

اصول طراحی پی

تألیف: دکتر سید ناصر مقدس تفرشی

استاد دانشکده مهندسی عمران

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



شماره ۳۵۴

سرشناسه: مقدّس تفرشی، سیدناصر، ۱۳۴۶ -

عنوان و نام پدیدآور: اصول طراحی پی/ تألیف سیدناصر مقدّس تفرشی.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ل، ۵۳۶ ص. : مصوّر (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.

شابک: 978-600-6383-68-2

وضعیت فهرس نویسی: فیفا

یادداشت: رزومه.

یادداشت: کتابنامه: ص. ۴۷۴ -

موضوع: پی سازی -- طرح و ساختمان

موضوع: خاک -- مکانیک

رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ الف ۶ / م ۶ / ۸۷۷

رده بندی دیویی: ۶۲۴/۱۵

شماره کتابشناسی ملی: ۳۴۹۲۷۱۸

<http://press.kntu.ac.ir>



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: اصول طراحی پی

تألیف: دکتر سیدناصر مقدّس تفرشی

نوبت چاپ: دوم

تاریخ انتشار: شهریور ۱۳۹۶، تهران

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ: شریف

صحافی: گرنامی

قیمت: ۳۸۰۰۰ تومان

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است)

خیابان میرداماد غربی - پلاک ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی عصر (عج) - بالاتر از چهارراه میرداماد - پلاک ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): www.press.kntu.ac.ir

اجزاء یک سازه شبیه حلقه‌های یک زنجیر هستند که ضعف در هر یک از حلقه‌ها موجب عدم کارایی و عملکرد مورد نیاز آن می‌گردد. در این میان تحلیل و طراحی پی یک سازه، جهت انتقال بارهای آن به زمین، نیازمند شناخت دقیق رفتار و عملکرد آن است. اگرچه وجود کتب مختلف در زمینه مهندسی خاک و پی، تا حدود زیادی راهگشای مهندسين طراح و دانشجویان در تحلیل و طراحی پی‌ها هستند، اما به دلیل اهمیت موضوع و نیاز به وجود یک کتاب با متن ساده و روان، همراه با حل مثال‌های مختلف جهت درک بهتر مفاهیم طراحی، اینجانب را پس از سال‌ها تدریس دروس مهندسی پی و مهندسی پی پیشرفته، جهت تهیه کتاب حاضر و به منظور رفع کاستی‌های احتمالی در این زمینه ترغیب نمود.

فصل اول این کتاب به اختصار روش‌های شناسایی رفتار خاک و تعیین پارامترهای آن و همچنین آزمایش‌های مورد نیاز در این خصوص (اعم از مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی) را بیان می‌نماید. فصل دوم انواع مختلف پی‌ها را جهت شناخت و انتخاب سیستم پی مناسب طبقه‌بندی می‌نماید. فصول سوم، چهارم و پنجم به ترتیب ترتیب باربری پی‌های سطحی، نشست و طراحی سازه‌های آن‌ها را مورد بررسی جامع و دقیق قرار می‌دهد. در فصل ششم مباحث محاسبه فشارهای جانبی خاک در دو حالت استاتیکی و دینامیکی، روش طراحی دارها، حالت تشریح می‌گردد. در فصل هفتم اصول طراحی پی‌های عمیق (شمع‌ها) از نقطه نظر باربری، نشست و عملکرد آن‌ها در گروه شمع ارائه می‌گردد. همچنین این کتاب حاوی چهار پیوست جهت ارائه بعضی ملاحظات به خصوص نقشه‌های اجرایی انواع پی‌ها در پیوست الف است. از خصوصیات بارز کتاب حاضر می‌توان به طرح و حل کامل مثال‌های متنوع، با ذکر جزئیات، جهت درک بهتر مبانی طراحی و طرح مسائل در انتهای هر فصل اشاره نمود.

در خاتمه، برخود لازم می‌دانم از زحمات بی‌شائبه و ارزنده خانم مهندس ندا افشارکاوه، کارشناس ارشد ژئوتکنیک که در تهیه و اصلاح متن اولیه و ترسیم شکل‌ها که کیفیت بالایی آن‌ها مبین اهمیت تلاش چشمگیر ایشان است و همچنین از آقای مهندس رضا ذاکری بی‌طرح جلد کتاب، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. اگرچه سعی شده است تا این کتاب دارای حداقل اشکال و اشکال از نظر فنی و ویرایش باشد، اما مسلماً دارای ایرادات و نقائصی است که جهت ارتقاء در چاپ‌های آتی نیازمند نظرات دانشجویان و مهندسين طراح محترم و همچنین همکاران و اساتید گرامی است. لذا از کلیه عزیزان برای ارسال نظرات خود به آدرس الکترونیکی nas_moghaddas@kntu.ac.ir یا ثبت در وب سایت اینجانب به آدرس http://sahand.kntu.ac.ir/~nas_moghaddas پیشاپیش قدردانی می‌گردد.

فهرست

فصل اول: مطالعات ژئوتکنیکی.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- مطالعات آزمایشگاهی.....	۲
۳-۱- مطالعات حیرایی.....	۲
۱-۳-۱- رمایش نفوذ استاندارد.....	۳
۱-۳-۱-۱- عوامل خرابی در آزمایش نفوذ استاندارد.....	۵
۲-۳-۱-۱- مزایای استفاده از آزمایش نفوذ استاندارد.....	۵
۳-۳-۱-۱- اصلاح نتایج آزمایش نفوذ استاندارد.....	۶
۳-۳-۱-۱-۱- اصلاح نتایج برای سربار و سطح زیرزمینی.....	۶
۳-۳-۱-۲-۱- اصلاح نتایج برای انرژی کوبش، طول و قطر میل و روش نمونه‌گیری.....	۹
۴-۳-۱-۱-۱- شناخت خصوصیات خاک از روی نتایج آزمایش نفوذ استاندارد.....	۱۲
۲-۳-۱-۲-۱- آزمایش بارگذاری صفحه‌ای.....	۱۳
۱-۳-۲-۱- تجهیزات آزمایش.....	۱۴
۲-۳-۲-۱- نحوه انجام آزمایش و نتایج آن.....	۱۴
۳-۳-۲-۱- نتایج آزمایش.....	۱۶
۴-۳-۱-۱- آزمایش نفوذ مخروط استاتیکی.....	۱۷
فصل دوم: طبقه‌بندی پی‌ها.....	۲۱
۱-۲- مقدمه.....	۲۱

- ۲-۲-۲- انواع پی‌ها ۲۱
- ۲-۲-۱- انواع پی‌ها از نظر عمق استقرار ۲۱
- ۲-۲-۲- انواع پی‌ها از نظر مصالح تشکیل دهنده ۲۳
- ۳-۲- انواع پی‌های سطحی ۲۴
- ۱-۳-۲- پی منفرد یا مجزا ۲۴
- ۲-۳-۲- پی کلاف‌دار یا باسکولی ۲۵
- ۳-۳-۲- پی نواری یک طرفه ۲۷
- ۴-۳-۲- پی نواری دو طرفه ۲۹
- ۵-۳-۲- پی گسترده ۳۰
- ۳۳ فصل سوم: ظرفیت باربری پی‌های سطحی ۳۳
- ۱-۳- مقدمه ۳۳
- ۲-۳- مفهوم ظرفیت باربری نهایی ۳۳
- ۳-۳- مفهوم ضریب اطمینان و ظرفیت باربری مجاز ۳۴
- ۴-۳- مفهوم نشست در ارتباط با باربری پی ۳۵
- ۵-۳- مفهوم گسیختگی و شبکه گسیختگی خاک زیر پی ۳۷
- ۶-۳- انواع گسیختگی خاک در بار نهایی ۳۸
- ۱-۶-۳- گسیختگی در اثر برش کلی ۳۹
- ۲-۶-۳- گسیختگی در اثر برش موضعی ۴۰
- ۳-۶-۳- گسیختگی در اثر برش پانچ ۴۱
- ۷-۳- تشخیص نوع گسیختگی خاک زیر پی ۴۳

- ۲-۸- روش کلی محاسبه ظرفیت باربری نهایی ۴۴
- ۲-۹- روابط ظرفیت باربری ۴۷
- ۲-۹-۱- رابطه ظرفیت باربری ترزاقی (سال ۱۹۴۳) ۴۸
- ۲-۹-۲- رابطه ظرفیت باربری میرهوف (۱۹۵۱ و ۱۹۶۳) ۵۱
- ۲-۹-۳- رابطه ظرفیت باربری هنسِن (۱۹۷۰) ۵۷
- ۲-۹-۳-۱- رابطه ظرفیت باربری هنسِن برای خاک رس اشباع در شرایط زهکشی نشده ۶۱
- ۲-۹-۳-۲- رابطه ظرفیت باربری وسیک (۱۹۷۳ و ۱۹۷۵) ۶۳
- ۲-۹-۳-۱-۴- رابطه ظرفیت باربری وسیک برای خاک رس اشباع در شرایط زهکشی نشده ۶۶
- ۲-۱۰- ظرفیت باربری تحت اثر بار خارج از مرکز (وجود لنگر) ۶۷
- ۲-۱۰-۱- روش طول و عرض مشترک ۶۸
- ۲-۱۰-۲- روش ضرایب کاهش R_e ۶۸
- ۲-۱۰-۳- کنترل گسیختگی خاک زیر پی در حالت وجود لنگر ۷۰
- ۲-۱۱- ظرفیت باربری تحت اثر بار مایل (اثر توأم بار عمقی و قائم) ۷۵
- ۲-۱۱-۱- رابطه میرهوف ۷۵
- ۲-۱۱-۲- رابطه هنسِن ۷۵
- ۲-۱۱-۳- رابطه وسیک ۷۷
- ۲-۱۲- کنترل لغزش پی در مقابل بارهای افقی ۷۸
- ۲-۱۳- ظرفیت باربری درازمدت و کوتاه مدت ۹۱
- ۲-۱۴- ظرفیت باربری در اثر وجود سطح آب ۹۲
- ۲-۱۵- ظرفیت باربری پی‌ها روی خاک چند لایه ۹۵
- ۲-۱۵-۱- ظرفیت باربری پی واقع بر روی دو لایه خاک رس اشباع در شرایط زهکشی نشده ۹۵

- ۳-۱۵-۲- ظرفیت باربری پی واقع بر دو لایه خاک (لایه اول خاک دانه‌ای و لایه دوم خاک رس اشباع) در شرایط زهکشی نشده ۹۸
- ۳-۱۵-۳- ظرفیت باربری پی واقع بر لایه‌های نازک خاک با ϕ و c متفاوت ۱۰۲
- ۳-۱۵-۴- ظرفیت باربری پی روی یک لایه خاک با ضخامت محدود واقع بر بستر سنگی یا لایه خاک تراکم ناپذیر ۱۰۳
- ۳-۱۵-۵- روش پی فرضی برای پی واقع بر خاک چند لایه ۱۱۰
- ۳-۱۶- ظرفیت باربری نهایی در حالت گسیختگی به علت برش موضعی ۱۱۰
- ۳-۱۷- تأثیر انداختن پی‌های سطحی واقع بر خاک دانه‌ای ۱۱۳
- ۳-۱۸- ظرفیت باربری پی‌های سطحی با استفاده از نتایج آزمایش‌های صحرایی ۱۱۶
- ۳-۱۸-۱- تعیین ظرفیت باربری با استفاده از نتایج آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) ۱۱۶
- ۳-۱۸-۲- تعیین ظرفیت باربری با استفاده از نتایج آزمایش نفوذ مخروط (CPT) ۱۱۸
- ۳-۱۸-۳- تعیین ظرفیت باربری با استفاده از نتایج آزمایش بارگذاری صفحه ۱۱۹
- ۳-۱۸-۳-۱- استفاده از نمودار تنش- نشست یک آزمایش بارگذاری صفحه ۱۱۹
- ۳-۱۸-۳-۲- استفاده از نتایج دو آزمایش بارگذاری صفحه ۱۲۱
- ۳-۱۸-۳-۳- استفاده از ضریب عکس العمل خاک بستر (K_0) ۱۲۳
- ۳-۱۹- ظرفیت باربری کششی پی‌های سطحی ۱۲۵
- ۳-۱۹-۱- باربری کششی پی سطحی مدفون در خاک دانه‌ای ۱۲۵
- ۳-۱۹-۱-۱- پی نواری ۱۲۶
- ۳-۱۹-۱-۲- پی دایره‌ای ۱۲۸
- ۳-۱۹-۱-۳- پی مستطیلی ۱۲۹
- ۳-۱۹-۴- بحث در خصوص ضریب شکست ۱۳۰

- ۳-۱۹-۲- باربری کششی پی سطحی مدفون در خاک رس اشباع در شرایط زهکشی نشده ۱۳۳
- مسائل ۱۳۷
- فصل چهارم: نشست پی‌های سطحی ۱۴۳
- ۴-۱- مقدمه ۱۴۳
- ۴-۲- مفهوم نشست و باربری پی ۱۴۳
- ۴-۳- نشست یکنواخت و غیر یکنواخت ۱۴۵
- ۴-۴- نشست مجاز پی‌ها ۱۴۶
- ۴-۵- انواع نشست پی ۱۴۷
- ۴-۶- نشست الاستیک پی ۱۴۸
- ۴-۷- نشست الاستیک پی دایره‌ای واقع بر لایه خاک با ضخامت نامحدود ۱۵۰
- ۴-۷-۱- پی دایره‌ای انعطاف‌پذیر ۱۵۰
- ۴-۷-۲- پی دایره‌ای صلب ۱۵۲
- ۴-۸- نشست الاستیک پی مستطیلی واقع بر لایه خاک با ضخامت نامحدود ۱۵۴
- ۴-۸-۱- پی مستطیلی انعطاف‌پذیر ۱۵۴
- ۴-۸-۲- پی مستطیلی صلب ۱۵۶
- ۴-۹- نشست الاستیک پی واقع بر یک لایه با ضخامت محدود ۱۵۸
- ۴-۹-۱- پی دایره‌ای واقع بر یک لایه با ضخامت محدود ۱۵۹
- ۴-۹-۲- پی مستطیلی واقع بر لایه با ضخامت محدود ۱۵۹
- ۴-۱۰- اثر عمق مدفون پی بر نشست الاستیک ۱۶۰
- ۴-۱۱- نشست آنی پی روی لایه رس اشباع ۱۶۲

۱۶۴	۴-۱۲- چرخش پی‌ها
۱۸۰	مسائل
۱۸۵	فصل پنجم: طراحی پی‌های سطحی صلب
۱۸۵	۵-۱- مقدمه
۱۸۵	۵-۲- توزیع تنش زیر پی
۱۸۶	۵-۳- معیار تعیین ضخامت پی
۱۸۶	۵-۳-۱- کنترل برش دو طرفه (برش پانچ یا قیچی)
۱۸۷	۵-۳-۲- کنترل برش یک طرفه (برش معمولی)
۱۸۸	۵-۴- تعیین آرماتور لایه برشی و تقطع بحرانی خمشی
۱۹۰	۵-۵- طراحی پی بتن مسلح
۱۹۰	۵-۵-۱- طراحی بر اساس روش تنش محاز
۱۹۲	۵-۵-۲- طراحی بر اساس روش مقاومت نهایی
۱۹۶	۵-۶- طراحی پی منفرد
۱۹۶	۵-۶-۱- طراحی پی منفرد تحت بار قائم واقع در مرکز آن‌ها
۲۰۵	۵-۶-۲- طراحی پی منفرد تحت بار قائم خارج از مرکز
۲۰۶	۵-۶-۲-۱- طراحی پی منفرد تحت بار قائم و لنگر یک محوره
۲۱۶	۵-۶-۲-۲- طراحی پی منفرد تحت بار قائم و لنگر دو محوره
۲۱۷	۵-۷- طراحی پی کلاف‌دار
۲۱۹	۵-۷-۱- ظرفیت باربری و نشست پی کلاف‌دار
۲۲۰	۵-۷-۲- مراحل طراحی پی کلاف‌دار

- ۲۲۰..... ۵-۷-۲-۱-طراحی پی کلاف‌دار به روش تنش مجاز
- ۲۲۲..... ۵-۷-۲-۲-طراحی پی کلاف‌دار به روش مقاومت نهایی
- ۲۵۰..... ۵-۸-۱-طراحی پی‌های نواری
- ۲۵۰..... ۵-۸-۱-کنترل صلبیت پی
- ۲۵۱..... ۵-۸-۲-طراحی پی نواری با عرض ثابت
- ۲۵۴..... ۵-۸-۲-۱-خا.فیت باربری پی‌های نواری
- ۲۵۵..... ۵-۸-۲-۲-مرا. طراحی پی‌های نواری
- ۲۷۲..... ۵-۸-۳-طراحی پی نواری ا.رض متغیر (پی دوزنقه‌ای)
- ۲۷۶..... ۵-۹-طراحی پی گسترده
- ۲۹۴..... ۵-۱۰-پی واقع بر بستر الاستیک
- ۲۹۵..... ۵-۱۰-۱-روش وینکلر
- ۲۹۸..... ۵-۱۰-۲-روش‌های عددی (اجزاء محدود و تفاصل محدود)
- ۳۰۱..... مسائل
- ۳۰۵..... فصل ششم: طراحی دیوارهای حائل
- ۳۰۵..... ۶-۱-مقدمه
- ۳۰۶..... ۶-۲-انواع دیوارهای حائل از نقطه نظر صلبیت یا انعطاف‌پذیری
- ۳۰۶..... ۶-۲-۱-حائل‌های صلب
- ۳۰۷..... ۶-۲-۲-حائل‌های انعطاف‌پذیر
- ۳۰۷..... ۶-۲-۲-۱-سپرها
- ۳۰۸..... ۶-۲-۲-۲-دیوار جداکننده

- ۳۰۹..... ۶-۲-۳- دیوار خاک مسلح
- ۳۱۰..... ۶-۳- انواع دیوارهای حائل از نظر عملکرد و مصالح
- ۳۱۰..... ۶-۳-۱- دیوارهای حائل وزنی
- ۳۱۲..... ۶-۳-۲- دیوارهای حائل طره‌ای
- ۳۱۳..... ۶-۳-۳- دیوارهای حائل تقویتی یا پشت‌بنددار
- ۳۱۴..... ۶-۳-۴- دیوارهای حائل قفسه‌ای
- ۳۱۵..... ۶-۳-۵- دیوارهای حائل نیمه وزنی
- ۳۱۵..... ۶-۴- فشار جانبی خاک
- ۳۱۸..... ۶-۴-۱- روش کولمب در تعیین فشار جانبی محرک و مقاوم خاک
- ۳۱۹..... ۶-۴-۲- روش رانکین در تعیین فشار جانبی محرک و مقاوم خاک
- ۳۲۰..... ۶-۴-۳- توسعه روش رانکین در حالت مجهول چسبندگی خاک و سربار بر خاکریز
- ۳۲۲..... ۶-۴-۴- عمق ترک کششی در حالت خاکریز محرک
- ۳۲۳..... ۶-۴-۵- فشار حالت سکون خاک
- ۳۲۷..... ۶-۵- طراحی دیوار حائل
- ۳۲۷..... ۶-۵-۱- کنترل پایداری خارجی دیوار حائل
- ۳۲۸..... ۶-۵-۱-۱- کنترل لغزش دیوار
- ۳۲۹..... ۶-۵-۱-۲- کنترل دوران یا واژگونی دیوار
- ۳۲۹..... ۶-۵-۱-۳- کنترل ظرفیت باربری و نشست پی دیوار
- ۳۳۱..... ۶-۵-۲- کنترل پایداری داخلی دیوار حائل
- ۳۵۲..... ۶-۶- فشار جانبی خاک در حالت زلزله
- ۳۵۳..... ۶-۶-۱- روش مونونوبه اوکابه برای خاک‌های دانه‌ای ($c = 0$)

۳۵۵.....	۶-۶-۲- رانش محرک دینامیکی برای خاک‌های c و ϕ دار
۳۶۲.....	۶-۷- درزها و اتصالات.....
۳۶۲.....	۶-۷-۱- درزهای اجرایی.....
۳۶۲.....	۶-۷-۲- درزهای حرارتی.....
۳۶۳.....	۶-۸- زهکشی آب پشت دیوار حائل.....
۳۶۵.....	۶-۹- نشست‌ها.....
۳۶۶.....	۶-۱۰- واژگونی.....
۳۶۸.....	مسائل.....
۳۷۱.....	فصل هفتم: پی‌های عمیق.....
۳۷۱.....	۷-۱- مقدمه.....
۳۷۱.....	۷-۲- نحوه انتقال بار شمع‌ها به خاک.....
۳۷۲.....	۷-۳- موارد کاربرد شمع‌ها.....
۳۷۵.....	۷-۴- طبقه‌بندی شمع‌ها.....
۳۷۵.....	۷-۴-۱- طبقه‌بندی شمع‌ها از نظر روش اجرا.....
۳۷۸.....	۷-۴-۲- طبقه‌بندی شمع‌ها از نظر جنس مصالح.....
۳۸۰.....	۷-۴-۳- طبقه‌بندی شمع‌ها از نظر قطر آن‌ها.....
۳۸۰.....	۷-۵- انواع شمع کوب‌ها.....
۳۸۱.....	۷-۶- کنترل ابعاد شمع تحت بارهای وارده.....
۳۸۳.....	۷-۷- ظرفیت باربری شمع‌ها.....
۳۸۳.....	۷-۷-۱- شمع تحت فشار.....

- ۳۸۶..... ۷-۱-۱- طبقه‌بندی شمع‌های تحت فشار
- ۳۸۸..... ۷-۲-۷- شمع تحت کشش
- ۳۸۸..... ۷-۸- منحنی گسیختگی پی‌های عمیق
- ۳۹۱..... ۷-۹- ظرفیت باربری شمع
- ۳۹۱..... ۷-۹-۱- آزمایش بارگذاری روی شمع در محل
- ۳۹۱..... ۷-۹-۲- استفاده از روابط دینامیکی کوبش شمع‌ها
- ۳۹۲..... ۷-۹-۳- استفاده از نتایج آزمایش‌های صحرایی
- ۳۹۲..... ۷-۹-۳-۱- استفاده از نتایج آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)
- ۳۹۴..... ۷-۹-۳-۲- استفاده از نتایج آزمایش نفوذ مخروط (CPT)
- ۳۹۴..... ۷-۹-۴- روابط تئوری محاسبه ظرفیت باربری
- ۳۹۴..... ۷-۹-۴-۱- ظرفیت باربری انتهایی شمع
- ۳۹۷..... ۷-۹-۴-۲- ظرفیت باربری جداره شمع
- ۴۰۴..... ۷-۱۰- عملکرد گروه شمع
- ۴۰۶..... ۷-۱۰-۱- راندمان گروه شمع (ضریب کارایی C_e)
- ۴۰۷..... ۷-۱۰-۱-۱- گروه شمع در خاک رس اشباع (شرایط زهکشی نشده $\phi_u = 0$)
- ۴۱۴..... ۷-۱۰-۱-۲- گروه شمع در خاک دانه‌ای
- ۴۱۸..... ۷-۱۰-۲- گروه شمع تحت کشش
- ۴۱۸..... ۷-۱۰-۲-۱- گروه شمع تحت کشش در خاک دانه‌ای
- ۴۱۹..... ۷-۱۰-۲-۲- گروه شمع تحت کشش در خاک رس اشباع (شرایط زهکشی نشده)
- ۴۲۳..... ۷-۱۱- توزیع نیرو بین شمع‌های واقع در یک گروه شمع
- ۴۲۳..... ۷-۱۱-۱- انواع اتصال شمع و کلاهی

- ۴۲۳.....۱-۱-۱۱-۷- اتصال مفصلی.....
- ۴۲۵.....۲-۱-۱۱-۷- اتصال گیردار.....
- ۴۲۶.....۲-۱۱-۷- توزیع بار در گروه شمع قائم با اتصال مفصلی به کلاhek صلب.....
- ۴۳۴.....۳-۱۱-۷- توزیع بار در گروه شمع مایل با اتصال مفصلی به کلاhek.....
- ۴۳۹.....۴-۱۱-۷- توزیع بار بین شمع‌های واقع در یک گروه با کلاhek انعطاف‌پذیر.....
- ۴۴۰.....۱۲-۷- طراحی سازه‌ای کلاhek بتنی و شمع‌ها.....
- ۴۴۷.....۱۳-۷- توزیع تنش در بستر حاوی گروه شمع.....
- ۴۴۸.....۱-۱۳-۷- توزیع تنش در گروه شمع متکی بر باربری جداره.....
- ۴۴۹.....۲-۱۳-۷- توزیع تنش در گروه شمع با انتهای واقع در لایه ماسه متراکم.....
- ۴۵۰.....۳-۱۳-۷- توزیع تنش در گروه شمع متکی بر یک لایه متراکم غیر قابل نشست.....
- ۴۵۱.....۱۴-۷- نشست الاستیک شمع‌ها.....
- ۴۵۱.....۱-۱۴-۷- تعیین نشست الاستیک شمع تک.....
- ۴۵۱.....۱-۱-۱۴-۷- نشست حاصل از تغییر شکل الاستیک جسم شمع (δ_1).....
- ۴۵۱.....۲-۱-۱۴-۷- نشست الاستیک خاک در انتهای شمع (δ_2).....
- ۴۵۲.....۳-۱-۱۴-۷- نشست الاستیک خاک اطراف جداره شمع (δ_3).....
- ۴۵۴.....۲-۱۴-۷- تعیین نشست الاستیک گروه شمع.....
- ۴۵۵.....۳-۱۴-۷- نشست تحکیمی گروه شمع.....
- ۴۵۸.....۱۵-۷- اصطکاک منفی در شمع‌ها.....
- ۴۵۹.....۱۶-۷- شمع‌های زنگی شکل.....
- ۴۶۰.....۱-۱۶-۷- نحوه اجراء.....
- ۴۶۲.....۲-۱۶-۷- ظرفیت باربری فشاری و کششی شمع‌های زنگی شکل.....

- ۴۶۲..... ۱-۲-۱۶-۷-ظرفیت باربری فشاری
- ۴۶۲..... ۲-۲-۱۶-۷-ظرفیت باربری کششی
- ۴۶۲..... ۱-۲-۲-۱۶-۷-شمع زنگی شکل در خاک دانه‌ای
- ۴۶۵..... ۲-۲-۲-۱۶-۷-شمع زنگی شکل در خاک رس اشباع در شرایط زهکشی نشده
- ۴۶۷..... مسائل
- ۴۷۳..... مراجع
- ۴۷۵..... پیوست الف: نقشه‌های اجرایی
- ۴۸۹..... پیوست ب: تعادل حادی در ضریب فشار جانبی خاک
- ۴۹۹..... پیوست ج: فشار جانبی ناشی از سرازیرهای مختلف
- ۵۰۳..... پیوست د: تجهیزات کوبش شمع‌ها
- ۵۱۳..... واژه نامه