۱۰۹۱۸۴

۸۷/۱/۱۰۴۹۴۷
۸۸/۱/۱۸

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده کشاورزی

بخش مهندسی آب

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد سازه های آبی

بررسی پارامتر اختلاط جریان غلیظ در مخازن سدها

استاد راهنما:

دکتر محمد جواد خانجانی

مولف:

مجتبی اورک مندنی زاده

شهریور ۸۷

۱۳۸۷/۱۲/۲۷

۱۰۹۱۸۴

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی آب

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمیشود.

دانشجو: مجتبی اورک مندنی‌زاده

استاد راهنما: دکترمحمدجواد خانجانی

داور۱: دکتر محمد باقر رهنما

داور۲: دکتر مجید رحیم‌پور

معاونت پژوهشی دانشکده: دکتر محمد حسن فولادی

حق چاپ محفوظ و مخصوص مؤلف است.

تقدیم به

مادر صبور و پدر فداکارم

تقدیم به

همسر مهربانم

تقدیم به

برادران عزیزم

تشکر و قدردانی

به نام او که اولین آموزنده است.

ستایش خداوند مهربان را که به انسان آموخت آنچه را که نمی دانست (خدایا ما هیچ نمی دانیم، جز آنچه که تو به ما آموخته ای- سوره بقره، آیه ۳۲). درود بر پیامبران الهی که معلمان بزرگ بشریتند و امر تزکیه و تعلیم را در طول تاریخ بر عهده داشته اند.... و سپاس معلمین بزرگوار و اساتید ارجمند را که چراغ علم و معرفت فراروی ما افروخته و با تلاشی عاشقانه و خستگی ناپذیر دریچه های باغ دانش را به روی ما گشودند. خاضعانه در برابر یکایک آنها سر تعظیم فرود می آورم و بر دست های توانمندشان بوسه می زنم. در اینجا بر خود واجب می دانم که از رهنمودهای ارزشمند و زحمات استاد ارجمند **جناب آقای دکتر خانجانی** که در انجام این تحقیق به عنوان استاد راهنما رو تشکر را هم بوده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

در پایان از دوستان خوبم آقایان: هادی بازیار، مهندس عادل شادمان، مهندس سروش محرابیان، دکتر صادق حقیقی پور، دکتر حمید تائبی، مهدی باقری، حامد محمودیان، کیوان احمدی، مهندس امیر شایسته، دکتر محسن سلیمانی، مهندس محمود شورچه، دکتر بهنام سروری، دکتر محمد خادمی و دکتر عباس اکبرزاده که همراه و یار من در انجام این تحقیق بوده اند کمال تشکر را دارم.

چکیده

در این تحقیق، به منظور بررسی شدت اختلاط جریانهای غلیظ با توده آب ساکن و بررسی تاثیر تغییرات غلظت برروی جریانهای غلیظ، از مدل فیزیکی استفاده شده است. درمطالعه آزمایشگاهی حاضر از مخلوط آب و گل با غلظت های متفاوت به عنوان جریان غلیظ(تحتانی) استفاده شد. بدین منظور ۱/۵ تن خاک مصرف و در مجموع تعداد ۶۶ آزمایش بر روی فلوم با شیب متغیر انجام گردید. نتایج حاصل از آنالیز اطلاعات بدست آمده از این تحقیق نشان می دهد گرچه شدت اختلاط با افزایش شیب افزایش می یابد، اما این روند افزایشی در شیب های زیاد متوقف می شود. همچنین مشخص گردید با افزایش عدد ریچاردسون، شدت اختلاط کاهش می یابد. برای محاسبه شدت اختلاط بر حسب عدد ریچاردسون، رابطه ای توانی ارائه گردید. با بررسی نمودار عدد ریچاردسون در برابر شیب، مشخص شد شیب بحرانی جریانهای غلیظ در محدوده ۰۰۷۶ /. تا ۰۰۹۵ /. (متر بر متر) می باشد که این شیب از غلظت اولیه جریان مستقل می باشد.

واژه‌های کلیدی: جریان های غلیظ، جریان های ثقلی، مدل فیزیکی، عدد ریچاردسون، شدت اختلاط.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- مدل هید رولیکی ۲
۱-۳ جریان‌های غلیظ ٤
۱-٤- مشکلات ناشی از جریان‌های غلیظ ۷
۱-٤-۱ کاهش حجم مخازن سد ۷
۱-٤-۱-۱ جریان‌های غلیظ در مخازن سدها ۷
۱-٤-۱-۲- رسوبگذاری در مخازن سدها ۸
۱-٤-۲- تأثیر جریان‌های غلیظ بر فعالیت‌های بیولوژیکی ۸
۱-٤-۳- ایجاد خسارات مالی ۹
۱-٤-٤- جریان غلیظ در اقیانوس‌ها و دریاها ۹
۱-۵- دلایل اهمیت شناخت رفتارهیدرولیکی جریان‌های غلیظ درمنابع آب ۹
۱-٦- مروری بر تحقیقات گذشته ۱۰
۱-۷- هدف از این تحقیق ۱۷
۱-۸- اهم مطالب پایان نامه ۱۸

فصل دوم: معادلات حاکم

۲-۱- مقدمه ۲۰
۲-۲- ساختار جریانهای غلیظ ۲۰
۲-۲-۱- نقطه غوطه وری ۲۵
۲-۲-۲- رأس جریان ۲۷
۲-۳- معادلات هیدرودینامیکی ۳۰
۲-۳-۱- معادلات پیوستگی برای فاز سیال ۳۱

۲-۳-۲- معادله پیوستگی برای فاز جامد ۳۲
۲-۳-۳- معادله حرکت جریان غلیظ ۳٤
۲-٤- منحنی های پروفیل مرز مشترک ۳٦
۲-٥- ضرایب شدت اختلاط ٤۰
۲-٥-۱- شدت اختلاط سیال ٤۱
۲-٥-۲- شدت اختلاط رسوبات ٤۱
۲-٦- توزیع سرعت و غلظت ٤۳
۲-٦-۱- توزیع سرعت ٤٤
۲-٦-۲- توزیع غلظت ٤٥
۲-۷- آنالیز ابعادی ٤۷

فصل سوم: شرح مدل هیدرولیکی و اجزاء آن

۳-۱- مقدمه ٥۰
۳-۲- طراحی وساخت مدل هیدرولیکی ٥۰
۳-۳- ابزار انجام آزمایش ٥۳
۳-۳-۱- فلوم و سیستم گردش آب ٥۳
۳-۳-۱-۱- فلوم ٥۳
۳-۳-۱-۲-سیستم گردش جریان ٦۰
۳-۳-۱-۳- تنظیم شیب مدل ٦۳
۳-۳-۲- مواد مصرفی ٦٤
۳-۳-۳- ابزارهای اندازه گیری ٦٥
۳-۳-٤- وسایل نمونه برداری ٦۷
۳-۴- آماده سازی مدل جهت انجام آزمایش ٦۸
۳-٥- نحوه انجام آزمایش ۷۰

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه ۷٤

۴-۲- سرعت متوسط و ارتفاع جریان غلیظ ایجاد شده ۷٤
٤-۳- محاسبه عدد ریچاردسون ۸٤
۴-۴- شدت اختلاط ۸۵
٤-۵- اثر شیب بر پدیدهٔ جریان غلیظ ۸۷
٤-۵-۱- تغییرات عدد ریچاردسون ۸۷
٤-۵-۲- تغییرات شدت اختلاط ۸۸
٤-٦- تکرار آزمایش ۸۹
٤-٦-۱- محاسبه عدد ریچاردسون ۹۳
٤-٦-۲- محاسبه پارامتر اختلاط ۹۵
٤-٦-۳- نتیجه ۹۷
۴-۷- رابطهٔ بین شدت اختلاط و عدد ریچاردسون ۹۸
٤-۸- بررسی تغییرات رژیم جریان غلیظ ۱۰۷
٤-۸-۱- رژیم زیر بحرانی جریان غلیظ ۱۰۷
٤-۸-۲- رژیم فوق بحرانی جریان غلیظ ۱۰۸

فصل پنجم: خلاصه نتایج و پیشنهادها

۵-۱- مقدمه ۱۱۱
۵-۲- خلاصه نتایج ۱۱۱
۵-۳- نتیجه گیری ۱۱۳
۵-٤- پیشنهادها ۱۱۳

واژه‌نامه ۱۱۵
علائم ۱۱٦
مراجع ۱۱۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

مخزن تمام سدهائی که بر روی رودخانه های طبیعی ساخته می شوند کم و بیش رسوبات را در خود ته نشین می نمایند. به موازات جمع شدن رسوبات در داخل مخزن ظرفیت ذخیره آب در پشت سدها کاهش یافته و موجب ضررهای اقتصادی و تغییر چهره محیطی می گردد. این زیانها در بعضی از مواقع قابل توجه است بطوریکه در پاره ای از موارد خصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک چاره جویی مشکل ویا غیر ممکن می گردد(سپهری منش، ۱۳۶۸)

نحوه رسوب گذاری در مخازن از جمله عواملی است که در طراحی ساختمان و پیش بینی بهره برداری از سدها باید دقیقا مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد. منشا اکثر رسوباتی که در مخازن سدها ته نشین می گردند، از فرسایش سطحی حوزه های بالادست سد می باشد که پوسته جامد زمین بر اثر فرآیندهای مختلف از قبیل فرسایش، اختلاط، انتقال و رسوب گذاری در حال تغییر مداوم است. نیروهای موثر در پیدایش این فرآیندها آب، باد، نیروی ثقل و یخ می باشد. این نیروها با جدا کردن مواد جامد از سطح زمین، فرسایش پوسته جامد آن را باعث می گردند(مرکز تحقیقات آب، وزارت نیرو، ۱۳۶۳).

۱-۲- مدل هید رولیکی

به منظور پیش بینی اجرای سازه های هیدرولیکی (مثل سدها، سرریزها وغیره) یا ماشین های هیدرولیکی (مثل توربین ها ،پمپها وغیره)، قبل از ساخت نهایی ، مدل این سازه ها یا ماشین ها ساخته شده وبر روی آنها به منظور حصول اطلاعات مطلوب، آزمایشاتی انجام می گیرد.

مدل، نسخه کوچک مقیاس سازه یا ماشین واقعی می باشد. سازه یا ماشین واقعی، پروتوتیپ(Prototype) نامیده می شود. لازم نیست که حتما مدل ها از پروتوتیپ ها کوچکتر باشند(هر چند که در اکثر موارد چنین می باشد)، ممکن است آنها بزرگ تر از پرو توتیپ باشند. مطالعه مدل ماشینهای واقعی، آنالیز مدل نامیده می شود. آنالیز مدل، در واقع یک روش آزمایشگاهی برای دست یابی به راه حل های مسائل پیچیده جریان می باشد. راه حل های تحلیلی فقط برای تعداد محدودی از مسائل جریان، امکان پذیر می باشند.

در این تحقیق کلیه آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان و در فلومی با شیب متغیر به طول ۱۰ متر انجام شد. در ضمن آزمایشات علاوه بر شیب های مختلف در غلظتهای مختلف نیز انجام گردید.

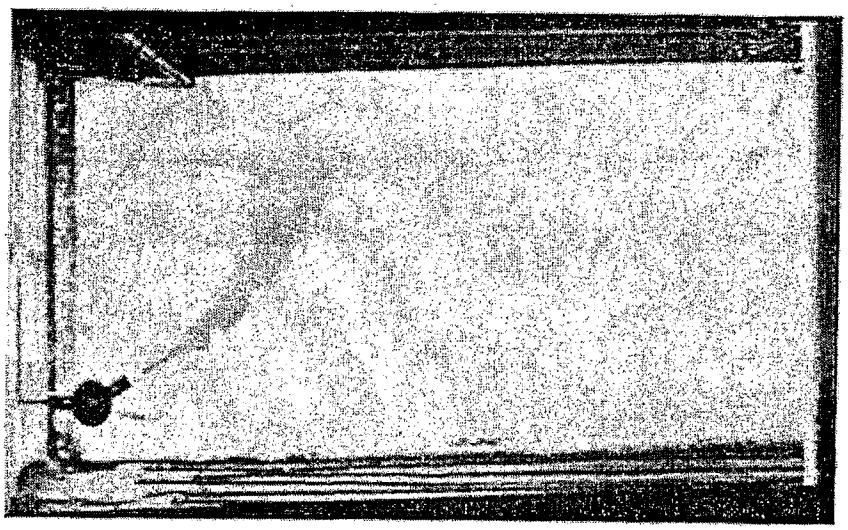
سابقه استفاده از تجربیات آزمایشگاهی برای حل مشکلات هیدرولیکی به چندین قرن قبل باز می گردد، اما فکر استفاده از مدل‌های مقیاس دار برای حل مشکلات مهندسی فقط در نیمه دوم قرن نوزده به وجود آمده و به تدریج بر پایه‌های محکمی استوار شد. در سال ۱۸۹۶، فرود[1] اولین حوضچه آب برای آزمایش مدل کشتی‌ها را ساخت و در سال ۱۸۸۵، رینالدز[2] یک مدل جزر و مدی از بخش بالایی رودخانه مرسی را طراحی کرد. اواخر قرن نوزده و شروع قرن بیستم شاهد تأسیس دو آزمایشگاه پیشاهنگ سازه‌های هیدرولیکی و رودخانه‌ای توسط هربرت انجلز[3] در درسدن[4] و تئودور رباک[5] در کارلزروهه[6] (۱۹۰۱) بود. به دنبال این آزمایشگاه ها، بعداً تعداد

[1] - Froude
[2] - Reynolds
[3] - Hubert engels
[4] - Dresden
[5] - Theodor rehbock
[6] - Karlsruhe

زیادی آزمایشگاه‌های جدید در سراسر دنیا به وجود آمد و بیشترین توسعه در نیمه اول قرن بیستم رخ داد.

۱-۳ جریان‌های غلیظ[1]

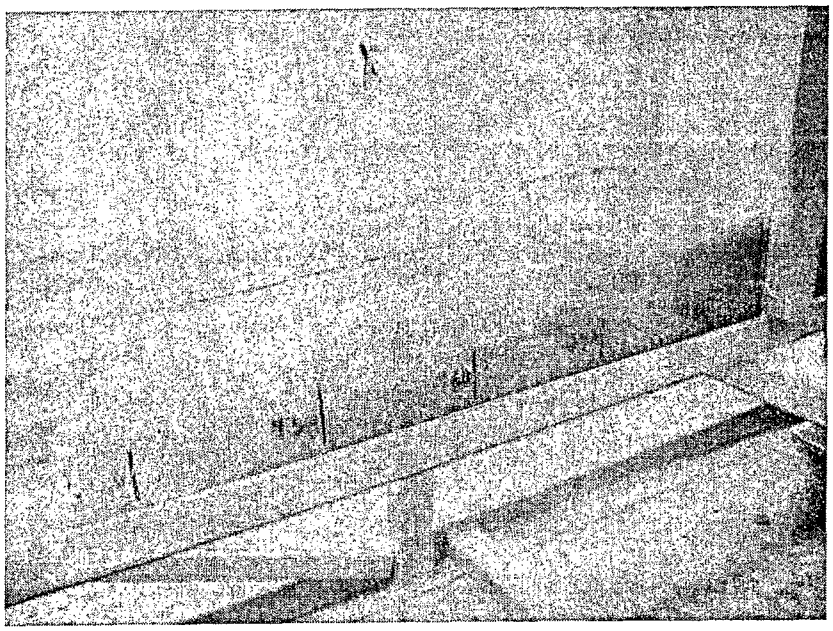
اصولاً زمانی که سیالی با جرم مخصوص $(\rho \pm d\rho)$ به درون یک تودهٔ سیال با جرم مخصوص (ρ) جریان یابد، پدیده جریان غلیظ اتفاق می‌افتد. اگر جرم مخصوص سیال ورودی از جرم مخصوص تودهٔ سیال محیط کمتر باشد، بصورت یک جریان غلیظ روگذر حرکت می‌کند (شکل ۱-۱).



شکل (۱-۱): نمایی از جریان غلیظ روگذر در آزمایشگاه

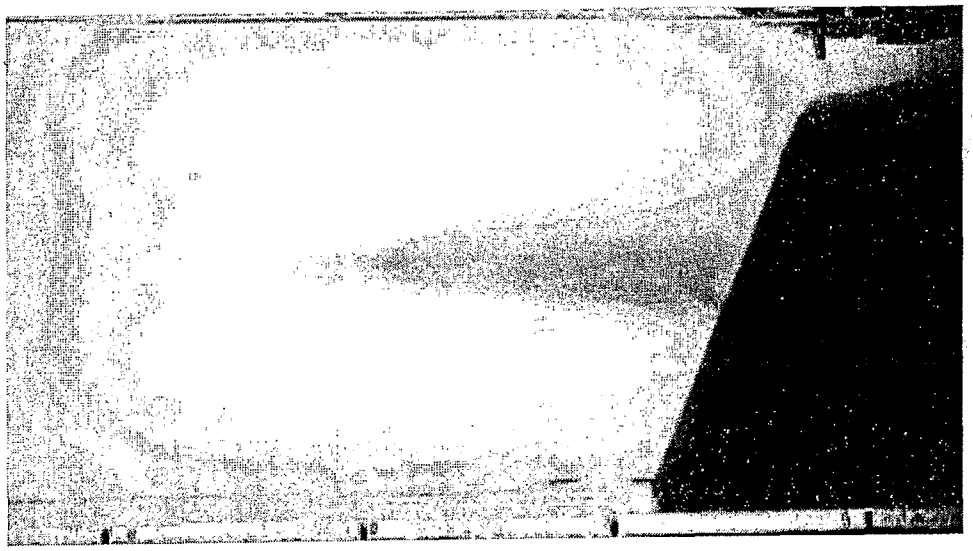
[1] - Density currents

اگر جرم مخصوص سیال ورودی از جرم مخصوص تودهٔ سیال محیط بیشتر باشد بصورت یک جریان غلیظ تحتانی حرکت خواهد کرد (شکل ۱-۲).



شکل (۱-۲) نمایی از جریان غلیظ تحتانی در آزمایشگاه

از آنجا که در منابع عظیم آب بدلیل اختلاف دما و یا دلایل دیگر، احتمال دارد لایه‌های زیرین دارای جرم مخصوص بیشتری نسبت به لایه‌های بالایی باشند، هنگام جریان یافتن سیال ورودی در منابع آب ممکن است سیال ورودی جرم مخصوصی کمتر از جرم مخصوص لایه‌های زیرین تودهٔ سیال ساکن و جرم مخصوصی بیشتر از لایه‌های بالایی تودهٔ سیال ساکن داشته باشد در این صورت سیال ورودی به صورت یک جریان غلیظ میان گذر حرکت می‌کند (شکل ۱-۳).



شکل (۱-۳) نمایی از جریان غلیظ میان‌گذر در آزمایشگاه

اختلاف جرم مخصوص ممکن است ناشی از دما، مواد معلق، مواد محلول و یا ترکیبی از آن‌ها باشد. البته اختلاف دانسیته به تنهایی باعث ایجاد چنین جریان‌هایی نمی‌شود، بلکه اختلاف در وزن مخصوص و یا در واقع تأثیر شتاب ثقل بر روی اختلاف جرم مخصوص باعث ایجاد این گونه جریان‌ها می‌شود. لذا به این جریان‌ها، جریان‌های ثقلی[1] هم گفته می‌شود. اگر اختلاف دانسیته به علت مواد معلق باشد به این جریان‌ها، جریان‌های گل‌آلود[2] اطلاق می‌شود (Graf, 1998).

[1] - Gravity currents
[2] - Turbidity

۱-٤- مشکلات ناشی از جریان‌های غلیظ

جریان‌های غلیظ در رودخانه ها، دریاچه‌ها، اقیانوس‌ها و در منابع عظیم آب به وجود می‌آیند و مشکلاتی را نیز به همراه دارند که به بررسی بعضی از آن‌ها می‌پردازیم.

۱-٤-۱ کاهش حجم مخازن سد

۱-٤-۱-۱ جریان‌های غلیظ در مخازن سدها

در مخزن ساخته شده به دست بشر، به دلیل تغییر درجه حرارت نسبت به عمق و متغیر بودن غلظت مواد جامد و محلول مواد معلق، قشرهای لایه لایه غلیظ و پایداری[1] ایجاد می‌شود. آب غلیظ در فرایندی طبیعی به طرف کف می‌رود. جریان، به دلیل شیب دار بودن کف تا جایی که پیشرفت آن به وسیلهٔ مانعی مثل سد جلوگیری نشود، ادامه پیدا می‌کند. به این لایه غلیظ متحرک، جریان غلیظ گفته می‌شود. بررسی جریان های غلیظ از جمله بزرگترین فاکتورها برای مدیریت کیفیت آب مخازن می باشد زیرا آنها ذرات معلق و نا محلول زیادی را وارد دریاچه سدها می کنند. علاوه بر این اغلب جریانهای غلیظ مواد آلاینده زیادی را وارد دریاچه سدها می کنند(De cesare, et al. 2001).

۱-٤-۱-۲- رسوب گذاری در مخازن سدها

با کاهش سرعت جریان، آب رودخانه حامل رسوب با آب ساکن مخزن برخورد کرده و نیروهای هیدرودینامیکی آن کاهش می‌یابد. در نتیجه از قدرت انتقال رسوب آن کاسته شده و مواد جامد آن به تدریج در مخزن ته‌نشین می‌شوند. مواد رسوبی ریزدانه به حالت تعلیق و همراه

[1] - Stable density straification

با جریان غلیظ در مجاورت بستر تا ناحیه عمیق مخزن به نام حجم مرده منتقل شده و در آن جا با آرام شدن جریان آب ته‌نشین می‌شوند. از آن جا که در اثر رسوبگذاری، از حجم اولیه مخزن به تدریج کاسته می‌شود، اگر پیش بینی‌ها و روش‌های کنترل مناسب اعمال نگردد ممکن است اثرات منفی در کارکرد مخزن و عمر مفید آن به وجود آید. بنابراین پیش‌بینی حجم مرده مخزن، مقدار مواد رسوبی و کیفیت توزیع آب در داخل مخزن یکی از اصول مهم هیدرولیک رسوب مخازن می‌باشد.

۱-٤-۲- تأثیر جریان‌های غلیظ بر فعالیت‌های بیولوژیکی

حرکت جریان‌های غلیظ در داخل منابع آب کدورت را زیاد می‌کند. کاهش نفوذ نور ممکن است فعالیت‌های فتوسنتزی گیاهان را محدود کرده، از دید آبزیان جلوگیری کند، تغذیه آبزیانی که غذای خویش را به وسیله فیلتر کردن به دست می‌آورند را مختل کند و باعث آسیب رساندن به آبشش ماهی ها گردد.

۱-٤-۳- ایجاد خسارات مالی

جریان‌های غلیظ ممکن است فرسایشی و یا رسوبگذار باشند. دانستن این موضوع دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در بعضی تأسیسات مانند تأسیسات آبگیری، فرآیند طبیعی رسوبگذاری بسیار مهم است. ته‌نشینی رسوبات بعضاً باعث ایجاد خسارت به تأسیسات مربوط می‌شود. همچنین در این نوع تأسیسات، داشتن اطلاعات در مورد جریان‌های غلیظ برای برداشت آب با کیفیت بهتر، ضروری می‌نماید.

۱-٤-٤- جریان غلیظ در اقیانوس‌ها و دریاها

در اقیانوس‌هاو دریاها جریان‌های غلیظ تأثیر مهمی در توزیع رسوبات روی کف اقیانوس و شکل‌گیری توپوگرافی زیرین دارند. در دریاها ذرات با اندازه سیلت و رس به صورت بار معلق توسط رودخانه‌ها به ناحیه زیرین دریاها منتقل می‌شوند. وجود بسیاری از دره‌ها در اعماق دریاها و اقیانوسها بدلیل وجود جریانهای غلیظ و تأثیرات فرسایشی آنها است.

۱-۵- دلایل اهمیت شناخت رفتارهیدرولیکی جریان های غلیظ درمنابع آب

- استفاده از جریانهای غلیظ در تخلیهٔ رسوبات مخازن سدها.
- تعیین افت ظرفیت ذخیره مخزن بر اثر رسوبگذاری مواد معلق.
- نصب و بهره‌برداری صحیح از دریچه‌ها به منظور جلوگیری از کاهش ظرفیت ذخیره مخزن.
- پیش‌بینی و مدیریت کیفیت آب مخازن.
- بهتر شدن بعضی از طرح‌ها از نقطه نظر اقتصادی.
- ایجاد محیطی بهتر برای گیاهان و آبزیان در منابع آب.
- بهره‌برداری از جریان‌های غلیظ و قدرت حمل کنندگی آن‌ها در تخلیه رسوبات موجود.
- جلوگیری از سایدگی ماشین‌آلات و مجراهای انتقال آب.

۱-٦- مروری بر تحقیقات گذشته

اغلب رودخانه های نواحی خشک و نیمه خشک مقادیر زیادی مواد جامد معلق حمل می کنند، گاه غلظت این جریان ها نسبتا بالا بوده و مخازنی که توسط این گونه جریان ها تغذیه می شوند پس از مدتی در نتیجه انباشت مواد رسوبی پر گشته و از بازدهی آنها کاسته می شود. لایه جریان ورودی غلیظ پس از رسیدن به دریاچه محتوی آب صاف به علت وزن مخصوص بیشتر بتدریج سقوط کرده و به صورت مغروق در کف آن به سمت سد حرکت کرده و پس از برخورد به بدنه سد ته نشین می شود.

اولین مشاهدات جریانهای غلیظ توسط یک محقق سویسی بنام فارل[1](۱۸۹۲) در دریاچه جنوا درکشور سویس گزارش شده است. برای سالیان متمادی این دانشمند تنها شاهد وقوع جریانهای غلیظ در این دریاچه بوده است. مشاهدات وی نشان می دهد که رسوبات رودخانه رن که به دریاچه جنوا منتهی می شود باعث ایجاد جریانهای غلیظ می گردد. این جریانها اغلب بصورت بی قاعده و به شکل درهم در غلظت کم رسوبات هم رخ می دهند و مقادیر جزیی غلظت رسوب، حتی کمتر از یک گرم درلیتر هم می تواند آن را ایجاد کند. برداشت توپوگرافی کف دریاچه درسالهای بعد نشان می دهد که معبری به شکل کانال با طول ۹ کیلومتر از مصب رودخانه تا درون دریاچه بوجودآمده است عرض این کانال ۲۰۰متر و عمق آن ۱۵ متر می باشد (De cesare, et al. 2001).

[1] - Forel

دالی (Daly, 1936) در مقاله خود وجود بسیاری از دره‌ها در اعماق دریاها و اقیانوسها را در اثروجود جریانهای غلیظ وتاثیر فرسایشی آنها دانسته است. او در نتایج تحقیقات خود رابطه زیررا بر اساس سرعت رأس جریان غلیظ ارائه کرد .

$$V = C\sqrt{m.S.d} \qquad (۱-۲)$$

که در آن :

V= سرعت رأس جریان (متر بر ثانیه)،

m= عمق متوسط هیدرولیکی (متر)،

S= شیب (متر بر متر)،

d= اختلاف جرم مخصوص بین جریان غلیظ وآب محیط و

C= ضریب تجربی.

بل (Bell, 1942) تحقیقاتی با فلوم آزمایشگاهی انجام داد و بر اثر جریانهای غلیظ در رسوب گذاری مخازن تاکید نمود .

گراور و هاوارد (Graver & Howard, 1983) مشاهدات ارزشمندی در مخازن سدهای مختلف جهان داشته اند. تحقیقات آنان بر روی دریاچه مید[1] که مخزن سد هوور[2] بر روی رودخانه کلرادو در کشور آمریکا می باشد، انجام شده است. نتایج این محققین حاکی از این است که جریانهای غلیظ با بار رسوبی زیاد، که ذرات تشکیل دهنده غالب آنها سیلت می باشد باعث رسوبگذاری در مخازن می شوند. این نتیجه با آنالیز داده های بدست آمده از نمونه های رسوب،کیفیت آب این نمونه ها و دبی رسوب خروجی از سد، پس از ورود جریان غلیظ به مخزن

[1] - Mead
[2] - Hoover