام شده توسط سابرامانیا و آوستی و هاگر نتایج حاصل از حل عددی صحت سنجی شده‌است. مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با نتایج آزمایشگاهی نشان دهنده قابلیت مدل عددی در شبیه‌سازی الگوی سه بعدی جریان روی سرریزهای جانبی می‌باشد. در ادامه، خصوصیات جریان مانند خطوط جریان در ترازهای مختلف، توزیع تنش برشی، توزیع بردارهای سرعت، روند تغییرات جریان ثانویه و تغییرات تراز سطح آب تحت نسبت‌های آبگذری مختلف مورد بررسی و تحلیل دقیق قرار گرفته است. پس از شناخت کامل الگوی جریان در کانال مستقیم همراه با سرریز جانبی، اثر شبیه‌سازی سطح آزاد در پیش‌بینی الگوی جریان مطالعه شده‌است. به این منظور الگوی جریان پیش بینی شده توسط دو روشVOF و سطح صلب مورد مقایسه قرار گرفت. بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که روش سطح صلب در حالیکه از دقت کمتری نسبت به روش VOF برخوردار است اما هزینه های محاسباتی را بسیار کاهش می‌دهد. همچنین در نسبت آبگیری پایین، تفاوت دو روش مزبور در پیش‌بینی مکانیزم‌های جریان که در نزدیکی سطح آب رخ می‌دهد، بسیار چشمگیر بوده در حالیکه این اختلاف در نسبت‌های آبگیری بالا کمتر است.

در بخش آخر این تحقیق تاثیر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مانند طول، ارتفاع تاج سرریز و عدد فرود بالا دست بر الگوی جریان بررسی شده است. بررسی نتایج حاصله از این مطالعه پارامتریک حاکی از آن است که با انتخاب مناسب ارتفاع تاج و طول سرریز می‌توان از رسوب گذاری احتمالی در کانال اصلی که منجر به تنگ شدگی مقطع کانال می‌گردد، جلوگیری نمود و عملیات آبرسانی را با بیشترین راندمان انجام داد.

کلمات کلیدی: ارتفاع تاج سرریزجانبی، سرریز جانبی، طول سرریز جانبی، سطح آزاد، شبیه سازی عددی، فلوئنت.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ خصوصیات، مزایا و کاربردهای سرریزهای جانبی ۳

۱-۳ مبانی هیدرولیکی سرریز جانبی در انشعاب ۹۰ درجه ۳

۱-۳-۱ تئوری جریان‌های گسسته بر روی سرریز جانبی ۳

۱-۳-۱-۱ معادله دینامیکی جریان متغیر مکانی همراه با کاهش دبی ۴

الف) با استفاده از معادله اندازه حرکت ۴

ب) با استفاده از معادله انرژی ۵

۱-۳-۲ الگوی جریان ناشی از وجود انشعاب ۹۰ درجه ۸

فصل دوم: بررسی مطالعات و تحقیقات انجام شده

۲-۱ مقدمه ۱۱

۲-۲ مطالعات مربوط به الگوی جریان در آبگیری جانبی از مسیر مستقیم ۱۱

۲-۲-۱ مطالعات آزمایشگاهی آبگیری از مسیر مستقیم ۱۱

۲-۲-۲ شبیه سازی‌های عددی آبگیری از مسیر مستقیم ۱۳

۲-۲-۲-۱ مدلسازی سه بعدی جریان در حالت لامینار ۱۳

۲-۲-۲-۲ مدلسازی دو بعدی و سه بعدی جریان در حالت آشفته ۱۵

۲-۲-۳ جمع بندی از مطالعات الگوی جریان در آبگیری از مسیر مستقیم ۱۹

۲-۳ مطالعات مربوط به الگوی جریان در کانال دارای سرریز جانبی ۱۹

۲-۳-۱ مطالعات آزمایشگاهی الگوی جریان در کانال مستقیم دارای سرریز جانبی ۲۰

۲-۳-۲ مطالعات آزمایشگاهی الگوی جریان در کانال قوسی دارای سرریز جانبی ۲۳

۲-۳-۳ شبیه سازی‌های عددی جریان در کانال دارای به سرریز جانبی ۲۶

۲-۴ لزوم انجام تحقیق حاضر ۲۷

فصل سوم: معادلات حاکم

۳-۱ مقدمه ۲۹

۳-۲ معادلات و مدل‌های استفاده شده در نرم افزار فلوئنت ۳۰

۳-۲-۱ معادلات ناویر استوکس ۳۰

۳-۲-۲ تقسیم‌بندی مدل‌های آشفتگی ۳۱

۳-۲-۲-۱ مدل‌های صفر معادله ای ۳۱

۳-۲-۲-۲ مدل‌های یک معادله ای ۳۱

۳-۲-۲-۳ مدل‌های دو معادله ای ۳۲

۳-۲-۲-۳-۱ مدل دو معادله ای $k-\varepsilon$ استاندارد ۳۲

۳-۲-۲-۳-۲ مدل آشفتگی $k-\varepsilon$ RNG ۳۴

۳-۲-۲-۳-۳ مدل آشفتگی REALIZABLE $k-\varepsilon$ ۳۵
۳-۲-۲-۴ سایر مدل‌های آشفتگی ۳۶
۳-۲-۲-۴-۱ مدل تنش جبری ۳۶
۳-۲-۲-۴-۲ مدل تنش رینولدز (RSM) ۳۶
۳-۲-۳ اثر دیواره ۳۷
۳-۲-۳-۱ تابع حاکم بر دیواره ۳۸
۳-۲-۳-۲ قانون استاندارد دیواره ۳۹
۳-۲-۳-۳ قانون بهبود یافته رفتار دیواره ۳۹
۳-۲-۴ اعمال تاثیر زبری دیواره در جریان های آشفته ۴۰
۳-۲-۵ بررسی مدل‌های آشفتگی در نواحی نزدیک دیواره ۴۱
۳-۲-۶ روش‌های شبیه سازی سطح آزاد ۴۲
۳-۲-۶-۱ مقدمه ۴۲
۳-۲-۶-۲ معادله حاکم بر روش VOF ۴۳
۳-۲-۶-۳ معادلات حاکم در روش سطح صلب ۴۳
۳-۳ حل عددی معادلات ۴۴

فصل چهارم: صحت سنجی مدل عددی و بررسی الگوی جریان در کانال دارای سرریز جانبی

۴-۱ مقدمه ۴۶
۴-۲ مشخصات میدان حل ۴۶
۴-۳ شرایط مرزی ۴۶
۴-۴ تولید و تنظیم شبکه بندی میدان حل ۴۸
۴-۵ بررسی تاثیر مدل‌های مختلف آشفتگی، بر نتایج حل عددی ۵۲
۴-۶ بررسی خطوط جریان در ترازهای مختلف ۵۶
۴-۷ تغییرات سطح آب در محل سرریز جانبی ۵۹
۴-۸ بررسی جریان‌های ثانویه درمقاطع عرضی و طولی مختلف ۶۰
۴-۹ تغییرات نیمرخ سرعت طولی در محل سرریز جانبی ۶۱
۴-۱۰ توزیع تنش برشی و پیش بینی نواحی محتمل وقوع آبشستگی و رسوب‌گذاری ۶۳
۴-۱۱ بررسی اثر شبیه سازی سطح آزاد بر مدلسازی الگوی جریان ۶۵
۴-۱۱-۱ صحت سنجی مدل عددی با استفاده از روش سطح صلب ۶۶
۴-۱۱-۲ بررسی خطوط جریان در تراز بستر و تعیین محل صفحه تقسیم جریان ۶۸
۴-۱۱-۳ بررسی روند تغییرات طولی سرعت در امتداد کانال اصلی ۷۰
۴-۱۱-۴ بررسی توزیع تنش برشی در بستر ۷۱
۴-۱۱-۵ تغییرات قدرت جریان‌های ثانویه در محل سرریز جانبی ۷۲
۴-۱۱-۶ تغییرات ضرایب اصلاح معادلات انرژی و اندازه حرکت در طول سرریز ۷۴
۴-۱۲ تخمین ضریب شدت جریان سرریز جانبی ۷۵
۴-۱۳ جمع بندی و خلاصه فصل ۷۷

فصل پنجم: مطالعه اثرات پارامترهای هندسی و هیدرولیکی بر الگوی جریان عبوری از سرریز جانبی

۵-۱ مقدمه ۸۱
۵-۲ اثر ارتفاع تاج سرریز جانبی بر الگوی جریان در کانال دارای سرریز جانبی ۸۱
۵-۲ -۱ اثر ارتفاع تاج سرریز در آبگذری پایین ۸۲
۵-۲-۱-۱ بررسی تغییرات عمق آب ۸۲
۵-۲-۱-۲ خطوط جریان در ترازهای مختلف ۸۳
۵-۲-۱-۳ بررسی الگوی تنش برشی در تراز بستر ۸۵
۵-۲-۲ اثر ارتفاع تاج سرریز در ضریب آبگذری بالا ۸۶
۵-۲-۲-۱ بررسی تغییرات عمق آب ۸۶
۵-۲-۲-۲ خطوط جریان در ترازهای مختلف ۸۷
۵-۲-۲-۳ بررسی الگوی توزیع تنش برشی ۸۹
۵-۲-۳ جمع بندی از مطالعه و بررسی اثرات ارتفاع تاج سرریز جانبی ۹۰
۵-۳ اثر طول سرریز جانبی بر الگوی جریان در کانال دارای سرریز جانبی ۹۱
۵-۳-۱ بررسی تغییرات تراز سطح آب ۹۱
۵-۳-۲ بررسی الگوی جریان ۹۴
۵-۳-۳ بررسی الگوی توزیع تنش برشی ۹۹
۵-۳-۴ تخمین ضرایب اصلاح معادلات انرژی و اندازه حرکت و ضریب شدت جریان ۱۰۰
۵-۳-۵ جمع بندی از مطالعه و بررسی اثرات طول سرریز جانبی ۱۰۲
۵-۴ اثر عدد فرود بالا دست بر الگوی جریان در کانال دارای سرریز جانبی ۱۰۳
۵-۵ جمع بندی و خلاصه فصل ۱۰۵

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱مقدمه ۱۰۸
۶-۲نتیجه‌گیری ۱۰۸
۶-۲-۱ سرریز جانبی در مسیر مستقیم ۱۰۸
۶-۲-۲ مطالعه پارامتریک ۱۱۰
۶-۳پیشنهادات ۱۱۱

مراجع

مراجع ۱۱۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ الگوی جریان در انشعاب ۹۰ درجه (نیری و ادگارد؛ ۱۹۹۳) ۹
شکل ۲-۱ توپوگرافی بستر متحرک در انشعاب ۹۰ درجه(عباسی؛۱۳۸۲). ۱۲
شکل۲-۲ الگوی جریان سه بعدی در انشعاب رگ و نواحی جدائی ایجاد شده در داخل انشعاب. ۱۳
شکل ۲-۳ مقایسه نتایج مدل عددی سه بعدی و دو بعدی الف- توزیع سرعت در میدان جریان ب- ضریب فشار در امتداد جداره بیرونی آبگیر (نیری و سوتیروپولوس؛ ۱۹۹۶). ۱۴
شکل ۲-۴ تاثیر نسبت دبی بر الگوی جریان در کانال اصلی و آبگیر الف - نسبت دبی عبوری ۰/۲۳ ب- نسبت دبی عبوری ۰/۶۴. ..... ۱۵
شکل ۲-۵ تغییرات سطح آب در ناحیه انشعاب در دو حالت الف- جریان ورودی زیر بحرانی ب-جریان ورودی فوق بحرانی (شتار و مورتی؛ ۱۹۹۶). ۱۶
شکل ۲-۶ مقایسه توزیع سرعت حاصل از مدل عددی و نتایج آزمایشگاهی (نیری و همکاران؛۱۹۹۹). ۱۷
شکل ۲-۷ خطوط جریان برای نسبت دبی عبوری ۰/۱ الف- نزدیک بستر ب- نزدیک سطح آب. ۱۸
شکل ۲-۸ خطوط جریان برای نسبت دبی عبوری ۰/۲ الف- نزدیک بستر ب- نزدیک سطح آب. ۱۸
شکل۲-۹ نیمرخ‌های سرعت طولی گزارش شده در تحقیقات آزمایشگاهی سابرامانیا و آوستی (۱۹۷۲). ۲۱
شکل ۲-۱۰ الگوی رسوب‌گذاری در کانال مستقیم با بستر متحرک دارای سرریز جانبی (رزیر؛۲۰۰۷). ۲۲
شکل۲-۱۱ تغییرات تراز سطح آب در سه مقطع قوس داخلی، قوس خارجی و میانه کانال اصلی الف- قوس ب- قوس دارای سرریز جانبی با آبگذری پایین ج- قوس دارای سرریز جانبی با آبگذری بالا (فارس و هربرتسون؛ ۱۹۹۳). ۲۵
شکل۲-۱۲ شمایی کلی از تغییرات پروفیل سطح آب در حضور سرریز جانبی (آقاچی‌اُقلو و یوکسل؛ ۱۹۹۸). ۲۵
شکل۲-۱۳شمای کلی از الگوی جریان در اعداد فرود بزرگتر از ۰/۳ ..... ۲۶
شکل۲-۱۴ شمای کلی از الگوی جریان در اعداد فرود کوچکتر از ۰/۳ . ..... ۲۶
شکل ۳-۱ تابع توزیع سرعت در نزدیکی دیواره ۳۸
شکل۳-۲ تاثیر استفاده از Wall Modeling در معادلات انتقال ۳۸
شکل ۴-۱ شرایط هندسی و مرزی کانال مستقیم همراه با سرریز جانبی در شبیه‌سازی مدل آزمایشگاهی هاگر (۱۹۸۲). ۴۹
شکل۴-۲ پروفیل طولی سطح آب شبیه‌سازی شده در امتداد سرریز جانبی در مقایسه با نتایج آزمایش D هاگر (۱۹۸۲) ۵۱
شکل۴-۳ مقایسه تغییرات دبی کانال اصلی (در طولی که سرریز جانبی واقع شده) بین نتایج عددی حاضر و نتایج آزمایش آ هاگر (۱۹۸۲). ۵۱
شکل۴-۴ نحوه شبکه‌بندی میدان جریان هاگر (۱۹۸۲) الف- نمای سه بعدی ب- در مقطع عرضی کانال (صفحه y-z) ج- در پلان (صفحه x-z). ۵۲
شکل۴-۵ الف- پروفیل طولی سطح آب در امتداد سرریز جانبی ب- تغییرات دبی کانال اصلی (در طولی که سرریز جانبی واقع شده) شبیه‌سازی شده در مقایسه با نتایج آزمایش E هاگر (۱۹۸۲). ۵۳

شکل ۴-۶ مقایسه نیمرخ‌های سرعت طولی بین نتایج عددی حاضر و نتایج آزمایشگاهی سابرامانیا و آوستی (۱۹۷۲) ۵۵
شکل۴-۷ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز سطح آب الف- آزمایش E ب– آزمایش G (خط چین امتداد صفحه تقسیم کننده جریان را نمایش می دهد.) ۵۷
شکل۴-۸ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک تاج سرریز الف- آزمایش E ب– آزمایش G (خط چین امتداد صفحه تقسیم کننده جریان را نمایش می دهد.) ۵۷
شکل۴-۹ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک بستر الف- آزمایش E ب – آزمایشG. ۵۸
شکل۴– ۱۰ خطوط جریان گذرنده از روی سرریز جانبی الف- آزمایش E ب – آزمایشG. ۵۹
شکل۴-۱۱ نمای سه بعدی تغییرات سطح آب شبیه‌سازی شده الف- آزمایش E ب – آزمایشG. ۵۹
شکل۴-۱۲بردارهای سرعت شبیه‌سازی شده در مقاطع عرضی کانال اصلی (آزمایش E): الف-محورa -a ب– محورb-b ج-محورc. - c ۶۱
شکل۴-۱۳ بردارهای جریان ثانویه در مقاطع مختلف کانال اصلی(آزمایش E): الف-محور۱- ۱ ب – محور۲-۲ ج-محور۳-۳. ..... ۶۲
شکل۴-۱۴ نیمرخ‌های مولفه سرعت طولی(u) شبیه‌سازی شده در کانال اصلی (آزمایش E). ۶۲
شکل ۴-۱۵ الگوی تنش برشی شبیه‌سازی شده در بستر الف- آزمایش E ب– آزمایشG. ۶۴
شکل ۴-۱۶ الگوی رسوب‌گذاری در کانال مستقیم با بستر متحرک همراه با سرریز جانبی (رُزیر؛۲۰۰۷). ۶۵
شکل۴-۱۷پروفیل طولی سطح آب شبیه‌سازی شده با استفاده از روش VOF (خط توپر) و سطح صلب (رابطه ۴۶-۳)(خط چین) در امتداد سرریز جانبی در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی هاگر (۱۹۸۲) (نشانه) الف-آزمایش E ب –آزمایش G. ۶۷
شکل۴-۱۸ مقایسه تغییرات دبی کانال اصلی (در طولی که سرریز جانبی واقع شده) بین نتایج عددی روش VOF(خط توپر)، روش سطح صلب (نقطه چین) و نتایج آزمایشگاهی هاگر (۱۹۸۲)(نشانه) الف- آزمایش E ب –آزمایش G. ۶۸
شکل۴-۱۹ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک بستر الف- آزمایش E با روش VOF ب– آزمایش E با روش سطح صلب ج-آزمایش G با روش VOF د-آزمایش G با روش سطح صلب. ۶۹
شکل۴-۲۰ تغییرات فاصله صفحه تقسیم‌کننده جریان از دیواره سمت چپ کانال اصلی در ترازهای مختلف الف- آزمایش E ب – آزمایشG. ۷۰
شکل۴-۲۱ نیمرخ سرعت طولی در مقاطع مختلف عرضی کانال اصلی الف- آزمایش E ب – آزمایشG. ۷۱
شکل۴-۲۲ الگوی تنش برشی شبیه‌سازی شده در بستر الف- آزمایش E با روش VOF ب– آزمایش E با روش سطح صلب ج-آزمایش G با روش VOF د-آزمایش G با روش سطح صلب. ۷۲
شکل ۴-۲۳ تغییرات قدرت جریان ثانویه پیش‌بینی شده در طول سرریز با استفاده از روش VOF (خط توپر) در مقایسه با روش سطح صلب (خط چین) الف- آزمایش E ب–آزمایش G. ۷۳
شکل۴-۲۴ بردار های سرعت شبیه‌سازی شده با استفاده از دو روش VOF و سطح صلب در مقاطع عرضی کانال اصلی (آزمایش E): الف-محورa- a ب – محورb- b ج-محورc - c. ۷۴
شکل۴-۲۵ تغییرات ضرایب(آزمایش E): الف- تصحیح انرژی جنبشی ب - اندازه حرکت. ۷۶
شکل۵-۱ تغییرات تراز سطح آب در طول سرریز جانبی(نسبت آبگذری پایین). ۸۳

شکل۵-۲ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک سطح آب (نسبت آبگذری پایین) الف- سرریز جانبی تاج بلند ب– سرریزجانبی تاج کوتاه ج- سرریز جانبی با ارتفاع تاج صفر. ۸۴
شکل۵-۳ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک تاج سرریز (نسبت آبگذری پایین) الف-سرریز جانبی تاج بلند ب– سرریزجانبی تاج کوتاه ج- سرریز جانبی با ارتفاع تاج صفر. ۸۴
شکل۵-۴ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک بستر(نسبت آبگذری پایین) الف- سرریز جانبی تاج بلند ب– سرریز جانبی تاج کوتاه ج- سرریز جانبی با ارتفاع تاج صفر. ۸۵
شکل۵-۵ الگوی تنش برشی شبیه‌سازی شده در بستر (نسبت آبگذری پایین) الف- سرریز جانبی تاج بلند ب– سرریز جانبی تاج کوتاه ج- سرریز جانبی با ارتفاع تاج صفر. ۸۶
شکل۵-۶ تغییرات تراز سطح آب در طول سرریز جانبی(نسبت آبگذری پایین). ۸۷
شکل۵-۷ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک سطح آب (نسبت آبگذری بالا) الف- سرریز جانبی تاج بلند ب– سرریزجانبی تاج کوتاه ج- سرریز جانبی با ارتفاع تاج صفر. ۸۸
شکل۵-۸ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک تاج سرریز (نسبت آبگذری بالا) الف- سرریز جانبی تاج بلند ب– سرریزجانبی تاج کوتاه ج- سرریز جانبی با ارتفاع تاج صفر. ۸۸
شکل۵-۹ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک بستر (نسبت آبگذری بالا) الف- سرریز جانبی تاج بلند ب– سرریز جانبی تاج کوتاه ج- سرریز جانبی با ارتفاع تاج صفر. ۸۹
شکل۵-۱۰ الگوی تنش برشی شبیه‌سازی شده در بستر (نسبت آبگذری بالا) الف- سرریز جانبی تاج بلند ب– سرریز جانبی تاج کوتاه ج- سرریز جانبی با ارتفاع تاج صفر. ۹۰
شکل۵-۱۱ تغییرات تراز سطح آب در طول سرریز جانبی الف- نسبت آبگذری بالا و متوسط ب- نسبت آبگذری پایین. ۹۲
شکل۵-۱۲ الف- نمای سه بعدی از جریان شبیه سازی شده ب- تغییرات پارامتر W_1 با تغییر L/b ج- تاثیرات تغییر L/b بر کمترین مقدار عمق آب در محدوده‌ی پایین افتادگی. ۹۳
شکل ۵-۱۳ تغییرات قدرت جریان ثانویه پیش‌بینی شده در طول سرریز جانبی الف- نسبت آبگذری بالا و متوسط ب- نسبت آبگذری پایین. ۹۴
شکل۵-۱۴ خطوط همتراز سرعت طولی در مقاطع عرضی مختلف کانال اصلی برای حالت آبگذری بالا و متوسط ۹۶
شکل۵-۱۵ خطوط همتراز سرعت طولی در مقاطع عرضی مختلف کانال اصلی برای حالت آبگذری پایین. ۹۷
شکل۵-۱۶ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک بستر (نسبت آبگذری پایین) الف- $L/b=1.67$ ب– $L/b=1.34$ ج- $L/b=1.00$. ۹۸
شکل۵-۱۷ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک بستر (نسبت آبگذری بالا) الف- $L/b=3.34$ ب– $L/b=2.67$ ج- . $L/b=2.00$ ۹۸
شکل۵-۱۸ تغییرات فاصله صفحه تقسیم‌کننده جریان از دیواره سمت چپ کانال اصلی در ترازهای مختلف الف- آبگذری بالاو متوسط ب – آبگذری پایین. ۹۹
شکل۵-۱۹ الگوی تنش برشی شبیه‌سازی شده در بستر (نسبت آبگذری پایین) الف- $L/b=3.34$ ب– $L/b=2.67$ ج- $L/b=2.00$. ۱۰۰
شکل۵-۲۰ الگوی تنش برشی شبیه‌سازی شده در بستر (نسبت آبگذری بالا) الف- $L/b=3.34$ ب– $L/b=2.67$ ج- $L/b=2.00$. ۱۰۰

شکل۵-۲۱ تغییرات ضرایب تصحیح انرژی جنبشی و اندازه حرکت در طول سرریز جانبی..... ۱۰۴
شکل۵-۲۲ خطوط جریان شبیه‌سازی شده در تراز نزدیک تاج سرریز الف- عدد فرود ۰/۳۵ ب—عدد فرود ۰/۵۰ ج- عدد فرود ۰/۶۵..... ۱۰۴
شکل۵-۲۳ نیمرخ‌های مولفه سرعت طولی(u) شبیه‌سازی شده در کانال اصلی در مقطع سرریز جانبی..... ۱۰۴

.

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ ضرایب ثابت برای معادلات $k-\varepsilon$ استاندارد ۳۳
جدول ۳-۲ ضرایب ثابت برای معادلات $k-\varepsilon$ Realizable ۳۶
جدول۴-۱ مشخصات شرایط شرایط هندسی و هیدرولیکی در مدل سابرامانیا و آوستی (۱۹۷۲) و هاگر (۱۹۸۲) ۴۷
جدول ۴-۲ مشخصات دو نوع شبکه بندی به کار رفته در حساسیت سنجی میدان حل(آزمایش D در مدل هاگر ۱۹۸۲،) ۵۰
جدول ۴-۳ مقایسه ضریب شدت جریان محاسبه شده از داده های آزمایشگاهی و مدلسازی عددی ۷۷
جدول ۵-۱ مقایسه ضریب شدت جریان محاسبه شده از داده‌های مدلسازی عددی و با استفاده از رابطه تجربی برقعی و همکاران ۱۰۲

فهرست علامت‌ها

b	عرض کانال اصلی
C	ثابت ناحیه لگاریتمی بسته به زبری دیوار سطح
C_1	ثابت انتگرال‌گیری
$c_{1\varepsilon}$	ثابت مدل آشفتگی $k-\varepsilon$
$c_{2\varepsilon}$	ثابت مدل آشفتگی $k-\varepsilon$
$C\mu$	ثابت مدل آشفتگی $k-\varepsilon$
D_h	قطر هیدرولیکی
Fr	عدد فرود
$h_r (=(y_1-s)/y_1)$	پارامتر بدون بعد ارتفاع آب روی تاج سرریز
g	شتاب جاذبه
I	شدت آشفتگی
k	مقدار انرژی جنبشی آشقتگی
k_p	مقدار انرژی جنبشی آشقتگی در نقطه p
k_s^+	پارامتر بدون بعد ارتفاع زبری
L	طول سرریز جانبی
Q_1	دبی ورودی به سیستم
Q_2	دبی خروجی از کانال جانبی
$Q_r (=Q_2/Q_1)$	نسبت آبگذری
R_e	عدد رینولدز
S	ارتفاع تاج سرریز
U_0	سرعت متوسط ورودی
u	مولفه سرعت طولی
u_p	سرعت متوسط در نقطه p
u_τ	سرعت برشی
v	مولفه سرعت عمودی
w	مولفه سرعت عرضی
y	محور محلی عمود بر جریان
y_p	فاصله نقطه p از دیواره
y^+	فاصله بی بعد از دیوار
y_1	عمق آب بالادست
y_2	عمق آب پایین دست
α	ضریب تصحیح معادله انرژی

β	ضریب تصحیح معادله اندازه حرکت
δ_k	ثابت مدل آشفتگی $k-\varepsilon$
δ_z	ثابت مدل آشفتگی $k-\varepsilon$
ΔB	تابع زبری
ε	نرخ استهلاک انرژی جنبشی
κ	ثابت ون‌کارمن
μ	لزجت دینامیکی
μ_t	لزجت ادی
$\overline{\rho u'^2}$	تنش رینولدز
$\overline{\rho u'v'}$	تنش رینولدز
$\overline{\rho u'w'}$	تنش رینولدز
$\overline{\rho v'^2}$	تنش رینولدز
$\overline{\rho v'w'}$	تنش رینولدز
$\overline{\rho w'^2}$	تنش رینولدز
ω_k	سرعت زاویه‌ای
ν_t	لزجت گردابه‌ای
ω_k	سرعت زاویه‌ای
$\overline{\Omega}_{ij}$	نرخ چرخش متوسط

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

آب اولین منبع تجدید شونده، ارزانترین و مهمترین کالایی است که بشر از آن استفاده می‌کند. با توجه به اقلیم خشک و نزولات جوی بسیار کم در ایران، همواره یکی از دغدغه‌های اساسی مهندسین هیدرولیک، مدیریت بهینه منابع محدود آب کشور بوده است. با توجه به رشد روز افزون سرمایه گذاری‌های ملی در بخش طرح‌های آبی، بهینه سازی طرح‌های کنترل و هدایت آب به منظور ذخیره سازی سرمایه ملی بیش از پیش مطرح می‌شود. طرح‌های کنترل و هدایت آب باید به گونه‌ایی تعریف شوند که ضمن کمک به توسعه بخش صنعت،کشاورزی و حمل و نقل بازخورهای طبیعی غیر قابل ترمیم در پی نداشته باشند زیرا آب در طبیعت وظایف متعدد محیطی بر عهده دارد که استفاده انسان نباید این وظایف را مختل سازد. بنابراین تنها با شناخت صحیح و بررسی دقیق هیدرولیک جریان‌های عبوری از سیستم‌های هدایت آب و کاربرد آن در طرح‌های آبی می‌توان انتظار داشت که از منابع آب به صورت پایدار استفاده شود.

سرریزهای جانبی یکی از سازه‌های هیدرولیکی کاربردی و مهم در سیستم‌های کنترل و هدایت آب هستند. این سازه‌ها در دیواره کانال اصلی احداث شده و هنگامی که سطح آب در کانال بالاتر از تاج سرریز قرار می‌گیرد، قسمتی از جریان توسط آنها به خارج از کانال هدایت می‌گردد. سرریز جانبی در انحراف آب اضافی در سیستم‌های جمع آوری فاضلاب شهری، همچنین در کنترل و پخش سیلاب و به عنوان سازه اضطراری در تأسیسات هیدرولیکی بزرگ چون سدها و شبکه‌های آبیاری و زهکشی به کار برده می‌شود. یکی از نکات مهم در طراحی این نوع سازه هیدرولیکی اینست که سطح آب در مخزن یا کانال اصلی حتی در زمان عبور دبی بیشینه از سرریز جانبی تحت تاثیر جریان کانال جانبی قرار نگیرد. در نتیجه باید خصوصیات جریان عبوری از سرریز جانبی به طور موشکافانه و دقیقی مورد بررسی قرار گیرد که این سازه در عمل بیشترین کارایی را از خود نشان دهد.

۱-۲ خصوصیات، مزایا و کاربردهای سرریزهای جانبی

سرریزهای جانبی نه تنها از نظر هیدرولیکی با محدودیت‌هایی مواجه‌اند بلکه از نظر اقتصادی نیز ارزان تمام نمی‌شوند (برمن و هاگر[1]؛ ۱۹۸۹). تلفات زیاد انرژی، تلاطم و آشفتگی جریان و اعمال ضربات شدید آب برکف و دیواره‌های جانبی کانال جانبی و در یک کلام شرایط نامناسب جریان داخل کانال مزبور، کارایی این سرریزها را با مشکل مواجه می‌کند. اما این نوع سرریزها دارای محاسنی هستند که کاربرد آنها را در پروژه‌های زیست محیطی، برقابی و کشاورزی توجیه می‌کند.

سرریزهای جانبی در سیستم‌های آبیاری و زهکشی به عنوان کنترل‌کننده سطح آب، در پروژه‌های کنترل سیلاب برای تخلیه آب مازاد به درون کانال تخلیه و در سیستم‌های زهکشی شهری به عنوان سازه حفاظتی در بالادست سیفون‌های معکوس و زیرگذر جاده ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کاربرد سرریزهای جانبی در سیستم‌های اضطراری سدها به منظور برداشت مقدار معینی آب، زمانیکه بهره-گیری از سرریز اوجی مستقیم ممکن و منطقی نباشد (مثلا در سدهای خاکی و یا سنگریزه ای) و یا در مواردی که محدود کردن ارتفاع سرریز با طولانی تر شدن تاج سرریز همراه باشد و همچنین در ساختگاه‌های دارای شیب تند و بصورت پرتگاه ، بهینه‌ترین گزینه است. پروژهای برقآبی مانند سد مخزنی رئیس‌علی دلواری در استان بوشهر، سد نمرود در فیروز کوه استان تهران، سد ونیار در استان آذربایجان شرقی، سد شهریار و سد شهرچای در استان آذربایجان غربی شهرستان میانه، سد عجب شیر در استان آذربایجان شرقی و سدکارون ۴ شهرکرد در استان چهار محال بختیاری از موارد دیگر کاربرد سرریزهای جانبی هستند که به استناد آنها می‌توان به لزوم شناخت هیدرودینامیکی از الگوی جریان در این نوع سازه‌ی هیدرولیکی پی برد .

۱-۳ مبانی هیدرولیکی سرریز جانبی در انشعاب ۹۰ درجه

۱-۳-۱ تئوری جریان‌های گسسته بر روی سرریز جانبی

جریان متغیر مکانی، جریانی است که افزایش یا کاهش شدت جریان در طول مسیر منجر به غیر یکنواختی دبی می‌گردد. به عبارت دیگر در این نوع جریان مقدار $\frac{\partial Q}{\partial x}$ مخالف صفر است. در اینجا Q دبی x طول کانال از ابتدای آن در هر مقطع می‌باشد. بر حسب نوع تغییرات دبی سیستم، این نوع جریان‌ها را به دو گروه طبقه بندی می‌کنند:

[1] Bermen and Hager

الف) جریان متغیر مکانی با کاهش دبی

ب) جریان متغیر مکانی با افزایش دبی

جریان بر روی سرریزهای جانبی، کف‌های مشبک و لوله‌های زهکشی از جمله این جریان‌ها هستندکه در طبیعت به وفور یافت می‌شوند. با توجه به نوع جریان در سرریزهای جانبی، در این بخش از تحقیق تئوری-های حاکم بر جریان متغیر مکانی همراه با کاهش دبی بر اساس دو دیدگاه معادله اندازه حرکت و معادله انرژی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۳-۱-۱ معادله دینامیکی جریان متغیر مکانی همراه با کاهش دبی

الف) با استفاده از معادله اندازه حرکت

به منظور اعمال معادله اندازه حرکت و استفاده از آن در تعیین معادله دینامیکی این نوع جریان ها، فرضیات زیر در نظر گرفته می‌شود (ئی و ونزل[1]؛ ۱۹۶۶).

- انحنای سطح آب ملایم بوده و لذا توزیع فشار هیدرواستاتیک فرض می‌گردد. بدیهی است که منطقه‌های دارای انحنای زیاد از این محاسبات مستثنی خواهند بود.
- تحلیل بر اساس روش یک بعدی و جریان دائمی انجام پذیرفته و ضریب تصحیح اندازه حرکت (β) برای در نظرگرفتن توزیع غیر یکنواخت سرعت کفایت می‌کند.
- روابط مقاومت جریان‌های یکنواخت نظیر معادله مانینگ برای نشان دادن میزان اصطکاک در برابر جریان کافی است.
- از اثر مخلوط شدن و محبوس ماندن هوا در آب که در معادله مقدار حرکت تاثیر می‌گذارد، صرفنظر می‌شود.
- کانال منشوری و دارای شیب کف (θ) کم می‌باشد.

با در نظرگرفتن x به عنوان فاصله در جهت طول کانال از ابتدای آن، V_x مولفه بردار سرعت در جهت محور x در نقاط مختلف مقطع، $\frac{dQ}{dx}$ جریان جانبی ورودی در واحد طول کانال که دارای سرعت U بوده و با جهت x زاویه ϕ می‌سازد، چنانچه جریان وارده به کانال باعث تغییر اندازه حرکت در جهت طولی کانال نشود و به تعبیری جریان‌های ناگهانی هیچگونه مشارکتی در اندازه حرکت جریان در جهت طولی نداشته باشد($U\cos\phi = 0$)، تغییرات تراز سطح آب عبارت خواهد بود از:

[1] Ye and and Wenzel