بررسی تأثیر موانع گابیونی شکل بر رسوبات عبوری

مهدی درخشان‌نیا [۱]، مهدی قمشی [۲]، سیّدسعید اسلامیان*[۳]، سیّدمحمود کاشفی‌پور [۴]

[۱] دانشجوی دکتری گروه مهندسی عمران، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد
[۲] استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز
[۳] استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان و گروه مهندسی عمران، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد
[۴] استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز

(دریافت: ۱۴۰۰/۱/۷، پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۵، نشر آنلاین: ۱۴۰۰/۵/۵)

چکیده

رسوب‌گذاری در مخازن به‌عنوان مهم‌ترین عامل در کاهش عمر مفید سدهای بزرگ شناخته می‌شود. براساس مطالعات مشخص شد که عامل اصلی در جابه‌جایی رسوبات جریان‌های غلیظ بوده، بر این اساس محققین در سال‌های اخیر راهکارهای گوناگونی برای کنترل این جریان‌ها ارائه نمودند که استفاده از موانع به‌عنوان یکی از مؤثرترین راهکارها شناخته می‌شود. با درک دقیق عملکرد این جریان‌ها و عوامل مؤثر بر آن‌ها می‌توان گامی مؤثر در جهت کنترل یا حذف آن‌ها برداشت. بر این اساس در این تحقیق به بررسی اثر تغییرات ارتفاع مانع گابیونی (Gabion) با قطر ۰/۷ سانتی‌متر تحت تأثیر پارامترهای مختلف پرداخته شده است. به این صورت که تغییرات ارتفاع مانع (۱، ۱/۵ و ۲ برابر بدنه جریان غلیظ)، دبی (۱، ۱/۵ و ۲ لیتر برثانیه)، غلظت (۱۰ و ۱۵ گرم بر لیتر)، شیب (۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد) موردبررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر این مورد بود که سه پارامتر شیب کف فلوم (Flume Slope)، غلظت و دبی ورودی موردبررسی در این تحقیق از عوامل مؤثر بر مومنتم (Momentum) جریان بوده و با افزایش هر یک از این پارامترها، میزان عملکرد موانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع ۱ و ۱/۵ کاهش پیدا می‌کند اما در مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع ۲ عملکرد مانع بهتر شده، به‌گونه‌ای که هنگام برخورد جریان با مانع اغتشاش زیاد ایجاد شده که سبب کاهش چشمگیر هد جریان غلیظ می‌گردد، به این صورت که نرخ متوسط کاهش فلاکس هد (Head Flux) برای موانع با نسبت ارتفاع ۱، ۱/۵ و ۲ به‌ترتیب ۳۲، ۴۵ و ۹۲ درصد می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: جریان‌های غلیظ، موانع گابیونی، فلاکس هد، مومنتم.

۱- مقدمه

مکانیسم رسوب ازجمله موضوعات مهم و پیچیده در مبحث سازه‌های هیدرولیکی می‌باشد. با توجه به اهمیت و خسارات ایجادشده توسط رسوبات بر این سازه‌ها، تحقیقات بسیار زیادی جهت کنترل یا حذف آن‌ها انجام شده است (Jawaduddin و همکاران، ۲۰۱۹؛ Alvai و همکاران، ۲۰۱۸؛ Li و همکاران، ۲۰۱۷؛ Massoudinejad و همکاران، ۲۰۱۸). تحقیقات نشان داد که عامل اصلی حرکت این رسوبات جریان‌های غلیظ می‌باشند و این جریان‌ها سالیانه سبب کاهش حجم عظیمی از مخزن سدهای جهان می‌شوند (Barahmand و Shamsai، ۲۰۱۰).

با بررسی‌های انجام‌شده مشخص شد که جریان غلیظ هنگامی رخ می‌دهد که سیالی با چگالی مشخص به درون سیالی با چگالی متفاوت وارد شود (Hu و همکاران، ۲۰۱۲، Vladimirov و همکاران، ۲۰۱۵؛ Farzin و همکاران، ۲۰۱۹).

در دهه‌های اخیر راهکارهای متنوعی جهت کنترل یا حذف این جریان‌ها ارائه شده است که در این بین یکی از ابزارهای مؤثر برای کنترل رسوبات حمل شده توسط جریان‌های غلیظ، ساخت موانع در مسیر رودخانه و در بالادست سازه‌های اصلی و مخازن سد می‌باشد (Chamoun و همکاران، ۲۰۱۶؛ Asghari pari و همکاران، ۲۰۱۷). ازآنجاکه قسمت عمده رسوبات مربوط به بار معلق یا جریان ورودی با چگالی بیشتر نسبت به آب پشت سد می‌باشد، درک و مطالعه این نوع جریان‌ها بسیار مهم و کاربردی

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۱۳-۱۱۵۷۵۵۴

آدرس ایمیل: mehdidr80@yahoo.com (م. درخشان‌نیا)، m.ghomeshi@scu.ac.ir (م. قمشی)، saeid@iut.ac.ir (س. س. اسلامیان)، kashefipour@scu.ac.ir (س. م. کاشفی‌پور).

می‌باشد. در ادامه به ارائه و بررسی تعدادی از این تحقیقات پرداخته شده است.

De Cesare و همکاران (۲۰۰۶) میزان جریان غلیظ عبوری که تحت تأثیر موانع مختلف قرار گرفته‌اند را موردبررسی قرار دادند. مطالعات آن‌ها نشان داد که جریان غلیظ به‌طور مؤثر بر نوع دستگاه‌های اندازه‌گیری مؤثرند.

Asghari Pari و همکاران (۲۰۱۹) در این تحقیق پروفیل سرعت جریان بدنه و غلظت را ارائه دادند. آن‌ها متوجه شدند که ارتفاع زیاد مانع در کنترل جریان غلیظ بسیار مؤثر می‌باشد همچنین میزان کنترل جریان توسط موانع در غلظت و سرعت‌های بالا بیشتر است.

Oehy و Schleiss (۲۰۰۷) تأثیر موانع مختلف را در کنترل جریان غلیظ موردبررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بین جریان‌های زیربحرانی و مقادیر کنترل جریان تناسب وجود دارد.

Kordnaeij و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی آزمایشگاهی به بررسی اثر موانع متخلخل ساده و پلکانی بر کنترل جریان غلیظ پرداختند. آن‌ها از مانع متخلخل به‌عنوان یک مانع نفوذپذیر استفاده نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که مانع متخلخل ساده از مانع پلکانی متخلخل بهتر بوده و شار رسوب را بیشتر کاهش می‌دهد.

Asghari Pari و همکاران (۲۰۱۹) به‌طور عددی اثر زاویه بالادست مانع و عمق مخزن آب را در کنترل جریان غلیظ موردبررسی قرار دادند. آن‌ها اظهار داشتند در آزمایش‌هایی که مانع ارتفاع زیاد دارد و ارتفاع بدنه جریان غلیظ کم می‌باشد، میزان کنترل جریان بیشتر می‌شود. همچنین افزایش شیب بالادست مانع سبب تله‌اندازی رسوبات بیشتری می‌شود.

Marosi و همکاران (۲۰۱۵) اثر ارتفاع، شکل و موقعیت موانع گابیونی را در کنترل جریان غلیظ رسوبی موردبررسی قرار دادند. آن‌ها اظهار داشتند که بخشی از جریان از درون و بخش دیگر از روی مانع عبور می‌کند. نتایج نشان داد برای حالتی که سرعت جریان کم بوده و ارتفاع مانع زیاد بوده و یا محل قرارگیری آن نزدیک به ورودی فلوم می‌باشد میزان کنترل بهتر می‌باشد.

Alves و همکاران (۲۰۰۲) مجموعه‌ای از آزمایش‌ها را برای بررسی تأثیر موانع بر جریان غلیظ انجام دادند. نتایج نشان داد که سرعت جریان با افزایش ارتفاع مانع کاهش می‌یابد. هرچند نسبت مشخصات دیگر در پروفیل سرعت ثابت باقی می‌ماند. در مطالعه‌ای که توسط Nogueira و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد، خصوصیات دینامیکی جریان غلیظ بر روی بستر زبر تحت تأثیر پارامترهای مختلف موردبررسی قرار گرفت. همگرایی عدد فرود بالادست نشان داد که مشخصات مکانیکی جریان با استفاده از متغیرهای محلی بالادست تعیین می‌شود.

Janocko و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند که استفاده از شبیه‌سازی‌های عددی امکان نظارت بر جنبه‌های مختلف جریان غلیظ را میسر کرده و امکان ارزیابی دقیق آن‌ها را در برابر توپوگرافی سه‌بعدی میسر می‌کند. در مطالعه‌ای دیگری MacArthur و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش تصویربرداری، جریان غلیظ را به‌صورت آزمایشگاهی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که موانعی که دارای سطوح ناهموار می‌باشند، سرعت جریان را بسیار کاهش داده، اما تأثیر کمی بر سرعت کلی جریان دارند.

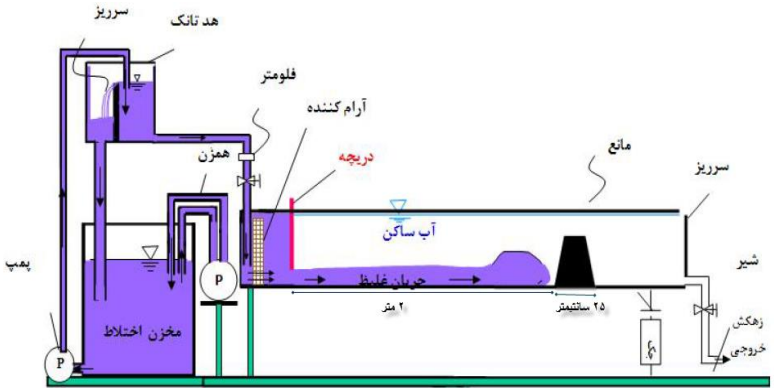
Osgaghi و همکاران (۲۰۱۳) به‌طور آزمایشگاهی تأثیر غلظت ورودی بر رفتار جریان را در حضور دو مانع متوالی موردبررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که منطقه‌ای با سرعت ناچیز و غلظت قابل‌توجه در بالادست هر مانع ایجادشده و با افزایش غلظت ورودی این منطقه بزرگ‌تر می‌شود.

Bogdanov و همکاران (۲۰۰۳) درصد تخلخل موانع و غلظت‌های مختلف جریان را موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش درصد تخلخل موانع، میزان جذب رسوبات کاهش یافته و به همین ترتیب کارایی موانع در کنترل جریان کاهش پیدا می‌کند.

Abhari و همکاران (۲۰۱۸) میزان انتقال بار معلق را در آزمایشگاه موردبررسی قرار دادند. این مطالعه نشان داد که جریان هنگام برخورد به مانع صلب منعکس شده و منطقه بحرانی دیگری ایجاد می‌کند که همین امر سبب می‌شود تا یک درصد از میانگین انتقال بار معلق در پایین‌دست مانع کاهش یابد. علی‌رغم مطالعه‌های بیشمار در راستای درک رفتار جریان‌های غلیظ، فقدان‌های بسیاری همچون عدم کارایی طرح در اجرا، هزینه‌های ساخت بالا، در نظر نگرفتن بسیاری از پارامترها مشاهده می‌شود. براین‌اساس محققان این تحقیق تلاش به ساخت موانع گابیونی و با در نظر گرفتن مصالح موجود در اطراف سد نمودند. در این مطالعه از موانع گابیونی با قابلیت اجرایی استفاده شده، به این صورت که با استفاده از مش فلزی موانعی به شکل ذوزنقه ساخته و این موانع با دانه‌های شن با اندازه متوسط ۰/۷ سانتی‌متر پر شد. علت استفاده از این ابعاد سنگ‌دانه، وجود قلوه‌سنگ‌هایی با ابعاد ۰/۵ متر در طبیعت بود و در صورت کارایی مناسب نتایج آزمایشگاهی، امکان استفاده از آن‌ها در اجرا نیز میسر می‌باشد، در ضمن شیب‌بندی مناسب براساس ضوابط اجرایی برای ساخت کناره‌های مانع در نظر گرفته شد تا بتوان امکان ریزش سنگ‌دانه‌ها را نیز مورد ارزیابی قرار داد. در این طراحی تلاش شده تا به بررسی اثر موانع گابیونی بر درصد کاهش فلاکس هد جریان پرداخته شود، برای درک بهتر از کارایی آن‌ها در شرایط مختلف، برخی از پارامترهای مهم مانند غلظت، دبی ورودی، شیب و ارتفاع موانع نیز در نظر گرفته شده است.

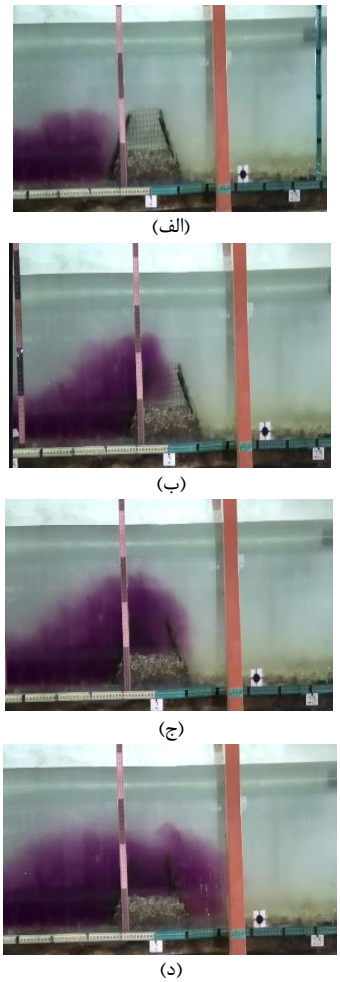
۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه از فلومی به طول ۷/۸ متر، عرض ۳۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر استفاده شده است. شکل (۱) نمای کلی فلوم و تجهیزات آزمایشگاهی مربوطه را نشان می‌دهد. این آزمایش‌ها به مدت دو ماه در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. برای ثبت تمامی حرکات جریان، اقدام به فیلم‌برداری از زمان باز شدن دریچه تا رسیدن جریان به انتها فلوم شد.



شکل ۱- نمای فلوم آزمایشگاهی (Asghari Pari و همکاران، ۲۰۱۰)

این فیلم‌ها جهت ثبت سرعت و ارتفاع هد جریان غلیظ بسیار کاربردی بودند. جهت تعیین غلظت هد جریان نیز سیفون‌هایی قبل و بعد از مانع در فواصل ۱/۵ و ۲/۵ متری از دریچه نصب‌شده بود که امکان ثبت غلظت در ارتفاع‌های مختلف را میسر می‌کرد، سپس با استفاده از ظروف نمونه‌گیر مقادیر غلظت نمونه‌های جمع‌آوری شده و با استفاده از EC[1] سنج با دقت یک‌دهم میکروگرم بر سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. مانع گابیونی به‌کار رفته در این تحقیق در فاصله دو متری از دریچه با استفاده از مش فلزی به عرض ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع متغیر ساخته شد، به‌گونه‌ای که عرض فلوم کاملاً پر شده و از عبور جریان از اطراف مانع جلوگیری می‌شد. درون مانع با دانه‌های شن با قطر هفت‌دهم سانتی‌متر پر شده و برای جلوگیری از ریزش ذرات، شیب دیوارها یک‌به‌یک در نظر گرفته شد. درمجموع ۷۲ آزمایش جریان غلیظ نمکی با بررسی پارامترهای مختلفی ازجمله غلظت (۱۰ و ۱۵ گرم بر لیتر)، تغییرات شیب (۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد) و دبی (۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در ثانیه) انجام شد. در ابتدا ۱۸ آزمایش بدون مانع (برای تعیین بدنه جریان و روند عملکرد جریان) و ۵۴ آزمایش با مانع (با ارتفاع ۱، ۱/۵ و ۲ برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ) انجام شد. علت انتخاب این سه ارتفاع براین‌اساس بود که در آزمایشات سایر محققین مشاهده شد که در حالت زیربحرانی (تمامی آزمایشات این تحقیق زیربحرانی بودند) در بسیاری از آزمایشات، در ارتفاع ۲ برابر بدنه، هد کاملاً کنترل می‌شود. چون در این تحقیق تغییرات ارتفاع برای محققین حائز اهمیت می‌باشد از این ارتفاع‌ها استفاده شد.



شکل ۲- نمای جریان غلیظ حرکت هد جریان غلیظ از روی مانع گابیونی

1. Electrical Conductivity Meter

نحوه کلی حرکت جریان در آزمایشات به این صورت بود که با باز شدن دریچه کشویی ورودی به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و به‌صورت آنی، به‌دلیل اختلاف چگالی بین آب شفاف و سیال غلیظ، جریان غلیظ تشکیل شده و به پایین‌دست فلوم حرکت می‌کرد. هنگامی‌که جریان غلیظ به اولین مانع می‌رسید (شکل (۲- الف))، کمی بالا رفته و سرعت هد کاهش می‌یافت (شکل (۲- ب)) و اطراف مانع به‌صورت ابری شکل پر شده و سپس جریان مانع را با سرعت کم‌تر طی می‌نمود (شکل (۲- ج) و (۲- د)).

با بررسی دقیق‌تر فیلم‌ها مشخص شد که پس از برخورد هد به مانع، اغتشاشی در پشت مانع ایجاد شده و جریان به دو بخش تقسیم می‌شد، بخشی به‌عنوان جریان برگشتی به‌سمت بالادست فلوم حرکت کرده و بخشی دیگر نیز با ایجاد پرش از روی مانع عبور می‌کرد. با توجه به این‌که جریان غلیظ را می‌توان از جنبه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار داد و هر یک نیاز به آزمایش‌های بسیار زیاد دارد، نویسندگان در این تحقیق به مهم‌ترین بخش جریان غلیظ پرداختند. براین‌اساس که توجه خود را به میزان کاهش غلظت ایجاد شده که براساس درصد کاهش هد جریان حاصل می‌شود معطوف کردند. بررسی درصد کاهش هد جریان کمک می‌کند تا درک دقیق از عملکرد این نوع موانع حاصل شود و مشخص شود که میزان اثرگذاری این موانع به چه میزان است و قابلیت مطالعات بیشتر را در آینده دارند یا خیر. به‌دلیل تنوع پارامترهای موردبررسی در این تحقیق، در جدول (۱) به معرفی و نام‌گذاری آن‌ها پرداخته شده است.

جدول ۱- معرفی پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شده

ارتفاع مانع (سانتی‌متر)			شیب کف (درصد)			غلظت (گرم بر لیتر)		دبی (لیتر بر ثانیه)		
H_2	$H_{1.5}$	H_1	S_3	S_2	S_1	C_2	C_1	Q_3	Q_2	Q_1
۲ برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ	۱/۵ برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ	۱ برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ	۲/۵	۲	۱/۵	۱۵	۱۰	۲	۱/۵	۱

۲-۱- تحلیل ابعادی

با بررسی دقیق هد جریان غلیظ می‌توان مشاهده کرد که پارامترهای زیادی بر این جریان مؤثر می‌باشند که این عبارت‌ها عبارت‌اند از q دبی ورودی ($\frac{m^3}{s/m}$)، q_{in} فلاکس هد جریان قبل از مانع ($\frac{m^3}{s/m}$)، $(q_{in}-q_{out})$ تغییر فلاکس هد جریان در مسیر ($\frac{m^3}{s/m}$)، C غلظت ورودی ($\frac{kg}{m^3}$)، C_f غلظت هد قبل از مانع ($\frac{kg}{m^3}$)، H ارتفاع مانع (m)، h ارتفاع بدنه جریان غلیظ (m)، d قطر سنگ-دانه‌ها (m)، n تخلخل، g' شتاب ثقل کاهش یافته ($\frac{m}{s^2}$) و S شیب کف کانال می‌باشد. معمولاً محققین از روش‌های مختلفی جهت بی‌بعدسازی داده‌ها استفاده می‌کنند که در این بین روش پی باکینگهام[2] مرسوم‌تر می‌باشد، با استفاده از این روش و با در نظر گرفتن h، C و q_{in} به‌عنوان پارامترهای تکراری، می‌توان پارامترهای بی‌بعد را محاسبه کرد.

$$f\left(\frac{q_{in}-q_{out}}{q_{in}},\frac{h_f^3 g}{q_{in}^2},\frac{q}{q_{in}},\frac{H}{h},\frac{d}{h},\frac{c}{c_f},S,n\right) \quad (۱)$$

در رابطه (۱) درصد کاهش فلاکس هد جریان غلیظ و عدد فرود ورودی به‌دست آمد و براین اساس رابطه (۲) ارائه شد.

$$Te=\frac{q_{in}-q_{out}}{q_{in}}=f\left(F_r,\frac{q}{q_{in}},\frac{H}{h},\frac{d}{h},\frac{c}{c_f},S,n\right) \quad (۲)$$

توجه در رابطه (۲) Te درصد کاهش فلاکس هد جریان غلیظ و q_{out} فلاکس هد بعد از مانع در واحد عرض ($\frac{m^3}{s/m}$) می‌باشد. در این مقاله چون قطر سنگ‌دانه‌ها و تخلخل موانع ثابت بوده و بازه عدد فرود در آزمایش‌های مختلف بسیار نزدیک به هم می‌باشند، از تحلیل آنها صرف‌نظر شده و به بررسی اثر پارامترهای مؤثر همچون شیب، نسبت ارتفاع، نسبت غلظت و نسبت دبی $(S,\frac{H}{h},\frac{q}{q_{in}},\frac{c}{c_f})$ بر فلاکس هد جریان غلیظ پرداخته شده است.

$$Te=\frac{q_{in}-q_{out}}{q_{in}}=f\left(\frac{H}{h},\frac{q}{q_{in}},\frac{c}{c_f},S\right) \quad (۳)$$

۲-۲- فلاکس جریان

جریان غلیظ از سه بخش هد، بدنه و نقطه غوطه‌وری تشکیل شده است. جریان غلیظی که وارد مخزن سد شده لازم است جهت ادامه حرکت خود از نقطه غوطه‌وری عبور کند، در این حالت جریان به‌وسیله بخش پیشرو خود که به هد معروف است پیشرویی می‌کند و در ادامه آن بدنه جریان قرار می‌گیرد. جریان در پیشانی غیردائمی بوده و نیروی محرک آن گرادیان فشار ناشی از اختلاف دانسیته بین پیشانی و سیال پیرامون می‌باشد. اما جریان در بدنه معمولاً دائمی در نظر گرفته می‌شود و نیروی محرک بدنه نیروی ثقل مؤثر بر سیال سنگین‌تر می‌باشد. سرعت متوسط بدنه جریان همیشه بزرگ‌تر از سرعت پیشانی است. برای این‌که پیوستگی

2. Buckingham π theorem

جریان حفظ شود همیشه ارتفاع پیشانی جریان بزرگ‌تر از ارتفاع بدنه جریان خواهد بود.

محققین با بررسی سرعت و توزیع غلظت این جریان‌ها متوجه شدند که رسوبات به‌طور عمده توسط هد جریان غلیظ حرکت کرده و در اطراف دیواره سد رسوب‌گذاری انجام می‌شود (Nomura و همکاران، ۲۰۱۹). برای درک بهتر این جریان‌ها، چگالی و شتاب گرانشی مؤثر بر جریان‌های غلیظ براساس روابط (۴) و (۵) ارائه شده است:

$$\rho_t = \rho_a + (\rho_s + \rho_a)C_s \tag{۴}$$

$$g = g\frac{\rho_t - \rho_a}{q_a} = g\frac{\Delta\rho}{q_a} = gC_s\frac{\rho_s - \rho_w}{q_w} \tag{۵}$$

در روابط (۴) و (۵)، C_s متوسط غلظت حجمی رسوبات غیرچسبنده ($\frac{kg}{m^3}$)، ρ_t چگالی متوسط جریان غلیظ ($\frac{kg}{m^3}$)، ρ_a چگالی سیال پیرامون ($\frac{kg}{m^3}$)، ρ_s چگالی ذرات غیرچسبنده ($\frac{kg}{m^3}$)، ρ_w چگالی آب ($\frac{kg}{m^3}$) و g' شتاب گرانشی مؤثر ($\frac{m^2}{s}$) است.

همان‌طور که بیان شد، هد جریان عامل بسیار مؤثر در حرکت و جابه‌جایی رسوبات می‌باشد و در این تحقیق به‌منظور درک صحیح از عملکرد آن به بررسی پارامترهای مؤثری که بر آن تأثیرگذارند پرداخته شده است. به‌همین منظور نویسندگان به محاسبه فلاکس هد جریان پرداختند تا بتواند تأثیر هم‌زمان پارامترهای مختلف را مشخص نمایند. برای این منظور از معادله (۶) استفاده شده است:

$$q = C_f U_f h_f \tag{۶}$$

در معادله (۶) q فلاکس هد در واحد عرض ($\frac{cm^2}{s}$)، C_f غلظت هد ($\frac{gr}{cm^3}$)، U_f سرعت هد $\frac{cm}{s}$ و h_f ارتفاع هد جریان (cm) است. با محاسبه مقادیر فلاکس جریان قبل و بعد از مانع، امکان اندازه‌گیری درصد کاهش فلاکس هد جریان غلیظ (Te) با استفاده از رابطه (۷) میسر شد.

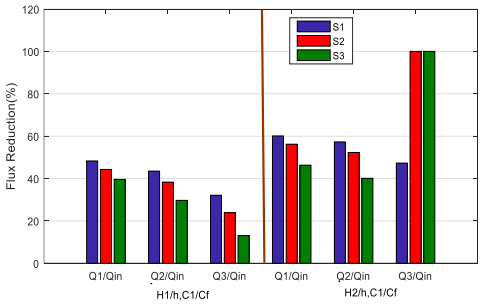
$$Te = \frac{q_{in} - q_{out}}{q_{in}} * 100 = f(F_r, \frac{q}{q_{in}}, \frac{H}{h}, \frac{d}{h}, \frac{c}{c_f}, S, n) \tag{۷}$$

۳- نتایج و بحث

با استفاده از روابط (۶) و (۷) مقادیر فلاکس هد به‌دست‌آمده و درصد کاهش فلاکس محاسبه و در جدول (۲) ارائه شده است. لازم به‌ذکر است که نسبت‌های دبی و غلظت در بازه ۱/۲ تا ۱/۸ می‌باشد. این نسبت‌ها جهت بی‌بعدسازی به‌کار رفته و مقادیر آن در آزمایش‌ها تأثیر چندانی نداشته‌اند.

۳-۱- اثر ارتفاع موانع

با توجه به اهمیت تغییرات ارتفاع موانع بر جریان غلیظ عبوری، روند این تغییرات در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل ۳- تأثیر ارتفاع موانع بر جریان غلیظ

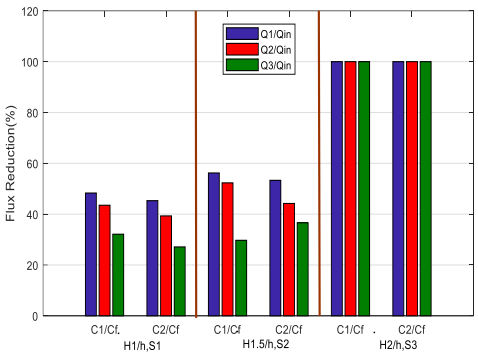
همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده‌شده، افزایش ارتفاع مانع گابیونی سبب کنترل بهتر هد جریان غلیظ می‌شود. با بررسی جدول (۲) مشخص شد که نرخ کاهش فلاکس هد برای مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع یک بین ۱۳/۳ و ۴۸/۳ درصد و برای نسبت بی‌بعد ارتفاع یک‌ونیم بین ۲۳/۳ و ۶۰/۱ درصد و برای نسبت بی‌بعد ارتفاع دو بین ۴۷/۲ و ۱۰۰ درصد می‌باشد. روند بهبود کارایی موانع با افزایش ارتفاع در شکل (۳) به‌خوبی نشان داده شده است. تأثیر مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع یک و یک‌ونیم نسبتاً خوب و نزدیک به هم می‌باشد اما در حالت مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع دو تأثیر بسیار چشم‌گیر بوده است به‌طور که در بسیار از آزمایش کنترل کامل جریان مشاهده می‌شود.

۳-۲- تأثیر غلظت جریان ورودی

غلظت جریان ورودی یک پارامتر مؤثر بر عملکرد موانع می‌باشد، براین‌اساس در این تحقیق از غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ گرم‌درلیتر استفاده شد. تأثیر نسبت بی‌بعد غلظت ($\frac{C}{C_f}$) بر رفتار جریان غلیظ برای شیب‌ها، ارتفاع مانع و دبی‌های ورودی مختلف در شکل (۴) نشان داده‌شده است. افزایش نسبت بی‌بعد غلظت ورودی سبب افزایش سرعت و کاهش ارتفاع هد جریان می‌شود، درواقع با افزایش نسبت بی‌بعد غلظت، مومنتم جریان افزایش پیدا کرده و هنگام برخورد هد به موانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع ۱ و ۱/۵ اغتشاش ایجاد شده و بخش زیادی از جریان به‌یکباره (به‌شکل پرش) از بالای مانع عبور می‌کند. اما برای مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع ۲ و برای نسبت بی‌بعد غلظت کم ($\frac{C_1}{C_f}$) چون مومنتم ضعیف‌تر می‌باشد شدت برخورد جریان به مانع کم‌تر بوده و اغتشاش زیادی رخ نمی‌دهد به‌همین دلیل جریان شکل خود را حفظ کرده و بخشی از آن از روی مانع عبور می‌کند اما در آزمایش‌ها با نسبت بی‌بعد غلظت زیاد ($\frac{C_2}{C_f}$) هنگام برخورد هد با مانع اغتشاش بیشتری ایجاد شده که همین امر سبب به هم خوردن شکل جریان و کنترل چشمگیر هد جریان شده است.

جدول ۲- مقادیر درصد کاهش فلاکس هد جریان غلیظ

ارتفاع مانع	شیب (درصد)	آزمایش	غلظت (گرم‌برلیتر)	دبی (لیتربرثانیه)	درصد کاهش فلاکس
$\frac{H_1}{h}=1$	S_1	۱	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۴۸/۳
		۲	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۴۳/۵
		۳	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۳۲/۱
		۴	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۴۵/۳
		۵	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۳۹/۳
		۶	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۲۷/۱
	S_2	۷	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۴۴/۳
		۸	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۳۸/۳
		۹	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۲۳/۹
		۱۰	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۳۹/۶
		۱۱	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۳۳/۶
		۱۲	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۲۱/۹
	S_3	۱۳	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۳۹/۶
		۱۴	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۲۹/۷
		۱۵	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۱۳/۱
		۱۶	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۲۹/۹
		۱۷	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۱۸/۵
		۱۸	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۱۳/۳
$\frac{H_{1.5}}{h}=1.5$	S_1	۱۹	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۶۰/۱
		۲۰	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۵۷/۳
		۲۱	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۴۶/۸
		۲۲	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۵۸/۸
		۲۳	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۵۳/۵
		۲۴	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۴۱/۶
	S_2	۲۵	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۵۶/۲
		۲۶	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۵۲/۳
		۲۷	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۳۹/۷
		۲۸	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۵۳/۳
		۲۹	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۴۴/۲
		۳۰	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۳۶/۶
	S_3	۳۱	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۴۶/۳
		۳۲	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۴۰/۱
		۳۳	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۲۹/۲
		۳۴	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۴۳/۲
		۳۵	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۳۵/۵
		۳۶	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۲۳/۳
$\frac{H_2}{h}=2$	S_1	۳۷	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۵۷/۳
		۳۸	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۵۱/۱
		۳۹	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۴۷/۳
		۴۰	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۱۰۰
		۴۱	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۱۰۰
		۴۲	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۱۰۰
	S_2	۴۳	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۱۰۰
		۴۴	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۱۰۰
		۴۵	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۱۰۰
		۴۶	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۱۰۰
		۴۷	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۱۰۰
		۴۸	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۱۰۰
	S_3	۴۹	C_1/C_f	Q_1/Q_{in}	۱۰۰
		۵۰	C_1/C_f	Q_2/Q_{in}	۱۰۰
		۵۱	C_1/C_f	Q_3/Q_{in}	۱۰۰
		۵۲	C_2/C_f	Q_1/Q_{in}	۱۰۰
		۵۳	C_2/C_f	Q_2/Q_{in}	۱۰۰
		۵۴	C_2/C_f	Q_3/Q_{in}	۱۰۰

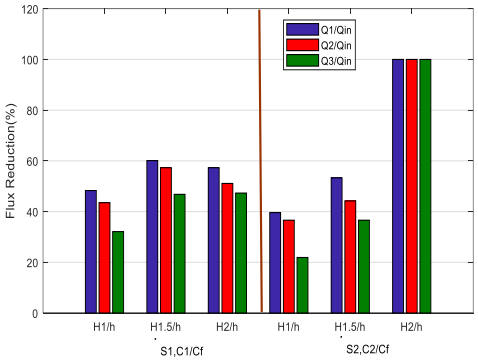


شکل ۴- تأثیر غلظت ورودی بر جریان غلیظ

نرخ تأثیر افزایش نسبت غلظت هد به‌ترتیب برای موانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع ۱ در حدود ۳۳ و ۳۰ بوده و برای موانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع ۱/۵ در حدود ۴۵ و ۴۳ و برای موانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع ۲ در حدود ۸۴ و ۱۰۰ بوده است. همان‌طور که مشخص است افزایش غلظت کارایی موانع را کمی کاهش داده به‌جز در حالت ($\frac{h_2}{H}$) که افزایش غلظت سبب بهبود کارایی موانع شده است.

۳-۳- اثر دبی ورودی

همان‌طور که در مطالعات سایر محققان بیان شد، دبی ورودی یکی از عوامل تأثیرگذار بر رفتار جریان‌های غلیظ است. بنابراین در این بخش تأثیر این پارامتر بر عملکرد موانع موردبررسی قرار گرفته و میزان تأثیر تغییرات نسبت بی‌بعد دبی ورودی بر رفتار جریان غلیظ در شکل (۵) نشان داده شده است.

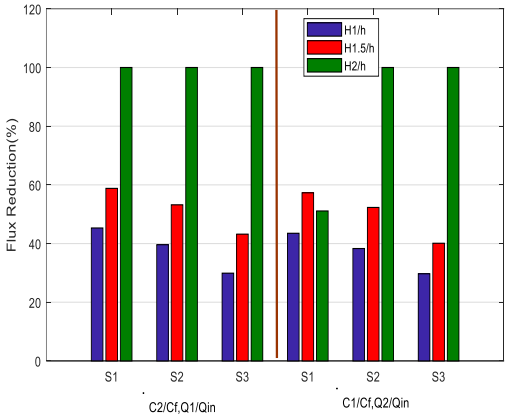


شکل ۵- اثر دبی ورودی بر جریان غلیظ

طبق جدول (۲) مشخص شد که نسبت بی‌بعد دبی ورودی بر کارایی موانع بسیار زیاد بوده و افزایش این پارامتر باعث افزایش مومنتم و کاهش کارایی موانع می‌شود که میزان اثرگذاری این پارامتر بیشتر از دو پارامتر شیب و غلظت می‌باشد. با بررسی شکل (۵) مشخص شد که در نسبت‌های بی‌بعد دبی کم ($\frac{Q_1}{Q_{in}}, \frac{Q_2}{Q_{in}}$) میزان کنترل جریان توسط موانع اختلاف چندانی نداشته اما در نسبت بی‌بعد دبی زیاد $\frac{Q_3}{Q_{in}}$ و به‌دلیل افزایش زیاد مومنتم، شدت برخورد جریان با مانع افزایش یافته و بخش زیادی از جریان از روی مانع عبور می‌کند که این روند با افزایش ارتفاع مانع کاهش یافته و در بیشتر آزمایش‌های و در حالت نسبت بی‌بعد ارتفاع دو کنترل کامل جریان صورت گرفته است. با بررسی تغییرات دبی در تمامی آزمایش‌ها مشخص شد که نرخ متوسط تأثیر نسبت بی‌بعد دبی $\frac{Q_1}{Q_{in}}$ بر فلاکس هد جریان ۶۲ درصد، برای $\frac{Q_2}{Q_{in}}$ این مقدار ۵۷ بوده و برای $\frac{Q_3}{Q_{in}}$ به ۵۰ کاهش یافته است.

۳-۴- تأثیر شیب کف کانال

در این بخش به‌منظور بررسی دقیق‌تر تأثیر موانع گابیونی بر کنترل جریان غلیظ، اثر شیب بستر موردبررسی قرار گرفته است.



شکل ۶- تأثیر شیب کف بر جریان غلیظ

طبق شکل (۶) مشاهده می‌شود که افزایش شیب بستر سبب کاهش کارایی موانع می‌شود. افزایش شیب همچون دبی و غلظت از پارامترهایی است که سبب افزایش مومنتم جریان می‌شود که این افزایش مومنتم سبب کاهش کارایی موانع در نسبت ارتفاع‌های کم ($\frac{h_1}{H}, \frac{h_{1.5}}{H}$) شده، اما در نسبت بی‌بعد ارتفاع زیاد ($\frac{h_2}{H}$) تغییرات چندانی مشاهده نمی‌شود. نرخ کنترل فلاکس هد جریان با افزایش شیب (برای سه شیب) در نسبت بی‌بعد ارتفاع یک به‌ترتیب ۳۹، ۳۳ و ۲۴ بوده و در نسبت بی‌بعد ارتفاع یک-ونیم به‌ترتیب ۵۳، ۴۷ و ۳۶ بوده و در نسبت بی‌بعد ارتفاع دو به‌ترتیب ۷۶، ۱۰۰ و ۱۰۰ بوده که کاملاً مشخص است افزایش شیب تأثیر کاهشی داشته اما در مانع ($\frac{h_2}{H}$) افزایش شیب به بهبود کارایی موانع کمک کرده است. با بررسی دقیق نتایج ارائه‌شده مشخص شد که سه پارامتر مؤثر بر مومنتم (شیب، غلظت و دبی) به‌تنهایی کارایی موانع را اندکی کاهش می‌دهند اما افزایش دو یا

سه پارامتر بیان‌شده سبب کاهش بسیار زیاد کارایی موانع می‌شود به‌عنوان‌مثال با افزایش شیب در آزمایش‌های (۱، ۷) کارایی موانع ۴ درصد کاهش یافته اما با افزایش شیب و دبی در آزمایش‌های (۱، ۸) کارایی موانع ۱۰ درصد کاهش یافته و افزایش هم‌زمان شیب، دبی و غلظت در آزمایش‌های (۱، ۱۸) درصد کاهش ۳۵ درصد شده است که نشان از تأثیر بسیار بالای هم‌زمانی این سه پارامتر بر مومنتم جریان و کاهش کارایی موانع دارد. تنها تفاوت مربوط به مانع ($\frac{h_2}{H}$) بوده و زمانی که مومنتم بسیار زیاد می‌شود چون در این حالت هنگام برخورد هد به مانع اغتشاش بسیار زیاد رخ داده و شکل هد که عامل اصلی حرکت جریان می‌باشد به هم خورده و از سوی دیگر به‌دلیل ارتفاع زیاد مانع نیز امکان ایجاد پرش و عبور جریان از بخش فوقانی مانع نیز نمی‌باشد، درنتیجه در بسیاری از آزمایش‌ها کنترل کامل مشاهده شده است.

۳-۵- مقایسه موانع مورداستفاده در طرح‌های مختلف

با بررسی جدول (۲) و نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که در تمامی ارتفاع‌ها به‌طور میانگین موانع گابیونی ذوزنقه‌ای قادر به کنترل هد جریان غلیظ در حدود ۵۶ درصد بوده که این مقادیر در حالت دو برابر بدنه (که تمایل مهندسین به استفاده از این ارتفاع بیشتر می‌باشد) بسیار چشم‌گیر و در حدود ۹۲ درصد بوده و درواقع می‌توان بیان کرد که کنترل کامل رخ داده زیرا بیشتر رسوبات در زمان سیل که میزان مومنتم جریان بسیار زیاد می‌باشد جابه‌جا شده، که در این حالت کارایی مانع گابیونی با این ارتفاع بسیار مطلوب است. برای درک کارایی این موانع، نتایج حاصله با نتایج سایر محققان در جدول (۳) موردبررسی قرار گرفته است. با بررسی‌های انجام‌شده مشخص شد که کارکرد موانع بسیار مطلوب بوده و تأثیر بسیار بر طول عمر سد دارد.

جدول ۳- مقایسه نتایج درصد کاهش هد جریان غلیظ با سایر محققان

نام محقق	سال ارائه	شرایط آزمایش	درصد کنترل جریان غلیظ
Khosropour و همکاران	۲۰۱۹	زبری و مانع	۸۱
Kordnaej و همکاران	۲۰۱۷	مانع (پلکان) گابیونی	۸۵
Zeynivand و همکاران	۲۰۱۷	صفحات نفوذپذیر	۷۳
Mohammadi و همکاران	۲۰۱۷	موانع گابیونی (نفوذپذیر)	۷۸,۸
Asghari Pari و Mohagheghian	۲۰۱۶	موانع ستونی شکل	۶۰
Marosi و همکاران	۲۰۱۵	مانع صلب	۶۳
Asghari Pari و همکاران	۲۰۱۰	موانع گابیونی	۱۰۰
تحقیق حاضر	۱۳۹۹	موانع گابیونی ذوزنقه‌ای شکل	۹۲

همچنین نتایج در مطالعه‌های مختلف تطابق بسیار نزدیکی بین موانع گابیونی را نشان می‌دهد فقط کنترل کامل در تحقیق Asghari Pari با موانع گابیونی مشاهده شده است که این روند در ارتفاع دو برابر این تحقیق نیز مشاهده شد. با بررسی نتایج مانع صلب مشخص شد که این مانع تنها توانسته به میزان ۶۳ درصد جریان غلیظ را کنترل کند که نسبت به نتایج این تحقیق بسیار کارایی کم‌تری داشته است.

۳-۶- پردازش داده‌های هد جریان

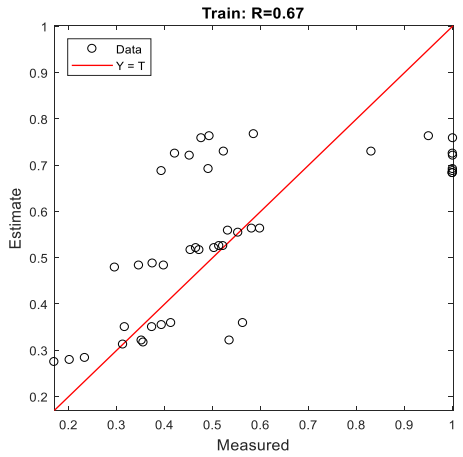
در متن برای درک روند داده‌های به‌دست‌آمده، به برازش خطی داده‌ها پرداخته شده است. نحوه کار به این‌گونه می‌باشد که ۸۰ درصد داده‌ها جهت آموزش و ۲۰ درصد باقی‌مانده به‌منظور تست استفاده شد (در تمامی تحقیقات جهت آموزش از ۷۵ تا ۸۵ درصد داده‌ها و جهت تست از ۱۵ تا ۲۵ درصد داده‌استفاده می‌شود (Xu و همکاران، ۲۰۲۰)). فرم کلی مدل خطی درصد کاهش هد جریان غلیظ براساس ورودی‌های متناظر در رابطه (۸) ارائه شده است.

$$Te = a_0 + a_1\frac{H}{h} + a_2\frac{C_0}{C_f} + a_3\frac{q_0}{q_{in}} + a_4 S \qquad (۸)$$

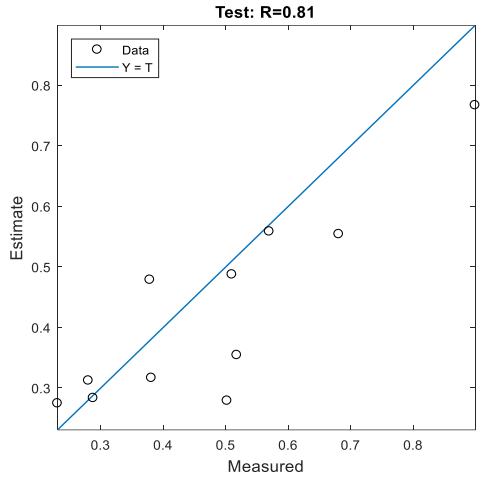
در این تحقیق و برای برازش داده‌های آزمایشی از روش حداقل مربعات خطا استفاده شد، این روش از کاربردی‌ترین روش‌های برازش خطی می‌باشد. ضرایب مدل خطی به‌صورت فرمول زیر حاصل شدند:

$$a_1 = -0.0074, a_2 = 0.4082, \quad a_3 = -0.0073, a_1 = -0.0376 \qquad (۹)$$

در شکل‌های (۷) و (۸) اقدام به ارائه گراف‌های آموزش و تست مدل خطی به‌ترتیب با ۸۰ و ۲۰ درصد داده‌ها شده است.



شکل ۷- مقایسه نتایج آزمایشگاهی با مدل خطی برای داده‌های آموزشی



شکل ۸- مقایسه نتایج آزمایشگاهی با مدل خطی برای داده‌های تست

مقادیر جذر میانگین مربعات خطا و رگسیون در این روش برای داده‌های آموزش و تست در جدول (۴) ارائه شده است. همان‌طور که از نتایج ارائه‌شده در جدول (۴) مشخص است، خطاهای مدل‌سازی به صفر نزدیک بوده‌اند همچنین مقدار رگرسیون این مدل نیز نزدیک به یک می‌باشند که نشان از عملکرد مناسب این مدل دارد. به‌منظور تأیید مدل ارائه‌شده این نتایج با تحقیق بسیار معتبر دیگری نیز مقایسه شده همان‌طور که دیده می‌شود نتایج حاصل در دو تحقیق تناسب زیادی دارند. در انتها ضریب نش و ساتکلیف[3] با استفاده از این مدل و برای داده‌های آموزشی و تست به‌دست آمد که مثبت بودن آن نیز نشان از کارایی بالای مدل دارد.

جدول ۴- نتایج آموزش و تست مدل‌سازی خطی

	آموزش			تست		
تحقیق	R	خطا	NSE	R	خطا	NSE
تحقیق حاضر	۰/۸۱	۰/۲	۰/۵۲	۰/۶۷	۰/۱۶	۰/۵۱
Sinnakaudan و همکاران	۰/۶۶	۱/۷	-	۰/۷۲	۱/۹	-

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثر موانع گابیونی با قطر سنگ‌دانه ۰/۷ سانتی‌متر بر هد جریان غلیظ تحت شرایط متغیر از قبیل دبی ورودی، غلظت، شیب و ارتفاع مانع بررسی شد. نتایج اصلی این مقاله به شرح زیر است:

۱- با تحلیل ابعادی انجام‌شده رابطه‌ای بی‌بعد با توجه به پارامترهای موردبررسی به‌دست آمد، که امکان کاربرد و تحلیل دقیق جریان و مقایسه بین نتایج این تحقیق و سایر تحقیق‌ها را مهیا کرده است.

۲- افزایش نسبت بی‌بعد ارتفاع مانع گابیونی ذوزنقه‌ای مورداستفاده در این تحقیق سبب بهبود کارایی موانع می‌شود به‌طور مثال مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع یک به‌طور میانگین ۳۲ درصد و مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع یک‌ونیم به‌طور میانگین ۴۵ درصد قادر به کنترل فلاکس هد جریان می‌باشد اما برای مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع دو کنترل بیشتر از ۹۲ درصد بوده که درواقع در بیشتر حالت‌ها کنترل کامل مشاهده شد.

۳- مومنتم جریان غلیظ بسیار بر کارایی موانع مؤثر می‌باشد و با بررسی جدول (۲) مشخص شد که سه پارامتر دبی، غلظت و شیب کف فلوم سبب افزایش مومنتم جریان شده و بر عملکرد موانع مؤثر می‌باشند.

۴- با این‌که هر پارامتر (دبی، غلظت و شیب) سبب افزایش مومنتم جریان می‌شود اما اثر هر یک به‌تنهایی چندان تأثیرگذار نبوده و افزایش هم‌زمان این پارامترها میزان کارایی موانع را بیشتر کاهش می‌داد.

۵- به‌طورکلی افزایش نسبت بی‌بعد غلظت، شیب و نسبت بی‌بعد دبی ورودی سبب کاهش کارایی موانع می‌شود.

۶- مانع با نسبت بی‌بعد ارتفاع دو تأثیر بسیار زیادی بر هد جریان غلیظ داشته است، فقط در آزمایش‌ها با مومنتم خیلی کم که ارتفاع هد زیاد است و مومنتم خیلی زیاد نیست بخشی از جریان قادر به عبور بوده است.

۷- برازش خطی مقادیر درصد کاهش هد جریان غلیظ انجام شد و نتایج نشان از عملکرد مناسب مدل خطی در مدل‌سازی داده‌ها داشت.

۵- مراجع

Abhari MN, Iranshahi M, Ghodsian M, Firoozabadi B, “Experimental study of obstacle effect on sediment transport of turbidity currents”, Journal of Hydraulic Research, 2018, 56 (5), 618-629. Doi: 10.1080/00221686.2017.1397778.

Alavi SR, Lay EN, Makhmali, ZA, “A CFD study of industrial double-cyclone in HDPE drying process”, Emerging Science Journal, 2018, 2 (1), 31-38.

Alves M, Gaillard, F, Sparrow M, Knol M, Giraud S, “Circulation patterns and transport of the Azores Front-Current system”, Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2002, 49 (19), 3983-4002.

3. Nash–Sutcliffe coefficient

markers: effect of shear-induced lift force", Scientific Reports, 2020, 10 (1), 1-17.

Kordnaeij A, Kalantary F, Kordtabar B, Mola-Abasi H, "Prediction of recompression index using GMDH-type neural network based on geotechnical soil properties", Soils and Foundations, 2015, 55 (6), 1335-1345.

Li N, Sheng GP, Lu YZ, Zeng RJ, Yu HQ, "Removal of antibiotic resistance genes from wastewater treatment plant effluent by coagulation", Water Research, 2017, 111 (1), 204-212.

Marosi M, Ghomeshi M, Sarkardeh H, "Sedimentation control in the reservoirs by using an obstacle", Sadhana, 2015, 40 (4), 1373-1383.

Massoudinejad M, Hashempour Y, Mohammad H, "Evaluation of carbon aerogel manufacturing process in order to desalination of saline and brackish water in laboratory scale", Civil Engineering Journal, 2018, 4 (1), 212-220.

Mohammadi MAH, Asghari Pari SA, Sajjadi SM, "Laboratory study of the effect of height, shape and location of gabion obstacles in controlling dense sediment current", Journal of Soil and Water Conservation Research, 2016, 23 (4), 265-251 (In Persian).

Nogueira W, Litvak L, Edler B, Ostermann J, Büchner A, "Signal processing strategies for cochlear implants using current steering", EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2009, 1, 213-224.

Nomura S, Hitomi J, De Cesare G, Takeda Y, Yamamoto Y, Sakaguchi H, "Sediment mass movement of a particle-laden turbidity current based on ultrasound velocity profiling and the distribution of sediment concentration", Geological Society, 2019, 477 (1), 427-437.

Oehy CD, Schleiss AJ, "Control of turbidity currents in reservoirs by solid and permeable obstacles", Journal of Hydraulic Engineering, 2007, 133 (6), 637-648.

Oshaghi MR, Afshin H, Firoozabadi B, "Experimental investigation of the effect of obstacles on the behavior of turbidity currents", Canadian Journal of Civil Engineering, 2013, 40 (4), 343-352.

Sinnakaudan SK, Ghani AA, Ahmad MS, Zakaria NA, "Multiple linear regression model for total bed material load prediction", Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 132 (5), 521-528.

Vladimirov IY, Korchagin N, Savin A, "Wave influence of a suspension-carrying current on an obstacle in the flow", in Doklady Earth Sciences, Springer Science & Business Media, 2015, 461 (1), 286-293.

Xu J, Li Y, Xuan G, Melville BW, Macky GH, "Numerical simulation of turbidity current in approach channels with a closed end", Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 2020, 146 (5), 1-11.

Zeynivand M, Kashfipour SM, Qomshi M, "Laboratory study of the effect of permeability of permeable plates on concentrated flow control", Journal of Irrigation Science and Engineering, 2016, 40 (1), 13-24 (In Persian).

Asghari Pari SA, Kashefipour SM, Ghomeshi M, "An experimental study to determine the obstacle height required for the control of subcritical and supercritical gravity currents", European Journal of Environmental and Civil Engineerin, 2017, 21 (9), 1080-1092.

Asghari Pari SA, Habibagahi G, Ghahramani A, Fakharian K, "Improve the design process of pile foundations using construction control techniques", International Journal of Geotechnical Engineering, 2019, 1 (1), 1-8. Doi: 10.1080/19386362.2019.1655622.

Asghari Pari SA, Habibagahi G, Ghahramani A, Fakharian K, "Reliability-based calibration of resistance factors in lrfd method for driven pile foundations on inshore regions of Iran", International Journal of Civil Engineering, 2019, 17 (12), 1859-1870.

Barahmand N, Shamsai A, "Experimental and theoretical study of density jumps on smooth and rough beds, Lakes & Reservoirs", Research and Management, 2010, 15 (4), 285-306.

Bogdanov II, Mourzenko VV, Thover JF, Adler PM, "Effective permeability of fractured porous media in steady state flow", Water Resources Research, 2003, 39 (1), 13-24.

Chamoun S, De Cesare G, Schleiss AJ, "Managing reservoir sedimentation by venting turbidity currents: A review", International Journal of Sediment Research, 2016, 31 (3), 195-204.

De Cesare G, Oehy CD, Schleiss AJ, "Circulation in stratified lakes due to flood-induced turbidity currents", Journal of Environmental Engineering, 2006, 132 (1), 1508-1517.

Farizan A, Yaghoubi S, Firoozabadi B, Afshin H, "Effect of an obstacle on the depositional behaviour of turbidity currents", Journal of Hydraulic Research, 2019, 57 (1), 75-89.

Hu P, Cao Z, Pender G, Tan G, "Numerical modelling of turbidity currents in the Xiaolangdi reservoir, Yellow River, China", Journal of Hydrology, 2012, 464, 41-53.

Janocko M, Cartigny M, Nemec W, Hansen E, "Turbidity current hydraulics and sediment deposition in erodible sinuous channels: laboratory experiments and numerical simulations", Journal of Marine Petroleum Geology, 2013, 41, 222-249. Doi: 10.1016/j.marpetgeo.2012.08.012.

Jawaduddin M, Memon SA, Bheel N, Ali F, Ahmed N, Abro AW, "Synthetic Grey Water Treatment Through FeCl3-Activated Carbon Obtained from Cotton Stalks and River Sand", Civil Engineering Journal, 2019, 5 (2), 340-348.

Khosropour S, Kashifipour SM, Daryaei M, "Investigation of the effect of density and arrangement of rough blocks with obstacle on the control of density current head", Hydraulic Journal, 2019, 14 (2), 115-105 (In Persian).

Koohandaz A, Khavasi E, Eyvazian A, Yousefi H, "Prediction of particles deposition in a dilute quasi-steady gravity current by Lagrangian

University of Tabriz

Journal of Civil and Environmental Engineering
Volume 52 (2023), Issue 4 (Winter), 141-150

EXTENDED ABSTRACT

Experimental Investigation of the Effect of Gabion-Shaped Obstacles on Sedimentation

Mehdi Derakhshannia [a], Mehdi Ghomeshi [b], Seyed Saeid Eslamian [c,*], Seyed Mahmood Kashefipour [b]

[a] *Department of Civil Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran*
[b] *Department of Water Structures, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran*
[c] *Department of Civil Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran and Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran*

Received: 27 March 2021; **Accepted:** 27 July 2021

Keywords:
Density currents, Gabion Obstacles, Head Flux, Momentum.

1. Introduction

The researchers tried to build gabion barriers by considering the materials around the dam. In this study, gabion barriers with applicability were used, in which trapezoidal barriers were made using metal mesh and these barriers were filled with sand grains with an average size of 0.5 cm. The reason for using these dimensions of aggregate was the presence of stones with dimensions of 0.5 meters in nature, and if the laboratory results are suitable, it is possible to use them in the implementation, while proper slope. According to the executive criteria, it was considered to build the sides of the barrier in order to evaluate the possibility of falling aggregates. In this design, an attempt has been made to investigate the effect of gabion barriers on the percentage reduction of flow head flow. To better understand their efficiency in different conditions, some important parameters such as concentration, inlet discharge, slope and height of barriers have been considered.

2. Methodology

2.1. Experimental study

In this study, a flume with a length of 7.8 m, a width of 35 cm and a height of 70 cm was used. These experiments were performed for 2 months in the hydraulic laboratory of the Department of Water Engineering in the Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz. To record all the movements of the flow, a video was taken from the time the valve was opened until the flow reached the end of the flume. These films were very useful for recording the velocity and height of the density current head. To determine the concentration of the flow head, siphons were installed before and after the obstacle at distances of 1.5 and 2.5 meters from the valve, which made it possible to record the concentration at different heights, then using sample containers. The concentration values of the collected samples were measured and recorded using an EC gauge with an accuracy of 0.1 micrograms per centimeter.

2.2. Flow flux

The flow head is a very effective factor in the movement and displacement of sediments and in this study, in order to properly understand its performance, the effective parameters that affect it have been investigated.

* Seyed Saeid Eslamian
E-mail addresses: mehdidr80@yahoo.com (Mehdi Derakhshannia), m.ghomeshi@scu.ac.ir (Mehdi Ghomeshi), saeid@iut.ac.ir (Seyed Saeid Eslamian), kashefipour@scu.ac.ir (Seyed Mahmood Kashefipour).

For this purpose, the authors calculated the flow head flux to determine the simultaneous effect of different parameters. For this purpose, Equation (1) is used (Asghari Pari et al, 2019):

$$q = C_f U_f h_f \tag{1}$$

By calculating the flow flux values before and after the barrier, it was possible to measure the percentage reduction of density current flux (Te) using Equation (2) (Barahmand and Shamsai, 2010):

$$Te = \frac{(q_{in} - q_{out})}{q_{in}} * 100 \tag{2}$$

3. Results and discussion

3.1. Analyzing data of density current head

Increasing the height of the gabion barrier leads to better control of the concentrated flow head. The results showed that the reduction rate of the head flux for the obstacle with a dimensionless ratio of height one between 13.3 and 48.3% and for the dimensionless ratio of one and a half height between 23.3 and 60.1% and for the ratio The height of the two dimensions is between 47.2 and 100%. The effect of the barrier with the one-dimensional height ratio of one and one and a half is relatively good and close to each other, but in the case of the barrier with the two-dimensional height ratio, the effect has been very significant, so that in many full control experiments The flow is observed

3.2. Linear analyzing of density current data

To understand the process of the obtained data, linear fitting of the data has been done. The way it works is that 80% of the data were used for training and the remaining for testing. the modeling errors were close to zero and also the regression value of this model is close to one, which indicates the proper performance of this model

4. Conclusions

In this study, the effect of gabion barriers with aggregate diameter of 0.5 cm on the head of density current under variable conditions such as inlet discharge rate, concentration, slope, and barrier height was investigated. The main results of this article are as follows:

1) By dimensional analysis, a two-dimensional relationship was obtained according to the studied parameters, which has provided the possibility of application and accurate flow analysis and comparison between the results of this research and other researches.

2) By increasing the dimensionless height ratio of the trapezoidal gabion barrier used in this study, it was concluded that these changes improve the performance of the barriers. For example, an obstacle with an dimensionless height ratio of one is on average 32% and an obstacle with a dimensionless ratio of one and a half height on average 45% is able to control the flow head flux, but for an obstacle with an dimensionless height ratio of two controls was more than 92%, which in fact in most cases complete control was observed.

3) Density current momentum is very effective on the efficiency of barriers and by analyzing Table (2), it was found that the three parameters of discharge rate, concentration and slope of the flume floor increase the flow momentum and affect the performance of obstacles.

4) Although each parameter (discharge, concentration and slope) increases the momentum of the flow, but the effect of each alone was not very effective and the simultaneous increase of these parameters further reduced the efficiency of the barriers.

5) In general, increasing the dimensionless ratio of concentration, slope and dimensionless ratio of input discharge reduces the efficiency of barriers.

6) Obstacle with two-dimensional height ratio had two very large effects on the density current head, only in experiments with very low momentum where the head height is high and the momentum is not too high, part of the current was able to pass.

7) Linear fitting of the values of the percentage reduction of the density current head was performed and the results showed the proper performance of the linear model in data modeling.

5. Reference

Asghari Pari SA, Habibagahi G, Ghahramani A, Fakharian K, "Reliability-based calibration of resistance factors in lrfd method for driven pile foundations on inshore regions of Iran", International Journal of Civil Engineering, 2019, 17 (12), 1859-1870. Doi: 10.1007/s40999-019-00443-0.

Barahmand N, Shamsai A, "Experimental and theoretical study of density jumps on smooth and rough beds, Lakes & Reservoirs", Research and Management, 2010, 15 (4), 285-306. Doi: 10.1111/j.1440-1770.2010.00442.x.