

آزمایش پرسبومتری در مهندسی ژئوتکنیک

مولفان:

دکتر علی قنبری (عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت معلّم)

مهندس محسن معجزی



انتشارات آثار معاصر

تهران ۱۳۸۶

سرشناسه : قنبری، علی
 عنوان و نام پدیدآور : آزمایش پرسیمتری در مهندسی ژئوتکنیک / علی قنبری، محسن معجزی
 مشخصات نشر : تهران : آثار معاصر، ۱۳۸۶.
 مشخصات ظاهری : {۱۵۰} ص. : مصور.
 شابک : ۹۶۴-۹۶۹۷۸-۴-۵ : ۱۸۰۰۰ ریال
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : کتابخانه : ص. ۱۴۵-۱۴۹.
 موضوع : خاک -- آزمایش نفوذ.
 موضوع : خاک - مکانیک.
 شناسه افزوده : معجزی، محسن
 رده بندی کنگره : TA ۷۱۰/۵/ق۹۴
 رده بندی دیویی : ۶۲۴/۱۵۱۳۶
 شماره کتابشناسی ملی : ۱۰۸۴۳۸۳



انتشارات آثار معاصر

نام کتاب : آزمایش پرسیمتری در مهندسی ژئوتکنیک

مولفان: دکتر علی قنبری و مهندس محسن معجزی

نوبت چاپ اول: ۱۳۸۶

تیراژ: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۸۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: کاوش قلم

چاپ: بسارنگ

صحافی: پژمان

شابک : ۹۶۴-۹۶۹۷۸-۴-۵

حق چاپ محفوظ است.

تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۱۴۰۸۲۵۳ - ۸۸۸۳۰۸۹۱

پیشگفتار

قدمت و سابقه کاوش‌های صحرایی ژئوتکنیک به میزان قدمت بناها و ساختمانهای باستانی می‌باشد و از دیر باز شناخت صحرایی ساختگاه و آزمونهای برجا به هدف اطلاع از وضع پی برای احداث سازه‌های بزرگ مرسوم بوده است. با رشد فناوری و توسعه روش‌های حفاری و آزمونهای مکانیکی و ژئوفیزیکی روش‌های شناخت پی و جمع‌آوری اطلاعات زمین نیز توسعه یافته و از گستردگی قابل ملاحظه‌ای برخوردار گشته است. در اواخر قرن بیستم با کمک گرفتن از دانش الکترونیک و سیستم‌های مخابراتی آزمونهای مکانیکی برجا و تکنیک‌های ژئوفیزیک تحول عظیمی در کاوش‌های صحرایی بوجود آورده‌اند. با این حال سیستم‌های حفاری آزمایشی به روش سنتی به دلیل اطمینان بیشتر و دسترسی مستقیم به زمین همچنان به عنوان اصلی‌ترین راهکار کاوش‌های صحرایی مطرح می‌باشند. به نظر می‌آید که با توجه به رشد روزافزون فن‌آوری‌های جدید و اهمیت کاهش زمان اختصاص یافته به مطالعات صحرایی، در آینده نقش روش‌های سنتی کاهش یافته و سیستم‌های جدید به راهکار غالب کاوش‌های صحرایی تبدیل شوند.

کاوشهای صحرایی در یک دسته بندی کلی به پنج دسته حفاری، نمونه گیری، آزمونهای برجا، کاوشهای ژئوفیزیک و روشهای دورسنجی تقسیم میشوند. در سالهای اخیر انجام آزمونهای برجا سهولت بیشتری یافته است و با توجه به اطلاعات بسیار خوبی که این آزمونها از زمین به دست می‌دهند، اقبال گسترده‌ای به انجام آزمونهای مذکور بوجود آمده است. در مقابل، آزمونهای آزمایشگاهی که به علت دست‌خوردگی نمونه‌ها معمولاً نتایج آنها با تقریب مواجه می‌باشد کمتر مورد تاکید واقع می‌شوند. پیش‌بینی می‌گردد که محاسبه پارامترهای مکانیکی برای محیط‌های خاکی و سنگی در آینده براساس آزمونهای صحرایی صورت پذیرد و آزمونهای آزمایشگاهی صرفاً برای تخمین خواص فیزیکی شاخص و آزمونهای پایه مورد توجه واقع شود.

به طور کلی آزمون‌های برجا ژئوتکنیکی به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول به آزمون‌های درون چاهی موسوم بوده و برای انجام آنها حفاری گمانه نیز ضرورت دارد. دسته دوم آزمون‌هایی هستند که دارای سیستم خود حفار بوده و یا در سطح زمین انجام می‌گردند و بر همین اساس نیازی به حفاری گمانه ندارد. پرسیمتری یکی از مهمترین آزمونهای برجا است که به هر دو روش قابل انجام

است و در صورت استفاده مناسب میتواند مشخصات قابل توجهی از خصوصیات مکانیکی زمین را به دست دهد.

در این مجلد تلاش شده است که در جهت رفع بخشی از خلأ موجود در کشور پیرامون دسترسی مهندسان ژئوتکنیک به متون علمی و روشهای انجام کاوشهای صحرایی، آزمایش پرسیمتری معرفی گردد. در همین راستا ابتدا انواع آزمایشهای صحرایی و برجا به طور اجمالی معرفی گردیده و در پی آن مبانی نظری، تجهیزات و روشهای مختلف و مراحل انجام آزمایش پرسیمتری به تفصیل مورد بحث واقع شده است. در بخش آخر نیز روشهای تفسیر نتایج این آزمایش مورد توجه واقع شده است. با این حال بخش اخیر به دلیل وجود مباحث مربوط به آن در کتب پیشرفته مربوط به طراحی پی های سطحی و عمیق به اختصار ارائه گردیده است.

نویسندگان بر خود لازم میدانند که از اساتید محترم آقایان دکتر علی فاخر (عضو هیئت علمی دانشکده عمران، دانشگاه تهران)، دکتر محمد مهدی احمدی (عضو هیئت علمی دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف) و همکاران محترم گروه مهندسی عمران دانشگاه تربیت معلم، آقایان دکتر علی فرهادی و دکتر امیر حمیدی، که با راهنمایی های سازنده در رفع نواقص موجود در نسخه اولیه کتاب اینجانبان را یاری فرمودند مراتب قدردانی و تشکر خود را اعلام نمایند. امید می رود که پژوهشگران محترم دانشگاهی با توجه به نیاز مهندسان طراح و مشاور ژئوتکنیک در تدوین کتب مشابه پیرامون سایر آزمونهای برجا اقدام فرمایند و خوانندگان محترم این اثر نیز مولفین را از نقطه نظرات اصلاحی خود مطلع فرمایند.

علی قنبری - ممسن معجزی

تابستان ۱۳۸۶

فهرست مطالب

۱- کلیات.....	۱۳
۱-۱- مقدمه.....	۱۵
۱-۲- اهمیت آزمایش های برجا.....	۱۵
۱-۳- انواع آزمایش های برجا در خاک.....	۱۷
۱-۳-۱- آزمایش لوفران.....	۱۷
۱-۳-۲- آزمایش لوژان.....	۱۸
۱-۳-۳- آزمایش نفوذ استاندارد (SPT).....	۱۸
۱-۳-۴- آزمایش نفوذ مخروط (CPT).....	۱۹
۱-۳-۵- آزمایش دایلاتومتری تخت (DMT).....	۲۰
۱-۳-۶- آزمایش برش پره (VST).....	۲۰
۱-۳-۷- آزمایش بارگذاری صفحه (PLT).....	۲۱
۱-۳-۸- آزمایش پرسیومتری (PMT).....	۲۱
۱-۳-۹- آزمایش های صحرایی دیگر.....	۲۱
۱-۴- جایگاه پرسیومتری.....	۲۲
۱-۵- مزایا و معایب کلی آزمایش پرسیومتری.....	۲۳
۱-۵-۱- مزایای آزمایش پرسیومتری.....	۲۴
۱-۵-۲- معایب آزمایش پرسیومتری.....	۲۵
۱-۵-۳- آنچه در این کتاب می خوانید.....	۲۵
۲- تاریخچه پرسیومتری.....	۲۷
۲-۱- مقدمه.....	۲۹
۲-۲- تاریخچه پرسیومتر.....	۲۹
۲-۳- کنفرانسها و کتابهای مربوط به پرسیومتری.....	۳۲

۳۳ ۴-۲- پیشینه پرسیومتری در ایران

۳۵ ۳- انواع پرسیومتر و تجهیزات آن

۳۷ ۳-۱- مقدمه

۳۷ ۳-۲- تجهیزات پرسیومتر

۳۸ ۳-۲-۱- سوند

۳۹ ۳-۲-۲- واحد کنترل و اندازه گیری

۴۰ ۳-۲-۳- واحد رابط

۴۱ ۳-۳- انواع پرسیومتر و تجهیزات مربوطه

۴۱ ۳-۳-۱- پرسیومترهای پیش حفار

۴۳ ۳-۳-۱-۱- پرسیومتر منارد

۴۴ ۳-۳-۱-۲- اُیومتر

۴۵ ۳-۳-۲- پرسیومترهای خود حفار

۴۷ ۳-۳-۲-۱- پرسیومتر PAF

۴۸ ۳-۳-۲-۲- پرسیومتر خود حفار کمبریج

۵۰ ۳-۳-۲-۲-۱- پرسیومتر انبساطی کمبریج

۵۱ ۳-۳-۲-۲-۲- پرسیومتر سلول بار شش سلولی کمبریج

۵۵ ۳-۳-۳- پرسیومترهای تغییر مکانی

۵۵ ۳-۳-۳-۱- پرسیومتر رانشی

۵۶ ۳-۳-۳-۲- پرسیومتر مخروطی کمبریج

۶۱ ۴- مبانی تئوریک آزمایش پرسیومتری (تئوری انبساط حفره)

۶۳ ۴-۱- مقدمه

۶۳	۲-۴- توزیع تنش و کرنش
۶۵	۳-۴- خاک الاستیک
۶۷	۴-۴- انبساط زهکشی نشده حفره استوانه ای (آزمایش سریع در رس)
۶۷	۴-۴-۱- تحلیل عمومی
۶۹	۴-۴-۲- خاک الاستوپلاستیک
۷۲	۴-۴-۳- مصالح غیر خطی
۷۸	۴-۵- انبساط زهکشی شده حفره استوانه ای (آزمایش در ماسه)
۷۸	۴-۵-۱- تغییرات حجم
۸۰	۴-۵-۲- تحلیل عمومی
۸۴	۴-۵-۳- ماسه های خیلی متراکم
۸۷	۵- مراحل انجام آزمایش
۸۹	۵-۱- مقدمه
۹۰	۵-۲- کالیبراسیون
۹۰	۵-۲-۱- گنج های فشار
۹۰	۵-۲-۲- مبدل های تغییر مکان
۹۱	۵-۲-۳- مبدل های فشار کل
۹۱	۵-۲-۴- سختی غشاء
۹۲	۵-۲-۵- نازک شدگی غشاء
۹۲	۵-۲-۶- تراکم غشاء
۹۳	۵-۲-۷- تراکم سیستم
۹۳	۵-۳- حفاری

- ۹۴ ۵-۳-۱- ریزش دیواره گمانه
- ۹۴ ۵-۳-۲- فرسایش دیواره گمانه
- ۹۴ ۵-۳-۳- نرم شدگی دیواره گمانه
- ۹۵ ۵-۴- شرایط حفره آزمایش در پرسیومتری با PBP
- ۹۵ ۵-۵- فاصله زمانی بین حفاری و انجام آزمایش
- ۹۶ ۵-۶- فاصله و توالی آزمایش های PBP
- ۹۶ ۵-۷- جایگذاری و نصب پرسیومتر
- ۹۶ ۵-۷-۱- نصب پرسیومترهای پیش حفار
- ۹۷ ۵-۷-۲- نصب پرسیومترهای خودحفار
- ۹۸ ۵-۷-۳- نصب پرسیومترهای رانشی
- ۹۹ ۵-۸- انجام آزمایش
- ۱۰۰ ۵-۸-۱- انجام آزمایش با پرسیومترهای پیش حفار
- ۱۰۱ ۵-۸-۲- انجام آزمایش با پرسیومترهای خودحفار
- ۱۰۲ ۵-۸-۳- انجام آزمایش با پرسیومترهای تغییر مکانی
- ۱۰۳ ۶- تفسیر نتایج و تعیین پارامترهای مهندسی خاک
- ۱۰۵ ۶-۱- مقدمه
- ۱۰۶ ۶-۲- تفسیر نتایج
- ۱۰۷ ۶-۲-۱- روش نیمه تجربی
- ۱۰۹ ۶-۲-۲- روش تحلیلی
- ۱۰۹ ۶-۲-۲-۱- تنش افقی برجا
- ۱۱۰ ۶-۲-۲-۲- سختی

- ۱۱۲ ۳-۲-۲-۶ مقاومت
- ۱۱۵ ۴-۲-۲-۶ سنگها
- ۱۱۶ ۳-۶ نتایج حاصل از آزمایش با پرسومترهای پیش حفار
- ۱۱۹ ۴-۶ نتایج حاصل از آزمایش با پرسومتر خود حفار
- ۱۱۹ ۱-۴-۶ پارامترهای قابل دستیابی رسها
- ۱۱۹ ۲-۴-۶ پارامترهای قابل دستیابی ماسه ها
- ۱۲۲ ۵-۶ کاربرد نتایج پرسیمتری در طراحی پی ها
- ۱۲۲ ۱-۵-۶ ظرفیت باربری
- ۱۲۶ ۲-۵-۶ شمع با بار محوری
- ۱۲۸ ۳-۵-۶ نشست
- ۱۲۸ ۱-۳-۵-۶ نشست شالوده ها
- ۱۳۰ ۲-۳-۵-۶ نشست شمع ها
- ۱۳۰ ۳-۳-۵-۶ شمع با بار جانبی
- ۱۳۲ ۶-۶ روابط تجربی
- ۱۳۲ ۱-۶-۶ رابطه مدول پرسیمتری با مدول ادنومتر
- ۱۳۳ ۲-۶-۶ رابطه فشار حدی و مقاومت نوک نفوذسنج
- ۱۳۳ ۳-۶-۶ رابطه فشار حدی و مقاومت زهکشی نشده در رس ها
- ۱۳۴ ۴-۶-۶ رابطه فشار حدی و زاویه اصطکاک
- ۱۳۴ ۵-۶-۶ محدوده تقریبی مدول پرسیمتری
- ۱۳۵ ۷-۶ یک مثال موردی
- ۱۳۸ ۸-۶ سخن آخر
- ۱۴۳ ۷- مراجع