

بررسی آزمایشگاهی تأثیر سازه نیمه استوانه در افزایش ظرفیت رسوب شویی تحت فشار در مخازن سدها

محمد ناصر محمدی^{۱*}، فرزین سلماسی^۲، علی حسین زاده دلیر^۳ و هادی ارونتقی^۴

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۴/۱۶

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

^۲ دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

^۳ استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

^۴ استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: M.nasermohamadi@gmail.com

چکیده

رسوب‌شویی هیدرولیکی تحت فشار یکی از روش‌های تخلیه رسوبات نهشته شده در مخازن سدها است. در این روش با باز کردن دریچه تحتانی رسوبات ته‌نشین شده در داخل مخزن سد از مجاورت دریچه به همراه جریان خروجی از دریچه خارج می‌شود. در این تحقیق با انجام آزمایش‌هایی بر روی مدل فیزیکی تأثیر استفاده از سازه نیمه استوانه در مقابل دریچه تخلیه تحتانی بر افزایش ظرفیت رسوب شویی تحت فشار هیدرولیکی در مخازن سدها مورد مطالعه قرار گرفت. سازه‌های نیمه استوانه مورد آزمایش سرپوشیده بوده و دارای شکافی به عرض برابر با قطر دریچه تخلیه تحتانی در قسمت بالادست دیواره و مقابل دریچه تخلیه تحتانی بودند. همچنین در تمامی آزمایش‌ها ارتفاع سازه ۶ برابر قطر دریچه تخلیه تحتانی و سطح بستر رسوبی مماس بر لبه پایینی دریچه تخلیه تحتانی بود. آزمایش‌ها با ۴ دبی، ۲ بار آبی بالادست دریچه و ۴ قطر سازه انجام شد. نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از سازه نیمه استوانه می‌تواند ظرفیت رسوب شویی را تا ۱۰ برابر نسبت به حالت بدون سازه افزایش دهد. در بار آبی ثابت با افزایش دبی عمق مخروط رسوب شویی افزایش می‌یابد. به ازای مقادیر ثابت دبی خروجی و قطر سازه تغییرات عمق مخروط رسوب شویی در برابر تغییرات بار آبی ناچیز بوده و تقریباً تأثیری روی این عمق ندارد. همچنین به ازای بار آبی ثابت برای هر دبی یک قطر مناسب وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: آبگیر، سازه نیمه استوانه، دریچه تخلیه تحتانی، رسوب شویی تحت فشار، مخزن سد

Experimental Investigation of the Effect of a Semi-Cylindrical Structure on increasing Pressurized Sediment Flushing Capacity in Reservoirs of Dams

MN Mohammadi^{1*}, F Salmasi², A Hosseinzadeh Dalir³ and H Arvanaghi⁴

Received: 24 February 2013 Accepted: 7 July 2013

¹M.Sc. Student, Dept. of Water Engin. Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran

²Assoc. Prof., Dept. of Water Engin., Faculty of Agric. Univ. of Tabriz, Iran

³Prof., Dept. of Water Engin., Faculty of Agric. Univ. of Tabriz, Iran

⁴Assist. Prof., Dept. of Water Engin., Faculty of Agric. Univ. of Tabriz, Iran

*Corresponding Author Email: M.nasermohamadi@gmail.com

Abstract

Pressurized sediment flushing is one of the methods for removing deposited sediment in reservoirs of dams. In this method, by opening the bottom outlet, deposited sediment in the vicinity of the bottom outlet is flushed out. In this study by performing experiments on a physical model, the effect of a semi-cylindrical structure in front of a bottom outlet on increasing pressurized sediment flushing capacity was investigated. The Semi-cylindrical structure used in the experiments was closed at the upper side and had an opening width equal to the bottom outlet diameter at the upstream. Also in the all experiments the height of the structure was six times greater than the bottom outlet diameter and the level of the sediment layer was tangent to the bottom outlet. The experiments were conducted with four different discharges released from the bottom outlet, three water depths above the bottom outlet and four diameters of the semi-cylindrical structure. The results of the Experiments indicated that using a semi-cylindrical structure can increase sediment flushing capacity up to 10 times in contrast to nonstructured case. For a fixed depth of water, an increase in outflow discharge increased scour cone depth. Also for a fixed amount of outflow discharge and structure diameter, changes in water depth had almost no effect on scour cone depth. Also the results indicated that at a constant water level for each outflow discharge there was a proper diameter for the semi-cylindrical structure.

Keywords: Bottom outlet, Dam reservoir, Pressurized sediment flushing, Semi-cylindrical structure, Water intake

و مصارف دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. سالانه
۰/۵ - ۱ درصد از کل حجم ذخیره مخازن به علت
رسوب‌گذاری از دست می‌رود که تنها برای حفظ همین

مقدمه

در سرتاسر دنیا در حدود ۴۰۰۰۰ سد مخزنی بزرگ
وجود دارند که برای تامین آب، تولید برق، کنترل سیل

قدیمی‌ترین روش رسوب شویی هیدرولیکی که در کشور اسپانیا مورد استفاده قرار گرفته مربوط به قرن شانزدهم میلادی می‌باشد.

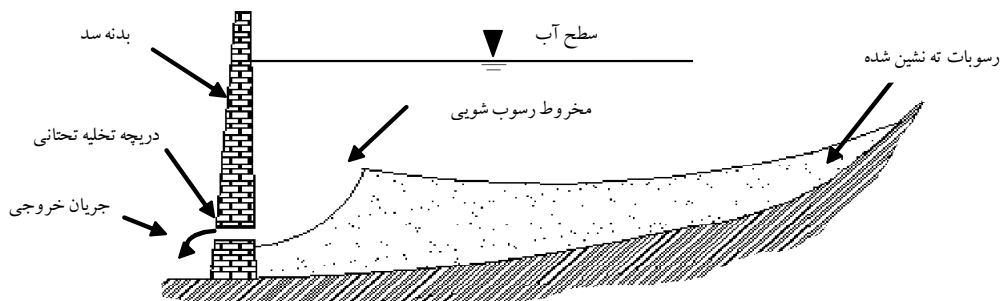
فان (۱۹۸۵) رسوب شویی هیدرولیکی را به دو دسته رسوب شویی هیدرولیکی آزاد و تحت فشار تقسیم نمود. در روش رسوب شویی هیدرولیکی آزاد ارتفاع آب داخل مخزن توسط دریچه‌های تخلیه کننده تحتانی پایین آورده شده و مخزن به طور کامل تخلیه می‌شود و در مخزن جریان رودخانه‌ای برقرار می‌شود؛ و ممکن است از چندین روز تا چندین ماه طول بکشد. فان (۱۹۸۵) اظهار می‌دارد این روش در مخازن با اندازه‌های مختلف که دارای نسبت هیدرولوژیکی کوچک (نسبت‌های حجم ذخیره به آورد سالانه کمتر از ۰/۳) بودند با موفقیت به کار گرفته شده است.

در روش رسوب شویی تحت فشار هیدرولیکی ارتفاع آب بالاتر از تراز دریچه تخلیه تحتانی بوده و با باز کردن دریچه تخلیه تحتانی جریان عمومی ایجاد شده به طرف دریچه تخلیه تحتانی در داخل مخزن باعث ایجاد نیروی فرساینده بر روی رسوبات نهشته شده می‌گردد و رسوبات به همراه جریان از دریچه تخلیه تحتانی خارج می‌گردد. در این روش پس از مدتی حفره یا چاله آبستگي به شکل مخروط یا قیف در جلوی دریچه تشکیل می‌شود (شکل ۱). همچنین این روش تأثیر موضعی داشته و برای تخلیه رسوبات در سدهای کوچک و یا رسوبات اطراف آبگیر نیروگاه‌های برق-آبی و شبکه‌های آبیاری استفاده می‌شود. مدت زمان لازم برای تشکیل کامل حفره آبستگي و به تعادل رسیدن ابعاد هندسی آن به نوع رسوبات، تراز آب مخزن و ارتفاع رسوبات تجمع یافته بالای دریچه تخلیه تحتانی بستگی داشته و ممکن است از چند ساعت تا چند روز باشد (برانت ۲۰۰۰). در تحقیقات پیشین از هیچ گونه سازه‌ای برای افزایش ظرفیت رسوب شویی استفاده نشده و آزمایش‌ها تنها با باز کردن دریچه تخلیه تحتانی صورت گرفته است. هدف از این تحقیق بررسی اثر سازه نیمه استوانه در تخلیه رسوب از دریچه تخلیه تحتانی سدها می‌باشد.

مقدار حجم ذخیره سالانه ۳۰۰ تا ۴۰۰ سد جدید مورد نیاز است. هر چند افزایش جمعیت و افزایش مصرف سرانه آب نشان می‌دهد که علی‌رغم استفاده از منابع دیگر و استفاده کارآمدتر از آب، نیاز به افزایش حجم ذخیره به طور اجتناب‌ناپذیری در حال افزایش است. در مناطق زیادی از دنیا طول عمر سدها با میزان رسوب گذاری تعیین می‌شود. رسوب گذاری به تدریج حجم ذخیره مخزن را کاهش می‌دهد و در نهایت توانایی تامین آب و تولید برق را کاهش می‌دهد (وایت ۲۰۰۰). علاوه بر کنترل فرسایش خاک جهت کاهش مقدار رسوبات ورودی از حوضه آبریز به مخازن سد روش‌های زیر برای کاهش تجمع رسوب مورد استفاده قرار می‌گیرند:

۱. افزایش عبور دهی رسوبات از داخل مخزن به هنگام جریان‌های سیلابی با غلظت بالای رسوب
 ۲. رسوب شویی هیدرولیکی
 ۳. کنارگذر نمودن جریان‌های رسوبی سنگین
 ۴. رسوب شویی مخزن با جریان‌های چگال
 ۵. تخلیه رسوبات مخزن به وسیله ادوات مکانیکی مانند لایروبی و سیفون کردن
- در برخی از مناطق دنیا ترکیبی از روش‌های (۱) و (۲) و (۵) روش مناسبی می‌باشد. هرچند به علت اثرات زیست محیطی در بسیاری از کشورها رها سازی رسوبات بیشتر از رسوبات وارد شده به مخزن مجاز نمی‌باشد. در این صورت رسوبات را باید تا تراز مشخصی لایروبی کرد و در مواقع سیلابی عبور رسوبات را به همراه جریان از مخزن افزایش داد. عبوردهی جریان رسوبی به روش کنار گذر برای جلوگیری از ورود رسوبات به مخزن نیازمند شرایط توپوگرافی و هیدرولیکی خاصی می‌باشد به همین دلیل این روش خیلی معمول نمی‌باشد (شن ۱۹۹۹).

روش رسوب شویی هیدرولیکی به روشی گفته می‌شود که در آن با باز کردن دریچه‌های تخلیه تحتانی رسوباتی که از قبل در مخزن سد نهشته شده‌اند به همراه جریان از مخزن خارج می‌شوند. رسوب شویی روش جدیدی نبوده و سابقه استفاده از آن به سال‌های دور بر می‌گردد. براون (۱۹۴۳) بیان می‌دارد که



شکل ۱- شماتیکی از پروفیل مخروط رسوب شویی تحت فشار.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق از یک مدل آزمایشگاهی در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز استفاده گردید. این مدل دارای سه قسمت اصلی سیستم تأمین آب، مخزن اصلی و مخزن ثانویه می‌باشد. کار سیستم تأمین آب به این نحو است که آب از مخزن زیرزمینی توسط پمپ به لوله‌ها و سپس به مخزن استوانه‌ای روباز هدایت می‌شود. مخزن استوانه‌ای روباز دارای سیستم برگشت آب اضافی بوده و در طول آزمایش هد ثابتی را تأمین می‌کند. آب از مخزن استوانه‌ای با استفاده از یک لوله وارد مخزن اصلی می‌شود. مخزن اصلی از دو بخش ناحیه آرام کننده جریان و ناحیه قرارگیری رسوبات تشکیل شده است. وجه فوقانی ناحیه آرام کننده جریان از صفحه مشبک تشکیل شده است و جریان ورودی در این قسمت پس از آرام شدن به طور یکنواخت به داخل مخزن وارد می‌شود.

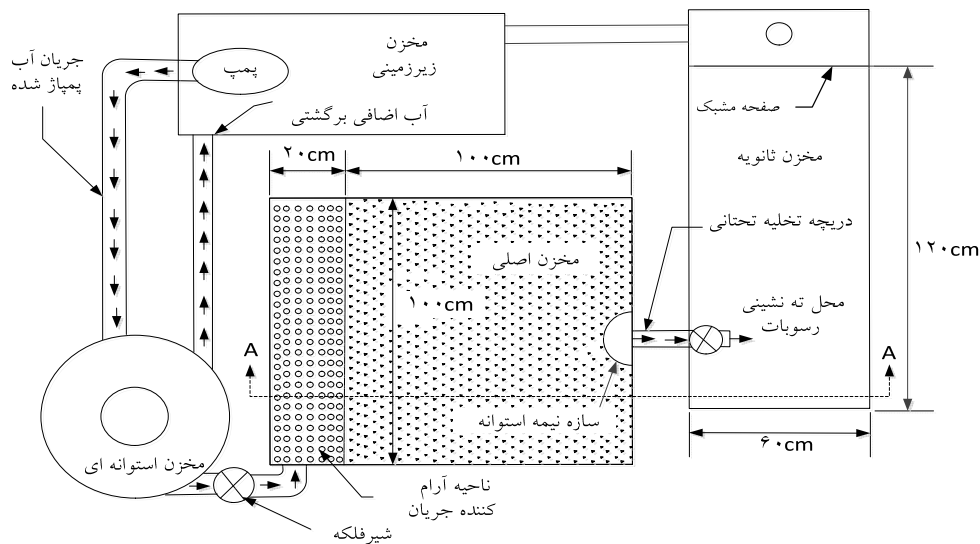
سازه نیمه استوانه استفاده شده در جلوی دریچه تخلیه تحتانی از جنس پی وی سی می‌باشد. این سازه سرپوشیده بوده و صفحه مسطح پوشاننده آن مماس بر لبه‌ی بالایی دریچه تخلیه تحتانی است. ضخامت لایه رسوبی داخل مخزن ۲۶ سانتی‌متر بوده و در تمامی آزمایشات سطح آن مماس بر لبه پایینی دریچه تخلیه تحتانی بود. دریچه تخلیه تحتانی از یک شیرفلکه و لوله‌ای با قطر ۲ اینچ که عمود بر دیواره مخزن است و ۲۶ سانتی‌متر بالاتر از کف مخزن

قراردارد، تشکیل شده است و محور آن از دیواره‌های کناری ۵۰ سانتی‌متر فاصله دارد. در آزمایش‌ها از سیلیس به عنوان رسوب غیر چسبنده با قطر متوسط ۱/۱ میلی‌متر و انحراف معیار هندسی $\delta = 1/15$ استفاده گردید. در هنگام آزمایش رسوبات در مخزن ثانویه که به شکل مکعب مستطیل با ابعاد ۱۴۰ سانتی‌متر طول، ۶۰ سانتی‌متر عرض و ۵۵ سانتی‌متر ارتفاع است ته‌نشین می‌شدند.

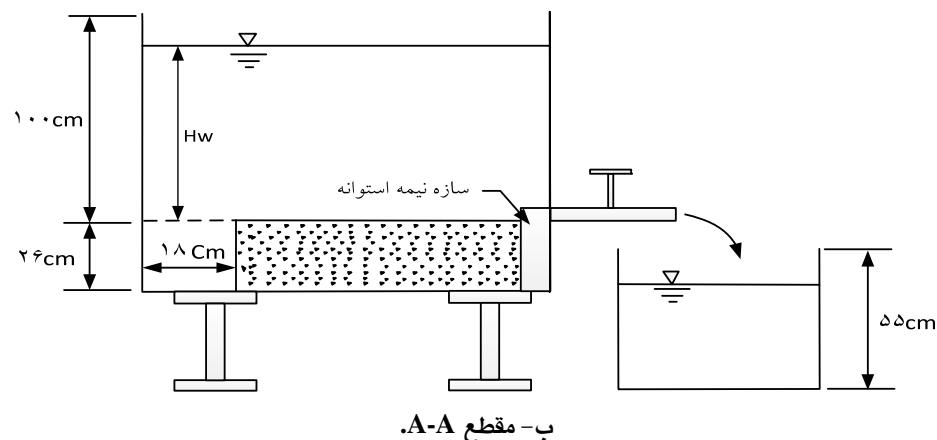
رسوبات تخلیه شده توسط جریان خروجی از دریچه تخلیه تحتانی در هنگام ورود به مخزن ثانویه ته‌نشین شده و جریان آب پس از عبور از صفحه مشبک آرام می‌شود. این صفحه به منظور از بین بردن تلاطم در داخل مخزن ثانویه تعبیه شد. اندازه‌گیری جریان در همه آزمایش‌ها به صورت وزنی انجام می‌شد. جریان خروجی از مخزن ثانویه توسط لوله‌ای به قطر ۳ اینچ به مخزن زیرزمینی هدایت می‌شد. شکل ۲ پلان مدل آزمایشگاهی و جزئیات آن را نشان می‌دهد. برای انجام آزمایش‌ها ابتدا رسوبات در کف مدل ریخته می‌شد. برای اینکه هوا در داخل رسوبات محبوس نشود، قبل از ریختن رسوبات در کف مدل، ابتدا مقداری آب وارد مدل می‌گردید سپس رسوبات به داخل مخزن ریخته شده و صاف می‌گردید و تا زمانی که ارتفاع رسوبات به ۲۶ سانتی‌متر برسد این عمل ادامه داشت. این عمل در تمامی آزمایش‌ها به صورت یکسان انجام می‌شد. جهت

اصلی قطع می‌گردید و آب داخل مخزن اصلی توسط شیر نصب شده در وجه زیرین مخزن در قسمت ناحیه آرام کننده جریان تخلیه و زهکشی می‌گردید. برای انجام آزمایش‌ها از سه بار آبی (۸۰، ۵۰ و ۳۰ سانتی‌متر) و چهار قطر سازه (۶، ۵، ۴ و ۳ اینچ) و چهار دبی خروجی (۳، ۲، ۱ و ۰/۶۵ لیتر بر ثانیه) استفاده شد. در تمامی آزمایش‌ها عرض شکاف برابر با قطر دریچه تخلیه تحتانی (d) بود و طول شکاف روی بدنه سازه با طول سازه مساوی بوده و ۶ برابر قطر دریچه تخلیه تحتانی در نظر گرفته شد. نحوه قرار گیری سازه نیمه استوانه نسبت به دیواره مدل در شکل ۳ نشان داده شده است.

شروع آزمایش پمپ روشن می‌گردید و سپس شیرفلکه نصب شده روی لوله ورودی به مخزن اصلی باز می‌شد. پس از ورود آب به داخل مخزن و رسیدن ارتفاع آب به تراز مورد آزمایش، دریچه تخلیه تحتانی باز می‌شد. در طول آزمایش ارتفاع آب در داخل مدل مقدار ثابتی داشت. در ابتدای آزمایش رسوبات با غلظت بالا همراه جریان آب از مخزن خارج می‌شد و با گذشت زمان غلظت رسوبات خروجی کاهش می‌یافت. آزمایش‌ها تا زمانی که مخروط رسوب شویی به تعادل برسد ادامه داشت طوری که در انتهای آزمایش غلظت خروجی از دریچه تخلیه تحتانی ناچیز بود. در این تحقیق برای اطمینان هر آزمایش حدوداً به مدت ۹۰ دقیقه انجام می‌شد. در پایان آزمایش ابتدا دریچه تخلیه تحتانی بسته شده و سپس جریان ورودی به مخزن



الف- پلان مدل.



شکل ۲- پلان و مقطع طولی مدل آزمایشگاهی.

تحلیل ابعادی

عمق مخروط رسوب شویی (h_s) به پارامترهای مختلفی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: دبی جریان خروجی (Q_w)، بار آبی داخل مخزن (H_w)، قطر دریچه تخلیه تحتانی (d)، قطر میانه ذرات رسوبی (d_{50})، چگالی ذرات رسوبی (ρ_s)، لزجت دینامیکی آب (μ)، چگالی آب (ρ_w)، قطر سازه نیمه استوانه (D)، عرض شکاف (b)، طول شکاف (L) و شتاب گرانش (g). مطابق رابطه (۱) عمق مخروط رسوب شویی را می‌توان به صورت تابعی از پارامترهای فوق نوشت.

$$h_s = f(Q_w, H_w, d, d_{50}, \rho_w, \rho_s, \mu, D, b, L, g) \quad [1]$$

به کمک تحلیل ابعادی پارامترهای بی‌بعد زیر

حاصل می‌شوند:

$$\frac{h_s}{d} = f\left(\frac{b}{d}, \frac{L}{d}, \frac{D}{d}, \frac{d_{50}}{d}, \frac{H_w}{d}, \frac{\rho_s}{\rho_w}, \frac{\rho_w Q_w}{d \mu}, \frac{Q_w}{\sqrt{(gd^5)}}\right) \quad [2]$$

با ساده کردن پارامتر عبارت $\frac{\rho_w Q_w}{d \mu}$

که نشان دهنده پارامتر بی‌بعد رینولدز است $\frac{\rho_w u_w d}{\mu}$

بدست می‌آید. در طول آزمایش‌ها حداقل مقدار عدد رینولدز برابر ۱۶۲۶۶ بوده که بیانگر آشفتگی بودن جریان و عدم تأثیر نیروی لزجت در این تحقیق می‌باشد. مقدار پارامترهای $\frac{b}{d} = 1$ ، $\frac{L}{d} = 6$ ، $\frac{\rho_s}{\rho_w} = 2/65$ و $\frac{d_{50}}{d} = 46/2$ در طول آزمایش ثابت هستند. بنابراین می‌توان رابطه [۲] را به صورت رابطه زیر نوشت:

$$\frac{h_s}{d} = f\left(\frac{D}{d}, \frac{H_w}{d}, \frac{Q_w}{\sqrt{(gd^5)}}\right) \quad [3]$$

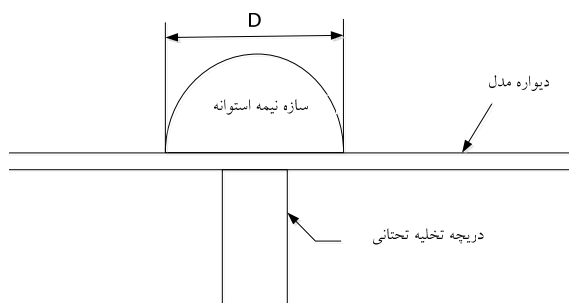
تعداد ۴۸ آزمایش برای بررسی تأثیر پارامترهای فوق بر عمق مخروط رسوب شویی انجام شد جدول ۱ محدوده تغییر پارامترها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- پارامترها و محدوده تغییرات آن‌ها.

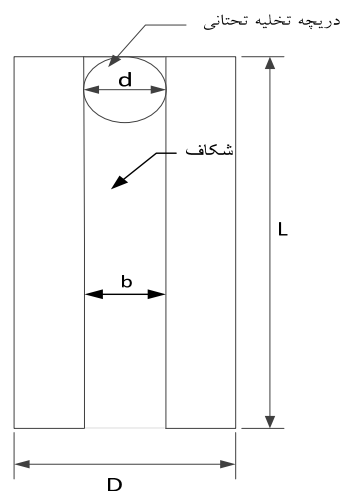
پارامتر	$\frac{D}{d}$	$\frac{H_w}{d}$	$\frac{Q_w}{\sqrt{(gd^5)}}$
محدوده تغییرات	۱/۵-۳	۵/۹-۱۵/۷۵	۰/۲۵۷-۱/۶۴۷

تشکیل می‌شود. این جریان‌های گردابی بر اساس طبقه‌بندی ناس (۱۹۸۷) در دسته جریان‌های گردابی مستغرق قرار می‌گیرند. توزیع سرعت و فشار در جریان‌های گردابی مستغرق به این نحو است که در مرکز گردابه سرعت مماسی بیشینه و فشار کمینه می‌باشد و با دور شدن از مرکز گردابه سرعت مماسی کاهش یافته و فشار افزایش می‌یابد (تاکاهیده و همکاران، ۲۰۰۳). در طول آزمایش‌ها ذرات رسوبی انتقال یافته به داخل سازه توسط جریان‌های گردابی معلق شده و به همراه جریان خروجی از مخزن خارج می‌شود. گسترش زمانی ابعاد مخروط رسوب شویی در شروع آزمایش سریع بوده و با گذشت زمان و با افزایش عمق مخروط رسوب شویی مساحت مقطعی از شکاف سازه که جریان از طریق آن وارد سازه می‌شد افزایش یافته و از سرعت جریان ورودی به داخل سازه و سرعت مماسی جریان‌های گردابی داخل سازه کاسته می‌شد و رسوب شویی متوقف شده و مخروط رسوب شویی به تعادل می‌رسید. همچنین گسترش طولی (LS) مخروط رسوب شویی در تمامی آزمایش‌ها از گسترش عرضی (WS) مخروط رسوب شویی بزرگ‌تر می‌باشد (شکل ۴) این موضوع با تحقیقات امامقلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) هم خوانی دارد.

نتایج آزمایش‌های انجام شده با کارگذاری سازه نیمه استوانه نشان می‌دهد که این سازه با ایجاد مخروط رسوب شویی در تراز پایین‌تر از تراز دریچه تخلیه تحتانی می‌تواند برای افزایش ظرفیت رسوب‌شویی هیدرولیکی تحت فشار، جلوگیری از ورود ذرات رسوبی به آبگیر نیروگاه‌های برق-آبی و یا آبگیر شبکه‌های آبیاری مورد استفاده قرار گیرد.



الف-نمای افقی سازه نیمه استوانه.

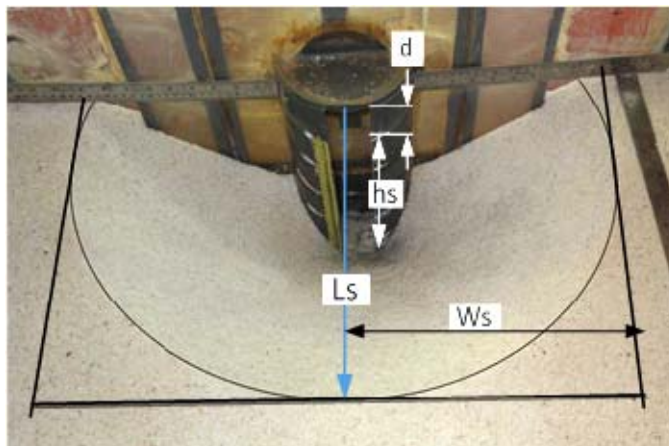


ب-نمای قائم سازه نیمه استوانه.

شکل ۳- نمای افقی و قائم سازه نیمه استوانه و نحوه قرارگیری آن نسبت به دیواره مدل و دریچه تخلیه تحتانی.

نتایج و بحث

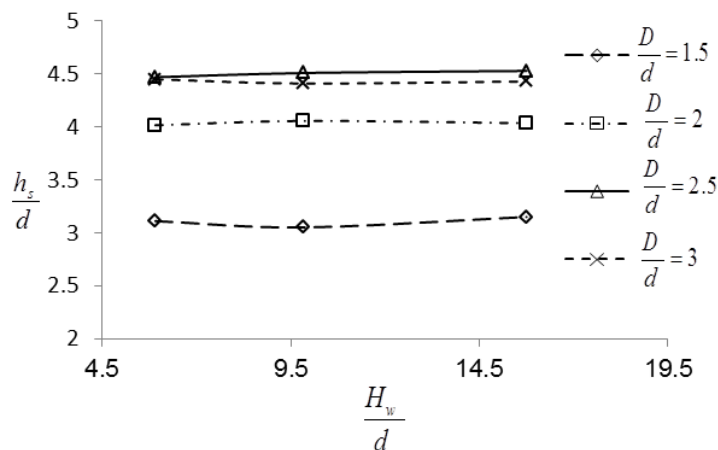
بررسی نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با باز کردن دریچه تخلیه تحتانی و برقراری جریان خروجی از دریچه، در داخل مخزن در جلوی سازه جریان فرساینده ایجاد شده و ذرات رسوبی را از مجاورت شکاف به داخل سازه منتقل می‌نماید از طرفی در داخل سازه جریان‌های گردابی منظمی در دو طرف شکاف



شکل ۴- مخروط رسوب شویی تشکیل شده در مجاورت سازه.

نیروی ناشی از بار آبی قرار بگیرند. مزیت ناچیز بودن تغییرات عمق مخروط رسوب شویی در برابر تغییرات بار آبی این است که بر خلاف رسوب شویی تحت فشار معمول (بدون کارگذاری سازه) برای افزایش ظرفیت رسوب شویی تحت فشار نیازی به کاهش بار آبی مخزن نخواهد بود. این موضوع می‌تواند به جلوگیری از هدر رفت آب پشت سد در رسوب شویی تحت فشار کمک نماید.

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد تغییرات عمق مخروط رسوب شویی در برابر تغییرات ارتفاع آب ناچیز می‌باشد (شکل ۵). علت ناچیز بودن تغییرات عمق مخروط رسوب شویی با تغییرات ارتفاع آب را می‌توان سرپوشیده بودن سازه دانست. سرپوشیده بودن سازه باعث می‌شود که نیروی ناشی از بار آبی آب بالای سازه به طور مستقیم به جریان‌های گردابی تشکیل شده در داخل سازه وارد نشود و گردابه‌ها کمتر تحت تأثیر

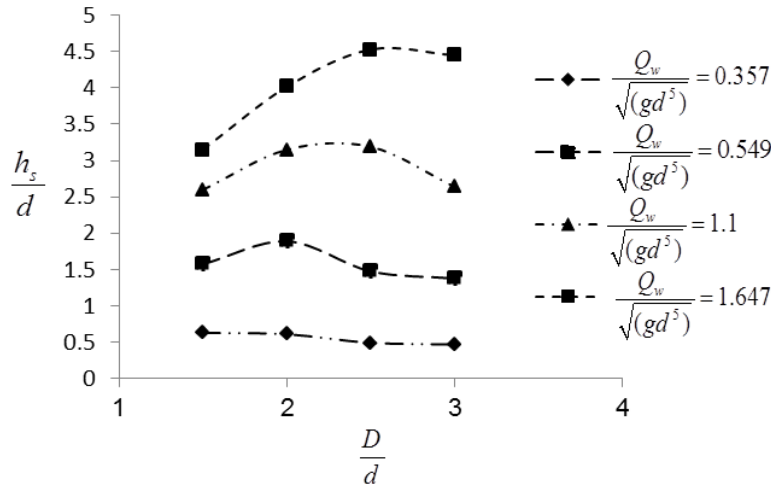


شکل ۵- نمودار بی‌بعد رسوب شویی برای $1/647 = \frac{Q_w}{\sqrt{(gd^5)}}$

نشان می‌دهد که به ازای هر سه بار آبی مورد آزمایش، برای دبی ۰/۶۵ لیتر بر ثانیه قطر سازه ۳ اینچ و برای دبی ۱ لیتر بر ثانیه قطر سازه ۴ اینچ و برای دبی‌های ۲

شکل ۶ نشان می‌دهد که به ازای هر دبی یک قطر سازه مناسب وجود دارد که به ازای آن دبی، بیشترین عمق مخروط رسوب شویی ایجاد می‌گردد. آزمایش‌ها

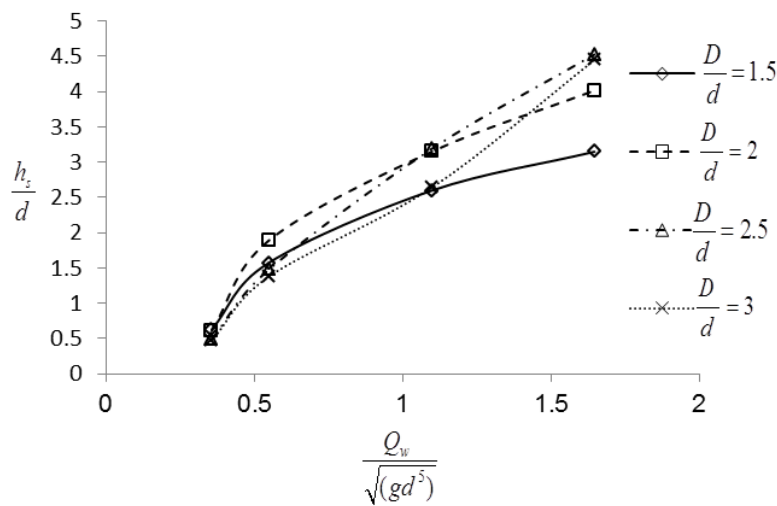
و ۳ لیتر بر ثانیه قطر سازه ۵ اینچ مناسب می باشد و نسبت به حالت بدون سازه عمق مخروط رسوب شویی را به ترتیب ۸، ۷/۸، ۱۰/۱ و ۸/۲ برابر افزایش می دهد.



شکل ۶- نمودار بی بعد رسوب شویی به ازای $\frac{H_w}{d} = 5/9$

به ۳ لیتر بر ثانیه (۵۰ درصد افزایش)، عمق مخروط رسوب شویی به ترتیب از ۷ سانتی متر به ۱۶ سانتی متر (۱۲۸ درصد) و از ۱۶ سانتی متر به ۲۰/۴ سانتی متر (۲۷/۵ درصد) افزایش می یابد. این موضوع با نتایج محققانی مانند امامقلی زاده و همکاران (۱۳۸۶) و مشکاتی و همکاران (۱۳۸۸) هم خوانی دارد.

شکل ۷ نمودار بی بعد عمق رسوب شویی را در برابر دبی نشان می دهد. مطابق این شکل می توان نتیجه گرفت که با افزایش دبی، عمق مخروط رسوب شویی افزایش می یابد (شکل ۷) و به تبع حجم رسوبات خارج شده نیز با افزایش دبی افزایش می یابد. برای مثال در قطر سازه ۴ اینچ با افزایش دبی از ۱ لیتر بر ثانیه به ۲ لیتر بر ثانیه (۱۰۰ درصد افزایش) و از ۲ لیتر بر ثانیه



شکل ۷- نمودار بی بعد رسوب شویی به ازای $\frac{H_w}{d} = 5/9$

نتیجه گیری کلی

افزایش داده و رسوبات را از تراز پایین تر از تراز دریچه تخلیه تحتانی خارج نماید. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تاثیر تغییر بار آبی مخزن بر روی عمق مخروط رسوب‌شویی به ازای دبی خروجی و قطر ثابت سازه تقریباً صفر است. همچنین با افزایش دبی خروجی به ازای قطر ثابت سازه عمق مخروط رسوب و به تبع حجم مخروط رسوب شویی افزایش می‌یابد و نیز مشخص گردید که برای هر دبی خروجی یک قطر سازه مناسب وجود دارد که بیشترین عمق مخروط رسوب‌شویی را به ازای آن دبی خروجی ایجاد می‌کند.

روش رسوب‌شویی تحت فشار معمول تنها می‌تواند برای تخلیه رسوبات نهشته شده در بالاتر از تراز دریچه تخلیه تحتانی مورد استفاده قرار گیرد این موضوع باعث از دست رفتن حجم ذخیره سد در تراز پایین‌تر از دریچه تخلیه تحتانی، هدر رفت آب و در صورتی که سد دارای نیروگاه برق- آبی باشد خطر ورود ذرات رسوبی به آبرگیر نیروگاه و خسارت به تاسیسات نیروگاه افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از انجام این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از سازه نیمه استوانه می‌تواند ظرفیت رسوب‌شویی هیدرولیکی را

منابع مورد استفاده

امامقلی زاده ص، بینا م، قمشی م و جهانی ح، ۱۳۸۶. بررسی و ارزیابی رسوب شویی تحت فشار در سدهای مخزنی با استفاده از مدل فیزیکی. مجله تحقیقات منابع آب ایران، جلد اول. صفحه‌های ۶۹ تا ۷۹.

مشکاتی شهمیرزادی م، دهقانی ا، ناصر غ، امامقلی زاده ص و ابراهیمی ف، ۱۳۸۸. تأثیر ابعاد دریچه تحتانی بر حجم و ابعاد مخروط آبشستگی در رسوب شویی تحت فشار. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. بهمن ماه ۱۳۸۸. دانشگاه شهید چمران اهواز.

- Brandt SA, 2000. Reservoir desiltation by means of hydraulic flushing: sedimentological and geomorphological effects in reservoir and downstream reaches as illustrated by the Cach Reservoir and the Reventazn River, Costa Rica. Ph.D. Thesis, Institute of Geography, University of Copenhagen, Geographica Hafniensia.
- Brown CB, 1943. The Control of Reservoir Silting. United States Department of Agriculture. Miscellaneous Publication No.521.
- Fan J, 1985. Methods of preserving reservoir capacity., Methods of Computing Sedimentation in Lakes and Reservoirs: A contribution to the International Hydrological Programme, IHP-II Project A. 2.6.1 Panel, S. Bruk, ed., Unesco, Paris. France.65-164
- Knauss J, 1987. Swirling Flow Problems at Intakes, Hydraulic Structures Design Manual. 1AA, Balkema, Rotterdam.
- Shen HW, 1999. Flushing sediment through reservoirs. Journal of Hydraulic Research 37:743-757.
- Takahide N, Toshiyuki S and Tomoyoshi O, 2003. Measurement of the flow around the submerged vortex cavitation in a pump intake by means of PIV. 5th Int. Symposium on Cavitation, Osaka, Japan.
- White R, 2000. Flushing of Sediments from Reservoirs. ICOLD World Register of Large Dams. S. HR Wallingford, UK.