رفتارنگاری سد شهرچای ارومیه با استفاده از نتایج ابزاردقیق پس ازاولین آبگیری

محمد نباتی
کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی

میر علی محمدی
دکترای مهندسی عمران، مؤسسه آموزش عالی غیردولتی-غیرانتفاعی علم و فن ارومیه

چکیده:

ایمنی یک سد نه تنها به طراحی و اجرای دقیق، بلکه به عملکرد صحیح آن براساس رفتار نگاری سد طی اولین سال های آبگیری و مراحل بهره برداری بستگی دارد. سد شهرچای بر روی رودخانه شهرچای در فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری جنوب غربی و در بالادست شهر ارومیه احداث گردیده است. با اتمام عملیات خاکریزی در آذرماه سال ۱۳۸۳ و آغاز آبگیری این سد در اواخر دی ماه سال ۱۳۸۳ و قرائت مستمر ابزار دقیق بکار رفته در پی و بدنه سد، رفتار سد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. پس از پایان مراحل ساخت و به دنبال آن اولین آبگیری سد، ممکن است حرکات و پدیده های عمده ای در بدنه سد صورت گیرد که حائز اهمیت بو ده و قابل بررسی است. در این مقاله سعی شده است با استفاده از نتایج پیزومترهای مشاهداتی نصب شده در پی و بدنه سد وضعیت سد پس از آبگیری مورد بررسی قرار گیرد. براساس نتایج حاصله با گذشت حدود ۹ ماه ازاولین آبگیری سد شهرچای تا مهرماه سال ۱۳۸۴، در زمانی که تراز دریاچه سد در ماکزیمم مقدار خود بوده فشار در پی در حدود ۳۱۳/۶۷ کیلو پاسکال و در هسته رسی ۱۰۹/۷۰ کیلو پاسکال می باشد. نشست اتفاق افتاده در این مدت ۱۶ سانتی متر بدست آمده است. در مجموع رفتار پی و هسته سد مورد قبول بوده و هیچ آثاری از گسیختگی هیدرولیکی و پدیده تورم شدگی مشاهده نشده است.

کلمات کلیدی:

سد شهرچای، رفتارنگاری، ابزار دقیق، فشار آب منفذی سد شهرچای، رفتارنگاری، ابزار دقیق، پیزومتر، فشار آب منفذی.

۱- مقدمه

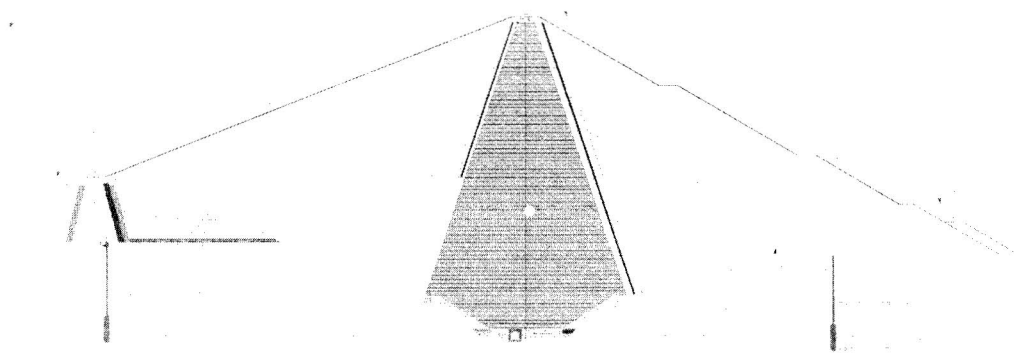
سد شهرچای ارومیه با حجم مخزن آب معادل ۲۲۰ میلیون مترمکعب، یکی از بزرگترین سدهای مخزنی کشور از نظر ذخیره سازی آب می باشد. اهداف اصلی این سد، ذخیره و تأمین آب مورد نیاز کشاورزی برای بیش از ۱۲۵۰۰ هکتار اراضی دشت ارومیه، تأمین آب شرب و صنعت شهر ارومیه به میزان ۷۶ میلیون مترمکعب در سال و نیز مهار سیلابهای مخرب حوضه آبریز رودخانه شهرچای تعیین گردیده است [۴]. ساختگاه این سد در تکیه گاه ها و سنگ بستر به صورت تناوبی ازسنگ سیلت، ماسه سنگ و کنگلومرا با ضخامت های متفاوت تشکیل یافته است که مشخصات ساختگاه سد در جدول (۱) آمده است.

سد شهرچای از نوع خاکی با هسته مرکزی رسی به ارتفاع ۱۱۶ متر از پی و ۸۴ متر از کف بستر رودخانه و دارای طول تاج ۵۵۰ متر می باشدکه مقطع تیپ آن در شکل (۱) ملاحظه می شود.

جهت جلوگیری از نفوذ و نشت آب در تکیه گاهها و بخش میانی سد، از دیوار آب بند با مصالح بتن پلاستیک استفاده گردیده که در بالا به هسته مرکزی سد و در پایین عمدتاً به لایه های سنگی دوخته شده است. مجموعه دیوار آببند به صورت قائم و لایه های سنگی به صورت افقی سیستم آب بندی پی سد را تشکیل می دهند.

جدول (۱). مشخصات سنگ بستر رودخانه شهر چای در محل ساختگاه سد[۴]

نوع سنگ	مقاومت فشاری Kg/cm^2	چگالی g/cm^3	میزان جذب آب (درصد)	مدول الاستیک Kg/cm^2	RQD (درصد)
سیلت سنگ	۴۵۷	۲/۶۱	۱	۳۹۶۰۰	۷۶
ماسه سنگ	۵۳۲	۲/۶۲	۰/۹۹	۴۹۲۰۰	۸۲
کنگلومرا	۳۶۷	۲/۶۷	۰/۸۲	۴۸۳۰۰	۷۸



شکل (۱). مقطع تیپ سد شهر چای ارومیه

۲- سیستم رفتارنگاری و ابزار دقیق وکاربردهای آن

برای آنالیز و بررسی مرحله آبگیری پیچیدگی های خاصی وجود دارد. جریان های غیرماندگار (Transient) ناشی از نشت آب که با تغییرمداوم آب مخزن رخ می دهد، تاثیر همزمان اثر تحکیم و جریانات نشت روی فشار آب منفذی و رفتار تنش-کرنش مصالح که باید با حالات زمان ساخت بررسی شود، از جمله این پیچیدگی‌هاست [۷] . به طور کلی پذیرفته شده است که ایمنی سد تنها به طراحی و ساخت آن مربوط نمی شود، بلکه به رفتار نگاری کاملی از عملکرد آن در سال های اولیه بهره برداری و همچنین سرویس دهی منظم در طول عمر سد وابسته است. بدین منظور بدنه سد، پی و محیط اطراف آن باید به وسایلی جهت اندازه گیری و کنترل مجهز باشد. به مجموعه این وسایل و امکانات ابزار دقیق گفته می شود[۶].

بـه منظور کنترل و مراقبت از نحوه عملکرد و رفتار سد شهرچای، یـک سیستم ابزار دقیق با توجه به مشخصات بدنه سد، وضعیت زمین شناسـی، پـی و موقعیـت دیوار آب بند در نظر گرفته شده است که به مـوازات پیشـرفت کـار در محـل هـای مناسب تعبیه شده است. جهت اندازه گیری و کنترل حرکات خارجی سد از یک سیستم میکروژئودزی کـه شـبکه آن در قسـمت های مختلف سد گسترده می باشد استفاده شده است.

بـرای کنـترل مـیزان جابجایـی بخش های داخلی سد از انحراف سـنج (Inclinometer) و نشست سنج های مغناطیسی Magnetic Settlement Detector) از پـی سـد تـا رویـه خارجی سد ادامه دارد، اسـتفاده گـردیده اسـت. انحراف سنج ها و نشست سنج ها تغییر شـکل هـای افقـی و قـائم (نشست) بدنه سد را نشان می دهند. اندازه گـیری فشـار آب حفره ای در خاکریز بدنه و پی سد، به وسیله دستگاه هـای پیزومـتر (Piezometer) شـامل دو نوع الکتریکی (ارتعاشی) و مکانیکـی (لولـه ایسـتا) انجـام مـی شـود که بسته به اهمیت مقطع و امکانـات نصب واجرادر ترازهای مختلف نصب شده اند. تغییرات سطح آب دریاچه سد به کمک خط کش مدرج(اشل فیزیکی)کنترل می شود. جهـت کنترل صحت عملکرد دیوار آب بند، از پیزومترهای الکتریکی و مکانیکـی نصـب شده در ترازهای مختلف پی در طرفین دیوار استفاده مـی شـود. همچنین از طریق گالری بازرسی واقع در پایین دست دیوار آب بـند، رقـوم سطح آب در پایین دست دیوار کنترل می گردد. زه آب خروجی از سد پس از جمع آوری آن در پایین دست سد از طریق سازه پارشـال فلـوم (Parshal Flume) انـدازه گـیری و کنترل می شود. بـرای ثبـت و انـدازه گـیری حـرکات ناشی از زمین لرزه از دو دستگاه شـتاب نگار روی بدنه و پایین دست سد طراحی شده که تاکنون نصب نگردیده است [۳] .

۳- مقاطع ابزاربندی در سد

بـا توجه به وضعیت پی و بدنه سد به تعداد دو مقطع عرضی برای نصـب دسـتگاه هـای ابـزار دقیق انتخاب شده اند. وضعیت قرارگیری مقاطع ابزار دقیق در شکل (۲) و در کیلومتراژ ۰+۳۲۰ ارائه شده است.

بـا توجـه به رقوم پی، ارتفاع خاکریزی و عمق دره، بحرانی ترین مقطع سد شهرچای به لحاظ بروز بیشترین مقدار فشارهای آب منفذی و وقوع حداکثر نشست، مقطع ۲ سد واقع درکیلومتراژ ۰+۳۲۰ می باشد. لذا بیشترین تعداد ابزار دقیق در این مقطع از سد بکار رفته است.

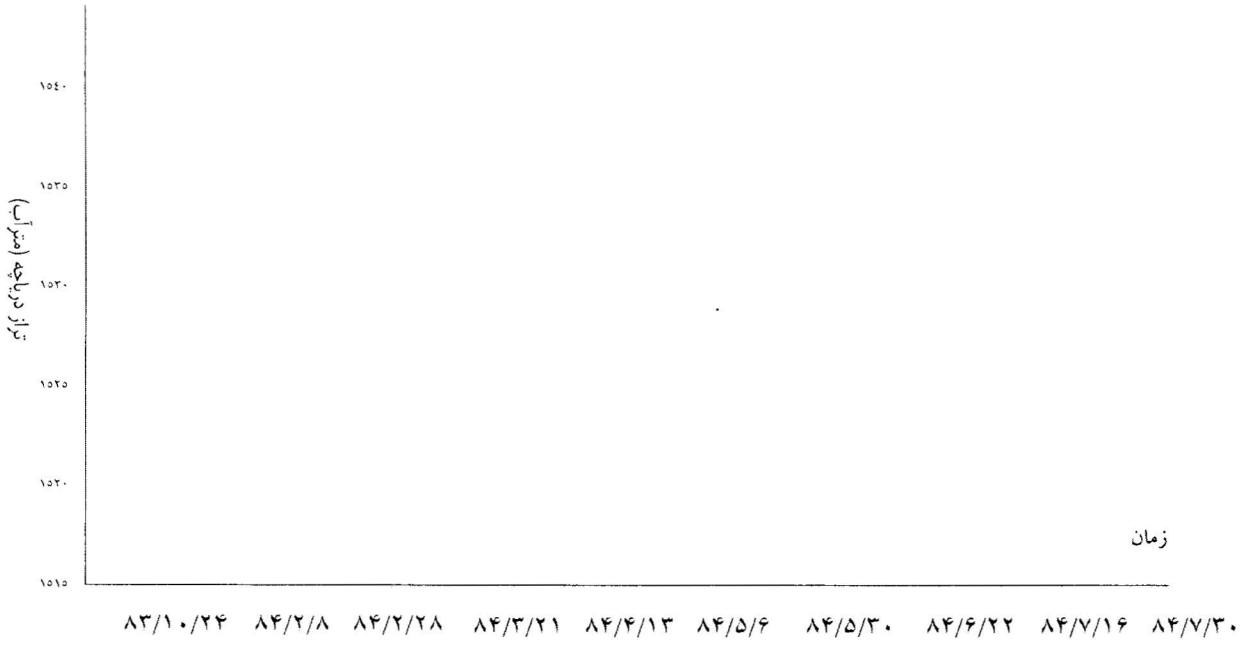
۴- تحلـیل نـتایج ابـزار دقیق سد شهرچای پس از اولین آبگیری

تغیـیرات ایجـاد شـده در یک سد خاکی را می توان به سه دسته: تغیـیرات در زمـان ساخت، تغییرات در زمان آبگیری و تغییرات در بلند مـدت ناشی از تحکیم و نشست طبقه بندی کرد[۵]. با عنایت به مهم بـودن مطالعه و بررسی این تغییرات و شروع آبگیری سد شهر چای در اواخـر دیمـاه سـال ۱۳۸۳، جهـت کنـترل بیشـتر وضـعیت سد پس از آبگـیری، قرائـت هـای دوره ای ایـن ابـزارها کوتـاه تـر شده و انتقال داده هـا و تجـزیه و تحلـیل آنها سریعتر صورت گرفته است. در شکل (۳) منحنـی تغیـیرات تـراز آب دریاچه سد در دوره زمانی مورد مطالعه (تـاریخ۸۳/۱۰/۲۴ الـی ۸۴/۷/۳۰) نشـان داده شده است. جهت ارزیابی کلـی سد پس از آبگیری، ذیلاً به وضعیت فشارهای آب منفذی در پی و بدنه سد و میزان نشست انجام یافته در دوره ۹ ماهه مورد مطالعه در بحرانی ترین مقطع پرداخته شده است.

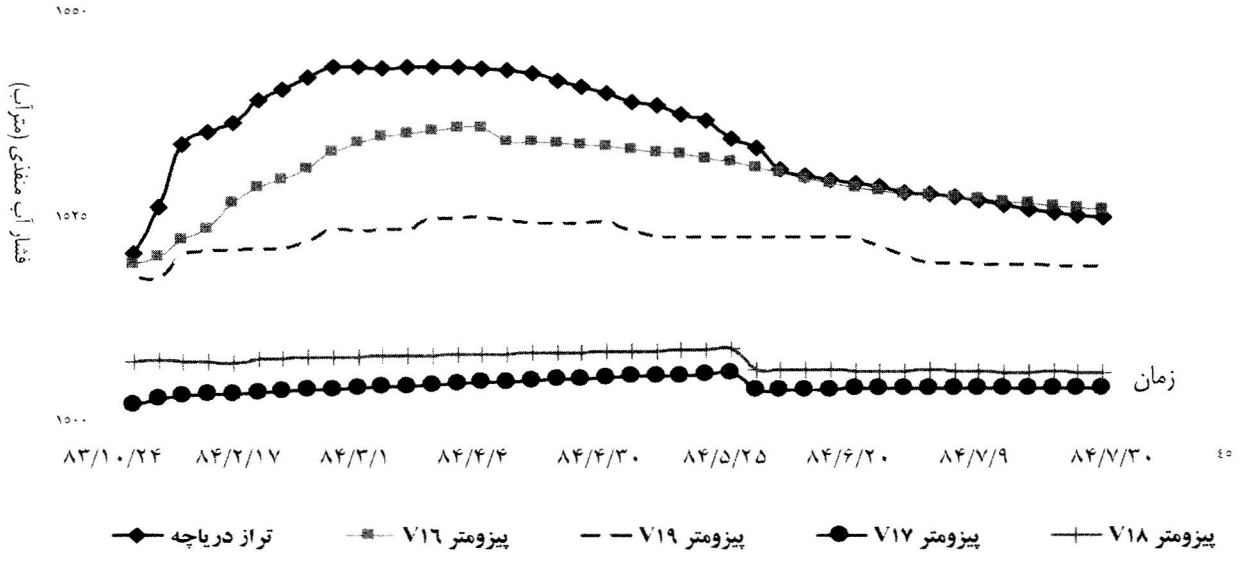
۴-۱- بررسی فشار آب منفذی در پی سد

در شـکل (۴) تغیـیرات تـراز آب در مخـزن همراه با پیزومترهای الکتریکـی پـی درمقطع (۲)درکیلومتراژ ۰+۳۲۰ نشان داده شده است. بـا آبگـیری سد در اواخر دیماه سال ۸۳ ، روند بالا رفتن آب در مخزن سـیر صـعودی داشـته و ایـن روند تا اواخر خرداد ماه۸۴ ادامه داشته و پـس از آن بـه علت برداشت آب از مخزن و پایان یافتن بارندگی، تراز آب مخزن به طور فزاینده ای کاهش یافته است.

شکل (۲)، مقطع ابزار بندی سد شهر چای در کیلومتراژ ۰+ ۳۲۰



شکل (۳). تراز دریاچه سد شهرچای از زمان اولین آبگیری به مدت ۹ماه

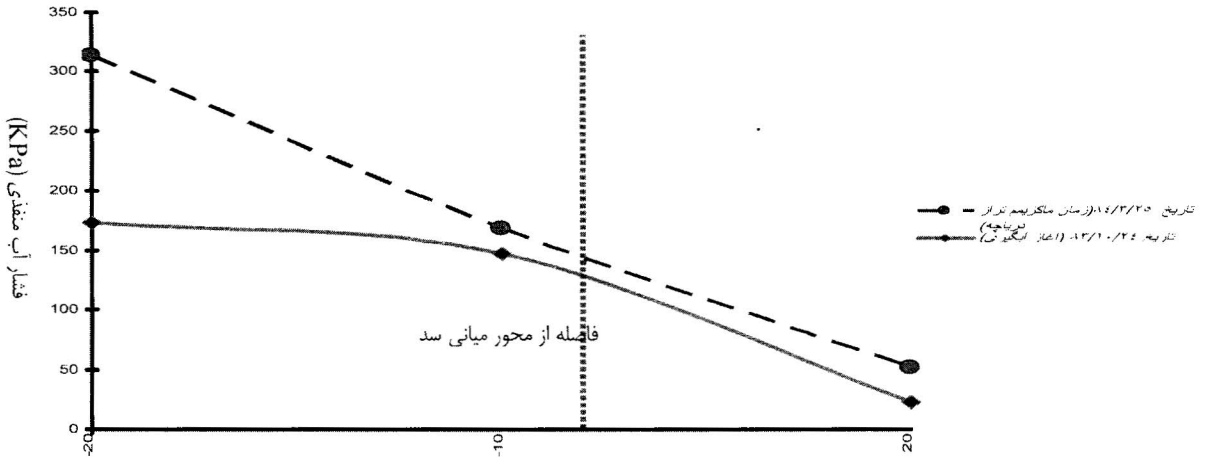


شکل (۴). نمودار تغییرات فشار آب منفذی با زمان در پی سد در کیلومتراژ

پیزومترهای V۱۶ و V۱۹ که بیشترین تأثیر را از بالا آمدن آب در مخزن داشته اند، از نوع الکتریکی بوده و بالادست دیواره آب بند قرار گرفته اند. با مقایسه روند تغییرات سطح آب مخزن و تراز آب در این دو پیزومتر می توان مشاهده نمود که در ابتدای آبگیری سرعت افزایش سطح آب در محل پیزومترهای بالادست دیوار آب بند به مراتب کمتر از سرعت افزایش سطح آب در مخزن سد بوده است. به عبارت دیگر افزایش سطح آب در محل پیزومترهای بالادست دیوار آب بند با اختلاف زمانی همراه بوده است. با افزایش سطح آب مخزن بخصوص در زمان وقوع سیلاب در اوایل خردادماه ۸۴، شیب افزایش تراز آب در محل پیزومترهای بالادست دیوار آب بند با شیب منحنی تغییرات زمانی سطح آب در مخزن مطابقت بیشتری نشان داده است.

با وجود افزایش چشمگیر فشار آب منفذی پی در بالادست دیوار آب بند، پیزومترهای واقع در پایین دست دیوار آب بند (V۱۸ و V۱۷) افزایش فشار زیادی را نشان نمی دهند. این مطلب را شکل

(۵) بـه وضـوح نشـان مـی دهد. در این شکل میزان افزایش فشار آب مـنفذی در محـل پیزومـترهای مقطـع ۲ در دو زمـان مورخ ۸۴/۳/۲۵ (حداکـثر رقوم آب در مخزن) و مورخ ۸۳/۱۰/۲۴ (شروع آبگیری) برای مقایسـه آورده شـده انـد. محور افقی نشانگر فاصله پیزومترها از محور سد و محور قائم نمایانگر فشار آب منفذی می باشد. اختلاف رقوم بین دو طرف دیوار دلالت بر عملکرد مناسب دیوار آب بند دارد.



شکل (۵). نمودارروند تغییرات فشار آب منفذی در پی با فاصله از محور میانی سد در کیلومتراژ ۳۲۰+.

۴-۲- درصد کارائی پرده آبند سد

بـرای محاسـبه مـیزان کارائـی پـرده آبـند(E) از پیزومـترهای الکتریکـی واقـع درپی و بالادست و پایین دست پرده آبند در مقطع ۲ (کیلومتراژ ۳۲۰+) از رابطه زیر استفاده می کنیم[۱]:

$E = (H_1/H_2)*100$

H_1 = اختلاف فشار منفذی پیزومترهای بالادست و پایین دست پرده آبند، (V۱۶,V۱۸)

H_2 = اخـتلاف تـراز سـطح ماکزیمم ترازدریاچه با تراز پی(ماکزیمم تراز دریاچه در تاریخ ۸۴/۳/۲۵)

$H_1 = ۱۵۳۳/۴۷ - ۱۵۰۶/۷۵ = ۲۶/۷۲$

$H_2 = ۱۵۴۳/۲۹ - ۱۵۰۰ = ۴۳/۲۹$

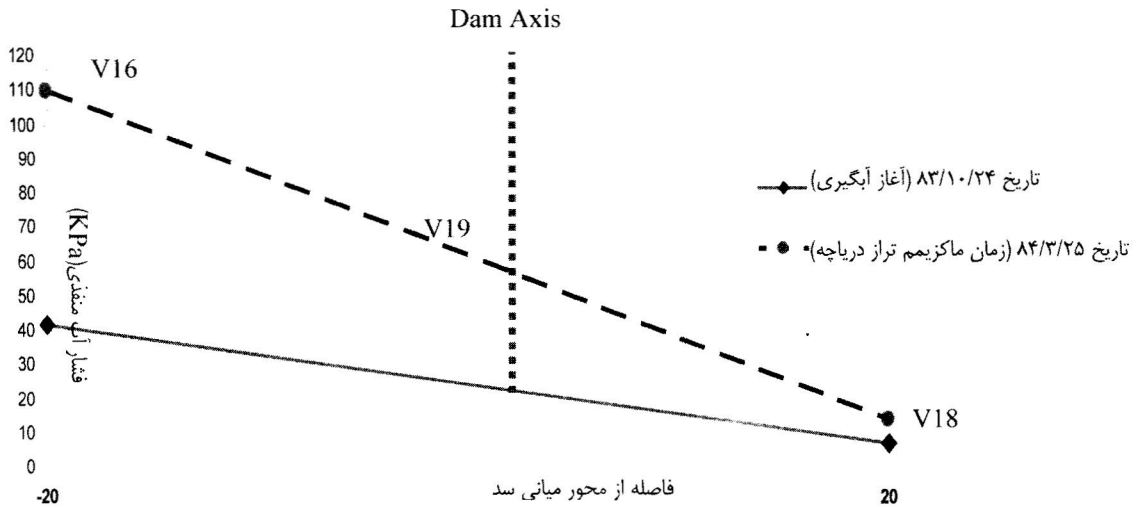
$E = \left(\frac{۲۶/۷۲}{۴۳/۲۹}\right) \times ۱۰۰ = ۶۲\%$

۴-۳- بررسی فشار آب منفذی در هسته سد

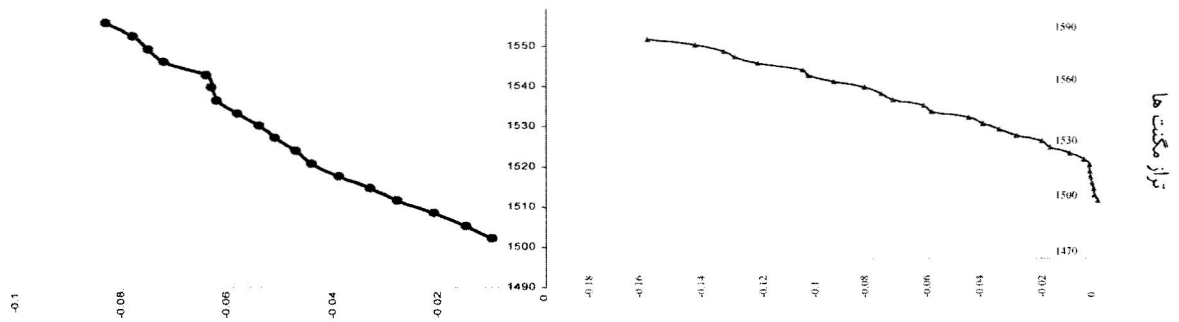
در شـکل (۶) تغیـرات فشـارهای آب مـنفذی در داخـل هسته و فیلترهای طرفین آن در بحرانی ترین مقطع عرضی بدنه سد (مقطع ۲) نشـان داده شـده است. همان گونه که در این شکل مشاهده می گردد فشـارهای آب مـنفذی در ناحیه بالادست هسته رسی متأثر از تراز آب دریاچـه بـوده وفشـارهای بالایـی را نسبت به پایین دست هسته رسی نشـان مـی دهـد. افـت فشـار مـنفذی در پایین دست هسته رسی در خصـوص زهکشـی، حاکـی از عملکرد خوب فیلتر های طرفین هسته رسی می باشد.

۴-۴- بررسی میزان نشست در بدنه سد

کنـترل نشسـت در بدنـه سـد از ایـن لحاظ حائز اهمیت است که نشسـتهای بـیش از انـدازه به ترک برداشتن هسته رسی و گسیختگی هیدرولیکـی منجر می شود. چنانچه اشاره شد جهت کنترل نشست ها وانحـراف هـا در بدنـه سـد، مقطـع بحرانی (کیلومتراژ ۳۲۰+) در نظر گرفـته شـده اسـت. در ایـن مقطـع ابزارهای۱ (MS+I)و ۳(MS+I) جهـت تعییـن مقادیـر نشسـت هـا و انحـراف هـای ایجاد شده در اثر آبگـیری بکار می روند. تراز مگنت های موجود در این ابزارها در تاریخ اولیـن آبگـیری (مـورخ ۸۳/۱۰/۲۴) و نـه ماه بعد از قرائت، در شکل(۷) ترسیم و با همدیگر مقایسه گردیده اند.



شکل(۶). روند تغییرات فشار آب منفذی درهسته با فاصله از محور میانی سد در کیلومتراژ ۳۲۰+۰.



اختلاف تراز مگنتها (نشست)در ۱ (MS+I) در مدت ۹ ماه

اختلاف تراز مگنتها (نشست)در ۳ (MS+I) در مدت ۹ ماه

شکل (۷). نمودارمیزان نشست ۱ (MS+I) و۳(MS+I) دراولین آبگیری و ۹ ماه بعد درکیلومتراژ ۳۲۰+۰.

مطابق نمودار های ارائه شده، میزان نشست در این مدت حداکثر ۱۶ سانتی متر می باشد که تمرکز آن درمرکز هسته بوده و از مقادیر مجاز (۱٪ ارتفاع سد) پایین بوده و مورد قبول می باشد. ملاحظه می گردد که سرعت نشست بالا دست هسته رسی با آبگیری اولیه افزایش یافته و این پدیده ناشی از اعمال وزن آب روی مصالح بالادست می باشد.

۵- نتیجه گیری

آنچه از داده ها و منحنی های حاصل از نتایج ابزار دقیق و مشاهدات عینی از سد و تاسیسات وابسته در اثر اولین آبگیری سد شهرچای بدست آمده است که در بخش های پیشین ذکر گردید، می توان نتایج زیر را بیان نمود:

۱- بر اساس بررسی ها و مشاهدات انجام یافته، سد شهرچای تا به حال از نظر پایداری مشکل خاصی ندارد.

۲- در این مدت تراز ماکزیمم دریاچه ۱۵۴۳/۲۹ متر بوده که ماکزیمم فشار ایجاد شده در اثر این هد آب ۳۱۳/۶۷ کیلوپاسکال می باشد که در حد قابل قبولی بوده و کارآیی پرده آببند در حدود ۶۲٪ می باشد. در کل فشارها در پی در حد انتظار بوده و مشکلاتی از بابت شستگی و روانگرایی رخ نداده است.

۳- تغییر مکان ها و نشست ها در حد ارتجاعی بوده و نشست ماکزیمم در دوره مورد مطالعه ۱۶cm می باشد. در اثر این آبگیری نشست بحرانی اتفاق نیفتاده است .

۴- در زمانی که تراز دریاچه ماکزیمم می باشد ماکریمم فشار در هسته رسی حدودا ۱۰۹/۷۰ کیلو پاسکال گزارش شده است. در مجموع فشار آب منفذی در هسته رسی در حد نرمال بوده و عملکرد هسته و فیلتر های طرفین در زهکشی در حد قابل قبول بوده و هیچگونه اثری از ترک هسته و بدنبال آن گسیختگی هیدرولیکی احتمالی ملاحظه نمی شود.

۶- تشکر و سپاس:

نویسندگان مقاله لازم می داند مراتب تشکر و سپاس خود را از کارفرما و مسئولین محترم و نمایندگان مشاور و مجری سد شهرچای به منظور امکان استفاده از بازدیدهای مکرر و تهیه داده های مورد نیاز اعلام می دارند.

۷- مراجع:

۱- وفاییان، م. ، سد های خاکی ، انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان، (۱۳۷۷).

۲- شرکت جهاد نصرحمزه ، "گزارش مجموعه داده های ابزاردقیق سد شهرچای"، (۱۳۸۴).

۳- شرکت جهاد نصرحمزه ، "مجموعه گزارشات ماهیانه سد شهرچای ارومیه "، (۱۳۸۴).

۴- مهندسین مشاور سکو، "گزارش مشخصات فنی و خصوصی سد شهرچای"، (۱۳۷۹).

۵- رحیمی ، ح . ، سد های خاکی ، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۸۲).

۶- زهتاب ، ساسان، "مهندسی پیشرفته در طراحی و ساخت و بازسازی سدها" ، وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، (۱۳۷۷)

7- Herzog , M.A.M. (1999), Practica Dam Analisys, Thomas Telford Limited, London.

Monitoring Urmia Shahr-Chai Dam by the Results of Instrument Monitoring after first Impoundment

Mohammad Nabati
MSc in Hydraulic Structures

Dr Mirali Mohammadi
PhD in Civil Engineering Hydraulics
Head, University College of Science & Technology (Elm O Fann), Urmia, Iran.
m.mohammadi@urmia.ac.ir

Abstract:

Safety of a dam depends upon not only design and construction but also on the monitoring at the early years after impoundment. Shahr-Chai dam is located on the Shahr-Chai river and 12 Km away from Urmia city in the south-west. The construction of dam was ended in winter 2004, and then both of the dam impoundment and monitoring instrument readings were started, immediately. After ending dam construction and the first impoundment, different phenomenon may appear. This paper presents the general condition of dam by using the results of piezometers installed in foundation and body part of the dam. On the basis of the piezometer reading results, after nine months from the first impoundment, when the reservoir level of the dam was maximum, the pressure figure in foundation was recorded as 313.67 *KPa* and on the core was 109.7 *KPa.* In the meantime, settlement was recorded 16 cm, approximately. In addition, the results ratifies that the general performance behavior of the Shahr-Chai dam, both in foundation and core, is found to be acceptable. It does not illustrate any hydraulics failure and material inflation phenomenon, anywhere.

Keywords:

Experimental study, dam, caly, triaxial flexible ,stress