

# A laboratory study on comparing the performance of two parallel permeable groins and a single permeable groin with a permeability rate of 40% and 60%

# مطالعه‌ی آزمایشگاهی مقایسه‌ی عملکرد آرایش دو آبشکن موازی نفوذپذیر و تک آبشکن نفوذپذیر با نرخ نفوذپذیری ۴۰ و ۶۰ درصد

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

فاطمه ملکی\*

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

سعید عباسی

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

زهرا ملکی

کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی پارسیان، قزوین، ایران

\*Corresponding author's email address:

f.maleki@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

## How to cite this article:

Fateme Maleki, Saeed Abbasi, Zahra Maleki, A laboratory study on comparing the performance of two parallel permeable groins and a single permeable groin with a permeability rate of 40% and 60%, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2024, 8(2):13-17.

## ارجاع به مقاله:

فاطمه ملکی، سعید عباسی، زهرا ملکی، مطالعه‌ی آزمایشگاهی مقایسه‌ی عملکرد آرایش دو آبشکن موازی نفوذپذیر و تک آبشکن نفوذپذیر با نرخ نفوذپذیری ۴۰ و ۶۰ درصد، مهندسی و مدیریت ساخت، ۱۴۰۲، ۸ (۲): ۱۳-۱۷.

## Abstract

There are various methods to prevent river bank erosion, one of them is groin. These structures are used to control the natural movement of the bed and reduce the movement of sediments by reducing the power of the water flow. Groins are divided into permeable and impermeable types, the permeable form of which is used in rivers where the amount of suspended load is high. By reducing the speed of the flow in the groin field, the sedimentary materials are quickly deposited. This process and then creating a thick sedimentary layer, keeping the erosion flow away from the groin area and it provides the stable conditions necessary to protect the banks. In this study, the performance of parallel permeable groin and single permeable groin has been compared. For this purpose, a flume with a length of 5 meters, width of 30 cm and height of 30 cm has been used. Experiments have been conducted with 60 and 40% permeability rates in clear water conditions, and the observations from the experiments have been made in relation to the maximum scour depth and the changes in the topography of the flume bed have been compared.

## Keywords

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

## چکیده

برای جلوگیری از فرسایش ساحل رودخانه‌ها روشهای مختلفی وجود دارد که یکی از آنها آبشکن‌ها هستند. این سازه‌ها برای کنترل حرکت طبیعی بستر بکار میروند و حرکت رسوبات را از طریق کاهش قدرت جریان آب کم میکنند. آبشکن‌ها به دودسته‌ی نفوذپذیر و نفوذناپذیر تقسیم میشوند که شکل نفوذپذیر آن‌ها در رودخانه‌هایی که میزان بار معلق زیاد است بکار میروند. با کاهش سرعت جریان درمیدان آبشکن مواد رسوبی سریعتر رسوب یافته و با ایجاد یک لایه‌ی رسوبی ضخیم ضمن دور ساختن جریان فرسایشی از محدوده‌ی آبشکن شرایط پایداری لازم را برای حفاظت کناره‌ها فراهم می‌آورد. در این مطالعه به مقایسه‌ی عملکرد آبشکن موازی نفوذپذیر و تک آبشکن نفوذپذیر پرداخته شده است که برای این منظور از فلومی به طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتیمتر و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر استفاده شده است. آزمایش‌ها با نرخ نفوذپذیری ۶۰ و ۴۰ درصد در شرایط آب زلال انجام گرفته است و مشاهدات حاصل از آزمایشات در رابطه با حداکثر عمق آبشستگی ایجاد شده و تغییرات توپوگرافی بستر فلوم با هم مقایسه شده است.

## کلمات کلیدی

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

رفع مشکلات موجود، سازه‌های هیدرولیکی مختلفی طراحی و ساخته شده‌اند. اصلی‌ترین و پرخطرترین پدیده در همه‌ی سازه‌های موجود در مسیر جریان آب، آبشستگی و فرسایش است. آبشستگی پدیده‌ای مخرب است که موجب فرسایش و از بین رفتن

## ۱- مقدمه

حفاظت از سواحل رودخانه برای حفظ محیط زیست و جلوگیری از ایجاد تغییرات اقلیمی در آن از اهمیت خاصی برخوردار است. برای



ساختارهای طبیعی سواحل رودخانه می شود. ایجاد چاله ی آبستنگی طی افزایش سرعت جریان و به محض رسیدن جریان به سرعت بحرانی در رودخانه رخ می دهد و ذرات رسوبی اطراف سازه های هیدرولیکی شروع به حرکت می کنند که آغاز فرایند آبستنگی موضعی است. این ذرات فرسایش یافته در مسیر جریان حرکت کرده و به سمت پائین دست آن منتقل می شوند. افزایش سرعت جریان و گذشت زمان، پارامترهایی هستند که موجب به حرکت درآمدن ذرات رسوبی بیشتری می شوند که پیامد آن افزایش عمق و گسترش وسعت چاله ی آبستنگی است. البته این نرخ افزایش دائمی نبوده و به تدریج نرخ گسترش حفره ی آبستنگی کاهش می یابد. برای مقابله با این پدیده، یکی از بهترین سازه های هیدرولیکی بکار رفته در رودخانه ها آبشکن ها هستند. آبشکن سازه ای است که با هدف رسوب گذاری و جلوگیری از فرسایش کناره ها و حواشی رودخانه و تثبیت موقعیت رودخانه احداث می گردد. این سازه از ساحل رودخانه تا فاصله ای متناسب با عرض رودخانه، که عرض اشغال شده برای جلوگیری از ایجاد تنگ شدگی در مسیر جریان در نظر گرفته می شود (حداکثر ۲۵ درصد) [۱۰] در داخل رودخانه جلو می رود. الگوی جریان که حاصل کنش آبشکن و جریان است منشا وقوع فرسایش موضعی و ایجاد حفره ی آبستنگی در دماغه و رسوب گذاری گسترده در میدان آبشکن تلقی می شود. به دلیل کاربردی بودن این سازه ی حفاظتی در سال های اخیر تحقیقات گسترده ای بر روی رفتار و آرایش این سازه ها انجام گرفته است و محور اصلی نگرانی مهندسان و محققان در طول سالیان، تخمین حداکثر عمق آبستنگی برای حالات مختلف و کمینه کردن این مقدار بوده است.

محققان زیادی از جمله کرمی و باسر (۲۰۱۴)، کنگ و همکاران (۲۰۱۱)، کرمی و همکاران (۲۰۱۱) آزمایشات و بررسی های گسترده ای برای تعیین حداکثر عمق آبستنگی اطراف آبشکن ها انجام داده اند. در مطالعه ای قدسیان و همکاران (۱۳۸۷) با انجام آزمایشاتی به بررسی آزمایشگاهی الگوی جریان و آبستنگی حول آبشکن-T شکل در قوس ۹۰ درجه پرداختند که طی این آزمایشات دریافته اند با افزایش طول آبشکن و افزایش عدد فرود جریان و تغییر موقعیت مکانی آبشکن به سمت پایین دست قوس باعث گسترش ابعاد چاله ی آبستنگی می شود. ژنگ و ناکاوا (۲۰۰۹) جریان متلاطم حول یک آبشکن غیر مستغرق را بصورت آزمایشگاهی و عددی با روش حجم محدود و مدل آبستنگی K-ε مطالعه کردند و الگوی جریان اطراف میدان جریان سه بعدی و چاله را بررسی کردند. در سال (۱۳۹۱) عباسی و ملک نژاد یزدی اثر مشخصات هندسی آبشکن های نفوذپذیر مستقیم و-T شکل بر آبستنگی اطراف آنها را بصورت مدل آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه ای قطب الدین و همکاران (۱۳۹۲) سرعت جریان اطراف آبشکن های تخت و L-شکل را با استفاده از مدل CCH2D بررسی کردند و طبق نتایج حاصله از تحقیق آن ها محدوده ی سرعت های ماکزیمم و تنش برشی در اطراف آبشکن اول رخ می دهد همچنین مقدار سرعت در شرایط آبشکن-L شکل بیشتر از تخت و بنابراین احتمال فرسایش زیادتر می شود. هوشمند (۱۳۹۰) در یک مدل سازی عددی الگوی جریان اطراف آبشکن های منفرد و متوالی-T شکل با استفاده از نرم افزار FLUENT فشار و الگوی جریان را در اطراف این آبشکن ها تعیین

کرد. خلیج و گوهری (۱۳۹۴) طی یک بررسی آزمایشگاهی بر روی الگوی آبستنگی حول تک آبشکن چوگانی در یک کانال مستقیم پرداختند که طبق نتایج حاصله عمق آبستنگی حول آبشکن چوگانی بسیار کمتر از آبشکن تیغه ای است. پیرستانی و قنبرطلب (۱۳۹۴) در مطالعه ای بر روی اثر نفوذپذیری بر تغییرات حفره ی آبستنگی پیرامون آبشکن-L شکل مستغرق دریافته اند با افزایش نفوذپذیری آبستنگی به میزان قابل توجهی کاهش می یابد.

در این مطالعه با ثابت در نظر گرفتن شرایط هیدرولیکی و محیطی آزمایش و ثابت در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکی آبشکن-ها، بدنال مقایسه عملکرد آبشکن نفوذپذیر مستقیم و آبشکن نفوذپذیر موازی به منظور حداقل سازی چاله ی آبستنگی موضعی بستر رودخانه ناشی از وجود آبشکن در مسیر جریان هستیم.

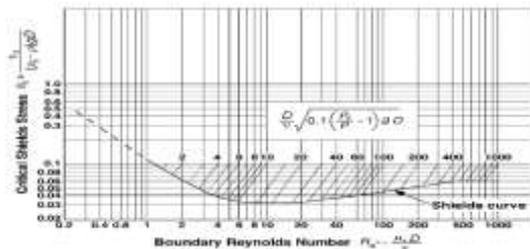
## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- معادلات حاکم

برای بدست آوردن شرایط هیدرولیکی در زمان شروع حرکت ذره از روش تنش برشی در دیگرم شیلدرز استفاده شده است. همانطور که در (شکل ۱) مشاهده می شود محور قائم نمودار پارامتر شیلدرز بحرانی  $\theta_c$  و محور افقی را عدد رینولدز مرزی  $R_*$  تشکیل می دهد و در واقع خط رسم شده در این نمودار بیانگر شرایط هیدرولیکی جریان در لحظه ی شروع حرکت ذره می باشد. [۲]

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

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



شکل ۱ نمودار شیلدرز [۲]

همچنین معادله ی حاکم بر حرکت سیال در اینجا معادله ی پیوستگی است که معادله ی ۳ معادله ی پیوستگی در دستگاه مختصات کارتزین را نشان می دهد. برای تعیین سرعت بحرانی جریان از رابطه ی لئوشینکف معادله ی ۴ استفاده شده است. [۱]

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

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

### ۲-۲- تجهیزات آزمایشگاهی و روند انجام آزمایش

برای انجام آزمایش از فلولمی به طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و عمق ۳۰ سانتی متر و شیب ۱٪ از جنس پلاکسی گلاس و همچنین برای آرام کردن جریان متلاطم ورودی به کانال، از صفحه ای مشبک و عمود بر جریان استفاده شده است. مصالح ماسه ای بکاررفته دارای



8 (2), 2024

دوره ۸، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی

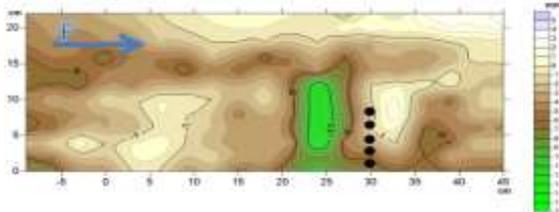


جدول ۲ مقادیر هندسه ی شکل ها

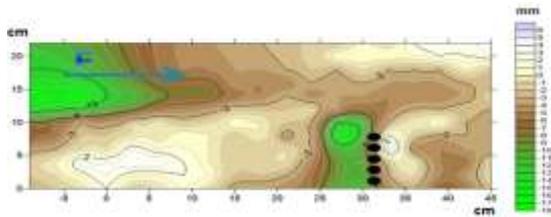
مقدار	پارامتر	
۸ mm	d	نرخ نفوذپذیری
۵/۵mm	S	٪ ۴۰
۷۸ mm	k	
۸mm	d	نرخ نفوذپذیری ٪۶۰
۱۲ mm	S	
۱۲۰ mm	k	

### ۳- تجزیه و تحلیل مشاهدات

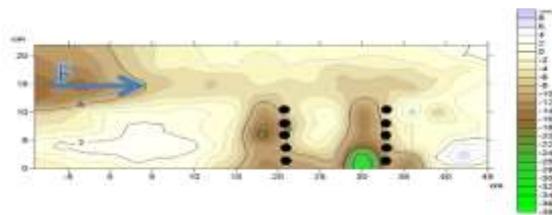
نتایج حاصل از مشاهدات الگوی رسوب حول آبشکن های موازی و مستقیم با نرخ نفوذپذیری های ۴۰ و ۶۰ درصد بصورت اشکال ۵ و ۶ و ۷ و ۸ استخراج شده است. همچنین مقادیر حداکثر آبشستگی پس از پایان ۹۰ دقیقه آزمایش بصورت نموداری در شکل ۹ و ۱۰ آمده است.



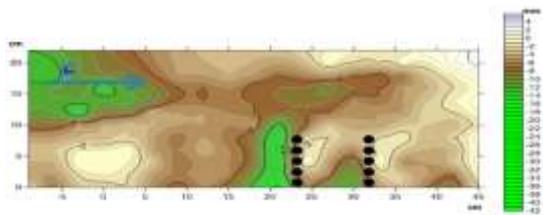
شکل ۵- تغییرات توپوگرافی بستر حاصل از آرایش مستقیم ۶۰ درصد



شکل ۶- تغییرات توپوگرافی بستر حاصل از آرایش مستقیم ۴۰ درصد

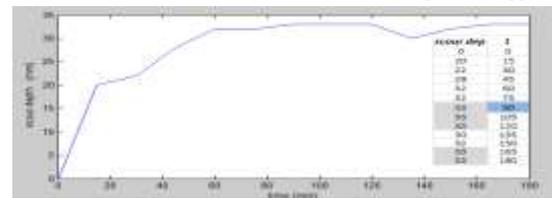


شکل ۷- تغییرات توپوگرافی بستر حاصل از آرایش موازی ۶۰ درصد



شکل ۸- تغییرات توپوگرافی بستر حاصل از آرایش موازی ۴۰ درصد

mm<sub>50</sub>=1 برای همه ی آزمایشات است که به ضخامت ۱۰،۵ سانتی-متر و در طولی برابر ۸۰ سانتی-متر در فاصله ی ۲ متر از ورودی فوم به صورت تراز شده در کف آن قرار داده شده است. بالادست و پائین دست این ناحیه ی متحرک نیز برای شبیه سازی بستر صلب با شن تا همان ارتفاع تراز شده است. آبشکن ها از جنس فولاد بوده که قطر آنها باتوجه به محدودیت جلوگیری از انسداد مسیر جریان در نظر گرفته شده است. دبی جریان در همه ی آزمایش ها ثابت است. نحوه ی انجام آزمایش نیز بدین صورت بود که بعد از استقرار آرایش آبشکن ها و مسطح کردن رسوبات بستر، دبی مورد نظر وارد فوم شده و بعد از پایان مدت زمان ۹۰ دقیقه ای که براساس (شکل ۲) در نظر گرفته شده است، توپوگرافی بستر با مترلیزری (به دقت ۱mm) برداشت شده است. محدوده ی پارامترهای اصلی جریان موجود در این آزمایشات در جدول ۱ مشخص شده است.



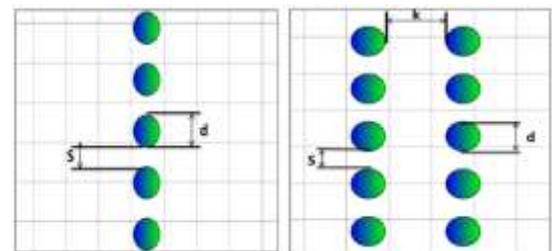
شکل ۹- نمودار آبشستگی - زمان آزمایشات

جدول ۱ مقادیر پارامترهای اصلی جریان

مقدار	پارامتر
۳،۳۷۵	دبی جریان [lit/s]
۳،۶	عمق جریان در بالادست [cm]
۰،۳۱۲	متوسط سرعت جریان [m/s]
۰،۵۲۶ (جریان زیربحرانی)	عدد فرود جریان
۹۰۷۲،۵۸ (جریان آشفته)	عدد رینولدز جریان
۰،۳۲۴	سرعت بحرانی [m/s]
۵۳،۳۳	پارامتر شیلدز بحرانی
۰،۱۷	عدد رینولدز مرزی

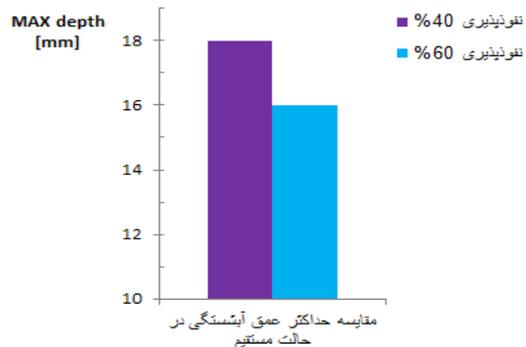
مشاهدات مربوط به الگوی فرسایش و رسوبگذاری اطراف آبشکن ها پس از برداشت پروفیل بستر در محدوده ای تحت اثر میدان جریان حول آبشکن ها با نرم افزار SURFER ترسیم شده است و در انتها به تجزیه-تحلیل داده های بدست آمده پرداخته شده است. شکل ۴ (سمت راست موازی، سمت چپ مستقیم) هندسه ی قرارگیری آرایش های مستقیم و موازی را نشان می دهد. نفوذپذیری با استفاده از معادله ی ۵ تعیین میگردد [۱]. مقادیر متغیر هندسه ی آبشکن ها در جدول ۲ آمده است.

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

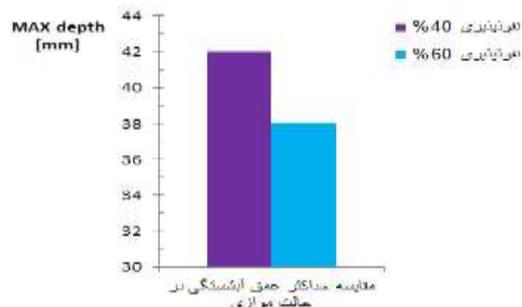


شکل ۴- هندسه ی آرایش مستقیم نفوذ پذیر و موازی نفوذ پذیر

سرعت برشی  $u_0$   
 تنش برشی جریان در آستانه حرکت ذره  $\tau$   
 وزن مخصوص ذرات  $\gamma_s$   
 وزن مخصوص آب  $\gamma$   
 لزجت سینماتیک آب  $\nu$   
 مولفه های سرعت  $(u, v, w)$   
 دانسیته سیال  $\rho$   
 تابع چشمه  $R_{SOR}$   
 مقادیر نسبت مساحت  $A_x, A_y, A_z$   
 ارتفاع آب  $h$



شکل ۹- مقایسه ی حداکثر عمق آبستگي در حالت مستقيم



شکل ۱۰- مقایسه ی حداکثر عمق آبستگي در حالت موازی

## ۶- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی ندارند.

## ۷- سهم نویسندگان

نویسندگان به صورت مساوی در نگارش مقاله نقش داشته‌اند.

## ۸- حمایت مالی

این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی‌ای برخوردار نبوده است.

## ۹- مراجع

- [۱] بینام، ۱۳۸۱. فرسایش و رسوب گذاری محدوده آبشکن‌ها. نشریه شماره ۲۴۸. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.
- [۲] شفاعی بجستانی، م. ۱۳۷۳. هیدرولیک رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- [۳] 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.
- [۴] خلج، م. و گوهری، س. ۱۳۹۴. مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبستگي حول تک آبشکن چوگانی در کانال مستقیم، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و زیرساخت های شهری، تبریز.
- [۵] عباسی، ع. ا. و ملک نژاد یزدی، م. ۱۳۸۱. مطالعه ی آزمایشگاهی تاثیر مشخصات هندسی آبشکن های نفوذپذیر مستقیم و T شکل بر آبستگي اطراف آن ها، فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، شماره هشتم
- [۶] قدسیان، م. و فضلی، م. و صالحی نیشابوری، ع. ۱۳۸۷. بررسی موقعیت و طول آبشکن بر آبستگي اطراف قوس ۹۰ درجه، مقالات هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [۷] قطب الدین، ا. و همکاران. ۱۳۹۲. بررسی سرعت جریان اطراف سری آبشکن تخت و L شکل با استفاده از مدل CCHE2D، مقالات دوازدهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

## ۴- نتیجه گیری

همانطور که در نمودار شکل های ۹ و ۱۰ مشخص است، با افزایش نفوذپذیری میزان حداکثر عمق آبستگي کم تر می شود. به عبارت دیگر با افزایش نفوذپذیری و فاصله گرفتن آبشکن ها از هم آشفته گی جریان حول هر آبشکن محدود به همان ناحیه می شود و با دیگر نواحی تلاقی ندارد و گرداب های مولد آبستگي در سطح بیشتری ایجاد می شوند. بنابراین در آبشکن با نفوذپذیری بیشتر استهلاک مؤثرتر انرژی ناشی از گرداب ها، عملکرد بهتری برای به کار بردن در پروژه های اجرایی دارد، زیرا با کمتر شدن عمق آبستگي ضریب پایداری خود سازه ی آبشکن بیشتر می شود. همچنین با توجه به توپوگرافی بستر مشاهده می شود که فرسایش و ناهمواری ها در حالت نفوذپذیری ۴۰ درصد بسیار بیشتر و غیر یکنواخت تر می باشد که عاملی برای ناپایداری پیرامون سازه ی آبشکن است. از طرفی با مقایسه ی آبشکن موازی و مستقیم می توان دریافت که عمق و گستردگی چاله ی آبستگي در حالت موازی بسیار بیشتر از حالت مستقیم است بنابراین استفاده از حالت مستقیم بهتر و اقتصادی تر است زیرا تعداد آبشکن ها در آرایش مستقیم نصف بوده و در نتیجه ضمن بهبود عملکرد در آبشکن مستقیم، شرایط اقتصادی اجرای پروژه نیز نصف می گردد.

## ۵- فهرست علائم

مقدار نسبت حجم باز به جریان  $V_F$   
 فاصله ی بین آبشکن ها  $S$   
 قطر ذرات بستر  $D, D_s$   
 قطر آبشکن  $d$



[10] Julien Y. Pierre. 2002. River mechanics. cambridge university press.

[۸] هوشمند آیینی، ع. ۱۳۹۰. مدل سازی عددی الگوی جریان در اطراف آبشکن های منفرد و متوالی T شکل با استفاده از نرم افزار FLUENT، مقالات یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

[9] Zhang H, and Nakagawa H. 2009. Characteristics of local flow and bed deformation at impermeable and permeable spur dykes. Annual Journal of Hydraulic Engineering



8 (2) , 2024

دوره ۸، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



مطالعه ی آزمایشگاهی مقایسه ی عملکرد آرایش دو آبشکن موازی  
نفوذپذیر و تک آبشکن نفوذپذیر با نرخ نفوذپذیری ۴۰ و ۶۰ درصد

#### COPYRIGHTS

©2024 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/>)