

بررسی پتانسیل روانگرایی خاک: مطالعه موردی ساختگاه پروژه آشیانه باند و پد بالگرد پایگاه امداد هوایی هلال احمر استان کردستان

فرزانه پارسایی^۱، مینا رسولی^۱ و صفورا اسدی کپورچال^۲
 ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ۲- استادیار گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

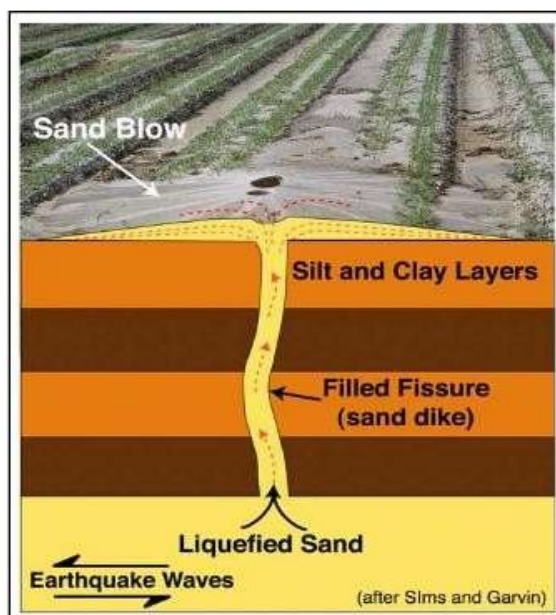
چکیده

روانگرایی خاک پدیده‌ای است که در آن خاک اشباع در اثر تنش شدیدی که به آن وارد می‌شود، مقاومت و سختی خود را به طور کامل از دست داده و به صورت سیالی غلیظ عمل می‌کند. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک در ساختگاه پروژه آشیانه باند و پد بالگرد پایگاه امداد هوایی هلال احمر استان کردستان بود. بدین منظور پس از انجام بررسی‌های میدانی، تعداد ۳ گمانه حفر شده و آزمایش‌های طبقه‌بندی خاک و تعیین ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی خاک انجام شد. نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی و SPT و مقایسه آن‌ها با منحنی‌های مربوطه نشان داد که در منطقه مورد مطالعه امکان وقوع پدیده روانگرایی بسیار ضعیف می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حد روانی، خاصیت خمیری، روانگرایی خاک، مقاومت برشی

مقدمه

افزایش فشار آب منفذی در خاک‌های ماسه‌ای و لایه‌های سست اشباع در هنگام زلزله بر اثر تمایل خاک به کاهش حجم منجر به کاهش تنش همه جانبه در خاک می‌شود. در این حالت مقاومت برشی خاک به شدت کاهش می‌یابد و به مقدار صفر نزدیک می‌شود. به این پدیده روانگرایی می‌گویند. این پدیده خود را به صورت نشست‌های قابل توجه، ایجاد ترک و باز شدگی، فوران گل و آب، جوشش ماسه و تراوش آب از خلل و فرج موجود در سطح زمین نشان می‌دهد (Heider et al., ۲۰۱۴). شکل ۱ نمونه‌ای از جوشش ماسه را به صورت واقعی به همراه مکانیزم رخداد آن نشان می‌دهد. خاک روانگرا شده به صورت سیالی غلیظ عمل کرده و ممکن است سبب جابجایی‌های بزرگ در زمین شود. وضعیت روانگرایی تا زمانی که زهکش شدن اضافه فشار آب منفذی و برقراری تماس بین ذرات خاک، ادامه پیدا می‌کند (Chen et al., ۲۰۱۵).



شکل ۱- نمونه‌ای از جوشش ماسه به همراه مکانیزم ایجاد آن

در اثر این فرآیند برخی لایه‌ها در زمین متراکم شده و نشست‌های غالباً نامتقارن بر روی زمین مشاهده می‌شود. از عوامل مؤثر بر وقوع روانگرایی می‌توان به بزرگای زلزله و مدت‌زمان آن، تخلخل، تراکم نسبی، درصد ریزدانه و نشانه خمیری خاک و دامنه تنش برشی اعمالی بر توده خاک در زمان زلزله اشاره کرد (Seed and Idriss, ۱۹۷۱). بر اثر روانگرایی بستر طی زلزله، علی‌رغم سالم ماندن اسکلت سازه، گسیختگی و سقوط ساختمان‌ها رخ می‌دهد. سید و همکاران نشان دادند افزایش ریزدانه سبب کاهش استعداد روانگرایی خاک می‌گردد. رفتار خاک تحت اعمال بارهای تناوبی با افزایش پلاستیسیته ممکن است متفاوت باشد (Seed et al., ۱۹۸۵). ایشیهارا و کوسکی مشاهده کردند که مقاومت تناوبی خاک در صورت کم بودن محدوده پلاستیسیته (کمتر از ۱۰) تغییری نمی‌کند، لیکن برای بیش از آن افزایش می‌یابد (Ishihara and Koseki, ۱۹۸۹). روش اصلاح‌شده سید و همکاران و آئین‌نامه طراحی پل‌های شاهراهی ژاپن برای ارزیابی روانگرایی خاک با استفاده از آزمایش نفوذ استاندارد ((SPT به دلیل اعتبار و معمول بودن آن‌ها در مطالعات روانگرایی در ایران و سایر کشورها به کارگرفته شده است (جعفری، ۱۳۸۰). از جمله پژوهش‌های انجام شده در زمینه روانگرایی ارزیابی پتانسیل روانگرایی در خاکهای رسی سایت اجرایی ایستگاه پمپاژ جزیره مینو بود و نتایج حاصله نشان داد وضعیت خاک محل احداث سازه در حالت بینابینی قرار داشته و نمی‌توان با قطعیت پیرامون روانگرایی در خاک محل سازه ایستگاه پمپاژ جزیره مینو اظهار نظر کرد (انصاری، ۱۳۸۹). در پژوهشی دیگر سلامت‌پور و همکاران استعداد روانگرایی ماسه بابل‌سر با استفاده از آزمایش‌های سه محوری مونوتونیک تحت شرایط همسان و ناهمسان را ارزیابی کردند. نتایج حاکی از آن بود که وجود و یا افزایش پارامتر برشی یا اعمال تنش برشی اولیه باعث کاهش پتانسیل روانگرایی استاتیکی در ماسه تمیز بدانه بندی شده بابل‌سر خواهد شد (سلامت‌پور و همکاران، ۱۳۹۲).

تا کنون چندین مطالعه پیرامون زمین‌شناسی زون سنندج- سیرجان انجام شده است (Ghasemi and Poor Kermani, ۲۰۰۹; Moaazen, ۲۰۰۴; Masoudi and Jamshidi Badr ۲۰۰۸). هدف از انجام این پژوهش ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک در ساختگاه پروژه آشیانه باند و پد بالگرد پایگاه امداد هوایی هلال احمر واقع در منطقه مذکور بود.

مواد و روش‌ها

استان کردستان تحت دو عامل بارز خشکی تابستان و سرمای زمستان کوهستان‌ها قرار داشته و بخش وسیعی از استان در شرایط آب و هوای کوهستانی سرد و مدیترانه‌ای با باران بهاره قرار دارد. آب و هوای کردستان در تجزیه خاک، رویش گیاه، گسترش علف‌زار، شرایط مساعد توسعه دیم‌زار، گسترش جنگل و باغ داری نقشی مهم و تعیین‌کننده دارد. به دلیل وجود دیواره کوهستانی ناحیه که از نفوذ جریان‌هایی که از غرب به فلات وارد می‌شود، جلوگیری می‌کند، میزان بارندگی در استان کردستان از غرب به شرق کاهش می‌یابد. استان کردستان از دو نوع آب و هوای متمایز برخوردار بوده به طوری که در نواحی کوهستانی و دشت‌های مرتفع آب و هوای معتدل بری با زمستان‌های بسیار سرد و در دره‌ها و محدوده‌هایی از قلمرو غربی استان آب و هوا معتدل است. منطقه مورد بررسی در زون سنندج- سیرجان قرار دارد. زون ساختاری سنندج- سیرجان در شمال شرق گسل اصلی معکوس زاگرس قرارگرفته که این کمربند توسط اشتوکلین در سال ۱۹۶۸ به این نام نهاده شده است (Stocklin, ۱۹۶۸).

زون سنندج- سیرجان به صورت یک نوار باریک بین شهرهای سیرجان و اسفندقه در جنوب شرقی و ارومیه و سنندج در شمال غربی قرار دارد و در ادامه به کمربند کوهزایی Taurus در ترکیه می‌پیوندد. این کمربند توسط یک زون باریک (بیشتر از چند کیلومتر) از گسل تراستی پریشیب جدا شده است. ویژگی‌های سنگی و ساختاری سنندج- سیرجان یک گودی ژرف (Trough) و یا کافت میانه بلوک در سپر پرکامبرین ایران و عربستان است. از همین رو ویژگی‌های زمین‌شناختی آن با پهنه‌های مجاور تفاوت‌های آشکار دارد. درازای زون سنندج- سیرجان حدود ۱۵۰۰ کیلومتر و پهنای آن ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر است که از غرب دریاچه ارومیه آغاز شده و در یک راستای شمال غربی - جنوب شرقی تا گسل میناب در شمال بندرعباس ادامه می‌یابد (Alavi, ۱۹۹۴). بر اساس تقسیم‌بندی جدید این کمربند به سه زیر مجموعه کمربند همدان- تبریز، سقر- بانه و کمربند آتش‌فشانی کرتاسه سنندج تقسیم شده است که شهر سقر در کمربند سقر قرارگرفته است. این کمربند قسمتی از زون سنندج- سیرجان است که بین نهاوند و ارومیه قرارگرفته است. عرض این کمربند ۲۰- ۱۵ و طول آن ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر بوده و دارای امتداد شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد (Azizi and Moinevaziri, ۲۰۰۹).

به منظور شناسایی لایه‌های خاک، ۳ گمانه در زمین پروژه مورد نظر حفر گردید. برای انجام عملیات حفاری از روش حفاری دورانی با مغزه گیر پیوسته استفاده شد. نمونه‌های دست‌نخورده و نمونه‌های گرفته شده از آزمایش‌های نفوذ استاندارد با رعایت شرایط لازم برای انجام آزمایش‌های مربوط به طبقه‌بندی خاک و تعیین خصوصیات مکانیکی و فیزیکی از جمله آزمایش‌های درصد رطوبت خاک، دانه‌بندی به روش الک، هیدرومتری، چگالی نسبی، حدود آتربریگ (شامل حد روانی به روش کاساگراند و حد خمیری به روش تهیه فتیله) (Klute, ۱۹۸۶) و سایر آزمایش‌های مربوط در اعماق مشخص به آزمایشگاه ارسال شد.

با توجه به اینکه گام اول در ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک‌ها بررسی استعداد روانگرایی در خاک محل مورد آزمایش است بنابراین استعداد روانگرایی کلیه نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. همچنین آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد SPT در اعماق مختلف گمانه‌ها انجام گردید. بدین صورت که با شمارش تعداد ضربات برای نفوذ نمونه‌گیری استاندارد به طول ۴۵ سانتی‌متر در هر نقطه به وسیله چکش به وزن ۵/۶۳ کیلوگرم با ارتفاع سقوط ۷۶ سانتی‌متر میزان مقاومت خاک در هر نقطه مشخص شد. تعداد ضربات برای سه

مرحله نفوذ ۱۵ سانتی متری شمارش شده و عدد حاصل برای آن عمق، مجموع تعداد ضربات چکش برای نفوذ ۳۰ سانتی متر از طول نمونه گیر می باشد.

نتایج و بحث

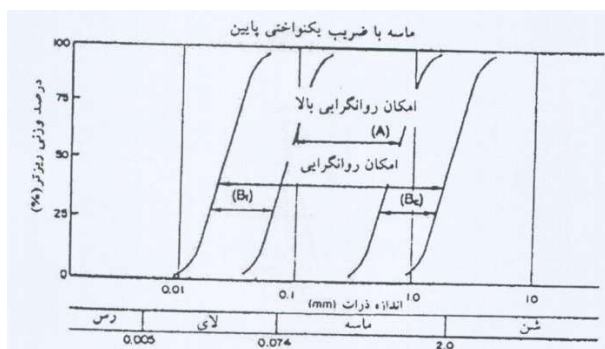
بر اساس نتایج به دست آمده متوسط حد مایع (LL)، حد خمیری (PL) و دامنه خمیری (PI) لایه‌ها در گمانه اول به ترتیب ۲۱، ۱۶ و ۵، در گمانه دوم به ترتیب ۲۶، ۱۷ و ۹ و در گمانه سوم به ترتیب ۲۸، ۱۸ و ۱۰ درصد می باشد. مدل‌هایی برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی وجود دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

ارزیابی پتانسیل روانگرایی بر اساس مقایسه تنش‌های ایجاد شده بر اثر زلزله و مقاومت خاک
 ارزیابی پتانسیل روانگرایی بر اساس بزرگی زلزله به ریشتر و فاصله کانونی
 ارزیابی پتانسیل روانگرایی بر اساس آزمایشات سه محوری سیکلی
 ارزیابی پتانسیل روانگرایی بر اساس دانه‌بندی و عدد SPT

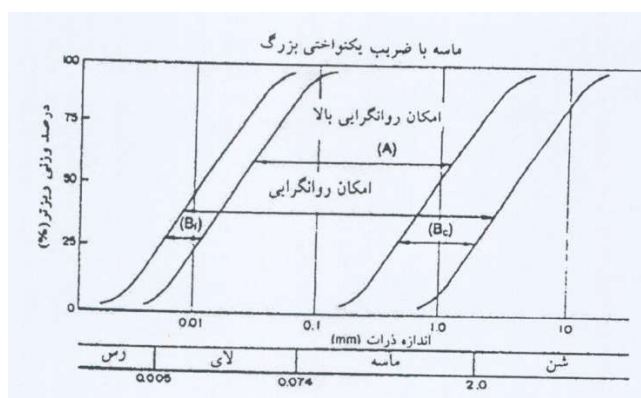
در این پژوهش ارزیابی پتانسیل روانگرایی بر اساس دانه‌بندی و عدد SPT انجام شد. بر اساس استانداردهای طراحی پی‌های ساختمان ژاپن ۱۹۷۴، شرایطی که تحت آن یک خاک روانگرا می شود و باید مورد ارزیابی قرار گیرد به شرح زیر است:

لایه خاک ماسه اشباع بین سطح زمین تا ۲۰ متری قرار داشته باشد
 وجود لایه‌های ماسه با دانه‌بندی یکنواخت و متوسط

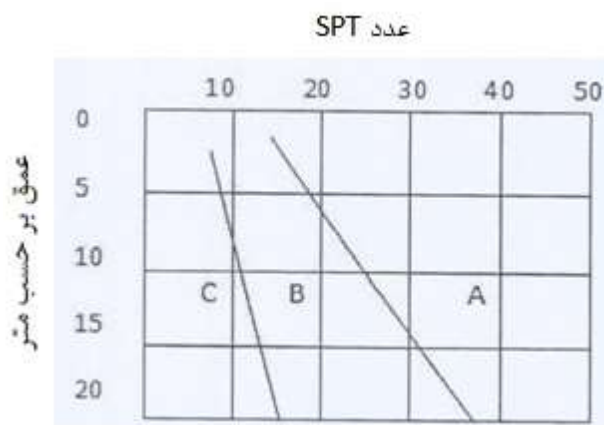
کمتر از ۵ درصد سیلت و رس آن کمتر از ۱۰ درصد باشد و به‌ویژه خاک تقریباً با دانه‌های متوسط بین ۱۵/۰ تا ۱ میلی‌متر باشد
 درجه تراکم پایین و مقدار SPT در شکل ۴ در ناحیه B یا C واقع شده باشد.



شکل ۲- ارزیابی امکان روانگرایی خاک با استفاده از منحنی دانه‌بندی (ماسه با ضریب یکنواختی پایین)



شکل ۳- ارزیابی امکان روانگرایی خاک با استفاده از منحنی دانه‌بندی (ماسه با ضریب یکنواختی بالا)



شکل ۴- قابلیت روانگرایی و عدد SPT

در این پژوهش با توجه به بررسی‌های میدانی صورت گرفته و نتایج دانه‌بندی (بر اساس شکل‌های ۲ و ۳) و آزمایش‌های SPT انجام شده (بر اساس شکل ۴) امکان وقوع روانگرایی خاک در منطقه مورد مطالعه بسیار ضعیف بود.

منابع

- انصاری، ز. ۱۳۸۹. ارزیابی پتانسیل روانگرایی در خاک‌های رسی مطالعه موردی: سایت اجرایی ایستگاه پمپاژ جزیره مینو، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
- جعفری، م.ک. ۱۳۸۰. گزارش نهایی مطالعات ریزپهنه بندی لرزه ای جنوب تهران، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله (IIIES)، شورای پژوهش‌های علمی کشور، کمیسیون عمران و زلزله، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، برنامه ملی تحقیقات (شماره ی ثبت ۵۰۱۷)، ۱۴۶ صفحه.
- سلامت پور، س.، سلامت پور، س.، جعفریان، ی. و قربانی، ع. ۱۳۹۲. ارزیابی استعداد روانگرایی ماسه بابلسر با استفاده از آزمایش‌های سه محوری مونوتونیک تحت شرایط همسان و ناهمسان. هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.
- Alavi M. ۱۹۹۴. Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: New data and interpretations. *Tectonophysics*, ۲۲۹ (۳-۴): ۲۱۱-۲۳۸.
- Azizi H. and Moinevaziri H. ۲۰۰۹. Review of the tectonic setting of Cretaceous to Quaternary volcanism in northwest Iran; *Journal of Geodynamics*, ۴۷: ۱۶۷-۱۷۹.
- Chen J., O-tani H. and Hori M. ۲۰۱۵. Stability analysis of soil liquefaction using a finite element method based on particle discretization scheme. *Computers and geotechnics*, ۶۷: ۶۴-۷۲.
- Ghasemi A. and Poor Kermani M. ۲۰۰۹. Structure of the soresat metamorphic complex, north Sanandaj-Sirjan zone, northwest Iran. *Australian Journal of Earth Sciences: An International Geoscience Journal of the Geological Society of Australia*, ۵۶: ۹۳۹-۹۴۹.
- Heider Y., Avci O., Markert B. and Ehlers w. ۲۰۱۴. The dynamic response of fluid-saturated porous materials with application to seismically induced soil liquefaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, ۶۳: ۱۲۰-۱۳۷.
- Ishihara K. and Koseki J. ۱۹۸۹. Cyclic Shear Strength of Fines-Containing Sands. *Earthquake and Geotechnical. Engrg.*, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo, ۱۰۱-۱۰۶.
- Klute A. ۱۹۸۶. *Methods of Soil Analysis. Part ۱. Physical and Mineralogical Methods.* Soil Science Society of America, Wisconsin, USA.
- Masoudi F. and Jamshidi Badr M. ۲۰۰۸. Biotite and hornblende composition used to investigate the nature and thermobarometry of pichagchi pluton, northwest Sanandaj-Sirjan metamorphic belt, Iran. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran* ۱۹(۴): ۳۲۹-۳۳۸.



- Moazzen M. ۲۰۰۴. Chlorite-chloritoid-garnet equilibria and geothermometry in the Sanandaj-Sirjan metamorphic belt, southern IRAN. Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A, ۲۸: ۶۵-۷۸.
- Seed H.B. and Idriss I.M. ۱۹۷۱. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. Journal of the soil mechanics and foundations division, ۷۹(۹): ۱۲۴۹-۱۲۷۳.
- Seed H.B., Tokimatsu K., Harder L. and Chung R. ۱۹۸۵. Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations. Journal of geotechnical engineering, ۱۱۱(۱۲): ۱۴۲۵-۱۴۴۵.
- Stocklin J. ۱۹۶۸. Structural history and tectonics of Iran. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, ۵۲: ۱۲۲۹-۱۲۵۸.

Abstract

Soil liquefaction describes a phenomenon where by a saturated or partially saturated soil substantially loses strength and stiffness in response to an applied stress, causing it to behave like a viscous fluid. The objective of this study was to investigate the soil liquefaction potential in the project site of band hangar and helicopter pad of Red Crescent in Kurdistan province. For this purpose, after field studies, three boreholes were drilled and soil classification experiments and determination of mechanical and physical properties of soils were done. The results of soil particle size distribution and SPT and their comparison with related curve indicated that possibility of liquefaction phenomenon in the region is very weak