Archive of SID

یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
توسعه مشارکتی در مدیریت حوزه‌های آبخیز
11th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Participatory Development in Watershed Management
۳۱ فروردین لغایت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۵
April 19-21, 2016

ارزیابی عملکرد سد خاکی در مقابل نشت با استفاده از نرم افزار Seep-w و مقایسه نتایج با داده های ابزار دقیق (مطالعه موردی سد خاکی بافت)

اسماعیل موسی پور[۱]، غلامعباس بارانی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران موسسه غیر انتفاعی کرمان- کرمان

۲- استاد و مدیر بخش عمران دانشگاه باهنر کرمان

Em.mousapour@yahoo.com

چکیده

منابع آب تجدید شونده در مناطق خشک و نیمه خشک به عنوان یک عامل موثر در توسعه پایدار اقتصادی آن مناطق محسوب می شوند. در این میان سدها به دلیل اهداف و عملکرد ، نقش بسزایی در ذخیره سازی آب ایفا می نمایند. موضوع تراوش یکی از مباحث مهم در طراحی و بهره برداری از سدهای خاکی می باشد. این پدیده در شرایط بحرانی می تواند باعث ناپایداری و حتی باعث شکست کامل سد شده که در آن صورت تبعات جبران ناپذیری را بدنبال خواهد داشت. سد خاکی بافت به منظور بهره برداری از آن جهت آبیاری اراضی دشت بافت و تامین آب شرب شهرهای بافت و بزنجان و نیز مهار سیلابهای رودخانه بافت احداث گردیده است. در این مطالعه به ارزیابی عملکرد سد خاکی بافت در مقابل نشت با استفاده از نرم افزارSeep-w و مقایسه نتایج با داده های ابزار دقیق، در دو تراز مختلف آب مخزن سد پرداخته شده است. میزان اختلاف دبی نشت در دو تراز به ترتیب ۴/۴ و ۶/۷ محاسبه شد که بیانگر عملکرد مناسب و قابل قبول مدل عددی بوده است.

کلمات کلیدی: سد خاکی ،تراوش، نرم افزار Seep-w ،ابزار دقیق

مقدمه

بخش عمده ای از سرزمین ایران از نظر اقلیمی جزو مناطق خشک ونیمه خشک طبقه بندی شده که به دلیل محدودیت منابع تجدید شونده، آب را در زمره یکی از حیاتی ترین منابع طبیعی در آورده است.در این میان سدها به دلیل اهداف و عملکرد، نقش مهمی را در ذخیره سازی آب در این مناطق ایفا می نمایند. لذا همواره نگهداری و بهره برداری از این سازه ها بالاخص سدهای خاکی با توجه به وجود مصالح خاکی مناسب به میزان وسیع وبا قیمت ارزان یکی از اصلی ترین گزینه ها در انتخاب نوع سد مطرح بوده است.یکی از مسایل و چالش ها در فاز مطالعات و طراحی این سازه ها برآورد میزان دقیق نشت و نفوذ از بدنه وپی می باشد. محاسبه دقیق میزان دبی نشت از بدنه و پی از جهات فنی و اقتصادی حایز اهمیت است زیرا جریان آب در بدنه وپی سد باعث بوجود آمدن فشار حفره ای و نیروهای تراوشی می شود که در صورت تجاوز این نیروها از حد بحرانی پایداری مصالح بدنه و پی سد را با چالش های جدی از قبیل غلیان و آب شستگی مواجه می کند. این پدیده در شرایط بحرانی می تواند باعث ناپایداری سازه شده و حتی باعث شکست کامل سد گردد که در آن صورت تبعات جبران ناپذیری را بدنبال خواهد داشت (رحیمی،۱۳۸۶)

(خزایی و همکاران۱۳۹۳)، به ارزیابی و مقایسه تحلیل دبی نشت در پی و بدنه سدهای خاکی با استفاده از نرم افزار SEEP-W ,SEEP-3D , PLAXIS پرداخته و دریافتند آنالیز نشت از بدنه سد کمال صالح توسط نرم افزار PLAXIS در تراز پایین آب مخزن به دبی واقعی نزدیکتر بوده و درصد خطا نسبت به SEEP-W پراکنده تر بود.

(نسب پور مولایی و همکاران۱۳۹۳)، به بررسی پرده آب بند بر میزان نشت از سد خاکی بافت با استفاده از مدل Geo studio پرداختند ونتیجه گرفتند میزان نشت در حالت تزریق پرده آب بند نسبت به حالت بدون تمهیدات آب بندی ۹۶ درصد کاهش داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

(منافپور و همکاران ۱۳۹۰)، به مطالعه و بررسی عملکرد هسته ی مرکزی سد شهر چای ارومیه در مقابله با نشت با استفاده از شبیه سازی عددی و نتایج ابزار دقیق پرداختند و نتیجه گرفتند که رفتار هسته مرکزی سد در مقابله با نشت آب در تطابق قابل قبولی با معیارهای تراوشی لحاظ شده در طراحی اولیه سد شهر چای ارومیه دارد.

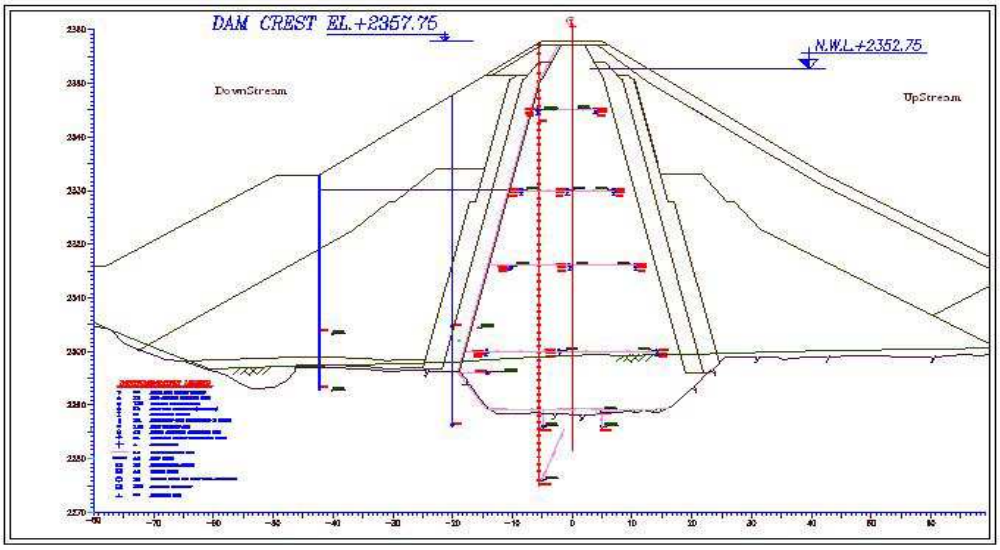
(جینگ و یونگ بایو ۲۰۱۲)، جهت بررسی مسئله نشت سدهای خاکی از روش عنصر آزاد استفاده کردند وبه این نتیجه رسیدند روش عنصر آزاد می تواند مسئله نشت را در شرایط پیچیده حل کند.

(حیدر حسن الجیری ۲۰۱۰)، آنالیز دوبعدی سد خاکی را به روش المان محدود انجام داد وبه این نتیجه دست یافت که مقدار نشت و سرعت حرکت آب در پایین دست به هر گونه تغییر در مقدار نفوذپذیری هر دو ناحیه بدنه وپی حساس است.

مواد و روش ها

سد بافت سنگریزه ای با هسته ناتراوا ، ارتفاع سد از پی ۶۵ متر ، طول تاج ۱۱۶۰ متر ، عرض تاج ۱۰ متر ، رقوم نرمال مخزن ۲۳۵۲/۷۵ متر از سطح دریا ، رقوم تاج سد ۲۳۵۷/۷۵ متر از سطح دریا ، رقوم پی سد ۲۲۹۲/۲۵ متر از سطح دریا ، حجم مخزن در رقوم نرمال ۴۰ میلیون متر مکعب ، حجم مخزن در تراز حداکثر ۵۰ میلیون متر مکعب و حجم آب تنظیمی ۲۸/۸ میلیون متر مکعب بوده است . هدف از ساخت این سد آبیاری اراضی دشت بافت ، تأمین آب شرب شهرستان بافت و بزنجان و کنترل سیلاب رودخانه بافت بوده است (شرکت مهندسی مشاور آب نیرو ۱۳۸۱).

مقطع مورد تحلیل در کیلومتراژ ۰+۸۰۰ و در محل بستر رودخانه در جایی که ارتفاع سد حداکثر می باشد در شکل شماره (۱) آورده شده است.



شکل ۱- مقطع عرضی سد خاکی بافت به همراه ابزار دقیق(شرکت مهندسی مشاور آب نیرو،۱۳۸۱)

نرم افزار Seep-w از مجموعه نرم افزارهای Geo slope 2007 بوده که قادر است در تمامی شرایط ممکن با استفاده از روش قدرتمند المان محدود، جریان درون سازه های خاکی را شبیه سازی نماید. درSeep/w برای حل معادلات دارسی ، لاپلاس و درونیابی از روش عملگر ماتریس ژاکوب استفاده شده است. فرمولاسیون جامع و گسترده آن امکان آنالیز مسائل ساده و بسیار پیچیده نشت آب را فراهم آورده همچنین این قابلیت را داشته که در شرایط جریان ماندگار و شرایط غیردائم آنالیز انجام دهد و شرایط آب و

www.SID.ir

Archive of SID

خاک را در حالتهای مرحله ای بررسی کند و از قابلیتهای ویژه این برنامه امکان مدل نمودن شرایط خاک نیمه اشباع بوده که بر نفوذپذیری تاثیر دارد.

معادله دیفرانسیل حاکم بر جریان عبارت است از:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x\frac{\partial H}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y\frac{\partial H}{\partial y}\right)+Q=\frac{\partial \theta}{\partial t} \quad (1)$$

که در آن:

H : هدکل

K_x: ضریب نفوذپذیری در جهت X

K_y : ضریب نفوذپذیری در جهت Y

Q : دبی

θ : درصد حجمی آب در محیط

t : زمان

در حالت تراوش ماندگار درصد حجمی آب در محیط در زمانهای مختلف ثابت مانده، سمت راست رابطه فوق صفر گردیده و رابطه تبدیل به معادله همبستگی جریان می گردد. نرم افزار با حل مسئله به روش آزمون و خطا وبه کمینه رساندن بار آبی باقیمانده در سیستم، بهترین جواب را تعیین نموده و از آنجا که در خروجی آن فشار منفذی منفی نیز محاسبه می گردد. مرز بین فشار منفذی منفی و مثبت به عنوان موقعیت سطح آزاد جریان آب قابل مکان یابی است. شرایط مرزی مختلف در نرم افزار به صورت دبی معلوم، بار آبی معلوم و فشار منفذی معلوم برای کلیه گره ها قابل معرفی است. مرزهای محیط را می توان به عنوان المانهای نامحدود مدل نموده و بدین وسیله خطاهای مربوط به محدودیت مکانی مدل هندسی را به کمینه مقدار ممکن رساند.

برای آنالیز تراوش سد خاکی بافت مقطع عرضی بیشینه بر روی پی مدل گردیده است. پارامترهای نفوذ پذیری مصالح تشکیل دهنده بدنه، پی و دیوار آب بند سد در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- مقدار ضریب نفوذپذیری مصالح بدنه و پی سد

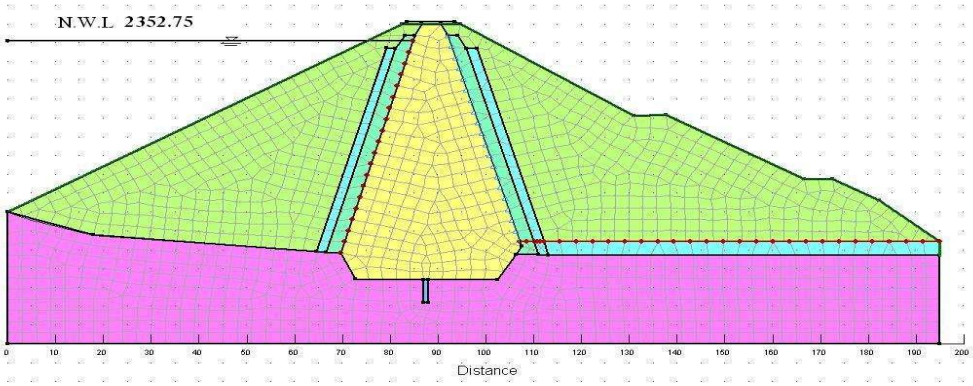
جنس مصالح	ضریب نفوذپذیری (cm/s)
هسته	$۱*۱۰^{-۷}$
پوسته	$۱*۱۰^{-۳}$
فیلتر	$۱*۱۰^{-۴}$
زهکش	$۸*۱۰^{-۲}$
پی	$۱*۱۰^{-۵}$
بتن پلاستیک	$۱*۱۰^{-۷}$

با استفاده از روش اجزای محدود، محاسبات تراوش از مقطع عرضی سد خاکی بافت انجام شده که در این شبیه سازی از المان های چهار گرهی و در موارد ضروری از المان های سه گرهی استفاده گردیده است شکل (۲). در مناطق تمرکز جریان از المانهای کوچکتر استفاده شده و جهت تبدیل المان های کوچکتر به المان های بزرگتر در مناطق بدون تمرکز جریان از ناحیه انتقالی استفاده

www.SID.ir

Archive of SID

گردیده است تا تغییر ابعاد المان ها بصورت تدریجی باشد. نقاط دارای شرایط مرزی معلوم بصورت بار آبی معلوم در بالادست و پایین دست معرفی شده اند.



شکل ۲- مقطع مش بندی شده پی و بدنه سد خاکی بافت

روش کار جهت تحلیل شامل دو مرحله بوده است.

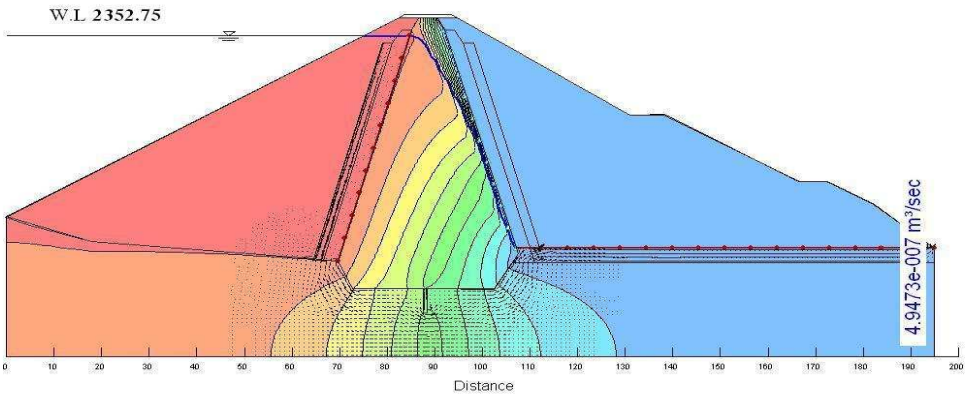
مرحله اول(کالیبره): در این مرحله آب مخزن سد در بازه زمانی منتهی به ۹۲/۵/۱۵ در تراز ۲۳۵۲/۷۵ به شرایط تراوش دائمی رسیده و مورد تحلیل قرار گرفته است.

مرحله دوم(صحت سنجی): در این مرحله آب مخزن سد در بازه زمانی منتهی به ۹۱/۵/۱۵ در تراز ۲۳۴۳به شرایط تراوش دائمی رسیده و مورد تحلیل قرار گرفته است.

نتایج و بحث

محاسبه میزان دبی نشت در مرحله اول (کالیبره) :

در شکل (۳) پس از تحلیل سطح آزاد جریان آب، خطوط هم پتانسیل و میزان دبی عبوری جریان نشت در مقطع عرضی مدل عددی نشان داده شده است.



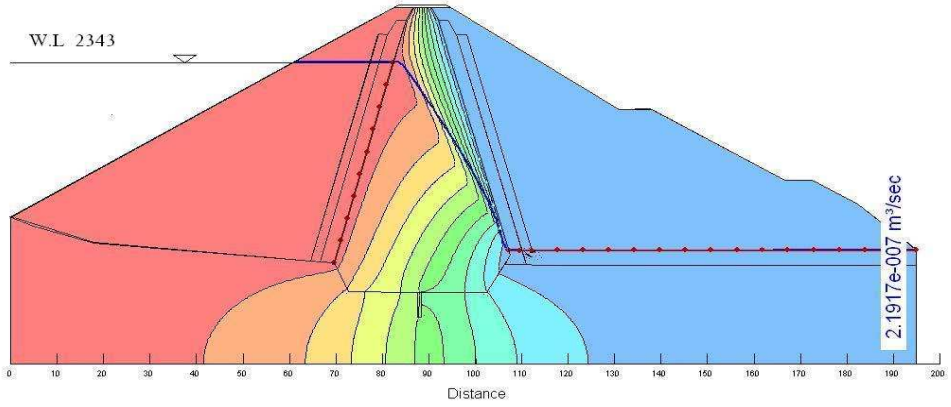
شکل ۳- نتایج تحلیل مرحله اول در حالت تراز مخزن ۲۳۵۲/۷۵

www.SID.ir

Archive of SID

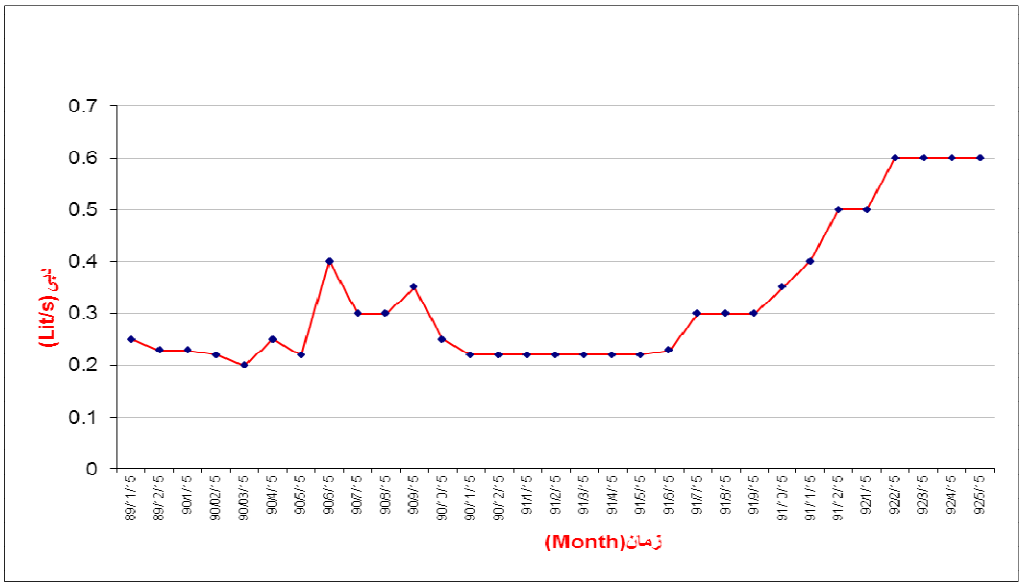
محاسبه میزان دبی نشت در مرحله دوم (صحت سنجی):

در شکل (۴) پس از تحلیل سطح آزاد جریان آب، خطوط هم پتانسیل و میزان دبی عبوری جریان نشت در مقطع عرضی مدل عددی نشان داده شده است.



شکل ۴- نتایج تحلیل مرحله دوم در حالت تراز مخزن ۲۳۴۳

در نمودار شماره (۱) نتایج دبی نشت بر اساس داده های اندازه گیری شده توسط ابزار دقیق (سرریز مثلثی) سد خاکی بافت نشان داده شده است.



شکل (۵) نمودار میزان نشت از پایاب سد برحسب لیتر بر ثانیه(شرکت مهندسی مشاور آب نیرو،۱۳۹۲)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج محاسبه شده دبی نشت مدل عددی در هر دو تراز آب مخزن و نیز نتایج حاصل از قرائت ابزار دقیق در جداول شماره (۲) و (۳) آورده شده است.

جدول ۲- دبی نشت خروجی از بدنه و پی سد در حالت اول تراز آب مخزن ۲۳۵۲/۷۵

میزان دبی نشت محاسبه شده نرم افزار(Lit/sec)	میزان دبی نشت واقعی ابزار دقیق (Lit/Sec)	اختلاف (درصد)
۰/۵۷	۰/۶۰	۴/۴

جدول ۳- دبی نشت خروجی از بدنه و پی سد در حالت اول تراز آب مخزن ۲۲۴۳

میزان دبی نشت محاسبه شده نرم افزار(Lit/sec)	میزان دبی نشت واقعی ابزار دقیق(Lit/Sec)	اختلاف(درصد)
۰/۲۵	۰/۲۲	۶/۷

نتیجه‌گیری

مطابق جداول شماره (۲) و (۳) میزان دبی نشت از بدنه و پی سد خاکی بافت در حالات تراز آب مخزن ۲۳۵۲/۷۵ (مرحله اول) و ۲۲۴۳ (مرحله دوم) توسط مدل عددی محاسبه شده و نتایج تحلیل با داده های ابزار دقیق که متناسب با تراز آب مخزن قرائت شده، مورد مقایسه قرار گرفته است. میزان اختلاف دبی نشت مدل عددی در مقایسه با داده های ابزار دقیق، به ترتیب ۴/۴ و ۶/۷ محاسبه شد که بیانگر عملکرد مناسب و قابل قبول مدل عددی بوده و می توان استفاده از این مدل عددی جهت استفاده در پروژه های مشابه را پیشنهاد نمود.

منابع

رحیمی ، ح .۱۳۸۶." سدهای خاکی " . انتشارات دانشگاه تهران.

شرکت مهندسی مشاور آب نیرو (۱۳۸۱)، " گزارش مشخصات فنی سد مخزنی بافت".

شرکت مهندسی مشاور آب نیرو (۱۳۹۲)، " گزارش ابزار دقیق سد مخزنی بافت".

خزایی،ج.مظاهری، ا . اسدی، م .۱۳۹۳، ارزیابی و مقایسه دبی نشت در پی و بدنه سدهای خاکی با استفاده از نرم افزار SEEP-W و SEEP-3D , PLAXIS ، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، بابل.

مولایی، م. مطلبیان، م. نهتانی، م. فراشی، م.۱۳۹۳ ، بررسی پرده آب بند بر میزان نشت از سد خاکی بافت با استفاده از مدل Geo studio ، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران، ارومیه.

منافپور، م .۱۳۹۰. عملکرد هسته مرکزی سد شهرجای در مقابله با نشت، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران،دانشگاه سمنان.

Zhang, T, Yongbio, L. 2012, "Penalty function element free method to solve complex seepage field of earth fill dam ", IERI procedia 1, 117-123.

Jairry, H. , 2010, 2D- Flow Analysis through Zoned Earth using Finite Element Approach.Eng @ Tech journal, vol. 28, No. 21.

www.SID.ir