

Laboratory investigation of the performance of radial arrangement of permeable groin on the maximum scour rate of the river bed

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

*Corresponding author's email address:

f.maleki@znu.ac.ir

How to cite this article:

Fateme Maleki, Saeed Abbasi, Zahra Maleki, Laboratory investigation of the performance of radial arrangement of permeable groin on the maximum scour rate of the river bed, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2024, 8(2): 49-53.

Abstract

Groins are one of the ways to protect river banks against erosion. These structures prevent their erosion by diverting the flow from the river bank. In this study, a new arrangement of permeable groin is presented, which are called radial groin. In order to investigate the behavior and performance of this type of groin, a flume with a length of 5 meters, width of 30 cm and height of 30 cm was used. The experiments were conducted with a permeability rate of 60% in clear water conditions and in the back to the flow state, and the observations from the experiments were made in relation to the maximum scouring depth and the changes in the topography of the flume bed with straight and parallel arrangement of scours with the same permeability has been compared. The results show that the radial arrangement has performed better than the parallel and direct arrangement and has been more successful in creating scour pits with less depth.

Keywords

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

بررسی آزمایشگاهی عملکرد آرایش شعاعی آبشکن‌های نفوذپذیر بر حداکثر نرخ آبشستگی بستر رودخانه

فاطمه ملکی*

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

سعید عباسی

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

زهره ملکی

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

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

ارجاع به مقاله:

فاطمه ملکی، سعید عباسی، زهره ملکی، بررسی آزمایشگاهی عملکرد آرایش شعاعی آبشکن‌های نفوذپذیر بر حداکثر نرخ آبشستگی بستر رودخانه، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۲، ۸ (۲): ۴۹-۵۳.

چکیده

یکی از روش‌های حفاظت سواحل رودخانه در برابر فرسایش، آبشکن‌ها هستند. این سازه‌ها با منحرف کردن جریان از کناره‌ی رودخانه از فرسایش آنها جلوگیری می‌کنند. در این مطالعه چیدمان تازه‌ای از آبشکن‌های نفوذپذیر ارائه شده که آبشکن شعاعی نامیده شده‌اند. در راستای بررسی رفتار و عملکرد این نوع آبشکنها از فلومی به طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شده است. آزمایش‌ها با نرخ نفوذپذیری ۶۰ درصد در شرایط آب زلال و در حالت پشت به جریان انجام گرفته است و مشاهدات حاصل از آزمایشات در رابطه با حداکثر عمق آبشستگی ایجاد شده و تغییرات توپوگرافی بستر فلوم با آبشکنهای دارای آرایش مستقیم و موازی با همان نفوذپذیری‌ها مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد آرایش شعاعی نسبت به آرایش موازی و مستقیم عملکرد بهتری داشته و در ایجاد چاله‌ی آبشستگی با عمق کمتر، موفقتر بوده است.

کلمات کلیدی

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

فرسایش و از بین رفتن ساختارهای طبیعی سواحل رودخانه‌ها و ایجاد مشکلات زیست محیطی مختلفی در اثر تخریب آن می‌شود. ایجاد چاله‌ی آبشستگی طی افزایش سرعت جریان و به محض رسیدن به سرعت مشخصی از جریان در رودخانه اتفاق می‌افتد، بدین صورت که ذرات رسوبی در نزدیکی سازه‌های هیدرولیکی شروع به حرکت می‌کنند و این امر آغاز فرایند آبشستگی است. ذرات فرسایش یافته به دنبال مسیر جریان حرکت کرده به سمت پائین دست جریان منتقل می‌شوند. با افزایش سرعت جریان و گذشت زمان، ذرات رسوبی

۱- مقدمه

مدیریت منابع آب و مصرف بهینه از آن، همواره مورد توجه بشر در طول تاریخ بوده است. برای رفع مشکلات مرتبط با این عنصر حیات-بخش، سازه‌های هیدرولیکی مختلفی طراحی و ساخته شده‌اند. پدیده‌ی غالب و پرخطر در همه‌ی سازه‌های موجود در مسیر عبور آب، آبشستگی است. آبشستگی پدیده‌ای مخرب است که موجب



8 (2), 2024

دوره ۸، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



بیشتری به حرکت درمی‌آیند که پیامد آن افزایش عمق و گسترش وسعت چاله‌ی آبشستگی است. البته این نرخ افزایش دائمی نبوده و رفته رفته نرخ گسترش حفره‌ی آبشستگی کاهش می‌یابد. برای مقابله با این پدیده، یکی از رایج‌ترین سازه‌های بکار رفته در رودخانه‌ها آبشکن‌ها هستند. آبشکن سازه‌ای است که از ساحل رودخانه تا فاصله‌ای متناسب با عرض رودخانه، که عرض اشغال شده برای جلوگیری از ایجاد تنگ‌شدگی در مسیر جریان در نظر گرفته می‌شود (حداکثر ۲۵ درصد) [۹] در داخل عرض رودخانه احداث می‌شود و جریان آب را از ساحل دور نگه می‌دارد. آبشکن‌ها از فرسایش سواحل جلوگیری کرده و با انحراف جریان و رسوب‌گذاری به شکل مؤثر و اقتصادی نسبت به سایر روش‌ها از ساحل محافظت می‌کنند. هرچند با افزایش طول آبشکن، عمق آبشستگی موضعی رأس آن افزایش پیدا می‌کند و انحراف جریان بیشتر می‌شود اما طول بیشتری از ساحل رودخانه را محافظت می‌کند. الگوی جریان که حاصل کنش آبشکن و جریان است منشأ وقوع فرسایش موضعی و ایجاد حفره‌ی آبشستگی در دماغه و رسوب‌گذاری فراگیر در میدان آبشکن تلقی می‌شود.

به دلیل سهولت و کاربرد بیشتر این سازه‌ی حفاظتی در سال‌های اخیر مطالعات متعددی بر روی رفتار و آرایش این سازه‌ها انجام گرفته است و نگرانی اصلی مهندسان و محققان در طول سالیان، پایداری سازه‌ی حفاظت از ساحل و در نتیجه تخمین حداکثر عمق آبشستگی موضعی در مجاورت آن‌ها بوده است. محققان زیادی از جمله گیل (۱۹۷۲)، ریچاردسون و همکاران (۱۹۹۰)، قدسیان و واقفی (۲۰۰۹)، کنگ و همکاران (۲۰۱۱) و کرمی و همکاران (۲۰۱۱) آزمایشات و بررسی‌های گسترده‌ای برای تعیین حداکثر عمق آبشستگی اطراف آبشکن‌ها انجام داده‌اند. در مطالعه‌ی عددی توسط کرمی و باسر در سال ۲۰۱۴ که بر روی داده‌های آزمایشگاهی حاصل از آبشستگی پیرامون آبشکن-ها انجام گرفت مشاهده شد که ۸۰ درصد آبشستگی در ۲۰ درصد اولیه‌ی زمان تعادل آبشستگی اتفاق می‌افتد. هم‌چنین در سری آبشکن‌ها، آبشکن اول و آخر بیشترین عمق شستگی را دارند. در مطالعه‌ی دیگر دهقانی و همکاران در سال ۲۰۱۳ آبشستگی موضعی اطراف آبشکن‌های L شکل را بررسی کردند که نتایج نشان می‌دهد حداکثر عمق آبشستگی برای این نوع آبشکن‌ها در بالادست کمتر از پایین دست و آبشکن مستقیم است و این اختلاف به دلیل شدت جریان بیشتر در آبشکن مستقیم است. ژنگ و ناکاوا (۲۰۰۸) با انجام آزمایش بر روی آبشکن تک نفوذپذیر و نفوذناپذیر و مقایسه‌ی نتایج حاصل از آبشستگی اطراف این دو نوع آبشکن دریافتند که عمق آبشستگی حداکثر در آبشکن نفوذپذیر حدود نصف این مقدار در آبشکن نفوذناپذیر است. کادوتا و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ی بر روی آبشکن‌های L شکل دریافتند که نواحی با آشفستگی بالا نزدیک سر آبشکن‌ها است و گرداب‌های قوی به سمت پایین دست توسعه می‌یابند. کادوتا و سوزوکی (۲۰۱۰) در تحقیقی آزمایشگاهی بر روی مشخصات آبشستگی موضعی و شکل بستر پایین دست در آبشکن‌های L شکل و T شکل نشان دادند که عمق آبشستگی موضعی برای آبشکن‌های L شکل در رأس پایین دست آنها بیش تر است و رسوبات موضعی با فاصله از آبشکن‌ها ایجاد می‌شود و در مورد رأس بالادست آبشکن L شکل، کمتر است. حسن مهدی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی آزمایشگاهی آبشستگی موضعی ذیل آبشکن‌های منحنی

نفوذناپذیر پرداختند که نتایج حاکی از آن است که به ازای افزایش طول آبشکن عمق آبشستگی کاهش می‌یابد. هم‌چنین با کاهش نسبت طول آبشکن به عرض جریان اصلی، عمق آبشستگی کمتر می‌شود.

با توجه به این که مطالعات گسترده‌ای بر روی رفتار و عمل‌کرد آبشکن‌های نفوذناپذیر با اشکال مختلف انجام گرفته است، ارائه‌ی آرایش جدیدی از آبشکن‌های نفوذپذیر که آبشکن شعاعی نامیده شد در دستور کار قرار گرفت و بررسی رفتار این آبشکن و مقایسه‌ی آن با سایر انواع متداول آبشکن‌ها به صورت آزمایشگاهی بررسی گردید. 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 شعاعی و آبشکن نفوذپذیر مستقیم به منظور حداقل سازی چاله‌ی آبشستگی موضعی بستر رودخانه ناشی از وجود آبشکن در مسیر جریان است.

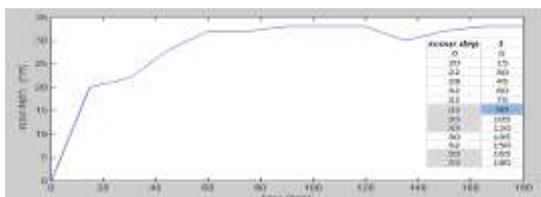
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تجهیزات آزمایشگاهی و روند انجام آزمایش

برای انجام آزمایش از فلومی به طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتی‌متر و عمق ۳۰ سانتی‌متر و شیب ۱٪ از جنس پلاکسی گلاس و هم‌چنین برای آرام کردن جریان متلاطم ورودی به کانال، از صفحه‌ای مشبک و عمود بر جریان استفاده شده است. مصالح ماسه‌ای بکاررفته دارای $d_{50}=1\text{mm}$ برای همه‌ی آزمایشات است که به ضخامت ۵، ۱۰ سانتی-متر و در طولی برابر ۸۰ سانتی‌متر در فاصله‌ی ۲ متر از ورودی فلوم به صورت تراز شده در کف آن قرار داده شده است. بالادست و پائین دست این ناحیه‌ی متحرک نیز برای شبیه‌سازی بستر صلب با شن تا همان ارتفاع تراز شده است. آبشکن‌ها از جنس فولاد بوده که قطر آنها با توجه به محدودیت جلوگیری از انسداد مسیر جریان در نظر گرفته شده است. دبی جریان در همه‌ی آزمایش‌ها ثابت است.

۲-۲- نحوه‌ی انجام آزمایش

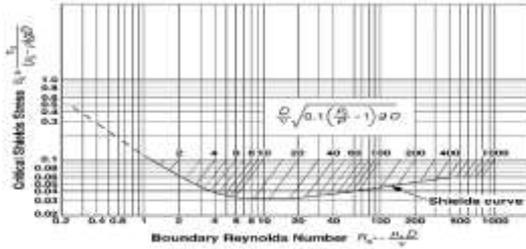
بعد از استقرار آرایش آبشکن‌ها و مسطح کردن رسوبات بستر، دبی مورد نظر وارد فلوم شده و بعد از پایان مدت زمان ۹۰ دقیقه ای که بر اساس (شکل ۱) در نظر گرفته شده است، توپوگرافی بستر با مترلیزری (به دقت ۱mm) برداشت شده است. محدوده‌ی پارامترهای اصلی جریان موجود در این آزمایشات در جدول ۱ مشخص شده است. مشاهدات مربوط به الگوی فرسایش و رسوبگذاری اطراف آبشکن‌ها پس از برداشت پروفیل بستر در محدوده‌ی تحت اثر میدان جریان حول آبشکن‌ها با نرم‌افزار SURFER ترسیم شده است و در انتها داده‌های بدست آمده مورد تجزیه-تحلیل قرار گرفته‌اند.



شکل ۱ نمودار آبشستگی- زمان آزمایشات

جدول ۱ مقادیر پارامترهای اصلی جریان

پارامتر	مقدار
دبی جریان [lit/s]	۳,۳۷۵
عمق جریان در بالادست [cm]	۳,۶
متوسط سرعت جریان [m/s]	۰,۳۱۲
عدد فرود جریان	۰,۵۲۶ (جریان زیربحرانی)
عدد رینولدز جریان	۹۰,۷۲,۵۸ (جریان آشفته)
سرعت بحرانی [m/s]	۰,۳۲۴
پارامتر شیلدز بحرانی	۵۳,۳۳
عدد رینولدز مرزی	۰,۱۷



شکل ۳ نمودار شیلدز [۲]

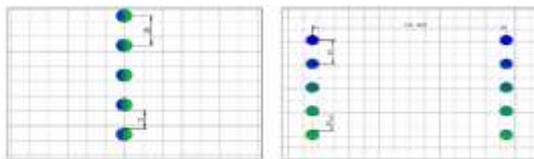
یکی از معادلات حاکم بر حرکت سیال معادله‌ی پیوستگی است. معادله‌ی ۴ معادله‌ی پیوستگی را در دستگاه مختصات کارتزین نشان می‌دهد. برای تعیین سرعت بحرانی جریان از رابطه‌ی لتی شینکف [۱] استفاده شده است.

$$V_F \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho u A_x) + R \frac{\partial}{\partial y} (\rho v A_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho w A_z) = R_{SOR} \quad (4)$$

$$V_c = 1.6 \sqrt{gD} \left(\frac{h}{D} \right)^{0.2} \quad (5)$$

۲-۵- آزمایش های مرجع

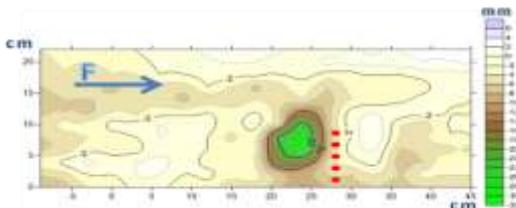
آرایش جدید ارائه شده برای بررسی عملکرد، با حالت آبشکن های نفوذپذیر مستقیم و موازی مقایسه شده اند. بنابراین لازم است ابتدا مشخصات و رفتار آبشکن های مستقیم و موازی به عنوان آرایش مرجع ثبت گردد و الگوی رسوبگذاری و فرسایش حول این آبشکن ها ارائه گردد. برای امکان استناد به نتایج آزمایش و مقایسه ی آن ها، شرایط هیدرولیکی جریان و خصوصیات عمومی و تعداد آن ها کاملاً یکسان انتخاب شده است. شکل ۴ (سمت راست موازی، سمت چپ مستقیم) هندسه ی قرارگیری آرایش های مستقیم و موازی را نشان می دهد.



شکل ۴ هندسه ی آرایش مستقیم و موازی نفوذ پذیر

$$r_0 = \frac{12}{20} = 60\%$$

نتایج حاصل از مشاهدات الگوی رسوب حول آبشکن ها بصورت شکل ۵ و ۶ استخراج شده است.

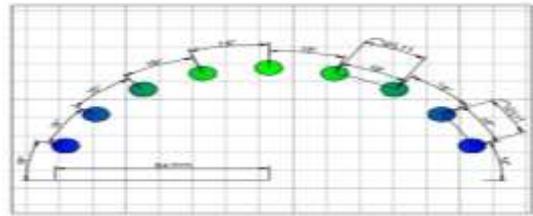


شکل ۵ تغییرات توپوگرافی بستر حاصل از آرایش مسقیم

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، زاویه‌ی بین آبشکن ها برابر ۱۸ درجه در نظر گرفته شده است که در این صورت شکل هندسی آرایش شعاعی مطابق شکل ۲ خواهد شد. برای تعیین نفوذپذیری نیز از معادله‌ی ۱ استفاده شده است که پارامترهای این رابطه با آرایش شعاعی تطبیق یافته‌اند. طول کمان مشخص شده در شکل به عنوان مخرج رابطه در نظر گرفته شده است.

$$r_0 = \frac{S}{S+d} \quad (1)$$



شکل ۲ مشخصات آرایش شعاعی آبشکن های نفوذ پذیر

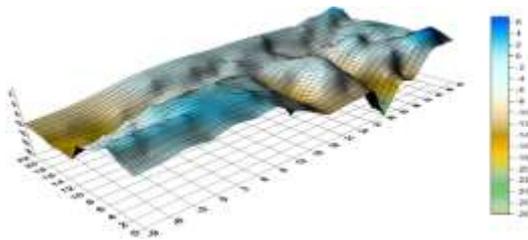
$$d=8 \text{ mm} ; S+d=20.11 \text{ mm} \rightarrow r_0 = \frac{12.11}{20.11} = 60\%$$

۲-۴- معادلات حاکم

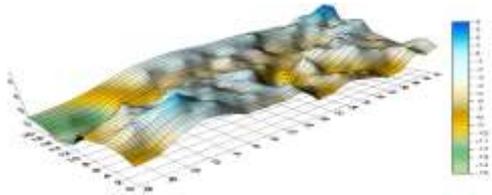
برای بدست آوردن شرایط هیدرولیکی در زمان شروع حرکت ذره از روش تنش برشی در دیاگرام شیلدز استفاده شده است. همانطور که در (شکل ۳) مشاهده می شود محور قائم نمودار پارامتر شیلدز بحرانی θ_c و محور افقی را عدد رینولدز مرزی R^* تشکیل می دهد و در واقع خط رسم شده در این نمودار بیانگر شرایط هیدرولیکی جریان در لحظه‌ی شروع حرکت ذره می باشد. [۲]

$$R^* = \frac{D_s u_*}{\nu} \quad (2)$$

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) D_s} \quad (3)$$



شکل ۱۰ توپوگرافی بستر تحت آرایش موازی



شکل ۱۱ توپوگرافی بستر تحت آرایش شعاعی کامل

۴- نتیجه گیری

بررسی ها و تجزیه و تحلیل داده ها نشان می دهد که:
- حداکثر عمق آبستگي در آرایش شعاعی کامل نسبت به آرایش موازی ۵۷ درصد و هم چنین حداکثر عمق آبستگي در آرایش شعاعی نیمه نسبت به آرایش مستقیم ۵۹ درصد کمتر شده است، بنابراین در آرایش شعاعی استهلاک گردابه های مولد بیشتر انجام می شود و در مقابل به آبستگي بستر رودخانه عملکرد بهتری دارد.

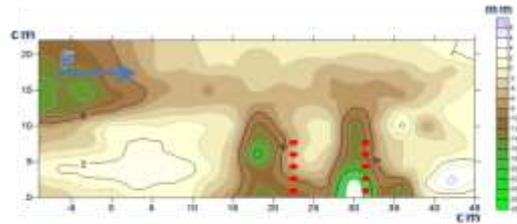
- در حالت شعاعی کامل گستردگی ناحیهی فرسایش بستر بیشتر است، اما این گستردگی با عمق بسیار کمی اتفاق می افتد. این امر بیانگر آن است که این آرایش بطور یکنواخت تری جریان را هدایت می کند و توسعهی گردابه های مولد آبستگي را در سطح بیشتری باعث می شود. بنابراین با استهلاک مؤثرتر انرژی ناشی از گردابه ها، عملکرد 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 و موازی نسبت به آرایش شعاعی نیمه و کامل، نسبت طول پیشروی آبشکن ها به عرض فلوم بیشتر است. این میزان در آرایش های شعاعی آبشکن برابر ۲/۴ درصد عرض فلوم و در آرایش های موازی و مستقیم آبشکن برابر ۳۳/۴ درصد است. این مسئله می تواند باعث انسداد بیشتر جریان و یا کاهش کاربری رودخانه شود.

بطور خلاصه مشاهده می شود آرایش شعاعی نفوذپذیر ارائه شده، در کنترل چاله های آبستگي و جلوگیری از فرسایش بستر عملکرد بهتر و مطلوب تری دارد.

۵- فهرست علائم

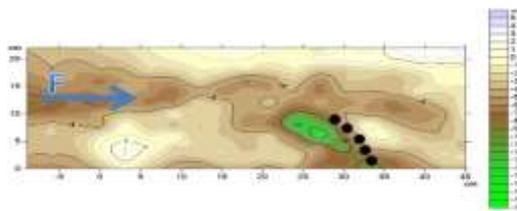
- مقدار نسبت حجم باز به جریان V_f
- فاصله ی بین آبشکن ها S
- قطر ذرات بستر D_s, D
- قطر آبشکن d
- سرعت برشی u^*



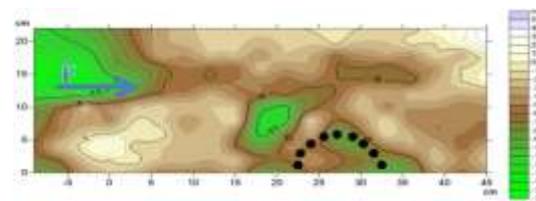
شکل ۶ تغییرات توپوگرافی بستر حاصل از آرایش موازی

۳- تجزیه و تحلیل مشاهدات

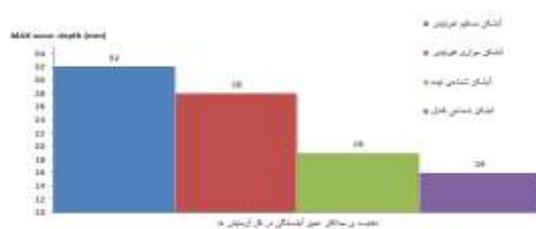
در ادامه مشاهدات ثبت شده از الگوی فرسایش و رسوب آبشکن های شعاعی بصورت رسم توپوگرافی بستر و تعیین حداکثر عمق آبستگي رخ داده ارائه شده اند. اشکال ۷ و ۸ به ترتیب نشان دهنده الگوی رسوب و فرسایش در آرایش شعاعی ۵ تایی (شعاعی نیمه نامیده شده) و آرایش شعاعی ۹ تایی (شعاعی کامل نامیده شده) هستند.



شکل ۷ تغییرات توپوگرافی بستر حاصل از آرایش شعاعی نیمه نفوذ پذیر



شکل ۸ تغییرات توپوگرافی بستر حاصل از آرایش شعاعی کامل نفوذ پذیر



شکل ۹ مقایسهی حداکثر عمق آبستگي در آزمایش ها

همچنین با استفاده از حداکثر عمق چاله های آبستگي که در پایان آزمایش برداشت شده است، می توان این اعماق را در آرایش های نظیر به نظیر مقایسه کرد. که در شکل ۹ نشان داده شده است. توپوگرافی بستر با استفاده از نرم افزار SURFER تحت آرایش موازی و شعاعی کامل به ترتیب در اشکال ۱۰ و ۱۱ آورده شده است.

تنش برشی جریان در آستانه حرکت ذره، τ_c

وزن مخصوص ذرات γ_s

وزن مخصوص آب γ

لزجت سینماتیک آب V

مولفه های سرعت (u, v, w)

دانسیته سیال ρ

تابع چشمه R_{SDR}

مقادیر نسبت مساحت A_x, A_y, A_z

ارتفاع آب h

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] شفافی بجستانی، م. ۱۳۷۳. هیدرولیک رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- [3] A. A. Dehghani, H. Md. Azamathulla, S. A. Hashemi Najafi, S. A. Ayyoubzadeh, 2013, Local scouring around L-head groynes, Journal of Hydrology, 504 (2013) 125–131.
- [4] 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.
- [5] Kadota, A., Suzuki, K., 2010, Local scour and development of sand wave around T-type and L-type groynes, International Conference of Scour Erosion, 707–714 .
- [6] 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.
- [7] Hojat Karami, Hossein Basser. 2014, Verification of numerical study of scour around spur dikes using experimental data. Water and Environment Journal, DOI: 10.1111/wej.12019.
- [8] Hao Zhang, Hajime Nakagawa. 2008. Characteristics of local flow and bed deformation at impermeable and permeable spur dykes, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.53 .
- [9] Julien Y.Pierre. 2002. River mechanics. Cambridge University Press



8 (2) , 2024

دوره ۸، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



بررسی آزمایشگاهی عملکرد آرایش شعاعی آبشکن‌های نفوذپذیر بر حداکثر نرخ آبتستگی بستر رودخانه

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/>)