

ظرفیت باربری شمع‌های درجا در خاک‌های ریزدانه

رعنا فاضلی
محمد حسینی منعمانیان



Padina Publication

سرسنانه	: فاضلی، رعنا - ۱۳۷۳
عنوان و نام پدیدآور	: ظرفیت باربری شمع‌های درجا در خاک‌های ریزدانه / تالیف و تدوین: رعنا فاضلی و محمدحسین معاریان ویراستار: محبوبه کیامرثی
مشخصات نشر	: تهران: پادینا، ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری	: ۱۷۶: مصور، جدول.
شابک	: 978-622-6161-65-7
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
شناسه افزوده	: معاریان، محمدحسین، ۱۳۶۵
شناسه افزوده	: ویراستار: محبوبه کیامرثی ۱۳۶۰
رده بندی کنگره	: TAV۸۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۵۴
شماره کتابخانه ملی	: ۵۷۱۸۹۰۹



ظرفیت باربری شمع‌های درجا در خاک‌های ریزدانه

نویسندگان: رعنا فاضلی و محمدحسین معاریان

ناشر: انتشارات پادینا

ویراستار: محبوبه کیامرثی

صفحه‌آرا و طراح جلد: انتشارات پادینا

شمارگان: ۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: تهران، اول ۱۳۹۸

چاپ و صحافی: چاپ واژه

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۱۶۱-۶۵-۷

قیمت: ۳۴۰۰۰ تومان

میدان انقلاب، ابتدای کارگر جنوبی، کوچه رشتچی پلاک ۷، واحد ۳، انتشارات پادینا

تلفن: ۷۷۴۲۱۷۵۷ و ۱۷-۶۶۹۴۹۱۱۵ (۰۲۱) همراه: ۰۹۰۲۵۰۸۸۳۸۱

www.padinapub.com

padina.pub@gmail.com

۱۱	مقدمه
۱۳	فصل اول
۱۳	کلیات
۱۳	۱-۱- پیشگفتار
۱۴	۲-۱- اهداف تحقیق
۱۵	فصل دوم
۱۵	مروری بر تحقیقات گذشته
۱۵	۱-۲- مقدمه
۱۵	۲-۲- تعیین ظرفیت باربری اصطکاکی جداره شمع (Q_s)
۱۶	۱-۲-۲- روش پک ۹۱۴ (Puck)
۱۷	۲-۲-۲- روش کولهاوی ۱۹۸۱ (Kulhavy)
۱۷	۳-۲-۲- روش انیل و ریس ۱۹۸۸ (O'Neil & Reese)
۱۷	۴-۲-۲- روش کولهاوی ۱۹۸۹ (Kulhavy)
۱۸	۵-۲-۲- روش انیل و ریس ۱۹۹۹ (O'Neil & Reese)
۱۹	۶-۲-۲- روش ارائه شده توسط ۱۹۸۶ NAVFAC
۲۰	۷-۲-۲- روش آئین نامه کانادا ۲۰۰۶ (CFEM)
۲۱	۸-۲-۲- روش ارائه شده توسط ۲۰۱۰ FHWA
۲۲	۳-۲- تعیین ظرفیت باربری نوک شمع (Q_p)
۲۲	۱-۳-۲- روش اسکمپتون ۱۹۵۷ (Skempton)
۲۳	۲-۳-۲- روش میرهوف ۱۹۷۶ (Meyerhof)
۲۴	۳-۳-۲- روش وسیک ۱۹۷۷ (Vesic)
۲۵	۴-۳-۲- روش انیل و ریس ۱۹۸۸ (O'Neil & Reese)
۲۶	۵-۳-۲- روش انیل و ریس ۱۹۹۹ (O'Neil & Reese)
۲۷	۶-۳-۲- روش ارائه شده توسط ۱۹۸۶ NAVFAC
۲۸	۷-۳-۲- روش آئین نامه کانادا ۲۰۰۶ (CFEM)

- ۲۸ *FHWA 2010* روش ارائه شده توسط ۸-۳-۲
- ۲۹ مقاومت کششی شمع‌های درجا ریز در خاک چسبنده ۴-۲
- ۳۰ روش انیل - ریس ۱۹۹۹ ۱-۴-۲
- ۳۰ کوله‌های ۲۰۰۷ ۲-۴-۲
- ۳۰ نوفاک ۱۹۸۶ ۳-۴-۲
- ۳۱ ضریب اطمینان ۵-۲
- ۳۳ اصطکاک منفی ۶-۲
- ۳۸ گروه شمع‌ها ۷-۲
- ۳۹ ضریب راندمان گروه شمع ۱-۷-۲
- ۴۰ مقایسه گسیختگی عادی تک شمع‌ها و گسیختگی بلوکی ۲-۷-۲
- ۴۱ شمع تحت بار جانبی ۸-۲
- ۴۲ روش‌های بررسی رفتار شمع تحت بار جانبی ۹-۲
- ۴۳ روش الاستیک ۱-۹-۲
- ۴۳ روش ریس و متلاک (۱۹۶۰) ۱-۱-۹-۲
- ۴۶ روش دیویسون و گیل (۱۹۶۳) ۲-۱-۹-۲
- ۴۶ فرض صلب بودن شمع و خاک پلاستیک ۲-۹-۲
- ۴۷ تعیین ظرفیت باربری جانبی به روش بران ۱-۲-۹-۲
- ۴۸ آئین نامه هند، *IS2911* ۳-۹-۲
- ۴۸ اندرکنش خاک و شمع با منحنی‌های $p-v$ ۴-۹-۲
- ۵۱ منحنی $p-v$ رس‌ها (روش متلاک) ۱-۴-۹-۲
- ۵۳ منحنی $p-v$ رس‌ها بر اساس روش *API* ۲-۴-۹-۲
- ۵۴ تعیین ضریب ثابت واکنش افقی خاک (n_h) ۵-۹-۲
- ۵۶ تعیین مدول عکس‌العمل افقی خاک (K_h) ۶-۹-۲
- ۵۸ استفاده از روش اجزای محدود و تفاضل محدود ۷-۹-۲
- ۵۹ گروه شمع تحت بار جانبی ۸-۹-۲
- ۵۹ روش *FHWA 2010* برای ضریب کاهش p_m در گروه شمع‌ها ۱-۸-۹-۲
- ۶۰ پیشنهاد ریس (۲۰۰۶) برای ضریب کاهش p_m در گروه شمع‌ها ۲-۸-۹-۲

۶۳	۱۰-۲-نشست شمع‌ها
۶۳	۱۰-۲-۱-مقدمه
۶۴	۱۰-۲-۲-نشست پی‌های عمیق تکی
۶۵	۱۰-۲-۱-کوتاه شدگی الاستیک شمع
۶۶	۱۰-۲-۲-نشست الاستیک شمع
۶۶	۱۰-۲-۲-۱-روش باولز ۲۰۰۵
۶۷	۱۰-۲-۲-۲-روش وسیک ۱۹۷۷
۶۸	۱۰-۲-۳-نشست تحکیمی شمع
۷۱	۱۰-۲-۳-نشست گروه شمع
۷۱	۱۰-۲-۳-۱-نشست الاستیک گروه شمع
۷۱	۱۰-۲-۳-۱-۱-روش باولز ۱۹۶۹
۷۲	۱۰-۲-۳-۱-۲-روش باولز ۲۰۰۵
۷۲	۱۰-۲-۳-۱-۳-روش پواسون
۷۴	۱۰-۲-۳-۲-نشست تحکیم گروه شمع
۷۴	۱۰-۲-۳-۱-روش ترزاقی-پک ۱۹۶۷
۷۵	۱۰-۲-۳-۲-روش FHWA 2010
۷۷	فصل سوم
۷۷	مطالعات ژئوتکنیک ساختگاه پروژه
۷۷	(مطالعه موردی)
۷۷	۳-۱-مقدمه
۷۷	۳-۲-موقعیت پروژه
۷۷	۳-۳-مشخصات کلی پروژه
۷۸	۳-۴-وضعیت لرزه‌خیزی منطقه محدوده طرح
۷۹	۳-۵-آزمایش‌های انجام‌شده و نتایج آن‌ها
۸۲	۳-۵-۱-آزمایش‌های صحرائی
۸۲	۳-۵-۱-۱-آزمایش نفوذ استاندارد
۸۲	۳-۵-۱-۲-آزمایش وزن مخصوص صحرائی و بررسی تراکم لایه‌های خاک

۸۳	۳-۱-۵-۳- سطح آب زیرزمینی.....
۸۳	۳-۱-۵-۴- تعیین ضریب مدول عکس العمل قائم بستر.....
۸۴	۳-۱-۵-۵- تعیین ضریب مدول الاستیسیته خاک بر اساس نتایج آزمایش بارگذاری.....
۸۷	۳-۵-۲- آزمایش های آزمایشگاهی.....
۸۷	۳-۵-۳- آزمایش های فیزیکی و مکانیکی.....
۸۷	۳-۵-۱- آزمایش دانه بندی و هیدرومتري.....
۸۷	۳-۵-۲- آزمایش حدود اتربرگ.....
۸۷	۳-۵-۳- تعیین درصد رطوبت.....
۸۸	۳-۵-۱- آزمایش تعیین وزن مخصوص خاک.....
۸۹	۳-۵-۴- آزمایش شش مستقیم.....
۹۰	۳-۵-۶- آزه شش تک حوری.....
۹۰	۳-۵-۷- آزمایش شش مایه زن.....
۹۰	۳-۵-۸- آزمایش تحکیم.....
۹۰	۳-۶- نتیجه گیری.....
۹۲	۳-۷- تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی.....
۹۳	فصل چهارم.....
۹۳	محاسبه و مقایسه نتایج
۹۳	۴-۱- مقدمه.....
۹۳	۴-۲- محاسبه ظرفیت باربری جداره شمع با روابط بررسی شده.....
۹۷	۴-۲-۱- مقایسه نتایج روش های مختلف تعیین ظرفیت باربری جداره شمع.....
۹۹	۴-۳- محاسبه ظرفیت باربری نوک شمع با روابط بررسی شده.....
۱۰۴	۴-۳-۱- مقایسه نتایج روش های مختلف تعیین ظرفیت باربری نوک شمع.....
۱۰۷	۴-۴- مقاومت کششی شمع های درجا ریز در خاک چسبنده.....
۱۰۸	۴-۴-۱- مقایسه ظرفیت باربری کششی روش های بررسی شده.....
۱۰۹	۴-۵- اصطکاک منفی.....
۱۰۹	۴-۶- تحلیل ظرفیت باربری گروه شمع.....
۱۱۰	۴-۶-۱- مقایسه روش های ظرفیت باربری گروه شمع.....

۱۱۰	۷-۴- ظرفیت باربری جانبی شمع‌های درجا ریز.....
۱۱۰	۷-۴-۱- تعیین ضریب ثابت واکنش افقی خاک (n_h).....
۱۱۱	۷-۴-۲- تعیین مدول عکس‌العمل افقی خاک (K_{11}).....
۱۱۴	۷-۴-۳- تعیین تغییر مکان و لنگر خمشی در طول شمع.....
۱۱۹	۷-۴-۴- مقایسه و جمع‌بندی روش‌های تحلیل تغییر مکان شمع تحت اثر بار افقی.....
۱۲۰	۷-۴-۵- محاسبه و مقایسه ظرفیت باربری جانبی گروه شمع.....
۱۲۱	۸-۴-۸- محاسبه نشست پی‌های عمیق تکی.....
۱۲۱	۸-۴-۱- نشست الاستیک.....
۱۲۳	۸-۴-۱-۱- بست تحکیم.....
۱۲۳	۸-۴-۳- مقایسه و بررسی روش‌های تعیین نشست تک شمع.....
۱۲۴	۹-۴-۹- نشست گروه شمع.....
۱۲۴	۹-۴-۱- نشست الاستیک.....
۱۲۵	۹-۴-۲- نشست تحکیمی.....
۱۲۶	۹-۴-۳- مقایسه و بررسی روش‌های تعیین نشست گروه شمع.....
۱۲۷	فصل پنجم.....
۱۲۷	جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها.....
۱۲۷	۵-۱- مقدمه.....
۱۲۷	۵-۲- نتایج حاصل از بررسی روابط تعیین ظرفیت باربری شمع.....
۱۲۹	۵-۳- پیشنهادها برای تحقیقات آتی.....
۱۳۱	پیوست.....
۱۶۲	فهرست منابع.....

شماره شکل	شماره صفحه
شکل ۱-۲: نمودار تغییرات نسبت چسبندگی بین شمع و خاک و چسبندگی زهکشی نشده روش پک.....	۱۶
شکل ۲-۲: نمودار تغییرات نسبت چسبندگی بین شمع و خاک و چسبندگی زهکشی نشده.....	۱۸
شکل ۳-۲: بخش‌هایی از طول شمع‌های حفر و درجا ریخته شده بتنی که در محاسبات لحاظ نمی‌شود.....	۱۹
شکل ۴-۲: نمودار تغییرات نسبت چسبندگی بین شمع و خاک و چسبندگی زهکشی نشده (روش نوافک).....	۲۰
شکل ۵-۲: نمودار تغییرات نسبت چسبندگی بین شمع و خاک و چسبندگی زهکشی نشده (روش CFEM).....	۲۱
شکل ۶-۲: نمودار تغییرات ضرایب N^*q و N^*c برحسب زاویه اصطکاک داخلی به روش میرهوف.....	۲۳

مقدمه

پی‌های عمیق به‌عنوان عناصر انتقال‌دهنده وزن سازه به لایه‌های مقاوم زیرسطحی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور خلاصه می‌توان گفت، شمع‌ها به‌عنوان عناصر ستونی نسبتاً لاغری هستند که به‌صورت قائم یا کمی شیب‌دار جهت انتقال بارهای فشاری، کششی یا جانبی از سطح زمین به لایه‌های سخت‌تر زیرین بکار برده می‌شوند.

هرچند این موارد یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده پی‌های شمعی می‌باشد ولی تنها دلیل آن نیست. اقتصادی بودن آن را می‌توان به ۲ دلیل زیر توجیه نمود.

✓ به‌توضیح، به توسعه تکنولوژی امروزه، استفاده از شمع نسبت به گذشته امکان‌پذیرتر و

کم‌هزینه‌تر شده است.

✓ زمان لازم برای ساخت و اجرای پی‌های شمعی معمولاً کوتاه‌تر از انواع دیگر پی‌ها

است لذا منجر به تسریع در اجرای پروژه و در نتیجه اقتصادی شدن طرح و کاهش

هزینه‌ها می‌گردد. علاوه بر آن، در اجرای سازه‌های دریایی نظیر اسکله‌ها و سکوها،

چاره‌ای جز استفاده از شمع‌ها وجود ندارد.

استفاده از پی‌های عمیق در دهه‌های اخیر افزایش قابل‌توجهی در سطح کشورمان

داشته است. علاوه بر اجرای سازه‌های متداول همچون پارسازی که در گذشته‌های دور نیز

از شالوده‌های عمیق در احداث آن‌ها استفاده می‌گردید گسترش بنادر در شمال و جنوب

کشور، اجرای سازه‌های فراساحلی در منطقه خلیج فارس، هم‌پوشانی سرمایه‌گذاری‌های کلان

در بخش منابع نفتی، پتروشیمی در سواحل جنوبی و همچنین احداث کارخانه‌های

سیمان نیاز به استفاده از شمع را به‌طور گسترده‌ای افزایش داده است.

تعیین ظرفیت باربری خاک از دیرباز موردتوجه پژوهشگران و طراحان حوزه مهندسی

ژئوتکنیک قرار داشته است و به همین علت، طرح آن به‌عنوان یک مسئله جدید تلقی

نمی‌شود اما کاربرد روش‌های جدید محاسباتی، دیدگاه‌های تازه‌ای را در حوزه این موضوع

مطرح می‌سازد که بررسی‌های جدید را توجیه می‌نماید.