شمع پیچی و کاربرد آن در بهسازی خاک بستر راه

مقاله علمی – پژوهشی

علی چغامه، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
محمدعلی ارجمند، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
مصطفی آدرسی*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.adresi@sru.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۰– پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۵
صفحه ۲۰۶-۱۹۷

چکیده

این مقاله به معرفی و کاربرد شمع پیچی در صنعت راهسازی می‌پردازد. با عنایت بر نیاز کشور به انواع مهارها و گروه شمع‌ها در صنعت ساختمان و سایر رشته‌ها از قبیل راهسازی، برق، مخابرات و... استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته و مدرن در این زمینه، اهمیت بسزائی دارند. این نکته حائز اهمیت است که طبق مطالعات انجام شده، در زمین‌های سست و غیر متراکم درصد بالایی از هزینه‌های اجرائی صرف احداث فوندانسیون می‌شود. بنابراین، استفاده از شمع‌های پیچشی به عنوان فوندانسیون‌ی که سرعت احداث بالایی دارد، و همچنین از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد و جهت انواع گروه‌های خاک، سازگاری با محیط زیست، عدم تغییر بیش از اندازه لایه‌های خاک، شرایط اجرایی آسان و عدم نیاز به نیروی متخصص، مناسب است، توصیه می‌گردد. از این رو با توجه به تکنولوژی ساده و اجرای سریع این نوع شمع در همه شرایط آب و هوایی و منطقه‌ای و همچنین هزینه اجرای پایین تر نسبت به سایر روش‌های مشابه، کاربرد این نوع از شمع در خاک بستر ضعیف یک راه یا در قسمت‌های حساس یک راه مانند زیرساخت‌های مختلف موجود در بدنه راه، می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: روش باربری صفحات مجزا، روش برش استوانه ای، روش آنالیز حدی، شمع پیچی، نصب شمع پیچی

۱- مقدمه

بشر از گذشته در حال بررسی و مقاوم سازی خاک‌های ضعیف بوده است. بیشتر مواقع در برخورد با زمین‌های نامناسب، پنج سیاست عمده وجود دارد، این راه حل‌ها عبارتند از:

۱) جایگزینی خاک ضعیف با خاک مناسب‌تر
۲) مقاوم‌سازی خاک و زمین نامناسب به روش فیزیکی، شیمیایی و غیره
۳) طراحی مجدد سازه با توجه به محدودیت‌های خاک
٤) تغییر دادن شرایط طبیعی خاک‌های ضعیف برای به دست آوردن ملزومات پروژه (بهسازی)
۵) تغییر محل پروژه

انتخاب یکی از این روش‌ها مستلزم در نظر گرفتن پارامترهای تاثیرگذار در امر پروژه از قبیل، توان پیمانکار، اقتصاد پروژه، نیروی انسانی و ماشین آلات، تجربه ی شخصی و نتایج آزمایشات، روش بهینه می‌باشد. روش‌های مقاوم‌سازی و اصلاح خاک شامل روش‌های متنوع فیزیکی، شیمیایی، الکتریکی و بیولوژیکی می‌باشد. تثبیت خاک یک روش مقاوم سازی یا بهسازی خواص خاک به روش شیمیایی می‌باشد. منظور از تثبیت شیمیایی، اصلاح خواص و پارامترهای خاک بوسیله مواد افزودنی است. در اثر فعل و انفعالات شیمیایی مواد افزودنی با خاک، برخی خواص خاک از قبیل چسبندگی، جذب آب، تورم و ... تحت تاثیر قرار می‌گیرد. برای تثبیت شیمیایی از

انواع تثبیت کننده‌ها از قبیل سیمان (Adresi, Vamegh, and Shiraz 2021; Mostafa Adresi 2021; Mostafa Adresi, Hasani, and Zini 2017)، قیر، آهک، و ... استفاده می‌گردد.

یکی دیگر از روش ا جهت اصلاح خاک، روش فیزیکی است. این روش انواع مختلفی وجود دارد که در این مقاله به بررسی شمع پیچی پرداخته شده است. با گسترش و پیشرفت فناوری کاربرد آنها به عنوان شمع پیچی افزایش یافته و امروزه این شمع‌ها در سراسر دنیا در پروژه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از کاربردهای شمع‌های مارپیچ می‌توان به شالوده خانه‌ها و ساختمان‌های تجاری، تیرهای چراغ برق، استفاده به عنوان مهار، پی پل‌های عابر پیاده، به عنوان پایه ای جهت نگهداری گاردریل‌ها، المان پی‌بندی برای پی‌های معیوب، بهسازی پی جهت افزایش بار ساختمان، جلوگیری از نشست‌های نامتقارن در پی، سهولت اجرا و نصب شمع‌های پیچی در خاک‌های فروریزشی و زیر سطح آب اشاره نمود(Kasebzadeh, Ardakani, and Torani 2013)

بطور کلی فلسفه استفاده از شمع در پروژه‌ها و سایر امور راهسازی وعمرانی به شرح موارد ذیل است.

–خاکی که در نزدیکی سطح زمین وجود دارد، از مقاومت کافی برای اجرای پی‌های سطحی برخوردار نبوده، لذا در این حالت با اجرای شمع و نفوذ در عمق خاک، اولاً امکان دستیابی به لایه‌های مقاوم بوجود می‌آید، ثانیا با افزایش عمق مدفون پی، ظرفیت باربری نیز افزایش خواهد یافت.

–اگر نشست محاسبه شده در خاک تحت بارهای سازه‌ای از حدود مجاز فراتر رود، در این حالت استفاده از شمع ضمن کاهش نشست پی، باعث افزایش ظرفیت باربری می‌گردد.

–اگر پی تحت شرایط بارهای جانبی سازه و یا نیروهای بالابرنده قرار گیرد، در این حالت پی از سطح زمین بلند خواهد شد که برای مقابله با این وضعیت می‌توان از شمع استفاده نمود.

–اگر اجرای یک سازه دریایی مد نظر باشد، در این حالت نیاز به اجرای عرشه روی سیستم شمع است تا از این روش بارهای بالای سطح آب از میان آب به درون خاک زیرین منتقل گردد.

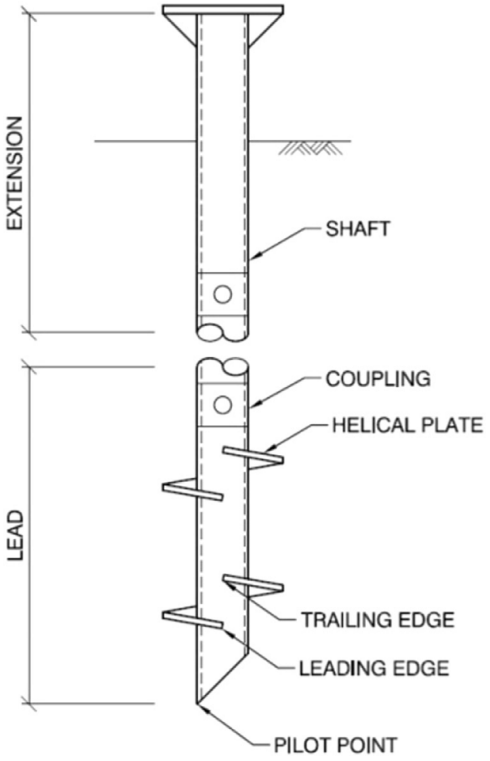
در این میان با توجه به پیشرفت تکنولوژی و با در نظر گرفتن دست نخورده ماندن لایه‌های خاک و سازگاری با محیط زیست و عدم تخریب آن، شمع‌های پیچی کاربرد بسیار زیادی پیدا خواهند نمود. قطر پایه شمع‌های پیچی شکل بین ۰/٤٥تا ۱/۵ متر است. کف پیچی شکل شمع با استفاده از یک موتور الکتریکی یا مکانیکی به داخل خاک هدایت می‌شود که به فرآیند نفوذ آسان شمع به لایه‌های زیرین خاک کمک می‌کند. در سالیان اخیر با توجه به افزایش مداوم استفاده از انواع شمع‌ها در پروژه‌های عمرانی، آنالیز انواع شمع از نقطه نظر عملکردشان و نیز مطالعه عوامل موثر بر ظرفیت باربری شمع‌ها اهمیت زیادی یافته است. بدیهی است که شکل و نوع شمع مورد استفاده یکی از مهمترین مولفه‌ها برای مهندسین ژئوتکنیک در هر پروژه است (Kasebzadeh, Ardakani, and Torani 2013)

۲– معرفی شمع‌های پیچی

در سال‌های اخیر کاربرد نوع دیگری از شمع‌های عمیق به نام شمع‌های پیچی، به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردش رو به افزایش است. شکل ۱ طرح شماتیک یک شمع پیچی را نشان می‌دهد. این شمع شامل یک میله فلزی توپر یا توخالی (تحت عنوان شافت مرکزی) با حداقل یک صفحه مارپیچ که به شافت مرکزی جوش داده شده، تشکیل می‌گردد. مقطع میله می‌تواند به شکل دایره، مربع توپر یا توخالی باشد. جنس شافت و صفحه مارپیچ معمولاً از فولاد گالوانیزه، همچنین این شمع‌ها از دو قسمت تحت عنوان بخش پیشرو و بخش‌های گسترش، که این قسمت به بخش پیشرو در حین نفوذ به عمق اضافه می‌شود. بخش پیشرو، به قسمتی از شمع گفته می‌شود که در همان ابتدا وارد خاک می‌گردد و معمولاً از یک نوک تیز و یک یا چند صفحه فلزی باربر تشکیل شده است (Merizi and Jalalimoghadam 2016)

بخش گسترش، قطعه‌های از میله فولادی برای افزایش طول کل شمع پیچی است. میله افزایش طول شمع، جهت رسیدن میله پیشرونده به عمق مورد نظر است که بر روی این شافت می‌توان صفحات باربر را در نظر گرفت.

براساس نتایج تجربی، صفحات مارپیچ معمولاً به فاصله ۳ برابر قطر صفحات مارپیچی از یکدیگر در طول میله در بخش پیشرو قرار می‌گیرند. برای یک شمع مارپیچ تحت بارگذاری، انتقال نتایج تأثیر بار در ناحیه تنش، داخل یک حجم معین خاک بلافاصله در بالا یا پایین صفحه مارپیچ (تنش کششی در بالای مارپیچ وتنش فشاری در پایین مارپیچ) و در راستای بار اتفاق می‌افتد.

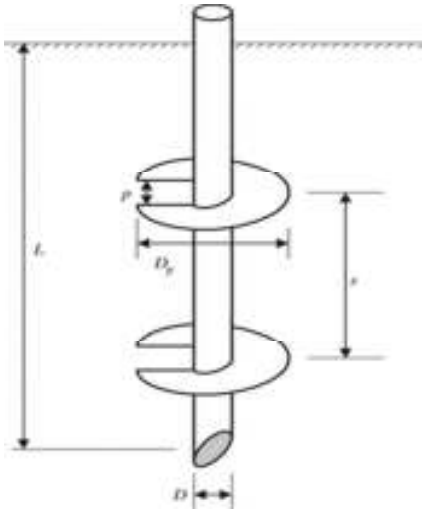


شکل ۱. اجزا شمع پیچی شامل بخش پیشرو و بخش گسترش
(Mohajerani, Bosnjak, and Bromwich 2016)

نکته حائز اهمیت آن است که مارپیچ‌ها باید فاصله کافی از یکدیگر داشته باشند تا در نواحی تنش، همپوشانی اتفاق نیفتد. در شمع‌هایی با چند صفحه مارپیچ در خاک همگن و یکنواخت، اگر فاصله صفحات از هم کم باشند، همپوشانی می‌تواند منجر به توزیع تنش و گسیختگی پیش‌بینی نشده شود.

همچنین، در اثر فاصله زیاد صفحات، همپوشانی رخ نمی‌دهد. بر این مبنا بهترین فاصله صفحات سه برابر قطر مارپیچ در نظر گرفته می‌شود.

در شکل ۲ به تفکیک این فواصل نشان داده شده است. در رابطه مدت زمان استفاده از این نوع شمع در خاک با در نظر گرفتن پارامترهایی همچون نوع خاک و شرایطی که شمع پیچی در آن منطقه دارد از قبیل میزان رطوبت، PH خاک، درصد مواد شیمیایی موجود در خاک میتوان عمر تقریبی این نوع شمع را در حدود ۷۵ سال تخمین زد. از لحاظ هزینه اجرایی شمع پیچی به نسبت سایر شمع‌ها مقرون به صرفه‌تر می‌باشد.



شکل ۲. شماتیک فواصل در شمع پیچی
(Rahnavard and Godarzi 2014)

۱-۲- مزایا و معایب شمع پیچی

از مزایای شمع پیچی نسبت به سایر شمع‌ها می‌توان به هزینه حمل پایین، عدم نیاز به نیروی کار متخصص، هزینه پایین اجرا و سرعت نصب بالا اشاره نمود. برای مثال مدت زمان لازم برای نصب یک شمع ٦ متری در خاک ماسه‌ای کمتر از ۲۰ دقیقه می‌باشد و همچنین می‌توان بلافاصله بعد از نصب شمع، سازه را اجرا نمود. (Rahnavard and Godarzi 2014)

مزیت دیگر شمع‌های پیچی این است که در همه فصول و تحت هر شرایط آب و هوایی قابل نصب می‌باشد. از طرفی در این نوع از شمع‌ها، نیازی به بتن‌ریزی و عمل آوری بتن نیست، که این موضوع باعث صرفه جویی در زمان، هزینه‌های اجرائی و همچنین کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از تولید سیمان و تهیه بتن می‌گردد.

همچنین می‌توان این نکته را در نظر داشت که این نوع از شمع ها جهت نصب، نیازی به ویبره ندارند، بنابراین، عملیات اجرایی بدون ایجاد سروصدا انجام می‌گردد که این موضوع در انتخاب این روش در مناطق شهری بسیار تاثیرگذار است.

مزیت دیگر این روش، عدم نیاز به حفاری و جابه جایی خاک از محل، کاهش دستخوردگی هنگام نصب و سازگاری با طبیعت و محیط زیست می‌باشد. شمع پیچی را می‌توان در دامنه ی وسیعی از انواع خاک‌ها اعم از زمین‌های شنی، سیلابی، باتلاقی، جلگه‌ای و مناطق دارای یخبندان اجرا نمود. همچنین در مناطقی که صعب العبور هستند مانند کوهستان‌ها، استفاده از

این نوع شمع پیشنهاد می‌گردد. شمع پیچی در سازه های موقت نیز کاربرد دارد، از این رو پس از پایان کار آن را از خاک بیرون آورده و مجدداً در جای دیگر استفاده می‌گردد.

مزیت دیگر در زمینه راهسازی است. فرض کنید در حین عملیات راهسازی، با شرایطی مواجه شدیم که زمین قابلیت باربری ندارد و خاک سست است. در این صورت با استفاده از تعداد زیادی از این نوع شمع ولی با عمق کم (با توجه به اینکه بارگذاری به صورت نقطه‌ای می‌باشد و شدت آن زیاد نیست) می‌تواند مفید واقع شود. همچنین مطابق شکل۳، عملیات بهسازی بستر با این روش، زمان گیر نبوده و روند پروژه را کند نمی‌سازد.

شکل ۳. اجرای شمع پیچی در بستر راه‌هایی با خاک مسئله‌دار

یکی دیگر از کاربردهای شمع پیچی استفاده آن در صنعت کشاورزی است. سوله‌های احداث شده و گلخانه‌ها با این روش، عملکرد مناسب و استحکام قابل قبولی در برابر باد و باران شدید حاصل می‌نماید. بلافاصله پس از زمان نصب و اجرا شمع پیچی، عملیات مونتاژ و نصب چادر می‌تواند آغاز شود. در همین راستا به راحتی می‌توان شمع‌های پیچی را برداشته و موقعیت چادر را در اطراف مزرعه تغییر داد.

شکل٤. کاربرد در صنعت کشاورزی

از معایب شمع پیچی می‌توان به اجرا و نصب سخت و دشوار در خاک‌های بسیار سفت اشاره نمود. در مرحله طراحی بهتر است که با توجه به خصوصیات خاک و نوع شمع، لنگر پیچشی مورد نیاز برای نصب شمع محاسبه شود. اگر این لنگر تنش زیاد و تغییر شکل در شمع ایجاد کند، استفاده از این نوع شمع مجاز نمی‌باشد.

۳- نصب شمع پیچی

نصب شمع پیچی را می‌توان به دو صورت دستی و با دستگاه انجام داد. منظور از دستگاه، ماشین‌هایی است که نیروی پیچشی ایجاد کرده و باعث هدایت شمع به داخل زمین می‌گردد. هنگامی که شمع به داخل زمین نصب می‌شود، یک صفحه (پلیت) در بالای شمع جهت انتقال بار از سازه به شمع قرار می‌گیرد. شافت مرکزی و صفحه مارپیچ این نوع از شمع‌ها، دارای قطرهای مختلفی می‌باشد. هرچه قطرها بیشتر شوند، شمع وزن بیشتری از طرف سازه تحمل می‌نماید.

مراحل نصب شمع پیچی بدین صورت است که ابتدا قسمت نوک تیز محور پیشرو به کمک موتور پیچشی وارد خاک شده و با جابه‌جایی خاک توسط صفحات مارپیچ تا عمق مورد نظر این روند ادامه می یابد.

در گذشته ظرفیت موتورهای پیچشی برای نصب این نوع از شمع‌ها بین ٤ تا ۷ کیلونیوتن بر متر بوده که در سال‌های اخیر این ظرفیت تا حدود ٦۰ کیلونیوتن بر متر افزایش یافته است. هرچند که ماشین‌های مکانیکی حفار قابلیت اعمال نیروی پیچشی تا حدود ۱۰۰ کیلونیوتن بر متر را نیز دارند.

در شکل ۵ انواع ماشین‌های نصب جهت شمع پیچی نشان داده شده‌است[screw pile system 2021].

الف) جهت کارهای کوچک و در داخل شهر

ب) جهت برای شمع با ظرفیت باربری بالا

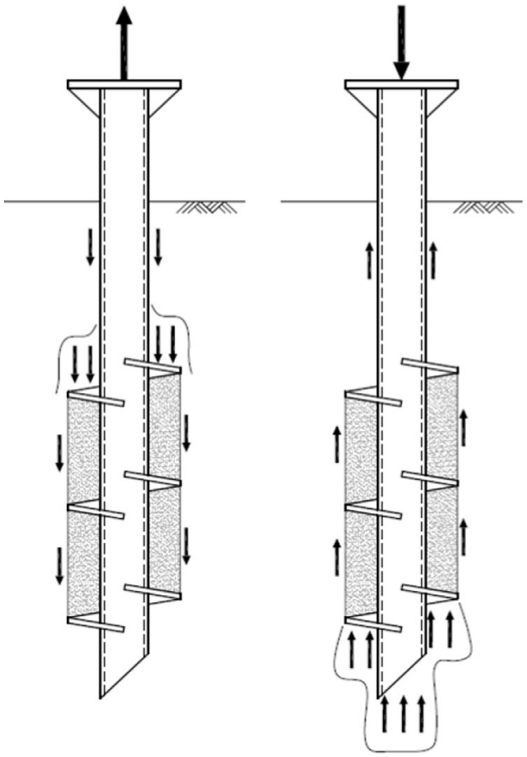
ج) جهت استفاده ظرفیت باربری متوسط و پایین

شکل ۵. اشکال الف تا ج، نمونه ماشین‌ها جهت نصب شمع پیچی

در خاک‌هایی با ظرفیت باربری پائین، به منظور افزایش ظرفیت باربری خاک از شمع پیچی کوچک (اسکرو میکروپایل) استفاده می‌گردد. در این روش، اطراف میله گسترش، در حد فاصل سطح زمین تا بالاترین صفحه‌ی باربر، ملات دوغاب سیمان تزریق می‌گردد که در نتیجه از نوع شمع‌های بتن درجا است. نقش این بتن باعث افزایش ظرفیت باربری محور شمع، به علت ایجاد نیروی اصطکاکی با خاک اطراف نیز می‌باشد[Perko. H.A2009].

٤- تعیین ظرفیت باربری شمع پیچی

جهت تعیین ظرفیت باربری شمع‌های پیچی روش‌های متعددی ارایه شده است. اساس بیشتر روش‌های موجود مانند روش صفحات مجزا و روش برش استوانه‌ای و آنالیز حالت حدی است. برخی روش‌ها بر پایه نتایج آزمایشگاهی با مقیاس کوچک یا ابعاد واقعی استوارند. این روش‌ها که توسط محققین مختلفی ارایه گردیده، روابطی را جهت نصب شمع و تعیین ظرفیت باربری شمع پیچی بطور تجربی تخمین می‌زنند. این مطالعات همچنان در حال انجام و بررسی بوده و هر روزه روابط قوی‌تر و معتبرتری برای تخمین ظرفیت باربری این شمع‌ها ارایه می‌گردد. معمولاً ظرفیت باربری شمع‌های پیچی از روابط تئوریک محاسبه و توسط روابط تجربی کنترل شده که در حال حاضر منطقی‌ترین روش طراحی موجود می‌باشد[Perko H.A2009]. شمع‌های پیچشی در کشش و فشار همانند نیروهای مقاوم نشان داده شده در شکل ٦ عمل می‌کنند.



شکل٦. تنشهای مقاوم در شمع‌های پیچشی در شرایط فشار و کشش

(Mohajerani, Bosnjak, and Bromwich 2016)

از عوامل مؤثر بر ظرفیت بالا رانش شمع‌های پیچشی

$$P_u = \Sigma q_{ult} A_n + \alpha H(\pi d) \quad (۱)$$

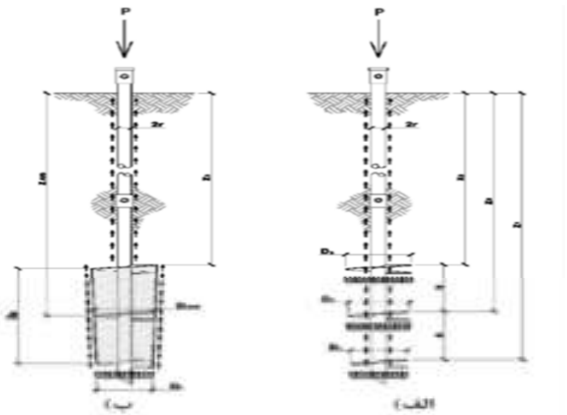
می‌توان به قطر پره‌های پیچشی، عمق پره‌ها، فاصله و گام پره‌های پیچشی و تراکم خاک اشاره کرد [A. Sprince 2010]. ژانگ با ارائه‌ی مدلی، ظرفیت باربری شمع‌های پیچشی را در سه قسمت محاسبه کردند [D.J.Y. Zhang 1999]. در محاسبه‌ی ظرفیت باربری شمع نیاز به پارامترهایی از خاک و شکل شمع می‌باشد و در کل ظرفیت باربری از دو قسمت ظرفیت نوک یا انتهایی شمع و ظرفیت جداری (اصطکاکی) تشکیل شده است [A. Eslami 2009].

برای محاسبه ظرفیت باربری شمع‌های پیچی به روش تئوریک دو روش کلی موجود است.

-روش باربری صفحات مجزا

-روش برش استوانه‌ای

برای محاسبه ظرفیت باربری شمع پیچی به روش صفحات مجزا نمودار دیاگرام آزاد آن را مطابق شکل ۷- الف در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۷. دیاگرام آزاد صفحات مارپیچ الف) حالت صفحات مجزا ب) برش استوانه‌ای (Kasebzadeh, Ardakani, and Torani 2013)

در این شکل نیروهای وارده بصورت گسترده نشان داده شده است. فشار در زیر هر صفحه فلزی به صورت یک توزیع یکنواخت و همچنین تنش چسبندگی در طول میله شمع در نظر گرفته شده است. یک نیروی محوری نیز به انتها وارد شده است. ظرفیت باربری نهایی شمع عبارت است از مجموع ظرفیت باربری هر یک از صفحات باربر و چسبندگی در طول میله، که به صورت معادله ۱ **(مجموع ظرفیت باربری صفحات باربر)** در ذیل نوشته می‌شود (Kasebzadeh, Ardakani, and Torani 2013)

q_{ult} = تنش باربری نهایی خاک در عمق مورد نظر،

A_n = سطح مقطع صفحه باربر nام،

α = چسبندگی بین خاک و صفحه‌ی باربر،

H= طول شمع مارپیچ تا بالای صفحه‌ی مارپیچ و

d = قطر دایره اطراف میله شمع هستند.

تنش باربری نهایی خاک در حالت کلی از رابطه ترزاقی که برای خاک‌های دانه‌ای و چسبنده به صورت معادله ۲ ساده شده محاسبه می‌گردد (Kasebzadeh, Ardakani, and Torani 2013)

$$q_{ult} = 1.3CNc + qNq + 0.3\gamma BN\gamma \quad (۲)$$

برای خاک‌های چسبنده مطابق معادلات ۳ (تنش باربری نهایی در خاک چسبنده) و ٤ (تنش باربری نهایی براساس عدد کوبش در آزمایش SPT) داریم.[A. Eslami 2009]

$$q_{ult} = 9.C_U \quad (۳)$$

$$q_{ult} = 11.\lambda_{SPT}.N_7 \quad (٤)$$

با قرار دادن معادله ۳ یا ٤ در رابطه ۱ می‌توان ظرفیت باربری شمع‌های پیچی را در خاکهای چسبنده محاسبه نمود. در جهت اطمینان می‌توان از چسبندگی در امتداد میله شمع صرف نظر کرد.

برای محاسبه q_{ult} در خاک‌های ماسه‌ای نیز می‌توان از معادله ۵ استفاده کرد.

$$q_{ult} = q\,(N_q - 1) \quad (۵)$$

در رابطه فوق بایستی ملاحظات عمق بحرانی را در نظر داشت. بر اساس آزمایشات انجام شده، استفاده از دو برابر قطر معادل صفحات باربر به‌عنوان عمق بحرانی در شمع‌های پیچی، جواب‌های قابل قبولی را ارایه می‌کند. بر این اساس معادله ۵ را می‌توان به صورت معادله ٦ بازنویسی کرد.

$$q_{ult} = 2\,D_{avg}\,\gamma\,(N_q - 1) \quad (٦)$$

با قراردادن معادله ٦ در معادله ۱ می‌توان ظرفیت باربری شمع‌های پیچی را در خاک‌های چسبنده محاسبه کرد. همچنین می‌توان از چسبندگی در امتداد میله شمع صرف‌نظر کرد.

روش باربری صفحات مجزا همیشه حالت حدی ظرفیت باربری شمع‌های مارپیچ نیست. به‌همین جهت مونی و همکاران در سال ۱۹۸۵ شکل گسیختگی را به صورت برش استوانه ارایه دادند. در روش برش استوانه‌ای فرض می‌شود که تمام حجم خاک بین صفحات مارپیچ فعال می‌شود. دیاگرام آزاد نیروهای وارد به این مدل در شکل ۷–ب، نشان داده شده است. بر اساس شکل مشاهده می‌گردد که تنش در زیر هر صفحه مارپیچ بصورت گسترده و تنش برشی در فاصله بین صفحات باربر و تنش چسبندگی در طول میله شمع در نظر گرفته شده است. یک نیروی محوری نیز به انتهای شمع اعمال شده است. ظرفیت باربری نهایی شمع پیچی به روش برش استوانه‌ای از مجموع تنش برشی در طول استوانه، تنش چسبندگی در امتداد میله و ظرفیت باربری پایین‌ترین صفحه مارپیچ بدست می‌آید. حاصل این عبارات بصورت معادله ۷ خواهد بود:

$$P_u = q_{ult}.A_1 + T.(n-1)S.\pi.D_{ave} + \alpha.H.(\pi d) \qquad (۷)$$

q_{ult} = تنش نهایی خاک در عمق مورد نظر، $A_۱$ = سطح مقطع آخرین صفحه، T= مقاومت برشی خاک (معمولاً برابر S_u است)، S $(n-1)$ = طول خاک بین صفحات باربر، D_{ave} = قطر متوسط استوانه در نظر گرفته شده، α = چسبندگی بین خاک و صفحه ی باربر، H= طول شمع مارپیچ تا بالای صفحه‌ی مارپیچ و d = قطر دایره اطراف میله شمع هستند.

در روش آنالیز حدی، ظرفیت باربری شمع پیچی را به دو روش ظرفیت باربری صفحات مجزا و برش استوانه‌ای محاسبه کرده و کمترین این دو مقدار را به عنوان ظرفیت باربری شمع پیچی در نظر می‌گیرند.

۵- بررسی آئین نامه‌های موجود

با توجه به مرسوم شدن شمع‌های پیچی در سال‌های اخیر تاکنون تعداد معدودی از آیین‌نامه‌ها ضوابط این شمع‌ها را مورد پوشش قرار داده‌اند. شرکت‌های تولید کننده این شمع‌ها نیز ضوابطی برای محاسبه ظرفیت باربری و اجرای شمع‌های مارپیچ ارایه نموده‌اند که مشهورترین این شرکت‌ها، شرکت ای.بی. چنس[۱] می‌باشد. (Rahnavard and Godarzi 2014)

ضوابط ارایه شده در این آیین‌نامه‌ها همه دارای پایه‌های تئوری مشابه با روش ارایه داده شده در قسمت‌های قبل با اندکی تغییرات جزئی می‌باشند. آیین‌نامه ساختمان لیتوانی[۲] یکی از آیین‌نامه‌های اروپایی برای محاسبه ظرفیت باربری شمع‌های مارپیچ می‌باشد.

رابطه ارایه شده آیین‌نامه ساختمان لیتوانی براساس روش باربری مجزای صفحات با اندکی ضرایب اصلاحی می‌باشد. این رابطه فقط برای شمع‌هایی با یک صفحه باربر ارایه و کالیبره شده است و لذا بدلیل همین محدودیت، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا که بیشتر شمع‌هایی که طراحی و اجرا می‌شوند دارای چندین صفحه باربر می‌باشند. روش آیین نامه پی کانادا[۳] نیز یکی از معیارهای موجود می‌باشد. این آیین‌نامه، ظرفیت باربری شمع‌های مارپیچ را بر اساس روش برش استوانه‌ای محاسبه می‌کند. آیین‌نامه‌های بین‌المللی ساختمان [۴] و شرکت ای. بی. چنس دارای ضوابط مشابهی برای محاسبه ظرفیت باربری شمع‌های مارپیچ می‌باشند. این دو آیین نامه از روش صفحات باربری مجزا برای محاسبه ظرفیت باربری استفاده می‌کنند. در آیین نامه بین المللی ساختمان علاوه بر روش صفحات باربری مجزا، روش تجربی K_t نیز مجاز دانسته شده است. قابل ذکر است در هیچکدام از آیین نامه اشاره خاصی به عمق بحرانی شمع مارپیچ نشده است و به نظر می‌رسد عمق بحرانی شمع‌های مارپیچ برخلاف نظر پرکو[۵] مشابه سایر شمع‌ها در نظر گرفته شده است.

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالبی که گفته شد، شمع های پیچی باداشتن ویژگی‌های منحصر بفردی همچون سهولت اجرا و قابلیت اجرا در شرایط محدود و شرایط سخت ژئوتکنیکی، کاربرد در تمامی خاک ها، قابلیت نصب در تمامی شرایط آب و هوایی، عدم ایجاد سرو صدا و مزاحمت و قابیلت اجرا در مناطق شهری و سازگاری آن با محیط زیست، پتانسیل اجرایی و کاربرد بالایی در کشورمان دارد و همواره با توجه به اقلیم منطقه و خاک آن می توان به راحتی و با صرف هزینه کمتر اجرائی نمود. بر این اساس:

۱. در شمع‌های مارپیچ با طول و قطر ثابت، افزایش تعداد صفحات پیچشی منجر به افزایش ظرفیت باربری شمع‌ها در فشار می‌شود.

۲. اثر همزمان تعداد و فواصل صفحات به عنوان یک پارامتر مؤثر در ظرفیت باربری بررسی شد. بر این اساس، با افزایش

تعداد صفحات مارپیچ و متعاقب آن کاهش فاصله آن‌ها به دلیل ثابت بودن طول شمع، ظرفیت باربری فشاری افزایش می‌یابد.
۳. در یک شمع با تعداد ثابت دو صفحه پیچشی اثر فاصله صفحات مارپیچ بررسی شد. بر این اساس، با افزایش فاصله صفحات، مکانیزم گسیختگی از روش برش استوانه‌ای به روش صفحه باربری منفرد تغییر می‌کند.

۷- پی‌نوشت‌ها

1.A.B.CHANCE
2.Latvian Building Code, LBN-214 Code
3.CFEM
4. International Building Code
5. Perko. el

۸- مراجع

-A. Eslami., (2009), "Foundation Engineering", Design and Implementation.

-A. Sprince, L. Pakrastinsh, (2010), “Helical Pile Behaviour and Load Transfer Mechanism in Different Soils, in: Modern Building Materials, Structures and Techniques.”

-A, Perko H., (2009), “A Practical Guide to Design and Installation”.

-Adresi, Mostafa, Mostafa Vamegh, and Mehdi Ebrahimzadeh Shiraz, (2021), “Evaluation of Durability Properties of Cement Stabilized Base Mixtures Contains Different Amounts of RAP during Wet and Dry Cycles (In Persian)”, Journal of Civil and Environmental Engineering 51(4).

-D.J.Y. Zhang, (1999), "Predicting Capacity of Helical Screw Piles in Alberta Soils".

-Feltcher. (2022), “Screw Pile System.” The Fletcher Construction Company. https://www.piletech.co.nz/Screwpiles.php#:~:text=Screw piles are a type,screw is wound into wood.&text=The piles are made of,more helices attached to them.

-J. Khazaei, A. Eslami, A. Karimi, M. Zarabi. 2014. “The First National Conference on Soil Mechanics and Geotechnics, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran.”

-Kasebzadeh, Keykhosro, Jalal Mahmodi Ardakani, and Ahmadreza Torani. 2013. “Screw Pile, a New Way of Looking Deep Foundation(In Persian).” In The First National Conference on Geotechnical Engineering in Iran, Ardabil. Iran, 18.

-Merizi, Matin Mahmodi, and Mohammademad Jalalimoghadam, (2016), "Mechanical Soil Restraints from Design to Execution(In Persian)", Tehran.

-Mohajerani, Abbas, Dusan Bosnjak, and Damon Bromwich, (2016), “Analysis and Design Methods of Screw Piles: A Review.” Soils and Foundations 56(1), pp.115–28. http://dx.doi.org/10.1016/j.sandf.2016.01.009.

-Mostafa Adresi, (2021), “Economic and Durability Optimization of Asphalt Pavement with Cement Stabilized Base Mixtures Ardakan- Naeen Study”, Ferdoesi Civil Engineering 34(2), pp.17–34.

-Mostafa Adresi, Abolfazl Hasani, and Maryam Zini., (2017), “Determining the Appropriate Mixing Plan of Cement-Stabilized Base Mixtures Containing Large Amounts of Asphalt Chips(In Persian).” Transportation infrastructure engineering (9), pp.53–67.

-Rahnavard, Alireza, and Azade Godarzi. (2014), “Feasibility Study of Using Screw Piles in the Foundations of Transmission Line Towers(In Persian)”, In Twenty-Ninth International Conference on Electricity, Tehran.

Screw Pile and Its Application in Road's Subgrade Improvement

Ali Chaghameh, M.Sc., Student, Department of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

Mohammadali Arjomand, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

Mostafa Adresi, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

E-mail: m.adresi@sru.ac.ir

Received: August 2021-Accepted: February 2022

ABSTRACT

This article introduces and uses screw piles in road construction. Considering the country's need for various soil improvements and groups of piles in the construction industry and other fields such as road construction, electricity, telecommunications infrastructures, etc., the use of advanced and modern technologies in this field is very important. It is important to note that, according to studies, a large percentage of the administrative costs are spent on the construction of the foundation in loose lands. Therefore, the use of helical piles as a foundation that has a high construction speed, and is also economically viable and suitable for a variety of soil groups, environmental compatibility, no excessive change of soil layers, easy implementation conditions, And no need for expert manpower is recommended. Therefore, due to the simple technology and fast implementation of this type of pile in all climatic and regional conditions and the lower implementation cost compared to other similar methods, the use of this type of pile in low strength subgrade to support, road's infrastructures, can be very useful.

Keywords: Separate Plate Bearing Method, Cylindrical Cutting Method, Limit Analysis Method, Screw Pile, Screw Pile Installation