بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آب گرایش سازه‌های آبی

بررسی اثر صفحات مستغرق بر مشخصات پرش هیدرولیکی در حوضچه آرامش

استاد راهنما
دکتر بهزاد قربانی

استاد مشاور
دکتر حسین صمدی

پژوهشگر
آرمان عزیزی

۱۳۹۱

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه آقای آرمان عزیزی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی با عنوان: بررسی اثر صفحات مستغرق بر مشخصات پرش هیدرولیکی در حوضچه آرامش در تاریخ ۱۷/ ۱۰/ ۱۳۹۷ با حضور هیأت داوران زیر مورد بررسی و با نمره ۷۸۵ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. **استاد راهنمای پایان‌نامه**

دکتر بهزاد قربانی (دانشیار) .....

۲. **استاد مشاور پایان‌نامه**

دکتر حسین صمدی بروجنی (استادیار) .....

۳. **استادان داور پایان‌نامه**

دکتر روح الله فتاحی نافچی (استادیار) .....

دکتر محمد نوید مقیم (استادیار) .....

دکتر سید حسن طباطبائی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات

و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم و

برادرم که همیشه حامی من

است

چکیده

یکی از موارد مهم در رابطه با طراحی حوضچه آرامش ، کوچک کردن ابعاد پرش هیدرولیکی است که محققان مختلف روش‌های متفاوتی را مورد استفاده قرار داده‌اند. استفاده از بلوک‌ها با آرایش مختلف، استفاده از زبری مصنوعی و ... از جمله این موارد هستند. در این تحقیق سعی شده اثر صفحات مستغرق در ابعاد پرش هیدرولیکی مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور در یک فلوم آزمایشگاه بطول ۱۲ متر و عرض و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر تغییرات مشخصات پرش هیدرولیکی برای ۴ ارتفاع صفحه مستغرق، ۴ زاویه حمله و برای ۴ دبی مختلف به منظور یافتن طول ارتفاع موثر و علاوه بر آن زاویه بهینه حمله مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین ۴ آزمایش شاهد به منظور بررسی مشخصات پرش هیدرولیک بر روی بستر صاف و مقایسه آن با بستر مانع دار در ۴ دبی انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش ارتفاع صفحات مشخصات پرش از جمله طول پرش و عمق ثانویه پرش کاهش و تنش برشی بستر افزایش پیدا می‌کنند. زاویه حمله بهینه در این تحقیق ۹۰ درجه بدست آمد. در مجموع با استفاده از صفحات مستغرق در این تحقیق به طور متوسط عمق ثانویه پرش ۱۱ درصد و طول پرش هیدرولیکی را ۱۵/۷ درصد کاهش یافت و تنش برشی بستر ۹/۸ برابر نسبت به بستر صاف افزایش یافت و نیز موثرترین نسبت ارتفاع صفحه مستغرق به عمق اولیه (H/y_1) در تغییرات خصوصیات پرش از میان نسبت‌های ۰/۵ ، ۱ ، ۱/۵ و ۲ مورد آزمایش ، ۲ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: ، ارتفاع صفحات مستغرق، بستر مانع دار، پرش هیدرولیکی، زاویه حمله صفحات مستغرق ، عمق ثانویه پرش.

فهرست مطالب

عنوان | شماره صفحه

فصل اول ---------- ۲۰

۱-۱-مقدمه ---------- ۲۰

۱-۲- فرضیه تحقیق ---------- ۲۲

۱-۳- اهداف اصلی طرح ---------- ۲۲

۱-۴- روش تحقیق ---------- ۲۲

فصل دوم ---------- ۲۴

تئوری مساله و بررسی منابع ---------- ۲۴

۲-۱- بررسی پرش هیدرولیکی کلاسیک ---------- ۲۴

۲-۱-۱- سازههای استهلاک انرژی ---------- ۲۴

۲-۱-۲- استهلاک انرژی بوسیله پرش هیدرولیکی ---------- ۲۵

۲-۱-۳- انواع پرش هیدرولیکی ---------- ۲۶

۲-۱-۴- محل تشکیل پرش ---------- ۲۶

۲-۱-۵- تابع اندازه حرکت و پرش هیدرولیکی ---------- ۲۷

۲-۱-۵-۱- تابع اندازه حرکت ---------- ۲۷

۲-۱-۵-۲- منحنی تغییرات M بر حسب Y ---------- ۲۸

عنوان | شماره صفحه

۲-۱-۵-۳- کاربرد رابطه اندازه حرکت در پرش هیدرولیکی ---------- ۲۹

۲-۱-۵-۴- تطابق منحنیهای انرژی مخصوص و تابع اندازه حرکت برای یک پرش ----------۳۰

۲-۱-۶- مشخصات پرش هیدرولیکی در کانال با مقطع مستطیلی----------۳۰

۲-۱-۶-۱- نسبت عمقهای مزدوج ----------۳۰

۲-۱-۶-۲- افت انرژی در پرش هیدرولیکی ---------- ۳۲

۲-۱-۶-۳- افت انرژی نسبی در پرش---------- ۳۲

۲-۱-۶-۴- ارتفاع پرش ---------- ۳۳

۲-۱-۶-۵- طول پرش هیدرولیکی ---------- ۳۳

۲-۱-۶-۶- نیمرخ یا پروفیل سطح آب در پرش هیدرولیکی ---------- ۳۵

۲-۱-۶-۷- تنش برشی مرزی ---------- ۳۶

۲-۱-۷- کنترل پرش هیدرولیکی ---------- ۳۸

۲-۱-۷-۱- حوضچههای آرامش ---------- ۳۸

۲-۲- پرش هیدرولیکی بر روی شیب معکوس، مقطع واگرا و پلههای مثبت و منفی ---------- ۴۳

۲-۳- پیشینه ی استفاده از صفحات مستغرق ---------- ۴۵

۲-۳- ۱- استفاده از صفحات مستغرق جهت جلوگیری از آبشستگی کنار پایه پلها:---------- ۴۵

عنوان | شماره صفحه

۲-۳- ۲- استفاده از صفحات مستغرق جهت جلوگیری از آبشستگی بستر و کنار رودخانه‌ها و کانال‌ها: ---------- ۴۵

۲-۳- ۳- استفاده از صفحات مستغرق در دهانه آبگیرها برای جلوگیری از ورود رسوبات: ---------- ۴۶

۲-۴- بررسی پرش هیدرولیکی روی بسترهای زبر ---------- ۴۶

فصل سوم ---------- ۴۹

مواد و روشها ---------- ۴۹

۳-۱ تجهیزات آزمایشگاهی ---------- ۴۹

۳-۱-۱ کانال آزمایشگاهی ---------- ۴۹

۳-۱-۲ ابزار اندازهگیری دبی ----------۵۰

۳-۱-۳ ابزار اندازهگیری سرعت ----------۵۱

۳-۱-۴ ابزار اندازهگیری عمق ----------۵۱

۳-۱-۵ صفحات مستغرق مورد استفاده: ---------- ۵۲

۳-۲ چگونگی تشکیل پرش هیدرولیکی ---------- ۵۳

۳-۳ برنامه کلی آزمایشات ---------- ۵۶

فصل چهارم----------۶۰

نتایج و بحث ----------۶۰

عنوان | شماره صفحه

۴-۱ پروفیل سطح آب ---------- ۶۰

۴-۲ بررسی کلی دادهها ---------- ۶۶

۴-۲-۱ عمق ثانویه ---------- ۶۶

۴-۲-۲ ضریب کاهش عمق نسبی ---------- ۶۸

۴-۲-۳ طول پرش هیدرولیکی ---------- ۷۰

۴-۲-۴ طول غلتاب پرش هیدرولیکی ---------- ۷۲

۴-۲-۵ تنش برشی بستر ---------- ۷۴

۴-۳ بررسی تاثیر تغییر ارتفاع صفحات مستغرق و زاویه حمله بر خواص پرش ---------- ۷۷

۴-۳-۱ عمق ثانویه ---------- ۷۷

۴-۳-۱-۱ زاویه حمله ---------- ۷۷

۴-۳-۱-۲ ارتفاع صفحات ---------- ۷۹

۴-۳-۲ ضریب کاهش عمق نسبی ---------- ۸۱

۴-۳-۲-۱ زاویه حمله ---------- ۸۱

۴-۳-۲-۲ ارتفاع صفحات ---------- ۸۲

۴-۳-۳ طول پرش ---------- ۸۴

۴-۳-۳-۱ زاویه حمله ---------- ۸۴

عنوان | شماره صفحه

۴-۳-۳-۱ ارتفاع صفحات ---------- ۸۶

۴-۳-۴ طول غلتابی پرش ---------- ۸۸

۴-۳-۴-۱ زاویه حمله ---------- ۸۸

۴-۳-۳-۱ ارتفاع صفحات ---------- ۸۹

۴-۳-۵ تنش برشی بستر ---------- ۹۱

۴-۳-۵-۱ زاویه حمله ---------- ۹۱

۴-۳-۵-۱ ارتفاع صفحات ---------- ۹۴

۴-۷ آنالیز ابعادی پارامترهای موثر بر عمق ثانویه و طول پرش هیدرولیکی ---------- ۹۵

۴-۷-۱ بررسی پارامترهای موثر بر تغییرات عمق ثانویه پرش هیدرولیکی ---------- ۹۵

۴-۷-۲ بررسی پارامترهای موثر بر تغییرات طول پرش ---------- ۹۷

۴-۹ نتیجه گیری ---------- ۹۹

۴-۱۰ پیشنهادات ---------- ۱۰۰

منابع ---------- ۱۰۱

فهرست جداول

عنوان — شماره صفحه

جدول ۲-۱ مشخصات پروفیل بی بعد شده پرش هیدرولیکی (فرهودی، ۱۳۷۲) ---------- ۳۶

جدول ۲-۲ عمق آب در حوضچه آرامش SAF بصورت تابعی از Y_2 و FR_1 (بیرامی، ۱۳۸۵) ---------- ۳۹

جدول ۳-۱ مشخصات آزمایشات انجام شده ---------- ۵۸

ادامه جدول ۳-۱ مشخصات آزمایشات انجام شده ---------- ۵۹

جدول ۴-۲ مقدار ضرایب معادله تغییرات عمق ثانویه نسبی نسبت به عدد فرود، زاویه حمله و ارتفاع صفحات مستغرق -------- ۹۶

جدول ۴-۳ نتایج حاصل از آزمون همبستگی داده‌های آزمایشگاهی نسبت به عمق ثانویه به عمق اولیه ---------- ۹۶

جدول ۴-۴ مشخصات معادله تغییرات طول پرش نسبی نسبت به عدد فرود، طول موج زبری و طول بستر زبر ------- ۹۷

جدول ۴-۵ نتایج حاصل از آزمون همبستگی داده‌های آزمایشگاهی نسبت به عمق ثانویه به عمق اولیه ---------- ۹۷

فهرست اشکال

عنوان | شماره صفحه

شکل ۲-۱ مشخصات کلی پرش هیدرولیکی ---------- ۲۵

شکل ۲-۲ محل تشکیل پرش هیدرولیکی (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۷) ---------- ۲۷

شکل ۲-۳ منحنی تابع اندازه حرکت بر حسب Y ---------- ۲۸

شکل ۲-۴ منحنی نیروی مخصوص بر حسب Y ---------- ۲۹

شکل ۲-۵ تحلیل حجم کنترل برای پرش هیدرولیکی ---------- ۲۹

شکل ۲-۶ تطابق منحنی انرژی مخصوص و تابع اندازه حرکت برای یک پرش (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۷) ---------۳۰

شکل ۲-۷ افت انرژی نسبی در یک پرش هیدرولیکی (فرهودی، ۱۳۷۲) ---------- ۳۳

شکل ۲-۸ تصویر شماتیک طول غلتاب و طول پرش ---------- ۳۳

شکل ۲-۹ طول پرش هیدرولیکی در کانال های مستطیلی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)---------- ۳۴

شکل ۲-۱۰ طول پرش هیدرولیکی در کانال مستطیلی افقی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)---------- ۳۴

شکل ۲-۱۱ توصیفی پروفیل پرش هیدرولیکی ---------- ۳۵

شکل ۲-۱۶ رابطه بین ε و FR_1، راجاراتنام ---------- ۳۸

شکل ۲-۱۷ خوضچه آرامش SAF (شفاعی بجستان و نیسی) ----------۴۰

شکل ۲-۱۹ حوضچه آرامش USBR I (شفاعی بجستان و نیسی) ----------۴۰

شکل ۲-۲۰حوضچه آرامش USBR II (پترکا ، ۱۹۸۳) ----------۴۱

عنوان | شماره صفحه

شکل ۲-۲۱ طول پرش هیدرولیکی در حوضچههای آرامش ---------- ۴۲

شکل ۲-۲۲ حوضچه آرامش USBR III (پترکا، ۱۹۸۳) ---------- ۴۲

شکل ۲-۲۳ حوضچه آرامش USBR IV (خاتسوریا، ۲۰۰۵) ---------- ۴۳

شکل ۲-۲۴ مقطع طولی بستر در پرش بر روی شیب معکوس ---------- ۴۳

شکل ۲-۲۵ مقطع عرضی کانال در پرش در کانال با دیوارههای واگرا ---------- ۴۳

شکل ۳-۱ کانال مورد استفاده ----------۵۰

شکل ۳-۲ نمای سرریز مثلثی مورد استفاده برای اندازهگیری دبی ----------۵۰

شکل ۳-۳ لوله پیتوت مورد استفاده برای اندازه گیری سرعت ----------۵۱

شکل ۳-۴ نمای عمق سنج مورد استفاده در آزمایشات ---------- ۵۲

شکل ۳-۵ نمای صفحات مستغرق مورد استفاده ---------- ۵۲

شکل ۳-۶ نمای صفحات مستغرق نصب شده روی فلوم ---------- ۵۳

شکل ۳-۷ نمای دریچه و مخزن مورد استفاده برای آزمایشات ---------- ۵۳

شکل ۳-۸ نمایی دریچه انتهایی ---------- ۵۴

شکل ۳-۹ نمایی از آزمایشات انجام شده در دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه با صفحات مستغرق ۲/۲ سانتی متری و زاویه حمله ۲۰ درجه ---------- ۵۴

شکل ۳-۱۰ نمایی از آزمایشات انجام شده در دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه با صفحات مستغرق ۳/۳ سانتی متری و زاویه حمله ۲۰ درجه ۵۵

شکل ۳-۱۱ نمایی از آزمایشات انجام شده در دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه یا صفحات مستغرق ۱/۱ سانتی متری و زاویه حمله ۱۰ درجه - ۵۵

عنوان | شماره صفحه

شکل ۳-۱۲ نمایی از چهار زاویه قرار گیری صفحات در برابر جریان ---------- ۵۶

شکل ۳-۱۳ مشخصات پرش هیدرولیکی ---------- ۵۷

شکل ۴-۱ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری A با دبی ۱۵ لیتر بر ثانیه ----------۶۱

شکل ۴-۲ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری A با دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه----------۶۱

شکل ۴-۳ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری A با دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه ----------۶۱

شکل ۴-۴پروفیل سطح آب در آزمایشات سری A با دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۲

شکل ۴-۵ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری B با دبی ۱۵ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۲

شکل ۴-۶ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری B با دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه---------- ۶۲

شکل ۴-۷ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری B با دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۳

شکل ۴-۸ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری B با دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۳

شکل ۴-۹ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری C با دبی ۱۵ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۳

شکل ۴-۱۰ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری C با دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۴

شکل ۴-۱۱ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری C با دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه---------- ۶۴

شکل ۴-۱۲ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری C با دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه---------- ۶۴

شکل ۴-۱۳ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری D با دبی ۱۵ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۵

شکل ۴-۱۴ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری D با دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۵

عنوان | شماره صفحه

شکل ۴-۱۵ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری D با دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه---------- ۶۵

شکل ۴-۱۶ پروفیل سطح آب در آزمایشات سری D با دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه ---------- ۶۶

شکل ۴-۱۷.تغییرات عمق ثانویه (Y_2) نسبت به تغییرات ارتفاع صفحات مستغرق، در دبی الف) Q=15 L/S،-------- ۶۷

شکل ۴-۱۸.تغییرات نسبت عمق ثانویه به عمق اولیه (Y_2/Y_1) نسبت به تغییرات زاویه ی حمله صفحات مستغرق، در دبی الف) Q=15 L/S، ب) Q=20 L/S، ج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ---------- ۶۸

شکل ۴-۱۹ تغییرات ضریب کاهش عمق (D) نسبت به تغییرات افزاش زاویه حمله ، در دبی الف) Q=15 L/S، ب) Q=20 L/S، ج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ---------- ۶۹

شکل ۴-۲۰ تغییرات ضریب کاهش عمق (D) نسبت به تغییرات ارتفاع نسبی صفحات ، در دبی الف) Q=15 L/S، ----۷۰

ب) Q=20 L/S، ج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ----------۷۰

شکل ۴-۲۱ تغییرات طول پرش (L_J) نسبت به تغییرات ارتفاع صفحات مستغرق ، در دبی الف) Q=15 L/S، ب) Q=20 L/Sج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ----------۷۱

شکل ۴-۲۲ تغییرات طول پرش (L_J/Y_2^*) نسبت به تغییرات زاویه ی حمله صفحات مستغرق ،در دبی الف) Q=15 L/S، ب)Q=20 L/S، ج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ---------- ۷۲

شکل ۴-۲۳ تغییرات طول غلتابی پرش (L_R/Y_2^*) نسبت به تغییرات ارتفاع صفحات ،در دبی الف) Q=15 L/S، ب) Q=20 L/S، ج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ---------- ۷۳

شکل ۴-۲۴ تغییرات طول غلتابی پرش (L_R/Y_2^*) نسبت به تغییرات زاویه ی حمله صفحات ،در دبی الف) Q=15 L/S، ب) Q=20 L/S، ج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ---------- ۷۴

شکل ۴-۲۵ تغییرات ضریب تنش برشی ($\mathfrak{E}$) نسبت به تغییرات ارتفاع صفحات ، الف) Q=15 L/S، ب) Q=20 L/S، ج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ---------- ۷۵

عنوان | شماره صفحه

شکل ۴-۲۶ تغییرات ضریب تنش برشی ($\mathfrak{E}$) نسبت به تغییرات زاویه حمله ، در دبی الف) Q=15 L/S، ب) Q=20 L/S، ج) Q=25 L/S، د) Q=30 L/S ---------- ۷۶

شکل ۴-۲۷ تغییرات Y_2/Y_1 نسبت به Θ برای صفحه ی مستغرق نوع A ---------- ۷۷

شکل ۴-۲۸ تغییرات Y_2/Y_1 نسبت به Θ برای صفحه ی مستغرق نوع B ---------- ۷۷

شکل ۴-۲۹ تغییرات Y_2/Y_1 نسبت به Θ برای صفحه ی مستغرق نوع C ---------- ۷۸

شکل ۴-۳۰ تغییرات Y_2/Y_1 نسبت به Θ برای صفحه ی مستغرق نوع D ---------- ۷۸

شکل ۴-۳۱ مقایسه تغییرات عمق ثانویه نسبی در برابر عدد فرود در این تحقیق و نتایج دیگر محققین ---------- ۷۹

شکل ۴-۳۲ تغییرات Y_2/Y_1 نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۹۰ درجه ---------- ۷۹

شکل ۴-۳۳ تغییرات Y_2/Y_1 نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۳۰ درجه ----------۸۰

شکل ۴-۳۴ تغییرات Y_2/Y_1 نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۲۰ درجه ----------۸۰

شکل ۴-۳۵ تغییرات Y_2/Y_1 نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۱۰ درجه ----------۸۰

شکل ۴-۳۶ تغییرات D نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع A ----------۸۱

شکل ۴-۳۷ تغییرات D نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع B ----------۸۱

شکل ۴-۳۸ تغییرات D نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع C ---------- ۸۲

شکل ۴-۳۹ تغییرات D نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع D ---------- ۸۲

شکل ۴-۴۰ تغییرات D نسبت به H/Y_1 برای زاویه ۹۰ درجه ---------- ۸۳

عنوان | شماره صفحه

شکل ۴-۴۱ تغییرات D نسبت به H/Y_1 برای زاویه ۳۰ درجه ---------- ۸۳

شکل ۴-۴۲ تغییرات D نسبت به H/Y_1 برای زاویه ۲۰ درجه ---------- ۸۳

شکل ۴-۴۳ تغییرات D نسبت به H/Y_1 برای زاویه ۱۰ درجه ---------- ۸۴

شکل ۴-۴۴ تغییرات L_{JE} نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع A---------- ۸۵

شکل ۴-۴۵ تغییرات L_{JE} نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع B---------- ۸۵

شکل ۴-۴۶ تغییرات L_{JE} نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع C---------- ۸۵

شکل ۴-۴۷ تغییرات L_{JE} نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع D ---------- ۸۶

شکل ۴-۴۸ تغییرات L_{JE} نسبت به (H/Y_1) برای زاویه حمله ۹۰ درجه ---------- ۸۶

شکل ۴-۴۹ تغییرات L_{JE} نسبت به (H/Y_1) برای زاویه حمله ۳۰ درجه ---------- ۸۷

شکل ۴-۵۰ تغییرات L_{JE} نسبت به (H/Y_1) برای زاویه حمله ۲۰ درجه ---------- ۸۷

شکل ۴-۵۱ تغییرات L_{JE} نسبت به (H/Y_1) برای زاویه حمله ۱۰ درجه ---------- ۸۷

شکل ۴-۵۲ تغییرات L_{RE} نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع A ---------- ۸۸

شکل ۴-۵۳ تغییرات L_{RE} نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع B ---------- ۸۸

شکل ۴-۵۴ تغییرات L_{RE} نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع C ---------- ۸۹

شکل ۴-۵۵ تغییرات L_{RE} نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع D ---------- ۸۹

شکل ۴-۵۶ تغییرات L_{RE} نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۹۰ درجه ---------- ۹۰

عنوان | شماره صفحه

شکل ۴-۵۷ تغییرات L_{RE} نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۳۰ درجه ---------- ۹۰

شکل ۴-۵۸ تغییرات L_{RE} نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۲۰ درجه ---------- ۹۰

شکل ۴-۵۹ تغییرات L_{RE} نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۱۰ درجه ---------- ۹۱

شکل ۴-۶۰ تغییرات ε نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع A ---------- ۹۱

شکل ۴-۶۱ تغییرات ε نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع B ---------- ۹۲

شکل ۴-۶۲ تغییرات ε نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع C ---------- ۹۲

شکل ۴-۶۳ تغییرات ε نسبت به Θ برای صفحه مستغرق نوع D ---------- ۹۲

شکل ۴-۶۴ مقایسه تغییرات ضریب تنش برشی نسبت به عدد فرود در این تحقیق و نتایج دیگران ---------- ۹۳

شکل ۴-۶۵ تغییرات ε نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۹۰ درجه ---------- ۹۴

شکل ۴-۶۶ تغییرات ε نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۳۰ درجه ---------- ۹۴

شکل ۴-۶۷ تغییرات ε نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۲۰ درجه ---------- ۹۵

شکل ۴-۶۸ تغییرات ε نسبت به H/Y_1 برای زاویه حمله ۱۰ درجه ---------- ۹۵

شکل ۴-۶۹ مقایسه طول پرش هیدرولیکی این مطالعه با حوضچه‌های USBR ---------- ۹۸

فصل اول

۱-۱-مقدمه

وجود آب برای حیات جوامع تعیین کننده بوده، هزاران سال است که مصرف آن برای آبیاری توسط مردم معمول گردیده است. اخیرا از اوایل قرن هجدهم میلادی به بعد است که بشر دانش خود را برای فاریاب ساختن اراضی دیم بمنظور افزایش تولید بکار گرفته است. مهندسین آبیاری و عمران سال‌هاست که سازه‌های هیدرولیکی را در شبکه‌های آبیاری توسعه داده‌اند و می‌توانند بطور موثر اعمال مورد نظر را انجام دهند. در طراحی سازه‌های مرتبط با مجاری روباز حفاظت از سازه‌ها در برابر افزایش سرعت و انرژی جنبشی حایز اهمیت فراوان است. در پایین دست سرریز سدها، بدلیل اختلاف ارتفاع زیاد، سرعت جریان و نهایتاً انرژی جنبشی به شدت افزایش می‌یابد که عدم کاهش این انرژی باعث فرسایش کف و ایجاد گودال در پایین دست سد خواهد شد. سازه‌هایی که باعث کاهش انرژی جریان و پایین آوردن سرعت به حد قابل قبولی می‌شوند، سازه‌های مستهلک کننده انرژی نامیده می‌شوند.

این سازه‌ها به شرح زیر می‌باشند:

الف) سازه‌های مستهلک کننده انرژی در جهت افقی: در این سازه‌ها که بیشتر در پایین دست سرریز سدها، در کانال‌ها و در انتهای شیب شکن‌ها دیده می‌شوند، انرژی آب بصورت پرش هیدرولیکی تلف می‌شود که انواع حوضچه‌های آرامش از این نوع می‌باشند.

ب) سازه‌های مستهلک کننده انرژی در جهت عمودی: این سازه‌ها بیشتر در کانال‌های آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند و از انواع آن‌ها می توان به چاه آرامش اشاره نمود.

ج) سازه‌های مستهلک کننده انرژی در دو جهت افقی و عمودی: این سازه‌ها شامل انواع شیب شکن‌های قائم و مایل می باشند که کاربرد غالب آن‌ها در کانال‌های آبیاری است.

حوضچه‌های آرامش معمول‌ترین مستهلک کننده های انرژی مورد استفاده در سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند.

پرش آبی پدیده‌ی فریبنده و جالبی است که پس از تعریف اولیه آن توسط لئوناردو داوینچی، فکر بسیاری از محققان را به خود مشغول داشته‌است. مهندس ایتالیایی، بیدونه (۱۸۱۸)، با اولین تحقیق آزمایشگاهی برروی این پدیده، مشهور شده است.