

بررسی تاثیر مانع و زبری در کنترل جریان غلیظ رسوبی

مهدی دریائی^{۱*}، سید محمود کاشفی پور^۲ و مهدی قمشی^۲

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۲۵

^۱ دانشجوی دکتری سازه های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

^۲ استاد گروه سازه های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Mehdi.Daryaei@yahoo.com

چکیده

در تحقیق حاضر کنترل جریان غلیظ با استفاده از زبری و مانع مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایشات در فلومی شیب پذیر به طول ۷۸۰ سانتی‌متر با کارگذاری ۳ طول متفاوت از زبری (۱/۵، ۱ و ۱/۵ متر) در بالادست، پایین-دست و دو طرف مانع و ۳ ارتفاع متفاوت زبری (۱/۵، ۱ و ۱/۵ سانتی‌متر) در هر حالت انجام شد. ارتفاع مانع برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ در نظر گرفته شد. در انجام آزمایشات از دو غلظت ۱۰ گرم بر لیتر ($\rho_f = 1008 \text{ kg/m}^3$) و ۲۰ گرم بر لیتر ($\rho_f = 1017 \text{ kg/m}^3$) از جریان غلیظ رسوبی و دو شیب بستر صفر و ۲/۵ درصد استفاده گردید. همچنین یک سری آزمایش با شرایط فوق بدون در نظر گرفتن زبری اطراف مانع صورت پذیرفت. نتایج حاصل نشان داد که به کار بردن زبری به همراه مانع تاثیر قابل توجهی بر روی کنترل دبی جریان غلیظ خواهد داشت. به نحوی که در حالت بدون زبری و با به کار بردن مانعی به اندازه ارتفاع بدنه جریان غلیظ در غلظت‌ها و شیب‌های مورد نظر به طور متوسط حدود ۳۱ درصد از جریان غلیظ کنترل شد. حال آنکه با استفاده از زبری به همراه مانع در برخی از حالات کارگذاری تا حدود ۱۰۰ درصد کنترل دبی جریان غلیظ مشاهده گردید. کارگذاری زبری در بالادست تاثیر نسبتاً بیشتری (به طور متوسط حدود ۱۱ درصد) بر روی کنترل جریان غلیظ نسبت به حالتی که زبری در پایین‌دست کارگذاری شده بود از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: جریان کدر، رسوب‌گذاری در مخازن، کنترل جریان ثقلی

Study of Obstacle and Roughness Impacts on Controlling Sedimentary Density Current

M Daryae^{*1}, SM Kashfipour² and M ghomshi²

Received: 26 August 2013 Accepted: 16 November 2013

¹- Ph.D. Student, Dept. of Hydraulic Structures, Univ. of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran

²- Prof., Dept. of Hydraulic Structures, Univ. of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran

* Corresponding Author Email: Mehdi.Daryae@yahoo.com

Abstract

In this study the controlling of density current by obstacle and roughness has been investigated. Experiments were carried out in a flume with length of 780 cm with 3 variable lengths of insertion roughness (0.5, 1 and 1.5 m) in upstream, downstream, and two sides of obstacle, and 3 heights of roughness (0.5, 1 and 1.5 cm) for each setting. The height of obstacle was considered equal to the height of density current body. Also two concentrations of density current, 10 g/L ($\rho_t = 1008 \text{ kg/m}^3$) and 20 g/L ($\rho_t = 1017 \text{ kg/m}^3$) and two bed slopes, 0% and 2.5% were considered. A series of experiments was performed without using roughness. The results indicated that using roughness with obstacle had significant impact on the controlling of density current. So that without using roughness and just by using an obstacle with the height equal to density current body in the same concentrations and bed slopes, about 31% of density current was blocked. Whereas by using roughness with obstacle in some conditions 100% blocking of density current was obtained. Insertion of roughness in upstream of obstacle had relatively more impact (about 11%) on the controlling of density current as compared with the condition of roughness insertion in downstream of obstacle.

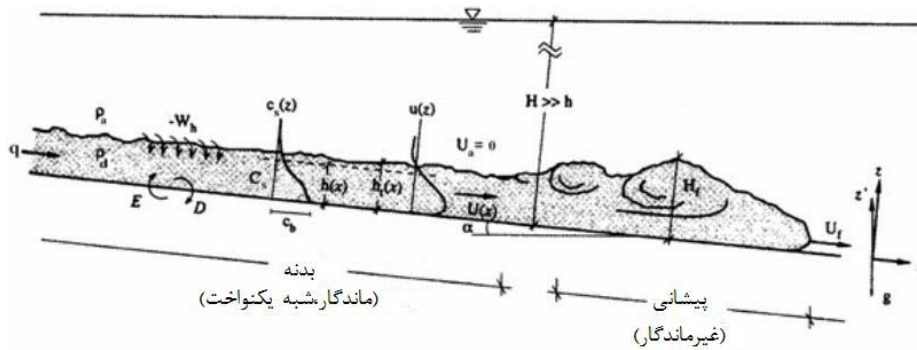
Keywords: Gravity current controlling, Reservoirs sedimentation, Turbidity current

مقدمه

که در این رابطه، g' : شتاب ثقل کاهش یافته، ρ_a : دانسیته سیال پیرامون و ρ_t : دانسیته سیال غلیظ می-باشد. در شکل ۱ شماتیکی از جریان غلیظ رسوبی ارائه شده است.

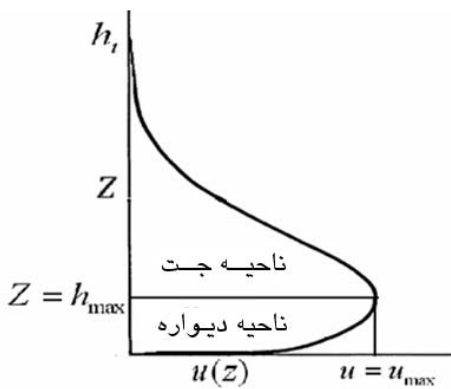
جریان غلیظ جریانی با چگالی بالا (ρ_t) است که ذاتاً به دلیل اثر اختلاف چگالی دو سیال بر روی شتاب جاذبه به وجود می‌آید. شتاب ثقل مؤثر بر جریان که به عنوان نیروی محرک در جریان غلیظ مطرح می‌باشد به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$g' = g \frac{(\rho_t - \rho_a)}{\rho_a} \quad [1]$$



شکل ۱- شماتیکی از جریان غلیظ (آلتیناکار و همکاران ۱۹۹۶).

می‌پذیرد. در صورتی که آشفتگی در ناحیه جت ناشی از اصطکاک جریان با سیال پیرامون می‌باشد (آلتیناکار و همکاران ۱۹۹۶).



شکل ۲- شماتیکی از پروفیل سرعت در جریان غلیظ (آلتیناکار و همکاران ۱۹۹۶).

با توجه به اینکه تفکیک مرز جریان غلیظ از سیال پیرامون تا اندازه‌ای مشکل می‌باشد، لذا روابط زیر به منظور تخمین ارتفاع و سرعت متوسط بدنه جریان غلیظ مورد استفاده قرار می‌گیرد (الیسون و ترنر ۱۹۵۹):

$$Uh = \int_0^{\infty} u dz = \int_0^{h_i} u dz \quad [2]$$

$$U^2 h = \int_0^{\infty} u^2 dz = \int_0^{h_i} u^2 dz \quad [3]$$

که در این روابط U : سرعت متوسط بدنه جریان غلیظ، h : ارتفاع بدنه جریان غلیظ و u : سرعت بدنه در هر فاصله از کف می‌باشد. آکیاما و استفان (۱۹۸۵) بر روی فرسایش و رسوبگذاری در جریان‌ات کدر مطالعاتی

رسوب‌گذاری در مخازن سدها علاوه بر از بین بردن عمر مفید آنها باعث ایجاد خسارات جبران ناپذیری به سازه‌های جانبی سدها مانند آبگیرها، دریچه‌های تخلیه تحتانی و تاسیسات تولید انرژی خواهد شد. جریان غلیظ ضمن حرکت باعث ایجاد فرسایش در بستر شده و پس از رسیدن به نزدیکی بدنه سد با کاهش سرعت منجر به رسوب‌گذاری در این ناحیه می‌شود. با توجه به اهمیت پدیده جریان غلیظ در حرکت رسوبات در مخازن سدها، شناخت این پدیده و ارائه راهکارهایی به منظور کنترل آن امری اجتناب ناپذیر می‌باشد.

تا کنون مطالعات زیادی در خصوص پروفیل سرعت در جریان غلیظ صورت پذیرفته است. الیسون و ترنر (۱۹۵۹)، آلتیناکار و همکاران (۱۹۹۶)، کنلر و همکاران (۱۹۹۹) و باکی و همکاران (۲۰۰۹) در خصوص اندازه‌گیری پروفیل سرعت بدنه جریان غلیظ به صورت آزمایشگاهی مطالعاتی انجام دادند.

شکل عمومی پروفیل سرعت و غلظت در شکل ۲ ارائه شده است. مشخصه‌های مهم موجود در پروفیل سرعت عبارت است از u_{max} : سرعت ماکزیمم، h_{max} : ارتفاع متناظر با سرعت ماکزیمم و h_i : ارتفاعی که در آن سرعت صفر می‌شود. چرا که فرض بر این است، سیال پیرامون در حال سکون و آب تمیز می‌باشد. با توجه به پروفیل سرعت، بدنه جریان غلیظ را می‌توان به دو قسمت تقسیم کرد. قسمت اول از بستر تا h_{max} (ناحیه دیواره) و قسمت دوم از h_{max} تا h_i (ناحیه جت). آشفتگی جریان در ناحیه دیواره ناشی از تاثیر بستر می‌باشد. همچنین رسوب‌گذاری در این ناحیه صورت

در مخازن سد با استفاده از زبری در ناحیه دیواره بدنه جریان غلیظ به همراه مانع به منظور کاهش ارتفاع آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام آزمایشات ابتدا جریان غلیظ رسوبی با مخلوط کردن آب و پودر سنگ به غلظت دلخواه درون مخزن تهیه و توسط پمپ به یک مخزن به منظور رسیدن به هد ثابت منتقل شد، سپس با استفاده از یک شیر و دبی سنج الکترومغناطیس میزان جریان ورودی به درون فلوم کنترل می‌شد. در کلیه آزمایشات دبی جریان غلیظ ثابت و برابر 0.7 لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شد. همچنین دو غلظت 10 گرم در لیتر ($\rho = 1008 \text{ kg/m}^3$) و 20 گرم در لیتر ($\rho = 1017 \text{ kg/m}^3$) از جریان غلیظ رسوبی مورد استفاده قرار گرفت. فلوم مورد استفاده با یک دریچه در ابتدا به دو قسمت تقسیم و بدین وسیله جریان غلیظ از سیال پیرامون جدا شده و در هنگام شروع آزمایش با استفاده از یک اهرم این دریچه تا ارتفاع مشخص بالا رفته و جریان غلیظ وارد سیال پیرامون می‌شد. اندازه متوسط ذرات (D_{50}) در حدود 17 میکرومتر، D_{84} در حدود 63 میکرومتر و D_{16} در حدود 3 میکرومتر می‌باشد. همچنین ضریب یکنواختی ($\sigma_g = \sqrt{\frac{D_{84}}{D_{16}}}$) در حدود $4/5$ می‌باشد که نشان دهنده غیر یکنواخت بودن مصالح مورد استفاده می‌باشد.

شیب‌های مورد استفاده در آزمایشات (صفر و $2/5$ درصد) بوده‌اند. انتخاب این شیب‌ها به گونه‌ای بوده است که جریان غلیظ در تمام آزمایشات بر اساس عدد فرود چگال (رابطه ۴) در حالت زیر بحرانی قرار داشته باشد ($Fr_d < 1$).

$$Fr_d = \frac{u}{\sqrt{g' h \cos \theta}} \quad [4]$$

در این رابطه θ : شیب کف بستر می‌باشد. به منظور تعیین عدد رینولدز جریان از رابطه (۵) استفاده گردید.

انجام دادند. گلاستون و پریچارد (۲۰۱۰) بر روی الگوهای ته‌نشینی در جریان‌ات کدر مطالعاتی انجام دادند. لی و همکاران (۲۰۱۲) بر روی سرعت پیشانی جریان غلیظ در مقاطع متغیر مطالعاتی انجام دادند.

در خصوص کنترل جریان غلیظ مطالعات کمتری تا کنون صورت گرفته است. پرینوس (۱۹۹۹) مطالعاتی در خصوص تاثیر شکل مانع بر روی کنترل جریان غلیظ انجام داد. او در آزمایشات خود از دو مانع به شکل نیم دایره و مثلثی با ارتفاع یکسان استفاده نمود و به این نتیجه رسید که شکل مانع تاثیر معنی داری در کنترل جریان غلیظ نخواهد داشت. همچنین برای محدوده عدد فرود دنیسی-متریک $0.7 \leq Fr_d \leq 0.8$ در صورتی که ارتفاع مانع 2 برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ باشد، جریان به صورت کامل مهار خواهد شد.

اوهی و اشلاز (۲۰۰۳ و ۲۰۰۷) مطالعاتی بر روی کنترل جریان غلیظ با استفاده از مانع غیر مشبک، مانع مشبک به صورت شبکه ژئوتکستایل عمودی، جت عمودی، جت 45 درجه و دیوار حباب انجام دادند. موریس و الکساندر (۲۰۰۳) مطالعاتی در مورد تغییر در جهت جریان در اثر یک مانع گوه‌ای شکل با دیواره قائم انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که یک مانع نسبتاً کوچک می‌تواند بر روی الگوی جریان و ضخامت رسوبگذاری تا فاصله قابل ملاحظه‌ای از مانع تاثیر بگذارد.

اصغری پری (۱۳۸۸) با استفاده از دبی‌ها و غلظت‌های متفاوت از جریان غلیظ نمکی و رسوبی و با در نظر گرفتن ارتفاع‌های مختلف مانع، بر روی کنترل جریان غلیظ مطالعاتی را انجام داد.

همان‌طور که عنوان شد با توجه به تحقیقات صورت گرفته به منظور مهار کامل جریان غلیظ توسط مانع، باید مانعی با ارتفاع تقریباً 2 برابر بدنه جریان غلیظ احداث نمود. افزایش ارتفاع مانع ممکن است از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نباشد. از طرفی با افزایش ارتفاع مانع ممکن است پایداری آن از نظر سازه‌ای بعد از پر شدن مخزن آن توسط رسوبات حمل شده به وسیله جریان غلیظ دچار مخاطره گردد. لذا هدف از تحقیق حاضر ارائه راهکار جدیدی به منظور کنترل جریان غلیظ

$$Q_s = U_f \times H_f \times B \times C \quad [۶]$$

که در این رابطه Q_s : دبی پیشانی جریان غلیظ رسوبی، U_f : سرعت پیشانی جریان غلیظ، H_f : ارتفاع پیشانی جریان غلیظ، B : عرض فلوم و C : متوسط غلظت حجمی پیشانی جریان غلیظ در دو فاصله ۴ و ۶ میلی-متری از کف فلوم می‌باشد. سرعت و ارتفاع پیشانی جریان غلیظ از تکنیک فیلم‌برداری توسط دوربین دیجیتال در طول آزمایشات تعیین گردیدند. بدین صورت که فاصله طی شده توسط پیشانی جریان غلیظ در مدت زمان مشخص تعیین شده و سرعت پیشانی از تقسیم فاصله طی شده بر زمان حاصل می‌شد. برای نمونه-برداری از پیشانی جریان غلیظ از سیفون استفاده گردید. از انتهای هر سیفون توسط سرنگ با حجم مشخص ۵۰ cc نمونه برداری انجام شد. نمونه‌ها بعد از برداشت در ظروف آزمایشگاهی که قبلاً وزن شده بودند ریخته شده و به مدت ۲۴ ساعت درون دستگاه آون قرار گرفتند. بعد از خشک شدن و توزین مجدد با مشخص بودن وزن رسوب موجود در نمونه و حجم نمونه، غلظت در هر ارتفاع حاصل می‌شد. سیفون‌ها قبل و بعد از محدوده کارگذاری زبری قرار گرفتند. در شکل ۳ فلوم و تجهیزات مورد استفاده به صورت شماتیک نشان داده شده است.

با استفاده از رابطه ۷ درصد کاهش دبی رسوبی پیشانی جریان غلیظ برآورد گردید.

$$\% \Delta Q_s = \frac{Q_{sb} - Q_{sa}}{Q_{sb}} \times 100 \quad [۷]$$

که در این رابطه $\% \Delta Q_s$: درصد کاهش دبی رسوبی پیشانی جریان غلیظ، Q_{sb} : دبی رسوبی پیشانی جریان غلیظ قبل از کارگذاری زبری (در حالت بدون زبری Q_{sb} : دبی رسوبی پیشانی جریان غلیظ قبل از مانع) و Q_{sa} : دبی رسوبی پیشانی جریان غلیظ بعد از کارگذاری زبری (در حالت بدون زبری Q_{sa} : دبی رسوبی پیشانی جریان غلیظ بعد از مانع) می‌باشد.

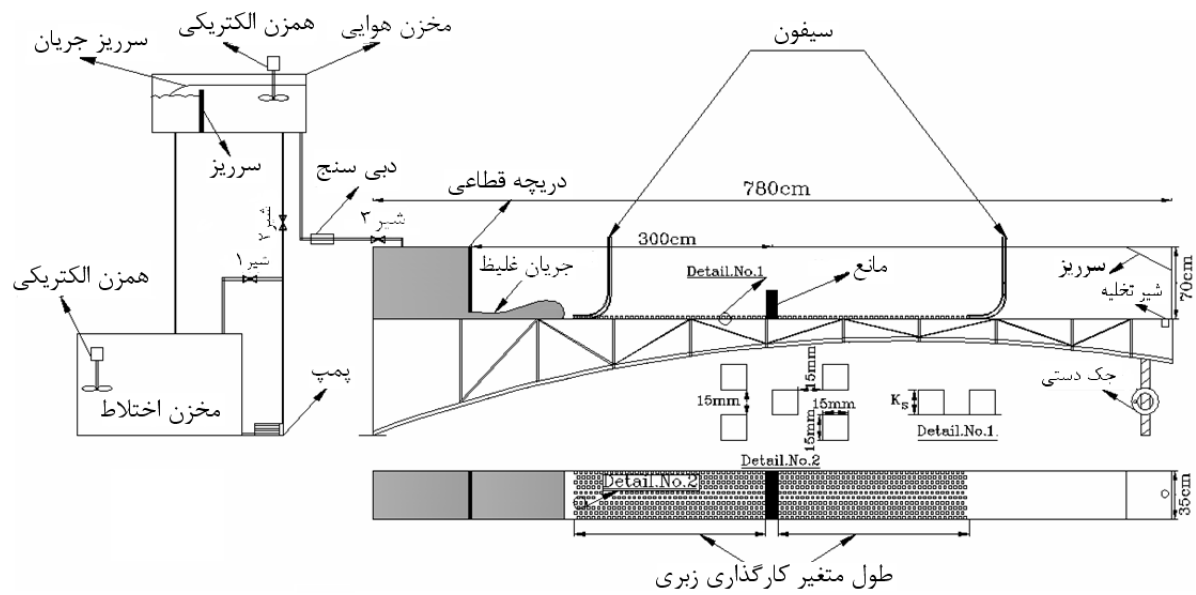
$$Re = \frac{\rho_t U h}{\mu} \quad [۵]$$

در این رابطه ρ_t : جرم واحد حجم اولیه جریان غلیظ و μ : لزوجت دینامیکی جریان غلیظ می‌باشد. به منظور تعیین ارتفاع زبری های مورد استفاده در انجام آزمایشات، ابتدا یک آزمایش که در آن کمترین h_{max} شکل بگیرد با شیب طولی ۲/۵ درصد و غلظت ۲۰ گرم در لیتر ($\rho_t = 1017 \text{ kg/m}^3$) انجام شد. بلندترین ارتفاع زبری مورد استفاده در این تحقیق از z_{max} در این حالت کمتر در نظر گرفته شده است. h_{max} برای شرایط این آزمایش معادل ۱/۷ سانتی‌متر حاصل شد. در نتیجه برای اینکه کلیه زبری‌ها در ناحیه دیواره قرار بگیرند ماکزیمم ارتفاع زبری برابر ۱/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده و سایر ارتفاعات زبری (صفر، ۰/۵ و ۱ سانتی‌متر) بر مبنای آن انتخاب گردید.

همچنین به منظور تعیین ارتفاع بدنه جریان غلیظ برای تعیین اندازه ارتفاع مانع، آزمایشاتی با در نظر گرفتن شیب‌ها و غلظت‌های مورد نظر صورت پذیرفت. در هر حالت با استفاده از رابطه (۲) ارتفاع بدنه جریان تعیین گردید. در نهایت ارتفاع متوسط ۷ سانتی‌متر برای مانع در نظر گرفته شد.

نحوه انجام آزمایشات بدین صورت بود که برای هر شیب و هر غلظت از جریان غلیظ رسوبی، ابتدا بدون در نظر گرفتن زبری میزان تاثیر مانع با ارتفاع برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ در مهار جریان غلیظ مورد بررسی قرار گرفت. سپس در بالادست مانع با طول کارگذاری ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متری زبری با اندازه‌های مورد نظر نصب گردید و تاثیر کارگذاری زبری با طول‌های متفاوت در بالادست به همراه مانع در کنترل جریان غلیظ مورد بررسی قرار گرفت. مشابه این حالت با کارگذاری زبری در پایین‌دست و در دو طرف مانع نیز مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع تعداد ۱۱۲ آزمایش انجام شد.

به منظور تعیین میزان کنترل جریان غلیظ از دبی رسوبی پیشانی جریان غلیظ استفاده گردید. دبی پیشانی جریان غلیظ رسوبی مطابق رابطه (۶) تعیین گردید.



شکل ۳- محل قرارگیری پروب‌های سرعت و سیفون‌ها.

نتایج و بحث

این جدول مشاهده می‌شود در تحقیق حاضر تمامی آزمایشات در حالت زیر بحرانی و آشفته قرار دارند.

در جدول ۱ محدوده اعداد رینولدز و فرود چگال برای بدنه جریان غلیظ ارائه شده است. همان‌طور که در

جدول ۱- محدوده اعداد فرود چگال و رینولدز بدنه جریان غلیظ در آزمایشات.

Re		Fr _d		بدنه جریان
حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	
۲۱۰۰	۳۶۰۰	۰/۴۲	۰/۹۹	

($\rho_f = 1017 \text{ kg/m}^3$) ارائه شده است. همان‌طور که عنوان شد در انجام آزمایشات ارتفاع مانع برابر با متوسط ارتفاع بدنه جریان غلیظ در شیب‌ها و غلظت‌های مورد نظر و برابر ۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است.

در جدول ۲ میزان کنترل جریان غلیظ در حالتی که فقط مانع در برابر آن قرار دارد در دو شیب صفر و ۲/۵ درصد و دو غلظت ۱۰ گرم بر لیتر ($\rho_f = 1008 \text{ kg/m}^3$) و ۲۰ گرم بر لیتر

جدول ۲- میزان کنترل جریان غلیظ با استفاده از مانع.

۲/۵		صفر		شیب (%)
۲۰	۱۰	۲۰	۱۰	غلظت (gr / lit)
۲۶	۱۳	۵۰	۳۶	کاهش دبی پیشانی (%)

کارگذاری زبری در پایین دست و $U & D$: کارگذاری زبری در دو طرف مانع می‌باشند.

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود به کار بردن زبری به همراه مانع تاثیر قابل توجهی در کنترل جریان غلیظ خواهد داشت. به عنوان مثال برای آزمایش $S0 - C20 - L1.5$ در حالت $U & D$ میزان کنترل جریان غلیظ از ۳۶ درصد در حالت بدون کارگذاری زبری به همراه مانع به ۱۰۰ درصد افزایش پیدا کرده است. دلیل این پدیده را می‌توان اینگونه توجیه کرد که به کار بردن زبری بدون توجه به موقعیت کارگذاری آن موجب کاهش سرعت و افزایش نشست رسوبات معلق در جریان غلیظ رسوبی می‌شود که این پدیده به میزان قابل توجهی در کاهش دبی و غلظت جریان غلیظ در مسیر حرکت موثر خواهد بود. همچنین با توجه به شکل ۴ افزایش ارتفاع زبری در هر حالت به دلیل افزایش مقاومت در مقابل جریان و کاهش بیشتر سرعت منجر به افزایش میزان کنترل جریان غلیظ خواهد شد.

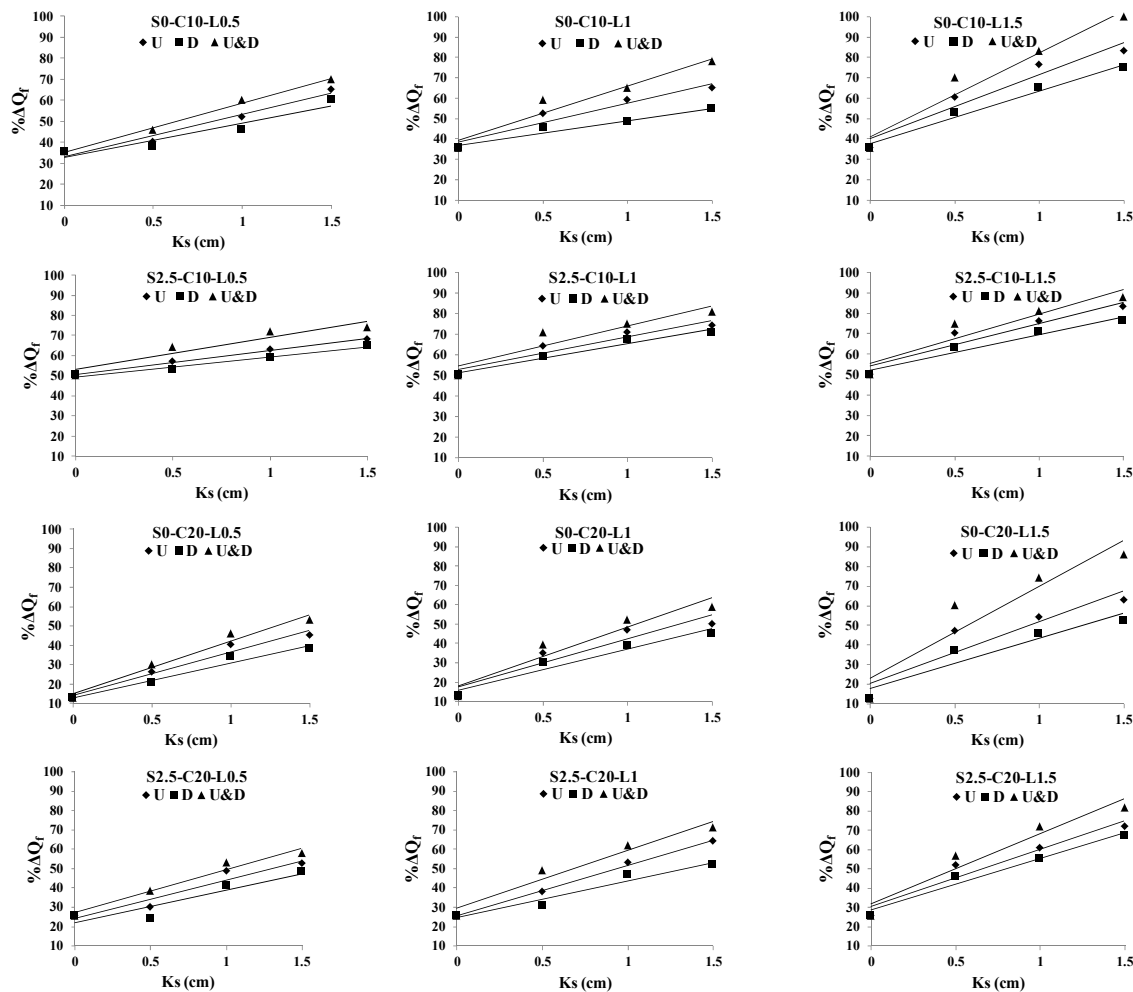
در جدول ۳ میزان درصد متوسط کنترل جریان غلیظ برای اندازه‌های متفاوت زبری و غلظت های مورد استفاده در این تحقیق به منظور مقایسه بهتر نتایج ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در صورتی که ارتفاع مانع برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ در نظر گرفته شود، تاثیر آن در کنترل جریان غلیظ با توجه به مطالعات پرینوس (۱۹۹۹)، نسبت به حالتی که ارتفاع آن در حدود ۲ برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ باشد (کنترل کامل جریان غلیظ) به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. از طرفی در انجام آزمایشات با افزایش شیب از صفر درصد تا ۲/۵ درصد، تاثیر مانع در کنترل جریان غلیظ در هر غلظت کاهش می‌یابد. دلیل این پدیده را می‌توان کاهش سرعت در شیب صفر درصد و افزایش میزان ته‌نشینی رسوبات از جریان غلیظ نسبت به شیب ۲/۵ درصد دانست.

در شکل ۴ تغییرات درصد کاهش دبی پیشانی جریان غلیظ برای هر یک از حالات آزمایشات نشان داده شده است. هر شکل دارای یک عنوان به صورت $S - C - L$ می‌باشد که S : شیب (درصد)، C : غلظت (گرم بر لیتر)، L : طول کارگذاری زبری (متر) می‌باشد. به عنوان مثال $S0 - C20 - L1.5$ معرف آزمایش با شرایط شیب کف صفر درصد، غلظت جریان غلیظ ۲۰ گرم بر لیتر و طول کارگذاری زبری ۱/۵ متر می‌باشد. همچنین علائم U : کارگذاری زبری در بالادست، D :

جدول ۳- درصد متوسط کاهش بار انتقالی توسط جریان غلیظ در شرایط مختلف با استفاده از زبری و مانع.

$L = 1.5m$			$L = 1m$			$L = 0.5m$			شیب (%)
$U & D$	D	U	$U & D$	D	U	$U & D$	D	U	
۸۳	۶۸	۷۵	۷۲	۵۸	۶۵	۶۴	۵۴	۵۸	صفر
۷۱	۵۱	۵۸	۵۵	۴۱	۴۸	۴۷	۳۵	۴۱	۲/۵



شکل ۴- تغییرات درصد کنترل جریان غلیظ در انجام آزمایشات.

خواهد کرد به دلیل سبک بودن، جریان در فاصله دورتری از مانع فرود خواهد آمد و با بخشی از زبری-های کارگذاری شده بلافاصله بعد از مانع مواجه نخواهد شد. همچنین با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود در حالتی که زبری در دو طرف مانع کارگذاری شده باشد بیشترین میزان کنترل جریان غلیظ و کاهش بار انتقالی رسوب توسط جریان غلیظ را خواهیم داشت که با توجه به توضیحات فوق امری بدیهی می‌باشد.

از جمله موارد دیگری که با توجه به جدول ۳ می‌توان برداشت نمود، افزایش درصد مهار جریان غلیظ در هر حالت کارگذاری زبری با افزایش طول کارگذاری زبری در آن حالت می‌باشد. به عنوان مثال در شیب ۲/۵ درصد برای حالتی که زبری در بالادست کارگذاری

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در هر شیب کارگذاری زبری در بالادست تاثیر نسبتاً بیشتری (به طور متوسط در حدود ۱۱ درصد) در کنترل جریان غلیظ نسبت به حالتی که زبری در پایین‌دست قرار دارد را دارا می‌باشد. دلیل این پدیده را می‌توان این‌گونه بیان کرد که وجود زبری قبل از مانع علاوه بر کاهش سرعت و ته‌نشینی بخشی از رسوبات معلق در جریان غلیظ، از انرژی جریان تا حد زیادی می‌کاهد. لذا جریان با انرژی کمتری به مانع برخورد کرده و بخش کمتری از آن از روی مانع عبور خواهد کرد. حال آنکه در حالتی که زبری بعد از مانع کارگذاری شود، علاوه بر اینکه جریان با انرژی بیشتری به مانع برخورد کرده و قسمت بیشتری از جریان نسبت به حالت قبل از روی مانع عبور

- در صورتی که ارتفاع مانع برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ در نظر گرفته شود میزان کنترل جریان غلیظ به میزان قابل توجهی نسبت به ارتفاع مورد نظر برای کنترل کامل جریان (ارتفاع مانع ۲ برابر ارتفاع بدنه جریان غلیظ) کاهش می‌یابد.

- به طور کلی به کار بردن زبری به همراه مانع تاثیر زیادی بر روی کنترل جریان غلیظ خواهد داشت.
- تاثیر کارگذاری زبری در بالادست بر روی کنترل جریان غلیظ نسبت به حالتی که در پایین دست کارگذاری شود، بیشتر خواهد بود.
- برای هر حالت از کارگذاری زبری با افزایش شیب از صفر درصد به ۲/۵ درصد تاثیر زبری و مانع بر روی کنترل جریان غلیظ کاهش یافت.
- افزایش طول زبری در هر حالت کارگذاری تاثیر زیادی بر روی کنترل جریان غلیظ خواهد داشت.

شود، متوسط درصد کنترل جریان غلیظ برای اندازه‌های زبری مورد نظر در تحقیق حاضر به ازای افزایش طول کارگذاری زبری از ۰/۵ متر تا ۱/۵ متر در حدود ۴۲ درصد افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر تاثیر استفاده از زبری به همراه مانع با ارتفاع برابر ارتفاع بدنه جریان به منظور کنترل جریان غلیظ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از ۳ اندازه متفاوت زبری، ۳ طول کارگذاری زبری و ۳ موقعیت کارگذاری زبری نسبت به مانع در نظر گرفته شد. همچنین یک سری آزمایش تنها با در نظر گرفتن مانع و بدون کارگذاری زبری صورت پذیرفت. در انجام آزمایشات از ۲ شیب و ۲ غلظت متفاوت از جریان غلیظ استفاده گردید. در مجموع تعداد ۱۱۲ آزمایش انجام شد. از جمله مهمترین نتایج تحقیق حاضر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

منابع مورد استفاده

- اصغری پری س، ۱۳۸۸. بررسی اثر ارتفاع مانع بر رسوبگذاری مخزن در جریان غلیظ. رساله دکتری. دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.
- Akiyama J and Stefan H, 1985. Turbidity current with erosion and deposition. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 111(12): 1473-1496.
- Altinakar MS, Graf WH and Hopfinger EJ, 1996. Flow structure in turbidity currents. Journal of Hydraulic Research. 34(5): 713-718.
- Buckee C, Kneller B and Peakall J, 2009. Turbulence Structure in Steady. Solute-driven Gravity Currents. Blackwell. Oxford. UK.
- Ellison TH and Turner JS, 1959. Turbulent entrainment in stratified flows. Journal of Fluid Mech 6(3): 423-448.
- Gladstone C and Pritchard D, 2010. Patterns of deposition from experimental turbidity currents with reversing buoyancy. Sedimentology 57(1):53-84.
- Kneller BC, Bennett SJ and McCaffrey WD, 1999. Velocity structure, turbulence and fluid stresses in experimental gravity currents. Journal of Geophysical Research 104(C3):5381-5391.
- Li T, Zhang JH, Tan GM, Ma HB and Li SX, 2012. Study on turbidity current head going through the changing width section. Procedia Environmental Sciences 13. 214-220.
- Morris SA and Alexander J, 2003. Changes in flow direction at a point caused by obstacles during passage of a density current. Journal of Sedimentary Research 73:621-629.
- Oehy Ch, 2003. Effects of obstacles and jets on reservoir sedimentation due to turbidity currents. Communication No.15 of the Laboratory of Hydraulic Structures LCH. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL. Switzerland.
- Oehy Ch and Schleiss A, 2007. Control of turbidity currents in reservoirs by solid and permeable obstacles. Journal of Hydraulic Engineering 133(6) : 637-648.
- Prinos P, 1999. Tow-dimensional density currents over obstacles, 18th IAHR Congress, Graz, Austria.