

تهیه منحنیهای طراحی اسکله‌های سپر فولادی

علی خدائی

چکیده:

به منظور امکان ارائه منحنیهای قابل استفاده در طراحی‌های مقدماتی اسکله‌های سپر فولادی، با استفاده از شرایط جوی و هیدرولیکی بندر سوزا و فرض دو نوع اصلی مصالح بستر، اسکله‌هایی از نوع سپر فولادی برای شرایط مختلف بارگذاری و انواع گشتی طرح، محاسبه شده است. سپس منحنیهای طراحی که می‌توان به کمک آنها بر حسب میزان آبخور گشتی، طول سپر، حداکثر لنگر در سپر و سطح مقطع میل مهار را به دست آورد تهیه و ارائه شده است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که اولاً، سپرهای فولادی را نمی‌توان در خاکهای چسبنده نرم به کار برد. ثانیاً، تاثیر کاهش طول سپر در اثر افزایش زاویه اصطکاک داخلی خاک بیش از تاثیر افزایش چسبندگی می‌باشد، به طوری که در شرایط بارگذاری یکسان، در اثر افزایش هر ۵ درجه به زاویه اصطکاک داخلی لنگر ماکزیمم سپر بین ۳۶٪ تا ۴۶٪ و از سطح مقطع میل مهار ۲۵ تا ۳۵٪ کاسته می‌شود.

Design Charts for Piers on Sheet Piles

Ali Khodaii,

Assist. Professor of Civil

Eng. Dept. Amirkabir Univ. of Tech.

ABSTRACT:

Fundamental role of transportation in general and sea transportation in particular, and possibility of using vast resources of protein available, at southern ports of our country, highlights the potential importance of on shore construction such as ports and piers.

To obtain preliminary design charts for initial comparison of different method of construction, a number of piers on sheet piles were designed. For the purpose of this design, soil mechanic and environmental conditions of Soza port was assumed to be prevailing. Based on length of emerged piles and weight category of the boats, length, maximum bedding moment of sheet piles and the cross section of anchor bolts were calculated. To obtain more general design charts, effect of soil bed condition and cross section of sheet piles were also considered. These charts may be used for initial comparison of different types of piers.

دریائی را برای ما دو چندان کرده است. در این راستا به منظور امکان ارائه منحنیهای قابل استفاده در طراحیهای مقدماتی اسکله‌های سپر فولادی، با استفاده از شرایط جوی و هیدرولیکی بندر سوزا و فرض دو نوع اصلی مصالح بستر،

اتاقمقدمه
نقش اساسی حمل و نقل دریائی و امکانات بالقوه تامین بخشی از نیازمندیهای غذایی کشورمان از دریا، اهمیت آشنائی هرچه بیشتر با صنعت احداث سازه‌های ساحلی و

اسکله‌هایی از نوع سپر فولادی برای شرایط مختلف بارگذاری و انواع کشتی طرح، محاسبه شده است. سپس منحنیهای طراحی که می‌توان به کمک آنها برحسب میزان آب‌خور کشتی، طول سپر، حداکثر لنگر در سپر و سطح مقطع میل مهار را بدست آورد تهیه و ارائه شده است. در مقایسه نتایج حاصله تاثیر جنس خاک بستر بر طول و سطح مقطع سپر و میل مهار نیز بررسی شده و نتایج استنتاج شده ارائه گردیده است.

۲- مبانی بررسیهای انجام شده

باتوجه به اینکه ساخت اسکله‌ها و بنادر کوچک، یکی از نیازهای اجتماعی-اقتصادی کشور ماست لذا در بررسیهای انجام شده طراحی اسکله‌های با آب‌خور کم تا متوسط که قابلیت پهلودهی لنج‌ها تا کشتیهای کوچک را داشته باشند مورد توجه قرار گرفت. در این راستا دو نوع لنج ۶۰ و ۲۰ تنی و دو نوع کشتی ۱۰۰۰ و ۲۵۰۰ تنی به عنوان کشتی طرح برای آنالیز و طراحی در نظر گرفته شد. آب نشین این کشتیها به ترتیب ۲/۵، ۳/۵، ۵ و ۶ متر در نظر گرفته شده است. 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 این قبیل کشتیها می‌شود)، لذا فرض شده است که این اسکله‌ها در پناه موج شکن و یا در داخل خورهای طبیعی که سطح آب آنها آرام است قرار دارند.

متوسط جذر و مد (حد فاصل MHHW و MLLW) در اینجا ۲/۵ متر در نظر گرفته شده است (در سواحل خلیج فارس و دریای عمان این مقدار ۲ تا ۳ متر است). باتوجه به اینکه غالب بنداری که برای سرویس دهی به شناورهای ۶۰ تا ۲۵۰۰ تنی طراحی می‌شوند؛ بنادر صیادی و کوچک هستند، لذا آب‌خور پای اسکله برای کشتیهای فوق‌الذکر در MLLW، ۲/۵، ۳/۵، ۵ و ۶ متر در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر فرض بر این است که اسکله در روزهایی که آب

در پایین‌تر از حد MLLW قرار دارد، از آب‌خور کافی برخوردار نیست و کشتی طرح در این روزها تنها در وضعیت مد می‌تواند وارد محوطه بندرگاه شده و در کنار اسکله پهلو بگیرد. از آنجا که تعداد روزهایی که آب به پائین‌ترین حد جزر LLW می‌رسد، زیاد نیست و علاوه بر این در این موارد نیز لنجها و کشتیهای کوچکتر می‌توانند به آسانی از محوطه بندرگاه و اسکله استفاده نمایند، لذا این فرض موجب کم شدن ارتفاع اسکله و کاهش هزینه پروژه خواهد شد.

به منظور امکان بررسی تاثیر نوع خاک در اینگونه اسکله‌ها جنس خاک بستر دریا در شش حالت مختلف زیر در نظر گرفته شده است:

خاک دانه‌ای سست (Loose) با زاویه اصطکاک داخلی حد اقل $\phi = 25$ درجه

خاک دانه‌ای متوسط (Medium) با زاویه اصطکاک داخلی حد اقل $\phi = 30$ درجه

خاک دانه‌ای متراکم (Dense) با زاویه اصطکاک داخلی حد اقل $\phi = 35$ درجه

خاک چسبنده شل (Soft) با حد اقل چسبندگی $c = 2/5 \text{ T/m}^2$

خاک متوسط (Medium) با حد اقل چسبندگی $c = 5 \text{ T/m}^2$

خاک سفت (Stiff) با حد اقل چسبندگی $c = 10 \text{ T/m}^2$

حالات ترکیبی و یا خاک غیر بکنواخت در بررسیهای انجام شده در نظر گرفته نشده‌اند. نظیر تسهیلات تخلیه و بارگیری جبرئیل بر روی اسکله‌های کوچک نصب نمی‌گردند، لذا بار زنده بر روی اسکله در دو حالت با بار گسترده ۱/۵ و ۳ تن بر مترمربع فرض شده است.

طرح جامع بنادر ایران [۱] برای بنادر کوچک خلیج فارس، حد اقل ارتفاع اسکله را یک متر بالاتر از MHHW توصیه نموده است. براساس استاندارد دریایی ژاپن [۲] حد اقل ارتفاع اسکله‌های کوچک را می‌توان ۰/۵ متر بالاتر از HHW در نظر گرفت.

آمار نشان می‌دهد [۱] اختلاف ارتفاع بین متوسط جزر و

۳-۱- بارگذاری

بار زنده روی سطح اسکله در دو حالت ۱/۵ و ۳ تن بر مترمربع در نظر گرفته شده است. اثر ضربه کشتی بر حسب تناژ کشتی طرح به شرح زیر محاسبه شده‌اند:

کشتی Ton	F Ton
۶۰	۱۰
۲۰۰	۱۰
۱۰۰۰	۱۰
۲۵۰۰	۱۲

نیروی زلزله در اسکله‌های سپرکوبی به شکل ازدیاد فشار خاک اکتیو و پاسیو بر روی سپر در نظر گرفته می‌شود. مساله تغییرات فشار خاک در اثر زلزله هنوز به طور کامل حل نشده و امروزه بیشتر از تئوری اوکابه - مونونوبه [۳] جهت بررسی این مساله استفاده می‌کنند. تئوری این دو نیز بر مبنای تئوری فشارخاک کولمب است که اصلاحاتی باتوجه به شتاب زلزله روی آن به عمل آمده است. باتوجه به اینکه در هنگام زلزله، تنشهای مجاز محاسبات رami توان ۳۳ درصد افزایش داد، لذا اثر زلزله در اسکله‌های سپرکوبی در نظر گرفته نشده است.

۳-۲- اسکله‌های سپری در خاک چسبنده

برای خاک دانه‌ای پشت سپر مشخصات زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$K_a = 0.333, \quad K_p = 3 \quad \rightarrow \quad \phi = 30^\circ$$

$$\gamma = 1 \text{ T/m}^3, \quad \gamma_{sat} = 2 \text{ T/m}^3, \quad \gamma' = 1/8 \text{ T/m}^3 = \text{مرطوب } \gamma$$

از اصطکاک بین دیوار فلزی و خاک صرف نظر شده است ($\delta = 0$) این فرض در جهت اطمینان بیشتر است، معهداً فرض $\delta = \frac{2}{3}\phi$ نیز متداول است. باتوجه به رفتار خزشی خاک رس و امکان جداشدن آن از دیوار، چسبندگی خاک و دیوار (adhesion) در محاسبات منظور نشده است.

همانطور که گفته شد برای تحلیل دیوار در خاک چسبنده از روش انتهایی آزاد استفاده شده است، یعنی انتهایی دیوار

متوسط مد در سواحل خلیج فارس و دریای عمان بین ۲ تا ۳ متر است، لذا در این مطالعات تغییرات سطح آب، مابین متوسط جزر و متوسط مد ۲/۵ متر در نظر گرفته شده و سطح عرشه اسکله یک متر بالاتر از MHHW فرض شده است. بنابراین ارتفاع اسکله در هر حالت برابر است با آب نشین کشتی طرح باضافه ۳/۵ متر.

با شش نوع خاک بستر دو اندازه بار زنده و چهار اندازه آبخور، مجموعاً ۴۸ اسکله مورد طراحی قرار گرفته و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه شده است.

۳- تحلیل اسکله‌های سپر فولادی

طول و عرض اسکله‌ها به ترتیب ۱۲۰ و ۱۲ متر، ارتفاع اسکله‌ها نیز ۶، ۷، ۸/۵ و ۹/۵ متر در نظر گرفته شده است، که متناظر با آبخور ۲/۵، ۳/۵، ۵ و ۸ متر می‌باشد.

سپرها به وسیله یک سری مهار به بلوکهای بتونی مهار می‌شوند، زیرا کاربرد سپرهای طره‌ای در سازه‌های دریایی معمول نیست. پای سپر در خاک دانه‌ای گیردار فرض شده و مساله هیپرستاتیک به کمک فرضیات بلوم (Blum) در هر حالت حل شده است. در مورد خاکهای چسبنده در نظر گرفتن پای گیردار مجاز نیست (مگر در حالت رس سخت یا سفت) [۲]، لذا برای تحلیل سپرها در خاک چسبنده از روش انتهایی آزاد استفاده شده است که نتایج آن در جهت اطمینان است.

عکس‌العمل افقی خاک بستر دریا در خاک چسبنده در عمق، ثابت و در خاک دانه‌ای در عمق خطی در نظر گرفته شده است. فرض بر این است که پشت سپرها در خاک چسبنده برای ایجاد زهکشی کافی از خاک دانه‌ای (مخلوط درشت دانه رودخانه‌ای) انباشته شده است. در نتیجه تراز آب باقیمانده در پشت سپر اختلاف زیادی با سطح آب دریا نداشته و اضافه تنشی از بابت اختلاف سطح آب در دو طرف سپر در محاسبات منظور نشده است.

نمی تواند تغییر مکان دهد ولی دوران آن آزاد است.

محل اتصال مهار به سپر می تواند در بالای سپر قرار داشته باشد، ولی بهتر است که مهار در عمق خاک قرار گیرد. این کار دو مزیت دارد اول آنکه لنگر خمشی در سپر فولادی کمتر شده و مدول مقطع کوچکتر مورد نیاز خواهد بود. (طرح اقتصادی تر می شود). دوم آنکه قراردادن بلوک بتونی در عمق موجب بسیج فشار پاسیو خاک شده و مهار کردن سپر را آسان خواهد کرد. از طرف دیگر نصب مهار در پایین تر از سطح آب مشکلات اجرایی به همراه دارد، لذا ابتدا چهار نوع مهار با چهار آبخور به صورت دستی حل گردید و محلهای مناسبتر مهار بررسی گردید. نتیجتاً محل سپر برای آبخور ۲/۵، ۳/۵، ۵ و ۶ متر به ترتیب ۱/۵، ۲/۵، ۳ متر از سطح عرشه در نظر گرفته شد. برای تعیین عمق سپر در خاک ابتدا معادله تعادل لنگرها حول نقطه اثر مهار نوشته می شود.

$$\frac{\gamma h_1^2 \cdot k_a}{2} \left(\frac{2h_1}{3} - y \right) + \gamma h_1 \cdot k_a \cdot h_2 \left(\frac{h_2}{2} + h_1 - y \right) + \frac{\gamma' h_2^2 \cdot k'_a}{2} \left(\frac{2h_2}{3} + h_1 - y \right) - (2c - q) D \cdot \left(\frac{D}{2} + h_2 + h_1 - y \right) = 0$$

با تعیین D از این معادله و نوشتن تعادل نیروها در جهت افقی می توان نیروی مهار را بدست آورد.

$$F = \frac{\gamma h_1^2 k_a}{2} + \gamma \cdot h_1 \cdot k_a \cdot h_2 + \gamma' \cdot h_2^2 \cdot k_{a/2} - (2c - q) D + w k_a (h_1 + h_2) + (w - 2c) D$$

محل برش صفر (لنگر ماکزیمم) از این معادله بدست می آید:

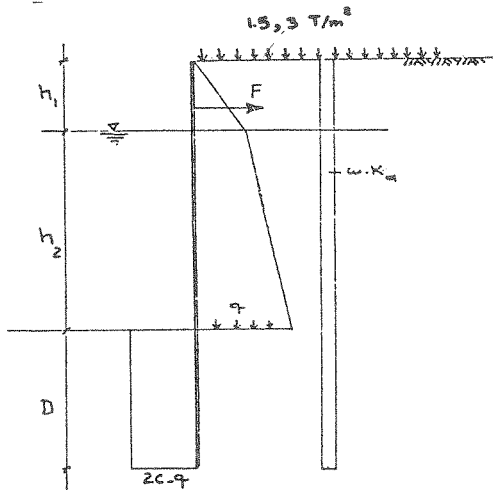
$$F - \gamma h_1^2 k_{a/2} - w \cdot k_a \cdot h_1 - \gamma h_1 k_a \cdot x - \gamma' x^2 k'_{a/2} - w k'_a \cdot x = 0$$

با تعیین محل برش صفر می توان لنگر خمشی را جهت طراحی مقطع سپر از معادله زیر بدست آورد:

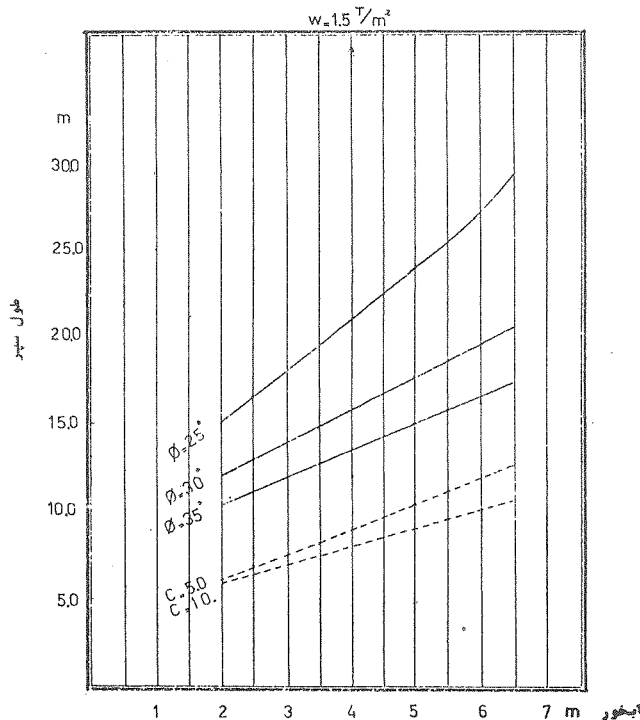
$$M = \frac{\gamma h_1^2 \cdot k_a}{2} \left(x + \frac{h_1}{3} \right) + \gamma h_1 k_a \frac{x^2}{2} + \gamma' x^3 \cdot k'_{a/6} + w k_a (h_1 + x^2)/2 - F(x + h_1 - y)$$

برای اعمال ضریب اطمینان در تعیین عمق کلی سپر دو روش امکان پذیر است. اول ازدیاد طول مدفون سپر با ضرب

طول آن در ۱/۲ تا ۱/۵ و دیگری تقسیم پارامترهای مقاومتی خاک مثل C و Kp بر عدد ۲. در اینجا از روش اول استفاده شده و در تمامی حالات عمق مدفون سپر D، در ضریب اطمینان ۱/۴ ضرب شده است. طول سپر در دو نوع خاک چسبنده و بارزنده $1/5 T/m^2$ در شکل (۲) و برای بارزنده $3 T/m^2$ در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۱) سپر فلزی در خاک چسبنده



شکل (۲) طول لازم سپر فولادی در خاکهای دانه ای و چسبنده
 $1/5 T/m^2$ بارزنده

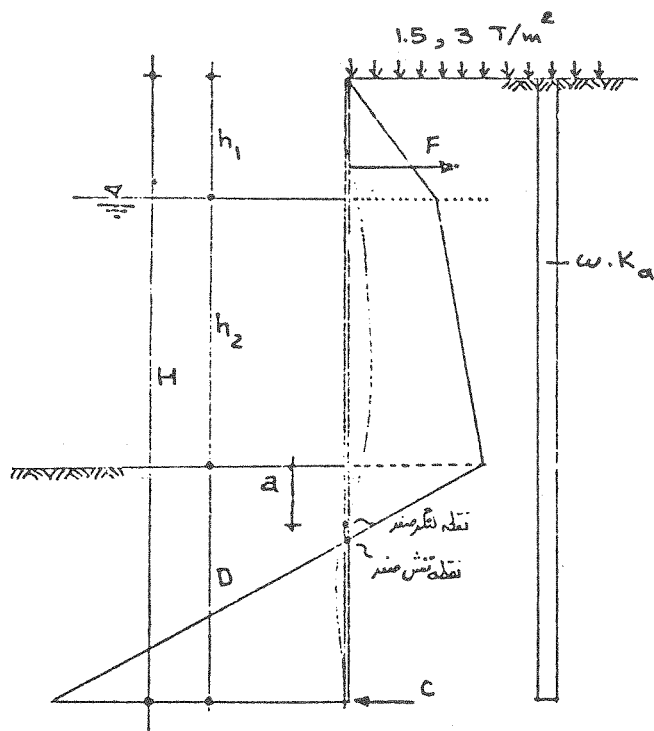
شدید K_p می‌گردد و با توجه به اینکه فشار پاسیو خاک عامل پایداری دیوار است، هرگونه افزایش در ضریب K_p باید با اطمینان کافی از وجود اصطکاک بین خاک و دیوار همراه باشد. تغییرات δ تاثیر شدیدی روی مقدار K_a ندارد.

از آنجا که در روش انتهای گیردار، سیستم نامعین است برای تعیین محل لنگر صفر و تبدیل آن به تیر ساده از فرضیات بلوم به شرح زیر استفاده شده است:

$$\phi = 25^\circ \longrightarrow a = 0.16 (h_1 + h_2)$$

$$\phi = 30^\circ \longrightarrow a = 0.08 (h_1 + h_2)$$

$$\phi = 35^\circ \longrightarrow a = 0.03 (h_1 + h_2)$$

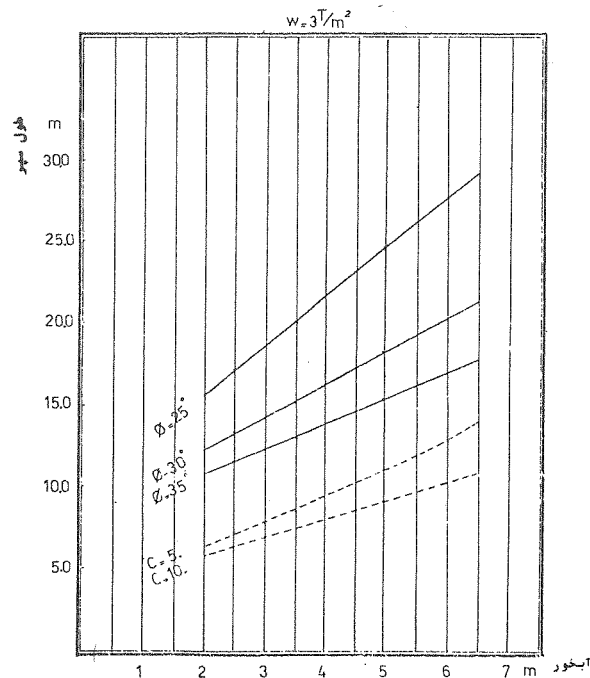


شکل (۴) سپر فلزی در خاک دانه‌ای

با داشتن a می‌توان ابتدا نیروی کشش مهار F را محاسبه نمود.

$$F = \left[\frac{\gamma h_1^2 k_a}{2} \left(\frac{h_1}{3} + h_2 + a \right) + \gamma h_1 k_a \left(\frac{h_2}{2} + a \right) h_2 + \frac{\gamma'}{2} h_2^2 k'_a \left(\frac{h_2}{3} + a \right) + \frac{x-a}{x} (\gamma h_1 k_a + \gamma' h_2 k'_a) \cdot \frac{a^2}{6} + (\gamma h_1 k_a + \gamma' h_2 k'_a) \frac{a^2}{3} + w(h_1 + h_2 + a)^2 k_{a2} \right] / Y$$

حال برای حل تیر تحتانی باید T را محاسبه نمود.



شکل (۳) طول لازم سپر فولادی در خاکهای دانه‌ای و چسبیده $w = 3 \text{ T/m}^2$ بار زنده

نتایج حاصل از محاسبات نشان داد که در هیچ یک از حالات سپر در خاک رس نرم $c = 2.5 \text{ T/m}^2$ پایدار نبوده و لذا توصیه می‌شود که از بکارگیری آن صرف‌نظر شود.

۳-۳- اسکله‌های سپری در خاک دانه‌ای

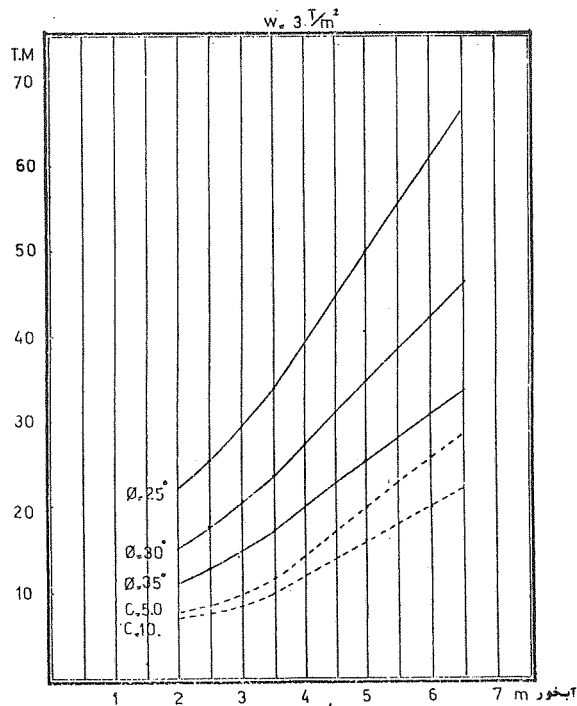
در تحلیل اسکله‌های سپر کوبی در خاک دانه‌ای از روش انتهای گیردار استفاده شده است. محل اتصال مهار به سپر مشابه خاک چسبیده در آبخوره‌های $2/5$ ، $3/5$ ، 5 و 6 متر به ترتیب $1/5$ ، 2 ، $2/5$ و 3 متر پایین‌تر از سطح عرشه در نظر گرفته شده است.

برای محاسبه K_a و K_p زاویه اصطکاک بین خاک و دیوار صفر در نظر گرفته شده است ($\delta = 0$). این فرض در جهت اطمینان است، زیرا تغییر کوچک در δ موجب افزایش

مشابه حالت خاک چسبنده، ضریب اطمینان به صورت اعمال ضریب ۱/۴ در طول مدفون سپر در نظر گرفته شده است. طول سپر در سه نوع خاک دانه‌ای و بار زنده T/m^2 ۱/۵ و T/m^2 ۳ محاسبه و به ترتیب در شکل‌های (۲ و ۳) نشان داده شده است. در حل سپرها از فرضیات زیر استفاده شده است:

$\phi = 25^\circ \rightarrow Ka = 0.406$ و $Kp = 2.46$ خاک دانه‌ای سست
 $\phi = 30^\circ \rightarrow Ka = 0.333$ و $Kp = 3.00$ خاک دانه‌ای متوسط
 $\phi = 35^\circ \rightarrow Ka = 0.271$ و $Kp = 3.69$ خاک دانه‌ای متراکم
 $\phi = \phi' \rightarrow Ka = K'a$, $Kp = K'p$
 $\gamma_{wet} = 1.8 T/m^3$, $\gamma_{sat} = 2 T/m^3$, $\gamma' = 1 T/m^3$

حداکثر لنگر در سپرها و سطح مقطع میله مهار در شرایط مختلف و با فرض $fa = \frac{1}{4} \times 2400 = 1200 \text{ kg/cm}^2$, $Py = 2400 \text{ Kg/cm}^2$ محاسبه و در شکل‌های ۵ تا ۸ نشان داده شده است:



شکل (۶) لنگر ماکزیمم سپر فولادی در خاک‌های دانه‌ای و چسبنده $T/m^2 = 3$ بارزنده

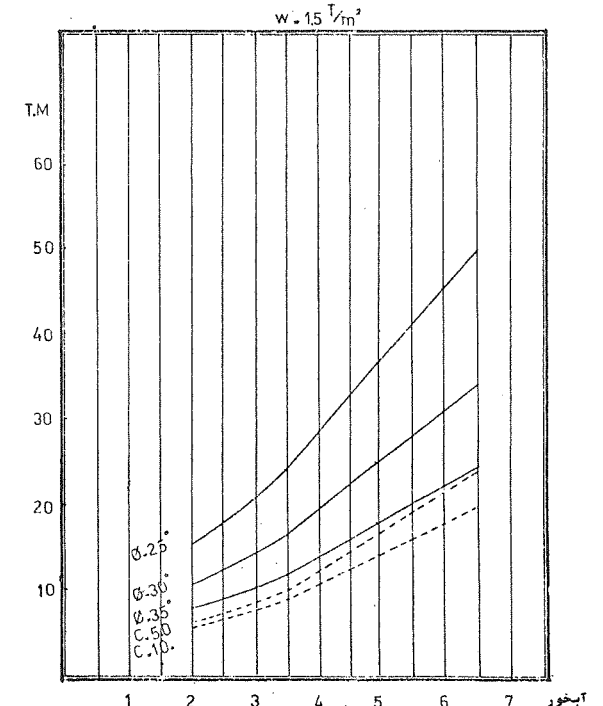
$T = \left[\frac{\gamma h_1^2 k_a}{2} + \gamma h_1 k_a h_2 + \gamma' h_2^2 k'_a \right] - F$
 $(\gamma h_1 k_a + \gamma' h_2 k'_a) \left(\frac{2x-a}{2} \cdot \frac{a}{2} \right) + w k_a (h_1 + h_2 + a)$ - F
 اگر نقطه گشتاور صفر را بر نقطه تنش صفر منطبق بدانیم، حل تیر تحتانی ساده‌تر می‌شود، زیرا توزیع تنشها مثلثی خواهد شد. علاوه بر این نیروی متمرکز C در پای سپر در این حالت مساوی 2T می‌شود که از اینجا می‌توان عمق‌گیری را تعیین نمود.

$$Z = \frac{6T}{(z+x) k_p - 6.3 k_a - h_2 k'_a - w k_a}$$

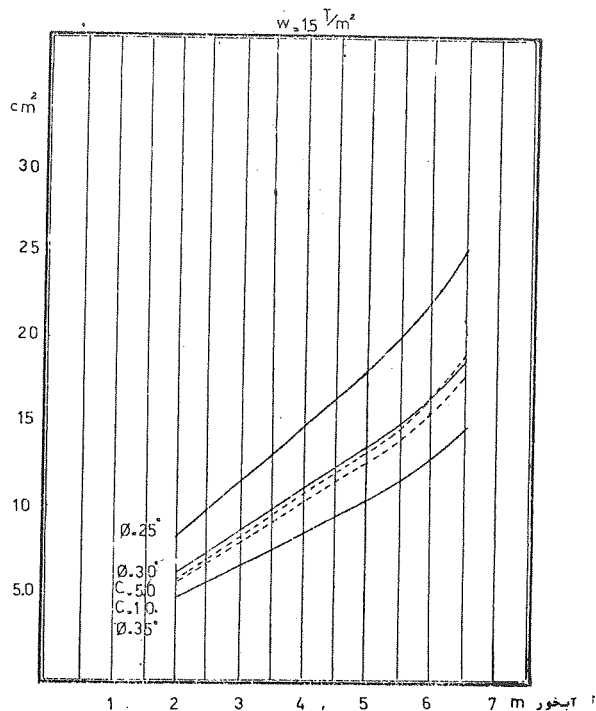
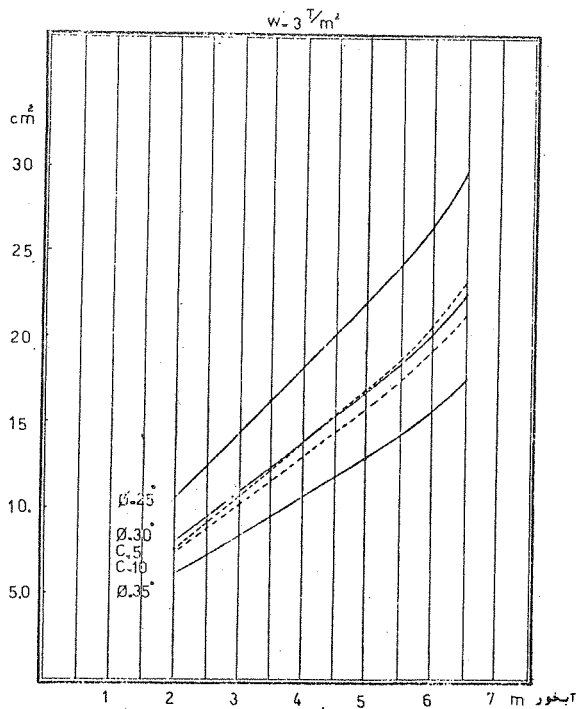
لنگر ماکزیمم در محل برش صفر در تیر فوقانی ایجاد می‌شود لذا ابتدا محل برش صفر و سپس لنگر خمشی ایجاد شده در سپر محاسبه می‌شود.

$$\gamma h_1 k_a \frac{h_1}{2} + \gamma h_1 k_a \cdot V + \gamma' \cdot V \cdot k'_a \frac{V}{2} + w \cdot k_a \cdot (h_1 + V) = F$$

$$M = \frac{\gamma h_1^2 k_a}{2} (V + \frac{h_1}{3}) + \gamma h_1 k_a \frac{V^2}{2} + \frac{\gamma' V^3 k'_a}{6} - F \cdot V + \frac{w k_a V^2}{2}$$



شکل (۵) لنگر ماکزیمم سپر فولادی در خاک‌های دانه‌ای و چسبنده $T/m^2 = 1.5$ بارزنده



شکل (۸) سطح مقطع میل مهار لازم در هر متر طول دیوار سپر فولادی 3 T/m^2 = بارزنده

شکل (۷) سطح مقطع میل مهار لازم در هر متر طول دیوار سپر فولادی $1/5 \text{ T/m}^2$ = بارزنده

متر استفاده نمود که این مقدار، آبخور غالب اسکله‌ها در بنادر صیادی را شامل می‌شود. اختلاف بین متوسط جزر و متوسط مد $2/5$ متر در نظر گرفته شده است. در سایر حالات که اختلاف جزر و مد بیشتر است، بازهم می‌توان از این منحینها استفاده کرد، ولی به همان میزان از آبخور مفید اسکله کاسته می‌شود.

براساس نتایج بدست آمده از شکل‌های فوق‌الذکر می‌توان گفت:

- ۱- سپر فولادی را نمی‌توان در خاک‌های چسبنده نرم با $C = 2/5 \text{ T/m}^2$ بکار برد، چون پایداری لازم را ندارد. کاربرد سپر فولادی در خاک‌های چسبنده با $C < 5 \text{ T/m}^2$ باید با احتیاط همراه باشد.
- ۲- در شرایط یکسان نوع خاک و میزان بار، طول لازم سپر با ازدیاد آبخور بصورت خطی افزایش می‌یابد.
- ۳- میزان کاهش طول سپر در اثر تراکم شدن خاک دانه‌ای

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از طراحی اسکله‌های سپر فولادی بصورت منحنی‌هائی در شکل‌های شماره ۲ تا ۷ آمده است. با مشخص شدن آبخور مورد نیاز در اسکله، طول کلی سپر، لنگر خمشی ماکزیمم و سطح مقطع میل مهار لازم را در خاک‌های دانه‌ای و چسبنده مختلف می‌توان از این منحینها بدست آورد.

در استفاده از منحینها باید به میزان بارزنده روی اسکله ($1/5$ یا 3 تن بر مترمربع) توجه داشت. در صورتی که بارزنده دیگری مد نظر است می‌توان از درون یابی interpolation خطی استفاده نمود.

محل اتصال میل مهار برای آبخورهای $2/5$ ، $3/5$ ، 5 و 6 متر به ترتیب $1/5$ ، 2 ، $2/5$ و 3 متر از سطح عرشه در نظر گرفته شده است. از اصطکاک بین خاک و سپر فلزی در جهت اطمینان صرف‌نظر شده است.

از نتایج حاصله می‌توان برای اسکله‌ها با آبخور 2 تا $6/5$

(افزایش ϕ) بیشتر از میزان کاهش طول سپر در اثر سفت تر شدن خاک چسبنده (افزایش C) است بعبارت دیگر طول سپر نسبت به نوع خاک دانه‌ای حساس تر از نوع خاک چسبنده می‌باشد.

۴- در یک نوع خاک دانه‌ای ثابت با افزایش بارزنده از ۱/۵ به ۳ تن بر مترمربع طول کلی سپر از ۱ تا ۵ درصد افزایش می‌یابد.

۵- در خاک چسبنده سفت طول سپر تقریباً مستقل از میزان بارزنده وارده است، ولی در خاک چسبنده متوسط یا ازدیاد بارزنده از ۱/۵ به ۳ تن بر مترمربع طول کلی سپر ۵ درصد افزایش می‌یابد.

۶- در شرایط یکسان بارزنده، هر ۵ درجه که به ϕ خاک دانه‌ای افزوده می‌شود بین ۳۶ تا ۴۶ درصد از لنگر ماکزیمم سپر کاسته می‌شود.

۷- در شرایط یکسان بارزنده، اگر چسبندگی خاک از $T/m^2 = 5C$ به ۱۰ افزایش یابد لنگر ماکزیمم سپر از ۱۳ تا ۲۸ درصد کاهش می‌یابد.

۸- در خاکهای دانه‌ای، افزایش بارزنده از ۱/۵ به ۳ تن بر مترمربع لنگر ماکزیمم را از ۳۴ تا ۴۳ درصد افزایش می‌دهد، ولی در خاکهای چسبنده افزایش لنگر در همین مورد از ۱۰ تا ۲۰ درصد تجاوز نمی‌نماید.

۹- در شرایط بارزنده ثابت، نوع خاک چسبنده تاثیر زیادی روی سطح مقطع لازم برای میل مهار ندارد و در اثر

کاهش چسبندگی از ۱۰ به ۵ تن بر مترمربع سطح مقطع میل مهار ۵ تا ۹ درصد افزایش پیدا می‌کند.

۱۰- در شرایط یکسان بارزنده، با کاهش هر ۵ درجه از مقدار ϕ ، سطح مقطع میل مهار لازم ۲۵ تا ۳۵ درصد افزایش پیدا می‌کند.

۱۱- افزایش بارزنده از ۱/۵ به ۳ تن بر مترمربع سطح مقطع میل مهار لازم را در خاکهای دانه و چسبنده ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش می‌دهد.

منابع

- [1] Adibi, Harris, Consulting, Engineers "Iran Ports Master Plan" Ports and Shipping Organization Vol. 5.1975.
- [2] Winterkorn and Fang "Foundation Engineering Handbook" Von Nostrand Roinhold 1975.
- [3] Parkinson S. "Soil Dynamics" McGrow- Hill 1981.
- [4] Port and Harbour Research Institute Ministry of transport "Technical Standards for Port and Harbour facilities in Japan" Bureau of Ports and Harbours 1983.