Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 44, No. 4, Winter 2022, p. 139-151

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Investigating the Effect of Obstacle Installation in the Widened River Part on the Bed Load Transport Using a Laboratory Model

H. Ahani[1], H. Khozeymehnezhad[2*] and M.H. Najafi Mood[3]

1- M.Sc., Department of Water Science and Engineering, University of Birjand.
2- Corresponding Author, Associate Professor, Department. of Water Science and Engineering, University of Birjand (hkhozeymeh@birjand.ac.ir).*
3- Assistant Professor, Department. of Water Science and Engineering, University of Birjand.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 10 September 2020
Revised: 21 May 2021
Accepted: 24 May 2021

Keywords:
Sediment transport, sediment trapping, sedimentary front, river, obstacle specifications.

TO CITE THIS ARTICLE:

Ahani, H., Khozeymehnezhad, H., Najafi mood, M. (2021). 'Investigating the Effect of Obstacle Installation in the Widened River Part on the Bed Load Transport Using a Laboratory Model', Irrigation Sciences and Engineering, 44(4), pp. 139-151. doi: 10.22055/jise.2021.34647.1926.

Introduction

Sediment control is one of the issues of paramount importance in designing irrigation networks and water supply facilities. The most important methods of erosion and sedimentation management and control include basin management, sediment trap management in upstream, and sediment trap source management out of the river. Jafari et al. (2019) investigated the effect of submerged vanes and their dimensions on the bed load transport in the widened part of the river using a laboratory model. The results showed that by increasing the dimensions of submerged vanes, the speed of the bed load transport decreased, and as a result the performance of vanes improved. In a similar research strand, the present study evaluated the effect of obstacle installation and its size in the widened part of the river on the bed load transport using a laboratory model.

Methodology

Using a dimensional analysis of the effective variables in the widened part of the river and installing obstacles, this study identified the influential parameters on the bed load transport. Some experiments were then carried out by simulating the widened conditions of the river in a laboratory canal. Then, a witness experiment was carried out in the widened part of the river without the presence of an obstacle. This was followed by 21 experiments in the widened parts of the river by installing an obstacle. Linear obstacle arrangement in the basin was then performed in 5 rows and 3 columns and it was considered constant for all experiments. Moreover, the discharge rate and depth, according to the initial experiments and the amount and manner of sediment movement, were constant for all experiments and equal to 10 liters per second and 0.16 meters, respectively. In order to examine the effect of the obstacle size, 15 obstacles with 0.04 meter height (h_b), different width (W_b) and length (L_b) with 0/02, 0/03, 0/04 and 0.05 meters were installed and tested. At the end of the performance, the main section (i.e.,

the widened part) of the bed load control was examined quantitatively and qualitatively. To examine the quantitative performance of the main section, equation (1) was used.

$$R_s = \frac{x_e - x_b}{x_e} \times 100 \quad (1)$$

In (1), R_s is the reduction in the distance of sediment flow in the widened part with an obstacle relative to the state without an obstacle (i.e., witness test), x_e is the progression of sediment flow in the widened section without an obstacle, (x_e- x_b) is decreasing the progression of the sediment flow in the widened part with an obstacle relative to the widened conditions without an obstacle.

Results and Discussion

In the experiments, it was generally observed that R_s parameter increased from 15% to nearly 41%, indicating the improvement of obstale perfromance in the main section. The experiments revealed when a sediment mass hit obstacles, especially the obstacles in the first row, the sediments crossed the obstacles randomly and quickly. However, this random and quick movement of sediments was observed less in the next rows. In the experiment with fewer obstacles, the random and quick movement of sediments happened, but the progression of sediments was higher than that in the witness experiment which indicates the negative performance of the obstacle in the main section. In turn, the conditions at the end of the experiment showed sediments trapped in the flow path. In the experiments, with increasing the obstacle size, the progress of the sediments was less than that in the control experiment and more trapping of the sediments was observed. The effect of obstacle size is such that by increasing dimension size paralle to the flow, the extent of whirlpools behind the obstacles is decreased and sediments accumulate behind obstacles. Thus, the projection movement of sediments after obstacle is less, and the velocity of sediment progression in the main section decreases accordingly. As a result, owing to the decrease in the sediment progression velocity and the dispersion of sediments in the canal bottom, sediment trapping increases among sediment rows in the canal. Besides, by increasing the size of dimension perpendicular to the current, the useful width of canal decreases in the bed, and cuases sediments to cross the obstacles in the first row with high velocity. Once the sediments cross the obstacles, due to the increase in the width of flow section, longer time is spent on the formation of sediment mass and after its formation, sediments continue their usual movement. This proess reduces sediment progression, and as a result increases sediment trapping in the flow path. This finding is similar to the results of Jafari (2019).

Conclusions

The findings of the present study indicated that obstacle installation in the widened part of the river decreases movement velocity of the bed load and also sediment trapping in the flow path. Examination of the effect of obstacle size in the widened part of the river revealed that by increasing the obstacle size, the velocity of the bed load transport decreases, and sediment trapping in flow path increases accordingly. As the dimensions of the obstacles increased (the dimension perpendicular to the flow and the dimension in the direction of the flow), the progression of the sediments in the widened part decreased so that the Rs parameter increased from about 15 to 41% as the obstacle size increased from the smallest obstacle to the largest obstacle.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Vice Chancellor of Research at University of Birjand for the financial support of this research.

References

1- Akhtari, A.A. and Seyedashraf, O., 2017. Experimental and numerical investigation on vanes effects on the flow characteristics in sharp 60° bends. KSCE *Journal of Civil Engineering*. 22(4), pp.1484-1495.

2- Islamic Republic of Iran, Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision., 2010. Guideline on River Intake and Protection No.509. (in Persian).

3- Jafari, M., Khozeymehnezhad, H. and Ramezani, Y., 2019. Laboratory investigation of the combined effect of river widening and installation of submerged vanes on bed load transport. *Journal of water and soil conservation.* 26(4), pp.31-51. (in Persian).

4- Sruthi, T.K., Ranjith, K.B. and Chandra, V., 2017. Control of sediment entry into an intake canal by using submerged vanes. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1875, No. 1, p. 030007). AIP Publishing.

© 2022 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ٤٤، شماره‌ی٤، زمستان ١٤٠٠، مقاله پژوهشی، ص. ١٥١-١٣٩

بررسی تأثیر نصب موانع در بخش تعریض‌شده رودخانه بر نحوه انتقال بار بستر با استفاده از مدل آزمایشگاهی

حمید آهنی[1]، حسین خزیمه‌نژاد[2*] و محمدحسین نجفی‌مود[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند hkhozeymeh@birjand.ac.ir

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲۰ بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۳۱ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۳

چکیده

نهشته‌شدن رسوب در سازه‌ها و مجاری انتقال آب، باعث ایجاد مشکلاتی نظیر کاهش ظرفیت و سرعت جریان و به‌طور کلی کاهش راندمان سازه می‌شود. از جمله مسائلی که در رودخانه‌ها و طراحی سازه‌های آبیاری و آب‌رسانی نقش مهمی دارد، مسأله انتقال رسوب و کنترل آن است. در این پژوهش با استفاده از مدل آزمایشگاهی، تأثیر تعریض بستر به همراه نصب موانع در اندازه‌ها و شرایط مختلف در مسیر رودخانه‌هایی که دارای حمل رسوب زیادی به‌صورت بار بستر می‌باشند؛ بر نحوه انتقال رسوبات مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا یک آزمایش شاهد در شرایط تعریض رودخانه بدون حضور مانع و سپس ۲۱ آزمایش در شرایط تعریض با نصب موانع انجام شد. نتایج نشان داد که نصب موانع بر حرکت بار بستر مؤثر است. با افزایش اندازه موانع، سرعت حرکت بار بستر و پیش‌روی رسوبات، کاهش و تله‌اندازی رسوبات افزایش یافت، به نحوی که با افزایش ابعاد موانع، کاهش پیش‌روی جبهه رسوبی در بخش تعریض شده نسبت به وضعیت شاهد (Rs)، از حدود ۱۵- درصد به حدود ٤١ درصد افزایش را نشان داد. هم‌چنین نتایج نشان داد با افزایش تعداد ردیف موانع، از سه به هفت ردیف، پیش‌روی رسوبات کاهش، تله‌اندازی رسوبات افزایش و کاهش پیش‌روی جبهه رسوبی در بخش تعریض شده نسبت به وضعیت شاهد (Rs)، 24 درصد افزایش را نشان می‌دهد.

کلید واژه ها: انتقال رسوب، تله‌اندازی رسوبات، جبهه رسوبی، رودخانه، مشخصات موانع.

مقدمه

تولید رسوب یکی از مهم‌ترین مشکلات مطرح در مدیریت حوضه‌های آبخیز است. ویژگی‌های تشکیلات زمین‌شناختی هر حوضه از عواملی است که نقش مهمی در میزان بار رسوبی آن حوضه دارد (Haddadchi et al. 2011). رسوبات در رودخانه و سایر مجاری انتقال آب به سه صورت بار بستر، بار معلق و بار شسته حرکت می‌کنند. نوع حرکت ذرات رسوب متأثر از اندازه و سایر ویژگی‌های آن از جمله چسبندگی ذرات می‌باشد. عمدتاً ذرات درشت‌دانه غیر چسبنده به‌صورت بار بستر حرکت می‌کنند. رسوب‌گذاری شامل فرآیندهای فرسایش، انتقال و نهشته‌شدن مواد رسوبی می‌باشد (Shafai Bajestan. 2008). رسوب‌گذاری ذرات زمانی صورت می‌گیرد که عوامل به وجود آورنده فرسایش کاهش یابد و حرکت ذرات رسوب کند شوند. اهم مشکلاتی که رسوب‌گذاری مواد رسوبی می‌تواند به وجود آورد عبارتند از: ایجاد جزایر در مسیر رودخانه‌ها و در نتیجه کاستن از ظرفیت انتقال جریان‌های سیلابی، رسوب‌گذاری در مخازن پشت سدها و در نتیجه کاستن از ظرفیت ذخیره مخزن، رسوب‌گذاری در کف کانال‌های انتقال آب و در نتیجه کاهش ظرفیت انتقال جریان آب از طریق برآمدگی ایجاد شده در کف کانال، وارد شدن خسارت به مزارع در مواقع سیلابی شدن مسیل‌ها و متلاشی شدن تدریجی پوسته جامد کره زمین (Khozeymehnezhad et al. 2015 and 2016). از جمله مشکلاتی که بر اثر حمل رسوبات می‌توان به آن‌ها اشاره کرد؛ مشکلات و هزینه‌های لایروبی نهرها، قنات‌ها، بندها، سدها، اتمام عمر مفید آن‌ها و فرسایش سازه‌های آبی می‌باشد. برای مقابله با مشکلات ایجاد شده اولاً باید طبیعت مسأله رسوب تشخیص داده شود. ثانیاً عوامل فرسایش مورد کنترل قرار گیرند. ثالثاً مقدار رسوب تولید شده اندازه‌گیری و محاسبه شود تا بتوان در طراحی سازه‌های آبی، حجمی را برای رسوب در آن‌ها منظور داشت. روش‌های مدیریت و کنترل فرسایش و رسوب‌گذاری به مجموعه اقدام‌هایی اطلاق می‌گردد که با انجام آن‌ها بتوان سازه‌های کنار رودخانه، کانال‌های آب‌رسانی و مخزن سد را در سال‌های بیشتر و در حد بهینه استفاده کرد. اهم این فعالیت‌ها عبارتند از: ۱- مدیریت حوضه‌های آبریز ۲- سازه‌های رسوب‌گیر در بالادست ۳- مخازن رسوب‌گیر خارج از رودخانه (Islamic Republic of Iran,

Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. 2010).

تاکنون پژوهشگران زیادی در خصوص کنترل رسوب و سازه‌هایی در این زمینه بررسی و مطالعه کرده‌اند که می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: Horiuchi et al. (2010) به بررسی مطالعاتی، به‌منظور احداث سدهای کنترلی مشبک در شاخه‌ای از رودخانه فوجی‌کاوا در ژاپن پرداختند و نتایج مختلفی به‌دست آمد که از جمله آن‌ها کنترل مناسب رسوبات و سرعت جریان واریزه‌ای توسط سد کنترلی باز بود، به شکلی که دانه‌های بزرگ رسوب در توری شبکه‌ای سد گیرکرده و با افزایش آن روی سطح آزاد سد، رسوبات به حرکت درمی‌آیند. Ghazavi و Mohammadesmaeeli (2011) در پژوهشی به بررسی عملکرد سدهای اصلاحی رسوب‌گیر خشکه‌چین احداث شده در طول یک آبراهه بر مورفولوژی آبراهه و نهشته‌شدن رسوبات در یک منطقه کوهستانی خشک و نیمه‌خشک پرداختند، نتایج نشان داد عملکرد سدهای اصلاحی ایجاد شده در تله‌اندازی رسوبات ریزدانه در قسمت‌های مختلف آبراهه متفاوت است و میزان رسوبات تله انداخته شده توسط سدهای انتهایی بیشتر از رسوبات نهشته‌شده در سراب آبراهه است. Abbasi و Maleknejad Yazdi (2014) در پژوهشی با هدف کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی با مدل آزمایشگاهی به این نتایج رسیدند که وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق سبب کاهش رسوب ورودی به آبگیر شده و در محدوده آزمایش‌های انجام شده به طور متوسط ۷۲ درصد نسبت به حالتی که آستانه به تنهایی و ۴۵ درصد نسبت به حالتی که صفحات مستغرق به تنهایی وجود دارد، رسوبات ورودی به آبگیر را کاهش داده است. Kazemi Ashtiani et al. (2015) در پژوهشی با مدل آزمایشگاهی به بررسی سدهای کنترلی نفوذپذیر و نفوذناپذیر در جهت تله‌اندازی رسوبات واریزه‌ای پرداختند، نتایج نشان داد که سدهای نفوذپذیر راندمان بالاتری دارند و با افزایش شیب، نرخ تله‌اندازی آن‌ها نسبت به سدهای نفوذناپذیر افت کمتری دارد. Pour Heidari et al. (2015) در پژوهشی به بررسی عملکرد سازه‌های کوتاه رسوب‌گیر (سازه بتنی، سازه ملات‌سنگی و سازه گابیونی) از نظر کنترل فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز بلوک‌آباد پرداختند، نتایج نشان داد از نظر کمی سازه ملات‌سنگی بالاترین عملکرد را در کنترل رسوب داشته است و سازه بتنی کمترین نوسان را در عملکرد نشان داده است. Sruthi et al. (2017) در پژوهشی به بررسی کنترل ورود رسوب به کانال آبگیر با استفاده از صفحات مستغرق پرداختند، نتایج نشان داد مقدار ورود رسوب به کانال آبگیر با افزایش تعداد ردیف‌ها کاهش می‌یابد و با افزایش فاصله بین صفحات، افزایش می‌یابد. Akhtari و Seyedashraf (2017) در پژوهشی اثر صفحات بر مشخصات جریان در قوس ۶۰ درجه را به‌صورت تجربی و عددی بررسی کردند، نتایج نشان داد صفحات شدت جریان ثانویه را در طول انحنا کاهش می‌دهد و این باعث کاهش شیب عمق آب و تمایل به جداسازی جریان پس از قوس می‌گردد. Kalathil et al. (2018) کاربرد صفحه‌های مستغرق به‌منظور مدیریت و کاهش رسوب ورودی به یک کانال آبگیر ذوزنقه‌ای را بررسی کرده‌اند. در این پژوهش به جای استفاده از صفحه‌هایی با ارتفاع یکسان، از صفحه‌هایی با ارتفاع مختلف استفاده شده است. Shirali et al. (2018) به بررسی آزمایشگاهی عملکرد فاصله صفحه‌های مستغرق در کاهش رسوب به آبگیری از قوس ۱۸۰ درجه با تغییر بده جریان پرداختند، نتایج کاهش ۳۴ درصدی انتقال رسوب به دهانه آبگیر در فاصله نسبی صفحه‌ها برابر ۳۲ درصد را نشان داد. Jafari et al. (2019) در پژوهشی تأثیر صفحات و ابعاد آن را بر نحوه انتقال بار بستر در بخش تعریض شده رودخانه با استفاده از مدل آزمایشگاهی بررسی کرد، نتایج نشان داد با افزایش ابعاد صفحات مستغرق، سرعت انتقال بار بستر کاهش یافته و در نتیجه عملکرد صفحات افزایش پیدا کرده است و نصب صفحات مستغرق با آرایش همگرا در زاویه ۳۰ درجه نسبت به جریان نزدیک شونده، بهترین عملکرد را نشان داده‌اند. Tavakili et al. (2019) به شبیه‌سازی جریان پیرامون تک صفحه در آبگیری از قوس با مدل عددی فلوئنت پرداختند. Azizi و Shafai Bejestan (2020) در پژوهشی به ارزیابی عملکرد صفحه‌های مستغرق با استفاده از مدل flow-3d عددی پرداختند.

بررسی منابع نشان می‌دهد هرچند در زمینه کنترل و انتقال بار بستر پژوهش‌هایی صورت گرفته است اما نیاز به پژوهش‌های بیشتر و استفاده از روش‌های جدیدتر کاملاً محسوس است، لذا در پژوهش حاضر با استفاده از مدل‌سازی آزمایشگاهی، تأثیر تعریض بستر به همراه نصب موانع در اندازه‌ها و شرایط مختلف در مسیر رودخانه‌هایی که دارای حمل رسوب زیادی به‌صورت بار بستر می‌باشند، بر نحوه انتقال رسوبات مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آنالیز ابعادی

تأثیر تعریض رودخانه همراه با نصب موانع بر نحوه انتقال بار بستر به متغیرهای متعددی بستگی دارند که عبارتند از:

الف) خصوصیات مربوط به جریان: سرعت جریان V، عمق جریان y.

ب) خصوصیات مربوط به سیال: جرم واحد حجم سیال ρ، لزوجت دینامیکی μ.

ج) خصوصیات مربوط به رسوبات: اندازه رسوبات d_s، جرم واحد حجم ذره مستغرق رسوب $\rho_s-\rho$، پیش‌روی جبهه رسوبی در بخش تعریض شده بدون مانع x_e، کاهش پیش‌روی جبهه رسوبی در بخش تعریض شده همراه با نصب موانع نسبت به شرایط تعریض بدون مانع (x_e-x_b).

د) خصوصیات مربوط به بخش تعریض شده: عرض W، طول L، شیب S، عرض کانال بالادست W_{uc}، عرض کانال پائین‌دست W_{dc}.

DOI: 10.22055/JISE.2021.34647.1926

ه) خصوصیات مربوط به موانع: طول مانع L_b، عرض مانع W_b، ارتفاع مانع h_b، تعداد موانع N، آرایش موانع A، زاویه موانع α، تعداد ردیف موانع N_r، فاصله بین ردیف موانع L_r.
و) سایر پارامترها: شتاب ثقل g.
متغیرهای مذکور در رابطه (۱) ارائه شده و برخی از متغیرها برای درک بهتر، در اشکال آتی نشان داده شده‌اند.

$$f_1(V, y, \rho, \mu, d_s, (\rho_s-\rho), (x_e-x_b), x_e, W, L, S, W_{uc}, W_{dc}, L_b, W_b, h_b, N, A, \alpha, N_r, L_r, g)=0 \quad (۱)$$

با استفاده از تجزیه و تحلیل ابعادی و رابطه باکینگهام و با انتخاب سه پارامتر L، Vو μ به عنوان متغیرهای تکراری رابطه (۱) به رابطه (۲) تبدیل می‌شود.

$$f_2\left(\frac{y}{L}, R_e, \frac{d_s}{y}, \frac{V}{\sqrt{g(G_s-1)d_s}}, R_s, \frac{W}{L}, S, \frac{W_{uc}}{W}, \frac{W_{dc}}{W}, \frac{L_b}{h_b}, \frac{W_b}{h_b}, \frac{h_b}{y}, N, A, \alpha, N_r, \frac{L_r}{L}, F_r\right)=0 \quad (۲)$$

در رابطه ۲، پارامتر $\frac{V}{\sqrt{g(G_s-1)d_s}}$ عدد فرود ذره است که در این پژوهش مقدار آن ثابت و برابر ۱۶/۳۷ در نظر گرفته شده است. پارامتر R_s برابر کاهش فاصله پیش‌روی جبهه رسوبی دربخش تعریض شده مانع‌دار نسبت به حالت بدون مانع (آزمایش شاهد) می‌باشد و برابر است با:

$$R_s = \frac{x_e-x_b}{x_e} \times 100 \quad (۳)$$

در آزمایش‌های پژوهش حاضر تعدادی از پارامترها ثابت و تعدادی به شرح جدول (۱) تغییر می‌کنند.

مدل آزمایشگاهی و نحوه انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌های پژوهش حاضر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در کانال آزمایشگاهی با سطح مقطع مستطیلی شیب‌پذیر به طول، عرض و ارتفاع به ترتیب برابر ۱۰، ۰/۳ و ۰/۵ متر انجام شد. دیواره فلوم از جنس پلکسی‌گلاس بوده که این قابلیت را فراهم می‌کند که کلیه پدیده‌های اتفاق افتاده برای رسوبات به راحتی مشاهده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند (شکل۱). از ابتدای کانال به فاصله ۰/۷ متر با عرض اولیه فلوم یعنی ۰/۳ متر به‌عنوان حوضچه آرام‌کننده جریان برای برقراری جریان یکنواخت، در نظر گرفته شد. پس از حوضچه آرام‌کننده جریان، از باکس‌های شیشه‌ای به طول چهار متر، عرض ۰/۰۷۵ متر و ارتفاع ۰/۵ متر برای کاهش عرض فلوم استفاده شد. این بخش از فلوم که دارای طول چهار متر و عرض ۰/۱۵ متر می‌باشد به‌عنوان کانال بالادست منظور گردید. سپس طولی برابر ۱/۵ متر با همان عرض اولیه فلوم یعنی ۰/۳ متر به‌عنوان بخش تعریض‌شده (که از این به بعد در متن مقاله، مقطع اصلی نامیده شده است) در نظر گرفته شد، پس از این بخش تا انتها، کانال پائین‌دست با همان مشخصات هندسی کانال بالادست قرار می‌گیرد (شکل۲). شیب کف فلوم به وسیله اهرم تنظیم شیب، تنظیم شد و در همه آزمایش‌ها ثابت و برابر ۰/۰۰۲ در نظر گرفته شده است. دبی جریان به میزان ۱۰ لیتر بر ثانیه با استفاده از شیر ورودی تنظیم و به وسیله دبی‌سنج الکترومغناطیس اندازه‌گیری می‌شد. در فاصله ۲/۵ متری از ابتدای فلوم، مقطع رسوبی به طول یک متر در نظر گرفته شد که در این مقطع، رسوبات با دانه‌بندی یکنواخت با d_{50}=1mm با ضخامتی برابر دو تا سه برابر قطر متوسط ذرات قرار می‌گرفتند. در پژوهش حاضر از موانع با اندازه‌های مختلف از جنس چوب استفاده شد که با چسب در فواصل معین و برابر از دیواره‌ها و هم‌چنین بین موانع، به کف فلوم چسبانده شد. به‌منظور انجام آزمایش‌ها، بعد از تراز کردن رسوبات به وسیله ماله، با روشن کردن پمپ، جریان آب به آرامی برقرار شد. دبی جریان تا مقدار مشخص افزایش یافت. پس از رسیدن به دبی تعیین‌شده، عمق آب با استفاده از دریچه انتهایی به نحوی تنظیم گردید تا شرایط آستانه حرکت مشاهده گردید. پس از رسیدن جریان به شرایط آستانه حرکت که شروع انتقال بار بستر است، سرعت جریان با استفاده از پایین آوردن عمق جریان، قدری افزایش داده شد به‌گونه‌ای که شرایط یکنواخت در انتقال بار بستر مشاهده گردید.

جدول ۱- پارامترهای بی‌بعد مورد استفاده و دامنه تغییر آن‌ها در پژوهش حاضر

Table 1- The dimensionless parameters used and the range of their data in the present study

Parameters	Range
$\frac{W_b}{h_b}$	0.5, 0.75. 1. 1.25
$\frac{L_b}{h_b}$	0.5, 0.75. 1. 1.25
N_r	3, 4, 5, 6, 7



Fig.1- Overview of the laboratory flume
شکل ۱- نمای کلی از کانال آزمایشگاهی

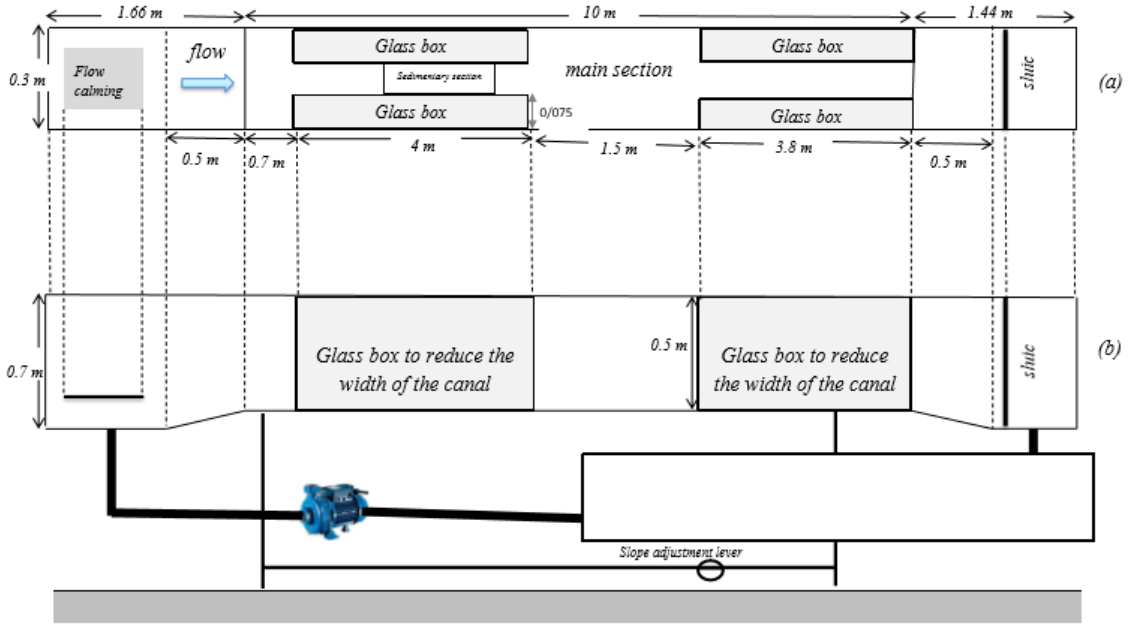


Fig.2- A simple schematic of the laboratory flume and its various sections. a) top view b) front view
شکل ۲- شماتیک ساده‌ای از کانال آزمایشگاهی و مقاطع مختلف آن. (a) نمای از بالا ، (b) نیمرخ طولی

در کلیه آزمایش‌ها نسبت $\frac{u}{u_c} = 1.2$ برای جریان در نظر گرفته شد (u: سرعت جریان و u_c: سرعت آستانه حرکت جریان). با توجه به حرکت یکنواخت رسوبات، عمق برابر ۰/۱۶ متر برای آزمایش‌ها تعیین گردید و هم‌چنین برای تمامی آزمایش‌ها، زمان انجام آزمایش ۴/۵ ساعت ثابت در نظر گرفته شد که این میزان با انجام آزمایش‌های اولیه و بررسی میزان و نحوه حرکت رسوبات تعیین گردید. با شروع آزمایش، کلیه رخدادها ثبت گردیده و بعد از گذشت ۴/۵ ساعت جریان متوقف شده و آزمایش پایان می‌یافت. در پژوهش حاضر یک آزمایش شاهد (بدون حضور موانع) و ۲۱ آزمایش با حضور موانع انجام شد. در پژوهش حاضر نحوه چیدمان موانع در مقطع اصلی بدین صورت بود که موانع با آرایش خطی، در پنج ردیف و سه ستون، مطابق شکل (۳) قرار می‌گرفتند. به‌منظور تأثیر اندازه موانع، از ۱۵ مانع با اندازه h_b یکسان و برابر ۰/۰۴ متر، W_b و L_b متغیر با اندازه‌های ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴ و ۰/۰۵ متر نصب و مورد آزمایش قرار گرفتند. به‌منظور بررسی اثر تعداد ردیف‌ها از موانع با ابعاد یکسان ۰/۰۴ متر استفاده شد. تعداد ردیف‌ها از سه تا هفت متغیر و تعداد ستون‌ها سه در نظر گرفته شد. با پایان هر آزمایش شرایط حرکت و پیش‌روی رسوبات در مقطع اصلی اندازه‌گیری گردید. علاوه بر این، پس از اتمام هر آزمایش ضمن تصویربرداری، نحوه توزیع رسوبات و میزان تله‌اندازی رسوبات مورد بررسی قرار گرفت و عملکرد مقطع اصلی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد. با بررسی و مقایسه تصاویر گرفته شده از نحوه توزیع رسوبات در انتهای هر آزمایش، به‌صورت کیفی نیز عملکرد مقطع اصلی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

DOI: 10.22055/JISE.2021.34647.1926

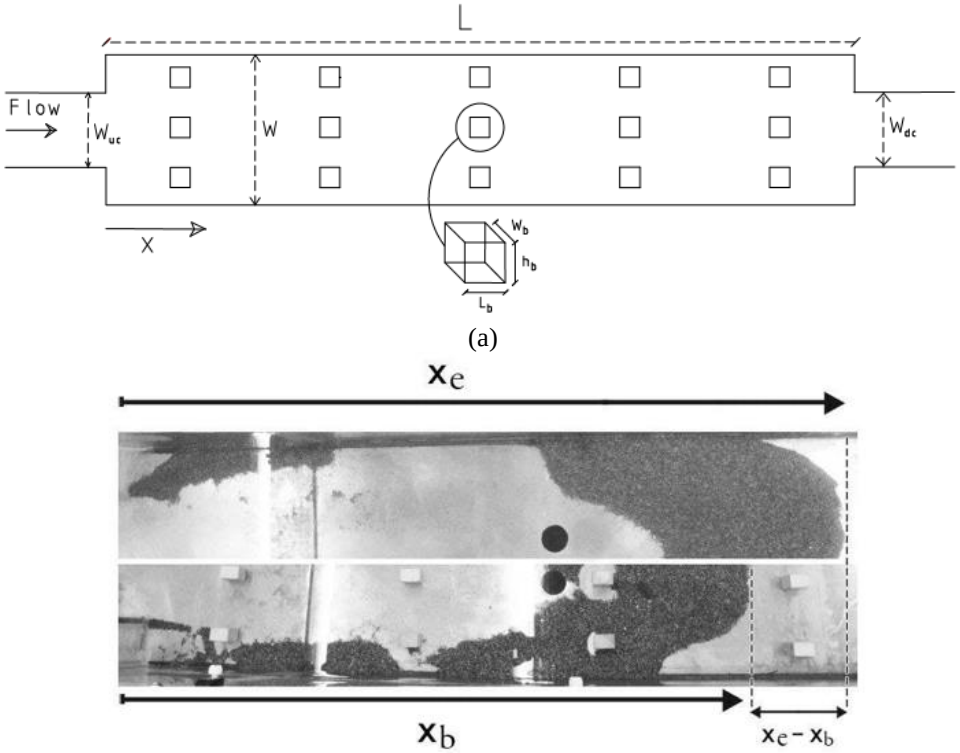


Fig.3- Schematic of experimental section and variables used in research.
a) Geometric variables related to cross sections and blocks, b) Variables related to the sedimentary front

شکل ۳- شماتیک مقطع آزمایشی و متغیرهای مورد استفاده در پژوهش.
(a) متغیرهای هندسی مربوط به مقطع و موانع ، (b) متغیرهای مربوط به جبهه رسوبی

در ادامه، نماد $W_b \times L_b$ مبین ابعاد موانع استفاده شده در مقطع اصلی می‌باشد، به‌عنوان مثال نماد ۳×۴ نشان دهنده این است که بعد عمود بر جریان آزمایش ۰/۰۳ متر و بعد در راستای جریان آن ۰/۰۴ متر می‌باشد.

نتایج و بحث

شکل‌های (۴) و (۵)، منحنی کاهش فاصله پیش‌روی جبهه رسوبی در مقطع اصلی در شرایط نصب موانع نسبت به آزمایش شاهد، در دو حالت را نشان می‌دهد.

در شکل (۴) و (۵) مشاهده می‌شود که با افزایش اندازه مانع، پارامتر R_s نیز افزایش یافته است. این پارامتر برای دو آزمایش با موانع ۲×۲ و ۳×۲ دارای مقادیری منفی است که نشان از سرعت بالاتر رسوبات نسبت به سرعت رسوبات در آزمایش شاهد است. در آزمایش مانع ۳×۳ پارامتر R_s برابر صفر است که نشان از برابری فاصله پیش‌روی جبهه رسوبی با آزمایش شاهد است. در دیگر اندازه‌ها، مقدار این پارامتر بیشتر از صفر بوده که نشان‌دهنده کاهش سرعت حرکت رسوب و هم‌چنین کاهش فاصله پیش‌روی جبهه رسوبی در مقطع اصلی نسبت به آزمایش شاهد است. در حالت کلی پارامتر R_s از حدود ۱۵- درصد به حدود ۴۱ درصد افزایش پیدا کرده است که نشان‌دهنده افزایش عملکرد مانع در مقطع اصلی می‌باشد.

آزمایش‌ها نشان داد با رسیدن توده رسوبی به موانع به‌ویژه موانع ردیف اول، رسوبات به‌صورت نامنظم و با سرعت از بین موانع عبور کرده، این نامنظمی و سرعت رسوبات در ردیف‌های بعدی کمتر دیده می‌شد. در آزمایش با مانع ۲×۲ این حالت اتفاق افتاد ولی پیش‌روی رسوبات نسبت به آزمایش شاهد بیشتر شد که نشان از عملکرد منفی این مانع در مقطع اصلی بود، در حالی که شرایط پایان آزمایش، تله‌اندازی رسوبات در مسیر جریان را نشان می‌داد.

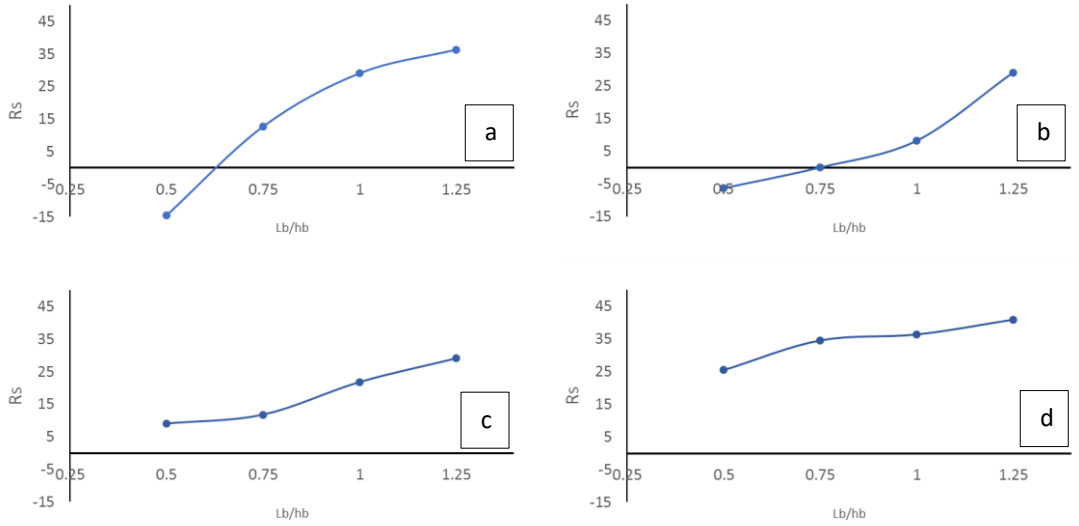


Fig.4- The diagram of decreasing progression distance of sediment flow in obstacle installation conditions relative to witness test in the state of dimension perpendicular to constant flow

شکل ٤- منحنی کاهش فاصله پیش‌روی جبهه رسوبی در مقطع اصلی در شرایط نصب موانع نسبت به آزمایش شاهد در حالت، بعد عمود بر جریان ثابت a) $\frac{w_b}{h_b}=0.5$ b) $\frac{w_b}{h_b}=0.75$ c) $\frac{w_b}{h_b}=1$ d) $\frac{w_b}{h_b}=1.25$

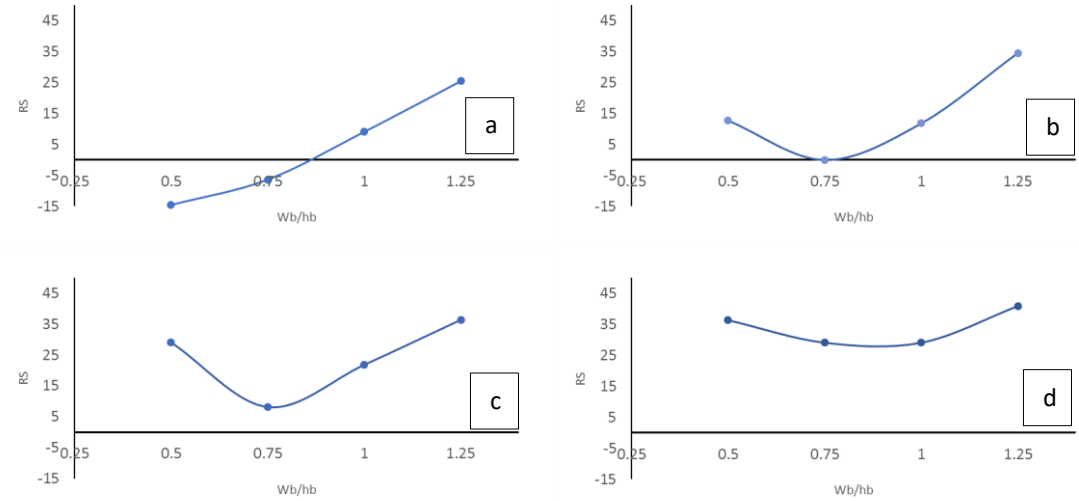


Fig.5- The diagram of decreasing progression distance of sediment flow in main section in obstacle installation conditions relative to witness test in the state of dimension parallel to constant flow

شکل ٥- منحنی کاهش فاصله پیش‌روی جبهه رسوبی در مقطع اصلی در شرایط نصب موانع نسبت به آزمایش شاهد در حالت، بعد هم‌راستای جریان ثابت a) $\frac{L_b}{h_b}=0.5$ b) $\frac{L_b}{h_b}=0.75$ c) $\frac{L_b}{h_b}=1$ d) $\frac{L_b}{h_b}=1.25$

اثر اندازه موانع را می‌توان به این‌صورت بیان نمود که با افزایش اندازه بعد هم‌راستای جریان، از شدت گردابه‌های پشت موانع کاسته شده و رسوبات پشت موانع تجمع پیدا می‌کنند، در نتیجه حرکت پرتابی رسوبات بعد از موانع کمتر و هم‌چنین سرعت پیش‌روی رسوبات در مقطع اصلی کمتر می‌شود. در نتیجه، به دلیل کاهش سرعت پیش‌روی رسوبات و پخش شدن رسوبات در کف کانال، تله‌اندازی رسوبات در بین ردیف‌های موانع در کانال افزایش می‌یابد.

هم‌چنین مشاهدات نشان داد با افزایش اندازه بعد عمود بر جریان، عرض مفید کانال در بستر کاهش می‌یابد و متأثر از این نکته، رسوبات با سرعت بیشتر از بین موانع ردیف اول عبور کرده، بعد عبور از موانع، به دلیل افزایش عرض مقطع جریان، زمانی طولانی برای تشکیل جبهه رسوبات صرف می‌شود و بعد از تشکیل جبهه رسوبی، رسوبات به حرکت عادی خود ادامه می‌دهند. این فرآیند باعث

DOI: 10.22055/JISE.2021.34647.1926

کاهش پیش‌روی رسوبات و افزایش تله‌اندازی رسوبات در مسیر جریان می‌شود که مشابه نتایج Jafari et al. (2019) می‌باشد.

شکل (۶) الگوی توزیع رسوبات در بین موانع در مقطع اصلی را در پایان آزمایش‌ها نشان می‌دهد.

شکل (۷) نمودار کاهش فاصله پیش‌روی جبهه رسوبی در مقطع اصلی در شرایط نصب موانع نسبت به آزمایش شاهد در حالت، تعداد ردیف‌های مختلف را نشان می‌دهد.

الگوی توزیع رسوبات در پایان آزمایش‌ها نشان داده‌است با افزایش تعداد ردیف، از سه به هفت و کاهش فاصله بین موانع و فاصله ابتدا و انتها مقطع اصلی تا اولین و آخرین ردیف موانع، با عبور رسوبات از بین موانع و برخورد با ردیف‌ها، از سرعت و حجم توده رسوبی کاسته شده و بیشترین میزان تله‌اندازی رسوبات مربوط به آزمایش شش و هفت ردیف می‌باشد. با افزایش تعداد ردیف، کاهش پیش‌روی جبهه رسوبی در مقطع اصلی نسبت به وضعیت شاهد، سیر صعودی دارد به نحوی که از سه ردیف به هفت ردیف پارامتر R_s از حدود ۱۶ به ۲۴ درصد افزایش یافته است.

در آزمایش شاهد با رسیدن جبهه رسوبی به مقطع اصلی، به دلیل سرعت بیشتر جریان و رسوبات در کانال بالادست نسبت به مقطع اصلی، رسوبات فاصله کوتاهی از ابتدای مقطع اصلی را با سرعت زیاد و به شکل حرکت پرتابی، طی کرده و به دلیل کاهش سرعت محسوس جریان در این بخش، رسوبات روی هم انباشته شده و با تشکیل جبهه اصلی با سرعت خیلی کمتر نسبت به کانال بالادست به حرکت طبیعی خود ادامه می‌دادند. در آزمایش‌های اصلی (آزمایش با نصب موانع) با ورود رسوبات به مقطع اصلی و برخورد آن‌ها با موانع، پیش‌روی رسوبات پس از برخورد به موانع کندتر شده و پخش‌شدن رسوبات در کانال و کاهش ارتفاع توده رسوبی در مسیر جریان مشاهده شد. بررسی و مشاهده دقیق در حین انجام آزمایش‌ها نشان داد با ورود رسوبات به مقطع اصلی، بعد از موانع ردیف اول مجدداً تشکیل جبهه می‌دهند، شکل (۸– الف)، در طول آزمایش‌ها جریان‌های گردابه‌ای جلو و پشت موانع مشاهده می‌شد، شکل (۸– ب) که شعاع این حرکت گردابه‌ای در جلوی ردیف اول به حدود چهار سانتی‌متر می‌رسید و در ردیف‌های بعد با افزایش اندازه موانع از این شعاع کاسته می‌شد و رسوبات پشت موانع تجمع می‌کردند به نحوی که در ردیف‌های سه به بعد گردابه‌ای مشاهده نمی‌شد و رسوبات به حرکت معمول و طبیعی خود بین موانع ادامه می‌دادند، شکل (۸– ج) و با افزایش اندازه موانع، رسوبات انباشتگی بیشتری در کناره مقطع اصلی به‌ویژه در بین مانع کناری و دیواره کانال دارند، به نحوی که انباشتگی رسوبات بیشتر از اندازه ارتفاع مانع در موانع بزرگ دیده شد، شکل (۸– د).

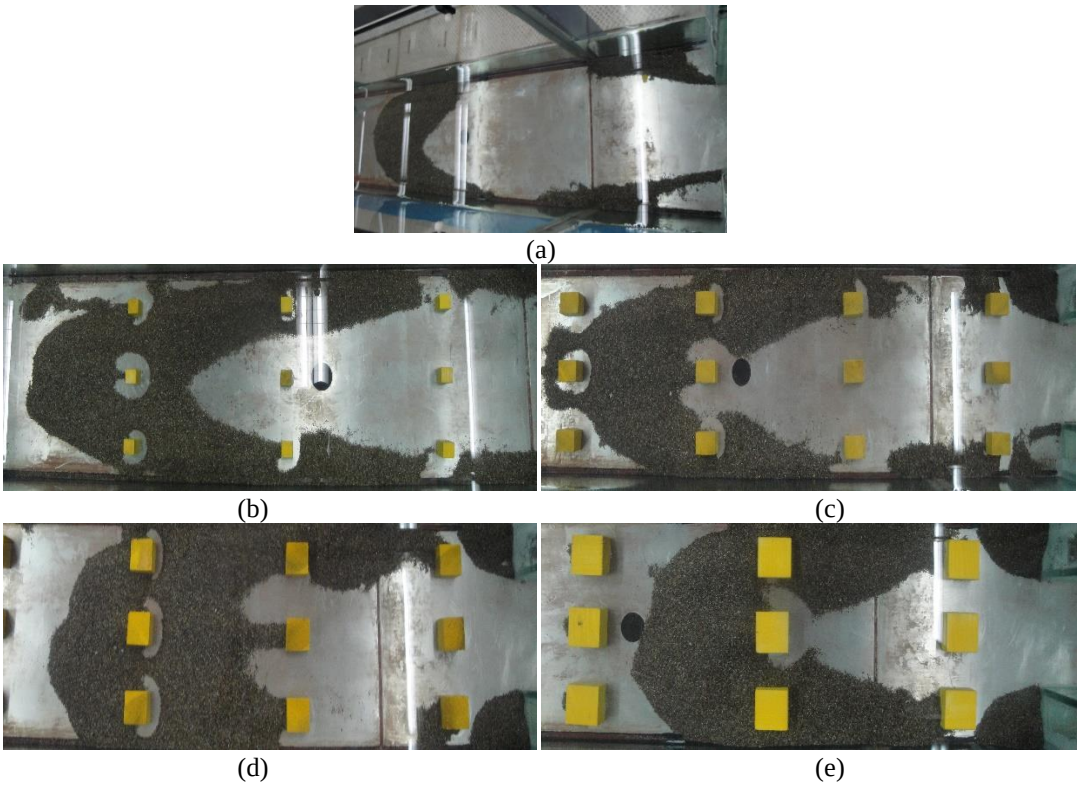


Fig.6- Sediment distribution pattern at the end of the experiment

شکل٦- الگوی توزیع رسوبات در پایان آزمایش

a) EN b) 3×2 c) 3×4 d) 4×4 e) 5×5

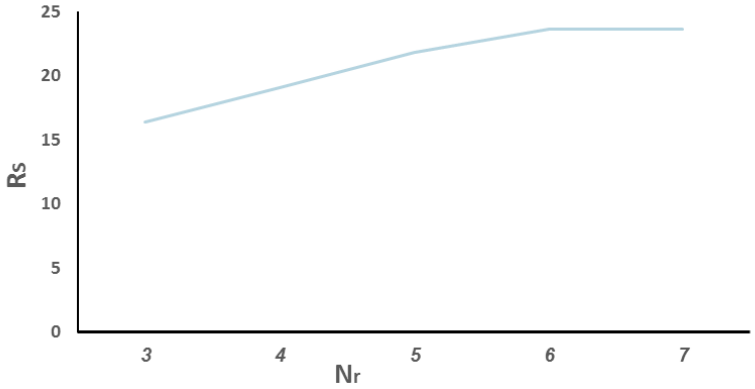


Fig.7- Graph of the reduction of the progress distance of the sedimentary front in the main section in the conditions of installation of obstacles compared to the control test in the state, the number of different rows

شکل ۷- نمودار کاهش فاصله پیش‌روی جبهه رسوبی در مقطع اصلی در شرایط نصب موانع نسبت به آزمایش شاهد در حالت، تعداد ردیف‌های مختلف

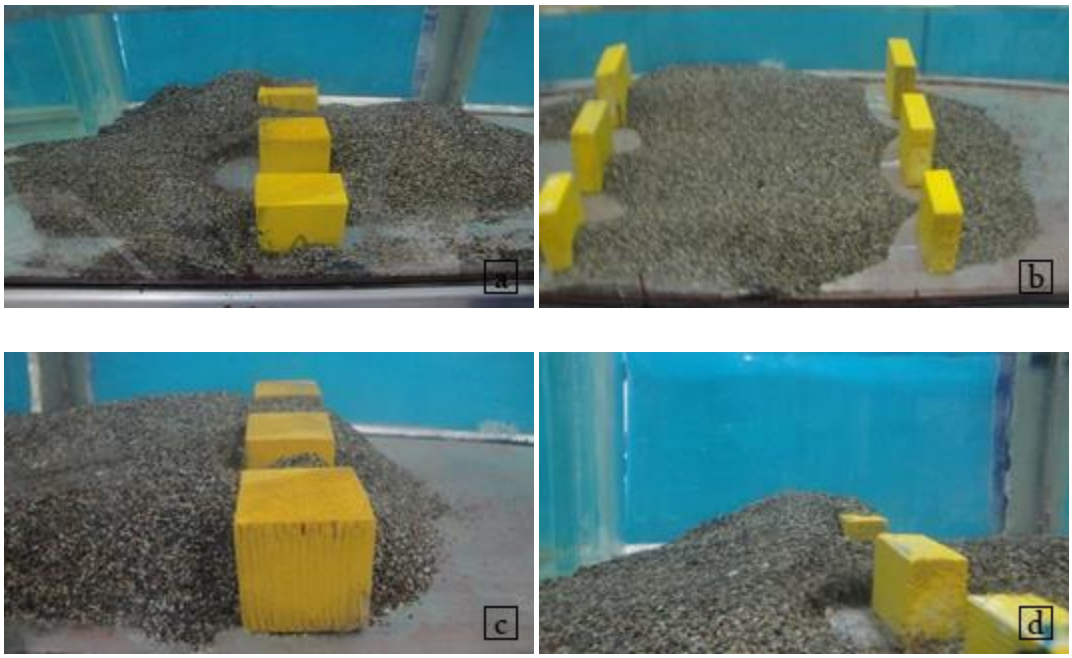


Fig.8- (a) Formation of the sedimentary front after the obstacles of the first row. (b) The vortices before and after the obstacles. (c) Natural movement of sediments between obstacles. (d) Accumulation of sediments beyond altitude.

شکل ۸- (a): تشکیل جبهه رسوبی بعد از موانع ردیف اول. (b): گردابه‌های قبل و بعد موانع. (c): حرکت طبیعی رسوبات بین موانع. (d): انباشتگی رسوبات بیش از ارتفاع مانع

در پایان آزمایش‌ها یک آزمایش طولانی مدت صورت گرفت و نتیجه آن با دو آزمایش دیگر مقایسه گردید که خلاصه نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است. t و x در جدول به‌ترتیب بیانگر مدت زمان آزمایش و پیش‌روی جبهه رسوبات در مقطع اصلی نیز می‌باشد.

همان‌طور که از جدول (۲) مشخص است پیش‌روی رسوبات در آزمایش شاهد در مدت زمان ۴/۵ ساعت برابر ۱/۱ متر بوده است و این در حالی است در همین مدت زمان، در آزمایش با مانع ۴×۴، رسوبات ۰/۸۶ متر پیش‌روی داشته‌اند و برای پیش‌روی ۱/۱ متری در آزمایش با مانع، مدت زمان آزمایش ۱۰ ساعت به طول انجامید که نشان از کاهش سرعت محسوس حرکت رسوبات در مقطع اصلی در شرایط نصب موانع است. هم‌چنین بررسی‌ها در طول مدت زمان آزمایش‌ها نشان داد که حجم قابل توجهی از توده رسوبی در مسیر جریان (در کناره‌های کانال و بین ردیف‌ها) تله‌اندازی شده است.

جدول ۲- میزان پیش‌روی رسوبات در آزمایش شاهد و اصلی در حالت نصب مانع ٤×٤ در دو زمان متفاوت

Table 2- The rate of sediment progression in the control and main test in the installation mode prevented 4×4 at two different times

N	Test	t (hr)	x (m)
1	EN	4.5	1.1
2	4×4	4.5	0.86
3	4×4	10	1.1

در نتیجه با توجه به افزایش زمان پیش‌روی جبهه رسوبی و هم‌چنین تله‌اندازی رسوبات می‌توان چنین نتیجه گرفت که تعریض رودخانه و نصب موانع در آن در کنترل حرکت بار بستر مؤثر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، با استفاده از مدل آزمایشگاهی تأثیر تعریض رودخانه به همراه نصب موانع بر نحوه انتقال بار بستر در رودخانه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نصب موانع در بخش تعریض شده باعث کاهش سرعت حرکت بار بستر و تله‌اندازی رسوبات در مسیر جریان می‌شود. بررسی تأثیر اندازه موانع و تعداد ردیف موانع در مقطع تعریض شده نشان دهنده این بود که با افزایش پارامترهای مذکور، سرعت انتقال بار بستر کاهش و تله‌اندازی رسوبات در مسیر جریان افزایش می‌یابد. با افزایش ابعاد موانع (بعد عمود بر جریان و بعد در راستای جریان) پیش‌روی رسوبات بخش تعریض شده کاهش یافته است به نحوی که پارامتر R_s، با افزایش اندازه مانع، از کوچک‌ترین مانع با اندازه ۲×۲ تا بزرگ‌ترین مانع با اندازه ۵×۵، از حدود ۱۵- به ۴۱ درصد افزایش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد با افزایش تعداد ردیف‌ها، از سه به هفت ردیف، پارامتر R_s از حدود ۱۶ به ۲۴ درصد افزایش یافته است.

تقدیر و تشکر

هزینه انجام این پژوهش از محل پژوهانه سال ۹۷ نویسنده دوم تأمین شده و بدینوسیله، نویسندگان از دانشگاه بیرجند تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

1- Abbasi, A.A. and Maleknejad Yazdi, M., 2014. The impact of sill and submerged vanes on sediment laden flow at lateral intake. *Journal of Irrigation and Water Engineering*. 4(4), pp.104-116. (in Persian).

2- Akhtari, A.A. and Seyedashraf, O., 2017. Experimental and numerical investigation on vanes effects on the flow characteristics in sharp 60° bends. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 22(4), pp.1484-1495.

3- Azizi, R. and Shafai Bejestan, M., 2020. Performance Evaluation of Submerged Vanes by Flow-3D Numerical Model. *Journal of Hydraulics*, 15(1), pp.1-11.

4- Ghazavi, R., Vali, A. and Mohammadesmaeeli, M., 2011. The effectiveness of check dams in stream morphology and sediment deposition (A case study: abjovan watershed, Fars province). *Iranian Water Research Journal*. 5(9), pp.229-232. (in Persian).

5- Haddadchi, A., Omid, M. and Dehghani, A.A., 2011. Evaluation of bed load discharge formulas in alpine gravel bed river (case study: chehel chai river in golestan province). *Journal of Water and Soil Conservation*. 18(3), pp.149-166.

6- Horiuchi, S., Akanuma, J.I., Ogawa, K., Kuraoka, S. and Minoru, M., 2010. Hydraulic model tests for debris flow due to break of a small natural landslide dam, Interparaevent. InInternational Symposium in Pacific Rim. pp. 157-167.

7- Islamic Republic of Iran, Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision., 2010. *Guideline on River Intake and Protection* No.509. (in Persian).

8- Jafari, M., Khozeymehnezhad, H. and Ramezani, Y., 2019. Laboratory investigation of the combined effect of river widening and installation of submerged vanes on bed load transport. *Journal of Water and Soil Conservation*. 26(4), pp.31-51. (in Persian).

9- Kalathil, S.T., Wuppukondur, A., Balakrishnan, R.K. and Chandra, V., 2018. Control or sediment inflow into a trapezoidal intake canal using submerged vanes. ASCE, *Journal Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering.* 144(6), 04018020.

10- Kazemi Ashtiani, P., Ebrahimi, A. and Kakahaji, A., 2015. Laboratory study of trapped sediment profiles behind permeable and impermeable control dams. *Water Engineering Conference & Exhibition. Shahid Beheshti Conference Center, Tehran, Iran*. (in Persian).

11- Khozeymehnezhad, H., Najafi Mood, MH. and Mazloom Shahraki, R., 2015. Laboratory Investigation of Incipient Motion Velocity of Non-uniform Non-cohesive Sediments in the Rectangular Flume Under Positive and Reverse Slopes. *Irrigation and Water Engineering* 5 (3), 49-59.

12- Khozeymehnezhad, H., Najafi Mood, MH. and Mazloom Shahraki, R., 2016. Laboratory Investigation of Adverse bed slope Effect on Incipient Motion of Non-cohesive sediment. *Water and Soil Science* 26 (1-1), 47-56 (in Persian).

13- Pour Heidari, S., Hasan zadeh, M. and Mehrvarzmoghanlu, K., 2015. Investigation of the efficiency of short sedimentary structures on erosion and sediment control of the Blok Abad watershed. *In 3th Agricultural and sustainable natural resources conference*, University of Tehran, Iran. (In Persian).

14- Shafai Bajestan, M., 2008. Hydraulics of sediment transport. Shahid Chamran University, 549 pages. (in Persian).

15- Shirali, S., Masjedi, A. and Asadi Lour, M., 2018. Inhibition of sediment to the lateral intake using submerged vanes in the river bend. *Journal of Water Resources Engineering*. 11, 13-22. (In Persian).

16- Sruthi, T.K., Ranjith, K.B. and Chandra, V., 2017. Control of sediment entry into an intake canal by using submerged vanes. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1875, No. 1, p. 030007). AIP Publishing.

17- Tavakili, K., Avazpour, F. and Montaseri, H., 2019. Numerical study of flow physics passing through a submerged single vane located in a bend channel and identifying its effect on dewatering. *Journal of Water Resources Engineering*. 12(43), 25-36. (in Persian).