

بررسی آزمایشگاهی تأثیر تغییر شکل دماغه پایه شبیدار پل بر روی پروفیل آبستنگی اطراف پایه پل

محمد تقی پور^۱، محسن سلیمانی بابرصاد^۲

۱- مهندسی آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۲- مهندسی آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۰۶

چکیده

آبستنگی به فرم های مختلف پایداری سازه های هیدرولیکی را مورد تهدید و فرسایش قرار می دهد. در این تحقیق به مطالعه آزمایشگاهی تأثیر دماغه ی پایه های شبیدار پل بر پروفیل آبستنگی اطراف پایه ها پرداخته شده است. در مجموع ۳۰ آزمایش انجام شد. از این تعداد ۱۰ آزمایش مربوط به دماغه ی گرد و ۱۰ آزمایش مربوط به دماغه ی مثلثی (نوک تیز) و ۱۰ آزمایش مربوط به دماغه مسطح می باشد. نتایج نشان داد که در دبی های کمتر از آستانه حرکت، شکل دماغه ی پایه های پل، بر پروفیل آبستنگی اطراف پایه های پل تأثیر گذاشته و عمق آبستنگی را کاهش می دهد. این کاهش در دماغه ی گرد کمتر از دماغه ی مثلثی مشاهده شد.

واژه های کلیدی: آبستنگی، دماغه گرد، دماغه مثلثی

مقدمه

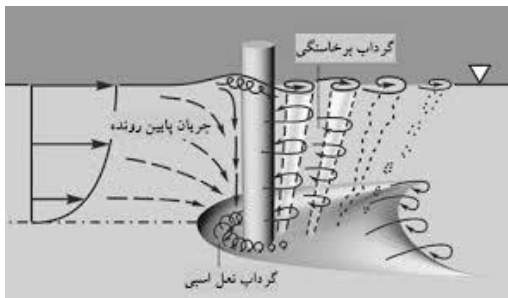
احداث شده بر روی رودخانه ها بشمار می رود. تا کنون روش های متعددی جهت کنترل آبستنگی پایه های پل ارائه شده است. انواع روش های پیشنهادی را می توان بطور کلی به دو گروه اصلی که عبارتند از مقاوم سازی بستر، تضعیف سیستم های گردابی تقسیم کرد، در روش اول بستر رودخانه در مجاورت پایه های پل با قرار دادن اجزاء سنگین و مقاوم به آبستنگی محافظت می گردد. از نمونه های این گروه می توان به گابیون، ریپ ریپ، تشک حفاظتی اشاره کرد. برای تضعیف سیستم های گردابی روش های زیادی مطرح شده است که مهمترین آنها عبارتند از استفاده از طوق، ایجاد شکاف، استفاده از شمع های حفاظتی و همچنین بکار بردن صفحات مستغرق می باشد.

اهمیت پل در برقراری راه های ارتباطی بر کسی پوشیده نیست، بطوری که پل ها از جمله مهمترین و حیاتی ترین سازه های ارتباطی هستند که از دیر باز مورد استفاده قرار می گرفتند. با گسترش و توسعه شهر سازی پل های بزرگ و جدید بر روی رودخانه ها در سراسر جهان احداث می شوند و بر خلاف گذشته حضور مهندسی هیدرلیک و رودخانه را طلب می کنند، تا با دانش عمیق تری به مسائل آبراهه ها بپردازد. یکی از پدیده هایی که امروز جزء موضوعات روز علم هیدرولیک و مهندسی رودخانه بشمار می رود "پدیده آبستنگی" می باشد، این پدیده که با ایجاد سازه های هیدرلیکی بر روی رودخانه اثرات خود را به صورت ملموس بر بشر ظاهر می کند، عملاً در بسیاری از موارد از مشکل ترین مسائل هیدرولیک می باشد و یکی از مهمترین عوامل تهدید کننده پایداری پل های

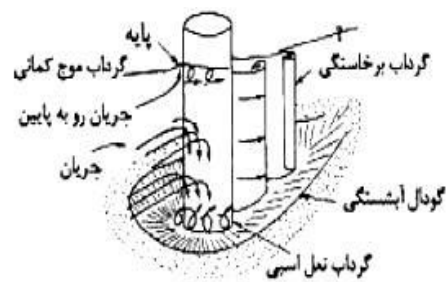
مواد و روش ها

الگوی جریان و مکانیسم آبستگي

برای مهار آبستگي لازم است ابتدا مکانیسم آبستگي مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۲- مکانیسم تشکیل گرداب های نعل اسبی و گرداب های برخاستگی



شکل ۱- الگوی جریان و حفره آبستگي اطراف یک پایه پل استوانه ای

پایین دست حمل می شوند [۵]. در اثر جدایی جریان در کناره های پایه نیز گرداب هایی تشکیل می شوند که محور آن ها عمود بر بستر رودخانه می باشد و به آن ها گرداب های برخاستگی می گویند. این گرداب ها همانند گردباد ذرات بستر را جدا کرده و در معرض جریان قرار می دهند و به انتقال ذرات از جلو و اطراف پایه به سمت پایین دست کمک می کنند. شکل (۲) مکانیسم تشکیل گرداب های نعل اسبی و برخاستگی را به خوبی نشان می دهد. گرداب های دیگری نیز در جلوی پایه شکل می گیرند که به آنها گرداب موج کماني یا سطحی گفته می شود که در جریان کم عمق دارای اهمیت می باشند. حفره گودال آبستگي توسط گرداب نعل اسبی آنقدر ادامه می یابد تا حجم آب درون حفره آبستگي زیاد شده و انرژی گرداب را مستهلک کند. در این حالت عمق آبستگي به حالت تعادل می رسد [۴]. (گرداب های نعل اسبی، برخاستگی و سطحی (موج کماني) در شکل (۱) نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۱) پس از برخورد جریان به دماغه پیل، بر روی پایه با توجه به اینکه سرعت جریان از بستر رودخانه به طرف سطح آب بیشتر می شود فشار بیشتری نیز در ترازهای بالاتر بر روی پایه ایجاد می شود و به این ترتیب گرادیان فشاری روی پایه از بالا به پایین به وجود می آید که خود باعث ایجاد یک جریان رو به پایین در جلو پایه می شود. جریان رو به پایین همانند یک جت عمودی عمل کرده و پس از برخورد به بستر رودخانه ضمن حفر بستر به هر طرف پراکنده می شود [۴]. مقداری از این جریان که به سمت بالا بازگشت می کند، در برخورد به جریان عمومی رودخانه، مجبور به حرکت در جهت جریان شده و مجدداً به پایه برخورد می کند. این چرخش جریان و بازگشت آن در داخل حفره کنده شده، گردابی تشکیل می دهد که به تدریج در دو طرف پایه، امتداد یافته و شکلی شبیه نعل اسب پدید می آورد که به آن گرداب نعل اسبی می گویند. تشکیل گرداب نعل اسبی در داخل حفره آبستگي، باعث تسریع در حفر آن شده و ذرات جدا شده از بستر، توسط جریان اصلی رودخانه به

کاربرد دماغه مثلثی و گرد جهت کاهش آبستگی

کارایی دماغه به شکل و اندازه و محل قرارگیری آن بر روی پایه بستگی دارد. موقعی که دماغه برای

محافظت از پایه روی پایه نصب می شود جریان رو به پایین در حین برخورد دماغه از بستر منحرف شده و جلوی آبستگی گرفته می شود [۲].



شکل ۴- دماغه گرد استفاده شده در مدل آزمایشگاهی



شکل ۳- دماغه مثلثی استفاده شده در مدل آزمایشگاهی

آزمایشات حاکی از آن بود که چنانچه فاصله بین تراز بستر و تراز نصب سازه افزایش یابد. ماکزیمم عمق آبستگی افزایش می یابد [۸].

زراتی و همکاران (۲۰۰۶) نیز عملکرد صفحات مستقل و پیوسته همراه با سنگ چینی را در گروه پایه های پل بررسی کردند. نتایج نشان داد که ترکیبی از یک صفحه پیوسته و سنگ چین منجر به کاهش عمق آبستگی ۵۰ و ۶۰ درصد به ترتیب در جلو و پشت پایه می شود. همچنین عملکرد صفحات مستقل بر روی هر پایه بهتر از عملکرد یک صفحه پیوسته بر روی دو پایه بود. آنها مشاهده کردند که کارایی صفحه بر روی یک پایه مستطیلی بیشتر از دو پایه در دو امتداد می باشد [۱].

معرفی مدل و آزمایش

آزمایشها در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده صنعت آب و برق خوزستان انجام شد. کانال فلوم آزمایشگاهی دارای طول ۷/۵ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۴۵ سانتی متر با جنس دیواره پلکسی گلاس

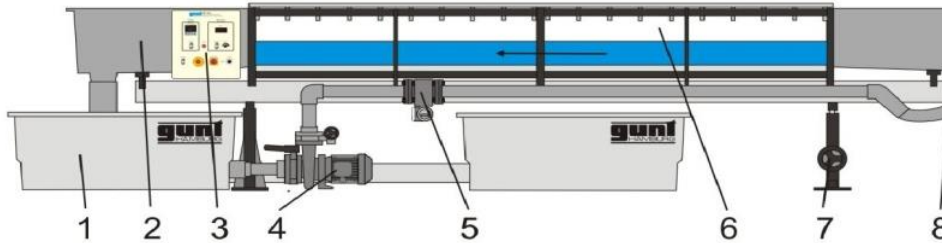
محققین مختلفی عملکرد سازه ها در کاهش آبستگی اطراف پایه های پل را مورد بررسی قرار داده اند که به تعدادی از آنها اشاره می شود. چپوو (۱۹۹۲) تأثیر صفحات محافظ را در کاهش آبستگی پایه پل مورد آزمایش قرار داد و با استفاده از سازه به اندازه دو برابر قطر پایه عمق آبستگی به میزان ۲۰٪ کاهش یافت. همچنین او اظهار داشت که طراحی و کاربرد درست سازه می تواند جایگزین مناسبی برای سنگ چین در حل مشکلات آبستگی پایه های پل باشد [۲].

کومار و همکاران (۱۹۹۹) تأثیر صفحات با ابعاد مختلف در کاهش آبستگی پایه های پل استوانه ای شکل را مورد بررسی قرار دادند. آنها با استفاده از تحلیل و نتایج حاصل از آزمایشات، معادله ای برای تأمین ماکزیمم عمق آبستگی در اطراف پایه استوانه ای شکل که توسط صفحات محافظت شده است ارائه دادند [۷].

سینگ و همکاران (۲۰۰۱) عملکرد سازه ها را در کاهش آبستگی مورد مطالعه قرار دادند نتایج

لوله کشی شهری تغذیه می شد تأمین گردید. انتقال آب از مخزن اصلی آزمایشگاه به کانال در یک مدار بسته توسط پمپ سانترفیوژ متر انجام گرفت.

است. اندازه گیری دبی و تنظیم عمق توسط یک سرریز لبه تیز مستطیلی در پایین دست فلوم کانال انجام شد. برای تأمین آب از سه مخزن زمینی به ابعاد $1 \times 1 \times 1/5$ متر (طول، عرض و ارتفاع) که با استفاده از آب

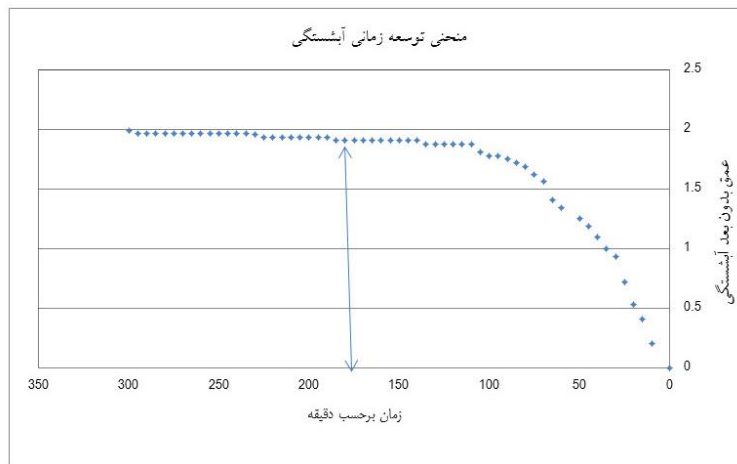


شکل ۵- شمایی از فلوم آزمایشگاهی

زمان تعادل

به منظور دستیابی به ماکزیمم عمق آبشستگی، کلیه آزمایش ها در شرایط آب زلال انجام شد. زمان تعادل آزمایش ها توسط یک آزمایش طولانی به مدت ۵ ساعت روی پایه پل بدون سازه انجام شد. با توجه به نمودار (۱) مشاهده شد که در ۳ ساعت اول تقریباً ۹۸٪ آبشستگی رخ می دهد بنابراین در کلیه آزمایش ها زمان تعادل ۳ ساعت در نظر گرفته شد.

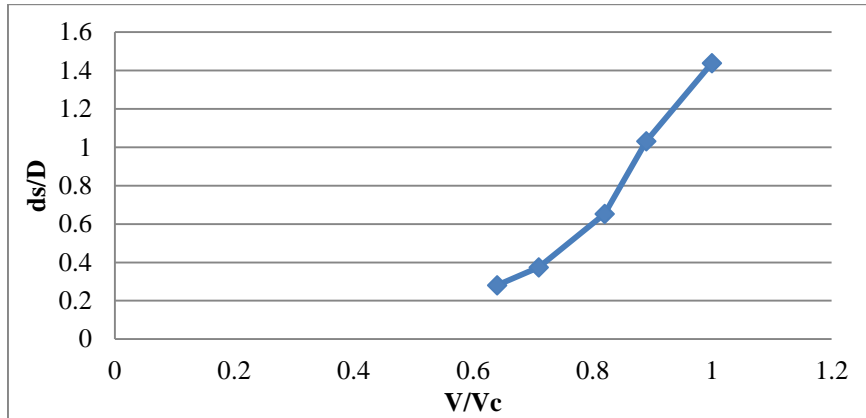
به منظور حذف تأثیر اندازه ذرات رسوبی بستر بر روی عمق آبشستگی باید قطر پایه بزرگتر از ۵۰ برابر اندازه متوسط ذرات باشد [۴]. بنابراین از ذرات ماسه ای غیر چسبنده به اندازه متوسط $0/92$ میلی متر استفاده شد. جنس سازه ها ورق های دماغه از جنس پلکسی به ضخامت ۱ میلی متر که به شکل مثلثی و گرد ساخته شده انتخاب شد.



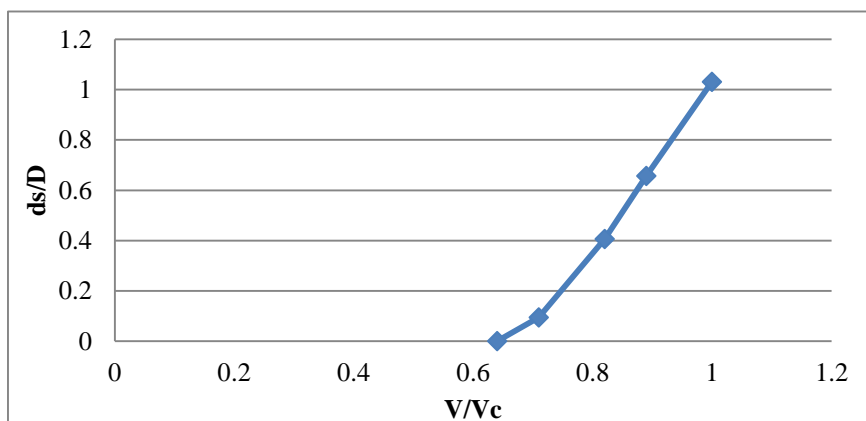
نمودار ۱- زمان تعادل آزمایش

نتایج بحث

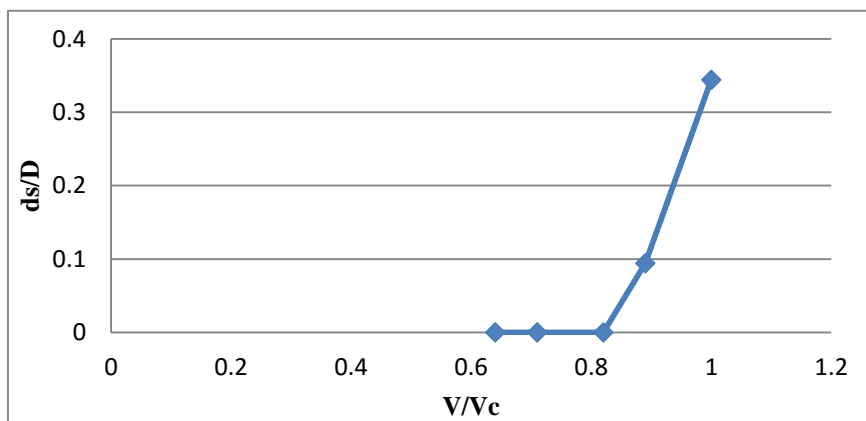
بررسی و مقایسه نمودارهای $\frac{v}{V_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبستگی



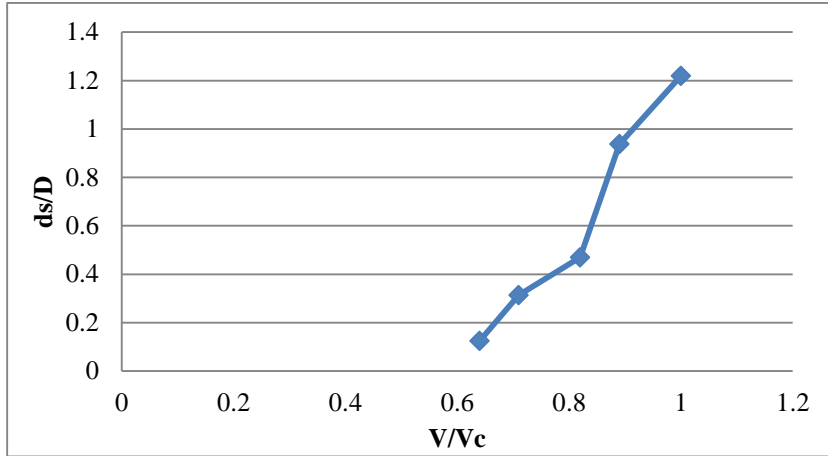
نمودار ۲- نمودار $\frac{v}{V_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبستگی پایه ۸۵ درجه با دماغه مسطح



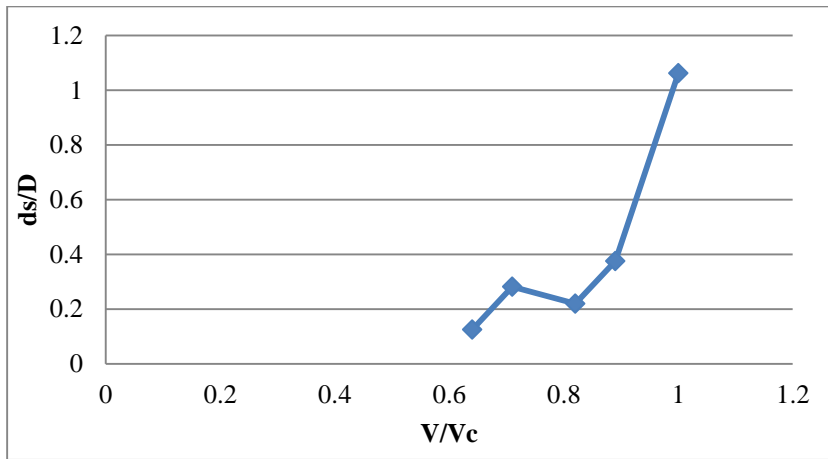
نمودار ۳- نمودار $\frac{v}{V_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبستگی پایه ۸۵ درجه با دماغه گرد



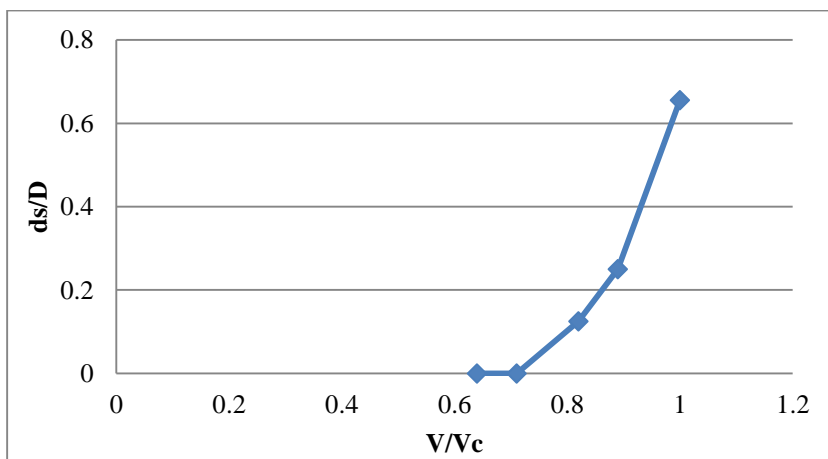
نمودار ۴- نمودار $\frac{v}{V_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبستگی پایه ۸۵ درجه با دماغه مثلثی



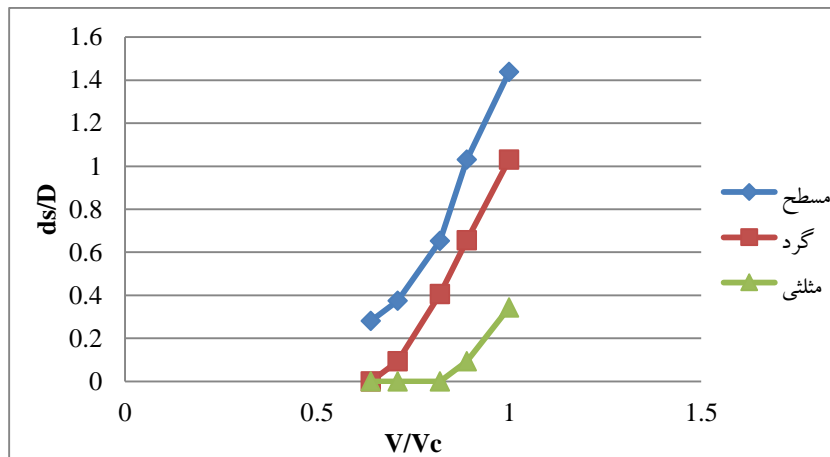
نمودار ۵- نمودار $\frac{v}{v_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبخستگی پایه ۷۰ درجه با دماغه مسطح



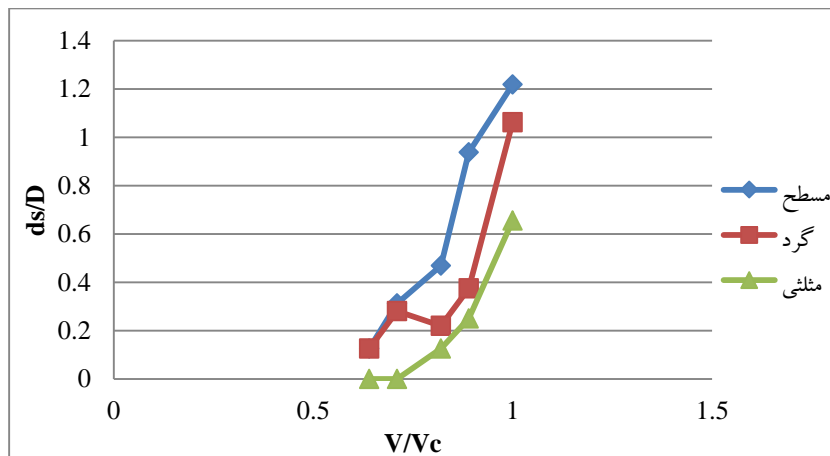
نمودار ۶- نمودار $\frac{v}{v_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبخستگی پایه ۷۰ درجه با دماغه گرد



نمودار ۷- نمودار $\frac{v}{v_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبخستگی پایه ۷۰ درجه با دماغه مثلثی



نمودار ۸- مقایسه $\frac{v}{v_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبستگي پایه ۸۵ درجه

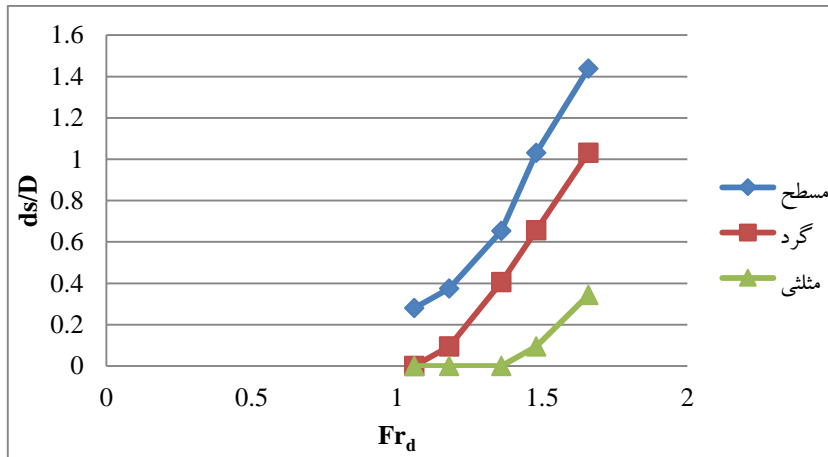


نمودار ۹- مقایسه $\frac{v}{v_c}$ نسبت به عمق بدون بعد آبستگي پایه ۷۰ درجه

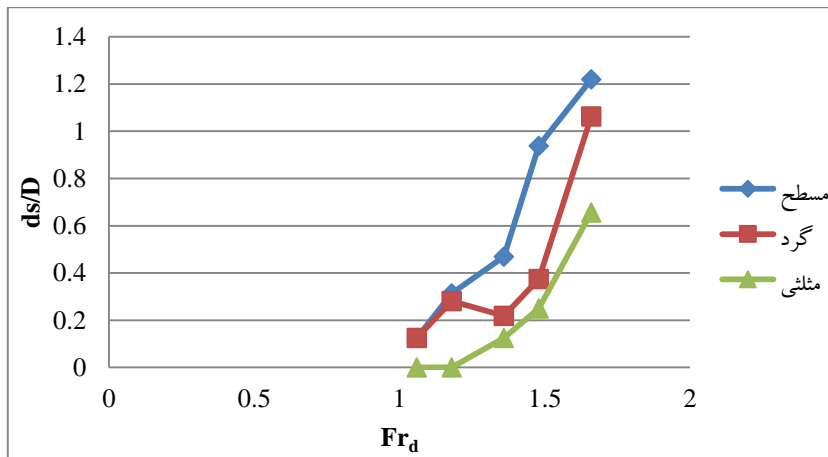
و همانطور که در نمودارهای $\frac{v}{v_c}$ مشاهده شد افزایش نسبت $\frac{v}{v_c}$ باعث افزایش عمق آبستگي می شود، پس بدیهی است که افزایش عدد فرود دنيسمتریک افزایش عمق آبستگي را در پی دارد که این موضوع در نمودارها به وضوح مشخص است.

بررسی و مقایسه نمودارهای Fr_d به عمق بدون بعد آبستگي

با توجه به اینکه عدد فرود دنيسمتریک از طریق رابطه $Fr_d = \frac{v}{\sqrt{gd_{50}}}$ بدست می آید مشاهده می شود، عدد فرود دنيسمتریک رابطه مستقیمی با سرعت دارد



نمودار ۱۰- مقایسه Fr_d به عمق بدون بعد آبشستگی پایه ۸۵ درجه



نمودار ۱۱- مقایسه Fr_d به عمق بدون بعد آبشستگی پایه ۷۰ درجه

نتیجه گیری

۳- در دبی آستانه حرکت، کاهش ماکزیمم عمق آبشستگی در دماغه گرد نسبت به دماغه مسطح در بهترین حالت ۲۸ درصد مشاهده شد، و برای دماغه مثلثی ۷۶ درصد، که نشان دهنده بهتر بودن دماغه تیز در کاهش قدرت گرداب ها می باشد.

۴- در هر دو دماغه (گرد و مثلثی) با افزایش سرعت آب، ماکزیمم عمق آبشستگی نسبت به دماغه مسطح نزدیکتر می شود.

در تمام آزمایش ها با افزایش عدد فرود، عمق آبشستگی افزایش پیدا کرد.

۱- نتایج آزمایش ها نشان دادند که در تمامی پایه ها در لحظات اولیه از شروع آزمایش، آبشستگی جلوی دماغه پایه به سرعت توسعه می یابد ولی با گذشت زمان سرعت آبشستگی کاهش می یابد.

۲- در پایه ی با دماغه مثلثی توسعه ی زمانی آبشستگی نسبت به دو پایه ی دیگر با سرعت کمتری اتفاق می افتد و این امر به دلیل تضعیف شدن قدرت گرداب های آبشستگی توسط تیزی دماغه ی پایه می باشد، در نتیجه تیزی دماغه در کاهش ماکزیمم عمق آبشستگی مؤثر می باشد.

منابع

1. Zarrati, A.R., Nazariah, M. and Mashahir, M.B. (2006) Reduction of local scour in the vicinity of bridge pier groups using collars and riprap. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 132(2), 154-162.
2. Chiew, Y. M. (1992) Scour protection at bridge piers. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 118(9), 1260- 1269.
3. Johnson, P.G. and Niezgod, S.L. (2004) Risk-based method for selecting bridge pier scour countermeasures. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 130(2), 121-128.
4. Raudkivi, A.J. (1998) *Loose boundary hydraulics*. A.A. Balkema. Rotterdam, The Netherlands.
5. Breusers, H. N. C., Nicollet, G. and Shen, H. W. (1997) Local scour around cylindrical piers. *Journal of Hydraulic Research*, 15 (3), 211-252.
6. Alabi, P. D. (2006) Time development of local scour at bridge pier fitted with a collar. MS thesis, University of Saskatchewan, Canada.
7. Kumar, V., Ranga Raju, K. G. and Vittal, N. (1999) Reduction of local scour around bridge piers using slots and collars. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 125(12), 1302-1305.
8. Singh, C.P., Setia, B. and Verma, D.V.S. (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. September 16-21, 202-209.

