



عملکرد لرزه ای دیوارهای میخ دوزی شده با استفاده از مدلسازی سانتریفیوژ

علیرضا قدمگاهی

a.ghadamgahi@iiees.ac.ir





➤ انگیزه پژوهش

➤ معرفی مدل‌های آزمایشگاهی و نتایج

آزمایش‌های انجام شده روی اجزای مدل

➤ نتایج مدل‌سازی عددی

▪ تحلیل پایداری استاتیکی مدل‌ها

▪ تخمین شتاب تسلیم مدل‌ها به روش شبه

استاتیک

➤ نتایج آزمایش‌های سانتریفیوژ (پارت اول)

▪ تاریخچه شتاب

▪ تاثیر موقعیت سربار روی تغییر شکل‌های

دیوار

▪ تاثیر موقعیت سربار روی نیروی محوری



ناپایداری و ریزش گودبرداری ها در مناطق شهری



(ب)



(الف)



(د)



(ج)



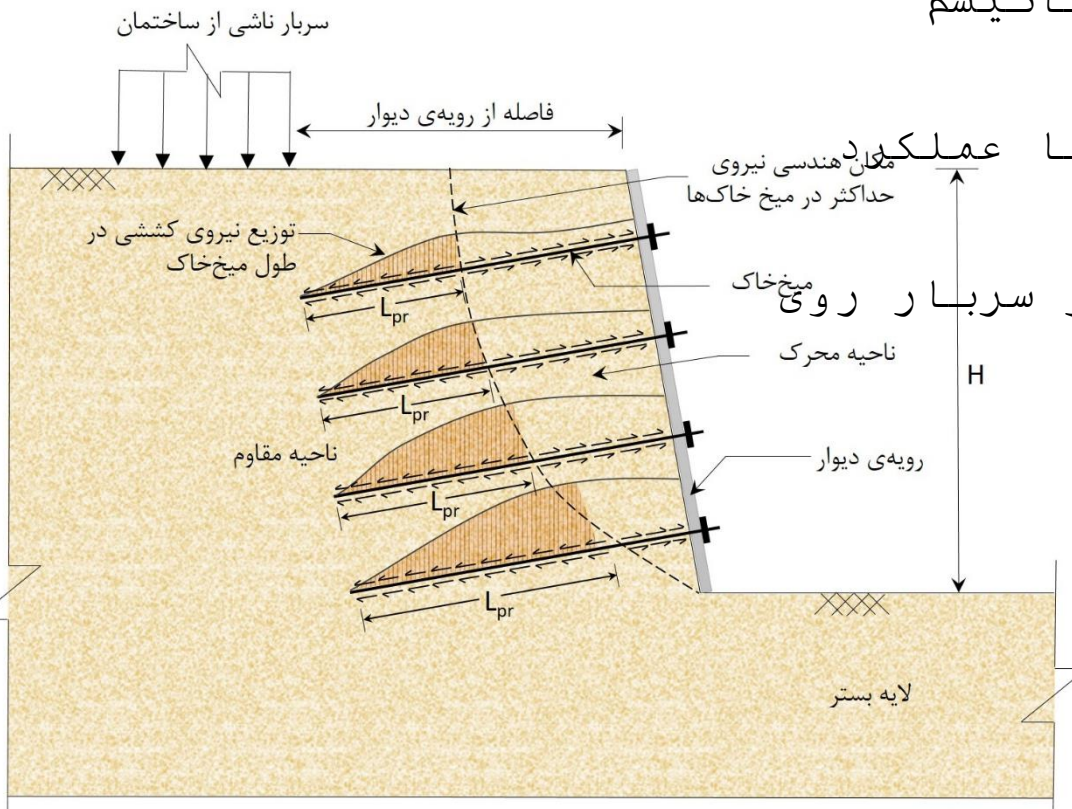
✓ فقدان اطلاعات کافی از رفتار لرزه ای دیوارهای میخ دوزی شده واقعی

✓ عدم قطعیت های موجود در آیین نامه های مرتبط

✓ تمرکز مطالعات قبلی روی مکانیسم گسیختگی

✓ مطالعات محدود در ارتباط با عملکرد لرزه ای این دیوارها

✓ فقدان مطالعه در خصوص اثر سربار روی عملکرد لرزه ای دیوار

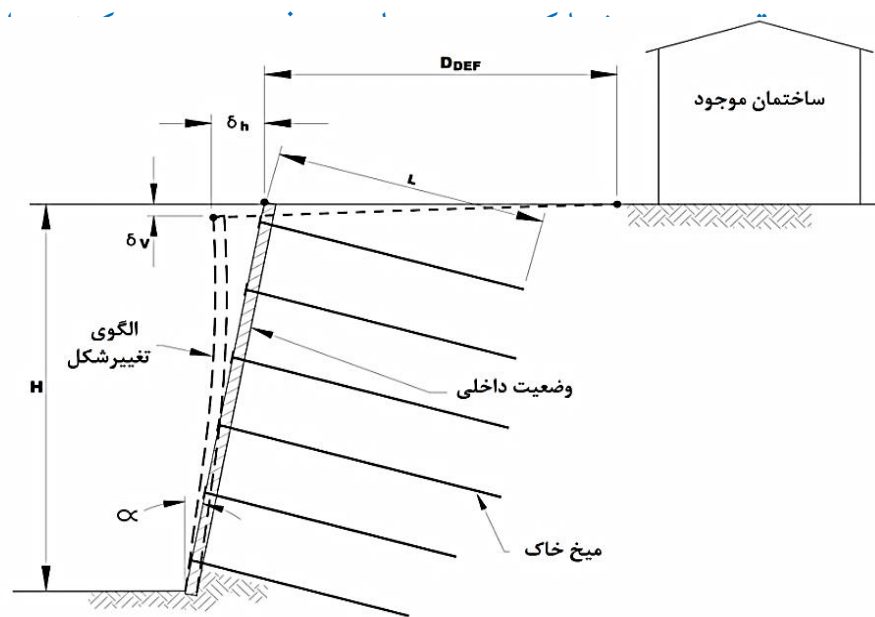




آیین نامه های طراحی متداول (نظیر FHWA، BS 8006 و CIRIA C607) اشاره دارند که:

ناحیه تأثیر محدوده ای است که تغییر شکل های قابل توجه در ت اتفای بیفتد. این محدوده به یوار میخکوبی شده (D_{DEF}) تعریف ز رابطه زیر تخمین زده شود:

$$D_{DEF} = C(1 - \tan \alpha)H$$



تغییر مکان در بالای دیوارهای

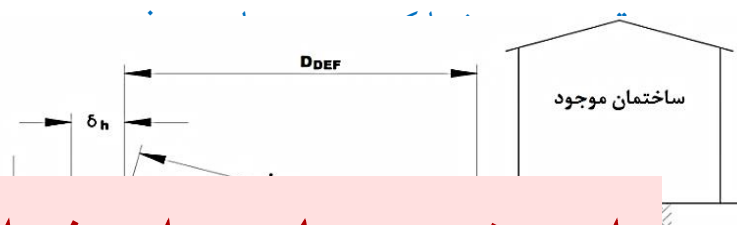
میخکوبی شده (FHWA 2015)

پارامتر	سنگ هوازده و خاک سفت	خاک ماسه‌ای	خاک ریزدانه
δ_v/H و δ_h/H	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۳
C	۱٫۲۵	۰٫۸	۰٫۷

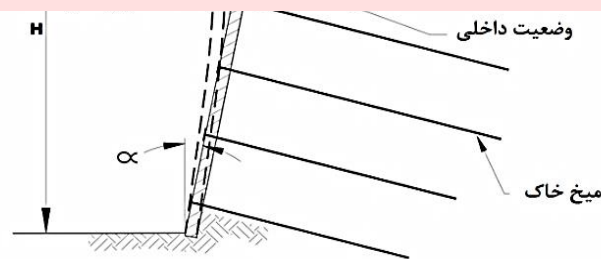


آیین نامه های طراحی متداول (نظیر FHWA، BS 8006 و CIRIA C607) اشاره دارند که:

ناحیه تأثیر محدوده ای است که تغییر شکل های قابل توجه در ت اتفای بیفتد. این محدوده به یوار میخکوبی شده (D_{DEF}) تعریف می شود.



این توصیه ها برای شرایط استاتیکی است... در مورد شرایط لرزه ای چطور؟! $D_{DEF}=C$



تغییر مکان در بالای دیوارهای

میخکوبی شده (FHWA 2015)

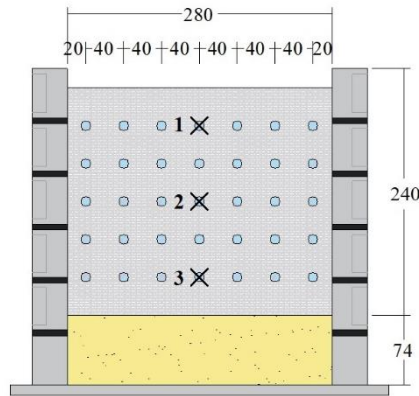
پارامتر	سنگ هوازده و خاک سفت	خاک ماسه ای	خاک ریزدانه
δ_v/H و δ_h/H	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۳
C	۱٫۲۵	۰٫۸	۰٫۷



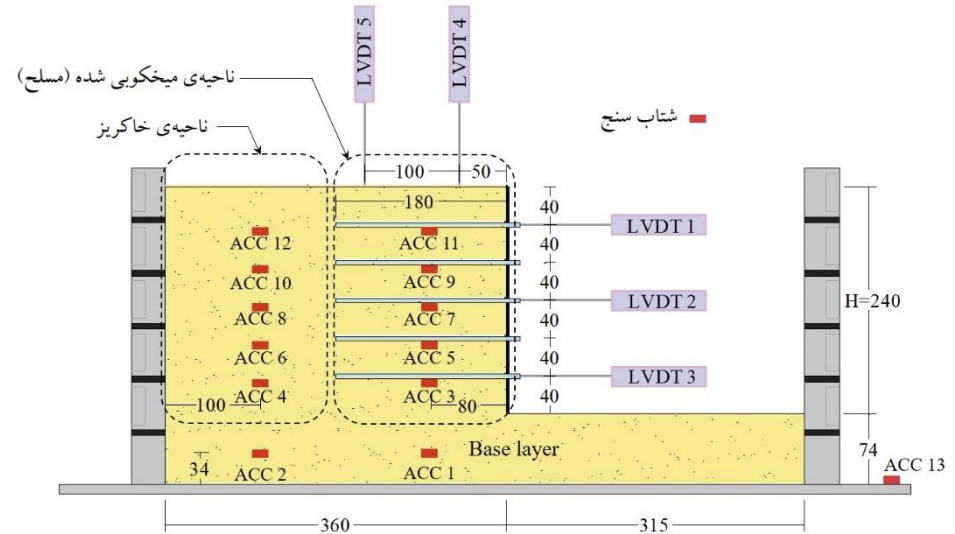
مدل مرجع

ی، ب) مقطع عرضی، ج) جعبه مدل (کلیه ابعاد به میلی متر)

میخ خاک ابزاربندی شده ✕ میخ خاک بدون ابزاربندی ●

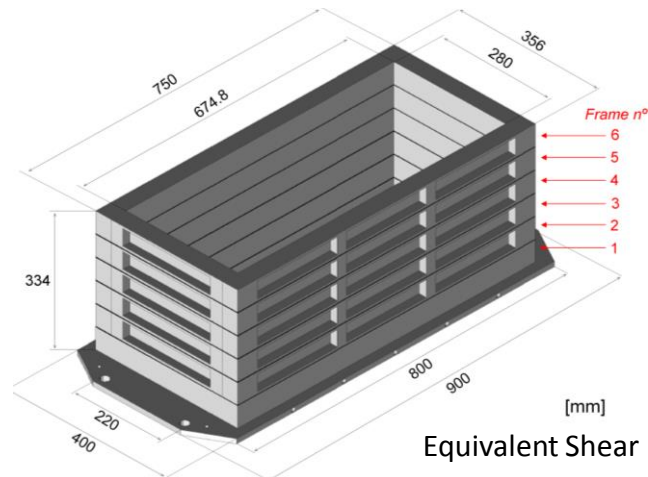


(ب)



(الف)

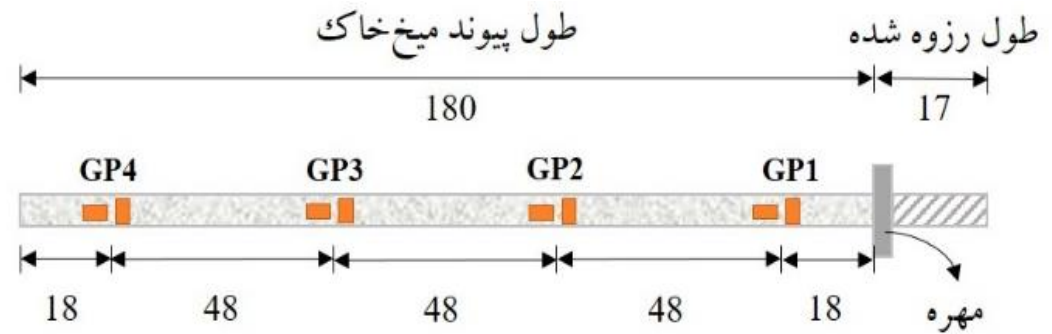
ضریب مقیاس
N=50



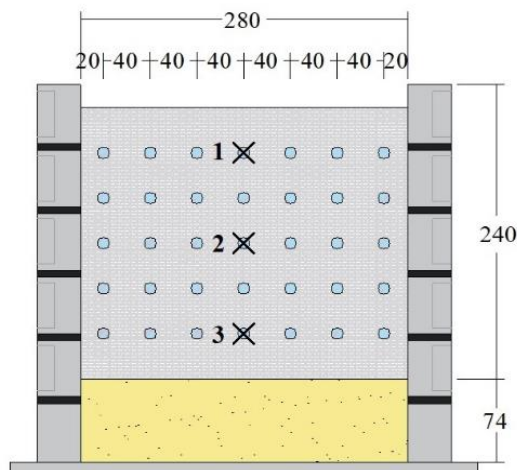
Equivalent Shear Beam (ESB) container



ک های ابزار بندی شده (کلیه ابعاد به میلی متر است)



✕ میخ خاک ابزار بندی شده □ میخ خاک بدون ابزار بندی

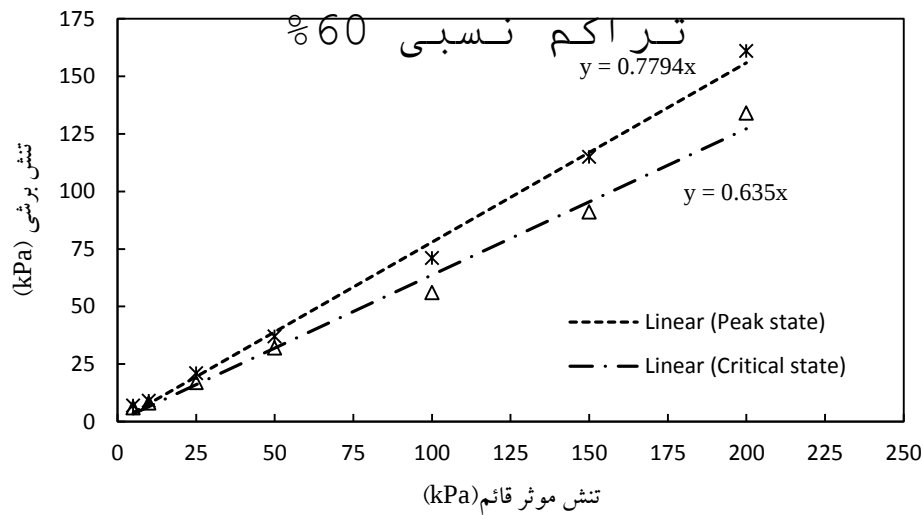




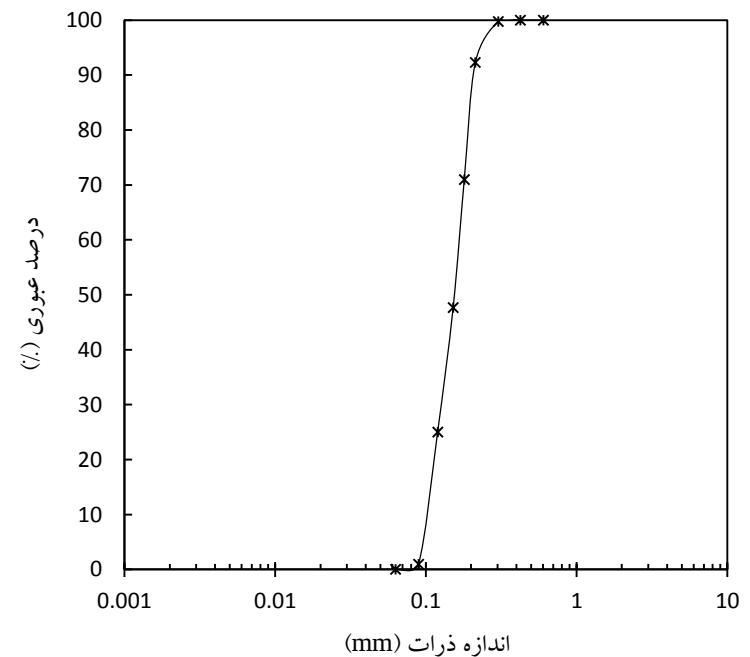
نتایج آزمایش دانه بندی و برش مستقیم روی خاک

خاک

پوش گسیختگی مور کلمب
حاصل از آزمایش برش
مستقیم روی خاک HST95 در



منحنی دانه بندی

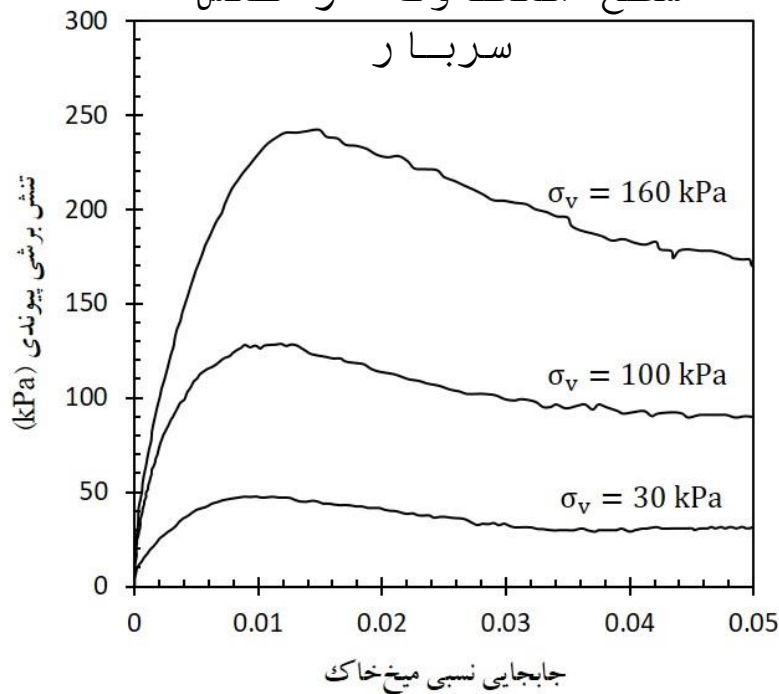




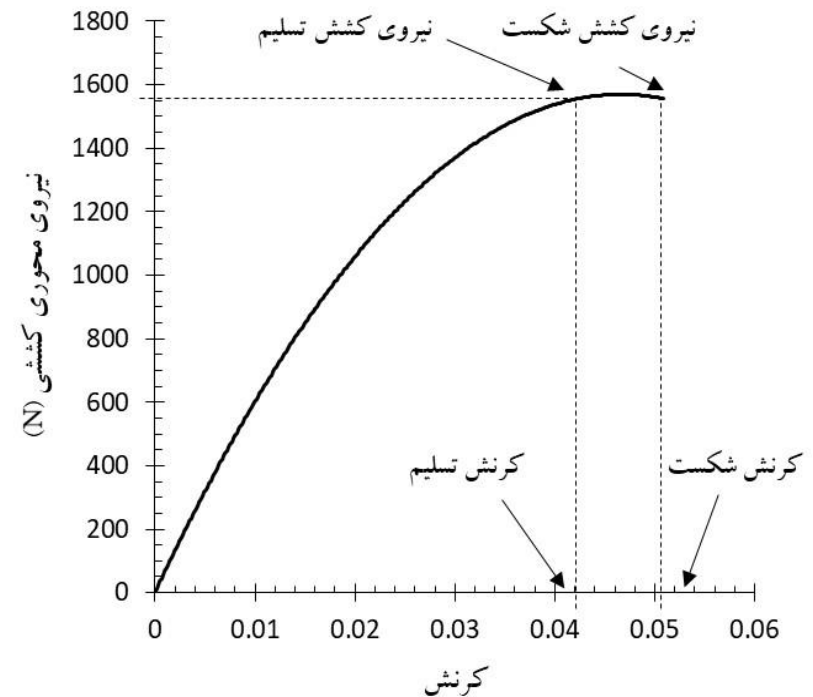
آزمایش های انجام شده روی میخ خاک ها

نتایج آزمایش pullout برای سه

سطح متفاوت از تنش

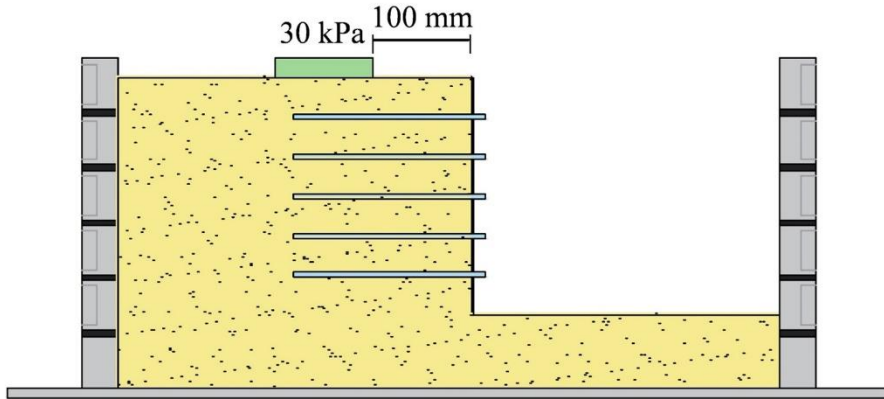


نتایج آزمایش کشش روی راد آکرلیک بر

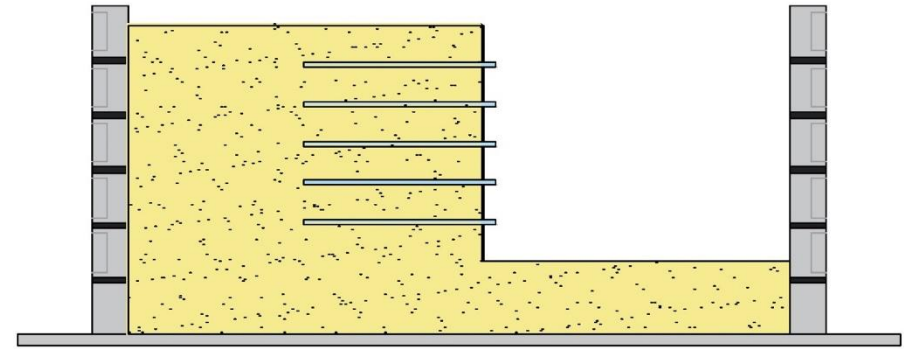




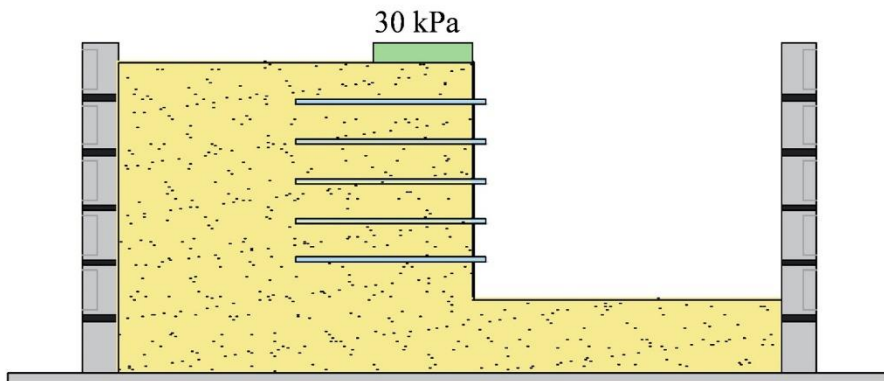
بخش اول: الف) مدل 1، ب) مدل 2، ج) مدل 3 و د) مدل 4



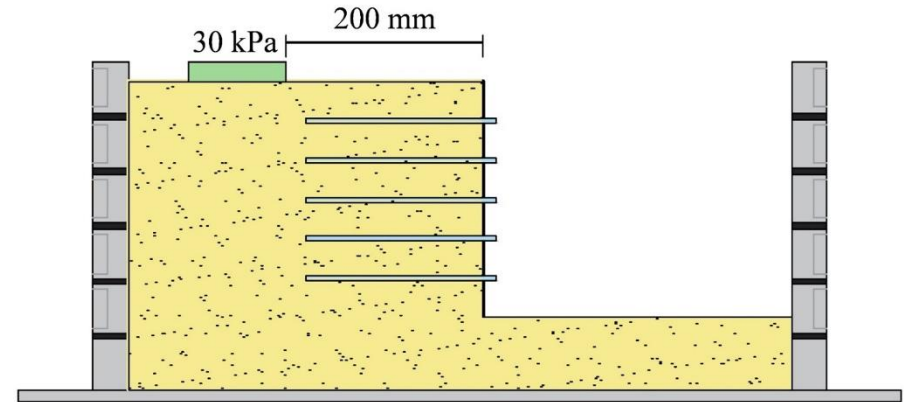
(ج)



(الف)



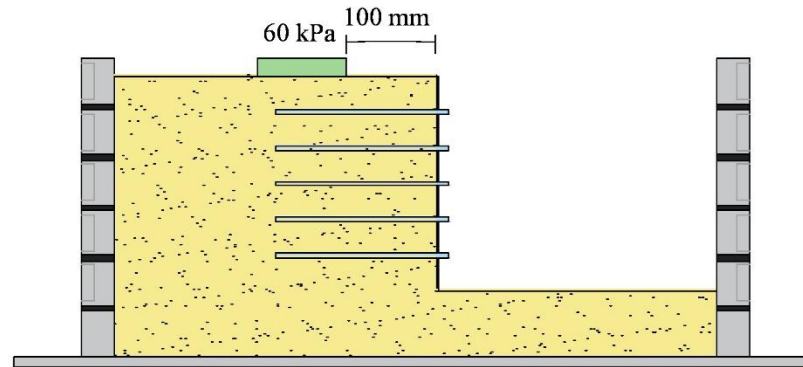
(د)



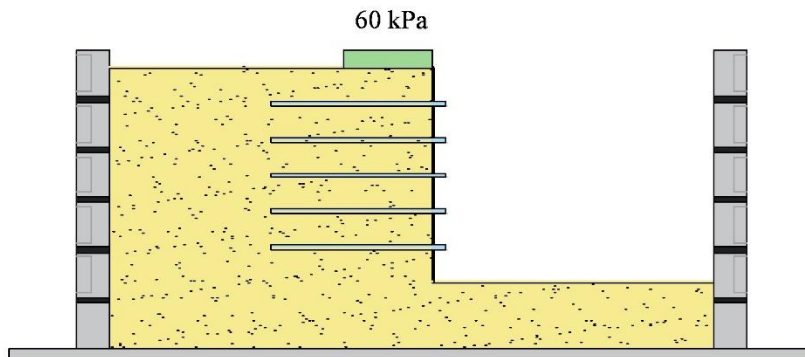
(ب)



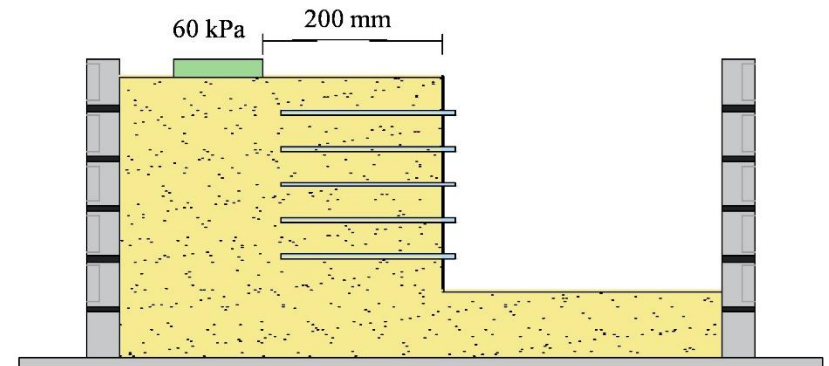
بخش دوم: (الف) مدل 5، (ب) مدل 6، (ج) مدل 7



(الف)



(ج)

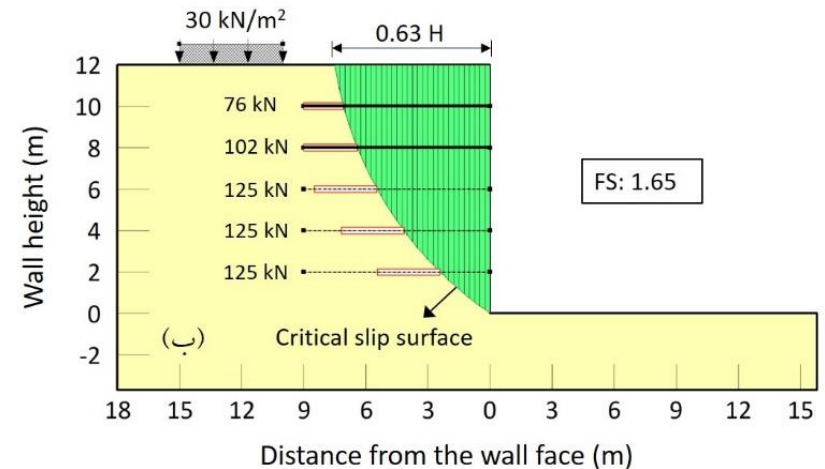
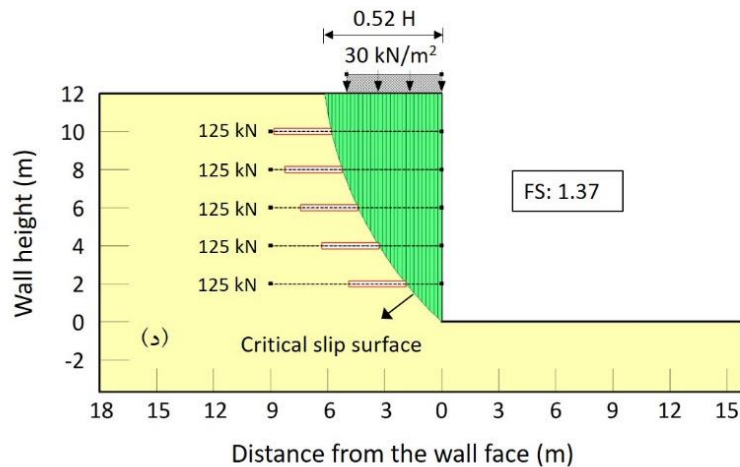
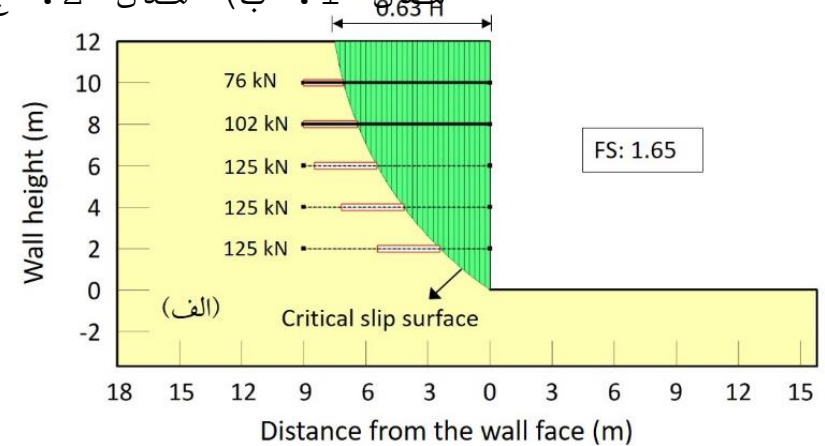
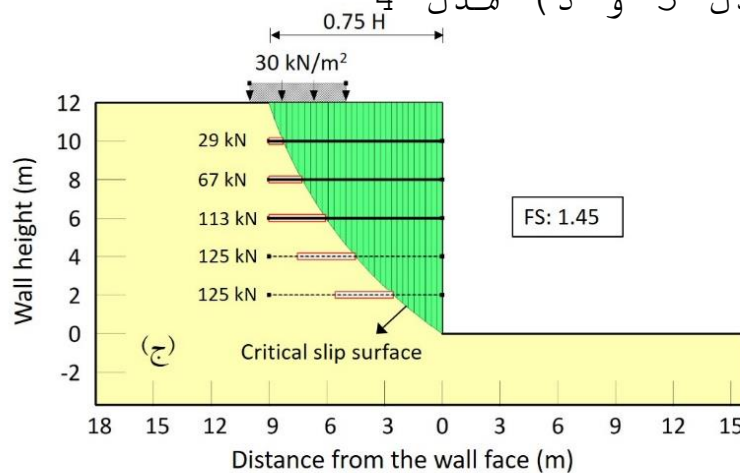


(ب)



تحلیل پایداری استاتیکی مدل‌ها : الف)

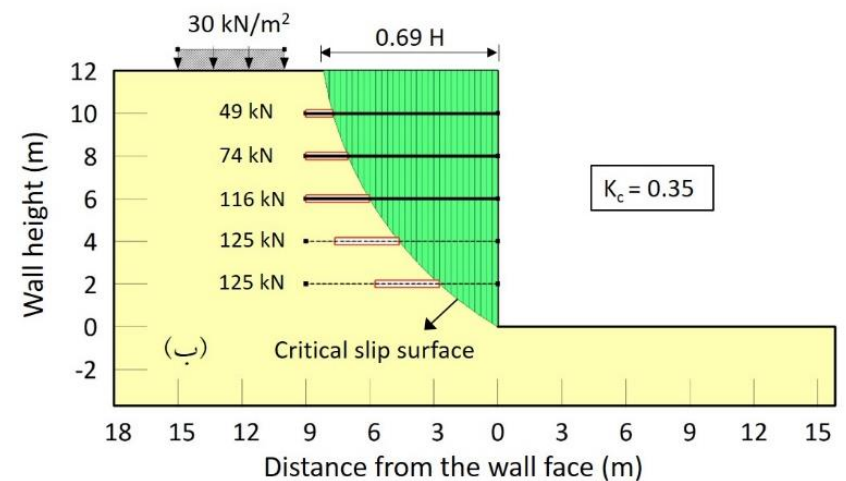
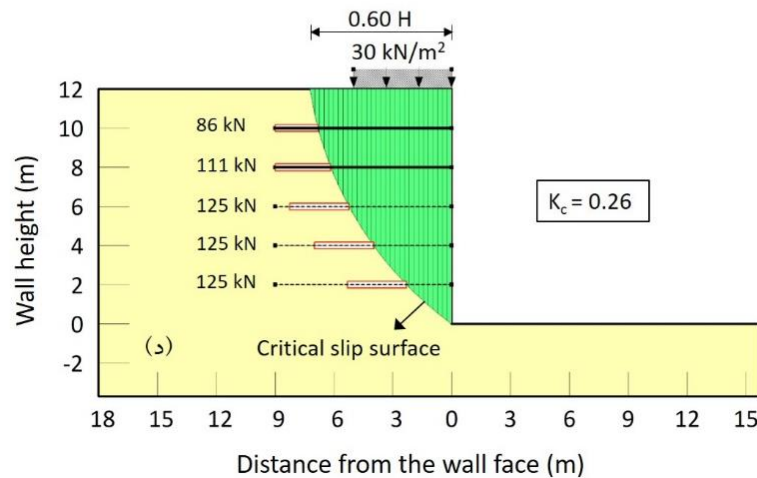
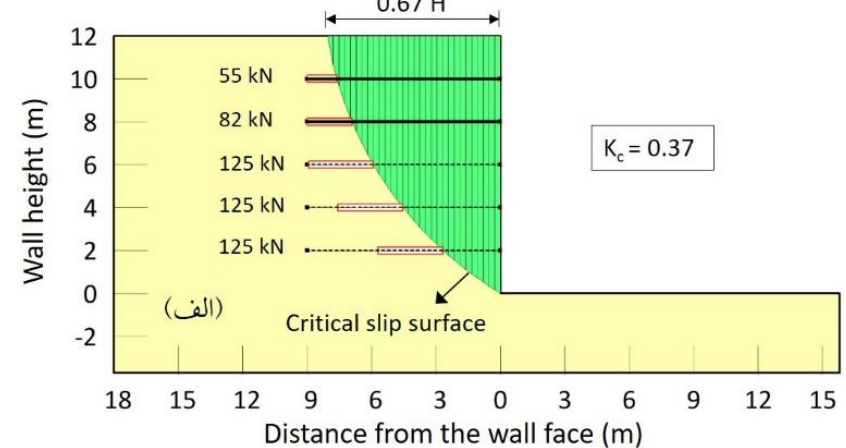
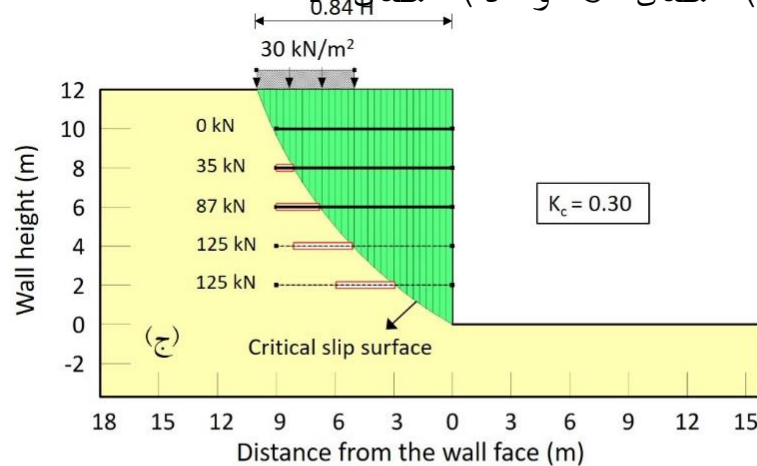
مدل 1، ب) مدل 2، ج) مدل 3 و د) مدل 4

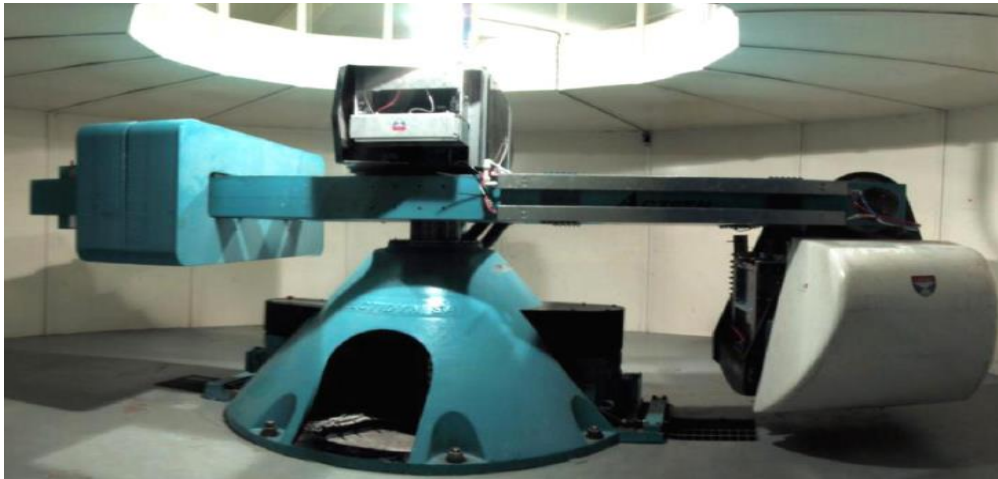




تخمین شتاب تسلیم مدل ها به روش شبه استاتیکی:

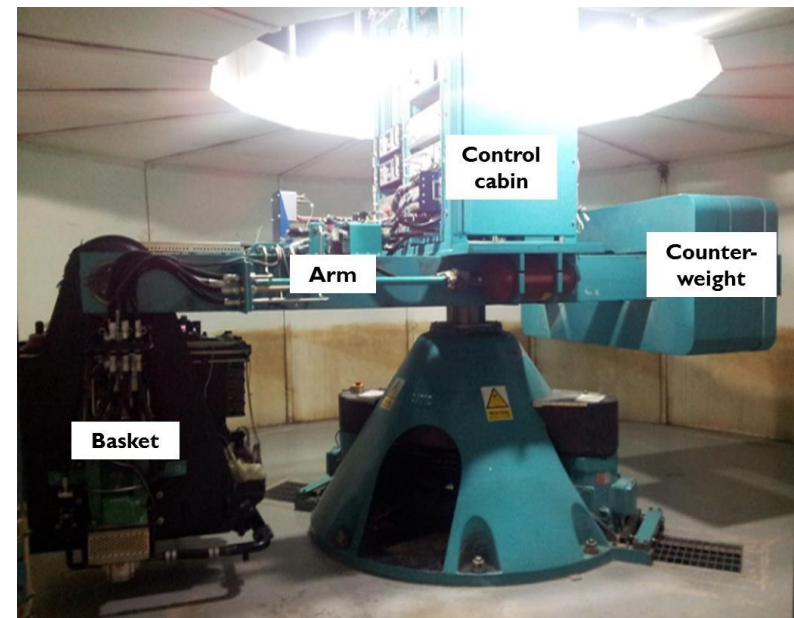
الف) مدل 1، ب) مدل 2، ج) مدل 3 و د) مدل 4

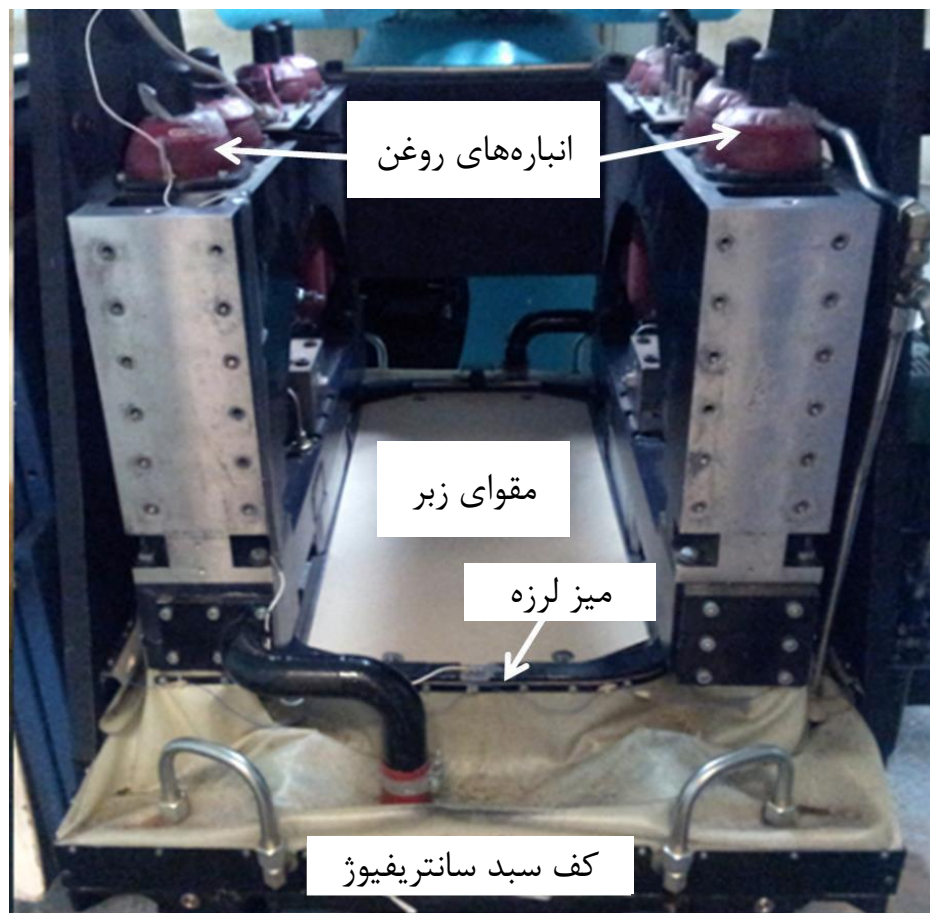




مشخصات سانتریفیوژ ژئوتکنیکی از نوع C67-2

Platform radius	3 m
Nominal radius	2.7 m
Max usable height	1.5 m
Max payload	1500 kg
Centrifugal acceleration at max payload	100 g
Payload at max centrifugal acceleration	850 kg
Max centrifugal acceleration	130 g
Centrifugal acceleration range	5 to 130 g
Boom rate	38 to 208 rpm
Max operational unbalance	± 40 kN





مشخصات شیکر

۸۹۶۷-۲

Max payload moving mass	400 kg
Payload at full shaker acceleration	300 kg
Centrifugal acceleration range	10 to 80 g
Maximum shaking force	150 kN
Peak table displacement	2.5 mm
Peak table velocity	0.75 m/s
Frequency response	40 to 400 Hz
Peak full load acceleration	40 g
Peak acceleration with no payload	60 g

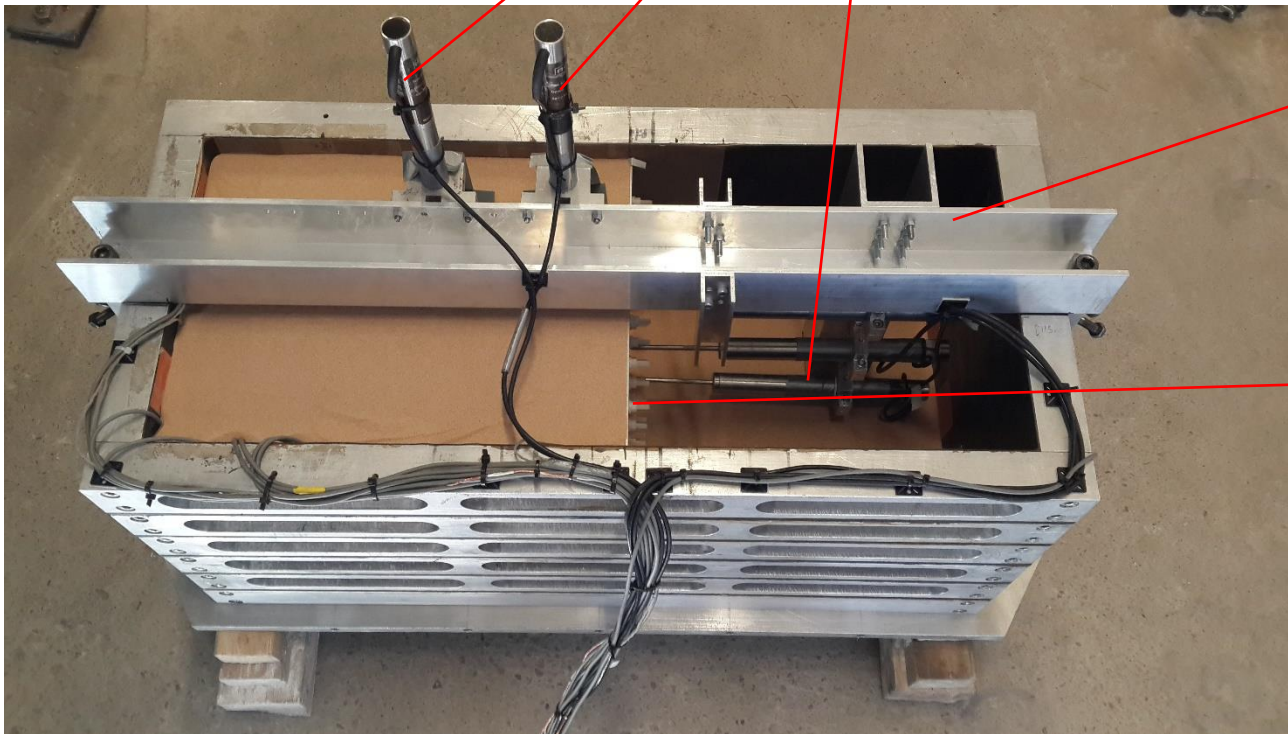


LVDTs

❖ نصب قاب نگهدارنده LVDT ها

Frame to
hold LVDTs
in right
places

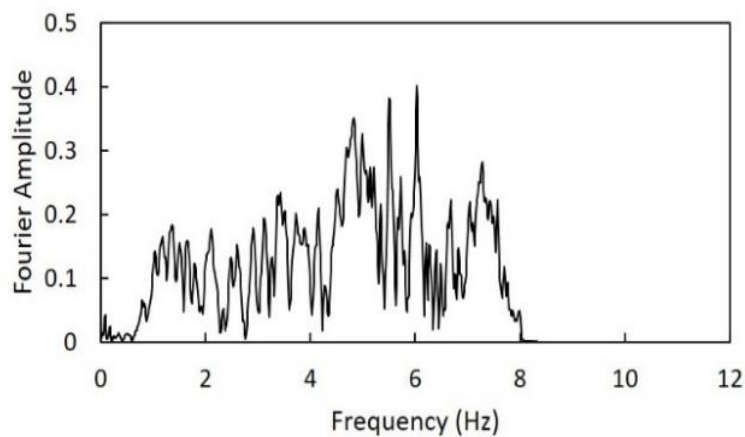
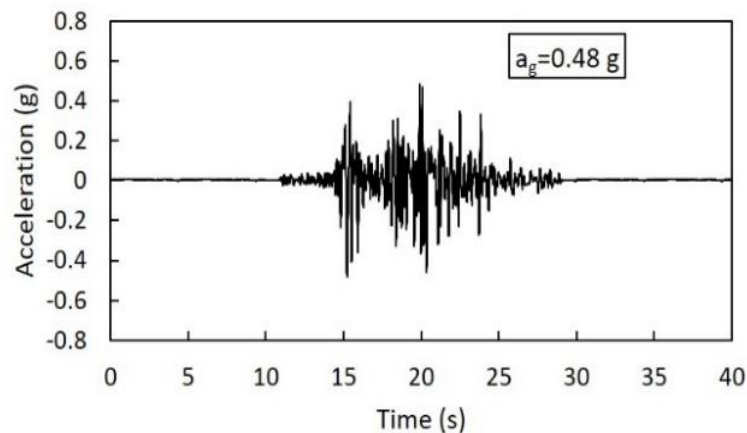
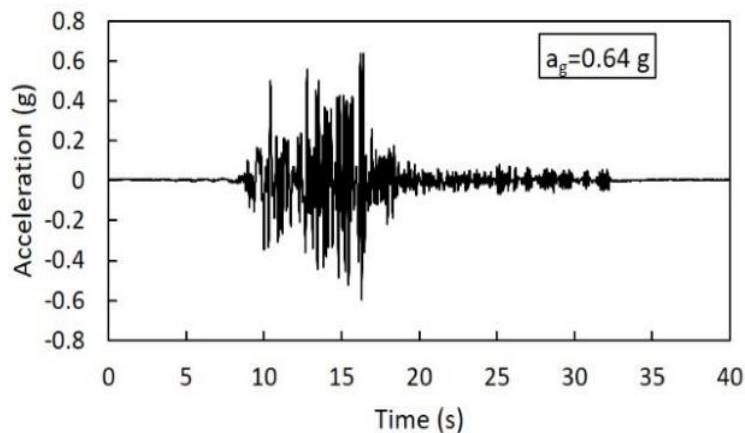
Facing



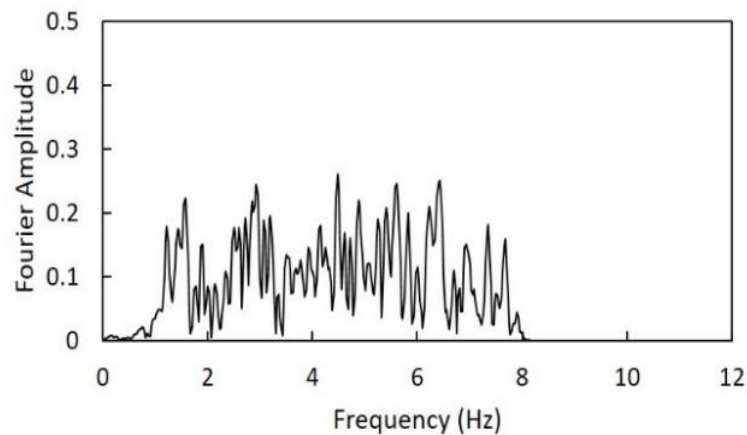




زلزله های ورودی هدف: (الف) حرکات لرزه ای اول و سوم (زلزله رود



(ب)



(الف)



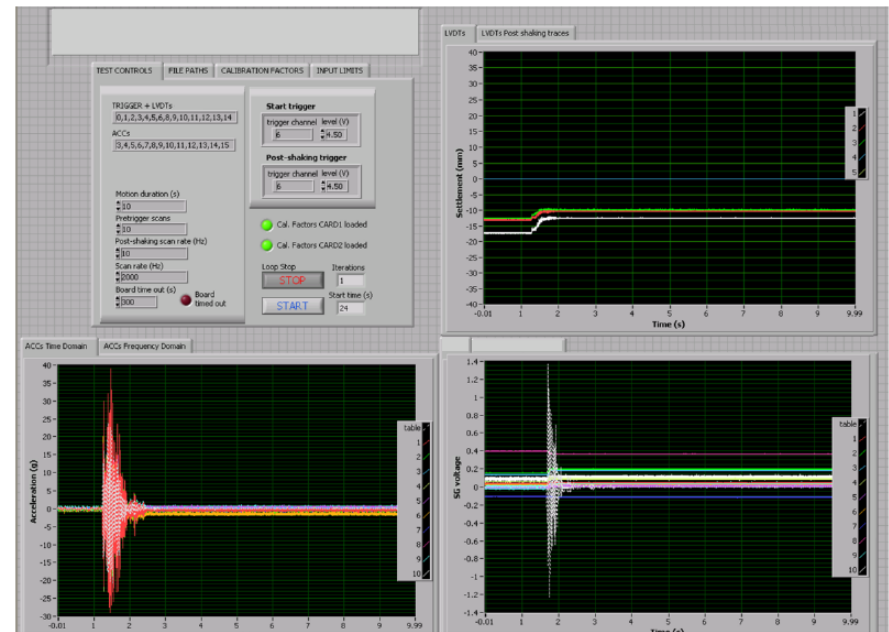
نتایج آزمایش‌های سانتریفیوژ

بررسی عملکرد لرزه ای دیوار

✓ پاسخ شتاب

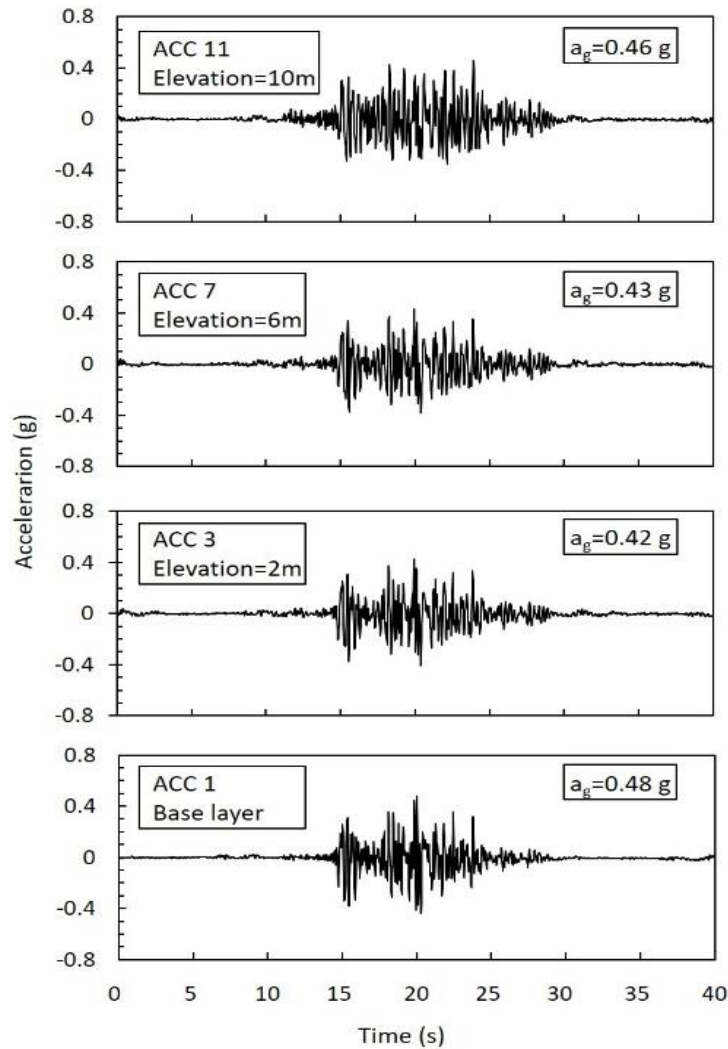
✓ تغییر شکل‌های دیوار در اثر زلزله

✓ نیروی‌های محوری بسیج شده در میخ
خاک‌ها در اثر زلزله

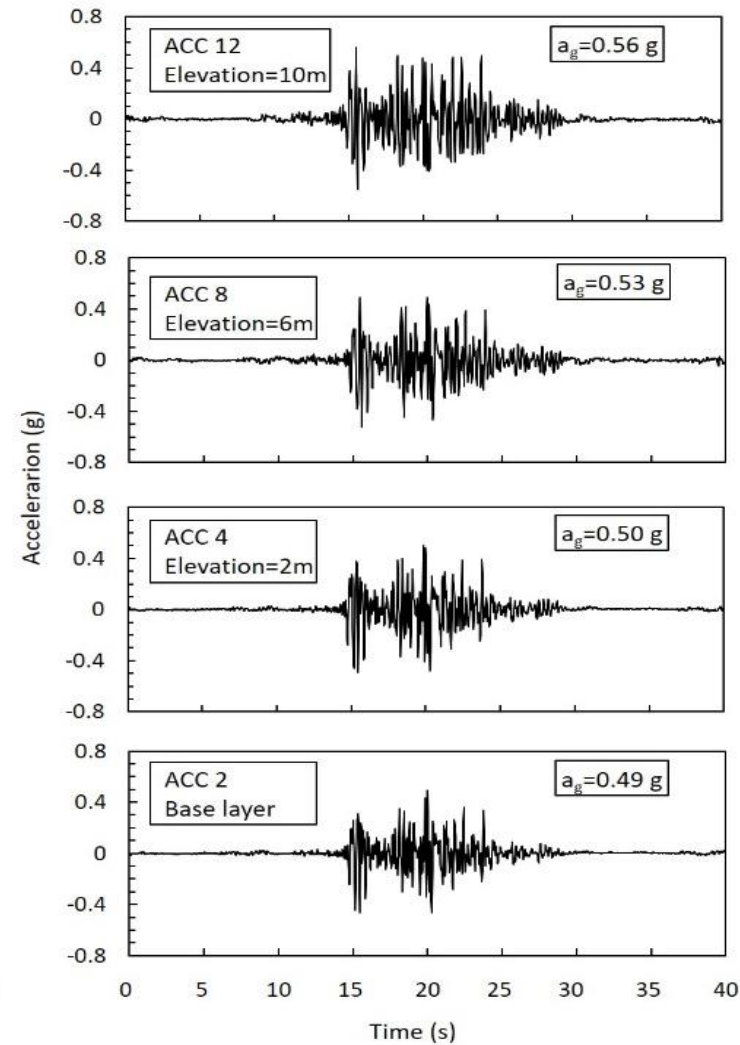




پاسخ شتاب مدل مرجع



(ب) ناحیه مسلج

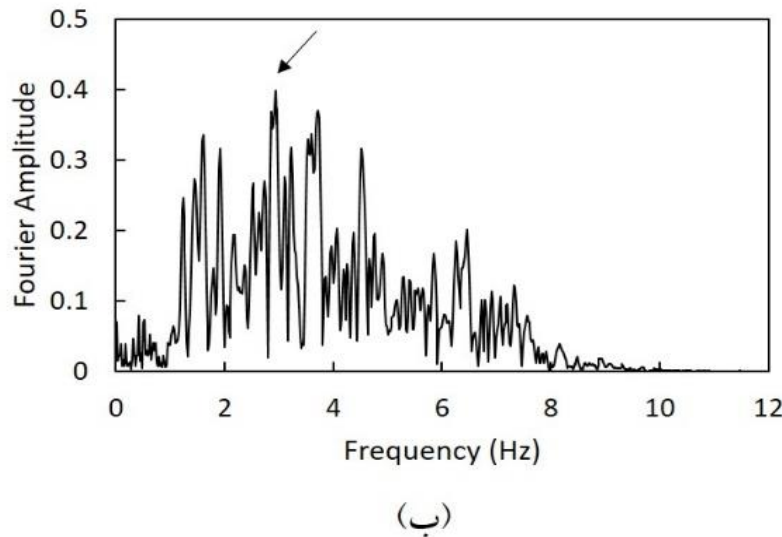
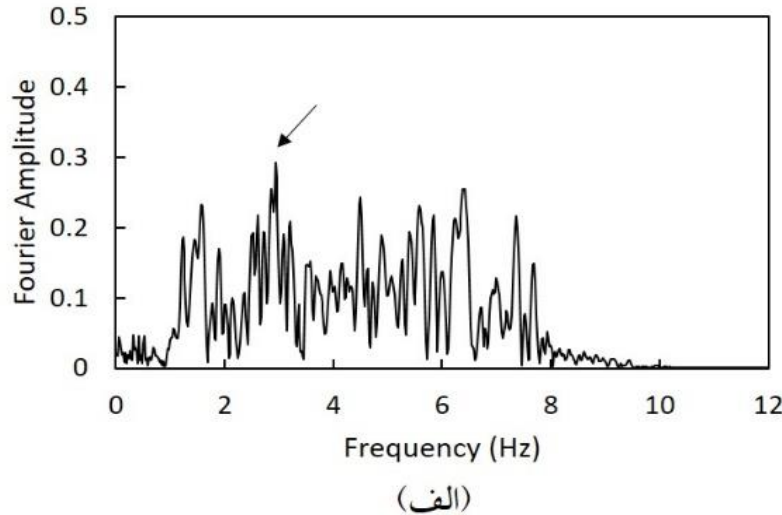


(الف) ناحیه

خاکریز

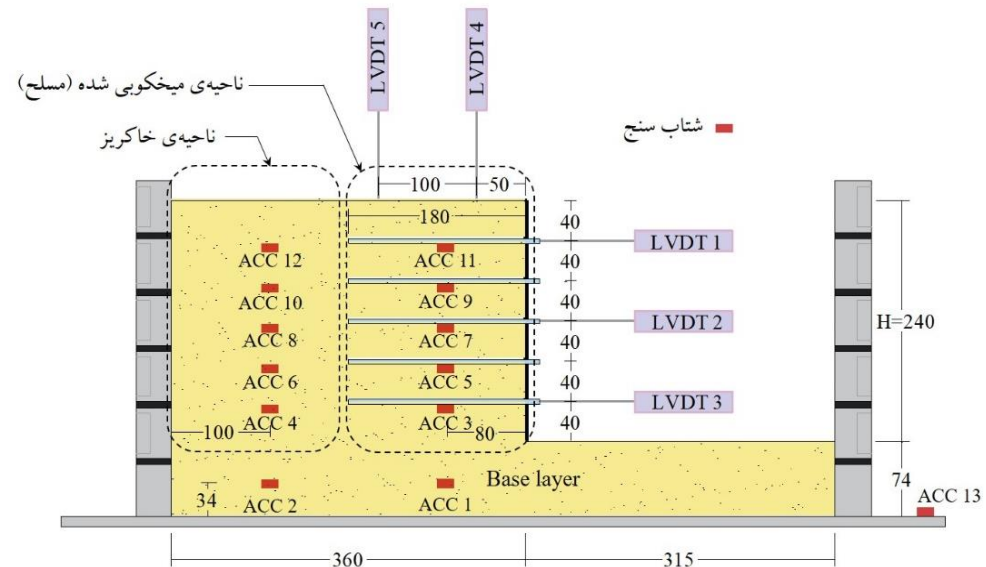


پاسخ شتاب مدل مرجع



نقطه حداکثر طیف فوریه
پاسخ‌های شتاب برای:

الف) شتاب سنج 1 (ACC1)،
ب) شتاب سنج 11 (ACC11)

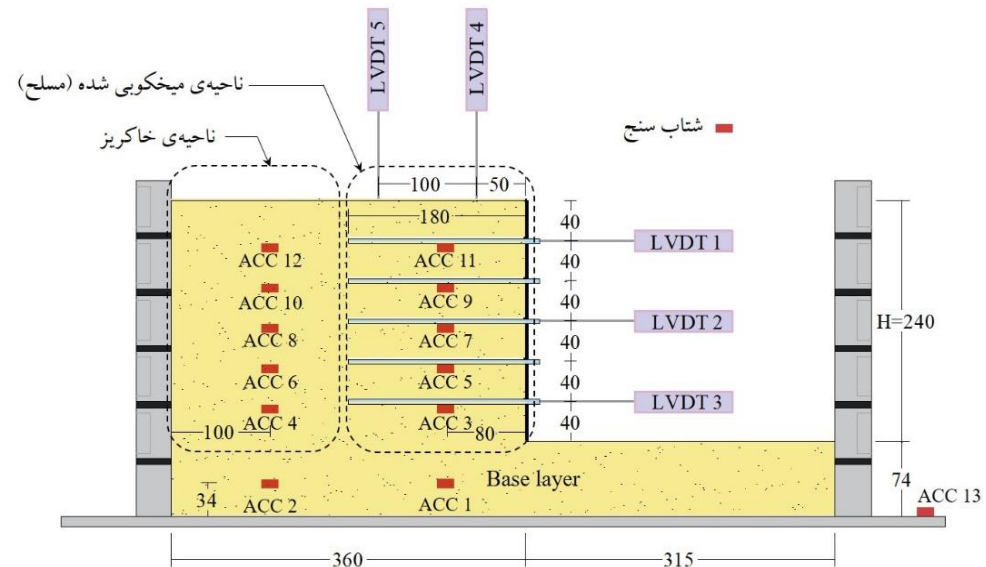
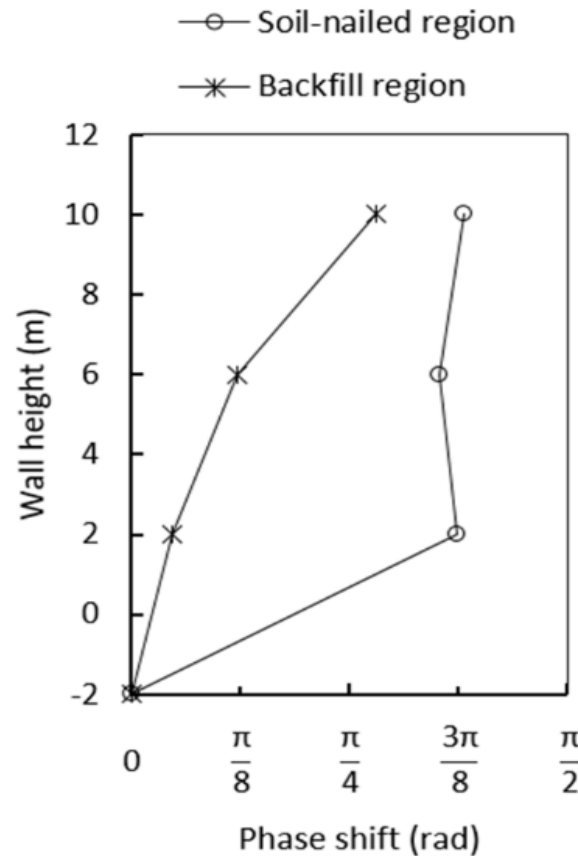




پاسخ شتاب مدل مرجع

تغییر فاز شتاب های اندازه گیری شده در ارتفاع دیوار نسبت به شتاب اندازه گیری شده در بستر برای

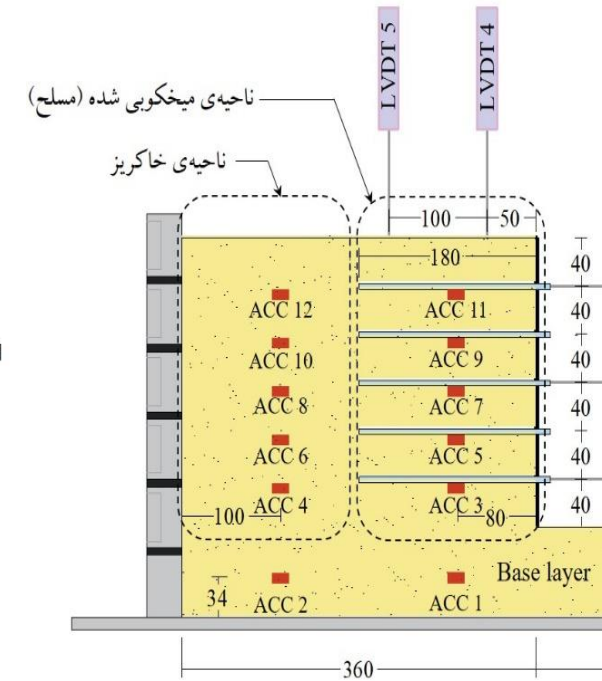
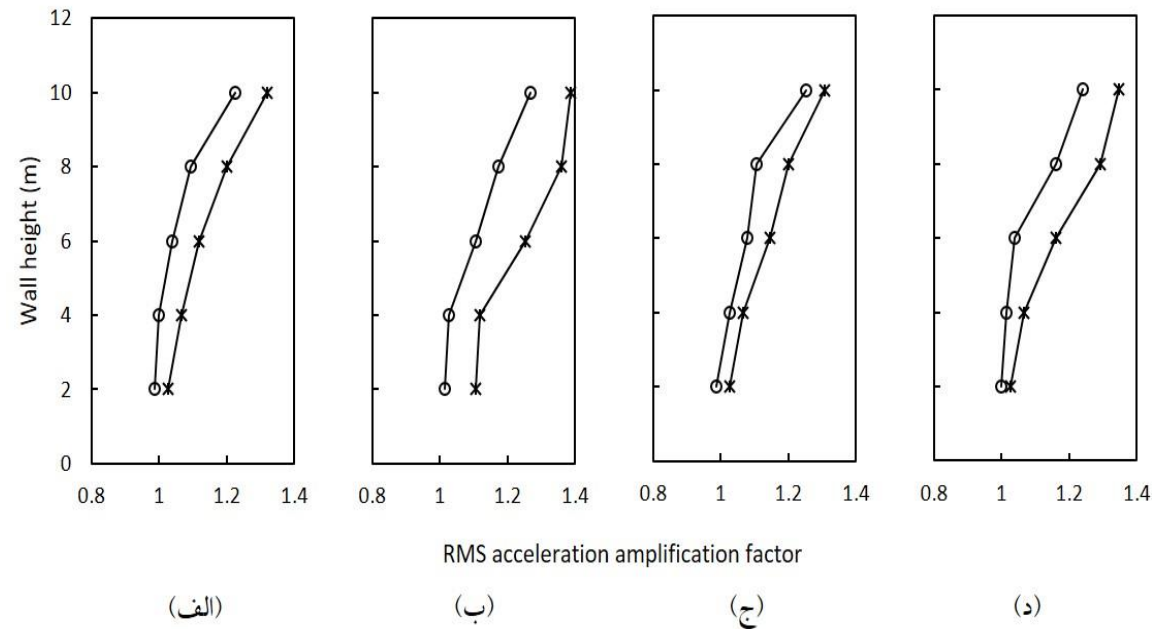
مدل 1





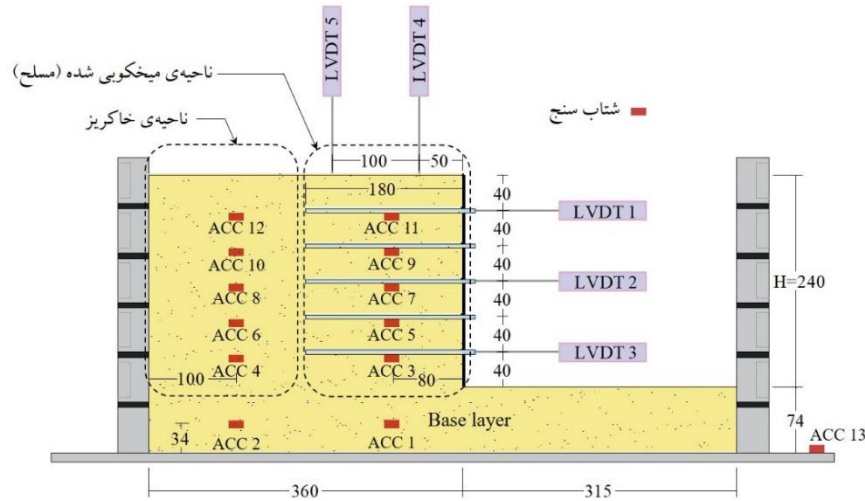
پاسخ شتاب مدل های مختلف

$$RMS = \left[\frac{1}{t_d} \int_0^{t_d} a(t)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}$$





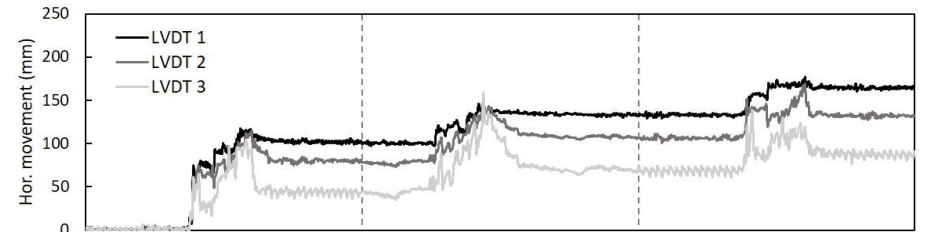
تغییرات جابجایی ها و نیروی نیل ها در طول زلزله برای مدل مرجع



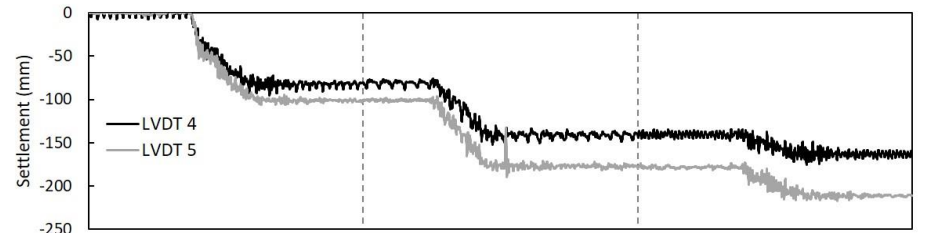
جابجایی های دائمی پس

از هر زلزله (mm)

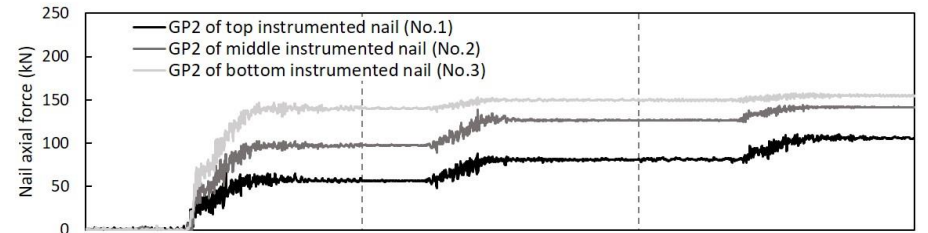
ابزار	زلزله 1	زلزله 2	زلزله 3
جابجایی سنج 1	102	32	31
جابجایی سنج 4	81	49	23



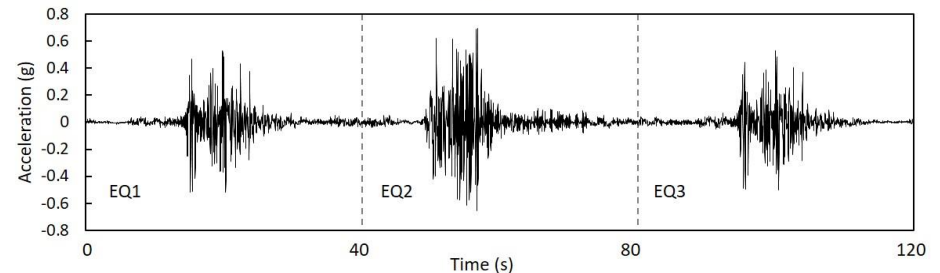
(الف)



(ب)



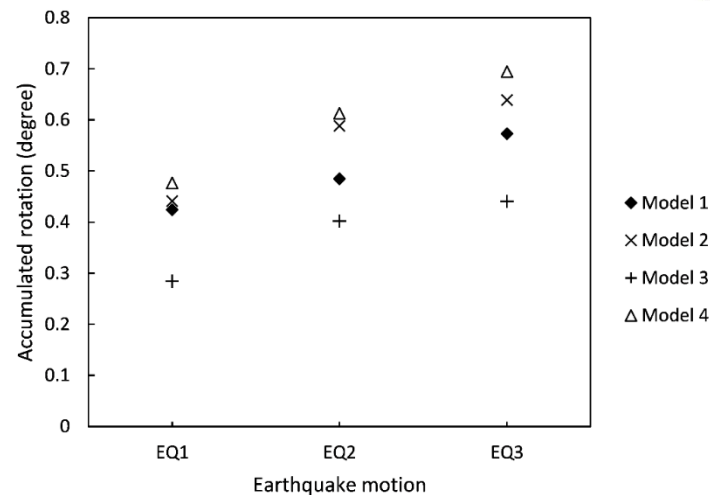
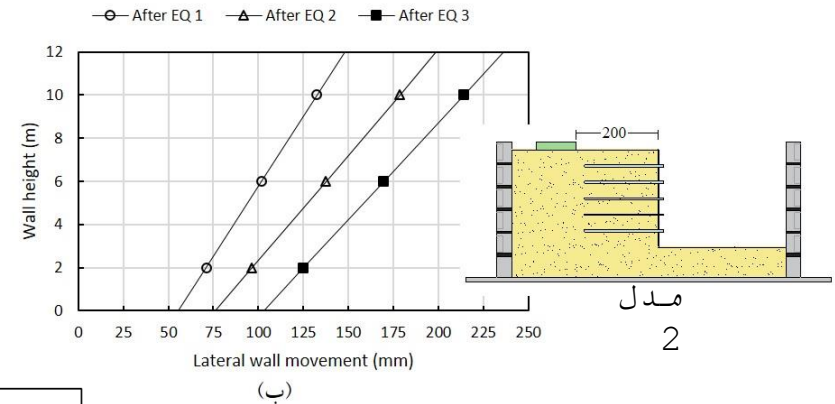
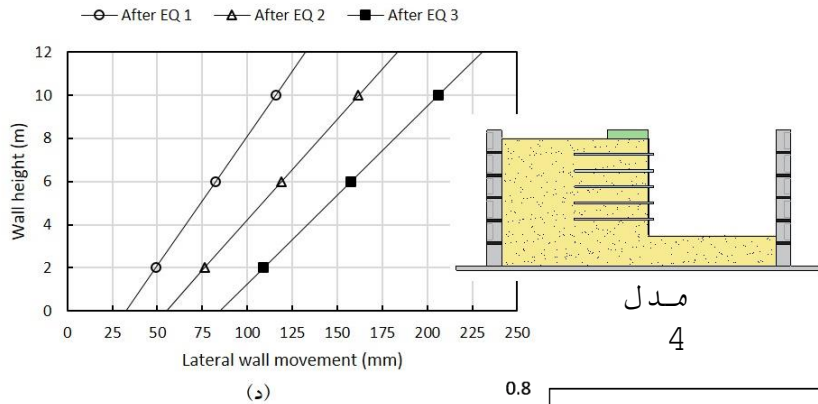
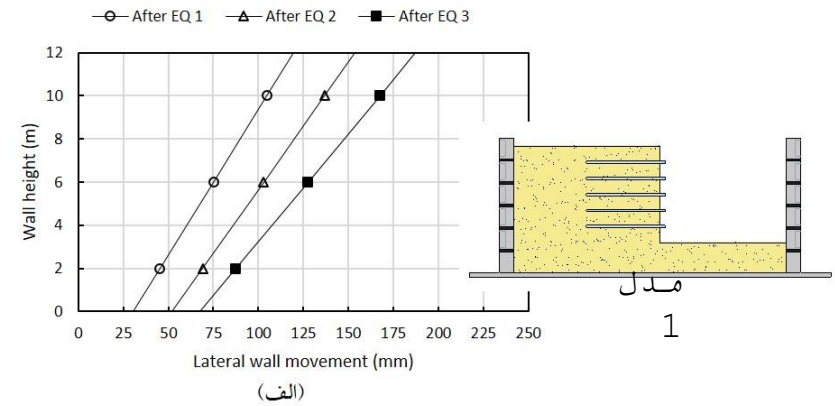
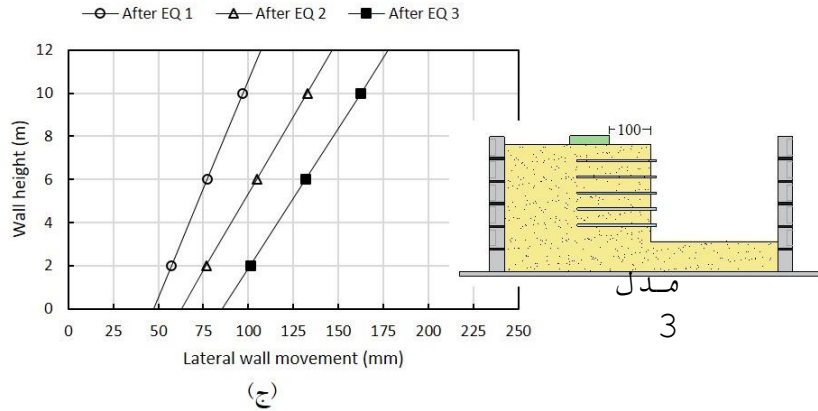
(ج)



(د)

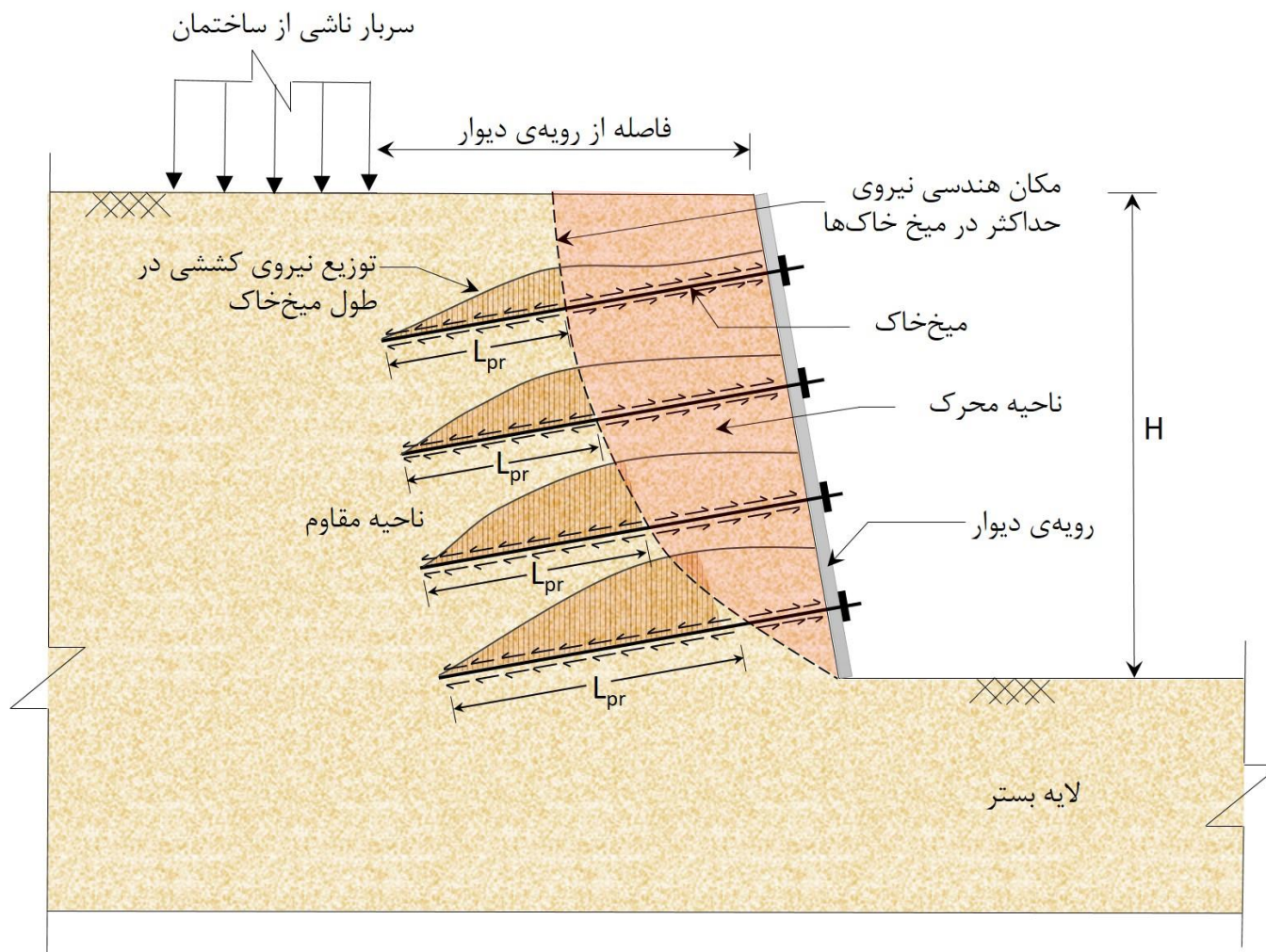


تأثیر موقعیت پی روی تغییر شکل های ناشی از زلزله دیوار



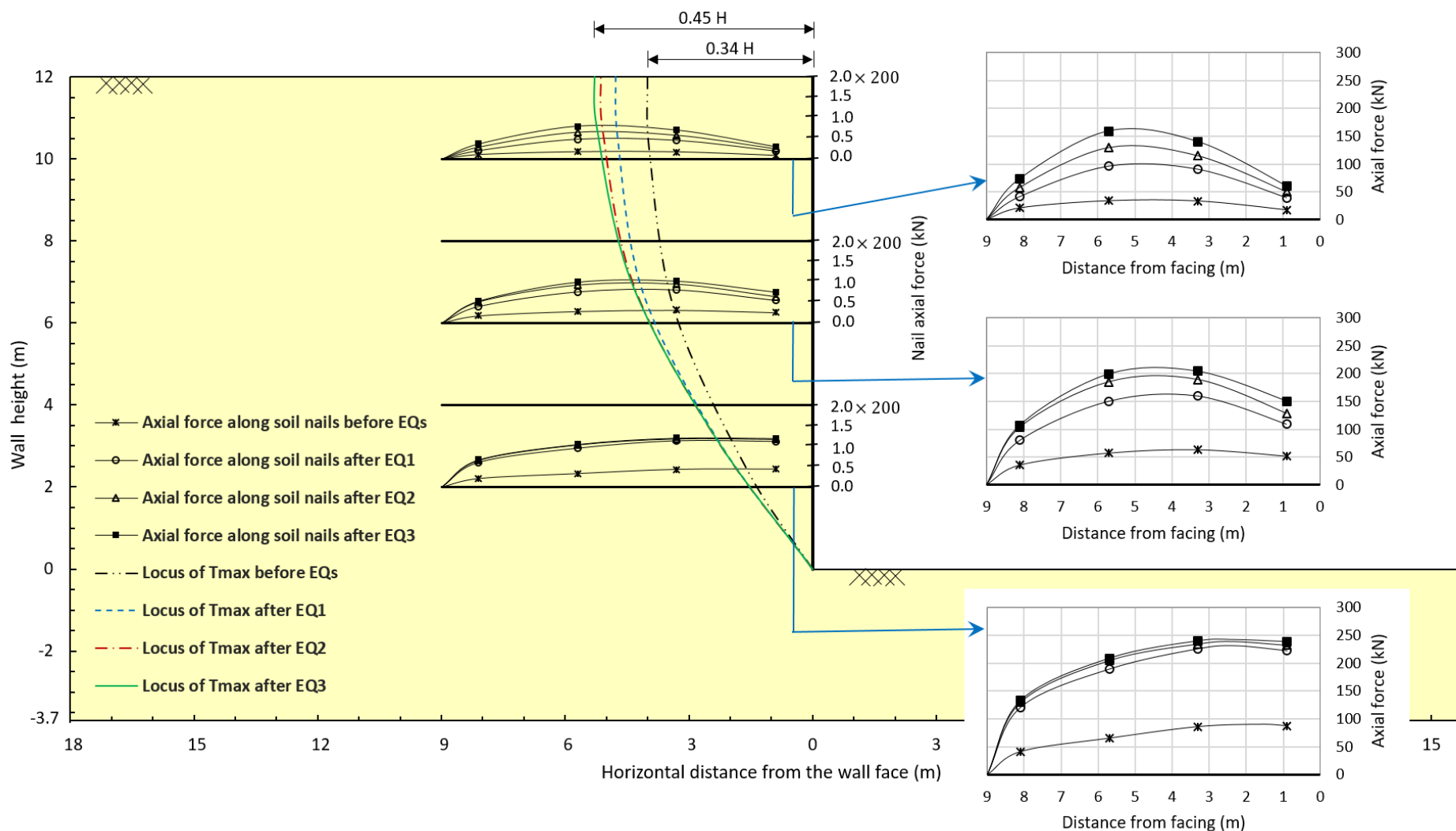


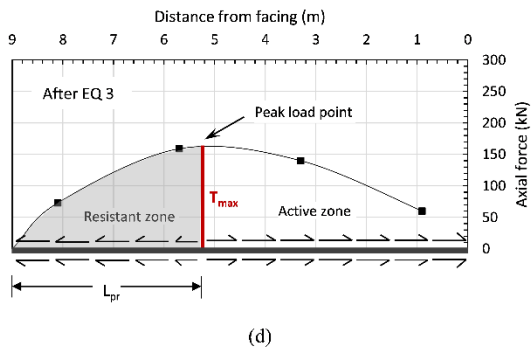
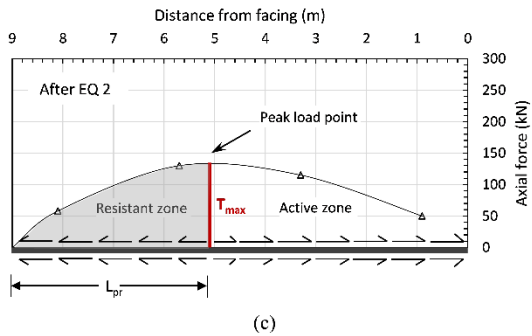
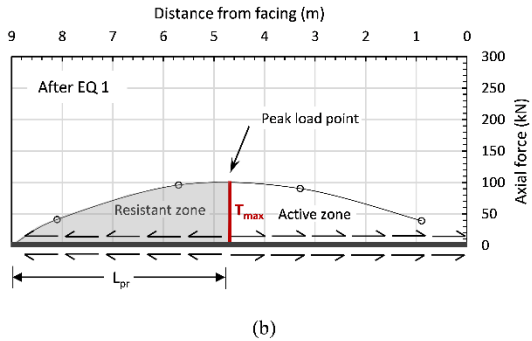
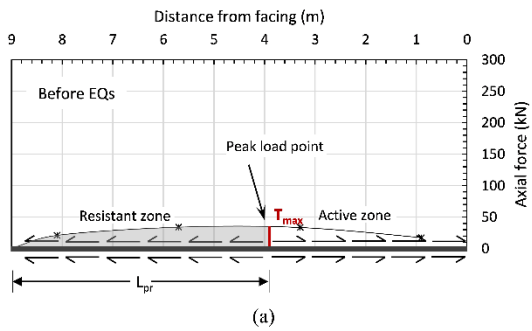
اجزای اصلی دیوار میخ دوزی شده



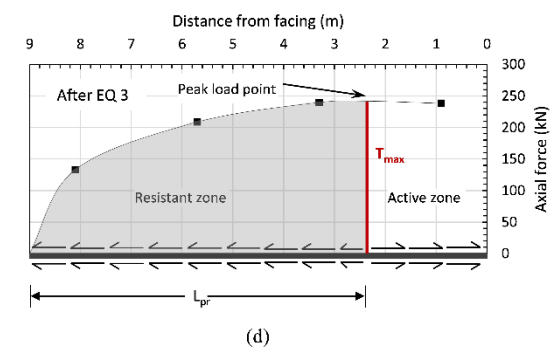
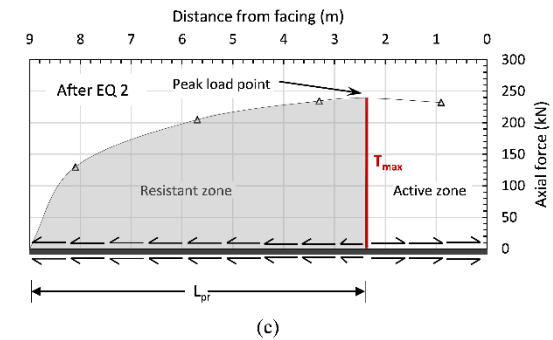
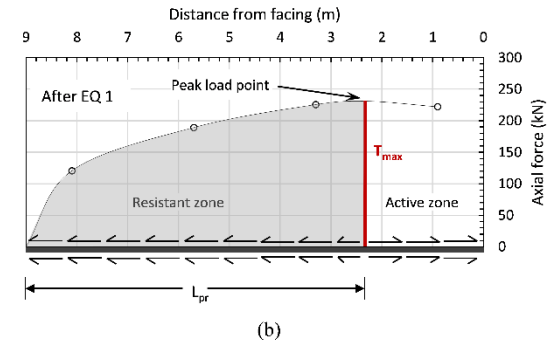
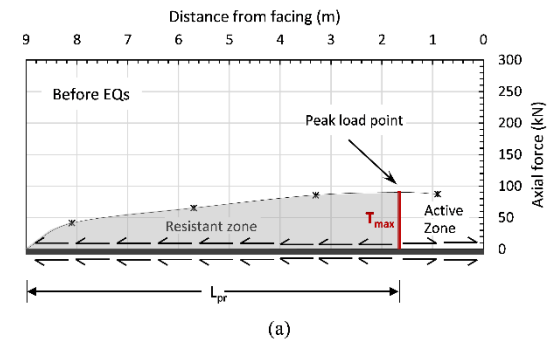


توزیع نیروی محوری در میخ خاک‌های مدل مرجع قبل و پس از حرکات لرزه ای





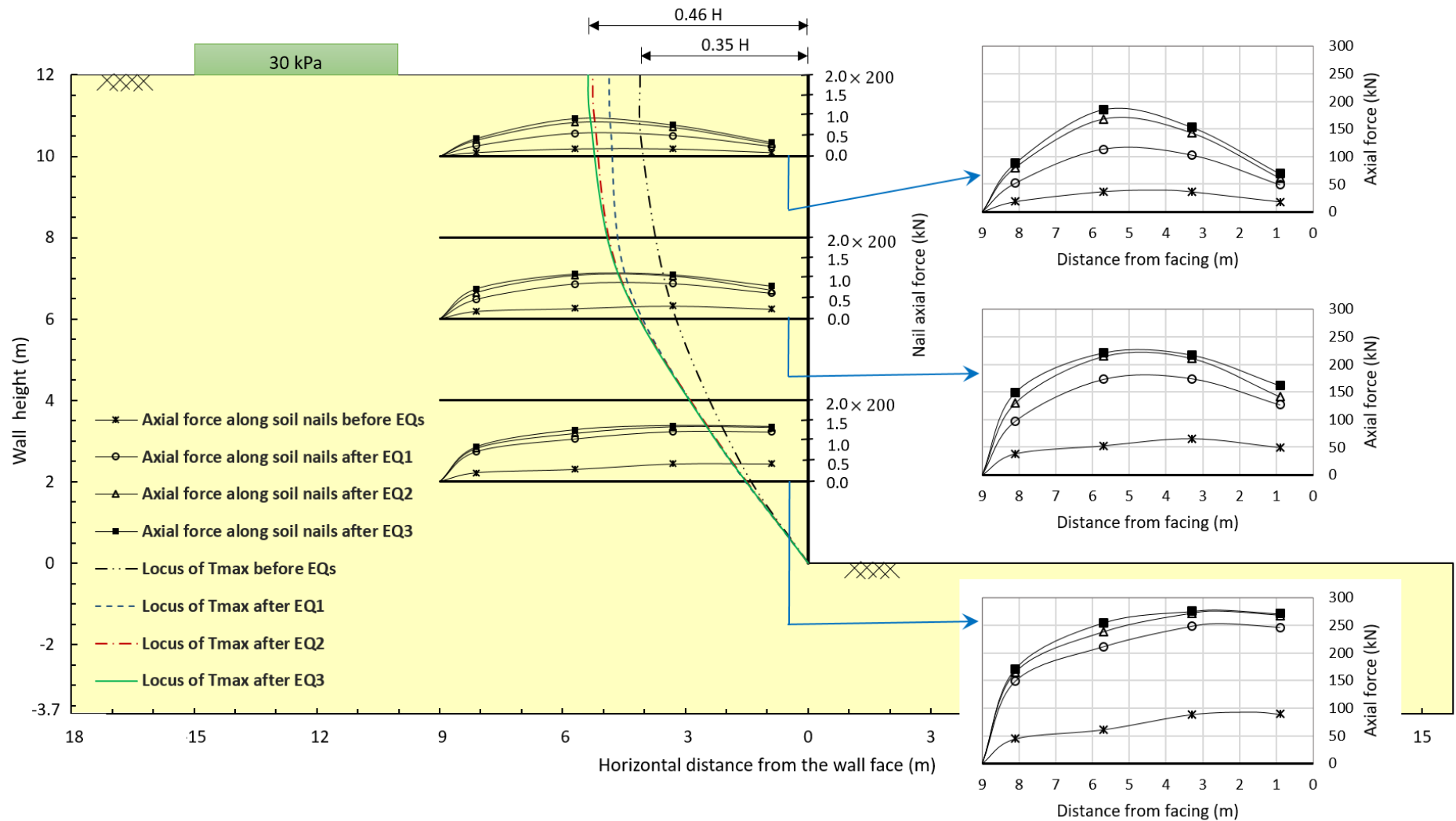
میخ
خاک
بالایی

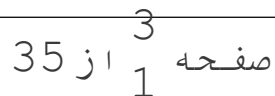
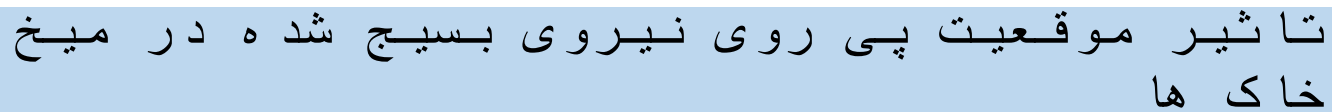


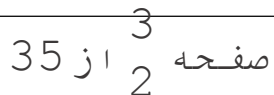
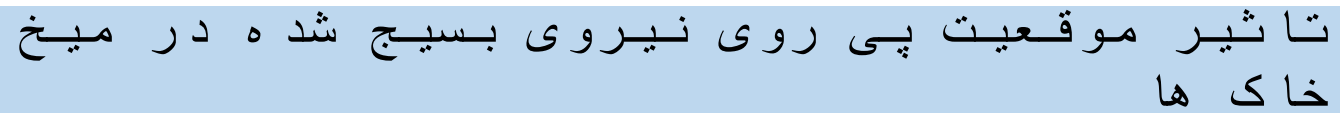
میخ
خاک
پایینی



تأثیر موقعیت پی روی نیروی بسیج شده در میخ خاک ها









✓ مشاهده روند بزرگنمایی غیرخطی شتاب در ارتفاع دیوار آشکار کرد که فرض یک ضریب زلزله ثابت در کل ارتفاع دیوار در تحلیل شبه استاتیک چندان صحیح نمی باشد.

✓ موقعیت پی سطحی در بالای دیوار میخ دوزی شده تاثیر مهمی روی جابجایی‌های لرزه ای این دیوارها دارد. در زلزله اول، یک جابجایی انتقالی معادل $0/625\%H$ برای دیوار بدون سربار ایجاد گردید که این جابجایی برای دیوار دارای سربار روی لبه دیوار و دیوار با سربار در نیمه عقبی ناحیه مسلح به ترتیب تا مقدار $0/685\%H$ و $0/65\%H$ افزایش یافت. بر خلاف انتظار دیوار با سربار در ناحیه خاکریز (پشت ناحیه مسلح) در طول زلزله اول بیشترین جابجایی را در میان مدل ها و به میزان $0/85\%H$ نشان داد.

✓ در مقایسه با مدل بدون سربار، افزایش تغییرمکان در مدل‌های دارای سربار در بالای ناحیه مسلح در طول زلزله سازگاری خوبی با کاهش ضریب زلزله ناشی از تحلیل شبه استاتیکی نشان داد.

✓ پاسخ تغییر شکل دیوار با پی در ناحیه خاکریز با نتایج تحلیل‌های شبه استاتیکی سازگاری مناسبی نداشت. این موضوع به دلیل عدم توانایی روش شبه استاتیکی در به حساب آوردن تنش‌های



✓ فارغ از از وجود سربار یا موقعیت آن در بالای دیوار، در طول زلزله مکان هندسی نیروهای حداکثر در قسمت بالای دیوار از دیوار فاصله گرفتند. بنابراین، به دلیل کاهش طول ناحیه مقاوم میخ خاک ها در طول زلزله، در طراحی لرزه ای این دیوارها نسبت به طراحی استاتیکی باید طول میلگردهای فوقانی تا حداقل 10 درصد ارتفاع دیوار افزایش یابد.

✓ مشاهدات حاصل از آزمایش های سانتریفیوژ نشان داد میخ خاک های پایینی با عملکرد مهارگونه نیروهای بزرگتری را نسبت به میخ خاک های بالاتر تحمل می کنند. از طرفی با توجه به موقعیت نیروی حداکثر در طول میخ خاک های پایینی و تامین طول کافی در پشت سطح گسیختگی، می توان نتیجه گیری کرد در طراحی این میخ خاک ها قطر میخ خاک نسبت به طول آن دارای اهمیت بیشتری می باشد.

✓ تحلیل های شبه استاتیکی که بر مبنای روش تعادل حدی توسعه یافته اند به طور کلی یک تقریب نسبتاً ساده از مساله را فراهم می کنند و نمی توانند تصویر دقیقی از میزان تغییر شکل های ناشی از زلزله، توزیع نیرو در میخ خاک ها، باز توزیع بار به دلیل پدیده های پلاستیک و غیره، ارائه دهند. به علاوه اثر صفحه به ازای 3:5

A top-down view of a spiral-bound notebook with a white cover and a silver spiral binding. The notebook is open to a blank white page. A dark red pen with gold-colored accents lies on the left page. A pair of black-rimmed glasses rests on the right page. The entire setup is on a light brown wooden surface with a visible grain. The Persian text 'با تشکر از حسن توجه شما' is printed in red on the right page.

با تشکر از حسن توجه شما