

سمینار دیوارهای خاک مسلح

**معرفی سخنرانان**



### دکتر ایمان حسین زاده عطار

نام موسسه: شرکت مهندسی مشاور ژئومحیط پارس

سمت: مدیر بخش ژئوسینتتیک و تست شمع، شرکت مهندسی مشاور ژئومحیط پارس

**عنوان سخنرانی: آزمایش و پایش در اجرای دیوارهای خاک مسلح**

دکترا در مهندسی ژئوتکنیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر، سال ۱۳۹۲

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

دیوارهای خاک مسلح: طراحی، اجرا و پایش





معاونت ملی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران



پایه ملی

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

## آزمایش و پایش

در دیوارهای خاک مسلح

دکتر ایمان حسین زاده عطار

شرکت ژئو محیط پارس



۲۶ آبان ماه ۱۳۹۴

تهران - ایران



مکان: سالن همایش غدیر سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

سمینار دیوارهای خاک مسلح




## فهرست مطالب

- مقدمه
- طبقه بندی انواع آزمایش‌ها
  - فیزیکی
  - مکانیکی
  - هیدرولیکی
  - درز و اتصال
  - ماندگاری و دوام
- پروژه های عملی از انجام آزمایش
- معرفی ابزارهای مختلف و کاربرد در سازه‌های خاکی
- پروژه عملی ابزاربندی شده و کاربردهای جانبی
- خلاصه و جمع بندی

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۲

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

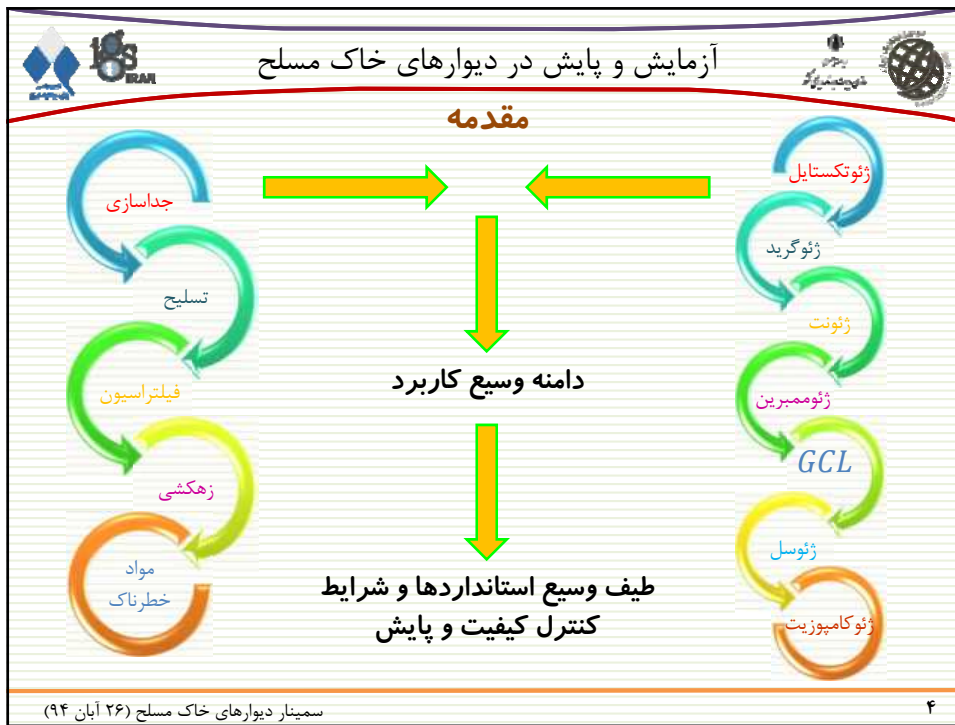



## فهرست مطالب

- مقدمه
- طبقه بندی انواع آزمایش‌ها
  - فیزیکی
  - مکانیکی
  - هیدرولیکی
  - درز و اتصال
  - ماندگاری و دوام
- پروژه های عملی از انجام آزمایش
- معرفی ابزارهای مختلف و کاربرد در سازه‌های خاکی
- پروژه عملی ابزاربندی شده و کاربردهای جانبی
- خلاصه و جمع بندی

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۳



**آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح**

**مقدمه (ادامه)**

انجام آزمایش به  
حین اجرا و پس از  
استفاده از مصالح  
این امر خواهد بود.  
ضرورت کنترل  
امکان کاهش کیفیت  
بروز فاجعه در  
ارائه شده از سوی



ساخت، قبل از اجرا،  
در طراحی حاصل  
ها در کارخانه  
سودهای تجاری  
ویژگی‌های مصالح

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۵

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

فهرست مطالب

- مقدمه
- طبقه بندی انواع آزمایش‌ها
  - فیزیکی
  - مکانیکی
  - هیدرولیکی
  - درز و اتصال
  - ماندگاری و دوام
- پروژه های عملی از انجام آزمایش
- معرفی ابزارهای مختلف و کاربرد در سازه‌های خاکی
- پروژه عملی ابزاربندی شده و کاربردهای جانبی
- خلاصه و جمع بندی

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۶

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

نیازها و مراحل انجام  
آزمایش بر روی ژئوسینتتیک‌ها

تولید کننده ← کنترل محصول تولید شده و تعیین سطح کیفی

مشاور و کارفرما

- اطمینان از محصول و مقایسه ویژگی‌ها  
نسبت به اظهارات سازنده
- اطمینان از محصول پس از ارسال به  
کارگاه و قبل از مصرف
- اطمینان از یکسان بودن خواص مصالح  
در حین اجرا

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۷

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

103 IRAN

سازمان سازه‌های ایران

سازمان سازه‌های ایران

## خواص فیزیکی

- توده ویژه
- وزن واحد سطح
- ضخامت
- سختی (خمشی)

خواص فیزیکی اولیه و مهم

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۸

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

103 IRAN

سازمان سازه‌های ایران

سازمان سازه‌های ایران

## خواص فیزیکی (ادامه)

- نوع ساختار
- نوع اتصال (گره‌ها)
- شکل و اندازه حفرات
- ابعاد نوارها
- زوایای افقی
- زوایای عمودی

خواص فیزیکی ثانویه

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۹

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
**خواص فیزیکی (ادامه)**

وزن واحد سطح



Unit weight calculation

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۱۰

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
**خواص فیزیکی (ادامه)**

ضخامت



Thickness measurement apparatus

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

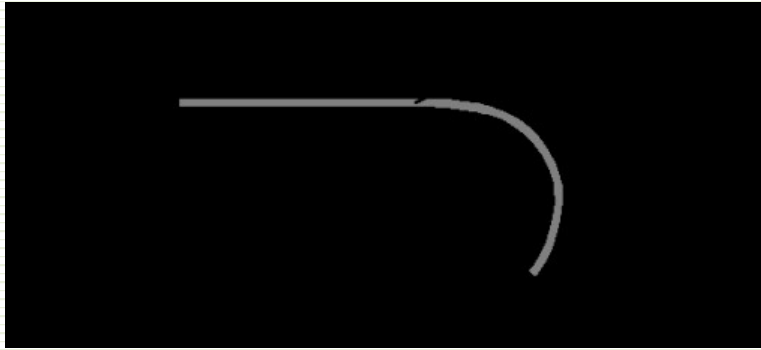
۱۱

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

103 IRAN

سختی

خواص فیزیکی (ادامه)



Stiffness measurement

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۱۲

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

103 IRAN

خواص مکانیکی

خواص مکانیکی اولیه و مهم

- قابلیت فشردگی
- مشخصات کششی
- مقاومت در برابر پارگی

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۱۳

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

163 IRAN

سازمان سازه‌های گسترده

مؤسسه تحقیقات راه، آبرو و عمران

## خواص مکانیکی (ادامه)

سوراخ شدگی استاتیکی

سوراخ شدگی دینامیکی

انفجار

خستگی

خواص مکانیکی ثانویه

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۱۴

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

163 IRAN

سازمان سازه‌های گسترده

مؤسسه تحقیقات راه، آبرو و عمران

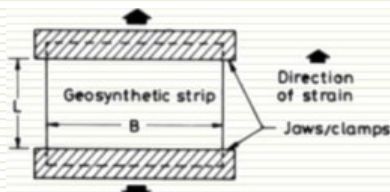
## خواص مکانیکی (ادامه)

### مقاومت کششی (ادامه)

این پارامتر معمولاً به صورت **حداکثر نیروی کششی در واحد عرض** نمونه بیان می‌شود

معمولاً با استفاده از **نمونه پهن** مورد بررسی قرار می‌گیرد

این نمونه دارای **۲۰۰ میلی‌متر عرض** و **۱۰۰ میلی‌متر طول** می‌باشد



Wide-width strip tensile test.  
B = 200 mm, L = 100 mm.

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۱۵



آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

خواص مکانیکی (ادامه)

مقاومت کششی (ادامه)



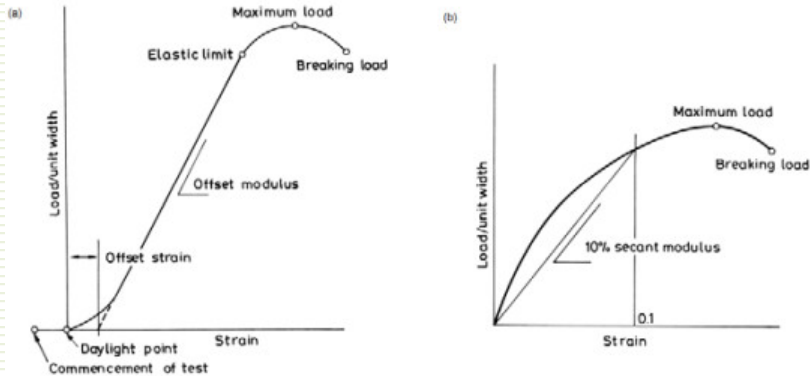
سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۱۶

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

خواص مکانیکی (ادامه)

مقاومت کششی (ادامه)

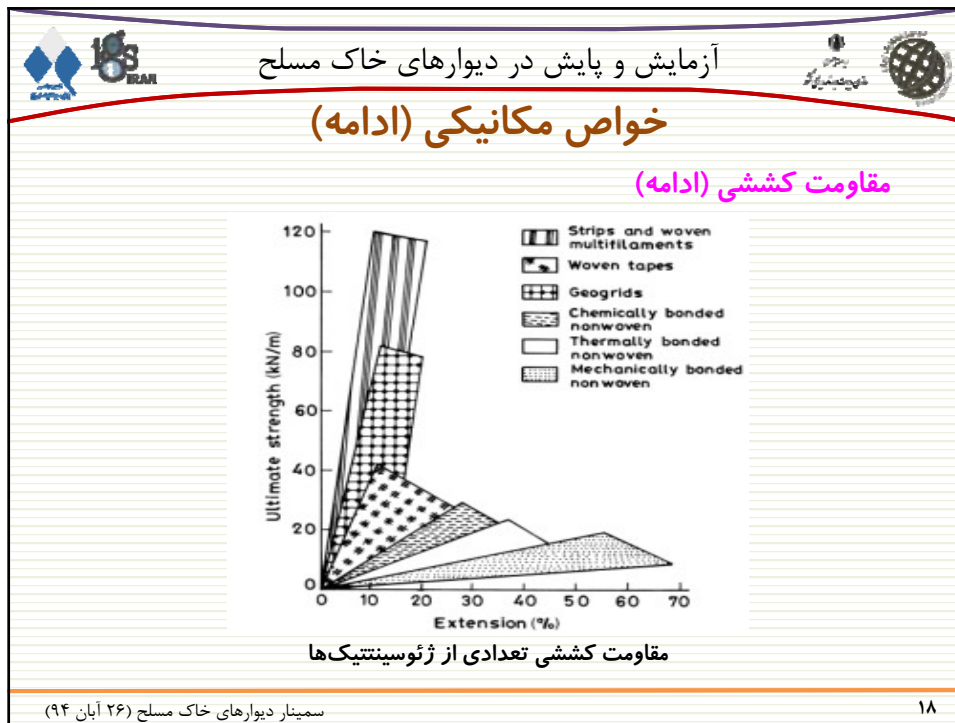


(a) Maximum load, Elastic limit, Breaking load, Offset modulus, Offset strain, Daylight point, Commencement of test, Load/unit width, Strain.

(b) Maximum load, Breaking load, 10% secant modulus, 0.1, Load/unit width, Strain.

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۱۷



آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح


خواص هیدرولیکی

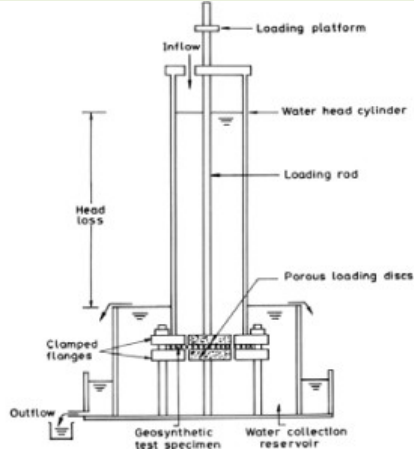
تعیین کننده توانایی مصالح در کاربری‌های فیلتراسیون و زهکشی  
تخلخل، نفوذپذیری و گذردهی از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد

ژئوتکستایل، ژئونت، و ژئوکامپوزیت‌ها از جمله مصالح مورد استفاده در زمینه زهکشی و فیلتراسیون می‌باشند

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)


۱۹

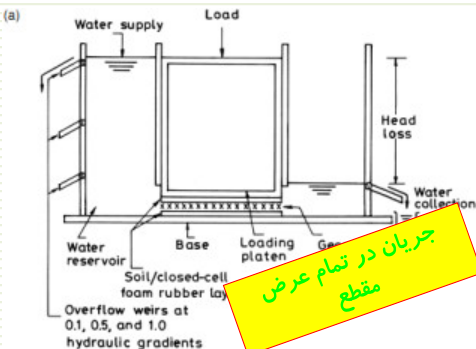

 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
**خواص هیدرولیکی (ادامه)**  
نفوذپذیری

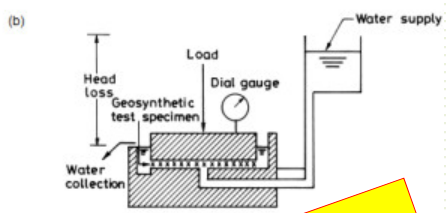


شمایی از دستگاه اندازه گیری نفوذپذیری صفحه ای تحت هد ثابت

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۲۰


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
**خواص هیدرولیکی (ادامه)**  
نفوذپذیری (ادامه)





جریان در تمام عرض مقطع

جریان شعاعی

شمایی از دستگاه اندازه گیری نفوذپذیری صفحه ای تحت هد ثابت

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۲۱

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

133 IRAN

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## درز و اتصال

لزوم تضمین صلاحیت اتصال در برش و کنده شدگی توسط مهندس تضمین کننده کیفیت مصالح

(a) تست اتصال در برش

(b) تست کنده شدگی اتصال

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۲۲

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

133 IRAN

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## ماندگاری و دوام

ماندگاری لازم با توجه به هدف استفاده از پلیمر

Application	Duration	Consequence of a failure
Packaging	Week	Not significant
Toys, accessories	Month	Not significant
Automotive	Year	Mostly economic
Buildings, civil engineering	Decade	Mostly economic
Electrical Insulation	Decade	Mostly economic
Environment	Century	Economic, health, safety...

Consequence of a failure

- Not significant
- Mostly economic
- Economic, health, safety...

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۲۲


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح
 

## ماندگاری و دوام (ادامه)

**تست‌های مربوطه**

- مقاومت در برابر اشعه UV
- مقاومت در برابر حرارت
- مقاومت در برابر قرارگیری در محیط باز
- گرفتگی بیولوژیکی
- مقاومت در برابر ساییدگی
- مقاومت شیمیایی
- مقاومت در برابر ترک خوردگی
- خزش

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۲۴


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح
 

## ماندگاری و دوام (ادامه)

**مقاومت در برابر UV**




مقایسه تست در آزمایشگاه و آنچه در طبیعت رخ می‌دهد

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۲۵


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
**آزمایشات مربوط به ژئوگرید**


**Physical Properties**



Dimensions  
 Thickness ASTM D5947, ASTM D5199, ASTM D1777

**Mechanical Properties**  
 Junction Strength GRI GG2  
 Tensile (Single or Multi Rib) ASTM D6637, GRI GG1  
 Wide Width Tensile ASTM D4595, ASTM D6637(B), ISO 10319

**Performance & Durability**  
 Accelerated Creep ASTM D6992  
 Carboxyl End Group GRI GG7, ASTM D7409  
 Chemical Compatibility ASTM D5322, ASTM D6213  
 Concrete Blocks Shear Strength ASTM D6916  
 Connection Strength ASTM D6638  
 Creep Properties ASTM D5262  
 Flexural Stiffness ASTM D1388, ASTM D5732  
 Installation Damage ASTM D5818  
 Interface Shear Strength ASTM D5321, ISO 12957-1  
 Intrinsic Viscosity / Molecular Weight (PET) ASTM D4603  
 Pull-Out Resistance ASTM D6706, GRI GG5  
 Torsional Stiffness / Aperture Stability ASTM WK24635 (draft)  
 UV (Xenon) ASTM D4355, ASTM G155

۲۶

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
**اهمیت طراحی ژئوگرید بر مبنای ویژگی‌های بلندمدت**




ویژگی مواد پلیمری به شدت به دما و سرعت یا زمان بارگذاری وابسته است.

Temperature effect  
All tests at 2 %/min

Strain rate effect  
All tests at 20 deg C

۲۷

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح
 

**ضرایب کاهش در طراحی بلندمدت ژئوگرید (فرض اولیه)**

**GRI Standard Practice GG4(b)\***

$$T_{\text{allow}} = T_{\text{ult}} \left[ \frac{1}{RF_{\text{ID}} \times RF_{\text{CR}} \times RF_{\text{CD}} \times RF_{\text{JNT}}} \right] \quad (3)$$

where

$RF_{\text{ID}}$  = reduction factor for installation damage  
 $RF_{\text{CR}}$  = reduction factor for creep deformation  
 $RF_{\text{CD}}$  = reduction factor for chemical degradation  
 $RF_{\text{JNT}}$  = reduction factor for joints (seams and connections)



Table 1 - Default Values for Flexible Geogrids for Various Reduction Factors  
(Terms are Defined in Equation 3)

Application	$RF_{\text{ID}}$	$RF_{\text{CR}}$	$RF_{\text{CD}}$	$RF_{\text{JNT}}$
embankments	1.4	3.0	1.4	2.0
slopes	1.4	3.0	1.4	2.0
retaining walls	1.4	3.0	1.4	2.0
bearing capacity	1.5	3.0	1.6	2.0

**= 11.76**

۲۸

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح
 

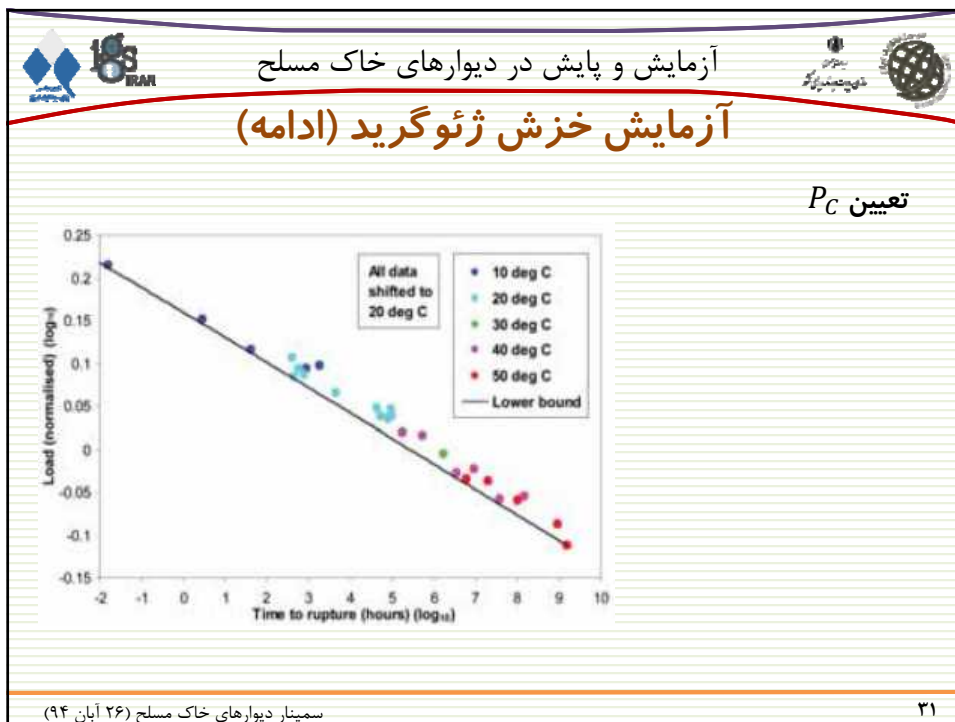
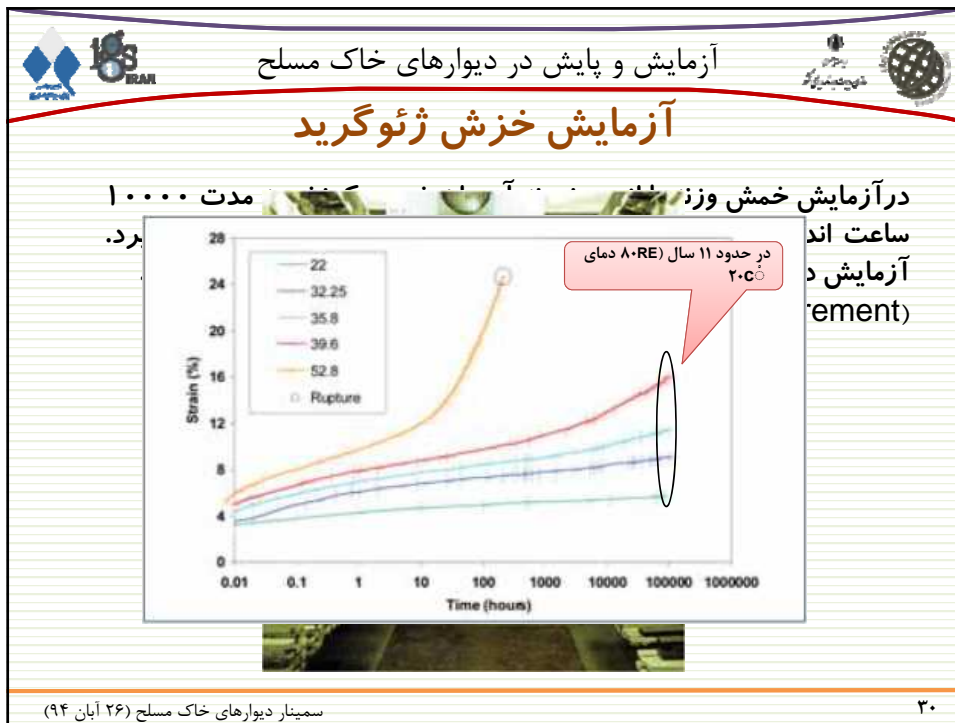
**ضرایب کاهش در طراحی بلندمدت ژئوگرید (تدقیق با آزمایش)**

$$P_{\text{des}} = \frac{P_c}{f_m f_d f_e LF}$$

$P_{\text{des}}$  = long-term design strength  
 $P_c$  = long-term rupture strength from creep testing  
 $f_m$  = partial factor for manufacturing, database and extrapolation  
 $f_d$  = partial factor for site installation  
 $f_e$  = partial factor for environmental effects  
 $LF$  = load factor

۲۹

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)





آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

آسیب‌های حین نصب

اعمال بر مقاومت نمونه با در نظر گرفتن ضرایب کاهش  $f_d$

دو لایه از مصالح در زیر و روی لایه ژئوگرید اجرا شده و لایه بالایی در سه مرحله کوبیده می‌شود. سپس ژئوگرید خارج شده و از قسمتهایی با بیشترین آسیب نمونه‌گیری شده و تحت آزمایش کشش قرار می‌گیرد. با مقایسه نتایج آزمایش بر روی نمونه آسیب‌خورده و کنترلی ضریب کاهش قابل محاسبه است.



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۳۲

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

آسیب‌های حین نصب (ادامه)



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۳۳



آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**تاثیر عوامل محیطی**




- اشعه UV
- تغییرات دما
- شرایط خورنده شیمیایی و بیولوژیکی

غالباً ژئوگریدها در مقابل عوامل محیطی بسیار مقاوم هستند. اما در طول دوره بهره برداری ۱۲۰ ساله ضرایب کاهنده زیر تاثیر این عوامل را لحاظ می کند.

$$f_a = 1.05 \text{ (PH = 2 to 4)}$$


$$f_a = 1.00 \text{ (PH = 4 to 12.5)}$$

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)
۳۴



آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**ضرر**



Property
Long-term creep rup
Factor for manufacti
Installation damage
Environmental facto

Example: calculate  $P_{des}$  for Tensar 80RE for the following conditions:

- 10°C
- 120 years design life
- ultimate limit state
- 37.5mm maximum fill size
- pH = 11
- LF = 1.0 (Design method HA 68/94)

Referring to the data in the table below:

$P_c = 39.0 \text{ kN/m}$

$f_m = 1.05$

$f_d = 1.07$

$f_e = 1.00$

$$P_{des} = \frac{P_c}{f_m f_d f_e L F} = \frac{39.0}{1.05 \times 1.07 \times 1.00 \times 1.00} = 34.7 \text{ kN/m}$$

120RE	160RE
HDPE	HDPE
2	2
100	100
63.1	73.1
56.2	65.1
37.7	48.9
34.3	44.8
1.0-1.05	1.0-1.05
1.00	1.00
1.00	1.00
1.06	1.01
1.12	1.02
1.05	1.05
1.00	1.00

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)
۳۵

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**احجام نمونه گیری**

**ASTM D4354**

Number of Rolls in Lot	Number of Rolls to be Selected for Lot Sample
1 to 24	1
25 to 49	2
50 to 99	3
100 to 125	5
125 to 216	6
217 to 343	7
344 to 512	8
513 to 729	9
730 to 1,000	10

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۳۶

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**سوال؟**

امکان انجام آزمایش‌های ژئوسینتتیک تا چه حد در ایران فراهم شده و با چه کیفیتی؟

**پاسخ؟**

کشور در حال تجهیز خود بوده، امکانات خوبی در حال حاضر موجود است اما با شرایط ایده‌آل فاصله داریم.

**راه حل کوتاه مدت؟**

همکاری با آزمایشگاه‌های بین‌المللی جهت انجام برخی آزمایش‌ها و انتقال دانش.

**راه حل بلند مدت؟**

تجهیز هر چه بیشتر کشور به دستگاه‌های جدید آزمایش

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۳۷


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
**پروژه دریاچه مصنوعی منطقه ۲۲**  
 نمایی از آزمایشگاه:



بازدید نماینده ایران از روند  
 آزمایش‌ها  
 سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۳۸


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
**پروژه دریاچه مصنوعی منطقه ۲۲**  
 آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی:



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۳۹

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

پروژه دریاچه مصنوعی منطقه ۲۲

آزمایش‌های دوام و کارایی:



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۴۰

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

راه حل بلند مدت؟

تجهیز هر چه بیشتر کشور به دستگاه‌های جدید آزمایش

بطور مثال ساخت دستگاه بیرون کشش ژئوگرید در دانشگاه صنعتی امیرکبیر در این جهت انجام شده است

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)


۴۱

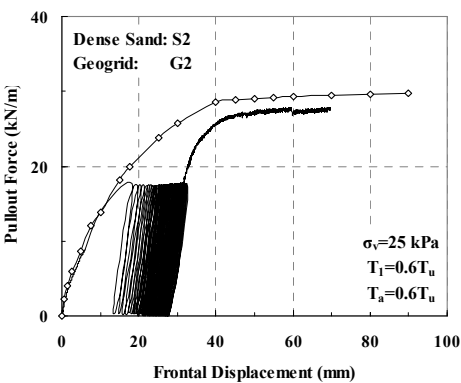

**آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح**  
**ساخت دستگاه بیرون کشش**



الکترونیک

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۴۲

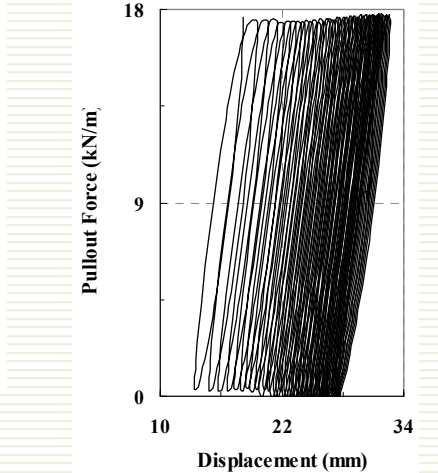

**آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح**  
**آزمایش های سیکلی**



Pullout Force (kN/m)  
 Frontal Displacement (mm)

Dense Sand: S2  
 Geogrid: G2

$\sigma_v = 25 \text{ kPa}$   
 $T_1 = 0.6T_u$   
 $T_u = 0.6T_u$



Pullout Force (kN/m)  
 Displacement (mm)

اثر دامنه بارگذاری سیکلی بر  
 مقاومت پسانسیکلی

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۴۳ از ۹۳

**آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح**

**فهرست مطالب**

- مقدمه
- طبقه بندی انواع آزمایش‌ها
  - فیزیکی
  - مکانیکی
  - هیدرولیکی
  - درز و اتصال
  - ماندگاری و دوام
- پروژه‌های عملی از انجام آزمایش
  - معرفی ابزارهای مختلف و کاربرد در سازه‌های خاکی
  - پروژه عملی ابزاربندی شده و کاربردهای جانبی
  - خلاصه و جمع‌بندی

۴۴ از ۶۰

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

**آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح**

**برخی از پروژه‌هایی که محصول ژئوسینتتیک آنها در داخل کشور آزمایش شده‌اند**

- پروژه تقاطع غیر همسطح خروجی سردرود و خسروشهر (ژئوگرید و ژئوتکستایل)
- پروژه لایروبی بندر دیلم واقع در بوشهر (ژئوتکستایل)
- پروژه کنار گذر شرقی (ژئوگرید)
- پروژه دریاچه مصنوعی منطقه ۲۲ (ژئوممبرین)
- پروژه دیوار حائل رودخانه کن (ژئوگرید)
- پروژه بنادر کوچک (ژئوتکستایل)
- پروژه کنترل کیفی کارخانه تولیدی (ژئوگرید)
- .....

۴۵

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
 برخی از پروژه‌هایی که محصول ژئوسینتتیک آنها در  
 داخل کشور آزمایش شده‌اند








سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)
۴۶


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح  
 برخی از پروژه‌هایی که محصول ژئوسینتتیک آنها در  
 داخل کشور آزمایش شده‌اند








سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)
۴۷




 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح
 

## پروژه پایدارسازی دیواره‌های گود برج‌های دوقولوی شرکت مخابرات ایران

محل اجرای پروژه: تهران، تقاطع شیخ بهایی و شهید همت  
 حجم خاکریزی: ۵۶ هزار مترمکعب  
 جمع ژئوگرید مصرفی: بالغ بر ۱۱۲ هزار مترمربع  
 ژئوتکستایل مصرفی: ۲۲ هزار مترمربع  
 زاویه دیوار: ۹۰ درجه  
 طول دیوار: مجموعاً ۱۸۰ متر طول  
 ارتفاع دیوار: ۲۱  
 نوع نما: رپ راند ژئوگرید + مش و میلگرد  
 مساحت نما: ۳۷۸۰ مترمربع

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۴۸


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح
 

## پروژه پایدارسازی دیواره‌های گود برج‌های دوقولوی شرکت مخابرات ایران (ادامه)




سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۴۹

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

پروژه پایدارسازی دیواره‌های گود برج‌های دو قولوی  
شرکت مخابرات ایران (ادامه)



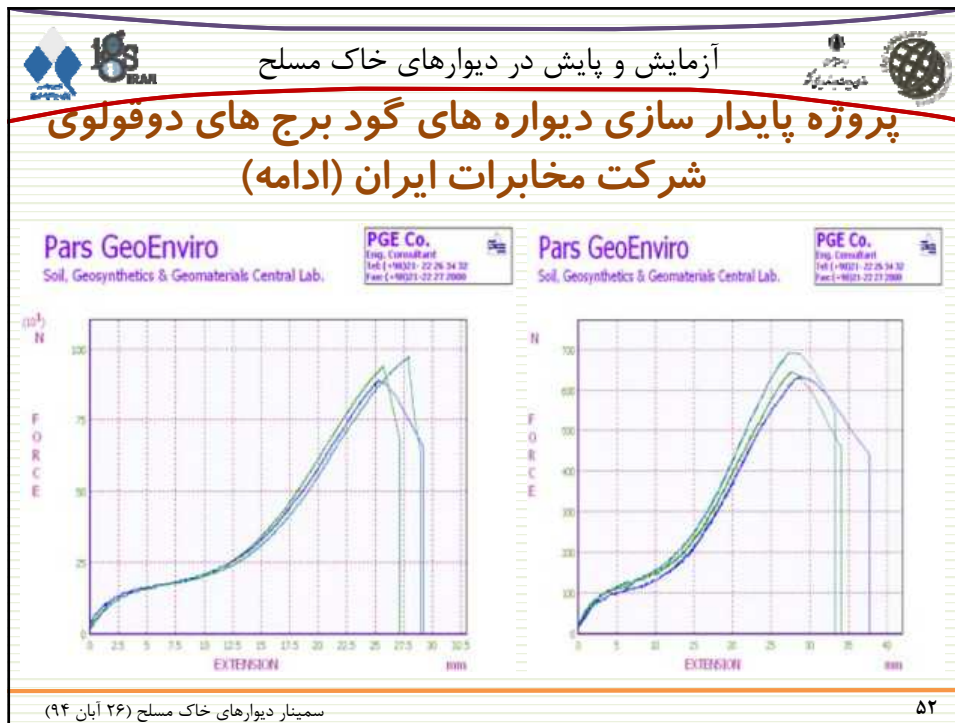
سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۵۰

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

پروژه پایدارسازی دیواره‌های گود برج‌های دو قولوی  
شرکت مخابرات ایران (ادامه)



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۵۱



آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**آزمایشات مربوط به ژئوگرید**

Physical Properties
Dimensions
Thickness ASTM D5947, ASTM D5199, ASTM D1777
<b>Mechanical Properties</b>
Junction Strength GRI GG2
Tensile (Single or Multi Rib) ASTM D6637, GRI GG1
Wide Width Tensile ASTM D4595, ASTM D6637(B), ISO 10319
<b>Performance &amp; Durability</b>
Accelerated Creep ASTM D6992
Carboxyl End Group GRI GG7, ASTM D7409
Chemical Compatibility ASTM D5322, ASTM D6213
Concrete Blocks Shear Strength ASTM D6916
Connection Strength ASTM D6638
Creep Properties ASTM D5262
Flexural Stiffness ASTM D1388, ASTM D5732
Installation Damage ASTM D5818
Interface Shear Strength ASTM D5321, ISO 12957-1
Intrinsic Viscosity / Molecular Weight (PET) ASTM D4603
Pull-Out Resistance ASTM D6706, GRI GG5
Torsional Stiffness / Aperture Stability ASTM WK24635 (draft)
UV (Xenon) ASTM D4355, ASTM G155

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۵۲

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح




## فهرست مطالب

- مقدمه
- طبقه بندی انواع آزمایش‌ها
  - فیزیکی
  - مکانیکی
  - هیدرولیکی
  - درز و اتصال
  - ماندگاری و دوام
- پروژه عملی از انجام آزمایش‌ها
- معرفی ابزارهای مختلف و کاربرد در سازه‌های خاکی
  - پروژه عملی ابزاربندی شده و کاربردهای جانبی
  - خلاصه و جمع بندی

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۵۴

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح




## ابزار گذاری و پایش

ابزار گذاری به معنای پایش و بررسی عملکرد و رفتار خاک و یا سازه‌های خاکی در حین ساخت و دوره بهره‌برداری می‌باشد. این پایش می‌تواند شامل اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی، فشار آب حفره‌ای، تنش، تغییر شکل افقی یا قائم، بار و کرنش باشد.

طراحی سازه‌های ژئوتکنیکی براساس قضاوت مهندسان از گستره قابل قبول مقادیر پارامترهای خاک که از آزمایش‌های ژئوتکنیکی بدست آمده انجام می‌شود. لذا صحت‌سنجی پارامترها و رفتار در نظر گرفته شده خود بخشی از مراحل طراحی محسوب می‌شود.

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۵۵

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**ابزار گذاری در دیوارهای خاک مسلح**

**هدف ابزار گذاری در دیوارهای خاک مسلح:**

- بررسی رفتار دیوار از نظر مقدار تغییر شکل‌های افقی و قائم، فشار افقی و قائم تولید شده درون توده خاک و نیرو کششی درون مسلح کننده‌ها
- بررسی پایداری دیوار به صورت کلی
- صحت‌سنجی طراحی انجام شده و فرضیات در نظر گرفته شده بر اساس رفتار واقعی دیوار و ایجاد تغییر در هندسه دیوار، روش اجرا و مصالح در صورت نیاز

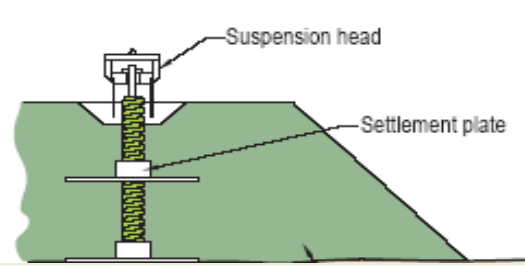
سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۵۶

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**نشست‌سنج مغناطیسی (Magnet Extensometer)**

از این سیستم برای اندازه‌گیری تغییر مکان قائم و کنترل نشست درون خاک و لایه‌های خاکریزی استفاده می‌شود.

**INSTALLATION SCHEME**



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴) ۵۷

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**فشارسنج (Pressure Cell)**

از فشارسنج قائم و افقی به ترتیب در لایه‌های خاکریزی و در نزدیکی پوشش دیوار استفاده خواهد شد تا به کمک آنها بتوان مقدار تنش قائم و افقی درون خاک، نسبت آنها به یکدیگر و پدیده‌های غیرمعمول احتمالی نظیر قوس زدگی (Arching) اندازه‌گیری و پایش شود.



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۵۸

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**کرنش‌سنج (Strain Gage)**

در طول دوره بهره‌برداری ژئوگریدها تحت تأثیر تغییر شکل‌های بزرگی قرار می‌گیرند. لذا نیرویی که باعث تولید این میزان تغییر شکل شده باید اندازه‌گیری و با مقدار در نظر گرفته شده در طراحی مقایسه شود.

به منظور اندازه‌گیری کرنش‌های بزرگ (۲ تا ۵ درصد) در ژئوگریدها می‌توان از ابزارهای زیر استفاده نمود:

- ۱- کرنش‌سنج مقاومتی فویل چسبیده  
(Bonded resistance Foil Strain Gage)
- ۲- تغییر مکان‌سنج تار لرزان  
(Vibrating Wire Displacement Transducer)

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۵۹

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

کرنش سنج مقاومتی فویل چسبیده

(Bonded resistance Foil Strain Gage)

شامل یک ورقه نازک از آلیاژ مقاومی چون کنستانتان و یا نیکروم می باشد که به یک ورقه نازک پلاستیکی چسبانده شده است و مجموعه به ژئوگرید متصل می گردد.



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۶۰

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

تغییر مکان سنج تار لرزان



(Vibrating Wire Displacement Transducer)

این ابزار می تواند تغییر مکان های بسیار بزرگ از ۱۰ تا ۱۵۰ میلیمتر را اندازه گیری کنند. این ابزار به کمک گیره هایی که در دو سر آن وجود دارد بر روی شبکه ژئوگرید وصل می شود.



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۶۱


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح
 

## نقاط نقشه برداری (Surveying)

ساده ترین و در عین حال ارزان ترین روش اندازه گیری تغییر شکل پوشش استفاده از نقاط مبنای نقشه برداری است که در نقاط مختلف دیوار نصب شده و تغییر شکل های قائم و افقی آنها به کمک دوربین برداشت شده و بدین وسیله پروفیل تغییر شکل های دیوار در طول دوره ساخت و بهره برداری به دقت اندازه گیری می شوند.

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)
۶۲


 آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح
 

## فهرست مطالب

- مقدمه
- طبقه بندی انواع آزمایش ها
  - فیزیکی
  - مکانیکی
  - هیدرولیکی
  - درز و اتصال
  - ماندگاری و دوام
- پروژة های عملی از انجام آزمایش
- معرفی ابزارهای مختلف و کاربرد در سازه های خاکی
- پروژة عملی ابزاربندی شده و کاربردهای جانبی
- خلاصه و جمع بندی

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)
۶۳



**آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح**  
**تاریخچه ساخت و کاربرد**

Abutment Wall (0.76 m wide)



Width of the Reinforced Soil Zone, 11 m for Section 200,  
12.97 m for Sections 400 and 800


معد

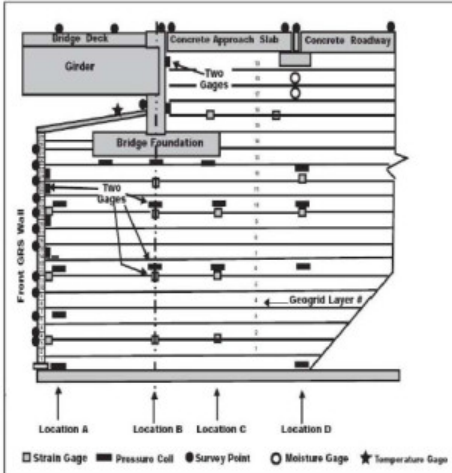




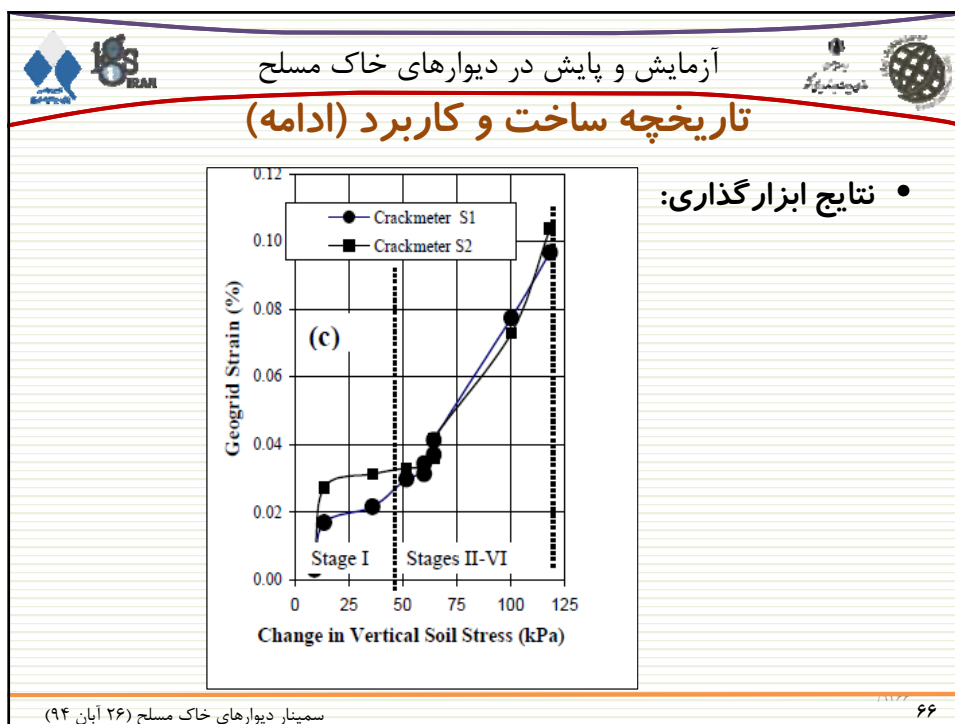
سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)
۶۴

**آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح**  
**تاریخچه ساخت و کاربرد (ادامه)**  
**ابزاربندی در چهار مقطع بحرانی سازه به منظور اندازه گیری:**





سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)
۶۵



آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**رفتار کوله‌های خاک مسلح در شرایط لرزه‌ای - اهداف**

- مدلسازی عددی دینامیکی و غیرخطی
- مطالعات پارامتریک
- یافتن روش‌هایی برای اجرا روی بستر ضعیف
- ارائه دستورالعمل‌های طراحی در برابر زلزله

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۶۸

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

**مدلسازی عددی دینامیکی و غیرخطی**

backbone curve

$\tau$

$\tau_{max}$

$G_{max}$

$(\gamma_r, \tau_r)$

$G_{max}$

$\gamma_e$

reloading

unloading

JOB TITLE: Shear resistance versus Shear Strain

FLAC (Version 4.00)

LEGEND

10-Jul-04 12:45  
step 23547

HISTORY PLOT

Y-axis: —  
Avg. SXY ( 1, 1)

X-axis: — (FSH)

gamma — (FSH)

0.800  
0.400  
0.000  
-0.400  
-0.800

-15 -10 -5 0 5 10 15

$(10^{05})$

Hercol Consulting Group, Inc  
Minneapolis, Minnesota USA

استفاده از مدل هیستیریتیک غیرخطی

سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۶۹

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

مدلسازی کوله ابزارگذاری شده در دنور امریکا

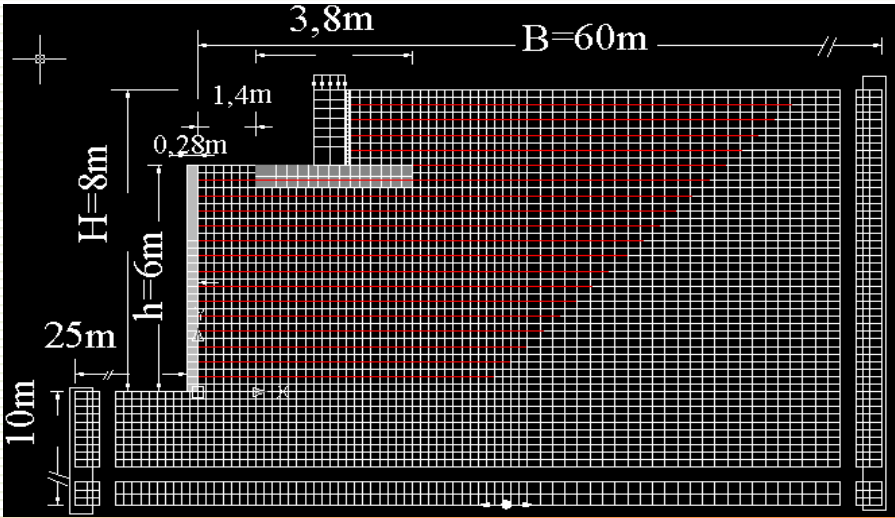


سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۷۰

آزمایش و پایش در دیوارهای خاک مسلح

مدلسازی استاتیکی



سمینار دیوارهای خاک مسلح (۲۶ آبان ۹۴)

۷۱

