جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

مشخصات فنی عمومی اجرای شمع (کوبشی و درجاریز)

ضابطه شماره ۳۸۶

معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی
امور نظام فنی و اجرایی

وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

۱۳۹۴

باسمه‌تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۹۴/۱۷۴۷۳۲**
	تاریخ:	**۱۳۹۴/۰۷/۲۲**

موضوع: مشخصات فنی عمومی اجرای شمع (کوبشی و درجاریز)

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۳۸۶ امور نظام فنی و اجرایی، با عنوان «مشخصات فنی عمومی اجرای شمع (کوبشی و درجاریز)» از نوع گروه اول ابلاغ می‌شود.

رعایت کامل مفاد این ضابطه از تاریخ ۱۳۹۵/۰۱/۰۱ الزامی است.

امور نظام فنی و اجرایی این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

ش‌ش: ۵۰۷۲۹۹

باسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه طرح، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمرمفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نظام فنی و اجرایی کشور به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری از طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

بنا بر مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای اجرایی مورد نیاز طرح‌های عمرانی کشور می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقاتی و توان فنی دستگاه‌های اجرایی ذیربط استفاده شود. از این رو ضابطه شماره ۳۸۶ با عنوان «مشخصات فنی عمومی اجرای شمع (کوبشی و درجاریز)» با همکاری پژوهشکده حمل و نقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و بهره‌مندی از توان علمی و تخصصی جمعی از کارشناسان باتجربه کشور تهیه شده است.

در تدوین ضابطه حاضر سعی بر آن شد تا از تجارب موجود داخلی و همچنین مراجع مختلف داخلی و خارجی بهره گرفته شود، این مشخصات فنی می‌تواند توسط مهندسین مشغول در دفاتر فنی کارفرما، مهندسین مشاور دستگاه نظارت و پیمانکاران مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نوع شمع مورد استفاده، شرایط پروژه و با کمک مطالب مندرج در این ضابطه می‌توان مشخصات فنی ویژه هر پروژه را تهیه کرد.

در تهیه مجموعه حاضر، سعی شده که موارد خاص مرتبط با عرف، عادات و امکانات اجرائی از یک‌سو و شرایط غالب زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی کشور در مناطق مبتلا به اجرای شمع از سوی دیگر، ملاحظات و تطابق لازم رعایت شود.

در این ضابطه نکات مربوط به نحوه ساخت، حمل و نصب شمع‌های کوبشی فولادی، بتنی پیش‌ساخته، بتنی پیش‌تنیده و شمع‌های بتنی درجاریز را شامل می‌شود. همچنین در مورد شرایط اجرا نیز نکات مربوط به اجرای شمع در خشکی، ساحل و نزدیک

ساحل را پوشش می‌دهد و نکات ویژه مربوط به اجرای شمع در شرایط دور از ساحل را در بر نمی‌گیرد. از لحاظ نوع خاک محدودیت خاصی وجود ندارد و انواع خاک‌های معمول و خاص را در بر می‌گیرد. جنس شمع فولاد یا بتن و یا ترکیبی از هر دو است. این مشخصات فنی در برگیرنده شمع‌های چوبی، ریز شمع‌ها، شمع‌های مکشی و پی‌های صندوقه‌ای نیست.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردیده، معهذا این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن ضابطه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق سایت اینترنتی معاونت برای بهره‌برداری عموم اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در سمت میانی بالای صفحات ضابطه، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ به روزرسانی آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

بدینوسیله از تلاش و جدیت رئیس و کارشناسان امور نظام فنی و اجرایی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ناظرین و مجری محترم پروژه و همچنین از تمام عزیزان متخصص همکار در امر تهیه و نهایی کردن این ضابطه تشکر و قدردانی می‌شود و از ایزد منان توفیق روز افزون همه این بزرگواران را آرزومند است.

غلامرضا شافعی

معاون فنی و توسعه امور زیربنایی

پاییز ۱۳۹۴

تهیه و کنترل «مشخصات فنی عمومی اجرای شمع (کوبشی و درجاریز)»

[ضابطه شماره ۳۸۶]

اعضای گروه مجری :

کاظم فخاریان (مجری اصلی)	دکترای عمران- ژئوتکنیک	دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست
حامد واعظیان	کارشناس ارشد عمران	مهندسین مشاور ژئومحیط پارس
امیر سلطان محمدلو	کارشناس ارشد عمران	مهندسین مشاور ژئومحیط پارس

اعضای گروه نظارت:

علی فاخر	دکترای عمران- ژئوتکنیک	دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشکده مهندسی عمران
ابوالفضل اسلامی	دکترای عمران- ژئوتکنیک	دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

اعضای گروه ارزیابی پروژه:

سید محمد منصورزاده	کارشناس ارشد عمران	پژوهشکده حمل و نقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
کیومرث عماد	دکترای عمران- سازه	پژوهشکده حمل و نقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

سید محمد منصورزاده	کارشناس ارشد عمران	پژوهشکده حمل و نقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
کیومرث عماد	دکترای عمران- سازه	پژوهشکده حمل و نقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
محمد رضا سلیمانی کرمانی	دکترای عمران- راه و ترابری	پژوهشکده حمل و نقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
امیر محجوب	دکترای عمران	پژوهشکده حمل و نقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
زهرا گواشیری	کارشناس ارشد عمران	پژوهشکده حمل و نقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
علیرضا توتونچی	کارشناس ارشد عمران	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
طاهر فتح اللهی	کارشناس ارشد عمران	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه ایـن ضـابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصـون از ایرادهـایی نظیـر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشـکال فنـی، مراتـب را بصـورت زیـر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور، نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکـاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان دانشسـرا، ، سـازمان مـدیریت و برنامـه‌ریـزی و کشور، امور نظام فنی و اجرایی ـ مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

فهرست مطالب

۱- کلیات ۳

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- دامنه کاربرد ۳

۱-۳- مطالب و ساختار ۴

۲- شرح مطالعات ژئوتکنیک لازم قبل از طراحی و اجرا ۷

۲-۱- برنامه‌ریزی مطالعات ژئوتکنیک ۷

۲-۲- اطلاعات مورد نیاز جهت طرح شمع ۷

۲-۳- تعداد و عمق گمانه‌ها ۷

۲-۳-۱- تعداد گمانه‌های پیشنهادی ۸

۲-۳-۲- عمق گمانه‌های پیشنهادی ۸

۲-۴- آزمایش‌های برجا ۸

۲-۵- آزمایش‌های آزمایشگاهی ۹

۲-۶- گزارش مطالعات ژئوتکنیک ۹

۳- ملاحظات انتخاب نوع شمع ۱۳

۳-۱- طبقه‌بندی شمع‌ها بر اساس روش نصب ۱۳

۳-۱-۱- شمع‌های با جابجایی بزرگ ۱۳

۳-۱-۲- شمع‌های با جابجایی کوچک ۱۳

۳-۱-۳- شمع‌های بدون جابجایی ۱۳

۳-۲- معیارهای انتخاب نوع شمع ۱۴

۴- نکات اجرایی شمع‌های کوبشی ۱۹

۴-۱- تجهیزات کوبش شمع ۱۹

۴-۱-۱- انتخاب چکش مناسب ۲۰

۴-۱-۲- بالشتک چکش ۲۴

۴-۱-۳- کلاهک ۲۵

۴-۱-۴- بالشتک شمع ۲۵

۴-۱-۵- هادی شمع ۲۵

۴-۱-۶- دنبالگر ۲۶
۴-۱-۷- جت آب ۲۷
۴-۲- شمع‌های بتنی پیش‌ساخته ۲۷
۴-۲-۱- نوع مصالح ۲۷
۴-۲-۲- ساخت و عمل‌آوری ۲۸
۴-۲-۳- ملاحظات جابجایی و انبارکردن شمع‌ها ۳۰
۴-۲-۴- کوبش شمع ۳۰
۴-۲-۵- شمع‌های بیرون‌زده ۳۳
۴-۲-۶- تطویل شمع ۳۳
۴-۲-۷- بریدن راس شمع ۳۴
۴-۲-۸- مستندسازی عملیات کوبش از آغاز تا توقف ۳۴
۴-۲-۹- کنترل کوبش و عملیات اجرایی ۳۶
۴-۲-۱۰- نحوه محاسبه متره و برآورد و موارد پیمانی ۳۷
۴-۳- شمع‌های فولادی ۳۸
۴-۳-۱- نوع مصالح ۳۸
۴-۳-۲- نکات مربوط به ساخت ۳۹
۴-۳-۳- ملاحظات جابجایی و انبارکردن شمع‌ها ۴۱
۴-۳-۴- کوبش شمع ۴۱
۴-۳-۵- شمع‌های بیرون زده ۴۲
۴-۳-۶- تطویل شمع ۴۲
۴-۳-۷- بریدن راس شمع ۴۳
۴-۳-۸- مستندسازی عملیات کوبش از آغاز تا توقف ۴۳
۴-۳-۹- کنترل کوبش و عملیات اجرایی ۴۵
۴-۳-۱۰- نحوه محاسبه متره و برآورد و موارد پیمانی ۴۵
۵- نکات اجرایی شمع‌های درجاریز ۴۹
۵-۱- نوع مصالح و خصوصیات مورد نیاز ۴۹
۵-۱-۱- گل حفاری ۴۹
۵-۱-۲- غلاف فولادی ۵۰

۵-۱-۳- بتن و مواد افزودنی ۵۱
۵-۱-۴- آرماتورها ۵۱
۵-۲- تجهیزات و نحوه حفاری ۵۱
۵-۲-۱- تجهیزات ۵۱
۵-۲-۲- روش خشک ۵۲
۵-۲-۳- روش استفاده از گل حفاری ۵۲
۵-۲-۴- روش غلاف‌گذاری ۵۳
۵-۳- آماده‌سازی چاه حفاری‌شده ۵۴
۵-۴- ساخت و نصب قفسه آرماتور ۵۴
۵-۵- بتن‌ریزی ۵۵
۵-۶- بریدن راس شمع ۵۶
۵-۷- دستورالعمل شناسایی و مقررات مواجهه با شمع‌های مردود و آسیب‌دیده ۵۶
۵-۸- نحوه محاسبه متره - برآورد و موارد پیمانی ۵۷
۶- آزمایش‌های شمع ۶۱
۶-۱- آزمایش کنترل یکپارچگی و کیفیت شمع اجرا شده ۶۱
۶-۲- روابط و تحلیلهای دینامیکی ۶۱
۶-۲-۱- روابط دینامیکی ۶۱
۶-۲-۲- تحلیل معادله موج ۶۲
۶-۳- آزمایش بارگذاری دینامیکی ۶۲
۶-۴- آزمایش بارگذاری استاتیکی ۶۳
۶-۵- نحوه استقرار میله‌های شاخص در شمع ۶۴
۷- ملاحظات زیست‌محیطی ۶۷
۸- اصول ایمنی در مراحل مختلف اجرای شمع ۷۱
فهرست مراجع ۷۲
فهرست واژگان کلیدی ۷۹
پیوست الف: تصاویری از پروژه‌های اجرایی

۱

کلیات

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

"شمع‌ها" یا "پی‌های عمیق" در پروژه‌های مهم و شریان‌های حیاتی کشور مانند توسعه و یا بازسازی بنادر، احداث پل‌ها، پالایشگاه‌ها و مجتمع‌های پتروشیمی، فونداسیون ماشین‌آلات صنعتی، نیروگاه‌ها، مخازن و ساختمان‌های مرتفع استفاده می‌گردند. لذا وجود "مشخصات فنی و عمومی اجرای شمع" که دربردارنده ملزومات و مراحل تهیه و اجرای انواع شمع‌های کوبشی و درجاریز است، نقش عمده‌ای در بهبود و کیفیت اجرای شمع‌ها خواهد داشت.

این مجموعه در مراحل مختلف ساخت و اجرای شمع می‌تواند توسط دفاتر فنی کارفرما، مهندس یا مهندسین مشاور مسئول نظارت بر اجرای شمع (پس از این "دستگاه نظارت") و پیمانکار اجرای شمع (پس از این "پیمانکار") به عنوان حداقل‌های مشخصات فنی و عمومی مورد استفاده قرار گیرد.

گرچه رعایت ملزومات ارائه شده در این مشخصات فنی به عنوان حداقل‌های لازم از طرف پیمانکار ضروری است، اما رعایت آن مسئولیت پیمانکار را از توجه و بکارگیری دیگر ملزوماتی که ممکن است در شرایط ویژه ساختگاه، نوع شمع و روش اجرای خاص، در راستای اجرای موفقیت آمیز و صحیح شمع ضرورت یابد، سلب نمی‌نماید.

۱-۲- دامنه کاربرد

این مشخصات فنی نکات مربوط به نحوه ساخت، حمل و نصب شمع‌های کوبشی فولادی، بتنی پیش‌ساخته، بتنی پیش‌تنیده و شمع‌های بتنی درجاریز را شامل می‌شود. چگونگی شناسایی شمع‌های مردود و مقررات مواجهه با آنها نیز مشخص شده است. همچنین بمنظور حصول اطمینان از ظرفیت باربری شمع‌ها در حین و پس از اجرا، روش‌های مختلفی ارائه گشته و چگونگی برنامه‌ریزی شمع‌های آزمایشی ارائه شده است.

شرایط اجرا شامل اجرای شمع در خشکی، ساحل و نزدیک ساحل[1] است و نکات ویژه مربوط به اجرای شمع در شرایط دور از ساحل[2] را در بر نمی‌گیرد. از لحاظ نوع خاک محدودیت خاصی وجود ندارد و انواع خاک‌های معمول و خاک‌های خاص مانند خاک‌های کربناته[3]، تورم‌زا[4] و فرو ریزشی[5] را در بر می‌گیرد. جنس شمع فولاد یا بتن و یا ترکیبی از هر دو است. این مشخصات فنی در برگیرنده شمع‌های چوبی، ریز شمع‌ها[6]، شمع‌های مکشی[7] و پی‌های صندوقه‌ای[8] نمی باشد.

1 - nearshore
2 - offshore
3 - calcareous
4 - expansive or swelling
5 - collapsible
6 - micro-piles or mini-piles
7 - suction piles
8 - caissons

۱-۳- مطالب و ساختار

به ترتیب در بخش‌های بعدی مباحث "شرح مطالعات ژئوتکنیک لازم قبل از طراحی"، "ملاحظات انتخاب نوع شمع"، "نکات اجرایی شمع‌های کوبشی و درجاریز"، "کنترل ظرفیت باربری در محل"، "ملاحظات زیست‌محیطی"و "اصول ایمنی در مراحل مختلف اجرا" ارائه شده است.

۲

شرح مطالعات ژئوتکنیک لازم قبل از طراحی و اجرا

۲- شرح مطالعات ژئوتکنیک لازم قبل از طراحی و اجرا

۲-۱- برنامه‌ریزی مطالعات ژئوتکنیک

قبل از تعیین نوع پی و محاسبات طراحی، انجام مطالعات ژئوتکنیک و بررسی‌های میدانی الزامی است. طبق نظر کارشناس ژئوتکنیک مشاور طرح تعدادی گمانه جهت شناسایی لایه‌ها حفر می‌گردد. تعداد، عمق و محل گمانه‌ها، نوع حفاری، تعداد و نوع نمونه‌برداری و همچنین آزمایش‌های صحرایی لازم از مواردی است که باید در برنامه عملیات صحرایی لحاظ شود. علاوه بر این در صورت برخورد به سطح آب در حین عملیات حفاری باید عمق و تغییرات آن در روزهای متوالی قرائت و ثبت گردد.

نظارت بر عملیات ژئوتکنیک توسط مهندس ذیصلاحی که شناخت کافی از این نوع مطالعات دارد ضروری است. شناسایی ژئوتکنیکی بدون نظارت فاقد اعتبار کافی می‌باشد. در گزارش شناسایی‌های ژئوتکنیکی باید نحوه نظارت و نام دستگاه نظارت و میزان حضور ناظر در کارگاه درج گردد.

۲-۲- اطلاعات مورد نیاز جهت طرح شمع

اطلاعات مورد نیاز جهت طرح شمع به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند [۱]:

- شناخت عمومی، جنس و خواص فیزیکی لایه‌ها مانند دانه‌بندی، حدود اتربرگ، طبقه‌بندی نوع خاک، دانسیته و درصد رطوبت طبیعی خاک و سطح آب زیرزمینی
- پارامترهای مقاومتی خاک شامل زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی در دو حالت زهکشی شده و زهکشی نشده
- پارامترهای نشست‌پذیری همچون مدول الاستیسیته، ضرایب تحکیم، تورم، تخلخل اولیه و همچنین نسبت بیش-تحکیمی (OCR)
- آزمایش‌های شیمیایی جهت بررسی و کنترل خوردگی مصالح شمع مانند آزمایش‌های تعیین pH، تعیین غلظت کلر و سولفات

در حین مطالعات، باید نسبت به رفتار و شرایط خاک‌های خاص مانند کربناته، تورم‌زا و فروریزشی توجه ویژه مبذول داشت و نکات خاص اجرای شمع در اینگونه خاک‌ها را متذکر شد.

۲-۳- تعداد و عمق گمانه‌ها

تعداد و عمق گمانه‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شود که نتایج حاصل از آن نیازهای طراح به منظور تعیین لایه مناسب جهت استقرار نوک شمع، ملاحظات نشست و امکان عبور از میان لایه‌ها یا لنزهای سخت میانی را مرتفع سازد.

۲-۳-۱- تعداد گمانه‌های پیشنهادی

در تمامی پروژه‌ها حفر تعدادی گمانه جهت شناسایی الزامی است. حفر حداقل ۳ الی ۵ گمانه توصیه می‌گردد [۲]. چنانچه محل ستونهای سنگین معلوم باشد، بهتر است نقاط پیشنهادی حتی‌الامکان در محل ستونها باشد. در صورتیکه گسترش ساختگاه در یک امتداد است، مانند محور اجرای پل‌ها، لازم است گمانه‌ها در محل پایه پل‌ها و همچنین در محل کوله‌های طرفین حفر شود [۱]. علاوه بر این در زیر محل مخازن به ویژه مخازن سوخت، حفر حداقل یک گمانه ضروری خواهد بود.

۲-۳-۲- عمق گمانه‌های پیشنهادی

در صورت استفاده از شمع یا گروه شمع، عمق گمانه‌ها نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

- عمقی که تنشهای اضافی ناشی از پی به ۱۰٪ مقدار خود برسد، یا عمقی که تنشهای اضافی ناشی از پی معادل ۵٪ تنش موثر در آن عمق گردد [۲]، هرکدام که کمتر است. در مورد گروه شمع‌ها، توزیع تنش مربوط به زیر تراز پی معادل یا صفحه خنثی است. محل صفحه خنثی عمق مدفونی از شمع یا گروه شمع است که در آن تنش برشی روی جدار شمع صفر است و در واقع در آن تراز تنش‌های اصطکاکی روی جدار شمع تغییر جهت می‌دهند. لذا فرض می‌گردد پی معادل که ابعاد آن برابر با ابعاد کلاهک گروه شمع می‌باشد، در تراز صفحهٔ خنثی قرار گرفته است [۱].
- ۱/۵ برابر عرض پی معادل [۳]
- در مواردی که شمع بصورت منفرد بکار می‌رود، گمانه باید حداقل تا ۷ برابر قطر شمع، که در هر صورت نباید کمتر از ۵ متر باشد، پایین‌تر از نوک شمع ادامه یابد [۴].
- اگر در حین حفاری به توده سنگی برخورد شود، باید حفاری حداقل تا ۳ متر در سنگ ادامه یابد. چنانچه ضخامت این لایه در تمامی گمانه‌ها مشاهده گردد، می‌توان آن را به عنوان سنگ بستر تلقی نمود [۲].

با توجه به اینکه عمق شمع‌های کوبشی در ابتدا مشخص نیست، در برآورد عمق گمانهٔ مورد نیاز می‌توان از اطلاعات حاصل از اجرای شمع‌های آزمایشی و تجربیات محلی استفاده نمود [۲].

۲-۴- آزمایش‌های برجا

با توجه به اینکه در آزمایش‌های برجا شرایط طبیعی خاک کمتر تغییر می‌کند، استفاده از نتایج این آزمایش‌ها در تعیین ظرفیت باربری شمع‌ها مناسب‌تر است. استفاده از آزمایش نفوذ استاندارد[1] و حتی‌الامکان آزمایش نفوذ مخروط[2] در برنامه مطالعات توصیه می‌گردد. آزمایش نفوذ مخروط بخصوص اگر همراه با اندازه‌گیری فشار آب منفذی[3] باشد، نتایج دقیق و مفیدی را در اختیار طراح قرار می‌دهد. علاوه بر آزمایش‌های مذکور طبق نظر مشاور ژئوتکنیک می‌توان از آزمایش‌های دیگر، نظیر پرسیومتر، دیلاتومتر مسطح[4] و برش پره به ویژه در لایه‌های رسی نرم و اشباع نیز بهره جست.

1 - SPT (Standard Penetration Test)
2 - CPT (Cone Penetration Test)
3 - CPTu
4 - Flat Dilatometer

۲-۵- آزمایش‌های آزمایشگاهی

همانطور که قبلا نیز اشاره شد به منظور تعیین پروفیل لایه‌های تحت‌الارضی و خصوصیات فیزیکی – مکانیکی آنها، انجام آزمایش‌های زیر به تعداد مورد نظر مشاور ژئوتکنیک ضروری خواهد بود:

- آزمایش‌های دانه‌بندی، هیدرومتری، حدود اتربرگ، تعیین دانسیته و درصد رطوبت
- آزمایش برش مستقیم
- آزمایش‌های تحکیم، تک محوری و سه‌محوری (به ویژه در مورد خاک‌های ریزدانه)
- آزمایش‌های شیمیایی شامل آزمایش تعیین pH، تعیین غلظت کلر و سولفات

کلیه مراحل انجام مطالعات ژئوتکنیک شامل حفاری و نمونه‌برداری، آزمایش‌های برجا و آزمایش‌های آزمایشگاهی باید مطابق با استانداردهای معتبر نظیر AASHTO، ASTM، BS و یا هر استانداردی که مورد توافق کارفرما و دستگاه نظارت است، صورت گیرد. استاندارد قابل قبول برای هر آزمایش یا عملیات شناسایی باید در قرارداد مشاور ژئوتکنیک درج شود.

۲-۶- گزارش مطالعات ژئوتکنیک

در شرایطی که استفاده از شمع جهت انتقال بارهای سازه به زمین به عنوان یک گزینه محتمل مطرح باشد، لازم است موارد زیر در گزارش مطالعات ژئوتکنیک ارائه گردد:

- توصیه در مورد نوع شمع و عمق مناسب برای استقرار نوک شمع
- نمودار تغییرات ظرفیت باربری نسبت به عمق
- مقادیر نشست گروه شمع
- توصیه‌های اجرایی لازم با توجه به شرایط پروژه و ملاحظات مربوطه

۳

ملاحظات انتخاب نوع شمع

۳- ملاحظات انتخاب نوع شمع

۳-۱- طبقه‌بندی شمع‌ها بر اساس روش نصب

شمع‌ها از لحاظ روش نصب در سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۳-۱-۱- شمع‌های با جابجایی بزرگ[1]

شمع‌های با جابجایی بزرگ که نصب آنها در زمین همراه با جابجایی زیاد در خاک مجاور (و وقوع پدیده انبساط حفره) است و شامل موارد زیر می‌باشد:

- شمع فولادی یا بتنی پیش‌ساخته[2] و نوک‌بسته[3] (ته‌بسته)
- شمع توخالی که در حین کوبش توده خاک در داخل آن قفل[4] شود و مانع ورود خاک گردد

۳-۱-۲- شمع‌های با جابجایی کوچک[5]

شمع‌های با جابجایی کوچک که نصب آنها در زمین، خاک اطراف را زیاد جابجا نمی‌کند و شامل موارد زیر می‌باشد:

- شمع فولادی یا بتنی جدار نازک پیش‌ساخته (و یا پیش‌تنیده[6]) با مقطع توخالی نوک‌باز[7] که به هنگام نصب، توده خاک درون آن قفل نگردد. شمع بتنی درجا همراه با غلاف فولادی، چنانچه غلاف فولادی نوک باز ابتدا به صورت کوبشی اجرا و سپس داخل آن تخلیه و بتن‌ریزی شود.
- شمع فولادی با مقاطع H و I شکل

۳-۱-۳- شمع‌های بدون جابجایی[8]

شمع‌های بدون جابجایی که نصب آنها در زمین، خاک اطراف را جابجا نمی‌کند و شامل موارد زیر می‌باشد:

- شمع بتنی درجاریز[9]
- قرار دادن شمع بتنی پیش‌ساخته در داخل چاه حفر شده و پر کردن اطراف آن با بتن‌ریزی یا تزریق ملات سیمان

1 - displacement piles
2 - precast concrete pile
3 - closed-toe
4 - plug
5 - partially displacement piles
6 - prestressed
7 - open-toe
8 - non-displacement piles
9 - bored concrete piles or cast-in-place piles

۳-۲- معیارهای انتخاب نوع شمع

نوع شمع و روش اجرا باید توسط مشاور ژئوتکنیک یا مشاور طراح و در نظر گرفتن چهار معیار اساسی زیر تعیین گردد [۱]:

- مشخصات روسازه اعم از وضعیت و نوع بارگذاری، کاربری، درجه اهمیت سازه، توجیه اقتصادی و زمان‌بندی پروژه
- تجهیزات و امکانات استقرار شمع و شرایط اجرایی پروژه
- شرایط بستر شامل نیمرخ خاک محل، خصوصیات لایه‌های تحت‌الارضی و همچنین وضعیت آب زیرزمینی و نوسانات آن
- میزان خورندگی محیط، عملکرد و دوام مصالح شمع

جدول ۳-۱ می‌تواند به عنوان راهنمای اولیه جهت انتخاب نوع شمع مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۳-۱: مزایا و محدودیت‌های شمع‌های مختلف [۵]

نحوه اجرا	نوع شمع	مزایا	محدودیت‌ها
شمع‌های کوبشی	انواع شمع کوبشی	- در بارهای متوسط یا کم در پروژه-های بزرگ اقتصادی‌ترند - نتایج کوبش می‌تواند برای تخمین ظرفیت باربری و تعیین عمق استقرار بهینه بکار رود - افزایش تراکم در خاکهای ماسه‌ای شل - افزایش سرعت در اجرا	- ایجاد لرزش و سر و صدا - اثرات منفی زیست‌محیطی - محدودیت اجرا در خاکهای حاوی قلوه سنگ - هزینه اولیه بالا در پروژه‌های کوچک
	بتنی	- امکان کنترل کیفیت در حین ساخت نسبت به شمع بتنی درجاریز - امکان ایجاد مقاومت در برابر خوردگی - یکپارچگی با روسازه بتنی	- احتمال آسیب دیدگی به هنگام حمل و نقل - مشکلات وصله‌کاری و افزایش طول
	فولادی	- مناسب برای شمع‌های اتکایی روی سنگ و سازه‌های دریایی در آبهای عمیق (با مقطع لوله‌ای) - سهولت حمل، وصله‌کاری و افزایش طول - تغییر شکل کم خاک در مقاطع جدار نازک - توانایی نفوذ از میان موانع کم ضخامت	- آسیب‌پذیری در برابر خوردگی در توالی خشک و تر شدن - کمانش شمع‌های H شکل در برخورد به لایه سخت
	چوبی	- کاربرد برای شمع‌های اصطکاکی در مصالح دانه‌ای، کارهای موقت و آبهای کم عمق - هزینه اولیه نسبتا" پایین - درصورتیکه دائما" در آب غوطه‌ور	- ظرفیت باربری محدود - دشواری وصله کردن - آسیب‌پذیری در برابر کوبش سخت - دشواری بیرون کشیدن و تعویض در صورت آسیب‌دیدگی در حین کوبش

نحوه اجرا	نوع شمع	مزایا	محدودیت‌ها
		باشند در مقابل پوسیدگی مقاومند - سهولت حمل و نقل	- خوردگی در بالای تراز آب - کاهش ظرفیت باربری بعد از وصله
شمع‌های درجاریز	بدون غلاف فولادی	- امکان اجرای قطرهای بزرگ و نوک پافیلی یا زنگوله‌ای (در خاکهای چسبنده سخت) - امکان بازرسی چشمی از تنوع و جنس لایه‌های خاک در حین حفاری - راحتی اجرا در خاکهای چسبنده سخت - هزینه اولیه نسبتا" پایین	- در صورت عدم تراکم و کنترل مناسب بتن‌ریزی در مقابل عوامل مهاجم آسیب‌پذیر است. - مشکل وصله بعد از بتن‌ریزی - ریزش جدار حفاری در خاکهای غیر چسبنده - نیاز به استفاده از گل حفاری در زمین‌های خیلی نرم یا شل و تبعات زیست‌محیطی آن
	با غلاف فولادی	- در این نوع شمع علاوه بر مزایای نوع قبل، کیفیت اجرایی شمع افزایش می‌یابد	- مشکل وصله بعد از بتن‌ریزی در صورت قطع بتن‌ریزی - غلاف نازک در حین کوبش در خاک‌های غیرچسبنده یا نصب با چکش لرزه‌ای ممکن است صدمه ببیند - در خاک‌های ریزشی در حین بیرون کشیدن غلاف، سطح بتن دچار افت می‌شود که مرتبط با ریزش خاک پشت غلاف است

۴

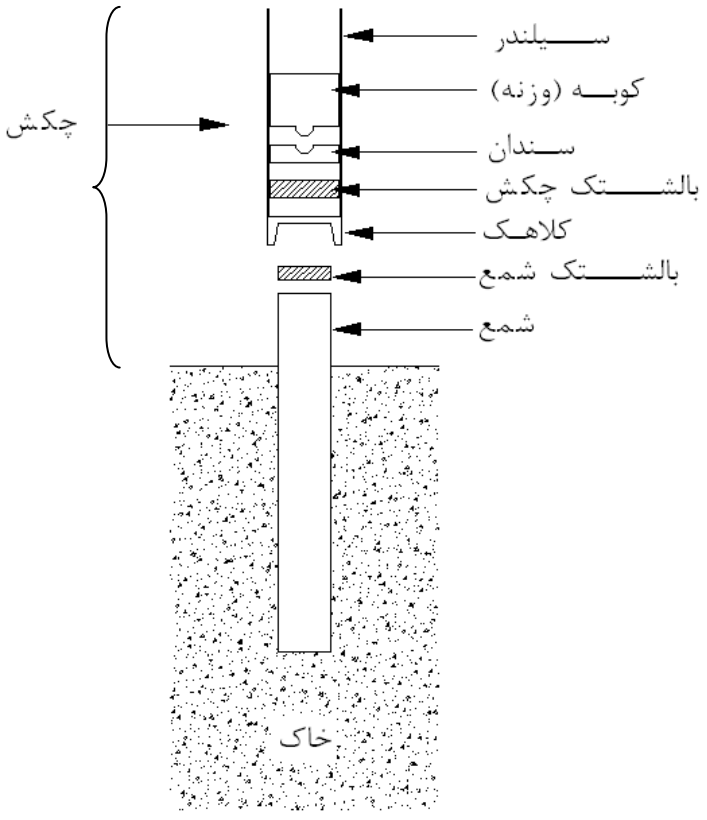
نکات اجرایی شمع‌های کوبشی

۴- نکات اجرایی شمع‌های کوبشی

۴-۱- تجهیزات کوبش شمع

مشخصات کلیه تجهیزات کوبش شامل جرثقیل، چکش، بالشتک چکش[1]، کلاهک[2]، بالشتک شمع[3] و سایر وسایلی که توسط پیمانکار تهیه می‌گردد باید در زمانبندی مورد توافق (حداقل دو هفته) قبل از شروع کوبش جهت تایید در اختیار دستگاه نظارت قرار گیرد. در شکل ۴-۱ تصویر شماتیک تجهیزات و ملحقات کوبش نشان داده شده است.

اطلاعات وسایل و سایر تجهیزات مربوطه باید شامل جزئیات کافی باشد، بطوریکه امکان ارزیابی آن با ارائه «نمودار باربری»[4] توسط «تحلیل معادله موج»[5] برای دستگاه نظارت فراهم شود. توصیه می‌گردد از مقادیر ارائه شده در جدول ۴-۱ به عنوان ضرایب "کارایی یا راندمان چکش"[6] در تحلیل معادله موج شمع‌های قائم استفاده گردد، مگر آنکه اطلاعات دقیق‌تری در دسترس باشد.



شکل ۴-۱- تصویر شماتیک شمع و تجهیزات کوبش

1 - hammer cushion
2 - helmet
3 - pile cushion
4 - bearing graph
5 - wave equation analysis
6 - hammer efficiency

جدول ۴-۱- ضریب کارایی چکش‌های مختلف [۶]

نوع چکش	کارایی (درصد)
سقوطی[1]	۲۵ تا ۴۰
یک‌طرفه (هوا یا بخار) [2]	۶۷
دو طرفه (هوا یا بخار) [3]	۵۰
دیزلی	۸۰
هیدرولیکی یا دیزلی با امکان اندازه‌گیری انرژی	۹۵

مقادیر جدول ۴-۱ مربوط به شمع‌های قائم است و کارایی چکش در صورت نیاز به کوبش مایل[4] باید توسط آزمایش دینامیک شمع در مقایسه کوبش شمع در شرایط قائم و مایل تعیین شود.

پیمانکار موظف است برای کلیه سیستم‌ها و تجهیزات مورد استفاده در کوبش شمع‌هایی با ظرفیت باربری نهایی بیش از ۳۰۰ تن، تحلیل معادله موج ارائه نماید [۷].

۴-۱-۱- انتخاب چکش مناسب

مشاور طراح یا دستگاه نظارت جهت ارزیابی سیستم کوبش باید موارد زیر را بررسی نماید [۶]:

۴-۱-۱-۱- تعداد ضربات مورد نیاز جهت ۲۵ میلیمتر نفوذ

تعداد ضربه مورد نیاز در تحلیل معادله موج برای ۲۵ میلیمتر نفوذ در عمقی که شمع به ظرفیت باربری می‌رسد باید بین ۲ تا ۱۰ ضربه باشد. اگر تعداد ضربات لازم برای رسیدن به ظرفیت باربری نهایی مورد نظر بیشتر بود، به معنی آن است که چکش سبک است و باید از چکش سنگین‌تر استفاده گردد. در خصوص محدوده تنش‌های فشاری و کششی مجاز در حین کوبش باید به توضیحات بند ۴-۱-۱-۲ توجه شود. کنترل تنش‌های فشاری و کششی ناشی از کوبش باید توسط انجام آزمایش‌های دینامیکی شمع و یا تحلیل معادله موج صورت گیرد.

۴-۱-۱-۲- محدوده مجاز تنش‌های اضافی ناشی از کوبش در شمع

تنش‌های ناشی از کوبش که از "تحلیل معادله موج"و یا نتایج آزمایش‌های دینامیکی بدست می‌آیند نباید از مقادیر زیر تجاوز نمایند. در غیر اینصورت تجهیزات کوبش باید تغییر یابد. مثلا از چکش سبک‌تر استفاده شود، انرژی چکش کاهش یابد و یا ضخامت بالشتک افزایش یابد.

- برای شمع‌های فولادی، تنش‌های فشاری ناشی از کوبش نباید از ۹۰ درصد تنش تسلیم[5] یا ۳۵۰ MPa، هرکدام که کمتر است، بیشتر باشد.

1 - drop hammer
2 - single acting (Air/Steam) hammer
3 - double (Air/Steam) hammer
4 - batter driving
5 - yield stress

- درکوبش شمع‌های بتن مسلح پیش‌ساخته، تنش کششی مجاز معادل $7.9\sqrt{f_c^{'}}$ و تنش فشاری مجاز معادل $0.85f_c^{'}$ است که در این روابط $f_c^{'}$ بر حسب kPa می‌باشد.
- برای شمع‌های بتنی پیش‌تنیده، تنش‌های کششی ناشی از کوبش نباید از $7.9\sqrt{f_c^{'}} + prestress$ و تنش‌های فشاری ناشی از کوبش نباید از $0.85f_c^{'} - prestress$ تجاوز نماید که در این روابط $f_c^{'}$ بر حسب kPa و $prestress$ تنش مؤثر پیش‌تنیدگی می‌باشد.

در حین عملیات کوبش پیمانکار موظف است از سیستم و تجهیزات تایید شده توسط دستگاه نظارت استفاده نماید. هرگونه تغییر در سیستم کوبش مستلزم بررسی و تایید دستگاه نظارت خواهد بود.

در ادامه مواردی جهت راهنمایی برای انتخاب سیستم کوبش ارائه شده، اما این محدودیت‌ها از قبیل محدوده انرژی چکش و وزن کوبه، در صورت تحلیل معادله موج یا انجام آزمایش PDA و کنترل تنش‌های کوبشی و تایید دستگاه نظارت قابل چشم‌پوشی خواهد بود.

در شمع‌های بتنی پیش‌ساخته و شمع‌های پیش‌تنیده باید وزن کوبه چکش حداقل معادل نصف وزن شمع و هیچگاه نباید کمتر از مقادیر حداقل ارائه شده در جدول ۴-۲ باشد. همچنین در مورد کوبش شمع‌های فولادی نیز باید حداقل‌های ارائه شده در جدول مذکور رعایت گردد. شایان ذکر است در جدول مذکور منظور از حداکثر مقاومت در حین کوبش، بیشترین مقاومت بدست آمده از آزمایش دینامیکی شمع در زمان کوبش است.

جدول ۴-۲- حداقل وزن مناسب کوبه با توجه به حداکثر مقاومت در حین کوبش در شمع‌های بتنی و فولادی [۷]

حداکثر مقاومت در حین کوبش (تن)	حداقل وزن کوبه (کیلوگرم)
تا ۱۵۰	۱۲۳۰
۱۵۰ تا ۱۹۰	۱۸۲۰
۱۹۰ تا ۲۷۰	۲۲۷۰
۲۷۰ تا ۴۰۰	۲۹۵۰

در شمع‌های بتنی پیش‌ساخته یا پیش‌تنیده نسبت انرژی چکش به وزن کوبه نباید بیش از ۱/۸ متر باشد [۷].

حداقل انرژی چکش‌های مختلف در کوبش غلاف‌های شمع‌های درجاریز، شمع‌های فولادی و شمع‌های بتنی پیش‌ساخته در جدول ۴-۳ ارائه شده است [۷].

جدول ۴-۳- حداقل انرژی مورد نیاز در چکش‌های مختلف (ژول) در مقابل حداکثر مقاومت در حین کوبش[۷]

حداکثر مقاومت در حین کوبش (تن)	حداقل انرژی مورد نیاز بر حسب ژول			
	چکش‌های هوا/بخار	چکش‌های دیزلی یک طرفه	چکش‌های دیزلی دو طرفه	چکش‌های هیدرولیکی
تا ۱۵۰	۲۹۱۵۰	۳۱۱۹۰	۴۰۶۸۰	۲۵۰۹۰
۱۵۰ تا ۱۹۰	۳۷۲۹۰	۴۰۰۰۰	۵۱۵۳۰	۳۱۸۷۰
۱۹۰ تا ۲۷۰	۵۲۸۸۰	۵۶۲۷۰	۷۳۲۲۰	۴۵۴۳۰
۲۷۰ تا ۴۰۰	۸۰۰۰۰	۸۵۴۳۰	۱۰۹۸۴۰	۶۸۴۸۰

این محدودیت‌ها به ویژه در آخرین ضربات کوبش هنگام نزدیک شدن به عمق مدفون نهایی شمع باید مورد توجه قرار گیرد.

۴-۱-۱-۳- چکش‌های مناسب برای شمع‌های فولادی

انواع مختلف شمع‌های فولادی باید توسط چکش‌های دیزلی یا هوا/بخار کوبیده شوند. چکش‌های سقوطی تنها در صورت تایید کتبی دستگاه نظارت می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

۱- چکش‌های دیزلی یا هوا/بخار باید شرایط زیر را داشته باشند:

الف- حداقل ۹۵۰۰ ژول انرژی را تامین نمایند.

ب- حداقل انرژی اسمی معادل آنها (Rated Equivalent Energy) (برحسب ژول) نباید از ۳۰ برابر حداقل مقاومت باربری مورد نیاز شمع (برحسب کیلونیوتن) کمتر باشد.

ج- حداقل انرژی ناخالص (Gross Energy) چکش بر حسب ژول نباید کمتر از ۷/۵ برابر وزن شمع بر حسب کیلوگرم باشد.

۲- علاوه بر این، در چکش‌های دیزلی یک طرفه وزن کوبه[1] باید حداقل ۹۰۰ کیلوگرم باشد.

۳- در صورتیکه چکش‌های سقوطی مورد تایید دستگاه نظارت قرار گیرند باید:

الف- وزن شمع از وزن چکش بیشتر نباشد.

ب- وزن چکش از ۱۳۵۰ کیلوگرم کمتر و از ۲۲۵۰ کیلوگرم بیشتر نباشد. ارتفاع سقوط باید در حدی باشد که حداقل انرژی ۱۶۲۵۰ ژول باشد. همچنین ارتفاع سقوط نباید از ۳ متر بیشتر بوده و یا به گونه‌ای باشد که شمع دچار آسیب‌دیدگی گردد.

۴-۱-۱-۴- چکش‌های مناسب برای شمع‌های بتنی پیش‌ساخته

چنانچه شمع‌های بتنی پیش‌ساخته توسط چکش دیزلی یا هوا/بخار کوبیده شوند، حداقل انرژی چکش در هر حرکت کامل پیستون نباید از ۱۶۲۵۰ ژول یا ۳ برابر وزن شمع (بر حسب کیلوگرم) کمتر باشد. حداکثر انرژی چکش باید به اندازه‌ای محدود شود که شمع در حین کوبش دچار آسیب‌دیدگی نگردد.

علاوه بر این چکش‌های دیزلی باید ملزومات زیر را نیز ارضا نمایند.

۱- در چکش‌های یک طرفه وزن کوبه آنها نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف- ۱۲۵۰ کیلوگرم

ب- یک چهارم وزن شمع

۲- در چکش‌های دو طرفه حداقل انرژی مجاز معادل نباید از ۲۰۳۵۰ ژول کمتر باشد.

۴-۱-۱-۵- چکش‌های مناسب برای غلاف‌ها یا لوله‌های فولادی

برای کوبش غلاف‌ها یا لوله‌های فولادی هنگام اجرای شمع‌های بتنی درجا می‌توان از چکش‌های توصیه شده برای کوبش شمع‌های بتنی پیش‌ساخته استفاده نمود.

---

1 - ram

۴-۱-۱-۶- چکش‌های سقوطی (غیر دیزلی)

چکش‌های سقوطی نباید برای شمع‌های بتنی یا شمع‌هایی که ظرفیت باربری نهایی آنها بیش از ۶۰ تن است، استفاده شوند [۶].

در چکش‌های سقوطی وزن کوبه نباید کمتر از ۹۰۰ کیلوگرم و ارتفاع سقوط نباید بیش از ۳/۷ متر باشد.

وزن کوبه نباید از مجموع وزن کلاهک و شمع کمتر باشد.

تمام چکش‌های سقوطی باید مجهز به کلاهک و راهنمای چکش[1] باشند، تا از تقارن و یکنواختی ضربات اطمینان حاصل شود.

پیمانکار موظف است چکش‌های سقوطی مورد استفاده را در حضور نمایندهٔ دستگاه نظارت وزن نماید. وزن دقیق چکش باید روی آن ثبت شود. وزن چکش‌های سقوطی برای کوبش شمع‌های کوتاهتر از ۱۵ متر یا ظرفیت باربری کمتر از ۶۰ تن نباید از ۱/۳۶ تن کمتر باشد [۷].

۴-۱-۱-۷- چکش‌های هوا/بخار

اگر از فرمول دینامیکی جهت تخمین ضربات لازم استفاده می‌شود وزن قسمتهای ضربه زننده[2] چکش هوا/بخار مورد استفاده نباید از یک سوم وزن شمع و کلاهک کوبش[3] کمتر باشد [۶].

در هیچ شرایطی وزن قسمتهای ضربه زننده نباید از ۱/۲۵ تن کمتر باشد [۶].

اگر از تحلیل معادله موج برای تخمین تعداد ضربات مورد نیاز و تنش‌های کوبش استفاده شود، رعایت حدود فوق در وزن چکش الزامی نیست.

ماشین آلات و تجهیزات استفاده شده برای چکش‌های هوایی باید ظرفیت کافی جهت تحمل تنش‌های ایجاد شده هنگام کار که توسط سازنده چکش مشخص شده را داشته باشد.

شلنگ‌های مرتبط با کمپرسور باید حداقل مشخصات توصیه شده توسط سازنده را دارا باشد.

صحت عملکرد چکش باید در انتهای کوبش با اندازه‌گیری تعداد ضربات در هر دقیقه (BPM)[4] و مقایسه آن با مقادیر توصیه شده توسط سازنده کنترل شود.

۴-۱-۱-۸- چکش‌های دیزلی

برخی از چکش‌های دیزلی یک‌طرفه مجهز به وسیله‌ای هستند که سرعت ضربه را در طول عملیات کوبش اندازه می‌گیرد. در صورتیکه این امکان فراهم نباشد مقدار ضربه را می‌توان با اندازه‌گیری سرعت عملیات بصورت غیراتوماتیک (با کمک نیروی انسانی) یا اتوماتیک (با کمک وسایل دیگر مانند آزمایش PDA) بدست آورد.

چکش‌های دیزلی دو طرفه باید به یک گیج نیرو در محفظه جهش مجهز شوند تا انرژی وارده قابل اندازه‌گیری باشد [۶].

---

1 - hammer guides
2 - striking parts
3 - drive cap
4 - Blow Per Minute

۴-۱-۱-۹- چکش‌های هیدرولیکی

چکش‌های هیدرولیکی باید به سیستم تنظیم انرژی مجهز باشند. نتایج تنظیمات انرژی باید به راحتی قابل قرائت و بلافاصله در دسترس دستگاه نظارت باشد [۶].

۴-۱-۱-۱۰- چکش‌های لرزاننده[1]

از چکش‌های لرزاننده نیز می‌توان در اجرای شمع‌ها استفاده نمود، اما جهت تایید حصول ظرفیت باربری مورد نیاز باید شمع در انتهای کوبش حداقل به اندازه ۰/۶ متر توسط چکش‌های ضربه‌ای کوبیده شود تا با استفاده از روابط ارائه شده ظرفیت باربری آن محاسبه گردد [۷]. چنانچه کوبش شمع به حد امتناع[2] رسیده باشد و امکان کوبیدن شمع به اندازه ۰/۶ متر وجود نداشته باشد، شمع از نظر باربری می‌تواند مورد قبول واقع شود. فاصله زمانی بین کوبش با چکش و توقف با چکش لرزاننده باید در حدی کوتاه باشد که گیرش خاک[3] اتفاق نیفتد.

راه حل دیگر آنست که از هر گروه ۱۰ تایی، یک شمع توسط چکش ضربه‌ای کوبیده شده و قبل از اجرای بقیه شمع‌ها ظرفیت باربری آن با روش یا روش‌های مورد تایید مشاور طراح کنترل گردد. چنانچه طول شمع به وسیله آزمایش بارگذاری تعیین شده باشد، ظرفیت باربری نهایی شمع‌های اجرا شده به وسیله چکش لرزاننده مورد تایید خواهد بود.

۴-۱-۱-۱۱- روش‌های دیگر

در مواقعی که مقدار نفوذ مورد نیاز شمع در خاک با توجه به ملزومات فوق و بکارگیری از چکش‌های مذکور امکان‌پذیر نباشد، می‌توان در صورت تایید دستگاه نظارت از چکش با انرژی بیشتر یا روش‌های دیگر نظیر پیش‌حفاری[4] یا جت آب[5] استفاده نمود.

اگر از جت آب استفاده می‌شود، تعداد جت‌ها، حجم آب و فشار آن باید به حدی باشد که امکان شستن مصالح اطراف نوک شمع را داشته باشد.

این تجهیزات باید حداقل شامل ۲ لوله جت آب و ۲ نازل ۱۹ میلیمتری باشد. همچنین پمپ باید حداقل فشار ثابت kPa ۷۰۰ را در هر نازل ایجاد نماید [۷].

۴-۱-۲- بالشتک چکش

کلیه تجهیزات کوبش شمع بجز چکش‌های سقوطی (غیر دیزلی) می‌بایست به بالشتک چکش با ضخامت مناسب جهت جلوگیری از آسیب‌دیدگی چکش یا شمع، مجهز شوند. برخی از چکش‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که نیازی به بالشتک چکش ندارند. این نوع چکش‌ها از قاعده فوق مستثنی هستند [۶].

بالشتک چکش باید از جنس توصیه شده توسط سازنده چکش بوده و در حین کوبش یکنواختی خصوصیات خود را حفظ نمایند. کابل فلزی یا آزبست نباید به عنوان بالشتک چکش مورد استفاده قرار گیرد [۶]. چنانچه از چوب به عنوان بالشتک چکش استفاده گردد، باید سختی آن از بالشتک شمع بیشتر بوده و خواص آن کاملا همگن باشد.

---

1 - vibratory hammers
2 - refusal
3 - soil setup
4 - pre-drilling
5 - jetting

روی بالشتک چکش باید صفحه‌ای قرار داده شود تا از یکنواختی فشار وارد بر بالشتک اطمینان حاصل شود.

در صورتیکه ضخامت بالشتک چکش بیش از ۲۵٪ الی ۵۰٪ ضخامت اولیه کاهش یابد (بسته به نظر دستگاه نظارت)، پیمانکار موظف است قبل از ادامه کوبش، اقدام به تعویض آن نماید. در مورد چکش‌های هوایی این مقدار توسط سازنده آن مشخص می‌گردد [۶].

۴-۱-۳- کلاهک

هنگام بکارگیری چکش‌های ضربه‌ای باید از کلاهک مناسب استفاده شود تا ضربه وارده بطور یکنواخت و متقارن پخش شود.

سطح کلاهک در تماس با شمع باید صاف و هموار بوده و به موازات انتهای چکش و راس شمع قرار گیرد.

عرض کلاهک نباید بیش از اندازه بزرگ باشد بطوریکه ضربات از راستای محور شمع منحرف گردد. انحراف ضربات حین کوبش باعث تمرکز تنش در راس شمع شده و منجر به آسیب‌دیدگی آن خواهد شد.

۴-۱-۴- بالشتک شمع

بالشتک شمع معمولا از جنس چوب مناسب یا تخته پنج‌لا (plywood) و بوده از راس شمع‌های بتنی محافظت می‌کند. در شمع‌های فولادی نیازی به استفاده از بالشتک سر شمع نیست. در پروژه‌های بزرگ ضخامت بالشتک شمع باید قبلا توسط تحلیل معادله موج تعیین گردد، بطوریکه محدودیت تنش‌های کوبشی رعایت شود [۶].

ابعاد بالشتک در پلان باید حدود یک الی دو سانتیمتر از ابعاد داخلی کلاهک سر شمع کوچکتر باشد و به راحتی روی سر شمع مستقر گردد، بطوریکه در پایان کوبش هر شمع، بتوان وضعیت فیزیکی و ضخامت آن را کنترل و در صورت نیاز تعویض نمود.

در صورتیکه تعداد ضربات مورد نیاز بوسیله فرمول‌های دینامیکی مشخص می‌شود، ضخامت بالشتک شمع می‌بایست حداقل ۱۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

ابعاد بالشتک باید به گونه‌ای باشد که ضربه چکش را در تمامی سطح مقطع شمع بطور یکنواخت پخش‌کند.

بالشتک شمع باید از معرض بارندگی دور نگه داشته شده و تا قبل از زمان استفاده خشک باقی بماند. بالشتک شمع نباید در هیچ مایعی خیس یا غوطه‌ور شود، مگر آنکه به تایید دستگاه نظارت رسیده باشد.

استفاده از بالشتک شمع با مصالح مصنوعی بجای بالشتک چوبی باید بصورت موردی ارزیابی شود.

اگر در حین کوبش، بالشتک شروع به دود کردن نمود یا به هر دلیلی آسیب دید، لازم است بالشتک جدید جایگزین شود. همچنین چنانچه ضخامت آن از حداقل مشخص شده توسط دستگاه نظارت کاهش یابد باید تعویض شود.

در شمع‌های بتنی مدور توخالی (مانند شمع‌های سانتریفیوژ) می‌تواند ورقی فولادی بین بالشتک و سر شمع قرار گیرد تا از ناهمگنی بالشتک بین ناحیه توخالی شمع و روی مقطع شمع جلوگیری شود.

۴-۱-۵- هادی شمع[1]

در حین کوبش به منظور هم امتداد نمودن چکش و شمع می‌بایست از هادی شمع (شکل ۴-۲) استفاده گردد.

1 - lead

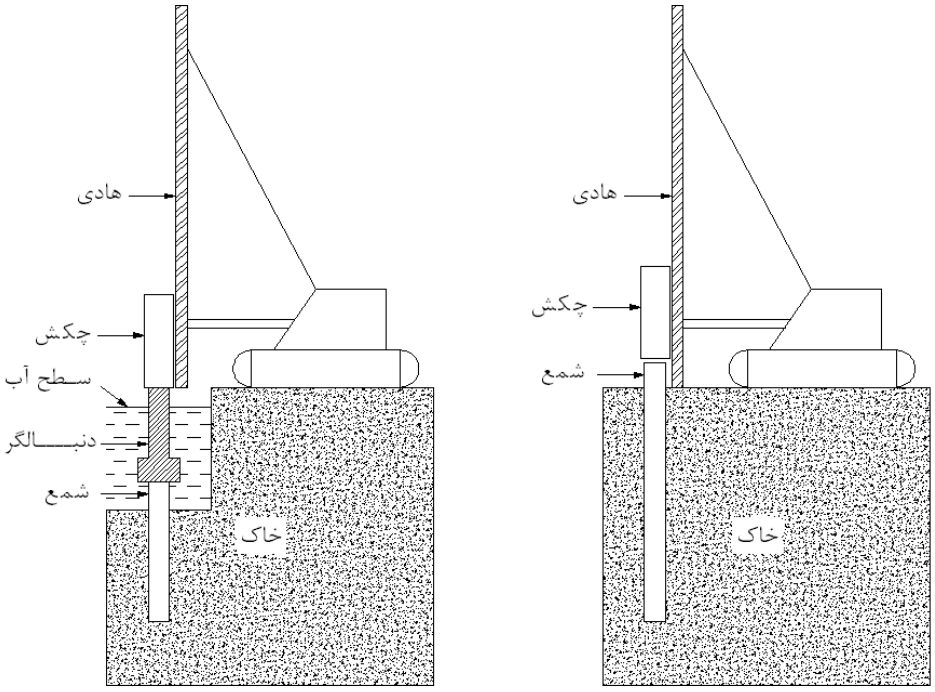
هادی شمع باید به گونه‌ای باشد که آزادی حرکت چکش تنها در جهت مورد نظر محدود شده و از تقارن ضربات روی سر شمع حین کوبش اطمینان حاصل شود.

هادی شمع یا محکم و گیردار یا آزاد و پاندولی است. هرگاه از هادی شمع آزاد استفاده شود باید قدری در زمین مدفون گردد یا شابلونی متشکل از سازهٔ قابی برای حفظ راستای شمع حین کوبش استفاده گردد.

۴-۱-۶- دنبالگر[1]

دنبالگر در مواقعی که امکان استقرار کلاهک شمعکوب بر روی راس شمع فراهم نباشد (شکل ۴-۲)، مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین دنبالگر زمانی باید استفاده شود که دستگاه نظارت بصورت کتبی تایید نموده باشد یا در اسناد قراداد ذکر شده باشد.

برای شمع‌های بتنی، بالشتک شمع باید در راس شمع قرار گیرد و مناسب بودن دنبالگر توسط تحلیل معادله موج کنترل شود تا تعداد ضربات، تنش‌های کوبش و ظرفیت باربری نهایی مورد تایید قرار گیرد. برای شمع‌های فولادی اگر تحلیل معادله موج صورت نگیرد، دنبالگر باید امپدانسی[2] بین ۵۰٪ تا ۲۰۰٪ امپدانس شمع داشته باشد. دنبالگر و شمع باید در طول عملیات کوبش در یک امتداد باقی بمانند [۶]. دنبالگر باید از مصالح و ابعادی ساخته شود که امکان رساندن شمع به شمارش ضربات مورد نظر طرح را فراهم سازد.



شکل ۴-۲- تصویر شماتیک هادی و دنبالگر

1 - follower
2 - impedance

۴-۱-۷- جت آب

استفاده از جت آب زمانی مجاز خواهد بود که در اسناد قرارداد مشخص شده یا بصورت کتبی توسط دستگاه نظارت به تایید رسیده باشد.

تعداد جت‌ها، حجم و فشار آب لازم در دهانه جت[1] باید بگونه‌ای باشد که پایداری جانبی شمع را در شرایط سرویس به خطر نیندازد.

لوله‌ها و سیستم جت‌ها حداقل از ۱/۵ متر مانده به تراز نوک شمع جمع‌آوری و ادامه عملیات نصب شمع با استفاده از چکش شمع‌کوب انجام می‌شود. چنانچه ظرفیت باربری مورد نظر در تراز تعیین شده فراهم نگردد، با نظر دستگاه نظارت مدت زمانی جهت گیرش خاک داده خواهد شد و ظرفیت باربری مورد نظر با آزمایش دینامیکی کوبش مجدد[2] کنترل می‌گردد.

۴-۲- شمع‌های بتنی پیش‌ساخته

۴-۲-۱- نوع مصالح

۴-۲-۱-۱- بتن مصرفی

مشخصات فنی بتن مصرفی باید مطابق با نشریه ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و یا آیین‌نامه‌های معتبر دیگر که در اسناد پیمان مشخص شده باشد.

نوع سیمان مصرفی در بتن باید براساس نتایج آزمایش‌های شیمیایی و توسط مشاور طرح یا دستگاه نظارت تعیین گردد.

بتن شمع‌ها باید صاف، بدون عیب و فارغ از کرم‌خوردگی و فضاهای خالی باشد.

مقاومت فشاری بتن شمع‌های پیش‌ساخته نباید از مقدار تعیین شده توسط مشاور طرح کمتر باشد. نشریه ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور [۸] حداقل $f_c^{'}$ را ۲۵ مگا پاسکال تعیین کرده است.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن شمع‌های پیش‌تنیده نباید کمتر از ۴۲ مگا پاسکال باشد [۷].

در شمع‌های پیش‌تنیده مقاومت فشاری بتن در هیچ شرایطی نباید کمتر از ۲۳ مگا پاسکال باشد [۷].

تنش فشاری پیش‌تنیدگی در بتن شمع‌های پیش‌تنیده نباید از ۷ مگا پاسکال کمتر باشد [۷].

باید مطابق نظر دستگاه نظارت از بتن مصرفی نمونه‌برداری و مقاومت آن کنترل شود. نمونه‌برداری، عمل‌آوری و آزمایش باید با حضور نماینده دستگاه نظارت و طبق دستورالعمل آزمایشگاه مقاومت مصالح و مکانیک خاک صورت گیرد.

در مواقعی که نمونه‌برداری به تعداد لازم انجام نگرفته باشد باید مغزه‌های با قطر ۱۰ سانتیمتر (۴ اینچ) و ارتفاع حداقل ۱۲/۵ سانتیمتر (۵ اینچ) از بتن شمع ساخته شده یا اجرا شده گرفته و مورد آزمایش قرار گیرد [۶].

موقعیت و عمق مغزه‌گیری توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود. مغزه‌گیری و آزمایش از بتن باید با حضور نماینده دستگاه نظارت صورت پذیرد. مقاومت مغزه‌ها باید شرایط مندرج در نشریه ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور را برآورده نماید. از آنجا که بتن نزدیک به تراز راس شمع از عملکرد سازه‌ای قابل توجهی برخوردار است، لذا کنترل کیفیت آن اهمیت ویژه‌ای خواهد داشت.

---

1 - nozzle
2 - restrike test

۴-۲-۱-۲- آرماتورها

پیمانکار موظف است آرماتوربندی را مطابق با نقشه‌های اجرائی نصب و از جابجا شدن آن حین بتن‌ریزی جلوگیری نماید.

در تهیه آرماتورهای مصرفی باید ملاحظات مندرج در نشریه ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور رعایت گردد و آزمایش‌های کنترل کیفیت طبق توصیه‌های مربوطه در این آیین‌نامه صورت گیرد تا از کیفیت آرماتورهای مورد استفاده اطمینان حاصل گردد.

وصله آرماتورها می‌تواند به یکی از روش‌های پوششی، جوشی و مکانیکی صورت گیرد. وصله پوششی با مجاور هم قرار دادن دو میلگرد در قسمتی از طولشان عملی می‌شود. وصله جوشی با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر و وصله مکانیکی با استفاده از قطعات مکانیکی خاص اجرا می‌گردد. به طور کلی وصله آرماتورها باید با رعایت موارد مندرج در نشریه ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور انجام شود. اما در هر حال نباید وصله کلیه آرماتورها، همزمان در یک مقطع صورت گیرد.

۴-۲-۲- ساخت و عمل‌آوری

۴-۲-۲-۱- آماده‌سازی و کنترل قالب

در آماده‌سازی قالب‌ها پیمانکار موظف است موارد زیر را رعایت کند [۸]:

- قالب‌بندی باید به گونه‌ای باشد که از تراوش دوغاب سیمان جلوگیری به عمل آید.
- قالب‌ها باید بر روی یک سکوی محکم و هموار قرار داده شوند.
- قالب‌بندی باید به نحوی صورت گیرد که شمع ساخته شده دچار انحراف زاویه نگردد، بطوریکه فاصله دو انتهای شمع نسبت به محور قائم بیش از ۲/۵ سانتیمتر نباشد.
- قالب‌ها باید صاف و بدون درز باشد و هیچگونه نشست، شکم‌دادگی یا تغییر شکل در آنها بوجود نیاید.
- قالب بخش نوک شمع باید با صفحات مناسب و در زاویه‌های مشخص شده نسبت به محور شمع طبق نقشه‌های اجرایی ساخته شود.

۴-۲-۲-۲- پوشش آرماتورها

حداقل ضخامت پوشش بتن بر روی آرماتورها باید مطابق جدول ۴-۴ رعایت شود. جهت رعایت پوشش بتن روی آرماتورها باید از فاصله‌گذارهای مورد تایید دستگاه نظارت استفاده گردد.

جدول ۴-۴- حداقل ضخامت پوشش روی آرماتور بر حسب میلیمتر [۸]

مقاومت فشاری بتن / شرایط شمع	۲۵ *MPa*	۳۰ *MPa*	۳۵ *MPa*	۴۰ *MPa*
کل شمع در زیر زمین قرار گرفته باشد	۴۰	۳۰	۲۵	۲۰
بتن شمع متناوبا تر و خشک شود	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰

۵۰	۶۰	-	-	**شمع در معرض آب دریا باشد**

آرماتورهای مارپیچ باید حداقل ۴۰ میلیمتر پوشش بتنی داشته باشند [۷].

۴-۲-۲-۳- بتن‌ریزی

تا قبل از ساخت و تهیه قفسه آرماتورها و جاگذاری مناسب آن در قالب نباید بتن‌ریزی صورت گیرد. بتن‌ریزی شمع باید به صورت یکپارچه انجام گیرد.

پیمانکار موظف است قبل از اقدام به بتن‌ریزی، دستگاه نظارت را مطلع سازد تا وضعیت قالب، آرماتورگذاری، پوشش کافی بتن و سایر جزئیات که در نقشه‌های اجرایی درج شده را کنترل نماید.

بتن ریخته شده باید توسط ویبره مناسب به صورت کامل متراکم گردد. استفاده از ویبره نباید به اندازه‌ای باشد که مصالح بتن از هم جدا شوند.

۴-۲-۲-۴- عمل‌آوری و حفاظت از بتن

قالب‌ها نباید زودتر از ۲۴ ساعت پس از عملیات بتن‌ریزی باز شوند [۸].

شمع‌ها باید حداقل به مدت ۷ روز، تا موقعی که بتن حداقل دو سوم مقاومت ۲۸ روزه را کسب نماید، در روی سکوی بتن‌ریزی باقی بمانند. در صورتیکه برای عمل‌آوردن بتن شمع‌ها از حمام بخار استفاده شود با تصویب دستگاه نظارت می‌توان شمع‌ها را بعد از ۲۴ ساعت از محل ساخت بلند کرد [۸].

مدت عمل‌آوردن بتن به طور معمول نباید از مقادیر جدول ۴-۵ کمتر باشد. این مدت زمان به نوع سیمان، شرایط محیطی و دمای بتن بستگی دارد و طی آن، دمای هیچ قسمت از سطح بتن نباید از ۵ درجه سانتیگراد کمتر شود. جهت کنترل روش عمل‌آوری و حفاظت از بتن باید ضوابط مندرج در نشریه ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور نیز رعایت شود.

جدول ۴-۵- حداقل زمان عمل‌آوری بتن

نوع سیمان	**شرایط محیطی پس از ریختن بتن در قالب**[1]	**دمای متوسط سطح بتن**[2]		
		۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد	**بالاتر از ۱۰ درجه سانتیگراد**	**هر دمایی بین ۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد**
نوع ۱، ۲، ۳ و ۵	متوسط	۴ روز	۳ روز	$\frac{60}{T+10}$ روز
	ضعیف	۶ روز	۴ روز	$\frac{80}{T+10}$ روز

۱ - شرایط محیطی مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می‌شوند:

خوب: محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.

۲ - در صورتی که دمای سطح بتن اندازه‌گیری یا محاسبه نشود، می‌توان آن را معادل دمای هوای مجاور سطح بتن فرض کرد.

همه سیمان‌ها به جز نوع ۱، ۲، ۳ و ۵ و همه سیمان‌های حاوی مواد پوزولانی یا روباره‌ای	متوسط	۶ روز	۴ روز	$\frac{80}{T+10}$ روز
	ضعیف	۱۰ روز	۷ روز	$\frac{140}{T+10}$ روز
همه سیمان‌ها	خوب	اقدامی خاص ضرورت ندارد		

۴-۲-۳- ملاحظات جابجایی و انبارکردن شمع‌ها

نحوه و روش جابجایی باید قبلا بررسی و توسط دستگاه نظارت تایید شود. نحوه جابجایی و انبارکردن شمع‌ها باید به گونه‌ای باشد که شمع‌ها از ترک‌خوردگی، آسیب ناشی از ضربه و تنش‌های خمشی حفاظت شوند. به منظور در نظر گرفتن اثر ضربه و تنش‌های ناگهانی باید برای بارهای محاسباتی ناشی از جابجایی ضریبی معادل ۲ در نظر گرفته شود [۷].

در هر شمع باید حداقل دو قلاب برای جابجایی در نظر گرفته شود. محل این قلاب‌ها به گونه‌ای مشخص می‌شود که کمترین مقدار بیشینه لنگر در شمع بوجود آید.

شمع‌های مربعی باید طوری روی هم چیده و انبار شوند که عبور هوا از بین آنها ممکن باشد. کف محل انبار باید مقاومت کافی داشته باشد. قرار دادن شمع‌ها روی هم بدون آنکه قطعه تخته‌ای بین آنها قرار داده شود ممنوع است. محل مجاز برای قرارگرفتن تخته‌ها حدود محلی است که قلاب حمل شمع در آن موقعیت قرار گرفته است. این قطعات چوبی باید در ارتفاع چیدمان شمع‌ها در یک راستا باشند [۸].

شمع‌های دایروی باید به گونه‌ای روی هم چیده شوند که در اثر لرزش بر روی هم نلغزند. به ویژه به منظور جلوگیری از لغزش ردیف‌های روی زمین باید تمهیدات لازم جهت مهار نمودن شمع‌ها مانند استفاده از قطعات چوبی اندیشیده شود. علاوه بر این تعداد ردیف‌های شمع انبار شده بر روی هم باید به حدی باشد که باعث آسیب‌دیدگی شمع‌های زیرین نگردد.

پیمانکار باید برای جلوگیری از آسیب‌دیدگی سطوح شمع‌های نصب شده در آب دریا و خاک‌های قلیایی توجه و مراقبت ویژه‌ای در جابجایی و انبار کردن آنها لحاظ نماید.

۴-۲-۴- کوبش شمع

۴-۲-۴-۱- ملاحظات قبل از کوبش

محل و موقعیت کوبش هر یک از شمع‌ها باید طبق نقشه‌های اجرایی پیاده و توسط دستگاه نظارت کنترل شود. پیمانکار باید برای نصب شمع در موقعیت صحیح روش مناسبی اتخاذ و اجرا نماید. جزئیات این روش باید قبلا توسط پیمانکار برای یک‌یک شمع‌ها به ترتیب کوبش به دستگاه نظارت ارائه گردد.

در مورد شمع‌های پیش‌ساخته تا مقاومت بتن شمع به مقادیر مشخص شده توسط دستگاه نظارت نرسیده، نمی‌توان عملیات کوبش را آغاز نمود.

بمنظور کاهش اثرات مخرب کوبش بر بتن سازه‌های مجاور با سن کمتر از ۲۸ روز، فقط شمع‌هایی اجازه کوبش دارند که خارج از حداقل فاصله طبق رابطه ۴-۱ باشند [۷]:

رابطه ۴-۱ $D = C \times \sqrt{E}$

که در آن:

D: فاصله بر حسب متر

E: انرژی چکش بر حسب ژول

C: ضریب وابسته به سن بتن که در جدول ۴-۶ ارائه شده است.

جدول ۴-۶- مقادیر ضریب C بر اساس سن بتن [۷]

سن بتن (روز)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۹-۷	۱۳-۱۰	۲۰-۱۴	۲۸-۲۱
C	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۴۷	۰/۰۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۶	۰/۰۲۳	۰/۰۲

چنانچه عبور از لایه‌های خاکریزی شده منجر به آسیب‌دیدگی شمع‌ها گردد، باید طبق نظر دستگاه نظارت تا رسیدن به سطح طبیعی زمین پیش‌حفاری نمود. در جدول ۴-۷ به عنوان راهنمایی اولیه قطر مورد نیاز در پیش‌حفاری برای شمع‌های بتنی مربعی ارائه شده است.

جدول ۴-۷- قطر مورد نیاز پیش حفاری برای عرض‌های مختلف شمع بتنی [۹]

عرض شمع بتنی (میلیمتر)	قطر مورد نیاز پیش‌حفاری (میلیمتر)
۳۰۰	۳۸۰
۳۵۰	۴۴۰
۴۰۰	۵۰۰
۵۰۰	۶۰۰
۶۰۰	۷۵۰
۷۵۰	۹۰۰

برای شمع‌های با ابعاد دیگر قطر پیش‌حفاری باید مطابق با نقشه‌های اجرایی یا نظر دستگاه نظارت باشد. پیش‌حفاری باید در مرکز محل استقرار شمع صورت گیرد [۹].

برای پیش‌حفاری در مصالح سنگی باید قطر حفاری حدود ۵۰ میلیمتر بزرگتر از بیشترین بعد مقطع شمع باشد. در مواردی که در هنگام پیش‌حفاری نیاز به غلاف‌گذاری[1] باشد، باید لوله‌گذاری تا عمق مورد نیاز حفاری انجام شده و پس از اتمام عملیات حفاری و اخذ تایید دستگاه نظارت لوله‌ها بیرون کشیده شود [۹].

فضای خالی اطراف شمع باید توسط دوغاب یا روش‌های دیگر مورد تایید دستگاه نظارت پر شود [۹].

1 - casing

۴-۲-۴-۲- ملاحظات حین کوبش

تعداد ضربات کوبش و انرژی چکش باید مطابق با توصیه‌های بند ۴-۱ باشد.

شمع‌های بتنی در لایه‌های نرم و سست باید با انرژی کمتری کوبیده شوند تا تنش کششی ناشی از کوبش باعث آسیب-دیدگی آنها نگردد.

وقفه در حین کوبش بجز در مواقع تطویل و یا حوادث غیرمنتظره جایز نمی‌باشد.

چنانچه کوبیدن شمع‌ها باعث جابجایی و تورم زیاد خاک و احیانا وارد آوردن خسارت به ساختمان‌های مجاور باشد، باید فورا با اطلاع کارفرما عملیات را متوقف نمود و با هماهنگی دستگاه نظارت از روش جایگزین استفاده نمود [۸].

حتی‌المقدور باید سعی شود شمع در موقعیت و راستای مشخص شده در نقشه‌های اجرایی کوبیده شود. برای این کار باید در حین کوبش راستای شمع متناوبا توسط روش‌های مناسب کنترل و بازبینی گردد. درصورتیکه شمع در حین عملیات کوبش بیش از حد مجاز از راستای خود منحرف گردد، حتی‌المقدور نباید با اعمال نیروی جانبی به راستای اولیه بازگردانده شود.

۴-۲-۴-۳- معیارهای توقف کوبش

عمق استقرار نوک شمع باید در نقشه‌های اجرایی مشاور مشخص شده باشد و عملیات کوبش تا رسیدن به آن می‌بایست بصورت ممتد ادامه یابد. عمق استقرار شمع بر اساس تامین ظرفیت باربری مورد نیاز و کنترل‌های مربوط به نشست تعیین می‌شود.

شمع‌هایی که در رودخانه‌ها یا محل هایی که احتمال آبشستگی در آنها وجود دارد باید طبق نظر دستگاه نظارت تا اعماقی که از نظر خطر آبشستگی حفظ گردند، کوبیده شوند [۱۰].

معمولا براساس نتایج تحلیل معادله موج یا آزمایش دینامیکی بر روی شمع‌های آزمایشی، و یا تجربه از کوبش شمع‌های قبلی در ساختگاه، معیاری از لحاظ تعداد ضربات برای نفوذ مشخص تعیین می‌گردد. چنانچه معیار توقف کوبش از لحاظ تعداد ضربات به پیمانکار ابلاغ شده باشد، عمق استقرار نوک شمع که در نقشه‌های اجرایی تعیین شده باید این معیار را نیز تامین کند. در غیر اینصورت باید کوبش تا رسیدن به معیار توقف ادامه یابد.

در شرایطی که معیار توقف براساس تعداد ضربات برای نفوذ مشخص تعیین می‌گردد، باید به نوع و ظرفیت چکش توصیه شده، تعداد ضربات در دقیقه (BPM)، نوع بالشتک سر شمع و سایر شرایطی که در گزارش مشاور یا دستگاه نظارت قید شده توجه داشت.

چنانچه در ترازی بالاتر از مقادیر مشخص شده در نقشه‌های اجرایی معیار توقف کوبش تامین گردد، با نظر دستگاه نظارت می‌توان در تراز بالاتر شمع‌کوبی را متوقف نمود. در این صورت، حتما باید کنترل‌های مربوط به نشست صورت گرفته و از حصول ظرفیت باربری مورد نظر با آزمایش‌هایی مانند استاتیک یا دینامیک، طبق دستورات مندرج در فصل ۶ اطمینان حاصل شود، یا قبلا روی شمع‌های آزمایشی در شرایط مشابه آزمایش‌ها انجام شده باشد.

۴-۲-۴-۴- رواداریهای مربوط به موقعیت و زاویه استقرار شمع

حداکثر فاصله افقی مجاز محور راس شمع بریده شده از مختصات تعیین شده در نقشه‌های اجرایی، بنا به نظر دستگاه نظارت و مهندس طراح، بین ۵ الی ۱۵ سانتیمتر می‌باشد. بطور معمول این فاصله در مورد شمع‌هایی که بخشی از آنها

بیرون از خاک بوده و قابل رئویت هستند، ۵ سانتیمتر و شمع‌هایی که بطور کامل در خاک مدفون می‌شوند ۱۵ سانتیمتر مجاز خواهد بود [۱۱].

پس از نصب، لبه هیچ‌یک از شمع‌ها نباید کمتر از ۱۰ سانتیمتر با لبه کلاهک بتنی مستقر بر روی آنها فاصله داشته باشد.

شمع‌ها باید طوری اجرا شوند که محور طولی شمع بیش از ۲٪ از امتداد مشخص شده منحرف نگردد [۱۲]. در مواقعی که شمع‌ها رخنمون (Expose) خواهند شد، به عنوان مثال شمع‌های نگهبان در پروژه‌های گودبرداری، بسته به ملاحظات معماری ممکن است، زاویه انحراف مجاز کاهش یابد.

هیچیک از شمع‌های منحرف شده نباید با اعمال نیروی جانبی از زمین بیرون کشیده شوند. همچنین مجاز نیست شمعی که با زاویه نامناسب کوبیده شده با اعمال نیروی جانبی به حالت صحیح بازگردانده شود.

شمع‌های مربعی باید از لحاظ زاویه استقرار مقطع، طبق نقشه‌های اجرایی کوبیده شوند. در غیر اینصورت چنانچه از نظر دستگاه نظارت و مهندس طراح مانعی نداشته باشد، مقطع می‌تواند تا ۷ درجه حول محور تقارن شمع دوران داشته باشد.

۴-۲-۵- شمع‌های بیرون‌زده

اگر شمعی بواسطه کوبش شمع‌های مجاور، از خاک بیرون زده باشد، می‌بایست در صورت لزوم بر حسب نظر دستگاه نظارت مجددا کوبیده شود. با اتخاذ تدابیر مناسب از جمله پیش‌حفاری جهت نصب شمع‌های جدید باید از وقوع چنین اتفاقی جلوگیری شود [۸].

اگر برآمدگی در شمع‌ها دیده شود باید رقوم راس شمع‌های مجاور محل کوبش با استناد به یک نقطه ثابت قرائت شود و میزان تغییرمکان راس شمع‌ها بطور متوالی مورد بررسی قرار گیرد.

چنانچه در حین کوبش، شمع‌های مجاور بیش از مقادیر زیر بیرون آمده باشند باید مجددا کوبیده شوند [۶]:

درصورتیکه مقاومت نوک غالب باشد، مقدار مجاز بیرون‌زدگی شمع‌های مجاور، برابر ۱۵ میلیمتر و چنانچه مقاومت جدار شمع غالب باشد، مقدار مجاز بیرون‌زدگی شمع‌های مجاور، معادل ۴۰ میلیمتر خواهد بود.

۴-۲-۶- تطویل شمع

هیچگاه نباید قطعات جدید روی قطعات اجرا شده مردود قرارگیرند. بخش فوقانی و جدید شمع بایستی طبق نقشه‌های تفصیلی ساخته شوند.

چنانچه تامین ظرفیت باربری مورد نیاز بدون ازدیاد طول شمع میسر نگردد، پیمانکار باید در صورت صلاحدید دستگاه نظارت طول شمع را زیاد کند.

بمنظور انجام عملیات تطویل باید یکی از روش‌های زیر مورد استفاده قرار گیرد [۸]:

الف- تطویل شمع به روش بتن‌ریزی در محل

در این صورت میله‌های آرماتور موجود در سر شمع‌ها باید در طولی معادل ۵۰ برابر قطر میله‌ها لخت شوند. آرماتورهای جدید به مقدار و طول تعیین شده توسط دستگاه نظارت بایستی اضافه گردد. میله‌ها باید حداقل در طولی معادل ۴۵ برابر حداکثر قطر میله‌ها روی هم قرار بگیرند و یا در صورت تصویب دستگاه نظارت در تمام طول با آرماتورهای بیرون آمده جوش شوند.

قالب‌بندی باید به گونه‌ای باشد تا طول اضافی شمع در امتداد شمعی که قبلا کوبیده شده است قرار گیرد. بتن مصرفی باید از نوعی باشد که برای شمع‌های پروژه تعیین شده و از طریق لرزاندن متراکم و یکپارچه گردد. قسمت تطویلی باید مرتبا در حین عمل آمدن بتن، پوشیده و مرطوب نگه داشته شود. کوبیدن مجدد شمع نباید زودتر از ۲۸ روز پس از بتن‌ریزی انجام شود.

جهت تطویل شمع‌ها، با تصویب دستگاه نظارت می‌توان از سیمان زودگیر استفاده نمود.

ب- بکاربردن اتصالات[1]:

شمع بتنی را می‌توان با تعبیه صفحات فلزی و جوشکاری، اتصالات پیچی و یا اتصالاتی که به صورت نر و ماده در دو سر شمع قرار گرفته تطویل نمود. مشخصات فنی اتصالات باید مورد تصویب دستگاه نظارت باشد. مشخصات فنی هر نوع اتصال باید به تایید دستگاه نظارت برسد.

مقاومت اتصالات در برابر کشش، خمش و فشار، حداقل باید برابر مقطع بتنی شمع باشد. درصورتیکه اتصالات در خارج از سطح زمین و یا در محدوده تغییرات تراز آب قرار می‌گیرند، بمنظور جلوگیری از زنگ‌زدگی باید سطح روی اتصالات با ترکیب رنگ و مواد محافظ مورد تصویب دستگاه نظارت پوشانده شود.

محل اتصالات حتی‌المقدور باید در مقاطعی که میزان لنگر و برش در آنها به حداقل می‌رسد، قرار گیرد.

۴-۲-۷- بریدن راس شمع

راس کلیه شمع‌ها باید در تراز مشخص شده در نقشه‌های اجرایی بریده شود. در غیر این صورت تراز نهایی راس شمع پس از برش، نباید بیش از ۴ سانتیمتر بالاتر و ۱۰ سانتیمتر پایین‌تر از تراز معرفی شده در نقشه‌ها باشد [۹].

بتن بخش باقیمانده بالای تراز مورد نظر توسط تجهیزات دستی و مکانیکی تخریب می‌گردد. در صورت اتصال شمع به پی، آرماتورهای این بخش در داخل پی امتداد یافته و یا خم می‌گردد. طول آرماتورهای بخش تخریب شده باید طول لازم برای ایجاد گیرداری به سازه فوقانی را فراهم سازد.

بکارگیری مواد منفجره جهت تخریب سر شمع‌ها جز با تصویب دستگاه نظارت مجاز نخواهد بود.

چنانچه از تجهیزاتی مانند کمپرسورهای بادی برای تخریب سر شمع استفاده می‌گردد، باید توجه نمود که در حوالی تراز مورد نظر سر شمع، ترک‌های طولی یا مورب در قسمت باقیمانده شمع ایجاد نگردد. بهتر است حدود ۱۰ الی ۲۰ سانتیمتر نهایی از وسایل برنده سبکتر که کارگر تسلط بیشتری روی آن دارد، استفاده گردد.

برش شمع‌های سانتریفیوژ باید توسط اره‌های مخصوص و مورد تایید دستگاه نظارت صورت پذیرد.

۴-۲-۸- مستندسازی عملیات کوبش از آغاز تا توقف

شمع‌های بتن مسلح پس از ساخته شدن و قبل از بلند کردن باید با علامت محو نشدنی به دقت نمره‌گذاری شده و طول و تاریخ ساخت به وضوح روی آنها نوشته شود. همچنین هر شمع باید در هر یک متر فاصله در نیمه تحتانی (به سمت نوک) و در هر ۱۰ سانتیمتر در نیمه فوقانی (به سمت راس) مدرج شود. الگوی مذکور در مورد مدرج نمودن شمع جهت ثبت نرخ نفوذ حین کوبش، می‌تواند با تجربه کارگاهی تغییر یابد.

بمنظور کنترل بهتر عملیات کوبش کلیه شمع‌ها باید کدگذاری شده و برای هریک فرم‌هایی نظیر جداول (۴-۸) و (۴-۹) تهیه گردد. در این فرم‌ها باید تمامی اطلاعات شامل مشخصات شمع، تجهیزات کوبش و ضربات کوبش[1] ثبت گردد. همچنین

1 - pile splice

منحنی تعداد ضربات برای نفوذ مشخص نسبت به عمق برای هر شمع رسم گردد. این جدول برای چکش‌های کوبشی بوده و در صورت استفاده از چکش ویبره باید تغییر یابد.

جدول ۴-۸- فرم مشخصات تجهیزات کوبش

کارفرما:	مشاور یا دستگاه نظارت:	پیمانکار:
پروژه:		
تاریخ:		
تجهیزات کوبش:		
چکش: کوبه / سندان	شماره چکش:	
	نوع چکش:	
	ابعاد چکش:	
	وزن کوبه:	
	انرژی:	
بالشتک چکش	نوع مصالح:	
	ضخامت:	
	سطح مقطع:	
	مدول الاستیسیته:	
	ضریب ارتجاعی یا بازگشت (Coefficient of Restitution)	
کلاهک شمع	وزن کلاهک:	
بالشتک شمع	نوع مصالح:	
	ضخامت:	
	مدول الاستیسیته:	
	ضریب ارتجاعی یا بازگشت (Coefficient of Restitution)	
توضیحات:		
تایید توسط:		

1 - blow counts

جدول ۴-۹- فرم مشخصات شمع بتنی پیش‌ساخته و جزئیات کوبش

کارفرما:	مشاور یا دستگاه نظارت:	پیمانکار:
پروژه:		
تاریخ کوبش:		
مشخصات شمع		
شماره شمع:		نوع سیمان:
سطح مقطع:		طرح اختلاط:
طول کل:		اسلامپ:
عمق مدفون:		تراز زمین:
ظرفیت باربری اسمی:		تراز نوک شمع:
تاریخ بتن‌ریزی:		تراز برش سر شمع:

جزئیات کوبش

عمق کوبش	تعداد ضربات	BPM[1]	عمق کوبش	تعداد ضربات	BPM

توضیحات:

تایید توسط:

۴-۲-۹- کنترل کوبش و عملیات اجرایی

کنترل و نظارت بر عملیات اجرایی شمع‌ها از آغاز ساخت شمع تا پایان کوبش و آماده نمودن سر شمع برای اتصال به کلاهک الزامی است.

1 - Blow Per Minute

۴-۲-۹-۱- شمع‌های مردود

در صورتیکه شمعی مشخصات فنی لازم را کسب ننماید ناظر به استناد بندهای ذکر شده در این مشخصات فنی می‌تواند آن را مردود اعلام نماید.

۴-۲-۹-۲- مقررات مواجهه با شمع‌های مردود قابل ترمیم

۴-۲-۹-۲-۱- هنگامیکه قالب‌های شمع‌ها بتنی پیش ساخته برداشته شد، طبق نظر ناظر و در صورت مردود نبودن شمع پیمانکار موظف است کلیه حفرات و ترک‌های احتمالی را با ملات نسبت ۱ (آب) به ۲ (سیمان) ترمیم نماید [۷].

شمع‌هایی که در محل مناسب خود کوبیده نشوند، یا راس‌شان پایین‌تر از تراز مورد نظر کوبیده شوند و یا بواسطه کوبش غلط دچار آسیب گردند در رده شمع‌های مردود قرار می‌گیرند و باید طبق نظر ناظر توسط یکی از روش‌های زیر اصلاح گردند [۱۳]:

۴-۲-۹-۲-۲- شمع مردود بیرون کشیده شده و با شمع جدیدی که در صورت نیاز ممکن است طویل‌تر هم باشد، جایگزین گردد.

۴-۲-۹-۲-۳- در مجاورت شمع مردود شمع(های) جدیدی کوبیده شود. در این حالت ممکن است لازم باشد شمع جایگزین شده با زاویه کوبیده شود تا راس شمع در محل مشخص شده در نقشه قرار گیرد.

۴-۲-۹-۲-۴- در صورت جابجا بودن شمع‌های اجرا شده (به ویژه شمع‌های کناری) و یا مردود بودن آنها، باید تحلیل سازه-ای شمع‌ها و کلاهک (فونداسیون بتنی متصل به راس شمع‌ها) مجددا کنترل یا طراحی گردد.

۴-۲-۹-۲-۵- ترک‌های ایجاد شده و قابل ترمیم باید طبق روشهای زیر اصلاح شوند [۱۳]:

- ترک‌های متقاطعی که نشاندهنده پوسته پوسته شدن بتن هستند و همچنین ترک‌های طولی و مورب غیر قابل قبول خواهند بود، مگر آنکه شمع از زیر محل ترک‌ها بریده شده و مجددا تطویل گردد یا امکان ترمیم شمع با استفاده از روشهای دیگری که مورد تایید دستگاه نظارت است، وجود داشته باشد.
- ترک‌های متقاطعی که مقدار کمی خردشدگی ناشی از کوبش را نشان می‌دهند در صورت تایید دستگاه نظارت، باید بوسیله تزریق اپوکسی ترمیم شوند. در این حالت به محض آنکه اولین آثار خردشدگی و ترک پدیدار شد، باید عملیات کوبش متوقف شده و ترک‌های مورد نظر طبق دستورالعمل‌های سازنده اپوکسی مرمت گردد.
- ترک‌های سطحی مویی به شرط اینکه در هنگام کوبش گسترش نیابند و مشکل‌ساز نگردند باعث مردود شدن شمع نخواهند بود و نیازی به ترمیم آنها نیست.

۴-۲-۱۰- نحوه محاسبه متره و برآورد و موارد پیمانی

بمنظور محاسبه متره و برآورد هزینه عملیات ساخت و نصب شمع موارد زیر به همراه واحد سنجش آنها توصیه می‌گردد:

۴-۲-۱۰-۱- ساخت شمع

- بتن‌ریزی (متر مکعب)
- اضافه بها براساس نوع بتن (درصد)

- آرماتورها (کیلوگرم)
- قالب‌بندی (متر مربع)
- عمل آوری (روز-متر مکعب)

۴-۲-۱۰-۲- نصب شمع

- حمل و نقل تجهیزات کوبش به کارگاه (کیلومتر)
- تجهیز کارگاه برای هر دستگاه (مقطوع)
- تنظیم و استقرار شمع (موقعیت)
- کوبش (متر طول)
- اضافه بهای کوبش براساس نوع خاک محل (درصد)
- اضافه بهای کوبش براساس زاویه (درصد)
- اضافه بهای کوبش در صورت استفاده از شمع پیش‌رو (متر طول)
- حمل دستگاه بمنظور پیش‌حفاری (کیلومتر)
- تجهیز کارگاه برای هر دستگاه بمنظور پیش‌حفاری (مقطوع)
- حفاری (متر طول)
- اضافه بهای حفاری براساس نوع خاک محل (درصد)
- اضافه بهای حفاری براساس قطر حفاری (درصد)
- بیرون کشیدن شمع (متر طول)
- تطویل شمع با استفاده از قطعات الحاقی (قطعه)
- بریدن شمع (مورد)

۴-۳- شمع‌های فولادی

در مواردی که طول شمع و یا سختی زمین، بکار بردن شمع فولادی را از نظر فنی و اقتصادی توجیه نماید، از شمع فلزی استفاده می‌شود [۸].

۴-۳-۱- نوع مصالح

نوع مصالح مصرفی در شمع‌های فولادی باید مطابق با استانداردهای معرفی شده در بندهای زیر و یا استانداردهای معتبر دیگر باشد.

۴-۳-۱-۱- بدنه اصلی شمع

۴-۳-۱-۱-۱- شمع‌های با مقاطع H شکل

نوع فولاد مورد استفاده باید براساس مقاومت کششی، مقاومت در برابر خوردگی و همچنین مطابق با استاندارد ASTM یا استانداردهای معتبر دیگر انتخاب شود [۱۴]. برای شرایط عادی استفاده از فولاد ASTM A 36/36 M مناسب خواهد بود [۸].

برای شمع‌هایی که در محیط‌های دریایی قرار می‌گیرند با توجه به نوع کاربری و حساسیت پروژه باید دقت نظر بیشتری ملحوظ گردد [۱۴]. در محل‌های تلاطم و جزر و مد آب، فولادهای با ویژگی‌های مشابه انواع ASTM A 690/690 M و ASTM A 588/588 M می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [۱۴].

۴-۳-۱-۱-۲- شمع‌های لوله‌ای

شمع‌های فولادی با مقاطع لوله‌ای باید بر طبق ASTM A 252 و درجه ۲ یا ۳ باشد [۶].

چنانچه به دلایل غیر قابل اجتناب داخل شمع لوله‌ای با بتن پر شود، مقاومت آن نباید کمتر از ۱۷/۳ MPa و اسلامپ آن باید بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلیمتر باشد.

۴-۳-۱-۱-۳- نوک و راس شمع

صفحات انتهایی در شمع‌های لوله‌ای نوک‌بسته باید از فولاد ASTM A 36 یا قویتر ساخته شود.

نوک شمع برای شمع‌های فولادی باید بر طبق ASTM A 27/ A 27 M، نوع ۴۵۰-۲۴۰ (۶۵-۳۵) و یا ASTM A 148/ A 148 M نوع ۶۲۰-۴۱۵ (۹۰-۶۰) باشد [۱۵].

فولاد مصرفی در کفشک نوک شمع[1] در صورت کاربرد باید بر طبق ASTM A 148 (90/60) باشد.

نوک مخروطی شکل لوله‌های فولادی باید مطابق AASHTO M 103 یا ASTM A 27 باشد [۱۶].

۴-۳-۱-۲- اتصالات شمع

الکترود مصرفی در جوشکاری باید براساس نوع فولاد، شرایط محیطی و طبق نظر دستگاه نظارت انتخاب شود.

برای جوش دادن نوک مخروطی به شمع باید از الکترود کم هیدروژن سری E70XX استفاده شود [۱۱].

کلیه جوشکاری‌های لازم برای تطویل باید با الکترود کم هیدروژن E7018 صورت گیرد.

۴-۳-۲- نکات مربوط به ساخت

۴-۳-۲-۱- تهیه پروفیل مناسب

شمع‌های فولادی باید از مقاطع H شکل یا مقاطع لوله‌ای و یا مقاطع دیگری که در نقشه‌های اجرایی مشخص شده ساخته شوند [۷].

مقاطع فولادی H شکل باید شرایط زیر را ارضا نماید: [۶]

- بعد شمع در راستای جان نباید کمتر از ۲۰۰ میلیمتر باشد.
- ضخامت اسمی جان و بال‌ها نباید کمتر از ۹/۵ میلیمتر باشد.

---

1 - cast steel shoes

سطوحی که به هم جوش می‌شوند باید صاف، تمیز و بدون چربی باشند. قطعاتی که به هم جوش می‌شوند باید تا پایان عمل جوشکاری بوسیله پیچ، گیره و یا خال جوش به یکدیگر مهار شوند [۸].

کلیه جوشکاری قطعات باید بر طبق استاندارد AWS D 1.1 یا استانداردهای معتبر دیگر صورت گیرد.

جوش‌های انجام شده باید در بررسی چشمی سالم، بدون ترک و به هم پیوسته باشند. همچنین جوش‌ها باید طبق نقشه و مشخصات بوده و در آنها فضای خالی وجود نداشته باشد.

جهت کنترل سلامت جوش‌ها می‌توان از آزمایش‌های غیرمخرب نظیر آزمایش نفوذ مایعات نافذ، آزمایش ذرات مغناطیسی و آزمایش امواج ماورا صوت استفاده نمود.

شمع‌های لوله‌ای و یا غلاف‌های فولادی می‌توانند با استفاده از جوش طولی یا جوش اسپیرالی ساخته شوند. چنانچه از جوش اسپیرالی استفاده گردد، جوش نفوذی باید به صورت کامل و لب به لب با حداکثر فاصله ۱/۶ میلیمتر انجام شود [۷].

در مورد شمع‌های لوله‌ای با قطر بیش از ۶۰ سانتیمتر (۲۴ اینچ) استفاده از جوش اسپیرالی توصیه نمی‌گردد [۷].

۴-۳-۲-۲- کفشک شمع

انتهای شمع‌های لوله‌ای نوک‌بسته باید توسط یک صفحه صاف یا یک کفشک مخروطی و یا توسط روش‌های دیگر که مورد تایید دستگاه نظارت باشد، بسته شود. حداقل ضخامت صفحه انتهایی نباید کمتر از ۱۹ میلیمتر باشد [۶].

کفشک شمع باید در هنگام کوبش در لایه‌های سخت و در مواقعی که در اسناد قرارداد یا توسط دستگاه نظارت توصیه شده مورد استفاده قرار گیرد. قطر و ضخامت این صفحات باید توسط دستگاه نظارت مشخص شود.

کفشک شمع‌های ته‌باز نباید بیش از ۱/۶ میلیمتر از قطر خارجی شمع بیرون بزند. قطر داخلی این کفشک حداقل باید به اندازه ۱۹ میلیمتر کوچکتر از قطر داخلی شمع باشد [۷].

حداقل ضخامت جان و بال کفشک شمع در محل اتصال به شمع باید معادل a برابر ضخامت جان و بال شمع باشد. ضریب a برای مصالح ASTM A 27 نوع ۶۵-۳۵ (۴۵۰-۲۴۰) برابر ۲/۰ و برای مصالح ASTM A 148 نوع ۹۰-۶۰ (۶۲۰-۴۱۵) برابر ۱/۶ می‌باشد [۱۱].

کفشک شمع باید حداقل تا ۱۳ میلیمتر در سطوح دو طرف جان و $^{1}/_{4}$ انتهایی صفحه داخلی بال امتداد یابد.

کفشک در قسمت جان باید حداقل به اندازه ۰/۲ عرض بال طویل‌تر باشد. همچنین در انتهای دو سر بال نیز این برآمدگی نباید کمتر از ضخامت کفشک در قسمت بال باشد.

کفشک باید توسط یک جوش نفوذی کامل در امتداد هر بال، به شمع متصل گردد. همچنین در کل عرض هر یک از بال‌ها نیز باید جوش پوششی انجام شود.

حداقل وزن کفشک‌ها برای شمع‌های مختلف باید مطابق با جدول ۴-۱۰ باشد:

جدول ۴-۱۰- حداقل وزن کفشک مورد نیاز برای شمع‌های فولادی H شکل با ابعاد مختلف [۱۰]

حداقل وزن کفشک (کیلوگرم)	اندازه شمع (میلیمتر)
۷	HP 200
۱۰	HP 250
۱۳	HP 310
۲۰	HP 360

۴-۳-۲-۳- محافظت در برابر خوردگی

جهت محافظت شمع در برابر خوردگی بر حسب نظر دستگاه نظارت با توجه به شرایط پروژه و توجیه اقتصادی طرح باید از یکی از روش‌هایی مانند افزایش ضخامت شمع، اندود قیری، اپوکسی، رنگ زدن، افزایش پوشش بتنی، آبکاری فلزی یا حفاظت کاتدی بهره جست.

با توجه به سرعت خوردگی در محیط و طول مدت سرویس‌دهی، می‌توان ضخامت بدنه شمع را افزایش داد. این مقدار افزایش ضخامت به ضخامت فداشونده موسوم است.

قبل از آنکه اندود کردن انجام شود، سطح فولاد باید کاملا تمیز شود [۱۱].

اندود قیری (به عنوان روش حفاظت) باید مورد تایید مشاور یا دستگاه نظارت باشد.

شمع‌های فولادی بدون کلاهک بتنی باید توسط یک اندود قیری به اندازه ۱ متر پایین و ۳۰۰ میلیمتر بالای سطح نهایی زمین پوشیده شوند. شمع‌هایی که به کلاهک بتنی متصل هستند باید تا یک متر زیر تراز کلاهک قیر اندود شوند.

اندودهای حفاظتی پایین‌تر از حداقل تراز سطح آب، با احتساب نوسانات جزر و مد و ناحیه اغتشاشی آب[1]، نیاز نخواهد بود.

- توصیه‌های فوق مربوط به شرایط متعارف زمان اجرا و تنظیم طول شمع می‌باشد.
- چنانچه شمع به مدت طولانی به علت تاخیرات اجرایی در مجاورت ساحل باقی بماند، با توجه به قابلیت بالای شرایط محیطی، باید تدابیر لازم با هماهنگی دستگاه نظارت اندیشدیده شود.
- چنانچه از عمق دقیق نفوذ شمع‌ها در خاک اطمینان وجود ندارد، باید قبل از عایقکاری و حفاظت شمع‌ها در برابر خوردگی، نسبت به تعیین عمق قابل نفوذ توسط شمع‌های آزمایشی اقدام گردد. در صورتیکه به علت شرایط اضطراری این امکان وجود نداشته باشد، لازم است نسبت به افزایش طول قسمت حفاظت شده اقدام و یا تدابیر دیگری اندیشیده شود.

۴-۳-۳- ملاحظات جابجایی و انبارکردن شمع‌ها

شمع‌ها باید به گونه‌ای انبار و جابجا شوند که دچار آسیب‌دیدگی نگردند. برای جلوگیری از آسیب‌دیدگی، شمع‌ها باید بصورت افقی بلند و جابجا شوند. شمع‌ها باید توسط کابل‌های مناسب و از نقاطی بلند شوند که کمترین تنش‌های اضافی خمشی در آنها ایجاد شود [۹].

۴-۳-۴- کوبش شمع

۴-۳-۴-۱- ملاحظات قبل از کوبش

کلیه جزئیات اجرایی شامل ابعاد، شکل و دیگر مشخصات شمع، نوع و تعداد تجهیزات کوبش، نحوه اجرا، جزئیات مربوط به وصله‌کاری و غیره قبل از شروع کار باید تهیه و به تایید دستگاه نظارت برسد. هرگونه تغییرات در نحوه اجرا، تجهیزات و ساخت شمع باید تحت نظر و تایید دستگاه نظارت صورت گیرد.

قبل از کوبش، راس کلیه شمع‌ها باید صاف و عمود بر محور طولی آنها باشد.

---

1 - splash zone

۴-۳-۴-۲- ملاحظات حین کوبش

در شروع عملیات کوبش باید نوک شمع در موقعیت صحیح خود قرار گیرد. همچنین در حین کوبش تا رسیدن به لایه سخت باید راستای شمع متناوبا با روش مناسب مورد کنترل و بازبینی قرار گیرد تا رواداری‌های مربوطه رعایت گردد.

بمنظور کوبش شمع در آب می‌توان از یکی از روشهای زیر استفاده نمود [۹]:

- شمع به اندازه‌ای بلندتر ساخته شود که در انتهای عملیات کوبش راس آن از حداکثر تراز سطح آب بیرون باشد.
- برای انتقال نیروی ناشی از ضربات کوبش به راس شمع از دنبالگر مورد تایید دستگاه نظارت استفاده گردد. در این حالت محل فرود ضربه (راس دنبالگر) باید از سطح آب بالاتر باشد.

۴-۳-۴-۳- معیارهای توقف کوبش

به بند ۴-۲-۴-۳ این مشخصات فنی مراجعه شود.

۴-۳-۴-۴- رواداری‌های مربوط به موقعیت و زاویه استقرار شمع

حداکثر فاصله افقی مجاز محور راس شمع بریده شده از مختصات تعیین شده در نقشه‌های اجرایی، بنا به نظر دستگاه نظارت و مهندس طراح، بین ۵ الی ۱۵ سانتیمتر می‌باشد. بطور معمول این فاصله در مورد شمع‌هایی که بخشی از آنها از بیرون از خاک بوده و قابل رئویت هستند، ۵ سانتیمتر و شمع‌هایی که بطور کامل در خاک مدفون می‌شوند ۱۵ سانتیمتر مجاز خواهد بود [۱۱].

پس از نصب، لبه هیچ‌یک از شمع‌ها نباید کمتر از ۱۰ سانتیمتر با لبه کلاهک بتنی فاصله داشته باشد.

شمع‌ها باید طوری نصب شوند که -محور طولی شمع بیش از ۲٪ از مقدار مشخص شده منحرف نگردد [۱۲].

در مواقعی که شمع‌ها رخنمون (Expose) خواهند شد، به عنوان مثال شمع‌های نگهبان در پروژه‌های گودبرداری، بسته به ملاحظات معماری ممکن است، زاویه انحراف مجاز کاهش یابد.

هیچیک از شمع‌های منحرف شده نباید با اعمال نیروی جانبی از زمین بیرون کشیده شوند. همچنین مجاز نیست شمعی که با زاویه نامناسب کوبیده شده با اعمال نیروی جانبی به حالت صحیح بازگردانده شود.

شمع‌های H شکل باید از لحاظ زاویه استقرار مقطع، طبق نقشه‌های اجرایی کوبیده شوند. در غیر اینصورت چنانچه از نظر دستگاه نظارت و مهندس طراح مانعی نداشته باشد، مقطع می‌تواند تا ۷ درجه حول محور تقارن شمع دوران داشته باشد [۱۴].

۴-۳-۵- شمع‌های بیرون زده

در مورد شمع‌های فولادی بیرون زده به بند ۴-۲-۵ این مشخصات فنی مراجعه شود.

۴-۳-۶- تطویل شمع

زمانیکه وصله‌کاری اجتناب ناپذیر باشد کلیه جزئیات مربوطه مانند محل، تعداد و روش اجرا باید به تایید دستگاه نظارت برسد [۶]. حتی‌المقدور محل تطویل شمع باید در مقاطعی که مقدار لنگر و برش در آنها به حداقل می‌رسد، صورت گیرد.

تا جایی که ممکن است شمع‌ها باید بصورت یکپارچه ساخته شوند. اما در شرایطی که وصله‌کاری مجاز باشد، جوشکاری باید بر طبق AWS D 1.1 و یا طبق نظر دستگاه نظارت انجام گیرد.

در اتصال شمع‌های فولادی روش جوش برقی[1] ارجح‌تر است.

هریک از قطعه‌های شمع باید طولی حداقل برابر ۳ متر داشته باشد [۷].

پیمانکار موظف است دستورالعمل جوشکاری را قبل از اجرا جهت بررسی و تایید در اختیار دستگاه نظارت قرار دهد.

در محل اتصال قطعات شمع حداقل یک جوش کامل نفوذی با فاصله حداکثر ۱/۶ میلیمتر بین دو لبه جوش لازم است.

۴-۳-۷- بریدن راس شمع

پیمانکار موظف است راس شمع‌ها را در تراز مشخص شده در نقشه‌ها یا طبق نظر دستگاه نظارت برش دهد. در غیر این صورت تراز نهایی راس شمع پس از برش، نباید بیش از ۴ سانتیمتر بالاتر و ۱۰ سانتیمتر پایین‌تر از تراز معرفی شده در نقشه‌ها باشد [۹]. چنانچه راس شمع‌های کوبیده شده پایین‌تر از تراز مورد تایید دستگاه نظارت بریده شود، پیمانکار باید شمع مورد نظر را بر حسب نظر دستگاه نظارت تعویض نماید، حتی اگر شمع بلندتری مورد نیاز باشد [۷].

۴-۳-۸- مستندسازی عملیات کوبش از آغاز تا توقف

کلیه توصیه‌های بند ۴-۲-۸ در مورد شمع‌های فولادی نیز باید رعایت شود. جهت ثبت "مشخصات تجهیزات کوبش" و "مشخصات و وضعیت کوبش" شمع‌های فولادی می‌توان از فرم‌هایی نظیر جداول ۴-۸ و ۴-۱۱ استفاده نمود.

1 - arc welding

جدول ۴-۱۱- فرم مشخصات شمع فولادی و جزئیات کوبش

کارفرما:	مشاور یا دستگاه نظارت:	پیمانکار:
پروژه:		
تاریخ کوبش:		
مشخصات شمع		
شماره شمع:		نوع فولاد:
جزئیات سطح مقطع:		نوع الکترود:
طول کل:		تراز زمین:
عمق مدفون:		تراز نوک شمع:
ظرفیت باربری اسمی:		تراز برش:

جزئیات کوبش

عمق کوبش	تعداد ضربات	BPM	عمق کوبش	تعداد ضربات	BPM

توضیحات:

تایید توسط:

۴-۳-۹- کنترل کوبش و عملیات اجرایی

کنترل و نظارت بر عملیات اجرایی شمع‌ها از آغاز ساخت تا پایان کوبش الزامی است.

۴-۳-۹-۱- شمع‌های مردود

در صورتیکه شمعی مشخصات فنی لازم را کسب ننماید ناظر به استناد بندهای ذکر شده در این مشخصات فنی می‌تواند آن را مردود اعلام نماید.

شمع‌هایی که خمیده، پیچیده و یا تغییرشکل یافته‌اند درصورتیکه بدون آسیب رساندن به مصالح شمع قابل اصلاح نباشند، جزو شمع‌های مردود می‌باشند.

۴-۳-۹-۲- مقررات مواجهه با شمع‌های مردود قابل ترمیم

اصلاح موقعیت و زاویه شمع‌ها با استفاده از اعمال نیروی جانبی مجاز نمی‌باشد.

شمع‌هایی که بواسطه ترکهای داخلی یا کوبش ناصحیح آسیب دیده باشند، باید پس از تایید دستگاه نظارت توسط یکی از روشهای زیر اصلاح شوند [۶]:

۴-۳-۹-۲-۱- تعویض شمع مردود با شمع جدید

۴-۳-۹-۲-۲- کوبیدن یک یا چند شمع جدید در مجاورت شمع مردود

۴-۳-۹-۲-۳- برش قسمت آسیب‌دیده و در صورت امکان تطویل شمع مردود

۴-۳-۹-۲-۴- افزایش عمق یا ارتفاع کلاهک بتنی جهت قرار گرفتن روی شمع‌های مدفون در صورتیکه شمع‌ها پایین‌تر از تراز مشخص شده در نقشه‌های اجرایی کوبیده شده باشند.

۴-۳-۹-۲-۵- امتداد دادن ابعاد جانبی کلاهک بتنی جهت پوشش مناسب روی گروه شمع، توسط طراحی مجدد کلاهک در مورد شمع‌هایی که در محل صحیح خود کوبیده نشده باشند.

۴-۳-۱۰- نحوه محاسبه متره و برآورد و موارد پیمانی

بمنظور محاسبه متره و برآورد هزینه عملیات ساخت و نصب شمع موارد زیر به همراه واحد سنجش آنها توصیه می‌گردد:

۴-۳-۱۰-۱- ساخت شمع

پروفیل نورد شده (متر طول)
ورق فولادی جهت ساخت شمع (کیلوگرم)
اضافه بها براساس نوع فولاد (درصد)
جوشکاری ورقهای فولادی جهت ساخت شمع یا اتصالات (متر طول)
اضافه بها براساس نوع الکترود (درصد)

۴-۳-۱۰-۲- نصب شمع

حمل و نقل دستگاه کوبش به کارگاه (کیلومتر)

تجهیز کارگاه برای هر دستگاه (مقطوع)
تنظیم و استقرار شمع (محل)
کوبش (متر طول)
اضافه بهای کوبش براساس نوع خاک محل (درصد)
اضافه بهای کوبش براساس زاویه (درصد)
حمل دستگاه بمنظور پیش‌حفاری (کیلومتر)
تجهیز کارگاه برای هر دستگاه بمنظور پیش‌حفاری (مقطوع)
حفاری (متر طول)
اضافه بهای حفاری براساس نوع خاک محل (درصد)
اضافه بهای حفاری براساس قطر حفاری (درصد)
بیرون کشیدن شمع (متر طول)
بریدن شمع (مورد)

۵

نکات اجرایی شمع‌های درجاریز

۵- نکات اجرایی شمع‌های درجاریز

۵-۱- نوع مصالح و خصوصیات مورد نیاز

۵-۱-۱- گل حفاری

گل حفاری باید ویسکوزیته کافی و خصوصیات ژلی مناسب برای تثبیت جداره‌های چاه و جلوگیری از نفوذ آب به داخل آن را داشته باشد. همچنین درصد و وزن مخصوص مواد مصرفی جهت تهیه محلول باید به اندازه‌ای باشد که امکان شستشوی مصالح حفاری و سهولت اجرای صحیح بتن‌ریزی فراهم گردد.

گل حفاری باید قبل از مصرف با آب تازه و تمیز طبق توصیه سازنده در مدت زمان کافی مخلوط گردد تا قبل از استفاده از عملیات حفاری، هیدراتاسیون لازم بخوبی صورت گیرد.

۵-۱-۱-۱- گل حفاری پلیمری

محدوده مقادیر قابل قبول خصوصیات فیزیکی گل حفاری پلیمری[1] در جدول ۵-۱ ارائه شده است.

۵-۱- محدوده مقادیر قابل قبول خصوصیات فیزیکی گل حفاری پلیمری [۱۷]

نام آزمایش	در زمان بتن‌ریزی	در زمان ساخت ملات	خصوصیات (واحد)
ترازوی دانسیته[2]	۱/۰-۱/۰۲	N/A	دانسیته (Mg/m^3)
مخروط مارش[3]	N/A	۲۰-۵۰	ویسکوزیته (sec/quart)
لزجت سنج[4]	N/A	۱/۴-۵/۷	نقطه جاری شدن[5] (Pa)
کاغذ تورنسل[6]	۸-۱۱/۷	۸-۱۱/۷	pH
روش API	۰-۱	N/A	مقدار ماسه (٪)

۵-۱-۱-۲- گل حفاری معدنی

محدوده مقادیر قابل قبول خصوصیات فیزیکی گل حفاری معدنی[7] در جدول ۵-۲ ارائه شده است. درجایی که آب زیرزمینی آلوده به مواد شیمیایی یا نمکی باشد ممکن است بجای بنتونیت از نوعی کانی رسی به نام آتاپولگیت[8] استفاده شود [۱۷].

1 - polymer slurry
2 - density balance (mod balance)
3 - marsh cone
4 - Reometer
5 - yield point
6 - pH paper
7 - mineral slurry
8 - attapulgite

۵-۲- محدوده مقادیر قابل قبول خصوصیات فیزیکی گل حفاری معدنی (بنتویت سدیم یا آتاپولگیت در آب تازه) [۱۷]

روش آزمایش	در زمان بتن‌ریزی	در زمان ساخت ملات	خصوصیات (واحد)
ترازوی دانسیته	۱/۰۳-۱/۱۸	N/A	دانسیته (Mg/m3)
مخروط مارش	N/A	۲۸-۴۵	ویسکوزیته (sec/quart)
Reometer	N/A	۰/۵-۳/۵	نقطه جاری شدن (Pa)
کاغذ تورنسل	۸-۱۰	۸-۱۰	pH
روش API	۰-۴	N/A	مقدار ماسه (٪)

۵-۱-۱-۳- آزمایش‌های کنترل گل حفاری

بمنظور کنترل کیفیت گل حفاری آزمایش‌های لازم جهت تعیین دانسیته، ویسکوزیته، pH و مقدار ماسه باید با تجهیزات مناسب انجام شود.

آزمایش‌ها زمانی انجام می‌شوند که دمای گل حفاری بیش از ۴ درجه سانتی‌گراد باشد [۱۷].

درصورتیکه نمونه‌های گل حفاری غیر قابل قبول شناخته شوند، پیمانکار باید تمهیدات لازم جهت بهبود خصوصیات مورد نیاز گل حفاری را در نظر بگیرد و تا زمانیکه نمونه‌گیری مجدد صورت نگرفته و خصوصیات مورد نظر در حد قابل قبول نباشد، نباید بتن‌ریزی انجام پذیرد [۱۷].

آزمایشهای تعیین ویسکوزیته و pH باید قبل از استفاده در عملیات حفاری انجام شوند تا کارایی مناسب گل حفاری مشخص شود. دست کم در ۸ ساعت نخست استفاده از گل حفاری باید دو سری آزمایش انجام شود و درصورتیکه نتایج رفتار مشابهی را نشان دهند تکرار آزمایش‌ها می‌تواند به یک سری در هر ۸ ساعت کاهش یابد [۱۷].

قبل از انجام بتن‌ریزی در هر چاه حفاری شده، آزمایش‌ها باید بر روی نمونه‌های اخذ شده از کف چاه صورت گیرد [۱۷]. نتایج آزمایش‌های دانسیته و مقدار ماسه از قعر چاه به لحاظ اطمینان از عدم ریزش جداره‌ها، به خصوص از لایه‌های ماسه‌ای، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حدود مجاز دانسیته و مقدار ماسه با توجه به شرایط محل، قطر و عمق چاه و سایر ملاحظات توسط دستگاه نظارت باید تعیین گردد.

۵-۱-۲- غلاف فولادی

غلاف‌های فولادی باید مطابق با استانداردهای ASTM A 252 درجه ۲ یا ۳ [۱۸]، ASHTO M 183(M)، ASTM A 36(M) [۱۵] و یا استانداردهای معتبر دیگر باشد.

شمع‌های لوله‌ای فولادی یا غلاف‌های فولادی با قطر بزرگتر یا مساوی ۳۶۰ میلیمتر باید مطابق با ASTM A 252 درجه ۳ باشد [۱۸].

تعادل کربن[1] در غلاف‌ها یا شمع‌های لوله‌ای فولادی طبق توصیه استاندارد AWS D 1.1 بخش XI5-1 نباید بیشتر از ۰/۴۵ باشد [۱۸].

مقدار سولفور موجود در فولاد شمع‌های لوله‌ای یا غلاف‌های فلزی نباید بیشتر از ۰/۰۵ درصد باشد [۱۸].

1 - carbon equivalency (CE)

قطر غلاف فولادی باید مطابق با نقشه‌های اجرایی باشد. جوش مارپیچ برای غلاف‌های فولادی با قطر بیشتر از ۶۰ سانتیمتر مجاز نمی‌باشد [۷].

در محل‌های اتصال، حداقل یک جوش نفوذی کامل بطوریکه فاصله لب به لب دو سر جوش بیش از ۱/۶ میلیمتر نباشد، لازم است [۷].

چنانچه لوله غلاف بصورت کوبشی اجرا شود، ضخامت غلاف باید به اندازه‌ای باشد که در حین کوبش دچار شکستگی یا لهیدگی نگردد و توانایی لازم جهت تحمل تنشهای کوبشی را داشته باشد. برای این منظور ضخامت لوله غلاف نباید کمتر از ۴/۷۶ میلیمتر باشد مگر آنکه در نقشه‌های اجرایی غیر از آن مشخص شده باشد [۱۹].

۵-۱-۳- بتن و مواد افزودنی

مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن مصرفی در شمع‌های درجاریز نباید کمتر از ۲۵ MPa باشد. همچنین بزرگترین بعد دانه‌ها نباید از ۲۵ میلیمتر بیشتر باشد [۱۸].

در طرح اختلاط بتن در صورت نیاز بر حسب نظر دستگاه نظارت باید از افزودنی‌های مجاز استفاده شود [۱۵].

اسلامپ مخلوط بتن در هنگام بتن‌ریزی باید در محدوده ارائه شده در جدول ۵-۳ باشد.

جدول ۵-۳- محدوده اسلامپ بتن در شمع‌های بتنی درجاریز [۱۷]

شرایط	محدوده اسلامپ (mm)
کلیه شرایط بجز زمانیکه بتن‌ریزی در زیر گل حفاری صورت گیرد	۱۷۵ ± ۲۵
زمانیکه بتن‌ریزی در زیر گل حفاری صورت گیرد	۲۰۰ ± ۲۵

۵-۱-۴- آرماتورها

آرماتورهای مسلح کننده باید مطابق با AASHTO M 31 یا ASTM M 615 (درجه ۶۰) معادل ST52 و یا استانداردهای معتبر دیگر باشد [۲۰].

۵-۲- تجهیزات و نحوه حفاری

۵-۲-۱- تجهیزات

تجهیزات مورد استفاده توسط پیمانکار باید پاسخگوی نیازهای اجرایی و طراحی باشد. همچنین این تجهیزات باید نیازهای معرفی شده در بخش‌های زیر را نیز برآورده سازد.

تجهیزات مورد استفاده باید توانایی لازم جهت حفاری چاه شمع با قطر مشخص شده را در محدوده تغییرات ۳۰ mm/m ± و همچنین قابلیت حفاری تا حداقل ۱/۲ برابر طول معرفی شده را داشته باشد [۱۷].

به عنوان یک حداقل، تجهیزات افزایش قطر[1] باید توانایی اجرای شمع مطابق با نقشه‌های قرارداد را داشته باشد. قطر نوک شمع که توسط تجهیزات پیمانکار اجرا می‌گردد نباید بیش از ۳ برابر قطر چاه شمع باشد [۱۷].

1 - under-reaming tools

درصورتیکه در حین حفاری به مصالحی برخورد شود که با تجهیزات معمولی قابل حفاری نباشد باید از تجهیزات قویتر یا تجهیزات حفاری در سنگ نظیر مته‌های کربارل مخصوص سنگ و یا مواد منفجره استفاده نمود. استفاده از مواد منفجره باید در صورت نیاز و طبق نظر دستگاه نظارت صورت گیرد [۱۷].

در صورت نیاز پیمانکار باید تمهیدات لازم جهت جدا کردن ماسه از گل حفاری را فراهم آورد. مخزن گل حفاری باید ظرفیت کافی جهت چرخش[1]، اختلاط و ذخیره را داشته باشد. هیچگاه نباید بجای مخزن از حوضچه برای گل حفاری استفاده شود مگر دستگاه نظارت بصورت کتبی اجازه آن را صادر نماید [۱۷].

پیمانکار موظف است وسایل لازم برای نمونه‌گیری از گل حفاری از مخزن و همچنین کف چاه را فراهم کرده و بمنظور کنترل‌های لازم بر روی گل حفاری، آزمایش‌های مربوطه را انجام دهد [۱۷].

۵-۲-۲- روش خشک

روش خشک[2] شامل حفاری چاه، دفع و تخلیه آب و مصالح انباشته شده ناشی از حفاری، قراردادن قفسه آرماتور و بتن-ریزی درون چاه حفاری شده است [۱۷].

روش خشک تنها درجایی باید مورد استفاده قرار گیرد که شرایط خاک و سطح آب زیرزمینی برای اجرای چاه با حفاری خشک مناسب باشد. همچنین امکان بازرسی و کنترل چشمی (یا نظری) جدار و کف چاه حفر شده قبل از انجام عملیات بتن‌ریزی وجود داشته باشد [۱۷].

دستگاه نظارت زمانیکه شرایط زیر مهیا باشد، استفاده از روش خشک را تایید خواهد نمود:

۱- جنس خاک محل باید به گونه‌ای باشد که پس از گذشت یک ساعت بدون پمپاژ، کمتر از ۳۰۰ mm آب داخل چاه حفاری شده جمع شود [۱۷].

۲- کف و جداره‌های چاه باید بدون آسیب‌دیدگی، پوسته‌شدن یا تورم به مدت چهار ساعت پایدار بماند تا بقیه مراحل اجرا کامل شود [۱۷].

۳- تمام مصالح حفاری و آب به راحتی قابل جمع‌آوری باشد [۱۷].

هنگامیکه شرایط فوق امکان‌پذیر نباشد، پیمانکار می‌تواند بجای استفاده از روش خشک از روش گل حفاری[3] یا غلاف-گذاری[4] جهت حفاری چاه شمع استفاده نماید [۱۷].

۵-۲-۳- روش استفاده از گل حفاری

روش گل حفاری در جایی استفاده می‌شود که امکان حفاری خشک و تثبیت جدار چاه حفاری شده با استفاده از روشهای دیگر تا انجام عملیات بتن‌ریزی ممکن نباشد [۱۷].

این روش شامل استفاده از گل حفاری معدنی، پلیمری و یا آب درصورت تایید دستگاه نظارت، بمنظور تثبیت جداره‌های چاه حفاری شده، و سپس جاگذاری قفسه آرماتور و بتن‌ریزی است [۱۷].

بتن‌ریزی باید از پایین به سمت بالا انجام گیرد بطوریکه گل حفاری به سمت بالا حرکت کرده و در نهایت بدون مخلوط شدن با بتن از داخل چاه شمع تخلیه گردد [۱۷].

---

1 - circulation
2 - dry construction method
3 - slurry displacement construction method
4 - casing construction method

۵-۲-۴- روش غلاف‌گذاری

روش غلاف‌گذاری زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که به واسطه عدم پایداری جداره‌ها، تغییر مکان زیاد و یا نفوذ آب اضافی استفاده از روش خشک یا روش گل حفاری به تنهایی امکان پذیر نباشد [۱۷].

در مواقعی که لازم باشد روش غلاف‌گذاری می‌تواند در ترکیب با روش خشک یا روش گل حفاری مورد استفاده قرار گیرد.

غلاف باید آب‌بند بوده و همچنین توانایی تحمل فشارهای جانبی بتن و خاک را در حین اجرا و بیرون کشیدن داشته باشد [۱۸].

غلاف باید دارای سطوح صاف، بدون اعوجاج و تمیز باشد، بطوریکه ذرات بتن سخت شده روی آن وجود نداشته باشد [۱۸].

غلاف فولادی قبل از عملیات حفاری، باید توسط دوران، فشار یا لرزش به داخل خاک رانده شود، مگر آنکه در قرارداد غلاف‌گذاری در چاه پیش‌حفاری شده، مجاز شناخته شود [۱۷].

در شرایطی که امکان داشته باشد باید غلاف فولادی بصورت یکپارچه باشد. در غیر اینصورت طبق نظر دستگاه نظارت می‌تواند بکمک جوشکاری تطویل گردد و در حین اجرا از هم‌امتداد بودن قطعات اطمینان حاصل شود. محل اتصالات باید کاملا آب‌بند باشد. قطعات مورد استفاده در تطویل باید به اندازه‌ای بالای سطح زمین باشند تا امکان بازرسی قطعات جوش شده و اتصالات در حین کوبش فراهم شود. پس از آنکه غلاف کوبیده شد باید قبل از شروع بتن‌ریزی مورد بازرسی و تایید قرار گیرد. غلافهای آسیب‌دیده و غلافهایی که بطور صحیح کوبیده نشده باشند باید طبق نظر دستگاه نظارت اصلاح شوند در غیر اینصورت باید بیرون کشیده شده و تعویض گردند [۱۵].

در صورت عدم استفاده از غلاف بلند، جهت جلوگیری از ریزش‌های موضعی خاک در لبه‌ها و دهانه چاه و همچنین هدایت قائم عملیات حفاری در شروع کار باید از غلاف‌های کوتاه به طور موقت استفاده نمود. مگر آنکه لایه فوقانی زمین دارای چسبندگی و پایداری کافی بوده و محرز باشد که در طول عملیات حفاری، نصب قفسه آرماتور و بتن‌ریزی، چند متر فوقانی حفره ریزش نخواهد داشت. در هر حال عدم استفاده از غلاف کوتاه باید با تایید دستگاه نظارت صورت گیرد.

۵-۲-۴-۱- غلاف‌گذاری موقت

کلیه غلاف‌گذاری‌ها باید بصورت موقت باشد مگر آنکه در قرارداد غلاف‌گذاری دائم مد نظر قرار گرفته باشد [۱۷].

پیمانکار موظف است غلاف را در حین انجام بتن‌ریزی، زمانیکه بتن هنوز حالت سیال دارد، از چاه بیرون بکشد [۱۷].

غلاف موقت توسط لرزه یا ضربه بیرون کشیده می‌شود به صورتی که قفسه آرماتور دچار بالازدگی[1] و مصالح بتن با خاک اطراف شمع آغشته و مخلوط[2] نگردند [۱۸].

اگر پیمانکار بخواهد غلاف موجود را با یک غلاف بلندتر یا قطورتر جایگزین نماید، باید تا انجام مراحل جایگزینی، جداره‌های چاه حفاری شده را توسط گل حفاری یا روش‌های دیگر مورد تایید دستگاه نظارت تثبیت نماید [۱۷].

غلاف‌هایی که داخل چاه شمع گیر کرده و بیرون کشیدن آنها ممکن نباشد، در رده شمع‌های معیوب قرار می‌گیرند. پیمانکار موظف است بمنظور اخذ تایید از دستگاه نظارت این شمع‌های معیوب را اصلاح نماید. اصلاح اینگونه شمع‌ها ممکن

1 - lifting
2 - contamination

است با توجه به شرایط، توسط تخلیه بتن داخل غلاف و تطویل شمع بمنظور جبران مقاومت جداری از دست رفته یا قطور نمودن شمع و یا تعویض آن صورت گیرد [۱۷].

۵-۲-۴-۲- غلاف‌گذاری دائم

غلاف‌گذاری دائم زمانی باید انجام گیرد که در قرارداد مشخص شده باشد. غلاف باید از بالاترین تا پایین‌ترین تراز مشخص شده در قرارداد بصورت ممتد یکپارچه باشد یا اتصال قطعات آن توسط جوش صورت گیرد. پس از نصب کامل غلاف، خاک داخل آن تخلیه و قفسه آرماتور درون آن جاگذاری می‌شود. سپس داخل غلاف بوسیله بتن پر می‌گردد [۱۷].

غلاف فولادی باید در تراز مشخص شده در نقشه‌های اجرایی مستقر یا طبق نظر دستگاه نظارت بریده شود [۱۵].

۵-۳- آماده‌سازی چاه حفاری‌شده

جهت جلوگیری از ایجاد دست‌خوردگی و بهم‌خوردگی در خاک اطراف شمع باید توجه لازم مبذول گردد. قسمتهایی از چاه شمع که در اثر ریزش افزایش قطر قابل توجه داشته‌اند، باید توسط ملات سیمان، بتن یا مصالح دیگر پر شده و با جلوگیری از ریزش، مجدد حفاری شوند تا قطر مشخص شده در نقشه‌های اجرایی، حاصل گردد. مصالح پرکننده قسمتهای ریزشی باید از نظر شیمیایی با بتن و فولاد سازگاری داشته، قابل حفاری بوده و از مقاومت کافی برخوردار باشد [۱۸].

۵-۴- ساخت و نصب قفسه آرماتور

قفسه آرماتور باید بلافاصله پس از تایید حفاری شمع و قبل از بتن‌ریزی درون چاه شمع قرار داده شود [۱۷].

تمامی آرماتورها باید بصورت کاملا محکم و به صورت یک قفسه واحد به یکدیگر بسته شوند، سپس بداخل غلاف (یا محل شمع) پایین رانده شوند تا بتن‌ریزی صورت گیرد. در هیچ شرایطی رها کردن آرماتورها مجاز نمی‌باشد [۷].

بمنظور کنترل وضعیت قرارگیری قفسه آرماتور و ثابت نگهداشتن آن در مرکز چاه شمع، باید در فواصل مناسب از لقمه[1] استفاده شود. فاصله بین لقمه‌ها نباید بیش از ۳ متر باشد و در هر تراز، در پیرامون مقطع ترجیحا حداقل از ۳ لقمه استفاده شود. لقمه‌ها باید از مواد مناسب و مورد تایید ساخته شده باشند تا باعث کاهش کیفیت و دوام بتن نگردند. ابعاد لقمه‌ها باید به گونه‌ای باشد که پوشش بتن روی آرماتور تامین گردد. تراز فوقانی قفسه آرماتور باید قبل و بعد از بتن‌ریزی کنترل شود و چنانچه در محدوده قابل قبول نبود اصلاح گردد [۱۷].

لقمه‌ها می‌توانند از جنس بتن یا پلاستیک‌های مقاوم باشند. نوع لقمه چرخی که خاموت یا اسپیرال از درون آن عبور نماید الزامی است، مگر آنکه نوع مناسب دیگر به تایید دستگاه نظارت برسد. عمل‌آوری مناسب باید برای لقمه‌های بتنی در نظر گرفته شود تا دچار شکستگی یا آسیب کلی نگردند.

در صورتیکه پس از قراردادن قفسه آرماتور در داخل چاه شمع و قبل از شروع بتن‌ریزی جداره‌ها دچار ریزش گردند، طبق نظر دستگاه نظارت می‌بایست قفسه آرماتور بیرون کشیده شده و کف چاه شمع مجددا تخلیه گردد [۱۸].

جهت جلوگیری از اعوجاج در قفسه آرماتور در زمان بلند کردن و نصب، توصیه می‌شود از آرماتورهای اضافی جهت بالابردن سختی و حفظ هندسه قفسه آرماتور استفاده گردد. این آرماتورهای اضافی را می‌توان هنگام قراردادن قفسه به داخل چاه، از قفسه آرماتور باز کرد و در شمع‌های دیگر مورد استفاده قرار داد.

---

1 - spacer

۵-۵- بتن‌ریزی

بتن‌ریزی باید بلافاصله پس از قراردادن قفسه آرماتور داخل چاه حفاری شده انجام شود [۱۷].

قبل از بتن‌ریزی پیمانکار موظف است داخل غلاف را از مواد باقیمانده تخلیه نماید [۷].

زمان سپری شده از محل ساخت[1] و بارگیری بتن تا محل بتن‌ریزی نباید بیش از ۹۰ دقیقه باشد. درصورت اتلاف زمان بیشتر، باید کارایی بتن به تایید دستگاه نظارت برسد.

پیمانکار موظف است بتن‌ریزی را از مرکز غلاف از پایین به بالا و بصورت ممتد و یکپارچه انجام دهد [۷].

هنگام بتن‌ریزی باید دقت کافی صورت گیرد تا بتن در تمام قسمت‌های شمع بطور یکنواخت ریخته شده و نواحی اطراف آرماتورها را بدون جابجا نمودن آنها فرا گیرد [۲۱].

در طول عملیات بتن‌ریزی، بتن قسمتهای مسلح شده باید از داخل ویبره شود مگر آنکه غیر از آن اعلام شده باشد [۱۵].

هیچگاه نباید بتن‌ریزی از ارتفاعی بیش از ۲/۵ متر بدون استفاده از لوله ترمی[2] به داخل شمع یا غلاف فولادی انجام شود [۱۸].

هنگام بتن‌ریزی باید توجه کافی مبذول گردد تا مصالح بتن دچار جداشدگی[3] نگردد و از ایجاد محفظه سنگی[4]، کرمو شدگی[5]، اتصال سرد یا ناپیوسته[6] و یا نقایص مشابه جلوگیری شود [۱۵].

بتن‌ریزی در زیر سطح آب باید با استفاده از لوله ترمی و بصورت ثقلی یا توسط پمپ بتن صورت گیرد.

لوله ترمی از یک لوله سخت که دارای طول، وزن و قطر کافی جهت تخلیه بتن در تراز کف چاه می‌باشد، ساخته شده است. لوله ترمی نباید دارای قطعات آلومینیمی که در تماس با بتن قرار می‌گیرد، باشد. قطر داخلی لوله ترمی نباید کمتر از ۲۵۰ میلیمتر باشد. سطوح داخلی و خارجی لوله ترمی باید صاف و تمیز باشد تا امکان انتقال بتن در داخل آن فراهم شده و از گرفتگی و پس‌زدگی بتن نیز جلوگیری شود. ضخامت لوله ترمی باید به اندازه کافی باشد تا اعوجاج و خمیدگی در آن ایجاد نگردد [۱۷].

لوله ترمی مورد استفاده در شمع‌هایی که با کمک گل، حفاری شده‌اند باید کاملا آب‌بند و غیر قابل نفوذ باشد. در چنین مواردی لوله ترمی باید دارای شیر یا یک درپوش[7] در بخش تحتانی باشد تا از نفوذ گل حفاری به داخل آن جلوگیری شود [۱۷].

در هنگام شروع عملیات بتن‌ریزی فاصله بین تراز پایین لوله ترمی تا نوک شمع نباید بیش از ۰/۵ متر باشد. نوک لوله ترمی در تمام مراحل بتن‌ریزی باید حداقل ۲ متر زیر سطح بتن باشد. فشار بتن داخل لوله ترمی در تمام مراحل بتن‌ریزی باید به گونه‌ای باشد که از نفوذ گل حفاری یا آب به داخل آن جلوگیری شود. چنانچه در طول مدت بتن‌ریزی، قطعات لوله ترمی از یکدیگر جدا شده و تخلیه بتن از بالای سطح بتن صورت گیرد، شمع مردود خواهد بود. در این حالت پیمانکار موظف است قفسه آرماتور و بتن را سریعا تخلیه نموده و طبق نظر دستگاه نظارت مجددا بتن‌ریزی نماید [۱۷].

---

1 - batching
2 - tremie
3 - segregation
4 - stone pocket
5 - honeycomb
6 - cold joint
7 - plug

قطر لوله پمپ نباید کوچکتر از ۱۲۵ میلیمتر بوده و باید مانند لوله ترمی دارای درپوش باشد. همچنین تمام اتصالات آن نیز باید آب‌بند باشد [۱۷].

۵-۶- بریدن راس شمع

راس کلیه شمع‌ها باید در تراز مشخص شده در نقشه‌های اجرایی بریده شود. در غیر این صورت تراز نهایی راس شمع پس از برش باید در محدوده مجاز معرفی شده قرار گیرد.

بتن بخش باقیمانده بالای تراز مورد نظر توسط تجهیزات دستی و مکانیکی تخریب می‌گردد. در صورت اتصال شمع به پی، آرماتورهای این بخش در داخل پی امتداد یافته و یا خم می‌گردد. طول آرماتورهای بخش تخریب شده باید طول لازم برای ایجاد گیرداری به سازه فوقانی را فراهم سازد.

بکارگیری مواد منفجره جهت تخریب سر شمع‌ها جز با تصویب دستگاه نظارت مجاز نخواهد بود.

چنانچه از تجهیزاتی مانند کمپرسورهای بادی برای تخریب سر شمع استفاده می‌گردد، باید توجه نمود که در حوالی تراز مورد نظر سر شمع، ترک‌های طولی یا مورب در قسمت باقیمانده شمع ایجاد نگردد. بهتر است حدود ۱۰ الی ۲۰ سانتیمتر نهایی از وسایل برنده سبکتر که کارگر تسلط بیشتری روی آن دارد، استفاده گردد.

۵-۷- دستورالعمل شناسایی و مقررات مواجهه با شمع‌های مردود و آسیب‌دیده

غلافهایی که بصورت ناصحیح کوبیده شده باشند و یا در حین کوبش دچار آسیب شده باشند، باید بیرون کشیده و با غلاف جدید جایگزین شوند. چنانچه بیرون کشیدن غلاف مردود عملی نباشد می‌بایست داخل غلاف با ماسه پر شده و در مجاورت آن غلاف جدید اجرا شود [۲۱].

در حین اجرای شمع‌های بتنی درجاریز رواداریهای زیر باید رعایت شود، مگر آنکه غیر از آن توسط دستگاه نظارت ابلاغ شده باشد [۱۷].

- راس چاه حفاری شده و آرماتوربندی هم مرکز آن باید در محدوده ۷۵ میلیمتری از مختصات مشخص شده در نقشه‌های اجرایی قرار گرفته باشد [۱۲].

- محور طولی چاه حفاری شده نباید از امتداد قائم بیش از ۴۰ میلیمتر در هر ۳ متر، انحراف داشته باشد [۱۸]. در مواقعی که شمع‌ها رخنمون (Expose) خواهند شد، به عنوان مثال شمع‌های نگهبان در پروژه‌های گودبرداری، بسته به ملاحظات معماری ممکن است، زاویه انحراف مجاز کاهش یابد.

- تراز فوقانی قفسه آرماتور نباید بیش از ۱۵۰ میلیمتر بالا و ۷۵ میلیمتر پایین تراز مشخص شده در نقشه‌های اجرایی باشد [۱۲].

- تراز راس شمع باید در محدوده ۲۵ میلیمتر بالاتر و ۷۵ میلیمتر پایین‌تر نسبت به تراز مشخص شده در نقشه‌های اجرایی قرار گیرد [۱۲].

- هنگام اجرای شمع‌های درجاریز قطورتر از ۶۰ سانتیمتر، قطر چاه حفاری شده نباید بیش از ۲/۵ سانتیمتر از مقدار مشخص شده کمتر باشد [۱۲].

- مقدار شیب در کف گودال (نوک شمع) نباید از ۶٪ تجاوز کند [۱۲].

شمع بتنی درجاریز زمانی مورد قبول خواهد بود که آخرین نتایج شکست نمونه‌های استوانه‌ای، حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه مورد نیاز را تایید نماید. زمانیکه مقاومت ۲۸ روزه بتن کمتر از مقدار مورد نیاز باشد، شمع ممکن است مردود شناخته شود مگر آنکه طبق نظر دستگاه نظارت شمع مورد قبول واقع گردد. در هر حال نباید مقاومت بتن کمتر از ۲۵ MPa باشد.

در صورت انجام آزمایش‌های یکپارچگی شمع مانند PIT[1] یا CSL[2]، باید نتایج آزمایشها پیوستگی سازه‌ای شمع را تایید نماید. مردود اعلام نمودن شمع بواسطه نتایج تست PIT مستلزم آن خواهد بود که مدارک و شواهد بطور قطعی نشان دهد نقایص و معایب موجود در شمع، عملکرد شمع را تحت بارهای سرویس مختل خواهد نمود. چنانچه نتایج آزمایش‌ها، پیچیده و یا غیر قطعی باشد، ممکن است دستگاه نظارت تهیه مغزه از قسمت مشکوک شمع و برحسب مورد انجام آزمایش‌های بارگذاری استاتیکی محوری یا جانبی را لازم بداند [۱۷].

چنانچه شمعی مردود اعلام شود، پیمانکار موظف است طرح پیشنهادی خود را جهت اصلاح یا تعویض آن به دستگاه نظارت ارائه نماید تا از نظر مکانیسم انتقال بارها و محاسبات سازه‌ای مورد تایید قرار گیرد. پس از آنکه اصلاحات پیشنهادی مورد تایید قرار گرفت، باید در نقشه‌های اجرایی اعمال گردد [۱۷].

۵-۸- نحوه محاسبه متره - برآورد و موارد پیمانی

تجهیز کارگاه – مقطوع
تهیه غلاف فولادی (دائم) – مترطول
اضافه بها براساس قطر و ضخامت – درصد
حمل دستگاه جهت کوبش غلاف فولادی – کیلومتر
کوبش یا اجرای غلاف فولادی دائم – مترطول
اضافه بهای کوبش براساس زاویه – درصد
حمل دستگاه حفاری – کیلومتر
حفاری در زمینهای آبرفتی – مترطول
اضافه بهای حفاری براساس نوع خاک – درصد
اضافه بهای حفاری براساس قطر چاه – درصد
اضافه بهای حفاری براساس زاویه – درصد
حفاری در سنگ – مترطول
اضافه بهای حفاری براساس نوع سنگ – درصد
اضافه بهای حفاری براساس قطر چاه – درصد
اضافه بهای حفاری براساس زاویه – درصد
استفاده از گل حفاری – مترطول
استفاده از غلاف موقت در حین حفاری – مترطول
تهیه آرماتور – کیلوگرم

1 - Pile Integrity Test
2 - Cross-hole Sonic Logging

آرماتوربندی – مترطول شمع
تهیه بتن – متر مکعب
اضافه بها براساس نوع سیمان – درصد
اضافه بها براساس نوع افزودنی و مقدار آن – درصد یا کیلوگرم
حمل بتن – کیلومتر
بتن‌ریزی – مترمکعب
ویبره کردن و متراکم سازی بتن – متر مکعب
تست PIT – عدد
تست CSL – عدد
تست‌های بارگذاری استاتیکی (محوری، جانبی یا کششی) - عدد

۶

آزمایش‌های شمع

۶- آزمایش‌های شمع

بطورکلی آزمایش‌های شمع بمنظور کنترل کیفیت و یکپارچگی شمع، بررسی تنش‌های کوبشی، ارزیابی تجهیزات و ملحقات کوبش، تعیین معیار توقف کوبش و تعیین ظرفیت باربری شمع صورت می‌گیرند. این آزمایش‌ها ممکن است در زمان طراحی، در حین اجرا و یا پس از اجرای شمع انجام شوند.

شمع‌های آزمایشی[1]: برحسب تشخیص و صلاحدید مشاور یا دستگاه نظارت، بر حسب شرایط ساختگاه یا پروژه، شمع‌های آزمایشی در محدوده ساختگاه اجرا و آزمایش می‌شوند. بر روی این شمع‌ها آزمایش‌های استاتیکی و دینامیکی به منظور تدقیق ظرفیت باربری طرح، ارزیابی روش و تجهیزات اجرا، تدقیق طول مورد نیاز و قابل اجرا و سایر جنبه‌های اجرایی بر حسب تشخیص دستگاه نظارت انجام می‌گردد.

شمع‌های اجرایی[2]: تعدادی از شمع‌های اصلی در زمان اجرا آزمایش بارگذاری یا کنترل یکپارچگی می‌شوند. تعداد یا درصد آزمایش‌ها و نوع آنها را می‌توان در اسناد قرارداد مربوط به اجرا منعکس کرد. تعداد این آزمایش‌ها و معرفی شمع‌های مربوطه برای آزمایش باید بر اساس یافته‌های ثبت شده در زمان اجرا و تشخیص دستگاه نظارت تدقیق و نهایی گردد.

برنامه‌ریزی شمع‌های آزمایشی باید توسط مشاور طراح و یا دستگاه نظارت مشخص شود، اما به عنوان یک معیار حداقل، دو آزمایش دینامیکی که بر روی حداقل یکی از آنها آنالیز انطباق سیگنال[3] مانند CAPWAP صورت گرفته باشد، پیشنهاد می‌گردد [۲۲]. بر اساس اهمیت پروژه و نحوه بارگذاری شمع‌ها، تعداد شمع‌های آزمایشی و تست‌های استاتیکی و دینامیکی بر حسب نظر مشاور یا دستگاه نظارت تعیین می‌شود [۲۳].

ظرفیت باربری نهایی شمع توسط مشاور و به کمک روش‌های مشخص شده در قرارداد تعیین خواهد شد [۶].

۶-۱- آزمایش کنترل یکپارچگی و کیفیت شمع اجرا شده

جهت کنترل یکپارچگی و کیفیت شمع‌های بتنی در صورت اعلام دستگاه نظارت باید آزمایش‌هایی مانند "آزمایش دینامیک کرنش پایین"[4] (PIT) یا "انتشار امواج بین گمانه‌ای"[5] (CSL) انجام گردد.

این آزمایش‌ها حداقل باید پس از گذشت ۷۲ ساعت از اتمام بتن‌ریزی یا پس از رسیدن مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن به حداقل ۱۷/۵ MPa، انجام گیرد. لذا در این مدت باید شمع‌هایی که نیاز به آزمایش PIT دارند مشخص شود [۲۰].

۶-۲- روابط و تحلیل‌های دینامیکی

۶-۲-۱- روابط دینامیکی

هنگامیکه از "روابط دینامیکی"[6] استفاده می‌شود، این روابط باید در اسناد قرارداد مشخص شوند [۶]. فهرستی از روابط متداول مختلف در مراجع [۵] و [۲۳] ارائه شده است.

1- test piles
2 -working piles (or construction piles)
3 - signal matching analysis
4 - low-strain dynamic test (pile integrity test)
5 - crosshole sonic logging
6 - dynamic formula

در مواقعی که ظرفیت باربری نهایی مورد نیاز بیش از ۲۲۵ تن باشد، نباید از روابط دینامیکی استفاده گردد. تنها زمانی استفاده از روابط دینامیکی مجاز خواهد بود که:

- راس شمع دچار له‌شدگی و یا آسیب‌های دیگر نشده باشد [۶].
- از دنبالگر در عملیات نصب شمع استفاده نشده باشد [۶].

به هر حال باید توجه داشت که استفاده از روابط دینامیکی برای پیش‌بینی ظرفیت باربری اطمینان‌بخش نبوده و لازم است متغیرهای ورودی آن به وسیله آزمایش بارگذاری کالیبره شود. استفاده از نظر کارشناسان با تجربه و آشنا به منطقه اجرا که از تجهیزات معینی استفاده نموده و اطلاعات مفیدی برای متغیرهای ورودی دارند ضروری است.

به جای استفاده از روابط دینامیکی استفاده از تحلیل معادله موج توصیه می‌گردد.

۶-۲-۲- تحلیل معادله موج

زمانیکه در اسناد قرارداد ذکر شده باشد، دستگاه نظارت باید با استفاده از تحلیل معادله موج، معیار توقف کوبش را تعیین نماید. خصوصیات خاک و شمع که در این محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرد باید یا در اسناد قرارداد مشخص شده باشد و یا توسط دستگاه نظارت تعیین گردد [۶].

پیمانکار موظف است اطلاعات مورد نیاز دستگاه نظارت در خصوص تجهیزات پیشنهادی به عنوان سیستم کوبش را جهت انجام تحلیل معادله موج ارائه نماید [۶].

چنانچه دستگاه نظارت اعلام نماید، پیمانکار موظف است انرژی انتقال یافته به شمع در حین عملیات کوبش را به وسیله قرار دادن بالشتک اضافی یا کاستن بازده چکش کاهش دهد تا تنش‌های کوبشی وارده در محدوده قابل قبولی باقی بماند [۶].

۶-۳- آزمایش بارگذاری دینامیکی

"آزمایش‌های دینامیکی شمع با کرنش بالا"[1] (PDA) باید مطابق با استانداردهای معتبر مانند ASTM D 4945 انجام پذیرد. پیمانکار موظف است تجهیزات و ملحقات مورد نیاز و همچنین کوبش شمع را طبق نظر دستگاه نظارت تهیه و انجام دهد [۶].

چنانچه در آزمایش دینامیکی شمع مشخص شود کوبش بصورت محوری و متوازن صورت نمی‌گیرد، پیمانکار موظف است فورا نسبت به اصلاح سیستم کوبش اقدام نماید [۶].

آزمایش دینامیکی شمع می‌تواند همزمان با عملیات کوبش شمع (شرایط کوبش اولیه) و در صورت لزوم پس از گذشت بازه زمانی مشخص شده در اسناد قرارداد بر طبق نظر دستگاه نظارت (در شرایط کوبش مجدد[2]) انجام شود. در مورد شمع‌های آزمایشی توصیه می‌شود آزمایش‌های دینامیکی در هر دو شرایط کوبش اولیه و کوبش مجدد انجام گیرد. اما در مورد شمع‌های اصلی می‌توان آزمایش‌های دینامیکی را بسته به نظر دستگاه نظارت در یکی از شرایط مذکور انجام داد.

لازم است چکش قبل از شروع کوبش مجدد گرم شود. عملیات کوبش مجدد باید تا رسیدن به حداکثر ۷۵ میلیمتر نفوذ و یا حداکثر ۲۰ ضربه چکش، هر کدام که زودتر رخ دهد، ادامه یابد [۶].

---

1 - high-strain dynamic test (pile driving analyzer)
2 - restrike

در گزارش آزمایش بارگذاری دینامیکی، نوع چکش و ملحقات کوبش، انرژی حاصل از کوبش در ضربات مختلف، تنش‌های حداکثر فشاری و کششی حاصل از کوبش، ظرفیت باربری نوک و جدار شمع، متغیرهای میرایی و حداکثر تغییر مکان ارتجاعی[1] برای جدار و نوک شمع باید درج گردند.

چنانچه چکش مورد استفاده برای کوبش شمع‌ها توان کافی برای فعال نمودن ظرفیت کامل شمع‌ها در زمان آزمایش کوبش مجدد را نداشته باشد، بنا به توصیه دستگاه نظارت باید از چکش سنگین‌تر استفاده نمود. برای فعال نمودن ظرفیت باربری نهایی شمع تغییر مکان ماندگار[2] به ازای هر ضربه معادل ۲ الی ۵ میلیمتر مورد نیاز است.

برای شمع‌های درجاریز و یا شمع‌های کوبشی با ابعاد بالا باید از روش "وزنه سنگین رها شونده" استفاده گردد. چنین آزمایشی بسته به نوع بالشتک سر شمع می‌تواند "تست دینامیک شمع" یا "آزمایش بارگذاری سریع"[3] محسوب گردد. وزن کوبه و ارتفاع سقوط باید توسط روش تحلیل معادله موج ارزیابی گردد.

۶-۴- آزمایش بارگذاری استاتیکی

آزمایش‌های بارگذاری فشاری محوری باید بر اساس بخش‌نامه شماره ۱۱/۱۹۹۸۰ مورخ ۸۵/۱۰/۲ [۲۲] یا استانداردهای معتبر دیگر مانند ASTM D 1143 انجام شود. آزمایش باید تا مرحله گسیختگی نهایی یا حداقل ۱/۵ الی ۲ برابر ظرفیت باربری نهایی اسمی مورد نیاز و یا مقدار بار مشخص شده در قرارداد، طبق نظر دستگاه نظارت، ادامه یابد [۶].

کلیه مدارک و جزئیات پیشنهادی جهت تامین مقدمات و انجام بارگذاری باید برای اخذ تایید در اختیار دستگاه نظارت قرار گیرد. مدارک باید شامل برگه کالیبراسیون جک هیدرولیکی، نیرو سنج[4] ، گیج فشار[5] و گیج‌های اندازه‌گیری تغییرمکان باشد [۶].

در زمانیکه از شمع‌های دائم در خود پروژه به عنوان شمع‌های مهار جهت ایجاد نیروی عکس‌العمل استفاده شود، این شمع‌ها باید حتی‌الامکان از نظر ابعاد، موقعیت قرار گیری و نحوه اجرا طبق نقشه‌های اجرایی نصب گردند [۶].

روش تعیین میزان ظرفیت باربری شمع از نتایج آزمایش بارگذاری استاتیکی باید مطابق مدارک قرارداد یا طبق نظر دستگاه نظارت باشد.

بر حسب نظر دستگاه نظارت ممکن است برخی از شمع‌ها بصورت کششی طبق استانداردهای معتبر مانند ASTM D 3689 و یا بصورت جانبی طبق استانداردی مانند ASTM D 3966 آزمایش شوند [۶].

آزمایش بارگذاری نباید زودتر از ۴۸ ساعت پس از کوبش شمع آزمایشی و یا شمع‌های مهار[6] انجام شود، مگر در مواردی که غیر از آن توسط دستگاه نظارت اعلام گردد [۹].

آزمایش بارگذاری بر روی شمع‌های درجا نباید تا رسیدن مقاومت فشاری بتن به MPa ۲۳/۵ آغاز شود. پیمانکار می‌تواند جهت جلوگیری از ایجاد تاخیر در زمان آزمایش از بتن زودگیر استفاده نماید [۹].

بارگذاری شمع‌های آزمایشی باید طبق نظر دستگاه نظارت صورت گیرد. سیستم سربار جهت انجام آزمایش بارگذاری باید به گونه‌ای باشد که ماکزیمم بار وارده به شمع همراه با یک ضریب اطمینان کافی بر حسب نظر دستگاه نظارت را تامین

1 - quake
2 - set
3 - rapid load test
4 - load cell
5 - pressure gage
6 - reaction pile

نماید. در هنگام آماده سازی و نصب تجهیزات و همچنین در حین انجام آزمایش بارگذاری باید کلیه تمهیدات لازم جهت حصول ایمنی کافی در نظر گرفته شود.

۶-۵- نحوه استقرار میله‌های شاخص در شمع

جهت تعیین توزیع بار در طول شمع و یا تفکیک مقاومت نوک و جدار شمع می‌توان از میله‌های شاخص[1] و یا انواع دیگر روش‌های ابزاربندی استفاده نمود. میله‌های شاخص باید طوری درون لوله قرار گیرند که هیچ تنش اضافی به آنها وارد نگردد. میله‌های شاخص باید کاملا روغنکاری شود تا از ایجاد اصطکاک و خوردگی جلوگیری شود. میله‌های شاخص باید تا تراز مشخص شده در نقشه‌های اجرایی و یا تراز مورد نظر دستگاه نظارت ادامه یابند. گیج‌ها باید توانایی اندازه‌گیری حداقل ۲۵ میلیمتر تغییر مکان را داشته و دقتشان نباید از ۰/۰۲۵ میلیمتر کمتر باشد.

1 - tell tale

۷

ملاحظات زیست‌محیطی

۷- ملاحظات زیست‌محیطی

به منظور کاهش اثرات زیست محیطی و آسیب‌های احتمالی ناشی از عملیات شمع‌کوبی بر محیط اطراف باید فواصلی به عنوان مقادیر حداقل از مناطق مسکونی، بیمارستان‌ها، ساختمان‌های عمومی و صنعتی و ساختمان‌های دارای تاسیسات حساس، تعیین و رعایت گردد. تعیین این فواصل به انرژی چکش، طول و ابعاد شمع و همچنین جنس لایه‌های خاک بستگی خواهد داشت. علاوه بر این باید به میزان ارتعاش حاصله از عملیات شمع‌کوبی نیز توجه شود و در صورت لزوم با نصب ابزار دقیق مانند ژئوفون در فواصل مشخص نسبت به کنترل میزان ارتعاشات اقدام نمود.

شمع‌های بتنی پیش‌ساخته باید به گونه‌ای طراحی شوند که بخش دورریز آن به حداقل برسد. قسمت اضافی و دور ریز شمع‌ها باید توسط پیمانکار به مکان مناسب انتقال داده شود.

در انتخاب گل حفاری باید ملاحظات زیست محیطی در نظر گرفته شود تا میزان آلودگی‌های مضر به حداقل یا مقادیر مجاز معرفی شده توسط سازمان‌های مربوطه محدود گردد.

هنگام استفاده از گل حفاری پلیمری باید به اثرات احتمالی آن بر آب زیرزمینی توجه شود. گل حفاری پلیمری قبل از دفع باید خنثی سازی شود [۱۷].

گل حفاری مصرفی پس از اجرای شمع‌های بتنی درجاریز باید با روش مناسب به محل مورد تایید سازمان‌های ذیربط مانند شهرداری منطقه انتقال داده شود.

هنگام شمع‌کوبی در اسکله‌ها و در مجاورت آب چنانچه وقفه‌ای پیش آید، برای جلوگیری از مرگ و میر ماهیان باید در آغاز کوبش مجدد، ضربات به طور آرام نواخته و به تدریج به حالت معمولی برسد.

در انتخاب طول شمع‌ها، علاوه بر مسائل فنی، توجه به این نکته ضروری است که اجرای عملیات شمع‌کوبی یا شمع‌ریزی با شکافتن لایه‌های خاک نفوذ ناپذیر باعث انتشار و انتقال آلودگی در دیگر لایه‌ها نگردد.

در صورت کار توام با سر و صدای عملیات شمع‌کوبی در محیط‌های شهری، باید ملاحظات مربوط به ساعات کار مجاز (که معمولا توسط شهرداری منطقه تعیین می‌گردد) درنظر گرفته شود.

در عملیات شمع‌کوبی، چنانچه مقررات بهزیستی محلی (جهت جلوگیری از آسیب‌های احتمالی ناشی از آلودگی‌های صوتی) برای پرسنل اجرایی محدودیت‌های ساعات کاری منظور کرده باشد، باید از دو شیفت پرسنل مجزا استفاده شود.

۸

اصول ایمنی در مراحل مختلف اجرای شمع

۸- اصول ایمنی در مراحل مختلف اجرای شمع

در زمان اجرای شمع‌ها، بخصوص شمع‌های کوبشی پیمانکار موظف است کلیه شرایط لازم جهت تامین ایمنی کافی را فراهم نماید. کلیه پرسنل کارگاه باید از کفش و کلاه ایمنی استفاده نموده و نسبت به خطرات احتمالی مانند سقوط شمع هنگام جابجایی، پاره شدن کابل‌های جرثقیل و ریزش روغن داغ بخصوص از چکش دیزلی آگاه شوند.

در حین اجرای شمع‌های کوبشی و درجا لازم است جهت پیشگیری از حوادث ناشی از واژگونی شمع‌کوب یا شمع و همچنین جلوگیری از رفت و آمدهای غیر ضروری افراد غیر مسئول، با استفاده از نوار خطر حریم ایمن مشخص شود.

پیمانکار موظف است نسبت به تامین جعبه کمک‌های اولیه به تعداد کافی در کارگاه اقدام نماید. همچنین وجود کپسول آتش‌نشانی نیز در کارگاه الزامی است. چنانچه در حین کوبش بالشتک شمع مشتعل شود و یا دود کند، باید بلافاصله خاموش شده و به محل مناسب منتقل شود.

شمع‌های بتنی پیش‌ساخته باید حتی الامکان در کمترین فاصله از کارگاه ساخته شوند تا فاصله حمل و نقل آنها به حداقل برسد. در زمان حمل شمع‌ها باید توجه شود تا مقدار طول بیرون مانده از وسیله نقلیه باعث ایجاد خطر نگردد.

موقع تخریب شمع‌های بتنی به علت پراکنده شدن گرد و غبار سیمانی باید از ماسک و عینک مناسب استفاده شود تا از بروز آسیب‌های تنفسی و غیره جلوگیری شود.

در حین عملیات کوبش باید به منظور جلوگیری از آسیب‌های ناشی از آلودگی صوتی از گوشی مناسب استفاده گردد.

هنگام انجام آزمایش‌های بارگذاری پیمانکار موظف است از روش و تجهیزات با ایمنی مناسب استفاده نماید. جهت جلوگیری از سقوط یا لغزش تجهیزات در حین کاهش بار به هر علتی می‌بایست تکیه‌گاه کافی برای استقرار صفحات اعمال بار[1]، جک و وسایل فرعی دیگر در نظر گرفته شود [۶]. علاوه بر این باید نکات زیر که در استاندارد ASTM D 1143 به آن اشاره شده نیز رعایت شود:

- محدوده اطراف شمع و استقرار فریم بارگذاری باید از وجود ضایعات، قطعات چوب یا فلز و همچنین تجمع روغن، گریس، برف و یخ و سایر مواد لغزنده پاک شود.
- قطعاتی که به منظور انتقال نیرو در بالا و یا در زیر جک (یا جک‌ها) قرار می‌گیرند باید صاف و بدون خمیدگی باشند تا درگیری لازم ایجاد شود و هنگام باربرداری دچار لغزش یا سقوط نگردند.
- جک (یا جک‌ها) باید بطور متقارن و متمرکز بر روی راس شمع مستقر شوند.
- چنانچه بیش از یک جک مورد استفاده قرار خواهد گرفت لازم است، از عملکرد صحیح و انتقال همزمان سیستم هدایت روغن به داخل جک‌ها اطمینان حاصل شود تا بارگذاری بطور متقارن انجام شود.
- هنگام چیدن سربار بر روی فریم بارگذاری باید دقت کافی صورت گیرد و از عبور و مرور افراد متفرقه جلوگیری شود. همچنین باید از کفایت ظرفیت جرثقیل، مناسب بودن موقعیت استقرار آن، وضعیت و کیفیت کابل‌ها و اتصالات مربوطه جهت بلند کردن و جابجایی سربار اطمینان حاصل شود.
- کلیه اتصالات شمع‌های مهاری به فریم باید با ضریب اطمینان کافی طراحی شود تا در هنگام تست دچار گسیختگی نگردند. همچنین جهت نصب اتصالات شمع‌های مهاری به فریم باید شرایط و تمهیدات لازم برای استقرار مناسب پرسنل مربوطه در نظر گرفته شود. پرسنل نصب نیز باید قبلا از خطرات احتمالی آگاه و توجیه شوند.

1- load test plates

- درصورت انجام تست بر روی شمع‌های مایل کلیه تجهیزات، فریم، جک (یا جک‌ها) و سایر ملحقات باید بطور مناسب در جای خود ثابت شوند تا از لغزش آنها هنگام باربرداری جلوگیری شود.
- پس از چیدن سربار و قبل از شروع تست باید از تقارن و تراز بودن سربار بر روی فریم اطمینان حاصل گردد. همچنین درطول عملیات تست نیز باید به فواصل متوالی تراز بودن سربار کنترل شود تا از واژگونی آن جلوگیری شود.
- در تست استاتیک به روش شمع یا مهاری‌های عکس‌العمل باید از متوازن بودن و تراز بودن کلیه فریم‌ها، کابل‌ها یا میلگردهای کششی و سایر قطعات و اتصالات پس از هر مرحله اعمال بار، اطمینان حاصل گردد.

فهرست مراجع

فهرست مراجع

[۱] فخاریان، کاظم و اسلامی، ابوالفضل، ۱۳۸۴. ظرفیت باربری محوری شمع‌ها، وزارت راه و ترابری- معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل و نقل، ۲۴۱ صفحه.

[2] Canadian Foundation Engineering Manual, CFEM, 2006. Fourth Edition, Canadian Geotechnical Society, BiTech. Publishers, Vancouver, 512 p.

[3] Tomlinson, M.J., 1994. Pile design and construction practice, Fourth Edition, E&FN Spon.

[۴] مقررات ملی ساختمانی ایران، مبحث ۷ پی و پی‌سازی، ویرایش سوم ۱۳۹۲. دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان، ۶۹ صفحه.

[5] Bowles, J. E., 1996. Foundation analysis and design, Fifth Edition, Mc Graw-Hill.

[6] Installation Specification for Driven Piles, 2007. PDCA Specification 102-07, Pile Driving Contractors Association, FL, USA, 35 p.

[7] Standard Specifications for Road, Bridge and Municipal Construction, 2006. Washington State Department of Transportation (WSDOT), USA.

[۸] مشخصات فنی عمومی راه، نشریه شماره ۱۰۱، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی.

[9] Standard Specifications and Supplements, 2004. Section 455, Structures Foundations, FHWA, Florida, USA.

[10] Standard Specifications and Supplements, 1997. Section 512, Piling, FHWA, Illinois, USA.

[11] Standard Specifications and Supplements, 2004. Section 702, Load Bearing Piles, FHWA, Missouri, USA.

[12] AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, 2004. Second Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials. (ISBN: 1-56051-264-4)

[13] Standard Specifications and Supplements, 2000. Section 804, Driven Piles, FHWA, Louisiana, USA.

[14] Unified Facilities Guide Specifications (UFGS 31 62 16.16), 2006. Section 31 62 16.16 Steel H-Piles, NAVFAC.

[15] Standard Specifications and Supplements, 2002. Section 510, Bearing Piles, FHWA, New Hampshire, USA.

[16] Standard Specifications and Supplements, 1989. Section 615, Piling, FHWA, Puerto Rico, USA.

[17] Standard Specifications and Supplements, 2000. Section 502, Drilled Shaft Concrete Bearing Piles, FHWA, New Mexico, USA.

[18] Standard Specifications and Supplements, 2002. Section 49, Piling, FHWA, California, USA.

[19] Standard Specifications and Supplements, 2002. Section 720, Piles, FHWA, New York, USA.

[20] Standard Specifications and Supplements, 2000. Section 712, Drilled Shafts and Drilled Pile Foundations, FHWA, South Carolina, USA.

[21] Standard Specifications and Supplements, 1999. Section 7.02, Piles, FHWA, Connecticut, USA.

[۲۲] فخاریان، کاظم، ۱۳۸۵. دستورالعمل آزمایش استاتیکی شمع‌ها، وزارت راه و ترابری- معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل و نقل، ۴۰ صفحه.

[۲۳]فخاریان، کاظم و فیضی، شهرام، ۱۳۸۶. آزمایش‌ها و تحلیل‌های دینامیکی در طراحی و اجرای شمع‌ها، وزارت راه و ترابری- معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۳ صفحه.

فهرست واژگان کلیدی

فهرست واژگان کلیدی

کوبه (Ram)

وزنه سقوط کننده جهت کوبیدن و اجرای شمع‌های کوبشی

چکش سقوطی (Drop Hammer)

نوعی چکش که کوبه آن توسط چرثقیل یا تجهیزات مشابه دیگر بلند شده بر روی شمع رها می‌گردد.

چکش هوا/بخار یک طرفه (Single Acting Air/Steam Hammer)

در این نوع چکش انتهای پیستون آزاد بوده لذا کوبه تنها با نیروی ثقلی وزن خود به شمع ضربه می‌زند.

چکش هوا/بخار دو طرفه (Double Acting Air/Steam Hammer)

در این نوع چکش انتهای پیستون آزاد نبوده و کوبه با مجموع نیروهای ثقلی و نیروی اعمالی از انتهای پیستون به شمع ضربه می‌زند.

چکش دیزلی (Diesel Hammer)

در این نوع چکش نیروی محرکه برای بلندکردن کوبه احتراق سوخت گازوئیل می‌باشد.

چکش هیدرولیکی (Hydraulic Hammer)

در این نوع چکش نیروی محرکه برای بلندکردن کوبه توسط جک هیدرولیکی تامین می‌شود.

چکش لرزاننده (Vibratory Hammer)

نوعی چکش که با استفاده از لرزش شمع را به داخل خاک می‌راند.

ضریب کارایی چکش (Hammer Efficiency)

نسبت انرژی وارده چکش (به شمع) به انرژی اسمی آن

حد پس‌زدگی (Refusal)

چنانچه نرخ نفوذ به ازای هر ضربه از مقدار مشخصی (مثلا ۱ یا ۲ میلیمتر) کمتر شود به آن حد پس‌زدگی گفته می‌شود.

سندان (Anvil)

یک ورق ضخیم فولادی که بین کوبه و بالشتک چکش به منظور پخش یکنواخت ضربه و جلوگیری از آسیب به کوبه استفاده می‌گردد.

بالشتک چکش (Hammer Cushion)

قطعه‌ای که جهت مستهلک نمودن انرژی و جلوگیری از آسیب رسیدن به چکش بر روی کلاهک قرار می‌گیرد.

کلاهک (Helmet)

قطعه‌ای فلزی که بر روی راس شمع قرار گرفته و به منظور متمرکز نمودن ضربه به کار می‌رود.

بالشتک شمع (Pile Cushion)

قطعه‌ای معمولا چوبی که به منظور مستهلک نمودن انرژی و جلوگیری از آسیب‌دیدگی شمع بتنی بر روی آن و زیر کلاهک قرار می‌گیرد.

هادی (Lead)

جزئی از سیستم کوبش که حرکت چکش را در راستای کوبش مقید و محدود می‌کند.

دنبالگر (Follower)

عضوی معمولا فلزی که جهت پر نمودن فاصله بین کلاهک و شمع و همچنین انتقال نیروی حاصل از ضربه به راس شمع مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولا برای کوبش شمع در زیر تراز استقرار چکش بکار می‌رود.

حداکثر مقاومت در حین کوبش (Maximum Driving Resistance)

حداکثر مقاومت دینامیکی شمع در حین کوبش که می‌تواند با آزمایشی مانند PDA تعیین گردد.

میله‌های شاخص (Tell Tale)

اعضایی که به منظور ابزاربندی در طول شمع استفاده می‌شوند. به کمک این میله‌ها تعیین تغییرمکان نسبی شمع در نقاط مختلف محور طولی آن و در نتیجه محاسبه توزیع نیروی محوری در المان شمع امکانپذیر می‌گردد.

مخزن گل حفاری (Drilling Mud Tank)

مخزنی که در آن گل مورد نیاز حفاری عمل‌آوری، ذخیره و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شمع آزمایشی (Test Pile)

شمع‌هایی که به منظور تدقیق ظرفیت باربری و سایر اطلاعات لازم قبل از اجرای شمع‌های اصلی پروژه در محدوده ساختگاه اجرا شده و یک یا چند نوع آزمایش (دینامیکی یا استاتیکی) بر روی آنها انجام می‌پذیرد.

شمع اجرائی (Working Pile or Construction Pile)

شمع‌های اصلی اجرایی پروژه هستند. بر روی تعدادی از این شمع‌ها، به منظور کنترل ظرفیت یا کیفیت اجرا بر حسب اسناد پیمان یا نظر دستگاه نظارت، تست‌های بارگذاری استاتیک، دینامیک یا PIT انجام می‌شود.

آزمایش PIT (Pile Integrity Test)

آزمایشی است که به نام آزمایش دینامیکی کرنش پائین نیز مصطلح بوده و با انتشار امواج در طول شمع و ثبت انعکاسات آن یکپارچگی و کیفیت شمع اجرا شده را بررسی می‌نمایند. آزمایش بیشتر در شمع‌های بتنی درجاریز کاربرد دارد.

آزمایش CLS (Cross-hole Sonic Test)

آزمایشی برای کنترل کیفیت شمع بتنی اجرا شده که با نصب سنسورهایی در لوله‌های PVC از پیش نصب شده در امتداد طولی شمع و ارسال امواج در جهت عرضی شمع شرایط یکپارچگی بررسی می‌گردد.

روابط دینامیکی (Dynamic Formula)

روابط و فرمول‌های تئوری و تجربی که بر اساس میزان نرخ نفوذ شمع به ازا هر ضربه در حین کوبش، برآوردی از ظرفیت باربری ارائه می‌دهد. فهرستی از روابط مختلف در مراجع [5] و [23] ارائه شده است. دقت این روابط به نسبت پائین بوده و به تجربیات محلی وابسته است.

تحلیل معادله موج (Wave Equation Analysis)

روش عددی که برای رفع نقصان‌های روابط دینامیکی ارائه شده و با استفاده از این تحلیل می‌توان گراف باربری (Bearing Graph) برای شمع ارائه نمود. این گراف در واقع منحنی ظرفیت باربری نسبت به نرخ نفوذ شمع در کوبش را نشان می‌دهد. همچنین می‌توان برآوردی از تنش‌های فشاری و کوبشی و همچنین زمان و تعداد ضربات لازم برای استقرار شمع ارائه نمود.

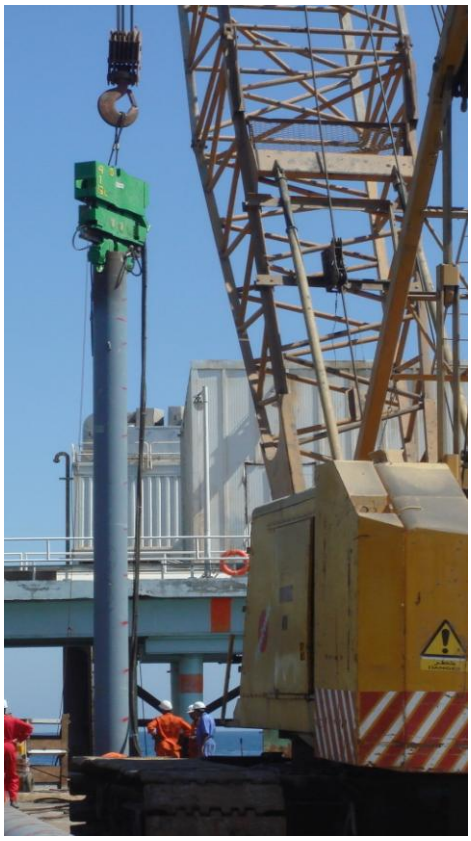
آزمایش بارگذاری دینامیکی یا PDA (Pile Driving Analyzer)

آزمایشی است که به آزمایش دینامیک کرنش بالا نیز مصطلح بوده و با نصب چهار الی هشت گیج اندازه‌گیری کرنش و شتاب در نزدیکی راس شمع در حین کوبش می‌توان اطلاعاتی را از قبیل ظرفیت باربری شمع، تنش‌های کششی و فشاری در شمع، راندمان چکش، و صحت و سلامت شمع حاصل نمود.

پیوست الف

تصاویری از پروژه‌های اجرایی





شکل الف-۱- انواع چکش‌های دیزلی (تصویر بالا راست)، هیدرولیکی (تصویر بالا چپ) و لرزاننده (تصویر پایین)





شکل الف-۲- همانطور که در تصویر سمت راست ملاحظه می‌گردد، افزایش بیش از حد قطر کلاهک نسبت به قطر شمع باعث شـده تـا کلاهـک بطور مناسب بر روی شمع مستقر نگردد. این عدم تطابق منجر به ایجاد تمرکز تنش و در نتیجه شکستگی راس شمع شده است.





شکل الف-۳- در تصویر سمت راست نمونه‌ای از تخته‌های چهارتراش رایج که به عنوان بالشتک شمع (Pile Cushion) مورد استفاده قرار می-گیرد، نشان داده شده است. لازم به ذکر است نوع مذکور به علت عدم امکان توزیع متوازن و یکنواخت تنش در راس شمع مورد قبول نمی‌باشد. در مقابل در تصویر سمت چپ نمونه قابل قبول (از تخته ۵ لا یا Plywood) که در مقطع عرضی یکپارچه می‌باشد، ارائه شده است.





شکل الف-۴- نمونه‌ای از یک دنبالگر (Follower)



(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل الف-۵- مراحل ساخت شمع‌های بتنی پیش‌ساخته مربعی. (الف) قالب‌بندی و قراردادن لقمه‌ها جهت تامین پوشش بتنی کافی بر روی آرماتورها. (ب) قراردادن قفسه آماتور درون قالب و استقرار کلاهک شمع (Pile Helmet). (ج) تعبیه نمودن قلاب در محل‌های معین شده به منظور جابجایی شمع. (د) شماره‌گذاری برای شناسایی هر قطعه شمع.



شکل الف-۶- جابجایی شمع از محل قلاب‌های تعبیه شده که کمترین لنگر ماکزیمم را ایجاد می‌نماید.





شکل الف-۷- تطویل شمع با اتصال جوشی





شکل الف-۸- تطویل شمع با اتصال پیچی. همانطور که در تصاویر فوق مشاهده می‌گردد، تراز نبودن صفحات اتصال باعث شده تا برای حفظ زاویه قائم محور شمع پیچ‌ها بطور کامل بسته نشود و اتصال بخوبی برقرار نگردد.





شکل الف-۹- در اشکال فوق به ترتیب تصاویری از یک شمع مردود و شمع‌های قابل قبول از لحاظ میزان انحراف از راستای کوبش (محور قائم) ارائه شده است.



شکل الف-۱۰- دوران غیر مجاز برخی از شمع‌ها حول محور شمع





شکل الف-۱۱- بریدن راس شمع‌های بتنی با کمک تخریب (سمت راست) و توسط اره‌های مخصوص (سمت چپ)



شکل الف-۱۲- آسیب دیدگی راس شمع فولادی توسط کوبش نا مناسب



شکل الف-۱۳- خوردگی شمع فولادی در مجاورت دریا در فاصله زمانی بین انبار کردن تا اجرا به علت عدم حافظت در برابر خوردگی



شکل الف-۱۴- بالا ماندن قسمت محافظت شده به علت عدم تعیین صحیح طول قابل کوبش شمع ها



شکل الف-۱۵- دستگاه حفاری شمع درجاریز (تصویر سمت راست)، مته اوگر یا مارپیچ (تصویر سمت راست)





شکل الف-۱۶- استقرار قفسه آرماتور درون شمع درجاریز



شکل الف-۱۷- بتن‌ریزی درون شمع درجاریز توسط لوله ترمی



شکل الف-۱۸- تجهیزات تست کنترل یکپارچگی شمع PIT



شکل الف-۱۹- تجهیزات تست دینامیکی شمع PDA و حسگرهای نصب شده بر روی شمع



شکل الف-۲۰- تست بارگذاری سریع (Rapid Load Test)





شکل الف-۲۱- تست بارگذاری استاتیکی فشاری با استفاده از سربار مرده (تصویر سمت راست) و شمع‌های مهاری (تصویر سمت چپ)



شکل الف-۲۲- تست بارگذاری استاتیکی جانبی



شکل الف-۲۳- تست بارگذاری استاتیکی کششی



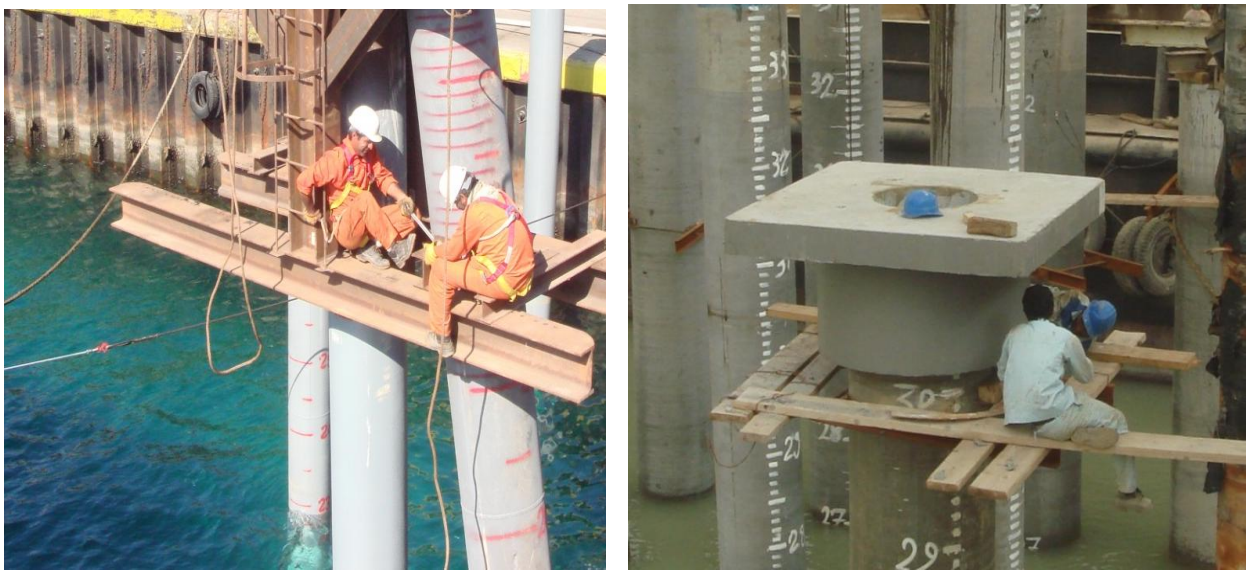
شکل الف-۲۴- انجام عملیات کوبش شمع در محیط‌های شهری باعث آلودگی‌های صوتی و زیست محیطی می‌گردد.



شکل الف-۲۵- شکستگی شمع در اثر عدم ایمنی سیستم کوبش و واژگونی چکش



شکل الف-۲۶- رها شدن کلاهک از چکش به علت عدم رعایت ایمنی تجهیزات کوبش



شکل الف-۲۷- عدم رعایت نکات ایمنی (تصویر سمت راست)
در مقابل استفاده از کلاه و کمربند ایمنی (تصویر سمت چپ)

Islamic Republic of Iran
management and planning organization

Pile Construction Specification (Driven and Cast in Place)

No. 386

Office of Deputy for Technical and Infrastructure Development Affairs
Department of Technical and Execution Affairs

Nezamfanni.ir

The Ministry of Road & Urban Development

Road, Housing & Urban Development Research Center

bhrc.ac.ir

2015