



## بررسی رفتار نگاری و عملکرد ابزار دقیق سد سنگریزه‌ای مارون

### در یک دوره بهره‌برداری

آرش آذرآبادی، کارشناس بهره‌برداری از سد و شبکه

علیرضا علیزاده مجدی (نویسنده مسئول)، گروه مهندسی عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

alimajdii@yahoo.com

#### چکیده

اطمینان از رفتار مناسب سدهای خاک ریزه در شرایط مختلف دوران ساخت، آبیگری و بهره‌برداری با توجه به خطرات جدی ناشی از شکست سد از یک طرف وجود عدم قطعیت‌های متعدد در مبانی، فرضیات و پارامترهای طراحی این سدها از طرف دیگر امری مهم و اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. رفتار نگاری سدها با کمک نتایج قرائت ابزار دقیق سدها به منظور نیل به این هدف می‌باشد. سد سنگریزه‌ای مارون در ۱۹ کیلومتری شهرستان بهبهان در استان خوزستان با ارتفاع از پی ۱۶۵ متر یکی از سدهای مرتفع ایران می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است در یک دوره بهره‌برداری از سد (انتهای سال پنجم بهره‌برداری) و با توجه به حجم زیاد داده‌های ابزار دقیق این سد و پس از ترسیم نمودارهای مربوط به تغییرات برخی از پارامترهای مهم از قبیل نشست، فشار منفدی و تنش کل، کرنش و نشست آب، به بررسی و ارزیابی رفتار سد پرداخته شود.

**کلمات کلیدی:** سد سنگریزه‌ای، ابزار دقیق، رفتار نگاری، مارون.



## Study of Behavioral and Performance in Maroon Rockfill Dam with using Instrumentation in Operation Period

Arash Azar Abadi, Bs.c. of Irrigation and Drainage of Dam  
Alireza Alizadeh Majdi (Corresponding author), Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran  
[alimajdii@yahoo.com](mailto:alimajdii@yahoo.com)

### Abstract

*Ensuring proper behavior of rockfill dams in several conditions such as during construction, dewatering and operation with considering serious damages due to failure of the dam and existence of multiple uncertainties in basics, assumptions and design parameters of dam is important object and inevitable. Main idea of this paper is study of behavioral dams with using instrumentations. Maroon rockfill dam is located in 19 kilometers of behbahan city in Khuzestan province. This dam with 165 meter heigth is one of the high dams in Iran. In this research in five years of operation period behavioral of Maroon dam was performed. With considering numerous data of instrumentations in dam with design diagrams for important parameters such as settlement, pore water pressure, total stress, strain and water leakage behavior of dam was evaluated.*

**Keywords:** *Rockfill Dam, Instrumentations, Behavioral, Maroon Dam.*



## ۱- مقدمه

واقعی سد بوده و نتایج حاصله را می‌توان در تعمیم اطلاعات مربوط به بخش‌هایی از بدنه که در آن‌ها ابزار دقیق وجود ندارد بکار برد. بدیهی است در صورت مغایرت نتایج قرائت با پیش‌بینی‌ها با انجام پایش روی پارامترهای مربوطه و اخذ اطلاعات تکمیلی لازم است به‌طور جدی به دنبال علت یا عوامل دخیل در موضوع بود. به‌طور کلی اهداف رفتار نگاری را در سه مورد زیر می‌توان خلاصه نمود:

- بررسی و ارزیابی روش‌های طراحی و تحلیل
- ایجاد امکان هشدار به‌منظور جلوگیری از شکست احتمالی سد و کاهش خسارت
- تأمین اطلاعات لازم جهت انجام تعمیرات و نگهداری سازه‌های سد در زمان بهره‌برداری

## ۲- مشخصات سد مارون

سد مارون از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی در استان خوزستان، ۲۲۰ کیلومتری اهواز و ۱۹ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بهبهان در تنگ تکاب در کوه‌های زاگرس و یال شمالی طاق‌دیس خاویز بر روی رودخانه مارون احداث شده است. مطالعات این سد در طول سال‌های ۱۳۴۵ الی ۱۳۶۵، عملیات اجرایی آن در سال‌های ۱۳۶۶ الی ۱۳۷۸ انجام شده و آگیری این سد در اردیبهشت‌ماه ۱۳۷۸ آغاز گردیده است. نمای کلی و موقعیت جغرافیایی سد در شکل شماره ۱ و اطلاعات کلی سازه‌ای آن در جدول ۱ ارائه شده است. [۱].

سدهای خاک ریزه‌ای (خاکی - سنگریزه‌ای) مجموعه‌ای از عوامل زیر باعث بروز عدم قطعیت در فرضیات و مبانی اتخاذ شده برای انجام تحلیل و طرح سد می‌گردند:

۱- عدم برآورد دقیق پارامترها و خصوصیات رفتاری مصالح به لحاظ تعدد عوامل مؤثر در آن

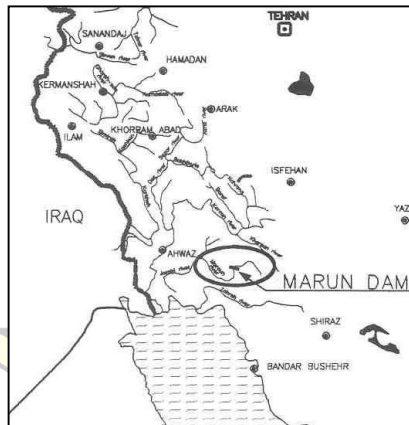
۲- کوچک بودن ابعاد نمونه‌های مورد استفاده در آزمایش در مقایسه با ابعاد واقعی دانه‌ها

۳- پیچیدگی رفتار سازه در شرایط مختلف بارگذاری (حین ساخت، آگیری، افت سریع و شرایط تراوش پایدار)

۴- کمبود داده‌های آماری مورد نیاز طراحی

۵- ضعف مدل‌های عددی و رفتاری رایج در تحلیل و طراحی مهندسی سازه‌های ژئوتکنیکی

اهمیت سازه سد به لحاظ تأمین هر چه بیشتر ایمنی آن و میزان ریسک‌پذیری بالای ناشی از شکست سد، لزوم کنترل مداوم رفتار این سازه‌ها را ایجاب می‌کند. این کنترل با اندازه‌گیری تغییرات پارامترهای رفتاری سد از قبیل نشست، فشار آب منفذی و تنش‌ها تحت اثر بارهای وارده واکنش سازه نسبت به آن صورت می‌گیرد. از مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده این پارامترها با مقادیر پیش‌بینی شده منتج از تحلیل‌ها، واکنش رفتاری سد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در صورتی که داده‌های حاصل از رفتار نگاری سد با نتایج پیش‌بینی شده تطابق داشته باشد می‌توان نتیجه گرفت که آنالیز انجام شده گویای رفتار



شکل (1): نمای کلی و موقعیت سد مارون

جدول 1: مشخصات کلی سد مارون

۱۲۰۰ mcm	حجم مخزن	سنگریزه‌های با هسته رسی	نوع سد
۵۰۵ msl	تراز نرمال	۱۶۵ متر	ارتفاع از پی
۵۱۵ msl	تراز تاج سد	۱۵۱/۱ متر	ارتفاع از بستر
۵۱۴/۸۵ msl	تراز حداکثر سیلاب	۳۴۵ متر	طول تاج
۵۰۰ m <sup>3</sup> /s	ظرفیت تخلیه عمقی	۱۵ متر	عرض تاج
۱۰۸۰۰ m <sup>3</sup> /s	ظرفیت سرریز	۱۱۰ متر	عرض در پی
شوت دریاچه دار	نوع سرریز	۶۲۰ متر	عرض در بستر

اهداف سد مارون عبارت‌اند از:

الف- تامین آب موردنیاز ۵۰۰۰۰ هکتار از اراضی دشت‌های بهبهان، جایزان، خلف آباد و شادگان

ب- مهار، کنترل سیلاب و تنظیم جریان‌های رودخانه مارون

ج- تولید ۳۸۰ گیگاوات ساعت انرژی سالیانه

### ۳- وضعیت زمین‌شناسی ساخت گاه سد

طاقدیس خاویز را قطع می‌کند، قرار گرفته است. در پایین‌دست تنگه محل سد به طرف محور طاقدیس، رسوبات رسی و مارنی قرار گرفته‌اند. سنگ‌های آهکی سازند آسماری که ضخامت آن در این بخش بالغ بر ۳۷۰ متر تخمین زده می‌شود، پی سد و سازه‌های وابسته آن را تشکیل می‌دهد.

محدوده طرح مارون در جنوب غربی کوه‌های زاگرس واقع شده است. رسوبات اصلی این منطقه با برآورد ضخامت تا چندین هزار متر، به طور عمده شامل سنگ‌آهک، مارن، شیل، ژپس، ماسه‌سنگ و کنگلومرا می‌باشد. محل سد در تنگه بالادست (تکاب) رودخانه مارون، جائیکه رودخانه سنگ‌های آهک آسماری تشکیل‌دهنده یال شمالی



#### ۴- ابزار دقیق سد مارون

وضعیت و نحوه قرائت کل ابزار نصب شده در جدول شماره ۳ ذکر شده است. در کل ۷۳ درصد از ابزار نصب شده سالم و قابل قرائت می باشند. هدف نصب ابزارهای مذکور به طور خلاصه تعیین مقادیر پارامترهای زیر می باشد:

- تعیین فشار آب منفذی
- کرنش هسته
- اندازه گیری آب های نفوذی از پرده تزریق و تکیه گاه ها
- اندازه گیری حرکات جانبی و قائم گالری تزریق
- تعیین تنش کل
- میزان انحراف بدنه و نشست آن

ابزار دقیق سد مارون از شرکت انگلیسی SOIL INSTRUMENT تأمین شده و زیر نظر این شرکت نصب و راه اندازی شده است. کلیه دستگاه های رفتار نگاری سد مارون در پنج مقطع عرضی بدنه و پی توزیع شده است. این مقاطع به ترتیب از تکیه گاه چپ به راست عبارتند از ۲-۲، ۵-۵، ۹-۹، ۱۲-۱۲، ۱۵-۱۵. همچنین به منظور تعیین حرکات سطحی و ارتفاعی بدنه شبکه ای از نقاط نشانه روی بدنه ایجاد شده است که با انجام عملیات دقیق نقشه برداری اندازه گیری مختصات نقاط نشانه صورت می گیرد. توزیع و نوع ابزارهای نصب شده در مقاطع مذکور در جدول شماره ۲ ارائه شده است. همچنین تعداد،

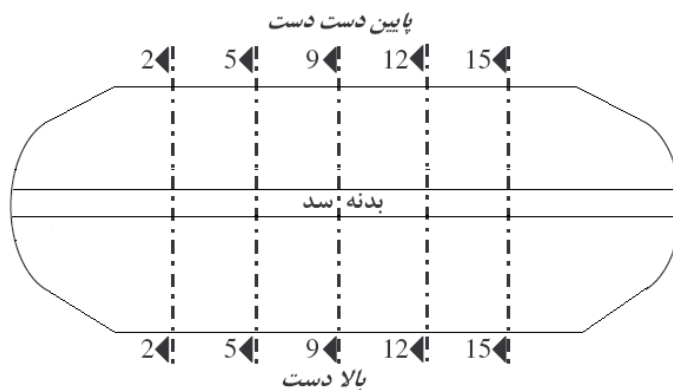
جدول ۲: توزیع ابزار منصوبه در مقاطع پنج گانه سد مارون

شماره مقطع	فشارسنج	پیزومتر الکتریکی	پیزومتر SP	انحراف سنج
۲-۲	۲۵	۱۰	۶	۱
۵-۵	۳	۲۰	۷	۳
۹-۹	۳۶	۲۲	۴	۴
۱۲-۱۲	۳۵	۱۵	۴	۳
۱۵-۱۵	۲۵	۹	۸	۲
جمع	۱۲۴	۷۶	۲۹	۱۳

جدول ۳: تعداد وضعیت کل ابزار دقیق سد مارون

نام ابزار	تعداد	دوره قرائت	نام ابزار	تعداد	دوره قرائت
گمانه های هیدرولوژیکال	۱۱	یک بار در هفته	فشارسنج الکتریکی	۱۲۴	۲ بار در هفته
درز سنج	۲۳	یک بار در هفته	پیزومتر الکتریکی	۷۶	۲ بار در هفته
پیزومتر الکتریکی کنترلی	۹	۲ بار در هفته	پیزومتر سنگ پی	۱۰	۲ بار در هفته
ژئواسکن	۱	۲ بار در هفته	کرنش سنج	۵۸	۲ بار در هفته
اشل اندازه گیری رقوم دریاچه	۱	۲ بار در روز	پیزومتر قائم	۳۳	یک بار در هفته
دبی سنج گمانه های زهکش	۹	نصب نشده اند	انحراف سنج	۱۳	یک بار در هفته





شکل (۲): پلان شماتیک موقعیت مقاطع ابزاربندی سد

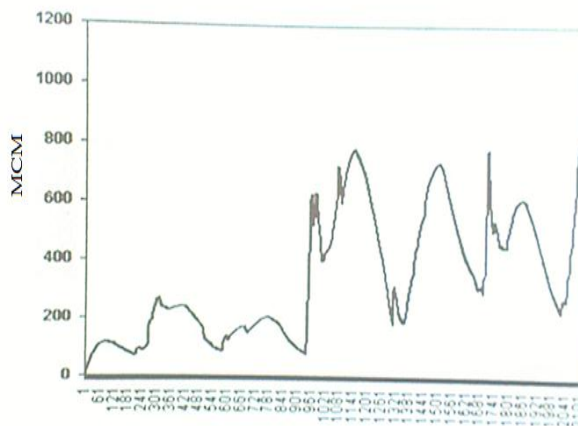
## ۵- بررسی نمودارها و رفتار نگاری سد در پایان سال پنجم بهره‌برداری

### ۵-۱- جابجایی‌های قائم بدنه سد

جابجایی‌های قائم (نشست و احیاناً تورم) در هر نقطه از هسته رسی با کمک نصب صفحات مغناطیسی در آن نقطه قابل تعیین می‌باشد. بدین ترتیب که تراز نصب هریک از صفحات مغناطیسی نشست سنج در هنگام نصب توسط عملیات دقیق نقشه‌برداری قرائت می‌گردد. این صفحات در فاصله ۳ الی ۵ متری در امتداد لوله قرائت و در ارتفاع کل هسته در مقاطع موردنظر ابزاربندی اجرا گردیده‌اند. در لحظه قرائت موقعیت جدید هر صفحه که متناسب با جابجایی آن نقطه تغییر نموده توسط دستگاه نشست سنج تعیین گردیده و با به دست آمدن تراز صفحه و مقایسه با تراز قبلی آن جابجایی نقطه نصب صفحه به دست می‌آید. اطلاعات هر نشست سنج به صورت دو سری نمودار رسم گردید. در سری اول نمودارها، تغییرات نشست صفحات در طول لوله قرائت (ارتفاع هسته) در زمان‌های مختلف ترسیم و مورد ارزیابی قرار گرفت.

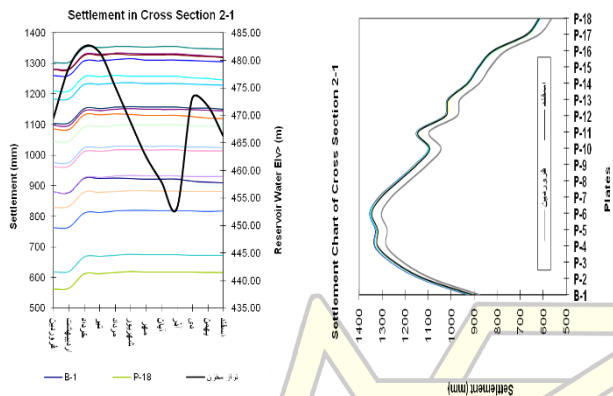
به‌عنوان نمونه نمودار مربوط به نشست سنج شماره ۱ مقطع ۲ در شکل ۳ ارائه شده است. سری دوم نمودارها بر اساس تغییرات نشست یک صفحه نسبت به زمان و در مقایسه با تغییرات تراز آب مخزن رسم گردید. به‌عنوان نمونه در شکل ۴ نتایج مربوط به نشست سنج شماره ۱ در مقطع ۲

قبل از پرداختن به تغییرات برخی از پارامترهای مهم رفتار نگاری، لازم است به وضعیت تغییرات تراز و حجم مخزن سد در دوره موردبررسی توجه گردد. تغییرات حجم در شکل ۳ ارائه شده است. چنانچه ملاحظه می‌گردد حداکثر حجم مخزن در این دوره ۱۰۶۸/۵۷ میلیون مترمکعب، متوسط آن ۳۴۹/۳۹ میلیون مترمکعب و حداکثر تراز آب مخزن ۴۹۹/۴۵ متر از سطح دریا و متوسط آن ۴۵۱/۲ متر از سطح دریا بوده است.



روز از آنگیری

شکل (۳): تغییرات حجم آب مخزن



ابزاربندی را نشان می‌دهد. با توجه به حجم زیاد داده‌ها و نمودارهای حاصله، مقادیر حداکثر نشست صفحات به همراه تراز و عمق قرارگیری و حداکثر نشست پیش‌بینی شده در مقطع مربوطه در جدول ۴ جمع‌بندی و ارائه شده است. چنانچه ملاحظه می‌گردد بیشترین نشست مربوط به صفحات واقع در بخش میانی ارتفاع هسته می‌باشد که با مبانی تئوری رفتار نشست تحکیم در داخل هسته مطابقت دارد. همچنین روند تغییرات نشست هر صفحه نسبت به زمان کاهش یافته و به‌مرورزمان به حالت پایداری می‌رسد.

شکل (۴): تغییرات مقادیر نشست هسته رسی بر اساس نتایج صفحات نشست سنج الف) تغییرات نشست نسبت به عمق هسته (ب) تغییرات نشست نسبت به زمان و تغییرات تراز مخزن

جدول ۴: خلاصه بیشترین نتایج نشست سنج‌ها

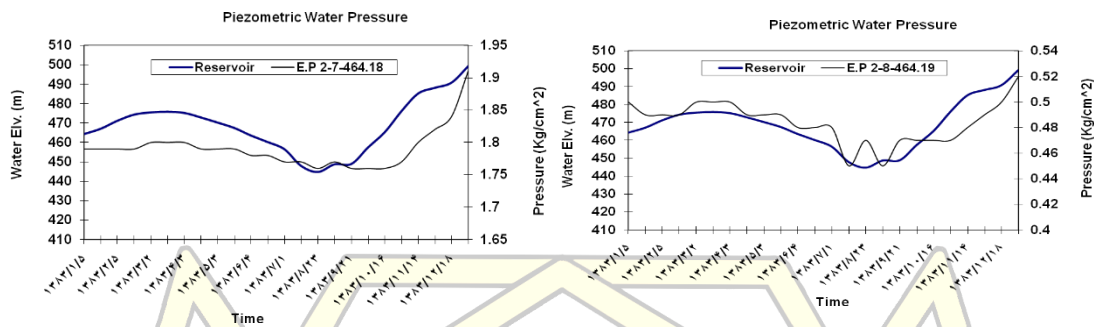
شماره مقطع	شماره ابزار	مقدار نشست پیش‌بینی حداکثر (متر)	مقدار نشست حداکثر (متر)	عمق صفحه (متر)	تراز masl
۲-۲	S(۲-۱)	۱/۳۴۶	۱/۳۶۴	۴۱	۴۷۴
۵-۵	S(۵-۲)	۲/۲۲۴	۲/۲۳۱	۴۴	۴۷۱
۹-۹	S(۹-۲)	۲/۲۹۹	۲/۳۲۰	۸۳	۴۳۲
۱۲-۱۲	S(۱۲-۳)	۰/۹۳۰	۰/۹۹۴	۶۵	۴۵۰
۱۵-۱۵	S(۱۵-۱)	۱/۱۸۵	۱/۲۱۵	۴۰	۴۷۵

آب منفذی پیژومترهای داخل فیلتر بالادست تقریباً با افت کمی از تغییرات تراز مخزن تبعیت می‌کند درحالی‌که این تغییرات در پیژومترهای منصوبه در داخل فیلتر پایین‌دست تقریباً صفر می‌باشد که حاکی از عملکرد مناسب فیلتر می‌باشد (شکل ۶). پس از رسم نمودار تغییرات نتایج فشارسنج‌های نصب‌شده در مجاورت پیژومترهای الکتریکی و محاسبه نسبت فشار آب منفذی  $R_{II}$  ملاحظه می‌گردد مقادیر نسبت‌ها پایین بوده که نشانگر اطمینان کافی سد در مقابل گسیختگی هیدرولیکی می‌باشد. نتایج مربوط به تراز حدود ۴۳۷ در مقطع ۲ و دو نمودار نتایج فشارسنج به‌عنوان نمونه در جدول ۵ و شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است.

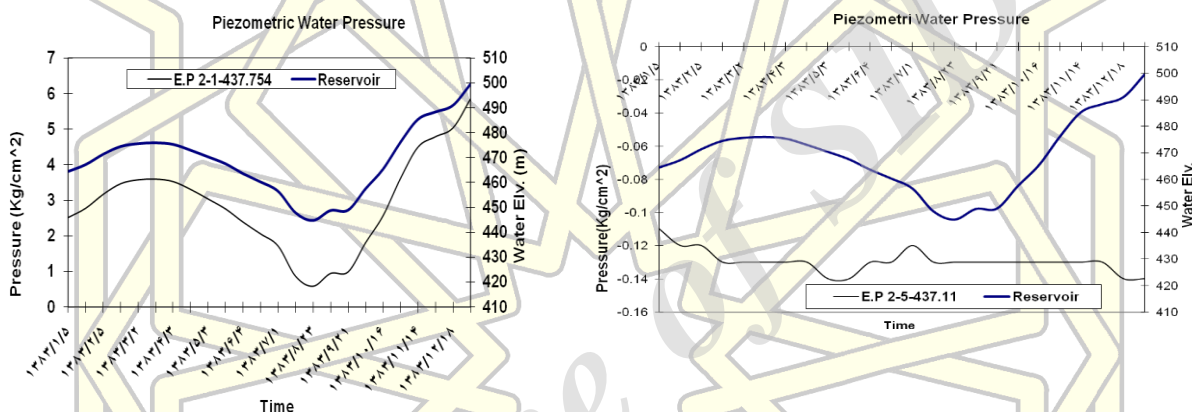
## ۵-۲- نتایج فشار آب حفره‌ای

تغییرات فشار آب حفره قرائت‌شده توسط پیژومترهای الکتریک نسبت به زمان و به همراه تغییرات تراز آب مخزن ترسیم گردید. از بررسی نمودارهای رسم شده به‌طور خلاصه نتایج زیر را می‌توان به دست آورد:

۱- کاهش مقادیر فشار آب منفذی در داخل هسته در جهت حرکت به سمت پایین‌دست که با توجه به روند کاهش گرادیان جریان با مبانی تئوری تطابق داشته و عملکرد صحیح پیژومترها نشان می‌دهد (شکل ۵) تغییرات فشار



شکل (۵): تغییرات مقادیر فشار آب منفذی داخل هسته رسی مقطع ۲ تراز ۹/۴۶۴ (ف) پایین دست هسته ب) بالادست هسته



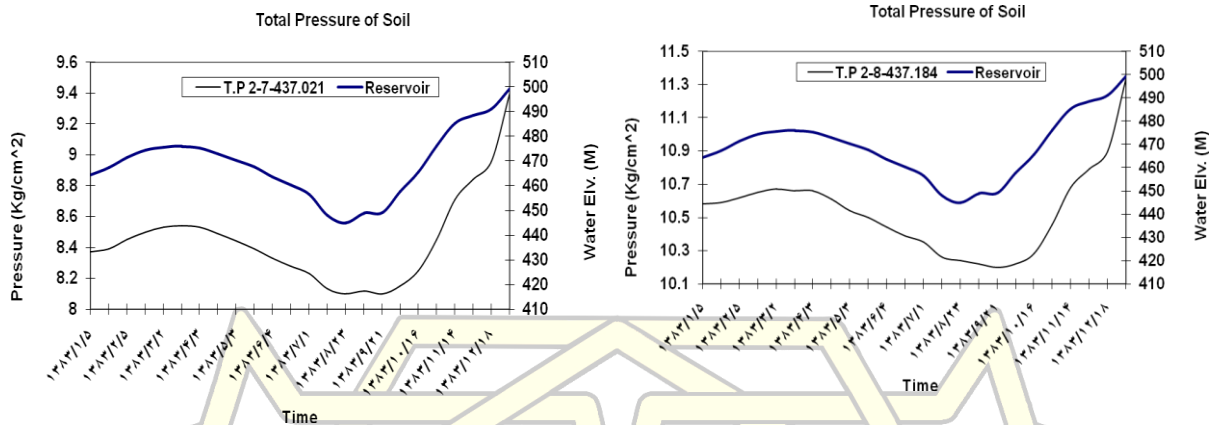
الف) مقطع ۲ تراز ۱۱/۴۳۷ (ب) پایین دست هسته ب) مقطع ۲ تراز ۴/۴۳۷ بالادست هسته

شکل (۶): تغییرات مقادیر فشار آب منفذی داخل فیلتر هسته رسی

جدول شماره ۴: مقادیر نسبت فشار آب منفذی در دوره مورد بررسی (حداقل و حداکثر تراز مخزن ۴۵۰ و ۵۰۰)

ابزار	مقادیر	
	حداکثر مقدار $kg/cm^2$	حداقل مقدار $kg/cm^2$
پیزومتر EP2-2 437.15	۵/۱۵	۴/۳
فشارسنج TP2-6 437.201	۶/۷	۵/۸
فشارسنج TP2-7 437.021	۹/۳	۸/۱
فشارسنج TP2-8 437.184	۱۱/۳	۱۰/۲





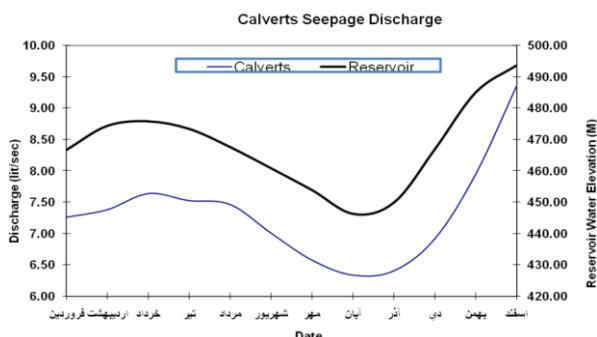
شکل (۷): تغییرات تنش کل داخل هسته رسی بر اساس نتایج فشارسنج‌ها

### ۵-۳- رفتار نگاری آب نشتی

آب‌های نشتی از بدنه سد به همراه نشت آب از تکیه‌گاه‌ها و پی از طریق زهکش افقی پوسته پایین‌دست جمع‌آوری شده و با استفاده از گمانه‌های زهکش پشت پرده تزریق و در نهایت سه رشته کالورت از بدنه سد خارج شده و اندازه‌گیری می‌شود. میزان حداکثر نشت مجاز طبق گزارشات طراحی مشاور مربوط به تراز حداکثر ۱۰ الب ۲۰ لیتر در ثانیه برآورد شده است. با توجه به نتایج اندازه‌گیری نشت مربوطه طبق شکل ۸ رسم گردید که حداکثر مقدار نشت در دوره مورد بررسی به حدود ۱۰ لیتر بر ثانیه می‌رسد که با مقادیر پیش‌بینی تطابق دارد.

### ۵-۴- رفتار نگاری کرنش سنج‌ها

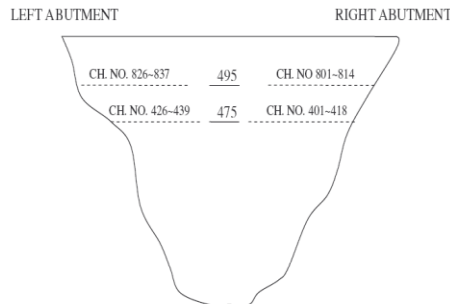
با توجه به عرض کم دره در محور سد مارون (طول تاج ۳۴۵ متر) و شیب نسبتاً تند تکیه‌گاه (حدود ۵۰ درجه)، اختلاف ارتفاع ستون خاک در مقاطع عرضی مختلف در فاصله کم قابل توجه بوده و در نتیجه به دلیل بروز نشست‌های تحکیم مختلف در این مقاطع، امکان به وجود آمدن نشست‌های نسبی قابل توجه در امتداد محور طولی سد محتمل می‌باشد. این نشست نابرابر موجب حرکت و رانش مصالح هسته به سمت مرکز دره و مقاطع میانی شده و باعث بروز کرنش کششی در هسته می‌گردد. چنانچه می‌دانیم این شرایط پتانسیل بروز پدیده قوسی کردن رس (Arching) می‌باشد. این پدیده می‌تواند به تشکیل ترک‌های عرضی در قسمت‌های فوقانی هسته منجر گردد که از نکته نظر نشت آب و فرسایش هسته خطرناک خواهد بود. به منظور رفتار نگاری این پدیده، در مجموع ۵۸ عدد کرنش‌سنج الکتریکی در چهار ردیف به موازات محور سد در رقومهای فوقانی و نزدیک به تکیه‌گاه‌ها (دو ردیف در تراز ۴۷۵ و دو ردیف در تراز ۴۹۵) نصب گردیده است. موقعیت دستگاه‌های مذکور در شکل ۹ ارائه شده است.



شکل (۸): تغییرات نشت آب کل

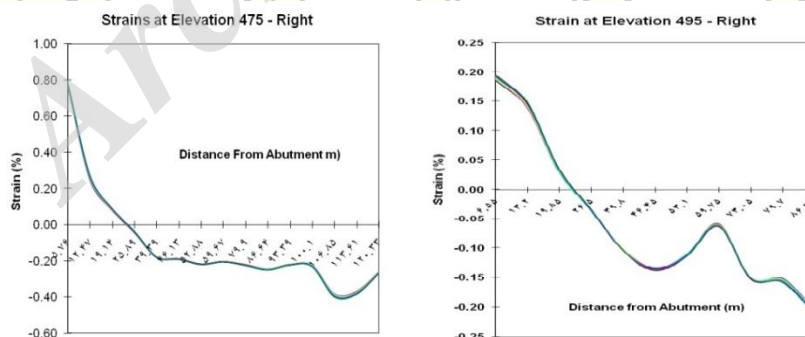


کرنش در طول کرنش‌سنج از نشست نسبی بین نقاط مختلف مقطع عرضی سد تبعیت می‌کند. حداکثر کرنش کششی طبق گزارشات طراحی بدنه سد ۰/۵ درصد فرض شده که کرنش ۰/۸ درصد اندازه‌گیری شده در تراز ۴۷۵ بیشتر از مقدار پیش‌بینی بوده و لازم است بررسی و پایش بیشتری در این زمینه انجام شود. همچنین در این نمودارها نتایج کرنش‌ها مربوط به زمانه‌ای دوره مورد بررسی بوده و چنانچه ملاحظه می‌گردد تغییرات کرنش در هر نقطه نسبت به زمان جزئی می‌باشد و نمودارهای زمانه‌ای مختلف تقریباً "بر روی هم منطبق شده است. در تکیه‌گاه چپ کلیه کرنش‌ها فشاری (علامت منفی) بوده و به نظر می‌رسد پتانسیل تشکیل پدیده تشریح شده در این تکیه‌گاه تا زمان آخرین قرائت مطرح نبوده و لذا این تکیه‌گاه از وضعیت مناسبی از این نظر برخوردار می‌باشد.



نتایج قرائت‌های انجام شده نسبت به موقعیت نقاط کرنش‌سنج به تفکیک برای ۴ ردیف اشاره شده رسم گردید. نتایج اندازه‌گیری‌های کرنش‌سنج‌های تکیه‌گاه راست در نمودارهای شماره ۸ ارائه شده است. بیشترین کرنش مربوط به ابتدای کرنش‌سنج در فاصله ۵/۷۸ متری تکیه‌گاه به مقدار ۰/۸ درصد می‌باشد و از نوع کششی (مثبت) است. کرنش کششی تا فاصله حدود ۲۴ متری تکیه‌گاه به صورت کاهشی تغییر نموده و در این نقطه صفر می‌گردد. بعد از این نقطه کرنش به صورت فشاری (منفی) بوده یعنی نقاط اندازه‌گیری به هم نزدیک‌تر شده‌اند. به‌طور کلی تغییرات

شکل (۹): موقعیت کرنش‌سنج‌های هسته



الف) تراز ۴۹۵ هسته ب) تراز ۴۷۵ هسته

شکل (۱۰): تغییرات نتایج کرنش‌سنج‌های نصب شده در تکیه‌گاه راست داخل هسته



## ۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پارامترهای اندازه‌گیری شده با توجه به تغییرات تراز آب مخزن عمدتاً "منطقی و با پیش‌بینی‌های طراحی مطابقت دارد.

بررسی نتایج قرائت‌های ابزار دقیق، اطلاعات مفید و مهمی از رفتار سد در اختیار بهره‌بردار قرار می‌دهد و لازم است این نتایج با نتایج تحلیل و مقادیر پیش‌بینی‌شده در طراحی بررسی و تفسیر گردیده و در صورت نیاز از تحلیل برگشتی نیز برای ارزیابی رفتار سد با توجه به نتایج قرائت‌ها بهره‌گرفته شود. از بررسی نتایج ابزار رفتار نگاری سد مارون در یک دوره بهره‌برداری (پایان سال پنجم بهره‌برداری) می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییرات

## ۷- تقدیر و تشکر

نگارندگان از سازمان آب و برق استان خوزستان و شرکت بهره‌برداری از سد و شبکه‌های مارون که ما را در تهیه این مقاله یاری نمودند، کمال تقدیر و تشکر را دارند.

## ۸- مراجع

- [۱] گزارش قرائت ابزار دقیق سد مارون، یعقوب عرب، سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۳
- [۲] مطالعه موردی رفتار نگاری سد مارون، آرش آذرآبادی پایان‌نامه کارشناسی نگهداری و بهره‌برداری از سد و شبکه، دانشگاه آب و برق خوزستان، گروه آب و محیط‌زیست ۱۳۸۵
- [۳] اطلاعات اجرایی در مورد سدهای خاکی، محمود وفابیان، انتشارات ارکان، اصفهان، ۱۳۸۴
- [۴] مجموعه مقالات رفتار نگاری و رفتار سنجی سدهای خاکی، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، مرکز انتشارات، ۱۳۸۶
- [5] Sis Geo, product Manual 2017
- [6] "General Design and Construction Consideration for Earth and Rock-Fill Dams", U.S.A.C.E, 2004