

## یادداشت فنی

### کاربرد شمع و صفحات مستغرق در تخلیه رسوبات از مخازن سدها در رسوب‌شویی تحت فشار

میلاذ عبدالله پور<sup>۱\*</sup>، علی حسین‌زاده دلیر<sup>۲</sup> و داود فرسادی‌زاده<sup>۳</sup>

#### چکیده

در این پژوهش با کارگذاری سازه‌های شمع و صفحات مستغرق در جلوی تخلیه‌کننده تحتانی، تأثیر این سازه‌ها در ایجاد جریان گردابی برای تخلیه رسوبات آزمایش شد. شمع‌ها در فاصله‌های مختلف نسبت به یکدیگر و نسبت به دریچه تخلیه‌کننده تحتانی قرار گرفتند. نتایج نشان داد هرچه شمع‌ها به دریچه نزدیک‌تر باشند حجم رسوب‌شویی افزایش می‌یابد، به طوری که در کمترین فاصله قرارگیری شمع نسبت به دریچه، حجم رسوب‌شویی حدود ۷۶، ۱۱۳ و ۱۴۱ درصد نسبت به حالت بدون سازه برای ارتفاع سطح آب ۱۵، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر افزایش نشان داد. صفحات مستغرق نیز در فاصله‌های مختلف از دریچه و در سه زاویه متفاوت نسبت به راستای جریان کار گذاشته شدند. بررسی‌ها نشان داد زمانی که صفحات نسبت به دریچه تحتانی در کمترین فاصله کارگذاری شود و زاویه آن نسبت به راستای جریان کوچکتر باشد، بر شدت جریان گردابی افزوده شده به طوری که حجم رسوب‌شویی برای ارتفاع سطح آب ۱۵، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر به ترتیب ۴۸۱، ۳۳۷/۱ و ۱۶۳/۵ درصد افزایش داشته است. به طور کلی، نتایج نشان داد که تغییرات حجم رسوب خارج شده از مخزن در حالت کارگذاری صفحات مستغرق، عملکرد بهتری نسبت به کارگذاری شمع دارد.

**واژه‌های کلیدی:** تخلیه‌کننده تحتانی، جریان گردابی، حجم رسوب‌شویی، شمع، صفحات مستغرق.

**ارجاع:** عبدالله پور م. حسین‌زاده د. و فرسادی‌زاده د. ۱۳۹۴. کاربرد شمع و صفحات مستغرق در تخلیه رسوبات از مخازن سدها در رسوب‌شویی تحت فشار. مجله پژوهش آب ایران. ۱۹: ۱۶۵-۱۶۹.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

\* نویسنده مسئول: [m.abdolahpour@yahoo.com](mailto:m.abdolahpour@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۴

## مقدمه

احداث سدها در عرض رودخانه‌ها و ذخیره شدن حجم زیادی از آب در پشت آن‌ها موجب کاهش نیروی هیدرودینامیک جریان و ته‌نشینی مواد رسوبی در مخزن می‌شود. رسوب‌گذاری در مخازن سدها از جمله مسائل مهم است که باید در بهره‌برداری و عمر مفید مخزن مدنظر قرار گیرد.

در زمینه رسوب‌شویی تحت فشار پژوهش‌های زیادی انجام شده است. پائول و دیلن (۱۹۸۸) تأثیر ظرفیت ذخیره مخزن را بر رسوب‌شویی بررسی کردند و نشان دادند که این روش برای مخزن با ظرفیت ذخیره بیشتر نیز مفید است. شورلین و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی طول، عرض و شیب مخروط رسوب‌شویی بیان کردند که شیب مخروط رسوب‌شویی همیشه برابر با زاویه ایستایی رسوبات در شرایط مستغرق است. امامقلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) عواملی همچون عمق آب داخل مخزن، دبی جریان خروجی از تخلیه‌کننده، ابعاد تخلیه‌کننده، ژئومتری مخزن، اندازه و نوع رسوبات تجمع یافته را در تخلیه رسوبات مؤثر دانستند. مشکاتی و همکاران (۱۳۸۸) تأثیر ابعاد دریچه تحتانی را بر حجم و ابعاد مخروط رسوب‌شویی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که افزایش قطر دریچه راندمان رسوب‌شویی را افزایش می‌دهد. آلتوس (۲۰۱۱) تأثیر قرارگیری جت آب را در مخزن رسوبات بر افزایش میزان رسوبات تخلیه شده بررسی کردند و بیان کرد که در حالت بدون اعمال جت آب، مدت زمان لازم برای رسوب‌شویی دو برابر حالتی است که جت آب در مخزن کار گذاشته شود. همچنین در این مدت، در حالت بدون جت آب، ۸۰٪ رسوبات نسبت به حالت با جت تخلیه می‌شود.

در پژوهش‌های قبل تخلیه رسوبات از مخازن با باز کردن دریچه‌های تحتانی و بدون استفاده از سازه‌هایی جلو دریچه تحتانی انجام شده است. در این پژوهش پدیده رسوب‌شویی تحت فشار با ایجاد جریان گردابی با قرارگیری سازه‌های شمع و صفحات مستغرق جلوی دریچه تخلیه‌کننده تحتانی انجام شد.

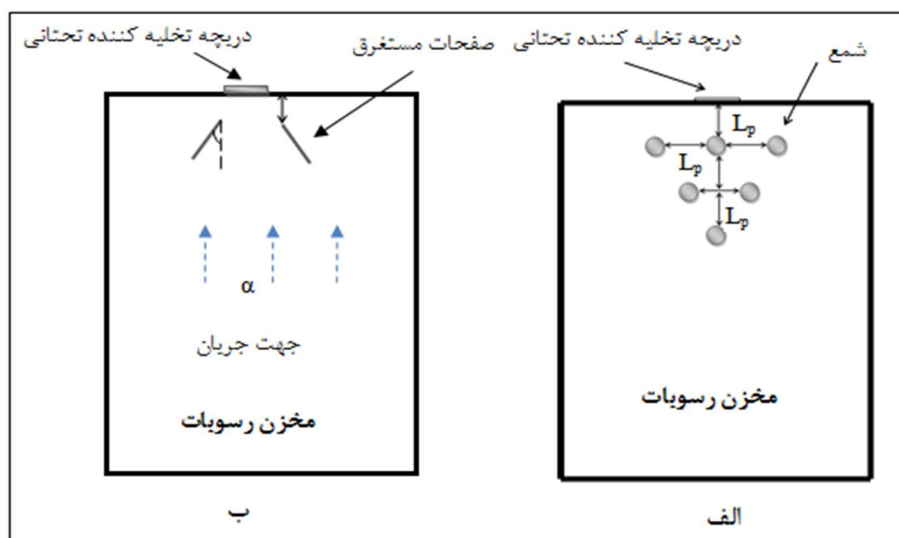
## مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز در مخزنی به شکل مکعب مستطیل انجام

شد. مدل مخزن دارای سه قسمت اصلی است: ۱- قسمت ورودی ۲- مخزن رسوبات و ۳- قسمت اندازه‌گیری جریان خروجی از مدل (حوضچه ته‌نشینی رسوبات). مخزن رسوبات به طول ۱۲۰ سانتی‌متر، عرض ۱۰۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۸۵ سانتی‌متر است. در قسمت ورودی مخزن از یک آرام‌کننده جریان استفاده شد تا جریان متلاطم وارد مخزن نشود. رسوبات در مخزن به ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر از کف مدل تا قسمت پایینی دریچه تحتانی انباشته شد. برای رسوب‌شویی، یک تخلیه‌کننده تحتانی با مقطع دایره‌ای شکل به قطر ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. رسوبات که پس از خروج از تخلیه‌کننده تحتانی وارد حوضچه ته‌نشینی رسوبات در پایین دست مخزن اصلی قرار داشت، می‌شد. اندازه‌گیری دبی به صورت حجمی و از طریق حوضچه ته‌نشینی انجام و جریان پس از خروج از حوضچه ته‌نشینی به مخزن اصلی برگشت داده می‌شد.

برای انجام آزمایش‌ها از رسوبات غیرچسبنده ماسه با قطر متوسط  $0/51$  میلی‌متر ( $d_{50}=0/51$  میلی‌متر) و با جرم مخصوص  $1700$  کیلوگرم بر مترمکعب استفاده شد. تمام آزمایش‌ها با دبی ثابت  $2$  لیتر بر ثانیه در سه ارتفاع سطح آب ( $H_w$ )  $15$ ،  $30$  و  $50$  سانتی‌متر برای هر مدل انجام شد.

در این آزمایش‌ها با ایجاد جریان گردابی در جلوی تخلیه‌کننده تحتانی برای شستشوی بیشتر رسوبات از سازه‌های شمع و صفحات مستغرق استفاده شد. آزمایش‌ها با قرارگیری سازه‌ها در جلوی محور مرکزی تخلیه‌کننده تحتانی انجام شد. شمع‌ها از جنس پلکسی گلاس و قطر  $1$  سانتی‌متر بوده و  $14$  سانتی‌متر از طول آن‌ها در بالای رسوبات قرار داشت. یعنی در همه ارتفاع‌های سطح آب، شمع‌ها به حالت مستغرق در مخزن بوده‌اند. شمع‌ها به صورت آرایش مثلثی در مخزن قرار گرفتند (شکل ۱- الف). مدل صفحات مستغرق از ورقه‌های کالوانیزه به ضخامت  $1$  میلی‌متر و به شکل مکعب مستطیل ساخته شد. طول این صفحات  $9$  و ارتفاع آن‌ها  $17$  سانتی‌متر بود که  $10$  سانتی‌متر آن‌ها بالای رسوبات قرار داشت. صفحات مستغرق با سه زاویه قرارگیری نسبت به جهت جریان ( $\alpha$ ) و سه فاصله ( $L_v$ ) نسبت به دهانه دریچه قرار گرفتند. فاصله صفحات از همدیگر برابر قطر دریچه ( $5$  سانتی‌متر) بود (شکل ۱- ب)



شکل ۱- الف- پلان مخزن رسوبات با کارگذاری شمع و ب- پلان مخزن رسوبات با کارگذاری صفحات مستغرق

## نتایج و بحث

### تأثیر کارگذاری شمع در میزان تخلیه رسوبات

آزمایش‌ها با قرارگیری شمع‌ها در فاصله‌های  $(L_p)$  ۲/۵، ۵ و ۷/۵ سانتی‌متر نسبت به یکدیگر و نسبت به دریچه تخلیه‌کننده تحتانی در سه ارتفاع سطح آب ۱۵، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. نتایج با کارگذاری شمع در جلوی تخلیه‌کننده تحتانی نشان می‌دهد که با بیشتر شدن فاصله شمع‌ها از یکدیگر و دریچه، قدرت جریان‌های گردابی

بیشتر شده و رسوبات بیشتری از جلوی دریچه شسته شده و به پایین دست منتقل می‌شود. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود درصد افزایش حجم رسوب‌شویی برای مدل  $P_3$  از دیگر مدل‌ها بیشتر بوده و حجم رسوب‌شویی حدود ۱۴۱ درصد نسبت به حالت بدون قرارگیری شمع افزایش می‌یابد. همچنین با کاهش سطح آب از ۵۰ به ۱۵ سانتی‌متر حجم رسوب‌شویی به مقدار زیادی افزایش می‌یابد (شکل ۲).

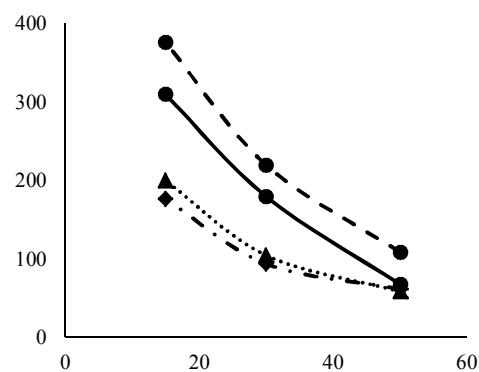
جدول ۱- تأثیر بیشتر شدن فاصله شمع‌ها در تغییر حجم تخلیه رسوبات در ارتفاع سطح آب مختلف

مدل شمع	دبی (لیتر بر ثانیه)	درصد تغییر حجم رسوب‌شویی		
		$H_w=50\text{ cm}$	$H_w=30\text{ cm}$	$H_w=15\text{ cm}$
$P_1$	۲	۵	۱۹	۱۳
$P_2$	۲	۱۹	۷۷	۸۷
$P_3$	۲	۷۶/۲	۱۱۳	۱۴۱

### تأثیر کارگذاری صفحات مستغرق در میزان تخلیه رسوبات

با قرارگیری صفحات مستغرق در جلوی تخلیه‌کننده تحتانی مشاهده شد که فاصله قرارگیری صفحات نسبت به جریان، تأثیر به‌سزایی در ایجاد جریان گردابی دارد. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است به ازای یک دبی ثابت هرچه فاصله صفحات از دریچه کمتر می‌شود  $(L_v=1/5)$  حجم حفره رسوب‌شویی بیشتر می‌شود.

به‌عنوان مثال هنگامی که صفحات با زاویه  $67/5^\circ$  نسبت به راستای جریان در  $4/5$  و  $6$  سانتی‌متر از دریچه قرار



شکل ۲- حجم رسوب‌شویی با کارگذاری شمع‌ها

قرارگیری  $45^\circ$  و  $67/5^\circ$  به طور متوسط به میزان ۸۵ و ۱۲۰ درصد افزایش می‌یابد. همچنین با کم شدن فاصله قرارگیری صفحات حجم رسوب‌شویی افزایش می‌یابد. به طور خلاصه حجم رسوب‌شویی برای مدل  $V_{1/5, 22/5}$  نسبت به حالت بدون قرارگیری صفحات مستغرق برای ارتفاع سطح آب ۱۵، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر به ترتیب ۴۸۱، ۳۳۷/۱ و ۱۶۳/۵ درصد افزایش داشته است. شکل ۳ حجم رسوب‌شویی را برای مدل‌های صفحات مستغرق در زاویه‌ها و فاصله‌های قرارگیری مختلف نشان می‌دهد.

گیرد نسبت به حالت بدون سازه به متوسط حدود ۸/۸ و ۵/۵ درصد افزایش حجم رسوب‌شویی دارد. ولی این مقدار در فاصله ۱/۵ سانتی‌متر به ۶۹/۴ درصد می‌رسد. پس می‌توان گفت که در ۳ زاویه قرارگیری متفاوت بیشترین حجم رسوب‌شویی مربوط به فاصله قرارگیری صفحات مستغرق از دریچه به اندازه ۱/۵ سانتی‌متر است.

به طور کلی نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد که زاویه  $22/5^\circ$  نسبت به دیگر زوایا دارای عملکرد بهتری بوده و میزان رسوبات تخلیه شده نسبت به صفحات با زاویه

جدول ۲- تأثیر کارگذاری صفحات مستغرق در تغییر حجم تخلیه رسوبات در ارتفاع سطح آب مختلف

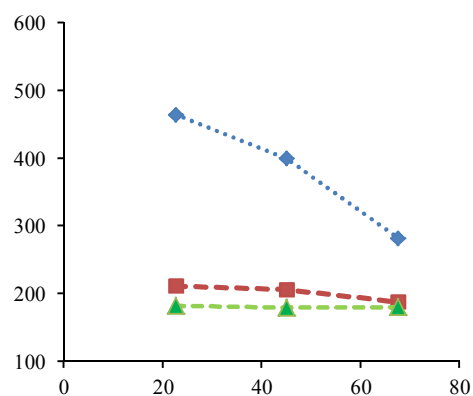
ارتفاع سطح آب در مخزن $H_w=15\text{ cm}$	ارتفاع سطح آب در مخزن $H_w=30\text{ cm}$	ارتفاع سطح آب در مخزن $H_w=50\text{ cm}$	مدل صفحات مستغرق
حجم رسوبات تخلیه شده ( $\text{cm}^3$ )	حجم رسوبات تخلیه شده ( $\text{cm}^3$ )	حجم رسوبات تخلیه شده ( $\text{cm}^3$ )	
۲۸۲	۱۶۸	۱۱۳	$V_{1/5, 67/5}$
۴۰۰	۳۵۳	۲۸۸	$V_{1/5, 45}$
۴۶۵	۴۱۲	۳۵۹	$V_{1/5, 22/5}$
۱۸۸	۱۰۳	۷۱	$V_{4/5, 67/5}$
۲۰۶	۱۴۱	۱۱۲	$V_{4/5, 45}$
۲۱۲	۱۵۹	۱۲۶	$V_{4/5, 22/5}$
۱۸۲	۱۰۰	۶۵	$V_{6, 67/5}$
۱۷۶	۱۰۰	۷۱	$V_{6, 45}$
۱۸۲	۱۰۵	۷۴	$V_{6, 22/5}$

تخلیه‌کننده تحتانی سبب ایجاد جریان گردابی شده و ظرفیت رسوب‌شویی از جلوی تخلیه‌کننده تحتانی افزایش می‌یابد. در یک دبی ثابت زمانی که ارتفاع آب در مخزن کاهش یابد، در مدل‌های مختلف قرارگیری، میزان تخلیه رسوبات افزایش می‌یابد، که با نتایج سایر پژوهش‌گران مانند پاول (۲۰۰۷)، امامقلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۵)، مشکاتی و همکاران (۱۳۸۸) در توافق است.

هنگامی که فاصله شمع‌ها از یکدیگر و از دریچه بیشتر شود جریان‌های گردابی بهتر عمل کرده، به طوری که در ارتفاع سطح آب ۱۵ سانتی‌متر حجم رسوب‌شویی نسبت به حالت بدون قرارگیری شمع ۱۴۱ درصد افزایش دارد.

در مورد صفحات مستغرق نتایج نشان داد هرچه زاویه قرارگیری صفحات نسبت به راستای جریان کمتر باشد حجم مخروط رسوب‌شویی افزایش می‌یابد.

همچنین هرچه فاصله صفحات از دریچه کمتر باشد عملکرد آن بهتر می‌شود. حجم مخروط رسوب‌شویی برای



شکل ۳- مقایسه حجم رسوب‌شویی برای مدل‌های صفحات مستغرق

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها نشان می‌دهد که کارگذاری سازه‌های شمع و صفحات مستغرق در جلوی

ارتفاع آب ۱۵ سانتی‌متر نسبت به حالت بدون قرارگیری صفحات مستغرق حدود ۴۸۱ درصد افزایش نشان می‌دهد.

#### منابع

۱. امامقلی‌زاده ص.، بینا م.، قمشی م. و جهانی ح. ۱۳۸۵. بررسی و ارزیابی رسوب شویی تحت فشار در سدهای مخزنی با استفاده از مدل فیزیکی. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۳(۱۰): ۶۸-۷۹.
۲. مشکاتی م.، ا. دهقانی.، ا. ناصر غ.، امامقلی‌زاده ص. و ابراهیمی ف. ۱۳۸۸. تأثیر ابعاد دریچه تحتانی بر حجم و ابعاد مخروط آبستنگی در رسوبشویی تحت فشار. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، ۶-۸ بهمن ماه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
3. Althous J. 2011. Sediment Evacuation from Reservoirs through Intakes by Jet Induced Flow. Ph.D Thesis. Ecole Polytechnique Federale De Lausanne. Swiss. 251 p.
4. Paul T. C. and Dhillon G. S. 1988. Sluice Dimensioning for Desilting Reservoirs. Conference proceeding of International Water Power and Dam Construction, May 1998. Prentice-Hall International. (UK).
5. Scheuerlein H. Tritthart M. and Nunez Gonzalez F. 2004. Numerical and physical modeling concerning the removal of sediment deposits from reservoirs. Conference proceeding of Hydraulic of Dams and River Structures. Tehran. Iran. 245-254.
6. Powell D. N. 2007. Sediment Transport Upstream of Orifice. Ph.D. Thesis, Clemson University. UMI Number: 3290698. 261 p.

