

Laboratory study of the effect of the number of groin in the radial arrangement of permeable groin on the maximum scouring rate of the nose

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

مطالعه‌ی آزمایشگاهی اثر تعداد آبشکن‌ها در آرایش شعاعی آبشکن‌های نفوذپذیر بر حداکثر نرخ آبشستگی دماغه

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

*Corresponding author's email address:

f.maleki@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶

How to cite this article:

Fateme Maleki, Saeed Abbasi, Zahra Maleki, Laboratory study of the effect of the number of groin in the radial arrangement of permeable groin on the maximum scouring rate of the nose, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2023, 8(1):81-84.

ارجاع به مقاله:

فاطمه ملکی، سعید عباسی، زهره ملکی، مطالعه‌ی آزمایشگاهی اثر تعداد آبشکن‌ها در آرایش شعاعی آبشکنهای نفوذپذیر بر حداکثر نرخ آبشستگی دماغه، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۲، ۸ (۱): ۸۱-۸۴.

Abstract

The scouring phenomenon is one of the issues that are always important in the design of various types of hydraulic structures; among these structures is the groin. The flow mechanism in rivers at the locations of groin is such that the bed of a river undergoes changes and erosion over time. In this study, the performance of the permeable radial groin with different numbers was investigated. Also this groin was comparison with the double and single direct permeable arrangement. For this purpose, a flume with 5, 0.3, 0.3 meter long, wide and high was used, respectively. The experiments were conducted with a permeability rate of 40% in clear water conditions. The observations from the experiments regarding the maximum scour depth created in the flume bed show that the number of groin in a radial arrangement has an effect on the maximum scour hole depth.

Keywords

Permeable Radial Arrangement, Bed River, Double Groin, Scour, Single Groin

چکیده

مسئله‌ی آبشستگی یکی از موضوعاتی است که همواره در طراحی انواع مختلف سازه‌های هیدرولیکی اهمیت دارد از جمله این سازه‌ها آبشکن است. مکانیزم جریان در رودخانه‌ها در محل‌های قرارگیری آبشکن‌ها به گونه‌ای است که بستر یک رودخانه‌ها در مرور زمان دچار تغییرات و فرسایش می‌گردد. در این مطالعه به مقایسه‌ی عملکرد آبشکن شعاعی نفوذپذیر با تعداد متفاوت و همچنین مقایسه با آرایش نفوذپذیر مستقیم دابل و تک پرداخته شده است. برای این منظور از فلومی به طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر استفاده شده است. آزمایش‌ها با نرخ نفوذپذیری ۴۰ درصد در شرایط آب زلال انجام گرفته است و مشاهدات حاصل از آزمایشات در رابطه با حداکثر عمق آبشستگی ایجاد شده در بستر فلوم نشان می‌دهد که تعداد آبشکن‌ها در آرایش شعاعی بر حداکثر عمق چاله‌ی آبشستگی تأثیر دارد.

کلمات کلیدی

آرایش شعاعی نفوذپذیر، بستر رودخانه، آبشکن دابل، آبشستگی، آبشکن تک

جریان در نزدیکی خود را تغییر می‌دهند و به صورت موضعی باعث آبشستگی در این محدوده می‌شوند زیرا تغییر ویژگی‌های جریان به تغییر ظرفیت حمل رسوب منجر می‌شود. آبشستگی پدیده‌ای است که در اثر عبور جریان سیال به خصوص آب در مرزهای تماس با دیگر اجسام در سازه‌های هیدرولیکی به وقوع می‌پیوندد. مبنای ایجاد این پدیده ایجاد خلاء در مرزهای تماس دو محیط، به دلیل تغییر سرعت سیال است، زیرا سیال در مرزهای تماس با دیگر محیط‌ها متأثر از زبری و شکل محیطی است که با آن تماس دارد. در سازه‌های

۱- مقدمه

بحث آبشستگی هر چند قدمتی طولانی در علم هیدرولیک دارد، اما به دلیل شرایط و پیچیدگی‌های خاص آن و همچنین نبودن رابطه‌ای مناسب که بتواند پاسخگوی تمامی شرایط باشد، همچنان مورد توجه محققین علم هیدرولیک و مهندسی رودخانه است. سازه‌های هیدرولیکی که به صورت مانعی در برابر جریان قرار می‌گیرند، الگوی



8 (1), 2023

دوره ۸، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی



آبشکن مستقیم دوپل و تک با حالت های نظیر آن ها در آرایش شعاعی به ترتیب ۹ تایی و ۵ تایی پرداخته شده 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 دیگرام شیلدز استفاده شده است. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود محور قائم نمودار، پارامتر شیلدز بحرانی θ_c و محور افقی را عدد رینولدز مرزی R_* تشکیل می دهد. در این معادله: تنش برشی جریان در آستانه حرکت ذره (τ_c)، سرعت برشی سیال (u^*)، وزن مخصوص ذرات (γ_s)، لزجت سینماتیک آب (ν)، وزن مخصوص آب (γ)، قطر ذرات بستر (D_s) است. در واقع خط رسم شده در این نمودار بیانگر شرایط هیدرولیکی جریان در لحظه ی شروع حرکت ذره می باشد. [۲]

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

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

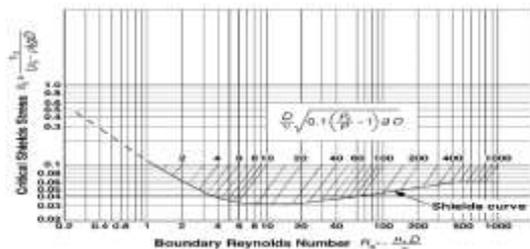
یکی از معادلات حاکم بر حرکت سیال معادله ی پیوستگی است. معادله ی ۳ معادله ی پیوستگی را در دستگاه مختصات کارتزین نشان می دهد.

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

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

در معادله ی ۳ پارامترها عبارت از: مولفه های سرعت (u, v, w)، دانسیته سیال (ρ)، مقادیر نسبت مساحت (A_x, A_y, A_z)، تابع چشمه (R_{SOR}) است.

برای تعیین سرعت بحرانی جریان از رابطه ی لتی شینکف [۸] استفاده شده است، که در این معادله: V_c سرعت بحرانی، D قطر ذرات بستر، h ارتفاع آب می باشد.



شکل ۱ نمودار شیلدز [۲]

۲-۲- تجهیزات آزمایشگاهی و روند انجام آزمایش

برای انجام آزمایش از فلومی به طول ۵ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و عمق ۳۰ سانتی متر و شیب ۰.۱٪ از جنس پلاکسی گلاس و همچنین

هیدرولیکی این پدیده بسیار می تواند به پایداری و دوام سازه هیدرولیکی آسیب برساند. بنابراین برای مقابله با این پدیده روش های مختلفی ابداع و اجرا شده است که از جمله ی آن ها آبشکن ها هستند. آبشکن با کاهش سرعت جریان و تعدیل شرایط هیدرولیکی، قدرت تخریب آب و توان حمل رسوب آن را کم می کند و زمینه را برای رسوبگذاری و تثبیت کناره های رودخانه فراهم می کند. بطور کلی آبشکن ها به دو دسته ی نفوذپذیر و نفوذناپذیر تقسیم می شوند و انواع نفوذپذیر آن ها در رودخانه هایی که دارای بار معلق زیادی باشند ساخته می شوند. در آبشکن های نفوذپذیر با تغییرات سریع الگوی جریان، در دماغه این نوع از آبشکن ها فرسایش به وقوع می پیوندد، بطوریکه تنش های حاصل از افزایش سرعت و وقوع جریان های چرخشی منجر به تشکیل گودال آبستگي در دماغه آبشکن می شود.

مطالعات گسترده ای بر روی رفتار آبشکن ها و شناخت عوامل موثر در بهبود عملکرد آن ها انجام شده است. پاپانیكولاو فاکس در سال (۲۰۰۸)، به بررسی خصوصیات جریان و آبستگي موضعی اطراف آبشکن نفوذپذیر و نیمه مستغرق پرداختند. این مقاله شامل دو بخش عمده است بخش اول بر روی خصوصیات جریان اطراف آبشکن نفوذپذیر و مستغرق برای درک رژیم جریان شکل گرفته در مجاورت آبشکن متمرکز شده است و در بخش دوم از اطلاعات کمی که در بخش اول جمع آوری شده است برای بررسی تغییرات پیچیده ی آبستگي موضعی اطراف آبشکن نفوذپذیر تحت شرایط آب زلال استفاده شده است [۱]. کادوتا و همکاران (۲۰۱۰)، در مطالعه ای بر روی آبشکن های L شکل دریافتند که نواحی با آشفتگی بالا نزدیک سر آبشکن ها ایجاد می شوند و گرداب های قوی به سمت پایین دست توسعه می یابند [۲]. در سال (۲۰۱۰)، تلعت و همکاران نشان دادند الگوی جریان در اطراف آبشکن های نفوذپذیر و نفوذناپذیر رفتاری کاملاً متفاوت دارند و ناحیه ی فرسایش در آبشکن های نفوذپذیر به مراتب کمتر از این ناحیه در آبشکن های نفوذناپذیر است [۳]. در مطالعه ای عددی توسط کرمی و باسر در سال (۲۰۱۴)، بر روی داده های آزمایشگاهی حاصل از آبستگي پیرامون آبشکن ها، مشاهده شد که ۸۰ درصد آبستگي در ۲۰ درصد اولیه ی زمان تعادل آبستگي اتفاق می افتد. همچنین در سری آبشکن ها، آبشکن اول و آخر بیشترین عمق آبستگي را دارند [۴]. فدائی و همکاران در سال (۱۳۹۵)، در مطالعه ای آزمایشگاهی به بررسی آبستگي اثر استغراق و طول بر تغییرات بستر در محدوده ی سری آبشکن های نفوذپذیر پرداختند که نتایج نشان داد اثر توامان افزایش درصد استغراق و کاهش نسبت طول بال به بدنه در آبشکن ها عمق آبستگي اطراف آن ها را تا ۶۰ درصد کاهش می دهد [۵]. یحوی کلاکی و همکاران در سال (۱۳۹۵)، در مطالعه ای عددی به بررسی جریان حول آبشکن نفوذپذیر پرداختند و مدل های مختلف آشفتگی را با استفاده از نرم افزار FLOW 3D بررسی کردند. طبق نتایج حاصله مدل آشفتگی RNG بهترین مدل شبیه سازی معرفی گردید [۶].

در این مطالعه بررسی تعداد آبشکن ها در آرایش شعاعی نفوذپذیر انجام شد و حداکثر عمق چاله ی آبستگي در محل دماغه ی آبشکن شعاعی برای تعداد ۳ الی ۹ آبشکن تعیین شد. سپس به مقایسه ی



8 (1), 2023

دوره ۸، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۲

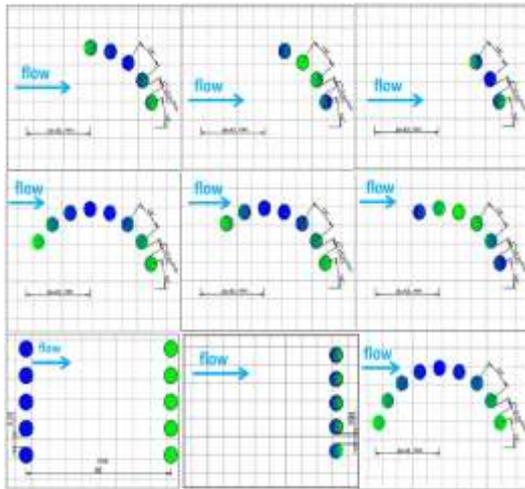
دوفصلنامه پژوهشی



این صورت اشکال هندسی آرایش شعاعی و مستقیم دویل و تک مطابق شکل ۳ خواهند شد.

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

$$r_0 = \frac{5.51}{13.51} = 40\%$$

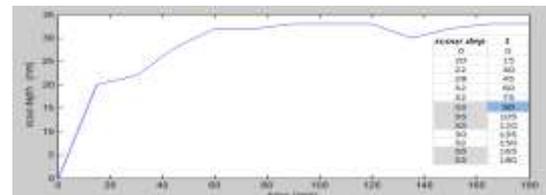


شکل ۳ مشخصات آیشکن های شعاعی و مستقیم دویل و تک نفوذپذیر

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 ۱۰٫۵ سانتی-متر و درطولی برابر ۸۰ سانتی‌متر در فاصله‌ی ۲ متر از ورودی فلوم به‌صورت ترازشده در کف آن قرار داده شده‌است. بالادست و پائین دست این ناحیه‌ی متحرک نیز برای شبیه‌سازی بستر صلب با شن تا همان ارتفاع تراز شده‌است. آیشکن‌ها از جنس فولاد بوده که قطر آنها باتوجه به محدودیت جلوگیری از انسداد مسیر جریان درنظر گرفته شده‌است. دبی جریان در همه‌ی آزمایش‌ها ثابت است.

۳-۲- نحوه‌ی انجام آزمایش

بعداز استقرار آرایش آیشکن‌ها و مسطح کردن رسوبات بستر، دبی موردنظر وارد فلوم شده و بعداز پایان مدت زمان ۹۰ دقیقه ای که براساس (شکل ۲) درنظر گرفته شده است، توپوگرافی بستر با مترلیزری (به دقت ۱mm) برداشت شده است. محدوده‌ی پارامترهای اصلی جریان موجود دراین آزمایشات در جدول ۱ مشخص شده است.



شکل ۲ نمودار ابشستگی- زمان آزمایشات

۳- تجزیه و تحلیل مشاهدات

در ادامه مشاهدات ثبت شده از حداکثر میزان فرسایش آیشکن های شعاعی بصورت رسم نمودار مقایسه ای و به صورت بی بعد شده نسبت به قطر آیشکن ها ارائه شده اند. اشکال ۴ و ۵ به ترتیب نشان دهنده‌ی میزان حداکثر فرسایش در محل دماغه در آرایش شعاعی و آرایش مستقیم هستند. همانطور که مشاهده می شود در آرایش شعاعی با تعداد ۷ آیشکن، کمترین عمق چاله‌ی آیشستگی ایجاد می شود. همچنین در مقایسه‌ی حداکثر عمق فرسایش در حالت موازی و شعاعی، آرایش شعاعی عملکرد بهتری نشان می دهد.

جدول ۱ مقادیر پارامترهای اصلی جریان

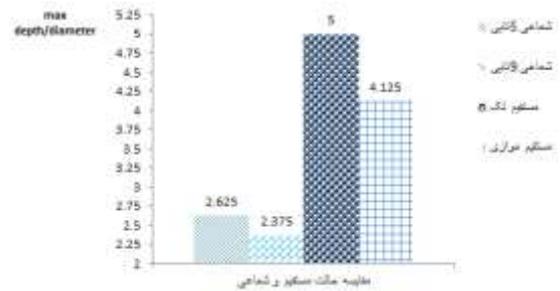
پارامتر	مقدار
دبی جریان [lit/s]	۳٫۳۷۵
عمق جریان در بالادست [cm]	۳٫۶
متوسط سرعت جریان [m/s]	۰٫۳۱۲
عدد فرود جریان	۰٫۵۲۶ (جریان زیربحرانی)
عدد رینولدز جریان	۹۰۷۲٫۵۸ (جریان آشفته)
سرعت بحرانی [m/s]	۰٫۳۲۴
پارامتر شیلدز بحرانی	۵۳٫۳۳
عدد رینولدز مرزی	۰٫۱۷

۴-۲- معرفی و خصوصیات مربوط به آرایش آیشکن ها در آزمایش

با توجه به تعداد ممکن و منطقی درهر مرحله از آزمایش و متناسب با نفوذپذیری درنظرگرفته شده، زاویه‌ی بین آیشکن ها در آرایش شعاعی برابر ۱۸ درجه در نظر گرفته شده است و با توجه به قطر آیشکن ها و رابطه‌ی ۵ شعاع تاثیر در نفوذپذیری ۴۰ درصد برابر ۴۳ میلی متر بدست می آید. همچنین طول تاثیر در آیشکن مستقیم با نفوذپذیری ۴۰ درصد برابر ۶۶ میلی متر است. برای تعیین نفوذپذیری نیز از معادله‌ی ۵ استفاده شده است که پارامترهای این رابطه با آرایش شعاعی تطبیق یافته‌اند. در این رابطه: ۲۰ درصد نفوذپذیری، S فاصله‌ی خارجی بین دو آیشکن متوالی و d قطر آیشکن است. در



شکل ۴ حداکثر میزان فرسایش آیشکن های شعاعی با نفوذپذیری ۴۰٪



شکل ۵ حداکثر میزان آبخستگی آبشکن های شعاعی و مستقیم با نفوذپذیری ۴۰٪

۴- نتیجه گیری

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

- حداکثر عمق آبخستگی در آرایش شعاعی ۹ تایی نسبت به آرایش مستقیم موازی ۵۷ درصد و همچنین حداکثر عمق آبخستگی در آرایش شعاعی ۵ تایی نسبت به آرایش مستقیم تک ۵۲ درصد کمتر شده است، بنابراین در آرایش شعاعی استهلاک گردابه های مولد بیشتر انجام می شود و در مقابل با آبخستگی بستر رودخانه عملکرد بهتری دارد.

- در حالت آرایش شعاعی با تعداد ۷ آبشکن کمترین میزان آبخستگی مشاهده می شود. این امر بیانگر آن است که این تعداد بطور یکنواخت تری جریان را هدایت می کند و توسعه گردابه های مولد آبخستگی 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 آبخستگی ضریب پایداری خود سازه ی آبشکن بیشتر می شود.

- در آرایش های مستقیم و موازی نسبت به آبشکن ها در آرایش شعاعی، نسبت طول پیشروی آبشکن ها به عرض فلوم بیشتر است. این میزان در آرایش های شعاعی آبشکن برابر ۱۴ درصد عرض فلوم (۴۳/۳۰۰) و در آرایش های موازی و مستقیم آبشکن برابر ۲۲ درصد (۶۶/۳۰۰) است. این مسئله می تواند باعث انسداد بیشتر جریان و یا کاهش کاربری رودخانه شود. حداکثر پیشروی مجاز در رودخانه ۲۵ درصد می باشد [۹].

بطور خلاصه مشاهده می شود آرایش شعاعی نفوذپذیر با ۷ آبشکن، در کنترل چاله ی آبخستگی و جلوگیری از فرسایش بستر عملکرد بهتر و مطلوب تری نسبت به دیگر تعداد قرارگیری آبشکن ها دارد.

همانطور که در نمودار شکل های ۹ و ۱۰ مشخص است، با افزایش نفوذپذیری میزان حداکثر عمق آبخستگی کم تر می شود. به عبارت دیگر با افزایش نفوذپذیری و فاصله گرفتن آبشکن ها از هم آشفستگی جریان حول هر آبشکن محدود به همان ناحیه می شود و با دیگر نواحی تلاقی ندارد و گرداب های مولد آبخستگی 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 آبخستگی 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 آبخستگی 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- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی ندارند.

۶- سهم نویسندگان

نویسندگان به صورت مساوی در نگارش مقاله نقش داشته اند.

۷- حمایت مالی

این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی ای برخوردار نبوده است.

۸- مراجع

- [1] 1. Papanicolaou, A., & Fox, J. (2008). Investigation of flow and local scour characteristics around a partially submerged permeable barb. World Environmental and Water Resources.
- [2] 2. 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.
- [3] 3. Baba. Y. Camenen. B. Peltier. Y. Thollet. F and Zhang. (2010). Flows and bed load dynamics around spur dyke in a compound channel. 11th international symposium on river sedimentation (ISRS).
- [4] 4. - 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.
- [5] 5. فدائی، پ. حسینی، خ. موسوی، ف. (۱۳۹۵). بررسی آزمایشگاهی اثر استفراف و طول بر تغییرات بستر در محدوده سری آبشکن L شکل نفوذناپذیر، مجموعه مقالات پانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین ۲۴ و ۲۵ آذر ۱۳۹۵.
- [6] 6. یحییوی کلای، ف. پیرستانی، م. ح. حاجی کندی، ه. (۱۳۹۵). بررسی ویژگی های جریان اطراف آبشکن نفوذپذیر با استفاده از نرم افزار FLOW 3D، مجموعه مقالات پانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین ۲۴ و ۲۵ آذر ۱۳۹۵.
- [7] 7. شفافی بجستانی، م. ۱۳۷۳. هیدرولیک رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- [8] 8. بینام، ۱۳۸۱. فرسایش و رسوب گذاری محدوده آبشکن ها. نشریه شماره ۲۴۸. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.
- [9] 9. Julien Y. Pierre. 2002. River mechanics. cambridge university press.
- [10] 10.

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/>)



دوره ۸، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۲

دوفصلنامه پژوهشی

