



دانشکده مهندسی علوم آب
گروه سازه‌های آبی

پایان نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی

عنوان:

بررسی فشارهای دینامیکی ناشی از برخورد جت خروجی از پرتابه جامی
شکل با در نظر گرفتن عمق پایاب

استاد راهنما:

دکتر منوچهر فتحی مقدم

استاد مشاور:

دکتر سید حبیب موسوی جهرمی

نگارنده:

اسماعیل ثابتی

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

به نام خداوند بخشنده مهربان

تقدیم بہ بہانہ نامی، مستی ام:

پدرم، مادرم

شکر و قدردانی

پس خداوند رحمان را که توفیق عنایت فرمود تا تحقیق حاضر که توأم با رنج و مشقت های فراوان بود، به سرانجام رسید. تحقیق حاضر حاصل رهنمودها و همکاری های فراوان افراد زیادی است که در مراحل مختلف این تحقیق، مرایاری نموده اند. در این جابر خود لازم می دانم که از زحمات روز افزون استاد راهنمای این رساله، جناب آقای دکتر منوچهر فتحی مقدم و همچنین از زحمات ارزنده استاد مشاور آقای دکتر سید حبیب موسوی بهرمی نهایت سپاس و قدردانی را داشته باشم.

مراحل مختلف ساخت مدل فیزیکی این تحقیق با حمایت های افراد زیادی صورت پذیرفت که در این جا به رسم ادب لازم است از زحمات آقای دکتر سید محمود کاشفی پور که در زمان ساخت مدل، مقام ریاست دانشکده مهندسی علوم آب را بر عهده داشتند، سپاسگزاری نمایم. همچنین از کوشش های بی دریغ دوست گران بایه و عزیزم آقای مهندس جلیل کرمان نژاد که در مراحل مختلف انجام پایان نامه با جدیت تمام بنده رایاری نمودند، قدردانی می نمایم. از دوستان عزیزم، آقایان مهندس مسلم سامی، مهندس وحید کرکچ، مهندس باولی، سرکار خانم نوشین نجفی و سایر دوستانی که به اقتضای قلم امکان درج نام آنها وجود ندارد و هر یک به نوعی مراد ساخت مدل و انجام تحقیق یاری نمودند، کمال شکر و سپاسگزاری را دارم. همچنین از مسئول محترم آزمایشگاه مدل های فیزیکی - هیدرولیکی آقای مهندس زینی و نذ شکر می نمایم.

در پایان از زحمات پدر، مادر و بهانه های هستی ام، که توانستم آن چنان که باید و نظیفه خود را، به دلیل انجام تحقیق، ایفا نمایم، صمیمانه قدردانی نموده و بیستی از سالار شعر و غزل بدرقه راهشان می نمایم:

بجز از خدمت رندان نلنم کار و کمر	گر بود عمر به میخانه رسم بار و کمر
تا زخم آب، در میکه بار و کمر	خرم آن روز که بادیده گریان بروم

نام خانوادگی دانشجو: ثابتی	نام: اسماعیل
عنوان پایان نامه: بررسی فشار های دینامیکی ناشی از برخورد جت خروجی از پرتابه جامی شکل با در نظر گرفتن عمق پایاب	
اساتید راهنما: دکتر منوچهر فتحی مقدم	
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: سازه های آبی
محل تحصیل (دانشگاه): دانشگاه شهید چمران اهواز	دانشکده: مهندسی علوم آب
تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ماه ۱۳۸۹	تعداد صفحات: ۱۲۰
واژه های کلیدی: فشار های دینامیکی، حوضچه های استغراق، پرتابه های جامی شکل، عمق پایاب	
<p>چکیده:</p> <p>استفاده از پرتابه های جامی شکل در سدها، بعلت نیروهایی که جریان جت خروجی از آنها در محل برخورد به بستر پایین دست وارد می کند و منجر به آبشستگی و یا شکستگی دال کف می شود که در مقایسه با سازه های دیگر، نیاز به بررسی و مطالعه بیشتری دارند. اغلب در پایین دست این سازه برای جلوگیری از برخورد مستقیم جت خروجی با کف رودخانه از حوضچه های استغراق استفاده می شود. مهم ترین عوامل در طراحی این نوع حوضچه ها، پخش نوسانات فشار دینامیکی در کف و دیواره های حوضچه و نیروهای ناشی از برخورد جت آب است.</p> <p>در بسیاری از مطالعاتی که در زمینه بررسی فشار های دینامیکی حاصل از برخورد جت انجام گرفته، بیشتر در مورد جت های دایره ای و بر مبنای جت تشکیل شده از لوله عمودی شکل بوده و کمتر به بررسی جت های حاصل از پرتابه های جامی شکل، که در واقعیت قسمت اعظمی از سازه های مستهلک کننده سد ها را شامل می شوند، پرداخته شده است. بنابراین در تحقیق حاضر مبنای تولید جت، پرتابه جامی شکل مد نظر قرار گرفته است.</p> <p>در بررسی پرتابه های جامی شکل به وضوح مشخص است که محل برخورد جت با کف پایین دست بالاترین امکان فرسایش را نسبت به سایر نقاط دارد. تعیین مشخصات فشارهای دینامیکی محل برخورد در شرایط مختلف این امکان را به ما خواهد داد که در صورت وقوع چنین شرایطی در سازه های اجرایی احتمال وقوع آبشستگی و میزان دقیق آن را مشخص نمایم و همچنین میتوان به طور دقیق احتمال ترک خوردگی دال کف پایان دست و یا مرحله جدا شدن ذرات از بستر را تعیین کرد که در طراحی حوضچه های استغراق اهمیت دارد.</p> <p>در این مطالعه با فراهم آوردن شرایط اندازه گیری فشارهای دینامیکی ایجاد شده بر کف در اثر برخورد جت خروجی از پرتابه جامی شکل سعی در استخراج داده های در شرایط مختلف برخورد از نظر دبی جت خروجی و عمق پایاب شده است. در انتها با بررسی داده ها سعی در ارائه نتایجی مناسب و کارآمد برای تحلیل هر چه بیشتر مشخصات فشارهای دینامیکی حاصل از برخورد جت در شرایط گوناگون پایین دست گردید.</p> <p>نتایج به دست آمده حاکی از آن است که حوضچه های استغراق پایین دست پرتابه های جامی شکل زمانی مؤثر خواهد بود که نسبت عمق آب حوضچه به ضخامت جت در حال برخورد $\left(\frac{y}{B_j}\right)$ بزرگتر از ۳ باشد. همچنین بررسی ها بر روی فشارهای دینامیکی نشان داد که ماکزیمم نوسانات فشار کف در برخورد مستقیم (بدون بالشتک آب)، اتفاق نمی افتد و زمانی اتفاق می افتد که یک لایه نازک از بالشتک آب وجود داشته باشد. در واقع این لایه نازک فرصت توسعه و پیشرفت جریانات آشفته و متلاطم را فراهم خواهد کرد.</p>	

صفحه	فهرست مطالب
۱	فصل اول: مقدمه
۱	۱-۱ مقدمه:
۸	۱-۲ اهمیت مسئله:
۱۱	۱-۳ اهداف:
۱۱	فصل دوم: تئوری و پیشینه تحقیق
۱۱	۲-۱ مقدمه:
۱۲	۲-۲ مدل های موجود برآورد میزان فرسایش
۱۲	الف) مدل های تجربی
۱۴	ب) مدل های تحلیلی - تجربی
۱۵	ج) مدل محاسبه فشارهای دینامیکی نهایی در کف حوضچه
۱۵	د) مدل محاسبه اختلاف فشارهای دینامیکی در کف حوضچه
۱۸	۲-۳ خصوصیات جت
۱۹	۲-۳-۱ تئوری پخش دو بعدی جت
۲۰	۲-۳-۲ طول هسته و زاویه پخش جت
۲۲	۲-۳-۳ نواحی مختلف در برخورد جت به حوضچه
۲۳	۲-۳-۴ شدت آشفته‌گی و طول شکست
۳۱	۲-۳-۵ توزیع سرعت جت آب
۳۴	۲-۴ فشار دینامیکی ناشی از برخورد جت در حوضچه استغراق
۳۴	۲-۴-۱ میانگین فشار های دینامیکی
۳۷	۲-۴-۲ عوامل موثر بر کاهش فشار های دینامیکی
۳۷	الف) پراکندگی و تجزیه جت در مقطع ورود به حوضچه
۳۷	ب) اثر ورود هوا بر کاهش فشار دینامیکی وارد بر کف حوضچه

فهرست

۳۸.....	۲-۴-۳ جذر میانگین مربعات (RMS) نوسانات فشار
۴۲.....	۲-۴-۴ عوامل موثر بر ضریب نوسانات فشار
۴۲.....	الف) تجزیه یا فروپاشی جت
۴۲.....	ب) هواگیری جت
۴۳.....	۲-۴-۵ تغییرات ضریب نوسانات فشار C'_{pa} با تغییرات سرعت جت V_j
۴۴.....	۲-۴-۶ مقدار طیفی توان نوسانات فشار دینامیکی
۵۰.....	۲-۴-۷ حداکثر و حداقل نوسانات فشار (مقدار حدی فشارهای نوسانی)
۵۵.....	۱-۵ جمع بندی
۶۱.....	فصل سوم: مواد و روش ها
۶۱.....	۳-۱ مقدمه
۶۱.....	۳-۲ پارامترهای وابسته و آنالیز ابعادی
۶۳.....	۳-۳ تجهیزات آزمایشگاهی
۶۴.....	۳-۳-۱ مدل سرریز بالارود
۶۴.....	۳-۳-۱-۱ مخزن ورود آب به فلوم
۶۴.....	۳-۳-۱-۲ تنداب و پرتابه جامی
۶۵.....	۳-۳-۱-۳ مخزن سقوط جت آب
۶۶.....	۳-۳-۱-۴ کانال بازگشت آب به مخزن اصلی آزمایشگاه
۶۸.....	۳-۳-۲ طراحی حوضچه استغراق
۶۹.....	۳-۳-۳ تابلو پیزومتری
۷۰.....	۳-۳-۴ تجهیزات اندازه گیری و ثبت فشار
۷۱.....	۳-۳-۴-۱ ترانسدیوسر یا مبدل فشار (Transducer)
۷۲.....	۳-۳-۴-۲ تقویت کننده سیگنال های الکتریکی (Amplifier)
۷۳.....	۳-۳-۴-۳ پردازش گر اطلاعات (Data Translation)

فهرست

۷۴.....	۳-۳-۴ نرم افزار پردازش گر اطلاعات (Data Translation Scope)
۸۳.....	۳-۴ دقت اندازه گیری ها
۸۳.....	۳-۴-۱ تعاریف
۸۵.....	۳-۴-۲ انتخاب رقم معنی دار
۸۵.....	۳-۴-۳ خطاهای اندازه گیری در مدل
۸۵.....	۳-۴-۳-۱ خطای اندازه گیری دبی جریان
۸۶.....	۳-۴-۳-۲ خطای اندازه گیری فشارهای دینامیکی
۸۶.....	۳-۵ خلاصه روش انجام آزمایش ها
۹۰.....	فصل چهارم: نتایج و بحث
۹۰.....	۴-۱ مقدمه
۹۰.....	۴-۲ ضریب میانگین فشارهای دینامیکی کف
۹۲.....	۴-۲-۱ تغییرات ضریب میانگین فشار های دینامیکی در فاصله شعاعی از محور جت
۹۴.....	۴-۲-۲ بررسی تأثیر طول شکست جت بر ضریب میانگین فشارهای دینامیکی
۹۷.....	۴-۳ ثبت فشار های دینامیکی
۹۹.....	۴-۴ جذر میانگین مربعات (RMS) نوسانات فشار کف
۱۰۰.....	۴-۴-۱ بررسی تأثیر طول شکست جت بر ضریب نوسانات فشارهای دینامیکی
۱۰۱.....	۴-۵ حداکثر و حداقل مقادیر نوسانات فشار دینامیکی (مقادیر حدی فشار های نوسانی)
۱۰۴.....	۴-۶ تابع چگالی احتمال (PDF) فشار
۱۰۸.....	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۰۸.....	۵-۱. مقدمه
۱۰۹.....	۵-۲. نتیجه گیری
۱۰۹.....	۵-۲-۱ ضریب میانگین فشارهای دینامیکی کف
۱۱۰.....	۵-۲-۲ جذر میانگین مربعات (RMS) نوسانات فشار کف

فهرست

- ۵-۲-۳ حداکثر و حداقل مقادیر نوسانات فشار دینامیکی ۱۱۱
- ۵-۲-۴ تابع چگالی احتمال (PDF) فشار ۱۱۲
- ۵-۳ پیشنهادات ۱۱۲
- منابع ۱۱۵

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): سد Morrow Point ۲
- شکل (۲-۱): سد El Atazar ، (ب) سد Crystal ۲
- شکل (۳-۱): حوضچه استغراق سد کارون ۳ ۳
- شکل (۴-۱): سرریز های سد کارون ۳ ۴
- شکل (۵-۱): شمای کلی از نحوه عملکرد حوضچه استغراق مصنوعی ۵
- شکل (۱-۲): پارامترهای اصلی و فرآیندهای فیزیکی- مکانیکی موثر در شکل گیری فرسایش ۱۴
- شکل (۲-۲): اختلاف فشارهای آبی وارد بر بلوک سنگی در معرض لایه برشی جت ریزشی ۱۶
- شکل (۳-۲): توزیع میانگین فشار اطراف دال با درزه های باز ۱۸
- شکل (۴-۲): نمایش نحوه پخش دو بعدی جت و طول هسته جت ۱۹
- شکل (۵-۲): حوضچه استغراق: الف) جت با هسته، ب) جت توسعه یافته ۲۲
- شکل (۶-۲): شمای کلی نحوه پخش جت و مراحل ورود هوا به آن ۲۵
- شکل (۷-۲): شدت آشفستگی اولیه متوسط و موضعی جت در محور مرکزی ۲۵
- شکل (۸-۲): خصوصیات جت در حال سقوط و نحوه شکست آن ۲۷
- شکل (۹-۲): تعریف هندسه جت دایروی و توزیع سرعت در امتداد جت ۳۱
- شکل (۱۰-۲): تعریف پارامترهای فیزیکی برخورد جت به صفحه صاف ۳۳
- شکل (۱۱-۲): ضریب میانگین فشار های دینامیکی C_p به صورت تابعی از $\frac{Y}{D_j}$ ۳۵
- شکل (۱۲-۲): ضریب C_{pa} به صورت تابعی از $\frac{y}{D_j}$ ۳۶

فهرست

- شکل (۲-۱۳): تغییرات ضریب C'_p بر اساس $\frac{Y}{D_j}$ ۳۹
- شکل (۲-۱۴): تغییرات ضریب C'_{pa} بر اساس $\frac{Y}{D_j}$ ۴۰
- شکل (۲-۱۵): تغییرات ضریب C'_p بر اساس تغییر ضریب $\frac{L}{L_b}$ ۴۲
- شکل (۲-۱۶): تغییرات ضریب C'_p بر اساس تغییر نسبت هوا β و درجه تجزیه جت $\frac{L}{L_b}$ ۴۳
- شکل (۲-۱۷): تغییرات ضریب نوسانات فشار C'_{pa} با تغییرات سرعت جت V_j ۴۴
- شکل (۲-۱۸): مقدار طیفی توان نوسانات فشار دینامیکی $S_{xx}(f)$ به صورت تابعی از فرکانس ۴۵
- شکل (۲-۱۹): مقایسه توان طیفی انرژی بر اساس سرعت ۴۶
- شکل (۲-۲۰): مقایسه دانسیته طیفی بدون بعد فشار های کف ۴۸
- شکل (۲-۲۱): تغییرات مقادیر حدی فشار $C_{pa}^+(a)$ و $C_{pa}^-(b)$ ۵۳
- شکل (۲-۲۲): توابع توزیع احتمال برای جت های با هسته و توسعه یافته ۵۴
- شکل (۳-۱): نمایش برخورد جت پرتابه جامی شکل به کف حوضچه به همراه پارامترهای مربوطه ۶۲
- شکل (۳-۲): نمایی از مخزن ورود آب به سرریز ۶۴
- شکل (۳-۳): نمایی از ابتدای تنداب ۶۵
- شکل (۳-۴): نمای از بالا شاسی فلزی ساخته شده ۶۵
- شکل (۳-۵): مخزن سقوط جت آب از پرتابه جامی شکل ۶۶
- شکل (۳-۶): توری فلزی برای جلوگیری از عبور تلاطم به سرریز مستطیلی ۶۶
- شکل (۳-۷): کانال بازگشت آب به مخزن اصلی آزمایشگاه ۶۷
- شکل (۳-۸): سرریز مستطیلی انتهای کانال بازگشت آب برای تعیین دبی ۶۷
- شکل (۳-۹): اشل قرائت ارتفاع آب روی سرریز مستطیلی ۶۸
- شکل (۳-۱۰): صفحه برخورد جت ۶۸
- شکل (۳-۱۱): صفحه برخورد جت نصب شده بر روی سیستم فلزی درون مخزن سقوط جت ۶۹
- شکل (۳-۱۲): تابلو پیزومتری ۷۰

فهرست

- شکل (۳-۱۳): نمایی از سیستم های اندازه گیری نوسانات فشار ۷۱
- شکل (۳-۱۴): نمایی از حسگر ترانسدیوسرها ۷۲
- شکل (۳-۱۵): نمایی از جلو و پشت تقویت کننده با ۶ کانال ورودی و خروجی ۷۳
- شکل (۳-۱۶): نمایی از جلو و پشت پردازشگر ۱۶ کاناله ۷۴
- شکل (۳-۱۷): نمایی از منوی اصلی نرم افزار Scope ۷۵
- شکل (۳-۱۸): نحوه وارد کردن اطلاعات پایه در فضای Configure ۷۶
- شکل (۳-۱۹): فضای Scope جهت نمایش نوسانات دریافت شده در مقابل زمان ۷۷
- شکل (۳-۲۰): فضای Scope در حال نمایش گرافها به صورت مجزا ۷۸
- شکل (۳-۲۱): صفحه مربوط به ذخیره سازی اطلاعات دریافت شده ۷۹
- شکل (۳-۲۲): شروع ثبت دادهها ۸۰
- شکل (۳-۲۳): نحوه بازخوانی داده های ذخیره شده ۸۱
- شکل (۳-۲۴): نحوه ذخیره سازی اطلاعات به صورت فایل اسکی ۸۱
- شکل (۴-۱): ضریب C_p در مقابل $\frac{y}{B_j}$ ، در محل برخورد محور مرکزی جت ۹۱
- شکل (۴-۲): نمودار های سه بعدی و دو بعدی تغییرات ضریب میانگین نوسانات فشار کف ۹۳
- شکل (۴-۳): تغییرات ضریب C_p بر اساس تغییر نسبت $\frac{L}{L_b}$ ۹۵
- شکل (۴-۴): فشارهای دینامیکی حاصل از برخورد جت برای ضخامت بالشتک آب مختلف ۹۸
- شکل (۴-۵): تغییرات ضریب نوسانات فشار، بر اساس تغییرات عمق بالشتک آب به قطر جت $\frac{Y}{B_j}$ ۹۹
- شکل (۴-۶): تغییرات ضریب C'_p بر اساس تغییر نسبت ۱۰۰
- شکل (۴-۷): نمودار شماتیک از مقادیر ماکزیمم و مینیمم نوسانات فشار های دینامیکی در کف ۱۰۲
- شکل (۴-۸): ضریب مقادیر حدی مثبت C_p^+ در مقابل $\left(\frac{Y}{B_j}\right)$ ۱۰۲
- شکل (۴-۹): ضریب مقادیر حدی مثبت C_p^- در مقابل $\left(\frac{Y}{B_j}\right)$ ۱۰۳

فهرست

شکل (۴-۱۰): توابع چگالی احتمال فشار برای ضخامت های مختلف بالشتک آب..... ۱۰۵

فهرست جداول

جدول (۲-۱): ضریب K_c در محاسبه طول هسته جت L_c بر اساس نتایج تحقیقات مختلف..... ۲۱

جدول (۲-۲): شدت آشفستگی اولیه جت با توجه به شکل خروجی جت ۲۶

جدول (۲-۳): خلاصه روابط ارائه شده جهت محاسبه طول فروپاشیدگی..... ۳۰

جدول (۲-۴): ضرایب متغییر تابع چند جمله ای C'_p متناظر با مقادیر متفاوت شدت آشفستگی جت..... ۴۱

جدول (۲-۵): مقایسه نحوه توزیع انرژی جنبشی جت بر اساس فرکانس..... ۴۷

فصل اول

مقدمه و هدف

مقدمه

استفاده از پرتابه های جامی¹ شکل در سدها، بعلت نیروهایی که جریان خروجی از آنها در محل برخورد به بستر پایین دست وارد و منجر به آبشستگی می شود، در مقایسه با سازه های دیگر، نیاز به بررسی و مطالعه بیشتری دارند. این نوع سازه را، در مکان های که بستر مقاومت کافی دارد، می توان استفاده کرد. اغلب در پایین دست این سازه برای جلوگیری از برخورد مستقیم جت خروجی با کف رودخانه از حوضچه های استغراق² استفاده می شود.

کارایی حوضچه های استغراق اساساً به کیفیت ناحیه ای که جت جریان به آن برخورد می کند بستگی دارد. چنانچه ناحیه برخورد ویژگی های متفاوت با آنچه در طراحی در نظر گرفته شده داشته باشد، ممکن است به وارد شدن خسارت هایی به سازه سد منجر شود. اغلب مشاهده شده است که پیش بینی های زمین شناسی، شرایط مناسبی را نشان می دهد، اما آبشستگی بسیار بیشتر از مقدار پیش بینی شده آن بوده است.

به طور کلی دو نوع ساختمان حوضچه استغراق با توجه به هندسه جت خروجی از سرریز سد وجود دارد. نوع اول حوضچه های مربوط به جت های دایره ای³ هستند که برای مثال حوضچه استغراق سد Morrow Point در آمریکا (شکل 1-1) را می توان نام برد [14].

نوع دوم حوضچه های استغراق مربوط به جریان جت های مستطیلی⁴ و یا تیغه ای می شوند که به عنوان نمونه در سد های Eume، Baserca و El Atazar در اسپانیا، سد Gebidem در سویس و سد

1- Ski jump

2- Plunge pool

3- circular jet

4- rectangular jet or nappe flow

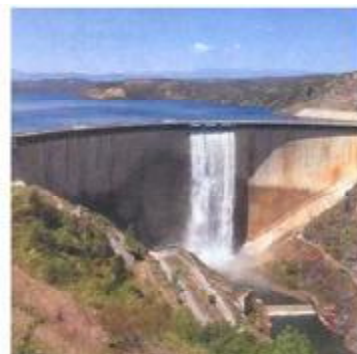
Crystal در آمریکا، مورد استفاده قرار گرفته اند. در شکل (1-2)، نمونه هایی از سدهایی که سیستم استهلاک انرژی در آن ها با این نوع حوضچه استغراق است، نشان داده شده اند.



شکل (1-1): سد Morrow Point



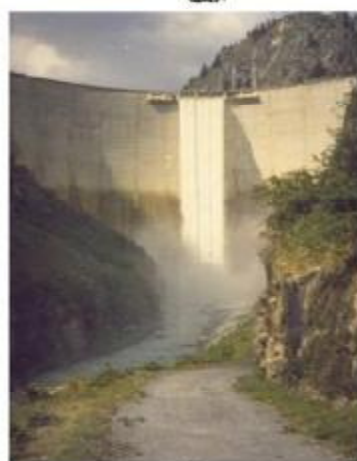
ب



الف



د



ج

شکل (1-2): سد El Atazar (الف)، سد Crystal (ب)، سد Gebidem (ج)، سد Gebidem (د)

حوضچه های استغراق در ایران در سد های خراسان 3، شهید رجایی، سد منجیل و کارون 3 به منظور استهلاک انرژی جریان خروجی از سرریزها مورد اجرا قرار گرفته اند که در شکل زیر حوضچه استغراق سد کارون 3 نشان داده شد است.

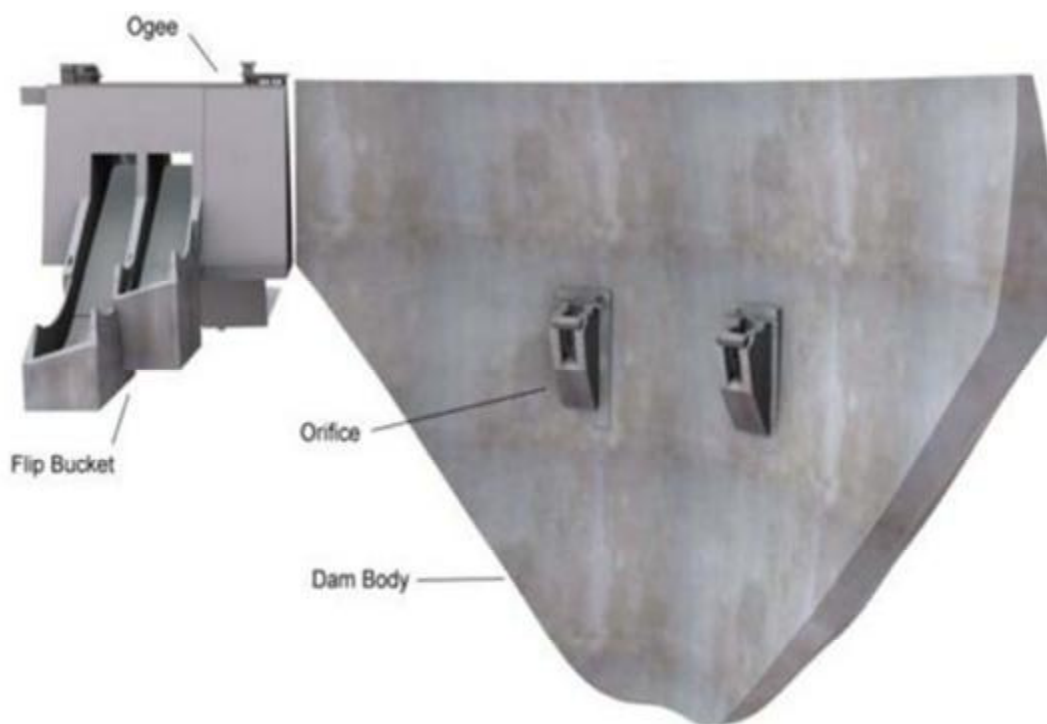


شکل (1-3): حوضچه استغراق سد کارون 3

امنیت و پایداری سد بایستی به ازای سیل عبوری از سرریز تامین گردد. بر حسب نوع سرریزها، جت های با سرعت بالا ایجاد می شوند که پس از عبور از سازه های کاهش دهنده انرژی - در این جا حوضچه استغراق مد نظر است- به نحوی به تراز پایاب سد که در فاصله کافی از سازه سد قرار دارد، منتقل می گردند.

از آن جا که فرسایش ناشی از جت های ریزشی با سرعت بالا قادر به فرسایش شدید بستر حتی تا حد پی بستر نیز هستند، بایستی از ایجاد ناپایداری دیواره های دره برحذر بود به خصوص که ناپایداری در دیواره ها منجر به ناپایداری پی و سازه سد نیز خواهد شد. این حالت به خصوص در مواقعی که سازه سرریز در خود سازه سد ساخته شده و ناحیه برخورد جت به سد نزدیک است، اتفاق می افتد.

شرایط فرسایش در زمانی که طرح، به صورت سد قوسی¹ بلند در درّه تنگ و سیل طراحی زیاد باشد، می-تواند بسیار مخرب باشد. به عنوان مثال در طرح سد کارون 3 به منظور عبور سیلاب طرح از سه نوع سرریز مختلف به شرح شکل (4-1) استفاده شده است، که به منظور مستهلک نمودن آب خروجی از این سرریزها و انتقال جریان به پایاب سد همان طور که در شکل (3-1)، نشان داده شده از یک حوضچه استغراق به طول 400 متر، عرض 70 متر و ارتفاع 50 متر، استفاده شده است.



شکل (4-1): سرریز های سد کارون 3

بررسی اطلاعات موجود نشان می دهد که حوضچه های استغراق در شرایطی مؤثر می باشند که: الف) عمق پایاب نامعلوم باشد، چرا که محاسبه محل وقوع جهش هیدرولیکی و در نهایت حوضچه آرامش امکان پذیر نخواهد بود.

1- Arch dam

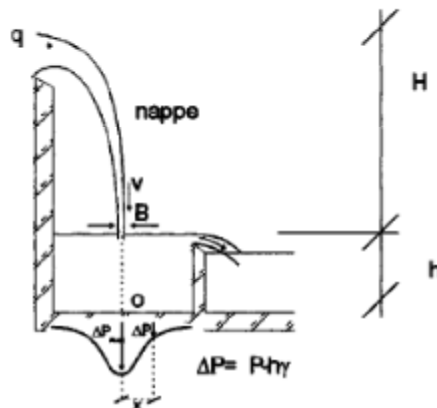
ب) تشکیلات سنگ کف مناسب باشد.

ج) آبشستگی ایجاد شده، سازه های مجاور را در معرض خطر قرار ندهد.

د) فضای پایین دست سازه برای حوضچه آرامش معمول کافی نباشد و یا حوضچه آرامشی با ابعاد بسیار بزرگ نیاز باشد (که معمولاً برای سدهای بلند چنین است).

یک حوضچه استغراق در واقع یک استخر عمیق است که جت آب به داخل آن ریزش می کند. این جت وارد حوضچه شده و انرژی اش به کمک عملکرد لایه برشی آب و مرزهای حوضچه گرفته می شود (شکل 5-1).

حوضچه های استغراق یا به طور طبیعی در بستر رودخانه در نظر گرفته می شوند و یا به طور مصنوعی توسط سنگ یا بتن ساخته می شوند [29].



شکل (5-1): شمای کلی از نحوه عملکرد حوضچه استغراق مصنوعی [۳۹]

ورود جت به داخل حوضچه، باعث مستهلک شدن مقدار قابل توجهی از انرژی جت آب در اثر عواملی چون اصطکاک هوا و هواگیری جت در اتمسفر¹، پودر شدن جریان آب در هوا²، برخورد به سطح آب

¹ Aeration in air

² Atomization in the air

حوضچه، ورود هوای در برگیرنده جت¹، نفوذ و پخش² در بالشتک آب و نهایتاً برخورد با کف و ایجاد تلاطم در حوضچه و نوسانات سطح آب می گردد. این فعل و انفعالات همراه با تشدید آشفستگی جریان و نوسانات شدید فشار همراه است.

افزایش عمق آب در داخل حوضچه های استغراق باعث کاهش تأثیرات هیدرودینامیک جت بر کف و دیواره ها و در نتیجه بی نیازی از تثبیت و پایداری آن می گردد. اما نیاز به عمق بیشتر حوضچه دارد که معمولاً هزینه مضاعفی را در بر خواهد داشت.

از طرف دیگر با کاهش عمق آب حوضچه، اثرات جت بر کف و دیواره ها قابل توجه بوده و لذا تمهیدات لازم در تحکیم و پوشش نمودن کف و دیواره ها با ضخامت مناسب مد نظر قرار می گیرد. همچنین شرایط هندسی و هیدرولیکی جت ورودی به داخل حوضچه، تأثیر مستقیم بر شدت توزیع بارگذاری کف و دیواره های حوضچه دارد. بطور کلی طراحی حوضچه های استغراق طبیعی³ بر مبنای تعیین عمق آبشستگی با استفاده از متغیرهای: دبی، عمق پایاب، اختلاف ارتفاع سطح آب مخزن تا پایاب، ابعاد و هندسه جت ریزشی و اندازه مصالح بستر پایین دست می باشد. در بعضی شرایط به دلایل اقتصادی و ایمنی، طراحی حوضچه با استفاده از عمق آبشستگی مناسب نمی باشد که در این صورت از حوضچه های پوشش داده یا مصنوعی استفاده می شود و طراحی بر اساس تعیین توزیع فشارهای وارد به کف و دیواره ها و حدود نوسانات آنها تحت تأثیر متغیرهای مؤثر شامل: دبی، سرعت، ارتفاع ریزش، ابعاد و هندسه جت ریزشی، عدد فرود، عمق آب در حوضچه ها و ابعاد آن، انجام می شود. ویژگی هایی چون غیرهمگنی، ناهمسانی و تغییرات سه بعدی خصوصیات جریان های متلاطم در سازه های مستهلک کننده انرژی و همچنین عدم وجود راه حل مشخص و معین برای تعیین فشارهای نوسانی در این سازه ها مانع

¹ Air entrainment by the entering jet

² Diffusion

³ Scour hole

از مطالعه دقیق تحلیلی این گونه جریان ها می باشد. در این موارد استفاده از مدل هیدرولیکی یکی از اساسی ترین روش ها برای بررسی و مطالعه متغیرهای هیدرولیکی از جمله فشار هیدرودینامیکی در این سازه ها می باشد.

سئوالات بسیاری در خصوص پدیده استهلاک انرژی در حوضچه های استغراق مطرح است و اشتیاق پاسخگویی به این پرسش های مبنای بسیاری از تحقیقات و مطالعات در این زمینه را در طول چندین دهه اخیر مهیا کرده است. برخی از این پرسش ها و ابهامات به شرح زیر عنوان شده اند:

-چنان چه جت با زاویه وارد حوضچه شود چه اتفاقی خواهد افتاد؟

-میزان فشردگی جت حین ورود به حوضچه چقدر است؟ کاهش فشارهای وارده در اثر پخش جت، تا چه اندازه است؟

-آیا هوای ورودی به جت میزان فشارهای وارده به حوضچه را کاهش می دهد؟

-تاثیر سطح مقطع جریان چگونه است؟

-تاثیر هندسه حوضچه به چه نحوی است؟

-آیا پایه های جدا کننده جریان¹ یا سایر سازه های مشابه قادر به کاهش شدت فشارهای وارده هستند؟

-مکانیزم های تخریب کدام اند؟

-عرض درزه و شکاف های کف چه تاثیری بر نیروی بالابر وارده دارد؟ مکانیزم و نحوه انتقال امواج فشار

از طریق درزه ها به زیر دال به چه نحوی است؟

-آیا به کمک فرمول ها و روش های ریاضی می توان الگوی پیچیده جریان آشفته موجود در حوضچه را

شبیه سازی کرد؟

-تاثیر سرعت و دبی جت بر فشارهای دینامیکی وارد بر کف و دیواره ها چگونه است؟

1- Deflector