saze118.com

saze118.com

بررسی

روانگرایی

خاکها

و روشهای پیشگیری از آن

گردآوری . ترجمه و تنظیم :

مهندس حمید توحیدی فر

مرداد ماه ۱۳۸۵

saze118.com

-*((بسم الله الرحمن الرحیم))*-

*** به یاد تمامی عزیزانی که در زلزله های مرگبار طبس ، منجیل ، رودبار و بم جان شیرین خود را ناباورانه از دست دادند ***

SAZE118.COM

روان شدگی خاکها

علتهای روان شدگی

روان شدن خاک در حین وقوع زلزله منجر به از دست رفتن استحکام یا سختی خاک خواهد شد . این عمل می تواند منجر به نشست سازه ها ، وقوع زمین لغزه ها ، تسریع گسیختگیهای مربوط به سدهای خاکی ، یا بروز انواع دیگری از خطرها بشود . مشاهده شده است که روان شدگی خاک در نهشته هایی از نوع ماسه شل اشباع اتفاق می افتد . در طی یک تکان قوی زلزله ، نهشت ماسه شل اشباع شده تمایل به فشرده شدن خواهد داشت و لذا حجم آن کاهش می یابد . اگر این نهشته نتواند سریعا آب خود را تخیله کند آنگاه فشار آب منفذی افزایش خواهد یافت . تنش موثر در نهشته ماسه با تفاضل بین فشار سربار و فشار آب منفذی برابر است . با افزایش نوسان ، فشار آب منفذی می تواند تا مقدار فشار سربار افزایش یابد . چون استحکام برشی هر خاک غیر چسبنده مستقیما با تنش موثر متناسب است ، ماسه استحکام (باربری) برشی نخواهد داشت که در این حال ماسه روان می شود . *جوشش ماسه* که در حین وقوع زلزله در سطح زمین مشاهده می شود دلیل بر وقوع روان شدگی است . جزئیات بیشتر در توضیح پدیده روان شدگی و روشهای تحلیل برای

SAZE118.COM

تعیین امکان بالقوهٔ روان شدگی در مراجع مختلف یافت می شود . (۱ ، ۲ ، ۳)

$\sigma' = \sigma - u$
$\tau = \sigma' \tan\varphi' + c'$
$\tau = \sigma' \tan\varphi' \quad , \quad c' = 0$
$\tau = (\sigma - u) \tan\varphi'$
$u = \sigma \quad \blacktriangleright \quad \tau = 0 \quad \blacktriangleright$ *Liquefaction*

جوشش ماسه در کف خانه ای در آستانه اشرفیه

جوشش ماسه

SAZE118.COM

جوشش ماسه – المپیا – واشنگتن ۲۰۰۱

جوشش ماسه – لوما پریتا ۱۹۸۹

گسیختگیهای زمین ناشی از روان شدگی و آثار آن بر سازه ها

اگر خاکی روان شود و استحکام برشی خود را از دست بدهد ، آنگاه ممکن است گسیختگی

زمین رخ دهد اگر سازه هایی بر روی و یا در نزدیکی این نهشته های خاکی بنا شده باشند ،

SAZE118.COM

ممکن است آسیب ببینند . یود (۴) گسیختگیهای زمین ناشی از روان شدگی را به ۳ دسته تقسیم می کند :

- گسترش جانبی
- گسیختگیهای جریانی
- ازبین رفتن ظرفیت باربری

گسترش جانبی حرکت لایه های خاک سطحی در جهتی به موازات سطح زمین است و وقتی اتفاق می افتد که به سبب پدیده روان شدگی استحکام برشی لایه زیرین سطح از بین برود. معمولا گسترش جانبی بر روی شیب های بسیار آرام با اندازه کمتر از ۵٪ رخ می دهد . اگر در زیر یک سازه گسترش تفاضلی وجود داشته باشد ، آنگاه تنشهای کششی کافی برای تخریب کامل سازه ، در آن به وجود خواهد آمد .مشاهده شده است که ساختمانهای انعطاف پذیر بهتر از ساختمانهای شکننده در برابر جابه جایی گسترش یابنده مقاومت می کنند .(۵)

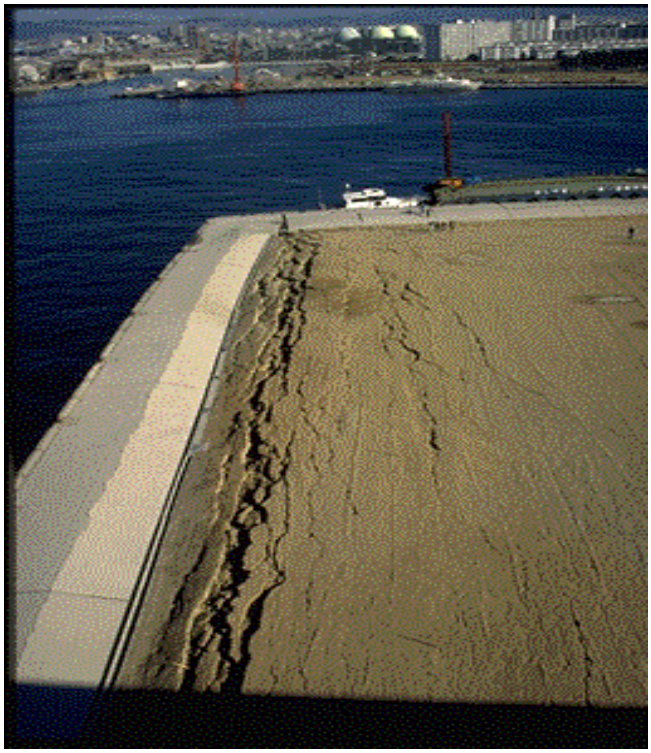
SAZE118.COM

گسترش جانبی زمین – زلزله **kocaeli** ترکیه ۱۹۹۹

گسترش جانبی زمین – زلزله **kocaeli** ترکیه ۱۹۹۹

SAZE118.COM

گسترش جانبی زمین – زلزله ۱۹۹۵ کوبه ژاپن



ترک های ناشی از گسترش جانبی و جوشش ماسه ناشی از روانگرایی در نزدیکی پایه های میانی پل **Nishihomiya** که مقطع شکسته شده آزاد راه را نگه می داشت

SAZE118.COM

گسترش جانبی می تواند بر تجهیزات طویل مدفون در خاک (خطوط جریان حیاتی) تاثیر فاجعه آمیزی داشته باشد. این اعتقاد وجود دارد که در طی زلزله بزرگ۱۹۰۶سان فرانسیسکو هرگونه شکستی در شبکه آبرسانی بر اثر گسترش جانبی ایجاد شده است . در نتیجه این مسئله تلاش برای خاموش کردن آتش سوزی نافرجام ماند . سرانجام اکثر قسمتهای سان فرانسیسکو نابود شدند .

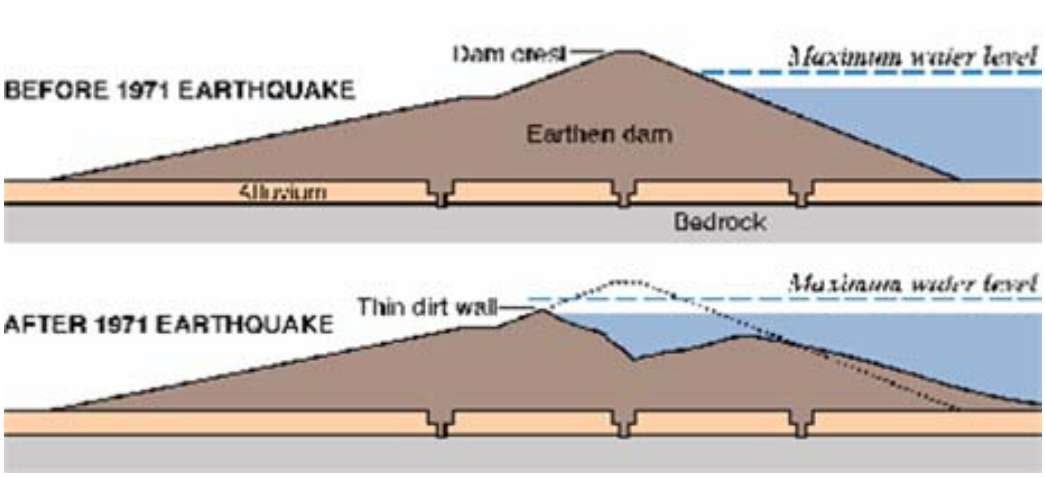
قطع خطوط راه آهن و انتقال آب

قطع جاده های ارتباطی

SAZE118.COM

آتش سوزی پس از وقوع روانگرایی و قطع خطوط انتقال آب

گسیختگیهای جریانی زمانی اتفاق می افتند که نواحی بزرگ از خاک روان شوند یا بلوکهای خاکهای روان نشده بر روی لایه ای از خاکهای روان شده جریان یابند . لغزشهای جریانی در جاهایی رخ می دهد که شیبها معمولا کمتر از ۵٪ است.این پدیده ها آثار فجیعی در طی زلزله ۱۹۶۴ آلاسکا برجا گذاشتند .



روانگرایی جریانی – سد سان فرناندو پایینی

SAZE118.COM

روانگرایی جریانی – سد سان فرناندو پایینی

روانگرایی جریانی – سد باطله **Stava**- ایتالیا – ژوئن ۱۹۸۵

SAZE118.COM

آلاسکا ۱۹۶۴

ترک در بالادست سد **Los Angles** در زلزله **Northridge** (۱۹۹۴)

روان شدگی می تواند به از دست رفتن ظرفیت باربری نیز منجر شود که این امر معمولا با

SAZE118.COM

تغییر شکلهای بزرگ خاک همراه است . ممکن است سازه هایی که بر روی این خاکها قرار دارند نشست کنند ، کج شوند و یا حتی واژگون شوند . حتی سازه های مدفون در خاک به بیرون از زمین پرتاب شده اند . در بدترین حالات ، که ضخامت لایه های خاک روان شده زیاد است ، گسیختگیهایی به صورت کج شدگی یا واژگونی ، از قبیل گسیختگیهایی که در طی زلزله ۱۹۶۴ در نیگاتای ژاپن مشاهده شد می تواند ایجاد شود . در حالتی که لایه خاک روان شده کم ضخامت باشد، یا در حالتی که لایه خاک روان نشدهٔ نسبتا ضخیمی بر روی یک نهشته از خاک روان شده قرار داشته باشد،کج شدگی شدید یا واژگونی سازه ها رخ نمی دهد اما نشست قائم تفاضلی می تواند ایجاد شود .

ممکن است سازه های مدفون در خاک، از قبیل مخازن زیر زمینی ، به سبب افزایش فشار آب منفذی مربوط به روان شدگی دستخوش شناوری شدیدی شوند . سازه های حائل ، از قبیل دیوارهای حائل یا سازه های بندر، زمانی که در خاکهای اطراف آنها روان شدگی رخ می دهد در معرض فشارهای جانبی افزایش یافته واقع می شوند.تشکیل چاهک (در زمانی که جوشش ماسه رخ می دهد)باعث نشست تفاضلی یا کج شدگی سازه هایی می شود که بر روی پی های کم عمق قرار گرفته اند .

SAZE118.COM

البته میزان تاثیر مستقیم یا نامستقیم گسیختگیهای ناشی از روان شدگی بر سازه ها به وسعت روان شدگی بستگی دارد . اگر روان شدگی در لایه ماسه ضخیم و وسیع افقی بوجود آید ، انتظار می رود که آثار آن بر روی سازه ها بسیار زیاد باشد . اما اگر روان شدگی منحصر به لایه های کم ضخامت و غیر پیوسته ای از خاک (عدسیها) شود ، آنگاه سازه ها دستخوش آسیب جزئی می شوند و یا اصلا آسیب چشمگیری نمی بینند .

کوبه ، ژاپن ۱۹۹۵

نیگاتا ، ژاپن ۱۹۶۴

SAZE118.COM

ایزمیت ، ترکیه ۱۹۹۹

هر دو عکس ایزمیت ، ترکیه ۱۹۹۹

برخورد با مسئلهٔ روان شدگی

اگر روان شدگی به عنوان یک خطر شناسایی شود ، راههایی وجود دارد که می بایست آنها

را به کار بست . برای اجرای جدید راههای موجود عبارتند از :

۱. طراحی برای مقابله با روان شدگی از طریق اصلاح وضعیت خاک منطقه یا تقویت سازه .

۲. رها کردن یا انتقال (مکان) پروژه .

۳. قبول خطر با پیش بردن پروژه بدون طراحی برای مقابله با روان شدگی .

SAZE118.COM

واضح است که اقتصاد تا حدود زیادی بر راه چاره تاثیر می گذارد . دومین راخ چاره به این بستگی دارد که آیا منطقهٔ دیگری بدون مسئلهٔ روان شدگی وجود دارد یا نه. سومین راه چاره ممکن است سبب ایجاد مسئولیت ناخواسته و مشکلات مربوط به غیرقابل بیمه کردن شود ، یا حتی ارزش آتی دارایی و عملی بودن پروژه را به مخاطره اندازد . دومین و سومین راه چاره مستلزم بحث زیادی است ولی مورد نظر ما نیستند و توجه خود را به طراحی برای مقابله با روان شدگی معطوف می کنیم .

کم کردن خطر روان شدگی از طریق اصلاح خاک

روشهای متعددی برای اصلاح منطقه وجود دارد که می توانند قابلیت روان شدگی خاکهای زیر یک ناحیه را کاهش دهند . (۲) این روشها در جدول ۱ خلاصه شده اند .

جدول ۱ - روشهای کاهش روان شدگی خاک از طریق اصلاح زمین

۱. خاکبرداری و عوض کردن خاکهای مستعد روان شدگی
الف . خاکبرداری و تراکم مهندسی خاک موجود.
ب . خاکبرداری و تراکم مهندسی خاکهایی که با مواد افزودنی اصلاح شده اند .
ج . برداشتن خاکهای موجود و جایگزین کردن آن با خاکهای روان نشو که بطور مناسب متراکم شده اند .
۲. متراکم سازی خاکهای درجا

SAZE118.COM

الف . شمعهای تراکمی

ب . میل گمانه های ارتعاشی

ج . شناوری ارتعاشی

د . دوغاب ریزی تراکمی

هـ . تراکم دینامیکی یا متراکم سازی بر اثر ضربه

۳. بهبود خاکهای درجا با تغییر آنها

الف . مخلوط کردن خاکهای درجا با مواد افزودنی

ب . برداشتن خاکهای درجا با آب فشانی و جایگزین کردن آنها با خاکهای روان نشو.

۴. دوغاب ریزی یا تثبیت شیمیایی

اولین دستهٔ کلی روشهای اصلاح منطقه متضمن برداشتن خاکهایی است که به صورت بالقوه مستعد روان شدن اند . آنگاه خاک بصورت یک خاکریز مهندسی دوباره متراکم می شود تا چگالی آن افزایش یابد، بطوری استعداد بالقوهٔ آن برای روان شدن کاهش یابد.به طریق دیگر خاکهای محلی با اضافات اصلاح می شوندوسپس بصورت یک خاکریزمهندسی به طور مناسب متراکم می شوند . راه حل دیگر به دور انداختن مصالح خاکبرداری شده و جایگزین کردن کامل آن با مصالح وارداتی است که بطور مناسب متراکم شده اند و روان نمی شوند .

دومین دسته کلی روشهای بهبود خاک، شامل بالا بردن چگالی خاکها در جایی است که قابل روان شدن اند .خاکها ، در صورت متراکم شده ، امکان بالقوهٔ کمتری برای روان شدن پیدا می کنند زیرا وقتی که یک خاک متراکم تحت اثر تکان زلزله قرار بگیرد تمایل به کاهش

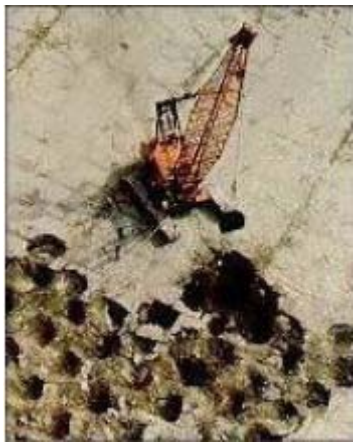
SAZE118.COM

حجم نخواهد داشت ؛ در حقیقت ، تمایل به کاهش تراکم دارد ، لذا امکان ایجاد فشارهای منفذی اضافی کاهش می یابد . شناوری ارتعاشی فرآیندی است که طی آن ماشینی به درون زمین فرستاده می شود و از طریق ارتعاش و اشباع سازی همزمان،خاکهای شل را متراکم می سازد (۶) . زمانی که ماشین ارتعاش می کند ، آب سریعتر از آنکه توسط خاک جذب شود تلمبه می شود . ضمن اینکه آب اضافی ذرات ریزتر را به سطح زمین می آورد ، ذراتی که شکل دانه ای بیشتری دارند در نتیجهٔ ارتعاش متراکمتر می شوند . به سطح زمین خاکهای دانه ای افزوده می شود تا از دست رفتن ذرات ریزتر و افزایش تراکم را جبران کند .*ایشی هارا* و دیگران (۷) گزارش داده اند که مخازن نفتی که بر روی خاکهای ماسه ای قرار داشتند که به روش شناوری ارتعاشی متراکم شده بودند،در زلزله ۱۹۷۸ می یاجیکن–اوکی دستخوش آسیب دیدگی و نشست کمی شدند،در حالی که تسهیلات مشابه مجاور که بر روی نهشته های ماسهٔ شلی قرار گرفته بودند که متراکم نشده بود ، دستخوش آسیب دیدگی و نشست شدید شدند .

همچنین می توان از طریق تراکم دینامیکی (که متراکم سازی بر اثر ضربه یا کوبهٔ سنگین نیز نامیده می شود) متراکم سازی را درجا انجام داد . در روش تراکم دینامیکی از وزنه سنگین

SAZE118.COM

در حال سقوط استفاده می شود؛ این وزنه موجی ضربه ای ایجاد می کند که تا عمق مشخصی در زمین انتشار می یابد . اثر این تراکم در خاکهای دانه ای ایجاد فشار آب منفذی زیاد است. زمانی که این فشارها با عمل زهکشی از بین بروند ، عمل تراکم (یا درست تر بگوییم ، تحکیم) روی می دهد، و خاک متراکمتر می شود و لذا مقاومت آن در مقابل روان شدن بیشتر می شود.



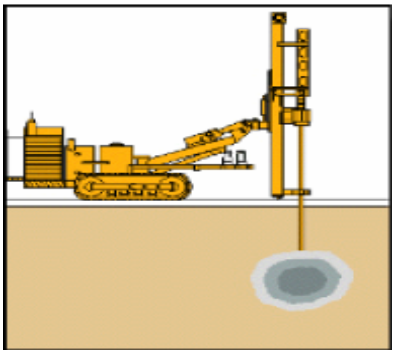
تراکم دینامیکی

سومین دستهٔ کلی روشهای بهبود خاک، تغییر خاک است . می توان خاک را با ساخت پایه ها یا دیواره های سخت شده که درجا مخلوط می شوند مقاومتر کرد . برای ایجاد پایه ها یا دیواره ها ، آهک ، سیمان ، یا آسفالت را مخلوط می کنند تا مقاومت برشی تامین شود و ناحیه خاکهای قابل روان شدن را ، برای جلوگیری از ایجاد جریان ، محصور کند . تعویض ارتعاشی یکی از فرایندهایی است که از طریق آن می توان خاکها را اصلاح کرد ؛ این فرایند مخصوصا زمانی مناسب است که مقدار زیادی خاک ریز،که به سادگی به روش ارتعاشی متراکم نمی شود

SAZE118.COM

، وجود داشته باشد . در تعویض ارتعاشی ، از یک مرتعش کننده برای نفوذ دادن خاک به عمق مورد نظر استفاده می شودوسوراخ ایجاد شده با مصالح درشت دانه ای از قبیل شن یا سنگ خرد شده پر می شود . سپس این مصالح متراکم می شوند و یک ستون سنگی را تشکیل می دهند . ستونهای سنگی بر اساس یک طرح شبکه ای از پیش تعیین شده نصب می شوند . این ستونها تراکم پذیری کم و مقاومت برشی زیادی دارند و چون درشت دانه اند ، فشارهای منفذی اضافی در خاکهای اطراف را می توانند به سرعت مستهلک کنند . فرایند دیگر تغییر ، یخ زدن خاک است .

چهارمین دسته روشهای اصلاح خاک ، دوغاب ریزی خاک یا تثبیت شیمیایی آن است . این روشها مقاومت برشی خاکها را با تزریق مواد ذره ای،رزینها،یا مواد شیمیایی به درون حفره ها بهبود می بخشند .



تزریق و دوغاب ریزی

SAZE118.COM

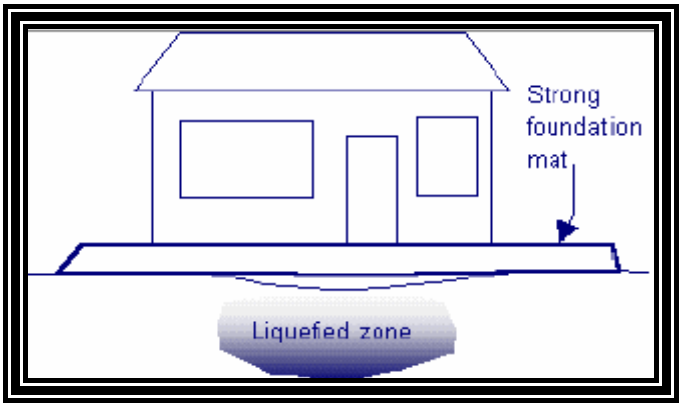
کم کردن خطر روان شدگی از طریق طراحی سازه ای

در طراحی هر سازه برای مقاومت در مقابل روان شدن (خاک) می بایست تغییر شکلهای خاک را که در حین روان شدن آن رخ می دهند در نظر گرفت . این مطالب در طراحی پی ساختمان تاثیر چشمگیری دارد .

طراحی برای مقاومت دربرابر روان شدن با استفاده از شمعها یا صندوقه هایی صورت می پذیرد که در زیر لایه های خاکی که به طور بالقوه امکان روان شدن دارند ،قرار می گیرند و به خاک یا سنگی که تکیه گاه محسوب می شوند،متکی هستند.در چنین طرحهایی باید نیروهای احتمالی فروکش را که از نشست خاکهای فوقانی ناشی می شوند در نظر گرفت . همچنین به سبب از بین رفتن بخش عمده توانایی در انتقال نیروهای افقی به خاکهای روان شده ، ممکن است به طرح خاصی برای نیروهای جانبی یا برش پایه نیاز باشد ؛ این طرح ممکن است شامل استفاده از شمعهای مایل یا طراحی صندوقه هایی بصورت ستونهای بدون تکیه گاه که در طول نواحی روان شده قرار می گیرند ، باشد . اجزای سیستم پی باید کاملا خوب به همدیگر متصل شوند تا در مقابل گسترش جانبی احتمالی خاکها مقاومت کنند .دالهای کف که بر بستر زمین واقع اند می توانند دستخوش نشست یا جابه جایی تفاضلی شوند و می بایست از لحاظ سازه ای مهار شوند تا آثار ناشی از روان شدن (خاک) به مینیمم رسانده شود .

SAZE118.COM

برای سازه های با نیمرخ کوتاه و توزیع جرم بکنواخت ، استفاده از پی گسترده امکان پذیر است . پی گسترده باید قادر باشد نواحی موضعی نشست را به گونه ای بیکدیگر مرتبط کند که سازه بتواند کم و بیش همانند یک جسم صلب عمل کند . می توان هرگونه تغییر شکل دائمی سازه را با تزریق دوغاب یا گل ، تا تراز مناسب ، تصحیح کرد .



استفاده از پی صلب برای کاهش اثر روانگرایی بر سازه

سازه های به شکل دیوار که خاکهایی را نگاه می دارند که به طور بالقوه قابل روان شدن اند ، از قبیل آنهایی که در تاسیسات بندری وجود دارد ، ممکن است در صورت روان شدن خاک در معرض فشارهای جانبی زمین که از حالت عادی بیشترند ، قرار گیرند . ممکن است فشارهای زمین از وضع در حال سکون یا فعال به وضعی افزایش یابد که توزیع فشار معادل با توزیع فشار ایجاد شده توسط سیالی با چگالی برابر با چگالی کلی خاک باشد .

حتی با استفاده از یک راه حل سازه ای برای کاهش روان شدگی خاک ، باز هم این خطر

SAZE118.COM

باقی می ماند که سازه آسیب ببیند و پس از وقوع پدیدهٔ روان شدگی خاک مقداری کار ترمیمی لازم خواهد بود .

کاهش خطر روان شدگی با انجام زهکشی

ممکن است سیستم های پایین آورنده سطح آب ، با برداشتن آب از لایه هایی که می توانند روان شوند ، امکان بالقوهٔ ایجاد روان شدگی را کاهش دهند . همچنین افزایش فشار سربار موثر به مقاومت خاک در مقابل روان شدگی خواهد افزود . اگر پایین آمدن کلی سطح آب یک منطقه عملی نباشد ، فراهم آوردن برخی راههای زهکشی مشکل را تخفیف خواهد داد . زهکشی از بین رفتن سریع فشار منفذی اضافی را در لایه های خاکی که امکان بالقوهٔ روان شدگی را دارند ، امکان پذیر می کند . اگر فشارهای منفذی بتواند سریعا برطرف شود ، تنشهای موثر به مقدار چشمگیری کاهش نخواهند یافت و خاک بخش عمده مقاومت برشی خود را حفظ خواهد کرد ، و نمی گذارد روان شدگی رخ دهد . زهکشهای شنی قائم که بصورت یک طرح شبکه ای نصب می شوند نیز قادر به انجام این کار هستند . در روش تعویض ارتعاشی از این اصل استفاده می شود زیرا ستونهای سنگی ساخته شده از مصالح درشت دانه در مقایسه با خاکهای اطراف بسیار تراوایند .

SAZE118.COM

روشهای در دست توسعه ای وجود دارند که در آنها از مصالح زهکشی پیش ساخته ، مشابه با زهکشهای فتیله ای قائم ، برای کنترل آثار روان شدن خاک استفاده می شود . این زهکشها باید اندازه کافی داشته باشند تا بتوانند مقادیر زیادی آب را ، که در حین وقوع پدیدهٔ روان شدگی تولید می شوند ، تخلیه کنند بدون آنکه افت فشار بی جهت پیش بیاید . یک مخزن یکپارچهٔ آب ذخیره شدن آب در طی زلزله را امکانپذیر می کند ؛ سپس آب به تدریج به سمت خاکهای اطراف زهکشی می شود . این سیستم به مجرای خروج آب نیاز ندارد .

خلاصه مطالب :

ناپایداری های زمین ناشی از زلزله

Land Instabilities Due to Earthquake

روانگرایی	**Liquefaction**
لغزش	**Landslide**
سنگریزش	**Rockfall**
فرونشینی	**Subsidence**
گسلش	**Faulting**

شرایطی که روانگرایی محتمل نیست:

- خاکهای چسبنده با بیش از ٪۵۰ مواد ریزدانه حاوی مقدار قابل توجهی رس
- خاکهای متراکم

SAZE118.COM

- خاکهای مخلوط شن و ماسه و مواد ریزدانه چسبنده با درصد قابل توجه ریزدانه و دانه‌بندی خوب
- شرایطی که عمق سطح آب زیرزمینی از ۳ متر برای زلزله‌های با شدت متوسط، ۶ متر برای زلزله‌های با شدت زیاد و ۱۰ متر برای زلزله‌های بسیار شدید تجاوز نماید.

* در چنین شرایطی روانگرایی در سطح بروز نمی‌کند ولی ممکن است در اعماق زیر سطح آب زیرزمینی بوقوع بپیوندد. در این حالت اگر از پی‌های عمیق استفاده شود یا پی سطحی در عمق قابل توجهی از سطح زمین قرار داشته باشد ممکن است روانگرایی خساراتی را به سازه وارد سازد. در این حالت:

- در مورد پی‌های سطحی عمق آب زیرزمینی بایستی نسبت به کف پی سنجیده شود.
- در مورد پی‌های عمیق با مقاومت انتهایی بایستی عمق آب زیرزمینی نسبت به نوک شمع‌ها سنجیده شود

شرایطی که روانگرایی محتمل است :

- خاکهای ماسه‌ای سست و نیمه متراکم
- خاکهای مخلوط شن و ماسه، ماسه شن‌دار سست تا نیمه متراکم
- خاکهای ماسه لای دار سست تا نیمه متراکم

سطح آب زیرزمینی در شرایط فوق کمتر از ۳ تا ۶ متر باشد

در صورتیکه خاک موردنظر و شرایط محیطی منطبق با یکی از شرایط فوق است بایستی مطالعات جدی و دقیق برای بررسی احتمال وقوع تمهیدات لازم توسط مهندس ژئوتکنیک متخصص انجام شود .

سایر حالات :

سایر موارد نیاز به مطالعات بیشتر دارد و در صورت تایید احتمال وقوع توسط مطالعات، بایستی که مسئله بصورت دقیقتر بررسی گردد .

SAZE118.COM

تمهیدات مختلف جهت ایمن‌سازی نقاط دارای استعداد روانگرایی :

- **متراکم نمودن خاک توسط شمع‌کوبی، لرزاندن، انفجار، ویبروفلوتیشن و تراکم دینامیکی (Dynamic Compaction)**
- **احداث چاههای شنی زهکش**
- **ضخیم‌تر نمودن لایه غیرقابل روانگرایی در زیر پی**
- **استفاده از پی‌های عمیق**
- **استفاده از پی‌های گسترده**
- **خاکبرداری و خاکریزی مجدد بطریق مهندسی و متراکم شده با استفاده از خاک محل یا خاک غیر قابل روانگرایی**
- **بهبود وضعیت خاک با استفاده از تزریق و مواد افزودنی**
- **احداث ساختمان یکپارچه و سبک**

جهت هر پروژه بایستی متخصص ژئوتکنیک لرزه‌ای به بررسی شرایط بپردازد و متناسب با شرایط موجود اقدام به ارائه راه‌حل نماید.

saze118.com

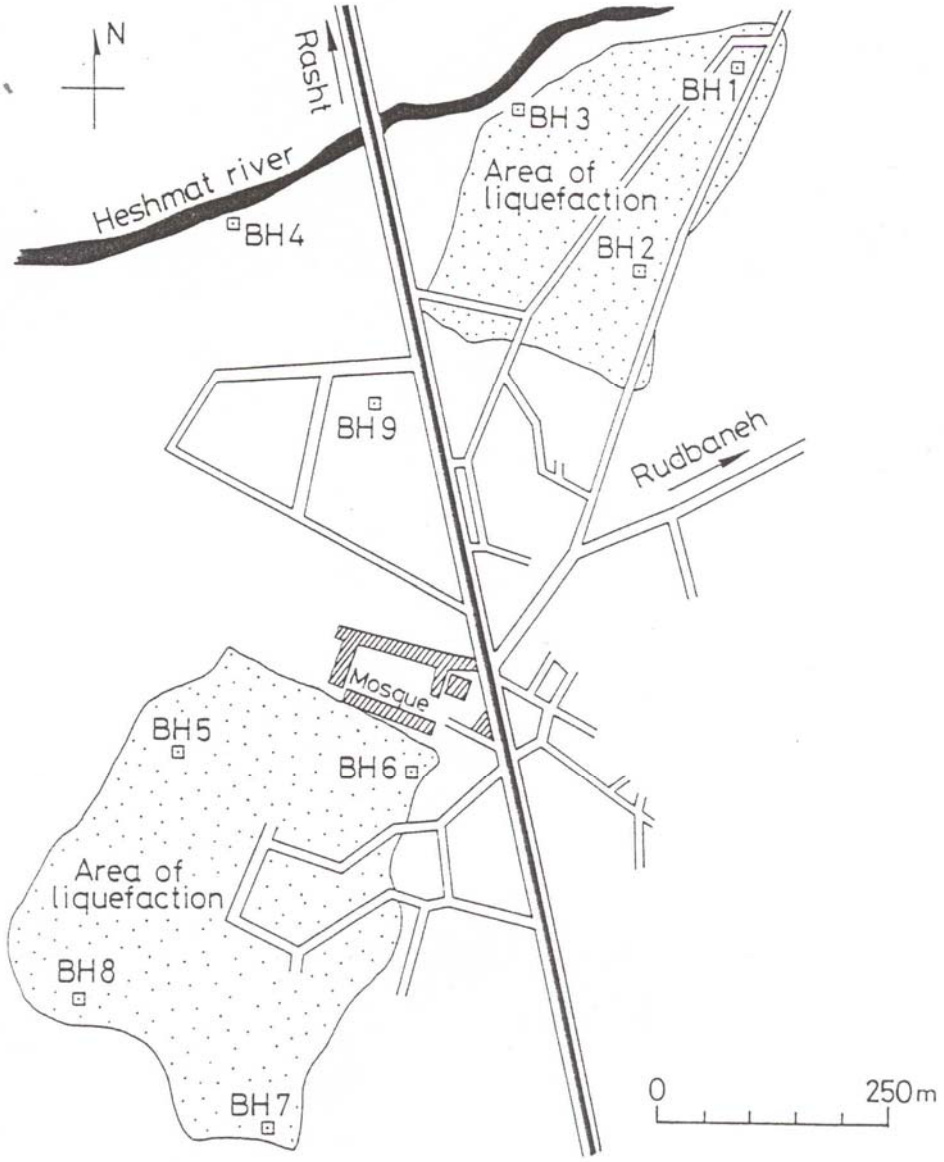
آلبوم عکسهای منتخب

SAZE118.COM

زلزله منجیل – ایران ۱۹۹۱ – عکسها مربوط به آستانه اشرفیه

saze118.com

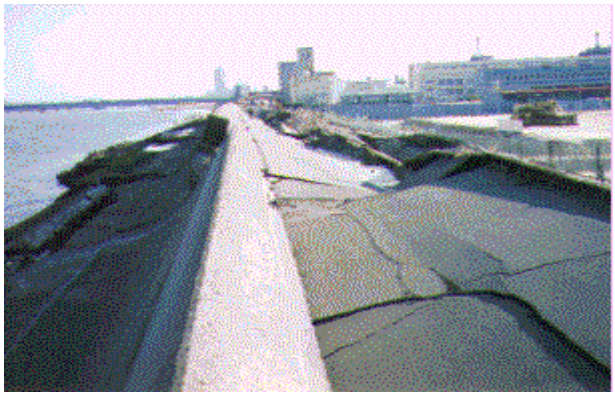
saze118.com


N
Rasht
Heshmat river
BH4
BH3
BH1
Area of liquefaction
BH2
BH9
Rudbaneh
Mosque
BH5
BH6
Area of liquefaction
BH8
BH7
0
250m

saze118.com

کوبه – ژاپن

saze118.com



SAZE118.COM

منابع و مراجع :

1. Seed , H , B . and Idriss , I .M., *Ground Motions and Soil Liquefaction during Earthquakes* , Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley , CA , 1982 .

2. National Research Council , *Liquefaction of Soils during Earthquakes* , National Academy Press , Washington , 1985 .

3. Prakash , S., *Soil Dynamics* , McGraw-Hill Book Company , New York , 1981 .

4. Youd , L. T., "Major Cause of Earthquake Damage is Ground Failure , " *Civil Eng* . 48, No. 4, 47-51 , Apr .1978 .

5. Youd , L. T., "Ground Failure Displacement and Earthquake Damage to Buildings ," *Proceedings , 2nd ASCE Conference on Civil Engineering and Nuclear Power* , Knoxville , TN , September. 1980

6. Brown, R. E., " Vibroflotation Compaction of Cohesionless Soils ," *J. Geotech. Div* . *ASCE* 103 , No. GT12, 1437-1451, Dec.1977 .

7. Ishihara , K., Iwasake , Y., and Nakajima, M., " Liquefaction Characteristics of Sand Deposits at an Oil Tank Site During the 1978 Miyagiken-Oki Earthquake," *Soil and Foundation* 20 , No. 2, 97-111 , June 1980 .

8. James C.Anderson , Christopher Arnold , & others , *The Seismic Design Handbook* , Edited by Farzad Naeim , Van Nostrand Reinhold , NewYork , 1989

۹. طراحی سازه های ضد زلزله ، جیمز آندرسن ... (و دیگران) ؛ ویراستار مولف فرزاد نعیم ؛ ترجمهٔ علی شریفی ، رسول میرقادری . – تهران : مرکز نشر دانشگاهی ، ۱۳۸۰ .

۱۰. اهمیت ژئوتکنیک لرزه ای در ایمنی و پایداری سازه ها ، پرفسور سید محسن حائری ، استاد دانشکده مهندسی عمران و رئیس مرکز مطالعات و تحقیقات مهندسی ژئوتکنیک ، دانشگاه صنعتی شریف

SAZE118.COM

۱۱. ارزیابی برخی چالشها در مهندسی ژئوتکنیک ، دکتر عباس سروش ، دانشیار ژئوتکنیک ، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

شالوده این اثر بر مبنای کتاب طراحی سازه های ضد زلزله (مرجع شماره ۹) قرار دارد .