

بررسی پدیده روانگرایی در استان هرمزگان با تاکید بر عوامل تاثیر گذار بر پدیده روانگرایی خاک منطقه

صادق قبا دی بیستونی^۱ - دکتر مسعود دهقان^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های دریایی دانشگاه هرمزگان

sadegh.ghobadi@gmail.com

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه هرمزگان

خلاصه :

در این مقاله ابتدا زمین شناسی، منشاء، ساختار، مشخصات فیزیکی و وجود گسل های فعال منطقه و تراز سطح آب زیرزمینی که خود از عوامل اصلی وقوع پدیده روانگرایی هستند، مورد بررسی قرار گرفته است. سپس پتانسیل روانگرایی خاک منطقه مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از داده های میدانی و آزمایشگاهی منطقه مقایسه ای با داده های حاصل از وقوع روانگرایی در امریکا، ژاپن و چین صورت گرفته است. در ادامه با توجه به خاک ماسه ای ریزدانه دار منطقه، ابتدا نتایج تحقیقات Prakash و ... ارائه شده است و سپس تاثیرات ریزدانه ها بر مقاومت روانگرایی خاکهای منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی : روانگرایی، گسل، لای، SPT، CSR

مقدمه :

در دهه گذشته با توجه به نگرش و توجه دولت در مناطق ساحلی جنوب ایران و به خصوص در مناطق ساحلی استان هرمزگان با توجه به موقعیت استراتژیک منطقه رشد روز افزون تاسیسات ساحلی، بنادر، اسکله ها، موج شکن ها، حوضچه های خشک، دیواره های ساحلی و... را شاهد هستیم از طرفی عمده بررسی ها، طراحی ها و اجرای این نوع سازه ها به عملیات ژئوتکنیکی منطقه بر می گردد. در این راستا پدیده روانگرایی از اهمیت خاصی برخوردار است. به طوریکه در دهه های گذشته در اقصانقاط دنیا از جمله در ازمیت ترکیه، نیگاتای ژاپن، آلاسکا، آستانه اشرفیه، منجیل و... این پدیده به وقوع پیوسته و حاصل آن صدمات و خسارات مالی و جانی هنگفت بوده است. در این مقاله سعی شده ابتدا به بررسی زمین شناسی، منشاء، ساختار، مشخصات فیزیکی و وجود گسلهای فعال منطقه و تراز سطح آب زیرزمینی که خود از عوامل اصلی پدیده روانگرایی هستند را مورد بررسی قرار دهد. سپس به بررسی پتانسیل روانگرایی خاک منطقه پرداخته و در ادامه با توجه به وجود خاک ماسه ای ریزدانه دار (عمدتاً" به صورت لای و مخلوط لای ورس با خاصیت خمیری کم) منطقه، تاثیرات ریزدانه ها بر مقاومت روانگرایی خاکهای منطقه مورد بررسی قرار می گیرد و در پایان راهکارهایی برای ایمن سازی سازه های موجود منطقه در مقابل پدیده روانگرایی ارائه خواهد شد.

زمین شناسی منطقه :

از لحاظ زمین شناسی استان هرمزگان در زون زاگرس قرار داشته به طوریکه این زون به دویخش اصلی چین خورده و رورانده تقسیم می شود. به طور کلی از بندر عسلویه تا حوالی بندر عباس خط ساحلی پوشیده از طبقه ای به ضخامت های مختلف از دوران های علیا و سفلی سوم بوده و در قسمتی بین رستیک و بندر عباس سازه های آن از برجستگی های دیا پیریک به وجود آمده که در حقیقت اغلب گنبد های نمکی هستند. نوار ساحلی از بندر عباس به جاسک غالباً بسترهای دوران چهارم بوده واز ته نشینهای آبرفتی و دشتهای ساحلی و مخروط افکنه تشکیل شده است. در ناحیه بندر عباس در مسافتی در حدود پانزده تا سی کیلومتر از خط ساحلی خاک منطقه اغلب از دوران میانه بوده واز ماسه سنگ قهوه ای کم رنگ متمایل به زرد به همراه لای به طور عمده ورس ولای متورق قهوه ای رنگ تشکیل شده است. زمین شناسی منطقه نشان می دهد با توجه به اینکه خلیج فارس در محدوده محل برخورد دو صفحه تکتونیکی اوراسیا و صفحه عربستان می باشد، منطقه متناوباً تحت تاثیر حرکات این صفحات می باشد که نتیجه آن کوهزایی در منطقه شمالی ساحل خلیج فارس و

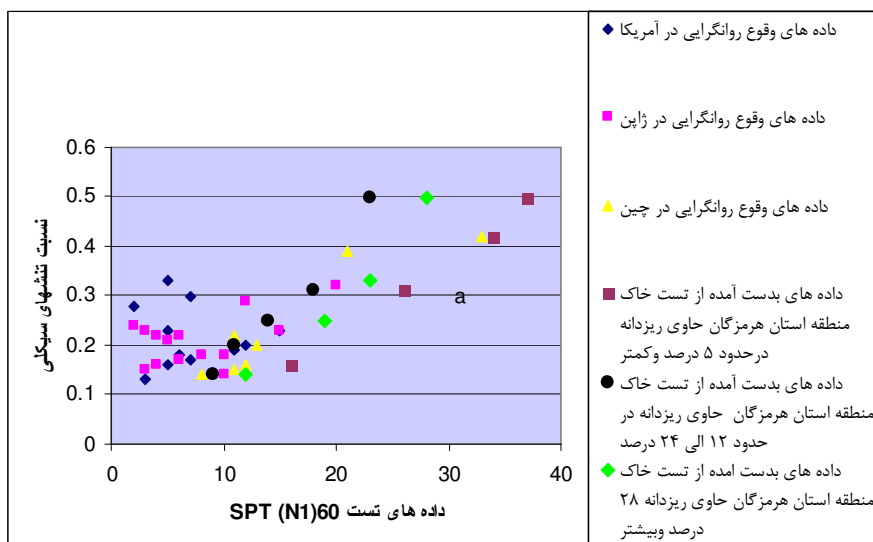
وقوع زلزله در این منطقه است. به طوریکه منطقه استان هرمزگان باخطر نسبی بالا در احتمال وقوع زلزله توصیف می شود. به طور خاص می توان به وجود گسل گنو در بیست کیلومتری بندر عباس اشاره کرد که بزرگی زلزله های به وقوع پیوسته این منطقه تا شش ونیم ریشتر هم گزارش شده است.

منشاء ، ساختارومشخصات فیزیکی خاک منطقه :

به طور کلی منشاء خاک منطقه رسوبی بوده ومنشاء رسوبات در این منطقه را رودخانه ها ، جریان باد وارگانیزم های دریایی تشکیل می دهند. اغلب رودخانه هایی که در این منطقه به خلیج فارس می ریزند فصلی بوده وبه علت خاصیت سیلابی ، مقدارزیادی سنگریزه ، ماسه و ریزدانه رابا خود حمل کرده وبه خلیج می ریزند ودر آنجا نیز به دلیل وجود جریانهای دریایی وامواج دریا در قسمت های مختلف دریا پخش می شوند به طوری که حاشیه ساحلی استان هرمزگان به وسیله همین رسوبات پر شده است. همچنین وجود باد غالب جهت شمال ، شمال غربی انتقال ذرات ریزخاک از خشکی به طرف دریا و سپس رسوب گذاری در خط ساحلی را ممکن می سازد. از طرفی دسترسی به آبهای آزاد، وجود ارگانیزم های دریایی را تایید می کند که با گذشت زمان نسل های این ارگانیزم ها در بستر دریا وحاشیه خط ساحلی تبدیل به رسوب می شوند. اما جنس خاک منطقه با توجه به گزارشات آزمایشگاه مکانیک خاک در اکثریت پروژه های احداث شده در منطقه می توان دریافت که خاکهای منطقه تا عمق حدود ده الی پانزده متر در رده ماسه لای دار سست به طور عمده و رده ماسه لای دار مخلوط با رس تشکیل شده است . ازمقایسه نتایجات به دست آمده ،خاک منطقه دارای خاصیت خمیری کم بوده وچسبندگی زهکشی شده صفر الی پنج صدم وزاویه اصطکاک داخلی زهکشی شده سی الی سی وپنج می باشد.

بررسی پتانسیل روانگرایی خاک منطقه :

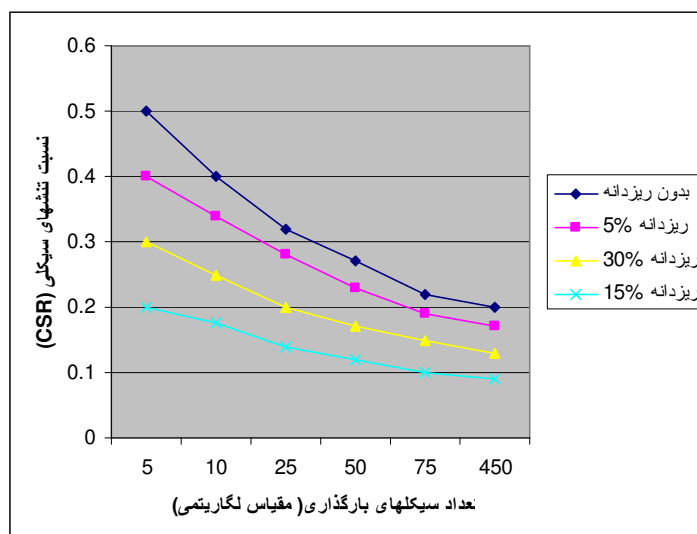
پدیده روانگرایی در واقع به علت کاهش زیاد تنش موثر خاک (در حدود صفر) به وقوع می پیوندد. بنابر این چنانچه زلزله در منطقه ای رخ دهد به علت کوتاه بودن زمان اعمال تنش وعدم امکان زهکشی، ابتدا کل انرژی اعمالی ناشی از زلزله به آب منتقل میشوند لذا امکان صفر شدن تنش موثرباتوجه به شدت زلزله ونوع خاک واشباع بودن خاک،وجود دارد. به طوریکه می توان اینگونه فرض کرد که سازه فوقانی به جای خاک روی یک مایع غلیظ و ویسکوز قرار دارد لذا تحت تاثیر وزن خود فرو رفته و دوچارچرخش زیاد می گردد. با برسی های انجام شده با توجه به وجود گسلهای فعال موجود در منطقه و وجود زلزله های با شدت نسبتا زیاد وهمچنین بالا بودن سطح آب زیرزمینی وهمچنین نوع وجنس خاک منطقه که عمدتا ماسه لای دار سست بوده این احتمال وجود دارد که خاک منطقه تحت بارهای ارتعاشی سیکی ناشی از زلزله تمایل به کاهش حجم وافزایش در فشار آب حفره ای را به دنبال داشته باشد. ترکیبات پیش رونده فشار آب حفره ای ممکن است منجر به افت کامل توان برشی خاک شده و توده خاک دوچار تغییر شکل های متعددی گردد که حاصل آن صدمه به سازه ها و تاسیسات ساحلی وحتی در دریا به سازه های دور از ساحل است. بر اساس تست های SPT انجام شده در محل پروژه ها بزرگ و مختلف منطقه ازجمله بندر شهید رجایی ، اسکله صیادی ، پروژه فولاد جنوب و گزارشات حاصله از آزمایشگاه مکانیک خاک از نسبت تنشهای سیکی ومقایسه آن با داده های حاصل از وقوع روانگرایی در امریکا ، ژاپن وچین مشخص است که خاک منطقه مستعد روانگرایی است(با توجه به شکل ۱).



شکل ۱- رابطه مابین نسبت تنش های سیکی مسبب روانگرایی و داده های ناشی از تست SPT(N1)60

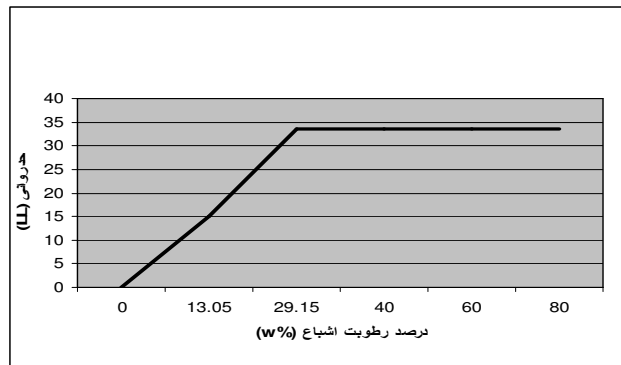
بررسی تاثیرات ریزدانه ها بر مقاومت روانگرایی خاک های منطقه :

دردهه های گذشته بیشتر تحقیقات، پتانسیل روانگرایی ماسه اشباع را مورد ارزیابی قرار داده و دید منطقی از رفتار آنها توسط نمونه های آزمایشگاهی و یا نتایج تست ارزش نفوذ استاندارد بدست آمده است. به طور کلی در ابتدا دید جامعه مهندسی بر این بود که خاک های حاوی ریزدانه دارای پتانسیل روانگرایی نیستند، اما در پی مشاهدات بعدی در زمین لرزه های ' Hokkaido (1984)' Oshima-kinkai (1984)' Sanfernado (1971)' Tangshan (1976) ' nansai-oki (1993)' Idaho (1983)' Haicheng (1975) مشاهده شد که خاک های حاوی ریزدانه نیز قابلیت روانگرایی را دارند. لذا مطالعات بعدی بر روی ارزیابی پتانسیل روانگرایی در ماسه های سست اشباع که دارای مقادیر مختلفی ریزدانه بودند متمرکز شد که به طور کلی به بررسی چند مورد از نظریات مختلف در این زمینه پرداخته می شود: (1983) seed در گزارشات خود بیان نمود که در خاک های ماسه ای دارای ریزدانه کمتر از پنج درصد می توان از اثر ریزدانه ها صرف نظر کرد و اگر مقدار ریزدانه ها بیشتر از پنج درصد گردد پتانسیل روانگرایی افزایش خواهد یافت. در تجدید نظر seed و با آزمایش روی نمونه های دیگر بیان کرد خاک های ماسه ای که بیش از بیست درصد ریزدانه و درصد رطوبت آنها کمتر از نود درصد حد روانی باشد آن خاک دارای پتانسیل روانگرایی نیست. (1997) Thevanayagam و همکاران آزمایش هایی بر روی نمونه های ماسه ای (sp-sm, sp) دارای دوازده درصد ریزدانه، ماسه لای دار دارای دوازده الی سی و دو درصد ریزدانه ولای ماسه دار دارای بیش از پنجاه درصد ریزدانه انجام دادند. نتایج آزمایشهای آنها اینگونه نشان داد که ماسه های نسبتا تمیز دارای بیشترین مقاومت و ماسه های لای دار دارای کمترین مقاومت بوده و با افزایش میزان ریزدانه مقاومت بیشتر می گردد. اما مقاومت لای خالص از ماسه نسبتا تمیز کمتر است. zlatovic and Ishihara به این نتیجه رسیدند که با افزایش ریزدانه به ماسه تا یک میزان مشخص مقاومت روانگرایی کاهش یافته و سپس با افزایش بیشتر مقدار ریزدانه مقاومت نیز افزایش می یابد اما مقاومت ریزدانه خالص از ماسه تمیز کمتر است. (1989) kuerbis and vaid بیان کردند که در یک تراکم نسبی ثابت و یا در یک نسبت تخلخل ثابت با افزایش مقدار ریزدانه، نسبت تنش های سیکنی کاهش می یابد لذا با افزایش ریزدانه تا مقدار در حدود بیست الی بیست و پنج درصد مقاومت در برابر روانگرایی کاهش پیدا می کند و با افزایش بیشتر ریز دانه مقاومت در برابر روانگرایی افزایش می یابد هر چند مقاومت آن کمتر از خاک حاوی ماسه تمیز است (با توجه به شکل ۲).



شکل ۲- تغییرات CSR و تعداد سیکل های بارگذاری با نسبت تخلخل ثابت

بر اساس تحقیقات انجام شده توسط PRAKASH, KOESTER, PERLEA حد روانی و درصد رطوبت اشباع خاک مورد توجه قرار گرفته به طوری که بیان می کنند خاکی که دارای درصد رطوبت کمتر از ۰.۸۷ حد روانی ($W < 87LL$) باشد و یا حد روانی آن بیشتر از ۳۳.۵ باشد همچنین شاص خمیری آن بیشتر از ۱۳ باشد، خاک دارای پتانسیل روانگرایی نیست. اما اگر شاخص خمیری کمتر از ۱۳ درصد گردد و مقدار ریزدانه رسی کمتر از ۲۰ درصد گردد آن خاک دارای پتانسیل روانگرایی است. در مطالعات بعدی که توسط Guo and Prakash (1999) انجام شد مشخصا تاثیر اضافه شدن نوع ریزدانه مورد بررسی قرار گرفت. آنها در گزارشی بیان کردند که PI خاک را می توان ملاک بررسی روانگرایی خاک قرار داد به طوریکه با افزایش PI از یک و نیم الی چهار مقاومت روانگرایی کاهش یافته و با افزایش ($PI > 4$) مقاومت در مقابل روانگرایی افزایش می یابد. بنابر این نتایج حاصله نشان می دهد که خمیریت خاک نیز نقش خیلی مهمی را در رفتار روانگرایی خاک بازی می کند (با توجه به شکل ۳).



شکل ۳- بررسی پتانسیل روانگرایی بر اساس حد روانی و در صد رطوبت اشباع

(1986) seed با انجام مطالعات صحرایی، خاک مناطق مختلف را مورد بررسی قرار داد و نتایج حاصله را اینگونه بیان نمود که در یک مقدار (N1)60، SPT اصلاح شده یکسان، با افزایش ریزدانه مقاومت در برابر روانگرایی افزایش می یابد. جمع بندی مطالب فوق الذکر نشان می دهد بررسی های انجام شده بعضا نتایج متناقضی را در پی دارد اما علت اصلی این تناقضات بیشتر متناظر با مبنای مختلف مقایسه رفتار خاک در پدیده روانگرایی است. طوری که اگر نسبت تخلخل و یا تراکم نسبی ثابت باشد با افزایش ریزدانه ها مقاومت روانگرایی کاهش می یابد و در صورتی که نسبت تخلخل و یا عدد SPT مینا قرار گیرد آنگاه در یک نسبت تخلخل ثابت و نیز در یک عدد SPT ثابت با افزایش ریزدانه ها مقاومت روانگرایی افزایش پیدا می کند. بنابر این با توجه به اینکه خاک منطقه اکثرا حاوی ۱۰ الی ۲۵ درصد ریزدانه (عمدتا" به صورت لای و مخلوط لای و رس با خاصیت خمیری کم) است خطر روانگرایی برای منطقه حد تر به نظر میرسد همچنانکه از شکل ۱ بر می آید. در واقع ریزدانه ها در این محدوده مانند ساچمه و مواد لغزنده عمل می کنند و قابلیت روانگرایی خاک را بالا می برند.

نتیجه گیری :

به طور کلی می توان عوامل متعدد تاثیر گذار بر رفتار روانگرایی خاک ها را اینگونه بیان کرد : خصوصیات و ماهیت بارهای ارتعاشی (زلزله) ، اشباع بودن خاک ، توزیع اندازه ذرات ماسه ، لای ، و مخلوط آنها ، تراکم نسبی خاک ، روش شکل گیری لایه های خاک ، مدت شکل گیری لایه های خاک ، سابقه تغییرشکل های نسبی قبلی ، ماهیت و مقدار سربارها ، موقعیت زهکش ها ، ابعاد توده خاک دارای پتانسیل روانگرایی ، دانسیته ، نسبت تخلخل ، شاخص خمیری می باشند. لذا با توجه به گسله های موجود و وقوع زلزله در منطقه ، همچنین بالا بودن سطح آب زیرزمینی و جنس خاک منطقه که از رده ماسه لای دار سست به طور عمده و رده ماسه لای دار مخلوط با رس تشکیل شده است و همچنین با توجه به نتایج تستهای میدانی و آزمایشگاهی پروژه های بزرگ در سطح استان و مقایسه آن با داده های وقوع روانگرایی در امریکا ، ژاپن و چین (بر اساس شکل ۱) خطر روانگرایی برای منطقه وجود دارد. از طرفی با توجه به اینکه میزان ریزدانه های موجود در خاک منطقه عمدتا در رنج ۱۰ الی ۲۵ درصد قرار دارد خطر روانگرایی برای منطقه حد تر به نظر می رسد. در واقع ریزدانه ها در این محدوده مانند ساچمه و مواد لغزنده عمل می کنند و قابلیت روانگرایی خاک را بالا می برند . لذا برای ایمن سازی سازه های موجود منطقه در مقابل پدیده روانگرایی از راهکارهایی که در زیر به آن اشاره می شود با توجه به امکانات و تشخیص متخصصین امر باید مورد استفاده قرار گیرد:

- استفاده از تراکم دینامیکی (Dynamic compaction)

- استفاده از زهکش های مناسب

- تزریق مصالح تثبیت کننده خاک

- استفاده از پی های عمیق و شمع ها

- استفاده از پی های گسترده و سازه های با مصالح سبکتر

مراجع :

- 1- Prakash, s. and Puri, v. k. (2003) " liquefaction of silts and silt-clay mixtures"
- 2- Seed, H, B. and Idriss, I. M. "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes", earthquake engineering research institute , Berkeley, CA, 1982
- 3- Yaochi, Y. and Li ting ou (2003) " A study on probabilistic evaluation of soil liquefaction"
- 4- Prakash, S., soil dynamics, MEGRAW-HILL Book Company, New York, 1981

5- Ishihara,K.,Iwasake,Y.,and Nakajima,M., "Liquefaction characteristics of sand deposits at an oil tank site during the 1978 Miyagiken-oki earthquake"

6- Puri,v,k.(1984)"liquefaction behavior and dynamic properties of loessial (silty) soils".PH.D.Thesis,university of Missouri-Rolla Missouri

6- Seed,H,B.,and De Alba(1986)"use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands"

۷- دهقان ، مسعود. "جزوه درسی ژئوتکنیک دریا". عضو هیئت علمی دانشگاه هرمزگان

۸- حائری، سید محسن. "اهمیت ژئوتکنیک لرزه‌های در ایمنی و پایداری سازه‌ها".استاد دانشکده مهندسی عمران ، دانشگاه صنعتی شریف

۹- استفاده از داده های میدانی SPT و نتایج آزمایشگاهی ، آزمایشگاه های مستقر در محل پروژه هایی مانند بندر شهید رجایی ، اسکله صادی ، پروژه فولاد ، پروژه فراساحل و نتایج مشاوران طرح های مذکور.