

بررسی آزمایشگاهی عملکرد صفحات مستغرق در رسوب‌زدایی از کف حوضچه رسوب‌گیر گردابی

مجتبی صانعی^{۱*}، معین آصفی^۲ و کاظم اسماعیلی^۲

^۱ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و ^۳ استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۶/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳

چکیده

حوضچه رسوب‌گیر گردابی از جمله سازه‌های کنترل رسوب در سیستم‌های انتقال و مصرف آب است که در شرایط خاص خود می‌تواند از نظر اقتصادی نسبت به سایر طرح‌ها ارجح باشد. از جمله مشکلات به‌کارگیری این نوع رسوب‌گیر، ته‌نشست درصدی از رسوبات در کف حوضچه و عدم خروج آن‌ها از روزنه تحتانی می‌باشد که باعث ایجاد اختلال در عملکرد این سازه می‌شود. در این پژوهش که شامل تلفیق حوضچه رسوب‌گیر گردابی با صفحات مستغرق می‌باشد، به‌منظور یافتن موقعیت مناسب برای کارگذاری صفحات در کف حوضچه، آرایش‌های مختلفی مورد بررسی قرار داده شد. نتایج آزمایشگاهی نشان داد، با کاهش فاصله شعاعی قرارگیری صفحات از روزنه ($r < R/2$) رسوب‌گذاری در کف افزایش می‌یابد و با افزایش این فاصله شعاعی ($r > R/2$)، صفحات با هدایت رسوبات کف به سمت روزنه تحتانی، باعث رسوب‌زدایی از کف می‌شوند. همچنین، نتایج حاکی از آن است که کارگذاری صفحات با ثابت نگه‌داشتن راندمان رسوب‌گیری کل و تلفات دبی، توانسته است، تغییر در سهم رسوبات کف حوضچه ایجاد کند. زمانی که صفحات در فاصله‌های شعاعی کم قرار داده می‌شوند، افزایش تلفات دبی به میزان کمی مشاهده شد. در نهایت، فاصله $R:4$ را در مقایسه با سایر فواصل به دلیل تعداد صفحات کمتر و رسوب‌زدایی بیشتر به‌عنوان فاصله شعاعی بهینه برای کارگذاری صفحات می‌توان معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: تلفات دبی، راندمان رسوب‌گیری، رسوبات، روزنه، فاصله شعاعی

مقدمه

ایجاد مشکل در کارکرد قسمت‌های مکانیکی نظیر پمپ‌ها و توربین‌ها، هزینه لایه‌روبی بالا را ایجاد می‌کنند. از این‌روست که مسئله رسوب، رسوب‌گذاری و رسوب‌زدایی در سازه‌های آبی نقش پررنگ‌تر و با اهمیت‌تری به خود می‌گیرد. وجود این مسائل است که مهندسان هیدرولیک و طراحان سازه‌های آبی را بر آن داشته تا با اتخاذ تدابیر و راهکارهای مناسب، از

اهمیت مسائل رودخانه‌ها و استفاده صحیح از آب موجود در هر زمان مورد توجه بوده است. از آنجایی که رودخانه‌ها مقدار زیادی از مواد رسوبی را همراه خود حمل می‌کنند، با وارد شدن رسوبات به شبکه‌های آبی مشکلات زیادی از جمله جمع‌شدن رسوبات در کانال‌ها، کاهش ظرفیت انتقال کانال‌ها،

* مسئول مکاتبه: mojtabasaneie@yahoo.com

ته‌نشینی کلاسیک باشند، ولی در مقایسه با آن‌ها پژوهش‌های کمتری در این زمینه صورت گرفته است. یکی از مشکلات عمده این نوع از حوضچه‌ها، ته‌نشست درصدی از رسوبات در کف حوضچه و عدم خروج آن‌ها از روزنه تحتانی می‌باشد. این مشکل که ممکن است بنا به دلایلی از جمله عدم طراحی مناسب یا هر عامل دیگری باشد، به مرور زمان باعث ایجاد اختلال در عملکرد حوضچه می‌شود.

محققین بسیاری راهکارهای متفاوتی را برای رفع مشکل ته‌نشست رسوبات در کف حوضچه ارائه نمودند. Cecen و Akmandor (۱۹۷۳)، Cecen و Bayazit (۱۹۷۵) و Curi و همکاران (۱۹۷۹) در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که وجود یک شیب شعاعی در کف به سمت روزنه باعث عملکرد بهتر حوضچه و کاهش رسوبات ته‌نشین شده در کف می‌شود.

Salakhov (۱۹۷۵) افزایش شیب کف حوضچه را تا دو درصد پیشنهاد کرد. Saneie (۱۹۸۰) برای حل این مشکل از لوله‌های گردابی به صورت شعاعی در کف حوضچه استفاده کرد. Ziaei (۲۰۰۰) پیشنهاد کرد که می‌توان با تعبیه دو ورودی جریان و تغییر جهت جریان از حالت ساعت‌گرد به پادساعت‌گرد و بالعکس رسوبات ته‌نشین شده در کف حوضچه رسوب‌گیر را شستشو داد.

Ansari و Athar (۲۰۱۲a) با استفاده از شبکه عصبی راندمان رسوب‌گیری حوضچه رسوب‌گیر گردابی را تخمین زده‌اند. همچنین، Ansari و Athar (۲۰۱۲b) ساختار جریان درون حوضچه رسوب‌گیر گردابی را مورد بررسی آزمایشگاهی قرار دادند. Chapokpur و همکاران (۲۰۱۲a) به انتشار نتایج حاصل از بررسی سه بعدی تنش برشی رینولدزی جریان درون حوضچه رسوب‌گیر گردابی اقدام کردند. Chapokpur و همکاران (۲۰۱۲b) با روش ADV به بررسی سه بعدی سرعت در حوضچه رسوب‌گیر گردابی پرداختند.

در پژوهش حاضر طرحی برای حل این مشکل ارائه و بررسی شده است. در این طرح فرض بر این است که کارگذاری صفحات مستغرق در کف حوضچه، موجب تشکیل جریان‌های ثانویه شده که با تقویت

طرق مختلف، رسوب موجود در جریان آب را کنترل نمایند. یکی از راه‌های مقابله با رسوب و مشکلات ناشی از آن، احداث سیستم‌های رسوب‌گیر و جداسازی رسوبات قبل از ورود آن‌ها به شبکه‌ها و تأسیسات می‌باشد. اصول کار این سیستم‌های جداکننده رسوب به دو دسته اصلی متناوب و مداوم تقسیم‌بندی می‌شود که در نهایت انواع مختلفی از آن‌ها طراحی شده است که هر کدام دارای مزایا و معایبی هستند. از جمله این سازه‌ها می‌توان به حوضچه رسوب‌گیر مستطیلی (کلاسیک)، لوله‌های رسوب‌گیر گردابی، تونل‌های رسوب‌گیر و حوضچه رسوب‌گیر گردابی (VSB) اشاره کرد.

به‌منظور حذف خصوصیات نامطلوب حوضچه‌های ته‌نشینی کلاسیک (لایروبی در طولانی مدت) و همچنین، سایر روش‌های رسوب‌گیری، حوضچه‌های رسوب‌گیر گردابی ابداع و مورد استفاده قرار داده شد. در این نوع رسوب‌گیرها، جریان حاوی رسوب به‌صورت مماسی به داخل یک حوضچه استوانه‌ای هدایت شده و ضمن چرخش حول محور مرکزی استوانه، قسمت عمده‌ای آن از روی سرریز فوقانی و قسمت اندکی نیز از طریق روزنه‌ای که در کف تعبیه شده است، به بیرون از حوضچه هدایت می‌شود. در این حین، پدیده تله‌اندازی و حرکت رسوبات به سمت روزنه شستشوی تحتانی به‌وسیله میدان جریان گردابی تشکیلی صورت می‌گیرد. در نهایت ذرات رسوبی فقط با از دست دادن مقدار اندکی از دبی جریان، جداسازی می‌شوند.

این روش یکی از راه‌حل‌های شناخته شده در موضوع جداسازی جامد از مایع با سرعت بالا بر پایه استفاده از نیروی چرخشی جریان و اختلاف دانسیته مواد رسوبی و آب می‌باشد. هسته هوای شکل گرفته در مرکز گردابه با نفوذ در داخل روزنه، به میزان قابل توجهی تلفات دبی را به دلیل کاهش سطح مؤثر روزنه، کاهش می‌دهد. به‌طور خلاصه، مزایای این روش رسوب‌گیری را می‌توان به‌صورت تلفات کم آب، اقتصادی بودن آن‌ها نسبت به سایر روش‌ها و دائمی بودن این سیستم بر خلاف سایر سازه‌های رسوب‌گیر برشمرد.

با وجود آنکه حوضچه‌های رسوب‌گیر گردابی از لحاظ کارایی ممکن است مفیدتر از حوضچه‌های

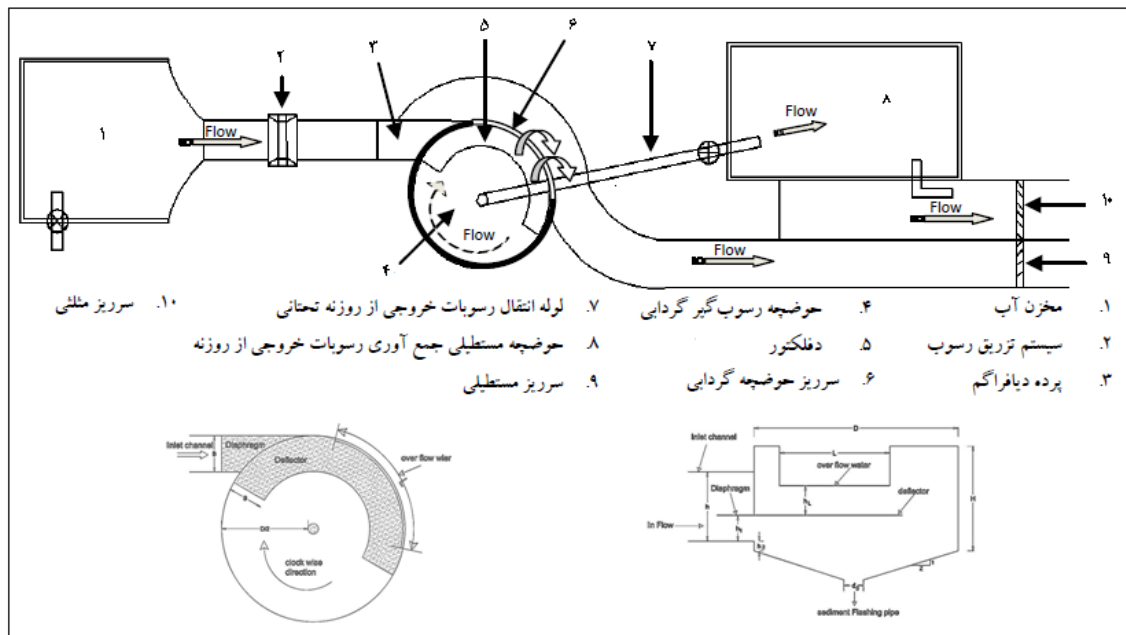
آزمایشگاهی با ذکر اجزاء آن و در جدول ۱ مشخصات مدل یادشده ارائه شده است.

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، این نوع حوضچه دارای یک دفلکتور به صورت افقی و مسطح در زیر سرریز گردابی و یک پرده دیافراگم در مدخل ورودی خود می‌باشد. دفلکتور با افزایش زمان ماند جریان آب حاوی رسوب در داخل حوضچه، باعث می‌شود، جریان تحت چرخش بیشتر قرار داده شود.

جریان‌های گردابی ثانویه ایجاد شده به وسیله خود حوضچه، سهولت حرکت رسوبات کف به سمت روزنه تحتانی را سبب می‌شوند.

مواد و روش‌ها

مدل آزمایشگاهی: بررسی‌های آزمایشگاهی مورد نظر در این پژوهش بر روی مدل فیزیکی حوضچه رسوب‌گیر گردابی موجود در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام گرفت. در شکل ۱ پلان مدل



شکل ۱- پلان مدل آزمایشگاهی به همراه ساختمان حوضچه گردابی ساخته شده

جدول ۱- مشخصات حوضچه رسوب‌گیر گردابی

ارتفاع ورودی حوضچه	عرض کانال ورودی	ارتفاع سرریز حوضچه	طول سرریز گردابی	شیب کف حوضچه	قطر روزنه تحتانی	قطر حوضچه	ارتفاع
h_1 (cm)	B (cm)	h_L (cm)	L(m)	$S_c\%$	(mm)	D (m)	H (cm)
۲۰	۴۳	۳۲/۱۴	۱/۶۸	۱۰	۴۶	۲/۱۴	۹۰

دارای دانه‌بندی یکنواخت با $D_{50}=0.15$ میلی‌متر می‌باشد. سامانه تزریق رسوب در این آزمایش‌ها به روش تزریق خشک با دور ثابت است که به طور یکنواخت رسوبات را به جریان تزریق می‌کند و این رسوبات از طریق کانال ورودی وارد حوضچه گردابی می‌شود (شکل ۳). این سیستم در فاصله ۱/۵ متری بالادست حوضچه گردابی قرار گرفته بود. قبل از انجام آزمایش‌ها دور الکتروموتور سامانه تزریق را با شدت

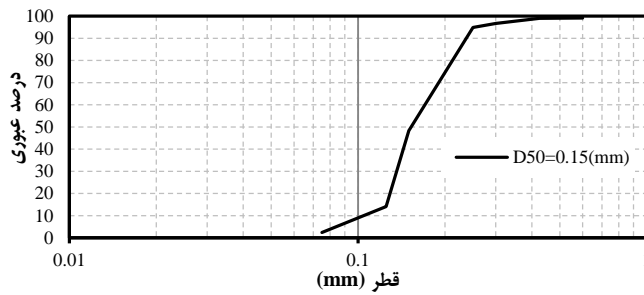
مشخصات رسوب انتخابی و سامانه تزریق

رسوب: به دلیل توزیع بهتر دانه‌بندی ذرات در ماسه بادی و همچنین، مصالحی که بتواند در محدوده آزمایش و امکانات آزمایشگاهی کاربرد داشته و در محدوده آزمایش‌ها معلق بماند و نیز برای مزیت‌سنجی و مقایسه عملکرد صفحات، این ماده به عنوان رسوب انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به منحنی دانه‌بندی شکل ۲ مشاهده می‌شود که این نوع رسوب

برای آرایش قرارگیری صفحات در کف حوضچه شرایطی در نظر گرفته شد که در آن برای بیان فاصله طولی صفحات از یکدیگر، کف حوضچه به قطاع‌های با زوایای یکسان تقسیم‌بندی شد. همان‌طور که در شکل ۵ (الف) مشاهده می‌شود، این فاصله طولی در حالت شش قطاعی با زوایای یکسان ۶۰ درجه در نظر گرفته شده است. همچنین، برای بررسی فاصله شعاعی صفحات از روزنه تحتانی، کف حوضچه به چهار دایره متحدالمرکز با فاصله یکسان از یکدیگر تقسیم شد. در شکل ۵ (ب) دایره‌ها با نام‌گذاری در نظر گرفته شده برای آن‌ها نشان داده شده است. فاصله عرضی صفحات از همدیگر مقدار ثابت $\delta_n = 3H_v$ در نظر گرفته شد و زاویه قرارگیری صفحات با امتداد مماسی خطوط جریان $\theta = 25^\circ$ به سمت مرکز حوضچه (روزنه) در نظر گرفته شد (شکل ۶).



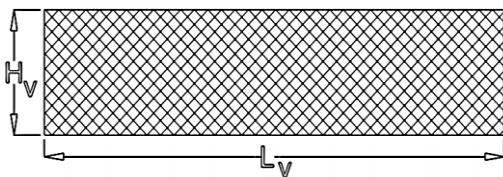
شکل ۳- سامانه تزریق رسوب



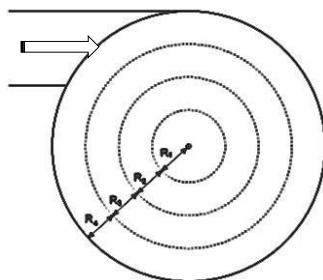
شکل ۲- منحنی دانه‌بندی ذرات رسوبی

جدول ۲- مشخصات ابعاد صفحات

ارتفاع صفحه	طول صفحه
$H_v(cm)$	$L_v=3H_v(cm)$
۴	۱۲

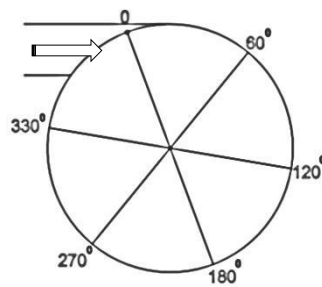


شکل ۴- صفحات مستغرق مورد استفاده



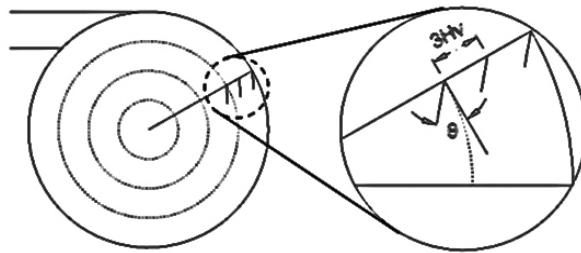
$$R1=R2=R3=R4=25cm$$

(ب)



(الف)

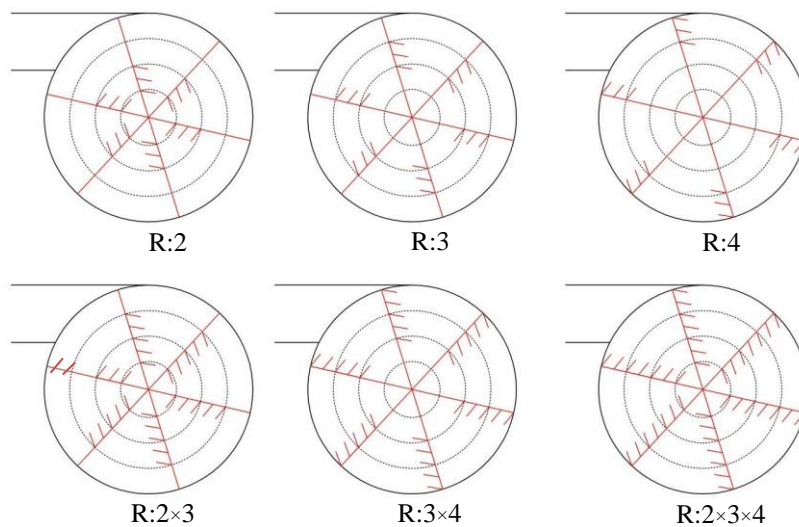
شکل ۵- قطاع‌های کارگذاری صفحات (الف)، (ب) فاصله شعاعی قرارگیری صفحات از روزنه (ب)



شکل ۶- زاویه قرارگیری و فاصله عرضی صفحات از یکدیگر

آزمایش‌های مقدماتی تزریق رسوب در حالت بدون صفحه (شاهد) بیانگر آن بود که در فاصله یک‌چهارم ابتدای شعاع (اطراف روزنه)، رسوبی در کف حوضچه به جا نمی‌ماند. این در حالی است که در فاصله سه‌چهارم بعدی شعاع بیشترین رسوب‌گذاری صورت گرفته است. از آنجایی که کارگذاری چند صفحه مستغرق در کنار یکدیگر می‌تواند ناحیه وسیع‌تری را تحت تأثیر خود قرار دهد، بنابراین تصمیم بر آن شد تا با صرف‌نظر کردن از کارگذاری صفحه در دایره یک

آزمایش‌های مقدماتی تزریق رسوب در حالت بدون صفحه (شاهد) بیانگر آن بود که در فاصله یک‌چهارم ابتدای شعاع (اطراف روزنه)، رسوبی در کف حوضچه به جا نمی‌ماند. این در حالی است که در فاصله سه‌چهارم بعدی شعاع بیشترین رسوب‌گذاری صورت گرفته است. از آنجایی که کارگذاری چند صفحه مستغرق در کنار یکدیگر می‌تواند ناحیه وسیع‌تری را تحت تأثیر خود قرار دهد، بنابراین تصمیم بر آن شد تا با صرف‌نظر کردن از کارگذاری صفحه در دایره یک



شکل ۷- آرایش‌های مختلف کارگذاری صفحات در کف حوضچه

حوضچه قرائت شد. دبی مدل به‌وسیله دو سرریز مستطیلی و مثلثی که در انتهای کانال‌های خروجی تعبیه شده بودند، اندازه‌گیری شد. سرریز مستطیلی برای اندازه‌گیری دبی عبوری از روی سرریز حوضچه گردابی و سرریز مثلثی برای اندازه‌گیری دبی تخلیه شده از روزنه تحتانی حوضچه استفاده شد. سپس، تزریق رسوب به مدل صورت گرفت. پس از اتمام تزریق رسوب، جریان در مدل قطع شده و هم زمان

نحوه انجام آزمایش‌ها: جریان آب از طریق کانال ورودی و پس از عبور از زیر دیافراگم وارد حوضچه شده و ضمن چرخش حول محور مرکزی حوضچه از روی سرریز جانبی حوضچه تخلیه و در همان حال قسمتی از دبی جریان از طریق روزنه تحتانی خارج می‌شود. پس از ایجاد جریانی یکنواخت و دائمی در مدل، با استفاده از چاهک اندازه‌گیری روی بدنه حوضچه، رقوم و ارتفاع آب روی سرریز و داخل

در ادامه کار، برای بیان درصد رسوب‌زدایی از کف حوضچه، به‌وسیله هر آرایش از صفحات نسبت به حالت شاهد (بدون صفحه) متناظر خود، پارامتر G' به‌صورت رابطه (۶) تعریف شد:

$$G' = \frac{(\eta_B - \eta'_B)}{\eta_B} \times 100 \quad (6)$$

که در آن، η_B و η'_B به‌ترتیب درصد رسوبات ته‌نشین شده در کف حوضچه در حالت وجود صفحه و عدم وجود صفحه در کف حوضچه می‌باشد.

همچنین، برای بیان میزان افزایش درصد تلفات دبی در اثر وجود هر آرایش از صفحات در کف نسبت به حالت شاهد متناظر خود، پارامتر K' به‌صورت رابطه (۷) تعریف شد.

$$K' = \left(\frac{Q_0}{Q_T}\right)' - \left(\frac{Q_0}{Q_T}\right) \quad (7)$$

که در آن، $\left(\frac{Q_0}{Q_T}\right)$ و $\left(\frac{Q_0}{Q_T}\right)'$ به‌ترتیب تلفات دبی در حالت وجود صفحات و عدم وجود صفحه در کف حوضچه می‌باشد.

نتایج حاصل از تحلیل اثر متغیر فاصله شعاعی کارگذاری صفحات از روزنه (R)، بر پارامترهای رسوبی η_T ، η_D و η_B و پارامتر هیدرولیکی $\frac{Q_0}{Q_T}$ در شکل ۸ ارائه شده است. قابل ذکر است که حالت $R:0$ بیانگر حالت شاهد می‌باشد، که در آن صفحه‌ای در کف حوضچه کارگذاری نشده است.

همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، حالت‌های مختلف از R با ثابت نگه‌داشتن η_T توانسته است، مقادیر η_B و η_D را نسبت به حالت شاهد متناظر خود تغییر دهد. این تغییرات به‌گونه‌ای است که برای هر حالت از R اگر η_D نسبت به حالت شاهد خود افزایش داشته باشد، η_B کاهش را در مقابل شاهد متناظر خود نشان می‌دهد و یا بالعکس. در شکل ۹ متوسط درصد رسوب‌زدایی از کف حوضچه G' برای حالت‌های مختلف از R نشان داده شده است.

همان‌گونه که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، مثبت و منفی (رسوب‌زدایی و رسوب‌گذاری) بودن مقدار پارامتر G' وابسته به فاصله شعاعی قرارگیری صفحات می‌باشد. به‌گونه‌ای که ملاحظه می‌شود، پارامتر G' فقط در حالت‌های $R:3$ ، $R:3 * 4$ و $R:4$ مقدار مثبت داشته است. این مقادیر مثبت بیانگر عملکرد موفق صفحات در رسوب‌زدایی از کف می‌باشد. همچنین، با

شیر تخلیه رسوبات از روزنه تحتانی نیز بسته شد. پس از خروج کامل آب از داخل مدل، رسوبات کف حوضچه گردابی و حوضچه مستطیلی پایین‌دست به‌طور مجزا جمع‌آوری و توزین شد. این آزمایش‌ها در دو حالت بدون صفحه (شاهد) و همراه با صفحات (۶) فاصله شعاعی ساده و ترکیبی) با دبی ثابت (45 ± 1) لیتر بر ثانیه انجام شد.

نتایج و بحث

مواد رسوبی در این سیستم به سه بخش اصلی تقسیم می‌شوند. دسته اول رسوباتی هستند که از روزنه تحتانی همراه با درصدی از جریان به خارج از حوضچه هدایت می‌شوند. دسته دوم رسوباتی است که در کف حوضچه گردابی ته‌نشین می‌شوند و به مرور زمان سبب ایجاد اختلال در عملکرد رسوب‌گیری سازه می‌شوند. در نهایت، دسته سوم که درصد ناچیزی از رسوبات را شامل می‌شوند، از طریق سرریز گردابی همراه با جریان اصلی خارج می‌شوند. برای انجام بررسی‌های لازم، با توجه به داده‌های آزمایشگاهی برداشت شده، از پارامترهای η_T ، η_D ، η_B ، η_O و $\frac{Q_0}{Q_T}$ استفاده شد. این پارامترها به‌صورت رابطه‌های زیر تعریف شد:

$$\eta_T = \eta_O + \eta_B + \eta_D \quad (1)$$

$$\eta_O = W_O / W_T \quad (2)$$

$$\eta_B = W_B / W_T \quad (3)$$

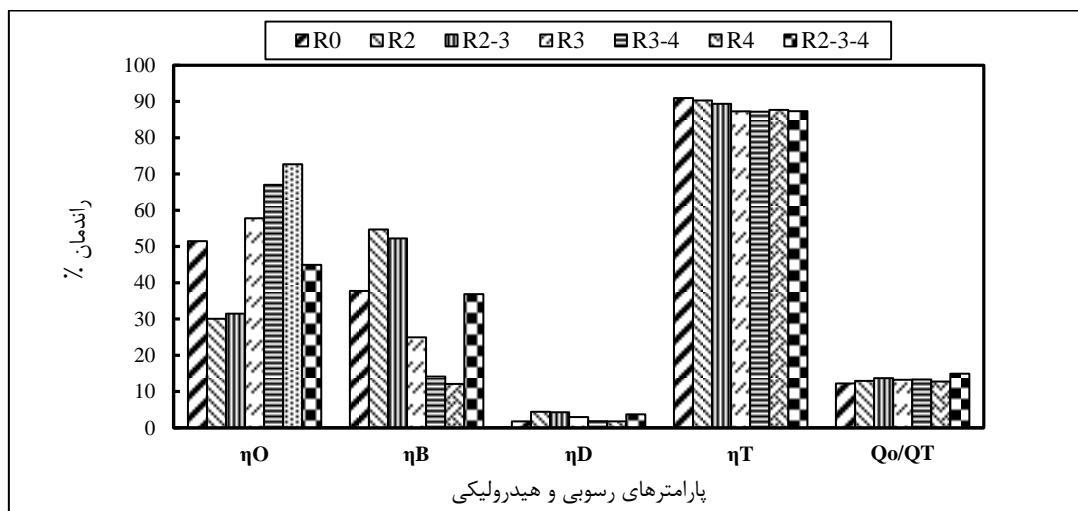
$$\eta_D = W_D / W_T \quad (4)$$

$$W_T = W_T' - W_T'' \quad (5)$$

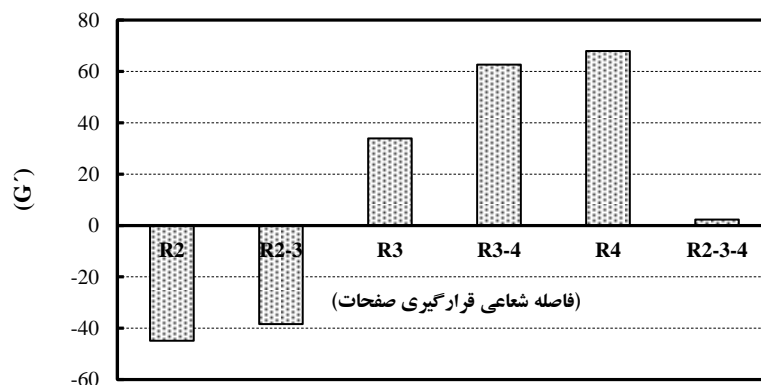
که در آن‌ها، η_T راندمان رسوب‌گیری کل، η_O راندمان رسوبات تله‌اندازی شده به‌وسیله روزنه تحتانی (خروجی از روزنه)، η_B نسبت رسوبات ته‌نشین شده در کف حوضچه گردابی، η_D نسبت رسوبات ته‌نشین شده روی دفلیکتور، W_O وزن رسوبات خارج شده از روزنه تحتانی، W_B وزن رسوبات ته‌نشین شده در کف حوضچه گردابی، W_D وزن رسوبات ته‌نشین شده روی دفلیکتور، W_T وزن کل رسوبات ورودی به حوضچه گردابی، W_T' وزن رسوبات تزریقی در کانال بالادست و W_T'' وزن رسوبات ته‌نشین شده در زیر دستگاه تزریق رسوب می‌باشد.

دهند. در حالی که با کارگذاری صفحات در فاصله‌های شعاعی کم (مثلاً 2:R) نه تنها مساحت کمتری از کف حوضچه تحت تأثیر جریان‌های ثانویه تولیدی صفحات قرار می‌گیرد، بلکه از حرکت رسوبات ته‌نشین شده در موقعیت‌های بالاتر (مثلاً 4 و 3:R)، تحت تأثیر جریان‌های ثانویه خود حوضچه به سمت روزنه جلوگیری به عمل می‌آید. در شکل ۱۰ نمونه‌ای از الگوی رسوب‌گذاری در کف حوضچه به ترتیب برای فاصله‌های شعاعی قرارگیری کم ($r < \frac{R}{2}$) و زیاد ($r > \frac{R}{2}$) نشان داده شده است.

بیشتر شدن فاصله شعاعی در 4:R مقدار بیشینه رسوب‌زدایی از کف حاصل شده است. از سویی، مشاهده می‌شود که در حالت‌های ساده و ترکیبی که R:2 دخالت داشته است، مقدار پارامتر G' منفی می‌باشد. این بدان معنی است که این آرایش‌ها نه تنها موجب رسوب‌زدایی از کف نشده است، بلکه باعث افزایش رسوب‌گذاری در کف شده‌اند. علت این روند تغییرات برای پارامتر G' را می‌توان در این دانست که افزایش فاصله شعاعی قرارگیری صفحات از روزنه باعث شده است که صفحات مساحت بیشتری از کف حوضچه را تحت تأثیر جریان‌های ثانویه خود قرار



شکل ۸- اثر فاصله شعاعی قرارگیری صفحات R بر درصد پارامترهای رسوبی و هیدرولیکی حوضچه



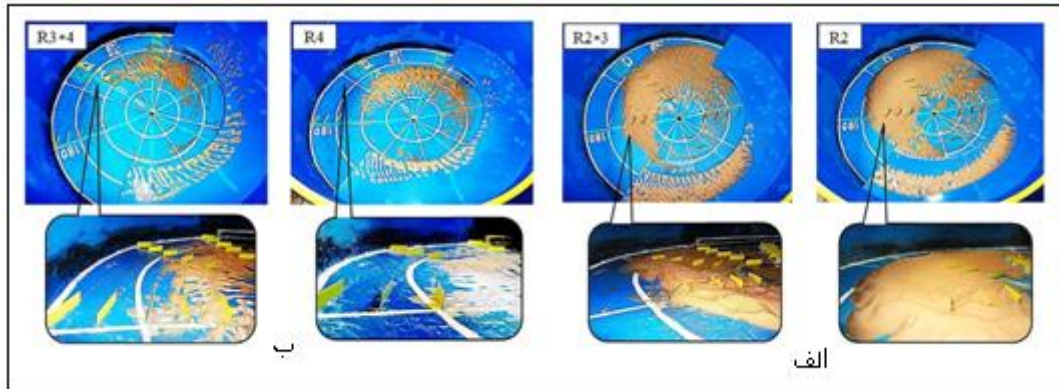
شکل ۹- اثر فاصله شعاعی قرارگیری صفحات R بر درصد رسوب‌زدایی از کف حوضچه G'

۳۶۰ به صورت افزایشی، بیشتر شده است. علت این نحوه رسوب‌گذاری وجود جریان فشرده‌تر با قدرت بیشتر تحت شرایط ورودی حوضچه در زیر دفلکتور می‌باشد. همچنین، مشاهده می‌شود که قرارگیری

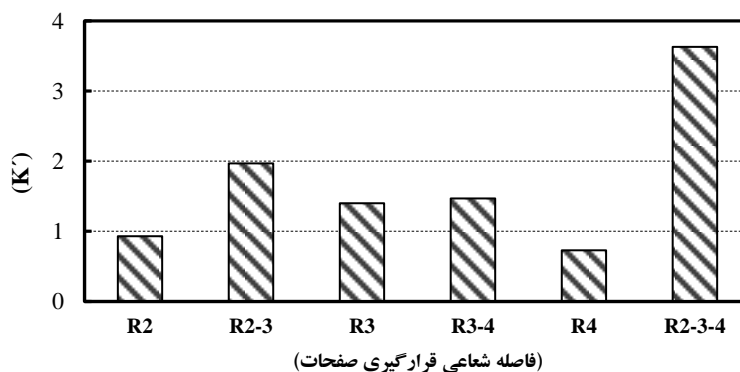
در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، ضخامت لایه رسوبات ته‌نشین شده در کف از الگوی خاصی پیروی می‌کند. در حالت کلی، این ضخامت در فاصله شعاعی بین زوایای صفر تا ۱۸۰ درجه کمتر بوده و از ۱۸۰ تا

باعث افزایش بیشتر ضخامت لایه رسوبات شده است. در شکل ۱۱ متوسط افزایش درصد تلفات دبی K' برای حالت‌های مختلف از R نشان داده شده است.

صفحات در فاصله‌های شعاعی کم (به‌خصوص در مرز دایره $R:2$ و $R:3$) با نگهداشتن رسوبات در پشت خود مانع از حرکت آن‌ها به سمت روزنه تحتانی شده و



شکل ۱۰- نمایی از الگوی رسوبات ته‌نشین شده در کف حوضچه، الف) فاصله‌های شعاعی کم ($r < \frac{R}{2}$)، ب) فاصله‌های شعاعی زیاد ($r > \frac{R}{2}$)



شکل ۱۱- اثر فاصله شعاعی قرارگیری صفحات R بر مقدار افزایش درصد تلفات دبی K'

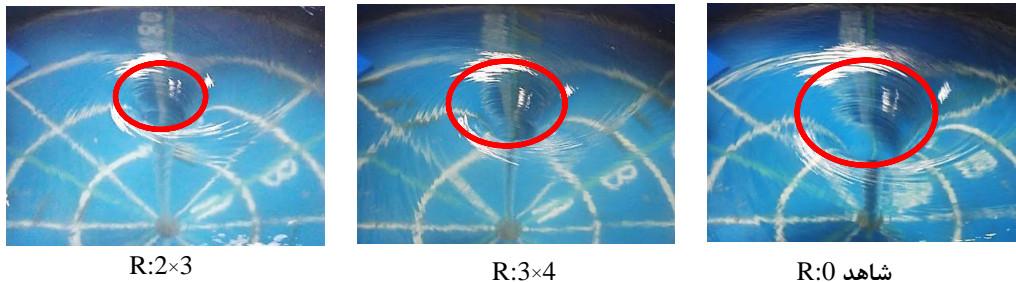
استناد داد. به‌گونه‌ای که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، با افزایش تعداد صفحات در شعاع و نزدیک‌تر شدن آن‌ها به روزنه، هسته مرکزی هوا فشرده‌تر شده که این خود عامل اصلی در کوچک‌تر شدن هسته و در نهایت افزایش تلفات دبی می‌باشد.

یکی از مشکلات مهم در حوضچه‌های رسوب‌گیر گردابی ته‌نشست درصدی از رسوبات در کف حوضچه و عدم خروج آن‌ها از روزنه تحتانی می‌باشد، در این پژوهش مشاهده شد که با کارگذاری صفحات مستغرق در کف حوضچه می‌توان با ثابت نگهداشتن راندمان رسوب‌گیری کل و تلفات دبی باعث تغییر در سهم رسوبات ته‌نشین شده در کف شد. نحوه عملکرد این صفحات (رسوب‌گذاری یا رسوب‌زدایی از کف) که وابسته به فاصله شعاعی (R) قرارگیری صفحات از

شکل ۱۱ نشان می‌دهد که مقدار پارامتر K' با توجه به فاصله شعاعی و تعداد صفحات در هر فاصله شعاعی تحت تأثیر متغیر R بوده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در آرایش‌های ترکیبی به‌خصوص آرایش‌های ترکیبی که صفحات در موقعیت $R:2$ کارگذاری شده است، افزایش تلفات دبی محسوس‌تر بوده و مقادیر بیشتری را به خود اختصاص داده است. همچنین، در حالت کلی می‌توان مطرح نمود که افزایش تعداد صفحات در شعاع، باعث افزایش درصد تلفات دبی شده است. این افزایش تعداد صفحات در فاصله‌های شعاعی کم (مثلاً $R:2 \times 3$) تلفات دبی بیشتری نسبت به فاصله‌های شعاعی زیاد (مثلاً $R:3 \times 4$) از خود نشان داده است. این روند تغییر برای پارامتر K' را می‌توان به مشاهدات آزمایشگاهی

روزنه می‌باشد، در فاصله‌های شعاعی کم ($r < R/2$) با جلوگیری از حرکت رسوبات به سمت روزنه باعث افزایش رسوب‌گذاری در کف، اما در فاصله‌های شعاعی زیاد ($r > R/2$) با هدایت رسوبات کف به سمت روزنه تحتانی رسوب‌زدایی از کف را انجام داده است. به‌گونه‌ای که در آرایش‌های R:2، R:2×3 و R:2×3×4 افزایش رسوب‌گذاری در کف و برای آرایش‌های R:3،

روزنه می‌باشد، در فاصله‌های شعاعی کم ($r < R/2$) با جلوگیری از حرکت رسوبات به سمت روزنه باعث افزایش رسوب‌گذاری در کف، اما در فاصله‌های شعاعی زیاد ($r > R/2$) با هدایت رسوبات کف به سمت روزنه تحتانی رسوب‌زدایی از کف را انجام داده است. به‌گونه‌ای که در آرایش‌های R:2، R:2×3 و R:2×3×4 افزایش رسوب‌گذاری در کف و برای آرایش‌های R:3،



شکل ۱۲- تأثیر فاصله شعاعی قرارگیری صفحات بر ابعاد هسته هوا مرکزی

R:4 را در مقایسه با سایر فواصل به دلیل تعداد صفحات کمتر و رسوب‌زدایی بیشتر به‌عنوان فاصله شعاعی بهینه برای کارگذاری صفحات می‌توان معرفی نمود.

باتوجه به نتایج آزمایش Saneie (۱۹۸۰)، اتلاف دبی در استفاده از لوله‌های رسوب‌گیر از ۱۰ تا ۲۵ درصد بوده است، در صورتی که افزایش تلفات دبی ناشی از اثر صفحات بی‌تأثیر می‌باشد. در نهایت فاصله

منابع مورد استفاده

1. Ansari, M.A. and M. Athar. 2012a. ANN model for estimation of sediment removal efficiency of a vortex settling basin. HYDRO-2012, Conference on Hydraulics, Water Resources, Coastal and Environmental Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai and Indian Society of Hydraulics.
2. Ansari, M.A. and M. Athar. 2012b. Experimental study of flow structure inside vortex settling basin. HYDRO-2012, Conference on Hydraulics, Water Resources, Coastal and Environmental Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai and Indian Society of Hydraulics.
3. Cecen, K. and N. Akmandor. 1973. Circular settling basins with horizontal floor. MAG Report, 183, TETAK, Ankara, Turkey.
4. Chapokpur, J., J. Farhoudi and T.E. Amiri. 2012a. Estimation of Reynolds shear stress using 3D velocity fluctuation in Vortex Settling Basin. Proceedings of 9th International Congress on Civil Engineering, Isfahan, Iran.
5. Chapokpur, J., J. Farhoudi and T.E. Amiri 2012b. Turbulent flow measurement in vortex settling basin. Journal of Energy and Environment, 2(4): 382-389.
6. Curi, K.V., I.I. Esen and S.G. Velioglu. 1979. Vortex type solid liquid separator. Progress in Water Technology, 7(2): 183-190.
7. Cecen, K. and M. Bayazit. 1975. Some laboratory studies of sediment controlling structures calculation of load-controlling water intake structures for mountain rivers. In proceedings of the Ninth Congress of the ICID, Moscow, Soviet Union, 107-110.
8. Salakhov, F.S. 1975. Rotational design and methods of hydraulic calculation of load-controlling water intake structures for mountain rivers. In Proceedings of Ninth Congress of the ICID, Moscow, Soviet Union: 151-161.
9. Saneie, M. 1980. Experimental study on increasing sedimentation efficiency of vortex settling basin. PhD Thesis, Islamic Azad University, Sciences and Researches Unit, Tehran, 226 pages (in Persian).
10. Ziaei, A.N. 2000. Study on the efficiency of vortex settling basin (VSB) by physical modeling. MSc Thesis, Shiraz University, 154 pages.

Experimental studies on increasing sedimentation efficiency of vortex settling basin by using submerged vanes

Mojtaba Saneie^{*1}, Moen Asefi² and Kazem Smaeeli³

¹ Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, ² MSc Student, Faculty of Agricultural Resources, Ferdowsi University of Mashad, Iran ³ Assistant Professor, Faculty of Agricultural Resources, Ferdowsi University of Mashad, Iran

Received: 27 October 2013 Accepted: 03 September 2013

Abstract

The vortex settling basin is a sediment control structure in conveyance water system which can be more economical than other designs in specific conditions. Deposition of sediment in the basin is a major problem. Mechanism of separates solids and water in these basins, based on flow vortex and difference of density between water and sediments. Therefore the sediment increases in the basin for long time. In this study the hydraulic characteristics of these basins are investigated and offered a method to increase the efficiency of it. In this offer the submerge vans were used on the bed of the basin. Experimental results were showing that increase in deposition with a decreasing vanes interval ($r < R/2$). But in further distances ($r > R/2$), vanes with guidance sediments toward orifice bottom, flashing from bottom occur more than another. Results also indicated that located vanes with constant total flashing efficiency and flow losses, and has been able to change bottom sediments in the basins. Experiments show that if the vanes are placed in less radial intervals, the discharge loss increases. As well as increase input flow because that total deposition efficiency, hydraulic efficiency and vanes efficiency in flashing have been increased.

Key words: Deposition efficiency, Flow losses, Radial distance, Orifice, Sediment

* Corresponding author: mojtabasaneie@yahoo.com