

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

ارزیابی روانگرایی در پی آبرفتی سدها

یوسف پریش

استاد یار و دکترای عمران - مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی آذربایجان (وزارت نیرو)

yousefparish@yahoo.com

چکیده

ارزیابی مقاومت روانگرایی خاکها از مراحل مهم در طراحی لرزه ای سازه ها و ابنیه ژئوتکنیکی در نواحی لرزه خیزی محسوب می شود. در طراحی سدهای خاکی و سنگریزه ای، آبرفت پی باید از نظر آبنندی و پایداری و روانگرایی برای حالت های مختلف بارگذاری ایمن باشد. در مناطقی که بارگذاری های زلزله ای چشمگیر باشند ممکن است اقدامات اتخاذ شده برای محدود کردن تغییر شکلها موجب افزایش ضریب اطمینان گردد و احتمال روانگرایی در خلال زلزله طراحی، کاهش یابند. با توجه به تنوع وضعیت ژئوتکنیکی ساختگاهها، مصالح مصرفی و بدنه سدهای مختلف که در اثر پدیده روانگرایی دچار شکست یا خسارت گردید اند، نکات و درسهایی را می توان جمع بندی و ارائه نمود بطوریکه در طراحی و اجرای سایر پروژه ها که می توانند وضعیت های مشابهی داشته باشند، راهگشا و مفید واقع گردند.

واژگان کلیدی: روانگرایی، پی های آبرفتی، سدهای خاکی، زلزله، سطح لغزش بحرانی، ارزیابی لرزه ای.

مقدمه

ارزیابی مقاومت روانگرایی خاکها از مراحل مهم در طراحی لرزه ای سازه ها و ابنیه ژئوتکنیکی در نواحی لرزه خیزی محسوب می شود. ارزیابی مقاومت روانگرایی غالباً با استفاده از روشهای ساده شده صورت می پذیرد. این روش ابتدا توسط سید و ادریسی مورد استفاده قرار گرفت و ایشان با تعیین مقاومت روانگرایی بر اساس تعداد ضربات آزمایش نفوذ استاندارد و مقایسه آن با پارامتر CRS (بار گذاری لرزه ای اعمال شده بر توده خاک)، پتانسیل روانگرایی را تعیین نمودند

تغییر شکلها و خرابیهای بزرگ ایجاد شده در پی آبرفتی خاکریزهای خاکی در اثر زلزله ما را بسمت بکارگیری روشهای علاج بخشی سوق می دهد که اصولاً روشهای علاج بخشی بر مبنای تراکم، زهکشی، سفت سازی و محدود کنندگی هستند (Marcuson و همکاران، ۱۹۹۶، PHRI، ۱۹۹۷، Adalier و همکارانش، ۱۹۹۸).

روانگرایی شکست زهکشی نشده خاکریزی است که حاوی شنهای اشباع شده سست باشد. بارهای ساختمانی، زلزله ها، تغییرات جذر و مد، و سایر بارگذاری های زهکشی نشده ممکن است انگیزه آغاز روانگرایی باشند. برای سنجش احتمال روانگرایی، لازم است معین شود که بارهای برشی پیش ران، در محل خاکریز، از مقاومتهای برشی حالت پایدار مربوطه کوچکترند یا بزرگتر.

اگر مشخص شود که خاکریزی در حالت نیمه پایدار است، امکان روانگرایی آن وجود دارد. خاکریزهای شنی را نباید در چنین حالتی رها کرد. در مورد خاکهای رسی، گاهی هم منطقی است که خاکریز را بحالت نیه پایدار رها کرد. باید مطمئن شد که کرنشهایی که در اثر بارگذاری آتی ایجاد می شوند، آنقدر بزرگ نباشند که مقاومت برشی را به میزانی کمتر از تنش برشی رانشی کاهش دهند.

بررسی تعدادی از سدهای خاکی و سنگریزه ای که در مراحل طراحی و ساخت قرار دارند نشان می دهد که نگرش غالب طراحی برای برداشتن آبرفت پی و قرار دادن آن روی سنگ تاکید دارد. از طرفی اگر پی آبرفتی دارای ضخامت زیاد باشد برداشت آن نیازمند زمان و هزینه مالی و مشکلات اجرایی زیاد است. در مواردی ممکن است که بتوان با شیوه های مناسب به تقویت پی در مقابل پتانسیل روانگرایی اقدام کرد. در این مقاله به بررسی نحوه برخورد با پی آبرفتی سدهای خاکی در جهان و ایران می پردازیم و مسائل و مشکلات اجرای سدهای خاکی و سنگریزه ای در روی پی آبرفتی در ایران و نیز اقدامات علاج بخشی در سدهای ساخته شده را به اختصار تشریح می کنیم.

شروع روانگرایی

در خلال روانگرایی، تنش های برشی رانشی در محل، باعث تغییر شکلهای بزرگ یک جهت یک جرم خاک میشوند (شکست پایدار). تنش برشی رانشی در اثر بارهای استاتیک بوده و بعلت هیچگونه بار موقتی نظیر انفجار یا زلزله نمی باشد. مقاومت حالت پایدار زهکشی نشده تابعی است صرفاً از خاک و نسبت خلاء در محل آن. مقاومت مذکور به ساختار خاک یا تنش موثر موجود در محل مربوط نیست. مقاومت مذکور به سرشت یا مقدار بارگذاری موقتی که ممکن است باعث روانگرایی شود، مربوط نیست. به فشارمفندی یا کرنشهایی که در خلال بارگذاری تناوبی زهکشی نشده ممکن است روی هم انباشته شوند هم مربوط نیست. با توجه به دلیل آخر، برای ارزیابی آسیب پذیری نسبت به روانگرایی نیازی به تستهای بار تناوبی نیست. فقط در صورتی که جرم خاک نسبت به روانگرایی آسیب پذیر باشد، آنگاه مقدار و مدت بارگذاری تناوبی، حقیقتاً نقشی تعیین کننده داشته و مشخص خواهند کرد که در واقع، روانگرایی شروع خواهد شد یا خیر. می توان انتظار داشت که مقدار و مدت دست خوردگی مورد نیاز برای روانگرایی یک جرم با قابلیت روانگرا شدن به سه عامل اصلی بستگی دارد:

۱- ضریب اطمینان در مقابل روانگرایی. وقتی که کم باشد (خیلی کمتر از یک)، دست خوردگی های کوچک می توانند باعث روانگرایی شوند.

۲- کرنش مورد نیاز برای رسیدن به مقاومت زهکشی نشده پیک در نسبت خلاء در محل.

۳- میزان فروکاستی (تقلیل) مقاومت زهکشی نشده پیک با ادامه کرنش

این عوامل به شکل منحنی تنش کرنش در محل بستگی دارند. بدین ترتیب، نوع خاک، سازه اولیه خاک، و تنش های برشی رانشی، همگی، روی شدت و مدت دست خوردگی مورد نیاز برای آغاز روانگرایی اثر می گذارند. اگر روی نمونه هایی که نسبت به روانگرایی آسیب پذیر نیستند. تستهای بار تناوبی زهکشی نشده بعمل آید، کرنشهای اندازه گیری شده به تغییر شکلهایی مربوط می شوند که ممکن است در محل رخ دهد. اما، در خلال تستهای بار تناوبی روی شن، اشتباهات تستی بقدری زیادند که از روی تغییر شکلهای آزمایشگاهی، استنتاج در مورد تغییر شکلهای کارگاهی خیلی دشوار بوده و از دقت خیلی کمی برخوردار است. احتمالاً، دقت چنین استنتاجی بمراتب کمتر از، مثلاً، دقت تخمینهای سنتی در مورد نشست ساختمانهایی است که بر روی خاکهای رسی بنا شده اند علیرغم این اشتباهات تستی، اگر کسی بخواهد کرنشهای مربوط به بارگذاری زلزله ای را تخمین بزند یا باید در محل اندازه گیری کند یا از تست بار تناوبی آزمایشگاهی استفاده کند.

پی های آبرفتی

در طراحی سدهای خاکی و سنگریزه ای، آبرفت پی باید از نظر آبنندی و پایداری و روانگرایی برای حالتی مختلف بارگذاری ایمن باشد.

اگر پی آبرفتی مناسب نباشد بسته به شرایط لازم ممکن است:

- ۱- محل پروژه تغییر کند.
- ۲- آبرفت نامناسب با مصالح مناسب جایگزین شود.
- ۳- طراحی با شرایط نامناسب آبرفت همساز گردد.
- ۴- خصوصیات مهندسی آبرفت موجود اصلاح گردد.

بنظر می رسد علی القاعده محلهای ایده آل برای ساخت سدها تا حدودی قبلاً شناسایی شده و در مواردی ساخت آنها نیز خاتمه یافته است. در طرحهای نیمه تمام نیز تغییر مکان پروژه ها غیر اقتصادی و تقریباً غیر ممکن است و فقط بند ۱ می تواند در مورد پروژه هایی که در مراحل اولیه مطالعه هستند کاربرد داشته باشد.

برداشت آبرفت و جایگزینی آن با مصالح مناسب هنگامی عملی است که ضخامت آن کم بوده و در نزدیک سطح زمین قرار داشته باشد و در مقایسه با سایر گزینه ها در شرایط بهتری قرار گیرد. با افزایش ضخامت آبرفت، برداشت آن رفته رفته در مقایسه با سایر گزینه ها غیر اقتصادی می شود. هماهنگ کردن طرحی با شرایط ژئوتکنیک آبرفت و یا اصلاح خصوصیات مهندسی پی آبرفتی تا حد قابل پذیرش رایج ترین شیوه برخورد به پی ضخیم آبرفتی است.

مسایل و مشکلات اجرای سدهای خاکی و سنگریزه ای روی پی آبرفتی

بر اساس بررسیهای انجام شده توسط دکتر سیاوش لیتکوهی درمورد شرایط ژئوتکنیکی پی آبرفتی سدهای در دست مطالعه و ساخت در ایران می توان دید که در ۳۰ سد تنها در مورد ۴ سد آبرفت برداشته نمی شود. در سدهای سیوند و زابل ضخامت آبرفت بیش از ۱۵۰ متر است و علت برداشتن ضخامت بیش از حد و غیر قابل تصور بودن برداشت آن بوده است. بدین ترتیب از ۳۰ سد مورد بررسی فقط در ۲ سد ساخت بدنه روی پی آبرفتی پذیرفته شده است. این بدان معنا است که در برخوردهای با پی آبرفتی با ضخامت بیش از ۱۰ متر در بیش از ۹۳ درصد از موارد، شیوه و نگرش طراحان مایل به برداشت آبرفت بوده است. تجربه رایج جهانی خلاف شیوه برخورد طراحان در ایران است. چرا در ایران طراحان تمایل به برداشت آبرفت دارند؟ بنظر می رسد بخشی از دلایل به شرح زیر است:

- کمبود اطلاعات ژئوتکنیک و محدود بودن مطالعات ژئوتکنیک،

- غیر دقیق بودن نتایج آزمایشهای صحرائی و آزمایشگاهی،

- عدم وجود تجربه های طولانی طراحی سد در ایران توسط طراحان ایرانی و نا آشنا بودن طراحان با روشهای اصلاح

خاک

اطلاعات اولیه ژئوتکنیکی فقط در مورد ۷ سد از ۳۰ سد ضعیف بودن آبرفت را نشان می دهد. در این ۷ مورد شاید بتوان با روشهای اصلاح آبرفت و با هزینه ای به مراتب کمتر و زمان کوتاهتر آبرفت را نگه داشت. اگر مطالعات در کشورمان را تعداد ۲۲۸ سد در حال طرح و اجراء در موقعی که آقای لیتکوهی به بررسی این موضوع پرداخته، تعمیم دهیم و فرض کنیم که ۱۰ درصد از این سدها بتنی باشند و ضمناً ۴۵٪ از سدهای خاکی و سنگریزه ای آبرفتی کمتر از ۱۰ متر ضخامت داشته باشد برابر ۱۰۳ سد خواهد شد. حجم آبرفت برداشته شده حدود ۷۰ میلیون متر مکعب قابل تخمین است. اگر هزینه های برداشتن آبرفت با کلیه تمهیدات از قبیل اجرای دو دیواره و یا پرده آب بند در بالا دست و پائین دست، آبکشی در دوره اجرا، هزینه جایگزین کردن آبرفت با مصالح مهندسی جمعاً از قرار متر مکعبی ۴۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شود، هزینه های سرجمع چنین نگرشی به ۳۰۰ میلیارد تومان بالغ خواهد شد. زمان اجرای طرحهای آب بندی، خاکبرداری، ریختن و کوبیدن مصالح در هر پروژه حداقل به طور متوسط ۲ تا ۳ سال زمان پروژه را به تاخیر می اندازد. تاخیر در زمان بهره برداری پروژه ها اضافه هزینه ای معادل ۱۹٪ سالیانه (نرخ اوراق مشارکت) بر پروژه ها تحمیل خواهد کرد. با احتساب این هزینه ها، برداشتن غیر ضروری آبرفت، هزینه های نجومی بر پروژه های سد سازی تحمیل می کند.

روشهای مورد استفاده در علاج بخشی پی آبرفتی سدها

برای علاج بخشی یک سد خاکی جهت جلوگیری از ناپایداری در برابر زلزله باید تغییراتی در خواص مهندسی سد، فنداسیون، اصلاح هندسه فعلی سد و یا همه موارد ذکر شده را با هم انجام داد.

- برمهها و باترسها: برمههای بالا دست و پایین دست و باترسها با افزایش تنش موثر بالاسری بر روی مصالح نفوذ پذیر پتانسیل روانگرایی را کاهش می دهند. افزایش فشار بالاسری به عنوان میزان کمی سبب تحکیم می شود لذا نسبت تخلخل تغییر می کند. برمهها و باترسها طول سطح خرابی را افزایش می دهند و با محدود کردن و نگهداری بخشهای باقیمانده، ایجاد نیروی مقاوم می کنند. عموماً تاثیر برم در عمق به ضخامتی برابر ضخامت برم محدود می شود. ضریب ایمنی در هنگام بهره برداریهای روزانه با ایجاد برمهها و باترسها کاهش نمی یابد. اما اثرات مثبت بکارگیری آنها کاملاً قابل تایید است. اگر خاک شنی زبر یا سنگ موجود باشد می توان بدون پایین آوردن آب دریاچه روی شیب بالا دست برمهها و باترسها را اجراء کرد.
- برداشت و جایگزینی مجدد: در این روش مصالح مشکلدار برداشت شده و با مصالح غیر روانگرا جایگزین می شوند. مزیت برداشت و جایگزین مجدد در این است که همان شکلی که طراحی شده روی زمین مساعد بناء می شود. اما اغلب گران و دارای مشکلات اجرایی فراوان است. ضمناً کارها در این روش باید در جاهای بدون وجود آب انجام شود و در بسیاری از حالتها عملی تراز آب باید تا حد ممکن پایین آورده شود. این روش زمانی سودمند است که مصالح مشکل دار در سطح زمین قرار داشته باشند. در کل این روش برای برداشت مصالح مستعد روانگرایی و علاج بخشی ترکهای سطحی بعد از وقوع زلزله کاربرد دارد.
- تراکم دهی در جا: زمانی که به دلایلی روش برداشت و جایگزینی مجدد رد شود سفت سازی در جای مصالح مساله دار برای افزایش پتانسیل روانگرایی و یا کاهش نسبت تخلخل مصالح راه حل مناسبی است. این تکنیک شامل روشهای تراکم دینامیکی ارتعاشی، تراکم تزریقی و تکنیکهای جابجایی می باشد. روش تراکم در جا زمانی دارای حداکثر بازده است که مصالح بهبود یابنده در نزدیکی سطح زمین بوده و نیز دارای درصد محدود از ریز دانه باشند. در حال حاضر این روش در زیر سدهای موجود بکار نمی رود مگر در حالتی که بیشتر خاکریز روی بخشی از پی که باید متراکم شود موقتاً برداشته شود. متراکم کردن فنداسیون یکنواخت نخواهد بود و فصل مشترک سد و پی به طور نامنظم دچار تغییراتی نامنظمی می شود که این امر سبب ایجاد ترک شده و خطر پاپینگ فراوان می شود. ضمناً در ناحیه بهبود یافته، تایید میزان بهبود یافتگی و درصد تغییرات فضایی ایجاد شده مورد نیاز است.

- مقاومت دهی در جا: در بعضی از موارد برای اطمینان از پایداری خاک مجبور به استفاده از روشهای تراکم درجا و مقاومت دهی درجا با مصالح مرکب دارای مقاومت کافی هستیم. مثالهایی از این قبیل شمع کوبی خاک، ایجاد ستونهای سنگی و روش مخلوط کردن عمقی خاک هستند. بعضی از این روشها ممکن است سبب افزایش تحکیم یا افزایش مقاومت خاک اطراف سازه شوند. اما معمولاً چنین افزایشهایی در مقاومت، در آنالیز پایداری منظور نمی شود. معمولاً روش مقاومت دهی درجا زمانی دارای حداکثر بازده است که مصالح مستعد روانگرایی محدود به لایه نسبتاً نازکی باشد. اما می توان از این روش در نهشته های ضخیم بشکل مخلوط کردن عمقی خاک استفاده کرد. در هنگام استفاده از این روش در زیر سازه های موجود باید تدابیر ویژه ای اندیشید. از روش تزریق معمولی در پی برای مقاومت دهی به خاک به دو دلیل استفاده نمی شود: یکی امکان شکست هیدرولیکی در خاکریز و دیگر اینکه معلوم نیست مصالح تزریقی به چه سمتی نفوذ کرده و نیز در چه نواحی احتیاج به تقویت داریم.

- افزایش ارتفاع آزاد: افزایش ارتفاع آزاد زمانی بکار می رود که تحلیل‌های لرزه ای نشان دهند که سد تقریباً پایدار است اما امکان ایجاد تغییر شکل در سد وجود داشته باشد. این روش به طور موثری امکان سرریز کردن در اثر نشست یا اسلامپ تاج را کاهش می دهد.

- زهکشی: روشی برای تقلیل فشار آب حفره ای ایجاد شده در اثر زلزله است. روش شامل نوارهای زهکشی، ستونهای سنگی و ترانشه های شنی است. مراقبتهای ویژه ای باید در هنگام جایگذاری ستونهای سنگی و ترانشه های شنی کرد تا شکسته شدن سنگها حداقل باشد و دیگر اینکه نفوذپذیری آنها بالا باقی بماند. برای زایل شدن فشار آب حفره ای و رسیدن آن به یک مقدار حداقل باید فاصله ستونهای سنگی خیلی کم باشد و ضمناً از ایجاد گرادیان هیدرولیکی بالا که می تواند مقدار زیادی از مصالح ریز دانه را به داخل زهکشهای شنی وارد کند جلوگیری شود. اساساً ستونهای سنگی را باید دایماً با آب شستشو داد تا عملکردشان را حفظ کنند. بدیهی است که زیاد بودن زهکشها به عنوان علاج بخشی، طول خط جریان را کاهش می دهد، بنابراین تحت شرایط استاتیکی دریاچه می تواند سبب افزایش گرادیان تراوش شود. از این رو حتی اگر زهکشها همانند فیلترها متناسب با مصالح مجاور طرح شوند ایمنی استاتیکی سد به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد و آب بیشتری از میان سد عبور خواهد کرد.

بر اساس مطالعات، هیچ سد علاج بخشی شده، تحت تکانهای زلزله قویتر از آنچه که برای آن طرح شده قرار نگرفته است. لذا اثبات عملکرد واقعی در صحرا در دسترس نمی باشد. از طرفی برای قضاوت خوب لازم است که معین کنیم که آیا احتمال افزایش خرابی در هنگام بهره برداری تحت شرایط نرمال استاتیکی مشابه احتمال افزایش خرابی تحت Piping یا شکست هیدرولیکی است یا نه. و دیگر اینکه ثابت شود که آیا تراکم کردن و زهکشی مورد نظر انجام گرفته است یا نه. که هیچ یک از موارد یا بطور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است. برای پذیرش تراکم یافتگی اغلب با انتخاب یک مقطع آزمایشی که آزمایش نفوذ استاندارد قبل و بعد از انجام عملیات انجام می شود و یا از آزمایشهای نفوذ مخروط (CPT) و یا اندازه گیری سرعت موج برش برای پذیرش کافی بودن تلاش تراکمی استفاده می شود. اگر تکنیک بکار رفته در مقطع آزمایشی جواب خوب بدهد، می توان از همان شاخصهای قبل و بعد از آزمایش برای پذیرش ناحیه بهبود یافته استفاده کرد.

بررسی ها نشان می دهد که تعدادی از سدها برای زلزله محتمل مشکلاتی در خاکریز و پی دارند و تقریباً همه آنهايي که مشکل خاکریز دارند باروش خاکریزی هیدرولیکی ساخته شده‌اند. تنها در یک حالت. سد "Austrain" خاکریز و فصل مشترک خاکریز - تکیه گاه در هنگام زلزله ترک خورد و این نقص بر مبنای یک نیاز فوری با حفاری و جایگزینی مجدد علاج بخشی شد. در دیگر حالتها مشکل با تحلیل‌های کامپیوتری مورد بررسی قرار گرفت تا اینکه معلوم شود چه پدیده ای در هنگام زلزله رخ می دهد. روشهای علاج بخشی عبارتند از:

- ۱- برداشت مصالح سست و ضعیف و جایگزینی (بیشترین حالت)،
- ۲- برمه‌ها و باترسها بالا دست یا پایین دست و یا بلانکت (کمتر از حالت ۱)،
- ۳- کاهش دائمی تراز دریاچه و یا افزایش ارتفاع آزاد (کمتر از حالت ۲) و
- ۴- خارج کردن سد از بهره‌برداری و جایگزینی آن با نوع جدید (کمترین حالت).

لازم به ذکر است در بیشتر موارد مربوط به اقدامات تثبیت در صورتی که اطلاعات کافی در دسترس نباشد از روش کاهش تراز دریاچه استفاده می شود.

محدودیت های دانش فعلی

- خواص خاک: تمامی مشکلات در رابطه با تعیین خواص خاک برای آنالیز های استاتیکی و دینامیکی یک سد زمانی پدیدار می شود که در مقابل زلزله، علاج بخشی شود، کلاً خواص خاک علاج بخشی شده یا مصالح ترکیبی کاملاً شناخته شده نیست. در حال حاضر ما نمی توانیم بدرستی مقاومت پسماند نهشته های روانگرا شده را پیش بینی کنیم و از طرفی این مقدار در محاسبات تغییر شکل بعد از روانگرایی سد یک مقدار مهم است. از روشهای آزمایشگاهی برای تعیین مقاومت پسماند حالت پایدار مصالح روانگرا شده استفاده شده است Castro و همکاران، ۱۹۸۵، Poulos، ۱۹۸۱) برای اینکه این روش قابل استفاده باشد دقت زیاد در روش انجام آزمایش (دقت در محدوده ۰/۰۱) و قابل اعتماد بودن روش بکار رفته در تعیین نسبت تخلخل در جا لازم است. تحقیق در این زمینه می تواند دلگرم کننده باشد.
- روشهای عددی: هیچ سد علاج بخشی شده تحت تکانه های زلزله های قویتر از آنچه که برای آن طرح شده، قرار نگرفته است. در نتیجه روشهای علاج بخشی ما از آزمایش صحرایی نشده اند. بنابراین اثبات کننده واقعی، موجود نیست ما می توانیم بعضی از روشهای اصلاحی را با روشهای عددی، با بکارگیری مصالح ساده و آزمون سنتریفیوژ مورد بررسی و تایید قرار دهیم. با این حال نیاز به مطالعه تاریخی، شامل لرزه های شدیدتر و سدهای از قبل اصلاح شده لازم است. عکس العمل دینامیکی و استاتیکی متقابل بین مصالح اصلاح کننده و مصالح اطراف بدرستی شناخته شده نیست. برای فهم رفتار نقاط سخت اصلاح شده در پی سد با سد در هنگام زلزله تحقیقاتی لازم است. چندین برنامه کامپیوتری برای پیش گویی تغییر شکلهای بزرگ وجود دارد. که عبارتند از PLAXIS, PLAS, (Finn) DYNARD, DSAGE, DYNAFLOW, TARA-3 و همکاران، ۱۹۸۶، Yogendrakumer, Finnn، ۱۹۸۸، Roth، ۱۹۸۵، Morwaki و همکارانش، ۱۹۸۸) که هر یک از این برنامه ها دارای قابلیت و مشکلات خاصی هستند. مهمتر اینکه مقادیر حقیقی وضعیت تغییر شکلهای پیشگویی شده در این برنامه ها قابل اعتماد نیستند. زمانی که از روشهای اصلاحی برای محدود کردن تغییر شکلهای استفاده می شود، با محاسبات تعادل استاتیکی، می توان وضعیت تغییر شکلهای بعد از زلزله را با آنالیز پایداری معمول بررسی کرد. در حال حاضر از این روش در این زمینه زیاد استفاده می شود. برای اثبات درستی این عمل دلایل محکم لازم است با استفاده از روشهای صحرایی چون، SPT، آزمایش چکش Beaker و CPT می توان مقادیری را به عنوان پارامتر کمکی برای چنین مدلهایی تخمین زد. مفهوم علاج بخشی بر اساس ایجاد ارتفاع آزادهای بزرگ (یعنی ۱۵m) یا از روش پایین آوردن تراز مخزن و یا از روش اضافه کردن خاکریز (بمنظور داشتن یک سطح خاکریز باقی مانده برای حفظ تراز مخزن در جابجایی های بزرگ)، نیاز به دقت بیشتری در پیشگویی تغییر شکلهای بزرگ و خرابی های داخلی سد بیشتر از آنچه که فعلاً انجام می شود، دارد.
- تکنولوژی ساخت: بعضی وقتها روشهای اخیر برای تراکم کردن درجا، نامناسب هستند به عنوان مثال، عملیات ارتعاش شناوری برای ماسه های یکنواخت مناسب است اما همین روش در وضعیتی که درصد ریز دانه زیاد باشد، مناسب نیست. کوبش دینامیکی، محدود به مصالح نزدیک سطح است نگاهی به جدول (۳-۳) نشان می دهد که از روش تزریق معمولی استفاده نشده است. که این کاملاً مربوط به ضعف مهندسی، در پیش بینی اینکه مصالح تزریقی کجا می روند و مقاومت ماده مرکب حاصله، و رفتار دینامیکی آن چگونه است می باشد. روش تزریق با فشار و تراکم دهی با تزریق هر کدام فقط یک بار بکار رفته اند. تحقیق در زمینه روشهای اجرایی و اثبات عملکرد روشهای علاج بخشی کار خوبی است.

- خرابیهای داخلی: وقتی که سدی تحت تکانههای زلزله و یا جابجایی گسلی در پی خود و در نتیجه دچار تغییر شکل‌های بزرگ می‌شود، تصور ما از خرابی داخلی سد کاملاً اشتباه است زیرا ما اثرات چنین خرابیها و ترک خوردگی‌های داخلی را بر روی اقدامات تدافعی انجام شده در مقابل Piping ما اثرات چنین خرابیها و ترک خوردگی‌های داخلی را بر روی اقدامات تدافعی انجام شده در مقابل که در داخل سد مطرح بوده و در داخل آن ایجاد می‌شود، را نمی‌دانیم تحقیقی در این زمینه وجود ندارد. در حال حاضر برای انجام عملیات علاج بخشی نیاز به این داریم که مشخص کنیم کدام یک از اقدامات تدافعی و چه میزان از آن ممکن است تعیین کننده باشد (مثلاً چه عرض از نواحی انتقالی، عرض مناسب است؟).

روشهای کاهش پتانسیل روانگرایی

برای افزایش ضریب اطمینان در مقابل روانگرایی، باید τ_d کاهش یافته یا Sus افزایش پیدا کند. با کاهش شیب خاکریز، افزودن یک سکو در پاشنه یا کاهش فشار آب داخلی می‌توان تنش برشی رانشی را کاهش داد. در صورت امکان، می‌توان آب را از منطقه بحرانی خارج کرد تا اشباع نشود. بدین ترتیب، بارگذاری زلزله‌ای، بجای مقاومت زهکشی نشده. به مقاومت برشی زهکشی شده Sds اجازه عمل خواهد داد.

افزایش مقاومت حالت پایدار زهکشی نشده امکان پذیر است. راههای نیل به این هدف عبارتند از: متراکم کردن لایه بحرانی، تعویض و جایگزینی آن با مصالحی متراکم شده. افزودن ستونهای زهکشی که باعث می‌شود در خلال زلزله تخلیه کافی صورت گرفته و مقاومتی نزدیک به مقاومت زهکشی شده بوجود آید، یا افزودن سازههای تقویتی همچون شمع، صندوقه، فراز بند سلولی، دیوارهای ساخته شده از گل حفاری.

در مورد سدهای خاکی، بهره برداری از سد یا حوضچه عملیاتی کم ارتفاع موجب کنترل اثرات پتانسیل روانگرایی می‌شود. اگر قرار است روانگرایی رخ دهد، ارتفاع آب بقدری کم باشد که صدمه‌ای که به پایین دست وارد می‌کند در حد قابل تحملی باشد.

ایجاد محصوریت برای خاک پی مستعد روانگرایی با ایجاد نقاط سخت علاج بخشی شده، که به طور عمودی در لایه محکم زمین زیرین، در یک طرف و یا در هر دو طرف (بالا دست و پایین دست خاکریز). تنش اضافی ناشی از برم و یا با ترس باعث اضافه شدن محدودیت در زیر پنجه خاکریز سد خاکی شده و باعث افزایش پایداری خاکریز می‌شود.

همانطور که قبلاً بیان شد، برای انتخاب روشهای علاج بخشی باید بررسیهای زیر صورت گیرد:

- (۱) قابلیت کاربری داشتن روش علاج بخشی برای سدهای خاکریزه‌ای موجود
 - (۲) اقتصاد و بازده ساخت
 - (۳) قابل اعتماد بودن و دارای تاثیر مورد انتظار به منظور پیچیده نکردن انجام آزمایش از هیچ مایعی در پشت وجههای خاکریز استفاده نشده است. لذا مدل آزمایش انجام شده برای خاکریز راه و یا راه آهن کاربرد دارد.
- دو روش اساسی برای کاهش اثرات روانگرایی وجود دارد:

- (۱) کاهش پتانسیل روانگرایی
- (۲) کاهش تغییر شکل‌های ناشی از روانگرایی و در نتیجه آسیب دیدگی‌های ناشی از روانگرایی.

نتیجه‌گیری

روانگرایی اولیه در زمین آزاد رخ می‌دهد و به دنبال آن خرابی خاکریز در اثر جریان جانبی زمین بستر رخ می‌دهد. هر چه ضخامت لایه مستعد روانگرایی بیشتر باشد روانگرایی آسانتر رخ می‌دهد،

ثابت شده است که سپرهای جدا کننده صفحه ای یک علاج بخش خوب در برابر روانگرایی هستند. بطور آزمایشی ثابت شده است که سپرهای جداکننده صفحه ای و عمق رانده شده آنها در داخل لایه متراکم، اثر زیادی در میزان نشست و در برابر مقاومت را ندارد، نامشخص است که آیا زهکش شنی نصب شده در پنجه خاکریز می تواند بعنوان یک علاج بخش درست، در برابر روانگرایی عمل کند و یا نه.

شمع های کوبیده شده ماسه ای ابزار موثری در کاهش آسیب دیدگیهای ناشی از روانگرایی هستند، که می تواند برای عملکرد بهتر در مقابل روانگرایی به جای نصب در زیر خاکریز، در پنجه خاکریز نصب شوند.

اگر مشخص شود که خاکریزی در حالت نیمه پایدار است، امکان روانگرایی آن وجود دارد. خاکریزهای شنی را نباید در چنین حالتی رها کرد. در مورد خاکهای رسی، گاهی هم منطقی است که خاکریز را بحالت نیه پایدار رها کرد. باید مطمئن شد که کرنشهایی که در اثر بارگذاری آتی ایجاد می شوند، آنقدر بزرگ نباشند که مقاومت برشی را به میزانی کمتر از تنش برشی رانشی کاهش دهند.

ضمناً، شکست تصاعدی را هم باید مدنظر داشته و به حساب آورد. ولی، اگر مقاومت برشی بزرگ تنش برشی رانشی افت کند، باید تغییر شکلهای احتمالی را از نظر، قابل تحمل بودن مورد بررسی قرار داد.

خاکریزهایی هم که مشخص شده در مقابل روانگرایی آسیب پذیر نیستند، ممکن است، در خلال زلزله ای با شدت زیاد، بیش از حد تغییر شکل پیدا کنند. هر چه شدت زلزله ای طراحی بیشتر باشد، ضریب اطمینان در مقابل روانگرایی کمتر خواهد بود. ایضاً، هر چه که سازه نسبت به تغییر شکلهایی که ممکن است باعث رفتار نامطلوب شوند، حساس تر باشد، اهمیت تخمین و ارزیابی چنین تغییر شکلهایی بیشتر می شود.

برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی و احتمال سبب شدن آن، و نیز برای تخمین تغییر شکلهای معمول بارگذاری زلزله ای، روشهای بسط داده شده است. در زمینه های زیر نیاز به تحقیق بیشتری هست که بر عهده دارندگان حرفه ژئوتکنیک و رشته های وابسته می باشد:

۱- ارزیابی سوابق موارد گذشته، جهت مقایسه اندازه گیری های مقاومت حالت پایدار زهکشی نشده با مقاومتهای بسیج شده در خلال شکستهای روانگرایی.

۲- دستور العملهای محاسبه مقاومتهای بسیج شده در خلال شکستهای روانگرایی.

۳- روشهای اندازه گیری مقاومت حالت پایدار زهکشی نشده، تحت شرایط طراحی و روشهای تعیین منحصر بفرد بودن خط حالت پایدار.

۴- ارزیابی سوابق موارد گذشته تغییر شکلهای تحت لرزه های زلزله ای و مقایسه آنها با تغییر شکلهای محاسبه شده.

۵- دستور العملهای انتخاب پارامترهای لازم برای تخمین تغییر شکل، بطور اخص، ضریب برشی، نسبتهای میرایی، تنش های برشی زلزله ای معادل، مقاومت روان شدن. و نرخ نرم شدن در اثر تکانهای مستمر.

۶- رابطه بین کرنشهای اندازه گیری شده در تستهای بار تناوبی انجام شده روی شن ها و کرنشهایی که در محل بعلت بارگذاری زلزله ای ایجاد می شوند، همچنین، ارزیابی اشتباهات تست در تستهای بار تناوبی

مهندسان اخیر به فکر اصلاح سدهای خاکی برای جلوگیری از خرابی ناشی از اثرات پتانسیل تکانها، افتاده اند و بسیاری از این روشهای اصلاحی در دهه اخیر مورد بررسی قرار گرفته اند. روشهای اصلاح ممکن است در برابر زلزله و تجربیات سودمند بدست آمده هنوز در حال تکمیل شدن هستند. در وضعیت فعلی دانش ما در نهایت چهار مشکل وجود دارد که عبارتند از: خواص خاک، روشهای عددی، تکنولوژی ساخت و خرابیهای داخلی خودسد.

با توجه به بار مالی زیادی برداشت آبرفت و کوتاه تر شدن زمان اجراء بازنگری در طراحی آبرفتهای عمیق پی سدهای خاکی و سنگریزه ای ضروری است مکانیزم اجرایی این بازنگری در چارچوب مهندسی ارزش پیشنهاد می گردد. در مهندسی ارزش ابتدا لازم است مطالعات ژئوتکنیکی گذشته به نقد کشیده شود و مقادیر پارامترهای ژئوتکنیکی برای طراحی مجدد ارزیابی شوند. در صورت مشاهده تناقض در اطلاعات، انجام مطالعات محدوده ژئوتکنیکی در آبرفت توصیه می شود. در صورت نامناسب بودن

آبرفت طبیعی استفاده از روشهای اصلاح خاک آبرفتی باید در طرح پی مد نظر قرار گیرد و از لحاظ مالی با گزینه برداشت آبرفت مقایسه شود.

- منابع انتهایی مقاله:

- دکتر محمود وفائیان، (۱۳۸۲)، "سدهای خاکی"، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.
- کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، "مهندسی پیشرفته در طراحی، ساخت و بازسازی سدها"، جلد اول.
- سید مجدالدین میر حسینی، بابک عارف پور، (۱۳۷۸)، "مهندسی ژئوتکنیک لرزه ای"، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- نشریه ژئوتکنیک و مقاومت مصالح، (۱۳۸۱)، شماره ۹۰.
- پژوهشنامه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، نشریه های شماره ۱-۹۱-۷۰-۴۷.
- فصلنامه مهندسی ژئوتکنیک (۱۳۸۱)، شماره ۲۱.
- نشریه سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، شماره ۲۹۹.
- مهندسین مشاور مهتاب قدس، گزارش دستورالعمل ترمیم سد مهتاباد.
- صورت جلسه کنگره چهاردهم، کمیسیون بین المللی سدهای بزرگ، (۱۹۷۳)، جلد چهارم.
- نشریه انجمن ژئوتکنیک بریتانیا، شماره ۲۷.
- ایستگاه تحقیقاتی راههای آبی مهندسین نیروی زمینی آمریکا، (۱۹۸۴)، منطقی کردن روش ضریب زلزله ای.
- Tokimatsu, kohjl , and uchida , Akiko, (1990) , "correlation between liyue faction resistance and sher wave velocity" , soils and foundation vol .
- Jhimizu, (1973) , "characteristics of the reclamation ground in Tokyo harbour".
- Matsuoku, (1985) , " lique faction resistance of overconsolidated sand and simple liquefaction prevention method " .

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی