معرفی سخنرانان

دکتر کاظم فخاریان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سمت: (۱) هیات علمی دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، مهرماه ۱۳۷۶ تاکنون
(۲) مدیر مهندسی و مدیر تحقیق و توسعه، شرکت مهندسین مشاور ژئومحیط پارس

عنوان سخنرانی: مشکلات و چالشهای دیوارهای خاک مسلح

دکترا در مهندسی ژئوتکنیک: دانشگاه اوتاوا، کانادا، سال ۱۹۹۵

دیوارهای خاک مسلح: طراحی، اجرا و پایش

مشکلات و چالشهای دیوارهای خاک مسلح

دکتر کاظم فخاریان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

۲۶ آبان ماه ۱۳۹۴
تهران– ایران

سالن همایش غدیر سازمان
مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

فهرست مطالب

- چرا بررسی مشکلات و چالشها ؟!
- علل آسیب یا خرابی دیوارهای خاک مسلح
- معرفی چند مورد آسیب یا خرابی: جهان، ایران ؟!
- جمع بندی و پیشنهاد

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

فهرست مطالب

- چرا بررسی مشکلات و چالشها ؟!
- علل آسیب یا خرابی دیوارهای خاک مسلح
- معرفی چند مورد آسیب یا خرابی: جهان، ایران ؟!
- جمع بندی و پیشنهاد

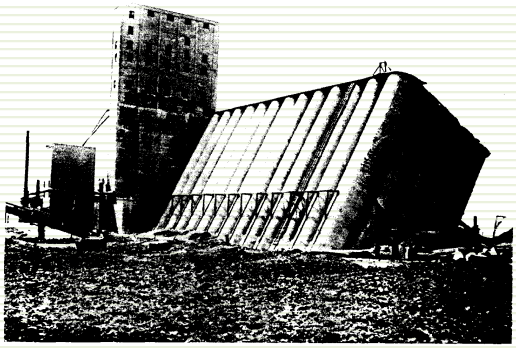
چرا بررسی مشکلات و چالشها؟!

- زیرا اگر (۱) دقت در طراحی، (۲) روش اجرای صحیح، و (۳) کنترل کیفیت (QC/QA) انجام نپذیرد، سازه های ژئوتکنیکی در حین اجرا یا پس از آن دچار چالش خواهند شد ؟!
- آسیب فقط مختص دیوار نیست: پی سطحی، شمع، انواع روشهای اصلاح خاک، گودبرداری، سدسازی، تونل سازی، ....، اگر در هر یک از سه مرحله فوق تعلل داشته باشیم، دچار آسیب خواهند شد!
- ریشه یابی موارد آسیب یا خرابی به ما خواهد آموخت که در طرح و اجرای پروژه های آتی چه نکاتی باید مورد توجه قرار گیرد.

Lessons Learned !

Foundation Systems

- Bearing Capacity Failure



Transcona
Grain Elevator

(from Budhu 2000)

Foundation Systems

- Differential Settlements

"Kissing Silos"

(from Sharma 2003)

Geotechnical Engineering Problems

- Are natural or proposed earth slopes stable?

(from Norwegian Geotechnical Institute, 2001)

Geotechnical Earthquake Engineering

- **Effects of earthquakes**

1964 Niigata Earthquake

(from Kramer –www.ce.washington.edu 1996)

1967 Caracas Earthquake

(from Alshibli 2001)

فهرست مطالب

- چرا بررسی مشکلات و چالشها ؟!
- علل آسیب یا خرابی دیوارهای خاک مسلح
- معرفی چند مورد آسیب یا خرابی: جهان، ایران ؟!
- جمع بندی و پیشنهاد

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

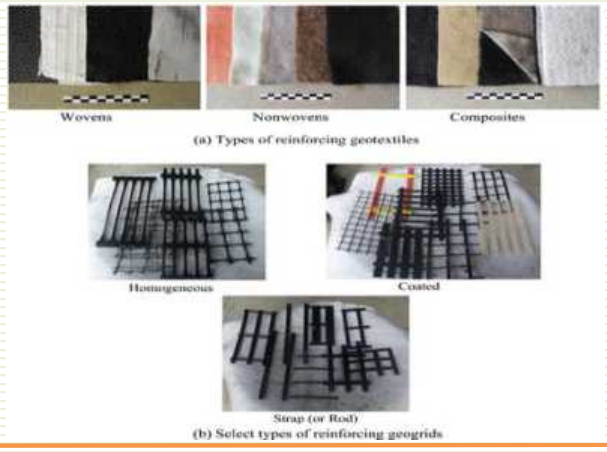
Koerner Robert M. & Koerner George R. (2013)

A database , statistics and recommendations regarding 171 failed Geosynthetics reinforced Mechanically Stabilized Earth (MSE) walls

Geotextiles & Geomembranes, Vol. 40, 20-27

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- برآورد شده که بالغ بر ۱۵۰ هزار دیوار MSE در سراسر دنیا ساخته شده
- مصالح ژئوسنتتیک پرکاربردترین مصالح در این دیوارها



مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

خرابی در دیوار خاک مسلح به یکی از دو نوع زیر بروز می کند:

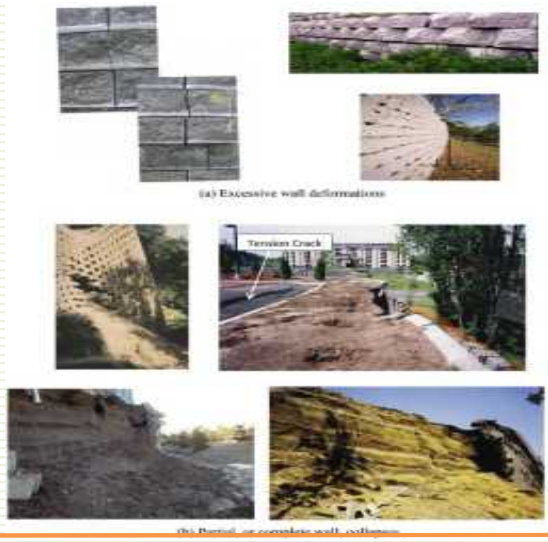
۱. تغییر شکل بیش از حد (نما یا سایر بخش ها)

۲. خرابی بخشی از دیوار یا کل آن

Koerner and Koerner ۱۷۱ مورد از دیوارهای تخریب شده MSE را بررسی کردند. از این ۱۷۱ مورد، ۴۴ مورد مربوط به بخش اول و ۱۲۷ مورد مربوط به بخش دوم است.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

تقسیم بندی انواع خرابی در MSE



۱. تغییر شکل بیش از حد

۲. خرابی

پردازش داده ها

۱- نوع تملک دیوار:

۹۶٪ از دیوارهای تخریب شده مربوط به بخش خصوصی بودند!

کاربری این سازه ها:

Type of Usage	Number (Percent)
housing developments and apartments	49 (30%)
commercial shipping centers and malls	43 (26%)
businesses and industrial parks	38 (23%)
private roads, hospitals and schools	31 (19%)
landfill berms	3 (2%)

۲- نوع نما

اکثر خرابیها در دیوارهایی رخ داده بود که نمای بلوک بتنی داشتند.

آمار خرابی با توجه به نوع نما:

Type of Facing	Number (Percent)
modular concrete blocks	121 (71%)
welded wire mesh with geogrid backup	37 (22%)
discrete concrete panels	5 (3%)
wrap-around geosynthetics	4 (2%)
timber	4 (2%)

۳- ارتفاع دیوار

دیوارهایی با ارتفاع بین ۴ تا ۸ متر بیشتر در معرض خرابی بودند.

Height (m)	Number (Percent)
less than 4 m	22 (13%)
from 4 to less than 8 m	68 (40%)
from 8 to less than 12 m	43 (25%)
from 12 to less than 16 m	14 (8%)
from 16 to less than 20 m	10 (6%)
greater than 20 m	14 (8%)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

۴- نوع ژئوسنتتیک

در ۹۱٪ دیوارهای بررسی شده از ژئوگرید و تنها در ۹٪ از ژئوتکستایل به عنوان مسلح کننده استفاده شده بود.

۵- زمان سرویس (زمان خرابی)

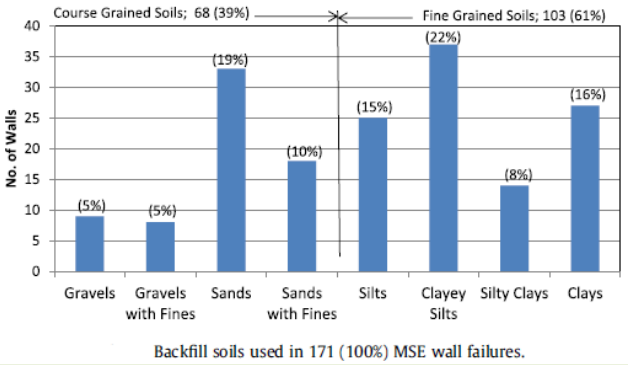
۴۲٪ از خرابیها بین ۱ تا ۲ سال پس از ساخت گزارش شده اند!

Service lifetime	Number (Percent)
less than 1 year	44 (25%)
1 to less than 2 years	71 (42%)
2 to less than 4 years	32 (19%)
4 to less than 6 years	8 (5%)
6 to less than 8 years	3 (2%)
8 to less than 10 years	6 (3%)
greater than 10 years	7 (4%)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

۶- نوع خاک تسلیح

در موارد بررسی شده خاک های مختلفی به عنوان خاک تسلیح استفاده شده بود. در ۶۱٪ از موارد از خاک ریزدانه استفاده شده بود.



Backfill soils used in 171 (100%) MSE wall failures.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

۷- میزان تراکم خاک تسلیح

میزان تراکم به سه بخش کیفی خوب، متوسط و ضعیف تقسیم شد. قابل انتظار است که با تراکم بهتر خاک تسلیح، میزان خرابی کاهش یابد.

Compaction	Number (Percent)
good compaction	48 (28%)
moderate compaction	51 (30%)
poor compaction	72 (42%)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

۸- طراحی یا اجرا ؟!

تفکیک عامل خرابی بین دو بخش طراحی و اجرا امری دشوار است. در این مورد استفاده از ریزدانه در خاک تسلیح به عنوان خرابی طرح و تراکم ضعیف به عنوان خرابی ناشی از اجرا درنظر گرفته شد.

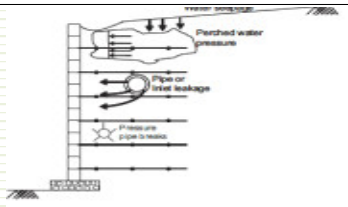
Primary responsibility for the failures	Number (Percent)
design failures	118 (69%)
construction failures	50 (29%)
facing material failures	3 (2%)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

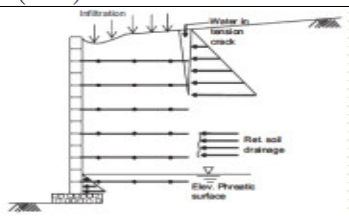
۹- مکانیزم خرابی

مکانیز
هر دو

Basic failure mechanisms	Number (Percent)
internal instability	42 (25%)
external instability	26 (15%)
internal water	63 (37%)
external water	40 (23%)



(c) Internal water 63 (37%)

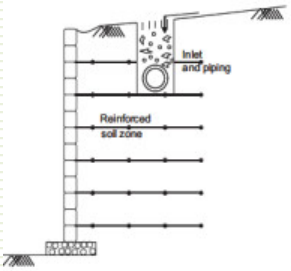


(d) External water 40 (23%)

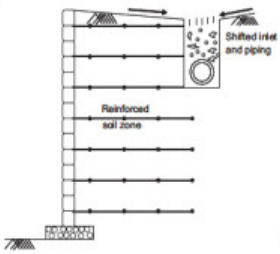
Basic failure mechanisms.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

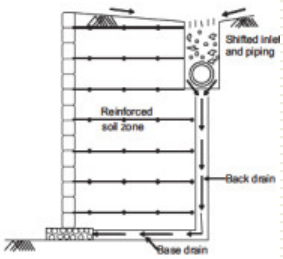
مشکلات و توصیه در مهار آبهای سطحی:



(a) Poor practice for internal drainage for surface water structures within reinforced soil zone



(b) Recommended external drainage for surface water behind reinforced soil zone



(c) Recommended external drainage for surface water coupled with back/base drain

عوامل اصلی خرابی دیوارها:

۱- استفاده از مواد ریزدانه به عنوان خاک تسلیح

این مواد دارای ضریب هدایت هیدرولیکی پایی هستند و این امر باعث ایجاد فشار هیدرواستاتیک در دیوار می شود. در صورت استفاده از این مواد زهکشی اصولی باید تعبیه گردد.

۲- تراکم ضعیف خاک تسلیح

۳- مشکلات در سیستم زهکشی موجود در داخل دیوار

۴- کنترل نامناسب آب سطحی

سطح دیوار باید به سمت خارج و دور از نمای دیوار شیب بندی شود و در صورت امکان از ژئوممبرین استفاده شود.

فهرست مطالب

- چرا بررسی مشکلات و چالشها ؟!
- علل آسیب یا خرابی دیوارهای خاک مسلح
- معرفی چند مورد آسیب یا خرابی: جهان، ایران ؟!
- جمع بندی و پیشنهاد

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

ابتدا چند مورد آسیب یا خرابی از:

سایر کشورها

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول

مورد دوم

مورد سوم

مورد چهارم

تصاویر

نتیجه‌گیری

- گسیختگی شیب خاک مسلح پروژه US70 نیومکزیکو
- گسیختگی شیب خاک مسلح مسیر عبور کارخانه در سئول
- گسیختگی دیوار خاک مسلح ساخته شده در کوالالامپور
- ناپایداری دیوار خاک مسلح ژئوگریدی ساخته شده بر روی لایه‌های رس نرم شانگهای به همراه زهکش‌های قائم پیش‌ساخته (PVD)
- تصاویری از ناپایداری‌های رخ داده در دیوارهای خاک مسلح
- نتیجه‌گیری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

موقعیت و هدف از ساخت

قرار گرفته در کناره رودخانه در دره Hondo و بین دو شهر

ساخته شده در کوه‌پایه کوه‌های شمالی و احاطه شده توسط دو رودخانه Rio Ruidoso و Rio Hondo (در بخش جنوبی)

هدف اصلی از ساخت، حفظ ساختار طبیعی دره و به حداقل رساندن آسیب وارده به محیط زیست و رودخانه‌ها

ساخت آزادراه نیازمند حفاری شیب‌ها و ساخت دیوارهای خاک مسلح می‌باشد

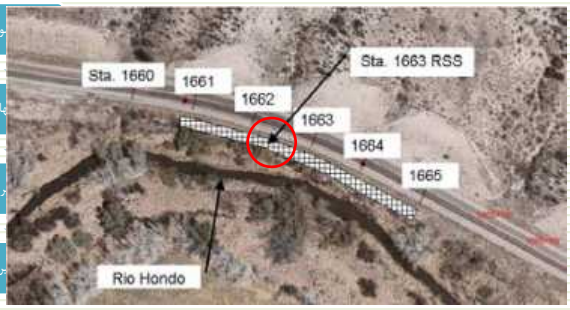
مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم

هندسه طرح

ارتفاع متغیر ۲.۴ تا ۶ متر

شیب ۱:۱ افقی به قائم در طرح اولیه



عکس هوایی منطقه

قرارگیری شیب با ارتفاع و زاویه خاک متغیر در پایین دست پنجه دیوار

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مشاهدات آثار تغییرشکل

رویت ترک خوردگی در پی گاردریل‌های نصب شده در شانه راه

پایش شیب توسط مهندسین

عدم مشاهده تغییرشکل در بازه زمانی فوریه تا نیمه اول آگوست ۲۰۰۴

وقوع باران‌های شدید در جولای و آگوست ۲۰۰۴

ترک خوردگی شدید رویه راه و چرخش (دوران) دیوار خاک مسلح

حفر خاک در امتداد راه و بررسی ترک خوردگی

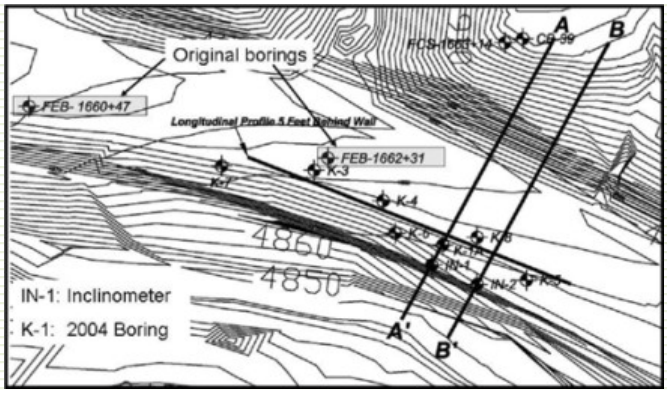
مشاهده ترک‌های عمودی سطحی به عمق ۵ سانتی‌متر دقیقا در پشت بالاترین لایه ژئوگرید

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحقیقات محلی

حفر هفت گمانه به عمق‌های ۴.۱ تا ۱۴.۷ متر و نصب فشارسنج آب حفره‌ای و شیب سنج



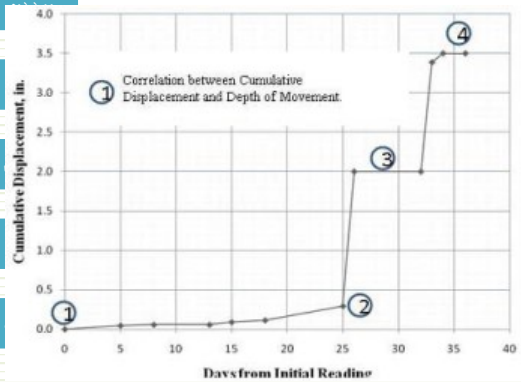
موقعیت گمانه‌های حفر شده

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول

پایش شیب

نصب دو پیزومتر تا اعماق زیر دیوار خاک مسلح و در راستای رودخانه



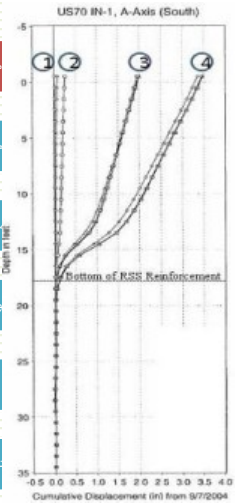
قرائت تغییرشکل شیب‌سنج ۲ (ایستگاه ۶۵+۱۶۶۳)

عکس هوایی منطقه

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

پایش شیب (ادامه)



قرائت تغییرشکل شیب‌سنج ۲ (ایستگاه ۶۵+۱۶۶۳)

افزایش مقادیر قرائت شیب‌سنج‌ها با وقوع بارندگی (دو برابر)

وقوع مقدار قابل توجه از تغییرشکل کل دیوار خاک مسلح در هنگام وقوع بارندگی شدید

وقوع تغییرشکل ناچیز در بازه زمانی بین بارندگی‌ها

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

پایش شیب (ادامه)

دوران کل دیوار خاک مسلح به شکل یک بلوک مسلح شده خاک و عملکرد طبق انتظار توده خاک مسلح شده

برداشت ۱.۵ متر از خاک بالادست دیوار خاک مسلح به منظور کاهش سربار

کاهش قابل توجه تغییرشکل‌ها

حداکثر تغییرشکل بالای شیب‌سنج ۸.۹ سانتی‌متر

قابل مشاهده بودن سطح گسیختگی زیر اولین لایه ژئوگرید

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

آنالیز برگشتی

تحقیق برای یافتن علت جابجایی دیوار

وقوع تغییرشکل‌ها در لایه ماسه سیلتی قرار گرفته در زیر دیوار (با توجه به قرائت ابزار)

مشاهده تغییرشکل‌های زیاد هنگام وقوع بارندگی شدید

افزایش فشار آب حفره‌ای در پشت دیوار

افزایش فشار آب حفره‌ای در زیر شیب و ایجاد نیروی بالابرنده

در نظر گرفتن گسیختگی دایره‌ای در خاک پشت و خود دیوار و همچنین در خاک زیر آن

در نظر گرفتن گسیختگی بلوکی

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

آنالیز برگشتی (ادامه)

رسیدن ضریب اطمینان به یک با در نظر گرفتن فشار آب حفره‌ای و گسیختگی بلوکی

ضریب اطمینان بیشتر از یک با در گرفتن سطح گسیختگی دایره‌ای

وقوع تغییرشکل منجر به گسیختگی در شرایط بارندگی شدید و فشار آب حفره‌ای بالا

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

منابع ورود آب

منابع آب مشاهده شده در بررسی‌ها

- افزایش سریع سطح آب رودخانه هنگام بارش
- نفوذ آب‌های سطحی
- نفوذ آب زیرزمینی از بخش شمالی راه (ترک‌های سنگ بستر یا ترانشه حفر شده برای زهکشی)
- زهکش‌های رویت نشده زیر سطحی موجود در محل در مراحل ساخت
- نیاز به تخریب کالورت‌های موجود در محل (باقی ماندن حداقل یک کالورت با توجه به اطلاعات موجود)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

- گسیختگی شیب خاک مسلح مسیر عبور کارخانه در سئول
- معرفی پروژه
- مطالعات و تحلیل‌ها
- نتیجه‌گیری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مقدمه

دستورالعمل‌های طراحی دیوارهای خاک مسلح مقدار تسلیح را بسیار محافظه کارانه ارائه می‌کنند

تعداد قابل توجهی مشکلات در حین انجام و پس از اتمام ساخت پروژه‌ها مشاهده می‌شود

بیشترین علل وقوع مشکلات:

- ✓ پر کردن پشت دیوار توسط خاک ریزدانه با نفوذپذیری نامناسب
- ✓ نادیده گرفتن دقت حین اجرا (نبود واحد کنترل کیفیت مناسب)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

هندسه و موقعیت

پایدارسازی شیب در نزدیکی کارخانه‌ای در ۲۰۰ کیلومتری جنوبی سئول

دیوار خاک مسلح به ارتفاع متغیر ۱ متر تا ۷.۴ متر

طول دیوار ۱۵۰ متر

قرارگیری دیوار در شیب

ساخت مسیر عبور و مرور کارخانه در قسمت بالادست دیوار

عبور آبراهه به عرض ۲ متر در فاصله ۴ متری از نمای دیوار

اتمام ساخت در آوریل ۲۰۰۳

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

هندسه و موقعیت (ادامه)

وقوع خرابی پس از وقوع بارندگی شدید در جولای ۲۰۰۳

بارندگی به مقدار ۷۸۰ میلی‌متر در دو ماه جون و جولای ۲۰۰۳ در موقعیت دیوار

جابجایی دیوار به مقدار ۶۰ متر در محل گسیختگی

جابجایی حجم ۱۲۰۰ متر مکعب خاک

سر خوردگی بخش عمده توده مسلح شده همراه با خاک جابجا شده

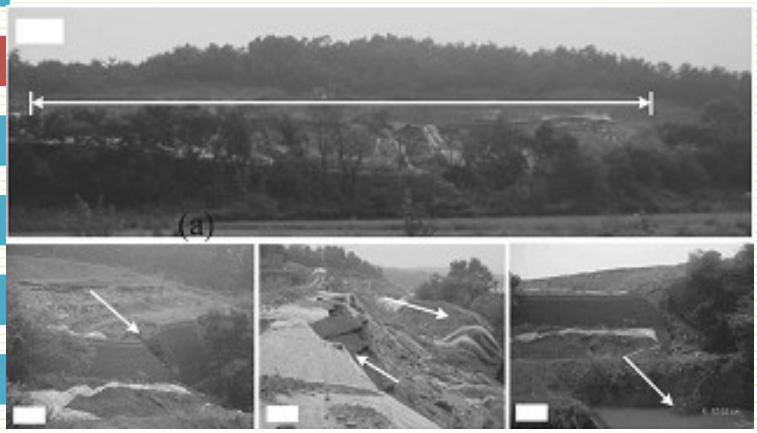
وقوع گسیختگی برشی تنها در قسمتی از دیوار خاک مسلح

وقوع گسیختگی کلی و ناپایداری خارجی (طبق شواهد اولیه)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

هندسه و موقعیت (ادامه)



نمایی از دیوار پس از وقوع خرابی

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

هندسه و موقعیت (ادامه)

استفاده از مسلح‌کننده به طول ۵ متر

فاصله ثابت ۶۰ سانتی‌متر بین لایه‌های تسلیح

نسبت طول مسلح کننده به ارتفاع دیوار برابر با ۰.۷

ایراد اول

در نظر نگرفتن شیب بالادست در طراحی

پیشنهاد نسبت $\frac{L}{H} = 0.6$ و $\frac{L}{H} = 0.7$ توسط **NCMA** و **FHWA** به ترتیب **(بدون سربار)**

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

هندسه و موقعیت (ادامه)

یکسان بودن خاک مسلح شده و خاک نگه داشته شده

استفاده از خاک گرانیت خرد شده موجود در محل

ایراد دوم

مشاهده نشانه‌هایی از عدم کوبش مناسب خاک

ساخت دیوار بر لایه‌ای از لایه سنگ گرانیت نسبتا هوازده

نمای دیوار بصورت بلوک به ارتفاع ۲۰۰ میلی‌متر

جانمایی کل نما در یک راستای قائم (عدم عقب نشینی بلوک‌ها در ارتفاع)

ایراد سوم

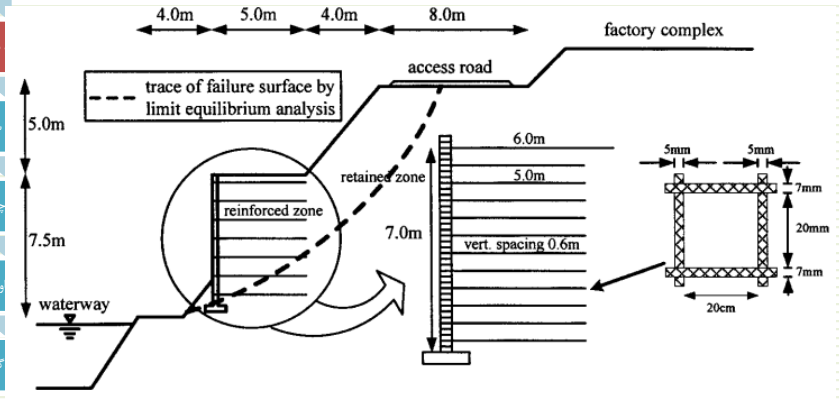
پر کردن پشت نما با مصالح زهکش به ضخامت ۳۰۰ میلی‌متر

عدم پوشش لایه فوقانی خاک با مصالح نفوذناپذیر برای جلوگیری از نفوذ آب

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
دوم
سوم
چهارم
ویر
گیری

هندسه و موقعیت (ادامه)



هندسه دیوار و سطح گسیختگی پیش‌بینی شده توسط مدلسازی عددی

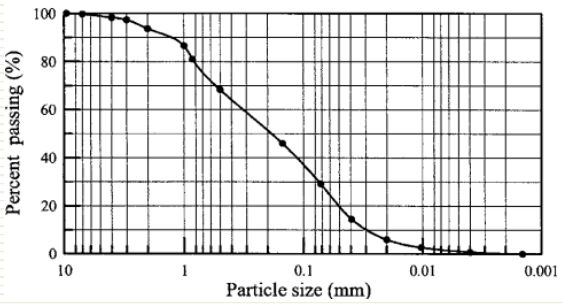
مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مشخصات خاک و مسلح‌کننده‌ها

نمونه‌گیری از خاک مسلح شده و نگه داشته شده برای بدست آوردن مشخصات خاک

وجود بیش از ۳۰٪ ریزدانه عبوری از الک ۲۰۰



منحنی دانه‌بندی خاک استفاده شده

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مشخصات خاک و مسلح‌کننده‌ها (ادامه)

رده‌بندی خاک از نوع ماسه همراه با رس با شاخص خمیری ۱۰ ($PI = 10$)

حداکثر وزن مخصوص خشک $19\ \frac{kN}{m^3}$ به روش پروکتور استاندارد

رطوبت بهینه ۱۴٪

ایراد چهارم

عدم تطابق خاک استفاده شده با ویژگی‌های دستورالعمل **FHWA**

کوبش نمونه خاک تا تراکم ۹۰٪ حداکثر وزن مخصوص خشک برای محاسبه هدایت هیدرولیکی

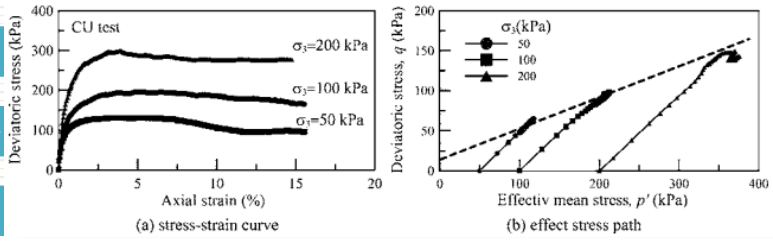
میانگین هدایت هیدرولیکی $K_s = 5.0 * 10^{-7}\ \frac{m}{s}$

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مشخصات خاک و مسلح‌کننده‌ها (ادامه)

محاسبه $\varphi' = 22°$ و $c' = 13\ kPa$ از سه‌محوری **CU**



نتایج آزمایش سه‌محوری زهکشی نشده خاک پشت دیوار

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مشخصات خاک و مسلح‌کننده‌ها (ادامه)

انجام آزمایش برش مستقیم مقیاس بزرگ بر روی نمونه‌هایی با مقطع ۵۰۰ در ۵۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۲۵۰ میلی‌متر

بدست آمدن $\varphi_u = 25°$ و $c_u = 20\ kPa$

افزایش پارامترهای مقاومتی نسبت به تست سه‌محوری به علت وقوع مکش در نمونه

آزمایش مقاومت مسلح‌کننده‌ها با نرخ کرنش ثابت $10 \pm 3\ \frac{\%}{min}$

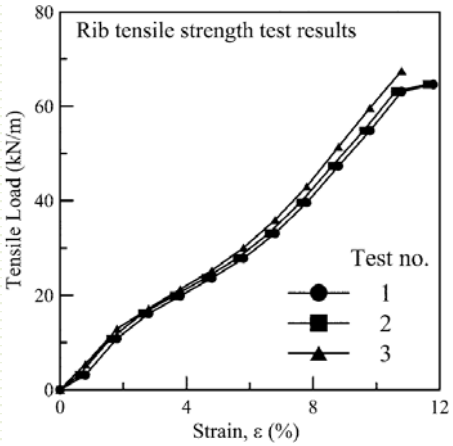
مقاومت نهایی کششی $60\ \frac{kN}{m}$

سختی محوری $500\ \frac{kN}{m}$

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مشخصات خاک و مسلح‌کننده‌ها (ادامه)



نتایج آزمایش کشش مسلح‌کننده

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری

اثر قابل توجه پارامترهای مقاومتی خاک بر نتایج تحلیل پایداری

در نظر گرفتن زاویه اصطکاک داخلی موثر ۲۲ درجه و چسبندگی صفر با توجه به ضوابط آیین‌نامه‌های موجود برای خاک مسلح شده و نگه داشته شده

در نظر گرفتن تنش کششی حداکثر $20\ \frac{kN}{m}$ **برای مسلح‌کننده**

عدم تطابق ضریب اطمینان پایداری خارجی و داخلی با معیار پایداری استاتیکی

ضریب اطمینان ۰.۸۴ پایداری خارجی طبق ضوابط آیین‌نامه **NCMA در برابر لغزش**

ضریب اطمینان ۱.۰۳ پایداری خارجی طبق ضوابط آیین‌نامه **FHWA در برابر لغزش**

نیاز به حداقل ضریب اطمینان ۱.۵ در برابر لغزش

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

Layer number	Elevation (m)	Internal stability FS_{to} NCMA	FS_{to} FHwA	FS_{po} NCMA	FS_{po} FHwA
1	0.4	0.58	0.47	8.76	7.63
2	1.0	0.75	0.60	9.13	8.19
3	1.6	0.83	0.66	7.97	7.43
4	2.2	0.94	0.74	6.81	6.66
5	2.8	1.07	0.84	5.65	5.89
6	3.4	1.25	0.96	4.49	5.13
7	4.0	1.50	1.13	3.33	4.36
8	4.6	1.88	1.38	2.17	3.59
9	5.2	2.50	1.75	1.01	2.83
10	5.8	3.76	2.41	2.25	2.06
11	6.4	6.68	3.86	0.97	1.29
12	7.0	N/A	9.44	N/A	2.37

External stability				
NCMA	FS_{bc}=14.77	FS_{bsl}=0.84	FS_{ot}=2.35
FHwA	FS_{bc}=18.38	FS_{bsl}=1.03	FS_{ot}=2.57

Note: FS_{to}=factor of safety for tensile overstress; FS_{po}=factor of safety for pullout; FS_{bc}=factor of safety for bearing capacity; FS_{bsl}=factor of safety for base sliding; and FS_{ot}=factor of safety for overturning.

نتایج آنالیز پایداری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

حداقل ضریب اطمینان گسیختگی کششی مسلح‌کننده در اولین لایه برابر ۰.۴۷

پایین بودن ضرایب اطمینان به دلیل در نظر نگرفتن سربار قرار گرفته در بالادست

پایداری استاتیکی دیوار علی‌رغم ضریب اطمینان پایین ← محافظه کارانه بودن آیین‌نامه‌ها

افزایش پایداری به دلیل وجود مکش ناشی از رطوبت موجود در خاک

در نظر گرفتن همه شرایط بارندگی در تمام مدت در تحلیل‌های انجام شده

مدلسازی و تخمین فشار آب حفره‌ای در شرایط جریان غیراشباع در مرحله اول

در نظر گرفتن مقاومت برشی تغییر یافته ناشی از فشار مثبت و منفی آب حفره‌ای در مرحله دوم

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

مدلسازی جریان آب در خاک با نرم‌افزار **SEEP/W**

کاهش حجم آب موجود در خاک با افزایش مکش (**matric suction**)

کاهش نفوذپذیری خاک با افزایش مکش

در نظر گرفتن نفوذپذیری اشباع $K_s = 5.0 * 10^{-7} \frac{m}{s}$ برای خاک

استفاده از منحنی نفوذپذیری موجود در نرم‌افزار برای خاک بخش پی

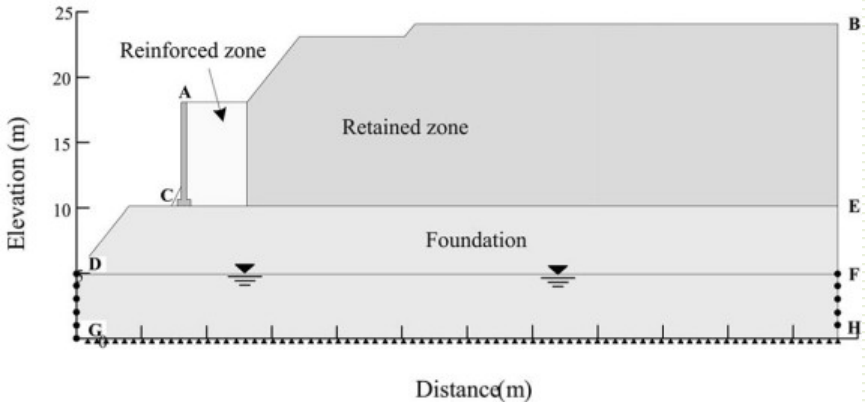
در نظر گرفتن هد ثابت آب در طرفین مدل در تحلیل جریان ثابت

مدلسازی تراز آب زیرزمینی هم تراز با سطح آب در آبراه ۲متری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول

تحلیل پایداری (ادامه)



مدل ساخته شده برای تحلیل جریان آب در خاک

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

تغییر شرایط مرزی آب در حالت تحلیل وقوع بارندگی

مدلسازی بارش بر روی سطح خاک

در نظر گرفتن خاک یکسان با خاک مسلح شده در بخش زهکش پشت دیوار به دلیل گرفتگی آن توسط ریزدانه‌ها

حداکثر مکش ۶۰ کیلوپاسکال در تحلیل جریان پایدار

تغییرات فشار منفی آب در محدوده ۴۰ تا ۶۰ کیلوپاسکال در بالای سطح آب

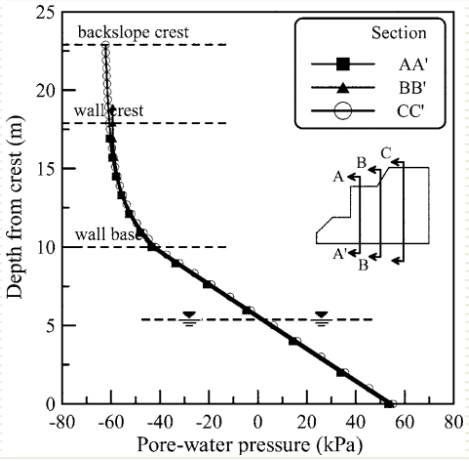
مدلسازی بارش آوریل و می با جریان $5 * 10^{-8} \frac{m}{s}$ بر روی سطح خاک (۶۰ روز)

مدلسازی بارش جون و جولای در ادامه

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)



فشار آب حفره‌ای در تحلیل اولیه

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

مدلسازی بارش جون با جریان $7.2 * 10^{-8} \frac{m}{s}$ بر روی سطح خاک (۳۰ روز)

مدلسازی بارش جولای با جریان $3.3 * 10^{-7} \frac{m}{s}$ بر روی سطح خاک (۲۰ روز)

افزایش فشار آب حفره‌ای در ۴ متر فوقانی در بارش جولای و کاهش مکش

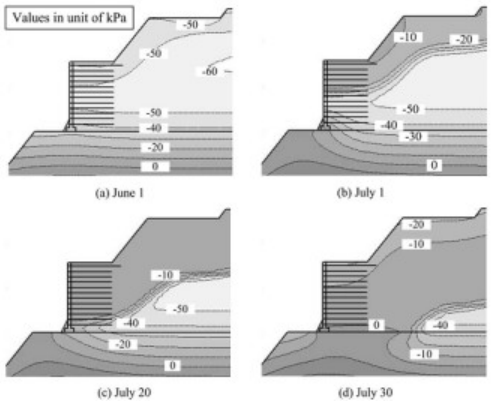
جریان یافتن آب به سمت پایین حدود ۱۰ روز پس از قطع بارش و افزایش مکش در قسمت‌های فوقانی خاک

افزایش تراز سطح آب زیرزمینی به مقدار ۱ متر در اثر عبور آب به سمت پایین دیوار

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)



فشار آب حفره‌ای در طول بارندگی

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

انجام تحلیل پایداری شیب در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن فشار آب حفره‌ای

استفاده از نرم‌افزار **SLOPE/W** برای تحلیل پایداری شیب

وجود امکان در نظر گرفتن فشار آب منفی در خاک غیر اشباع

اثر قابل توجه مکش ایجاد شده در خاک در پایداری شیروانی‌ها

$$\tau_f = c' + (\sigma - u_a) * \tan\varphi' + (u_a - u_w)tan\varphi^b$$

Soil type	c' (kPa)	ϕ' (degrees)	ϕ^b (degrees)	γ (kN/m^3)
Reinforced soil	13	22	15	19
Retained soil	13	22	15	19
Foundation soil	50	35	20	20

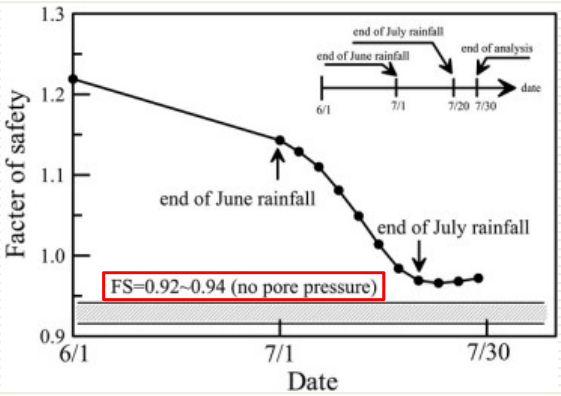
مشخصات مصالح در مدلسازی عددی

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

استفاده از روش بیشاپ ساده شده در محاسبه ضریب اطمینان



تغییرات ضریب اطمینان در طول بارش

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

پایین بودن ضریب اطمینان بدون در نظر گرفتن فشار آب حفره‌ای

در نظر نگرفتن شیب بالادست توده خاک مسلح استفاده از خاک نامرغوب

ناپایداری

ضریب اطمینان ۱.۲۲ قبل از بارش

کاهش ضریب اطمینان به ۰.۹۷ طی یک دوره بارش ۵۰ روزه در اثر کاهش مکش موجود در خاک

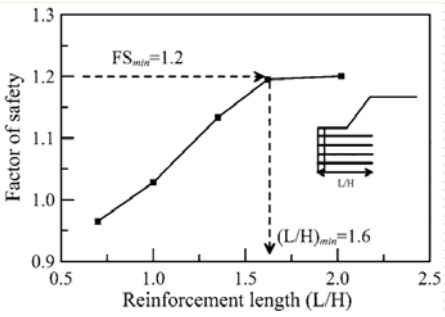
مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری (ادامه)

تطابق سطح گسیختگی مشاهده شده با سطح گسیختگی پیش‌بینی شده

عبور سطح گسیختگی از پنجه دیوار و پشت توده خاک مسلح شده



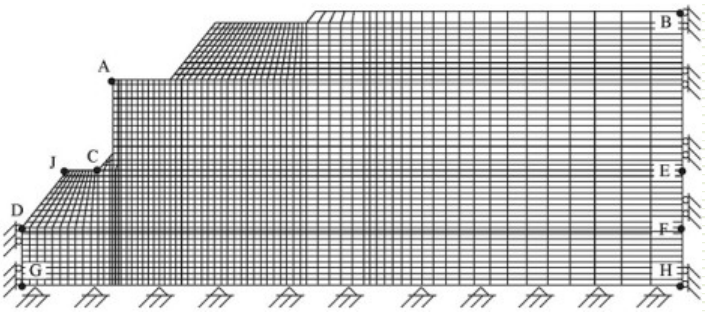
تغییرات ضریب اطمینان با تغییر طول مسلح‌کننده

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مطالعه سطح گسیختگی

استفاده از نرم‌افزار المان محدود **ABAQUS**



مدل اجزا محدود در نظر گرفته شده

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مطالعه سطح گسیختگی (ادامه)

افزایش تغییرشکل افقی خاکریز با نفوذ آب ناشی از بارش در خاک

وقوع تغییرشکل دورانی در انتهای بارش

مشاهده کامل سطح گسیختگی با نفوذ باران

تطابق بسیار خوب سطح گسیختگی بدست آمده از تحلیل با سطح گسیختگی مشاهده شده

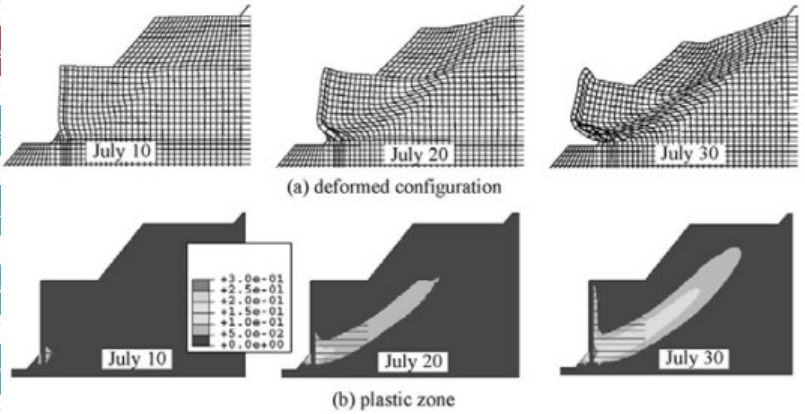
ثبت تغییرشکل افقی دیوار در دو نقطه نزدیک پی دیوار و سطح شیب

افزایش نیروی تسلیح در ۱/۳ پایینی دیوار به ویژه در لایه دوم مسلح‌کننده‌ها

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مطالعه سطح گسیختگی (ادامه)

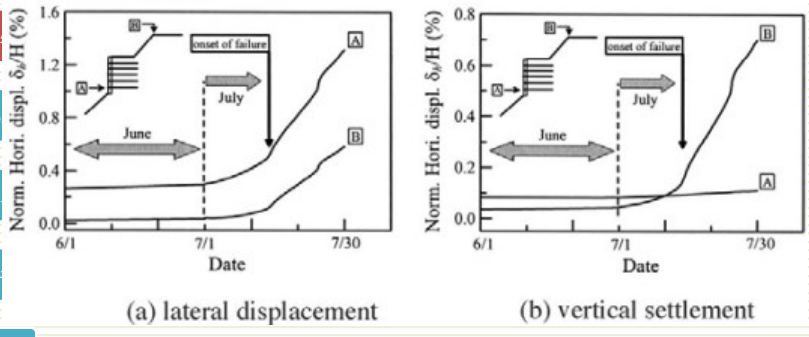


مدل تغییرشکل یافته و کانتورهای کرنش برشی در طول بارندگی جولای

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مطالعه سطح گسیختگی (ادامه)

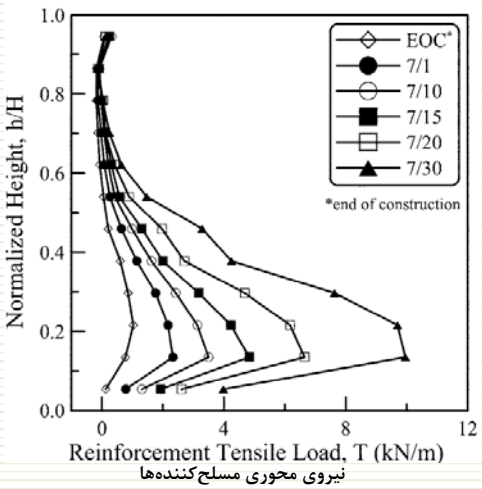


تغییرشکل رخ داده در دیوار در طول بارندگی

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مطالعه سطح گسیختگی (ادامه)



نیروی محوری مسلح‌کننده‌ها

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری

با توجه به تحقیق انجام شده می‌توان گفت

- پایداری دیوار قبل از وقوع بارش علی‌رغم ضریب اطمینان پایین
- وجود مکش در خاک و محافظه کارانه بودن دستورالعمل‌های موجود
- نیاز به بررسی خاک استفاده شده در پشت دیوارهای خاک مسلح
- وقوع تغییرشکل بیش از اندازه در دیوار به دلیل انتخاب نامناسب خاک پشت دیوار
- نیاز به کنترل پایداری کلی مجموعه دیوار خاک مسلح و محیط اطراف
- نیاز به کنترل پایداری خارجی و عدم ساده‌سازی هندسی بیش از اندازه

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

- گسیختگی دیوار خاک مسلح سکوی ایستگاه سوخت در کوالالامپور
  - معرفی پروژه
  - مطالعات و تحلیل‌ها
  - نتیجه‌گیری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

معرفی پروژه:

✓ **سکوی ایستگاه سوخت ساخته شده با استفاده از دیوار خاک مسلح به ارتفاع ۷.۵ متر**

✓ **واقع در کوالالامپور**

✓ **دیوار بالای یک خاکریز شیب‌دار قرار گرفته و پی آن متشکل از شمع‌های مربعی بتن مسلح است**

مشکلات و چالشهای دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

طراحی اصلیِ دیوار خاک مسلح و پی

- **پی:**

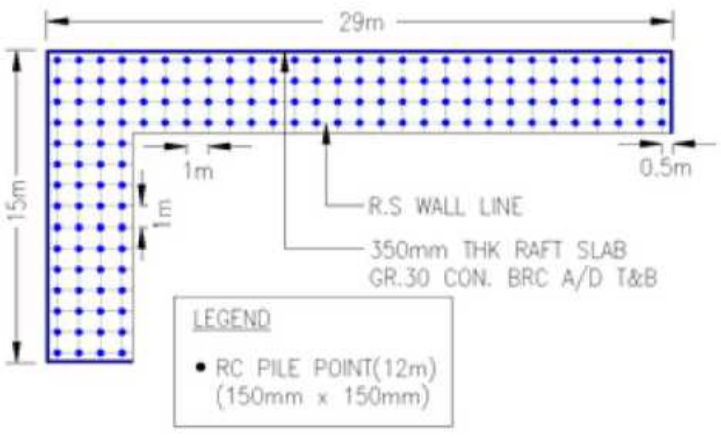
پی دیوار متشکل از شمع‌های مربعی بتن مسلح به ابعاد 150 mm × 150 mm **و فاصله** 1 m c/c

عمق نفوذ شمع‌ها 9 m

قرارگیری یک دال بتن مسلح با ضخامت 350 mm **به عنوان تکیه‌گاه دیوار خاک مسلح بر روی شمع‌ها**

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری



مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

❑ دیوار خاک مسلح:

دیوار خاک مسلح متشکل از یک خاکریزِ خوب متراکم‌شده دانه‌ای و تسمه‌های مسلح‌کننده فولادی گالوانیزه شده از نوع بسیار بهم چسبیده (highly adherent type)

ضخامت تسمه‌ها 5 mm و پهنای آن‌ها 45 mm

طول تسمه‌ها در نیمه فوقانی دیوار 5.8 m و در نیمه تحتانی دیوار 5.0 m

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

❑ نتایج بازدید از منطقه

✓ وجود بر روی پانل دیوار خاک مسلح علائمی از جابجایی، برآمدگی (متورم شدن) و بازشدگی فضاهای خالی بین پانل‌های دیوار در گوشه جنوب غربی دیوار

✓ شسته شده مصالح خاکریز هنگام بارش باران و ایجاد فضای خالی در پشت دیوار خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم

مشکلات و چالشهای دیوارهای خاک مسلح

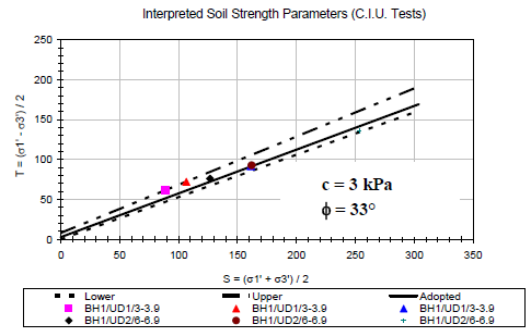
مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی

آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌های خاک منطقه:

1. **حدود اتربرگ**
2. **توزیع دانه‌بندی**
3. **آزمایش جعبه برش مستقیم بر روی خاک دانه‌ایِ خاکریز**
4. **آزمایش سه محوری تحکیم‌یافته زهکشی‌نشده ایزوتروپ (C.I.U) بر روی خاک بستر**

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح



نوع آزمایش	نتایج
حدود اتربرگ و توزیع دانه‌بندی	نمونه‌های به دست‌آمده از رسوبات خاک عمدتا ماسه رسی با پلاستیسیته کم هستند
آزمایش جعبه برش مستقیم تک‌مرحله‌ای	برای مصالح خاکریز دیوار خاک مسلح c = 0 kPa و $\emptyset = 36°$
C.I.U	برای رسوبات خاک بستر c = 3 kPa و $\emptyset = 33°$

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

بررسی‌های ژئوتکنیکی بر روی دیوار گسیخته شده

بر اساس نتایج به دست آمده از آزمایش‌ها، به منظور تعیین علت متورم شدن و جابجایی دیوار تحلیل‌های زیر انجام شد:

نوع تحلیل	جزئیات
پایداری خارجی دیوار و شیب	- تحلیل گسیختگی شیب - کنترل واژگونی و ظرفیت باربری - کنترل گسیختگی لغزشی
پایداری داخلی دیوار خاک مسلح	- پاره‌شدگی - بهم چسبیدگی
کنترل ظرفیت سازه‌ای و ژئوتکنیکیِ پی شمع‌دار	- کنترل ظرفیت محوری شمع - کنترل مقاومت در برابر بار افقی شمع - کنترل دال بتن مسلح
درجه تحکیم مصالح خاکریز شیب	- کنترل کفایت درجه تحکیم

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

(راهنمای ژئوتکنیکی برای شیب‌ها) ضریب GEOبر اساس پیشنهاد شده است. ۱.۴اطمینان برای تحلیل پایداری شیب،

برای شرایط «بدترین تراز آب زیرزمینیِ پیش بینی شده» نیز باید تامین شود.۱.۱ضریب اطمینانی برابر با

تحلیل پایداری خارجی

❑ تحلیل گسیختگی شیب

موارد بررسی شده در تحلیل پایداری شیب

حالت	قسمت	ضریب اطمینان بلند مدت	
حالت ۱	با وجود شمع	۱.۵۸(>۱.۴)	۱.۶۹ (>۱.۴)
	با وجود شمع (بدترین حالت تراز آب زیرزمینی)	۱.۲۶ (>۱.۱)	۱.۳۷ (>۱.۱)
حالت ۲	بدون شمع	۱.۲۵ (<۱.۴) غیرقابل قبول	۱.۳۶ (<۱.۴) غیرقابل قبول
	بدون شمع (بدترین حالت تراز آب زیرزمینی)	۱.۲۰ (>۱.۱)	۱.۲۵ (>۱.۱)
حالت ۳	پایداری موضعی شیب خاکریز ۱V:۱.۵H	۱.۳۷ (<۱.۴) غیرقابل قبول	۱.۴۴ (>۱.۴)
	پایداری موضعی شیب خاکریز ۱V:۱.۵H (بدترین حالت تراز آب زیرزمینی)	۱. ۳۷ (>۱.۱)	۱.۴۴ (>۱.۱)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

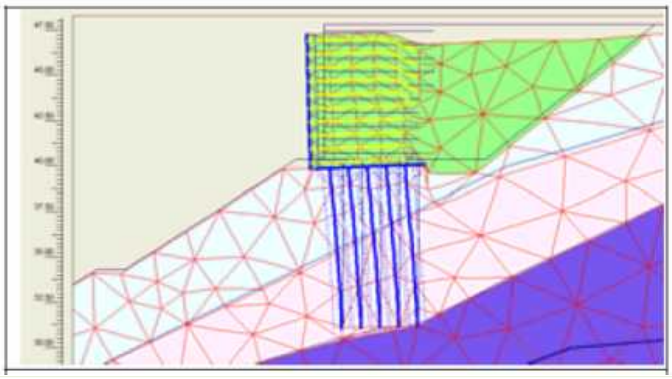
بر اساس نتایج تحلیل:

✓ عدم وجود احتمال جابجایی دیوار خاک مسلح به دلیل ناپایداری موضعی شیب خاکریز دیوار

✓ جابجایی و مقاومت افقی شمع، عوامل موثر بر روی پایداری خارجی

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری



مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

بررسی تغییر شکل‌ها با استفاده از نتایج مدلسازی اجزا محدود

نتایج تحلیل اجزا محدود:

-شمع‌های بتن مسلح زیر دیوار خاک مسلح به میزان قابل توجهی خم و جابجا شدند

-قسمتی از دیوار که توسط شمع‌ها نگه داشته شده بود نیز همراه با شمع‌ها جابجا شد.

-جابجایی شمع در محدوده 150 mm تا 170 mm تخمین زده شد.

-حداکثر لنگر خمشی و نیروی برشی که ایجاد شد به ترتیب برابر با 36 kNm و 64 kN

-حداکثر لنگر خمشی و نیروی برشیِ منتقل شده از دال با ضخامت 350 mm به ترتیب برابر با 146 kNm و 192 kN

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

❑کنترل واژگونی و ظرفیت باربری

-تعیین ظرفیت باربری بلندمدت دیوار با پی شمعی

-محاسبه ضریب اطمینان در برابر واژگونی بزرگتر از ۲.۰ و تامین این نوع پایداری

❑کنترل گسیختگی لغزشی

-تامین مقاومت در برابر لغزش توسط تماس خاک با خاک بین خاکریز دیوار خاک مسلح و دال تکیه‌گاه

-تحلیل‌ها نشان دهنده مناسب بودن مقاومت لغزشی در برابر نیروهای افقی ایجاد شده بر روی دیوارخاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحلیل پایداری داخلی

این تحلیل شامل کنترل پایداری داخلی دیوار خاک مسلح در رابطه با پاره‌شدگی، بهم چسبیدگی و پایداری لبه (wedge stability) است

انجام تحلیل‌ها بر اساس آیین‌نامه BS 8006:1995

انجام تحلیل‌ها با استفاده از سه ترکیب بار و همچنین بررسی اثرات تراز آب زیرزمینی بر روی پایداری داخلی

اثرات	ترکیب بار		
	A	B	C
جرم توده خاک مسلح	۱.۵	۱.۰	۱.۰
جرم خاکریز بر روی دیوار خاک مسلح	۱.۵	۱.۰	۱.۰
فشار زمین پشت سازه	۱.۵	۱.۵	۱.۰
بار ترافیک:			
(الف) بر روی بلوک خاک مسلح	۱.۵	۰.۰	۰.۰
(ب) پشت بلوک خاک مسلح	۱.۵	۱.۵	۰.۰

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

❑پاره‌شدگی

پاره‌شدگی، ظرفیت کششی مسلح‌کننده‌ها برای مقاومت در برابر نیروهای کششی است که ناشی از فشار افقی و بارهای خارجی است

نتیجه تحلیل:

تحلیل‌ها نشان می‌دهد مسلح‌کننده‌ها در مقابل گسیختگی پاره‌شدگی مقاومت مناسبی دارند

❑بهم چسبیدگی

بهم چسبیدگی، مقاومت خاکریز مسلح در برابر لغزش موضعیِ مسلح‌کننده‌ها ناشی از نیروهای کششی است

نتیجه تحلیل:

نیروهای کششی بیشتر از نیروی بهم چسبیدگی است

گسیختگی بهم چسبیدگی بر اساس BS8006:1995 به علت ***عدم کافی بودنِ طول نوارِ مسلح‌کننده***

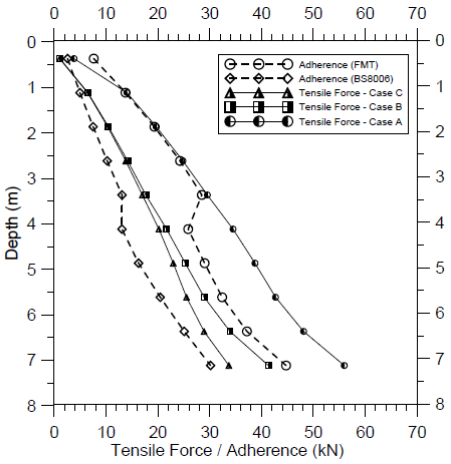
مناسب بودن مسلح‌کننده‌ها (به طور مرزی) بر اساس الزامات FMT در 3 متر فوقانی

کاهش بهم چسبیدگی در عمق 3.5 m هم برای BS8006 و هم برای FMT به دلیل:

کاهش طول مسلح‌کننده‌های فولادی در این عمق

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

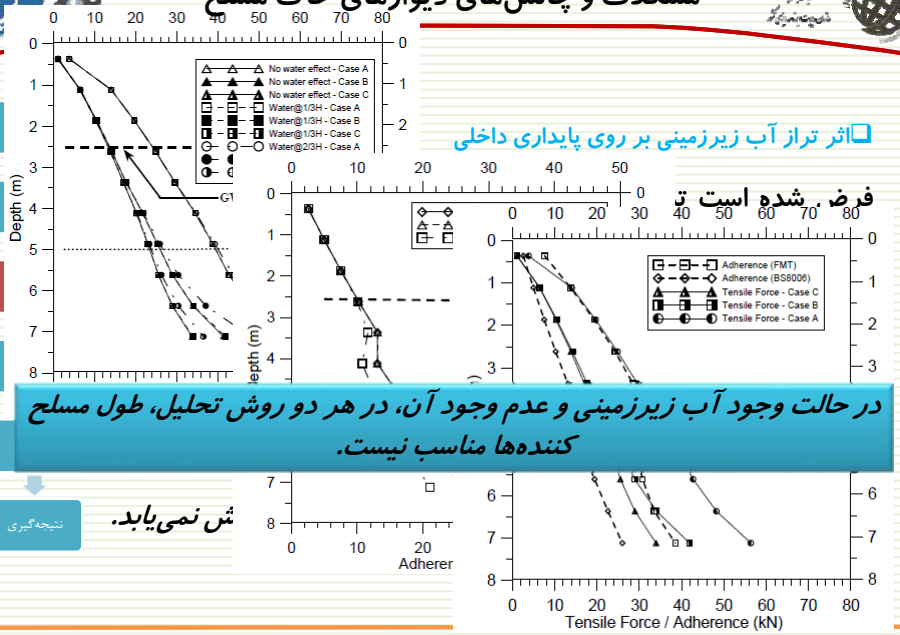


مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

❑اثر تراز آب زیرزمینی بر روی پایداری داخلی

فرض شده است ت



در حالت وجود آب زیرزمینی و عدم وجود آن، در هر دو روش تحلیل، طول مسلح کننده‌ها مناسب نیست.

ش نمی‌یابد.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

کنترل سازه‌ای و کنترل ظرفیت پی شمعی

کفایت ظرفیت ژئوتکنیکی محوری شمع‌ها برای بار 200 KN

حداکثر لنگر خمشی و نیروی برشی منتقل شده از دال با ضخامت 350 mm به ترتیب برابر با 146 kNm و 192 kN

مقاومت نهایی خمشی و برشی دال به ترتیب برابر 55 kNm/m و 102 kN/m بر اساس BS8110:1985

مقاومت خمشی و برشی دال کافی نمی‌باشد

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تحکیم مصالح خاکریز شیب

انجام آزمایش تحکیم هنگام تحکیم شیب و بعد از ساخت دیوار بر روی مصالح خاکریز

درجه تحکیم نمونه‌ها در محدوده ۸۲٪ تا ۹۹٪ است

۵۶٪ نمونه‌های مورد آزمایش دارای درجه تحکیم کمتر از ۹۵٪ هستند که بیانگر قسمت‌هایی است که دارای تحکیم نامناسبی هستند

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

❑نتیجه گیری

دلایل جابجایی و متورم شدن دیوار خاک مسلح:

۱. دلایل اصلی: ناپایداری،

-عمدتا ناشی از کم بودن مقاومت افقی شمع

-کم بودن مقاومت برشی و مقاومت لنگر شمع‌های بتن مسلح و دال

۲. نامناسب بودن ضریب اطمینان بهم چسبیدگی نوار مسلح‌کننده دیوار خاک مسلح و نامناسب بودن تحکیم خاکریز و در نتیجه متورم شدن دیوار

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

به علت باز شدن فضاهای خالی و متورم شدن به دلایل مذکور، مصالح خاکریز (درشت‌دانه‌ها) دچار ریزش شده و از طریق فضاهای باز شسته شده‌اند

شدیدتر شدن این روند در فصل بارش

به علت فقدان مصالح، ناپایداری داخلی به طرز بدی تحت تاثیر این شرایط قرار گرفت و باعث باز شدنِ بیشتر فضای خالی و متورم‌تر شدنِ دیوار شد

ادامه این روند تا تشکیل یک حفره در دیوار و فرورفتگی بالای دیوار

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

❑عملیات بهسازی

عملیات بهسازی شامل:

1)نصب صفحات فلزی (sheet pile)
2)حفاری مصالح خاکریز تا کف دیوار خاک مسلح
3)خرد کردن دال و قرار دادن شمع‌های بتن‌مسلح با مسلح‌کننده‌های $\emptyset 400\ mm$
4)تثبیت دیوار خاک مسلح و جایگزین بخشی از مصالح خاکریز با پلی‌استر منبسط‌یافته (EPS)

✓استفاده از طول بیشتری برای مسلح‌کننده‌ها برای رسیدن به ضریب اطمینان مورد نظر برای گسیختگی بهم چسبیدگی

✓کاهش فشار سربار قائم با استفاده از پلی‌استر (EPS) در قسمت‌هایی که به دلیل محدودیت‌های سایت نمی‌توان مسلح‌کننده‌ها را عوض کرد

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

- ناپایداری دیوار خاک مسلح ژئوگریدی ساخته شده بر روی لایه‌های رس نرم شانگهای به همراه زهکش‌های قائم پیش‌ساخته (PVD)
- معرفی پروژه
- مطالعات و تحلیل‌ها
- نتیجه‌گیری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مقدمه

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

دیوار حایل خاک مسلح (RSW) با مسلح کننده های ژئوگریدی به ارتفاع ۷.۶ متر با نمای wrap- around در انتهای یک خاکریز بر روی لایه ضخیمی به عمق ۱۲ متر از رس نرم شانگهای به همراه زهکش های قائم پیش ساخته (PVD)

کنترل نشست زمین، حرکت دیوار و فشار آب حفره ای در طول ساخت

افزایش فشار آب حفره ای غیر منتظره در فشار سنج ها از روز ۱۱۸ ام (وسط دوران ساخت) نشان دهنده ایرادی محتمل در PVD ها به علت نشست زیاد زمین

بعد از پایان آخرین دوره بارگذاری، در روز ۱۹۰ ام، حرکت افقی ناگهانی در پاشنه به همراه ترک قوسی شکل روی سطح خاکریز در انتهای ناحیه‌ی تسلیح شده خاک، مشاهده شد

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

معرفی سایت

ورد اول
ورد دوم
ورد سوم
د چهارم
تصاویر
جه‌گیری

قرارگیری پروژه در شهر شانگهای کشور چین

دیوار حایل مورد نظر، سازه حایل موقتی است که در انتهای یک خاکریز ۵۳۰ متری ساخته شده است

Fig. 1. The RSW on soft clay.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

معرفی سایت

عرض خاکریز در قسمت فوقانی ۳۷.۲ متر

با شیب شیروانی1.5H:1V به سطح زمین می رسد

۲.۶ متر رس لای دار

۴.۴ متر رس لای دار mucky

۳.۶ متر رس

۷.۴ متر رس لای دار

۱۳ متر رس لای دار

۶.۳ متری از لای رس دار سفت با عدد SPT متوسط ۳۱

سطح آب زیرزمینی در سطح زمین

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

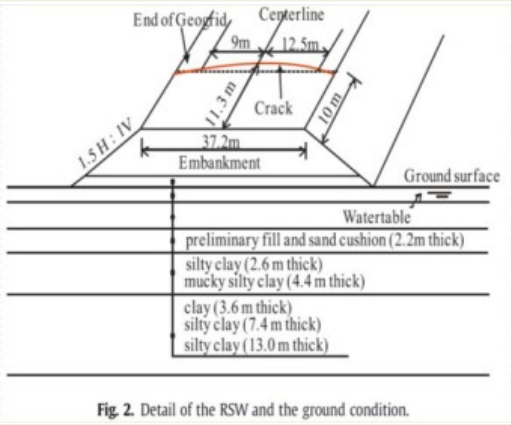


Fig. 2. Detail of the RSW and the ground condition.

مورد اول

مورد دوم

معرفی سایت

مشخصات خاک زیر دیوار از نتایج آزمایش های در محل و آزمایشگاهی

Table 1
Summary of geotechnical properties of the subsoil.

Layer	USCS classification	γ (kN/m^3)	w_n (%)	I_p (%)	e_0	c' (kPa)	ϕ' (°)	E_{50}^{ref} (MPa)	k_h (10^{-7} cm/s)	k_v (10^{-7} cm/s)
1	CL	18.4	32.5	16.2	0.93	7.0	27.9	3.18	16.0	1.14
2	CL	17.9	38.0	15.1	1.06	7.0	28.0	2.12	16.4	1.08
3	CL	17.5	41.1	18.0	1.16	6.0	24.9	2.47	13.9	1.33
4	CL	19.5	24.0	15.1	0.70	17.0	29.8	8.37	1.6	0.12
5	CL	19.3	25.2	15.1	0.73	18.0	31.2	5.70	1.6	0.12

Note: USCS: unified soil classification system, γ = unit weight; w_n = natural water content; I_p = plasticity index; e_0 = initial void ratio; c' = effective cohesion; ϕ' = effective friction angle; E_{50}^{ref} = secant modulus in standard drained triaxial test; k_h = horizontal permeability; k_v = vertical permeability.

مورد اول

مورد دوم

مورد سوم

مورد چهارم

تصاویر

نتیجه‌گیری

ساخت دیوار حایل خاک مسلح

ساخت دیوار به وسیله خاکریزی مرحله ای در فواصل زمانی

پیش از شروع خاکریزی یک لایه ۱.۶ متری از رس لای دار برای جبران نشست در سایت ریخته شده است

بالای این خاکریزی لایه ی ۰.۶ متری از ماسه نسبتا متراکم تا حصول دانسیته ظاهری ۱۷ ریخته و کوبیده شده است تا بستر مناسبی برای اجرای زهکش ها فراهم شود

زهکش های قائم پیش ساخته (PVD) در یک الگوی مثلثی به فاصله ۱.۵ متری تا عمق ۱۲ متری از زیر سطح بستر ماسه ای اجرا شدند

خاکریز با استفاده از خاک رسی لای دار به صورت لایه لایه های ۲۰ سانتی ریخته شده و تا حصول دانسیته ۱۹ kN/m^3 با استفاده از غلتک دوبل استاتیکی کوبیده شده است

ساخت دیوار حایل خاک مسلح

مراحل خاکریزی بر حسب زمان

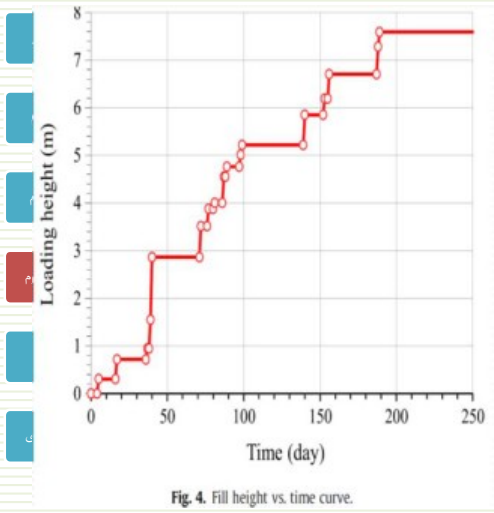


Fig. 4. Fill height vs. time curve.

ابزارگذاری دیوار حایل خاک مسلح

مورد اول

مورد دوم

مورد سوم

مورد چهارم

تصاویر

نتیجه‌گیری

ابزارهای نصب شده در راستای خط مرکزی خاکریز:

دو صفحه اندازه گیر نشست (C1 و C2) که در سطح زمین در ۴ متری و ۲۰ متری پشت پاشنه دیوار برای اندازه گیری نشست زمین نصب شده اند

دو سری اکستنسومتر مغناطیسی در فاصله ۲/۵ متری (S1) و ۱۵ متری (S2) از پاشنه دیوار نصب شده اند. در هر اکتنسومتر ۵ آهنربا در اعماق ۴/۴، ۸/۱، ۱۱/۸، ۱۴/۶ و ۲۰/۶ متری نصب شده اند که آنها را به نام های S1-1 تا S1-5 و S2-1 تا S2-5، می شناسیم

دو سری اندازه گیر فشار آب حفره ای در فاصله ۲ متری (P1) و ۱۸ متری (P2) از پاشنه دیوار در اعماق ۲/۶، ۷، ۱۰/۶، ۱۸ و ۲۴/۵ متری نصب شده اند که آنها را با نام های P1-1 تا P1-6 و P2-1 تا P2-6 می شناسیم

۴ علامت بر روی نمای دیوار در ارتفاع ۱/۷، ۲/۷، ۳/۷ و ۴/۷ متری از بالای پاشنه برای اندازه گیری تغییرمکان نما نصب شدند

صفحه اندازه گیر نشست (D1) در ۰/۵ متری پاشنه برای کنترل تغییرمکان پاشنه

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

ابزارگذاری دیوار حایل خاک

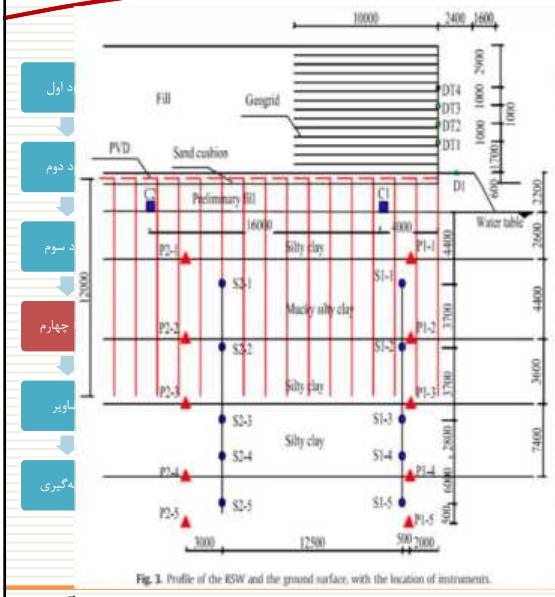


Fig. 3. Profile of the RSW and the ground surface, with the location of instruments.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

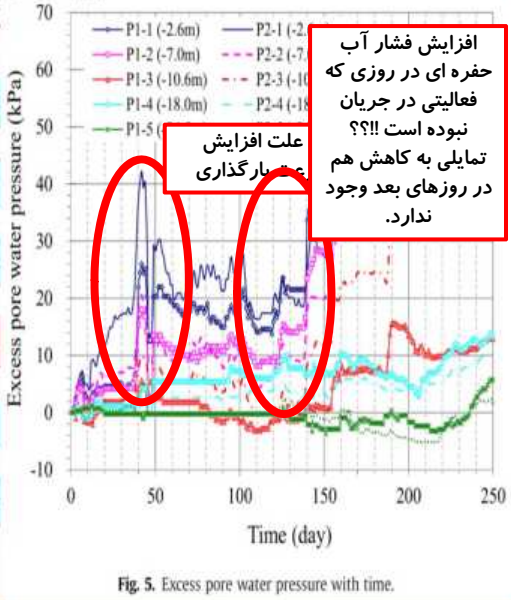


Fig. 5. Excess pore water pressure with time.

علت افزایش
ع بارگذاری

افزایش فشار آب حفره ای در روزی که فعالیتی در جریان نبوده است !!؟؟ تمایلی به کاهش هم در روزهای بعد وجود ندارد.

اضافه فشار آب حفره ای

اضافه فشار آب حفره ای در نقاط اندازه گیری شده در اعماق مختلف

اضافه فشار آب حفره ای در هر دو ردیف ابزارگذاری شده یک روند را نشان می دهد

در بارگذاری های با سرعت کم اضافه فشار آب حفره ای مقدار ثابتی دارد

هر قدرافزایش فشار آب حفره‌ای با افزایش سرعت بارگذاری و سپس کاهش آن با زمان

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
تصاویر
نتیجه‌گیری

اضافه فشار آب حفره ای

علت احتمالی افزایش غیر عادی فشار آب حفره ای:

خرابی و شکست PVD ها در اثر نشست زیاد زمین

۲۰۰ میلی متر نشست زمین های نرم می تواند باعث کمانش PVD ها و وقوع اتفاقات ناخوشایندی مانند کاهش ۴۸٪ ظرفیت زهکش ها شود. (Chu et al, 2006)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

نشست مشاهده شده زمین و شکست دیوار حایل خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
تصاویر
نتیجه‌گیری

نشست های اندازه گیری شده در اعماق مختلف

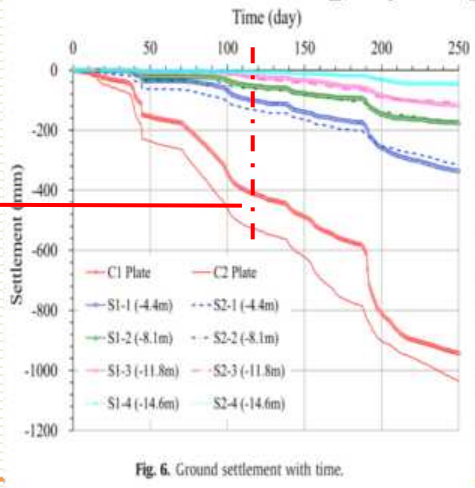


Fig. 6. Ground settlement with time.

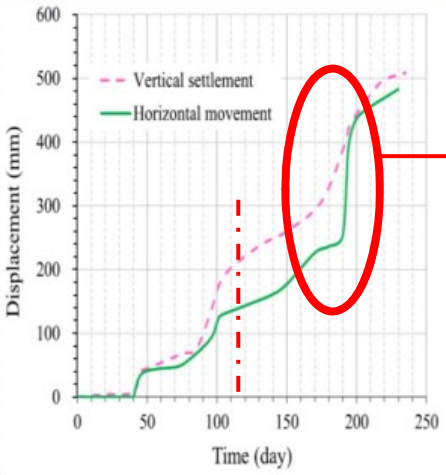
بیش از ۴۰۰ میلی متر نشست زیر دیوار علت شکست PVD ها

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

نشست مشاهده شده زمین و شکست دیوار حایل خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

نشست و تغییر مکان افقی اندازه گیری شده در پاشنه



بروز ترک در سطح خاکریز و در انتهای دیوار حایل در روز ۱۸۷ به علت تغییر مکان زیاد پاشنه دیوار

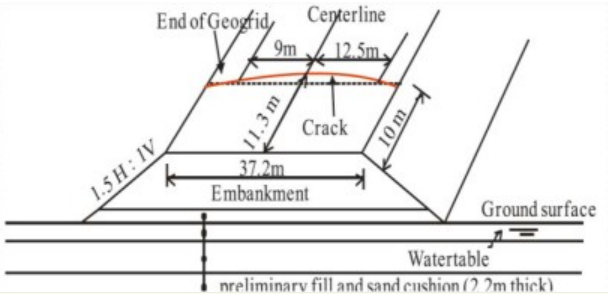
Fig. 7. Movement at the toe of the wall during construction.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

نشست مشاهده شده زمین و شکست دیوار حایل خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

محل تشکیل ترک در روز ۱۸۷ ام



- برای جلوگیری از گسترش لغزش در روز ۲۰۰ ام سرباری در مقابل دیوار گذاشته شد
- همچنین شمع های بتنی به قطر ۰/۵ متر و طول ۲۸ متر در ۵ متری نمای دیوار با آرایش مربعی نصب شدند

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

جابه جایی دیوار حایل خاک مسلح

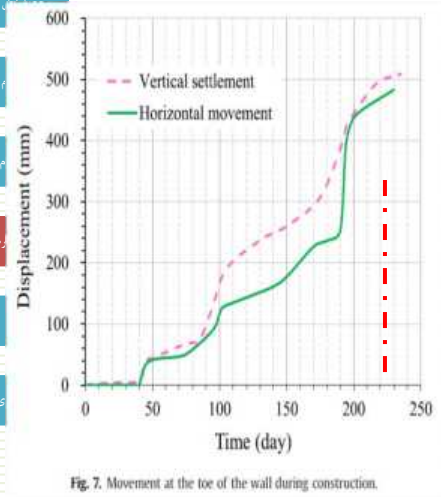


Fig. 7. Movement at the toe of the wall during construction.

تغییر مکان زمین پاشنه

در لحظه گسیختگی حرکت افقی پاشنه کمتر از حرکت قائم است

از روز ۱۸۷ ام حرکت افقی ناگهانی در پاشنه رخ می دهد، این مقدار تا روز ۱۹۱ ام افزایش یافت که نمایانگر یک گسیختگی کلی بود

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

تغییرمکان نمای دیوار

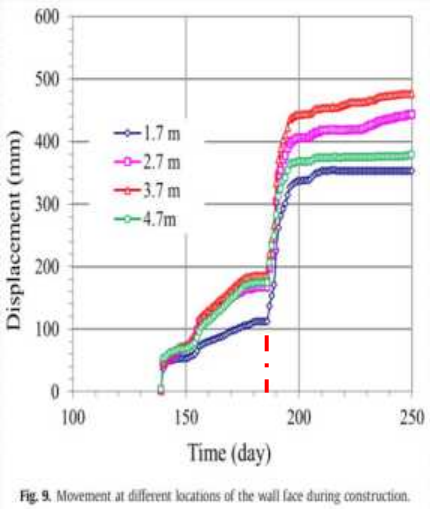


Fig. 9. Movement at different locations of the wall face during construction.

تغییر مکان نمای دیوار

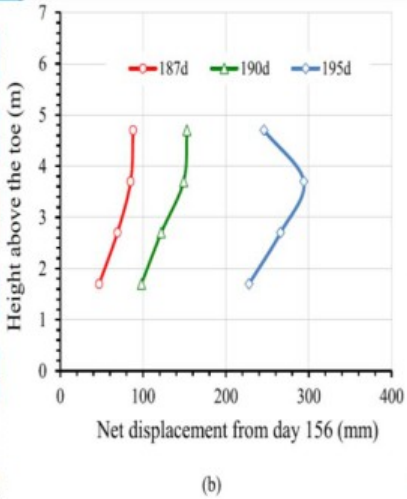
تغییر مکان زیاد به سمت بیرون نمای دیوار از روز ۱۸۷ ام

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

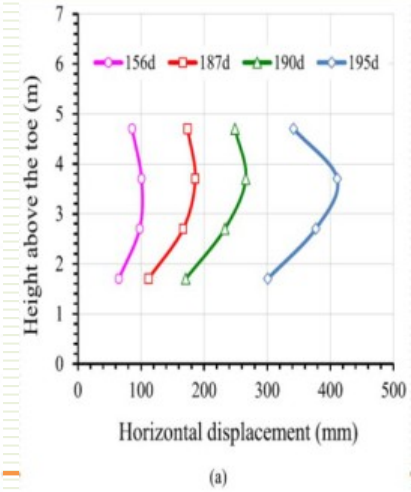
تغییرمکان نمای دیوار

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

تغییر مکان خالص نما از روز ۱۵۶ ام



تغییر مکان نما در روزهای مختلف



مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

معرفی مدل

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
نتیجه‌گیری

استفاده از نرم افزار PLAXIS برای مدل سازی مدل های با تغییر شکل زیاد توسط محققین

مطالعه مکانیزم گسیختگی با استفاده از مدل دوبعدی مکانیکی- هیدرولیکی اجزا محدود در نرم افزار PLAXIS V8.2

مدل سازی خرابی و شکست PVD ها از دو طریق در نرم افزار

۱- غیر فعالسازی تمامی PVD ها ← *محافظه کارانه است.*

۲- در نظر گرفتن ضریب نفوذپذیری معادل خاک با استفاده از اطلاعات اندازه گیری شده

محاسبه پایداری دیوار حایل خاک مسلح با استفاده از روش کاهش مقاومت (RSM) در نرم افزار

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مدلسازی عددی و پارامترهای مربوطه

مورد اول

مورد دوم

به علت زیاد بودن عرض خاکریز نسبت به ارتفاع آن مقطع میانی خاکریز برای شبیه سازی شرایط کرنش مسطح انتخاب شده است.

مدلسازی خاک خاکریز، بستر ماسه ای و خاک دیوار با رفتار الاستیک کامل موهر- کولمب

مدلسازی خاک پی با رفتار سخت شونده

سایر پارامترهای تحلیل:

Table 3
Material properties of the backfill and subsoil.

Material	Backfill	Sand cushion	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Model	MC	MC	HS	HS	HS	HS	HS
Material Type	Drained	Drained	UU	UU	UU	UU	UU
γ_{unsat} (kN/m^3)	19.0	17	13.6	12.8	12.1	15.4	15.1
γ_{sat} (kN/m^3)	19.0	20	18.4	17.9	17.5	19.5	19.3
k_{hor} (m/d)	–	4.32	3.18E-05	3.26E-05	2.76E-05	1.38E-04	1.38E-04
k_{ver} (m/d)	–	4.32	9.85E-05	9.33E-05	1.15E-04	1.04E-05	1.04E-05
E_{ref} (MPa)	5	20	–	–	–	–	–
E_{oed}^{ref} (MPa)	–	–	3.18	2.12	2.47	8.37	5.7
E_{50}^{ref} (MPa)	–	–	3.18	2.12	2.47	8.37	5.7
E_{ur}^{ref} (MPa)	–	–	9.54	6.36	7.41	25.1	17.1
m	–	–	1	1	1	1	1
ν	0.33	0.2	0.25	0.25	0.25	0.2	0.2
c' (kPa)	16	0	7	7	6	17	18
ϕ' (°)	30	30	27.9	28	24.9	29.8	31.2

Note: UU: unconsolidated undrained, MC: Mohr-Coulomb model, HS: Hardening soil model, γ_{unsat} = unit weight above water table; γ_{sat} = unit weight below water table; m = power for stress-level dependency of stiffness; ν = Poisson's ratio; E_{oed}^{ref} = tangent stiffness for primary oedometer loading and E_{ur}^{ref} = Young's modulus for unloading and reloading.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مدلسازی عددی و پارامترهای مربوطه

مورد اول

مورد دوم

مورد سوم

مورد چهارم

تصاویر

نتیجه‌گیری

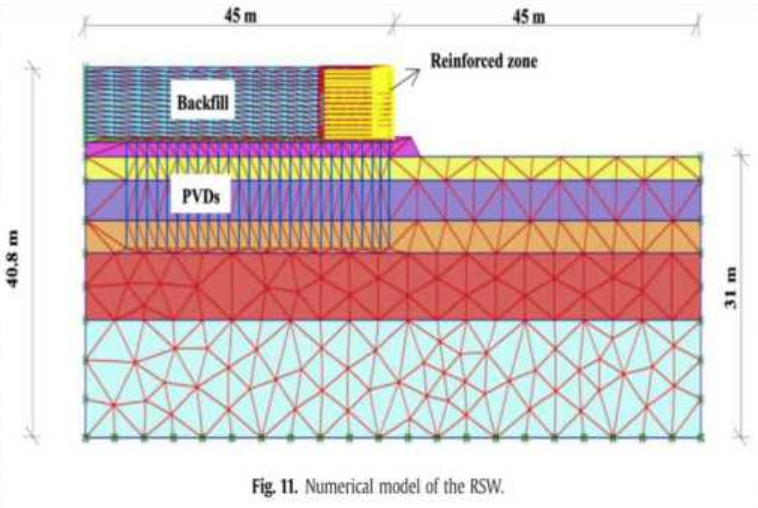


Fig. 11. Numerical model of the RSW.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

اضافه فشار آب حفره ای

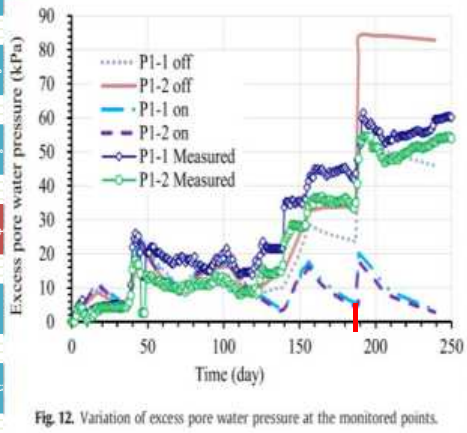


Fig. 12. Variation of excess pore water pressure at the monitored points.

اضافه فشار آب حفره ای در نقاط کنترل در دو حالت PVD فعال و غیر فعال

زمانی که PVD ها فعال هستند اضافه فشار در زمان کوتاهی از بین می رود

افزایش زیاد فشار آب حفره‌ای از روز ۱۱۸ با غیر فعال کردن PVDها

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

نشست زمین

نشست زمین در نقطه کنترل در دو حالت PVD فعال و غیر فعال

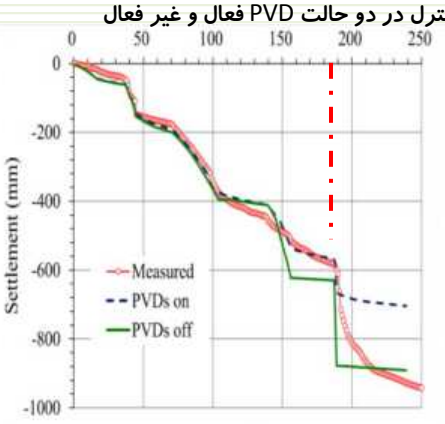
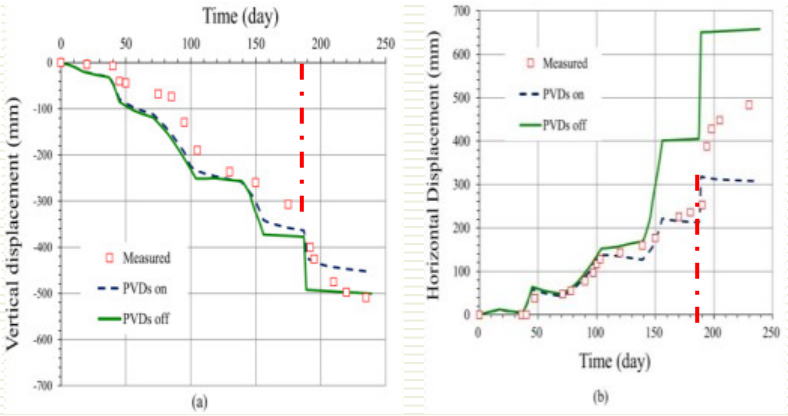


Fig. 13. Comparison of settlement at C1 obtained from numerical simulation with and without considering the failure of PVDs.

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

حرکت پاشنه

حرکت پاشنه در دو حالت PVD فعال و غیر فعال



مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

مکانیزم گسیختگی دیوار

پایداری سازه ها می تواند با استفاده از روش های تعادل حدی (LEM) و یا کاهش مقاومت (RSM) بررسی شود

ضریب اطمینان سازه (FS) با استفاده از روش کاهش مقاومت در نرم افزار PLAXIS با در نظر گرفتن افزایش مقاومت در مدل سخت شونده:

$$FS = \frac{c}{c_r} = \frac{\tan\phi}{\tan\phi_r} = \sum Msf$$

که در آن C، Cr، Φ، Φr مقادیر ورودی و کاهش یافته چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی است

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مکانیزم گسیختگی دیوار

مورد اول

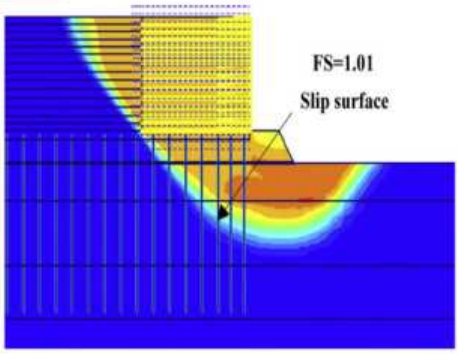


Fig. 15. Factor of safety and the failure slip surface predicted with strength reduction method with PVDs off after day 118.

ضریب اطمینان محاسبه شده توسط روش RSM:

در حالت PVD فعال:
FS=1.097

در حالت PVD غیر فعال: FS=1.01

هیچ شکستی داخل توده خاک مسلح رخ نداده و سطح لغزش از الگوی گسیختگی کلی پیروی می کند

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مکانیزم گسیختگی دیوار

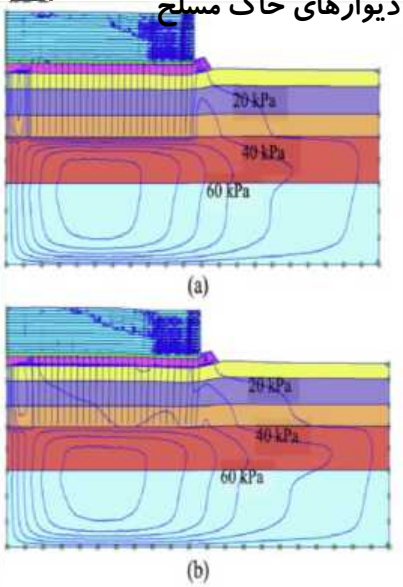


Fig. 16. Excess pore water profiles under the embankment at the end of last loading stage with, a): PVDs on, b): PVDs off after day 118.

پروفیل اضافه فشار آب حفره ای برای هر دو حالت PVD فعال و غیر فعال (بعد از روز ۱۱۸ ام)

در هر دو حالت فشار آب حفره ای در جلوی پاشنه زیاد است که این افزایش فشار آب حفره ای سبب کاهش چشم گیر تنش موثر و در نتیجه کاهش مقاومت برشی و کاهش مقاومت غیرفعال می گردد

پیشنهاد استفاده از PVDهای بیشتر برای زهکشی آب

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

نتیجه گیری

نشست های اندازه گیری شده نشان می دهد که بیشترین نشست خاک پی در ناحیه زهکشی شده و در اثر افزایش تنش موثر رخ می دهد

مدل سازی اجزا محدود نشان داد که اضافه فشار آب حفره ای سبب مقاومت جانبی خاک در پاشنه می گردد. در صورت داشتن فضا نصب یک یا دو ردیف PVD در مقابل پاشنه پیشنهاد می گردد

اضافه فشار آب حفره ای در زیر دیوار عامل گسیختگی زهکش ها بوده است. مدل سازی نشان می دهد که گسیختگی دیوار در اثر افزایش فشار آب حفره ای و در نتیجه کاهش مقاومت غیرفعال خاک در برابر لغزش رخ داده است

در طراحی خاکریزهای احداثی بر روی خاک های زهکشی شده به وسیله PVD کنترل پایداری دیوار در حالت خرابی PVD ها به خصوص در سایت هایی که احتمال نشست زیاد زمین وجود دارد، بسیار حایز اهمیت است

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مورد اول
مورد دوم
مورد سوم
مورد چهارم
تصاویر
نتیجه‌گیری

- تصاویری از ناپایداری‌های رخ داده در دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

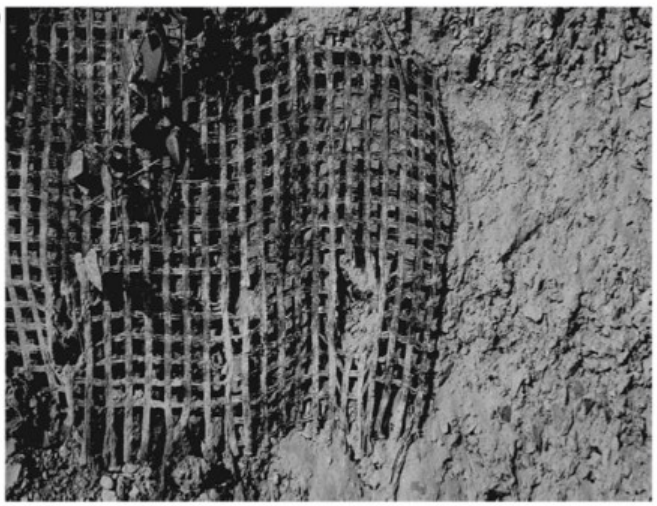
(b)

(c)

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

(d)



مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

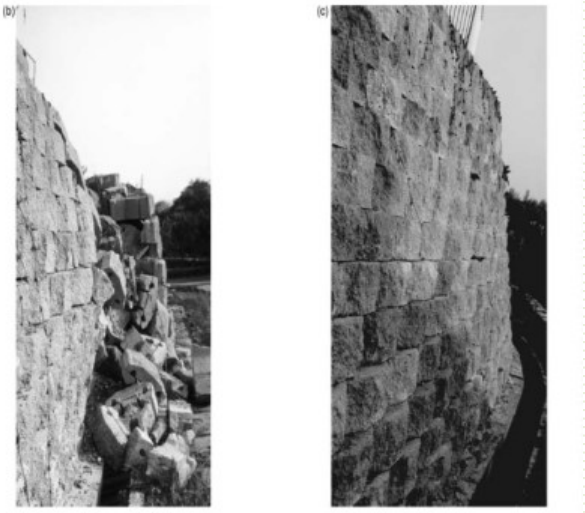


Fig. 10. Chung Hsin Lu Shi Park: (a) overall view of geosynthetic-reinforced soil retaining wall, (b) collapse of unreinforced section of the wall, (c) the reinforced section (the leaves indicating location of reinforcement layers).

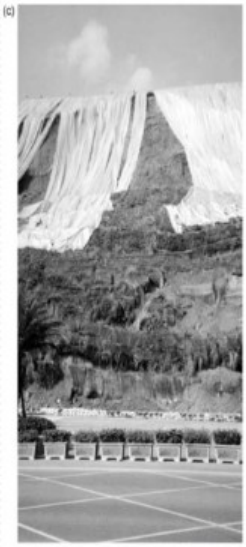
مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری

Fig. 11. Chi-Nan University geosynthetic-reinforced slope: (a) side view of failure, (b) damaged security office, (c) front view of failure, (d) close view of failure showing the reinforcement and backfill soil, (e) settlement of concrete pavement along the foot of slope.

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم
- مورد چهارم
- تصاویر
- نتیجه‌گیری



مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

حال چند مورد آسیب یا خرابی در:

ایران

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

انطباق با عامل نما

انواع اتصالات

اتصال مکانیکی:
ژئوگریدهای صلب فقط
با این نوع اتصال منطبق هستند

اتصال اصطکاکی:
فقط ژئوگریدهای منعطف
با این نوع اتصال منطبق هستند

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

اتصال نادرست : ژئوگرید- بلوک و بلوک - بلوک

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

در نتیجه :

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

علت :

- حرکت و جابجایی پانل ها
- یکسان نبودن شکل پانل ها
- فاصله بین دو پانل مجاور

در اثر دقت پایین قالب بندی

- فقدان ویبره زنی و عمل آوری نامناسب در حین تولید

↓

ایجاد تمرکز تنش و بروز ترک خوردگی

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

و نتایج جنبی ...

-کاهش اعتماد به نفس نزد تمامی عوامل دست اندرکار

- انجام هزینه های اضافی و بعضاً

غلط

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

مشکلات و چالش‌های دیوارهای خاک مسلح

فهرست مطالب

- چرا بررسی مشکلات و چالشها ؟!
- علل آسیب یا خرابی دیوارهای خاک مسلح
- معرفی چند مورد آسیب یا خرابی: جهان، ایران ؟!
- جمع بندی و پیشنهاد

خلاصه و جمع بندی

- علت اصلی خرابی دیوار هم در طراحی و هم در اجرای نامناسب است. مشکلات طراحی عموما در طراحی سیستم زهکشی و جاگذاری لوله ها و سایر تجهیزات در درون دیوار است.
- عمده مشکل اجرا در استفاده از خاک ریزدانه سیلتی و رسی و عدم کوبش مناسب آن است.
- جالب توجه است که در هیچ مورد علت خرابی ضعف مصالح ژئوسنتتیک نبوده است.
- توجه به این نکته که ۹۶٪ از پروژه ها مربوط به بخش خصوصی است، تامل برانگیز است: ضرورت کنترل کیفیت، کنترل طرح و نظارت موثر بر اجرا
- مستندسازی، نصب ابزار و پایش – ضروری جهت اطمینان از پایداری، تامین شرایط حد بهره برداری، و ردیابی علت خرابی در صورت وقوع

سمینار دیوارهای خاک مسلح
IRAN
ایران بنا آریان
MANASANAT
ZAMAN
GLOBAL
MIM
BPI
۲۶ آبان ماه ۱۳۹۴
۱۴۶