بررسی تأثیر آبگیری سد داریان بر لرزه‌خیزی منطقه

راحله السادات شیریزدی[۱]، مجید معهود[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. raheleh.sadat.shiryazdi@iiees.ac.ir
[۲] استادیار، مرکز پیش‌بینی زلزله، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. m.mahood@iiees.ac.ir

چکیده

برای مدتی نقش مخازن در ایجاد زلزله‌های القایی به‌خوبی شناخته‌نشده بود. با انجام تحقیقات نتایج قابل قبولی در مورد ارتباط زلزله‌های القایی حاصل از آبگیری دریاچه سدها حاصل شد. سد داریان با ارتفاع ۱۶۹ متر و حجم ۳۱۶ میلیون مترمکعب یکی از بزرگ‌ترین سدهای ایران است که در ناحیه زاگرس، در نزدیکی شهر نودشه شهرستان پاوه قرار دارد. آنچه در مطالعات لرزه‌خیزی ۱۱ ماهه (۲۰۱۵/۷/۱۲ لغایت ۲۰۱۶/۵/۲۰) با استفاده از شبکه لرزه‌خیزی سد داریان بر روی ۷۱ زلزله ثبت‌شده انجام شد، مشاهده گردید که لرزه‌خیزی بعد از آبگیری به‌شدت افزایش داشته است. بررسی زلزله‌ها ازلحاظ آماری، بزرگا و عمق نشان می‌دهد که بخش شرقی و شمال شرقی سد داریان بعد از آبگیری به‌شدت فعال‌شده و زلزله‌ها به بالادست و مخزن سد منتقل‌شده‌اند. همچنین بزرگ‌ترین زلزله در این مدت، با بزرگای ۳، در بخش شرقی بدنه و روی گسل داریان روی‌داده است.

واژه‌های کلیدی: زلزله‌های القایی، سد داریان، لرزه‌خیزی.

Investigation of impounding Darian dam impact on seismicity

R.shiryazdi [1], M.Mahood [2]

[1] *M.Sc. student, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, raheleh.sadat.shiryazdi@iiees.ac.ir*
[2] *Assistant Professor, Earthquake prediction center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, m.mahood@iiees.ac.ir.*

Abstract

Reservoir-induced seismicity was unknown for many years. Nowadays results show that seismicity follows the impoundment large lakes. Darian dam with 169m height and $136\times10^6\ m^3$ volume is one of the largest dams of Iran in Zagros zone, near the Paveh township. In this paper, we used 71 recorded earthquakes during July 2015 until May 2016 from Darian dam array. The seismicity of this region is increased after impounding. Statistics studies on magnitude and depth of earthquakes show that the east and north-east of the dam is activated and earthquakes migrate to the reservoir. Also the largest earthquake ($ML=3$) in this duration occur on Darian fault in the east of Darian dam.

Keywords: Induced earthquakes, Dariyan dam, Seismocity.

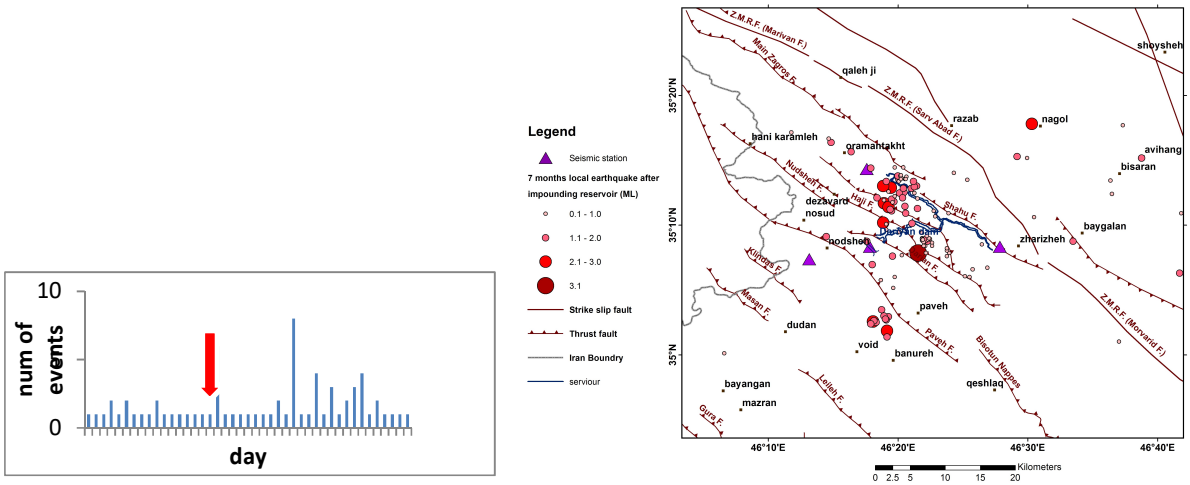
۱ مقدمه

اصولا زلزله های مصنوعی را زلزله های تحریک شده می نامند که ناشی ازعوامل طبیعی نبوده ودر دهه های اخیر به دلیل عملکردهای بشرروی پوسته زمین رخ داده اند. این حرکات معمولا با آشفتگی و برهم زدن موازنه طبیعت همراه بوده است ونسبت مستقیمی بین زلزله های تحریک شده وفعالیتهای انسانی وجوددارد. بنابراین بایدانتظارداشت که مراکزاین نوع زلزله های کاذب درنواحی فعالیت انسانها وحوالی آن قرارگیرد. درسالهای اخیرزلزله هایی ثبت شده اندکه منشا آنهاپدیده های

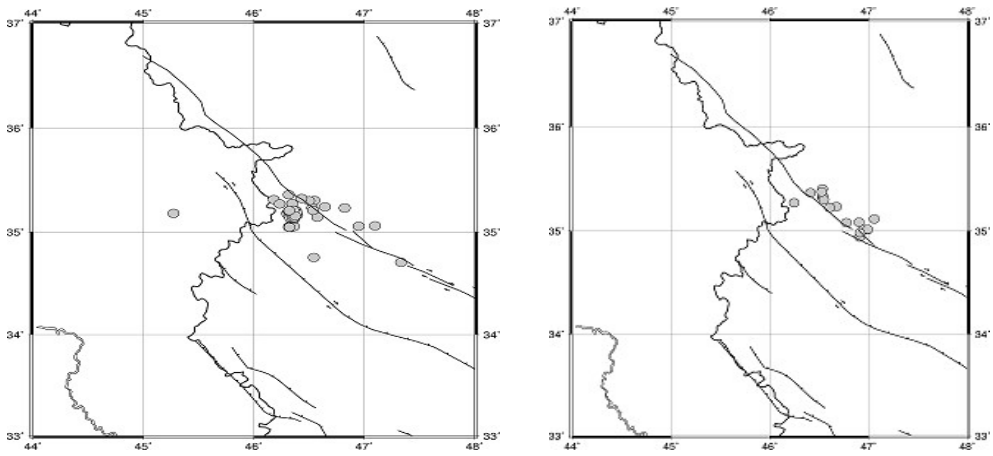
طبیعی ازقبیل آتشفشان، تکتونیک صفحه ای، فروریختن سقف غارهای زیرزمینی ویانظایرآنها نبوده بلکه فعالیت بشروعملکرد آن به صورتهای مختلف باعث ایجادحرکات پوسته شده است. تغییر نرخ لرزه‌خیزی ناشی از آبگیری سدهای بزرگ یا تخلیه آنها را لرزه‌خیزی القایی میگویند. یکی از عوامل ایجاد زمین‌لرزه‌های القایی، آبگیری مخازن سدهای بزرگ می‌باشد که متأثر از ارتفاع آب، حجم آب، نحوه آبگیری دریاچه و همچنین نفوذپذیری، فشار منفذی سنگ‌ها، تنش‌های تکتونیکی در زمین زیر دریاچه و ... می‌باشد که اگر نیروهای وارد بر زمین توسط سد و مخزن فراتر از مقاومت زمین شود، باعث ایجاد این نوع زمین‌لرزه می‌شود. به همین دلیل کارشناسان یونسکو توصیه می‌کنند که حداقل دو سال قبل از اینکه مخزن سد مورداستفاده قرار گیرد باید نظارت دقیق بر روی فعالیت لرزه‌خیزی منطقه صورت گرفته باشد. در ایران نیز بررسی‌هایی در همین خصوص انجام‌شده است.

۲ روش تحقیق

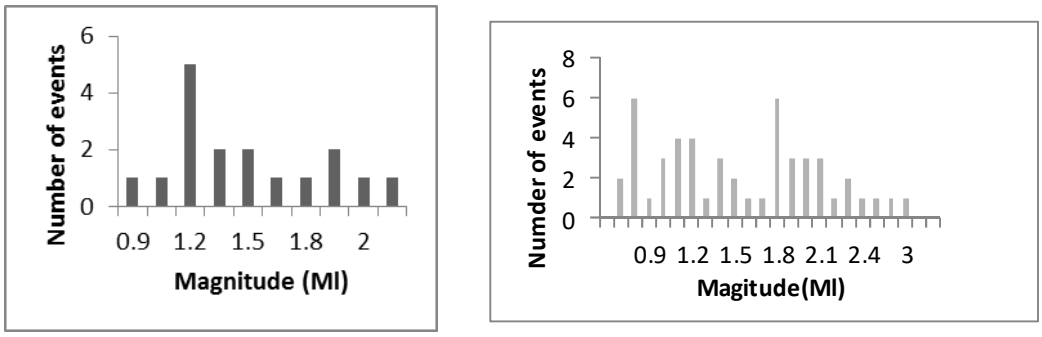
توزیع خرده لرزه‌ها در سطح و عمق و تفسیر آن‌ها بر اساس گسل‌های مهم منطقه در محدوده سد داریان، ارتباط آن‌ها را با فعالیت لرزه‌خیزی قبل و بعد از آبگیری، مشخص می‌نماید. بدین منظور و برای بررسی و تجزیه‌وتحلیل زمین‌لرزه‌های روی‌داده که در شبکه طرح سد داریان ثبت‌شده‌اند، پردازش رویدادهای استخراج‌شده شامل تعیین محل رویدادها، قرائت فازهای P و S، برآورد بزرگی محلی، تهیه کاتالوگ زمین‌لرزه‌ها بر اساس مدل سرعتی سد داریان و توسط نرم‌افزار سایزن در بازه زمانی ۲۰۱۵/۷/۱۲ تا ۲۰۱۶/۵/۲۰ و بررسی آماری بر روی کاتالوگ، انجام‌شده است. به‌منظور تعیین محل دقیق‌تر از داده‌های شبکه‌های آزاد و ژاوه استفاده گردید (مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها در جدول ۱ آمده است). لازم به ذکر است که آبگیری اولیه در تاریخ ۲۰۱۵/۱۱/۲۳ انجام‌شده که می‌توان مطالعات آماری را برای قبل و بعد از آبگیری انجام داد. شکل (۱) توزیع زمین‌لرزه‌ها را قبل و بعد از آبگیری نشان می‌دهد (روی شکل قبل و بعد از آبگیری مشخص‌شده است). در شکل (۲) نیز لرزه‌خیزی منطقه قبل و بعد از آبگیری نشان داده‌شده است که مشخص می‌نماید، لرزه‌خیزی بعد از آبگیری افزایش‌یافته است. شکل‌های (۳) و (۴) به ترتیب، نمودار میله‌ای بزرگا و عمق زمین‌لرزه‌ها را به تفکیک قبل و بعد از آبگیری در بازه زمانی موردبررسی را نشان می‌دهد. در شکل (۵) نمودار آزیموتی زلزله ها نسبت به بدنه سد مشخص شده است که نشان دهنده تمرکز زمین لرزه ها در بخش های شرقی و شمال شرقی بدنه می باشد. همچنین در شکل (۶) سازوکار کانونی برخی زلزله های روی داده بعد از آبگیری نشان داده شده است. بزرگی زلزله‌های القایی اغلب متوسط بوده ولی درچند موردحتی ازبزرگی۶ نیزفراتر رفته‌که باعث صدمات مالی وجانی فراوان شده است. به دنبال آبگیری سدکوینا (Koyna) درهندوستان یکسری زمینلرزه متوالی بوقوع پیوست ومتعاقب آن یک زمینلرزه مخرب بابزرگی ۶/۳ محل سد و محدوده آن را لرزاند و خساراتی به بارآورد.



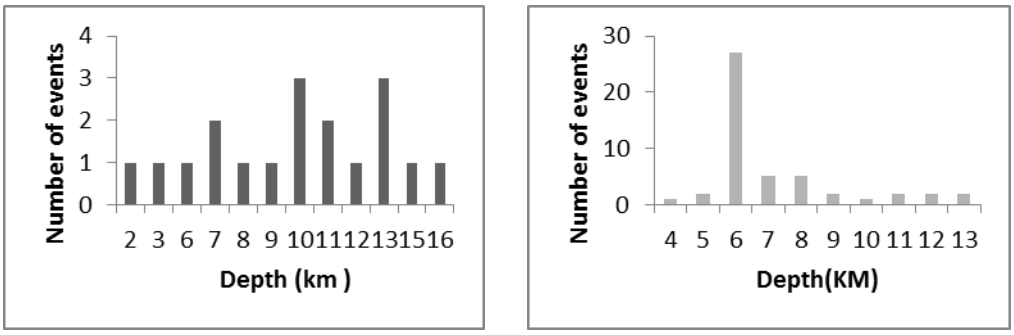
شکل ۱. راست: توزیع زلزله‌ها پس از آبگیری، چپ: توزیع تعداد زلزله‌ها قبل و بعد از آبگیری سد داریان



شکل ۲. لرزه‌خیزی منطقه (راست) قبل و (چپ) بعد از آبگیری



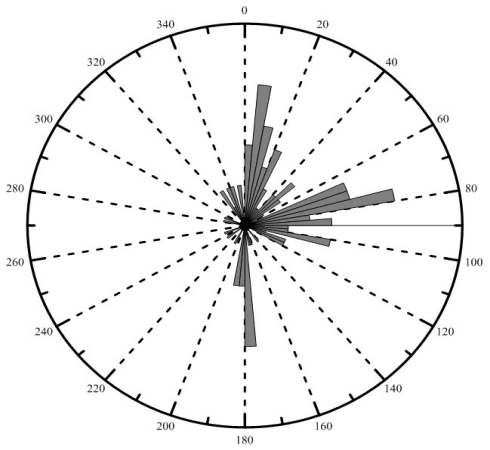
شکل ۳. نمودار میله‌ای توزیع بزرگای زمین‌لرزه‌ها قبل (نمودار سمت چپ) و بعد (نمودار سمت راست) از آبگیری



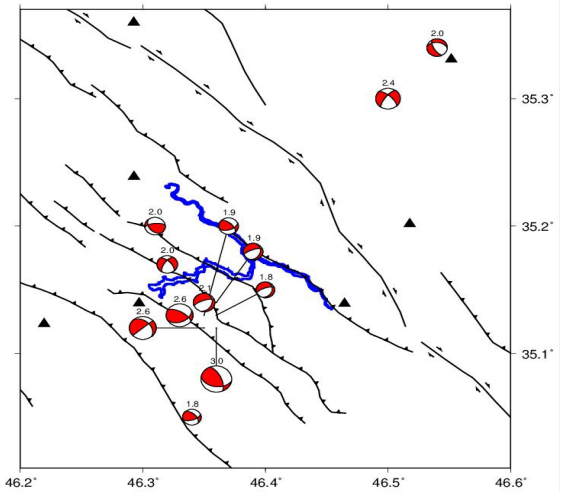
شکل ۴. نمودار میله ای توزیع عمق زمین لرزه ها قبل (نمودار سمت چپ) و بعد (نمودار سمت راست) از آبگیری

جدول ۱. مختصات ایستگاه های شبکه های لرزه نگاری طرح داریان، آزاد و ژاوه

Dariyan	*Lat.*	*Long.*	*Zhave*	*Lat.*	*Long.*	*Azad*	*Lat.*	*Long.*
Site	*35.14*	*46.31*	Site	*35.09*	*46.86*	Site	*35.32*	*46.5*
Belbar	*35.23*	*46.29*	Chenare	*35.18*	*46.97*	QaleSheykhan	*35.45*	*40.66*
Hirvi	*35.12*	*46.21*	Tangisar	*35.12*	*46.72*	Khoshab	*35.33*	*46.75*
Dal	*35.13*	*46.46*	Marnej	*35.07*	*47.01*	Buridar	*35.18*	*46.5*
			Majidabad	*35*	*47.13*	Qalegah	*35.33*	*46.28*
			Bezoosh	*34.99*	*46.7*	Venin	*35.47*	*46.5*



شکل ۵. نمودار آزیموتی زلزله‌ها نسبت به بدنه



شکل ۶. موقعیت چند زلزله نسبت به بدنه سد

کاهش مقاومت سنگها و صخره ها در اثر جذب آب، گسترش ترک ناشی از تراوش آب و افزایش فشار آب مخزن، کاهش اصطکاک درناحیه شکست تحت تاثیر فشار آب مخزن، تغییر تعادل وزنی در پوسته زمین ناشی از نیروهای زیاد مخزن و افزایش فشار آب منفذی در گسلهای نزدیک محل یا در درز و شکاف سنگها عوامل ایجاد زلزله‌های القایی می‌باشند (Talwani, 1997). در بیشتر موارد، لرزه خیزی ناشی از مخزن آب، به دنبال ذخیره آب، تغییر سطح آب دریاچه بزرگ و یا آبگیری در زمانهای بعدی، بالاتر از بیشترین ارتفاع آب که تا آن زمان رسیده، تغییرلرزه خیزی مشاهده شده است که این لرزه خیزی ابتدایی به (Coupled poroelastic) پاسخ حفره وکشسانی مخزن بخاطر آبگیری اولیه یا تغییر ارتفاع سطح آب نسبت داده می شود(Gupta, 1992; Mc. Cully;1996).

۳ نتیجه‌گیری

این مقاله درجهت بررسی تأثیر آبگیری سد داریان بر روی لرزه‌خیزی منطقه انجام‌شده است. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی زمین‌لرزه‌های روی‌داده در مدت یازده ماه قبل و بعد از آبگیری در این منطقه، مشاهده می شود که بعد از آبگیری تعداد زمین‌لرزه‌های کوچک و کم‌عمق به‌شدت افزایش‌یافته و زلزله‌ها به سمت شمال شرقی بدنه که همان مخزن است منتقل‌شده‌اند و می‌تواند نشانه بروز زلزله‌های القایی به جهت آبگیری مخزن و افزایش تنش باشد. همچنین تمرکز بیشتر زلزله‌ها بر روی بخش شرقی و شمال شرقی بدنه نشان‌دهنده گسلش فعال در این قسمت می‌باشد. لازم به ذکر است که بزرگ‌ترین زمین‌لرزه در مدت موردمطالعه در بخش شرقی بدنه روی گسل داریان، در تاریخ ۲۰۱۶/۴/۱۰ به بزرگای *ML=3* روی‌داده است.

منابع

Talwani, P., 1997, On the Nature of Reservoir- induced Seismicity, Pure appl. Geophysics, 473-492.
Gupta, H.K., 1992, Reservoir-Induced Earthquakes, Pub. Elsevier.
Mc.Cully, P., 1996, Silenced Rivers, Zed Books, London.