

# مطالعه تأثیر برخی پارامترهای مؤثر بر طراحی و عملکرد مجرای رسوبشوی

\*

- ۱- دانشیار بخش مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران- هیدرولیک، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران
- ۳- مدیر کل دفتر طرح و برنامه، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران

\* تهران، صندوق پستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵

[salehi@modares.ac.ir](mailto:salehi@modares.ac.ir)

(دریافت مقاله: شهریور ۱۳۸۲، پذیرش مقاله: اسفند ۱۳۸۳)

**چکیده** - در حال حاضر تعدادی از سدهای مخزنی و انحرافی، به دلیل حجم زیاد رسوبات در مخزن یا در اطراف آبگیر، با مشکلات بهره‌برداری روبه‌رو هستند. استفاده و بهره‌برداری مناسب از مجراهای رسوبشوی سدهای انحرافی، یکی از مؤثرترین روشهای کاهش رسوب است که از ورود رسوبات متراکم شده موجود در مخزن سدهای انحرافی به داخل کانال اصلی شبکه، جلوگیری می‌کند. مجاری رسوبشوی سدهای انحرافی در بازشدگی‌های مختلف، سرعت‌های موضعی متفاوتی را ایجاد کرده و موجب رسوبشویی در محدوده‌های معینی می‌شوند. با الهام از ایده‌ای که هافمن و ورهی (۱۹۹۷) در خصوص تکامل تدریجی حفره آبستگي در چهار مرحله آغاز، توسعه، تثبیت و مرحله تعادل ارائه کرده‌اند [۱]، مراحل رسوبشویی و شکل‌گیری حفره شسته شده در هر بازشدگی، به چهار مرحله تقسیم شده که شامل مراحل تخریب، شکل‌گیری به صورت ربع دایره، شکل‌گیری به صورت ربع بیضی و تعادل نهایی است. در مطالعات آزمایشگاهی انجام شده در این تحقیق، تأثیر پارامترهای مؤثر بر طراحی و عملکرد مجرای رسوبشوی سدهای انحرافی، بویژه تأثیر بر چگونگی رسوبشویی و شکل‌گیری حفره ایجاد شده بر اثر تخلیه رسوبات متراکم شده جلوی آبگیر در طول دهانه ورودی آبگیر بررسی شده است. نتایج حاصل به صورت شکل‌هایی سه‌بعدی از توپوگرافی ایجاد شده و نمودارهای مناسبی ارائه شده است.

آزمایشهای انجام شده در فلوم آزمایشگاهی به طول ۱۲ متر و عرض ۷۵ سانتیمتر در شرایط آب زلال برای بازشدگی‌های مختلف درجه مجرا و دبی‌های مختلف جریان برای ۴ عرض به‌طور جداگانه انجام و تأثیر تغییر بازشدگی، دبی، عدد فرود بالادست و عرض مجرا بر چگونگی شکل‌گیری و توسعه حفره ایجاد شده در بالادست مجرای رسوبشوی (جلوی آبگیر) بررسی و تحلیل شده است.

**کلید واژگان:** مجرای رسوبشوی، آبگیر، سد انحرافی، رسوب.

در بهره‌برداری از سدها و سازه‌های هیدرولیکی به وجود می‌آورند. یکی از مهمترین مشکلاتی که مهندسان

## ۱- مقدمه

رسوبات انتقال یافته توسط رودخانه‌ها مشکلات زیادی را

شده در ۶ کشور نشان داده که روش رسوبشویی هیدرولیکی، روش مؤثری برای تخلیه رسوبات ته‌نشین شده است [۴]. مطالعات نشان داده است که رسوبشویی در شرایط مناسب می‌تواند رسوبات ریزدانه را به‌خوبی رسوبات درشت دانه جابه‌جا کند [۵]. شن<sup>۷</sup> و همکاران برای رسوب غیرچسبنده، به‌کمک تحلیل ابعادی و تولید رابطه همبستگی، عمق شستشو را در رسوبشویی موضعی جلوی دریچه تخلیه رسوب، تخمین زدند. آنها مدل یک‌بعدی شبیه‌سازی و مدل دوبعدی بستر متحرک را توسعه داده و آن را برای شبیه‌سازی تغییر شکل بستر در هنگام تغییر رسوب مخزن به‌کار بردند. ایشان نشان دادند که تغییرات جانبی تراز بستر را می‌توان شبیه‌سازی کرد [۶].

نتایج آزمایشهای صحرایی و مدل فیزیکی در گذشته بیانگر این است که برای خارج کردن قسمت عمده‌ای از رسوبات مخزن، باید رقوم سطح آب در مخزن پایین آورده شود. در حین پایین آمدن سطح آب در مخزن، دو نوع آبشستگی (رسوبشویی) به‌وجود می‌آید (رسوبشویی پیشرو و پسرو) [۷]. در رسوبشویی پیشرو، رسوبات ته‌نشین شده از بالادست شسته شده و به طرف سد حرکت می‌کنند و در حالت رسوبشویی پسرو، شستشوی رسوب از محل دریچه شروع شده و به طرف بالادست حرکت کرده و کانال رسوبشویی را ایجاد می‌کند. با بهره‌برداری مناسب از دریچه‌های مجاری رسوبشویی، رسوبشویی پسرو، به‌وجود آمده و کاهش ورود رسوبات به داخل کانال امکان‌پذیر می‌شود. پارامترهای مهمی که باید در طراحی مجاری رسوبشویی در نظر گرفته شود، شامل موقعیت، ظرفیت و ابعاد دریچه‌ها می‌شود. هدف اصلی طراحی آن است که دریچه مجرا، آبشستگی شدیدی را ایجاد کرده و مواد ته‌نشین شده را خارج سازد. با بررسی مطالعات قبلی ملاحظه می‌شود که کارهای انجام شده در زمینه رسوبشویی توسط محققان به صورت

هیدرولیک در طرحهای آبیاری و پروژه‌های برقایی با آن روبه‌رو هستند، کاهش رسوب وارد شده به کانالهای آبرسانی و نیروگاهها است.

معمولا آبگیرها شبیه کمتر از مجرای اصلی داشته و استعداد انتقال رسوب در آنها کمتر است. به علت زیانهای ناشی از ورود رسوبات به کانالها، روشهای مختلفی برای کاهش رسوب به کار می‌رود.

این روشها براساس محل کاهش رسوب تقسیم‌بندی شده و عبارتند از:

۱- روشهای پیشگیری یا روشهای تخلیه رسوب؛

۲- روشهای درمانی یا روشهای دفع رسوب<sup>۸</sup>.

تجهیزات سردهنه‌ها در کانال جلوی آبگیر، تجمع رسوب قابل ملاحظه‌ای را ایجاد می‌کنند. این مواد باید شسته شده و خارج شوند و این کار به کمک دریچه‌های مجاری رسوبشویی انجام می‌شود. با بررسی کارهای انجام شده می‌توان پی برد که در زمینه تعیین محل رسوبشویی، مشخصات دریچه و مجرای آن و جزئیات مربوط به تاسیسات آبگیری کارهای زیادی انجام و در مراجع مختلف طراحی و علمی، جزئیات آن توصیف شده است. در این میان برای نمونه می‌توان به کتاب ارزشمند پرفسور رضوان<sup>۳</sup> با عنوان:

“River intakes & diversion dams” اشاره کرد [۲].

همچنین مجموعه

“Sedimentation exclusion and removal of sediment from diverted water”

اثر رادکیوی<sup>۴</sup> که در سال ۱۹۹۳ انتشار یافت، حاوی مطالب ارزشمندی در زمینه رسوب و آبگیری است. محققان دیگر مانند باتورس و هی<sup>۵</sup> و تورن<sup>۶</sup> نیز در زمینه چگونگی حرکت رسوب در شرایط مختلف بار بستر، نکات ارزشمندی را ارائه کرده‌اند [۳]. مطالعات انجام

1. Preventive Methods or Sediment Excluders
2. Curative Methods or Sediment Ejectors
3. Ernest Razvan
4. Raudkivi
5. Hey, Bathurs
6. Thorne

7. Shen

شروع آزمایش، و در انتهای آن (بترتیب  $H_1$  و  $H_2$ ).

سرعت برشی جریان  $u^*$

• متغیرهای مصالح بستر: شتاب ثقل  $g$ ، قطر متوسط

ذرات  $d_{50}$ ، جرم مخصوص رسوب  $\rho_s$ ، چگالی ویژه

$S_s$ ، چسبندگی ذرات  $C$ ، زاویه اصطکاک داخلی مصالح

بستر  $\phi$ ، حجم کل رسوبات  $V_s$  و وزن مخصوص

مستغرق مصالح بستر  $(\Delta\gamma_s = g(\rho_s - \rho))$

• پارامترهای شاخص سیال: جرم مخصوص آب  $\rho$  و

لزجت سینماتیکی  $\nu$

لذا برای حجم رسوبشویی به تعادل رسیده (SI)، رابطه

(۱) را می‌توان نوشت:

$$SI = f(Q, B, S_0, b, V_s, y_g, L, \beta, u, H_1, H_2, u^*, \rho, \nu, g, d_{50}, \rho_s, \Delta\gamma_s, S_s, C, \phi) \quad (1)$$

رابطه (۱) را با استفاده از تئوری باکینگهام به صورت

رابطه (۲) می‌توان نوشت:

$$\frac{SI}{V_s} = f\left(\frac{u^2}{gH_2}, \frac{Q^2}{gB^2H_1^3}, \frac{B}{b}, S_0, \frac{y_g}{b}, \frac{y_g}{H_2}, \frac{L}{b}, \beta, \frac{u}{u^*}, \frac{H_1}{b}, \frac{H_2}{b}, \frac{y_g}{H_1}, \frac{\rho_s}{\rho}, C, \phi, \frac{\rho u^2}{d_{50}}, \frac{d_{50}}{b}\right) \quad (2)$$

در این مطالعه، برخی از عوامل مؤثر در رسوبشویی از

جمله  $B, S_0, \beta, u, u^*, \rho, \nu, g, d_{50}, \rho_s, \Delta\gamma_s, C$

و  $\phi$  و  $V_s$  را ثابت در نظر گرفته‌ایم، لذا تابع (۲) را به

صورت ساده‌تر زیر می‌توان بیان کرد:

$$\frac{SI}{V_s} = f(Fr_{H_2}, \frac{y_g}{b}) \quad (3)$$

در رابطه (۳)،  $Fr_{H_2} = \frac{Q}{B} \sqrt{gH_2}$  عدد فرود

بالادست است. همچنان که ملاحظه می‌شود در این

پژوهش، حجم تخلیه، با پارامترهای عدد فرود، بازشدگی

و عرض دریچه مرتبط شناخته می‌شود و سایر پارامترها

ثابت نگاه داشته شده‌اند.

پراکنده بوده و به طور متمرکز به مجرای رسوبشویی و

چگونگی عملکرد آن پرداخته نشده است. به دلیل نبود

ضوابط مشخصی برای طراحی مجرای رسوبشویی و

عملکرد آن، ایده این کار تحقیقاتی به صورت آزمایشگاهی

شکل گرفت. انجام آزمایشهایی که نتایج آنها بتواند

عملکرد مجرا را روشن سازد و برخی روابط قابل استفاده

در طراحی را ارائه نماید با پشتیبانی و حمایت سازمان

مدیریت منابع آب ایران در دستور کار قرار گرفت. در این

مقاله نتایجی از این تحقیق ارائه می‌شود.

## ۲- تحلیل ابعادی و پارامترهای مؤثر

پارامترهای بی‌بعد، درک ما را از پدیده‌های مختلف

فیزیکی تعمیق بخشیده و اجازه می‌دهند نتایج آزمایشهای

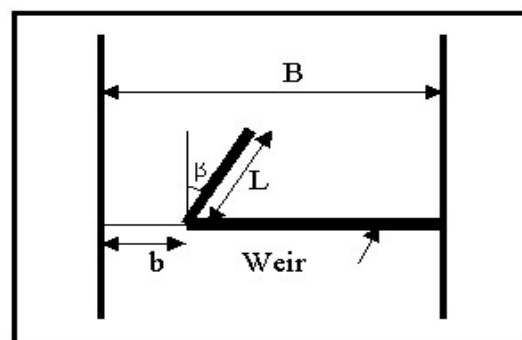
محدودی را برای وضعیت‌های مختلف به کار ببریم. هدف

از تحلیل ابعادی، شناخت پارامترهای مؤثر بر پدیده مورد

مطالعه و تعیین نسبت‌های بی‌بعد و بیان ارتباط بین این

نسبت‌ها است. پارامترهای مؤثری که در این تحقیق

شناسایی شد به شرح زیر است (شکل ۱).



شکل ۱ معرفی برخی پارامترها

• پارامترهای مشخصات فلوم و مجرا: عرض رودخانه

$B$ ، شیب طولی رودخانه  $S_0$ ، عرض دریچه  $b$ ،

بازشدگی دریچه  $y_g$ ، طول دیوار جداکننده  $L$ ، شکل

انحنای دیواره  $\beta$

• متغیرهای شرایط جریان: سرعت متوسط جریان  $u$ ،

دبی جریان  $Q$ ، عمق جریان در بالادست دریچه، در

### ۳- طراحی آزمایشها

معمولاً آزمایشهای مجرای رسوبشوی، با توجه به اهداف طراحی آن به شرح زیر انتخاب و طراحی می‌شود:

الف- تصحیح طراحی مجرای رسوبشوی در رابطه با تخلیه رسوبات، طراحی انواع حالات مختلف آن در عرضهای مختلف و رسیدن به طراحی مناسب؛

ب- روابط متقابل طراحی و محل مجرای رسوبشوی با توجه به ریخت‌شناسی<sup>۱</sup>، رسوب و اجسام شناور.

در این تحقیق، طراحی مدل بر اساس اهداف آن- که شامل بررسی تأثیر عرض مجرا، دبی جریان عبوری و بازشدگی مجرا بر رسوب شویی بوده- انجام شده است.

### ۳-۱- مشخصات مدل

الف- اگر چه مدل سد انحرافی از روی نمونه خاصی در طبیعت ساخته نشده، اما به صورتی انتخاب شده که به کارهای عملی نزدیک باشد. این شامل شکل پروفیل سد و موقعیت و مشخصات مجرای رسوبشوی و آبگیر می‌شود.

ب- مدل بر اساس شستشوی رسوبات توسط آب زلال طراحی شده تا حداکثر شستشو و تخلیه رسوبات قابل دیدن باشد.

ج- از ذرات رسوب با دانه‌بندی نسبتاً یکنواخت استفاده شده تا شاهد تشکیل لایه محافظ<sup>۲</sup> نبوده و درگیر مسائل آن نشویم و فقط حداکثر شستشو مشاهده شود. لایه محافظ فقط در شرایط جریان متلاطم (سیلابی) جابه‌جا شده و مواد لایه زیر سطحی<sup>۳</sup> را در معرض شستشوی ناگهانی قرار می‌دهد [۸].

د- وجود مصالح چسبنده در میان ذرات نیز خود عامل کاهش شستشو است. رودخانه‌ها به‌طور عمده از مصالح بستر دانه‌ای و غیرچسبنده تشکیل می‌شوند. با انتخاب مصالح غیرچسبنده، هم به حالت طبیعی نزدیک بوده و

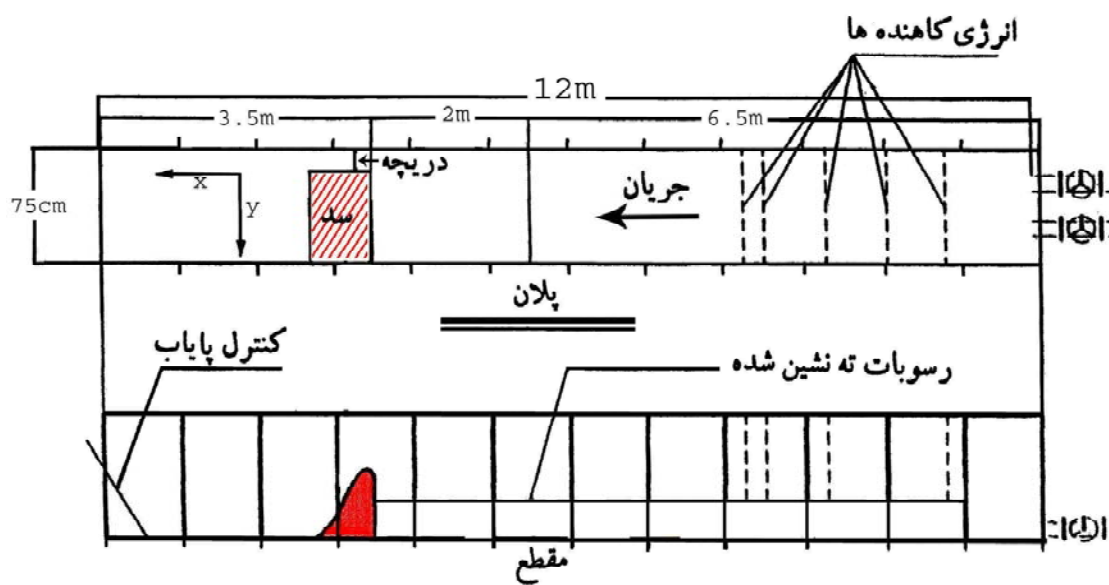
هم بالاترین میزان شستشو در نظر گرفته می‌شود.

### ۳-۲- مشخصات فلوم آزمایشگاهی

فلوم آزمایشگاهی، ۱۲ متر طول، ۷۵ سانتیمتر عرض و ۸۰ سانتیمتر عمق دارد و شیب کف فلوم صفر است. جنس دیوار از شیشه بوده و جریان آب داخل فلوم کاملاً قابل رؤیت است (شکل ۲). منبع تغذیه یک پمپ با حداکثر آبدهی ۲۰۰ لیتر در ثانیه است. تنظیم دبی با شیر کنارگذر<sup>۴</sup> انجام می‌شود و اندازه‌گیری دبی با استفاده از یک سرریز مثلثی با زاویه راس ۹۰ درجه انجام می‌شود که جریان را با دقت ۱٪ اندازه می‌گیرد. یک صفحه قابل تنظیم در پایین دست، عمق پایاب را تنظیم می‌نماید. کف کانال بجز در محدوده‌ای دو متری - که ابتدای آن در فاصله ۶/۵ متری از ابتدای فلوم بوده و به ارتفاع ۲۵ سانتیمتر با مصالح بنایی بالا آورده شده - از جنس مصالح بنایی است که با ملات سیمان اندود و با ماله فلزی صاف شده است. چنین اندودی بر طبق جداول موجود (فصل ۱۵ کتاب هندرسون) زبری ( $k_s$ ) حدوداً یک میلیمتر دارد که برابر مشخصات مصالح استفاده شده در مدل است [۹]. سد انحرافی در فاصله یک متری از انتهای فلوم ساخته و دریچه رسوبشوی در سمت راست سد با عرضهای مفید ۵، ۷، ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. سد انحرافی و دریچه آن از چوب ساخته شده است. در ابتدای فلوم از تعدادی لوله و ۵ عدد تخته چوب نسبتاً ضخیم به عنوان جذب کننده انرژی به‌منظور یکنواخت سازی جریان استفاده می‌شود. جریان آب در فلوم به‌صورت چرخشی است. پس از انجام هر آزمایش برای اندازه‌گیری مقادیر رسوبات شسته شده و تهیه پروفیل و توپوگرافی بستر، از ترازپایب استفاده می‌شود. این وسیله شامل یک لیمینمتر است که بر روی یک قاب با چهار نقطه اتکا بر روی لبه بالایی فلوم حرکت می‌کند. دقت اندازه‌گیری لیمینمتر برابر ۰/۱ میلیمتر است.

1. Morphology
2. Armor Layer
3. Sub-Surface Layer

4. Bypass



شکل ۲. برش و پلان فلوم آزمایشگاهی

با این وسیله در هر برداشت در محدوده‌ای به وسعت  $(75 \times 140)$  سانتیمتر، حداقل ۲۱۰ نقطه برداشت می‌شود. سد و پس از پایدار شدن جریان در هر دبی و بازشدگی مشخص، عمل رسوبشویی آغاز می‌شود. پس از برقراری تعادل و قطع عملیات رسوبشویی توسط مجرا، کار برداشت نقاط شروع می‌شود. سپس با ورود اطلاعات مربوط به توپوگرافی کف مخزن سد و به کمک نرم‌افزار Surfer، توپوگرافی کف و منحنیهای میزان آن استخراج و با محاسبه حجم رسوبات تخلیه شده توسط مجرای رسوبشویی، اثر پارامترهای مختلف پرداخته شد. نتایج حاصل از آزمایشها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. اول، نتایجی که با مشاهده مستقیم به دست می‌آیند. به این معنی که با مشاهده رفتار جریان و نحوه حرکت آن در اطراف مجرا، سازوکار حرکتی آن مشخص می‌شود. به این ترتیب، با درک صحیح و کافی از آنچه در مجرای رسوبشویی روی می‌دهد، می‌توانیم آزمایش بعدی را طراحی کنیم. دوم، نتایجی که به صورت کمی قابل اندازه‌گیری بوده یا به صورت شکل‌های سه‌بعدی توپوگرافی و منحنیهای میزان به دست می‌آید. هر دو نوع نتیجه در جمع‌بندی نهایی اهمیت دارند.

با این وسیله در هر برداشت در محدوده‌ای به وسعت  $(75 \times 140)$  سانتیمتر، حداقل ۲۱۰ نقطه برداشت می‌شود.

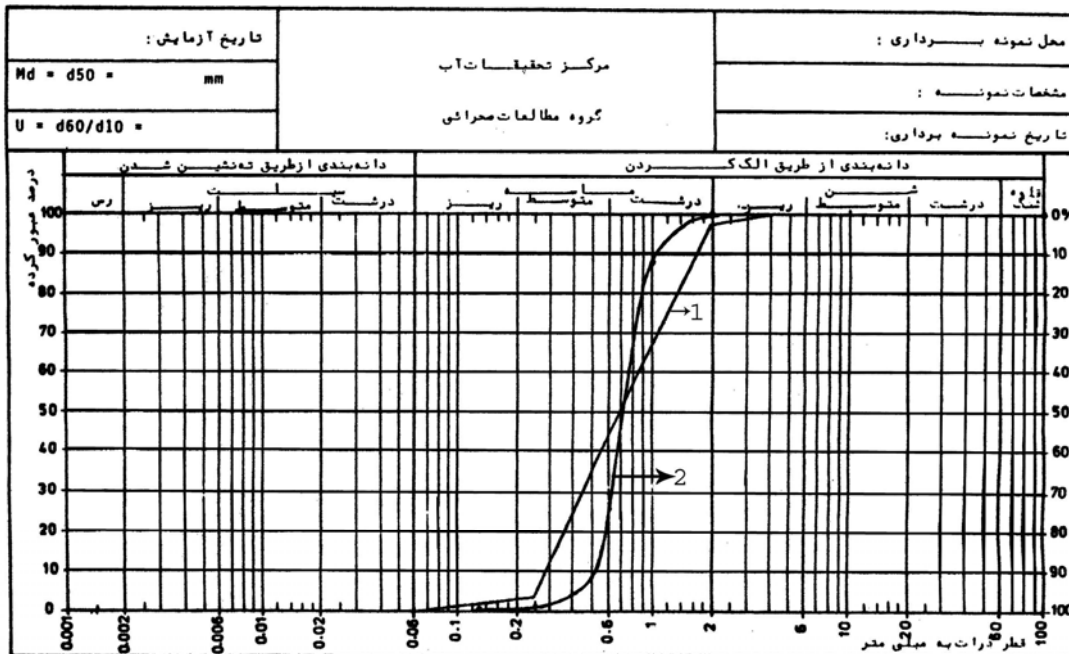
### ۳-۳- چگونگی انجام و مراحل آزمایشها

همانگونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، آزمایشها برای چهار عرض دریاچه، هشت بازشدگی و هشت دبی متفاوت برای هر یک از عرضها انجام شده است. بنابراین ۶۴ آزمایش برای هر عرض مجرا و با توجه به انتخاب ۴ عرض مختلف، در مجموع ۲۵۶ آزمایش انجام شده است.

جدول ۱ پارامترهای مورد بررسی و محدوده تغییر آنها

تغییرات پارامترها	پارامتر
۲۰، ۱۵، ۷، ۵	b(cm): عرض مجرا
۱۲، ۱۰، ۸، ۶، ۴، ۲	Q(lit/s): دبی جریان
۲۸، ۱۸	برای هر عرض
۱۵، ۱۰، ۷، ۴، ۳، ۱	y <sub>g</sub> (cm): بازشدگی برای
۲۰، ۱۷	هر عرض و دبی

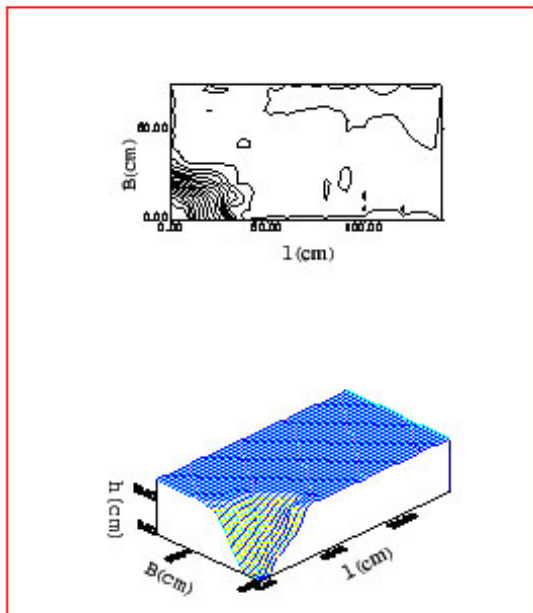
در ابتدا ارتفاع اولیه آب پشت سد قبل از رسوبشویی تأمین و قبل از سرریز شدن جریان آب از روی سرریز



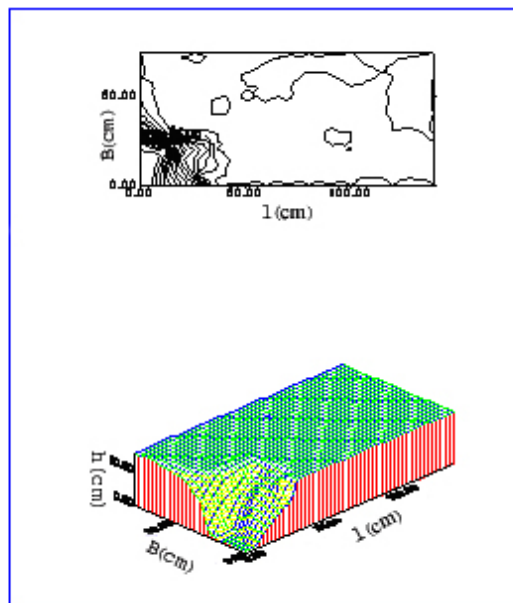
شکل ۳ منحنی دانه بندی ذرات قبل از آزمایش (۱) و پس از تصحیح به وسیله الک (۲)

#### ۴- نتایج

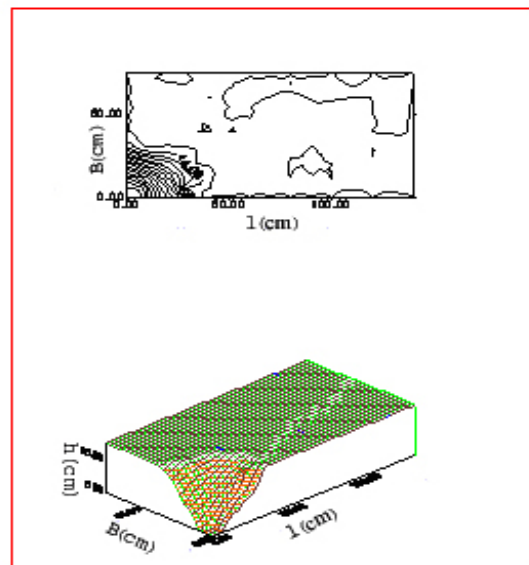
ابتدا در عرض مجرای ۵ سانتیمتر برای بازشدگیهای ثابت (ذکر شده در جدول ۱)، مخزن سد را تا ارتفاع ۱۵ سانتیمتر از رسوباتی- که مشخصات آن قبلاً ارائه شد (شکل ۳)- پر کرده و پس از پر شدن مخزن سد از آب، در آزمایشهای مختلف، دبی های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۸ و ۲۸ لیتر در ثانیه در فلوم به جریان انداخته شده، نتایج به دست آمده پس از ثبت برای تحلیل به کار رفت. سپس عرض مجرا را تغییر داده و به ترتیب عرضهای ۷، ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر را نیز برای دبیها و بازشدگیهای فوق آزمایش کردیم. به عنوان نمونه ای از نتایج آزمایشهای منحنیهای میزان و شکل توپوگرافی برای آزمایشهای مربوط به دبی ۶ لیتر در ثانیه و بازشدگی ۴ سانتیمتر در شکلهای ۴ تا ۷ ارائه شده است. در این شکلهای h ارتفاع بند، B عرض مجرا و l فاصله از محل بند است.



شکل ۴ عرض مجرا ۷ سانتیمتر، دبی ۶ لیتر در ثانیه، بازشدگی ۴ سانتیمتر و حجم تخلیه رسوب ۵۲۲۶ سانتیمتر مکعب



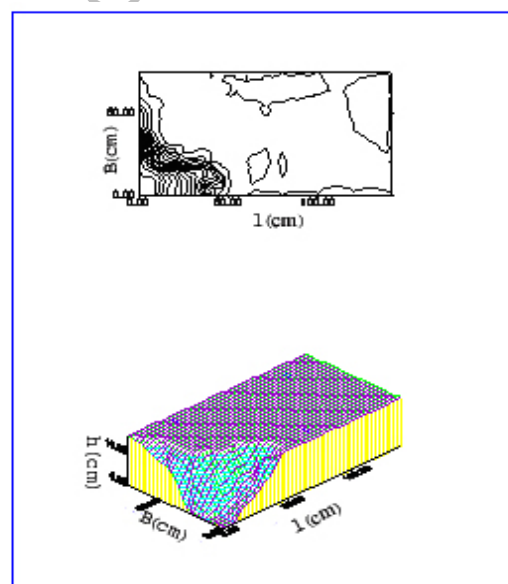
شکل ۷ عرض مجرا ۱۵ سانتیمتر، دبی ۶ لیتر در ثانیه، بازشدگی ۴ سانتیمتر و حجم تخلیه رسوب ۷۸۹۹ سانتیمتر مکعب



شکل ۵ عرض مجرا ۵ سانتیمتر، دبی ۶ لیتر در ثانیه، بازشدگی ۴ سانتیمتر و حجم تخلیه رسوب ۴۹۶۷ سانتیمتر مکعب

SI-Q تأثیر کمی از  $Y_g$  می‌پذیرد. همچنین در کلیه محدوده‌های بازشدگی، شیب منحنی برای عرضهای کوچک دریاچه (۵ و ۷ سانتیمتر) در دبی‌های متفاوت، متغیر است، اما برای عرضهای بزرگتر دریاچه، شیب تقریباً ثابت می‌ماند. در بازشدگی‌های بزرگتر، شیب منحنی بتدریج کاهش یافته و منحنی برای عرض ۷ سانتیمتر، بتدریج با افزایش بازشدگی به سمت خط راست نزدیک می‌شود.

در شکل ۹ ملاحظه می‌شود که برای عرض ثابت و بازشدگی متغیر دریاچه، روند ذکر شده قبلی برای افزایش رسوبشویی، با افزایش دبی وجود دارد. برای تغییرات شیب این منحنی ملاحظه می‌شود که در بیشتر موارد، تا دبی ۱۲ لیتر بر ثانیه، شیب منحنی‌های با بازشدگی متغیر (و عرض دریاچه ثابت)، تقریباً ثابت است اما برای دبی‌های بزرگتر، شیب منحنیها تغییر یافته و در بیشتر موارد، شیب ملایمتری حاصل شده است. در شکل ۱۰ به منظور تبیین بیشتر تأثیر بازشدگی بر تغییرات منحنی‌های رسوبشویی-دبی، این منحنیها به صورت درصد رسوبشویی (عرض و بازشدگی ثابت و دبی حداکثر) ترسیم شده است.



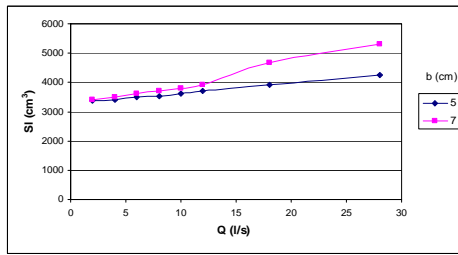
شکل ۶ عرض مجرا ۲۰ سانتیمتر، دبی ۶ لیتر در ثانیه، بازشدگی ۴ سانتیمتر و حجم تخلیه رسوب ۱۰۳۷۶ سانتیمتر مکعب

## ۵- بررسی تأثیر پارامترها

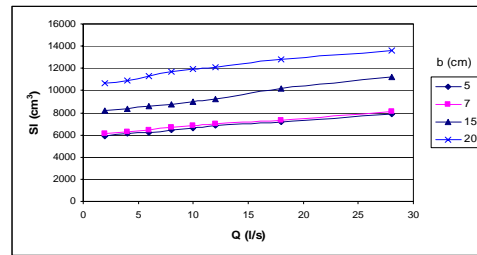
### ۵-۱- تأثیر دبی برای مقادیر ثابت بازشدگی و

#### عرض دریاچه

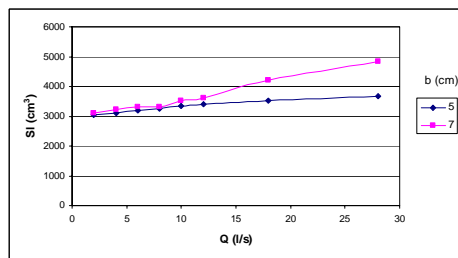
با توجه به شکل ۸ ملاحظه می‌شود که برای بازشدگی ثابت، افزایش دبی، موجب افزایش میزان رسوبشویی شده و در بازشدگی‌های کم (بین ۱ تا ۴ سانتیمتر) شیب منحنی



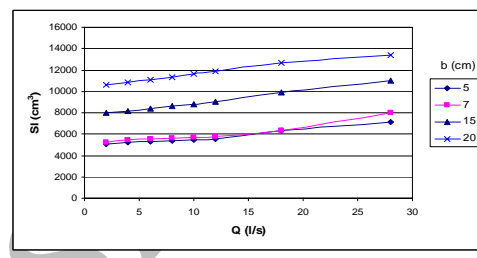
ه - بازشدگی دریاچه ۱۰ سانتیمتر



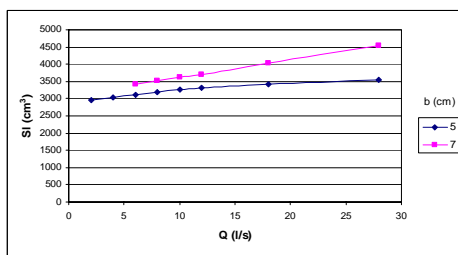
الف - بازشدگی دریاچه ۱ سانتیمتر



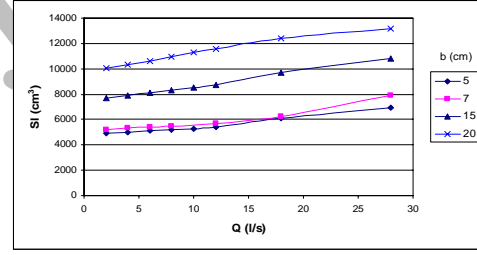
و - بازشدگی دریاچه ۱۵ سانتیمتر



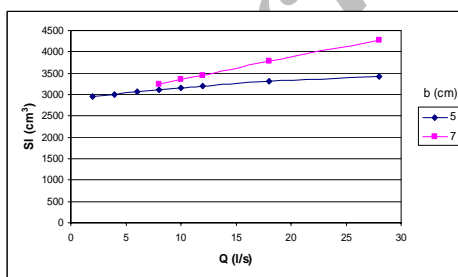
ب - بازشدگی دریاچه ۳ سانتیمتر



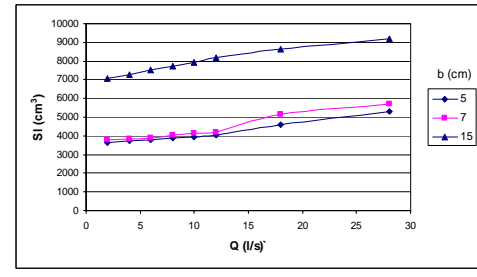
ز - بازشدگی دریاچه ۱۷ سانتیمتر



ج - بازشدگی دریاچه ۴ سانتیمتر



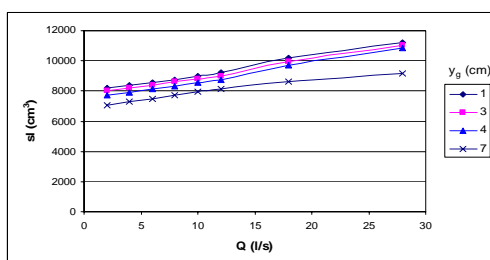
ح - بازشدگی دریاچه ۲۰ سانتیمتر



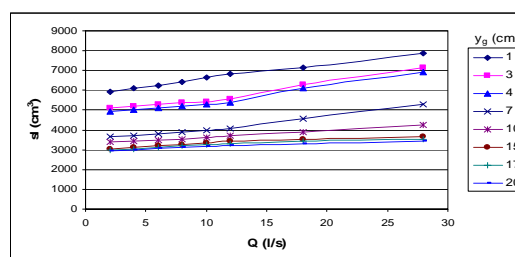
د - بازشدگی دریاچه ۷ سانتیمتر

شکل ۸ تغییرات حجم رسوبشویی بر اثر تغییر دبی (بازشدگی ثابت و عرض دریاچه متغیر)

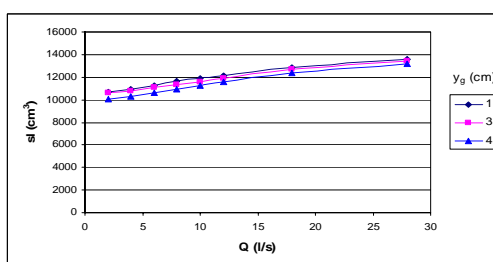




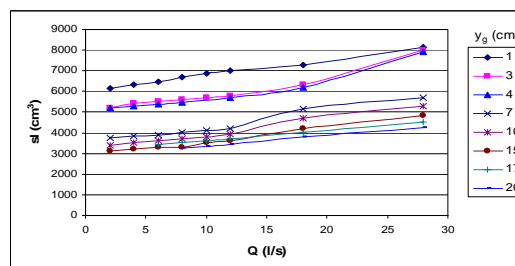
ج- عرض دریچه ۱۵ سانتیمتر



الف- عرض دریچه ۵ سانتیمتر

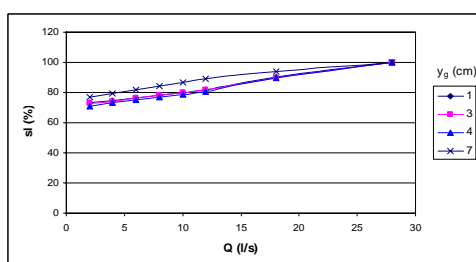


د- عرض دریچه ۱۵ سانتیمتر

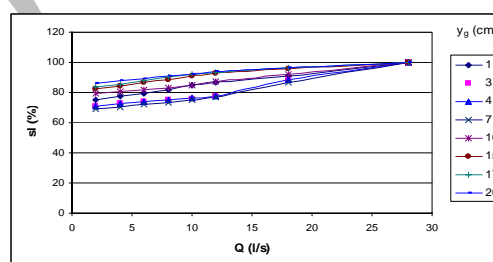


ب- عرض دریچه ۷ سانتیمتر

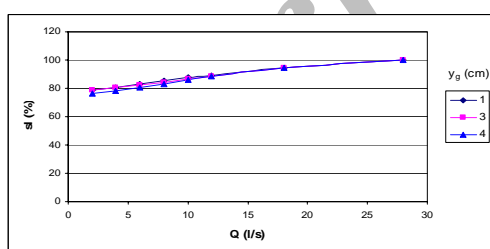
شکل ۹ تغییرات حجم رسوبشویی بر اثر تغییر دبی (بازشدگی متغیر و عرض دریچه ثابت)



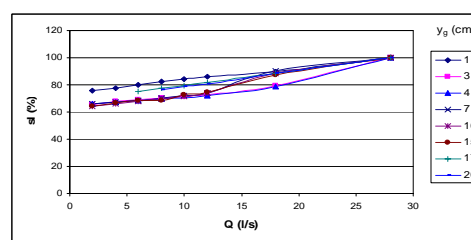
ج- عرض دریچه ۱۵ سانتیمتر



الف- عرض دریچه ۵ سانتیمتر



د- عرض دریچه ۲۰ سانتیمتر



ب- عرض دریچه ۷ سانتیمتر

شکل ۱۰ تغییرات میزان رسوبشویی (%) بر اثر تغییر دبی (بازشدگی متغیر و عرض دریچه ثابت)

قابل ملاحظه است، اما برای عرضهای بزرگ و با افزایش بازشدگی دریچه، روند رسوبشویی از حالت موضعی (پیرامون دریچه و در نزدیکی محل سد) خارج شده و به کل عرض مجرای بالادست گسترش می‌یابد که در

## ۵-۲- تأثیر بازشدگی برای مقادیر ثابت با عرض ودبی

در صورت ثابت نگاه‌داشتن عرض دریچه و تغییر دادن دبی، کاهش میزان رسوبشویی بر اثر افزایش بازشدگی

دبی‌های مختلف، حجم رسوبات تخلیه شده افزایش می‌یابد. لذا با توجه به موارد ذکر شده در بند قبل برای افزایش رسوبشویی، بر اثر افزایش عرض دریچه و نیز خروج از حالت موضعی رسوبشویی برای بازشدگی‌های بزرگتر از ۷ سانتیمتر، محدود شدن بازشدگی‌های قابل استفاده برای تولید رسوبشویی موضعی بر اثر افزایش عرض دریچه و کاهش دبی با قطعیت بیشتری قابل نتیجه‌گیری است.

#### ۴-۵- تأثیر نسبت بازشدگی به عرض دریچه

در شکل ۱۱ نحوه تغییر میزان رسوبشویی با تغییر نسبت بی‌بعد بازشدگی به عرض دریچه، برای دبی‌های مختلف ارائه شده است. همانگونه که در این شکل ملاحظه می‌شود، به استثنای نوسانات موجود در نسبت‌های  $y_g/b < 0.6$  (که ممکن است ناشی از اثر مقیاس باشد) می‌توان گفت که در بیشتر موارد، افزایش نسبت بی‌بعد بازشدگی به عرض دریچه، موجب کاهش میزان رسوبشویی می‌شود. بنابراین به عنوان نتیجه‌ای مهم و کاربردی می‌توان توصیه کرد که برای افزایش کارایی دریچه‌های رسوبشوی در تخلیه رسوبات به صورت موضعی (در نزدیکی دهانه‌های آبگیرها)، مناسب است که این کار در  $y_g/b < 0.6$  صورت گیرد.

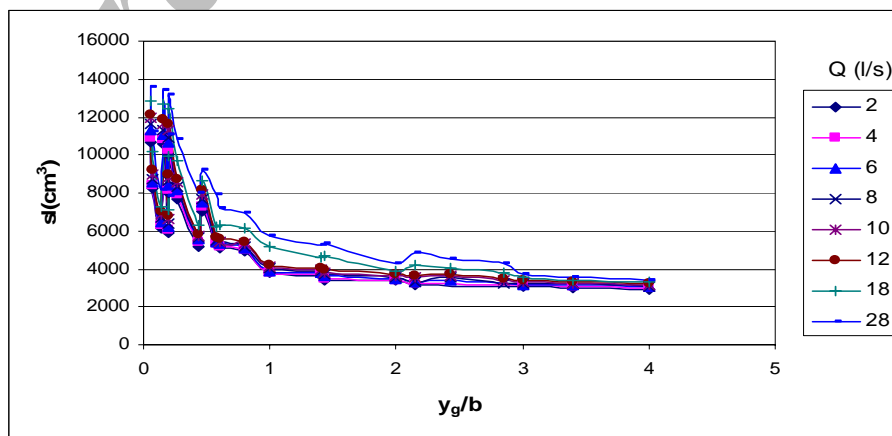
مجموع رسوبشویی بیشتر، اما غیر ضروری را پدید می‌آورد.

در شرایط ثابت نگاهداشتن دبی و تغییر عرض دریچه، روند ذکر شده در بخش قبل برای کاهش میزان رسوبشویی با افزایش بازشدگی، در این حالت نیز بوضوح قابل مشاهده است. نکته دیگر آنکه برای دریچه‌ای با عرض ۵ سانتیمتر، برای تمامی حالت‌های بازشدگی (از ۱ تا ۲۰ سانتیمتر)، رسوبشویی به شکل موضعی انجام شده، در حالی که برای دریچه‌ای با عرض ۲۰ سانتیمتر، فقط تا بازشدگی ۵ سانتیمتر این امکان وجود داشته است.

#### ۳-۵- تأثیر عرض دریچه برای مقادیر ثابت دبی و بازشدگی

افزایش عرض، به طور عام موجب افزایش رسوبشویی می‌شود و در بیشتر موارد با افزایش عرض دریچه، شیب منحنی تغییرات نیز افزایش می‌یابد. البته با افزایش بازشدگی، با پدیده خروج رسوبشویی از حالت موضعی روبه‌رو خواهیم شد و بر اثر افزایش بازشدگی (بیش از ۱۷ سانتیمتر) بتدریج دبی‌های کوچکتر نیز موجب تشدید این مسأله می‌شوند [۱۰].

تغییرات رسوبشویی بر اثر تغییر عرض دریچه (با ثابت نگاهداشتن دبی و ترسیم منحنی‌های با بازشدگی متفاوت) به این صورت است که با افزایش عرض دریچه، در



شکل ۱۱ تغییرات حجم رسوبشویی بر اثر تغییر نسبت بازشدگی به عرض دریچه (با دبی‌های متفاوت)

### ۵-۵- تأثیر عدد فرود بالادست

همانگونه که قبلاً بیان شد، برای بهره گیری هر چه بیشتر از نتایج این تحقیقات و امکانپذیری تعمیم نتایج آن به موارد کاربردی، لازم است نتایج، تا حد ممکن به شکل اعداد بی‌بعد ارائه شود. به منظور بی‌بعد ساختن اثر دبی، روش معمول استفاده از عدد فرود است. پس از بررسی حالت‌های مختلف برای ارائه عدد فرود مناسب (مانند عدد فرود جریان عبوری از زیر دریچه، عدد فرود جریان بالادست دریچه)، عدد فرود بالادست دریچه به عنوان پارامتر مناسب شناخته شد. لازم است ذکر شود که با توجه به محدودیتهای موجود در آزمایشها، طیف محدودی از اعداد فرود بررسی شد و شایسته است در تحقیقات بعدی، بررسی اعداد بزرگتر فرود مدنظر قرار گیرد. بررسی نتایج به دست آمده نشان داد که در حالت ثابت نگاه داشتن عرض و تغییر بازشدگی دریچه، میزان رسوبشویی روندی صعودی با افزایش عدد فرود بالادست دارد.

شیب منحنیهای به دست آمده در این حالت در محدوده عدد فرود  $0.05 - 0.04$  تغییر یافته و نشان‌دهنده افزایش بیشتری در رسوبشویی با افزایش عدد فرود است که برای کاربردهای عملی مناسبتر بوده و در بازشدگی‌های کمتر، این افزایش شیب چشمگیرتر است و در حالت ثابت نگاه داشتن بازشدگی و تغییر عرض دریچه، افزایش شیب

منحنیها در محدوده اعداد فرود بزرگتر از  $0.05$  محسوستر است.

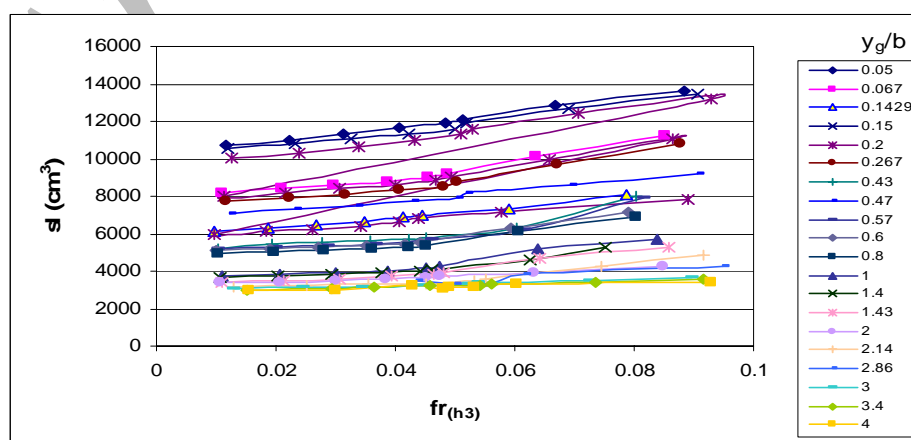
### ۵-۶- تأثیر عدد فرود بالادست و نسبت بی‌بعد بازشدگی به عرض دریچه

به منظور بررسی تأثیر همزمان دو پارامتر بی‌بعد عدد فرود بالادست و نسبت بازشدگی به عرض دریچه بر میزان رسوبشویی، نتایج به‌طور کامل در شکل ۱۲ ارائه شده است. با توجه به مواردی که قبلاً در خصوص تأثیر مجزای هر یک از این دو پارامتر بی‌بعد گفته شد بجز رفتار نوسانی  $y_g/b$  در محدوده کمتر از  $0.6$ ، با افزایش عدد فرود و کاهش  $\frac{y_g}{b}$  افزایش میزان رسوبشویی مشاهده می‌شود.

### ۶- نتیجه گیری

در این تحقیق، چهار مقدار عرض مجرای رسوبشویی، به منظور بررسی تأثیر پارامترهای مؤثر بر تخلیه رسوبات انباشته شده در جلوی دریچه‌های آبگیر، آزمایش شد و نتیجه گرفتیم که:

الف- در حالتی که بازشدگی دریچه ثابت نگاهداشته شود، افزایش دبی در هر حالت، به افزایش رسوبشویی منجر می‌شود اما این افزایش، رابطه‌ای مستقیم با نسبت



شکل ۱۲ تغییرات حجم رسوبشویی در اثر تغییر عدد فرود بالادست (با نسبت بازشدگی به عرض دریچه متغیر)

افزایش دبی ندارد.

ب- در شرایط دبی ثابت، با افزایش بازشدگی دریچه، از توان تخلیه رسوبات کاسته می‌شود. به بیان دیگر، عملکرد بهینه رسوبشوی در شرایطی است که دبی عبور کننده از رسوبشوی، با بازشدگی دریچه متناسب باشد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، می‌توان به طراحان توصیه کرد که در انتخاب ابعاد دریچه، به دبی قابل انتقال از مجرای رسوبشوی باید توجه ویژه‌ای معطوف شود.

ج- با توجه به منحنیهای ارائه شده در عرضهای ثابت مجرا، با افزایش بازشدگی، رسوبشویی کاهش می‌یابد و نرخ کاهش رسوبشویی یکنواخت نیست، به طوری که شدت کاهش رسوبشویی تا بازشدگی حدود ۷ سانتیمتر، بیشتر و از آن به بعد تقریباً ثابت است.

د- با توجه به اینکه هدف از استفاده از رسوبشوی، تخلیه رسوبات اطراف آبگیر به صورت موضعی است، باید توجه داشت که افزایش عرض دریچه از محدوده معینی به بالا موجب کاهش عملکرد بهینه آن می‌شود. اما به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت که افزایش عرض دریچه، به افزایش رسوبشویی منجر می‌شود.

ه- با افزایش عدد فرود بالا دست، رسوبشویی رونای صعودی دارد. شیب منحنیهای به دست آمده در این حالت، در محدوده عدد فرود ۰/۰۵-۰/۰۴ تغییر یافته و نشان‌دهنده افزایش بیشتری در رسوبشویی با افزایش عدد فرود است که برای کاربردهای عملی مناسبتر است. همچنین می‌توان گفت که در بازشدگیهای کمتر (بویژه بین ۳ تا ۴ سانتیمتر)، این افزایش شیب چشمگیرتر (مطلوبتر) است. همانگونه که برای میزان رسوبشویی گفته شد، برای افزایش کارایی راندمان رسوبشویی در تخلیه رسوبات انباشته شده در مقابل دهانه آبگیر، استفاده از عدد فرود بیشتر مناسبتر است.

و- همانگونه که در شکل ۱۱ ملاحظه می‌شود، به استثنای نوسانات موجود در نسبتهای بازشدگی به عرض دریچه کوچکتر از ۰/۶، می‌توان گفت که در بیشتر موارد، افزایش

نسبت بی‌بعد بازشدگی به عرض دریچه، موجب کاهش رسوبشویی می‌شود. بنابراین به عنوان نتیجه‌ای مهم و کاربردی می‌توان توصیه کرد که برای افزایش کارایی دریچه‌های رسوبشویی در تخلیه رسوبات به صورت موضعی (در نزدیکی دهانه آبگیرها)، مناسب است که نسبت ارتفاع به عرض کوچکتر از ۰/۶ باشد.

## ۷- قدردانی

بدین وسیله از معاونت پژوهشی سازمان مدیریت منابع آب ایران که هزینه‌های این طرح تحقیقاتی را تأمین کردند و همچنین از مدیریت و کارکنان محترم مرکز تحقیقات آب که در مسیر اجرای تحقیق، دلسوزانه تلاش کردند کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

## ۸- منابع

- [1] Hoffmans, G.J.C.M. and Verheij, H. J.; Scour Manual, A. A., Balkema, Rotterdam, Brookfield.; 1997.
- [2] Razvan, E.; "River Intakes and Diversion Dams;" Elsevier, 1989.
- [3] Hey, R. D.; Bathurst, J. C.; and Thome, C. R., "Gravel-Bed Rivers: Fluvial Processes, Engineering and Management;" N. Y.; 1985.
- [4] Paul, T.C. and Dhillon, G. S.; "Sluice dimensioning for desilting reservoirs;" Int, Water Power & Dam Construction, 1988., pp. 40-44.
- [5] Jihn-Sung L.; and Hsieh W. S.; "Flushing of sediment through reservoir" Journal of Hydraulic Reserch, Vol. 34; No. 2, 1996, pp. 237-255.
- [6] H. W. Shen.; M. ASCE, Jihn-Sung L.; and Dihua Z.; "Hydraulic desiltation for noncohesive sediment;" 25<sup>th</sup> IAHR Congress, 1993, pp 119-124.
- [7] صالحی نیشابوری، سیدعلی اکبر؛ غلامی علم، ایرج؛

- [9] Gholami, I.; Daemi, A.; Salehi N., A. A.; “Effects of the dividing-wall length on the efficiency of sluiceway;” *XXIX IAHR Congress*, Beijing, China, September 16-21, 2001.; pp 44-49.
- [10] Salehi N.; A. A.; Gholami, I.; Daemi, A.; “Effects of the sluiceway width on the efficiency of sediment removal;” *XXX IAHR Congress*, Thessaloniki, Greece August 24-29, 2003.

دائمی، علیرضا؛ “تأثیر عرض مجرای رسوبشوی سدهای انحرافی برسوبشویی؛” ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان؛ ۱۳۸۲. ص ۴۶۳-۴۷۰.

[۸] غلامی علم، ایرج؛ “بررسی پارامترهای مؤثر در طراحی مجاری رسوبشوی سدهای انحرافی وضوابط طراحی؛” پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۷.

Archive of SID