

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Percentage Permeability in Composite Structure of Spur dike with Vane on a Sedimentation Pattern in 180° mild curve

S. Cheraghchi¹ and M. Shafaei Bajestan^{2*}

1- Master student of Hydraulic Structure, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2*- Corresponding Author, Professor, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (m_shafai@yahoo.com).

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 3 November 2018

Revised: 15 September 2020

Accepted: 19 September 2020

Keywords:

Composite structure, Spur dike, Sedimentation, Scouring, 180° mild curve.

TO CITE THIS ARTICLE :

Cheraghchi, S., Shafaei Bajestan, M. (2023). 'The Effect of Percentage Permeability in Composite Structure of Spur dike with Vane on a Sedimentation Pattern in 180° mild curve', *Irrigation Sciences and Engineering*, 45(4), pp. 15-30. doi: 10.22055/jise.2020.26828.1786.

Introduction

One common method for Blank River protection and restoration is use of Spur dikes. Spur dikes either in the forms of group or single, depending on their permeability is classified as permeable and impermeable. Spur dikes restore flow pattern and prevent erosion of river banks. This leads to stability and immovability of river. However, they have some disadvantages; on installation they require drying river and erosion around their structure causes destruction (Anonymous, 2002, 2003) and (Anonymous, 2010). Due to the mentioned disadvantages use of spur dikes will be halted and use of vane, which has a higher environmental compatibility, is suggested. This study aims to introduce “composite structure”; a new structure with a combination of a Spur dike with different permeability and a single vane. The main aim of this study is to increase the amount of sediment transported behind the structure by water flow produced by the vane in the combination structure.

Methodology

The experiments of this study were carried out in the laboratory of Shahid Chamran University of Ahvaz. As shown in figure (1) these tests were done in a 180° curve flume with 60 centimeters width and advantage curvature radius equivalent to 2.1. The inner and outer bend length was 5.65 and 7.53 meters respectively, the input and output straight channel length was 4 meters.

As shown in the shape of composite structure (figure 2). The structure effective length was 14 centimeters, equal to 23 percent of flume width. And also as it can be seen in figure 1, $L_1=L_2=7$ cm (L_1 : length of spur dike part, L_2 : length of vane part) and $\theta=30^\circ$ (the angle between vane and the outer bank). In this experiment the angle between blank and vane was chosen 30 degrees as per Bahrami Yar Ahmadi research (2014). The height of the vane, H_2 was considered to be 12 cm equal to the flow depth. The position of structure was 113.5 degree from the beginning of the bend and was used as single form. The sediment effect of size were $d_{50}=0.88$ mm.

This study aims to study the permeable and Froude number. The composite structure's Spur dike part has four different permeable of 0, 30, 50 and 70 percent. Those are all tested in this study. The Experiments were also checked in four different discharge (14.06, 15.62, 17.18 and 18.75), and according to the flow depth (12 cm) the corresponding Froude number are 0.18, 0.20, 0.22 and 0.24 respectively. Also all the experiments were done under clear water condition.

In each experiment, after structural installation, the intensity and depth of flow were adjusted correctly. The experiment was continued for 3 hours until the maximum scour was reached, which is followed by the determination of bed topography.

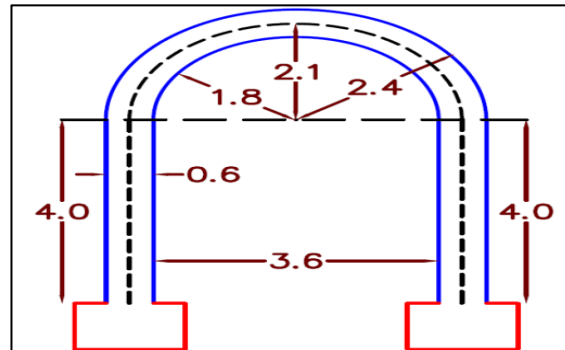


Fig. 1- schematic shape of eaboratory fulme

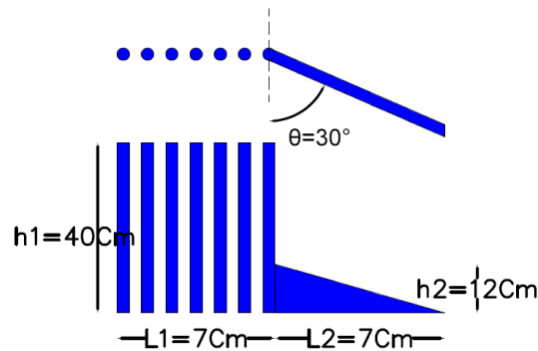


Fig. 2- schematic shape of combine structure

Results and Discussion

The developed bed topography and transverse bed profiles in the experimental flume were examined as per the mentioned conditions, and finally the results were compared with the spur dike examinations. According to topography changes, observation showed, in contrast to the spur dike the scour hole of composite structure were not symmetric and most of it was in the downstream of vane axis. However, due to spur dike installation, the erosion zone was around the structure and near the outer bank. Whereas, in the experiment with the composite structure, the scour hole shifted away from the outer bank and the spur dike part, towards the middle of channel at upstream. Furthermore, the scour hole never occurred behind the spur dike part. This is an important matter for structural stability. Observations showed that, as the hydraulic condition became stronger the amount of erosion was increased. The deepest scour pool with the composite structure occurred near the tip of the vane part. In comparison between the composite structure for each permeable (0%, 30%, 50% and 70%) with spur dike showed that the deepest scour hole ratio was 0.72, 0.64, 0.62 and 0.71 respectively. Furthermore, with the increase of flow intensity, the distance of scour hole created by the composite structure increased from the outer bank. While, in the experiments with spur dike the results showed

that the erosion zone were always around the spur dikes ending. Because of weaker spiral flow at downstream of the composite structures in contrast to spur dike, a higher deposition was observed. These rates in each percentage of permeability (0, 30, 50 and 70) are 1.31, 1.16, 1.13 and 1.33 correspondingly. In addition, as the flow condition grows stronger this amount also increases. The observation of spur dike experiments indicates that the sediment transferred from upstream deposited at the middle of cross section channel after the scour hole and then extended to three directions; the outer bank, the inner bank and the downstream. Whereas, the deposition sediment, tested with the combine structure was near the outer bank and extended to the center of the channel and downstream. Furthermore, with the increase of hydraulic conditions and permeability percentage the distance between the outer bank and most height deposition in combine structure increases, whereas in spur dike it showed a decrease. As for deposition length, the length of each test with the composite structure (0%, 30%, 50% and 70%) reduced to, 0.78, 0.56, 0.32 and 0.40 of the amount of spur dike experiment respectively. As the amount of erosion volume in composite structure test decreases, the volume of deposition also drops. According to reduce amount of erosion volume in test with the composite structure, the volume of deposition would reduce too. The results indicates that ratio of deposition volume in composite structure examinations with 0, 30, 50 and 70 percent permeability are 60%, 38%, 22% and 42% of spur dike examinations. In compare with Yabarepour et al (2013) experiments, the volume of sedimentation at downstream of structures increased significantly and proved they can be more useful as bulding and protecting inner blanks. Statics show more than 20 times increased in amount of sedimentation in this case.

Conclusions

This paper attempts to study a single composite structure of permeable spur dike with vane and examines its effect with different permeability on topographic bed changes in 180° mild curve. The results showed the composite structure with 50 percent permeability in its spur dike part had the least amount of erosion and sediment deposition. The removed sediments from upstream started depositing progress directly behind the spur dike part of composite structure and beside the outer bank. Then, it extends to the center of cross section and downstream. Furthermore, with the increase of permeability, the sedimentation volume reduces. This causes sediment deposition not reaching middle of flume cross section.

Aknowledgments

Special thanks to the vice-chancellor for research of Shahid Chamran University of ahvaz, who supported this study as financial. (Grant No: WH 99.470).

References

- 1- Anonymous., 2010. Guide for design construction and maintance of river groynes, No.516 .
- 2- Anonymous., 2002/2003. Scour and deposition around groynens, No.248
- 3- Bahrami Yarahmadi, M.and Shafai Bajestan., 2014. Bed topography Variations in a 90° Mild Bend Due to Triangle-Shaped Spur Dike. *Modares Civil Engineering Journal*, 14(2),pp. 165-175.(In Persian).
- 4- Yabarepour, A. KashefiPour,comparision of bed topograghy for the permeable and impermeable spur dike group *Irrigation Sciences and Engineering*, 37(4).(In Persian).



بررسی آزمایشگاهی تأثیر نفوذپذیری سازه ترکیبی آبشکن و صفحه مثلثی بر تغییرات توپوگرافی بستر در قوس ۱۸۰ درجه ملایم

سیناچراغچی^۱ و محمود شفاعی بجنستان^{۲*}

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز.
 ۲- نویسنده مسئول، استاد گروه سازه‌های آبی دانشکده آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز m_shafai@yahoo.com

پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۹

بازنگری: ۱۳۹۹/۶/۲۵

دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱۳

چکیده

در این مطالعه از سازه‌ای نوین که ترکیبی از آبشکن نفوذپذیر با صفحه مثلثی است در قوس ۱۸۰ درجه پوشیده با بستر ماسه‌ای، با عنوان سازه ترکیبی مورد مطالعه آزمایشگاهی قرار گرفت. بدین منظور سازه ترکیبی اشاره شده به صورت تک سازه با درصدهای مختلف (صفر (نفوذناپذیر)، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد) نفوذپذیری و هر کدام در چهار شرایط هیدرولیکی مختلف (اعداد فرود ۱/۸، ۰، ۲۰، ۲۲ و ۲۴) آزمایش شد. در پایان هر آزمایش توپوگرافی بستر برداشت شد و محدوده چاله فرسایشی، حداکثر عمق آب شستگی و موقعیت آن از ساحل بیرونی مشخص شد. نتایج نشان داد در مقایسه با آبشکن نفوذپذیر نرخ رسوب گذاری پشت سازه ترکیبی افزایش چشم گیری دارد و در قیاس با آبشکن های نفوذناپذیر رایج، علی رغم فرسایش و رسوب گذاری کمتر، بستر تغییر یافته در پشت سازه ترکیبی شرایط بهتری برای تشکیل ساحل جدید به وجود آورده است. از نظر فرسایش جلوی سازه، سازه ترکیبی با نفوذپذیری ۷۰ درصد در عدد فرود ۲۴/۰ بیشترین میزان و در عدد فرود ۱۸/۰ کمترین میزان فرسایش را داشته است. نفوذپذیری های ۳۰ و ۵۰ درصد کمترین و بیشترین میزان انتقال چاله فرسایشی به بالادست را داشتند که در بیشترین حالت برای عدد فرود ۲۴/۰ به ترتیب برابر ۱/۸۳ و ۱/۷۹ برابر طول مؤثر سازه می باشد. هم چنین سازه های ترکیبی نفوذناپذیر و نفوذپذیر پنجاه درصد بیشترین و کمترین میزان حجم رسوب گذاری را داشتند که برای عدد فرود ۲۴/۰ به ترتیب برابر ۴/۹۳ و ۱/۷۹ برابر توان سوم عمق جریان می باشند.

کلید واژه‌ها: سازه ترکیبی، آبشکن، رسوب گذاری، آبشستگی، قوس ملایم ۱۸۰ درجه.

مقدمه

از معمول ترین سازه ها برای حفاظت و کنترل فرسایش رودخانه ها می توان آبشکن ها (Spur-dike) را نام برد و به صورت کلی، می توان آن ها را به دو گروه عمده آبشکن های نفوذپذیر و نفوذناپذیر تقسیم بندی کرد. آبشکن های نفوذناپذیر با دور کردن جریان از ساحل رودخانه و هدایت آن به محور رودخانه، از جمله سازه های اصلاح الگوی جریان می باشند که موجب جلوگیری از فرسایش سواحل رودخانه می گردند. در اثر وجود آبشکن رسوب گذاری در کناره رودخانه اتفاق می افتد که در دراز مدت با ایجاد پوشش گیاهی موجب تثبیت موقعیت رودخانه می گردند. اما این سازه به دلیل نیاز به خشک کردن محیط اطراف در هنگام نصب و فرسایش زیاد اطراف دماغه موجب ناپایداری سازه می گردد و از این رو توصیه نمی شود. آبشکن های نفوذپذیر نیز از نظر ساز و کار رسوب گذاری به اصل کاهش سرعت جریان می باشند و با کاهش سرعت جریان فرصت لازم برای ته نشینی مواد رسوبی و تثبیت بستر در حوضچه آبشکن را فراهم می آورند. این نوع از

آبشکن ها به دلیل حجم کم رسوب گذاری از توانایی ساحل سازی پایینی برخوردارند (Anonymous, 2002/2003) و (Anonymous, 2010). Sharifi Manesh (1995) با استفاده از مدل آزمایشگاهی به انجام آزمایش هایی به منظور مطالعه آب شستگی اطراف آبشکن های نفوذپذیر و نفوذناپذیر پرداخت. نتایج نشان داد که در آبشکن بسته حفره آبشستگی اطراف دماغه آبشکن می باشد، در حالی که در آبشکن باز، آب شستگی در سرتاسر آبشکن اتفاق می افتد. Naji Abhari et al (2010) به بررسی تأثیر دبی بر توپوگرافی بستر حول آبشکن نفوذناپذیر در یک کانال قوسی شکل پرداختند. مشاهدات نشان داد که با افزایش دبی موقعیت رسوب گذاری حداکثر در جداره داخلی در حوالی خروجی قوس و موقعیت آبشستگی در بالادست و پایین دست آبشکن تقریباً مشابه می باشد ولی در مقابل فاصله بین دو چاله آبشستگی شکل گرفته در اطراف آبشکن و خروجی قوس کاهش می یابد. Yabarepour و Kashfipour (2013) به بررسی توپوگرافی بستر روی سری آبشکن های نفوذپذیر و نفوذناپذیر پرداختند. انواع درصدهای نفوذپذیری بررسی شده به قرار صفر (آبشکن بسته)، ۳۰، ۴۰ و ۵۰

بوده است. نتایج نشان داد با افزایش عدد فرود ابعاد چاله فرسایشی در سه جهت طول، عرض و عمق برای آبشکن نفوذناپذیر به میزان بیش از ۱/۵ برابر افزایش می‌یابد. هم‌چنین با کاهش نفوذپذیری آبشکن ابعاد چاله فرسایشی در جهت طول و عمق به میزان بیش از ۴ برابر و عرض بیش از ۲ برابر افزایش می‌یابد. Koochak et al (2017) به بررسی تأثیر انواع آبشکن نفوذپذیر، نفوذناپذیر و باندال لایک بر تغییرات توپوگرافی بستر در قوس ملایم ۹۰ درجه در شرایط مستغرق پرداختند. آزمایشات برای چهار عدد فرود ۰/۲۱، ۰/۲۳، ۰/۲۶ و ۰/۲۹ انجام شد و نتایج نشان داد که میزان فرسایش در آبشکن نفوذناپذیر بیش از آبشکن باندال لایک و در آبشکن باندال لایک بیش از آبشکن نفوذپذیر است به طوری که در بیشترین میزان شدت جریان، حداکثر عمق آبشستگی نسبی در آبشکن‌های باندال لایک و نفوذپذیر به ترتیب برابر ۰/۶۴ و ۰/۷۳ برابر آبشکن نفوذناپذیر است. از دیگر سازه‌های اصلاح‌کننده الگوی جریان، می‌توان از صفحات مثلثی که سازه‌های دوست‌دار محیط‌زیست است نام برد. این سازه با زاویه ۲۰-۳۰ درجه به سمت بالادست جریان نصب می‌گردند و از تراز ساحل تا بستر رودخانه شیب دارند و نوک آن‌ها همواره مستغرق می‌باشد. این سازه با انتقال حداکثر سرعت و تنش برشی از ساحل بیرونی به مرکز جریان موجب انحراف جریان به مرکز کانال می‌گردد. از جمله مزایای این سازه حفاظت ساحل بیرونی رودخانه، ساحل‌سازی، توسعه رودخانه برای قایق‌رانی و توسعه زیستگاه ماهی‌ها و دیگر آبیان می‌باشد (Shields, Bhuayan et al. (Rosgen, 2001; Hey, 1996; 1983)). در یک تحقیق آزمایشگاهی به منظور کنترل فرسایش ساحل بیرونی قوس از صفحات مثلثی متصل به ساحل استفاده کردند. آزمایش‌های آن‌ها در یک فلوم سینوسی به عرض ۱/۶ متر و سینوسیته ۱/۳۸ با شرایط بستر زنده انجام شد. نتایج آن‌ها نشان داد که وقتی یک و یا یک گروه از صفحات مثلثی متصل به ساحل استفاده می‌شوند چاله فرسایشی در بستر ساحل بیرونی پر می‌شود و خط‌القعر به طرف مرکز رودخانه انتقال داده می‌شود. مشاهدات نشان داد صفحاتی که به میزان تراز دبی لبریز باشند نسبت به صفحاتی که ارتفاع آنها نصف تراز دبی لبریز هستند، عملکرد بهتری دارند. Badri et al. (2014)، به بررسی آزمایشگاهی توپوگرافی بستر در خم ۹۰ درجه ملایم با حضور صفحات مثلثی متصل به ساحل و مقایسه آن با آبشکن مستطیلی پرداختند. آزمایش‌ها برای چهار عدد فرود انجام شد و نتایج نشان داد با افزایش عدد فرود در هر مرحله عمق آبشستگی افزایش یافته است. هم‌چنین از مقایسه نتایج آزمایش مشخص شد عمق فرسایش صفحات مثلثی ۸۰ درصد کمتر از صفحات مستطیلی است. Bahrami Yarahmadi و Shafai Bajestan (2014)، به بررسی تغییرات توپوگرافی بستر در قوس ملایم ۹۰ درجه با استفاده از آبشکن مثلثی شکل پرداختند. موقعیت استقرار تک آبشکن در قوس بیرونی و در زاویه ۷۲ درجه بوده و در این آزمایش‌ها زوایای محور آبشکن نسبت به خط مماس بر ساحل بیرونی ۲۳، ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۷۰ درجه بوده و طول مؤثر سازه

در همه زوایا یک سوم عرض فلوم بوده است. نتایج نشان دادند که با افزایش زاویه سازه، بیشینه عمق آبشستگی و هم‌چنین فاصله بیشینه عمق آبشستگی و خط‌القعر از ساحل بیرونی افزایش یافت به گونه‌ای که زوایای ۲۳ و ۶۰ درجه به ترتیب دارای کمترین و بیشترین عمق آبشستگی بودند. شروع رسوب‌گذاری در زوایای ۲۳، ۳۰ و ۴۰ درجه از موقعیت نصب سازه در ساحل بیرونی بوده و تا پایین‌دست ادامه داشته، ولی در زوایای ۶۰ و ۷۰ درجه شروع رسوب‌گذاری با فاصله از موقعیت نصب سازه و هم‌چنین ساحل بیرونی بوده است. هم‌چنین نتایج نشان دادند که با افزایش زاویه سازه، فاصله حداقل پشته رسوب‌گذاری شده بیشتر شده است. Bahrami Yarahmadi و Shafai Bajestan (2015)، به مقایسه الگوی آبشستگی و رسوب‌گذاری سازه‌های آبشکن و صفحات مثلثی (زاویه صفحه مثلثی ۳۰ درجه) به ازای یک طول مؤثر (یک پنجم عرض کانال) در قوس ۹۰ درجه پرداختند. نتایج نشان داد که به‌طور متوسط، حداکثر عمق فرسایش صفحه مثلثی و آبشکن به ترتیب ۰/۵۵ و یک برابر طول مؤثر سازه، متوسط فاصله حداکثر عمق فرسایش از ساحل بیرونی برای صفحه مثلثی و آبشکن به ترتیب ۱/۴ و یک برابر طول مؤثر سازه و متوسط فاصله پشته رسوب‌گذاری شده از ساحل بیرونی برای صفحه مثلثی و آبشکن به ترتیب برابر ۰/۱ و ۰/۳۴ برابر طول مؤثر سازه می‌باشد. Bahrami Yarahmadi و Shafai Bajestan (2016) برای حفاظت از سواحل و حفظ محیط‌زیست به بررسی صفحات مثلثی پرداختند. آن‌ها در این مطالعه به دنبال بهترین فاصله بین صفحات مثلثی برای قرارگیری در قوس ۹۰ درجه بودند. این مطالعه نشان داد این صفحات خط‌القعر را به مرکز کانال انتقال داده و مشخص شد، بهترین فاصله میان صفحات مثلثی پنج برابر طول مؤثر صفحات است و با افزایش این فاصله، عمق چاله آبشستگی که در نوک این صفحات شکل می‌گیرد، افزایش یافته و پهنای آن نیز تا ساحل بیرونی کشیده می‌شود. هم‌چنین وجود قوس می‌تواند بر نتایج آزمایشات تأثیر گذار باشد و تحقیقات زیادی بدین منظور انجام شده است. Vaghefi et al (2008)، به بررسی تأثیر تغییرات شعاع انحنا بر تغییرات توپوگرافی بستر پرداختند. آن‌ها آزمایش‌ها را برای سه کانال با شعاع انحناهای چهار (قوس ملایم)، سه و دو (قوس تند) انجام دادند و نتایج نشان داد با کاهش شعاع انحنا شروع فرسایش به بالادست انتقال یافته و حجم فرسایش نیز افزایش می‌یابد. در این مقاله با معرفی سازه‌ای نوین که ترکیبی از آبشکن نفوذپذیر و صفحه مثلثی است، تغییرات توپوگرافی بستر و میزان فرسایش در اطراف سازه را برای انواع درصد نفوذپذیری آبشکن مورد بررسی قرار داده که برای پایداری سازه بسیار حایز اهمیت می‌باشد. این دو سازه هر کدام به‌طور مجزا دارای عملکردی متفاوت می‌باشند. آبشکن با کاهش مقطع رودخانه، سرعت جریان و تنش برشی اعمالی بر کف را افزایش و در نتیجه آن آبشستگی موضعی در مقطع تنگ شده افزایش می‌یابد. علاوه بر این، کاهش مقطع رودخانه موجب تغییر الگوی جریان و تشکیل جریان‌های بالارونده

حداکثر عمق فرسایش از ساحل بیرونی S_e ، فاصله حداکثر ارتفاع رسوب‌گذاری از ساحل بیرونی S_s حال با توجه به پارامترهای ذکر شده می‌توان تابع زیر را شکل داد:

$$F(S_b, B, R, \beta, L, \theta, U, y, g, \rho, \mu, d_{50}, G_s, \sigma) = 0 \quad (1)$$

با استفاده از تئوری π باکینگهام و با انتخاب ρ ، u و γ به عنوان متغیرهای تکراری رابطه (۱) به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\phi = F\left(\frac{B}{y}, \frac{R}{y}, \frac{L}{y}, \frac{U}{\sqrt{gy}}, \frac{\rho u y}{\mu}, \frac{d_{50}}{y}, S_b, \beta, \theta, \alpha, G_s, \sigma\right) \quad (2)$$

در این آزمایش با توجه به ثابت بودن شیب، عرض، شعاع، زاویه مرکزی قوس فلوم به ترتیب پارامترهای R ، B و β با توجه به ثابت بودن طول مؤثر سازه و زاویه اتصال سازه نسبت به ساحل بیرونی به ترتیب پارامترهای L و θ ، با توجه به ثابت بودن قطر متوسط ذرات، چگالی و انحراف معیار رسوبات به ترتیب پارامترهای G_s ، d_{50} و σ را در نظر گرفته نمی‌شود. هم‌چنین از پارامتر $\frac{\rho u y}{\mu}$ که بیان‌گر عدد رینولدز می‌باشد به علت آن که همواره در محدوده جریان آشفته می‌باشد صرف نظر می‌گردد. با توجه به پارامترهای حذف شده در نهایت خواهیم داشت:

$$\phi = F(\text{Fr}, \alpha) \quad (3)$$

آزمایش‌ها انجام شده در مقاله حاضر در آزمایشگاه مدل‌های رودخانه‌ای دانشکده‌ی مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گردید. برای انجام این آزمایش‌ها از فلومی فلزی با قوس ۱۸۰ درجه استفاده گردیده که عرض آن ۶۰ سانتی‌متر و شعاع انحنا متوسط ۲/۱ متر، نسبت شعاع انحنا به عرض کانال (R/B) برابر ۳/۵ است که در گروه قوس‌های ملایم قرار می‌گیرد (Rozovski, 1957). طول قوس داخلی و خارجی به ترتیب ۵/۶۵ و ۷/۵۳ متر و طول کانال‌های ورودی و خروجی برابر چهار متر می‌باشند. نمایی از پلان فلوم در شکل (۱) نشان داده شده است. پمپ‌های ساترفیوژ آب را از محل استخر ذخیره آب وارد مدار لوله‌های پیش از کانال آزمایشگاهی کرده و برای تنظیم مشخصات جریان از یک شیر ورودی در ابتدای فلوم و یک دریچه کنترلی کشویی در انتهای فلوم استفاده گردید. برای اندازه‌گیری دبی جریان از دبی‌سنج مغناطیسی (Esay Mag 400 (DN 100, PN 16, ACC < 0.5%) در پیش از ورودی به فلوم آزمایشگاهی استفاده گردید. شکل شماتیک سازه ترکیبی در شکل (۲) نشان داده شده است. طول مؤثر سازه آبشکن نباید از ۳۰ درصد عرض مسیر عبوری تجاوز کند (Anonymous, 2007). برای آزمایش‌های تحقیق

و پایین‌رونده در بالادست سازه می‌گردد. جریان‌های پایین‌رونده با تشکیل گردابه‌های نعل اسبی و چرخشی در بالادست و پایین دست دماغه آبشکن موجب آب‌شستگی موضعی و تشدید فرسایش بستر می‌شوند. در صفحات مثلی با عبور جریان به صورت عمود بر موقعیت سازه الگوهای جریان به گونه‌ای تغییر می‌یابند که در نتیجه آن، تجمع خطوط جریان از ساحل قوس خارجی به مرکز قوس جابه‌جا شده، از برخورد جریان ثانویه اصلی قوس (ساعت‌گرد) به ساحل خارجی جلوگیری کرده و سرعت را در نزدیکی قوس خارجی کاهش می‌دهد (Bahrami Yarahmadi and Shafai, 2015).

هدف مطالعه حاضر ترکیب سازه آبشکن نفوذپذیر و صفحه مثلی است تا بتوان به کمک الگوی جریان‌هایی که صفحات مثلی ایجاد می‌کنند، رسوبات بیشتری را به پشت آبشکن نفوذپذیر منتقل کرد که به منظور ایجاد ساحل جدید بسیار حایز اهمیت می‌باشد. این سازه‌ی جدید که به سبب ویژگی‌هایی که دارد سازه‌ای دوست‌دار محیط زیست محسوب می‌شود، مصالح کمتری در ساخت آن مورد نیاز است، در زمان کمتری پس از نصب به سامان‌دهی ساحل قوس خارجی کمک می‌کند و برخلاف آبشکن معمولی برای احداث آن نیاز به خشک کردن محیط کار نیست. از این رو در مطالعه‌ی فعلی به بررسی آبشستگی اطراف تک سازه آبشکن نفوذپذیر که صفحه مثلی در جلوی آن قرار گرفته و هم‌چنین نحوه رسوب‌گذاری در پایین دست آن در قوس ۱۸۰ درجه ملایم پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

در ابتدا با بررسی آنالیز ابعادی عوامل مؤثر بر فرسایش مشخص می‌شود و سپس به نحوه انجام آزمایش‌ها پرداخته می‌شود. از جمله عوامل مؤثر بر آب‌شستگی اطراف سازه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

متغیرهای مربوط به کانال: شیب طولی فلوم S_b ، عرض فلوم B ، شعاع متوسط قوس فلوم R ، زاویه مرکزی قوس β

متغیرهای مربوط به سازه: طول مؤثر L ، زاویه اتصال سازه نسبت به ساحل بیرونی θ ، نفوذپذیری α

متغیرهای مربوط به جریان: سرعت متوسط جریان u ، عمق جریان y ، شتاب ثقل g

متغیرهای مربوط به سیال: جرم واحد حجم مایع ρ ، ضریب لزجت دینامیکی μ

متغیرهای مربوط به رسوبات: قطر متوسط ذرات رسوبی d_{50} ، چگالی رسوبات G_s ، انحراف معیار رسوبات σ

متغیرهای مربوط به فرسایش و رسوب‌گذاری: حداکثر عمق فرسایشی d_e ، حداکثر ارتفاع رسوب‌گذاری d_s ، کشیدگی چاله فرسایشی l_e ، طول رسوب‌گذاری در پایین دست l_s ، عرض چاله فرسایشی w_e ، مساحت چاله فرسایشی A_e ، مساحت پشته رسوب‌گذاری A_s ، حجم فرسایش V_e ، حجم پشته V_s ، فاصله

تسطیح کننده بستر کاملاً مسطح شده و سپس دبی و عمق مورد نظر توسط شیر تنظیم دبی در ابتدای فلوم و دریاچه نصب شده در انتهای فلوم به تدریج برقرار می‌شد. پس از اتمام هر آزمایش که سه ساعت به طول می‌انجامید. (با توجه به تحقیقات Yabarepour و Kashefipour (2013) و مدت زمان برای آزمایش‌ها ۱۸۰ دقیقه در نظر گرفته شد)، توپوگرافی بستر با استفاده از متر لیزری از نوع Leica Disto X310 با دقت یک میلی‌متر برداشت می‌گردید. شکل (۳) جهت جریان و هم‌چنین نحوه و محل قرارگیری سازه ترکیبی در فلوم آزمایشگاه را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

الگوی فرسایش و رسوبگذاری اطراف سازه

در شکل (۴) و شکل (۵) تغییرات توپوگرافی بستر برای آزمایش شاهد و انواع نفوذپذیری در عدد فرود 0.24 مشخص شده است. در شکل (۴) اعداد منفی و مثبت به ترتیب نشان‌دهنده فرسایش و رسوب گذاری است. همچنین واحدها بر حسب میلی‌متر می‌باشند. با توجه به شکل (۴)، در آزمایش شاهد با حضور سازه آبشکن فرسایش حول محور سازه به صورت تقریباً متقارن رخ داده است. به دلیل وجود جریان‌های پایین‌رونده ناشی از برخورد جریان با آبشکن، گردابه‌های نعل اسبی در بالادست آبشکن تشکیل می‌شود. وجود این جریان‌های پایین‌رونده و گردابه‌های نعل اسبی باعث فرسایش موضعی شده و موجب افزایش عمق و حجم فرسایش در بالادست آبشکن می‌گردند. در پایین دست آبشکن نیز گردابه‌های چرخشی موجب کشیدگی چاله فرسایشی در پایین دست آبشکن می‌شوند. در تمامی آزمایشات شاهد دیده شد که چاله فرسایشی در بالادست و پایین دست سازه تا ساحل بیرونی کشیده شده است که برای پایداری سازه مناسب نمی‌باشد. ترسیب رسوبات در پایین دست سازه آبشکن بعد از چاله آب‌شستگی و با فاصله از سازه اتفاق افتاد و تقریباً تمامی عرض کانال را در بر گرفته که از نظر کشتی‌رانی مناسب نمی‌باشد. هم‌چنین مشاهده شد که در عدد فرود 0.24 انباشت رسوبات در پایین دست تقریباً تا انتهای قوس بیرونی ادامه یافته است.

حاضر طول مؤثر سازه مورد استفاده 14 سانتی‌متر بوده که برابر 23 درصد عرض کانال می‌باشد.

L_1 و L_2 به ترتیب طول بدنه آبشکن و صفحه مثلثی از سازه ترکیبی می‌باشند. با توجه به شکل $L_2 = L_1 = \sqrt{cm} - 2$ و $\theta = 30^\circ$ می‌باشند (θ زاویه قرارگیری صفحه مثلثی نسبت به ساحل بیرونی می‌باشد). مطالعه‌های Bahrami Yarahmadi و Shafai Bajestan (2014)، بر روی زاویه قرارگیری صفحات مثلثی با ساحل خارجی نشان داد زوایای 23 و 30 درجه کمترین میزان فرسایش را دارند، از این رو در مطالعه حاضر زاویه صفحات مثلثی با ساحل خارجی برابر 30 درجه در نظر گرفته شد. h_1 و h_2 به ترتیب ارتفاع بدنه آبشکن و صفحه مثلثی از سازه ترکیبی می‌باشند (شکل ۲). h_1 برابر با 40 سانتی‌متر و h_2 برابر با عمق آب (12 سانتی‌متر) می‌باشد. محل قرارگیری سازه در موقعیت $113/5$ درجه از ابتدای قوس می‌باشد. این موقعیت به این دلیل انتخاب گردیده که در آزمایشی بدون حضور سازه، شروع فرسایش در این ناحیه مشاهده گردید.

رسوبات مورد استفاده در این تحقیق از جنس ماسه‌ی طبیعی با اندازه‌ی $d_{50} = 0.188$ میلی‌متر و ضریب انحراف هندسی $1/47$ بود و به صورت لایه‌ای به ضخامت 25 سانتی‌متر در کف فلوم قرار داده شد. جهت انجام آزمایش‌ها از چهار دبی $18/75$ ، $17/18$ ، $15/62$ و $14/06$ لیتر بر ثانیه استفاده گردید که با توجه به مشخصات ذکر شده فلوم و عمق جریان که برابر 12 سانتی‌متر می‌باشد اعداد فرود متناظر دبی‌های ذکر شده به ترتیب برابر با 0.24 ، 0.22 ، 0.20 و 0.18 می‌باشند.

در مطالعه حاضر به دلیل این که هدف مقایسه نتایج در انواع نفوذپذیری و شرایط هیدرولیکی است و نه استخراج معادله، بنا به توصیه مطالعه‌های مشابه زمان انجام هر آزمایش سه ساعت در نظر گرفته شد (Bahrami Yarahmadi and Shafai Bajestan, 2014).

نحوه انجام آزمایش‌ها به این صورت بود که پس از نصب سازه در زاویه $113/5$ درجه از ابتدای قوس، سطح بستر با استفاده از اربه

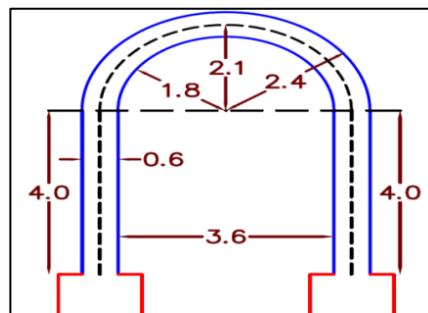


Fig. 1- Schematic shape of laboratory flume

شکل ۱- پلان نمایی فلوم آزمایشگاه

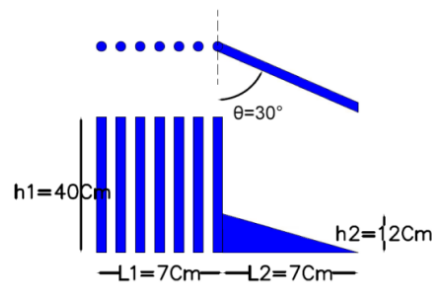


Fig. 2- Schematic shape of composite Structure

شکل ۲- شماتیک سازه ترکیبی

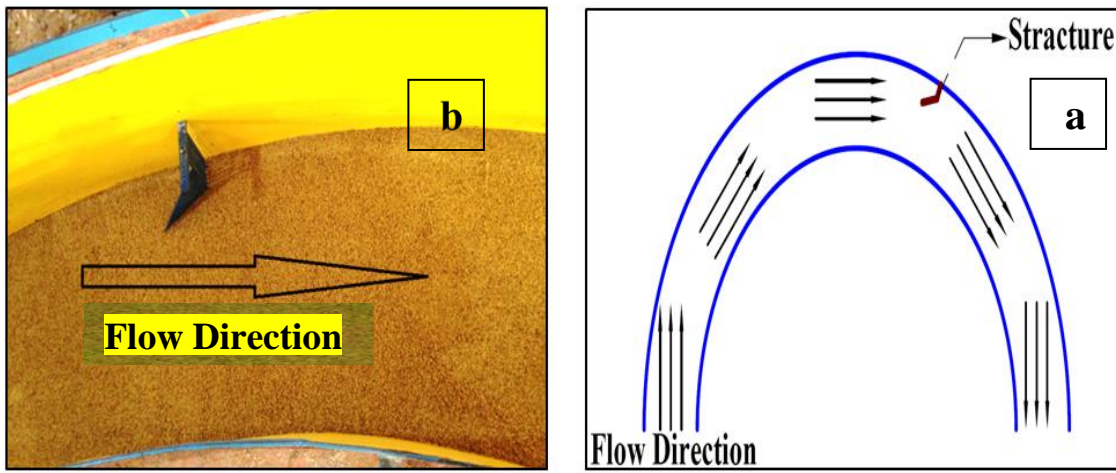


Fig. 3- Structure Position against Water Flow

شکل ۳- نحوه قرارگیری سازه در مقابل جریان آب

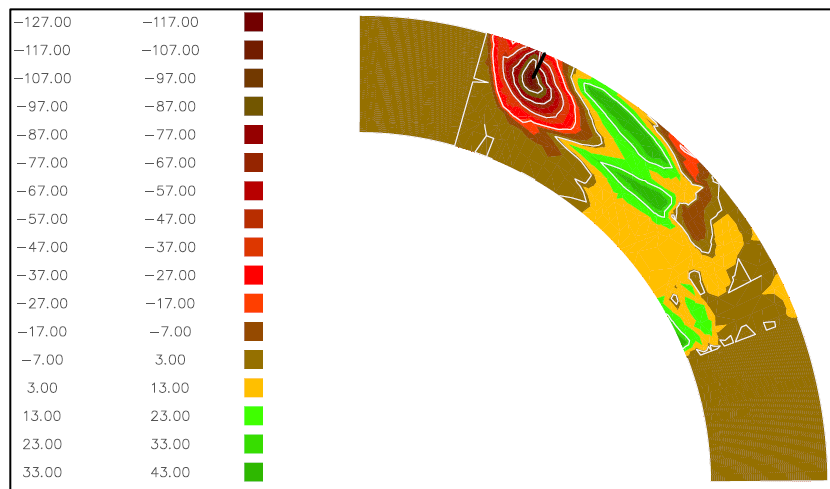


Fig. 4- Bed topography changes with 0.24 Froud at control test (imper meable spurdi ke)

شکل ۴- تغییرات توپوگرافی بستر در فرود ۰/۲۴ در آزمایش شاهد (آبشکن نفوذ ناپذیر)

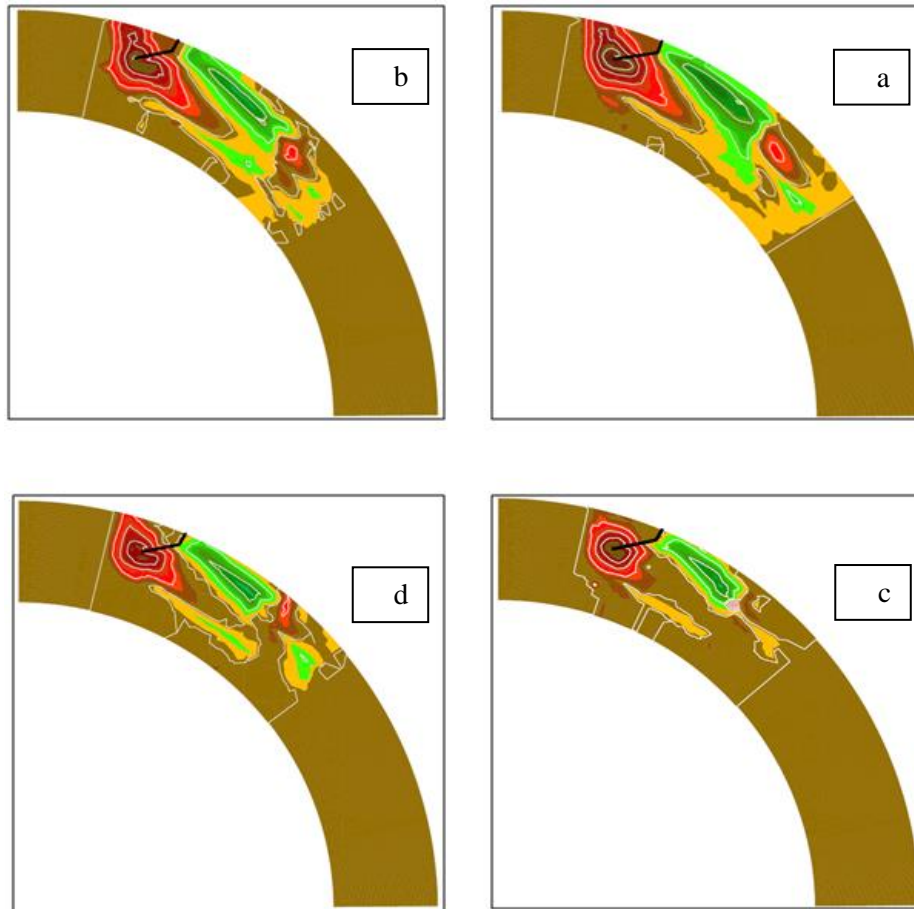


Fig. 5- Bed topography changes for different permeability with 0.24 Froud number a.zero percent permeability, b.30 percent permeability, c.50 percent permeability, d.70 percent permeability

شکل ۵- تغییرات توپوگرافی بستر در عدد فرود ۰/۲۴ برای تنوع نفوذپذیری سازه ترکیبی (a) نفوذپذیری صفر درصد، (b) نفوذپذیری ۳۰ درصد، (c) نفوذپذیری ۵۰ درصد، (d) نفوذپذیری ۷۰ درصد

این جریان پادساعت گرد نزدیک قوس خارجی موجب ترسیب رسوبات در ساحل خارجی پایین دست سازه ترکیبی می‌گردد و جریان ساعت گردی که در نزدیکی قوس داخلی شکل گرفته موجب ترسیب رسوبات در نزدیکی ساحل داخلی می‌گردد. جریان نزدیک بستر که در راستای محور صفحه مثلثی است موجب انتقال رسوبات فرسایش یافته به پشت بدنه آبشکن سازه ترکیبی می‌گردد و در این ناحیه وجود جریان‌های برگشتی ناشی از بدنه نفوذپذیر سازه ترکیبی سبب ترسیب رسوبات در موقعیت نصب سازه صورت می‌گردد همان گونه که مشاهده می‌شود شروع موقعیت رسوب گذاری در سازه ترکیبی در کلیه موارد بلافاصله بعد از موقعیت سازه بوده که از نظر ساحل سازی و پایداری سازه مناسب می‌باشد.

تغییرات حداکثر عمق فرسایش

بررسی میزان عمق چاله آب شستگی از جمله پارامترهای مهم در تعیین پایداری سازه می‌باشد. در شکل (۶) تغییرات حداکثر نسبت عمق آب شستگی به عمق جریان (محور عمودی) به ازای نفوذپذیری‌های مختلف (محور افقی) نشان داده شده است.

با توجه به شکل‌های (a-۵) الی (d-۵) در سازه ترکیبی برخلاف آبشکن فرسایش به شکلی نامتقارن رخ داده که عمده میزان آن در پایین دست محور صفحه مثلثی سازه می‌باشد. جریان عبوری از روی تاج صفحه مثلثی سازه ترکیبی در پایین دست با برخورد به بستر موجب فرسایش رسوبات بستر می‌گردد. جریان عبوری از روی تاج صفحه مثلثی یک جریان پادساعت گرد است (خلاف جهت چرخش جریان اصلی قوس). همان طور که گفته شد صفحات مثلثی سازه با کاهش سرعت جریان در قوس بیرونی و انتقال خطوط جریان به مرکز قوس، فرسایش را از حول محور بدنه نفوذپذیر سازه به بالادست سازه منتقل کرده که این امر می‌تواند برای پایداری سازه بسیار حایز اهمیت باشد. هم چنین در هیچ یک از موارد در پایین دست بدنه آبشکن سازه ترکیبی فرسایش رخ نداده است که این امر نیز موجب پایداری بیشتر سازه می‌گردد. جریان ساعت گردی که در نتیجه نیروی گریز از مرکز در قوس تشکیل می‌شود با عبور از روی تاج صفحه مثلثی به جریانی پادساعت گرد تبدیل می‌گردد (خلاف جهت چرخش جریان اصلی قوس) (Bahrami Yarahmadi and Shafai Bajestan, 2014).

فرود ۰/۱۸ و ۰/۲۰ دارد حال آن که با افزایش عدد فرود این میزان نسبت کاهش یافته است به گونه‌ای که در همین میزان نفوذپذیری در عدد فرود ۰/۲۴ کمترین میزان فرسایش مشاهده می‌شود.

موقعیت حداکثر عمق فرسایشی

فاصله حداکثر عمق فرسایش از ساحل بیرونی معیاری برای دور شدن چاله فرسایشی از ساحل بیرونی و حفاظت آن در برابر فرسایش و پایداری سازه می‌باشد. شکل (۷) تغییرات فاصله حداکثر عمق فرسایشی از ساحل بیرونی (محور عمودی) را به ازای انواع نفوذپذیری (محور افقی) در اعداد فرود مختلف نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد به ازای هر عدد فرود نفوذپذیری ۵۰ درصد توانسته بیشترین فاصله را از ساحل بیرونی ایجاد کند که از نظر پایداری سازه مناسب ارزیابی می‌شود. این میزان برای انواع نفوذناپذیر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به طور متوسط به ترتیب ۱/۵۹، ۱/۴۵، ۱/۵۷ و ۱/۵۰ برابر عمق جریان می‌باشد. هم چنین مشاهدات نشان داد که با افزایش شدت جریان و گسترش چاله آب شستگی، محل حداکثر عمق فرسایشی از دیواره کناری فاصله می‌گیرد. به طور متوسط فاصله موقعیت حداکثر عمق فرسایشی تا ساحل بیرونی برای انواع شدت جریان ۰/۱۸، ۰/۲۰، ۰/۲۲ و ۰/۲۴ به ترتیب ۱/۳۳، ۱/۴۸، ۱/۵۸ و ۱/۷۲ برابر عمق جریان می‌باشد.

همان‌طور که قابل مشاهده است با افزایش عدد فرود، قدرت جریان‌های گردابی افزایش یافته که موجب افزایش فرسایش بستر گردیده است. تمرکز جریان و اغتشاش در دماغه آبشکن‌های بسته که به صورت مانعی غیر قابل نفوذ در مقابل جریان آب قرار می‌گیرد به نسبت آبشکن‌های باز که بخشی از جریان را از میدان آبشکن عبور داده، از شدت بیشتری برخوردار است که در نتیجه موجب افزایش عمق چاله فرسایشی این دست از آبشکن‌ها می‌گردد. نسبت حداکثر عمق فرسایش در سازه ترکیبی به سازه آبشکن در آزمایش شاهد برای انواع نفوذناپذیر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب ۰/۷۲، ۰/۶۴، ۰/۶۲ و ۰/۷۱ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در عدد فرود ۰/۱۸، حداکثر عمق آب شستگی در نفوذپذیری ۳۰ درصد کمترین مقدار است که ۰/۲۷ عمق جریان می‌باشد، در اعداد فرود ۰/۲۰ و ۰/۲۲ حداکثر عمق آب شستگی در نفوذپذیری ۵۰ درصد حداقل است که به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۶۳ عمق جریان بوده و در عدد فرود ۰/۲۴ این مقدار حداقل در نفوذپذیری ۷۰ درصد مشاهده گردیده که برابر با ۰/۷۸ عمق جریان بوده. این نتایج نشان از آن دارد که در اعداد فرود بالاتر، حداکثر عمق آب شستگی با افزایش نفوذپذیری کاهش یافته است. از نمودار بالا می‌توان این گونه استنباط کرد که در اعداد فرود بالا می‌توان با افزایش نفوذپذیری نتایج بهتری کسب کرد. چنان‌چه از شکل (۶) مشاهده می‌شود، نفوذپذیری ۷۰ درصد بیشترین میزان فرسایش را به نسبت سایر نفوذپذیری‌ها در اعداد

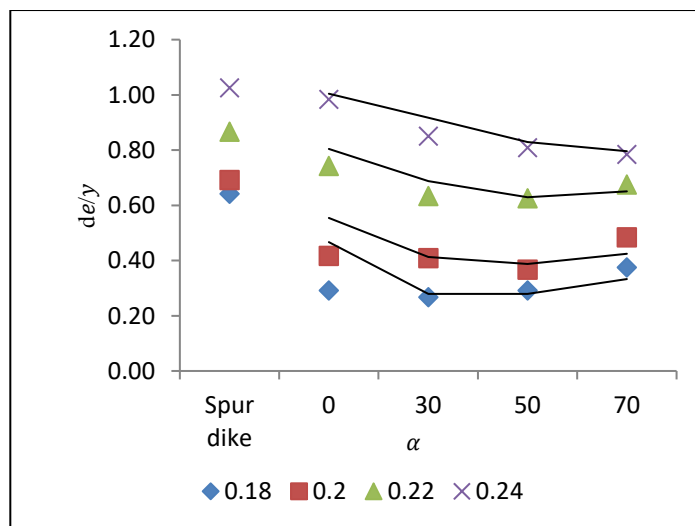


Fig. 6- Maximum changes of erosion depth in different permeability in compare with control test for each Frude number

شکل ۶- تغییرات حداکثر عمق فرسایشی در آزمایش شاهد و انواع نفوذپذیری سازه ترکیبی برای اعداد فرود مختلف

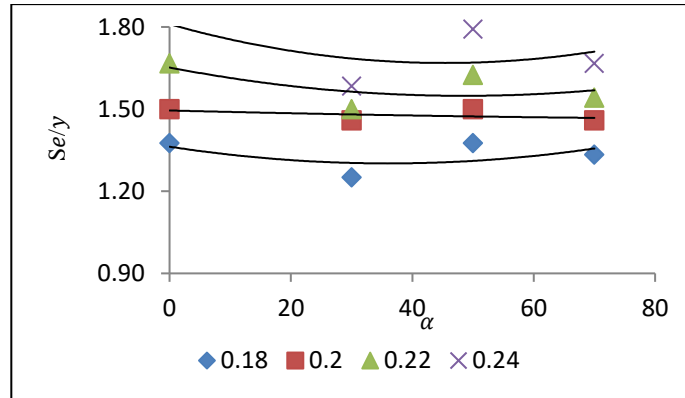


Fig. 7- Relative distance between outer bank and the scour erosion depth for different permeability (α) and Frude number

شکل ۷- تغییرات فاصله نسبی ساحل بیرونی تا حداکثر عمق فرسایش (se/y) به ازای انواع نفوذپذیری سازه ترکیبی (α) و اعداد فرود

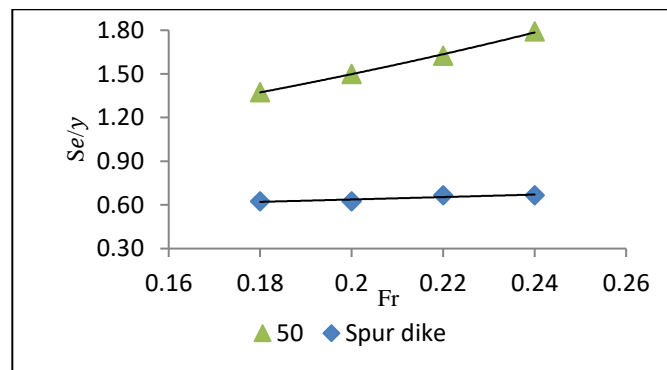


Fig. 8- Relative distance between outer bank and the scour erosion depth for Spure-dike with 50 percent permeability in compare with non permeable Spure-dike

شکل ۸- تغییرات فاصله ساحل بیرونی تا حداکثر عمق فرسایش در نفوذپذیری ۵۰ درصد سازه ترکیبی با ۵۰٪ نفوذپذیری و آبشکن نفوذ ناپذیر در اعداد فرود مختلف

رسوبات فرسایش یافته در پایین دست سازه، پدیده‌ای مناسب برای پایداری و توسعه ساحل بیرونی خواهد بود و تغییر پارامترهای هیدرولیکی جریان و نفوذپذیری سازه ترکیبی بر ابعاد و حجم آن مؤثر است. حداکثر ارتفاع ترسیب نیز به دلیل نحوه ساحل سازی مورد بررسی قرار گرفت. مشاهدات نشان می‌دهد تغییرات حداکثر ارتفاع رسوب گذاری در اعداد فرود مختلف با تغییر نفوذپذیری تغییر چندانی نداشته و شیب این تغییرات تقریباً افقی می‌باشد. از آنجاکه شدت جریان‌های گردابی در پایین دست سازه ترکیبی کمتر از سازه آبشکن است حداکثر ارتفاع ترسیب در سازه ترکیبی بیشتر از سازه آبشکن است. متوسط حداکثر ارتفاع رسوب گذاری برای انواع نفوذناپذیر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد در سازه ترکیبی نسبت به سازه آبشکن به ترتیب ۱/۳۱، ۱/۱۶، ۱/۱۳، ۱/۳۳ می‌باشند. هم چنین مشاهدات نشان می‌دهد با افزایش شدت جریان و افزایش حجم فرسایش ارتفاع پشته رسوبی نیز افزایش می‌یابد. ارتفاع پشته رسوبی به طور متوسط برای چهار عدد فرود ۰/۱۸، ۰/۲۰، ۰/۲۲ و ۰/۲۴ به ترتیب برابر ۰/۲۶، ۰/۳۲، ۰/۴۹ و ۰/۵۶ برابر عمق جریان می‌باشد.

شکل (۸) فاصله حداکثر عمق فرسایش از ساحل خارجی (محور عمودی) را برای سازه آبشکن و سازه ترکیبی با نفوذپذیری ۵۰ درصد (محور افقی) بیان می‌کند. در سازه آبشکن به دلیل آن که فرسایش همواره در اطراف دماغه اتفاق می‌افتد با افزایش شدت جریان، محل حداکثر عمق فرسایش جابه‌جا نمی‌شود. از این رو تغییرات برای سازه آبشکن بسیار ملایم می‌باشد، اما در سازه ترکیبی به دلیل وجود صفحه مثلثی با فرسایش بستر حول صفحه مثلثی، طول صفحه مثلثی افزایش یافته که در نتیجه آن فرسایش به بالادست انتقال می‌یابد. از این رو با افزایش هرچه بیشتر شدت جریان و افزایش حجم فرسایش، محل حداکثر عمق فرسایش هرچه بیشتر به بالادست انتقال می‌یابد. به طور میانگین این فاصله در سازه ترکیبی با نفوذپذیری ۵۰ درصد تقریباً ۲/۵ برابر سازه آبشکن در آزمایش شاهد می‌باشد.

حداکثر ارتفاع رسوب گذاری و موقعیت آن

شکل (۹) حداکثر ارتفاع رسوب گذاری نسبی (محور عمودی) را برای انواع نفوذپذیری سازه ترکیبی (محور افقی) نشان می‌دهد. ترسیب

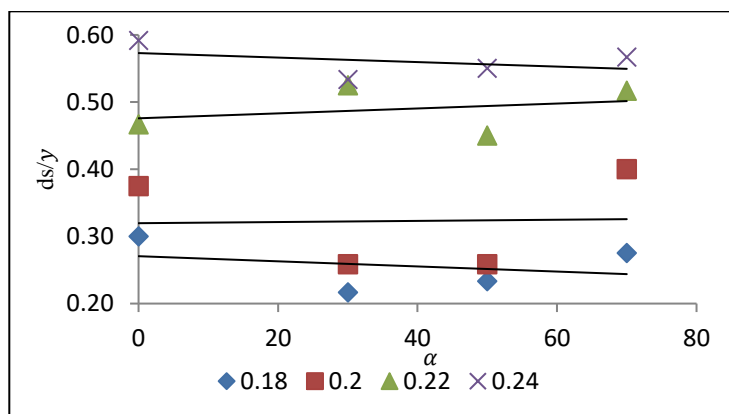


Fig. 9-Variation of the maximum relative height of deposited sediment changing for different permeability (%α) and Frude number

شکل ۹- تغییرات حداکثر ارتفاع نسبی پشته رسوبی (ds/y) به ازای انواع نفوذپذیری سازه ترکیبی (%α) برای اعداد فرود مختلف

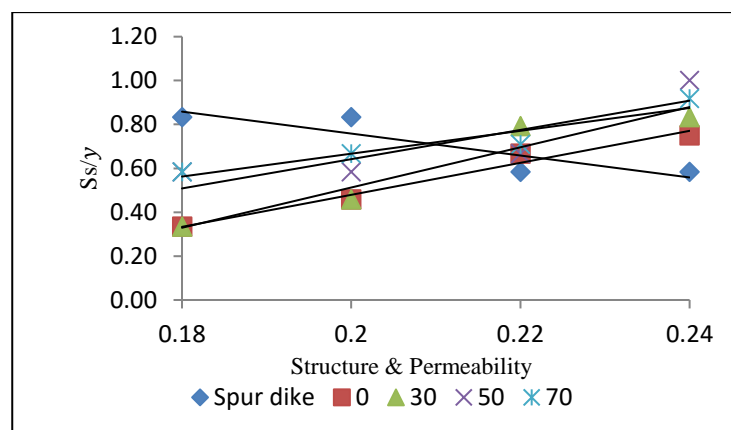


Fig. 10- Relative distance between outer bank and maximum height of deposited sediment for different permeability and Froude number

شکل ۱۰- تغییرات فاصله نسبی ساحل بیرونی تا حداکثر ارتفاع پشته رسوبی به ازای انواع نفوذپذیری در اعداد فرود مختلف

انباشت گردید. در سازه ترکیبی در کلیه موارد شروع ترسیب رسوبات از ابتدای قوس خارجی بوده و در جهت پایین دست شروع ترسیب رسوبات رفته رفته از قوس خارجی فاصله می گیرد. اما در سازه آبشکن از آنجایی که ترسیب رسوبات از میانه مقطع عرضی قوس آغاز می گردد، ترسیب رسوبات عمدتاً تمام پهنای کانال را در بر می گیرد و با شدت گرفتن جریان و افزایش حجم فرسایش پشته رسوبی به سواحل داخلی و خارجی نزدیک تر می گردد. تنها در اعداد فرود بالا ترسیب رسوبات تا قوس خارجی کشیده می شود و در اعداد فرود پایین تر رسوبات ترسیب یافته از ساحل خارجی فاصله بیشتری دارند. از نظر شروع موقعیت رسوب گذاری نیز در سازه ترکیبی در کلیه موارد شروع رسوب گذاری بلافاصله بعد از سازه بوده که از نظر ساحل سازی و پایداری سازه مناسب می باشد. در حالی که در سازه آبشکن به دلیل فرسایش دماغه آبشکن در پایین دست آن، ترسیب رسوبات با فاصله از سازه آبشکن اتفاق می افتد.

شکل (۱۰) نشان دهنده فاصله حداکثر ارتفاع ترسیب نسبت به عمق جریان از ساحل خارجی (محور عمودی) برای اعداد فرود مختلف (محور افقی) به ازای انواع نفوذپذیری است. موقعیت حداکثر ارتفاع ترسیب از نظر کشیدگی در عرض کانال و نحوه ترسیب و ساحل سازی در پایین دست حائز اهمیت بوده و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد برخلاف سازه آبشکن که در کلیه موارد رسوبات در میانه قوس ترسیب یافته اند، در سازه ترکیبی با افزایش نفوذپذیری و کاهش فرسایش، پهنای رسوب گذاری نیز کاهش پیدا کرده و ترسیب رسوبات به میانه قوس کشیده نمی شود. به طوری که تنها در فرود ۰/۲۴ و به ازای نفوذپذیری های صفر و ۳۰ درصد به دلیل حجم بالای فرسایش، پشته رسوبی تا میانه قوس کشیده شده و در باقی موارد کشیدگی ترسیب در نزدیکی ساحل خارجی بوده که این امر از نظر کشتی رانی مناسب ارزیابی می شود. حجم کمی از رسوبات به دلیل جریان ساعت گرد در نزدیکی قوس داخلی

نتایج نشان می‌دهد که به‌ازای شرایط مختلف هیدرولیکی جریان با افزایش شدت جریان و نفوذپذیری فاصله نسبی حداکثر ارتفاع رسوب‌گذاری از ساحل خارجی افزایش پیدا کرده است. درحالی‌که در آزمایشات با حضور آبشکن دیده شد که با افزایش شدت جریان، بیشترین ارتفاع ترسیب به ساحل خارجی نزدیک‌تر می‌گردد. نتایج نشان داد با افزایش عدد فرود از ۰/۱۸ به ۰/۲۴، فاصله ساحل خارجی تا حداکثر پشته رسوبی برای انواع نفوذناپذیر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد در ترکیبی به ترتیب ۲/۲۵، ۲/۵، ۱/۷۱ و ۱/۵۷ برابر افزایش می‌یابد در حالی که در سازه آبشکن با همین میزان افزایش شدت جریان این نسبت فاصله ۱/۴۳ برابر کاهش می‌یابد.

طول پشته رسوبی

شکل (۱۱) نسبت طول رسوب‌گذاری به عمق جریان (محور عمودی) به ازای اعداد فرود مختلف (محور افقی) را برای انواع نفوذپذیری نشان می‌دهد. طول رسوبات ترسیم‌یافته به دلیل نشان دادن امتداد ساحل‌سازی در پایین دست حایز اهمیت است. در سازه ترکیبی با توجه به کاهش حجم فرسایش نسبت به سازه آبشکن، طول رسوبات ترسیب‌یافته کاهش یافته است. به صورت میانگین نسبت طول ترسیب رسوبات در سازه ترکیبی به سازه آبشکن در حالت‌های نفوذناپذیر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب برابر ۰/۷۸،

حجم رسوب‌گذاری

از جمله معیارهای مهم برای بررسی عملکرد یک سازه در زمینه رسوب‌گذاری بررسی میزان حجم رسوب انباشت شده ناشی از حضور آن سازه است. این معیار به این دلیل دارای اهمیت می‌باشد، چراکه توانایی سازه در ایجاد ساحل جدید و تثبیت کناره‌ها را نشان می‌دهد که همانطور که گفته شد از دیگر اهداف این سازه نوین محسوب می‌شود. شکل (۱۲) نسبت حجم رسوب‌گذاری به توان سوم عمق جریان (محور عمودی) به تغییرات عدد فرود (محور افقی) را برای انواع سازه نشان می‌دهد. با توجه به کاهش حجم فرسایش با حضور سازه ترکیبی نسبت به سازه آبشکن در آزمایش شاهد، به طبع حجم رسوب‌گذاری نیز کاهش خواهد یافت. نتایج نشان داد متوسط حجم رسوبات انباشته شده در پایین دست سازه ترکیبی نسبت به آبشکن برای انواع نفوذپذیری صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب ۶۰، ۳۸، ۲۲ و ۴۲ درصد می‌باشد.

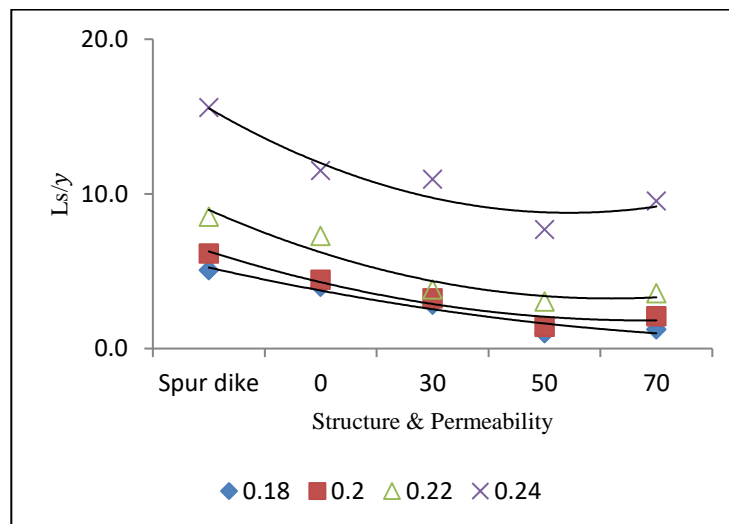


Fig. 11- Variation of sedimental length changing for different permeability (% α) and Froude number

شکل ۱۱- تغییرات طول رسوبات ترسیب یافته به ازای انواع نفوذپذیری (% α) در اعداد فرود مختلف

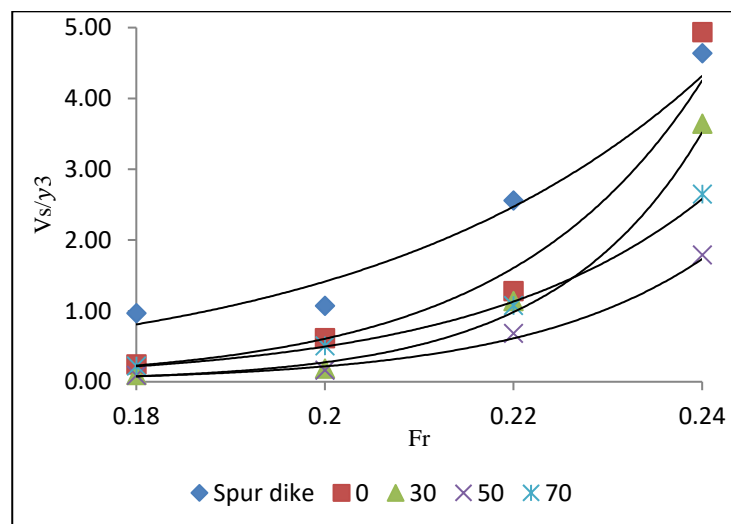


Fig 12. Sedimental Volume changing for different permeability and Froude number at downstream
 شکل ۱۲- تغییرات حجم رسوبات ترسیب یافته در پایین دست سازه به ازای انواع نفوذپذیری در اعداد فرود مختلف

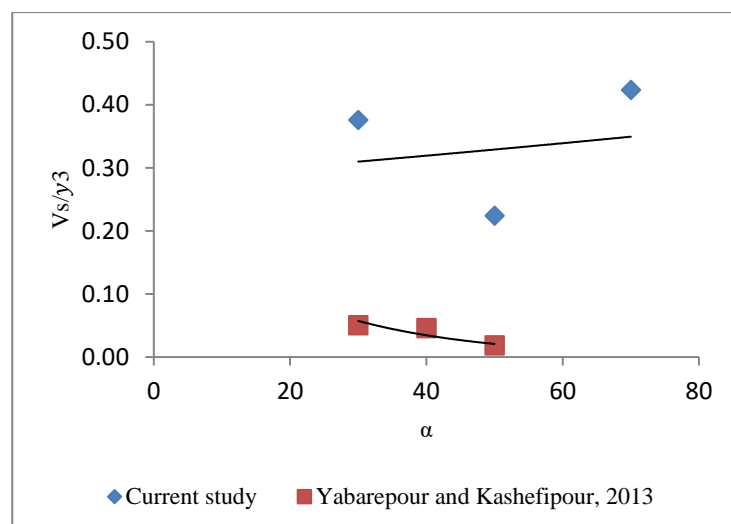


Fig. 13- Variation Sedimental Volume for different permeability and Froude numbers at the downstream in this study in comparison with (Yabarepour and Kashefipour, 2013)
 شکل ۱۳- مقایسه تغییرات حجم رسوبات ترسیب یافته در پایین دست سازه به ازای انواع نفوذپذیری در اعداد فرود مختلف در تحقیق حاضر با نتایج مطالعات (Yabarepour and Kashefipour, 2013)

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر به بررسی تأثیر نفوذپذیری سازه‌های ترکیبی از آبشکن و صفحه مثلثی بر نحوه فرسایش و رسوب گذاری بستر پرداخته شد. مشاهدات نشان داد بیشترین و کمترین میزان فرسایش و رسوب گذاری را به ترتیب نفوذپذیری‌های صفر و ۵۰ درصد داشته‌اند. نتایج نشان داد متوسط عمق فرسایش برای نفوذپذیری‌های صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب ۵۲، ۴۶، ۴۵ و ۵۰ درصد عمق جریان است. هم‌چنین متوسط فاصله ساحل از حداکثر عمق فرسایش برای نفوذناپذیر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب ۱۳۷، ۱۲۴، ۱۳۵ و ۱۲۹ درصد عمق جریان می‌باشد. رسوبات فرسایش یافته به طرف پایین دست سازه انتقال یافته

تحقیقات Yabarepour و Kashefipour (2013) بر روی انواع نفوذپذیری آبشکن نفوذپذیر در کانالی مستقیم نشان داد که به طور متوسط حجم رسوب گذاری آبشکن نفوذپذیر نسبت به آبشکن نفوذناپذیر به ازای حالات نفوذناپذیر، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد به صورت تقریبی، به ترتیب ۵، ۲۵ و ۲ درصد بوده است. بنابراین می‌توان گفت سازه ترکیبی از نظر حجم ساحل سازی نسبت به آبشکن نفوذپذیر، توانایی بسیار بیشتری دارد چرا که به دلیل وجود بدنه مثلثی حجم فرسایش بستر در جلوی سازه افزایش یافته است. شکل (۱۳) مقایسه نتایج تحقیق حاضر با مطالعات Yabarepour و Kashefipour (2013) را در زمینه حجم رسوبات انتقال داده به پایین دست سازه را نشان می‌دهد.

متوسط طول رسوبات ترسیب یافته در پایین دست برای انواع نفوذناپذیر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب ۵/۸۴، ۴/۴۷، ۲/۸۲ و ۳/۵۲ برابر طول مؤثر سازه می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی از محل پژوهانه نویسنده دوم انجام شده است. به این وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز تشکر و قدردانی می‌شود. (شماره WH99.470)

و در آن جا ترسیب می‌یابند. موقعیت شروع رسوب گذاری در سازه ترکیبی در کلبه موارد، از ساحل خارجی و دقیقا در محل نصب سازه بوده است. اما در سازه آبشکن رسوب گذاری‌ها با فاصله از ساحل خارجی و محل نصب آبشکن می‌باشند. هم چنین با افزایش نفوذپذیری، توزیع رسوبات در میانه عرض کانال کاهش یافته و به قوس خارجی کانال انتقال یافته است. متوسط فاصله ساحل خارجی تا حداکثر ارتفاع رسوب گذاری برای نفوذپذیری‌های صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب ۴۷، ۵۲، ۶۱ و ۶۲ درصد طول سازه می‌باشد.

References

- 1- Anonymous., 2010. Guide for design construction and maintance of river groynes, Report No.516
- 2- Anonymous., 2007. Guide line for erosion and sedimentation studies in river training, Report No.383
- 3- Anonymous., 2002/2003. Scour and deposition around groyens, No.248
- 4- Badri, P., Shafai Bajestan, M., Kashefipour, S.M. and Bahrami Yarahmadi, M., 2014. Experimental investigation of bed topography of a 90 degree mild bend with triangular vane attached to the bank. *Irrigation Sciences and Engineering*, 39(1), pp.45-54. (In Persian).
- 5- Bahrami Yarahmadi, M. and Shafai Bajestan. M., 2014. Bed topography variations in a 90° mild bend due to triangle-shaped spur dike. *Modares Civil Engineering Journal*, 14(2), pp. 165-175. (In Persian).
- 6- Bahrami Yarahmadi, M. and Shafai Bajestan, M., 2015. Comparison of erosion and sedimentation patterns facilitated by s spur-dike and triangular-shaped vane structures in a 90° mild bend under the influence of different froude numbers. *Water Engineering Journal*, 8(27), pp.31-42. (In Persian).
- 7- Bahrami Yarahmadi, M. and Shafai Bajestan, M., 2016. Sediment mangment and flow patterns at river bend due to triangular vanes attached to the bank. *Journal of Hydro Enviornment Research*, 10, pp 64-75.
- 8- Bhuiyan, F., Hey, R.D. and Wormleaton, P. R., 2010. Bank-attached vanes for bank erosion control and restoration of river meanders, *Journal of Hydraulic Engineering*, 136(9), pp 583-596.
- 9- Hey, R.D., 1996. *Environmentally sensitive river engineering, River restoration*, edited by G. Petts and P. Calow, Blackwell Science.
- 10- Koochak, P., Kashefipour, S.M., Ghomeshi, M. and Fathi, A., 2017. The Effect of the type of spur-dike on bed topography in a 90 degree bend under submerged condition. *Journal of Civil and Enviromental Engineering*, 47(1), pp.73-80. (in Persian).
- 11- Naji Abhari, M., Ghodsian, M. Fazli, M., 2010. Investigation of discharge influence on bed topography of environs impermeable spur-dike in chanel bend form. *In 9th Iran Hydraulic Conference, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.* (In Persian).
- 12- Rozovskii, I. L., 1957. *Flow of water in bends of open channels*. National Science Foundation and the Department of the Interior.
- 13- Rosgen, D. L., 2001, The cross-vane, W-weir and J-hook vane structures description, Design and application for stream stabilization and river restoration. *In Wetlands Engineering and River Restoration Conferenc, Reno, Nevada, United States*
- 14- Sharifi Manesh, H., 1995. The comparison of erosion around spur-dikes permeability with using laboratory model. *Hydraulic Structure MSc Thesis, Agriculture Facility of Tarbiat Modares University*. 119p. (In Persian).
- 15- Shields, F.D., 1983. Design of habitat structures for open channels, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 109(4), pp331-334.

-
- 16- Vaghefi, M., Ghodsian, M. and Salehi Neishabori, A., 2008. Radius curvature effect in bed topography of 90° mild. *In 3rd Management Water Conference, Tabriz University, Tbriz, Iran.* (In Persian).
- 17- Yabarehpoor, E., Kashefipour, S. M. (2015). 'Comparison of Bed Topography for the Permeable and Impermeable Spur Dikes Group', *Irrigation Sciences and Engineering*, 37(4), pp. 77-86. (In Persian).