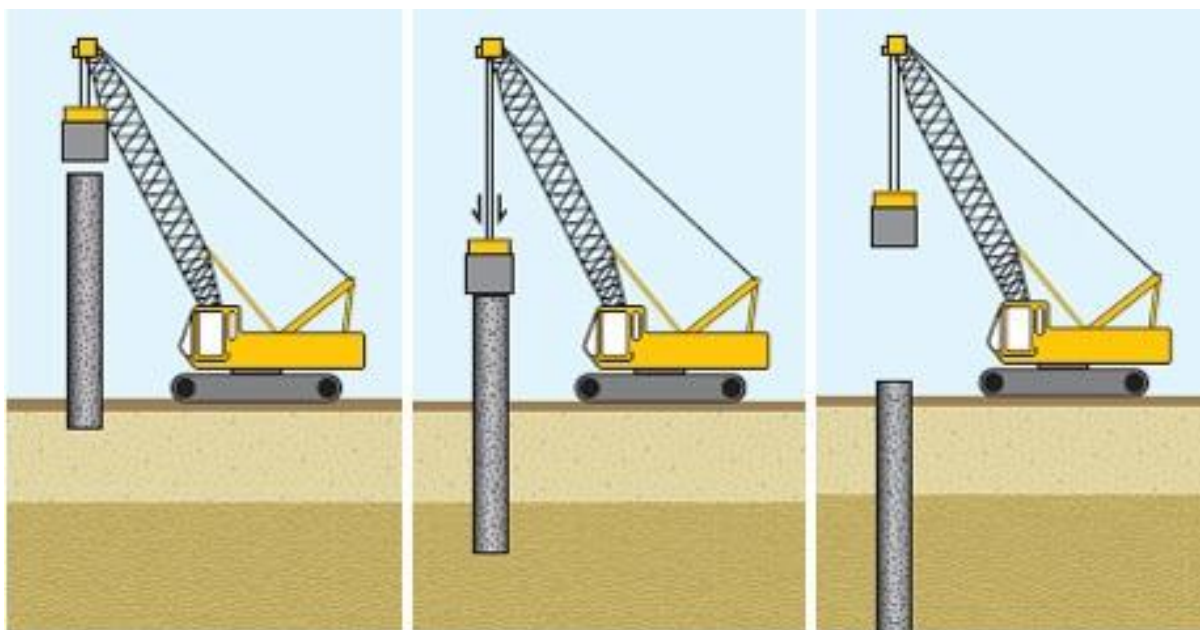


«بسمه تعالی»

آشنایی کلی با انواع شمع های سازه ای و نحوه اجرای شمع های درجا



جمع آوری اطلاعات : عقیل عسکری

Askarisazeh.blogfa.com

Askarisazeh@yahoo.com

انواع شمع و مشخصات سازه ای آن ها

انتخاب شمع ها بر حسب شرایط تحت الارضی ، سطح آب زیر زمینی ، و نوع باری که باید حمل شود ، انتخاب می شوند.

شمع ها بر حسب مصالحی که از آن ساخته می شوند ، دارای انواع زیر هستند :

۱-شمع های فولادی

۲-شمع های بتنی

۳-شمع های چوبی

۴-شمع های مرکب

شمع های فولادی

انواع معمول شمع های فولادی ، شمع های لوله ای و شمع های H می باشند . شمع های لوله ای نیز در دو حالت انتهای بسته و انتهای

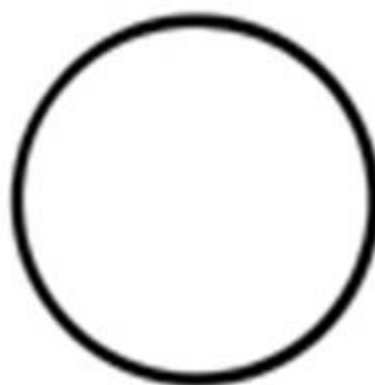
باز به زمین کوبیده می شوند . هر چند که از تیرآهن های و بال پهن نیز می توان برای شمع کوبی استفاده کرد ، لیکن تیرآهن ها با

نیمرخ H به علت مساوی بودن ضخامت بال و جان معمولاً ترجیح داده می شوند . در نیم رخ های بال پهن ضخامت جان معمولاً کوچکتر

از ضخامت بال می باشد . در خیلی از حالات ، شمع های لوله ای بعد از کوبیده شدن با بتن پر می شوند .



شمع فولادی H



شمع فولادی لوله ای

شمع های بتنی

در عمل ، شمع های بتنی به دو صورت مورد استفاده قرار می گیرند:

(الف) شمع های پیش ساخته

(ب) شمع های در جا

الف) شمع های پیش ساخته

شمع های پیش ساخته را می توان با استفاده از میلگرد های معمولی ساخت . مقطع آنها به صورت مربع یا هشت ضلعی است . میلگرد ها به منظور مقاوم نمودن شمع در مقابل خمش تولید شده در هنگام حمل و نقل ، بلند کردن و اعمال نیروی جانبی به شمع و همچنین افزایش مقاومت فشاری ، مورد استفاده قرار می گیرند . شمع های پیش ساخته در طول مورد نظر ساخته شده و تحت شرایط مرطوب به عمل می آیند تا به مقاومت مورد نظر برسند . پس از آن به محل کوبیدن حمل می شوند . شمع های پیش ساخته را می توان با استفاده از کابل های پیش تنیدگی پر مقاومت ، به صورت پیش تنیده در آورد .



شمع پیش ساخته بتنی

(ب) شمع های بتنی در جا (درجاریز)

نام های دیگر شمع درجا ، شمع ساخته شده در محل، شمع ریختنی، شمع جایگزینی و شمع بدون تغییر مکان می باشد.

شمع درجا به دلیل نامحدود بودن در قطر و عمق حفاری دارای بیشترین کاربرد و تنوع در بین تکنولوژی های اجرای پی های عمیق می باشد.

در شمع های درجا ابتدا توسط ماشین آلات حفاری یک چاه با مقطع و عمق مورد نظر در زمین حفر شده و سپس در داخل آن اقدام به بتن ریزی با مصالح مرغوب می نمایند که البته این بتن می تواند مسلح یا غیر مسلح باشد.

مراحل اجرای شمع درجا بتنی

۱ - انجام مطالعات ژئوتکنیک

۲ - آماده سازی محل حفاری

-محل حفاری باید کاملاً مسطح بوده و با مصالح دارای قابلیت زهکش مناسب متراکم گردد و دارای صلیبیت کافی جهت انجام عملیات باشد.

-از فضای کافی جهت مانور دستگاه حفاری و بتن ریزی برخوردار باشد

-در طول عملیات حفاری ، خاک حاصل از حفاری مرتباً از روی سطح پلاتفرم برداشته شود

-در بستر رودخانه ها و در جاهای که در معرض آب های سطحی می باشند با استفاده از سپر کوبی در اطراف محل حفاری باید از ورود آب های سطحی به محل حفاری جلوگیری شود

۳- نشانه گذاری محل اجرای شمع

محل دقیق شمع با نقشه برداری مشخص و نشانه گذاری می شود.

۴ - انتخاب مدل دستگاه حفاری

۵ - استقرار دستگاه حفاری

پس از آماده سازی محل اجرای شمع دستگاه حفاری در محل مستقر می گردد. استقرار دستگاه حفاری بنحوی تعیین می گردد که شرایط زیر را تامین نماید:

-تا پایان حفاری یک شمع نیاز به جابه جایی نداشته باشد زیرا در صورت جابجایی دستگاه حفاری و استقرار مجدد باعث اختلال در تراز و شاقول بودن دستگاه حفاری می شود

-کمترین ضربه دینامیکی را حتی الامکان به شمع های اجرا شده در مراحل قبلی وارد نماید

-حداقل موانع کاری را نسبت به تردد ماشین آلات مرتبط با عملیات حفاری (جرثقیل، تراک میکسر، لودر و ...) ایجاد نماید

۶- تامین امکانات لازم برای جلوگیری از ریزش دیواره محل حفاری

در صورتیکه امکان ریزش دیواره های محل حفاری شمع ، در اثر فشار خاک و یا آب وجود داشته باشد ، باید با به یکی از روش های زیر از ریزش جداره جلوگیری نمود:

- استفاده از گل بنتونیت یا مواد مشابه

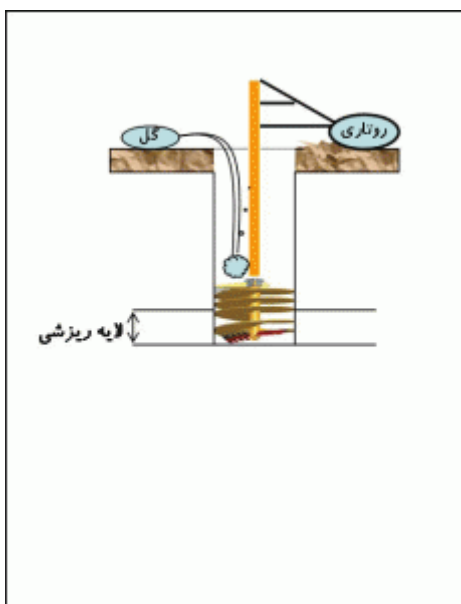
دیواره شمع حین حفاری پایداری لازم را نداشته و استفاده مصالح تثبیتی مانند بنتونیت ضروری می باشد.

دوغاب بنتونیت مخلوط معلق یک نوع رس نرم در آب می باشد که بایستی با استفاده از همزن از بقشینی آن جلوگیری شود .

با انتقال دوغاب بنتونیت به درون چاه و بنا به خاصیت تیکسوتروپی گل رس ، پوسته ای روی جدار شمع نقش بسته که از ریزش دیواره یا نفوذ آب جلوگیری می کند. بنتونیت باید کاملاً با آب مخلوط شود تا مخلوط حالت کلوخه ای نداشته باشد گل بنتونیت باید قابلیت ایجاد پوشش یا کیک صافی را بر روی جداره چاه داشته باشد و ذرات حفاری شده کوچکتر (حدود ۶ mm) رابه حالت معلق نگه دارد.

در مرحله ای از انجام عملیات حفاری اگر ریزش به علت برخورد با لایه های آبرفتی با ساختار ریزدانه ماسه ای باشد که از چسبندگی لازم برخوردار نباشد دوغاب بنتونیت به تنهایی جوابگوی تثبیت نبوده و اضافه کردن دوغاب سیمان با عیار ۴۰۰ کیلوگرم به دوغاب بنتونیت در محل چاه حفاری توصیه می گردد که پس از اضافه نمودن دوغاب سیمان ، عملیات اجرایی به مدت گیرش اولیه سیمان (حدود ۲۵ تا ۳۵ دقیقه) متوقف گردیده و بعد از آن عملیات حفاری ادامه می یابد .

باید به این نکته نیز توجه داشت که در مواقعی که برای نگهداری دیواره چاه حفاری از بنتونیت و یا مواد مشابه استفاده می شود ، این مواد چنانچه غلظت زیاد داشته باشند ، می توانند در قسمت هایی از بتن ریزی با ایجاد یک لایه پوشاننده برروی بتن موجب قطع پیوستگی بتن شمع شوند.

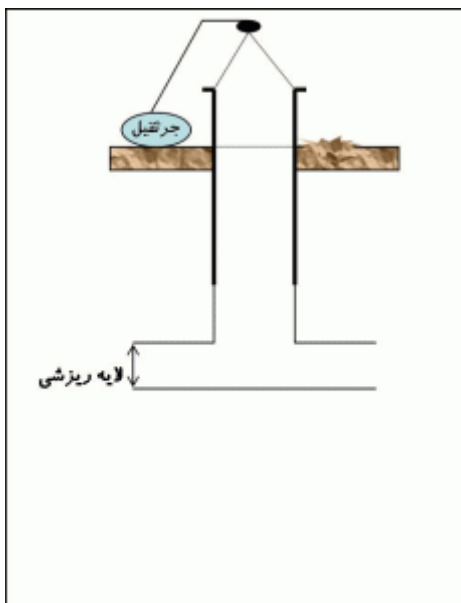


حفاری اولیه همراه با تزریق گل بنتونیت

- استفاده از لوله غلاف (کیسینگ)

از کیسینگ در زمین های با امکان فرو ریزی و یا تغییر شکل جانبی زیاد خاک به درون فضای خالی چاه استفاده می شود. همچنین به منظور آب بندی کردن دیواره چاه از ورود آب های زیر زمینی نیز از کیسینگ استفاده می شود. لزومی ندارد که ما در تمام طول چاه از کیسینگ استفاده کنیم.

در بیشتر مواقع از یک لوله کیسینگ ۳ الی ۵ متری در عمق اولیه شمع برای جلوگیری از ریزش دهانه چاه حفاری استفاده می شود



کیسینگ گذاری تا عمق عبوری از لایه ریزشی

نحوه نصب کیسینگ

ابتدا چاه را تا عمقی که از لایه ریزشی عبور کنیم ، حفر می کنیم و بعد از آن لوله کیسینگ را در آن جاگذاری می کنیم. ادامه حفاری از دون لوله کیسینگ انجام می شود

قبل از شروع حفاری ، لوله کیسینگ را توسط ویبراتور تا عمق مورد نظر(عبوری از لایه ریزشی) در زمین می کوبیم و در مرحله بعد از داخل لوله شروع به حفاری می کنیم. این روش بیشتر در خاک های سست و ضعیف مانند سواحل دریا کاربرد دارد

امروزه دستگاه های روتاری خود قابلیت کوبش (بصورت دورانی) لوله کیسینگ در زمین را دارا می باشند ونیازی به ویبراتور نمی باشد

بعد از جاگذاری کیسینگ حفاری از درون لوله ادامه پیدا می کند و در صورت لزوم تزریق گل بنتونیت نیز در چاه ادامه می یابددر

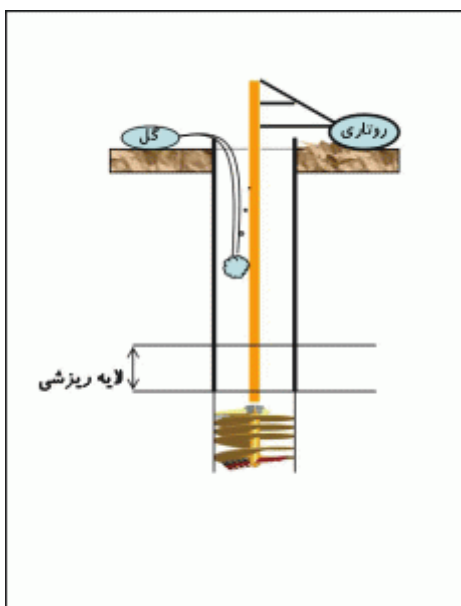
قسمت فوقانی کیسینگ باید تکیه گاه های لازم جهت نگه داشتن آن در دهانه چاه حفاری و بیرون کشیدن آن تعبیه شود

کیسینگ را می توان در جای خود باقی گذاشت یا آن را بیرون کشید(بیشتر مواقع بیرون کشیده می شود به جز در حالتی که به دلیل

مشکلات اجرایی غیر قابل بیرون کشیدن باشد)

لوله کیسینگ را باید بعد از اتمام بتن ریزی و قبل از گیرش اولیه بتن بیرون کشید. در مواقعی که انهدا کیسینگ بزرگ می باشد معمولا

کیسینگ همزمان با آخرین مراحل بتن ریزی بیرون کشیده می شود



از سرگیری حفاری از درون کیسنگ

۷- حفاری

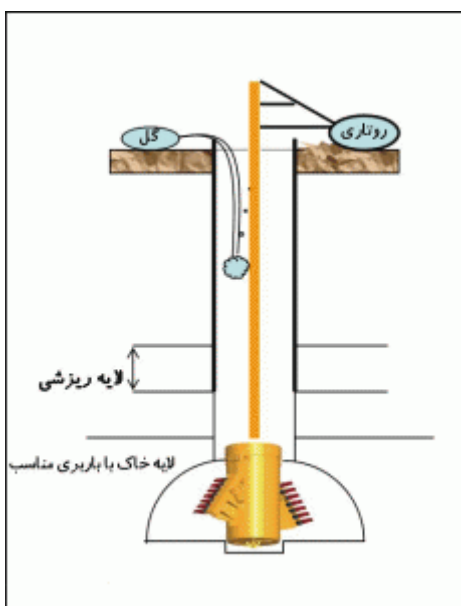
-ایجاد انباره در انتهای شمع (ویژه شمع های پدستالی)

در صورتیکه قطر مقطع انتهایی شمع از قطر چاه بیشتر باشد به آن شمع انباره ای یا کف پهن (پدستالی) گفته می شود

انباره را می توان در خاک های پایدار و غیر ریزشی و در صورت پایین بودن سطح آب زیر زمینی جهت افزایش ظرفیت باربری شمع ایجاد نمود.

از شمع های پدستالی در مواقعی استفاده می شود که در انتهای شمع یک لایه مقاوم خاک موجود باشد وگرنه در شمع هایی که انتهای آنها بر روی لایه سنگی سخت قرار دارد اکثرا ظرفیت باربری آنها به اندازه مقاومت بتن شمع می باشد و نیازی به خزانه انتهایی ندارند.

در شمع های پدستالی ، برای افزایش مقطع قسمت انتهایی شمع از باکت های زنگوله ای (Belling bucket) استفاده می شود. به انتهای این باکت ها بازوهای مفصلی مجهز به دندانهای برنده تعبیه شده که خاک را به صورت مخروطی در می آورند در هنگام بالا آمدن باکت، بازوها جمع می شوند. به دلیل مشکلات اجرایی بتن قسمت کناری خزانه بصورت غیر مسلح در نظر گرفته می شود.



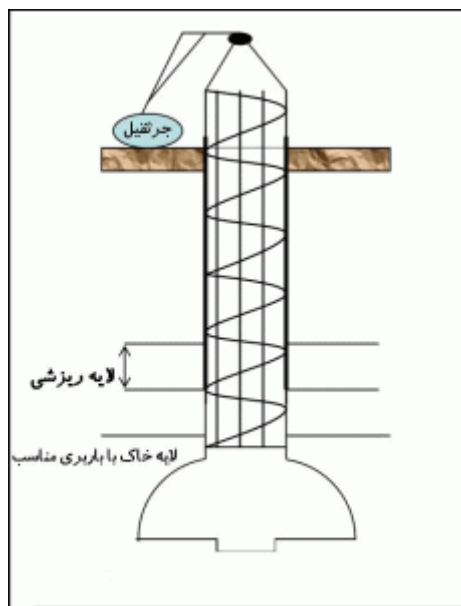
ایجاد انباره در انتهای شمع (ویژه شمع های پدستالی)

۸- فولادگذاری (قفسه آرماتور یا هسته فولادی)

قفسه آرماتور

در این مرحله در صورت مسلح بودن بتن شمع ، قفسه های آرماتور طبق مشخصات فنی بافته شده و با جرثقیل حمل و به داخل چاه حفاری شده منتقل می شود . معمولا طول هر قفسه ۱۲ متر می باشد که با توجه به عمق شمع در صورت نیاز به اضافه کردن قفسه های بیشتر ، قفس اول در دهانه چاه حفاری نگه داشته می شود و با توجه به مشخصات آرماتور هم پوشانی لازم انجام و توسط آرماتور بند به هم متصل می شوند و بعد از اتصال ، قفسه ها در چاه حفاری کارگذاری می شود.

توجه داشته باشید که قفسه آرماتور هرگز نباید تا کف چاه پایین رود زیرا رعایت حداقل پوشش بتنی بین قفسه و کف چاه الزامی می باشد. جهت رعایت پوشش بتنی بین قفسه و دیوار شمع نیز از غلطک های بتنی نصب شده بر روی آرماتورهای عرضی استفاده می شود.



جاگذاری قفسه آرماتور

هسته فولادی

گاهی بجای قفسه آرماتور از پروفیل های فولادی (در محور شمع) استفاده می شود.

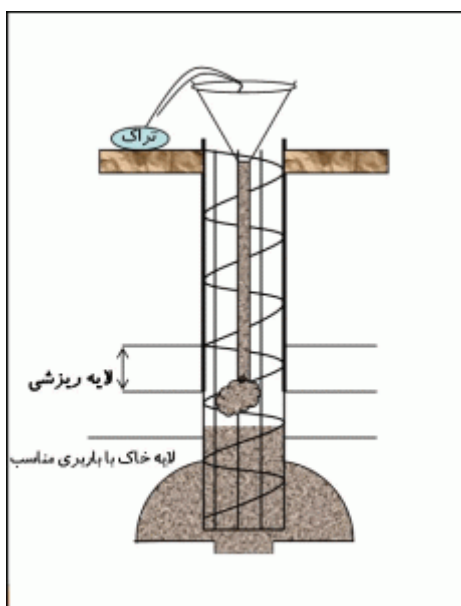
۹- بتن ریزی

آماده کردن بتن مصرفی

برای کاهش قطر چاه ، مقاومت بتن مصرفی در شمع اغلب در حدود ۲۸ الی ۳۵ مگاپاسکال در نظر گرفته می شود. بتن مصرفی در شمع های درجا باید حدود ۱۳ الی ۲۱ سانتیمتر روانی (اسلامپ) داشته باشد (اسلامپ بهینه: حدود ۱۵ سانتیمتر) . جهت بهبود کارایی بتن مصرفی از روان کننده استفاده می شود.

عملیات بتن ریزی

بتن ریزی در محل حفاری شده شمع بصورت پیوسته و مداوم ، به وسیله لوله مخصوص (ترمی) انجام می گیرد ، بدین شکل که لوله های ترمی در مترهای مختلف ۲ الی ۵ متری و قطر ۱۰ الی ۲۰ سانتی متری را به اندازه عمق شمع به هم متصل نموده و در داخل چاه حفاری کارگذاری می شود و در قسمت فوقانی آن یک قیف برای ورود بتن نصب می گردد حال شروع به ریختن بتن در قیف می کنیم و با بالا و پایین کردن لوله ترمی بوسیله جرثقیل بتن از لوله ترمی تخلیه و به درون چاه حفاری ریخته می شود . برای جلوگیری از ورود گل حفاری (دوغاب بنتونیت و مواد مشابه) به درون بتن باید همیشه انتهای لوله ترمی در بتن باقی بماند با این کار گل حفاری به دلیل سبکتر بودن نسبت به بتن بر روی بتن باقی می ماند و از نفوذ آن در بتن جلوگیری می شود.



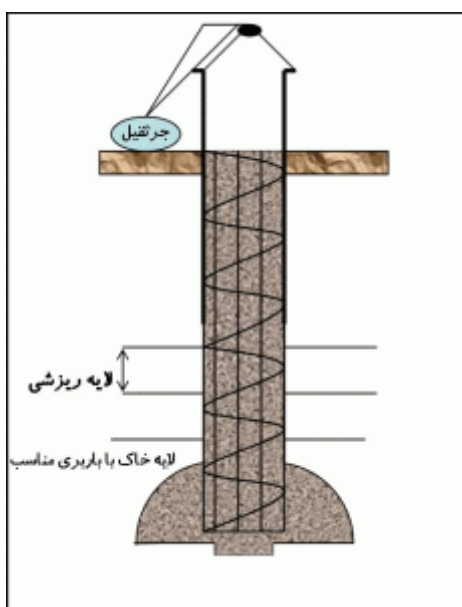
جاگذاری ترمی و قیف و انجام بتن ریزی

کم کم با بالا آمدن بتن در چاه حفاری برای کوتاه کردن لوله ترمی از قسمت فوقانی و بدون خارج شدن انتهای لوله ترمی از بتن ، قطعه ابتدایی آن را جدا می کنیم و با نصب دوباره قیف شروع به بتن ریزی می کنیم.

زمان خاتمه حفاری تا شروع بتن‌ریزی، نباید بیش از ۶ ساعت به طول انجامد. در صورتی که این مدت به دلایل غیر قابل پیش‌بینی بیشتر شد، به دلیل رسوب مواد معلق و یا ریزش جداره چاه، ممکن است مواد آلوده کننده را در ه‌چاه جمع شود که باید قبل از شروع بتن‌ریزی با وسایل مناسب تخلیه گردند.

برای اطمینان از پیوستگی بتن شمع باید حجم چاه و بتن مصرفی را بعد از اتمام بتن‌ریزی کنترل کرد.

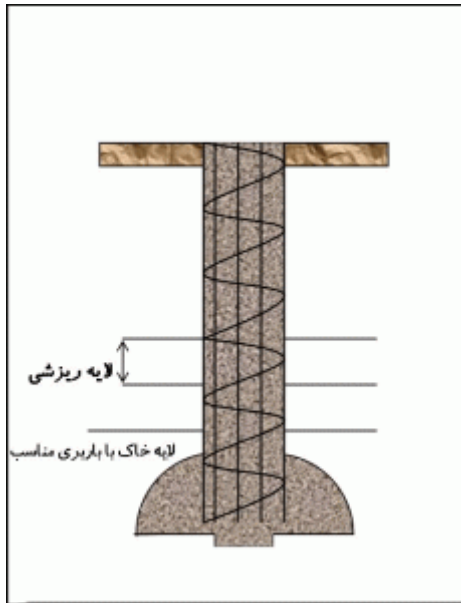
بتن‌ریزی باید تا بالاتر از سطح نهایی بتن شمع ادامه یابد. ارتفاع بتن‌ریزی اضافی، در صورتی که بتن‌ریزی در زیر سطح آب انجام شود، معادل ۱/۵ الی ۳ متر و در صورتی که بتن‌ریزی در محل خشک انجام شود، معادل ۷/۵ الی ۳۰ سانتیمتر خواهد بود (به دلیل مخلوط شدن گل حفاری با بتن قسمت پایانی). ارتفاع بتن‌ریزی اضافی باید در نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی تعیین گردد.



بیرون کشیدن کیسینگ

۱۰- تخریب بتن اضافی

پس از اتمام عملیات بتن‌ریزی شمع، روی شمع‌ها باید برای مدت ۷ روز، خیس نگهداری شود و سپس سر کلیه شمع‌ها به اندازه مورد لزوم تخریب شود. تحت هیچ شرایطی نباید بتن اضافی روی شمع قبل از ۷ روز تخریب شود.



اتمام اجرای شمع

شمعهای چوبی

شمعهای چوبی تنه های درخت های سالم، صاف و بلند می باشند که شاخ و برگ آن پساز کندن پوست، به دقت تراشیده شده است. حداکثر طول اغلب شمع های چوبی بین ۱۰ تا ۲۰ متر میباشد. چوبی که از آن به عنوان شمع استفاده می شود باید مستقیم، بدون درز و ترک و سالم باشد. انجمن امریکا یی مهندسان عمران در دستورالعمل اجرایی شماره ی ۱۷ (۱۹۵۹)، شمعهای چوبی را به سه کلاس زیر تقسیم می کنند:

۱. شمعهای کلاس A: این شمعها بارهای سنگین را حمل می کنند. حداقل قطر سر چنین شمعهایی ۳۵۰ میلیمتر (۱۴ اینچ) می باشد.
۲. شمعهای کلاس B: این شمعها بارهای سبک را حمل می کنند. حداقل قطر سر این شمعها بین ۳۰۵ تا ۳۳۰ میلیمتر (۱۲ تا ۱۳ اینچ) می باشد.

۳. شمعهای کلاس C: از این شمعها برای کارهای ساختمانی موقت استفاده می شود. وقتی که تمام طول شمع در داخل سفره ی آب زیرزمینی قرار داشته باشد، از این شمعها می توان برای حمل بارهای دائمی استفاده کرد. حداقل قطر سر این شمعها ۳۰۵ میلیمتر (۱۲ اینچ) می باشد. در هیچ حالتی قطر نوک شمع نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر (۶ اینچ) باشد.

اگر شمع چوبی در خاک کاملاً اشباع کوبیده شود، عمر آن تقریباً بی نهایت خواهد بود. لیکن در آب و هوای دریایی، شمعهای چوبی تحت حملات ارگانیسمهای مختلف قرار گرفته و ظرف چند ماه صدمات جدی در آنها ظاهر می شود. شمع چوبی در بالای سطح آب

زیرزمینی، تحت حملات حشرات قرار می گیرند. با انجام بعضی اصطلاحات، مثلاً محافظت آنها توسط روغن کروزوت، می توان عمر آنها را افزایش داد.



شمع چوبی

شمعهای مرکب (مختلط)

در شمعهای مرکب، قسمتهای فوقانی و تحتانی شمع از دو مصالح مختلف ساخته می شوند. به عنوان مثال شمعهای مرکب ممکن است از فولاد و بتن و یا چوب و بتن ساخته شوند. شمعهای مختلط فولاد و بتن مرکب از قسمت تحتانی فولاد و قسمت فوقانی بتن درجا می باشند. این نوع شمع وقتی مورد استفاده قرار می گیرد که طول شمع لازم برای تأمین ظرفیت باربری از ظرفیت شمع بتنی در جای ساده تجاوز کند. شمعهای مختلط چوب و بتن دارای قسمت تحتانی چوبی می باشند که به طور دائم در سفره ی آب زیرزمینی قرار دارد و قسمت فوقانی آنها از بتن است. در هر صورت ایجاد وصله در محل تلاقی دو مصالح مشکل بوده و به همین علت است که شمعهای مختلط دارای کاربرد وسیعی نمی باشند.

شمع اتکایی

اگر بستر سنگی و یا لایه ی شبیه سنگ (خیلی متراکم) در عمق منطقی قرار داشته باشد، شمع را می توان تا آن لایه ادامه داد در این حالت ظرفیت باربری شمع کاملاً بستگی به ظرفیت باربری بستر سنگی در مقابل نوک شمع خواهد داشت. به همین علت به این شمعها، اتکایی می گویند. در چنین حالتی با توجه به معلوم بودن عمق بستر سنگی از روی گمانه های حفر شده، تعیین طول شمع کار چندان مشکلی نخواهد بود. اگر به عوض بستر سنگی، یک لایه ی سخت و نسبتاً متراکم در عمق منطقی قرار داشته باشد، شمع را می توان چند متر در لایه سخت ادامه دارد

شمع اصطکاکی

در صورتی که عمق بستر سنگی یا لایه ی شبیه به سنگ زیاد باشد، طول لازم برای شمع اتکایی غیراقتصادی خواهد شد. در چنین شرایطی شمع به عمق مناسبی در لایه ی نرم فوقانی بدون اینکه به لایه ی سخت برسد، کوبیده می شود. انتخاب نام اصطکاکی برای این شمعها، از آنجا ناشی می شود که اکثر مقاومت آنها به وسیله ی اصطکاک جدار تأمین می شود. البته این اسم بعضی مواقع می تواند گمراه کننده باشد، زیرا مقاومت شمعهایی که در لایه ی رسی کوبیده می شوند، بستگی به چسبندگی بین جدار شمع و رس دارد. طول لازم برای شمع اصطکاکی بستگی به مقاومت برشی خاک، بار وارده، و اندازه ی شمع دارد. برای تعیین طول لازم شمع، احتیاج به درک خوبی از اندرکنش خاک - شمع، قضاوت مهندسی، و تجربه است.

شمع تراکمی

در بعضی موارد خاص، شمعها بدین منظور در لایه های دانه ای کوبیده می شوند که تراکم خوبی در لایه ی سطحی خاک به وجود آید. این شمعها به شمعهای تراکمی موسوم هستند.

طول شمعهای تراکمی به عوامل زیر بستگی دارد:

الف: تراکم نسبی خاک قبل از تراکم

ب: تراکم نسبی مورد نیاز بعد از تراکم

پ: عمق لازم برای تراکم

شمعهای تراکمی معمولاً کوتاه هستند، لیکن برای تعیین طول مناسبی برای آنها، بعضی آزمایشهای صحرایی لازم است.