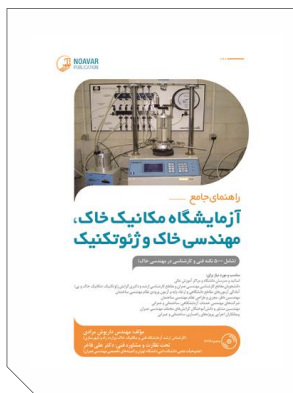




راهنمای جامع

آزمایشگاه مکانیک خاک، مهندسی خاک و ژئوتکنیک

شامل ۵۰۰۰ نکته فنی و کارشناسی



مؤلف: مهندس داریوش مرادی

(کارشناس ارشد آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی)

تحت نظارت و مشاوره فنی: دکتر علی فاخر

(عضو هیأت علمی دانشکده فنی دانشگاه تهران و کمیته‌های تخصصی مهندسی عمران)



سرشناسه: مرادی، داریوش، ۱۳۴۹-
 عنوان و نام پدیدآور: راهنمای جامع آزمایشگاه مکانیک خاک، مهندسی خاک و ژئوتکنیک.../ مولف
 داریوش مرادی.
 مشخصات نشر: تهران : نوآور، ۱۳۹۸.
 مشخصات ظاهری: ۳۶۸ ص.
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۴۶۰-۹
 وضعیت فهرست نویسی: فیبا
 موضوع: خاک -- مکانیک -- آزمایش ها -- mechanics -- Experiments Soil
 موضوع: مهندسی ژئوتکنیک -- Geotechnical engineering
 موضوع: زمین شناسی مهندسی -- Engineering geology
 رده بندی کنگره: TAV10
 رده بندی دیویی: ۶۳۴/۱۵۱۳۶۰۷۸
 شماره کتابشناسی ملی: ۵۹۷۰۳۶۴

راهنمای جامع
 آزمایشگاه مکانیک خاک،
 مهندسی خاک و ژئوتکنیک



نشر نوآور

مولف: مهندس داریوش مرادی
 ناشر: نوآور
 شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
 مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۴۶۰-۹

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 می باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل
 هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع
 انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم فایبل صوتی یا
 تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام
 است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

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

رسوب‌گذاری (هیدرومتری) ۴۴

۱. محدوده کاربرد ۴۴
۲. تعاریف ۴۶
۳. خلاصه‌ای از روش آزمون ۴۷
۴. اهمیت و کاربرد ۴۷
۵. آماده‌سازی نمونه آزمون ۴۸
۶. رابطه کالیبراسیون ۴۹
۷. شرح روش آزمون ۵۱
۸. محاسبات ۵۲
۹. گزارش ۵۵
۱۰. دقت و خطا ۵۶

فصل پنجم / روش آزمون استاندارد برای تعیین مشخصات واگرایسی خاک رس با استفاده از

هیدرومتری دوگانه (مضاعف) ۵۷

۱. محدوده کاربرد ۵۷
۲. تعاریف ۵۷
۳. شرح مختصری از روش آزمون ۵۷
۴. محاسبات ۵۸
۵. گزارش ۵۸
۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۵۸

فصل ششم / روش‌های آزمون استاندارد برای

تعیین حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری

خاک‌ها ۶۰

۱. محدوده کاربرد ۶۰
۲. تعاریف ۶۱
۳. شرح مختصری از روش آزمون ۶۲
۴. محاسبات ۶۵
۵. گزارش ۶۸
۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۶۸

مقدمه ۹

پیشگفتار ۱۰

بخش اول / آزمایشات آزمایشگاهی ۱۵

فصل اول / نمونه‌برداری از مصالح سنگی ۱۶

۱. محدوده کاربرد ۱۶
۲. دستورالعمل‌های نمونه‌برداری ۱۶
۳. تعداد و وزن نمونه‌های صحرائی ۱۸
۴. نحوه انتقال نمونه‌ها ۱۹
۵. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۲۰

فصل دوم / روش آزمون استاندارد برای تعیین

آزمایشگاهی درصد رطوبت وزنی خاک و سنگ .. ۲۲

۱. محدوده کاربرد ۲۲
۲. تعاریف ۲۲
۳. شرح مختصری از روش آزمون ۲۲
۴. محاسبات ۲۳
۵. گزارش ۲۳
۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۲۳

فصل سوم / روش آزمون استاندارد برای تحلیل

اندازه ذرات خاک‌ها (دانه‌بندی) ۲۷

۱. محدوده کاربرد ۲۷
۲. تعاریف ۲۷
۳. شرح مختصری از روش آزمون ۲۸
۴. محاسبات ۲۹
۵. گزارش ۳۳
۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۳۳

فصل چهارم / روش آزمون استاندارد برای توزیع

اندازه ذرات خاک‌های ریزدانه با استفاده از تحلیل



۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۱۴
 ۴. محاسبات ۱۱۵
 ۵. گزارش ۱۱۵
 ۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۱۶

فصل یازدهم / روش آزمون استاندارد برای

تعیین دانسیته و وزن مخصوص خاک در محل، با استفاده از روش بطری ماسه ۱۱۹

۱. محدوده کاربرد ۱۱۹
 ۲. شرح مختصری از روش آزمون ۱۱۹
 ۳. محاسبات ۱۲۰
 ۴. گزارش ۱۲۱
 ۵. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۲۲

فصل دوازدهم / روش آزمون استاندارد برای

شناسایی و طبقه‌بندی خاک‌های رس واگرا با استفاده از آزمایش Pin Hole (سوراخ سوزنی) .. ۱۳۱

۱. محدوده کاربرد ۱۳۱
 ۲. تعاریف ۱۳۱
 ۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۳۱
 ۴. محاسبات ۱۳۳
 ۵. گزارش ۱۳۵
 ۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۳۶

فصل سیزدهم / روش آزمون استاندارد برای

اندازه‌گیری پتانسیل رمبندگی خاک‌ها .. ۱۳۸

۱. محدوده کاربرد ۱۳۸
 ۲. تعاریف ۱۳۸
 ۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۳۹
 ۴. محاسبات ۱۳۹
 ۵. گزارش ۱۴۰
 ۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۴۱

فصل چهاردهم / روش آزمون استاندارد

برای تعیین نفوذپذیری خاک‌های دانه‌ای (بار

فصل هفتم / روش آزمون استاندارد برای

تعیین مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک ۷۶

۱. محدوده کاربرد ۷۶
 ۲. تعاریف ۷۶
 ۳. شرح مختصری از روش آزمون ۷۷
 ۴. محاسبات ۷۹
 ۵. گزارش ۸۰
 ۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۸۱

فصل هشتم / روش آزمون استاندارد برای

تعیین CBR (نسبت باربری کالیفرنیا) خاک‌های متراکم شده در آزمایشگاه ۹۳

۱. محدوده کاربرد ۹۳
 ۲. شرح مختصری از روش آزمون ۹۳
 ۳. محاسبات ۹۴
 ۴. گزارش ۹۶
 ۵. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۹۷
 ۶. نکات فنی و کارشناسی برای ارزیابی آزمایش و گزارش CBR ۱۰۲

فصل نهم / روش آزمون استاندارد برای تعیین

چگالی ویژه (وزن مخصوص نسبی) ذرات جامد خاک با استفاده از پیکنومتر ۱۰۸

۱. محدوده کاربرد ۱۰۸
 ۲. تعاریف ۱۰۸
 ۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۰۸
 ۴. محاسبات ۱۰۹
 ۵. گزارش ۱۱۱
 ۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۱۱

فصل دهم / روش آزمون استاندارد برای

تعیین ارزش ماسه‌ای خاک‌ها و مصالح سنگی ریزدانه ۱۱۴

۱. محدوده کاربرد ۱۱۴
 ۲. تعاریف ۱۱۴

۵. گزارش ۱۷۴

۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۷۵

فصل هجدهم / روش آزمون استاندارد برای تعیین

ضریب اصطکاک خاک و ژئوسیتتیک یا

ژئوسیتتیک و ژئوسیتتیک با استفاده از

دستگاه برش مستقیم ۱۹۰

۱. محدوده کاربرد ۱۹۰

۲. تعاریف ۱۹۰

۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۹۱

۴. تجهیزات آزمایش ۱۹۳

۵. محاسبات ۱۹۴

۶. گزارش ۱۹۷

۷. دقت و خطا ۱۹۷

فصل نوزدهم / روش آزمون استاندارد برای

آزمایش فشاری سه‌محوری در خاک‌ها به

روش‌های CD، CU و UU ۱۹۸

۱. محدوده کاربرد ۱۹۸

۲. تعاریف ۱۹۹

۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۹۹

۴. محاسبات ۲۰۶

۵. گزارش ۲۰۹

۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۲۱۰

فصل بیستم / روش آزمون استاندارد برای تعیین

ویژگی‌های تحکیم یک‌بعدی خاک‌ها با استفاده از

روش بارگذاری افزایشی ۲۳۵

۱. محدوده کاربرد ۲۳۵

۲. تعاریف ۲۳۶

۳. شرح مختصری از روش آزمون ۲۳۷

۴. محاسبات ۲۳۹

۵. گزارش ۲۴۲

۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۲۴۳

ثابت) و دستورالعمل تعیین نفوذپذیری خاک‌های

ریزدانه (بار افتان) ۱۴۳

۱. محدوده کاربرد ۱۴۳

۲. تعاریف ۱۴۳

۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۴۴

۴. محاسبات ۱۴۵

۵. گزارش ۱۴۷

۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۴۷

فصل پانزدهم / روش آزمون استاندارد برای

تعیین تورم یا نشست یک‌بعدی خاک‌های چسبنده

..... ۱۵۶

۱. محدوده کاربرد ۱۵۶

۲. تعاریف ۱۵۶

۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۵۷

۴. محاسبات ۱۵۹

۵. گزارش ۱۶۰

۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۶۰

فصل شانزدهم / روش آزمون استاندارد برای

تعیین مقاومت فشاری محصورنشده خاک

چسبنده ۱۶۳

۱. محدوده کاربرد ۱۶۳

۲. تعاریف ۱۶۴

۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۶۴

۴. محاسبات ۱۶۵

۵. گزارش ۱۶۶

۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۱۶۷

فصل هفدهم / روش آزمون استاندارد برای

آزمایش برش مستقیم خاک‌ها ۱۷۱

۱. محدوده کاربرد ۱۷۱

۲. تعاریف ۱۷۲

۳. شرح مختصری از روش آزمون ۱۷۲

۴. محاسبات ۱۷۴

بخش دوم / آزمایشات صحرایی .. ۲۶۳

فصل اول / مقدمه‌ای بر آزمایش‌های صحرایی مطالعات مکانیک خاک و خدمات ژئوتکنیک

- ۲۶۴
 ۱. محدوده کاربرد ۲۶۴
 ۲. پیوست‌ها ۲۶۵

فصل دوم / روش آزمون استاندارد برای تعیین CBR (نسبت باربری کالیفرنیا) خاک‌ها در محل ۲۷۰

۱. محدوده کاربرد ۲۷۰
 ۲. شرح مختصری از روش آزمون ۲۷۰
 ۳. محاسبات ۲۷۱
 ۴. گزارش ۲۷۲
 ۵. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۲۷۲

فصل سوم / روش آزمون استاندارد برای آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد SPT ۲۷۴

۱. محدوده کاربرد ۲۷۴
 ۲. تعاریف ۲۷۴
 ۳. شرح مختصری از روش آزمون ۲۷۵
 ۴. گزارش ۲۷۶
 ۵. محاسبات ۲۷۶
 ۶. تکرارپذیری آزمون SPT ۲۷۸
 ۷. بهره‌برداری‌های مستقیم از نتایج SPT در ژئوتکنیک ۲۷۸
 ۸. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۲۷۸

فصل چهارم / روش آزمون استاندارد مربوط به آزمایش‌های نفوذ مخروط اصطکاکی و مخروط شبه استاتیکی در خاک ۲۸۲

۱. محدوده کاربرد ۲۸۲
 ۲. اصطلاحات مرتبط با آزمون ۲۸۳
 ۳. ملاحظات ۲۸۳
 ۴. گزارش ۲۸۳
 ۵. دقت و خطا ۲۸۴

۶ نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۲۸۴

فصل پنجم / روش آزمون استاندارد برای آزمایش

بارگذاری صفحه‌ای ۲۸۹

۱. محدوده کاربرد ۲۸۹
 ۲. تعاریف ۲۹۰
 ۳. شرح مختصری از روش آزمون ۲۹۱
 ۴. محاسبات ۲۹۲
 ۵. آزمایش تعیین مدول عکس‌العمل لایه‌های بستر ۲۹۳
 ۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۲۹۶

فصل ششم / روش آزمون استاندارد برای تعیین

مقاومت برشی نمونه‌های سنگی با شرایط طبیعی

محل (برش برجا) و مصالح خاکی ۲۹۹

۱. اهمیت و محدوده کاربرد ۲۹۹
 ۲. محل و تعداد انجام آزمایش ۳۰۰
 ۳. عمق انجام آزمایش ۳۰۰
 ۴. ابعاد گالری ۳۰۱
 ۵. ابعاد و تعداد جعبه آزمایش ۳۰۱
 ۶. خروجی و تجهیزات انجام آزمایش ۳۰۱

فصل هفتم / روش آزمون استاندارد برای آزمایش

برش پره صحرایی در خاک چسبنده ۳۰۳

۱. محدوده کاربرد ۳۰۳
 ۲. تعاریف ۳۰۴
 ۳. شرح مختصری از روش آزمون ۳۰۴
 ۴. محاسبات ۳۰۶
 ۵. گزارش ۳۰۷
 ۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۳۰۷

فصل هشتم / روش آزمون استاندارد برای

اندازه‌گیری صحرایی مقاومت الکتریکی خاک، با

استفاده از روش چهار الکترودی و نر ۳۱۱

۱. محدوده کاربرد ۳۱۱



۱. محدوده کاربرد ۳۲۸	۲. تعاریف ۳۱۲
۲. شرح مختصری از روش آزمون ۳۳۰	۳. شرح مختصری از روش آزمون ۳۱۲
۳. محاسبات ۳۳۱	۴. محاسبات ۳۱۳
۴. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۳۳۳	۵. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۳۱۴
فصل دوازدهم / روش آزمون استاندارد تعیین نفوذپذیری در توده‌های سنگی درزه‌دار با آزمایش فشار آب (لوژان) ۳۳۴	فصل نهم / روش آزمون استاندارد برای آزمایش پرسیمتری در خاک‌ها ۳۱۵
۱. محدوده کاربرد ۳۳۴	۱. محدوده کاربرد ۳۱۵
۲. تعاریف ۳۳۵	۲. ملاحظات مهم ۳۱۶
۳. ملاحظات مهم ۳۳۵	۳. شرح مختصری از روش آزمون ۳۱۸
۴. شرح مختصری از روش آزمون ۳۳۷	۴. گزارش ۳۱۹
۵. محاسبات ۳۳۷	۵. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۳۱۹
۶. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۳۳۸	فصل دهم / روش آزمون استاندارد برای آزمایش دیلاتومتری تخت (اتساع‌سنجی یا انبساط‌سنجی) ۳۲۳
پیوست الف / نکات فنی و مهندسی عمومی در مکانیک خاک و مهندسی ژئوتکنیک ۳۴۰	۱. محدوده کاربرد ۳۲۳
پیوست ب / جداول کاربردی در آزمایش‌های مکانیک خاک و مهندسی ژئوتکنیک ۳۵۵	۲. شرح مختصری از روش آزمون ۳۲۴
منابع و مأخذ ۳۶۶	۳. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون ۳۲۶
	فصل یازدهم / روش آزمون استاندارد برای تعیین نفوذپذیری خاک‌ها و مصالح آبرفتی با روش لوفران ۳۲۸

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، به رسم 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: ۰۲۱-۴۸۴۱۹۱۰۶۶۴

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

اغلب، ۲ تا ۳ درصد هزینه کل پروژه‌های عمرانی، صرف مطالعات ژئوتکنیک و آزمایش‌های کنترل کیفی می‌گردد، که در صورت صحت و سلامت نتایج، ۹۸ درصد الباقی را با اطمینان، بیمه و ضمانت می‌نماید. برج پیزا، نمونه کاری بود که بدون مطالعات و انجام آزمایش‌های کنترلی، کج شد!

این کتاب، عمدتاً، با هدف نوعی بومی‌سازی در استانداردها و دستورالعمل‌ها، به عنوان ابزاری برای مهندسين اجرايي، محققين صحرايي، دانشجویان و دانش‌آموختگان مهندسی عمران، تهیّه، تألیف و تدوین گردیده است. واژه بومی‌سازی استاندارد، به صورت کاربردی، در تمامی زوایای نوشتاری این کتاب، مشاهده می‌گردد.

به طور کلی، در این کتاب، بر روی جزئیات نکاتی که معمولاً به آسانی، برداشت غلطی از آنها در آزمایشات صحرايي و آزمایشگاهی می‌شود، تأکید فراوانی به عمل آمده است. بنابراین، مؤلف تلاش کرده است تا روش‌ها و نکاتی را برای اصلاح این گونه خطاها، به نحوی ارائه دهد که از طریق آنها بتوان نتایج غلط را مرتفع نمود.

اگرچه کتب و نشریات متعددی در ارتباط با مسائل تئوری آزمایشات صحرايي و آزمایشگاهی خاک، به طور مستمر، تهیّه و ارائه می‌گردد، لیکن، اکثر آنها، به ویرایش ترجمه تحت‌اللفظی مطالب و استانداردها پرداخته‌اند و تاکنون، شاهد اثری که مبتنی بر دخالت تجربه تخصصی آزمایشات و صنعت بومی‌سازی دستورالعمل‌ها و استانداردها باشد، نبوده‌ایم. لذا، هنوز هم، مسائل ناگفته بسیاری در این زمینه‌ها وجود دارد.

کتاب حاضر، علاوه بر ارزش و مزایایی که برای خوانندگان دربردارد، بر اساس همین دیدگاه اخیر تهیّه شده است، به نحوی که تجربه ۲۶ سال عملیات آزمایشگاهی، در کنار استانداردهای بین‌المللی بومی‌شده تخصصی، با انطباق تجهیزات موجود، منجر به حصول نتایج قابل اعتماد در حوزه فنی و مهندسی می‌شود. انتظار می‌رود که کتاب حاضر، برای دانشجویان، دانش‌آموختگان مهندسی عمران، کارشناسان مکانیک خاک و پی (ژئوتکنیک)، شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات آزمایشگاهی و مطالعات ژئوتکنیک، مهندسين مشاور و پیمانکاران مرتبط با عملیات خاکی و ... مفید واقع گردد و گامی مؤثر در پیشبرد فعالیت‌های آنها بردارد.

از قبول زحمت اظهارنظر و بازبینی مطالب، توسط استاد فرهیخته و گرانقدر، جناب آقای دکتر علی فاخر، کمال تشکر و قدردانی را دارم. از دقت نظر و زحمات بی‌شائبه سرکار خانم مهندس مریم مختاری ملک‌آبادی، در ترجمه متون استاندارد، تایپ، ویرایش و تصویرنگاری نیز صمیمانه سپاسگزارم. همچنین، از همکاری و محبت بی‌دریغ اخوان نصیرنیا (دفتر انتشارات وزین نوآور)، بینهایت ممنونم.

جهت حصول نتایج درست و معتبر از توده‌های متنوع رفتاری، مانند خاک‌ها، نیاز به رعایت فلوچارتی خاص، به نام استاندارد یا دستورالعمل می‌باشد. التزام رعایت استاندارد نیز، نیازمند تدارک تجهیزات با مشخصات ویژه و کالیبره می‌باشد. تلفیق تجربیات عملی آزمایشات با دانش آکادمیک، می‌تواند قضاوت درستی در مهندسی عمران و به ویژه، نتایج آزمون عایدمان کند. در این کتاب، از اصل بومی‌سازی دستورالعمل‌های آزمایشات، به نحوی که از تمامی عوامل ایجاد خطا پرهیز شود، پیروی می‌گردد. برای روشن شدن موضوع، اشاره می‌دارم که صرفاً انجام عملی آزمایش، معیار نمی‌باشد و توجه به تمامی زوایای یک گزارش در اعلام نتیجه، می‌بایست مدنظر قرار گیرد. به عنوان مثال:

۱. آیا می‌دانید اگر نمونه‌گیری مصالح جهت آزمایشات، طبق استانداردهای AASHTO-T2 و ASTM-D75 انجام نشود، نتیجه آزمایش دومیلیون تومانی سه‌محوری CD، اعتباری ندارد؟ آیا اطلاع دارید که نمونه‌گیری از دیوی خاک ماسه‌ای، با خاکریز دیو شده تفاوت دارد؟ آیا اشراف دارید که نمونه‌گیری از روی تسمه نقاله، با نمونه‌گیری از محل تخلیه تسمه نقاله، اختلاف دارد؟ آیا می‌دانید نمونه‌گیری از معادن، باید به چه صورتی باشد که نمونه، معرف حجم واقعی معدن باشد؟

۲. آیا می‌دانید در امور ژئوتکنیک، برای برخی آزمایشات، نباید خاک را در دمای 5 ± 11 درجه سانتیگراد خشک نمود؟

۳. آیا برای یک بار هم که شده، ابعاد چشمه‌های الک را با مندرجات استاندارد انطباق داده‌اید؟

۴. آیا اطلاع دارید که آزمایش هیدرومتری به روش ASTM-D422، از سال ۲۰۱۶ منسوخ شده و استاندارد ASTM-D7928، جایگزین آن شده است؟

۵. آیا اطلاع دارید که پس از تغییر استاندارد آزمایش هیدرومتری، از ASTM-D422، به ASTM-D7928، استاندارد جدید دانه‌بندی با الک نیز، به شماره ASTM-D6913 تدوین شده است؟

۶. آیا از شرایط فاسد شدن پودر هگزامتافسفات سدیم در آزمایش هیدرومتری که منجر به نتایج غیرواقعی می‌شود، خبر دارید؟ آیا یک بار، فرمول شیمیایی پودر را آنالیز کرده‌اید (مخصوصاً پودرهای ارزان قیمت فله‌ای)!

۷. آیا تاکنون فلاسک مخصوص آزمایش هیدرومتری مضاعف را مشاهده نموده‌اید؟

۸. آیا مشخصات دستگاه و تجهیزات آزمایشات حدود آتربرگ را با جداول مربوطه کنترل نموده‌اید؟

۹. آیا از حذف روش D در استاندارد ASTM تراکم خاک و همچنین، عملیات جابجایی، اطلاع دارید؟

۱۰. آیا از توصیه‌های آزمایش G_s خاک‌های ریزدانه (به طور مثال، در آزمایش تحکیم) آگاهی دارید؟

۱۱. آیا از تغییرات نمونه‌گیری آزمایش SE باخبر هستید؟

۱۲. آیا از ملاحظات الزامی آزمایش چاله دانسیته اطلاع دارید؟

۱۳. آیا فیلم کامل فارسی آزمایش سوراخ سوزنی (Pin Hole) را مشاهده نموده‌اید؟

۱۴. آیا می‌دانید اندازه‌گیری پتانسیل رمبندگی با دستگاه تحکیم، به دو روش انجام می‌شود؟

۱۵. آیا می‌دانید تدارک مقدمات آزمایش نفوذپذیری بار ثابت، چند ساعت و انجام آزمایش آن، چند دقیقه طول می‌کشد؟

۱۶. آیا می‌دانید در آزمایش تورم، روش آزمایش، بر اساس مجهول مورد درخواست، تعیین می‌گردد؟

۱۷. آیا می‌دانید ملاحظات آزمایش تک‌محوری و سایر موارد، از خود آزمایش، مهمتر می‌باشند؟

۱۸. آیا می‌دانید استاندارد برش مستقیم، تغییرات اساسی و قابل توجهی پیدا کرده است؟

۱۹. آیا می‌دانید در صورت استفاده از مصالح مسلح‌کننده مانند ژئوسینتتیک‌ها در خاک، آزمایش برش مستقیم، مطابق استاندارد ASTM-D5321 انجام می‌شود؟

۲۰. آیا می‌دانید که سه روش آزمایش سه‌محوری UU، CU و CD با جزئی‌ترین نکاتی که تاکنون نشنیده‌اید، در این کتاب، عنوان شده است؟

۲۱. آیا می‌دانید اگر از دستگاه تحکیم که کالیبره نشده است، استفاده گردد، نتایج آزمایش، به هیچ عنوان مورد قبول نمی‌باشند؟

۲۲. آیا می‌دانید با یک نگاه به منحنی دانه‌بندی، می‌توان نتایج دانه‌بندی با الک، دانه‌بندی هیدرومتری و حدود آتبرگ، همراه با طبقه‌بندی را کنترل نمود؟
۲۳. آیا می‌دانید که چندین سال است، ضرایب تصحیح، کالیبراسیون و غلظت محلول آزمایش هیدرومتری، تغییر کرده است؟
۲۴. آیا می‌دانید موضوعات تهیه نمونه، تجهیزات مناسب و انجام صحیح آزمایش، در آزمایش‌های حدود آتبرگ، رعایت فنی و مهندسی نمی‌گردد؟
۲۵. آیا از روش ترسیمی حد انقباض و نتیجه‌گیری انقباض خطی و حجمی آگاهی دارید؟
۲۶. آیا در آزمایش تراکم، از جدول دیکته‌کننده روش آزمایش استفاده می‌کنید؟ از روش استاندارد جایگزین مصالح درشت‌دانه، اطلاع دارید؟
۲۷. آیا از فرآیندهای صحیح و مهندسی تهیه نمونه، تورم‌سنجی، گسیختگی، رسم منحنی و کنترل نتایج آزمایش CBR، آگاهی دارید؟
۲۸. آیا از جزئیات کامل سه بخش مختلف آزمایش G_s ، به همراه روش‌ها و تجهیزات مربوطه اطلاع دارید؟
۲۹. آیا می‌دانید به چندین علت فنی و مهندسی، می‌توان آزمایش چاله دانسیته را انجام نداد، ولیکن، گزارش نمود؟
۳۰. آیا می‌دانید با ترکیب ۴ آزمایش آزمایشگاهی و صحرایی، می‌توان در خصوص واگرایی خاک رس نتیجه گرفت؟
۳۱. آیا می‌دانید امتیازات فراوان آزمایشات صحرایی CBR، لوفران (نفوذپذیری آبرفت) و لوژان (نفوذپذیری سنگ‌های درزه‌دار)، نسبت به آزمایشات آزمایشگاهی چیست؟
۳۲. آیا می‌دانید روش‌های UU، CU و CD آزمایش سه‌محوری، در کدامین مقاطع پروژه‌های عمرانی مصداق دارند؟
۳۳. آیا تاکنون فیلم کامل فارسی فازهای نمونه‌گیری، کاشت نمونه، اشباع، تحکیم و بارگذاری آزمایش سه‌محوری را مشاهده نموده‌اید؟
۳۴. آیا از ایرادات رایج آزمایش‌های SPT، CPT و PLT در ایران، که با استاندارد مغایرت دارند، اطلاع دارید؟
۳۵. آیا از ملاحظات فنی و شرایط انطباق و نتیجه‌گیری صحیح آزمایش برش برجا، آگاهی دارید؟
۳۶. آیا از تفاوت‌های روش استاندارد آزمایشات V.S.S، PLT و مدول عکس‌العمل بستر، اطلاع دارید؟
۳۷. آیا از شرایط تلفیق نتایج آزمایش برش پره صحرایی و آزمایشگاهی و ملاحظات فنی آن، آگاهی دارید؟
۳۸. آیا از تکنیک‌های آبنندی، تجهیزات فنی و روش‌های اصولی آزمایشات نفوذپذیری صحرایی، مطابق با وضعیت موجود، اطلاعی دارید؟
۳۹. آیا آگاهی دارید که چندین سال است استانداردهای جدید آزمایش‌های لوفران (ASTM-D4631) و لوژان (ASTM-D4630)، جایگزین دستورالعمل‌های آزمایشات نفوذپذیری صحرایی شرکت مه‌باب قدس وزارت نیرو شده‌اند؟
۴۰. آیا از انتخاب فنی روش اصولی آزمایش پرسیمتری و دیلاتومتری مرتبط با مقطع، باخبر می‌باشید؟ در کتابی که پیش رو دارید، به پاسخ تمام این سؤالات دست خواهید یافت. در این کتاب، قریب به ۵۰۰۰ نکته فنی، همراه با لوح فشرده، شامل فیلم‌های آموزشی، تصاویر، جداول فنی و مهندسی، فایل‌های استاندارد و Power Point‌های علوم مختلف مهندسی عمران، آزمایشگاه مکانیک خاک، مهندسی خاک و ژئوتکنیک ارائه شده است که ماحصل ۲۶ سال سابقه تخصصی در این حوزه می‌باشد.



داریوش مرادی متولد ۱۳۴۹/۳/۲۹، زاده تهران، با اصالت کرمانشاهانی، دارای دانشنامه‌های کارشناسی مهندسی عمران (گرایش مکانیک خاک) از دانشگاه صنعتی امیرکبیر، کارشناسی مهندسی عمران - عمران از دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج و کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش مکانیک خاک و پی (ژئوتکنیک)، از دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، با پایان‌نامه برتر سال با موضوع آزمایشگاهی ستون سنگی در دستگاه برش مستقیم است. از سال ۱۳۷۲، فعالیت رسمی خود را با آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی (راه و ترابری سابق)، به ترتیب در استان‌های تهران، کردستان، لرستان، کرمانشاه و مجدداً تهران، شروع نموده و تاکنون ادامه داده است.

از بدو استخدام در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، مطابق با فلوجارت سازمانی، در پست‌های کارشناس مکانیک خاک، رئیس گروه ارشد کاوش‌های صحرایی، کارشناس آزمایشات مهندسی خاک، کارشناس مطالعات مسیر، کارشناس ژئوتکنیک، کارشناس مسئول گزارشات مکانیک خاک و ژئوتکنیک، معاون فنی استان و معاون مدیرکل آزمایشگاه مکانیک خاک و سنگ ستاد مرکزی، ایفای نقش نموده است. در سالیان اخیر، چندین مأموریت سازمانی، به شرح ذیل سپری نموده است: مدیر کل دفتر فنی شرکت مهندسین مشاور ساخت‌آزما (وابسته به بنیاد مسکن انقلاب اسلامی)، دبیرخانه ژئوتکنیک مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی وزارتخانه راه و شهرسازی، مدیر اجرایی بیمارستان ۲۶۰ تختخوابی کرج در سازمان مجری ساختمان‌ها و تأسیسات دولتی و عمومی وزارت راه و شهرسازی و کارشناس مسئول ژئوتکنیک امور مهندسی شرکت مادر تخصصی توسعه و تجهیز وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. تخصص نامبرده در کلیه آزمایشات مکانیک خاک، مهندسی خاک، آزمایشات ژئوتکنیک صحرایی و مطالعات مسیر، با مراتب نصب و راه‌اندازی تجهیزات، آموزش کلاسیک و انجام عملی تمامی آزمایشات، بوده و می‌باشد.

وی، از سال ۱۳۷۸، در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی، از جمله، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشگاه لرستان، دانشگاه رازی و در حال حاضر، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، به تدریس واحدهای آزمایشگاهی و نظری مهندسی عمران و همچنین، راه‌اندازی تعداد زیادی از دستگاه‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی بلااستفاده، اشتغال داشته است.

از سال ۱۳۸۵ لغایت ۱۳۹۰ و به محض حضور در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک ستاد مرکزی وزارت راه و شهرسازی تهران، با برنامه‌ای مشخص، بالغ بر ۹۶ مأموریت فنی به تمامی آزمایشگاه‌های فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی را به منظور راه‌اندازی اصولی تجهیزات، کالیبراسیون دستگاه‌ها، آموزش کارشناسان و اپراتورها و انجام عملی آزمایشات در سطح کشور و حتی پروژه‌های سدسازی، به انجام رسانیده است. در همین بین، مدرس ۹ دوره آموزشی ضمن خدمت آزمایشات مکانیک خاک، آزمایش‌های مهندسی خاک و آزمایشات مطالعات مسیر (CBR)، در دفتر آموزش آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی، برای کارشناسان مکانیک خاک و ژئوتکنیک استان‌های کشور بوده است.

نامبرده با داشتن پروانه اشتغال به کار پایه یک نظام مهندسی ساختمان، در فعالیت‌های کارگروه تخصصی ژئوتکنیک، تدریس دوره‌های تخصصی غیراجباری و بازرسی‌های ژئوتکنیک عملیات صحرایی و آزمایشگاهی سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران، همواره حضوری چشمگیر و مثمر داشته است.

از دیگر فعالیت‌های ایشان، مشاوره فنی و انجام آزمایشات پایان‌نامه‌های آزمایشگاهی در مقاطع دکتری و کارشناسی ارشد می‌باشد که با توجه به آموزش عملی آزمایشات به دانشجویان، منجر به ایجاد ابتکار و خلاقیت در زمینه‌های مختلف علوم مهندسی عمران گردیده است.

وی در طول ۲۶ سال خدمت فنی و تخصصی در حوزه آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی و گذراندن بیش از ۱۶۸۰ ساعت آموزش دوره‌های تخصصی و عملیاتی، با در اختیار داشتن چندین هارد اکسترنال از فایل‌های فنی و مهندسی، جزوات و یادداشتهای فنی دوره‌های آموزشی، همت نموده است که تمام دانش و تجربیات خود را در اختیار علاقمندان علوم مهندسی در این مرز و بوم قرار دهد. باشد که افاقه نماید و روح جمیع شهدای اسلام شاد گردد.

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 منحصرأ 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 این چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی 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 مؤرّعین 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 ۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت 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 به عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

بخش اول

آزمایشات آزمایشگاهی

فصل اول

نمونه برداری از مصالح سنگی^۱

۱. محدوده کاربرد

این روش، شامل نمونه برداری از مصالح سنگی (درشت و ریزدانه) برای مطالعات اولیه در مورد شناسایی ذخایر یا ظرفیت معادن و همچنین کنترل مصالح استخراج شده از آن می باشد و کنترل عملیات در محل مصرف مصالح استخراجی و تطابق یا عدم آن با استانداردهای تعریف شده می باشد. ذکر این نکته لازم است که روش های نمونه برداری و آزمایشات تأیید و کنترل مصالح، با توجه به نوع سازه متغیر بوده و رعایت استانداردهای ASTM-E105 و ASTM-D3665 جهت استفاده به عنوان راهنما ضروری است. نمونه برداری، به اندازه انجام آزمایش از اهمیت زیادی برخوردار است و شخص نمونه بردار باید دقت زیادی به عمل آورد تا بتواند نمونه هایی که معرفی و نماینده مصالح می باشند، جمع آوری نماید. نمونه هایی که جهت انجام آزمایشات کنترل کیفی به آزمایشگاه ارسال می شوند، باید از آخرین مرحله تولید مصالح اخذ گردند و در صورتی که تغییرات قابل توجهی در مصالح به چشم می خورد، باید ابتدا مورد بازرسی و بررسی قرار گیرند.

۲. دستورالعمل های نمونه برداری

الف) نمونه برداری از مصالح در حال جریان (مسیر تخلیه بین دانه ها یا خروجی نوارهای

نقاله)

محل هایی را برای نمونه برداری به روش اتفافی بر اساس استاندارد ASTM-D3665 باید انتخاب کرد. حداقل سه مقدار تقریباً مساوی از فواصل تقریباً مساوی، در هر بخش اخذ شده و سپس با هم ترکیب می شوند، به صورتی که وزن نهایی نمونه های اخذ شده، از وزن توصیه شده در استاندارد، کمتر نباشد. لازم به ذکر است که نمونه ها باید از مقطع عرضی جریان اخذ شوند. برای نمونه برداری، معمولاً از یک سری سینی به ابعاد مناسب استفاده می شود. این سینی ها در مقطع عرضی جریان قرار داده می شوند و برای اخذ نمونه های مورد نیاز به کار می روند.

ب) نمونه برداری از روی نوار نقاله

جهت نمونه گیری به روش اتفافی، محل هایی روی نوار بر اساس ASTM-D3665 باید انتخاب شوند. حداقل سه مقدار تقریباً مساوی از فواصل تقریباً مساوی، از هر واحد اخذ شده و سپس با هم ترکیب می شوند، به صورتی که وزن نهایی نمونه حاصل، از وزن توصیه شده در استاندارد، کمتر نباشد. هنگام نمونه برداری، ابتدا باید تسمه نقاله را متوقف کرده و دو ورق یک اندازه که یک ضلع آنها مشابه مقطع تسمه نقاله باشد، تهیه کرده و آنها را به صورتی روی تسمه نقاله قرار داد که مصالح بین

1. ASTM-D75(AASHTO-T2): Standard Practice for Sampling Aggregates

دو ورق روی مسير، در حدود وزن مورد نیاز در استاندارد باشد، سپس، مصالح بین دو ورق را با دقت جمع آوری نموده، حتی باید ذرات ریز باقیمانده روی تسمه نقاله را نیز با یک برس (فرچه یا قلم‌مو) جمع کرده و به نمونه اضافه نمود.

ج) نمونه برداری از محل های ذخیره مصالح و تولیدی

حتی المقدور سعی شود از مصالح درشت دانه یا مخلوط درشت و ریزدانه که به صورت دپو انباشته شده اند و همچنین از وسایل انتقال دهنده مصالح، نمونه برداری انجام نشود. چنانچه نمونه برداری از محل های ذخیره مصالح درشت یا ترکیبی از مصالح درشت و ریز، ضروری به نظر می رسد، باید یک روش نمونه گیری خاص انجام شود. در این روش، شخص نمونه بردار، باید از منطبق بودن نمونه ها با کلیت قسمت های محل مورد نظر اطمینان داشته باشد. در این خصوص، باید برای تهیه یک نمونه، چند بار از مصالح برداشته و پس از مخلوط کردن، چند نمونه برای شناسایی کل مصالح لازم است. در دپو های مصالح درشت دانه یا مخلوط درشت و ریزدانه، تا حد ممکن سعی شود از وسایل نمونه گیری موتوری استفاده شود. با این وسایل، ابتدا از سطوح و لایه های مختلف دپو اصلی، یک دپو جداگانه جهت نمونه برداری نهایی تشکیل می شود. سپس، از قسمت های مختلف دپوی کوچک، مقادیری اخذ و پس از ترکیب آنها، نمونه اصلی حاصل می گردد. اگر تعیین میزان تغییرات در مصالح دپوی اصلی لازم باشد، باید نمونه های مجزایی از سطوح مختلف دپو اخذ گردد.

در صورتی که وسیله نمونه گیری موتوری در دسترس نباشد، باید حداقل از ۳ نقطه دپو (قسمت بالایی، میانی و پایینی)، نمونه برداری انجام شود. فرورکدن یک صفحه به طور قائم روی سطح دپو و دقیقاً در بالای محل نمونه برداری، جدایی دانه ها را کاهش می دهد. در مصالح ریزدانه، هنگام نمونه برداری از محل انباشت آنها، باید لایه خارجی که ممکن است در آن جدایی اتفاق افتاده باشد، کنار زده شده و از زیر آن نمونه برداری به عمل آید. همچنین می توان لوله های نمونه گیری به قطر تقریبی حداقل ۳۰ میلیمتر و طول حداقل ۲ متر را به طور تصادفی حداقل در پنج نقطه از دپو فرو کرد و از جمع مصالح خارج شده، نمونه اصلی را تهیه نمود.

د) نمونه برداری از جاده ها (اساس - زیراساس)

محل هایی از جاده، با یک روش اتفافی بر اساس استاندارد ASTM-D3665 جهت نمونه برداری انتخاب می شوند. از هر محل، حداقل سه مقدار تقریباً مساوی و از فواصل تقریباً مساوی، طوری انتخاب می شود که بتوان از ترکیب آنها نمونه هایی با وزن حداقل توصیه شده در استاندارد را بدست آورد. در تمام محل های انتخاب شده از جاده، بایستی تا پایین ترین عمق لایه، نمونه برداری انجام گیرد و مصالح لایه های زیرین با آن مخلوط نشود. سطوحی که نمونه ها از آن اخذ می شود، قبلاً علامت گذاری گردد که با گذاشتن یک ورق فلزی روی هر یک از این سطوح، تنظیم فواصل نمونه برداری راحت تر می شود.

ه) نمونه برداری سنگ از معادن یا رگه ها

رگه یا معدن، بایستی به منظور تعیین و تشخیص تغییرات قابل رؤیت، ابتدا مورد بازدید و بررسی قرار گیرند و اختلاف در رنگ ها و ساختارها ثبت گردد. در این خصوص، بایستی نمونه های جداگانه به وزن حداقل ۲۵ کیلوگرم از هر لایه مشخص اخذ شود. نمونه ها نباید شامل مواد هوازده باشند، طوری که به کیفیت آنها لطمه خورده باشد. یک قطعه یا بیشتر از هر نمونه، که دارای ابعاد $100 \times 150 \times 150$ میلیمتر بوده و هیچ گونه شکست یا ترکی نداشته باشد، انتخاب و یکی از وجوه صاف آن به طور واضح علامت گذاری شود.

علاوه بر اطلاعاتی که هر نمونه آزمایشگاهی باید دارا باشد، نمونه‌های اخذ شده از رگه‌ها یا معادن، باید دارای اطلاعات ذیل نیز باشند:

- مقدار تقریبی مصالح قابل دسترس؛
- مقدار و کیفیت مصالح سربار؛ و
- ثبت جزئیاتی که نشان‌دهندهٔ محدوده و محل مصالح مربوط به هر نمونه باشد.

(و) نمونه‌برداری از کنار جاده‌ها یا از رسوبات شن و ماسه‌ای

ظرفیت و پتانسیل این منابع ممکن است توسط حفاری‌هایی که قبلاً انجام شده است، قابل مشاهده باشد. همچنین می‌توان بر اساس مطالعات دیگر، این ظرفیت را تعیین کرد. در این خصوص، نمونه‌ها بایستی از هر لایه که برای شخص نمونه‌بردار قابل تشخیص باشد، اخذ گردد. جهت مشاهدهٔ لایه‌ها، یک کانال قائم حفر شده و سپس از پایین تا بالا از آنها نمونه‌برداری به عمل آید. مصالح لایه‌های بالایی (سربار) و مصالح دست‌خورده، نباید با این نمونه‌ها مخلوط گردد.

ضمناً تعدادی چاهک شناسایی در موقعیت‌های مختلف معدن حفر شود تا کیفیت مصالح و مقدار رسوبات، قابل تعیین باشد. تعداد و عمق گمانه‌ها، بستگی به مقدار مصالح موردنیاز، توپوگرافی سطحی، طبیعت رسوبات، خواص مصالح و مقدار ذخیره یا پتانسیل معدن دارد و اگر مشاهدات خاصی نشان دهد که تغییرات قابل توجهی در مصالح معدن وجود دارد، باید نمونه‌های مجزایی از لایه‌ها گرفته شود. هر یک از نمونه‌های اخذ شده، باید در صورت لزوم به طور کامل مخلوط و کوارتر گردد، طوری که پس از کوارتر کردن، وزن نمونه‌های ماسه‌ای، حداقل ۱۲ کیلوگرم و وزن نمونه‌هایی که دارای مقدار قابل توجهی درشت‌دانه می‌باشند، حداقل ۳۵ کیلوگرم به دست آید.

علاوه بر اطلاعات عمومی همراه تمام نمونه‌ها، اطلاعات اضافی زیر نیز بایستی برای نمونه‌های اخذ شده از معادن ماسه و شن ثبت شوند:

- محل معدن؛
- تخمین تقریبی مقادیر قابل دسترس و مقدار و کیفیت مصالح سربار؛
- فاصلهٔ حمل مصالح تا محل پروژه و شرایط حمل (نوع جاده و ...)؛ و
- جزئیاتی که میزان و موقعیت مصالح متناظر با هر نمونهٔ اخذ شده را مشخص نماید.

۳. تعداد و وزن نمونه‌های صحرائی

تعداد نمونه‌های لازم، بستگی به بحرانی بودن یا میزان تغییرات ویژگی موردنظر در مصالح دارد. قبل از نمونه‌برداری، تعداد بخش‌هایی که باید نمونه‌برداری شوند، مشخص شود. نمونه‌های اخذ شده، باید به اندازه‌ای باشند که اطمینان دلخواه از نتایج آزمایشات وجود داشته باشد. در خصوص تعیین تعداد نمونه‌ها و رسیدن به سطح دلخواهی از اطمینان به نتایج آزمایشات، می‌توان به استانداردهای ASTM-D2334، ASTM-E105، ASTM-E122 و ASTM-E141 مراجعه کرد.

تأیید و کنترل آزمایشات، بر مبنای استاندارد AASHTO می‌باشد و می‌توان بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه، مقادیر لازم برای هر آزمایش را تعیین نمود. در جدول (۱-۱)، مقادیر مناسبی از مصالح برای وقتی که دانه‌بندی و کیفیت آنها به صورت معمول باشد، مشخص شده است. جداکردن بخشی از نمونهٔ اخذ شده جهت انجام آزمایش (کاهش مقدار نمونه تا رساندن آن به مقدار لازم برای هر آزمایش)، بر اساس استاندارد AASHTO-T248 یا سایر استانداردها انجام می‌شود.

جدول (۱-۱): حداقل وزن مصالح جهت آزمایش دانه بندی با توجه به حداکثر اندازه اسمی ذرات

حداکثر اندازه اسمی مصالح (اینچ)	5	4	$3\frac{1}{2}$	3	$2\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
حداقل وزن نمونه (کیلوگرم)	۳۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۶۰	۳۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۲	۱

حداقل وزن تقریبی مصالح سنگی ریزدانه و مصالح سنگی درشت دانه، با توجه به حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی، به ترتیب، در جداول (۱-۲) و (۱-۳) ارائه شده است:

جدول (۱-۲): حداقل وزن تقریبی مصالح سنگی ریزدانه با توجه به حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی

حداقل وزن تقریبی نمونه های صحرایی (Kg)	حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی*
۵	الک نمرة ۸ ($\frac{2}{36}$ میلیمتر)
۱۰	الک نمرة ۴ ($\frac{4}{75}$ میلیمتر)

جدول (۱-۳): حداقل وزن تقریبی مصالح سنگی درشت دانه با توجه به حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی

حداقل وزن تقریبی نمونه های صحرایی (Kg)	حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی*
۱۰	$\frac{3}{8}$ اینچ ($\frac{9}{5}$ میلیمتر)
۱۵	$\frac{1}{2}$ اینچ ($\frac{12}{5}$ میلیمتر)
۲۵	$\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ میلیمتر)
۵۰	1 اینچ (۲۵ میلیمتر)
۷۵	$1\frac{1}{2}$ اینچ ($\frac{37}{5}$ میلیمتر)
۱۰۰	2 اینچ (۵۰ میلیمتر)
۱۲۵	$2\frac{1}{2}$ اینچ (۶۳ میلیمتر)
۱۵۰	3 اینچ (۷۵ میلیمتر)
۱۷۵	$3\frac{1}{2}$ اینچ (۹۰ میلیمتر)

* برای مصالح سنگی مورد آزمایش، حداکثر اندازه اسمی ذرات، در واقع، بزرگترین شماره الک در مشخصات دانه بندی است که هیچ مقداری از مصالح مجاز نیست روی آن بماند.

۴. نحوه انتقال نمونه ها

انتقال مصالح سنگی در جعبه ها و یا هر وسیله دیگر، بایستی به صورتی انجام گیرد که باعث کمترین آسیب دست خوردگی به نمونه ها شده و همچنین به خواص مصالح در حین انتقال صدمه ای وارد نشود. مشخصات جعبه های انتقال نمونه های مصالح سنگی، بایستی به طور جداگانه و مناسب در آنها قرار داده شود تا بتوان بر اساس آنها، گزارش صحرایی، لوگ های آزمایشگاهی و نتایج آزمایش را به آسانی ارائه نمود.

در نمونه گیری از مصالح سنگی درشت بارگیری شده در واگن ها یا دیگر وسایل، باید دقت نمود از وسایل قدرتمندی که بتواند از موقعیت و اعماق مختلف مصالح نمونه برداری کند، استفاده شود. هر جا چنین وسیله ای در اختیار نباشد، به طور کلی لازم است در سه نقطه یا بیشتر، تا عمق مناسب حفاری شود، طوری که نمونه های اخذ شده، معرف خواص مصالح بارگیری شده باشند. کف این حفاری ها، باید تقریباً هم تراز و هموار بوده و به ابعاد حداقل ۳۰ سانتیمتر در عرض و عمق انجام گیرد. با استفاده از بیلچه، حداقل در سه نقطه با فواصل تقریباً مساوی، از عمق گودال حفر شده، نمونه برداری شود.

۵. نکات فنی و کارشناسی مرتبط با آزمون

تعریف عمومی طبقه‌بندی AASHTO:

A-1: قلوه‌سنگ و شن و ماسه درشت؛ A-2: شن و ماسه لای‌دار و رس‌دار؛ A-3: ماسه ریزدانه؛ A-4: خاک لای‌دار با حد روانی کم؛ A-5: خاک لای‌دار با حد روانی زیاد؛ A-6: رس با حد روانی کم؛ A-7: رس با حد روانی زیاد و A-8: خاک‌های آلی ($GI \geq 20$ ، شاخص گروه است).

خاکریزی زیرسازی راه، باید در گروه‌های AASHTO باشد، به جز مواردی که از مصالح سنگی یا Rock Fill استفاده گردد.

اطلاعات استخراجی از آزمایش دانه‌بندی: پیش‌بینی حرکت آب در خاک؛ میزان نفوذپذیری؛ حساسیت خاک در مقابل یخبندان؛ خاصیت موئینگی؛ مناسب بودن به عنوان فیلتر و زهکش؛ مشخص کردن اندازه دانه‌ها؛ سنجش مقاومت اولیه خاک؛ تشریح نظری خاک؛ نوع دانه‌بندی و تشخیص یکنواختی.

اتلاف مجاز مصالح در آزمایش دانه‌بندی، نباید بیشتر از ۲ درصد وزن کل مصالح باشد.

رفتار خاک‌های چسبنده، بیشتر به نوع و درصد کانی‌های رس، تاریخچه زمین‌شناسی و درصد آب موجود در آن بستگی دارد، تا این که به نحوه توزیع دانه‌بندی وابسته باشد.

بیشتر خاک‌های ریزدانه رسی، قلیایی هستند و وجود نمک‌ها و ناخالصی‌های دیگر، ممکن است خاصیت اسیدی ایجاد کند.

فواصل نمونه‌برداری برای انجام آزمایش تراکم آزمایشگاهی در مصالح سابگرد:

- در صورت یکنواخت بودن جنس سابگرد، از هر کیلومتر، یک نمونه و در صورتی که جنس خاک تغییر کند، آزمایش بیشتری از تراکم به عمل آید.
- جهت انجام آزمایش‌های دانه‌بندی، حدود آتربرگ و ارزش ماسه‌ای از قشر زیراساس، در راه‌های فرعی و اصلی با عرض ۱۳ متر، هر ۵۰۰ متر یک آزمایش و در اتوبان‌ها، در هر باند، از فواصل ۳۰۰ متر، یک نمونه گرفته می‌شود.
- آزمایش تراکم آزمایشگاهی برای قشر زیراساس، از هر ۱۰۰۰ متر یک‌بار و در صورت تغییر جنس مصالح، با توجه به تغییرات مصالح، آزمایش تراکم بیشتری انجام می‌شود.
- در صورت شروع تولید مصالح قشر اساس در پای سنگ‌شکن توسط عوامل پیمانکار، با توجه به درخواست دستگاه نظارت، از مصالح شکسته شده در پای سنگ‌شکن (در غیر این صورت، طبق دستورالعمل وزارتتی) نمونه‌برداری نموده و آزمایش‌های دانه‌بندی، حدود آتربرگ، ارزش ماسه‌ای و درصد شکستگی انجام می‌شود.
- از مصالح حمل شده بر روی راه (قشر اساس)، از فواصل ۲۵۰ متر، آزمایش دانه‌بندی، حدود آتربرگ، ارزش ماسه‌ای و درصد شکستگی به عمل می‌آید.
- نمونه‌برداری جهت انجام آزمایش تراکم آزمایشگاهی در قشر اساس، در هر ۱۰۰۰ متر، یک بار و در صورت تغییر مصالح، با توجه به تغییرات مصالح، آزمایش بیشتری انجام خواهد شد.
- از مصالح شانه راه، از هر ۱۰۰۰ متر، یک نمونه گرفته شده و آزمایش‌های دانه‌بندی حدود آتربرگ، ارزش ماسه‌ای و در صورت لزوم، آزمایش درصد شکستگی به عمل می‌آید.
- در شانه راه، آزمایش دانسیته، در فواصل ۲۰۰ متری انجام می‌شود.