

تحلیل کرنش وارده از تکیه گاه و پی به بدنه سد بتنی دو قوسی با در نظر گرفتن اندرکنش تکیه گاه و مخزن مطالعه موردی: طرح سد و نیروگاه سیمره

میثم منصوری^۱، غلام رضا سخاوت^۲، فرهاد داودیان^۳

^۱ سرپرست ابزار دقیق شرکت مهندسی و نوسازی ایران- مونیتر.

^۲ مدیر کنترل پایداری طرح سد و نیروگاه سیمره- شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران.

^۳ مدیر پروژه ابزار دقیق شرکت مهندسی و نوسازی ایران- مونیتر.

نام نویسنده مسئول:

میثم منصوری

چکیده

برآورد صحیح کرنش وارد شده از سنگ و پی به بدنه سد و روند تغییرات آن برای کنترل فرضیه پایداری و نیز قضاوت مهندسی در خصوص ایمنی سدهای بتنی اهمیت بسیار بالایی دارد. سدهای بتنی قوسی با تاثیر مقاومت قوسی، بار ناشی از فشار مخزن که مقدار قابل توجهی است را در سطحی بسیار کوچک به تکیه گاه ها منتقل می کند. تکیه گاه از مهمترین قسمت های سد بوده و فشار ناشی از آب، از طریق بدنه و مخزن به آن وارد می شود. پایداری سد به طور مستقیم به پایداری تکیه گاه ها بستگی دارد. در این مطالعه با استفاده از داده های بدست آمده از ابزار های کشیدگی سنج سد سیمره میزان کرنش وارد شده از پی و تکیه گاه، به بدنه سد و به طبع آن جابه جایی لایه های سنگی تکیه گاه بررسی شد. سپس داده های حاصل از آن با قرائت ابزار دقیق درزسنج سه بعدی مجاور پی سد مورد مقایسه قرار گرفت. نهایتاً در این تحقیق امکان پیش بینی کرنش وارده به سنگ و کنترل آن در حد مجاز طراحی قابل بررسی است.

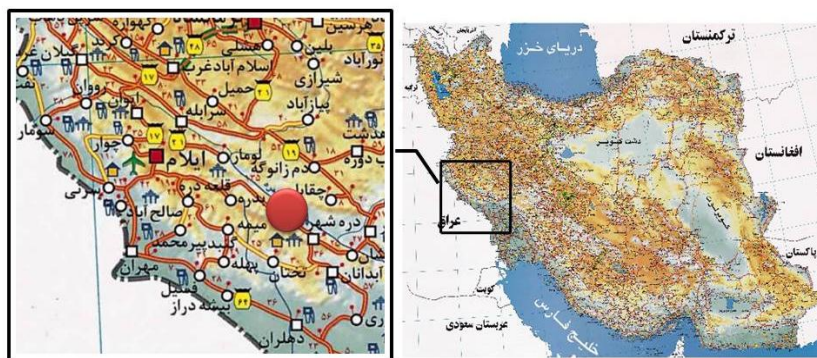
واژگان کلیدی: سد بتنی دو قوسی، کرنش، سیمره، کشیدگی سنج، درزسنج سه بعدی.

مقدمه

تحلیل سدهای بتنی قوسی به دلیل شکل هندسی بدنه و پیچیدگی های موجود در ساختگاه سد با دشواری و عدم قطعیت روبروست. سدهای بتنی قوسی با مقاومت ناشی از رفتار قوسی، بار ناشی از فشار آب را که مقدار قابل توجهی است در سطح بسیار کوچکی به تکیه گاه ها منتقل می کنند. تکیه گاه های سنگی سد نیز معمولاً از توده سنگ شکسته تشکیل شده اند که مقاومت آنها بستگی به فاصله، امتداد، شیب و رفتار درزه ها دارد. رفتار درزه توده سنگ نیز به عواملی چون فاصله، زبری، مقاومت سطح درزه، نوع جنس، مقدار پرشدگی درزه و فشار آب موجود بستگی دارد [1]. به طور کلی در نواحی دره ای مسیر رودخانه ها، یافتن تکیه گاه ها و بستر سنگی که فاقد ناپیوستگی و گسل باشد عملاً غیر محتمل بوده و در اکثر موارد، تقویت بخش های بحرانی با هزینه ای محدود توجیه پذیر خواهد بود. لذا در اکثر موارد مفهوم پایداری یک سد بتنی دو قوسی تا حدود زیادی با پایداری تکیه گاه های آن در ارتباط است. به دلیل ماهیت پیچیده، غیر همگن سدها و علی رغم در نظر گیری ضرایب اطمینان نسبتاً بالا در طراحی، همواره عدم اطمینان از ناکافی بودن استقامت در بارگذاری لرزه ای جزو دغدغه های اصلی ایستائی این ابر سازه ها محسوب می شود. شکست و آسیب سدهای قوسی مختلف در گوشه و کنار جهان از جمله سد مالپاست در فرانسه به سال ۱۹۵۹ میلادی به علت کاهش مقاومت برشی پی سد موید نقش و اهمیت توجه به پایداری تکیه گاه ها می باشد. با نگاهی به روند توسعه روش های تحلیلی سیستم شامل سد- مخزن- تکیه گاه ها و مقایسه با نتایج ایزاردقیق ملاحظه می گردد سعی شده تا حدودی بر دقت نتایج تحلیلی افزوده شود تا در زمان لازم و با تصمیم گیری درست، از فاجعه های عظیم ناشی از شکست سدها جلوگیری بعمل آید [2]. در مطالعه حاضر سعی شده است با نمودارهای تفسیری که بر اساس نحوه ی آرایش ابزار کشیدگی سنج سد سیمره طراحی و ترسیم شده است، به بررسی میزان نشست لایه های سنگی تکیه گاه پرداخته و تاثیر حرکات تکیه گاه، پی و کرنش سنگ بر بدنه و مقایسه آن با بازشدگی درزه های بین بلوکی پرداخته شود.

موقعیت جغرافیایی طرح سد و نیروگاه سیمره

ساختگاه سد سیمره در ۴۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان دره شهر و در ۶۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان ایلام واقع است. مختصات جغرافیایی آن به طول شرقی ۱۲' ۴۷° و عرض شمالی ۱۷' ۳۳° باشد (شکل ۱). ساختگاه نیروگاه نیز روبروی روستای تلخاب و به فاصله ۱.۵ کیلومتری از ساختگاه سد قرار دارد [3].



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی طرح سد و نیروگاه سیمره [3].

معرفی سد سیمره

سد بتنی دو قوسی سیمره به ارتفاع ۱۳۰ متر از بستر فعلی رودخانه و حدود ۱۸۰ متر از سنگ بستر طراحی شده است. رقوم تاج سد در تراز ۷۳۰ متری از سطح دریاهای آزاد قرار داشته و طول تاج سد ۲۰۲ متر می باشد. حجم مخزن سد ۳,۲ میلیارد متر مکعب می باشد. ترازهای حداکثر سیلاب احتمالی (PMF)، تراز نرمال آب مخزن و تراز سنگ پی بترتیب برابر ۷۳۰، ۷۲۰ و ۵۵۰ متر بالای سطح آب آزاد دریاهاست. سد سیمره دارای ۱۱ بلوک و ۳ تراست بلوک می باشد. عرض سد در پی ۲۶ متر و عرض تاج نیز ۶ متر می باشد [3]. محور سد بر روی یال شمالی طاقدیس راوندی واقع شده (شکل ۲) که به لحاظ زمین شناسی شامل تشکیلات سازند آسماری متشکل از لایه های سنگ آهک و تشکیلات سازند گچساران شامل توده های مارن و گچ می باشد. عملیات اجرایی پروژه از سال ۱۳۷۵ آغاز گردیده است.

زمین شناسی ناحیه ای

محدوده مورد مطالعه بر اساس تقسیمات زمین شناسی ناحیه ای در منطقه زاگرس چین خورده و در بخش جنوب غربی آن واقع شده است. این منطقه از دیدگاه زمین شناسی از رشته کوههای نسبتاً مرتفع با روند کلی شمال غرب- جنوب شرق تشکیل شده است. توالی پشته های سنگی (طاقدیس ها) و نواحی پست و کم- ارتفاع (ناودیس ها) در منطقه به وفور یافت می شود، بطوری که طاقدیس ها از سنگهای مقاوم آهکی و ناودیس ها از سنگهای شکل پذیر و فرسایش پذیر مارنی و گچی انباشته شده اند. گسل های شناخته شده منطقه عموماً موازی با محور طاقدیس ها و در محل یال های آنها بوجود آمده است.



شکل ۱: ریخت شناسی ساختگاه سیمره- طاقدیس راوندی [۱].

ابزار دقیق سد سیمره

به طور کلی رفتارنگاری را می توان مشاهده هدفمند رفتار طبیعی زمین به کمک ابزار دقیق تعریف نمود. به طوری که به کمک ابزار دقیق کلیه عوامل موثر در طراحی و احداث و ایمنی سازه ها تحت کنترل قرار می گیرد. لذا در این راستا ضمن پیشگیری از خطرات احتمالی با تصمیم گیری به موقع از وقوع فجایع جلوگیری بعمل می آید [۴]. در ابتدا شرح مختصری از ابزار دقیق سد سیمره عنوان می گردد.

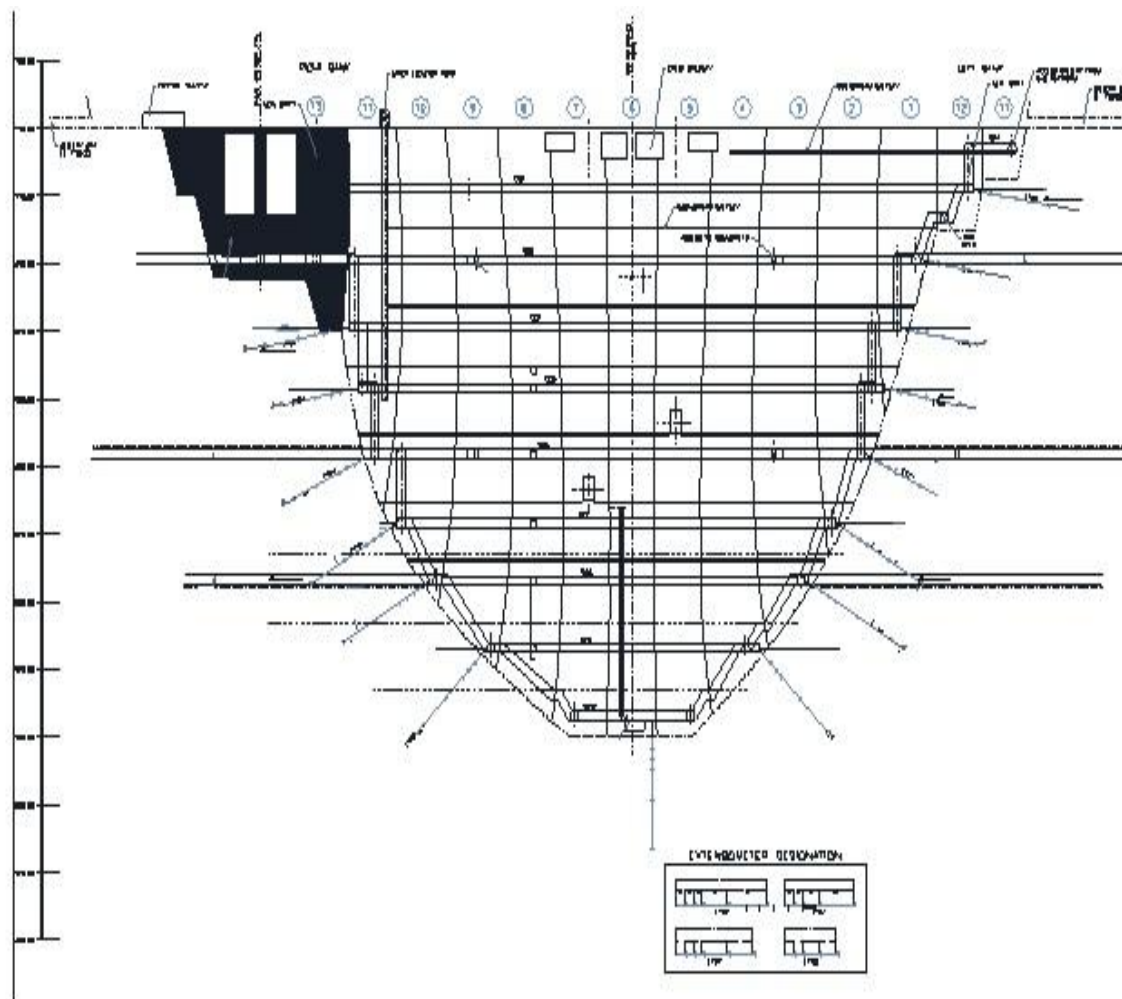
ابزارهایی که برای رفتار نگاری طرح سد و نیروگاه سیمره پیش بینی شده ؛ شامل پاندولهای مستقیم و معکوس، درزسنجهای یک بعدی و سه بعدی مکانیکی و الکتریکی، الکترولول دومحوره (تیلت متر)، شیب سنج مکانیکی، سرریز کالیبره (نشت سنج)، انواع ترمومتر هوا و آب و بتن، کشیدگی سنج با کلگی مکانیکی و الکتریکی- مکانیکی، پیزومتر الکتریکی، پیزومتر کاساگرانده، شتابنگار، فشار برکنش سنج، انواع ترموکوپل نوع K و T، کرنش سنج، ترمینال اکتساب داده های پیرامونی، ایستگاه مولتی پلکسر، سلول فشار سنج، انحراف سنج، بارسنج هیدرولیکی، متر همگرایی، سطح سنج آب و انواع قرائتگرهای مکانیکی و دیجیتالی می باشد. تمامی ابزارهای نصب شده در سد سیمره ساخت شرکت هوگن برگر سوئیس می باشد [۵].

کشیدگی سنج

ابزار کشیدگی سنج معرف جابجایی بین دو نقطه در طول زمان می باشد. کشیدگی سنج ابزاری است که میزان تغییر شکل سنگ را در امتداد طول نشان می دهد و عموماً از چند راد به طول ها مختلف تشکیل شده است که نقطه انتهائی بلندترین راد به عنوان نقطه ثابت می باشد و جابجائی مابقی نقاط نسبت به آن سنجیده می شود. از کاربرد های این ابزار می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- اندازه گیری جابجایی توده سنگ اطراف تونل در اعماق مختلف
- اندازه گیری نشست سازه یا سقف فضاهای زیرزمینی
- کنترل پایداری شیب های طبیعی یا مصنوعی
- اندازه گیری جابجایی در تکیه گاه های سد

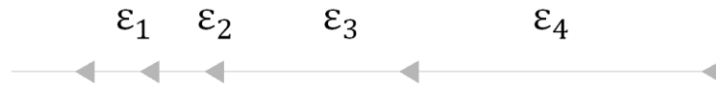
- اندازه‌گیری جابجایی در پایه‌های معدنی
 - اندازه‌گیری جابجایی در آزمایش‌های صحرایی بزرگ مقیاس (مانند تست بارگذاری صفحه‌ای)
 - اندازه‌گیری جابجایی در تونل‌ها و یا شفت‌های اکتشافی بمنظور انجام تحلیل برگشتی و بدست آوردن پارامترهای مکانیکی زمین
 - تخمین ابعاد بلوک‌های سنگی ناپایدار و یا حجم توده‌های خاکی ناپایدار در دیواره و سقف تونل‌ها و یا دامنه شیب‌ها
- تا کنون تعداد ۱۸ عدد ابزار دقیق کشیدگی سنج در بدنه سد و سرریز نصب گردیده است. با توجه به موقعیت و زاویه نصب هر کدام از کشیدگی‌سنج‌ها، داده‌های بدست آمده از ابزار می‌تواند به منظور کنترل جابجایی‌ها در تکیه‌گاه و اندازه‌گیری میزان نشست در پی بکار رود. کشیدگی‌سنج‌های سد سیمره از نوع چهار و پنج نقطه ای هستند. (شکل ۵) موقعیت نصب کشیدگی‌سنج‌های سد سیمره را نشان می‌دهد.



شکل ۵: موقعیت کشیدگی‌سنج‌های سد سیمره

فرضیه‌ها و نحوه محاسبات

در این پژوهش از دو نرم افزار اتوکد و اکسل برای ساخت نمودارها استفاده شده است. اطلاعات ازبیلست شده کشیدگی‌سنج‌های بدنه به همراه فایل قرائت‌ها و روابط ریاضی بگونه ای با هم لینک شده اند که تنها با وارد نمودن تاریخ مورد نظر نمودار مربوط به تغییرات کرنش سنگ، در پی و تکیه‌گاه ترسیم می‌گردد. کرنش محاسبه شده با توجه به نوع کشیدگی‌سنج در چهار و یا پنج نقطه توده سنگ بر اساس نقاط‌گیری‌داری محاسبه و اعمال شده است. جهت ترسیم نمودار، میزان کرنش هر راد بصورت جداگانه محاسبه شده پس از آن با جمع تمامی تغییرات هر راد کشیدگی‌سنج، کرنش آن ناحیه بدست آمده است. در زیر نحوه محاسبه‌ی کرنش را مشاهده می‌کنید.



$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (1-1)$$

$$\varepsilon_{total} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 \quad (2-1)$$

در رابطه (۱-۱) Δl میزان تغییرات ثبت شده توسط ابزار دقیق کشیدگی سنج و l طول هر راد می باشد. نمودار درزسنج های بدنه نیز به همان سبکی که برای ساخت نمودارهای کشیدگی سنج انجام شده است طراحی آن صورت گرفته است. نمودارهای ترسیم شده دارای مقیاس می باشند که کارشناس می تواند بسته به نیاز و با توجه به تحلیل مقدار آن را تغییر دهد.

نتایج تحلیل

جهت انجام تحلیل از ۶ زمانی که تراز مخزن در دوره ی آبیگری دارای کمترین و بیشترین میزان تغییرات است استفاده شده است (جدول ۱). همچنین دو زلزله که در تاریخ 2012-04-19 و 2014-08-18 بترتیب به بزرگی ۴ و ۶٫۱ ریشتر رخ داده نمودارهای آن مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۲).

جدول ۱: تاریخ های انتخاب شده به منظور انجام تحلیل به همراه تراز آب بالا دست و پایین دست

ROW	DATE	Reservoir (U/S) m.a.s.l	Tail water (D/S) m.a.s.l	Reservoir conditions
DATE1	2011-11-29	636.58	602.10	Lowest level
DATE2	2012-05-12	659.96	602.10	
DATE3	2013-12-05	632.92	602.10	
DATE4	2014-05-27	667.33	602.10	Middle level
DATE5	2015-10-25	676.45	602.50	
DATE6	2016-06-07	704.46	602.20	The highest level

جدول ۲: زلزله های به وقوع پیوسته به همراه تراز آب بالادست و پایین دست

DATE	Earthquake (E)	Reservoir (U/S) m.a.s.l	Tail water (D/S) m.a.s.l
2012-04-19	4	655.82	602.10
2014-08-18	6.1	667.13	601.20

(نمودار ۱) کرنش وارد شده از سنگ تکیه گاه و پی، به بدنه را نشان می دهد. همان گونه که ملاحظه می گردد نمودار شامل شش تاریخ است که با توجه به (جدول ۱) ترسیم شده است.

در حالت کلی همان گونه که ملاحظه می گردد ناحیه علامت گذاری شده شماره ۱ که در تکیه گاه چپ می باشد در تمامی تاریخ ها و حالات، کرنش فشاری را نشان می دهد. در (جدول ۳) وضعیت کرنش ها در ناحیه ۱ عنوان شده است.

جدول ۳: وضعیت کرنش ها در ناحیه ۱

ROW	DATE	Reservoir (U/S) m.a.s.l	Type strain	The amount of mm/m (strain)
DATE1	2011-11-29	636.58	Pressure	0.21
DATE2	2012-05-12	659.96	Pressure	0.19
DATE3	2013-12-05	632.92	Pressure	0.14
DATE4	2014-05-27	667.33	Pressure	0.14
DATE5	2015-10-25	676.45	Pressure	0.11
DATE6	2016-06-07	704.46	Pressure	0.04

در ناحیه شماره ۲ تاریخ اول تا سوم کرنش کششی و در تاریخ چهارم تا ششم کرنش فشاری ثبت شده است. این وضعیت را می توان با توجه به شرایط مخزن تفسیر کرد. در تاریخ های ۱ تا ۳، زمانی که تراز مخزن پایین است لایه های سنگ تکیه گاه در کشش بوده اما با بالا آمدن تراز آب رفته رفته لایه های سنگی تحت فشار وارده، نیروی القایی مخزن را به بدنه سد وارد می کنند که نمودار تاریخ های چهارم به بعد موید این نکته است. تمامی موارد ذکر شده برای ناحیه ۴ نیز صدق می کند. (جدول ۴ و ۵) وضعیت کرنش ها در ناحیه ۲ و ۴ را نشان می دهد.

جدول ۴: وضعیت کرنش ها در ناحیه ۲

ROW	DATE	Reservoir (U/S) m.a.s.l	Type strain	The amount of mm/m)(strain
DATE1	2011-11-29	636.58	Tensional	0.07
DATE2	2012-05-12	659.96	Tensional	0.07
DATE3	2013-12-05	632.92	Tensional	0.09
DATE4	2014-05-27	667.33	Pressure	0.10
DATE5	2015-10-25	676.45	Pressure	0.14
DATE6	2016-06-07	704.46	Pressure	0.12

جدول ۵: وضعیت کرنش ها در ناحیه ۴

ROW	DATE	Reservoir (U/S) m.a.s.l	Type strain	The amount of mm/m)(strain
DATE1	2011-11-29	636.58	Tensional	-0.11
DATE2	2012-05-12	659.96	Tensional	-0.05
DATE3	2013-12-05	632.92	Pressure	-0.06
DATE4	2014-05-27	667.33	Pressure	-0.08
DATE5	2015-10-25	676.45	Pressure	-0.20
DATE6	2016-06-07	704.46	Pressure	-0.21

در ناحیه ۳ کشیدگی سنج های پی سد با توجه به وضعیت قرارگیری کرنش فشاری را تجربه نموده اند. (جدول ۶) نوع کرنش و مقادیر کرنش وارده به پی سد را نشان می دهد.

ناحیه شماره ۵ نیز با توجه به موقعیت سرریز، در تاریخ اول و دوم حالت کششی و در سایر تاریخ ها حالت فشاری را نشان می دهد. با توجه به نمودار ۱ این گونه می توان استنباط نمود که در دوره ی پیش از آبیگری و عدم اعمال هیچ گونه فشاری از سوی مخزن به تکیه گاه ها، شاهد کرنش کششی لایه های سنگ در ناحیه ۵ هستیم.

جدول ۶: وضعیت کرنش ها در ناحیه ۳

ROW	DATE	Reservoir (U/S) m.a.s.l	Type strain	The amount of mm/m)(strain
DATE1	2011-11-29	636.58	Pressure	0.02
DATE2	2012-05-12	659.96	Pressure	0.03
DATE3	2013-12-05	632.92	Pressure	0.04
DATE4	2014-05-27	667.33	Pressure	0.06
DATE5	2015-10-25	676.45	Pressure	0.07
DATE6	2016-06-07	704.46	Pressure	0.09

پس از شروع آبیگری و رفته رفته با بالا آمدن تراز آب، فشار مخزن به تکیه گاه ها اعمال شده و به طبع آن لایه های سنگی تکیه گاه فشار اعمالی را به بدنه وارد می سازند. (جدول ۷) میزان کرنش وارده به ناحیه ۵ را نشان می دهد.

جدول ۷: وضعیت کرنش ها در ناحیه ۵

ROW	DATE	Reservoir (U/S) m.a.s.l	Type strain	The amount of mm/m)(strain
-----	------	----------------------------	-------------	-------------------------------

DATE1	2011-11-29	636.58	Tensional	-0.01
DATE2	2012-05-12	659.96	Tensional	-0.01
DATE3	2013-12-05	632.92	Pressure	0.07
DATE4	2014-05-27	667.33	Pressure	0.05
DATE5	2015-10-25	676.45	Pressure	0.13
DATE6	2016-06-07	704.46	Pressure	0.16

(نمودار ۲) طبق اطلاعات تاریخ هایی که در (جدول ۸) آمده ترسیم شده است. این نمودار با توجه به زلزله هایی که در دو تاریخ 2012-04-19 و 2014-08-18 رخ داده، وضعیت کرنش وارده به بدنه سد را نشان می دهد.

جدول ۸: زمان های انتخاب شده به همراه تاریخ رخداد زمین لرزه بمنظور انجام تحلیل به همراه تراز آب بالا دست و پایین دست

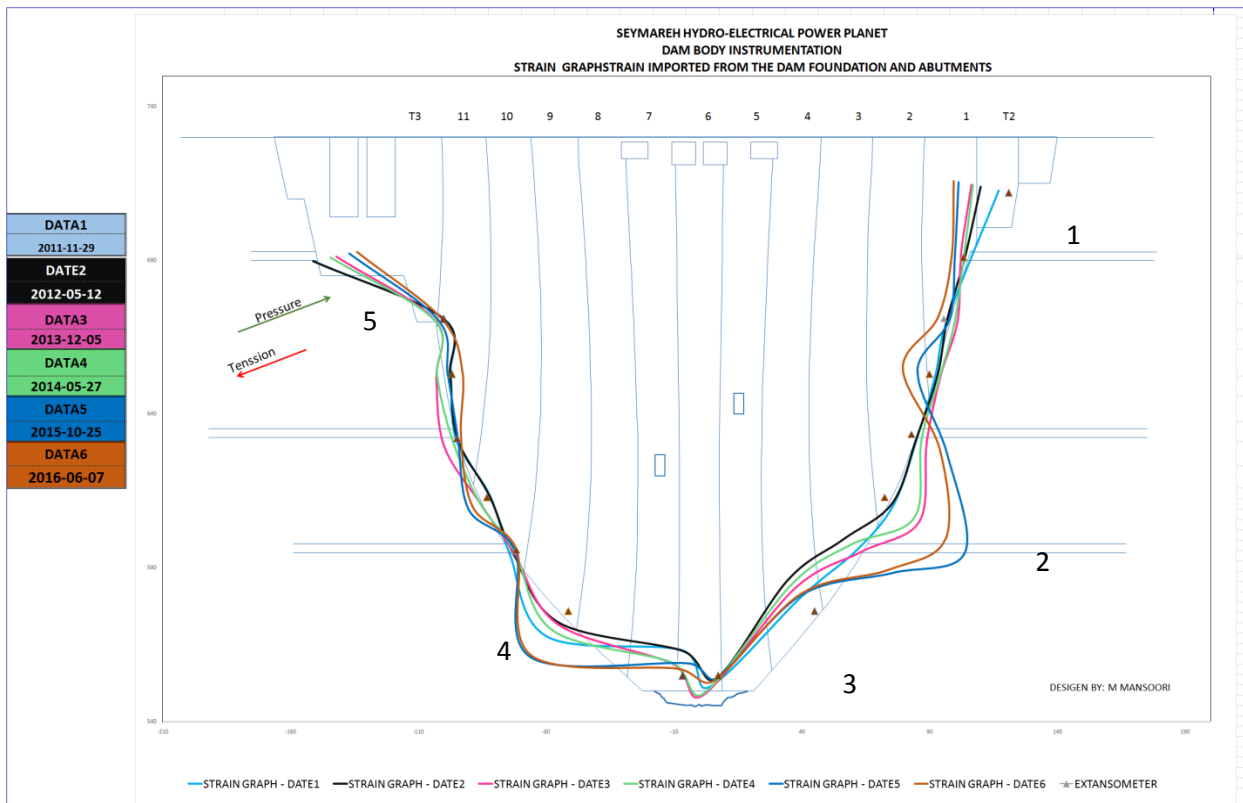
ROW	DATE	Reservoir (U/S) m.a.s.l	Tail water (D/S) m.a.s.l	Reservoir conditions	Earthquake (E)
DATE1	2011-11-29	636.58	602.10	Lowest level	
DATE2	2012-04-19	655.82	602.10		4
DATE3	2013-12-05	632.92	602.10		
DATE4	2014-08-18	667.13	601.20	Middle level	6.1
DATE5	2015-10-25	676.45	602.50		
DATE6	2016-06-07	704.46	602.20	The highest level	

با توجه به نمودار ۲ که تاریخ های زلزله در آن اعمال شده است تغییر چندانی را نسبت به نمودار ۱ مشاهده نمی شود. تنها در ناحیه ۲ میزان کرنش فشاری در تاریخ چهارم به میزان 0.09mm/m افزایش داشته است.

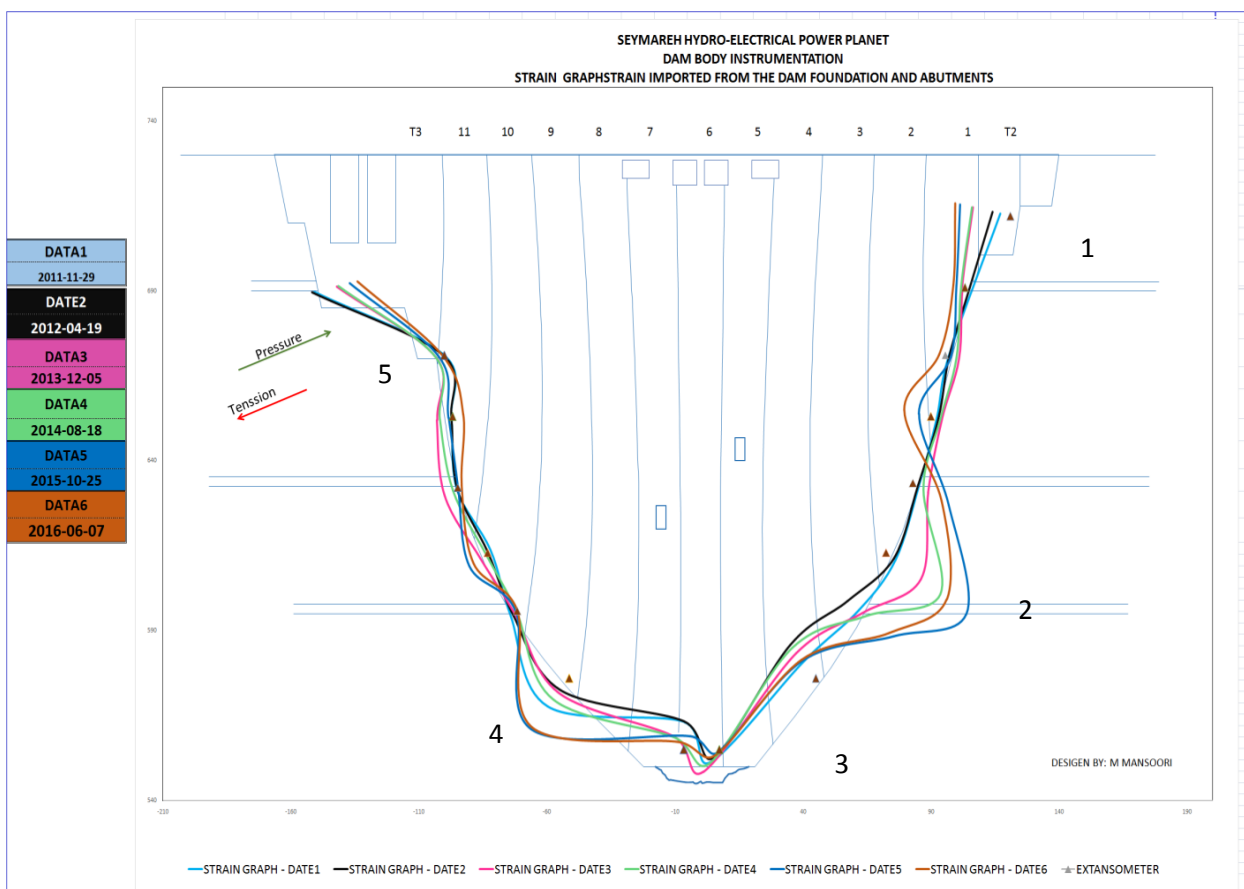
بررسی نتایج کشیدگی سنج

یکی از مهم ترین رفتارهای سدهای بتنی، تغییر شکل هایی است که هم در دوران ساخت و هم پس از آن در داخل و خارج بدنه سد اتفاق می افتد که در صورت عدم کنترل آن می تواند پایداری و یا کارایی سد را به مخاطره بیندازد. وضعیت درزه های بین بلوکی نیز با توجه به تغییرات کرنش و جابجایی لایه های سنگی تغییر می کند. هر زمان که تغییرات، کرنش فشاری را نشان می دهد ابزار دقیق درزسنج بسته شدن درزه یا وضعیت رو به بسته شدن درزه بین بلوکی را نشان می دهد. بالعکس این وضعیت در زمانی که ابزار دقیق کشیدگی سنج وضعیت کششی را نشان می دهد اتفاق می افتد، که در این حالت درزه های بین بلوکی بازشدگی را نشان می دهند.

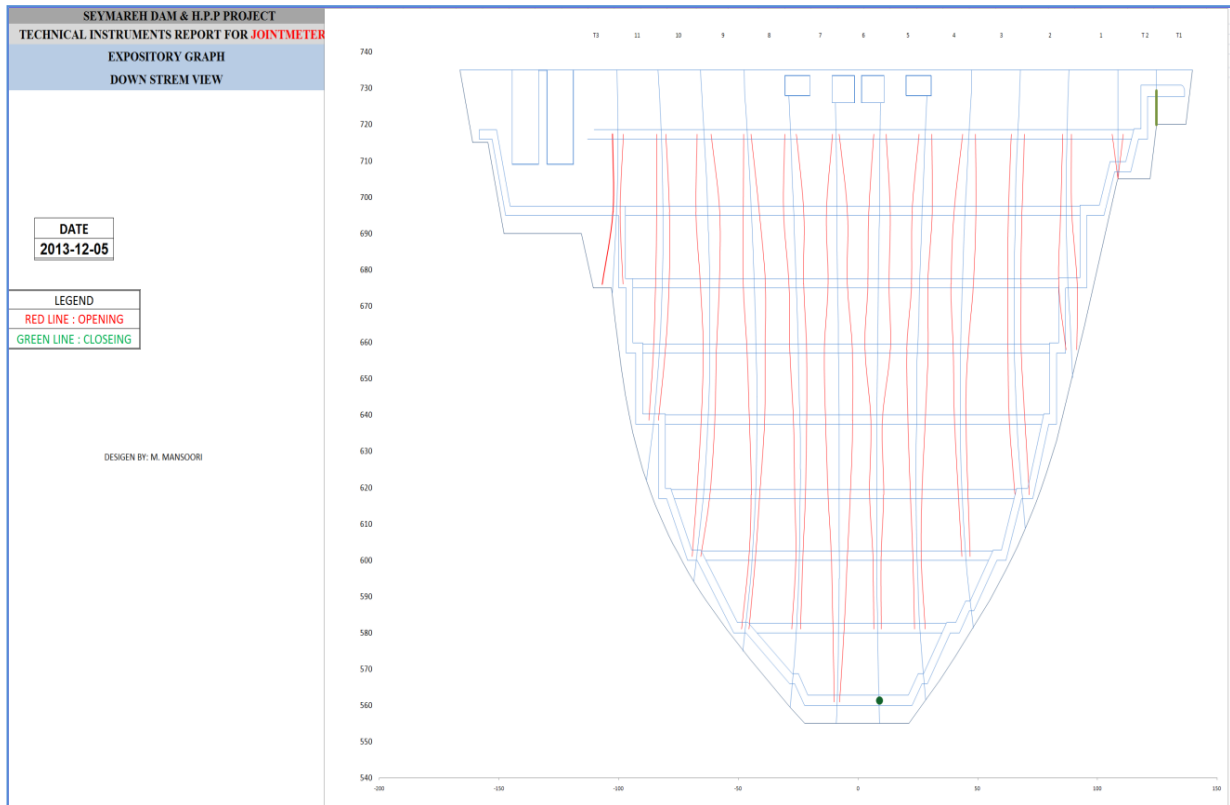
(نمودار ۳ و ۴) وضعیت درزه های بین بلوکی سد سیمره در دو تاریخی که مخزن سد حد میانه و بالاترین تراز را تجربه نموده ترسیم گردیده است. درزه بین بلوکی T1/T2 و 5/6 در تمامی تاریخ ها حالت بسته شدگی را نشان می دهند که همان گونه که بررسی شد کرنش این نواحی در تمامی تاریخ ها از نوع فشاری بوده است. بررسی نمودار ۳ و ۴ نشان می دهد که با وجود اینکه نمودار باز بودن درزه را نمایش می دهد ولی درزه ها، سیر بسته شدن را نشان می دهند.



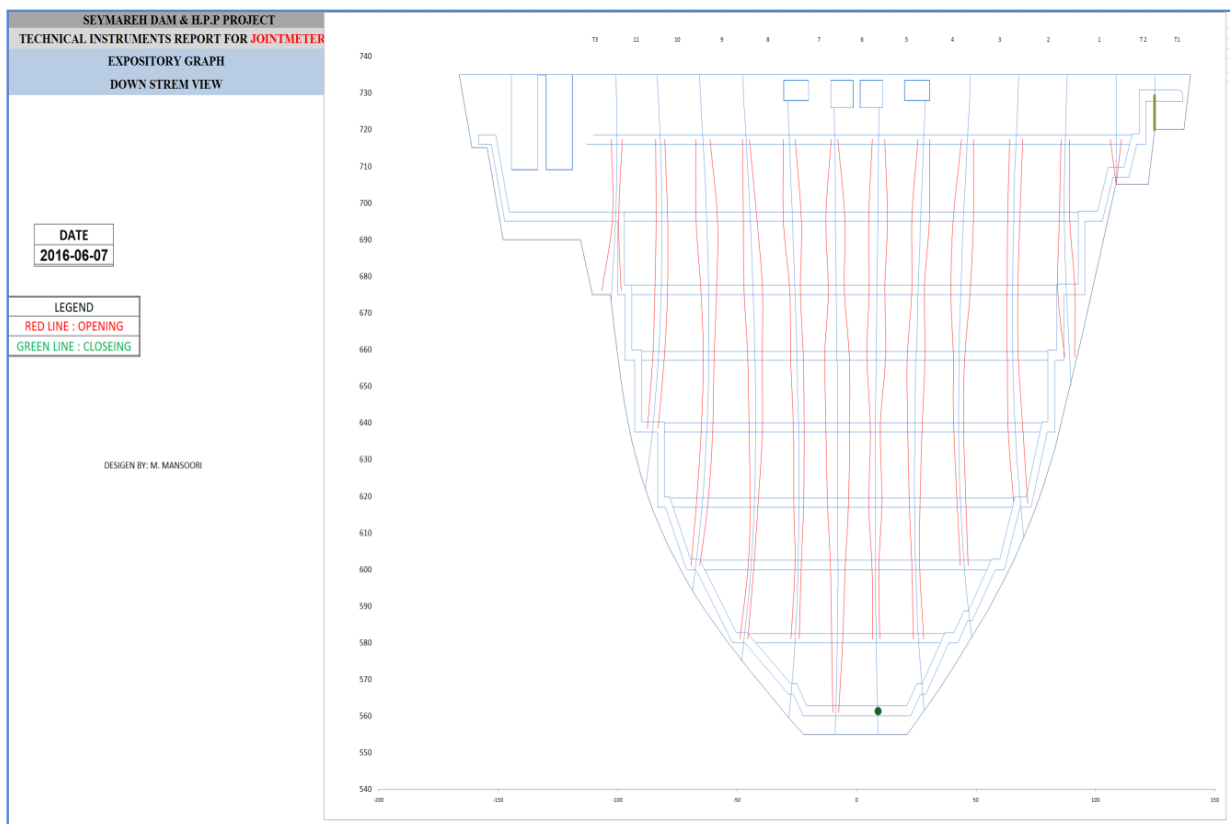
نمودار ۱: کرنش وارده از تکیه گاه ها و پی به بدنه سد



نمودار ۲: کرنش وارده از تکیه گاه ها و پی به بدنه سد



نمودار ۳: وضعیت درزسنج های بدنه سد



نمودار ۴: وضعیت درزسنج های بدنه سد

نتایج

- طبق بررسی های صورت پذیرفته (نمودار ۱ و ۲) و با توجه به وضعیت نصب و داده های حاصل از ابزار دقیق کشیدگی سنج، بیشترین نوسان تغییرات در ناحیه ۲ و ۴ می باشد.
- با توجه به داده های ابزار دقیق کشیدگی سنج، از زمان شروع آبیگری تاکنون رفتار غیر طبیعی و بدور از انتظاری از وضعیت تکیه گاه، پی و بدنه مشاهده نشده است. در زمان وقوع زلزله ۶،۱ ریشتری نیز وضعیت لایه بندی تغییر محسوسی نداشته و وضعیت درزه های سنگی و بین بلوکی در حد نرمال در نوسان بوده است و تاکنون نیز این روند با توجه به تغییرات فصول و تراز مخزن در حال سپری کردن سیر طبیعی خود می باشد.
- درز سنج های نصب شده بر روی درزه های بین بلوکی نیز، رفتاری هماهنگ و همراه با نوسان تراز مخزن و تغییرات فصلی از خود نشان می دهند. البته این تغییرات متناسب با تغییرات ابزار دقیق کشیدگی سنج می باشد.
- با توجه به نمودارهای طراحی شده می توان وضعیت کشیدگی سنج ها و درز سنج های نصب شده را بصورت پیوسته کنترل کرد. همچنین می توان نمودارهای تفسیری تهیه شده را بسط و گسترش داد و رفتار چندین ابزار را تواما با هم کنترل کرد.

منابع و مراجع

- [1] Ahmad mohammad Taghi and et al, 2002. "Numerical analysis of jointed rock mass behavior of arch dam abutment". Amir Kabir, 13(51), Summer, pp. 453-456
- [2] Adel ferdosi and et al, 2012. "The impact of in-situ stress Hey, modeling discontinuities and boundary conditions suitable anchor the appropriate boundary stone pillar in the analysis of concrete arch dams". Journal of Civil and Environmental Engineering, 42(4), Winter, pp.69-80
- [3] IRAN Water & Power Resources Development Co, Seymareh Dam.,2006.,Panel of experts seymareh dam foundation. Seymareh Dam site.pp1-2
- [4] Shahverdilu, MR, 2002, "instrumentation and monitoring in Mining Engineering", Tehran, Moshanir pp 45-47
- [5] Company Munir, analytical report in June 2016, reported analytical instrumentation, Number 1, June, pp 4 to 5