Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
۲۹ آبان لغایت ۱ آذر ۹۱ (تهران-ایران)

بررسی روند تولید شمع‌های سانتریفوژ و مزایای کاربرد آن در احداث اسکله های شمع و عرشه

مجتبی قنبریان[۱] ، علیرضا سلطانکوهی[۲] ، علیرضا محمدی [۳]

کلید واژه: شمع سانتریفوژ، شمع پیش تنیده، اسکله شمع و عرشه، سازه‌های دریایی، خوردگی، تطویل شمع

چکیده

اسکله‌ها از مهم‌ترین سازه‌های دریایی هستند که عمدتاً برای پهلوگیری شناورها و کشتی‌ها، باراندازی و بارگیری انواع کالاها و همینطور سوار و پیاده شدن مسافر احداث شده و از نظر شکل سازه به شمع و عرشه، سپری و وزنی دسته‌بندی می‌شوند. برای ساخت اسکله‌های شمع و عرشه می‌توان از انواع شمع‌ها نظیر: چوبی، فولادی، بتنی و ... استفاده نمود که هر یک از آنها با توجه به شرایط محل اجرا از قبیل پدیده خوردگی و کاهش عمر مفید در محیط دریایی، دشواری‌های کاری و نحوه کوبش، تطویل شمع و هزینه‌های اجرایی دارای مزایا و معایبی میباشند. در این مقاله انواع شمع‌های مورد استفاده برای کوبش جهت احداث اسکله معرفی شده و به مزایا و معایب هر یک اشاره می‌شود. در ادامه نیز شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ معرفی شده و بعنوان موضوع اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. مراحل مختلف روند تولید این شمع‌ها و مزایای بکارگیری آنها شامل: مقاومت بالای بتن مصرفی، مقاومت زیاد نسبت به خوردگی (دوام زیاد)-که می‌تواند نقش مهمی در توسعه پایدار سازه‌های دریایی داشته باشد- ، امکان اتصال ساده و سریع شمع‌ها در محل اجرا، وزن واحد طول نسبتاً کم، کاهش زمان کسب مقاومت اولیه لازم برای کوبش و ... از جمله مواردی است که با استفاده از تجارب موفق سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان کارفرما و قرب نوح(ع)- موسسه عمران ساحل به عنوان پیمانکار در ساخت اسکله ۱۵۰۰۰۰تنی پاناماکس در بندر امام خمینی - با بکارگیری شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ- به آنها پرداخته می‌شود.

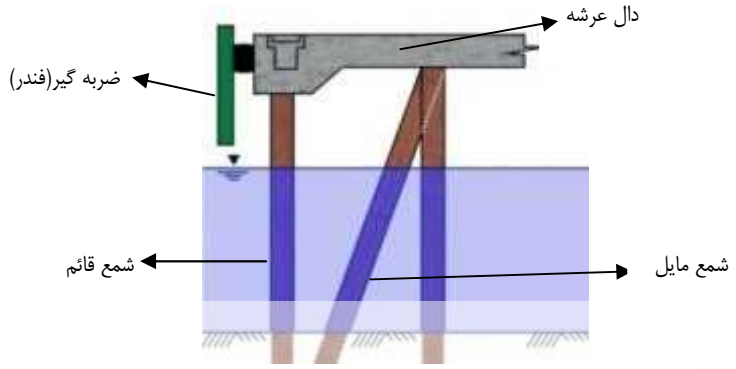
مقدمه

سیستم سازه‌ای شمع و عرشه یکی از شناخته شده‌ترین و متداولترین انواع سیستم‌های سازه‌ای برای ساخت اسکله در سرتاسر دنیا می‌باشد. عموماً اسکله‌های شمع و عرشه در مناطقی احداث می‌شوند که بستر سست بوده و لایه‌های با ظرفیت باربری بالا در اعماق نسبتاً زیادی از بستر دریا قرار گرفته باشند. نحوه انتقال بار در اسکله‌های شمع و عرشه بدین صورت است که نیروهای قائم از دال عرشه به تیرهایی که سر شمع‌ها را به یکدیگر متصل نموده منتقل می‌شود و از این تیرها به شمع‌ها و سپس به بستر دریا انتقال می‌یابد. نیروهای افقی نیز بوسیله شمع‌های مایل به زمین منتقل شده و بخشی از آن نیز بوسیله ضربه‌گیر جذب می‌شود(شکل۱).

[۱] - کارشناس ارشد مدیریت دانش - قرارگاه سازندگی نوح (ع) - mojtabaghanbarian@yahoo.com
[۲] - مدیر دایره سازه های دریایی - قرارگاه سازندگی نوح (ع) - arsoltankoohi@gmail.com
[۳] - کارشناس ارشد سازه های دریایی - موسسه عمران ساحل- areza.moh@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱) مقطع اسکله شمع و عرشه

اجرای شمع‌ها برای احداث این نوع از اسکله‌ها به دو روش کلی ذیل صورت می‌پذیرد:

الف) حفاری شمع با مقاطع مختلف (که عمدتاً دایره شکل می‌باشند) و بتن‌ریزی این مقاطع به روش ترمی و سپس اجرای تیرهای متصل کننده شمع‌ها و همچنین عرشه اسکله به گونه‌ای که این ستون‌ها و یا شمع‌های اجرا شده بارهای وارد بر اسکله را به بستر منتقل نماید.

ب) تهیه شمع‌ها با جنس‌ها و اشکال مختلف و کوبش آنها در بستر دریا

در خصوص روش دوم(ب) از دیرباز انواع شمع‌های چوبی، فولادی، بتنی و ... در شکلهای مختلف برای ساخت اسکله‌های شمع و عرشه مورد استفاده قرار گرفته که البته هر یک از آنها با مزایا و معایبی همراه بوده است.[۱و۲] شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ برای اولین در کشور ژاپن مورد استفاده قرار گرفت که بکارگیری آنها نتایج مطلوبی را در پی داشت و پس از آن در سایر کشورها نظیر مالزی نیز مورد توجه ویژه قرار گرفت.[۳] در کشور ما نیز اگرچه کاربرد موفق این شمع‌ها در اجرای برخی از اسکله‌های بندر امام خمینی تجربه شده است لیکن توجه کافی به توسعه استفاده از این شمع‌ها نشده و هنوز کارخانه ساخت این شمع‌ها در داخل کشور احداث نشده است. لازم بذکر است این شمع‌ها علاوه بر اسکله‌های شمع و عرشه در ساخت سایر سازه‌ها نظیر پل‌ها، فونداسیون‌های عمیق نیروگاه‌ها و ساختمانهای بلند و ... نیز مناسب می‌باشد.

انواع شمع‌های مورد استفاده برای کوبش

در گذشته شمع‌های چوبی برای ساخت اسکله‌های شمع و عرشه مورد استفاده قرار می‌گرفت. امروزه نیز از شمع‌های چوبی می‌توان برای احداث اسکله‌های کوچک که عمدتاً کاربری مسافری دارند استفاده نمود.

شمع‌های فولادی نیز از متداولترین انواع شمع هستند که با مقاطع مختلف نظیر دایره، H و ... در ساخت این اسکله‌ها بکار گرفته می‌شوند. شمع‌های فولادی با مقطع دایره که بیش از سایر انواع شمع‌های فولادی کاربرد دارند به دو صورت اسپیرال(مارپیچ) و غیر اسپیرال مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از شمع‌های فولادی دارای مزایایی است که قیمت کم و سهولت اجرا و نیز امکان افزایش طول در حین عملیات شمع‌کوبی از آن جمله هستند لیکن به علت مقاومت کم فولاد در مقابل خوردگی در محیطهای دریایی از عمر نسبتاً کوتاهی برخوردارند لذا بکارگیری این شمع‌ها در مواردی که زمان بهره‌برداری از سازه کوتاه باشد گزینه منطقی و مناسبی می‌باشد در غیر اینصورت استفاده از این شمع‌ها بایستی همراه با بکارگیری روشهای مقابله با خوردگی نظیر رنگهای اپوکسی، غلاف فوم در اطراف شمع، حفاظت کاتدیک و... باشد.

شمع‌های بتنی مسلح از دیگر انواع شمع‌ها هستند که با مقاطع مختلف نظیر مربع، مستطیل، دایره و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً ساخت این شمع‌ها در حوضچه‌های مخصوص و با عملیات آرماتوربندی، قالب‌بندی، بتن‌ریزی و عمل‌آوری صورت می‌پذیرد. سپس با باز کردن قالب و رسیدن به مقاومت مورد نظر، شمع‌ها جهت کوبش به محل مورد نظر منتقل می‌شوند. شمع‌های بتن مسلح نسبتاً ارزان بوده و در مقایسه با شمع‌های فولادی از عمر و دوام بیشتری نیز برخوردار هستند با این حال اجرای شمع‌های بتن مسلح با طول‌های زیاد(بیشتر از ۳۰ تا۴۰متر)ممکن نیست یا با دشواری‌های اجرایی زیادی همراه است. علاوه بر این افزایش طول آن نیز در حین اجرای عملیات شمع‌کوبی مشکل است.

استفاده از شمع فولادی و اجرای بتن مسلح در داخل آن نیز از دیگر روش‌های مورد استفاده برای ساخت اسکله‌های شمع و عرشه است. در این روش شمع فولادی بعنوان قالب عمل می‌کند و پس از آنکه تا عمق مورد نظر کوبیده شد قفس آرماتور بوسیله جرثقیل داخل آن قرار می‌گیرد و از بالا بتن‌ریزی انجام می‌شود. از جمله امتیازات این روش امکان افزایش طول شمع‌ها در حین اجرا (در صورت نیاز) و کاهش نیاز به محافظت و نگهداری مستمر و دوام و عمر قابل توجه آن می‌باشد.[۴]

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه شمع‌ها درسازه‌های دریایی درتماس مستقیم با آب دریا هستند و وجود مواد زیان‌آور به خصوص یون کلر در آن همواره باعث کاهش دوام و پایداری سازه‌ها میشود بنابراین همواره سعی بر این است که به طرق مختلف مثل افزایش ضخامت طراحی شمع‌های فولادی جهت پیش‌بینی پوسیدگی آن در طول دوران بهره‌برداری و یا استفاده از رنگها و ضد زنگهای مختلف، دوام و پایداری سازه افزایش یابد.
در خصوص شمع‌های بتنی، کاهش نفوذپذیری بتن مصرفی یکی از مهم‌ترین راهکارهای افزایش دوام آن است که از طرق زیر محقق می‌گردد:[۳]

- استفاده از طرح اختلاط مناسب
- کاهش مناسب نسبت آب به سیمان
- استفاده از روش‌های عمل‌آوری مناسب
- اطمینان کامل از فشردگی بتن

استفاده از شمع‌های بتنی پیش تنیده سانتریفوژ که بصورت پیش‌ساخته و در شرایط مناسب کارخانه‌ای و با رعایت موارد فوق الذکر تولید می‌شوند موجب افزایش دوام سازه می‌گردد. علاوه بر این شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ دارای مزایای دیگری نیز هستند که در ادامه و پس از ارائه مطالب مربوط به روش ساخت آنها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

روش ساخت شمع‌های سانتریفوژ

شمع‌های سانتریفوژ یا PHP (Prestressed high strength piles) شمع‌های بتنی پیش تنیده‌ای می‌باشند که از آنها نیز برای ساخت اسکله‌های شمع و عرشه استفاده می‌شود. بعنوان مثال می‌توان به تجربه موفق قرب نوح(ع)- موسسه عمران ساحل در ساخت اسکله ۱۵۰۰۰۰تنی پاناماکس در بندر امام خمینی با بکارگیری این شمع‌ها اشاره نمود. این شمع‌ها در کارخانه- به بصورت پیش ساخته- و با استفاده از سیستم خط تولید با امکانات و تجهیزات خاصی تولید می‌گردند. در ذیل مراحل ساخت این شمع‌ها بصورت مختصر مورداشاره قرارمی‌گیرد.

ساخت قفس

در ابتدای فرآیند تولید شمع، میلگردهای طولی با توجه به طول شمع به طولهای لازم برش داده می‌شوند و پس از آن انتهای میلگردها جهت فراهم کردن امکان عملیات پیش‌تنیدگی(مرحله۴) بوسیله دستگاه ویژه‌ای تحت فشار و حرارت پخ می‌گردد (شکل۲). در ادامه میلگردها وارد دستگاه ساخت قفس می‌شوند این دستگاه شامل شابلونی است که سوراخهایی مطابق با نقشه‌های اجرایی روی آن تعبیه شده است. میلگردها با عبور از سوراخهای شابلون در وضعیت مورد نظر روی نقاط مشخص در محیط یک دایره قرار می‌گیرند سپس دستگاه بصورت اتوماتیک با حرکت در طول میلگردها، خاموتهای زنگ زدایی شده و آماده که بصورت کلافهایی به آن متصل شده‌اند را به دور آرماتورهای طولی پیچیده و بوسیله خال جوش به آرماتورهای طولی متصل می‌کند(شکل۳).[۷-۴]

شکل۲) نمایش مراحل پخ کردن میلگردها (راست به چپ)

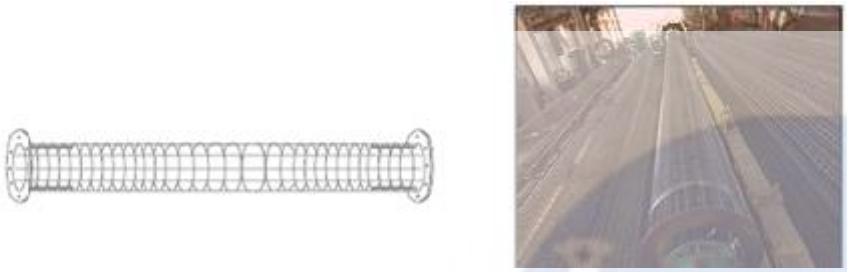
شکل۳) عبور میلگردها از شابلون و عملیات ساخت قفس

www.SID.ir

Archive of SID

قرار دادن صفحات انتهایی در دو طرف قفس

بمنظور مهار میلگردهای طولی، امکان اعمال کشش یکنواخت به آنها و پیش تنیده کردن شمع و همچنین امکان اتصال شمع‌ها به یکدیگر و رسیدن به طول مورد نیاز در محل کوبش، یکسری صفحات فولادی مدور(فلنج) با ضخامت ۱۵ میلیمتر پیش بینی شده است که بایستی در دو طرف قفس آرماتور نصب شود. روی این صفحات به تعداد میلگردهای طولی که بایستی مورد پیش تنیدگی قرار بگیرد و در موقعیت مناسب برای عبور آنها سوراخ هایی ایجاد می‌گردد. برای تقویت انتهای شمع که تحت کوبش قرار می‌گیرد و همچنین امکان اتصال دو قطعه شمع به یکدیگر یک حلقه فولادی نیز با جوش کربنی CO_2 به صفحه فولادی متصل می‌گردد(شکل۴).[۷-۴]



شکل٤) نصب صفحات فولادی در دوطرف قفس

قالب‌بندی و بتن‌ریزی

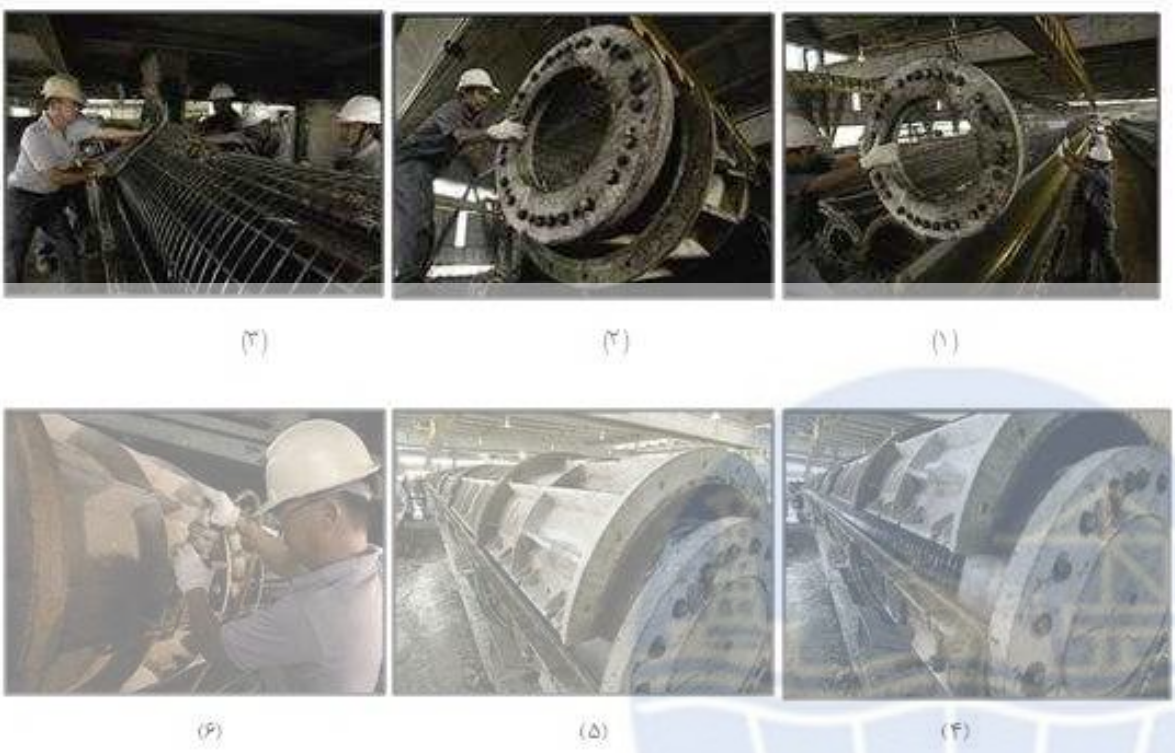
پس از نصب صفحات انتهایی، قفس درون یک نیمه از قالب شمع(نیمه پایینی) که بصورت نیم استوانه می‌باشد قرار می‌گیرد و در موقعیت خود ثابت می‌شود. سپس از بالا توسط یک باکت بتن‌ریزی می‌گردد(شکل۵و۶). طرح اختلاط بتن و مشخصات آن عبارتند از:

سیمان: سیمان پرتلند تیپ II می‌باشد که مقدار C۳A آن ۸-۵٪ و کل سیمان مصرفی در بتن Kg/m^3 ۵۰۰ می‌باشد.
میکروسیلیس: میزان مصرف میکروسیلیس ۷٪ وزن سیمان معادل Kg ۳۵ در هر مترمکعب بتن می‌باشد.
آب: قابل شرب به میزان Kg/m^3 ۱۴۵
روان کننده: فوق روان کننده (MIGHY ۱۵۰- NEW) به میزان Kg/m^3 ۸
مصالح سنگی: شن(حداکثر mm ۲۰) Kg/m^3 ۱۲۱۵ و ماسه(mm ۰- ۵) Kg/m^3 ۶۰۰
اسلامپ: mm ۴۰- ۵۰
نسبت آب به سیمان: ۳۳٪ (با توجه به نسبت آب به سیمان و مقدار آب و سیمان قطعاً آب موجود در ماسه نیز در طرح اختلاط در نظر گرفته شده است).
حجم بتن مورد نیاز با توجه به ضخامت لازم برای جداره شمع تعیین می‌گردد. پس از تکمیل بتن‌ریزی، نیمه بالایی قالب روی بخش زیرین قرار گرفته و پیچهای قالب محکم شده و قالب بصورت استوانه‌ای یکپارچه با درزبندی مناسب در می‌آید.[۷-۳]

شکل۵) نمایش شماتیک مراحل قالب بندی و بتن ریزی(به ترتیب از راست به چپ)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل٦) نمایش مراحل قالب بندی و بتن ریزی(به ترتیب از راست به چپ)

پیش‌تنیدگی میلگردهای طولی

برای اعمال پیش‌تنیدگی کلاهکهایی به ابتدا و انتهای شمع بسته می‌شونـد کـه قادر به انتقال نیروی کششی پیش‌تنیدگی به صفحات انتهای شمع و از آنجا به آرماتورهای مورد نظر می‌باشند. نیروی پیش‌تنیدگی معادل ۰/۷۵ مقاومت نهایی میلگردها می‌باشد که توسط یک جک مخصوص وارد می‌گردد. پس از اعمال نیرو، با سفت کردن پیچهای اتصال کلاهک به قالب عملاً با رهاکردن جک، نیروی پیش‌تنیدگی از طریق کلاهک به بدنه قالب وارد می‌گردد و نیرو در میلگردها ثابت می‌ماند. اعمال پیش تنیدگی در یک مرحله و بطور یکنواخت در تمامی میلگردها و در راستای طول شمع صورت می‌گیرد(شکل۷).[۷-۴]

شکل۷) اعمال پیش‌تنیدگی به میلگردها

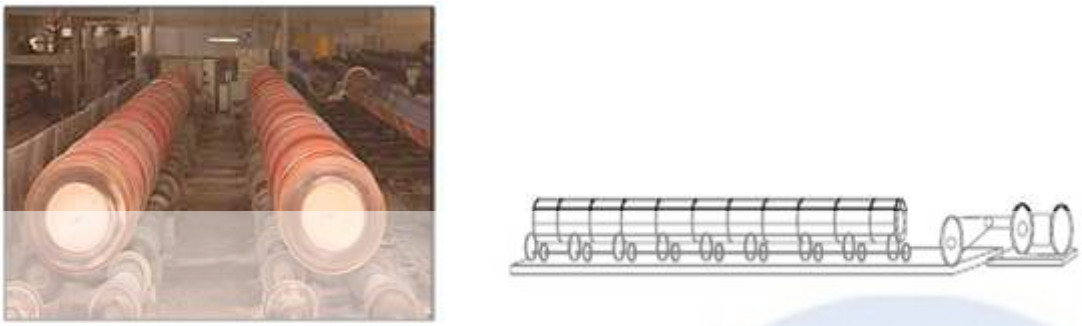
چرخش قالب شمع

پس از اعمال پیش‌تنیدگی، قالب شمع (در حالیکه بتن و قفس در داخل آن قرار دارد) روی غلطکهای دستگاه گرداننـده قـرار مـی‌گیـرد ایـن دستگاه شامل دو ردیف غلطک می‌باشد که یک ردیف از غلطکها بصورت هرزه گرد و ردیف دیگر غلطکها محرک می‌باشد. غلطک‌هـا در چهـار مرحله(جدول۱) و با سرعتهای مختلف معین شده به گردش در می‌آید و موجب چرخش قالب نیز می‌گردد(شکل۸). بـا چـرخش قالـب و در اثـر نیروی گریز از مرکز (اثر سانتریفوژ) بتن به سمت جداره قالب حرکت می‌کند و به جدار خارجی می‌چسـبد همچنـین آب اضـافی آن خـارج و در

www.SID.ir

Archive of SID

سطح جداره قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است با کاهش نسبت آب به سیمان بتن عملاً مقاومت بتن بالا رفته و از تخلخل و نفوذپذیری آن کاسته می‌شود. [۷-۳]



شکل۸) سیستم چرخش قالبها روی غلتکها

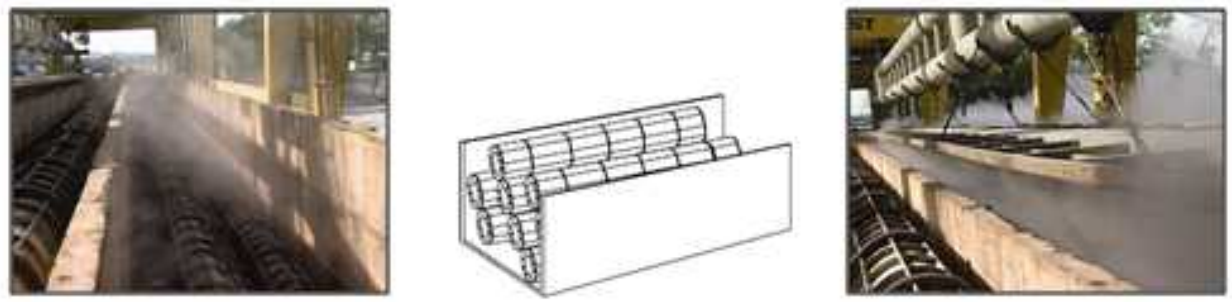
جدول۱) سرعت و مدت زمان چرخش قالبهای شمع در مراحل مختلف

مراحل گردش	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم
سرعت دوران(R.P.M)	۷۵-۸۵	۱۹۵-۲۰۵	۴۲۰	۵۱۰-۵۲۰
مدت زمان(دقیقه)	۵	۴	۳	۳

عمل‌آوری با بخار و باز کردن قالبها

از آنجا که افزایش دمای بتن در مرحلهٔ عمل‌آوری، سبب تسریع در روند رشد و کسب مقاومت آن می‌شود بنابراین می‌توان با استفاده از بخار برای عمل‌آوری موجبات دستیابی به یک مقاومت اولیه بالا را برای شمع‌ها فراهم ساخت. برای انجام این کار ، قالبها پس از عملیات چرخش به درون اتاقک بخار هدایت می‌گردند و بوسیله بخار در مدت ۲۴ ساعت عمل‌آوری می‌شوند(شکل۹). نکته مهم در خصوص عمل‌آوری با بخار، توجه به چرخه عمل‌آوری و روند افزایش و کاهش دما در این روش می‌باشد بطوریکه اگر کنترل و نظارت دقیق و مناسبی بر روی آن نباشد ممکن است آثار زیانباری مانند کاهش دوام بتن را به دنبال داشته باشد.

عمل‌آوری با بخار این امکان را فراهم می‌کند که شمع‌ها زودتر از قالب خارج شوند و قالب سریع‌تر باز شده و پس از تمیزکاری و روغن کاری مجدداً برای ساخت سایر شمع‌ها مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب عمل‌آوری با بخار، راندمان تولید شمع بوسیله هر ست قالب را افزایش می‌دهد. برای باز کردن قالب ابتدا همانطوریکه درشکل۱۰ نشان داده شده است نیمه بالایی قالب باز شده و جدا می‌شود. پس از آن شمع که درون نیمه پایینی قالب قرار دارد بوسیله دستگاهی که با سیستم مکش کار می‌کند از نیمه پایینی قالب بلند شده و به محل دیگری منتقل می‌شود و به این ترتیب هر دو نیمه قالب آزاد می‌گردد(شکل۱۱). معمولاً شمع‌ها بعد از باز شدن قالب علامتگذاری می‌شوند این علامتگذاری اغلب بصورت درج شماره، تاریخ تولید شمع و... می‌باشد.[۷-۴]



شکل۹) عمل‌آوری شمع‌ها در اتاق بخار

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱۰) باز کردن قالبها

شکل۱۱) بلند کردن شمع از نیمه پایینی قالب وجابجایی آن(راست به چپ)

عمل‌آوری با اتوکلاو

پس از عمل آوری با بخار و بازکردن قالبها به منظور کاهش زمان لازم برای رسیدن مقاومت بتن شمع، به میزان مورد نیاز برای استفاده و کوبش، از روش عمل‌آوری اتوکلاو استفاده می‌شود(شکل۱۲). برای انجام این کار شمع پس از جدا شدن از نیمه پایینی قالب به سمت اتاقک اتوکلاو منتقل شود. پس از عمل‌آوری، شمع‌ها از اتاقک اتوکلاو خارج شده و به دپو یا محل مورد نظر جهت استفاده حمل می‌شوند. حمل شمع‌ها از طریق خشکی و بوسیله تریلی و یا ازطریق دریا و بوسیله بارج‌های مسطح صورت می‌گیرد (شکل۱۳). هنگام دپو کردن شمع‌ها روی هم و همچنین بارگیری آنها روی تریلی و بارج برای حمل بایستی نسبت به چفت و بست و فیکس شدن آنها اطمینان حاصل گردد. [۷-۴]

شکل۱۲) عمل‌آوری شمع سانتریفوژ با اتوکلاو

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱۳) بارگیری شمع‌ها روی تریلی(حمل ازخشکی) و بارج(حمل ازدریا) جهت حمل به محل پروژه

ویژگیهای شمع‌های سانتریفوژ

با توجه به آنچه در خصوص روش ساخت شمع‌های سانتریفوژ مورد اشاره قرار گرفت، می‌توان ویژگیهای ذیل را برای آنها برشمرد:

مقاومت بالای بتن

پیشرفتهای اخیر در تکنولوژی ساخت بتن عملاً امکان بکارگیری نسبتهای آب به سیمان پایین را با بکارگیری انواع مواد افزودنی و روان‌کننده‌ها ممکن ساخته است. علاوه بر این عملیات چرخش درفرآیند تولید شمع و ایجاد اثر سانتریفوژ موجب متراکم شدن بتن بصورت یکنواخت می‌گردد. مجموعه این عوامل و روش‌های مورد استفاده برای عمل‌آوری موجب دست یافتن به بتن با مقاومت‌های بالا تا حدود ۷۷۰کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌شود. [۳و۴]

مقاومت زیاد نسبت به خوردگی (دوام زیاد)

تجارب اجرای این نوع شمع حاکی از دوام و طول عمر زیاد این نوع شمع‌ها، اقتصادی بودن و پایین بودن هزینه‌های تعمیر و نگهداری آنها نسبت به شمعهای فولادی می‌باشد.[۴] این مورد یکی از مهم‌ترین مزایای شمع‌های پیش تنیده سانتریفوژ است که موجب پایداری توسعه یافتگی حاصل از ساخت سازه‌های احداث شده بوسیله آنها می‌گردد.

امکان اتصال ساده و سریع شمع‌ها در محل اجرا

شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ پس از استقرار در نقطه مورد نظر برای کوبش، بوسیله تجهیزاتی نظیر چکش‌های دیزل، چکش‌های هیدرولیک(ویبره) و... تا عمق مورد نظر کوبیده می‌شوند. در بعضی موارد با توجه به شرایط بستر، در عمل به طول‌های بیشتر شمع برای رسیدن به لایه‌های سخت نیاز می‌باشد. با پیش بینی حلقه‌های فلزی و صفحه‌های فولادی در انتهای شمع‌های سانتریفوژ، عملاً اتصال قطعات مختلف شمع برای اطاله شمع‌ها به سادگی و با صرف وقت نسبتاً اندک با یکسری عملیات جوشکاری میسر می‌شود(شکل۱۴). بر اساس راندمان‌های کاری ثبت شده برای پروژه ساخت اسکله ۱۵۰۰۰۰تنی پاناماکس واقع در بندر امام خمینی، مجموعه عملیات اطاله شمع در شرایطی

که کوبش شمع از طریق دریا و بوسیله بارج و جرثقیل صورت پذیرد در زمانی حدود ۲/۵ ساعت انجام می‌شود. پس از کوبش شمع تا عمق مورد نظر شمع بالایی در کد ارتفاعی موردنظر بوسیله دستگاه فرز مخصوص برش داده میشود تا شمع به کد مورد نظر برسد(شکل۱۵). [۳،۴و۸]

شکل۱٤) کوبش شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ و روش اتصال آنها در محل اجرای پروژه

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱۵)استفاده از فرز مخصوص جهت برش شمع پیش‌تنیده سانتریفوژ در کد ارتفاعی مورد نظر

کسب سریع مقاومت اولیه

با توجه به استفاده از روش عمل آوری با بخار و اتوکلاو زمان مورد نیاز برای کسب مقاومت اولیه در ساخت این شمع‌ها کاهش یافته و سریعاً به مقاومت مورد نظر برای کوبش می‌رسند.[۴]

ظرفیت باربری

ظرفیت باربری این شمع‌ها نیز از رابطه (۱) قابل محاسبه می‌باشد که در آن P: ظرفیت باربری نهایی شمع‌ها H: ارتفاع سقوط پیستون Q:وزن پیستون چکش q: وزن شمع e:فروروی شمع بعد از هر ضربه و S: فشردگی موقتی کلاهک(e_1)،شمع(e_2)،خاک(e_3) می‌باشد[۳]

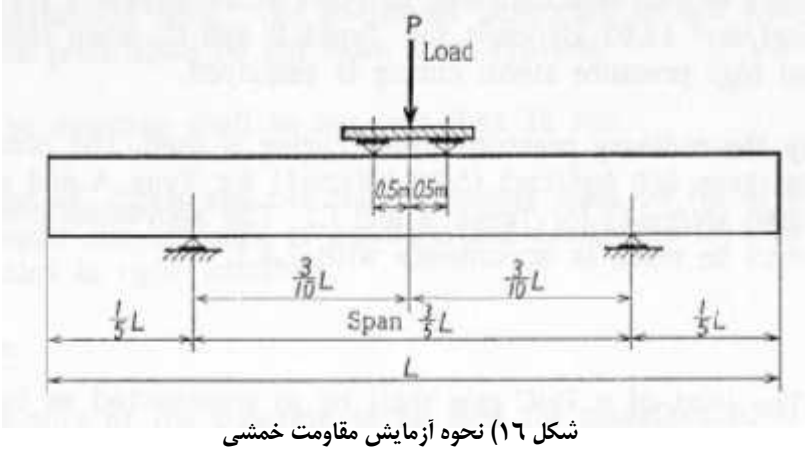
$$P = \frac{Q*H}{S+0.5e} + \frac{Q+0.25q}{Q+q} \qquad (1)$$

$$S = e_1 + e_2 + e_3 \qquad (2)$$

مقاومت خمشی

مقاومت خمشی از دیگر ویژگیهای مهم این شمع‌ها میباشد که طی آزمایشی که در شکل ۱۶ نشان داده شده است و با استفاده از دو تکیه گاه در $\frac{3}{5}$ طول شمع (هر یک در فاصله$\frac{1}{5}$ طول از دو سر شمع) و قرار دادن بار عمودی P در مرکز طول شمع قابل اندازه‌گیری می‌باشد.
نحوه اعمال بار باید به گونه‌ای باشد که از شکست شمع در محل تکیه‌گاه‌ها و همچنین محل وارد شدن نیرو، پیش از شکست ناشی از خمش، جلوگیری به عمل آید.
ممان خمشی از فرمول (۳) محاسبه می‌گردد که در آنM: ممان خمشی(tm)، P: نیرو(t)، L: طول شمع(m) و W: وزن شمع(t) می‌باشد.

$$M = \frac{W*L}{40} + \frac{(3P*L-5L)}{20} \qquad (3)$$



شکل ۱۶) نحوه آزمایش مقاومت خمشی

www.SID.ir

Archive of SID

صرفه اقتصادی

استفاده از شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ صرف نظر از کاهش هزینه‌های مربوط به حفاظت در برابر خوردگی و تعمیر و نگهداری و همچنین برخورداری از طول عمر زیاد که هریک به لحاظ اقتصادی می‌تواند توجیه مناسبی برای استفاده از این شمع‌ها باشد، به لحاظ قیمت تمام شده شمع در پای کار که شامل هزینه خرید و حمل تا محل پروژه است نیز مقرون به صرفه می‌باشد. بعنوان مثال برآوردی که برای تهیه شمع‌های فولادی برای استفاده در پروژه ساخت اسکله ۱۵۰۰۰۰تنی پاناماکس واقع در بندر امام خمینی و مقایسه آن با قیمت تهیه شمع‌های سانتریفوژ صورت گرفت با وجود اینکه شمع‌های فولادی از داخل کشور و شمع‌های سانتریفوژ از کشور مالزی به بندر امام خمینی حمل می‌شد، قیمت تمام شده شمع‌های سانتریفوژ در حدود ۱۷٪ کمتر از شمع‌های فولادی برآورد گردید.[۳و۴]

خط تولید ساده

همانگونه که در روش ساخت این شمع‌ها توضیح داده شد، خط تولید آنها ساده می‌باشد و نیازی به تجهیزات خاص و پیچیده ندارد.

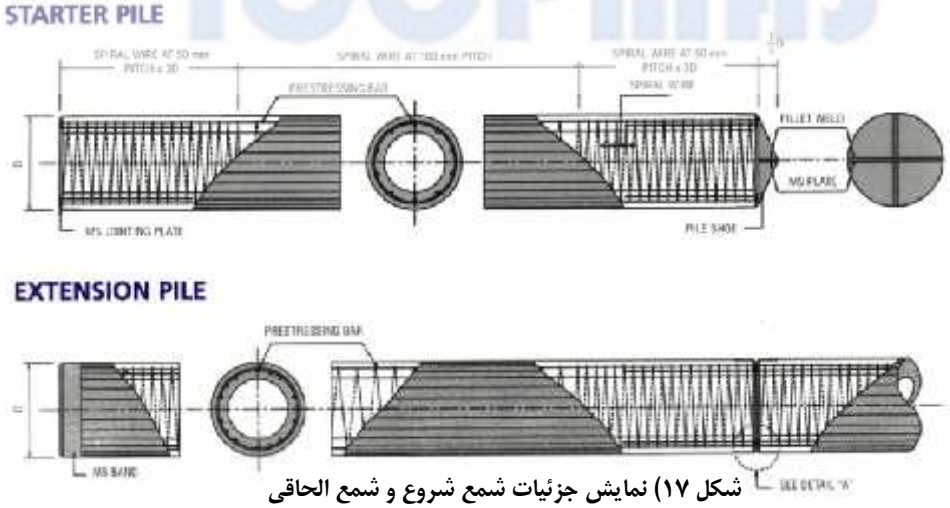
مشخصات شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ

شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ بسته به شرایط مورد نیاز و امکانات وتجهیزات تعبیه شده در خط تولید کارخانه در اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شوند. بعنوان مثال مشخصات شمع‌های تولید شده توسط شرکت ICP در کشور مالزی در جدول ۲ درج شده است.[۶]

جدول ۲) مشخصات شمع‌های تولید شده توسط شرکتICP

قطراسمی (mm)	ضخامت اسمی (mm)	طول (m)	وزن (kg/m)	میلگرد(عدد) ۷/۱mm	۹mm	۱۰/۷ mm	پیش‌تنیدگی موثر (N/mm^2)
۲۵۰	۵۵	۶–۱۲	۸۸	۶	–	–	۶/۳
۳۰۰	۶۰	۶–۱۵	۱۱۸	۸	–	–	۶/۳
۳۵۰	۷۰	۶–۱۶	۱۶۰	–	۶	–	۵/۷
۴۰۰	۸۰	۶–۲۰	۲۰۹	–	۸	–	۵/۸
۴۵۰	۸۰	۶–۲۰	۲۴۲	–	۸	–	۵/۱
۵۰۰	۹۰	۶–۲۴	۳۰۱	–	۱۰	–	۵/۱
۶۰۰	۱۰۰	۶–۳۰	۴۰۸	–	۱۴	–	۵/۲
۷۰۰	۱۱۰	۶–۴۶	۵۳۰	–	۲۰	–	۵/۷
۸۰۰	۱۲۰	۱۰–۴۶	۶۶۷	–	۲۴	–	۵/۵
۹۰۰	۱۳۰	۱۰–۴۴	۸۱۸	–	۲۸	–	۵/۲
۱۰۰۰	۱۴۰	۱۰–۴۰	۹۸۳	–	–	۲۴	۵/۲

این شمع‌ها به دو صورت شمع شروع(starter pile) که بعنوان اولین شمع در نقطه مورد نظر کوبیده می‌شود و نوک آن شکل نیزه‌ای دارد و همچنین شمع الحاقی(extension pile) که برای امتداد شمع اول مورد استفاده قرار می‌گیرد، ساخته می‌شوند.(شکل ۱۷)



شکل ۱۷) نمایش جزئیات شمع شروع و شمع الحاقی

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری و جمع‌بندی

با توجه به آنچه گفته شد می‌توان چنین نتیجه گرفت که شمع‌های پیش‌تنیده سانتریفوژ از ویژگیهای مثبت شمع‌های فولادی شامل سهولت اجرا، امکان افزایش طول درحین اجرا ، هزینه‌های پایین و صرفه اقتصادی و همچنین ویژگی‌های مثبت شمع‌های بتنی شامل دوام بالا در مقابل خوردگی وکاهش هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری برخوردار است و از آنجا که استفاده از این شمع‌ها صرفه اقتصادی را نیز به دنبال دارند بعنوان گزینه مناسبی برای ساخت اسکله‌های شمع و عرشه در شرایط مناسب ژئوتکنیکی توصیه می‌شود. این مسئله خصوصاً برای شرایط خلیج فارس و میزان خوردگی بالا در آن موضوعیت بیشتری دارد و با استفاده از این شمع‌ها در احداث سازه‌های دریایی نظیر اسکله‌های شمع و عرشه می‌توان به توسعه یافتگی پایدارتری در این مناطق دست یافت. علاوه بر این از آنجا که این شمع‌ها علاوه بر اسکله‌های شمع و عرشه در ساخت سایر سازه‌ها نظیر پل‌ها، فونداسیون‌های عمیق نیروگاه‌ها و ساختمانهای بلند و ... نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند، احداث کارخانه تولید این شمع‌ها در داخل ایران(خصوصاً جنوب کشور) و تامین نیازهای داخلی و بازار کشورهای منطقه بعنوان یک گزینه قابل طرح می‌باشد. امید است مجموعه مطالب و همچنین جمع بندی و پیشنهاد ارائه شده که در جهت ارتقای تولید ملی و حمایت از کار و سرمایه ایرانی می‌باشد مورد توجه و بررسی دقیق‌تر مسولین و دست‌اندرکاران ذیربط قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

مولفین مقاله بر خود واجب می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از مساعدت‌های آقای دکتر ناصری زاده معاون محترم فنی و مهندسی و آقای مهندس عبداللهی مدیر محترم دانش قرب نوح(ع) اعلام نمایند.

مراجع

۱-Tomlinson, M., Woodward, J. "Pile design and Construction Practice"(fifth edition), Taylor and Francis, ۲۰۰۸

۲ - Fleming, K., Weltman, A., Randolph, M., Elson, K. "Piling Engineering" (Third Edition) Taylor and Francis, ۲۰۰۹

۳- محمدی، علیرضا، (۱۳۸۳) ، استفاده از شمعهای بتنی پیش تنیده سانتریفوژ در سازه‌های دریایی، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسرکشور،۱۳۸۳.

۴- قنبریان ، مجتبی، کاربرد شمع‌های سانتریفوژ در ساخت اسکله‌های شمع و عرشه، فصل‌نامه علمی قرب، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص)، ۱۳۹۰.

۵- مشخصات شمع‌های سانتریفوژ و روش بارگیری و حمل دریایی آنها، پروژه احداث اسکله ۱۵۰۰۰۰ تنی شناورهای فله‌بر بزرگ بندر امام خمینی(ره)، مدیریت دانش قرب نوح(ع)، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء(ص)، ۱۳۸۴.

۶-www.ijm.com/industry/ICPB

۷-www.pipe-pilingconcrete.com

۸- کوبش شمع‌های سانتریفوژ از دریا، پروژه احداث اسکله ۱۵۰۰۰۰ تنی شناورهای فله‌بر بزرگ بندر امام خمینی(ره)، مدیریت دانش قرب نوح(ع)، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء(ص)، ۱۳۸۴.

www.SID.ir

Archive of SID

Assessment of Centrifuge Piles Production Process and Their Usage Benefits in Construction of Pile and Deck Jetties

M. Ghanbarian, Ms in Knowledge Management, Noah Construction Camp

mojtabaghanbarian@yahoo.com

A. Soltankoohi, manager of the marine structures center, Noah Construction Camp

arsoltankoohi@gmail.com

A. Mohammadi, Ms in Marine Structures, Omran Sahel Institute

Areza.moh@gmail.com

Abstract:

Jetties are the most important marine structures which are generally used for vessels berthing, for loading various goods and travellers getting off and on, and based on their types, they are classified to pile and deck, and sheet and gravity quay walls. In building the pile and deck jetties, piles such as wooden, steel, concrete and…can be used and each of them has its own benefits and deficiencies based on the geographical position (including the corrosion phenomenon and lifetime decrease in marine environment, the work difficulties and pile driving mode, pile prolongation, and the implementation coasts). In the present article, various types of applied piles for driving and constructing jetties have been introduced and their benefits and deficiencies have been mentioned. Also, pre-stressed centrifuge piles have been introduced and assessed as the main subject. This article presents various production stages of the these piles and their benefits include high resistance of applied concrete, high resistance against corrosion (high durability which may have an important role in sustainable development of marine structures, simple and quick connection of piles in the location, quite low Weight per length unit, reduction of time for gaining preliminary strength needed for driving and etc.

Key words: centrifuge piles, pre-stressed pile, pile and deck jetty, marine structures, corrosion, pile prolongation

www.SID.ir