

برآورد ضریب زبری مانینگ در مخزن سد کرخه با استفاده از واسنجی نرم افزار GSTARS-3

محمد هوشمندزاده ، محمد محمودیان شوشتری ، امین تقوی فر
کارشناس عمران - دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
استاد دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران اهواز
کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی شرکت مهندسی مشاور دزآب
پست الکترونیک : hooshmandzadeh_civil@yahoo.com

چکیده

در محاسبات هیدرولیک کانال های باز، ضریب مانینگ با توجه به وضعیت کانال مورد مطالعه به عنوان یکی از اطلاعات اولی طراحی تخمین زده می شود. قضاوت مهندسی در تخمین این ضریب نقش مهمی دارد. در این مقاله کوشش شده است تا با واسنجی نتایج اجرای نرم افزار GSTARS-3 برای محاسبه بار کل رسوب مخزن سد کرخه، مقدار ضریب مانینگ به عنوان یکی از پارامترهای هیدرولیکی تعیین گردد. مدل به ازای ضرایب 0.38 ، 0.3 و 0.2 اجرا گردید. نتایج بدست آمده با استفاده از حجم تجمعی رسوب واسنجی شده و بهترین مقدار ضریب مانینگ 0.2 بدست آمد.
کلید واژه ها: کرخه، جلوگیر، GSTARS-3، واسنجی، حجم تجمعی، ضریب مانینگ

۱- مقدمه

سپس واسنجی نتایج آن با استفاده از اطلاعات هیدروگرافی سال ۱۳۸۴ که توسط شرکت دریا ترسیم انجام شده بود، مقدار ضریب مانینگ بر اساس حجم تجمعی رسوب تعیین گردد.

ضریب زبری مانینگ تمامی عوامل موثر در مقاومت بستر کانال در برابر جریان را در خود مستتر دارد و نیز شدت افت انرژی را در یک جریان نشان می دهد. در محاسبات هیدرولیک کانال های باز، ضریب مانینگ باید با توجه به وضعیت کانال مورد مطالعه به عنوان یکی از اطلاعات اولیه طراحی تخمین زده می شود. قضاوت مهندسی در تخمین این ضریب نقش مهمی داشته و در نتیجه مهندسان مجرب در یافتن این ضریب مشکل زیادی نخواهند داشت ولی مهندسانی که از تجربه کافی برخوردار نیستند به دقت بیشتری نیاز دارند تا انتخاب آنها به جای حدس و گمان تا اندازه ممکن صحیح و مستدل باشد.

۲-۲ - آشنایی با نرم افزار GSTARS-3

GSTARS-3 نسخه جدید مدل GSTARS بوده که برای شبیه سازی رودخانه های رسوبی که توسط گروه هیدرولیک رودخانه و رسوبگذاری مرکز خدمات فنی USBR تهیه و تدوین شده است. این مدل به دلیل نیاز به یک مدل رایانه ای تعمیم یافته روندیابی آب و رسوب که قادر باشد در حل مساله پیچیده مهندسی رودخانه استفاده شود، تهیه گردیده است. نسخه های قبلی مدل (2.1 و 2.0) GSTARS برای شبیه سازی رودخانه های رسوبی وسیع (عریض) به وجود آمده بودند اما نسخه جدید آن (GSTARS 3.0) علاوه بر توانایی شبیه سازی

۲- مواد و روش ها

۲-۱ - روش تحقیق

در این تحقیق، سعی شده تا با ورود اطلاعات به نرم افزار GSTARS-3 و انتخاب تابع انتقال رسوب یانگ (۱۹۹۶) و

استفاده از محاسبات فرا آب برای شرایط زیر بحرانی، فوق بحرانی یا تلفیق این دو را می‌دهد؛ حتی وقتی شامل پرش هیدرولیکی می‌شوند. در جریان شبه دائمی، هیدروگراف جریان با قطعاتی تقریبی با دبی ثابت جایگزین گردیده و در طی هد ثابت، معادلات جریان دائمی برای محاسبات نیمرخ سطح آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۳- معرفی منطقه مورد مطالعه

سد کرخه از جمله سدهای بزرگ جهان و بزرگترین سد ایران از لحاظ حجم دریاچه و طول تاج سد می‌باشد. مکان احداث این سد مخزنی در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال غربی اندیمشک و بر روی رودخانه کرخه می‌باشد. عملیات اجرائی بدنه و سریز نیز در نیمه سال ۱۳۷۳ آغاز گردید. در بهمن ماه سال ۱۳۷۸ آبیگری سد شروع شد و بدین ترتیب سد کرخه در زمینه کنترل سیلاب و تنظیم آب پائین دست به بهره برداری نائل گردیده است. آمار و اطلاعات از ایستگاه آبنسجی جلوگیری که بالادست سد مخزنی کرخه قرار دارد اخذ شده است. در تصاویر (۱) و (۲) بترتیب موقعیت جغرافیایی سد کرخه و شمایی از دیواره و مخزن سد کرخه قابل مشاهده است.

۳- تعیین ضریب زبری مانینگ

ضریب زبری مانینگ تمامی عوامل موثر در مقاومت بستر کانال در برابر جریان را در خود مستتر دارد و نیز شدت افت انرژی را در یک جریان نشان می‌دهد. مشکل اصلی در کاربرد معادله مانینگ، تخمین درست مقدار ضریب مانینگ است. اعتماد به نتایج محاسبات به صحت انتخاب n است. ضریب زبری به عوامل فراوانی بستگی دارد و در تعیین آن باید این عوامل را مد نظر قرار داد. همچنین انتخاب صحیح n به تجربه و قضاوت مهندس مسوول طرح دارد. مهندسانی که از تجربه کافی برخوردار نیستند به دقت بیشتری نیاز دارند تا انتخاب آنها به جای حدس و گمان تا اندازه ممکن صحیح و مستدل باشد. عوامل زیر بر زبری تأثیر دارند: ۱- زبری سطح: که به دو عامل اندازه و شکل زبری جداره کانال بستگی دارد. ۲- بار معلق و بار رسوب: این دو عامل باعث افزایش ضریب زبری می‌گردند. ۳- موانع: وجود موانعی مانند پایه های پل باعث افزایش ضریب زبری می‌شود. ۴- نامنظمی کانال: بیانگر تغییرات شکل و اندازه مقطع در طول کانال و نامنظمی محیط خیس شده می‌باشد. ۵- رسوب گذاری و آب شستگی: رسوب گذاری باعث تبدیل شدن کانال

شرایط جریان به روش نیمه دو بعدی و شبیه سازی تغییرات هندسی کانال به روش نیمه سه بعدی، قابلیت مدلسازی رسوب گذاری در مخازن را دارد. GSTARS 3.0 مدلی است که در شرایط شبه یکنواخت بر اساس یک الگوریتم فرا آب یک بعدی بنا شده است و می‌تواند انتقال جریان را (حتی پرش هیدرولیکی) محاسبه کند و در رژیم های جریان (زیر بحرانی، فوق بحرانی یا تلفیق این دو) مختلف محاسبات خود را انجام دهد. در این نسخه نیز رسوب با استفاده از مفهوم استوانه جریان مسیریابی می‌شود. تغییرات بستر به طور مستقل برای هر استوانه جریان محاسبه می‌شود. امکانات انتقال رسوب GSTARS 3.0 یک محدوده وسیع از شرایط مثل انتقال ذره ای، سورتینگ و آرمورینگ بستر را با بیشتر از ۱۶ تابع انتقال رسوب برای محدوده های مختلف از رس تا شن و همچنین انتقال رسوب غیر متعادل پوشش می‌دهد. توانایی خاص دیگر این نسخه از مدل شرایط پایدار و محاسبه تغییرات عرض کانال می‌باشد که بر اساس نظریه کمیته توان جریان کل بنا شده است. اصلاح و بازبینی های انجام شده در GSTARS 3.0 علاوه بر اینکه قابلیت های نسخه های قبلی را در بر می‌گیرد، دارای توانایی های جدید زیر نیز می‌باشد: ۱- زیاد کردن تعداد توابع انتقال رسوب انتخاب شده توسط استفاده کننده. ۲- توانایی ها در بخش انتقال رسوب چسبنده افزایش یافته است شامل لخته شدن (جمع شدن) و مانع شدن از ته نشینی. ۳- مسیریابی مخزن. ۴- لایه های بستر متعدد با توزیع اندازه های مختلف رسوب. ۵- روش هایی برای محاسبه انتقال رسوب جانبی (عرضی)، برای محاسبه تغییرات شرایط مرزی رسوب گذرنده از استوانه جریان. ۶- ادغام رسوب در مخزن ها. ۷- رسوب انتقال یافته از مقطع و میزان ورود رسوب بر پایه اصل تعادل.

GSTARS 3.0 با استفاده از زبان برنامه نویسی فرترن ۹۰/۹۵ نگارش شده است. الگوریتم با دقت و سرعت بیشتر اصلاح شده است. محاسبات هیدرولیکی برای تعیین نیمرخ سطح آب در این نرم افزار بر اساس مدل جریان متغیر تدریجی بوده و از روش مرحله ای استاندارد برای محاسبات فرا آب استفاده می‌کند. از معادله انرژی وقتی هیچ تغییری در رژیم های جریان وجود ندارد استفاده می‌کند و از معادله اندازه حرکت وقتی که یک تغییر از جریان زیر بحرانی به فوق بحرانی یا بالعکس وجود دارد، استفاده می‌کند. محاسبات فرا آب در جهت بالادست برای جریان زیر بحرانی و در جهت پایین دست برای جریان فوق بحرانی دنبال می‌شود. استفاده اختصاصی از دو معادله، اجازه



تصویر ۲ - دیواره و مخزن سد کرخه



تصویر ۱ - موقعیت جغرافیایی سد کرخه

پایداری مدل‌های ریاضی انتقال رسوبی که به روش تفاوت محدود صریح کار می‌کنند. پایداری این مدل‌ها تحت تأثیر عوامل عمده‌ای است که شاید مهمترین عامل فاصله مقاطع هندسی از یکدیگر باشد. به طور کلی ظرفیت حمل رسوب به شدت تحت تأثیر هیدرولیک جریان می‌باشد. لذا کالیبره کردن نیمرخ سطح آب بسیار مهم است. برای تعیین ضرایب مانینگ در مدل ریاضی مخزن سد کرخه از نشریه راهنمای مؤسسه USBR استفاده شده است که به صورت مصور برای حالت‌های مختلف مقادیر ضرایب مانینگ را ارائه کرده است. البته لازم به ذکر است که استفاده از این راهنما در شرایطی که اطلاعات لازم برای کالیبره کردن مدل وجود نداشته باشد امکان‌پذیر است. به همین دلیل برای تدقیق مقادیر ارائه شده برای ضرایب مانینگ از کالیبراسیون پروفیل سطح آب در حالت بستر ثابت استفاده شده است. با توجه به طبیعت رسوبی حوضه کرخه که دارای آورد رسوب بالایی می‌باشد و علاوه بر آن به دلیل مدل‌سازی رسوبگذاری مخزن و اینکه در هنگام رسوبگذاری در مخزن عدم تعادل رسوب وجود دارد در حال حاضر بهترین فرمولی که بتواند غلظت بالای رسوب و عدم تعادل را در مدل‌سازی مد نظر قرار دهد فرمول یانگ ۱۹۹۶ می‌باشد. اطلاعات رسوب شامل دانه بندی بار کل رسوبی، طبقه بندی انواع رسوبات وارد شده بر حسب دبی آب و می‌باشد که این اطلاعات از ایستگاه آبنجی پای پل برداشت گردید.

۴-۲ - داده های مورد نیاز برای کالیبره کردن و تأیید مدل

معمولاً پنج نیمرخ طولی سطح آب مورد نیاز است که بطور خلاصه عبارتند از:

نامنظم به کانال یکنواخت و در نتیجه سبب کاهش زبری می‌شود. ۶- در انحناهای ملایم و شعاع قوی بزرگ، تأثیر بر زبری بسیار کم است. ۷- اشل و دبی: این دو فاکتور با ضریب زبری رابطه معکوس دارند. ۸- پوشش گیاهی: که به فاکتورهای همچون ارتفاع، تراکم، توزیع و نوع پوشش گیاهی بستگی دارد. تأثیر گذشت زمان و تغییر فصول را باید در تغییرات n مد نظر داشت.

۴-۱ - اجرای نرم افزار GSTARS-3

۴-۱ - داده‌های ورودی مورد نیاز برای مدل‌سازی مخزن سد کرخه

GSTARS-3 مانند مدل‌های دیگر جهت مدل‌سازی نیاز به اطلاعات پایه از قبیل مقاطع عرضی، ضریب زبری، دانه بندی رسوبات، مشخصات ذرات ریزدانه، رژیم آبدی و... دارد. داده های ورودی مورد نیاز به سه دسته داده های هندسی، رسوب و هیدرولوژی دسته بندی می‌شوند. اطلاعات هندسی شامل مقاطع عرضی، فاصله طولی و مقادیر n می‌باشد. به اضافه اینکه قسمت متحرک بستر هر مقطع و عمق ماده رسوبی در آن مورد نیاز است. برای ساخت مدل هندسی مخزن اولین گام تعیین اطلاعات مربوط به هندسه مقاطع می‌باشد که برای تهیه آن از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰ مخزن استفاده شده است. مقاطع مورد استفاده، در واقع همان مقاطعی هستند که توسط مشاور طرح مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به دلیل اینکه زمان اجرای مدل بستگی به تعداد کل مقاطع دارد. لذا بایستی تعداد مقاطع عرضی تا آنجا که امکان دارد، کاهش یابد. در نهایت بهترین مقاطع که شامل ۷۰ مقطع می‌باشند مورد استفاده قرار گرفت. مسئله مهم دیگری که می‌بایست بدان اشاره کنیم،

الف - حداقل سه نیمرخ طولی معادل با جریان حداقل، لبریز و ماکزیمم برای کالیبره کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد.
ب- حتی الامکان، دو نیمرخ دیگر برای کالیبره کردن تهیه می‌شود.

جزئیات روش کالیبره کردن بصورت زیر می‌باشد:

۱- انتخاب دبی برای کالیبره کردن

برای این کار حداقل سه دبی مورد نیاز است. دبی پیشینه یعنی ۳۰۰۰ متر مکعب در ثانیه، دبی میانگین در فصل سیلابی یعنی ۴۸۵/۱ متر مکعب در ثانیه

۲- فاصله طولی برای کالیبره کردن

چون تراز سطح آب در محل سد بین ۳۱۰ تا ۳۵۰ متر متغیر است، برگشت آب تا حدود فاصله ۵۰ کیلومتری بالادست سد امتداد می‌یابد. این فاصله به عنوان فاصله طولی رودخانه برای کالیبره کردن در نظر گرفته می‌شود.

۳- رفع ناهنجاری‌های داده‌های هندسی

نخست داده‌های هندسی کنترل شده و رفع ناهنجاری در فاکتورهای زیرین صورت می‌گیرد:

حدود رودخانه اصلی، سطح جریان موثر و.....

۴- رفع ناهنجاری‌های ضریب زبری محاسباتی n

به دلیل کمبود داده‌های مشاهداتی نیمرخ‌های سطح آب، مقدار n مقطع عرضی برای رودخانه اصلی و سطح سیلابی به ترتیب برای دبی‌های مختلف انتخاب می‌گردد. این ضریب زبری محاسباتی بوده و با ضریب زبری هیدرولیکی متفاوت است.

۵- تجزیه و تحلیل نتایج

هر تحقیقی بر یک بنیانی استوار می‌باشد. این بنیان فرضیات آن تحقیق می‌باشند و با استفاده از آنها تحقیق انجام می‌شود و در انتها بایستی این فرضیات بررسی شده و اثبات و یا عدم اثبات آنها بررسی شود. برای این کار بایستی نتایج حاصله را تجزیه و تحلیل نمود. در هر تحقیق تجزیه و تحلیل نتایج مهمترین کار بوده لذا انتخاب نوع روش از اهمیت فراوانی برخوردار است. بطور کلی برای ارزیابی نتایج حاصل از مدل‌ها، روش‌های مختلفی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش‌های گرافیکی، رگرسیونی و آماری اشاره کرد. جهت بررسی دقت و صحت نتایج نرم افزارهای رایانه‌ای و روش‌های تجربی مورد استفاده در این تحقیق می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده نمود که عبارتند از: ۱- مقایسه نتایج مدل با نتایج آزمایشگاهی ۲- مقایسه نتایج مدل با نتایج مدل‌های دیگر. ۳- مقایسه نتایج مدل با داده‌های میدانی برداشت شده از طبیعت

برای تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از روش آماری استفاده شده است. نتایج مدل با داده‌های برداشت شده از طبیعت به دلیل تطبیق دادن مدل با واقعیت، بهترین و گرانترین روش ارزیابی دقت مدل می‌باشد. برای مقایسه، از نتایج هیدروگرافی سال ۱۳۸۴ استفاده می‌شود. نرم افزار GSTARS-3 به ازای توابع معروف و پر کاربرد رسوب اجرا گردید که در ادامه به تحلیل نتایج پرداخته خواهد شد. ابتدا می‌بایست بهترین تابع انتقال رسوب با استفاده از واسنجی مدل انتخاب شود. به منظور ارزیابی نتایج، یک تحلیل آماری با معیارهای عددی بر روی نتایج مدل‌ها استفاده خواهد شد. این معیارها که توابعی از مقادیر خطا (تفاضل خروجی واقعی و محاسبه شده) می‌باشند، به صورت‌های مختلفی تعریف می‌شوند که عبارتند از: معیارهای مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: نسبت اختلاف (R)، درصد خطای میانگین (e)، ضریب همبستگی (R^2)، مجموع مربعات خطا (SSE)، ریشه مجموع مربعات خطا ($RMSE$)، متوسط خطای نسبی (RAE) و حداقل متوسط خطای نسبی ($RMSE$) و انحراف معیار (S). با توجه به مقادیر جدول، مقدار ضریب مانینگ برابر ۰/۰۲ انتخاب می‌شود برای تعیین مقدار ضریب مانینگ مدل به ازای ضرایب ۰/۰۳۸، ۰/۰۳ و ۰/۰۲ اجرا گردید. معیار واسنجی حجم تجمعی رسوب بر حسب میلیون متر مکعب می‌باشد. برای این کار مقدار حجم تجمعی رسوب بدست آمده از مدل با مقدار حجم تجمعی رسوب بدست آمده از عملیات هیدروگرافی مقایسه گردید. مقدار ضریبی که به ازای آن مقادیر خطا کمینه باشد انتخاب می‌گردد. در جدول (۱) مقادیر حجم تجمعی رسوب به ازای ضرایب مانینگ مختلف آمده است.

مقدار حجم تجمعی رسوب ناشی از عملیات هیدروگرافی برابر ۱۰۲۹/۸۴۴ میلیون متر مکعب بدست آمد. نتایج تحلیل آماری برای تعیین ضریب مانینگ در جدول (۲) ارائه شده است.

با توجه به مقادیر جدول، مقدار ضریب مانینگ

ضریب زبری	حجم تجمعی رسوب
۰/۰۳۸	۹۶۳/۴۲۴
۰/۰۳	۹۷۰/۹۵۵
۰/۰۲	۹۷۱/۲۱

جدول ۱- حجم تجمعی رسوب به ازای ضرایب زبری مختلف

روش آماری					مقدار ضریب مانینگ
<i>RRMS</i>	<i>RMSE</i>	<i>SSE</i>	<i>%e</i>	<i>R</i>	
۰/۰۵۲۳	۲۸۳/۹۷۳	۸۰۶۴۱/۲۳	۲۲/۶۲۴	۰/۷۷۳۷	۰/۰۲
۰/۰۵۲۵	۲۸۴۷/۲۲۸	۸۰۷۸۶/۱۲	۲۲/۶۴۴	۰/۷۷۳۵	۰/۰۳
۰/۰۶۴۸	۲۹۱/۷۵	۸۵۱۲۳/۸۹	۲۳/۲۲۴	۰/۷۶۷۵	۰/۰۳۸

جدول ۲- نتایج تحلیل آماری ضرایب زبری مختلف

نام رابطه	فرمول	مقدار متوسط	توضیحات
سابر امانیا	$0.0474d_{50}^{\frac{1}{50}}$	۰/۰۳۷۶	
سایمونز و سن تورک	$0.047d_{50}^{\frac{1}{50}}$	۰/۰۳۶۵	
رادکیوی	$0.013d_{65}^{\frac{1}{65}}$	۰/۰۱۱۷۴	
لین و کارلسون	$0.026d_{75}^{\frac{1}{75}}$	۰/۰۲۲۵	d_{75} بر حسب فوت
گارد و راجو	$0.039d_{50}^{\frac{1}{50}}$	۰/۰۱۱۸	d_{50} بر حسب فوت
میبر-پیتر و مولر	$0.0385d_{90}^{\frac{1}{90}}$	۰/۰۳۵	d_{90} بر حسب متر

جدول ۳- متوسط ضریب مانینگ تخمین زده شده توسط روابط تجربی مختلف در سد مخزنی کرخه

مراجع

- Chih Ted Yang and Francisco J. M. Simões (2002) GSTARS 3.0: A Numerical Model for Reservoir Sedimentation,
- وزارت نیرو ، سازمان مدیریت منابع آب (۱۳۶۲) رسوب گذاری در مخازن سدها ، کتاب شماره یک
- شرکت مهندسی مشاور دریا ترسیم (۱۳۸۴) گزارش فنی عملیات هیدروگرافی و نقشه برداری سد کرخه
- محمودیان شوشتری ، م (۱۳۸۵)، اصول جریان در مجاری باز انتشارات دانشگاه شهید چمران ، جلد اول
- حیابی ، م ؛ ارشد ، ص؛حسینی ، ا (۱۳۸۵) بررسی مقایسه ای مدل های روندیابی جریان و رسوب در آبراهه ها ، مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه ، دانشگاه شهید چمران
- Garde, R.J. and Ranga Raju ,K.G(1985) Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems" John Wiley and Sons Publisher, India
- Jian L, Bingyi L and Kazuo A (2003) Reservoir Sedimentation Management in Asia,
- حسینی، محمود؛ ابریشمی، جلیل (۱۳۸۱) هیدرولیک کانال های باز، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ نهم، مشهد
- شرکت مهندسی مشاور دزآب (۱۳۸۵) جزوه آشنایی با اصول و مبانی ریاضی مدل های کامپیوتری در رسوب، اهواز
- حامدی، محمد حسین (۱۳۸۲) هیدرولیک مجاری باز، جلد دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، چاپ اول

برابر ۰/۰۲ انتخاب می شود. با استفاده از روش های تجربی فقط مقدار پایه برای ضریب N بدست می آید. مهمترین روش های مورد استفاده در این تحقیق، رابطه، مقدار متوسط تخمین زده شده در مخزن سد کرخه و توضیحات روابط در جدول (۳) آمده است.

با توجه به جدول (۳) روش لین و کارلسون، بهترین روش برای محاسبه ضریب مانینگ در مخزن سد کرخه می باشد.

۶- نتیجه گیری

در صورتی که حدس اولیه برای انتخاب ضریب مانینگ بر اساس نظرات کارشناسی صورت گرفته باشد، برای واسنجی مدل زمان کمتری صرف شده و سریعتر به جواب دسترسی پیدا می کنیم. واسنجی مدل کامپیوتری در انتخاب بهترین روش تجربی برای محاسبه ضریب مانینگ در مخزن سد کرخه نقش مهمی ایفا نمود. بهترین مقدار ضریب مانینگ در مخزن کرخه ۰/۰۲ می باشد که در محاسبات هیدرولیک جریان در مخزن نقش مهمی ایفا خواهد نمود.