



## مهار و سیستم‌های مهاربندی شده در مهندسی ژئوتکنیک (انکراژ)

### براساس آخرین ویرایش FHWA



تألیف، ترجمه و تدوین:

علی آزادی (دانشجوی دکتری عمران ژئوتکنیک)

آرش عصمت‌خواه ایرانی (دانشجوی دکتری عمران ژئوتکنیک)

مسعود حاجی علیلوی بناب (استاد دانشگاه تبریز)



سرشناسه: آزادی، علی، ۱۳۶۳-  
 عنوان و نام پدیدآور: مهار و سیستم‌های مهاربندی شده در مهندسی ژئوتکنیک (انگراژ) / تالیف، ترجمه و تدوین علی آزادی، آرش عصمت‌خواه، مسعود حاجی‌علیلوی بناب. تهران: نوآور، ۱۳۹۸.  
 مشخصات نشر: ۲۸۴ص.  
 مشخصات ظاهری: شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۴۵۸-۶  
 وضعیت فهرست نویسی: فیپا  
 یادداشت: کتابنامه: ص. ۲۷۶ - ۲۸۴.  
 موضوع: مهاربندی (مهندسی سازه) -- (Anchorage (Structural engineering --  
 موضوع: گودبرداری -- پیش‌بینی‌های ایمنی -- Excavation -- Safety measures --  
 موضوع: خاک -- مکانیک -- Soil mechanics --  
 شناسه افزوده: عصمت‌خواه، آرش، ۱۳۶۰-  
 شناسه افزوده: حاجی‌علیلوی بناب، مسعود، ۱۳۴۹-  
 رده بندی کنگره: ۷۷۲TA  
 رده بندی دیویی: ۶۲۴/۱۵  
 شماره کتابشناسی ملی: ۵۹۱۲۴۸۹

## مهار و سیستم‌های مهاربندی شده در مهندسی ژئوتکنیک (انگراژ)

تألیف، ترجمه و تدوین: علی آزادی، آرش عصمت‌خواه ایرانی،  
 دکتر مسعود حاجی‌علیلوی بناب  
 ناشر: نوآور  
 شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه  
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۴۵۸-۶



نشر نوآور

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای  
 ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸  
 طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و  
 مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر  
 نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل  
 هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع  
 انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا  
 تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام  
 است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

لطفاً جهت دریافت الحاقات و اصلاحات احتمالی این کتاب به سایت انتشارات نوآور مراجعه فرمایید.

www.noavarpub.com

https://telegram.me/noavarpub

https://www.instagram.com/noavarpub/

# فهرست مطالب

۴۸-۳-۳ دیوارهای پیوسته ..... ۴۸  
 ۴۸-۳-۴ کاربرد مهارها ..... ۴۸  
 ۴۸-۳-۱ دیوارهای حایل بزرگراه ..... ۴۹  
 ۴۹-۳-۲ پایدارسازی شیب و زمین لغزش ..... ۴۹  
 ۴۹-۳-۳ سازه‌های دوخت به پایین ..... ۴۹

## فصل چهارم / کاوش‌های صحرائی و انجام آزمایش‌ها

۵۱-۱-۴ مقدمه ..... ۵۱  
 ۵۱-۲-۴ شناخت مقدماتی محل ..... ۵۱  
 ۵۱-۳-۴ کاوش‌های زیرسطحی ..... ۵۱  
 ۵۱-۳-۱ کلیات ..... ۵۲  
 ۵۲-۳-۲ چینه‌شناسی خاک و سنگ ..... ۵۴  
 ۵۴-۳-۳ آب‌های زیرزمینی ..... ۵۴  
 ۵۴-۴-۱ آزمون خاک و سنگ در آزمایشگاه ..... ۵۴  
 ۵۴-۴-۲ کلیات ..... ۵۴  
 ۵۴-۴-۳ طبقه‌بندی و ویژگی‌های شاخص ..... ۵۵  
 ۵۵-۴-۳ مقاومت برشی ..... ۵۵  
 ۵۵-۴-۴ تحکیم ..... ۵۶  
 ۵۶-۴-۴ معیارهای الکتروشیمیایی ..... ۵۶  
 ۵۶-۴-۵ آزمون‌های برجا برای خاک و سنگ ..... ۵۶

## فصل پنجم / اصول پایه در طراحی سیستم

مهاربندی شده ..... ۵۸  
 ۵۸-۱-۵ مفاهیم کلی در طراحی دیوارهای مهاربندی شده ..... ۶۰  
 ۶۰-۲-۵ مکانیزم گسیختگی سیستم مهاربندی شده ..... ۶۰  
 ۶۰-۲-۱ کلیات ..... ۶۰  
 ۶۰-۲-۲ مکانیزم‌های گسیختگی مهارها ..... ۶۳  
 ۶۳-۲-۳ گسیختگی شمع حایل ..... ۶۴  
 ۶۴-۲-۴ خرابی تخته کوبی (نما) ..... ۶۴  
 ۶۴-۳-۵ انتخاب مشخصه‌های مقاومت برشی خاک برای طراحی ..... ۶۴  
 ۶۴-۳-۱ کلیات ..... ۶۴  
 ۶۴-۳-۲ مقاومت برشی زهکشی شده خاک‌های دانای ..... ۶۵  
 ۶۵-۳-۳ مقاومت برشی زهکشی نشده برای خاک رس عادی تحکیم‌یافته ..... ۶۵  
 ۶۵-۳-۴ مقاومت برشی زهکشی شده در خاک رس پیش‌تحکیم‌یافته ..... ۶۶  
 ۶۶-۴-۵ فشارهای خاک ..... ۶۷  
 ۶۷-۴-۱ کلیات ..... ۶۷  
 ۶۷-۴-۲ فشار محرک و مقاوم خاک ..... ۷۲  
 ۷۲-۴-۳ فشار خاک در حالت سکون ..... ۷۲  
 ۷۲-۴-۴ تأثیر حرکت بر فشار خاک ..... ۷۲

## فصل ششم / طراحی سیستم‌های مهاربندی شده ...

۷۶-۱-۶ مقدمه ..... ۷۶  
 ۷۶-۲-۶ برآورد فشار خاک برای طراحی دیوار ..... ۷۷  
 ۷۷-۲-۱ مقدمه ..... ۷۷  
 ۷۸-۲-۲ پیشینه موضوع ..... ۷۸  
 ۷۹-۲-۳ نمودارهای فشار ظاهری خاک ترازقی و پک ..... ۷۹

## پیشگفتار

### فصل اول / کلیات

۹-۱-۱ گودبرداری ..... ۹  
 ۹-۲-۱ نشانه‌های خطرناک بودن گودها ..... ۱۰  
 ۱۱-۳-۱ اقدامات لازم جهت کاهش خطر گودبرداری‌ها ..... ۱۱  
 ۱۲-۴-۱ پایدارسازی گود در مناطق شهری ..... ۱۲  
 ۱۳-۴-۱ دیوارهای طره‌ای ..... ۱۳  
 ۱۴-۴-۱ دیوارهای طره‌ای مهاربندی شده ..... ۱۴  
 ۱۶-۴-۱ گودبرداری با شیب پایدار ..... ۱۶  
 ۱۶-۴-۳ دیوار خاک مسلح ..... ۱۶  
 ۱۷-۴-۴ سیستم خرابایی ..... ۱۷  
 ۱۸-۴-۵ سپرها ..... ۱۸  
 ۲۰-۴-۶ شمع ..... ۲۰  
 ۲۱-۴-۱ سیستم شمع و مهار ..... ۲۱  
 ۲۲-۴-۱ دیوار دیافراگمی ..... ۲۲  
 ۲۳-۴-۱ استفاده از مهار متقابل برای حفاظت از دیواره‌های گود ..... ۲۳  
 ۲۴-۴-۱ استفاده از روش میخکوبی ..... ۲۴  
 ۲۷-۴-۱ سیستم بلوک و مهار ..... ۲۷  
 ۲۹-۴-۱ سیستم شمع حایل و مهار (دیوار برلنی) ..... ۲۹

### فصل دوم / مقدمه

۳۳-۱-۲ هدف ..... ۳۳  
 ۳۳-۲-۲ عمر بهره‌برداری سیستم‌های مهار شده ..... ۳۳  
 ۳۴-۳-۲ پیشینه ..... ۳۴

### فصل سوم / مهارها و سیستم‌های مهاربندی شده ..

۳۶-۱-۳ مقدمه ..... ۳۶  
 ۳۶-۲-۳ مهارها ..... ۳۶  
 ۳۶-۲-۱ کلیات ..... ۳۸  
 ۳۸-۲-۲ انواع مهارها ..... ۳۸  
 ۳۸-۲-۲-۱ کلیات ..... ۴۰  
 ۴۰-۲-۲-۲ مهارها با تزریق ثقی ..... ۴۰  
 ۴۰-۲-۲-۳ مهار با غلاف مستقیم و تزریق تحت فشار ..... ۴۰  
 ۴۰-۲-۲-۴ مهارهای پس - تزریق ..... ۴۱  
 ۴۱-۲-۲-۳ مصالح تاندون ..... ۴۱  
 ۴۱-۳-۲-۳ تاندون‌های استرند و میلگرد فولادی ..... ۴۱  
 ۴۱-۲-۳-۲ مرکزاندازها و فاصله‌دهنده ..... ۴۱  
 ۴۱-۳-۲-۳ میلگرد با روکش اپوکسی و استرند روکش شده با اپوکسی ..... ۴۲  
 ۴۲-۳-۲-۳ انواع دیگر مهارها و مصالح تاندون ..... ۴۳  
 ۴۳-۴-۲-۳ دوغاب سیمان ..... ۴۳  
 ۴۳-۳-۲-۳ دیوارهای مهاربندی شده ..... ۴۳  
 ۴۳-۱-۳ کلیات ..... ۴۴  
 ۴۴-۲-۳-۳ شمع حایل و پوشش نما ..... ۴۴  
 ۴۴-۲-۳-۱ کلیات ..... ۴۴  
 ۴۴-۲-۳-۲ شمع حایل ..... ۴۷  
 ۴۷-۳-۲-۳ تخته کوبی ..... ۴۷  
 ۴۷-۴-۲-۳ مراحل ساخت ..... ۴۷

۱۲۹-۷-۶	۵- مقایسه روش‌های ارزیابی بار مورد نیاز در خاک‌های همگن	۸۰-۲-۶	۴- نمودار پوش فشار ظاهری خاک پیشنهادی برای ماسه ..
۱۳۱-۶-۸	۸- پایداری توده خاک .....	۸۱-۲-۶	۵- نمودار فشار ظاهری خاک پیشنهادی برای رس سفت تا سخت درزه‌دار .....
۱۳۱-۸-۱	۱- مقدمه .....	۸۶-۲-۶	۶- نمودار توصیه‌شده فشار خاک رس نرم تا متوسط .....
۱۳۲-۸-۲	۲- پایداری کف .....	۸۸-۲-۶	۷- نمودارهای بارگذاری برای پروفیل‌های خاک لایه‌ای ..
۱۳۲-۸-۲	۱- کلیات .....	۸۹-۲-۶	۸- روش تحلیل گوه لغزشی .....
۱۳۶-۸-۲	۲- ارزیابی پتانسیل برآمدگی بستر در خاک رس نرم تا متوسط .....	۹۰-۲-۶	۹- فشار آب .....
۱۳۴-۸-۳	۳- پایداری بیرونی .....	۹۲-۲-۶	۱۰- فشارهای خاک در اثر بارهای سطحی .....
۱۳۴-۸-۳	۱- مقدمه .....	۹۲-۲-۱۰	۱- سربار یکنواخت .....
۱۳۵-۸-۳	۲- بررسی پایداری بیرونی به روش تعادل حدی ..	۹۲-۲-۱۰	۲- بارهای نقطه‌ای، بارهای خطی، و بارهای نواری ..
۱۳۵-۶-۹	۹- طراحی دوخت به پایین .....	۹۲-۳-۶	۳- طراحی مهار .....
۱۳۵-۹-۱	۱- مقدمه .....	۹۲-۳-۶	۱- مقدمه .....
۱۳۶-۹-۲	۲- ظرفیت برخواست مهارهای دوخت به پایین در سنگ ..	۹۳-۳-۶	۲- موقعیت سطح محتمل گسیختگی بحرانی .....
۱۳۷-۹-۳	۳- ظرفیت مهارهای دوخت به پایین در خاک .....	۹۳-۳-۶	۳- محاسبه بار مهار از نمودارهای فشار ظاهری خاک ..
۱۳۶-۹-۴	۴- طراحی مهار دوخت به پایین برای مقاومت برابر نیروی برخواست هیدرواستاتیک .....	۹۵-۳-۶	۴- طراحی طول آزاد .....
۱۳۹-۶-۱۰	۱۰- طراحی لرزه‌ای .....	۹۶-۳-۶	۵- مهارهای فشاری .....
۱۳۹-۱۰-۱	۱- مقدمه .....	۹۷-۳-۶	۶- طراحی طول درگیر مهار .....
۱۴۰-۱۰-۲	۲- پایداری داخلی بر اساس نظریه شبه‌استاتیک ..	۱۰۴-۳-۶	۷- الزامات فاصله‌بندی در مهارها .....
۱۴۰-۱۰-۲	۱- فشار جانبی خاک .....	۱۰۵-۳-۶	۸- انتخاب المان فولاد پیش‌تنیده .....
۱۴۲-۱۰-۲	۲- ملاحظات طراحی دیوار .....	۱۰۷-۴-۶	۴- طراحی دیوار براساس فشارهای جانبی .....
۱۴۳-۱۰-۳	۳- روانگرایی .....	۱۰۷-۴-۶	۱- طراحی شمع نگهبان و سپرها .....
۱۴۳-۱۰-۳	۳- پایداری خارجی .....	۱۱۰-۴-۶	۲- طراحی تخته‌کوبی برای حفاظت موقت .....
۱۴۳-۱۰-۳	۱- تحلیل شبه‌استاتیک .....	۱۱۲-۴-۶	۳- طراحی پشت‌بند افقی و نمای دائمی .....
۱۴۴-۱۰-۳	۲- تحلیل تغییر شکل لرزه‌ای .....	۱۱۳-۵-۶	۵- ظرفیت جانبی بخش مدفون دیوار .....
۱۴۵-۱۱-۱	۱۱- سایر مسائل طراحی .....	۱۱۳-۵-۶	۱- کلیات .....
۱۴۵-۱۱-۱	۱- حرکت دیوار و زمین .....	۱۱۴-۵-۶	۲- برآورد فشار مقاوم نهایی .....
۱۴۶-۱۱-۲	۲- سیستم‌های زهکشی برای دیوارها و شیب‌های مهاربندی‌شده .....	۱۱۴-۵-۶	۱- شمع نگهبان و تخته‌کوبی .....
۱۴۷-۱۱-۳	۳- متعلقات سیستم دیوار .....	۱۱۵-۵-۶	۲- دیوارهای پیوسته .....
۱۴۸-۱۱-۴	۴- مقاومت در برابر بار آزمون بالاترین ردیف مهار ..	۱۱۵-۵-۶	۳- عمق نفوذ زیر گودبرداری .....
۱۴۸-۱۱-۵	۵- دیوارهای مهاربندی‌شده برای کاربرد خاکریز ..	۱۱۶-۵-۶	۴- مقایسه روش وانگ - ریس و برومز در خاک‌های مناسب ..
		۱۱۷-۶-۶	۶- ظرفیت محوری دیوار .....
		۱۱۷-۶-۶	۱- مقدمه .....
		۱۱۷-۶-۶	۲- برآورد بار محوری .....
		۱۱۹-۶-۶	۳- طراحی ظرفیت محوری برای شمع‌های نگهبان کوبشی ..
		۱۱۹-۶-۶	۱- کلیات .....
		۱۱۹-۶-۶	۲- تحلیل تنش مؤثر برای شمع‌های کوبشی .....
		۱۲۰-۶-۶	۳- تحلیل تنش کل برای شمع کوبشی در خاک رس ..
		۱۲۱-۶-۶	۴- طراحی ظرفیت محوری برای شمع‌های حفاری‌شده ..
		۱۲۱-۶-۶	۱- کلیات .....
		۱۲۱-۶-۶	۲- خاک غیرچسبنده .....
		۱۲۲-۶-۶	۳- خاک‌های چسبنده .....
		۱۲۲-۶-۶	۴- ملاحظات طراحی در بتن‌ریزی داخل گمانه حفاری‌شده شمع‌ها .....
		۱۲۳-۶-۶	۷- شیب‌های مهاربندی‌شده و تثبیت زمین لغزش .....
		۱۲۴-۶-۷	۱- کلیات .....
		۱۲۴-۶-۷	۲- مفاهیم طراحی .....
		۱۲۵-۶-۷	۳- محاسبات تعادل حدی .....
		۱۲۵-۶-۷	۱- رویکرد کلی .....
		۱۲۷-۶-۷	۲- روش تحلیل ۱ .....
		۱۲۸-۶-۷	۳- روش تحلیل ۲ .....
		۱۲۹-۶-۷	۴- مدل‌سازی مقاومت جانبی دیوار در تحلیل تعادل حدی ..

**فصل هفتم / ملاحظات خوردگی در طراحی .....**

۱۵۰-۷-۱	۱- مقدمه .....
۱۵۰-۷-۲	۲- خوردگی و اثرات آن بر مهارها .....
۱۵۰-۷-۲	۱- مکانیزم خوردگی فلزی .....
۱۵۱-۷-۲	۲- انواع خوردگی برای فولاد پیش‌تنیده .....
۱۵۲-۷-۳	۳- حفاظت خوردگی مهار .....
۱۵۲-۷-۳	۱- الزامات سیستم‌های حفاظت در برابر خوردگی ..
۱۵۳-۷-۳	۲- طراحی سیستم‌های حفاظت در برابر خوردگی ..
۱۵۳-۷-۳	۱- کلیات .....
۱۵۷-۷-۳	۲- حفاظت مهاری .....
۱۵۸-۷-۳	۳- حفاظت طول آزاد تاندون .....
۱۵۹-۷-۳	۴- حفاظت از طول درگیر تاندون .....
۱۵۹-۷-۳	۵- حفاظت در مقابل جریان‌های پراکنده .....
۱۵۹-۷-۳	۶- حفاظت خوردگی مهار برای سازه تحت فشار برخواست هیدرواستاتیک .....
۱۶۰-۷-۴	۴- انتخاب سطح حفاظت در برابر خوردگی .....
۱۶۰-۷-۴	۱- کلیات .....
۱۶۰-۷-۴	۲- عمر بهره‌برداری سازه مهاربندی‌شده .....

۱۸۴-۳-۲-۲ طراحی مقاطع تیپ و نمونه قبل از مناقصه.....۱۸۴  
 ۱۸۴-۳-۲-۳ طراحی دیوار پس از مناقصه.....۱۸۴  
 ۱۸۴-۳-۳-۳ اسناد قرارداد برای روش اجرایی.....۱۸۴  
 ۱۸۶-۳-۳-۴ بررسی و تصویب.....۱۸۶  
 ۱۸۶-۳-۴-۴ روش طرح و ساخت پیمانکاری.....۱۸۶  
 ۱۸۶-۳-۵-۵ پیشنهادات.....۱۸۶

**فصل دهم / بازدید از سازه و نظارت بر اجرا.....۱۸۷**

۱۸۷-۱-۱ مقدمه.....۱۸۷  
 ۱۸۷-۲-۱ نقش نظارت تحت روش‌های قراردادی معین.....۱۸۷  
 ۱۸۸-۳-۱ تدارکات قبل از پروژه.....۱۸۸  
 ۱۸۸-۴-۱ نظارت بر مصالح ساخت.....۱۸۸  
 ۱۸۸-۱-۴-۱ مقدمه.....۱۸۸  
 ۱۸۹-۲-۴-۱ بازدید از مصالح دیوار.....۱۸۹  
 ۱۸۹-۳-۴-۱ بازدید از مصالح مهار.....۱۸۹  
 ۱۹۰-۴-۴-۱ انبار کردن و جابه‌جایی مصالح ساخت.....۱۹۰  
 ۱۹۰-۵-۴-۱ بازدید از عملیات ساخت.....۱۹۰  
 ۱۹۰-۱-۵-۱ کنترل آب سطحی.....۱۹۰  
 ۱۹۱-۲-۵-۱ نصب المان‌های عمودی دیوار.....۱۹۱  
 ۱۹۱-۱-۲-۵-۱ شمع حایل در گمانه حفاری شده.....۱۹۱  
 ۱۹۱-۲-۲-۵-۱ شمع‌های حایل کوبشی.....۱۹۱  
 ۱۹۲-۳-۲-۵-۱ سپرها.....۱۹۲  
 ۱۹۲-۳-۵-۱ گودبرداری.....۱۹۲  
 ۱۹۲-۴-۵-۱ ساخت مهار.....۱۹۲  
 ۱۹۲-۱-۴-۵-۱ مقدمه.....۱۹۲  
 ۱۹۳-۲-۴-۵-۱ چال‌زنی یا گمانه‌زنی.....۱۹۳  
 ۱۹۴-۳-۴-۵-۱ جاسازی تاندون.....۱۹۴  
 ۱۹۴-۴-۴-۵-۱ تزریق مهار.....۱۹۴  
 ۱۹۵-۵-۴-۵-۱ نصب مهار.....۱۹۵  
 ۱۹۶-۵-۵-۵-۱ نصب عنصر فرعی دیوار.....۱۹۶  
 ۱۹۶-۱-۵-۵-۵-۱ نصب الوار.....۱۹۶  
 ۱۹۶-۲-۵-۵-۵-۱ نصب سیستم زهکشی دیوار.....۱۹۶  
 ۱۹۷-۳-۵-۵-۵-۱ زهکش‌های افقی.....۱۹۷  
 ۱۹۷-۴-۵-۵-۵-۱ نصب نمای دایمی.....۱۹۷  
 ۱۹۸-۶-۵-۵-۵-۱ رفتارسنجی کوتاه‌مدت و بلندمدت.....۱۹۸  
 ۱۹۸-۱-۶-۵-۵-۵-۱ رفتارسنجی با استفاده از آزمون بار مهار.....۱۹۸  
 ۱۹۸-۲-۶-۵-۵-۵-۱ رفتارسنجی کوتاه‌مدت بر عملکرد دیوار.....۱۹۸  
 ۱۹۹-۳-۶-۵-۵-۵-۱ رفتارسنجی بلندمدت.....۱۹۹

**فصل یازدهم / نکاتی مربوط به گودبرداری بر طبق مباحث هفتم و دوازدهم مقررات ملی ساختمان.....۲۰۰**

پیوست الف-۱ / مثال طراحی ۱ - گودبرداری محافظت‌شده با دیوار مهاربندی‌شده.....۲۰۵  
 پیوست الف-۲ / مثال طراحی ۲ - دیوار مهاربندی‌شده برای محافظت شیب.....۲۱۷  
 پیوست ب / معادلات WANG-REESE.....۲۲۹  
 پیوست پ / مثال محاسبات گشتاور خمشی در خاک‌های چسبنده ضعیف.....۲۳۶  
 پیوست ت / مثال‌های طراحی.....۲۳۸  
 منابع و مأخذ.....۲۷۶  
 فهرست کتابشناسی.....۲۸۲

۱۶۱-۳-۴-۷ خوردگی محیط خاک.....۱۶۱  
 ۱۶۱-۴-۴-۷ پیامدهای گسیختگی سیستم مهاربندی‌شده.....۱۶۱  
 ۱۶۱-۵-۴-۷ هزینهٔ محافظت در سطح بالاتر.....۱۶۱  
 ۱۶۲-۵-۷ خوردگی سازه‌های فلزی، دوغاب سیمان و بتن.....۱۶۲  
 ۱۶۲-۵-۷ خوردگی و حفاظت از شمع حایل و سپرهای فولادی.....۱۶۲  
 ۱۶۲-۵-۷ تخریب و حفاظت از دوغاب سیمان و بتن.....۱۶۲

**فصل هشتم / آزمون بار و انتقال بار به سیستم مهاربندی‌شده.....۱۶۳**

۱۶۳-۱-۸ مقدمه.....۱۶۳  
 ۱۶۳-۲-۸ مفاهیم برای رفتارسنجی ظرفیت ناحیه درگیر مهار.....۱۶۳  
 ۱۶۵-۳-۸ تجهیزات آزمون بار و اعمال تنش.....۱۶۵  
 ۱۶۵-۱-۳-۸ کلیات.....۱۶۵  
 ۱۶۷-۲-۳-۸ تجهیزات مورد استفاده در آزمون بار.....۱۶۷  
 ۱۶۷-۱-۲-۳-۸ جک و پمپ هیدرولیک.....۱۶۷  
 ۱۶۷-۲-۲-۳-۸ ناحیه اعمال تنش مهاری.....۱۶۷  
 ۱۶۷-۳-۲-۳-۸ فشارسنج و نیروسنج.....۱۶۷  
 ۱۶۸-۴-۲-۳-۸ گنچ مدرج برای اندازه‌گیری جابه‌جایی.....۱۶۸  
 ۱۶۸-۵-۲-۳-۸ پایه جک.....۱۶۸  
 ۱۶۸-۴-۲-۳-۸ آزمون بار مهار.....۱۶۸  
 ۱۶۸-۱-۴-۸ مقدمه.....۱۶۸  
 ۱۶۹-۲-۴-۸ آزمون عملکرد.....۱۶۹  
 ۱۶۹-۱-۲-۴-۸ کلیات.....۱۶۹  
 ۱۶۹-۲-۲-۴-۸ روش‌های آزمون عملکرد.....۱۶۹  
 ۱۷۱-۳-۲-۴-۸ ثبت داده‌های آزمون عملکرد.....۱۷۱  
 ۱۷۲-۴-۲-۴-۸ تحلیل داده‌های آزمون عملکرد.....۱۷۲  
 ۱۷۲-۳-۴-۸ آزمون تایید عملکرد.....۱۷۲  
 ۱۷۲-۱-۳-۴-۸ کلیات.....۱۷۲  
 ۱۷۲-۲-۲-۴-۸ روش آزمون تایید عملکرد و ثبت و تحلیل داده‌ها.....۱۷۲  
 ۱۷۳-۴-۴-۸ آزمون خزش بلندمدت.....۱۷۳  
 ۱۷۳-۱-۴-۴-۸ کلیات.....۱۷۳  
 ۱۷۳-۲-۴-۴-۸ روش آزمون خزش بلندمدت.....۱۷۳  
 ۱۷۴-۳-۴-۴-۸ ثبت و تحلیل داده‌های آزمون خزش بلندمدت.....۱۷۴  
 ۱۷۴-۵-۴-۴-۸ معیارهای پذیرش.....۱۷۴  
 ۱۷۴-۱-۵-۴-۸ کلیات.....۱۷۴  
 ۱۷۵-۲-۵-۴-۸ خزش.....۱۷۵  
 ۱۷۵-۳-۵-۴-۸ طول آزاد ظاهری.....۱۷۵  
 ۱۷۶-۴-۵-۴-۸ نمودار درختی تصمیم‌گیری پذیرش مهار.....۱۷۶  
 ۱۷۸-۵-۵-۴-۸ اصلاح طراحی یا روش‌های نصب.....۱۷۸  
 ۱۷۸-۵-۵-۴-۸ بار قفل‌شدگی مهار.....۱۷۸  
 ۱۷۹-۶-۵-۴-۸ آزمایش برآورد نیروی مهار (Lift-off).....۱۷۹

**فصل نهم / روش‌های قراردادنویسی.....۱۸۰**

۱۸۰-۱-۹ مقدمه.....۱۸۰  
 ۱۸۱-۲-۹ روش قراردادنویسی آیین‌نامه‌ای.....۱۸۱  
 ۱۸۱-۱-۲-۹ مقدمه.....۱۸۱  
 ۱۸۲-۲-۲-۹ اسناد قرارداد برای روش آیین‌نامه‌ای.....۱۸۲  
 ۱۸۳-۳-۲-۹ روش قراردادنویسی اجرایی.....۱۸۳  
 ۱۸۳-۱-۳-۹ مقدمه.....۱۸۳  
 ۱۸۳-۲-۳-۹ پیاده‌سازی روش قراردادنویسی اجرایی.....۱۸۳  
 ۱۸۳-۱-۲-۳-۹ طراحی دیوار قبل از مناقصه.....۱۸۳

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرماً از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



نشر نوآور

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

[info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com)

در سال‌های اخیر افزایش تقاضا برای مسکن و دفاتر اداری و فروشگاه‌های تجاری در مناطق شهری منجر به افزایش ساخت و ساز و احداث ساختمان‌های بلندمرتبه گردیده است. در بسیاری از پروژه‌ها به علت محدودیت ابعاد زمین در داخل شهر لازم است که زمین به صورتی خاکبرداری شود که جداره‌های آن به صورت قائم و یا نزدیک به قائم باشد و غالباً امکان رعایت شیب پایدار دیواره‌های گود وجود ندارد بنابراین این گودبرداری‌ها با مشکل پایداری دیواره‌ها در طول مراحل خاکبرداری مواجه می‌شوند، به منظور جلوگیری از ریزش ترانشه‌های خاکی و همچنین ایجاد سازه‌های پایدار جهت نگهداری گودبرداری‌ها سازه‌هایی موقت و یا در مواردی دائم اجرا می‌گردند که به این تمهیدات سازه‌ای، سازه‌های نگهبان گفته می‌شود. عدم رعایت اصول علمی و فنی در طراحی و اجرای گودبرداری‌ها منجر به فرو ریختن دیواره‌های گود، ایجاد خسارت به سازه‌های مجاور، تخریب تأسیسات شهری، خسارت به معابر شهری و تلفات جانی و مالی غیرقابل جبران شده است. این نکته حائز اهمیت است که در طراحی سازه‌های نگهبان بایستی اصول صحیح طراحی و اجرا مورد توجه قرار گیرد. در بسیاری از موارد، دیواره گود به صورت موقت پایدار می‌باشد. با تغییر خصوصیات خاک پس از گودبرداری دیواره آماده ریزش می‌شود که در صورت عدم در نظر گرفتن تمهیدات مناسب برای سازه نگهبان، این گود ریزش می‌نماید. واضح است که جلوگیری از این مشکلات و مقاوم‌سازی سازه‌های دیواره‌های گود از وظایف مهندسان و مجریان امور ساختمانی می‌باشد و لازم است دست‌اندرکاران امور ساختمانی در جهت اصلاح این امر کوشا باشند.

با توجه به شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی محل (نوع خاک، لایه‌بندی، سطح آب زیرزمینی و غیره) که می‌تواند هم در سطح و هم در عمق پیچیده و متغیر باشد، لزوم مطالعات دقیق ژئوتکنیکی توسط افراد متخصص و ذیصلاح حائز اهمیت فراوانی خواهد بود. به‌علاوه استفاده از روش‌های درست و دقیق محاسباتی و همچنین استفاده از آیین‌نامه‌های بروز مربوط به بخش‌های مختلف طراحی برای اجرای یک گود ایمن ضروری می‌باشد. هدف از تألیف این کتاب فراهم نمودن یک مجموعه از مطالب کاربردی در طراحی سیستم‌های گودبرداری با استفاده از مهار می‌باشد.

این کتاب در ۱۱ فصل و در ۵ پیوست به نگارش در آمده است. در فصل اول روش‌های مختلف گودبرداری و حفاظت از گود به طور مختصر بیان شده و در فصل‌های بعدی با توجه به بخش ۴ آئین‌نامه FHWA با عنوان GROUND ANCHORS AND ANCHORED SYSTEMS به‌طور مبسوط مهارها به‌عنوان یکی از گزینه‌های (پایدارسازی) گود در طرح‌های عملی مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در فصل یازدهم اصول و مبنای ایمنی و تمهیدات مربوط به گودبرداری با توجه به مبحث ۷ و ۱۲ مقررات ملی بیان شده است. پیوست‌های یک و دو شامل مثال‌های طراحی بوده و پیوست سه به معادلات WANG-REESE اختصاص داده شده است. و در انتها در پیوست چهار مدل و مثال عددی مربوط به دو پروژه که توسط نرم‌افزارهای Plaxis و GeoStudio مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته‌اند شرح داده شده است. با توجه به اینکه مطالب این کتاب قطعاً خالی از نقص نیست لذا این مؤلفین از اساتید، مهندسان و صاحب‌نظران صنعت ساختمان خواهشمند است با نظرات و پیشنهادات ارزنده خود، ما را در غنی‌سازی هرچه بیشتر این کتاب یاری رسانند.

گروه مولفان

Noavar33@yahoo.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سائیتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، آفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

**خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،**

**از نظر قانونی غیرمجاز، و شرعاً نیز حرام است.**

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۰۲-۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۲۱-۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس [info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com) و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com) به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.



#### ۱ - ۱ گودبرداری

در بسیاری از پروژه‌های ساختمانی لازم است که زمین به صورتی خاکبرداری شود که جداره‌های آن قائم یا نزدیک به قائم باشد. این کار ممکن است به منظور احداث زیرزمین، کانال، منبع آب و ... صورت گیرد. فشار جانبی وارد بر این جداره‌ها ناشی از رانش خاک بر اثر وزن خود آن و نیز سربارهای احتمالی روی خاک کنار گود می‌باشد. به منظور جلوگیری از ریزش ترانشه و تبعات منفی احتمالی ناشی از این خاکبرداری، سازه‌های موقت و در صورت نیاز دائمی را برای مهار ترانشه اجرا می‌کنند که به آن پایدارسازی گویند.

اهداف اصلی ایمن‌سازی جداره‌های گود با استفاده از پایدارسازی عبارتند از:

- ❖ ایجاد یک اختلاف ارتفاع و انتقال فشار جانبی خاک به‌سازه نگهبان (در سازه‌های دائم)،
  - ❖ حفظ جان انسان‌های خارج و داخل گود،
  - ❖ حفظ اموال خارج و داخل گود و نیز فراهم آوردن شرایط امن و مطمئن برای اجرای کار.
  - ❖ جلوگیری از آسیب‌دیدگی تأسیسات شهری در اثر گودبرداری یا ریزش گود
- موضوع گودبرداری و طراحی و اجرای پایدارسازی در مهندسی عمران دارای گستره وسیعی است و نیاز به بررسی‌ها و مطالعات و ملاحظات ژئوتکنیکی، سازه‌ای، مواد و مصالح، تکنولوژیکی، اجرایی، اقتصادی و اجتماعی دارد. در نتیجه می‌توان گفت که انتخاب روش مناسب بستگی به جمیع شرایط تأثیرگذار دارد و می‌تواند در شرایط مختلف، به صورت‌های گوناگونی باشد. از سوی دیگر، تئوری‌ها و روش‌های اجرایی گودبرداری و سازه‌های نگهبان، هم مبتنی بر اصول تئوریک و هم متأثر از ملاحظات اجرایی و تجربی، به‌صورت توأم می‌باشد.

روش‌های مختلف ایمنی و پایدارسازی از لحاظ موارد زیر بایستی مورد بررسی قرار گیرند:

- ❖ از لحاظ گسیختگی گود (دیدگاه پایداری)
  - ❖ از لحاظ نشست زمین اطراف گود (دیدگاه تغییرشکل)
- چنانچه حفاری در خارج از شهر صورت گیرد به‌طوری‌که اطراف آن تأسیساتی وجود نداشته باشد، دیدگاه دوم مطرح نمی‌شود و برای تأمین امنیت در کارگاه مسئله گسیختگی و ناپایداری دیواره گود مطرح است و در حقیقت مسئله اصلی به دست آوردن ضریب اطمینان شیروانی یا دیواره گود می‌باشد. در صورتی که گودبرداری در شهر انجام شود و به‌خصوص ساختمان‌های مسکونی با درجه اهمیت بالا در نزدیکی آن قرار گرفته باشند، نه‌تنها گود باید با ضریب اطمینان کافی پایدار باشد بلکه باید تغییرمکان‌های سطح زمین و زیر پی ساختمان‌های مجاور به‌گونه‌ای کنترل شود تا شرایط بهره‌برداری از آنها حین عملیات و پس از آن برقرار باشد.

## ۱ - ۲ نشانه‌های خطرناک بودن گودها

موارد زیر علامت خطرناک بودن گودها بوده و بررسی‌ها و احتیاط‌های همه‌جانبه بیشتری را ضروری می‌کنند:

### الف - ضعیف و یا حساس بودن ساختمان مجاور

از دیدگاه کنترل تغییرشکل، وقتی گودبرداری در مجاورت ساختمان و یا خیابان اصلی انجام می‌شود، سطح زمین مجاور گود تغییرمکان می‌دهد و ساختمان همسایه و یا خیابان مجاور دچار نشست می‌شود نشست قائم که به صورت نشست کل و نشست غیریکنواخت بروز می‌کند، می‌تواند خرابی ساختمان را در پی داشته باشد. مواردی نظیر عدم وجود اسکلت، ضعیف بودن ملات دیوارها و علائم ضعف اجرایی ساختمان، وجود ترک و شکستگی یا نشست و شکم‌دادگی دیوارها، از این جمله‌اند. وجود دیوار مشترک بین ساختمان مورد نظر برای تخریب و ساختمان مجاور آن نیز غالباً می‌تواند منبع ایجاد مشکل باشد. در پاره‌ای موارد ساختمان مجاور دارای ارزش تاریخی و فرهنگی بوده و هر گونه نشست می‌تواند باعث خسارات جبران‌ناپذیر به آن شود. در بعضی موارد دیوار مجاور به ساختمان مورد نظر برای تخریب، تکیه داده است و با انجام تخریب ممکن است بدون هرگونه خاکبرداری ساختمان مجاور ریزش کند.

### ب - ضعیف بودن خاک

معمولاً هر چه خاک محل ضعیف‌تر باشد خطر بیشتری برای ریزش گود و تخریب ساختمان‌های مجاور وجود دارد. خاک‌های دستی بارزترین نمونه خاک‌های ضعیف هستند. امکان زیادی وجود دارد که سازنده ساختمانی که در مجاورت زمین محل احداث پروژه قرار دارد، در زمان ساخت، خاک ضعیف را جابه‌جا نکرده و پی ساختمان را بر روی همان خاک سست قرار داده باشد. در این صورت ساختمان مجاور تا هنگامی که گودی در کنار آن ایجاد نشده استوار است اما به محض اینکه با گودبرداری ولو کم‌عمق اطراف آن خالی شد، خاک ضعیف موجود در زیر پی آن ریزش کرده و باعث خرابی ساختمان مجاور خواهد شد.

### ج - عمیق بودن گود

معمولاً هرچه عمق گود بیشتر شود خطر بیشتری کارکنان و ساختمان‌های مجاور را تهدید می‌کند. باید توجه شود که با افزایش عمق گود، خطر ریزش آن به مراتب افزایش می‌یابد، لذا گودبرداری غیرفنی بسیار خطرناک بوده و خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را در پی دارد.

### د - زمان بازماندن گود

معمولاً با افزایش زمان بازماندن گود حتی اگر بارندگی یا تغییرات جوی مطرح نباشد خطر ریزش گود بیشتر می‌شود، اما افزایش زمان بازماندن گود به ویژه در فصل‌های بارندگی و رطوبت (زمستان و بهار)، با وقوع بارش‌هایی گاه سنگین و سیل‌آسا همراه است که با اشباع خاک و یا جاری شدن آب‌های سطحی خطر ریزش گود را به مراتب افزایش می‌دهد. به طوری که بسیاری از ریزش‌های گود در گذشته به فاصله چند ساعت تا چند روز بعد از شروع بارندگی روی داده است.

## و - آب‌های سطحی و زیرسطحی

بالا بودن سطح عمومی آب‌های زیرزمینی در منطقه معمولاً عملیات زهکشی جهت پایین انداختن سطح آب زیرزمینی را ضروری می‌سازد. معمولاً وجود سطح آب زیرزمینی بالا خطر ریزش گود را افزایش می‌دهد به ویژه بعد از چند روز از انجام عملیات گودبرداری و رسیدن سطح آب زیرزمینی به تعادل. همچنین وجود جریان‌های آب زیرزمینی از طرفی نظیر نهرهای مدفون یا قنات‌ها می‌تواند در افزایش خطر ریزش گود بسیار مؤثر باشد. جریان‌های آب‌های سطحی نیز از عواملی هستند که می‌توانند باعث فرسایش خاک گود و اشباع شدن آن شده و به افزایش خطر ریزش گود کمک کنند. دور نگه‌داشتن جریان آب‌های سطحی موجود یا محتمل (مثلاً در اثر بارندگی) از مهم‌ترین و اصلی‌ترین قدم‌های اولیه حفاظت گود است.

### ۱ - ۳ اقدامات لازم جهت کاهش خطر گودبرداری‌ها

- ❖ لازم است بررسی‌های ژئوتکنیکی از طریق شرکت‌های معتبر و به صورت کامل و دقیق انجام گردد.
  - ❖ طرح گودبرداری و حفاظت گود با استفاده از اطلاعات گزارش مکانیک خاک و با دقت زیاد انجام شود.
  - ❖ برررسی دقیق ساختمان‌ها و تأسیسات مجاور گود و در صورت نیاز اقدامات حفاظتی برای آنها ضروری است.
  - ❖ نقشه‌ها و طراحی‌های گود باید براساس گزارش بررسی‌های مکانیک خاک و توصیه‌های مشاور ژئوتکنیک تهیه شده باشند و مراحل کار، روش انجام گودبرداری (مراحل گودبرداری) و مشخصات سازه‌های نگهدارنده و دیگر اقدامات حفاظتی شیب را به خوبی نشان دهند.
- شایان ذکر است، در بسیاری از موارد دیواره گود به صورت موقت پایدار می‌باشد. با تغییر خصوصیات خاک پس از گودبرداری دیواره آماده ریزش می‌شود که در صورت عدم در نظر گرفتن تمهیدات مناسب برای سازه نگهدارنده این گود ریزش می‌نماید. واضح است که جلوگیری از این مشکلات و مقاومت‌سازی سازه‌های دیواره‌های گود از وظایف مهندسان و مجریان امور ساختمانی می‌باشد و لازم است دست‌اندرکاران امور ساختمانی در جهت اصلاح این امر کوشا باشند.
- مقاومت دیواره گود ناشی از مشخصات مکانیکی خاک آن دیواره می‌باشد. این مشخصات مکانیکی خاک با پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خاک تعریف می‌شوند. نیروهای محرک وارد بر دیواره گود ناشی از سربارهای اطراف گود، وزن گوه گسیختگی و پارامترهای دیگر می‌باشند. حال اگر مجموع نیروهای محرک (نیروهایی که باعث تخریب می‌شوند) از مجموع نیروهای مقاوم (نیروهایی که از ریزش دیواره جلوگیری می‌کنند) بیشتر باشد، دیواره گود ریزش خواهد کرد و اگر مجموع نیروهای مقاوم از مجموع نیروهای محرک بیشتر باشد دیواره پایدار خواهد ماند. لذا در صورتی که نیروهای محرک از نیروهای مقاوم بیشتر باشد جهت جلوگیری از ریزش دیواره گود لازم است از سازه‌های نگهدارنده استفاده نماییم. بنابراین مشخص می‌شود که هر دیواره گودی نیازمند سازه نگهدارنده نبوده و با توجه به میزان نیروهای مقاوم و محرک، نوع سازه نگهدارنده و میزان نیرویی که یک سازه نگهدارنده بایستی تحمل نماید، تعیین خواهد شد.
- شناسایی‌های ژئوتکنیکی زمین قبل از گودبرداری بسیار اهمیت دارد. این شناسایی‌ها به خوبی انجام

نمی‌گیرد زیرا شرح خدمات شناسایی‌ها به خوبی تدوین نمی‌گردد. و بعضاً توسط شرکت‌های کم‌صلاحیت انجام می‌گیرد انجام شناسایی ژئوتکنیکی زمین باید چنان برنامه‌ریزی شود که نیازمندی‌های طراحی، ساخت و تأمین عملکرد سازه پیشنهادی را فراهم نماید. باید توجه داشت در صورت مواجه شدن با شرایط متفاوت و جدید در خلال اجرای کار، خصوصیات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک می‌تواند مورد تجدیدنظر قرار گیرد. ضمناً چنانچه طراحی‌های سازه دستخوش تغییرات گردند (به عنوان مثال جابجایی محل سازه‌های مهم، تغییر تعداد طبقات سازه‌ها و غیره) متناسب با این تغییرات، شناسایی‌های ژئوتکنیکی نیز لازم است تغییر یابند.

خاک را بر اساس بازدید از محل، می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی نمود:

**الف) خاک دستی:** گاهی نخاله‌های ساختمانی و یا خاک‌های بلااستفاده در محلی انباشته (دپو) می‌شود و بعد از مدتی با گذشت زمان از نظرها مخفی می‌گردد. معمولاً این خاک‌ها که از لحاظ یکپارچگی و باربری جزء خاک‌های غیرباربر دسته‌بندی می‌شوند در زمان خاکبرداری برای فونداسیون ساختمان‌ها دوباره نمایان می‌شوند. باید توجه نمود که این خاک قابلیت باربری ندارد و می‌بایست به‌طور کامل برداشته شود. شناختن خاک دستی بسیار آسان است، وجود قطعات و اجزای دست ساز بشر مانند آجر، موزاییک، پلاستیک و ... در خاک نشان‌دهنده دستی بودن خاک است.

**ب) خاک نباتی:** خاک‌های فرسوده و یا نباتی سطحی به خاک‌هایی گفته می‌شود که ریشه گیاهان در آن وجود داشته باشد. این خاک برای تحمل بارهای وارده از طرف سازه مناسب نمی‌باشد، زیرا که به دلیل مقاومت برشی پایین و نشست و تراکم‌پذیری بالا و حساسیت بالای تورمزایی و تغییرات رطوبت بالا برای ساخت و ساز مناسب نمی‌باشند. برای شناختن خاک‌های نباتی کافی است به وجود ریشه درختان و گیاهان - برگ‌های فرسوده و سستی خاک توجه شود. در اغلب پروژه‌های عمرانی خطی مانند راه‌سازی و احداث کانال‌های آبرسانی و خطوط ریلی و خطوط انتقال نفت و گاز و غیره سهم عمده‌ای اضافه تنش اعمالی از بارهای وارده را لایه‌های فوقانی زمین تحمل می‌کنند و این در حالی است که قسمت قابل ملاحظه‌ای از لایه‌های مذکور را به‌خصوص در مناطق معتدل، مناطق جنگلی و زمین‌هایی با کاربری کشاورزی را خاک‌برگ‌ها و مواد آلی تشکیل می‌دهند. از آنجا که این خاک‌ها عملاً جزء خاک‌های مسئله‌دار و مشکل‌زا محسوب می‌شوند، مطابق تمامی آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی قبل از انجام هر پروژه‌ای می‌بایست محل آنها شناسایی و خاک آن محل با مصالح قرصه مناسب جایگزین گردد.

**ج) خاک طبیعی بکر:** به‌خاکی که پس از خاک نباتی قرار دارد خاک طبیعی بکر می‌گویند توجه داشته باشید که همواره می‌بایست فونداسیون بر روی خاک طبیعی بکر اجرا گردد. با توجه به موارد فوق، در ادامه تعدادی از روش‌های مختلف که برای پایدارسازی دیواره‌های گود مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین مزایا و معایب هر کدام از آنها بیان شده است.

## ۱ - ۴ پایدارسازی گود در مناطق شهری

پایدارسازی جداره‌های گودبرداری به صورت‌ها و روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که می‌توان آنها را در سه بخش کلی زیر جای داد:

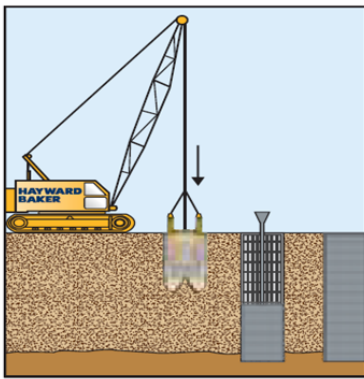
- ❖ دیوارهای مسلح‌شده چون: سیستم میخکوبی، سیستم مهارکوبی (رایج در سازه‌های موقت)
- ❖ دیوارهای طره‌ای

### ۱-۴-۱ دیوارهای طره‌ای

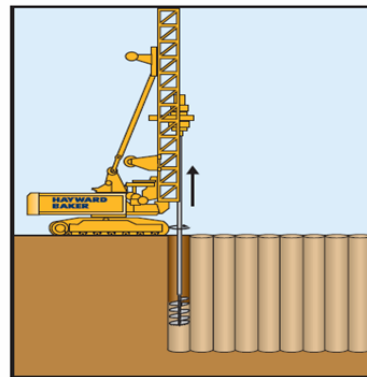
از روش‌های رایج در پایداری دائم گودبرداری‌های عمیق می‌توان به دیوارهای طره‌ای اشاره نمود. دیوارهای طره‌ای دیوارهایی هستند که به‌واسطه سختی برشی و خمشی المان‌های قائم دیوار و مقاومت خاک در حالت مقاوم جلوی دیوار در زیر تراز حفاری شده تعبیه می‌گردند. دیوارهای طره‌ای خود به دو نوع پیوسته و گسسته تقسیم‌بندی می‌گردند.

دیوارهای طره‌ای پیوسته:

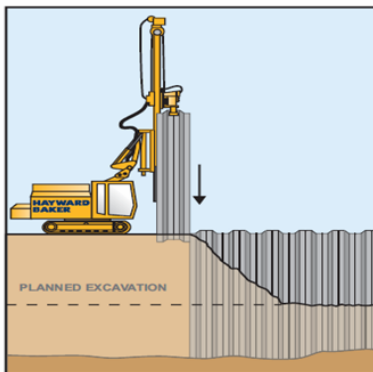
- ❖ دیوارهای دیافراگمی بتنی
  - ❖ سپرها
  - ❖ شمع‌های مماسی
- دیوارهای طره‌ای گسسته
- ❖ شمع‌های بتنی گسسته
  - ❖ شمع‌های فولادی گسسته



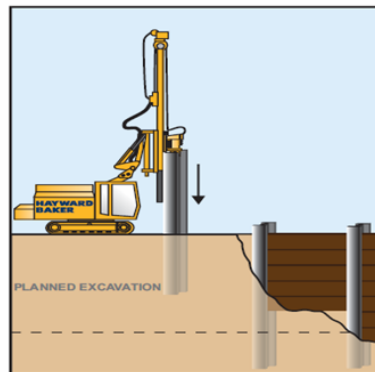
دیوارهای دیافراگمی



شمع‌های بتنی پیوسته



سپرها



شمع فولادی گسسته

شکل ۱-۱ انواع دیوارهای طره‌ای.