

## بررسی اثر استفاده از کابل در اطراف پایه‌های اسکله جهت کاهش عمق آب‌شستگی

فاطمه آرزومند<sup>۱</sup> و امیر عباس کمان‌بدست<sup>۲\*</sup>

(۱) گروه فنی مهندسی - سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۲) گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

\* نویسنده مسئول: Ka57\_amir@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۰

### چکیده

از جمله روش‌های کنترل آب‌شستگی در اطراف پایه‌های اسکله، استفاده از کابل در اطراف آن می‌باشد. در این مطالعه به منظور بررسی اثر کابل در کنترل آب‌شستگی در اطراف گروه پایه‌های اسکله، آزمایش‌هایی در یک فلوم آزمایشگاهی از جنس پلاکسی گلاس انجام گرفت. در این تحقیق با قرار دادن یک پایه عمودی به همراه کابل به دور آن‌ها در دو حالت با وجود کابل و بدون نصب کابل در اطراف آن‌ها اقدام به انجام یک‌سری آزمایش گردید. آزمایش‌ها با استفاده از سه نوع کابل با قطر نسبی ۰/۰۳، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ میلی‌متر با سه زاویه پیچش ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درجه در ۵ شدت جریان مختلف با دبی‌های ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵ و ۸ لیتر بر ثانیه در حالت آب زلال انجام شد. در انتهای هر آزمایش عمق آب‌شستگی در اطراف پایه با استفاده از عمق‌سنج لیزری اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد در کلیه شرایط، نصب کابل به دور پایه استوانه‌ای عامل مؤثر در کاهش عمق آب‌شستگی در اطراف آن می‌شود. هم‌چنین بیشترین درصد کاهش عمق آب‌شستگی در پایه عمودی، کابل با قطر نسبی ۰/۰۸ و زاویه پیچش ۱۵ درجه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کابل، عمق آب‌شستگی، پایه پل، رسوبات.

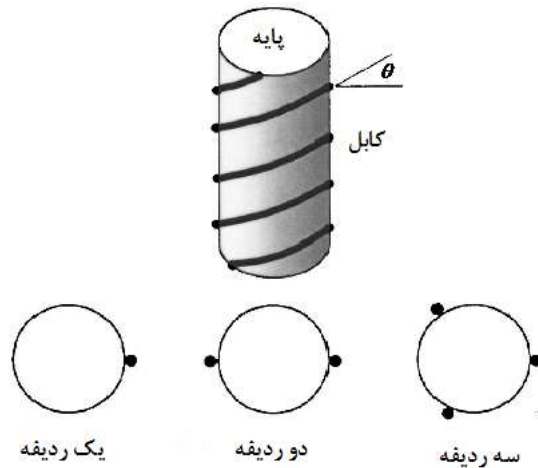
## مقدمه

اگر پایه استوانه‌ای به‌طور عمودی در مسیر جریان قرار گرفته باشد جریان آب در اطراف آن متلاطم شده و جریان‌های گردابی در اطراف آن ایجاد می‌شود. این جریان‌ها مکانیسم اصلی آب‌شستگی به حساب آمده که در دراز مدت باعث ایجاد حفره در محل پایه پل شده و ممکن است موجب ریزش و خرابی پل گردد. بر اساس مطالعات سازمان بزرگراه‌های ایالات متحده آمریکا (۱۹۷۳) از تعداد ۳۸۳ مورد خرابی در پل‌ها، ۲۵ درصد مربوط به خرابی پایه‌ها و ۷۲ درصد مربوط به خرابی تکیه‌گاه‌ها بوده است. یکی از روش‌های کنترل آب‌شستگی در اطراف پایه پل‌ها استفاده از کابل است که به منظور افزایش زبری و بالابردن مقاومت آن در برابر تنش برشی ناشی از جریان استفاده می‌شوند. در این روش باید اطراف پایه‌های پل را از کابل‌هایی با قطر، زاویه پیچش و ردیف‌های مختلف استفاده شود. بررسی‌های مختلفی بر روی قطر کابل، زاویه پیچش کابل و تعداد ردیف‌ها انجام شده است. مشخصات کابل به دور پایه باید طوری انتخاب شود که باعث تضعیف جریان‌های گردابی در اطراف پایه شود. روش استفاده از کابل توسط Dey و همکاران (۲۰۰۶) به‌عنوان یک روش پیشگیرانه اقتصادی و آسان پیشنهاد شد. در این روش کابل‌ها به‌صورت مارپیچی روی پایه قرار گرفته و با انحراف گرداب نعل اسبی منجر به کاهش عمق آب‌شستگی می‌شوند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد ماکزیمم کاهش عمق آب‌شستگی در گام سه دور، زاویه کابل ۱۵ درجه و در قطر نسبی ۰/۱ در حدود ۴۶ درصد به‌دست آمد. عقلی و زمردیان (۱۳۹۲) تحقیقی در خصوص اثر توام طوق و کابل بر روی عمق آب‌شستگی اطراف پایه پل در قوس رودخانه انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد با افزایش قطر کابل و کمتر شدن فاصله میان گام‌ها، آب‌شستگی بیشتر کاهش می‌یابد و حداکثر مقدار در کاهش آب‌شستگی ۵۹ درصد بود. همچنین طوق در بهترین حالت ۵۵ درصد و طوق و کابل توام حداکثر ۶۹/۷ درصد عمق آب‌شستگی را کاهش داد. زمردیان و عقلی (۱۳۹۳) در خصوص تاثیر توام طوق و کابل بر عمق آب‌شستگی اطراف گروه پایه‌های پل در قوس رودخانه‌ها تحقیقی انجام دادند. در این مطالعه از کابل با دو ضخامت ۰/۲ و ۰/۴ قطر کابل و در سه گام  $0.2D$ ،  $0.5D$  و  $D$  استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش قطر کابل و کمتر شدن فاصله میان گام‌های کابل، آب‌شستگی کاهش می‌یابد. همچنین گروه پایه‌هایی که در جهت جریان قرار می‌گیرند عمق آب‌شستگی برای پایه جلویی بیشتر از دو پایه دیگر است. در پایه‌های عمود بر جریان، بیشترین عمق آب‌شستگی در پایه میانی مشاهده می‌شود، که در این مورد نیز مانند پایه‌های قرار گرفته در جهت جریان با افزایش فاصله بین پایه‌ها عمق آب‌شستگی کم می‌شود. استفاده توام طوق و کابل بیشترین کاهش در عمق آب‌شستگی را نتیجه داد Khwairakpam و Mazumdar (۲۰۰۹) در مورد اثر پیچش کابل دور پایه‌های پل مطالعاتی انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد نقش کابل در منحرف کردن جریان‌های روبه پایین و تضعیف قدرت گردابه‌های نعل اسبی می‌باشد. در ضمن عمق آب‌شستگی با افزایش قطر کابل و تعداد گام‌های آن دور پایه

بیشتر کاهش می‌یابد. Izadinia و Heidarpour (۲۰۱۲) در خصوص شبیه‌سازی استفاده کابل و طوقه در اطراف پایه برای کنترل آبشستگی تحقیق انجام دادند. در این تحقیق در مسیر مستقیم با سه قطر مختلف ۲، ۴ و ۶ میلی‌متر و با سه زاویه پیش ۱۵، ۳۰ و ۴۰ درجه در یک گام ثابت انجام شد. مشخصات طوقه در کلیه آزمایش‌ها ثابت در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد در قطر نسبی کابل ۰/۱۵ و در زاویه کابل ۱۵ درجه کمترین آبشستگی در بالادست پایه با وجود طوقه در حدود ۵۳ درصد به دست آمد. Yano و Tanaka (۱۹۷۶) نشان دادند پس از برخورد جریان به دماغه پل، بر روی پایه با توجه به اینکه سرعت جریان از بستر رودخانه به طرف سطح آب بیشتر می‌شود فشار بیشتری نیز در ترازهای بالاتر بر روی پایه ایجاد می‌گردد و به این ترتیب گرادیان فشاری روی پایه از بالا به پایین به وجود می‌آید که خود باعث ایجاد یک جریان روبه پایین در جلو پایه می‌شود. جریان روبه پایین همانند یک جت عمودی عمل کرده و پس از برخورد به بستر رودخانه ضمن حفر بستر به هر طرف پراکنده می‌شود. مقداری از این جریان که به سمت بالا بازگشت می‌کند، در برخورد به جریان عمومی رودخانه، مجبور به حرکت در جهت جریان شده و مجدداً به پایه برخورد می‌کند. این چرخش جریان و بازگشت آن در داخل حفره کنده شده، گردابی تشکیل می‌دهد که به تدریج در دو طرف پایه، امتداد یافته و شکل شبیه نعل اسب پدید می‌آورد که به آن گرداب نعل اسبی می‌گویند. تشکیل گرداب نعل اسبی در داخل حفره آبشستگی، باعث تسریع در حفر آن شده و ذرات جدا شده از بستر، توسط جریان اصلی رودخانه به پایین دست می‌شوند. در اثر جدایی جریان در کناره‌های پایه نیز گرداب‌هایی تشکیل می‌شوند که محور آن‌ها عمود بر بستر رودخانه می‌باشد و به آن‌ها گرداب برخاستگی می‌گویند. این گرداب‌ها همانند گردباد ذرات بستر را جدا کرده و در معرض جریان قرار می‌دهند و به انتقال ذرات از جلو و اطراف پایه به سمت پایین دست کمک می‌کنند. حفر گودال آبشستگی توسط گرداب نعل اسبی آنقدر ادامه می‌یابد تا حجم آب درون حفره آبشستگی زیاد شده و انرژی گرداب را مستهلک کند. در این حالت عمق آبشستگی به حالت تعادل می‌رسد (پیرمحمدی، ۱۳۸۳). با در نظر گرفتن جریان دائمی و ثابت بودن خصوصیات سیال رابطه ۱ بین پارامترهای موثر بر عمق آبشستگی در حالت تعادل برقرار است:

$$f_1(ds, ds_{max}, b, d, \phi, R, B, V, y, g, \rho_w, S, d50, Gs) \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن  $ds$  عمق آبشستگی در پایه با محافظ (در کلیه حالت‌ها)،  $ds_{max}$  عمق آبشستگی ماکزیمم در پایه بدون محافظ (شاهد)،  $b$  قطر کابل،  $d$  قطر پایه استوانه‌ای،  $\theta$  زاویه چرخش کابل به دور پایه،  $\phi$  تعداد ردیف به دور کابل،  $R$  شعاع مرکزی قوس،  $B$  عرض مجرا،  $V$  سرعت جریان،  $y$  عمق جریان آب،  $g$  شتاب ثقل،  $\rho_w$  جرم مخصوص آب،  $s$  شیب کانال اصلی،  $d50$  قطر متوسط بار بستر،  $Gs$  چگالی رسوبات می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: پایه استوانه ای عمودی و مایل

با صرف نظر کردن از پارامترهای ثابت در رابطه ۱، رابطه ۲ به دست می‌آید:

$$f_2(ds, ds_{max}, b, d, \phi) = 0 \quad \text{رابطه ۲:}$$

با استفاده از تئوری باکینگهام رابطه ۲ به صورت رابطه ۳ بدون بعد می‌شود:

$$f_3\left(\frac{ds}{ds_{max}}, \frac{b}{d}, \phi\right) = 0 \quad \text{رابطه ۳:}$$

و یا

$$\frac{ds}{ds_{max}} = f\left(\frac{b}{d}, \phi\right) \quad \text{رابطه ۴:}$$

در رابطه ۴،  $ds/ds_{max}$  عمق آبشستگی نسبی و  $b/d$  قطر نسبی کابل می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

جهت بررسی آزمایشگاهی این تحقیق، فلومی در دانشگاه آزاد واحد اهواز با مشخصات زیر مورد استفاده قرار گرفت. کانال‌های ورودی و خروجی فلوم ساخته شده، روباز مستطیلی با جداره ورق پلکسی‌گلاس بود، به طوری که طول کانال‌های مستقیم ورودی در ابتدای فلوم و خروجی در انتهای فلوم به ترتیب ۴/۵ و ۲/۵ متر بود. عرض و ارتفاع فلوم نیز به ترتیب ۰/۵ و ۰/۶ متر بوده و بدنه فلوم در ارتفاع ۰/۷ متری از سطح زمین قرار داشت. مسیر ورودی مستقیم (جهت ایجاد جریان یکنواخت و توسعه یافته)، کف آن از جنس ورق فلزی به ضخامت ۳ میلی‌متر و دیواره‌ها از جنس پلکسی-گلاس به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و به طول ۴/۵ متر ساخته شد که هم اثر زبری جداره را کاهش می‌دهد و هم پدیده‌های

هیدرولیکی در محفظه قابل رویت می‌باشند، مسیر خروجی نیز مستقیم، کف آن از جنس ورق فلزی به ضخامت ۳ میلی‌متر و دیواره آن از جنس پلکسی‌گلاس با ضخامت ۱۰ میلی‌متر به طول ۲/۵ متر می‌باشد، کف فلوم به صورت بستر ثابت و بدون شیب و در حد دقت اجرایی به صورت افقی ساخته شده است (شکل ۲).



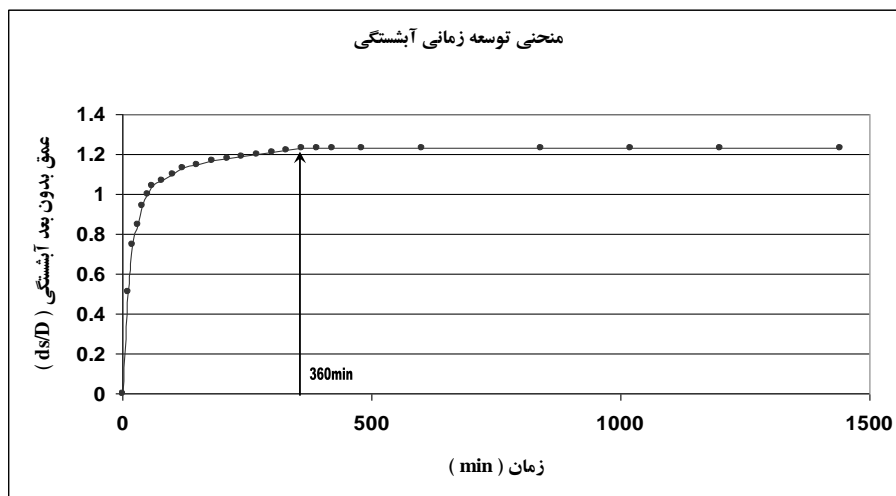
شکل ۲: نمایی از فلوم و شماتیک آن

بعد از مخزن فلوم، یک دریچه کشویی جهت تنظیم دبی ورودی به فلوم و یک سرریز مثلثی ۹۰ درجه برای اندازه‌گیری دبی ورودی و یک دریچه کشویی در ابتدای آبگیر جانبی جهت باز و قطع جریان ورودی به آبگیر جانبی و همچنین سرریز مثلثی ۹۰ درجه در انتهای فلوم، جهت اندازه‌گیری دبی خروجی از فلوم، از جنس ورق فلزی در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از ورود امواج به کانال از یک توری مشبک، بعد از سرریز ابتدایی استفاده شده است. برای چرخش آب در فلوم آزمایشگاهی با توجه به دبی مورد نظر از یک پمپ سانتریفیوژ به قدرت ۳ کیلووات، قطر لوله مکش و دهش ۴ اینچ استفاده شد. ارتفاع مکش پمپ تقریباً ۲ متر و ارتفاع دهش آن حدود ۲۰ متر و حد اکثر دبی قابل انتقال توسط پمپ ۱۵ لیتر در ثانیه است. طبق نظر Chiew و Melville (۱۹۸۷) قطر پایه نباید از ۱۰ درصد عرض کانال بیشتر باشد و از نظر Raudkivi و Ettema (۱۹۸۳) از نسبت عرض کانال به عرض پایه  $(B/b)$  باید از ۶/۲۵ بزرگتر در نظر گرفته شود. با توجه به محدودیت عرض کانال، قطر پایه استوانه‌ای ۵۰ میلی‌متر انتخاب شد تا شرایط فوق را فراهم سازد. به توصیه Raudkivi و Ettema (۱۹۸۳) برای جلوگیری از تشکیل رپیل قطر متوسط ذرات باید از ۰/۷ میلی‌متر بزرگتر باشد. همچنین برای حذف تاثیر غیر یکنواختی رسوبات بر آبشستگی، انحراف معیار ذرات باید کمتر از ۱/۳ باشد. با توجه به این موارد یک لایه از ماسه طبیعی رودخانه‌ای با قطر متوسط معادل ۱/۵۹ میلی‌متر و ضریب انحراف استاندارد معادل ۱/۲۹ انتخاب و در لایه‌ای به ضخامت تقریبی ۱۵ سانتی‌متر جهت انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدای هر آزمایش پس از نصب مدل پایه، با قرار دادن رسوبات با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر در بستر و در اطراف پایه، با استفاده از ارابه

متحرک، بستر کانال تحت شیب ثابت مسطح حدود  $0/0002$  گردید. پیش از راه اندازی پمپ، دریچه انتهایی بسته و جهت جلوگیری از تشکیل ریپل و ناهمواری در سطح بستر، آب زلال به آرامی به درون کانال هدایت گردیده و اشباع شدن کانال به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه به طول انجامید. پس از بالا آمدن آب و اطمینان از مرطوب شدن رسوبات، دبی جریان توسط شیر فلکه اصلی روی لوله ورودی به حوضچه آرامش، به میزان مورد نظر رسانده شد. سپس با تنظیم دقیق و همزمان شیرفلکه و دریچه پائین‌دست، عمق جریان ۱۰ سانتی‌متر و دبی مورد نظر حاصل گردید شد. پس از گذشت ۶ ساعت که زمان تعادل رسوبات در اطراف آب‌شکن محسوب می‌شود، با خاموش کردن پمپ و بستن دریچه‌ی انتهایی، آب موجود در کانال به آرامی زهکشی شد تا تاثیری بر روی توپوگرافی بستر ایجاد نشود. سپس برای برداشت توپوگرافی از یک دستگاه عمق‌سنج لیزری با دقت  $0/02$  میلی‌متری جهت اندازه‌گیری و برداشت پروفیل بستر استفاده شد. به منظور بررسی دقیق تغییرات ایجاد شده در بستر در امتداد طولی و عرضی فاصله نقاط برداشت ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳: اندازه‌گیری پروفیل بستر با فاصله ۲ سانتی‌متری



شکل ۴: زمان تعادل در دبی ثابت

از اهداف این تحقیق، بررسی اثر نصب کابل به دور پایه پل استوانه‌ای به منظور کنترل آبشستگی موضعی در تک پایه می‌باشد (شکل ۵). به منظور رسیدن به این هدف لازم است تا آزمایش‌ها در دو سری انجام شود. آزمایش‌های سری اول، مربوط به حالتی است که کابل در پایه‌ها نصب نشده و عمق آبشستگی به عنوان عمق آبشستگی ماکزیمم و شاهد انتخاب می‌شود. در این شرایط ۵ آزمایش با دبی‌های ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵، ۸ لیتر بر ثانیه برای پایه عمودی انجام و عمق آبشستگی اندازه‌گیری شد. آزمایش‌های سری دوم مربوط به استفاده کابل به دور پایه تک بود. با توجه به اینکه در این آزمایش‌ها از سه قطر نسبی (۰/۰۳، ۰/۰۵ و ۰/۰۸) و سه زاویه پیش (۱۵°، ۳۰°، ۴۵°) استفاده شد، لذا ۴۵ آزمایش اصلی علاوه بر ۵ آزمایش شاهد انجام شد. بنابراین در این تحقیق، جمعاً ۵۰ آزمایش انجام و در نهایت داده‌های برداشت شده در آزمایش‌ها مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



شکل ۵: نصب کابل به دور پایه عمودی

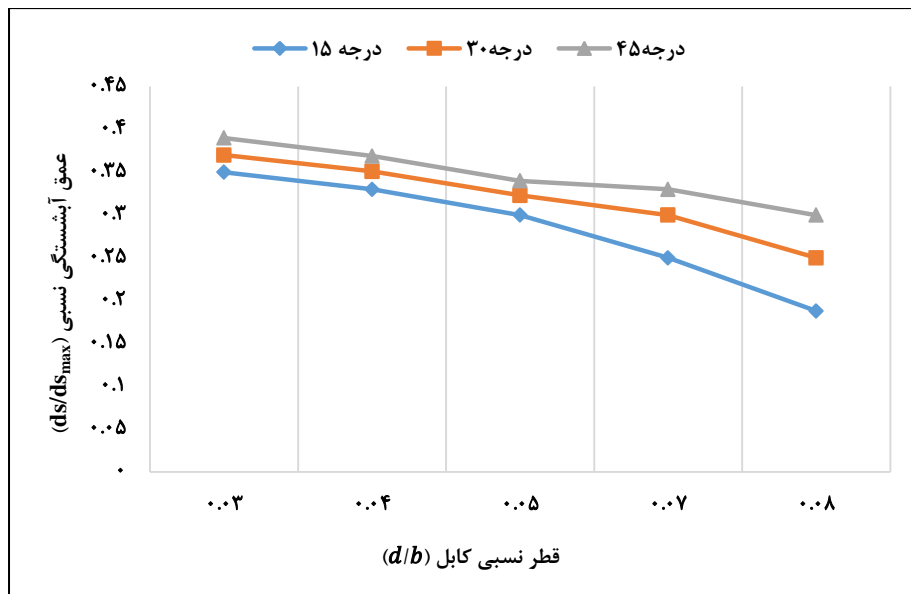
## بحث و نتایج

در کلیه آزمایش‌ها پس از تنظیم دبی و عمق جریان، بلافاصله در اطراف پایه گردابه‌ها تشکیل و آبشستگی با سرعت بسیار بالا آغاز شد. با شکل‌گیری حفره آبشستگی رسوب‌های برخاسته از حفره به سمت پایین دست منتقل شدند. پس از مدتی از شروع آزمایش رسوبات انتقالی از حفره آبشستگی تحت تاثیر جریان ثانویه به سمت پایین دست منتقل شده و تعداد دو یا بیش تر شیارهای کوچک در اطراف پایه تشکیل شد.

### تأثیر قطر نسبی کابل بر عمق آبشستگی در اطراف پایه

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود در کلیه شرایط، نصب کابل به دور پایه استوانه‌ای عامل موثر در کاهش عمق آبشستگی در اطراف آن می‌شود. همچنین قطر نسبی کابل با عمق آبشستگی نسبت عکس دارد و با افزایش قطر نسبی

کابل در اطراف پایه استوانه‌ای در کلیه شرایط باعث کاهش عمق آبشستگی در اطراف پایه استوانه‌ای می‌شود. نتایج نشان می‌دهد در پایه عمودی با زاویه کابل ۱۵ درجه، بیشترین درصد کاهش عمق آبشستگی به میزان ۶۹ درصد برای قطر نسبی کابل ۰/۰۸ ایجاد شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهند در قطر نسبی ۰/۰۸ نسبت به قطرهای دیگر کابل بیشترین درصد کاهش در عمق آبشستگی در کلیه متغیرها را ایجاد می‌کند. در این تحقیق از نتایج آزمایش‌ها در دبی ۸ لیتر بر ثانیه استفاده شد.



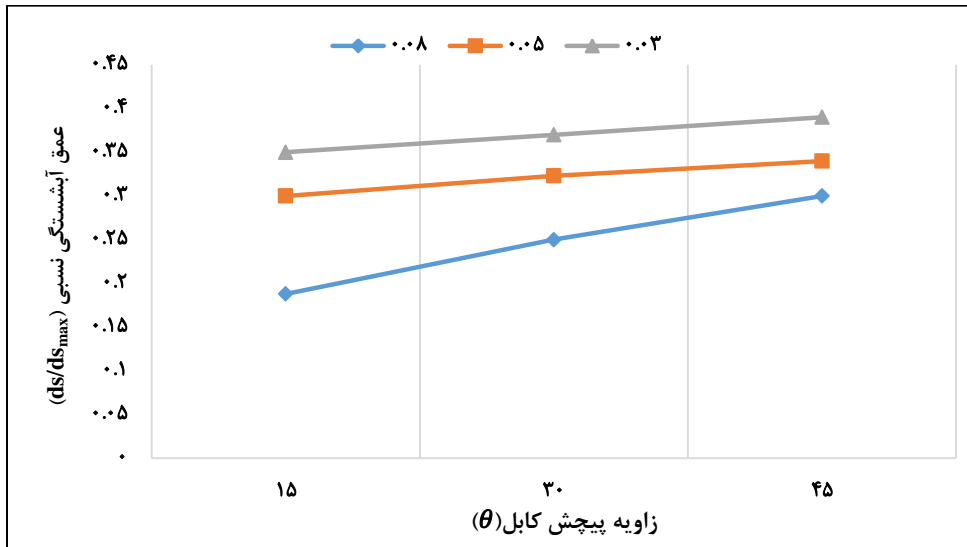
شکل ۶: تأثیر قطر نسبی کابل بر عمق آبشستگی در اطراف پایه، دبی ۸ لیتر بر ثانیه

### تأثیر زاویه پیچش کابل بر عمق آبشستگی در اطراف پایه استوانه‌ای

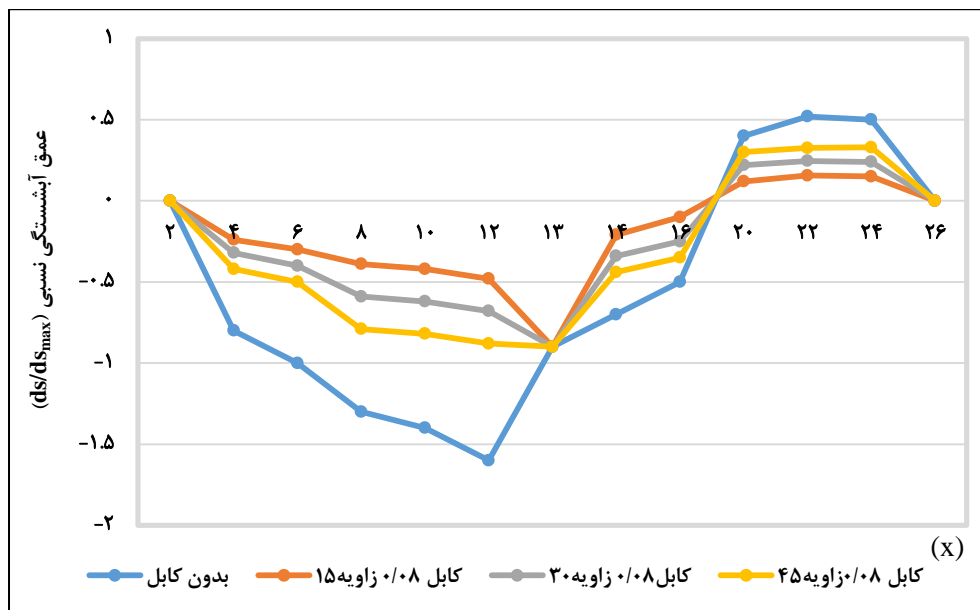
همان‌گونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود زاویه پیچش کابل با عمق آبشستگی نسبت مستقیم دارد و در کلیه شرایط نصب کابل با قطرهای مختلف کابل، با افزایش زاویه پیچش کابل در اطراف پایه استوانه‌ای در حالت عمودی، باعث افزایش عمق آبشستگی در اطراف پایه می‌شود. همان‌گونه که در اشکال مشاهده می‌شود زاویه پیچش کابل با عمق آبشستگی نسبت مستقیم دارد و در کلیه شرایط نصب کابل با قطرهای مختلف کابل، با افزایش زاویه پیچش کابل در اطراف پایه استوانه‌ای باعث افزایش عمق آبشستگی در اطراف پایه‌ها می‌شود. از آنجایی که وجود پایه در مسیر جریان باعث تشکیل جریان‌های گردابی در اطراف آن شده و این جریان‌ها مکانیسم اصلی آبشستگی در اطراف بستر پایه می‌شود، لذا نصب کابل و کاهش زاویه پیچش آن در اطراف پایه، باعث تضعیف جریان‌های گردابی در پایین دست و بالادست پایه شده و در نتیجه باعث کاهش توان حمل رسوب بار بستر و آبشستگی در اطراف پایه استوانه‌ای می‌گردد. پایه عمودی در زاویه کابل ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درجه بیشترین درصد کاهش عمق آبشستگی، به ترتیب ۶۹، ۶۰ و ۵۹ درصد در قطر نسبی کابل ۰/۰۸ مشاهده شده



است. لذا بیشترین درصد کاهش عمق آبشستگی در پایه عمودی، قطر نسبی ۰/۰۸ و در زاویه ۱۵ درجه، حدود ۶۹ درصد مشاهده می‌شود.



شکل ۷: تاثیر زاویه پیچش کابل بر عمق آبشستگی نسبی برای پایه عمودی، دبی ۸ لیتر بر ثانیه



شکل ۸: پروفیل طولی عمق آبشستگی در پایه عمودی، با کابل و بدون کابل (شاهد)، دبی ۸ لیتر بر ثانیه

در شکل ۸ مقایسه عمق آبشستگی در پایه عمودی در بیشترین دبی (ثابت)، با کابل ۰/۰۸ و بدون کابل انجام گرفت. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با تغییر زاویه پیچش کابل مقدار آبشستگی نیز تغییر می‌کند، به طوری که هرچه زاویه کابل

( $\Theta$ ) کوچک‌تر باشد، عمق آب‌شستگی کم‌تر می‌شود، در واقع رابطه مستقیم بین زاویه پیش کابل و عمق آب‌شستگی وجود دارد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل با افزایش ضخامت کابل و کاهش زاویه پیش کابل‌ها، عمق آب‌شستگی بیشتر کاهش می‌یابد، به طوری که بیشترین کاهش در کابل با ضخامت  $0/08$  و زاویه پیش  $15$  درجه به دست آمد. کابل با ضخامت  $0/08$  و زاویه پیش  $15$  درجه، میزان عمق آب‌شستگی را  $69$  درصد کاهش می‌دهد. با استفاده از کابل، هرچه دبی افزایش پیدا کرد درصد کاهش آب‌شستگی بیش‌تر می‌شود. با افزایش  $\Theta$  (زاویه پیش)، عمق آب‌شستگی نسبی بیشتر شده زیرا هرچه  $\Theta$  بیشتر شود بردارهای سرعت موازات کابل‌ها با شدت بیش‌تری به کف برخورد کرده در نتیجه، آب‌شستگی ( $d_s$ ) افزایش می‌یابد.

### منابع

- پیرمحمدی، ر.  $1383$ . تأثیر شکاف بر پایداری سنگ‌چین در کنترل و کاهش آب‌شستگی موضعی پایه‌های پل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- عقلی، م. و زمردیان، م.  $1392$ . تأثیر توأم طوق و کابل بر روی عمق آب‌شستگی اطراف پایه پل در قوس رودخانه‌ها. فصلنامه علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)،  $36$  (۳):  $40-31$ .
- زمردیان، م. و عقلی، م.  $1393$ . تأثیر توأم طوق و کابل بر عمق آب‌شستگی اطراف گروه پایه‌های پل در قوس رودخانه‌ها، مجله تحقیقات آب و خاک ایران،  $45$  (۱):  $10-1$ .
- Chiew, Y. M. and Melville, B.W. 1987.** Local scour around bridge piers. *Journal of Hydraulic Research*, 25(1):15-26.
- Dey, S., Sumer, B. M. and Fredsoe, J. 2006.** Control of Scour at Vertical Circular Piles under Waves and Current, *Journal of Hydraulic Engineering*, 132: 270-279.
- Izadinia, E. and Heidarpour, M. 2012.** Simultaneous use of cable and collar to prevent local scouring around bridge pier, *International Journal sediment Reaserch*, 27: 394-401.
- Khwairakpam, P. and Mazumdar, A. (2009).** Local Scour Around H Diaulic Structures. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1(6): 59-61.
- Raudkivi, A. J. and Ettema, R. 1983.** Clear-water scour at cylindrical piers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(3): 338-350.

---

**Tanaka, S. and Yano, M. 1976.** Local scour around a circular cylinder. Proceeding 12th IAHR Congress, International Association of Hydraulic Research, Delft, the Netherlands, 3: 193-201.

## Investigation of using cable around pier to reduce scouring depth

F. Arezomand<sup>1</sup> and A. A. Kamanbedast<sup>2\*</sup>

1) Department of Civil Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2) Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

\*Correspondence author: Ka57\_amir@yahoo.com

Received Date: 2019.07.10

Accepted Date: 2020.06.22

### Abstract

One of the control methods for scouring around the bases of the dock is the use of the cable around it. In this study, in order to investigate the effect of cable in the control of dampness around the base of the berth, experiments were carried out in a flat glass laboratory flume. In this research, a series of experimental tests was performed by placing a vertical base with the cable around them in two cases, with a cable and without cable around them. The experiments were carried out using three types of cables with a relative diameter of 0.03, 0.05 and 0.08 mm with three angles of twist 15, 30 and 45 degrees in 5 different flow at 6, 6/5, 7/7, 7/8 and 8 (li/s) In clear water mode. At the end of each experiment, the scouring depth around the base was measured using laser depth measurements. The results of this study showed that, in all conditions, installing the cable around the base of the cylinders is an effective factor in reducing the depth of scouring around it. Also, the maximum percentage of decrease in scouring depth in the vertical base was obtained in cable with a relative diameter of 0.08 and twisting angle of 15 degrees.

**Keywords:** Cable, Scour depth, Piles and Sediment.