

## مقایسه عملکرد طوق مربعی و دایره ای در کاهش آبشستگی موضعی در پایه پل

۱- حسین شریعتی دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

[Shariaty13@gmail.com](mailto:Shariaty13@gmail.com)

۲- سعید رضا خدائیان استادیار گروه آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

[saeedkhodashenas@yahoo.fr](mailto:saeedkhodashenas@yahoo.fr)

۳- کاظم اسماعیلی استادیار گروه آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

[Kazem.esmaili@gmail.com](mailto:Kazem.esmaili@gmail.com)

### چکیده

آبشستگی پایه های پل همه ساله خسارات زیادی به پل ها در سراسر دنیا وارد می سازد. یکی از راههای کاهش این پدیده استفاده از طوق می باشد. در تحقیق حاضر ، عملکرد دو نوع طوق مربعی و دایره ای روی یک مدل تک پایه استوانه ای مورد بررسی قرار گرفته است . نتایج نشان داد استفاده از هر دو نوع طوق به خصوص در زیر سطح بستر باعث کاهش عمق آبشستگی می گردد . طوق مربعی نسبت به دایره ای در کاهش عمق آبشستگی عملکرد بهتری داشته به گونه ای که طوق مربعی عمق آبشستگی را تا ۷۰٪ کاهش می دهد.

واژه های کلیدی : آبشستگی ، طوق، پایه پل

## مقایسه عملکرد طوق مربعی و دایره ای در کاهش آبشستگی موضعی در پایه پل

۱- حسین شریعتی دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

[Shariaty13@gmail.com](mailto:Shariaty13@gmail.com)

۲- سعید رضا خدائشاس استادیار گروه آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

[saeedkhodashenas@yahoo.fr](mailto:saeedkhodashenas@yahoo.fr)

۳- کاظم اسماعیلی استادیار گروه آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

[Kazem.esmaili@gmail.com](mailto:Kazem.esmaili@gmail.com)

### چکیده

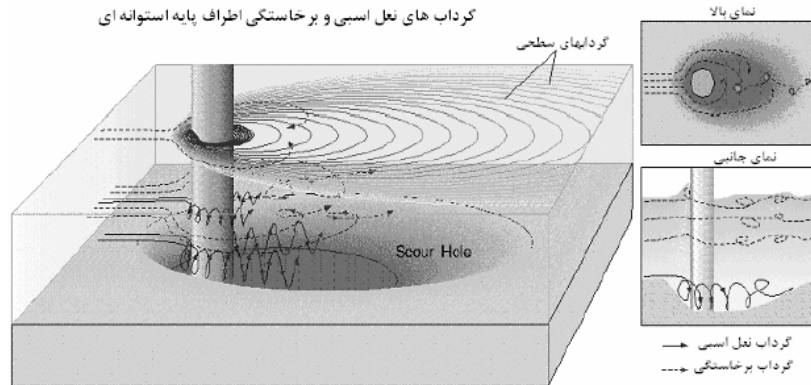
آبشستگی پایه های پل همه ساله خسارات زیادی به پل ها در سراسر دنیا وارد می سازد. یکی از راههای کاهش این پدیده استفاده از طوق می باشد. در تحقیق حاضر ، عملکرد دو نوع طوق مربعی و دایره ای روی یک مدل تک پایه استوانه ای مورد بررسی قرار گرفته است . نتایج نشان داد، استفاده از هر دو نوع طوق به خصوص در زیر سطح بستر باعث کاهش عمق آبشستگی می گردد . طوق مربعی نسبت به دایره ای در کاهش عمق آبشستگی عملکرد بهتری داشته به گونه ای که طوق مربعی عمق آبشستگی را تا ۷۰٪ کاهش می دهد.

واژه های کلیدی : آبشستگی ، طوق، پایه پل

### مقدمه

مطالعات انجام شده نشان می دهند، که یکی از اصلی ترین دلایل تخریب پل ها پدیده ی آبشستگی است که علاوه بر تلفات جانی ، هزینه های زیادی به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر کشورها تحمیل می کنند. به طور کلی برخورد و جدا شدن جریان از پایه پل دو عامل اصلی در ایجاد آبشستگی در اطراف پایه پل می باشند. برخورد جریان به پایه گرداب نعل اسبی را شکل داده و جدایی جریان از پایه باعث بوجود آمدن گرداب های برخاستگی می شود . گرداب نعل اسبی عامل اصلی فرسایش بستر رودخانه در اطراف پایه به ویژه در جلوی آن است (شکل ۱). مطالعات آزمایشگاهی و عددی فراوانی بوسیله محققان به منظور شناخت راههای کاهش این پدیده انجام شده است. یکی از این راهها استفاده از طوق است. طوق ها صفحاتی تخت با ضخامت کم می باشند ، که اطراف پایه نصب می شوند. کومار (۱۹۹۹) با انجام آزمایشاتی تاثیر طوق را بر کاهش آبشستگی بررسی کرد. وی از پایه های استوانه ای شکل به قطر ۱۱۲ و ۱۱۲ میلی متر و ۵ اندازه مختلف طوق به شکل دایره ای برای کاهش آبشستگی استفاده کرد. مطالعه او نشان داد هر چه طوق بزرگتر باشد تاثیر بیشتری در کاهش خسارت آبشستگی خواهد داشت. همچنین زراتی و همکاران (۲۰۰۴) تاثیر طوق در پایه های مستطیلی با سه نوع زاویه قرارگیری ( $\theta = 0, 5, 10$ ) پایه نسبت به جریان را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها دریافتند چنانچه طوق عریض تر بوده و ارتفاع آن نسبت به بستر کمتر باشد عملکرد بهتری خواهد داشت. همچنین کارایی طوق با افزایش زاویه قرار گیری پایه نسبت به جریان، کاهش می یابد. مونکادا و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی عملکرد طوق و شکاف در کاهش آبشستگی پرداختند. یافته های آنها نشان داد استفاده از طوقی با عرض ۲ برابر قطر پایه می تواند آبشستگی را بین ۵۵ تا ۹۶ درصد کاهش دهد. با توجه به اینکه محققین گذشته در استفاده از طوق ، عموماً از طوق دایره ای اطراف پایه

های استوانه ای و از طوق مستطیلی برای پایه های مستطیلی به منظور کنترل آبشستگی اطراف پایه پل استفاده کرده اند ، و در زمینه ی شکل و هندسه طوق اطلاعاتی در دسترس نمی باشد، هدف از این تحقیق بررسی کاربرد طوق های با هندسه متفاوت مربعی و دایره ای اطراف پایه استوانه ای پل در تراز های مختلف نسبت به تراز بستر بوده است [۱،۲،۳].



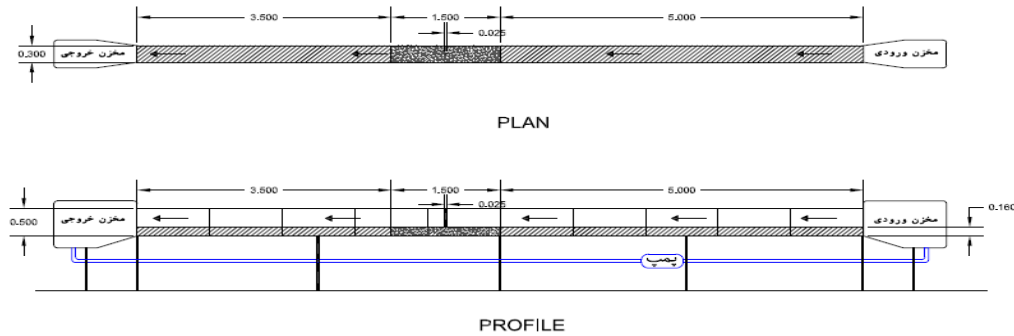
شکل (۱) الگوی سه بعدی جریان اطراف پایه پل

## مواد و روشها

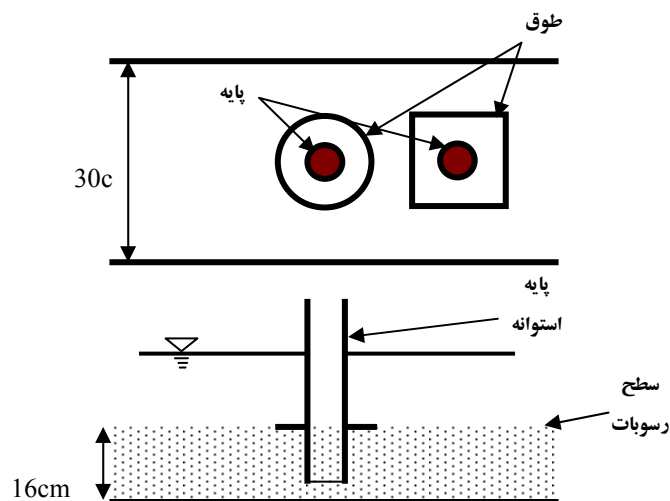
آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت. کانال مورد استفاده دارای طول ۱۰m ، عرض ۳۰cm و ارتفاع ۵۰cm بوده ، جنس دیواره آن شیشه ای، که امکان رویت جریان را فراهم می نمود. اندازه گیری دبی توسط یک سرریز لبه تیز که در ورودی کانال نصب و قبلاً کالیبره شده بود انجام می گرفت. برای تنظیم عمق از دریچه نصب شده در انتهای کانال استفاده شد (شکل ۲). به منظور توسعه یافتگی کامل جریان ، بازه آزمایشی به طول ۱/۵m در فاصله ۵ m ابتدای کانال در نظر گرفته شد. ضخامت رسوبات ریخته شده در بازه آزمایش ۱۶ cm بود ، بنابراین تراز کف کانال در قسمت بالادست و پایین دست منطقه آزمایش به مقدار مشابه (۱۶cm) بالا آورده شد. برای جلوگیری از اثر جداره بر میزان آبشستگی طبق توصیه چپو و ملویل حداکثر قطر پایه باید ۱۰ درصد عرض کانال باشد و بر اساس نظر رادکیوی و اما نسبت عرض کانال به قطر پایه باید بزرگتر از ۶/۲۵ باشد . لذا جهت مدل کردن پایه از استوانه ای به قطر ۲۵mm از جنس پلاستیک تفلون استفاده شد. برای جلوگیری از تشکیل فرم بستر (ریپل) قطر متوسط ذرات باید از ۰/۷ mm بزرگتر باشد [۸] . همچنین برای حذف اثر رسوبات روی عمق آبشستگی نسبت ۲۵ - 20 >  $\frac{D}{d_{50}}$  باشد [۸]

( D قطر پایه و  $d_{50}$  اندازه متوسط ذرات رسوب). بنابراین از رسوباتی با  $d_{50}=0/8$  mm استفاده شد. از طرفی چنانچه عمق جریان از ۳/۵ برابر قطر پایه بیشتر باشد تأثیری بر میزان آبشستگی نخواهد داشت که این معیار نیز رعایت شد [۷]. با توجه به اینکه حداکثر عمق آبشستگی موضعی در شرایط آب زلال رخ می دهد ، در مرحله اول با ملاحظه محدودیت ها و انجام آزمایشات مقدماتی و سعی و خطا عمق و دبی آستانه حرکت ذرات بستر به کمک روش شیلدز و رابطه ارائه شده ملویل (۱۹۹۷) به ترتیب برابر ۱۰/۵cm و ۱۰lit/s به عنوان شرایط آستانه حرکت انتخاب شد . برای بدست آوردن زمان تعادل شرایط بستر و خاتمه هر آزمایش ، تغییرات آبشستگی در محدوده پایه ساده (مدل شاهد) نسبت به زمان برای مدت ۱۵ ساعت ثبت گردید. نتایج موید آن بود بعد از ۷ ساعت تغییرات عمق آبشستگی بسیار کاهش یافته از این رو در کلیه آزمایشات زمان تعادل بستر ۷ ساعت در نظر گرفته شد، هر چند که در انواع مدل های بکار گرفته شده این زمان حتی کمتر از این مقدار بوده است (شکل ۷). برای اندازه گیری عمق آبشستگی از اشل نصب شده روی پایه استفاده می شد و عمق جریان در کانال توسط یک عمق سنج با دقت  $\pm 0/1$ mm اندازه گیری می گردید. برای بررسی اثر طوق بر میزان آبشستگی در اطراف پایه پل از دو نوع طوق (دایره ای و مربعی) در سه اندازه  $\frac{W}{D} = 1.5, 2, 2.5$  (D قطر پایه و W عرض طوق مربعی یا قطر طوق دایره ای) استفاده شد (شکل ۳). براساس آزمایشات درگاهی (۱۹۹۰) اگر نسبت ضخامت طوق به قطر پایه بزرگ باشد، موجب افزایش قطر موثر پایه شده و باعث افزایش عمق آبشستگی می شود. در این تحقیق صفحاتی به ضخامت ۱ mm مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با توجه به نامحسوس بودن کاهش

آبشستگی در شرایط قرارگیری طوق بالای بستر، برای بررسی تاثیر تراز قرارگیری طوق ها بر میزان آبشستگی، دو ارتفاع  $Z/D = -0.4, 0$  (فاصله طوق نسبت به سطح بستر) در نظر گرفته شد [9]. بعد از پایان هر آزمایش با استفاده عمق سنج رقوم رسوبات برداشت شد و به کمک نرم افزار surfer مدل گردید. برای نشان دادن توسعه زمانی آبشستگی از نسبت  $d_s/d_{se}$  (عمق آبشستگی،  $d_{se}$  عمق تعادل آبشستگی در حالت بدون طوق) در برابر  $t/t_e$  (زمان  $t$  و زمان تعادل  $t_e$ ) استفاده گردید.



شکل (۲) نمای شماتیک از فلوم آزمایشگاهی

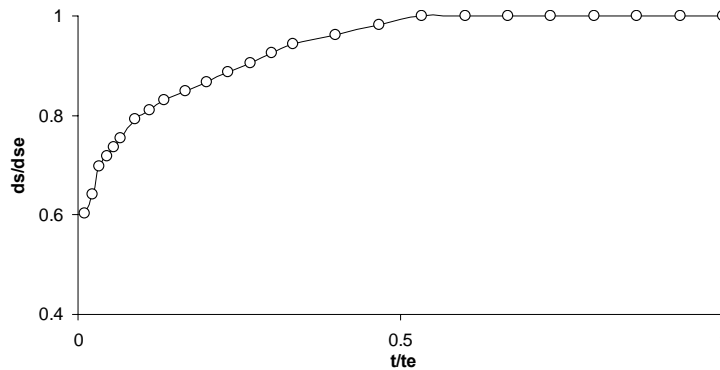


شکل (۳) نمایی شماتیک از پایه و طوق

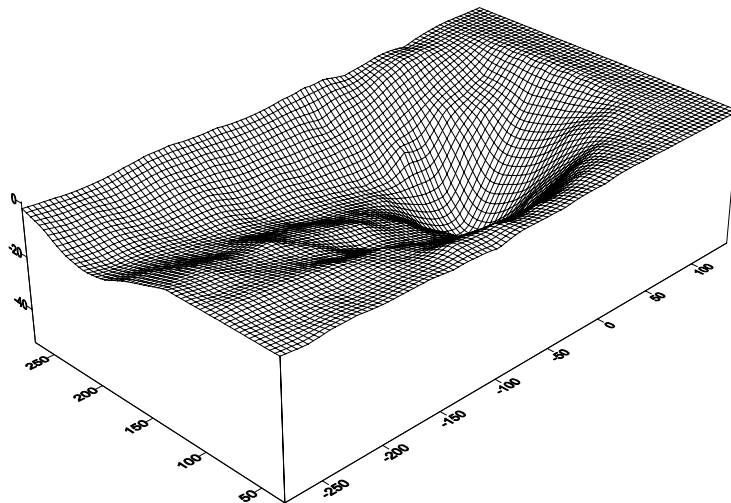
## نتایج

### آزمایش روی پایه بدون طوق

شکل ۵ توسعه ی زمانی آبشستگی اطراف مدل پایه بدون طوق نشان می دهد. همان طور که در شکل مشخص است تغییرات عمق آبشستگی در لحظات اولیه زیاد بوده ، اما به تدریج تغییرات کاهش می یابد و در نهایت بعد از گذشت ۷ ساعت از شروع آزمایش نمودار تغییرات عمق آبشستگی به صورت خطی در می آید. در این حالت آبشستگی از جلوی پایه و به صورت متقارن نسبت به محور پایه شروع شد و مواد رسوبی از جلو و اطراف پایه کنده شده و به صورت پشته ی در پشت پایه جمع می شوند . این پشته ها به تدریج به طرف پایین دست منتقل شدند. با توجه به توپوگرافی حفره آبشستگی ایجاد شده اطراف پایه (شکل ۶) مشخص است که الگوی آبشستگی تقریباً متقارن می باشد.



شکل (۵) توسعه زمانی آبستگی در حالت پایه بدون طوق

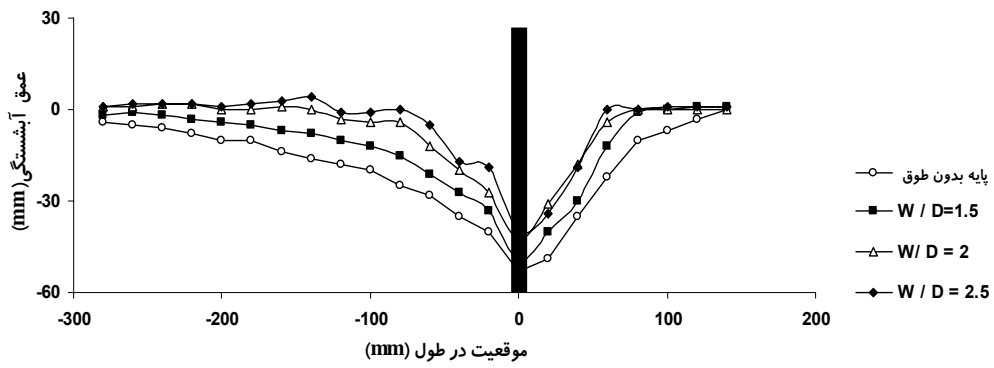


شکل (۶) توپوگرافی حفره آبستگی در اطراف پایه بدون طوق

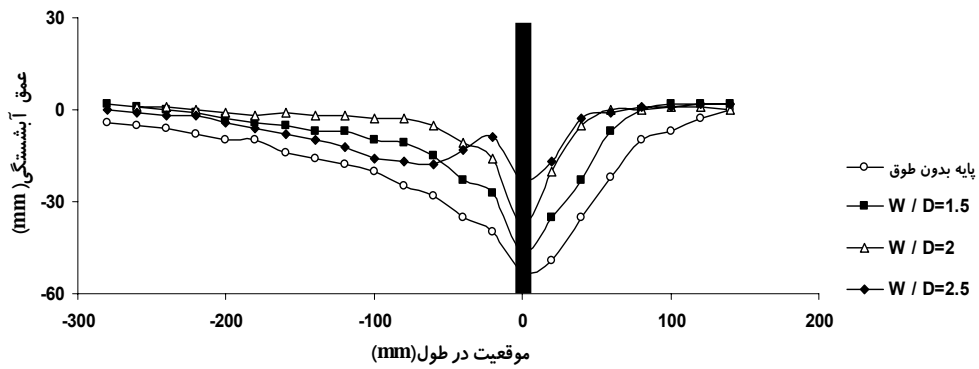
### آزمایشات روی پایه با طوق دایره ای

شکل های ۸ و ۷ پروفیل های طولی پایه به همراه طوق دایره ای را در دو موقعیت  $Z/D = 0, -0.4$  نشان می دهد، با توجه به نمودارهای رسم شده، هر چه طوق بزرگتر باشد و در زیر سطح بستر قرار گیرد تاثیر بیشتری بر میزان کاهش آبستگی خواهد داشت. نصب طوق با  $W/D = 2.5$  در زیر بستر می تواند عمق آبستگی را تا ۵۵ درصد کاهش دهد این مقدار برای طوق های  $W/D = 1.5$ ، ۱۵ درصد و در مورد طوق های با  $W/D = 2$  برابر ۲۴ درصد می باشد. با توجه به اشکال مشخص است که به کاربردن طوق با  $W/D = 2.5$ ، عمق آبستگی در جلوی پایه را بیشتر کاهش می دهد. شکل ۹ توپوگرافی حفره آبستگی اطراف پایه باطوق دایره ای  $W/D = 2.5$  در زیر بستر را نشان می

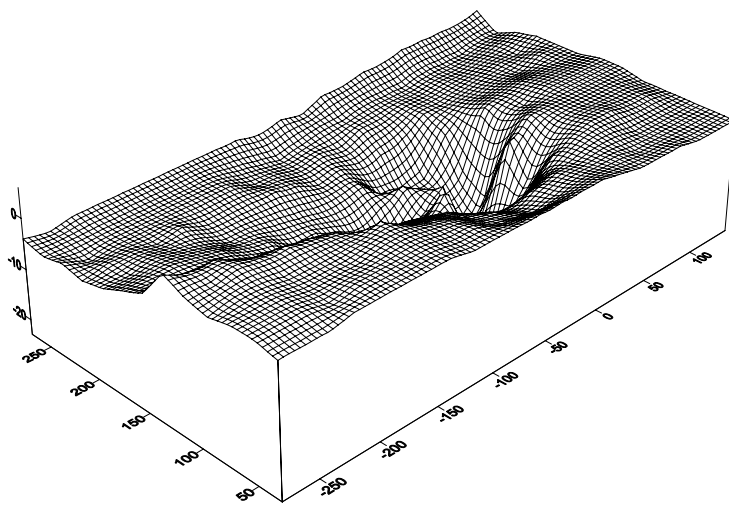
دهد.



شکل (۷) پروفیل های طولی پایه با طوق دایره ای روی بستر ( $Z = 0$ )



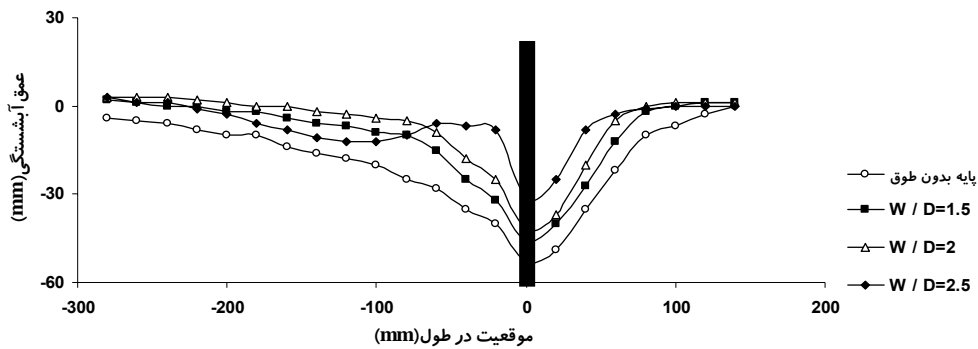
شکل (۸) پروفیل های طولی پایه با طوق دایره ای زیر بستر ( $\frac{Z}{D} = -0.4$ )



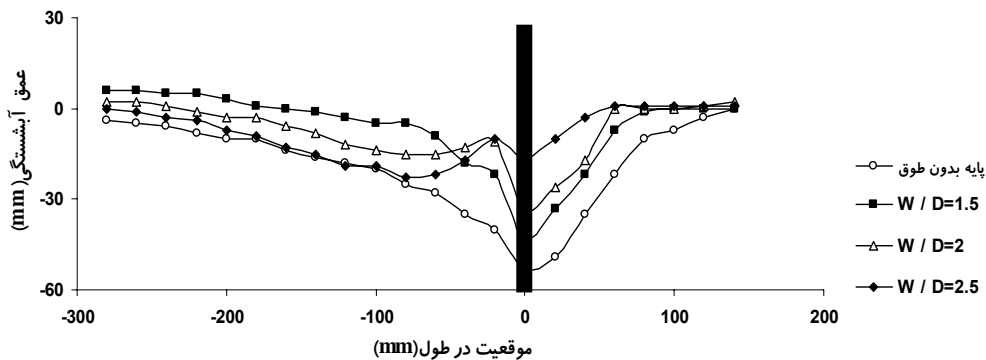
شکل (۹) توپوگرافی حفره آبستگي در اطراف پایه باطوق دایره ای  $\frac{W}{D} = 2.5$  زیر بستر

### آزمایشات روی پایه با طوق مربعی

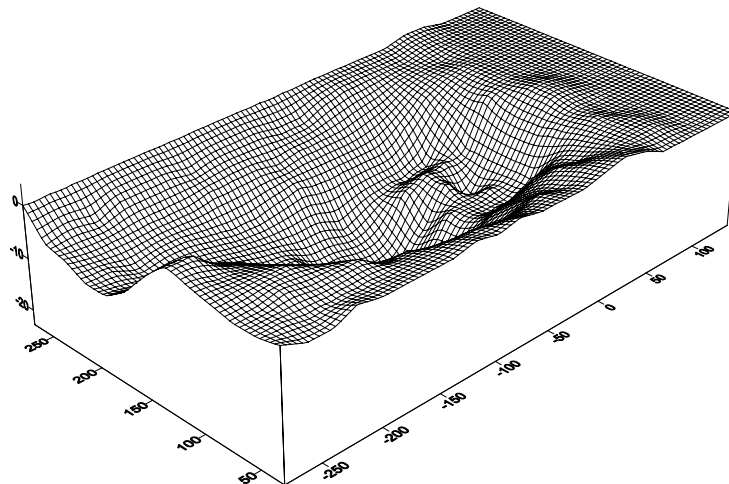
شکل های ۱۱ و ۱۰ پروفیل های طولی پایه استوانه ای به همراه طوق مربعی را در دو موقعیت  $Z=0, -0.4$  نشان می دهد. نتایج حاکی است نصب طوق می تواند، با کنترل و تضعیف گرداب های نعل اسبی و جریان بر خاستگی موجب کاهش عمق آبستگي در جلوی پایه شود. ابعاد و ارتفاع نصب طوق بر روی پایه از عوامل موثر در کاهش عمق آبستگي محسوب می شوند، طوق با ابعاد نسبی  $\frac{W}{D}=2.5$  در کنترل و کاهش عمق آبستگي نسبت به دو طوق دیگر موثرتر است، همچنین نصب طوق در تراز زیر بستر نسبت به روی بستر در کاهش آبستگي کارایی بهتری از خود نشان می دهد. مشاهدات آزمایشگاهی حاکی از آن است که در حالت قرارگیری طوق زیر بستر رسوبات روی طوق سریعاً در اثر جریان شسته شده اما آبستگي با تاخیر زمانی همراه است. نصب طوق با عرض  $\frac{2}{5}$  برابر قطر پایه در زیر بستر می تواند عمق آبستگي را تا ۷۰ درصد کاهش دهد این مقدار برای طوق های با  $\frac{W}{D}=1.5$  حدود ۲۰ و در مورد  $\frac{W}{D}=2$  حدود ۴۰ درصد می باشد . در شکل ۱۲ توپوگرافی حفره آبستگي در اطراف پایه با طوق مربعی  $\frac{W}{D}=2.5$  زیر بستر نشان داده شده است.



شکل (۱۰) پروفیل های طولی پایه با طوق مربعی روی بستر ( $Z = 0$ )



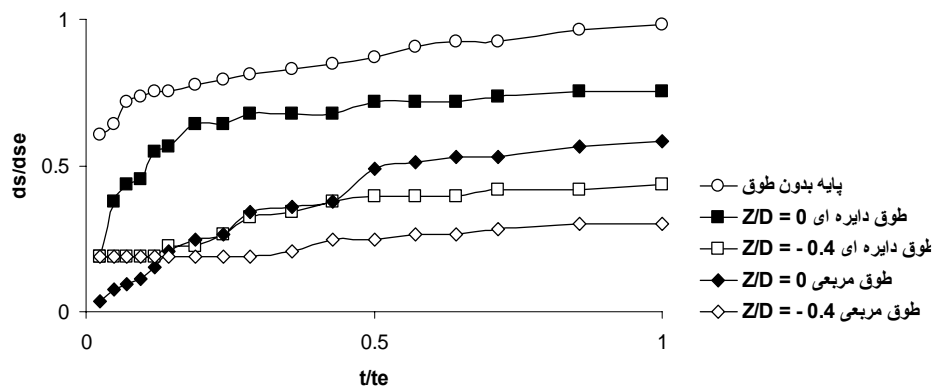
شکل (۱۱) پروفیل های طولی پایه با طوق مربعی زیر بستر ( $\frac{Z}{D} = -0.4$ )



شکل (۱۲) توپوگرافی حفره آبخستگی در اطراف پایه باطوق مربعی  $\frac{W}{D} = 2.5$  زیر بستر

### ج. مقایسه طوق دایره ای و مربعی

در شکل ۱۳ عملکرد طوق های مربعی و دایره ای بر کاهش آبخستگی در اطراف پایه استوانه ای نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود استفاده از طوق مربعی به دلیل داشتن شکل هندسی و لبه های تیز از کارایی بیشتری برای کنترل و کم کردن قدرت گرداب های نعل اسبی و برخاستگی نسبت به طوق دایره ای بوده و در کاهش عمق آبخستگی موثرتر است. حداکثر کاهش عمق آبخستگی در شرایط بکارگیری طوق مربعی ۷۰ و در مورد طوق دایره ای ۵۷ درصد می باشد در جدول ۱ درصد کاهش عمق آبخستگی با استفاده از طوق های دایره ای و مربعی نشان داده شده است



شکل (۱۳) توسعه زمانی آبخستگی برای طوق مربعی و دایره ای با  $\frac{W}{D} = 2.5$

جدول (۱) درصد کاهش عمق آبخستگی نسبت به پایه بدون طوق

$\frac{W}{D} = 2.5$	$\frac{W}{D} = 2$	$\frac{W}{D} = 1.5$	ابعاد طوق		نوع طوق
			موقعیت طوق		
24.5	18.8	5.6	روی بستر	طوق دایره ای	
56.6	28.3	11.3	زیر بستر		
41.5	20.75	13.2	روی بستر	طوق مربعی	
70	37.7	18.8	زیر بستر		



## نتیجه گیری

در تحقیق حاضر دو نوع طوق مربعی و دایره ای در ابعاد مختلف و در ترازهای مختلف به منظور مطالعه کاهش آبستگي موضعی در تک پایه استوانه ای استفاده شد ، عملکرد طوق ها در حالات مختلف مورد مقایسه قرار گرفت ، نتایج نشان داد که به طور کلی استفاده از طوق در کاهش عمق آبستگي موثر است، همچنین استفاده از طوق در تراز زیر بستر نسبت به قرارگیری آن در سایر ترازها موثرتر می باشد . در مورد ابعاد طوق نیز افزایش ابعاد تاثیر بیشتری را بر کاهش آبستگي نشان می دهد. در مورد شکل طوق نیز می توان بیان داشت که استفاده از طوق مربعی به دلیل داشتن لبه های تیز نسبت به طوق دایره ای در کنترل و کم کردن قدرت گرداب های نعل اسبی و برخاستگی عملکرد بهتری داشته و در کاهش عمق آبستگي موثرتر است.

## منابع

- [1] Moncada-M, A.T., Aguirre-PE, J., Bolivar, J.C., and Flores, E.J.(2009). " Scour protection of circular bridge piers with collars and slots." *Journal of Hydraulic Research*, Vol.47, No.1, PP.119-126.
- [2] Zarrati, A.R., Gholami, H., and Mashahir, M.B.(2004). "Aplication of collar to control scouring around retangular bridge piers." *Journal of Hydraulic Research*, Vol.42, No.1, PP.97-103.
- [3] Kumar, V., Raja, K., and Vittal, N.(1999). "Reduction of local scour around bridge piers using slots and collars." *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 125, No. 12, PP.1302-1305.
- [4] Melville, W., and Chiew, Y.(1999). "Time scale for local scour at bridge piers." *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 125, No.1, PP. 59- 5.
- [5] Melvill, B.W. (1997). "piers and abutment scour-an integrated approach." *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.123, No. 3, PP. 125-136.
- [6] Dargahi, B.(1987). "Controlling mechanism of local scouring." *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.116, No.10, PP. 1197-1214.
- [7] Chiew, Y.M., and Mellville, B.W. (1987). "Local scour around bridge piers." *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 25, No. 1,15-26.
- [8] Raudkivi, A., and Ettema, R. (1983). "Clear-water scour at cylindrical piers." *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.109, No. 3, PP. 338-350.
۹. زرّاتی ، ا.ر؛ عزیزى . م ؛ "کنترل آبستگي در اطراف پایه های پل " نشریه دانشکده فنی امیر کبیر تهران ، جلد ۳۵ ، شماره ۱ ، ۱۳۸۰ ، ۳۳-۲۱

**Comparison the operation of squar collar and circular collar at reduction  
of local scouring in the bridge piers**

H.shariati<sup>1</sup>, S.R.Khodashenas<sup>2</sup>, K.Esmaili<sup>3</sup>

1. M.Sc.student of Water Structures, Ferdowsi University
2. Assistant Professor, of Water Structures, Ferdowsi University
3. Assistant Professor, of Water Structures, Ferdowsi University

**ABSTRACT**

**Scouring bridge piers causes many damage in to the bridge around the world every year. One of the way decrease of local scouring is the use of collar. In the presnt work, effect of two type of squar and circular collar on a single cylindrical model has investigated. The result showed the use of both collar specically below bed level decrease the scour depth. Square collar is more effective than circular in scour depth decreases so that squar collar showed 70% decrease in rate of scour depth than the way of without collar**

**Keywords : scour , collar ,bridge pier**