

چرا ساختمان‌ها طی زمین لرزه دچار نشست یا فرو رفتگی در زمین می‌شوند؟



منظور از روانگرایی خاک‌ها چیست؟

این وضعیت خاص طی لرزش زلزله در خاک‌های ماسه‌ای (غیر چسبنده) که سست و اشباع از آب هستند رخ می‌دهد. لرزش افقی زمین در تراز سنگ بستر رو به بالا به لایه‌های بالایی انتقال می‌یابد. خاک‌های غیر چسبنده سست اشباع دارای منافذی بین اجزای خاک پر شده با آب هستند. طی لرزش قوی زمین، ماسه سست تمایل به تراکم دارد که باعث فشرده‌سازی آب می‌شود، اما به دلیل اینکه آب تراکم ناپذیر است، تمایل دارد که خارج شود. آب نمی‌تواند به سرعت خارج شود (شکل ۱a) و بنابراین فشار آب منفذی در خاک افزایش پیدا می‌کند. این کار تنش مؤثر بین اجزای خاک را کاهش می‌دهد. در برخی شرایط، تنش مؤثر ممکن است به زیر صفر برسد. در این موقعیت تا زمانی که مقاومت خاک بستگی به این تنش مؤثر دارد، ممکن است خاک مقاومت برشی خود را به صورت کامل از دست دهد و مانند مایع رفتار کند. این پدیده روانگرایی نامیده می‌شود. ساختمان‌ها و سازه‌های مستقر در این خاک‌ها می‌توانند واژگون شوند و در زمین غرق شوند (شکل ۱b). بسته به خواص خاک و ویژگی‌های حرکت زمین، زلزله می‌تواند بر نیاز تنش برشی تحمیلی خاک در عمقی که ظرفیت مقاومت برشی خاک را افزایش می‌دهد تأثیرگذار باشد، خاک در این عمق روان گرا می‌گردد (شکل ۲).

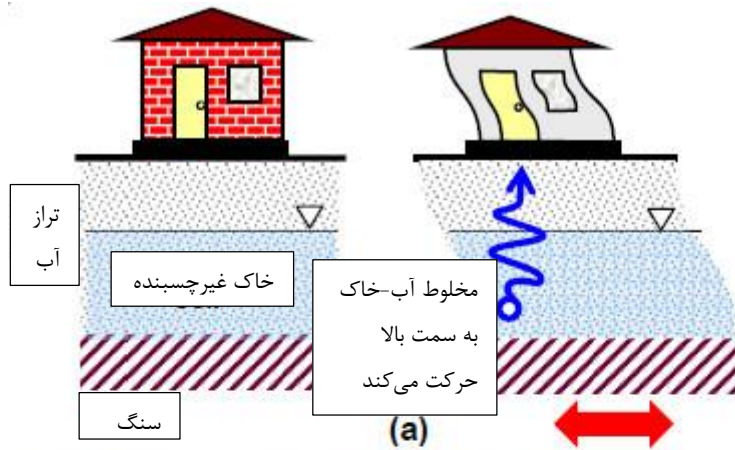


Figure 1: Soil liquefaction during earthquake shaking –
 (a) Process of liquefaction, and
 (b) Collapse of buildings during 1964 Niigata Earthquake

Figure 1

شکل ۱: روانگرایی خاک طی لرزش زلزله

(a) مراحل روانگرایی و

(b) فروریزش ساختمان‌ها طی زلزله نیگاتا ۱۹۶۴

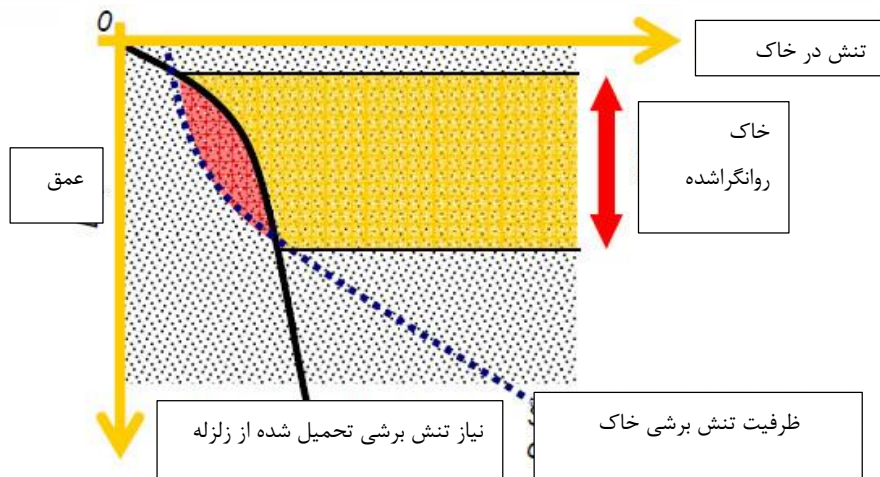


Figure 2: Liquefaction of soil layer – liquefied soil layer may be embedded at a depth beneath the ground surface

شکل ۲: روانگرایی لایه خاک- لایه خاک روان گرا شده ممکن است در عمق زیرین سطح زمین مدفون شود.

مراحل فیزیکی روانگرایی

طی روانگرایی، مخلوط آب-خاک غیر چسبنده تمایل به رفتار مایع مانند دارد و بنابراین، زمین تمایل به صاف شدن دارد. به عنوان مثال، خاکریزها ممکن است فروریزند درحالی که عمق مخازن ممکن است کاهش یابد. این عمل می تواند اثرات خسارت آور جدی در پی داشته باشد.

۱- غرق شدن و برخاستن سازه‌ها

زمانی که مخلوط خاک-آب غیر چسبنده روان گرا می شود، سازه‌ها تمایل به غرق شدن در زمین پیدا می کنند (شکل ۳). در بسیاری از موارد، برخی قسمت‌های ساختمان بیشتر از بقیه فرو می روند که منجر به کج شدن ساختمان می گردد. به طور مشابه، سازه‌های مدفون تمایل به برخاستن از سطح را دارند، زیرا چگالی کل آن‌ها از خاک روان گرا شده کمتر است.

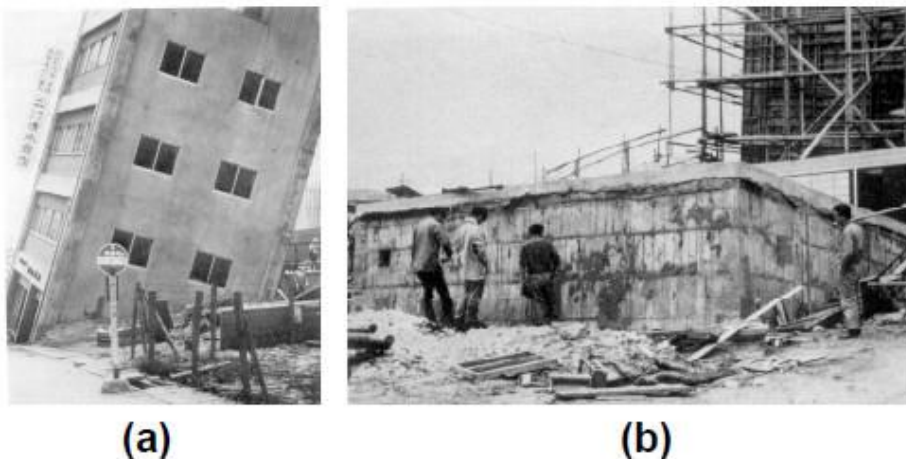


Figure 3: Sinking and uplift of structures –
(a) Sinking of a building, and
(b) uplift of sewage tank, during 1964 Niigata Earthquake, Japan

شکل ۳: غرق شدن و برخاستن سازه‌ها

(a) غرق شدن یک ساختمان

(b) برخاستن مخزن فاضلاب طی زلزله نیگاتا ۱۹۶۴ ژاپن

۲- گسیختگی شیب در تراز پایین تر مقاومت خود را به منظور تحمل هر نیرویی از دست می‌دهد، لایه خاک پوشاننده ممکن است به صورت افقی بلغزد به خصوص زمانی که شیب تند باشد (بیشتر از ۵ درصد) و خاک اصلی سست می‌گردد. این عمل باعث لغزش زمین با گستردگی صدها متر از حرکت توده خاک می‌گردد (شکل ۴a). در خاک‌های سست و متراکم، وقتی شیب ملایم باشد (کمتر از ۳ درصد) جابه‌جایی روبه‌جلوی توده عظیم خاک می‌تواند موجب فروپاشی توده عظیم خاک گردد.

بنابراین سازه‌ها اگر با این‌گونه خاک حمایت شوند ممکن است فروپاشیده شوند (شکل ۴b). جابه‌جایی خاک در اثر گسترش جانبی می‌تواند تنش‌های قابل ملاحظه‌ای را موجب شود و خسارت در فونداسیون‌ها و پایه‌های پل را به همراه داشته باشد.

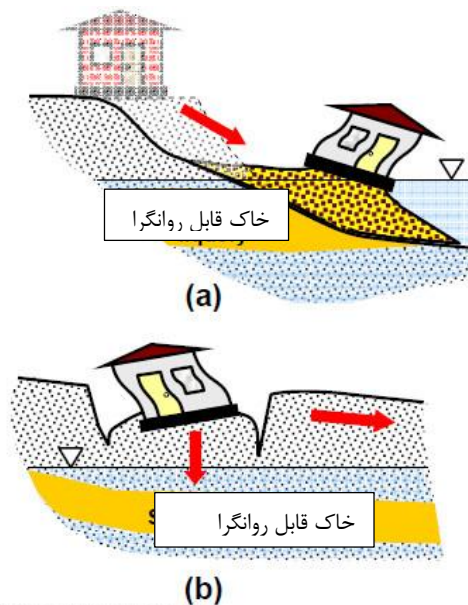


Figure 4: Lateral spreading of slopes –
(a) steep slopes slide, and
(b) gentle slopes subside

شکل ۴: گسترش جانبی شیب‌ها

(a) شیب‌های تند و

(b) نشست شیب‌های ملایم

پارامترهای مؤثر بر روانگرایی

حساسیت یک منطقه برای روانگرایی بستگی به عوامل زیر دارد:

۱- خواص خاک: خاک‌هایی با دانه‌بندی یکنواخت، غیر چسبنده و کاملاً اشباع (ماسه‌ای) نسبت به خاک‌های خوب دانه‌بندی شده بیشتر در معرض روانگرایی قرار دارند. همچنین، خاک‌های ریزدانه نسبت به ماسه‌های خشن، خاک‌های شن دار، لای و رس در روانگرایی حساس‌تر هستند. ماسه به همراه مقداری رس می‌تواند روان گرا شود. ماسه‌های سست نسبت به ماسه‌های متراکم تمایل بیشتری به روانگرایی دارند.

۲- ویژگی‌های لرزش زلزله: همان‌طوری که شدت لرزش افزایش پیدا می‌کند، خاک در معرض تنش‌ها و کرنش‌های بیشتری قرار می‌گیرد و نسبت به روانگرایی حساس‌تر می‌شود.

همچنین، لرزش شدید با مدت زمان طولانی‌تر موجب به وجود آمدن تعداد بیشتری از چرخه‌های تنش و کرنش در خاک می‌گردد. این عمل فرصت‌های روانگرایی را افزایش می‌دهد.

۳- شرایط جوی: برخی فرایندهای هندسی، خاک‌ها را به سبب ریزدانه یکنواخت رده‌بندی می‌کند و آن‌ها را به صورت سست رسوب‌گذاری می‌کند مانند رسوبات Aeolian, Fluvial و Colluvial. چنین خاک‌هایی کاندید روانگرایی هستند.

مقیاس‌های غلبه بر روانگرایی

برای غلبه بر روانگرایی اقدامات زیر باید صورت گیرد:

- ۱- افزایش مقاومت در برابر روانگرایی خاک، به‌عنوان مثال، متراکم کردن رسوبات سست (توسط تراکم لرزه‌ای، تراکم فشاری و گروت فشاری) یا جایگزین کردن خاک حساس (توسط روش تراکم لرزه‌ای جایگزینی) (شکل ۵a).
- ۲- کاهش نیاز زلزله بر خاک، به‌عنوان مثال، از دست دادن فشار آب منفذی توسط زهکشی آب (توسط ستون‌های سنگی)، یا افزایش محصورشدگی با افزودن روبراه (شکل ۵b).
- برداشتن لایه‌های خاک مستعد روانگرایی، یا استفاده از پایه‌های مهارشده به عنوان فونداسیون بین لایه‌های خاک مستعد روانگرایی (شکل ۵c).

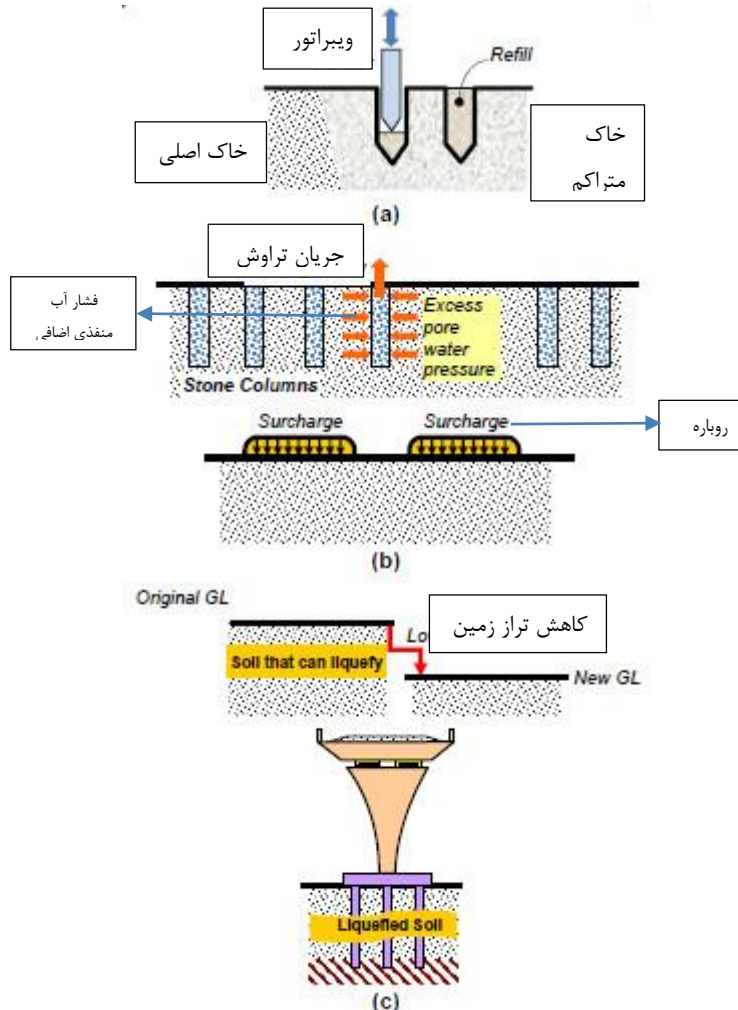


Figure 5: Measures to overcome liquefaction – three options

شکل ۵: عوامل غلبه بر روانگرایی-سه مورد

مترجم: سارا محمدپور

منبع:

<http://struczone.com/why-do-buildings-sink-into-the-ground-during-earthquakes>