

بخش ۴

قطعات بتنی پیش ساخته

PMO

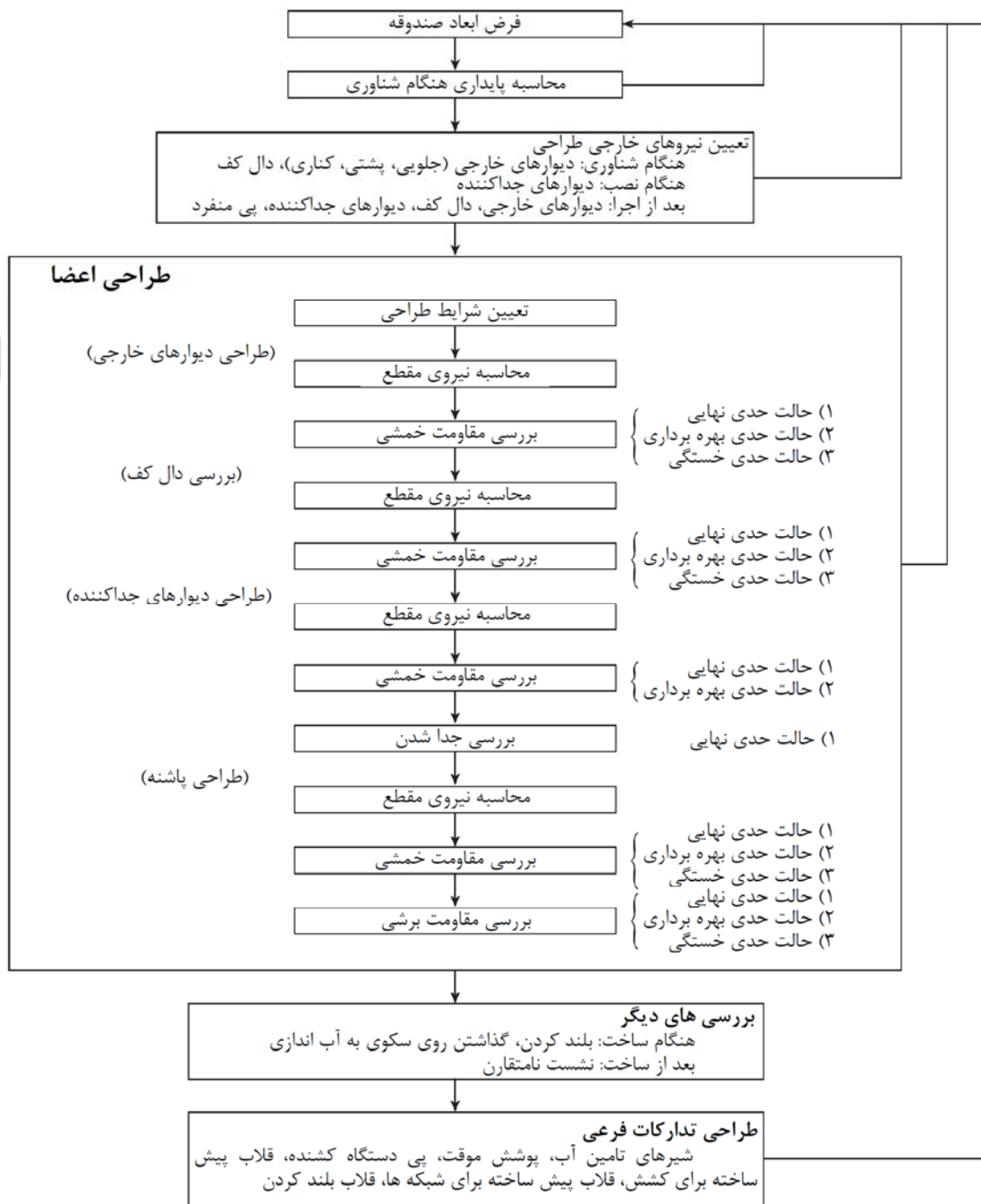
فصل ۱ - صندوقه ها

۱-۱- کلیات

- (۱) الزامات این فصل برای طراحی صندوقه های بتنی مسلح متعارف مورد استفاده در تجهیزات بنادر کاربرد دارد.
 (۲) طراحی بر اساس روش طراحی حالت حدی انجام می گیرد.

نکات فنی

(۱) می توان طراحی صندوقه ها را بر اساس مراحل شکل ۱-۱-۱ انجام داد.



شکل ۱-۱-۱- مراحل طراحی صندوقه

(۲) برای تشریح حالات حدی می توان به بخش ۳، بند ۳-۲- اصول طراحی براساس روش طراحی حالت حدی مراجعه نمود.
(۳) ممکن است برای صندوقه های دیوار ساحلی، ارزیابی حالت حدی خستگی انجام نگیرد.

۲-۱- تعیین ابعاد

ابعاد اعضای صندوقه با توجه به عوامل زیر تعیین می گردد:

- (۱) ظرفیت تجهیزات ساخت صندوقه
- (۲) عمق آبخورد صندوقه و عمق آب در محل نصب (عمق بالای تاج خاکریز پی)
- (۳) پایداری شناوری
- (۴) شرایط کار هنگام انتقال و نصب: جریانات جزر و مدی، امواج، باد و غیره
- (۵) شرایط کار بعد از نصب صندوقه: پرکردن، نصب بتن رویی، جریانات جزر و مدی، امواج، باد و غیره
- (۶) نشست نامتقارن خاکریز
- (۷) خمش و پیچش وارد بر صندوقه

نکات فنی

اصطلاحات اعضای صندوقه در شکل ۱-۲-۱ ارائه شده است. ضخامت دیوار خارجی معمولاً ۳۰cm تا ۶۰cm (با فاصله بین دیوارهای جداکننده کمتر از ۵m)، ضخامت دال کف ۴۰cm تا ۸۰cm و ضخامت دیوارهای جداکننده ۲۰cm تا ۳۰cm می باشد.

۳-۱- پایداری شناوری

اگر صندوقه برای رسیدن به محل نصب به شکل شناور حمل شود، پایداری شناوری صندوقه بررسی می گردد تا صندوقه واژگون یا کج نگردد.

نکات فنی

(۱) برای اطمینان از پایداری صندوقه در آب باید رابطه ۱-۳-۱ ارضا گردد (شکل ۱-۳-۱).

$$\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} > 0$$

(۱-۳-۱)

که در آن:

V : جابجایی (m^3)

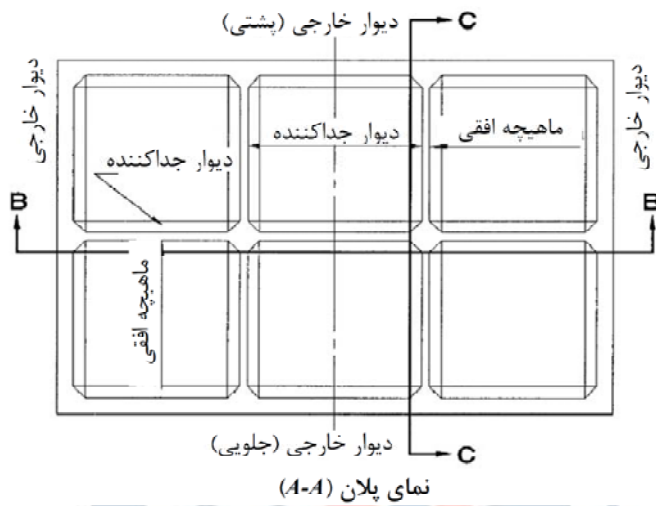
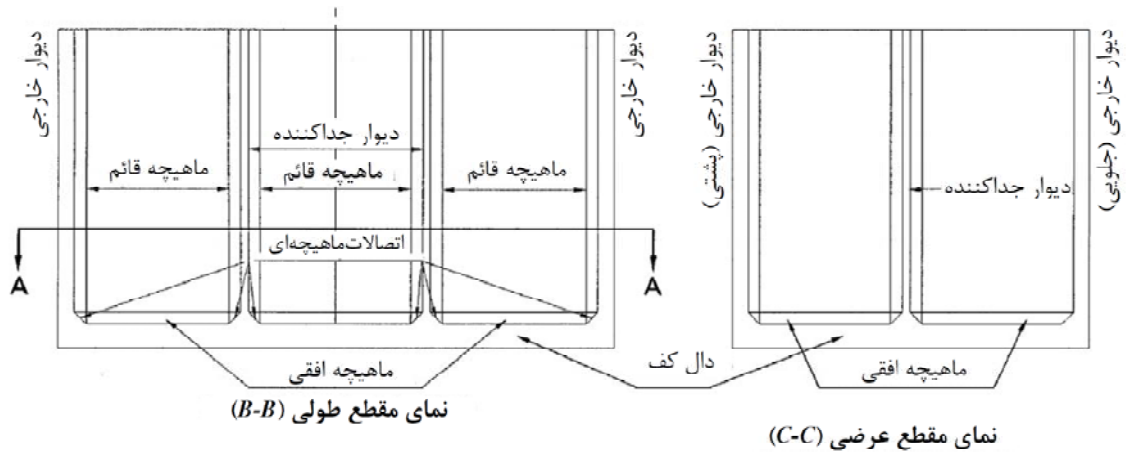
I : ممان اینرسی مقطع در تراز آب ساکن حول محور طولی (m^4)

C : مرکز شناوری

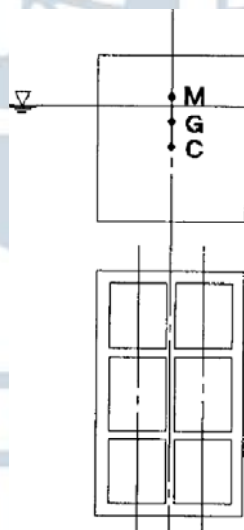
G : مرکز ثقل

M : نقطه توازن (metacenter)

برای تامین ایمنی، فاصله GM باید برابر ۵ درصد عمق آبخور یا بیشتر باشد.



شکل ۱-۲-۱- اسامی اعضای صندوقه



شکل ۱-۳-۱- بایرداری صندوقه

- (۲) رابطه ۱-۳-۱ برای حالتی که مقطع صندوقه متقارن بوده و کج شدگی کم باشد، کاربرد دارد.
- (۳) رابطه ۱-۳-۲ یا ۱-۳-۳ در حالتی که از مصالح تعادلی در داخل صندوقه استفاده می شود کاربرد دارد.
- الف) استفاده از آب به عنوان مصالح تعادلی:

$$\frac{I}{V'}(I' - \sum i) - \overline{C'G'} > 0 \quad (۲-۳-۱)$$

ب) استفاده از ماسه، سنگ یا بتن تازه به عنوان مصالح تعادلی:

$$\frac{I'}{V'} - \overline{C'G'} > 0 \quad (۳-۳-۱)$$

که در آن:

i : ممان اینرسی سطوح آب داخل محفظه ها حول محور مرکزی که موازی محور دوران صندوقه می باشد (m^4)
 I' ، d' ، C' و G' : تغییر مکان، ممان اینرسی، مرکز شناوری و مرکز ثقل صندوقه با مصالح تعادلی می باشند.

۴-۱- نیروی های خارجی طراحی

۴-۱-۱- ترکیب بارها و ضرایب بار

ترکیب بارها و ضرایب بار در شرایط زیر به طور مناسبی در نظر گرفته شود:

(۱) موج شکن

(۱) بدون موج

(۲) با امواج

(۳) هنگام اجرا

(۲) دیوار ساحلی

(۱) تحت شرایط معمولی

(۲) هنگام زلزله

(۳) هنگام اجرا

نکات فنی

(۱) ضرایب ایمنی حالت حدی نهایی و ضرایب تاثیر بر عرض ترک حالت حدی بهره برداری (بخش ۳، بند ۳-۲- اصول طراحی

بر اساس روش طراحی حالت حدی) برای ضرب در مشخصات بار مربوط به ترکیبات بارهای گوناگون در طراحی، در جدول

۱-۴-۱ ارائه شده است. می توان پاشنه را شبیه دال کف در نظر گرفت.

(۲) مقادیر داخل جدول ۱-۴-۱ ضرایب بار حالت حدی نهایی می باشد. اعداد داخل کروشه [] ضرایب بار حالتی است که باری

کوچکتر، بار طراحی بزرگتری برای عضو ایجاد می کند. مقادیر داخل پرانتز () ضریب تاثیر بر عرض ترک در حالت حدی بهره

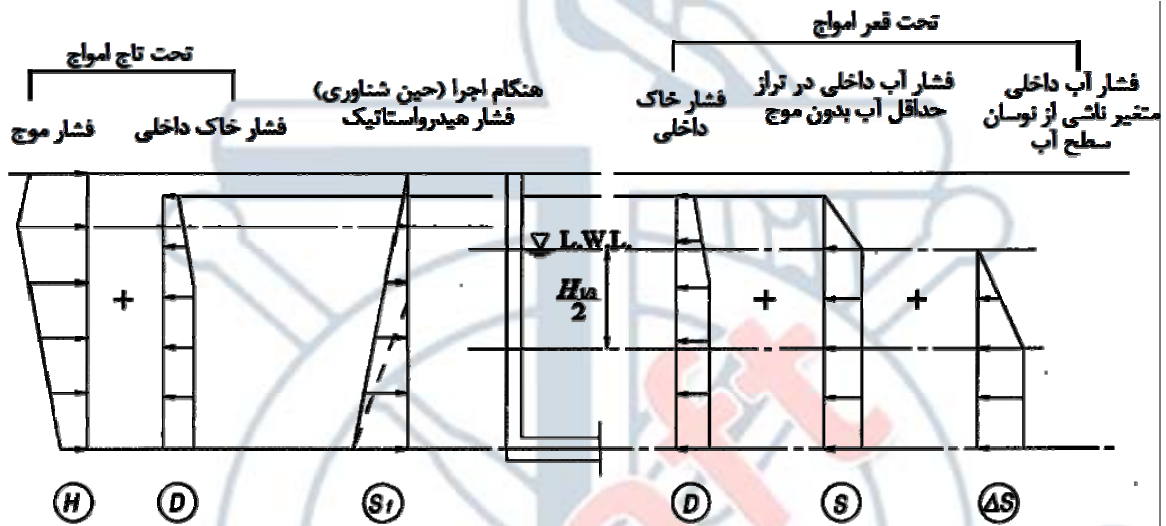
برداری را نشان می دهد.

(۳) بارهای هنگام اجرا دارای دوره اثر کمتری نسبت به سایر شرایط بوده و فقط هنگام اجرا رخ می دهند. بنابراین ضریب تاثیر بر

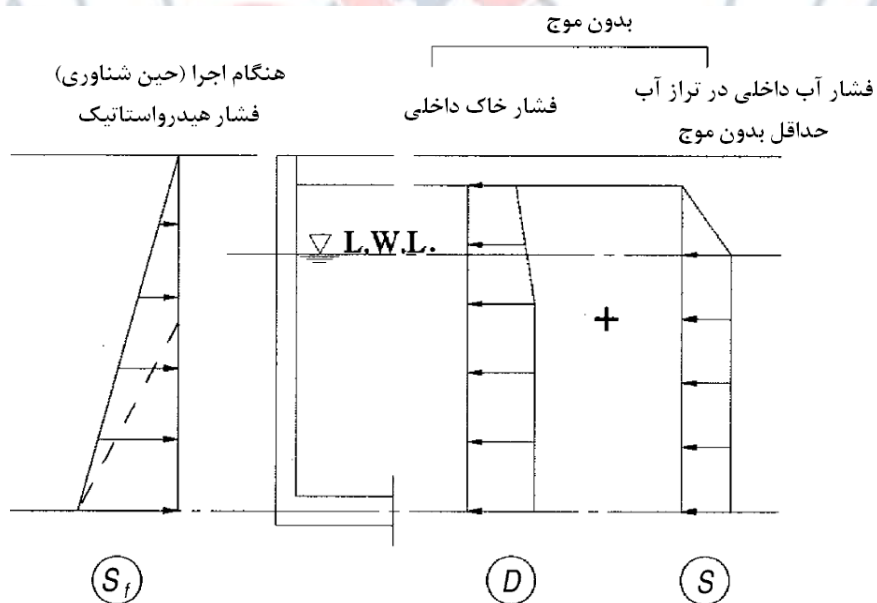
عرض ترک (k_r و k_p) در حالت حدی بهره برداری را می توان ۰/۵ در نظر گرفت.

۴) بارهای طراحی دیوارهای خارجی صندوقه های موج شکن در شکل ۱-۴-۱ تا ۳-۴-۱ و ضرایب بار و ضرایب تاثیر بر عرض ترک در جدول ۱-۴-۱ تا ۳-۴-۱ ارائه شده است.

الف) دیوار جلویی (موازی محور مرکزی: سمت دریا)



شکل ۱-۴-۱- بارهای طراحی برای دیوار جلویی (موج شکن)



شکل ۱-۴-۲- بارهای طراحی برای دیوار عقبی (موج شکن)

جدول ۱-۴-۱- بارها و ضرایب بار

الف) موج شکن

شرایط	وزن مرده	فشار هیدرواستاتیک	فشار خاک داخلی	عکس العمل دال کف	فشار آب داخلی	فشار بالا برنده	عکس العمل دال کف متغیر	فشار آب داخلی متغیر	نیروی موج	اختلاف تراز آب بین محفظه ها	توضیحات
بدون موج	(۱/۰) ۰/۹	(۱/۰) ۱/۱	(۱/۰) ۱/۱	(۱/۰) ۱/۱	(۱/۰) ۱/۱						دال کف
											دیوار خارجی
تحت اثر موج	[۰/۹] ۱/۱ (۱/۰)	[۰/۹] ۱/۱ (۱/۰)	(۱/۰) ۰/۹	[۰/۹] ۱/۱ (۱/۰)	[۰/۷] ۱/۳ (۱/۰)	[۰/۸] ۱/۲ (۱/۰)			(۱/۰) ۱/۳		دال کف
											دیوار خارجی
هنگام اجرا	(۰/۵) ۰/۹	(۰/۵) ۱/۱	(۱/۰) ۱/۱	(۱/۰) ۱/۱						(۰/۵) ۱/۱	دال کف (وقتی شناور باشد)
											دیوار خارجی (وقتی شناور باشد)
											دیوار جداکننده (هنگام نصب)

ب) دیوارهای ساحلی

شرایط	وزن مرده	فشار هیدرواستاتیک	فشار آب داخلی	فشار خاک داخلی	عکس العمل دال کف تحت بار دائمی	سربار	عکس العمل دال کف هنگام زلزله		فشار هیدرواستاتیک هنگام نصب	توضیحات
							فشار هیدرواستاتیک در آب ساکن	بار هنگام اجرا		
تحت شرایط معمولی	(۱/۱) ۰/۹	(۱/۰) ۱/۱	(۱/۰) ۱/۱	(۱/۰) ۱/۱	(۱/۰) ۱/۱	(۰/۵) ۰/۸				دال کف (عکس العمل ناشی از سربار غیر زلزله)
										دیوار خارجی
هنگام زلزله	(-) ۱/۰	(-) ۱/۰				(-) ۱/۰				دال کف (عکس العمل ناشی از سربار هنگام زلزله)
هنگام اجرا	(۰/۵) ۰/۹								(۰/۵) ۱/۱	دال کف (وقتی شناور باشد)
										دیوار خارجی (وقتی شناور باشد)
										دیوار جداکننده (هنگام نصب)

توجه: هنگام ارزیابی نیروی لرزه ای، بارهای مشخصه طبق بخش ۲، فصل ۱۲- زلزله و نیروهای لرزه ای حساب می گردد.

جدول ۱-۴-۲- ضرایب بار و ضریب تاثیر بر عرض ترک برای دیوار جلویی (موج شکن)

جهت بار	شرایط طراحی	حالت حدی نهایی	حالت حدی بهره برداری
بار از خارج	زیر تاج موج	$1.3H-0.9D$	$1.0H-1.0D$
	وقتی شناور است	$1.1S_f$	$0.5S_f$
بار از داخل	زیر قعر موج	$1.1D+1.1S+1.2\Delta S$	$1.0D+1.0S+1.0\Delta S$

توجه: (۱) بار از خارج، بزرگترین بار از میان دو شرایط بار بالا می باشد.

(۲) برای علائم داخل جدول به شکل ۱-۴-۱ مراجعه گردد.

(ب) دیوار عقبی (موازی محور مرکزی: سمت خشکی)

جدول ۱-۴-۳- ضرایب بار و ضریب تاثیر بر عرض ترک برای دیوار عقبی (موج شکن)

جهت بار	شرایط طراحی	حالت حدی نهایی	حالت حدی بهره برداری
بار از خارج	وقتی شناور است	$1.1S_f$	$0.5S_f$
بار از داخل	حداقل تراز آب بدون موج	$1.1D+1.1S$	$1.0D+1.0S$

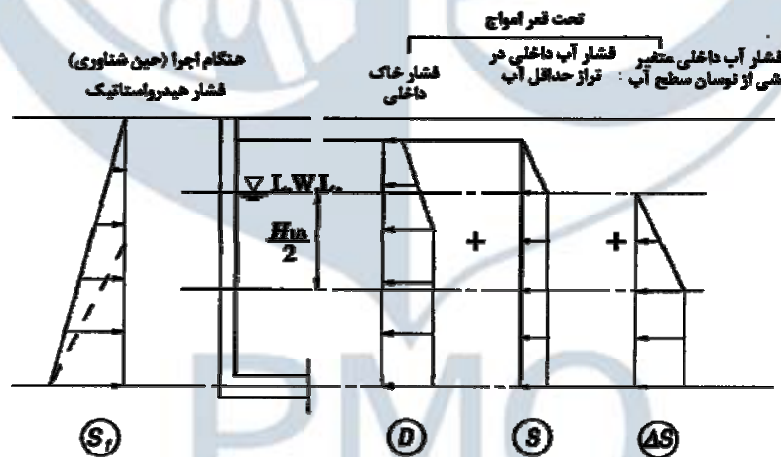
توجه: برای علائم داخل جدول به شکل ۱-۴-۲ مراجعه گردد.

(ج) دیوار کناری (عمود بر خاکریز)

جدول ۱-۴-۴- ضرایب بار و ضریب تاثیر بر عرض ترک برای دیوار کناری (موج شکن)

جهت بار	شرایط طراحی	حالت حدی نهایی	حالت حدی بهره برداری
بار از خارج	وقتی شناور است	$1.1S_f$	$0.5S_f$
بار از داخل	زیر قعر موج	$1.1D+1.1S+1.2\Delta S$	$1.0D+1.0S+1.0\Delta S$

توجه: برای علائم داخل جدول به شکل ۱-۴-۳ مراجعه گردد.



شکل ۱-۴-۳- بارهای طراحی برای دیوار کناری (موج شکن)

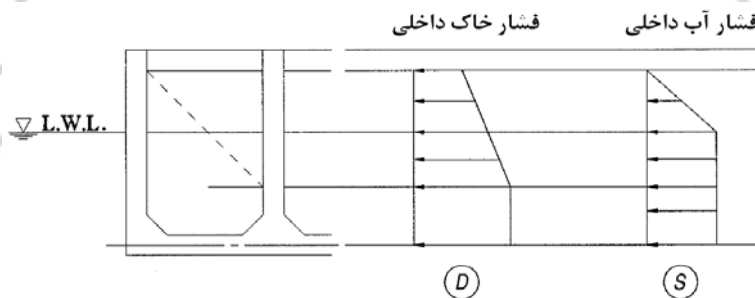
(۵) بارهای طراحی برای دیوارهای کناری صندوقه‌های دیوار ساحلی در شکل ۱-۴-۴ و ضرایب بار در جدول ۱-۴-۵ ارائه شده است.

جدول ۱-۴-۵- ضرایب بار و ضریب تاثیر بر عرض ترک برای دیوار خارجی (موج شکن)

جهت بار	شرایط طراحی	حالت حدی نهایی	حالت حدی بهره برداری
بار از خارج	وقتی شناور است	$1.1S_f$	$0.5S_f$
بار از داخل	در حداقل تراز آب	$1.1D+1.1S$	$1.0D+1.0S$

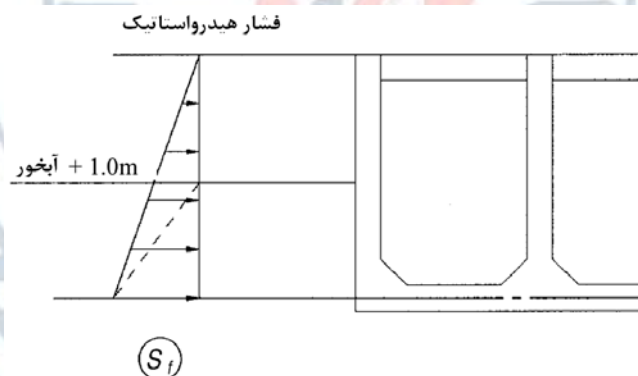
توجه: برای علائم داخل جدول به شکل ۱-۴-۴ مراجعه گردد.

الف) تحت شرایط معمولی (بارها از سمت خارج)



شکل ۱-۴-۴-الف- بارهای طراحی برای دیوارهای کناری (دیوار ساحلی)

ب) در شرایط شناوری (بارها از سمت خارج)



شکل ۱-۴-۴-ب- بارهای طراحی برای دیوارهای کناری (دیوار ساحلی)

۶) بارهای دال های کف صندوقه های موج شکن در حالت شناور با ضرب بار مشخصه در ضرایب بار و ضریب تاثیر بر عرض ترک محاسبه می شود که در جدول ۱-۴-۱ ملاحظه می گردد.

بارهای وارد بر دال های کف صندوقه های موج شکن بعد از ساخت در شکل ۱-۴-۵ نشان داده شده است. بار ترکیبی بدون موج (D_0) نقش بار دائم را دارد. بار ترکیبی با موج شامل بار ترکیبی بدون موج، عکس العمل متغیر دال کف (ΔR) و فشار بالابرنده (U) می باشد (شکل ۱-۴-۵). بار را می توان از روابط جدول ۱-۴-۷ و براساس دسته بندی جدول ۱-۴-۶ محاسبه نمود.

جدول ۱-۴-۶- دسته بندی بار تحت نیروی موج (موج شکن)

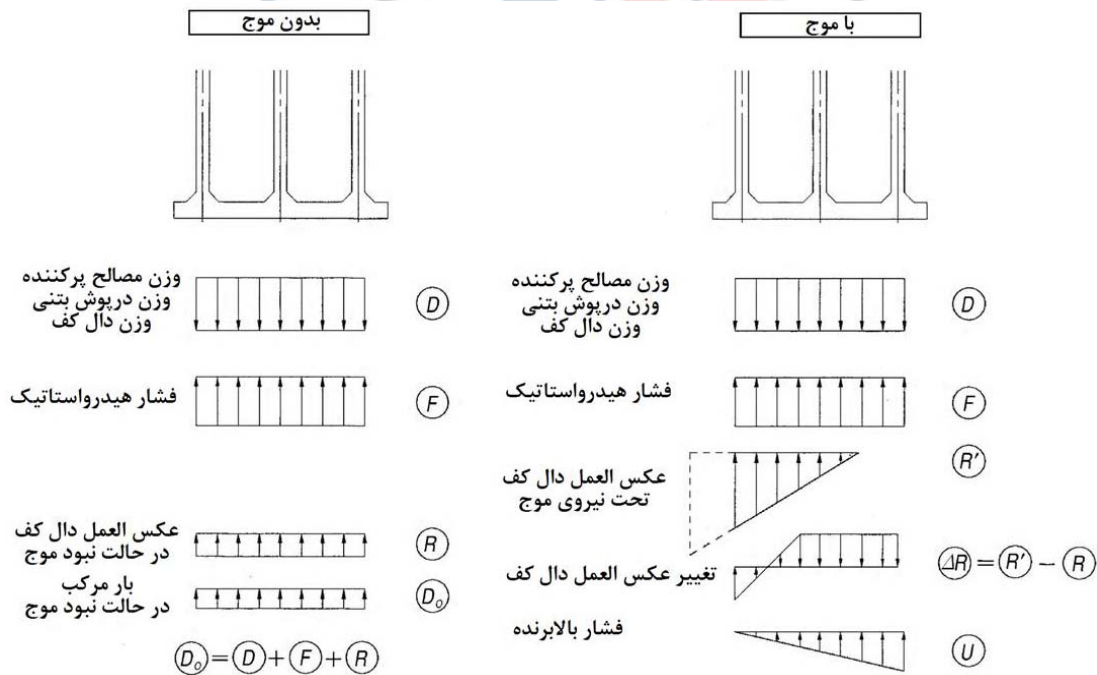
بار	دسته بندی بار
بار ترکیبی بدون موج (D_0)	دائم
عکس العمل متغیر دال کف (ΔR)، فشار بالابرنده (U)	متغیر

جدول ۱-۴-۷- ترکیب بار با ضرایب بار یا ضریب تاثیر بر عرض ترک (موج شکن)

حالت حدی	شرایط	جهت ΔR و W	ضرایب بار و ترکیب بار
حالت حدی نهایی	تاج موج	$\Delta R \uparrow$	$1.1D_0+1.2\Delta R+1.3U$
		$\Delta R \downarrow$	$1.1D_0+0.8\Delta R+1.3U$
		$W \downarrow$	$(*) 0.9D_0+1.2\Delta R+0.7U$
	قعر موج	$\Delta R \uparrow$	$1.1D_0+1.2\Delta R+0.7U$
		$\Delta R \downarrow$	$0.9D_0+0.8\Delta R+1.3U$
		$W \downarrow$	$1.1D_0+0.8\Delta R+0.7U$
حالت حدی بهره برداری	همه	-	$1.0D_0+1.0\Delta R+1.0U$

توجه: (۱) مجموع بارها باید به صورت جبری یعنی با توجه به جهت بارها انجام گیرد.

(۲) (*) وقتی عکس العمل متغیر دال کف (ΔR) رو به پایین باشد، مقدار $1.2|\Delta R|$ نمی تواند از $1.1|R|$ فراتر رود. بنابراین اگر $1.2|\Delta R| > 1.1|R|$ باشد، ترکیب بارها با رابطه $0.9D_0+1.1|R|+0.7(1.3)U$ جایگزین می گردد.



شکل ۱-۴-۵- بار طراحی دال کف (موج شکن)

(۷) بارهای طراحی دال های کف صندوقه های دیوار ساحلی در حالت شناور با ضرب بار مشخصه در ضرایب بار جدول ۱-۴-۱ حاصل می گردد.

بارهای وارد بر دال کف در شکل ۱-۴-۶ مشاهده می شود. نیروی برآیندی که از وزن مصالح پرکننده و درپوش بتنی، فشار هیدرواستاتیک و عکس العمل دال کف ترکیب شده است، بار دائمی تلقی می گردد. سربار و عکس العمل دال کف در زلزله بار متغیر در نظر گرفته می شوند. بارهای طراحی را می توان با استفاده از رابطه جدول ۱-۴-۸ محاسبه نمود.

جدول ۱-۴-۸- ترکیبات بار (دیوار ساحلی)

حالت حدی نهایی	حالت حدی بهره برداری (*)	
$0.9D+1.1R+1.1F+0.8W$	$1.0D+1.0R+1.0F+0.5W$	تحت شرایط معمولی
$0.9D+1.0R+1.1R'+0.8W'$	لازم نیست	هنگام زلزله
$0.9D_f+1.1S_f$	$0.5D_f+0.5S_f$	حالت شناوری

توجه: برای علائم داخل جدول به شکل ۱-۴-۶ مراجعه شود.

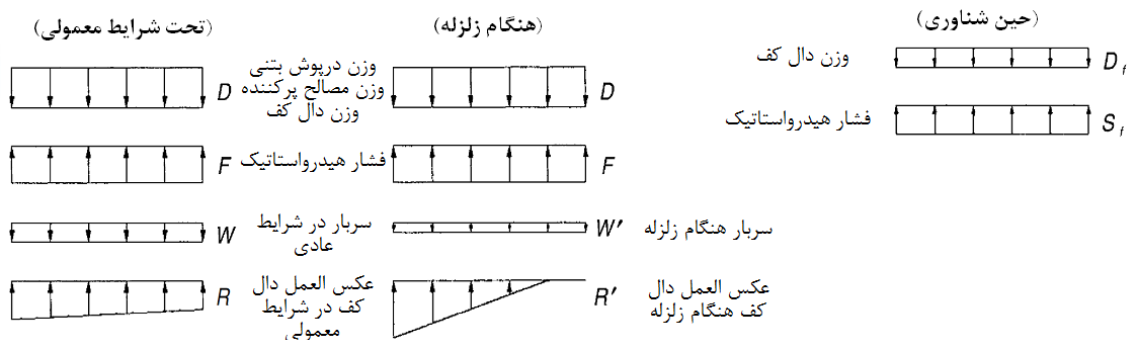
۸) برای بررسی لنگر خمشی دیوارهای جداکننده، بار طراحی برابر اختلاف تراز هیدرواستاتیک بین محفظه‌ها هنگام نصب می باشد. مقادیر طراحی به صورت زیر می باشد:

حالت حدی نهایی: $1.1S$ برای ضریب بار: (γ_f)

حالت حدی بهره برداری: $0.5S$ برای ضریب تاثیر بر عرض ترک: (k_p)

نماد S نشان دهنده بار مشخصه می باشد.

برای بررسی جدا شدن دال کف و دیوار کناری، بار طراحی باید از میان بزرگترین بارهای طراحی دال کف و دیوار کناری تعیین گردد.



شکل ۱-۴-۶- بارهای طراحی دال های کف (دیوار ساحلی)

۱-۴-۲- نیروهای خارجی هنگام ساخت

وقتی یک صندوقه در حوضچه خشک یا شناور ساخته می شود، می توان نیروهای خارجی هنگام ساخت را نادیده گرفت. به هر حال وقتی صندوقه توسط جک، بالا برده شده یا روی سکو قرار می گیرد تا به سرسره یا محل انبار صندوقه منتقل گردد، بار طراحی صندوقه، بار متمرکز وزن صندوقه می باشد.

نکات فنی

برای ارزیابی نیروی مقطع هنگام ساخت، کل صندوقه باید به عنوان تیر ساده در نظر گرفته شود.

۱-۴-۳- نیروهای خارجی هنگام به آب اندازی و شناوری

وقتی صندوقه ساخته شده در حوضچه خشک، شناور یا سرسره معمولی به آب انداخته شده و شناور می گردد، فشار هیدرواستاتیک در آبخور طراحی به عنوان ضریب اطمینان نیروی خارجی مقداری افزایش می یابد. اگر امکان دارد هنگام به آب اندازی، فشار هیدرواستاتیک بیشتری به طور موقت به صندوقه وارد شود، باید به طور جداگانه بررسی گردد.

نکات فنی

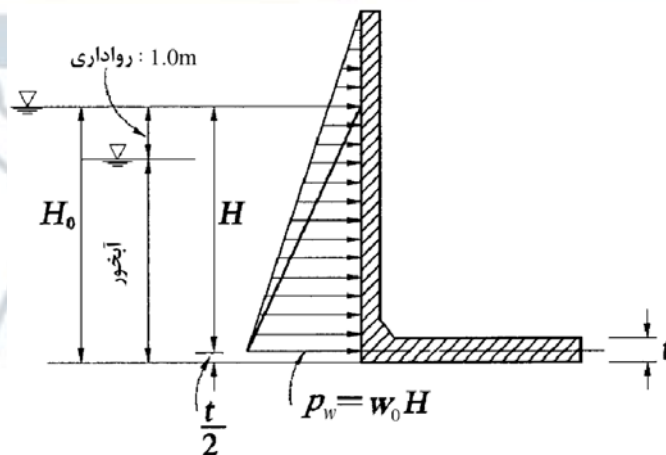
۱) دیوار خارجی

توزیع فشار آب طراحی بر دیوار خارجی باید به صورت زیر در نظر گرفته شود (شکل ۱-۴-۷):

(۱) آب‌خور صندوقه ۱m افزایش یابد.

(۲) فشار آب وارد بر کف با آب‌خور مذکور حساب شود.

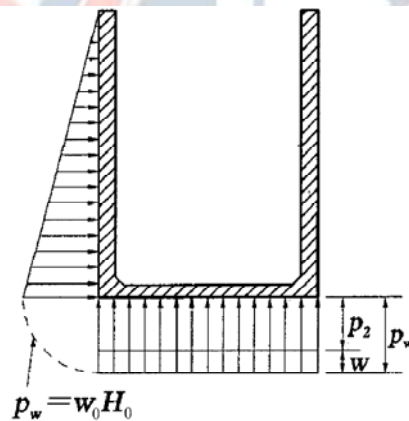
(۳) توزیع فشار آب به شکل مثلثی با مقدار حداکثر فوق و امتداد تا تاج دیوار خارجی، محاسبه گردد.



شکل ۱-۴-۷- فشار آب وارد بر دیوار خارجی

۲) دال کف

بار خارجی وارد بر دال کف باید برابر حاصل تفریق وزن مرده دال کف از فشار هیدرواستاتیک دال کف باشد (شکل ۱-۴-۸).



شکل ۱-۴-۸- نیروی خارجی وارد بر دال کف

$$p_2 = p_w - w = w_0 H_0 - w$$

(۱-۴-۱)

که در آن:

p_2 : فشار مشخصه وارد بر دال کف (kN/m^2)

P_w : فشار هیدرواستاتیک مشخصه وارد بر دال کف با رواداری ۱m اضافه شده به آب‌خور طراحی صندوقه (kN/m^2)

w : وزن مرده مشخصه دال کف (شامل وزن مصالح پرکننده به عنوان مصالح تعادلی اگر موجود باشد)، بدون کاهش اثر

شناوری (kN/m^2)

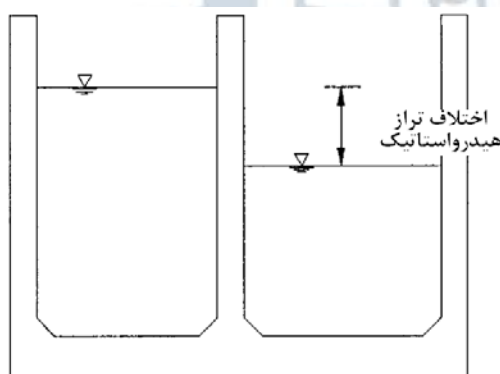
w_0 : وزن مخصوص مشخصه آب دریا (kN/m^3)

H_0 : عمق آب با رواداری حدود $1m$ اضافه شده به آبخور طراحی صندوقه

۱-۴-۴- نیروهای خارجی هنگام نصب

نکات فنی

- (۱) فشار هیدرواستاتیک وارد بر دیوارهای کناری و دال کف هنگام نصب، نیروی خارجی محسوب نمی شود.
- (۲) اختلاف تراز هیدرواستاتیک محفظه ها باید به عنوان نیروهای خارجی دیوارهای جداکننده استفاده شود (شکل ۱-۴-۹).



شکل ۱-۴-۹- اختلاف تراز هیدرواستاتیک محفظه ها

۱-۴-۵- نیروهای خارجی بعد از اجرا

[۱] دیوارهای خارجی

فشار جانبی مصالح پرکننده و فشار آب داخلی به عنوان نیروهای خارجی دیوارهای خارجی در نظر گرفته شود. نیروهای موج وارد بر دیوار جلویی نیز در طراحی صندوقه های موج شکن ها مدنظر قرار گیرد.

نکات فنی

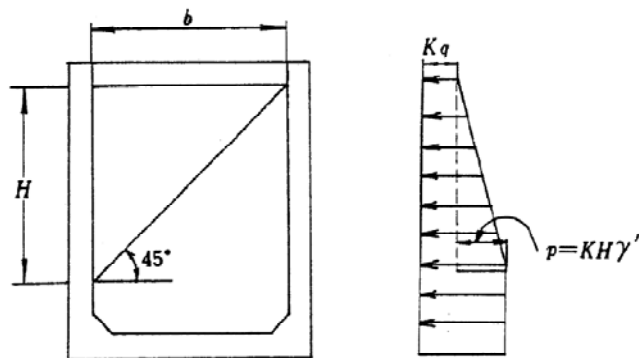
(۱) فشار جانبی مصالح پرکننده

(الف) توزیع ترکیب بار، اغلب شکل نامنظم به خود می گیرد، لذا برای مقاصد طراحی می توان توزیع نامنظم را به توزیع مثلثی یا یکنواخت معادل، تغییر داد.

(ب) ضریب فشار جانبی برابر $0/6$ قرار داده می شود. البته فشار جانبی وقتی مصالح پرکننده شامل بلوک های بتنی یا بتن تازه باشد، نادیده گرفته می شود.

(ج) باید فرض شود که فشار جانبی تا عمق معادل عرض محفظه افزایش می یابد و بعد از آن مقدار ثابتی خواهد داشت (شکل ۱-۴-۱۰).

(د) وقتی درپوش یا تاج بتنی دقیقاً چسبیده به بالای صندوقه قرار می گیرد، اثر سربار بالای درپوش یا تاج بتنی را می توان نادیده گرفت.



شکل ۱-۴-۱۰- فشار جانبی مصالح پرکننده

نمادهای داخل شکل ۱-۴-۱۰ به صورت زیر تعریف می‌گردد:

q : سربار مشخصه روی مصالح پرکننده (kN/m^2)

γ' : وزن مخصوص غوطه‌ور مشخصه مصالح پرکننده (kN/m^3)، می‌توان از $\gamma' = 10 kN/m^3$ استفاده نمود.

K : ضریب فشار جانبی مصالح پرکننده، $K = 0.6$

b : عرض محفظه (m)، $b = H$

(۲) فشار آب داخلی

فشار آب داخلی، اختلاف تراز آب بین تراز آب در صندوقه و تراز جزر آب (LWL) بیرون صندوقه می‌باشد. البته در حالتی که قعر موج بر دیوارهای جلویی موازی با محور مرکزی موج شکن یا دیوارهای کناری عمود بر محور مرکزی اثر می‌کند، تراز آب خارجی در عمق $(H/3)/2$ زیر LWL در نظر گرفته شود.

(۳) نیروی موج

برای دیوار جلویی صندوقه که موازی محور مرکزی موج شکن است، نیروی موج باید هنگامی که تاج موج بر دیوار اثر می‌کند در نظر گرفته شود.

(۴) توزیع فشار خاک و آب داخلی

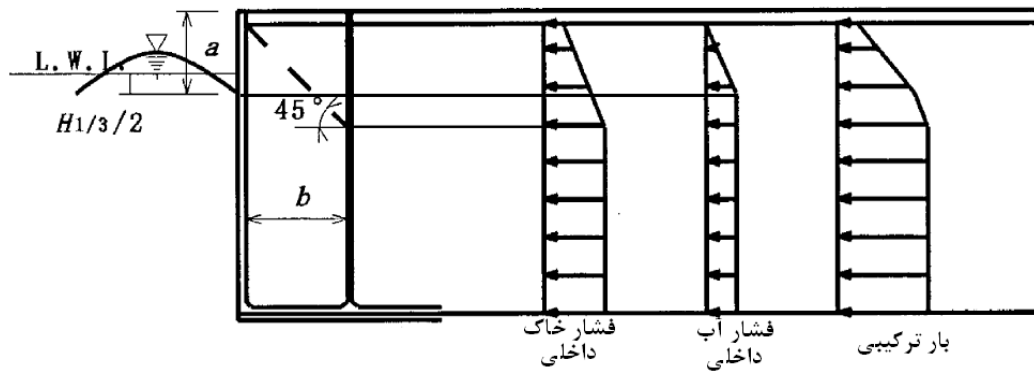
توزیع فشار خاک و آب داخلی برای دیوارهای صندوقه‌های گوناگون در شکل ۱-۴-۱۱ مشاهده می‌گردد. صندوقه موج‌شکن پوشیده شده با توده بلوک‌های بتنی جاذب موج در معرض ضربات بلوک‌های جاذب موج به دیوارهای جلویی می‌باشد. بسته به محل قرارگیری، دیوارهای جلویی تحت تاثیر برخورد یخ یا قطعات شناور و یخ زدگی آب دریا می‌باشد. اثرات این عوامل اصولاً ناشناخته بوده و بنابراین برای پیشگیری باید بخش‌های بالایی دیوارها را مسلح نمود.

[۲] دال کف

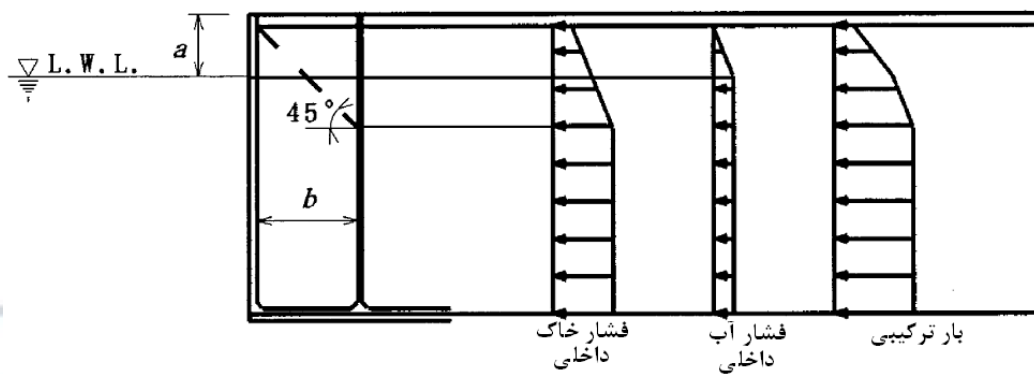
(۱) برای دال کف که با دیوارهای خارجی و جداکننده یکپارچه است، عکس‌العمل‌های کف، فشار هیدرواستاتیک، فشار بالابرنده، وزن مصالح پرکننده، وزن درپوش بتنی، وزن دال کف و سربار به عنوان نیروهای خارجی در نظر گرفته می‌شود.

(۲) پی‌های منفرد

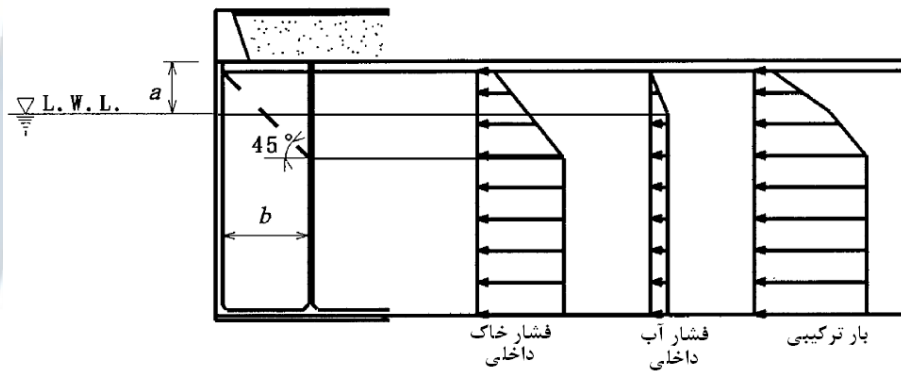
عکس‌العمل کف، وزن پی با درنظر گرفتن شناوری و سربار روی پی به عنوان نیروهای خارجی وارد بر پی در نظر گرفته می‌شود.



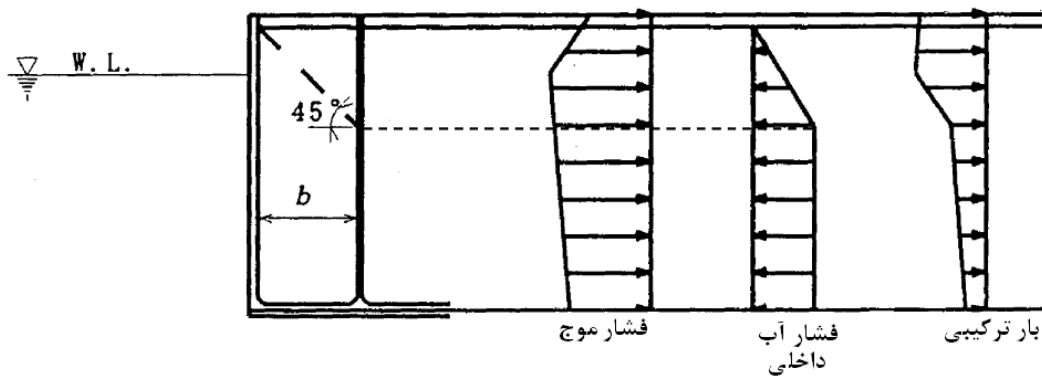
(الف) موج شکن ها (دیوارهای جلویی)



(ب) موج شکن ها (دیوارهای پشتی موازی محور مرکزی یا دیوارهای جانبی عمود بر محور مرکزی)



(ج) اسکله ها (دیوارهای خارجی موازی یا عمود بر محور مرکزی)



(د) نیروهای موج

شکل ۱-۴-۱۱- فشار خاک و آب داخلی وارد بر دیوارهای صندوقه

نکات فنی

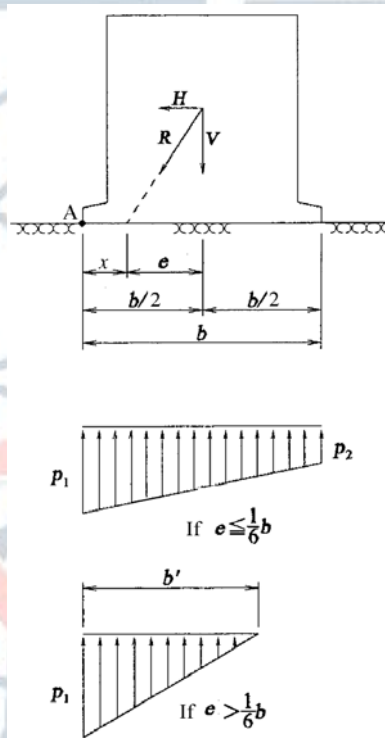
۱) دال کف

الف) توزیع ترکیب بار اغلب شکل نامنظم داشته و برای مقاصد طراحی، توزیع نامنظم را می‌توان تبدیل به توزیع مثلی و یا یکنواخت معادل نمود.

ب) عکس‌العمل کف

عکس‌العمل مشخصه کف باید طبق روابط ۲-۴-۱ و ۳-۴-۱ محاسبه گردد (شکل ۱-۴-۱). مقدار e از رابطه ۴-۴-۱

محاسبه می‌گردد.



شکل ۱-۴-۱- عکس‌العمل کف

(۱) اگر $e \leq \frac{1}{6}b$:

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \left(1 + \frac{6e}{b}\right) \frac{V}{b} \\ p_2 &= \left(1 - \frac{6e}{b}\right) \frac{V}{b} \end{aligned} \right\} \quad (۲-۴-۱)$$

$$\left. \begin{aligned} e &= \frac{b}{2} - x \\ x &= \frac{M_w - M_h}{V} \end{aligned} \right\} \quad (۴-۴-۱)$$

(۲) اگر $e > \frac{1}{6}b$:

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \frac{2}{3} \frac{V}{\left(\frac{b}{2} - e\right)} \\ b' &= 3 \left(\frac{b}{2} - e\right) \end{aligned} \right\} \quad (۳-۴-۱)$$

PMO

که در آن:

p_1 : عکس العمل مشخصه در پنجه جلویی (kN/m^2)

p_2 : عکس العمل مشخصه در پاشنه عقبی (kN/m^2)

V : نیروی برآیند قائم مشخصه در واحد طول (kN/m)

H : نیروی برآیند افقی مشخصه در واحد طول (kN/m)

e : خروج از مرکزیت نیروی برآیند V و H (m)

b : عرض کف (m)

b' : عرض توزیع عکس العمل های کف در حالت $e > \frac{1}{6}b$ (m)

M_w : لنگر مشخصه در نقطه A ناشی از نیروی برآیند قائم ($kN.m/m$)

M_h : لنگر مشخصه در نقطه A ناشی از نیروی برآیند افقی ($kN.m/m$)

(ج) فشار هیدرواستاتیک

فشار هیدرواستاتیک وارد بر دال کف باید در تراز جزر و مدی طراحی در نظر گرفته شود.

(د) فشار بالابرنده

وقتی نیروی موج بر صندوقه اثر می کند، فشار بالابرنده باید مد نظر قرار گیرد. برای محاسبه فشار بالابرنده به بخش ۲،

فصل ۵- نیروی موج مراجعه گردد.

(ه) وزن مصالح پرکننده

وزن مخصوص مصالح پرکننده معمولاً با آزمایش های مصالح تعیین می گردد.

(و) وزن درپوش بتنی

وزن درپوش بتنی باید وزن خشک بدون اثر شناوری باشد. برای محاسبات طراحی، وزن مخصوص مشخصه را می توان

برای بتن غیر مسلح $22/6 kN/m^3$ و برای بتن مسلح $24/0 kN/m^3$ قرار داد.

(ز) وزن دال کف

وزن دال کف باید به صورت خشک و بدون اثر شناوری باشد. برای محاسبات طراحی، وزن مخصوص مشخصه را می توان

$24/0 kN/m^3$ در نظر گرفت.

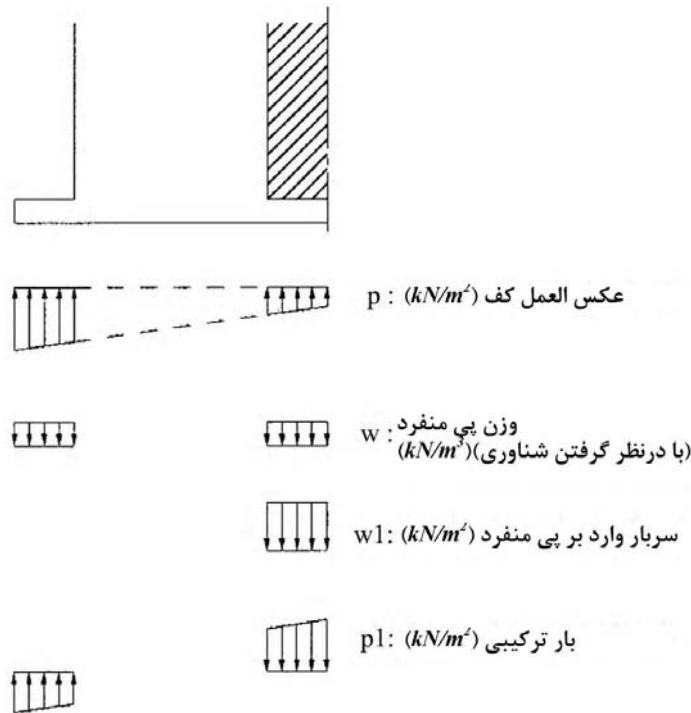
(ح) سربار

وزن خاک روی صندوقه و بار اضافی باید برای سربار وارد بر دال کف در نظر گرفته شود. البته وقتی درپوش یا تاج بتنی به طور کاملاً

چسبیده روی صندوقه قرار گیرد، می توان اثر سربار روی درپوش یا تاج بتنی بالای دال کف به واسطه مصالح پرکننده را نادیده گرفت.

(۲) پاشنه صندوقه

(الف) بارهای طراحی موثر بر پاشنه صندوقه باید با توجه به توزیع بار طبق شکل ۱-۴-۱۳ تعیین گردد.



شکل ۱-۴-۱۳- بار طراحی پاشنه صندوقه

(ب) عکس العمل کف

عکس العمل های کف وارد بر پاشنه صندوقه باید مطابق روابط ۱-۴-۲ یا ۱-۴-۳ محاسبه گردد.

(ج) وزن پاشنه صندوقه

وزن پاشنه، وزن غوطه ور با اثر شناوری می باشد. مقدار مشخصه وزن مخصوص پاشنه در هوا را می توان $24/0 \text{ kN/m}^3$ در نظر گرفت.

(د) سربار

وزن بلوک های بتنی جاذب موج در موج شکن، وزن خاک سربار و یا سربار دیوارهای ساحلی باید برای سربار وارد بر پی در نظر گرفته شوند.

[۳] دیوارهای جداکننده و سایر اجزا

(۱) دیوارهای جداکننده

(الف) در بررسی جدا شدن دیوار خارجی از دیوارهای جداکننده در اثر شکست کششی، فشار جانبی مصالح پرکننده و فشار

آب داخلی وارد بر دیوار خارجی با فرض اثر بر اتصال بین دیوارهای جداکننده و دیوار خارجی مدنظر قرار گیرند.

(ب) در بررسی جدا شدن دال کف از دیوارهای جداکننده، نیروهای زیر مورد توجه قرار گیرند:

(۱) وزن مصالح پرکننده

(۲) سربار

(۳) وزن دال کف

(۴) وزن درپوش بتنی

(۵) عکس العمل دال کف

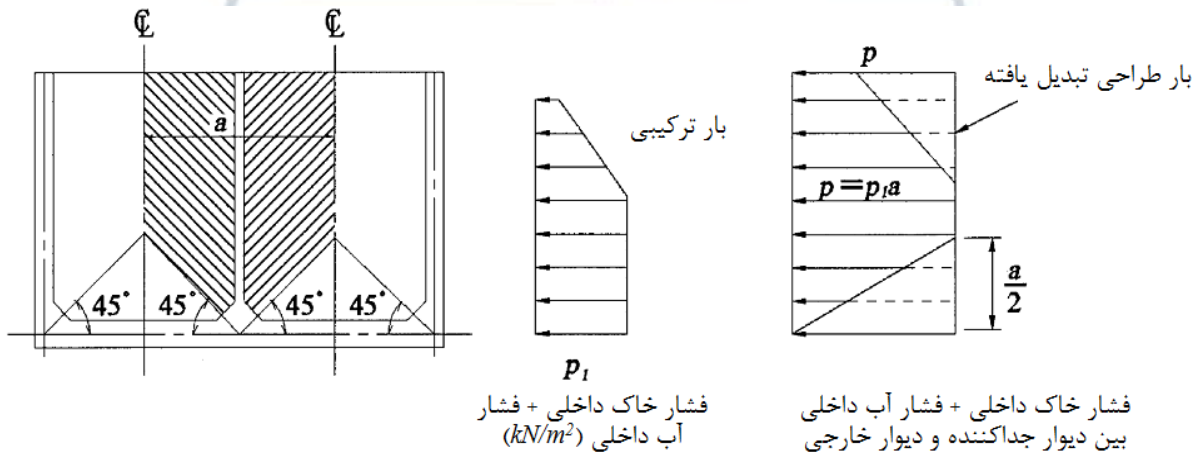
(۶) فشار بالابرنده

(۷) فشار هیدرواستاتیک

(۲) نیروی احتمالی ناشی از ناهمواری زمین نیز باید بررسی گردد.

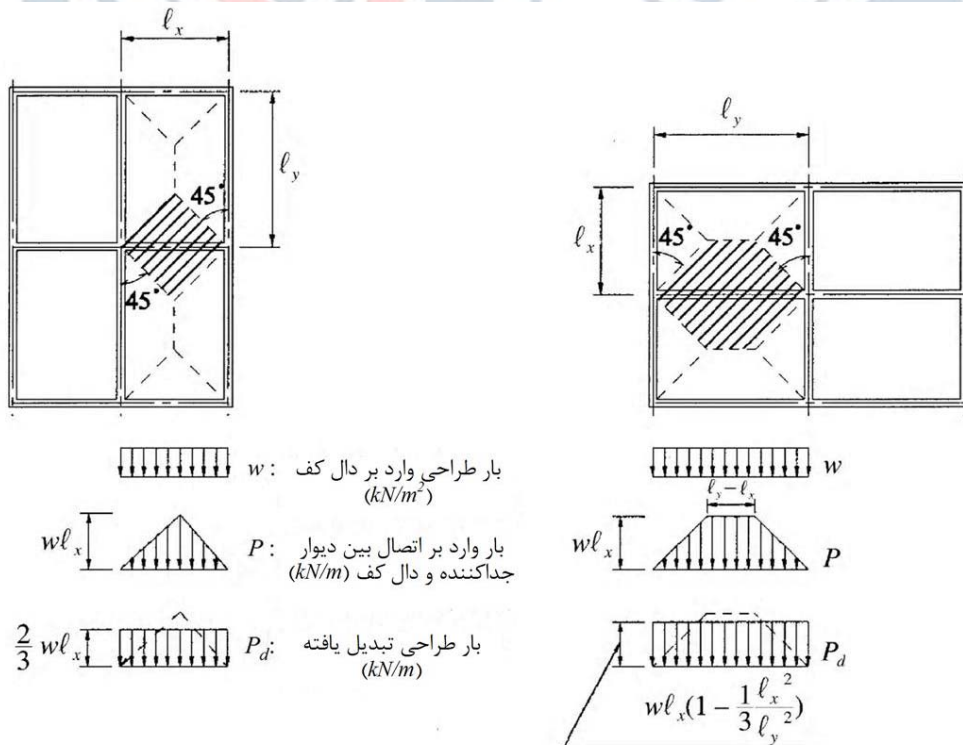
نکات فنی

(۱) بار طراحی برای بررسی جدا شدن دیوار خارجی از دیوارهای جداکننده باید با توجه به توزیع بار شکل ۱-۴-۱۴ تعیین گردد.



شکل ۱-۴-۱۴- بار طراحی برای بررسی جدا شدن دیوار خارجی از دیوارهای جداکننده

(۲) بار طراحی برای بررسی جدا شدن دال کف از دیوارهای جداکننده باید با توجه به توزیع بار شکل ۱-۴-۱۵ تعیین گردد.



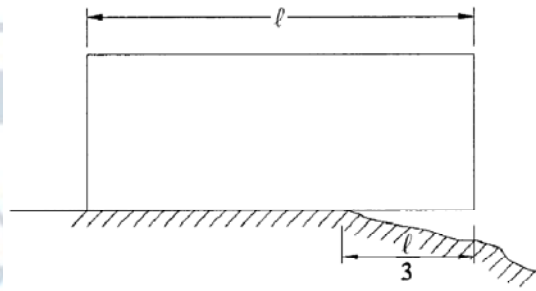
شکل ۱-۴-۱۵- بار طراحی برای بررسی جدا شدن دال کف از دیوارهای جداکننده

۳ دیوار جداکننده

سه‌م بار بخش‌های مختلف براساس سه‌م بار دال معمولی روی تیر به دست می‌آید.

۴ بررسی بار خارجی ناشی از ناهمواری زمین

برای بررسی بار خارجی ناشی از ناهمواری زمین می‌توان صندوقه را مانند یک تیر طره با دهانه معادل یک سوم طول یا عرض صندوقه فرض کرد (شکل ۱-۴-۱۶).



شکل ۱-۴-۱۶- ارزیابی ناهمواری زمین

۱-۵ طراحی اعضا

۱-۵-۱ دیوار خارجی

نکات فنی

۱) دیوار خارجی باید نظیر دال گیردار از سه طرف و آزاد از یک طرف طراحی شود.

۲) دهانه محاسباتی، فاصله مرکز به مرکز می‌باشد.

۳) پوشش میلگردهای اصلی نباید کمتر از مقادیر زیر باشد:

سمت خارجی: $7cm$

سمت داخلی: $5cm$

۱-۵-۲ دیوار جداکننده

نکات فنی

۱) دیوار جداکننده باید شبیه دال گیردار از سه طرف و آزاد از یک طرف طراحی شود.

۲) بعد از نصب، باید ایمنی در حالت حدی نهایی برای جدا شدن دیوارهای خارجی یا دال کف از دیوارهای جداکننده بررسی گردد.

۳) دهانه محاسباتی، فاصله مرکز به مرکز می‌باشد.

۴) پوشش میلگردها نباید کمتر از $5cm$ باشد.

۱-۵-۳ دال کف

نکات فنی

۱) دال کف محصور در دیوارهای خارجی و دیوارهای جداکننده باید شبیه دال چهار طرف گیردار طراحی گردد.

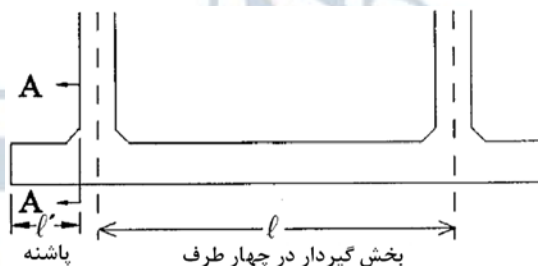
۲) پوشش میلگردهای اصلی نباید کمتر از مقادیر ذیل باشد.

سمت خارجی: γ_{cm}

سمت داخلی: δ_{cm}

۳) پاشنه صندوقه باید شبیه دال طره محاسبه گردد.

۴) دهانه محاسباتی دال کف باید فاصله مرکز به مرکز باشد (شکل ۱-۵-۱).



شکل ۱-۵-۱- دهانه طراحی دال کف و پاشنه

۵) مقطع مورد بررسی خمش پاشنه باید سطح جلویی دیوار خارجی باشد (مقطع $A-A$ در شکل ۱-۵-۱). مقطع مورد بررسی برش پاشنه در فاصله معادل نصف ارتفاع پی از جلوی صندوقه می باشد. برای محاسبه ارتفاع پی، بخش های ماهیچه با شیب بیشتر از ۱:۳ نادیده گرفته شود.

۱-۵-۴- سایر موارد

نکات فنی

کل صندوقه باید هنگام بلند شدن توسط جک برای انتقال یا هنگام تحلیل نشست نامتقارن بعد از نصب، شبیه تیر ساده بررسی گردد.

۱-۶- طراحی قلاب ها برای بلند کردن با جرثقیل

بار وارد بر قلاب ها با توجه به وزن صندوقه و چسبندگی دال کف به کف محل ساخت صندوقه، محاسبه می گردد.

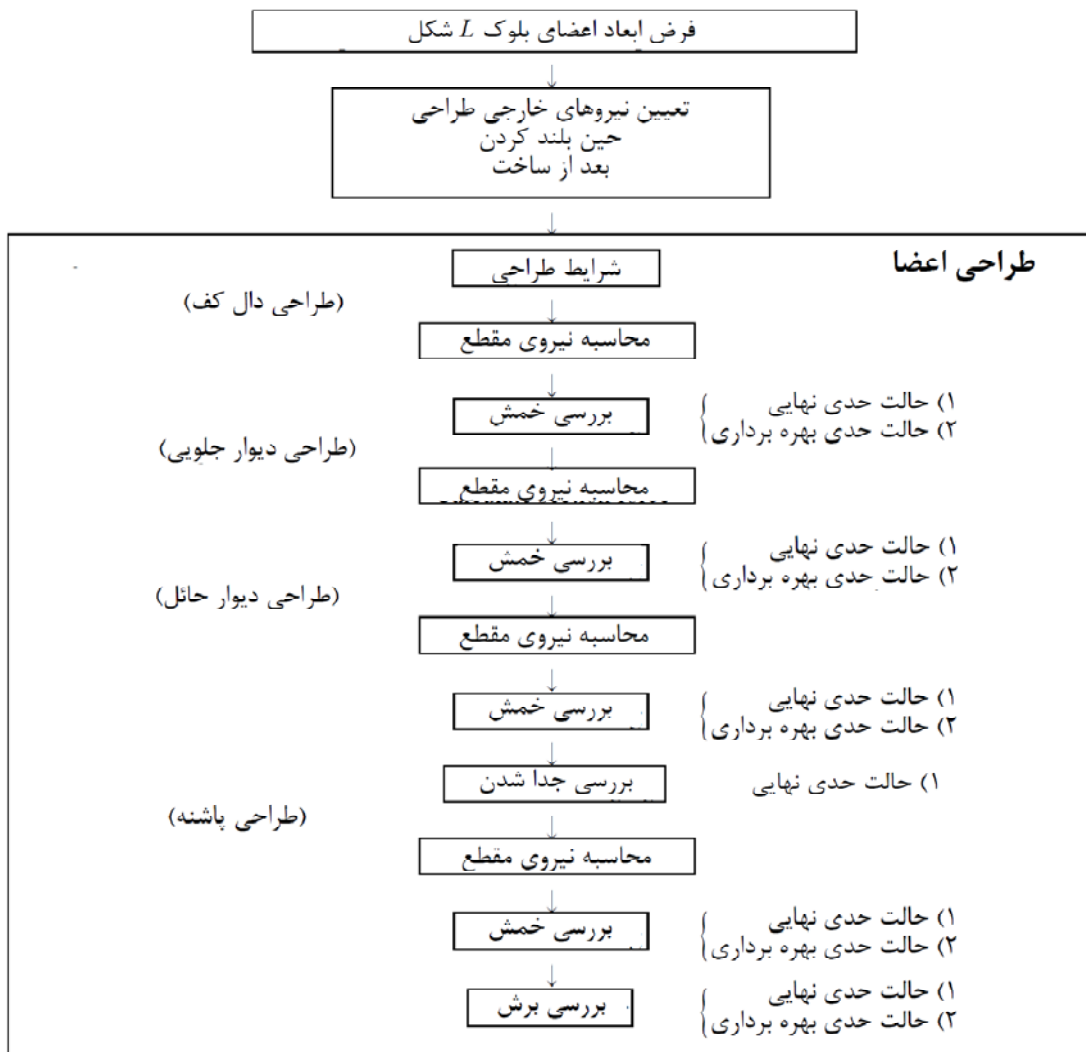
فصل ۲- بلوک های L شکل

۱-۲- کلیات

- ۱) الزامات این فصل برای طراحی بلوک های L شکل متعارف کاربرد دارد.
- ۲) طراحی بر اساس روش طراحی حالت حدی انجام می گیرد.

نکات فنی

- ۱) می توان طراحی بلوک های L شکل را بر اساس مراحل شکل ۱-۲-۱ انجام داد.



شکل ۱-۲-۱- مراحل طراحی بلوک L شکل

۲-۲- تعیین ابعاد

ابعاد اعضای بلوک L شکل با توجه به عوامل زیر تعیین می گردد:

- ۱) قابلیت تجهیزات ساخت بلوک های L شکل
- ۲) ظرفیت و توانایی جرثقیل
- ۳) عمق آب محل نصب بلوک های L شکل برای تشکیل دیوار ساحلی

(۴) محدوده جزر و مد

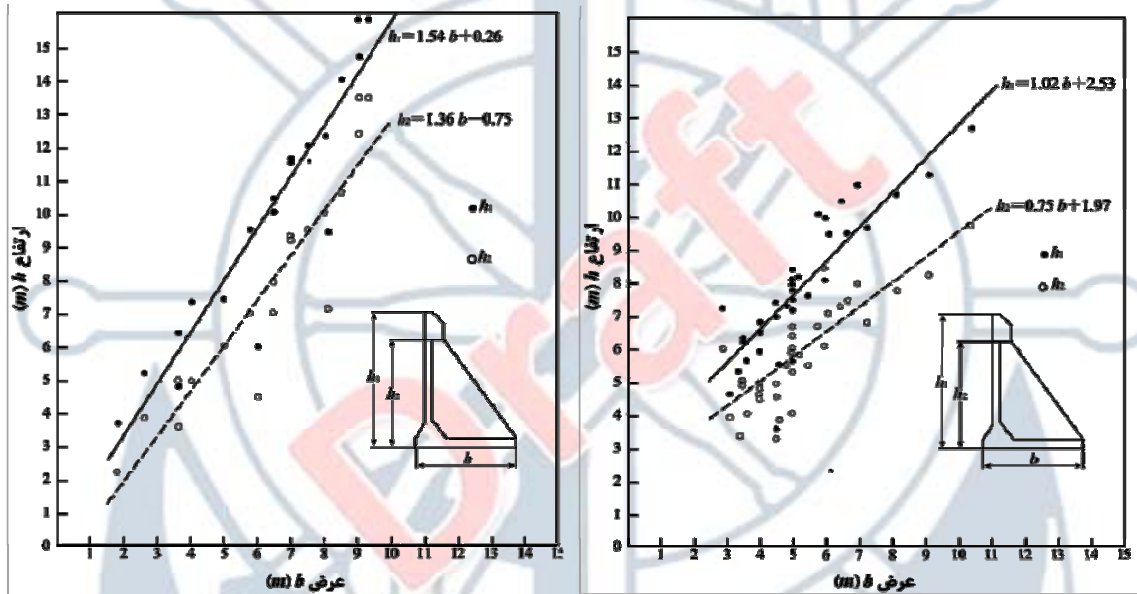
(۵) تراز تیر اصلی (تیر پیشانی)

تفسیر

ارتفاع تاج بلوک L شکل برای تسهیل اجرای عرشه، با توجه به عمق آب و محدوده جزر و مدی تعیین می گردد.

نکات فنی

رابطه بین عرض بلوک، ارتفاع دیوار و ارتفاع بلوک L شکل بر اساس نمونه های اجرا شده قبلی در شکل ۱-۲-۲ مشاهده می گردد. ضریب زلزله طراحی در حالت (الف) و (ب) به ترتیب برابر 0.05 و 0.10 می باشد. هرچه ضریب زلزله طراحی افزایش یابد، عرض نیز در مقایسه با ارتفاع افزایش پیدا می کند.

(ب) ضریب زلزله طراحی $k_n=0.10$ (الف) ضریب زلزله طراحی $k_n=0.05$

شکل ۱-۲-۲- رابطه بین ارتفاع و عرض بلوک های L شکل

۲-۳- بارهای وارد بر اعضا**۲-۳-۱- کلیات**

موارد زیر به عنوان نیروهای وارد بر اعضای سازه ای بلوک های L شکل در نظر گرفته می شود:

(۱) دیوار جلویی

الف) سربار و فشار جانبی ناشی از خاکریز سنگی یا خاکی

ب) فشار آب باقیمانده

(۲) پاشنه

الف) عکس العمل کف

ب) وزن مرده پاشنه

۳) دال کف

الف) سربار

ب) وزن خاکریز

ج) وزن مرده دال کف

د) عکس العمل کف

۴) دیوار پشت بند

الف) عکس العمل دیوار جلویی

ب) عکس العمل دال کف

ج) فشار خاک و فشار آب باقیمانده وارد بر دیوار پشت بند عقبی.

همچنین بارهای زیر هنگام اجرا در نظر گرفته می شود.

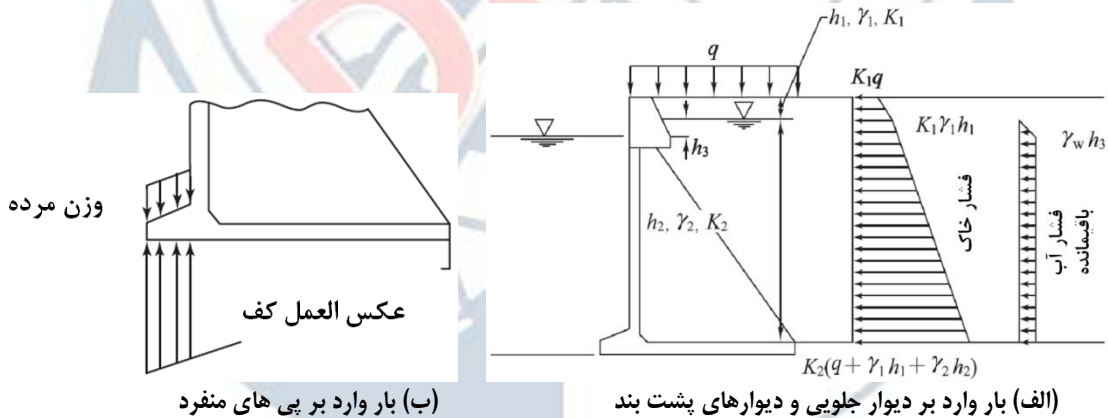
د) بار هنگام بلند کردن بلوک L شکل

هـ) بار هنگام استقرار بلوک L شکل

نکات فنی

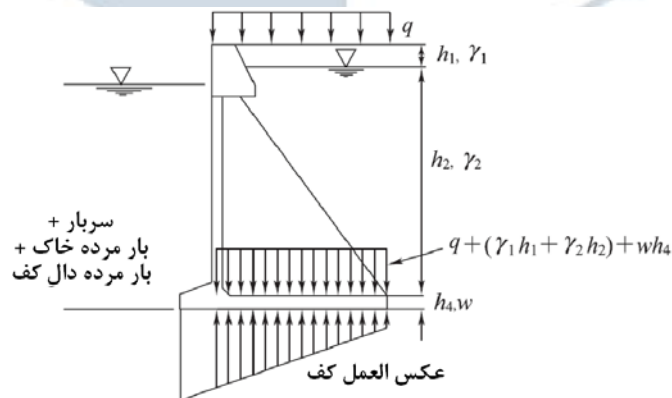
۱) ترکیب بار و ضرایب بار شبیه بند ۱-۴-۱- ترکیب بارها و ضرایب بار می باشد.

۲) بارهای وارد بر اعضای سازه ای بلوک های L شکل در شکل ۲-۳-۱ مشاهده می گردد.



(ب) بار وارد بر پی های منفرد

(الف) بار وارد بر دیوار جلویی و دیوارهای پشت بند



(ج) بار وارد بر دال کف

شکل ۲-۳-۱- بارهای وارد بر بلوک های L شکل

که در آن:

q : سربار (kN/m^2)

γ_1 : وزن مخصوص خاک بالای تراز آب باقیمانده (kN/m^3)

γ_2 : وزن مخصوص خاک زیر تراز آب باقیمانده (kN/m^3)

γ_w : وزن مخصوص آب (kN/m^3)

h_1 : ضخامت لایه خاک بالای تراز آب باقیمانده (m)

h_2 : ضخامت لایه خاک زیر تراز آب باقیمانده (m)

h_3 : محدوده جزر و مد (m)

h_4 : ضخامت دال کف (m)

K_1 : ضریب فشار خاک بالای تراز آب باقیمانده

K_2 : ضریب فشار خاک زیر تراز آب باقیمانده

w : وزن مرده دال کف (kN/m^2)

۳) روش های محاسباتی فشار خاک وارد بر اعضای بلوک L شکل در بخش ۲، فصل ۱۴- فشار خاک و فشار آب توضیح داده شده است. زاویه اصطکاک دیوار باید برابر $\delta=15^\circ$ قرار داده شود.

۴) روش های محاسباتی عکس العمل کف در بند ۱-۴-۵- نیروهای خارجی بعد از اجرا توضیح داده شده است.

۵) روش های قائم و افقی برای ریختن بتن هنگام ساخت بلوک های L شکل وجود دارد. روش افقی شامل استقرار بلوک قبل از عملیات نصب بوده و بنابراین در طراحی، بار استقرار بلوک بررسی می گردد.

۲-۳-۲- فشار خاک

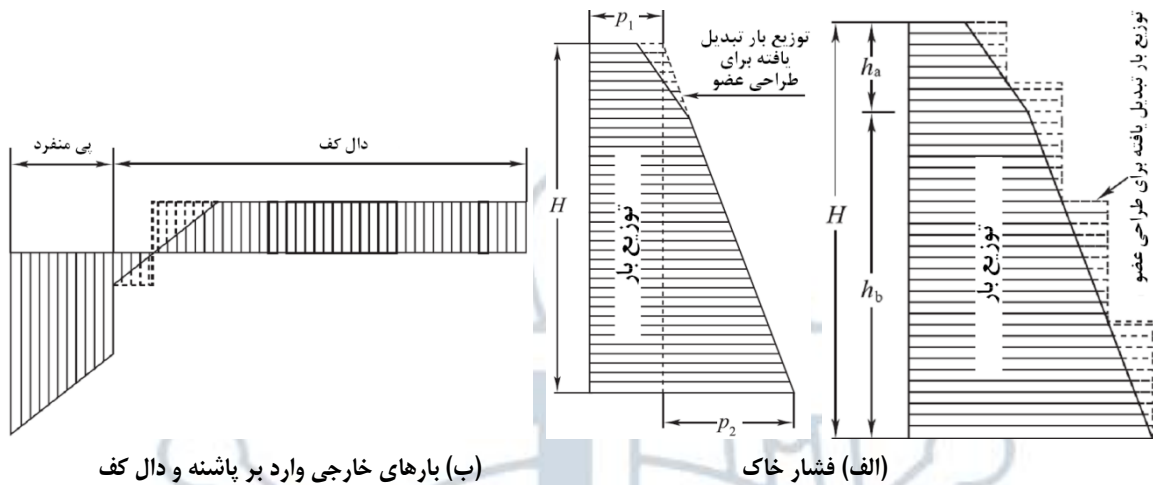
فشار خاک مورد استفاده در طراحی اعضای سازه ای بلوک های L شکل همان فشار خاک مورد استفاده در محاسبات پایداری دیوار ساحلی می باشد.

۲-۳-۳- بارهای تبدیل شده برای محاسبات طراحی

برای سادگی محاسبات می توان بارهای وارد بر بلوک L شکل را به چند بار با توزیع یکنواخت تبدیل نمود. هنگام این تبدیل، در طراحی باید ایمنی سازه ای اعضا را در نظر گرفت.

نکات فنی

معمولاً بارهای وارد بر بلوک های L شکل بارهای یکنواخت نمی باشند. این امر باعث مشکلاتی در طراحی اعضا می گردد. بنابراین می توان بارها را به بارهای یکنواخت تبدیل نمود. باید توجه داشت که در مقاومت اعضا، نقاط ضعیف ایجاد نگردد. در شکل ۲-۳-۲ مثال هایی از تبدیل بار وجود دارد.



(ب) بارهای خارجی وارد بر پاشنه و دال کف

(الف) فشار خاک

شکل ۲-۳-۲- روش تبدیل توزیع بار

۲-۴- طراحی اعضا

۲-۴-۱- دیوار جلویی

نکات فنی

- (۱) دیوار جلویی باید نظیر دال روی دیوار طراحی گردد. اگر یک دیوار موجود باشد، دیوار جلویی باید شبیه دال طره روی دیوار طراحی گردد. اگر دو یا چند دیوار وجود داشته باشد، دیوار جلویی نظیر دال پیوسته طراحی می‌شود.
- (۲) دهانه دیوار جلویی، فاصله مرکز تا مرکز دیوارها می‌باشد.
- (۳) باید فرض نمود که بارها بر تمامی دهانه دیوار جلویی وارد می‌گردد.
- (۴) پوشش میلگردهای اصلی دیوار جلویی نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

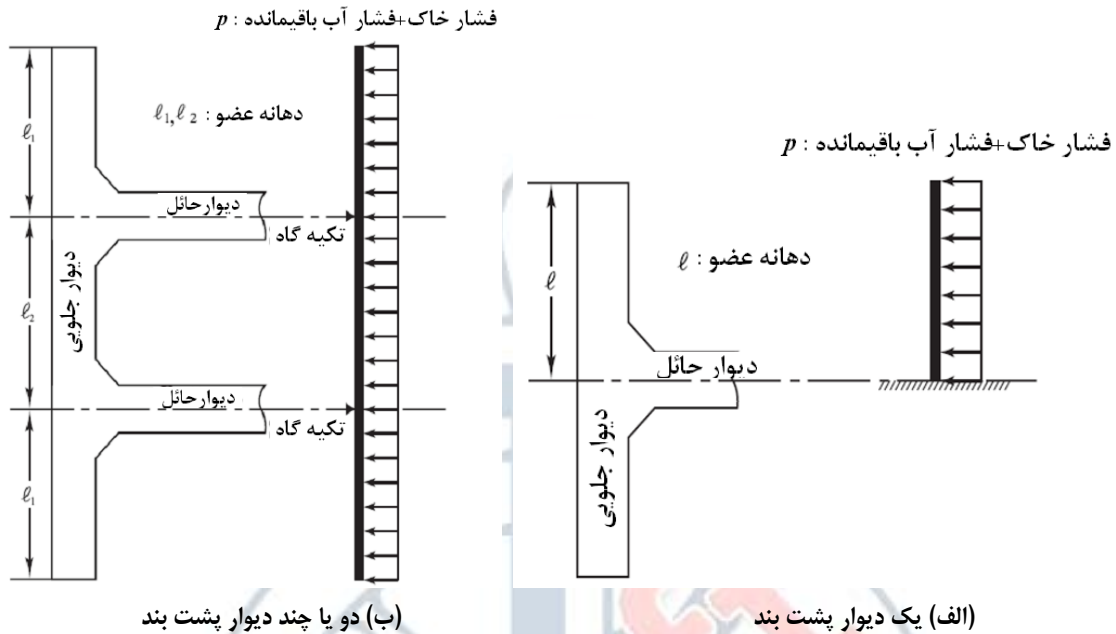
سمت دریا: γ_{cm} سمت خشکی: δ_{cm}

- (۵) دهانه دیوار جلویی و بارهای وارد بر آن را می‌توان شبیه شکل ۲-۴-۱ در نظر گرفت.
- (۶) از لحاظ سازه‌ای، دیوار جلویی به دال کف و دیوارها تکیه دارد. بنابراین می‌توان دیوار جلویی را متکی بر دو یا سه طرف در نظر گرفت. معمولاً، در حالی که آرماتوربندی دیوار جلویی بلوک‌های L شکل با ارتفاع زیاد در محل اتصال با دال کف پیچیده می‌گردد، این دیوار تاثیر کمی از تکیه گاه دال کف می‌پذیرد. بنابراین دیوار جلویی را می‌توان مانند دال طره یا دال پیوسته متکی بر دیوار طراحی نمود. با اینکه طراحی دیوار جلویی متکی بر دو یا سه طرف مزایایی دارد، توضیح آن در این متن لزوماً کاربردی ندارد.

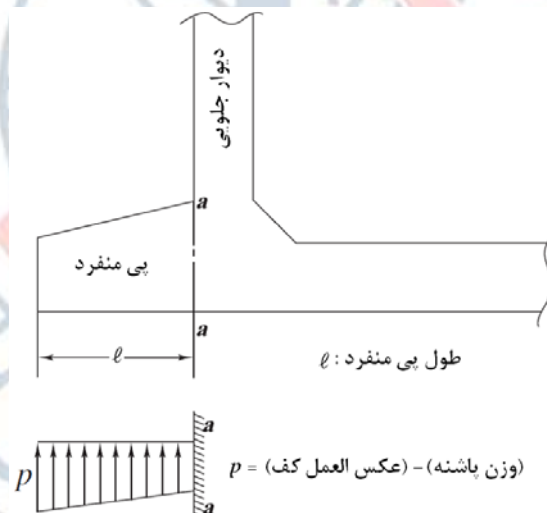
۲-۴-۲- پاشنه

نکات فنی

- (۱) پاشنه باید مانند دال طره متکی بر دیوار جلویی طراحی گردد.
- (۲) طول و بار پاشنه باید شبیه شکل ۲-۴-۲ باشد.
- (۳) پوشش آرماتورها نباید کمتر از γ_{cm} باشد.



شکل ۲-۴-۱- دهانه عضو و بار



شکل ۲-۴-۲- طول و بار پاشنه

۲-۴-۳- دال کف

نکات فنی

- ۱) دال کف باید همانند دال متکی بر یک یا چند دیوار طراحی گردد. اگر یک دیوار برای اتکا وجود داشته باشد، دال کف شبیه دال طره متکی به دیوار طراحی می گردد. اگر دال کف متکی به دو یا چند دیوار باشد، مانند دال پیوسته طراحی می شود.
- ۲) دهانه دال کف، فاصله مرکز تا مرکز دیوارها می باشد.
- ۳) باید فرض شود که بار به تمامی دهانه دال کف وارد می گردد.
- ۴) پوشش آرماتورهای اصلی دال کف نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

زیر دال: $7cm$ بالای دال: $5cm$

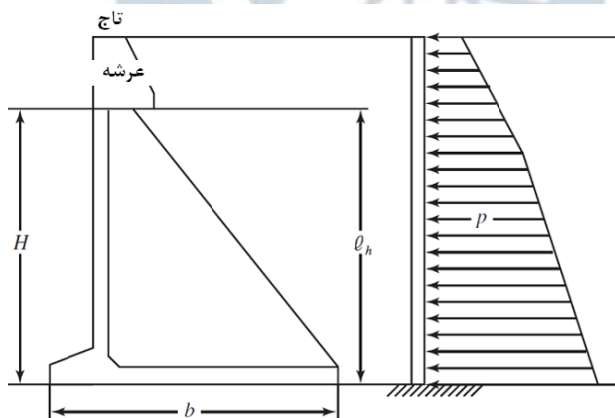
۵) از نظر سازه‌ای، می‌توان فرض کرد که دال کف علاوه بر دیواره‌ها، متکی به دیوار جلویی نیز می‌باشد. بنابراین می‌توان دال کف را نظیر دال متکی بر دو یا سه تکیه‌گاه طراحی نمود. به دلیل مشابه بند ۲-۴-۱- دیوار جلویی [نکات فنی] (۶)، دال کف را باید مانند دال طره یا دال پیوسته متکی بر دیوار طراحی نمود. با اینکه طراحی دال کف متکی بر دو یا سه طرف مزایایی دارد، توضیح بند (۱) لزوماً کاربرد ندارد.

۶) از میان بارهای وارد بر دال کف، عکس‌العمل کف بر تمامی دهانه وارد می‌شود و بارهای خاکریز و سربار فقط بر قسمت مشخصی از دهانه اثر می‌کنند. البته به علت دشواری در نظر گرفتن محل دقیق وارد شدن بار در طراحی و هم‌چنین اثر اندک آن بر طراحی دال کف، می‌توان فرض نمود که بارهای خاکریز و سربار بر تمامی دهانه دال اثر می‌کنند.

۲-۴-۴- دیوار پشت بند

نکات فنی

- ۱) دیوار پشت بند باید در برابر عکس‌العمل دال کف و دیوار جلویی طراحی گردد.
- ۲) دیوار پشت بند باید مانند ترکیب تیر T شکل و دیوار جلویی طراحی گردد.
- ۳) دیوار پشت بند باید همانند تیر طره متکی بر دال کف در برابر عکس‌العمل دیوار جلویی طراحی گردد.
- ۴) دیوار پشت بند باید در مقاطعی موازی دال کف طراحی گردد.
- ۵) دیوار پشت بند، دیوار جلویی و دال کف باید کاملاً به هم متصل باشند. میزان آرماتوربندی اتصال باید مستقل از آرماتوربندی خاموت‌ها در برابر تنش‌های برشی باشد.
- ۶) پوشش آرماتورهای دیوار پشت بند باید 5cm یا بیشتر باشد.
- ۷) اگر دیوار جلویی و دال کف طبق توضیحات این فصل طراحی شود، بار پشت دیوار پشت بند را می‌توان نادیده گرفت.
- ۸) طول المان دیوار پشت بند باید کل ارتفاع بلوک شامل دال کف مانند شکل ۲-۴-۳ باشد. بار وارد بر دیوار پشت بند شامل بارهای وارد بر عرشه می‌باشد.



p : جمع فشار خاک و فشار آب باقیمانده

l_h : طول المان دیوار پشت بند

b : عرض بلوک

H : ارتفاع بلوک

شکل ۲-۴-۳- طول و بار دیوار پشت بند

۲-۵- طراحی قلاب‌ها برای بلند کردن با جرثقیل

قلاب‌های بلند کردن طبق بند ۱-۶- طراحی قلاب‌ها برای بلند کردن با جرثقیل طراحی می‌گردد.

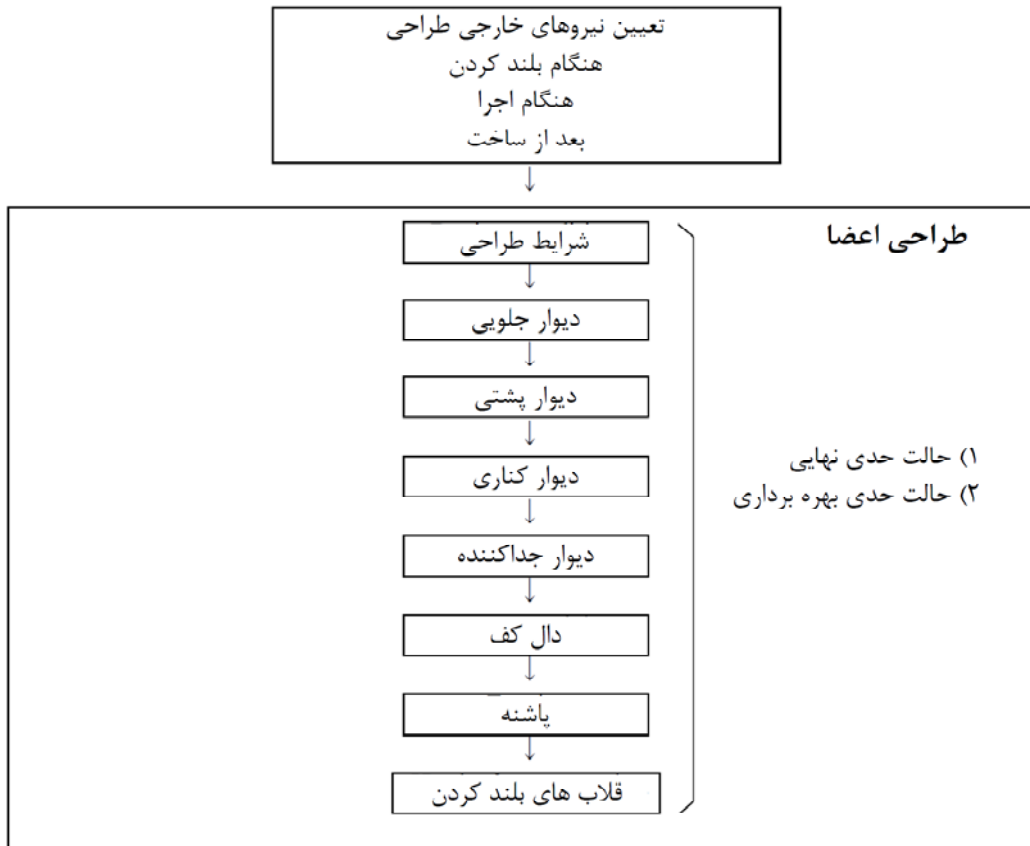
فصل ۳- بلوک های سلولی

۳-۱- کلیات

- (۱) الزامات این فصل باید برای طراحی بلوک سلولی معمولی به کار برده شود.
- (۲) طراحی باید بر اساس روش طراحی حالت حدی انجام گیرد.

نکات فنی

- (۱) برای طراحی بلوک سلولی بر اساس روش طراحی حالت حدی، باید مراحل شکل ۳-۱-۱ دنبال شود.



شکل ۳-۱-۱- مراحل طراحی بلوک سلولی

- (۲) برای طراحی جداگانه اعضای انواع مختلف بلوک های سلولی، می توان با توجه به نوع عضو، روش های طراحی در **فصل ۱- صندوقه ها یا فصل ۲- بلوک های L شکل** را به کار برد.

اگر از بلوک سلولی برای موج شکن یا سنگ چین در معرض اثر نیروی موج استفاده گردد، حالت حدی خستگی باید به طور جداگانه بررسی شود.

۳-۲- تعیین ابعاد

۳-۲-۱- شکل بلوک سلولی

شکل بلوک سلولی باید با هدف تضمین پایداری سازه موجود، تعیین گردد.

تفسیر

به‌طور کلی بلوک سلولی شامل دیوارهای کناری بدون دال کف بوده که با چیدن چندین بلوک روی هم تشکیل دیوار می‌دهد. برخی از انواع این بلوک‌ها مانند بلوک‌هایی که در کف قرار می‌گیرد، دارای دال کف می‌باشد. در طراحی بلوک سلولی، باید روش طراحی مناسبی بعد از تعیین مشخصات شکل بلوک اتخاذ گردد.

۲-۲-۳- تعیین ابعاد

ابعاد بلوک سلولی باید با توجه به موارد زیر تعیین گردد:

- ۱) قابلیت تجهیزات ساخت بلوک سلولی
- ۲) ظرفیت و توانایی جرثقیل
- ۳) عمق آب محل قرارگیری دیوار تشکیل شده از بلوک سلولی
- ۴) محدوده جزر و مدی
- ۵) تراز تیر پیشانی
- ۶) استحکام بلوک های روی هم چیده شده به شکل پله ای

۳-۳- بارهای وارد بر بلوک های سلولی

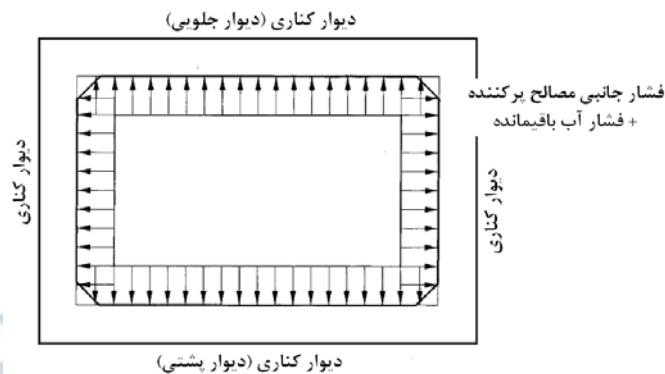
۱-۳-۳- کلیات

بارهای وارد بر بلوک های سلولی به قرار زیر است:

- ۱) فشار جانبی مصالح پرکننده
- ۲) فشار آب باقیمانده
- ۳) وزن مرده بلوک ها
- ۴) وزن تیر پیشانی
- ۵) سربار
- ۶) عکس العمل کف
- ۷) بارهای حین اجرا
- ۸) نیروی موج

نکات فنی

- ۱) دیوار پشتی در معرض فشار جانبی خاکریز و فشار آب باقیمانده می باشد. اما هر دو نیرو توسط فشار جانبی مصالح پرکننده داخلی خنثی شده و در نتیجه نیاز به بررسی این بارها وجود ندارد.
- ۲) فشار جانبی مصالح پرکننده و فشار آب باقیمانده وارد بر بلوک های سلولی در شکل ۳-۳-۱ مشاهده می شود. هنگامی که پشت این بلوک ها که نقش دیوار دارد، کاملاً پر می گردد، تنش دیوارهای کناری ناشی از مصالح پرکننده داخلی به‌طور قابل توجهی توسط فشار خاک محرک و فشار آب باقیمانده خاکریز کاهش می یابد. بنابراین دیوارهای کناری باید برای شرایط حین مراحل اجرا وقتی که مصالح پرکننده داخلی وجود دارد و هنوز خاکریز اجرا نشده است، طراحی گردد.



شکل ۳-۳-۱- بارهای وارد بر بلوک های سلولی

- (۳) فشار موج فقط هنگامی که فشار ضربه موج بر بلوک ها وارد می شود، مد نظر قرار می گیرد.
- (۴) بارهای فصل ۲- بلوک های L شکل را می توان برای بارهای حین اجرا به کار برد.
- (۵) برای ترکیبات بارها و ضرایب بار در طراحی می توان به بند ۱-۴-۱- ترکیب بارها و ضرایب بار مراجعه نمود.

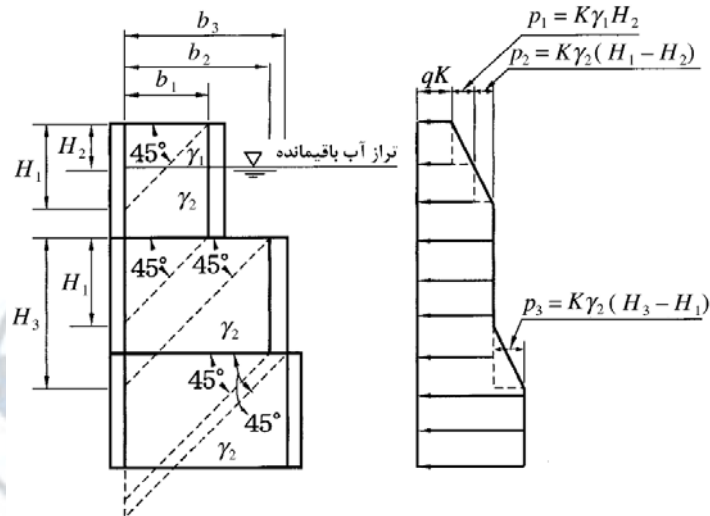
۳-۳-۲- فشار جانبی مصالح پرکننده و فشار آب باقیمانده

- (۱) دیوار جلویی، دیوار پشتی و دیوارهای کناری
فشار جانبی مصالح پرکننده و فشار آب باقیمانده هنگام طراحی دیوار جلویی، دیوار پشتی و دیوارهای کناری در نظر گرفته می شود.
اگر درپوش بتنی به صورت گیردار بالای بلوک سلولی نصب گردد، اثر سربار بالای تاج یا درپوش بتنی را می توان نادیده گرفت.
- (۲) دیوار جداکننده
دیوار جداکننده باید در برابر جدا شدن دیوارهای کناری از دیوار جداکننده در اثر فشار جانبی مصالح پرکننده و فشار آب باقیمانده طراحی گردد.

نکات فنی

- (۱) دیوار جلویی، دیوار پشتی و دیوارهای کناری
الف) فشار جانبی مصالح پرکننده
(۱) ضریب فشار جانبی برابر $0/6$ است که اگر مصالح پرکننده بلوک یا بتن تازه باشد، فشار جانبی مصالح پرکننده را نباید در نظر گرفت.
- (۲) فشار جانبی از تاج بلوک تا ارتفاع معادل عرض داخلی b_1 بلوک سلولی افزایش یافته و بعد از آن ثابت باقی خواهد ماند.
- (۳) فشار جانبی وارد بر بلوک های سلولی روی هم چیده شده پله ای طبق شکل ۳-۳-۲ محاسبه می گردد. اگر عرض داخلی بلوک سلولی زیرین کمتر از عرض داخلی بلوک بالایی باشد (در حالتی که بلوک سلولی دارای دیواره های جداکننده باشد)، فشار جانبی بلوک بالایی را می توان به بلوک زیرین نیز تعمیم داد.
- ب) فشار جانبی مصالح پرکننده بلوک سلولی باید مطابق فشار جانبی مصالح پرکننده صندوقه ها باشد (به بند ۱-۴-۵-

[۱] دیوارهای خارجی مراجعه شود).



شکل ۳-۳-۲- محاسبه فشار جانبی مصالح پرکننده

علائم شکل ۳-۳-۲ به صورت زیر تعریف می گردند:

q : مقدار مشخصه سربار (kN/m^2)

γ_1 : وزن مخصوص مصالح پرکننده بالای تراز آب باقیمانده (kN/m^3) (در حالت کلی $\gamma_1 = 18 kN/m^3$)

γ_2 : وزن مخصوص مصالح پرکننده زیر تراز آب باقیمانده (kN/m^3) (در حالت کلی $\gamma_2 = 10 kN/m^3$)

K : ضریب فشار جانبی مصالح پرکننده، $K = 0.6$

b_1 : عرض داخلی محفظه بلوک (m)، $b_1 = H_1$

(ج) فشار آب باقیمانده

(۱) برای اسکله دیواری

فشار آب باقیمانده از اختلاف تراز بین تراز آب باقیمانده و LWL محاسبه می گردد.

(۲) برای موج شکن

وقتی از بلوکها به عنوان موج شکن یا سنگ چین استفاده می شود و قعر موج بر جلوی بلوک اثر می کند، افزایش اختلاف

تراز آب باقیمانده باید مورد بررسی قرار گیرد. برای محاسبه فشار آب در این حالت می توان به بخش ۲، بند ۵-۲- نیروی موج

وارد بر دیواره قائم مراجعه نمود.

(۲) دیوار جداکننده

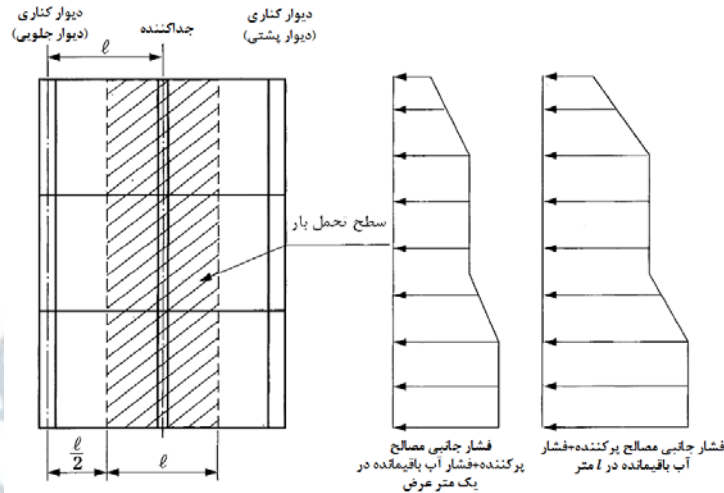
مقادیر مشخصه بارها در برابر کنده شدن دیوارهای جداکننده و دیوارهای کناری باید مقادیر مشخصه فشار جانبی وارد بر بخش های

هاشور خورده شکل ۳-۳-۳ باشد.

۳-۳-۳- بارهای تبدیل شده برای محاسبات طراحی

بار وارد بر بلوک سلولی را می توان برای سادگی محاسبات به بارهایی با توزیع یکنواخت مطابق بند ۲-۳-۳- بارهای تبدیل شده

برای محاسبات طراحی، تبدیل نمود.



شکل ۳-۳-۳- بار برای ارزیابی جدا شدن دیوارهای کناری از دیوار جداکننده

۳-۴- طراحی اعضا

۳-۴-۱- بلوک سلولی مستطیلی

طراحی اعضای بلوک سلولی مستطیلی باید متناسب با انواع سازه‌های اعضا انجام گیرد.

نکات فنی

(۱) دیوارهای کناری

الف) پوشش آرماتورهای اصلی نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

طرف بیرونی: $7cm$

طرف داخلی: $5cm$

ب) نیروی ایجاد شده در بلوک سلولی مستطیلی با فرض بلوک به صورت قاب جعبه‌ای صلب برای هر واحد ارتفاع، در برابر بار یکنواخت معادل تبدیل یافته از توزیع بار واقعی، حاصل می‌گردد.

ج) دهانه مورد استفاده برای محاسبه، فاصله بین مراکز دیوارهای متصل می‌باشد.

(۲) دیوار جداکننده

الف) نیروهای وارد بر دیوار جداکننده مشابه نیروهای دیوارهای کناری محاسبه می‌گردد.

ب) وقتی در هنگام اجرا بین محفظه‌های مجاور اختلاف ارتفاع مصالح پرکننده وجود داشته باشد، باید دیوار جداکننده در برابر فشار جانبی ناشی از اختلاف ارتفاع طراحی گردد.

ج) دهانه مورد استفاده برای محاسبه، فاصله بین مراکز دیوارهای متصل می‌باشد.

د) پوشش آرماتورهای اصلی نباید کمتر از $5cm$ باشد.

(۳) پاشنه

الف) پاشنه را می‌توان نظیر دال طره متکی بر دیوارهای کناری در نظر گرفت.

ب) دهانه پاشنه، فاصله جلوی دیوار کناری تا نوک پاشنه می‌باشد.

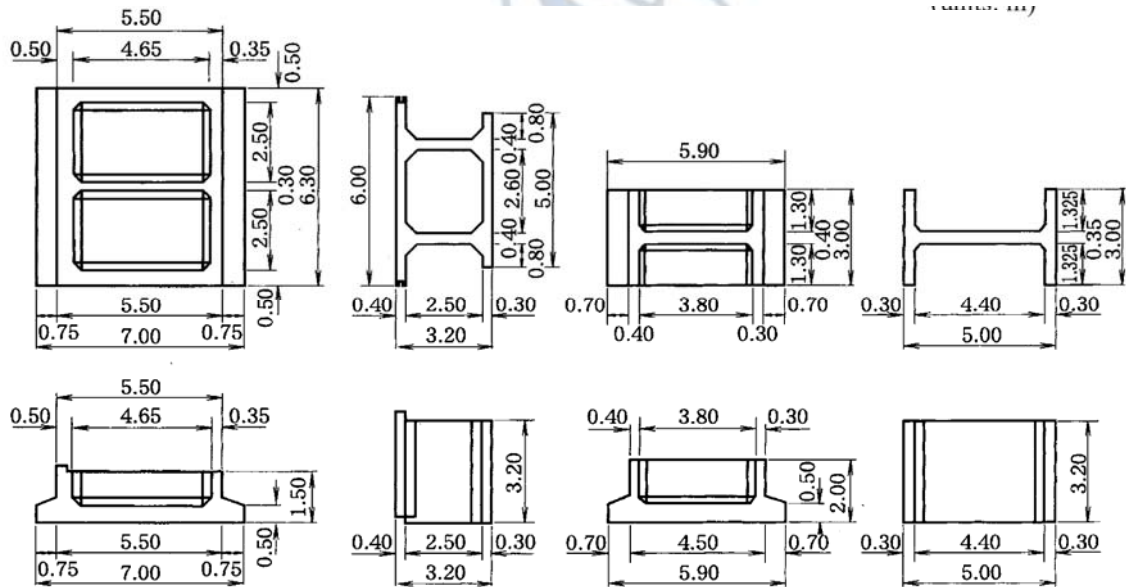
ج) پوشش آرماتورهای اصلی نباید از $7cm$ کمتر باشد.

۳-۴-۲- انواع دیگر بلوک سلولی

اعضای انواع دیگر بلوک سلولی با توجه به شکل سازه ای آن ها طراحی می گردد.

تفسیر

نمونه هایی از انواع دیگر بلوک سلولی در شکل ۳-۴-۱ مشاهده می گردد.



نوع صندوقه ای با دال کف نوع مستطیلی دارای بال نوع اشکل با دال کف نوع اشکل

شکل ۳-۴-۱- نمونه هایی از انواع دیگر بلوک سلولی (واحد: متر)

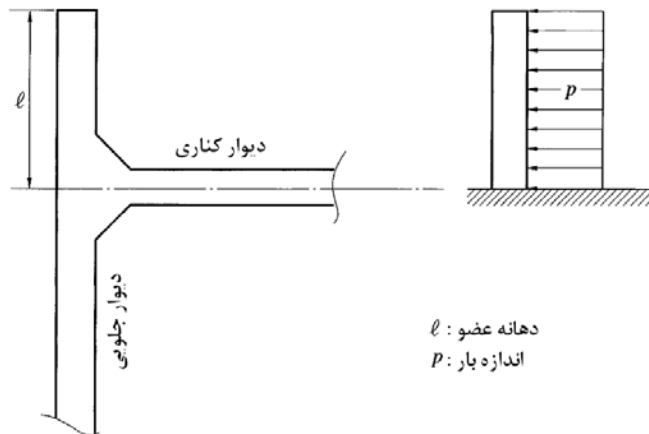
نکات فنی

(۱) دیوار جلویی

الف) دیوار جلویی باید به عنوان دال متکی بر دیوارهای کناری طراحی گردد. وقتی دیوار جلویی از دو سمت قاب بیرون زده باشد، فرض می شود لنگر غیرمتقارن در تکیه گاه ها به دیوارهای کناری منتقل می شود.

ب) دهانه دیوار جلویی باید بین مراکز دیوارهای کناری متصل به آن در نظر گرفته شود.

ج) بار اعمال شده از پشت دیوار جلویی باید بر کل دهانه دیوار جلویی اعمال گردد (شکل ۳-۴-۲).



l : دهانه عضو
 P : اندازه بار

شکل ۳-۴-۲- بار وارد بر قسمت طره دیوار جلویی

(د) پوشش آرماتورهای اصلی نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

طرف دریا: $7cm$

طرف خشکی: $5cm$

(۲) دیوار پشتی

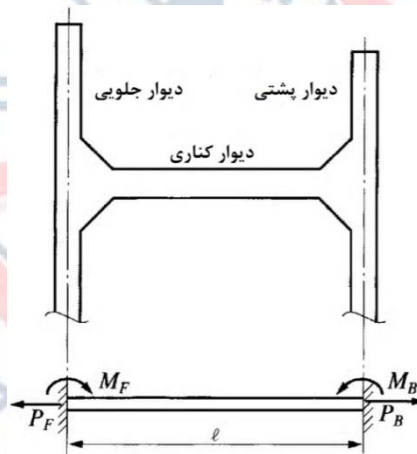
(الف) هنگام عملیات اجرایی غالباً در ابتدا پر کردن سلول انجام می شود و شرایط طراحی دیوار پشتی شبیه دیوار جلویی می باشد. بنابراین می توان دیوار پشتی را مشابه دیوار جلویی طراحی نمود.

(ب) بار دیوار پشتی، فشار جانبی مصالح پرکننده می باشد. اصولاً فشار خاک محرک پشت دیوار در نظر گرفته نمی شود.

(ج) پوشش آرماتورهای اصلی نباید کمتر از $5cm$ باشد. وقتی از بلوک سلولی برای موج شکن استفاده می گردد، دیوار در تماس مستقیم با آب دریا قرار دارد. بنابراین در این حالت پوشش آرماتورهای اصلی ترجیحاً نباید کمتر از $7cm$ باشد.

(۳) دیوارهای کناری

(الف) اصولاً دیوارهای کناری در برابر عکس العمل ها و لنگرهای انتقال یافته از دیوارهای جلویی و پشتی طراحی می شوند (شکل ۳-۴-۳).



شکل ۳-۴-۳- نیروها و لنگرهای دیوار کناری بلوک سلولی

علائم شکل ۳-۴-۳ به صورت زیر تعریف می گردند:

P_F : مقدار مشخصه عکس العمل دیوار جلویی (kN)

M_F : مقدار مشخصه لنگر انتقال یافته از دیوار جلویی ($kN.m$)

P_B : مقدار مشخصه عکس العمل دیوار پشتی (kN)

M_B : مقدار مشخصه لنگر انتقال یافته از دیوار پشتی ($kN.m$)

l : فاصله بین تکیه گاه ها (m)

(ب) دهانه دیوارهای کناری فاصله بین مراکز دیوارهای جلویی و پشتی می باشد.

(ج) پوشش آرماتورهای اصلی نباید کمتر از $5cm$ باشد.

(د) اگر در هنگام عملیات اجرایی، احتمال وجود اختلاف ارتفاع در مصالح پرکننده وجود داشته باشد، باید مقاومت دیوارهای

کناری در مقابل فشار جانبی ناشی از این اختلاف بررسی گردد.

(۴) دال کف

اگر بلوک سلولی دارای دال کف باشد، می‌توان آن را در برابر بارهای زیر طراحی نمود:

(۱) بارهای وارد بر کف نظیر وزن مصالح پرکننده و سربار

(۲) وزن مرده دال کف

(۳) عکس‌العمل کف



فصل ۴- صندوقه های قائم جاذب موج

۴-۱- کلیات

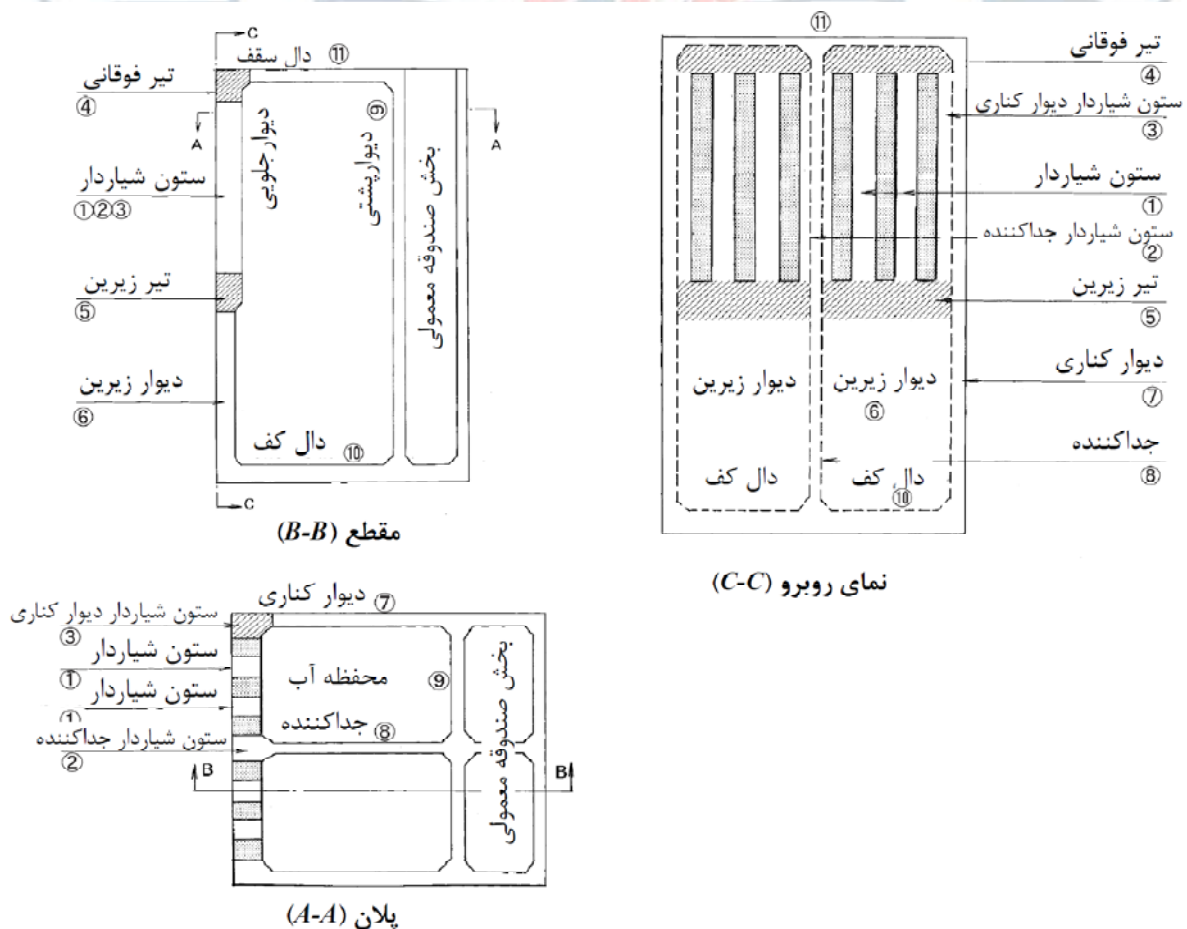
الزامات این فصل برای طراحی صندوقه های قائم جاذب موج در دیوار ساحلی، موج شکن و سنگ چین کاربرد دارد. روش طراحی، روش طراحی حالت حدی می باشد.

تفسیر

صندوقه قائم جاذب موج با داشتن شیارهایی در دیوار جلویی و محفظه های نگهدارنده آب با عملکرد اتلاف موج، برای اجرای اسکله و موج شکن استفاده می گردد. اشکال و انواع مختلف اجرای صندوقه های جاذب موج موجود است که می توان آن ها را به دو نوع نفوذپذیر و نفوذناپذیر تقسیم نمود. در میان شیارها، شیار قائم بیشتر استفاده می گردد. همچنین شیار افقی و نوع دیوار سوراخدار نیز وجود دارد. روشی عمومی برای طراحی این صندوقه های قائم جاذب موج تدوین نشده است. در طراحی اعضای سازه ای، مشخصات سازه های مختلف باید کاملا مطالعه شود، آزمایش های مدل هیدرولیکی در شرایط مناسب انجام گرفته و سپس طراحی مناسب صورت پذیرد.

نکات فنی

- ۱) صندوقه های قائم جاذب موج را می توان طبق مراحل بند ۱-۱- کلیات، نکات فنی (۱) طراحی کرد.
- ۲) نام اعضای نسبتا متعارف صندوقه شیاردار در شکل ۴-۱-۱ مشاهده می گردد.



شکل ۴-۱-۱- اسامی اعضای صندوقه با شیار قائم

۴-۲- نیروهای خارجی وارد بر اعضا

نیروهای خارجی زیر بر اعضای صندوقه‌های جاذب موج برای هر حالت حدی در حد ضرورت مدنظر قرار می‌گیرد.

- ۱) فشار خاک
- ۲) فشار جانبی مصالح پرکننده
- ۳) فشار آب باقیمانده
- ۴) نیروی موج
- ۵) فشار بالابرنده
- ۶) نیروی برخورد ناشی از اجسام شناور
- ۷) وزن صندوقه و مصالح پرکننده
- ۸) وزن عرشه
- ۹) سربار
- ۱۰) عکس‌العمل ضربه گیر
- ۱۱) عکس‌العمل کف
- ۱۲) بارهای حین اجرا

از بین این نیروها، اثرات زلزله را می‌توان هنگام محاسبه فشار جانبی مصالح پرکننده، نیروی موج، فشار بالابرنده، عکس‌العمل ضربه‌گیر و نیروهای خارجی حین اجرا نادیده گرفت.

تفسیر

نیروی موج وارد بر اعضای صندوقه شیاردار بسته به سازه محفظه آب و وجود دال سقف محفظه، بسیار متغیر می‌باشد. بنابراین قبل از طراحی پیشنهاد می‌گردد علاوه بر مراجعه به موارد اجرا شده قبلی، آزمایش‌های مناسب مدل هیدرولیکی با توجه به شرایط خاص اجرا شود.

نکات فنی

- ۱) ترکیبات بار و ضرایب بار شبیه بند ۱-۴-۱- ترکیب بارها و ضرایب بار می‌باشد.
- ۲) برای بارهای خارجی وارد بر اعضای سازه ای می‌توان به بخش ۲، بند ۵-۲-۸- نیروی موج وارد بر صندوقه قائم جاذب موج مراجعه نمود.

۳) اگر بالای محفظه آب کاملاً توسط دال سقف آب‌بندی شده باشد، ممکن است در لحظه ای که جبهه موج شیارها یا سوراخ‌ها را می‌پوشاند، در اثر تراکم هوای حبس شده در بالا، فشار ضربه ای ایجاد گردد.

با پیش‌بینی سوراخ‌های تهویه با نسبت بازشدگی مناسب در سقف دال می‌توان فشار ضربه‌ای ناشی از تراکم هوا را کاهش داد. نسبت بازشدگی این سوراخ‌ها باید با دقت طراحی گردد. اگر این نسبت زیاد باشد، سطح موج مستقیماً به دال سقف برخورد کرده و می‌تواند ضربه‌فشاری بالابرنده بیشتری نسبت به حالت نبود این سوراخ‌های تهویه ایجاد کند.

۴) نمونه‌ای از تغییرات شدت فشار بالابرنده p_{el} هنگامی که نسبت بازشدگی سوراخ‌های تهویه ε_1 تغییر می‌کند، در مدلی آزمایشگاهی،

در شکل ۴-۲-۱ مشاهده می‌گردد. معمولاً می‌توان با تعبیه سوراخ‌های تهویه با نسبت بازشدگی حدود ۰/۵ تا ۱/۰ درصد، فشار هوای وارد بر دال سقف را ۳۰ تا ۵۰ درصد نسبت به دال بدون سوراخ کاهش داد.

(۵) نیروهای خارجی برای طراحی اعضای محفظه آب صندوقه جاذب انرژی در جدول ۴-۲-۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۴-۲-۱- نیروهای خارجی برای طراحی اعضای محفظه آب صندوقه جاذب انرژی

عضو	شماره عضو	بار طراحی
سازه	۱	فشار آب هنگام شناوری فشار موج (موازی/عمود بر محور مرکزی) نیروی ضربه ای اجسام شناور نیروی محوری منتقل شده از تیر بالایی
	۲	فشار موج (شامل نیروی موج منتقل شده از دیوار جداکننده)
	۳	فشار آب هنگام شناوری (شامل نیروی موج منتقل شده از دیوارهای کناری) فشار موج (شامل نیروی موج منتقل شده از دیوارهای کناری)
	۴	بارهای قائم از بالا یا زیر فشار آب هنگام شناوری (عکس العمل منتقل شده از شیار قائم) فشار موج (نیروی موج وارد بر خود تیر و عکس العمل شیار قائم)
	۵	فشار آب هنگام شناوری (عکس العمل از ستون شیاردار و دیوار زیرین، بار وارد بر خود تیر) فشار موج (عکس العمل از ستون شیاردار و دیوار زیرین، بار وارد بر خود تیر)
	۶	فشار آب هنگام شناوری فشار موج
	۷	فشار آب هنگام شناوری فشار موج
	۸	فشار موج طراحی وارد بر دو طرف بطور جداگانه، در جهت موازی محور مرکزی عکس العمل ضربه گیر
	۹	فشار موج فشار خاک، فشار آب باقیمانده
	۱۰	عکس العمل کف، وزن دال کف، اختلاف تراز آب و فشار آب هنگام شناوری در حالات مختلف بارگذاری
	۱۱	فشار موج (رو به بالا، رو به پایین) سربار وزن مرده

توجه: شماره عضو همان شماره در شکل ۴-۱-۱ می باشد.

۴-۳- طراحی اعضا

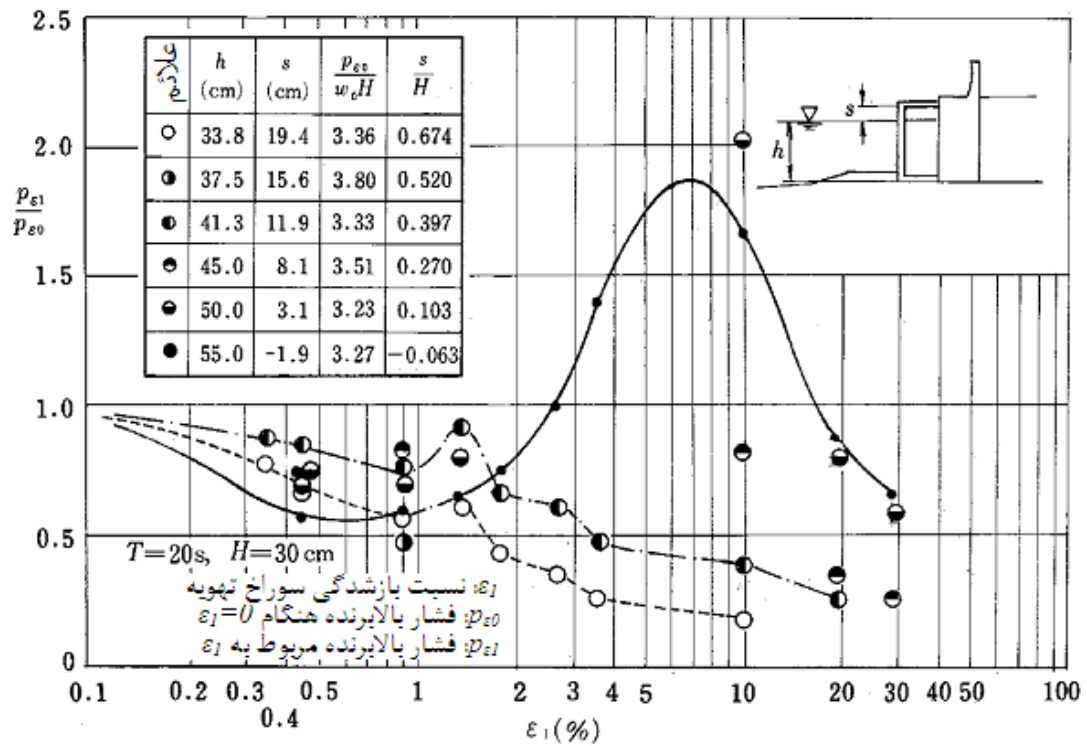
نکات فنی

(۱) دهانه محاسباتی فاصله بین مراکز اعضای تکیه گاهی می باشد.

(۲) پوشش آرماتورهای اصلی نباید کمتر از مقادیر زیر باشد:

قسمت‌های در معرض شسته شدن توسط آب دریا: Y_{cm}

سایر قسمت ها: $5cm$



شکل ۴-۲-۱- نتایج آزمایشگاهی تغییرات فشار بالابرنده ناشی از نسبت بازشدگی سوراخ های تهویه

فصل ۵- صندوقه‌های مرکب

۱-۵- کلیات

الزامات این فصل برای طراحی صندوقه مرکب که سازه ای مرکب از صفحات فولادی و بتن است، کاربرد دارد. روش طراحی، روش طراحی حالت حدی می باشد.

تفسیر

در این فصل، صندوقه‌هایی با نوع سازه‌ای مرکب از صفحات فولادی و بتن به‌عنوان صندوقه مرکب تعریف شده است. با ترکیب مصالح مختلف در سازه‌های مرکب، می‌توان به ویژگی مقاومت سازه‌ای بسیار زیادی دست یافت که رسیدن به آن مقاومت با استفاده از مصالح به‌صورت تکی، غیر ممکن می‌باشد. در سازه‌های مرکب، مقاطع اعضا متشکل از ترکیبی از مصالح مختلف برای رسیدن به کاربرد سازه هستند. صندوقه‌های مرکب، همانند صندوقه‌های بتنی مسلح فولادی مرسوم، در موج‌شکن، اسکله و سنگ‌چین ساحلی به کار برده می‌شود. دو نوع اعضای سازه‌ای صندوقه‌های مرکب که در سازه‌های بنادر مرسوم هستند، در شکل ۱-۵-۱ مشاهده می‌گردد. نوع اول سازه با عضو مرکب از صفحات فولادی تنها در یک طرف بوده و نوع دیگر سازه SRC با فولاد مدفون H شکل داخل آن می‌باشد. در این فصل عبارت صندوقه مرکب، عبارتی کلی برای صندوقه‌هایی است که این دو نوع سازه‌ای را دارا می‌باشند.



شکل ۱-۵-۱- اعضای سازه مرکب

نکات فنی

- (۱) برای طراحی صندوقه های مرکب می توان به مراجع معتبر مربوط مراجعه نمود.
- (۲) نمونه ای از سازه صندوقه مرکب در شکل ۱-۵-۲ مشاهده می گردد.

۲-۵- تعیین ابعاد

ابعاد صندوقه های مرکب طبق بند ۲-۱- تعیین ابعاد، تعیین می گردد.

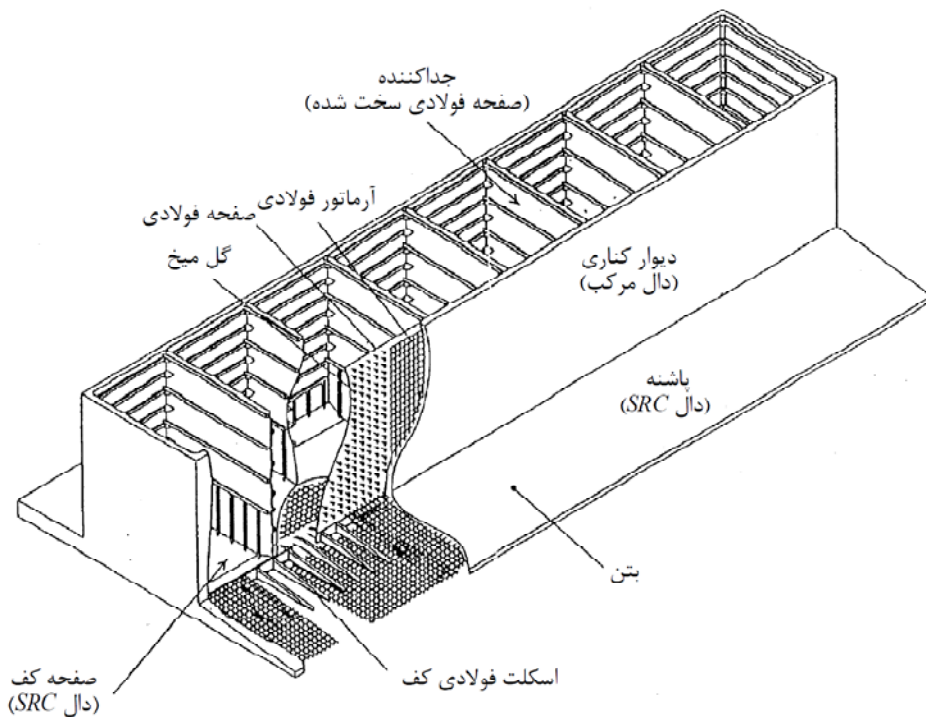
۳-۵- نیروهای خارجی طراحی

نیروهای خارجی طراحی شبیه بند ۴-۱- نیروهای خارجی طراحی می باشد.

۴-۵- طراحی اعضا

۱-۴-۵- نیروی مقطع

نیروی مقطع مورد بررسی در طراحی اعضا شبیه بند ۵-۱- طراحی اعضا می باشد.



شکل ۵-۱-۲- نمونه ای از سازه صندوقه مرکب

۵-۴-۲- طراحی دال های مرکب

دال های مرکب باید با توجه به موارد زیر طراحی گردد:

- ۱) لنگر خمشی
- ۲) نیروی برشی
- ۳) پیوستگی فولاد و بتن

نکات فنی

۱) لنگر خمشی

برای لنگر خمشی، تنش مقطع دال های مرکب را می توان شبیه عضو بتنی مسلح با تبدیل صفحات فولادی به آرماتورهای معادل محاسبه نمود.

۲) نیروی برشی

نیروی برشی دال های مرکب را می توان شبیه دال های بتنی مسلح تحلیل نمود.

۳) پیوستگی فولاد و بتن

اتصالات برشی، اعضای سازه ای مهمی برای پیوستگی مصالح سازه مرکب به حساب می روند. در دال های مرکب، گل میخ های سردار و فولاد شکل دار متداول ترین اتصالات برشی هستند. تعداد لازم و چینش اتصالات برشی باید با توجه به جلوگیری از جداسازی صفحه فلزی از بتن (بویژه هنگامی که تنش فشاری فعال است) و تضمین انتقال نیروی برشی افقی در محل اتصال بین صفحه فولادی و بتن طراحی گردد.

۵-۴-۳- طراحی اعضای SRC

اعضای فولادی و بتن مسلح (SRC) باید در برابر لنگر خمشی و نیروی برشی با توجه کامل به مشخصات سازه‌ای ناشی از تفاوت‌های نوع سازه ای اسکلت فولادی طراحی گردد.

نکات فنی

(۱) اعضای SRC را می توان با توجه به نوع سازه ای قاب های فولادی به دسته های زیر تقسیم کرد:

الف) نوع جان پر

ب) نوع جان خرابی

(۲) برای لنگر خمشی، تنش مقطع را می توان همانند عضو بتنی مسلح با تبدیل قاب های فولادی به آرماتورهای معادل، محاسبه نمود. هنگامی که در نوع جان پر، اتصال انتهای قاب فولادی با بتن ناکافی است، باید آن را به عنوان ترکیب عضو قاب فولادی مستقل و عضو بتنی مسلح محاسبه نمود.

(۳) برای نیروی برشی، اگر جان عضو از نوع خرابی باشد، تنش برشی را می توان نظیر بتن مسلح با تبدیل قاب های فولادی به آرماتورهای معادل، محاسبه نمود. اگر جان عضو پر باشد، خود قاب های فولادی می توانند در برابر نیروی برشی مقاومت کرده و به موقع در طراحی در نظر گرفته شوند.

۵-۴-۴- طراحی جداکننده ها

جداکننده های صندوقه های مرکب باید برای ایمنی کافی در برابر نیروهای خارجی وارد بر آن ها و کاربرد به عنوان اعضای تکیه گاهی برای دیوارهای کناری و صفحات کف ستون، طراحی شوند.

۵-۴-۵- طراحی گوشه ها و اتصالات

گوشه ها و اتصالات باید برای انتقال روان و کامل نیروهای مقطع و همچنین ساخت و اجرای آسان طراحی گردند.

نکات فنی

برای تضمین مقاومت کافی گوشه ها و اتصالات، مصالح فولادی قسمت کششی باید به قسمت فشاری، کاملاً محکم متصل گردد. همچنین مطلوب است مصالح فولادی مسلح برشی (ماهیچه) در برابر تنش کششی بتن داخل اتصالات تامین گردد.

۵-۴-۶- ایمنی در برابر شکست ناشی از خستگی

صندوقه های مرکب باید در برابر شکست ناشی از خستگی به طور مناسبی ایمن باشند.

نکات فنی

در صندوقه های مرکب از اتصالات جوشی فراوانی برای اتصال صفحات فولادی و نصب اتصالات برشی و فولاد مقاوم در برش استفاده می شود. بنابراین هر جا که اعضا به طور مرتب در معرض بارهای تکرار شونده قرار داشته باشند، باید مقاومت در برابر خستگی در قسمت های جوش شده مورد بازرسی قرار گیرد.

برای سنگ چین ساحلی و دیوار ساحلی، اثر چنین بار تکرار شونده ای، کوچک است. به هر حال، هنگام طراحی موج شکن، باید ایمنی صندوقه مرکب در برابر مقاومت خستگی بررسی گردد.

۵-۵- کنترل خوردگی

کنترل خوردگی در صندوقه های مرکب باید با توجه به سازه و شرایط طراحی و اجرای آن ها انجام گردد.

نکات فنی

مصالح فولادی مورد استفاده در سمت خارجی صندوقه مرکب معمولاً با بتن یا کرباس آسفالتی پوشانده می شود. سمت داخلی از فضای خارجی به وسیله درپوش های بتنی جدا شده و در حالت سکون در تماس با ماسه پرکننده و آب دریای باقیمانده می باشد. بنابراین هنگام طراحی صندوقه های مرکب، باید به طور کلی از تماس مستقیم بین صفحات فولادی اعضا و محیط دریا جلوگیری شود. برای کنترل خوردگی، معمولاً صفحه فولادی در سمت داخلی و بتن سمت خارجی قرار می گیرد تا از تماس مستقیم صفحه فولادی با آب دریا جلوگیری شود. اگر صفحات فولادی در تماس مستقیم با آب دریا باشد، باید کنترل خوردگی نظیر روش های پوششی در مناطق پاشش یا جزر و مدی و روش های حفاظت کاتدی در آب دریا استفاده گردد.

