



مرکز پژوهش‌های مطالعات دریایی

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



ICOPMAS

بررسی تکنولوژی ساخت و ارزیابی اقتصادی اسکله‌های شمع و عرشه فلزی در مقایسه با اسکله‌های وزنی بلوکی (مطالعه موردی: بندر پتروشیمی پارس)

سید مجید نبوی نژاد¹، علی مریدی²، سیروس ضیایی³

¹ کارشناس ارشد دپارتمان مدیریت دانش - قرارگاه سازندگی نوح (ع)

² دانشجوی دکترای مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر، کارشناس ارشد دپارتمان مدیریت دانش - قرارگاه سازندگی نوح (ع)

³ کارشناس ارشد مدیریت دریایی - قرارگاه سازندگی نوح (ع)

تلفن: 77425015، شماره: 77425016، پست الکترونیکی: moridi@cic.aut.ac.ir

smnabavi2000@yahoo.com،

چکیده:

اسکله‌ها که از آنها به عنوان سازه‌های پهلوگیر نیز یاد می‌شود عمدتاً برای بارگیری و تخلیه کالا و یا پایانه‌ای برای جابجایی مسافر قابل استفاده‌اند. صرف نظر از انواع مختلف، اسکله‌ها سه نقش اساسی دارند که عبارتند از: تأمین پهلوگیری و تکیه‌گاه مناسب برای کشتی‌ها (شناورها)، تأمین رابطه بین کشتی و خشکی (پل دسترسی) و نقش دیوار نگهدارنده برای مصالح پرکننده پشت اسکله. اسکله‌ها دارای سه سیستم کلی هستند که عبارتند از: شمع و عرشه، دیواره‌ای و وزنی. اسکله‌های شمع و عرشه در جاهایی که زمین سست بوده و لایه‌های خاک مناسب در اعماق نسبتاً زیادی از بستر دریا قرار گرفته باشند اجراء می‌شوند. صرف نظر از نوع سازه عرشه اسکله، شمع‌های آن به انواع مختلف فلزی، بتنی پیش‌ساخته، بتنی درجا و غیره اجراء می‌شوند. علیرغم سهولت اجراء اسکله‌های شمع و عرشه فلزی، به علت مقاومت کم فولاد در برابر خوردگی، این اسکله‌ها به سیستم نگهداری ویژه‌ای نیاز دارند. اسکله‌های وزنی با استفاده از وزن خود در برابر سربارهای ثقلی و بارهای جانبی مقاومت می‌کنند. اسکله‌های وزنی عمدتاً در محیط‌های آبی آرام و جاهایی که بستر دریا از استحکام کافی برخوردار باشد و در مقابل وزن اسکله و سایر بارها نشست نداشتند، ساخته می‌شوند. رایج‌ترین نوع اسکله‌های وزنی اسکله‌های بلوکی بتنی هستند. برای احداث اسکله‌های بلوکی بتنی، بایستی پی مناسبی جهت استقرار قطعات بلوکی ایجاد شود تا نیروهای وارد از طرف بلوک‌ها و سایر بارهای وارده را به طور یکنواخت و به نحوه مناسب به بستر انتقال دهد. لازم به ذکر است که ابعاد بزرگ و وزن زیاد بلوک‌های بتنی استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات خاص و با ظرفیت‌های بالا جهت بارگیری، حمل و استقرار آنها را می‌طلبد.

در این مقاله به بررسی تکنولوژی ساخت و ارزیابی اقتصادی اسکله‌های شمع و عرشه فلزی و وزنی بلوکی پرداخته می‌شود که در آن اسکله‌های بندر پتروشیمی پارس واقع در منطقه پارس جنوبی به عنوان مطالعه موردی بررسی می‌شوند.

کلید واژه: اسکله، شمع و عرشه، بلوک‌های پیش ساخته بتنی، اقتصادی، اجرایی

1- مقدمه

اسکله‌ها که از آنها به عنوان سازه‌های پهلوگیر نیز یاد می‌شود عمدتاً برای بارگیری و تخلیه کالا و یا پایانه‌ای برای جابجایی مسافر قابل استفاده‌اند. اسکله را می‌توان در کنار خلیج، دماغه، حوضچه، رودخانه و یا هرگونه آبراهه دیگر بنا نمود. این سازه‌ها باید به طور مناسبی با راه‌های دسترسی مانند جاده یا خط آهن با مناطق صنعتی و تجاری در ارتباط باشند. اسکله‌ها از نظر سازه‌ای دارای چند سیستم کلی هستند که عبارتند از: شمع و عرشه، دیواره‌ای، وزنی و شناور. اسکله‌های شمع و عرشه: یک اسکله با سیستم شمع و عرشه از دو بخش کلی تشکیل شده است که عبارتند از: زیرسازه یا شمع‌ها و روسازه یا عرشه.

- شمع‌ها بعنوان فونداسیون سازه و نیز بعنوان ستونی که روسازه بر روی آن بنا می‌شود عمل می‌کنند و ایستایی سازه در برابر بارهای قائم را تأمین می‌کنند. پایداری شمع‌ها توسط نیروی اصطکاکی که بین بدنه آنها و خاک اطراف آنها ایجاد می‌شود تأمین می‌شود. همچنین می‌تواند از شمع‌های مایل بعنوان یک عضو مقاوم در برابر بارهای جانبی (نظیر زلزله، ضربه وارده از سوی شناورها و ...) بهره برد. شمع‌ها می‌توانند

فلزی یا بتنی باشند، که شمعه‌های فلزی عموماً با مقطع دایره‌ای شکل هستند و شمعه‌های بتنی به دوصورت درجا و پیش‌ساخته با مقاطع مختلف وجود دارند.

- عرشه بخش فوقانی اسکله است که کلیه نقل و انتقالات به کشتی‌ها و شناورها و نصب تجهیزات و استقرار ماشین‌آلات بر روی آن صورت می‌گیرد. در این نوع اسکله‌ها، شمع و عرشه هر کدام به تنهایی می‌توانند فلزی یا بتنی باشند. در اسکله‌های شمع و عرشه فلزی، کل سیستم سازه‌ای آنها شامل شمعها، سرشمعها، تیرهای عرشه، کاملاً فلزی ساخته می‌شود و قسمت بتنی آنها، تنها پلت‌فرم و دال بتنی اجرا شده بر روی تیرها می‌باشد.

اسکله‌های وزنی: در اسکله‌های وزنی (Gravity berths) اصول پایداری سازه بر اساس وزن خود سازه استوار است و این اسکله‌ها با استفاده از وزن خود در برابر سربارهای ثقلی و بارهای جانبی مقاومت می‌کنند. انواع اسکله‌های وزنی عبارتند از: کیسونی، بتن درجا و بلوکی. رایج‌ترین نوع اسکله‌های وزنی اسکله‌های بلوکی بتنی هستند. برای احداث اسکله‌های بلوکی بتنی، بایستی پی مناسبی جهت استقرار قطعات بلوکی ایجاد شود تا نیروهای وارد از طرف بلوکها و سایر بارهای وارده را به طور یکنواخت و به نحوه مناسب به بستر انتقال دهد. اسکله‌های بلوکی با استفاده از بلوکهای پیش‌ساخته بتنی در شکلهای سلولی، مستطیلی، L شکل و I شکل ساخته می‌شوند. اسکله‌های بلوکی وبه طور کلی اسکله‌های وزنی عمدتاً در محیط‌های دریایی آرام و جاهایی که بستر دریا از استحکام کافی برخوردار باشد و در مقابل وزن اسکله و سایر بارها، نشست نداشته باشد ساخته می‌شوند. اسکله‌های شمع و عرشه در جاهایی که زمین سست بوده و لایه‌های خاک مناسب در اعماق نسبتاً زیادی از بستر دریا قرار گرفته باشند اجراء می‌شوند.

2- تکنولوژی ساخت

2-1- اسکله‌های شمع و عرشه فلزی

اجرای اسکله‌های شمع و عرشه همانطور که در مراحل قبلی ذکر شد شامل دو مرحله است:

2-1-1- پایه‌های اسکله (شمعها)

2-1-1-1- آماده‌سازی شمعها: در اسکله‌های شمع و عرشه‌ای که شمعها فلزی هستند قبل از کوبش شمعها یکسری مراحل آماده‌سازی اولیه روی شمعها انجام می‌گیرد که عبارتند از: دبل جوینت کردن شمعها با توجه به اجرایی و عملیاتی بودن طول شمع و با توجه به تجهیزات و ماشین‌آلات موجود برای بارگیری، حمل و کوبش آنها، سند بلاست و رنگ آمیزی قسمتهای مختلف شمع.

2-1-1-2- کوبش شمعها: در کوبش شمعها در دریا بسته به عوامل ذکر شده، به یکی از دو روش زیر عمل می‌شود:

- روش آویز: در دریا شمع تحت اثر وزن خود توسط جرثقیل حمل شده و در نقطه مورد نظر قرار می‌گیرد و سپس چکش شمع کوبی روی آن قرار گرفته و عملیات کوبش صورت می‌گیرد. در پروژه بندر پتروشیمی پارس این مورد در طی دو مرحله و با استفاده از چکشهای ویبره و دیزل صورت می‌گیرد بدینصورت که در مرحله اول چکش ویبره به روی شمع منتقل می‌شود و تحت اثر وزن چکش و با ارتعاش آن موجب لرزندان و تکان دادن سریع شمع در جهت قائم (بصورت رفت و برگشتی) شده و این حرکات سریع موجب کنار زدن سنگ‌ها و خاک بستر می‌شود و در نتیجه شمع به آرامی در بستر فرو می‌رود و در مرحله دوم چکش شمعکوب دیزل روی آن مستقر می‌شود و عملیات کوبش ادامه می‌یابد.

- روش استفاده از شابلون یا لیدر: در این روش برای تثبیت اولیه شمع در بستر - بر خلاف روش قبلی - از دستگاه ویبره استفاده نمی‌گردد و از یک سری تجهیزات مانند انواع شابلون‌ها یا لیدرها جهت مهار و حفظ پایداری راستای شمع استفاده می‌شود. بدیهی است که پس از تثبیت اولیه شمع، عملیات کوبش آن با چکش دیزل صورت می‌گیرد.

2-1-2- اجرای عرشه

روسازه اسکله‌های شمع و عرشه باید به نحو مناسبی با پایه‌ها و شمعها ارتباط داشته باشد که بتواند بارها و سربارهای وارد بر عرشه را به نحو مناسبی به بستر انتقال دهد. این قسمت از سازه می‌تواند بصورت دال تمام بتنی روی شمعها اجرا شود یا اینکه روی شمعها تیریزی شده و روی آن عرشه اجرا شود. در پروژه بندر پتروشیمی پارس از روش دوم و از تیرهای فلزی برای اجرای روسازه اسکله‌های شمع و عرشه استفاده شده است. در اسکله‌های شمع و عرشه، سرشمعها نقش اتصال تیرها به شمع، و به تبع آن انتقال بار وارد شده بر تیرها و عرشه را به شمع، به عهده دارند. تیرها در سازه به منظور انتقال بارهای وارد بر عرشه سازه به شمعها (ستون‌ها) مورد استفاده قرار می‌گیرند. تیرها می‌توانند بصورت بتنی درجا یا پیش‌ساخته بتنی و یا فلزی مورد استفاده قرار گیرند. در اسکله‌های مورد بحث در بندر پتروشیمی پارس از تیرورق‌های فلزی با مقطع مربع مستطیل استفاده شده است.

تیرهای فلزی توسط سرشمعهایی که روی هر شمع نصب شده به یکدیگر متصل می‌شوند و سپس جهت اجرای عرشه آرماتوربندی داخلی صورت می‌گیرد و پس از قالب‌بندی عرشه بتن‌ریزی و عمل‌آوری آن صورت می‌گیرد.



شکل شماره 1: شمع‌کوبی شمعهای فلزی و تیرریزی عرشه اسکله‌های شمع و عرشه

2-2- اسکله‌های وزنی بلوکی

2-2-1- بستر سازی

برای جلوگیری از نشست اسکله‌ها، قبل از عملیات اجرایی استقرار بلوکهای بتنی می‌بایست پی مناسبی برای استقرار بلوکها اجرا نمود تا نیروی وارده ناشی از وزن بلوکها و همچنین سایر بارهای وارده به نحو مناسبی به بستر انتقال یابد. برای احداث این پی اقدام به لایروبی بستر دریا و ایجاد کانالی در محل نصب بلوکها می‌نمایند که هدف از آن رسیدن به بستر سخت و مناسب برای بارگذاری و به حداقل رساندن نشست در اثر بارهای وارده از طرف بلوکها و سازه‌های فوقانی و همچنین بارهای وارده در زمان بهره‌برداری می‌باشد. پس از احداث کانال داخل آن با مصالح سنگی پرشده و سطح یکنواخت و قابل قبولی جهت استقرار بلوکها ایجاد می‌شود. علاوه بر این لایروبی کانال و اجراء مصالح بسترسازی داخل آن، سبب جلوگیری از فرار مصالح در اثر بارهای وارده می‌شود. مصالح مورد نیاز برای بسترسازی زیر اسکله‌های بلوکی معمولاً در دو سایز درشت دانه و ریزدانه انتخاب شده که حدود 80٪ ارتفاع مصالح زیر بلوکها را مصالح درشت دانه و 20٪ بقیه را مصالح ریزدانه تشکیل می‌دهند.

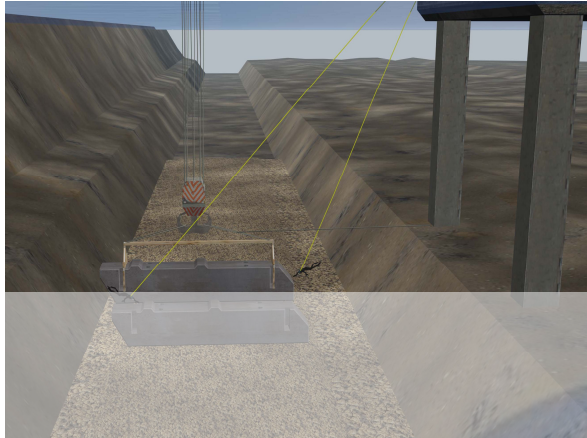
2-2-2- ساخت و حمل بلوکها

بلوکها با توجه به ابعاد نسبتاً بزرگشان و تعداد زیاد مورد نیاز باید با یک سیستم منظم تولید شوند لذا ساخت آنها باید در کارخانه بتن صورت گیرد. جهت بالا بردن راندمان استقرار بلوکها، بارگیری و حمل آنها بسته به ابعادشان به دو روش صورت می‌گیرد:

- بارگیری توسط جرثقیل دروازه‌ای و حمل توسط فلت بارج.
- بارگیری توسط جرثقیل بوم تلسکوپي و حمل توسط کمرشکن، کفی

2-2-3- استقرار بلوکها

استقرار بلوکها در دریا توسط جک آپ بارج صورت می‌گیرد. بلوکها توسط جرثقیل جک آپ از روی بارج بلند شده و پس از جابجایی بارج حامل بلوکها از روبروی جک آپ، به آرامی به سمت پایین هدایت می‌شوند. غواص توسط ارتباط رادیویی که با گروه پشتیبانی و اپراتور جرثقیل دارد، چگونگی نحوه حرکت و جابجایی بلوک را به ایشان اطلاع می‌دهد و پس از رسیدن و جانمایی بلوک در موقعیت مورد نظر قلابهای جرثقیل را آزاد می‌کند. لازم به ذکر است به دلیل اینکه مینای قرارگیری بقیه بلوکها، بلوک اول می‌باشد قبل از اینکه کابل‌های جرثقیل و بلوک باز شوند، موقعیت و جانمایی آن توسط نقشه‌بردار و به کمک میری که در اختیار گروه غواصی قرار دارد تعیین و نهایی می‌شود.



شکل شماره 2: نمایی شماتیک از نحوه استقرار بلوکها بر روی بستر توسط جک آپ بارج

جدول شماره 1: زمان اجرای مراحل مختلف استقرار بلوکهای بتنی¹

مدت زمان	شرح کار (فعالیت)
بطور متوسط 15 دقیقه	مستقر شدن بارج حامل بلوک مقابل جک آپ
بطور متوسط 15 دقیقه	بستن کابلهای جک آپ بر کابلهای بلوک
بطور متوسط 7 دقیقه	جابجایی بارج از روبروی جک آپ
بطور متوسط 45 دقیقه	نصب بلوک در محل استقرار زیر آب
5 دقیقه	آزاد کردن کابلهای متصل به بلوک

2-2-4- تیر پیشانی

معمولا قسمت فوقانی این سازه بصورت تیر بتنی درجا اجرا می شود تا هرگونه رواداری حین اجرا و همچنین نشست های نسبی اولیه را پوشش دهد و بارهای وارد بر عرشه را بطور یکنواخت بین بلوکهای زیرین توزیع نماید. همچنین احداث این تیر سطح یکپارچه ای که فندر و بولارد روی آن نصب شود را نیز تامین می کند. این تیر با قالب بندی بصورت یک در میان به روی آخرین ردیف بلوکها اجراء می شود (در پروژه بندر پتروشیمی پارس ابعاد تیرها 2*5*10 متر می باشد).

3- مقایسه اقتصادی دو اسکله

در ارزیابی اسکله ها عوامل عمده ای از قبیل تکنولوژی ساخت، سرعت اجرا، دوام مصالح مصرفی در برابر عوامل خوردنده دریایی، هزینه تعمیر و نگهداری، طول عمر مفید وجود دارند که در میزان هزینه تمام شده اسکله و هزینه بهره برداری نقش عمده ای دارند.

جدول شماره 2: مقایسه اقتصادی اسکله های بلوکی و اسکله های شمع و عرشه

اسکله های شمع و عرشه		اسکله های بلوکی		
تهیه شمع	55%	تولید بلوک	59%	
آماده سازی شمع	7%	استقرار	29%	
کوبش	38%	بستری	لایروبی	1%
			تامین مصالح	1%
			حمل و اجرا	10%
				12%

¹ این مدت زمان بر اساس تپ بلوک تغییر می کند. زیرا با کاهش عمق، کار گروه غواصی راحت تر شده و این مدت زمان کاهش می یابد.

با توجه به اعداد و ارقام فوق در پروژه بندر پتروشیمی پارس هزینه هر متر طول اسکله‌های وزنی بلوکی حدود 33٪ کمتر از هزینه متر طول اسکله‌های شمع و عرشه است.

4- نتیجه گیری و جمع بندی

سیستم سازه‌ای اسکله‌ها به انواع شمع و عرشه، وزنی، دیواره‌ای و شناور طبقه‌بندی می‌گردد. هنگامی که بستر دریا دارای شرایط ژئوتکنیکی مناسب مانند سنگ، ماسه متراکم یا رس سخت می‌باشد، می‌توان از سازه‌های وزنی استفاده نمود. و در صورتیکه ضخامت لایه نامناسب سطحی کم باشد می‌توان این لایه را برداشت و با جایگزین نمودن مصالح دانه‌ای مناسب شرایط ژئوتکنیکی بستر را بهبود بخشید. اسکله‌های وزنی بتنی علیرغم با صرفه بودن آنها از لحاظ اقتصادی و سهولت نگهداری آنها در زمان بهره‌برداری، به علت نبود دانش فنی و ماشین‌آلات لازم جهت اجرای آنها تنها در ابعاد کوچک و عمق‌های کم توسط مشاوران در داخل کشور پیشنهاد می‌گردد. اسکله‌های وزنی دارای محاسن ویژه‌ای از جمله تکنولوژی ساده، سرعت نسبتاً بالای اجرا، دوام مناسب در برابر عوامل خورنده در محیط‌های دریایی، هزینه تعمیر و نگهداری کمتر و در عین حال طول عمر مفید بیشتر، ارزیابی کم و هزینه مطلوبتر در حدود 33٪ کمتر از اسکله‌های شمع و عرشه می‌باشند.



ICOPMAS

Construction Know-How and Economic Evaluations of Deck & Pile Berths in Comparison to Block Weight Berths (case study: Pars Petrochemical Port)

S. M. Nabavinejad,

A. M. SirousZiaee

Abstract

Berth, also known as berthing structure, is mainly used for loading and unloading cargoes. Regardless of different types of this structure, all berths have three main functions: allowing berthing for ships, filling the gap between ship and land (Access Bridge) and playing the role of back wall for fillers that are behind the berth. Berths have three broad systems: deck and pile, wall, weight. The first systems are used when land is soft and soil layers are deep inside the sea. Although deck and pile berth can conveniently be implemented, it needs special maintenance because of steel's low resistance against corrosion. Weight berths are used in areas where water is not turbulent and sea bed is strong enough. Concrete block berth is the most common type of weight berths. This article deals with technology of making deck and pile berth and gives an economic evaluation of such projects. Pars Petrochemical Port is used as case study.

Keywords: *berth, deck and pile, weight berth, concrete block berth*