Archive of SID

دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
کرمانشاه، ۹ و ۱۰ مهر ماه ۱۳۹۳

ارزیابی تغییر شکل‌های سد سنگریزه‌ای گتوند اولیا با لحاظ نمودن توپوگرافی ساختگاه سد

امیر کاظمی‌توسه[۱]، حسین اکبری[۲]

۱- کارشناس ارشد ژئوتکنیک، شرکت مهندسین مشاور توسعه، Amir.kazemitoose@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد ژئوتکنیک، شرکت مهندسین مشاور توسعه، Ho.akbari63@gmail.com

Amir.kazemitoose@yahoo.com

خلاصه

خرابی در سدهای خاکی بجز عوامل غیرمترقبه مانند زلزله و سیلاب و... همیشه با هشدارهای نگران کننده‌ای از قبیل روند افزایش فشارهای حفره ای، تغییر شکل‌ها، نشست‌ها، ترک خوردگی و عدم پیوستگی کرنش‌ها همراه بوده است. برای بررسی روند این تغییرات، علل و پیشامد های احتمالی آنها، در سد ابزار گذاری می‌شود. الگو سازی دقیق و بررسی رفتار سدهای خاکی/ سنگریزه‌ای دارای حفاری‌های زیاد در بستر سد، با لحاظ نمودن توپوگرافی دره سد پس از حفاری، در الگو میسر می‌باشد. در تحقیق حاضر از سد سنگریزه‌ای گتوند علیا با طول تاج ۷۶۰ متر و ارتفاع ۱۸۱ متر (L/H=۴.۲) استفاده شده است. سد گتوند علیا در فاصله ۳۸۰ کیلومتری از مصب رودخانه کارون در کنار شهرستان گتوند واقع شده است. برای الگوسازی سه بعدی سد، از نرم افزار اجزاء محدود Midas-GTS استفاده شده است. مدل سازی دقیق، آسان و سرعت بالای تحلیل از مزایای این نرم افزار می‌باشد. در پایان نتایج الگوسازی با اطلاعات ابزار دقیق ثبت شده در سد مقایسه شده است.

کلمات کلیدی: تغییر شکل‌ها، سد گتوند علیا، Midas-GTS، ابزاردقیق، الگوسازی سه بعدی

۱) مقدمه:

خرابی در سدهای خاکی بجز عوامل غیرمترقبه مانند زلزله و سیلاب و ... همیشه با هشدارهای نگران کننده‌ای از قبیل روند افزایش فشار های حفره ای، تغییر شکل‌ها، نشست‌ها، ترک خوردگی و عدم پیوستگی کرنش‌ها همراه بوده است[۱]. حال برای بررسی روند این تغییرات، علل احتمالی آنها و پیشامد های احتمالی، در نظر گرفتن مراحل زیر در زمان ساخت و بهره برداری از سدها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد:

- ابزارگذاری در سدها بمنظور بررسی روند تغییر شکل ها، فشار های حفرهای و... ،
- ثبت اطلاعات ابزار به صورت دوره‌ای متناسب با ابزار مربوطه،
- بررسی نحوه‌ی تغییرات، بخصوص تغییرات غیرمترقبه و تشخیص علل بروز آن[۲].

از آنجایی که چگونگی رفتار سد در زمان ساخت و اولین آبگیری می‌توانند تصویر روشنی از رفتار آن در زمان بهره برداری ارائه‌کند، بنابرین رفتار سنجی سد در این مقاطع حساس از زمان عمر سد می تواند تصویری واقعی ار رفتار آن در آینده ایجاد کند[۳]. در این تحقیق سعی شده رفتار سد سنگریزه‌ای از لحاظ تغییر شکل در زمان ساخت و آبگیری مورد بررسی قرار گرفته و به عنوان مطالعه موردی نیز سد سنگریزه‌ای گتوند علیا مورد بررسی قرار گرفته. در کل اهدافی را که در این تحقیق دنبال می‌کنیم می‌توان اینگونه تقسیم بندی کرد:

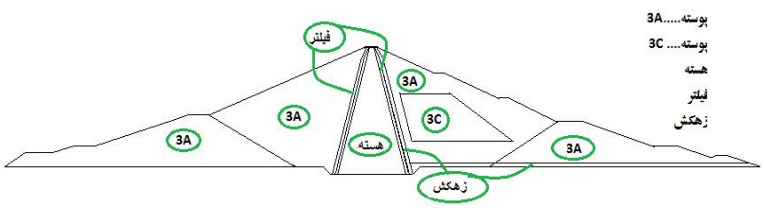
- تحلیل عددی دقیق سد،
- ارزیابی نتایج حاصله از الگوی سازی ها و مقایسه با نتایج ابزار،
- علت یابی اختلافات میان دو سری نتایج حاصل شده.

www.SID.ir

Archive of SID

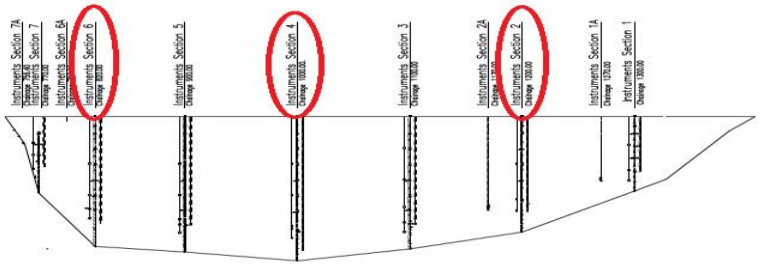
۲) معرفی سد:

ساختگاه طرح سد و نیروگاه آبی گتوند علیا در نقطه جغرافیایی به طول خاوری ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه و ۱۰ ثانیه و عرض شمالی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه و ۸ ثانیه و در فاصله ۳۸۰ کیلومتری از مصب رودخانه کارون و در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان گتوند واقع در استان خوزستان قرار دارد. سد گتوند از نوع سنگریزه‌ای با هسته قائم می‌باشد. ارتفاع سد از پی ۱۸۰ متر، طول تاج ۷۶۰ متر و عرض تاج ۱۵ متر می‌باشد. شیب‌های جانبی هسته ۱ قائم به ۰.۲۵ افقی می‌باشد. قسمت عمده بدنه بالادست را فراز بند ادغامی با هسته مایل تشکیل می‌دهد. شیب‌های دامنه های بالادست و پایین‌دست بدنه اصلی ۱ به ۲.۲ و عرض برم‌های خاکریزی ۱۰ متر در نظر گرفته شده[۴].



شکل ۱- ناحیه بندی سد

در بدنه سد گتوند علیا ۷ مقطع اصلی ابزار دقیق به‌همراه ۴ مقطع فرعی طراحی گردیده است. هر یک از این مقاطع خود شامل مجموعه‌ای از ابزارها نظیر، انحراف‌سنج و نشست‌سنج‌ها، کشیدگی‌سنج‌ها و ... می‌باشد که با فواصل معینی از محور بدنه سد نصب شده است. در شکل(۲) جانمایی مقاطع ابزار بندی در سد را می بینیم. برای مقایسه نتایج تحلیل عددی با نتایج ثبت شده توسط ابزار دقیق، سه مقطع عرضی ابزاربندی، ۲-۲ واقع در تکیه-گاه راست، ۶-۶ واقع در تیکه‌گاه چپ و ۴-۴ که نزدیک‌ترین مقطع به مقطع حداکثر سد می‌باشد، استفاده شده تا بخوبی جوابگوی رفتار سد باشد، شکل(۲)[۵].



شکل ۲- مقاطع اصلی عرضی ابزار بندی

برای سد گتوند ۳۱ محور انحراف سنجی- نشست سنجی در مقاطع مختلف ابزار بندی برای اندازه‌گیری تغییر شکل‌های افقی و قائم بدنه سد تعیین شده بود که از این تعداد در ۱۹ عدد از محورها لوله انحراف سنج نصب شده است، شکل (۳)[۵].

Location	*Inclinometers Index*					*Total desinged*	*Total Installed*
	u/s 1	core 3	d/s 1 5	d/s 2 6	d/s 3 7		
Left bank (South)							
Section 7-7	✓	×	×			3	1
Section 6-6	✓	✓	✓	×		4	3
Section 5-5	✓	✓	✓	✓	✓	5	5
Section 4-4	✓	✓	✓	✓	✓	5	5
Section 3-3	✓	✓	×	✓	✓	5	4
Section 2-2	×	×	×	×	✓	5	1
Section 1-1	×	×	×	×		4	0
Right bank (North)							
						31	**19**

u/s: up stream, d/s: down stream

شکل ۳- تعداد محورهای انحراف‌سنجی

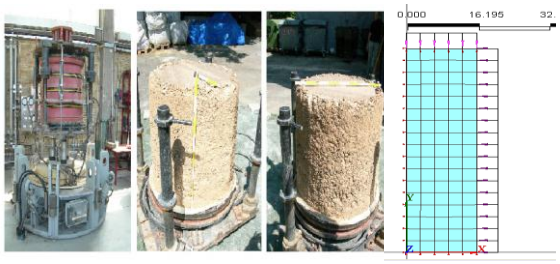
www.SID.ir

Archive of SID

۳) تهیه الگوی عددی:

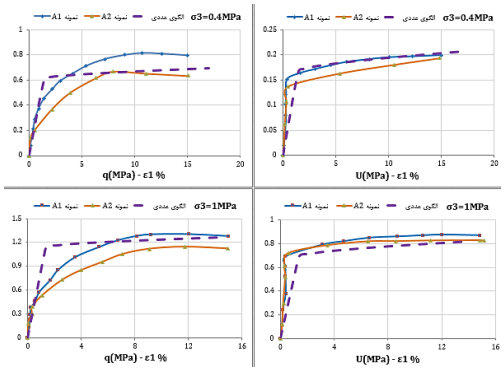
۳-۱) الگوی رفتاری استفاده شده و پیمایش داده‌های مکانیک خاکی بخش‌های مختلف سد:

برای الگوسازی سد از نرم افزار Midas-GTS استفاده شده است، که یک نرم افزار تخصصی ژئوتکنیک می‌باشد و برای انجام تحلیل سازه‌های خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش حل عددی در این برنامه اجزاء محدود می‌باشد. ایجاد هندسه سد، اعمال شرایط مرزی و اولیه از مراحل کار در این برنامه می‌باشد. برای کار الگو سازی سد، در بستر از الگوی رفتاری الاستیک و بدنه سد از الگوی کشسان- خمیری موهر کلومب استفاده شده است[۶].



شکل ٤- نمایی از دستگاه آزمایش سه محوری بزرگ مقیاس دانشگاه کالسروهه آلمان، نمونه ساخته شده و الگوی عددی آن

برای تعیین فراسنج‌های مقاومت برشی مصالح هسته در حالت‌های بارگذاری مختلف، آزمایش‌های سه محوری از نوع تحکیم نیافته زهکشی نشده(UU)، تحکیم یافته زهکشی نشده(CU)، تحکیم یافته زهکشی شده(CD)، بر روی سه نمونه معرف طیف دانه‌بندی با قطرهای ۱.۵ و ۶ اینچ و برای مصالح پوسته بدلیل ضرورت بررسی اثر کلوخه‌های کنگلومرایی در رفتار مصالح، آزمایش‌های بزرگ مقیاس سه‌محوری با قطر و ارتفاع بترتیب ۳۲ و ۶۴ اینچ در دانشگاه کالسروهه آلمان بر روی هر سه طیف دانه‌بندی(حد بالا A_3، میانه A_2 و حد پایین A_1)، انجام گردیده است. به‌منظور الگو-سازی شرایط آزمایش برای مصالح هسته، یک الگوی دوبعدی متقارن محوری[۱] به شعاع ۳ اینچ و ارتفاع ۱۲ اینچ با ۴۸ گره و ۳۰ عضو و برای مصالح پوسته، یک الگوی دوبعدی متقارن محوری به شعاع ۱۶ اینچ و ارتفاع ۶۴ اینچ با ۱۰۸ گره و ۸۵ عضو ساخته شد، شکل(۵)[۷].



شکل 5- نتایج پیمایش مصالح هسته در آزمایش UU تحت تنش همه جانبه ۱MPa، ۰.٤MPa

در جدول (۱) مقادیر فراسنج‌های حاصل از صحت‌سنجی عددی مصالح بخش‌های مختلف سد آورده شده است.

جدول۱- فراسنج‌های بدست آمده برای مصالح سد

مصالح		v	C (kN/m2)	φ(deg)	γ_{sat} (kN/m3)	γ (kN/m3)	E(kN/m2)	Ψ	K(m/sec)
هسته	تراز ۶۵ تا ۹۵ متر	۰.۳۵	۱۰۰	۱۸	۲۰.۵	۱۹.۵	۳۵۰۰۰	-	$1e^{-9}$
	تراز ۹۵ تا ۲۰۸ متر	۰.۳۵	۶۰	۲۰	۲۰.۵	۱۹.۵	۳۲۰۰۰	-	$1e^{-9}$
	تراز ۲۰۸ تا ۲۴۶ متر	۰.۳۵	۴۰	۲۶	۲۰.۵	۱۹.۵	۲۸۰۰۰	-	$1e^{-9}$
لایه رس تماسی		۰.۳۵	۱۰	۲۰	۲۰.۵	۲۰.۵	۱۵۰۰۰	-	$1e^{-9}$
پوسته	تراز ۶۵ تا ۹۵ متر	0.2	۰	40	۲۴	21	۱۶۰۰۰۰	6	$1e^{-5}$

[۱] Axisymmetry

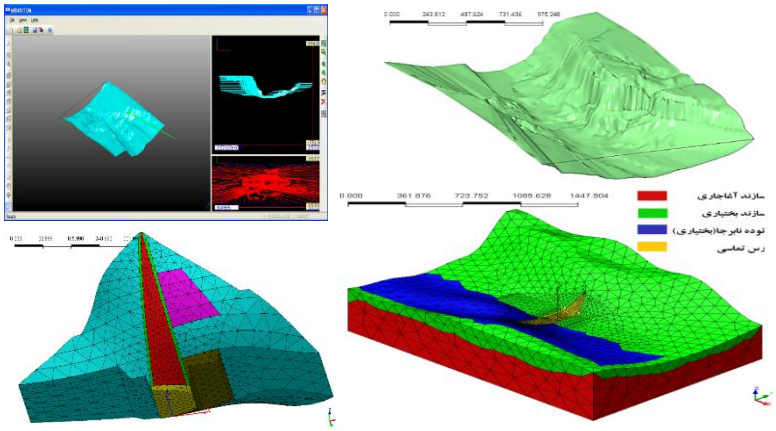
www.SID.ir

Archive of SID

3A		5							
	تراز ۹۵ تا ۲۰۸ متر	۰.۲۸	0	۴۲	24	21	۱۲۰۰۰۰	۴	$1e^{-5}$
	تراز ۲۰۸ تا ۲۴۶ متر	.32	۰	46	24	21	۷۰۰۰۰	۱	$1e^{-5}$
پوسته ۳C		۰.۳	۰	۳۵	۲۱	۲۰	۱۰۰۰۰۰	۲	$1e^{-5}$
فیلتر		0.25	0	30	21.5	20	۴۰۰۰۰	۰.۲۳	$1e^{-6}$
زهکش		۰.۲۵	0	35	21.5	20	۶۰۰۰۰	۰.۲۳	$1e^{-3}$
سازند آغاجاری		0.25	-	-	۲۳	۲۳	۲۶۰۰۰۰۰	-	$1e^{-10}$
سازند بختیاری		0.25	-	-	۲۱	۲۱	۱۷۰۰۰۰۰	-	$1e^{-7}$
توده نابرجا(بختیاری)		0.25	-	-	۲۰	۲۰	۵۰۰۰۰۰	-	$1e^{-3}$

۳-۲) مشخصات الگوی اجزای محدود سد گتوند علیا:

برای الگوی اجزاء محدود سد گتوند علیا از یک الگوی سه‌بعدی استفاده شده است، شکل(۶). هندسه این الگو بر مبنای مقطع تیپ سد ایجاد شده. ساختگاه سد تا عمق ۳۵۰ متری، بالادست و پایین‌دست تا فاصله ۶۰۰ متری و جناحین تا فاصله ۳۰۰ متری از سد الگوسازی شده است. الگوی نهایی اجزاء محدود سد دارای ۱۲۶۳۳گره و ۶۴۸۵۹ عضو می‌باشد. در شبکه اجزاء سه بعدی از عضوهای چهار وجهی چهار گره‌ای با دوازده درجه آزادی استفاده شده است.



شکل ٦- الگوی اجزاء محدود ساخته شده و نواحی مختلف سد و بستر

۳-۳) الگو سازی مراحل ساخت و آبگیری:

تحلیل ساخت بدنه سد بصورت مرحله بندی شده شامل، فراز بند در ۴ لایه، خاکریز پایین‌دست در ۴ لایه و بخش مرکزی در ۱۰ لایه، الگوسازی شده است. زمان‌بندی ساخت کاملا منطبق با زمان‌بندی ساخت سد بوده که از گزارش‌های کارگاه ساخت سد بدست آمده است. تحلیل در فضای تنش موثر با حل توام جریان آب و تحکیم هسته انجام شده است تا تخمینی از میزان فشار حفره‌ای داخل هسته در طی ساخت بدست آمده و مسیر تنش در داخل هسته نزدیک به واقعیت گردد[۸]. شرایط مرزی بکار رفته برای سد در زمان ساخت شامل موارد زیر می‌باشد:

- مرزهای الگو در برابر تغییر مکان در جهت عمود بر صفحه بسته شده‌اند،
- مصالح سنگریزه، زهکش و فیلتر به عنوان ماده غیر تحکیمی معرفی شده اند تا از وجود هر گونه فشار آب در این مصالح جلوگیری شود،
- فیلترها دارای شرایط مرزی زهکشی آزاد می‌باشند. یعنی فشار آب حفره‌ای در مرز هسته صفر بوده و در طی زمان فشار آب حفره‌ای داخل هسته از طریق این زهکش‌ها زایل می شود،
- در تحلیل تنش‌های اولیه، تغییر مکان اولیه تکیه گاه صفر در نظر گرفته شده است،

www.SID.ir

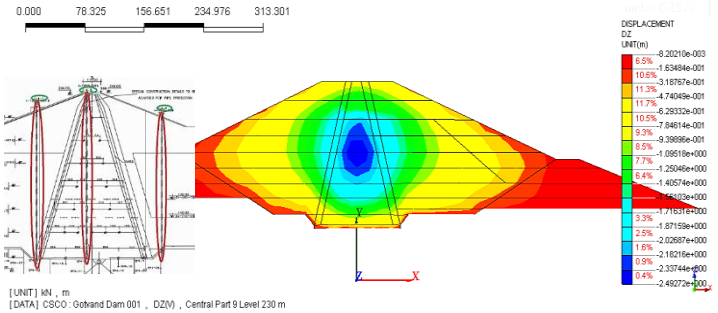
Archive of SID

- تغییر مکان‌های ناشی از ساخت فرازبند و نشیب‌بند در پایان ساخت آنها صفر شده‌اند، زیرا در عمل در زمان ساخت به هر میزان که نشست کنند خاکریزی تا تراز مورد نظر ادامه می‌یابد.

آبگیری سد در زمان ساخت سد در تراز ۲۳۰ متر آغاز گردید. برای الگوسازی دقیق‌تر آبگیری، تغییر مکان‌ها پس از رسیدن به تراز ۲۳۰ متر در الگو صفر گردید و تغییر مکان‌های ناشی از آبگیری با تغییر مکان‌های ساخت ادامه سد تا تراز ۲۴۶ متر، بصورت مجزا بدست آمد است. در زمان انجام این تحقیق، سد تا تراز ۱۶۵ متر آبگیری شده است و به منظور مقایسه نتایج الگوسازی عددی با نتایج ابزاردقیق، الگوسازی آبگیری سد تا تراز ۱۶۵ انجام شد. برای الگوسازی آبگیری می‌بایست چهار نیروی اثر کننده در آبگیری(فشارهیدرواستاتیک وارد بر هسته و پی، نیروی غوطه‌وری و پدیده فرونشست سنگریزه‌ها). را، برای الگوسازی آبگیری اعمال نمود. فرونشست به معنی نشست خاک تحت بار در هنگام مرطوب شدن می باشد[۹].

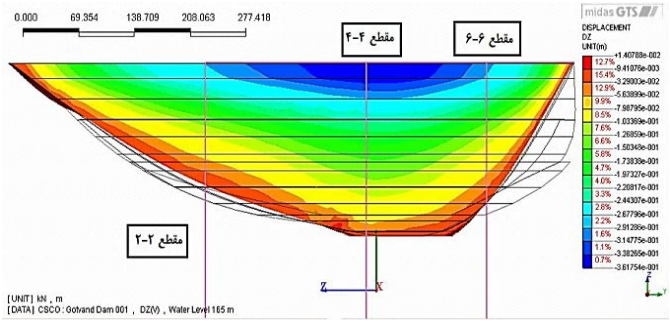
۴) ارائه نتایج:

٤-١) نتایج حاصل شده از الگوی عددی:

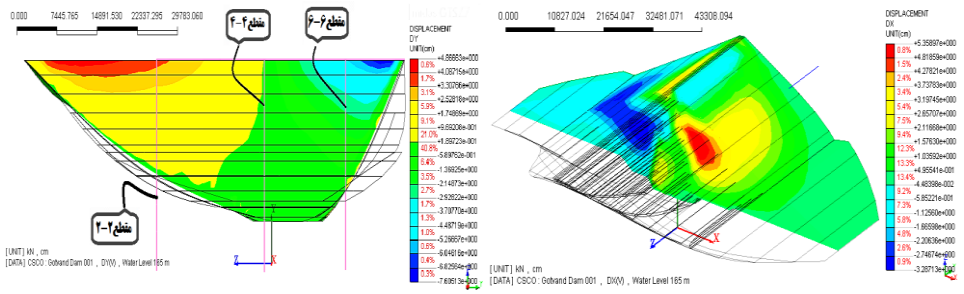


شکل ۷- جابجایی قائم تا زمان رسیدن به تراز ۲۳۰ متر در زمان ساخت بدنه به همراه محور نشست‌سنجی آن

حداکثر نشست حاصل شده از الگوی عددی در میانه سد در مقطع ۴-۴ ابزار گذاری و به میزان ۲۴۹ سانتی متر و در تراز ۱۴۸ متر می‌باشد.



شکل ۸- جابجایی قائم پس از آبگیری تا تراز ١٦٥ متر، به ترتیب در پوسته بالادست، هسته سد



الف) در جهت عمود بر محور طولی سد ب) در جهت محور طولی سد

شکل ۹- جابجایی افقی در جهت محور و عمود بر محور طولی سد، پس از آبگیری تا تراز ١٦٥ متر

www.SID.ir

Archive of SID

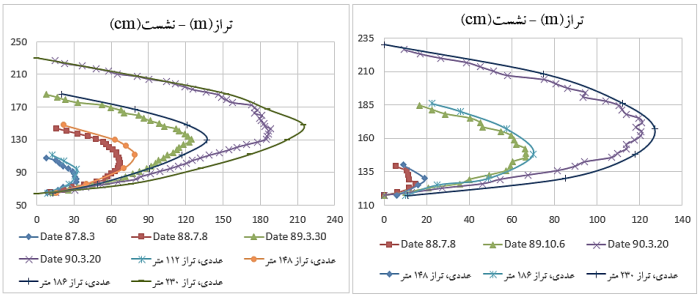
٤-۲) مقایسه نتایج عددی با اندازه گیری‌های ابزار دقیق:

٤-۲-۱) زمان ساخت:

در واقعیت با خاکریزی بدنه سد تا رسیدن به یک تراز مشخص، به هر میزان که خاکریز زیر آن نشست کند اضافه خاکریزی انجام می‌شود. اما در نظرگیری این فرایند در الگوی عددی میسر نمی‌باشد. بنابرین می‌باسیت مقادیر این اضافه خاکریزی‌ها در هر تراز را مشخص و از نشست آن تراز کسر نمود تا نشست‌های خالص هر تراز برای مقایسه با نتایج ابراز دقیق بدست آید. به عنوان نمونه در جداول(۲) مقادیر اصلاح شده نشست در اثر اضافه خاکریزی‌ها در محور، I -۴-۳ (هسته مقطع ۴-۴ ابزار گذاری) آورده شده و نشست خالص هر تراز برای مقایسه با نتایج ابزار محاسبه شده است.

جدول۲- مقادیر اصلاح شده نشست محور I-۴-۳

تراز خاکریزی	نشست کلی (cm)	اضافه خاکریزی (cm)	نشست خالص (cm)	تراز خاکریزی	نشست کلی (cm)	اضافه خاکریزی (cm)	نشست خالص (cm)
تراز اول	۸۵	۹	۷۶	تراز ششم	۲۲۲	۳۶	۱۸۶
تراز دوم	۱۴۸	۱۶	۱۳۲	تراز هفتم	۲۰۲	۴۹	۱۵۳
تراز سوم	۱۹۱	۱۹	۱۷۲	تراز هشتم	۱۲۷	۴۷	۸۰
تراز چهارم	۲۲۳	۲۱	۲۰۲	تراز نهم	۷۴	۷۴	۰
تراز پنجم	۲۴۹	۳۱	۲۱۸				



الف) هسته مقطع ۲-۲ ابزارگذاری ب) هسته مقطع ۴-۴ ابزارگذاری

شکل ۱۰- مقایسه مقادیر جابجایی قائم زمان ساخت در ٪۲۵، ٪۵۰، ٪۷۵ و٪۱۰۰ ساخت بدنه

مقادیر نشست زمان ساخت مطابقت خوبی با مقادیر ثبت شده توسط ابزار دقیق نصب شده دارد. از جمله دلایل این مطابقت می‌توان به:

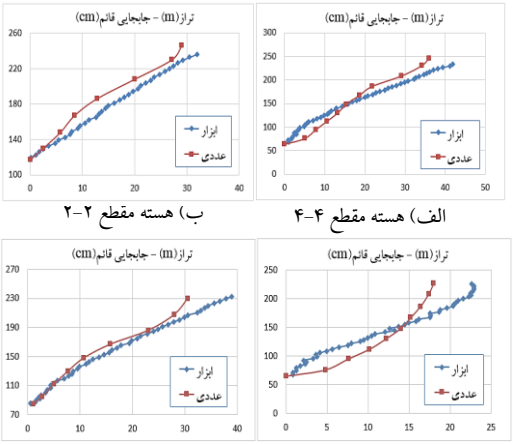
- زمان بندی مناسب ساخت، مطابق با زمان بندی اجرای سد. زیرا در زمان ساخت سد اعمال زمان‌بندی درست ساخت تاثیر بسزایی در مقادیر نشست‌ها دارد،
- اعمال سه دسته فراسنج برای لایه‌های مختلف سد، که باعث دقت بیشتر در بررسی رفتار مصالح شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

٤-۲-۲) پس از آبگیری:

در ابتدا لازم است ذکر شود آبگیری سد در زمان ساخت سد در تراز ۲۳۰ متر آغاز گردید. برای الگوسازی دقیق‌تر آبگیری، تغییر مکان‌ها پس از رسیدن به تراز ۲۳۰ متر در الگو صفر گردید و تغییر مکان‌های ناشی از آبگیری با تغییر مکان‌های ساخت ادامه سد تا تراز ۲۴۶ متر، بصورت مجزا بدست آمد است.



الف) هسته مقطع ۴-۴ ب) هسته مقطع ۲-۲

ج) پوسته بالادست مقطع ۴-۴ د) هسته مقطع ۶-۶

شکل ۱۱- مقایسه مقادیر جابجایی قائم پس از آبگیری تا تراز ۱٦٥ متر، بین ابزار و الگوی عددی

با توجه به منحنی نشست پس از آبگیری در بالاست و پایین‌دست چند نکته دریافت می‌شود:

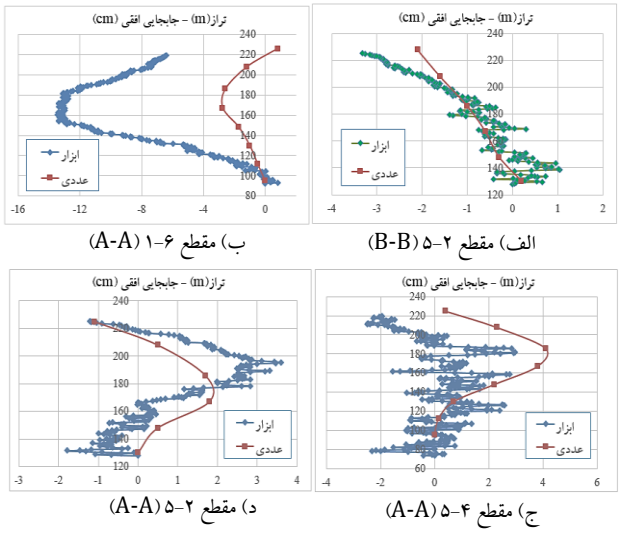
- در اثر آبگیری پوسته بالادست تر می‌شود و به میزان بیشتری از پوسته پایین‌دست نشست می‌کند.
- اختلاف میان نتایج الگوی عددی و نتایج نشست‌سنجی ثبت شده در بالادست ناشی از تر شدن و فرونشست پوسته بالادست در اثر جمع شدن مقدار زیادی آب در پوسته بالادست(حدود ۳۰متر) بین فرازبند و هسته سد در اثر آب نشتی از مخزن و بارندگی می‌باشد. نتایج پیزومتری در فیلتر بالادست در زمان ساخت موید این مطلب می‌باشد.

با توجه به منحنی تغییر شکل افقی سد پس از آبگیری چند نکته قابل برداشت می‌باشد:

- به‌علت فشار هیدرواستاتیک مخزن سد به سمت پایین‌دست حرکت می‌کند ولی به دلیل تر شدن سنگریزه، پوسته بالادست به سمت مخزن حرکت می‌کند.
- در نتایج ابزار پرش‌های به صورت زیک زاک مشاهده می‌شود که ناشی از آبگیری تدریجی سد می‌باشد. در اثر آبگیری و فشار هیدرواستاتیک در ترازی که به تازگی اشباع می‌شود تمایل به تورم و حرکت به سمت پایین دست وجود دارد. رفته رفته با بالا رفتن تراز آب در اثر فشار هیدرواستاتیک مخزن در لایه‌های پایینی تمایل به نشست وجود دارد، که باعث برگشت تغییر شکل‌ها و ایجاد زیک زاک در نتایج می‌شود.
- تغییر شکل‌ها نسبی می‌باشد و نسبت به صفحه مبنا اندازه‌گیری می‌شود. در نتیجه مقدار نشست در پایین تراز از کل ارتفاع کم شده و با نتایج انحراف‌سنج مقایسه می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID



الف) مقطع ۲-۵ (B-B)　　ب) مقطع ۶-۱ (A-A)

ج) مقطع ۴-۵ (A-A)　　د) مقطع ۲-۵ (A-A)

شکل ۱۲- مقایسه مقادیر جابجایی افقی در جهت محور(A-A) و عمود بر محور طولی(B-B) پس از آبگیری تا تراز ۱۶۵ متر

❖ پس از آبگیری انتظار داریم پوسته پایین‌دست به سمت پایین‌دست حرکت جانبی داشته باشد. این مطلب در اکثر محورهای انحراف-سنجی نصب شده در پایین‌دست سد مورد تایید می‌باشد ولی در مقاطع ابزار گذاری واقع در تکیه‌گاه چپ سد انحراف سنج‌های نصب شده تمایل به حرکت پوسته به سمت بالادست نشان می‌دهد. دلیل این امر وجود یک زائده بسیار بزرگ از ناهمواری‌های تکیه‌گاه چپ(شکل ۱۳)در پوسته پایین دست سد است. در واقع با آبگیری سد، در اثر فشار هیدرواستاتیک وارد شده بر وجه بالادست هسته، پوسته پایین‌دست تمایل به حرکت به سمت پایین‌دست دارد اما زائده موجود نه تنها باعث جلوگیری از تغییر مکان افقی پوسته پایین دست در مقاطع ابزار بندی واقع در تیکه‌گاه چپ به سمت پایین دست شده بلکه به دلیل بزرگی و میزان نفوزی که در دل سد کرده باعث گردیده که حتی پوسته پایین دست در این ناحیه به سمت منفی یا بالادست حرکت کند.

شکل ۱۳- سد سنگریزه‌ای گتوند علیا

۵) نتیجه گیری:

❖ ابزارهای نصب شده بخوبی عمل نموده و نتایج حاصل قابل تفسیر و منطقی است.

❖ در مورد تغییر شکل های قائم حین ساخت باید گفت که بیشترین تغییر مکان تقریبا در مرکز هسته در تراز ۱۴۸ متر و نزدیک مقطع ۴-۴ ابزار گذاری رخ داده و مقدار خالص آن ۲۱۸ سانتی متر معادل ۱.۲درصد ارتفاع سد که از کم نمودن ۳۱ سانتی متر اضافه خاکریزی از مقدار ۲۴۹ سانتیمتر تغییر مکان کلی بدست آمده از الگوی عددی، حاصل شده است. با توجه به مطالعات USBR نشست بدنه سدهای خاکی در حین ساخت بین ۰ تا ۱ درصد و حداکثر بین ۲ تا ۴ درصد ارتفاع متغییر بوده است. مقدار ۱.۲ درصد سد گتوند در زمان ساخت، منطقی و قابل قبول می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

- صفحات نشست سنجی نصب شده در بدنه سد در زمان ساخت ارائه‌گر تغییر شکل‌های واقعی بدنه بوده که متاثر از عواملی مانند، روش کوبیدن مصالح، درصد رطوبت و... می‌باشد. تاثیر این عوامل توسط ابزار دقیق حس می گردد ولی الگوی رفتاری قادر به منظور نمودن اثر آنها نمی‌باشد.
- در زمان اجرای خاکریزی تا رسیدن به تراز مورد نظر به هر میزان که خاک زیر آن نشست کند خاکریزی ادامه می‌یابد. درحالی که در نظرگیری این فرآیند در الگوی عددی میسر نیست. در نتیجه می‌بایست از مقادیر نشست اضافی هر لایه کسرگردد. در غیر اینصورت مقادیر نشست بدست آمده از الگوی عددی بسیار بیشتر از مقادیر ثبت شده توسط صفحات نشست‌سنجی می‌باشد.
- میزان تغییر شکل‌های افقی در زمان ساخت در جهت محور طولی سد(B-B)، به‌ترتیب حداکثر ۲۴ سانتی متر در سمت تکیه‌گاه چپ و ۲۲.۵ سانتیمتر در طرف تکیه راست می‌باشد. در جهت عمود بر محور طولی سد(A-A)، به‌ترتیب ۴۲ سانتی متر در سمت پایین‌دست و ۳۲ سانتی متر در بالادست می‌باشد.
- در مورد تغییر شکل های افقی پس از آبگیری نیز به این مطلب می‌توان اشاره کرد که مقادیر در هر دو جهت محور طولی سد و عمود بر محور طولی مطابقت خوبی با نتایج ابزار دقیق دارد.
- تغییرات نوسانی در نمودارهای انحراف سنجی ریشه در ساخت مرحله ای بخش های مختلف، عبور ماشین الات از کنار لوله های انحراف سنج در زمان ساخت می باشد.
- دامنه جابجایی های افقی در هسته مخلوط رسی سد گتوند نسبت به پوسته ها کمتر است.

۶) منابع:

۱- سید امیرالدین صدر نژاد. "سدهای خاکی و تحلیل عددی آن"، انتشارات دانشگاه شهید رجایی تهران.۱۳۸۴.

۲- باقرزاده خلخالی. احد، "ابزار دقیق متداول در سدهای خاکی- سنگریزه ای"، شرکت سهامی خدمات مهندسی برق(مشانیر)، ۱۳۸۵.

3- Dunncliff J. & Green G.E. (1993); Geotechnical instrumentation for monitoring field performance, John Wiley & Sons Inc.

۴- شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، معرفی مشخصات سد و نیروگاه گتوند علیا، ۱۳۸۵.

۵- پردازش و تحلیل اطلاعات رفتار نگاری بدنه سد گتوند علیا، مهندسین مشاور توسعه، ۱۳۸۹.

6- Midas-GTS 2013 Manual, Version 1.1.

۷- گزارشات منابع قرضه سد گتوند علیا، مهندسین مشاور توسعه، ۱۳۸۹.

8- Jafarzadeh F. , Talebi M. , (2002) , Behavior of Zoned Rockfill Dams During Construction and First Impounding , Proceeding of the 3rd international conference on Dam Engineering , March 2002, Singapore, pp 137-144.

9- Soroush A. Aghaei A. (2005), Uncertainties in mechanical behavior of rockfills during first iimpounding of rockfill dams, 73rd Annual Meeting of ICOLD,Tehran ,Iran , Paper No.:186-S5.

www.SID.ir