بهینه سازی طراحی اسکله‌ها برای بنادر صیادی جنوب ایران

دکتر علی خدایی

استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده :

اسکله‌های عرشه روی شمع، متداول ترین سیستم اسکله‌سازی در ایران است. لذا به منظور امکان بهینه‌سازی اینگونه اسکله‌ها، برای لنجهای ۶۰ تا ۲۵۰۰ تنی براساس پیشنهادات طرح جامع بنادرکشور و سایر آیین‌نامه‌های معتبر در این زمینه اسکله‌ای به عرض ۱۲ متر، ارتفاع یک متر بالاتر از MHHW انتخاب شد. این اسکله با دو میزان بارزنده و با شرایط متفاوت بستر از نظر مشخصات مکانیک خاک تحت بارگذاری قرار گرفت. سایر شرایط جوی و محیطی نظیر شرایط بندر سوزا در سواحل جنوب کشور انتخاب گردیدند. طول شمع با دو سطح مقطع مختلف محاسبه شده است. سپس منحنی‌های طراحی که می‌تواند در انتخاب اولیه طرح و مقایسه واریانتها بکار رود ارائه شده‌اند. همچنین تأثیر میزان بارزنده ، عمق آبخورکشتی، چسبندگی خاک بستر دریا و سطح مقطع شمع بر طول شمع مورد نیاز مورد بررسی و مقایسه قرارگرفته است.

Design Optimization of Fishing Quay for Southern Ports of Iran

Ali Khodaii, Ph.D.

Assistant Prof . of Civil Eng Dept.
Amirkabir University of Technology

ABS8TRACT:

The most commonly used type of quays in Iran is deck on piles. To optimize such quay for fishing boats of 60 to 2500 tons based on recommendations of Iran national ports master plan and other well recognized specifications, a quay of 12 meter width with a height of one meter above MHHW was selected.

Assuming different geotechnical soil support conditions, the quay was loaded with two different live loads.

Environmental conditions of Suza Port in Persian Gulf was assumed to be prevailing in all cases considered. Pile length required under a wide combination of loading, pile cross section, and soil conditions were calculated and preliminary design charts which may be used in preliminary design and comparison of different alternatives are presented.

Effect of live load, gross weight of the vessels using the quay, soil type and pile cross section on the length of pile is also considered.

۱) مقدمه

جدا از مساله ساخت بنادر تجاری بزرگ که مبادی ورودی و خروجی آبی کشور بوده و واردات و صادرات کالاها،

صدورنفت، صید و ماهیگیری و ترانزیت بار و مسافر از طریق آنها انجام می‌شود، شرایط سیاسی امروز ایران از یک طرف و وضعیت اجتماعی و اقتصادی مردم بومی سواحل خلیج فارس و دریای عمان از طرف دیگر ایجاب می‌کند که به مساله احداث بنادر کوچک صیادی در طول مرز آبی طولانی موجود توجه خاص مبذول شود. احداث این بنادر نه تنها در توسعه اقتصادی و فرهنگی این مناطق، ایجاد اشتغال و بالا بردن سطح زندگی و معیشت مردم بومی مؤثر است، بلکه می‌تواند در تأمین پروتئین مورد نیاز جمعیت کشور که با نرخ رشد ۳/۷ درصد در سال بالاترین نرخ رشد جمعیت در جهان را داراست نقش مهمی را ایفا نماید.

در این نوشتار با استفاده از شرایط جوی و هیدورلیکی بندر سوزا واقع در سواحل خلیج فارس و فرض دو نوع اصلی مصالح بستر، اسلکه‌هایی از نوع عرشه روی شمع برای شرایط مختلف بارگذاری و انواع کشتی طرح محاسبه شده است. سپس منحنیهای طراحی که می‌تواند در انتخاب اولیه طرح و مقایسه واریانتها بکار رود تهیه و ارائه شده. علاوه بر این تأثیر میزان بارزنده در طول شمع مورد نیاز در شرایط مختلف مصالح بستر و دو سطح مقطع مختلف شمع مقایسه شده است.

۲) انتخاب ابعاد مناسب اسکله

طراحی اسکله‌ها و بنادر صیادی باید به‌نحوی باشند که علاوه بر پاسخگویی به نیازهای فعلی و کوتاه مدت، قابلیت توسعه آتی و سرویس دهی به شناورهای نسبتاً بزرگ صید صنعتی را نیز داشته باشد.

جهت بررسی و طرح اسکله‌های صیادی مناسب برای بنادر جنوب کشور و تهیه نمودارهای طراحی بهینه چهار نوع شناور زیر به‌عنوان (کشتی طرح) در نظر گرفته شد:

I - لنج ۶۰ تنی آب نشین ۲/۵ متر
II - لنج ۲۰۰ تنی آب نشین ۳/۵ متر
III - لنج ۱۰۰۰ تنی آب نشین ۵ متر
IV - لنج ۲۵۰۰ تنی آب نشین ۶ متر

با توجه به ضوابط و آیین‌نامه‌های موجود و با عنایت به شناورهای صیادی فوق‌الذکر که نیازهای میان مدت و دراز مدت صیادی ایران رابرآورده می‌سازد، برای داشتن یک دیدگاه کلی، ابعاد زیر برای اسکله‌های صیادی در بنادر جنوب ایران توصیه می‌گردد.

۲-۱) طول اسکله

استانداردهای کارهای دریایی ژاپن، طول هر پست اسکله برای کشتیهای ماهیگیری با ظرفیت یکهزار تن را ۷۰ متر و برای کشتیهای با ظرفیت دو هزار تن، ۸۰ متر تعیین کرده است. در مورد کشتیهای کوچکتر این استاندارد پیشنهادی ارائه نداده است. طرح جامع بنادر ایران طول هر پست پهلوگیری را دربنادر صیادی بطور کلی ۱۰۰ متر توصیه کرده است. کوئین، طول هر پست اسکله را معادل طول کشتی طرح و فاصله بین کشتیها را ۱۶ متر و فاصله هر کشتی تا انتهای اسکله را ۲۵ متر توصیه کرده است، مثلاً اگر کشتی طرح یکهزار تنی باشد که طول آن حدود ۷۰ متر است طول هر پست اسکله ۱۰۰ متر خواهد شد.

با توجه به این موارد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که طول ۱۸۰ تا ۲۰۰ متر برای یک اسکله صیادی مناسب است که برای کشتیهای دو هزار تنی دارای ۲ پست پهلوگیری و برای کشتیهای یکهزار تنی دارای ۳ پست پهلوگیری می‌باشد. اما از آنجاکه در غالب بنادر صیادی کشور ما تناژ شناورها کمتر از یکهزار تن بوده و احتمال پهلوگیری سه فروند کشتی‌یکهزار تنی در یک زمان ناچیز است لذا طول ۱۲۰ متر نیز کافی است مشروط براینکه امکان توسعه آتی اسکله نیز پیش‌بینی شده باشد.

۲-۲) عرض اسکله

استاندارد دریایی ژاپن عرض اسکله رابرای آبخور کمتر از ۴/۵ متر، ۱۰ متر و برای آبخور بین ۴/۵ تا ۷/۵ متر، ۱۵ متر توصیه نموده است. طرح جامع بنادر ایران حداقل عرض اسکله بنادر صیادی را ۱۲ متر تعیین کرده است. کوئین، حداقل عرض نوار پهلوگیری را برای عبور یکطرفه کامیون ۷ متر و برای عبور دو طرفه کامیون بدون نیاز به دور زدن ۸ متر توصیه کرده است. با توجه به این مورد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عرض ۱۰ تا ۱۵ متر برای اسکله‌های صیادی مناسب است که با توجه به شرایط ایران ۱۲ متر را می‌توان توصیه نمود.

۲-۳) ارتفاع اسکله

استاندارد دریایی ژاپن حداقل ارتفاع اسکله‌های کوچک را ۰/۵ تا یک متر بالاتر از HHW پیشنهاد کرده است. طرح جامع بنادر ایران برای بنادر کوچک خلیج فارس حداقل ارتفاع اسکله را یک متر بالاتر از MHHW توصیه نموده است.

مقادیر فوق در صورتی صادق است که اسکله در پناه موج شکن بوده یا در داخل خورهای طبیعی که سطح آب در آنها آرام است واقع شده باشد. به نحوی که ارتفاع موج در پای اسکله از ۰/۴ متر تجاوز ننماید. در مورد ارتفاع اسکله از سطح آب ضابطه طرح جامع بنادر ایران برای بنادر کوچک خلیج فارس مناسب بنظر می‌رسد.

۲-۴) آبخور اسکله

آبخور اسکله بر مبنای آب‌نشین کشتی طرح تعیین می‌شود. معمول است که آبخور اسکله را حداقل یک متر بیشتر از آب‌نشین کشتی طرح در حالت پر (پایینتر از تراز MLLW) در

نظر بگیرند ولی برای بنادر صیادی ایران می‌توان آبخور اسکله را مساوی آب نشین کشتی طرح در حالت پر در نظر گرفت. به‌عبارت دیگر فرض را بر این قرار داد که اسکله در روزهایی که آب در پایین‌تر از سطح MLLW قرار دارد از آبخور کافی برخوردار نیست و کشتی طرح در این روزها تنها در حالت مد می‌تواند وارد محوطه بندرگاه شده و در کنار اسکله پهلو بگیرد. از آنجا که تعداد روزهایی که آب به پایین‌ترین حد جزر (LLW) می‌رسد زیاد نیست وعلاوه بر این در این قبیل اوقات نیز لنجها و کشتیهای کوچکتر می‌توانند به آسانی از اسکله استفاده نمایند در نتیجه این فرض موجب کمتر شدن آبخور اسکله و کاهش هزینه پروژه خواهد شد.

۳) بهینه سازی اسکله

اسکله‌های عرشه روی شمع متداول‌ترین سیستم اسکله‌سازی در ایران است. زیرا غیر از بندر شهید رجایی و بنادر انزلی، نوشهر، قشم، جاسک و لنگه که اسکله آنها با سپر ساخته شده است دو اسکله کیسونی که در چاه بهار و کیش وجود دارد بقیه اسکله‌های بنادر ایران دارای سیستم عرشه روی شمع می‌باشد. لذا بر اساس ابعاد پیشنهادی فوق برای اسکله‌های صیادی بررسیهایی جهت طرح بهینه طول شمعها در این نوع اسکله به‌عمل آمده که نتایج آن ذیلاً آورده شده است. در بررسیهای انجام شده پارامترها و فرضیات زیر بکار گرفته شده است.

الف – از آنجا که کشتیهای کوچک امکان پهلوگیری در کنار اسکله را در آب آزاد ندارند زیرا امواج با ارتفاع نسبتاً کم نیز مانع انجام عملیات تخلیه و بارگیری آنها می‌شود، لذا در بررسیهای انجام شده فرض بر این است که اسکله‌ها یادر پناه موج شکن قرار دارند و یا در داخل خورهای طبیعی که سطح آب در آنها آرام است واقع شده‌اند.

ب – اختلاف ارتفاع بین حد متوسط جذر و حد متوسط مد (حد فاصل MHHW و MLLW) در سواحل خلیج فارس و دریای عمان ۲ تا ۳ متر است که در محاسبه شمعها ۲/۵ متر در نظر گرفته شده است.

ج – از آنجا که تسهیلات تخلیه و بارگیری نظیر جرثقیل بر روی اسکله‌های کوچک نصب نمی‌گردند بار زنده بر روی اسکله کالاهای عمومی بین $1/5\ T/m^2$ تا $3\ T/m^2$ می‌باشد. در اینجا اسکله‌های مختلف در دو حالت با بارگسترده ۱/۵ و $3\ T/m^2$ آنالیز و طراحی شده‌اند.

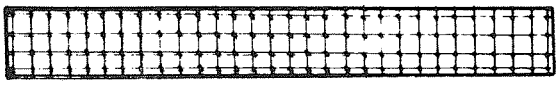
د – در مورد جنس خاک بستر دریا دو حالت خاک یکنواخت دانه‌ای و خاک یکنواخت چسبنده در نظر گرفته شده است. خاک دانه‌ای خود به سه حالت سست با زاویه اصطکاک داخلی $25° > \phi \geq 30°$، متوسط $30° > \phi \geq 25°$ و متراکم $\phi \geq 35°$ تقسیم‌بندی شده است. خاک چسبنده نیز در سه حالت نرم با چسبندگی $5 > C \geq 2/5\ T/m^2$، متوسط با $10 > C \geq 5\ T/m^2$، و سخت با چسبندگی $C \geq 10\ T/m^2$ در نظر گرفته شده است. حالات ترکیبی فوق و یا خاک غیر یکنواخت چند لایه در بررسیهای انجام شده در نظر گرفته نشده است. جدول شماره ۱ ماتریس مشخصات اسکله‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

W بارزنده روی اسکله T/m^2
B عرض شمع بتنی cm
X حالت بررسی شده

اسکله‌های عرشه روی شمع																					
کشتی طرح	آب‌نشین کشتی	خاک‌بسترداندای								خاک‌بسترچسبنده											
		$30>\phi>25$				$35>\phi>30$				$\phi>35$				$5>C>2/5$				$10>C>5$			
		W 1/5		W 3		W 1/5		W 3		W 1/5		W 3		W 1/5		W 3		W 1/5		W 3	
تن	متر B	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40
۶۰	۲/۵	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۲۰۰	۳/۵	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۱۰۰۰	۵	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۲۵۰۰	۶	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

جدول شماره ۱ مشخصات اسکله‌های آنالیز شده

پلان شمعکوبی در اسلکه‌های صیادی با ابعاد بدست آمده فوق به شکل (۱) خواهد بود. فاصله بین شمعها در این شبکه بر طبق ضوابط حداقل و حداکثر فاصله شمعها تعیین می‌گردد. با توجه به محدودیتهای اجرایی و مشکلات شمعکوبی در آب، کوبیدن شمعهای اسکله به فواصل خیلی نزدیک متداول نبوده و غالباً فاصله شمعها از ۱ یا ۱/۵ متر کمتر نمی‌شود. از طرف دیگر زیاد شدن فاصله بین شمعها موجب سنگین شدن تیرهای روسری و یا دال عرشه می‌شود که مقرون به صرفه نخواهد بود. فاصله معمول بین شمعها در اسلکه‌های عرشه روی شمع بین ۳ تا ۴ متر است. در بررسیهای به‌عمل آمده نیز فاصله بین شمعها در شبکه مربوط به پلان شمعکوبی در جهت طولی و عرضی ۳/۵ متر در نظر گرفته شده است. در اینصورت سطح باربر هر شمع ۱۲/۲۵ متر مربع می‌باشد. با هر ترکیب دیگری از فاصله بین شمعها (درجهت طولی و عرضی) در محدوده فوق به‌نحوی که سطح باربر شمع از ۱۲ متر مربع تجاوز نکند نیز می‌توان از نتایج ارائه شده در این مقاله استفاده کرد.



شکل ۱. پلان شمع کوبی

در بررسیهای به‌عمل آمده شمعها از جنس بتن مسلح با مقطع مربع شکل و به ابعاد ۳۰ × ۳۰ سانتیمتر و ۴۰ × ۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده‌اند.

با بارگذاری بر روی سازه اسکله (با هندسه فوق) می‌توان نیروهای وارد بر هر شمع را محاسبه نمود. به دلیل اینکه غالباً اسکله‌ها در ورای موج شکنها احداث شده ونیروی امواج و جریانهایی دریایی عمدتاً توسط موج شکنها جذب می‌شوند در این بررسیها نیروی امواج و جریانهای دریائی در نظر گرفته نشده است ولی نیروهای جانبی باد، ضربه کشتی و مهاربندی محاسبه شده و با یکدیگر مقایسه گشته‌اند که معمولاً ضربه کشتی حالت بحرانی‌تری را نسبت به سایر بارهای جانبی ایجاد می‌کند.

سر بار روی اسکله در دو حالت $1/5\ T/m^2$ و ۳ در نظر گرفته شده است. بار مرده نیز بر اساس ابعاد شمعها و دال بتن آرمه محاسبه می‌شود.

محاسبه بار و لنگر در سر شمعها نشان می‌دهد که حداکثر نیروی محوری در شمعها در حالتی که بارزنده $1/5\ T/m^2$ باشد برابر ۳۰/۵ T و در حالتی که بارزنده $3\ T/m^2$ باشد ۴۸/۵ T می‌باشد. لنگر خمشی منتقل شده به سر شمعها در مقایسه با لنگری که هنگام حمل و نقل به شمع وارد می‌شود قابل توجه نیست.

در این تحلیلها سیستم بصورت ۲ بعدی مدلسازی شده و از شمعهای مورب بیز جهت مقابله با نیروهای جانبی مطابق شکل ۲ استفاده شده است. در صورتی که شمعهای مورب بکار برده نشوند نیروی محوری شمعها بین ۷ تا ۱۴ درصد افزایش می‌یابند ولی لنگر خمشی در سر شمعها چند برابر خواهند شد.

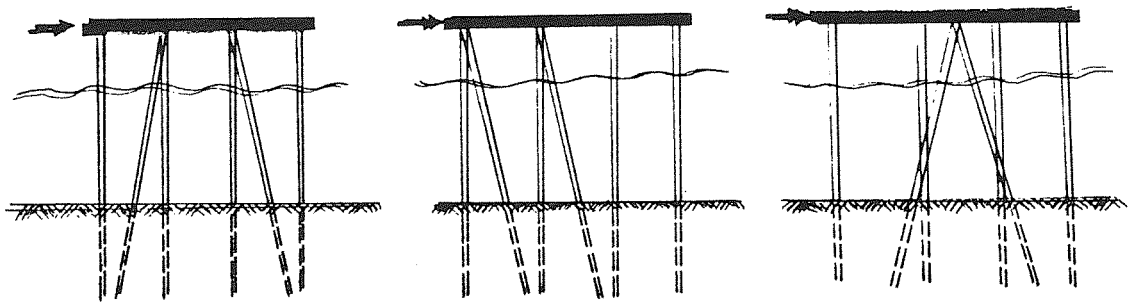
۴) محاسبه طول شمع لازم

در محاسبه طول شمع لازم برای آبخورهای مختلف از روش Vijay Vergiya برای خاکهای چسبنده از رابطه (۱) و برای خاکهای دانه‌ای ازرابطه (۲) استفاده شده است.

$$Q_p = N_c \cdot C_b \cdot A_b + \lambda\ (\bar{p} + 2\bar{C}u)\ A_s \quad (1)$$

در این رابطه Q_p مقاومت نهایی شمع، N_c ضریب مربوط به چسبندگی خاک، c_b چسبندگی انتهای شمع (دست نخورده و زهکشی نشده)، A_b سطح مقطع شمع ، λ ضریب و رجیا (که از جدول پیشنهادی وی بدست می‌آید) $\bar{P}_0$ تنش قائم متوسط مؤثردر وسط شمع، $\bar{C}_u$ چسبندگی متوسط در اطراف شمع، A_s سطح جانبی شمع در تماس با خاک می‌باشد.

برای محاسبه طول شمع لازم برای آبخورهای مختلف در خاک دانه‌ای از فرمول کلی زیر استفاده شده است.



شکل ۲. حالات مختلف کاربرد شمعهای مورب در اسکله‌های صیادی

$$Q_p = N_q.p_d \cdot A_b + 0.5\, K_s \cdot P_d \cdot \tan\delta A_d \qquad (2)$$

در این رابطه N_q ضریب ظرفیت بار، P_d فشار مؤثر رو بار، K_s ضریب فشار خاک و δ زاویه اصطکاک بین شمع و خاک می‌باشد. مقادیر N_q براساس منحنیهای پیشنهادی برزانتسف (۲) تعیین شده‌اند. در تعیین K_s ضریب فشار خاک و δ زاویه اصطکاک بین خاک و شمع نیز از جدول پیشنهادی برمز (۲) استفاده شده است.

$\phi = 25° \rightarrow N_q = 8$ $Ks = 1.00$ $N = 4$ خاک دانه‌ای سست

$\phi = 30° \rightarrow N_q = 17.5$ $Ks = 1.4$ $N = 10$ خاک دانه‌ای متوسط

$\phi = 35° \rightarrow N_q = 50$ $Ks = 17.5$ $N = 26$ خاک دانه‌ای متراکم

در هر دو حالت خاک دانه‌ای و خاک چسبنده روی Q_s یعنی اصطکاک جانبی ضریب اطمینان ۲ و روی Q_b یعنی مقاومت انتهایی شمع ضریب اطمینان ۳ اعمال شده است.

در خاکهای چسبنده Q_s یا اصطکاک جانبیٔ سهم عمده را در باربری شمع دارد و بالعکس در خاکهای دانه‌ای Q_b یا مقاومت انتهایی شمع نقش اصلی را در باربری شمع ایفا می‌کند. لذا برخی از طراحان در خاکهای چسبنده از Q_b و در خاکهای دانه‌ای از Q_s در جهت اطمینان صرف نظر می‌کنند ولی در نمودارهای بدست آمده هر دو مورد به حساب آمده است.

نتایج حاصل از بررسیها و محاسبات انجام شده بصورت منحنیهای طراحی برای مقادیر بار زنده ۱/۵ و ۳ تن بر متر مربع و با مصالح بستر از جنس دانه‌ای با مقاومتهای مختلف و همچنین در سطح مقطع مختلف شمع در شکلهای ۳ و ۴ آمده است. این نتایج برای حالتی که خاک بستر از جنس چسبنده باشد برای مقادیر بارزنده ۱/۵ و ۳ تن بر متر مربع در شکلهای ۵ و ۶ آورده شده است. تأثیر افزایش سطح مقطع شمع در کاهش طول شمع در شکلهای ۳ تا ۶ قابل مشاهده و مقایسه می‌باشد. در خاکهای دانه‌ای، افزایش سطح مقطع از ۳۰×۳۰ به ۴۰×۴۰ سانتیمتر که به معنای ۷۷٪ افزایش سطح مقطع می‌باشد، امکان کاهش طول شمع را بطور متوسط به‌میزان ۱۹٪ می‌دهد. لکن مجموع حجم بتن ریزی هر شمع بطور متوسط حدود ۴۵٪ افزایش پیدا می‌کند. در خاکهای چسبنده افزایش سطح مقطع از ۳۰×۳۰ به ۴۰×۴۰ سانتیمتر امکان کاهش طول شمع را بطور متوسط به‌میزان ۲۴٪ فراهم می‌نماید. در این مورد نیز مجموع حجم بتن ریزی هر شمع ۳۵٪ افزایش پیدا می‌کند.

تأثیر میزان بارزنده بر طول شمع لازم با مقطع ۳۰×۳۰ سانتیمتر و در خاک دانه‌ای و چسبنده در شکلهای ۷ و ۸ و تأثیر بارزنده بر طول شمع با مقطع ۴۰×۴۰ سانتیمتر در خاک دانه‌ای و چسبنده در شکلهای ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. با تعیین آبخور مورد نیاز اسکله صیادی (که معمولاً بین ۲ تا ۶/۵ متر است) طول شمع لازم در خاکهای دانه‌ای و چسبنده مختلف را می‌توان با استفاده از منحنی شکلهای ۳ تا ۶ بدست آورده تأثیر میزان بارزنده و سطح مقطع شمع برای حالت خاص مورد نظر از شکلهای ۷ تا ۱۰ قابل قرائت است.

لازم به یاد آوری است که در استفاده ازاین نمودارها بایستی نکات ذیل مد نظر قرار گیرند:

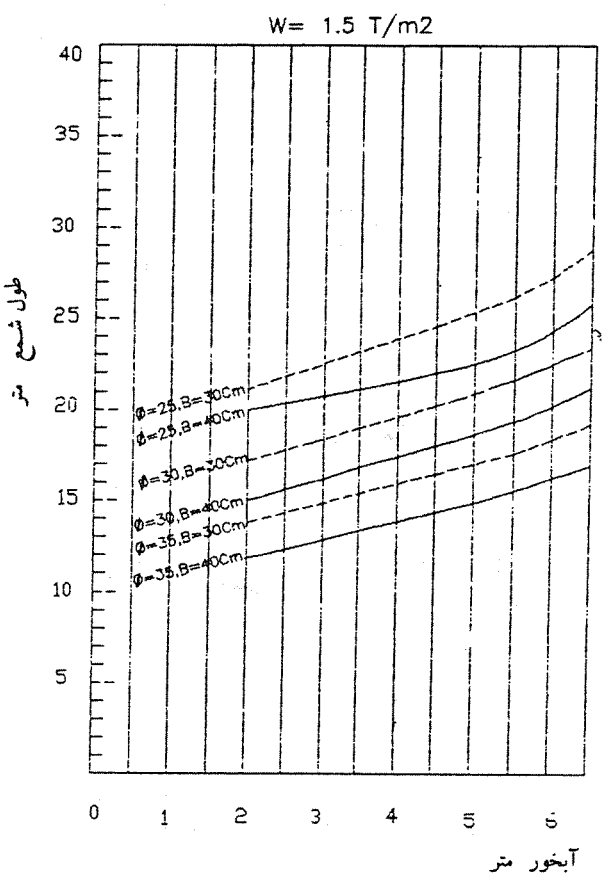
الف - نمودارها حداقل طول لازم را بدست می‌دهند.

ب - شمعها، بتن آرمه با مقطع مربعی ۳۰×۳۰ و یا ۴۰×۴۰ می‌باشند. برای شمعها با مقطع دایره‌ای به قطر ۳۵ تا ۴۰ سانتیمتر می‌توان از حالت اول و برای قطر ۴۵ تا ۵۱ سانتیمتر می‌توان از حالت دوم استفاده کرد.

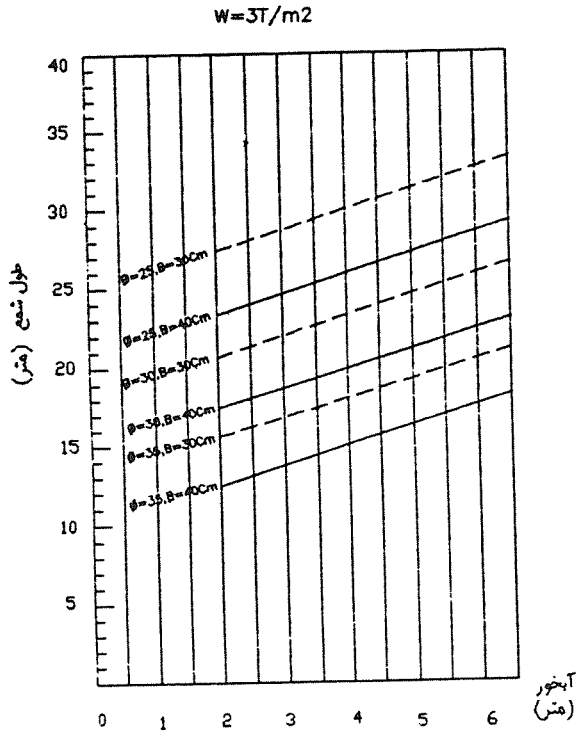
ج - کاربرد شمعهای مورب به یکی از حالتهای شکل ۲ برای مهار نیروهای جانبی وارد بر اسکله الزامی است.

د - اختلاف بین متوسط جذر و متوسط مد در سواحل ایران با توجه به آمار بطو رمیانگین ۲/۵ متر در نظر گرفته شده است. در نقاطی که اختلاف بین جذر و مد بیشتر از ۲/۵ متر باشد نیز این منحنیها قابل استفاده هستند فقط به همان مقدار از آبخور مفید اسکله کاسته می‌شود.

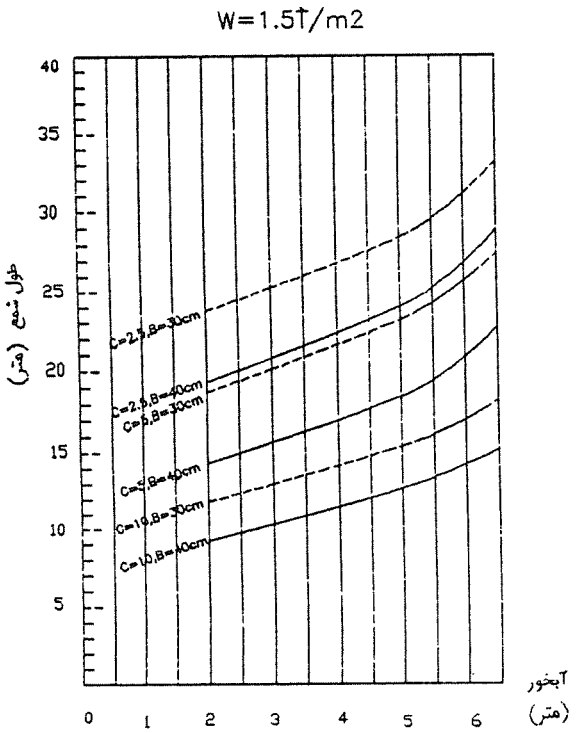
هـ - سطح بارگیر هر شمع نباید از ۱۲ متر مربع تجاوز نماید.



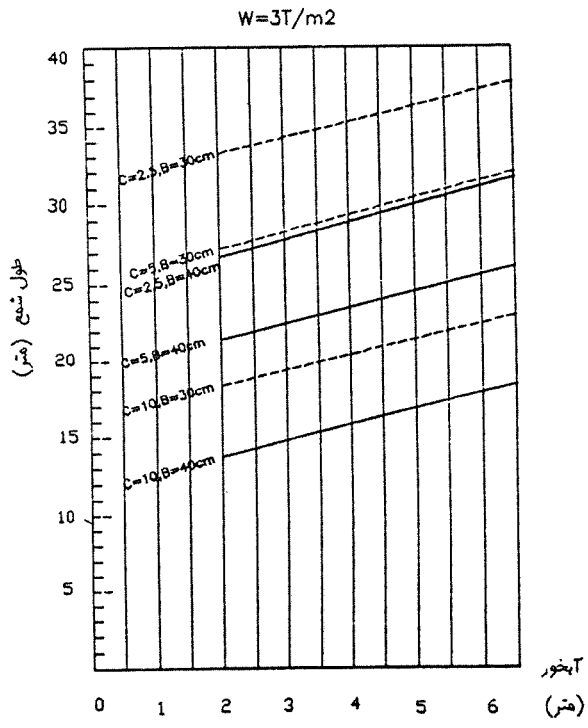
شکل ۳. طول شمع لازم در خاک دانه‌ای $1/5 T/m^3$ = بارزنده



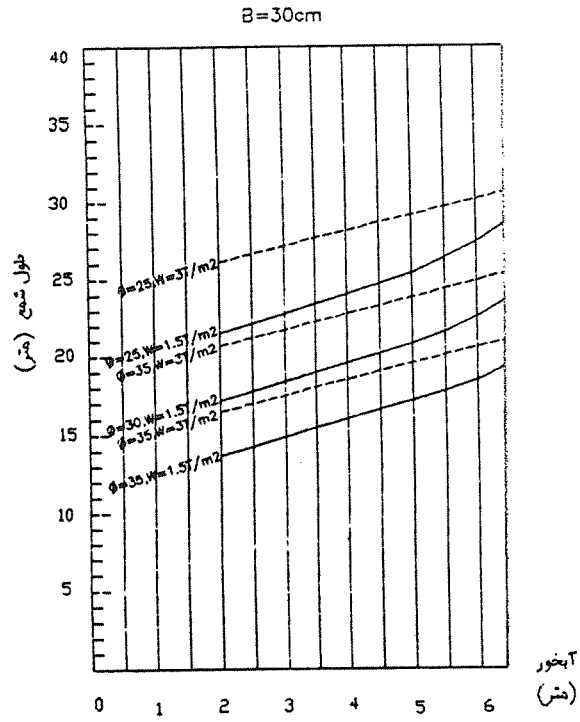
شکل ۴. طول شمع لازم در خاک دانه‌ای $3T/m^3$ = بارزنده



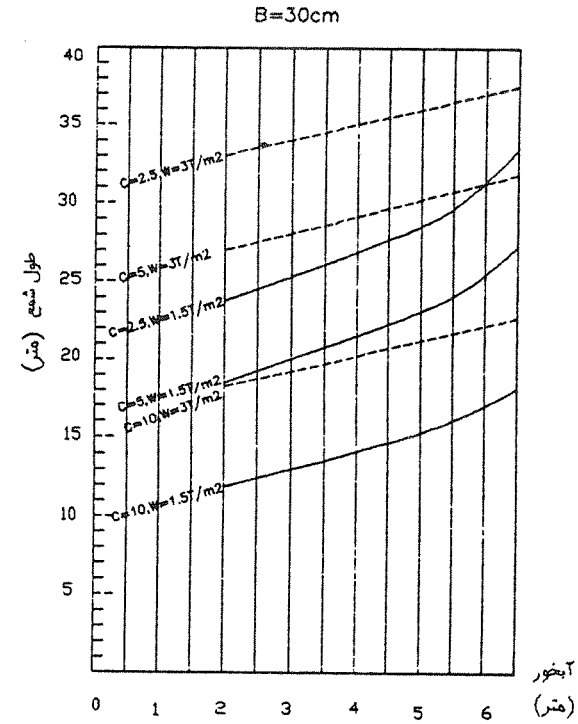
شکل ۵. طول شمع لازم در خاک چسبنده $1/5T/m^2$ = بارزنده



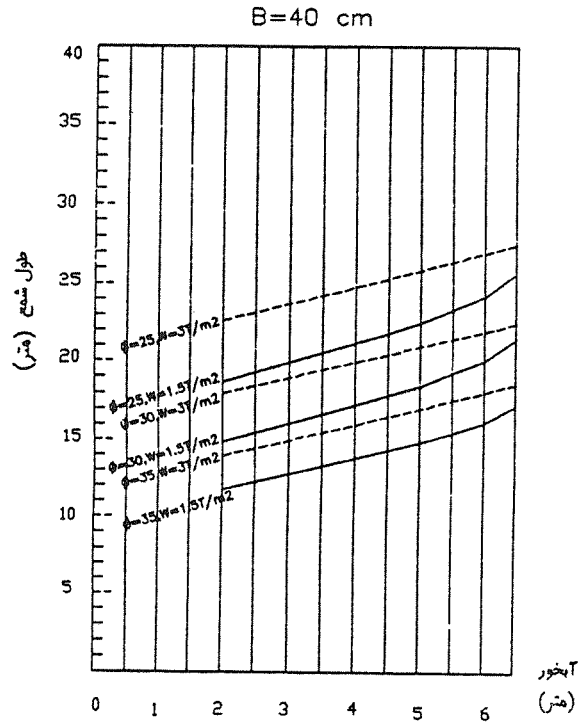
شکل ٦. طول شمع لازم در خاک چسبنده $3T/m^2$ = بارزنده



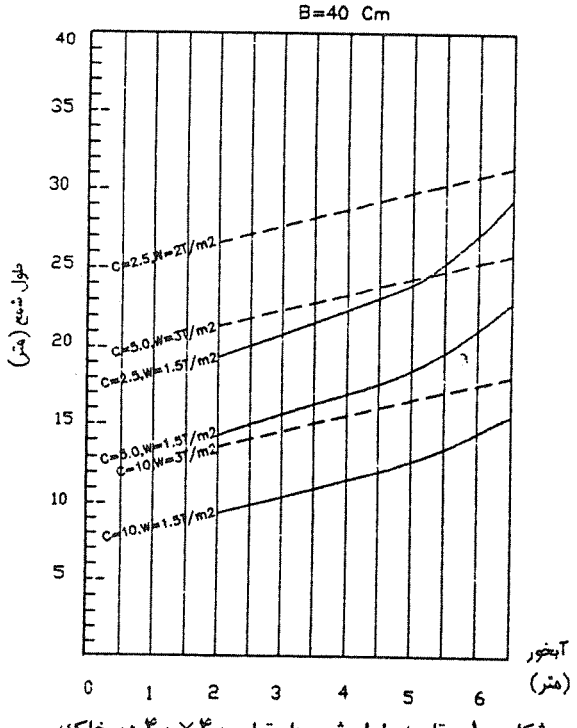
شکل ۷. مقایسه طول شمع با مقطع ۳۰×۳۰ در خاک دانه‌ای برای بارزنده ۱/۵ و ۳ تن برمترمربع



شکل ۸. مقایسه طول شمع با مقطع ۳۰×۳۰ در خاک چسبنده برای بارزنده ۱/۵ و ۳ تن برمترمربع



شکل ۹. مقایسه طول شمع با مقطع ۴۰×۴۰ در خاک دانه‌ای برای بارزنده ۱/۵ و ۳ تن برمترمربع



شکل ۱۰. مقایسه طول شمع با مقطع ۴۰×۴۰ در خاک چسبنده برای بارزنده ۱/۵ و ۳ تن برمترمربع

۵) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

علاوه بر امکانات کاربردی منحنیهای ارائه شده در شکلهای ۳ تا ٦ نتایج زیر نیز قابل استنباط می‌باشد.

۱) - روند افزایش طول شمعها در خاک دانه‌ای و چسبنده از آبخور ۵ متر به بالا یکباره شدت بیشتری می‌یابد.

۲) - در شرایط یکسان بارزنده و نوع شمع، هر ۵ درجه که از ϕ کاسته می‌شود بین ۲۰ تا ۲۸ درصد به‌طول شمع افزوده می‌گردد.

۳) - در شرایط یکسان بارزنده و نوع خاک دانه‌ای، اگر شمع را از ۳۰×۳۰ به ۴۰×۴۰ تبدیل نماییم طول شمع بین ۱۱ تا ۲۷ درصد کاهش پیدا می‌کند.

۴) - با افزایش بارزنده از ۱/۵ T/m^2 به ۳ T/m^2 در شرایط یکسان خاک دانه‌ای و نوع شمع، طول شمعها ۹ تا ۲۱ درصد کاهش پیدا می‌کند.

۵) - در شرایط یکسان بارزنده و نوع شمع با کم شدن چسبندگی از ۱۰ T/m^2 به ۵ T/m^2 طول شمع از ۴۲ تا ۵۸ درصد افزایش پیدا می‌کند. و باکم شدن چسبندگی از ۵ به ۲/۵ T/m^2 طول شمع از ۱۸ تا ۳٦ درصد افزایش می‌یابد.

٦) - د رشرایط یکسان بارزنده و نوع خاک چسبنده، اگر شمع را از ۳۰×۳۰ به ۴۰×۴۰ تبدیل نماییم طول شمع بین ۱٦ تا

۳۱ درصد در حالت $W=۱/۵\ T/m^۲$ و ۲۰ تا ۳۳ درصد در حالت $۳\ T/m^۲$ کاهش پیدا می‌کند.

۷) - با افزایش بارزنده از ۱/۵ به $۳\ T/m^۲$ در شرایط یکسان خاک چسبنده و نوع شمع، طول شمعها از ۱۵ تا ۵۲ درصد افزایش پیدا می‌کند.

۸) - در اسلکه‌های با آبخور بیشتر از ۵ متر، با افزایش عمق آبخور، طول شمع درخاکهای چسبنده نسبت به طول شمع در خاکهای دانه‌ای با سرعت بیشتری افزایش پیدا می‌کند.

منابع :

1- *J. E. Bowles, " Foundation Analysis and Design".*
2- *M. J. Tomlinson , " Pile Design and Construction 2Practice".*
3- *Wayne. Tang, "Foundation Design".*
4- *Winterkorn & Fang,"Foundation Engineering Handbook".*
5- *Shamsher Prakash,"Soil Dynamics."*
6- *J.E. Bowles," Numerical Methods in Foundation Engineering".*
7- *Quinn. Alonzo Def " Design & Construction of Ports and Marine Structeres " Mc Graw - Hill 1979.*