اقرأ وربك الأكرم
الذي علم بالقلم
علم الإنسان ما لم يعلم

٣١٢٤٣

دانشگاه علم و صنعت ایران
دانشکده مهندسی عمران

۱۳۷۹ /۵/ ۲۱

پایان نامه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی عمران
گرایش سازه های هیدرولیکی

مرکز اطلاعات علمی ایران
تهیه مدارک

تعیین میزان آبگذری دریچه تخلیه کننده تحتانی سدها با استفاده از مدل فیزیکی و مدل ریاضی

۱۷۴۸۴

اساتید راهنما:
دکتر محمدابراهیم بنی حبیب
دکتر عباس قاهری

تهیه و تنظیم:
مجید صادقی حسن آبادی

پاییز ۱۳۷۸

۲۱۲۴۳

تقدیم به

پدر و مادر

بزرگوار و مهربانم

چکیده

دریچه‌های کشویی قائم از جملهٔ تجهیزاتی هستند که برای تنظیم و کنترل جریان خروجی از تخلیه‌کنندهٔ تحتانی سدها استفاده می‌شوند از اینرو تعیین میزان آبگذری این دریچه‌ها در بازشدگیهای مختلف و بررسی جریان عبوری از آنها از اهمیت خاصی برخوردار است.

تاکنون تحقیقات مختلفی برای تعیین میزان آبگذری دریچه‌های کشویی با جریان آزاد در بالادست و پائین‌دست، انجام گرفته است ولی وجود جریان تحت فشار در بالادست دریچهٔ تخلیه‌کننده‌ها، وجود افت انرژی جریان بعلت عوامل مختلف و همچنین مقادیر بسیار کم نسبت بازشدگی دریچه به هدآب روی دریچهٔ تخلیه‌کننده و... سبب می‌شود استفاده از روابط و نتایج حاصل از این تحقیقات باعث بروز خطاهای چشمگیری در تعیین میزان آبگذری دریچه‌های تخلیه‌کنندهٔ تحتانی سدها شود بر این اساس پروژهٔ حاضر با هدف تعیین میزان آبگذری دریچهٔ تخلیه‌کنندهٔ تحتانی سدها با استفاده از مدلهای فیزیکی و ریاضی تهیه شده است، دریچهٔ مورد مطالعه در این پروژه یک دریچهٔ قائم کشویی می‌باشد که بر روی یک تخلیه‌کنندهٔ تحتانی با مقطع مستطیلی بسته قرار گرفته است.

مدل فیزیکی پروژه برای دریچه، مجرا و مخزن تهیه و آزمایش گردید و میزان آبگذری دریچه در بازشدگیهای مختلف اندازه‌گیری شد، همچنین بمنظور تعیین تأثیر عواملی نظیر افزایش عرض و ارتفاع مقطع مجرا در پائین‌دست دریچه (وجود یک پله بلافاصله پس از دریچه)، جهت بسته شدن دریچه و تأثیر باز و بسته شدن شفت هوای تعبیه شده در پائین‌دست دریچه بر روی میزان آبگذری دریچه آزمایشات مختلفی انجام گرفت و برای هر حالت مقادیر دبی برحسب بازشدگی دریچه اندازه‌گیری شد و نتایج آن در جداول و نمودارهای مربوطه ارائه گردید. سپس نتایج آزمایشات با یکدیگر مقایسه شده و عملکرد جریان عبوری از دریچه در هر حالت مورد بررسی قرار گرفتند.

مدل ریاضی پروژه نیز برای دریچه، مجرا و مخزن تهیه شده است، در این مدل از فرضیات سیال ایده‌آل در حل مسأله استفاده شده و معادلهٔ لاپلاس جریان با استفاده از روش عددی تفاوت محدود برای شرایط مرزی حاکم بر جریان، به کمک یک برنامهٔ کامپیوتری حل گردید. با استفاده از مدل ریاضی خطوط جریان، میزان آبگذری و ضریب فشردگی جریان عبوری از دریچه برای مقادیر مختلف نسبت بازشدگی دریچه به هدآب روی دریچه تعیین می‌گردند. داده‌های ورودی برنامه شامل شبکهٔ نقاط، مقدار افت انرژی و... می‌باشد که مدل نسبت به تغییرات داده‌های ورودی تست حساسیت شد و همچنین بمنظور تعیین میزان تأثیر مقدار افت انرژی جریان بر روی میزان آبگذری و ضریب فشردگی جریان عبوری از دریچه، مدل ریاضی برای مقادیر مختلف افت انرژی مورد آزمایش قرار گرفت که براساس نتایج حاصل از آن و نتایج مدل فیزیکی پیشنهاداتی برای تعیین افت انرژی ناشی از وجود دریچه، ارائه شده ا ست.

بمنظور صحت‌یابی مدل ریاضی، نتایج این مدل با نتایج مدل فیزیکی مقایسه گردید که تطابق و نزدیکی نتایج دو مدل نشان می‌دهد که نتایج مدل ریاضی از دقت خوب و مناسبی برخوردار می‌باشد.

دانش ارثی است ارزنده

و ادب زیوری پاینده

و تفکر آینه‌ای تابنده.

امام علی (ع)

سپاسگزاری

در آغاز سخن لازم می‌دانم از زحمات فراوان اساتید ارجمند آقایان دکتر بنی‌حبیب و دکتر قاهری که راهنمای حقیر در این پایان‌نامه بودند و همچنین اززحمات اساتیدمحترم آقایان دکتر نجمائی، دکترعباس افشارو دکتربرقعی ومساعدت صمیمانهٔآقایان دکتر کاویانپور، مهندس معصومی، مهندس صانعی و همه اساتید و عزیزانی که به نوعی حقیر را یاری کردند بخصوص اساتید وکارکنان محترم دانشکدهٔ عمران دانشگاه علم و صنعت ایران تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از مدیریت و کارکنان محترم شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری که امکانات لازم برای انجام آزمایشات مدل فیزیکی پروژه را فراهم نمودند نیز تقدیر و سپاسگزاری می‌نمایم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول – بررسی تحقیقات انجام گرفته	۳
۱-۱- تحقیقات انجام یافته براساس روش تجربی	۵
۱-۲- روشهای ریاضی حل معادلهٔ جریان	۱۰
۱-۲-۱- حل معادله جریان با استفاده از روش المان محدود	۱۶
۱-۲-۲- حل معادله جریان با استفاده از روش تفاوت محدود	۲۱
۱-۳-مقایسهٔ نتایج روشهای تئوری و آزمایشگاهی	۲۸
۱-۴- نتیجه‌گیری	۲۹
فصل دوم – شرحی بر تخلیه‌کنندهٔ *سدها و دریچه‌های کشویی*	۳۱
۲-۱- تخلیه‌کننده‌ها	۳۱
۲-۱-۱- نکات مهم در مورد تخلیه‌کننده سدها خاکی	۳۲
۲-۱-۲- تعیین دبی طرح تخلیه‌کننده	۳۴
۲-۱-۳- محل تخلیه‌کننده نسبت به رقوم آب مخزن	۳۵
۲-۱-۴- موقعیت تأسیسات کنترل تخلیه‌کننده‌ها	۳۶
۲-۱-۵- اجزاء متشکله تخلیه‌کننده‌ها	۳۷
۲-۲- دریچه‌ها	۳۹
۲-۲-۱- دریچه‌های سطحی	۴۰
۲-۲-۲- دریچه‌های تحتانی	۴۱
۲-۲-۳- نحوهٔ کار دریچه‌ها در هنگام بهره‌برداری	۴۳
۲-۲-۴- دریچه‌های کشویی تحتانی	۴۳
۲-۳- طرح هیدرولیکی تخلیه‌کننده‌ها	۴۵
۲-۳-۱- بررسی جریان آزاد در تخلیه‌کننده‌ها	۴۵

عنوان	صفحه
۲-۳-۲- بررسی جریان تحت فشار در مجاری تخلیه‌کننده‌ها	۴۸
فصل سوم - مدل فیزیکی	۵۷
۱-۳- شرح مدل فیزیکی	۵۷
۲-۳- آزمایشات مدل فیزیکی	۶۳
۱-۲-۳- آزمایش اول	۶۳
۲-۲-۳- آزمایش دوم	۶۷
۳-۲-۳- آزمایش سوم	۷۰
۴-۲-۳- آزمایش چهارم	۷۵
۳-۳- تحلیل و مقایسهٔ نتایج آزمایشات مدل فیزیکی	۷۷
۱-۳-۳- تحلیل نتایج آزمایش اول	۷۹
۲-۳-۳- تحلیل نتایج آزمایش دوم	۸۱
۳-۳-۳- تحلیل نتایج آزمایش چهارم	۸۲
فصل چهارم - مدل ریاضی	۸۵
۱-۴- تعیین معادلهٔ جریان	۸۶
۲-۴- تعیین روش حل عددی معادلهٔ جریان	۹۳
۳-۴- شرحی بر روش اختلاف محدود	۹۴
۴-۴- شرح مدل ریاضی	۱۰۰
۱-۴-۴- فرضیات مدل ریاضی	۱۰۰
۲-۴-۴- مجهولات مدل ریاضی	۱۰۰
۳-۴-۴- روش حل عددی معادلهٔ لاپلاس جریان	۱۰۱
۴-۴-۴- شرط کنترل‌کنندهٔ حل مسأله	۱۰۲
۵-۴-۴- حل گام به گام مسأله	۱۰۲
۵-۴- شرح برنامهٔ کامپیوتری حل مسأله	۱۰۵

عنوان	صفحه
۱-۵-۴- الگوریتم برنامه	۱۰۵
۲-۵-۴- داده‌های ورودی برنامه	۱۰۷
۳-۵-۴- تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات داده‌های ورودی	۱۰۹
۶-۴- آزمایش مدل ریاضی	۱۱۵
۱-۶-۴- صورت مسأله	۱۱۵
۲-۶-۴- حل مسأله	۱۱۶
۳-۶-۴- تعیین میزان تغییرات آبگذری و ضریب فشردگی دریچه نسبت به تغییرات α	۱۲۵
فصل پنجم - تحلیل و مقایسهٔ نتایج مدلهای ریاضی و فیزیکی	۱۲۹
۱-۵- صحت‌یابی نتایج مدل ریاضی	۱۲۹
۲-۵- عوامل ایجاد خطا	۱۳۳
۳-۵- مقایسه نتایج حاصل از آزمایش مدلها با نتایج سایر محققان	۱۳۵
۴-۵- پیشنهاد ضریب افت دریچه برای افزایش دقت نتایج مدل ریاضی	۱۳۶
فصل ششم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۱۴۰
۱-۶- نتیجه‌گیری نهایی	۱۴۰
۱-۱-۶- نتیجه‌گیری مدل ریاضی	۱۴۰
۲-۱-۶- نتیجه‌گیری نهایی آزمایشات مدل فیزیکی	۱۴۱
۳-۱-۶- نتیجه‌گیری نهایی مقایسهٔ مدلهای ریاضی و فیزیکی	۱۴۲
۲-۶- پیشنهادات	۱۴۲
پیوست - برنامهٔ کامپیوتری حل مدل ریاضی	۱۴۴
مراجع و مآخذ	۱۵۲

فهرست جداول

جدول	عنوان	صفحه
فصل اول:		
۱-۱	نتایج آزمایشات N.Rajaratnam	۶
۱-۲	نتایج آزمایشات Isaacs	۱۸
۱-۳	شرایط مرزی مسأله در تحقیقات Masliyah	۲۳
فصل دوم:		
۲-۱	معرفی ضرائب جریان و ضرائب افت ورودی مدخلهای متفاوت	۵۱
۲-۲	معرفی ضرائب افت تبدیلهای واگرا به ازاء زوایای مختلف واگرایی	۵۴
فصل سوم:		
۳-۱	نتایج آزمایش اول مدل فیزیکی	۶۵
۳-۲	نتایج آزمایش دوم مدل فیزیکی	۶۹
۳-۳	نتایج آزمایش سوم مدل فیزیکی	۷۲
۳-۴	نتایج آزمایش چهارم مدل فیزیکی	۷۶
۳-۵	نتایج آزمایشات مدل فیزیکی	۷۸
۳-۶	مقایسهٔ نتایج آزمایش اول و آزمایش سوم مدل فیزیکی	۸۰
۳-۷	مقایسهٔ نتایج آزمایش دوم و آزمایش سوم مدل فیزیکی	۸۱
۳-۸	مقایسهٔ نتایج آزمایش چهارم و آزمایش سوم مدل فیزیکی	۸۳
فصل چهارم:		
۴-۱	تعدادی از روابط تفاوت محدود	۹۷
۴-۲	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار h1	۱۱۰
۴-۳	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار hs	۱۱۰
۴-۴	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار h2	۱۱۱
۴-۵	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار h3	۱۱۲

جدول	عنوان	صفحه
۴-۶	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار k2	۱۱۳
۴-۷	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار KPR	۱۱۴
۴-۸	ضرایب افت انرژی ناشی از وجود دریچه	۱۱۹
۴-۹	نتایج نهایی مدل ریاضی	۱۲۳ و ۱۲۲
۴-۱۰	تغییر نتایج مدل ریاضی بر حسب تغییر مقدار α	۱۲۶
فصل پنجم:		
۵-۱	تعیین خطای نتایج میزان آبگذری مدل ریاضی	۱۳۱
۵-۲	تعیین خطای نتایج میزان ضریب فشردگی جریان در مدل ریاضی	۱۳۲
۵-۳	ضریب α متناسب با مدل فیزیکی	۱۳۶
۵-۴	ضرائب پیشنهادی برای ضرائب افت دریچه (Kg)	۱۳۷
۵-۵	مقادیر محاسباتی ضریب فشرد گی با استفاده از Kg پیشنهادی	۱۳۸

فهرست شکلها

شکل	عنوان	صفحه
فصل اول:		
۱-۱	هندسهٔ دریچه و کانال در آزمایشات N.Rajaratnam	۵
۱-۲	پروفیل جریان خروجی از دریچه حاصل از آزمایشات .N.Raja	۶
۱-۳	پروفیل بدون بعد جریان خروجی از دریچه، حاصل از آزمایشات N.Raja.	۷
۱-۴	مقایسهٔ نتایج آزمایشات .N.Raja با سایر تحقیقات برای ضریب فشردگی جریان	۸
۱-۵	نتایج آزمایشات.N.Raja برای توزیع سرعت جریان در زیر دریچه	۸
۱-۶	نتایج آزمایشات.N.Raja برای توزیع فشار پیزومتریک در مقطع همگرایی جریان در پائین‌دست دریچه	۹
۱-۷	تقریب سطح جریان بالادست دریچه با یک صفحه افقی (فرض HPFS)	۱۱
۱-۸	نمودار ضریب فشردگی جریان در تحقیقات مختلف	۱۱
۱-۹	نمودار ضریب فشردگی جریان برای سیال وزین و غیروزین	۱۳
۱-۱۰	پروفیل جریان خروجی از دریچه برای سیال وزین و غیروزین	۱۴
۱-۱۱	هندسهٔ دریچه و کانال در تحقیق Lewis Isaacs	۱۶
۱-۱۲	المانهای مثلثی	۱۷
۱-۱۳	مش‌بندی جریان برای یک دریچهٔ قائم و یک دریچهٔ شعاعی	۱۹
۱-۱۴	نتایج سرعت جریان در مقاطع زیر دریچه و بالادست دریچه	۲۰
۱-۱۵	نحوهٔ توزیع فشار در امتداد دریچه	۲۱
۱-۱۶	هندسهٔ دریچه در مختصات (x,y) و (ξ,η)	۲۲
۱-۱۷	خطوط جریان برای یک دریچهٔ شعاعی	۲۳
۱-۱۸	پروفیل جریان عبوری از یک دریچهٔ قائم	۲۴

شکل	عنوان	صفحه
۱-۱۹	ضریب دبی برای دریچهٔ قائم	۲۴
۱-۲۰	ضریب دبی برای دریچهٔ شعاعی	۲۴
۱-۲۱	نگاشت جریان و دریچه از دستگاه مختصات حقیقی به دستگاه پتانسیل مختلط	۲۵
۱-۲۲	نمودار ضریب فشردگی جریان	۲۶
۱-۲۳	پروفیل جریان در بالادست دریچه	۲۶
۱-۲۴	پروفیل جریان در پائین‌دست دریچه	۲۷
۱-۲۵	هندسهٔ دریچه در محاسبات Chung	۲۷
فصل دوم:		
۲-۱	نمای آبگیر نیروگاه و آبگیر تحتانی سد زاینده رود	۳۲
۲-۲	نمای آبگیر در سدهای خاکی	۳۳
۲-۳	نمای آبگیر و گالری نظارت در سد خاکی	۳۴
۲-۴	انواع دریچه‌های سطحی	۴۲
۲-۵	انواع دریچه‌های تحتانی	۴۲
۲-۶	نحوهٔ عبور آب از دریچه	۴۳
۲-۷	دریچه کشویی لغزنده تحتانی	۴۴
۲-۸	شیر فلکه با زبانه مستطیلی	۴۴
۲-۹	نمودار تغییرات ضریب C برای جریانهای روزنه‌ای	۴۶
۲-۱۰	ضریب C و Ke مربوط به جریان عبوری از لوله‌های مستغرق	۴۷
۲-۱۱	افت‌های انرژی در لولهٔ آبگیر تحت فشار	۵۰
۲-۱۲	ضرائب افت زانوها	۵۳
فصل سوم:		
۳-۱	سرریز لبه تیز	۶۰

شکل	عنوان	صفحه
۳-۲	تصویر مدل فیزیکی	۶۱
۳-۳	تصویر سرریز	۶۲
۳-۴	ابعاد مدل فیزیکی	۶۲
۳-۵	نمای مدل فیزیکی در آزمایش اول	۶۴
۳-۶	نمودار نتایج آزمایش اول مدل فیزیکی	۶۵
۳-۷	نمای مدل فیزیکی در آزمایش دوم	۶۸
۳-۸	نمودار نتایج آزمایش دوم مدل فیزیکی	۷۰
۳-۹	نمای مدل فیزیکی در آزمایش سوم	۷۱
۳-۱۰	نمودار نتایج آزمایش سوم مدل فیزیکی	۷۳
۳-۱۱	تصویر خروج آب از شفت هوا در بازشدگی ٪۱۰۰ دریچه	۷۵
۳-۱۲	نمودار نتایج آزمایش چهارم مدل فیزیکی	۷۷
۳-۱۳	نمودار نتایج آزمایشات مدل فیزیکی	۷۸
۳-۱۴	مقایسهٔ نتایج آزمایش اول و آزمایش سوم مدل فیزیکی	۸۰
۳-۱۵	مقایسهٔ نتایج آزمایش دوم و آزمایش سوم مدل فیزیکی	۸۲
۳-۱۶	مقایسهٔ نتایج آزمایش چهارم و آزمایش سوم مدل فیزیکی	۸۳
فصل چهارم:		
۴-۱	هندسهٔ دریچه، مجرا و مخزن سد در مدل ریاضی	۸۵
۴-۲	سیستم مختصات اولری	۸۶
۴-۳	سیستم مختصات طبیعی	۸۸
۴-۴	خطوط جریان در یک محدودهٔ کوچک سیال	۹۰
۴-۵	مرزهای حوزهٔ جریان در مدل ریاضی	۹۲
۴-۶	یک شبکهٔ نقاط در روش تفاوت محدود	۹۵
۴-۷	موقعیت هندسی نقاط در یک شبکهٔ نمونه	۹۸

شکل	عنوان	صفحه
۴-۸	شکل هندسی مسأله در مدل ریاضی	۱۰۰
۴-۹	مختصات حقیقی و طبیعی خطوط جریان	۱۰۲
۴-۱۰	داده‌های ورودی مدل ریاضی	۱۰۳
۴-۱۱	الگوریتم برنامهٔ رایانه‌ای حل مدل ریاضی	۱۰۶
۴-۱۲	پروفیل جریان خروجی از دریچه	۱۰۸
۴-۱۳	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار h2	۱۱۱
۴-۱۴	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار k2	۱۱۱
۴-۱۵	تست حساسیت مدل ریاضی نسبت به تغییرات مقدار KPR	۱۱۴
۴-۱۶	شکل هندسی و ابعاد مسألهٔ مورد نظر برای آزمایش مدل ریاضی	۱۱۶
۴-۱۷	دیاگرام مودی برای تعیین ضریب f	۱۱۸
۴-۱۸	نمودار نتایج مدل ریاضی برای میزان آبگذری دریچه	۱۲۱
۴-۱۹	نمودار نتایج مدل ریاضی برای مقادیر ضریب فشردگی جریان	۱۲۱
۴-۲۰	خطوط جریان برای بازشدگیهای ٪۳۰ و ٪۶۰ دریچه	۱۲۴
۴-۲۱	نمودار دبی برای مقادیر مختلف α	۱۲۷
۴-۲۲	نمودار ضریب فشردگی جریان برای مقادیر مختلف α	۱۲۸
فصل پنجم:		
۵-۱	مقایسه نتایج مدل ریاضی و فیزیکی برای میزان آبگذری	۱۳۱
۵-۲	نمودار ضریب فشردگی جریان حاصل از محاسبات مدل ریاضی و فیزیکی	۱۳۲
۵-۳	نمودار تغییرات Kg پیشنهادی برحسب درصد بازشدگی دریچه	۱۳۷
۵-۴	نمودار ضریب فشردگی حاصل از Kg پیشنهادی	۱۳۹

مقدمه

یکی از روشهای اصلی در کنترل جریان کانالها یا خروجی سدها استفاده از دریچه‌ها می‌باشد، از دریچه‌ها در سازه‌های هیدرولیکی مانند سرریزها، خروجی تحتانی سدها، کانالها و... به منظور کنترل و اندازه‌گیری جریان خروجی استفاده می‌شود که یکی از مرسومترین انواع دریچه‌ها، دریچه‌های کشویی صفحه‌ای (Sluice gate) می‌باشد.

دریچه‌های کشویی صفحه‌ای از نظر عملکرد و تکنولوژی ساخت نسبت به دریچه‌های دیگر دارای پیچیدگی خاصی نیستند ولی مسائلی مانند توزیع فشار بر روی دریچه و کانال، تعیین میزان آبگذری دریچه در باز شدگیهای مختلف و تعیین پروفیل جریان خروجی از دریچه، تعیین ضریب فشردگی و ... از جملهٔ مواردی هستند که از یکصد و سی سال پیش تاکنون مورد تحقیق و مطالعهٔ محققان قرار گرفته است، که متناسب با اهمیت و نوع استفاده از دریچه، مطالعهٔ موارد فوق از حساسیت بیشتری برخوردار می‌شود.

در میان تجهیزات و تأسیسات جانبی سدها، تخلیه کنندهٔ تحتانی و دریچه‌های نصب شده در آنها از جمله تجهیزات مهم سدها محسوب می‌گردد که با توجه به اهمیت برنامه‌ریزی برای میزان دبی خروجی از تخلیه کننده‌ها وظیفهٔ کنترل و تنظیم جریان خروجی را بعهده دارند. از این نظر بررسی جریان خروجی از این دریچه‌ها و عملکرد دریچه از اهمیت خاصی برخوردار است.

موضوع پایان‌نامهٔ حاضر تعیین میزان آبگذری دریچهٔ تخلیه‌کنندهٔ تحتانی سدها با استفاده از مدل‌های ریاضی و فیزیکی می‌باشد و هدف آنست که به این پرسش پاسخ دهیم که میزان آبگذری دریچهٔ تخلیه کننده تحتانی سدها در بازشدگیهای مختلف چقدر است؟ و چه عواملی می‌تواند بر روی آن مؤثر باشد؟ بر این اساس ابتدا در فصل اول مروری خواهیم داشت بر تحقیقات انجام گرفته در زمینه دریچه‌های کشویی و با روش‌های مختلف تعیین پارامترهای جریان آشنا خواهیم شد ضمن