

بررسی الگوی آبستگی اطراف تکیه گاه پل آبستگی به صورت گرده ماهی و مثلثی با مشاهده و مقایسه آنها

محمود ولی پور مرغملکی^۱، محسن سلیمانی با برصاد^۲

۱- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، valipoor.mahmoud@gmail.com

۲- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران،

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۴

چکیده

در این تحقیق به مطالعه آزمایشگاهی اثر دماغه تکیه گاه پل بر میزان کاهش عمق آبستگی پرداخته شد به این منظور تعداد ۲۲ آزمایش در مجاورت دماغه های گرده ماهی و مثلثی در چهار زاویه (۰، ۷۰، ۷۵، ۸۰، ۹۰) درجه در فرودهای (۰/۲۱۵، ۰/۲۳۲، ۰/۲۶۱) انجام شد. طبق نتایج آزمایش کاهش عمق آبستگی در تکیه گاه با دماغه مثلثی برای فرودهای مختلف در تمامی زوایا بهترین عملکرد را در میزان کاهش عمق آبستگی در طی آزمایش ها داشته است همچنین بیشترین کاهش عمق آبستگی برای تکیه گاه گرده ماهی مربوط به زاویه ۸۰ درجه در عدد فرود ۰/۲۳۲ به میزان ۸۵٪ و بیشترین کاهش عمق آبستگی برای تکیه گاه مثلثی مربوط به زاویه ۷۰ درجه در عدد فرود ۰/۲۱۵ به میزان ۹۸٪ می باشد. همچنین نتایج نشان داد کاهش عمق آبستگی در تکیه گاه گرده ماهی به ازای فرود ماکزیمم ۰/۲۶۱ برای تکیه گاه با زاویه ۷۰، ۷۵، ۸۰، ۹۰ به ترتیب ۵۴٪، ۷۴٪، ۵۷٪، ۱۱٪ برای تکیه گاه مثلثی با زاویه ۷۰، ۷۵ و ۸۰+۹۰ به ترتیب ۸۶٪، ۸۸٪، ۸۵٪، ۴۸٪ مشاهده شد.

واژه های کلیدی: آبستگی، تکیه گاه ی پل، مدل آزمایشگاهی، دماغه مثلثی و گرده ماهی

مقدمه

پدیده پیش بینی میزان آن و لحاظ کردن آن در طراحی پل ها و مهمتر از همه بکار بردن تمهیدات لازم برای کنترل و کاهش آبستگی موضعی بسیار ضروری است (زرزاتی ۱۳۷۹)

بررسی ها نشان میدهد که گرداب های نعل اسبی و برخاستگی نقش عمده ای در ایجاد حفره آبستگی اطراف پایه پل دارند (بروزرز و رادکیوی ۱۹۹۱)

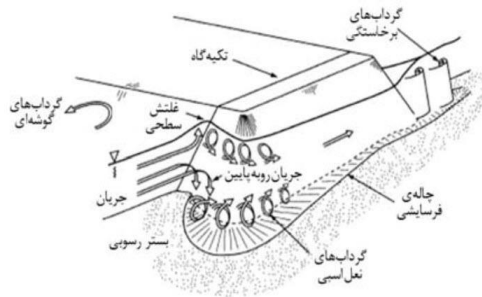
حفر گودال آبستگی توسط گرداب نعل اسبی

آنقدر ادامه میابد تا حجم آب درون حفره آبستگی

پلها از جمله مهمترین و پرکاربردترین سازه های رودخانه ای هستند که از دیر باز مورد استفاده قرار می گرفتند. تجربه طولانی مدت احداث پل بروی رودخانه ها مشخص نموده که در طراحی پل ها تنها در نظر داشتن مسائل سازه ای و فنی کافی نبوده بلکه طراحی هیدرولیکی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. شناخت الگوی جریان اطراف اشکال هندسی پایه ها می توان صدمات ناشی از تخریب پایه پل ها را به طرز چشمگیری کاهش داد. بنابراین شناخت این

۱ گرداب های نعل اسبی برخاستگی و موج کمانی را نشان میدهد

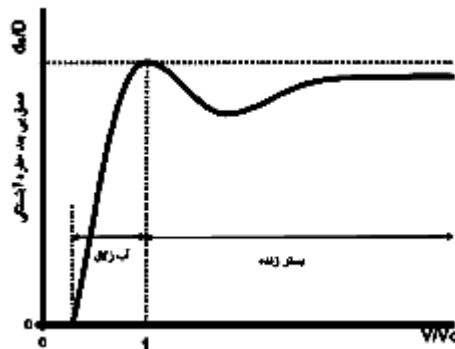
زیاد شده و انرژی گرداب را مستهلک کند در این حالت عمق آبشستگی به حالت تعادل میرسد. شکل



شکل ۱- انواع گرداب اطراف پایه پل (رادکیوی ۱۹۹۱)

باشد آبشستگی بستر زنده رخ میدهد و آبشستگی آب زلال موقعی رخ میدهد که سرعت متوسط جریان در محدوده باشد (ملویل و چیو ۱۹۹۹)

با توجه به شکل ۲ در صورتی که سرعت متوسط جریان از سرعت بحرانی و یا به عبارت دیگر سرعت متوسط جریان در آستانه حرکت ذرات رسوبی بیشتر



شکل ۲- طبقه بندی آبشستگی در شرایط آب زلال و بستر زنده بر اساس سرعت جریان و عمق حفره (ملویل و چیو ۱۹۹۹)

قطر سه برابر قطر پایه همتراز بستر و صفحاتی با طول یک ونیم برابر قطر پایه و ارتفاع روی بستر صفر انجام شد. بیشترین میزان کاهش در عمق حفره آبشستگی با کاربرد توأم طوق و چهار عدد صفحه به مقدار ۶۱ درصد حاصل شد.

عطاری و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه آزمایشگاهی چگونگی تأثیر طولهای مختلف سنگ چین بر آبشستگی ناشی از جت افقی مستغرق پرداختند. بدین منظور پروفیل طولی آبشستگی

تلاش های زیادی در زمینه کاربرد روش های کاهش آبشستگی موضعی در پایه ها به وسیله محققین انجام یافته است. شجاعی و همکاران (۱۳۹۰)، به منظور کاهش آبشستگی پایه پل، از صفحات مستغرق و کاربرد توأم صفحات مستغرق و طوق استفاده کردند. بدین منظور استوانه‌های به قطر ۶ سانتی متر در کانالی به طول ۸ متر و عرض ۸۰ سانتی متر در شرایط آب زلال $v/v_c=0.9$ مدل سازی شد. آزمایشات با طوقی به

ارائه شده در این تحقیق، با داشتن دبی جریان و عمق پایاب می‌توان اندازه سنگ چین پایدار را برای اختلاف ترازهای متفاوت بین کف حوضچه و بستر پایین دست تخمین زد.

حسینی و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی صفحات مستغرق د کنترل آبستنی اطراف پایه های پل مستطیلی با دماغه گرد پرداختند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که تکنیک استفاده از صفحات مستغرق یک روش مناسب برای کاهش آبستنی در اطراف پایه ها می باشد و همچنین با افزایش زاویه پایه پل نسبت به جهت جریان بر میزان آبستنی در اطراف پایه افزوده می شود و از تأثیر صفحات مستغرق در این حالت کاسته می شود.

تحقیقات سینگ و همکاران (۲۰۰۱) به بررسی عملکرد طوق اطراف یک پایه استوانه ای پرداختند. آنها اعتماد داشتند که استفاده از طوق می تواند از رشد گرداب ها جلوگیری کند. طوق های مورد استفاده ۱/۵، ۲، ۲/۵، برابر قطر پایه بود. که با قرار گیری روی بستر به ترتیب ۵۰، ۶۸ و ۱۰۰ درصد میزان آبستنی کاهش دادند. آنها مشاهده کردند استفاده از طوقی، با ۲ برابر قطر پایه در تراز $D+1$ زیر بستر می تواند تا ۹۱ درصد آبستنی را کاهش دهد و استفاده از همان طوق در $D+5$ بالای بستر تنها ۲۵ درصد آبستنی را کاهش می دهد.

-کومار و همکاران (۱۹۹۹) آزمایشهایی را برای کاهش آبستنی موضعی در اطراف پایه پل استوانه ای با استفاده از ایجاد شکاف انجام دادند، نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش طول شکاف عمق آبستنی کاهش می یابد و در صورت توسعه شکاف به داخل بستر عمق آبستنی کاهش بیشتری می یابد.

چیو (۱۹۹۲) با آزمایشی به بررسی اثر طوق پرداخت و به این نتیجه رسید که استفاده از طوق به

مصلح غیر چسبنده پایین دست دریچه کشویی در دو حالت بستر حفاظت نشده و حفاظت شده بوسیله سنگ چین رسم و با هم مقایسه شدند. نتایج نشان دادند که روش سنگ چین به طور قابل ملاحظه ای باعث کاهش آبستنی می شود. همچنین رابطه ی نسبتاً مناسبی برای برآورد حداکثر عمق آبستنی پیشنهاد شد.

مسعودی و حسین زاده دلیر (۱۳۹۰) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی این پارامترها در شرایط مختلف پیش بینی و نتایج آزمایشگاهی و معادلات تجربی بدست آمده از پاکلیارا مقایسه شد، برای مدل شبکه عصبی $0/959$ بدست آمد که مقدار مذکور توسط معادلات تجربی r تخمین طول آبستنی مقادیر $0/683$ بود. همچنین برآورد عمق آبستنی با مدل شبکه عصبی نتایجی دقیق تر از معادلات تجربی حاصل شد. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در تخمین طول و عمق آبستنی در سنگ چینهای شیبدار روشی مؤثر می باشد.

شفاعی بجستان و همکاران (۱۳۹۰) به تخمین اندازه سنگ چین پایدار به منظور جلوگیری از پیشرفت آبستنی در پایاب حوضچه آرامش پرداختند. در این تحقیق برای دستیابی به اندازه سنگ چینی که بتواند در برابر جریان متلاطم خروجی از حوضچه پایدار بماند و مانع پیشرفت آبستنی شود، از مدل هیدرولیکی سد نمود استفاده شد. آزمایشها با دبی های مختلف، اعماق پایاب و اختلاف ترازهای متفاوت بین کف بتنی حوضچه و بستر پایین دست اجرا شد. نتایج نشان می دهند با افزایش عمق بحرانی، قطر ذره سنگ چینی که بتواند در برابر جریان خروجی از حوضچه مقاومت کند، افزایش می یابد. همچنین با اضافه شدن عمق فرسایش یافته و کاهش پایاب قطر، سنگ چین بزرگتری لازم دارد. با استفاده از روابط و نمودارهای

استفاده از آنالیز ابعادی و مشاهدات آزمایشگاهی ارائه کردند.

گرف و ایستیار تو (۲۰۰۱) بر روی الگوی جریان اطراف پایه پل در بالادست و پایین دست پایه استوانه ای و همچنین به صورت قائم درون حفره بوسیله دستگاه ADVP مطالعه نمودند. آنها به این نتیجه رسیدند که تنش برشی درون حفره به نسبت بیرون آن کاهش می یابد. اما انرژی آشفتگی بالادست پایه درست در مقابل آن خیلی قدرتمند است. همچنین انرژی جنبشی مذکور در ناحیه پایین دست آن قوی می باشد.

ملویل و چپو (۱۹۹۹) یک مقیاس زمانی معرفی کردند که بر اساس آن اگر در طی ۲۴ ساعت، عمق حفره کمتر از ۵ درصد قطر پایه تغییر کند، آبستتگی به حالت تعادل رسیده است. ایشان به این منظور چند رابطه نیز ارائه نمودند. ایشان بیان می دارند که عمق آبستتگی بعد از گذشت ۱۰ درصد از زمان تعادل بین ۵۰ تا ۸۰ درصد عمق تعادل، پیش می رود، البته این مقدار به نسبت سرعت جریان به سرعت بحرانی وابسته است. ایشان همچنین ابراز داشتند که عمق تعادل آبستتگی تابعی از شدت جریان (u/uc) ، عمق نسبی جریان (y/D) و زبری رسوب بستر $(D/d50)$ می باشد.

مواد و روش ها

تجهیزات آزمایشگاهی

آزمایشها در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده صنعت آب و برق خوزستان و در فلوم آزمایشگاهی به طول ۷٫۵ متر عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۴۵ سانتیمتر با شیب متغیر انجام گرفت. فلوم مورد استفاده در این تحقیق عبارتست از یک کانال روباز مستطیلی با جداره شیشه ای، حوضچه آرام کننده در ابتدای فلوم، کانال خروجی در انتهای فلوم، مخزن آب، تانک ورودی، پمپ آب و همچنین دریچه و

اندازه دو برابر قطر پایه، ۲۰ درصد عمق آبستتگی را کاهش می دهد.

لاچلان (۱۹۹۹) به بررسی اثر صفحات مستغرق در کاهش آبستتگی پایه پل در حالت جریان آب زلال و بستر زنده پرداخت. او در آزمایشاتش با تغییر در عامل های مختلف (تعداد صفحات، فاصله صفحات در امتداد جریان، فاصله صفحات در جهت عمود بر جریان، غوطه وری، زاویه برخورد جریان نزدیک شونده با صفحات، طول و ارتفاعات صفحات) عملکرد صفحات مستغرق را بررسی کرد. لاچلان نشان داد در شرایط آب زلال با کاهش غوطه وری (فاصله سطح آب تا سطح بالای صفحات) عملکرد صفحات مستغرق افزایش می یابد. با افزایش زاویه برخورد جریان نزدیک شونده به پایه عرض مؤثر صفحات مستغرق بزرگتر شده و تأثیر صفحات مستغرق در امتداد جریان و افزایش نسبت طول صفحات در امتداد جریان به ارتفاع آن باعث کارایی بیشتر صفحات مستغرق در تقلیل عمق آبستتگی می شود. مقدار کاهش عمق آبستتگی در شرایط آب زلال به میزان حداکثر ۲۲/۶ درصد رسید. تامر (۲۰۰۵) این محقق با استفاده از داده های آزمایشگاهی و صحرایی، معادلات CSU 1975، ملویل و ساترلند (۱۹۸۸)، جین و فیشر (۱۹۷۹) و لارسون و تاج (۱۹۵۶) را مورد مقایسه قرار داده است و به این نتیجه رسیده که معادلات CSU و لارسون و تاج از دقت خوبی برخوردار هستند و دو معادله دیگر از دقت کمتری برخوردار هستند.

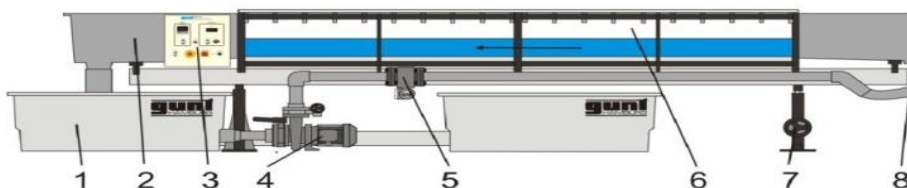
الیوتر و هگر (۲۰۰۲) از یک کانال مستطیلی با یک متر عرض و یازده متر طول برای انجام آزمایش بر روی سه نوع رسوب یکنواخت با قطر ذرات ۰/۵۵، ۳/۳ و ۴/۸ و سه نوع رسوب غیر یکنواخت استفاده کردند. آنها برای بررسی آبستتگی پایه پل در آب زلال از پایه هایی با قطر ۱ تا ۶۰ درصد عرض کانال استفاده نمودند. در نهایت یک رابطه ی کلی با

شفاف و بدون کدورت پر می‌گردد، پس از هدایت آب به درون فلوم، جریان ورودی آب توسط دریچه ریزشی در انتهای فلوم تنظیم گردید تا آب در تراز مورد نظر در فلوم بصورت دائمی برای انجام آزمایش تامین شود. همچنین گردش آب فلوم توسط پمپ انجام شد به اینصورت که آب پس از جاری شدن در فلوم از روی سرریز ریزشی انتهای فلوم خارج شده و با کمک یک لوله به مخزن زمینی منتقل می‌شد. سپس آب مجدداً توسط پمپ به درون فلوم باز می‌گشت و این سیکل تا پایان انجام هر آزمایش ادامه می‌یافت.

شیرآلات، زهکش های خروج آب و دستگاه اندازه گیری دبی جریان که هدف اصلی آن ایجاد جریان با عمق، سرعت و دبی های متفاوت جهت انجام آزمایش ها است. برای انتقال آب به فلوم از یک پمپ سانتریفیوژ که با دبی حداکثر ۱۷۶ متر مکعب بر ساعت و ارتفاع آبدهی ۱۴٫۶ متر و با قدرت ۵٫۵ کیلووات استفاده شده است. و به منظور کنترل دبی ورودی به فلوم یک شیر قبل از ورودی دستگاه تعبیه شده است. به منظور ثابت داشتن دبی در طول آزمایش و نظارت بر دبی مورد نظر از یک دستگاه اندازه گیری دیجیتال استفاده شده است. برای انجام هر آزمایش، فلوم توسط شیر تنظیم ورودی از آب



شکل ۳- تصویر فلوم آزمایشگاهی در شرایط آزمایش



شکل ۴- پلان فلوم آزمایشگاهی

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| ۱- مخزن خروجی فلوم | ۶- کانال مستطیلی روباز شیشه ای |
| ۲- کانال خروجی انتهای فلوم | ۷- شیر تنظیم دبی |
| ۳- کلیدهای روشن و خاموش پمپ | ۸- حوضچه آرام کننده ابتدای فلوم |
| ۴- پمپ | |
| ۵- دستگاه اندازه گیری دبی | |

تحلیل ابعادی

عوامل متعددی بر میزان آبستتگی در اطراف پایه های پل تاثیر می گذارند که مهمترین آنها عبارتند از سرعت جریان (v) سرعت آستانه حرکت (v_c) عمق جریان (y) عرض پایه (D) طول پایه (L) شتاب ثقل (g) چگالی سیال ρ_w لزوجت سینماتیکی (ν) چگالی ذرات رسوبی ρ_s اندازه رسوبات d_{50} مدت زمان انجام (T) آزمایشات .
در حالت کلی میتوان نوشت

$$d_s = f_1(U, g, \rho, \mu, U_c, d_s, D, d_{50}, Y, \alpha) = 0 \quad (1)$$

با بکارگیری تئوری باکینگهام در تحلیل ابعادی رابطه ۱ را میتوان بصورت تابع بدون بعد زیر نوشت

$$\frac{d_s}{B} = f_2\left(\alpha, \frac{\rho B u}{\mu}, \frac{\sqrt{gY}}{u}, \frac{U}{U_c}, \frac{d_{50}}{B}, \frac{d_s}{B}, \frac{y}{B}\right) = 0 \quad (2)$$

باتوجه به اینکه $\rho_s, \rho_w, D, d, y, d_{50}$ در تمام آزمایشها ثابت میباشند و همچنین پارامتر $\frac{\nu}{vD}$ بیانگر تاثیر نیروی لزوجت (عکس عدد رینولدز) $\frac{gY}{v^2}$ بیانگر عکس مجذور عدد فرود و $\frac{v}{v_c}$ بیانگر شدت جریان می باشند که در این تحقیق مقادیر آن ثابت و برابر با $0.233, 0.261$ و 0.215 میباشد. لذا از تاثیر نیروی لزوجت و عدد فرود و شدت جریان میتوان صرف نظر کرد و رابطه ۲ را به شکل زیر خلاصه کرد

$$\frac{d_s}{B} = f_3\left(\alpha, Fr, \frac{U}{U_c}\right) \quad (3)$$

در رابطه فوق $\frac{d_s}{B}$ عمق بدون بعد آبستتگی میباشد.

در آزمایش ها برای رسیدن به حداکثر مقدار آبستتگی موارد زیر باید به دقت رعایت شود

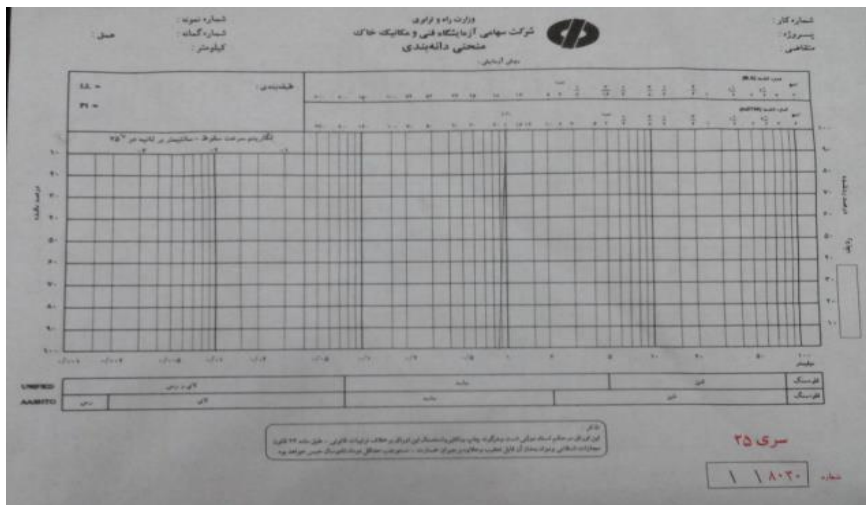
قطر پایه (d)

در انتخاب قطر یا عرض مدل پایه های مورد استفاده باید اثر جانبی به وسیله دیواره های فلوم روی آبستتگی موضعی اطراف پایه در نظر گرفته شود. رادکیوی واتما (۱۹۸۳) حداکثر نسبت عرض پایه به عرض فلوم را 0.16 بیان کرده اند. در این پژوهش برای اطمینان بیشتر ای نسبت 0.11 در نظر گرفته شد. بنابراین قطر پایه در مدل ها 32 میلی متر انتخاب شد.

اندازه و یکنواختی ذرات

قطر متوسط ذرات رسوبی باید به گونه ای باشد که حد اکثر مقدار عمق آبستتگی ایجاد شود. ملویل (۱۹۹۷) برای این موضوع شرط $D/d_{50} > 25$ قطر پایه و d_{50} اندازه متوسط ذرات رسوبی را مطرح کرده اند. رادکیوی واتما (۱۹۸۳) نیز برای این موضوع شرط $20 < D/d_{50} > 25$ مقدار را برای مطرح کرده اند. همچنین لی واستورم (۲۰۰۹) حداقل مقدار را برای D/d_{50} برابر با 25 بیان کردند. در این پژوهش نیز این نسبت با توجه به نمودار دانه بندی ذرات برابر است با $D=32\text{mm}, d_{50}=0/95 \quad D/d_{50}=33/68$

همچنین برای حذف اثر غیریکنواختی ذرات بر آبستتگی موضعی لازم است که انحراف معیار هندسی ذرات کوچکتر از 5 باشد. در این حالت مصالح بستر را میتوان یکنواخت فرض نمود. (شفاعی بجستان ۱۳۸۴). در این پژوهش از ماسه طبیعی رودخانه با دانه بندی یکنواخت و چگالی نسبی $G_s = 2/65$ $d_{50} = 0/96$ استفاده شد که خصوصیات آن در معیار های بیان شده صدق می کند. در شکل ۵ منحنی دانه بندی مربوط به رسوبات استفاده شده در این تحقیق آورده شده است.



شکل ۵- منحنی دانه بندی ذرات رسوبي

ضخامت مصالح بستر

ملویل و چپو (۱۹۹۹) حداکثر مقدار آبستگي را برابر $d_{7/4}$ بیان کرده اند که در این تحقیق این مقدار برابر $7/68$ سانتی متر می باشد که برای اطمینان بیشتر ۱۴ سانتی متر انتخاب شد.

عمق و سرعت جریان

عمق جریان آب در کانال آزمایشگاهی یکی از کمیت هایی است که اگر به درستی انتخاب نشود حداکثر مقدار آبستگي تحت تاثیر آن قرار می گیرد. طبق

چپو (۱۹۹۵) چنانچه $Y/D > 3$ باشد (Y عمق جریان و D قطر پایه) عمق جریان تاثیری بر روی عمق آبستگي ندارد. در این پژوهش نیز برابر $3/125$ در نظر گرفته شده است تا عمق آبستگي تحت تاثیر عمق جریان قرار نگیرد. با توجه به اینکه آبستگي موضعی در شرایط آب زلال بررسی می شود باید $V/V_c < 1$ باشد. در این تحقیق مدل برای حالت آبستگي آب زلال طراحی شد. سرعت بحرانی جریان با برقراری دبی ثابت و کاهش تدریجی عمق جریان در چند مرحله و چندین تکرار محاسبه گردید و سپس درستی آن با روابط تجربی مقایسه شد. ملویل (۱۹۹۷) برای تعیین سرعت برشی بحرانی به ازای اندازه متوسط دانه های بستر از جنس کوارتز

و دمای آب 20°C درجه سلسیوس روابط زیر را ارائه نمود که تخمین خوبی برای منحنی شیلدز می باشد.

$$3- U_{*c} = 0.0115 + 0.0125d_{50}^{1.4}$$

$$4- 0.1\text{mm} < d_{50} < 1\text{mm}$$

(۴)

$$5- U_{*c} = 0.0305d_{50}^{0.5} - 0.00655d_{50} - 1$$

$$6- 1\text{mm} < d_{50} < 100\text{mm}$$

(۵)

و برای سرعت بحرانی از رابطه زیر (توزیع لگاریتمی سرعت) استفاده نمود.

$$7- \frac{V_c}{U_{*c}} = 5.75 \log(5.53 \sqrt{\frac{y}{d_{50}}})$$

(۶)

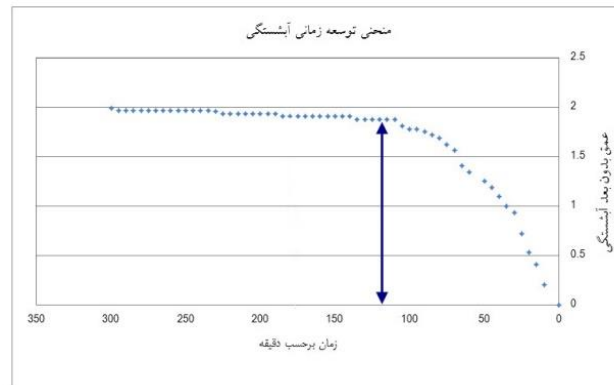
از رابطه ۴ مقدار سرعت برشی بحرانی برابر با 0.23 متر بر ثانیه بدست آمده و با استفاده از معادله ۶ سرعت بحرانی برابر با 0.23 متر بر ثانیه محاسبه گردید. مشاهدات آزمایشگاهی در دامنه ای از عمق ها و سرعت های مختلف نشان داد سرعت جریان آستانه معادل با $7/8$ متر بر ثانیه می باشد. بنابراین سرعت کلیه آزمایش ها این سرعت به عنوان مبنای سرعت بحرانی در نظر گرفته شد.

مدت زمان انجام آزمایش

مدت زمان انجام آزمایش برابر با معیار اتما (۱۹۸۰) انتخاب شد که عبارت است از مدت زمانی

زیاد بوده ولی با گذشت زمان رفته رفته کم می شود و به دلیل وقوع بخش عمده آبستنگی در بازه ۲ ساعت اولیه آزمایش این زمان برای کلیه آزمایش ها یکسان در نظر گرفته شد..

که تغییرات در عمق آبستنگی در یک بازه زمانی ۴ ساعته کمتر از یک میلی متر باشد. در شکل ۶ نمودار توسعه زمانی برای پایه شاهد (پایه استوانه ای) آورده شده است. با توجه به نمودار شکل ۶ مشاهده می شود که تغییرات عمق آبستنگی در ابتدا



شکل ۶- نمودار توسعه زمانی آبستنگی

به مدت ۲ ساعت در حال انجام می ماند. بعد از مدت ۲ ساعت و اتمام آزمایش پمپ خاموش شده و آب فلوم تخلیه می شود. سپس مقادیر آبستنگی توسط متر لیزری شیشه شبکه بندی مندرج قرائت می شود. در این پژوهش از دوسری تکیه گاه پل استفاده گردید. سری اول شامل تکیه گاه گرده ماهی شکل که در شکل شماره ۷ نشان داده شده است. سری اول آزمایش ها بروی این تکیه گاه انجام گرفت که از جنس فایبرگلاس انتخاب شد. در سری دوم آزمایش ها از تکیه گاه های مثلثی استفاده شد که در شکل شماره ۸ نشان داده شده است. سری سوم آزمایش ها به مقایسه کردن آبستنگی دماغه گرده ماهی و آبستنگی دماغه مثلثی با هم انجام پذیرفت

نحوه انجام آزمایشات

بعد از قرار گیری تکیه گاه های مورد آزمایش در مکان مورد نظر و اطمینان از صاف شدن یکنواخت بستر با روشن کردن پمپ و تنظیم دبی آزمایش شروع می شود. باید توجه داشت که مراقبت زیادی به هنگام پر شدن فلوم لازم است تا شرایط جریان آب زلال برقرار شود. زمانی که پمپ شروع به کار می کند سرریز بالا دست به آهستگی تنظیم می شود تا شدت جریان به حد مطلوب برسد. برای اینکه هد آب روی رسوبات ثابت باقی بماند با استفاده از سرریزی که انتهای فلوم قرار گرفته بود با سعی و خطا جهت یافتن اندازه سرعت آستانه حرکت تراز آب به ۱۰ سانتی متر رسانده و توسط سرریز انتهایی ثابت در نظر گرفته شد. پس از تنظیم تراز سطح آب آزمایش



شکل ۷- تکیه گاه با دماغه گرده ماهی



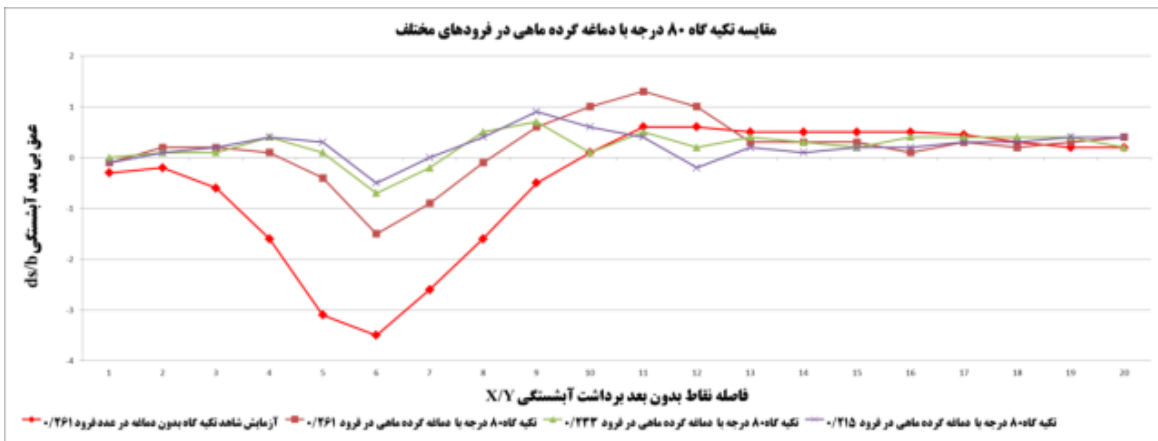
شکل ۸- تکیه گاه با دماغه مثلثی

تعداد کل آزمایش های مورد تحقیق در این مطالعه شامل ۲۲ آزمایش بر روی تکیه گاه در مجاورت دماغه مثلثی و گرده ماهی با زاویه های ۷۰ و ۷۵ و ۸۰ و ۹۰ در دبی های متغیر و آزمایش شاهد در دبی آستانه حرکت انجام شد. در آزمایش با روش سعی و خطا (با تغییر دبی و عمق)، سرعت بحرانی

تعداد کل آزمایش های مورد تحقیق در این مطالعه شامل ۲۲ آزمایش بر روی تکیه گاه در مجاورت دماغه مثلثی و گرده ماهی با زاویه های ۷۰ و ۷۵ و ۸۰ و ۹۰ در دبی های متغیر و آزمایش شاهد در دبی آستانه حرکت انجام شد. در آزمایش با روش سعی و خطا (با تغییر دبی و عمق)، سرعت بحرانی

جدول شماره ۱- سناریو آزمایش ها

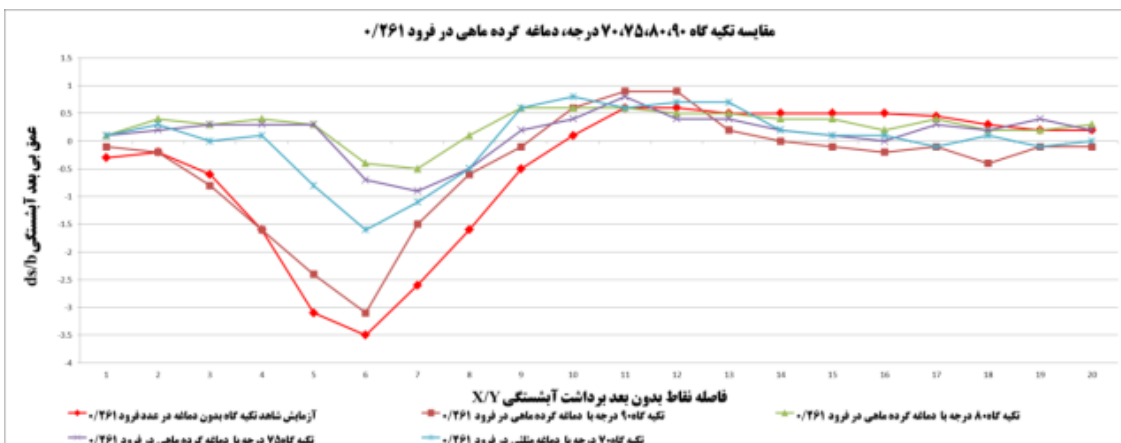
تعداد زاویه سازه حفاظتی	عدد فرود جریان (Fr)	دبی (lit/s)	ارتفاع آب (cm)	تعداد آزمایش
-	۰/۲۶۱	آستانه حرکت (۷/۸)	۱۰	۱
۷۰, ۷۵, ۸۰, ۹۰	۰/۲۶۱	آستانه حرکت (۷/۸)	۱۰	۷
۷۰, ۷۵, ۸۰, ۹۰	۰/۲۳۲	(۶/۹)	۱۰	۷
۷۰, ۷۵, ۸۰, ۹۰	۰/۲۱۵	(۶/۴)	۱۰	۷



نمودار ۱-مقایسه تکیه گاه ۸۰ درجه در اعداد فرود مختلف

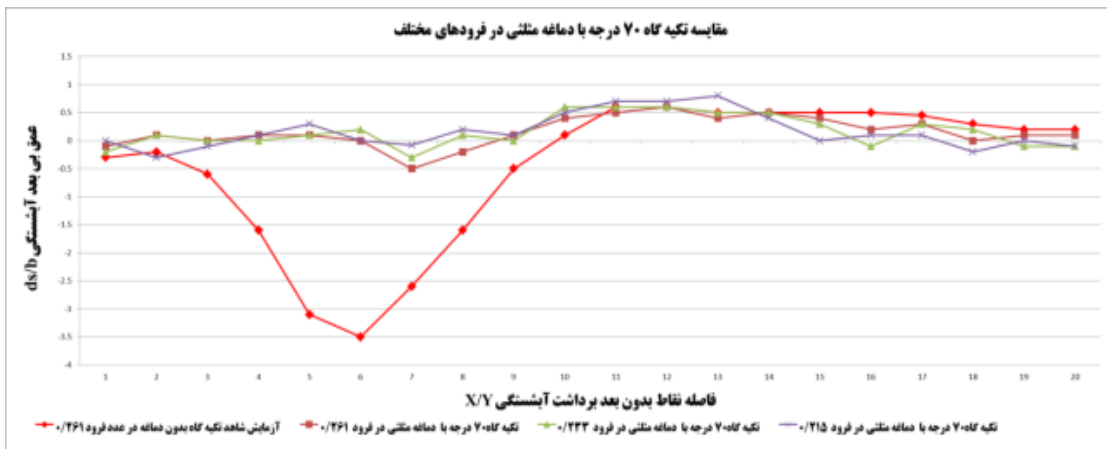
برای تکیه گاه های با زاویه ۷۰ و ۷۵ و ۸۰ و ۹۰ درجه به ترتیب ۵۴٪، ۷۴٪، ۵۷٪، ۱۱٪ مشاهده شد.

در نمودار شماره ۲ کاهش عمق آبستگي در تکیه گاه با دماغه گرده ماهی به ازای فرود ماکزیمم



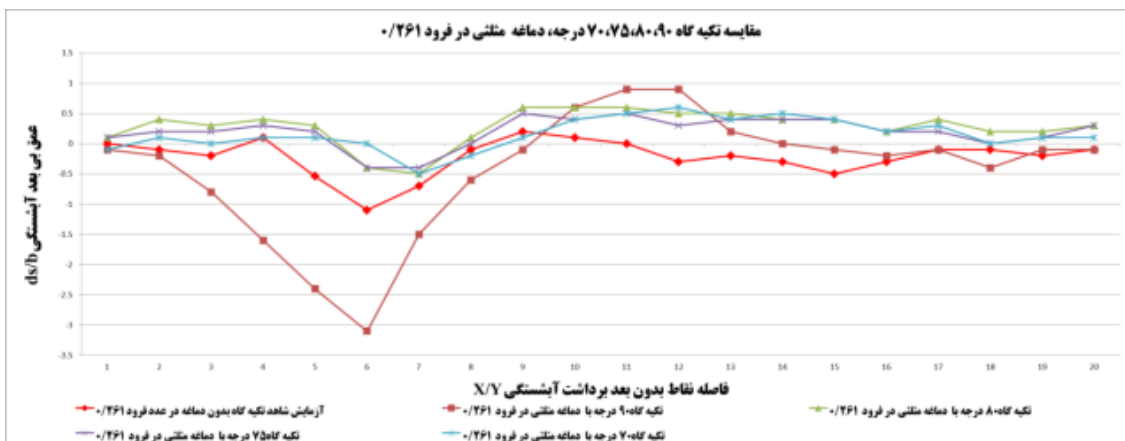
نمودار ۲-مقایسه تکیه گاه ۷۰ و ۷۵ و ۸۰ و ۹۰ درجه با دماغه گرده ماهی در عدد فرود ۲۶۱

از انجام آزمایش های انجام شده می توان در نظر گرفت که کاهش عمق آبستگي در تکیه گاه با دماغه مثلثی برای اعداد فرود مختلف در تمامی زوایا بهترین عملکرد را در طی آزمایش ها داشته است. به طوری که در دبی ها ۱۸، ۲۰ و ۲۳ هیچ گونه آبستگي در جلوی تکیه گاه دیده نشد. چنانچه در نمودار شماره ۳ مشاهده میکنید بیشترین کاهش عمق آبستگي در تکیه گاه مثلثی مربوط به زاویه ۷۰ درجه در عدد فرود ۲۱۵/۰ به میزان ۹۸٪ می باشد.



نمودار شماره ۳-مقایسه تکیه گاه ۷۰ درجه با دماغه مثلی در اعداد فرود مختلف

در نمودار شماره ۴ کاهش عمق آبستگي در تکیه گاه مثلی به ازای فرود ماکزیمم ۰/۲۶۱ با زوایای ۷۰ و ۷۵ و ۸۰ و ۹۰ به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۸۸ و ۰/۸۵ و ۰/۴۸ مشاهده می شود. که با توجه به مشاهدات می توان نتیجه گرفت که تکیه گاه مثلی در دبی ماکزیمم به ازای زوایای مختلف عملکرد بهتری در کاهش عمق آبستگي نسبت به تکیه گاه کرده ماهی داشته است. جدول شماره ۲ درصد های کاهش عمق آبستگي را در تکیه گاه های با دماغه مثلی و کرده ماهی را نشان دهد.



نمودار شماره ۴-مقایسه تکیه گاه ۷۰ و ۷۵ و ۸۰ و ۹۰ درجه با دماغه مثلی در عدد فرود ۲۶۱

جدول شماره ۲ درصد های کاهش عمق آبستگي را در تکیه گاه های با دماغه مثلی و کرده ماهی را نشان می دهد

جدول ۲- درصد های کاهش عمق آبستگی، گرده ماهی و مثلثی

زاویه تکیه گاه	درصد آبستگی دماغه گرده ماهی	درصد آبستگی دماغه مثلثی	عدد فرود
۹۰	۱۱	۴۸	۰/۲۶۱
۹۰	۴۲	۶۰	۰/۲۳۲
۹۰	۲۸	۶۸	۰/۲۱۵
۸۰	۵۷	۸۵	۰/۲۶۱
۸۰	۸۵	۹۴	۰/۲۳۲
۸۰	۸۰	۹۷	۰/۲۱۵
۷۵	۷۴	۸۸	۰/۲۶۱
۷۵	۸۲	۹۷	۰/۲۳۲
۷۵	۸۳	۹۵	۰/۲۱۵
۷۰	۵۴	۸۶	۰/۲۶۱
۷۰	۷۴	۹۱	۰/۲۳۲
۷۰	۷۷	۹۸	۰/۲۱۵

نتیجه گیری

گرفتن یک زاویه ثابت نشان داد که با افزایش عدد فرود عمق آبستگی افزایش می یابد. همچنین تکیه گاه با دماغه مثلثی شکل تاثیر قابل توجهی در کاهش میزان آبستگی اطراف تکیه گاه پل نسبت به تکیه گاه با دماغه گرده ماهی داشته است. کاهش عمق آبستگی در تکیه گاه با دماغه مثلثی برای فرودهای مختلف در تمامی زوایا بهترین عملکرد را در میزان کاهش عمق آبستگی در طی آزمایش ها داشته است.

در این تحقیق از دو دماغه گرده ماهی و مثلثی با زوایای ۷۰ و ۷۵ و ۸۰ و ۹۰ و اعداد فرود ۰/۲۶۱ و ۰/۲۳۲ و ۰/۲۱۵ استفاده شد و نتایج حاصل از آن نشان داد که تمام آزمایش ها در فرودهای مختلف در مجاورت تکیه گاه عمق آبستگی را نسبت به حالت شاهد کاهش داده اند و این امر بیانگر آنست که استفاده از تکیه گاه می تواند ابزار مناسبی در جهت کاهش عمق آبستگی تکیه گاه های پل باشد. عمق آبستگی برای تکیه گاه پل با در نظر

منابع

- ۱- زرانی، ا. (۱۳۷۹). نقش عوامل هیدرولیکی در طراحی پلها، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران
- ۲- شجاعی، پ.، فرسادی زاده، د.، حسین زاده دلیر، ع.، سلماسی، ف.، قربانی، م. ع. (۱۳۹۰). کاربرد صفحات مستغرق در کاهش آبستگی پایه استوانه ای پل ها، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۲ شماره ۱،
- ۳- شفاعی بجستان، م. (۱۳۸۴). هیدرولیک رسوب، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۴- مهبودی، ع.، عطاری، ج.، صانعی، م.، مجد زاده طباطبایی، م. (۱۳۸۹). مطالعه آزمایشگاهی کنترل آبستگی ناشی از جت افقی مستغرق با استفاده از سنگچین، هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران،

- ۵- حسینی ح. حسین زاده دلیر ع. فرسادی زاده د. ارونقی هوقربانی م ع. ۱۳۹۰. کاربرد صفحات مستغرق در کنترل آبشستگی اطراف پایه های پل مستطیلی با دماغه گرد. نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری - دانشکده فنی شماره ۳ صفحه های ۳۰۱ تا ۳۱۰
- ۶- اعظم مسعودی، علی حسین زاده دلیر. ۱۳۹۰. تخمین حداکثر عمق و طول آبشستگی در سنگچین های شیبدار با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران
- 7- Mellvil, B.W. (1997). Pier and abutment scour. Integrated approach. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE, Vol.132. No. 2. pp. 125-136.
- 8- Melville, B. W. Chiew, Y. M. 1999. Time scale for local at bridge piers. J. Hyd. Eng. ASCE. 125(1):59-65.
- 9- Breusers, N. H.C. and Raudkivi, A. J.(1991). Scouring, 2nd hydraulic structures design manual, IAHR, Publ.Balkema.
- 10- Ettema R.1980.Scour at Bridge piers.Report No.216.University of Auckland New Zealand
- 11- Lee. S. O. and T. W. St Chiew YM, 1992. Scour protection at bridge piers. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 118(9): 1260-1269.
- 12- Kumar, V., Ranga Raju, G., and Vittal, N. (1999). "Reduction of local scour around bridge piers using slots and collar." J. Hydr. Engrg., ASCE, 125 (12), 1302-1305.
- 13- Ettema, R., and Raudkivi, A. J. (1983). "Clear water scour at cylindrical piers." J. Hydr. Engrg., ASCE, 109(3), 338-349
- 14- Melville, B. W., and Sutherlands, A. J. (۱۹۸۸). "Design method for local scour at bridge piers." J. Hydr. Engrg., ASCE 114(10), 1210-1226
- 15- Singh, C.P., Setia, B., and D.V.S. Verma. 2001. Collar-sleeve combination as a scour protection device around a circular pier. Proceedings of Theme D, 29th Congress on Hydraulics of Rivers, Water Works and Machinery, Chinese Hydraulic Engineering Society, Beijing, China, PP. 16-21.
- 16- Lee, S., and Sturm, T. 2009. Effect of Sediment Size Scaling on Physical Modeling of Bridge Pier Scour. J. Hydr. Engin. 135 :10. 793-802.
- 17- Laursen EM and Toch A, 1956. Scour around bridge piers and abutments. Iowa Highway Research Board, Bulletin # 4, Bureau of Public Roads, Iowa
- 18- Lauchlan CS, 1999. Pier scour countermeasures. Ph.D. Thesis, University of Auckland, Auckland, NZ, 386 p.
- 19- Jain, S. C., and Fischer, E. E. (1979). "Scour Around Circular Piers at High Froude Numbers.",
- 20- Report No. FHWA-RD-79-104, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- 21- Oliveto G and Hager WH, 2002. Temporal evolution of clear-water pier and abutment scour. J Hydr Eng 128:811-820.
- 22- Graf W.H, Istiarto I. 2001. Flow pattern in the scour hold around a Cylinder. Journal of hydraulic Research, Vol. 40, no. 1, pp.13-20.
- 23- Thamer.A.M, Megat Johari.M, Ghazali.A.H, Huat.B.K,"Validation of some bridge pier scour formulae using field data and laboratory data", American Journal of Environmental Science, pp. ۱۱۹-۱۲۰, (2005)