



مدل سازی عددی تراوش از سد خاکی با کمک روش های عددی

بهروز نعمتی^۱، هما شافیعی^۲

Seepage Numerical Modeling of Earth-Dam with Numerical Methods

Behrouz Nemati, Homa Shafiei

Email: ap.alborz@yahoo.com

چکیده

مرور تجربیات گذشته در صنعت سد سازی و استفاده از نکات گذشته، سبب جلوگیری از اشتباهات محتمل در آینده می شود. در این مقاله تصمیم به بررسی سد آبشینه به عنوان مطالعه موضوعی گرفته شده است. سد آبشینه سدی خاکی واقع در استان همدان ایران می باشد. آنالیز تراوش به وسیله روش های عددی به منظور مقایسه مقادیر حاصل شده با مقادیر واقعی و همچنین مقادیر محاسبه و تهیه شده شرح علل اختلاف مقادیر، انجام پذیرفته است. سپس آنالیز حساسیت با توجه به فاکتورهای تاثیر گذار در آنالیز، هم در دو بعد و هم در سه بعد، انجام پذیرفته است. برای این منظور، مدل ها دوباره ساخته و حل گشتند و در نهایت به وسیله جداول، نمودارها و گراف هایی توضیح داده شدند. در نهایت، بر پایه نتایج آنالیز تراوش و مقادیر پیژومترها، روش های موثری برای کنترل تراوش در این سد خاکی توصیه و پیشنهاد گردیده است.

کلمات کلیدی

سد خاکی، تراوش، روش های عددی، سد آبشینه همدان

۱. مقدمه

کشور ایران روی کمربند خشک کره زمین قرار دارد. متوسط بارندگی در ایران حدود یک سوم بارندگی جهان و کمتر از یک دوم متوسط بارندگی آسیا می باشد لذا اهمیت برنامه ریزی و مدیریت استفاده از منابع موجود آب امری حیاتی محسوب می شود، مهار سیلابها و آبهای جاری به کمک احداث سد از امور زیربنایی در رشد و توسعه ایران زمین به شمار می رود.

بدلیل شرایط خاص اقتصادی، اجتماعی و فنی بیشتر سدهای ساخته شده یا در دست ساخت یا در دست مطالعه در ایران از نوع خاکی می باشد و مطالعه و بررسی سدهای خاکی و مطالعه مشکلات آنها گامی در جهت پیشرفت علم مهندسی سد و سدسازی در ایران به شمار می رود. سدهای خاکی با مشکلات متعددی نظیر تراوش، ناپایداری شیبها، پوسته پوسته شدن و... مواجه اند. اصلی ترین مشکل در این گونه سدها مساله تراوش و عواقب آن است. گواه این موضوع موارد بیشمار بروز تراوش در سدهای مختلف در طول تاریخ است. بسیاری از این تراوشها منجر به پدیده رگاب

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد عمران خاک و پی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمین

^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمین



و در نهایت گسیختگی سد شده است.

اصولاً "بروز تراوش در سدهای خاکی امری اجتناب ناپذیر است. اما می‌بایست طوری مهار شود تا در مدت ۱۰۰-۵۰ سال بهره برداری سد نتواند به پایداری و ایمنی سد لطمه‌ای بزند. مسأله بعدی محدود نمودن حجم تراوش از دیدگاه اقتصادی است. با وجود تمام پیشرفتهای صورت گرفته در علم مهندسی ژئوتکنیک معضل تراوش تا امروز اصلی ترین مشکلی است که در سدها بروز می‌کند.

بسیاری از سدهای ساخته شده بدلیل عدم مطالعات و تحقیقات و عدم بکارگیری روشهای مناسب طراحی با مشکل تراوش مواجه می‌باشند

۲. روش تحقیق

در این مقاله ابتدا به معرفی سد مورد مطالعه تحقیق پرداخته شده است و سد آبشینه همدان مورد بررسی کامل قرار گرفته است. سپس با استفاده از روش اجزای محدود، تحلیل تراوش دو بعدی، در مورد این سد، انجام گرفته و نتایج آن با نتایج حاصل از تحلیل های دو بعدی مقایسه میشود، پس از این مرحله آنالیز حساسیت صورت پذیرفته و با انجام آنالیزهای دوبعدی مختلف، تاثیر پارامترهای مختلف بر مقدار تراوش مورد بحث قرار گرفته است، در انتها راهکارهای مناسب جهت مقابله با این پدیده در مورد سد آبشینه همدان پیشنهاد گردیده است.

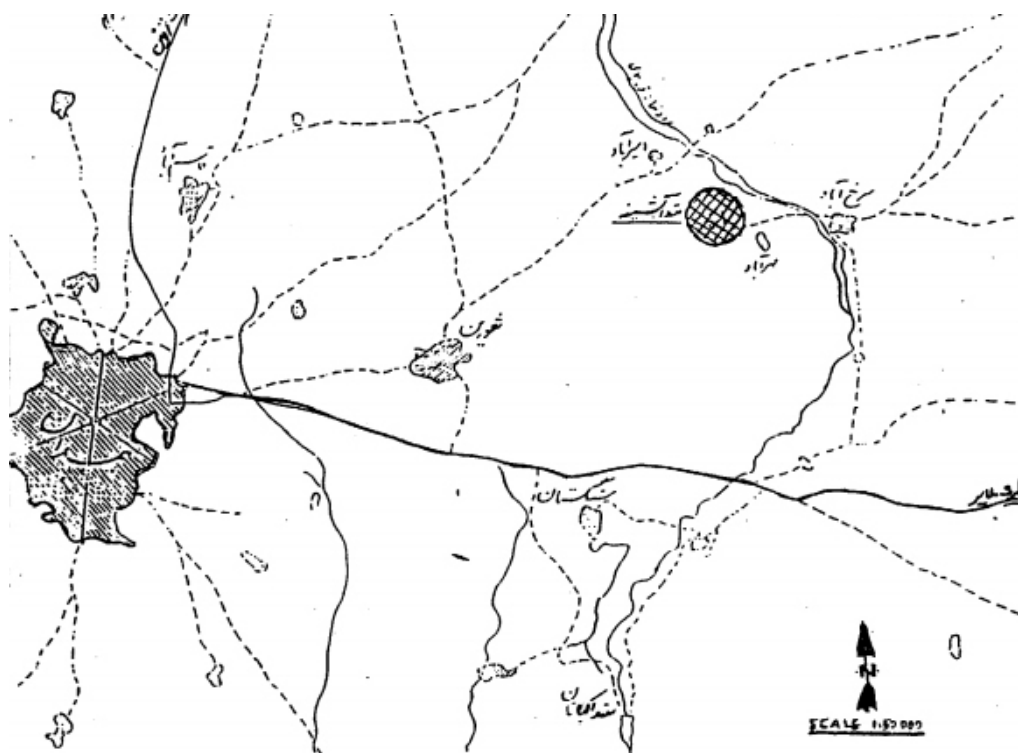
با توجه به این که هندسه مسائلی از این قبیل، میتواند بسیار متغییر باشد، و از آنجائیکه ساخت مدل سه بعدی کار بسیار حجیم و زمانبری میباشد، لذا در این تحقیق فقط از مشخصات و پارامترهای یک سد خاص (به صورت مطالعه موردی) استفاده شده است.

تمام تحلیل های انجام گرفته در این پایان نامه Isothermal بوده و همچنین از اثرات اندرکنشی حرارتی و تنش - تغییرشکل بر روی تراوش صرف نظر شده است.

۳. مطالعه موردی

سد آبشینه در فاصله حدود ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان همدان (در پایین سد اکباتان) حدود یک کیلومتری رودخانه‌ای به همین نام به مختصات جغرافیایی 39° ، 49° ، 37° درجه شمالی و طول جغرافیایی 38° ، 48° درجه شرقیبا هدف ذخیره سازی بخشی از آب سر ریز شده از سد اکباتان از طریق یک سد انحرافی و کانال انتقال آب جهت تأمین بخشی از آب مورد نیاز شرب شهر همدان احداث گردیده است.

نوع سد خاکی با هسته رسی به ارتفاع ۱۸ متر از بستر سنگی بوده و طول تاج آن حدود ۷۷۸ متر می‌باشد. دسترسی به محل سد از کیلومتر ۱۰ جاده آسفالته همدان - ملایر بوسیله جاده فرعی مهرآباد سرخ آباد مقدور می‌باشد. (شکل ۱)



شکل ۱. محل دسترسی به سد آبشینه همدان

۴. بحث

به طور کلی روش های حل معادلات تراوش شامل

۴.۱. آنالیز الکتریکی:

با توجه به اینکه معادله جریان الکتریکی تحت پتانسیل الکتریکی مشابه معادله تراوش (لاپلاس) است. لذا، با برقراری پتانسیل الکتریکی می توان وضعیت خطوط جریان و خطوط هم فشار را مشخص کرد.

۴.۲. مدل ماسه ای:

این روش به منظور بررسی تراوش در آکیفرها بکار می رود.

۴.۳. جریان ویسکوز:

این روش برای مطالعه تراوشهای سریع نظیر تخلیه ناگهانی مخزن بکار می رود.

۴.۴. تابع شکل:

در این روش بکمک مبدل تابع شکل شرایط پیچیده مسأله به شرایط هندسی ساده تر تبدیل و تحلیل تراوش انجام می شود. اشکال این روش عدم سهولت تشکیل تابع برای شرایط خاص است.

۴.۵. روشهای عددی:

از آنجا که معادله دیفرانسیل تراوش به جز در موارد خاص و با استفاده از شرایط مرزی بسیار ساده قابل حل بصورت تحلیلی نمی باشد همچنین روش ترسیم شبکه نیز فقط در شرایط ساده مناسب می باشد بطوریکه اگر مصالح غیر همگن و شرایط هندسی پیچیده باشد رسم شبکه به سادگی امکان پذیر نخواهد بود. لذا در سالهای اخیر استفاده از روشهای



عددی در تحلیل تراوش توسط محققین بسیار معمول گشته است.

هر چند که روشهای ترسیمی هنوز هم مرسوم است، اما امروزه غالباً " برای تعیین دقیق تر تراوش از روشهای حل عددی معادله تراوش بهره می‌گیرند که عمدتاً " به دو روش عمده تفاضلهای محدود و المانهای محدود انجام می‌گیرد. روشهای متداول عددی عبارتند از:

- روش تفاوت‌های محدود
- روش المان‌های محدود
- روش المان‌های مرزی

همانطور که گفته شد همه این روشها بر اساس معادله اساسی تراوش استوارند. بطوریکه در کلیه روشهای عددی ابتدا میدان گره بندی می‌شود و سپس براساس معادله دیفرانسیل حاکم و روش مورد نظر، دستگاه معادلات منقطع شده که رابطه جبری بین مجهولات گره‌ها را نشان می‌دهد، بدست می‌آیند و در واقع مسئله حل می‌شود. تحلیل تراوش با استفاده از روشهای عددی، عموماً " توسط نرم افزارهای کامپیوتری انجام می‌شود.

بررسی و توضیح روشهای عددی آنالیز تراوش

۴.۵.۱. روش تفاضلهای محدود

در روش تفاضلهای محدود، با استفاده از تقریب درجه ۲ به حل تقریبی معادله دیفرانسیل درجه ۲ تراوش دو بعدی بصورت زیر می‌پردازیم:

$$K_x / \Delta x^2 (h_{i+1,j} + h_{i-1,j} - 2h_{i,j}) + K_y / \Delta y^2 (h_{i,j+1} + h_{i,j-1} - 2h_{i,j}) = 0 \quad (1)$$

حال با فرض $a = K_x/K_y$ و استفاده از یک الگوی شبکه بندی مربع خواهیم داشت:

$$h_{i,j} = (a \cdot h_{i+1,j} + a \cdot h_{i-1,j} + h_{i,j+1} + h_{i,j-1}) / 2 (1+a) \quad (2)$$

و در صورتی که در موارد خاصی $a=1$ باشد، خواهیم داشت:

$$h_{i,j} = 1/4 (h_{i+1,j} + h_{i-1,j} + h_{i,j+1} + h_{i,j-1}) \quad (3)$$

با استفاده از روابط فوق می‌توانیم هدهای فشار تمامی نقاط شبکه را محاسبه کرده و این عمل را بصورت حلقه‌های متوالی تا رسیدن به خطای قابل قبول انجام دهیم.

۴.۵.۲. روش المانهای محدود

در روش حل عددی معادله با استفاده از روش المانهای محدود، معادله اصلی تراوش را با روش ماندهای وزنی میتوان بصورت زیر تبدیل کرد:

$$\iint_{\Omega} [k_{xx} \cdot \partial_w / \partial_x \cdot \partial \xi_w / \partial_x + k_{yy} \cdot \partial \xi_w / \partial_y \cdot \partial_w / \partial_y] d_x \cdot d_y - \int_{x_2} V_n \cdot \xi_w \cdot ds_2 = 0 \quad (4)$$

که w تابع پتانسیل (هد) و V_x تابع سرعت و ds دیفرانسیل سطح می‌باشد.

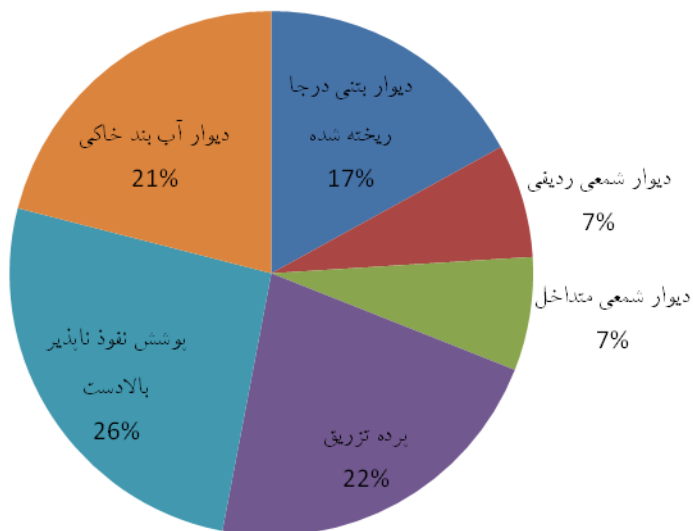
حال با توجه به معادله فوق و از روش المانهای محدود تعیین فشار آب در نقاط گرهی المانهای میتان شار هد آب را در نقاط گرهی بدست آورد.

با توجه به آنچه بیان شد مشاهده می‌شود راه حل‌های مشکل تراوش عمدتاً " به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

- ۱ - میزان تراوش را کاهش می‌دهند: دیوارهای جداکننده، ترانشه آبندپوشش بالادست یا سپرکوبی.
- ۲ - تراوش را کنترل می‌نمایند: مانند چاههای زهکش و زهکش‌های عمودی و افقی در داخل سد.



جامعه آماری تنوع روش های به کار گرفته شده کنترل تراوش



شکل ۲. فراوانی آماری روش های مختلف کنترل تراوش

۵. نتایج

بررسی روند تغییرات آب در پیژومترهای بدنه سد و پایین دست آن در مجموع نشانگر عملکرد مثبت پرده آببند می باشد. همانطور که در نمودار تغییرات سطح آب پیژومترهای منتهی الیه چپ بدنه سد مشاهده می گردد، سطح آب پیژومتر نصب شده در پایین دست محور پرده آب بند شامل A1D و چاهک مشاهده ای PN7 از تغییرات سطح آب مخزن تبعیت نمی کند و نسبت به سطح آب پیژومتر بالادست پرده آب بند A1U افقی بین ۵-۱۰ متر داشته است. این شرایط نشان دهنده عملکرد مثبت پرده آب بند در این ناحیه و عدم ارتباط بالادست و پایین دست پرده آب بند می باشد (نمودار شماره ۱).

در نمودار شماره (۲) تغییرات سطح آب پیژومتر A4U در بالادست پرده آب بند تابع تغییرات سطح آب مخزن بوده و می توان حداکثر افتی معادل ۱۰-۲۰ متر را به ترتیب برای چاهکهای مشاهده ای PN5U و RP.PN5 و پیژومترهای A4D و AB19 که در پایین دست محور قرار دارند، مشاهده نمود. لازم به ذکر است که تغییرات سطح آب در پیژومترهای و چاهکهای مشاهده ای پایین دست محور، تابع تغییرات سطح آب مخزن نمی باشد و این حاکی از عدم ارتباط بالادست و پایین دست پرده آب بند می باشد. در پیژومتر A8D در پایین دست پرده و همچنین چاهکهای مشاهده ای PN4 و RP.PN4 در پایین دست محور سد افت سطح آب به میزان ۱۰-۱۵ متر نسبت به پیژومتر A7U که در بالادست محور سد قرار دارد، مشاهده می شود (نمودار ۳) و تغییرات سطح آب در این پیژومترها و چاهکها روند ثابتی داشته و از تغییرات سطح آب مخزن تبعیت نمی کند. در این محدوده تنها روند تغییرات سطح آب پیژومتر که در بالادست محور سد قرار دارد، مشاهده می شود (نمودار ۳) و تغییرات سطح آب در این پیژومترها و



چاهک‌ها روند ثابتی داشته و از تغییرات سطح آب مخزن تبعیت نمی‌کند. در این محدوده تنها روند تغییرات سطح آب پیژومتر A7D که در پایین دست محور سد قرار دارد، از سطح آب مخزن تبعیت می‌کند و نشان دهنده عدم قطع کامل ارتباط بالادست با پایین دست می‌باشد.

نوسانات سطح آب در پیژومترهای میانی بدنه سد شامل پیژومترهای A10U، A11D تابع نوسانات سطح آب مخزن هستند (نمودار ۴). علیرغم این موضوع، اختلاف تراز پیژومتری گمانه A11D (گمانه پایین دست پرده آب بند) نسبت به تراز پیژومتری گمانه A10U در زمان پر بودن مخزن حدود ۱۰ متر می‌باشد که نشان از عملکرد مثبت پرده آب بند در این محدوده و عدم ارتباط بالادست و پایین دست پرده می‌باشد. همین تغییر سطح آب را در پیژومتر AB18 و چاه مشاهده‌ای RP.PN3 نسبت به سطح آب پیژومتر A10U می‌توان مشاهده نمود.

در نمودار (۵) نوسانات سطح آب پیژومتر A13D از نوسانات سطح آب مخزن تبعیت نمی‌کند که نشان دهنده عدم قطع ارتباط کامل بالادست و پایین دست پرده می‌باشد. این شرایط نشان می‌دهد که با اجرای پرده آب بند نفوذ پذیری‌ها کاهش یافته ولی به صفر نرسیده است. علیرغم این موضوع با توجه به کاهشی حدود ۴ متری تراز پیژومتری گمانه A13D نسبت به تراز عادی بهره برداری مخزن (در شرایط آبیگری) و افت ۱۵ متری تراز پیژومتری چاهک PN2 در همین شرایط در این محدوده پرده آب بند از کارایی قابل قبولی در کاهش نشت آب برخوردار بوده است. پیژومترهای منتهی الیه سمت راست بدنه نیز A18U و A17U می‌باشند که هر دو در بالادست پرده آب بند حفاری شده اند (نمودار ۷) و دو عملکرد متفاوت داشته اند. اولین پیژومتر از تغییرات سطح آب مخزن تبعیت نکرده ولی دومین پیژومتر از تغییرات سطح آب مخزن تبعیت می‌نماید. همچنین عملکرد قابل قبول پرده آب بند اجرا شده در منتهی الیه سمت راست بدنه سد را می‌توان از طریق افت سطح آب در چاههای مشاهده‌ای PN-1 و P2-2 و همچنین پیژومتر AB17 به میزان ۵ متر مشاهده نمود. با توجه به تبعیت تغییرات سطح آب این چاهک‌ها و پیژومترها از سطح آب مخزن می‌توان نتیجه گرفت که مانند محدوده پیژومتر A13D با اجرای پرده آب بند نفوذ پذیریها کاهش یافته ولی به صفر نرسیده است. از دیگر پیژومترهای این ناحیه می‌توان به پیژومترهای A22U و A21D که به ترتیب در بالادست و پایین دست پرده قرار دارند و تغییرات سطح آب در پیژومتر A21D که در پایین دست پرده قرار دارد روند ثابتی داشته و مستقل از تغییر سطح آب مخزن می‌باشد. این در حالی است که روند تغییرات سطح آب در پیژومترهای AB14 و AB30 تابع سطح آب مخزن می‌باشد. علیرغم این موضوع، افت تراز آب در این پیژومترها نسبت به پیژومترهای نصب شده روی بدنه سد حدود ۲۵ متر می‌باشد که نشان‌دهنده عملکرد قابل قبول و مناسب پرده آب بند در کاهش میزان نشت است.

با توجه به موارد فوق و همچنین نقشه خطوط هم‌تراز سطح آب زیرزمینی شماره‌های III-12-HI-17-RI و III-12-HI-17-R2 که در دو حالت مخزن پر (۱۸۱۵ متر) و خالی (۱۸۰۱ متر) ترسیم و تهیه شده است، می‌توان نتیجه گرفت که اجرای پرده آب بند نقش بسیار مثبتی در کاهش نشت آب و به حداقل رسیدن نفوذپذیری و قطع کامل ارتباط بالادست و پایین دست محور سد تا قسمت میانی سد داشته است. این در حالی است که از قسمت میانی تا منتهی الیه راست سد کاهش میزان نشت و نفوذپذیری تحت تاثیر اجرای پرده آب بند مشهود می‌باشد، ولی با توجه به تبعیت سطح آب پیژومترهای پایین دست پرده آب بند و بدنه سد می‌توان نتیجه گرفته که این ارتباط به طور کامل قطع نشده است.



جدول ۱. میزان نشت محاسبه شده در مناطق مختلف پی سد آبشینه

ناحیه	تا ۰+۷۰	تا ۰+۱۷۰	تا ۰+۲۳۰	تا ۰+۴۱۰	تا ۰+۵۸۵	تا ۰+۷۰۰
میزان نشت M ³ /day	۰+۴۰	۰+۷۰	۰+۱۷۰	۰+۲۳۰	۰+۴۱۰	۰+۵۸۵
مجموع نشت	۱۰/۳	۳/۵	۲۳۷/۷	۲۳/۲۵	۱۸۳/۵۲	۲/۰۱
	۴۷۰/۴۸					

مطالعات انجام شده در این تحقیق نشان می‌دهد که شرایط و ویژگیهای زمین شناسی مهندسی ساختگاه سد تأثیر مستقیمی بر روی مسأله نشت از پی سدها و ارائه راهکارهایی جهت آب بندی دارد. با توجه به اینکه آب بندی پی سد یکی از مسایل مهم در احداث سدها مخصوصاً سدهای خاکی می‌باشد، ضروری است قبل از طراحی و اجرای پرده آب بند مطالعات زمین شناسی ساختگاه به دقت انجام گیرد

- نشت در جناح چپ از حوالی گمانه‌های C₃₇ سرچشمه می‌گیرد. نشت در جناح راست ناشی از تراوش در گمانه C₁ می‌باشد. نشت در ناحیه مرکزی از حوالی گمانه C₁₂ و یا C₁₅ و C₁₇ می‌باشد که عملیات تزریق در آنها صورت نگرفته است. همچنین نشت از حوالی گمانه C₂₇ و C₂₇ نیز در گزارشات اشاره شده که متراکم ترین ناحیه در پی سد از نظر وجود حفرات است.

- دیوار آب بند اجراء شده در مراحل اجراء نواقصی را از جمله متغیر بودن عمق، برداشته نشدن زون سنگ هوازده در زیر دیوار آب بند و ارتباط ضعیف در محل تماس ساختمان خاکریز سد با دیوار در بر دارد.
- به دلیل برداشتن سنگ هوازده در زیر هسته رسی، احتمال فرسایش ناحیه‌ای از هسته که در تماس با سنگ هوازده است، وجود دارد.

- با بررسی رابطه بین جذب آب یا لوژون با میزان RQD در گمانه‌های B₄، B₇، B₁ مشخص شده که بین میزان نفوذ پذیری و میزان RQD هماهنگی وجود ندارد.

- به دلیل برداشتن سنگ هوازده در زیر هسته رسی، احتمال فرسایش ناحیه‌ای از هسته که در تماس با سنگ هوازده است، وجود دارد.

- با بررسی تعدادی از گمانه‌های تزریق آزمایشی و گمانه‌های تزریقی جهت اجرای پرده آب بند مشخص شده که نمودار اعداد لوژون و خوردند دارای پراکندگی می‌باشد. جهت توجیه این پراکندگی می‌توان از تحلیلهای زمین شناسی مهندسی کمک گرفت.

- وجود خورد شدگی و باز شدگی در پی سد باعث بالا رفتن خوردند آمیزه می‌گردد.

- وجود باز شدگی‌های بزرگ در پی سد باعث می‌شود که خوردند گمانه‌های سری‌های بعد نسبت به خوردند گمانه‌های قبل، کاهش نداشته باشد.

- بررسی اطلاعات بدست آمده از پیژومترهای نصب شده در محل سد آبشینه، منجر به نتایج زیر شده است.

الف) نتایج قرائت در ایستگاههای ۰+۷۹، ۰+۱۷۸، ۰+۲۷، ۰+۳۸۵ و خصوصاً پیژومترهایی که در این مقاطع در عمق ۳ تا ۴ متری زیر هسته قرار دارند نشان می‌دهد که این پیژومترها نسبت به تغییرات سطح آب مخزن، واکنش بسیار سریعی داشته اند و این موضوع دلیلی بر نفوذ پذیری بالای این نواحی است. پیژومترهایی که داخل هسته و یا نزدیکی



سنگ کف هستند دارای واکنش کندتری نسبت به تغییرات سطح مخزن هستند، بنابراین عمده نفوذ پذیری پی در ناحیه ۳ تا ۴ متری زیر هسته رسی سد می باشد.

(ب) نتایج قرائت در پیزومترهای A10 در مقطع ۱۵-۱۵، A5 در مقطع ۹-۹، A7d در مقطع ۱۲-۱۲ و A13d در مقطع ۲۱-۲۱ نشان دهنده واکنش سریع آنها نسبت به تغییرات سطح آب در مخزن می باشد. این امر با آزمایشات نفوذ پذیری در گمانه های تزریقی اطراف آنها همخوانی ندارد. پیزومترها نفوذ پذیری بیشتری نسبت به گمانه های تزریقی نشان می دهند که نشانگر فرسایش و شسته شدن سنگ پی بعد از آبیگری مخزن می باشد.

(ج) پیزومترهایی که در ناحیه هسته قرار دارنده نشان دهنده نفوذ پذیری بسیار پایین این ناحیه است.

- هیچگونه اطلاعات زمین شناسی در مورد ۴۰ متر جناح چپ و ۸۰ متر جناح راست سد در دسترسی نیست. اما به دلیل نفوذ پذیری بالای نواحی مجاور، حداقل در بخشی از این نواحی نفوذ پذیری بالا محتمل است.
- سطوح ناپیوستگی که موازی با محور سد هستند در تراوش آب از پی، مهم نیستند، لذا در طراحی جهت گمانه های تزریق می توان از آنها صرف نظر کرد.
- پیشنهاد می گردد در ۴۰ متر جناح چپ و ۸۰ متر جناح راست و در بازوی خاکی، حفاری گمانه های اکتشافی جهت بررسی وضعیت زمین شناسی این منطقه صورت گیرد.
- دو نوع آمیزه جهت تزریق پیشنهاد می گردد.

6.. نتیجه گیری

- مسیرهای فعلی نشت، مسیرهایی هستند که از سال ۷۳ تاکنون کاملاً شناسایی شده اند و طی مکاتبات مختلف، ضرورت مسدود کردن این مسیرهای نشت با اجرای پرده آب بند با آرایش خطی حداقل در ۴ مرحله به کارفرما تأکید شده است.
- ۲- از ۳ محل، نزدیک جناح راست، بخش مرکزی هسته و جناح چپ در شرایط فعلی نشت آب مشاهده می گردد که از نزدیک جناح راست، میزان دبی آب نشتی، در مقایسه با دو محل دیگر زیادتر است.
- ۳- این مهندسی مشاور، پیشنهاد می نماید ضمن تخلیه سریع آب مخزن سد با نرخ افت ۰.۵ متر در روز، ضمن بازدید از کارگاه طرح؛ پرده آب بند مورد بازنگری قرار گیرد و با توجه به نکات مطرح شده تغییرات لازم در طرح اعمال و به دنبال آن ادامه کار حفاری و تزریق پرده آب بند سریعاً آغاز گردد.
- ۴- ذکر این نکته ضروری است که چنانچه مشکل آب بندی پی سد آبشینه همدان برطرف نگردد، احتمال دارد بدنه سد با مشکل جدی پایداری رو به رو شود.

منابع

- ۱- سروی، حجت؛ مهدی کرمی مقدم و مجتبی آذری دهکردی، ۱۳۸۷، کنترل سه بعدی نشت در سد اعلی دولت (استان فارس) با استفاده از روش عددی اجزاء محدود، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، دانشگاه تهران
- ۲- بقالی، سارا و محمد مناف پور، ۱۳۹۲، ارزیابی جرگن تراوشی از پی و بدنه سد خاکی ستارخان با استفاده از نتایج تحلیلی عددی و ابزار دقیق، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، دانشگاه سیهستان و بلوچستان



۳- جعفرزاده، فردی و حسینی قاسم زاده مشهدی، ۱۳۹۰، ارزیابی تراوش از بی و بدنه سد مهاباد با استفاده از نتایج رفتارنگاری موجود، اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی سد و ریزوگاههای برق آبی، تهران ۱۳۹۰

3. Xiao-xie LIU, Yee-Meng CHIEW . (2014), Effect of upward seepage on bedload transport rate. *Water Science and Engineering*, 2014, 7(2): 208-217
4. Hao Huang, Bo Chen. (2012), Dam Seepage Monitoring Model Based on Dynamic Effect Weight of Reservoir Water Level. *International Conference on Future Energy, Environment, and Materials. Energy Procedia* 16 (2012) 159 – 165
5. Li-ting Zhang ,Qing-lan Qi , Bao-lin Xiong, Jun Zhang. (2011). Numerical simulation of 3-D seepage field in tailing pond and its practical application. *2011 SREE Conference on Engineering Modelling and Simulation. Procedia Engineering* 12 (2011) 170–176
6. Wang Xinjian, Tong Haibin, Li Riyun. (2011). Locating the plane concentrated seepage in dam by transient temperature field. *First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering. Procedia Engineering* 26 (2011) 1749 – 1755
7. Xie Luofeng, Duan Xiangbao, Yangchao. (2012). Study on Physical Model Experiment of Dam's Seepage Stability base on Coastal Sand. *International Conference on Modern Hydraulic Engineering. Procedia Engineering* 28 (2012) 534 – 541
8. Huan Ling Wang, Miao He. (2012). Arch Dam and Skewback and Dam Abutment Rock Mass Deformation under Seepage Field and Stress Field Coupling. *International Conference on Environmental Science and Engineering. Procedia Environmental Sciences* 12 (2012) 561 – 567
9. Mehrdad Shahrbanozadeh, Gholam-Abbas Barani, Saeed Shojaee. (2015). Simulation of flow through dam foundation by isogeometric method. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 18 (2015) 185-193