نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of Watershed Management

سال ششم- شماره ۲۱- تابستان ۱۳۹۷ Vol. 6, No. 21, Summer 2018

راهنمای رسوب‌سنجی در مخازن بدون آب

محمود عرب‌خدری*[۱]، سیدعلی‌اصغر هاشمی[۲]، علی‌اکبر عباسی[۳]، احمد مختاری[۴]، غلامرضا قهاری[۵]، کیانفر پیامنی[۶] و ابراهیم بروشکه[۷]

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۲

چکیده

اندازه‌گیری رسوبات نهشته شده در پشت بندها، سدها، و سایر مخازن در بسیاری از پروژه‌های اجرایی و پژوهشی ضرورت دارد. متاسفانه راهنمای مناسبی در این خصوص برای مخازنی که مدتی از سال خشک هستند وجود ندارد. در این مقاله ابتدا مخازن خشک به سه دسته تقسیم و برای هر یک، روش حجم سنجی رسوب به همراه مثال، شکل و عکس با تکیه بر تجارب نویسندگان تشریح شده‌اند. این بخش به تشریح روش عمق سنجی رسوب و تفکیک مرز رسوبات درشت دانه (دلتا) و ریزدانه (نهشته‌های دریاچه‌ای) و تعیین سهم هر یک اختصاص دارد. در ادامه با هدف محاسبه وزن رسوب، ضرورت لایه‌بندی رسوبات در پروفیل‌های شاهد تبیین و دو روش تعیین وزن مخصوص ظاهری به تفصیل تشریح شده است. در این قسمت، نکات فنی و جزئیات لازم از جمله ملحوظ کردن شکاف‌ها در اصلاح وزن مخصوص رسوبات ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: *بندهای رسوبگیر، حجم‌سنجی، وزن مخصوص، دلتای رسوبی*

۱- دانشیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، و نویسنده مسئول، Email:arabkhedri@scwmri.ac.ir
۲-استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی .
۳-دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی .
۴-استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی .
۵-استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی .
۶-مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی .
۷-مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

مقدمه

معمولا جریان رودخانه‌ها و انهار حاوی مقداری رسوب هستند که به صورت معلق یا در بستر حرکت می‌کنند. هنگامی که این جریان به مخزنی می‌رسد، ذرات رسوب نهشته می‌شوند. بخشی از این ذرات که درشت‌دانه هستند و به صورت بارکف انتقال می‌یابند، سریعا به شکل دلتای رسوبی در مدخل مخزن نهشته می‌شود. در مقابل، ذرات ریزدانه که به صورت بار معلق منتقل می‌شوند، پس از بخش دلتایی در کل مخزن نهشته شده و رسوبات دریاچه‌ای را تشکیل می‌دهند.

اندازه‌گیری حجم، وزن و سایر مشخصات رسوبات نهشته شده در پشت بندها، سدها، و سایر مخازن در بسیاری از پروژه‌ها ضرورت دارد. ساده‌ترین استفاده از مقادیر بدست آمده، تعیین وضعیت فعلی و پیش‌بینی زمان پرشدن حجم مفید مخازن سدها [۲۱] و [۱۰] است. علاوه بر آن، امکان محاسبه رسوبدهی کل حوضه بالادست وجود دارد [۱۱]، مشروط به آنکه از تله افتادن بخش اعظم رسوبات اطمینان حاصل شود. رسوبات نهشته شده بستر مناسبی برای بسیاری از تحقیقات مرتبط با فرسایش و رسوب را به وجود می‌آورد. از زمینه‌های مختلفی که تاکنون با استفاده از این گونه داده‌ها انجام شده است می‌توان به توسعه مدل‌های برآورد رسوبدهی [۷]، مقایسه کارایی مدل‌های فرسایش و رسوب [۱۵]، واسنجی مدل [۱۷] و [۵]، تعیین نسبت بار کف به معلق [۶]، [۱۹]، [۳] و [۲]، بررسی دانه‌بندی رسوبات معلق و کف [۳]، منشایابی رسوبات کف [۹] و منشایابی رسوبات ریزدانه [۱۳] اشاره کرد.

روش‌های رسوب‌سنجی مخازن را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد. یک دسته مخازنی هستند که در آن‌ها بطور دائم آب وجود دارد. از این نوع مخازن می‌توان به دریاچه‌های پشت سدهای بزرگ اشاره کرد که برای اندازه‌گیری رسوب در آنها معمولا از اکوساندر استفاده می‌شود. راهنمای کامل برای اندازه‌گیری رسوب این نوع مخازن توسط Shafaee Bejestan [۲۰] ارائه شده است. دسته دوم مخازنی هستند که حداقل در دوره‌ای از سال خشک بوده و امکان مطالعه مستقیم آنها وجود دارد. در این مقاله جزئیات مطالعات صحرایی برای حجم‌سنجی رسوبات در این گونه مخازن و تبدیل آن به وزن رسوب با کمک تجارب موجود تشریح شده است. نکته مهمی که قبل از رسوب‌سنجی باید مد نظر قرار گیرد بررسی دست نخوردگی و عدم برداشت رسوب از این‌گونه مخازن به ویژه در شرایطی است که هدف تعیین رسوبدهی آبخیز بالا است. توضیح

آنکه، عمدتا رسوبات درشت‌دانه به عنوان مصالح ساختمانی و رسوبات ریزدانه برای اصلاح خاک کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این موضوع با پرسش از مالک، بهره‌بردار و افراد محلی مشخص می‌شود.

- حجم سنجی رسوب

رسوب سنجی مخازن بدون آب در سه دسته جداگانه قابل بررسی است. گروه اول بندهای خاکی، سنگ و سیمانی و بتونی به نسبت بزرگی هستند که در خروجی حوضه‌ها احداث می‌شوند و به تنهایی می‌توانند کل یا عمده رسوب آبخیز بالادست را به تله اندازند. گروه دوم سلسله بندهای تنظیمی متوالی هستند که معمولا در مسیر سرشاخه‌ها ساخته می‌شوند. در این مورد، بندهای بالاتر زودتر پر می‌شوند. گروه سوم سایر مخازن نظیر استخرهای آبیاری، گودال‌ها و عرصه‌های پخش سیلاب را شامل می‌شود که در مسیر جریان خشکه‌رودها احداث و رسوبات در آن‌ها نهشته می‌شوند.

- حوضه‌های منتهی به بند بزرگ در انتهای حوضه

ابتدا باید محدوده مخزن به‌ویژه از سمت آبراهه بالادست شناسایی شود. چه، بخش رسوبات دریاچه‌ای و ریزدانه که محل نهشتن ذرات معلق است به سهولت قابل تشخیص است. حال آنکه، برای تعیین مرز رسوبات دلتایی درشت‌دانه که مربوط به بار کف هستند با رسوب بستر رودخانه باید دقت ویژه‌ای مبذول شود. ساده‌ترین روش برای تشخیص تقریبی این مرز استفاده از داغاب است. در این مخازن متناسب با داده‌های موجود و در دسترس، دو روش مختلف برای اندازه‌گیری حجم نهشته‌های رسوبی به‌کار می‌رود.

الف) استفاده از نقشه‌برداری مجدد: این حالت موقعی استفاده می‌شود که نقشه اولیه قبل از بهره‌برداری موجود باشد. توضیح آن‌که به عنوان مثال برخی از بندهای احداث شده توسط مدیریت آبخیزداری اداره کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان‌ها دارای نقشه‌های زمان ساخت و قبل از بهره‌برداری هستند. در نقشه‌برداری، دقت در حد یک سانتی‌متر عمق کفایت می‌کند. توضیح آنکه در بخش رسوبات دلتایی تغییرات توپوگرافی نسبتا زیاد است ولی قسمت رسوبات دریاچه‌ای تقریبا مسطح می‌باشد. از اختلاف این دو نقشه، حجم رسوب مخزن هر بند بدست می‌آید.

ب) روش شبکه عمق‌سنجی: اگر نقشه اولیه موجود نباشد، در رسوبات مخازن بندها، انجام تعدادی عمق‌سنجی ضروری است. برای بندهایی با سطح رسوبگذاری ۲۰۰ مترمربع تا حدود نیم هکتار، شبکه‌بندی به فواصل ۱۰× ۵ متر روی زمین پیاده می‌شود و در نقاط تقاطع شبکه مذکور، عمق رسوب اندازه‌گیری می‌شود. برای دریاچه‌های بزرگ‌تر از نیم هکتار فواصل ۱۰× ۱۰ و ۲۰×۱۰ نیز قابل استفاده است. فاصله بیشتر مربوط به جهتی است که شیب آن کمتر است. مثلا در شبکه‌بندی به فواصل ۱۰× ۵ متر، چنانچه شیب امتداد آبراهه اصلی بیشتر از شیب جهت عمود بر آن باشد، طول مخزن در راستای آبراهه منتهی به بند، به فواصل ۵ متر و عرض مخزن یعنی امتداد عمود بر طول آبراهه اصلی به فواصل ۱۰ متر علامت‌گذاری می‌شود (شکل ۱).

استفاده از آگر دستی برای عمق سنجی رسوبات دریاچه‌ای، در صورت خشک بودن بیش از حد لایه‌های سطحی عملی نیست و ممکن است به شکستن دسته آگر بی‌انجامد. لذا، خرد کردن قسمت خشک و سطحی رسوبات با مته‌های چال کن متصل به تراکتور (شکل ۲) یا نیروی کارگر ضرورت دارد. سپس، در قسمت‌های زیرین که غالباً دارای رطوبت هستند تعیین عمق رسوب با آگر دستی انجام می‌گیرد. زمانی که آگر به رسوبات درشت‌دانه بستر رودخانه و یا خاک سنگ‌دار اولیه برسد، عمق رسوب مشخص می‌شود. در زمین‌هایی نظیر لس‌ها که فاقد سنگ هستند، تشخیص رسوب از خاک اولیه مشکل است و باید از شرایط توپوگرافی منطقه و بقایای گیاهان در سطح خاک اولیه کمک گرفت. پس از تعیین عمق رسوبات در هر یک از نقاط شبکه، می‌توان حجم رسوب را به روش هندسی محاسبه کرد.

شکل ۱: الگوی حفر چاله‌ها در مخزن بند با تراکتور [۱۴]

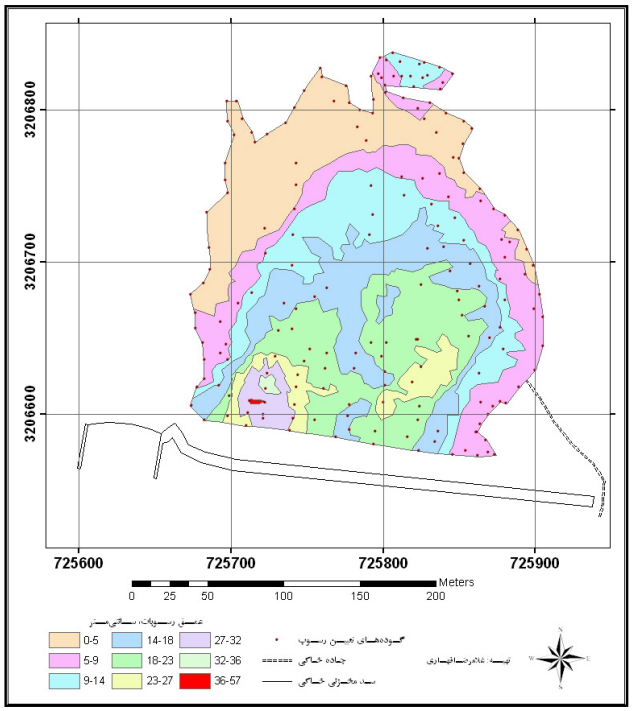
شکل ۲: نحوه استفاده از تراکتور مجهز به مته چال‌کن برای شکستن لایه‌های خشک سطحی [۱۴]

البته با نقشه‌برداری از نقاط تقاطع شبکه، می‌توان نقشه توپوگرافی مخزن بند را تهیه کرد. دقت یک سانتی‌متر برای این نقشه کفایت می‌کند. با اضافه کردن مقدار عمق رسوبات در نقاط اندازه‌گیری شده به مقدار قرائت شده Z (بعد سوم یا ارتفاع) در عملیات نقشه‌برداری،

نقشه توپوگرافی از مخزن در شرایط احداث بند (قبل از سیل‌گیری) بدست می‌آید. از اختلاف این دو نقشه، حجم رسوب مخزن هر بند قابل محاسبه است. برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی و برآورد حجم رسوبات می توان از نرم‌افزار Surfer استفاده کرد (شکل ۳).

- بندهای تنظیمی متوالی

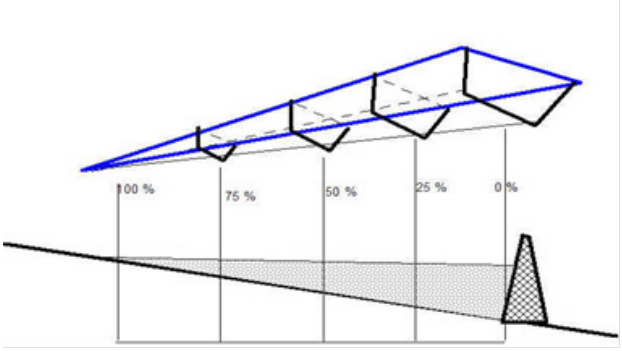
در مورد بندهای تنظیمی متوالی (شکل ۴)، چنانچه هدف تعیین کل رسوب حوضه بالادست باشد، قبل از شروع اندازه‌گیری باید مطمئن شد که در پایین‌ترین بند، فضای کافی برای تله‌اندازی رسوب وجود داشته و رسوبی از آن خارج نشده باشد. برای تعیین حجم رسوب هر یک از بندهای تنظیمی، ابتدا، ابعاد سازه احداث شده شامل ارتفاع از کف بستر و طول تاج اندازه‌گیری می‌شود. سپس، با علامت‌گذاری سطح رسوبات نهشته شده، طول رسوبگذاری و عرض رسوبگذاری در فواصل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد در امتداد آبراهه با متر کشی در محل تعیین (شکل ۵) می‌شود.



شکل ۳: مکان حفر گوده و نقشه عمق رسوبات مخزن سد خاکی خاوران، استان فارس [۱۲]

در نهایت با کاربرد روابط هندسی مربوط به شکل منشور، حجم کل رسوب محاسبه می‌شود. برای اطمینان از دقت در اندازه‌گیری مقدار رسوب، بهتر است بصورت تصادفی پروفیل‌هایی حفر و عمق رسوب تعیین شود.

شکل ۴: نمایی از سلسله بندهای تنظیمی رسوب‌گیر در زیرحوضه سیلوه، آذربایجان غربی [۸]



شکل ۵: شماتیک عمق‌سنجی در آبراهه‌های با شکل مشخص [۱۶]

- سایر مخازن

در استخرهای بتونی با شکل هندسی، به سهولت می‌توان حجم رسوب را محاسبه کرد. در مخازن با اشکال پیچیده و غیر هندسی، اولین قدم برای رسوب‌سنجی، تفکیک مخزن به قطعات مشابه از نظر وضعیت ظاهری است. در گام دوم، ترازیابی قسمت‌های مختلف آن با نقشه‌برداری ضرورت می‌یابد. در قسمت‌های مسطح می‌توان به تعیین تعدادی نقطه اکتفا کرد ولی در قطعات ناهموار و شیب‌دار تهیه نقشه خطوط تراز لازم است.

در این نوع از مخازن نیز در محل ورود آب، دلتای رسوبی تشکیل می‌شود. همانند بندهای دسته اول، پس از ناحیه رسوبات دلتا، معمولا قسمتی پوشیده از گیاه وجود دارد. دلیل رویش گیاه در این بخش پوشانده شدن زبانه رسوب دلتایی توسط رسوبات ریزدانه است. از نظر ظاهری، رسوبات قسمت پوشیده از گیاه و سایر بخش‌های ریزدانه هستند و رسوبات دریاچه‌ای را تشکیل می‌دهند. فقدان گیاه در رسوبات ریزدانه دریاچه‌ای عمیق به دلیل فقدان تهویه مناسب برای ریشه گیاهان است (شکل ۶). مشاهده لکه‌های رنگی (Mottles) در پروفیل‌های حفر شده موید فقدان اکسیژن کافی و وجود شرایط احیا در اعماق رسوبات ریزدانه نهشته شده است. در نقشه‌برداری این رسوبات نیز دقت در حد یک سانتی‌متر کفایت می‌کند. همچنین اطلاعات تکمیلی در خصوص مسطح بودن بستر دریاچه قبل از رسوبگیری را نیز می‌توان از مجریان پروژه یا سایر

مطلعین کسب کرد.

- تبدیل وزن رسوب

برای تبدیل حجم به وزن، تعیین وزن مخصوص ظاهری رسوبات نهشته شده ضرورت دارد. همانطور که بیان شد، در مخازن بزرگ، ذرات درشت‌دانه بخش دلتایی و ذرات ریزدانه بخش دریاچه‌ای را تشکیل می‌دهند. از سوی دیگر، دانه‌بندی لایه‌های رسوبی و فشردگی آن‌ها تفاوت دارد. بنابراین، اندازه‌گیری وزن مخصوص در دو بخش دلتایی و دریاچه‌ای به تفکیک لایه‌ها ضروری است. برای رسیدن به هدف مورد نظر اقدامات زیر انجام می‌شود.

شکل ۶: رسوبات دلتایی و منطقه پوشیده از گیاه (جلو تصویر) و رسوبات دریاچه‌ای در گودال حفر شده در مسیر رودخانه چمرود [۴]

- تفکیک مرز در سطح رسوب

در اولین گام، مرز واحدهای همگن در سطح رسوب تفکیک می‌شود. برای این منظور باید شرایط مخزن مورد توجه قرار گیرد. مثلا Arabkhedri [۳] گودال چمرود را به پنج بخش رسوبات دلتایی، رسوبات دریاچه‌ای اصلی، سکوی اول، سکوی دوم و بخش دارای گیاه حد فاصل رسوبات دلتایی و دریاچه‌ای تقسیم کرد. در ساده‌ترین مخازن، حداقل دو بخش دلتایی و دریاچه‌ای وجود دارد که باید مرز آن‌ها با توجه به دانه‌بندی سطح رسوب تفکیک شوند. باید توجه کرد که رسوبات دلتایی با پر شدن تدریجی مخزن، عقب‌نشینی می‌کند. به عبارت دیگر، زبانه رسوبات درشت دانه توسط رسوبات دریاچه‌ای پوشانیده می‌شود.

- تفکیک مرز لایه‌ها

برای تعیین لایه‌بندی، حداقل یک پروفیل برای هر واحد همگن حفر می‌شود. مرز بین لایه‌ها ممکن است به وضوح به صورت چشمی قابل تشخیص باشد (شکل ۷). راه دیگر، ضربه زدن با نوک چکش خاکشناسی یا کاردک است. در این روش با توجه به نرمی و سختی لایه‌بندی انجام می‌شود. توضیح آنکه، پس از ورود جریان گل‌آلود به مخزن، با توجه به اندازه، ابتدا ذرات معلق درشت‌تر در حد ماسه‌ریز و سیلت نهشته می‌شوند و ممکن است ترسیب ذرات رسی بسیار ریز بیش از ۲۴ ساعت طول بکشد. بنابراین، لایه رسوبی مربوط به یک سیلاب، در قسمت پایین درشت‌تر از قسمت بالای آن است. نکته مهم دیگر در این خصوص به وضعیت لایه‌بندی در منطقه مرزی بین رسوبات دلتایی و دریاچه‌ای مربوط است. واقعیت آن است که مرز تقسیم این دو محدوده، خط مشخصی نیست و این دو منطقه در یکدیگر تداخل دارند. در ابتدای سیلاب و قبل از پر شدن دریاچه، رسوبات دلتایی تا اندازه‌ای به داخل رسوبات دریاچه‌ای رسوخ می‌کند که متعاقبا، ذرات معلق در روی آن نهشته می‌شوند. بنابراین، مجموعه دو لایه درشت‌دانه و ریزدانه مشترکا نماینده یک رویداد هستند. علاوه بر پروفیل، لایه‌بندی با آگر نیز مقدور است. به این منظور، پس از هر ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر فرو رفتن به درون زمین، آگر از زمین خارج و جنس نمونه به صورت لمسی برای لایه‌بندی ارزیابی می‌شود.

شکل ۷: مرز مشخص بین لایه‌ها [۱۸]

- اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری

پس از لایه‌بندی پروفیل‌ها، تعیین وزن مخصوص افق‌ها در دستور کار قرار می‌گیرد و متوسط وزنی برای هر پروفیل محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که تعیین وزن مخصوص لایه‌های نازک‌تر که سهم کمی در کل رسوب دارند الزامی نیست و لایه‌های ضخیم‌تر اهمیت بیشتری دارند.

برای تعیین وزن مخصوص رسوبات، دو روش متفاوت قابل استفاده است.

الف) روش استوانه فلزی: در این روش از استوانه فلزی به ابعاد چند سانتی‌متر که لبه آن در یک طرف تیز شده است استفاده می‌شود. با قرار دادن یک تخته روی استوانه و با ضربات ملایم چکش، لوله در داخل قسمت مورد نظر رسوب کوبیده می‌شود. سپس نمونه لازم برداشت (شکل ۸) و با درج اطلاعات مربوط، به آزمایشگاه ارسال می‌گردد. در آزمایشگاه، نمونه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت حداقل ۲۴ ساعت خشک شده و وزن آن‌ها تعیین می‌شود. با آگاهی از وزن نمونه‌های خشک شده (M) بر حسب گرم و حجم استوانه (V) بر حسب سانتی‌متر مکعب، وزن مخصوص ظاهری نمونه‌ها (d_B) از رابطه (۱) بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب بدست می‌آید.

$$d_B=M/V \qquad \text{رابطه (۱)}$$

ب) روش ماسه بادی: در این روش، با حفر چاله‌ای کوچک (در

حدود ۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب) و پر کردن آن از ماسه نرم یا بادی، با استفاده از استوانه مدرج، حجم گودال (V) اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۹) و وزن رسوبات نیز با انتقال رسوبات به آزمایشگاه، به روش فوق الاشاره تعیین (M) و نهایتا وزن مخصوص رسوبات (d_B) از رابطه (۱) بدست می‌آید. این روش برای بخش دلتای رسوبات که عمدتاً درشت دانه بوده و امکان استفاده از لوله وجود ندارد اجتناب ناپذیر است.

اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری علاوه بر لایه سطحی در لایه‌های زیرین نیز باید انجام شود. به این منظور، استوانه فلزی در لایه مورد نظر در دیواره پروفیل کوبیده می‌شود. برای اجرای روش ماسه بادی در افق‌های زیرین، لازم است نقبی در دیواره پروفیل ایجاد (شکل ۱۰) و سپس چاله در کف نقب حفر و با ماسه پر شود.

در سلسله بندهای تنظیمی، دانه‌بندی رسوبات از بندی به بند دیگر متفاوت است. مثلا ممکن است ذرات درشت‌دانه بیشتری در اولین بند نهشته شود و در آخرین بندها سهم ذرات ریزدانه بیشتر باشد. در این شرایط، بر اساس مشاهدات صحرایی و استدلال‌های لازم، می‌توان وزن مخصوص رسوبات را در تعدادی از بندها انجام و به بندهای دیگر تعمیم داد.

- تعیین ضریب اصلاحی وزن مخصوص

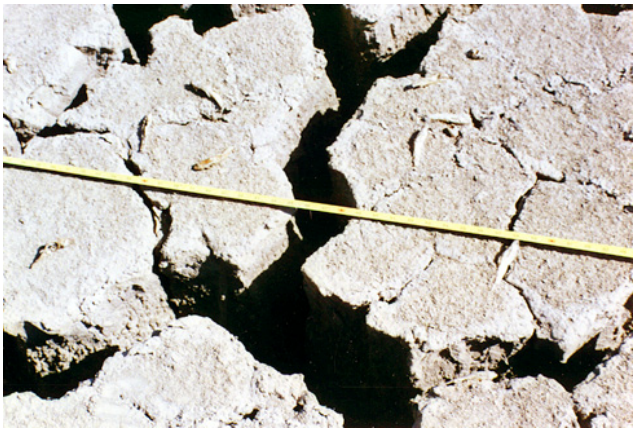
معمولا» در اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک در صحرا و آزمایشگاه، نمونه‌های نسبتا» کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صورت وجود شکاف‌های بزرگ در رسوبات نهشته شده برای اصلاح وزن مخصوص ظاهری توده خاک، استفاده از یک ضریب اصلاحی لازم است. بدین منظور اندازه شکاف‌ها در سطح زمین و در مقطع پروفیل اندازه‌گیری می‌شود. بدیهی است محاسبه این ضریب در رسوبات ریزدانه دریاچه‌ای دارای شکاف ضرورت دارد و در رسوبات دانه‌درشت که فاقد درز و ترک هستند، نیازی به ضریب اصلاحی نیست.

شکل ۸: نمونه‌گیری برای تعیین وزن مخصوص ظاهری رسوبات [۱۴]

شکل ۹: اندازه‌گیری وزن مخصوص در محل با روش ماسه بادی [۱]

شکل ۱۰: حفر نقب و چاله برای اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری با ماسه بادی در لایه‌های زیرین پروفیل، محدوده چاله با خط قرمز مشخص شده است. [۴]

برای تعیین اندازه شکاف‌های سطحی رسوبات، می‌توان از نوار اندازه‌گیری به طول حدود ۳ تا ۵ متر در دو جهت عمود بر هم در چند تکرار بطور تصادفی استفاده کرد. در شکل (۱۲) شیوه اندازه‌گیری نشان داده شده است. مثلا، نتایج اندازه‌گیری عرض شکاف‌ها در چمرود [۳] نشان داد که نسبت عرض شیارها در واحد طول از سطح رسوب ریز دانه گودال اصلی ۰/۲۸ است. با توجه به اینکه با حرکت به طرف عمق به تدریج عرض شکاف‌ها کمتر می‌شود، برای تعیین ضریب اصلاحی لایه‌های زیرین، اندازه‌گیری عرض شیارها در پروفیل حفر شده انجام می‌شود.

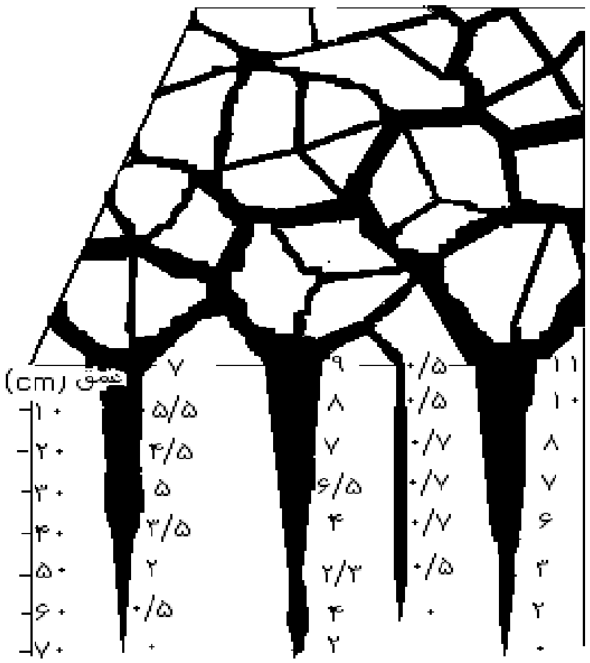


شکل ۱۱: اندازه‌گیری سهم شکاف‌ها در سطح رسوب [۴]

شکل ۱۲: کاسته شدن تدریجی عرض شکاف‌ها از سطح به عمق [۱۸]

بدین منظور در کل محیط داخلی پروفیل یا حداقل در بخشی از آن در صورت بزرگ بودن پروفیل بر اساس استدلال کارشناسی، عرض شکاف‌های موجود در فواصل ۱۰ سانتیمتری از بالا به پایین اندازه‌گیری می‌شود. نتایج اندازه‌گیری عرض چهار شکاف موجود در دیواره طولی یکی از پروفیل‌های حفر شده در گودال چمرود در شکل (۱۳) و جمع عرض شکاف‌ها در ستون دوم جدول (۱) نشان داده شده است [۳]. مطابق این جدول ملاحظه می‌شود که عرض شکاف‌ها با حرکت به عمق کمتر شده و در عمق ۷۵ سانتی‌متری به صفر می‌رسد. در مرحله بعد، مجموع عرض شکاف‌ها در هر عمق به عرض شکاف‌ها در سطح رسوب تقسیم و درصد سهم شکاف برای هر عمق نسبت به سطح خاک بدست می‌آید (ستون ۲ جدول ۱). در نهایت مطابق ستون آخر جدول مذکور، نسبت مواد جامد به حجم کل توده خاک محاسبه می‌شود. همانگونه که جدول (۱) نشان می‌دهد مقدار ضریب اصلاحی وزن مخصوص ظاهری در سطح پروفیل مورد بررسی، ۰/۷۲ و از عمق ۷۵ سانتیمتر به بعد یک می‌باشد. وزن مخصوص ظاهری اصلاح شده (d_{B-mo}) از حاصلضرب وزن مخصوص اولیه (d_B) و ضریب اصلاحی (moC) مطابق رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$d_{B-mo} = d_B \times moC \qquad \text{رابطه (۲)}$$



شکل ۱۳: مقطع و اندازه شکافها در دیواره یک پروفیل حفر شده در گودال چمرود بر حسب سانتی‌متر [۴]

میانگین وزن مخصوص ظاهری رسوبات در هر یک از مخازن بندها به صورت متوسط وزنی، از حاصلضرب وزن مخصوص متوسط هر پروفیل در سهم حجمی رسوباتی که نمایندگی می‌کند بدست می‌آید. مثلا اگر حجم بخش دلتایی ۲۰٪ با وزن مخصوص ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و حجم رسوبات دریاچه‌ای ۸۰٪ با وزن مخصوص ۱/۲ باشد، متوسط وزن مخصوص ظاهری کل رسوبات ۱/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌شود (۱/۳۲=۱/۸×۰/۲۰+۱/۲×۰/۸۰). با آگاهی از حجم رسوبات مخازن هر یک از بندها (V) بر حسب متر مکعب و میانگین وزن مخصوص ظاهری رسوبات (d_B) بر حسب تن بر متر مکعب، وزن رسوبات ترسیب شده بر حسب تن از حاصلضرب این دو محاسبه می‌شود.

جدول۱: مثالی از نتایج اندازه‌گیری ابعاد شکاف‌ها و روش محاسبه ضریب اصلاحی [۳]

عمق (cm)	مجموع عرض شکاف‌ها (cm)	سهم شکاف نسبت به شکاف سطح خاک (٪)	ضریب اصلاحی (نسبت مواد جامد به کل توده خاک)
۰	۲۷/۵	۱۰۰	۰/۷۲
۱۰	۲۴/۰	۸۷/۳	۰/۷۶
۲۰	۲۰/۲	۷۳/۴	۰/۷۹
۳۰	۱۹/۲	۶۹/۸	۰/۸۱
۴۰	۱۴/۲	۵۱/۶	۰/۸۵
۵۰	۷/۸	۲۸/۴	۰/۹۲
۶۰	۶/۵	۲۳/۶	۰/۹۳
۷۰	۲/۰	۷/۳	۰/۹۸
۷۵	۰	۰	۱

منابع

1. Abbasi, A. A. and A. Bagherian Kalat. 2016. Calibration of PSIAC and MPSIAC empirical models efficiency through sediment survey of small reservoirs in NE of Iran (Khorasan Razavi Province). Final report of research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

2. Arabkhedri M. 2015. Estimation of bed load to suspended load ratio in Dez and Minab Rivers. Journal of Watershed Engineering and Management. 6 (4): 390-399. (In Persian)

3. Arabkhedri. M. 2001. Determining bed load to suspended load ratio using reservoir survey and sediment particle size distribution. Journal of Engineering Agriculture Research. 2(6): 81-91. (In Persian)

4. Arabkhedri. M. 1999. Watershed Management Studies at Chamroud Basin: Erosion and Sediment Report. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

5. Arabkhedri. M., Nabipay-Lashkarian, S., Shadfar, S. 2018. Calibration of empirical models for sediment yield estimation using sediment survey of small reservoirs in Iran. Final Research Report. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

6. Bahadori Khosroshahi, F. 1996. Bed load to suspended ratio in Iranian rivers. Proc. First Conf. on Erosion and Sediment. Ministry of Jihad Sazandegi Pub. 161-178. (In Persian)

7. Boroushkeh, E. and Arabkhedri, M. 2012. Regression model for estimating annual sediment yield of small watershed in West Azarbaijan . (In Persian)

8. Boroushkeh, E., M. Arabkhedri, R. Sokuti-Oskouee, A. Najafi, Z. Hasanzadeh, J. Khani. 2016. Calibration of MPSIAC and PSIAC empirical models efficiency through sediment survey of small reservoirs in the west and NW of Iran (West Azarbaijan Province). Final report of research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

9. Borzouee, M., J. Ghoddousi and A. Filekesh. 2005. Assessment of the sedimentology method in source contribution of geological formations in watersheds. Proceedings of the 3rd Erosion and Sediment Confereance, Tehran, Iran. 5 p.

10. Darya Naghsheh (Consultants Engineering Co.). 1997. Dez dam's reservoir sedimentation survey. Water Resources Management Organization. Ministry of Energy. (In Persian)

11. Duck, R.W., J.Mc Manus,1994, A long-term estimate of bed load and suspended sediment yield derived from reservoir deposits, Journal of Hydrology. 159: 365-373.

12. Ghahari, G., M. Pakparvar, S. H. Mesbah, S. Khazaee, V. Mohaseli, H. Keshavarzi, M. Niazi Ardakani and A. Vali. 2016. Calibration of MPSIAC and PSIAC empirical models efficiency through sediment survey of small reservoirs in the west and NW of Iran (Fars Province). Final report of research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

13. Hakimkhani, S. 2006. An investigation on using

tracers in fluvial fine sediment sources fingerprinting (case study: the basin of Pouldasht flood spreading system, Makoo township). PhD thesis, University of Tehran, 235 pp. (In Persian)

14. Hashemi, G., M. Godrati, B. Arastou, A. Jafari, H. Gholami. 2016. Calibration of MPSIAC and PSIAC empirical models efficiency through sediment survey of small reservoirs in central basins of Iran (Semnan Province). Final report of research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

15. Hashemi, A. and Arabkhedri, M, 2008, Evaluation of EPM Model by Sediment Measurement in Reservoirs of Small Dams. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 42: 345-355. (In Persian)

16. Mokhtari, A., B. Bahmanpour. 2016. Calibration of MPSIAC and PSIAC empirical models efficiency through sediment survey of small reservoirs in central basins of Iran (Esfahan Province). Final report of research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

17. Mokhtari, A. J. Ghayoumian, M. Bahmanpour, K. Shirani and Z. Eskandari. 2002. Evaluation of correlation of area specific sediment and sediment rating of Modified PSIAC based on sediment survey in small dam reservoirs. Final report of research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

18. Payamani, K., I. Vayskarami, A. Shahkarami, M. Zand, T. Farhadinejad. 2017. Calibration of MPSIAC and PSIAC empirical models efficiency through sediment survey of small reservoirs in the west and NW of Iran (Lorestan Province). Final report of research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

19. Pratt-Sitaula, B., M. Garde, D. W. Burbank, M. Oskin, A. Heimsath and E. Gabet. 2007. Bedload-to-suspended load ratio and rapid bedrock incision from Himalayan landslide-dam lake record. Quaternary Research. 68: 111-120.

20. Shafaee Bejestan, M. 2012. Guideline for Dams reservoirs sedimentation and desiltation studies. Office of Deputy for Strategic Supervision, No 589. (In Persian)

21. WRRI (Water Resources Research Institute). 1986. Dez dam sedimentation survey. Ministry of Energy. Pub. No. 89. (In Persian)

نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری

Extension and Development of Watershed Management

Vol. 6, No. 21, Summer 2018

سال ششم- شماره ۲۱- تابستان ۱۳۹۷

Abstract

Guidelines for sedimentation survey in dry reservoirs

M.Arabkhedri*[1], S.A.A. Hashemi[2], A.A. Abbasi[3], A. Mukhtari[4], Gh.R. Ghahari[5], K. Payamani[6] and I. Boroushkeh[7]

Received: 2018/04/20 Accepted: 2018/05/23

Measuring deposited sediments behind small dams, large dams, and other reservoirs is essential in many research and development projects. Unfortunately, there is no guide for sediment surveying in reservoirs that are dry for some times every year. In this paper, these reservoirs are divided into three classes and methods for surveying sediment volume and weight was explained based on authors' experiments countrywide by providing examples, figures and photos. Some important points on measuring siltation depth and determination the boundary of coarse-grained (delta) and fine-grained deposits (lacustrine sediments) and their contribution in total sedimentation were described in this section. Determining the bulk density is required to calculate the sediment load, which is subsequently described in more detail. This section first explains sediment stratification method in the control profiles and then describes two methods for measuring bulk density. In the following section, technical considerations on measuring sediment cracks to correct bulk density and finally calculating sediment weight are given.

Keywords: Sedimentation reservoir, Volumetric measurements, Bulk density, Coarse sediment, Fine sediment

1- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Corresponding Author, Email: arabkhedri@scwmri.ac.ir

2- Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Semnan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

3- Associate Professor, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

4- Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Isfahan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

5- Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Fars Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

6- Academic Member. Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Lorestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

7- Academic Member. Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of West Azarbaijan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization.