

بخش ۱

تاسیسات پهلو گیری (مهاری)

PMO

فصل ۱- کلیات

۱-۱- ملاحظات کلی

در طراحی تاسیسات پهلوگیری، باید ملاحظات دقیقی درباره رابطه این تاسیسات با کانال‌های نوبری، حوضچه آرامش و تاسیسات حفاظتی و نیز تاثیر آن بر توپوگرافی، لنگرگاه و سایر تاسیسات و محیط زیست مناطق مجاور و البته فضاهای مورد نظر در طرح توسعه بندر، صورت گیرد.

تفسیر

۱) انواع تاسیسات پهلوگیری عبارت از اسکله دیواری، بویه مخصوص پهلوگیری، شمع مهاربندی، اسکله شمع و عرشه، اسکله شناور و اسکله های شناورهای کوچک و سرسره می باشد.

۲) در تعیین ابعاد یک سازه پهلوگیری باید الگوی بار و مسافر، الگوی اندازه کشتی و تغییرات در سیستم حمل و نقل در آینده، با دقت ارزیابی گردد.

۳) جانمایی تاسیسات پهلوگیری باید به گونه‌ای انجام گردد که مانور کشتی برای لنگراندازی و لنگربرداری با توجه به شرایط دریایی و جوی و شرایط توپوگرافی و خاک بستر به سادگی صورت پذیرفته و مسائل مربوط به شبکه حمل و نقل زمینی و به کارگیری زمین‌های مجاور در بررسی جانمایی باید با دقت مورد مطالعه قرار گیرد. به هنگام تعیین جانمایی انواع تاسیسات پهلوگیری موارد زیر باید به طور خاص رعایت شود:

الف) تاسیسات پهلوگیری مورد استفاده توسط کشتی مسافری باید از محوطه مربوط به حمل بار پرخطر جدا بوده و محوطه و فضای کافی برای اتاق انتظار و پارکینگ در مجاورت این تاسیسات وجود داشته باشد.

ب) تاسیسات پهلوگیری برای بارگیری کشتی ویژه بار خطرناک باید طبق شرایط زیر جانمایی شود:

- ۱) باید از تاسیسات و اماکن هم‌چون اماکن مسکونی، مدارس و بیمارستان کاملاً مجزا باشد.
- ۲) باید فاصله ایمنی لازم از تاسیسات پهلوگیری دیگر و شناورهای در حال حرکت تامین گردد.
- ۳) اقدامات لازمه جهت مقابله با ریزش مواد خطرناک به سادگی قابل انجام باشد.

ج) تاسیسات پهلوگیری که عملکرد آن در اثر کار کشتی و یا حمل و نقل و جابه‌جایی بار، صدای زیادی تولید می‌کند، باید در مقابل تاسیسات و مکان‌هایی چو اماکن مسکونی، مدرسه و بیمارستان عایق صوتی شود تا محیط زیست مناسبی برای کار روزانه فراهم شود.

د) تاسیسات پهلوگیری که عملکرد آن در حین باراندازی و بارگیری موجب تولید گرد و غبار و بوی نامطبوع می شود باید از مکان‌هایی چون اماکن مسکونی، مدرسه و بیمارستان عایق گردد تا محیط زیست مناسبی برای کار روزانه فراهم شود.

هـ) تاسیسات پهلوگیری دور از ساحل نباید مانع تردد شناورها یا ایجاد مزاحمت برای مهار آن‌ها گردد.

۱-۲- نگهداری و تعمیر تاسیسات پهلوگیری

اصولاً، تاسیسات پهلوگیری باید مطابق با استانداردهای مناسب با خصوصیات سازه ای آن، نگهداری شود تا عملکرد مناسب و مورد انتظار آن فراهم شود.

نکات فنی

برای بازرسی و یا تشخیص آسیب و تعمیر تاسیسات پهلوگیری به بخش ۱، فصل ۳- نگهداری مراجعه شود.

فصل ۲- ابعاد تاسیسات پهلوگیری

۲-۱- طول و عمق پهلوگیر

(۱) بعد از تعیین شناور طرح، طول و عمق پهلوگیر باید مطابق بندهای زیر تعیین گردد:

(الف) طول پهلوگیر با جمع طول طناب های مهاری جلو و عقب با طول کل شناور طرح به دست می آید.

(ب) اصولاً عمق پهلوگیر، از جمع فاصله مناسب کف کشتی تا کف دریا با حداکثر آبخورد شناور به دست می آید.

(۲) وقتی که شناور طرح مشخص نباشد باید طول و عمق مناسب برای پهلوگیر انتخاب شود.

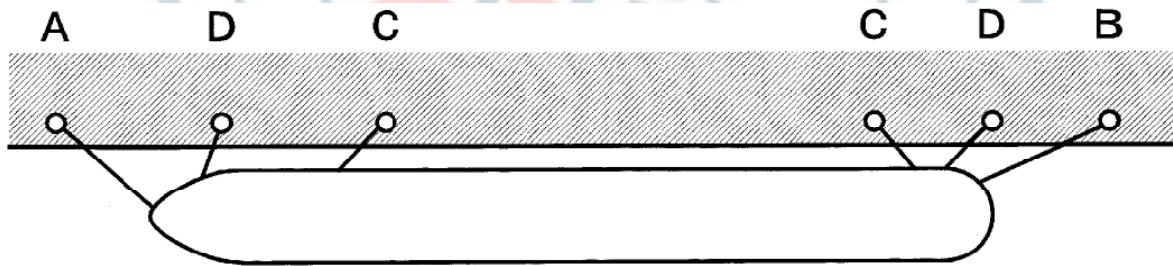
(۳) تراز مینا برای اندازه گیری عمق آب برای تاسیسات پهلوگیری باید تراز مینای مربوط به عملیات ساخت و اجرا که در بخش ۱،

فصل ۲- تراز مینا برای کارهای اجرایی آمده است، باشد.

نکات فنی

(۱) با توجه به اینکه پهلوگیر برای سرویس دهی به تنها یک شناور طرح در نظر گرفته می شود، طول استاندارد پهلوگیر از جمع طول طناب های مورد نیاز برای مهاری جلو و عقب با طول کامل شناور طرح به دست می آید.

(۲) وقتی که شناور به موازات یک اسکله مهاری شده است، طناب های مهاربندی باید مطابق شکل ۲-۱-۱ باشد. طناب های عقب و جلو معمولاً با زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه با دیوار اسکله قرار می گیرد، زیرا از این طناب ها برای جلوگیری از حرکت طولی شناور (در راستای جلو و عقب شناور یعنی به موازات دیوار اسکله) و حرکت عرضی شناور (در راستای نزدیک و دور شدن به ساحل) استفاده می شوند.



A: خط دماغه کشتی B: خط عقب کشتی C: خطوط انحنای کشتی D: خطوط بدنه کشتی

شکل ۲-۱-۱- آرایش طناب های مهاری

(۳) عمق استاندارد یک پهلوگیر از جمع حداقل فاصله آزاد کف شناور تا کف دریا با حداکثر ارتفاع آبخور شناور به دست می آید. برای فاصله آزاد کف شناور تا کف دریا، طولی در حدود ۱۰٪ حداکثر عمق آبخور شناور به عنوان یک مقدار استاندارد در نظر گرفته می شود. برای تاسیسات پهلوگیری که مورد استفاده توسط شناور در شرایط طوفانی است، باید یک مقدار اضافی برای تکان شناور در اثر باد و موج به مقدار فاصله آزاد کف شناور تا کف دریا در نظر گرفته شود.

(۴) در مواردی که شناور طرح قبل از طراحی به طور دقیق قابل تعیین نباشد مثلاً در مورد تاسیسات بندری برای کاربرد عمومی، برای تعیین ابعاد پهلوگیر می توان از جدول ۲-۱-۱ به عنوان مرجع استفاده نمود. در این جا فرض اساسی آن است که شناور به موازات اسکله مهاری شده است. برای پهلوگیری قایق ها نیز ابعاد پهلوگیر برای مهاری جلو و عقب ارائه شده است.

(۵) در جدول ۲-۱-۱ عمق آب پهلوگیر را براساس جدول ۲-۱-۱ بخش ۲، بند ۲-۱-۱ ابعاد شناور طرح و با حداقل واحد ۵۰ سانتی متر تعیین کرده است. در طراحی یک پهلوگیر، در نظر داشتن طول و عمق آبخور شناور و سایر عوامل موثر در یک شرایط

مناسب ضروری است.

۶) در مورد قایق‌ها، ابعاد پهلوگیر برای قایق‌های دور برد (مخصوص دریانوردی در مسافت ۳۰۰ کیلومتر و بیشتر) و قایق‌های نزدیک برد (مخصوص دریانوردی برای مسافت ۳۰۰ کیلومتر و کمتر) در جداول متفاوتی ارائه شده است، چرا که در این حالت ابعاد شناورها متفاوت می باشد.

۷) در پهلوگیری که در آن مواد قابل اشتعال خطرناک جابه‌جا می شود، رعایت فاصله ایمنی ۳۰ متری یا بیشتر بین مخازن نفت، بویلر و محوطه آتش آزاد (باز) با محل حمل و جابه‌جایی این نوع بارها و شناور پهلو گرفته لازم است. با این وجود، در مواردی که به علت توپوگرافی اطراف یا ساختار تاسیسات پهلوگیر، احتمال خطر آتش گرفتن بار به دلیل نشتی وجود ندارد، این فاصله را می توان تا ۱۵ متر کاهش داد.

۸) در پهلوگیری که در آن مواد قابل اشتعال خطرناک جابه‌جا می شود، فاصله ایمنی ۳۰ متری یا بیشتر از دیگر شناورهای پهلو گرفته و فاصله ۳۰ متری یا بیشتر از شناورهای در حال تردد، برای ایجاد فضای لازم برای مانور آن ها لازم است. با این وجود این فاصله ممکن است با توجه به اندازه شناور حمل کالا، نوع و اندازه شناورهای پهلو گرفته یا در حال تردد در نزدیکی اطراف پهلوگیر و وضعیت تراکم کشتی ها کم یا زیاد شود.

۹) ابعاد اصلی پهلوگیر برای کشتی کانتینری و قایق که در جدول ۱-۲-۱ ارائه شده، در بخش ۱۰، بند ۱-۲-۱- طول و عمق پهلوگیر و بخش ۱۰، بند ۱-۲-۲- طول و عمق پهلوگیر نیز آمده است. برای جزئیات بیشتر به بخش های مربوطه مراجعه شود.

جدول ۱-۱-۲- ابعاد اصلی استاندارد پهلوگیر هنگامی که شناور طرح مشخص نباشد

(۱) کشتی کالابر

وزن مرده به تن (DWT)	طول پهلوگیر (m)	عمق آب پهلوگیر (m)
۱۰۰۰	۸۰	۴/۵
۲۰۰۰	۱۰۰	۵/۵
۳۰۰۰	۱۱۰	۶/۵
۵۰۰۰	۱۳۰	۷/۵
۱۰۰۰۰	۱۶۰	۹/۰
۱۲۰۰۰	۱۷۰	۱۰/۰
۱۸۰۰۰	۱۹۰	۱۱/۰
۳۰۰۰۰	۲۴۰	۱۲/۰
۴۰۰۰۰	۲۶۰	۱۳/۰
۵۵۰۰۰	۲۸۰	۱۴/۰
۷۰۰۰۰	۳۰۰	۱۵/۰
۹۰۰۰۰	۳۲۰	۱۶/۰
۱۰۰۰۰۰	۳۳۰	۱۷/۰
۱۵۰۰۰۰	۳۷۰	۱۹/۰

(۲) کشتی کانتینری

عمق آب پهلوگیر (m)	طول پهلوگیر (m)	وزن مرده به تن (DWT)
۱۲/۰	۲۵۰	۳۰۰۰
۱۳/۰	۳۰۰	۴۰۰۰
۱۴/۰	۳۳۰	۵۰۰۰
۱۵/۰	۳۵۰	۶۰۰۰

(۳) کشتی مسافری

عمق آب پهلوگیر (m)	طول پهلوگیر (m)	وزن کل (GT)
۹/۰	۲۲۰	۲۰۰۰
۹/۰	۲۶۰	۳۰۰۰
۹/۰	۳۱۰	۵۰۰۰
۹/۰	۳۴۰	۷۰۰۰

(۴) شناور مخصوص حمل خودرو

عمق آب پهلوگیر (m)	طول پهلوگیر (m)	وزن کل (GT)
۴/۵	۹۰	۵۰۰
۵/۵	۱۲۰	۱۵۰۰
۶/۵	۱۵۰	۳۰۰۰
۷/۵	۱۷۰	۵۰۰۰
۹/۰	۲۱۰	۱۲۰۰۰
۱۰/۰	۲۴۰	۱۸۰۰۰
۱۱/۰	۲۶۰	۲۵۰۰۰

(۵) تانکر

عمق آب پهلوگیر (m)	طول پهلوگیر (m)	وزن مرده به تن (DWT)
۴/۵	۸۰	۱۰۰۰
۵/۵	۱۰۰	۲۰۰۰
۶/۵	۱۱۰	۳۰۰۰
۷/۵	۱۳۰	۵۰۰۰
۹/۰	۱۷۰	۱۰۰۰۰
۱۰/۰	۱۹۰	۱۵۰۰۰
۱۱/۰	۲۱۰	۲۰۰۰۰
۱۲/۰	۲۳۰	۳۰۰۰۰
۱۴/۰	۲۷۰	۵۰۰۰۰
۱۶/۰	۳۰۰	۷۰۰۰۰
۱۷/۰	۳۰۰	۹۰۰۰۰

۲-۲- ارتفاع تاج تاسیسات پهلوگیری

بلندی تاج تاسیسات پهلوگیری باید متناسب با ابعاد اصلی شناور طرح و شرایط طبیعی محیط اطراف باشد. تراز جزر و مدی که به عنوان تراز مینا در تعیین ارتفاع تاج تاسیسات به کار می رود باید برابر تراز میانگین مد ماهیانه باشد.

نکات فنی

در مواردی که شناور طرح مشخص نیست از مقادیر جدول ۲-۲-۱ به عنوان استاندارد استفاده می شود.

جدول ۲-۲-۱- ارتفاع متعارف تاج تاسیسات پهلوگیری بالاتر از تراز بالای آب

دامنه جزر و مدی کمتر از ۳متر	دامنه جزر و مدی ۳متر یا بیشتر	
۱/۰ تا ۲/۰ متر	۰/۵ تا ۱/۵ متر	تاسیسات پهلوگیری برای شناور بزرگ (با عمق آب ۴/۵ متر یا بیشتر)
۰/۵ تا ۱/۵ متر	۰/۳ تا ۱/۰ متر	تاسیسات پهلوگیری برای شناور کوچک (با عمق آب کمتر از ۴/۵ متر)

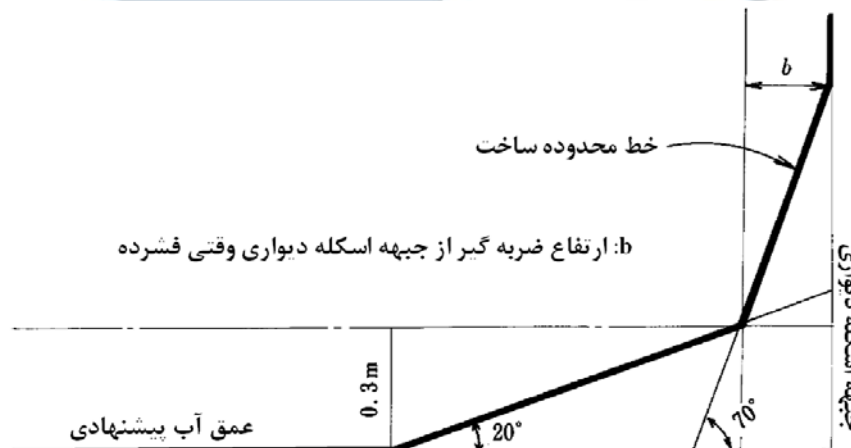
۲-۳- فاصله مجاز کشتی از تاسیسات پهلوگیری

دیوار و پاشنه جلویی اسکله دیواری نباید با شناور برخورد داشته باشد.

نکات فنی

(۱) در مقطع عرضی یک شناور و در قسمت های کناری کف، یک انحنا ملایم وجود دارد که محل قرارگیری تیرهای طولی کناری شناور می باشد. در اکثر موارد، شعاع انحنا قسمت های کناری و ارتفاع تیرهای طولی کناری به ترتیب ۱ تا ۱/۵ متر و ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر بوده و بنابراین زوایای مقاطع کناری با لحاظ نمودن تیرهای طولی کناری را می توان نزدیک به ۹۰ درجه فرض نمود. معمولاً عمق آب مورد انتظار ۰/۳ متر یا بیشتر از آبخور شناور طرح در حالت حداکثر بارگیری می باشد.

(۲) در شکل ۲-۳-۱ فواصل مجاز کشتی از تاسیسات پهلوگیری با توجه به موارد بالا و تجربیات گذشته نشان داده شده است که از آن می توان فواصل مجاز کشتی از تاسیسات پهلوگیری را تعیین نمود. با این وجود باید توجه داشت که در این شکل حرکات مختلف و محتمل شناور در جهت های متفاوت، هنگام پهلوگیری در نظر گرفته نشده است.



شکل ۲-۳-۱- فاصله مجاز کشتی از تاسیسات پهلوگیری

۲-۴- عمق آب طراحی

عمق آب طراحی تاسیسات پهلوگیری باید با توجه به عمق آب مورد انتظار، نوع سازه، عمق بستر طبیعی دریا، روش و دقت عملیات اجرایی و میزان حساسیت در برابر آب‌شستگی پای سازه تعیین شود.

تفسیر

(۱) معمولا عمق آب طراحی جلوی سازه با عمق آب مورد انتظار برابر نمی باشد. عمق آب طراحی در حالت عادی با جمع عمق آب مورد انتظار با یک مقدار اضافی بدست می‌آید تا پایداری مورد نیاز سازه تضمین گردد. از آنجا که این مقدار اضافی متناسب با نوع سازه، عمق آب در محل، روش ساخت و دقت کار و میزان احتمال آب‌شستگی تغییر می‌کند، عمق آب طراحی باید با لحاظ دقیق هر یک از این پارامترها تعیین شود.

(۲) وقتی تعیین میزان عمق آب‌شستگی ناشی از پهلوگیری شناور یا در اثر جریان دشوار باشد، توصیه می‌شود از تمهیدات لازم برای جلوگیری از آب‌شستگی در بند ۲-۵- حفاظت در برابر آب‌شستگی استفاده شود.

۲-۵- حفاظت در برابر آب‌شستگی

در مواردی که آب‌شستگی در جلوی تاسیسات پهلوگیری در اثر جریان و گردابه‌ها انتظار می‌رود، باید جلوی این تاسیسات به وسیله سنگ آرمور، بلوک بتنی و یا دیگر مصالح در مقابل آب‌شستگی مورد حفاظت قرار گیرد.

۲-۶- تاسیسات فرعی

به بخش ۸، فصل ۱۹- تجهیزات فرعی مراجعه گردد.

فصل ۳- انواع سازه ای تاسیسات پهلوگیری

انواع سازه‌ای تاسیسات پهلوگیری با در نظر داشتن مشخصات و ویژگی‌های سازه‌ای آن و ارزیابی هر یک از موارد زیر تعیین می‌شود.

- (۱) شرایط طبیعی
- (۲) شرایط کاربردی
- (۳) شرایط عملیات اجرایی و ساخت
- (۴) هزینه های ساخت و نگهداری
- (۵) به کارگیری انواع سازه ای در یک بندر

نکات فنی

تاسیسات پهلوگیری معمولاً از لحاظ مشخصات سازه ای به دسته های زیر طبقه بندی می شود.

- (۱) اسکله دیواری
- (۲) اسکله سپری
- (۳) اسکله سپری با سکوی کمکی
- (۴) اسکله دیواری سلولی
- الف) اسکله سپری سلولی صفحه فولادی
- ب) اسکله سلولی صفحه فولادی
- (۵) اسکله شمع و عرشه موازی ساحل
- الف) اسکله شمع و عرشه با شمع های قائم
- ب) اسکله شمع و عرشه با شمع های زوج (جفتی مورب)
- (۶) اسکله جدا از ساحل
- (۷) اسکله شناور
- (۸) دلفین (ستون های مهاربند)
- (۹) سرسره و اسکله با آبخور کم عمق
- (۱۰) تاسیسات انتقال به خشکی مربوط به وسایل نقلیه روی بالشتک هوا
- (۱۱) بویه مهارى و ستون مهارى

PMO

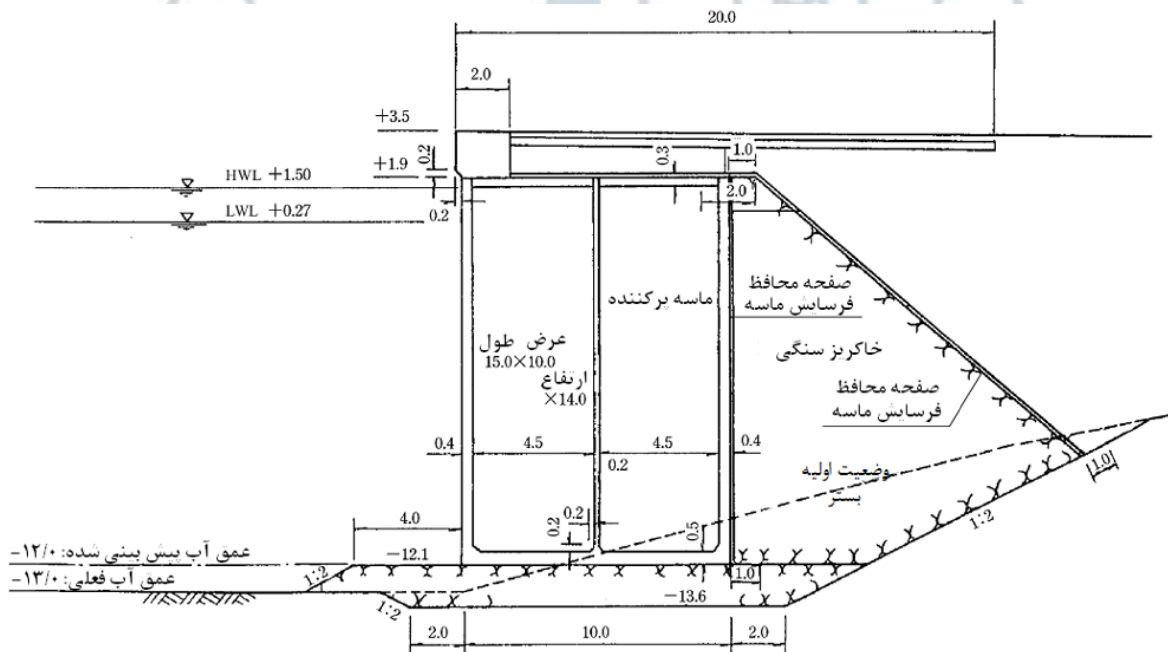
فصل ۴- اسکله دیواری وزنی

۴-۱- اصول طراحی

اسکله دیواری وزنی به انواع اسکله های صندوقه ای (کیسونی)، اسکله های بلوکی L شکل، اسکله های بلوکی بتنی مکعب مستطیل، اسکله های بلوکی بتنی سلولی و اسکله های بتنی پیش ساخته تقسیم بندی شده و الزامات بیان شده در این فصل در مورد تمامی انواع نامبرده شده اسکله دیواری وزنی کاربرد دارد.

نکات فنی

(۱) شکل ۴-۱-۱ یک نمونه اسکله دیواری وزنی را نشان می دهد.



شکل ۴-۱-۱- نمونه ای از سطح مقطع یک اسکله دیواری وزنی

(۲) اسکله دیواری صندوقه ای با کف گوه مانند، که کف آن دارای شیبی رو به پایین در سمت ساحل می باشد، به دلیل نیروی مقاوم بسیار زیاد و در نتیجه تحمل بار افقی بیشتر (مانند نیروهای زلزله) به اسکله دیواری معمولی ترجیح دارد. از طرف دیگر، در طراحی باید به نیروی بزرگ عکس العمل کف و همچنین حرکات سنگ بستر حین زلزله توجه بیشتری شود.

۴-۲- نیروهای خارجی و بارهای وارده به دیوارها

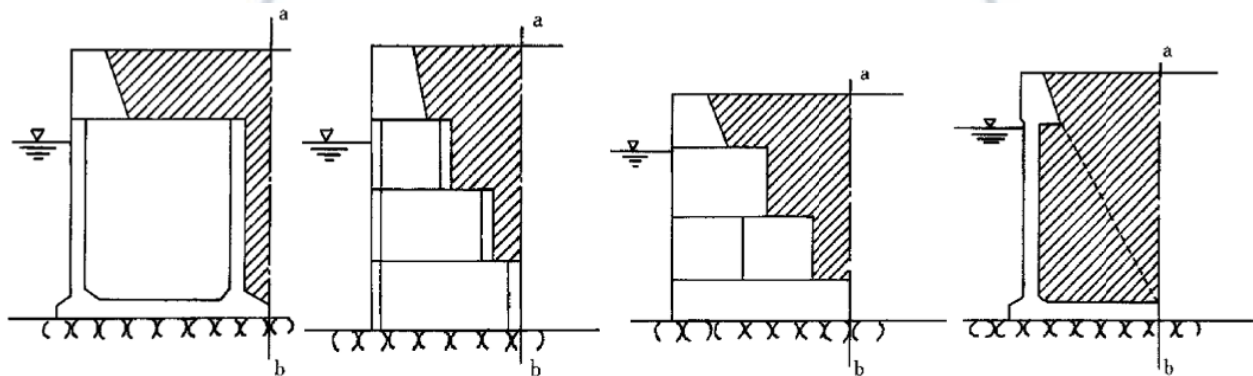
نیروهای خارجی و بارهای وارده به دیوار ساحلی وزنی به شرح ذیل می باشد:

- ۱- سربار
 - ۲- بار مرده ناشی از وزن دیوار
 - ۳- فشار خاک و فشار آب باقیمانده
 - ۴- نیروی شناوری
 - ۵- نیروهای لرزه ای
 - ۶- فشارهای دینامیکی آب در طول زلزله
 - ۷- نیروی مهار شناورها
- آن دسته از بارهای خارجی که میزان احتمال وقوع همزمان آن ها با نیروهای لرزه ای ناچیز باشد را می توان نادیده گرفت و یا کاهش داد.

نکات فنی

(۱) همانطور که در شکل ۴-۲-۱ دیده می شود، بدنه دیواره اسکله دیواری وزنی را می توان قسمت بین خط جلویی اسکله دیواری و

صفحه قائم گذرنده از پاشنه عقبی آن در نظر گرفت. معمولاً پشت اسکله دیواری، خاکریز اجرا شده و در بسیاری از انواع اسکله دیواری وزنی، بخشی از این خاکریز به وزن اسکله دیواری اضافه می‌گردد و قسمتی از آن را نیز می‌توان به عنوان بدنه اسکله دیواری در نظر گرفت. البته کاربرد بدون قید و شرط این مفهوم در همه موارد، دشوار می‌باشد زیرا مقدار خاکریز در نظر گرفته شده به عنوان بدنه دیوار با توجه به شکل بدنه دیوار و شکل (مود) خرابی متغیر است. به هر حال در شکل ۴-۲-۱ برای ساده شدن محاسبات طراحی، مقداری از خاکریز را که می‌توان به عنوان بدنه اسکله دیواری در نظر گرفت، با هاشور مشخص شده است. در این دیوارها به علت تغییرات نسبتاً کم محل صفحه مرزی بدنه اسکله دیواری، پایداری بدنه اسکله دیواری تأثیر قابل ملاحظه‌ای نخواهد پذیرفت.



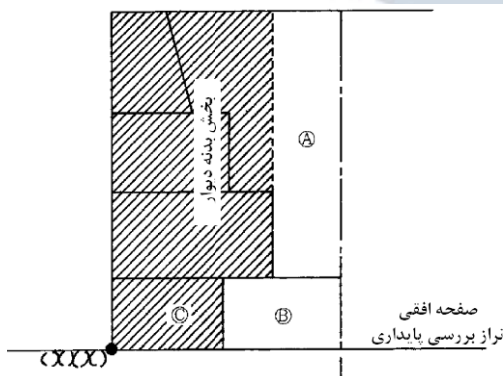
الف) دیوار بلوکی بتنی L شکل ب) دیوار بلوکی بتنی ج) دیوار بلوکی بتنی توخالی د) دیوار صندوقه ای

شکل ۴-۲-۱- تعیین بدنه اسکله دیواری

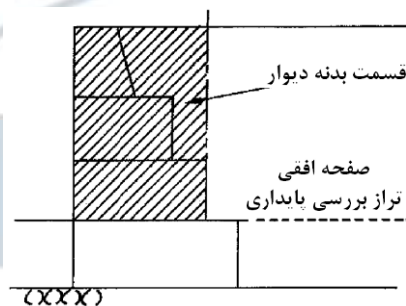
۲) برای سازه‌هایی مانند اسکله دیواری از نوع بلوکی بتنی که پایداری باید برای هر لایه افقی ارزیابی شود، بدنه مجازی دیوار باید از ابعاد زیر بررسی گردد (البته اغلب بین بلوک‌ها برای درگیری بهتر از زائده‌هایی استفاده می‌گردد، ولی در این بررسی می‌توان از اثر آن‌ها صرف نظر نمود).

الف) ارزیابی لغزش: همانطور که در شکل ۴-۲-۲ مشخص است، قسمت جلویی صفحه قائم گذرنده از پاشنه عقبی در تراز مورد بررسی، به عنوان بدنه دیوار در نظر گرفته می‌شود.

ب) ارزیابی واژگونی: وقتی که در تراز مورد بررسی دو بلوک وجود داشته باشد، برای بررسی واژگونی می‌توان قسمت جلویی صفحه قائم گذرنده از پاشنه عقبی بلوک بالایی در طرف دریا را به عنوان قسمتی از بدنه دیوار در نظر گرفت. برای مثال همانند شکل ۴-۲-۳، فرض می‌شود که وزن قطعه B و خاکریز A بالای قطعه B به عنوان نیروی مقاوم در مقابل واژگونی عمل نمی‌کند.



شکل ۴-۲-۳- تعیین بدنه دیوار برای پایداری واژگونی



شکل ۴-۲-۲- تعیین قسمت بدنه دیوار برای پایداری لغزشی درزهای افقی

ج) ارزیابی ظرفیت باربری: با در نظر گرفتن همان بدنه مجازی دیوار در نظر گرفته شده برای بررسی واژگونی، ضریب اطمینان محاسباتی ظرفیت باربری، بسیار کم به دست می آید. هر چند وقتی وزن بدنه دیوار در یک محل روی زمین متمرکز باشد، در آن قسمت نشست اتفاق می افتد. بنابراین انتظار می رود که بار در سطح زیادی پخش شده و بیش از اندازه متمرکز نشود. نتایج بررسی پایداری سازه های موجود نشان می دهد که قسمت جلوی صفحه قائم عبوری از پاشنه عقبی اسکله دیواری را می توان به عنوان بدنه مجازی دیوار در نظر گرفت. گرچه طراحی باید ترجیحا به صورتی باشد که تک تک بلوک های صلب زیرین به تنهایی قادر به تامین ظرفیت باربری لازم باشد.

۳) تراز آب باقیمانده باید در تراز معادل یک سوم دامنه جزر و مد بالای تراز میانگین جزر ماهیانه (LWL) قرار گیرد. تراز آب طراحی با توجه به بخش ۲، بند ۶-۱- تراز آب طراحی، تعیین می شود.

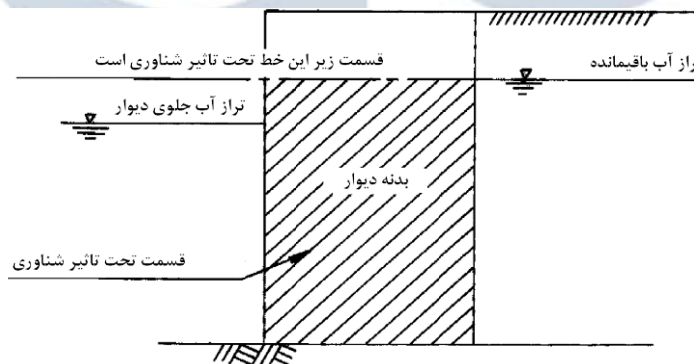
۴) به طور کلی هرچه محدوده تغییرات جزر و مدی افزایش و نفوذپذیری مصالح بدنه دیوار کاهش یابد، محدوده اختلاف تراز آب باقیمانده بیشتر می گردد. از آن جا که آب پشت دیوار از حفره های موجود در درزهای دیوار، بالای پی و خاکریز نفوذ می کند، اختلاف تراز آب باقیمانده را می توان با افزایش نفوذپذیری مصالح به کار رفته کاهش داد. البته باید مراقب بود که با این عمل مصالح خاکریز شسته نشود.

اختلاف آب باقیمانده استاندارد (یک سوم دامنه تغییرات جزر و مدی) برای حالتی است که مقدار نفوذپذیری مشخص و ثابت بعد از یک دوره طولانی حفظ شود. در حالتی که نفوذپذیری از ابتدا کم باشد و یا اینکه کاهش نفوذپذیری بعد از گذشت مدت طولانی حاصل شود، پیشنهاد می گردد که اختلاف تراز آب بیشتری برای در نظر گرفتن شرایط فوق، پیش بینی شود. وقتی که قعر موج به سطح جلویی بدنه دیوار برخورد می کند، اختلاف تراز آب باقیمانده افزایش می یابد. گرچه در طراحی اسکله دیواری معمولی، نیاز به در نظر گرفتن افزایش اختلاف تراز آب باقیمانده ناشی از موج نمی باشد.

۵) مقدار زاویه اصطکاک پیشنهادی دیوار برای همه انواع ساختار دیوار، ۱۵ درجه می باشد.

۶) مقدار سربار نیز با توجه به بخش ۲، فصل ۱۵- بارها تعیین می گردد.

۷) طبق شکل ۴-۲-۴ محاسبه نیروی شناوری با در نظر گرفتن این موضوع که قسمت زیر تراز آب باقیمانده بدنه دیوار، مستغرق می باشد، انجام می شود.



شکل ۴-۲-۴- فرضیات محاسبه نیروی شناوری

۸) برای نیروی لرزه ای می توان مقادیر و توضیحات بخش ۲، فصل ۱۲- زلزله و نیروهای لرزه ای را به عنوان مرجع استفاده نمود. بارهایی را که به علت احتمال بسیار کم هم زمانی وقوع آن ها می توان در محاسبات پایداری در طول زلزله حذف نمود، در زیر

بیان می‌شود.

الف) نیروی مهار شناور

ب) نیروهای عکس‌العمل تجهیزات بارگیری و تخلیه کالا در زمان بهره برداری و یا در شرایط طوفانی

ج) بار زنده راهروها و بار برف (البته بار برف را باید در مناطق پربرف طبق اطلاعات قبلی در نظر گرفت)

۹) برای فشار دینامیکی آب هنگام زلزله به **بخش ۲، فصل ۱۴ - فشار خاک و فشار آب** مراجعه گردد.

۱۰) در بسیاری از موارد، نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر (فندر) در طراحی دیوار ساحلی در نظر گرفته نمی‌شود. زیرا بار مرده وزن تیر پیشانی و فشار خاک مصالح پشت اسکله دیواری به‌عنوان نیروی مقاوم عمل می‌کنند. البته در طراحی تیر پیشانی نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر لحاظ می‌شود.

۴-۳- محاسبات پایداری

۴-۳-۱- موارد مورد توجه در محاسبات پایداری

در محاسبات پایداری اسکله دیواری وزنی، موارد زیر باید به‌طور کلی بررسی شود.

۱- لغزش دیوار، ۲- ظرفیت باربری پی، ۳- واژگونی دیوار، ۴- پایداری شیب با سطح لغزش دایروی و ۵- نشست

۴-۳-۲- بررسی لغزش دیوار

ضریب اطمینان اسکله دیواری وزنی در برابر لغزش از رابطه ۴-۳-۱ حساب شده و مقدار آن باید متناسب با مشخصات سازه تعیین گردد.

$$F_s \leq \frac{fW}{P} \quad (4-3-1)$$

که در آن:

W : نیروی برآیند قائم روی دیوار (kN/m)

P : نیروی برآیند افقی روی دیوار (kN/m)

f : ضریب اصطکاک بین کف بدنه دیوار و پی

F_s : مقدار ضریب اطمینان

نکات فنی

۱) ضریب اطمینان در شرایط معمولی باید برابر ۱/۲ یا بیشتر و در شرایط فوق‌العاده باید برابر ۱/۰ یا بیشتر باشد.

۲) نیروی برآیند قائم شامل وزن بدنه مجازی دیوار منهای نیروی شناوری و بدون سربار روی دیوار مجازی می‌باشد. در ضمن مولفه قائم فشار خاک روی صفحه مجازی نیز باید اضافه گردد.

۳) نیروی برآیند افقی شامل موارد زیر می‌باشد.

(۱) مولفه افقی فشار خاک وارد به صفحه پشتی بدنه مجازی دیوار به همراه سربار اعمال شده

(۲) فشار آب باقیمانده

(۳) در محاسبات پایداری هنگام زلزله، نیروی لرزه‌ای وارد به جرم بدنه دیوار بدون اعمال نیروی شناوری به علاوه نیروهای

افقی قبلی (بند ۱ و ۲)، نیروی برآیند افقی را تشکیل می‌دهند. مولفه افقی فشار خاک نیز در حالت زلزله باید اعمال گردد. به‌علاوه،

اگر روی دیوار تجهیزات بارگیری و تخلیه کالا وجود داشته باشد، نیروی افقی انتقالی ناشی از پایه‌های آن نیز باید اعمال گردد. (۴) برای ضریب اصطکاک به بخش ۲، فصل ۱۶- ضریب اصطکاک مراجعه شود.

۴-۳-۳- بررسی ظرفیت باربری پی

بررسی ظرفیت باربری پی باید طبق بخش ۵، بند ۲-۵- ظرفیت باربری برای بارهای خارج از مرکز و مایل انجام گیرد.

نکات فنی

(۱) در بررسی پی سطحی، نیروی وارده به کف اسکله دیواری، حاصل برآیند نیروهای افقی و قائم می باشد که باید طبق بخش ۵، بند ۲-۵- ظرفیت باربری برای بارهای خارج از مرکز و مایل انجام می گیرد.

(۲) به طور کلی تعیین نیروی وارد به کف اسکله دیواری در حالاتی تعیین می گردد که سربار وجود نداشته باشد. وقتی سربار به اسکله دیواری اعمال شود، طول خروج از مرکز کاهش می یابد، اما نیروی عکس العمل کف به علت افزایش مولفه قائم نیروها، زیادتر می شود. لذا در مواردی در حالت اعمال سربار نیاز به تعیین نیروی عکس العمل خواهد بود.

(۳) ضخامت پی با بررسی ظرفیت باربری پی، هموار سازی سطح شیبدار بستر برای استقرار بدنه دیوار و همچنین میزان کاهش تمرکز تنش جزئی در زمین تعیین می گردد. حداقل ضخامت پی بر اساس موارد زیر تعیین می شود.

۱- درحالی که عمق آب کمتر از ۴/۵ متر باشد: ضخامت حداقل ۰/۵ متر یا بیشتر و یا ۳ برابر قطر بزرگترین سنگ و یا بیشتر

۲- درحالی که عمق آب بیشتر از ۴/۵ متر باشد: ضخامت حداقل ۱/۰ متر یا بیشتر و یا ۳ برابر قطر بزرگترین سنگ و یا بیشتر

۴-۳-۴- بررسی واژگونی دیوار

ضریب اطمینان اسکله دیواری وزنی در برابر واژگونی از رابطه ۴-۳-۲ محاسبه می شود.

$$F_s \leq \frac{Wt}{Ph} \quad (2-3-4)$$

که در آن:

t : فاصله بین خط اثر نیروی برآیند قائم روی اسکله دیواری و پنجه آن (m)

h : ارتفاع خط اثر نیروی برآیند افقی روی اسکله دیواری از کف آن (m)

F_s : مقدار ضریب اطمینان

مقادیر W و P همان مقادیر رابطه ۴-۳-۱ می باشد.

نکات فنی

ضریب اطمینان در شرایط معمولی حداقل ۱/۲ و در شرایط فوق العاده حداقل ۱/۱ می باشد.

۴-۳-۵- بررسی پی ضعیف (بستر نرم)

برای اسکله دیواری وزنی، پایداری مورد نیاز سازه در مقابل لغزش دایروی شیب و نشست ناشی از تحکیم باید مطابق بخش ۵، بند

۶-۲- تحلیل شیب، با توجه به مشخصات زمین و سازه تامین گردد.

۴-۴- محاسبات پایداری بلوک های بتنی سلولی

برای اسکله های دیواری از نوع بلوک بتنی سلولی (بدون دال کف)، بررسی واژگونی اسکله با توجه به کاهش نیروی مقاوم به علت

جدایی بلوک سلولی از مصالح پرکننده ضروری می باشد.

تفسیر

بلوک بتنی توخالی بدون دال کف با انواع دیگر اسکله دیواری وزنی متفاوت است زیرا پایداری و مقاومت آن به کمک مصالح پرکننده تامین می شود. بنابراین لازم است در محاسبات پایداری آن در برابر واژگونی، علاوه بر بررسی های رایج مانند انواع دیگر اسکله های دیواری وزنی، امکان جدایی بلوک ها و مصالح پرکننده آنها جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

نکات فنی

(۱) ضریب اطمینان در برابر واژگونی باید از رابطه ۴-۴-۱ محاسبه شود.

$$F_t \leq \frac{Wt + M_f}{Ph} \quad (۴-۴-۱)$$

که در آن:

W : نیروی برآیند قائم روی اسکله دیواری منهای وزن مصالح پرکننده (kN/m)

P : نیروی برآیند افقی روی اسکله دیواری (kN/m)

t : فاصله بین خط اثر نیروی برآیند قائم روی اسکله دیواری (به جز وزن مصالح پرکننده) و پنجه دیوار (m)

h : ارتفاع خط اثر نیروی برآیند افقی روی اسکله دیواری از کف آن (m)

M_f : لنگر مقاوم ناشی از اصطکاک بین بلوک های سلولی و مصالح پرکننده ($kN.m/m$)

F_t : مقدار ضریب اطمینان

مقدار ضریب اطمینان در شرایط معمولی حداقل ۱/۲ و در شرایط ویژه حداقل ۱/۱ می باشد.

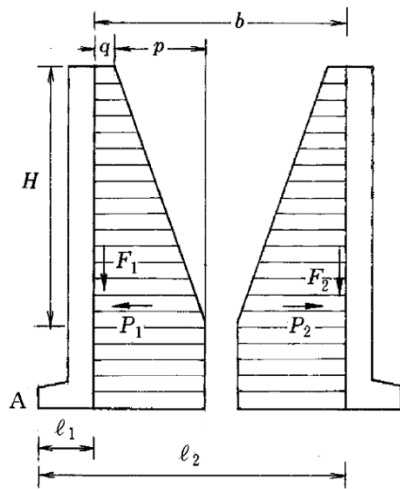
(۲) ضریب اطمینان کمتر از ۱ نشان دهنده این است که لنگر واژگونی ناشی از بار خارجی بزرگتر از لنگر مقاوم ناشی از نیروی برآیند قائم روی بلوک های بتنی توخالی و نیروی اصطکاک بین قطعات و مصالح پرکننده شده است. در این شرایط بلوک های بتنی توخالی با جدا شدن از مصالح پرکننده، واژگون می شوند که باید اقداماتی برای جلوگیری از آن از جمله افزایش وزن بلوک های بتنی توخالی و یا پیش بینی دیواره های جداکننده داخلی انجام داد.

(۳) لنگر مقاوم M_f ناشی از اصطکاک بین بلوک های سلولی و مصالح پرکننده، به صورت زیر بدست می آید.

در شکل ۴-۴-۱، لنگر حول نقطه A برابر $l_1 F_1 + l_2 F_2$ می باشد. نیروهای عمود به سطح، P_1 و P_2 ، نیروهای برآیند فشار خاک ناشی از مصالح پرکننده وارد به وجه داخلی دیواره های جلویی و پشتی بلوک های بتنی بوده و $F = fP$ ، که f ضریب اصطکاک بین مصالح پرکننده و دیواره های داخلی بلوک های سلولی است. برای اطلاعات بیشتر در مورد فشار خاک مصالح پرکننده به وجه داخلی دیواره ها به بخش ۴، بند ۳-۳-۲ - فشار جانبی مصالح پرکننده و فشار آب باقیمانده، مراجعه شود.

بطور مشابه، نیروی اصطکاک موثر بر دیواره های جداکننده داخلی بلوک های سلولی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

(۴) ضریب اصطکاک مورد استفاده در بررسی لغزش بلوک های بتنی سلولی فاقد دال کف، برای قسمت بتن مسلح برابر ۰/۶ و برای بخش سنگ های پرکننده ۰/۸ در نظر گرفته شود. برای ساده تر شدن می توان به طور کلی مقدار متوسط ۰/۷ را به کار برد.



شکل ۴-۴-۱- تعیین مقاومت اصطکاکی

q : فشار خاک ناشی از بار قائم منتقل شده به مصالح پرکننده

H : برابر b

p : فشار خاک ناشی از مصالح پرکننده ($KH\gamma$)

K : ضریب فشار خاک

γ : وزن مخصوص مصالح پرکننده

P_1 و P_2 : نیروی برآیند فشار خاک

۴-۵- اثرات خاکریز پشت اسکله

وقتی که خاکریز پشت اسکله دیواری وزنی کیفیت خوبی داشته باشد، اسکله دیواری را می توان با درنظر گرفتن اثرات خاکریز طراحی نمود.

تفسیر

اثرات زیر از یک خاکریز انتظار می رود.

(۱) کاهش فشار خاک در اثر افزایش زاویه اصطکاک داخلی

(۲) افت تراز آب باقیمانده در اثر افزایش نفوذپذیری

(۳) جلوگیری از خروج مصالح ریزدانه

نکات فنی

(۱) اثر کاهش فشار خاک توسط خاکریز

اثر کاهش فشار خاک توسط خاکریز را می توان با استفاده از روش تحلیلی با توجه به ترکیب و مقاومت لایه های خاک پشت اسکله دیواری، محاسبه نمود. در اسکله دیواری وزنی معمولی، از لاشه سنگ و قلوه سنگ به عنوان مصالح خاکریز استفاده می شود که در این حالت اثر کاهش فشار خاک را می توان با روش ساده شده زیر تعیین کرد.

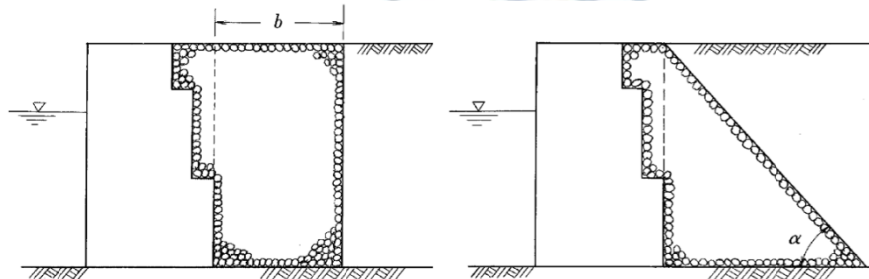
الف) خاکریز با سطح مقطع مثلثی

وقتی خاکریز به شکل مثلثی از نقطه تقاطع خط قائم عبوری از پاشنه اسکله دیواری و خط زمین شروع شده و با زاویه شیب کمتر از شیب طبیعی α مصالح خاکریز مطابق شکل ۴-۵-۱-الف ادامه یابد، می توان فرض نمود که کل فضای پشت دیوار با مصالح خاکریز پر شده است.

وقتی خاک طبیعی محلی از نوع خاک چسبنده شل باشد، باید استفاده از صفحات و یا لایه های فیلتر در سطح خاکریز برای جلوگیری از عبور این خاک چسبنده شل از حفره های خاکریز و رسیدن به اسکله دیواری مد نظر قرار گیرد.

ب) خاکریز با سطح مقطع مستطیلی: اثر خاکریز مثلثی با شیب تندتر از زاویه طبیعی مصالح خاکریز و یا خاکریز با هر شکل

غیرعادی، مانند اثر خاکریز مستطیلی شکلی است که مساحتی برابر خاکریز واقعی موجود دارد. اثر خاکریز مستطیلی که در شکل ۴-۵-۱-ب دیده می‌شود، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود. وقتی عرض b خاکریز مستطیلی بزرگتر از ارتفاع دیوار باشد، با آن مانند خاکریز مثلثی در شکل ۴-۵-۱-الف رفتار می‌شود. وقتی عرض b برابر نصف ارتفاع دیوار باشد، فشار خاک برابر متوسط فشار خاک ناشی از خاکریز و فشار خاک ناشی از خاک اولیه روی دیوار در نظر گرفته می‌شود. وقتی عرض b یک پنجم ارتفاع دیوار یا کمتر باشد، اثر کاهش فشار خاک خاکریز در نظر گرفته نمی‌شود.



شکل (ب) خاکریز مستطیلی شکل

شکل (الف) خاکریز مثلثی شکل

شکل ۴-۵-۱- شکل خاکریز

(۲) توصیه می‌شود که صفحات و یا لایه فیلتر در سطح پشتی خاکریز تعبیه شود تا با تغییر در تراز آب باقیمانده، مصالح ریزدانه از داخل خاکریز به بیرون حرکت نکنند و از نشست سطح اسکله جلوگیری شود.

(۳) هنوز روشی برای تعیین مقدار افزایش فشار خاک ناشی از نفوذ مصالح ریزدانه به خاکریز پیشنهاد نشده است، زیرا بسته به اندازه دانه‌های مصالح ریزدانه و اندازه مصالح خاکریز تغییر می‌کند. بنابراین معمولاً عملیات پیش‌گیرانه پیش‌بینی صفحات و یا لایه‌های فیلتر روی شیب خاکریز در شرایط احتمال نفوذ ریزدانه به داخل خاکریز انجام می‌گیرد.

(۴) وقتی که خطر خروج مصالح خاکریز در اثر شرایطی مانند نشست وجود دارد، باید صفحات درزگیر در درزهای اسکله دیواری تعبیه شود.

۴-۶- طراحی جزئیات

طراحی جزئیات اسکله دیواری وزنی باید در موارد زیر انجام گیرد.

- (۱) مقاومت اعضای سازه ای
- (۲) جلوگیری از عبور خاک طبیعی اولیه
- (۳) شکل و ابعاد قفل و بست های بین بلوک های بتنی
- (۴) سازه تیر پیشانی
- (۵) عملیات فرعی و ثانویه

PMO

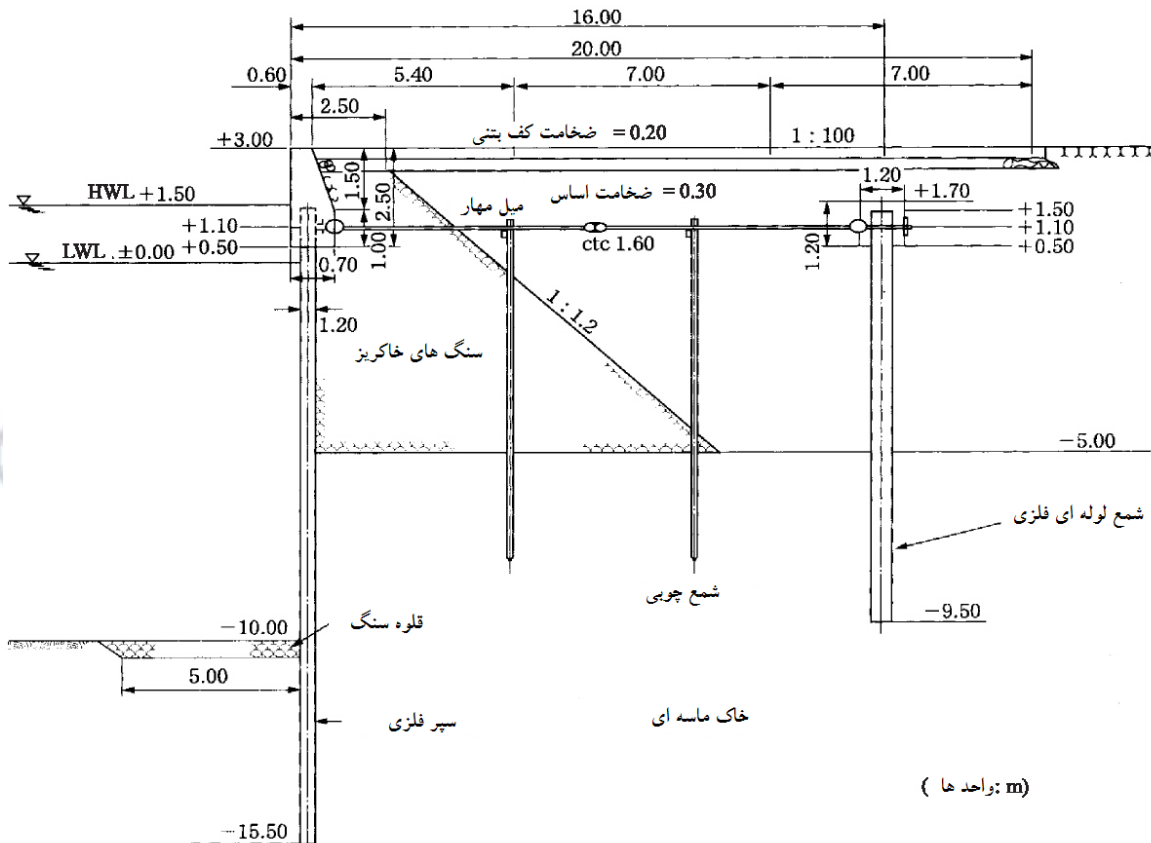
فصل ۵- اسکله سپری

۱-۵- کلیات

ارزیابی پایداری سازه‌ای یک اسکله سپری فلزی مهاری شده باید از طریق بررسی پایداری اسکله سپری و سیستم مهاری انجام شود.

نکات فنی

(۱) شکل ۱-۱-۵ مثالی از طراحی اسکله سپری را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱-۵- مثالی از طراحی اسکله سپری (نوع شمع قائم مهاری)

(۲) شیوه‌های طراحی اسکله سپری که امروزه استفاده می‌شوند به شرح زیر می‌باشد:

الف) روشهای طراحی بر اساس نظریه‌های کلاسیک فشار خاک:

(۱) روش پای مفصلی

(۲) روش پای گیردار

ب) روش طراحی که قسمت مدفون را به صورت تکیه گاه ارتجاعی در نظر می‌گیرد (روش P.W.Rowe)

۲-۵- نیروهای خارجی موثر بر دیوار سپری

۱-۲-۵- نیروهای خارجی که در نظر گرفته می‌شود

نیروهای زیر باید به عنوان نیروهای خارجی موثر بر سپر در نظر گرفته شود:

۱) فشار خاک

الف) فشار محرک خاک پشت سپر

ب) عکس‌العمل خاک مدفون در جلوی سپر

۲) فشار آب باقیمانده

۳) نیروی زلزله که بر مورد (۱) اثر می‌کند.

۴) فشار دینامیکی آب در هنگام زلزله

۵) نیروهای کششی ناشی از شناور

۶) نیروهای پهلوگیری شناور

تفسیر

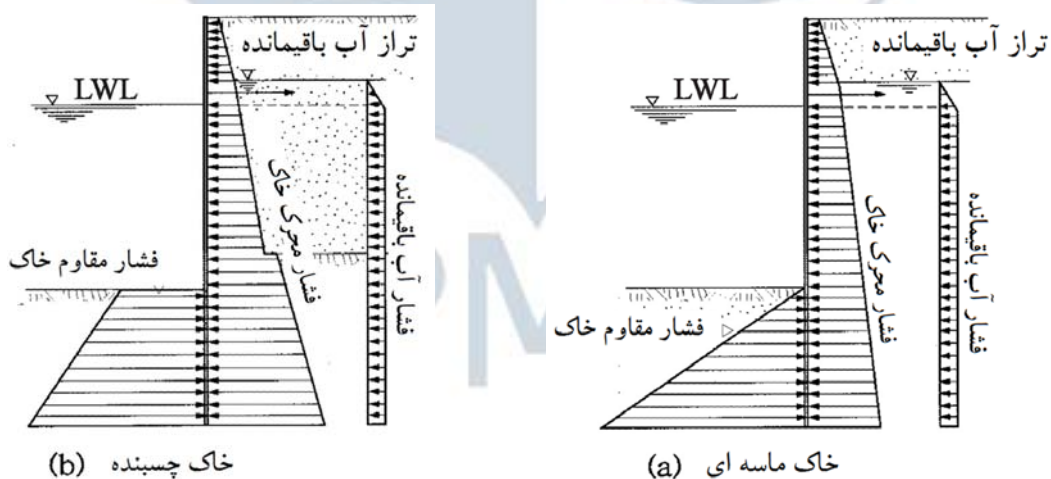
نیروهای فوق‌الذکر تاثیر بیشتری نسبت به بقیه نیروها دارند. در مواردی که تیر پیشانی سپر، بزرگ باشد ممکن است نیاز به لحاظ نیروهای زلزله موثر بر آن نیز باشد. هر نیروی خارجی دیگری که انتظار می‌رود تاثیر قابل توجهی بر سپر داشته باشد نیز، باید به‌طور مناسب در نظر گرفته شود.

نکات فنی

۱) فشارمحرک خاک معمولاً به‌عنوان فشار خاکی که بر پشت سپر وارد می‌شود، استفاده می‌شود. برای عکس‌العمل جلوی دیوار که بر قسمت مدفون سپر وارد می‌شود لازم است از مقادیر مناسبی مانند فشار مقاوم خاک یا عکس‌العمل خاک متناظر با تغییر شکل سپر استفاده شود.

۲) وقتی از روشهای «پای مفصلی» و «تیر معادل» در محاسبات پایداری سپر استفاده می‌شود اصولاً باید فرض شود که فشار خاک و فشار آب باقیمانده به صورتی که در شکل ۵-۲-۱ نشان داده شده است عمل می‌کند و مقادیر این فشار باید بر اساس **بخش ۲، فصل ۱۴ - فشار خاک و فشار آب محاسبه شود.**

زاویه اصطکاک دیوار برای محاسبه فشار خاک وارد بر سپر معمولاً ۱۵ درجه برای فشار محرک و ۱۵- درجه برای فشار مقاوم خاک در نظر گرفته می‌شود (وقتی خاک ماسه‌ای باشد).



شکل ۵-۲-۱ - فشار خاک و فشار آب باقیمانده برای طراحی دیواره سپر

(۳) با توجه به اینکه فشار خاک با تغییر مکان سپر تغییر می‌کند، فشار واقعی خاک که بر سپر وارد می‌شود متناسب با موارد زیر متفاوت خواهد بود.

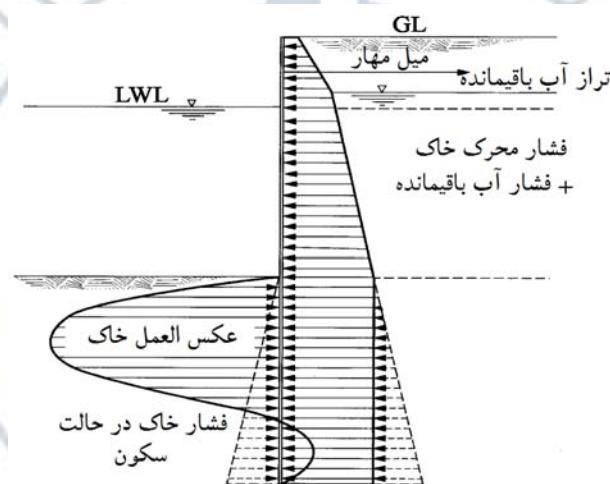
الف) روش ساخت (اینکه خاک پشت دیوار ریخته شده یا جلوی سپر پس از کوبیدن سپر تا عمق مورد نیاز لایروبی شده است)

ب) تغییر مکان جانبی سپر در محل نصب میل مهاری

ج) طول قسمت مدفون سپر

د) رابطه بین سختی سپر و خصوصیات خاک بستر دریا

(۴) وقتی روش Rowe (روش تحلیل تیر ارتجاعی) برای محاسبات پایداری سپر استفاده شود، فرض می‌شود که فشار خاک و فشار آب باقیمانده به صورت نشان داده شده در شکل ۵-۲-۲ عمل می‌کند و نیروی فشار خاک متناظر با ضریب عکس العمل خاک و نیروی خاک در حال سکون بر سطح جلوی سپر وارد می‌شود.



شکل ۵-۲-۲- فشار خاک و فشار آب باقیمانده برای طراحی دیواره سپر با استفاده از روش P.W.Rowe

(۵) هنگامی که وسایل و تجهیزات جابه‌جایی بار (مانند جرثقیل) بر روی اسکله موجود باشد، لازم است فشار خاک ناشی از بار مرده و سربار تجهیزات را نیز لحاظ کرد.

(۶) برای تعیین نیروی عکس العمل خاک که بر سطح مدفون جلوی سپر وارد می‌شود، لازم است با توجه به دقت عملیات لایروبی فرض شود لایروبی تا عمق معینی پایین‌تر از عمق طراحی انجام می‌شود.

(۷) خاک بستر دریا در جلوی دیوار سپری به‌عنوان دیوار نگه‌دارنده خاک در حالت اسکله شمع و عرشه موازی ساحل، شکل ترکیبی متشکل از سطوح افقی و شیب‌دار دارد که در این حالت می‌توان فشار مقاوم خاک را از روش کولمب که در آن فشار مقاوم طراحی به روش آزمون و خطا و با در نظر گرفتن چندین صفحه گسیختگی برای زوایای مختلف به‌دست می‌آید، محاسبه کرد و کوچکترین مقدار به دست آمده از بین آنها را برای حالت فشار مقاوم خاک انتخاب نمود. هر چند لازم است ملاحظات تجربی به دست آمده از تجربیات عملی مبنی بر فرض رفتار ارتجاعی زمین در جلوی سپر را در نظر گرفت.

(۸) در تعیین تراز آب باقیمانده که برای تعیین فشار آب باقیمانده استفاده می‌شود باید ساختار دیوار سپر و شرایط خاک به طور مناسب ارزیابی شوند. تراز آب باقیمانده بسته به خصوصیات خاک و اتصالات سپرها و غیره تغییر می‌کند اما در بسیاری از موارد این تراز برابر

با ارتفاع معادل دو سوم دامنه جزر و مدی بالاتر از تراز میانگین جزر ماهیانه (LWL) برای سپرها استفاده می‌شود. برای سپر فلزی کوبیده شده در خاک چسبنده باید در تعیین تراز آب باقیمانده دقت زیادی به خرج داد زیرا گاهی این تراز تقریباً برابر با تراز آب مد می‌باشد. اگر سپر ساخته شده از مواد دیگری به کار رود، برای تعیین تراز آب باقیمانده مطلوب است که از نتایج بررسی سازه‌های مشابه استفاده شود.

۹) برای تعیین فشار دینامیکی آب هنگام زلزله به بخش ۲، فصل ۱۴ - فشار آب و فشار خاک مراجعه شود. ۱۰) معمولاً نیروی ناشی از پهلوگیری شناور ممکن است فقط برای طراحی تیر پیشانی لحاظ شود. هنگامی که پی مهاربند به صورت جداگانه ساخته شده باشد نیروی کشش طناب مهار شناور لحاظ نمی‌شود هر چند وقتی مهاربند روی تیر پیشانی اسکله سپری نصب شده باشد، لازم است که نیروی کششی شناور در طراحی تیر پیشانی، میل مهار و ضربه‌گیر لحاظ شود.

۳-۵- طراحی سپر

۱-۳-۵- تراز نصب میل مهار

تراز نصب میل مهار باید با در نظر گرفتن سهولت اجرا و هزینه ساخت تعیین شود.

تفسیر

طراحی مقاطع سپر و میل مهار، بسته به محل نصب میل مهار بسیار متغیر بوده و بنابراین لازم است که سهولت اجرا و هزینه ساخت در طراحی لحاظ شود.

۲-۳-۵- طول مدفون سپرها

اصولاً، طول مدفون سپر باید به گونه‌ای تعیین شود که قسمت انتهایی سپر در زمین به شکل مناسبی ثابت شده باشد و سطح مناسبی از ضریب اطمینان تامین گردد.

تفسیر

رفتار مکانیکی سپر بر اساس طول مدفون آن تغییر می‌کند. وقتی طول مدفون کوتاه باشد، سپر به صورت پای مفصلی و هنگامی که این طول بلند باشد سپر به صورت پای گیردار عمل می‌کند. برای طراحی ایمن سپر ضروری است که از گیردار شدن انتهایی سپر اطمینان حاصل شود و این امر بدین معناست که دیوار باید به صورت گیردار طراحی شود.

به طور سنتی از روش «پای مفصلی» که بر اساس یک نظریه کلاسیک فشار خاک بنا نهاده شده برای تعیین طول مدفون استفاده شده است. $Takahashi$ و همکارانش نشان داده‌اند که طول مدفون حاصل از این روش در صورت استفاده از ضریب اطمینان مناسب اغلب با شرایط پای گیردار متناظر می‌باشد.

در روش تیر معادل که برای تعیین مقطع عرضی سپر استفاده می‌گردد فرض می‌شود که سپر در شرایط پای گیردار قرار دارد.

نکات فنی

رفتار مکانیکی سپر مجهز به میل مهار به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر سختی، خصوصیات زمین و طول مدفون قرار داشته و بویژه رفتار مکانیکی بر اساس طول مدفون تغییر می‌کند.

روش طراحی که در این فصل شرح داده می‌شود بر اساس فرض انتهایی سپر به صورت گیردار است. طول مدفونی که در آن انتهایی سپر به صورت گیردار فرض می‌شود بر اساس سختی سپر و خصوصیات زمین تغییر می‌کند.

روش تعیین طول مدفون به صورت پای مفصلی بر اساس تئوری فشار خاک بوده و اشکالاتی دارد: به عنوان مثال (۱) سختی سپر لحاظ نشده است، (۲) هنگامی که انتهای سپر گیردار باشد، توزیع فرضی فشار مقاوم خاک با توزیع مثلی کولمب تطبیق ندارد. به هر حال طول مدفونی که بدین گونه تعیین می‌شود تحت شرایط معینی حالت پای گیردار را تامین می‌کند.

روش تعیین طول مدفون در حالت پای مفصلی در ذیل ارائه شده است:

(۱) هنگامی که طول مدفون سپر با استفاده از روش پای مفصلی محاسبه می‌شود، رابطه ۱-۳-۵ باید برای لنگرهای حاصل از فشار خاک و فشار آب باقیمانده (به شکل ۱-۲-۵ در بند ۱-۲-۵-۱ نیروهای خارجی که در نظر گرفته می‌شود مراجعه شود) با توجه به محل نصب میل مهار ارضا شود.

$$M_P = FM_A \quad (۱-۳-۵)$$

که در آن:

M_P : لنگر حاصل از فشار مقاوم خاک در محل نصب میل مهار ($kN.m/m$)

M_A : لنگر حاصل از فشار محرک خاک و فشار آب باقیمانده در محل نصب میل مهار ($kN.m/m$)

F : ضریب اطمینان

ضریب اطمینان را می‌توان در شرایط عادی $1/5$ یا بیشتر و در شرایط فوق‌العاده که سپر در خاک‌ماسه‌ای کوبیده شده است $1/2$ و یا بیشتر و در هر دو شرایط عادی و فوق‌العاده در خاک سخت چسبنده هم $1/2$ یا بیشتر فرض نمود.

(۲) در خاک چسبنده، پایداری قسمت مدفون فقط در صورت ارضا رابطه ۲-۳-۵ تامین می‌شود:

$$4c > w + \sum \gamma h + \gamma_w h_w \quad (۲-۳-۵)$$

که در آن:

c : چسبندگی خاک در کف دریا (kN/m^2)

w : سربار (kN/m^2)

γ : وزن مخصوص خاک (kN/m^3) (وزن مخصوص مستغرق برای بخش پایین‌تر از آب باقیمانده)

h : ضخامت لایه خاک بالای کف دریا و پشت سپر (m)

γ_w : وزن مخصوص آب دریا (kN/m^3)

h_w : اختلاف بین تراز آب باقیمانده و سطح آب جلوی سپر (m)

در صورتی که خاک کف دریا نرم بوده و رابطه ۲-۳-۵ ارضا نشود، باید خاک کف دریا با روش مناسب تقویت شود و یا اقدامات مناسبی مانند استفاده از سیستم سکوی کمکی پشت سپر انجام گیرد.

۳-۳-۵- لنگر خمشی سپر و عکس‌العمل در محل نصب میل مهار

حداکثر لنگر خمشی سپر و عکس‌العمل در محل نصب میل مهار باید با روش مناسبی که سختی و طول مدفون سپر و سختی زمین را لحاظ کند محاسبه شود.

تفسیر

تأثیر سختی و طول مدفون سپر و سختی زمین بر رفتار مکانیکی سپر موضوعی شناخته شده است. در گذشته عمق آب طراحی برای

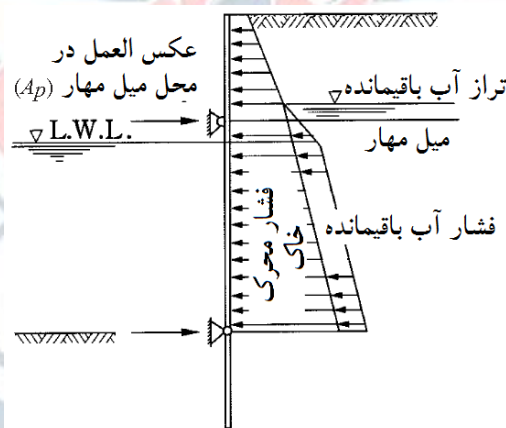
اسکله دیواری نسبتا کم بوده و برای سپر از مقاطع با سختی نسبتا کم مانند پروفیل‌های فلزی U شکل استفاده می‌شود. ضمنا نقطه عطف لنگر در کف دریا و یا نقطه کم عمق‌تر برای خاک ماسه‌ای با درجه تراکم متوسط و یا بالا حاصل می‌گردد و بنابراین امکان استفاده از روش ساده شده «تیر معادل» فراهم بود. به هر حال در سال‌های اخیر در نتیجه افزایش تعداد اسکله‌های دیواری با عمق طراحی بیشتر، امروزه سپرهایی با سختی نسبتا بالا مانند سپرهای لوله‌ای فلزی به وفور استفاده می‌شود و لازم است دقت بیشتری در استفاده از روش تیر معادل به عمل آید، زیرا ممکن است نقطه عطف لنگر پایین‌تر از تراز کف دریا قرار داشته باشد و نیروهای مقطع کمتر از مقدار واقعی به دست آید.

نکات فنی

(۱) حداکثر لنگر خمشی و نیروی عکس‌العمل در محل نصب میل‌مه‌ار در سپر را می‌توان با استفاده از روش تیر معادل که در زیر شرح داده شده و یا روش Rowe به دست آورد. البته در هنگام استفاده از روش تیر معادل باید دقت بیشتری کرد زیرا وقتی سختی سپر زیاد باشد ممکن است نیروهای مقطع کمتر از مقدار واقعی به دست آید.

(۲) روش تیر معادل

در روش تیر معادل، حداکثر لنگر خمشی و نیروی عکس‌العمل در محل نصب میل‌مه‌ار در سپر با فرض سپر به صورت تیر با تکیه‌گاه‌های ساده در محل نصب میل‌مه‌ار و در محل بستر دریا و با در نظر گرفتن فشار خاک و فشار آب باقیمانده وارد بر سپر به عنوان بارگذاری در بالای تراز کف دریا محاسبه می‌شود (شکل ۵-۳-۱).



شکل ۵-۳-۱- تیر معادل برای به دست آوردن لنگر خمشی

۵-۳-۴- مقطع عرضی سپر

مقطع عرضی سپر باید به صورتی تعیین شود که تنش‌های محاسبه‌شده بر اساس بند ۵-۳-۳- لنگر خمشی سپر و عکس‌العمل در محل نصب میل‌مه‌ار به هیچ وجه از تنش‌های مجاز مصالح تجاوز نکند.

۵-۳-۵- بررسی اثر سختی مقطع سپر

اصولا مقطع عرضی سپر باید به شکل مناسب و با در نظر گرفتن سختی مقطع عرضی سپر انتخاب شده باشد.

تفسیر

همانطور که در نکات فنی بند ۵-۳-۲- طول مدفون سپرها شرح داده شد، رفتار سپر مجهز به میل‌مه‌ار به طور قابل توجهی

تحت تاثیر سختی و طول مدفون سپر و خصوصیات زمین قرار داشته و بویژه سختی سپر تاثیر زیادی بر تعیین طول مدفون دارد. بنابراین توجه به تاثیر سختی مقطع سپر هنگام انتخاب سپر در طرح، امری ضروری است.

نکات فنی

(۱) رویکردی که در آن از روش پای مفصلی و تیر معادل به صورت ترکیبی استفاده می‌شود، با توجه به سهولت استفاده در بین طراحان رایج است، اما باید توجه شود که در این روش سختی مقطع سپر لحاظ نمی‌شود.

(۲) روش تحلیلی که در ادامه ارائه گردیده است یک روش اصلاح شده *Rowe* می‌باشد که قسمت مدفون سپر را به عنوان تیر بر روی بستر ارتجاعی در نظر می‌گیرد.

الف) تحلیل سپر به روش تیر ارتجاعی

در این روش تحلیل که براساس رابطه نظری برای تیر روی بستر ارتجاعی است و برای سپر به کار می‌رود، یک ضریب ارتجاعی خاک برای زمینی که در آن کوبیده می‌شود معرفی می‌شود. رابطه اصلی برای قسمت مدفون عبارتست از:

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = p(x) = p_{A0} - (l_h / D)xy \quad (۳-۳-۵)$$

که در آن:

E : ضریب ارتجاعی سپر (MN/m^2)

I : ممان اینرسی هندسی سپر در واحد عرض (m^4/m)

p_{A0} : شدت بار در بستر دریا که توسط فشار محرک خاک و فشار آب باقیمانده ایجاد می‌شود ($MN/m^2/m$)

l_h : ضریب عکس العمل خاک نسبت به سپر (MN/m^3)

D : عمق نفوذ سپر (m)

از آنجا که راه‌حلی کلی برای معادله دیفرانسیلی این چنین وجود ندارد، یک روش ویژه برای حل رابطه ۳-۳-۵ مورد نیاز است که *Bloom* و *Rowe* یک راه حل برای به دست آوردن ضریب هر جمله در قالب یک حل عددی با فرض جواب به صورت سری توانی ارائه کرده‌اند.

بر اساس روش جزئیات یک روش برای تعیین رابطه منحنی تغییر شکل سپر و همچنین یک روش محاسبه عددی به کمک رایانه توسط *Ishiguro* ارائه شده است. *Takahashi* و همکارانش روش اخیر را برای ارائه بهتر خواص رفتاری سپر واقعی به شرح زیر اصلاح کرده‌اند (به شکل ۲-۳-۵ مراجعه شود):

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = p(x) = p_{A0} + K_{AD}\gamma x - K_0\gamma x - [l_h / (D_F r_f)]xy \quad (۴-۳-۵)$$

که در آن:

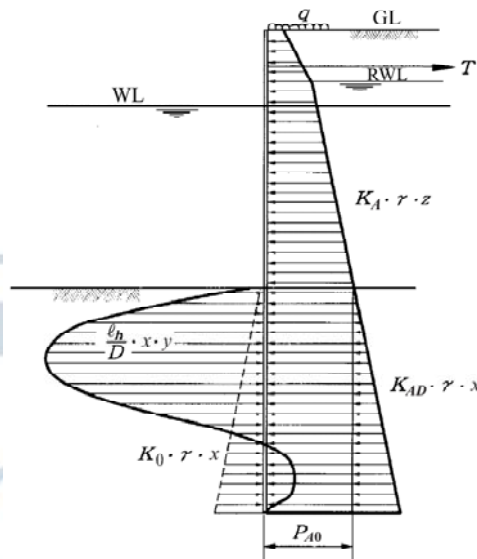
K_{AD} : ضریب فشار محرک خاک در قسمت مدفون سپر

γ : وزن مخصوص خاک (MN/m^3)

K_0 : ضریب فشار خاک در حالت سکون

D_F : طول مدفون همگرا شده سپر (m)

T_f : عمق به کار رفته برای فشار خاک محرک مثبت که بر سطح جلویی قسمت مدفون سپر عمل می‌کند نسبت به D_F



شکل ۵-۳-۲- توزیع فشار خاک برای تحلیل دیواره سپر

ب) خصوصیات طول مدفون سپر

استفاده از روش تحلیلی فوق‌الذکر نشان می‌دهد که خصوصیات رفتاری سپر بر اساس طول مدفون آن تغییر می‌کند. در حقیقت پایداری سپر هنگامی حاصل می‌شود که طول مدفون سپر به مقدار مشخصی برسد. عمق مدفونی که در این حالت پایداری بحرانی برقرار می‌شود را طول مدفون بحرانی D_C می‌نامند.

هنگامی که طول مدفون بیشتر شود و از طول مدفون بحرانی فراتر رود، لنگر خمشی سپر به مقدار حداکثر لنگر خمشی M_P حالت پای مفصلی می‌رسد. طول مدفونی که این شرایط را ایجاد می‌کند طول مدفون گذرا D_P نامیده می‌شود. اگر طول مدفون باز هم بیشتر شود، لنگر خمشی به حداکثر لنگر همگرایی در حالت پای گیردار M_F می‌رسد.

حداقل طول مدفونی که این شرایط را ایجاد می‌کند طول مدفون همگرایی D_F نام دارد.

ج) عدد انعطاف‌پذیری

عدد انعطاف‌پذیری زیر توسط Rowe پیشنهاد شده است به عنوان یک روش برای نشان دادن سختی یک سپر به عنوان

یک سازه به کار می‌رود.

$$\rho = \frac{H^4}{EI} \quad (5-3-5)$$

که در آن:

ρ : عدد انعطاف‌پذیری (m^3/MN)

H : طول سپر (m)

در روش Rowe از مجموع ارتفاع کل سپر H (از بستر دریا تا نوک سپر) و طول مدفون D برای حالت پای گیردار (یعنی $H+D$) به عنوان طول کل سپر استفاده می‌شود.

شاخص جدیدی توسط Takahashi و همکارانش به نام عدد تشابه پیشنهاد شده که با استفاده از عدد انعطاف‌پذیری و خصوصیات

زمین استخراج شده است. با استفاده از ارتفاع H_T از بستر دریا تا نقطه نصب میل مهار به جای طول H در رابطه ۵-۳-۵، عدد تشابه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\omega = \rho l_h \quad (۵-۳-۶)$$

که در آن:

ω : عدد تشابه

l_h : ضریب عکس العمل خاک در برابر سپر (MN/m^3)

با بیان خصوصیات مکانیکی سپر توسط عدد تشابه، اثر سختی سپر را می‌توان به صورت کمی تخمین زد.

(د) ضریب عکس العمل خاک در برابر سپر

مراجع بسیار کمی وجود دارند که مقدار اندازه گیری شده یا پیشنهاد شده برای ضریب عکس العمل خاک در برابر سپر l_h را ارائه دهند. بنابراین برای به دست آوردن این مقادیر مناسب است از آزمایش مدل و یا اندازه گیری در محل استفاده شود. مقادیر پیشنهاد شده که به صورت سنتی استفاده می‌شود عبارت از مقادیر پیشنهاد شده توسط ترزاقی و مقادیر پیشنهاد شده توسط *Takahashi* و همکارانش که با اصلاح مقادیر ترزاقی به دست آمده است، می‌باشد.

تحقیقی که به وسیله *Takahashi* و همکارانش اجرا شده نشان می‌دهد که اثر خطا در تعیین ضریب عکس العمل خاک برای مصارف کاربردی خطرناک زیادی ندارد. بنابراین معمولاً از مقادیر پیشنهاد شده توسط *Takahashi* و همکارانش به عنوان ضریب عکس العمل خاک در برابر سپر استفاده می‌شود.

(۱) مقادیر پیشنهاد شده توسط ترزاقی

مقادیر پیشنهاد شده توسط ترزاقی در جدول ۵-۳-۱ ارائه شده است.

جدول ۵-۳-۱- ضریب عکس العمل خاک برای سپر در خاک ماسه‌ای (MN/m^3) (l_h)

چگالی نسبی ماسه	شکل	متوسط	متراکم
ضریب عکس العمل خاک (l_h)	۲۴	۳۸	۵۸

(۲) مقادیر پیشنهاد شده توسط *Takahashi* و همکارانش

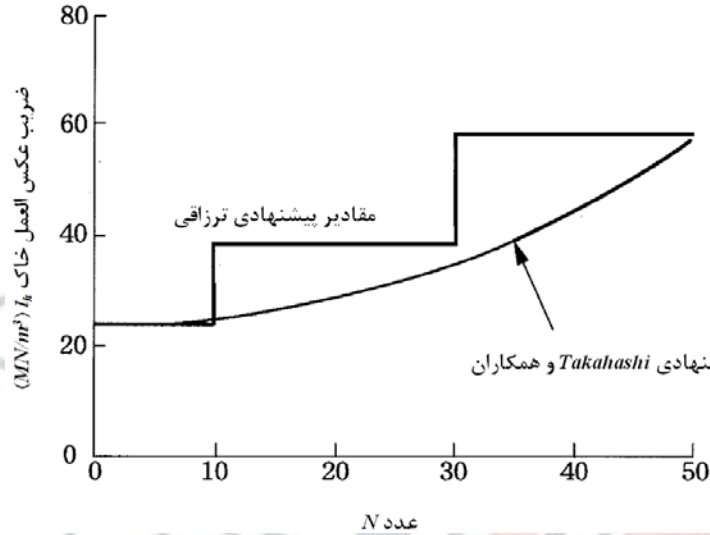
Takahashi و همکارانش تایید کرده اند که نتایج آزمایش مدل سپر *Tschebotarioff* با مقادیر پیشنهادی ترزاقی تناقض ندارد و با استفاده از رابطه ترزاقی بین ضریب عکس العمل خاک و چگالی نسبی و رابطه دیگر ترزاقی بین عدد N و چگالی نسبی، ضریب عکس العمل ارائه شده در جدول ۵-۳-۱ را با عدد N مرتبط کرده اند. آنها برای ایمنی بیشتر مقدار کوچکتر ضریب عکس العمل خاک را کردند و نتایج را با یک خط هموار (صاف) به هم وصل کرده اند که در شکل ۵-۳-۳ نشان داده شده است.

آنها همچنین ضرایب عکس العمل خاک را طبق شکل ۵-۳-۴ با زاویه اصطکاک داخلی ϕ ارتباط داده اند. این موضوع با استفاده از رابطه ۵-۳-۷ از رابطه *Dauham* که زاویه اصطکاک داخلی کوچکتری را برای عدد N داده شده به دست می‌دهد، صورت پذیرفته است.

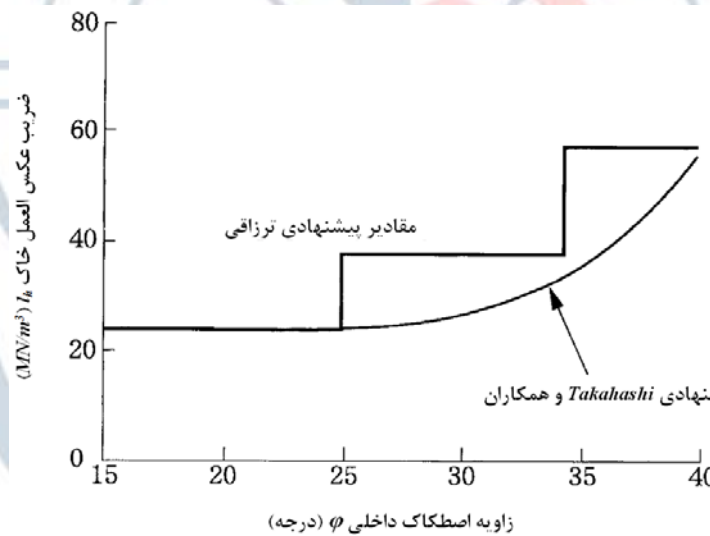
$$\phi = \sqrt{12N + 15} \quad (\text{درجه}) \quad (۵-۳-۷)$$

به هر حال باید توجه داشت که شکل ۵-۳-۴ کمی محافظه کارانه است، زیرا رابطه *Dauham* شامل مواردی است که در آن بسته

به شکل دانه‌های خاک ماسه‌ای، زاویه اصطکاک داخلی بزرگتری به دست می‌آید. شکل‌های ۳-۳-۵ و ۴-۳-۵ مقادیر پیشنهادی ترزاقی را نیز علاوه بر مقادیر پیشنهادی *Takahashi* و همکارانش نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳-۵- رابطه بین ضریب عکس العمل I_h و عدد N



شکل ۴-۳-۵- رابطه بین ضریب عکس العمل I_h و زاویه اصطکاک داخلی ϕ

(ه) طول مدفون طراحی

در تعیین طول مدفون سپر با استفاده از روش *Rowe* مقدار طولی که رابطه ۸-۳-۵ را ارضا کند را می‌توان به کار برد.

$$\delta_s = D_F / H_T \geq 5.0916 \times \omega^{-0.2} - 0.2591 \quad (۸-۳-۵)$$

که در آن:

δ_s : نسبت طول مدفون سپر به ارتفاع سپر در محل نصب میل مهار از کف دریا

D_F : طول مدفون سپر (m)

H_T : ارتفاع محل نصب میل مهار از کف دریا (m)

ω : عدد تشابه (ρl_h)

ρ : عدد انعطاف‌پذیری $(H_T^4/EI=)$ (m^3/MN)

E : ضریب ارتجاعی سپر (MN/m^2)

l : لنگر اینرسی هندسی سپر در واحد عرض (m^4/m)

l_h : ضریب عکس‌العمل خاک در برابر سپر (MN/m^3)

طول مدفونی که با این روش بدست می‌آید، طول مدفون همگرا شده می‌باشد. بر اساس مطالعاتی که توسط *Takahashi* و همکارانش انجام شده است، وقتی طول مدفون برابر با ۷۰ درصد طول همگرا شده استفاده شود، فقط یک افزایش ۲ درصدی در حداکثر لنگر خمشی رخ می‌دهد و بنابراین استفاده از طول مدفون همگرا شده به عنوان طول مدفون طراحی، خود منجر به فراهم شدن یک ضریب اطمینان شده و نیازی به در نظر گرفتن ضریب اطمینان نمی‌باشد.

و) حداکثر لنگر خمشی سپر و نیروی عکس‌العمل در محل نصب میل مهار

در تعیین حداکثر لنگر خمشی سپر و عکس‌العمل مهار در محل نصب آن، با در نظر گرفتن اثرات ضریب عکس‌العمل خاک و لنگر خمشی سپر، ضرایب تصحیحی که در شکل‌های ۵-۳-۵ و ۵-۳-۶ نشان داده شده است استفاده می‌شود. حداکثر لنگر خمشی و عکس‌العمل در محل نصب میل مهار که بوسیله روش تیر معادل محاسبه می‌شوند در این ضرایب تصحیح ضرب می‌گردد تا مقادیر تصحیح شده حاصل شود.

ضریب لرزه‌ای ۰/۲ برای تهیه شکل‌های ۵-۳-۵ و ۵-۳-۶ استفاده شده است و در صورتی که طراحی با جزئیات زیاد مورد نیاز نباشد مقادیری که از این شکل‌ها به دست می‌آید را می‌توان برای طراحی لرزه‌ای استفاده کرد.

نماد μ در شکل ۵-۳-۵ بیانگر نسبت M_F به M_T است که در آن M_F نشان‌دهنده حداکثر لنگر خمشی بوده و هنگامی ایجاد می‌شود که طول مدفون برابر با طول مدفون همگرا شده D_F در تحلیل منحنی تغییر شکل باشد. همچنین M_T بیانگر حداکثر لنگر خمشی به دست آمده از روش تیر معادل می‌باشد که از محل نصب میل مهار و بستر دریا به عنوان تکیه‌گاه استفاده می‌کند.

نماد τ در شکل ۵-۳-۶ بیانگر نسبت T_F به T_T است که در آن T_F نیروی عکس‌العمل مهار در محل نصب را نشان می‌دهد و هنگامی ایجاد می‌شود که طول مدفون برابر با طول مدفون همگرا شده D_F در تحلیل منحنی تغییر شکل باشد. همچنین T_T نیروی عکس‌العمل در محل نصب میل مهار می‌باشد که به روش تیر معادل محاسبه شده است.

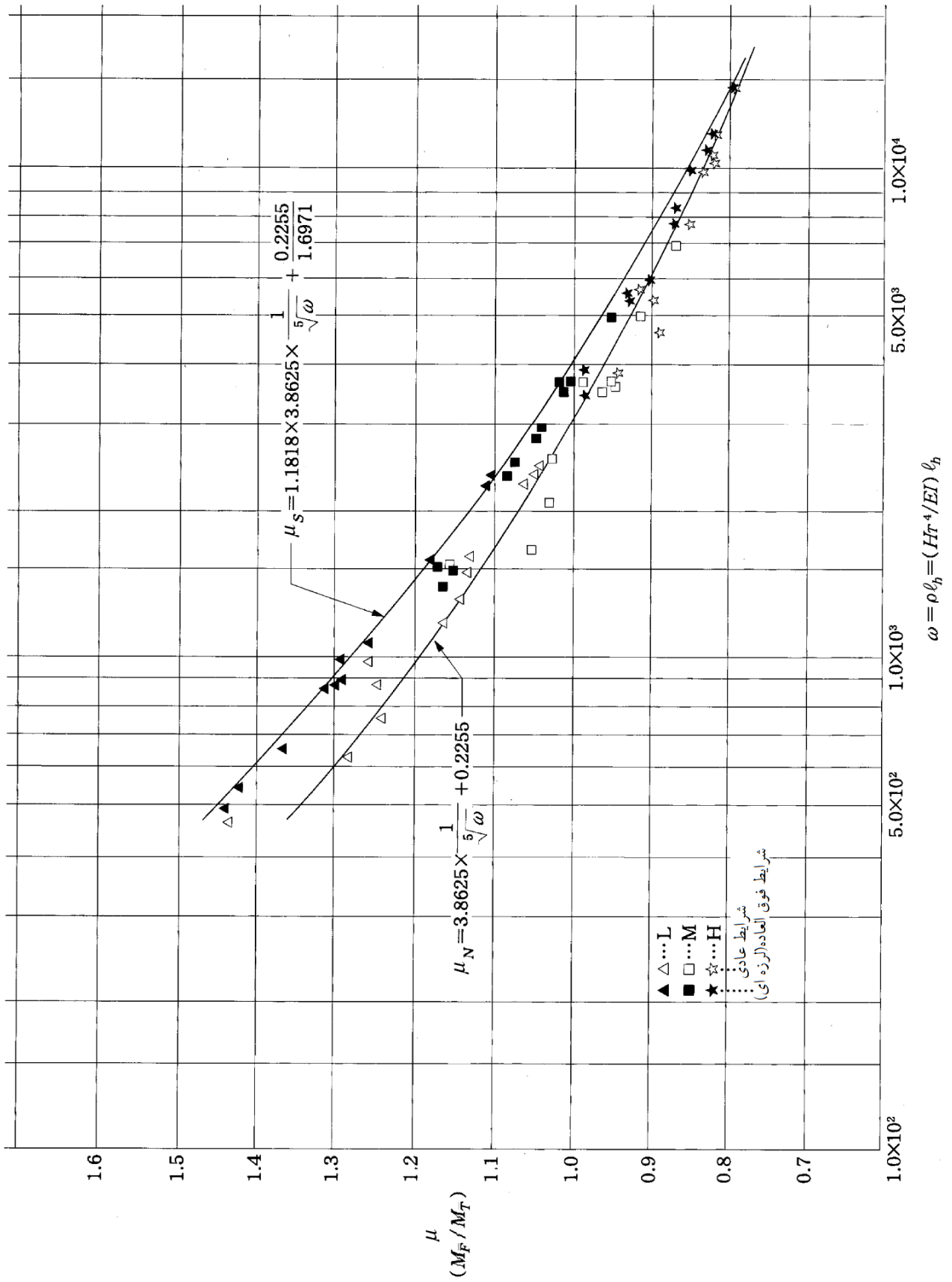
۵-۴- طراحی میل مهار

۵-۴-۱- کشش میل مهار

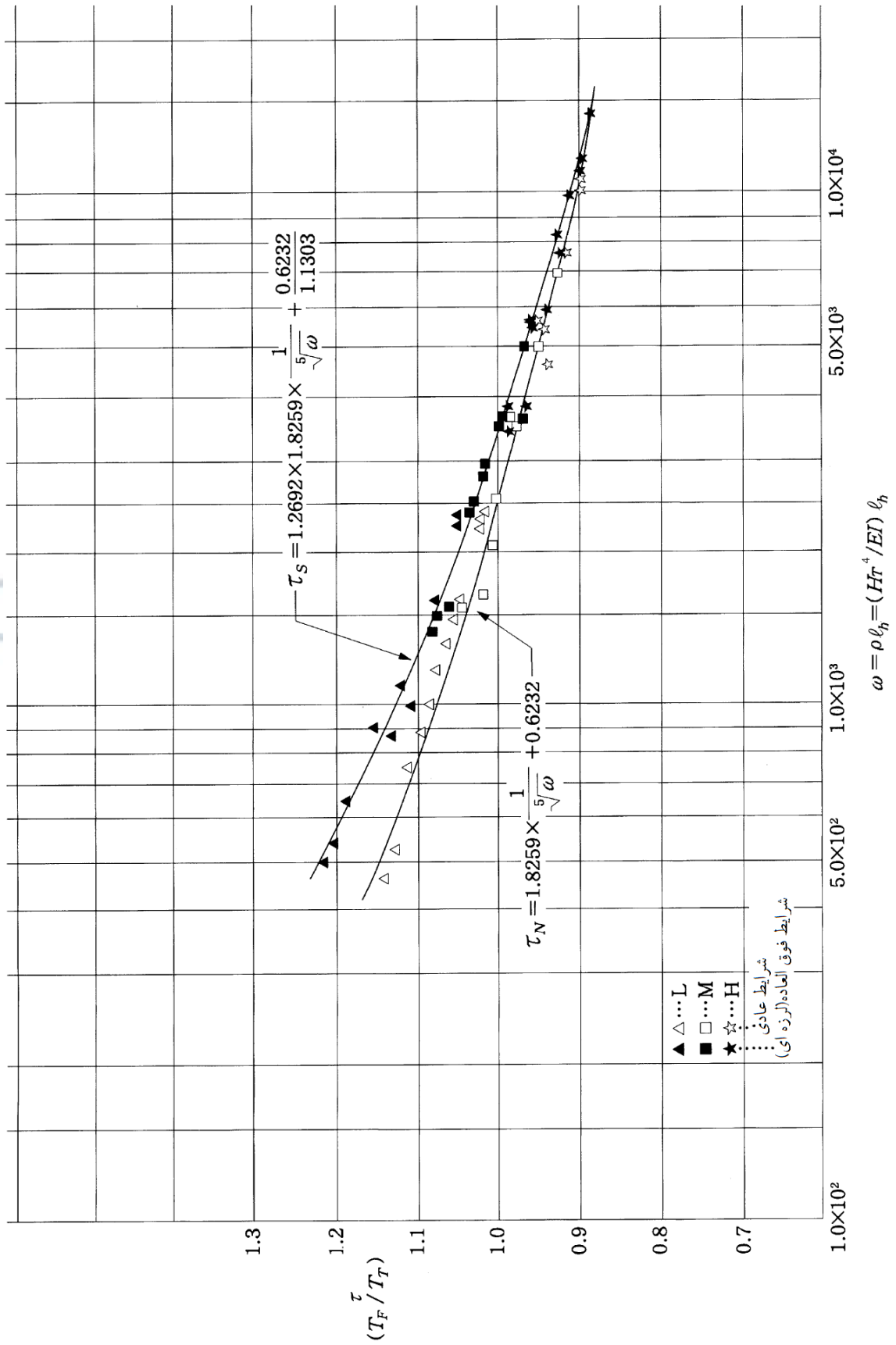
نیروی کششی که بر یک عضو مهار وارد می‌شود باید بر اساس بند ۵-۳-۳- لنگر خمشی سپر و عکس‌العمل در محل نصب میل مهار محاسبه شود.

تفسیر

نیروی کششی میل مهار که بر اساس بند ۵-۳-۳- لنگر خمشی سپر و عکس‌العمل در محل نصب میل مهار محاسبه شده است، نیروی کشش در هر متر طول اسکله می‌باشد، اما میل مهارها معمولاً با فاصله‌های ثابتی نصب می‌شوند و در برخی موارد ممکن است به دلیل سازه موجود پشت سپر با زاویه مشخصی نسبت به خط عمود بر سپر نصب شوند. بنابراین در نظر گرفتن این شرایط در محل اجرا برای محاسبه نیروی کشش میل مهار ضروری است.



شکل ۵-۳-۵- رابطه بین ضریب اصلاح μ و عدد تشابه ω

۵-۳-۶- رابطه بین ضریب اصلاح τ و عدد تشابه ω

نکات فنی

(۱) نیروی کشش وارد بر میل مهار با رابطه ۵-۴-۱ محاسبه می شود.

$$T = A_p l \sec \theta \quad (۵-۴-۱)$$

که در آن:

T : کشش میل مهار (kN)

A_p : عکس العمل در محل نصب میل مهار بر اساس بند ۵-۳-۳- لنگر خمشی سپر و عکس العمل در محل

نصب میل مهار (kN/m)

l : فاصله نصب میل مهارها از یکدیگر (m)

θ : زاویه انحراف میل مهار نسبت به خط عمود بر سپر (درجه)

(۲) بعضا بر روی تیر پیشانی روی سپر، مهاربند نصب شده و نیروهای کششی شناور که بر مهاربند وارد می شود به میل مهار منتقل می شود. معمولا تیر پیشانی به صورت تیری که میل مهارها تکیه گاه های ارتجاعی آن هستند فرض شده و کشش میل مهار با این فرض که نیروی کششی فقط بین چهار میل مهار نزدیک مهاربند توزیع می شود با استفاده از رابطه ۵-۴-۲ محاسبه می گردد. هنگامی که نیروی کششی ناشی از شناور به میل مهار وارد شود، تنش مجاز میل مهار را می توان به عنوان تنش مجاز شرایط فوق العاده ارزیابی نمود.

$$T = (A_p l + P/4) \sec \theta \quad (۵-۴-۲)$$

که در آن:

P : مولفه افقی نیروی کششی وارد بر مهاربند (kN)

نیروی کششی ناشی از شناور باید بر اساس بخش ۲، بند ۲-۲-۴- نیروی کششی مهاری وارد بر ستون های مهاری و مهاربندها باشد.

۵-۴-۲- مقطع میل مهار

مقطع میل مهار باید به صورتی تعیین شود که تنش کششی حاصل از عکس العمل در محل نصب میل مهار در محدوده قابل قبولی قرار گیرد. اصولا عکس العمل در محل نصب میل مهار باید با لحاظ کردن سختی مقطع سپر محاسبه شود.

تفسیر

اصولا مقطع میل مهار با استفاده از روش تنش مجاز تعیین می شود.

نکات فنی

(۱) تنش کششی مجاز میل مهار باید برابر و یا کمتر از ۴۰ درصد تنش تسلیم در شرایط عادی و ۶۰ درصد و یا کمتر در شرایط فوق العاده باشد.
(۲) تنش کششی مجاز کابل مهار باید با ضریب اطمینان برابر ۳/۸ و یا بیشتر در مقابل نیروی مقاوم در برابر پاره شدن در شرایط عادی و برابر ۲/۵ و یا بیشتر در شرایط فوق العاده تعیین شود.

(۳) توضیحات ارائه شده در موارد بالا (۲ و ۱) با توجه به مطالب زیر بوده است:

الف) مطالعه موردی در خصوص فرو ریختن اسکله سپری هنگام زلزله Niigata در سال ۱۹۶۴ و نتیجه آزمایش لرزه روی

مدل یک اسکله سپری که توسط PHRI ارائه شده است، نشان می‌دهد که ممکن است تنش بزرگتر از آنچه که براساس بند ۵-۴-۱- کشش میل مهار محاسبه شده، در طول زلزله بر میل مهار وارد شود.

(ب) اگر در شرایط عادی، در خاکریز پشت سپر، نشست رخ دهد ممکن است میل مهار خم شده و تنش بزرگتر از مقدار محاسبه شده بر میل مهار وارد شود.

برای مصالح میل مهار، نسبت تنش کششی مجاز به تنش تسلیم به دو سوم مقدار آن برای سازه‌های فلزی معمولی کاهش داده می‌شود.

۵-۵- طراحی تیر اتصال سپر

حداکثر لنگر خمشی تیر اتصال سپر باید با یک روش مناسب محاسبه شود.

تفسیر

برای محاسبه حداکثر لنگر خمشی تیر اتصال سپر، روابط زیادی پیشنهاد شده است. حداکثر لنگر خمشی باید به صورتی تعیین شود که یک مقطع ایمن و اقتصادی با در نظر گرفتن شرایط محل اجرا به دست آید.

نکات فنی

(۱) حداکثر لنگر خمشی تیر اتصال سپر را می‌توان با استفاده از رابطه ۵-۵-۱ محاسبه کرد.

$$M = Tl/10$$

(۵-۵-۱)

که در آن:

M : حداکثر لنگر خمشی تیر اتصال سپر ($kN.m$)

T : کشش میل مهار که بر اساس بند ۵-۴-۱- کشش میل مهار محاسبه شده است (kN)

l : فاصله بین محل نصب میل مهارها (m)

رابطه ۵-۵-۱ با تحلیل یک تیر پیوسته سه دهانه که در محل نصب میل مهارها دارای تکیه‌گاه بوده و تحت باری برابر با مقدار عکس‌العمل در محل نصب میل مهار (A_p) به صورت یکنواخت قرار گرفته، به دست آمده است.

(۲) هنگامی که مهاربند روی تیر پیشانی نصب می‌شود لازم است که تیر اتصال سپر نزدیک یکی از مهاربندها و با استفاده از نیروی کشش یک میل مهار که نیروی کشش ناشی از شناور را بر اساس قسمت (۲) نکات فنی از بند ۵-۴-۱- کشش میل مهار لحاظ می‌کند، طراحی شود. در این حالت، تنش مجاز ۱/۵ برابر حالت عادی فرض می‌شود. در هر حال هنگامی که تیر اتصال سپر داخل تیر پیشانی مدفون باشد، ممکن است از نیروی کششی صرف نظر شود.

۵-۶- ارزیابی در برابر لغزش دایروی

اسکله سپری باید به گونه‌ای طراحی شود که ضریب اطمینان مناسبی در برابر لغزش دایروی داشته و سطح لغزش آن براساس بخش ۵، بند ۶-۲- تحلیل شیب تا پایین‌تر از انتهای کف سپر امتداد داشته باشد.

۵-۷- طراحی تکیه‌گاه میل مهار

۵-۷-۱- انتخاب نوع سازه تکیه‌گاه میل مهار

نوع سازه تکیه‌گاه میل مهار باید با در نظر گرفتن هزینه ساخت، مدت زمان ساخت، روش ساخت و ارتفاع تراز زمین قبل از اجرای

عملیات، انتخاب شود.

۵-۷-۲- محل تکیه‌گاه میل مهار

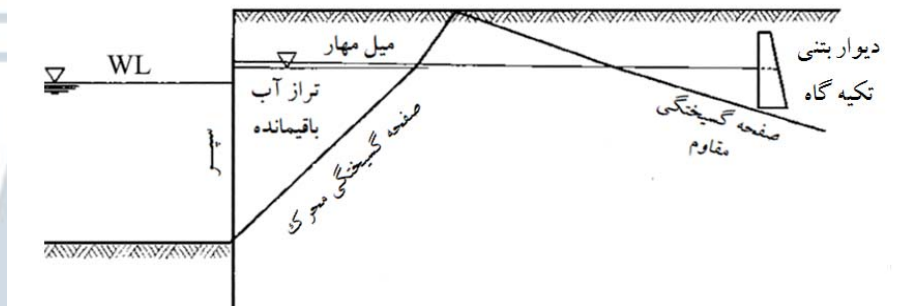
اصولا محل تکیه‌گاه میل مهار باید با فاصله مناسبی از سپر باشد تا پایداری سازه‌های اسکله با توجه به خصوصیات تکیه‌گاه میل مهار، تضمین شود.

تفسیر

محل تکیه‌گاه باید با در نظر گرفتن نوع سازه تکیه‌گاه تعیین شود، زیرا الف) پایداری خود تکیه‌گاه تحت تاثیر محل آن قرار دارد و ب) محلی که در آن پایداری حاصل می‌شود با توجه به نوع سازه‌های آن متغیر است. باید فاصله مناسبی بین تکیه‌گاه میل مهار و سپر وجود داشته باشد تا هم پایداری سپر و هم پایداری تکیه‌گاه تامین شود.

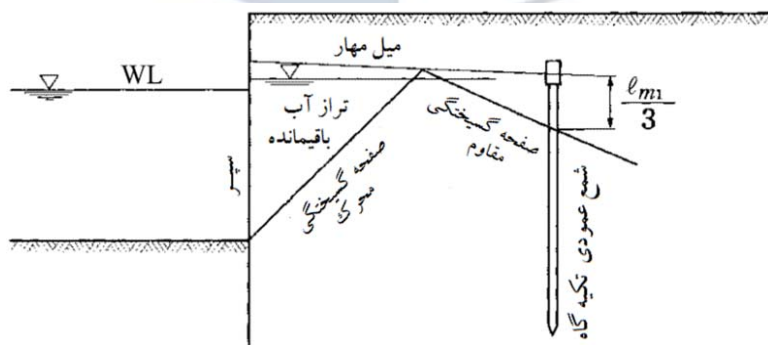
نکات فنی

۱) محل دیوار بتنی تکیه‌گاه باید به صورتی تعیین شود که سطح گوه‌گسیختگی محرک که از محل تقاطع بستر دریا و سپر شروع می‌شود، با سطح گوه‌گسیختگی مقاوم دیوار بتنی تکیه‌گاه که از پایین تکیه‌گاه کشیده می‌شود (مشابه شکل ۵-۷-۱) پایین‌تر از سطح زمین با یکدیگر تقاطع پیدا نکنند.



شکل ۵-۷-۱- محل عملیات دیوار بتنی تکیه‌گاه

۲) محل شمع قائم تکیه‌گاه باید به صورتی تعیین شود که سطح گوه‌گسیختگی مقاوم گذرنده از محل $l_{m1}/3$ پایین‌تر از محل نصب میل مهار روی تکیه‌گاه با سطح گوه‌گسیختگی محرک گذرنده از تقاطع سپر و بستر دریا (شکل ۵-۷-۲) در تراز پایین‌تر از سطح افقی دربردارنده محل نصب میل مهار روی تکیه‌گاه، یکدیگر را قطع نکنند.



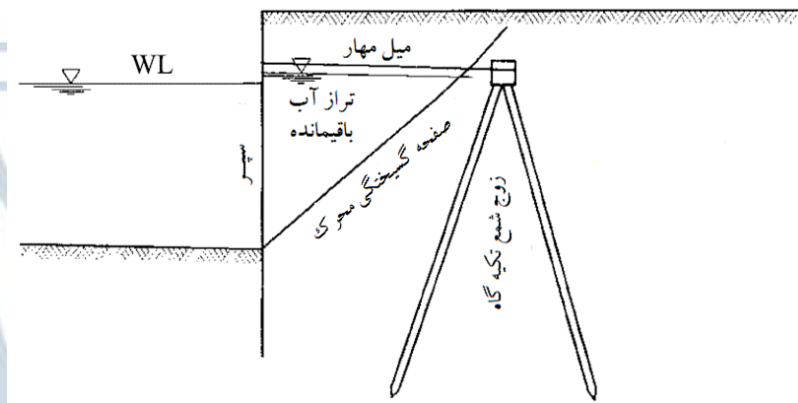
شکل ۵-۷-۲- شمع عمودی تکیه‌گاه

(۳) محل تکیه‌گاه سپر را می‌توان بر اساس روشی که در مورد (۲) شرح داده شده تعیین کرد که در آن با سپر مانند شمع طولی رفتار می‌شود. هنگامی که نتوان سپر را به عنوان شمع طولی در نظر گرفت، محل تکیه‌گاه را می‌توان با صرف نظر کردن از قسمت عمیق‌تر از تراز $l_{ml}/2$ زیر تراز محل نصب میل مهار روی تکیه‌گاه سپری و استفاده از روش شرح داده شده در (۱) تعیین کرد.

(۴) برای روش به‌دست آوردن نخستین نقطه صفر لنگر خمشی در شمع قائم تکیه‌گاه و تکیه‌گاه سپری و روش تعیین اینکه آیا می‌توان تکیه‌گاه سپری را به عنوان شمع طولی در نظر گرفت می‌توان به روش PHRI که در بخش ۵، بند ۳-۴-۴- تخمین رفتار شمع با استفاده از روش‌های تحلیلی ارائه شده، مراجعه نمود.

(۵) برای اسکله سپری معمولی که در آن میل مهار به صورت افقی نصب می‌شود، می‌توان از یک زاویه ۱۵- درجه به عنوان زاویه اصطکاک دیوار در تعیین سطح گوه گسیختگی مقاوم که از شمع قائم تکیه‌گاه یا تکیه‌گاه سپری کشیده می‌شود، استفاده نمود.

(۶) هنگامی که فرض شود کشش میل مهار فقط به وسیله مقاومت محوری شمع‌ها تحمل می‌شود، محل تکیه‌گاه به صورت جفت شمع مایل پشت سطح گوه گسیختگی محرک سپر که از بستر دریا رسم می‌شود قرار گیرد (شکل ۵-۷-۳)، هنگامی که فرض شود کشش میل مهار به وسیله مقاومت توام محوری و جانبی با در نظر گرفتن مقاومت خمشی شمع‌ها تحمل می‌شود، لازم است که تکیه‌گاه بر اساس روش شرح داده شده در (۲) تعیین شود.



شکل ۵-۷-۳- محل قرارگیری زوج شمع تکیه‌گاه

۵-۷-۳- طراحی تکیه‌گاه میل مهار

اصولا تکیه‌گاه میل مهار باید با در نظر گرفتن خصوصیات سازه‌ای اسکله سپری و تکیه‌گاه به روش مناسبی طراحی شود تا پایداری تکیه‌گاه تامین گردد.

نکات فنی

(۱) طراحی دیوار بتنی تکیه‌گاه میل مهار

الف) پایداری دیوار بتنی تکیه‌گاه میل مهار

ارتفاع و عمق نصب دیوار بتنی تکیه‌گاه میل مهار را می‌توان با فرض اینکه کشش میل مهار و فشار محرک خاک پشت

دیوار بتنی تکیه‌گاه به وسیله فشار مقاوم خاک جلوی دیوار بتنی تکیه‌گاه تحمل می‌شود (شکل ۵-۷-۴)، با به کارگیری رابطه ۵-۷-۱

تعیین کرد.

$$F = E_P / (A_P + E_A)$$

(۵-۷-۱)

هنگامی که نقطه تقاطع بالاتر از تراز آب باقیمانده قرار داشته باشد، فشار محرک خاکی که باید کم شود را می‌توان با استفاده از رابطه ۲-۷-۵ محاسبه کرد.

$$\Delta E_p = K_p \gamma h_f^2 / 2 \quad (2-7-5)$$

که در آن:

K_p : ضریب فشار مقاوم خاک

γ : وزن مخصوص خاک (N/m^3)

h_f : عمق از سطح زمین تا نقطه تقاطع صفحات گوه گسیختگی (m)

(ج) مقطع دیوار بتنی تکیه‌گاه

دیوار بتنی تکیه‌گاه باید به صورت ایمن در مقابل لنگر خمشی ناشی از فشار خاک و کشش میل مهار طراحی شود. معمولاً حداکثر لنگر خمشی را می‌توان با دو فرض محاسبه کرد: (۱) فشار خاک تقریباً به صورت یک بار گسترده یکنواخت عمل می‌کند و (۲) دیوار بتنی تکیه‌گاه یک دال پیوسته در جهت افقی و یک دال طره‌ای گیردار در محل نصب میل مهار در جهت عمودی می‌باشد و سپس لنگر در دو جهت از رابطه ۳-۷-۵ حاصل می‌شود:

$$\begin{cases} M_H = Tl/12 \\ M_V = Th/8l \end{cases} \quad (3-7-5)$$

که در آن:

M_H : حداکثر لنگر خمشی در جهت افقی ($N.m$)

M_V : حداکثر لنگر خمشی در هر متر طول ($N.m/m$)

T : کشش میل مهار بر اساس بند ۵-۴-۱- کشش میل مهار (N)

l : فاصله میل مهارها (m)

h : ارتفاع دیوار بتنی تکیه‌گاه (m)

جانمایی میلگردها برای M_H را می‌توان با فرض اینکه عرض موثر دیوار بتنی تکیه‌گاه برابر $2b$ است (محل نصب میل مهار وسط باشد) تعیین نمود، که b ضخامت دیوار بتنی تکیه‌گاه در محل نصب میل مهار است.

(۲) طراحی تکیه‌گاه میل مهار به صورت شمع قائم

شمع قائم تکیه‌گاه را می‌توان به صورت یک شمع قائم با یک نیروی خارجی ناشی از کشش میل مهار طراحی کرد.

(۳) طراحی زوج شمع مایل تکیه‌گاه

زوج شمع مایل تکیه‌گاه را می‌توان نظیر یک زوج شمع مایل با یک نیروی خارجی ناشی از کشش میل مهار طراحی کرد.

(۴) طراحی تکیه‌گاه به صورت سپری

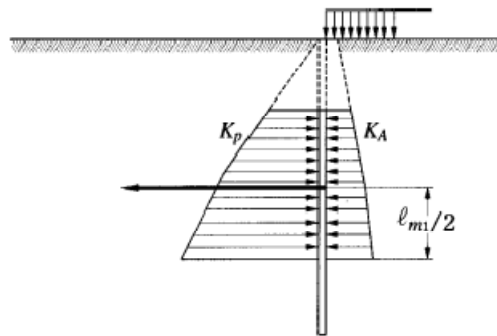
(الف) وقتی که تکیه‌گاه سپری پایین‌تر از محل نصب میل مهار به اندازه ای ادامه داشته باشد که بتوان آن را شمع طویل

فرض کرد، مقطع تکیه‌گاه سپری را می‌توان بر اساس بند (۲) که در بالا ارائه شده، تعیین کرد.

(ب) چنانچه تکیه‌گاه سپری را نتوان به صورت شمع مایل فرض کرد، می‌توان با این فرض که فشار خاک از پایین تا نقطه

$l_{m1}/2$ زیر نقطه محل نصب میل مهار عمل کند (مشابه شکل ۵-۷-۶)، آن را بر اساس بند (۱) در بالا طراحی کرد. طول l_{m1} برابر

است با فاصله‌قائم از محل نصب میل مهار تا نخستین نقطه صفر لنگر خمشی سپر با این فرض که تکیه‌گاه سپری یک شمع‌طویل باشد.



شکل ۵-۷-۶- فشار خاک مجازی برای تکیه‌گاه سپری کوتاه

۵-۸- طراحی جزئیات

۵-۸-۱- تیر پیشانی

تیر پیشانی باید به گونه‌ای طراحی شود که در برابر فشار خاک پشت دیوار، نیروهای کششی ناشی از شناور و نیروهای پهلوگیری شناور ایمن باشد.

نکات فنی

تیر پیشانی را می‌توان به عنوان تیر طره‌دار که در بالای سپر گیردار شده و تحت بارگذاری فشار خاک قرار دارد طراحی کرد. البته لازم است موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

- ۱) نیروهای کششی ناشی از مهار شناور و فشار محرک خاک پشت دیوار برای قسمت‌هایی که مهاربند روی آن نصب می‌شود.
 - ۲) نیروهای ناشی از پهلوگیری شناور و فشار مقاوم خاک پشت دیوار برای قسمت‌هایی که ضربه‌گیر روی آن نصب می‌شود.
- تنها موردی که باید در شرایط فوق‌العاده لحاظ شود فشار محرک خاک در هنگام زلزله است.

۵-۸-۲- نصب میل مهار و تیر اتصال سپر بر روی سپر

اتصال بین سپر و میل مهار و اتصال بین سپر و تیر اتصال آن باید به گونه‌ای طراحی شود که نیروی افقی وارد بر سپر به طور مساوی و ایمن از طریق تیر اتصال به هر میل مهار منتقل شود.

۵-۸-۳- میل مهار

میل مهار باید به گونه‌ای طراحی شود که بتواند کشش میل مهار که در بند ۵-۴-۱- کشش میل مهار به‌دست آمده را به‌صورت ایمن به تکیه‌گاه آن منتقل کند. هنگامی که تنش خمشی ناشی از نشست خاکریز محتمل باشد، باید این مورد را نیز در طراحی میل مهار لحاظ کرد.

۵-۸-۴- نصب میل مهار بر تکیه‌گاه

اتصال بین میل مهار و تکیه‌گاه باید به گونه‌ای باشد که کشش میل مهار به‌دست آمده در بند ۵-۴-۱- کشش میل مهار را به صورت ایمن و برابر به تکیه‌گاه منتقل کند.

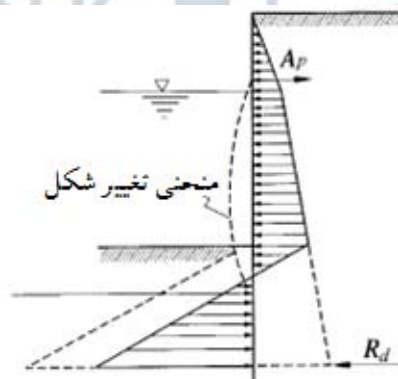
نکات فنی

معمولاً یک تیر پیوسته به موازات پیشانی اسکله بر بالای شمع‌های تکیه‌گاه متصل می‌شود و میل مهارها به این تیر وصل می‌شود. این تیر را می‌توان به عنوان یک تیر پیوسته تحت بارگذاری کشش میل مهار و عکس‌العمل شمع‌ها طراحی کرد.

۵-۹- نکات ویژه برای طراحی سپر بر روی خاک نرم

نکات فنی

- ۱) طراحی سپر در خاک نرم باید با مقایسه و بررسی روش‌های بندهای ۵-۳- طراحی سپر، ۵-۴- طراحی میل مهاری و ۵-۷- طراحی تکیه‌گاه میل مهاری با دیگر روش‌ها انجام شود.
- ممکن است به دلیل جریان جانبی ناشی از نشست زمین پشت سپر، در مسیر ساخته شده در خاک نرم تغییر شکل‌های بزرگ غیرمنتظره رخ دهد. چنین سپرهایی باید با استفاده از یک روش مناسب برای پیش‌بینی جریان جانبی (چندین روش توسط محققان پیشنهاد شده است) به صورت ایمن در برابر این نوع تغییر شکل‌ها طراحی شود.
- ۲) در استفاده از روش‌های طراحی برای اسکله‌های سپری شرح داده شده در قسمت قبل باید دقت زیادی به خرج داد زیرا در بسیاری از این روشها فرض می‌شود که سپر اصولاً در خاک ماسه‌ای یا رس سخت کوبیده شده است. برای زمین نرم، مطلوب خواهد بود که عملیات بهسازی خاک اجرا شود.
- هنگامی که عملیات بهسازی خاک به دلیل شرایط محل اجرا ممکن نباشد، لازم است از روش‌های دیگر طراحی علاوه بر روش‌های ذکر شده در قسمت‌های قبل استفاده شده تا اسکله به صورت مناسبی طراحی شود.
- ۳) عبارت «زمین نرم» در اینجا بستر دریا یا رس آبرفتی ضعیف یا نوعی خاک شبیه به آن می‌باشد.
- ۴) غیر از روش‌های ارائه شده در بند ۵-۳-۲- طول مدفون سپرها، می‌توان از روش «منحنی تغییر شکل» در طراحی طول مدفون سپرهای کوبیده شده در خاک نرم استفاده کرد که روشی به صورت پای گیردار بر اساس نظریه کلاسیک فشار خاک اعمال شده بر روی سپر با طول مدفون زیاد است. در این روش، روابط ارتجاعی تحت شرایط نیروهای خارجی نشان داده شده در شکل ۵-۹-۱ با این شرط حل شده است که جابجایی زاویه و تغییر شکل در انتهای قسمت مدفون سپر صفر بوده و جابجایی در محل نصب میل مهاری نیز صفر باشد.



شکل ۵-۹-۱- فشار خاک و انحنای تغییر شکل

- ۵) در تعیین لنگر خمشی سپر و کشش میل مهاری مطلوب خواهد بود که از روش شرح داده شده در بند ۵-۳-۳- لنگر خمشی سپر و عکس‌العمل در محل نصب میل مهاری همانند روش خط ارتجاعی شرح داده شده در بند (۴) استفاده و نتایج به صورت جامع بررسی شود.
- ۶) باید به یاد داشت که در طراحی یک سپر، طول مدفون و مقطع سپر باید از یک روش منفرد و نه از ترکیب چند روش مختلف تعیین شود.

فصل ۶- اسکله دیواری سپری با سکوی کمکی

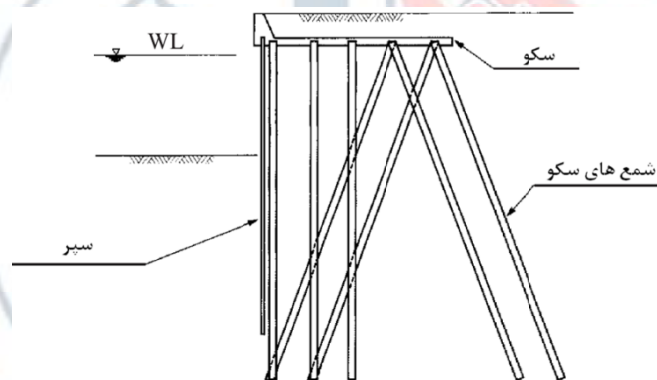
۱-۶- دامنه کاربرد

مقررات موجود در این بخش برای طراحی اسکله دیواری با سکوی کمکی که از یک عرشه، یک دیوار به صورت سپری در جلوی سکو و شمع‌های سکو تشکیل شده است، استفاده می‌شود.

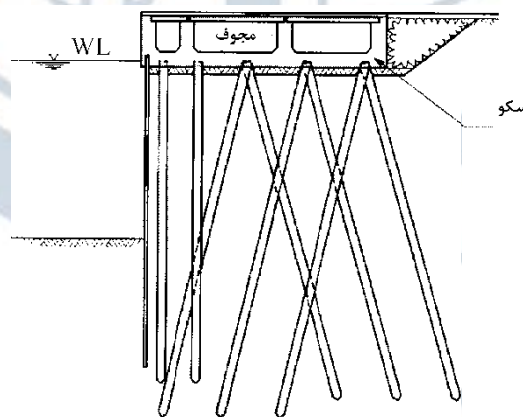
تفسیر

اسکله دیواری سپری با سکوی کمکی معمولاً شامل عرشه، دیوار سپری در جلوی سکو برای نگه داشتن زمین و شمع‌های سکو می‌باشد. این بخش مقرراتی برای طراحی این نوع اسکله ارائه شده است.

عرشه سکوی کمکی اغلب به صورت یک سازه L شکل و از بتن مسلح درجا ایجاد شده و در زیر مصالح خاکی مدفون می‌شود، اما گاهی اوقات نیز به شکل یک قوطی است که برای کاهش وزن عرشه و نیروهای لرزه‌ای وارد بر آن به این صورت ساخته می‌شود (شکل‌های ۱-۶-۱ و ۲-۶-۱).



شکل ۱-۶-۱- سازه اسکله سپری با سکوی کمکی (عرشه L شکل)



شکل ۲-۶-۱- سازه اسکله سپری با سکوی کمکی (عرشه قوطی شکل)

۲-۶- اصول طراحی

- ۱) در طراحی اسکله دیواری با سکوی کمکی باید سپر و عرشه و شمع‌های سکو به‌طور جداگانه طراحی شود.
- ۲) در طراحی اسکله با سکوی کمکی باید پایداری کلی سازه در برابر لغزش، واژگونی و لغزش دایروی بررسی شود.

تفسیر

۱) سپر باید بر اساس **فصل ۵- اسکله‌های سپری** طراحی شود. سکوی کمکی و شمع‌های نگه دارنده آن بر اساس نیروهای عکس‌العمل وارد بر قسمت بالایی سپر، فشار خاک، سربار، بار مرده و نیروی زلزله به عنوان نیروهای خارجی و طبق **بخش ۵، فصل ۴- ظرفیت باربری شمع‌ها**، طراحی می‌شود.

۲) برای تحلیل پایداری کلی سازه از الزامات **فصل ۴- اسکله دیواری وزنی** که بر اساس لغزش و واژگونی سازه بوده و همین‌طور الزامات **بخش ۵، فصل ۶- پایداری شیب‌ها** که بر اساس لغزش دایروی است، استفاده شود. بررسی پایداری بر اساس لغزش دایروی، برای خاک نرم صورت می‌گیرد اما معمولاً برای خاک سخت مانند خاک ماسه‌ای لازم نمی‌باشد.

۶-۳- تعیین ارتفاع و پهنای عرشه سکوی کمکی

تراز نصب و شکل عرشه سکوی کمکی باید بر اساس نیروهای خارجی وارد بر سکو، هزینه، سادگی ساخت و غیره تعیین شود.

نکات فنی

طراحی تراز نصب عرشه سکوی کمکی و شکل آن باید با ملاحظات دقیق به شرح زیر انجام شود:

۱) وقتی ارتفاع عرشه سکوی کمکی زیاد و انتهای آن در تراز پائین قرار گرفته باشد، فشار خاک وارد بر سپر را می‌توان کاهش داد و در نتیجه سطح مقطع سپر و طول فرورفته آن در خاک را کمتر نمود. اما این موضوع معمولاً نیازمند وزن بیشتر عرشه سکوی کمکی بوده و لذا نیروی زلزله وارد بر آن افزایش می‌یابد و نهایتاً نیاز به تعداد و طول بیشتر شمع‌های سکو خواهد بود. در این حالت باید بررسی برای یافتن راه‌حلی با کمترین هزینه صورت گیرد.

۲) توصیه می‌شود که کف عرشه سکوی کمکی تا تراز آب باقیمانده پایین آورده شود تا از خوردگی شمع‌های سکو جلوگیری به عمل آید، زیرا خاک زیر عرشه ممکن است نشست کرده و باعث ایجاد حفره در زیر آن شود و با حضور هوا باعث تسریع در خوردگی گردد.

۳) پهنای عرشه سکو معمولاً به گونه‌ای تعیین می‌شود که عرشه و صفحه گوه گسیختگی محرک سپر که از کف دریا رسم می‌شود طوری همدیگر را قطع کنند که فشار خاک وارد بر دیوار سپری کاهش یابد. در انجام این موضوع، لازم است که وجود پهنای کافی برای در بر گرفتن مناسب تمامی شمع‌ها کنترل شود.

۶-۴- فشار خاک و فشار آب باقیمانده وارد بر دیوار سپری

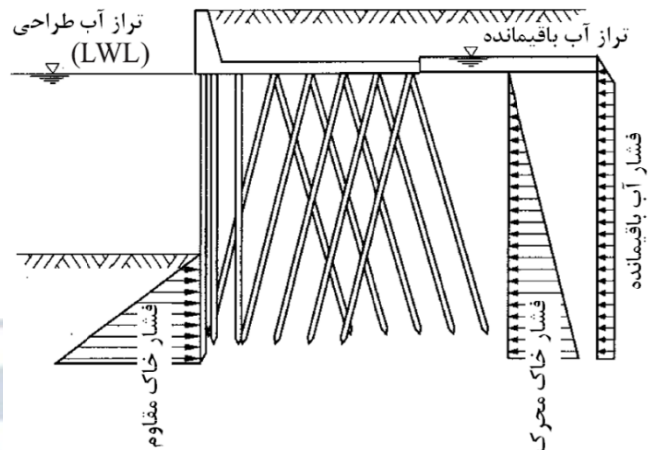
باید فشار خاک و فشار آب باقیمانده، با توجه به مشخصات سازه‌ای اسکله با سکوی کمکی، به طور دقیق محاسبه شود.

نکات فنی

۱) وقتی صفحه گوه گسیختگی محرک دیوار سپری رسم شده از تقاطع بین کف دریا و دیوار سپری با سکوی کمکی برخورد می‌کند، باید فشار محرک خاک عمل‌کننده روی سپر با این فرض که کف عرشه سکوی کمکی سطح مجازی زمین است، مطابق شکل ۶-۴-۱ محاسبه شود.

۲) باید فشار آب باقیمانده عمل‌کننده روی سپر مشابه حالتی در نظر گرفته شود که عرشه سکوی کمکی وجود ندارد. اما نیرویی که در نظر گرفته می‌شود باید به اندازه فشار آب باقیمانده که به محدوده زیر تراز کف عرشه سکو وارد می‌شود، باشد (شکل ۶-۴-۱).

۳) نیروی مقاوم خاک در جلوی دیوار سپری باید با توجه به **فصل ۵- اسکله‌های سپری** محاسبه شود.



شکل ۶-۴-۱- فشار خاک و فشار آب باقیمانده وارد به سپر

۶-۵- طراحی سپر

طول مدفون سپر در خاک باید به اندازه‌ای باشد که انتهای سپر به اندازه کافی در برابر نیروهای خارجی که به سپر وارد می‌شود مقاوم باشد. سطح مقطع سپر باید به اندازه‌ای باشد که تنش محاسبه شده با روشی متناسب با مشخصات سازه اسکله، از مقاومت مجاز مصالح تجاوز نکند.

۶-۵-۱- طول مدفون سپر

نکات فنی

طول مدفون سپر با یک سکوی کمکی باید با توجه به بند ۵-۳- طراحی سپر و بند ۵-۹- نکات ویژه برای طراحی سپر بر روی خاک نرم با فرض محل اتصال سپر و سکوی کمکی به صورت تکیه‌گاه مفصلی و جایگزینی محل تعبیه میل‌مه‌ار با تراز کف عرشه سکوی کمکی طراحی شود.

۶-۵-۲- سطح مقطع سپر

نکات فنی

۱) سطح مقطع سپر باید بر اساس بند ۵-۳- طراحی سپر و بند ۵-۹- نکات ویژه برای طراحی سپر بر روی خاک نرم با جایگزینی محل تعبیه میل‌مه‌ار با تراز کف عرشه سکوی کمکی طراحی شود.

۲) لنگر خمشی و نیروی قائم منتقل شده از عرشه سکوی کمکی نیز علاوه بر لنگر خمشی ناشی از فشار خاک بر دیواره سپری وارد می‌شود، اما معمولاً لنگر خمشی منتقل شده از عرشه سکوی کمکی در نظر گرفته نمی‌شود زیرا این لنگر عموماً در خلاف جهت حداکثر لنگر خمشی وارده بر سپر عمل می‌کند (بنابراین حداکثر لنگر خمشی را کاهش می‌دهد).

۳) به‌طور طبیعی نیروی قائم منتقل شده از عرشه سکوی کمکی به سپر در نظر گرفته نمی‌شود، زیرا ردیف‌جلوبی شمع‌های سکو معمولاً تا حد امکان نزدیک به دیواره سپری کوبیده می‌شود و این موضوع به طور قابل توجهی نیروی قائم وارد بر سپر را کاهش می‌دهد.

۶-۶- طراحی عرشه و شمع‌های سکوی کمکی

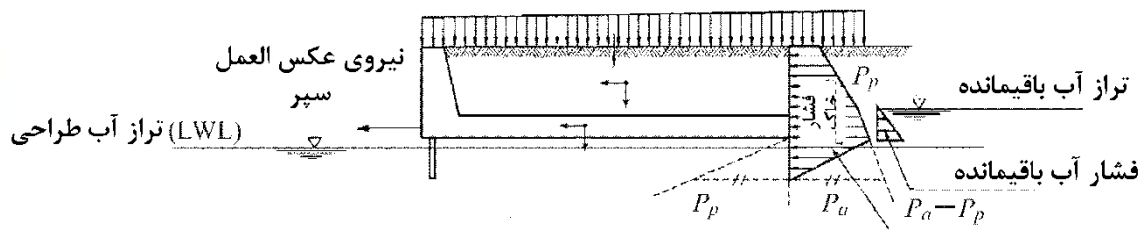
۶-۶-۱- نیروهای خارجی موثر بر عرشه سکوی کمکی

موارد زیر باید به عنوان نیروهای خارجی وارد بر عرشه سکوهایی کمکی در نظر گرفته شود:

- (۱) نیروی افقی منتقل شده از دیواره سپری
- (۲) فشار خاک و فشار آب باقیمانده وارد بر پشت عرشه سکوی کمکی
- (۳) وزن مرده عرشه سکوی کمکی، وزن خاک روی آن و وزن سربار
- (۴) نیروی زلزله وارد بر موارد بند ۳
- (۵) فشار آب دینامیکی در زمان زلزله

نکات فنی

- (۱) نیروی افقی منتقل شده از دیواره سپر باید با روشی مشابه با روش تعیین عکس‌العمل در محل تعبیه میل‌مهار که در بند ۵-۴- طراحی میل‌مهار بیان شد و با قرار دادن تراز کف عرشه سکوی کمکی در تراز محل تعبیه میل‌مهار محاسبه شود.
- (۲) باید فرض شود که الف) فشار خاک موثر بر قسمت پشتی عرشه سکوی کمکی بر روی یک صفحه قائم شامل سطح پشتی عرشه وارد می‌شود و ب) قسمتی که بالای کف عرشه سکو واقع است تحت فشار محرک خاک قرار دارد و قسمت زیر کف عرشه سکو تواما تحت فشار محرک و مقاوم تا نقطه‌ای که مجموع آنها صفر شود، قرار دارد (شکل ۶-۶-۱).



شکل ۶-۶-۱- نیروهای خارجی وارد بر عرشه سکوی کمکی

- (۳) نیروی کششی شناور و نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر نیز بر عرشه سکوی کمکی وارد شده اما معمولاً این نیروهای خارجی در نظر گرفته نمی‌شود.
- (۴) نیروهای خارجی منتقل شده از دیواره سپری به عرشه سکوی کمکی شامل نیروی افقی و لنگر خمشی است. با این وجود از انتقال لنگر خمشی به عرشه سکو برای ایمنی چشم‌پوشی می‌شود، زیرا اتصال سپر به سکو ممکن است در این حالت دارای ایمنی کافی نباشد.
- (۵) فشار خاک و فشار آب باقیمانده که در قسمت پشتی عرشه سکوی کمکی وارد می‌شوند باید با توجه به بخش ۲، فصل ۱۴- فشار خاک و فشار آب محاسبه و در محاسبه فشار خاک، سربار باید در نظر گرفته شود. در قسمت زیر کف عرشه سکوی کمکی فشار مقاوم خاک وجود دارد که بر قسمت جلوی صفحه قائمی که در پشت عرشه سکو قرار دارد، وارد شده و فشار محرک بر قسمت پشت صفحه مذکور وارد می‌شود. اختلاف بین آنها به عنوان فشار محرک عمل می‌کند و تا عمقی که دو فشار به تعادل در می‌آیند، وارد می‌شود.

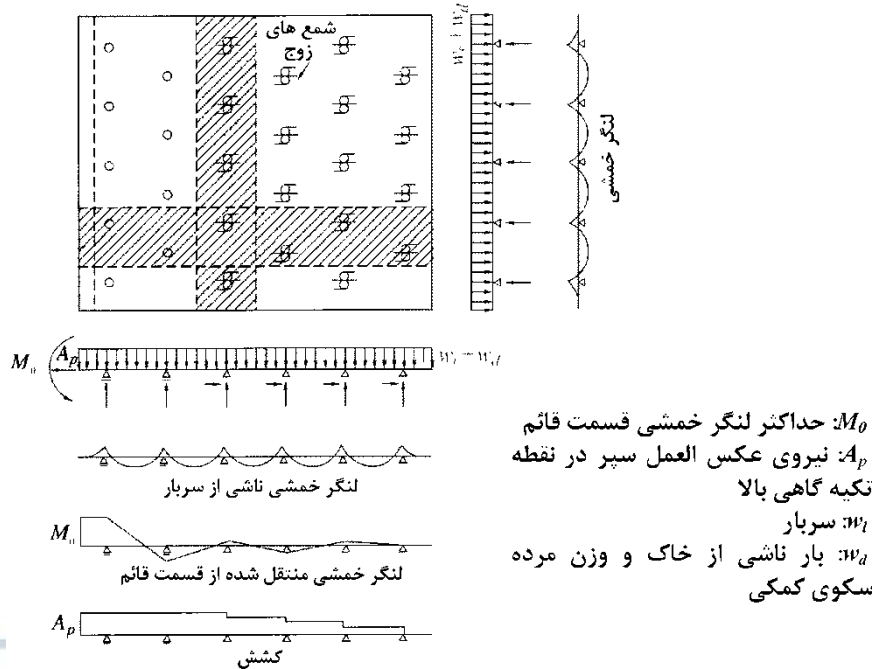
۶-۶-۲- طراحی سکوی کمکی

سکوی کمکی باید با توجه دقیق به شکل سازه‌ای آن طراحی شود.

نکات فنی

- (۱) سکوی کمکی باید به صورت تیری پیوسته متکی بر سرشمع‌ها طراحی شود. وقتی سکوی کمکی به صورت یک سازه L شکل باشد، قسمت قائم آن باید به صورت یک تیر طره که در داخل دال بتنی مقید شده است طراحی شود.

۲) سکوی کمکی باید به صورت یک تیر پیوسته در هر دو جهت اسکله (جهت محور طولی و جهت عمود بر آن)، طراحی شود (شکل ۶-۶-۲) و بارها نباید در دو جهت توزیع شود.



شکل ۶-۶-۲- تیر پیوسته فرضی در طراحی سکوی کمکی

۶-۶-۳- طراحی شمع ها

شمع های سکوی کمکی باید با توجه دقیق به شرایط زمین، اعمال نیروهای خارجی و بارها به شمع ها، سهولت اجراء، هزینه و غیره طراحی شوند.

نکات فنی

۱) شمع باید با توجه به بخش ۵، فصل ۴- ظرفیت باربری شمع ها به عنوان شمع تحت اثر نیروهای خارجی موثر بر سکوی کمکی، توضیح داده شده در بند ۶-۶-۱، طراحی شود.

۲) اصولاً شمع های سکوی کمکی باید شامل ترکیبی از شمع های زوج مایل و شمع های قائم باشد. نیروهای خارجی افقی تنها به شمع های زوج مایل و نیروهای خارجی قائم فقط به شمع های قائم منتقل می شود. می توان فرض کرد که هر یک از شمع های زوج مایل سهم مساوی از نیروهای افقی می برد.

۳) در طراحی شمع های سکوی کمکی، هر شمع باید برای خطرناک ترین حالت طراحی با تغییر سربار، تغییر جهت نیروی زلزله و تراز سطح دریا در محدوده شرایط طراحی، ارزیابی شود.

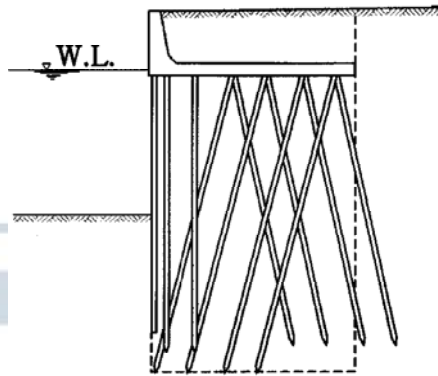
۶-۶-۷- بررسی پایداری به صورت دیوار وزنی

بررسی پایداری کلی اسکله دیواری با سکوی کمکی با فرض اینکه این نوع اسکله، نوع سازه وزنی است، انجام گیرد.

نکات فنی

یک اسکله دیواری با سکوی کمکی را می توان به صورت یک دیوار وزنی مستطیلی با صفحه قائم گذرنده از وجه پشتی عرشه سکو و

صفحه افقی گذرنده از انتهای زیرین شمع‌های مایل جلویی مطابق شکل ۶-۷-۱ در نظر گرفت.



شکل ۶-۷-۱- دیوار مجازی به عنوان دیوار وزنی

۸-۶- بررسی پایداری در برابر لغزش دایروی

وقتی اسکله سپری با یک سکوی کمکی در زمین نرم ساخته می‌شود باید بررسی پایداری سازه در برابر لغزش دایروی که از خاک زیر انتهای دیوار سپری می‌گذرد، صورت گیرد.

فصل ۷- اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی

۷-۱- اصول طراحی

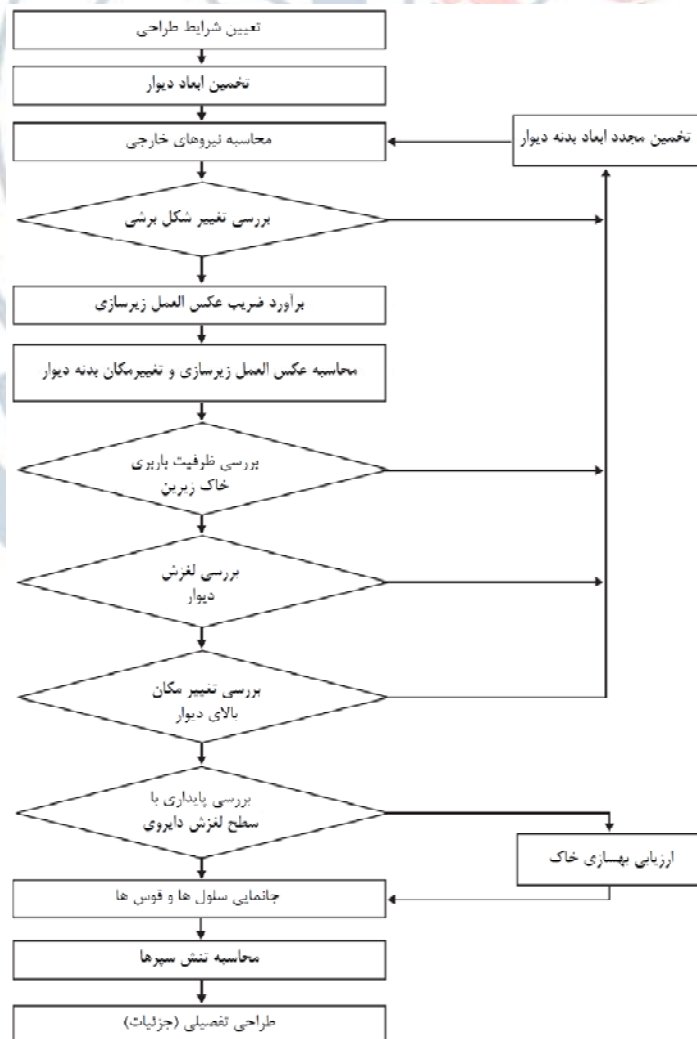
الزامات بیان‌شده در این فصل در طراحی اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی کاربرد دارد.

تفسیر

روش طراحی بیان شده در این فصل بر اساس نتایج آزمایش مدل دیواره سلولی در خاک ماسه ای با نسبت طول مدفون شده صفر تا ۱/۵ و نسبت عرض معادل به ارتفاع ۱ تا ۲/۵ می باشد. اگر ۱) نسبت طول مدفون شده بسیار کم باشد (کمتر از ۱:۸)، ۲) نسبت عرض معادل به ارتفاع دیوار بسیار کم باشد و یا ۳) قرار باشد که اسکله روی زمین با خاک رسی یا زمین بهسازی شده با شمع تراکم ماسه ای و غیره ساخته شود، برای روش طراحی نیاز به مطالعات تکمیلی علاوه بر مطالعات مطرح شده در این فصل وجود دارد، زیرا در این موارد عواملی وجود دارد که نمی توان با روش طراحی ارائه شده در اینجا کاملاً توضیح داد.

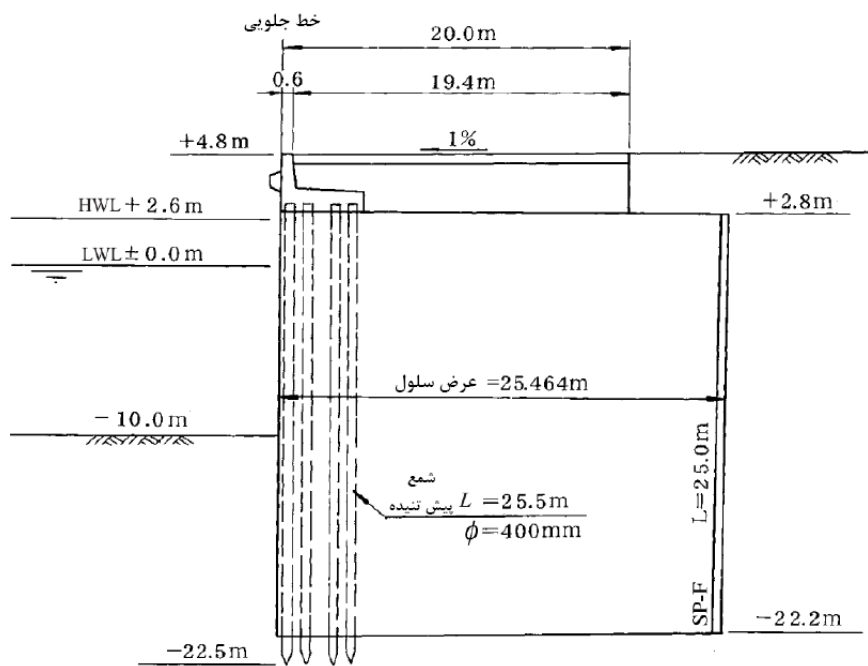
نکات فنی

۱) طراحی اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی ترجیحاً طبق مراحل شکل ۷-۱-۱ انجام شود.



شکل ۷-۱-۱- مراحل طراحی اسکله دیواری سلولی

- (۲) پیشنهاد می شود که فضای خالی داخل سلول برای رسیدن به چگالی کافی با شن یا ماسه با کیفیت خوب پر شود. استفاده از خاک رسی به عنوان مصالح پرکننده توصیه نمی شود. وقتی خاک رسی داخل سلول باقی بماند، بررسی جداگانه به دلیل احتمال تغییر شکل بسیار زیاد سلول، لازم می باشد.
- (۳) در صورتی که نیاز به پیش بینی پی برای جرثقیل، انبار ساحلی و یا انبار کالا باشد، توصیه می شود از شمع اتکایی برای انتقال بار این سازه ها به لایه بستر استفاده شود.
- (۴) نمونه ای از اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی در شکل ۷-۱-۲ مشاهده می گردد.



شکل ۷-۱-۲- نمونه ای از یک اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی

۷-۲- نیروهای خارجی وارد بر اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی

توجه به نیروهای خارجی زیر در طراحی اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی ضروری است.

(۱) نیروهای خارجی اعمال شده بر روی دیوار سلولی

الف) فشار خاک: ۱- فشار خاک پشت دیوار، ۲- فشار خاک جلوی دیوار، ۳- فشار خاک مصالح پرکننده

ب) فشار آب باقیمانده

ج) نیروی لرزه ای و فشار آب دینامیکی موثر روی دیوار

د) وزن دیوار

هـ) سربار

(۲) نیروهای خارجی اعمال شده بر روی تیر پیشانی

الف) نیروهای افقی: ۱- مولفه افقی فشار خاک، ۲- فشار آب باقیمانده، ۳- نیروهای لرزه ای موثر روی تیر پیشانی، خاک

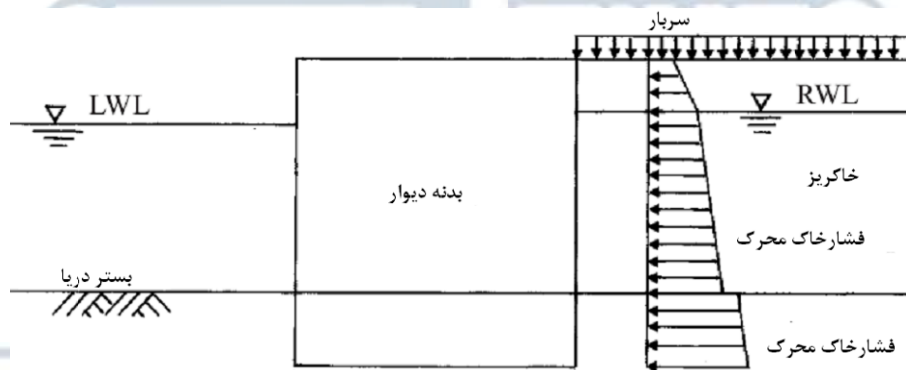
بالای تیر پیشانی و سربار

ب) نیروهای قائم: ۱- وزن تیر پیشانی و خاک بالای آن و سربار، ۲- مولفه قائم فشار خاک

نکات فنی

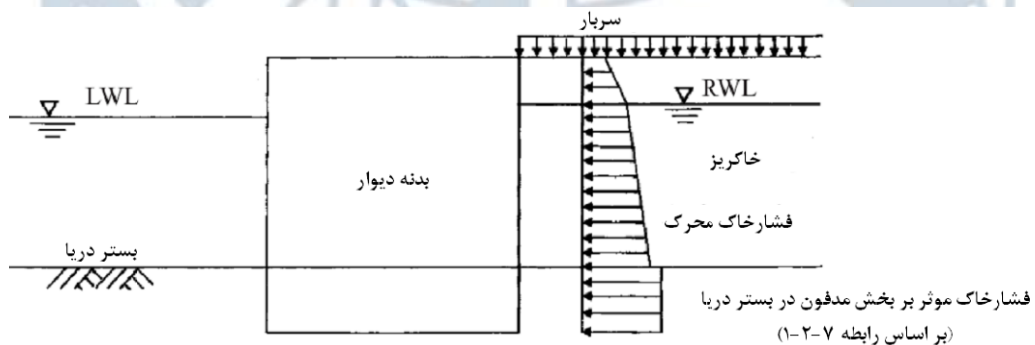
۱) محاسبه نیروهای خارجی بر اساس بخش ۲، فصل ۱۲- زلزله نیروهای لرزه‌ای، بخش ۲، فصل ۱۴- فشار خاک و فشار آب و بخش ۲، فصل ۱۵- بارها انجام گیرد.

۲) پشت‌دیوار تحت تاثیر فشارخاک محرک بالای بستر دریا می‌باشد. فرض می‌شود آن قسمت از دیوار که زیر بستر دریا قرار دارد، (۱) در بررسی تغییر شکل برشی، در معرض فشار خاک محرک و (۲) در بررسی پایداری کلی سازه، در معرض فشار خاک ناشی از فشار سربار، مثلا وزن خاکریز و بار سربار، قرار دارد (شکل ۷-۲-۱).



شکل ۷-۲-۱- فشار خاک موثر بر پشت بدنه دیوار (برای بررسی تغییر شکل برشی)

بر اساس آزمایش مدل، می‌توان گفت که قسمتی از دیوار که زیر بستر دریا واقع است در معرض فشار خاک حالت سکون قرار دارد، زیرا تغییر شکل بخش مدفون سلول کوچک است. بر اساس نتایج آزمایش لرزشی، فشار خاک موثر بر قسمت مدفون دیوار به عنوان نیروی مقاوم در برابر واژگونی دیوار عمل کرده و بنابراین در طراحی اسکله در شرایط عادی، باید فشار خاک ناشی از خاکریز و سربار به عنوان فشار خاک پشت دیوار همانند رابطه ۷-۲-۱ اعمال گردد (شکل ۷-۲-۲).



شکل ۷-۲-۲- فشار خاک وارد بر پشت بدنه دیوار (برای بررسی پایداری دیوار وزنی)

$$p_{ac} = \frac{\sum \gamma_i h_i + w}{2} \quad (۷-۲-۱)$$

که در آن:

p_{ac} : فشار خاک موثر بر پشت دیوار زیر بستر دریا (kN/m^2)

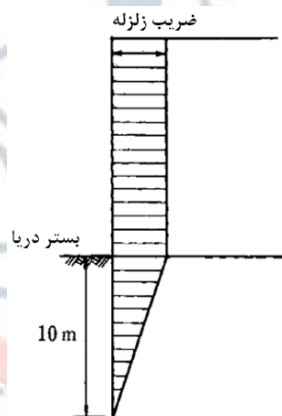
γ_i : وزن مخصوص هر لایه خاکریز (kN/m^3)

h_i : ضخامت هر لایه خاکریز (m)

w : سربار (kN/m^2)

۳) اصولاً، تراز آب باقیمانده خاکریز باید در تراز دوسوم دامنه جزرومدی بالای تراز میانگین جزر ماهیانه (LWL) در نظر گرفته شود. به‌هرحال اگر نفوذپذیری خاکریز کم باشد، تراز آب باقیمانده ممکن است بیشتر شود، بنابراین بهتر است در این حالت، تراز آب باقیمانده بر اساس نتایج تحقیقات روی سازه های مشابه تعیین گردد. تراز آب باقیمانده در مصالح پرکننده سلول را می‌توان در تراز مشابه آب در خاکریز بدنه دیوار در نظر گرفت.

۴) ضریب زلزله مورد استفاده در محاسبه نیروی لرزه ای موثر بر مصالح پرکننده در تراز بستر دریا و بالای آن، همان ضریب زلزله طراحی می‌باشد و برای بخش های زیر بستر دریا، این ضریب را می‌توان به‌صورت خطی کاهش داد به طوری که در عمق ۱۰ متری زیر بستر دریا این ضریب صفر گردد. اصولاً ضریب زلزله در عمق بیشتر از ۱۰ متر در نظر گرفته نمی‌شود (شکل ۷-۲-۳).



شکل ۷-۲-۳- ضریب زلزله طراحی برای مصالح پرکننده

۷-۳- بررسی عرض دیوار در مقابل تغییر شکل برشی

۷-۳-۱- کلیات

بررسی مقاومت بدنه دیوار در مقابل تغییر شکل برشی باید در برابر نیروهای وارد به دیوار تحت شرایط عادی انجام شود.

تفسیر

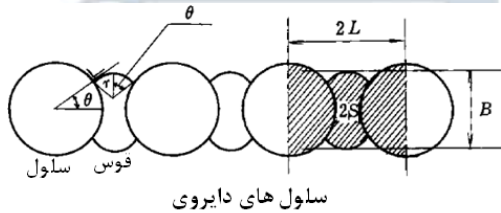
پوسته سلول و مصالح پرکننده دیوار سلولی ساخته شده با سپر فولادی اغلب به‌عنوان یک سازه واحد عمل می‌کند، زیرا مصالح پرکننده در پوسته سلول فشرده شده است. بنابراین تغییر شکل بدنه دیوار سلول در مقایسه با تغییر مکان آن نادیده گرفته شده و رفتار کلی بدنه دیوار سلول را می‌توان مانند بدنه صلب در نظر گرفت. صحت این موضوع توسط آزمایش مدل تایید شده است که در آن بدنه دیوار سلول تحت بارهای وارده بسیار بیشتر از بارهای خارجی محتمل روی بدنه دیواره سلول چه در شرایط عادی و چه هنگام زلزله، دچار تغییر شکل خیلی اندک می‌شود، بنابراین در حالت کلی می‌توان گفت که شکست برشی در مصالح پرکننده اتفاق نمی‌افتد. با این حال وقتی قطر سلول بسیار کم و یا مقاومت مصالح پرکننده بسیار ناچیز باشد، نمی‌توان بدنه دیوار سلول را صلب در نظر گرفت. بنابراین بررسی مقاومت مصالح پرکننده در برابر تغییر شکل برشی در اثر بارهای شرایط عادی به منظور کاهش تغییر شکل بدنه دیوار سلول به مقداری ناچیز، لازم و ضروری می‌باشد.

۷-۳-۲- عرض معادل دیوار

برای طراحی عرض دیوار، می‌توان از عرض معادل استفاده نمود. عرض معادل دیوار باید عرض یک دیوار مستطیلی فرضی که سطح مقطع آن برابر ترکیب سلول و قسمت قوسی است، باشد.

تفسیر

عرض معادل دیوار، عرض بدنه دیوار مستطیلی فرضی است که به‌جای بدنه دیوار، از عرض سلول‌ها و قسمت‌های قوسی، استفاده می‌شود تا محاسبات طراحی آسان‌تر گردد (شکل ۷-۳-۱). دیوار فرضی به گونه‌ای تعریف می‌شود که سطح مقطع افقی بدنه دیوار فرضی برابر سطح مقطع سلول‌ها و قسمت‌های قوسی شود.

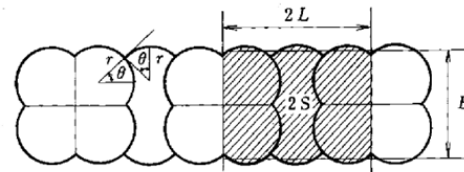
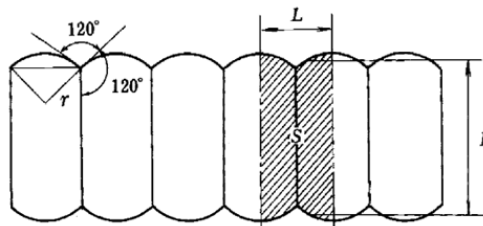


$$B = S/L$$

B : عرض دیوار معادل (متر)

L : طول موثر یک سلول (متر)

S : مساحت یک سلول (مترمربع)



سلول‌های دیافراگمی

شکل ۷-۳-۱- پلان سازه دیوار حائل سلولی و عرض معادل (B)

نکات فنی

عرض معادل دیوار باید چنان باشد که روابط ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ برای تغییر شکل برشی بدنه دیوار ارضا شود.

$$M_d F \leq M_r \quad (۷-۳-۱)$$

$$M'_d F \leq M'_r \quad (۷-۳-۲)$$

که در آن:

M_d : لنگر ایجاد تغییر شکل نسبت به کف دیوار ($kN.m/m$)

M'_d : لنگر ایجاد تغییر شکل نسبت به بستر دریا ($kN.m/m$)

M_r : لنگر مقاوم نسبت به کف دیوار ($kN.m/m$)

M'_r : لنگر مقاوم مصالح پرکننده سلول نسبت به بستر دریا ($kN.m/m$)

F : ضریب اطمینان

اصولا ضریب اطمینان در برابر تغییر شکل برشی باید ۱/۲ یا بیشتر باشد.

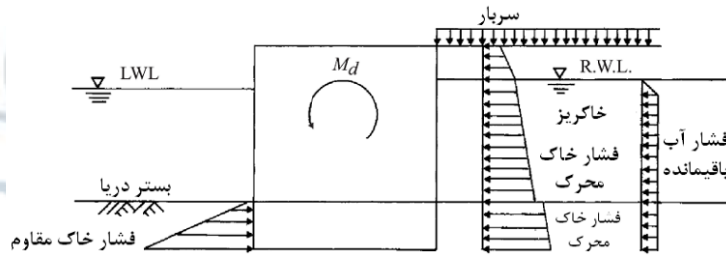
۷-۳-۳- محاسبه لنگر ایجاد تغییر شکل

لنگر ایجاد تغییر شکل، عبارت از لنگر واژگونی در بستر دریا و یا کف دیوار در اثر نیروهای خارجی مانند فشار خاک محرک و مقاوم

بالای بستر دریا و یا کف دیوار و همچنین فشار آب باقیمانده می باشد.

تفسیر

در محاسبه لنگر ایجاد تغییر شکل، فقط مولفه افقی فشار خاک در نظر گرفته شده و مولفه قائم فشار خاک در نظر گرفته نمی شود. نیروی قائم سربار هم در محاسبه لنگر ایجاد تغییر شکل در نظر گرفته نمی شود. البته در محاسبه فشار خاک محرک، سربار در نظر گرفته می شود (شکل ۲-۳-۷).



شکل ۲-۳-۷- بارها و نیروهای مقاوم برای بررسی تغییر شکل برشی

۲-۳-۷- محاسبه لنگر مقاوم

لنگر مقاوم باید با در نظر گرفتن مشخصات سازه ای دیوار سلولی و تغییر شکل دیوار محاسبه گردد.

نکات فنی

(۱) نتایج آزمایش مدل نشان می دهد که لنگر مقاوم نسبت به کف دیوار با افزایش نسبت طول مدفون (D/H شکل ۱-۳-۷) افزایش می یابد که این افزایش از رابطه ۳-۳-۷ محاسبه می گردد.

$$M_r = \left(1 + \alpha \frac{D}{H}\right) (M_{ro} + M_{rs}) \quad (۳-۳-۷)$$

که در آن:

M_r : لنگر مقاوم نسبت به کف دیوار ($kN.m/m$)

M_{ro} : لنگر مقاوم مصالح پرکننده نسبت به کف دیوار ($kN.m/m$)

M_{rs} : لنگر مقاوم ناشی از نیروی اصطکاک اتصالات سپر نسبت به کف دیوار ($kN.m/m$)

D : طول مدفون (m)

H : ارتفاع کف دیوار تا بالای دیوار (m) (شکل ۴-۳-۷)

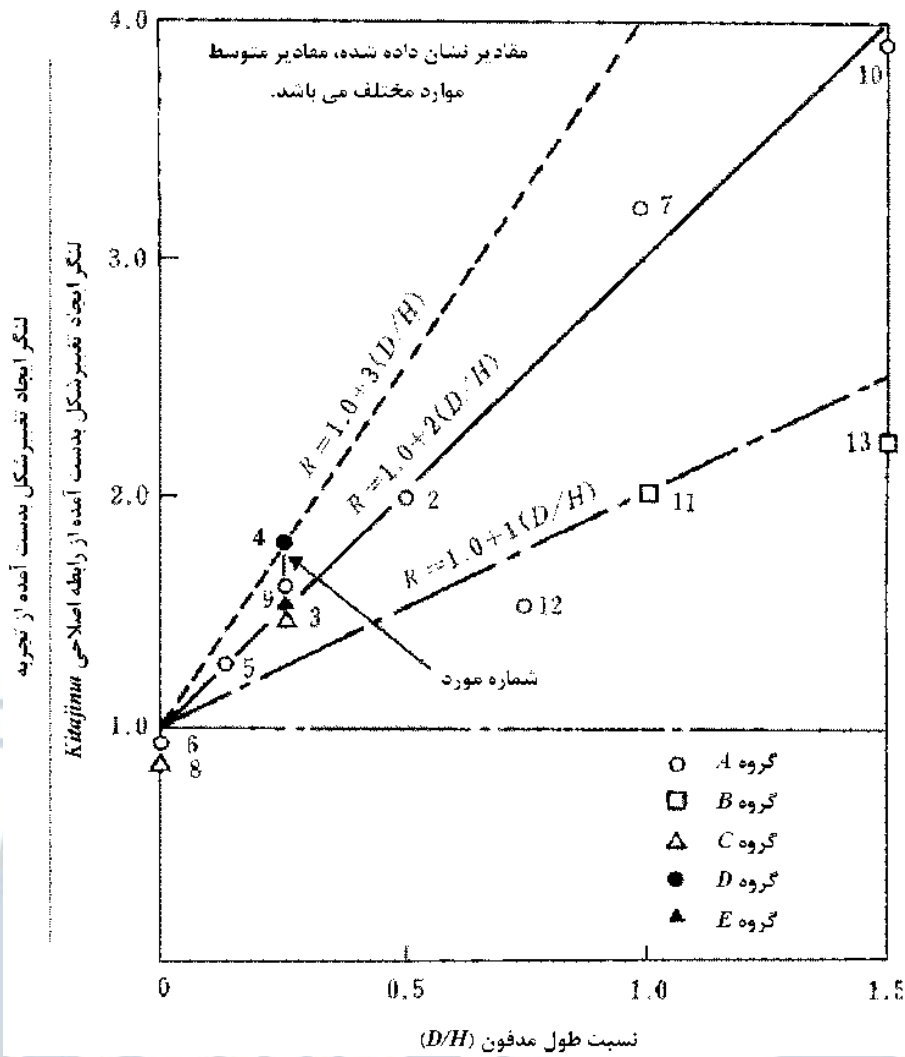
α : ضریب افزایش برای نسبت طول مدفون (D/H)

مقدار توصیه شده α برابر ۱/۰ می باشد که نزدیک به کمترین مقدار نتایج حاصل از تجربیات مطابق شکل ۳-۳-۷ است، زیرا رابطه بالا از تجربیات به دست آمده است و کاملاً تئوریک نمی باشد.

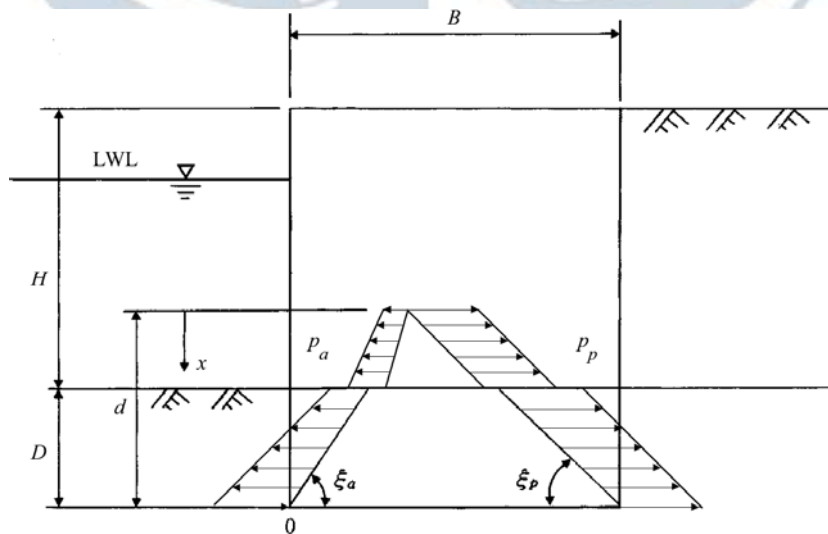
الف) رابطه محاسبه لنگر مقاوم مصالح پرکننده

در تعیین لنگر مقاوم مصالح پرکننده نسبت به کف دیوار، فرض می شود که یک صفحه گوه گسیختگی محرک از کف جلویی دیوار و یک صفحه گوه گسیختگی مقاوم از کف پشتی دیوار ایجاد می گردد. در ضمن فرض می شود که فشار خاک محرک و مقاوم بر روی صفحات گوه گسیختگی ذکر شده همانند شکل ۴-۳-۷ ایجاد می گردد. زوایای گوه گسیختگی محرک و مقاوم و نیز

فشار خاک مربوط از روابط رانکین (رابطه ۷-۳-۴) محاسبه می‌گردد.



شکل ۷-۳-۳- رابطه بین لنگر مقاوم و نسبت طول مدفون



شکل ۷-۳-۴- صفحه برش فرضی مصالح پرکننده

$$\left. \begin{aligned} \zeta_a &= \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} && \text{صفحه گسیختگی محرک:} \\ \zeta_p &= \frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} && \text{صفحه گوه گسیختگی مقاوم:} \\ p_a &= K_a \gamma h, \quad K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} && \text{فشار خاک محرک:} \\ p_p &= K_p \gamma h, \quad K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} && \text{فشار خاک مقاوم:} \end{aligned} \right\} \quad (۴-۳-۷)$$

که در آن:

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی مصالح پرکننده (بر حسب درجه)

لنگر ناشی از فشار خاک وارد بر صفحه برش را می توان از رابطه ۵-۳-۷ بر اساس شکل ۴-۳-۷ محاسبه نمود.

$$M_{ro} = \int_0^d (p_p - p_a)(d-x) \frac{2}{3} \tan \theta dx \quad (۵-۳-۷)$$

وقتی که ثابت‌های ژئوتکنیکی زمین و مصالح پرکننده متفاوت باشد، رابطه ۵-۳-۷ پیچیده می‌گردد، زیرا زاویه گوه گسیختگی و مقدار فشار خاک در لایه های مختلف فرق می‌کند. البته اگر تفاوت زیادی بین زاویه داخلی زمین و مصالح پرکننده وجود نداشته باشد و یا اگر نسبت طول مدفون زیاد بوده و صفحه گوه گسیختگی به مصالح پرکننده نرسد، رابطه ساده زیر قابل استفاده خواهد بود.

$$\left\{ \begin{aligned} M_{ro} &= \frac{1}{6} \gamma_0 R_0 H_0^3 \\ R_0 &= \frac{2}{3} v_0^2 (3 - v_0 \cos \phi) \tan \phi \sin \phi \end{aligned} \right. \quad (۶-۳-۷)$$

که در آن:

γ_0 : وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده (با فرض یکسان بودن وزن مخصوص مصالح پرکننده درهمه جا، معمولا ۱۰ کیلونیوتن بر متر مکعب استفاده می شود)

v_0 : برابر B/H_0

B : عرض معادل دیوار (m)

H_0 : ارتفاع معادل دیوار محاسبه شده از کف دیوار

ارتفاع معادل دیوار برای محاسبه لنگر مقاوم ناشی از مصالح پرکننده با استفاده از وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده به کار رفته و از رابطه ۷-۳-۷ محاسبه می گردد.

$$H_0 = \frac{1}{\gamma_0} \sum \gamma_i h_i \quad (۷-۳-۷)$$

که در آن:

γ_i : وزن مخصوص i -امین لایه مصالح پرکننده (kN/m^3)

h_i : ضخامت لایه i -ام (از پایین تا بالای دیوار) (m)

ب) رابطه محاسبه لنگر مقاوم ناشی از نیروی اصطکاک اتصالات سپرها

لنگر مقاوم ناشی از نیروی اصطکاک اتصالات سپرها از روابط زیر به دست می آید:

$$M_{rs} = \frac{1}{6} \gamma_0 R_s H_s^3 \tag{۸-۳-۷}$$

$$R_s = \frac{3}{2} v_s f \tan \phi \tag{۹-۳-۷}$$

که در آن:

γ_0 : وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده (kN/m^3)

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی مصالح پرکننده (بر حسب درجه)

v_s : برابر B/H_s

B : عرض معادل دیوار (m)

f : ضریب اصطکاک بین اتصالات سپرها که معمولاً از ۰/۳ استفاده می‌شود

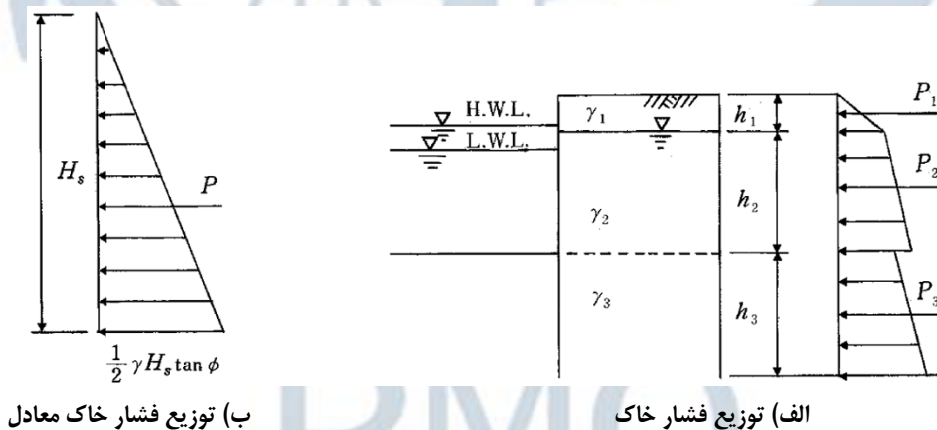
H_s : ارتفاع معادل دیوار از کف دیوار

ارتفاع معادل دیوار (H_s) برای محاسبه لنگر مقاوم ناشی از نیروی اصطکاک بین اتصالات سپر با استفاده از وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده به کار رفته و از رابطه ۷-۳-۱۰ محاسبه می‌گردد، به طوری که نیروی برآیند فشار خاک توزیع شده بین کف و بالای دیوار با نادیده گرفتن سربار (شکل ۷-۳-۵ الف) برابر نیروی معادل فشار خاک توزیع شده می‌گردد (شکل ۷-۳-۵ ب). در این محاسبه، $\frac{1}{2} \tan \phi$ ضریب فشار خاک مصالح پرکننده بوده و توجه شود که این ضریب با ضریب فشار خاک در محاسبه کشش کمربندی متفاوت می‌باشد.

$$H_s = 2 \sqrt{\frac{\sum P_i}{\gamma_0 \tan \phi}} \tag{۱۰-۳-۷}$$

که در آن:

P_i : برآیند فشار خاک لایه i -ام مصالح پرکننده (kN/m)



(ب) توزیع فشار خاک معادل

(الف) توزیع فشار خاک

شکل ۷-۳-۵- ارتفاع معادل دیوار

(۲) در محاسبه لنگر مقاوم مصالح پرکننده نسبت به بستر دریا، روابط ۷-۳-۱۱ و ۷-۳-۱۲ استفاده می‌شود.

$$M'_r = \frac{1}{6} \gamma_0 R'_0 H'_0{}^3 \tag{۱۱-۳-۷}$$

$$R'_0 = v'_0{}^2 (3 - v'_0 \cos \phi') \sin \phi' \quad (۱۲-۳-۷)$$

که در آن:

$$v'_0: \text{برابر } B/H'_0$$

M'_r : لنگر مقاوم سلول ساخته شده با سپر فولادی نسبت به کف دریا ($kN.m/m$)

ϕ' : زاویه اصطکاک داخلی مصالح پرکننده بالای بستر دریا (بر حسب درجه)

H'_0 : ارتفاع معادل دیوار بالای بستر دریا

ارتفاع معادل دیوار (H'_0) برای محاسبه لنگر مقاوم ناشی از مصالح پرکننده با استفاده از وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده، کاربرد دارد. این ارتفاع به وسیله رابطه ۱۳-۳-۷ محاسبه می گردد.

$$H'_0 = \frac{1}{\gamma_0} \sum \gamma'_i h'_i \quad (۱۳-۳-۷)$$

که در آن:

γ'_i : وزن مخصوص i -امین لایه مصالح پرکننده بالای بستر دریا (kN/m^3)

h'_i : ضخامت لایه i -ام بالای بستر دریا (m)

۳) افزایش مقاومت مصالح پرکننده، صلبیت دیوارسلولی را زیاد کرده، بنابراین بهبود مصالح پرکننده باعث افزایش پایداری آن می گردد.

۷-۴- بررسی پایداری کلی بدنه دیوار

۷-۴-۱- کلیات

برای بررسی پایداری کلی بدنه دیوار، آن را باید مانند یک دیوار وزنی متکی به زمین در نظر گرفت.

نکات فنی

۱) در بررسی پایداری کلی دیوار، واکنش بستر ایجاد شده در مقابل بار و تغییر مکان با در نظر گرفتن دیوار به صورت صلب بر روی بستر ارتجاعی زمین محاسبه می گردد.

۲) طبق محدوده رفتار ارتجاعی زمین، نیروی واکنش بستر از ضرب ضریب واکنش ارتجاعی بستر در تغییر مکان به دست می آید و فرض می شود که پایداری دیوار به عنوان یک دیوار وزنی زمانی است که نیروی واکنش بستر و تغییر مکان دیوار از مقدار مجاز خود تجاوز نکند.

۷-۴-۲- ضریب واکنش بستر

اصولاً برای تعیین ضریب واکنش بستر جهت استفاده در بررسی پایداری دیوار به شکل دیوار وزنی، از نتایج مطالعات میدانی استفاده می شود.

تفسیر

ضریب واکنش بستر شامل ضریب واکنش افقی بستر، ضریب واکنش قائم بستر و مدول برشی افقی در کف دیوار می باشد.

نکات فنی

ضریب واکنش بستر را می توان بر اساس نتایج مطالعات میدانی به شرح زیر محاسبه نمود:

۱) ضریب واکنش افقی بستر

ضریب واکنش افقی بستر را می توان از نمودار *Yokoyama* در بخش ۵، بند ۴-۳-۴- تخمین رفتار شمع با استفاده از

روش های تحلیلی، نکات فنی بند ۳ مطابق رابطه زیر محاسبه نمود.

$$K_H = 2N \quad (۱-۴-۷)$$

که در آن:

K_H : ضریب واکنش افقی بستر (N/cm^3)

N : مقدار عدد

وقتی زمین از چند لایه با مشخصات مختلف تشکیل شده باشد، ضریب واکنش افقی بستر باید برای هر لایه محاسبه گردد.

(۲) ضریب واکنش قائم بستر

برای ضریب واکنش قائم بستر در کف دیوار از مقدار ضریب واکنش افقی بستر در کف دیوار استفاده می‌شود. اگر زمین دارای لایه‌هایی با مشخصات متفاوت باشد، ضریب واکنش قائم بستر باید مربوط به لایه کف دیوار باشد. البته اگر لایه زیر کف دیوار بسیار نرم باشد، لازم است که اثرات این لایه به دقت بررسی گردد.

(۳) مدول برشی افقی

مدول برشی افقی کف دیوار را می‌توان از رابطه ۲-۴-۷ با استفاده از ضریب واکنش قائم بستر محاسبه نمود.

$$K_S = \lambda K_V \quad (۲-۴-۷)$$

که در آن:

K_S : مدول برشی افقی (N/cm^3)

λ : نسبت مدول برشی افقی به ضریب واکنش قائم بستر

K_V : ضریب واکنش قائم بستر (N/cm^3)

در مطالعات گذشته پیشنهاد شده است که مقدار λ در محدوده ۰/۲ تا ۰/۵ انتخاب گردد که در مورد دیوار سلولی ساخته شده با سپر فولادی، مقدار λ حدود ۰/۳۳ فرض می‌گردد.

۷-۴-۳- محاسبه واکنش بستر و تغییر مکان دیوار

مقدار واکنش بستر و تغییر مکان دیوار با این فرض محاسبه می‌شوند که دیوار تحت بار به وسیله نیروی واکنش بستر و نیروی اصطکاکی قائم در طول سطح دیوار پشتیبانی می‌گردد.

تفسیر

واکنش بستر، روی قسمت مدفون دیوار سلولی ساخته شده با سپر فولادی وارد می‌شود و تغییر مکان دیوار با این فرض محاسبه می‌گردد که دیوار تحت نیروهای خارجی به وسیله واکنش افقی بستر، واکنش قائم بستر و واکنش برشی افقی کف دیوار و نیروی اصطکاکی قائم در جلو و پشت دیوار حمایت می‌شود.

نکات فنی

(۱) واکنش بستر

الف) واکنش افقی بستر

واکنش افقی بستر را می‌توان از رابطه ۳-۴-۷ محاسبه نمود. اما این مقدار نباید از فشار خاک مقاوم محاسبه شده در

بخش ۲، فصل ۱۴- فشار خاک و فشار آب، تجاوز کند در غیر این صورت خاک تسلیم خواهد شد. زاویه اصطکاک دیوار برای محاسبه فشار خاک مقاوم، به طور کلی ۱۵- درجه در نظر گرفته شود. شکل ۷-۴-۱ توزیع واکنش بستر در یک مورد ساده که واکنش بستر تا یک عمق مشخص به فشار خاک مقاوم رسیده است را نشان می دهد.



شکل ۷-۴-۱- نمونه ای از توزیع واکنش افقی بستر

(ب) واکنش قائم بستر

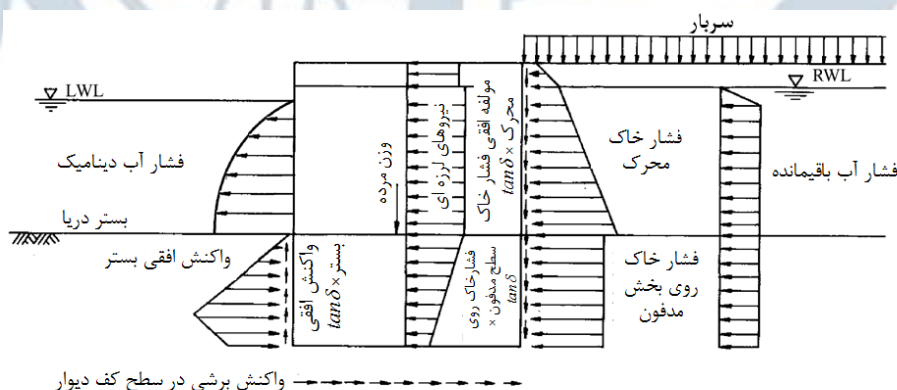
واکنش قائم بستر در کف دیوار دارای توزیع مثلثی یا دوزنقه ای می باشد. در ضمن فرض می شود که هیچ گونه تنش کششی به وجود نمی آید.

(۲) نیروی اصطکاکی قائم

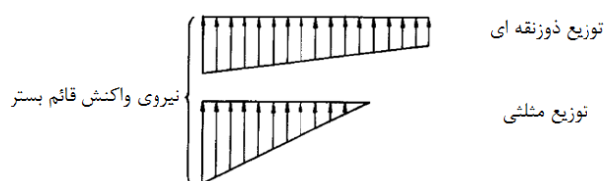
فرض می شود که نیروی اصطکاکی قائم بر پشت و جلوی دیوار وارد شده و از حاصل ضرب فشار خاک افقی یا نیروی واکنش بستر در $\tan \delta$ (زاویه اصطکاک دیوار است) محاسبه می گردد.

(۳) توزیع نیروهای خارجی

شکل ۷-۴-۲ نحوه توزیع استاندارد نیروهای خارجی روی اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی شامل بار، نیروهای واکنش بستر و غیره را نشان می دهد.



واکنش برشی در سطح کف دیوار



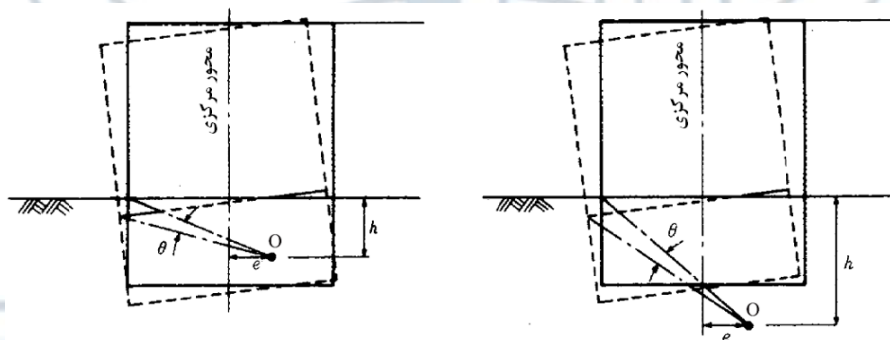
شکل ۷-۴-۲- نحوه توزیع بارهای خارجی روی اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی

۴) شکل‌های (مودهای) تغییر مکانی دیوار

همانطور که در شکل ۷-۴-۳ دیده می‌شود، فرض شده است که دیوار حول مرکز دوران خود (O) که دارای خروج از مرکز افقی به اندازه e نسبت به محور مرکزی سلول و خروج از مرکز قائم نسبت به بستر دریا به اندازه h می‌باشد، دوران می‌کند. واکنش افقی بستر در حالتی که مرکز دوران در داخل سلول قرار گیرد، در پشت دیوار برای بخش زیر مرکز دوران ایجاد می‌شود.

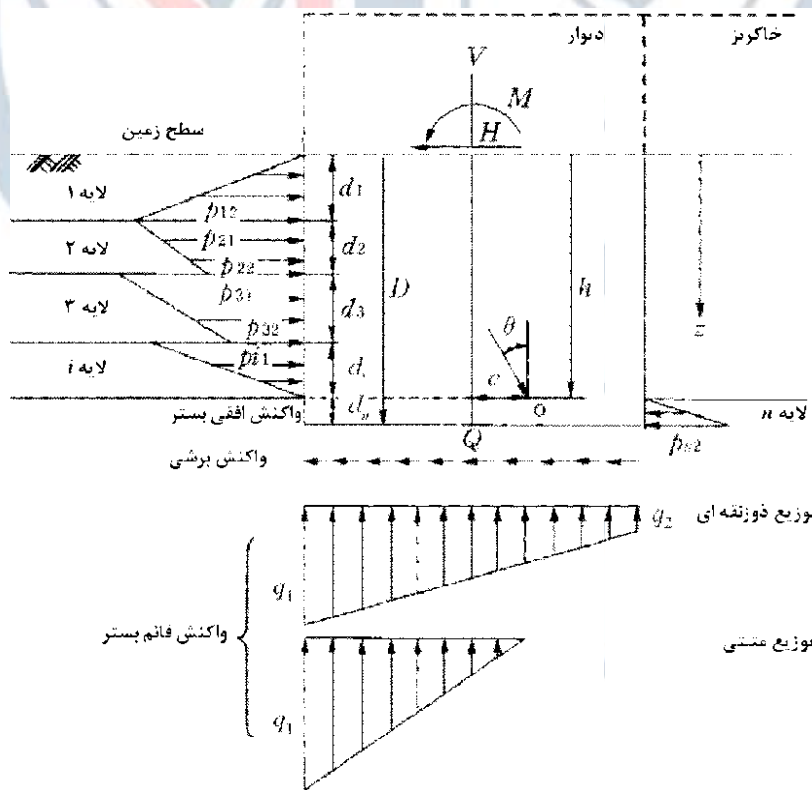
۵) رابطه محاسبه واکنش بستر و تغییر مکان دیوار

شکل ۷-۴-۴ مدلی محاسباتی را برای موردی که در آن نیروی افقی، نیروی قائم و لنگر روی تقاطع سطح زمین و محور مرکزی دیوار سلول اعمال می‌شود و زمین دارای n لایه خاک است، نشان می‌دهد. روابط برای محاسبه واکنش بستر و تغییر مکان دیوار سلول در مدل نشان داده شده در شکل ۷-۴-۴ در ادامه ارائه می‌شود.



الف) وقتی مرکز دوران خارج بدنه دیوار باشد ب) وقتی مرکز دوران داخل بدنه دیوار باشد

شکل ۷-۴-۳ - شکل (مود) های تغییر مکانی دیوار



شکل ۷-۴-۴ - مدل محاسباتی واکنش بستر و تغییر مکان دیوار

الف) توزیع دوزنقه ای واکنش قائم بستر

(۱) واکنش افقی بستر (kN/m)

$$\left. \begin{aligned} p_{12} &= K_{H1}(h-d_1)\theta \\ p_{21} &= K_{H2}(h-d_1)\theta \\ p_{22} &= K_{H2}(h-d_1-d_2)\theta \\ &\vdots \\ p_{i1} &= K_{Hi}\left(h-\sum_{j=1}^{i-1}d_j\right)\theta \\ p_{i2} &= K_{Hi}\left(h-\sum_{j=1}^i d_j\right)\theta \\ &\vdots \\ p_{n1} &= K_{Hn}\left(h-\sum_{j=1}^{n-1}d_j\right)\theta \\ p_{n2} &= K_{Hn}\left(h-\sum_{j=1}^n d_j\right)\theta \end{aligned} \right\} \quad (3-4-7)$$

(۲) واکنش قائم بستر (kN/m^2)

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= K_V\left(e+\frac{B}{2}\right)\theta \\ q_2 &= K_V\left(e-\frac{B}{2}\right)\theta \end{aligned} \right\} \quad (4-4-7)$$

(۳) نیروی واکنش برشی موثر بر کف دیوار (kN/m)

$$Q = K_S(h-D)\theta A \quad (5-4-7)$$

(۴) تغییر مکان افقی دیوار (m)

$$\delta_z = (h-z)\theta \quad (6-4-7)$$

(۵) زاویه دوران دیوار (درجه)

$$\theta = \frac{MK_1 + HK_3}{K_1K_4 - K_2K_3} \quad (7-4-7)$$

(۶) عمق مرکز دوران دیوار (m)

$$h = \frac{MK_2 + HK_4}{MK_1 + HK_3} \quad (8-4-7)$$

(۷) فاصله محور مرکزی دیوار از مرکز دوران دیوار (m)

$$e = \frac{I}{K_V A} \left\{ \frac{V}{\theta} - h \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \tan|\delta_i| + \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan|\delta_i| \right\} \quad (9-4-7)$$

که در آن:

$$K_1 = \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i + K_S A$$

$$K_2 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \right\} + K_S A D$$

$$K_3 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} + \frac{B}{2} \tan \delta_i \right) \right\} + K_S A D$$

$$K_4 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\frac{d_i^2}{3} + \sum_{j=1}^i d_j \sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{B}{2} \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan \delta_i \right) \right\} + K_S A D^2 + \frac{1}{12} K_V A^3$$

زاویه اصطکاک دیوار (δ) برای لایه‌هایی که نیروی واکنش افقی بستر آن بر جلوی دیوار اعمال می‌گردد، منفی و برای لایه‌هایی که نیروی واکنش افقی بستر آن بر پشت دیوار وارد می‌شود، مثبت است.

(ب) توزیع مثلی واکنش قائم بستر

واکنش افقی بستر، تغییر مکان افقی دیوار، زاویه دوران و عمق مرکز دوران مانند توزیع دوزنقه ای محاسبه می‌شود.

(۱) واکنش قائم بستر (kN/m^2)

$$q_1 = K_V \left(e + \frac{B}{2} \right) \theta \quad (10-4-7)$$

(۲) نیروی واکنش برشی موثر بر کف دیوار (kN/m)

$$Q = K_S (h - D) \theta A' \quad (11-4-7)$$

که در آن $A' = e + \frac{B}{2}$ می‌باشد.

(۳) فاصله محور مرکزی دیوار از مرکز دوران دیوار (m)

$$e = \sqrt{\frac{2}{K_V} \left\{ \frac{V}{\theta} - h \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \tan |\delta_i| + \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan |\delta_i| \right\} - \frac{B}{2}} \quad (12-4-7)$$

که در آن:

$$K_1 = \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i + K_S A'$$

$$K_2 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \right\} + K_S A' D$$

$$K_3 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} + \frac{B}{2} \tan \delta_i \right) \right\} + K_S A' D$$

$$K_4 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\frac{d_i^2}{3} + \sum_{j=1}^i d_j \sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{B}{2} \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan \delta_i \right) \right\} + K_S A' D^2 + \frac{1}{6} K_V A'^2 (B - e)$$

زاویه اصطکاک دیوار (δ) برای لایه‌هایی که نیروی واکنش افقی بستر آن بر جلوی دیوار اعمال می‌گردد، منفی و برای لایه‌هایی که نیروی واکنش افقی بستر آن بر پشت دیوار وارد می‌شود، مثبت است.

در همه روابط ارائه شده در قسمت الف و ب:

V : نیروی قائم موثر بر دیوار (kN/m)

H : نیروی افقی موثر بر دیوار (kN/m)

M : لنگر موثر در مرکز دیوار در تراز سطح زمین ($kN.m/m$) (منظور از نیروهای خارجی موثر بر دیوار، نیروهای وارد بر واحد طول در جهت خط جلویی دیوار می باشد)

D : عمق مدفون شده (m)

d_i : ضخامت هر لایه خاک بین بستر دریا و کف دیوار (m)

B : عرض معادل (m)

K_{Hi} : ضریب واکنش افقی بستر برای هر لایه خاک بین بستر دریا و کف دیوار (kN/m^3)

K_V : ضریب واکنش قائم بستر موثر در کف سلول (kN/m^3)

K_S : مدول برشی افقی در کف (kN/m^3)

A : مساحت کف دیوار در واحد طول دیوار در جهت خط جلویی (m^2/m)

A' : مساحت کف دیوار در واحد طول دیوار در جهت خط جلویی (وقتی مقدار واکنش قائم بستر مثبت است) (m^2/m)

۷-۵- بررسی ظرفیت باربری زمین

عکس العمل بستر موثر بر کف دیوار نباید از ظرفیت باربری مجاز زمین بیشتر شود.

۷-۶- بررسی لغزش دیوار

برای بررسی پایداری دیوار در برابر لغزش، تنش برشی بین کف دیوار و زمین نباید از تنش برشی مجاز بیشتر شود.

نکات فنی

(۱) نیروی مقاوم برشی مجاز بین کف دیوار و زمین از رابطه ۷-۶-۱ محاسبه می گردد.

$$Q_a = \frac{I}{F_s} (\text{نیروی برآیند قائم واکنش بستر}) \times \tan \phi \quad (7-6-1)$$

که در آن:

Q_a : نیروی مقاوم برشی مجاز (کیلو نیوتن بر متر)

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی خاک زیر دیوار (بر حسب درجه)

F_s : ضریب اطمینان، برای شرایط عادی برابر ۱/۲ یا بیشتر و در هنگام زلزله برابر ۱/۰ یا بیشتر می باشد

(۲) مولفه های قائم فشار خاک جلو و پشت دیوار که باید مورد توجه قرار گیرد شامل مولفه قائم فشار خاک محرک، نیروی اصطکاک ناشی از فشار خاک زیر سطح زمین و مولفه قائم فشار خاک مقاوم می باشد. اگر مولفه قائم فشار خاک هم جهت با وزن دیوار اثر کند، مثبت فرض می شود.

(۳) اگر زاویه اصطکاک داخلی خاک بالای کف دیوار با خاک زیر کف دیوار متفاوت باشد، توصیه می شود از مقدار زاویه کوچکتر اصطکاک داخلی برای زیر کف دیوار استفاده گردد.

۷-۷- بررسی تغییر مکان بالای دیوار

اصولاً، تغییر مکان افقی بالای دیوار نباید از حد مجاز تغییر مکان تجاوز کند.

نکات فنی

(۱) معمولاً، تغییر مکان مجاز با توجه به پایداری سازه ای و کاربری سازه تعیین می گردد. از آنجا که ممکن است تغییر مکان اضافی بالای دیوار حتی در صورت کمتر بودن مقدار نیروی واکنش بستر و غیره از مقادیر مجاز متناظر در عملکرد تاسیسات پهلوگیری ایجاد اختلال نماید، پیشنهاد می شود تغییر مکانی مجاز برای بالای دیوار تعریف گردد.

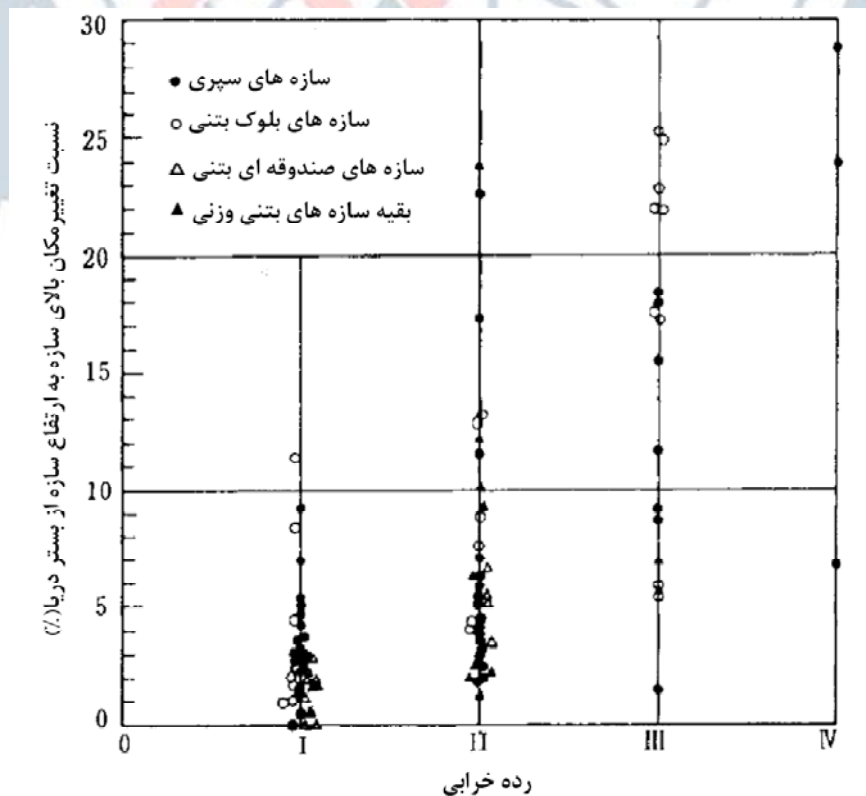
(۲) برای تعیین تغییر مکان مجاز در رابطه با تاسیسات پهلوگیری، عوامل زیر باید مدنظر قرار گیرد:

الف) پایداری سازه ای

ب) کاربری

ج) هزینه های ساخت و نگهداری

(۳) بهتر است در تعیین تغییر مکان مجاز از ارتباط بین میزان تغییر مکان به وجود آمده در بالای سازه نوع وزنی یا سازه سپری و تاثیر آن در سطح خرابی گزارش شده در زلزله‌های گذشته استفاده شود. این ارتباط در شکل ۷-۷-۱ ارائه شده است و در این شکل مشاهده می شود که نسبت تغییر مکان بالای دیوار به ارتفاع دیوار (d/H) برای اکثر سازه هایی که در سطح خرابی ۲ قرار گرفته است بیشتر از ۱/۵ درصد بوده و بنابراین در هنگام انجام محاسبات طراحی مربوط به روش بیان شده در این قسمت، بهتر است تغییر مکان افقی مجاز بالای دیوار کمتر و یا مساوی ۱/۵ درصد ارتفاع دیوار باشد.



شکل ۷-۷-۱- سطوح خرابی و نسبت تغییر مکان بالای سازه به ارتفاع آن

جدول ۷-۷-۱- سطوح خرابی

توضیح	سطح خرابی
بدون خرابی	۰
در بدنه اصلی خرابی وجود ندارد ولی خرابی و یا تغییر شکل در سازه های جانبی دیده می شود	۱
تغییر شکل زیادی در بدنه اصلی اتفاق افتاده است	۲
سازه هنوز شکل اصلی خود را حفظ کرده ولی بدنه اصلی دچار شکستگی شده است.	۳
سازه خراب شده و فرو ریخته است	۴

۷-۸- بررسی پایداری شیب در برابر لغزش دایروی

اگر زمین خیلی سفت نباشد، باید پایداری شیب در مقابل لغزش دایروی بررسی گردد. اصولاً در این تحلیل سطح لغزش دایروی نباید به طرف داخل دیوار حرکت کند.

تفسیر

وقتی زاویه اصطکاک داخلی زمین و خاک پشت دیوار ۳۰ درجه یا بیشتر باشد، غالباً بررسی پایداری شیب با سطح لغزش دایروی انجام نمی شود. در اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی، فرض می گردد که دیوار یک بدنه صلب است و در نتیجه سطح لغزش دایروی به سمت داخل دیوار حرکت نمی کند.

۷-۹- جانمایی سلول ها و قوس ها

چیدمان سلول ها و قوس ها باید طوری باشد که مساحت دیوار سلولی برابر مساحت دیوار مجازی با عرض معادل مطابق بند ۷-۳- بررسی عرض دیوار در مقابل تغییر شکل برشی یا بند ۷-۴- بررسی پایداری کلی بدنه دیوار شود.

نکات فنی

(۱) سلول ها باید در هر جای ممکن به طور مرتب در تمام طول خط جلویی اسکله دیواری قرار داده شود. معمولاً پیشنهاد می گردد که فاصله مرکز به مرکز سلول ها ۱۰ تا ۱۵ درصد بزرگتر از قطر سلول قرار تنظیم شود.

(۲) قوس ها باید به گونه ای چیده شود که به طور عمودی به دیواره پوسته سلول ها متصل شود و شعاع قوس نیز باید کوچکتر از شعاع سلول باشد.

(۳) به طور کلی، نوک جلویی قوس ها در هنگام و یا بعد از عملیات خاکریزی، تمایل به جابجایی دارند. بنابراین پیشنهاد می گردد قوس ها به نحوی چیده شود که نوک جلویی آنها ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی متر داخل خط وجه جلویی دیواره سلول قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می گردد سلول ها به نحوی چیده شود که خط وجه جلویی آنها ۳۰ سانتی متر داخل خط طراحی جلوی اسکله دیواری قرار گیرد.

۷-۱۰- محاسبه کشش کمربندی

کشش کمربندی سپر سلول ها و قوس ها نباید از کشش کمربندی مجاز تجاوز کند.

نکات فنی

(۱) کشش سپر معمولاً در تراز بستر دریا محاسبه می گردد. اصولاً، کشش کمربندی مجاز برابر ۲۰۰۰ کیلو نیوتن بر متر برای سپر قائم با مقاومت کششی اتصالات برابر ۵۹۰۰ کیلو نیوتن بر متر، استفاده می گردد. برای سپرهای قائم دارای مقاومت کششی اتصالات

برابر ۳۹۰۰ کیلو نیوتن بر متر، کشش مجاز سپر برابر ۱۵۰۰ کیلو نیوتن بر متر خواهد بود.

(۲) کشش کمربندی طبق رابطه ۷-۱۰-۱ محاسبه می‌گردد.

$$T = [(\gamma_0 H'_0 + q)K_i + \gamma_w h_w]R \quad (۷-۱۰-۱)$$

که در آن:

T : کشش سپر (kN/m)

K_i : ضریب فشار خاک مصالح پرکننده

γ_0 : وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده (kN/m^3)

γ_w : وزن مخصوص آب دریا (kN/m^3)

H'_0 : ارتفاع معادل دیوار (m)

h_w : اختلاف تراز آب داخل و جلوی سلول (m)

R : شعاع سلول (m)

q : سربار (kN/m^2)

(۳) ارتفاع معادل دیوار (H'_0) باید طبق رابطه ۷-۳-۱۳ در نکات فنی بند ۷-۳-۴ - محاسبه لنگر مقاوم محاسبه گردد.

(۴) وقتی که عملیات تراکم وجود نداشته باشد، ضریب فشار خاک برای مصالح پرکننده را می‌توان ۰/۶ در نظر گرفت. وقتی قرار است مصالح پرکننده متراکم شوند، $\tan \phi$ به عنوان ضریب فشار خاک مصالح پرکننده استفاده می‌شود زیرا فشار داخلی سلول و زاویه اصطکاک داخلی مصالح پرکننده بزرگتر شده است. ضریب فشار خاک مصالح پرکننده در قسمت قوس ها $\frac{1}{2} \tan \phi$ قرار داده شود.

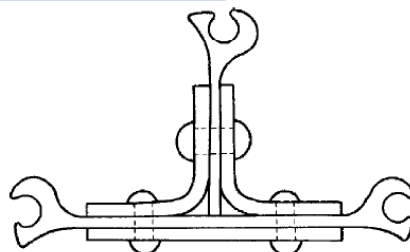
۷-۱۱- طراحی سپر T شکل

۷-۱۱-۱- کلیات

سلول ها و قوس ها باید توسط سپرهای T شکل به هم متصل گردند.

نکات فنی

سپر T شکل، سپری است که دارای یک سطح مقطع خاص برای اتصال سلول به قوس ها می‌باشد (شکل ۷-۱۱-۱).



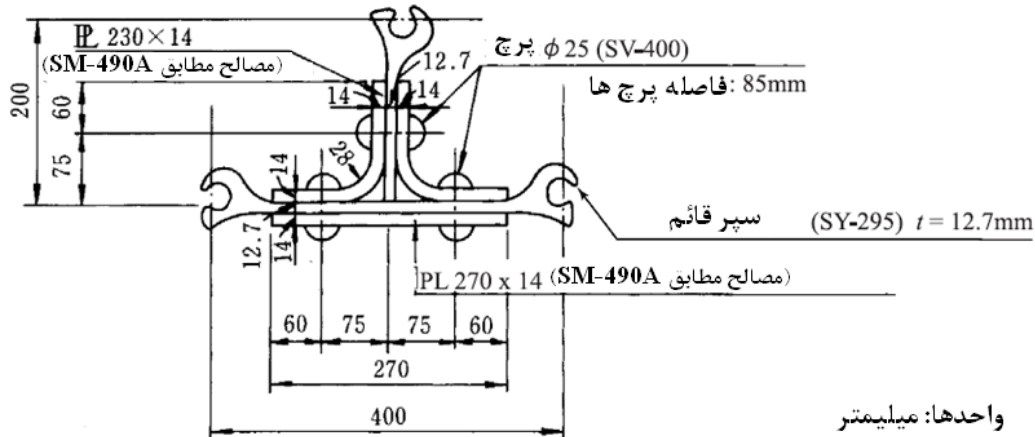
شکل ۷-۱۱-۱- سپر T شکل

۷-۱۱-۲- ساختار سپر T شکل

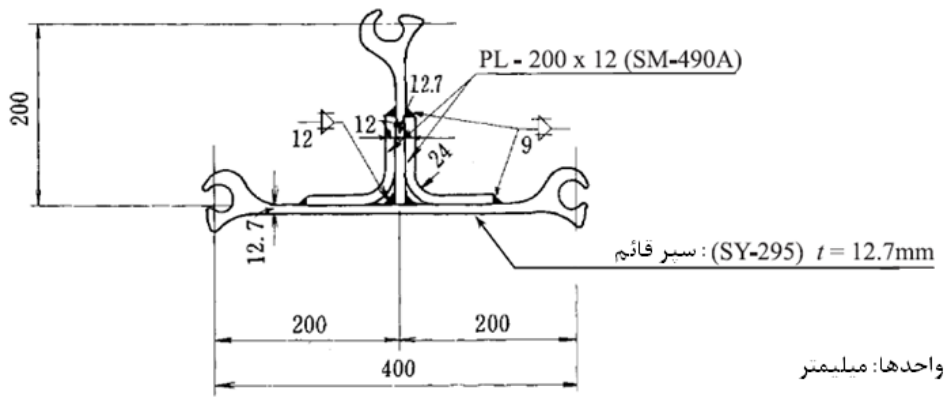
ساختار سپر T شکل باید ایمنی لازم در برابر کشش موثر بر سپر سلول ها و قوس ها را داشته باشد.

نکات فنی

(۱) ساختار استاندارد سپر T شکل در شکل های ۲-۱۱-۷ و ۳-۱۱-۷ ارائه شده است.



شکل ۲-۱۱-۷- سطح مقطع استاندارد سپر T شکل (اتصال پرچی و فواصل پرچ ۸۵ میلی متر)



شکل ۳-۱۱-۷- سطح مقطع استاندارد سپر T شکل (اتصال جوشی)

(۲) مقاومت سطوح مقطع نشان داده شده در شکل های ۲-۱۱-۷ و ۳-۱۱-۷ با آزمایش شکست در حالتی که مقاومت کششی اتصال سپر در سلول برابر ۳۹۰۰ کیلو نیوتن بر متر (کشش مجاز سپر برابر ۱۵۰۰ کیلو نیوتن بر متر) و قطر قوس برابر حداکثر دو سوم قطر سلول (مقاومت کششی برابر ۲۶۰۰ کیلو نیوتن بر متر و کشش مجاز سپر برابر ۹۸۰ کیلو نیوتن بر متر) بوده، تایید شده است. اتصالات پرچی و جوشی در این آزمایش در کارخانه اجرا شده است.

۷-۱۲- طراحی تفصیلی (جزئیات)

۷-۱۲-۱- طراحی شمع پایه تیر پیشانی

شمع های نگهدارنده پایه تیر پیشانی باید در برابر نیروی قائم و افقی و لنگر خمشی طراحی گردد.

۷-۱۲-۲- طراحی تیر پیشانی

محاسبات چیدمان آرماتورهای تیر پیشانی باید در (۱) قسمت قائم و (۲) دال زیرین تیر پیشانی به طور مناسب انجام شود.

فصل ۸- اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی

۸-۱- دامنه کاربرد

مطالب این فصل باید برای طراحی دیوار ساحلی با سازه سلولی صفحه فولادی در دو نوع درجا و مدفون استفاده شود.

تفسیر

اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی نوع درجا، سازه ای بدون مقطع مدفون شده است و اغلب بر روی شالوده مقاومی از خاک زیرین با ظرفیت باربری زیاد و یا بر روی خاک بهسازی شده ای که ظرفیت باربری کافی دارد، ساخته می شود.

اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی نوع مدفون نوع دیگری است که بخشی از سلول های صفحه فولادی آن برای افزایش پایداری سازه در خاک ماسه ای زیرین مدفون شده است.

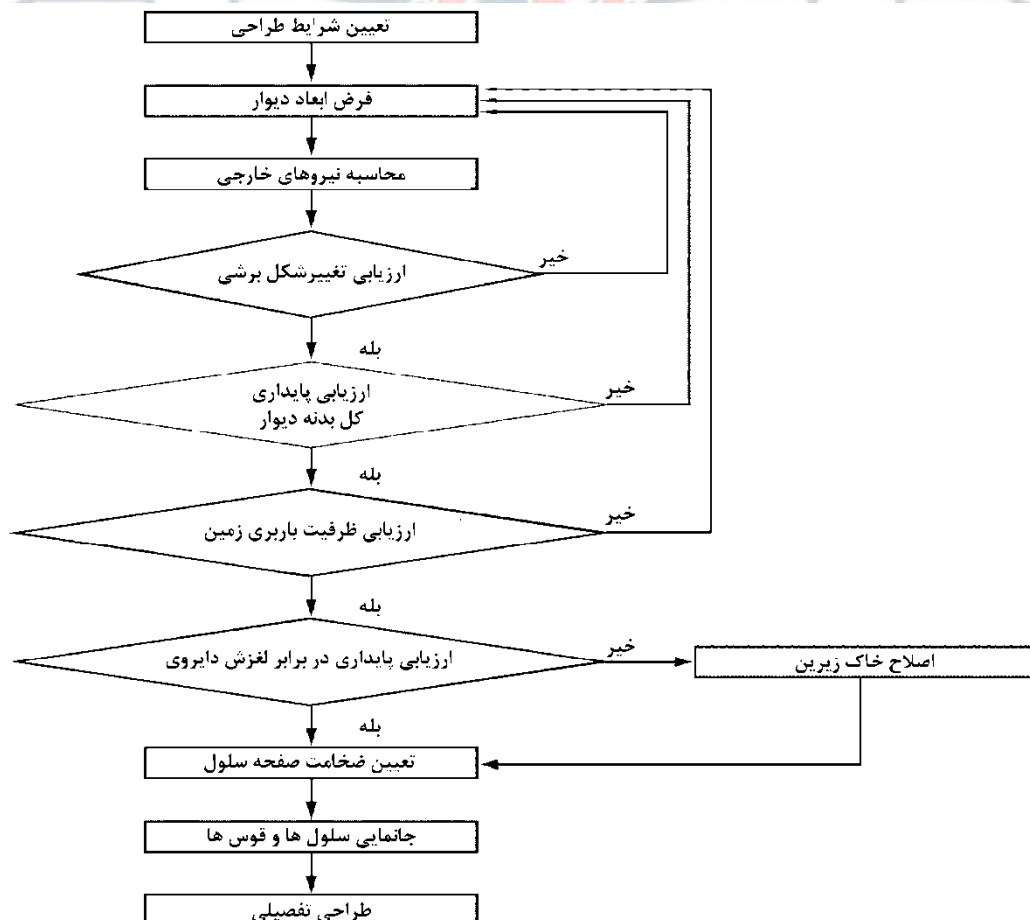
۸-۲- اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی نوع درجا

۸-۲-۱- اصول طراحی

مطالب این بخش باید برای طراحی اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی فاقد مقطع مدفون استفاده شود.

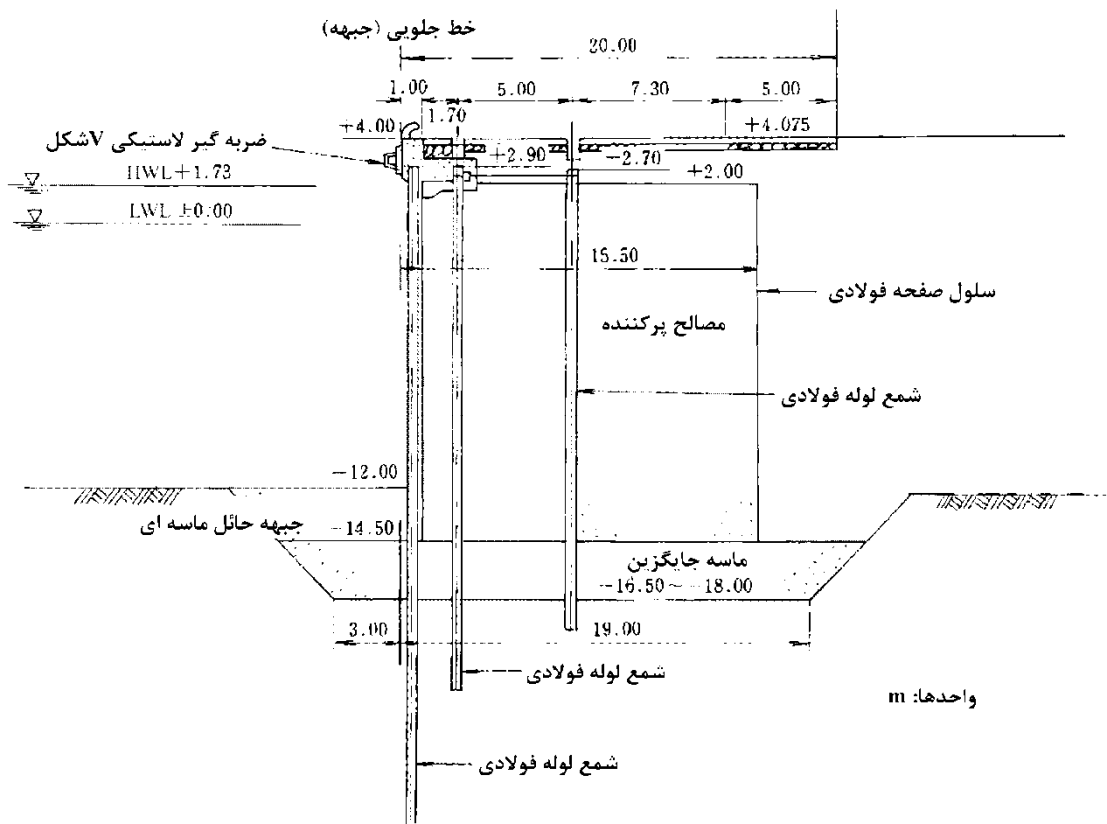
نکات فنی

۱) طراحی اسکله دیواری سلولی فولادی نوع درجا معمولاً براساس مراحل نشان داده شده در شکل ۸-۲-۱ صورت می گیرد.



شکل ۸-۲-۱- مراحل طراحی اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی نوع درجا

(۲) شکل ۸-۲-۲ نمونه ای از اسکله دیواری سلولی فولادی نوع درجا را نشان می دهد.



شکل ۸-۲-۲- نمونه اسکله دیواری سلولی فولادی

(۳) در حالت کلی، الف) کنترل تغییر شکل دیوار فقط برای طراحی در شرایط عادی لازم است و ب) کنترل پایداری دیوار در برابر واژگونی، فقط برای طراحی لرزه ای ضروری می باشد.

(۴) برای مصالح پرکننده سلول و مصالح خاکریز پشتی آن باید از ماسه با کیفیت مناسب که خوب متراکم شده یا مصالحی که روانگرا نمی شود (مانند شن) استفاده شود تا از خطر روانگرایی هنگام وقوع زلزله جلوگیری به عمل آید.

۸-۲-۲- نیروهای خارجی وارد بر اسکله دیواری فولادی

نیروهای خارجی وارد بر اسکله دیواری سلولی فولادی باید مطابق بند ۷-۲- نیروهای خارجی وارد بر اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر فولادی باشد.

۸-۲-۳- کنترل عرض دیوار در برابر تغییر شکل برشی

کنترل تغییر شکل برشی بدنه دیوار باید برای بارهای وارده در شرایط عادی، صورت گیرد. عرض معادل دیوار برای بدنه دیوار باید طبق بند ۷-۳-۲- عرض معادل دیوار محاسبه شود و محاسبه لنگر تغییر شکل باید طبق بند ۷-۳-۳- محاسبه لنگر ایجاد تغییر شکل انجام پذیرد. لنگر مقاوم باید به طور مناسبی با در نظر گرفتن خصوصیات سازه ای سلول و تغییر شکل دیوار محاسبه شود.

تفسیر

منظور از عبارت «لنگر تغییر شکل» در بند فوق، لنگر حاصل در تراز کف دریا در اثر نیروهای خارجی وارد بر بدنه دیوار در بالای کف

دریا است که این نیروها شامل فشار خاک فعال و فشار آب باقی مانده می باشد.

نکات فنی

(۱) اصولاً ضریب اطمینان در برابر تغییر شکل برشی در شرایط عادی باید برابر با ۱/۲ یا بیشتر باشد (یعنی برای مناطقی که لرزه خیز نیست).

(۲) هنگامی که بدنه دیوار اجازه تغییر شکل نداشته باشد (یعنی هنگامی که جابه‌جایی افقی نوک سلول تقریباً کمتر از ۰/۵٪ از ارتفاع سلول است) لنگر مقاوم در برابر تغییر شکل با استفاده از روابط ۸-۲-۱ و ۸-۲-۲ محاسبه می شود.

$$M_{rd} = \frac{1}{6} \gamma_0 H_d'^3 R_d \quad (۸-۲-۱)$$

$$R_d = v_d^2 (3 - v_D \cos \phi) \sin \phi \quad (۸-۲-۲)$$

که در آن:

M_{rd} : لنگر مقاوم در برابر تغییر شکل دیواره سلولی فولادی ($kN.m/m$)

H_d' : ارتفاع معادل دیوار که برای کنترل تغییر شکل سلول استفاده می شود (m).

R_D : ضریب مقاومت (در برابر) تغییر شکل

γ_0 : وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده سلول (kN/m^3)

v_d : نسبت عرض دیوار به ارتفاع دیوار معادل که در محاسبه لنگر مقاوم استفاده می شود، $v_d = B/H_d'$

B : عرض معادل دیوار (m)

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی مصالح پرکننده سلول (درجه)

(۳) در محاسبه لنگر مقاوم، ارتفاع معادل دیوار، H_d' با استفاده از رابطه ۸-۲-۳ محاسبه می شود. H_d' بخشی از ارتفاع است که بالاتر از کف دریا قرار گرفته باشد.

$$H_d' = \frac{1}{\gamma_0} \sum \gamma_i h_i \quad (۸-۲-۳)$$

که در آن:

γ_i : وزن مخصوص i -امین لایه مصالح پرکننده سلول (kN/m^3)

h_i : ضخامت i -امین لایه (از کف دریا تا بالای دیوار) (m)

γ_0 : وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده سلول (kN/m^3) که معمولاً $\gamma_0 = 10 kN/m^3$ است.

در محاسبه ارتفاع معادل دیوار H_d' ممکن است همانطور که در بند ۷-۳-۴ - محاسبه لنگر مقاوم ذکر شد، از سربار صرف نظر شود.

(۴) اگر بتوان مصالح پرکننده سلول را یکنواخت در نظر گرفت، ارتفاع H_d دیوار ساحلی که بالای کف دریا قرار گرفته است را می توان به جای ارتفاع معادل دیوار H_d' در رابطه ۸-۲-۱ استفاده نمود.

۸-۲-۴- کنترل پایداری کل بدنه دیوار

بررسی پایداری بدنه دیوار به عنوان یک جسم یکپارچه در برابر لغزش باید طبق بند ۴-۳-۲ - بررسی لغزش دیوار صورت گیرد. در محاسباتی که برای بررسی پایداری سلول فولادی در برابر واژگونی صورت می گیرد، باید پایداری سلول در برابر نیروهای

خارجی وارد بر بخش بالاتر از کف دیوار بررسی شود که این نیروها شامل فشار خاک، فشار آب باقیمانده و نیروهای زلزله می شود.

نکات فنی

- (۱) ضریب اطمینان در برابر واژگونی برای شرایط فوق العاده باید ۱/۱ یا بیشتر در نظر گرفته شود.
 (۲) لنگر مقاوم سلول فولادی در برابر واژگونی، با استفاده از روابط (۴-۲-۸) و (۵-۲-۸) محاسبه می شود.

$$M_{ro} = \frac{1}{6} \gamma_0 H'^3 R_t \quad (۴-۲-۸)$$

$$R_t = v'^2 (3 - v' \cos \phi) \sin \phi + 3(\alpha^2 - \beta^2) + 6v\beta \quad (۵-۲-۸)$$

که در آن:

M_{ro} : لنگر مقاوم سلول فولادی در برابر واژگونی ($kN.m/m$)

$$\alpha = K_a \tan \delta$$

$$\beta = K_a \tan \delta + \frac{v'}{2} (4 - v' \cos \phi) \tan \phi \tan \delta$$

$$v' = v - (\alpha + \beta)$$

H' : ارتفاع معادل سلول برای به دست آوردن لنگر مقاوم در برابر واژگونی (m)

R_t : ضریب مقاومت در برابر واژگونی

v : نسبت عرض دیوار به ارتفاع دیوار معادل برای سلول $v = B/H'$

B : عرض معادل سلول (m)

δ : زاویه اصطکاک دیوار با مصالح پرکننده سلول (درجه)، معمولاً از $\delta = 15^\circ$ استفاده می شود.

K_a : ضریب فشار محرک خاک برای مصالح پرکننده سلول

برای آشنایی با سایر پارامترها به توضیحات مربوط به روابط ۱-۲-۸ و ۲-۲-۸ مراجعه شود.

(۳) ارتفاع معادل دیوار H' که برای محاسبه لنگر مقاوم در برابر واژگونی استفاده می شود باید از رابطه ۶-۲-۸ محاسبه گردد.

$$H' = \frac{1}{\gamma_0} \sum \gamma_i h_i \quad (۶-۲-۸)$$

که در آن:

γ_i : وزن مخصوص i -امین لایه مصالح پرکننده سلول (kN/m^3)

h_i : ضخامت i -امین لایه (از کف دریا تا بالای دیوار) (m)

(۴) از آنجا که رابطه محاسبه ضریب مقاومت در برابر واژگونی R_t پیچیده است، رابطه بین R_t ، ϕ و v در نمودار شکل ۳-۲-۸ ارائه شده که در آن δ برابر با ۱۵ درجه فرض شده است.

(۵) در حالت کلی، مصالح داخل سلول فولادی که به عنوان یک دیوار ساحلی به کار رفته است، یکنواخت نیست، زیرا بخش عمده چنین مصالحی پایین تر از سطح آب واقع شده است و بنابراین در معرض غوطه‌وری قرار دارد. در نتیجه ارتفاع معادل دیوار که در اینجا استفاده شده همان ارتفاعی است که در محاسبه لنگر مقاوم سلول سپری فولادی در برابر تغییر شکل به کار می رود.

اگر بتوان مصالح پرکننده سلول را یکنواخت در نظر گرفت، ارتفاع کل دیوار سلول H را می توان به جای ارتفاع معادل دیوار H' در

رابطه ۴-۲-۸ به کار برد. از شکل ۳-۲-۸ نیز در این محاسبه می‌توان استفاده کرد.
 (۶) لنگر واژگونی، لنگری است که در پائین سلول، در اثر نیروهای خارجی وارد بر بخش بالاتر از کف آن به وجود می‌آید. ارتفاع معادل دیوار سلول H' که در محاسبه لنگر مقاوم استفاده شده است باید ارتفاعی بالای کف سلول باشد.

۸-۲-۵- بررسی ظرفیت باربری زمین

حداکثر نیروی عکس العمل خاک زیرین که در پنجه جلویی سلول ایجاد می‌شود. باید با در نظر گرفتن اثر مصالح پرکننده سلول بر دیوار جلویی سلول، محاسبه شود.

نکات فنی

(۱) حداکثر نیروی عکس العمل خاک زیرین که در پنجه جلویی سلول ایجاد شده است باید توسط رابطه ۷-۲-۸ کنترل شود.

$$V_t = \frac{1}{2} \gamma H^2 \tan^2 \phi \quad (7-2-8)$$

که در آن:

V_t : حداکثر نیروی عکس العمل ایجاد شده در پنجه جلویی سلول (kN/m)

γ : وزن مخصوص مصالح پرکننده سلول (kN/m^3)

H : ارتفاع کل دیوار سلول (m)

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی مصالح پرکننده سلول (درجه)

رابطه ۷-۲-۸ در واقع بیانگر وزن بخشی از مصالح پرکننده سلول است که بر دیوار جلویی سوار می‌باشد، البته با این فرض که حاصل ضرب ضریب فشار خاک مصالح پرکننده سلول و ضریب اصطکاک دیوار برابر با $\tan^2 \phi$ باشد. اگر مصالح پرکننده سلول یکنواخت نباشد، می‌توان محاسبه را با روشی مشابه آنچه برای محاسبه فشار خاک استفاده می‌شود، انجام داد.

(۲) ارتفاع دیوار H معمولاً باید معادل ارتفاعی در نظر گرفته شود که بالای کف دیوار است. اگر چه در حالتی که سازه مستقر روی سلول توسط شالوده‌ای از شمع‌ها نگه داشته شده است، این ارتفاع را می‌توان برابر ارتفاع از کف عرشه بالای کف دیوار در نظر گرفت.

(۳) رابطه ۷-۲-۸ نیروی عکس العمل پنجه جلویی سلول را در حالتی که لنگر واژگونی تقریباً برابر با لنگر مقاوم در برابر واژگونی از رابطه ۴-۲-۸ است نشان می‌دهد. بدون بروز واژگونی، نیروی عکس العمل کوچکتر از مقدار به دست آمده از رابطه ۷-۲-۸ است. براساس یک مدل آزمایشگاهی، حداکثر نیروی عکس العمل پاشنه جلویی V_t تقریباً با لنگر واژگونی متناسب است و بنابراین نیروی عکس العمل در صورت عدم واژگونی باید با استفاده از رابطه ۸-۲-۸ محاسبه شود.

$$V = V_t (M/M_{ro}) \quad (8-2-8)$$

که در آن:

V : نیروی عکس العمل پنجه جلویی سلول متناظر با لنگر واژگونی M (kN/m)

M : لنگر واژگونی ($kN.m/m$)

M_{ro} : لنگر مقاوم در برابر واژگونی ($kN.m/m$)

در نتیجه، در نظر گرفتن شعاع بزرگتر برای سلول با افزایش لنگر مقاوم M_{ro} و کاهش نیروی عکس العمل پنجه جلویی V ، باعث ایمنی بیشتر سلول در برابر واژگونی می‌شود.

۴) بررسی ظرفیت باربری زمین باید براساس بخش ۵، فصل ۲- ظرفیت باربری پی‌های سطحی محاسبه شود.

۸-۲-۶- بررسی پایداری شیب در برابر لغزش دایروی

بررسی پایداری دیوار در برابر لغزش دایروی باید طبق بند ۷-۸- بررسی پایداری شیب در برابر لغزش دایروی انجام شود.

۸-۲-۷- تعیین ضخامت صفحه فولادی پوسته سلول

ضخامت صفحه فولادی پوسته سلول، باید به طور مناسب با محاسبه حداکثر کشش افقی وارد بر پوسته سلول تعیین شود.

نکات فنی

۱) حداکثر کشش افقی وارد بر پوسته سلول باید با استفاده از رابطه ۸-۲-۹ محاسبه شود.

$$T = [\gamma_0 H'_d + q] \tan \phi + \gamma_w h_w R \quad (8-2-9)$$

که در آن:

T : کشش افقی (kN/m)

R : شعاع سلول (m)

H'_d : ارتفاع معادل دیوار بالای سطح کف دریا (m) (براساس رابطه ۸-۲-۳)

h_w : اختلاف بین تراز آب در جلوی سلول و در داخل سلول (m)

γ_0 : وزن مخصوص معادل مصالح پرکننده سلول (kN/m^3)

γ_w : وزن مخصوص آب دریا (kN/m^3)

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی مصالح پرکننده سلول (درجه)

q : سربار (kN/m^3)

اگر مصالح پرکننده سلول یکنواخت باشد، H'_d ارتفاعی از سلول که بالای کف دریا است را می‌توان به جای ارتفاع H'_d استفاده نمود.

۲) ضخامت صفحه سلول باید به اندازه‌ای باشد که تنش ناشی از کشش رابطه ۸-۲-۹ برابر یا کمتر از تنش مجاز متناظر با

بخش ۳، بند ۲-۳- تنش‌های مجاز باشد. با در نظر گرفتن پدیده خوردگی و صلبیت پوسته سلول، حداقل ضخامت صفحه

سلول باید ۶ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۸-۲-۸- جانمایی سلول‌ها و قوس‌ها

جانمایی سلول‌ها و قوس‌ها باید براساس بند ۷-۹- جانمایی سلول‌ها و قوس‌ها تعیین شود.

۸-۲-۹- طراحی تفصیلی (جزئیات)

طراحی جزئیات اسکله دیواری سلولی فولادی نوع درجا باید براساس بند ۷-۱۲- طراحی تفصیلی (جزئیات) انجام شود.

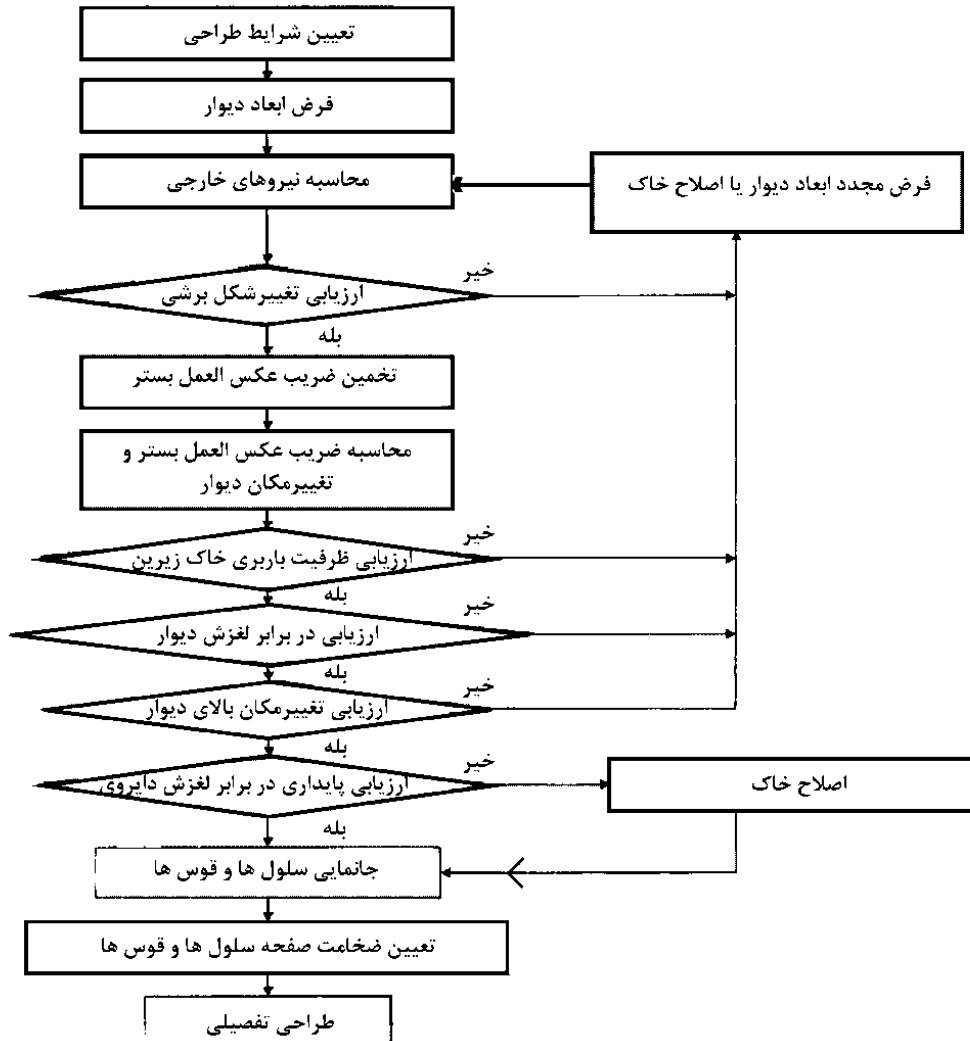
۸-۳- اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی نوع مدفون

۸-۳-۱- اصول طراحی

مطالب این بخش باید برای طراحی اسکله دیواری سلولی فولادی که دارای یک مقطع مدفون می‌باشد، استفاده شود.

نکات فنی

(۱) طراحی اسکله دیواری سلولی فولادی نوع مدفون براساس مراحل نشان داده شده در شکل ۸-۳-۱ صورت می‌گیرد.



شکل ۸-۳-۱- مراحل طراحی اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی مدفون

(۲) سازه سلولی فولادی نوع مدفون، سازه ای است که پایداری آن با دفن پوسته سلول صفحه فولادی در خاک ماسه ای زیرین، افزایش داده شده است. روش طراحی که در این بخش شرح داده می شود، بر مبنای نتایج مدل آزمایشگاهی پوسته سلول فولادی کوبیده شده در خاک ماسه ای می باشد و برای آن نوع از سازه‌های سلولی فولادی مدفون که عمق مدفون آنها حدود یک هشتم ارتفاع دیوار یا بیشتر باشد، قابل استفاده است. در مواردی که الف) خاک زیرین سخت بوده و ایجاد عمق مدفون به اندازه یک هشتم ارتفاع دیوار یا بیشتر امکان پذیر نباشد، ب) نسبت عرض دیوار معادل به به ارتفاع دیوار، به طور قابل ملاحظه ای با نسبت متعارف برای سلول های معمولی که حدود ۰/۵ تا ۲ است، اختلاف داشته باشد و یا ج) سازه در حال اجرا بر روی خاک رسی یا خاک بهسازی شده توسط شمع های تراکم ماسه و غیره می باشد، باید علاوه بر روش طراحی که اینجا شرح داده شده، کنترل های بیشتری نیز انجام گیرد، چرا که ممکن است این موارد مشکلات غیر قابل حلی را در برداشته باشد.

(۳) شکل ۸-۳-۲ نمونه ای از یک اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی مدفون را نشان می دهد.

۸-۳-۱۰- تعیین ضخامت صفحه برای پوسته سلول و مقطع قوس

حداکثر تنش کششی افقی ایجاد شده در مقاطع پوسته سلول و قوس نباید بیشتر از تنش مجاز باشد.

نکات فنی

(۱) حداکثر تنش کششی افقی ایجاد شده در پوسته سلول و مقطع قوس با استفاده از رابطه ۸-۳-۱ محاسبه می‌شود.

$$\sigma = T/t \quad (۸-۳-۱)$$

که در آن:

σ : حداکثر تنش کششی افقی ایجاد شده در پوسته سلول و مقطع قوس (kN/mm^2)

t : ضخامت صفحه پوسته سلول و مقطع قوس (mm)

T : حداکثر کشش افقی وارد بر پوسته سلول یا مقطع قوس، تحت شرایط عادی (kN/mm^2)

پوسته سلول علاوه بر تنش کششی افقی ناشی از مصالح پرکننده سلول در معرض تنش قائم و تنش برشی نیز قرار دارد. اما براساس نتایج مدل آزمایشگاهی و اندازه‌گیری میدانی، در میان تنش‌های ایجاد شده در پوسته سلول، تنش کششی افقی غالب بوده و بنابراین، لازم است که بررسی مقاومت فقط در برابر کشش افقی انجام گیرد.

(۲) حداکثر کشش افقی وارد بر پوسته سلول و مقطع قوس باید طبق بند ۸-۲-۷- تعیین ضخامت صفحه فولادی پوسته سلول محاسبه شود.

(۳) رابطه ۸-۳-۲ به عنوان روشی برای تعیین ضخامت صفحه سلول در برابر تنش ایجاد شده در طول کوبیدن پوسته سلول، پیشنهاد شده و این رابطه براساس نتایج آزمایش کمانش سلول استوانه‌ای و اطلاعات مربوط به اجزای قبلی، به دست آمده است.

$$t \geq 0.032(R\bar{N}D'/E)^{0.5} \quad (۸-۳-۲)$$

که در آن:

t : ضخامت صفحه پوسته سلول (mm)

E : ضریب ارتجاعی مصالح فولادی (kN/mm^2)

R : شعاع پوسته سلول (cm)

\bar{N} : مقدار میانگین N برای خاکی که پوسته سلول در آن کوبیده می‌شود

D' : عمق کوبش پوسته سلول (cm)

مطلوب خواهد بود که ضخامت صفحه بیشتر از حدود ۸ میلی‌متر در نظر گرفته شود، زیرا ۸ میلی‌متر حداقل ضخامت است که ایمنی آن براساس تجربیات اجرا در گذشته اثبات شده است.

۸-۳-۱۱- اتصالات و سخت‌کننده‌ها

اتصالات بین پوسته سلول و مقطع قوس باید از نظر سازه‌ای در برابر حداکثر کشش افقی وارد بر قوس، ایمن باشد. همچنین این اتصالات باید از نظر سازه‌ای در برابر تنش‌های ایجاد شده در طول ساخت، حمل و نقل و نصب ایمن باشد.

۸-۳-۱۲- طراحی تفصیلی (جزئیات)

جزئیات اسکله دیواری سولوی فولادی نوع مدفون باید طبق بند ۷-۱۲- طراحی تفصیلی (جزئیات) طراحی شود.

فصل ۹- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم

۹-۱- اصول طراحی

- (۱) مطالب این فصل باید برای طراحی اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم استفاده شود.
- (۲) اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم باید برای تامین عملکرد مناسب در برابر نیروهای ناشی از پهلوگیری و مهاری کشتی، زلزله و غیره طراحی شود.

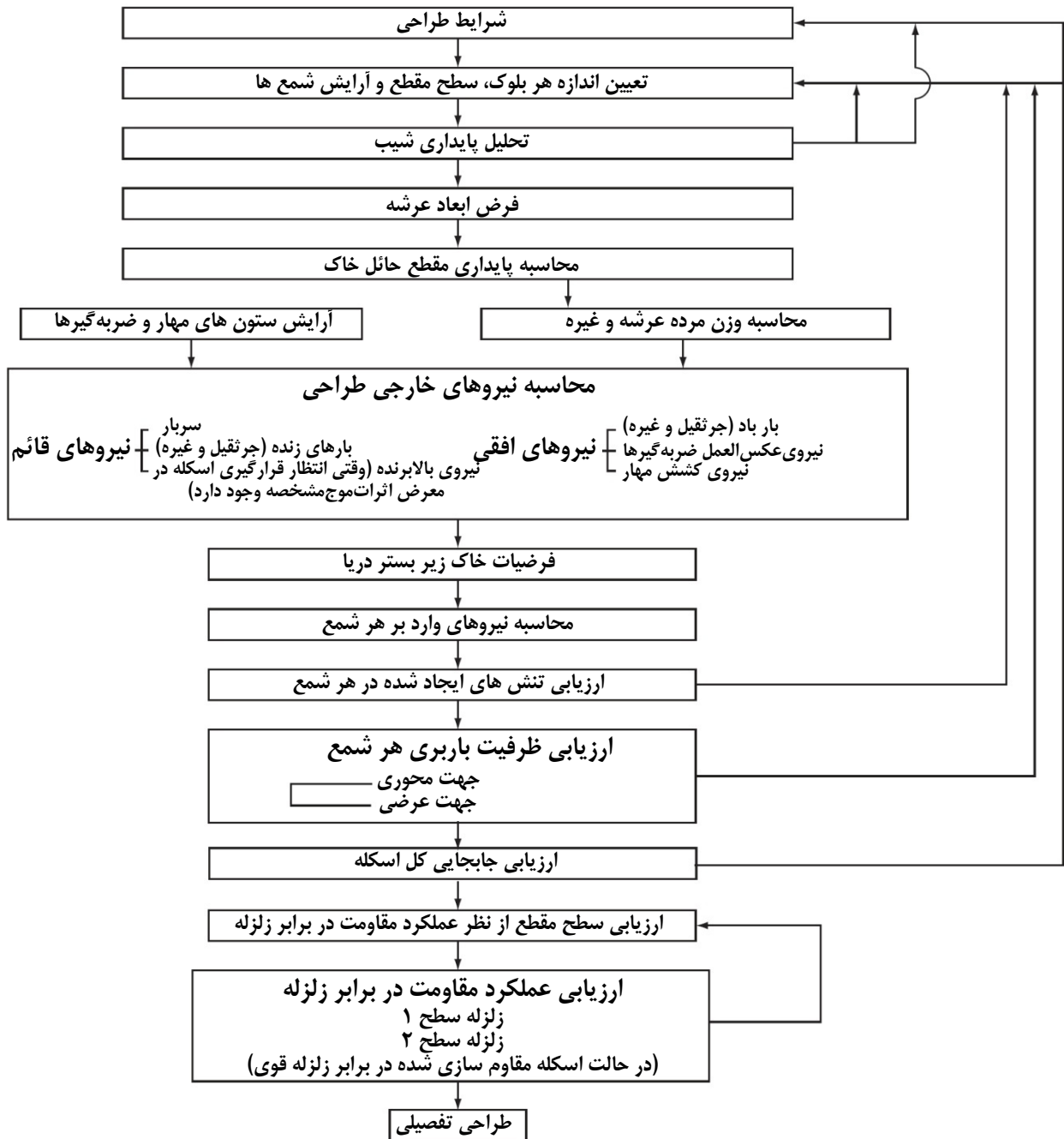
تفسیر

- (۱) مطالب این فصل اساساً برای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم یا شمع های فولادی شکل دار به کار می رود و همچنین قابل استفاده برای سازه مشابه با ویژگی های دینامیکی یکسان نیز می باشد.
- (۲) اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم باید براساس روش مشروح در این فصل طراحی شود. بررسی خصوصیات کلی مقاومت لرزه ای این سازه به استثنای مواردی که در این فصل شرح داده شده است، باید بر اساس **بخش ۲، فصل ۱۲- زلزله و نیروهای لرزه ای** انجام شود.

- (۳) در طراحی اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم، لازم است که رفتار دینامیکی آن هنگام یک زلزله مورد ملاحظه قرار گیرد، چرا که در حالت کلی این سازه از دیگر انواع سازه از جمله نوع وزنی، انعطاف پذیرتر می باشد. بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله باید با در نظر گرفتن رفتار دینامیکی سازه بر اساس بند **۹-۶- بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله** انجام شود.

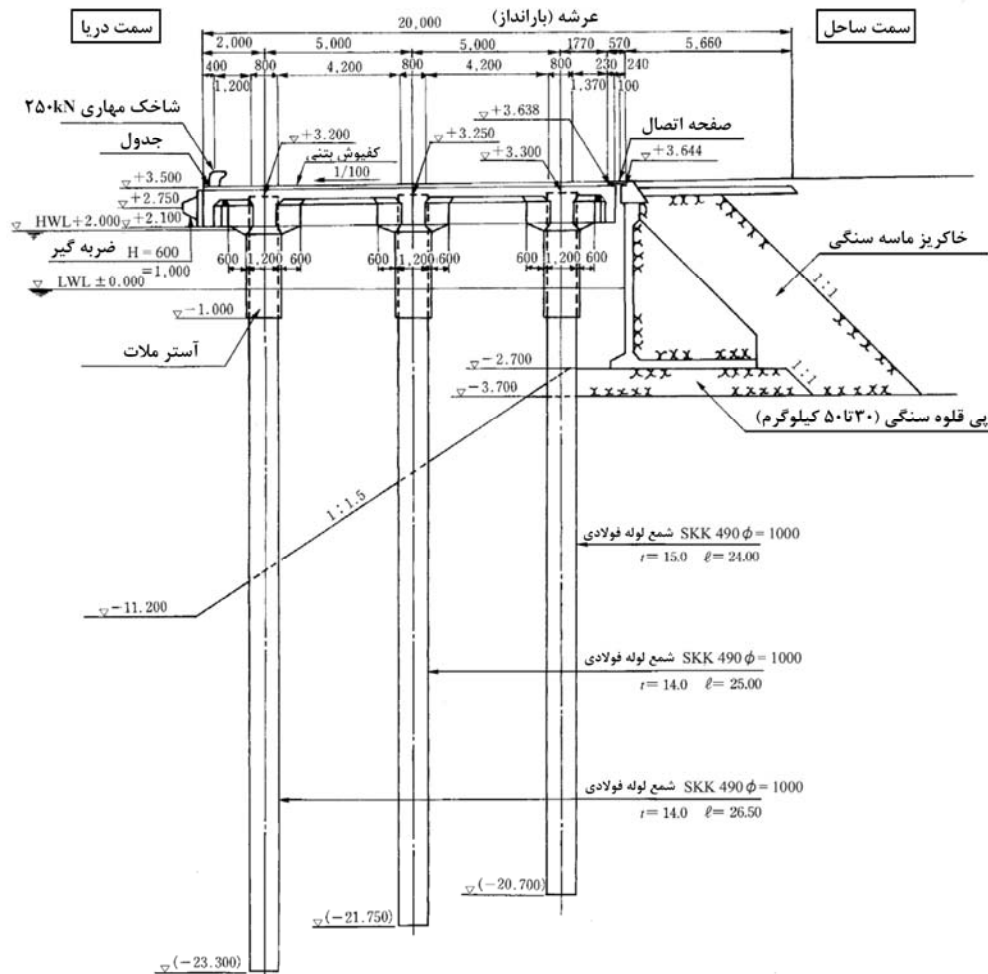
نکات فنی

- (۱) طراحی اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم معمولاً باید طبق مراحل نشان داده شده در شکل ۹-۱-۱ صورت گیرد. در طراحی کلی نشان داده شده در شکل مذکور، الف) در ابتدا یک سطح مقطع از اسکله شمع و عرشه موازی ساحل برای تحمل نیروهای غیر لرزه ای طراحی می شود، ب) سطح مقطع در برابر نیروی زلزله ارزیابی می شود، ج) اگر عملکرد مقاومت در برابر زلزله برای سطح مقطع رضایت بخش باشد، طراحی وارد مرحله جزئیات می شود و در غیر این صورت باید سطح مقطع اصلاح و مجدداً کنترل شود. به عبارت دیگر، در نخستین گام از مراحل طراحی، شمع های لوله ای فولادی برای نیروهای غیر لرزه ای و بر اساس روش تنش مجاز طراحی شده و در مرحله دوم از روش طراحی ظرفیت باربری نیروهای لرزه ای استفاده و در این مرحله فرض می شود تغییر شکل شمع های لوله ای فولادی در طول یک زلزله برای جذب انرژی لرزه ای، وارد مرحله پلاستیک می شود.
- (۲) اصولاً، «شرط عملکرد» باید به این مفهوم باشد که، الف) تنش تولید شده در شمع لوله ای فولادی باید کم تر از تنش مجاز در برابر نیروهای غیر لرزه ای باشد و ب) اینکه نشست، سطح خرابی و غیره در محدوده مقادیر مجاز تعریف شده براساس اهمیت تاسیسات یا دیگر معیارهای مرتبط با نیروی زلزله، قابل قبول باشد. ظرفیت باربری شمع و پایداری کلی سازه را نیز می توان به عنوان معیار شرط عملکرد استفاده نمود.
- (۳) شکل ۹-۱-۲ نمونه ای از اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم را نشان می دهد. همان طور که در شکل نشان داده شده است، یک اسکله شمع و عرشه به طور کلی دارای یک مقطع با تکیه گاه های به صورت شمع و یک مقطع حائل خاک می باشد.



شکل ۹-۱-۱- مراحل کلی طراحی اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های قائم

۴) اگر قرار باشد این نوع اسکله روی زمینی ساخته شود که انتظار می‌رود تحکیم و تراکم خاک در آن اتفاق بیافتد، بهتر است که مقطع حائل خاک از مقطع تکیه گاه شمعی جدا شود، چرا که معمولاً مقطع حائل خاک بیش از مقطع با تکیه گاه شمعی نشست می‌کند. توصیه می‌شود در طراحی و یا مراحل اجرایی کار، ملاحظات محتاطانه‌ای در نظر گرفته شود، چرا که ممکن است نشست ناشی از لایروبی یا حرکت جانبی خاک زیرین در کل یا بخشی از مقطع تکیه گاه شمعی به علت نشست مقطع خاکریز یا حائل خاک اتفاق بیافتد، حتی اگر مقطع تکیه گاه شمعی از مقطع خاکریز جدا شده باشد.



شکل ۹-۱-۲- نمونه ای از اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم

۵) در زلزله ها، مقاطع تکیه گاه شمعی به علت روانگرایی پی خود و یا زمین مجاور پوشش حفاظتی حائل خاک، خسارت دیده اند. آسیب کلی عبارت از الف) کمانش شمع های لوله ای فولادی واقع در نزدیکی مرزهای میان لایه های مختلف خاک به علت روانگرایی زمین و ب) کمانش نوک شمع لوله ای فولادی و یا ترک خوردگی سر شمع، در اثر نیروهای ایجاد شده در هنگام حرکت سنگ چین پوششی به سمت دریا، بوده است. از آن که هنوز روشی برای چگونگی لحاظ این پدیده ها در طراحی، ارائه نشده است، در بند ۴ تفسیر این قسمت چنین ذکر شده که باید تمهیدات کافی برای پیشگیری از وقوع چنین پدیده هایی در نظر گرفته شود.

با وجود اینکه جلوگیری کامل از بروز تغییر شکل زمین در حین وقوع زلزله دشوار است، اما مطلوب خواهد بود که تغییر شکل مورد انتظار زمین و تاثیر این تغییر شکل بر تاسیسات از قبل و از طریق تحلیل عددی یا روش مناسب دیگری برای تاسیسات مهم بررسی شود.

۶) اگر قرار باشد تجهیزات جابجایی بار مانند جرثقیل کانتینری بر روی یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم نصب شود، بهتر است که این وسایل به گونه ای نصب شود که همه پایه های آن یا فقط روی مقطع تکیه گاه شمعی یا فقط روی مقطع حائل خاک واقع شوند. برای مثال، اگر یکی از پایه های این تجهیزات روی مقطع تکیه گاه شمعی و پایه دیگر بر روی مقطع حائل خاک قرار گیرد، تجهیزات مورد نظر به علت تفاوت خصوصیات واکنش دو مقطع، تحت تاثیرات نامطلوبی مانند نشست ناهمگن و حرکات لرزه ای غیر هم فاز قرار خواهد گرفت. اگر استقرار یک پایه از تجهیزات حمل بار بر روی مقطع تکیه گاه شمعی و قرار دادن

پایه دیگر بر مقطع حائل خاک، اجتناب ناپذیر باشد، توصیه می‌شود که تدابیر لازم در پی‌سازی (از جمله طراحی پی شمعی) برای جلوگیری از نشست ناهمگن در اثر نشست پایه‌های سمت ساحل تجهیزات حمل بار اندیشیده شود. در این حالت، معمولاً پایه ثابت تجهیزات حمل بار (مانند جرثقیل متحرک) بر روی مقطع تکیه‌گاه شمعی قرار داده نمی‌شود.

۷) اگر قرار باشد تجهیزات جابجایی بار مانند جرثقیل کانتینری بر روی یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های قائم نصب شود، توصیه می‌گردد که تحلیل پاسخ لرزه‌ای با در نظر گرفتن ارتعاش ترکیب تجهیزات حمل بار با مقطع تکیه‌گاه شمعی انجام شود، زیرا خصوصیات لرزه‌ای مقطع تکیه‌گاه شمعی درحین یک زلزله ممکن است متناسب با نسبت جرم و نسبت پریرود طبیعی بین تجهیزات جابجایی بار و مقطع تکیه‌گاه شمعی، به‌طور قابل توجهی تغییر کند. برای جزئیات بیشتر به **بخش ۹، بند ۲-۴-تاسیسات جابجایی کالا** مراجعه شود.

۸) توصیه می‌شود که محاسبه لنگر خمشی شمع‌ها در هر دو جهت موازی و عمود بر محور طولی اسکله انجام شود.
۹) چنانچه ارزیابی تاثیر چرخش بلوک عرشه در محاسبه نیروهای وارد بر شمع ضروری باشد، باید این موضوع در محاسبات طراحی لحاظ گردد.

۱۰) در مناطقی که برخورد موج شدید انتظار رود، توصیه می‌شود که ویژگی‌های مقاومتی زیر در برابر نیروهای بالابرنده وارد بر عرشه و پل دسترسی بررسی شود:

الف) پایداری پل دسترسی در برابر نیروی بالابرنده و مقاومت کششی شمع

ب) مقاومت اعضای عرشه و پل دسترسی در برابر نیروی بالابرنده

برای ملاحظه جزئیات درباره نیروی بالابرنده ناشی از امواج به **بخش ۲، بند ۵-۵-۱-نیروی بالابرنده وارد بر صفحه افقی نزدیک تراز آب ساکن** مراجعه شود.

۹-۲-۲-۹- جانمایی و ابعاد

۹-۲-۱- اندازه بلوک عرشه و جانمایی شمع‌ها

اندازه بلوک عرشه و فواصل بین شمع‌ها و ردیف شمع‌ها، باید با توجه به موارد زیر تعیین شود:

۱) عرض محوطه بارگیری

۲) موقعیت انبارهای اسکله

۳) زمین بستر دریا (مخصوصاً پایداری شیروانی)

۴) سنگچین‌های موجود (پوشش حفاظتی)

۵) موارد مربوط به عملیات اجرایی مانند ظرفیت بتن ریزی

۶) بارهای استاتیکی و بارهای زنده (مخصوصاً اندازه جرثقیل)

۹-۲-۲-۹- ابعاد عرشه

ابعاد عرشه مستقر بر مقطع تکیه‌گاه شمعی باید با ملاحظه موارد زیر تعیین شود.

۱) فواصل بین شمع‌ها و ردیف شمع‌ها و شکل و ابعاد شمع‌ها

۲) بارهای استاتیکی و بارهای زنده

(۳) تراز جزر و مد

(۴) سهولت عملیات قالب بندی

(۵) شرایط زمین

(۶) چیدمان مهاربند ها

(۷) چیدمان، شکل و ابعاد ضربه گیرها (فندر ها)

۹-۲-۳- چیدمان ضربه گیرها و مهاربندها

ضربه گیرها و مهاربند ها باید طوری چیده شوند که اعمال نیروهای خارجی با خروج از مرکز، به یک بلوک منفرد عرشه تا حد امکان حداقل باشد.

۹-۳- نیروهای خارجی اعمال شده بر اسکله شمع و عرشه موازی ساحل**۹-۳-۱- نیروهای خارجی طراحی**

(۱) نیروهای خارجی اصلی وارد بر مقطع تکیه گاه شمعی مربوط به یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل به شرح ارائه شده در جدول ۹-۳-۱ می باشد.

جدول ۹-۳-۱- نیروهای خارجی طراحی

نیروهای قائم	نیروهای افقی
وزن مرده عرشه	نیروهای زلزله وارد بر عرشه
بارهای استاتیکی	نیروهای زلزله وارد بر بارهای استاتیکی
بارهای زنده	نیروهای زلزله وارد بر بارهای زنده
بار قطار	نیروی باد وارد بر بارهای زنده
بار خودرو	نیروی عکس العمل ضربه گیر
بار تجهیزات حمل بار	نیروی کششی مهار شناور
بار زنده پیاده رو	
نیروی کششی مهار شناور	
نیروی بالابرنده	

(۲) نیروهای زلزله وارد بر عرشه، بارهای استاتیکی و بارهای زنده، باید در بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله مقطع تکیه گاه شمعی لحاظ شوند.

(۳) نیروهای خارجی وارد بر مقطع حائل خاک باید بر اساس نوع ساختار خود و با در نظر گرفتن نیروهای مرتبط که در فصل های این قسمت شرح داده شده است تعیین و سپس نیروی عکس العمل پل دسترسی به آنها افزوده شود.

نکات فنی

(۱) از بین نیروهای خارجی که در جدول ۹-۳-۱ ارائه شده است، معمولاً نیروی زلزله، بار باد و نیروی کششی مهار شناور باید به عنوان نیروهای تحت شرایط فوق العاده در نظر گرفته شود.

(۲) معمولاً وزن مرده عرشه و نیروهای زلزله وارد بر عرشه که در جدول ارائه شده است، به ترتیب وزن مرده شمع ها و نیروهای لرزه ای

وارد بر شمع‌ها را نیز شامل می‌شود.

۳) بارهای استاتیکی باید طبق **بخش ۲، بند ۱۵-۳-بار ایستا** تعیین شود. معمولاً نیروهای لرزه‌ای ناشی از بارهای استاتیکی، وارد بر سطح بالایی دال عرشه در نظر گرفته می‌شوند. اما اگر مرکز ثقل بارهای استاتیکی در یک تراز نسبتاً بالا واقع شده باشد، این نکته مهم است که ارتفاع مرکز ثقل به عنوان نقطه اعمال نیروی افقی در نظر گرفته شود.

۴) بارهای زنده را باید طبق **بخش ۲، بند ۱۵-۴-بار زنده** تعیین نمود. نیروی لرزه‌ای ناشی از جرثقیل ریلی باید از ضرب وزن مرده آن در ضریب لرزه‌ای محاسبه شود و می‌توان این نیرو را از چرخ‌ها به مقطع تکیه‌گاه شمعی، قابل انتقال در نظر گرفت (به بند ۹-۱-**اصول طراحی، نکات فنی بند ۷** مراجعه شود). بار باد وارد بر جرثقیل و غیره باید طبق **بخش ۲، بند ۳-۳-فشار باد** محاسبه شود.

۵) نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر معمولاً باید طبق بند ۱۹-۴-**سیستم ضربه‌گیر** با استفاده از نیروهای خارجی به دست آمده بر اساس **بخش ۲، بند ۲-۲-۲-پهلویی و بخش ۲، بند ۲-۲-۳-شناورهای مهار شده** محاسبه شود و بسته به سرعت نزدیک شدن کشتی، باید نیروی عکس‌العمل را به عنوان یک بار تحت شرایط عادی یا فوق‌العاده در نظر گرفت. اگر سرعت نزدیک شدن یک شناور حمل‌کالای معمولی تقریباً 10 cm/s یا بیشتر فرض شود، می‌توان نیروی عکس‌العمل را به عنوان یک بار تحت شرایط فوق‌العاده در نظر گرفت. در سرعت‌هایی که کشتی‌ها اغلب پهلویی می‌کنند، توصیه می‌شود که نیروی عکس‌العمل به عنوان یک بار تحت شرایط عادی در نظر گرفته شود.

نیروی ضربه‌ای ناشی از حرکات نوسانی شناور در حال پهلویی باید بسته به شرایط آب و هوایی و دریایی محل، به عنوان یک بار تحت شرایط عادی یا فوق‌العاده در نظر گرفته شود. برای پهلویی معمولی، هنگامی که یک شناور در شرایط غیرعادی مانند طوفان پهلویی کرده است، این نیرو را می‌توان به عنوان یک بار تحت شرایط فوق‌العاده در نظر گرفت.

۶) نیروی کششی مهار شناور باید بر اساس **بخش ۲، بند ۲-۲-۴-نیروی کششی مهار وارد بر ستون‌های مهار و مهاربندها** محاسبه شود. در بسیاری از موارد یک مهاربنده بر روی یک بلوک عرشه نصب می‌شود.

۹-۳-۲- محاسبه نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر

محاسبه نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر را باید بر اساس **بخش ۲، بند ۲-۲-۲-نیروهای خارجی ایجاد شده توسط شناورها** انجام شود.

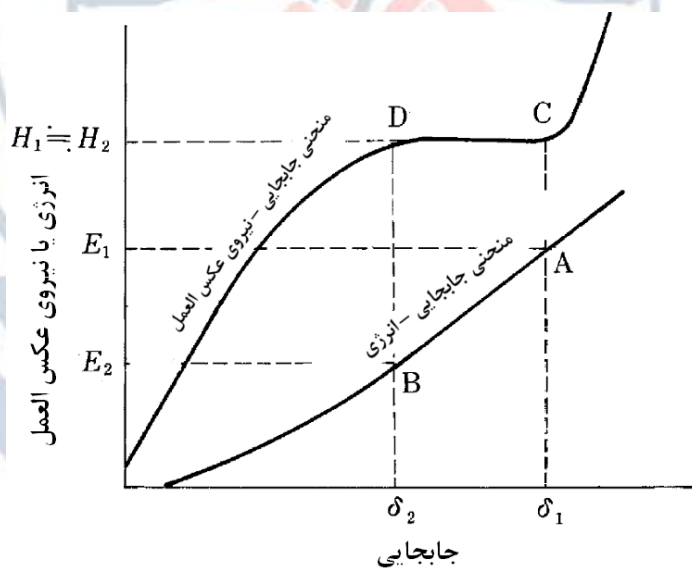
نکات فنی

۱) هنگامی که ضربه‌گیر لاستیکی به عنوان میراگر بر روی یک اسکله بزرگ عادی با بلوک‌های عرشه به طول ۲۰ تا ۳۰ متر نصب شده باشد، معمولاً دو ضربه‌گیر لاستیکی روی یک بلوک در نظر گرفته می‌شود و در بسیاری از موارد فواصل ضربه‌گیرها ۸ تا ۱۳ متر می‌باشد. در یک بررسی، رفتار پهلویی شناور در اندازه‌های مختلف با نصب ضربه‌گیرهای لاستیکی با طول ۱/۵ متر بر روی یک اسکله بزرگ عادی موازی ساحل مورد ارزیابی قرار گرفت و نشان داده شد که بهتر است محاسبه نیروی پهلویی بر اساس این فرض انجام گیرد که انرژی پهلویی شناور توسط یک ضربه‌گیر جذب می‌شود و بنابراین نیروی عکس‌العمل را هنگامی که از ضربه‌گیر لاستیکی به عنوان میراگر استفاده می‌شود می‌توان اصولاً بر اساس این فرض محاسبه نمود که انرژی پهلویی توسط یک ضربه‌گیر جذب می‌شود. با این حال، اگر ضربه‌گیرها به طور پیوسته در طول خط وجه اسکله قرار داده شده باشند، این موضوع

قابل اعمال نیست.

۲) انرژی پهلوگیری با جابجایی مقطع تکیه گاه شمعی نیز جذب می شود. اما معمولاً این انرژی در نظر گرفته نمی شود، چرا که در بسیاری از موارد انرژی جذب شده توسط مقطع تکیه گاه شمعی کم تر از ۱۰٪ از کل انرژی پهلوگیری می باشد.

۳) شکل ۹-۳-۱ نمونه ای از دو منحنی جابجایی- انرژی و منحنی جابجایی- نیروی عکس العمل، مربوط به یک ضربه گیر لاستیکی را نشان می دهد. اگر یک ضربه گیر، انرژی پهلوگیری E_1 را جذب کند، تغییر شکل مربوطه δ_1 برای ضربه گیر حاصل می شود. سپس با استفاده از منحنی دیگر، نیروی عکس العمل متناظر وارد بر اسکله برابر H_1 به دست می آید ($\delta_1 \rightarrow C \rightarrow H_1$). اما اگر ضربه گیرها خیلی نزدیک به یکدیگر قرار گرفته باشد و انرژی پهلوگیری توسط دو ضربه گیر جذب شود، در نتیجه انرژی پهلوگیری که بر یک ضربه گیر وارد می شود برابر $E_2 = \frac{E_1}{2}$ است که تغییر شکل متناظر δ_2 را برای ضربه گیر سبب می شود. همانطور که در شکل قابل مشاهده است ($\delta_2 \rightarrow C \rightarrow H_2$) نیروی عکس العمل وارد بر اسکله به خاطر ویژگی های ضربه گیر لاستیکی اکثراً مشابه نیرویی است که در حالت ضربه گیر واحد تولید می شود. بنابراین نیروی عکس العمل افقی وارد بر اسکله برابر $2H_2 = 2H_1$ خواهد شد، به این معنا که نیروی افقی مورد استفاده در طراحی دو برابر خواهد شد. بنابراین هنگام استفاده از ضربه گیرهایی که چنین ویژگی هایی دارند، مطلوب خواهد بود که برای این رفتار نیروی عکس العمل در طراحی و جانمایی ضربه گیرها ملاحظات دقیقی صورت گیرد.



شکل ۹-۳-۱- منحنی خصوصیات ضربه گیر لاستیکی

۹-۴- فرضیات مربوط به خاک بستر دریا

۹-۴-۱- تعیین زاویه شیب شیروانی

اگر قرار باشد یک سازه حائل خاک در پشت یک شیروانی در زیر عرشه اسکله شمع و عرشه موازی ساحل ساخته شود، سازه باید با ملاحظه پایداری شیروانی احداث شود.

نکات فنی

برای خاک نرم توصیه می شود که پایداری شیروانی در برابر یک لغزش دایروی نیز بررسی شود. البته یک شیروانی در زیر عرشه

اسکله شمع و عرشه، به ندرت شامل یک لایه رس نرم شده و معمولاً از لایه‌های خاک ماسه‌ای یا قلوه سنگ تشکیل می‌شود. هنگامی که قرار باشد یک سازه حائل خاک در مجاورت یک شیروانی ساخته شود، مطلوب خواهد بود که در ناحیه ای پشت یک شیروانی فرضی با کشیدن یک خط راست از پایین شیب شیروانی با زاویه α نسبت به خط افق که مقدار آن با رابطه ۹-۴-۱ ارائه می‌شود، قرار داده شود (شکل ۹-۴-۱).

$$\alpha = \phi - \varepsilon \quad (۹-۴-۱)$$

که در آن:

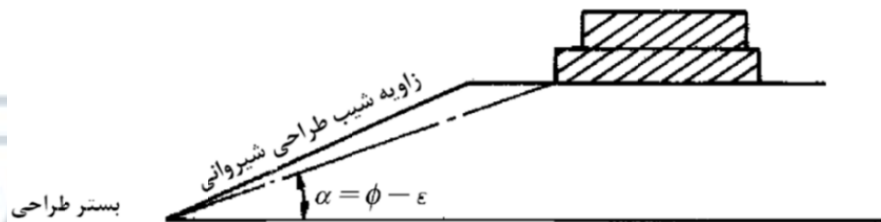
α : زاویه شیروانی فرضی نسبت به خط افق (درجه)

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی مصالح اصلی شیروانی موجود (درجه)

$$\varepsilon: \tan^{-1} k'_h$$

k'_h : ضریب لرزه ای افقی در آب

رابطه ۹-۴-۱ برای شیروانی سنگ بستر یا کلوخه سخت قابل اعمال نمی‌باشد.



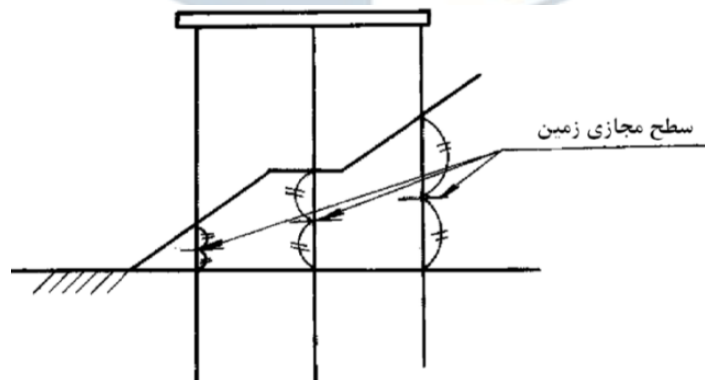
شکل ۹-۴-۱- موقعیت سازه حائل خاک پشت شیروانی

۹-۴-۲- سطح مجازی زمین

در محاسبه مقاومت جانبی و ظرفیت باربری شمع، باید یک سطح مجازی زمین در تراز مناسبی فرض شود.

نکات فنی

اگر شیب شیروانی به طور قابل ملاحظه ای تند باشد، سطح مجازی زمین مورد استفاده برای هر شمع در محاسبه مقاومت جانبی یا ظرفیت باربری را می‌توان در تراز مربوط به نصف فاصله قائم بین سطح شیروانی در محل محور شمع و کف دریا در جلوی شیروانی در نظر گرفت (شکل ۹-۴-۲).



شکل ۹-۴-۲- سطح مجازی زمین

۹-۵- طراحی شمع

۹-۵-۱- کلیات

برای محاسبه مقاومت جانبی، لنگر خمشی و نیروی محوری شمع ها و لنگر خمشی و نیروی برشی عرشه باید از یک روش مناسب که بر اساس ویژگی های سازه ای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم انتخاب شده، استفاده شود.

تفسیر

۱) شمع های استفاده شده برای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم معمولا به شکل گروه شمع چیده می شود و اتصال بین شمع ها و سر شمع ها اغلب به شکل اتصال صلب است. در چنین حالتی، تحلیل سازه ای مقطع تکیه گاه شمعی را می توان با جایگزین کردن این مقطع با یک قاب صلب یا یک سازه قاب (که در آن زمین به صورت یک فنر الاستیک در نظر گرفته می شود) و با این فرض که هر شمع تا عمق مناسبی مدفون شده است، انجام داد.

۲) برای تحلیل یک شمع تک تحت نیروهای جانبی، روش *PHRI* یا روش *Chang* قابل استفاده است. بر اساس بخش ۵، بند ۴-۳-۴- تخمین رفتار شمع با استفاده از روش های تحلیلی توصیه می شود که از روش اول استفاده شود. اما برای رفتار شمع با انتهای آزاد (مانند شمعی که برای سازه اسکله استفاده می شود) تحت عملکرد بارهای طراحی، از روش نقطه گیرداری مجازی بر اساس روش *Chang* می توان استفاده کرد، زیرا تقریبا تفاوتی بین نتایج به دست آمده از روش *PHRI* و روش *Chang* وجود ندارد.

۹-۵-۲- ضریب عکس العمل افقی خاک

در محاسبه مقاومت جانبی شمع ها مطلوب خواهد بود که ضریب عکس العمل افقی خاک برای خاک اطراف شمع از طریق آزمایش بارگذاری جانبی شمع ها در محل، به دست آورده شود. اگر هیچ آزمایشی انجام نشده باشد، می توان این ضریب را از روش های تحلیلی تخمین زد.

تفسیر

تعدادی داده اندازه گیری شده برای تعیین ضریب عکس العمل افقی خاک از طریق انجام آزمایش هایی به صورت اعمال بار جانبی به شمع تا رسیدن به نزدیکی نقطه تسلیم خود (همانند مورد شمع اسکله شمع و عرشه) موجود است. هرچند که برخی از این داده ها به مقدار N نسبت داده شده است، اما ضریب عکس العمل افقی خاک را نمی توان با استفاده از مقدار N به طور دقیق تخمین زد و بنابراین مطلوب خواهد بود که این ضریب با استفاده از آزمایش بارگذاری جانبی در محل تخمین زده شود (به بخش ۵، بند ۴-۳-۳- برآورد رفتار شمع با استفاده از آزمایش بارگذاری مراجعه شود).

نکات فنی

اگر آزمایش بارگذاری جانبی شمع انجام نشده باشد، ضریب عکس العمل افقی خاک را می توان با روش ارائه شده در بخش ۵، بند ۴-۳-۴- تخمین رفتار شمع با استفاده از روش های تحلیلی برآورد نمود. هنگامی که از روش *Chang* استفاده می شود. رابطه ۹-۵-۱ را می توان به کار برد. اما برخی از داده های اندازه گیری در محل نشان می دهد که مقدار ضریب عکس العمل افقی برای قلوه سنگ ها کمتر از مقداری است که از رابطه ۹-۵-۱ با روش *Chang* به دست می آید. بنابراین در این موارد لازم است بررسی و قضاوت دقیقی صورت گیرد.

$$k_h = 1.5N \quad (۱-۵-۹)$$

که در آن:

k_h : ضریب عکس العمل افقی خاک (N/cm^3)

N : مقدار N میانگین زمین تا عمق حدود $1/\beta$

β : به بند ۹-۵-۳-نقطه گیرداری مجازی مراجعه شود.

۹-۵-۳-نقطه گیرداری مجازی

در هنگام تحلیل اسکله شمع و عرشه به عنوان یک سازه قاب صلب با فرض یک نقطه گیرداری واقع در زیر کف دریا، نقاط گیرداری مجازی شمع‌ها را باید به طور مناسبی تعریف نمود.

نکات فنی

هنگام انجام محاسبات یک قاب صلب برای یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های قائم، می‌توان نقاط گیرداری مجازی شمع‌ها را واقع در عمق $1/\beta$ در زیر سطح مجازی زمین در نظر گرفت. مقدار β از رابطه ۹-۵-۲ محاسبه می‌شود.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_h D}{4EI}} \quad (cm^{-1}) \quad (۲-۵-۹)$$

که در آن:

k_h : ضریب عکس العمل افقی خاک (N/cm^3)

D : قطر یا عرض شمع (cm)

EI : سختی خمشی شمع ($N.cm^2$)

۹-۵-۴-نیروهای عضو وارد بر شمع‌های منفرد

محاسبه مواردی مانند نیروهای افقی وارد بر سر شمع‌های منفرد، فاصله شمع‌ها، جابجایی کل اسکله و شمع‌های منفرد، لنگر سر شمع برای شمع‌های منفرد و نیروهای محوری شمع‌های منفرد باید در نظر گرفتن چرخش هر بلوک از مقطع تکیه گاه شمعی و سایر عوامل موثر، به طور مناسبی صورت گیرد.

نکات فنی

(۱) نیروی افقی وارد بر سر شمع‌های منفرد را می‌توان با استفاده از روابط زیر محاسبه نمود:

(الف) اگر لازم نباشد چرخش بلوک عرشه در نظر گرفته شود:

$$H_i = \frac{K_{Hi}}{\sum_i K_{Hi}} H \quad (۳-۵-۹)$$

(ب) اگر لازم باشد چرخش بلوک عرشه در نظر گرفته شود:

اگر محور تقارن بلوک عرشه بر محور طولی اسکله عمود بوده و راستای اعمال نیروی افقی با محور تقارن موازی باشد،

نیروی افقی را می‌توان با استفاده از رابطه ۹-۵-۴ محاسبه نمود:

$$H_i = \frac{K_{Hi}}{\sum_i K_{Hi}} H + \frac{K_{Hi} x_i}{\sum_i K_{Hi} x_i^2} eH \quad (۴-۵-۹)$$

که در آن:

H_i : نیروی افقی وارد بر شمع i -ام (kN)

$$K_{Hi}: \text{ثابت فنر افقی شمع } i\text{-ام } (kN/m); \left(h_i + \frac{l}{\beta_i}\right)^3$$

h_i : فاصله قائم بین سر شمع i -ام و سطح مجازی زمین (m)

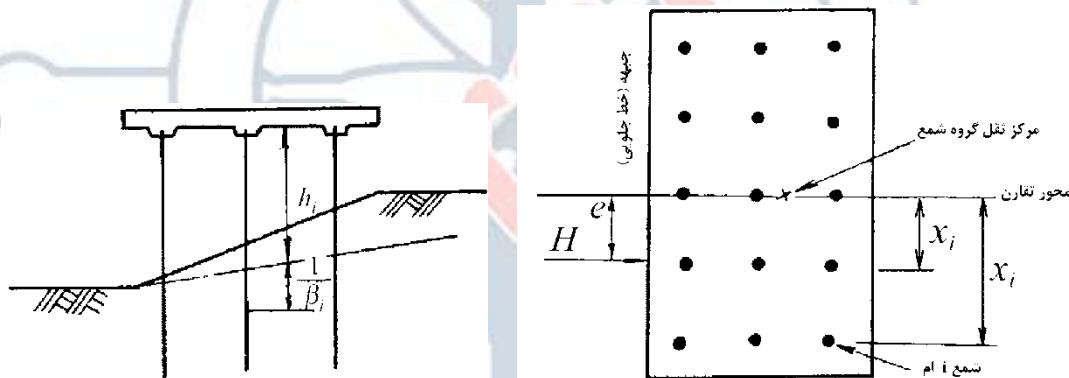
β_i : به بند ۹-۵-۳- نقطه گیرداری مجازی مراجعه شود (m^{-1})

EI_i : سختی خمشی شمع i -ام ($kN.m^2$)

H : نیروی افقی وارد بر بلوک (kN)

e : فاصله بین محور تقارن بلوک و خط اعمال نیروی افقی (m)

x_i : فاصله بین محور تقارن بلوک و شمع i -ام (m)



شکل ۹-۵-۱- فاصله بین مرکز ثقل گروه شمع و شمع های منفرد

(۲) تغییر مکان های کل اسکله و شمع های منفرد را می توان با استفاده از روابط ۹-۵-۵ تا ۹-۵-۷ محاسبه نمود. توضیح متغیرها مشابه موارد ارائه شده در بند قبل می باشد.

الف) تغییر مکان افقی مقطع تکیه گاه شمعی δ (m)

$$\delta = \frac{H}{\sum_i K_{Hi}} \quad (۵-۵-۹)$$

ب) زاویه چرخش مقطع تکیه گاه شمعی α (درجه)

$$\alpha = \frac{eH}{\sum_i K_{Hi} x_i^2} \quad (۶-۵-۹)$$

ج) تغییر مکان های افقی سر شمع های منفرد Δi (m)

$$\Delta i = \delta + \alpha x_i \quad (۷-۵-۹)$$

(۳) لنگرهای سر شمع مربوط به شمع های منفرد را می توان با استفاده از رابطه ۹-۵-۸ محاسبه کرد.

$$M_i = \frac{I}{2} \left(h_i + \frac{I}{\beta_i} \right) H_i \quad (۸-۵-۹)$$

که در آن:

M_i : لنگر سر شمع مربوط به شمع i -ام (kN/m)

(۴) نیروی محوری شمع های منفرد را می توان با استفاده از رابطه ۹-۵-۹ محاسبه نمود.

$$P_i = {}_h P_i + {}_v P_i \quad (۹-۵-۹)$$

که در آن:

P_i : نیروی محوری شمع i -ام (kN)

${}_h P_i$: نیروی محوری شمع i -ام ناشی از نیروی افقی (kN)

${}_v P_i$: نیروی محوری شمع i -ام ناشی از بار قائم (kN)

$${}_h P_i = S_{i,i-1} + S_{i,i+1} = \frac{M_{i-1,i} + M_{i,i-1} - M_{i,i+1} - M_{i+1,i}}{l}$$

$S_{i,i-1}$: نیروی برشی وارد بر سر شمع i -ام ناشی از نیروی افقی تیر جانبی شمع ($i-1$)ام (kN)

$S_{i,i+1}$: نیروی برشی وارد بر سر شمع i -ام ناشی از نیروی افقی تیر جانبی شمع ($i+1$)ام (kN)

$M_{i-1,i}$: لنگر خمشی وارد بر سر شمع ($i-1$)ام ناشی از نیروی افقی تیر جانبی شمع i -ام ($kN.m$)

$M_{i,i-1}$: لنگر خمشی وارد بر سر شمع i -ام ناشی از نیروی افقی تیر جانبی شمع ($i-1$)ام ($kN.m$)

$M_{i,i+1}$: لنگر خمشی وارد بر سر شمع i -ام ناشی از نیروی افقی تیر جانبی شمع ($i+1$)ام ($kN.m$)

$M_{i+1,i}$: لنگر خمشی وارد بر سر شمع ($i+1$)ام ناشی از نیروی افقی تیر جانبی شمع i -ام ($kN.m$)

l : طول دهانه تیر (فاصله بین شمع ها) (m)

مقادیر $M_{i,i-1}$ و $M_{i,i+1}$ باید از رابطه ۹-۵-۱۰ برای تکیه گاه های میانی محاسبه شود و باید آنها را مساوی با لنگر سر شمع M_i برای تکیه گاه های انتهایی در نظر گرفت (شکل ۹-۵-۲).

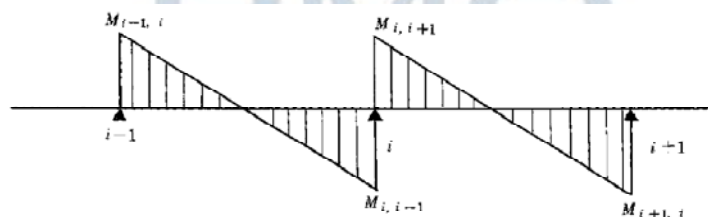
$$\left. \begin{aligned} M_{i,i-1} &= aM_i \\ M_{i,i+1} &= bM_i \end{aligned} \right\} \quad (۱۰-۵-۹)$$

مقادیر a و b را می توان به صورت زیر در نظر گرفت:

تیر با دو دهانه: $a=0.6, b=0.6$

تیر با سه دهانه: سر شمع دوم: $a=0.5, b=0.7$

سر شمع سوم: $a=0.7, b=0.5$



شکل ۹-۵-۲- لنگرهای سر شمع

۹-۵-۵- تنش های مقطع عرضی شمع ها

در محاسبه تنش های مقطع عرضی شمع های قائم نگهدارنده عرشه اسکله، باید از روش های مناسبی استفاده نمود.

نکات فنی

(۱) تنش های مقطع عرضی شمع های قائم باید با استفاده از رابطه ۹-۵-۱۱ محاسبه شود و تنش های مجاز شمع ها باید بر اساس اعضای تحت نیروی محوری، لنگر خمشی و طبق جدول ۲-۳-۲ از بخش ۳، بند ۲-۳-۳- شمع فولادی و سپر لوله فولادی محاسبه شود.

$$\sigma_c = \frac{P}{A}, \quad \sigma_b = \frac{M}{Z} \quad (۹-۵-۱۱)$$

که در آن:

σ_c : تنش ناشی از نیروی محوری شمع (N/mm^2)

σ_b : تنش ناشی از لنگر خمشی شمع (N/mm^2)

A : سطح مقطع عرضی شمع (mm^2)

P : نیروی محوری شمع (N)

Z : مدول مقطع شمع (mm^3)

M : لنگر خمشی شمع ($N.mm$)

(۲) تنش برشی معمولا در شمع های قائم اسکله شمع و عرشه موازی ساحل ناچیز و قابل صرف نظر است. بنابراین از بررسی تنش برشی برای این شمع ها می توان صرف نظر کرد مگر اینکه شرایط بارگذاری خاصی وجود داشته باشد.

۹-۵-۶- بررسی عمق مدفون برای ظرفیت باربری

عمق مدفون هر شمع قائم باید با در نظر گرفتن خصوصیات زمین و مقاومت جانبی شمع به طور مناسبی بر اساس بخش ۵، بند ۴-۱- ظرفیت باربری محوری مجاز شمع محاسبه شود. در این مورد، ظرفیت باربری شمعی که در زمین شیب دار کوبیده شده را می توان با این فرض که لایه های خاک زیر سطح مجازی زمین، لایه های نگهدارنده موثری می باشد، محاسبه نمود.

۹-۵-۷- بررسی عمق مدفون برای مقاومت جانبی

عمق مدفون هر شمع قائم را باید با روش تحلیل مقاومت جانبی شمع تعیین کرد.

نکات فنی

عمق مدفون شمع های قائم معمولا بر اساس نتایج تحلیل مقاومت جانبی شمع، در $\frac{3}{\beta}$ زیر سطح مجازی زمین در نظر گرفته می شود. مقدار β باید طبق بند ۹-۵-۳- نقطه گیرداری مجازی محاسبه شود.

۹-۵-۸- بررسی اتصالات شمع

(۱) اگر قرار باشد از اتصال شمع استفاده شود، شمع باید طوری طراحی شود که علاوه بر ایمنی در برابر نیروهای خارجی شرح داده شده در بند ۹-۳-۱- نیروهای خارجی، در برابر تنش ضربه ای که در حین کوبش در اتصال ایجاد می شود نیز ایمن باشد.

۲) موقعیت اتصال شمع باید با در نظر گرفتن شرایط اجرا، به دقت و به گونه‌ای که هیچ تنش اضافی در شمع تولید نشود، تعیین گردد.

نکات فنی

برای ملاحظه روش مربوط به اتصال شمع‌ها به بخش ۵، بند ۴-۶-۳- اتصالات شمع‌ها مراجعه شود.

۹-۵-۹- تغییر ضخامت صفحه یا جنس شمع لوله ای فولادی

هرگونه تغییر در ضخامت صفحه یا جنس یک شمع لوله‌ای فولادی باید طبق بخش ۵، بند ۴-۶-۴- تغییر ضخامت صفحه و یا جنس شمع لوله ای فولادی انجام شود.

نکات فنی

۱) در بسیاری از موارد، ضخامت صفحه و یا جنس شمع‌های لوله‌ای فولادی اسکله شمع و عرشه موازی ساحل معمولی در عمق $\frac{2}{\beta}$ تا $\frac{3}{\beta}$ زیر سطح زمین تغییر داده می‌شود.

۲) مقاومت اتصالات و مقاطع تغییر ضخامت داده شده باید به دقت بررسی شود، چرا که نمونه‌هایی وجود دارد که در آن شمع اسکله شمع و عرشه در این مقاطع، در اثر تغییر شکل زمین و عوامل دیگر در زمان وقوع زلزله در زمینی با عمق زیاد که در آن هیچ تنش خمشی تحت شرایط بارگذاری عادی وجود نداشته، کمانش کرده است.

۹-۶- بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله

مقاومت لرزه ای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل باید برای اطمینان از عملکرد ایمن آن در برابر حرکات لرزه ای مورد انتظار، بررسی شود.

تفسیر

۱) همان طور که در بند ۹-۱- اصول طراحی شرح داده شد، تامین تمهیدات عملکردی مقاومت مقطع تکیه گاه شمعی اسکله شمع و عرشه موازی ساحل در هنگام زلزله باید با استفاده از یک روش مناسب، بررسی و تایید گردد. در این بررسی، عملکرد اسکله شمع و عرشه ای که قرار است به عنوان تاسیسات عادی برای پهلوگیری اجرا شود، باید همانطور که در بخش ۲، فصل ۱۲- زلزله و نیروهای لرزه‌ای شرح داده شد، در برابر زلزله سطح ۱ بررسی شده و عملکرد اسکله‌های شمع و عرشه ای که قرار است به عنوان تاسیسات با مقاومت لرزه ای بالا اجرا شود باید در برابر زلزله سطح ۲ بررسی گردد.

۲) در مواردی که پریود طبیعی یک مقطع تکیه گاه شمعی و زمین به یکدیگر نزدیک باشند یا پریود طبیعی حرکت لرزه ای نزدیک به آن دو باشد، ممکن است نوعی تشدید رخ دهد و باعث بزرگتر شدن پاسخ مقطع تکیه گاه شمعی نسبت به آنچه در شرایط عادی مورد انتظار است، گردد. در چنین مواردی، لازم است که تدابیر مناسبی مانند در نظر گرفتن یک نوع ساختار متفاوت برای مقطع تکیه‌گاه شمعی در راستای تغییر پریود طبیعی آن و اتخاذ روشی برای بهسازی خاک برای تغییر دادن پریود طبیعی زمین در نظر گرفته شود.

۳) سازه پل دسترسی متصل کننده مقطع تکیه گاه شمعی و پوشش حائل خاک باید با لحاظ موارد زیر تعیین شود:

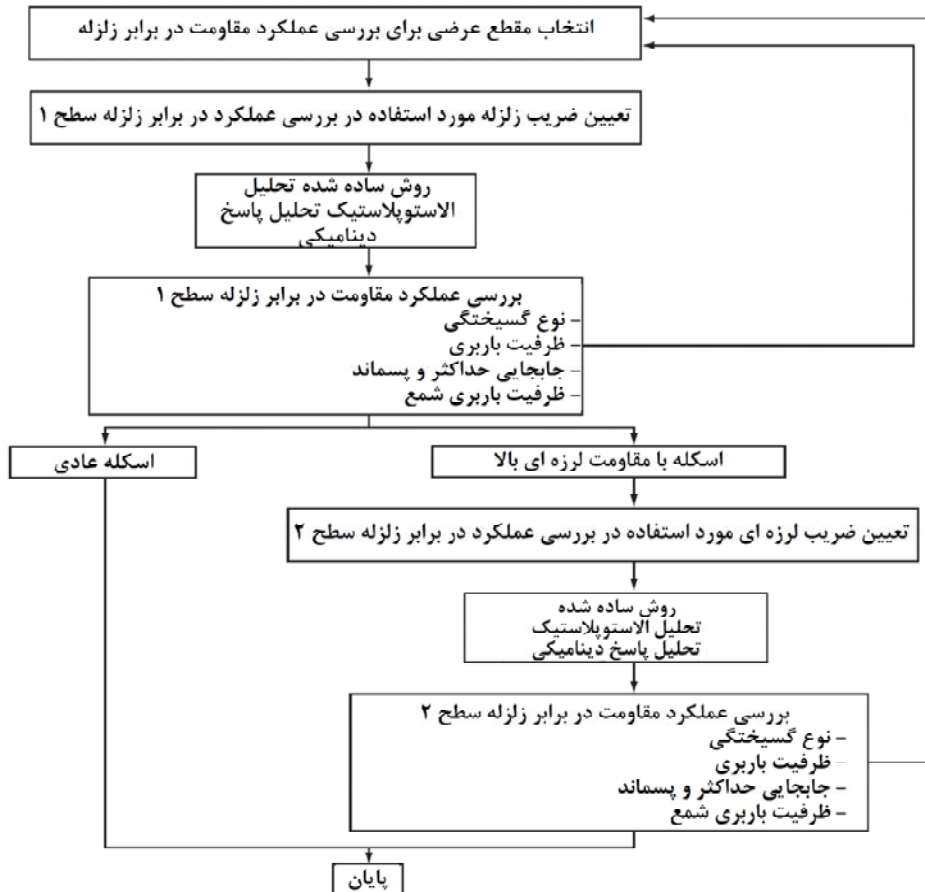
الف) اگر پل دسترسی کاملاً محکم و ثابت باشد، ممکن است هنگام زلزله یک نیروی افقی قابل توجه و غیر منتظره بر

عرشه مقطع تکیه گاه شمعی به دلیل کوتاه شدن فاصله میان مقطع با تکیه گاه شمعی و مقطع حائل خاک وارد شود.

ب) سازه یک پل دسترسی باید طوری باشد که بتواند به اندازه کافی جابجایی مورد انتظار مقطع تکیه گاه شمعی را تحمل کرده و از واژگونی خود در حالتی از حرکات لرزه ای که در آن فاصله بین مقطع تکیه گاه شمعی و مقطع حائل خاک افزایش می یابد، جلوگیری کند.

نکات فنی

(۱) توصیه می شود که طراحی لرزه ای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل طبق روند نشان داده شده در شکل ۹-۶-۱ انجام گیرد.



شکل ۹-۶-۱- نمودار مراحل ارزیابی عملکرد مقاومت در برابر زلزله اسکله شمع و عرشه موازی ساحل

(۲) اگر قرار باشد تجهیزات جابجایی بار مانند جرثقیل کانتینری نصب شود، مطلوب خواهد بود که عملکرد کلی مقاومت در برابر زلزله با در نظر گرفتن ترکیب ارتعاش مقطع تکیه گاه شمعی و تجهیزات مورد نظر (همانطور که در ۹-۱- اصول طراحی، نکات فنی

بند ۷ بررسی شد) علاوه بر ارزیابی عملکرد مقاومت در برابر زلزله فقط مقطع تکیه گاه شمعی، مورد بررسی قرار گیرد.

(۳) سطوح لازم عملکردی مقاومت در برابر زلزله مقاطع تکیه گاه شمعی، بسته به اهمیت تاسیسات و سایر معیارها، تفاوت می کند. اما سطح خرابی، جابجایی حداکثر، جابجایی پسماند و غیره را می توان به عنوان شاخص های نمونه عملکردی مورد استفاده قرار داد. در تعیین سطح عملکردی، لازم است که سهولت تعمیر و یا عملیات بازسازی مقطع تکیه گاه شمعی به دقت مورد ملاحظه قرار گیرد.

(۴) روش بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله که در این قسمت شرح داده شد، برای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با ابعاد عادی واقع بر شمع های لوله ای فولادی، مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین، این روش را می توان برای سازه هایی که در حین

زلزله رفتار مشابهی نشان می‌دهند نیز اعمال نمود. اما، اگر قرار باشد سازه بر روی زمین افقی فاقد شیب ساخته شود و یا از شمع‌های مایل استفاده گردد، لازم است که قابلیت اعمال آن به دقت مورد ملاحظه قرار گیرد.

۹-۶-۱- فرض مقطع عرضی برای بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله

مقطع عرضی یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل برای بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله را باید با روش مناسبی انتخاب کرد.

نکات فنی

۱) اصولاً یک مقطع عرضی که برای بارهای خارجی به غیر از بارهای زلزله طراحی شده را باید برای بررسی عملکرد مقاومت مقاطع تکیه گاه شمعی در برابر زلزله استفاده کرد (همانطور که در ۹-۱-۱- اصول طراحی، نکات فنی، بند ۱ شرح داده شد). در مناطقی که امکان وقوع زلزله نسبتاً شدید وجود دارد، بهتر است که از اطلاعات مربوط به سازه‌های موجود مشابه و تاسیساتی که در همسایگی آنجا موجود است، به عنوان اطلاعات مبنا برای انتخاب مقطع عرضی استفاده شود، زیرا احتمالاً مقطع عرضی نهایی قرار است با عملکرد مقاومت در برابر زلزله تعیین گردد.

۲) هنگامی که نتایج ارزیابی عملکرد مقاومت در برابر زلزله بیانگر آن باشد که مقطع عرضی انتخابی نمی‌تواند عملکرد لازم در حین زلزله را ارائه دهد، باید اصلاح مقطع عرضی صورت گیرد.

۹-۶-۲- روش بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله

بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل، باید با مدل سازی مناسب از زمین و مقطع تکیه گاه شمعی، برای نیروهای زلزله مورد نظر در طراحی، انجام گیرد.

تفسیر

۱) از آنجا که بررسی عملکرد مقاومت یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل در برابر زلزله بر اساس نوع گسیختگی و یا خرابی در حین زلزله، ظرفیت باربری، جابجایی حداکثر و پسماند و ظرفیت باربری شمع‌ها انجام می‌شود، لازم است که از مدل تحلیلی زمین و مقطع تکیه گاه شمعی که قادر به ارائه ارزیابی مناسبی از این ویژگی‌ها باشد، استفاده شود. بویژه اگر انتظار می‌رود یک نیروی زلزله شدید مانند زلزله سطح ۲ بر اسکله اعمال شود، لازم است که غیر خطی بودن اجزای سازه ای مدل سازی شود.

۲) در بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله، نیروهای زلزله را می‌توان فقط در جهت افقی در نظر گرفت مگر اینکه اسکله به دلائل سازه ای نیاز به بررسی خاصی نسبت به جهت قائم داشته باشد.

نکات فنی

۱) هر چند که مطالعات متعددی روی رفتار دینامیکی و عملکرد مقاومت در برابر زلزله اسکله شمع و عرشه موازی ساحل در برابر زلزله در حال انجام است، اما همچنان ویژگی‌های زیادی وجود دارد که هنوز بررسی نشده است. معمولاً برای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل، ظرفیت باربری بالایی در برابر زلزله شدید (مانند زلزله سطح ۲) مورد انتظار است زیرا باید بتواند تغییر شکل‌های بزرگی را تحمل کند. اما از آنجا که حرکت زمین و تغییر شکل اعضای سازه ای یک اسکله موازی ساحل ممکن است تحت حرکات لرزه‌ای شدید از محدوده الاستیک خود تجاوز کرده و وارد محدوده رفتار پلاستیک خود شود، ممکن است طراحی اسکله با استفاده از روش نقطه گیرداری مجازی که در بند ۹-۵- طراحی شمع شرح داده شد، منجر به نتایج خطرناک در جهت عدم ایمنی طرح شود.

توصیه می‌شود که بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با استفاده از الف) روش ساده‌شده، ب) تحلیل

الاستو پلاستیک یا ج) روش تحلیل دینامیکی غیر خطی که در زیر شرح داده شده است، انجام شود.

الف) روش ساده شده

این روش، ظرفیت باربری اسکله شمع و عرشه موازی ساحل را از جمع مقاومت شمع های لوله ای فولادی با فرض عرشه به صورت صلب، برآورد می کند. این روش برای اسکله با شمع های قائم که در آنها نسبت صلیبیت بین ردیف های شمع، اساسا با یکدیگر تفاوتی ندارد، قابل اعمال است. انجام بررسی ها بدان جهت است که (۱) تایید شود که نیروی اینرسی کوچکتر از ظرفیت باربری است و نیروی تحمل شمع کم تر از ظرفیت باربری نهایی است و (۲) اینکه میزان جابجایی حداکثر و پسماند با در نظر گرفتن ظرفیت جذب انرژی زلزله متناظر با ضریب شکل پذیری مجاز برای شمع، کنترل شود.

ب) روش تحلیل الاستوپلاستیک

این روش، ظرفیت باربری اسکله شمع و عرشه موازی ساحل را با در نظر گرفتن مقطع شمع و عرشه به عنوان یک مدل سازه قاب صلب- شمع و با لحاظ مقاومت جانبی خاک و رفتار الاستوپلاستیک شمع های لوله ای فولادی و عرشه، ارزیابی می کند. اگر سازه اسکله سازه پیچیده ای باشد یا شمع های مایل همراه با شمع های قائم استفاده شده باشد، انتظار می رود تاثیر توزیع مجدد نیروی مقطع قابل ملاحظه باشد. در چنین مواردی انجام تحلیل دقیق تر با استفاده از روش الاستو پلاستیک یا روش های مشابه دیگر ضروری است، چرا که روش ساده شده ممکن است ظرفیت باربری را بیش از مقدار واقعی ارائه دهد.

در روش الاستوپلاستیک، ابتدا نوع گسیختگی اسکله بر اساس بررسی تخریب هایی که در اسکله اتفاق خواهد افتاد (مانند ایجاد مفصل پلاستیک، تسلیم فنر در مدل سازی خاک، آسیب عرشه و غیره) تحلیل و سپس عملکرد مقاومت در برابر زلزله متناسب آن بررسی می شود. به علاوه، بزرگی جابجایی های حداکثر و پسماند نیز مورد بررسی واقع خواهد شد.

ج) روش تحلیل دینامیکی غیر خطی

در این روش، مقاومت اسکله شمع و عرشه موازی ساحل را با مدل سازی کل سازه و انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی با استفاده از تحلیل اجزای محدود و غیره، بررسی می شود. اگر کل سازه با لحاظ سازه پوشش حفاظتی واقع در پشت مقطع تکیه گاه شمع، پیچیده باشد و یا اگر تغییر شکل زیادی برای زمین مورد انتظار باشد، بررسی با مدل سازی کل سیستم، شامل اسکله و زمین، انجام خواهد گرفت. برای تحلیل دینامیکی غیر خطی، روشی مشابه آنچه در تحلیل الاستوپلاستیک مورد استفاده قرار گرفت را می توان به کار برد.

(۲) ارزیابی به وسیله ظرفیت باربری، روشی است که اجازه می دهد تخریبی معین و یا گسیختگی در بخشی از اسکله اتفاق بیافتد. در نتیجه، مشخص کردن محدوده و درجه خرابی قابل تحمل بر اساس عملکردهای لازم برای اسکله پس از زلزله، اهمیت اسکله، سهولت عملیات تعمیر و بازسازی و غیره، ضروری می باشد.

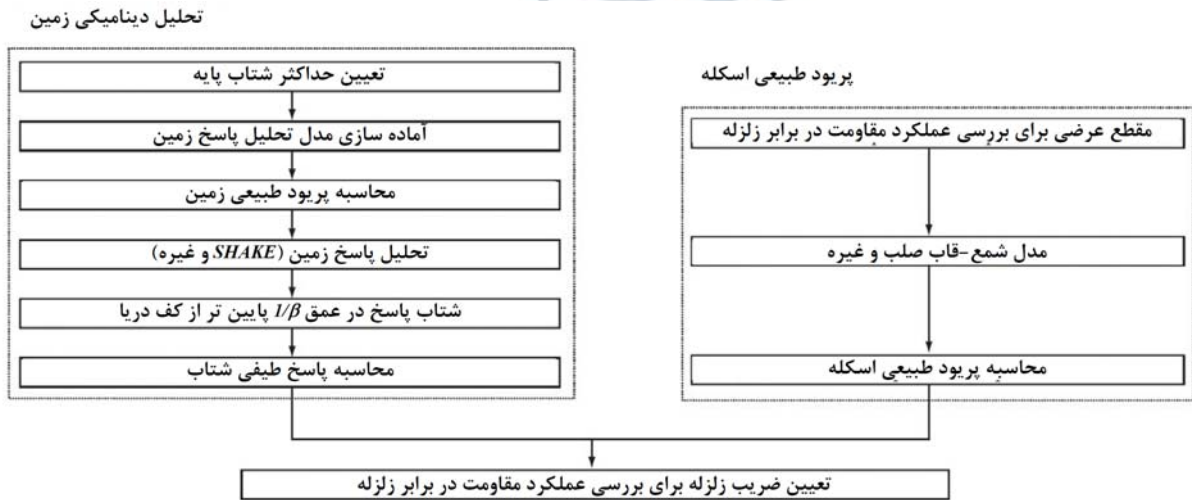
۹-۶-۳- تعیین حرکت لرزه ای برای بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله

اصولا حرکت لرزه ای که در بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله مورد استفاده قرار می گیرد، باید از طریق تحلیل دینامیکی زمین به دست آید.

نکات فنی

(۱) وقتی که تحلیل دینامیکی غیر خطی که در ۹-۶-۲- روش بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله شرح داده شد،

انجام نشود، تعیین نیروهای زلزله وارد بر مقطع تکیه گاه شمعی باید با استفاده از روش ضریب زلزله اصلاح شده انجام شود. ضریب زلزله باید بر اساس پریود طبیعی مقطع تکیه‌گاه شمعی با استفاده از طیف پاسخ شتاب خطی استخراج شده از شتاب پاسخ در عمق $\frac{1}{\beta}$ در زیر سطح مجازی زمین که از تحلیل دینامیکی زمین در محل موردنظر به دست می‌آید، تعیین شود. شکل ۹-۶-۲ مراحل تعیین ضریب زلزله را برای بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله نشان می‌دهد.



شکل ۹-۶-۲ مراحل تعیین ضریب زلزله برای بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله

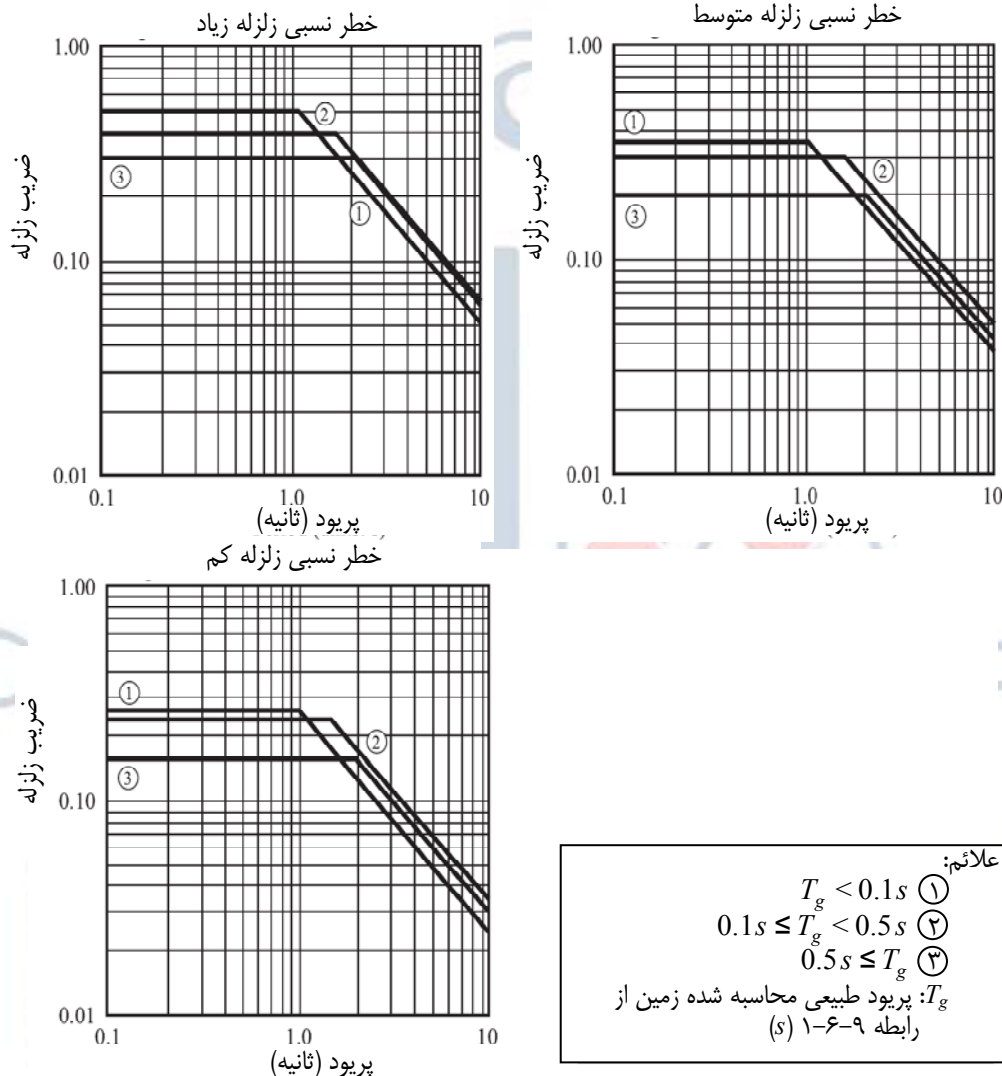
۲) در تعیین سطح مقاومت زلزله سطح ۱ معمولاً یک حرکت لرزه ای با دوره بازگشت ۷۵ سال فرض می شود. مقدار مورد انتظار برای شتاب سنگ بستر، مشابه مقادیری است که در جدول ۱۲-۴-۱ از بخش ۲، بند ۱۲-۴-۱ ضریب زلزله طراحی مطابق با طبقه‌بندی منطقه ای محل اجرای اسکله، ارائه شده است. ضریب زلزله طراحی برای بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله، از تقسیم شتاب پاسخ زمین مربوط به پریود طبیعی مقطع تکیه‌گاه شمعی بر شتاب ثقل به دست می‌آید. شتاب پاسخ زمین با استفاده از طیف پاسخ شتاب در عمق $\frac{1}{\beta}$ پایین تر از کف دریا (β با استفاده از رابطه ۹-۵-۲ از بند ۹-۵-۳- نقطه گیرداری مجازی به دست می‌آید) که محاسبه آن از طریق وارد کردن مقدار مورد انتظار برای شتاب سنگ بستر در مدل انعکاس متعدد *SHAKE* که در بخش ۲، بند ۱۲-۵-۱ تحلیل پاسخ لرزه ای شرح داده شده است، انجام می شود. برای ضریب میرایی مورد استفاده در محاسبه طیف پاسخ شتاب، مقادیری که در جدول ۹-۶-۱ ارائه شده است را می توان برحسب نوع زمین به کار برد.

جدول ۹-۶-۱- ضریب میرایی

ضریب میرایی	پریود طبیعی زمین (T_g)
۰/۱	کمتر از ۰/۱ ثانیه
۰/۲	۰/۱ ثانیه یا بیشتر و کمتر از ۰/۵ ثانیه
۰/۳	۰/۵ ثانیه یا بیشتر

۳) اگر تحلیل دینامیکی زمین که در بند ۴ شرح داده شده است، انجام نشود، مقادیر ضریب زلزله استاندارد که در شکل ۹-۶-۳ ارائه شده است (به دست آمده از نتایج تحلیل اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با ابعاد استاندارد) را می توان به کار برد. با استفاده از

نمودار می توان ضریب زلزله را برای طبقه بندی های منطقه ای متفاوت (براساس ضرایب زلزله منطقه ای تعریف شده در بخش ۲، بند ۱۲-۴- ضریب زلزله طراحی) و پریودهای طبیعی زمین و مقطع تکیه گاه شمعی به دست آورد.



شکل ۹-۶-۳- ضریب زلزله استاندارد برای زلزله سطح ۱

۴) ضریب زلزله برای زلزله سطح ۲ با تعیین مقدار مورد انتظار برای حداکثر شتاب سنگ بستر با استفاده از روشی که در بخش ۲، بند ۱۲-۴- ضریب زلزله طراحی شرح داده شده است و با استفاده از روش مطرح شده در بند ۲ بالا، به دست می آید. اصولاً ضریب زلزله سطح ۲ باید با انجام تحلیل دینامیکی زمین به دست آید، چرا که تاکنون هیچ روش قابل اعتمادی برای تعیین ضریب زلزله استاندارد برای زلزله سطح ۲ ارائه نشده است.

۵) پریود طبیعی زمین که در بندهای ۱ و ۲ شرح داده شد را می توان با به کار بردن رابطه ۱-۶-۹ با استفاده از سرعت موج برشی و ضخامت لایه برای هر لایه از خاک بین سطح فوقانی سنگ حفاظ و سطح سنگ بستر، مستقیماً برای تحلیل مهندسی زیر تکیه گاه شمعی، محاسبه کرد.

$$T_g = 4 \sum \frac{H_i}{V_{si}} \quad (۱-۶-۹)$$

که در آن:

T_g : پریود طبیعی زمین (s)

H_i : ضخامت i -امین لایه (m)

V_{si} : سرعت موج برشی در i -امین لایه (m/s)

(۶) پریود طبیعی مقطع تکیه گاه شمعی را می‌توان از رابطه ۹-۶-۲ با استفاده از الف) ثابت فنر افقی برای مقطع تکیه گاه شمعی به عنوان یک سازه قاب صلب که نقطه گیردار مجازی آن (بند ۹-۵-۳-نقطه گیرداری مجازی ملاحظه شود) در عمق $\frac{1}{\beta}$ پایین تر از کف دریا واقع شده است و ب) مجموع وزن مرده مقطع تکیه گاه شمعی و سربار وارد بر آن در حین زلزله، محاسبه نمود.

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g \sum K_{Hi}}} \quad (۹-۶-۲)$$

که در آن:

T_s : پریود طبیعی مقطع تکیه گاه شمعی (s)

W : مجموع وزن مرده وارد بر یک ردیف شمع و سربار در حین یک زلزله (kN)

g : شتاب ثقل (m/s^2)

K_{Hi} : ثابت فنر افقی برای i -امین شمع (kN/m) (بند ۹-۵-۴-نیروهای عضو وارد بر شمع‌های منفرد).

برای به دست آوردن مقدار K_{Hi} لازم است که β را با فرض مقدار مناسبی برای ضریب عکس العمل افقی خاک بستر برآورد نمود. رابطه ۹-۵-۱ که در بند ۹-۵-۲-ضریب عکس العمل افقی خاک شرح داده شده است، رابطه‌ای است که با استفاده از آن می‌توان یک ضریب عکس العمل استاتیکی برای خاک محاسبه نمود و استفاده از این رابطه در تحلیل دینامیکی مناسب نمی‌باشد. از آنجا که اطلاعات و نتایج تحقیقات اندکی در مورد ضریب عکس العمل دینامیکی خاک وجود دارد، توصیه می‌شود که برای محاسبه پریود طبیعی مقطع تکیه گاه شمعی از مقداری حدود دو برابر ضریب به دست آمده از رابطه ۹-۵-۱ استفاده شود. همچنین بر اساس یک تحقیق، اگر سطح مجازی زمین در نظر گرفته نشود، پریود طبیعی یک مقطع تکیه گاه شمعی را می‌توان با دقت بیشتری محاسبه نمود.

اگر لنگر خمشی ایجاد شده در شمع از لنگر شرایط پلاستیک کامل بیشتر باشد (یعنی ایجاد مفصل پلاستیک) باید از صلبیت شمع در شرایط پلاستیک کامل (M_p / ϕ_p در شکل ۹-۶-۶) برای صلبیت خمشی یک شمع استفاده شود.

۹-۶-۴- بررسی ظرفیت باربری با استفاده از روش ساده شده

در بررسی ظرفیت باربری یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با استفاده از روش ساده شده، باید مقطع تکیه گاه شمعی با یک مدل سازه‌ای قاب نشان داده شده و از ضریب شکل‌پذیری جابجایی افقی مربوط به مقطع تکیه گاه شمعی نیز استفاده نمود.

نکات فنی

(۱) در روش ساده شده که در بند ۹-۶-۲-روش بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله شرح داده شد، اساسا بررسی ظرفیت باربری با در نظر گرفتن فرضیاتی بر اساس «اصل تساوی انرژی نیومارک» که در شکل ۹-۶-۴ نشان داده شده است و با استفاده از یک سیستم خطی معادل یک درجه آزادی و با سختی مشابه با سختی اولیه سیستم سازه ای اسکله - زمین انجام داده

می‌شود که رابطه اصلی برای این بررسی به صورت زیر است:

$$R_a \geq k_h W \quad (۳-۶-۹)$$

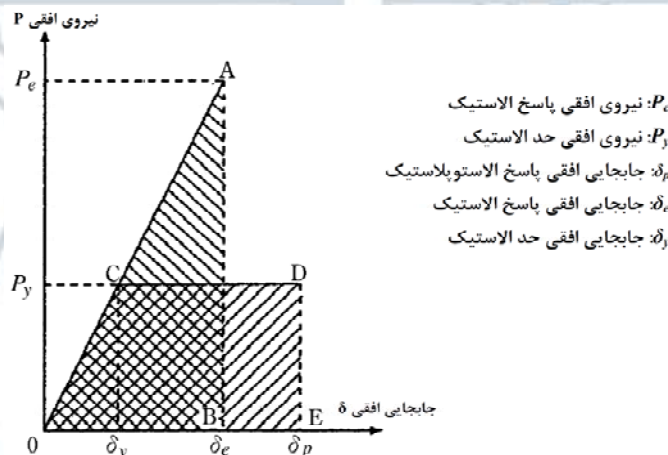
که در آن:

R_a : ظرفیت باربری مقطع تکیه گاه شمعی در حین یک زلزله (kN)

k_h : ضریب زلزله به دست آمده از پاسخ خطی (با استفاده از روشی که در بند ۹-۶-۳- تعیین حرکت لرزه ای برای

بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله شرح داده شده است)

W : وزن مرده مقطع تکیه گاه شمعی و سربار وارد بر آن در حین یک زلزله (kN)



شکل ۹-۶-۴- پاسخ تغییر مکان افقی الاستوپلاستیک مربوط به عرشه اسکله

ظرفیت باربری مقطع تکیه گاه شمعی در حین یک زلزله R_a با استفاده از رابطه ۹-۶-۴ محاسبه می‌شود:

$$R_a = \sqrt{2\mu_a - 1 + \theta(\mu_a - 1)^2} P_y \quad (۴-۶-۹)$$

که در آن:

μ_a : ضریب شکل پذیری تغییر مکان مجاز

θ : نسبت گرادیان ثانویه (گرادیان خط CD در شکل ۹-۶-۴) به گرادیان اولیه (گرادیان خط OC) در منحنی بار-تغییر

مکان افقی می‌باشد. وقتی که ضریب شکل‌پذیری تغییر مکان مجاز با استفاده از روشی که در بند ۳ شرح داده شد، تعیین می‌شود، θ را باید صفر در نظر گرفت.

P_y : نیروی افقی مربوط به حد الاستیک (kN)

(۲) ضریب شکل‌پذیری تغییر مکان مجاز که در بند ۱ استفاده شده است، در واقع نسبت تغییر مکان افقی مجاز به تغییر مکان افقی در حد الاستیک عرشه است. حد الاستیک نقطه ای است که در آن تغییر مکان افقی در رابطه مربوط به تغییر مکان افقی عرشه-بار افقی مربوط به اسکله با شیب تندی افزایش می‌یابد. این حالت ممکن است در شرایطی در نظر گرفته شود که در آن لنگر خمشی سر شمع در اکثر شمع‌های واقع در ردیف‌های عمود بر پیشانی اسکله، به لنگر شرایط پلاستیک کامل می‌رسند (رابطه ۹-۶-۷).

(۳) ضریب شکل‌پذیری تغییر مکان مجاز را اساساً باید با در نظر گرفتن پیشرفت گسیختگی و یا خرابی اسکله تعیین نمود. ظرفیت شکل‌پذیری تغییر مکان کل یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با استفاده از ظرفیت شکل‌پذیری تغییر مکان شمع‌های لوله‌ای

انجام شده بر روی اسکله‌های شمع و عرشه موازی ساحل با اندازه‌های متعارف است.

(۵) تغییر مکان پسماند را می‌توان با ترسیم یک خط‌مستقیم با شیب گرادیان اولیه (سختی اولیه) از نقطه حداکثر پاسخ تغییر مکان در رابطه بار افقی - تغییر مکان و قرائت تغییر مکان در نقطه تقاطع خط و محور افقی مختصات بدست آورد.

۹-۶-۵- بررسی ظرفیت باربری با استفاده از تحلیل الاستوپلاستیک

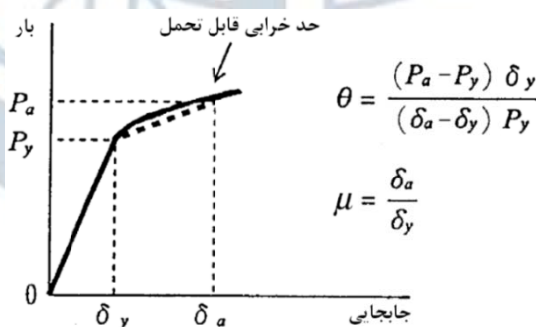
در بررسی ظرفیت باربری یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با استفاده از تحلیل الاستوپلاستیک باید مقطع تکیه گاه شمعی را توسط یک مدل سازه قاب بیان کرده و رفتار غیر خطی شمع‌های لوله‌ای فولادی، عرشه بتنی و زمین را نیز باید در نظر گرفت.

نکات فنی

(۱) در بررسی عملکرد مقاومت یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل در برابر زلزله به عنوان یکی از تاسیسات عادی پهلوگیری (مهاری)، توصیه شده است که یک حالت برای وضعیت پیش از تشکیل یک مفصل پلاستیک در زمین (یعنی لنگر حالت پلاستیک کامل) به عنوان حالت حد نهایی تعریف شود، چرا که تشخیص بروز کمانش یک شمع لوله‌ای فولادی درون زمین و تعمیر آن دشوار است. به علاوه، بررسی تغییر مکان حداکثر تغییر مکان پسماند نیز باید با استفاده از ضریب و شکل پذیری تغییر مکان مجاز به عنوان مرجع که در جدول ۹-۶-۲ ارائه شده است، انجام شود. نیروهای ایجاد شده در مقطع عرشه بتن مسلح و ظرفیت باربری شمع را نیز باید بررسی کرد.

(۲) در ارزیابی اسکله شمع و عرشه موازی ساحل به عنوان تاسیسات با مقاومت لرزه‌ای بالا در حالت زلزله سطح ۱، باید رفتار آن در محدوده رفتار الاستیک باشد. ارزیابی این نوع اسکله در حالت زلزله سطح ۲ را می‌توان مشابه حالت بند ۱ انجام داد.

(۳) ظرفیت باربری در طول یک زلزله، یا به کار بردن رابطه ۹-۶-۴ و با استفاده از تغییر مکان افقی عرشه مرتبط با حالت حد خرابی قابل تحمل و بار حد الاستیک به دست آمده از تحلیل الاستوپلاستیک، محاسبه می‌شود. در این محاسبه، نسبت θ گرادیان‌های ثانویه به اولیه در رابطه بار- تغییر مکان افقی و ضریب شکل پذیری تغییر مکان μ مربوط به تغییر مکان در حالت حد خرابی قابل تحمل را می‌توان مشابه شکل ۹-۶-۵ تعریف نمود.

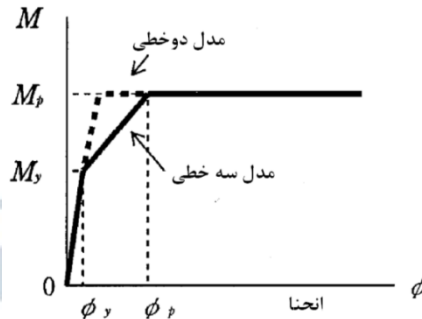


شکل ۹-۶-۵- بررسی ظرفیت باربری با استفاده از روش الاستوپلاستیک

(۴) تحلیل با استفاده از روش الاستوپلاستیک را معمولاً می‌توان با استفاده از الگوی زیر انجام داد:

الف) تحلیل همراه با کاهش سختی خمشی یک شمع لوله‌ای فولادی متناسب با میزان نیروی محوری و لنگر خمشی تولید شده در شمع، انجام می‌شود. رابطه بین لنگر خمشی و انحنای یک شمع لوله‌ای فولادی با یک مدل سه‌خطی که مقدار حد بالای آن برابر لنگر شرایط پلاستیک کامل است، بیان می‌شود (شکل ۹-۶-۶). برای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل در ابعاد متعارف، یک

مدل دوخطی (که با خط‌شکسته در شکل ۹-۶-۶ نشان داده شده است) را می‌توان برای ساده‌تر کردن محاسبات به‌جای مدل سه‌خطی استفاده نمود، چرا که برای این اسکله، تفاوت خاصی میان نتایج به دست آمده از مدل‌های سه‌خطی و دو خطی وجود ندارد.



شکل ۹-۶-۶- رابطه لنگر خمشی-انحنای برای شمع لوله ای فولادی

لنگر شرایط پلاستیک کامل M_p ، لنگر تسلیم M_y ، انحنای تسلیم ϕ_y و انحنای شرایط پلاستیک کامل ϕ_p را می‌توان توسط رابطه ۹-۶-۷ محاسبه کرد.

$$\left. \begin{aligned} M_p &= M_{p0} \cos\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right) \\ M_y &= \left(f_y - \frac{N}{A}\right) Z_e \\ \phi_y &= \frac{M_y}{EI}, \quad \phi_p = \frac{M_p}{M_y} \phi_y \end{aligned} \right\} \quad (9-6-7)$$

که در آن:

M_{p0} : لنگر حالت پلاستیک کامل شمع لوله‌ای فولادی وقتی نیروی محوری وارد نمی‌شود $(N=0)$: $M_{p0} = Z_p f_y$

$$Z_p: \text{ضریب مقطع پلاستیک شمع لوله ای فولادی } (mm^3): \quad Z_p = \frac{4}{3} [r^3 - (r-t)^3]$$

r : شعاع شمع لوله ای فولادی (mm)

t : ضخامت شمع لوله ای فولادی (mm)

α : نسبت نیروی محوری اعمال شده N به نیروی محوری N_0 $(N_0 = A f_y)$ وقتی که لنگر خمشی وجود ندارد

A : مساحت مقطع عرضی شمع لوله ای فولادی (mm^2)

EI : سختی خمشی شمع لوله ای فولادی $(N \cdot mm^2)$

f_y : مقاومت تسلیم طراحی شمع لوله ای فولادی $(N \cdot mm^2)$

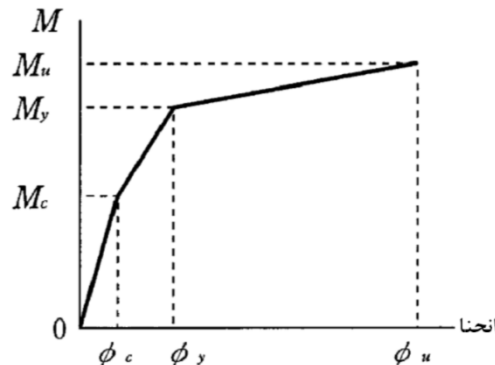
ب) ویژگی‌های اجزاء عرشه بتن مسلح یا بتن پیش تنیده را باید از یک مدل الاستوپلاستیک که توسط رابطه لنگر

خمشی- انحنای نشان داده شده در شکل ۹-۶-۷ تعریف شده است، به دست آورد.

لنگرهای M_c ، M_y و M_u در شکل، به ترتیب بیانگر لنگر ترک‌خوردگی، لنگر تسلیم میلگرد مسلح‌کننده و لنگر خمشی نهایی می‌باشد. به

عنوان یک روش استاندارد، لنگر خمشی نهایی و غیره را باید با استفاده از روش طراحی حالت حدی که در بخش ۳، فصل ۳- بتن

شرح داده شده است، محاسبه نمود.



شکل ۹-۶-۷- رابطه لنگر خمشی-انحنا مربوط به عرشه بتنی

از آنجا که وقتی یک گسیختگی برشی در سازه بتنی اتفاق می افتد، ظرفیت باربری به شدت کاهش پیدا می کند، ضروری است که سازه به گونه ای طراحی شود که گسیختگی خمشی پیش از گسیختگی برشی اتفاق بیافتد و درجه بالایی از ایمنی در برابر گسیختگی برشی فراهم شود.

ج) ظرفیت باربری کوبش شمع را باید با استفاده از مدل دو خطی که گرادیان اولیه و حد بالای آن به ترتیب مساوی با ضریب عکس العمل محوری خاک شمع و حد بالای کوبش شمع P_{NU} است، محاسبه نمود. مقدار P_{NU} را می توان با استفاده از رابطه ۹-۶-۸ محاسبه کرد.

$$P_{NU} = \min(R_u, R_{pu}) \quad (۹-۶-۸)$$

که در آن:

R_u : ظرفیت باربری حدى شمع که با توجه به شرایط خاک محاسبه می شود (kN) (به بخش ۵، بند ۴-۱-۵- تخمین

ظرفیت باربری محوری نهایی با روابط ظرفیت باربری استاتیک (شود)

R_{pu} : حد بالای باربری کوبش که از بار فشاری محوری مربوط به نقطه تسلیم شمع لوله ای فولادی به دست می آید (kN)

د) ظرفیت باربری بیرون کشیدگی شمع را باید با یک مدل الاستوپلاستیک نوع دو خطی برآورد نمود. حد بالای ظرفیت

باربری بیرون کشیدگی باید طبق بخش ۵، بند ۴-۲-۳- پیشینه مقاومت کششی برای تک شمع محاسبه شود.

ه) معمولاً عکس العمل افقی خاک را می توان به وسیله یک مدل الاستوپلاستیک نوع دو خطی بیان کرد.

۵) در بسیاری از موارد، حد نهایی عملکرد با تغییر شکل خمشی مربوط به یک شمع لوله ای فولادی، به وسیله کماتش پلاستیک و یا کماتش ستون بلندی از لوله فولادی، قابل تعیین است. کرنش (ϵ_{max}) در کماتش موضعی در یک شمع لوله ای فولادی با رابطه زیر به دست می آید:

$$\epsilon_{max} = 0.44t/D \quad (۹-۶-۹)$$

که در آن:

t : ضخامت شمع لوله ای فولادی (mm)

D : قطر شمع لوله ای فولادی (mm)

اگر جلوگیری از کمانش موضعی شمع های لوله ای فولادی ضروری باشد، باید بررسی با این فرض انجام شود که ایجاد کرنش محاسبه شده از رابطه ۹-۶-۹ حد نهایی خواهد بود. بزرگی لنگر خمشی که کرنش را در کمانش موضعی ایجاد می کند، تقریباً برابر است با مقدار لنگر خمشی حالت پلاستیک کامل به دست آمده از رابطه ۹-۶-۷ در شمع های لوله ای فولادی با ابعاد متعارف که برای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل استفاده می شود.

۹-۷- طراحی مقطع حائل خاک

بررسی پایداری سازه‌ای مقطع حائل خاک در یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل روی شمع های قائم، را باید با در نظر گرفتن نوع سازه‌ای آن مطابق با راهنمایی‌های پایداری سازه‌ای نظیر **فصل ۴- اسکله دیواری وزنی و فصل ۵- اسکله سپری** انجام داد.

نکات فنی

عرشه و مقطع حائل خاک مربوط به یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل باید حتی الامکان با استفاده از یک دال با اتصال ساده و پیش‌بینی فاصله مجاز آزاد یا مصالح حدفاصل در هر دو طرف دال به منظور جلوگیری از اعمال نیروهای عرشه به مقطع حائل خاک و تامین امکان تطبیق نشست های نسبی بین عرشه و مقطع حائل خاک، متصل شود. عرشه و مقطع حائل خاک معمولاً طوری ساخته می شود که فاصله آزاد حداقل، تقریباً مساوی با حداکثر تغییر مکان افقی اسکله شمع و عرشه میان آنها باشد.

۹-۸- بررسی پایداری در برابر لغزش دایروی

اصولاً پایداری مقطع حائل خاک مربوط به اسکله شمع و عرشه موازی ساحل مستقر بر شمع های قائم، در برابر لغزش دایروی باید بر اساس **بخش ۵، بند ۶-۲-۱- تحلیل شیب با بکارگیری روش صفحه لغزش دایروی** انجام شود.

۹-۹- طراحی تفصیلی (جزئیات)

۹-۹-۱- ترکیبات بار برای طراحی عرشه

بارهای مورد استفاده در طراحی عرشه باید ترکیب مناسبی از وزن مرده و سربار وارد بر دال عرشه، پل‌های دسترسی و تیرها باشند تا ایمنی اسکله و عرشه تامین شود.

نکات فنی

در طراحی عرشه، ترکیبات بار به شرح زیر را باید در نظر گرفت و عرشه باید در برابر، عملکرد آنها ایمن باشد.

(۱) دال عرشه و پل دسترسی

(۱) وزن مرده و بار استاتیکی

(۲) وزن مرده و بار زنده

(۳) وزن مرده و نیروی بالابرنده

(۲) تیر

(۱) وزن مرده و بار استاتیکی

(۲) وزن مرده و بار زنده

(۳) وزن مرده، لنگر تولیدشده در سرشمع در اثر عملکرد نیروی افقی و بار استاتیکی هنگام اعمال نیروی افقی.

(۴) نیروی ناشی از نشست الاستیک شمع ها

۹-۹-۲- محاسبه چیدمان میلگرد مسلح کننده عرشه

اصولا محاسبه چیدمان میلگرد مسلح کننده بتن مسلح یا بتن پیش تنیده عرشه باید بر اساس روش طراحی حالت حدی انجام گیرد.

تفسیر

(۱) آرماتورگذاری کافی باید در برابر گسیختگی برشی در نظر گرفته شود، به طوری که گسیختگی برشی پیش از گسیختگی خمشی اتفاق نیافتد.

(۲) از آنجا که عرشه نسبت به سایر سازه ها در معرض آسیب محیطی شدیدتری قرار دارد، ضروری است که تمهیدات مناسبی برای ارضا نمودن ملزومات مربوط به جزئیات سازه ای مانند عمق پوشش و آرماتورگذاری مورد نیاز برای کنترل عرض ترک تحت شرایط حدی بهره‌برداری، در نظر گرفته شود تا سطح مطلوبی از دوام حاصل گردد.

۹-۹-۳- طراحی سر شمع

سر شمع ها باید طوری طراحی شوند که در برابر تنش های مختلف ایجاد شده در آنجا، ایمن باشد.

تفسیر

(۱) طراحی سرشمع‌ها باید بر اساس مطالب بخش ۵، بند ۴-۶-۲- طراحی اتصال شمع و عرشه انجام شود.

(۲) با توجه به اینکه نتیجه طراحی لرزه ای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل به صورتی است که اتصالات بین عرشه و شمع‌ها دارای عملکرد اتصال کاملا صلب است، لذا طراحی جزئیات هنگام زلزله باید با توجه به این شرایط انجام شود.

(۳) اگر در ساخت از جوشکاری استفاده شود، باید بررسی‌های لازم برای تضمین تامین مقاومت لازم اتصالات جوشی میان میلگردهای مسلح کننده و صفحات و همچنین اتصالات جوشی بین شمع‌های فولادی و صفحات صورت گیرد.

نکات فنی

(۱) توصیه می‌شود که روش اتصال سرشمع‌ها و عرشه و عمق مدفون شمع‌ها در عرشه با استفاده از آزمایش بارگذاری یا روش‌های دیگر تعیین شود، چرا که تاکنون ویژگی‌های مقاومتی پیوستگی میان یک لوله فولادی و بتن به‌طور کامل مشخص نشده است. اگر انجام آزمایش بارگذاری ممکن نباشد، عمق مدفون را می‌توان با استفاده از روش‌های شرح داده شده در بندهای ۲ و ۳ که در زیر آمده است، تعیین کرد. باید در نظر داشت که وقتی شرایط گیرداری (اتصال کاملا صلب) تعریف شده در طراحی یا بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله در مقطع سر شمع تامین نمی‌شود، میزان تغییر مکان افقی عرشه از مقدار برآورد شده در طراحی بیشتر خواهد شد.

(۲) اگر نیروی محوری از طریق اتصال میان محیط سر شمع ها و بتن، از تیرها به شمع ها منتقل می‌شود، عمق مدفون را می‌توان با در نظر گرفتن شکل سطح مقطع شمع ها، از طریق روش زیر تعیین نمود.

با توجه به اینکه در اسکله شمع و عرشه موازی ساحل معمولا ضخامت بتن روی سر شمع‌ها کم است، عمق مدفون شمع با استفاده از معادله ۹-۹-۱ و با این فرض که برش سوراخ‌کننده (پانچ) در بتن وجود ندارد و بار از طریق اتصال بین محیط شمع و بتن و بدون کمک مقاومت برشی در برابر سوراخ شدن بتن، به شمع‌ها منتقل می‌شود، محاسبه می‌شود.

$$l \geq \frac{P}{\psi f_{bod}} \gamma_b \quad (۹-۹-۱)$$

که در آن:

l : عمق مدفون (mm)

P : مقدار محاسبه شده برای نیروی محوری وارد بر شمع در طراحی (N)

ψ : قطر خارجی مقطع شمع (mm)

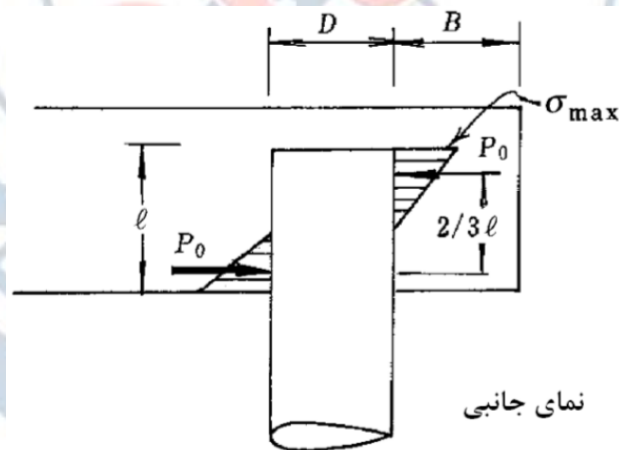
f_{bod} : مقاومت طراحی اتصال بین بتن و شمع (N/mm^2)

γ_b : ضریب عضو (می توان γ_b را برابر با ۱/۰ فرض کرد)

اگر مقدار طراحی f_{bod} برای مقاومت اتصال میان شمع و بتن را نتوان از طریق آزمایش و غیره به دست آورد، می توان از رابطه $f_{bod} = 0.11 f_{ck}'^{2/3} / \gamma_c$ استفاده نمود، زیرا آرماتورهای اصلی تیر معمولاً با اتصال صلب به سر شمع ها متصل شده و این موضوع سبب می شود که مقاومت اتصال بین شمع و بتن نسبتاً مساوی با مقدار مقاومت اتصال بین آرماتورها و بتن باشد. متغیرهای f_{ck}' و γ_c به ترتیب بیانگر مقدار مقاومت فشاری بتن (N/mm^2) و ضریب مصالح بتنی می باشد (می توان γ_c را برابر با ۱/۳ فرض کرد).

۳) عمق مدفون لازم برای انتقال لنگر سر شمع را باید بر اساس بخش ۵، بند ۴-۶-۲- طراحی اتصال شمع و عرشه تعیین کرد. تعیین این عمق به صورت تئوری باید برای تحمل ترکیب تنش برشی ناشی از نیروی افقی در شمع و تنش ناشی از لنگر خمشی باشد. اما تنش برشی ناشی از نیروی افقی معمولاً بسیار کوچک است و بنابراین می توان از آن صرف نظر کرد.

توصیه می شود که عرض دال بتنی B متصل به شمع، مقدار خیلی کمی در نظر گرفته نشود (شکل ۹-۹-۱). اگر این عرض کافی نباشد، بتن تحت شرایط برش سوراخ کننده، گسیخته شده و نمی تواند تنش برشی را تحمل کند.



۹-۹-۱- تنش برشی تولید شده در سر شمع

فصل ۱۰- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل

۱-۱۰- اصول طراحی

مباحث مطرح شده در این فصل باید به اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل که نیروی افقی وارد بر اسکله را تحمل می‌کنند، اعمال شود.

تفسیر

اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل سازه است که نیروی افقی وارد بر اسکله (شامل نیروی زلزله، نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر و نیروی کششی مهار شناور) را با شمع‌های زوج مایل تحمل می‌کند. بنابراین، این نوع اسکله‌ها باید روی زمینی اجرا شود که ظرفیت باربری کافی برای شمع‌های مایل را تامین نماید.

از آنجا که شمع‌های مایل طوری طرح می‌شوند که قادر به مقاومت در برابر نیروهای افقی در جهت عمود بر محور طولی اسکله باشند، تغییر مکان افقی در آن جهت نسبت به اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های قائم کمتر خواهد بود. شمع‌های زوج مایل به ندرت برای مقاومت در برابر نیروهای افقی در جهت محور طولی اسکله، طراحی می‌شوند و بنابراین بهتر است که مقاومت اسکله در برابر نیروهای افقی موازی با محور طولی، با روشی مشابه روش بررسی اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های قائم، بررسی شود.

بررسی مقاومت اسکله در طول زلزله باید با استفاده از روش ضریب زلزله صورت گیرد، اما اگر بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله ضروری باشد باید از روش تحلیل دینامیکی غیر خطی یا روش تحلیل الاستوپلاستیک که در بند ۹-۶-۲- روش بررسی عملکرد مقاومت در برابر زلزله، نکات فنی بند ۱ شرح داده شده است، استفاده نمود. در غیر این صورت، اساساً می‌توان اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل را مشابه با اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های قائم در نظر گرفت.

نکات فنی

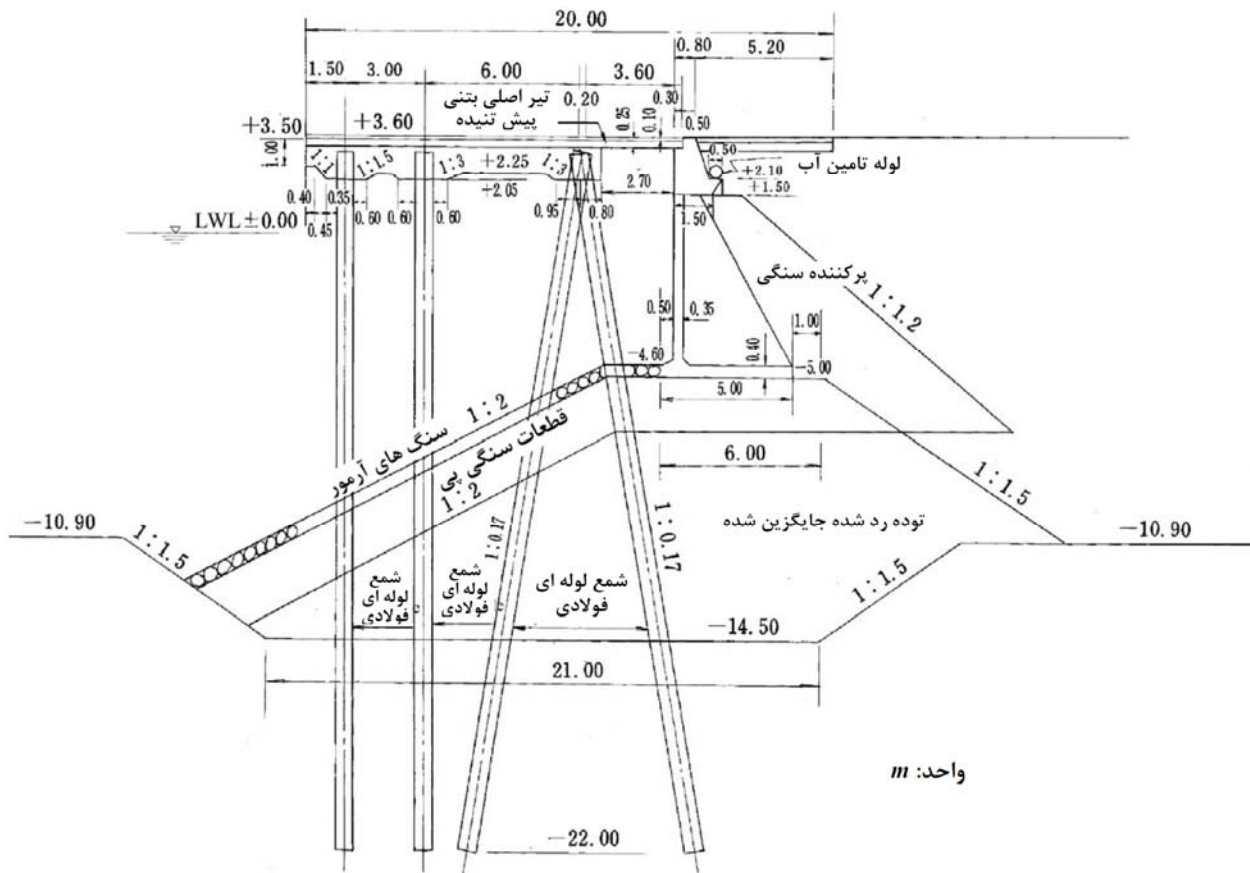
۱) شکل ۱۰-۱-۱ نمونه‌ای از یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل را نشان می‌دهد.
 ۲) اگر شمع‌های زوج مایل طوری طراحی نشده باشند که بتوانند در برابر نیروهای در جهت محور طولی اسکله مقاومت کنند، سازه اسکله این نیروها را با کمک مقاومت جانبی شمع‌ها تحمل خواهد کرد. در این حالت، محاسبه عمق مدفون شمع‌ها باید با بررسی مقاومت جانبی آنها صورت گیرد.

۳) نیروهای بالابرنده وارد بر عرشه و پل‌های دسترسی باید طبق بخش ۲، بند ۵-۵-۱- نیروی بالابرنده وارد بر صفحه افقی نزدیک تراز آب ساکن محاسبه شود.

۱۰-۲- جانمایی و ابعاد

۱۰-۲-۱- اندازه بلوک عرشه و جانمایی شمع‌ها

اندازه بلوک عرشه و جانمایی شمع‌های اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل باید براساس بند ۹-۲-۱- اندازه بلوک عرشه و جانمایی شمع‌ها تعیین شود.



شکل ۱۰-۱-۱- نمونه اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل

نکات فنی

فاصله میان شمع‌ها یا بین مراکز شمع‌های مایل معمولاً متناسب با شرایط بارگذاری و عملیات اجرایی، ۴ تا ۶ متر لحاظ می‌شود. از دیدگاه تامین مقاومت در برابر نیروی افقی، بهتر است برای شمع‌های مایل از زاویه شیب بزرگ استفاده شود، اما در بسیاری از موارد به دلیل محدودیت‌های موجود برای حفظ حداقل فاصله از سایر شمع‌ها و محدودیت‌های مربوط به عملیات اجرایی مانند ظرفیت تجهیزات شمع‌کوبی موجود، از شیبی برابر با $1:0.33$ تا $1:0.2$ استفاده می‌شود.

۱۰-۲-۲- ابعاد عرشه

ابعاد عرشه اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل را باید براساس بند ۹-۲-۲- ابعاد عرشه تعیین کرد.

نکات فنی

عرض تیر عرشه در اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل، بسته به روش اتصال سرشمع‌های مایل به یکدیگر متفاوت بوده، اما معمولاً این اندازه از عرض مربوط به حالت شمع‌های قائم بزرگتر است.

۱۰-۲-۳- آرایش ضربه‌گیرها (فندرها) و مهاربندها (بولاردها)

آرایش ضربه‌گیرها و مهاربندها باید بر اساس بند ۹-۲-۳- چیدمان ضربه‌گیرها و مهاربندها تعیین شود.

۱۰-۳- نیروهای خارجی وارد بر اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل

۱۰-۳-۱- نیروهای خارجی طراحی

نیروهای خارجی وارد بر اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل را باید بر اساس بند ۹-۳-۱- نیروهای خارجی طراحی تعیین نمود.

نکات فنی

برای طراحی شمع‌های یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل می‌توان از وزن مرده‌ای برابر با 21 kN/m^2 به عنوان وزن عرشه بتن مسلح استفاده کرد.

۱۰-۳-۲- محاسبه نیروی عکس‌العمل ضربه گیر

محاسبه نیروی عکس‌العمل ضربه گیر باید طبق بند ۹-۳-۲- محاسبه نیروی عکس‌العمل ضربه گیر انجام شود.

۱۰-۴-۱- فرضیات مربوط به خاک کف دریا

۱۰-۴-۱-۱- تعیین زاویه شیب شیروانی

شیب شیروانی زیر عرشه را باید بر اساس بند ۹-۴-۱- تعیین زاویه شیب شیروانی تعیین نمود.

۱۰-۴-۲- سطح مجازی زمین

به بند ۹-۴-۲- سطح مجازی زمین مراجعه شود.

۱۰-۵-۱- تعیین نیروهای وارد بر شمع‌ها و مقاطع عرضی شمع‌ها

۱۰-۵-۱-۱- نیروی افقی منتقل شده بر سرشمع‌های زوج مایل

نیروهای افقی که به سرشمع‌های مایل اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل منتقل می‌شود باید با در نظر گرفتن مقاطع عرضی، زاویه مایل بودن و طول شمع‌های مایل محاسبه کرد. در این محاسبه می‌توان چنین فرض کرد که نیروهای افقی تماماً توسط شمع‌های مایل تحمل می‌شود.

نکات فنی

(۱) اگر مقطع عرضی و یا زاویه مایل بودن شمع‌ها با یکدیگر تفاوت داشته باشد، نیروی افقی که به سر هر جفت از شمع‌های مایل منتقل می‌شود باید با استفاده از رابطه ۱۰-۵-۱ یا ۱۰-۵-۲ محاسبه شود (شکل ۱۰-۵-۱).

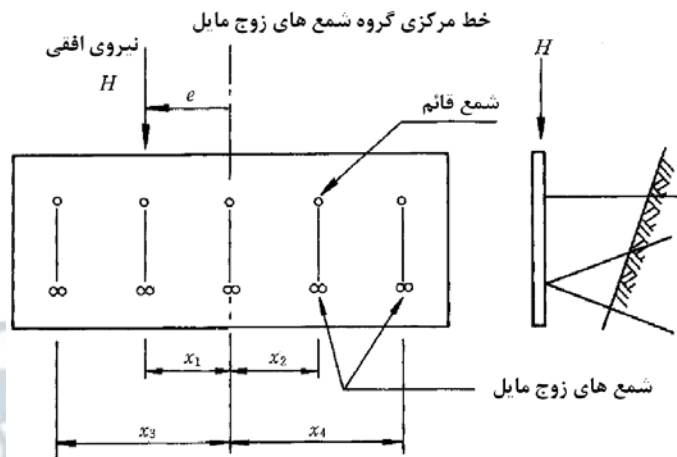
الف) حالتی که می‌توان شمع‌ها را کاملاً به عنوان شمع‌های اتکایی در نظر گرفت.

(۱) وقتی که در نظر گرفتن چرخش بلوک عرشه ضروری نباشد:

$$H_i = \frac{C_i}{\sum_i C_i} H \quad (10-5-1)$$

(۲) وقتی که در نظر گرفتن چرخش بلوک عرشه ضروری باشد:

$$H_i = \frac{C_i}{\sum_i C_i} H + \frac{C_i x_i}{\sum_i C_i x_i^2} eH \quad (10-5-2)$$



شکل ۱۰-۵-۱- فاصله بین خط مرکزی گروه شمع‌های مایل و هر زوج از شمع‌های زوج مایل

که در آن:

$$C_i = \frac{\sin^2(\theta_{i1} + \theta_{i2})}{\frac{l_{i1}}{A_{i1}E_{i1}} \cos^2 \theta_{i2} \frac{l_{i2}}{A_{i2}E_{i2}} \cos^2 \theta_{i1}} \left(\frac{N}{m} \right)$$

H : نیروی افقی وارد بر بلوک عرشه (N/m)

H_i : نیروی افقی اعمالی به i -امین زوج از شمع‌های مایل (N/m)

e : فاصله میان خط مرکزی گروه شمع‌های مایل و نقطه‌ای که نیروی افقی بر آن وارد می‌شود (m)

x_i : فاصله میان i -امین زوج از شمع‌های مایل و خط مرکزی گروه شمع‌های مایل (m)

l_i : طول کل شمع (m)، وقتی که نیروی کششی وجود داشته باشد از طول l مربوط به شمع اصطکاکی استفاده می‌شود.

A_i : سطح مقطع عرضی یک شمع از i -امین زوج از شمع‌های مایل (m^2)

E_i : مدول ارتجاعی یک شمع از i -امین زوج از شمع‌های مایل (N/m^2)

θ_{i1} و θ_{i2} : زاویه میان شمع‌های i -امین زوج از شمع‌های مایل و صفحه قائم (درجه)

اندیس ۱ و ۲ در بالا، نشان‌دهنده شماره شمع‌های یک زوج از شمع‌های زوج مایل است. مختصات خط مرکزی گروه

شمع‌های مایل را می‌توان با استفاده از رابطه $\sum C_i \xi_i / \sum C_i$ محاسبه کرد.

مقدار ξ_i نشان‌دهنده مختصات هر زوج از شمع‌های مایل در راستای محور طولی اسکله نسبت به یک مرکز مختصات داده

شده، می‌باشد.

(ب) حالتی که بتوان شمع‌ها را تماماً به عنوان شمع‌های اصطکاکی در نظر گرفت:

(۱) خاک ماسه‌ای

روابط ۱۰-۵-۱ و ۱۰-۵-۲ با جایگزین کردن $(2l_i + \lambda_i)/3$ به جای l_i استفاده می‌شود.

(۲) خاک چسبنده

روابط ۱۰-۵-۱ و ۱۰-۵-۲ با جایگزین کردن $(l_i + \lambda_i)/2$ به جای l_i استفاده می‌شود.

که در آن:

λ_i : طول قسمتی از i -امین شمع که در آن قسمت، اصطکاک پوسته به طور موثر عمل نمی کند (m)

l_i : طول کل i -امین شمع (m)

(۲) وقتی که مقطع عرضی، زاویه مایل بودن و طول تمام شمع‌های مایل یکسان باشد، نیروی افقی که به هر زوج از شمع‌های مایل منتقل می شود را می توان با استفاده از روابط ۳-۵-۱۰ و ۴-۵-۱۰ محاسبه نمود.

الف) حالتی که در نظر گرفتن چرخش بلوک ضروری نباشد:

$$H_i = \frac{l}{n} H \quad (3-5-10)$$

که در آن:

N : تعداد زوج شمع‌ها

ب) حالتی که در نظر گرفتن چرخش بلوک ضروری باشد:

$$H_i = \frac{l}{n} H + \frac{x_i}{\sum x_i^2} eH \quad (4-5-10)$$

۱۰-۵-۲- بار قائم انتقال یافته به سرشمع‌های مایل

بار قائم انتقال یافته به هر زوج از شمع‌های مایل را باید متناسب با جانمایی سازه شمع‌ها و همچنین نیروهای خارجی وارد بر اسکله محاسبه کرد.

نکات فنی

برای نیروی رو به پایین وارد بر شمع‌ها ناشی از هر بار قائم، می توان از نیروی عکس‌العمل محاسبه شده با فرض یک تیر با اتصال ساده در محل شمع به جای عرشه استفاده نمود.

۱۰-۵-۳- نیروهای کششی (بیرون کشنده) و فشاری (فرو کننده) شمع‌های زوج مایل

نیروهای کششی و فشاری هر زوج از شمع‌های مایل را باید با توجه به بارهای قائم و افقی که متناسب با وضعیت کاربری اسکله تعریف شده‌اند، محاسبه نمود.

نکات فنی

(۱) نیروهای کششی و فشاری شمع‌های مایل را می توان طبق بخش ۵، بند ۴-۳-۶- ظرفیت باربری جانبی شمع‌های

زوج با استفاده از الف) نیروی افقی انتقال یافته به هر زوج از شمع‌های زوج مایل که براساس بند ۱۰-۵-۱- نیروی افقی

منتقل شده بر سرشمع‌های زوج مایل محاسبه می شود و ب) بار قائم انتقال یافته به سر یک زوج شمع مایل که براساس بند

۱۰-۵-۲- بار قائم انتقال یافته به سرشمع‌های مایل محاسبه می شود، تعیین نمود.

(۲) نیروی فشاری هر شمع قائم از یک اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل را باید مانند نیروی عکس‌العمل

محاسبه شده طبق بند ۱۰-۵-۲- بار قائم انتقال یافته به سرشمع‌های مایل برآورد نمود.

۱۰-۵-۴- تنش‌های مقطع عرضی شمع‌ها

تنش‌های مقطع عرض شمع‌ها را باید با در نظر گرفتن هر شمع به عنوان یک شمع تحت بار محوری و لنگر خمشی محاسبه کرد.

نکات فنی

۱) تنش‌های مقطع عرضی شمع‌های قائم باید مانند یک شمع تحت بار محوری و تنش‌های مقطع عرضی شمع‌های مایل باید مانند یک شمع تحت بار محوری تنها یا تحت ترکیب بار محوری و لنگر خمشی محاسبه شود (بند ۹-۵-۵-۵- تنش‌های مقطع عرضی شمع‌ها).

۲) ظرفیت باربری شمع‌های مایل را می‌توان با مراجعه به بند ۱ یا ۲ نکات فنی در بخش ۵، بند ۴-۳-۶- ظرفیت باربری جانبی شمع‌های زوج محاسبه کرد. اگر از روشی بند ۱ استفاده شود، توصیه می‌شود تنش‌های مجاز شمع‌ها ۲۰ تا ۳۰ درصد نسبت به مقادیری که در بند ۳ نکات فنی از بند ۹-۵-۵- تنش‌های مقطع عرضی شمع‌ها شرح داده شده است، کاهش داده شود تا اثرات لنگرهای خمشی و تنش‌های ثانویه که در این روش طراحی در نظر گرفته شده است، خنثی شود.

۳) معمولاً شیب شمع‌های زوج مایل، در جهت عمود بر محور طولی یک اسکله شمع و عرشه، در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، معمولاً شمع‌ها طوری طراحی می‌شود که در حالت تحت بار محوری در برابر نیروهای خارجی وارد بر راستای عمود بر محور طولی، قرار داشته باشد (به بند ۱۰-۶- بررسی مقاومت اسکله در راستای محور طولی مراجعه شود).

۴) اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل، معمولاً روی زمین با ظرفیت باربری زیادی ساخته می‌شود و بنابراین شمع‌ها را باید به دقت و با بررسی تأثیرات تنش‌های ضربه‌ای، کماتش و سایر مواردی که در حین کوبش پیش می‌آید، طراحی نمود (به بخش ۵، بند ۴-۶-۱- بررسی بارهای حین ساخت مراجعه شود).

۱۰-۶- بررسی مقاومت اسکله در راستای محور طولی

۱) اگر شمع‌های زوج مایل طوری طراحی شوند که قادر به مقاومت در برابر نیروهای وارد بر اسکله در جهت محور طولی آن باشند، مقاومت اسکله در راستای محور طولی آن را باید طبق روش بند ۱۰-۵- تعیین نیروهای وارد بر شمع‌ها و مقاطع عرضی شمع‌ها، مشابه آنچه که برای بررسی مقاومت اسکله در جهت عمود بر محور طولی آن به کار رفت، بررسی نمود.

۲) اگر برای تحمل نیروهای وارد بر اسکله در راستای محور طولی آن هیچ شمع زوج مایلی طراحی نشده باشد، بررسی مقاومت باید بر اساس بند ۹-۵- طراحی شمع و یا روش مشابه برای اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های قائم، انجام شود.

۱۰-۷- عمق مدفون شمع‌های مایل

ظرفیت باربری شمع‌های مایل را باید طبق بند ۹-۵-۶- بررسی عمق مدفون برای ظرفیت باربری و بند ۹-۵-۷- بررسی عمق مدفون برای مقاومت جانبی انجام داد.

۱۰-۸- طراحی مقطع حائل خاک

طراحی مقطع حائل خاک باید طبق بند ۹-۷- طراحی مقطع حائل خاک صورت گیرد.

۱۰-۹- بررسی پایداری در برابر لغزش دایروی

بررسی پایداری در برابر لغزش دایروی باید طبق بند ۹-۸- بررسی پایداری در برابر لغزش دایروی انجام شود.

۱۰-۱۰- طراحی تفصیلی (جزئیات)

طراحی جزئیات تیر پیشانی و صفحه اتصال باید طبق بند ۹-۹- طراحی تفصیلی (جزئیات) انجام داد.

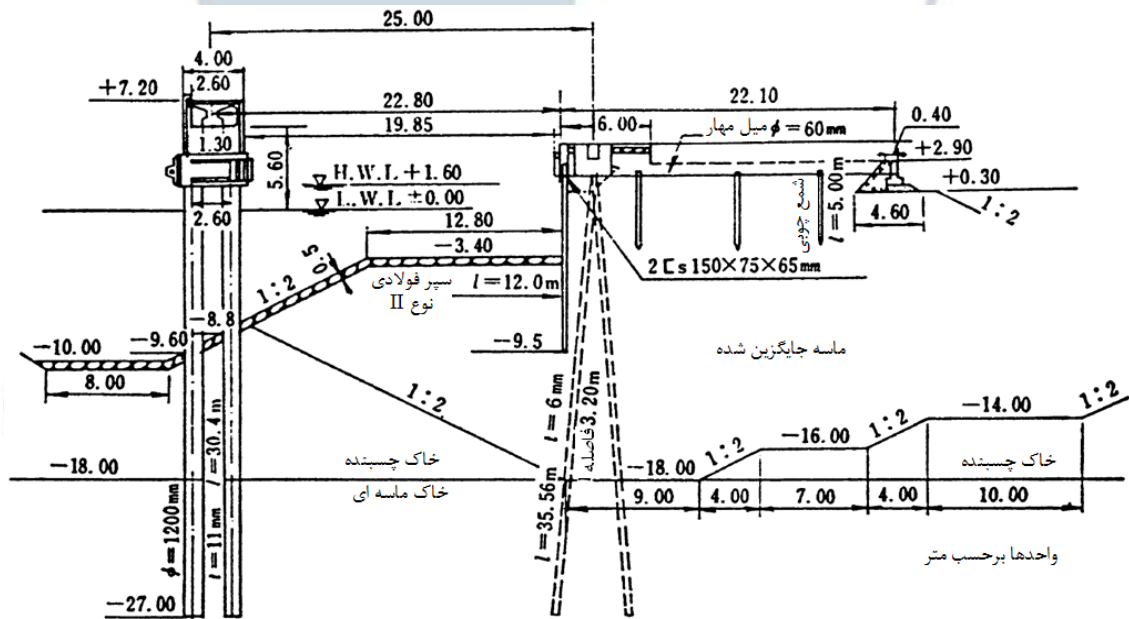
فصل ۱۱- اسکله جدا از ساحل

۱-۱۱- گستره کاربرد

الزامات بیان شده در این فصل در طراحی اسکله جدا از ساحل که شامل دو بخش اسکله جدا از ساحل و دیوار حائل پشت اسکله می باشد، کاربرد دارد.

نکات فنی

شکل ۱-۱۱-۱ نمونه ای از سطح مقطع یک اسکله جدا از ساحل را نشان می دهد.



شکل ۱-۱۱-۱- نمونه ای از سطح مقطع اسکله جدا از ساحل

۱-۱۱-۲- اصول طراحی

اسکله جدا از ساحل باید به گونه ای طراحی شود که در برابر تمام بارهای موثر بر پهلوگیرها و تیرهای آن پایدار باشد. علاوه بر آن نوع و ابعاد پل جرثقیل، مشخصات حرکتی جرثقیل و نشست ریل ها بعد از نصب به نوبه خود در تعیین سازه اسکله جدا از ساحل در نظر گرفته می شود.

۱-۱۱-۳- طراحی اسکله جدا از ساحل

۱-۱۱-۳-۱- جانمایی و ابعاد

فاصله پهلوگیرها و ساحل، فاصله ریل های جرثقیل و فاصله پهلوگیرها در جهت محور طولی اسکله بر اساس هزینه و سهولت عملیات اجرا، ابعاد جرثقیل، شرایط خاک بستر دریا و غیره تعیین می گردد.

۱-۱۱-۳-۲- بارها و نیروهای خارجی

اصولا، بارها و نیروهای خارجی که در طراحی اسکله دور از ساحل مد نظر قرار می گیرند عبارتند از:

(۱) نیروهای قائم

(الف) بارهای چرخ تجهیزات جابجایی کالا

(ب) نیروی مهار شناورها

(ج) بار مرده عرشه

(د) بار مرده اسکله

(۲) نیروهای افقی

(الف) نیروی مهار شناورها

(ب) نیروی پهلوگیری شناورها

(ج) نیروی باد موثر روی تجهیزات جابجایی کالا

(د) نیروی لرزه ای موثر روی تجهیزات جابجایی کالا

(هـ) نیروی لرزه ای موثر بر عرشه

(و) نیروی لرزه ای موثر روی پهلوگیرها

تفسیر

(۱) در طراحی اسکله جدا از ساحل، علاوه بر نیروی های فوق الذکر، نیروی موج و نیروی بالابرنده و نیروی باد موثر بر عرشه، نیز باید به نحوه مناسبی مد نظر قرار گیرد.

(۲) نیروی ترمز تجهیزات جابجایی کالا همیشه به عنوان نیروی افقی در طراحی تیرها مطرح می باشد، اما در طراحی اسکله، وقتی این نیرو موجود باشد، در نظر گرفته خواهد شد.

۱۱-۳-۳- طراحی اسکله

اسکله باید بر اساس نوع سازه موجود، بطور مناسبی طراحی گردد.

تفسیر

طراحی اسکله باید مطابق فصل ۹- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم یا فصل ۱۰- اسکله شمع

و عرشه موازی ساحل با شمع های زوج مایل انجام گیرد. البته طراحی اسکله وزنی یا اسکله سلولی ساخته شده با سپر

فولادی باید به ترتیب مطابق فصل ۴- اسکله دیواری وزنی یا فصل ۷- اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپر

فولادی انجام شود.

۱۱-۳-۴- طراحی تیر

تیر باید در برابر بارها و نیروهای افقی و همچنین قائم، طوری طراحی شود که ایمن باشد.

تفسیر

اعضای سازه ای مورد استفاده در تیرهای اسکله جدا از ساحل باید مقاومت کافی در برابر نیروهای مورد انتظار افقی و قائم داشته

باشند زیرا ریل های جرثقیل مستقیماً روی تیرها نصب می شوند. در ارزیابی نیروهای قائم، افزایش در بارهای چرخ به دلیل بار باد یا

زلزله وارد بر پل جرثقیل، باید در نظر گرفته شود.

نکات فنی

(۱) تیرها اغلب به عنوان تیر ساده ای که توانایی مقابله با نشست اسکله را دارد، طراحی می گردند.

۲) وقتی که هر دو پایه پل جرثقیل ثابت باشد، بار افقی هر پایه از تقسیم کل بار افقی بر اساس نسبت بار چرخ، بین دو پایه حاصل می‌گردد. وقتی که پل جرثقیل دارای یک پایه ثابت و یک پایه معلق می‌باشد، کل بار افقی را باید به پایه ثابت وارد نمود تا طراحی ایمن تر گردد. البته در حالت دو پایه ثابت، همزمان نصف نیروی افقی وارده به یک پایه باید به پایه معلق وارد گردد.

۱۱-۴- تجهیزات فرعی

تجهیزات فرعی مانند ضربه‌گیر (فندر)، ستون مهاری و پل ارتباطی باید برای اسکله جدا از ساحل نیز در نظر گرفته شود.

نکات فنی

برای ضربه‌گیر و ستون مهاری به فصل ۱۹- تجهیزات فرعی مراجعه شود. برای پل ارتباطی و دال، بار زنده پیاده‌رو حدود ۵ کیلونیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شود.

۱۱-۵- طراحی تفصیلی (جزئیات)

۱۱-۵-۱- عرشه

سطح مقطع عرشه باید بر اساس بند ۹-۹-۱- ترکیبات بار برای طراحی عرشه تعیین گردد.

۱۱-۵-۲- پل ارتباطی

پل ارتباطی باید طبق ضوابط و آیین نامه‌های پل (نشریات ۱۳۹، ۳۸۹، ۳۹۵ و ۴۶۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی) طراحی گردد.

فصل ۱۲ - اسکله شناور

۱-۱۲- گستره کاربرد

۱) الزامات بیان شده در این فصل برای اسکله های شناور دارای بدنه شناور (از اینجا به بعد به عنوان پانتون یاد می شود) که با زنجیر مهار و غیره مهار شده باشد، کاربرد دارد.

۲) روش های طراحی مطرح شده در این فصل برای اسکله های شناور نصب شده در مکان هایی که اثر موج، جریان جزر و مدی و باد نسبتا ضعیف باشد، کاربرد دارد.

تفسیر

۱) شکل ۱-۱۲-۱ و ۱-۱۲-۲ اجزای اصلی یک اسکله شناور و سازه یک پانتون را نشان می دهد. یک اسکله شناور شامل پانتون، پل دسترسی برای اتصال پانتون به ساحل، پل های ارتباطی برای اتصال پانتون ها، زنجیرهای مهار برای مهار پانتون ها، لنگر های مهار و اجزای دیگر می باشد.

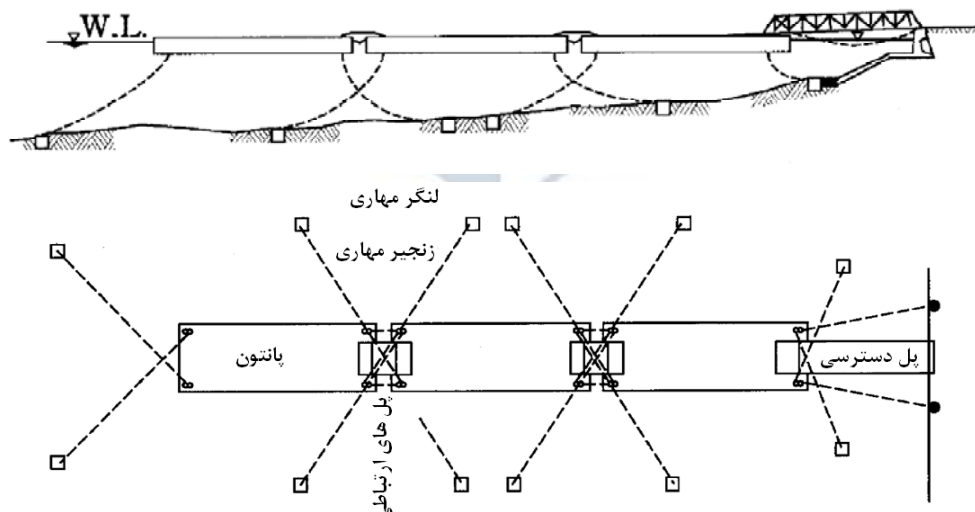
۲) طراحی سازه های شناور مختلف برای استفاده عمومی باید طبق راهنمایی های این فصل انجام گیرد.

تفسیر

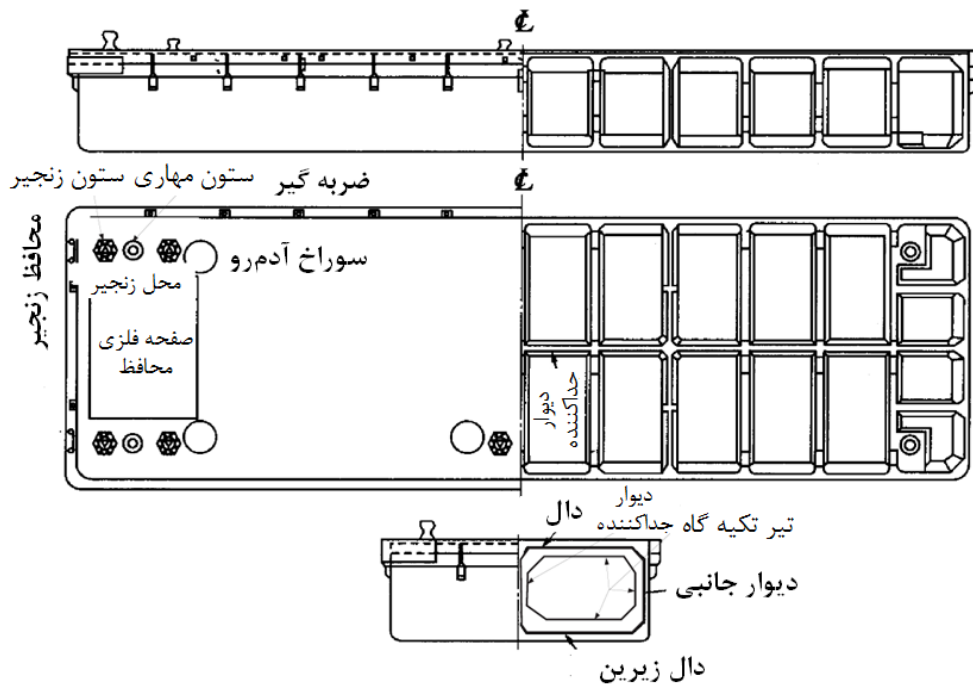
اگر شرایط کارگاه خارج از پوشش این فصل باشد، طراحی باید بر اساس بخش ۲، بند ۵-۵- نیروی موج وارد بر سازه نزدیک تراز آب ساکن و بخش ۲، فصل ۸- نیروهای خارجی وارد بر جسم شناور و حرکات آن و بخش ۷، بند ۳-۳-۲- موج شکن شناور، انجام شود.

۱-۱۲-۲- اصول طراحی

اسکله شناور باید به گونه ای طراحی شود که در طول مدت بارگیری و تخلیه و نیز سوار و پیاده شدن مسافر و خودرو، پایدار و ایمن و همچنین دارای دوام کافی باشد. سیستم مهار شامل زنجیر و لنگرهای مهار باید برای داشتن مقاومت کافی در برابر نیروهای خارجی مورد انتظار طراحی شود.



شکل ۱-۱۲-۱- توضیحات اجزای اسکله شناور



شکل ۱۲-۱-۲- توضیحات اجزای پانتون

۱۲-۳- طراحی پانتون

۱۲-۳-۱- ابعاد پانتون

پانتون باید دارای مقدار سطح و ارتفاع کافی بیرون از آب برای عملکرد مورد انتظار بوده و ابعاد آن باید برای پایداری در برابر بارها و نیروهای خارجی وارد بر آن کافی باشد.

۱۲-۳-۲- بارها و نیروهای خارجی وارد بر پانتون

بارها و نیروهای خارجی که باید در طراحی پانتون مد نظر قرار گیرد عبارتند از:

- (۱) بار استاتیک و بار زنده
- (۲) نیروهای عکس العمل پل های ارتباطی و پل دسترسی
- (۳) فشار هیدرواستاتیک
- (۴) وزن مرده
- (۵) وزنه تعادل

تفسیر

معمولا در طراحی پانتون احتیاج به در نظر گرفتن نیروی عکس العمل ضربه گیر، نیروی موج، نیروی جریان و فشار دینامیک آب نمی باشد مگر اینکه به علت شرایط کارگاهی ویژه ای نیاز به لحاظ موارد مذکور باشد. البته وقتی که ریسک قرارگیری پانتون در معرض اثر موج وجود داشته باشد، لازم است نیروی موج وارد بر پانتون ساکن که در محل خود محکم شده و نیروهای سیال ناشی از حرکت پانتون (به بخش ۲، فصل ۸- نیروهای خارجی وارد بر جسم شناور و حرکات آن مراجعه شود) در نظر گرفته شود. در این حالت، نیروی مهاری با در نظر گرفتن حرکات پانتون محاسبه می گردد.

نکات فنی

معمولا در اسکله شناور بار زنده حدود ۵/۰ کیلو نیوتن بر مترمربع برای مسافران در نظر گرفته می شود که در اصل برای مسافرانی که در حال سوار یا پیاده شدن از کشتی مسافری هستند، استفاده می گردد.

۱۲-۳-۳- پایداری پانتون

پانتون باید به نحوی طراحی شود که سطح پایداری سازه ای لازم برای مقاصد کاربردی آن تامین شود.

نکات فنی

(۱) در ارزیابی پایداری پانتون، الزامات زیر باید برآورده شود:

(الف) پانتون باید شرط پایداری یک بدنه شناور را ارضا کرده و مقدار ارتفاع لازم خارج از آب را حتی با وجود نیروی عکس‌العمل پل دسترسی و سربار حداکثر روی عرشه و وجود مقداری آب نشستی به داخل پانتون، داشته باشد.

(ب) حتی وقتی که سربار حداکثر روی نیمی از عرشه که با محور تقارن طولی پانتون تقسیم شده است و همچنین نیروی عکس‌العمل پل دسترسی بر آن قسمت (اگر پل به آن قسمت متصل باشد) وارد شود، باز هم پانتون باید شرط پایداری بدنه شناور را برآورده کرده و شیب عرشه باید برابر ۱:۱۰ یا کمتر با حداقل ارتفاع خارج آب صفر یا بیشتر باشد.

(۲) ارتفاع آب تجمعی نشست کرده در پانتون که در ارزیابی پایداری پانتون در نظر گرفته می شود معمولا برابر ۱۰ درصد ارتفاع پانتون می باشد. ارتفاع آزاد لازم خارج آب در این حالت بیشتر اوقات حدود ۰/۵ متر می باشد.

(۳) پایداری پانتون وقتی در معرض بار گسترده یکنواخت قرار می‌گیرد با ارضای رابطه ۱۲-۳-۱ حاصل می‌گردد.

$$\frac{\gamma_w I}{W} - \overline{CG} > 0 \quad (12-3-1)$$

که در آن:

I : ممان اینرسی هندسی سطح مقطع در تراز آب ساکن نسبت به محور طولی (m^4)

W : وزن پانتون و بار گسترده یکنواخت (kN)

γ_w : وزن مخصوص آب دریا (kN/m^3)

\overline{CG} : فاصله بین مرکز شناوری و مرکز جرم

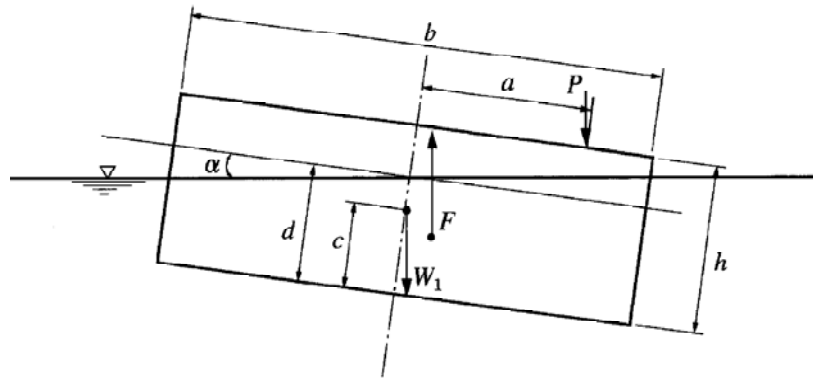
وقتی پانتون دارای نشست تا قسمتی پر شده باشد، پایداری پانتون را می توان با استفاده از رابطه ۱۲-۳-۲ و ارضای آن تامین نمود. حروف W ، I و C در این رابطه همان توضیحات قبلی اما در حالت پانتون دارای آب می‌باشد.

$$\frac{\gamma_w}{W} (I - \sum i) - \overline{CG} > 0 \quad (12-3-2)$$

که در آن:

i : ممان اینرسی هندسی سطح آب داخل هر محفظه نسبت به محور مرکزی خود محفظه موازی با محور دوران پانتون (m^4)

وقتی پانتون تحت بار خارج از مرکز قرار داشته باشد، پایداری آن زمانی حاصل می‌گردد که مقدار $\tan \alpha$ حاصل از رابطه ۱۲-۳-۳، رابطه ۱۲-۳-۴ را ارضا نماید (شکل ۱۲-۳-۱).



شکل ۱۲-۳-۱- پایداری پانتون تحت بار خارج از مرکز

$$(W_1 + P) \left[\frac{b^2 \tan \alpha}{12d \cos^2 \alpha} - \left(\frac{b^2}{24d} \tan^2 \alpha + c - \frac{d}{2} \right) \tan \alpha \right] - P[a + (h - c) \tan \alpha] = 0 \quad (۳-۳-۱۲)$$

$$\left. \begin{aligned} \tan \alpha &< \frac{2(h-d)}{b} \\ \tan \alpha &< \frac{1}{10} \end{aligned} \right\} \quad (۴-۳-۱۲)$$

که در آن:

 W_1 : وزن پانتون (kN) P : نیروی کل بار خارج از مرکز (kN) b : عرض پانتون (m) h : ارتفاع پانتون (m) d : آبخور پانتون وقتی P در مرکز پانتون اعمال شود (m) c : ارتفاع مرکز جرم پانتون نسبت به کف پانتون (m) a : فاصله P از محور مرکزی پانتون (m) α : زاویه شیب پانتون (برحسب درجه)**۱۲-۳-۴- طراحی جداگانه اجزای پانتون**

تنش های ایجاد شده در اجزای تشکیل دهنده پانتون باید با انتخاب روش متناسب با کاربرد پانتون، بارها و نیروهای خارجی وارد بر آن اجزا و خصوصیات سازه ای آن ها ارزیابی گردد.

نکات فنی

(۱) دال سقف

دال سقف معمولاً به شکل دال دوطرفه گیردار روی چهار لبه شامل تیرهای تکیه گاهی و دیوارهای جانبی در برابر بارهایی که بزرگترین تنش را از ترکیبات بارهای زیر ایجاد می کند، طراحی می گردد.

(الف) وقتی فقط بار استاتیک روی پانتون وارد شود: بار استاتیک و وزن مرده

(ب) وقتی بار زنده روی پانتون وارد شود: بار زنده و وزن مرده

ج) وقتی تکیه گاه پل دسترسی روی پانتون قرار داده می شود (بدون ستون تنظیم): نیروی عکس العمل تکیه گاه پل

دسترسی و بار مرده

۲) دیوارهای جانبی

دیوار جانبی معمولاً به شکل دال دوطرفه گیردار بر روی چهار لبه شامل دال سقف، دال کف و دیوارهای جانبی یا تیرهای تکیه گاهی و در برابر فشار هیدرواستاتیک وارده وقتی پانتون تا $0/5$ متر بالای عرشه مستغرق باشد، طراحی می گردد.

۳) دال کف

دال کف معمولاً به شکل دال دوطرفه گیردار روی چهار لبه شامل دیوارهای جانبی یا تیرهای تکیه گاهی در برابر فشار هیدرواستاتیک وارده وقتی پانتون تا $0/5$ متر بالای عرشه مستغرق باشد، طراحی می گردد.

۴) دیوار جداکننده

دیوار جداکننده شبیه دال گیردار روی چهار لبه طراحی می گردد.

۵) تیرهای تکیه گاهی و تکیه گاه ها

تیرهای تکیه گاهی دال سقف، دال کف و دیوارهای جانبی و تکیه گاه مرکزی معمولاً شبیه جعبه قاب صلب تحت شرایط حداکثر بار وارد بر دال سقف پانتون و فشار هیدرواستاتیک برای آبخور برابر ارتفاع پانتون طراحی می گردد.

۶) وقتی که باید اثر موج در نظر گرفته شود، محاسبه نیروهای اجزا با استفاده از رابطه *Muller*، روش بارج بتنی پیش تنیده، یا قانون *DnV* انجام می شود. وقتی در نظر گرفتن اثرات حرکت بدنه شناور، ارتفاع و پریود امواج و عمق آب لازم باشد، می توان از روش تقسیم سطح مقطع *Ueda* و همکاران استفاده نمود.

۱۲-۴- طراحی سیستم مهار

۱۲-۴-۱- روش مهار

روش مهار پانتون اسکله شناور باید با توجه به شرایط طبیعی محیط نصب به نحوی انتخاب گردد که بهره برداری مورد انتظار از اسکله شناور به عمل آید.

۱۲-۴-۲- طراحی زنجیر مهار

[۱] نیروهای خارجی طراحی

سازه زنجیر مهار باید با روشی مناسب به گونه ای ارزیابی گردد که زنجیرها قادر به نگهداری پانتون در محل خود به طور ایمن تحت اعمال بزرگترین بار باشد.

نکات فنی

۱) راهنمایی های این بخش برای پانتون مهار شده با زنجیر کاربرد دارد که استفاده بیشتری در طراحی اسکله شناور داشته است.

۲) برای نیروهای خارجی، از بین ترکیب بارهای زیر که بزرگترین نیروی کل را ارائه دهد، استفاده می گردد.

الف) نیروی عکس العمل ضربه گیر و نیروی جریان جزر و مدی

ب) نیروی طناب مهار کشتی و نیروی جریان جزر و مدی

ج) نیروی موج و نیروی جریان جزر و مدی

[۲] قرارگیری زنجیر

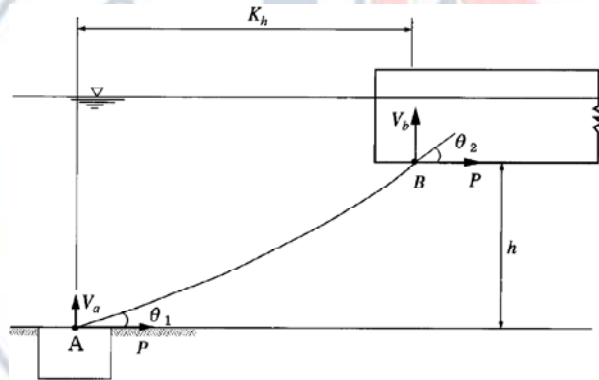
هر زنجیر باید به یکی از مهاریهای زنجیر در چهارگوشه پانتون از طریق سوراخ محل زنجیر وصل و توسط یک لنگر به بستر دریا متصل گردد.

[۳] قطر زنجیر

قطر زنجیر باید به اندازه ای باشد که هنگام بالاترین مد توسط نیروهای خارجی تعیین شده در [۱] نیروهای خارجی طراحی گسیخته نشود.

نکات فنی

(۱) حداکثر کشش وارد بر هر زنجیر به طور ایده آل با تحلیل دینامیکی زنجیر و پانتون تعیین می گردد، اما چون این تحلیل بسیار دشوار می باشد، می توان از بهترین روش جایگزین یعنی تحلیل استاتیک استفاده نمود. زنجیر معمولاً تحت شرایطی که فقط یک زنجیر باید در مقابل تمام نیروهای خارجی مقاومت کند، طراحی می گردد (شکل ۱۲-۴-۱).



شکل ۱۲-۴-۱- توضیحات مرتبط با زنجیر مهاری

حداکثر کشش وارد بر زنجیر با فرض اینکه امتداد زنجیر به شکل منحنی باشد، از رابطه ۱۲-۴-۱ حاصل می گردد.

$$T = P \sec \theta_2 \quad (12-4-1)$$

نیروی افقی وارد بر لنگر مهاری مانند نیروی افقی وارد بر پانتون است و نیروی قائم وارد بر لنگر از رابطه ۱۲-۴-۲ محاسبه می شود.

$$V_a = P \tan \theta_1 \quad (12-4-2)$$

نیروی قائم وارد بر اتصال بین زنجیر و پانتون از رابطه ۱۲-۴-۳ به دست می آید.

$$V_b = P \tan \theta_2 \quad (12-4-3)$$

زوایای θ_1 و θ_2 با حل رابطه ۱۲-۴-۴ با فرض طول l برای زنجیر و وزن w برای طول واحد زنجیر محاسبه می شود.

$$\begin{cases} l = \frac{P}{w} (\tan \theta_2 - \tan \theta_1) \\ h = \frac{P}{w} (\sec \theta_2 - \sec \theta_1) \end{cases} \quad (12-4-4)$$

فاصله افقی بین لنگر مهاری و پانتون وقتی نیروی افقی روی پانتون اعمال شده است از رابطه ۱۲-۴-۵ به دست می آید و بنابراین مقدار جابجایی افقی پانتون از محل سکون خود وقتی نیروی افقی وجود ندارد به راحتی قابل محاسبه است.

$$K_h = \frac{P}{w} [\sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1)] \quad (5-4-12)$$

به دلیل اینکه انحناى خط زنجیر با قطر معمولی را می توان تقریباً با خط مستقیم جایگزین نمود، در روابط ۱۲-۴-۱ تا ۱۲-۴-۳ می توان فرض کرد که $\theta_2 = \theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{h}{l}\right)$ و $K_h = \sqrt{l^2 - h^2}$ باشد که در آن:

T : حداکثر کشش وارد بر زنجیر (kN)

P : نیروی افقی خارجی (kN)

V_a : نیروی قائم وارد بر لنگر مهارى (kN)

V_b : نیروی قائم وارد بر اتصال بین زنجیر و پانتون (kN)

θ_1 : زاویه ای که زنجیر با راستای افق در اتصال بین لنگر مهارى و زنجیر می سازد (برحسب درجه)

θ_2 : زاویه ای که زنجیر با راستای افق در اتصال بین لنگر مهارى و پانتون می سازد (برحسب درجه)

l : طول زنجیر (m)

w : وزن مستغرق در واحد طول زنجیر (kN/m)

h : عمق آب زیر کف پانتون (m)

K_h : فاصله افقی بین لنگر مهارى و اتصال بین پانتون و زنجیر (m)

۲) در تعیین قطر زنجیر باید توجه به سایش، خوردگی و اثرات ناشی از چسبیدن موجودات زنده به زنجیر مد نظر باشد. علاوه بر آن، عملیات نگهداری مناسبی برای زنجیر لازم می باشد که شامل بازرسی های دوره ای زنجیر و تعویض آن در صورت لزوم است.

۳) وقتی در تعیین قطر زنجیر از شبیه سازی عددی دینامیکی استفاده می شود، لازم است مشخصات رابطه تغییر مکان و نیروی بازگشت سیستم مهارى با استفاده از روشی مناسب مانند تئوری انحناى زنجیر به دست آید.

۱۲-۴-۳- طراحی لنگر مهارى

[۱] نیروهای خارجی طراحی

در طراحی لنگر مهارى، حداکثر نیروی که بر زنجیر مهارى وارد شده و طبق بند ۱۲-۴-۲- طراحی زنجیر مهارى محاسبه شده است، باید به عنوان نیروی خارجی طراحی به کار برده شود.

نکات فنی

مقادیر زیر که در بند ۱۲-۴-۲- طراحی زنجیر مهارى محاسبه شده را می توان به عنوان نیروی خارجی استفاده کرد.

$$V_a = P \tan \theta_1 \quad \text{الف) نیروی قائم:}$$

ب) نیروی افقی: P

برای V_a ، P و θ_1 به شکل ۱۲-۴-۱ مراجعه شود.

[۲] طراحی لنگر مهارى

لنگر مهارى باید قادر به تامین نیروهای مقاوم لازم برای نگه داشتن پایداری پانتون در برابر حداکثر کشش وارد بر زنجیر مهار را داشته باشد و همچنین طراحی باید با ضریب اطمینان مناسبی انجام گردد.

نکات فنی

(۱) معمولاً نیروهای زیر به عنوان نیروهای مقاوم لنگر مهاری در نظر گرفته می شود، اما پیشنهاد می گردد که آزمایش های پایداری در محل برای لنگر مهاری انجام گیرد.

الف) در حالت بلوک بتنی

(۱) روی رس:

نیروی مقاوم افقی: چسبندگی سطوح کف و اطراف، تفاوت بین فشار خاک محرک و مقاوم

نیروی مقاوم قائم: وزن مستغرق، وزن سربار موثر

(۲) روی ماسه:

نیروی مقاوم افقی: نیروی اصطکاک کف، تفاوت بین فشار خاک محرک و مقاوم

نیروی مقاوم قائم: وزن مستغرق، وزن سربار موثر

نیروی قائم مورد استفاده در محاسبه نیروی اصطکاک کف، اختلاف بین وزن مستغرق بلوک و مولفه قائم کشش زنجیر وارد بر بلوک می باشد.

ب) در حالت لنگر مهاری فلزی

نیروی مقاوم افقی: توان نگهداری

نیروی مقاوم قائم: وزن مستغرق

توان نگهداری لنگر مهاری فلزی از رابطه ۱۲-۴-۶ محاسبه می شود.

$T_A = 17W_A^{2/3}$	گل نرم	} (۶-۴-۱۲)
$T_A = 10W_A^{2/3}$	گل سخت	
$T_A = 3W_A$	ماسه	
$T_A = 0.4W_A$	سنگ صاف	

که در آن:

T_A : توان نگهداری لنگر مهاری (kN)

W_A : وزن مستغرق لنگر مهاری (kN)

(۲) برای پایداری لنگر مهاری از ضریب اطمینان ۱/۲ یا بیشتر استفاده می شود.

۱۲-۵- طراحی پل دسترسی و پل ارتباطی

۱۲-۵-۱- ابعاد و شیب

پل دسترسی و پل های ارتباطی اسکله شناور باید دارای ابعاد و شیب مناسب که تامین کننده الزامات کاربردی اسکله شناور برای مسافر، خودرو و بار است، باشد.

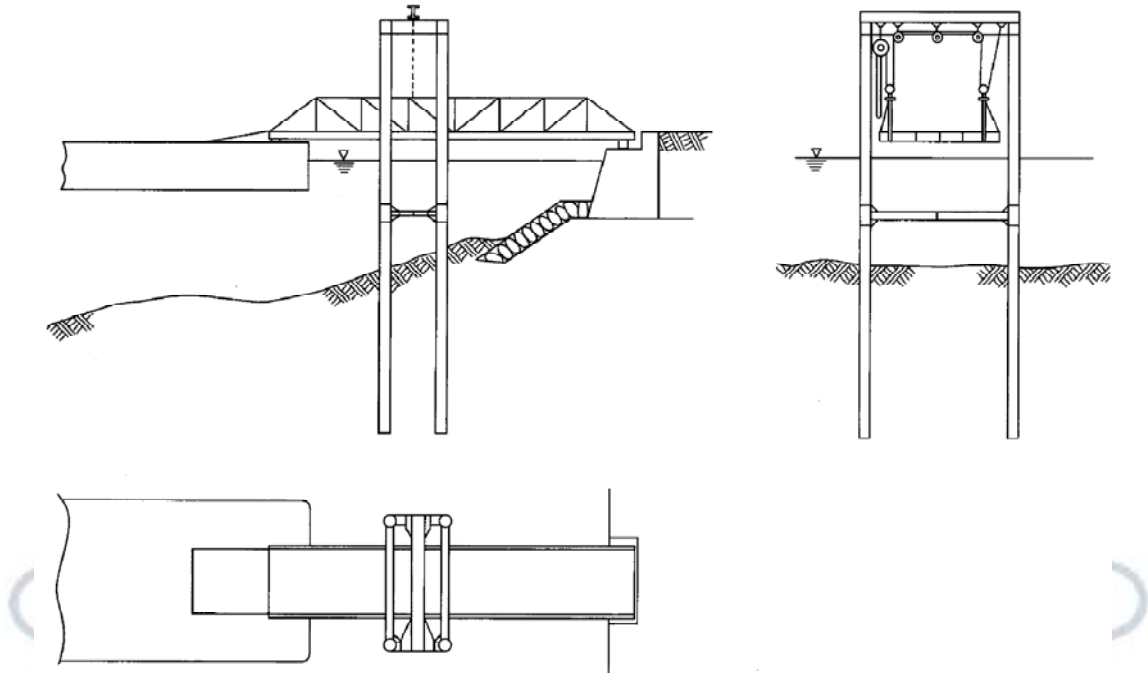
۱۲-۵-۲- طراحی پل دسترسی و پل ارتباطی

پل های دسترسی و ارتباطی باید طبق ضوابط و آیین نامه های پل (نشریات ۱۳۹، ۳۸۹، ۳۹۵ و ۴۶۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی

کشور) طراحی گردند.

۱۲-۵-۳- برج تنظیم

برج تنظیم باید برای ایمنی مناسب در برابر نیروهای عکس‌العمل پل دسترسی و نیروهای لرزه‌ای طراحی گردد.



شکل ۱۲-۵-۱- نمونه‌هایی از برج تنظیم

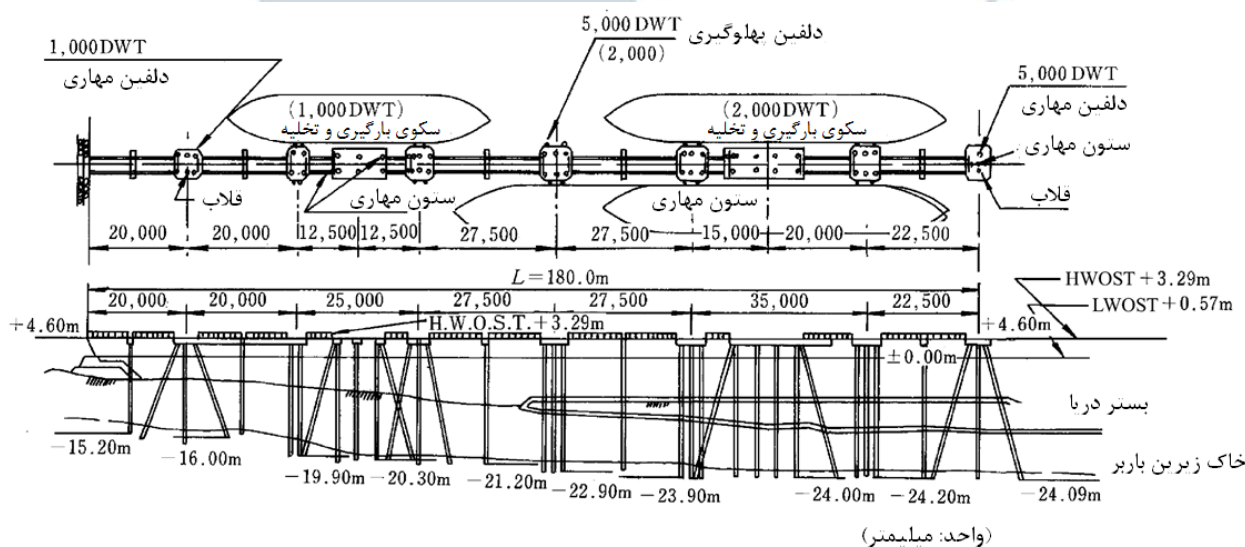
فصل ۱۳- دلفین (ستون مهاری)

۱-۱۳- اصول طراحی

الزامات بیان شده در این فصل برای طراحی تاسیسات پهلوگیری سازه دلفین شامل نوع شمعی، نوع دیوار سلولی فلزی و نوع صندوقه‌ای کاربرد دارد.

نکات فنی

(۱) شکل ۱-۱۳-۱ نمونه ای از دلفین شمعی را نشان می دهند.



شکل ۱-۱۳-۱- نمونه ای از دلفین شمعی

۱۳-۲- جانمایی

جانمایی پهلوگیر دلفینی باید با توجه به ابعاد شناور طرح که قصد استفاده از پهلوگیر را دارد و همچنین با توجه به عمق آب، جهت باد، جهت موج و جریان جزر و مدی و نیز با توجه به عدم تاثیر گذاری منفی بر هدایت و لنگر اندازی بقیه شناورها انجام گیرد.

نکات فنی

(۱) در تعیین جانمایی پهلوگیر دلفینی، موارد زیر باید ارزیابی گردد:

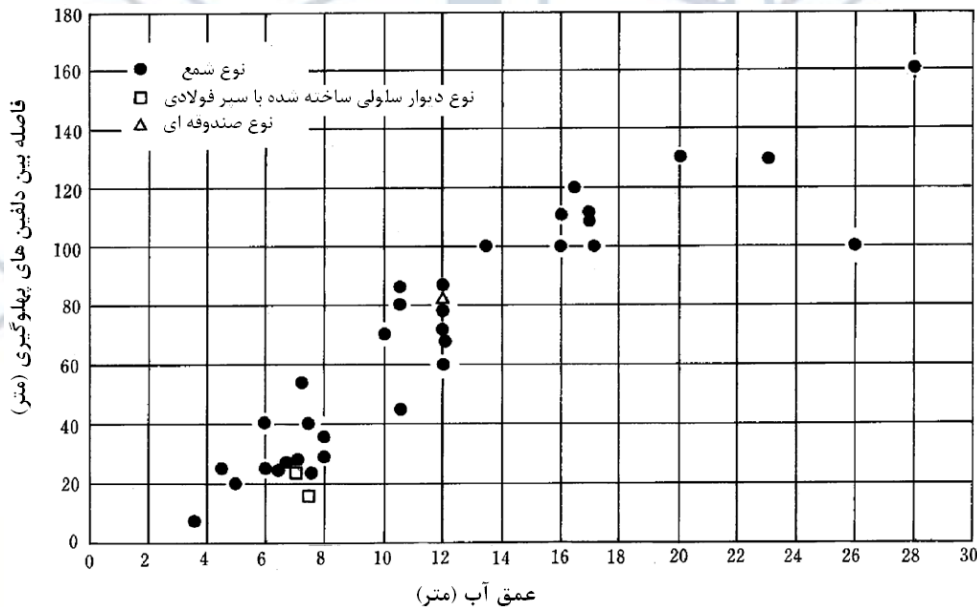
الف) ابعاد شناور طرح

کناره شناورهای بزرگ استفاده کننده از دلفین برای پهلوگیری، معمولاً از یک خط راست معرف بخش مرکزی (حدود ۷۵ درصد طول کل شناور L) و دو انحنا معرف بخش های جلو و عقب (هر کدام حدود یک هشتم طول کل شناور L) تشکیل می شود. پیشنهاد می گردد که دلفین های پهلوگیری به گونه ای جانمایی گردد که شناور قادر باشد از قسمت خط راست خود پهلوگیری نماید. اگر برای دلفین نیاز به تجهیزات خاص بارگیری و تخلیه کالا باشد، مانند دلفین های نفتی، در وسط فاصله بین دلفین های پهلوگیری یک سکوی بارگیری و تخلیه نصب می شود که در این حالت بهتر است وجه رو به دریای سکوی بارگیری و تخلیه کمی عقب تر از وجه رو به دریای دلفین های پهلوگیری باشد تا از اعمال مستقیم نیروی پهلوگیری کشتی به سکوی بارگیری و تخلیه جلوگیری گردد.

ب) عمق آب، جهت باد، جهت موج و جریان جزر و مدی بهتر است دلفین‌ها به نحوی جانمایی گردد که محور طولی دلفین‌ها موازی جهت غالب باد، موج و جریان جزر و مدی باشد. این کار باعث آسان شدن مانور شناور هنگام پهلوگیری و جدا شدن گردیده و نیروهای خارجی وارد بر دلفین هنگامی که شناور مهار شده است، کاهش می‌یابد.

۲) جانمایی معمول دلفین‌های مهاری به این صورت است که دلفین‌ها روی خطی قرار می‌گیرند که با قلاب‌های جلو و عقب کشتی زاویه ۴۵ درجه می‌سازد و فاصله مشخصی از وجه جلویی دلفین‌های پهلوگیری دارد.

۳) فاصله بین دلفین‌های پهلوگیری رابطه نزدیکی با طول کلی (L) شناور طرح دارد. شکل ۱۳-۲-۱ رابطه بین فاصله بین دلفین‌های پهلوگیری و عمق آب را که از اطلاعات ساخت و سازهای گذشته حاصل شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۱۳-۲-۱- فاصله بین دلفین‌های پهلوگیری

۱۳-۳- نیروهای خارجی موثر بر دلفین

موارد زیر باید به عنوان نیروی خارجی وارد بر دلفین در نظر گرفته شود:

- (۱) نیروی پهلوگیری
- (۲) نیروی مهار ناشی از طناب‌های مهار شناور
- (۳) نیروهای قائم ناشی از وزن مرده و بار زنده
- (۴) نیروی لرزه ای اعمال شده روی سازه‌ها و تجهیزات بارگیری و تخلیه کالا
- (۵) فشار دینامیکی آب هنگام زلزله
- (۶) فشار باد روی تجهیزات بارگیری و تخلیه کالا

۱۳-۴- دلفین شمعی

در طراحی اولیه دلفین شمعی، موارد زیر باید به عنوان یک قانون کلی ارزیابی گردد:

(۱) تنش های شمع (تنش های ناشی از نیروی افقی، نیروی قائم و پیچش)

(۲) طول مدفون شمع

(۳) تغییر شکل دلفین

نکات فنی

(۱) موارد فوق باید طبق فصل ۹- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم و فصل ۱۰- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های زوج مایل ارزیابی گردد.

(۲) وقتی از دلفین شمعی استفاده می شود، انرژی پهلوگیری را معمولاً می توان با فرض اینکه با تغییر شکل ضربه گیرها و شمع ها جذب می گردد، محاسبه نمود.

(۳) تانکرهای بزرگ معمولاً به صورت اریب نسبت به خط قرارگیری دلفین پهلوگیری می کنند. از آنجا که مشخصات ضربه گیر بسته به زاویه پهلوگیری تغییر می کند، توصیه می شود در چنین حالتی از منحنی های طراحی متناسب با زاویه پهلوگیری استفاده گردد. علاوه بر آن، پهلوگیری زاویه دار باعث ایجاد احتمال جذب نشدن موثر انرژی توسط تعدادی از ضربه گیرهای متصل به دلفین پهلوگیری می شود. بنابراین بهتر است به دقت بررسی شود که کدام ضربه گیرها در پهلوگیری زاویه دار، با بدنه شناور برخورد خواهد کرد.

۱۳-۵- دلفین نوع دیواری سلولی فلزی

در طراحی اولیه دلفین نوع دیواری سلولی فلزی، موارد زیر باید به عنوان یک قانون کلی مورد ارزیابی واقع شود.

(۱) عرض معادل دیوار در برابر تغییر شکل برشی

(۲) طول مدفون دیوار سلولی

(۳) پایداری کلی بدنه دیوار (لغزش، واژگونی و ظرفیت باربری)

(۴) کشش پوسته سلول

(۵) پی تجهیزات بارگیری و تخلیه کالا و ستون مهار

نکات فنی

(۱) ارزیابی موارد (۱) تا (۴) فوق باید طبق فصل ۷- اسکله دیواری سلولی ساخته شده با سپرفولادی و فصل ۸- اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی انجام شود. ارزیابی مورد (۵) نیز طبق بخش ۵، فصل ۴- ظرفیت باربری شمع ها و فصل ۲۱- پی (شالوده) برای تجهیزات جابجایی کالا انجام گردد.

(۲) در حالت سلول استوانه ای، عرض معادل دیوار را می توان از رابطه ۱۳-۵-۱ محاسبه کرد.

$$B = \sqrt{3}R$$

(۱-۵-۱۳)

که در آن:

B : عرض معادل دیوار (m)

R : شعاع سلول استوانه ای (m)

۱۳-۶- دلفین نوع صندوقه ای

در طراحی اولیه دلفین نوع صندوقه‌ای، موارد زیر را باید به عنوان یک قانون کلی ارزیابی نمود:

- (۱) لغزش صندوقه
- (۲) واژگونی صندوقه
- (۳) ظرفیت باربری خاک زیرین
- (۴) دوران صندوقه
- (۵) مقاومت اجزای سازه ای

تفسیر

دوران صندوقه زمانی رخ می‌دهد که یک نیروی خارجی خارج از مرکز بر دلفین وارد شود. ارزیابی پایداری در برابر دوران باید حتی در حالتی که موارد (۱) تا (۳) فوق‌الذکر برقرار هستند، انجام شود، زیرا تایید پایداری بر اساس موارد (۱) تا (۳) ایمنی صندوقه در برابر دوران را تضمین نمی‌نماید. در ارزیابی پایداری در برابر دوران، فرض می‌شود که نیروی مقاوم عبارت از نیروی اصطکاک در طول کف صندوقه است که متناسب با عکس‌العمل کف محاسبه شده طبق بخش ۴، بند ۱-۴-۵- نیروهای خارجی بعد از اجرا می‌باشد. ضریب اطمینان نیز طبق بند ۴-۳-۲- بررسی لغزش دیوار تعیین می‌گردد.

فصل ۱۴- سرسره و اسکله با عمق آب کم

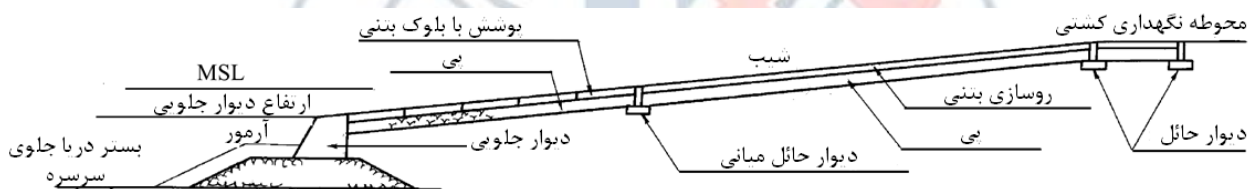
۱-۱۴- سرسره

۱-۱-۱۴- اصول طراحی

سرسره باید به نحوی طراحی گردد که هیچ گونه مشکل بهره برداری و سازه ای ایجاد نشود.

تفسیر

- (۱) سرسره تاسیساتی است که برای انتقال کشتی از دریا به ساحل و بالعکس به منظور تعمیر، حفاظت در برابر موج طوفانی و خیزاب (برکشند) طوفان و نگهداری در خشکی در فصل زمستان استفاده می گردد.
- (۲) برای بالا یا پایین بردن کشتی با ظرفیت ناخالص ۳۰ تن یا بیشتر اغلب از ریل یا کالسکه استفاده می شود، اما الزامات این بخش برای تاسیساتی کاربرد دارد که مستقیماً برای بالا و پایین بردن کشتی با ظرفیت ناخالص کمتر از ۳۰ تن روی شیب سرسره به کار می رود.
- (۳) شکل ۱-۱-۱۴ اجزای مختلف یک سرسره را نشان می دهد.



شکل ۱-۱-۱۴- سرسره

۱-۲-۱۴- محل قرارگیری سرسره

در تعیین محل قرارگیری سرسره باید ملزومات زیر در نظر گرفته شود:

- (۱) آب جلوی آن آرام باشد.
- (۲) آب جلوی آن در معرض رسوب گذاری و یا آب شستگی نباشد.
- (۳) در هدایت و لنگر اندازی سایر کشتی ها اختلال ایجاد نشود.
- (۴) فضای کافی برای عملیات بالا یا پایین بردن کشتی و نیز فضای کافی برای نگهداری آن وجود داشته باشد.

۱-۳-۱۴- ابعاد اجزای مختلف سرسره

تراز بخش های مختلف و طول سرسره، مساحت محوطه پشت سرسره، عمق آب جلوی سرسره، شیب سرسره و محدوده لنگراندازی جلوی سرسره باید با توجه به نوع و اندازه کشتی هایی که از سرسره استفاده می کند و همچنین سهولت استفاده، طراحی شود.

[۱] تراز اجزای مختلف

نکات فنی

- (۱) توصیه می شود که تاج دیوار جلویی بخش خشکی در تراز پایین تر از تراز میانگین جزر ماهیانه (LWL) به اندازه آب خور کشتی مورد نظر قرار گیرد تا بتوان کشتی را حتی در حداقل جزر هم بالا کشید. آب خور کشتی برای تعمیر و مراقبت و نیز نگهداری در فصل زمستان باید حداقل و برای بالا کشیدن قایق های کوچک ماهیگیری پر از صید باید حداکثر باشد. در رابطه با سرسره ای که در مناطق با دامنه جزر و مدی کم به کار می رود و یا سرسره ای که حتی در تراز آب کم فصل بهار با امواج بلند استفاده می شود، لازم است

تراز تاج دیوار جلویی کاهش بیشتری یابد.

۲) تراز زمین محوطه‌نگهداری کشتی باید طبق بند ۲-۲-۲-۲ ارتفاع تاج تاسیسات پهلوگیری تعیین گردد. البته اگر محوطه نگهداری کشتی در نزدیکی اسکله دیواری باشد، تراز زمین محوطه نگهداری کشتی را می‌توان برای سهولت استفاده برابر تراز تاج اسکله دیواری قرار داد. اگر امواج حوضچه جلوی محوطه نگهداری کشتی بلند باشد، میزان بالاروی موج روی شیب باید مد نظر قرار گیرد.

۲] طول سرسره و فضای پشت آن

طول شیب‌دار سرسره و مساحت فضای پشت آن باید برای بالا و پایین بردن کشتی مورد نظر کافی باشد.

نکات فنی

۱) مساحت فضای پشت سرسره به مساحت محوطه‌ای که در آن کشتی‌های بالا کشیده شده نگهداری می‌شود گفته می‌شود یعنی مساحت بخش مسطح خشکی و حتی بخش بالایی شیب وقتی تراز زمین محوطه نگهداری کشتی بالا باشد. بهتر است طول این قسمت از شیب حدود ۵ متر بیشتر از طول کل بزرگترین کشتی مورد استفاده باشد.

۲) فاصله بین کشتی‌های نگهداری شده باید ۲ متر یا بیشتر در جهت دماغه کشتی و ۱ متر یا بیشتر در جهت حداکثر پهنا کشتی باشد.

۳] عمق آب

نکات فنی

عمق آب مینای جلوی سرسره برابر جمع آب‌خور کشتی مورد نظر و رواداری ۰/۵ متر می‌باشد.

۴] شیب سرسره

شیب سرسره باید با توجه به شکل کشتی‌های مورد استفاده روی سرسره، مشخصات پی و دامنه جزر و مدی تعیین گردد تا بالا کشیدن کشتی به سادگی صورت پذیرد.

نکات فنی

۱) اگر قرار باشد از شیب برای استفاده کشتی‌های کوچک استفاده شود، بهتر است سرسره با شیبی ثابت طراحی گردد. سرسره با شیب ثابت استفاده زیادی برای بالا کشیدن کشتی در آب کم عمق توسط نیروی انسانی دارد و می‌توان برای این نوع سرسره از شیب حدود ۱:۶ تا ۱:۱۲ به عنوان یک مقدار مرجع استفاده نمود.

۲) وقتی عمق آب جلوی سرسره زیاد و یا مساحت محوطه‌ساخت محدود باشد، ممکن است سرسره با دو یا چند شیب ساخته شود. در این حالت، وقتی تراز تاج دیوار جلویی حدود ۲/۰- متر باشد می‌توان از حالت دو شیب، و اگر تراز تاج دیوار جلویی کمتر از ۲/۰- باشد می‌توان از حالت سه شیب استفاده نمود. مقادیر زیر را می‌توان به عنوان شیب‌های مرجع به کار برد:

وقتی سرسره دارای دو شیب باشد:

شیب جلویی: ۱:۶ تا ۱:۸

شیب عقبی: ۱:۸ تا ۱:۱۲

وقتی سرسره دارای سه شیب باشد:

شیب جلویی: شیبی بیشتر از ۱:۶

شیب وسطی: ۱:۶ تا ۱:۸

شیب عقبی: ۱:۸ تا ۱:۱۲

[۵] مساحت حوضچه

حوضچه جلوی سرسره باید مساحت کافی داشته باشد تا امکان عملیات روان بالا و پایین بردن کشتی بدون هرگونه آسیب به کشتی فراهم شده و ناوربری کشتی های مجاور به راحتی و با ایمنی انجام گیرد.

نکات فنی

(۱) وقتی کشتی تحت وزن خود روی شیب به داخل دریا وارد می شود، کشتی در اثر سرعت خود در انتهای شیب، به اندازه فاصله خاصی داخل آب به پیش می رود که این فاصله به میزان شیب، اصطکاک شیب و طول سقوط بستگی داشته و بیش از پنج برابر طول کل کشتی می باشد. به هر حال، برای این که کشتی بعد از طی فاصله ۴ تا ۶ برابر طول خود قابل هدایت باشد، کافی است که طولی به اندازه حدود پنج برابر طول کل کشتی از خط جلویی شیب تا انتهای دیگر حوضچه تامین و اگر جریان قوی جزر و مدی وجود داشته باشد، لازم است که حاشیه امنیت کافی به این مقدار اضافه گردد.

(۲) اگر کشتی به وسیله طناب کابلی و تجهیزات دیگر به آرامی وارد آب می شود، طولی حدود سه برابر طول کل کشتی به عنوان محوطه حوضچه مورد نیاز کافی خواهد بود.

۱۴-۱-۴- دیوار جلویی و روسازی**[۱] دیوار جلویی**

(۱) سازه دیوار جلویی سرسره با توجه به ابعاد کشتی های مورد استفاده روی سرسره، تراز تاج دیوار جلویی و روش بالا کشیدن کشتی طراحی می گردد.

(۲) دیوار جلویی سرسره باید طبق راهنمایی های فصل ۴- اسکله دیواری وزنی تا فصل ۱۰- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های زوج مایل و فصل ۱۷- انواع دیگر تاسیسات پهلوگیری و با توجه به سازه دیوار، طراحی شود تا پایداری دیوار تامین گردد.

[۲] روسازی

روسازی باید به صورتی طراحی گردد که الزامات زیر برآورده گردد:

(۱) روسازی نباید تحت بار پیش بینی شده وزن کشتی خرد شود.

(۲) روسازی نباید تحت اثر امواج بشکند.

(۳) روسازی نباید به علت اختلاف نشست پی خراب شود.

نکات فنی

غالباً روسازی از نوع بتنی ساخته شده و ابعاد متوسط به قرار زیر می باشد:
بتن درجا:

ضخامت دال: ۲۰ تا ۳۵ سانتیمتر

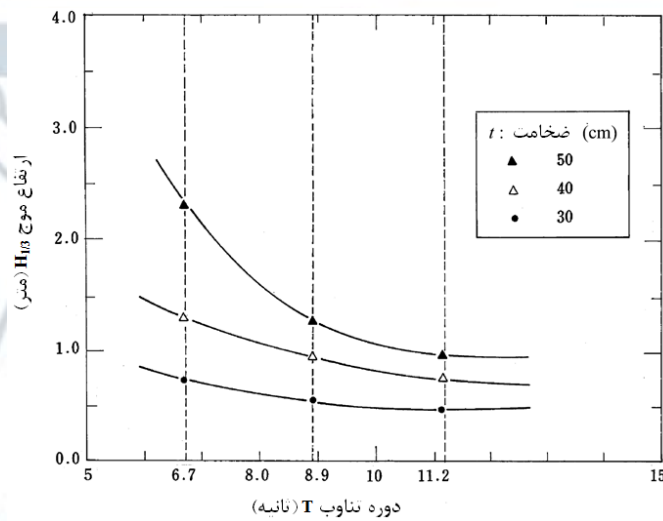
فاصله بین درزها: ۵ تا ۱۰ متر

بلوک بتنی پیش ساخته:

ابعاد دال: ۲×۲ متر

ضخامت دال: حدود ۳۰ سانتیمتر

اگر انتظار امواج بلند می‌رود و یا در حالت تعمیرات بعد از حوادث طبیعی، ضخامت بلوک را می‌توان طبق شکل ۱۴-۱-۱ تعیین نمود. معمولاً به عنوان یک روش میناء، از ضخامت طراحی حدود ۳۰ سانتیمتر و از تراکم سراسری برای جلوگیری از اختلاف نشست استفاده می‌شود.



شکل ۱۴-۱-۱- ضخامت مورد نیاز برای بلوک بتنی پیش ساخته و ارتفاع امواج جلوی سرسره

۱۴-۲- اسکله با عمق آب کم

اسکله با عمق آب کم باید مطابق راهنمایی‌های فصل ۴- اسکله دیواری وزنی تا فصل ۱۰- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل و فصل ۱۲- اسکله شناور و فصل ۱۷- انواع دیگر تاسیسات پهلوگیری و با توجه به مشخصات و کاربرد تاسیسات طراحی گردد تا ایمنی سازه‌ای تامین شود.

فصل ۱۵- تاسیسات انتقال به خشکی مربوط به وسایل نقلیه روی بالشتک هوا

۱-۱۵- اصول طراحی

تاسیسات انتقال به خشکی مربوط به وسایل نقلیه روی بالشتک هوا باید در محلی مناسب قرار گرفته و سازه مناسبی برای سوار شدن ایمن مسافران و پهلوگیری و انتقال به خشکی به صورت روان و ایمن داشته باشد.

نکات فنی

(۱) تاسیسات انتقال به خشکی مربوط به وسایل نقلیه روی بالشتک هوا معمولاً روی ساحل ساخته شده و از سطح شیب‌داری شبیه به سرسره شرح داده شده در **فصل ۱۴- سرسره و اسکله با عمق آب کم**، برای انتقال وسایل نقلیه روی بالشتک هوا به خشکی و سر خوردن به داخل آب استفاده می‌شود.

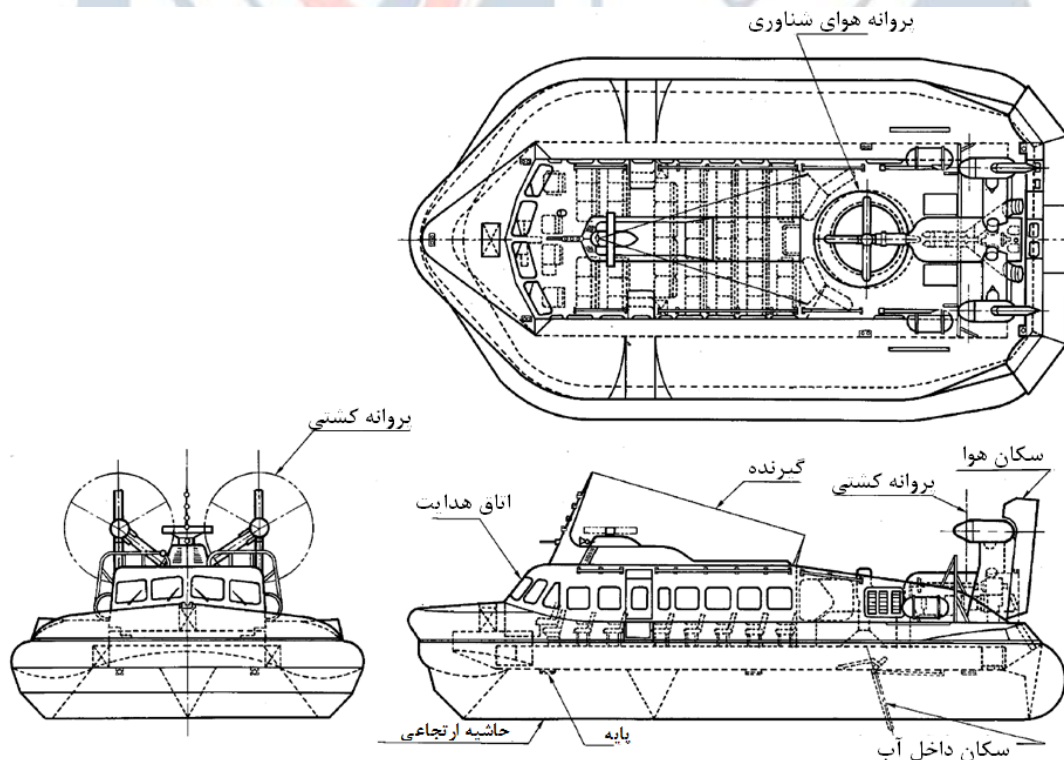
(۲) شکل ۱-۱-۱۵ یک وسیله نقلیه روی بالشتک هوا را نشان می‌دهد.

(۳) شکل ۲-۱-۱۵ یک نمونه از جانمایی تاسیسات انتقال به خشکی مربوط به وسایل نقلیه روی بالشتک هوا را نشان می‌دهد.

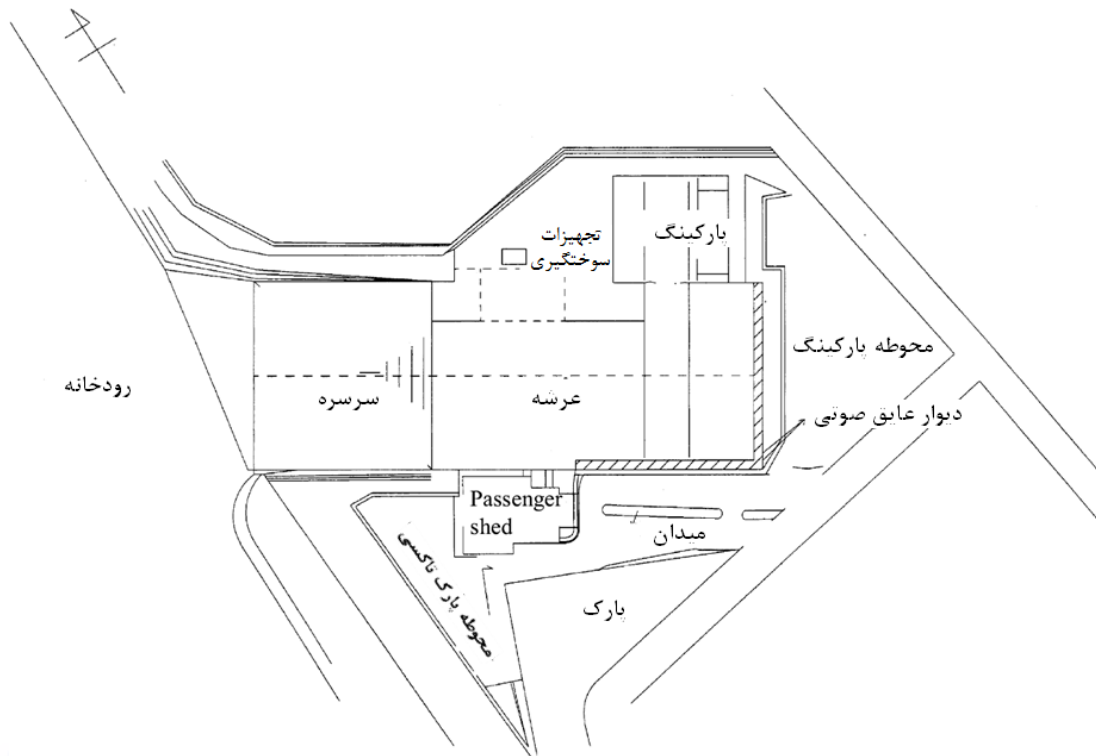
۱۵-۲- جانمایی

برای جانمایی، الزامات زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- (۱) حوضچه آب جلوی تاسیسات آرام باشد.
- (۲) اثر باد قوی و باد عمود بر شناور، بر وسیله نقلیه روی بالشتک هوا حداقل باشد.
- (۳) عملکرد این وسایل نقلیه باعث تداخل در هدایت و مهار کشتی‌های دیگر نشود.
- (۴) اثرات سر و صدا و پاشش آب در اثر عملکرد این وسایل نقلیه بر هدایت سایر کشتی‌ها و محیط اطراف حداقل باشد.



شکل ۱-۱-۱۵- وسیله نقلیه روی بالشتک هوا (MV-PP5)



شکل ۱۵-۱-۲- نمونه ای از جانمایی ایستگاه وسیله نقلیه روی بالشتک هوا

تفسیر

(۱) وقتی وسیله نقلیه روی بالشتک هوا با سرعت بالا حرکت می کند دارای پایداری بسیار خوبی بوده اما در عملیات با سرعت کم از جمله نزدیک شدن و ترک تاسیسات انتقال به خشکی، به اثرات باد حساس است. لذا برای تعیین موقعیت ایستگاه وسیله نقلیه روی بالشتک هوا لازم است توجه کافی به درجه آرامش حوضچه جلوی تاسیسات و جهت باد غالب انجام گیرد.

(۲) از آنجا که سر و صدای ناشی از وسیله نقلیه روی بالشتک هوا ممکن است به ۱۰۰ دسی‌بل (در فاصله ۵۰ متری وسیله نقلیه) برسد، لازم است تاسیسات انتقال به خشکی وسیله نقلیه روی بالشتک هوا به‌میزان کافی از بیمارستان، مدرسه و منطقه مسکونی دور باشد و یا با دیوار عایق صوتی در اطراف تاسیسات، سر و صدا را کاهش داد.

۱۵-۳- تاسیسات انتقال به خشکی مربوط به وسایل نقلیه روی بالشتک هوا

تاسیسات انتقال به‌خشکی مربوط به وسایل نقلیه روی بالشتک هوا باید دارای سرسره، عرشه و تاسیسات سوار و پیاده‌شدن مسافر باشد. به علاوه، تاسیسات روشنایی، آشیانه، دیوار عایق صوتی، تاسیسات تامین سوخت، تاسیسات تعمیر و سایر لوازم مورد نیاز باید تامین باشد.

۱۵-۴- ابعاد قسمت های مختلف

نکات فنی

(۱) سطح شیبدار

الف) سازه سطح شیبدار باید طبق فصل ۱۴- سرسره و اسکله با عمق آب کم تعیین شود.

ب) عرض سطح شیبدار باید با توجه به جابجایی جانبی وسیله نقلیه روی بالشتک هوا حین عملیات انتقال به خشکی یا سر

خوردن ناشی از جریان باد تعیین شود. معمولاً این عرض حدود سه برابر عرض وسیله نقلیه در نظر گرفته می شود.

ج) شیب سطح شیبدار باید با توجه به اثر روانی بر روی مسافر، عملکرد وسیله نقلیه روی بالشتک هوا و محدودیت‌های محلی تعیین شود. معمولاً شیب ۱:۱۰ یا کمتر استفاده می‌گردد.

۲) عرشه

عرض عرشه اغلب برابر عرض سطح شیبدار و طول عرشه دو برابر طول وسیله نقلیه روی بالشتک هوا در نظر گرفته می‌شود. اگر دو یا چند وسیله نقلیه روی بالشتک هوا به‌طور همزمان از تاسیسات انتقال به خشکی استفاده کنند، باید یک فضای پارکینگ در طول عرشه پیش بینی شود.

۲) آشیانه

آشیانه هنگام ساخت باید در محلی نزدیک به عرشه قرار گیرد تا تعمیرات و نگهداری وسیله نقلیه روی بالشتک هوا ساده‌تر انجام گرفته و پناهگاهی برای آن در شرایط آب و هوایی شدید باشد. ابعاد آشیانه باید به‌صورت زیر باشد.

عرض: $1/5$ برابر عرض وسیله نقلیه (برای هر وسیله نقلیه)

طول: $1/2$ برابر طول وسیله نقلیه (برای هر وسیله نقلیه)

ارتفاع: باید فاصله ای حدود $0/5$ متر بین سقف و بالای وسیله نقلیه وجود داشته باشد.



فصل ۱۶- بویه مهاری و ستون مهاری

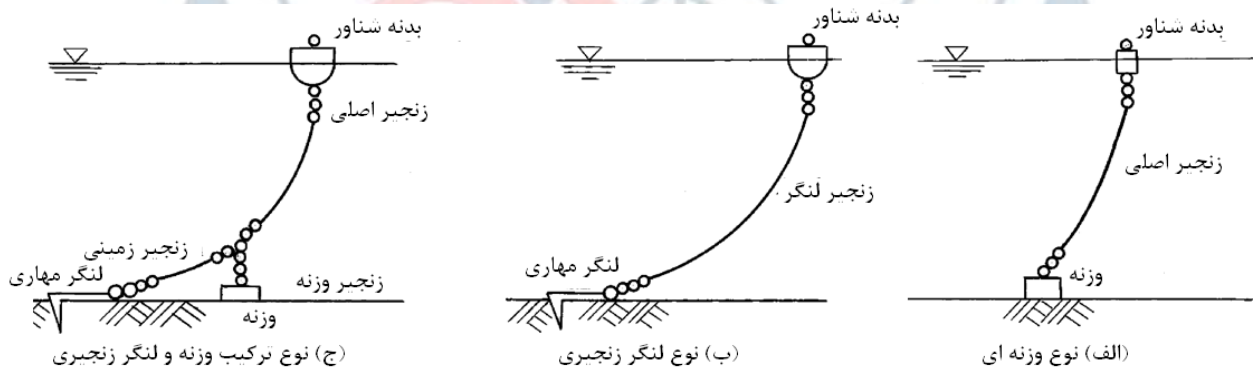
۱-۱۶- بویه مهاری

۱-۱-۱۶- اصول طراحی

بویه مهاری باید دارای سازه و پایداری مناسب با توجه به شیوه مهاری مورد استفاده، شرایط طبیعی محل و ابعاد شناور طرح که باید مهار شود، باشد.

نکات فنی

۱) بویه مهاری از نظر سازه‌ای به سه دسته تقسیم می‌شود که شامل وزنه‌ای، لنگر زنجیری و ترکیب وزنه و لنگر زنجیری می‌باشد. نوع وزنه‌ای شامل بدنه شناور، زنجیر اصلی و وزنه بوده و همانگونه که در شکل ۱-۱-۱۶-الف نشان داده شده است، دارای لنگر مهاری نمی‌باشد. بویه مهاری نوع لنگر زنجیری شامل بدنه شناور، زنجیر لنگر و لنگر مهاری بوده و همانطور که در شکل ۱-۱-۱۶-ب مشاهده می‌شود، دارای وزنه نیست. اگرچه هزینه ساخت این نوع در مقایسه با انواع دیگر کمتر است، اما برای حوضچه مهاری محدود مناسب نمی‌باشد، زیرا شعاع حرکت چرخشی شناور، بزرگ است. بویه مهاری نوع ترکیب وزنه و لنگر زنجیری مطابق شکل ۱-۱-۱۶-ج شامل بدنه شناور، زنجیر اصلی، زنجیر زمینی، لنگر مهاری و وزنه بوده و به طور گسترده‌ای در بنادر و لنگرگاه‌ها استفاده می‌شود و می‌توان از آن حتی در حوضچه‌های کوچک مهاری استفاده نمود، زیرا شعاع حرکت چرخشی را می‌توان با افزایش وزن وزنه کاهش داد.

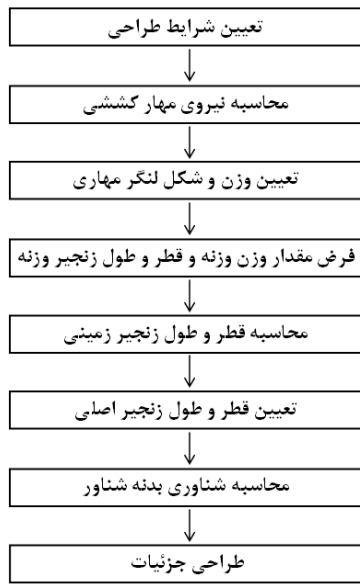


شکل ۱-۱-۱۶- انواع بویه مهاری

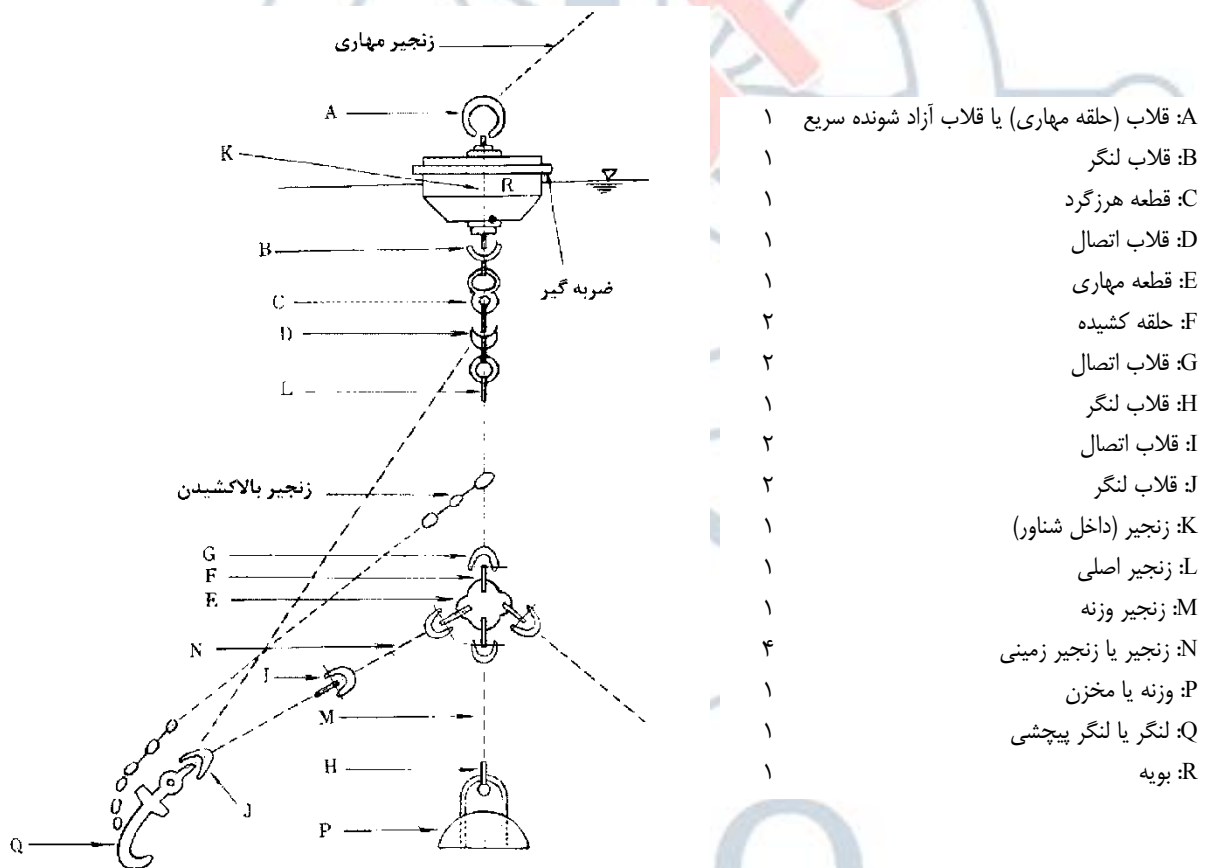
۲) به طور کلی توصیه می‌شود طراحی بویه مهاری بر اساس ترتیب نشان داده شده در شکل ۱-۱-۱۶-۲ انجام شود.

۳) شکل ۱-۱-۱۶-۳ حالتی کلی از قطعات تشکیل دهنده یک بویه مهاری را نشان می‌دهد.

۴) در این فصل راهنمایی‌هایی برای طراحی بویه مهاری از نوع ترکیب وزنه و لنگر زنجیری ارائه شده است، زیرا نوع وزنه‌ای و نوع لنگر زنجیری حالت ساده شده نوع ترکیب وزنه و لنگر زنجیری می‌باشد.



شکل ۱۶-۱-۲- روند طراحی بویه مهاری



شکل ۱۶-۱-۳- شکل عمومی بویه مهاری

(۵) در طراحی بویه مهاری باید به موارد زیر توجه گردد:

الف) شرایط مهاری:

(۱) روش مهاری (مهاری تک بویه یا مهاری دو نقطه ای)

(۲) محدوده مجاز حرکت بویه مهارشده (شعاع چرخش مجاز)

(ب) شرایط طبیعی:

- (۱) باد
- (۲) جریان جزر و مدی
- (۳) موج
- (۴) شرایط خاک حوضچه مهار
- (۵) عمق آب
- (۶) تراز جزر و مد

(ج) ابعاد شناور مهار شونده با بویه مهاری:

- (۱) طول کل
- (۲) آبخور
- (۳) عرض کشتی
- (۴) ارتفاع سوراخ طناب دماغه کشتی نسبت به سطح آب
- (۵) نواحی برجسته جلو و اطراف بالای سطح آب
- (۶) نواحی برجسته جلو و اطراف زیر سطح آب

۱۶-۱-۲- نیروی کشش مهاری وارد بر بویه مهاری

اصولا نیروی مهاری وارد بر بویه مهاری از طناب شناور، باید با توجه به مشخصات سازه‌ای بویه مهاری و بر اساس نیروهای خارجی تعیین شده مطابق الزامات **بخش ۲- شرایط طراحی** و اطلاعات موجود در مورد نیروهای مهاری شناور مهارشده توسط بویه محاسبه گردد.

نکات فنی

- (۱) توصیه می‌شود که نیروی مهاری وارد بر بویه مهاری با توجه به بارهایی که بر شناور مهار شده اعمال می‌گردند (شامل بارهای ناشی از باد، جریان جزر و مدی و امواج) و استفاده از اطلاعات موجود نیروی مهاری وارد بر شناورهای مشابه به عنوان مبنای تعیین گردد.
- (۲) نیروهای باد و امواج، بارهایی دینامیکی بوده و بنابراین عدم قطعیت زیادی در ارتباط با روابط آن با نیروهای مهاری شناور وجود دارد. به هر حال، نیروی مهاری را می‌توان مطابق **بخش ۲، بند ۲-۲-۳- شناورهای مهارشده** محاسبه نمود.
- (۳) اگر حرکات بویه در اثر امواج را نتوان نادیده گرفت، باید این اثرات در محاسبه نیروی موج و مقاومت ناشی از موج لحاظ شود.
- (۴) در تحلیل دینامیکی بدنه شناور مهارشده، مشخصات پاسخ بدنه شناور به شدت به دوره تناوب موج وابسته است. اگر در تحلیل فقط از موج تکفام استفاده شود، نتایج حاصله محافظه کارانه یا غیرمحافظه کارانه خواهد بود. بنابراین هنگام تحلیل دینامیکی حرکات بدنه شناور لازم است از امواج نامنظم با مشخصات طیفی جهت دار استفاده شود.
- (۵) جدول ۱-۱-۱۶ نمونه هایی از شرایط و بارهای طراحی بویه مهاری ساخته شده در گذشته را نشان می‌دهد.

جدول ۱۶-۱-۱- نمونه هایی از شرایط و بارهای طراحی بویه مهاری

شناور مهارشده با بویه مهاری (DWT)	روش مهار	سرعت باد (m/s)	جریان جزرومدی (m/s)	ارتفاع موج (m)	نیروی کششی مهار (kN)
۱۰۰۰	مهاری با یک بویه	۵۰	۰/۵	۲/۰	۱۸۵
۳۰۰۰	مهاری با یک بویه	۵۰	۰/۵	۴/۰	۴۰۹
۱۵۰۰۰	مهاری با یک بویه	۱۵	۰/۵۱	۰/۷	۲۴۵
۲۰۰۰۰	مهاری با یک بویه	۲۰	۱/۰	-	۵۸۹
۱۳۰۰۰۰	مهاری با یک بویه	۶۰	۰/۶۷	۱۰/۰	۱۳۷۰
۲۶۰۰۰۰	مهاری با یک بویه	۲۵	۰/۵۱	۳/۰	۱۸۴۰
۳۰۰۰۰	مهاری دو نقطه ای	۱۵	-	-	۱۴۹۰
۱۰۰۰۰۰	مهاری شش نقطه ای	۲۰	-	۱/۵	۱۴۷۰

۱۶-۱-۳- طراحی اجزای بویه مهاری

[۱] لنگر مهاری

اندازه و مقاومت لازم برای اجزای مختلف بویه مهاری شامل لنگر مهاری، وزنه، زنجیر وزنه، زنجیر زمینی، زنجیر اصلی و بدنه شناور باید مطابق الزامات مربوط در **فصل ۱۲- اسکله شناور** و با توجه به نیروهای مهاری شناور، سازه بویه مهاری، روش مهار و غیره تعیین گردد.

نکات فنی

- معمولا سه لنگر مهاری برای بویه مهاری استفاده می گردد. البته در طراحی بویه مهاری فرض می شود که فقط یکی از لنگرها در برابر نیروی افقی مقاومت می کند.
- آرایش لنگرهای مهاری باید به گونه ای باشد که حتی وقتی یکی از زنجیرهای لنگر قطع شد، بویه واژگون نشود.
- اصولا باید فرض شود نیروی افقی وارد بر بویه مهاری تنها به وسیله نیروی مقاوم لنگرهای مهاری تحمل می گردد. توان نگهداری لنگرهای مهاری طبق بند **۱۲-۴-۳- طراحی لنگر مهاری** محاسبه می گردد.

[۲] وزنه و زنجیر وزنه

نکات فنی

- معمولا برای بویه مهاری از زنجیر وزنه ۳ تا ۴ متری استفاده می گردد. توصیه می شود که از زنجیر وزنه بیش از حد بلند استفاده نگردد زیرا باعث افزایش دامنه حرکات رو به بالای وزنه و افزایش خطر در هم پیچیده شدن زنجیر وزنه شده و بنابراین خطر ساییدگی و پارگی ناگهانی زنجیر افزایش می یابد. قطر زنجیر وزنه باید برابر قطر زنجیر اصلی باشد.
- نیروهای قائم و افقی وارد بر وزنه باید بر اساس کشش زنجیر بدنه شناور و فاصله حرکات افقی بدنه بویه که طبق بند **[۴] زنجیر اصلی** تعیین شده است، محاسبه گردد.

$$\left. \begin{aligned} P_V &= T_A \sin \theta_l = (T_C - wl) \sin \theta_l \\ P_H &= T_A \cos \theta_l = (T_C - wl) \cos \theta_l \end{aligned} \right\} \quad (1-1-16)$$

که در آن:

P_H و P_V : به ترتیب نیروهای قائم و افقی وارد بر وزنه (kN)

θ_1 : زاویه بین زنجیر اصلی و سطح افق در نقطه اتصال به وزنه (درجه)

T_A : کشش زنجیر اصلی در نقطه اتصال به وزنه (kN)

T_C : کشش زنجیر اصلی در نقطه اتصال به بدنه شناور (kN)

w : وزن مستغرق واحد طول زنجیر اصلی (t/m)

l : طول زنجیر اصلی (m)

زاویه θ_1 با حل روابط زیر حاصل می‌گردد:

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{T_A \cos \theta_1}{w} (\tan \theta_2 - \tan \theta_1) \\ \Delta K &= \frac{T_A \cos \theta_1}{w} [\sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1)] \end{aligned} \right\} \quad (2-1-16)$$

که در آن:

ΔK : فاصله حرکات افقی بدنه شناور (متر)

θ_2 : زاویه بین زنجیر اصلی و سطح افق در نقطه اتصال به بدنه بویه (درجه)

هرگاه نیروی مهار برابر نیروی طراحی اعمال گردد، زنجیر بدنه شناور تقریباً به شکل خط مستقیم شده و در نتیجه می‌توان از تقریب زیر استفاده نمود:

$$\theta_2 \approx \theta_1 = \cos^{-1} \frac{\Delta K}{l} \quad (3-1-16)$$

۳) وزن وزنه

برای شناورهای با ظرفیت ناخالص ۵۰۰۰ تن (GT) استفاده از وزنه با وزن حدود ۵۰ کیلو نیوتن و برای شناورهای با ظرفیت ناخالص ۱۰۰۰۰ تن (GT) استفاده از وزنه با وزن حدود ۸۰ کیلو نیوتن معمول‌تر می‌باشد. تعیین وزن وزنه باید با استفاده از این مقادیر مرجع انجام گیرد (مقادیر فوق‌الذکر وزن مستغرق را بیان کرده‌اند). وزنه را می‌توان در قالب هر شکل و از هر جنسی ساخت، مشروط به این که وزن لازم را تامین نماید. گفته می‌شود که استفاده از وزنه دیسک مانند چدنی که سطح زیرین آن کمی مقعر باشد، چسبندگی وزنه به بستر نرم دریا را به مقدار زیادی بهبود می‌دهد.

۴) وظیفه وزنه جذب ضربه وارد بر زنجیر و کاهش طول زنجیر اصلی است. هنگامی که باید طول زنجیر اصلی را به خاطر کاهش محدوده حرکت کشتی کوتاه نمود، از افزایش وزن وزنه استفاده می‌گردد.

۵) در موارد خاص، می‌توان به جای وزنه از لنگرهای مدفون استفاده نمود.

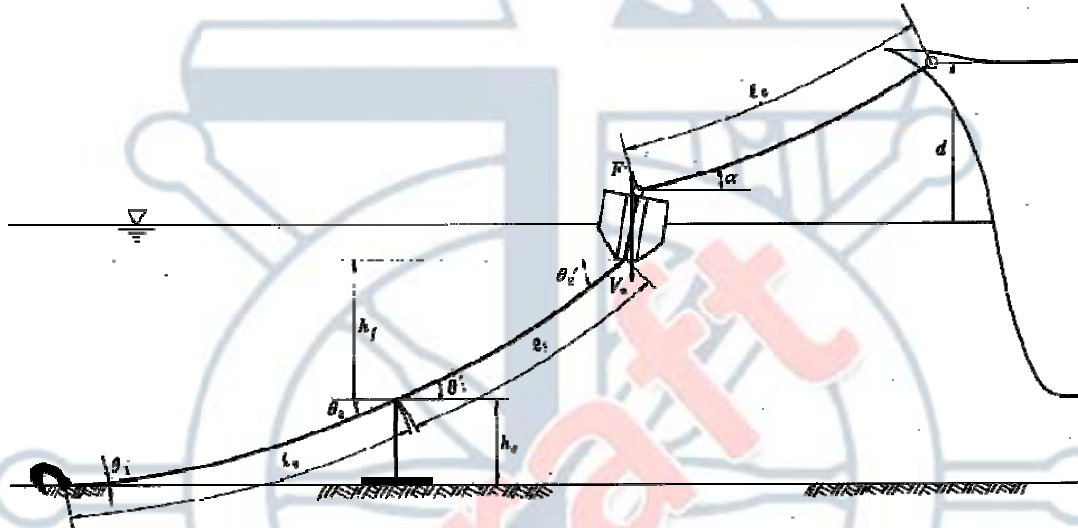
[۳] زنجیر زمینی

نکات فنی

۱) از آنجا که زنجیر در اندازه‌های ۲۵ متری ساخته می‌شود، معمولاً از زنجیر زمینی ۵۰ متری استفاده می‌گردد. زاویه بین زنجیر و بستر دریا در نقطه اتصال به لنگر مهار باید کمتر از ۳ درجه باشد زیرا توان نگهداری لنگر مهار در زاویه‌های بیشتر از ۳ درجه به شدت

افت می‌کند. در بسیاری از موارد وزن زنجیر زمینی به گونه‌ای طراحی می‌گردد که زنجیر زمینی، شرایط ذکر شده را وقتی نیروی مهار مورد انتظار بر بویه اثر می‌کند، برآورده سازد. وقتی نیروی مهار بزرگ باشد، زاویه اتصال بین لنگر مهار و زنجیر زمینی را می‌توان با افزایش طول زنجیر زمینی نسبت به مقدار عنوان شده، کمتر نمود.

زاویه شیب θ_1 زنجیر زمینی در نقطه اتصال به لنگر مهار را می‌توان از رابطه ۴-۴-۱۲ تشریح شده در بند ۱۲-۴-۲ [۳] قطر زنجیر محاسبه نمود. پارامترهای رابطه ۴-۴-۱۲ به شکل زیر تعریف می‌گردد (شکل ۴-۱-۱۶).



شکل ۴-۱-۱۶- نمایشی از بویه مهار از نوع ترکیب وزنه و لنگر زنجیری

l_g : طول زنجیر زمینی (در شکل ۴-۱-۱۶) (m)

h : فاصله قائم بین انتهای بالایی زنجیر زمینی و بستر دریا (جمع طول زنجیر وزنه، ارتفاع وزنه و مقدار اضافی) (h_g)

شکل ۴-۱-۱۶) (m)

P : مولفه افقی نیروی مهار وارد بر بدنه شناور (kN)

w : وزن مغروق واحد طول زنجیر زمینی (kN/m)

θ_2 : زاویه شیب زنجیر زمینی در انتهای بالایی زنجیر (درجه)

در این محاسبه، مقدار θ_1 باید با در نظر گرفتن مقادیر l_g و w و h_g محاسبه شده و مقدار آن باید ۳ درجه یا کمتر در نظر گرفته شود.

(۲) حداکثر کشش T_g زنجیر زمینی باید از رابطه ۱۲-۴-۱ تشریح شده در بند ۱۲-۴-۲ [۳] قطر زنجیر محاسبه شود. در این جا P مولفه افقی نیروی مهار شناور وارد بر بویه و θ_2 شیب زنجیر زمینی در انتهای بالایی زنجیر می‌باشد. قطر زنجیر زمینی باید به اندازه‌ای باشد که بتواند در برابر این کشش مقاومت کند.

(۳) نیروی مجاز کششی زنجیر باید طبق بند ۱۲-۴-۲ طراحی زنجیر مهاری محاسبه گردد. در مورد بویه مهاری، قطر زنجیر معمولاً فقط بر اساس مقاومت تعیین نمی‌گردد بلکه بر اساس تحلیل کلی با در نظر گرفتن هر اقدامی برای کاهش نیروهای وارد بر زنجیر مانند استفاده از زنجیر سنگین تر برای جذب انرژی نیروی ضربه ای و استفاده از زنجیر کوتاه تر برای کاهش شعاع چرخش شناور تعیین می‌شود. معمولاً قطر زنجیر به نحوی انتخاب می‌شود که حداکثر کشش اعمالی به زنجیر یک پنجم تا یک هشتم مقاومت گسیختگی زنجیر باشد.

[۴] زنجیر اصلی

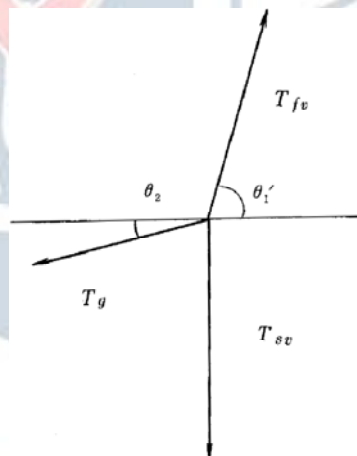
نکات فنی

۱) طول l_f زنجیر اصلی باید به گونه ای طراحی شود که کشش وارد بر زنجیر اصلی و طناب مهار و همچنین شعاع چرخش شناور کاهش یابد. نسبت طول زنجیر اصلی به عمق آب ممکن است بر میزان سایش زنجیر اصلی موثر باشد، البته رابطه این دو هنوز مشخص نشده است.

۲) توصیه می‌شود که کشش وارد بر زنجیر اصلی و جابجایی بدنه شناور با شبیه‌سازی به‌دست آید، البته می‌توان اطلاعات آزمایش‌های گذشته با شرایط مشابه را نیز برای تعیین کشش و جابجایی استفاده کرد. همچنین کشش و جابجایی را می‌توان از روش مطرح شده در ادامه نیز محاسبه نمود.

۳) وزن مغروق واحد طول زنجیر اصلی $w_f (t/m)$ را می‌توان از رابطه ۴-۴-۱۲ در بند ۲-۴-۱۲ [۳] قطر زنجیر محاسبه نمود. در این حالت l و h در رابطه به ترتیب طول زنجیر اصلی (l_f در شکل ۴-۱-۱۶) و m و فاصله قائم بین دو انتهای بالا و پایین زنجیر اصلی (h_f در شکل ۴-۱-۱۶) می‌باشد. به عبارت دیگر h فاصله قائم بین نقطه اتصال به بدنه شناور و انتهای بالایی زنجیر وزنه وقتی وزنه آن قدر بالا آمده که کف وزنه از سطح بستر دریا کاملاً جدا شده است، می‌باشد. نیروی P مولفه افقی نیروی مهار وارد بر بویه مهار (kN) و θ_1 و θ_2 به ترتیب زاویه شیب زنجیر اصلی در دو انتهای بالایی و پایینی برحسب درجه می‌باشد (θ_1' و θ_2' در شکل ۴-۱-۱۶).

زاویه شیب θ_1' زنجیر اصلی در انتهای پایین تر زنجیر را می‌توان همانطور که در شکل ۵-۱-۱۶ مشاهده می‌شود از شرایط تعادل بین کشش انتهای پایین تر زنجیر اصلی T_{fv} ، کشش انتهای بالایی زنجیر زمینی T_g و کشش انتهای بالایی زنجیر وزنه T_{sv} وزن مغروق وزنه و زنجیر وزنه است) به‌دست آورد. کشش T_g و جهت آن طبق [۳] زنجیر زمینی محاسبه می‌شود.



شکل ۵-۱-۱۶- کشش های زنجیر زمینی

۴) کشش زنجیر اصلی در انتهای بالایی آن باید با استفاده از رابطه ۴-۴-۱۲ تشریح شده در بند ۲-۴-۱۲ [۳] قطر زنجیر محاسبه شود. در این جا مولفه افقی نیروی مهار به عنوان نیروی خارجی افقی استفاده می‌شود. زاویه θ_2' بین زنجیر بدنه شناور با سطح افق در نقطه اتصال به بدنه شناور را می‌توان از رابطه ۴-۴-۱۲ تشریح شده در بند ۲-۴-۱۲ [۳] قطر زنجیر و با استفاده از وزن مغروق واحد طول زنجیر اصلی، محاسبه نمود. این کشش برای ارزیابی مقاومت زنجیر اصلی به‌کار می‌رود.

(۵) جابجایی افقی ΔK بدنه شناور را می توان از رابطه ۱۲-۴-۵ تشریح شده در بند ۱۲-۴-۳ [۳] قطر زنجیر محاسبه کرد. در این جا θ_1 و θ_2 به شکل زیر تعریف می گردد.

θ_1 : زاویه بین زنجیر اصلی با سطح افق در انتهای پایینی آن (θ_1 در شکل ۱۶-۱-۴) (درجه)

θ_2 : زاویه بین زنجیر اصلی با سطح افق در انتهای بالایی آن (θ_2 در شکل ۱۶-۱-۴) (درجه)

مقدار جابجایی حاصل باید با اندازه حوضچه مهار ارزیابی گردد. اگر این جابجایی خیلی بزرگ باشد، زنجیر اصلی باید کوتاه شود، وزن وزنه افزایش یابد یا وزن واحد طول زنجیر اصلی افزایش یابد.

[۵] بدنه شناور

نکات فنی

بدنه شناور باید به گونه ای طراحی گردد که وقتی بویه مهاری در معرض نیروی کشش طراحی قرار گیرد، غرق نشود. وقتی هیچ شناوری مهار نشده باشد، بدنه شناور باید شناور بوده و زنجیر اصلی (و قسمتی از زنجیر زمینی و زنجیر وزنه، بسته به مورد) زیر بدنه شناور معلق باشد با این شرط که ارتفاع آزاد خارج از آب، برابر نیم تا یک سوم ارتفاع خود باقی بماند. نیروی شناوری باید برای تامین این دو مورد طراحی شود. نیروی شناوری مورد نیاز بدنه شناور برای برآورده کردن الزامات، هنگامی که نیروی مهار وجود دارد، از رابطه ۱۶-۱-۴ محاسبه می شود.

$$F = V_a - \frac{P}{\sqrt{\left(\frac{l_c}{d}\right)^2 - 1}} \quad (۴-۱-۱۶)$$

که در آن:

F : نیروی شناوری مورد نیاز بدنه شناور (kN)

V_a : نیروی قائم وارد بر بدنه شناور (kN) (از رابطه ۱۲-۴-۲ در بند ۱۲-۴-۳ [۳] قطر زنجیر محاسبه می شود)

P : نیروی مهار طراحی (kN)

l_c : طول طناب مهار (m)

d : فاصله قائم بین سوراخ طناب شناور و سطح آب (m)

البته کل نیروی شناوری لازم برابر مجموع نیروی شناوری مورد نیاز مقاوم در برابر نیروی مهار و وزن مرده بدنه شناور است.

۱۶-۲- ستون مهاری

ستون مهاری باید مطابق الزامات مربوط در فصل ۹- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های قائم و فصل ۱۰- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع های زوج مایل با توجه به مشخصات سازه ای آن طراحی گردد تا سطح مطلوب پایداری و ایمنی سازه ای و راحتی استفاده از تاسیسات حاصل گردد.

فصل ۱۷- انواع دیگر تاسیسات پهلوگیری

۱۷-۱- اسکله دیواری نوع جاذب موج

۱۷-۱-۱- اصول طراحی

اسکله دیواری جاذب موج باید به صورتی طراحی شود که توانایی لازم برای جذب انرژی موج را داشته باشد و در محل‌های راهبردی برای ایجاد آرامش در لنگرگاه نصب شود.

تفسیر

امواج موجود در یک لنگرگاه، ترکیبی از امواج وارد شده از بین شکاف موج‌شکن‌ها، موج عبور کرده از روی موج‌شکن، موج شکل گرفته توسط باد در داخل لنگرگاه و موج منعکس شده در داخل لنگرگاه می‌باشد. با استفاده از اسکله دیواری جاذب موج، ضریب انعکاس موج از مقادیر معمول ۰/۷ تا ۱/۰ در اسکله دیواری صلب به مقادیر ۰/۳ تا ۰/۶ کاهش می‌یابد. برای ایجاد آرامش در لنگرگاه، لازم است که محور اسکله و شکاف موج‌شکن‌ها در محل مناسبی طراحی شود، ضمن اینکه فرو نشاندن امواج منعکس شده به وسیله سازه مستهلک کننده انرژی عامل موثری در ایجاد آرامش در لنگرگاه خواهد بود.

۱۷-۱-۲- تعیین شکل سازه‌ای

اسکله دیواری جاذب موج به دو نوع بلوکی و صندوقه‌ای (کیسونی) تقسیم‌بندی می‌شود و نوع مناسب اسکله، باید بر اساس اندازه و ابعاد اسکله و شرایط موج طراحی تعیین شود.

تفسیر

۱) اسکله دیواری نوع بلوکی جاذب موج از چینن لایه‌هایی از بلوک بتنی با اشکال پیچیده تشکیل شده است که بین آن‌ها فضای خالی وجود دارد و از این نوع معمولا برای ساخت اسکله‌های نسبتا کوچک استفاده می‌شود. شکل بلوک بنا بر نیاز طراحی متغیر بوده و عرض اسکله طبق محاسبات تعادل اسکله وزنی تعیین می‌شود.

۲) اسکله دیواری جاذب موج صندوقه‌ای به دو شکل اسکله با دیواره شکافدار و صندوقه با دیواره سوراخدار موجود می‌باشد و این نوع معمولا برای ساخت اسکله‌های بزرگ به کار می‌رود. مقدار جذب انرژی موثر را می‌توان با بهینه کردن مقدار شکاف و روزنه در دیواره جلویی اسکله و پهناي محفظه آب و غیره برای شرایط موج داده شده، انجام داد.

نکات فنی

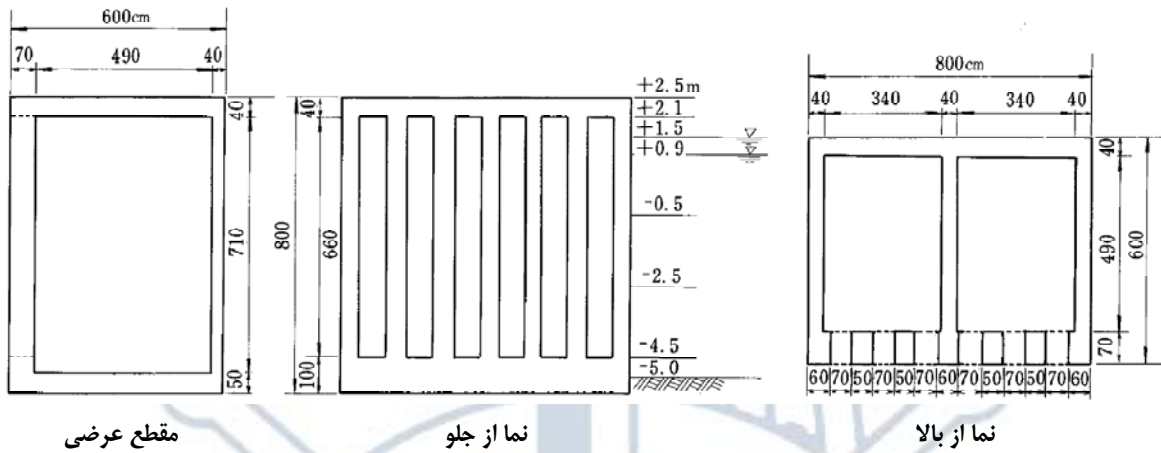
۱) اسکله دیواری جاذب موج به طور کلی از دیوار جلویی شکافدار یا روزنه‌دار، یک محفظه آب و یک دیواره پشتی نفوذناپذیر تشکیل شده و به کاهش ضریب انعکاس موج از طریق مستهلک کردن انرژی موج به صورت عبور جریان سریع و افقی آب از سوراخ‌ها و شیارهای دیوار جلویی اسکله و همین‌طور زبری موجود درون سازه، کمک می‌کند. بنابراین در حالی که امواج طوفانی شدید در طراحی سازه‌ای لحاظ می‌شود، امواج طوفانی عادی و متداول را می‌توان برای ارزیابی قابلیت استهلاک موج به کار برد.

۲) ضریب انعکاس حتی‌الامکان باید به کمک مدل آزمایشگاهی هیدرولیکی تعیین شود و در غیراین صورت باید با توجه به بخش ۷،

بند ۳-۲-۲- موج‌شکن بلوکی قائم جاذب موج و بخش ۷، بند ۳-۲-۳- موج‌شکن صندوقه‌ای جاذب موج تعیین

شود. در شکل‌های ۱۷-۱-۱ تا ۱۷-۱-۳ نمونه‌هایی از نتایج آزمایش‌های بر روی مدل برای صندوقه با دیوار شیاردار و دیوار

سوراخ‌دار نشان داده شده است.

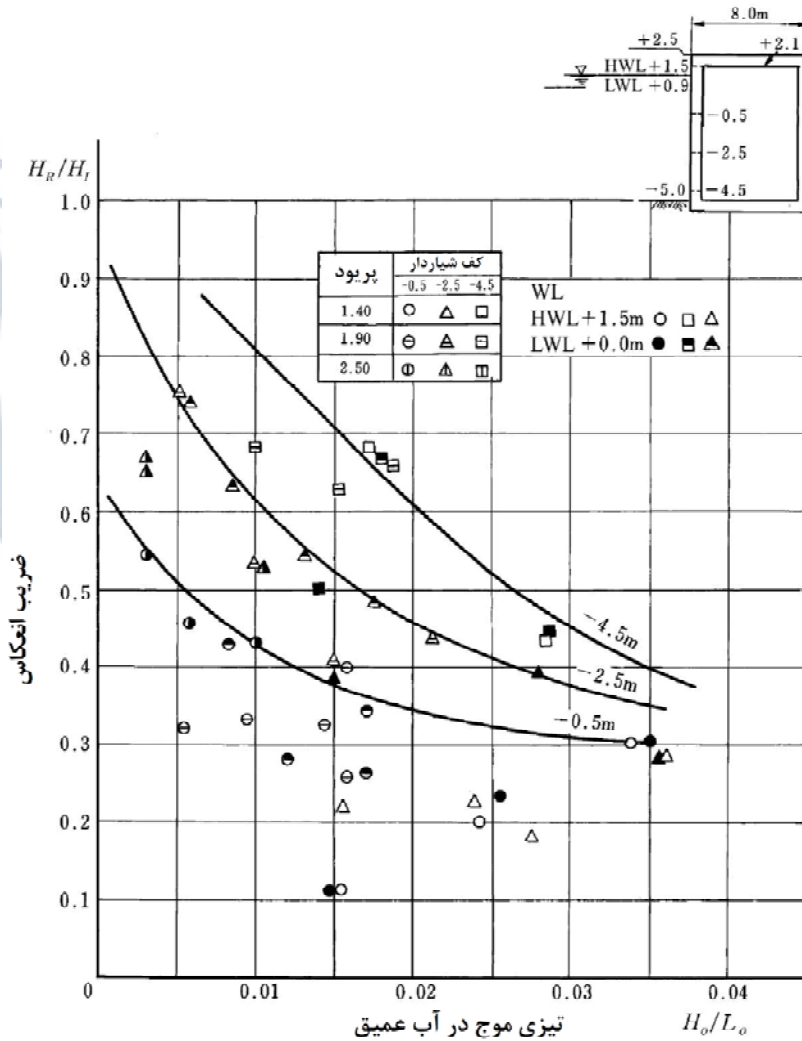


مقطع عرضی

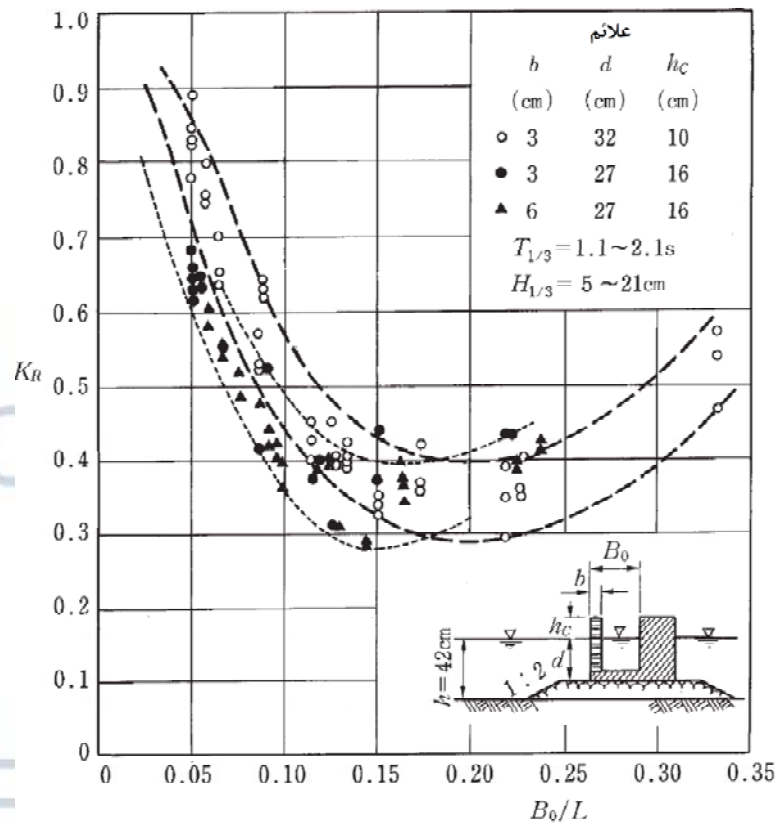
نما از جلو

نما از بالا

شکل ۱۷-۱-۱- مدل آزمایشگاهی برای اسکله صندوقه‌ای با دیواره شیاردار



شکل ۱۷-۱-۲- رابطه بین ضریب انعکاس و طول شیاردار در یک اسکله صندوقه‌ای با دیواره شیاردار (بدون بلوک پرکننده)



شکل ۱۷-۱-۳- ضریب انعکاس صندوقه سوراخ‌دار تحت تاثیر موج نامنظم

۳) توصیه می‌شود که تراز تاج قسمت جاذب‌موج در یک اسکله دیواری جاذب‌موج به اندازه 0.5 برابر ارتفاع موج مشخصه یا بیشتر، بالاتر از تراز HWL (تراز میانگین مد ماهیانه) و کف قسمت جاذب‌موج به اندازه 2 برابر ارتفاع موج مشخصه پایین‌تر از LWL قرار گیرد.

۴) پهناى محفظه آب در یک اسکله صندوقه‌ای جاذب‌موج را می‌توان با روشی مشابه اسکله نوع بلوکی طراحی نمود. با این حال توصیه می‌شود که تاثیر ارتفاع دال رویی و سوراخ‌های هوا در دال بر روی ضرایب انعکاس، از طریق مدل هیدرولیکی آزمایشگاهی بررسی شود.

۱۷-۲- اسکله دیواری با سپر طره‌ای

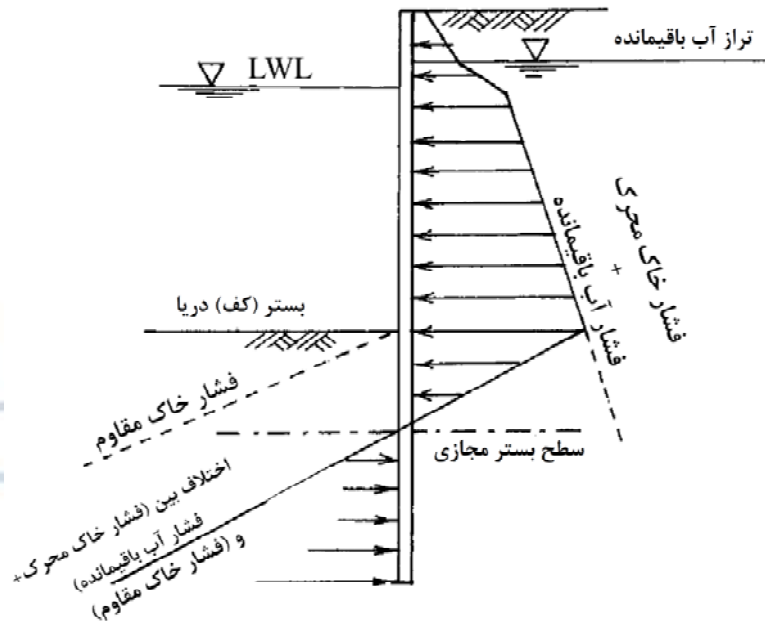
۱۷-۲-۱- اصول طراحی

۱) مقررات موجود در این قسمت باید در طراحی اسکله دیواری با سپر طره‌ای که حائل خاک مجاور خود است، اعمال شود.

۲) روش طراحی که در این قسمت توضیح داده می‌شود باید برای طراحی سپر کوبیده شده در خاک ماسه‌ای اعمال شود.

تفسیر

در روش طراحی این قسمت فرض می‌شود که زمین از خاک ماسه‌ای تشکیل شده است و بنابراین نمی‌توان آن را برای خاک‌رسی استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود که حتی‌الامکان از دیوار سپر طره‌ای در خاک رسی استفاده نشود زیرا در چنین خاکی، هنوز عوامل نامعلوم متعددی برای طراحی دیوار سپری وجود دارد. همچنین ساخت دیوار سپری طره‌ای در خاک رسی به علت اثرات زیان‌آوری نظیر تغییر شکل ناشی از خزش از نظر مهندسی نامطلوب می‌باشد.



شکل ۱۷-۲-۲- تعیین سطح مجازی کف بستر

۱۷-۲-۳- تعیین سطح مقطع سپر

حداکثر لنگر خمشی در یک دیوار سپری باید با استفاده از یک تحلیل مربوط به مشخصات رفتار مکانیکی دیوار محاسبه شود.

نکات فنی

- ۱) حداکثر لنگر خمشی در یک دیوار سپری به طور معمول با روش *PHRI* و با توجه به مقاومت جانبی شمع‌ها محاسبه می‌شود.
- ۲) مقاومت جانبی شمع باید با توجه به بخش ۵، بند ۴-۳-۴- تخمین رفتار شمع با استفاده از روش‌های تحلیلی، انجام شود.
- ۳) اگر از لوله فولادی به عنوان سپر استفاده شود، غالباً در اثر فشار خاک و فشار آب باقیمانده، در لوله‌های فولادی دیوار سپری به دلیل تغییر شکل سطح مقطع لوله، تنش ثانویه (مثلاً تغییر مقطع دایروی به بیضی) ایجاد می‌شود. دیوار سپری طره‌ای، سازه‌ای است که با تغییر شکل‌های بزرگ همراه بوده و بنابراین با توجه به تنش‌های ثانویه بزرگ ایجاد شده در این دیوار در نقطه‌ای که لنگر خمشی در آن حداکثر می‌شود، خطر زیادی وجود دارد.
- استفاده از لوله فولادی با قطر بزرگتر منجر به افزایش تنش‌های ثانویه می‌شود و بنابراین در این حالت مطلوب است که مقاومت در برابر تنش ثانویه بررسی شود. تنش ثانویه یک لوله فولادی، با استفاده از رابطه ۱۷-۲-۱ محاسبه می‌شود.

$$\sigma = p \left(\frac{D}{t} \right)^2 \times 2.1 \times 10^{-4} \quad (17-2-1)$$

که در آن:

σ : تنش ثانویه (N/mm^2)

D : قطر لوله (mm)

p : فشار خاک و فشار آب باقیمانده وارده بر دیوار سپری (kN/m^2)

t : ضخامت لوله (mm)

۱۷-۲-۴- تعیین طول مدفون سپر

طول مدفون سپر باید بزرگتر یا مساوی طول موثر شمع محاسبه شده براساس مطالب بخش ۵، بند ۴-۳- ظرفیت باربری جانبی مجاز شمع باشد.

نکات فنی

از آنجا که دیوار سپری طره‌ای، خاک پشت دیوار را با مکانیزمی مشابه شمع نگه می‌دارد، طول مدفون سپر را می‌توان با روشی مشابه شمع محاسبه نمود. در روش PHRI برای مقاومت جانبی شمع‌ها، طول لازم مدفون به اندازه $1.5l_{ml}$ در نظر گرفته می‌شود که در آن l_{ml} عمق اولین نقطه لنگر خمشی صفر شمع طره‌ای می‌باشد. باید توجه شود که در اینجا طول مدفون محاسبه شده، مقداری است که از سطح بستر مجازی محاسبه می‌شود و نه از سطح کف دریا.

۱۷-۲-۵- بررسی تغییر مکان تاج سپر

یک اسکله دیواری سپری طره‌ای باید به روشی طراحی شود که تغییر شکل تاج سپر، بهره‌برداری ایمن و موثر از اسکله را متوقف نکند.

نکات فنی

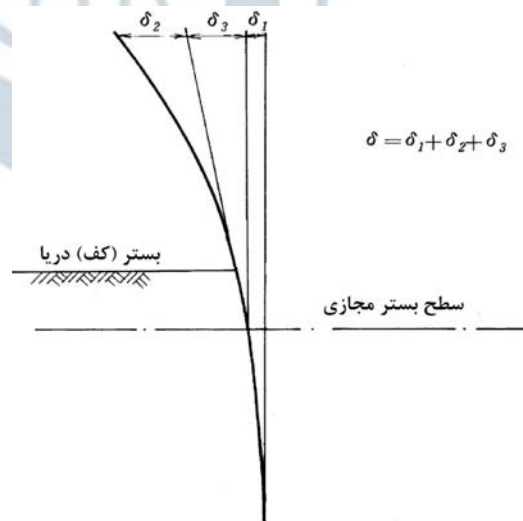
(۱) از آنجا که مقدار مجاز تغییر شکل تاج سپر اسکله دیواری سپری طره‌ای مشخص نشده است، اسکله باید با کمک روشی طراحی شود که در آن تغییر مکان تاج سپر، استفاده ایمن و موثر از اسکله را تامین نماید و بنابراین لازم است که میزان مجاز تغییر مکان با توجه به شرایط کاربری تعیین شود. در بسیاری از حالات، مقادیر حدی بالا برای شرایط محیطی معمول و شرایط زلزله به ترتیب برابر ۵ و ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

(۲) تغییر مکان δ تاج سپر به صورت مجموع سه مقدار زیر محاسبه می‌شود (شکل ۱۷-۲-۳):

الف) تغییر شکل سپر در سطح بستر مجازی (δ_1)

ب) تغییر شکل سپر در بخش بالایی سطح بستر مجازی (δ_2)

ج) تغییر مکان بالای سپر که در اثر شیب سپر در بالای بستر مجازی با زاویه تغییر شکل سپر در بستر مجازی ایجاد می‌شود (δ_3)



شکل ۱۷-۲-۳- تغییر مکان تاج شمع

به‌طور کلی تغییر شکل δ_1 و تغییر مکان δ_3 با روش PHRI محاسبه می‌شود که در بخش ۵، بند ۴-۳-۴- تخمین رفتار شمع

با استفاده از روش‌های تحلیلی توضیح داده شده است. معمولاً تغییر شکل δ_1 برابر با تغییر شکل محاسبه شده دیوار به صورت طره‌ای تحت فشار خاک پشت آن تعیین می‌شود.

۱۷-۲-۶- نیروهای خارجی در طول دوره ساخت

اسکله سپری طره‌ای باید طوری طراحی شوند که اطمینان کافی در برابر نیروهای خارجی که در طول عملیات ساخت به آن وارد می‌شود، وجود داشته باشد.

۱۷-۲-۷- طراحی تفصیلی (جزئیات)

طراحی جزئیات یک اسکله سپری طره‌ای باید با مراجعه به بند ۵-۸- طراحی جزئیات انجام شود.

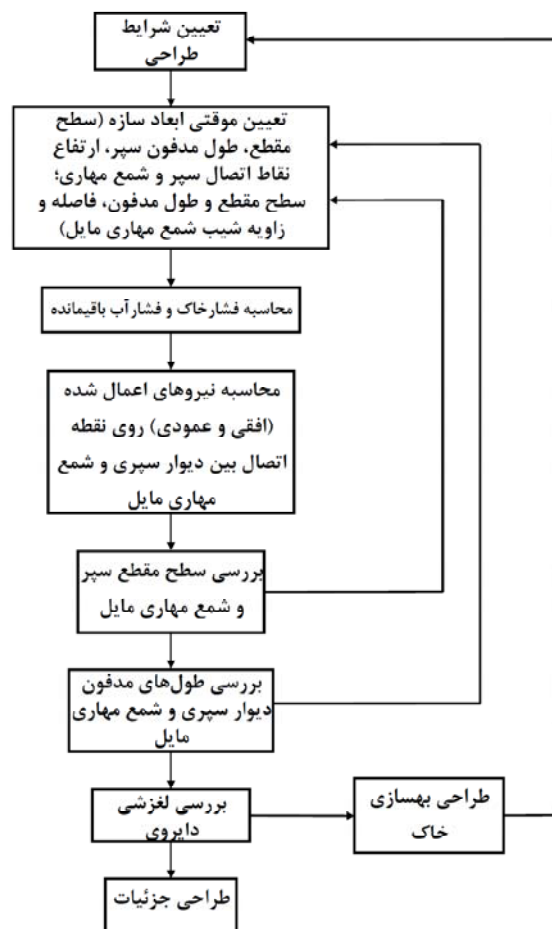
۱۷-۳- اسکله سپری با شمع مهاري مایل

۱۷-۳-۱- اصول طراحی

مقررات این قسمت باید برای طراحی اسکله سپری به کار رود که با جفت نمودن سر سپر با شمع مهاري مایل فرو رفته در خاک پشت سپر که خاک را در پشت سپر نگه می‌دارد، ساخته می‌شود.

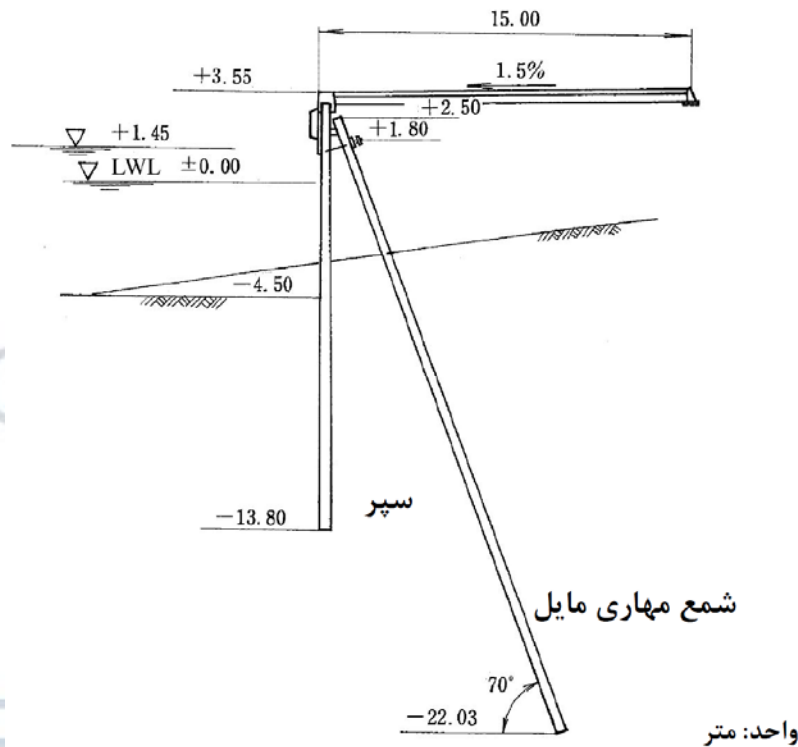
نکات فنی

(۱) ترجیحاً طراحی اسکله سپری با شمع مهاري مایل باید طبق فرایند توضیح داده شده در شکل ۱۷-۳-۱ انجام شود.



شکل ۱۷-۳-۱- مراحل کلی طراحی اسکله دیواری سپری با شمع مهاري مایل

(۲) شکل ۱۷-۳-۲ نمونه ای از مقطع یک اسکله سپری با شمع مهاری مایل را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷-۳-۲- نمونه ای از مقطع یک اسکله سپری با شمع های مهاری مایل

۱۷-۳-۲- نیروهای خارجی اعمال شده بر دیوار سپری با شمع مهاری مایل

نیروهای خارجی اعمال شده بر دیوار سپری با شمع مهاری مایل باید با توجه به مطالب بند ۵-۲- نیروهای خارجی موثر بر دیوار سپری تعیین شود.

۱۷-۳-۳- محاسبه نیروهای افقی و عمودی وارد بر نقطه اتصال

محاسبه نیروهای وارده بر نقطه اتصال بین یک سپر و یک شمع مهاری باید با در نظر گرفتن مشخصات سازه‌ای نقطه اتصال انجام شود.

نکات فنی

نیروهای افقی و عمودی وارد بر نقطه اتصال بین یک سپر و یک شمع مهاری مایل را می‌توان با فرض مفصلی بودن نقطه اتصال محاسبه نمود.

۱۷-۳-۴- تعیین سطح مقطع سپر و شمع مهاری مایل

حداکثر لنگرهای خمشی شکل گرفته در سپر و شمع مهاری مایل باید با فرض هر دو به عنوان تیرهایی که نیروهای متمرکز افقی و عمودی وارد بر نقطه اتصال آن دو و بارهای گسترده فشار خاک و فشار آب باقیمانده را تحمل می‌کند، محاسبه شود. سطح مقطع سپر و شمع مایل مهاری باید طوری طراحی شود که تنش‌های ایجاد شده به وسیله لنگرهای حداکثر از مقدار مقاومت مجاز فراتر نرود.

۱۷-۳-۵- تعیین طول مدفون سپر و شمع مهاری مایل

طول مدفون لازم سپر یا شمع مهاری مایل برای مقاومت در برابر نیروهای اعمال شده در جهت محوری و جهت عمود بر محور باید

با توجه به مطالب بخش ۵، فصل ۴- ظرفیت باربری شمع‌ها تعیین شود. با این حال ظرفیت باربری در جهت محوری سپر و همچنین شمع مهاری مایل باید به وسیله آزمایش بارگذاری و کشش در محل بررسی شود.

۱۷-۳-۶- طراحی تفصیلی (جزئیات)

طراحی جزئیات اسکله دیواری سپری با شمع مهاری مایل باید با توجه به بند ۵-۸- طراحی جزئیات و بخش ۵، بند ۴-۶-۲- طراحی اتصال شمع و عرشه انجام شود.

۱۷-۴- اسکله دیواری سپری با شمع مایل در جلو

۱۷-۴-۱- اصول طراحی

مقررات این قسمت باید برای طراحی اسکله دیواری سپری که با جفت نمودن سر سپر با شمع مهاری مایل فرورفته در خاک جلوی سپر که خاک را در پشت نگه می‌دارد، ساخته می‌شود.

تفسیر

۱) اسکله دیواری سپری با شمع مایل در جلو، معمولاً با عرشه یک اسکله شمع و عرشه در جلوی دیوار سپری ساخته می‌شود که بسته به اینکه سازه شمع و عرشه با دیوار سپری پیوسته و یا جدا باشد، دو حالت را شامل می‌شود. در این قسمت راهنمایی‌های لازم برای حالتی ارائه شده است که سازه شمع و عرشه جلویی با سازه سپر پیوسته می‌باشد. برای حالتی که سازه شمع و عرشه با سازه سپر پیوسته نباشد می‌توان به فصل ۵- اسکله‌های سپری، فصل ۹- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های قائم و فصل ۱۰- اسکله شمع و عرشه موازی ساحل با شمع‌های زوج مایل مراجعه نمود.

۲) روش طراحی شرح داده شده در این قسمت مبتنی بر طراحی سپر با روش تیر معادل بوده و بنابراین نوع سازه‌ای که در این قسمت تحت پوشش قرار می‌گیرد عبارت از دیوار سپری فولادی در خاک ماسه‌ای و یا خاک رسی سخت می‌باشد.

نکات فنی

۱) طراحی اسکله دیواری سپری با شمع‌های مایل در جلو طبق مراحل ارائه شده در شکل ۱۷-۴-۱ انجام می‌شود.
۲) در شکل ۱۷-۴-۲ نمونه‌ای از یک سطح مقطع اسکله دیواری سپری با شمع‌های مایل مهاری در جلو نشان داده شده است.

۱۷-۴-۲- جانمایی و تعیین ابعاد

۱) اندازه یک بلوک برای سازه عرشه و جانمایی شمع‌ها باید بر اساس مطالب بند ۹-۲-۱- اندازه بلوک عرشه و جانمایی شمع‌ها انجام شود.

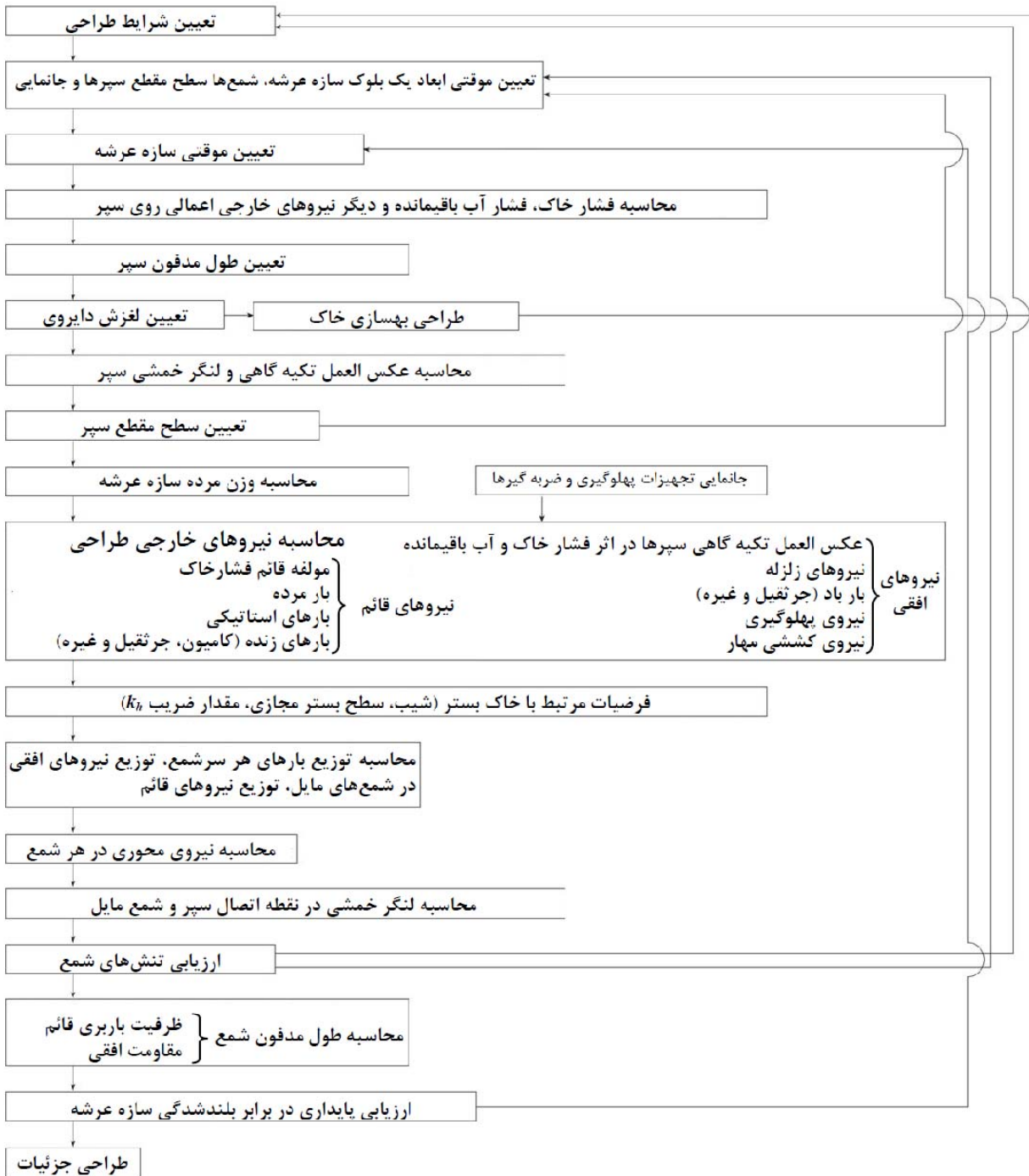
۲) ابعاد سازه عرشه باید طبق مطالب بند ۹-۲-۲- ابعاد عرشه انجام شود.

نکات فنی

توصیه می‌شود که جانمایی و شیب شمع مایل با توجه به موقعیت ارتباطی آن با سایر شمع‌ها و محدودیت‌های اجرا مانند ظرفیت تجهیزیات شمع‌کوبی تعیین شود. به طور معمول برای شمع مایل مقدار شیب ۲۰ درجه استفاده می‌شود.

۱۷-۴-۳- طراحی دیوار سپری

طراحی دیوار سپری باید طبق مطالب فصل ۵- اسکله‌های سپری انجام شود.



شکل ۱۷-۴-۱- مراحل کلی طراحی اسکله دیواری سپری با شمع‌های مایل در جلو

نکات فنی

تعیین طول مدفون، نیروی عکس‌العمل در نقطه تکیه‌گاهی و لنگرخمشی سپر طبق مطالب فصل ۵- اسکله‌های سپری و با فرض اینکه محل اتصال بین شمع مایل و سپر یکی از نقاط تکیه‌گاهی است، انجام می‌شود.

دارد، محاسبه نمود. نیروی محوری در سپر و شمع مایل باید طبق رابطه ۴-۳-۲۱ در بخش ۵، بند ۴-۳-۶- ظرفیت باربری جانبی شمع‌های زوج و با به کارگیری نیروی افقی اعمال شده بر روی اسکله و نیروی قائم گسترده در سرشمع‌ها محاسبه شود. (۶) لنگر خمشی در نقطه اتصال شمع مایل و سپر را می‌توان به عنوان لنگر حاصل از فشار خاک، فشار آب باقیمانده و دیگر نیروهای افقی و با فرض شمع مایل و سپر به صورت یک قاب صلب گیردار شده در نقطه گیرداری مجازی، محاسبه نمود. نقطه گیرداری مجازی شمع‌ها باید بر اساس بند ۹-۵-۳- نقطه گیرداری مجازی تعیین شود.

(۷) تنش‌های شمع‌ها باید از رابطه ۹-۵-۱۱ که در بند ۹-۵-۵- تنش‌های مقطع عرضی شمع‌ها توضیح داده شده است با فرض اینکه شمع منفرد، تحت بار محوری تنها یا تحت ترکیبی از بار محوری و لنگر خمشی قرار دارد، محاسبه شود.

۱۷-۴-۵- طول مدفون

طول مدفون شمع‌های قائم، مایل و سپر باید با آزمایش ظرفیت باربری و مقاومت جانبی شمع تعیین شود.

نکات فنی

بررسی طول مدفون باید با توجه به ظرفیت باربری، طبق بند ۹-۵-۶- بررسی عمق مدفون برای ظرفیت باربری و با توجه به مقاومت جانبی، بر اساس بند ۹-۵-۷- بررسی عمق مدفون برای مقاومت جانبی انجام شود.

۱۷-۴-۶- طراحی تفصیلی (جزئیات)

(۱) طراحی جزئیات اسکله دیواری سپری با شمع‌های مایل در جلو باید بر اساس الزامات بند ۵-۸- طراحی جزئیات و بند ۹-۹- طراحی تفصیلی (جزئیات) انجام شود.

(۲) نقطه اتصال دیوار سپری و شمع مایل مهاری باید طوری طراحی شود که انتقال بار به طور مطلوب انجام پذیرد.

(۳) سازه عرشه باید طوری طراحی شود که کاملاً در برابر لنگر خمشی اعمال شده از دیوار سپری مقاومت کند.

تفسیر

نقطه اتصال بین دیوار سپری و شمع مایل باید طوری طراحی شود که با کمی تسلیح، حاشیه اطمینان کافی به وجود آید، زیرا شکست یا آسیب نقطه اتصال ممکن است به فروپاشی تمام اسکله منجر شود.

لنگر خمشی ایجاد شده در بالای سپر به سازه عرشه منتقل می‌شود و بنابراین توصیه می‌گردد که این لنگر خمشی در طراحی سازه عرشه در نظر گرفته شود.

۱۷-۵-۵- اسکله دیواری دو سپری

۱۷-۵-۱- اصول طراحی

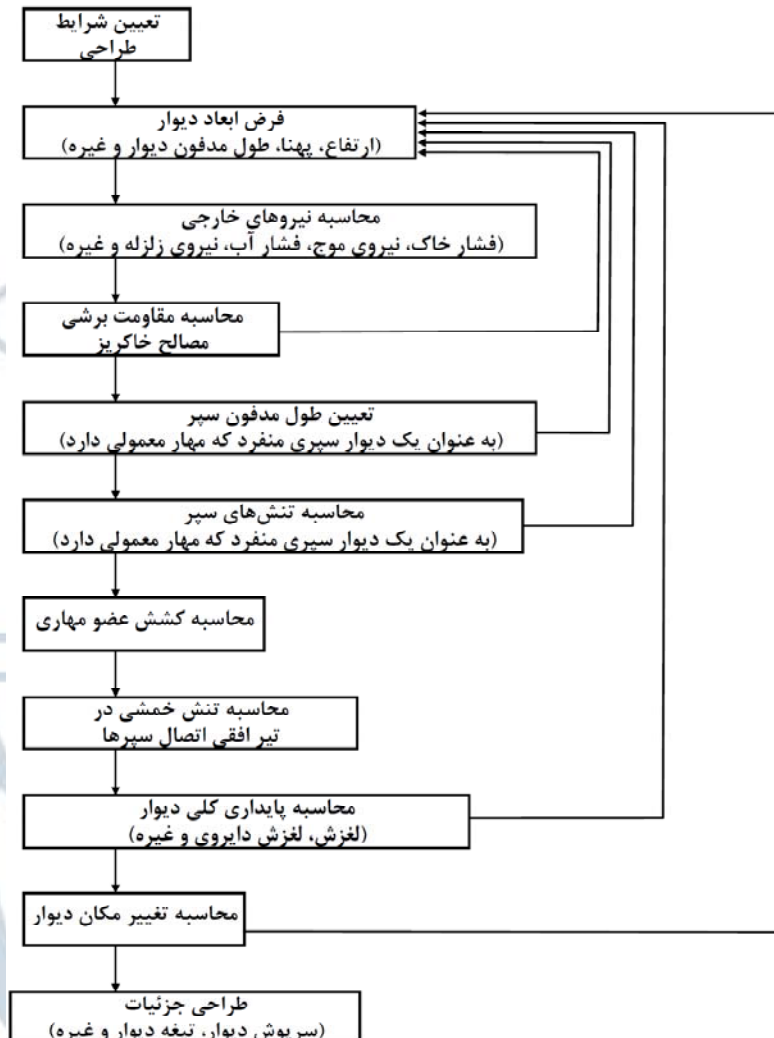
مقررات این قسمت باید در طراحی اسکله دیواری دو سپری مورد استفاده قرار گیرد.

تفسیر

اسکله دیواری دو سپری، دیوار نگهدارنده خاک شامل دو ردیف دیوار سپری می‌باشد که با عضوهای میل مهاری و غیره به هم متصل شده و فضای بین آنها با خاک ماسه‌ای پر می‌شود.

نکات فنی

(۱) در شکل ۱۷-۵-۱ فرایند اصلی طراحی متعارف اسکله دیواری دو سپری نشان داده شده است.



شکل ۱۷-۵-۱- مراحل کلی طراحی اسکله دیواری دو سپری بر اساس روش متعارف

(۲) در طراحی اسکله دیواری دو سپری، روش‌های طراحی اسکله دیواری فولادی سپری سلولی یا اسکله دیواری سپری با مهاربند سپری به طور متعارف مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین برای طراحی یک اسکله دیواری دو سپری با شرایط مشابه با آنچه در اسکله‌های موجود وجود دارد، این روش‌های متعارف را می‌توان مورد استفاده قرار داد.

در روش‌های متعارف، تغییر مکان دیوار دو سپری مورد بررسی قرار نمی‌گیرد، اما بررسی مقدار تغییر مکان یک سازه دو سپری وقتی به عنوان یک سازه بزرگ دائمی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اهمیت زیادی دارد. برای حل این مشکل، ابتدا Sawaguchi یک روش طراحی برای محاسبه تغییر مکان یک سازه دو سپری پیشنهاد کرد و سپس Ohori و همکاران، یک روش طراحی جامع برای بررسی رفتار دیواره دو سپری بر اساس روش Sawaguchi پیشنهاد کردند.

۱۷-۵-۲- نیروهای خارجی وارد بر اسکله دیواری دو سپری

نیروهای خارجی وارد بر یک اسکله دو سپری بر اساس مطالب بند ۷-۲- نیروهای خارجی وارد بر اسکله دیواری سلولی

ساخته شده با سپر فولادی محاسبه می‌شود.

۱۷-۵-۳- طراحی اسکله دیواری دو سپری

اسکله دیواری دو سپری باید با روش مناسبی با توجه به شرایط طراحی و اهمیت اسکله دیواری طراحی گردد.

نکات فنی

(۱) اگر در طراحی یک اسکله دیواری دو سپری، شرایط مشابه با موارد استفاده شده در اسکله‌های موجود وجود داشته باشد، استفاده از روش‌های متعارف زیر خواهد بود.

الف) برای تعیین پهنای بین دو دیوار سپری برای رسیدن به مقاومت لازم در برابر تغییر شکل برشی، محاسبات بر اساس بند ۷-۳-۲- عرض معادل دیوار انجام می‌شود.

ب) محاسبه لنگر تغییر شکل بر اساس بند ۷-۳-۳- محاسبه لنگر ایجاد تغییر شکل انجام می‌شود.

ج) محاسبه لنگر مقاوم با توجه به مطالب بند ۷-۳-۴- محاسبه لنگر مقاوم انجام می‌شود. با این وجود، لنگر مقاوم ناشی از اصطکاک در محل اتصال بین سپرهای دیوارهای جدا کننده معمولاً در نظر گرفته نمی‌شود.

د) طول مدفون سپر عبارت است از بزرگترین مقدار از بین مقادیر به دست آمده از روش مختص سپرهای با مهار معمولی (بند ۵-۳-۲- طول مدفون سپرها) و مقداری که تغییر مکان افقی مجاز در بالای دیوار را ایجاد می‌کند (بند ۷-۴- بررسی پایداری کلی

بدنه دیوار و بند ۷-۷- بررسی تغییر مکان بالای دیوار). در سازه‌های با اهمیت زیاد، بهتر است که ابتدا با روش *Ohori* یا روش‌های مناسب دیگر، تحلیل رفتاری انجام شود.

هـ) تنش خمشی سپر با توجه به اطلاعات حاصل از اجراهای گذشته سازه و با فرض دیوار سپری منفرد مانند یک دیوار سپری با مهار و تحت فشار محرک خاک مصالح پر شده و بدون توجه به فاصله بین دو سپر، تحلیل می‌شود.

و) محاسبه کشش عضو مهاری با توجه به بند ۵-۴-۱- کشش میل مهارها انجام می‌شود.

ز) طراحی تیر اتصال سپر با توجه به بند ۵-۵- طراحی تیر اتصال سپر انجام می‌شود.

ح) اسکله دیواری دو سپری را می‌توان به عنوان یک نوع دیوار وزنی در نظر گرفت. بنابراین لازم است که بررسی پایداری در برابر لغزش اسکله و پایداری شیب شامل اسکله مشابه روش بررسی برای یک اسکله دیواری سلولی (با توجه به بند ۴-۳- محاسبات پایداری) انجام پذیرد. تعادل در برابر لغزش باید در سطح بستر مجازی مورد بررسی قرار گیرد که این سطح را می‌توان در بستر دریا یا در صفحه افقی در پنجه دیوار سپری در نظر گرفت و ضریب اطمینان کوچکتر را ملاک قرار داد. در حالت اخیر باید از مقاومت سپر زیر بستر دریا صرف نظر شود.

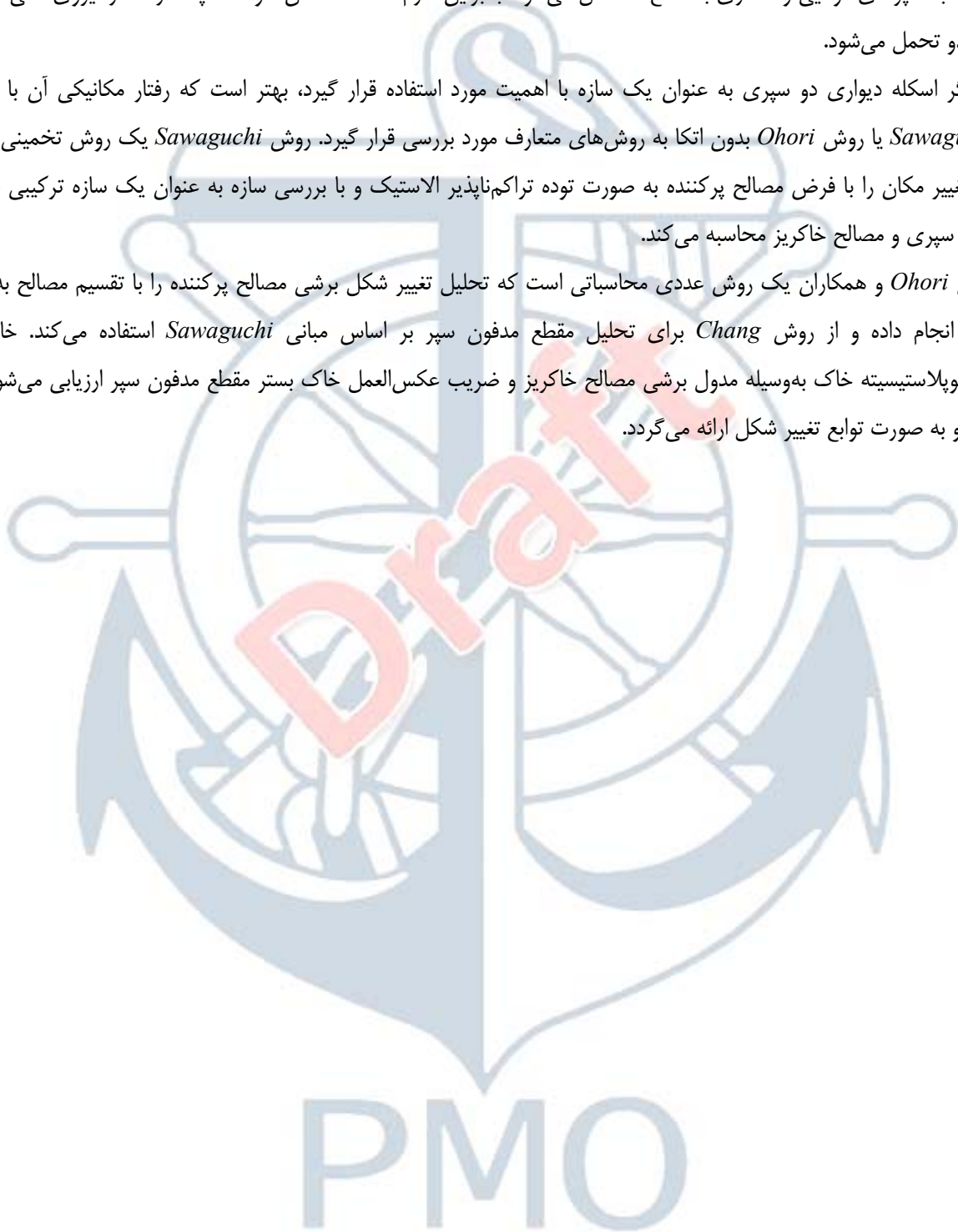
در بررسی پایداری شیب اسکله دیواری دو سپری، طول مدفون اسکله دیواری دو سپری باید با مقدار طول مدفون در اسکله با سپر منفرد با مهار مقایسه شود. اگر مقدار به دست آمده برای دو سپری بیشتر از تک سپر باشد باید از مقاومت بخشی از سپر در زیر پنجه در برابر صفحه لغزش دایروی که از تراز زیر پنجه می‌گذرد، صرف نظر شود.

ط) دال و مقطع سازه عرشه با توجه به مطالب بند ۶-۶-۲- طراحی سکوی کمکی طراحی می‌شود. پی شمعی بعضاً در مصالح خاکریز کوبیده می‌شود تا سازه عرشه را نگهداری کند و این شمع‌ها باید ایمنی کافی در برابر نیروهای افقی و قائم منتقل شده از

عرشه را داشته باشد. در اینجا فرض می‌شود که نیروی قائم منتقل شده از عرشه به طور کامل توسط شمع‌ها تحمل می‌شود و ظرفیت باربری قائم شمع با صرف‌نظر از اصطکاک بین جداره شمع و مصالح خاکریز به دست می‌آید. مقداری از نیروی افقی وارد بر عرشه به سپرهای دوتایی و مقداری به شمع‌ها منتقل می‌شود. بنابراین لازم است مشخص شود که چند درصد از نیروی افقی توسط این دو تحمل می‌شود.

۲) اگر اسکله دیواری دو سپری به عنوان یک سازه با اهمیت مورد استفاده قرار گیرد، بهتر است که رفتار مکانیکی آن با روش *Sawaguchi* یا روش *Ohori* بدون اتکا به روش‌های متعارف مورد بررسی قرار گیرد. روش *Sawaguchi* یک روش تخمینی است که تغییر مکان را با فرض مصالح پرکننده به صورت توده تراکم‌ناپذیر الاستیک و با بررسی سازه به عنوان یک سازه ترکیبی شامل دیوار سپری و مصالح خاکریز محاسبه می‌کند.

روش *Ohori* و همکاران یک روش عددی محاسباتی است که تحلیل تغییر شکل برشی مصالح پرکننده را با تقسیم مصالح به چند لایه انجام داده و از روش *Chang* برای تحلیل مقطع مدفون سپر بر اساس مبانی *Sawaguchi* استفاده می‌کند. خاصیت الاستوپلاستیته خاک به وسیله مدول برشی مصالح خاکریز و ضریب عکس‌العمل خاک بستر مقطع مدفون سپر ارزیابی می‌شود که هر دو به صورت توابع تغییر شکل ارائه می‌گردد.



فصل ۱۸- بخش انتقالی اسکله دیواری

۱۸-۱- اصول طراحی

در طراحی بخش انتقالی اسکله دیواری باید موارد زیر را مد نظر قرار داد.

- (۱) شرایط طبیعی در همسایگی اتصال
- (۲) شرایط سازه های مجاور اتصال
- (۳) ترتیب اجرا و در دسترس بودن ماشین آلات ساخت

۱۸-۲- بخش انتقالی در محلی با عمق آب متغیر

شرایط طراحی برای بخش انتقالی بین اسکله دیواری در عمق های آب مختلف، مشابه شرایط طراحی برای بخش انتقالی اسکله دیواری در طرف عمیق تر بوده و روش طراحی و ضریب اطمینان مطابق نوع سازه بخش انتقالی مربوط تعیین می گردد.

۱۸-۳- بخش انتقالی در محلی که اسکله های دیواری از انواع متفاوت متصل می باشد

در محلی که دو نوع متفاوت اسکله دیواری متصل شده است، اتصال دو سازه به یکدیگر یا به صورت مستقیم و یا با بخش های انتقالی انجام می شود. شرایط طراحی برای سازه بخش انتقالی باید از بین دو اسکله دیواری متصل که وضعیت پایداری نامناسب تری برای بخش انتقالی ایجاد می کند، انتخاب گردد.

۱۸-۴- گوشه برجسته

برای سازه بخش انتقالی در یک گوشه برجسته (رو به بیرون)، شرایط طراحی باید از بین دو اسکله دیواری متصل که وضعیت پایداری نامناسب تری برای بخش انتقالی ایجاد می کند، انتخاب گردد.

تفسیر

در طراحی سازه بخش انتقالی باید مراقب ایجاد گوشه های برجسته بود زیرا گوشه برجسته گاهی مشکلاتی برای پایداری ایجاد می کند. توصیه می شود از ایجاد گوشه هایی با زاویه تند پرهیز شود، زیرا باعث پیچیده شدن طراحی سازه ای و دشوار شدن عملیات ساخت می گردد.

فصل ۱۹ - تجهیزات فرعی

۱۹-۱- کلیات

تاسیسات فرعی برای بندر باید در صورت نیاز تهیه شود و بویژه تاسیسات پهلوگیری شناورهای حمل کالاهای خطرناک باید دارای تاسیسات فرعی زیر باشد:

- ۱) امکانات جلوگیری از نشت و ریزش کالاهای خطرناک
- سازه تاسیسات پهلوگیری شناورهای حمل مواد خطرناک نباید در اثر نشت هنگام جابجایی کالاهای خطرناک دچار آسیب یا خوردگی شدید شود. اگر جلوگیری از ریزش مستقیم کالاهای خطرناک در دریا ضروری باشد، باید تاسیسات زهکشی از جمله آب‌روهای جانبی و حوضچه یا مخازن نگهداری تامین گردد.
- ۲) نرده، تابلو و علائم هشدار
- ورودی تاسیسات پهلوگیری شناور حامل کالای خطرناک باید توسط نرده یا حصار برای جلوگیری از ورود افراد متفرقه محصور شده و یا تابلو و علائم هشدار مبنی بر ممنوعیت ورود افراد متفرقه نصب شود.
- ۳) تجهیزات مهار آتش و سیستم های هشدار
- تاسیسات پهلوگیری شناورهای حامل کالاهای خطرناک باید مجهز به تجهیزات مهار آتش نظیر کفپاش خاموش کننده آتش، اطفای کننده آتش و آبپاش باشد. تاسیسات پهلوگیری همچنین باید دارای سیستم هشدار با توانایی تولید آژیر خطر بلند و رسا به محض کشف آتش یا نشانه ای از آتش، بوده و مجهز به سیستم ارتباطی برای آگاه سازی سریع افراد مسئول در رابطه با مهار آتش باشد.

تفسیر

۱) تاسیسات فرعی شامل موارد زیر است:

- الف) ستون مهاری، مهاربند (بولارد) و حلقه مهار
- ب) سیستم ضربه گیر (فندر)
- ج) جدول گذاری
- د) راه‌پله و نردبان
- هـ) تاسیسات آبرسانی
- و) تاسیسات زهکشی
- ز) تاسیسات سوخت‌رسانی و برق‌رسانی
- ح) سایر تاسیسات

(۱) حفاظ اطراف

(۲) تاسیسات سوار و پیاده شدن مسافر

(۳) تاسیسات سوار و پیاده کردن خودرو

(۴) تاسیسات نجات غریق

(۵) نرده، طناب و غیره

(۶) تجهیزات اطفای حریق و سیستم هشدار

(۷) تاسیسات روشنایی

(۸) سرویس بهداشتی و تلفن

(۹) چراغ نشانگر و تابلو

(۱۰) سایر

۱۹-۲- تجهیزات پهلوگیری

تجهیزات پهلوگیری برای استفاده در تاسیسات پهلوگیری به جز سرسره، باید دارای مقاومت کافی برای مهار شناور با توجه به شرایط طبیعی منطقه مانند توپوگرافی، شرایط جوی و پدیده های دریایی و نیز اندازه شناورها از جمله طول کلی، حداکثر عرض بدنه، آبخور و ظرفیت ناخالص باشد.

۱۹-۳- ستون مهاری، مهاربند و حلقه مهار

۱۹-۳-۱- کلیات

تاسیسات پهلوگیری باید مجهز به ستون مهاری، مهاربند و یا حلقه مهار باشند.

۱۹-۳-۲- چیدمان ستون های مهاری، مهاربندها و حلقه های مهار

چیدمان تجهیزات پهلوگیری باید به گونه ای باشد که مهار شناور و جابجایی بار به راحتی و ایمن قابل انجام باشد. تجهیزات پهلوگیری از جمله ستون مهاری، مهاربند و حلقه مهار باید با توجه به مکان قلاب های روی شناور، جانمایی و چیده شود.

نکات فنی

(۱) ستون های مهاری که در هوای طوفانی استفاده می شود باید در نزدیکی هر دو انتهای اسکله با فاصله هر چه دورتر از خط جبهه آب نصب شود. مهاربندها باید روی اسکله و نزدیک خط جبهه آب نصب شود تا بتوان از آن برای مهار شناورها در شرایط هوای معمولی و برای پهلوگیری یا جداسدن شناورها از اسکله، استفاده نمود. برای تعیین فاصله بین مهاربندها و حداقل تعداد مهاربندها در هر محل پهلوگیری می توان از مقادیر جدول ۱۹-۳-۱ به عنوان مرجع استفاده نمود.

جدول ۱۹-۳-۱- فاصله و حداقل تعداد مهاربند (در هر محل پهلوگیری)

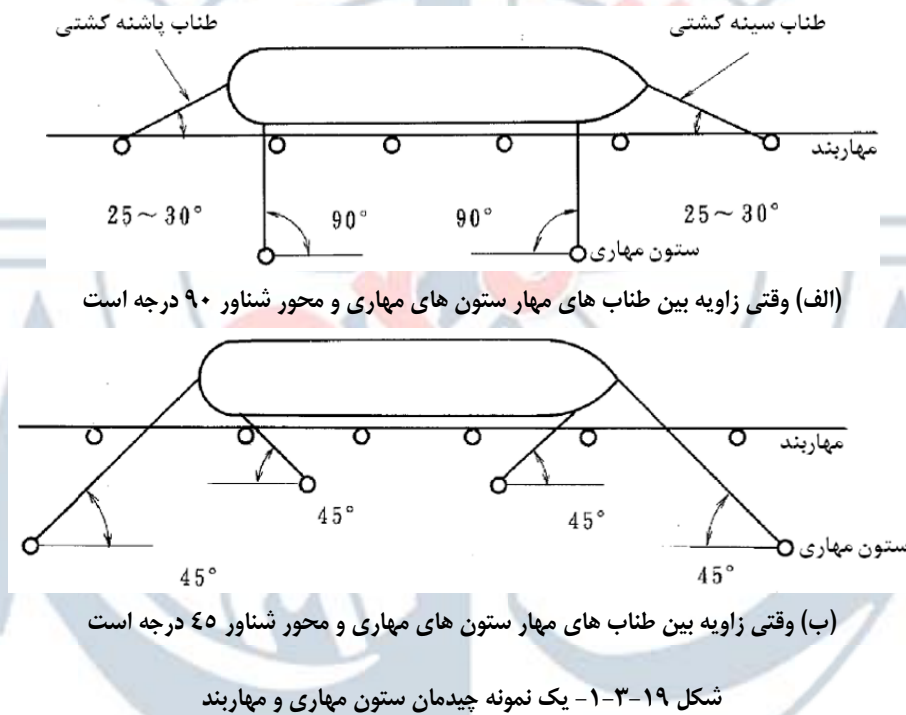
ظرفیت ناخالص شناور (GT)	حداکثر فاصله بین مهاربندها (متر)	حداقل تعداد مهاربند در هر پهلوگیر (واحد)
کمتر از ۲۰۰۰	۱۰ تا ۱۵	۴
۲۰۰۰ یا بیشتر و کمتر از ۵۰۰۰	۲۰	۶
۵۰۰۰ یا بیشتر و کمتر از ۲۰۰۰۰	۲۵	۶
۲۰۰۰۰ یا بیشتر و کمتر از ۵۰۰۰۰	۳۵	۸
۵۰۰۰۰ یا بیشتر و کمتر از ۱۰۰۰۰۰	۴۵	۸

(۲) اگر اسکله کوچکی مختص کشتی های کوچک و بدون وجود خطر کشش طناب های مهاری به سمت بالا توسط کشتی باشد، چیدمان مهاربندها با فاصله ۱۰ تا ۲۰ متر از همدیگر در طول خط جبهه آب کافی بوده و نیازی به استفاده از ستون های مهاری نمی باشد. در اسکله کوچک می توان حلقه های مهار با مقاومتی برابر مقاومت مهاربندها را با فاصله ۵ تا ۱۰ متر از یکدیگر به جای مهاربند نصب

نمود. اگر برای یک اسکله کوچک از حلقه‌های مهار استفاده شود، این حلقه‌ها باید در تراز مناسبی با توجه به تراز جزر و مد نصب گردد. در بسیاری از موارد، مهار کشتی‌های کوچک توسط حلقه‌های مهار به وسیله یک طناب مهار متصل به سینه و طناب دیگر متصل به پاشنه کشتی انجام می‌گیرد و در نتیجه فاصله بین این حلقه‌های مهار باید بین ۵ تا ۱۰ متر باشد.

۳) ستون‌های مهاری باید به گونه‌ای قرار داده شود که متناسب با کاربرد شناورهای مورد نظر بوده و زاویه بین محور طولی شناور و طناب مهار حتی الامکان نزدیک به ۹۰ درجه شود تا ستون‌های مهاری در جهت عمود بر محور شناور، مقاومت کافی در برابر نیروهای خارجی وارد بر شناور داشته باشد. تعداد ستون مهاری نصب شده بر روی یک پهلوگیر معمولاً دو عدد می‌باشد.

طناب‌های سینه و پاشنه کشتی کشیده می‌شود تا حرکات نوسانی شناور روی آب مهار شود که به همین علت، زاویه بین این طناب‌ها و محور طولی شناور کوچک شده اما نباید کمتر از ۲۵ تا ۳۰ درجه گردد و نصب مهاربند برای رعایت این نیاز، لازم می‌باشد. شکل ۱۹-۳-۱ یک نمونه چیدمان ستون مهاری و مهاربند را نشان می‌دهد.



۱۹-۳-۳- نیروی کششی مهار شناور

نیروهای کششی مهار شناور باید با توجه به شرایط پهلوگیری و مهار شناور محاسبه گردد.

نکات فنی

نیروهای مهاری شناور باید طبق بخش ۲، بند ۲-۲-۴- نیروی کششی مهاری وارد بر ستون‌های مهاری و مهاربندها محاسبه گردد.

۱۹-۳-۴- سازه

ستون مهاری و مهاربند باید از نظر سازه‌ای در برابر نیروهای مهار شناور اعمال شده بر آن ایمن باشد.

تفسیر

نیروهای مهار شناور وارد بر ستون مهاری و مهاربند باید طبق بخش ۲، بند ۲-۲-۴- نیروی کششی مهاری وارد بر ستون‌های مهاری و مهاربندها محاسبه گردد.

۱۹-۴- سیستم ضربه گیر

۱۹-۴-۱- کلیات

جانمایی، سازه و سایر موارد سیستم ضربه گیر مربوط به تاسیسات پهلوگیری باید با توجه به نیروهای پهلوگیری شناور و نیروهای ایجاد شده توسط حرکات شناور مهارشده، طراحی گردد.

نکات فنی

۱) وقتی شناوری در اسکله پهلو می‌گیرد و یا زمانی که یک شناور مهار شده بر اثر نیروهای باد و موج حرکت می‌کند، نیروی پهلوگیری و نیروی اصطکاک بین شناور و تاسیسات پهلوگیری ایجاد می‌گردد که برای جلوگیری از آسیب به بدنه شناور و تاسیسات پهلوگیری بر اثر این نیروها، سیستم ضربه گیر بر روی تاسیسات پهلوگیری نصب می‌شود. اگر شناوری مانند کشتی‌های کوچک یا قایق مسافری خود دارای سیستم ضربه گیر یا لاستیک خودرو باشد و مانور چنین شناوری با دقت زیاد و با توجه به ظرفیت جذب انرژی سیستم ضربه گیر انجام شود، تاسیسات پهلوگیری به علت کم بودن نیروی پهلوگیری ضرورتی برای تجهیز به سیستم ضربه گیر نخواهد داشت.

۲) برای سیستم ضربه گیر معمولاً از ضربه گیر لاستیکی و بادی (نیوماتیک) بیشتر استفاده شده و انواع دیگر مانند نوع فومی، فشار روغنی، معلق وزنی، شمعی و چوبی هم به کار می‌رود.

۳) سیستم ضربه گیر در صورت نیاز به کاهش بار در واحد سطح (فشار قابل تحمل یا سطحی) باید برای جلوگیری از آسیب به بدنه شناور دارای صفحات تماس (پد) باشد. برای کاهش نیروی برشی وارد بر سیستم ضربه گیر توصیه می‌شود که صفحات رزین اپوکسی به سطح صفحه تماس (پد) چسبانده شود.

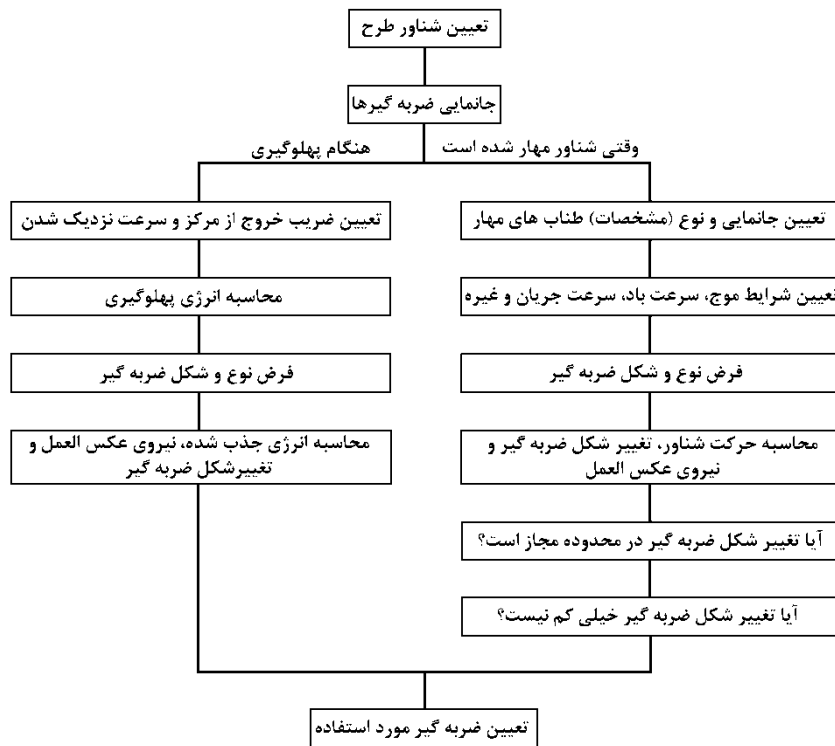
۴) طراحی ضربه گیر لاستیکی، بادی و شمعی باید بر اساس روند نشان داده شده در شکل ۱۹-۴-۱ انجام شود.

۱۹-۴-۲- آرایش ضربه گیرها

ضربه گیرها باید به نحوی قرار گیرند که قادر به جذب مقدار مورد نیاز از انرژی پهلوگیری شناور طرح باشند و شناور مستقیماً با تاسیسات پهلوگیری برخورد نکند.

۱۹-۴-۳- انرژی پهلوگیری شناور

انرژی پهلوگیری شناور که در طراحی ضربه گیر استفاده می‌شود باید طبق بخش ۲، بند ۲-۲-۲- نیروهای خارجی ایجاد شده توسط شناور محاسبه گردد.



شکل ۱۹-۴-۱- نمودار طراحی ضربه گیر

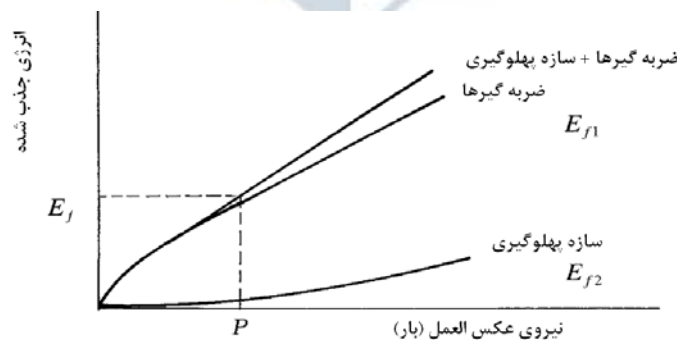
۱۹-۴-۴- انتخاب ضربه گیر

ضربه گیرها باید با توجه به موارد زیر انتخاب گردند.

- ۱) مشخصات سازه تاسیسات پهلوگیری و شناورهایی که در آنجا پهلو می گیرد.
- ۲) اگر تاسیسات پهلوگیری در معرض اثر موج باشد: حرکات شناور مهار شده و شرایط پهلوگیری شناور شامل زاویه پهلوگیری.
- ۳) اعمال نیروی عکس العمل ضربه گیر هنگام پهلوگیری شناور بر روی اعضای سازه ای تاسیسات پهلوگیری.
- ۴) دامنه تغییرات مشخصات فیزیکی ضربه گیر به علت تفاوت با استاندارد در محصولات تولیدی، پاسخ به بارگذاری دینامیک و پاسخ حرارتی به دمای هوا و غیره.

نکات فنی

- ۱) نیروی پهلوگیری با استفاده از منحنی جذب انرژی که از جمع انرژی جذب شده به علت تغییر شکل ضربه گیر (E_{f1}) و انرژی جذب شده در اثر تغییر شکل سازه پهلوگیری (E_{f2}) حاصل می شود، طبق شکل ۱۹-۴-۲ محاسبه می گردد.



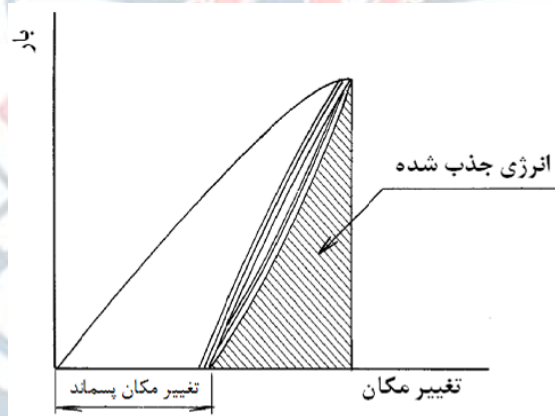
شکل ۱۹-۴-۲- محاسبه نیروی پهلوگیری

(۲) اسکله دیواری وزنی، اسکله دیواری سپری و اسکله دیواری با سکوی کمکی دارای مقدار ظرفیت مقاومتی کافی در برابر نیروهای پهلوگیری معمولی می باشد. البته سازه های انعطاف پذیر مانند اسکله شمع و عرشه موازی ساحل، اسکله جدا از ساحل و دلفین، ظرفیت مقاومتی افقی نسبتا کمی دارند (بویژه با تاسیسات پهلوگیری با شمع قائم). بنابراین هنگام استفاده از این نوع سازه ها انجام اقدامات لازم برای حصول اطمینان از کمتر بودن نیروی پهلوگیری در مقایسه با بار افقی مجاز ضروری می باشد.

(۳) سیستم ضربه گیر باید در برابر نیروی برشی ناشی از اصطکاک بین ضربه گیر و بدنه شناور در اثر پهلوگیری مایل شناور نیز ایمن باشد. این نیرو معمولا با رابطه پیشنهادی *Vasco Costa* محاسبه می گردد. وقتی یک شناور در اسکله با زاویه ۶ تا ۱۴ درجه نسبت به خط جلویی محل لنگرگاه، پهلو می گیرد، این نیرو ۱۰ تا ۲۵ درصد نیروی عکس العمل ضربه گیر خواهد بود.

(۴) شناور در مقابل تاسیسات پهلوگیری در معرض اثرات موج، در هر دو جهت افقی و قائم حرکت می کند. حرکات شناور ممکن است علاوه بر ایجاد تغییر شکل فشاری معمول، باعث ایجاد تغییر شکل برشی شدید در ضربه گیرها گردد که گاهی منجر به شکستن آنها می شود. نیروی برشی اگر برابر نیروی اصطکاک فرض شود، حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد نیروی عکس العمل ضربه گیر برآورد می شود.

(۵) سازه تک شمع (SPS) سازه ای است که انرژی پهلوگیری را از طریق تغییر شکل شمع ساخته شده از فولاد با مقاومت کششی بالا جذب می کند. در طراحی دلفین هایی که از سازه تک شمع استفاده می کنند، لازم است مقدار انرژی جذب شده با توجه به تغییر شکل پسماند شمع به علت پهلوگیری های مکرر محاسبه گردد. همانطور که در شکل ۱۹-۴-۳ دیده می شود، مقدار انرژی جذب شده توسط شمع با استفاده از تغییر مکان حاصل از کاهش تغییر مکان پسماند از تغییر مکان بار نقطه ای، محاسبه می گردد.



شکل ۱۹-۴-۳- انرژی جذب شده در اثر تغییر شکل شمع

تغییر مکان بار نقطه ای که تغییر مکان پسماند قابل توجهی ایجاد می کند از رابطه ۱۹-۴-۱ محاسبه می گردد.

$$y_{top} = A_1 y_0 + A_2 i_0 h + \frac{Ph^3}{3EI} \quad (19-4)$$

که در آن:

y_{top} : تغییر مکان شمع در نقطه بارگذاری با توجه به تغییر مکان پسماند (m)

y_0 : تغییر مکان شمع در تراز بستر دریا در لحظه بارگذاری اولیه (m)

i_0 : زاویه انحنای شمع در تراز بستر دریا در لحظه بارگذاری اولیه (رادیان)

P : بار افقی (N)

h : ارتفاع نقطه بارگذاری (m)

EI : سختی خمشی شمع (Nm^2)

A_1 و A_2 : ضریب تاثیر ناشی از بارگذاری مکرر

توجه: عبارت «بارگذاری اولیه» به اولین اعمال باری که در میان بارهای وارد شده قبلی، حداکثر است، اطلاق می‌گردد. در جدول ۱۹-۴-۱ مقادیر ضریب تاثیر ناشی از بارگذاری مکرر که بر اساس نتایج بارگذاری میدانی روی نمونه‌های با اندازه واقعی و نتایج مدل آزمایشی پیشنهاد شده، نشان داده شده است.

جدول ۱۹-۴-۱- مقادیر ضریب تاثیر ناشی از بارگذاری مکرر

نام ضریب	برای به‌دست آوردن حداکثر تغییر مکان	برای به‌دست آوردن انرژی جذب شده توسط تغییر شکل شمع	برای به‌دست آوردن تغییر مکان پسماند
A_1	۱/۴	۰/۴	۰/۸
A_2	۱/۲	۰/۶	۰/۵

(۶) جذب انرژی ضربه‌گیر

انواع مختلفی از ضربه‌گیر لاستیکی مانند ضربه‌گیر لاستیکی V شکل، مدور توخالی و مستطیلی توخالی وجود دارد که هر کدام از این انواع از لحاظ نسبت بین نیروی عکس‌العمل و تغییر شکل و همچنین نرخ جذب انرژی با یکدیگر متفاوتند. در کتابچه‌های راهنمای محصولات نمودارهایی وجود دارد که برای هر نوع از ضربه‌گیرها، نشان دهنده مقدار جذب انرژی در برابر تغییر شکل و مقدار نیروی عکس‌العمل در برابر تغییر شکل می‌باشد.

ضربه‌گیرهایی با نیروی عکس‌العمل ثابت نظیر ضربه‌گیرهای V شکل، با نیروی عکس‌العمل کم و نرخ جذب انرژی زیاد شناخته می‌شود. باید در نظر داشت که وقتی شناور همزمان در معرض تماس با دو یا سه ضربه‌گیر قرار دارد، ممکن است مقدار نیروی عکس‌العمل کل موثر بر تاسیسات پهلوگیری بزرگ شود که علت این موضوع افزایش نیروی عکس‌العمل تا نزدیک به حداکثر مقدار خود وقتی نرخ جذب انرژی به یک سوم ظرفیت طراحی برسد، می‌باشد.

(۷) تغییر در مشخصات ضربه‌گیر لاستیکی

عواملی که باعث ایجاد تغییر در مشخصات ضربه‌گیر می‌گردد، عبارت است از تفاوت با استاندارد در تولید محصول، اثر طول عمر بر کیفیت، مشخصات دینامیکی (مشخصات وابسته به سرعت)، مشخصات خزش، مشخصات تکرر (مشخصات وابسته به تکرر فشرده شدن)، مشخصات فشرده‌شدن مایل و مشخصات حرارتی. در طراحی ضربه‌گیرهای مورد استفاده در مهار شناور، عوامل فوق‌الذکر در ارزیابی ایمنی سیستم مهاری با اهمیت تلقی می‌شود. در طراحی ضربه‌گیر برای اسکله بهتر است به تفاوت با استاندارد محصولات، مشخصات دینامیکی (مشخصات وابسته به سرعت)، مشخصات فشرده‌شدن مایل، مشخصات حرارتی و غیره هم توجه شود. برای مثال وقتی انحراف استاندارد ضربه‌گیر تولیدی ۱۰ درصد باشد، بهتر است از مشخصات جذب انرژی نسبت به مقدار قید شده در راهنمای محصول، ۱۰ درصد کاسته شود و مشخصات نیروی عکس‌العمل ۱۰ درصد نسبت به مقدار قید شده در راهنمای محصول افزایش یابد و سپس این مقادیر در طراحی ضربه‌گیر و تاسیسات پهلوگیری استفاده گردد. با توجه به مشخصات دینامیکی، توصیه می‌گردد که نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر هنگام پهلوگیری از مقدار استاندارد نشان داده شده در کاتالوگ با توجه به سرعت پهلوگیری

شناور تجاوز نکند. همچنین باید توجه کرد که نیروی عکس‌العمل ضربه‌گیر در محیط با دمای کمتر نسبت به محیط با دمای استاندارد، بیشتر می‌باشد.

انجمن بین‌المللی دائمی دریانوردی (PIANC) توصیه کرده است که با اصلاح مقدار جذب انرژی و نیروی عکس‌العمل در انتخاب ضربه‌گیر، تغییر در مشخصات در اثر شرایط محیطی که ضربه‌گیر در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد از جمله سرعت نزدیک شدن شناور، دما و غیره، اعمال گردد. مقادیر واقعی ضرایب اصلاح شده باید با کارخانه سازنده هماهنگ گردد زیرا این ضرایب با سرعت نزدیک شدن شناور، میزان دما و نوع لاستیک استفاده شده در ضربه‌گیر تغییر می‌کند. باید توجه نمود که وقتی یک کشتی کوچک با سرعت زیاد پهلوگیری می‌کند، نیروی عکس‌العمل منتقل شده به سازه پهلوگیری ممکن است نسبت به زمانی که شناوری بزرگ با سرعت کم پهلو می‌گیرد، بیشتر باشد.

۱۹-۵- تاسیسات ایمنی

۱۹-۵-۱- کلیات

تاسیسات پهلوگیری باید دارای حفاظ جانبی یا سایر لوازم ایمنی باشد تا از ورود کشتی‌های کوچک به زیر اسکله‌های شمعی جلوگیری کند. از لوازم ایمنی به غیر از حفاظ اطراف می‌توان به حصار، طناب یا وسیله مشابه و تابلوی راهنمای محل عبور ایمن پیاده، اشاره نمود که نصب این تجهیزات باید همانطور که در ادامه می‌آید، انجام گیرد.

۱۹-۵-۲- حفاظ اطراف

این حفاظ وقتی استفاده می‌گردد که خطر ورود اتفاقی کشتی‌های کوچک به زیر تاسیسات پهلوگیری شامل اسکله شمعی و دلفین وجود داشته باشد.

تفسیر

در اسکله شمعی عمود بر ساحل، اسکله شمع و عرشه موازی ساحل، دلفین یا هر تاسیسات پهلوگیری دیگر که امکان ورود کشتی‌های کوچک به زیر عرشه وجود دارد، باید از حفاظ اطراف استفاده نمود.

۱۹-۵-۳- حصار و طناب کشی

تاسیسات پهلوگیری برای کشتی‌های مسافری باید در صورت لزوم، دارای حصار و طناب کشی باشد تا ایمنی مسافر و محل عبور وی تامین گردیده و از ورود خودرو به این قسمت جلوگیری شود.

نکات فنی

ارتفاع استاندارد حصار و طناب‌کشی معمولاً ۰/۷ متر می‌باشد که در صورت وجود خطر سقوط مسافر، باید از حصار با ارتفاع ۱/۱ متر یا بیشتر استفاده شود.

۱۹-۵-۴- تابلو و علائم هشدار

به بند ۱۹-۱۱- تابلو، علائم هشدار و حصار محافظ مراجعه شود.

۱۹-۵-۵- جدول گذاری

به بند ۱۹-۹- جدول گذاری مراجعه شود.

۱۹-۶- تاسیسات خدماتی

۱۹-۶-۱- کلیات

تاسیسات پهلوگیری باید دارای لوازم روشنایی و سایر لوازم مورد نیاز برای تسهیل استفاده از آنها، باشد. در اینجا سایر لوازم ضروری شامل تاسیسات مربوط به سوار و پیاده شدن مسافر و خودرو، تاسیسات تامین آب‌رسانی، تاسیسات زهکشی، تاسیسات سوخت‌رسانی، تاسیسات برق‌رسانی، تابلو و علائم، سرویس بهداشتی، تلفن و سایر می باشد. نصب این تاسیسات باید مطابق بندهایی که در ادامه می‌آید انجام شود.

۱۹-۶-۲- تاسیسات روشنایی

به بند ۱۹-۱۲- تاسیسات روشنایی مراجعه شود.

۱۹-۶-۳- تاسیسات سوار و پیاده شدن مسافر

به بخش ۹، فصل ۵- تاسیسات مخصوص مسافر و بخش ۱۰، فصل ۲- پایانه قایق‌های مسافری مراجعه گردد.

۱۹-۶-۴- پل ارتباطی (رمپ) خودرو

الزامات پل ارتباطی خودرو مطابق موارد زیر می باشد.

(۱) عرض پل ارتباطی خودرو باید برابر یا بیشتر از مقادیر موجود در جدول ۱۹-۶-۱ باشد. برای پل متحرک، مشخصات سازه ای پل باید به طور مناسب در نظر گرفته شود.

(۲) شیب پل ارتباطی خودرو باید برابر یا کمتر از مقادیر جدول ۱۹-۶-۱ باشد.

(۳) طول استاندارد قسمت افقی باید ۷ متر باشد. برای تاسیسات با مقیاس کوچک، این طول در حالت استاندارد ممکن است

به ۴ متر هم برسد.

(۴) شعاع متوسط قسمت منحنی باید برابر یا بیشتر از ۱۵ متر باشد.

(۵) تابلوها و علائم هشدار باید با توجه به مشخصات سازه‌ای و کاربرد تاسیسات تهیه گردند.

جدول ۱۹-۶-۱- عرض و شیب پل ارتباطی خودرو

شیب %		عرض (متر)	تعداد خطوط مسیر	نوع تاسیسات
قطعه متحرک	قطعه ثابت			
۱۷	۱۲	۳	۱	پل ارتباطی خودرو با عرض ۱/۷ متر یا کمتر (کوچک مقیاس)
		۵	۲	
۱۲	۱۰	۳/۷۵	۱	پل ارتباطی خودرو با عرض ۲/۵ متر یا کمتر
		۶/۵	۲	
-	-	۴	۱	پل ارتباطی مورد استفاده تریلی‌های کانتینری
		۷	۲	

توجه: شیب تاسیسات مورد استفاده به عنوان پل ارتباطی تریلی‌های کانتینری باید با توجه به ایمنی تریلی حین تخلیه و بارگیری و وضعیت رفت و آمد آن روی تاسیسات تعیین گردد.

تفسیر

عبارت «تاسیسات کوچک مقیاس» به پل ارتباطی مخصوص خودروی کوچک و سبک اشاره دارد.

نکات فنی

در طراحی تاسیسات کوچک مقیاس و با اندازه استاندارد، دامنه جابجایی قائم نوک بخش متحرک غالباً برابر دامنه جزر و مد مهکشند (اختلاف تراز میانگین مد ماهیانه و تراز میانگین جزر ماهیانه) به علاوه ۱ متر در نظر گرفته می‌شود.

۱۹-۶-۵- تاسیسات آبرسانی

تاسیسات پهلوگیری باید در صورت لزوم، با توجه به اندازه و کاربرد تاسیسات پهلوگیری دارای تاسیسات آبرسانی بوده و الزامات بخش ۹، بند ۴-۲- تاسیسات آبرسانی باید تاسیسات پهلوگیری رعایت شود.

۱۹-۶-۶- تاسیسات زهکشی

تاسیسات پهلوگیری باید در صورت لزوم با توجه به کیفیت هرز آب، مشخصات سازه‌ای و کاربرد تاسیسات پهلوگیری، دارای تاسیسات زهکشی (مانند کانال زهکشی و عملیات زهکشی آب) باشد.

۱۹-۶-۷- تاسیسات سوخت رسانی و برقرسانی

تاسیسات پهلوگیری باید در صورت لزوم با توجه به اندازه شناور مهاری شده، نوع و مقیاس تجهیزات جابجایی کالا و مشخصات سازه‌ای تاسیسات پهلوگیری، دارای تاسیسات سوخت‌رسانی و یا تاسیسات برقرسانی که سوخت‌رسانی و برقرسانی کافی و ایمن را میسر سازد، باشد.

۱۹-۶-۸- تابلو و علائم هشدار

به بند ۱۹-۱۱- تابلو، علائم هشدار و حصار محافظ مراجعه شود.

۱۹-۶-۷- راه پله و نردبان

الزامات راه پله، نردبان و سایر تاسیسات مشابه در مقابل سطح آب، باید به صورت زیر باشد:

(۱) باید به نحوی قرار گرفته باشد که بتوان در مواقع اضطراری به راحتی از آن استفاده نمود.

(۲) باید دارای سازه ای باشد که استفاده از آن ایمن باشد.

تفسیر

توصیه می‌شود که تاسیسات پهلوگیری مورد استفاده برای سوار و پیاده شدن مسافر قایق مسافری و کشتی مسافری با یک یا چند راه پله، نردبان یا سایر تاسیسات مشابه در هر پهلوگیر تجهیز شوند.

نکات فنی

نردبان باید با بار طراحی ۱ کیلونیوتن بر هر متر طول نردبان در هر دو جهت افقی و قائم طراحی شود. بویژه بدنه فلزی نردبان باید دارای مقاومت بالایی باشد و امکان تعمیر آسان نردبان در مواقع شکستگی، خوردگی و غیره فراهم باشد.

۱۹-۸- تاسیسات نجات غریق

تاسیسات پهلوگیری مورد استفاده کشتی مسافری با ظرفیت ناخالص ۵۰۰ تن یا بیشتر (GT)، باید در صورت لزوم دارای تاسیسات

نجات غریق باشد.

۱۹-۹- جدول گذاری

سازه، شکل، جانمایی و مصالح جدول باید به گونه‌ای باشد که با توجه به کاربرد و مشخصات سازه‌ای تاسیسات پهلوگیری، ایمنی استفاده‌کنندگان از خودرو تضمین شده و تاخیری در عملیات بارگیری و تخلیه کالا ایجاد نگردد.

نکات فنی

برای جزئیات بیشتر می‌توان به «مشخصات فنی، راهنمای تولید و پذیرش جداول بتنی پیش ساخته» (نشریه EDO201 سازمان مهندسی و عمران شهر تهران) مراجعه نمود.

۱۹-۱۰- پل ارتباطی (رمپ) خودرو

پل ارتباطی خودرو باید مطابق بخش ۱۰، بند ۲-۳- طراحی پل ارتباطی (رمپ) خودرو طراحی گردد.

۱۹-۱۱- تابلو، علائم هشدار و حصار محافظ

۱۹-۱۱-۱- کلیات

تاسیسات پهلوگیری باید دارای تابلو، علائم هشدار یا حصار محافظ به شرح ذیل باشند.

۱۹-۱۱-۲- الزامات تابلو

به‌منظور تامین ایمنی و سهولت استفاده از بندر، در موارد زیر باید از تابلو استفاده نمود.

- ۱) در هنگام ضرورت رسیدن سریع و ایمن کاربر از بندر به مقصد و تامین تابلوی راهنمای محل قرارگیری تاسیسات بندر
- ۲) در هنگام ضرورت هشدار به کاربر بندر در مورد خطرات مرتبط با استفاده از تاسیسات و عملیات تخلیه و بارگیری کالا
- ۳) در هنگام ضرورت ارائه راهنمایی به استفاده‌کنندگان از بندر در مورد روش استفاده از تجهیزات و تامین ایمنی و سهولت استفاده از تجهیزات برای آنها

۴) در هنگام ضرورت تنظیم رفتار کاربران بندر برای تامین ایمنی و سهولت فعالیت و برای جلوگیری از حوادثی مانند آتش سوزی، سقوط اشیا و جلوگیری از آلوده شدن محیط به زباله

۱۹-۱۱-۳- انواع و محل قرارگیری تابلو

۱) تابلو باید مشابه تابلوهای مورد استفاده در جاده‌های معمولی بوده و با توجه به هدف استفاده از آن، به نحوی طراحی شود که کاربر بندر بتواند به راحتی آن را تشخیص دهد.

۲) تابلو باید در مناطقی نصب شود که به راحتی توسط کاربران بندر تشخیص داده شده و مانعی برای رفت و آمد و عملیات تخلیه و بارگیری کالا نباشد.

۱۹-۱۱-۴- محل تابلو

تابلو باید طبق راهنمایی زیر نصب گردد:

۱) محل افقی

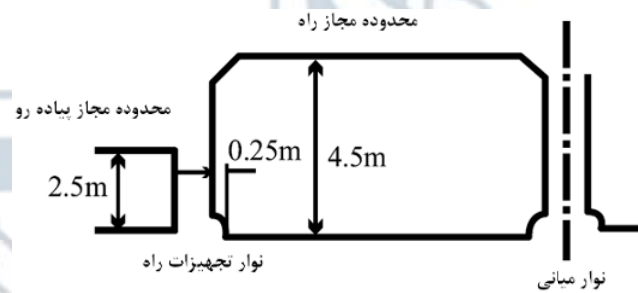
تابلو باید در جاده به نحوی نصب شود که یک ضلع صفحه تابلو با مرز افقی محدوده مجاز راه موازی باشد.

۲) ارتفاع

تابلو باید در ارتفاعی مناسب نصب گردد که کاربر بتواند با توجه به هدف نصب آن به راحتی آن را تشخیص دهد (همانند راه‌های معمولی).

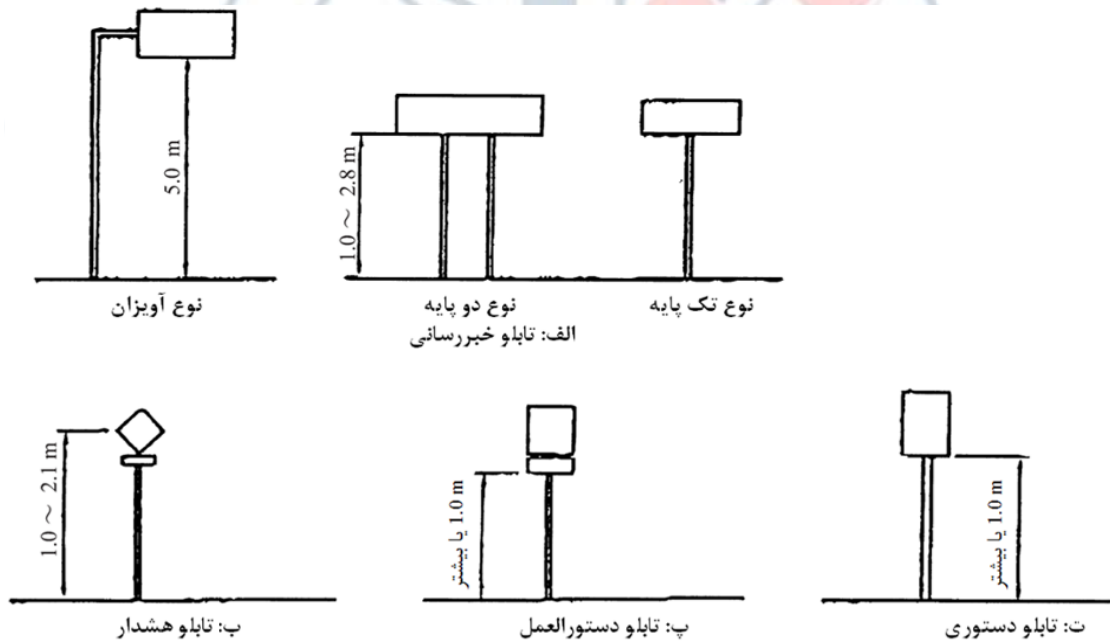
نکات فنی

۱) شکل ۱۹-۱۱-۱ نمونه ای از محدوده مجاز راه را نشان می دهد.



شکل ۱۹-۱۱-۱- محدوده مجاز راه

۲) شکل ۱۹-۱۱-۲ ارتفاع مورد نیاز تابلوی راه را نشان می دهد.



شکل ۱۹-۱۱-۲- ارتفاع تابلو

۱۹-۱۱-۵- سازه تابلو

تابلو باید به گونه ای طراحی شود که پایه(ها)، پی و صفحه تابلو دارای مقاومت سازه ای کافی با توجه به موارد زیر باشد:

- ۱) نیروهای خارجی وارد بر تابلو شامل وزن مرده، بار باد و فشار خاک می باشد.
- ۲) پایه‌ها باید به گونه ای طراحی شوند که دارای مقاومت کافی بوده و ظاهر مناسبی از لحاظ اندازه صفحه تابلو و محل نصب آن داشته باشد.
- ۳) ضخامت صفحه تابلو باید با توجه به اندازه صفحه به اندازه‌ای باشد که تابلو برای مدت طولانی خوانا و بدون اعوجاج و تغییر شکل زیاد بماند. صفحه تابلو باید با سخت کننده های مناسب تقویت گردد.
- ۴) تابلوی متحرک باید به نحوی طراحی شود که قابلیت حمل و نقل آسان داشته و از نظر سازه ای به مقدار کافی پایدار باشد.

نکات فنی

(۱) بار باد از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$P = \frac{1}{2} \rho_a V^2 CA$$

(۱۹-۱۱-۱)

که در آن:

P : بار باد (kN)

V : سرعت باد طراحی (m/s)

A : مساحت در معرض باد (مساحت تصویر شده موثر) (m^2)

C : ضریب پسا (در حالت متعارف، برای پایه ۰/۷ و برای صفحه ۱/۲)

ρ_a : چگالی هوا، (t/m^3) $\rho_a = 1.23 \times 10^{-3}$

برای سرعت باد طراحی، معمولاً باید از مقادیر زیر استفاده شود:

تابلو کوچک تک پایه: ۴۰ متر بر ثانیه

تابلو بزرگ آویزان: ۵۰ متر بر ثانیه

بار باد باید به صورت بار کوتاه مدت اعمال گردد.

(۲) ضخامت صفحه تابلو

اخیراً از آلیاژهای آلومینیوم برای صفحه تابلو استفاده می‌شود. معمولاً ضخامت‌های زیر برای صفحات مناسب با اندازه صفحه تابلو، استفاده می‌شود.

الف) صفحه تابلوی کوچک (کمتر از ۱/۰ مترمربع): ۱/۲ میلی متر

ب) صفحه تابلوی بزرگ (۱/۰ مترمربع یا بزرگتر): ۲/۰ میلی متر

۱۹-۱۱-۶- مصالح

(۱) تابلو باید از مصالح زیر ساخته شود:

الف) صفحه تابلو: صفحه آلیاژ آلومینیومی یا صفحه رزین مصنوعی (سینتتیک)

ب) پایه: لوله فولادی یا لوله آلومینیومی

ج) ثابت کننده (نگهدارنده) فلزی: آلیاژ آلومینیوم قالب‌گیری شده یا فولادی

(۲) تمام محصولات فولادی مورد استفاده باید مجهز به تمهیدات حفاظت در برابر خوردگی روی سطوح خود باشد.

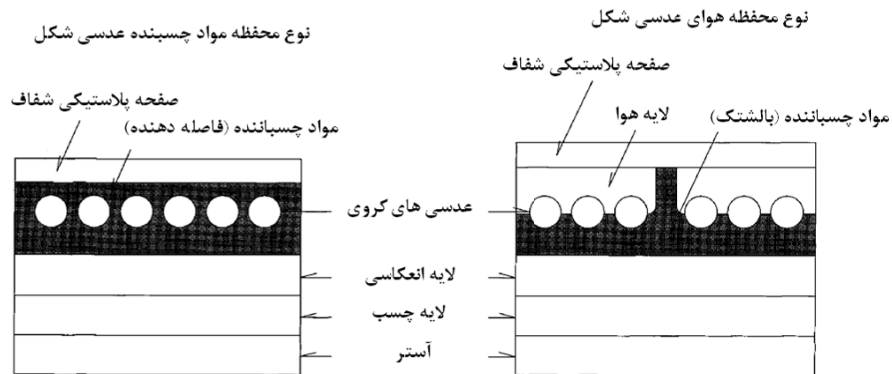
(۳) وقتی نیاز به شبتاب باشد، باید از صفحات شبتاب استفاده شود.

(۴) تمام مصالح باید الزامات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا کیفیت معادل را ارضا کند.

نکات فنی

انواع مختلف محصولات صفحات شبتاب موجود است، اما پر استفاده‌ترین آن، صفحات شبتاب محفظه مواد چسبنده عدسی شکل

و نوع محفظه هوای عدسی شکل می‌باشد. شکل ۱۹-۱۱-۳ ساختار موارد ذکر شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۹-۱۱-۳- انواع اصلی صفحات شب تاب و ساختار آن

۱۹-۱۱-۷- تعمیرات، نگهداری و مدیریت

تابلو باید به نحوی نگهداری و مدیریت شود که همیشه در شرایط خوبی قرار داشته باشد.

۱۹-۱۱-۸- حصار محافظ

حصار محافظ باید قادر به تامین ایمنی کاربران با توجه به شرایط منطقه باشد.

۱۹-۱۱-۹- مانع

مانع باید دارای چنان ساختاری باشد که بتوان آن را به راحتی جابجا نمود و دارای مقاومت کافی در برابر آسیب دیدگی حین جابجایی باشد.

۱۹-۱۲- تاسیسات روشنایی

۱۹-۱۲-۱- کلیات

تاسیسات روشنایی مناسب باید در اسکله ها و نواحی مرتبط که در آن عملیات جابجایی کالا نظیر بارگیری، تخلیه و انتقال، پهلوگیری یا عزیمت شناور و استفاده مسافر و دیگران در شب انجام می گیرد با توجه به کاربرد تاسیسات پهلوگیری، موجود باشد.

تفسیر

(۱) الزامات این قسمت در نصب، بهبود و تعمیرات و نگهداری تاسیسات روشنایی برای اسکله ای که در شب مورد استفاده مسافر و دیگران بوده و یا اسکله ای که در آن عملیات بارگیری و تخلیه کالا، پهلوگیری یا عزیمت شناور یا سایر عملیات در شب انجام می شود، کاربرد دارد.

(۲) برای تاسیسات نزدیک آب و مناطق با کاربری تفریحی از جمله مناطق تفریحی با پوشش سنگ چین، سواحل تفریحی، پارک ها و پیاده رو های تفریحی، باید در صورت لزوم تاسیسات روشنایی مناسب برای کاربرد متناسب آن فراهم شود.

نکات فنی

در پاسخ به تقاضای عمومی اخیر مبنی بر لزوم بهبود تاسیسات روشنایی برای تاسیسات بندری، تاسیسات روشنایی فراوانی معرفی شده که برای روشن کردن منظره شبانه ساختمان، پارک و کناره آب به ویژه در مناطق داخل یا اطراف شهر و مناطق دیدنی طراحی شده است. این تاسیسات روشنایی نه تنها برای روشن سازی بلکه برای ایجاد نور رنگی زیبا که باعث آرامش، راحتی و ایجاد فضای لذت بخش می شود، طراحی می شود. از طرف دیگر با توجه به افزایش تاسیسات و نواحی نورپردازی شده، بازنگری در رویکردها به منظور به کارگیری تاسیسات روشنایی برای جلوگیری از اثرات نامطلوب نور های مصنوعی بر محیط اطراف و ترویج صرفه جویی در

انرژی انجام پذیرفته است. بنابراین تجهیزات روشنایی ساحل تفریحی، پارک و غیره باید به صورت موردی و با توجه به نیاز و کاربرد لازم روشنایی برنامه‌ریزی و طرح شود.

۱۹-۱۲-۲- شدت استاندارد روشنایی

[۱] تعریف

تعریف «شدت استاندارد روشنایی» عبارت از متوسط شدت روشنایی در سطح افقی مشخص استاندارد است و به حداقل شدت روشنایی لازم برای استفاده ایمن از تاسیسات مورد استفاده اشاره دارد.

تفسیر

- (۱) رایج ترین سنجش روشنایی در طراحی تاسیسات روشنایی، شدت روشنایی می باشد. عبارت «متوسط شدت روشنایی در سطح افقی مشخص استاندارد» به متوسط مقدار شدت روشنایی اندازه گیری شده در سطح زمین یا کف محیط اشاره دارد.
- (۲) از آنجا که این شدت استاندارد روشنایی، مقدار حداقل روشنایی مورد نیاز را تعیین می کند، در صورت نیاز می توان از شدت های بالاتر نیز استفاده نمود.
- (۳) استانداردهای شدت روشنایی در نشریه کمیته بین‌المللی روشنایی (CIE) تحت عنوان «راهنمایی برای طراحی روشنایی محیط‌های کاری در محیط آزاد^۱» تبیین شده است.

[۲] شدت استاندارد روشنایی برای روشنایی فضای باز

از مقادیر جدول ۱۹-۱۲-۱ برای شدت روشنایی تاسیسات فضای باز به عنوان استاندارد و با توجه به نوع تاسیسات استفاده شود.

جدول ۱۹-۱۲-۱- شدت استاندارد روشنایی برای روشنایی فضای باز

شدت استاندارد روشنایی (lx)	تاسیسات		
۵۰	تاسیسات پهلوگیری برای مسافر یا خودرو، پهلوگیر کالای عمومی و کانتینر	عرشه (بارانداز)	
۳۰	شیب پل ارتباطی برای قایق تفریحی و باراندازی که در آن کالاهای خطرناک به وسیله خط لوله منتقل می شود		
۲۰	باراندازی که بارگیری و تخلیه کالای ساده توسط خط لوله و تسمه‌نقاله صورت می‌گیرد		
۲۰	محوطه نگهداری، بارگیری و تخلیه و انتقال کانتینر و کالای عمومی	انبار	اسکله
۷۵	پل سوار شدن مسافر و خودرو	گذرگاه	
۵۰	معبّر مسافر و خودرو		
۲۰	سایر معابر		
۵ تا ۱	تمام تاسیسات	ایمنی و سلامت	
۲۰	راه های اصلی	راه ها	جاده و پارکینگ
۱۰	سایر راه ها		
۲۰	محوطه پارکینگ کشتی مسافری	پارکینگ	
۱۰	سایر محوطه های پارکینگ		
۳	معابر داخل فضای سبز	فضای سبز	

¹ "A Guide to Design of Illumination for Outdoor Workplaces"

[۳] شدت استاندارد روشنایی برای روشنایی فضای داخلی

باید از مقادیر استاندارد جدول ۱۹-۱۲-۲ برای شدت روشنایی تجهیزات فضای داخلی با توجه به نوع تاسیسات استفاده شود.

جدول ۱۹-۱۲-۲- شدت استاندارد روشنایی برای روشنایی فضای داخلی

شدت روشنایی (lx)	تاسیسات	
۳۰۰	سالن انتظار	پایانه مسافری
۱۰۰	معبّر و پل سوار شدن مسافر	
۲۰۰	محوطه مسقف جداسازی ماهی در اسکله قایق ماهیگیری	انبار و محوطه مسقف
۱۰۰	ایستگاه کرایه کانتینر و محوطه مسقف ترانزیت مورد استفاده خودرو	
۷۰	محوطه مسقف و انبار عملیات بارگیری و تخلیه کالای ساده	
۵۰	سایر محوطه های مسقف و انبارها	

۱۹-۱۲-۳- انتخاب منبع نور

(۱) منبع نور برای روشنایی اسکله باید به نحوی انتخاب شود که نیازهای زیر برآورده شود:

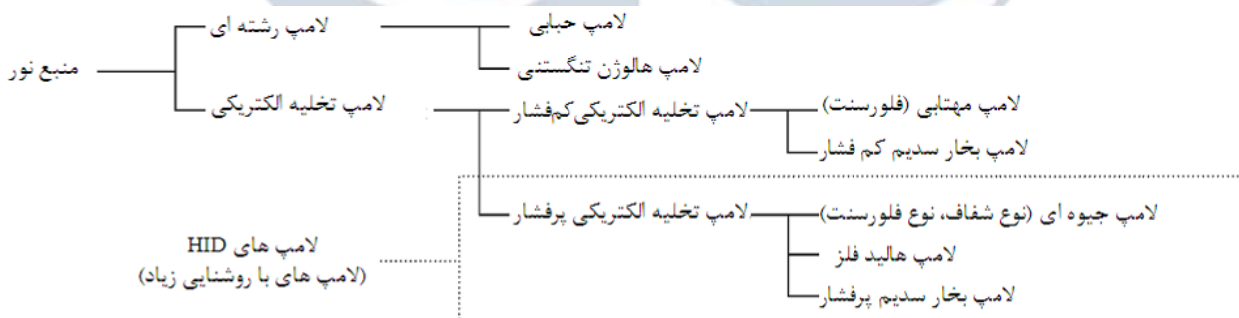
- الف) منبع نور باید بسیار کارا و با عمر بهره برداری زیاد باشد.
- ب) منبع نور باید در برابر تغییرات دمای محیط خود پایدار باشد.
- ج) منبع نور باید دارای رنگ نور خوب و ارائه دهنده مناسب آن رنگ باشد.
- د) مدت زمان تثبیت نور بعد از روشن شدن باید کم باشد.

(۲) هر منبع نور به جز نور لامپ جبابی باید همراه تثبیت کننده مناسب به کار رود.

تفسیر

(۱) انواع منبع نور

منابع نور براساس نوع، طبق شکل ۱۹-۱۲-۱ طبقه بندی می شود.



شکل ۱۹-۱۲-۱- انواع منبع نور

نکات فنی

(۱) جدول ۱۹-۱۲-۳ مشخصات انواع مختلف لامپ را نشان می دهد.

جدول ۱۹-۱۲-۳- مشخصات انواع لامپ

مشخصات نوع لامپ	کارایی لامپ (lm/w)	رنگ نور (k)	عملکرد ارائه رنگ (Ra)	عمر بهره برداری (ساعت)	پایداری در تغییرات دمای محیط	فعال سازی	فعال سازی مجدد	امکان تغییر نور
لامپ رشته‌ای	کم ۲۰ تا ۱۵	آفتابی ۲۸۰۰	خوب ۱۰۰	کوتاه ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰	پایدار	آنی	آنی	آسان
لامپ هالوژن	کم ۲۰ تا ۱۷	آفتابی ۳۲۰۰ تا ۳۰۰۰	خوب ۱۰۰	کوتاه ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰	پایدار	آنی	آنی	آسان
لامپ فلورسنت (سفید)	متوسط ۱۰۰ تا ۸۰	سفید ۴۰۰۰ تا ۳۰۰۰	نسبتاً خوب ۹۵ تا ۵۰	طولانی ۱۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰	تحت تاثیر	سریع ۳ تا ۳ ثانیه	سریع ۳ تا ۳ ثانیه	ممکن
لامپ سدیم کم فشار	بیشترین ۱۸۰ تا ۱۰۰	نارنجی	بد	متوسط ۹۰۰۰	پایدار	۲۰ دقیقه	نسبتاً سریع ۱۰ ثانیه	مشکل
لامپ بخار جیوه	نسبتاً کم ۶۰ تا ۴۰	آبی کم رنگ ۴۰۰۰ تا ۳۵۰۰	متوسط ۵۰ تا ۴۰	طولانی ۱۲۰۰۰ تا ۹۰۰۰	پایدار	۸ دقیقه دمای محیط معمولی	نسبتاً آرام ۱۰ دقیقه یا کمتر	ممکن تا ۵۰٪
لامپ هالید فلز	متوسط ۸۰ تا ۷۰	سفید ۶۵۰۰ تا ۴۰۰۰	خوب ۹۰ تا ۷۰	متوسط ۹۰۰۰ تا ۶۰۰۰	تا اندازه ای تحت تاثیر	۵ دقیقه دمای محیط معمولی	نسبتاً آرام ۱۰ دقیقه یا کمتر	مشکل
لامپ بخار سدیم پرفشار	متوسط ۱۲۰ تا ۶۰	آفتابی ۲۱۰۰	متوسط ۸۰ تا ۲۵	طولانی ۱۲۰۰۰ تا ۹۰۰۰	پایدار	۵ تا ۱۰ دقیقه	نسبتاً سریع ۱ تا ۵ دقیقه	ممکن تا ۵۰٪

۲) دمای رنگ و احساس گرمی یا سردی

دمای رنگ (K) نشان دهنده رنگ نور به صورت عددی است و مستقیماً به احساس گرمی یا سردی انسان بستگی دارد. هرچه دمای رنگ کاهش یابد رنگ نور قرمزتر می گردد، و هرچه کم رنگ تر شود دما بالاتر می رود. جدول ۱۹-۱۲-۴ رابطه بین دمای رنگ و احساس گرمی یا سردی را نشان می دهد.

جدول ۱۹-۱۲-۴- دمای رنگ و احساس گرمی یا سردی

احساس سردی یا گرمی	دمای رنگ (K)
گرم	۳۳۰۰ یا کمتر
متوسط	۳۳۰۰ تا ۵۳۰۰
سرد	۵۳۰۰ یا بیشتر

۳) عملکرد ارائه رنگ و عدد سنجش عملکرد ارائه رنگ متوسط

از عدد سنجش عملکرد ارائه رنگ متوسط (Ra) به عنوان شاخص اصلی عملکرد ارائه رنگ استفاده می شود. عدد Ra متوسط اعداد سنجش عملکرد ارائه رنگ حاصل شده از هشت آزمایش رنگ می باشد. انجمن بین المللی روشنایی (CIE) حدودی برای کاربرد انواع مختلف لامپ برای محیط کاری در فضای آزاد براساس Ra تعیین نموده است. در جدول ۱۹-۱۲-۵ رده های عملکرد ارائه رنگ به همراه متوسط اعداد سنجش عملکرد ارائه رنگ، انواع لامپ و کاربرد پیشنهادی هر نوع ارائه شده است.

جدول ۱۹-۱۲-۵- رده بندی عملکرد ارائه رنگ برای روشنایی فضای باز

کاربرد	نوع لامپ	متوسط عدد سنجش عملکرد ارائه رنگ (Ra)	رده عملکرد ارائه رنگ
کارهایی که شامل انتخاب رنگ هستند	لامپ رشته ای	$80 \leq Ra$ خیلی خوب	۱
	لامپ فلورسنت لامپ هالید فلز لامپ بخار سدیم پرفشار از نوع عملکرد ارائه رنگ زیاد	$60 \leq Ra < 80$ خوب	۲
	لامپ جیوه ای	$40 \leq Ra < 60$ نسبتا خوب	۳
کارهای معمولی	لامپ بخار سدیم پرفشار	$20 \leq Ra < 40$ قابل قبول	۴
	لامپ بخار سدیم کم فشار	$Ra < 20$ خوب	✳️

✳️: توصیه نمی شود.

۱۹-۱۲-۴- انتخاب تجهیزات روشنایی

[۱] روشنایی فضای باز

تجهیزات روشنایی برای روشنایی فضای باز باید با توجه به موارد زیر انتخاب گردد:

- (۱) تجهیزات روشنایی باید مقاوم در برابر باران بوده و اگر مقدار زیادی کالای خطرناک آتش گیر در نزدیکی تجهیزات روشنایی جابجا می شود، تجهیزات روشنایی باید ضد انفجار باشد.
- (۲) مصالح لامپ، سطوح شب تاب و پوشش روشنایی باید دارای کیفیت خوب، دوام زیاد و مقاومت خوب در برابر خرابی و خوردگی باشد.
- (۳) سرپیچ ها و اتصالات باید براساس منبع نور از نوع مناسبی باشد.
- (۴) تثبیت کننده و سیم کشی داخلی باید توانایی تحمل افزایش احتمالی دمای تجهیزات را داشته باشد.
- (۵) تجهیزات روشنایی باید دارای کارایی زیاد باشد.
- (۶) توزیع شدت نور باید با توجه به استفاده تجهیزات به نحو مناسبی تنظیم گردد.

[۲] روشنایی فضای داخلی

تجهیزات روشنایی برای فضای داخلی باید با توجه به موارد زیر انتخاب گردند:

- (۱) توزیع شدت نور باید با توجه به استفاده تجهیزات به نحو مناسبی تنظیم گردد.
- (۲) سرپیچ ها و اتصالات باید براساس منبع نور از نوع مناسبی باشند.
- (۳) تثبیت کننده و سیم کشی داخلی باید توانایی تحمل افزایش احتمالی دمای تجهیزات را داشته باشد.
- (۴) تجهیزات روشنایی باید دارای کارایی زیاد باشد.

۱۹-۱۲-۵- طراحی روشنایی

در طراحی روشنایی، جانمایی تجهیزات روشنایی باید با توجه به موارد زیر با در نظر گرفتن روش روشنایی، منبع نور و تجهیزات انتخاب شده و مشخصات محیطی که تجهیزات در آن نصب می شود، تعیین گردد. تجهیزاتی که منطقه تحت تاثیر آن تا دریا ادامه

دارد باید به گونه‌ای نصب شود که مانع نوابری کشتی های مجاور نگردد.

(۱) شدت استاندارد روشنایی

(۲) توزیع شدت روشنایی

(۳) درخشندگی زیاد

(۴) اثرات منفی نور و ملاحظات صرفه جویی انرژی

(۵) رنگ نور و عملکرد ارائه رنگ

تفسیر

(۱) جانمایی تجهیزات روشنایی

در طراحی روشنایی، تجهیزات روشنایی باید به گونه‌ای جانمایی شود که بعد از بررسی روش روشنایی، توزیع شدت روشنایی، درخشندگی زیاد تجهیزات روشنایی و رنگ نور و عملکرد ارائه رنگ منبع نور، شدت استاندارد روشنایی لازم که در بند ۱۹-۱۲-۲- شدت استاندارد روشنایی مطرح شده است رعایت شود.

(۲) توزیع شدت روشنایی

توزیع نامناسب شدت روشنایی بر سطح تابش نور علاوه بر آزار مسافر و کارگر، مناطقی را تاریک کرده و افراد نمی‌توانند اشیاء و سایرین را به وضوح ببینند که ممکن است باعث تصادف یا کاهش عملکرد گردد. بنابراین در طراحی روشنایی لازم است دقت کافی به موارد زیر مبذول گردد:

الف) در تعیین جانمایی تجهیزات روشنایی باید دقت شود که با تعیین نسبت مناسب بین فاصله نصب و ارتفاع تجهیزات روشنایی، توزیع مناسب شدت روشنایی حاصل گردد.

ب) در صورت قرار گرفتن منطقه‌ای در زیر سایه لوازم یا کالا، باید از تجهیزات روشنایی فرعی استفاده نمود.

ج) راهنمای روشنایی که توسط CIE منتشر شده است، مقادیر متوسطی که باید برای شدت روشنایی در کف یا سطح زمین ایجاد گردد و همچنین مقادیر پیشنهادی برای درجه یکنواختی را ارائه کرده است. در اینجا درجه یکنواختی به نسبت حداقل شدت روشنایی به متوسط شدت روشنایی اطلاق می‌گردد.

(۳) درخشندگی زیاد

درخشندگی زیاد وقتی اتفاق می‌افتد که نور درخشنده شدید یا نور با درخشش شدیداً غیر یکنواخت باعث ناراحتی موقتی یا کاهش دید افراد گردد.

درخشندگی زیاد تجهیزات روشنایی به دو دسته موثر بر کشتی ها و موثر بر مسافران و کارگران تقسیم می‌گردد.

الف) درخشندگی شدید موثر بر کشتی ها

وقتی یکی از کارکنان کشتی یا ناخدای کشتی تحت تاثیر درخشندگی زیاد قرار گیرد، توانایی وی در تشخیص علائم کمک نوابری و کشتی‌های لنگر انداخته کاهش یافته و ممکن است این اثر منجر به خطا در مانور کشتی و تصادفاتی نظیر برخورد با کشتی‌های دیگر یا اسکله گردد. بنابراین جانمایی و توزیع شدت روشنایی تجهیزات روشنایی باید به دقت بررسی شده تا از هدایت ایمن کشتی‌ها اطمینان حاصل گردد.

ب) درخشندگی شدید موثر بر مسافران و کارگران

وقتی یک مسافر یا کارگر تحت تاثیر شدت درخشندگی قرار گیرد، توانایی وی در تشخیص محموله، برچسبها و موانع دچار نقص شده که ممکن است منجر به کاهش عملکرد و خستگی بیش از حد گردد. بنابراین باید تدابیری اتخاذ شود که از تایش نور مستقیم به چشم افراد با توجه به ارتفاع چشم مسافران و کارگران و محل تجهیزات روشنایی، پرهیز شود. اخیرا CIE حدود بالایی درخشندگی را در استانداردهای روشنایی برای فضای داخلی کاری به عنوان توصیه برای تضمین کارایی کارهای بصری کارگران و ایمنی تردد ارائه نموده است.

۴) اثر منفی نور و ملاحظات صرفه جویی انرژی

نشست نور از تاسیسات روشنایی فضای باز، باعث اثرات منفی از جمله ایجاد مانع بر مشاهدات نجومی، ایجاد مانع در تشخیص اشیا به علت درخشندگی زیاد و تخریب اکوسیستم حیوانات و گیاهان می گردد. علاوه بر آن نشست نور منجر به اتلاف انرژی نیز می شود. از آنجا که این مشکلات دارای اثرات اجتماعی است، توجه کافی به این مشکلات در طراحی روشنایی ضروری می باشد.

۵) رنگ نور و عملکرد ارائه رنگ

منابع نور تاسیسات تفریحی مانند مناطق تفریحی، سواحل تفریحی و پارکها باید با توجه به تناسب رنگ نور با تاسیسات انتخاب گردد. اگر تاسیسات دارای شدت روشنایی زیاد باشد، بهتر است توجه کافی به عملکرد ارائه رنگ در انتخاب منبع نور صورت گیرد.

۶) روش محاسبه شدت روشنایی

دو روش برای محاسبه شدت روشنایی موسوم به روش شار نور و روش نقطه به نقطه وجود دارد. در روش شار نور از رابطه نسبتا ساده ای استفاده و تعداد تجهیزات روشنایی لازم محاسبه می گردد. در روش نقطه به نقطه می توان شدت روشنایی نقطه موردنظر را دقیقا محاسبه نمود. در این روش بررسی توزیع شدت روشنایی یا متوسط مقداری که با روش شار نور به دست می آید امکان پذیر می باشد. بنابراین از این روش برای بررسی یکنواختی شدت روشنایی استفاده می گردد.

نکات فنی

۱) محاسبه به روش شار نور

در این روش متوسط شدت روشنایی محیط روشن را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$E = \frac{NFUM}{A} \quad (19-12-1)$$

که در آن:

E : متوسط شدت روشنایی (lx)

N : تعداد تجهیزات روشنایی (واحد)

F : شار نور کل یک منبع نور (lm)

U : ضریب بهره برداری (قسمت ۳) همین بند)

M : ضریب نگهداری

A : مساحت سطح روشن (m^2)

(۲) محاسبه به روش نقطه به نقطه

برای تعیین یکنواختی شدت روشنایی در طراحی روشنایی، لازم است از روش نقطه به نقطه استفاده گردد. در این روش ابتدا محیط زیر نور به مستطیل‌هایی تقسیم و سپس شدت روشنایی در مرکز هر مستطیل محاسبه می‌شود. شدت روشنایی صفحه افقی مستقیم E_h در نقطه P روی سطح موردنظر توسط منبع نور L از رابطه ۲-۱۲-۱۹ محاسبه می‌شود (شکل ۲-۱۲-۱۹).

$$E_h = \frac{I_\theta \cos \theta}{l^2} \quad (2-12-19)$$

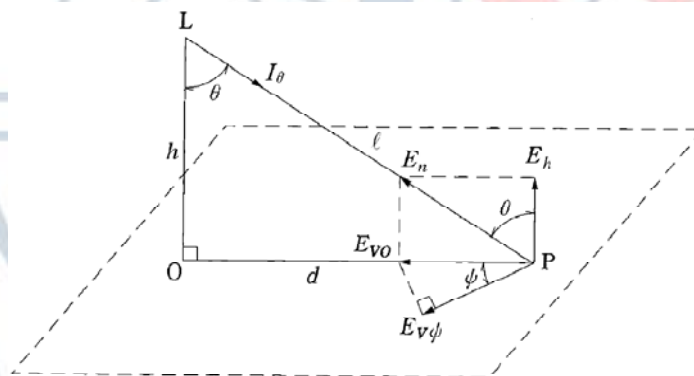
که در آن:

E_h : شدت روشنایی صفحه افقی مستقیم در نقطه P (lx)

I_θ : شدت روشنایی در جهت θ (cd)

l : فاصله بین منبع نور L و نقطه P (m)

θ : زاویه تلاقی ($^\circ$)



شکل ۲-۱۲-۱۹- شدت روشنایی افقی در نقطه P

توصیه می‌شود که شکل مستطیل‌ها تا حد ممکن به مربع نزدیک باشد. نسبت طول اضلاع مستطیل‌ها باید بین ۰/۵ تا ۲/۰ باشد. حداکثر اندازه p (طول ضلع بزرگتر) مستطیل‌ها باید کمتر از دو مقدار به دست آمده از رابطه ۳-۱۲-۱۹ باشد.

$$\left. \begin{aligned} p &= 0.2 \times 5^{\log d} \\ p &= 10 \end{aligned} \right\} \quad (3-12-19)$$

که در آن:

d : عرض محیطی که شدت روشنایی در آن محاسبه می‌شود (m)

p : حداکثر طول ضلع بزرگتر مستطیل‌ها (m)

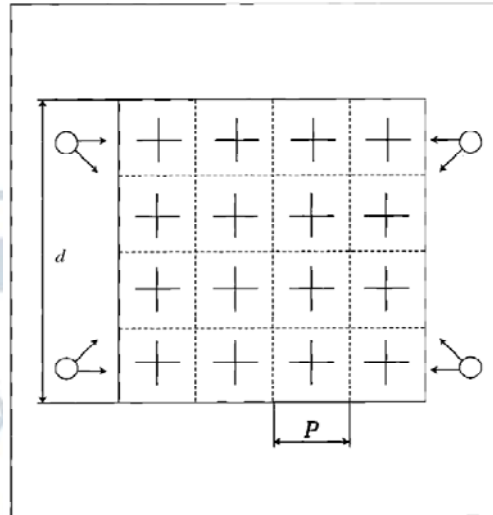
مقدار یکنواختی (E_{ev}) نسبت حداقل شدت روشنایی و متوسط شدت روشنایی می‌باشد که متوسط شدت روشنایی از رابطه ۴-۱۲-۱۹ محاسبه می‌شود (شکل ۳-۱۲-۱۹).

$$E_{ev} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n} \quad (4-12-19)$$

که در آن:

n : تعداد مستطیل ها که شدت روشنایی در آن ها محاسبه می گردد

E_n : شدت روشنایی در مرکز n امین مستطیل



شکل ۱۹-۱۲-۳- تقسیم بندی محیط روشن به شبکه مستطیلی

۳) ضریب بهره برداری عبارت است از نسبت شار نوری که به سطح روشن می رسد به کل شار نور منبع نور تجهیزات روشنایی. از آنجا که مقدار ضریب بهره برداری روشنایی فضای داخلی بستگی به کارایی تجهیزات روشنایی، مساحت سطح روشن، شرایط فضای داخلی و تفاوت بین ضریب بازتاب اجزای مختلف فضای داخلی دارد، توجه به این موارد در محاسبات روشنایی مهم است. ضریب بهره برداری روشنایی فضای آزاد را می توان با استفاده از کارایی تجهیزات روشنایی و مساحت سطح روشن محاسبه نمود. محدوده مقادیر واقعی از ۰/۲ تا ۰/۵ بوده و معمولاً از ۰/۴ استفاده می گردد.

۱۹-۱۲-۶- نگهداری و مدیریت

[۱] بازرسی

(۱) باید برای موارد زیر بازرسی های دوره ای انجام گیرد:

الف) شرایط نور

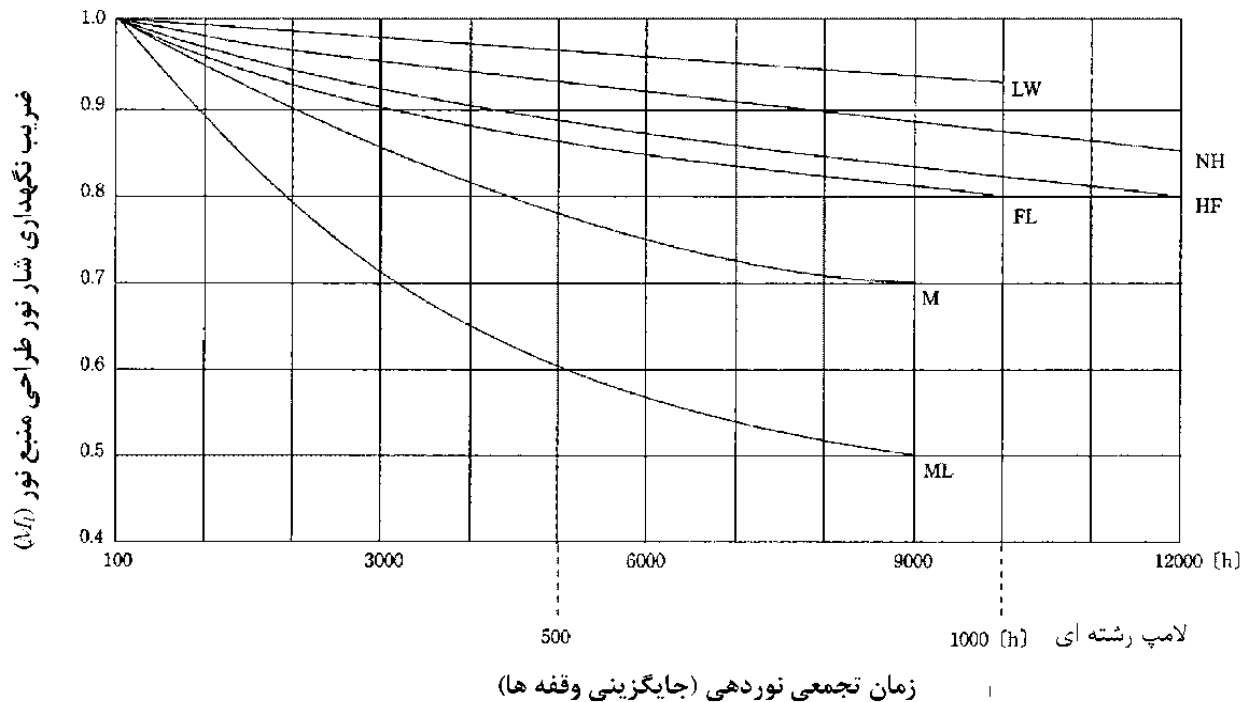
ب) شرایط آلودگی و آسیب دیدگی تجهیزات

ج) هرگونه پوسته شدن لایه پوشش

(۲) اندازه گیری شدت روشنایی باید به صورت دوره ای در چند نقطه برای هر یک از تجهیزات انجام شود. نقاط اندازه گیری باید به گونه ای انتخاب شود که داده های به دست آمده، نماینده شدت روشنایی همه تجهیزات باشد. برای اندازه گیری شدت روشنایی باید چند نقطه ثابت برای هر تجهیزات انتخاب و اندازه گیری به صورت دوره ای انجام شود.

نکات فنی

از آنجا که شار نور هر منبع نور با افزایش زمان تجمعی نوردهی رو به کاهش می گذارد، لازم است وقتی شار نور لامپ به مقداری کمتر از مقدار مورد نیاز طراحی رسید، لامپ تعویض شود. در شکل ۱۹-۱۲-۴ رابطه بین زمان تجمعی نوردهی لامپ و ضریب نگهداری شار نور M_l (نسبت شار پس از گذشت زمان تجمعی نور دهی به شار اولیه (مقدار ۱۰۰ ساعت)) برای انواع لامپ، نشان داده شده است.



- NH: لامپ بخار سدیم پرفشار (نوع استارتر خارجی و نوع استارتر داخلی)
- HIF: لامپ فلورسنت جیوه ای
- M: لامپ هالید فلز
- ML: لامپ هالید فلز (نوع روشن شدن با ولتاژ پایین)
- FL: لامپ فلور سنت
- LW: لامپ رشته ای برای مصارف روشنایی عمومی

شکل ۱۹-۱۲-۴- ضریب نگهداری شار نور طراحی منبع نور

[۲] نظافت و تعمیر

(۱) نظافت

از آنجا که انباشت آلودگی در داخل و خارج سطح تجهیزات روشنایی، باعث کاهش شدت روشنایی در محوطه یا سطح راه می شود، لذا نظافت باید براساس نتایج بازدیدهای چشمی یا اندازه گیری شدت روشنایی انجام شود.

(۲) تعمیر

در صورت مشاهده خرابی یا آسیب دیدگی قسمتی از تجهیزات در بازدید، آن قسمت باید به سرعت تعمیر گردد.

نکات فنی

شار نور تجهیزات روشنایی متناسب با زمان و بعد از شروع استفاده، در اثر انباشت آلودگی کاهش می یابد و لازم است تمیز نمودن تجهیزات روشنایی مرتباً انجام شود تا شار نور کمتر از شار طراحی نگردد. در شکل ۱۹-۱۲-۵ نرخ کاهش شار طراحی در اثر انباشت آلودگی بر روی تجهیزات روشنایی (M_d ضریب نگهداری شار نور طراحی است) و در جدول ۱۹-۱۲-۶ منحنی های درجه ضریب نگهداری در شکل ۱۹-۱۲-۵ برای ترکیب های مختلف انواع تجهیزات روشنایی و محیط اطراف ارائه شده است.

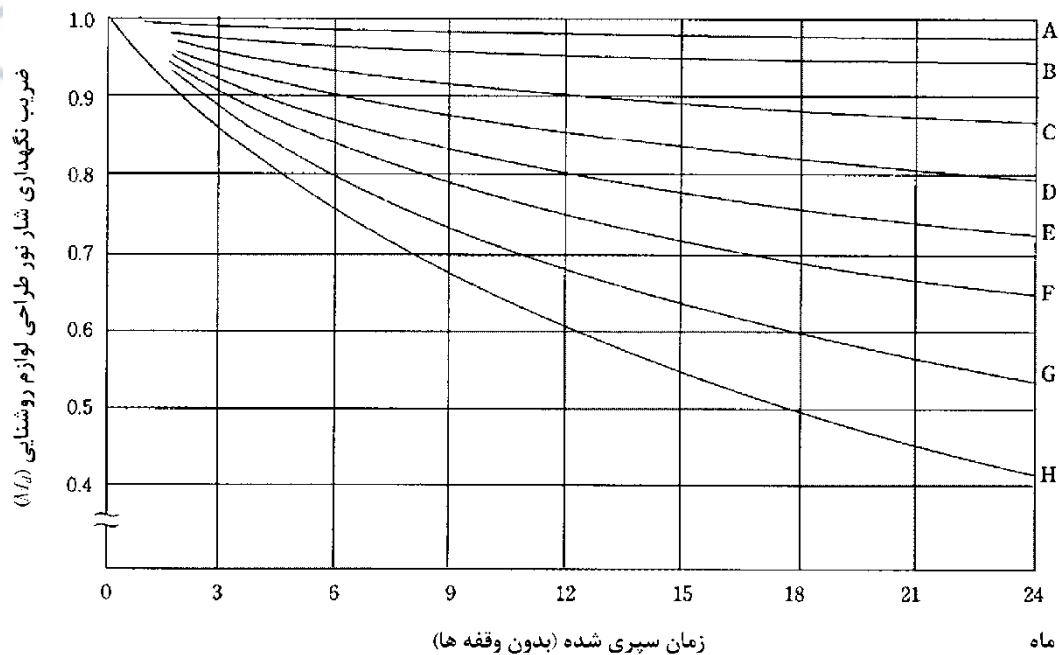
جدول ۱۹-۱۲-۶- منحنی درجه ضریب نگهداری برای ترکیبات انواع لوازم روشنایی و محیط اطراف

نوع پوشیده		نوع پوشیده ساده (پوشش زیرین)		نوع باز از زیر		نوع بدون حفاظ		نوع تجهیزات روشنایی	محیط اطراف	
فضای باز	فضای داخلی	فضای باز	فضای داخلی	فضای باز	فضای داخلی	فضای باز	فضای داخلی			
<i>B</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	خوب
<i>C</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	متوسط
<i>D</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>C</i>	بد

توجه:

(۱) برای مناطقی که انتظار انباشت زیاد آلودگی می رود (مانند داخل تونل)، توصیه می شود از منحنی های *F* و *H* استفاده شود.

(۲) تجهیزات روشنایی نشان داده شده در داخل جدول، نمونه های کلی می باشد.



شکل ۱۹-۱۲-۵- شار نور طراحی لوازم روشنایی

فصل ۲۰- بارانداز

۲۰-۱- اصول طراحی

۱) بارانداز باید بین پیشانی اسکله و انبارهای سرپوشیده یا محوطه باز انبارها قرار گیرد تا ایمنی و عملکرد روان بارگیری و تخلیه موقت محموله، عملیات حمل محموله، ورود و خروج محموله و تردد وسائط نقلیه حمل کالا را تضمین کند.

۲) بارانداز باید سطح کافی داشته باشد تا حمل و نقل روان و ایمن کالا را تضمین کند.

۲۰-۲- نوع بارانداز

۲۰-۲-۱- عرض

عرض بارانداز باید با در نظر گرفتن اندازه و کاربرد اسکله و سازه و کاربرد محوطه مسقف و انبار پشت اسکله به طور مناسب طراحی شود تا حمل و نقل روان و ایمن کالاها تضمین شود.

نکات فنی

۱) معمولاً، مقادیر ارائه شده در جدول ۲۰-۲-۱ به عنوان عرض استاندارد بارانداز برای اسکله استفاده می‌شود.

جدول ۲۰-۲-۱- عرض استاندارد بارانداز

عرض کف (m)	عمق آب پهلوگیر (m)
۱۰	کمتر از ۴/۵
۱۵	بیشتر از ۴/۵ و کمتر از ۷/۵
۲۰	بیشتر ۷/۵

۲) معمولاً برای اسکله کالای عمومی، پیش‌بینی فضا برای جرتقیل، فضای انبار موقت، فضای تخلیه و بارگیری و راه دسترسی باید لحاظ شود. اگر محوطه مسقف در پشت اسکله قرار داشته باشد و از لیفتراک استفاده شود، مطلوب خواهد بود که عرض بارانداز بین ۱۵ تا ۲۰ متر باشد و اگر در مجاورت اسکله یک راه و یا محوطه انبار باز قرار داشته باشد و از آنجا کامیون برای بارگیری و تخلیه مستقیم کشتی وارد بارانداز شود، عرضی برابر ۱۰ تا ۱۵ متر مناسب خواهد بود.

۲۰-۲-۲- شیب

شیب بارانداز باید به طور مناسب و با در نظر گرفتن شدت باران و کاربرد سطح پشت آن طراحی شود تا حمل و نقل بار به صورت روان انجام شود.

نکات فنی

معمولاً از شیبی برابر یک تا دو درصد به سمت دریا استفاده می‌شود، اما برای اسکله کوچک‌تر ممکن است از شیب تندتر استفاده شود. در مناطق دارای بارش برف قابل توجه معمولاً از شیب نسبتاً تندتری استفاده می‌شود تا در پاک کردن برف تسهیل شود. همچنین در برخی موارد با توجه به کاربرد بارانداز و مسائل زیست محیطی از شیب معکوس استفاده می‌شود.

۲۰-۲-۳- نوع روسازی

نوع روسازی برای بارانداز باید با لحاظ کردن شرایط خاک بستر، سختی اجرا، شرایط روسازی محوطه‌های مجاور، نوع حمل و نقل

کالا، هزینه نگهداری و غیره تعیین شود.

۳-۲۰- تمهیدات لازم برای جلوگیری از نشست بارانداز

باید در باراندازها اقدامات مناسبی انجام گیرد تا از نشست اضافی (در اثر روانگرایی یا تحکیم مصالح خاکی زیرین) آن جلوگیری شود، زیرا ممکن است این امر مانع سهولت عملیات حمل و نقل کالا و رفت و آمد وسایل نقلیه گردد.

تفسیر

معمولاً مصالح بستر روسازی بارانداز به دلیل تحکیم، در معرض نشست بوده و همچنین احتمال نشست به دلیل فرار مصالح خاکی استفاده شده به عنوان لایه‌های بستر از محل اتصالات دیوار ساحلی و یا به دلیل تراکم خاکریز پشت دیوار ساحلی وجود دارد. موارد زیادی از تخریب روسازی مشاهده شده است که تصور می‌شود ناشی از این نوع نشست‌ها بوده باشند. بنابراین به طور معمول تمهیدات لازم برای جلوگیری از فرار ماسه و نیز تحکیم مصالح خاکریز پشت دیوار ساحلی صورت می‌پذیرد تا از این نوع نشست‌ها، جلوگیری شود.

۴-۲۰- شرایط بارگذاری

در طراحی ساختار روسازی، بار طراحی باید به گونه‌ای انتخاب شود که ضخامت روسازی محاسبه شده با در نظر گرفتن بارها و سطح تماس کامیون، جرثقیل و لیفتراک و غیره با زمین و همچنین نوع محموله و نحوه حمل و نقل کالا، بیشترین مقدار باشد.

نکات طراحی

در جدول ۲۰-۴-۱- مقادیر بار مینا برای اعمال به روسازی بارانداز ارائه شده است.

۵-۲۰- طراحی روسازی بتنی

۱-۵-۲۰- شرایط طراحی

موارد زیر باید به عنوان شرایط طراحی برای روسازی بتنی در نظر گرفته شود:

- (۱) بار طراحی
- (۲) حجم ترافیک
- (۳) ظرفیت باربری بستر
- (۴) مصالح
- (۵) موارد دیگر

تفسیر

- (۱) بار طراحی باید مقداری باشد که باعث محاسبه بیشترین ضخامت دال بتنی بین ضخامت‌های محاسبه شده برای بارهای موردنظر شود.
- (۲) ضریب ظرفیت باربری طراحی، K_{30} باید با توجه به خاک زیر ناحیه مورد نظر روسازی تعیین شود.

نکات فنی

- (۱) ضریب ظرفیت باربری طراحی استاندارد K_{30} برای خاک بستر باید برابر $200 N/cm^3$ باشد.
- (۲) مقاومت خمشی استاندارد ۲۸ روزه بتن باید برابر $450 N/cm^2$ باشد. روش ساخت، عمل آوری و انجام آزمایش مقاومت خمشی بتن باید بر اساس $ISIRI 581$ یا $ASTM C192$ و $ISIRI 490$ یا $ASTM C78$ تعیین شود.

جدول ۲۰-۴-۱- شرایط بار

نوع بار	حداکثر بار در هر چرخ یا پایه (kN)	سطح تماس هر پایه یا چرخ (cm ²)	فشار تماس (N/cm ²)
کامیون جرثقیل دار	نوع ۲۰	۲۰۰	۱۶۰
	نوع ۲۵	۲۵۰	۱۶۷
	نوع ۳۰	۲۹۰	۱۷۱
	نوع ۴۰	۳۹۰	۱۹۵
	نوع ۵۰	۴۹۰	۲۱۳
	نوع ۸۰	۷۴۰	۲۶۰
	نوع ۱۰۰	۹۰۰	۲۶۵
	نوع ۱۲۰	۱۰۶۰	۲۷۵
	نوع ۱۵۰	۱۳۱۰	۲۹۱
کامیون	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰
تریلر	برای ۶ متر	۵۰	۵۰
	برای ۱۲ متر	۵۰	۵۰
	فقط برای محوطه با عرض ۱۲ متر	۷۰	۷۰
لیفتراک	۲ تن	۲۵	۸۳
	۳/۵ تن	۴۵	۹۰
	۶ تن	۷۰	۸۸
	۱۰ تن	۱۱۰	۷۹
	۱۵ تن	۱۷۰	۷۴
	۲۰ تن	۲۴۰	۷۶
	۲۵ تن	۳۰۰	۷۹
	۳۵ تن	۴۴۰	۸۸
جرثقیل انتقال بار	۲۰ تن	۲۰۰	۸۳
	۲۵ تن	۲۵۰	۸۸
	۳۰ تن	۲۹۰	۸۹
جرثقیل حمل کانتینر	۱۱۰	۱۲۰۰	۹۲

۳) در طراحی روسازی بتنی می‌توان به مراجع و استانداردهای معتبر مربوط مراجعه کرد.

۴) ضریب ظرفیت باربری باید از طریق آزمایش بارگذاری صفحه تعیین شود. ضریب ظرفیت باربری K_{30} که در محاسبات استفاده می‌شود باید متنظر با نشست برابر ۰/۱۲۵ سانتی متر باشد.

۵) ضریب ظرفیت باربری مورد استفاده در طراحی باید بر اساس رابطه ۲۰-۵-۱ و با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده در محل پروژه در حداقل ۳ نقطه در یک منطقه با مصالح خاک بستر یکسان محاسبه شده و قبل از استفاده از رابطه مذکور باید مقادیر خیلی بزرگ حدی در اندازه‌گیری، حذف شود.

$$(۱-۵-۲۰) \quad \left[\text{ضرب ظرفیت باربری} - \frac{\left[\text{حداقل مقدار} \right] - \left[\text{ضرب ظرفیت باربری} \right]}{d_2} \right] \times \left[\text{میانگین مقادیر} \right] = \text{ضرب ظرفیت باربری طراحی}$$

که در آن d_2 مقداری است که در جدول ۱-۵-۲۰ ارائه شده است. معمولاً آزمایش بارگذاری صفحه‌ای در یک یا دو نقطه در هر ۵۰ متر از طول اسکله انجام می‌شود.

جدول ۱-۵-۲۰- مقادیر d_2

تعداد نقاط (n)	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰ یا بیشتر
d_2	۱/۹۱	۲/۲۴	۲/۴۸	۲/۶۷	۲/۸۳	۲/۹۶	۳/۰۸	۳/۱۸

۶) اگر بستر قبلاً ساخته شده باشد، ضرب ظرفیت باربری باید با انجام آزمایش بارگذاری صفحه روی بستر با شرایط حداکثر رطوبت به دست آید و اگر در چنین شرایطی انجام آزمایش بارگذاری صفحه امکان‌پذیر نباشد، ضرب ظرفیت باربری باید با تصحیح مقادیر از طریق رابطه ۲-۵-۲۰ تعیین گردد. مقادیر CBR در رابطه زیر باید از نمونه‌های خاک دست نخورده به دست آید.

$$(۲-۵-۲۰) \quad \text{ضرب ظرفیت باربری اندازه‌گیری شده} = \text{ضرب ظرفیت باربری تصحیح شده} \times \frac{CBR_{\text{مستغرق ۴ روزه}}}{CBR_{\text{رطوبت طبیعی}}}$$

۲-۵-۲۰- ساختار روسازی

ساختار روسازی بارانداز باید با در نظر داشتن نوع روسازی، ساختار بستر، خصوصیات مصالح استفاده شده و غیره و بر اساس یک ظرفیت باربری خاک مناسب تعیین شود.

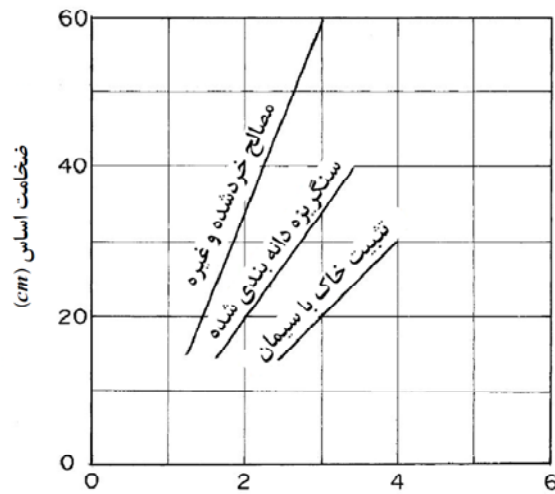
تفسیر

- ۱) روسازی بتنی معمولاً از یک دال بتنی و یک لایه اساس که روی بستر ساخته می‌شود، تشکیل می‌گردد.
 - ۲) ساختار روسازی باید با در نظر گرفتن شرایط بارگذاری، شرایط رفت و آمد، شرایط بستر، شرایط آب و هوایی و هزینه‌های ساخت و نگهداری تعیین شود.
 - ۳) توصیه می‌شود که طراحی لایه اساس به گونه‌ای باشد که ضرب ظرفیت باربری آن با انجام آزمایش روی مدل واقعی لایه اساس برابر با 200 N/cm^3 حاصل شود.
- اگر انجام آزمایش روی مدل واقعی دشوار باشد، می‌توان ضخامت لایه اساس را با استفاده از منحنی‌های طراحی نشان داده شده در شکل ۱-۵-۲۰ تعیین کرد. حداقل ضخامت لایه اساس 15 cm می‌باشد.

نکات فنی

- ۱) ساختار روسازی بتنی را می‌توان با استفاده از مقادیر جداول ۲-۵-۲۰ و ۳-۵-۲۰ به عنوان مرجع تعیین کرد.
- ۲) بار طراحی را می‌توان با استفاده از مقادیر جدول ۴-۵-۲۰ به عنوان مرجع تعیین کرد.
- ۳) در طراحی روسازی در مناطق سردسیر که روسازی تحت تاثیر یخ زدگی و ذوب یخ قرار دارد، ضخامت روسازی باید بزرگتر از عمق نفوذ یخ باشد و اگر ضخامت روسازی کمتر از عمق نفوذ یخ (عمق یخبندان) باشد، باید یک روکش ضد یخ یا لایه مانع نفوذ یخ

در نظر گرفته شود.



$$\frac{\text{ضریب ظرفیت باربری اساس}}{\text{ضریب ظرفیت باربری بستر}} = \frac{K_1}{K_2}$$

K_1 : ضریب ظرفیت باربری K_{30} اساس (200 N/cm^3)

K_2 : ضریب ظرفیت باربری K_{30} بستر

شکل ۲۰-۵-۱- منحنی های طراحی ضخامت اساس

جدول ۲۰-۵-۲- ضخامت اساس روسازی بتنی

ضخامت کل لایه اساس	ضخامت لایه اساس (cm)				شرایط طراحی ضریب ظرفیت باربری طراحی K_{30} بستر (N/cm^3)
	زیر اساس	اساس		ضریب ظرفیت باربری	
	مصلح شکسته و غیره	مصلح دانه بندی شده	مصلح دانه بندی شده	تثبيت با سیمان	
۶۰	۲۰	-	۴۰	-	بیشتر یا مساوی ۵۰ و کمتر از ۷۰
۴۰	-	۲۰	-	۲۰	
۵۵	۳۰	-	-	۲۵	بیشتر یا مساوی ۷۰ و کمتر از ۱۰۰
۳۵	-	۱۵	۲۰	-	
۴۰	۲۰	-	۲۰	-	
۳۰	-	۱۵	-	۱۵	
۳۰	۱۵	-	-	۱۵	بیشتر یا مساوی ۱۰۰
۲۰	-	-	۲۰	-	
۱۵	-	-	-	۱۵	

جدول ۲۰-۵-۳- ضخامت دال بتنی

ضخامت دال (cm)	دسته بندی بار طراحی
۲۰	CP_1
۲۵	CP_2
۳۰	CP_3
۳۵	CP_4
۱۰	دال عرشه اسکله شمع و عرشه

جدول ۲۰-۵-۴- دسته بندی بارهای طراحی

دسته بندی بار طراحی	نوع بار	بار (kN)	شعاع منطقه تماس (cm)
CP_1	لیفتراک ۲ تن	۲۵	۹/۸
	تریلر برای ۶ و ۱۲ متر	۵۰	۱۷/۸
	لیفتراک ۳/۵ تن	۴۵	۱۲/۶
CP_2	تریلر فقط برای محوطه ۱۲ متر	۷۰	۱۷/۸
	لیفتراک ۶ تن	۷۰	۱۶/۰
CP_3	کامیون T-25	۱۰۰	۱۷/۸
	لیفتراک ۱۰ تن	۱۱۰	۲۱/۱
	جرثقیل حمل کانتینر	۱۱۰	۱۹/۵
	لیفتراک ۱۵ تن	۱۷۰	۲۷/۱
CP_4	جرثقیل انتقال بار ۲۰ تن	۲۰۰	۱۷/۶
	کامیون جرثقیل دار نوع ۲۵	۲۰۰	۲۰/۰
	لیفتراک ۲۰ تن	۲۴۰	۳۱/۷
	کامیون جرثقیل دار نوع ۲۵	۲۵۰	۲۱/۶

۴) دال بتنی باید با شبکه آرماتور مسلح شود.

۵) اگر ضریب ظرفیت باربری بستر کمتر از $50 N/cm^3$ باشد، روسازی باید با استفاده از منحنی شکل ۲۰-۵-۱ و شکل ۲۰-۵-۲ یا رابطه ۲۰-۵-۳ طراحی شود.

۶) شکل ۲۰-۵-۲ رابطه بین ضخامت دال بتنی و تنش خمشی را نشان می‌دهد. تنش خمشی معمولاً به وسیله رابطه ۲۰-۵-۳ تعیین می‌شود که عموماً رابطه *Picket* یا رابطه *Arlington* نامیده می‌شود.

$$\sigma = \frac{10CP}{h^2} \left(1 - \frac{\sqrt{\frac{a}{l}}}{0.925 + 0.22 \frac{a}{l}} \right) \quad (3-5-20)$$

که در آن:

σ : حداکثر تنش دال بتنی در گوشه با زاویه ۹۰ درجه (N/mm^2)

C : ضریب، وقتی از میله‌های باریک استفاده می‌شود می‌توان $C=3/36$ در نظر گرفت.

P : بار (kN)

h : ضخامت دال بتنی (cm)

a : شعاع ناحیه در تماس با زمین (cm)

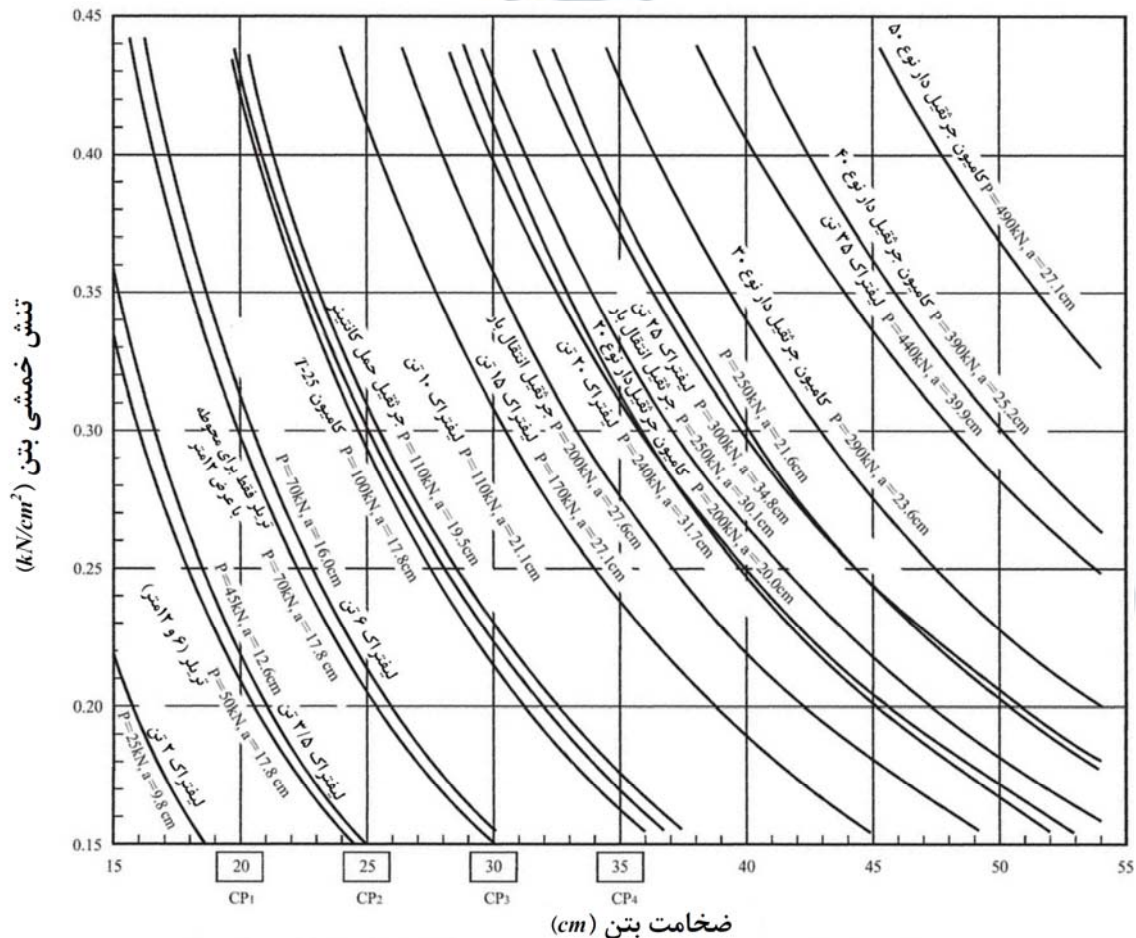
$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)K_{75}}} \text{، شعاع سختی نسبی روسازی } (cm)$$

E : ضریب ارتجاعی بتن (N/mm^2)، $E=3/5 \times 10^6 N/mm^2$

ν : ضریب پواسون بتن $\nu = 0/15$

K_{75} : ضریب ظرفیت باربری طراحی بستر (N/mm^2)

با فرض اینکه $\frac{K_{30}}{K_{75}} = 2.8$ آنگاه $K_{75} = \frac{K_{30}}{2.8} = \frac{200}{2.8} = 70 N/cm^3$ را می‌توان در رابطه ۲۰-۵-۳ استفاده کرد.



شکل ۲۰-۵-۲- رابطه بین ضخامت دال بتنی و تنش خمشی

۲۰-۵-۳- درز

- (۱) اصولاً روسازی بارانداز باید دارای درز باشد.
- (۲) درز روسازی بتنی بارانداز باید به‌طور مناسب و با در نظر گرفتن ابعاد بارانداز، سازه اسکله و نوع درز تنظیم شود. به علاوه، ساختار درزها باید متناسب با نوع درز باشد.

تفسیر

- (۱) درزهای دال‌بتنی از طریق فراهم نمودن امکان بروز انبساط، خزش و تا حدودی تاب برداشتن دال به‌منظور کاهش تنش دال بتنی تعبیه می‌شود. فاصله درزها باید به‌طور مناسب و با در نظر گرفتن شرایط زمین، شرایط بار و ساختار لایه اساس بارانداز تعیین شود.
- (۲) درز از نظر سازه‌ای، قسمت ضعیف روسازی بتنی بوده و همچنین عملیات ساخت پیچیده‌تری نسبت به بقیه قسمت‌ها دارند. هرچه تعداد درزهای مورد استفاده بیشتر باشد، هزینه ساخت و نگهداری بیشتر می‌شود. بنابراین بهتر است تا حد امکان از تعداد درز کمتری

استفاده شود.

نکات فنی

(۱) درز طولی

درز طولی باید از نوع درز سر به سر به همراه میله مهاری (کش) باشد. اگر روسازی بتنی روی دال عرشه یک اسکله شمع و عرشه ساخته شود، از میله مهاری استفاده نمی‌شود. درز اجرایی طولی مجاور تیر پیشانی اسکله یا محوطه مسقف باید از ساختاری باشد که در آن از پر کننده درز و صفحات درز استفاده می‌شود.

فاصله بین درزهای اجرایی طولی باید با در نظر گرفتن نوع تجهیزات ساخت روسازی مورد استفاده، عرض کل روسازی، فاصله چرخ‌های جرثقیل و غیره تعیین شود. معمولاً فاصله ۳/۵ متر تا ۵ متر مناسب می‌باشد.

درزهای اجرایی طولی موجب تسهیل عملیات ساخت می‌شود. نتایج تجربی نشان داده است که اگر فاصله درزهای اجرایی طولی برابر ۵ متر یا بیشتر باشد، دال بتنی دچار ترک‌های طولی و اگر فاصله درزهای طولی اجرایی کمتر از ۲/۵ متر باشد دچار ترک‌های عرضی می‌شود. امروزه با استفاده از پرداخت کننده‌های بزرگ می‌توان فاصله درزها را تا حداکثر ۷/۵ متر افزایش داد. فاصله بزرگ بین درزها، برای کارپذیری و هزینه ساخت مناسب بوده ولی لازم است در مرکز هر دال بتنی با ضخامت 30 cm یا کمتر و فاصله ۵/۱ متر یا بیشتر، یک درز انقباض طولی پیش‌بینی شود.

از نظر نوع سازه‌ای، درز انقباض طولی، درز کنترلی می‌باشد. توصیه می‌شود درزهای انقباض طولی به موازات شانه خاکریز، بالای درزهای سازه اسکله دیواری و بالای محور مرکزی سپر مهاری تعبیه شود تا مانع تاثیر تغییر ظرفیت باربری خاک زیر لایه اساس یا تاثیر حضور درز اسکله دیواری بر روی دال بتنی روسازی شود.

(۲) درز عرضی

الف) درز انقباض عرضی

درزهای انقباض عرضی، درزهای کنترلی به همراه میل مهار لغزشی می‌باشند. هر چند در صورتی که روسازی بتنی بر روی دال عرشه اسکله شمع و عرشه ساخته شود از میل مهارهای لغزشی استفاده نمی‌شود. فاصله درزهای انقباضی باید با توجه به اطلاعات حاصل از پروژه‌های اجرا شده قبلی در منطقه مورد نظر تعیین شود.

در شرایط جوی عادی، فاصله حدود ۵ متر برای درز انقباض عرضی در نظر گرفته می‌شود و توصیه می‌گردد که درزهای انقباض روی درزهای سازه اسکله دیواری قرار بگیرد.

ب) درز اجرایی عرضی

درزهای اجرایی عرضی درزهایی سر به سر به همراه میل مهار لغزشی می‌باشد، البته اگر روسازی بتنی روی دال عرشه اسکله شمع و عرشه ساخته شود از میل مهارهای لغزشی استفاده نمی‌شود. از درز اجرایی عرضی هنگامی استفاده می‌شود که موارد غیر قابل اجتناب مانند تقسیم منطقه ساخت روزانه یا توقف عملیات بتن ریزی به دلیل بارش ناگهانی باران و یا از کار افتادگی تجهیزات پیش آید. محل درزهای عرضی اجرایی باید در محل‌های تعیین شده قبلی برای درزهای انقباض عرضی پیش‌بینی شود.

ج) درز انبساط عرضی

یک درز انبساط عرضی، ساختاری به صورت ترکیب پرکننده درز در سطح، یک صفحه در کف و میل مهارهای لغزشی

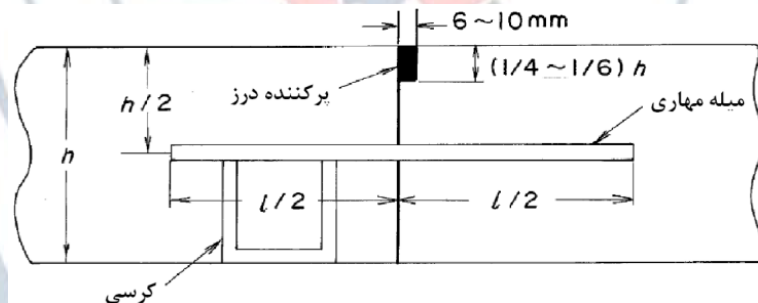
دارد. البته اگر روسازی بتنی بر روی دال عرشه اسکله شمع و عرشه ساخته شود از میل مهار لغزشی استفاده نمی‌شود. فاصله بین این درزها باید با در نظر گرفتن اطلاعات تجربی حاصل از پروژه‌های ساخته شده قبلی در منطقه مورد نظر تعیین شود. در بسیاری از موارد، زمانی که عملیات ساخت در فصل گرم انجام می‌شود، یک فاصله ۱۰۰ تا ۲۰۰ متری برای این درزها در نظر گرفته می‌شود که این فاصله در زمانی که این عملیات در فصل سرد انجام می‌گیرد ۵۰ تا ۱۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود. به دلیل اینکه درزهای انبساط یکی از نقاط ضعف جدی روسازی محسوب می‌شود باید تعداد آن را تا حد ممکن کم کرد.

۳) میله مهار مانع از جدا شدن و ناهموار شدن هر یک از دال‌های مجاور در محل درز شده و به عنوان انتقال دهنده نیروهای مقطع نیز عمل می‌کند.

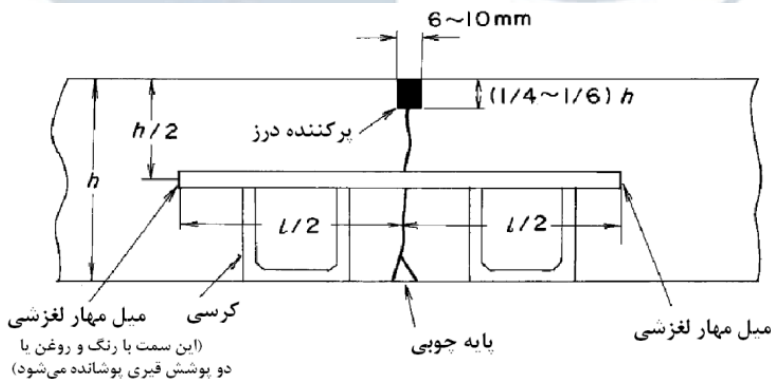
به دلیل این که روسازی بارانداز عرض نسبتاً کمی داشته و به صورت فیزیکی توسط سازه اصلی اسکله یا انبارها محدود می‌شود، جدایی دال بارانداز در محل درزها، به ندرت رخ می‌دهد. البته لازم است که از میله مهار در محل درزهای طولی اجرایی استفاده شود تا از جدا شدن یا بالا و پایین رفتن هر یک از دال‌ها در محل درز به دلیل اختلاف نشست لایه‌های زیرین جلوگیری شود و همچنین تنوعی در جهت‌های بار ترافیکی که در حالت‌های معمولی پیش‌بینی نمی‌شود فراهم آید.

۴) میل مهار لغزشی، بار را از یک دال به دال دیگر منتقل کرده و همچنین مانع بالا و پایین رفتن محل درز می‌شود. درزهای انقباض عرضی، انبساط عرضی و اجرایی عرضی، همگی باید دارای میل مهارهای لغزشی باشد تا انتقال موثر بارها تامین شود.

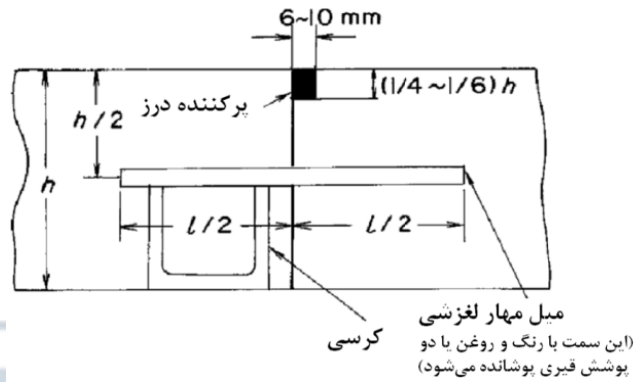
۵) شکل‌های ۲۰-۵-۳ تا ۲۰-۵-۶ ساختار استاندارد انواع درزها را نشان می‌دهد.



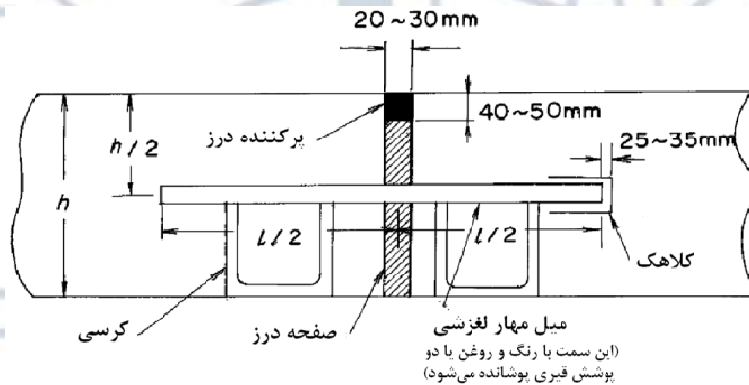
شکل ۳-۵-۲۰- درز اجرایی طولی



شکل ۴-۵-۲۰- درز انقباض عرضی



شکل ۲۰-۵-۵- درز اجرایی عرضی



شکل ۲۰-۵-۶- درز انبساط عرضی

۲۰-۵-۴- میله مهاری (کش) و میل مهاری لغزشی

مشخصات و فواصل میله‌های مهاری و میل مهاری لغزشی باید با در نظر گرفتن وضعیت‌هایی که در آن بار وسایل نقلیه متحرک بر روی روسازی بارانداز در هر دو جهت طولی و عرضی وارد می‌شود، به طور مناسب تعیین شود.

۲۰-۵-۵- محافظت از انتهای روسازی

باید در امتداد سمت رو به خشکی روسازی در محلی که احتمال تخریب اساس به دلیل نفوذ آب باران یا تخریب دال بتنی و اساس به دلیل بار سنگین وجود دارد، عملیات محافظت انجام شود.

۲۰-۶- طراحی روسازی آسفالتی

۲۰-۶-۱- شرایط طراحی

موارد زیر باید به عنوان شرایط طراحی برای روسازی آسفالتی لحاظ شود:

- (۱) بار طراحی
- (۲) حجم ترافیک
- (۳) ظرفیت باربری بستر
- (۴) مصالح
- (۵) مسائل دیگر

تفسیر

(۱) بارطراحی باید باری باشد که در میان تمام ضخامت‌های محاسبه‌شده دال به‌ازای بارهای مختلف، موجب بیشترین ضخامت‌شده‌باشد.

(۲) *CBR* طراحی باید برای بستر منطقه روسازی مورد نظر تعیین شود.

نکات فنی

آزمایش *CBR* را می‌توان به طریقی که در *ISIRI 1159* یا *ASTM D1883* ارائه شده است، انجام داد. خاک بستر باید با رطوبت طبیعی متراکم شده و چهار روز پیش از به‌دست آوردن *CBR* غرقاب شود و دانه‌های با قطر ۴۰ میلیمتر یا بزرگتر باید از نمونه خاک بستر حذف شود.

خاک نمونه‌برداری شده باید در سه لایه با ضخامت یکسان در قالب ریخته شده و هر لایه ۶۷ بار کوبیده شود. اگر بستر قبلاً ساخته شده باشد، آزمایش *CBR* درجا باید وقتی که خاک تقریباً اشباع شده است انجام شود. البته اگر نتوان آزمایش را با این شرایط انجام داد، می‌توان مقادیر آزمایش *CBR* درجا را توسط رابطه ۲۰-۶-۱ تصحیح کرد.

$$CBR = CBR_{\text{برجا}} \times \frac{CBR_{\text{(مستغرق ۴ روزه)}}}{CBR_{\text{(رطوبت طبیعی)}}} \quad (۲۰-۶-۱)$$

با استفاده از مقادیر *CBR* فوق‌الذکر و رابطه ۲۰-۶-۲ و پس از حذف مقادیر غیر عادی می‌توان *CBR* طراحی را به‌دست آورد.

$$CBR_{\text{طراحی}} = \frac{CBR_{\text{مقدار}} - CBR_{\text{حداکثر مقدار}}}{d_2} - \text{متوسط مقدار } CBR \text{ در نقاط مختلف} \quad (۲۰-۶-۲)$$

که در آن d_2 از جدول ۲۰-۵-۱ به‌دست می‌آید. نمونه‌گیری در یک یا دو نقطه در هر ۵۰ متر و در جهت پیشانی اسکله و در عمق بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر از بستر کامل‌شده یا سطح چاله حفرشده برای خاک بستر، انجام می‌شود.

۲۰-۶-۲- ساختار روسازی

ساختار روسازی بارانداز باید بر اساس ظرفیت باربری طراحی شده مناسب بستر و با در نظر داشتن نوع روسازی، ساختار لایه اساس، خصوصیات مصالح مورد استفاده و غیره تعیین شود.

تفسیر

(۱) معمولاً آسفالت روسازی از بخش رویه، بخش چسباننده و بخش اساس که بر روی بستر ساخته می‌شود، تشکیل می‌گردد. لایه اساس، معمولاً در دو مرحله ساخته می‌شود (اساس و زیر اساس).

(۲) ترکیب ساختاری روسازی باید به‌طور مناسب و با در نظر داشتن شرایط بار، شرایط ترافیک، شرایط بستر، شرایط جوی و هزینه ساخت و نگهداری طراحی شود.

(۳) ضریب هم‌ارزی لایه که باید برای ضخامت معادل روسازی *TA* استفاده شود در جدول ۲۰-۶-۱ ارائه شده است.

جدول ۲۰-۶-۱- ضریب هم‌ارزی لایه

ملاحظات	ضریب هم‌ارزی لایه	ملزومات	مصالح / روش ساخت	لایه
<i>AC I</i> تا <i>AC IV</i>	۱/۰۰	-	مخلوط آسفالت‌داغ برای رویه و چسباننده	رویه و لایه چسباننده
مصالح اصلاح شده <i>A II</i>	۰/۸۰	سطح تثبیت مارشال $3/43 kN$ یا بیشتر	تثبیت با قیر	لایه اساس
مصالح اصلاح شده <i>A I</i>	۰/۵۵	سطح تثبیت مارشال $2/45 kN$ تا $3/43 kN$	دانه بندی	
مصالح دانه‌بندی شده	۰/۳۵	<i>CBR</i> تثبیت شده ۸۰ یا بیشتر	مصالح شکسته، سرباره، ماسه و غیره	لایه زیر اساس
	۰/۲۵	<i>CBR</i> تثبیت شده ۳۰ یا بیشتر		
مصالح شکسته	۰/۲۰	<i>CBR</i> تثبیت شده ۲۰ تا ۳۰		

نکات فنی

(۱) در جدول ۲۰-۶-۲، مقادیر استاندارد ساختار روسازی آسفالتی ارائه شده است.

توجه شود که T_A و H در جدول ۲۰-۶-۲، به ترتیب ضخامت کل روسازی و ضخامت معادل روسازی می‌باشد.

در مورد دال عرشه اسکله شمع و عرشه، ستون‌های مربوط به چسباننده در جدول ۲۰-۶-۲ به مقدار کل مصالح پرکننده و لایه چسبیده اشاره داشته و این لایه لزوماً بتنی نیست.

اگر CBR طراحی بستر بزرگتر یا مساوی ۲ و کمتر از ۳ باشد، باید خاک بستر با مصالح خوب عوض شود و یا لایه آب‌بند پیش‌بینی گردد. اگر CBR طراحی کمتر از ۲ باشد، خاک بستر باید با مصالح خوب عوض شود و ضخامت روسازی باید جداگانه طراحی گردد.

جدول ۲۰-۶-۲- ترکیبات استاندارد روسازی آسفالتی

ترکیبات روسازی									شرایط طراحی	
ضخامت کل		لایه زیراساس	لایه اساس		لایه چسباننده		رویه		CBR طراحی زیر اساس (%)	بار طراحی
T_A (cm)	H	h_4 (cm)	h_3 (cm)	نوع مصالح	h_2 (cm)	نوع	h_1 (cm)	نوع		
۲۵/۸	۷۰	۳۵	۲۵	دانه‌بندی شده	۵	AC III	۵	AC I	≥ 3 و < 5	۵۰kN AP ₁ فشار تماس کمتر از ۷۰N/cm ²
۲۵/۸	۶۵	۳۵	۲۵	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC I		
۲۲/۰	۵۵	۲۵	۲۰	دانه بندی شده	۵	AC III	۵	AC I	≥ 5 و < 8	
۲۲/۰	۵۵	۳۰	۲۰	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC I		
۱۹/۳	۴۵	۲۰	۱۵	دانه‌بندی شده	۵	AC III	۵	AC I	≥ 8 و < 12	
۱۹/۳	۵۰	۳۰	۱۵	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC I		
۱۸/۳	۴۰	۱۵	۱۵	دانه‌بندی شده	۵	AC III	۵	AC I	≥ 12 و < 20	
۱۷/۳	۴۰	۲۰	۱۵	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC I		
۱۸/۳	۴۰	۱۵	۱۵	دانه‌بندی شده	۵	AC III	۵	AC I	≥ 20	
۱۶/۳	۳۵	۱۵	۱۵	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC I		
-	≥ 9	-	-	-	≥ 4	AC III	۵	AC I	روی دال عرشه اسکله‌های شمع و عرشه	
۲۵/۸	۷۰	۳۵	۲۵	دانه‌بندی شده	۵	AC IV	۵	AC II	≥ 3 و < 5	۵۰kN AP ₂ فشار تماس ۷۰N/cm ² یا بیشتر
۲۵/۸	۶۵	۳۵	۲۵	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC II		
۲۲/۰	۵۵	۲۵	۲۰	دانه بندی شده	۵	AC IV	۵	AC II	≥ 5 و < 8	
۲۲/۰	۵۵	۳۰	۲۰	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC II		
۱۹/۳	۴۵	۲۰	۱۵	دانه‌بندی شده	۵	AC IV	۵	AC II	≥ 8 و < 12	
۱۹/۳	۵۰	۳۰	۱۵	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC II		
۱۸/۳	۴۰	۱۵	۱۵	دانه‌بندی شده	۵	AC IV	۵	AC II	≥ 12 و < 20	
۱۷/۳	۴۰	۲۰	۱۵	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC II		
۱۸/۳	۴۰	۱۵	۱۵	دانه‌بندی شده	۵	AC IV	۵	AC II	≥ 20	
۱۶/۳	۳۵	۱۵	۱۵	اصلاح شده AI	-	-	۵	AC II		
-	≥ 9	-	-	-	≥ 4	AC IV	۵	AC II	روی دال عرشه اسکله شمع و عرشه	

شرایط طراحی									بار طراحی
ترکیبات روسازی									
ضخامت کل		لایه زیراساس		لایه اساس		لایه چسباننده		رویه	
T_A (cm)	H	h_4 (cm)	h_3 (cm)	نوع مصالح	h_2 (cm)	نوع	h_1 (cm)	نوع	CBR طراحی زیر اساس (%)
۴۰/۰	۹۵	۴۵	۳۰	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	≥ 3 و < 5
۴۰/۰	۸۰	۴۵	۲۰	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	≥ 5 و < 8
۳۴/۸	۷۵	۳۰	۲۵	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	≥ 8 و < 12
۳۵/۰	۵۵	۲۰	۲۰	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	≥ 12 و < 20
۲۹/۳	۵۵	۲۰	۱۵	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	≥ 20
۳۰/۰	۴۵	۱۵	۱۵	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	روی دال عرشه اسکله شمع و عرشه
۲۸/۳	۵۰	۱۵	۱۵	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	≥ 3 و < 5
۳۰/۰	۴۵	۱۵	۱۵	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	≥ 5 و < 8
۲۸/۳	۵۰	۱۵	۱۵	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	≥ 8 و < 12
۳۰/۰	۴۵	۱۵	۱۵	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	≥ 12 و < 20
-	≥ 9	-	-	-	≥ 4	AC IV	۵	AC II	≥ 20
۴۶/۰	۱۲۰	۶۰	۴۰	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	روی دال عرشه اسکله شمع و عرشه
۴۵/۰	۱۰۵	۷۰	۲۰	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	≥ 3 و < 5
۳۹/۵	۹۵	۴۵	۳۰	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	≥ 5 و < 8
۳۹/۰	۷۵	۴۰	۲۰	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	≥ 8 و < 12
۳۴/۸	۷۵	۳۰	۲۵	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	≥ 12 و < 20
۳۴/۰	۶۵	۳۵	۱۵	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	≥ 20
۳۰/۳	۶۰	۲۵	۱۵	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	روی دال عرشه اسکله شمع و عرشه
۳۰/۰	۴۵	۱۵	۱۵	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	
۲۸/۳	۵۰	۱۵	۱۵	دانه بندی شده	۱۵	AC IV	۵	AC II	
۳۰/۰	۴۵	۱۵	۱۵	اصلاح شده AII	۱۰	-	۵	AC II	
-	≥ 9	-	-	-	≥ 4	AC IV	۵	AC II	

(۲) بار طراحی به صورتی که در جدول ۲۰-۶-۳ ارائه شده است، دسته بندی می شود.

جدول ۲۰-۶-۳- دسته بندی بار طراحی

تربلر	AP_1
برای ۶ متر، ۱۲ متر و فقط محوطه ۱۲ متر	AP_1
۲، ۳/۵ و ۶ تن	AP_2
لیفتراک	AP_2
لیفتراک	AP_3
کامیون	AP_3
جرثقیل انتقال بار	AP_3
جرثقیل حمل کانتینر	AP_3
کامیون جرثقیل دار	AP_3
نوع ۲۰	AP_3
کامیون جرثقیل دار	AP_4
نوع ۲۵	AP_4
جرثقیل انتقال بار	AP_4
نوع ۲۵	AP_4

(۳) نوع و مصالح بتن آسفالتی باید مطابق جدول ۲۰-۶-۴ باشد.

جدول ۲۰-۶-۴- نوع و کیفیت بتن آسفالتی

نوع	AC I	AC II	AC III	AC IV
کاربرد	برای لایه سطحی (رویه)	برای لایه چسباننده		
تعداد ضربه آزمایش استقامت مارشال	۵۰	۷۵	۵۰	۷۵
استقامت مارشال (kN)	۴/۹ یا بیشتر	۸/۸ یا بیشتر	۴/۹ یا بیشتر	۸/۸ یا بیشتر
مقدار جریان ($l/100cm$)	۴۰ تا ۲۰	۴۰ تا ۲۰	۴۰ تا ۱۵	۴۰ تا ۱۵
تخلخل (%)	۵ تا ۳	۵ تا ۲	۶ تا ۳	۶ تا ۳
درجه اشباع (%)	۸۵ تا ۷۵	۸۵ تا ۷۵	۸۰ تا ۶۵	۸۵ تا ۶۵

توجه: ستون «تعداد ضربه ۷۵ مرتبه» هنگامی استفاده می‌شود که فشار تماس لاستیک با زمین برای بار طراحی $70 N/cm^2$ یا بیشتر بوده و یا هنگامی که ترافیک وسایل نقلیه سنگین زیاد باشد و انتظار بروز شیار برود.

(۴) برای طراحی روسازی در مناطق سردسیر که روسازی در معرض یخ زدن و ذوب شدن قرار دارد، ضخامت روسازی باید بزرگتر از عمق نفوذ یخبندان باشد. اگر ضخامت روسازی کمتر از عمق نفوذ یخ باشد، باید لایه مانع نفوذ یخ ایجاد شود.

۲۰-۶-۳- محافظت از انتهای روسازی

به بند ۲۰-۵-۵- محافظت از انتهای روسازی مراجعه شود.

۲۰-۷- طراحی روسازی با بلوک بتنی

۲۰-۷-۱- شرایط طراحی

موارد زیر باید به عنوان شرایط طراحی برای روسازی با بلوک بتنی در نظر گرفته شود:

(۱) بار طراحی

(۲) حجم ترافیک

(۳) ظرفیت باربری بستر

(۴) مصالح

(۵) موارد دیگر

تفسیر

(۱) بار طراحی باری است که به ازاء آن ضخامت محاسبه شده بلوک بتنی بیشتر از مقادیر محاسبه شده به ازاء بقیه بارها باشد.

(۲) ضریب ظرفیت باربری طراحی K_{30} باید برای خاک بستر منطقه روسازی مورد نظر تعیین شود.

نکات فنی

(۱) ضریب ظرفیت باربری K_{30} برای روسازی باید معمولاً $200 N/cm^3$ باشد.

(۲) مقاومت خمشی ۲۸ روزه بتن معمولاً باید $450 N/cm^2$ باشد.

(۳) ظرفیت باربری باید به وسیله آزمایش بارگذاری صفحه تعیین شود. نشستی که برای به‌دست آوردن ضریب ظرفیت باربری به کار

می‌رود $0/25$ سانتیمتر است.

۲۰-۷-۲- ساختار روسازی

ساختار روسازی بارانداز باید بر اساس ظرفیت باربری طراحی بستر و با در نظر داشتن نوع روسازی، ساختار لایه اساس، خصوصیات مصالح مورد استفاده و غیره تعیین شود.

تفسیر

(۱) روسازی با بلوک بتنی معمولاً از یک لایه بتن و لایه اساس که روی خاک بستر ساخته می‌شود، تشکیل شده است.
 (۲) ترکیب ساختاری روسازی باید به طور مناسب و با توجه به شرایط بار، شرایط ترافیک، شرایط بستر، شرایط جوی و هزینه ساخت و نگهداری تعیین شود.

نکات فنی

(۱) جدول ۲۰-۷-۱، ساختار استاندارد روسازی با بلوک بتنی را نشان می‌دهد. شکل بلوک‌ها در اینجا مربع می‌باشد.

جدول ۲۰-۷-۱- ترکیب استاندارد روسازی با بلوک بتنی

ترکیبات روسازی				طول کناره بلوک (m)	شرایط طراحی	
ضخامت کل (cm)	زیر اساس	اساس	ضخامت بلوک (cm)		ضریب باربری طراحی بستر K_{30} (N/cm^3)	بار طراحی
	مصالح شکسته (cm)	مصالح دانه بندی شده (cm)				
۷۵	۳۰	۲۰	۲۵	۰/۹	<70 و ≥ 50	BP_1
۶۰	۱۵	۲۰	۲۵	۰/۹	<100 و ≥ 70	
۴۵	-	۲۰	۲۵	۰/۹	≥ 100	
۷۵	۳۰	۲۰	۲۵	۰/۸	<70 و ≥ 50	BP_2
۶۰	۱۵	۲۰	۲۵	۰/۸	<100 و ≥ 70	
۴۵	-	۲۰	۲۵	۰/۸	≥ 100	
۸۰	۳۰	۲۰	۳۰	۱/۱	<70 و ≥ 50	BP_3
۶۵	۱۵	۲۰	۳۰	۱/۱	<100 و ≥ 70	
۵۰	-	۲۰	۳۰	۱/۱	≥ 100	
۸۵	۳۰	۲۰	۳۵	۱/۲	<70 و ≥ 50	BP_4
۷۰	۱۵	۲۰	۳۵	۱/۲	<100 و ≥ 70	
۵۵	-	۲۰	۳۵	۱/۲	≥ 100	

(۲) بار طراحی در جدول ۲۰-۷-۲ دسته‌بندی شده است.

(۳) لایه اساس باید مطابق بند ۲۰-۵-۲- ساختار روسازی، بند ۳ تفسیر طراحی شود.

۲۰-۷-۳- درزها

درزهای روسازی با بلوک بتنی باید دارای ساختاری باشد که کارایی خود را در اثر اختلاف نشست بلوک‌ها از دست ندهد.

نکات فنی

شکل ۲۰-۷-۱ ساختار استاندارد درز روسازی با بلوک بتنی را نشان می‌دهد.

جدول ۲۰-۷-۲- دسته بندی بار طراحی

۲، ۳/۵ و ۶ تن ۶ متر و ۱۲ متر	لیفتراک تریلر	BP_1
۱۰ تن فقط محوطه ۱۲ متر -	لیفتراک تریلر جرثقیل حمل کانتینر	BP_2
T-25 ۱۵ تن نوع ۲۰ ۲۰ تن ۲۵ تن	کامیون لیفتراک کامیون جرثقیل دار جرثقیل انتقال بار جرثقیل انتقال بار	BP_3
نوع ۲۵	کامیون جرثقیل دار	BP_4



شکل ۲۰-۷-۱ ساختار درز

فصل ۲۱: پی (شالوده) برای تجهیزات جابجایی کالا

۲۱-۱- اصول طراحی

پی برای تجهیزات ریلی جابجایی کالا باید به گونه‌ای مناسب و با توجه به نیروهای خارجی موثر بر آن، تغییر مکان مجاز پی، درجه دشواری نگهداری، تاثیر بر سازه اسکله، هزینه‌های ساخت و نگهداری و غیره طراحی شود.

نکات فنی

تغییر مکان ریل‌ها در زمان تکمیل ساخت کوچک است که با گذشت زمان افزایش می‌یابد. بنابراین باید خطای ساخت را تا حد ممکن کاهش داد. بازه خطا در میان سازندگان تجهیزات، متغیر است. جدول ۲۱-۱ الزامات نصب و نگهداری را که معمولاً به کار می‌رود، نشان می‌دهد.

جدول ۲۱-۱-۱ الزامات برای نصب ریل‌ها برای حرکت تجهیزات

مورد	الزامات نصب	الزامات نگهداری (حدود بالایی برای عملکرد)
دهانه ریل	± 10 میلی‌متر یا کمتر برای کل طول ریل	± 15 میلی‌متر یا کمتر برای کل طول ریل
انحراف افقی و قائم ریل	۵ میلی‌متر یا کمتر در هر ۱۰ متر ریل	۱۰ میلی‌متر یا کمتر در هر ۱۰ متر ریل
اختلاف تراز بین ریل‌های سمت دریا و سمت خشکی	یک هزارم دهانه ریل یا کمتر	یک پانصدم دهانه ریل یا کمتر
شیب در جهت حرکت	۱:۵۰۰ یا کمتر	۱:۲۵۰ یا کمتر
مستقیم بودن	± 10 میلی‌متر یا کمتر برای کل طول ریل	± 80 میلی‌متر یا کمتر برای کل طول ریل
درزهای ریل	اختلاف افقی و قائم: ۰/۵ میلی‌متر یا کمتر	اختلاف افقی و قائم: ۱ میلی‌متر یا کمتر
	شکاف: ۵ میلی‌متر یا کمتر	شکاف: ۵ میلی‌متر یا کمتر
فرسایش سر ریل	-	۱۰٪ یا کمتر از ابعاد اصلی

۲۱-۲- نیروهای خارجی موثر بر پی تجهیزات جابجایی کالا

نیروهای خارجی که بر پی تجهیزات جابجایی کالا، اثر می‌کند، باید به طور مناسب و با در نظر داشتن نوع، اندازه و شرایط عملکرد تجهیزات جابجایی کالا، تعیین شود.

نکات فنی

۱) نیروهای خارجی موثر بر پی تجهیزات جابجایی کالا باید براساس آیین‌نامه‌های معتبر و مرتبط محاسبه شود. برای تعیین بار چرخ‌های جرثقیل کانتینری نصب شده بر روی اسکله با مقاومت لرزه‌ای بالا، به بخش ۹، بند ۲-۴- تاسیسات جابجایی کالا مراجعه شود. حداکثر بار چرخ باید در شرایط مختلف جرثقیل و به صورتی که در جدول ۲۱-۲-۱ ارائه شده است، بررسی شود.

۲) فرض می‌شود که بار چرخ بر مقاطع تمام طول ریل‌ها، در هنگام فعالیت جرثقیل یا در هنگام زلزله اعمال می‌گردد. در هنگام طوفان، بارهای چرخ، بر مقطعی که جرثقیل در آن توقف کرده، وارد می‌شود.

۳) به عنوان بار چرخ که در هنگام فعالیت جرثقیل بر ریل اعمال می‌شود، بار متحرکی معادل ۱۲۰ درصد حداکثر بار چرخ جرثقیل در حالت توقف در نظر گرفته می‌شود. البته هنگامی که سرعت حرکت جرثقیل کمتر از ۶۰ متر بر دقیقه باشد، مقدار این بار برابر با ۱۱۰

درصد حداکثر فشار چرخ حالت متوقف خواهد بود.

جدول ۲۱-۲-۱- مشخصات برای حداکثر بار چرخ

مواردی مورد توجه	سمت خشکی	سمت دریا	پایه ها		شرایط جرتقیل
			عمود بر ریل ها	موازی ریل ها	
- ظرفیت جرتقیل (t/h) - وزن مرده جرتقیل (kN) - فاصله محور عقب و جلو (m)	○○○	○○○	قائم	افقی	بهره برداری
	○○	○○	عمود بر ریل ها		
	○○	○○	موازی ریل ها		
- دهانه ریل (m) - تعداد چرخ ها (سمت دریا، سمت خشکی)	○○○	○○○	قائم	افقی	هنگام طوفان
	○○	○○	عمود بر ریل ها		
- فاصله چرخ ها (m) - سرعت حرکت جرتقیل (m/min) - پایه ثابت/مفصلی	○○○	○○○	قائم	افقی	هنگام زلزله
	○○	○○	عمود بر ریل ها		
	○○	○○	موازی ریل ها		

۲۱-۳-۲- ظرفیت باربری شمع

شمع باید مقاومت کافی و ایمن در برابر بار ناشی از تجهیزات جابجایی کالا و پی آن را داشته باشد.

نکات فنی

۱) نیرویی که روی شمع اعمال می شود باید نیروی عکس العملی باشد که بر اساس بند ۲۱-۳-۱- تیر بتنی محاسبه می شود.

۲) ظرفیت باربری شمع باید بر اساس بخش ۵، فصل ۴- ظرفیت باربری شمع ها محاسبه شود.

۳) هنگامی که شمع تحت اثر فشار محرک خاک گوه گسیختگی قرار داشته باشد، باید روش شرح داده شده در بند ۶-۶-۳- طراحی شمع به کار رود.

۴) هنگامی که شمع تحت اثر فشار محرک خاک گوه گسیختگی قرار دارد، عمق مدفون مورد نیاز برای شمع های سمت دریا و شمع های سمت خشکی متفاوت است. البته در عمل برای جلوگیری از نشست نامتقارن پی، پی های شمعی در سمت دریا و خشکی دارای طول یکسانی می باشد و هنگامی که شمع های دو طرف در لایه مقاوم کوبیده شود، نیازی به یکسان بودن طول مدفون آنها نخواهد بود.

۲۱-۳-۳- طراحی پی به صورت شمع

۲۱-۳-۱- تیر بتنی

۱) تیرهای بتنی که روی پی شمعی ساخته می شود را باید به صورت تیر پیوسته که تکیه گاه های آن سر شمع ها است، در نظر گرفت و از اثرات عکس العمل زمین صرف نظر نمود.

۲) تیرهای بتنی ساخته شده بر روی پی های شمعی باید برای فشار وارده بین ریل و بتن و برای بارهای منتقل شده از ریل، طراحی شود.

نکات فنی

تنش در ریل، معمولاً با فرض ریل به صورت یک تیر پیوسته بینهایت با تکیه گاه ارتجاعی، محاسبه می شود. این روش اغلب برای مواردی که یک ماده ارتجاعی (مانند صفحه لاستیکی) بین ریل و بتن برای جلوگیری از خرد شدن بتن، قرار گرفته و بار چرخ روی

تیر گسترده می‌گردد، استفاده می‌شود.

الف) تنش در ریل و فشار بین ریل و بتن را می‌توان با استفاده از روش شرح داده در نکات فنی بند ۲۱-۴-۲- تیر بتنی محاسبه کرد. در این شرایط E_c ، I_c و K در رابطه ۲۱-۴-۱ به شرح زیر است:

E_c : مدول ارتجاعی ریل

I_c : ممان اینرسی ریل

K : ضریب ارتجاعی مواد قرار گرفته در زیر ریل (وقتی از صفحات مهار استفاده شود، ضریب ارتجاعی آنها منظور می‌شود)

هنگامی که مقدار تنش برشی خیلی زیاد باشد، باید مقدار آن را با قرار دادن صفحات ارتجاعی در زیر ریل و توزیع تنش کاهش داد.

ب) نیروی بست بین ریل و پی را می‌توان با استفاده از نظریه تیر بر روی بستر ارتجاعی محاسبه کرد، اما لازم است اثر ضربه به اندازه کافی کاهش یابد. در بسیاری از موارد از پیچ‌های با قطر حدود ۲۲ میلی‌متر در فواصل تقریبی ۵۰ سانتیمتر استفاده می‌شود.

۲۱-۴-۲- طراحی پی بدون شمع

۲۱-۴-۱- بررسی اثر بر اسکله

هنگامی که از شمع برای پی تجهیزات جابجایی کالا استفاده نشود، باید اثر بار تجهیزات جابجایی کالا و پی آن بر سازه اصلی اسکله بررسی شود.

نکات فنی

۱) اعمال یک بار بر ناحیه پشت سازه وزنی، فشار خاک را افزایش داده و ممکن است موجب لغزش اسکله به جلو شود. تاثیر بار متمرکز بر فشار خاک، درست زیر نقطه اعمال بار زیاد است، اما این اثر با افزایش عمق کم می‌شود. هرگاه ارتفاع اسکله دیواری کم و طول اسکله (در جهت امتداد آن) کوتاه باشد، طراحی باید به دلیل تاثیر زیاد بار متمرکز، با دقت انجام شود.

هنگامی که بار به صورت مستقیم بر اسکله دیواری اعمال می‌شود، عکس‌العمل خاک بستر افزایش می‌یابد. بویژه، هنگامیکه بار بر قسمت جلویی اسکله وارد می‌شود، نیروی عکس‌العمل خاک بستر در پنجه جلویی به طور قابل توجهی بالا می‌رود. در اسکله با عرض کم و طول کوتاه، این افزایش نیرو به طور قابل ملاحظه‌ای تقویت شده و لذا طراحی باید با دقت بیشتری انجام شود.

۲) در اسکله سپری متعارف، حداکثر تنش در تراز میانی بین محل نصب عضو مهاری و بستر دریا رخ می‌دهد. البته هنگامی که انتظار می‌رود یک بار متمرکز بر سطح پشت سپر اعمال شود، طراحی باید به دقت انجام شود زیرا ممکن است حداکثر تنش در تراز نزدیک محل نصب میل مهار رخ دهد. ضمناً تاثیر نامطلوب بار متمرکز بر قسمت مدفون سپر به ندرت رخ خواهد داد و توصیه می‌شود که ضخامت خاک پیش‌بینی شده روی عضو مهاری به اندازه کافی باشد تا از اثر نامطلوب بر عضو مهاری جلوگیری شود.

۲۱-۴-۲- تیر بتنی

تیر بتنی مسلح که به طور مستقیم روی پی قلوه سنگی اجرا شده بر روی زمین طبیعی ساخته می‌شود، باید به گونه‌ای طراحی شود که به اندازه کافی در برابر لنگر خمشی، نیروی برشی و تغییر شکل ایمن بوده و همچنین نشست تیر کمتر از نشست مجاز باشد.

نکات فنی

۱) لنگر خمشی، نیروی برشی و خیز تیر بتنی مسلح ساخته‌شده روی پی قلوه‌سنگی را می‌توان با استفاده از روابط ۲۱-۴-۱ تا ۲۱-۴-۶ محاسبه کرد.

الف) هنگامی که محل اعمال بار در نزدیکی وسط تیر قرار داشته باشد:

$$M = \sqrt[4]{\frac{E_c I_c}{64K}} \sum W_i e^{-\beta x_i} (\cos \beta x_i - \sin \beta x_i) \quad (1-4-21)$$

$$S = \frac{I}{2} \sum W_i e^{-\beta x_i} \cos \beta x_i \quad (2-4-21)$$

$$y = \sqrt[4]{\frac{I}{64E_c I_c K^3}} \sum W_i e^{-\beta x_i} (\cos \beta x_i + \sin \beta x_i) \quad (3-4-21)$$

ب) هنگامی که محل اعمال بار در لبه‌ها یا محل درز تیر قرار داشته باشد:

$$M = \sum \frac{W_i}{\beta} e^{-\beta x_i} \sin \beta x_i \quad (4-4-21)$$

$$S = \sum W_i e^{-\beta x_i} (\sin \beta x_i - \cos \beta x_i) \quad (5-4-21)$$

$$y = \frac{2W_i \beta}{K} e^{-\beta x_i} \cos \beta x_i \quad (6-4-21)$$

که در آن:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K}{4E_c I_c}}$$

M : لنگر خمشی مقطع تیر مورد بررسی ($N.mm$)

K : نیروی برشی مقطع تیر مورد بررسی (N)

y : خیز مقطع تیر مورد بررسی (mm)

E_c : ضریب ارتجاعی بتن (N/mm^2)

W_i : بار چرخ (N)

I_c : ممان اینرسی پی بتنی (mm^4)

$K = Cb$: ضریب ارتجاعی زمین،

C : فشار مورد نیاز برای ایجاد نشست واحد در واحد سطح زمین (N/mm^3)

b : عرض کف تیر بتنی (mm)

x_i : فاصله بین محل اعمال بار چرخ با مقطع تیر مورد بررسی (mm)

PMO