دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی علوم آب

شماره پایان نامه : ۹۲۳۳۵۰۷

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب

گرایش سازه‌های آبی

عنوان :

فشارهای دینامیکی ناشی از برخورد جت‌های قائم دایره‌ای آزاد به سطوح زبر در زوایای مختلف

استاد راهنما:

دکتر منوچهر فتحی مقدم

استاد مشاور:

دکتر احمد فتحی

نگارنده :

ماهر عبیداوی

تیرماه ۱۳۹۲

تقدیم به

آموزگار دوست داشتن، مادر نازنینم.

استاد زندگی، پدرم که الفبای مهندسیم آموخت

تقدیم به

جامعه مهندسان سدساز ایران زمین. بزرگمردانی که از خاک و آب این دیرینه آب و خاک، سدها برپا داشتند. امید که مرا یارای آن باشد، بی هراس از تاریکی، شمع برفروزم در کهن مرز و بومم.

ماهر عبیداوی

تابستان ۹۲

تشکر و قدردانی

سپاس بی کران خداوندی را که اول است بدون آنکه پیش از او اولی بوده و آخر است بی آنکه پس از او آخری باشد.

ژرف ترین سپاس خود را از زحمات بی شائبه استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر فتحی مقدم ابراز می دارم که در سایه رهنمودهای عالمانه شان توانستم گامی کوچک در پهن دشت لایتناهی علم و معرفت بردارم.

از جناب آقای دکتر فتحی به خاطر مشاوره و کمک های بی دریغ ایشان در به انجام رساندن این پایان نامه کمال تشکر را دارم.

همچنین شایسته است از استادان عالی قدر جناب آقای دکتر شفاعی بجستان و جناب آقای دکتر موسوی جهرمی که زحمت داوری این پایان نامه را عهده دار شدند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

با سپاس از خواهران عزیزم آنان که همواره در کنارم بودند، همراهان و همدلانی بزرگ در زمانی به درازای یک عمر که هرگز محبتشان به واژه و عبارت تصویر نخواهد شد.

در انتها نیز از محبت های خالصانه دوستان عزیزم جناب آقای مهندس مصطفی آزادی و جناب آقای مهندس فرید الدین هدایی و جناب آقای مهندس امیر علی ملتجی که همواره مرا با ارائه نظرات ارزشمندشان یاری نمودند، ممنون و سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱ اهمیت مسئله	۱
۱-۲ پیشینه تحقیق	۵
۱-۳ اهداف تحقیق	٦
۱-٤ ساختار پایان نامه	۸
فصل دوم: تئوری وپیشینهٔ تحقیق	۹
۲-۱ مقدمه	۹
۲-۲ مدل های موجود برآورد میزان فرسایش	۱۰
الف) مدل های تجربی	۱۰
ب) مدل های تحلیلی- تجربی	۱۲
ج) مدل محاسبه فشارهای دینامیکی نهایی در کف حوضچه	۱۲
د) مدل محاسبه اختلاف فشارهای دینامیکی در کف حوضچه	۱۳
۲-۳ خصوصیات جت	۱۷
۲- ۳-۱ تئوری پخش دو بعدی جت	۱۷
۲-۳-۲ طول هسته و زاویه پخش جت	۱۹
۲- ۳-۳ نواحی مختلف در برخورد جت به حوضچه	۲۱
۲- ۳-٤ شدت آشفتگی و طول شکست	۲۲

۲-۳-۵ توزیع سرعت جت آب	۳۱
۲-٤ فشار دینامیکی ناشی از برخورد جت در حوضچه استغراق	۳٤
۲-٤-۱ میانگین فشارهای دینامیکی	۳٤
۲-٤-۲ عوامل مؤثر بر کاهش فشارهای دینامیکی	۳۸
الف) پراکندگی و تجزیه جت در مقطع ورود به حوضچه	۳۸
ب) اثر ورود هوا بر کاهش فشار دینامیکی وارد بر کف حوضچه	۳۸
۲-٤-۳ جذر میانگین مربعات (RMS) نوسانات فشار	۳۹
۲-٤-٤ عوامل مؤثر بر ضریب نوسانات فشار	٤۲
الف) تجزیه یا فروپاشی جت	٤۲
ب) هواگیری جت	٤۳
۲- ٤- ۵ تغییرات ضریب نوسانات فشار C'_{pa} با تغییرات سرعت جت V_j	٤۳
۲- ٤- ٦ حداکثر و حداقل نوسانات فشار (مقدار حدی فشارهای نوسانی)	٤٤
۲-۵ مروری بر کارهای گذشته انجام شده در دانشگاه شهید چمران اهواز	٤۹
۲- ٦ جمع بندی	۵۱
فصل سوم: مواد و روش‌ها	۵٤
۳-۱ مقدمه	۵٤
۳-۲ تجهیزات آزمایشگاهی	۵۵
۳-۲-۱ معرفی مدل آزمایشگاهی	۵۵
۳-۲-۲ معرفی تجهیزات آزمایش	٦۰

۳-۲-۲-۱ جریان سنج ۶۰

۳-۲-۲-۲ نازل‌های خروجی ۶۲

۳-۲-۲-۳ فشار سنج الکتریکی ۶۲

۳-۲-۲-٤ تقویت کننده سیگنال‌های الکتریکی (Amplifier) ۶۳

۳-۲-۲-۵ پردازش‌گر اطلاعات (Data Tarnslation) ٦٤

۳-۲-۲-٦ نرم افزار پردازش‌گر اطلاعات (Data Translation Scope) ٦۵

۳-٤ روش انجام آزمایش‌ها ٦٦

۳-۵ آنالیز ابعادی پارامترهای وابسته ٦۸

فصل چهارم: نتایج و بحث ۷۵

٤-۱ مقدمه ۷۵

٤-۲ اثر ارتفاع ریزش بر میانگین فشارهای دینامیکی ۷۵

٤-۳ هسته‌ی جت ۸۰

٤-۳ اثر ارتفاع ریزش بر فشارهای دینامیکی لحظه‌ای در روزنه‌ی مرکزی ۸۳

٤-۳-۱ اثر ارتفاع ریزش بر فشار دینامیکی حداکثر (H_{max}) ۸۳

٤-۳-۲ اثر ارتفاع ریزش بر فشار دینامیکی حداقل (H_{min}) ۸٤

٤-٤ ضریب میانگین فشارهای دینامیکی(Cp) ۸۵

٤-٤-۱ اثر تغییرات ضریب $\frac{L}{D_j}$ بر تغییرات ضریب میانگین فشارهای دینامیکی C_p ۸۵

٤-٤-۲ تأثیر افزایش فرود جریان بر ضریب میانگین فشارهای دینامیکی C_p ۸۸

٤- ۵ حداکثر و حداقل مقادیر نوسانات فشارهای دینامیکی ۹۲

٤-٥-١ ضریب فشار دینامیکی حداکثر C_p^+ ٩٣

٤-٥-٢ ضریب فشار دینامیکی حداقل C_p^- ٩٨

٤-٦ اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی ١٠٣

٤-٦-١ اثر زاویه‌ی برخورد جت جریان بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح صاف ١٠٣

٤-٦-٢ اثر زاویه‌ی برخورد جت جریان بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح زبر ١٠٦

٤-٦ اثر زبری بر فشارهای دینامیکی ١٠٩

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ١١٣

٥-١ مقدمه ١١٣

٦-١ نتایج تحقیق ١١٣

٦-٣ پیشنهادات ١١٦

منابع ١١٧

ضمیمه ١٢١

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱) حوضچه استغراق سد کارون۳	۲
شکل (۱-۲) حوضچه استغراق سد کارون۳	۳
شکل(۱-۳) حوضچه استغراق سد کارون۳	۳
شکل (۲-۱) پارامترهای اصلی و فرآیندهای فیزیکی- مکانیکی مؤثر در شکل‌گیری فرسایش	۱۱
شکل (۲-۲) اختلاف فشارهای آنی وارد بر بلوک سنگی در معرض لایه برشی جت ریزشی	۱٤
شکل (۲-۳) توزیع میانگین فشار اطراف دال با درزه‌های باز	۱٦
شکل (۲-٤) نمایش نحوه پخش دو بعدی جت و طول هسته جت (ناحیه گسترش جت) و زاویه داخلی پخش جت و ناحیه اصلی برخورد	۱۸
شکل (۲-۵) حوضچه استغراق: الف) جت با هسته $\left(\frac{y}{D_j \text{ or } B_j} > 4-6\right)$، ب) جت توسعه یافته $\left(\frac{y}{D_j \text{ or } B_j} < 4-6\right)$	۲۰
شکل (۲-٦) شمای کلی نحوه پخش جت و مراحل ورود هوا به آن	۲٤
شکل (۲-۷) شدت آشفتگی اولیه متوسط و موضعی جت در محور مرکزی	۲٤
شکل (۲-۸) خصوصیات جت در حال سقوط و نحوه شکست آن	۲۷
شکل (۲-۹) تعریف هندسه جت دایروی و توزیع سرعت در امتداد جت	۳۲
شکل (۲-۱۰) تعریف پارامترهای فیزیکی برخورد جت به صفحه صاف	۳۳
شکل (۲-۱۱) ضریب میانگین فشارهای دینامیکی C_P به صورت تابعی از $\left(\frac{Y}{D_j}\right)$	۳۵

شکل (۲-۱۲) ضریب C_{pa} به صورت تابعی از $\frac{y}{D_j}$ ۳۷

شکل (۲-۱۳) تغییرات ضریب c'_p بر اساس $\frac{Y}{D_j}$ ٤۰

شکل (۲-۱٤) تغییرات ضریب c'_{pa} بر اساس $\frac{Y}{D_j}$ ٤۱

شکل (۲-۱۵) تغییرات ضریب $\frac{L}{L_b}$ بر اساس تغییر ضریب $\mathbf{c'_p}$ ٤۲

شکل (۲-۱٦) تغییرات ضریب C'_{pa} بر اساس تغییر نسبت هوا (β) و درجه تجزیه جت $\frac{L}{L_b}$ ٤۳

شکل (۲-۱۷) تغییرات ضریب نوسانات فشار V_j با تغییرات سرعت جت C'_{pa} ٤٤

شکل(۲-۱۸) تغییرات مقادیر حدی فشار (a) $C_{pa}+$ و (b) $C_{pa}-$ ٤۷

شکل(۳-۱) شیر ورودی تأمین آب مدل و لوله‌ی PVC ۵۵

شکل(۳-۲) مخزن آب آزمایشگاه مهندسی علوم آب ۵٦

شکل(۳-۳) سطح زبر به‌کار رفته در آزمایش ۵۷

شکل(۳-٤) روزنه‌های تعبیه شده بر روی صفحه برداشت فشار و نحوه چیدمان آنها ۵۸

شکل(۳-۵) شماتیکی از مدل برداشت فشاهای دینامیکی جت و پارامترهای مؤثر در آن ۵۹

شکل(۳-٦) جریان سنج Ultrasonic ٦۱

شکل(۳-۷) سنسورهای دبی سنج و فاصله‌ی آنها از همدیگر ٦۱

شکل(۳-۸) نازل‌های به‌کار رفته در آزمایش ٦۲

شکل(۳-۹) فشار سنج مورد استفاده در این تحقیق از نوع Eco، ۲/۵ بار ٦۳

شکل(۳-۱۰) نمایی از جلو و پشت تقویت‌کننده با ٦ کانال ورودی و خروجی ٦٤

شکل(۳-۱۱) نمایی از جلو و پردازش‌گر ۱۶ کاناله جهت ورود و یک کانال USB جهت خروج ۶۵

شکل(٤-١) روند تغییرات میانگین فشار نسبت به تغییرات ارتفاع ریزش برای D_o=3.7 cm ٧٦

شکل(٤-٢) روند تغییرات میانگین فشار نسبت به تغییرات ارتفاع ریزش برای D_o=4.4 cm ٧٦

شکل(٤-٣) روند تغییرات میانگین فشار نسبت به تغییرات ارتفاع ریزش برای D_o=5.2 cm ٧٧

شکل(٤-٤) روند تغییرات میانگین فشار نسبت به تغییرات ارتفاع ریزش برای D_o=7.9 cm ٧٧

شکل(٤-٥) نوسانات فشارهای دینامیکی برای ارتفاع ریزش ۳۰، ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ سانتی‌متر در نازل به قطر ۵/۲ سانتی‌متر ۸۲

شکل(٤-٦) روند تغییرات فشار دینامیکی حداکثر H_{max}، نسبت به تغییرات ارتفاع ریزش L ٨٣

شکل(٤-٧) روند تغییرات فشار دینامیکی حداقل H_{min}، نسبت به تغییرات ارتفاع ریزش L ٨٤

شکل(٤-٨) روند تغییرات C_p نسبت به تغییرات $\frac{L}{D_j}$ برای نازل D_o=3.7 cm ٨٦

شکل(٤-٩) روند تغییرات C_p نسبت به تغییرات $\frac{L}{D_j}$ برای نازل D_o=4.4 cm ٨٦

شکل(٤-١٠) روند تغییرات C_p نسبت به تغییرات $\frac{L}{D_j}$ برای نازل D_o=5.2 cm ٨٧

شکل(٤-١١) روند تغییرات C_p نسبت به تغییرات $\frac{L}{D_j}$ برای نازل D_o=7.9 cm ٨٧

شکل(٤-١٢) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) به تغییرات ضریب میانگین فشار C_p، D_o=3.7 cm ٨٩

شکل(٤-١٣) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات ضریب میانگین فشار C_p ، D_o=4.4 cm ٨٩

شکل(٤-١٤) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات ضریب میانگین فشار C_p ، D_o=5.2 cm ٩٠

شکل(٤-١٥) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات ضریب میانگین فشار C_p ، D_o=7.9 cm ٩٠

شکل(٤-١٦) نمایی از ضرایب حدی فشارهای دینامیکی و میانگین فشار ٩٢

شکل(٤-١٧) تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^+ نسبت به $\frac{L}{D_j}$ در نازل D_o=3.7 cm ٩٣

شکل(٤-١٨) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^+، D_o=3.7 cm ٩٣

شکل(٤-١٩) تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^+ نسبت به $\frac{L}{D_j}$ در نازل D_o=4.4 cm ٩٤

شکل(٤-٢٠) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^+، D_o=4.4 cm ٩٤

شکل(٤-٢١) تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^+ نسبت به $\frac{L}{D_j}$ در نازل D_o=5.2 cm ٩٥

شکل(٤-٢٢) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^+، D_o=5.2 cm ٩٥

شکل(٤-٢٣) تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^+ نسبت به $\frac{L}{D_j}$ در نازل D_o=7.9 cm ٩٦

شکل(٤-٢٤) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^+، D_o=7.9 cm ٩٦

شکل(٤-٢٥) تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^- نسبت به $\frac{L}{D_j}$ در نازل D_o=3.7 cm ٩٨

شکل(٤-٢٦) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات فشار دینامیکی حداقل C_p^-، D_o=3.7 cm ٩٨

شکل(٤-٢٧) تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^- نسبت به $\frac{L}{D_j}$ در نازل D_o=4.4 cm ٩٩

شکل(٤-٢٨) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات فشار دینامیکی حداقل C_p^-، D_o=4.4 cm ٩٩

شکل(٤-٢٩) تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^- نسبت به $\frac{L}{D_j}$ در نازل D_o=5.2 cm ١٠٠

شکل(٤-٣٠) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات فشار دینامیکی حداقل C_p^-، D_o=5.2 cm ١٠٠

شکل(٤-٣١) تغییرات فشار دینامیکی حداکثر C_p^- نسبت به $\frac{L}{D_j}$ در نازل D_o=7.9 cm ١٠١

شکل(٤-٣٢) اثر عدد فرود جریان (F_{rj}) بر تغییرات فشار دینامیکی حداقل C_p^-، D_o=7.9 cm ١٠١

شکل(٤-٢١) اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح صاف در نازل به‌قطر 3.7 cm ١٠٣

شکل(٤-٢٢) اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح صاف در نازل به‌قطر 4.4 cm ١٠٤

شکل(٤-٢٣) اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح صاف در نازل به‌قطر 5.2 cm ١٠٤

شکل(٤-٢٤) اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح صاف در نازل به‌قطر 7.9 cm ١٠٥

شکل(٤-٢٥) اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح زبر در نازل به‌قطر 3.7 cm ١٠٦

شکل(٤-٢٦) اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح زبر در نازل به‌قطر 4.4 cm ١٠٧

شکل(٤-٢٧) اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح زبر در نازل به‌قطر 5.2 cm ١٠٧

شکل(٤-٢٨) اثر زاویه‌ی برخورد جت بر میانگین فشارهای دینامیکی وارده بر سطوح زبر در نازل به‌قطر 7.9 cm ١٠٨

شکل(٤-٢٩) مقایسه‌ی میانگین فشارهای دینامیکی میان سطوح صاف و سطوح زبر برای زاویه برخورد ٩٠ درجه ١١٠

شکل(٤-٣٠) مقایسه‌ی میانگین فشارهای دینامیکی میان سطوح صاف و سطوح زبر برای زاویه برخورد ٦٠ درجه ١١٠

شکل(٤-٣١) مقایسه‌ی میانگین فشارهای دینامیکی میان سطوح صاف و سطوح زبر برای زاویه برخورد ٦٠ درجه ١١١

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول(۲-۱) ضریب K_c در محاسبه طول هسته جت L_c بر اساس نتایج تحقیقات مختلف ۱۹

جدول (۲-۲) شدت آشفتگی اولیه جت با توجه به شکل خروجی جت ۲۵

جدول(۲-۳) خلاصه روابط ارائه شده جهت محاسبه طول فروپاشیدگی ۳۱

جدول(۳-۱) تعداد آزمایش‌ها و متغیرهای آزمایش ٦۷

جدول(۳-۲) پارامترهای کاربردی در تحلیل ابعادی ۷۰

فهرست علائم

اصطلاحات	نمادها
دبی جریان	Q
سرعت جریان	V
سرعت جت در لحظه‌ی برخورد	V_j
انرژی جنبشی جت در لحظه‌ی برخورد	H_{vj}
طول ریزش	L
زاویه برخورد	θ
ضریب میانگین فشار	C_p
میانگین فشار	H_m
فشار لحظه‌ای	H
ضریب فشار دینامیکی حداکثر	C_P^+
فشار دینامیکی حداکثر	H_{max}
ضریب فشار دینامیکی حداقل	C_p^-
فشار دینامیکی حداقل	H_{min}
عدد فرود جریان	F_{r0}
عدد فرود جت	F_{rj}
قطر نازل	D_0

قطر جت جریان در نقطه‌ی برخورد	D_j
عدد بدون بعد معرف طول ریزش	$\frac{L}{D_j}$
عدد رینولدز جت	R_{ej}

چکیده

نام خانوادگی : عبیداوی	نام: ماهر	شماره دانشجویی : ۹۰۳۳۵۰۵

عنوان پایان نامه : فشارهای دینامیکی ناشی از برخورد جت‌های قائم دایره‌ای آزاد به سطوح زبر در زوایای مختلف

استاد/ اساتیدراهنما: دکتر منوچهر فتحی مقدم

استاد/ اساتید مشاور: دکتر احمد فتحی

درجه تحصیلی : کارشناسی ارشد	رشته : مهندسی کشاورزی	گرایش : سازه‌های آبی
دانشگاه : شهید چمران اهواز	دانشکده : مهندسی علوم آب	گروه : سازه‌های آبی

تاریخ فارغ التحصیلی : ۱۳۹۲ **تعداد صفحه: ۱۲۰**

کلید واژه ها : فشارهای دینامیکی، ارتفاع ریزش، فشار سنج الکتریکی، جت آزاد دایره‌ای، زاویه‌ی برخورد، زبری کف حوضچه استغراق.

امنیت و پایداری سد بایستی به ازای سیل عبوری از سرریز تأمین گردد. در بسیاری از سدهای بزرگ ایران همانند سد شهید رجایی و کارون۳ که در سالهای اخیر به بهره‌برداری رسیده‌اند در مواقع سرریز شدن سیلاب به نحوی عمل می‌کنند که جریان خروجی از سرریز آنها به صورت جت و به درون حوضچه‌ی استغراق ریزش می‌نماید. از مسائلی که در اثر جت ریزشی در پایین دست سازه‌های هیدرولیکی ایجاد می‌شود، استهلاک انرژی و فرسایش می‌باشد. یکی از سازه‌های مستهلک کننده‌ی انرژی در پایین دست سدها، حوضچه‌های استغراق می‌باشند.

هدف از این تحقیق بررسی حالاتی است که جریان خروجی از سرریز سد در حوضچه‌ی استغراق فرود نیاید. به‌بیان دیگر برای سدهایی که در دره‌های تنگ و عمیق و پیچ دار احداث می‌شوند به علت شرایط توپوگرافی منطقه، امکان احداث حوضچه با ابعاد بزرگ فراهم نباشد لذا احتمال این وجود دارد که جت جریان به حوضچه برخورد نکرده و با دیواره صخره‌ای مقابل تحت زاویه‌های مختلف اصابت نماید. فشار وارد شده می‌تواند باعث ایجاد ترک و در نهایت شکست صخره شود و دیگر اینکه به‌علت رسوب‌گیری در دریچه سرریز، دریچه نتواند به میزان کافی باز شود که جریان در درون حوضچه فرود آید. در این تحقیق با استفاده از حسگرهای سنجش لحظه‌ای فشار (Pressure transduser) با قابلیت ثبت و ذخیره فشارهای نوسانی به بررسی توزیع فشارهای دینامیکی در مدل ایجاد جت آب با زوایای مختلف، پرداخته شده است. پارامترهای این تحقیق شامل دبی جریان، ارتفاع ریزش، قطر نازل، زاویه برخورد و زبری کف حوضچه می-باشند که در مقدار و رفتار فشارهای دینامیکی نقش اساسی را دارا می‌باشند. بعد از آنالیز ابعادی اعداد بدون بعد F_{rj} , θ , $\frac{L}{D_j}$ استخراج گردید که $\frac{L}{D_j}$ معرف ارتفاع ریزش، θ معرف زاویه برخورد، F_{rj} معرف شرایط جریان است. آزمایش‌ها بر مبنای تأثیر هر یک از اعداد بدون بعد بر روی فشارهای دینامیکی صورت پذیرفت.

نتایج حاصله نشان می‌دهد با افزایش ارتفاع ریزش ($\frac{L}{D_j}$) ضریب میانگین فشارهای دینامیکی (C_P) کاهش می‌یابد. با افزایش ارتفاع ریزش ضرایب حدی فشارهای دینامیکی افزایش می‌یابند. ضریب میانگین فشار دینامیکی با افزایش دبی جریان افزایش می‌یابد. با کاهش زاویه‌ی برخورد جت با سطح، فشارهای دینامیکی کاهش می‌یابند و زبری نیز باعث افزایش فشارهای دینامیکی در محدوده‌ی برداشت‌های آزمایشگاهی گردید. افزایش ارتفاع ریزش به‌طور نسبی سبب افزایش میانگین فشارهای دینامیکی (H_m) می‌گردد. همچنین افزایش عدد فرود موجب افزایش متوسط فشار دینامیکی (H_m) شده به‌طوری‌که ابتدا افزایش و سپس کاهش C_P مشاهده می‌گردد و نیز ابتدا کاهش و سپس افزایش C_P^+ و C_P^- مشاهده شد. حداکثر مقدار C_P در محدوده اعداد فرود ۱۲/٤ الیٔ ۱٤/۸ می‌باشد و حداقل مقادیر C_P^+ و C_P^- در محدوده اعداد فرود ۱۰/۳ الیٔ ۱٤ قرار داشت.

فصل اول

مقدمه و هدف

۱-۱ اهمیت مسئله

امنیت و پایداری سد بایستی به ازای سیل عبوری از سرریز تأمین گردد. در بسیاری از سدهای بزرگ ایران همانند سد شهید رجایی و کارون۳ که در سالهای اخیر به بهره‌برداری رسیده‌اند در مواقع سرریز شدن سیلاب به نحوی عمل می‌کنند که جریان خروجی از سرریز آنها به‌صورت جت و به درون حوضچه‌ی استغراق[1] ریزش می‌نماید [۲]. از مسائلی که در اثر جت ریزشی در پایین دست سازه‌های هیدرولیکی ایجاد می‌شود، استهلاک انرژی و فرسایش می‌باشد. یکی از سازه‌های مستهلک کننده‌ی انرژی در پایین دست سدها، حوضچه‌های استغراق می‌باشند [۱]. کارایی حوضچه‌های استغراق اساساً به کیفیت ناحیه‌ای که جت جریان به آن برخورد می‌کند، بستگی دارد. چنانچه ناحیه برخورد ویژگی‌های متفاوت با آنچه در طراحی در نظر گرفته شده داشته باشد، ممکن است منجر به وارد شدن خسارت‌هایی به سازه سد گردد. اغلب مشاهده شده است که پیش بینی‌های زمین شناسی، شرایط مناسبی را نشان می‌دهد، 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 حوضچه‌های مربوط به جت‌های دایره‌ای[2] هستند و نوع دوم حوضچه‌های استغراق مربوط به جریان جت‌های مستطیلی[3] و یا تیغه‌ای می‌باشند.

به‌طور کلی طراحی حوضچه‌های استغراق بر مبنای تعیین عمق آبشستگی با استفاده از پارامترهایی همچون دبی، عمق پایاب، اختلاف سطح آب مخزن تا پایاب و اندازه‌ی مصالح بستر پایین دست می‌باشد. در بعضی شرایط به‌دلایل اقتصادی و ایمنی، طراحی حوضچه با استفاده از عمق

1- Plunge pool
2- Circular jet
3- Rectangular jet or nappe flow