



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره سوم، ۱۳۹۸
۷۱-۸۹

<http://jwsc.gau.ac.ir>
DOI: 10.22069/jwsc.2019.10155.2457

بررسی جریان عرضی پیرامون آبشکن با درصدهای مختلف بازشدگی در میدان شبیه‌سازی شده جریان در کانال با بستر متحرک

زهرة حیدری^۱ و * مجید فضلی^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا،

^۲ استادیار گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: بسیاری از سازه‌های احداث شده در رودخانه‌ها به علت عدم شناخت صحیح پدیده آب‌شستگی تخریب شده و خسارات زیادی به آن‌ها وارد می‌گردد. بنابراین، اطلاع از مقدار حداکثر آب‌شستگی اطراف سازه‌هایی که در رودخانه‌ها احداث می‌شوند از اهمیت خاصی برخوردار است. آب‌شکن‌ها به‌طور وسیعی به‌منظور ساماندهی رودخانه‌ها در کشور طراحی و اجرا می‌شوند. این روش که به‌عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های تثبیت سواحل رودخانه‌ها مطرح می‌باشد، روزبه‌روز در حال توسعه و گسترش است. در این پژوهش نیز سعی شد تا جریان عرضی در میدان جریان شبیه‌سازی شده در اطراف آب‌شکن‌های باز با درصد مختلف بازشدگی در بستر متحرک مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا، آب‌شستگی در اطراف آب‌شکن باز با درصدهای مختلف بازشدگی با استفاده از مدل‌های مختلف آشفتگی شبیه‌سازی عددی شده و برای انتخاب بهترین مدل آشفتگی، نتایج شبیه‌سازی عددی با نتایج آزمایشگاهی (نصرالهی، ۱۳۸۰) مقایسه گردیده است. سپس، با استفاده از نتایج میدان جریان شبیه‌سازی شده، معیارهای قدرت جریان عرضی که در اثر حضور آب‌شکن ایجاد می‌گردد محاسبه شده است. در ادامه تأثیر درصد بازشدگی آب‌شکن بر روی قدرت جریان عرضی و نیز فاصله‌ای از پایین‌دست آن که کماکان جریان عرضی ادامه می‌یابد مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: به‌منظور مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی با نتایج آزمایشگاهی، نتایج برداشت آزمایشگاهی در اطراف آب‌شکن بسته و باز با درصدهای بازشدگی ۳۰، ۵۰ و ۷۰ نصب‌شده در یک فلوم مورد استفاده قرار گرفت. جهت مدل‌سازی عددی فلوم مزبور نیز از نرم‌افزار Flow-3D استفاده شد. برای بررسی عملکرد درصد بازشدگی آب‌شکن بر روی جریان عرضی نیز معیارهای معتبری که بیانگر قدرت جریان عرضی است محاسبه و مقایسه گردیده است.

* مسئول مکاتبه: mfazli@basu.ac.ir

یافته‌ها: مقایسه نتایج حاصل از مدل‌سازی عددی و نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد که مدل عددی در پیش‌بینی الگوی آب‌شستگی و توپوگرافی بستر در اطراف آب‌شکن‌های باز با بازشدگی‌های متفاوت و نیز آب‌شکن بسته توانمند عمل می‌نماید. بررسی قدرت گردابه‌های ایجاد شده در اطراف آب‌شکن‌های باز، با محاسبه و مقایسه برخی از معیارهای بیانگر قدرت جریان‌های عرضی نشان‌دهنده چگونگی تغییرات و تداوم قدرت جریان عرضی قبل و بعد از آب‌شکن، نسبت به میزان بازشدگی آب‌شکن است. نتایج حاصله برای معیارهای جریان عرضی محاسبه شده نشان می‌دهد که می‌توان انحراف جریان توسط آب‌شکن با درصد بازشدگی بیش از پنجاه درصد را تقریباً نادیده گرفت و برای آب‌شکن نفوذناپذیر جریان‌های عرضی تا طولی بیش از ۱/۴ برابر طول آب‌شکن نیز کماکان ادامه دارند. محاسبه معیارهای بیانگر قدرت جریان عرضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) نیز بیانگر توانمندی این روش در محاسبه قدرت جریان عرضی است.

نتیجه‌گیری: قدرت جریان‌های عرضی در بالادست و پایین‌دست آب‌شکن با درصد بازشدگی آب‌شکن باز مرتبط است؛ بنابراین، در صورتی که یکی از اهداف احداث آب‌شکن انحراف جریان طولی می‌باشد افزایش بیش از ۵۰ درصد بازشدگی آب‌شکن این نقش را بسیار کمرنگ خواهد کرد. هم‌چنین با مقایسه نتایج حاصل از شبکه عصبی و معیارهای قدرت جریان عرضی مشخص گردید که شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، می‌تواند نتایج قابل‌قبولی برای این معیارها در مقاطع مختلف عرضی ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: آب‌شستگی، آب‌شکن بسته و باز، جریان عرضی، شبکه عصبی، شبیه‌سازی عددی

مقدمه

امروزه استفاده از آب‌شکن‌ها برای اهداف مختلف سامان‌دهی رودخانه‌ها بسیار متداول است. این سازه‌ها برای اهدافی هم‌چون کاهش عرض به همراه افزایش عمق برای کشتیرانی، کاهش فرسایش دیوارهای کناری رودخانه و اخیراً ایجاد محیط مناسب برای زندگی آبزیان و ماهی‌ها با ایجاد شرایط مناسب برای رویش گیاهان در کناره رودخانه و گیاهان آبی ساخته می‌شوند. شوارتز و کازرسکی (۲۰۰۳) (۱۰). با توجه به کاربرد وسیع سازه هیدرولیکی آب‌شکن در ساماندهی رودخانه‌ها، موضوع تعیین الگوی جریان و آب‌شستگی در اطراف آن‌ها از دیرباز تاکنون همواره مورد بررسی آزمایشگاهی، میدانی و شبیه‌سازی عددی محققان هیدرولیک بوده است. تا مدت‌ها عمده

پژوهش‌های انجام شده در زمینه آب‌شکن‌ها به بررسی تعیین عمق حداکثر آب‌شستگی در اطراف آن‌ها محدود می‌شد به طوری که براساس پژوهش‌های انجام شده توسط موخامدو و همکاران (۱۹۷۱) رابطه‌ای تجربی برای برآورد حداکثر آب‌شستگی در دماغه آب‌شکن باز ارائه گردید (۶). هم‌چنین، سابرامانیا و همکاران (۱۹۷۶) پژوهشی در مورد آب‌شستگی اطراف آب‌شکن‌های باز و آب‌شکن‌های بسته انجام دادند. آن‌ها در یک کار آزمایشگاهی تأثیر درصد بازشدگی را روی مقدار عمق حداکثر آب‌شستگی اطراف آب‌شکن‌ها در دو قطر متوسط مصالح مختلف بررسی نمودند (۱۲). در دهه اخیر نیز در زمینه بررسی تأثیر غیریکنواختی مصالح بستر بر تغییرات ایجاد شده در اطراف آب‌شکن در بستر فرسایش‌پذیر پژوهشی

انتخاب بهترین مدل آشفته برای شبیه‌سازی جریان‌های آشفته در اطراف آب‌شکن‌ها از جمله این پژوهش‌هاست. (۳)، همچنین ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) جریان آشفته در یک چاله فرسایشی در اطراف یک آب‌شکن را مورد بررسی قرار داده و یک مدل عددی سه‌بعدی با استفاده از مدل آشفته‌گی $k-\epsilon$ غیرخطی برای به‌دست آوردن مشخصات جریان در چاله آب‌شکن توسعه دادند (۱۸).

علی‌رغم پژوهش‌های زیادی که در مورد آب‌شکن‌های نفوذناپذیر انجام شده است. در مورد آب‌شکن‌های نفوذپذیر پژوهش زیادی انجام نشده است. از جمله پژوهش‌های انجام‌شده می‌توان به کار انجام‌شده توسط یانگتائو و همکاران (۲۰۱۳) اشاره نمود ایشان طراحی و کاربرد آب‌شکن‌های نفوذپذیر را با جمع‌آوری و دسته‌بندی پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه منتشر نمودند (۱۶). در پژوهش دیگری که توسط ژانگو و همکاران (۲۰۱۱) صورت پذیرفت تأثیر میزان نفوذپذیری به همراه تأثیر شکل مقطع میله‌ها در آب‌شکن‌های باز مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که مقطع مثلی میله‌ها در مقایسه با مقطع دایره‌ای دارای ناحیه بازگشتی طولی‌تر و باریک‌تری هستند (۲). همچنین تراقچی و همکاران (۲۰۱۱) طی یک پژوهش آزمایشگاهی برای آب حاوی رسوب مشخصات الگوی جریان و تغییرات بستر در اطراف سازه‌های سامان‌دهی رودخانه مانند آب‌شکن‌های باز و میله‌های مستقر در یک پایه را بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که در شرایط عملکردی مشابه، سازه‌های میله‌ای پایه‌دار از هزینه کم‌تری برخوردارند (۱۳).

توسط ژانگ و همکاران (۲۰۱۲) به‌صورت آزمایشگاهی صورت گرفت. آن‌ها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که شکل متداول توسعه آب‌شستگی و رسوب‌گذاری بستر در اطراف آب‌شکن به غیریکنواختی مصالح بستر مرتبط نیست (۱۹). همچنین اوزیامان و یردین (۲۰۱۷) پارامترهای مؤثر بر آب‌شستگی در اطراف تک آب‌شکن، مانند طول و زاویه استقرار نسبت به جریان را در مسیر مستقیم برای دو نوع دانه‌بندی مصالح بستر را به‌صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند (۸).

از آن‌جا که تغییرات بستر در اطراف آب‌شکن‌ها متأثر از الگوی جریان و گردابه‌های افقی و قائم در بالادست و پایین‌دست آن‌ها می‌گردد، میدان جریان در اطراف آب‌شکن‌ها نیز از جمله مواردی است که توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. جزئیات جریان در اطراف آب‌شکن‌های مستغرق و غیرمستغرق در کف فرسایش‌ناپذیر موضوعی است که یوسف و وریند (۲۰۱۱) به‌صورت آزمایشگاهی بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که دینامیک جریان و ساختار آشفته‌گی ایجادشده در اطراف این دو نوع آب‌شکن بسیار باهم متفاوت است (۱۷). همچنین ژیوفانگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز از طریق پژوهش آزمایشگاهی نشان دادند که توزیع ساختار آشفته‌گی در اطراف یک آب‌شکن قوسی یا چتری شکل بسیار کم‌تر از یک آب‌شکن ذوزنقه‌ای است (۱۵).

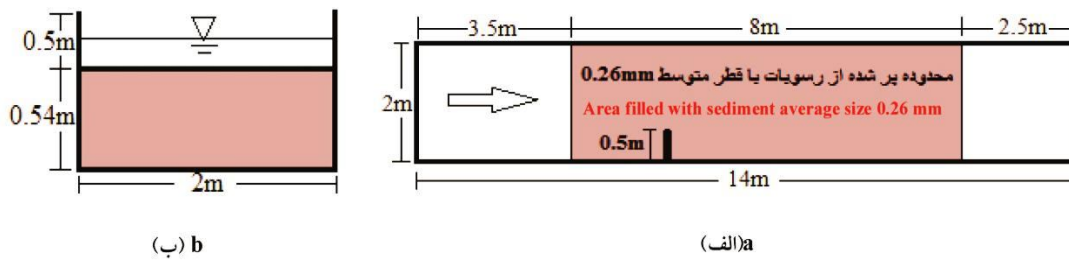
بخش دیگری از پژوهش‌های انجام‌شده در مورد آب‌شکن‌ها بر تلاش‌های قابل‌توجهی برای شبیه‌سازی عددی جریان اطراف آب‌شکن‌ها و به‌طور اخص بر روی الگوی جریان در اطراف آن‌ها متمرکز بوده است. پژوهش مایر و همکاران (۱۹۹۵) برای مقایسه و

مواد و روش‌ها

مدل آزمایشگاهی: به منظور مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی با نتایج آزمایشگاهی، نتایج برداشت آزمایشگاهی نصراللهی (۲۰۰۱) در اطراف آب‌شکن بسته و باز با درصدهای بازشدگی صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ نصب‌شده در یک فلوم واقع در مرکز تحقیقات آب، وزارت نیرو مورد استفاده قرار گرفت (۷). در پژوهش آزمایشگاهی آب‌شکن‌های باز از میله‌های فلزی به قطر ۷ میلی‌متر که کنار هم قرار می‌گیرند ساخته شده و درصد بازشدگی آب‌شکن که به صورت نسبت سطح باز آب‌شکن به سطح کل آن تعریف می‌گردد، نیز با تغییر فاصله بین این میله‌ها ایجاد شده است. فلوم مزبور دارای ۱۴ متر طول، ۲ متر عرض و ۰/۵ متر ارتفاع بوده و شیب کف آن نزدیک به صفر می‌باشد. این فلوم از جنس مصالح بنایی ساخته شده و کف آن در محدوده‌ای به طول ۸ متر و به فواصل ۳/۵ و ۲/۵ متر از بالادست و پایین‌دست آن تا عمق ۵۴ سانتی‌متر از مصالح مورد استفاده جهت آزمایش پر گردید. مصالح مورد استفاده جهت پر کردن بستر فلوم، قطری معادل ۰/۲۶ میلی‌متر دارند. طول آب‌شکن‌ها ۵۰ سانتی‌متر و آب‌شکن بر دیواره فلوم عمود است دبی جریان ورودی نیز ۵۰ لیتر در ثانیه است. برای آب‌شکن بسته نیز از یک ورق چوبی به ضخامت ۷ میلی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر استفاده شده است. لازم به توضیح است که آزمایش‌های تجربی قبلاً انجام گرفته و در این پژوهش از نتایج این آزمایش‌ها صرفاً جهت صحت‌سنجی نتایج شبیه‌سازی عددی استفاده شده است. در شکل ۱ شماتیکی از پلان و مقطع این فلوم نشان داده شده است.

حضور آب‌شکن در مسیر جریان سبب ایجاد جریان ثانویه‌ای در راستای عمود بر جریان اصلی می‌گردد در زمینه جریان عرضی ناشی از حضور آب‌شکن‌ها در قوس نیز پژوهشی توسط واقفی و قدسیان (۲۰۱۰) انجام پذیرفت. آن‌ها به بررسی قدرت جریان عرضی و قدرت گردابه‌ها در یک کانال با قوس ۹۰ درجه با و بدون حضور آب‌شکن پرداختند و بیان نمودند که حداکثر قدرت جریان عرضی در قوس بدون آب‌شکن در موقعیت ۴۰ درجه و با حضور آب‌شکن در موقعیت ۷۵ درجه از شروع قوس ایجاد می‌شود (۱۴).

همان‌گونه که بیان گردید ارزیابی و مقایسه معیارهای قدرت جریان عرضی در مقاطع عرضی و قدرت گردابه‌ها که در حضور آب‌شکن در مسیر جریان ایجاد می‌گردد می‌تواند نشان‌دهنده عملکرد آب‌شکن در انحراف جریان از مسیر اصلی باشد. به همین دلیل در این پژوهش معیارهای بیانگر تغییرات جریان عرضی در مقاطع قائم بالادست و پایین‌دست آب‌شکن‌های باز و بسته مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردیده است که چه طولی از کانال در پایین‌دست آب‌شکن، تحت‌تأثیر استقرار آب‌شکن باز قرار می‌گیرد و ارتباط آن با میزان بازشدگی آب‌شکن چگونه است. همچنین معیار قدرت گردابه‌های ایجادشده در مقاطع مختلف اطراف آب‌شکن‌ها محاسبه و تأثیر مقدار بازشدگی آب‌شکن بر روی آن بررسی می‌گردد. سپس همان معیارهای بیانگر قدرت جریان عرضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) پیش‌بینی و نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی مقایسه شده است.



شکل ۱- الف) پلان و ب) مقطع فلوم آزمایشگاهی نصراللهی (۲۰۰۱).
 Figure 1. a) plan and b) profile of laboratory flume Nasrollahi (2001).

پيوستگى تشکيل شده‌اند و ۱۰ مجهول وجود دارد p, u, v, w و شش مؤلفه تنش رينولدز). در نتيجه ميدان معادلات حاکم بر جريان بسته نبوده و لازم است تا تنش‌هاى رينولدز با روش رياضى مدل‌سازى شوند. بنا بر اين براى بستن سيستم معادلات حاکم، از مدل‌هاى آشفتگى استفاده مى‌شود. در اين پژوهش از نرم‌افزار FLOW-3D براى تحليل مدل عددى استفاده گرديد (۱). در اين نرم‌افزار معادلات حاکم بر سيال با استفاده از تقريبات تفاضل (يا حجم) محدود حل مى‌شود.

ب) شبکه‌بندى در مدل عددى: با توجه به ابعاد فلوم آزمایشگاهى و آب‌شکن و حساسيت‌سنجى نسبت به اندازه سلول‌ها و تعداد گره‌ها سرانجام شبکه‌بندى مدل عددى با تعداد کل ۳۰۰,۰۰۰ سلول و براى عمقى معادل ۰/۳ متر و با همان ابعاد فلوم در آزمایشگاه تهيه و در نرم‌افزار FLOW-3D تحت تمام مدل‌هاى مختلف آشفتگى به‌منظور يافتن بهترين مدل آشفتگى براى پيش‌بينى ميزان آب‌شستگى اطراف آب‌شکن باز، اجرا گرديد (شکل ۲).

مدل عددى

الف) معادلات حاکم: معادلات حاکم بر جريان سيال در حالت آشفته شامل معادلات بقاء جرم و مومنتوم مى‌باشد. براى جريان دائمى $(\frac{\partial}{\partial t} = 0)$ و با صرف نظر کردن از نوسانات جرم مخصوص $(\rho = 0)$ ، اين معادلات به‌صورت زير بيان مى‌شوند

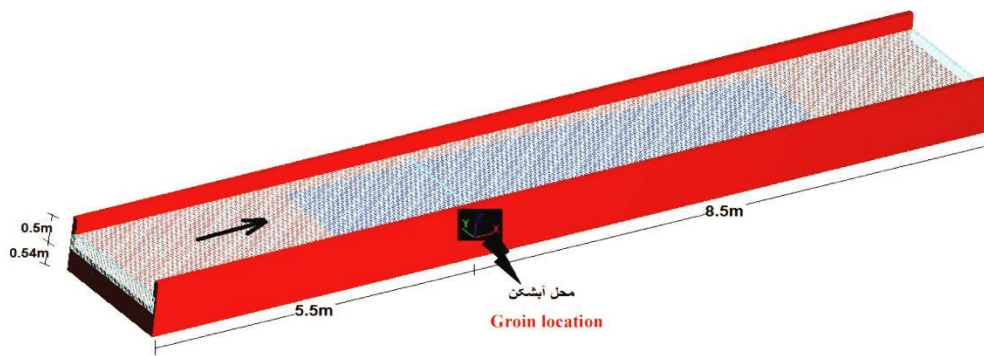
معادله پيوستگى

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \tag{1}$$

و معادله اندازه حرکت

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_j} \delta_{ij} + \frac{\partial}{\partial x_j} \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \bar{u}_i \bar{u}_j) \tag{2}$$

در معادلات فوق u مؤلفه سرعت $(m.s^{-1})$ ، ρ چگالى سيال $(kg.m^{-3})$ و p فشار کل $(N.m^{-2})$ مى‌باشد. هم‌چنين در رابطه ۲ جملات $-\rho \bar{u}_i \bar{u}_j$ به‌عنوان تنش‌هاى رينولدز شناخته مى‌شوند (۹). با مشاهده رابطه‌هاى ۱ و ۲ مشاهده مى‌گردد که اين روابط از سه معادله اندازه حرکت و يک معادله



شکل ۲- مدل‌سازی کانال در نرم‌افزار FLOW-3D.

Figure 2. A case of Channel gridding in numerical model.

الف) قدرت جریان ثانویه (Secondary Flow) برای بررسی قدرت جریان ثانویه از سوی پژوهشگران مختلف معیارهای متفاوتی ارائه گردیده است. شکری (۱۹۵۰) با انجام مطالعاتی بر روی جریان در قوس رودخانه، ضمن تشریح مکانیسم جریان ثانویه، معیار زیر را برای قدرت جریان ثانویه، S_{xy} معرفی کرده است (۱۱):

$$S_{xy} = \frac{K_{lateral}}{K_{main}} \quad (3)$$

این معیار در یک مقطع عرضی معین عبارت است از نسبت انرژی جنبشی جریان جانبی، $K_{lateral}$ ، به انرژی جنبشی جریان اصلی، K_{main} و با رابطه ۴ تعریف می‌شود:

$$S_{xy} = \frac{\left(\frac{v_{xy}^2}{2g}\right)}{\left(\frac{v_t^2}{2g}\right)} \quad (4)$$

که در آن:

$$V_{xy} = \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$V_t = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} \quad (5)$$

ج) شرایط مرزی: از آنجایی که در شرایط آزمایشگاهی موجود، دبی ورودی مقداری مشخص داشت؛ بنابراین، برای مدل‌سازی بهتر و هم‌چنین نزدیک‌تر کردن هرچه بیشتر مدل‌سازی به واقعیت، از شرایط مرزی ورودی (X_{min}) Volume flow rate که برای تعریف دبی ورودی از یک مرز کاربرد دارد، استفاده شد. هم‌چنین برای انتهای کانال نیز از شرط مرزی outflow که با هدف عدم تأثیرپذیری جریان در شبکه حل از شرایط مرز خروجی (X_{max}) ایجاد شده است، استفاده شد. شرط مرزی برای سطح آزاد سیال (Z_{max}) ، نیز Symmetry در نظر گرفته شد، بنابراین در این مرز سعی شد تا مش‌بندی شبکه حل بالاتر از سطح آزاد جریان تعریف گردد. برای سایر مرزهای میدان جریان نیز که همان دیوارها و کف کانال می‌باشند از شرط Wall استفاده شد. این شرط مرزی دقیقاً مشابه یک دیوار عمل می‌کند.

معیارهای قدرت جریان عرضی: آب‌شکن‌های باز به‌عنوان موانعی در مسیر جریان موجب ایجاد جریان عرضی (Secondary Flow) می‌گردند. یقیناً چگونگی تغییرات بازشدگی این آب‌شکن‌ها می‌تواند بر محدوده تغییر جریان عرضی مؤثر باشد. در زمینه چگونگی ارزیابی جریان‌های عرضی دو معیار قدرت جریان ثانویه و قدرت چرخشی گردابه از اهمیت بیشتری برخوردار است.

$$\bar{\omega}_z = \frac{1}{2}(\nabla * q) \quad (7)$$

که در آن، عبارت $\zeta = \nabla * q$ کیرلبردار سرعت بوده و به vorticity معروف است. این عبارت به عنوان معیار قدرت جریان گردابه‌ای معرفی شده است.

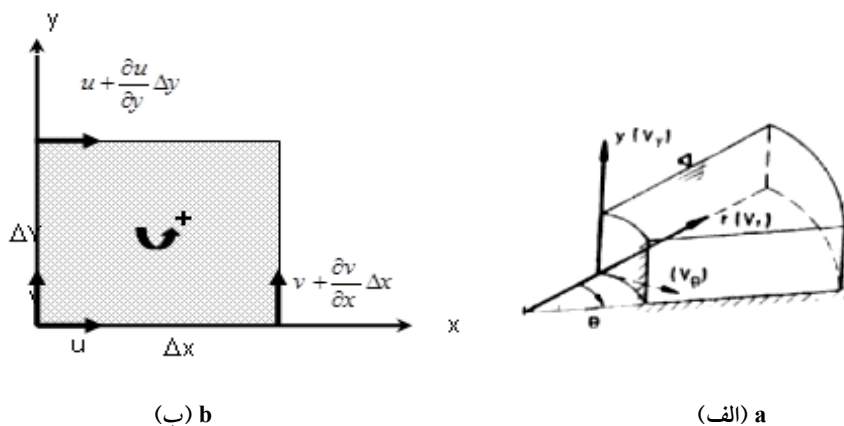
برای جریان در دستگاه مختصات استوانه‌ای، با توجه به شکل ۳، می‌توان $\bar{\zeta}_\theta$ را به صورت رابطه ۸ نوشت:

$$\bar{\zeta}_\theta = \left(-\frac{\partial V_y}{\partial r} - \frac{\partial V_r}{\partial y} \right) \quad (8)$$

که در آن، V_r و V_y به ترتیب مؤلفه‌های سرعت‌های قائم و شعاعی و $\bar{\zeta}_\theta$ مقدار چرخش در مقطع عرضی است.

ب) معیار قدرت چرخشی گردابه: معیار مهم و تئوریک دیگری که برای قدرت جریان ثانویه در مراجع بدان اشاره شده است، معیار Vorticity می‌باشد. طبق تعریف، نرخ خالص چرخش پادساعت‌گرد یک المان به ابعاد $\Delta x \times \Delta y$ حول محور Z (متوسط مجموع چرخش وجوه Δx و Δy)، چرخش (Rotation) نامیده شده و با توجه به شکل ۳ به صورت رابطه ۶ قابل بیان است. در این رابطه $\bar{\omega}_z$ مقدار چرخش حول محور Z و u و v مؤلفه‌های سرعت در امتداد محوره‌های x و y می‌باشند. به همین ترتیب می‌توان چرخش حول سایر محورها را تعریف کرد و بردار برآیند نرخ چرخش را به صورت رابطه ۷ ارائه کرد:

$$\bar{\omega}_z = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (6)$$



شکل ۳- الف) مؤلفه‌های سرعت (متر بر ثانیه) در دستگاه مختصات استوانه‌ای و ب) دیاگرام چرخش یک المان حول محور z. Figure 3. a) an element rotation diagram around z axis, b) velocity components ($m s^{-1}$) in cylindrical coordinates.

لایه ورودی گویند که در آن بردار داده‌های ورودی موردنظر قرار می‌گیرند و در این لایه، هیچ‌گونه پردازشی انجام نخواهد شد. لایه آخر هر شبکه لایه خروجی است که در آن بردارهای خروجی نگاشت استقرار می‌یابند.

شبکه عصبی مصنوعی (ANN): شبکه عصبی مصنوعی مدلی ریاضی است که توانایی مدل‌سازی و ایجاد روابط غیرخطی را برای درون‌یابی دارد. این مدل با ساختار پرسپترون چندلایه به‌طور کلی از سه لایه و هر لایه از تعدادی واحد پردازشگر به نام نرون (سلول، واحد و گره) تشکیل شده است. اولین لایه هر شبکه را

آموزشی پس‌انتشار خطای موجود در نرم‌افزار متلب استفاده شد.

نتایج و بحث

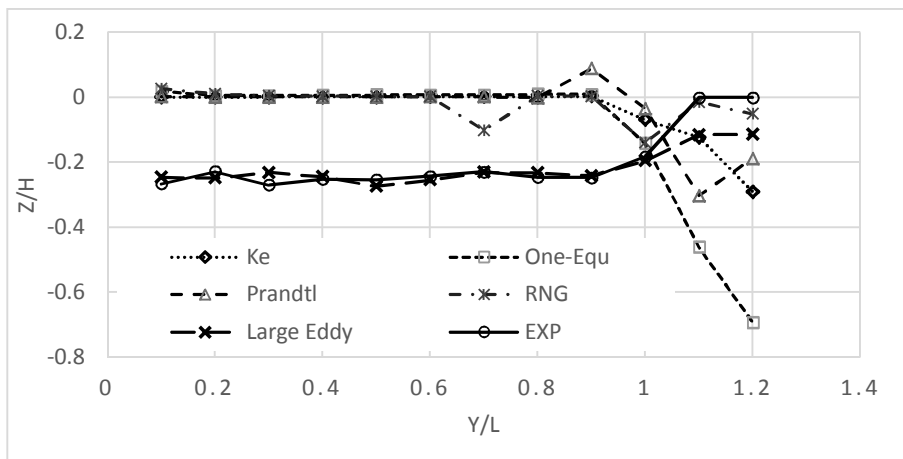
الف) تغییرات توپوگرافی بستر

انتخاب مدل آشفتگی: همان‌گونه که قبلاً بیان گردید توپوگرافی بستر در کانال با بستر متحرک در اطراف آب‌شکن‌های باز با درصدهای مختلف بازشدگی شبیه‌سازی عددی گردید. به‌منظور انتخاب بهترین مدل آشفتگی، تغییرات بستر در مقاطع عرضی مختلف که از شبیه‌سازی با مدل‌های مختلف آشفتگی حاصل شده است بررسی گردید. در شکل ۴ به‌عنوان نمونه نتایج شبیه‌سازی عددی با مدل‌های مختلف آشفتگی جهت مقایسه با نتایج آزمایشگاهی برای آب‌شکن با درصد بازشدگی ۵۰ و در مقطع عرضی محل نصب آب‌شکن و در شکل ۵ توپوگرافی بستر نزدیک آب‌شکن مربوط به نتایج آزمایشگاهی و مدل Large Eddy برای آب‌شکن با درصد بازشدگی ۵۰٪ آورده شده است.

در شبکه عصبی سه لایه ارتباط بین نرون‌ها () و خروجی آن‌ها (y) به کمک مقادیر سیناپسی یا همان توابع وزن (w)، بایاس (b) و توابع فعالیت لایه‌های پنهان و خروجی (f(x) و g(x)) و براساس رابطه ۹ مشخص می‌گردد.

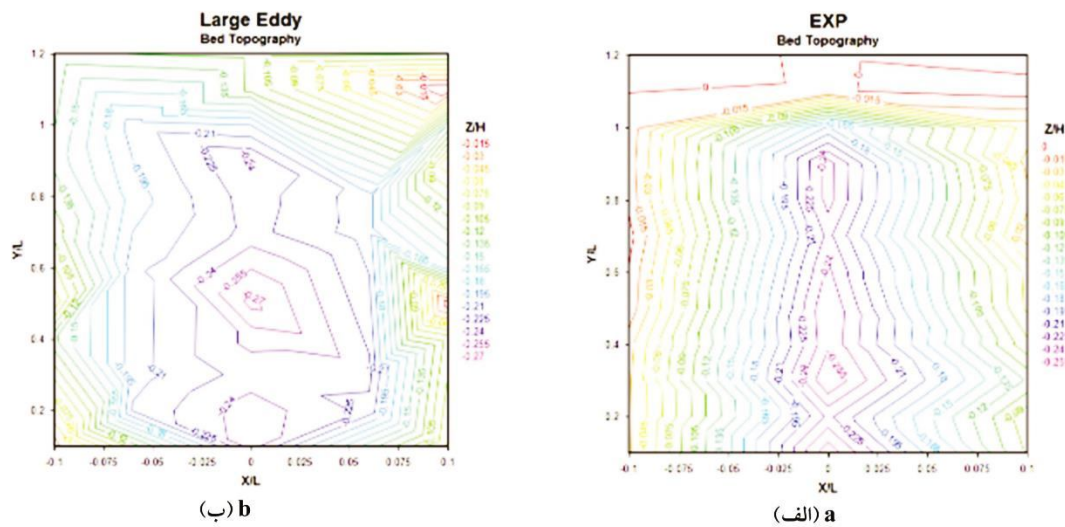
$$y = g[[\sum_{j=1}^n w_{kj}f(\sum_{i=1}^n (w_{ji}x_i + b)) + b]] \quad (9)$$

که در آن، x_1, x_2, \dots, x_n سیگنال‌های ورودی، $w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jn}$ وزن‌های سیناپسی جمع‌شونده به نرون‌ها در لایه پنهان، $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{kn}$ وزن‌های سیناپسی جمع‌شونده به نرون‌ها در لایه خروجی، b آستانه خارجی که از آن به‌عنوان بایاس یاد می‌شود و در مقدار ثابت ۱ ضرب می‌شود، f(x) تابع فعالیت در لایه پنهان (معادل هسته نرون)، g(x) تابع فعالیت در لایه خروجی و y سیگنال خروجی نرون (معدل سیگنال گذرنده از آکسون) (۴). در این پژوهش از نرم‌افزار متلب جهت ایجاد شبکه‌های عصبی استفاده شد. شبکه عصبی پیش‌خور با الگوریتم پس‌انتشار خطا مورد استفاده قرار گرفت. در این راستا، تمامی توابع



شکل ۴- مقایسه نتایج بدون بعد شده آب‌شستگی و رسوب‌گذاری حاصل از مدل‌های مختلف آشفتگی با نتایج آزمایشگاهی در مقطع عرضی محل نصب آب‌شکن با درصد بازشدگی ۵۰٪.

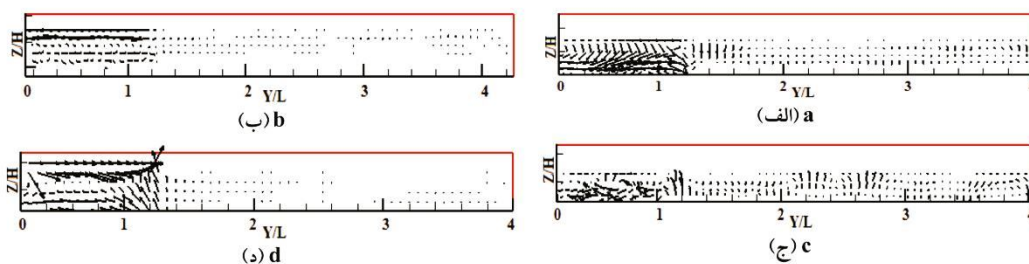
Figure 4. Comparison of numerical results of scour from different models of turbulence and experimental results for groin with 50% permeability in transverse section of groin installation.



شکل ۵- تغییرات بستر در نزدیکی آبشکن ($X=0.1L$ تا $X=-0.1L$) بازشدگی ۵۰٪ (الف) آزمایشگاهی، (ب) مدل آشفتگی Large Eddy
Figure 5. Topography of near groin bed ($x=0.1L$ to $x=-0.1L$) with 50% permeability a) experimental b) large Eddy turbulence model.

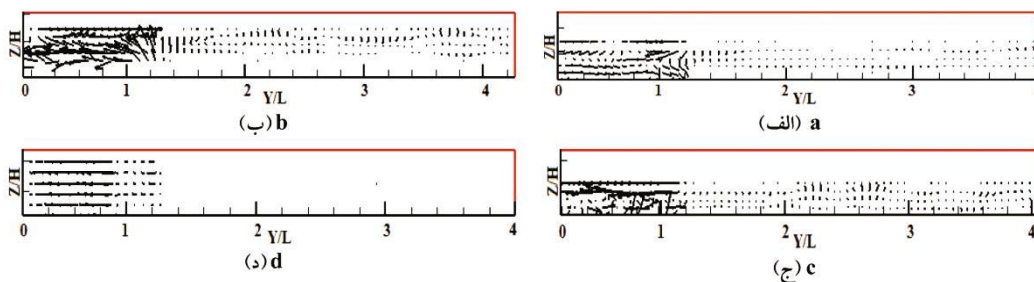
(ب) جریان‌های عرضی تشکیل شده ناشی از وجود آبشکن: در شکل‌های ۶ تا ۹ الگوی جریان در مقاطع عرضی مختلف برای آبشکن با درصد‌های مختلف بازشدگی آورده شده است. با مشاهده اشکال فوق که گردابه‌های ایجادشده در مقاطع قبل، محل نصب و مقاطع پس از آبشکن را نشان می‌دهند می‌توان نتیجه گرفت که گردابه‌های بزرگی در مقاطع عرضی در بالادست آبشکن، در طولی معادل طول آبشکن (L) شروع به تشکیل می‌کنند و این گردابه‌ها در مقاطع عرضی نزدیک در پایین‌دست آبشکن نیز حضور دارند؛ اما با افزایش فاصله از آبشکن در مقاطع عرضی دورتری در پایین‌دست آبشکن، شاهد پراکندگی تقریباً یکنواخت گردابه‌ها در طول مقطع عرضی برای تمام درصد‌های بازشدگی آبشکن می‌باشیم.

لازم به توضیح است که در شکل ۴ محور افقی نمودار عرض کانال (Y) را نسبت به طول آبشکن (L) و محور قائم تغییرات ارتفاع بستر (Z) را نسبت به عمق جریان (H) نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌گردد مدل آشفتگی Large Eddy دارای بیش‌ترین تطابق با نتایج آزمایشگاهی است. بنابراین برای ادامه پژوهش نیز از نتایج شبیه‌سازی عددی با استفاده از این مدل استفاده گردیده است. با توجه به شکل ۵ نیز می‌توان مشاهده نمود که مدل آشفتگی Large Eddy در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی، دارای دقت قابل‌قبولی هم از لحاظ پیش‌بینی موقعیت محل حداکثر آبشستگی و هم پیش‌بینی مقدار حداکثر آبشستگی برای محدوده اطراف آبشکن است.



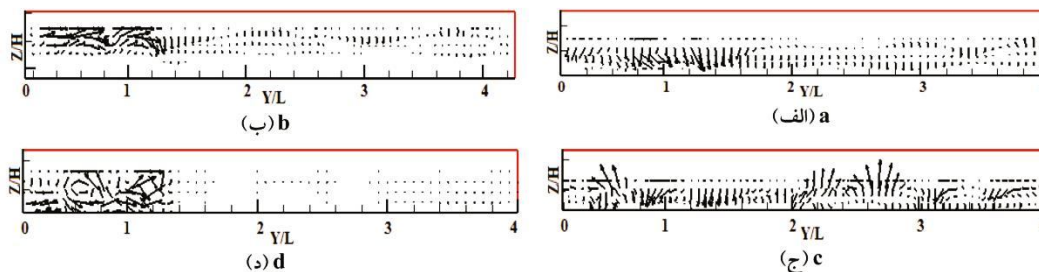
شکل ۶- نمایش جریان عرضی در مقطع $X=-0.04L$ برای آب‌شکن با درصد بازشدگی الف) ۳۰٪، ب) ۵۰٪، ج) ۷۰٪ و د) آب‌شکن بسته.

Figure 6. Transverse flow in section of $x=-0.04L$ for groin with a) 30%, b) 50%, c) 70% permeability and d) close groin.



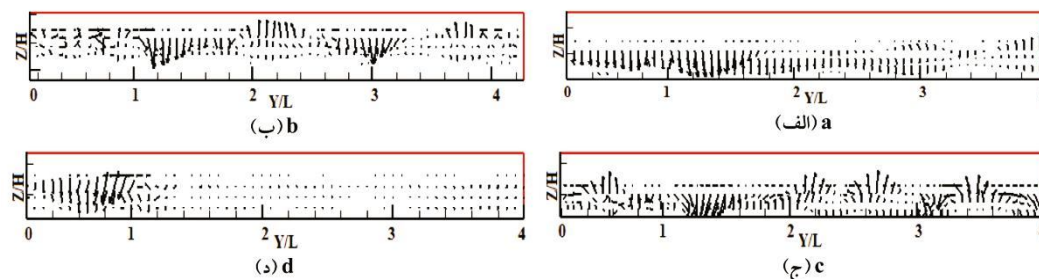
شکل ۷- نمایش جریان عرضی در مقطع $X/L=0$ برای آب‌شکن با درصد بازشدگی الف) ۳۰٪، ب) ۵۰٪، ج) ۷۰٪ و د) آب‌شکن بسته.

Figure 7. Transversal flow in section of $X/L=0$ for groin with a) 30%, b) 50%, c) 70% permeability and d) close groin.



شکل ۸- نمایش جریان عرضی در مقطع $X=0.21L$ برای آب‌شکن با درصد بازشدگی الف) ۳۰٪، ب) ۵۰٪، ج) ۷۰٪ و د) آب‌شکن بسته.

Figure 8. Transversal flow in section of $x=0.21$ for groin with a) 30% , b) 50%, c) 70% permeability and d) close groin.

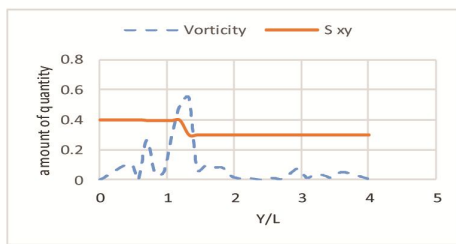


شکل ۹- نمایش جریان عرضی در مقطع $X=0.6L$ برای آب‌شکن با درصد بازشدگی الف) ۳۰٪، ب) ۵۰٪، ج) ۷۰٪ و د) آب‌شکن بسته.

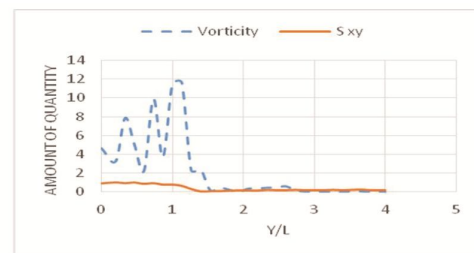
Figure 9. Transversal flow in section of $x=0.6L$ for groin with a) 30%, b) 50%, c) 70% permeability and d) close groin.

ج) معيار قدرت چرخشي گردابه و قدرت جريان ثانويه (Power of Secondary Flow): در اين قسمت ابتدا تغييرات معيار قدرت چرخشي گردابه (Vorticity) و قدرت جريان ثانويه (Power of Secondary Flow) در مقاطع عرضي قبل و بعد از آبشكن براي آزمايشهاي مختلف آورده شده است. در ادامه نيز مقادير كميتهاي مذكور دريك مقطع قبل و پنج مقطع بعد از آبشكن تا پايداري جريان و بررسي طول ناحيه ايجاد جريان عرضي بعد از آبشكن براي درصدهاي مختلف بازشدگي آبشكن آورده شده است.

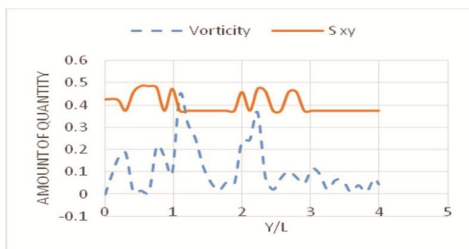
البته با اين تفاوت كه با کاهش بازشدگي آبشكن، سرعت اين پراكندگي بسيار کاهش مي يابد تا جايي كه در آبشكن بسته همانطور كه در شكل (9-د) قابل مشاهده مي باشد گردابه ها در مقطع $X=0/6L$ به صورت كامل در عرض كانال پراكنده نشده اند. تمام اين گردابه ها و جريان هاي عرضي به دليل وجود مانع و تغيير بر سر راه جريان به وجود آمده كه با توجه به نوع آبشكن اثرات آن در بالادست و پايين دست مانع متفاوت است. از آنجا كه درصد بازشدگي بيش تر همراه است با کاهش قدرت جريان عرضي منحرف شده بنا بر اين اثرات گردابه ها و توزيع غير يكنواخت آن ها براي آبشكن غير نفوذ پذير در طول بيش تري در پايين دست آبشكن توسعه مي يابد.



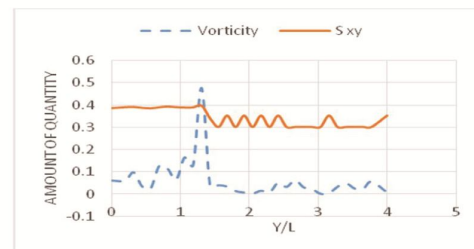
(ب) b



(الف) a



(د) d



(ج) c

شكل 10- تغييرات مقادير Vorticity و S_{xy} در مقطع عرضي $-0/04L$ براي آبشكن با درصد بازشدگي الف) 0٪، ب) 30٪، ج) 50٪ و د) 70٪

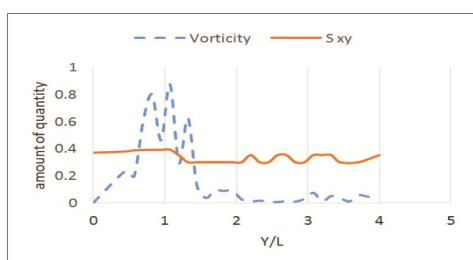
Figure 10. Changes of values of Vorticity and S_{xy} in transverse section of $-0.04L$ for groin with a) 0%, b) 30%, c) 50% and d) 70% permeability.

در مقطع عرضي داراي نوسان بيش تري است در حالي كه در مورد vorticity شرايط متفاوتي حاكم است و به لحاظ كمی نيز مشاهده مي گردد كه بسته

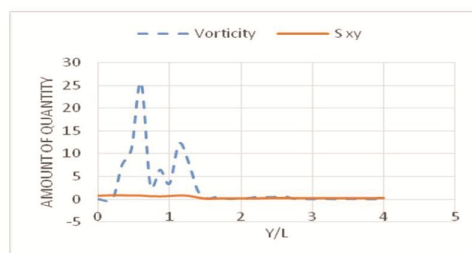
همانطور كه مشاهده مي شود با افزايش درصد بازشدگي در مقطع عرضي قبل از آبشكن قدرت جريان عرضي افزايش مي يابد، هم چنين تغييرات آن

بازشدگی بیشتر گردد که نتایج نیز به خوبی از این ایده پیروی می‌نمایند. با مشاهده شکل‌های ۱۱ و ۱۲ می‌توان نتیجه گرفت که در پایین‌دست آب‌شکن نیز تا حدودی شرایط تشریح شده بالادست آب‌شکن برقرار است البته با افزایش فاصله از موقعیت نصب آب‌شکن شرایط تغییر می‌نماید. به طوری که وقتی به اندازه طول آب‌شکن از آب‌شکن فاصله گرفته می‌شود شرایط نوسانی مقدار Vorticity با افزایش درصد بازشدگی کاهش می‌یابد (شکل ۱۳). به همین دلیل است که چاله آب‌شستگی در پایین‌دست آب‌شکن از توسعه عرضی بیشتری در آب‌شکن‌های با درصد کم‌تر بازشدگی مشاهده می‌گردد.

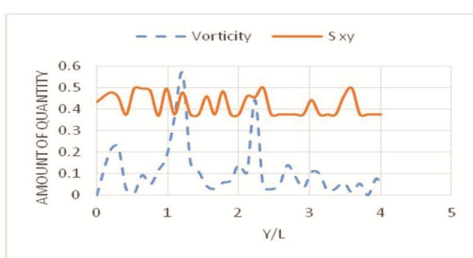
بودن آب‌شکن و عدم نفوذپذیری آن می‌تواند vorticity را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. نکته قابل توجه دیگری که می‌توان بدان اشاره کرد ایناست که در آب‌شکن بسته در مقطع عرضی، قدرت جریان عرضی و vorticity فقط در اطراف آب‌شکن دارای تغییرات قابل توجهی است و با دور شدن از آب‌شکن در مقطع عرضی مقادیر این پارامترها سریعاً کاهش می‌یابد. هر چند می‌توان به طور کلی بیان نمود که افزایش درصد بازشدگی سبب افزایش و توزیع این مقادیر در مقطع عرضی بالادست آب‌شکن می‌گردد. بنابراین قابل پیش‌بینی است که در بالادست آب‌شکن توسعه عرضی چاله آب‌شستگی با افزایش درصد



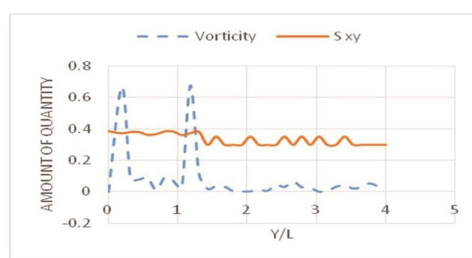
(ب) b



(الف) a



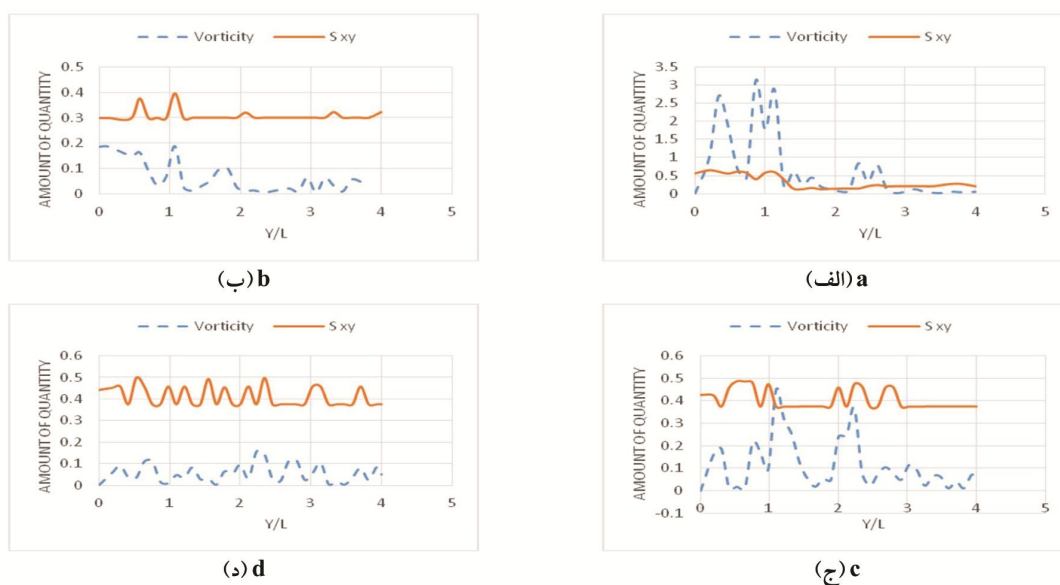
(د) d



(ج) c

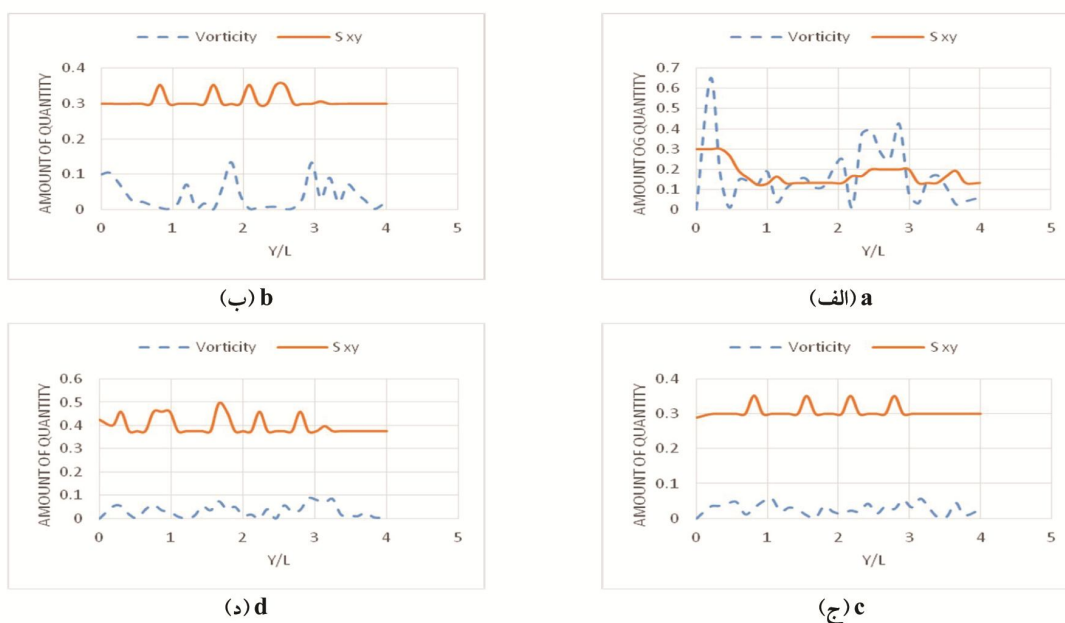
شکل ۱۱- تغییرات مقادیر Vorticity و S_{xy} در مقطع عرضی $0.021L$ برای آب‌شکن با درصد بازشدگی الف) ۰٪، ب) ۳۰٪، ج) ۵۰٪ و د) ۷۰٪.

Figure 11. Changes of Vorticity and S_{xy} values in transverse section of 0.021 for groin with a) 0%, b) 30%, c) 50% and d) 70% permeability.



شکل ۱۲- تغییرات مقادیر Vorticity و S_{xy} در مقطع عرضی $0.2L$ برای آبشکن با درصد بازشدگی الف) ۰٪، ب) ۳۰٪، ج) ۵۰٪ و د) ۷۰٪.

Figure 12. Changes of Vorticity and S_{xy} values in transverse section of $0.2L$ for groin with a) 0%, b) 30%, c) 50% and d) 70% permeability.



شکل ۱۳- تغییرات مقادیر Vorticity و S_{xy} در مقطع عرضی L برای آبشکن با درصد بازشدگی الف) ۰٪، ب) ۳۰٪، ج) ۵۰٪ و د) ۷۰٪.

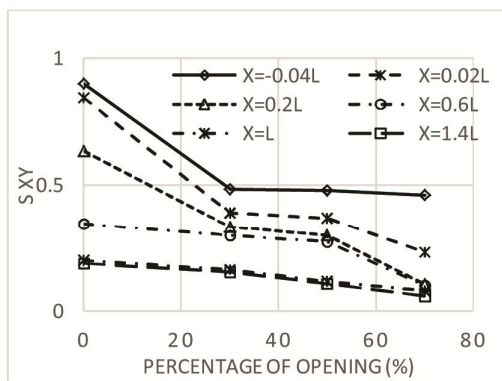
Figure 13. Changes of Vorticity and S_{xy} values in transverse section of L for groin with a) 0%, b) 30%, c) 50%, and d) 70% permeability.

آب‌شکن بسته در مقطعی به فاصله L از آب‌شکن نشان می‌دهد، همچنان معیارهای مورد بررسی در طولی معادل طول آب‌شکن مقادیر بیش‌تری دارند، این در حالی است که برای آزمایش آب‌شکن با درصد بازشدگی ۷۰٪، از همان مقطع عرضی در $X=0.2L$ شاهد یکنواختی مقادیر هر دو معیار در تمام عرض کانال هستیم. این نتایج به لحاظ هیدرولیکی نیز بیانگر این است که با افزایش درصد بازشدگی آب‌شکن انحراف جریان توسط آن کاهش یافته و به همین دلیل قدرت جریان عرضی و Vorticity که تابعی از جریان منحرف‌شده است نیز کاهش می‌یابند.

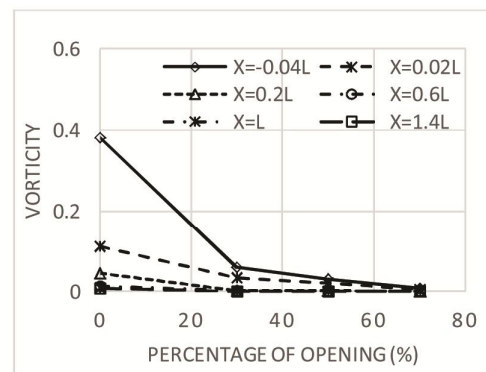
در ادامه به مقایسه مقادیر معیارهای Vorticity و S_{xy} برای درصدهای مختلف بازشدگی در مقاطع عرضی متفاوت پرداخته شده است.

با توجه به شکل‌های ۱۱ تا ۱۴ می‌توان مشاهده کرد که در مقاطع نزدیک آب‌شکن هر دو معیار Vorticity و S_{xy} مقادیر بیش‌تری را در طول آب‌شکن نشان می‌دهند اما هرچه که جریان از آب‌شکن دور می‌شود، در مقاطع عرضی بعد از آب‌شکن شاهد یکنواختی مقادیر مذکور در تمام مقطع عرضی می‌باشیم. این نتایج کاملاً طبیعی و قابل‌انتظار هستند چرا که جریان‌های عرضی در اطراف مانع بر سر جریان بیش‌تر به وجود می‌آیند و هر دو معیار Vorticity و S_{xy} نشان‌دهنده وجود این جریان‌های عرضی می‌باشند.

مقایسه نتایج برای آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که هرچه درصد بازشدگی آب‌شکن کاهش می‌یابد گردابه‌ها با دور شدن از آب‌شکن با سرعت کم‌تری در عرض کانال پخش می‌گردند تا جایی که در شکل (۱۴، الف) که مقادیر هر دو معیار را برای



(ب) b



(الف) a

شکل ۱۴- مقایسه الف) Vorticity و ب) S_{xy} در یک مقطع عرضی قبل و پنج مقطع عرضی بعد از آب‌شکن برای درصدهای مختلف بازشدگی آب‌شکن

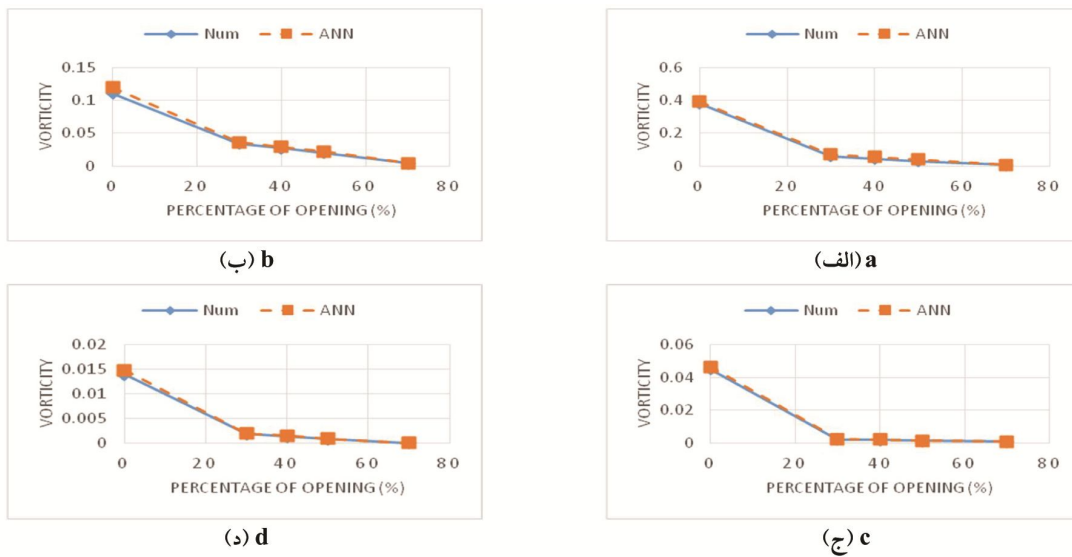
Figure 14. Comparison of a) Vorticity and b) S_{xy} head and 5 transverse sections after it for experiments with different percent of groin permeability.

از آب‌شکن بسیار افزایش می‌یابد و گردابه‌های بزرگی در پشت آب‌شکن‌ها با درصدهای مختلف بازشدگی ایجاد می‌گردند که هم میزان و هم قدرت گردابه‌ها در

همان‌طور که در قسمت‌های (الف) و (ب) شکل ۱۵ مشاهده می‌شود هر دو معیار قدرت جریان عرضی نشان می‌دهند که میزان و قدرت گردابه‌ها درست قبل

د) نتایج حاصل از شبکه عصبی (ANN): در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ نتایج حاصل از شبکه عصبی برای Vorticity و S_{xy} در یک مقطع مختلف قبل و سه مقطع عرضی بعد از آب‌شکن آورده شده است و برای صحت‌سنجی، این نتایج با نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی مقایسه شده‌اند. لازم به توضیح است که نتایج برای آب‌شکن با درصد بازشدگی ۴۰٪ ناشی از شبیه‌سازی عددی و شبکه عصبی مصنوعی نیز در این نمودارها جهت صحت‌سنجی و مقایسه با سایر نتایج آورده شده است. مشاهده شکل‌های ۱۵ و ۱۶ می‌توان نتیجه گرفت که شبکه عصبی (ANN) نتایج قابل‌قبولی را با توجه به نتایج عددی برای پیش‌بینی تغییرات معیارهای قدرت جریان عرضی برای آب‌شکن با درصدهای مختلف بازشدگی و در مقاطع عرضی مختلف ارائه می‌دهد.

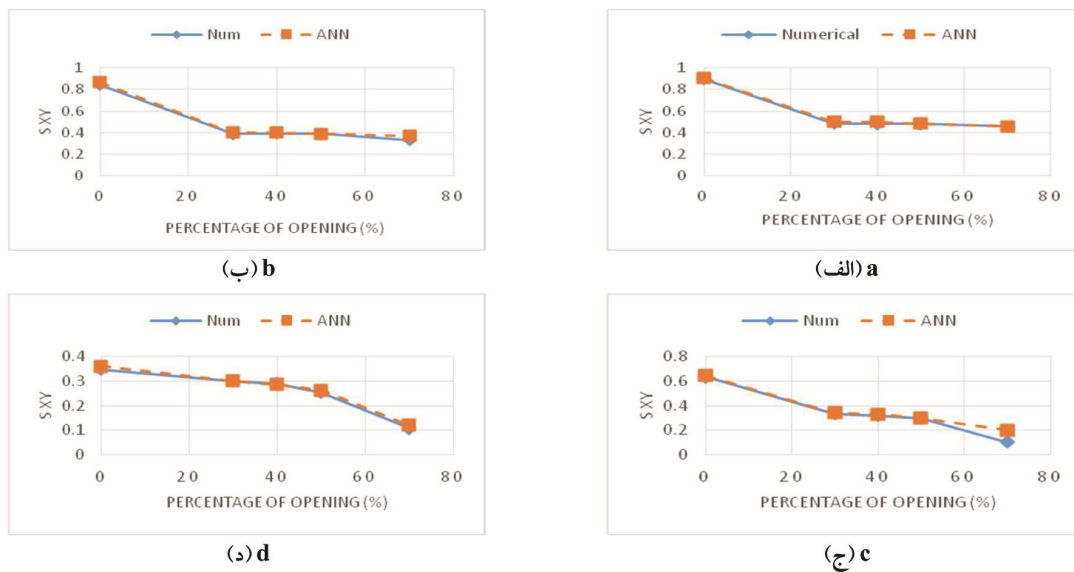
پشت آب‌شکن و حتی بعد از آن رابطه نسبتاً مستقیمی با درصد بازشدگی آب‌شکن دارد، به طوری که هرچه درصد بازشدگی کاهش یافته، هر دو معیار قدرت جریان عرضی افزایش می‌یابد. این گردابه‌ها در مقاطع بعد از آب‌شکن هم باقی می‌مانند اما با دور شدن هر چه بیشتر جریان از آب‌شکن، در مقاطع بعد از آب‌شکن، هم میزان و هم قدرت گردابه‌ها به تدریج کاهش می‌یابد و همان‌طور که قابل مشاهده است، نرخ کاهش این گردابه‌ها از مقطع $X=0.6L$ به بعد بسیار کاهش یافته تا جایی که در مقاطع L و $X=1/4L$ ، دیگر می‌توان گفت که گردابه چندان وجود ندارد و جریان به یک حالت پایدار در این مقاطع رسیده که سبب تطابق تقریباً کامل نمودارها در این مقاطع شده است.



شکل ۱۵- مقایسه نتایج Vorticity حاصل از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و شبیه‌سازی عددی در مقاطع عرضی الف) $X=-0.04L$ ،

ب) $X=0.02L$ ، ج) $X=0.2L$ و د) $X=0.6L$.

Figure 15. Compare Vorticity results of artificial neural network (ANN) and numerical simulation in transverse sections a) $X=-0.04L$, b) $X=0.02L$, c) $X=0.2L$ & d) $0.6L$.



شکل ۱۶- مقایسه نتایج S_{xy} حاصل از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و شبیه‌سازی عددی در مقاطع عرضی الف) $X = -0.04L$ ، ب) $X = 0.02L$ ، ج) $X = 0.2L$ و د) $X = 0.6L$.

Figure 16. Compare S_{xy} results of artificial neural network (ANN) and numerical simulation in transverse sections a) $X = -0.04L$, b) $X = 0.02L$, c) $X = 0.2L$ & d) $0.6L$.

می‌یابد. به طوری که این طول در پایین دست آب‌شکن بسته حدود ۱/۴ برابر طول آب‌شکن و برای بازشدگی ۵۰ درصد در حدود طول آب‌شکن است. در حالی که برای آب‌شکن با هفتاد درصد بازشدگی این طول حداکثر به بیست درصد طول آب‌شکن تقلیل می‌یابد که این موضوع با توجه به مقدار قدرت گردابه‌ها (Vorticity و S_{xy}) قابل تفسیر می‌باشد. با توجه به نتایج همچنین می‌توان بیان نمود که در صورت افزایش بیش از پنجاه درصد بازشدگی آب‌شکن می‌توان از انحراف عرضی جریان توسط آب‌شکن صرف‌نظر نمود. همچنین، نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) که برای محاسبه Vorticity و S_{xy} در مقاطع مختلف عرضی و برای درصدهای متفاوت بازشدگی آب‌شکن به کار گرفته شد گویای توانایی این روش برای محاسبه معیارهای قدرت جریان عرضی در اطراف آب‌شکن‌های باز است.

همان‌طور که مشاهده می‌گردد نتایج ناشی از هر دو روش عددی و شبکه مصنوعی برای آب‌شکن با درصد بازشدگی ۴۰٪ نیز نتایجی کاملاً قابل قبول و سازگار با نتایج سایر آزمایش‌ها می‌باشد، بنابراین می‌توان از هر دو روش شبیه‌سازی عددی و شبکه عصبی مصنوعی جهت به دست آوردن معیارهای قدرت جریان عرضی برای تمام درصدهای بازشدگی آب‌شکن با دقت قابل قبولی استفاده نمود.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش با استفاده از میدان جریان شبیه‌سازی شده در اطراف آب‌شکن‌های باز با درصدهای مختلف بازشدگی، قدرت جریان‌های عرضی و گردابه‌های ایجاد شده محاسبه گردید. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش درصد بازشدگی آب‌شکن، طولی که در پایین دست آب‌شکن در آن جریان‌های عرضی شکل می‌گیرند کاهش

منابع

1. Ghasemzadeh, F. 2017. Simulation of hydraulics problems by Flow-3D. NooAvar Press, 256p. (In Persian)
2. Joongu, K., Hangkoo, Y., and Sungjung, K. Un.J. 2011. Permeability effects of single groin on flow characteristics. J. Hydr. Res. 49: 728-735.
3. Mayerle, R., Toro, F.M., and Wang, S.S. 1995. Verification of a three dimensional numerical model simulation of the flow in the vicinity of spur dike. J. Hydr. Res. 33: 2. 243-256.
4. Menhaj, M.B. 2005. Principles of artificial neural network. Tehran: Amirkabir University Press, 716p. (In Persian)
5. Miller, A.C., Kerr, S.N., Ream, H.E., and Sartor, J.P. 1984. Physical modeling of spurs for bank protection. river meandering: proceedings of the conference Rivers. July, New York, Pp: 80-88.
6. Mukhamedov, A. 1971. Silting upstream of dam and scour methods. Proc. 19th IAHR congress, New Dehli.
7. Nasrollahi, A. 2001. The effect of opening on scour around open groins, M.Sc. Thesis. University of Tarbiyat Modares, Tehran. (In Persian)
8. Ozyaman, C., and Yerdelen, C. 2017. Experimental study of local scour around spur dikes in straight open channels. Inter. J. Adv. Mech. Civil Engin. 4: 3. 131-134.
9. Patankar, S.V. 1980. Numerical heat transfer and fluid flow Mcgraw-Hill book company, Pp: 15-24.
10. Schwarts, R., and Kozerski, H. 2003. Entry and deposits of suspended particulate matter in groyne fields of middle Elbe and its ecological relevance. Acta Hydrochim, Hydrobiol. 31: 4-5. 391-399.
11. Shukry, A. 1950. Flow around bend in an open flume transactions, ASCE. Vol. 115.
12. Subramanya, K., Gangadharaiah, T., Duey, S.D., and Maurya, K.K. 1976. A Comparative study of flow around solid and slotted spur-dikes. Central Water and Power Research Station, Diamond Jubilee Symposium.
13. Teraguchi, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Baba, Y., and Zhang, H. 2010. Morphological change induced by river training structures: Bandall-like and groins. Annuals if didad, prev, res, Inss, Kyoto University. 53: B.
14. Vaghefi, M., and Ghodsian, M. 2010. Experimental study on power of secondary flow and vortices in a 90 degree bend with single T shape spur dike. J. Civil Engin. 21: 2. 111-128.
15. Xiufang, Z., Pingyi, W., and Chengyu, Y.A. 2012. Experimental study on flow turbulence distribution around a spur dike with different structure. International Conference on Modern Hydraulic Engineering, procedia Engineering. 28: 772-775.
16. Yangtao, C., Peiqing, L., and Enhui, J. 2013. The design and application of permeable” Applied Mechanics and Materials. 353-356: 2502-2505.
17. Yossef, M.F.M., and Vriend, H.J.D. 2011. Flow details near river experimental investigation. J. Hydr. Engin. 137: 5. 504-516.
18. Zhang, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., and Baba, Y. 2009. Experiment and simulation of turbulent flow in local scour around a spur dyke. Inter. J. Sed. Res. 24: 33-45.
19. Zhang, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., and Mizutani, H. 2012. Bed morphology and grain size characteristics around a spur dyke. Inter. J. Sed. Res. 27: 141-157.



The Study of Cross-Flow around Groins by different permeability in the simulated flow filed in Channel with the live Bed

Z. Heidary¹ and *M. Fazli²

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Water Engineering and Hydraulic Structures, Faculty of Engineering, University of Buali-Sina, ²Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Buali-Sina
Received: 01.16.2018; Accepted: 02.17.2019

Abstract

Background and Objectives: Many built structures in rivers have been destroyed or damaged due to lack of proper understanding of scouring. Therefore, it is important to know the maximum amount of scouring around the structures constructed in the rivers. Groins are widely designed and constructed in order to river organization in the country. This method, which is considered as one of the most effective methods for the stabilization of riverbanks, developing and expanding day by day. In this research, bed deformation around permeable and close groins with different percentage of permeability was numerically simulated by using some of turbulence closure models. In this regard, numerical simulation results were compared with experimental results (Nasrolahi 1380). Then, by using the best model of turbulence and calculating the transverse flow criteriaes created by the presence of a groin, the effect of the permeability of groine on the transverse flow power are calculated. Thereafter, the effect of the groine opening percentage on the cross-flow power and the distance from the downstream that the transverse flow continues continues has been investigated.

Materials and Methods: In other to compare the obtained results from numerical simulation with laboratory results, laboratory results around closed and permeable groins with 30, 50 and 70 percent of permeability in a flume were used. For numerical modeling, Flow-3D software was used. In order to study the performance of the permeability on the transverse flow, valid criteria that indicate the transverse flow power are calculated and compared.

Results: The comparison of results of numerical simulation and experimental results shows that numerical model is effective in predicting scour pattern and bed topography around permeable groins with different openings and closed groins. Investigating the power of vortices created around permeable groins by computing and comparing some of the criteria for expressing the power of transverse flows indicates how changes and continuity of the transverse flow power before and after the groins, are compared to the rate of permeability of groin. The results for calculated cross-flow criteria indicate that the deviation of the flow by a groin can be almost ignored with a permeability more than fifty percent and for impermeable groin, transverse currents longitudinally extending more than 1.4 times the length of the groin. The calculation of cross-flow power criteria using artificial neural network (ANN) also indicates the ability of this method to calculate transverse flow power.

* Corresponding Author; Email: mfazli@basu.ac.ir

Conclusion: The power of the transverse flow in the upstream and downstream of the groin is related to the percentage of opening of the groin. Therefore, if one of the purposes for the construction of a groin is longitudinal velocity deviation, the increase of more than 50% permeability of the groin will reduce this role very much. Also, the results of the neural network in the calculation of transverse flow power criteria were found that the artificial neural network (ANN) could provide acceptable results for these criteria in different transverse sections.

Keywords: ANN, Numerical simulation, Permeable and close groins, Scour, Secondary flow, Vortex

Ar