

بررسی عددی تأثیر صفحه متخلخل در کنترل جریان غلیظ

محمد رضا زایری^۱ و مهدی قمشی^۲*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۲۰

چکیده

مساله رسوب گذاری در مخزن سد مهمترین عامل محدود کننده عمر مفید آن است. یکی از عوامل بسیار مهم در رسوب گذاری مخازن و نحوه توزیع رسوبات، پدیده جریان غلیظ می باشد که به عنوان یکی از مشکلات عمده سدهای در حال بهره برداری است. یکی از روشهای کنترل یا استهلاک جریان غلیظ در مخازن سدها ایجاد موانع در مخازن است. لذا در این تحقیق اثر استفاده از مانع صفحه ای مشبک با درصد تخلخل ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۶۷ در فواصل مختلف با استفاده از نرم افزار FLOW3D بررسی شده است. برای شبیه سازی جریان غلیظ از مدل های آشفتگی $k - \epsilon$ ، RNG و $k - \omega$ بهره گرفته شد. نتایج حاصل از مدل سازی نشان میدهد مدل آشفتگی $k - \omega$ تطابق بیشتری نسبت به سایر مدل های موجود در شبیه سازی توزیع عمودی سرعت جریان غلیظ دارد. همچنین نتایج نشان می دهد که امواج شکل گرفته در بالادست مانع متخلخل از نوع B می باشد. استفاده از مانع صفحه با تخلخل ۰/۶۷ میتواند موجب کاهش ۶۴/۵ درصدی در دبی عبوری جریان غلیظ شود و با کاهش تخلخل صفحه به ۰/۳ درصد مقدار کاهش دبی عبوری جریان غلیظ ۳۰ درصد کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: تخلخل، جریان غلیظ، موانع صفحه ای، نرم افزار FLOW3D

۱ دکتری سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. E-mail: M.Zavri@yahoo.com

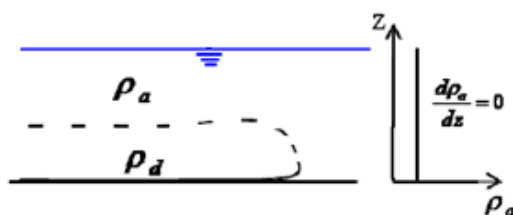
۲ استاد، دکتری آبیاری و زهکشی، هیأت علمی، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران، تلفن: ۰۹۱۶۶۱۶۶۳۷۲

E-mail: M.Ghomeshi@yahoo.com (نویسنده مسئول)*

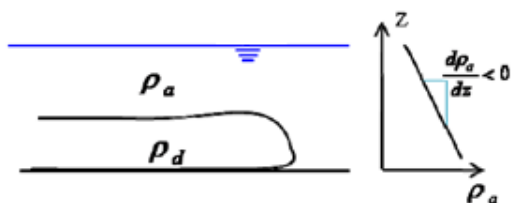
مقدمه

جریان غلیظ و یا جریان چگال عبارت است از جریانی که به علت اعمال نیروی ثقل بر روی اختلاف چگالی دو سیال به وجود می‌آید. اختلاف چگالی ممکن است ناشی از یک یا چند عامل به شرح زیر باشد: تفاوت دما، تفاوت در غلظت مواد محلول و تفاوت در غلظت ذرات معلق. نیروی محرک برای

یک جبهه ج B ریان، در اصل گرادیان فشار می‌باشد که ناشی از اختلاف چگالی بین جبهه جریان و سیال محیط اطراف خود است (محمدی، ۱۳۸۶). اگر اختلاف چگالی ρ بین دو لایه در یک فاصله عمودی dz ناچیز باشد به سیال محیط غیر لایه‌ای و در غیر این صورت لایه‌ای می‌گویند (شکل ۱).



الف) سیال پیرامون از نوع غیر لایه‌ای



ب) سیال پیرامون از نوع لایه‌ای

شکل (۱): شکل شماتیک تغییرات چگالی در سیال محیط.

این زمینه را انجام داد، یکی از نرم افزارهای محاسباتی که کاربرد زیادی در زمینه طراحی‌های مهندسی دارد نرم افزار FLOW3D می‌باشد که در این تحقیق از این نرم افزار استفاده شده است.

مروری بر تحقیقات پیشین

Bursik and Woods (2000) به تأثیر ایجاد مانع و تنگ شدگی و بازشدگی کوچک بر کنترل مسیر جریان پرداختند و اعلام نمودند تنها زمانی مانع بر الگوی رسوب گذاری جریان مؤثر است که باعث توقف نسبی جریان شود. Oehy and Schleiss (2007) به تأثیر روشهای مختلف از جمله احداث مانع، احداث مانع مشبک و دیواره حباب بر کنترل جریان غلیظ در مخازن سدها پرداخته و به طور کلی نتیجه‌گیری نمودند که احداث مانع در

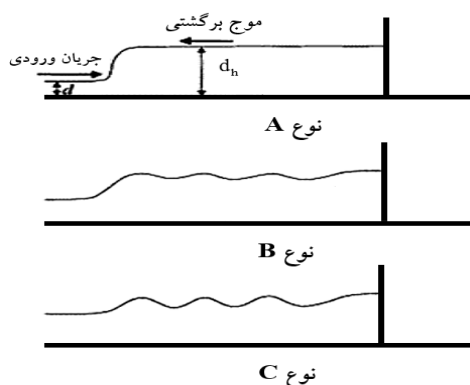
جریان‌های غلیظ به عنوان یکی از مهمترین عوامل رسوب گذاری در مخازن سدها می‌باشند که با انتقال این رسوب به نزدیکی بدنه سد موجب ناکارآمدی سد، پیش از زمان پیش‌بینی شده برای عمر آن میشود. این موضوع علاوه بر کاهش عمر مفید سد باعث کاهش حجم مفید، گرفتگی دریاچه‌های آبیاری و صدمه به نیروگاه ها می‌گردد. بنابراین کنترل جریان غلیظ امری حیاتی در صنعت سد سازی میباشد، از این رو محققین مطالعات بسیاری در این زمینه داشته و راه‌کارهایی نیز ارائه نمودند که از جمله این راهکارها ایجاد مانع می‌باشد، در این تحقیق به بررسی تأثیر استفاده از مانع صفحه‌ای متخلخل با سه نوع درصد تخلخل ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۶۷ در کنترل جریان غلیظ در مخازن سدها به روش عددی پرداخته شده است. شبیه‌سازی عددی کمک میکند تا بدون صرف هزینه ی زیاد بتوان بررسی‌های لازم در

سال هشتم • شماره بیست ونهم • پاییز ۱۳۹۶

نتایج آنها نشان داد که با افزایش شیب و دبی شدت اختلاط افزایش و با افزایش غلظت، شدت اختلاط جریان غلیظ کاهش می‌یابد آنها برای شدت اختلاط در هر زاویه همگرایی روابطی ارائه نمودند. کاهه و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر هر یک از پارامترهای شیب، زبری نسبی و دبی بی بعد جریان غلیظ بر روی سرعت پیشروی جریان غلیظ بر روی بستر زیر را بررسی نمودند. قربان مقدم و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی آزمایشگاهی تأثیر موانع استوانه‌ای شکل بر حرکت راس جریان غلیظ پرداختند، آنها آزمایش‌هایی با شیب های ۰/۵، ۱/۲۵ و ۲ درصد و غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر و ایجاد موانع استوانه‌ای به قطر ۱ و ارتفاع ۳۰ سانتی متر در فواصل مختلف از ابتدای فلوم مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند غلظت، سرعت و ارتفاع جریان غلیظ با قرار دادن موانع استوانه‌ای در بستر نسبت به حالت بدون مانع کاهش می‌یابند. زابری و همکاران (۱۳۹۲) به مدل‌سازی یک بعدی جریان گل غلیظ در مخزن سد دز پرداختند، آنها نتیجه گیری نمودند که دبی‌های بیش از ۶۰۰ متر مکعب در ثانیه با غلظت رسوب بیش از ۱/۲ گرم در لیتر جریان غلیظ نسب تا قوی ایجاد نموده اند بطوریکه این جریان‌ها فاصله ۲۵ کیلومتری را طی نموده و خود را به دیواره سد رسانده اند. محقیان و اصغری پری (۱۳۹۲) به بررسی اثر ایجاد زبری در کنترل جریان غلیظ به کمک نرم افزار-ANSYS CFX پرداختند و نتیجه گرفتند که میزان کنترل جریان غلیظ توسط زبری‌ها به نوع آرایش و ارتفاع زبری‌ها و ارتفاعی که سرعت ماکزیمم جریان غلیظ در آن رخ می‌دهد وابسته است و چون زبری‌ها نمیتوانند جریان غلیظ را به‌طور کامل متوقف کنند نباید به تنهایی برای کنترل جریان غلیظ مورد استفاده قرار بگیرند.

Cabeza et al. (2009) عبور جریانهای دو لایه‌ای از روی دو مانع با شکلهای متفاوت نیم استوانه‌ای و منشوری را بصورت عددی و آزمایشگاهی

جریان زیربحرانی برای کنترل جریان مناسب است. نصرالله پور و قمشی (۱۳۹۱) به بررسی اثر شکل زبری در مشخصات پیشانی جریان غلیظ پرداختند. آنها دو نوع شکل زبری مخروطی و استوانه‌ای را با ارتفاع ۱ و ۲/۵ و ۴ سانتیمتر مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که با افزایش ارتفاع زبری برای یک شکل ثابت و همچنین با افزایش سطح مقطع در برابر جریان زبری با ارتفاع ثابت، غلظت و سرعت پیشانی جریان غلیظ کاهش و ارتفاع جریان افزایش می‌یابد. بصیر زاده و بروجنی (۱۳۸۲) به بررسی امکان‌سنجی هدایت جریان‌های غلیظ مخزن سد دز به سمت مجاری سرریز با استفاده از شافت قائم مستغرق پرداختند. کشتکار و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی آزمایشگاهی پروفیل غلظت و سرعت جریان غلیظ پرداختند و نتیجه گرفتند نتایج نشان میدهد که ارتفاع معادل سرعت متوسط جریان در ارتفاعی برابر با ۰/۸ ضخامت متوسط جریان و ارتفاع نظیر ۰/۳۵ تا ۰/۵ برابر ضخامت متوسط جریان اتفاق می‌افتد. ظهیری و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی مدیریت رسوب مخزن سد دز با استفاده از مونیتورینگ جریان گل‌آلود پرداختند و نتیجه گرفتند که با استفاده از اطلاعات سرعت، دبی و غلظت متوسط ایستگاه‌های اندازه‌گیری می‌توان از رابطه رگرسیونی خطی بر مبنای دبی حداکثر جریان ورودی به ایستگاه هیدرومتری بالادست و میزان رسوب ورودی ناشی از جریان گل‌آلود، حجم رسوبات ورودی به مخزن سد دز در زمان هر واقعه سیلابی را برآورد کرد. زابری و قمشی (۱۳۹۳) به تجزیه و تحلیل نتایج هیدرودینامیک جریان‌های غلیظ اندازه‌گیری شده در مخزن سد دز پرداختند. ماروسی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی اثر مانع بر کنترل غلظت جریان‌های غلیظ رسوبی پرداختند و نتیجه آن نشان داد که استفاده از موانع می‌تواند موجب کاهش غلظت عبوری گردد. مرادی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی تغییرات پارامترهای شیب، دبی و غلظت بر شدت اختلاط جریان‌های غلیظ در مقاطع همگرا پرداختند،



شکل (۲): انواع امواج شکل گرفته در بالادست مانع (Simpson and Rottman, 1989)

تحقیقات (Simpson, 1997) نشان داد که شیب کانال پارامتر تأثیرگذاری در تعیین نوع امواج برگشتی در بالادست مانع می‌باشد. چنانچه کانال افقی باشد، امواج منعکس شده در بالادست مانع به شکل دنباله‌های از امواج ضعیف ظاهر میگردد که باعث ایجاد تغییرات بسیار ملایم در عمق جریان می‌شود. با افزایش شیب کانال امواج قویتری شکل میگیرد که تشخیص آنها ساده‌تر خواهد بود.

با توجه به مطالعات انجام شده مشاهده میشود که در خصوص ایجاد موانع متخلخل با درصد تخلخل متفاوت درون مخازن به منظور کنترل جریان غلیظ بررسی‌های جامعی صورت نگرفته است، بنابراین با توجه به بالا بودن هزینه ناشی از خسارت حاصل از رسوب‌گذاری در مخازن لازم است در این خصوص به منظور کنترل جریان غلیظ بررسی‌های دقیق‌تری صورت گیرد. در این تحقیق با استفاده از مدل عددی به بررسی اثر ایجاد موانع متخلخل در کف مخازن به منظور کنترل جریان غلیظ پرداخته شد.

مواد و روشها

در این مقاله به منظور واسنجی و صحت‌سنجی نرم افزار FLOW3D از نتایج مدل آزمایشگاهی (Oehy and Schleiss, 2007) استفاده شد و نتایج مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی مقایسه گردید. مدل عددی مطابق مدل آزمایشگاهی شامل یک فلوم به

مطالعه کردند. نتایج آزمایشهای آنها نشان داد که در هر دو نوع مانع چهار نوع رژیم جریان متفاوت در پایین‌دست مانع شکل می‌گیرد. این رژیم‌ها عبارتند از: (۱) جریان زیر بحرانی، (۲) پرش هیدرولیکی داخلی، (۳) ناپایداری کلون هلمهلتز در سطح مشترک دوسیال و (۴) ریزش امواج^۱.

Rottman and Simpson (1989) امواج شکل

گرفته هنگام برخورد جریان‌های چگال با مانع را بر اساس نسبت ارتفاع موج برگشتی (d_h) به ارتفاع جریان نزدیک شونده (d)، به سه نوع متفاوت تقسیم‌بندی کردند. بر اساس تقسیم‌بندی آنها چنانچه

$\frac{d_h}{d} > 3$ باشد موج برگشتی نوع C خواهد بود. موج

نوع C قویترین موج شکل گرفته در این تقسیم‌بندی می‌باشد. در موج نوع C پیشانی آشفته جریان ثقیل، موج برگشتی را شکل می‌دهد و موج برگشتی بر روی جریان نزدیک شونده حرکت میکند. در این نوع موج میزان اختلاط جریان چگال با سیال پیرامونی در مرز بالایی جریان، قابل ملاحظه می‌باشد. چنانچه

$2 < \frac{d_h}{d} < 3$ باشد موج برگشتی نوع B خواهد بود.

موج نوع B یک موج ضعیف با الگوی موج ایستا می‌باشد، که در آن قسمت جلوی موج ملایمتر بوده و حرکت موج‌گونه در قسمت پشت آن واضح می‌باشد. میزان اختلاط در قسمت پیش‌رونده این نوع موج

اندک است. چنانچه $1 < \frac{d_h}{d} < 2$ موج برگشتی نوع

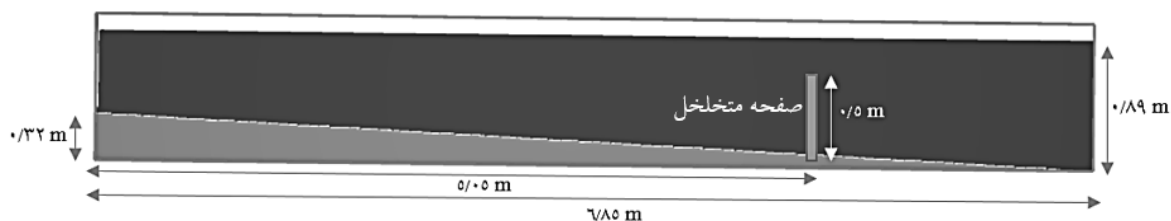
A خواهد بود. این نوع موج متشکل از یکسری موج‌های منفرد داخلی می‌باشد و اختلاط بین دو سیال ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن است. شکل (۲) انواع موج‌های شکل گرفته در بالادست مانع را بر اساس تقسیم‌بندی Rottman and Simpson (1989) نشان می‌دهد.

¹ Shedding of billows

سال هشتم • شماره بیست و نهم • پاییز ۱۳۹۶

قرارگیری صفحات متخلخل برابر ۵/۰، ۶ و ۶/۵ متر از مسیر ورودی تعیین شد. جریان غلیظ ورودی شامل پودر پلیمر با چگالی $\rho_p = 1135 \text{ kg/m}^3$ و قطر متوسط ذرات $d_{50} = 90 \text{ }\mu\text{m}$ و آب می‌باشد که غلظت آن $2/432\%$ است.

طول ۷/۱ متر است و یک ورودی به ارتفاع ۴/۵ سانتیمتر به منظور ورود جریان غلیظ به درون فلوم دارای آب ساکن ایجاد گردید، شیب بستر برابر ۴/۶۴٪ مطابق شکل (۳) از دریچه ورودی جریان غلیظ می‌باشد. پس از شبیه سازی جریان غلیظ و صحت سنجی نتایج، از سه صفحه ارتفاع ۰/۵ متر با تخلخل ۰/۳، ۰/۵۰ و ۰/۶۷ درصد استفاده گردید. موقعیت



شکل (۳): نمایی از هندسه ورودی به مدل FLOW3D

آسانتر می‌کند. در این نرم افزار معادلات استاندارد جریان مانند معادلات ناویر استوکس و معادله پیوستگی برای تمام فضای محاسبات حل عددی میشوند. فرم کلی معادله پیوستگی به صورت شکل زیر بیان میشود:

$$V_F \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho A_x) + R \frac{\partial}{\partial y} (\rho A_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho A_z) + \xi \frac{\rho A_x}{x} = R_{DIF} + R_{SOR} \quad (1)$$

اولین عبارت در سمت راست معادله پیوستگی مربوط به انتشار تلاطم بوده و به صورت زیر قابل تعریف می‌باشد:

$$R_{DIF} = \frac{\partial}{\partial x} (\rho A_x \frac{\partial \rho}{\partial x}) + R \frac{\partial}{\partial y} (\rho A_y \frac{\partial \rho}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho A_z \frac{\partial \rho}{\partial z}) + \xi \frac{\rho A_x}{x} \quad (2)$$

عبارت دوم در سمت راست معادله ۳ بیانگر تغییرات دانسیته است.

شبیه سازی عددی

نرم افزار FLOW3D یک مدل مناسب برای حل مسایل پیچیده دینامیک سیالات بوده و قادر است دامنه وسیعی از جریان سیالات را مدل کند. این نرم افزار از روش حجم محدود برای حل معادلات حاکم بر جریان با استفاده از شبکه بندی منظم و روش حجم سیال برای محاسبه سطح آزاد آب در مجاری باز استفاده می‌کند. این مدل قابلیت تحلیل یک، دو و سه بعدی میدان جریان را دارد. معادلات پایه‌ای مورد استفاده در این مدل، معادلات ناویر استوکس هستند و از شش مدل آشفتگی طول اختلاط پرانتل، یک معادله‌ای، دو معادله‌ای ($k-\epsilon$ ، $k-\omega$ و RNG) و مدل شبیه سازی گردابه‌های بزرگ در حل خصوصیات جریان‌های آشفته استفاده میکنند. این مدل شامل الگوهای فیزیکی بسیاری از جمله آب‌های کم عمق، لزجت، کاویتاسیون، آشفتگی و محیط‌های متخلخل می‌باشد.

مدل FLOW3D در مقایسه با سایر مدل‌های موجود در زمینه دینامیک سیالات محاسباتی، دارای دامنه وسیعی از کاربردها و قابلیت‌هاست، کاربر دوست بوده و رابط گرافیکی بسیار قوی دارد که کار با آن را

و ضریب نسبت ابعاد شبکه در راستاهای مختلف و در مجاورت یکدیگر مناسب انتخاب شده باشند. برای نتایج دقیق و مؤثر، مقدار هر یک از دو پارامتر بالا باید به عدد ۱ نزدیک بوده و مقدار نسبت ابعاد شبکه در مجاور یکدیگر از ۱/۲ و همچنین نسبت ابعاد شبکه در راستاهای مختلف از ۳ نباید بیش تر باشد. در این پژوهش با در نظر گرفتن شبکه‌های مختلف ریز و درشت، بهترین شبکه انتخاب شد. بر این اساس، شبکه بندی مدل، به‌طور دوبعدی و در راستای طولی به‌طور غیریکنواخت انتخاب شد (به طوریکه در نزدیکی سازه تعداد مش بیشتر در نظر گرفته شد) و تعداد کل مش برای هر مدل سازی ۸۶۷۰۰۰ سلول در نظر گرفته شد.

صحت سنجی مدل عددی

به‌منظور ارزیابی نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی عددی حرکت جریان غلیظ عبوری از صفحه متخلخل و انتخاب بهترین مدل تلاطم، ابتدا به مقایسه نتایج نیمرخ سرعت به‌دست آمده از مدل عددی با مدل آزمایشگاهی بدون مانع متخلخل در فواصل ۱/۲ متر و ۵/۵ متر از دریچه ورودی انجام گرفته است. نتایج توزیع سرعت مدل عددی مطابق شکل ۳ انطباق خوبی با نتایج مدل آزمایشگاهی دارد. مطابق جدول ۱ هر سه مدل آشفتگی $k-\epsilon$ ، $k-\omega$ و $k-\omega$ RNG توانسته‌اند به خوبی نیمرخ سرعت را شبیه‌سازی نمایند ولی مدل آشفتگی $k-\omega$ در شبیه‌سازی عددی توزیع سرعت جریان غلیظ، نتیجه بهتری از دو مدل آشفتگی دیگر نشان داده است. با استفاده از نتایج به‌دست آمده میتوان مدل‌سازی عددی را قادر به پیش‌بینی موارد مشابه دانست.

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

در معادلات بالا، V_F : ضریب حجم آزاد به سمت جریان، ρ : چگالی سیال، A_x ، A_y و A_z سطح جریان در جهات x ، y و z ، u ، v و w ضریب نفوذ، مؤلفه‌های سرعت در جهات x ، y و z ، مقدار R در معادله ضریب مربوط به مختصات به‌صورت کارترین یا استوانه‌ای می‌باشد. در این تحقیق از روابط ۴ و ۵ برای محاسبه مجذور مربعات خطا RMSE و مقدار خطای E برای بررسی خطای مدل عددی نسبت به مدل آزمایشگاهی استفاده شد.

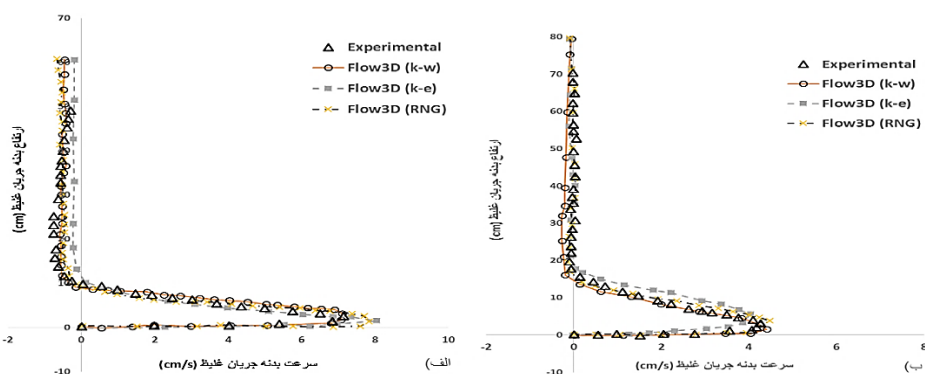
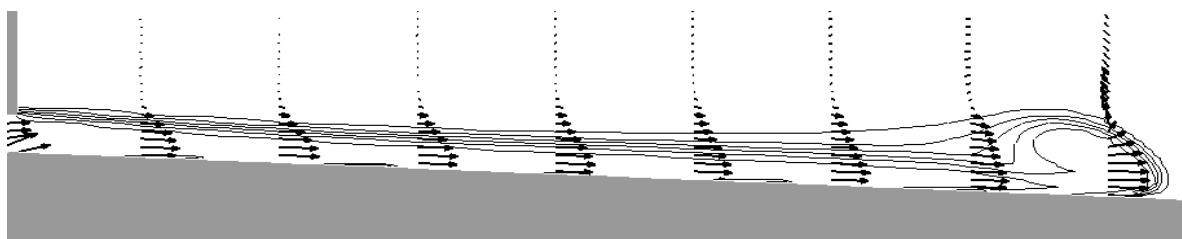
$$MSE = \sqrt{\frac{\sum (U_{Flow3d} - U_{Experimental})^2}{N}} \quad (4)$$

$$E = \frac{|\sum U_{Flow3d} - U_{Experimental}|}{N} \quad (5)$$

که در این روابط U_{Flow3d} سرعت نقطه‌ای جریان در مدل عددی و $U_{Experimental}$ سرعت نقطه‌ای جریان در نتایج آزمایشگاهی می‌باشد. مقدار به دست آمده از روابط فوق هرچه به صفر نزدیکتر باشند نشان دهنده این است که خطا کمتر و در نتیجه دقت محاسبه بیشتر است.

شبکه بندی و مشخصات میدان حل

یکی از مهمترین نکاتی که باید در شبیه‌سازیهای عددی مورد توجه و رعایت قرار گیرد، شبکه‌بندی مناسب برای حل دقیق معادلات حاکم است. در همه مدل‌سازی‌های عددی صورت گرفته، ابعاد شبکه طوری تعیین شد که پارامترهای کنترل شبکه مانند حداکثر نسبت ابعاد شبکه در راستای طولی و عمقی



شکل (۳): نمودار مقایسه نیمرخ‌های سرعت مدل عددی و آزمایشگاهی (الف) در فاصله ۱/۲ متری از دریچه ورودی، (ب) در فاصله ۵/۵ متری از دریچه ورودی

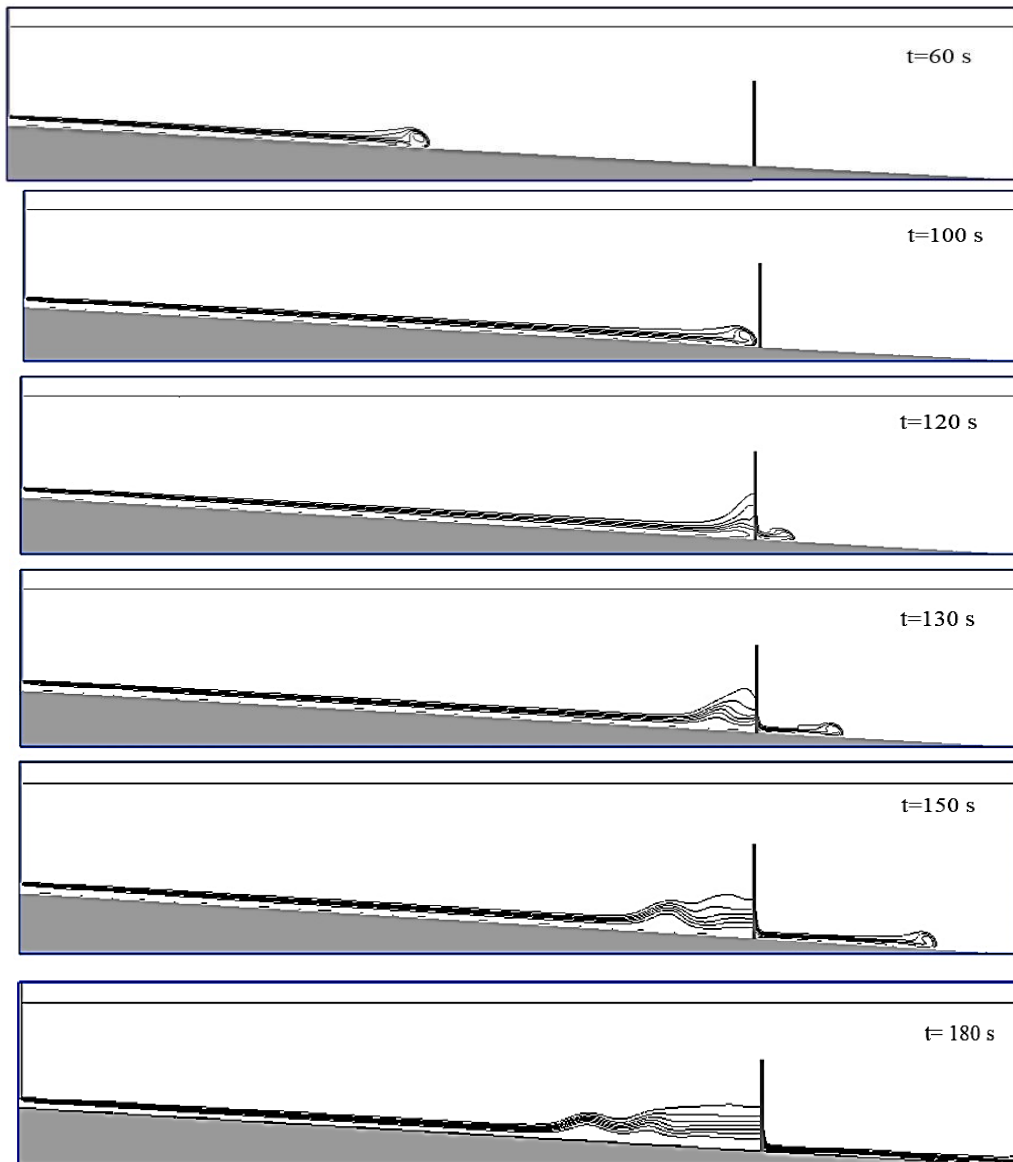
جدول (۱): مقایسه آماری نتایج پروفیل سرعت آزمایشگاهی با مدل‌های مختلف آشفتگی در نرم افزار FLOW3D

مقطع	مدل	درصد خطا (E%)	متوسط مربعات خطا (MSE)	ضریب (R^2)
۱/۲ متری از دریچه ورودی	RNG	۱۴	۸/۸	۰/۷۸
	k- ω	۹/۵	۵/۳	۰/۸۹
	LES	۱۵	۹	۰/۷۳
۵/۵ متری از دریچه ورودی	RNG	۱۱/۲	۷/۶	۰/۸۱
	k- ω	۶	۱/۳	۰/۹۲
	LES	۱۴/۵	۸/۵	۰/۷۶

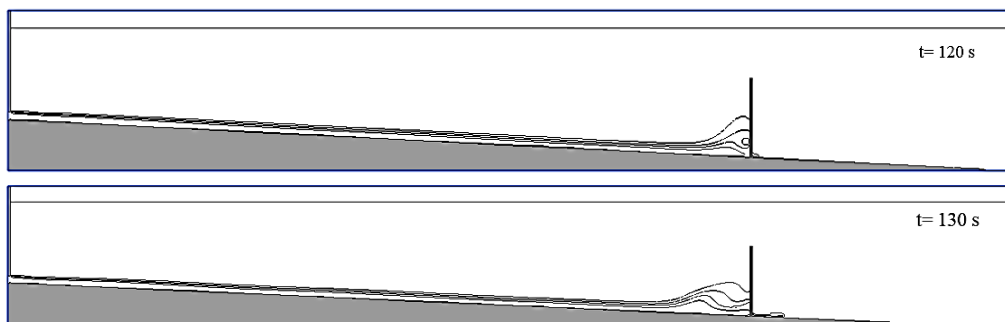
نتایج و بحث

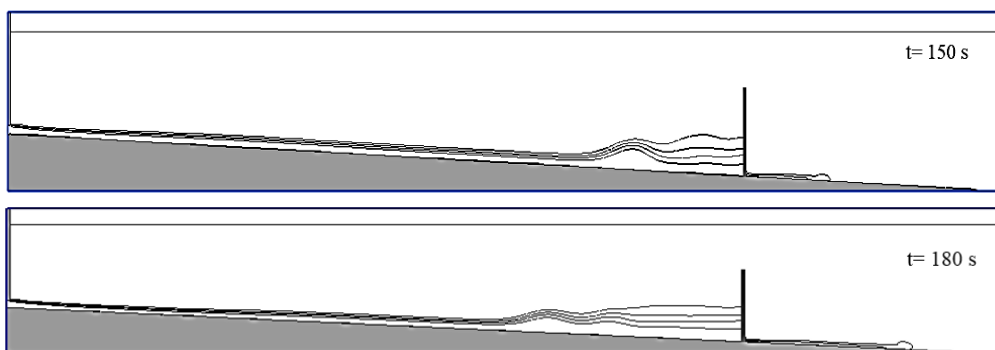
پیشانی جریان در جلو و در ادامه بدنه جریان، را تشکیل میدهد، لیکن به دلیل ورود سیال پیرامون به داخل جریان غلیظ و کاهش غلظت جریان به دلیل رسوب‌گذاری، از سرعت آن کاسته میشود، لذا دبی جریان عبوری کاهش می‌یابد.

شبه سازی حرکت جریان غلیظ عبوری از صفحه ای با تخلخل ۰/۶۷ و ۰/۳ در فاصله ۵/۰۵ متری از دریچه ورودی در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، پس از رسیدن جریان به موانع، بخشی از جریان از صفحه متخلخل عبور کرده و بخشی از جریان به صورت یک موج برگشتی به سمت بالادست منتقل میگردد. جریان عبوری از موانع، مجدداً شکلی مشابه جریان غلیظ اولیه، یعنی



شکل (۴): شماتیک حرکت جریان غلیظ شبیه سازی شده عبوری از صفحه با تخلخل ۰/۶۷ درصد

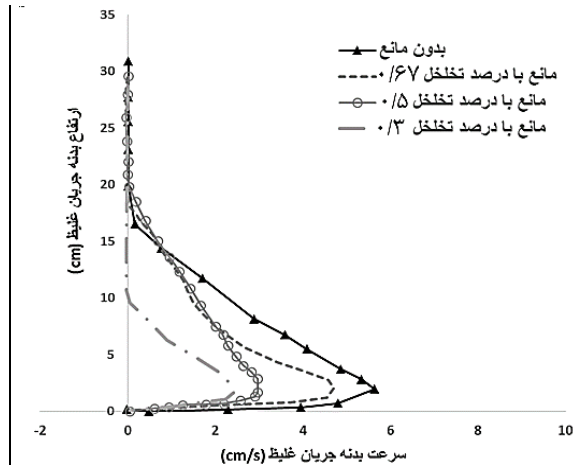
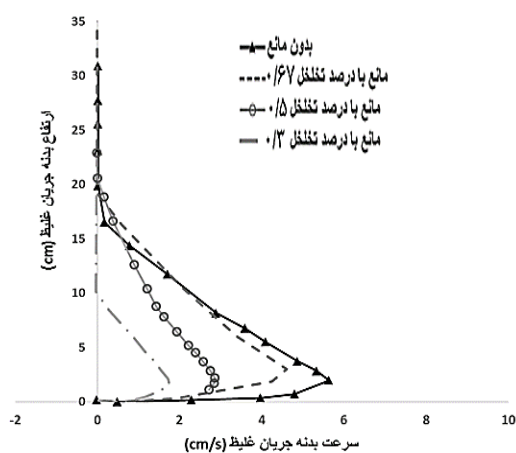




شکل (۵): شماتیک شبیه سازی حرکت جریان غلیظ عبوری از صفحه با تخلخل ۰/۳ درصد

است. با توجه به شکل مذکور می توان بیان داشت که مانع متخلخل باعث کم شدن مقدار سرعت و کاهش ارتفاع بدنه جریان غلیظ بعد از عبور از صفحه متخلخل می گردد.

به منظور مشاهده اثر استفاده از مانع صفحه‌ای با درجه تخلخل مختلف، در کنترل جریان غلیظ پروفیل‌های سرعت و غلظت در فواصل ۵/۰۵ و ۶۵۰ سانتیمتر از دریچه ورودی مقایسه و در شکل ۶ به نمایش گذاشته شده



شکل (۶): پروفیل سرعت (سمت راست) در فاصله ۵۵۰ سانتیمتر از دریچه ورودی (سمت چپ) در فاصله ۶۵۰ سانتیمتر از دریچه ورودی

شرایط هیدرولیکی و هندسی مشابه این تحقیق اثر مانع مثلثی و گوسینی شکل بر کاهش دبی جریان غلیظ را بررسی نموده اند آورده شده است. همانگونه که در جدول ۳ نشان داده شده است بیشترین تأثیر در کاهش دبی عبوری از مانع مربوط به مانع متخلخل با درصد تخلخل ۳۰ درصد می باشد و هر چه درصد تخلخل مانع افزایش یافته، مانع توانسته به میزان بیشتری جریان غلیظ را کنترل (مستهلك) نماید.

در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر استفاده از مانع صفحه‌ای متخلخل در کنترل جریان غلیظ پرداخته شد و پروفیل‌های سرعت حاصل از مدل‌سازی‌ها در شکل ۶ نمایش گذاشته شد، برای محاسبه دبی در واحد عرض جریان از حاصل ضرب سرعت متوسط و ارتفاع متوسط جریان بدست آمد، سپس نتایج به صورت درصد کاهش دبی که نشان‌دهنده متوقف شدن و استهلاک جریان غلیظ می‌باشد در جدول ۳ آورده شده است. همچنین جهت مقایسه از نتایج اصغری و همکاران (۱۳۹۵) که با

جدول (۳): مقایسه درصد کاهش دبی جریان غلیظ در مانع صفحه ای با موانع مثلثی و گوسین

درصد کاهش دبی جریان غلیظ	مانع با درصد تخلخل			مانع مثلثی (اصغری پری و همکاران، ۱۳۹۵)	مانع گوسین (اصغری پری و همکاران، ۱۳۹۵)
	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۶۷		
در فاصله ۵/۰۵ متر	۸۵/۸	۶۵/۴	۵۹/۷	۲۲/۹۳	۲۳/۲۷
در فاصله ۶ متر	۸۹/۶	۷۰/۹	۶۴/۶	-	-
در فاصله ۶/۵ متر	۹۳/۴	۷۷/۵	۶۹/۱	-	-
میانگین درصد کاهش دبی جریان غلیظ	۸۹/۶	۷۱/۳	۶۴/۵	۲۲/۹۳	۲۳/۲۷

به ۰/۳ درصد مقدار کاهش دبی عبوری جریان غلیظ ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. همچنین برای شبیه سازی جریان غلیظ از مدل‌های آشفتگی $k-\epsilon$ ، RNG، $k-\omega$ و $k-\omega$ بهره گرفته شد. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان می‌دهد مدل آشفتگی $k-\omega$ تطابق بیشتری نسبت به سایر مدل‌های موجود در شبیه سازی توزیع عمودی سرعت جریان غلیظ دارد. نتایج مدل عددی نشان می‌دهد که در تمام نتایج، امواج شکل گرفته در بالادست مانع از نوع B می‌باشد.

نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی کنترل جریان غلیظ توسط موانع صفحه‌ای متخلخل پرداخته شد. با مقایسه نتایج مدل عددی در صفحات متخلخل در جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که هرچه تراکم و درصد تخلخل صفحه افزایش یابد سبب کاهش سرعت جریان غلیظ و کنترل بیشتر آن می‌گردد، استفاده از مانع صفحه با تخلخل ۰/۶۷ میتواند موجب کاهش ۶۴/۵ درصدی در دبی عبوری جریان غلیظ شود و با کاهش تخلخل صفحه

منابع

- اصغری پری، ا.، ه. یزدان فر، م. کردنائیچ، م. ۱۳۹۵. بررسی عددی اثر زاویه بالادست مانع و عمق آب مخزن در کنترل جریان غلیظ. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۲، ص ۲۱۹-۲۰۷.
- بصیر زاده، ح. وح. صمدی بروجنی، ۱۳۸۲. امکان‌سنجی هدایت جریان‌های غلیظ مخزن سد دز به سمت مجاری سرریز با استفاده از شافت قائم مستغرق، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- دریایی، م.، م. کاشفی پور، م. و قمشی. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر مانع و زبری در کنترل جریان غلیظ رسوبی. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، ص ۹-۱.

سال هشتم • شماره بیست و نهم • پاییز ۱۳۹۶

- زایری، م.، م. قمشی، ۱۳۹۳. تجزیه و تحلیل نتایج هیدرودینامیک جریان‌های غلیظ اندازه‌گیری شده در مخزن سد دز. نشریه دانش آب و خاک. شماره ۲۴. ص ۱۵۸-۱۴۷.
- زایری، م.، م. قمشی، م. و کاشفی‌پور. ۱۳۹۲، مدل‌سازی یک بعدی جریان گل آلود در مخزن سد دز، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه شهید بهشتی.
- ظهیری، ر.، ش. کشتکار، م. شفاعی بجنستان، س ایوب زاده، س. ۱۳۸۷. مدیریت رسوب مخزن سد دز با استفاده از مونتورینگ جریان گل آلود، دومین کنفرانس ملی نیروگاه‌های آبی کشور، تهران، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران.
- قربان مقدم، ع.، م. قمشی، ر. نصرالله پور. ۱۳۹۱. بررسی آزمایشگاهی تأثیر موانع استوانه‌ای شکل بر حرکت راس جریان غلیظ، نهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- کاهه، م.، م. قمشی، س. موسوی جهرمی، س. ۱۳۹۰. بررسی آزمایشگاهی سرعت پیشروی جریان غلیظ بر روی سطوح زبر، علوم و مهندسی آبیاری، مجله علمی کشاورزی. شماره ۳۵. ص ۱۱۰-۱۰۱.
- کشتکار، ش.، س. ع. ایوبزاده، س. ع. و، ب فیروزآبادی، ۱۳۸۹. بررسی پروفیل سرعت و غلظت جریان گل‌آلود با استفاده از مدل فیزیکی. پژوهش‌های آبخیزداری. شماره ۸۷. ص ۴۳-۳۶.
- ماروسی، م.، م. قمشی، و ح بشاورد. ۱۳۸۸. کنترل رسوبگذاری توسط مانع در مخازن سدها، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.
- محققیان، م. ا. اصغری پری. ۱۳۹۲. بررسی اثر ایجاد زبری در کنترل جریان غلیظ به کمک CFD. دوازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- محمدی، م. ۱۳۸۶. هیدرولیک جریان در کانالها و رودخانه‌ها، (ترجمه، چاپ دوم)، انتشارات دانشگاه ارومیه.
- محمدنژاد، ب. ع. محمدیان، ۱۳۸۸. پیشروی پیشانی جریان چگال در محیط آبی، هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران، دانشگاه تهران.
- مرادی، ا.، م. قمشی، ب. سروری نژاد. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر تغییرات پارامترهای شیب، دبی و غلظت بر شدت اختلاط جریان غلیظ در مقاطع همگرا، فصل‌نامه‌ی تخصصی علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان. شماره ۲. ص ۷۳-۸۸.
- ورجوند، پ.، ع. حسین زاده دلیر، م. قمشی، د.، فرسادی زاده. ۲۹. بررسی آزمایشگاهی تأثیر زبریهای مصنوعی بر روی نوسانات لحظه‌ای سرعت در جریان غلیظ نمکی، نشریه آب و خاک، علوم و صنایع کشاورزی. شماره ۴. ص ۴۹-۳۹.
- Bursik, M.I., Woods, A.W. 2000. The effects of topography on sedimentation from particle-laden turbulent density currents. *Journal of Sedimentary Research*, 70(1): 53-63.
- Cabeza, C., Varela, J., Bove, I., Freire, D., Marti, A. C., Sarasua, L. G., Usera, G., Montagne, R. and Araujo, M., (2009), "Two-layer stratified flows over pronounced obstacles at low-to-intermediate Froude numbers". *Physics of Fluids* 21, 044102-10
- Nasrollahpour, R., Ghomeshi, M. 2012. Effect of Roughness Geometry on Characteristics of Density Currents Head. *Indian Journal of Science and Technology*, 5(12): 3783-3787.
- Oehy, C., Schleiss, A. 2007. Control of Turbidity Currents in Reservoirs by Solid and Permeable Obstacles. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(6):637-648.
- Rottman, J. W. and Simpson, J. E., (1989), "The formation of internal bores in the atmosphere: A laboratory model", *Q. J. R. Meteorol. SOC.*, V. 115, pp. 941-963.
- Simpson, J. E., (1997), *Gravity Currents: In the Environment and the Laboratory*, 2nd. Cambridge University Press.

Numerical Analysis on the Effects of Porous Plate to Control Turbidity Currents

M.Zayeri¹, M.Ghomeshi²

Abstract

Reservoir sedimentation can result in loss of much needed reservoir storage capacity, and therefore reducing the useful life of dams. The turbidity current is one of the most important factors that affects sediment distribution in reservoirs and represent a major problems of manmade reservoirs. One of the methods to control or depreciation turbidity currents in reservoirs is create solid obstacle in the reservoir. In this study, the effect of the porous plate on turbidity current with different porosity 0.3, 0.5 and 0.67 percent are studied using FLOW3D software. The turbulence models used for simulation are $k-\omega$, RNG and $k-\epsilon$. The results showed that $k-\omega$ turbulence model is more consistent than other models in the simulation of vertical distribution of the turbidity current. The results show that the waves formed on the upstream of the porous plate are the B type. The use of plate with porosity of 0.67 percent can decrease the flow discharge of turbidity current equal to 64.5% and reduce the porosity to the 0.3 percent case the reduction of discharge of turbidity current to 30%.

Keywords: Grid plate, Turbidity current, porosity, FLOW3D software.

¹ Phd. Dept. of Water Structure Eng, Shahid Chamran University of ahvaz, 09364930766, Khouzestan, ahvaz, Koy Ayashar number 36, m.zayri@yahoo.com.(main author)

² Prof., Water Structure Eng, Shahid Chamran University of ahvaz, 09163196906, m.ghomeshi@yahoo.com