

بررسی اثرات زلزله بر آبخوان‌ها و تراز آب‌های زیرزمینی

سارا گودرز، شبیر اشکپور مطلق، رضا منصوری^۳، محمد شکر کاهه^۴

^۱دانشجو فوق لیسانس، دانشگاه خلیج فارس، s.goudarzi@mehr.pgu.ac.ir

^۲استادیار، دانشگاه خلیج فارس، shashkpoor@pgu.ac.ir

^۳استادیار، دانشگاه خلیج فارس، s.r.mansouri@pgu.ac.ir

^۴دانشجو فوق لیسانس، دانشگاه خلیج فارس، m.shokri@mehr.pgu.ac.ir

چکیده

با وقوع زمین‌لرزه، بخشی از انرژی آزاد شده به صورت امواج طولی یا عرضی با سرعتی که به جنس محیط انتشار بستگی دارد، از کانون زلزله در همه راستاها منتشر می‌شود. پاسخ محیط به امواج طولی به صورت تراکم و انبساط محیط ظاهر می‌شود. در این مطالعه، اثر زلزله فروردین ۱۳۹۲ کاکي (واقع در استان بوشهر) بر روی سطح تراز آب چاه‌های کشاورزی مناطق مجاور کانون زمین‌لرزه در محدوده‌ای با شعاع ۵۰ کیلومتر مورد بررسی قرار گرفته است. تراکم آبخوان تحت تاثیر انتشار امواج زمین-لرزه موجب جریان آب به تراز بالاتر می‌گردد. به منظور راستی آزمایی این رویداد، تراز آب چاه‌های پیرامون کانون زلزله در ماه‌های متوالی در سال‌های قبل، حین و بعد از وقوع رویداد با هم مقایسه شد. نتیجه این مقایسه، مشاهده تاثیرپذیری تراز آب چاه‌ها در جهت انتشار امواج طولی یا استرین نرمال است. چاه‌هایی که در راستای تابش امواج تراکمی هستند، افزایش تراز قابل توجهی نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: کانون زلزله- آبخوان- امواج طولی- سطح تراز آب- استرین نرمال - امواج تراکمی

Investigating the effect of earthquake on aquifers groundwater level

Sara goudarzi¹, Shobeir Ashkpoor Motlagh², Reza Mansouri³, Mohammad Shokri Kaveh⁴

¹MSc.Student, Persian Gulf University, s.goudarzi@mehr.pgu.ac.ir

²Assistant Professor, Persian Gulf University, shashkpoor@pgu.ac.ir

³Assistant Professor, Persian Gulf University, s.r.mansouri@pgu.ac.ir

⁴MSc.Student, Persian Gulf University, m.shokri@mehr.pgu.ac.ir

Abstract

With the onset of an earthquake, part of the released energy is propagated in the form of waves in the environment. These waves, propagate in all directions longitudinally or transversally at the speed that depends on the nature of the propagation environment. The environment response to longitudinal waves appears as the compression and expansion of the medium in the propagation pathway. In this study, the level of groundwater wells in adjacent areas of the earthquake in April 2013 in Kaki (Bushehr province) has been investigated. We have considered all the wells up to 50 km far away from the epicenter of the earthquake. The compressed of the aquifer is under the influence of the release of earthquake waves which causes the flow of water to rise to a higher level. The occurrence of this phenomenon is expected especially for sedimentary aquifers. In order to verify this event, the water wells around the earthquake center were compared over five consecutive months in the preceding years, during and after the event. The result of this comparison is the observation of the effect of the water level of the wells on the propagation of longitudinal waves or normal strains. Wells in the direction of compaction waves show a significant increase.

Keywords: longitudinal wave, pathway, propagation, normal strain, compaction

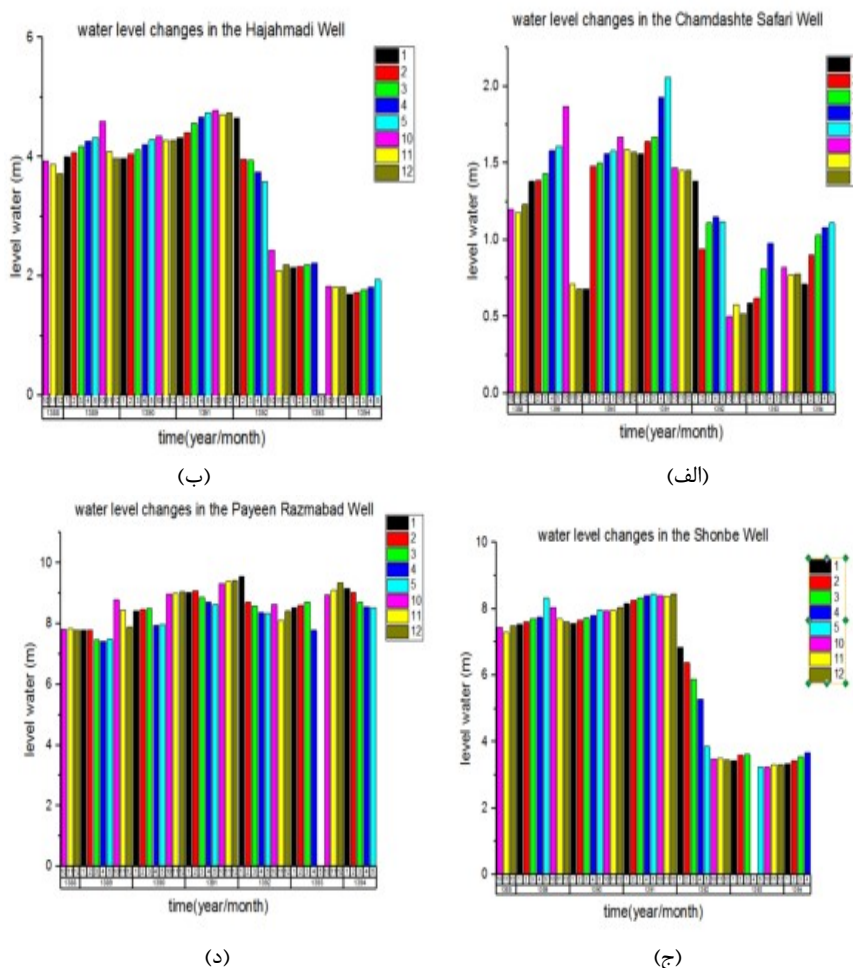
۱ مقدمه

تغییر در تراز آب‌های زیرزمینی را می‌توان به عنوان یکی از اثرات ثانویه وقوع زمین‌لرزه در یک منطقه دانست. تاثیر زمین‌لرزه بر سطح آب‌های زیرزمینی تابع پارامترهایی نظیر؛ مرکز زلزله، تغییر تنش و کرنش، بزرگا، عمق و سازوکار کانونی چشمه آن می‌باشد. الگوهای مختلفی برای پاسخ‌گویی تراز آب به زلزله وجود دارد که خاص هر منطقه با ویژگی‌های آن است. دگرشکلی پوسته ناشی از زلزله و لرزش زمین می‌تواند جریان سیال و تراز آب در چاه‌ها و آبخوان‌ها را از طریق سیمانی نمودن رسوبات سطحی، گسیختگی سنگ‌ها، تغییر شکل آبخوان تغییر دهد. تغییرات جریان سیال و تراز آب را می‌توان به افزایش نفوذپذیری مواد سطحی تحت تاثیر لرزش و ایجاد درز در سنگ بستر، کاهش نفوذپذیری ناشی از سیمانی شدن رسوبات سطحی نسبت

داد. بنابراین بررسی اثر زمین‌لرزه بر تراز سطح آب‌های زیرزمینی می‌تواند به عنوان یک پدیده طبیعی مورد بررسی قرار گیرد. از جمله آخرین تحقیقات انجام شده در خصوص تاثیر زلزله بر تراز آب‌های سطحی در مناطق مختلف دنیا می‌توان به مراجع [۱۰-۱] اشاره نمود. در این پژوهش با مطالعه زمین‌لرزه کاکي، به بررسی تاثیر امواج زمین‌لرزه بر سطح تراز آب‌های زیرزمینی پرداخته شده و با استفاده از داده‌های میدانی اعتبارسنجی شده است.

۲ روش تحقیق

۲۰ فروردین ۱۳۹۲ در شهرستان دشتی استان بوشهر زمین‌لرزه‌ای با بزرگای $6/2$ در مقیاس امواج محلی (پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی، IIEES) و بزرگای گشتاوری $6/3$ (مرکز لرزه نگاری سازمان زمین شناسی آمریکا، USGS) رخ داد. شبکه ملی لرزه‌نگاری باند پهن پژوهشگاه مختصات رو مرکز زمین‌لرزه را $51/59$ درجه طول جغرافیایی و $28/48$ عرض جغرافیایی واقع در عمق 20 کیلومتری تعیین کرد. شبکه ملی لرزه‌نگاری کشوری وابسته به موسسه ژئوفیزیک مختصات مشابیهی با عمق حدود 12 کیلومتر گزارش داد. در غالب سازوکارهای حل شده یک صفحه با راستای شمال شمال غرب-جنوب جنوب شرق که شیب ملایمی به سمت جنوب غرب دارد مشهود است. با در نظر گرفتن چنین صفحه‌ای به عنوان صفحه اصلی گسلش، وجود مولفه امتداد لغز راستگرد در سازوکارهای غالباً فشاری محاسبه شده، قابل تشخیص است. با استفاده از نرم افزار کولمب، تغییرات جابجایی ناشی از انتشار موج لرزه‌ای در مناطق فشارشی و کششی محیط مجاور رومرکز زمین‌لرزه برآورد گردید. به منظور ارزیابی اثر زلزله بر سطح تراز آب، از داده‌های تراز آب چاه‌های اطراف رو مرکز زلزله گزارش شده توسط سازمان آب منطقه‌ای استان در سال‌های ۸۸ تا ۹۴ استفاده شد. با تحلیل آماری مقدار افزایش یا کاهش تراز آب در هر چاه در

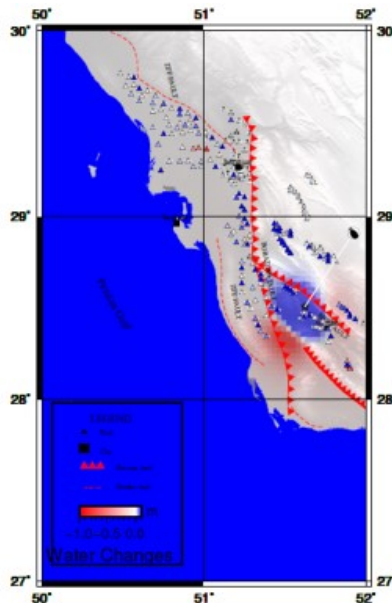


شکل ۱. تغییرات تراز آب ناشی از زلزله کاکي (۲۰ فروردین ۱۳۹۲) طی ماه‌های متوالی؛ (الف) نمودار مربوط به تغییرات تراز آب چاه ناحیه چم دشت صفری در ماه‌های متوالی از سال ۸۸ تا ۹۴. (ب) نمودار تغییرات تراز آب چاه روستای خاج احمدی در ماه‌های متوالی از سال ۸۹ تا ۹۴. (ج) نمودار تغییرات تراز آب چاه در شهر شنبه در ماه‌های متوالی از سال ۸۸ تا ۹۴. (د) نمودار تغییرات تراز آب چاه در چاه پایین رزم آباد در ماه‌های متوالی از سال ۸۹ تا ۹۴

ماه‌های قبل و بعد از زلزله در سال ۹۲ محاسبه شد. با توجه به این تحقیق، بین سازو کارکانونی زلزله و مناطق کششی و فشارشی و تغییرات تراز آب سازگاری خوبی مشاهده می‌شود. تغییرات تراز آب چاه‌های واقع در روستاهای شنبه، چم دشت صفری، رزم آباد و حاج احمدی در فروردین ماه به وضوح دیده می‌شود که نسبت به ماه‌های قبل و بعد از زمین‌لرزه افزایش و کاهش تراز آب کاملاً مشهود است (شکل ۱). تغییرات افزایشی و کاهش‌ی چاه‌های اطراف زلزله با توجه به مناطق کشش و فشارش نشان داده شده است (شکل ۲).

۳ نتیجه گیری

با توجه به تحقیق انجام شده دریافتیم که همزمان با وقوع زمین‌لرزه کاکلی تراز آب چاه‌های مورد بررسی دستخوش تغییر شده است. قرارگیری چاه‌ها درآزیموت‌های مربوط به ناحیه انتشار موج فشاری منجر به افزایش استرین نرمال و افزایش تراز آب شده است. در مقابل قرارگیری چاه درآزیموت‌های مربوط به ناحیه موج کششی منجر به افزایش استرین برشی و در نتیجه کاهش تراز آب شده است.



شکل ۲. نقشه توپوگرافی منطقه، مناطق کشش و فشارش زلزله در ارزیابی کولومب، مثلث‌ها معرف چاه‌های مورد مطالعه.

منابع

- [۱] Marco Marcaccio, Giovanni Martinelli, (2012), Effects on the groundwater levels of the May-June 2012 Emilia seismic sequence; *annals of geophysics*, 55, 4, 2012
- [۲] S. Eguchi, M. Sawamoto, M. Shiba, I. Iiyama, and S. Hasegawa, (2012), Wellbore-wall compression effects on monitored groundwater levels and qualities; *groundwater*, National groundwater association. doi: 10.1111/j.1745-6584.2012.00979.x
- [۳] Zheming Shi, Guangcai Wang, and Chenglong Liu, (2012), Co-seismic groundwater level changes induced by the May 12, 2008 Wenchuan earthquake in the near field; *pure and applied geophysics* 170, 1773–1783
- [۴] Rui Yan, Heiko Woith and Rongjiang Wang, (2014), Groundwater level changes induced by the 2011 Tohoku earthquake in China mainland; *Geophys. J. Int.* 199, 533–548
- [۵] Z. Shi, G. Wang, M. Manga and C.-Y. Wang, (2014), Continental-scale water-level response to a large earthquake; *Geofluids* 15, 310–320
- [۶] Yhang Zhang, Li-Yun Fu, Fuqiong Huang, Xuezhong Chen, (2015), Coseismic water-level changes in a well induced by teleseismic waves from three large earthquakes; *Tectonophysics* 651-652, 232-241
- [۷] Zheming Shi, Guangcai Wang, Michael Manga, Chi-Yuen Wang, (2015), Mechanism of co-seismic responses throughout the Chinese mainland; *Earth and planetary science letters* 430, 66-74
- [۸] M. Nespoli, M. Todesco, E. Serpelloni, M. E. Belardinelli, M. Bonafede, M. Marcaccio, A. P. Rinaldi, L. Anderlini and A. Gualandi, (2015), Modeling earthquake effects on groundwater levels: evidences from the 2012 Emilia earthquake (Italy); *Geofluids* 16, 452–463 doi: 10.1111/gfl.12165
- [۹] Eyal Shalev, Ittai Kurzon, Mai-Linh Doan and Vladimir Lyakhovskiy, (2015), Water-level oscillations caused by volumetric and deviatoric dynamic strains; *Geophys. J. Int.* 204, 841–851
- [۱۰] Eyal Shalev, Ittai Kurzon, Mai-Linh Doan, and Vladimir Lyakhovskiy, (2016), Sustained water-level changes caused by damage and compaction induced by teleseismic earthquakes; *Geophys. Res. Solid Earth*, 121, 4943–4954.