بهبود روش تعیین ضریب شکل مخازن سدها و بررسی تغییرات آن در اثر رسوب گذاری

جهانشیر محمدزاده هابیلی - فرهاد موسوی[1*]

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۴

چکیده

ضریب شکل یکی از مهمترین خصوصیات فیزیکی مخازن سدها می‌باشد که عبارت است از عکس شیب منحنی ارتفاع – حجم مخزن در دستگاه مختصات لگاریتمی. از ضریب شکل برای طبقه‌بندی مخازن و پیش‌بینی توزیع رسوب در آن‌ها استفاده می‌شود. در این تحقیق یک روش جدید جهت بهبود تعیین ضریب شکل مخازن ارائه شده است. در روش پیشنهادی، به جای منحنی ارتفاع – حجم، منحنی بدون بعد ارتفاع – حجم مخزن در مختصات تمام لگاریتمی ترسیم می‌شود و سپس مقدار ضریب شکل تعیین می‌گردد. داده‌های ارتفاع – حجم اولیه و داده‌های حاصل از رسوب‌سنجی‌های انجام شده در مخازن ۴ سد در ایران (دز، شهید عباسپور، کارده و لتیان) و ۴ سد در آمریکا (روزولت، سدار بلاف، کروین و نامبی‌فالز) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که ضرایب شکل همه مخازن مورد مطالعه، در اولین یا دومین عملیات رسوب‌سنجی کم شده، به گونه‌ای که مقدار عددی آن‌ها به ۲ تا ۲/۵ کاهش یافته است. همچنین تیپ همه مخازن پس از رسوب‌گذاری به تیپ III تغیر پیدا کرده است. لذا بهتر است برای کاربرد روش کاهش سطح در توزیع رسوبات، تیپ مخازن از نوع III انتخاب شود. از مهمترین مزایای روش جدید این است که به طور هم‌زمان می‌توان منحنی‌های بدون بعد ارتفاع – حجم چندین مخزن (و یا یک مخزن در رسوب‌سنجی‌های متعدد) را در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم نموده و ضریب شکل آن‌ها را با هم مقایسه کرد. در حالی که در روش قدیمی بایستی منحنی ارتفاع – حجم مخزن هر سد را به طور جداگانه در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم نمود.

واژه‌های کلیدی: توزیع رسوب، روش افزایش سطح، روش کاهش سطح، منحنی ارتفاع – حجم

مقدمه

مخازن سدها به شکل‌های مختلف و اندازه‌های متفاوت ساخته می‌شوند و برای اهدافی چون تنظیم و ذخیره آب، کنترل سیلاب، تأمین آب آبیاری و شرب شهری، تولید انرژی برقابی، حمل و نقل آبی و تفریحات سالم ساخته می‌شوند فراری و کولینز، (۱۵). اندازه، شکل و طریقه بهره-برداری از مخزن بر محل و نوع رسوب‌گذاری مؤثر است. در اثر رسوب‌گذاری، ظرفیت ذخیره مخزن سد کاهش می-یابد شفاعی بجستان، (۶) و نجفی، (۱۷). علاوه بر این،

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه آب دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
*- نویسنده مسئول Email:Mousavi@cc.iut.ac.ir

رسوب‌گذاری در مخزن باعث افزایش میزان تبخیر برای یک ظرفیت ذخیره مشخص، آب‌گرفتگی و تشکیل باتلاق در اراضی بالادست سد، افزایش قدرت فرسایش رودخانه در پایین دست سد، کاهش حجم کنترل سیلاب و در برخی موارد حاد باعث ایجاد پدیده روگذری در خلال سیل می‌شود یانگ، (۲۴). افزایش عمق رسوب در پشت بدنه سد، پایداری آن را کاهش داده و بر عملکرد تأسیسات خروجی، دریچه‌ها و شیرهای تراز پایین دست اثرات نامطلوب می‌گذارد موسوی و همکاران، (۱۱). گرچه پیشرفت‌های زیادی در درک مکانیزم رسوب‌گذاری در مخازن سدها شده، اما پیش‌بینی تجمع رسوب در مخزن هنوز مسئله پیچیده‌ای است سالاس و شین، (۱۸۰).

قمشی (۹۰) با مطالعه نحوه رسوب‌گذاری در سد دز نتیجه گرفت که بعد از ۱۱۴ سال، نیمی از ظرفیت اولیه مخزن سد را رسوب پر خواهد کرد. طبق نتایج روش کاهش سطح، مشخص گردید که ۸۲ سال بعد از بهره‌برداری از سد، رسوبات در پشت سد تا رقوم لبه دریچه توربین‌ها خواهند رسید و ممکن است مسائلی را ایجاد کنند.

عابدینی و طالب بیدختی (۸) نحوه توزیع رسوب در مخزن سد درودزن را با استفاده از روش پیشنهادی مودی (USBRو۱۹۶۲) بررسی کردند. نتایج نشان داد که این روش در مقایسه با روش‌های قبلی باعث حذف آزمون و خطا گردیده و کاربرد آن منجر به محاسبه مستقیم عمق رسوبات و توزیع آن‌ها در مخازن سدها می‌گردد. تراز بستر رودخانه در محل احداث سد درودزن بعد از گذشت ۵۰ سال به اندازه ۱۲/۲ متر بالا می‌آید.

طالب بیدختی و معین تقوی (۷) با بررسی توزیع رسوب در مخازن چند سد ایران، متوسط خطا به روش کاهش سطح برای سدهای درودزن، دز، لتیان و کرج را به ترتیب ۲۴، ۳/۸۹، ۱۴/۴۹ و ۴۲/۱۵ درصد و به روش افزایش سطح به ترتیب ۳۳/۱۵، ۳/۲۶، ۲۳/۷۲ و ۵/۴۷ درصد محاسبه کردند.

رهنمایی (۱) روش‌های افزایش سطح و کاهش سطح را برای تعیین توزیع رسوبات مخزن سد کرج به کار برد و نتایج را با اندازه‌گیری‌های سال ۱۳۷۰ مقایسه کرد. در رقوم بالای مخزن، حجم‌های رسوب حاصل از دو روش تجربی تفاوت معنی‌داری با رسوب‌سنجی نداشتند ولی در رقوم‌های پایین، روش کاهش سطح جواب بهتری داده است.

موسوی و صمدی بروجنی (۱۰) نحوه رسوب‌گذاری در مخازن ۱۴ سد کوچک منطقه چهار محال و بختیاری را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دو روش افزایش و کاهش سطح در مورد توزیع رسوب سدهای کوچک نیز کاربرد دارند. این دو روش در رقوم پایین مخزن دارای دقت کم و در رقوم بالا دارای دقت خوبی هستند.

شعبانلو و همکاران (۵) بر اساس میزان رسوبات ورودی به مخزن سد دز که از رسوب‌سنجی مخزن در سال‌های ۱۳۶۲ و ۱۳۷۶ به دست آمده، میزان رسوباتی که تا سال ۱۴۰۰ به مخزن وارد خواهند شد را برآورد کرده‌اند. این برآوردها به سه روش به ترتیب ۱۳۸۱/۱۲، ۱۹۲۷/۸۱ و ۲۱۲۴ میلیون متر مکعب بوده است.

موسوی و همکاران (۱۱) توزیع رسوب در مخزن سد زاینده‌رود را با استفاده از مدل‌های تجربی افزایش و کاهش سطح بررسی کردند. عملیات رسوب‌سنجی در مخزن این سد در سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۷۸ صورت گرفته است. مقایسه توزیع رسوبات ته‌نشین شده در سد با مدل‌های توزیع رسوب نشان داد که مدل کاهش سطح بورلند و میلر با کمترین خطا نسبت به سایر روش‌ها، بیشترین همخوانی را با نحوه توزیع رسوب دارد.

در تمام مخازن سدهایی که این محققین مورد مطالعه قرار داده‌اند، ضریب شکل مخزن در اثر رسوب‌گذاری تغییر یافته است. این تغییر، گاه پس از یک‌بار رسوب‌سنجی

مشاهده می‌گردد (مثلا پس از ۱۰ سال) و گاه پس از دو یا چند رسوب‌سنجی. تغییر ضریب شکل مخزن باعث می‌شود تیپ مخزن نیز عوض شود و تخمین توزیع رسوبات در آن تغییر یابد. در این مورد تحقیق خاصی در ایران صورت نگرفته است. لذا، هدف از این پژوهش ارائه یک روش بهتر برای تعیین ضریب شکل مخازن و بررسی تغییرات این پارامتر در اثر رسوب‌گذاری می‌باشد که دارای اهمیت زیادی است.

مواد و روش‌ها

الف) ضریب شکل مخزن

در صورتی که اطلاعات ارتفاع - حجم مخزن در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم شود، می‌توان خط راستی بر آن‌ها برزش داد که عکس شیب آن ضریب شکل مخزن[۲] (m) نام دارد بورلند و میلر، (۱۳). روی همین اصل، بورلند و میلر (۱۳) مخازن را به چهار دسته کلی تقسیم نمودند. خلاصه این طبقه‌بندی در (جدول ۱) ارایه شده است.

ب) سدهای مورد مطالعه

در این تحقیق به منظور ارزیابی روش پیشنهادی و بررسی تغییرات ضریب شکل مخازن در اثر رسوب‌گذاری، از داده‌های ارتفاع - حجم مخزن ۸ سد استفاده شده است. در این مخازن، عملیات رسوب‌سنجی برای حداقل یک بار پس از بهره‌برداری از سدها انجام شده است. از میان این سدها، ۴ سد در ایران و ۴ سد در آمریکا می‌باشند. مشخصات سدهای مورد مطالعه در (جدول ۲) آورده شده است.

ج) روش کاهش سطح

روش تجربی کاهش سطح برای توزیع رسوب در مخازن، اولین بار توسط بورلند و میلر (۱۳) ارایه شد و سپس توسط مودی اصلاح گردید (۱۹). در این روش، توزیع رسوب در مخزن به ضریب شکل مخزن و حجم رسوبات ته‌نشین شده در آن بستگی دارد.

معادله اساسی در روش کاهش سطح به صورت زیر می‌باشد بورلند و میلر، (۱۳) و موترجا، (۱۶):

(جدول ۱) - تیپ استاندارد مخازن (بورلند و میلر، ۱۹۵۸ و بورلند و میلر، ۱۹۷۱)

تیپ استاندارد	نوع مخزن	مقدار m
I	دریاچه معمولی (Lake)	۳/۵ ـ ۴/۵
II	سیلابدشت (Flood plain)	۲/۵ ـ ۳/۵
III	کوهپایه‌ای (Hill)	۱/۵ ـ ۲/۵
IV	کوهستانی (Gorge)	۱ ـ ۱/۵

$$S = \int_0^{Y_o} Ady + \int_{Y_o}^{H} Kady \qquad (۱)$$

در این رابطه:

S = حجم کل رسوبات ته نشین شده، H = عمق اولیه مخزن از کف رودخانه، Y_o = عمق رسوب در پشت سد، A = سطح مخزن در ترازهای مختلف، dy = جزء ارتفاع، a = سطح نسبی رسوب که به ازای مقادیر مختلف عمق نسبی p قابل محاسبه است و K = ضریب تناسب برای تبدیل سطح نسبی رسوب به سطح واقعی. مقدار K از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K = \frac{A_o}{a} \qquad (۲)$$

که در آن:

A_o = سطح اولیه مخزن در تراز Y_o و a = سطح نسبی رسوب در تراز Y_o می باشد. برای تعیین سطح نسبی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$a = CP^m(1-p)^n \qquad (۳)$$

1- Shape factor

در رابطه فوق، ضرایب ثابت m ، n و C با توجه به تیپ مخزن تعیین می‌گردند. در جدول ۳ مقادیر m ، n و C برای تیپ‌های مختلف مخازن آورده شده است. ملاحظه می‌شود که در روش کاهش سطح، مهمترین عامل در تعیین توزیع رسوبات مخازن، تیپ مخزن و در نتیجه ضریب شکل است.

لذا، ارایه یک روش بهتر برای تعیین ضریب شکل مخازن و بررسی تغییرات این پارامتر در اثر رسوب‌گذاری دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

(جدول ۲) - مشخصات سدهای مورد مطالعه

ردیف	اسم سد	بالاترین تراز	پایین‌ترین تراز	حجم مخزن در بالاترین تراز	سال بهره‌برداری	سال‌های رسوب‌سنجی	محل سد
۱	کارده	۱۲۹۶ m	۱۲۵۰ m	۳۰ MCM	۱۳۶۸	۱۳۷۵ (۴)*	کارده، ایران
۲	دز	۳۵۲ m	۱۶۵ m	۳۴۶۵ MCM	۱۳۴۱	۱۳۶۲، ۱۳۷۶ و ۱۳۸۲ (۴ و ۲)	دزفول، ایران
۳	لتیان	۱۶۰۵ m	۱۵۳۰ m	۸۱/۲ MCM	۱۳۴۸	۱۳۵۳، ۱۳۵۸ و ۱۳۶۱ (۴)	تهران، ایران
۴	شهید عباسپور	۵۴۳ m	۳۶۰ m	۳۷۶۴ MCM	۱۳۵۵	۱۳۸۴ (۳)	مسجد سلیمان، ایران
۵	سدار بلاف	۲۱۹۲ ft	۲۰۶۴ ft	۷۳۰۶۳۶ Acre-ft (۹۰۱/۲۴) MCM	۱۹۵۱	۲۰۰۰ (۲۲)	کانزاس، آمریکا
۶	کروین	۱۷۷۳ ft	۱۶۶۰ ft	۵۱۳۰۳۵ Acre-ft (۹۰۱/۲۴) MCM	۱۹۵۵	۱۹۹۶ (۲۱)	کانزاس، آمریکا
۷	نامبی فالز	۶۸۴۰ ft	۶۶۹۷ ft	۲۹۱۳ Acre-ft (۳/۵۹) MCM	۱۹۷۶	۲۰۰۴ (۲۳)	نیومکزیکو، آمریکا
۸	تئودور روزولت	۲۱۳۶ ft	۱۹۰۲ ft	۱۵۳۰۴۹۹ Acre-ft (۱۸۸۷/۸۷) MCM	۱۹۱۱	۱۹۸۲ (۲۰)	آریزونا، آمریکا

* اعداد داخل پرانتز شماره مرجع اطلاعات سد است؛ MCM : میلیون متر مکعب.

(جدول ۳) - مقادیر C و n برای تیپ های مختلف مخازن (بورلند و میلر، ۱۹۵۸)

تیپ مخزن	C	m	n
I	۳/۴۱۷۰	۱/۵	۰/۲
II	۲/۳۲۴۰	۰/۵	۰/۴
III	۱۵/۸۸۲۰	۱/۱	۲/۳
IV	۴/۲۳۲۴	۰/۱	۲/۵

د) روش پیشنهادی برای تعیین m

یکی از مهمترین معایب روش بورلند و میلر برای تعیین ضریب شکل مخزن این است که برای مخزن هر سد بایستی یک دستگاه مختصات لگاریتمی جداگانه در نظر گرفت و پس از نمایش دادن داده‌های ارتفاع-حجم در این مختصات و عبور یک خط مستقیم از بین آن‌ها مقدار ضریب شکل مخزن را به دست آورد. در این روش به طور همزمان نمی‌توان منحنی‌های ارتفاع- حجم چندین مخزن را در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم نموده و ضریب شکل آن‌ها را با هم مقایسه کرد.

اگر منحنی بدون بعد ارتفاع - حجم مخزن را روی کاغذ تمام لگاریتمی نمایش دهیم، منحنی حاصله نیز یک خط راست بوده و عکس شیب آن برابر با ضریب شکل

مخزن می‌شود. در روش پیشنهادی این تحقیق، ابتدا منحنی ارتفاع- حجم مخزن را به صورت بی‌بعد درآورده وسپس عمق نسبی (p) بر حسب حجم نسبی مخزن (v) در دستگاه مختصات لگاریتمی نمایش داده می‌شود. پس از نمایش دادن داده‌های بدون بعد یک خط مستقیم با بیشترین ضریب همبستگی به آن‌ها برازش داده می‌شود. عکس شیب خط حاصله برابر با ضریب شکل مخزن می‌باشد. مقادیر p و v به صورت زیر تعریف می‌گردند:

$$p = \frac{y}{H_m} \qquad (۴)$$

$$v = \frac{V_h}{V_m} \qquad (۵)$$

که y = فاصله عمودی از بستر رودخانه در محل سد، H_m = فاصله از بستر رودخانه در محل سد تا بالاترین تراز مخزن، V_y = ظرفیت مخزن در تراز y و V_m = حجم مخزن سد در بالاترین تراز می‌باشد.

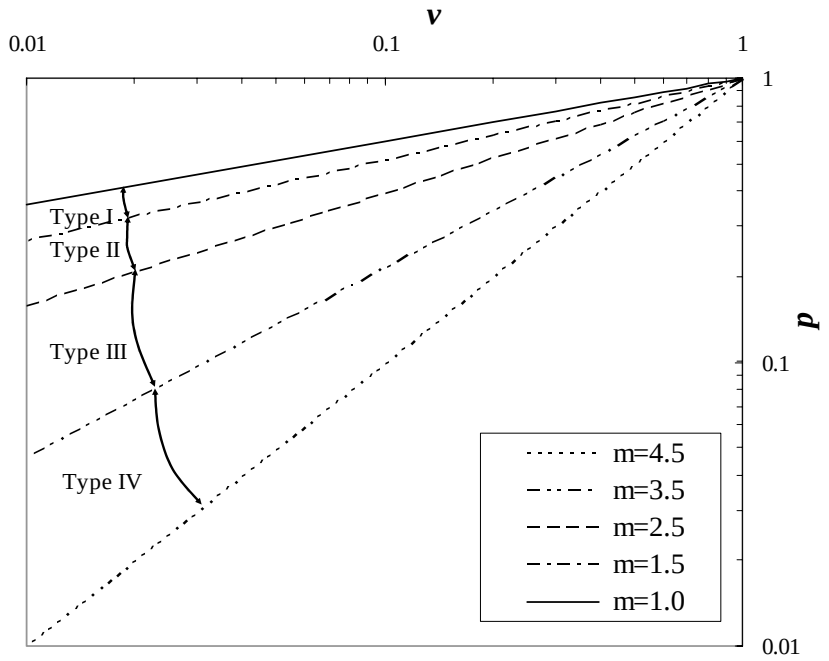
نتایج و بحث

الف) منحنی‌های جدید تیپ مخازن

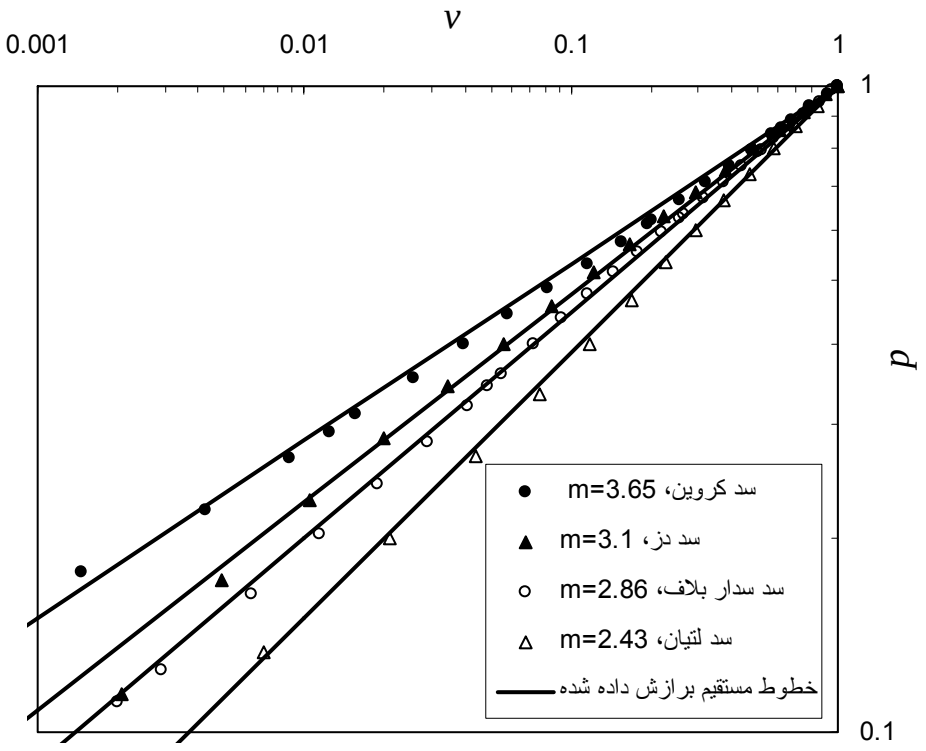
در (شکل ۱) نمایش طبقه‌بندی مخازن با استفاده از روش پیشنهادی جدید ارائه شده است. همان‌طور که دراین شکل ملاحظه می‌گردد، منحنی‌های بدون بعد ارتفاع - حجم در مختصات لگاریتمی و به ازای هر مقدار m در نقطه p=۱ و v=۱ مشترک می‌باشند. این ویژگی نشان می‌دهد که در روش پیشنهادی می‌توان منحنی‌های بدون بعد ارتفاع- حجم چندین مخزن را در یک دستگاه مختصات نمایش داده و آن‌ها را با هم مقایسه کرد. به عنوان مثال، داده‌های ارتفاع - حجم اولیه مخازن سدهای دز، لتیان، کروین و سدار بلاف در (شکل ۲) رسم شده و بهترین خط بر آن‌ها برازش داده شده تا ضریب شکل مخزن آن‌ها به دست آید.

ب) بررسی تغییرات ضریب شکل مخازن در اثر رسوب گذاری

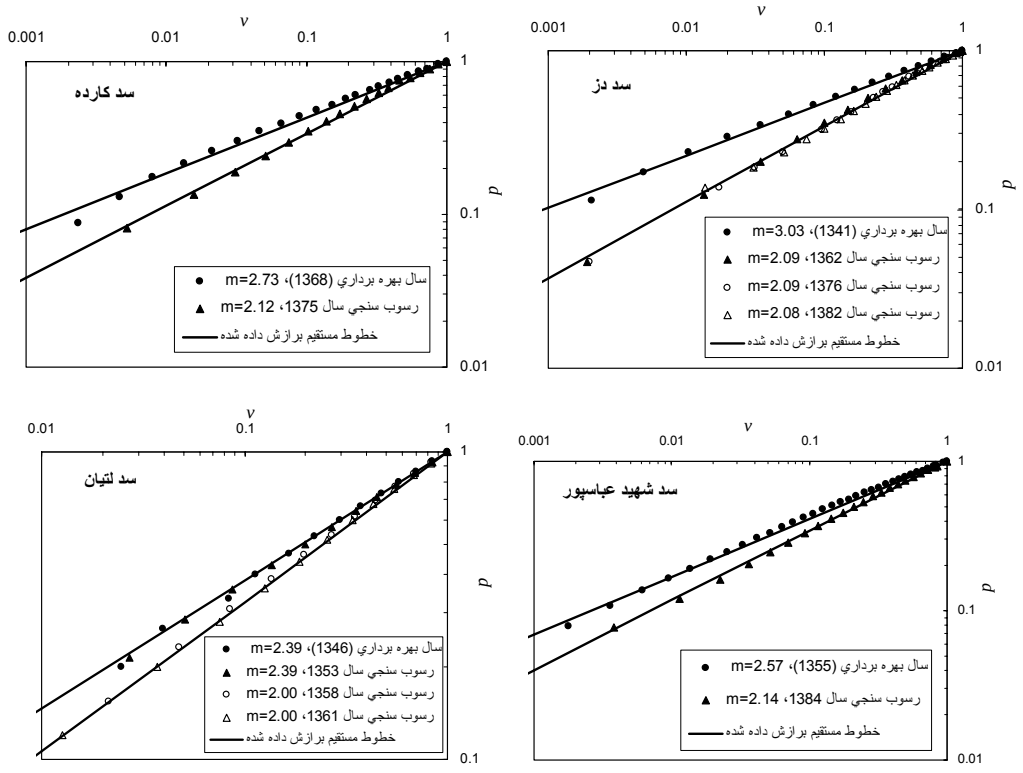
در اثر رسوب‌گذاری در مخازن سدها، توپوگرافی مخزن و به تبع آن ضریب شکل تغییر می‌کند. در صورتی که در روش کاهش سطح، که برای پیش‌بینی توزیع رسوب در مخازن به کار می‌رود، مقدار ضریب شکل مخزن ثابت در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق، به منظور بررسی تغیرات ضریب شکل مخازن در اثر رسوب‌گذاری، از داده‌های ارتفاع-حجم اولیه و داده‌های حاصل از رسوب‌سنجی‌های انجام شده در مخازن ۴ سد در ایران و ۴ سد در آمریکا استفاده شده است. در بین این سدها، درصد حجم رسوب ته‌نشین شده (نسبت حجم رسوب به حجم اولیه مخزن) در مخازن سدهای دز، لتیان و شهید عباسپور از همه بیشتر است و بقیه سدها تقریبا در مراحل اولیه رسوب‌گذاری می‌باشند. در (شکل ۳) روند تغییر ضریب شکل مخازن سدهای کارده، دز، لتیان و شهید عباسپور و در (شکل ۴) روند تغییر ضریب شکل مخازن سدهای سدار بلاف، کروین، نامبی فالز و تئودر روزولت نشان داده شده است.



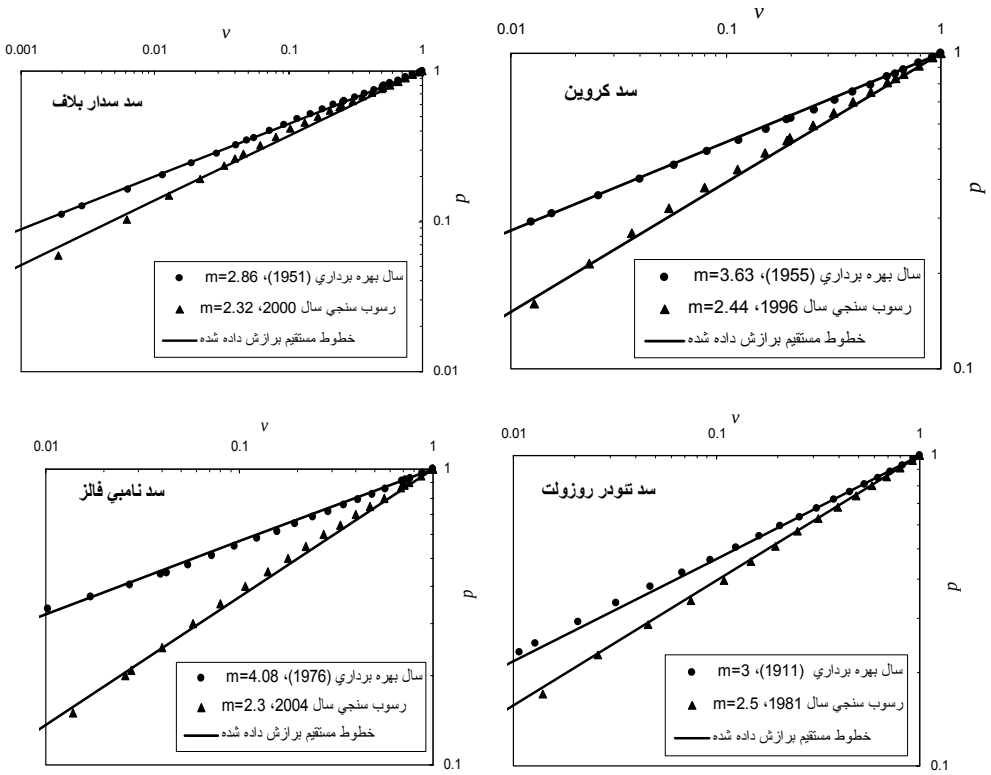
(شکل ۱) - نمایش طبقه‌بندی مخازن با استفاده از روش پیشنهادی جدید



(شکل ۲) - تعیین ضریب شکل مخازن سدهای کروین، دز، سدار بلاف و لتیان با استفاده از روش پیشنهادی.



(شکل ۳) – تغییرات ضریب شکل مخازن سدهای کارده، دز، لتیان و شهید عباسپور در اثر رسوب‌گذاری.



(شکل ۴) – تغییرات ضریب شکل مخازن سدهای سدار بلاف، کروین، نامبی فالز و تئودر روزولت در اثر رسوب‌گذاری.

همان‌طور که از (شکل‌های ۳ و ۴) ملاحظه می‌گردد، مقدار ضریب شکل اولیه شش سد از هشت مورد مطالعه در محدوده ۲/۵ تا ۳/۵ (تیپ مخزن II) و دو مورد در محدوده ۳/۵ تا ۴/۵ (تیپ مخزن III) قرارگرفته است. ضریب شکل همه مخازن مورد مطالعه در اولین یا دومین عملیات رسوب‌سنجی کم شده به گونه‌ای که مقدار این ضریب به ۲/۵-۲ کاهش یافته است. با توجه به مقدار ضریب شکل در (جدول ۱) برای تیپ‌های مختلف مخزن، و همچنین مقدار m در مخازن سدهای مورد مطالعه پس از رسوب‌گذاری، تیپ کلیه این مخازن پس از رسوب‌گذاری به III تغیر پیدا کرده است. تفاوتی که در این مورد بین سدهای مورد مطالعه وجود دارد این است که زمان رسیدن به تیپ III مختلف است. نتیجه‌ای که می‌توان از روند تغییرات ضریب شکل مخازن گرفت این است که تیپ III یک تیپ متعادل می‌باشد و همه مخازن پس از رسوب‌گذاری به این تیپ تغییر پیدا می‌کنند. لذا بهتر است که عملیات توزیع رسوب مخازن در روش کاهش سطح با تیپ III انجام شود. این موضوع نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد و در مورد سایر سدها نیز باید انجام شود.

نتیجه

یکی از مهمترین معایب روش بورلند و میلر برای تعیین ضریب شکل مخزن سدها این است که برای مخزن هر سد بایستی یک دستگاه مختصات لگاریتمی جداگانه در نظر گرفت. در این روش به طور هم‌زمان نمی‌توان منحنی‌های ارتفاع - حجم چندین مخزن را در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم نموده و ضریب شکل آن‌ها را با هم مقایسه کرد. در روش پیشنهادی این تحقیق برای تعیین ضریب شکل، این نقیصه برطرف شده است. در این روش ابتدا منحنی ارتفاع - حجم مخزن را به صورت بی‌بعد درآورده و سپس عمق نسبی مخزن بر حسب حجم نسبی در دستگاه مختصات لگاریتمی نمایش داده می‌شود. سپس، یک خط مستقیم با بیشترین ضریب همبستگی به آن‌ها برازش داده شده و مقدار ضریب شکل که برابر با عکس شیب خط حاصله می‌باشد تعیین می‌گردد. در روش پیشنهادی، به راحتی می‌توان در یک دستگاه مختصات لگاریتمی، روند تغییرات ضریب شکل مخزن هر سدی را در اثر رسوب‌گذاری بررسی کرد. روند تغییرات ضریب (شکل ۸) مخزن مورد مطالعه در اثر رسوب‌گذاری نشان می‌دهد که مقدار ضریب شکل همه مخازن در اولین یا دومین عملیات رسوب‌سنجی نسبت به زمان بهره‌برداری کم شده است به گونه‌ای که به ۲ تا ۲/۵ کاهش یافته است. همچنین در سدهای دز و لتیان که چندین با عملیات رسوب‌سنجی در آن‌ها انجام شده است. همچنین، تیپ همه مخازن پس از رسوب‌گذاری به تیپ III تغیر پیدا کرده است. لذا بهتر است برای کاربرد روش کاهش سطح در توزیع رسوبات، تیپ مخازن از نوع III انتخاب شود.

منابع

۱- رهنمایی، د. ۱۳۷۴. رسوب‌گذاری در مخازن سدها. آب و توسعه، ۳(۱): ۵۰-۵۸.

۲- شرکت مهندسین مشاور دریا ترسیم. ۱۳۸۲. گزارش رسوب‌سنجی سد دز.

۳- شرکت مهندسین مشاور دریا ترسیم. ۱۳۸۴. گزارش رسوب‌سنجی سد شهید عباسپور.

۴- شعبانلو، س. ۱۳۷۹. بررسی نحوه رسوب‌گذاری در تعدادی از سدهای مخزنی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۴۶ صفحه.

۵- شعبانلو، س.، س. ف. موسوی و م. حیدرپور. ۱۳۸۱. بررسی میزان رسوب ورودی به مخزن دز و نحوه توزیع آن تاکنون و برآورد وضعیت مخزن در آینده. ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، بهمن ۱۳۸۱، دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ص ۵۵-۶۵.

۶- شفاعی بجستان، م. ۱۳۷۳. هیدرولیک رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۳۲۷ صفحه.

۷- طالب بیدختی، ن. و م. معین تقوی. ۱۳۶۸. بررسی و کاربرد روش‌های معمول و متداول رسوب گذاری مخازن سدهای درودزن، دز، لتیان، کرج و سفیدرود. مجله دانشکده فنی دانشگاه تبریز، ۱۳۶: ۴۷-۵۹.

۸- عابدینی، م. و ن. طالب بیدختی. ۱۳۶۸. چگونگی توزیع و کنترل رسوب در مخازن سدها. مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، تهران، مهاب قدس، ص ص ۷۹۱-۸۲۰.

۹- قمشی، م. ۱۳۶۷. نحوه توزیع رسوب در مخزن و ارزیابی عمر مفید سد دز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۱۰ صفحه.

۱۰- موسوی، س. ف. و ح. صمدی بروجنی. ۱۳۷۵. ارزیابی توزیع رسوب در مخازن سدهای کوچک منطقه چهارمحال و بختیاری. آب و فاضلاب ۱۸: ۴-۱۳.

۱۱- موسوی، س. ف.، م. حیدرپور و س. شعبانلو. ۱۳۸۵. بررسی رسوب در مخزن سد زاینده‌رود با استفاده از مدل‌های افزایش و کاهش سطح. آب و فاضلاب ۵۷: ۷۶-۸۲.

12-Annandale, G. W. 1987. Reservoir Sedimentation. Development in Water Science, No. 29, Elsevier, Amsterdam, 221 p.

13-Borland, W. M., and C. R. Miller. 1958. Distribution of sediment in large reservoirs. ASCE, J. of Hydraulic Div. 84(2): 1587.1–1587.9.

14-Borland, W. M. and C. R. Miller. 1971. Reservoir Sedimentation. Ch. 29, River Mechanics, H.W. Shen (Ed.), Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, U.S.A.

15-Ferrari, R. and K. Collins. 2006. Reconnaissance techniques for reservoir surveys. Proc. of the Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference, April 2-6, 2006, Reno, NV, USA.

16-Mutreja, K. N. 1986. Applied Hydrology. Tata McGraw-Hill Pub., Inc., New Delhi, India, 959 p.

17-Najafi, M. R. 2002. The effects of flushing operation in Sefidrud reservoir on the downstream river. J. of Agriculture 4(2): 7-19.

18-Salas, J. D. and H. S. Shin. 1999. Uncertainty analysis of reservoir sedimentation. ASCE, J. of Hydraulic Eng. 125(4): 339-350.

19-United States Bureau of Reclamation. 1962. Revision of the procedure to compute sediment distribution in large reservoirs. Sedimentation Section, Hydrology Branch.

20-United States Bureau of Reclamation. 1981. Theodore Roosevelt reservoir 1981 sedimentation survey. Denver, Colorado.

21-United States Bureau of Reclamation. 1996. Kirwin reservoir 1996 sedimentation survey. Denver, Colorado.

22-United States Bureau of Reclamation. 2000. Cedar Bluff reservoir 2000 survey. Denver, Colorado.

23-United States Bureau of Reclamation. 2004. Nambe Falls reservoir 2004 survey. Denver, Colorado.

24-Yang, C. T. 1996. Sediment Transport: Theory and Practice. Mc-Graw Hill, Inc., New York, 412 P.

Improvement of the reservoir shape factor method and evaluation of its changes due to sedimentation

J.Mohammaadzadeh Habili – F.Mousavi[*1]

Abstract

The shape factor is one of the most important physical characteristics of a dam's reservoir. This factor is equal to the reciprocal of the slope of a line obtained by plotting reservoir depth against reservoir capacity on a log-log paper. The shape factor is used for reservoir classification and sediment distribution. In this study, a new method is proposed for determination of the reservoir shape factor. In this method, the normalized depth-capacity curve is plotted on log-log paper and then the value of shape factor could be derived as the reciprocal of the line slope. In this study, the original depth-capacity data and reservoir sedimentation data of 4 dams in Iran (Dez, Kardeh, Latian and Shahid Abbaspour) and 4 dams in the USA (Cedar Bluff, Kirwin, Nambe Falls, and Theodore Roosevelt) were used. The results showed that reservoir shape factor of all reservoirs decreased 2 to 2.5 for the first or second sedimentation measurements. In addition, the type of reservoirs was changed to type III. Therefore, prediction of reservoir sedimentation by area reduction method should be performed with reservoir type III. The most important advantage of the proposed method is the capability of plotting and comparing the normalized depth-capacity data of several reservoirs (or several sedimentation measurements of a single reservoir) on individual log-log paper. While in the old method, the depth-capacity data of each reservoir should be plotted on a separate log-log paper.

Key words: Reservoir, Sediment distribution, Area-increment method, Area-reduction method, Depth-capacity curve

*- Corresponding author Email: Mousavi@cc.int.ac.ir
[1] - College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan.