بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران-آب

بررسی آزمایشگاهی پدیده فراآب در بالادست پایه‌های پل

استاد راهنما:

دکتر نصرت الله امانیان

پژوهش و نگارش:

صبا نیک‌خواه

۱۳۹۱

یاد بعضی نفرات

روشنم می‌دارد

قوّتم می‌بخشد

ره می‌اندازد

و اجاق کهن سرد سرایم

گرم می‌آید، از گرمی عالی دمشان

نام بعضی نفرات

رزق روحم شده است

وقت هر دلتنگی

سویشان دارم دست

جرأتم می‌بخشد

روشنم می‌دارد

((نیما))

تقدیم

به

پدرم

مادرم

و همسر صبور و مهربانم

قدردانی

خالق بی‌همتا و مهربان را سپاس می‌گویم از اینکه مرا مورد لطف و مرحمت خود قرار داد همانگونه که هر لحظه زندگی‌ام بی لطف او نگذشته است و با سپاس فراوان از استاد محترم جناب آقای دکتر نصرت الله امانیان و استاد محترم مشاور جناب آقای مهندس مسعود زینی که مشوق و راهنمای من در انجام این پروژه بودند.

چکیده:

با احداث یک پل در مسیر رودخانه معمولاً عرض طبیعی جریان کاهش می‌یابد و لذا مانعی در برابر جریان به وجود می‌آید. برای اینکه عبور جریان از میان پایه‌های پل با حداقل انرژی مخصوص ممکن گردد، عمق آب در بالادست پل افزایش پیدا خواهد کرد. این افزایش عمق را فرا آب[1]می-نامند و تغییرات آن با فاصله از بالادست پل را پروفیل برگشت آب می‌نامند.

تحقیقات نشان می‌دهد که هر چه پهنای دهانه پل نسبت به عرض مجرا کمتر باشد، میزان فرا آب و برگشت آب بیشتر خواهد بود. به عبارت دقیق‌تر، آب بیشتر بالا خواهد آمد و هم چنین این اثر تا فاصله دورتری از بالادست پل ادامه پیدا خواهد کرد.

اهمیت موضوع هنگامی مشخص می‌گردد که بخواهیم مناطق خاص و مهمی در بالادست پل را از سیلاب محافظت نماییم. قبل از احداث پل باید برآورد مناسبی از میزان فراآب بدست آید و بر اساس این میزان پیش بینی شده، هزینه عملیات ساماندهی در بالادست پل بررسی گردد. یکی از پارامترهای بسیار مهم در طراحی پل‌ها، همین میزان فراآب می‌باشد.

بررسی مطالعات انجام گرفته در زمینه فراآب گویای این واقعیت است که اطلاعات جامع و کاملی در این زمینه وجود ندارد و در اکثر تحقیقات انجام شده، پارامترهای موثر بر روی فراآب به طور کامل و دقیق در نظر گرفته نشده‌اند. با توجه به این موضوع، مطالعات آزمایشگاهی حاضر به منظور بررسی دقیق‌تر پارامترهای موثر بر روی فراآب و نحوه ارتباط آن‌ها با فراآب انجام گرفته است. با توجه به مطالعات گذشته در مورد فراآب، می‌توان نشان داد که پارامترهایی نظیر عدد فرود، نسبت انقباض[2]، زاویه محور پایه پل با جهت جریان و شکل پایه پل در میزان فراآب موثر می‌باشند. در این تحقیق آزمایشگاهی، چهار شکل مختلف برای پایه پل انتخاب گردید. کار در فلومی به طول دوازده متر انجام گرفت. برای هر شکل بجز پایه استوانه‌ای شکل سه نسبت طول به عرض و برای هر نسبت طول به عرض چهار عدد پایه در نظر گرفته شد. با انجام آزمایشات مربوطه، هدف اصلی تحقیق پیرامون نحوه ارتباط نسبت طول به ضخامت پایه پل و مقدار فراآب می‌باشد. در کنار این هدف نحوه ارتباط دیگر متغیرها با میزان فراآب نیز مورد بررسی دقیق قرار گرفت. نتایج حاصله

[1] Afflux
[2] contraction Ratio

نشان می‌دهد که با افزایش عدد فرود، مقدار فراآب زیاد می‌شود و نیز با افزایش تعداد پایه‌ها در مسیر جریان، عدد فرود باید بیشتر مورد توجه قرار بگیرد. با افزایش زاویه محور پایه پل با جهت جریان، فراآب بیشتری خواهیم داشت که در زوایای بالاتر روند افزایشی فراآب نسبت به زیاد شدن زاویه بیشتر می‌شود. علاوه بر این در شرایط برابر هر چه نسبت انقباض کمتر باشد، یا به عبارت دیگر تعداد پایه‌های واقع در مسیر جریان بیشتر باشد، فراآب بیشتری ایجاد می‌گردد و نیز پایه با نسبت طول به ضخامت بزرگ‌تر، فراآب بیشتری تولید می‌کند.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی منجر به ارائه رابطه جدیدی جهت برآورد مقدار فراآب شد.

کلمات کلیدی: فراآب، پایه‌های پل، عدد فرود، نسبت انقباض، شکل پایه

فهرست مطالب

فصل اول- مقدمه

۱-۱- کلیات ۳

۱-۱-۱-مطالعات اولیه در طرح پل‌ها ۳

۱-۱-۲-فراآب ۴

۱-۱-۳-تقسیم‌بندی جریانها در هیدرولیک پل ۵

فصل دوم- تحلیل جریان بالادست پایه‌های پل (رابطه تحلیلی فراآب)

۲-۱-رابطه تحلیلی فراآب ۱۱

فصل سوم- مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه فراآب

فصل چهارم- آنالیز ابعادی و تشریح آزمایشات

۴-۱-آنالیز ابعادی ۲۹

۴-۲- مشخصات آزمایشگاه ۲۹

۴-۳- مشخصات پایه‌های پل ۳۳

۴-۴- مراحل انجام آزمایشات ۳۸

فصل پنجم- تجزیه و تحلیل و ارائه رابطه نهایی

۵-۱- مقدمه ۴۳

۵-۲- اثر پایه‌های پل بر روی پروفیل جریان ۴۳

۵-۳- بررسی موثر بودن پارامترهای در نظر گرفته شده ۴۶

۵-۳-۱- بررسی اثر عدد فرود بر روی فراآب ۴۶

۵-۳-۲- بررسی اثر σ بر روی فراآب ۵۳

۵-۳-۳- بررسی اثر پارامتر زاویه پایه نسبت به جریان بر روی فراآب ۵۳

۵-۳-۴- بررسی اثر شکل پایه بر فراآب ۵۴

۵-۳-۵- بررسی پارامتر نسبت طول به ضخامت پایه ۵۵

۵-۴- تحلیل نهایی ۶۰

۵-۴-۱- رابطه فراآب در پایه دایره‌ای شکل ۶۰
۵-۴-۲- رابطه فراآب در پایه ذوزنقه‌ای شکل ۶۱
۵-۴-۳- رابطه فراآب در پایه گرده ماهی شکل ۶۲
۵-۴-۴- رابطه فراآب در پایه مستطیلی شکل ۶۳
۵-۵- جمع‌بندی روابط ۶۴
۵-۶- بحث و مقایسه با نتایج سایر محققین ۶۵

فصل ششم- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری ۶۹
۶-۲- پیشنهادات ۶۹
۶-۲-۱- بررسی تاثیر پارامتر شیب بر روی فراآب ۷۰
۶-۲-۲- بررسی تاثیر فواصل قرارگیری پایه‌ها از یکدیگر بر میزان فراآب ۷۰
۶-۲-۳- کم کردن تعداد پایه‌ها با افزایش ضخامت ۷۰

فهرست اشکال

شکل۱-۱: مشخصات پدیده فراآب ۵

شکل ۱-۲: پروفیل طولی جریان نوع اول ۶

شکل ۱-۳: پروفیل طولی جریان نوع دوم ۶

شکل ۱-۴: پروفیل طولی جریان نوع سوم ۷

شکل ۱-۵: شمای جریان آب از بین پایه‌های پل ۷

شکل ۲-۱: نمایی از جزئیات ۱۱

شکل ۲-۲: تغییرات F_1^* نسبت به h_1/d ۱۴

شکل ۲-۳: تغییرات ψ نسبت به F_1/F_1^* ۱۴

شکل ۳-۱: جریان گذرنده از میان پایه پل ۱۸

شکل ۳-۲: مقادیر **β** در معادله Nagler ۲۰

شکل ۳-۳: مقایسه روابط تجربی مختلف برای محاسبه فراآب ۲۲

شکل ۳-۴: شکل‌های مختلف پایه‌ها در معادله قدسیان ۲۴

شکل ۴-۱: مشخصات فلوم ۳۰

شکل ۴-۲: فلوم آزمایشگاه از زوایای مختلف ۳۱

شکل ۴-۳: فلوم آزمایشگاه از زوایای مختلف ۳۲

شکل ۴-۴: عمق سنج مورد استفاده برای اندازه‌گیری ارتفاع آب ۳۲

شکل ۴-۵: اشکال مختلف پایه‌ها ۳۳

شکل ۴-۶: ابعاد مختلف پایه‌ها ۳۴

شکل ۴-۷: شکل پروفیل آب در حالت $Q=۷۵\ m^3/h$، $\theta=۱۵^\circ$ و $L/t=۴$ در پایه گرده ماهی شکل ۳۶

شکل ۴-۸: آشفتگی جریان پایین‌دست $Q=۳۵\ m^3/h$، $\theta=۰^\circ$، $L/t=۱۵$ و $\sigma=۰/۸۷۷$ ۳۷

شکل ۴-۹: موقعیت پایین‌دست جریان و پایه‌های پل در حالت $Q=۵۵\ m^3/h$، $\theta=۲۰^\circ$ ۳۷

شکل ۴-۱۰: دریچه انتهایی جهت تغییر سطح آب در یک دبی ثابت ۳۸

شکل ۵-۱: پروفیل سطح آب در بالادست پایه پل برای شکل‌های مختلف در حالت $Q=۷۵\ m^3/h$، $\sigma=۰/۶۳۱$ و $\theta=۰^\circ$ ۴۴

شکل ۵-۲: پروفیل سطح آب در بالادست پایه پل گرده ماهی شکل برای بازشدگیهای مختلف در حالت $Q=۷۵\ m^3/h$، $L/t=۷$ و $\theta=۰^\circ$ ۴۴

شکل ۵-۳: پروفیل سطح آب در بالادست پایه پل ذوزنقه‌ای شکل برای نسبتهای طول به ضخامت مختلف در $Q=۵۵\ m^3/h$، $\sigma=۰/۸۷۷$ و $\theta=۰^\circ$ ۴۵

شکل ۵-۴: پروفیل سطح آب در بالادست پایه پل ذوزنقه‌ای شکل نسبتهای طول به ضخامت مختلف در حالت $Q=۵۵\ m^3/h$، $\sigma=۰/۸۷۷$ و $\theta=۲۰^\circ$ ۴۵

شکل ۵-۵: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\theta=۰^\circ$ پایه مستطیل شکل برای بازشدگی‌های مختلف در $L/t=۴$ ۴۷

شکل ۵-۶: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\theta=۱۰^\circ$ پایه مستطیل شکل برای بازشدگی‌های مختلف در $L/t=۴$ ۴۸

شکل ۵-۷: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\theta=۱۵^\circ$ پایه مستطیل شکل برای بازشدگی‌های مختلف در $L/t=۴$ ۴۸

شکل ۵-۸: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\theta=۲۰^o$ پایه مستطیل شکل برای بازشدگی‌های مختلف در $L/t=۴$ ۴۹

شکل ۵-۹: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\theta=۰^o$ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای بازشدگی‌های مختلف در $L/t=۷$ ۴۹

شکل ۵-۱۰: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\theta=۱۰^o$ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای بازشدگی‌های مختلف در $L/t=۷$ ۵۰

شکل ۵-۱۱: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\theta=۱۵^o$ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای بازشدگی‌های مختلف در $L/t=۷$ ۵۰

شکل ۵-۱۲: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\theta=۲۰^o$ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای بازشدگی‌های مختلف در $L/t=۷$ ۵۱

شکل ۵-۱۳: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۸۷۷ پایه گرده-ماهی شکل برای زاویه‌های مختلف در L/t=۴ ..... ۵۱
شکل ۵-۱۴: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۶۳۱ پایه مستطیلی شکل برای زاویه‌های مختلف در L/t=۴ ..... ۵۲
شکل ۵-۱۵: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۷۵۴ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای زاویه‌های مختلف در L/t=۱۰ ..... ۵۲
شکل ۵-۱۶: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۸۷۷ در چهار شکل پایه‌ی موجود برای L/t=۴ ..... ۵۵
شکل ۵-۱۷: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۶۳۱ در چهار شکل پایه‌ی موجود برای L/t=۴ ..... ۵۵
شکل ۵-۱۸: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۸۷۷ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای نسبت‌های طول به ضخامت مختلف در □ θ=۰ ..... ۵۷
شکل ۵-۱۹: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۸۷۷ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای نسبت‌های طول به ضخامت مختلف در θ=۱۰° ۵۷
شکل ۵-۲۰: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۸۷۷ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای نسبت‌های طول به ضخامت مختلف در θ=۱۵° ۵۸
شکل ۵-۲۱: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۸۷۷ پایه ذوزنقه‌ای شکل برای نسبت‌های طول به ضخامت مختلف در θ=۲۰° ۵۸
شکل ۵-۲۲: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۸۷۷ پایه گرده-ماهی شکل برای نسبت‌های طول به ضخامت مختلف در □ θ=۰ ..... ۵۹
شکل ۵-۲۳: تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت σ=۰/۶۳۱ پایه گرده-ماهی شکل برای نسبت‌های طول به ضخامت مختلف در θ=۰° ۵۹
شکل ۵-۲۴: منحنی تطابق داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسبه شده با برازش در پایه دایره-ای شکل ۶۱

شکل ۵-۲۵: منحنی تطابق داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسبه شده با برازش در پایه ذوزنقه‌ای شکل ۶۲
شکل ۵-۲۶: منحنی تطابق داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسبه شده با برازش در پایه گرده ماهی شکل ۶۳
شکل ۵-۲۷: منحنی تطابق داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسبه شده با برازش در پایه مستطیلی شکل ۶۴
شکل ۵-۲۸: مقایسه رابطه بدست آمده در این تحقیق با سایر محققین در پایه ذوزنقه‌ای شکل ۶۵

فهرست جداول

جدول ۳-۱- مقادیر تجربی K در معادله (۳-۱) ۱۷

جدول ۳-۲- ضرایب شکل پایه D’Aubuisson ۱۹

جدول ۳-۳- ضرایب شکل پایه Nagler ۱۹

جدول ۳-۴- ضرایب شکل پایه Rehbock ۲۰

جدول ۳-۵- ضرایب شکل پایه Al-Nassri ۲۱

جدول ۳-۶- حدود متغیرهای به کار گرفته شده در آزمایشات قدسیان ۲۹

جدول ۳-۷- مقادیر K برای شکل‌های مختلف پایه ۲۴

جدول ۳-۸- حدود متغیرهای به کار گرفته شده در آزمایشات قدسیان ۲۴

جدول ۳-۹- محدوده تغییر پارامترهای مورد مطالعه آقای منصوری و همکاران ۲۵

جدول ۴-۱- مقادیر σ برای تعداد مختلف پایه‌ها ۳۵

جدول ۴-۲- محدوده متغییرهای مطالعه شده ۳۹

جدول ۵-۱- ضرایب رابطه و ضریب همبستگی بدست آمده در مورد اشکال مختلف ۶۵