

برنام آن که جان را فکرت آموخت

۱۵۶۱۹۳۰

شمع‌های درجا

(از طراحی تا اجرا)

تالیف:

علی میر



سرشناسه	: میر، علی، ۱۳۶۴ -
عنوان و نام‌پدیدآور	: شمع‌های درجا از طراحی تا اجرا/ مولف علی میر.
مشخصات نشر	: تهران: فداک ایستیس، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۴۴۶ ص: مصور/رنگی، جدول، نمودار.
شابک	: ۳۰۰۰۰ ریال: ۲- ۲۷۰- ۱۶۰- ۶۰۰- ۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
موضوع	: پی‌سازی
موضوع	: Foundations
موضوع	: شمع‌زنی (مهندسی عمران)
موضوع	: Piling (Civil engineering)
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۵ ش ۸/م ۹/ت ۷۷۵
رده‌بندی دیوبی	: ۶۲۴/۱۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۶۰۰۴۸۱

شمع‌های درجا

(از طراحی تا اجرا)



نویسنده	: علی میر
مدیر تولید	: رضا کرمی‌شاهنده
صفحه‌آرایی	: انتشارات فداک ایستیس (طاهره حقایق)
نوبت چاپ	: ۱۳۹۶ - ۱
تیراژ	: ۵۰۰
قیمت	: ۳۰۰۰۰ ریال
شابک	: ۲- ۲۷۰- ۱۶۰- ۶۰۰- ۹۷۸

دفتر انتشارات: تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لیافی‌نژاد و جمهری، ساختمان ۱۰
 تلفن: ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
 فروشگاه یزد: میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره
 تلفن: ۳۶۲۲۶۷۷۱ - ۳۶۲۲۶۷۷۲ - ۳۵

ایمیل و وب‌سایت: www.fadakbook.ir - fadakbook@yahoo.com

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است، مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به مولفین می‌باشد. هر گونه برداشت، تکثیر، کپی‌برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از مولفین ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

دیباچه

خداوند متعال را سپاسگزارم که مرا یاری نمود تا بتوانم مجموعه حاضر را به رشته تحریر درآورم. در این کتاب سعی بر آن شده است که مطالب به صورت کاملاً اجرایی و بر طرف کننده مسائل مرتبط با فنداسیون های درجا باشد. همانگونه که می دانیم سازه های عمرانی به طور مستقیم و یا با واسطه با خاک سرو کار دارند. خاک به عنوان یک محیط با رفتاری پیچیده نیازمند شناختی کافی است تا بتوان بر حسب شرایط موجود بهتر ین راهکار را برای طراحی و اجرای سازه با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و اجرایی نوین انتخاب کرد.

در صورتی که روی سخن را به سوی دیگر عوامل محیطی مانند دریا داشته باشیم، می توان به محیط پویا با ارتباط تنگاتنگ میان آب و خاک اشاره کرد. به هر روی در صورتیکه تئوری و اجراء با رویکردی مناسب را گرفته شوند، قابل کاربرد در صنعت بوده و می توانند گره گشای بسیاری مسائل خصوصاً در سازه های دریایی باشند که مرجع علمی کمی در دسترس است. در فصل های مختلف این کتاب هدف ارائه محتوای نوین و روان بوده به گونه ای که بتوان فراخور شرایط متفاوت آنها را به دست گرفت.

پیش‌گفتار

در دنیا بی شک نمی توان سازه ای را یافت که بدون داشتن فنداسیون با ثبات و پایدار، قامتی استوار داشته باشد. اجرای فنداسیون بر حسب شرایط موجود می تواند به صورت سطحی، نیمه عمیق و عمیق باشد. وجود بستر های نامناسب و بی ثبات، شناخت لایه های خاک چه در اعماق کم و چه در اعماق زیاد، شرایط دینامیک و متغییر در محیط اجرا و وضعیت متفاوت امواج یک محقق و مجری را به سوی گزینه های متفاوتی سوق داده و شرایط را برای یک طراحی کارآمد و اجرای مطمئن دشوارتر می کند.

بنابراین با، بتوان با اطلاعات به روز و نوین بر عدم قطعیت موجود فائق آمد و به سوی یک طراحی و اجرای موفق گام برداشت. از طرفی شرایط اقتصادی نیز موازی با شرایط اجرا پیش می رود. انتخاب متد، نوع ماشین آلات حفاری و به دیگر سخن، نیاز به انتخاب سیستم اجرای یک فنداسیون درجه بالا، به شرایط موجود سایت و امکانات در دسترس، سبب می شود آگاهی کافی از انواع متدهای موجود مورد نیاز باشد.

من پس از اتمام دوره ی کارشناسی با ورود به عرصه کار، تلاش و تجربه های عملی، به ناگاه خود را در میان سوالات حل نشده به مثابه هولات فراوان یافتم. در این میان با ورود به پروژه های پل سازی نیز بر شمار نادانسته هایم افزود. شد روش های طراحی فنداسیون و اجرای این گونه سازه ها سبب آن شد تا میان مرجع های فراوانی گامش نمایم. با صرف زمان زیاد مرجعی که بتواند به صورت جامع و یکجا مرا با تحلیل، طراحی و روشهای اجرای فنداسیون های درجا آشنا نماید، در دسترس نبود.

در مقطع کارشناسی ارشد نیز با فراهم آمدن بستر تحقیقاتی، زمینه ی مناسبی برای گردآوری اطلاعات جامعی راجع به فنداسیون های عمیق به وجود آمد. از این رو بر این شدم که تجربیات و آموخته های خود را به رشته ی تحریر درآورم تا علاقه مندان به این صنف صرف زمان اضافه ی طولانی اطلاعات مورد نیاز را در زمینه ی طراحی و اجرای شمع های درجا بدست آورند و تحقیقات شان را از انتهای این کار ادامه دهند.

در فصل اول کتاب، روشهای اولیه و نوین اجرای شمع های درجا تشریح می شود. در این فصل سعی بر آن شده تا مباحث به طور کاملاً ملموس شرح داده شود تا خواننده شرایط اجرایی را به طور کامل لمس کند. در فصل دوم، روشهای اجرای سر شمع بر روی بستر و یا در ترازهای متفاوت و با روشهای متفاوت شرح داده شده است. در فصل سوم نیز با توجه به رفتار پیچیده خاک، روشها و فرمول های ارزیابی پارامتر های رفتاری خاک شرح داده شده است. این پارامتر ها را می بایست به عنوان پارامتر های طراحی شمع در محاسبات استفاده کرد.

دریا با محیط دینامیک خود شرایط بسیار دشواری را برای اجرا و طراحی شمع ایجاد می کند. در این میان آگاهی از شرایط موج، انرژی و شکست آن بسیار حائز اهمیت خواهد بود. در فصل چهارم موارد ذکر شده بررسی شده است. در فصل پنجم نیز به بررسی طراحی ژئوتکنیکی (خروجی فصل سوم به عنوان یک ورودی برای محاسبات این فصل کاربرد دارد) و سازه ای شمع (به روش LRFD) پرداخته می شود. در این فصل سعی بر آن شده که با توجه به وجود ماهیت تصادفی برخی رویدادها بتوان به یک طراحی کارآمد و راهگشا دست یافت. در فصل ششم نیز مسائل مربوط به باربری با توجه به اثر مجموعه گروه شمع ها مورد بررسی قرار گرفته است.

در خاکهای اشباع، خاک به عنوان اسکلت عمل می کند و منافذ موجود به وسیله آب پر می شود. اگر در اثر رخدادی سریع، آب منفذی فرصتی برای خروج نداشته باشد، تنش موثر میان دانه ها از بین رفته و خاک مانند سیال روان می شود. در فصل هفتم سعی شده است، مسائل مربوط به روانگرایی به طور کامل شرح داده شود.

آنچه به سبب سی شدن، بهتر است در شرایط واقعی راستی آزمایی شود. در فصل هشتم سعی بر آن شده تا یک طراحی ایمن، کارا و اقتصادی را با کمک تست های استاتیکی و دینامیکی قیاس کنیم. در فصل نهم به مطالعه روشهای طراحی و اجرای ذکر شده در فصول قبل، نمونه پروژه های اجرا شده در نقاط مختلف جهان تشریح شده است. در این پروژه ها به وضوح می توان آنچه در فصول قبل شرح داده شده، را مطالعه کرد. امید است مطالب ارائه شده در این کتاب برای خوانندگان عزیز مفید و سازنده باشد.

علی میر-کارشناس ارشد سازه های دریایی- آبان ماه ۱۳۹۵

فهرست مطالب

۱ اجرای شمع درجا در محیط‌های دریایی و رودخانه‌ایی

۱.۱	شمع‌های درجا در محیط دریا	۲
۲.۱	تجهیزات مورد نیاز	۱
۱.۲.۱	الگو	۳
۲.۲.۱	کیسینگ	۳
۳.۲.۱	انتخاب کیسینگ	۴
۴.۲.۱	نصب کیسینگ قبل از حفاری	۵
۵.۲.۱	کیسینگ دائمی	۷
۶.۲.۱	دستگاه حفاری	۹
۳.۱	حفاری شمع درجا در محیط دریا	۱۲
۱.۳.۱	حفاری گردش معکوس	۱۲
۲.۳.۱	حفاری با تکنیک کیسینگ چرخشی	۱۸
۳.۳.۱	اجرای شمع درجا در زیر آب با سیستم حفاری گردش معکوس	۱۹
۴.۳.۱	حفاری به شیوه مونتاز دستگاه حفاری	۳۱
۵.۳.۱	حفاری شمع درجای با قطر زیاد با کمک سیستم حفاری سیار	۴۰
۶.۳.۱	Mix and Drilling offshore steel Pile	۴۵
۷.۳.۱	حفاری ترکیبی بستر سخت کف دریا	۴۸
۴.۱	پایدارسازی جداره با استفاده از دوغاب حفاری	۵۱
۱.۴.۱	بتونیت	۵۲
۲.۴.۱	اختلاط دوغاب حفاری	۵۲
۵.۱	آزمایش‌های لازمه قبل از آرماتورگذاری	۵۳
۱.۵.۱	تست Sonic Caliper	۵۳
۲.۵.۱	بررسی یکپارچگی وضعیت حفاری با استفاده از دوربین‌های ویدئویی	۵۵
۶.۱	قفس آرماتور	۵۶

۱.۶.۱	اجزاء قفس ۵۶
۲.۶.۱	تقویت قفس برای قائم ساختن آن ۵۷
۳.۶.۱	ترتیب بلند کردن قفس ۵۸
۷.۱	بتن‌ریزی در شرایط دریایی ۶۱
۱.۷.۱	ویژگی بتن در شرایط دریایی ۶۱
۲.۷.۱	بتن‌ریزی در شرایط زیر آب ۶۲
۸.۱	Base grouting ۶۸
۱.۸.۱	فرایند کلی تزریق گروت ۶۹
۱.۱.۱	مشخصات گروت ۷۱
۹.۱	تست یکپارچگی شمع ۷۲
۱.۹.۱	تست یکپارچگی شمع با استفاده از Crosshole Sonic Logging ۷۳
۲.۹.۱	تست یکپارچگی شمع (Thermal Integrity Profiler) ۷۵
۳.۹.۱	Sonic Echo (P) test ۷۸
۴.۹.۱	Impulse-Response (IR) Test ۸۵

۹۱ اجرای سر شمع در محیط‌های دریایی و رودخانه‌ای

۱.۲	کافردم ۹۲
۱.۱.۲	انواع کافردم سببی ۹۳
۲.۱.۲	کافردم شناور ۹۹

۱۰.۹ ارزیابی پارامترهای خاک

۱.۳	آزمایش ۱۱۰
۱.۱.۳	اجزاء تست ۱۱۲
۲.۱.۳	دیتاهای مخروط بتنرومتر و بررسی وضعیت خاک ۱۱۶
۲.۳	اجرای آزمایش <i>CPT</i> در شرایط دریایی ۱۱۷
۱.۲.۳	اجرای تست در آب عمیق ۱۱۹
۲.۲.۳	تست <i>CPT WireLine</i> ۱۲۲
۳.۲.۳	اجرای تست <i>CPT</i> با استفاده از دیگر سیستم‌های موجود ۱۲۳
۳.۳	طبقه‌بندی رفتار خاک به کمک تست نفوذ مخروط ۱۲۵
۱.۳.۳	نمودار Robertson ۱۲۵

۲.۳.۳	نمودار Eslami-Fellenius ۱۴۲
۳.۳.۳	سرعت موج برشی و نتایج تست CPT ۱۴۳

۱۴۹ اثر امواج در طراحی شمع

۱.۴	موج ۱۵۰
۲.۴	پارامترهای موج ۱۵۰
۱.۲.۴	ارتفاع موج ۱۵۰
۲.۲.۴	پریود موج ۱۵۴
۳.۲.۴	برآورد ارتفاع و پریود موج طرح برای محاسبه نیرو و لنگر وارد بر شمع ۱۵۴
۳.۴	نیروی ناشی از امواج ۱۵۹
۱.۳.۴	تغاریف ۱۵
۲.۳.۴	محاسبه نیروی موج و جریانات نوسانی ۱۶۱
۳.۳.۴	معادله موریسون ۱۶۲
۴.۴	نیروی هیدرودینامیک ۱۶۹
۱.۴.۴	روش ساده برای محاسبه فشار هیدرو بنامیک بر روی سازه‌های استوانه‌ای ۱۷۰
۲.۴.۴	نیروی وارده بر شمع‌های دریایی ناشی از امواج در حال شکست ۱۷۳

۱۸۳ طراحی ژئوتکنیکی شمع به همراه رو دادهای ویژه

۱.۵	تئوری موجود ۱۸۴
۲.۵	صورت‌های مختلف طراحی ۱۸۶
۱.۲.۵	طراحی ژئوتکنیکی تحت اثر بار محوری ۱۸۸
۲.۲.۵	اصطکاک منفی ۲۰۵
۳.۲.۵	طراحی شمع تحت اثر بارهای جانبی ۲۱۴
۴.۲.۵	طراحی سازه‌ای ۲۵۲
۵.۲.۵	طراحی شمع درجا با توجه به اثر آبستنگی ۲۵۴
۶.۲.۵	اثر ضربه کشتی بر شمع درجا ۲۶۲
۷.۲.۵	تعیین ظرفیت باربری شمع با استفاده از نتایج آزمایش CPT ۲۶۶

۲۶۹ گروه شمع

۱.۶	گروه شمع ۲۷۰
۲.۶	گروه شمع در برابر شمع منفرد ۲۷۰

۳.۶	ملاحظات گام شمع‌ها	۲۷۱
۴.۶	اثر گروه شمع در مقاومت محوری	۲۷۳
۱.۴.۶	اثر گروه بر روی مقاومت ژئوتکنیکی حدی	۲۷۳
۲.۴.۶	ظرفیت باربری گروه در شرایط کلی	۲۷۵
۳.۴.۶	تنشست گروه شمع	۲۷۶
۵.۶	اثر گروه شمع در برابر بارهای جانبی	۲۸۵
۱.۵.۶	مفهوم ضریب P	۲۸۶
۶.۶	ترکیب بارگذاری و محاسبه توزیع بار در گروه	۲۸۸
۱.۶.۶	تعادل استاتیکی ساده	۲۸۸
۲.۶.۶	حل الاستیک ساده	۲۹۰
۷.۶	پیش‌بینی نیروی ناشی از موج بر روی شمع در یک گروه شمع	۲۹۲

روانگرایی ۲۹۵

۱.۷	روانگرایی	۲۹۶
۲.۷	لمس واقعی اسبب‌های ناشی از روانگرایی	۲۹۷
۳.۷	ارزیابی پتانسیل روانگرایی بر حسب نتایج تست CPT	۲۹۹
۱.۳.۷	روانگرایی سیکلی (لرزه‌ای)	۳۰۰
۴.۷	گسترش جانبی	۳۰۵
۵.۷	آنالیز شمع بر مبنای خمش	۳۰۷
۱.۵.۷	تحلیل جابجایی	۳۰۷
۲.۵.۷	روش توازن محدود	۳۳۰
۶.۷	مقاومت باقی مانده خاک پس از روانگرایی	۳۳۵
۱.۶.۷	ناپایداری و مقاومت برشی باقی مانده خاک روانگرا شده	۳۳۵
۷.۷	ارزیابی تنشست خاک بر مبنای نتایج تست CPT پس از روانگرایی	۳۴۲
۱.۷.۷	تغییر شکل ناشی از زلزله	۳۴۲
۲.۷.۷	تنشست عمودی زمین در اثر روانگرایی	۳۴۲
۳.۷.۷	محاسبه تنشست زمین	۳۴۴

تست‌های درجا ۳۴۷

۱.۸	ظرفیت باربری شمع درجا به کمک تست دینامیکی	۳۴۹
-----	---	-----

آماده‌سازی شمع جهت اجرای تست	۳۴۹	۲.۱.۸
تحلیل معادله موج	۳۵۱	۳.۱.۸
ارزیابی و تفسیر نتایج تست دینامیکی	۳۵۲	۴.۱.۸
تست بارگذاری Statnamic	۳۵۷	۲.۸
بارگذاری قائم	۳۵۷	۱.۲.۸
بارگذاری جانبی	۳۶۴	۲.۲.۸
تست بارگذاری استاتیکی قائم شمع درجا	۳۶۵	۳.۸
زمان اجرای تست بارگذاری قائم	۳۶۸	۱.۳.۸
روش کلی اجرای تست	۳۶۸	۲.۳.۸
تجهیزات مورد نیاز	۳۶۹	۲.۳.۸
محاسبه ظرفیت باربری با استفاده از نتایج تست استاتیکی قائم	۳۷۰	۴.۳.۸
تست بارگذاری استاتیکی جانبی	۳۸۲	۴.۸
زمان اجرای تست بارگذاری جانبی	۳۸۴	۱.۴.۸
روش کلی اجرای تست	۳۸۴	۲.۴.۸
تجهیزات مورد نیاز	۳۸۴	۳.۴.۸
بارگذاری	۳۸۶	۴.۴.۸
تفسیر نتایج حاصل از تست بارگذاری استاتیکی جانبی	۳۸۸	۵.۴.۸

پروژه‌های اجراء شده ۳۹۳

مقدمه	۳۹۴	۱.۹
پل Rajiv Gandhi	۳۹۴	۲.۹
شرایط سایت	۳۹۴	۱.۲.۹
طراحی شمع درجا	۳۹۵	۲.۲.۹
اجرای شمع‌های درجای پل	۳۹۶	۳.۲.۹
تست یکپارچگی شمع	۳۹۹	۴.۲.۹
پل Incheon	۳۹۹	۳.۹
معیار طراحی فنداسیون پل	۴۰۰	۱.۳.۹
طراحی شمع‌های پل Incheon در اقیانوس	۴۰۱	۲.۳.۹
اجرای شمع درجا	۴۰۲	۳.۳.۹
تست یکپارچگی	۴۰۵	۴.۳.۹
پل Huey P	۴۰۵	۴.۹

۴۰۶	خصوصیات لایه‌های بستر	۱.۴.۹
۴۰۷	اجرای شمع درجا	۲.۴.۹
۴۱۲	تست بارگذاری شمع	۲.۴.۹
۴۱۳	پل John H Kerr	۵.۹
۴۱۴	اجرای شمع‌های درجا	۱.۵.۹
۴۲۱	منابع و مراجع	