





دانشکده مهندسی علوم آب

گروه سازه‌های آبی

رساله دکتری:

کنترل پرش هیدرولیکی در حوضچه‌های آرامش

بوسیله دیواره روزنه‌دار

اساتید راهنما:

دکتر منوچهر فتحی مقدم

دکتر حمیدرضا غفوری

استاد مشاور:

دکتر امیر علیخانی

نگارش:

رضا بهروزی راد

شهریور ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که قلب پراز مهرشان، همواره بدرقه راهم بوده است...

شکر و قدردانی:

سپاس ایزدمنان را که دیگر بار برمانت نهاد و اندوخته‌ای را همراه با علم و حلم در هم آمیخت و عصاره وجود را تشریف آموختن نمود.
از اساتید کرامت‌آفاقان و دکتر منوچهر فتحی مقدم و دکتر حمیدرضا غفوری که در مقام راهنما در گذر آوری این رساله زحمات فراوان و ارزنده‌ای را تحمل شده‌اند، کمال شکر و قدردانی را دارم...

از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر امیرعلینانی که مشاوره این پژوهش را بر عهده داشته‌اند صمیمانه شکر می‌نمایم...
همچنین از کلیه پرسنل موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو بویژه آقایان دکتر تقوایی، دکتر منشی زاده، مهندس خلج، مهندس روشن، مهندس شریف‌نش، مهندس فیلسوفیان، مهندس کرم‌نژاد، مهندس خراسانی زاده که در انجام این پروژه همکاری کامل را باینده داشته‌اند، کمال شکر و قدردانی را دارم...
در پایان از عزیزانی که از حمایت‌های معنوی آن‌ها بهره‌مند بوده‌ام، به خصوص پدر و مادر عزیزم که در تمامی عرصه‌های زندگی مشوق و پشتیبانم بوده‌اند، با تمام وجود شکر و قدردانی می‌نمایم...

رضابهریزی راد

شهریورماه ۱۳۹۲

| | | |
|---|-----------|----------------------|
| نام خانوادگی : بهروزی راد | | نام : رضا |
| عنوان : کنترل پرش هیدرولیکی در حوضچه‌های آرامش بوسیله دیواره روزنه‌دار | | |
| اساتید راهنما : دکتر منوچهر فتحی مقدم، دکتر حمید رضا غفوری. | | |
| درجه تحصیلی : دکتری | رشته : آب | گرایش : سازه‌های آبی |
| محل تحصیل : دانشگاه شهید چمران اهواز | | دانشکده: علوم آب |
| تاریخ دفاع : شهریور ۱۳۹۲ | | تعداد صفحه : ۱۲۳ |
| کلید واژه‌ها : حوضچه آرامش، دیواره روزنه‌دار، پرش هیدرولیکی، عدد فرود، عمق پایاب. | | |
| <p>چکیده:</p> <p>حوضچه‌های آرامش انواع مختلفی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به حوضچه‌های آرامش استاندارد USBR، حوضچه آرامش SAF، حوضچه آرامش با دیواره پیوسته و حوضچه آرامش با دیواره روزنه‌دار اشاره کرد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی عملکرد دیواره‌های روزنه‌دار در حوضچه‌های آرامش و چگونگی تاثیر آن‌ها بر مشخصات پرش هیدرولیکی از قبیل طول پرش، افت نسبی انرژی و عمق مورد نیاز پایاب می‌باشد. همچنین در نظر است که فاصله بهینه قرارگیری دیواره روزنه‌دار از ابتدای حوضچه و ارتفاع بهینه آن به همراه موثرترین میزان سطح بازشدگی روزنه‌ها مشخص گردد. در این تحقیق، یک دیواره روزنه‌دار به عنوان جایگزین برای دیواره پیوسته بدون روزنه در یک حوضچه آرامش مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایشات این تحقیق در یک فلوم آزمایشگاهی با عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و طول ۱۰ متر انجام شده است. در ابتدای فلوم یک مخزن از جنس فایبرگلاس و یک دریچه کشویی جهت ایجاد پرش هیدرولیکی تعبیه گردیده است. آزمایشات در دبی‌های ۸/۵ تا ۳۰ لیتر بر ثانیه و برای اعداد فرود در بازه ۴/۵ تا ۱۲ و با استفاده از دیواره‌های روزنه‌دار از ساخته شده از جنس پلکسی گلاس با ۴ نسبت بازشدگی سطح روزنه‌ها برابر ۱۲، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد انجام شده است. ارتفاع دیواره‌ها از ۰/۵ تا ۱۰ سانتی‌متر متغیر در نظر گرفته شده است. در این تحقیق، ویژگیهای جریان در حوضچه آرامش با دیواره روزنه‌دار با حوضچه آرامش با دیواره بدون روزنه و پرش هیدرولیکی آزاد مورد مقایسه قرار گرفته و شرایط عمق پایاب، عمق ثانویه پرش هیدرولیکی، میزان استهلاک انرژی و طول بهینه حوضچه آرامش، ارتفاع بهینه دیواره روزنه‌دار، درصد بازشدگی روزنه‌ها و فاصله بهینه قرارگیری دیواره از ابتدای حوضچه آرامش بررسی و تجزیه و تحلیل شده است. نتایج تحقیقات نشان داد که دیواره روزنه‌دار در مقایسه با دیواره پیوسته، عملکرد مناسب‌تری در کنترل و تثبیت پرش هیدرولیکی در حوضچه آرامش دارد. به طوری‌که این نوع دیواره موجب کاهش طول پرش هیدرولیکی و افزایش افت نسبی انرژی و کاهش عمق مورد نیاز پایاب می‌شود. بعلاوه نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که دیواره با سطح بازشدگی ۵۰ درصد نسبت به سایر دیواره‌های روزنه‌دار عملکرد مناسب‌تری از نظر استهلاک انرژی و کاهش طول پرش هیدرولیکی دارد. بدین ترتیب عملکرد دیواره روزنه‌دار به گونه‌ای می‌باشد که می‌تواند موجب طراحی حوضچه‌های آرامش اقتصادی‌تری گردد. در پایان نیز نتایج بدست آمده از انجام این تحقیق با روابط ارائه شده توسط USBR و سایر تحقیقات محققین مقایسه شده و معیارهایی جهت طراحی حوضچه آرامش با دیواره روزنه‌دار ارائه گردیده است.</p> | | |

فهرست مطالب

| | |
|----|--|
| ۱ | فصل اول: کلیات (مقدمه و هدف) |
| ۲ | ۱-۱- مقدمه |
| ۲ | ۲-۱- مستهلک کننده‌های انرژی |
| ۳ | ۱-۲-۱- پرتاب کننده جامی |
| ۴ | ۲-۲-۱- حوضچه‌های آرامش با پرش هیدرولیکی |
| ۶ | ۳-۱- اهداف تحقیق |
| ۸ | ۴-۱- سرفصل مطالب پایان نامه |
| ۹ | فصل دوم: (تئوری تحقیق) |
| ۱۰ | ۱-۲- مقدمه |
| ۱۰ | ۲-۲- انرژی و انرژی مخصوص در کانالها |
| ۱۱ | ۳-۲- اصل اندازه حرکت در کانالهای باز |
| ۱۴ | ۴-۲- پرش هیدرولیکی در کانالهای باز |
| ۱۴ | ۱-۴-۲- عمقهای مزدوج در پرش هیدرولیکی |
| ۱۶ | ۲-۴-۲- ارتفاع نسبی |
| ۱۶ | ۳-۴-۲- کنترل پرش هیدرولیکی |
| ۱۷ | ۱-۳-۴-۲- کنترل پرش هیدرولیکی به وسیله سرریز لبه تیز |
| ۱۷ | ۲-۳-۴-۲- کنترل پرش هیدرولیکی به وسیله سرریز لبه پهن |
| ۱۸ | ۳-۳-۴-۲- کنترل پرش هیدرولیکی توسط پایین بردن کف حوضچه آرامش |
| ۱۹ | ۴-۳-۴-۲- کنترل پرش هیدرولیکی بوسیله بالا بردن کف حوضچه آرامش |
| ۲۰ | ۵-۳-۴-۲- کنترل پرش هیدرولیکی توسط دیواره سرتاسری |
| ۲۲ | فصل سوم: (پیشینه تحقیق) |
| ۲۳ | ۱-۳- مقدمه |
| ۲۳ | ۲-۳- طبقه بندی انواع پرش هیدرولیکی |
| ۲۳ | ۱-۲-۳- طبقه بندی بر اساس شکل هندسی |
| ۲۴ | ۲-۲-۳- طبقه بندی بر اساس عدد فرود |
| ۲۶ | ۳-۲-۳- طبقه بندی بر اساس آزاد، اجباری یا مستغرق بودن |
| ۲۷ | ۳-۳- افت در پرش هیدرولیکی |
| ۳۰ | ۴-۳- طول پرش هیدرولیکی |

| | |
|----|---|
| ۳۲ | ۳-۵- ورود هوا به داخل پرش هیدرولیکی |
| ۳۴ | ۳-۶- انواع حوضچه‌های آرامش استاندارد |
| ۳۴ | ۳-۶-۱- حوضچه‌های آرامش USBR |
| ۳۵ | ۳-۶-۱-۱- حوضچه آرامش USBR I |
| ۳۵ | ۳-۶-۱-۲- حوضچه آرامش USBR II |
| ۳۶ | ۳-۶-۱-۳- حوضچه آرامش USBR III |
| ۳۷ | ۳-۶-۱-۴- حوضچه آرامش USBR IV |
| ۳۸ | ۳-۶-۲- حوضچه آرامش SAF |
| ۳۹ | ۳-۶-۳- حوضچه‌های آرامش غیر تیپ: |
| ۴۱ | ۳-۶-۴- حوضچه‌های آرامش با کف بند شیب‌دار |
| ۴۲ | ۳-۶-۵- حوضچه آرامش با دیواره سرتاسری |
| ۵۲ | فصل چهارم: (مواد و روشها) |
| ۵۳ | ۴-۱- مقدمه |
| ۵۴ | ۴-۲- تجهیزات آزمایشگاهی به کار گرفته شده در تحقیق |
| ۶۱ | ۴-۳- ابزارهای جمع آوری و اندازه‌گیری داده‌های آزمایشگاهی |
| ۶۲ | ۴-۳-۱- وسایل اندازه‌گیری دبی |
| ۶۳ | ۴-۳-۲- اندازه‌گیری عمق جریان |
| ۶۴ | ۴-۳-۳- اندازه‌گیری سرعت |
| ۶۴ | ۴-۳-۳-۱- مولینه |
| ۶۵ | ۴-۳-۳-۲- لوله پیتو |
| ۶۶ | ۴-۴- شرح اجرای آزمایشات |
| ۷۱ | ۴-۵- آنالیز ابعادی و تعیین پارامترهای مؤثر |
| ۷۴ | فصل پنجم: (نتیجه و بحث) |
| ۷۵ | ۵-۱- مقدمه |
| ۷۵ | ۵-۲- تعیین منحنی دبی- اشل سرریز مستطیلی |
| ۷۶ | ۵-۳- ثبت داده‌های آزمایشات |
| ۷۶ | ۵-۴- ارائه نتایج آزمایشات |
| ۷۶ | ۵-۴-۱- نتایج آزمایشات دیواره پیوسته |
| ۸۱ | ۵-۴-۲- نتایج آزمایشات دیواره روزنه‌دار با بازشدگی ۱۲ درصد |
| ۸۵ | ۵-۴-۳- نتایج آزمایشات دیواره روزنه‌دار با بازشدگی ۲۵ درصد |
| ۸۹ | ۵-۴-۴- نتایج آزمایشات دیواره روزنه‌دار با بازشدگی ۵۰ درصد |

| | |
|-----|---|
| ۹۴ | ۵-۴-۵- نتایج آزمایشات دیواره روزنه‌دار با بازشدگی ۷۵ درصد |
| ۱۰۲ | ۵-۴-۶- افت نسبی انرژی در حوضچه آرامش با دیواره |
| ۱۰۷ | فصل ششم: (نتیجه‌گیری) |
| ۱۰۸ | ۶-۱- مقدمه |
| ۱۰۹ | ۶-۲- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی مطالب |
| ۱۱۶ | ۶-۳- پیشنهادات |
| ۱۱۷ | فهرست منابع مورد استفاده |
| ۱۱۸ | منابع فارسی |
| ۱۱۹ | منابع انگلیسی |
| ۱۲۲ | چکیده انگلیسی |
| ۱۲۳ | عنوان پایان‌نامه به انگلیسی |

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) - نمایی از یک جام پرتاب کننده و چگونگی شکل گیری حفره آبکند. ۴
- شکل (۲-۱) - نمایی از یک حوضچه آرامش. ۵
- شکل (۱-۲) : انرژی در یک کانال باز. ۱۱
- شکل (۲-۲) : جریان در قسمتی از کانال باز. ۱۲
- شکل (۳-۲) : تصویری از پرش هیدرولیکی. ۱۴
- شکل (۴-۲) : کنترل پرش هیدرولیکی با استفاده از تیغه لبه تیز. ۱۷
- شکل (۵-۲) : کنترل پرش هیدرولیکی با استفاده از سرریز لبه پهن. ۱۸
- شکل (۶-۲) : کنترل پرش هیدرولیکی بوسیله پایین بردن کف حوضچه آرامش. ۱۹
- شکل (۷-۲) : کنترل پرش هیدرولیکی بوسیله بالا بردن کف حوضچه آرامش. ۲۰
- شکل (۸-۲) : کنترل پرش هیدرولیکی با استفاده از دیواره. ۲۱
- شکل (۱-۳) - انواع پرش هیدرولیکی بر روی سطوح شیب دار. ۲۴
- شکل (۲-۳) - انواع مختلف پرش هیدرولیکی در کانالهای افقی. ۲۶
- شکل (۳-۳) - پرش هیدرولیکی آزاد. ۲۶
- شکل (۴-۳) - پرش هیدرولیکی اجباری. ۲۷
- شکل (۵-۳) - پرش هیدرولیکی مستغرق. ۲۷
- شکل (۶-۳) - نمودار انرژی مخصوص و افت انرژی در پرش در کانال مستطیلی افقی. ۲۹
- شکل (۷-۳) - شکل شماتیک طول چرخش و طول پرش هیدرولیکی. ۳۰
- شکل (۸-۳) - حوضچه آرامش **USBR II**. ۳۶
- شکل (۹-۳) - حوضچه آرامش **USBR III**. ۳۶
- شکل (۱۰-۳) - حوضچه آرامش **USBR IV**. ۳۷
- شکل (۱۱-۳) - حوضچه آرامش **SAF**. ۳۹
- شکل (۱۲-۳) - طول مناسب سنگچین پایین دست حوضچه آرامش. ۳۹
- شکل (۱۳-۳) - حوضچه آرامش شرما و همکاران. ۴۰
- شکل (۱۴-۳) - حوضچه آرامش بومیک. ۴۰
- شکل (۱۵-۳) - حوضچه آرامش جورج. ۴۱
- شکل (۱۶-۳) - حوضچه آرامش طرح پیلایی. ۴۱
- شکل (۱۷-۳) حوضچه آرامش با دیواره پیوسته. ۴۳
- شکل (۱۸-۳) - حوضچه آرامش با دیواره روزنه دار. ۴۳

- شکل (۳-۱۹) - آزمایشات راجار اتنام با استفاده از صفحه قائم روزه دار..... ۴۸
- شکل (۴-۱) - نمای کلی از فلوم اولیه آزمایشات ۵۴
- شکل (۴-۲) - نمایی سرریز مستطیلی ۵۵
- شکل (۴-۳) - نمایی از دریچه بادبزی ۵۵
- شکل (۴-۴) - نمایی از مخازن زمینی ذخیره آب ۵۶
- شکل (۴-۵) - نمایی از تابلو برق و کلیدهای افزایش و کاهش دور موتور پمپ و تغییر دبی ۵۷
- شکل (۴-۶) - نمایی از مخزن ورودی فلوم پس از افزایش ارتفاع مخزن ۵۷
- شکل (۴-۷) - نمایی از دریچه کشویی ابتدای فلوم ۵۸
- شکل (۴-۸) - نمایی از لیمینمتر اندازه گیری سطح آب ۵۸
- شکل (۴-۹) - نمایی از فلوم مدرج شده با مترهای پارچه ای ۵۹
- شکل (۴-۱۰) - نمایی از تیغه پلکسی گلاس نصب شده در ابتدای دریچه در مخزن ۵۹
- شکل (۴-۱۱) - نمایی از فلوم آزمایشات پس از ایجاد تغییرات نهایی ۶۰
- شکل (۴-۱۲) - نمایی از دیواره های پیوسته از جنس پلکسی گلاس در آزمایشات ۶۰
- شکل (۴-۱۳) - نمایی از دیواره روزه دار از جنس پلکسی گلاس در آزمایشات ۶۱
- شکل (۴-۱۴) - نمایی از مولینه به کار گرفته شده در آزمایشات ۶۴
- شکل (۴-۱۵) - نمایی از لوله پیتو بکار گرفته شده در آزمایشات ۶۵
- شکل (۴-۱۶) - نمایی از مولینه در حین اندازه گیری سرعت در آزمایشات ۶۶
- شکل (۴-۱۷) - پارامترهای موثر در آزمایشات ۶۸
- شکل (۵-۱) - نمودار تغییرات مقادیر دبی و عمق آب بر روی سرریز بر حسب لیتر بر ثانیه ۷۶
- شکل (۵-۲) - نمودار تغییرات ارتفاع نسبی دیواره پیوسته بهینه در مقابل به عدد فرود ۷۷
- شکل (۵-۳) - نمودار تغییرات فاصله بهینه قرارگیری دیواره پیوسته از ابتدای حوضچه آرامش نسبت به عمق ثانویه پرش هیدرولیکی ۷۹
- شکل (۵-۴) - نمودار تغییرات طول بهینه حوضچه آرامش نسبت به عمق ثانویه پرش هیدرولیکی در مقابل عدد فرود در دیواره پیوسته ۸۰
- شکل (۵-۵) - نمودار تغییرات ارتفاع بهینه دیواره روزه دار با سطح بازشدگی ۱۲ درصد در مقابل عدد فرود ۸۲
- شکل (۵-۶) - نمودار تغییرات فاصله بهینه قرارگیری دیواره روزه دار با سطح بازشدگی ۱۲ درصد ۸۳
- شکل (۵-۷) - نمودار تغییرات طول بهینه حوضچه آرامش با دیواره روزه دار با سطح بازشدگی ۱۲ درصد در مقابل عدد فرود ۸۵
- شکل (۵-۸) - نمودار تغییرات ارتفاع نسبی دیواره بهینه روزه دار با سطح بازشدگی ۲۵ درصد در مقابل عدد فرود ۸۶

- شکل (۹-۵) - نمودار تغییرات فاصله بهینه قرارگیری دیواره روزنه دار با سطح بازشدگی ۲۵ درصد ۸۷
- شکل (۱۰-۵) - نمودار تغییرات طول بهینه حوضچه آرامش با دیواره روزنه دار با سطح بازشدگی ۲۵ درصد در مقابل عدد فرود ۸۹
- شکل (۱۱-۵) - نمودار تغییرات ارتفاع بهینه دیواره روزنه دار با سطح بازشدگی ۵۰ درصد در مقابل عدد فرود ۹۰
- شکل (۱۲-۵) - نمودار تغییرات فاصله بهینه قرارگیری دیواره روزنه دار با سطح بازشدگی ۵۰ درصد در مقابل عدد فرود ۹۱
- شکل (۱۳-۵) - نمودار تغییرات طول بهینه حوضچه آرامش با دیواره روزنه دار با سطح بازشدگی ۵۰ درصد در مقابل عدد فرود ۹۳
- شکل (۱۴-۵) - نمونه‌ای از شرایط پاشش (Splash) در آزمایشات به دلیل کمبود عمق پایاب ۹۴
- شکل (۱۵-۵) - نمودار تغییرات ارتفاع نسبی دیواره بهینه روزنه دار با سطح بازشدگی ۵۰ درصد ۹۵
- شکل (۱۶-۵) - تغییرات ارتفاع نسبی دیواره بهینه روزنه‌دار در عمق پایاب برابر با عمق ثانویه پرش هیدرولیکی ۹۶
- شکل (۱۷-۵) - تغییرات ارتفاع نسبی دیواره بهینه روزنه‌دار در عمق پایاب برابر با نود درصد عمق ثانویه پرش هیدرولیکی ۹۶
- شکل (۱۸-۵) - تغییرات ارتفاع نسبی دیواره بهینه روزنه‌دار در عمق پایاب برابر هشتاد درصد عمق ثانویه پرش هیدرولیکی ۹۷
- شکل (۱۹-۵) - نمودار تغییرات فاصله بهینه قرارگیری دیواره روزنه دار با سطح بازشدگی ۷۵ درصد در مقابل عدد فرود ۹۸
- شکل (۲۰-۵) - تغییرات فاصله بهینه قرارگیری دیواره به ازای بازشدگی‌های مختلف سطح روزنه‌ها در عمق پایاب صد درصد ۹۹
- شکل (۲۱-۵) - تغییرات فاصله بهینه قرارگیری دیواره به ازای بازشدگی‌های مختلف سطح روزنه‌ها در عمق پایاب نود درصد ۹۹
- شکل (۲۲-۵) - تغییرات فاصله بهینه قرارگیری دیواره به ازای بازشدگی‌های مختلف سطح روزنه‌ها در عمق پایاب هشتاد درصد ۹۹
- شکل (۲۳-۵) - نمودار تغییرات طول بهینه حوضچه آرامش با دیواره روزنه دار با سطح بازشدگی ۷۵ درصد در مقابل عدد فرود ۱۰۰
- شکل (۲۴-۵) تغییرات طول بهینه حوضچه آرامش در بازشدگی‌های مختلف سطح روزنه‌ها در عمق پایاب برابر عمق ثانویه پرش هیدرولیکی ۱۰۱
- شکل (۲۵-۵) - تغییرات طول بهینه حوضچه آرامش به ازای بازشدگی‌های مختلف سطح روزنه‌ها در عمق پایاب نود درصد عمق ثانویه پرش ۱۰۱

- شکل (۵-۲۶)- تغییرات طول بهینه حوضچه آرامش به ازای بازشدگی‌های مختلف سطح روزنه‌ها در عمق پایاب هشتاد درصد..... ۱۰۲
- شکل (۵-۲۷) - تغییرات افت نسبی انرژی در بازشدگی‌های مختلف سطح روزنه‌ها..... ۱۰۳
- شکل (۵-۲۸)- الگوی جریان در پرش هیدرولیکی آزاد ۱۰۴
- شکل (۵-۲۹)- الگوی جریان در حوضچه آرامش با دیواره پیوسته..... ۱۰۴
- شکل (۵-۳۰)- الگوی جریان در حوضچه آرامش با دیواره روزنه‌دار ۱۰۴
- شکل (۵-۳۱)- مقایسه ارتفاع نسبی دیواره با نتایج تحقیقات سایر محققین..... ۱۰۵
- شکل (۵-۳۲)- مقایسه طول پرش هیدرولیکی در حوضچه‌های آرامش مختلف ۱۰۶
- شکل (۶-۱)- نمودار تعیین ارتفاع بهینه دیواره روزنه‌دار..... ۱۱۵
- شکل (۶-۲)- نمودار تعیین فاصله بهینه قرارگیری دیواره روزنه‌دار از ابتدای حوضچه آرامش ۱۱۵
- شکل (۶-۳)- نمودار تعیین طول بهینه حوضچه آرامش با دیواره روزنه‌دار..... ۱۱۵

فهرست جداول

۳۱

جدول (۱-۳) - مقادیر Fr_1 و L_j / y_p

۴۶

جدول (۲-۳) - مقادیر پارامترهای α و β برای انواع پرش هیدرولیکی اجباری

فهرست علائم و نشانه‌ها:

| | |
|---------------------------------------|------------|
| دبی جریان | Q |
| دبی در واحد عرض | q |
| هد طراحی سرریز | H_d |
| بار آبی کل روی سرریز | H_e |
| طول موثر سرریز | L_e |
| ارتفاع لبه سرریز از کف کانال یا حوضچه | ΔZ |
| ضریب دبی | C |
| عمق آب | y |
| عمق بحرانی | y_c |
| تعداد پایه‌های پل | N |
| ضریب انقباض پایه‌های پل | K_a |
| ضریب تغییر دو انتهای تاج سرریز | K_a |
| سرعت جریان | V |
| ارتفاع معادل فشار استاتیک آب | H |
| جرم مخصوص | ρ |
| نماد طول | L |
| عدد فرود | F_r |
| عدد رینولدز | R_e |
| شتاب ثقل | g |
| زمان | T |
| فشار | P |
| ضریب فشار | C_p |
| انرژی | E |
| وزن مخصوص | γ |

| | |
|---|---------|
| عرض کانال | b |
| ارتفاع بهینه دیواره | h |
| طول بهینه حوضچه آرامش | L_B |
| فاصله بهینه قرارگیری دیواره روزنه‌دار از ابتدای حوضچه آرامش | L_S |
| مجموع سطح بازشدگی روزنه‌ها در دیواره | A_1 |
| سطح مقطع دیواره | A |
| طول پرش هیدرولیکی | L_j |
| عمق اولیه پرش هیدرولیکی | y_1 |
| عمق ثانویه پرش هیدرولیکی آزاد از رابطه بلانجر | y_2^* |
| عمق پایاب | y_t |

فصل اول - کلیات

(مقدمه و هدف)

۱-۱- مقدمه:

نظر به محدود و معین بودن حجم مخزن سدها، ممکن است وقوع سیلاب منجر به تکمیل حداکثر ظرفیت مخزن و عبور جریان از هر مجرای ممکن و از جمله تاج سد گردد. فرار آب و روگذری حتی اگر باعث وارد آمدن خسارات سنگین نگردند، به سبب ایجاد شرایط هیدرولیکی نامطمئن و احتمالاً غیرقابل کنترل، پدیده‌های نامطلوبی به حساب می‌آیند. بنابراین لازم است مازاد حجم جریان ورودی به مخزن به صورت پیش بینی شده و تحت شرایط مطمئن هیدرولیکی تخلیه گردد. این وظیفه مهم در سدها بر عهده سرریزها می‌باشد.

به دلیل بالا بودن تراز سرریز نسبت به بستر رودخانه، بالا آمدن سطح آب باعث افزایش انرژی قابل توجهی در جریان خروجی شده که از قابلیت تخریب بالایی (به طور نسبی) برخوردار است. بنابراین لازم است این انرژی افزوده به طریقی مستهلک شود که در سرریز سدها این وظیفه بر عهده مستهلک کننده‌های انرژی می‌باشد.

۱-۲- مستهلک کننده‌های انرژی^۱:

آب در زمانی که از روی سرریز عبور می‌کند و وارد تنداب می‌شود، رفته رفته بر سرعت آن افزوده شده تا نهایتاً در پائین تنداب، جریان دارای سرعت فوق العاده زیادی می‌گردد، به طوری که جریان حالت فوق بحرانی داشته و انرژی جنبشی بسیار زیاد و مخربی دارد. استهلاک انرژی جنبشی تولید شده در سرریزها امری ضروری است. این ضرورت نه تنها به جهت محافظت کف و دیواره‌های رودخانه پایین دست در مقابل فرسایش ناشی از سرعت و انرژی بالای جریان می‌باشد، بلکه به دلیل اطمینان از محافظت از بدنه پایین دست سد و سازه‌های وابسته به آن از جمله خروجی نیروگاه، تخلیه کننده‌های عمقی و خروجی آبگیرها و نیز کانال‌های انتقال پایین دست در مقابل جریان با سرعت بالا می‌باشد.

¹. Energy Dissipators

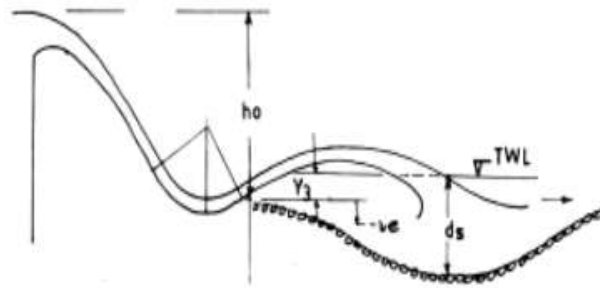
برای اینکه این انرژی جنبشی مخرب از آب گرفته شود، سازه‌های مستهلک کننده انرژی به کار گرفته می‌شوند. معمولاً انواع مختلفی از مستهلک کننده‌های انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند که مهمترین آن‌ها عبارتند از پرتاب کننده جامی^۱ و حوضچه‌های آرامش^۲ که در زیر به معرفی آن‌ها پرداخته شده است:

۱-۲-۱- پرتاب کننده جامی:

پرتاب کننده جامی به عنوان یکی از انواع اصلی و یا بخش متمم سیستم‌های استهلاک انرژی در پایانه مجاری تخلیه سیلاب سدهای می‌تواند در نظر گرفته شود. ایده اصلی از نصب جام پرتاب کننده در پایانه سرریزها و مجاری تخلیه کننده این است که جریان بسیار سریع (جت) خروجی را از راستای اولیه منحرف نموده تا پس از پرتاب شدن به هوا، ضمن استهلاک انرژی فرساینده، جت در موضعی تعیین شده و در فاصله مطمئنی دور از سد، نیروگاه، سرریز و یا ضمایم آن، در آبراه رودخانه پایین دست رها گردد. به جز دبی‌های کم، تنها بخش کوچکی از انرژی جریان شدید ورودی به جام، در اثر اصطکاک در طول جام مستهلک می‌گردد. از زمان پرتاب شدن جت تا هنگام رسیدن به موضع برخورد آن، به دلیل آشفتگی زیاد و پخش و تلاشی آن در هوا، حجم نسبتاً زیادی هوا وارد آن می‌گردد. بخش قابل ملاحظه‌ای از استهلاک انرژی جت، به وسیله اندرکنش بین جت و هوای پیرامون آن که منجر به تشکیل افشانه می‌گردد، صورت می‌گیرد. همچنین برخورد جت در پایاب و اندرکنش بین جریان آشفته و سطوح ناحیه برخورد، موجب استهلاک انرژی قابل ملاحظه‌ای می‌شود. با این حال حتی اگر بستر سنگی مقاومی هم در پایاب موجود باشد، شدت برخورد جت آشفته با بستر رودخانه غالباً منجر به ایجاد حفره آبکند و بطور کلی تغییر شکل آن می‌شود (شکل (۱-۱)). به همین دلیل استفاده از پرتاب کننده جامی در مکان‌هایی مناسب است که آبشستگی بستر پایاب و توسعه حفره آبکند ایجاد شده در آن، پایداری سد، نیروگاه و سایر سازه‌های وابسته (از جمله خود سازه پرتاب کننده جامی) را به خطر نیندازد. بنابراین در صورت برقراری شرایط مناسب برای استفاده از پرتاب کننده جامی، معمولاً این سازه نسبت به سایر سازه‌های استهلاک انرژی متداول از قبیل حوضچه‌های آرامش، از مزایای اقتصادی و ایمنی قابل ملاحظه‌ای برخوردار است.

^۱ . Flip Bucket

^۲ . Stilling Basin



شکل (۱-۱) - نمایی از یک جام پرتاب کننده و چگونگی شکل گیری حفره آبکند.

۱-۲-۲- حوضچه‌های آرامش با پرش هیدرولیکی^۱:

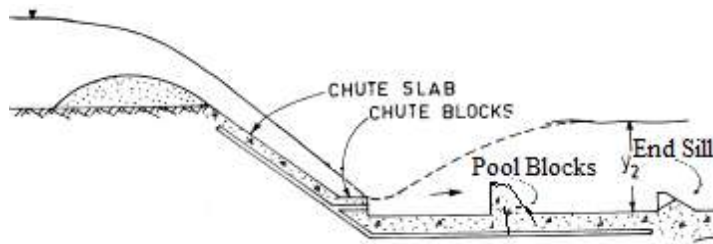
حوضچه‌های آرامش با پرش هیدرولیکی شامل کف‌بندهای افقی و شیب‌دار و نیز متعلقات استهلاک انرژی از قبیل بلوک‌های تنداب^۲، بلوک‌های حوضچه^۳، و دیواره‌های انتهایی^۴ پیوسته یا دندانه‌دار می‌باشند. طبق تعریف، حوضچه آرامش یا حوضچه پرش آبی عبارت است از قسمت کوتاهی از یک کانال کف‌سازی شده که به صورت سازه‌ای خاص در انتهای سرریزها، تندابها و یا هر منبع دیگری که جریان فوق بحرانی ایجاد کند، ساخته می‌شود و هدف از ساختن آن تشکیل پرش هیدرولیکی در داخل حوضچه است. در این صورت جریان فوق بحرانی، قبل از رسیدن به قسمت‌های غیر کف‌سازی شده رودخانه، به جریان زیر بحرانی تغییر حالت داده و از انرژی فوق العاده آن کاسته شده و از خرابی‌های احتمالی جلوگیری می‌شود. این نوع مستهلک کننده‌ها به عنوان متداول‌ترین مستهلک کننده‌های انرژی در سدها بوده و عموماً دارای راندمان‌های بالای ۶۰ درصد در استهلاک انرژی می‌باشند. برای ارتفاع‌های بیش از ۱۰۰ متر، عموماً به کار بردن این نوع مستهلک کننده‌های انرژی به دلیل مسایلی از قبیل کاویتاسیون، لرزش و ارتعاش، فشارهای زیرین و منفی و ... بایستی با احتیاط صورت گیرد و در چنین مواردی ساخت مدل فیزیکی ضروری است. هر حوضچه آرامش بر حسب شدت پرش هیدرولیکی، معمولاً احتیاج به اجزایی دارد تا ضمن شکل دادن پرش هیدرولیکی در یک موقعیت و محل خاص، تا حد امکان از طول آن بکاهد. از جمله این اجزاء عبارتند از:

1. Hydraulic Jump Stilling Basin
2. Chute Block
3. Pool Block
4. End Sill

بلوک‌های پای تنداب^۱ که در محل تغییر شیب و در ابتدای کف افقی حوضچه ساخته شده و هدف از ساخت آن‌ها، کوتاه کردن طول پرش و تثبیت آن است.

آپایه^۲ که به صورت دندانه‌دار^۳ یا منفرد^۴ در انتهای حوضچه ساخته شده و باعث کاهش بیشتر طول پرش هیدرولیکی و کنترل بهتر موقعیت آن می‌گردد. در حوضچه‌های آرامش بزرگ، به جهت آنکه دارای سرعت زیاد، می‌تواند به انتهای حوضچه برسد، معمولاً آپایه به صورت دندانه‌دار ساخته می‌شود.

بلوک‌های آرام کننده^۵ که بلوک کف یا بلوک‌های حوضچه نیز نامیده می‌شوند، در قسمت میانی حوضچه آرامش قرار گرفته و هدف از ساخت آن‌ها، اتلاف انرژی به صورت متمرکز و یکجا می‌باشد. در سرعت‌های کم، بلوک‌های آرام کننده بسیار مؤثر هستند، اما آن‌گاه که سرعت جریان زیاد باشد، ممکن است این نوع زائده مناسب نبوده و احتمالاً باعث ایجاد پدیده کاویتاسیون گردد. در شکل (۲-۱)، یک حوضچه آرامش به همراه ضمائم آن نشان داده شده است.



شکل (۲-۱) - نمایی از یک حوضچه آرامش

در برخی از حوضچه‌های آرامش، میتوان از یک دیواره سرتاسری پیوسته^۶ به عنوان جایگزین بلوک‌ها استفاده کرد که عموماً دارای مزیت‌های زیر می‌باشد:

کوتاه شدن طول حوضچه آرامش

افزایش نرخ استهلاک انرژی

کنترل و تثبیت بهتر و مناسب‌تر پرش هیدرولیکی

کاهش عمق پایاب مورد نیاز

1. Chute Block
2. Sill
3. Dentated Sill
4. Solid Sill
5. Baffle Piers
6. Continuous Sill