

طراحی پی

تالیف

دکتر بهزاد کلانتری

استادیار دانشگاه هرمزگان

سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی

۱۳۹۰

سرشناسه	: کلانتری، بهزاد، ۱۳۳۶-
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی پی / تألیف بهزاد کلانتری.
مشخصات نشر	: تهران: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۳۵۲ ص: مصور، جدول.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۰۲-۲۷۱-۵
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۳۴۷.
موضوع	: پی سازی
موضوع	: پی سازی - طرح و ساختمان
موضوع	: خاک - مکانیک
شناسه افزوده	: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۰ ط ۴۸۵ ک / ۷۵ TA۷۷۵
رده بندی دیویی	: ۶۱۴/۱۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۵۷۳۴۷۱

طراحی پی

تألیف: دکتر بهزاد کلانتری

ناشر: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی

چاپ: اول - ۱۳۹۰

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۶۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۰۲-۲۷۱-۵

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مولف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه نماید مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



سازمان انتشارات

نشانی سازمان انتشارات: تهران، خیابان انقلاب اسلامی، خیابان فخرآزادی، خیابان شهدای زاهدانمیری، پلاک ۷۲، تلفن: ۶۶۹۵۲۷۲۶

مرکز پخش:

تهران، خیابان انقلاب، بین فلسطین و چهارراه ولیعصر، جنب مؤسسه نمایشگاه‌های فرهنگی ایران، تلفن: ۶۶۱۸۷۹۲۵

پست الکترونیکی: info@isba.ir

پایگاه اطلاع‌رسانی: www.isba.ir

فهرست

عنوان	صفحه
فصل اول: آشنایی با انواع پی.....	۱۳
۱-۱ مقدمه.....	۱۳
۲-۱ انواع پی.....	۱۳
۱-۲-۱ پی‌های سطحی.....	۱۳
الف) پی‌های تنگی.....	۱۴
ب) پی‌های نواری.....	۱۵
ج) پی‌های گسترده.....	۱۵
د) پی‌های شبکه‌ای.....	۱۶
۲-۲-۱ پی‌های عمیق.....	۱۷
الف) شمع‌های کویشی.....	۱۷
ب) شمع‌های درجا یا ستونی.....	۱۹
۳-۱ انواع دیگر پی.....	۲۱
الف) پی‌های صندوقه‌ای.....	۲۱
ب) ریزشمع‌ها.....	۲۲
ج) پی‌های نیمه عمیق.....	۲۲
د) پی‌های پوسته‌ای.....	۲۳
هـ- شمع‌های صفحه‌ای.....	۲۴
۴-۱ چند نکته درانواع پی‌ها.....	۲۸
فصل دوم: مروری بر مکانیک خاک.....	۲۹
۱-۲ مقدمه.....	۲۹
۲-۲ شناسایی خاک‌ها براساس اندازه دانه‌های خاک.....	۳۰
۳-۲ روابط وزنی - حجمی.....	۳۱
۴-۲ طبقه بندی خاک‌ها به روش یونیتفاید.....	۳۴

۳۹.....	۵-۲ حد خمیری.....
۳۹.....	۶-۲ حد روانی.....
۳۹.....	۷-۲ اندیس خمیری.....
۳۹.....	۸-۲ خاک‌های تحکیم عادی یافته یا N.C.....
۳۹.....	۹-۲ خاک‌های پیش تحکیم یافته یا O.C.....
۴۰.....	۱۰-۲ نفوذ پذیری خاک‌ها.....
۴۰.....	۱۱-۲ موئینگی در خاک‌ها.....
۴۱.....	۱۲-۲ خاک‌های واگرا.....
۴۲.....	۱۳-۲ دیوارهای حائل.....
۴۵.....	۱۴-۲ انواع دیوارهای حائل.....
۴۵.....	الف) دیوارهای بتن آرمه طرهای.....
۴۶.....	ب) دیوارهای حائل پشت بند دار.....
۴۷.....	ج) دیوارهای حائل وزنی.....
۴۹.....	۱۵-۲ تعیین فشار محرک و محل تأثیر آن بر دیوار.....
۶۱.....	۱۶-۲ مفهوم تنش مؤثر در خاک.....
۶۲.....	۱۷-۲ گسترش تنش در خاک.....
۶۳.....	۱۸-۲ روش‌های محاسبه گسترش تنش در خاک.....
۶۴.....	الف: استفاده از روش تقریبی ۲ به ۱.....
۶۵.....	ب: استفاده از منحنی‌های حباب تنش.....
۶۷.....	ج: استفاده از منحنی‌های بوسینسک.....
۷۰.....	د: استفاده از منحنی‌های حباب تنش برای پی‌های دایره‌ای.....
۷۱.....	ه: استفاده از دیاگرام نیومارک.....
۷۲.....	۱۹-۲ تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک در آزمایشگاه.....
۷۳.....	۱-۱۹-۲ آزمایش تک محوری.....
۷۵.....	۲-۱۹-۲ آزمایش برش مستقیم.....
۷۷.....	۳-۱۹-۲ آزمایش سه محوری.....
۸۰.....	۲۰-۲ چند نکته در خواص مکانیکی خاکهای دانه‌ای و ریزدانه.....
۸۱.....	۲۱-۲ آزمایش نشست یا تحکیم.....
۸۶.....	۲۲-۲ نشست آبی.....
۹۱.....	۲۳-۲ چند نکته در نشست خاک زیر پی.....
۹۵.....	فصل سوم: عملیات شناسایی شرایط خاک زیر پی.....
۹۵.....	۱-۳ مقدمه.....

۲-۳	مراحل شناخت شرایط زیر سطحی	۹۵
۳-۳	تعیین عمق گسیختگی خاک زیر پی	۹۷
۴-۳	انواع روش‌های حفاری موتور	۱۰۱
۱۰۱	الف) حفاری شستشویی (حفاری با آب)	۱۰۱
۱۰۲	ب) حفاری مته‌ای (حلزونی)	۱۰۲
۱۰۴	ج) حفاری ضربه‌ای	۱۰۴
۱۰۴	د) حفاری دورانی	۱۰۴
۵-۳	نمونه‌گیری با استفاده از نمونه گیر دو کفه‌ای (Split barrel sampler) و چگونگی انجام	
۱۰۶	آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد (Standard penetration test یا SPT)	۱۰۶
۶-۳	آزمایش نفوذ مخروط	۱۰۹
۷-۳	آزمایش برش پره	۱۰۹
۸-۳	آزمایش بارگذاری صفحه‌ای	۱۱۰
۹-۳	ارتباط برخی نتایج آزمایش‌های محلی با ظرفیت باربری خاک	۱۱۲
۱۰-۳	استفاده از N_{SPT} برای تعیین ظرفیت باربری مجاز خاک‌ها	۱۱۴
۱۱-۳	چند نکته در عملیات شناسایی خاک زیر پی	۱۲۱
۱۲۵	فصل چهارم: ظرفیت باربری مجاز خاک‌ها برای پی‌های سطحی	۱۲۵
۱۲۵	۱-۴ مقدمه	۱۲۵
۱۲۵	۲-۴ تعیین ظرفیت باربری مجاز خاک و محاسبه ابعاد پی با استفاده از آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد	۱۲۵
۱۳۰	۳-۴ تعیین ظرفیت باربری مجاز خاک و محاسبه ابعاد پی‌های سطحی (Shallow foundation) با استفاده از پارامترهای مقاومت برشی خاک (ϕ و c)	۱۳۰
۱۴۵	۴-۴ تعیین ظرفیت باربری مجاز خاک‌ها برای پی‌های مورب سطحی	۱۴۵
۱۵۰	۵-۴ تعیین ظرفیت باربری مجاز خاک‌ها برای پی‌های تحت تأثیر بار قائم و لنگر خمشی یا بار خروج از مرکز	۱۵۰
۱۵۸	۶-۴ تعیین ضخامت پی (شالوده)	۱۵۸
۱۶۰	۷-۴ روابط لازم برای تعیین ضخامت پی	۱۶۰
۱۶۴	۸-۴ تعیین ظرفیت باربری پی‌های سطحی با وجود نیروهای بالا برنده یا کششی	۱۶۴
۱۶۷	۹-۴ چند نکته در پی‌های سطحی و ظرفیت باربری خاک‌ها	۱۶۷
۱۷۳	فصل پنجم: روانگرایی خاک	۱۷۳
۱۷۳	۱-۵ مقدمه	۱۷۳
۱۷۴	۲-۵ بررسی احتمال روانگرا شدن خاک‌های ماسه‌ای سست و اشباع	۱۷۴
۱۷۹	۳-۵ چند نکته در روانگرایی خاک‌ها	۱۷۹

فصل ششم: ظرفیت باربری پی‌های عمیق (شمع‌ها) با بارگذاری محوری.....	۱۸۱
۱-۶ مقدمه.....	۱۸۱
۲-۶ انواع شمع‌های معمولی.....	۱۸۲
۳-۶ راندن شمع‌ها به داخل زمین.....	۱۸۲
۴-۶ ظرفیت باربری شمع‌ها تحت بارگذاری قائم.....	۱۸۶
۵-۶ تعیین ظرفیت باربری شمع‌ها.....	۱۸۶
۱-۵-۶ روش مبتنی بر نتایج آزمایش‌های صحرایی (SPT).....	۱۸۶
۲-۵-۶ روش تحلیل دینامیکی.....	۱۹۰
۳-۵-۶ روش تحلیل استاتیکی.....	۱۹۱
الف) برآورد ظرفیت باربری شمع در محدوده خاک چسبنده (اطراف و زیر شمع).....	۱۹۱
ب) برآورد ظرفیت باربری شمع در محدوده خاک غیر چسبنده یا دانه‌ای (اطراف و زیر شمع).....	۱۹۷
۴-۵-۶ روش آزمایش بارگذاری شمع در محل.....	۲۰۲
۶-۶ شمع‌های تحت بار کشش.....	۲۰۶
الف) تعیین مقاومت کششی شمع‌ها در محیط خاک‌های چسبنده.....	۲۰۶
ب) تعیین مقاومت کششی شمع‌ها در محیط خاک‌های غیر چسبنده (دانه‌ای).....	۲۰۸
۷-۶ گروه شمع.....	۲۱۱
۸-۶ فواصل شمع‌ها از یکدیگر.....	۲۱۲
۹-۶ ظرفیت باربری گروه شمع.....	۲۱۳
۱۰-۶ اصطکاک منفی جدار.....	۲۱۵
۱۱-۶ نشست پی‌های عمیق.....	۲۱۶
۱۲-۶ نشست گروه شمع.....	۲۱۹
۱۳-۶ تعیین مقدار نشست گروه شمع با استفاده از روش تجربی.....	۲۲۰
۱۴-۶ چند نکته در ظرفیت باربری شمع‌ها با بارگذاری محوری.....	۲۲۱
فصل هفتم: ظرفیت باربری شمع‌ها تحت تأثیر بارهای جانبی.....	۲۲۵
۱-۷ مقدمه.....	۲۲۵
۲-۷ پایداری شمع‌ها در برابر بارگذاری جانبی.....	۲۲۷
۱-۲-۷ پایداری (آنی) شمع در خاک‌های چسبنده (رسی).....	۲۲۸
۲-۲-۷ پایداری شمع در خاک‌های غیر چسبنده (دانه‌ای).....	۲۳۰
۳-۷ منحنی‌های طراحی براساس.....	۲۳۲
۴-۷ چند نکته در ظرفیت باربری شمع‌ها تحت تأثیر بارهای جانبی.....	۲۳۹
فصل هشتم: پی‌ها بر روی سنگ بستر.....	۲۴۱
۱-۸ مقدمه.....	۲۴۱

۲۴۲	۲-۸ روش‌های معمول در تعیین ظرفیت باربری سنگ بستر
۲۴۲	۲-۸-۱ تعیین ظرفیت باربری سنگ بستر با استفاده از مقادیر کدهای ساختمانی
۲۴۴	۲-۸-۲ تعیین ظرفیت باربری مجاز سنگ بستر با استفاده از روابط ترزاقی - هنسون
۲۴۸	۳-۸ چند نکته در استقرار پی بر روی سنگ بستر
۲۵۱	فصل نهم: سپرها
۲۵۱	۱-۹ مقدمه
۲۵۳	۲-۹ احداث دیوارهای حایل با سپر کوبی
۲۵۵	۳-۹ سپرهای طره‌ای
۲۵۵	۱-۳-۹ سپرهای طره‌ای کوبیده شده در خاک‌های دانه‌ای
۲۵۹	۲-۳-۹ سپرهای طره‌ای کوبیده شده در خاک‌های رسی
۲۶۲	۴-۹ سپرهای مهار شده
۲۶۳	۱-۴-۹ سپر مهار شده با پای مفصلی در زمین ماسه‌ای
۲۶۷	۲-۴-۹ سپر مهار شده با پای مفصلی در زمین رسی
۲۷۱	فصل دهم: اصلاح (بهبود) خواص خاک
۲۷۱	۱-۱۰ مقدمه
۲۷۱	۲-۱۰ عوامل مؤثر بر انتخاب روش بهبود خواص خاک
۲۷۲	۳-۱۰ روش‌های معمول بهبود خواص خاک
۲۷۳	۱-۳-۱۰ تراکم
۲۷۶	۲-۳-۱۰ پیش بارگذاری
۲۷۷	۳-۳-۱۰ تزریق مواد تثبیت کننده (دوغاب)
۲۷۸	۴-۳-۱۰ تراکم ارتعاشی (ویبراسیون شناور)
۲۸۰	۵-۳-۱۰ استفاده از ژئوتکستایل‌ها
۲۸۲	۴-۱۰ تکنیک‌های دیگر جهت تقویت ظرفیت باربری و یا تثبیت زمین
۲۸۲	۱-۴-۱۰ روش انجماد خاک
۲۸۳	۲-۴-۱۰ پیش فشردگی حرارتی
۲۸۴	۳-۴-۱۰ روش استخراج خاک
۲۸۵	۴-۴-۱۰ پی‌های پوسته‌ای
۲۸۶	۵-۴-۱۰ روش بیولوژیکی
۲۸۸	۶-۴-۱۰ روش الکترواسمز
۲۸۸	۷-۴-۱۰ زهکشی یا پائین بردن سطح آب‌های زیر زمینی
۲۸۸	۸-۴-۱۰ روش استفاده از انفجار
۲۸۹	۵-۱۰ تثبیت خاک‌های آلی

فصل یازدهم: مباحث تکمیلی.....	۲۹۱
۱-۱۱ مقدمه.....	۲۹۱
۲-۱۱ مسائل نمونه.....	۲۹۱
۱-۲-۱۱ شرایط متفاوت خاک زیر پی در محدوده گوه گسیختگی.....	۲۹۱
۲-۲-۱۱ ظرفیت باربری دینامیکی (q_{UE}) و نشست خاک زیر پی (S_E) در اثر بارگذاری زلزله.....	۲۹۵
۳-۲-۱۱ تعیین ظرفیت باربری خاک با وجود نیروی افقی بر پی منفرد.....	۲۹۹
۴-۲-۱۱ تعیین عمق مدفون پی برای یک فونداسیون شناور.....	۳۰۳
۵-۲-۱۱ تعیین مقاومت نهایی شیب‌های شیروانی با وجود ساخت فونداسیون در بالای آن‌ها و یا در روی آن‌ها.....	۳۰۴
۶-۲-۱۱ طراحی پی‌های عمیق با وجود نیروی مایل (افقی و عمودی).....	۳۰۹
۷-۲-۱۱ محاسبه نشست گروه شمع.....	۳۱۱
۸-۲-۱۱ محاسبه ضریب عکس‌العمل خاک با استفاده از مقاومت مجاز زمین.....	۳۱۳
۹-۲-۱۱ تعیین عمق خاکبرداری و پایداری شیب‌ها.....	۳۱۵
۱۰-۲-۱۱ مباحث پی در جوار خاک‌های تورم‌زا.....	۳۱۶
۱۱-۲-۱۱ طراحی پی‌های صندوقه‌ای.....	۳۲۰
۱۲-۲-۱۱ طراحی پی نواری بتن مسلح.....	۳۲۵
۱۳-۲-۱۱ طراحی پی مستطیلی بتن مسلح با بار خروج از مرکز در داخل ثلث میانی.....	۳۲۷
۱۴-۲-۱۱ طراحی پی مستطیلی بتن مسلح با بار خروج از مرکز در خارج ثلث میانی.....	۳۳۱
۱۵-۲-۱۱ احداث شالوده بر روی خاک‌های رُمبنده.....	۳۳۳
فهرست منابع فارسی.....	۳۴۷
فهرست منابع دیگر.....	۳۴۹

به نام خداوند مهربانی

پیش گفتار

هدف از نگارش کتاب "طراحی پی" ارائه مراحل مختلف طراحی انواع پی‌های سطحی و عمیق با استفاده از روش‌های کلی که برای بیشتر طراحی‌ها قابل استفاده باشند همراه با بیانی ساده است. به این منظور مطالب کتاب در یازده فصل با عنوان‌های آشنایی با انواع پی، مروری بر مکانیک خاک، عملیات شناسایی شرایط خاک زیر پی، ظرفیت باربری مجاز خاک‌ها برای پی‌های سطحی، روانگرایی خاک‌ها، ظرفیت باربری پی‌های عمیق با بارگذاری محوری، ظرفیت باربری شمع‌ها تحت تأثیر بارهای جانبی، پی‌ها بر روی سنگ بستر، سپرها، اصلاح خواص خاک و نیز مباحث تکمیلی ارائه سعی شده مطالب هر فصل با مثال‌هایی اجرایی همراه باشند. در انتهای برخی از فصول نیز نکاتی مفید مربوط به همان فصل گنجانده شده است. هم چنین در طول کتاب واژه‌های معادل انگلیسی برای کمک به دانشجویانی که به دنبال اطلاعات بیشتر در اینترنت هستند ارائه شده است. از کلیه اساتید و مهندسان گرانقدری که در تصحیح و تکمیل مطالب این کتاب تذکرات ارزنده خود را ارائه می‌دهند، صمیمانه قدردانی می‌شود.