



بررسی پارامترهای فنی و اجرایی موثر در انتخاب بهینه یک شمعکوب)

عبداله کیهانیان، کارشناس ارشد مهندسی عمران _ سازه، موسسه عمران ساحل

تلفن: ۰۹۱۲-۳۷۱۶۳۰۰، دورنگار: ۰۲۱-۷۷۴۳۷۶۴۹

پست الکترونیکی: pec_kay@yahoo.com

چکیده:

در این مقاله، نکات اجرایی و فنی لازم برای انتخاب مناسب یک شمعکوب بررسی می گردد و معیارهای پیشنهادی آیین نامه های مختلف برای انتخاب شمعکوب مقایسه می گردد. برای احداث سازه های خاص دریایی مانند اسکله های شمع و عرشه، سکوها و ... لازم است از شمع کوبهای مناسب استفاده گردد. در انتخاب شمعکوب مناسب، پارامترها و مسائل خاص فنی و اجرایی دخیل می باشد که انتخاب فوق را پیچیده، دشوار و تاحدی نامتناسب می سازد. در قالب این مقاله، تجربیات بدست آمده در زمینه انتخاب یک شمعکوب و همچنین توصیه های آیین نامه ای مختلف در اختیار جامعه مهندسين کشور قرار میگیرد.

کلید واژه ها: شمعکوب، شمع بتنی پیش ساخته، شمع فلزی، عمق کوبش.

۱- مقدمه

به آن دسته از پی ها که نسبت عمق آنها به کوچکترین بعد افقیشان از عدد ۶ تجاوز نماید، اصطلاحاً پی عمیق گفته می شود. انواع پی های شمعی، دیوارکها و دیوارکهای جداکننده از جمله پی های عمیق اند. پی های عمیق یکی از متداولترین پی های برای انتقال بارها در احداث سازه های دریایی (اسکله ها، سکوها)، پلها و ساختمانهای خاص می باشد. جهت کوبش شمعهها از تجهیزات مختلف شمعکوبی استفاده می گردد. در این مقاله به بررسی معیارهای موجود و نکات اجرایی مرتبط موثر در انتخاب یک شمعکوب مناسب پرداخته می شود.

در ابتدا توضیحات مختصری درخصوص انواع شمع کوبها (شمع کوبهای بخاری، دیزلی و ارتعاشی) ارائه میگردد.

[۱]

۱-۱- شمع کوبهای بخاری

این شمعکوب مشابه سیستم سیلندر و پیستون می باشد که در حالت شمعکوبی تک ضربه ای، چکش تحت فشار بخار ورودی بالا رفته و سپس تحت اثر ثقل خود سقوط می کند و با اعمال ضربه به سر شمع، سبب فرو رفتن

شمع در زمین می شود. در شمعی کوبی دو ضربه ای بعد از صعود چکش تحت فشار بخار تحتانی، تحت اثر وزن خود چکش بعلاوه فشار بخار، سندان چکش با انرژی بیشتر و تعداد ضربات بالاتر سقوط می نماید.

۱-۲- شمع کوبهای دیزل

در شمعی کوب دیزلی، سقوط چکش باعث فشردگی هوا در داخل سیلندر می شود. با پاشیدن سوخت، انفجار رخ داده و چکش بعد از اعمال ضربه به شمع به سمت بالا رانده می شود.

۱-۳- شمع کوبهای هیدرولیکی

در شمع کوبهای هیدرولیکی آثار صوتی و ارتعاشی کمتر از چکشهای دیزلی بوده چکش شمع کوب با فشار هیدرولیکی مایع، صعود نموده و تحت اثر وزن خود سقوط نموده و بار خود را به شمع منتقل می نماید و برخی مدل‌های متداول از این شمع کوبی دارای وزن چکش ۳ تا ۷ تن بوده و بطور متوسط ۴۰ ضربه در دقیقه بر شمع وارد می نماید. [۲]

۱-۴- عملکرد نفوذ شمع تحت اثر ضربه

با وارد آمدن ضربه چکش به شمع، موج فشاری از بالای شمع به سمت پائین با سرعت تقریبی معادل ۴۰۰ متر بر ثانیه در شمعهای بتنی پیش ساخته شروع به حرکت می کند. در طول مدتی که موج به سمت پائین حرکت می کند تنش بتدریج توسط مصالح شمع و خاک مستهلک می گردد. در پای شمع موج فشاری منعکس می گردد و به سمت بالا به شکل یک موج کششی منعکس می گردد که البته بتدریج از شدت آن کاسته میشود. که این موج فشاری و کششی همدیگر را خنثی می کنند. [۱]

۲- معیار های انتخاب شمعی کوب

بطور کلی در انتخاب یک شمعی کوب بایستی به پارامترهای ذیل توجه نمود.

۲-۱ مشخصات کمی و کیفی شمع

۲-۱-۱ - حداقل ضخامت دیواره شمعی فلزی

نسبت D/t (قطر شمع به ضخامت آن) طول کل شمع بایستی به اندازه کافی کوچک باشد تا از کماتش موضعی تحت اثر تنش های بالا تر از مقاومت نهائی شمع جلوگیری گردد. پیشنهاد میگردد حداقل ضخامت دیواره از رابطه (۱) کمتر نباشد. [۳]

$$T = 6/35 + D/100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، t ضخامت جداره به میلیمتر و D قطر شمع به میلیمتر می باشد.

پیش تنیدگی شمع باید به مقداری باشد که تنشهای حاصل از شرایط بلند نمودن، حمل واستقرار را پاسخگو باشد و البته تنشهای وارده طی شرایط فوق معادل ۷۵٪ کل پیش تنیدگی اعمال شده به شمع پس از ۲ ماه می باشد.

میزان پیش تنیدگی (بر اساس N/mm^2) نبایستی کمتر از 0.07 نسبت طول به اندازه بعد کوچکتر شمع باشد. البته با استفاده از مقاطع بتنی پیش تنیده امکان ترک خوردگی کاهش می یابد که ترجیحاً معادل $5-6$ مگاپاسکال توصیه می گردد. [۴]

بطور کل استفاده از شمعهای بتنی پیش تنیده با مقاومت حدود 50 تا 60 مگاپاسکال توصیه می شود. تحت اثر ضربه تا حدود 40 مگاپاسکال تنش فشاری اعمال می گردد ولی در خصوص تنش کششی بواسطه پیش تنیدگی مشکلی وجود ندارد. در صورت استفاده از شمع های با پیش تنیدگی بالا، امکان استفاده از شمعهای لاغرتر و سبکتر وجود دارد. [۵]

۲-۱-۲- معیار مقاومت بتن در خصوص شمعهای بتنی

تنش های مجاز شمعهای بتنی بایستی پائین تر از سایر اعضاء بتنی در سایر سازه ها باشد. تنش های مجاز برای شمعهای بتنی به شرح جدول ذیل می باشد. [۱۳]

جدول ۲- معیارهای مقاومت بتن شمعهای بتنی

تنش مجاز		نوع شمع	
مقدار	نوع		
$12mn/m^2$ بیشتر	تنش مجاز فشاری زمانیکه ظرفیت باربری محوری مدنظر است	شمع بتنی مسلح	شمع بتنی پیش ساخته که تحت سانتریفوژ ساخته میشود
مطابق مشخصات بخش III و 3.3 طراحی بر اساس روش تنش مجاز	سایر موارد	شمعهای RC	
$12mn/m^2$ بیشتر نشود.	تنش مجاز فشاری مورد استفاده زمانیکه ظرفیت باربری محوری مد نظر می باشد	شمعهای بتنی با مقاومت	
$12mn/m^2$ بیشتر نشود	تنش مجاز فشاری حاصل از خمش	بالا	
$3-5mn/m^2$	تنش مجاز محوری کششی و تنش مجاز کششی حاصل از خمش	شمعهای PHC	
$6mn/m^2$ بیشتر نشود.	تنش مجاز فشاری خمش (شامل نیروی محوری)	شمعهای بتنی درجا با کیسینگ گذاری بیرونی	
70% تنش مجاز برای بتن تعریف شده در بخش III و 3.3 (طراحی بر اساس روش تنش مجاز)	سایر موارد		
$5mn/m^2$ بیشتر نشود.	تنش مجاز فشاری خمشی (به انضمام نیروی محوری)	شمعهای بتنی درجا بدون کیسینگ گذاری	
50% تنش مجاز برای بتن تعریف شده در بخش III و 3.3 طراحی بر اساس روش تنش مجاز.	سایر موارد		

مقادیر فوق در مواردیکه بارگذاری کوتاه مدت یا تحت اثر ضربات زلزله باشد، تا $1/5$ برابر قابل افزایش می باشد.

۲-۱-۳- معیار مقاومت شمع های فلزی

سطح مقطع عرضی فولاد بایستی از یکطرف مقاومت کافی در برابر ضربه چکش در زمان کوبش دارا باشد و از طرف دیگر از ضریب اطمینان کافی در برابر بارهای وارده به شمع در زمان بهره برداری نیز برخوردار باشد. زمانیکه ضریب اطمینان طراحی تحت اثر بارهای وارده ناشی از کوبش ۲ منظور گردیده است در آنصورت تنش در فولاد تحت اثر سربارهای وارده و نیروی محوری حاصله بایستی از میزان ۳۰٪ مقاومت تسلیم بیشتر گردد ولی در مواردیکه شمع از لایه های نسبتاً نرم عبور نمایند و یا انتهای شمع در خاک خیلی متراکم یا دانه ای و سنگی قرار گیرد در آنصورت تنش مجاز تا میزان ۵۰٪ قابل افزایش است. در مواردیکه ضریب اطمینان بزرگتر از ۲ مدنظر باشد در آنصورت باید تنشهای کوچکتری به شمع فولادی اعمال گردد. در جدول (۳) توصیه های آیین نامه های مختلف در خصوص تنش های وارده به شمع های فولادی آورده شده است. [۴]

جدول (۳) جدول مقایسه ای آیین نامه های مختلف در خصوص مقاومت مجاز فولاد

کشور	آیین نامه	تنش های فشاری وارده	
		درصدی از مقاومت تسلیم	N/mm^2
انگلیس	BS8004	0/3 fy 0/5 fy	—
آلمان	DIN4026	—	—
آمریکا	توصیه های ACI	0/35 fy	87 (max)
	نیویورک 1985	0/35 fy	248
فرانسه	DT41302 1978	—	120

۱- در مواردیکه ضریب اطمینان کمتر از ۲ می باشد
 ۲- در مواردیکه نوک شمعهای کوبیده شده روی خاک نسبتاً نرم باشد و از میان خاکهای نسبتاً متراکم دانه ای و یا سنگ عبور نماید. نوع فولاد بایستی منطبق با BS4360 باشد.

مقاطع H مطابق DIN17/00 و برای لوله های بدون درز مطابق DIN1629 و برای لوله های فولادی جوش شده مطابق DIN17/00

حد اقل ضخامت شمع لوله ای ۲/۵ میلی متر و سطح مقطع عرضی شمع لوله ای حداقل معادل ۳٪ سطح مقطع کلی باشد و لوله مطابق ASTM-69A752 باشد.

شمع لوله با ضخامت حداقل ۳ میلی متر
 H پایل با حداقل ضخامت ۱۰ میلی متر. در اینصورت بایستی برای بارهای بزرگتر تحت اثر بارهای آزمایش قرار گیرد. حداکثر بارهای وارده به شرح زیر میباشد. لوله های با انتهای باز در سنگهای با سختی متوسط تا بالا معادل 2500 KN. برای شمع های با قطر خارجی بزرگتر از 457 میلی متر. برای شمعهای با انتهای بسته، سنگهای با سختی متوسط تا بالا 1500 KN و برای H پایل در سنگهای نرم 800 KN برای H پایل با انتهای باز و بسته در لایه های سنگی با سختی بالا معادل 1000 KN

برای احداث فونداسیونها مطابق E-241-1 فولاد

۲-۱-۴ حداقل پیش‌تندگی شمعها

حداقل پیش‌تندگی شمعها بر اساس نسبت وزن موثر چکش به وزن شمع مطابق جدول زیر توصیه گردیده است.

نسبت وزن چکش به وزن شمع				
0.9	0.8	0.7	0.6	
2	3.5	5	6	N/mm ²
20	35	50	60	Kgf/cm ²
3.5	4	5	6	N/mm ²
35	40	50	60	Kgf/cm ²

برای چکش‌های دیزل حداقل پیش‌تندگی معادل 5N/mm^2 (50kgf/cm^2) می‌باشد. ضمن اینکه میزان پیش‌تندگی برای شمعهای مایل بیشتر می‌باشد.

۲-۲-مشخصات شمع کوب و انرژی

۲-۲-۱- انتخاب اندازه شمعکوب بر اساس تنش‌های دینامیکی وارده

جدول راهنمای زیر جهت انتخاب شمعکوب مطابق راه‌حلهای تحلیل تنشهای دینامیکی، قابل استفاده می‌باشد. جدول ذیل بر اساس تجارب صنایع برای شمعهای با قطر بالای ۶۰ اینچ و چکش‌های با انرژی ۳۰۰ ft-kips استوار می‌باشد. هر گاه ضرورت داشته باشد که از یک شمع کوب برای شمع کوبیهایی استفاده شود که ضخامت جدار آن از جدول ذیل پائین‌تر باشد. در انصورت بایستی بر اساس یک راه‌حل تحلیلی محاسبات لازم انجام شود و اثبات شود که معیار توقف بطور خاص قابل کاهش می‌باشد. عدد بالای خط توپر بیانگر حداقل سطح شمع به اینچ معادل ۵۰٪ انرژی شمع کوب به ft-kips می‌باشد. [۳]

Pile Outside Diameter mm	Guideline Wall Thickness, mm					
	Hammer Size, KJ					
	36	60	120	180	300	500
610	13	13	22	—	—	—
762	14	14	18	—	—	—
914	16	16	16	22	—	—
1067	18	18	18	19	32	—
1219	19	19	19	19	29	44
1524	22	22	22	22	22	35
1829	—	—	25	25	25	29
2134	—	—	—	29	29	29
2438	—	—	—	32	32	32
2743	—	—	—	—	35	35
3048	—	—	—	—	38	38

۲-۲-۱ اثر نسبت وزن شمعکوب به وزن شمع

زمانی که نسبت وزن شمع کوب به وزن المان کوبش و سرشمع افزایش یابد عملیات اجرایی از کیفیت بالاتری برخوردار می باشد. درخصوص شمع کوبهای سقوطی و شمع کوبهای سقوط آزاد، شمع کوب هیدرولیک، شمع کوبهای بخار تک مرحله ای، نسبت وزن شمع کوب به وزن المان های کوبش به انضمام سرشمع به میزان ۱/۱ مناسب می باشد. که نسبت ۱/۴ برای شمع کوبهای با ضربات سریع ارجحیت دارد.

۲-۲-۳ معیار خرابی دستگاه

چکش ها بر اساس ماکزیمم ضربه ۲۵۰ ضربه برای هر فوت طراحی شده اند و در مواردیکه بیشتر از ۲۵۰ ضربه برای هر فوت مد نظر باشد نیازبه بررسی دیگری می باشد. [۸]

۲-۲-۴ معیار ظرفیت باربری و انرژی وارده

در جدول زیر انتخاب چکش براساس میزان انرژی تولیدی پیشنهاد می گردد:

کلاس I - شمعهای چوبی

ظرفیت تا ۲۰ تن ۷۵۰۰ ft-lb؛ ظرفیت باربری ۲۰ تا ۲۵ تن یک مرحله ای ۹۰۰۰ ft-lb؛ دو مرحله ای ۱۴۰۰۰ ft-lb؛
ظرفیت باربری بالای ۲۵ تن یک مرحله ای ۱۲۰۰۰ ft-lb؛ دو مرحله ای ۱۴۰۰۰ ft-lb

کلاس II - شمعهای بتنی و فلزی

ظرفیت باربری تا ۶۰ تن ۱۵۰۰۰ ft-lb
ظرفیت باربری بالای ۶۰ تن ۱۹۰۰۰ ft-lb [۱۲]

۲-۳ مشخصات ژئو تکنیک و روابط دینامیکی

شمع کوبهای با سرعت ضربه بالا تمایل به خرابی شمع ندارد و بطور خاص یک انتخاب مناسب برای کوبش در خاکهای غیر چسبنده (دانه ای) می باشند. چکش های شمعکوبی با سرعت ضربه پایین معمولاً جهت خاکهای چسبنده مورد استفاده می باشند. کوبش در داخل سنگ با چکشهای سنگین و در نتیجه با ارتفاع سقوط پایین تر با کیفیت بهتری انجام می پذیرد. زمانیکه از چکشهای هیدرولیک استفاده شود انرژی شمع کوب بطور مناسب و کنترل شده به میزان لازم بکار گرفته شوند از کارائی مشابه ای برخوردار می باشند. شمع کوبهای وایبره جهت کوبش شمع ها در جهت حفظ کیفیت شمع ارجحیت دارد.

از روش وایبره نیز جهت فروبردن شمعها یا سپرها در خاکهای ماسه (دانه ای) با تراکم متوسط و پائین استفاده میشود. این روش خصوصاً برای شمع های فلزی (کوبیدن یا بیرون کشیدن) در خاکهای دانه ای یا ریزدانه غیر متراکم بکار گرفته می شود.

بر اساس تحلیل دینامیکی، مقطع بحرانی در نواحی میانی طول شمع (L/۰.۶۲۵) حاصل می گردد که اگر جرم شمع کوب افزایش یابد مقطع بحرانی به سمت بالاتر منتقل میشود. که البته بر اساس مدل سازی در برنامه های

کامپیوتری موقعیت دقیق قابل محاسبه می باشد. [۵]

۳- تأثیر کفشک در انتخاب شمع کوب

هدف از استفاده از کفشک جهت کوبش این است که نفوذ از میان لایه های سخت را تسهیل نماید. ضمن اینکه مقاومت در برابر کوبش را کاهش دهد و سرعت نفوذ را افزایش دهد تا به شرایط مناسبتری دست پیدا کنیم. هر چند که لازم است که کفشک کنترل شود تا ظرفیت باربری انتها ناشی از پلاگ خاک نسبت به مقدار طراحی شده کاهش نیابد. کفشک های محیطی بطور معمول مورد استفاده نیستند بواسطه اینکه گرایش به کاهش مقاومت جانبی شمع در طول شمع دارند. [۱۰]

۳-۱- خواص کفشکهای ویژه (مضرس)

الف- فرورفت بیشتر شمع

ب- افزایش سرعت کوبش

ج- عدم نیاز به پاک سازی داخل شمع و سیستم پاشش آب تحت فشار

لازم به توضیح است که کفشک سریع بمنظور کوبش شمع از میان لایه های سخت متراکم شنی (ماسه ای) از نتایج حیرت انگیزی برخوردار می باشد. که معیارهای انرژی و نفوذ شمع را تحت تاثیر فوق العاده قرار می دهد که بایستی در بر آوردها در نظر گرفته شود (شکل ۱).

فرانک در تحقیقاتش دریافته است که کفشک سریع نه تنها جهت تسریع عملیات کوبش مناسب می باشد بلکه تعداد ضربات کمتری به ازای هر فوت جهت فرورفت یکسان نیاز دارد و در نتیجه باعث نفوذ بیشتری از شمع نسبت به کفشک استاندارد دارد. شکل ۲، دو حالت استفاده از کفشک استاندارد و کفشک سریع را در شمع کوبی در خلیج مکزیک نشان می دهد. هر دو شمع ۳۰ اینچ با شمع کوب D-62 کوبیده شدند. در شکل ۲ نه تنها کل نفوذ بلکه تعداد ضربات در هر فوت نیز ارائه شده و به راحتی دو نوع کفشک با یکدیگر قابل مقایسه می باشند و ملاحظه می گردد که میزان باربری ۲ برابر افزایش یافته و از طرفی تعداد ضربه در فوت ۶۰٪ کاهش یافته است. [۹]

۴- معیار توقف کوبش

مشخص نمودن معیار توقف کوبش شمع بعنوان اولین هدف پیمانکاران اجرائی می باشد تا در صورت نیاز روشهای دیگری نظیر حفاری، جت کردن و احیاناً استفاده از شمع کوب قوی تر جایگزین شود و از خرابی شمع و چکش جلوگیری بعمل آید.

باید بر اساس مشخصه های منحصر بفرد خاک برای موقعیت های خاص جهت تعریف معیارهای توقف پیش بینی های لازم را نمود و برای تمامی انواع شمع کوبها معیار مناسب برای توقف شمع کوبی توسط دستگاه شمع کوب بدین ترتیب تعریف میشود. هر گاه مقاومت در برابر فرورفت افزایش یابد بطوریکه به ازای ۳۰۰ ضربه در هر فوت در ۵ مرحله متوالی یا ۸۰۰ ضربه در هر فوت در یک مرحله شمع کوبی متوقف می گردد. تعریف فوق در مواردی کار برد دارد که وزن شمع از چهار برابر وزن سندان شمع کوب بیشتر نباشد و زمانیکه وزن شمع از این بیشتر باشد. تعداد ضربات اشاره شده در بالا بطور خاص افزایش می یابد. اما بایستی از ۸۰۰ ضربه در ۵، فوت نفوذ بیشتر شود.

چنانچه تاخیری در عملیات کوبش شمع برای یک ساعت یا بیشتر وجود داشته باشد، معیار توقف اشاره شده در بالا کار برد ندارد و باید عملیات فرو رفت شمع حد اقل به میزان یک فوت مجدداً انجام شود. به طور کامل در هیچ حالت تعداد ضربه نبایستی از مقدار ۸۰۰ ضربه در ۵،۰ فوت افزایش یابد. معیار فوق خرابی شمع را ملحوظ می نماید. ضمن اینکه توصیه های کارخانه سازنده شمع کوب نیز بایستی در نظر گرفته شود.

به منظور جلوگیری از خرابی شمع و کوبش شمع براساس تجربه، معیارهای عمومی زیر که مورد وفاق اکثر مهندسان می باشد ارائه می گردد.

محدودیت نرخ نفوذ

نوع شمع	ماکزیمم تعداد ضربه به ازای هر اینچ
چوبی	۳-۴
بتنی	۱۰
لوله های فولادی	۱۰-۲۰
فولادی H	۱۰-۲۰

یکی از معیارهای انتخاب طول شمع، انجام تست استاتیکی تعیین کد مورد نظر و لحاظ نمودن شرایط ژئوتکنیکی می باشد. محدودیت نرخ نفوذ همچنین براساس آزمایش استاتیکی نیز قابل محاسبه می باشد.

بعنوان مثال در مواردیکه بواسطه سختی کوبش دچار عدم فرورفت میگردند (۲۵۰ ضربه برای هر فوت یا ۸۲۰ ضربه به ازای هر متر نیاز به چکشهای قویتر می باشد) پیش بینی لازم منظور گردد. [۱۲]

۵- نتیجه گیری و توصیه های فنی و اجرایی

- ۱-۵ در مورد شمعهای بتنی مسلح وزن مناسب برای چکش نصف وزن شمع است که نباید از ۱.۳ این وزن کمتر شود
- ۲-۵ ارتفاع سقوط مناسب جهت شمعهای بتنی ۱/۲ متر بوده و در حالت کلی چکشهای سنگین با ارتفاع سقوط کمتر عملکرد بهتری نسبت به چکشهای سبک با ارتفاع سقوط زیاد دارند.
- ۳-۵ در مورد خاکهای چسبنده حساس، با توجه به نفوذ پذیری کم خاک، کوبیدن شمع یا لوله باعث بالارفتن فشارمنفذی و کاهش چسبندگی خاک تا فاصله ۳ R از سطح جانبی شمع می شود. و در فاصله زمانی نسبتاً طولانی (حداقل سه ماه) فشار منفذی کاهش یافته و خاک تدریجاً خواص اولیه خود را پیدا می کند. لذا از بارگذاری سریع اینگونه شمعها باید خودداری نمود.
- ۴-۵ زمانیکه کوبش با چکش های سقوطی انجام می پذیرد، نیاز به سرشمع ضروری می باشد. شمع بایستی شکل مناسب و دقیقی استقرار یابد تا تغییر شکل فشاری در بالای شمع ایجاد نگردد.
- ۵-۵ در زمان کوبش لوله های فولادی خطر احتمال غر شدن در مقطع بالای لوله بخصوص در مواردیکه لوله ها از ضخامت جدار پایین تری برخوردار وجود دارد. و امکان کوبش و رساندن به عمق مورد نظر لوله های با ضخامت پایین طبق طرح وجود ندارد و بدین ترتیب به منظور جلوگیری از غر شدن لوله به کمک مهاریه مناسب سر شمع بایستی مستحکم گردد.

الف-چندین قطعه براکت در طول دیواره قائم شمع در سمت بیرون مطابق شکل (۳) جوش میشود. این روش نسبتاً ساده و اقتصادی می باشد.

ب-استفاده از جوشکاری صفحات فولادی به شکل متقاطع مطابق شکل (۴) سر شمع سخت می گردد. در هر صورت این روش نیاز به نیروی کاری ماهرتری نسبت به روش اول دارد.

۵-۶- نرخ نفوذ می تواند متأثر از تنظیم نامناسب و انحراف از راستا تجهیزات و شمع باشد.

۵-۷- عدم کوبش شمع بطور متناوب نیز بر روی نرخ نفوذ اثر گذار می باشد که باعث گیرش شمع می گردد.

۵-۸- شرایط بحرانی در زمان کوبش زمانی رخ می دهد که چکش با ارتفاع سقوط بالا بر روی شمع های صلب تر سقوط کند و همچنین کوشن برای مدت طولانی مورد استفاده قرارگیرد و خیلی سخت شده باشد.

۵-۹- شرایط خطر ناک جهت شمع کوب زمانی می باشد که مقاومت خاک پایین باشد و با کمترین انرژی وارده باعث تغییر شکل خاک می گردد. تحت چنین شرایطی موج فشاری اولیه متوقف خواهد شد و در نتیجه در همان شرایط موج کششی اولیه منعکس می گردد. برای شمع کوبهای سبک موج کششی انعکاسی در انتهای موج فشاری حد اقل بروز می کند.

۵-۱۰- کوبش با شمع کوبهای دیزلی خطر کمتری نسبت به سایر انواع شمع کوبها دارد. فشار همانند پیش تیدگی بر روی کلاهک و کوشن و سر شمع عمل می کنند. بمنظور جبران مشکل مذکور استفاده از کوشن جدید و یا کاهش ارتفاع سقوط چکش و همچنین هم راستا بودن سر شمع و چکش بعنوان چاره کار می باشد.

۵-۱۱- بین تنش فشاری حد اکثر و سرعت چکش در زمان ضربه رابطه ای وجود دارد می باشد که برای شمع های بتنی میزان حد اکثر تنش بطور تقریبی معادل ۸ تا ۱۰ برابر سرعت می باشد.

۵-۱۲- بطور واقع بینانه ارتفاع سقوط آزاد چکش بر اساس سرعت ضربه بین ۳ تا ۵ متر بر ثانیه می باشد و حد اکثر تنش در حدود $(3-5) \times (8-10) = (24-50)$ مگاپاسکال می باشد.

بدین ترتیب ارتفاع سقوط $V^2/2g$ معادل ۰،۴۵ تا ۱،۲۵ متر می باشد. برای شمع های بتنی که از بتن با مقاومت بالا ساخته می شوند سقوط آزاد نباید از ۱،۱ متر بیشتر شود.

۵-۱۳- در بالای شمع های فلزی تنش فشاری ماکزیمم در حدود $(40*V)$ می باشد اگر تنش حداکثر به

240 (Mpa) محدود گردد سرعت ضربه نباید از $\frac{240}{40} = 6 \text{ m/s}$ بیشتر باشد و در نتیجه ارتفاع سقوط نیایستی از

$$\text{مقدار } \frac{6^2}{(2*10)} = 1.8 \text{ m}$$

۵-۱۴- برای شمع های فولادی با مقاومت کششی بالا ارتفاع سقوط می تواند بزرگتر باشد و نکته مهم این است که باید دقت شود از شمع کوب با ارتفاع سقوط آزاد بالا جهت کوبش شمع های بتنی استفاده نگردد..

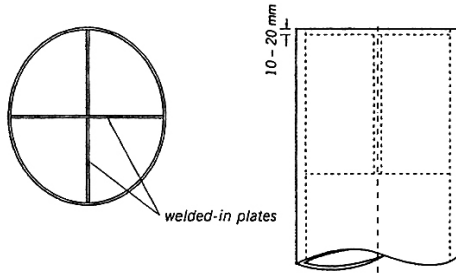
۵-۱۵- شمع کوب دیزلی در زمینهای سست و نرم کاربرد نداشته و استفاده بدون مطالعه از آنها در شرایط تغییر لایه های خاک (یک لایه نرم مجاور لایه سخت) احتمال شکست شمعهای بتنی را افزایش می دهد.



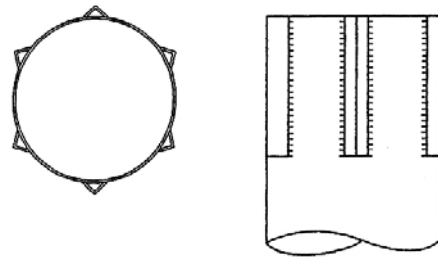
شکل شماره (۲)



شکل شماره (۱)



شکل شماره (۴)



شکل شماره (۳)

۶ مراجع

- ۱- اصول مهندسی پی - دکتر علیرضا رهایی
- ۲- دستگاهها و وروشهای مختلف شمع زنی - مرکز تحقیقات وزارت راه و ترابری
- 3- API Recommended Practice 2A-WSD (RP 2A-WSD). Twenty-First Edition, December 2000
- 4- Tomlinson, M.J.- Pile Design and Construction Practic
- 5- Ernst & Sohn. Geotechnical-Engineering HandBook, VOL.2, Procedure.
- 6- Operating Instructions for Pile Hammers D6-32 through D150-42
- 7- GRLWEAP(TM) version 2005
- 8- <http://www.hammer steel.com/delmag/diesel hammers>
- 9- <http://www.franks international tt.com>
- 10- E.A.U (1996): "Recommendation of Committee for Waterfront Structure, Harbours and Water Ways", 7 ED., Emst and John, Berlin.
- 11- B.S:6349(1988): "Biritish Standard Code of Practice for Marine Structures, Part 2: Design of Quaywall , Jetties and Dolphins".
- 12- CEM(2002), "Coastal Engineering Manual: Part4: Foudamentals of Design", Coastal Engineering Research Center, US Army Corps of Engineers, p223
- 13- Technical Standads and commentarises for port and Harbour Facilities in Japan.