

# Laboratory investigation of the effect of rotation angle and permeability of radial groin on bed scouring

Fateme Maleki\*

PhD student, Department of Civil Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Saeed Abbasi

Associate Professor, Department of Civil Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Zahra Maleki

Master Graduated, Department of Civil Engineering, Parsian Institute of Higher Education, Qazvin, Iran

# بررسی آزمایشگاهی تأثیر زاویه‌ی گردش و نفوذپذیری آبشکن های با آرایش قطاعی بر آبشستگی بستر

فاطمه ملکی\*

دانشجوی دکترا، گروه مهندسی عمران، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

سعید عباسی

دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

زهره ملکی

کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی پارسیان، قزوین، ایران

\*Corresponding author's email address:

f.maleki@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶

## How to cite this article:

Fateme Maleki, Saeed Abbasi, Zahra Maleki, Laboratory investigation of the effect of rotation angle and permeability of radial groin on bed scouring, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2023; 8(1): 67-70.

## ارجاع به مقاله:

فاطمه ملکی، سعید عباسی، زهره ملکی، بررسی آزمایشگاهی تأثیر زاویه‌ی گردش و نفوذپذیری آبشکن های با آرایش قطاعی بر آبشستگی بستر، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۲؛ ۸ (۱): ۶۷-۷۰.

## Abstract

The construction of water structures such as groin is done to protect the beaches and prevent their erosion. These structures disrupt the uniform regime of flow and sediment transport. In most cases, these conditions lead to local scouring of the bed. In order to protect the bed and minimize the depth of the scour hole, various arrangements for the groins have been proposed and tested. In this study, the influence of the angle of circulation in the radial arrangement of the permeable groin and its comparison with the direct permeable groin has been investigated. For this purpose, a flume with a length of 5 meters, a width of 30 cm and a height of 30 cm was used, and tests were performed with three different permeability rates of 40, 60 and 80% in clear water conditions. The results show that in the radial arrangement, the maximum depth of the scour hole at the toe of the groin and its width have decreased compared to the direct arrangement, and the radial arrangement has a better performance to prevent the erosion of the river bed.

## Keywords

Scour, Parallel Groin, Straight Groin, Permeability, River Bed

## چکیده

احداث سازه های آبی نظیر آبشکنها برای حفاظت از سواحل و جلوگیری از فرسایش آنها صورت میگیرد که این سازه ها رژیم یکنواخت جریان و حمل رسوب را به هم میزنند. در اکثر موارد این شرایط منجر به آبشستگی موضعی بستر میشود. برای حفاظت از بستر و حداقل کردن عمق چالهی آبشستگی، آرایش های مختلفی برای آبشکنها ارائه و آزمایش شده است. در این مطالعه به بررسی تأثیر زاویه‌ی گردش در آرایش قطاعی آبشکن نفوذپذیر و مقایسه‌ی آن با آبشکن مستقیم نفوذپذیر پرداخته شده است. بدین منظور از فلومی به طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر استفاده شده و آزمایشات با سه نرخ نفوذپذیری مختلف ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد در شرایط آب زلال انجام گرفته است. نتایج نشان میدهند در آرایش قطاعی حداکثر عمق چالهی آبشستگی پای آبشکنها و وسعت آن نسبت به آرایش مستقیم کمتر شده است و آرایش قطاعی عملکرد بهتری برای جلوگیری از فرسایش بستر رودخانه دارد.

## کلمات کلیدی

آبشستگی، آبشکن موازی، آبشکن مستقیم، نفوذپذیری، بستر رودخانه

مختلف متفاوت است بنابراین این پدیده به دو دسته‌ی آبشستگی ناشی از تنگ شدگی و آبشستگی موضعی تقسیم می شود. آبشستگی موضعی در پایین دست سازه های هیدرولیکی یا پایه های پل و بطور کلی در هر مکان که شدت جریان های درهم بطور موضعی افزایش یابد، ایجاد می شود. برای جلوگیری از ایجاد این پدیده‌ی مخرب، سازه ها و سیستم های مختلفی طراحی و اجرا شده اند. یکی از این روش های حفاظت احداث آبشکن است. آبشکن ها به لحاظ ساختار سازه ای ساده و سازگار با شرایط مختلف رودخانه است

## ۱- مقدمه

رودخانه ها تحت تأثیر پدیده فرسایش و رسوب گذاری دستخوش تغییرات گوناگونی می شوند. به فرسایش بستر و کناره‌ی رودخانه در اثر عبور آب، پایین دست سازه های هیدرولیکی به علت شدت جریان زیاد و یا فرسایش بستر بر اثر ایجاد جریان های متلاطم موضعی آبشستگی گفته می شود. مکانیسم عمل آبشستگی در محل های



8 (1), 2023

دوره ۸، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



بررسی آزمایشگاهی تأثیر زاویه‌ی گردش و نفوذپذیری آبشکن های با آرایش قطاعی بر آبشستگی بستر

و فرسایش و رسوبگذاری آن ها تابع عوامل متعددی از جمله نوع آبشکن، ساختار سازه ای و هندسی، شرایط هیدرولیکی جریان و رسوبات است. الگوی جریان حول آبشکن که حاصل اندرکنش سازه و جریان است عامل ایجاد فرسایش موضعی و تشکیل چاله‌ی آبستنگی در دماغه و رسوبگذاری گسترده در میدان آبشکن است. بطور کلی آبشکن ها به دو دسته‌ی نفوذپذیر و نفوذناپذیر تقسیم می شوند که انواع نفوذپذیر آن ها در کنترل فرسایش و استهلاک انرژی جریان موفق تر عمل می کنند.

در مطالعه ای عددی توسط کرمی و باسر (۲۰۱۴) که بر روی داده های آزمایشگاهی حاصل از آبستنگی پیرامون آبشکن ها انجام گرفت مشاهده شد که ۸۰ درصد آبستنگی در ۲۰ درصد اولیه‌ی زمان تعادل آبستنگی اتفاق می افتد. همچنین در سری آبشکن ها، آبشکن اول و آخر بیشترین عمق شستگی را دارند [۱]. حسن مهدی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی آزمایشگاهی آبستنگی موضعی ذیل آبشکن های منحنی نفوذناپذیر پرداختند که نتایج حاکی از آن است که به ازای افزایش طول آبشکن عمق آبستنگی کاهش می یابد. همچنین با کاهش نسبت طول آبشکن به عرض جریان اصلی، عمق آبستنگی کمتر می شود [۲]. قدسیان و مهرآیین (۱۳۹۳) در مطالعه ای به بررسی پدیده‌ی انفجار آشفته‌گی در لایه‌ی نزدیک بستر اطراف آبشکن ها پرداختند که نتایج نشان می دهد احتمال ایجاد پدیده های اندرکنش روبه بیرون و جارویی در اطراف آبشکن بیشتر از نقاط دیگر است [۳]. رادان و واقفی (۲۰۱۵) در مطالعه ای عددی با استفاده از مدل SSIIM به بررسی الگوی آبستنگی اطراف آبشکن های T شکل مستغرق و غیرمستغرق در خم ۹۰ درجه پرداختند که نتایج نشان داد حداکثر عمق چاله‌ی آبستنگی در بالادست آبشکن ها با افزایش درصد استغرق کاهش می یابد [۴]. ابراهیم (۲۰۱۴) در مطالعه ای عددی و آزمایشگاهی به بررسی تاثیر زاویه‌ی گردش آبشکن در کانال مستقیم پرداخت. نتایج نشان داد طول آبشکن تاثیر بسزایی در هندسه‌ی توپوگرافی بستر در میدان آبشکن دارد در حالیکه زاویه‌ی گردش و دبی اثرات کمتری دارند [۵]. مهرآیین و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه ای آزمایشگاهی به بررسی الگوی جریان و ابعاد چاله‌ی آبستنگی حول آبشکن T شکل در خم کانال و تحت شرایط مستغرق پرداختند. نتایج نشان داد ابعاد چاله‌ی آبستنگی با افزایش نسبت شعاع خم کانال به عرض کانال افزایش می یابد و نسبت طول آبشکن به اندازه‌ی متوسط رسوبات اثر ثانویه ای بر ابعاد چاله‌ی آبستنگی دارد [۶]. پیرستانی و قنبرطلب (۱۳۹۴) در مطالعه ای بر روی اثر نفوذپذیری بر تغییرات حفره‌ی آبستنگی پیرامون آبشکن L شکل مستغرق دریافتند با افزایش نفوذپذیری آبستنگی به میزان قابل توجهی کاهش می یابد [۷]. کادوتا و سوزوکی (۲۰۱۰) در تحقیقی آزمایشگاهی بر روی مشخصات آبستنگی موضعی و شکل بستر پایین دست در آبشکن های L شکل و T شکل نشان دادند که عمق آبستنگی موضعش برای آبشکن های L شکل در رأس پایین دست آنها بیشتر است و رسوبات موضعی با فاصله از آبشکن ها ایجاد می شود و در مورد رأس بالادست آبشکن L شکل، کمتر است [۸]. با توجه به این که مطالعات گسترده ای بر روی رفتار و عملکرد آبشکن های نفوذناپذیر با اشکال مختلف انجام گرفته است، ارائه‌ی آرایش قطاعی آبشکن های نفوذپذیر در دستور کار قرار گرفت و بررسی رفتار

این آبشکن با نفوذپذیری های متفاوت به صورت آزمایشگاهی پرداخته شد. به طور کلی در این مطالعه با ثابت در نظر گرفتن شرایط هیدرولیکی و محیطی آزمایش و ثابت در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکی آبشکن ها، هدف، مقایسه‌ی عملکرد آبشکن نفوذپذیر منحنی و آبشکن نفوذپذیر مستقیم تک به منظور حداقل سازی چاله‌ی آبستنگی موضعی بستر رودخانه ناشی از وجود آبشکن در مسیر جریان است.

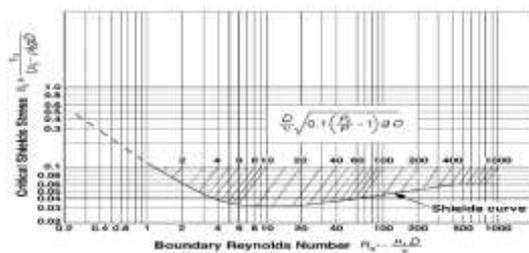
## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- معادلات حاکم

برای بدست آوردن شرایط هیدرولیکی در زمان شروع حرکت ذره از روش تنش برشی در دیاگرام شیلدز استفاده شده است. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود محور قائم نمودار، پارامتر شیلدز بحرانی  $\theta_c$  و محور افقی را عدد رینولدز مرزی  $R_*$  تشکیل می دهد. در این معادله: تنش برشی جریان در آستانه حرکت ذره  $(\tau_c)$ ، سرعت برشی سیال  $(u_*^2)$ ، وزن مخصوص ذرات  $(\gamma_s)$ ، لزجت سینماتیک آب  $(\nu)$ ، وزن مخصوص آب  $(\gamma)$ ، قطر ذرات بستر  $(D_s)$  است. در واقع خط رسم شده در این نمودار بیانگر شرایط هیدرولیکی جریان در لحظه‌ی شروع حرکت ذره می باشد. [۲]

$$R_* = \frac{D_s u_*}{\nu} \quad (1)$$

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) D_s} \quad (2)$$



شکل ۱ نمودار شیلدز [۲]

یکی از معادلات حاکم بر حرکت سیال معادله‌ی پیوستگی است. معادله‌ی ۳ معادله‌ی پیوستگی را در دستگاه مختصات کارتزین نشان می دهد. در معادله‌ی ۳ پارامترها عبارت از: مولفه های سرعت  $(u, v, w)$ ، دانسیته سیال  $(\rho)$ ، مقادیر نسبت مساحت  $(z, A, y, x, A)$ ، تابع چشمه (RSOR) است.

برای تعیین سرعت بحرانی جریان از رابطه‌ی لئی شینکف [۱۰] استفاده شده است، که در این معادله:  $V_c$  سرعت بحرانی،  $D$  قطر ذرات بستر،  $h$  ارتفاع آب می باشد.

$$V_f \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho u A_x) + R \frac{\partial}{\partial y} (\rho v A_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho w A_z) = R_{SOR} \quad (3)$$

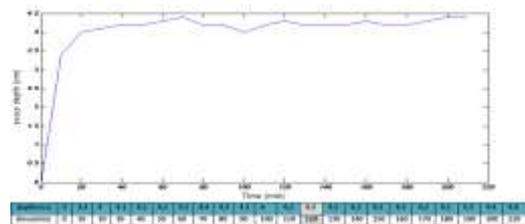
$$V_c = 1.6 \sqrt{gD} \left( \frac{h}{D} \right)^{0.2} \quad (4)$$

## ۲-۲- تجهیزات آزمایشگاهی

برای انجام آزمایش از فلومی به طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و عمق ۳۰ سانتی متر با شیب ۱٪ از جنس پلاکسی گلاس و برای آرام کردن جریان متلاطم ورودی به کانال، از صفحه ای مشبک و عمود بر جریان استفاده شده است. مصالح ماسه ای بکاررفته برای همه آزمایشات دارای  $d_{50}=0.75 \text{ mm}$  یکنواخت است که به ضخامت ۱۲ سانتی متر و در طولی برابر ۸۰ سانتی متر در فاصله ۳/۵ متر از ورودی فلوم به صورت تراز شده در کف آن قرار داده شده است. بالادست و پائین دست این ناحیه می متحرک نیز برای شبیه سازی بستر صلب با شن تا همان ارتفاع تراز شده است. آبشکن ها از جنس فولاد هستند که قطر آنها با توجه به محدودیت جلوگیری از انسداد مسیر جریان ۸ میلی متر در نظر گرفته شده است، حداکثر ۲۵٪ عرض کانال می تواند مسدود شود [۱۱]. دبی جریان در همه آزمایش ها ثابت است.

## ۲-۳- نحوه انجام آزمایش

بعد از استقرار آرایش آبشکن ها و مسطح کردن رسوبات بستر، دبی مورد نظر وارد فلوم گردید. مدت آزمایش با توجه به تثبیت موفولوژی بستر در یک آزمایش تعیین کننده، برابر ۲۱۰ دقیقه انتخاب گردید (شکل ۲). پس از اتمام آزمایش، توپوگرافی بستر با متر لیزری با دقت (mm1) برداشت شد. محدوده پارامترهای اصلی موجود در این آزمایشات نیز در جدول ۱ مشخص شده است.



شکل ۲ نمودار تعادل ابشستگی - زمان آزمایش ها

جدول ۱ مقادیر پارامترهای اصلی جریان

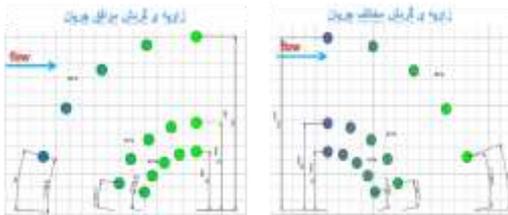
پارامتر	مقدار
دبی جریان [lit/s]	۳.۶
عمق جریان در بالادست [cm]	۶
متوسط سرعت جریان [m/s]	۰.۲۰۴۵
عدد فرود جریان	۰.۲۷
عدد رینولدز جریان	۸۷۹۳.۵
سرعت بحرانی [m/s]	۰.۳۳
پارامتر شیلدز بحرانی	۰.۴۱
عدد رینولدز مرزی	۴۸.۷

## ۲-۳- معرفی و خصوصیات مربوط به آرایش شعاعی

با توجه به تعداد ممکن و منطقی در هر مرحله از آزمایش و متناسب با نفوذپذیری در نظر گرفته شده، زاویه بین آبشکن ها در آرایش قطاعی

برابر ۱۸ درجه در نظر گرفته شده است و با توجه به قطر آبشکن ها و رابطه ۵ شعاع تاثیر در نفوذپذیری ۴۰ درصد برابر ۴۳ میلی متر، در نفوذپذیری ۶۰ درصد برابر ۶۴ میلی متر و در نفوذپذیری ۸۰ درصد برابر ۱۲۷ میلی متر بدست می آید. همچنین طول تاثیر در آبشکن مستقیم با نفوذپذیری ۴۰ درصد برابر ۶۶ میلی متر، با نفوذپذیری ۶۰ درصد برابر ۱۰۰ میلی متر و با نفوذپذیری ۸۰ درصد برابر ۲۰۰ میلی متر است. برای تعیین نفوذپذیری نیز از معادله ۵ استفاده شده است که پارامترهای این رابطه با آرایش قطاعی تطبیق یافته اند. در این رابطه:  $\Gamma_0$  درصد نفوذپذیری،  $S$  فاصله ی خارجی بین دو آبشکن متوالی و  $d$  قطر آبشکن است. بنابراین اشکال هندسی آرایش های قطاعی مطابق شکل ۳ خواهند شد.

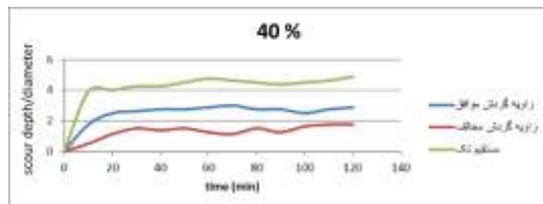
$$r_0 = \frac{S}{S + d} \quad (5)$$



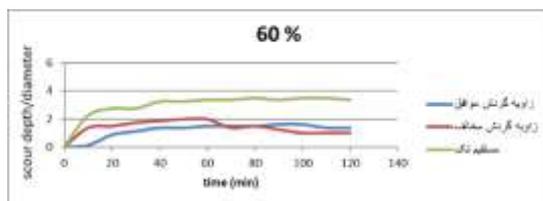
شکل ۳ هندسه ی آرایش قطاعی با زاویه ی گردش موافق جریان (سمت چپ) و زاویه ی گردش مخالف جریان (سمت راست)

## ۳- تجزیه و تحلیل مشاهدات

در ادامه مشاهدات ثبت شده از حداکثر میزان فرسایش بصورت رسم نمودار مقایسه ای و به صورت بی بعد شده نسبت به قطر آبشکن ها ارائه شده اند. اشکال ۴ و ۵ و ۶ نشان دهنده نمودار روند ایجاد حداکثر فرسایش در محل دماغه در آرایش قطاعی و مستقیم تک به ترتیب با نفوذپذیری های ۴۰٪ و ۶۰٪ و ۸۰٪ هستند. همچنین می توان مقایسه ی روند تغییرات ابشستگی دماغه با افزایش نفوذپذیری را در نمودار شکل ۷ مشاهده نمود.



شکل ۴ مقایسه ی سه حالت قرارگیری در نفوذپذیری ۴۰ درصد



شکل ۵ مقایسه ی سه حالت قرارگیری در نفوذپذیری ۶۰ درصد

= به علت اختلاف زیادی که در عملکرد آرایش قطاعی در برابر آرایش مستقیم تک در نفوذپذیری کم دیده می شود، این آرایش برای رودخانه های کم عرض پیشنهاد می گردد چراکه آبشکن با نفوذپذیری کمتر عرض کمتری از رودخانه را اشغال می کند و احتمال وقوع انسداد و تنگ شدگی در مسیر جریان کاهش می یابد و همچنین کاربری رودخانه نیز حفظ می شود.

#### ۵- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی ندارند.

#### ۶- سهم نویسندگان

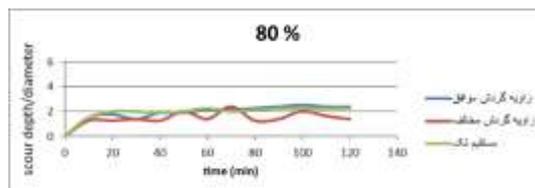
نویسندگان به صورت مساوی در نگارش مقاله نقش داشته‌اند.

#### ۷- حمایت مالی

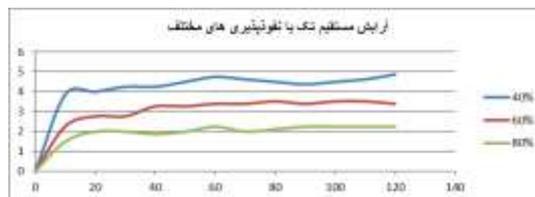
این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی‌ای برخوردار نبوده است.

#### ۸- مراجع

- [1] Karami, H. and Basser, H. (2014). Verification of numerical study of scour around spur dikes using experimental data. *Water and Environment Journal*, DOI: 10.1111/wej.12019.
- [2] Hasan Mahdi M. Al-Khateeb, Hayder Abdulameer K. AL-Thamiry, Huda Hadi Hassan, 2016, Evaluation of local scour development around curved non-submerged impermeable groynes. *International Journal of Scientific & Technology Research* volume 5, ISSUE 01.
- [3] مهرآیین، م. و قدسیان، م. (۱۳۹۱). بررسی پدیده ی انفجارآشفتگی در لایه نزدیک بستر اطراف آبشکن ها، مجموعه مقالات سیزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران آبان ماه ۱۳۹۱، دانشگاه تبریز.
- [4] Radan, P. and Vaghefi, M. (2016). Flow and scour pattern around submerged and non-submerged T-shaped spur dikes in a 90° bend using the SSIIM model. *International Journal of River Basin Management*, 14:2, 219-232, DOI:10.1080/15715124.2016.1159570.
- [5] Ibrahim, M.M. (2014). Local bed morphological changes due to oriented groins in straight channels. *Ain Shams Engineering Journal*, 5 (2), 333-341.
- [6] Mehraein, M. and Ghodsian, M and Khosravi Mashizi, M and Vaghefi, M. (2016). Experimental Study on Flow Pattern and Scour Hole Dimensions Around a T-Shaped Spur Dike in a Channel Bend Under Emerged and Submerged Conditions. *International Journal of Civil Engineering*, DOI 10.1007/s40999-017-0175-x.
- [7] پیرستانی، م. و قنبرطلب، ه. ۱۳۹۴. بررسی اثر نفوذپذیری بر تغییرات حفره آبستگي پیرامون آبشکن L شکل مستغرق، چهاردهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- [8] Kadota, A., Suzuki, K., Kojima, E., 2010, Flow visualization of mean and coherent flow structures around T-type and L-type groynes. *River Flow*, 203-210.
- [9] بینام، ۱۳۸۱. فرسایش و رسوب گذاری محدوده آبشکن‌ها. نشریه شماره ۲۴۸. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.
- [۱۰] شفاعی بجستانی، م. ۱۳۷۳. هیدرولیک رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- [11] Julien Y.Pierre. 2002. *River mechanics*. Cambridge University Press



شکل ۶ مقایسه‌ی سه حالت قرارگیری در نفوذپذیری ۸۰ درصد



شکل ۷ مقایسه‌ی سه نفوذپذیری در آرایش مستقیم تک

#### ۴- نتیجه گیری

بررسی ها و تجزیه و تحلیل داده ها نشان می دهد که:

- در نفوذپذیری کم اختلاف عملکرد آرایش قطاعی و مستقیم بسیار محسوس است و مقدار فرسایش در آرایش مستقیم تقریباً دوبرابر حالت قطاعی است اما با افزایش نفوذپذیری اختلاف مقدار فرسایش موضعی کمتر می شود ضمن اینکه همچنان آرایش قطاعی عملکرد بهتری دارد.
- در آرایش قطاعی با زاویه‌ی گردش مخالف نسبت به جهت جریان، عملکرد بهتری نسبت به حالت قرارگیری با زاویه‌ی موافق نسبت به جریان مشاهده می شود، بنابراین در این آرایش استهلاك گردابه های مولد بیشتر انجام می شود و در مقابله با آبستگي بستر رودخانه عملکرد بهتری دارد.
- همانطور که مشاهده می شود، با افزایش نفوذپذیری از میزان فرسایش موضعی حول آبشکن ها کم می شود. این امر بیانگر آن است که با افزایش نفوذپذیری بطور یکنواخت تری جریان هدایت می شود و توسعه‌ی گردابه های مولد آبستگي را در سطح بیشتری باعث می شود. بنابراین با استهلاك مؤثرتر انرژی ناشی از گردابه ها، عملکرد بهتری برای به کارگیری در پروژه های اجرایی دارد، چرا که با کمتر شدن عمق آبستگي ضریب پایداری خود سازی آبشکن بیشتر می شود.
- در آرایش های مستقیم تک نسبت به آبشکن ها در آرایش قطاعی، نسبت طول پیشروی آبشکن ها به عرض فلوام بیشتر است. این مسئله می تواند باعث انسداد جریان و یا کاهش کاربری رودخانه شود.

#### COPYRIGHTS

©2023 by the authors. Published by **Journal of Engineering & Construction Management (JECM)**. 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) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



8 (1), 2023

دوره ۸، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی

