

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه



ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه

مخازن آب زمینی

نشریه شماره ۱۲۳

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه



ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه

مخازن آب زمینی

نشریه شماره ۱۲۳

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی / معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی. - تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۱.

چهارده، ۲۴۰ص: مصور. - (سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی: نشریه شماره ۱۲۳) (انتشارات سازمان برنامه و بودجه: ۷۱/۵۵/۶۵)
مربوط به دستورالعمل شماره ۱۸۱۷-۱۶۳۱۲/۵۶-۱ مورخ ۱۳۷۱/۱۵/۶.
کتابنامه: ص. ۱۴۸

۱. آب - ذخیره - استانداردها. ۲. آب - ذخیره - طرح و ساختمان. الف. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ب. عنوان. ج. سلسله انتشارات.

ش. ۱۲۳ ۲س/ ۳۶۸ TA

ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی

تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ناشر: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۱۰۵۵ نسخه، ۱۳۷۱

قیمت: ۳۶۰۰ ریال

چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

بسمه : تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور	دستورالعمل شماره ۱۸۱۷ - ۱۶۳۱۲/۵۶ - ۱ مورخ ۱۳۷۱/۱۰/۶
موضوع : ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی	کد
تذکر :	
باستناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی این دستورالعمل از نوع یک مذکور در ماده هفت آئین نامه در یک صفحه صادر میگردد . تاریخ مندرج در ماده ۸ آئین نامه در مورد این دستورالعمل ۱۳۷۲/۱/۱ میباشد . به پیوست نشریه شماره ۱۲۳ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی این سازمان تحت عنوان " ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی " ابلاغ میگردد . دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور موظفند از تاریخ ۱۳۷۲/۱/۱ مفاد نشریه یاد شده را در طرح و محاسبه مخازن آب زمینی که هزینه آنها از محل اعتبارات طرحهای عمرانی تامین میشود ، رعایت نمایند .  مسعود روحانی زنجانی معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه	

فهرست مطالب

۱۵	 فصل ۱- کلیات
۱۷	۱-۱- دامنه
۱۷	۲-۱- شرایط شالوده
۱۸	۳-۱- طبقه‌بندی مخازن بتن مسلح از نظر موقعیت نسبت به تراز زمین
۱۸	۱-۳-۱- کلیات
۱۸	۲-۳-۱- مخازن هوایی
۱۸	۳-۳-۱- مخازن زمینی
۱۸	۴-۱- طبقه‌بندی مخازن از لحاظ شکل هندسی
۱۹	۵-۱- طبقه‌بندی مخازن از لحاظ پوشش سقف
۱۹	۶-۱- سیستم سازه‌ای مخازن
۱۹	۱-۶-۱- سیستم سازه‌ای سقف
۱۹	۲-۶-۱- اتصال سقف به دیوار
۲۰	۳-۶-۱- سیستم سازه‌ای دیوار در مخازن مکعب مستطیلی
۲۰	۴-۶-۱- سیستم سازه‌ای دیوار در مخازن استوانه‌ای
۲۲	۵-۶-۱- سیستم سازه‌ای کف
۲۳	۶-۶-۱- سیستم سازه‌ای مقاوم در مقابل نیروهای زلزله

۲۴	یخ زدگی در مخازن	۷-۱
۲۴	آیین نامه های طراحی	۸-۱
۲۴	سیستم آحاد	۹-۱
۲۴	هندسه مخازن در پلان	۱۰-۱
۲۵	فاصله ستونها در مخازن بتنی	۱۱-۱

فصل ۲- مشخصات فنی مصالح مصرفی

۲۹	سیمان	۱-۲
۲۹	آب	۲-۲
۲۹	سنگدانه ها	۳-۲
۲۹	کلیات	۱-۳-۲
۳۰	حداکثر اندازه اسمی	۲-۳-۲
۳۰	مواد افزودنی	۴-۲
۳۰	بتن ساخته شده	۵-۲
۳۰	کلیات	۱-۵-۲
۳۰	طبقه بندی بتن	۲-۵-۲
۳۱	حداقل مقدار سیمان	۳-۵-۲
۳۱	حداکثر مقدار سیمان	۴-۵-۲
۳۱	حداکثر مقدار آب به سیمان	۵-۵-۲
۳۲	کار آیی	۶-۵-۲
۳۲	پرداخت سطحی	۷-۵-۲
۳۲	بتن مگر (بتن کم سیمان)	۸-۵-۲
۳۲	حداقل زمان مراقبت از بتن	۹-۵-۲
۳۳	آرماتور	۶-۲
۳۳	نظارت و انجام آزمایشها	۷-۲
۳۳	کلیات	۱-۷-۲

۳۳	آزمایش آب‌بندی کف و دیوارهای مخزن	۲-۷-۲
۳۳	آزمایش آب‌بندی سقف مخزن	۲-۷-۳
۳۴	اندود داخلی	۲-۸

فصل ۳- بارگذاری ۳۵

۳۷	کلیات	۳-۱
۳۷	بارهای استاتیک	۳-۲
۳۷	بار مرده	۳-۲-۱
۳۷	بار زنده	۳-۲-۲
۳۸	فشار استاتیک مایعات	۳-۲-۳
۳۸	فشار استاتیک خاک	۳-۲-۴
۳۸	زیرفشار	۳-۲-۵
۳۹	نیروهای ناشی از تغییرات درجه حرارت	۳-۲-۶
۳۹	بارهای دینامیک	۳-۳
	روش تحلیل استاتیکی برای تعیین نیروهای جانبی ناشی از	۳-۴
۳۹	ارتعاش آب - سازه در مخازن زمینی با جدار سخت	
۳۹	مقدمه	۳-۴-۱
۴۱	تعیین نیروهای جانبی ناشی از اجرام سخت	۳-۴-۲
۴۲	تعیین نیروهای جانبی ناشی از جرم مواج	۳-۴-۳
۴۷	توزیع فشار جانبی زلزله در مخازن	۳-۴-۴
	روش تحلیل استاتیکی برای تعیین نیروهای جانبی ناشی از	۳-۵
۴۹	ارتعاش آب - سازه در مخازن هوایی با جدار سخت	
۴۹	اثر زلزله بر جدار مخازن هوایی	۳-۵-۱
۴۹	اثر زلزله بر پایه‌های مخزن	۳-۵-۲
۴۹	فشار دینامیک خاک	۳-۶
۵۱	ترکیب بارها	۳-۷
۵۱	ترکیب بار در طراحی به‌روش تنش مجاز	۳-۷-۱

۵۱ ترکیب بار در طراحی به روش مقاومت نهایی ۳-۷-۲

فصل ۴- تحلیل و طراحی ۵۵

۵۷ ۴-۱- مقدمه

۵۷ ۴-۲- شرایط محیطی

۵۹ ۴-۳- تأمین شرایط بهره‌برداری

۵۹ ۴-۳-۱- پوشش بتن روی میلگرد

۵۹ ۴-۳-۲- محدود کردن عرض ترک

۵۹ ۴-۳-۳- کنترل تغییر شکل

۶۰ ۴-۳-۴- حداکثر فاصله میلگرد

۶۰ ۴-۳-۵- حداقل ضخامت

۶۱ ۴-۴- طراحی

۶۱ ۴-۵- طراحی در مقابل نیروهای خارجی

۶۱ ۴-۵-۱- طراحی به روش تنش‌های مجاز

۶۱ ۴-۵-۱-۱- طراحی برای کنترل عرض ترک

۶۳ ۴-۵-۱-۲- طراحی برای مقاومت

۶۴ ۴-۵-۱-۳- روابط طراحی در طراحی به روش تنش مجاز

۶۵ ۴-۵-۲- طراحی به روش مقاومت نهایی

۶۵ ۴-۵-۲-۱- طراحی برای کنترل عرض ترک

۷۰ ۴-۵-۲-۲- طراحی برای مقاومت نهایی

۷۱ ۴-۵-۲-۳- برش مقاوم بتن در طراحی به روش مقاومت نهایی

۷۲ ۴-۵-۲-۴- روابط طراحی در طراحی به روش مقاومت نهایی

۷۳ ۴-۵-۳- طول مهاری و طول وصله

۷۴ ۴-۶- طراحی در مقابل آثار حرارتی و جمع‌شدگی در صفحه دال یا دیوار

۷۴ ۴-۶-۱- مقدمه

۷۴ ۴-۶-۲- تغییرات درجه حرارت

۷۴	۳-۶-۴	میلگردهای حرارتی و جمع شدگی
۷۵	۴-۶-۴	درزها
۷۵	۴-۶-۴-۱	درزهای اجرایی
۷۷	۴-۶-۴-۲	درزهای حرکتی
۸۲	۴-۶-۵	کنترل عرض ترکهای حرارتی و جمع شدگی
۸۳	۴-۶-۶	تعیین مقدار فولادهای حرارتی و جمع شدگی
۸۳	۴-۶-۶-۱	روش اسمی برای تعیین مقدار فولادهای حرارتی و جمع شدگی
۸۵	۴-۶-۶-۲	روش محاسبه‌ای برای تعیین مقدار فولادهای حرارتی و جمع شدگی
۸۸	۴-۶-۷	سطح مؤثر مقطع بتنی برای محاسبه فولادهای حرارتی
۹۰	۴-۷-۷	تحلیل
۹۲ ۹۱	۴-۷-۱	تحلیل مخازن غیریکپارچه
۹۲ ۹۱	۴-۷-۲	تحلیل مخازن یکپارچه

فصل ۵- ساخت ۹۳

۹۵	۵-۱	مقدمه
۹۵	۵-۲	بستر زمین
۹۶	۵-۳	آماده کردن سطح زمین
۹۷	۵-۴	زهکشی زیر مخزن
۹۷	۵-۴-۱	مقدمه
۹۷	۵-۴-۲	انواع سیستم زهکشی
۹۸	۵-۴-۳	هندسه شبکه زهکش
۹۸	۵-۴-۴	انتخاب فواصل و قطر شبکه زهکش
۹۹	۵-۴-۵	شیب لوله‌های زهکش
۹۹	۵-۴-۶	لایه پوششی اطراف لوله‌های زهکش (مصالح فیلتر)
۱۰۲	۵-۴-۷	لوله‌های زهکش
۱۰۳	۵-۴-۸	نگهداری سیستم زهکش

۱۰۳	چاهک بازدید	۹-۴-۵
۱۰۴	آبهای زیرزمینی و زیر فشار	۵-۵
۱۰۵	قالب بندی	۶-۵
۱۰۵	مشخصات فنی اجزای تشکیل دهنده درز	۷-۵
۱۰۵	شیار درز	۱-۷-۵
۱۰۶	پرکننده های درز	۲-۷-۵
۱۰۶	درزگیرها	۳-۷-۵
۱۱۲	تیغه های آب بند	۴-۷-۵

فصل ۶- تأسیسات مکانیکی مخازن ۱۱۷

۱۱۹	کلیات	۱-۶
۱۱۹	لوله های ورودی	۲-۶
۱۲۰	لوله های خروجی	۳-۶
۱۲۳	تجهیزات شستشو	۴-۶
۱۲۳	تجهیزات سرریز	۵-۶
۱۲۵	شیر آلات	۶-۶
۱۲۶	تجهیزات جنبی	۷-۶
۱۲۶	جلوگیری از ماند آب در مخازن	۸-۶

فصل ۷- مخازن وزنی ۱۲۹

۱۳۱	مقدمه	۱-۷
۱۳۳	بارهای وارد بر مخازن وزنی	۲-۷
۱۳۴	آب بندی دیوارها و کف مخازن	۳-۷
۱۳۴	تناسبات هندسی اولیه در طراحی دیوارهای وزنی	۴-۷
۱۳۴	مقدمه	۱-۴-۷
	دیوار تحت فشار جانبی آب - بدون فشار برکنش و بدون	۲-۴-۷

۱۳۷	تأثیر نیروی زلزله
	۷-۴-۳- دیوار تحت فشار جانبی آب - با زیر فشار برگشت و بدون
۱۳۸	تأثیر نیروی زلزله
۱۴۰	۷-۵- پنجه دیوارهای وزنی
۱۴۰	۷-۶- ترکیبات بارگذاری
۱۴۱	۷-۷- تنش های مجاز
۱۴۱	۷-۷-۱- تنش مجاز فشاری در دیوارهای وزنی بتنی
۱۴۱	۷-۷-۲- تنش مجاز فشاری در دیوارهای وزنی سنگی
۱۴۳	۷-۷-۳- تنش کششی مجاز
۱۴۳	۷-۸- محاسبه تنش ها
	۷-۸-۱- محاسبه تنش ها برای ترکیباتی از بارگذاری که در آنها
۱۴۳	نیروی زلزله وجود ندارد
	۷-۸-۲- محاسبه تنش ها برای ترکیباتی از بارگذاری که در آنها
۱۴۴	نیروی زلزله وجود دارد
۱۴۶	۷-۹- کنترل پایداری
۱۴۶	۷-۹-۱- کنترل پایداری در مقابل واژگونی
۱۴۶	۷-۹-۲- کنترل پایداری در مقابل لغزش
۱۴۸	فهرست مآخذ.....
	پیوست ۱: ضرایب نیروی برشی و لنگر خمشی برای مخازن
۱۴۹	مکعب مستطیلی و دالهای دوطرفه
	پیوست ۲: ضرایب نیروی برشی، لنگر خمشی و کشش حلقوی در
۲۲۷	مخازن استوانه ای

مقدمه

طراحی، ساخت و نگهداری مخازنی که برای ذخیره سازی آب مورد استفاده قرار می گیرند با توجه به رشد فزاینده جمعیت و توسعه شهرها، از اهمیت بسزایی برخوردار است. به دلیل فقدان ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه، ساخت این مخازن از وضعیت مطلوبی برخوردار نمی باشد. نگرشی اجمالی به نحوه طراحی، محاسبات و روشهای اجرایی مخازن بتنی آب مشخص می سازد که باید در جهت بهینه سازی و هماهنگ نمودن طرح و اجرای اینگونه سازه ها تلاش بیشتری به عمل آید.

هر ساله در نقاط مختلف کشور برای پاسخگویی به نیازهای آبرسانی، مخازن زیادی ساخته می شود، لیکن به علت عدم پیروی از ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه واحد و هماهنگی، طراحی و ساخت مخازن حتی با احجام و اشکال مشابه با اختلافهای نسبتاً فاحشی همراه است و با وجودی که این تأسیسات از جمله تأسیسات زیربنایی و مهم به شمار می آیند، اکثراً دارای نقاط ضعف قابل توجهی بوده و کارآمد نمی باشند.

مشکلات مشهود در طراحی، ساخت و بهره برداری مخازن آب، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی را برآن داشت که برای حل این معضل اقدام نموده و در نهایت نقشه های اجرایی تیپ مخازن را تهیه نماید.

جدول انتهای متن مشخصات انواع مخازن موضوع مطالعات حاضر را

مشخص می‌سازد. بدیهی است انواع دیگر مخازن نیز می‌توانند موضوع مطالعات بعدی قرار گیرند. این گزارش در هفت فصل به شرح زیر تنظیم شده است.

فصل اول تحت عنوان «کلیات» به دامنۀ کار، شرایط خاک بستر و شالوده، طبقه‌بندی مخازن بتن آرمه از لحاظ استقرار در ارتفاع، طبقه‌بندی مخازن از لحاظ شکل هندسی، طبقه‌بندی مخازن از دیدگاه پوشش سقف و سیستم سازه‌ای مخازن، اختصاص یافته است. در فصل دوم اجمالاً مشخصات فنی مصالح مصرفی مورد بررسی قرار گرفته، لیکن مشخصات فنی عمومی و خصوصی مخازن به صورت مستقل ارائه خواهد شد.

در فصل سوم، بارگذاری مخازن، شامل کلیات، بارهای استاتیک، بارهای دینامیک، روش تحلیل استاتیکی برای تعیین نیروهای جانبی ناشی از ارتعاش آب و سازه در مخازن زمینی با جدار سخت، روش تحلیل استاتیکی برای تعیین نیروهای جانبی ناشی از ارتعاش آب و سازه در مخازن هوایی با جدار سخت، فشار دینامیک خاک و ترکیب بارها مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل چهارم تحت عنوان «تحلیل و طراحی» به شرایط محیطی، تأمین شرایط بهره‌برداری، طراحی در مقابل نیروهای خارجی شامل طراحی به روش تنشهای مجاز و طراحی به روش مقاومت نهایی، طراحی در مقابل آثار حرارتی و جمع‌شدگی در صفحه دال با دیوار، درزها شامل درزهای حرکتی، درزهای انقباضی، درزهای انبساطی و درزهای لغزشی اشاره شده است.

در فصل پنجم مسئله ساخت مخازن مورد بررسی واقع شده است. در این فصل خاک بستر، آماده کردن سطح زمین، زه‌کشی زیر مخزن، آبهای زیرزمینی و فشار رو به بالا، قالببندی، مشخصات فنی اجزای تشکیل دهنده درز شامل پرکننده‌های درز، درزگیرها و تیغه‌های آب‌بند مورد بررسی قرار گرفته است و در فصل ششم، تأسیسات مکانیکی مخازن شامل لوله‌های ورودی لوله‌های خروجی، تجهیزات شستشو، تجهیزات سرریز، شیرآلات و تجهیزات جنبی مورد بحث قرار گرفته و بالاخره در فصل هفتم مخازن وزنی مورد بررسی قرار گرفته است.

مجموعه حاضر در ارتباط با طراحی مخازن آب توسط مهندسين مشاور بندآب با دقت قابل توجهی تهيه شده است. در مراحل مختلف کار دفتر تحقیقات و معيارهای فنی از همفکری مؤثر شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، مهندسين مشاور عمران محیط زیست، مهندسين مشاور آبساران و نیز آقایان مهندس حسين شفیعی فر، مهندس علی اصغر طاهری بهبهانی، دکتر هرمز فامیلی، مهندس سید اکبر هاشمی و خانم مهندس مینا پزشکیور بهره مند بوده است.

در دفتر تحقیقات و معيارهای فنی مسئولیت هدایت پروژه و انطباق مندرجات آن با اهداف مورد نظر دفتر با خانم مهندس منیر وزیریا بوده که این دفتر لازم می داند از تمامی شرکتها و کارشناسان یادشده تشکر و قدردانی نموده توفیق روزافزون آنان را در راه اعتلای جامعه فنی کشور از درگاه ایزدمتعال مسئلت نماید.

دفتر تحقیقات و معيارهای فنی

پائیز ۱۳۷۱

جدول شماره یک *

حجم	انواع تپ‌ها
۱۰۰۰	۱- مخزن مکعب مستطیلی مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۲- مخزن مکعب مستطیلی مدفون وزنی سنگی با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۳- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 0.7 kg/cm^2
۲۰۰۰	۴- مخزن مکعب مستطیلی مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۵- مخزن مکعب مستطیلی مدفون وزنی بتنی با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۶- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 0.7 kg/cm^2
۵۰۰۰	۷- مخزن مکعب مستطیلی مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۸- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 0.7 kg/cm^2
۱۰۰۰۰	۹- مخزن مکعب مستطیلی مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۱۰- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 0.7 kg/cm^2
	۱۱- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
۱۵۰۰۰	۱۲- مخزن مکعب مستطیلی مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۱۳- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 0.7 kg/cm^2
	۱۴- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
۲۰۰۰۰	۱۵- مخزن مکعب مستطیلی مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۱۶- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 0.7 kg/cm^2
	۱۷- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
۳۰۰۰۰	۱۸- مخزن مکعب مستطیلی مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2
	۱۹- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 0.7 kg/cm^2
	۲۰- مخزن مکعب مستطیلی نیمه مدفون بتن آرمه با مقاومت زمین حداقل 1 kg/cm^2

* بجز ردیف ۲ بقیه مخازن از نوع مخازن بتنی با ساخت درجا غیر پیش ساخته و غیر پیش‌فشرده خواهند بود.

فصل ۱

کلیات

۱-۱- دامنه

این ضوابط دربرگیرنده مقررات عمومی برای طراحی و اجرای مخازن بتن مسلح مورد استفاده در سازه‌های مربوط به امور مهندسی بهداشت که به نحوی عهده‌دار ذخیره آب خام، یا تصفیه شده در دمای معمولی هستند، می‌باشد. برای سایر مایعات و دماهای غیر معمول، اصول کلی این ضوابط با در نظر گرفتن مسائل خاص خوردندگی بتن و فولاد، قابل کاربرد است.

در تدوین این ضوابط فرض بر این است که آیین‌نامه مادر* برای طراحی و اجرای بتن مسلح در دسترس است و محاسب آشنایی کامل با آیین‌نامه مادر را دارد.

۱-۲- شرایط شالوده

در هنگام استفاده از این ضوابط، فرض بر این است که زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی منطقه و همچنین شرایط پی در خصوص مسائلی از قبیل، نشست، باربری اثر خوردندگی، آب زیرزمینی، روانگونی، فشار جانبی و سایر پارامترهای مکانیک خاک، توسط گروه‌های ذیصلاح مورد بررسی قرار گرفته و پارامترهای لازم در اختیار طراح قرار داده شده است.

* آیین‌نامه بتن ایران

۱-۳- طبقه‌بندی مخازن بتن مسلح از نظر موقعیت نسبت به تراز زمین

۱-۳-۱- کلیات

مخازن بتن مسلح برحسب وضعیت قرارگیری آنها در ارتفاع به دو دسته مخازن هوایی و مخازن زمینی طبقه‌بندی می‌شوند.

۱-۳-۲- مخازن هوایی

مخازنی هستند که برای ایجاد فشار مناسب در شبکه (به علت نبودن زمین طبیعی مرتفع در منطقه مورد نظر) بر روی پایه‌ای قاب‌بندی شده و یا یکپارچه قرار می‌گیرند. در شرایط معمول حجم این مخازن محدود بوده و حداکثر تا ظرفیت $1000 m^3$ ساخته می‌شوند. در شرایط بسیار نادر ممکن است احجام بزرگتری نیز ساخته شود.

۱-۳-۳- مخازن زمینی

در صورتی که زمین مرتفع در منطقه مورد نظر وجود داشته باشد، مخزن مستقیماً در روی زمین ساخته می‌شود. مخازن زمینی ممکن است به صورت مدفون و یا نیمه‌مدفون ساخته شوند. مخازن مدفون مخازنی هستند که تا عمق مناسب در زمین فرو رفته و سپس در پشت دیوارها و همچنین سقف آنها خاک ریخته می‌شود. اینگونه مخازن علاوه بر محاسنی که از لحاظ استتار دارند، از نظر تبادلات حرارتی نیز بسیار مناسب می‌باشند. در مخازن نیمه‌مدفون عمل خاکریزی غالباً تا نصف ارتفاع دیوار انجام می‌شود و در روی سقف مخزن عملاً هیچگونه خاکی وجود ندارد. اینگونه مخازن از لحاظ استتار و همچنین انبساط و انقباض دال سقف نامناسب می‌باشند.

عواملی که در استقرار منابع زمینی از لحاظ مدفون و نیمه‌مدفون بودن تأثیر دارد، شامل شرایط اقلیمی، توپوگرافی، محدودیت زمین و رقوم مورد نظر و همچنین شیب زمین و جنس لایه‌های خاک می‌باشد.

۱-۴- طبقه‌بندی مخازن از لحاظ شکل هندسی

از لحاظ هندسی، مخازن معمولاً در دو شکل استوانه‌ای و مکعب مستطیل ساخته می‌شوند.

از لحاظ برنامه ریزی بهره برداری، مخازن به صورت دوقلو در نظر گرفته می شوند. به عنوان مثال به جای ساخت یک مخزن 5000 m^3 ، دو مخزن 2500 m^3 در کنار یا چسبیده به یکدیگر ساخته می شود.

۱- ۵- طبقه بندی مخازن از لحاظ پوشش سقف

مخازن ممکن است در دو حالت مسقف و یا بدون سقف باشند. مخازن آب آشامیدنی حتماً باید مسقف باشند. از مخازن بدون سقف بیشتر به صورت حوضچه های ته نشینی در تصفیه خانه های آب و یا فاضلاب و یا استخر شنا در اماکن ورزشی، استفاده می شود.

۱- ۶- سیستم سازه ای مخازن

۱- ۶- ۱- سیستم سازه ای سقف

برای دال مخازن ممکن است یکی از سیستم های زیر انتخاب شود:

الف: دال تخت قارچی

ب: دال دو طرفه با تیرهای حمال محیطی

پ: دال تیرچه بلوک (با تیرچه های پیش فشرده) و تیرهای حمال محیطی

با توجه به خصوصیات سازه ای و همچنین شرایط پایایی لازم برای سقف مخازن، سیستم نوع الف (دال تخت قارچی)، مناسب ترین و متداولترین سیستم برای سقف مخازن می باشد. در مورد استفاده از دال تیرچه بلوک، هرچند که به خاطر حذف قالب بندی دال، از نظر اقتصادی توجیه خوبی وجود دارد، لیکن باید به این مسئله توجه داشت که سطح زیرین سقف مخازن در معرض خورنده ترین شرایط رطوبتی قرار دارد و تیرچه های پیش ساخته با قالب فوندوله، مشخصات فنی لازم برای مقابله با این شرایط محیطی را دارا نمی باشند. در صورت استفاده از سیستم تیرچه بلوک، مشخصات فنی لازم برای پایایی و همچنین عمل دال به عنوان یک دیافراگم صلب باید مورد مطالعه خاص قرار گیرد.

۱- ۶- ۲- اتصال سقف به دیوار

اتصال سقف به دیوار در مخازن نیمه مدفون به خاطر کاهش اثرات ناشی از تغییر طولهای

حرارتی، به صورت لغزنده و در مخازن مدفون به حالت جلوگیری از نفوذ آبهای زیرزمینی و نفوذی، به صورت یکپارچه در نظر گرفته می شود.

۱- ۶- ۳- سیستم سازه‌ای دیوار در مخازن مکعب مستطیل

برحسب وجود درزهای انبساط قائم در دیوار، نسبت طول به ارتفاع دیوار و نحوه اتصال دیوار با سقف و فونداسیون، سیستم سازه‌ای دیوار مخازن، طبق یکی از حالات زیر است. در این میان وجود درز انبساط قائم در دیوار نقش عمده‌ای داشته و دو سیستم یکپارچه و غیریکپارچه را به وجود می آورد:

سیستم یکپارچه (شکل ۱- ۱- الف)

الف: دال دوطرفه، متکی در سه لبه و آزاد در لبه فوقانی (وضعیت اتکایی ممکن است ساده یا گیردار باشد)

ب: دال دوطرفه، متکی در چهار لبه (وضعیت اتکایی ممکن است ساده یا گیردار باشد) در این حالت دیوارها علاوه بر لنگر خمشی، تحت کشش در امتداد طولی و فشار در امتداد قائم قرار می گیرند.

سیستم غیریکپارچه (شکل ۱- ۱- ب)

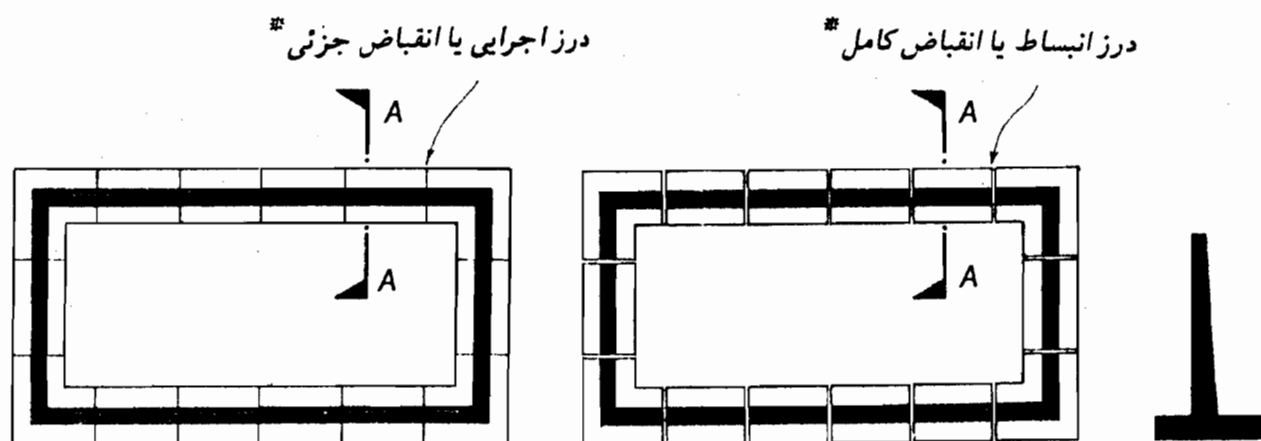
الف: دال یک طرفه قائم طره‌ای، گیردار در پایین و آزاد در بالا

ب: دال یک طرفه قائم، گیردار در پایین و یکپارچه با سقف در بالا

در سیستم غیریکپارچه، محاسبه میلگردهای خمشی افقی در گوشه‌ها (محل اتصال دو دیوار)، باید بررسی گردد.

۱- ۶- ۴- سیستم سازه‌ای دیوار در مخازن استوانه‌ای

برحسب وجود درزهای انبساط قائم در دیوار، نسبت ارتفاع به قطر، و نحوه اتصال دیوار با سقف و فونداسیون، سیستم سازه‌ای دیوار مخازن استوانه‌ای، طبق یکی از حالات زیر است. در این میان وجود درز انبساط قائم در دیوار نقش عمده داشته و دو سیستم یکپارچه و غیریکپارچه را به وجود می آورد.

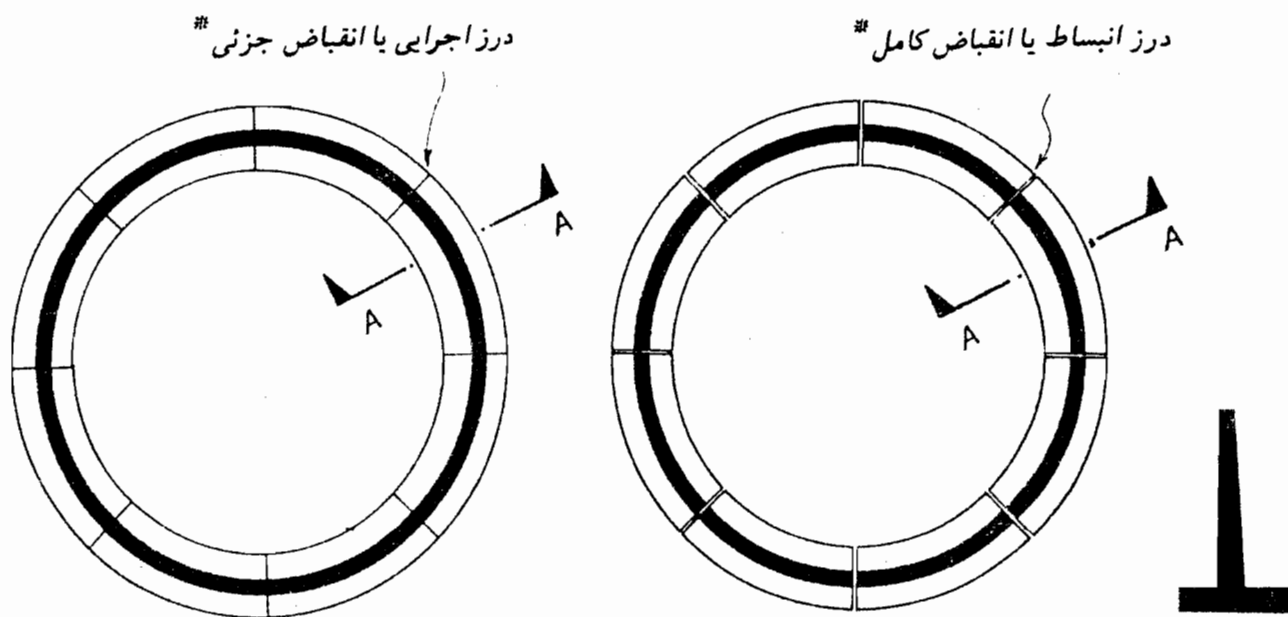


الف: پلان مخزن مستطیلی با دیوار یکپارچه

ب: پلان مخزن مستطیلی با دیوار غیر یکپارچه

مقطع A - A

شکل ۱-۱



الف: پلان مخزن استوانه‌ای با دیوار یکپارچه

ب: پلان مخزن استوانه‌ای با دیوار غیر یکپارچه

مقطع A - A

شکل ۲-۱

سیستم یکپارچه (شکل ۱-۲-الف)

پوسته استوانه‌ای متکی بر کشش حلقوی با شرایط گیرداری مختلف در پایین و بالای

پوسته

* برای دیدن انواع درز انبساط به بخش ۴-۶-۴ مراجعه نمایید.

سیستم غیریکپارچه (شکل ۱-۲-ب)

الف: دال یک طرفه قائم طره‌ای، گیردار در پایین و آزاد در بالا

ب: دال یک طرفه قائم، گیردار در پایین و یکپارچه با سقف در بالا

ارتفاع دیوار مخازن

با توجه به مسائل و مشکلات اجرایی، و لزوم بتن‌ریزی یکپارچه در ارتفاع، حداکثر ارتفاع دیوار مخازن طبق توصیه دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه، ۵ متر انتخاب می‌شود. نتایج مطالعات مهندسین مشاور زاینده‌آب در خصوص ارتفاع اقتصادی مخازن، در جدول ۱-۱ ارائه شده است. نتایج این جدول با فرض رفتار طره‌ای دیوار و شتاب زلزله مساوی $0.25g$ به دست آمده‌اند.

جدول ۱-۱- ارتفاع اقتصادی مخازن

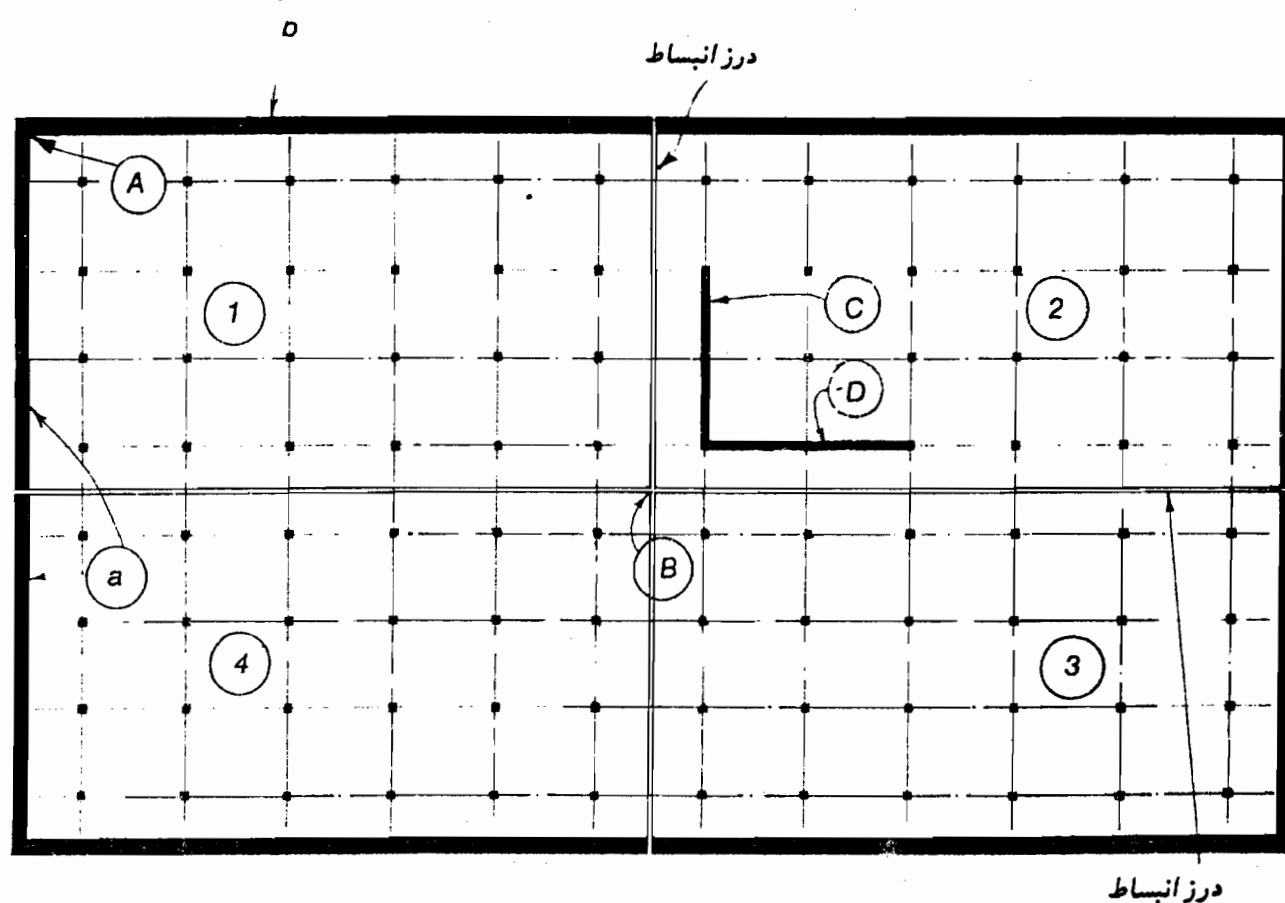
مخزن استوانه‌ای	مخزن مستطیلی	حجم مخزن (m^3)
۴	۳/۸	۲۰۰۰
۵	۴	۵۰۰۰
۵ تا ۶	۵	۱۰۰۰۰
۶	۵ تا ۶	۱۵۰۰۰
۶	۵ تا ۶	۲۰۰۰۰
۶	۶	۳۰۰۰۰

۱-۶-۵- سیستم سازه‌ای کف

برحسب شرایط فونداسیون، سیستم کف به دو صورت یکپارچه و غیریکپارچه انتخاب می‌شود. سیستم کف یکپارچه به صورت یک دال بتن مسلح یکپارچه در زیر تمام دیوارها و ستونها می‌باشد و از آن در مواردی استفاده می‌شود که خاک منطقه سست و یا سطح آب زیرزمینی بالا باشد. در مواقعی که منطقه دارای خاک خوب و عاری از آب زیرزمینی باشد، استفاده از کف غیریکپارچه می‌تواند مورد توجه واقع شود. در این حالت دیوارها و ستونها

دارای شالوده‌های جداگانه می‌باشند و در روی سطح فوقانی این شالوده‌ها، یک دال بتنی با ضخامت کم به منظور آب‌بندی کف مخزن اجرا می‌شود.

۱- ۶- ۶- سیستم سازه‌ای مقاوم در مقابل نیروهای زلزله برای توزیع یکنواخت نیروی زلزله و جلوگیری از هرگونه تمرکز نیرو به علت لنگرهای پیچشی بزرگ، لازم است مخزن دارای توزیع یکنواخت سختی در سطح افق باشد. به عنوان مثال، شکل ۱- ۳، نشان‌دهنده پلان یک مخزن بزرگ می‌باشد که توسط دو درز انبساط به چهار قسمت تقسیم شده است. برای بحث اگر ربع ۱ را مورد توجه قرار دهیم، ملاحظه می‌نماییم که وجود دیوارهای a و b باعث تمرکز شدید سختی در گوشه A می‌شود. در حالی که



شکل ۱- ۳- توزیع یکنواخت سختی در افق دیوارهای برشی C و D باید در تمام ربع‌ها اجرا گردد.

در گوشه B عملاً سختی ناچیز است. لذا منطق حکم می‌کند که به تریبی، سختی در گوشه B افزایش یابد. برای این منظور می‌توان همانند ریع ۲ عمل نمود و با تعبیه دو دیوار برشی C و D، توزیع یکنواختی از سختی در صفحه افق به وجود آورد.

۱- ۷- یخ‌زدگی در مخازن

برای جلوگیری از یخ‌زدن آب در مخازن، در مناطق سردسیر بایستی از مخازن مدفون استفاده گردد.

۱- ۸- آیین‌نامه‌های طراحی

آیین‌نامه‌های معتبری که می‌تواند در طراحی مخازن مورد استفاده قرار گیرد، به‌قرار ذیل می‌باشند:

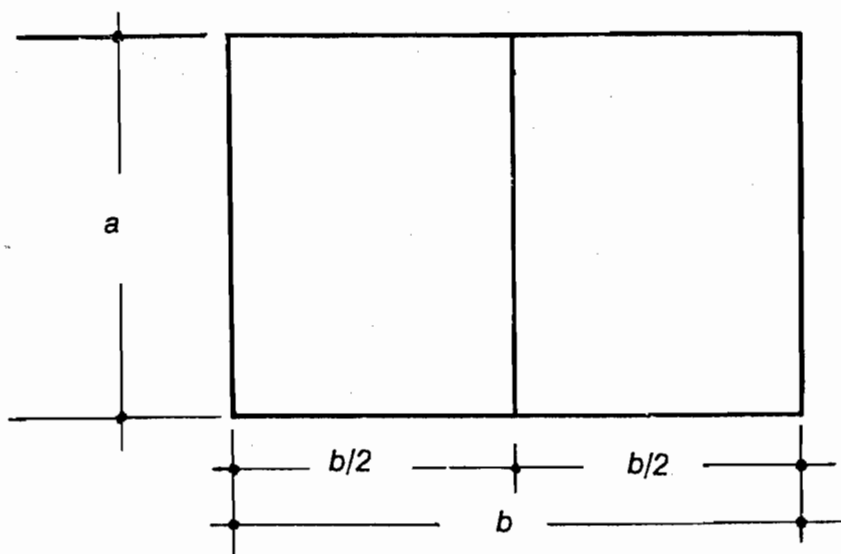
- 1 - BS 5337: The structural use of concrete for retaining aqueous liquids.
- 2 - AC I, 350 R-83; Concrete sanitary Eng. Structure.
- 3 - TM 5-809-10: CHAPTER II-STRUCTURES other Than buildings.
- 4 - AWWA STANDARD: welded steel Tanks for water storage Appendix A3-seismic forces.

۱- ۹- سیستم‌آحاد

سیستم‌آحاد مورد استفاده در این ضوابط، سیستم‌آحاد SI می‌باشد که در آن واحد نیرو نیوتن، واحد طول میلیمتر و واحد تنش Mpa (مگا پاسکال) یا نیوتن بر میلیمتر مربع (N/mm^2) می‌باشد.

۱- ۱۰- هندسه مخازن در پلان

به‌دلایل بهره‌برداری، غالباً در تمام موارد مخازن به‌صورت دوقلو طراحی می‌شوند. اگر هندسه یک مخزن مستطیلی مطابق شکل ۱- ۴ با عرض a و طول b در نظر گرفته شود، مناسبترین نسبت b/a وقتی است که به‌ازای آن طول کل دیوارها به‌حداقل برسد. اگر



شکل ۱-۴

طول کل دیوارها مساوی P باشد می توان نوشت:

$$P = 3a + 2b$$

(الف)

اگر فرض شود که برای یک حجم و ارتفاع مشخص، سطح مقطع کل مخزن مساوی عدد ثابت A باشد، می توان نوشت:

$$a = \frac{A}{b}$$

(ب)

با جاگذاری رابطه ب در رابطه الف، به دست می آید:

$$P = \frac{3A}{b} + 2b$$

برای به حداقل رساندن طول دیوارها، باید:

$$\frac{\partial P}{\partial b} = 0 \rightarrow \frac{b}{a} = \frac{3}{2}$$

در مورد مخازن استوانه‌ای، مطالعات اقتصادی نشان می دهد که برای دو قلو کردن مخازن، بهترین وضعیت حالتی است که دو مخزن مستقل، هر یک به حجم نصف حجم کل مورد نیاز به صورت جدا از هم ساخته شوند.

۱-۱۱- فاصله ستونها در مخازن بتنی

بررسی تجربیات موجود در زمینه طراحی مخازن، اعم از نقشه‌های ارائه شده از طرف

مشاورین خارجی و یا داخلی و همچنین مخازن اجرا شده موجود، نشان می‌دهد که فواصل ستونها چیزی در حدود $4/5$ تا $5/5$ متر می‌باشد. مطالعات این مهندسین مشاور نیز نشان می‌دهد که فواصلی در حدود فوق، ضخامت معقولی برای سقف (در حدود 20 تا 25 سانتی‌متر) به دست می‌دهد و در ضمن تعداد و تراکم ستونها درحد معقولی از نقطه نظر اجرایی است. با توجه به موارد فوق، در نقشه‌های ارائه شده برای مخازن تیپ، در اکثر موارد فواصل ستونها 5 متر انتخاب می‌شود. در مورد دهانه انتهایی برای ایجاد توازن در لنگرهای مثبت و منفی، طول دهانه 4 متر و با همین استدلال، طول دهانه‌های طره‌ای موجود در مجاورت درزهای انبساط، 2 متر منظور می‌شود.

فصل ۲

مشخصات فنی مصالح مصرفی

۲-۱- سیمان

سیمان‌های مجاز برای استفاده در بتن سازه‌های مهندسی بهداشت، به‌قرار زیر می‌باشند:

- ۱- سیمان پرتلند معمولی نوع I
 - ۲- سیمان پرتلند نوع II (در مواردی که خطر حمله ضعیف سولفات‌ها وجود دارد)
 - ۳- سیمان پرتلند با حرارت‌زایی کم نوع IV
 - ۴- سیمان پرتلند ضد سولفات نوع V
 - ۵- سیمان پرتلند سرباره معمولی و یا سیمان پرتلند سرباره با حرارت‌زایی کم
- مشخصات فنی سیمانهای فوق باید منطبق بر آیین‌نامه بتن ایران باشد.

۲-۲- آب

آب مصرفی در ساخت بتن سازه‌های مهندسی بهداشت، باید دارای همان مشخصات آب مصرفی در بتن ساختمانهای معمولی باشد در این مورد باید به آیین‌نامه بتن ایران مراجعه شود.

۲-۳- سنگدانه‌ها

۲-۳-۱- کلیات

سنگدانه‌های مصرفی در ساخت بتن سازه‌های مهندسی بهداشت، باید دارای همان

مشخصات سنگدانه‌های مصرفی در بتن ساختمانهای معمولی باشد. به خاطر نفوذناپذیری بیشتر، مصالح سنگی باید دارای جمع‌شدگی کم بوده و میزان جذب آب آن نباید از ۳ درصد بیشتر باشد. اغلب سنگدانه‌های سیلیسی خصوصیات فوق را برآورده می‌نمایند ولی سنگدانه‌های آهکی باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرند. مصالح بدست آمده از سنگهای آذرین دارای جمع‌شدگی زیاد هستند و از این نظر برای سازه‌های نگهدارنده آب مناسب نیستند.

۲-۳-۲- حداکثر اندازه اسمی

حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌ها می‌تواند، ۲۰ و یا ۴۰ میلیمتر باشد. از اندازه ۴۰ میلیمتر برای اعضا با ضخامت بزرگتر از ۴۰۰ میلیمتر استفاده می‌شود. حداکثر اندازه مصالح سنگی درشت دانه، در هیچ حالتی نباید از $\frac{1}{4}$ ضخامت حداقل عضو، بزرگتر گردد. در این خصوص علاوه بر محدودیت‌های فوق، باید محدودیت‌های آیین‌نامه بتن ایران نیز اعمال شود.

۲-۴- مواد افزودنی

از کلسیم کلراید و یا مواد افزودنی که دارای کلراید می‌باشند، نباید استفاده نمود. استفاده از سایر مواد افزودنی نیز منوط به اجازه مهندس ناظر می‌باشد. در این خصوص علاوه بر محدودیت‌های فوق، باید محدودیت‌های آیین‌نامه بتن ایران نیز اعمال شود.

۲-۵- بتن ساخته شده

۲-۵-۱- کلیات

حداقل الزامات مقاومتی و پایایی بتن باید توسط مهندس ناظر مشخص گردد. در صورتی که مایع مورد ذخیره خیلی خورنده باشد، باید استفاده از لایه‌های محافظتی مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۵-۲- طبقه‌بندی بتن

بتن مورد استفاده در قسمت‌های بتن مسلح مخازن از طبقه ۲۰ با مقاومت مشخصه

$f'_c = 20 \text{ N/mm}^2$ و طبقه ۲۵ با مقاومت مشخصه $f'_c = 25 \text{ N/mm}^2$ می باشد. f'_c مقاومت مربوط به نمونه استوانه‌ای به قاعده ۱۵۰ و ارتفاع ۳۰۰ میلیمتر می باشد. * استفاده از بتن های با مقاومت کمتر مجاز نبوده و بتن های با مقاومت بیشتر به علت تولید گرمای هیدراسیون زیاد، توصیه نمی شوند.

۲-۵-۳- حداقل مقدار سیمان

حداقل سیمان مصرفی برای تأمین شرایط پایایی و نفوذناپذیری، طبق جدول ۲-۱ می باشد.

جدول ۲-۱- حداقل مقدار سیمان بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب برای تأمین پایایی

حداقل مقدار سیمان (کیلوگرم در مترمکعب)		حداکثر اندازه اسمی سنگدانه ها (میلیمتر)
شرایط محیطی A	شرایط محیطی B	
۳۵۰	۳۰۰	۲۰
۳۰۰	۲۵۰	۴۰

۲-۵-۴- حداکثر مقدار سیمان

با توجه به درجه حرارت هیدراسیون بالای بتن های پر سیمان، که باعث افزایش انبساط بتن در هنگام گیرش و ایجاد ترک در هنگام سرد شدن می شود، حداکثر مقدار سیمان در بتن مسلح معمولی به 400 kg/m^3 محدود می شود.

۲-۵-۵- حداکثر مقدار آب به سیمان

حداکثر مقدار آب به سیمان در بتن مصرفی در سازه های مهندسی بهداشت، مساوی ۴۵/۰ می باشد.

* برای تبدیل مقاومت نمونه مکعبی 200×200 میلیمتر به نمونه استوانه ای فوق الذکر، می توان از ضرایب توصیه شده در آیین نامه بتن ایران استفاده نمود.

۲-۵-۶- کارایی^۱

بتن مصرفی باید دارای کارایی لازم برای جاگرفتن در زوایا و گوشه‌های قالب و احاطه آرماتور و ایجاد تراکم، بخصوص در اطراف درزهای انبساط باشد.

۲-۵-۷- پرداخت سطحی

به منظور احتراز از به وجود آمدن مکان مناسب برای تکثیر جلبکها و انگل‌ها، سطح بتن در تماس با آب، حتی الامکان باید صاف و نزدیک به لیسه‌ای باشد. سطح حاصل از قالب‌های فلزی و یا روکش‌های چندلایی با پوشش لاک، در صورت عاری بودن از مناطق کرمو، برای این منظور قابل قبول می‌باشد. در صورت استفاده از قالب‌های ساخته شده از الوارهای چوبی، باید روی آنها روکش شود. در مورد بتن کف، سطح بتن ابتدا باید توسط تخته‌ماله و سپس توسط ماله فلزی در حالتی نزدیک به بتن لیسه‌ای، پرداخت شود.

۲-۵-۸- بتن مگر (کم سیمان)

برای بتن‌های فونداسیون و کف که مستقیماً در تماس با خاک قرار دارند، اجرای یک لایه بتن مگر با ضخامت حداقل ۷/۵ سانتیمتر در روی زمین لازم است. عیار سیمان بتن مگر نباید از 150 kg/m^3 کمتر باشد. در صورتی که خاک منطقه دارای نمکهای خورنده و مضر به حال بتن باشد، حداقل عیار سیمان بتن مگر نباید از 200 kg/m^3 کمتر در نظر گرفته شود. در چنین مواردی، در صورت لزوم، استفاده از سیمان پرتلند ضد سولفات باید مورد توجه قرار گیرد.

۲-۵-۹- حداقل زمان مراقبت از بتن

حداقل زمان مراقبت پس از باز کردن قالبها، براساس مندرجات آیین‌نامه بتن ایران خواهد بود. حتی پس از این زمان حداقل، توصیه می‌شود که از خشک شدن سطحی بتن جلوگیری شده و دامنه تغییرات درجه حرارت آن کاملاً محدود شود. در این خصوص حداقل‌های توصیه شده در آیین‌نامه بتن ایران نیز باید رعایت شود.

1 - workability

۲-۶-آرماتور

مشخصات آرماتورهای مصرفی، منطبق بر مشخصات آرماتور مصرفی در بتن مسلح معمولی می باشد. توصیه می شود در مناطق زلزله خیز از آرماتورهای آجدار استفاده گردد.

۲-۷- نظارت و انجام آزمایشها

۲-۷-۱- کلیات

نحوه نظارت و انجام آزمایشهای لازم در حین عملیات اجرایی و بر روی سازه ساخته شده، مطابق با آیین نامه مربوطه برای ساختمانهای بتن مسلح معمولی می باشد، به غیر از موارد مربوط به آب بندی که در ذیل به آنها اشاره می شود:

۲-۷-۲- آزمایش آب بندی کف و دیوارهای مخزن

پس از اتمام عملیات اجرایی و قبل از هرگونه خاکریزی در پشت دیوارهای جانبی و سقف، مخزن باید کاملاً تمیز شده و برای آب بندی مورد آزمایش قرار گیرد. برای آزمایش، مخزن با سرعت حداکثر یک متر در روز پر می شود. بعد از گذشت حداقل ۳ روز (زمان لازم برای جذب آب توسط دیوار و کف)، سطح آب اندازه گیری می شود. پس از گذشت ۷ روز مجدداً سطح آب اندازه گیری می شود. میزان افت سطح آب پس از اصلاح برای اتلافات ناشی از تبخیر یا اضافات ناشی از بارندگی، نباید از کوچکترین دو مقدار ۱۰ mm یا $\frac{1}{5}$ عمق آب تجاوز نماید.

در صورتی که نتیجه آزمایش رضایت بخش نباشد، باید ترک و محل های احتمالی نشت آب مورد جستجو قرار گرفته و تعمیر گردند. پس از تعمیر، مجدداً آزمایش آب بندی باید انجام شود.

۲-۷-۳- آزمایش آب بندی سقف مخزن

سقف مخازن آب آشامیدنی باید کاملاً آب بند باشد. آب بندی سقف توسط یکی از دو آزمایش زیر اندازه گیری می شود:

الف: آب انداختن سقف به مدت ۲۴ ساعت با عمق حداقل ۲۵ میلیمتر

ب: برقراری یک جریان دائمی به مدت ۶ ساعت در روی سقف توسط یک سیستم آب پاش.
در هر دو آزمایش، در صورتی که آثاری از قبیل چکه کردن و یا نم زدن در سقف مشاهده نشود، سقف رضایت بخش می باشد.

۲-۸- اندود داخلی

انجام هرگونه اندود داخلی با استفاده از مواد شیمیایی منوط به ارائه مشخصات ماده مصرفی و تأیید مهندس ناظر می باشد. در هر حال این مواد نباید مضر به کیفیت آب نگهداری شده در مخزن باشد.

فصل ۳

بارگذاری

۳-۱- کلیات

بارهای وارد بر مخازن شامل بارهای استاتیک و بارهای دینامیک (زلزله) می‌شوند.

۳-۲- بارهای استاتیک

بارهای استاتیک شامل هستند بر: بار مرده، بار زنده، فشار استاتیک مایعات، فشار استاتیک خاک، زیر فشار و نیروهای ناشی از تغییرات درجه حرارت

۳-۲-۱- بار مرده

وزن مخصوص اکثر مصالح در آیین‌نامه ۵۱۹ ایران موجود است که در محاسبات بار مرده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲-۲- بار زنده

بار زنده وارد بر سقف مخزن، بار برف و یا هرگونه سربار، هر کدام که بزرگتر است*، می‌باشد که در هیچ حالتی نباید کمتر از $1/5 \text{ KN/m}^2$ در نظر گرفته شود.

* طبق آیین‌نامه ۵۱۹ ایران

در صورتی که به عللی امکان عبور وسایل نقلیه در روی سقف وجود داشته باشد، بارگذاری وسیله نقلیه در طراحی باید منظور گردد.

۳-۲-۳- فشار استاتیک مایعات

فشار جانبی و قائم مایعات با استفاده از تئوریهای مکانیک سیالات طبق رابطه $p = \gamma y$ محاسبه می شود که در آن p فشار جانبی یا قائم مایع، γ وزن مخصوص مایع و y ارتفاع تراز مورد نظر از سطح آزاد مایع می باشد.

۳-۲-۴- فشار استاتیک خاک

فرمول محاسبه فشار جانبی خاک، رابطه رانکین در نظر گرفته می شود که در هیچ حالتی نباید از فشار جانبی نظیر مایعی با وزن مخصوص 6 KN/m^3 کمتر گردد.

در صورتی که چرخهای وسایل نقلیه بتوانند تا فاصله ای افقی برابر نصف ارتفاع دیوار به آن نزدیک شوند، باید اثر فشار افقی ناشی از آنها در طراحی منظور گردد. ولی در هر حال این فشار نباید از فشار نظیری که با افزایش ۹۰ سانتیمتر بر ارتفاع واقعی خاک با وزن مخصوص 18 KN/m^3 به دست می آید، کمتر گردد.

اگر تمام یا قسمتی از خاک پشت دیوار پایتتر از سطح ایستابی آب زیرزمینی قرار گیرد، محاسبه فشار جانبی باید براساس خاکی که در زیر سطح آب قرار گرفته است، انجام گیرد. یعنی وزن مخصوص خاک در محاسبه رانش، برابر وزن مخصوص غوطه ور به حساب آمده و فشار کامل استاتیکی آب به آن اضافه گردد.

۳-۲-۵- فشار برکنش

در طراحی کفهایی که پایتتر از سطح ایستابی آب زیرزمینی قرار دارند، باید زیر فشار (فشار برکنش) آب زیرزمینی را منظور نمود. این فشار باید بر تمام سطح کف و بر ملاک رقوم زیر کف نسبت به بالاترین سطح محتمل تراز آب زیرزمینی به حساب آید.

۳-۲-۶- نیروهای ناشی از تغییرات درجه حرارت

سازه مخزن باید برای نیروهای حاصل از تغییرات درجه حرارت طراحی گردد. مقدار تغییرات درجه حرارت برای مخازن مدفون $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ و برای مخازن نیمه مدفون و غیر مدفون $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ در نظر گرفته می شود.

۳-۳- بارهای دینامیک

بارهای دینامیک، نیروهای اینرسی ناشی از ارتعاش سازه، مایع درون آن و خاک اطراف آن (در صورت وجود) می باشند. برای تعیین این نیروها، سه روش می توان به کار برد.

الف: روش تحلیل استاتیکی معادل

ب: روش تحلیل شبه دینامیکی

پ: روش تحلیل دینامیکی

روشهای ب و پ بر پایه مدل کردن سازه و مایع درون آن به صورت یک مدل اجزای محدود قرار دارد و در شرایط فعلی بیشتر جنبه تحقیقاتی دارد تا عملی. حُسن بزرگ این روشها، در نظر گرفتن اندرکنش ارتعاش آب - سازه می باشد، که بخصوص در مورد مخازن با جدار انعطاف پذیر حائز اهمیت است. در ادامه بحث فقط روش تحلیل استاتیکی معادل مورد بررسی قرار می گیرد.

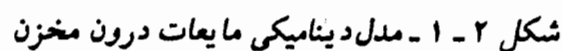
۳-۴- روش تحلیل استاتیکی برای تعیین نیروهای جانبی ناشی از ارتعاش

آب - سازه در مخازن زمینی با جدار سخت

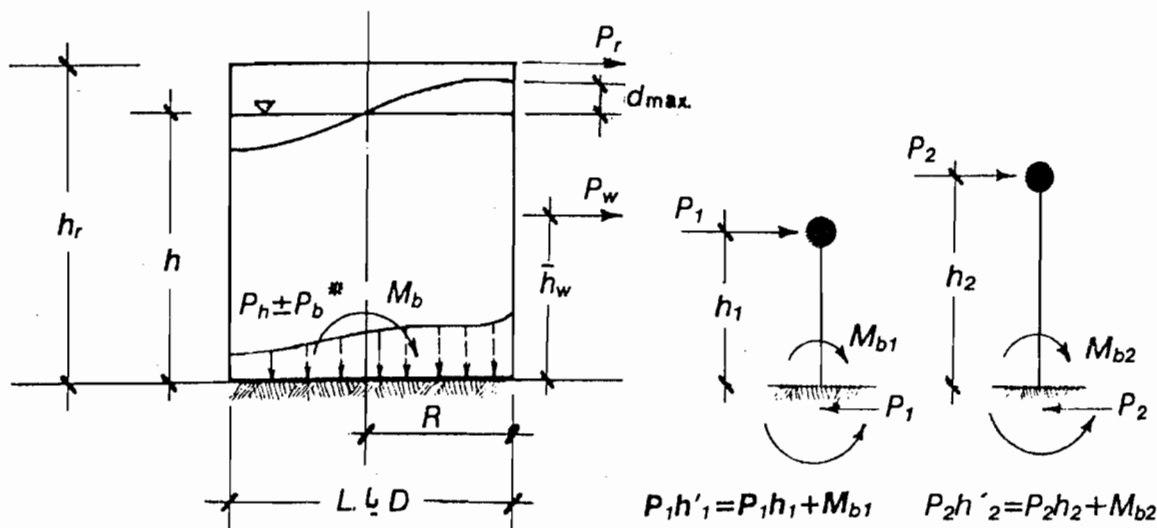
۳-۴-۱- مقدمه

طبق تئوری هازنر، مدل دینامیکی مایعات، با ویسکوزیته ای* در حدود آب، که درون یک مخزن با جدار سخت (غیر قابل تغییر شکل) قرار دارند، یک مدل با دو درجه آزادی همانند شکل ۱-۲ می باشد. در این مدل W_1 آن قسمت از وزن مایع درون مخزن است که به همراه مخزن ارتعاش می کند و جرم سخت نامیده می شود. W_2 آن قسمت از وزن مایع درون مخزن

* در مایعات با ویسکوزیته زیاد، تمام جرم مایع به صورت جرم سخت می باشد.



P_2 = برآیند فشارهای ناشی از ارتعاش جرم موج بر جدار مخزن که در ارتفاع h_2 از پایه اثر می‌کند.



* P_h فشار قائم استاتیک آب و P_b تغییر فشار در هنگام زلزله است

شکل ۲-۲ اثر نیروی زلزله در مخازن آب

d_{max} = اضافه ارتفاع ناشی از موج آب

P_b = تغییرات فشار کف در هنگام زلزله

M_b = لنگر ناشی از تغییرات فشار در کف مخزن. این لنگر به لنگر کف موسوم است و

دارای دو مؤلفه M_{b1} (لنگر کف ناشی از جرم سخت) و M_{b2} (لنگر کف ناشی از

جرم موج) می باشد. اثر لنگر M_b با تعریف ارتفاعهای ظاهری h'_1 و h'_2 به جای

ارتفاعات h_1 و h_2 در هنگام محاسبه لنگر و ازگونی در نظر گرفته می شود.

وقتی که مطالعه فشارهای وارد بر جدار مخزن مطرح باشد، لنگر M_b در نظر گرفته نمی شود و

وقتی مسئله تعیین لنگر و ازگونی باشد، لنگر M_b باید در نظر گرفته شود.

۳-۴-۲- تعیین نیروهای جانبی ناشی از اجرام سخت

با توجه به شکل ۲-۳- الف، نیروهای جانبی ناشی از اجرام سخت از روابط زیر به دست می آیند:

$$P_r = \frac{A(2) \cdot I}{R} W_r \quad (۱-۲)$$

$$P_w = \frac{A(2) \cdot I}{R} W_w \quad (۲-۲)$$

$$P_1 = \frac{A(2) \cdot I}{R} W_1 \quad (۳-۲)$$

کل نیروی افقی ناشی از اجرام سخت برابر است با:

$$V_R = P_r + P_w + P_1 \quad (۴-۲)$$

لنگر در پای دیوار برابر است با:

$$M_R = P_r h_r + P_w \bar{h}_w + P_1 h_1 \quad (۵-۲)$$

لنگر و ازگونی نسبت به تراز زیر شالوده برابر است با:

* همان رابطه $\frac{ABl}{R}$ موجود در آیین نامه ایران با فرض $B=2$ برای زمان تناوبهای کوچکتر از $\frac{1}{3}$ ثانیه می باشد.

$$M_{RB} = P_r h_r + P_w \bar{h}_w + P_1 h_1 + M_{b1} = P_r h_r + P_w \bar{h}_w + P_1 h'_1 \quad (۶-۲)$$

۳-۴-۳- تعیین نیروهای جانبی ناشی از جرم موج

با توجه به شکل ۲-۳-ب، نیروی جانبی ناشی از جرم موج از رابطه زیر به دست می آید:

$$P_2 = \frac{ABI}{R} W_2 \quad (۷-۲)$$

کل نیروی افقی ناشی از جرم موج برابر است با:

$$V_s = P_2 \quad (۸-۲)$$

لنگر در پای دیوار برابر است با:

$$M_s = P_2 h_2 \quad (۹-۲)$$

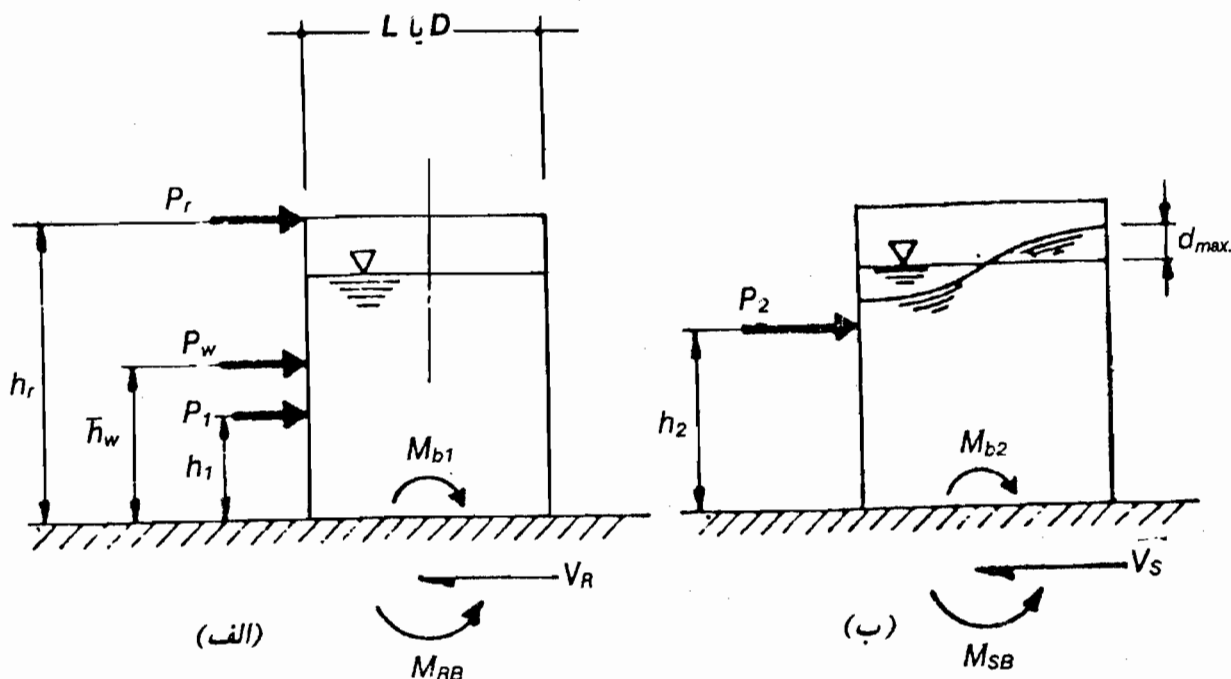
لنگر واژگونی نسبت به تراز زیر شالوده برابر است با:

$$M_{SB} = P_2 h_2 + M_{b2} = P_2 h'_2 \quad (۱۰-۲)$$

مقدار اضافه ارتفاع موج (d_{max} در شکل ۲-۳-ب)، برابر است با:

الف: مخازن استوانه

$$d_{max} = \left[\frac{0.375 (ABI/R)}{1 - K_d (ABI/R)} \right] D \quad (۱۱-۲)$$



شکل ۲-۳

ب: مخازن مکعب مستطیل

$$d_{\max} = \left[\frac{0.417 (ABI/R)}{1 - K_d (ABI/R)} \right] L \quad (۱۲-۲)$$

ارتفاع آزاد سطح آب تا زیر سقف مخزن باید بزرگتر از $d_{\max}$ باشد، در غیر این صورت در سقف مخزن زیر فشار ایجاد می گردد.

توجه:

تأکید بر این نکته لازم است که نیروهای هیدرودینامیک P_1 و P_2 علاوه بر فشار هیدرواستاتیک سیال می باشند که در بخش ۳-۲-۳ معرفی گردید. فشار هیدرواستاتیک و فشار هیدرودینامیک باید به نحو مناسبی با هم ترکیب گردند که در بخش ۳-۷ در مورد آن بحث خواهد شد.

در روابط ۱-۲ تا ۱۲-۲ داریم:

P_r = نیروی جانبی استاتیکی معادل ناشی از ارتعاش سقف مخزن

P_w = نیروی جانبی استاتیکی معادل ناشی از ارتعاش جدار مخزن

P_1 = نیروی جانبی استاتیکی معادل ناشی از ارتعاش جرم سخت

P_2 = نیروی جانبی استاتیکی معادل ناشی از ارتعاش جرم موج

A = شتاب مبنای طرح که در مناطق مختلف کشور به شرح زیر تعیین می شود:

مقدار A	توصیف	منطقه
۰/۳۵	با خطر نسبی بالا	۱
۰/۲۵	با خطر نسبی متوسط	۲
۰/۲۰	با خطر نسبی پایین	۳

مناطق سه گانه فوق در پیوست آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران موجود می باشند.

I = ضریب اهمیت طبق آیین نامه زلزله ایران (مساوی ۱/۲ برای مخازن و تأسیسات آبرسانی)

R = ضریب رفتار، مساوی ۳ برای مخازن زمینی

W_r = وزن سقف به علاوه ۲۰ درصد بار زنده

W_w = وزن دیوار

W_1 = وزن جرم سخت (با توجه به نسبت h/D یا h/L از شکل ۲-۴ به دست می آید)

W_2 = وزن جرم مواج (با توجه به نسبت h/D یا h/L از شکل ۲-۴ به دست می آید)

W = وزن کل مایع

h = ارتفاع کل آب

D = قطر مخزن استوانه‌ای

L = طول مخزن مکعب مستطیل در امتداد زلزله

h_r = ارتفاع سقف

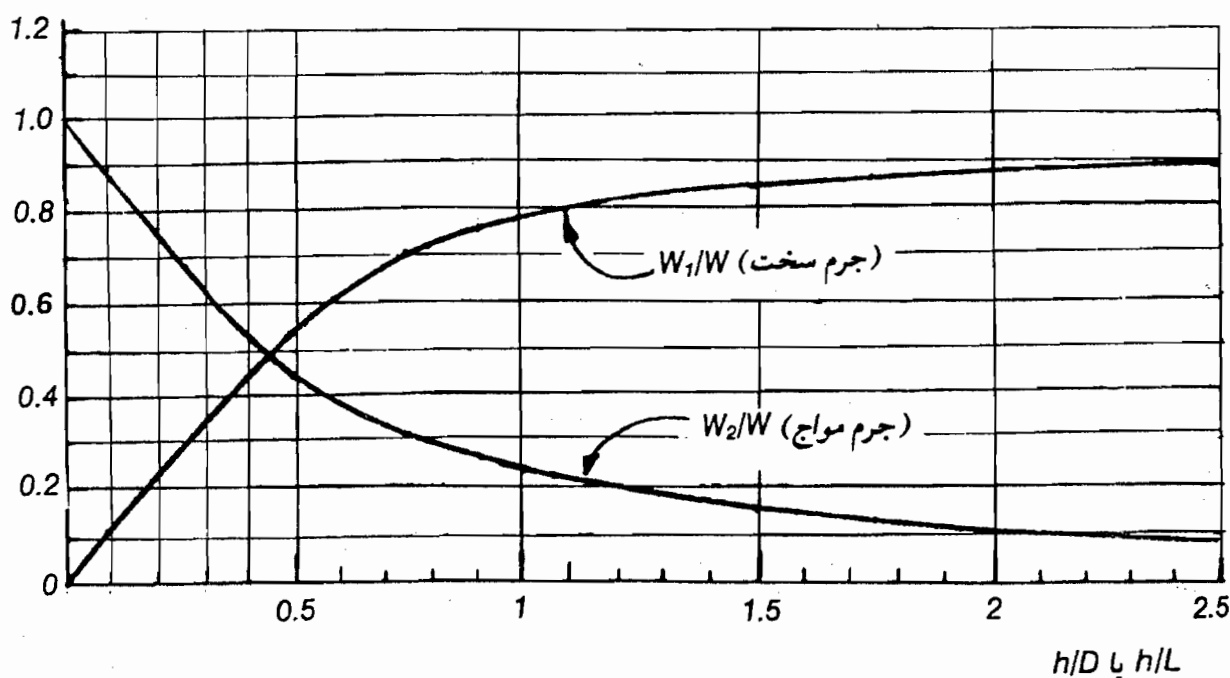
$\bar{h}_w$ = ارتفاع مرکز ثقل مقطع دیوار

h_1 = تراز تأثیر برآیند P_1 برای تعیین فشار دیوار (شکل ۲-۵)

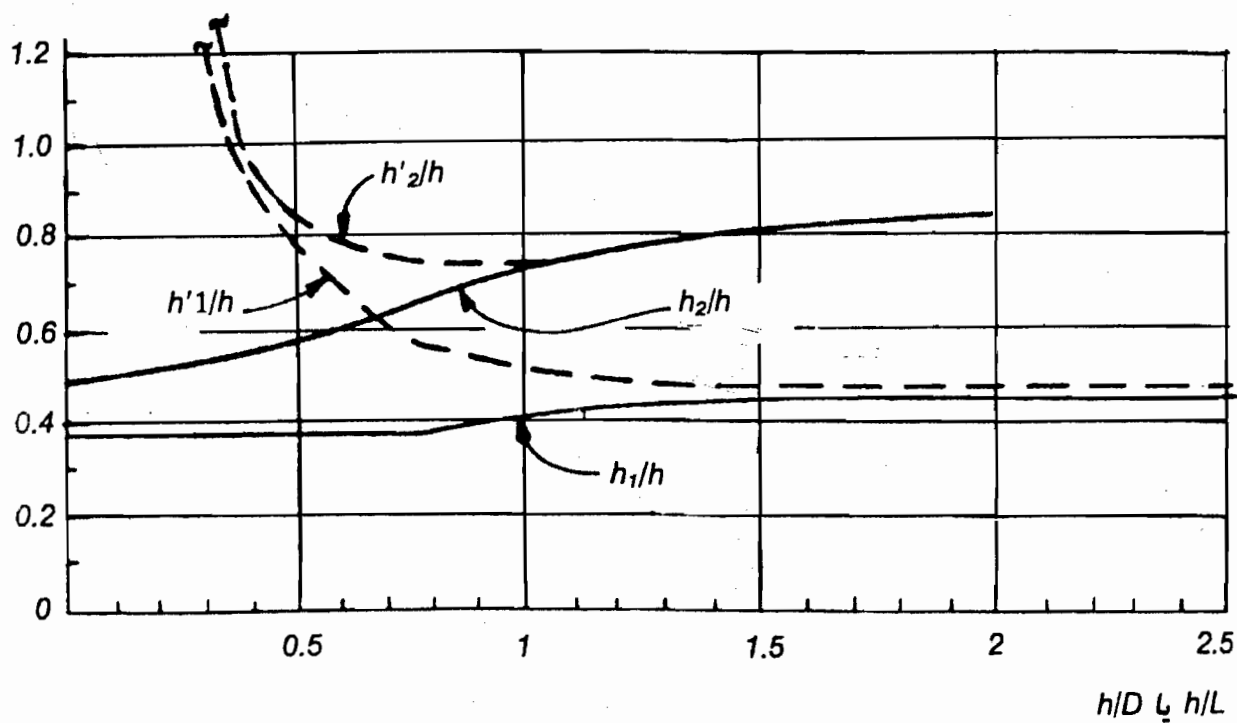
h'_1 = تراز تأثیر برآیند P_1 برای تعیین لنگر واژگونی مخزن (شکل ۲-۵)

h_2 = تراز تأثیر برآیند P_2 برای تعیین فشار دیوار (شکل ۲-۵)

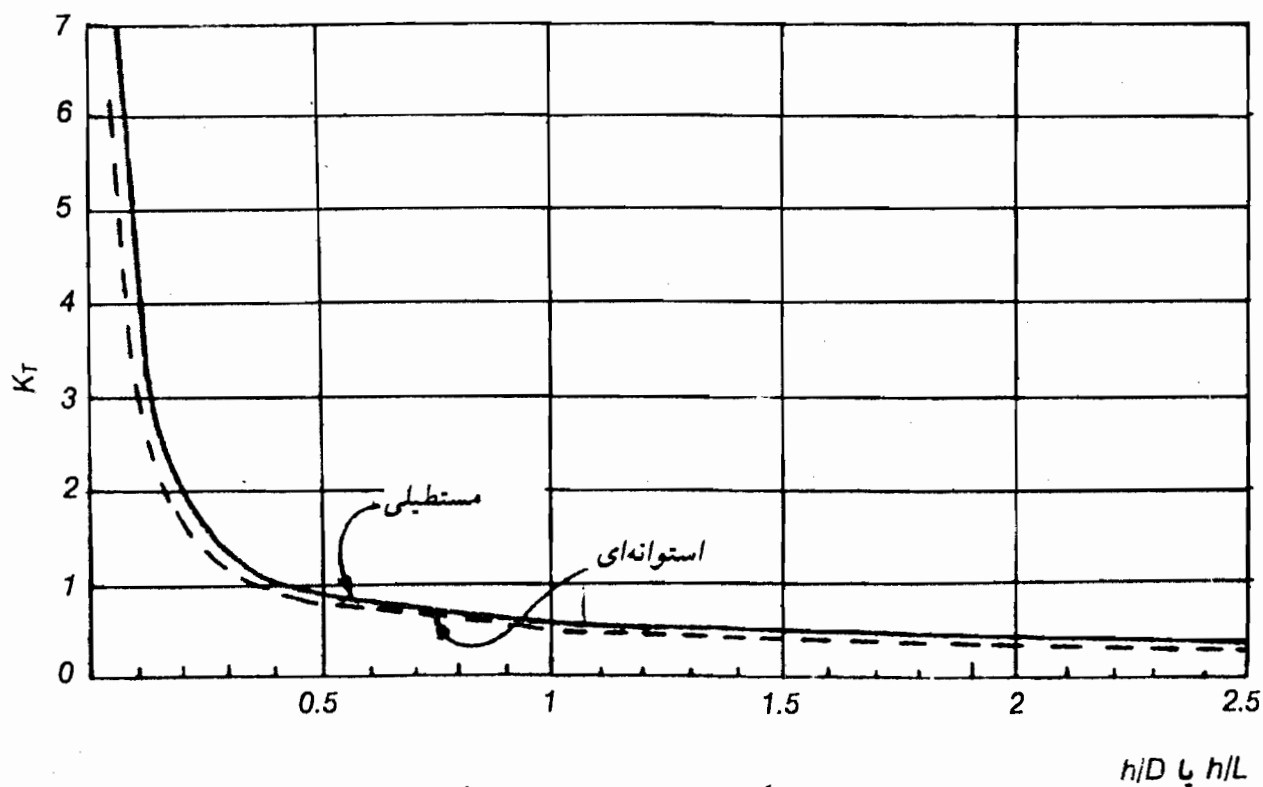
h'_2 = تراز تأثیر برآیند P_2 برای تعیین لنگر واژگونی مخزن (شکل ۲-۵)



شکل ۲-۴ - مقادیر W_1 و W_2



شکل ۲-۵- مقادیر h_1 و h_2 و h'_1 و h'_2



شکل ۲-۶- سختی جرم موج

B = ضریب پاسخ مود اول ارتعاش جرم موج که از رابطه زیر به دست می آید:

$$B = 2 \left(\frac{T_0}{T} \right)^{2/3} < 2 \quad (۲-۱۳)$$

(برخلاف ساختمانهای معمولی، هیچگونه حد پایینی برای B در نظر گرفته نمی شود).

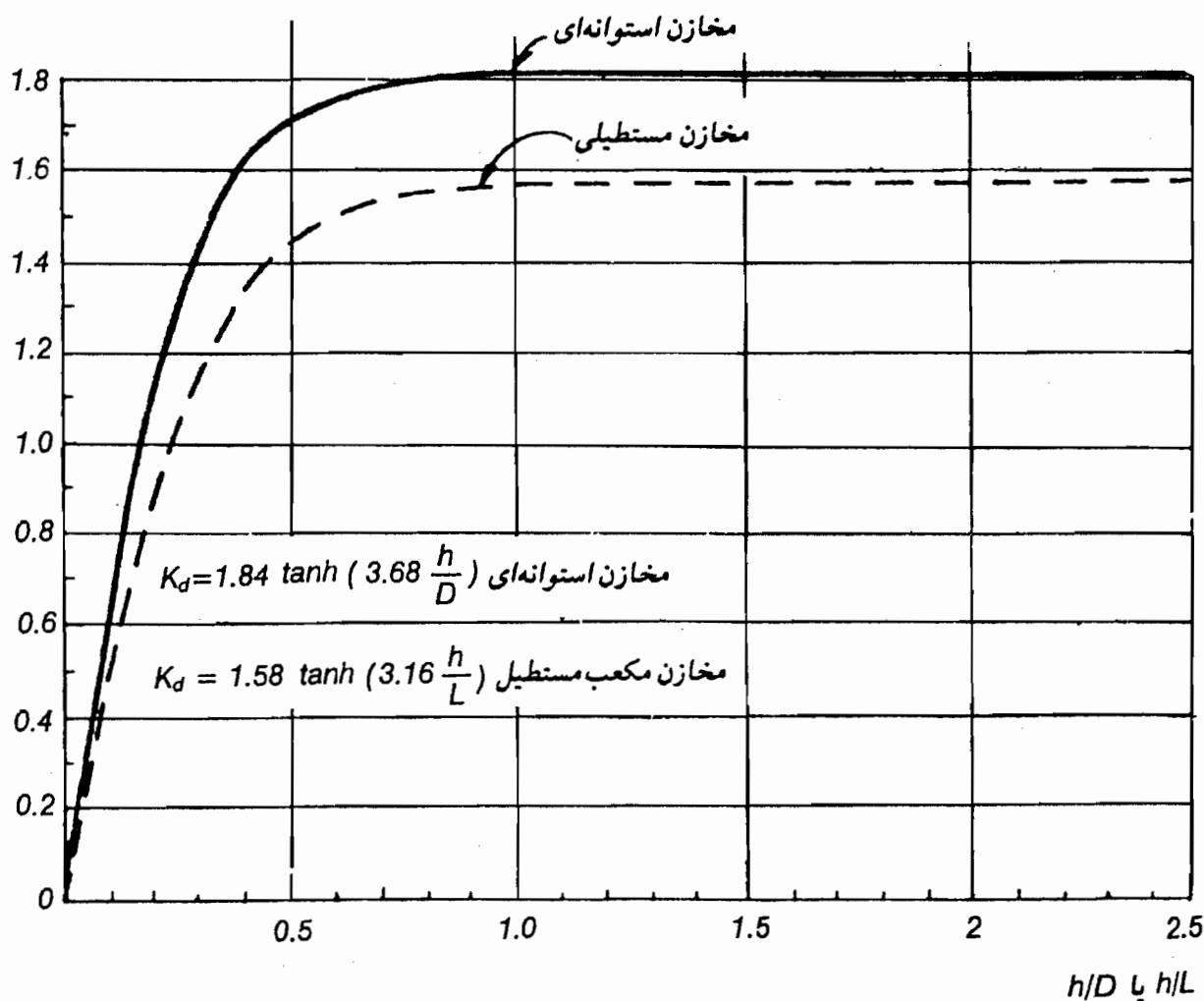
T = زمان تناوب مود اول ارتعاش جرم موج که برابر است با:

$$T = 1.81 K_d \sqrt{h} \quad (۲-۱۴)$$

K_d = سختی جرم موج که با توجه به نسبت h/d یا h/L از شکل ۲-۶ به دست می آید.

T_0 = عددی که برحسب نوع زمین از جدول ۲-۲ انتخاب می شود.

K_d = با توجه به نسبت h/D یا h/L از شکل ۲-۷ به دست می آید.



جدول ۲-۲ - مقادیر T_0

نوع زمین	توصیف مواد متشکله	T_0
I	الف - سنگهای آذرین (دارای بافت درشت و ریزدانه). سنگهای رسوبی سخت و بسیار مقاوم و سنگهای دگرگونی توده‌ای (گنایس‌ها - سنگهای متبلور سیلیکاته) ب - طبقات کنگلومرایی، شن و ماسه متراکم و رس متراکم شده (آرژیلیت) تا ضخامت ۶۰ متر روی بستر سنگی.	۰/۳
II	الف - سنگهای آذرین سست (مانند توف)، سنگهای سست رسوبی، سنگهای دگرگونی متورق و به‌طور کلی سنگهایی که در اثر هوازدگی (تجزیه و تخریب) سست شده‌اند. ب - طبقات کنگلومرایی، شن و ماسه متراکم و رس متراکم شده (آرژیلیت) با ضخامت بیش از ۶۰ متر روی بستر سنگی.	۰/۴
III	الف - سنگهای متلاشی شده در اثر هوازدگی. ب - طبقات شن و ماسه با پیوند ضعیف بین دانه‌ای و یا منفصل، رس متراکم نشده (گل سنگ) تا ضخامت ۱۰ متر روی بستر سنگی.	۰/۵
IV	الف - نهشته‌های نرم با رطوبت زیاد در اثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی. ب - طبقات شن و ماسه با پیوند ضعیف بین دانه‌ای و یا منفصل، رس متراکم نشده (گل سنگ) با ضخامت بیش از ۱۰ متر روی بستر سنگی.	۰/۷

در صورت وجود تردید در انطباق زمین محل ساختمان با مشخصات زمینهای مندرج در جدول شماره ۲-۲ باید نوع زمینی که ضریب بازتاب بزرگتری به دست می‌دهد انتخاب شود.

۳-۴-۴ - توزیع فشار جانبی زلزله در مخازن

پس از تعیین برآیند و محل تأثیر نیروی جانبی ناشی از ارتعاش سازه و مایع درون آن، این

نیروها باید به طریق مناسبی در ارتفاع دیوار توزیع گردند. بررسی های تئوریک نشان می دهد که توزیع فشار جانبی هیدرودینامیک در ارتفاع دیوار سهمی است، لیکن برای ایجاد سهولت در زمینه تحلیل سازه، برحسب شکل هندسی مخزن، توزیع معادل ساده شده ای جایگزین می شود که در زیر به شرح آن می پردازیم.

الف: مخازن مستطیلی

پس از تعیین نیروهای P_1 و P_2 ، برآیند و محل تأثیر آن را پیدا کرده و سپس این برآیند را به صورت دوزنقه در ارتفاع دیوار توزیع می نماییم (شکل ۲-۸). نیروی P_r در بالای دیوار به صورت متمرکز و نیروی P_w به صورت گسترده متناسب با ضخامت دیوار، توزیع می شود.

ب: مخازن استوانه ای یکپارچه

توزیع فشار هیدرودینامیک در ارتفاع و پلان مخازن استوانه در شکل ۲-۹ نشان داده شده است. پارامترهای لازم برای تعیین توزیع فشار از روابط ۲-۱۵ و ۲-۱۶ قابل محاسبه می باشند.

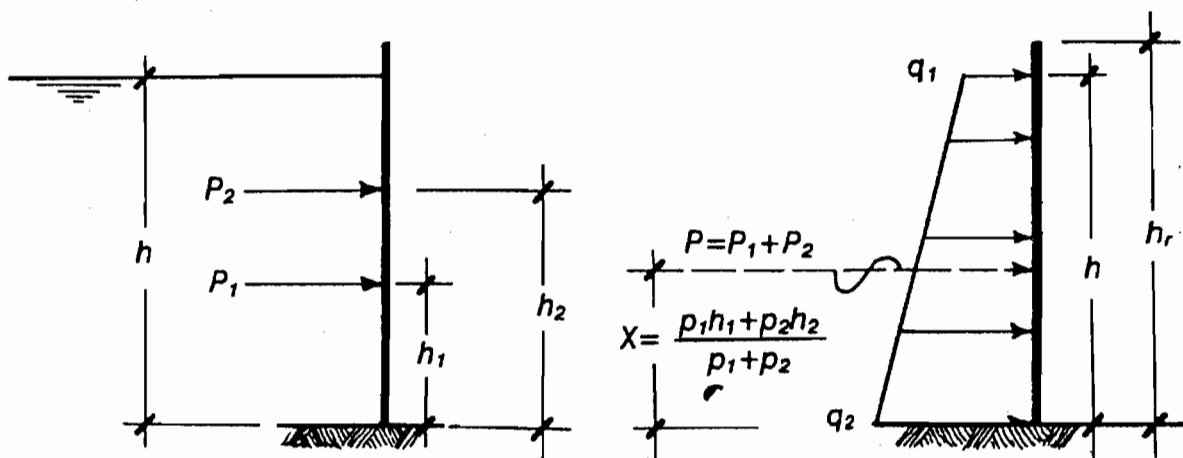
$$P = P_1 + P_2: \text{ فشار هیدرودینامیک کل}$$

(در صورت لزوم، نیروی P_w را می توان به مقدار فوق افزود)

ابتدا از رابطه ۲-۱۵ ثابت k به دست می آید:

$$P = k \left[1.814 \gamma h^2 R \tanh \left(\sqrt{3} \frac{R}{h} \right) \right] \quad (2-15)$$

با داشتن k ، رابطه توزیع فشار در ارتفاع مطابق رابطه ۲-۱۶ می باشد.



شکل ۲-۸

$$p_0 = \sqrt{3} \, k_y h \left[\frac{y}{h} - 0.5 \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right] \tanh \left(\frac{R}{h} \right) \quad (۱۶-۲)$$

در رابطه فوق، γ وزن مخصوص مایع ذخیره شده می باشد و سایر کمیات در شکل ۲-۹ مشخص شده. در محاسبات لازم می گردد که یک توزیع فشار یکنواخت در ارتفاع دیوار منظور گردد. در این موارد فشار متوسطی مساوی $0/9$ فشار حداکثر در پای دیوار قابل توصیه است.

۳-۵- روش تحلیل استاتیکی برای تعیین نیروهای جانبی ناشی از ارتعاش

آب - سازه در مخازن هوایی با جدار سخت

در طراحی مخازن هوایی در مقابل زلزله دو مسئله به طور جدا از یکدیگر مورد توجه قرار می گیرد:

الف: اثر زلزله بر جدار مخزن

ب: اثر زلزله بر پایه های مخزن

۳-۵-۱- اثر زلزله بر جدار مخازن هوایی

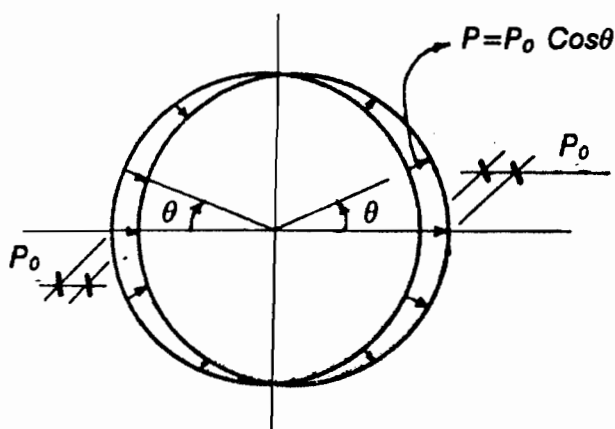
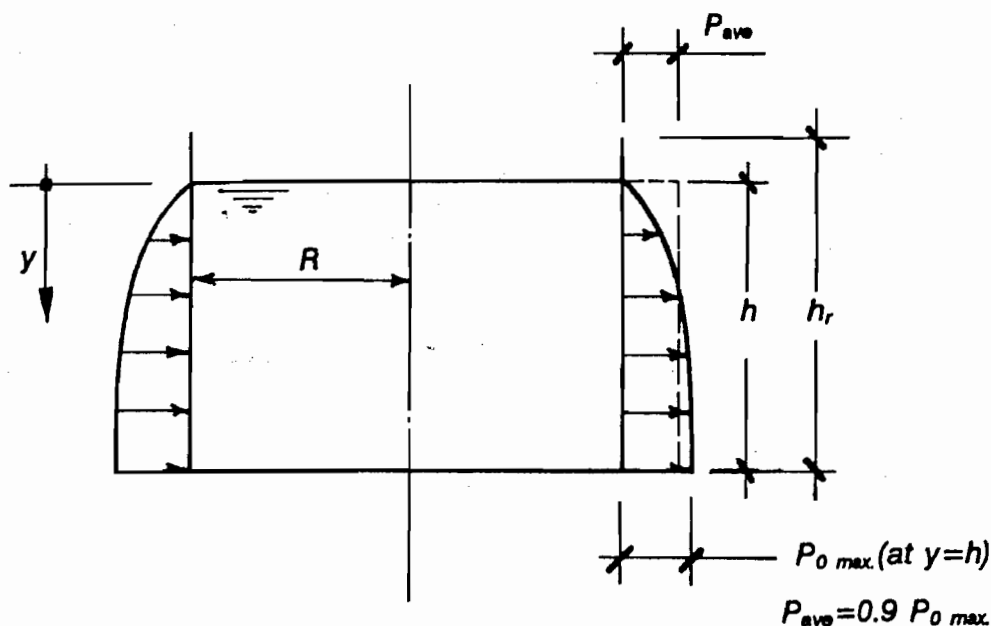
در این حالت مطابق بخش ۳-۴ عمل می شود.

۳-۵-۲- اثر زلزله بر پایه های مخزن

در این حالت وزن مخزن و تمام سیال درون آن به صورت یک جرم متمرکز در مرکز ثقل مخزن در نظر گرفته می شود. در نتیجه مدل دینامیکی مخزن به صورت یک پاندول وارونه در می آید. تعیین نیروهای زلزله برای چنین سیستمی تحت پوشش بخش ۲-۷ از آیین نامه زلزله ایران (آیین نامه ۲۸۰۰ ایران) قرار می گیرد. لازم به تذکر است که برای پایه مخازن هوایی غالباً از دو سیستم: I- قاب فضایی خمشی یا قاب فضایی مهاربندی شده II- پایه تک که استفاده از سیستم II در مناطق با زلزله خیزی شدید، مجاز نمی باشد.

۳-۶- فشار دینامیک خاک

رابطه اصلی تعیین فشار دینامیک خاک در هنگام زلزله، رابطه مونونوبه - اوکابه می باشد. لیکن



شکل ۹-۲

از آنجایی که فشار خاک در محاسبات مخزن از اهمیت درجه اول برخوردار نیست، می توان از توصیه سید و ویتمان برای تعیین اضافه فشار دینامیک در هنگام زلزله استفاده نمود. طبق توصیه سید و ویتمان ضریب اضافه فشار دینامیک خاک در هنگام زلزله طبق رابطه ۱۷-۲ می باشد.

$$\Delta K_{ad} = 0.75\alpha$$

(۱۷-۲)

$$\alpha = \frac{A(2)I}{R} \text{ : ضریب زلزله}$$

پارامترهای موجود در رابطه فوق قبلاً تعریف شده‌اند.
با داشتن ΔK_{ad} ، اضافه فشار دینامیک خاک از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta P'_d = (\Delta K_{ad}) \gamma \frac{h^2}{2} + (\Delta K_{ad}) P'_0 h \quad (۲-۱۸)$$

در رابطه فوق:

γ = وزن مخصوص خاک

$\Delta P'_d$ = برآیند اضافه فشار دینامیک خاک

h = ارتفاع دیوار

P'_0 = شدت سربار موجود در روی خاک

محل تأثیر $\Delta P'_d$ در $\frac{2}{3}$ از پای دیوار در نظر گرفته می‌شود. اضافه فشار دینامیک $\Delta P'_d$ طبق

بخش ۳-۷ با فشار استاتیک خاک ترکیب می‌شود.

۳-۷- ترکیب بارها

هر جزیی از سازه مخزن، با فونداسیونی که سازه بر روی آن قرار می‌گیرد، باید طوری طرح شود که بتواند به‌طور مطمئن در مقابل تمام ترکیبات بارهایی که امکان تأثیر آنها در منطقه مربوطه، وجود دارد، ایستادگی نماید. در زیر ترکیبات بار برای دو روش طراحی به‌روش تنش مجاز و طراحی به‌روش مقاومت نهایی ارائه می‌گردد.

۳-۷-۱- ترکیب بار در طراحی به‌روش تنش مجاز

در جدول ۲-۳ ترکیبات بارگذاری در طراحی به‌روش تنش مجاز، همراه با تنش مجاز مربوطه ارائه شده است.

۳-۷-۲- ترکیب بار در طراحی به‌روش مقاومت نهایی

در جدول ۲-۴ ترکیبات بارگذاری در طراحی به‌روش مقاومت نهایی، همراه با ضرایب بار مربوطه ارائه شده است.

جدول ۲-۳- ترکیبات بار در طراحی به روش تنش مجاز

گروه	ترکیب بار	نسبت تنش مجاز به تنش مجاز پایه
۱	$D+L+F_s$	۱
۲	$D+L+E_s$	۱
۳	$T \pm \text{گروه ۱}$	$1/33$
۴	$T \pm \text{گروه ۲}$	$1/33$
۵	$F_d + EQ + \text{گروه ۱}$	$1/33$
۶	$E_d + EQ + \text{گروه ۲}$	$1/33$
۷	$D+UP$	۱

جدول ۲-۴- ترکیبات بار در طراحی به روش مقاومت نهایی

گروه	ترکیب بار
۱	$1.4D+1.7L+1.7F_s$
۲	$1.4D+1.7L+1.7E_s$
۳	$0.75(T \pm \text{گروه ۱})$
۴	$0.75(T \pm \text{گروه ۲})$
۵	$0.75(F_d + 1.87EQ + \text{گروه ۱})$
۶	$0.75(E_d + 1.87EQ + \text{گروه ۲})$
۷	$1.4D+1.7UP$ یا $0.9D+1.7UP$

در جدول ۲-۳ و ۲-۴ علائم به کار رفته به شرح زیر می باشند:

D = بار مرده (شامل وزن سازه، وزن آب، وزن خاک)

L = بار زنده

F_s = فشار جانبی استاتیک سیال

E_s = فشار جانبی استاتیک خاک

T = نیروهای ناشی از تغییرات دما

F_d = فشار جانبی دینامیک سیال در هنگام زلزله

E_d = فشار جانبی دینامیک خاک در هنگام زلزله

EQ = نیروی زلزله به علت ارتعاش قسمتهای مختلف سازه (سقف و دیوار)

UP = زیر فشار

فصل ۴

تحلیل و طراحی

۴-۱- مقدمه

هدف از ارائه مطالب این فصل، ارائه روشها و توصیه‌های طراحی برای تأمین مقاومت و شرایط بهره‌برداری* یک سازه مهندسی بهداشت، از بتن مسلح می‌باشد. در سازه‌های مهندسی بهداشت، تأمین بهره‌برداری اهمیتی به مراتب برجسته‌تر از یک سازه معمولی دارد.

۴-۲- شرایط محیطی

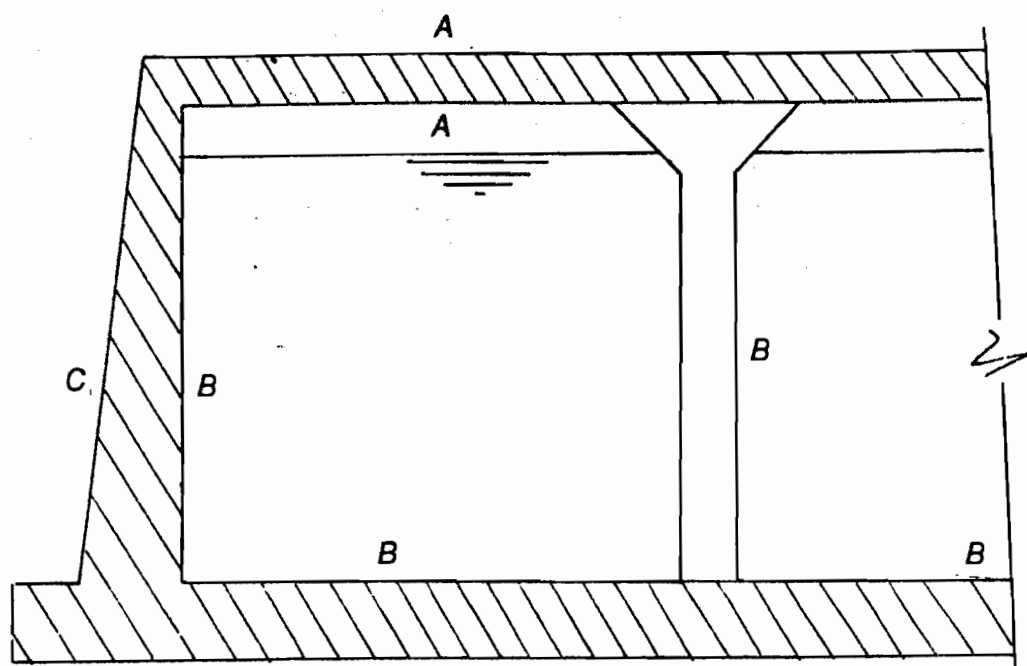
در این ضوابط، هر عضوی از سازه، تحت یکی از شرایط محیطی زیر در نظر گرفته می‌شود:
محیط A: شرایط محیطی بسیار سخت که در آن عضو تحت تأثیر آب و هوای مرطوب یا خورنده یا حالت متناوب مرطوب و خشک شدن قرار دارد.

محیط B: شرایط محیطی سخت که در آن عضو تحت تأثیر رطوبت دائم و یا تقریباً دائم قرار دارد.

محیط C: شرایط محیطی عادی که در آن عضو تحت شرایط خورنده و مرطوب نیست.

در شکل ۴-۱ طبقه‌بندی قسمتهای مختلف یک مخزن از نظر شرایط محیطی نشان

* serviceability



شکل ۴-۱

داده شده است. همان‌طور که از روی این شکل پیداست، قسمت تحتانی از سطح داخلی دیوار در محیط B و قسمت فوقانی در ناحیه A قرار دارد. علت این امر تغییرات متناوب سطح آب مخزن می‌باشد که باعث ایجاد شرایط محیطی A برای قسمت فوقانی دیوار می‌نماید. اما از آنجایی که مقدار لنگر خمشی در بالای دیوار ناچیز است، تنشهای موجود در میلگردهای این ناحیه بسیار پایین است و در نتیجه در طراحی عملاً تمام سطح داخلی دیوار در محیط B در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۱: در صورتی که ضخامت دیوار و دال کوچکتر از ۲۲۵ میلیمتر باشد، شرایط محیطی دو طرف آن مشابه و برای بدترین حالت فرض می‌گردد.

تبصره ۲: تأمین شرایط بهره‌برداری مربوط به محیطهای A و B مختص سازه‌های مهندسی بهداشت می‌باشد. شرایط بهره‌برداری محیط C همان شرایط بهره‌برداری مربوط به طراحی سازه‌های بتن مسلح معمولی می‌باشد.

تبصره ۳: با توجه به لحظه‌ای بودن نیروهای زلزله، طراحی سازه برای کلیه ترکیبات بارگذاری که در آنها نیروی زلزله وجود دارد، در محیط C در نظر گرفته می‌شود.

۴-۳- تأمین شرایط بهره‌برداری

برای تأمین شرایط بهره‌برداری در یک سازه نگهدارنده آب، عوامل زیر باید مدنظر قرار گیرد:

الف: تأمین پوشش کافی بتن روی میلگرد

ب: محدود کردن عرض ترک در مقابل نیروهای وارده

پ: محدود کردن عرض ترک در مقابل نیروهای حرارتی

ت: محدود کردن تغییرشکلهای سازه

ج: حداکثر فواصل میلگردها

۴-۳-۱- پوشش بتن روی میلگرد

حداقل ضخامت لایه پوششی بتن روی هر نوع میلگرد، اعم از خاموت، قلاب، فاصله‌دهنده، میلگردهای اصلی، میلگردهای حرارتی و غیره، ۴۰ میلیمتر می‌باشد. در صورتی که احساس شود شرایط محیطی سطح بتن به‌طور غیرعادی خورنده است، استفاده از مقادیر بزرگتر برای قشر پوششی بتن روی میلگرد، توصیه می‌شود.

۴-۳-۲- محدود کردن عرض ترک

برای جلوگیری از ورود رطوبت و تأمین شرایط پایایی لازم، برحسب شرایط محیطی، حداکثر عرض ترک به علت نیروهای خارجی و یا حرارتی مطابق جدول ۴-۱ محدود می‌گردد. در طراحی سازه‌های مهندسی بهداشت، محدود کردن عرض ترک، مهمترین شرط حالت حدی بهره‌برداری می‌باشد.

۴-۳-۳- کنترل تغییر شکل

تغییر شکل قسمتهای مختلف سازه باید با استفاده از روشهای موجود برای ساختمانهای معمولی کنترل گردد. در این مورد می‌توان به آیین‌نامه بتن ایران مراجعه نمود.

جدول ۴-۱ - حداکثر عرض ترک

ضریب ترک حداکثر Z (N/mm)		حداکثر عرض ترک (mm)	شرایط محیطی
تیرها	دال‌ها		
۱۹۰۰۰ (۱۰۵)*	۱۷۰۰۰ (۹۵)*	۰/۱	A
۲۲۵۰۰ (۱۲۵)*	۲۰۰۰۰ (۱۱۰)*	۰/۲	B
۲۵۰۰۰ (۱۴۰)*	۲۳۵۰۰ (۱۳۰)*	۰/۳	C

* اعداد داخل پرانتز مقدار Z برحسب *kip/in* می‌باشند.

۴-۳-۴ - حداکثر فاصله میلگرد

حداکثر فاصله محور به محور میلگرد در دال‌ها برای هر سه محیط A، B و C مساوی ۲۵ سانتیمتر یا ۱/۵ برابر ضخامت دال، هر کدام که کوچکتر باشد، در نظر گرفته می‌شود.

۴-۳-۵ - حداقل ضخامت

حداقل ضخامت برای یک دیوار بتن مسلح نگهدارنده آب طبق جدول زیر می‌باشد.

ارتفاع دیوار به متر	ضخامت به سانتیمتر
۳ یا بزرگتر	۳۰
۲ تا ۳	۲۵
کوچکتر از ۲	۲۰

حداقل ضخامت برای اجزای فرعی داخلی مساوی ۱۵ سانتیمتر است.

۴-۴- طراحی

یک سازه نگهدارنده آب، متشکل از اجزای صفحه‌ای (دال یا دیوار) و یا پوسته‌ای می‌باشد. این اجزا باید برای دو حالت زیر مورد طراحی قرار گیرند:

۱- طراحی در مقابل نیروهای خارجی

۲- طراحی در مقابل آثار حرارتی در صفحه دال یا دیوار

منظور از بند ۲، آن دسته از آثار ناشی از تغییرات درجه حرارت می‌باشند که باعث ایجاد تنش‌های صفحه‌ای در دال یا دیوار می‌شوند. به عنوان مثال تغییر درجه حرارت، باعث ایجاد تغییر طول در دال سقف یک مخزن می‌گردد. اگر به عللی از این تغییر طول ممانعت گردد، یک سری تنش‌های صفحه‌ای در خود دال سقف ایجاد می‌گردد که بررسی آثار آن در رده بند ۲ قرار می‌گیرد. اما همین تغییر طول سقف، باعث تغییر مکان انتهای فوقانی دیوار در امتدادی عمود بر صفحه آن می‌شود که به علت آن، در دیوار نیروی برشی و لنگر خمشی ایجاد می‌شود. مطالعه این اثر در رده بند ۱ قرار می‌گیرد.

۴-۵- طراحی در مقابل نیروهای خارجی

برای طراحی در مقابل نیروهای خارجی از دو روش تنش‌های مجاز و مقاومت نهایی می‌توان استفاده نمود. در هر دو روش، تأمین احتیاجات بهره‌برداری (کنترل عرض ترک) در کنار تأمین احتیاجات مقاومت الزامی است.

۴-۵-۱- طراحی به روش تنش‌های مجاز

فرضیات اساسی در طراحی به روش تنش مجاز، خطی بودن توزیع کرنش در ارتفاع مقطع و تناسب تنش با کرنش می‌باشد. طراحی بر مبنای تأمین محدودیت عرض ترک و تأمین مقاومت انجام می‌شود.

۴-۵-۱-۱- طراحی برای کنترل عرض ترک

برای کنترل عرض ترک در طراحی به روش تنش مجاز، تنش کششی مجاز بتن در مقطع ترک نخورده تبدیل یافته، مطابق جدول ۴-۲ توصیه می‌شود. این کنترل فقط برای محیط‌های A و B لازم است.

جدول ۲-۴ - تنش کششی مجاز بتن در طراحی به روش
تنش مجاز (محیطهای A و B)

کشش مستقیم	$f_{td} = 0.45 \sqrt{f'_c}$
کشش ناشی از خمش	$f_{tb} = 0.65 \sqrt{f'_c}$

f'_c مقاومت مشخصه نمونه استوانه‌ای ۲۸ روزه (N/mm^2)

با صرف نظر کردن از اثر فولاد، با توجه به هموزن بودن مقطع بتن، ضخامت حداقل لازم را می‌توان از روابط ۱-۴ و ۲-۴ به دست آورد.

$$h = \frac{T}{bf_{td}} \quad \text{(کشش مستقیم)} \quad (۱-۴)$$

$$h = \sqrt{\frac{6M}{bf_{tb}}} \quad \text{(خمش)} \quad (۲-۴)$$

در روابط ۱-۴ و ۲-۴ داریم:

T = نیروی کششی بدون ضریب (N)

M = لنگر خمشی بدون ضریب ($N.mm$)

b = عرض مقطع (mm)

f_{td} و f_{tb} = تنش کششی مجاز بتن به ترتیب در کشش مستقیم و خمش (N/mm^2) در صورتی که اثر توأم نیروی کششی و لنگر خمشی داشته باشیم، باید کنترل زیر انجام گیرد:

$$\frac{f_d}{f_{td}} + \frac{f_b}{f_{tb}} \leq 1 \quad (۳-۴)$$

f_d تنش کششی به علت نیروی کششی مستقیم و f_b تنش کششی به علت لنگر خمشی می‌باشد. بر مبنای رابطه فوق، ارتفاع h می‌تواند به صورت زیر تعیین گردد:

$$h_{\text{لازم}} = \frac{\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 + 4\beta}}{2}$$

که در آن:

$$\alpha = \frac{T}{bf_{ld}}$$

$$\beta = \frac{6M}{bf_{lb}}$$

۴-۵-۱-۲- طراحی برای مقاومت

در این قسمت با در نظر گرفتن مقطع ترک خورده تبدیل یافته، سطح مقطع فولاد کششی تعیین شده و تنش فشاری و برشی در بتن کنترل می گردد. تنش های مجاز بتن مطابق جدول ۴-۳ و تنش های مجاز فولاد مطابق جدول ۴-۴ انتخاب می شود.

جدول ۴-۳- تنش های مجاز بتن برای طراحی مقاومت در روش
تنش مجاز (محیطهای A، B و C)

شرح	علامت	تنش مجاز (N/mm ²)
نسبت ضریب ارتجاعی فولاد به بتن (به نزدیکترین عدد صحیح گرد شود)	n	$\frac{43}{\sqrt{f'_c}} > 9$
تنش فشاری خمشی مجاز در تارهای انتهایی	f _c	$0.45f'_c < 9$
برش خمشی: تنش برشی مجاز قابل حمل توسط بتن حداکثر تنش برشی مجاز با وجود فولاد برشی	v _c v _{c max}	$0.09\sqrt{f'_c} < 0.42$ $0.4\sqrt{f'_c}$
برش سوراخ کننده: تنش برشی مجاز قابل حمل توسط بتن حداکثر تنش برشی مجاز با وجود فولاد برشی	v _c v _{c max}	$0.18\sqrt{f'_c} < 0.84$ $0.8\sqrt{f'_c}$
تنش فشاری مستقیم	f _b	$0.3f'_c$

f'c = مقاومت مشخصه نمونه استوانه ای ۲۸ روزه (N/mm²)

تذکر ۱: در صورتی که واکنش تکیه گاهی اثر فشاری بر تیر داشته باشد، مقطع بحرانی برای کنترل برش خمشی به فاصله d از لبه تکیه گاه قرار دارد. در غیر این صورت مقطع بحرانی در لبه تکیه گاه در نظر گرفته می شود.

تذکر ۲: مقطع بحرانی برای کنترل تنش برشی سوراخ کننده به فاصله $\frac{d}{2}$ از محیط ستون قرار دارد.

جدول ۴-۴ - تنش های مجاز فولاد برای طراحی مقاومت در روش تنش مجاز

حالت	محیط	تنش کششی مجاز
کشش ناشی از خمش یا برش	A	$0.4F_y \leq 140 \text{ N/mm}^2$
	B	$0.475F_y \leq 165 \text{ N/mm}^2$
	C	$0.55F_y \leq 210 \text{ N/mm}^2$
کشش مستقیم	A	$0.32F_y \leq 120 \text{ N/mm}^2$
	B	$0.375F_y \leq 150 \text{ N/mm}^2$
	C	$0.45F_y \leq 180 \text{ N/mm}^2$
فشار	در تمام محیطها، مساوی $2n$ برابر تنش فشاری بتن همتراز در نظر گرفته می شود که نباید از تنش کششی مجاز مربوطه بزرگتر شود.	

۴-۵-۱-۳- روابط طراحی در طراحی به روش تنش مجاز

الف: نیروی محوری کششی

$$A_s = \frac{T}{f_s}$$

(۳-۴)

T = نیروی محوری کششی در حالت خدمت

f_s = تنش مجاز طبق جدول ۴-۴

A_s به دست آمده را به طور مساوی تقسیم کرده و در دو طرف مقطع قرار می دهیم.

ب: لنگر خمشی

$$A_s = \frac{M}{f_s J d} \# \frac{M}{f_s \left(\frac{7}{8}\right) d}$$

(۴-۴)

M = لنگر خمشی در حالت خدمت

d = ارتفاع مؤثر

f_s = تنش مجاز طبق جدول ۴-۴

J_d = بازوی مقاوم داخلی

پ: اثر مشترک نیروی محوری کششی و لنگر خمشی

ارجح این است که تار خنثی با توجه به اثر مشترک نیروی محوری کششی و لنگر خمشی محاسبه گردد.

در صورت عدم استفاده از روش دقیق، می توان از روش تقریبی زیر که جوابهای قابل قبولی نتیجه می دهد، استفاده نمود. در این روش سطح مقطع فولاد کششی برای لنگر خمشی از رابطه ۴-۴ و سطح مقطع فولاد کششی برای نیروی محوری کششی از رابطه ۳-۴ محاسبه می شود. سطح مقطع فولاد به دست آمده برای نیروی کششی نصف شده و در یک طرف با فولاد خمشی جمع می شود و در طرف دیگر به صورت تنها قرار داده می شود.

ت: اثر مشترک نیروی محوری فشاری و لنگر خمشی

از روش به کار رفته در بتن مسلح معمولی استفاده می شود.

۴-۵-۲- طراحی به روش مقاومت نهایی

فرض اساسی در طراحی به روش مقاومت نهایی، خطی بودن توزیع کرنش در ارتفاع مقطع می باشد. البته در کنترل حالت حدی بهره برداری فرض مربوط به متناسب بودن تنش با کرنش نیز صادق می باشد. طراحی بر مبنای تأمین محدودیتهای عرض ترک و تأمین مقاومت انجام می شود.

۴-۵-۲-۱- طراحی برای کنترل عرض ترک

کنترل عرض ترک در طراحی به روش مقاومت نهایی، بر حسب مورد طبق یکی از روشهای

زیر انجام می شود.

الف: کنترل عرض ترک برای اثر خمش

برای این کار می توان از یکی از سه روش زیر استفاده کرد.

روش اول - روش ضریب ترک Z

در این روش ضریب ترک با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_e A} \quad (4-5) \quad (\text{تیرها})$$

$$Z = f_s \sqrt[3]{2y^2 S} \quad (4-6) \quad (\text{دال ها})$$

اگر Z محاسبه شده از روابط فوق، کوچکتر از مقادیر مندرج در جدول ۴-۱ باشد، عرض

ترک رضایت بخش در نظر گرفته می شود.

در روابط ۴-۵ و ۴-۶ داریم:

$$A = \frac{2yb_w}{\text{تعداد میلگردها}} \quad \text{و} \quad d_e, S = y = \text{ابعاد بر حسب میلیمتر، طبق شکل ۴-۲}$$

f_s = تنش در فولاد در حالت خدمت $F_s (N/mm^2)$ را می توان با استفاده از مشخصات

هندسی مقطع ترک خورده و لنگر خمشی بدون ضریب (در حالت خدمت)، محاسبه نمود.

به جای این روش دقیق، f_s را می توان از رابطه تقریبی زیر نیز محاسبه نمود:

$$f_s = \frac{M}{A_e J d} \# \frac{M}{A_e \left(\frac{7}{8}\right) d} \quad (4-7)$$

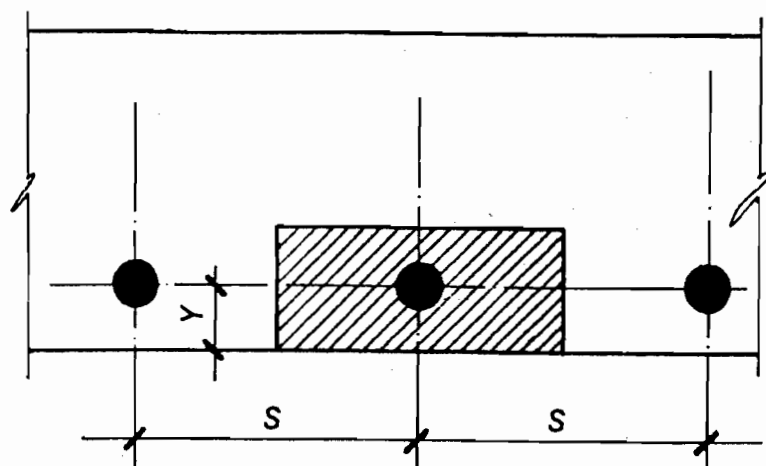
در رابطه ۴-۷ داریم:

M = لنگر خمشی بدون ضریب $(N.mm)$

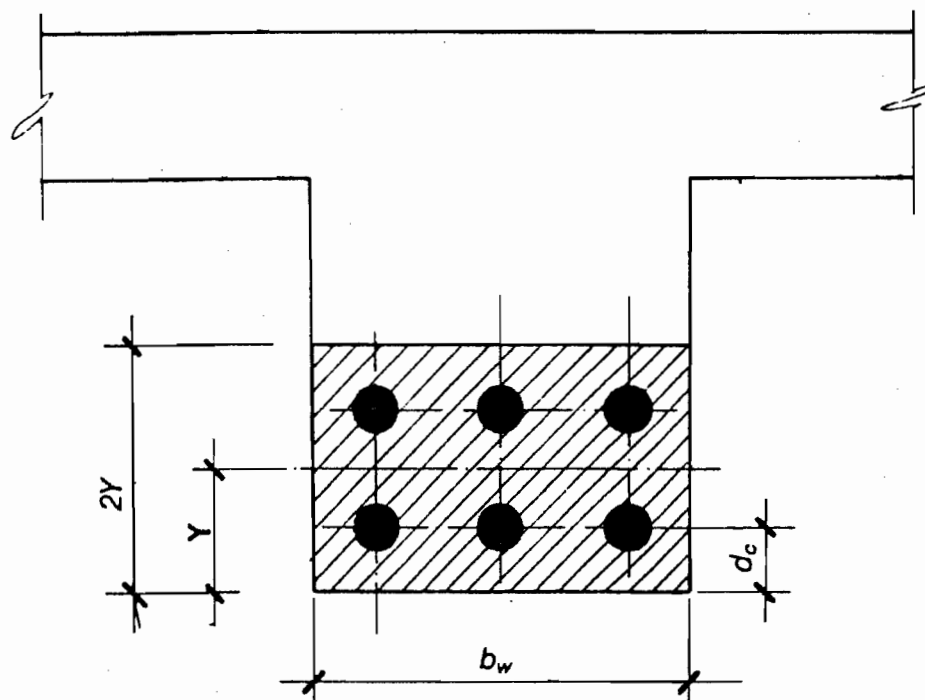
A_e = سطح مقطع فولاد موجود (mm^2)

d = ارتفاع مؤثر (mm)

Jd = بازوی مقاوم داخلی (mm)



الف: دال‌ها



$$A = 2yb_w / (\text{تعداد میلگردها})$$

ب: تیرها (تمام ابعاد بر حسب میلیمتر محاسبه می‌شود)

شکل ۲-۴

روش دوم - روش محاسبه عرض ترک

در این روش، W عرض ترک، طبق روابط زیر محاسبه می شود. مقدار محاسبه شده باید محدودیتهای جدول ۴ - ۱ را برآورده نماید.

$$W = \frac{4.5 a_{cr} \varepsilon_m}{1 + 2.5 \left(\frac{a_{cr} - c}{h - x} \right)} \quad (۸ - ۴)$$

$$\varepsilon_m = \varepsilon_1 - \frac{b_t(h-x)(a'-x)}{3E_s A_s(d-x)} \quad \text{تیرها} \quad (۹ - ۴ - \text{الف})$$

$$\varepsilon_m = \varepsilon_1 - \frac{0.7 b_t h}{A_s f_s} \times 10^{-3} \quad \text{دال ها} \quad (۹ - ۴ - \text{ب})$$

$$\varepsilon_1 = \frac{h-x}{d-x} \frac{f_s}{E_s} \quad (۱۰ - ۴)$$

در روابط ۴ - ۸ تا ۴ - ۱۰ داریم:

ε_1 = کرنش در تراز مورد نظر برای محاسبه عرض ترک، بدون در نظر گرفتن اثر سخت کنندگی بتن در ناحیه کششی

h = ارتفاع کلی مقطع (mm)

d = ارتفاع مؤثر (mm)

x = ارتفاع تار خشی در حالت خدمت (mm)

E_s = ضریب الاستیسیته بتن، مساوی $2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

f_s = تنش در فولاد در حالت خدمت (N/mm^2). مقدار آن را می توان از رابطه ۴ - ۷ محاسبه نمود.

ε_m = کرنش در تراز مورد نظر برای محاسبه عرض ترک با در نظر گرفتن اثر سخت کنندگی بتن ناحیه کششی. اگر ε_m منفی به دست آید، عرض ترک رضایت بخش است و احتیاج به محاسبه W نداریم.

A_s = سطح مقطع فولاد موجود (mm^2)

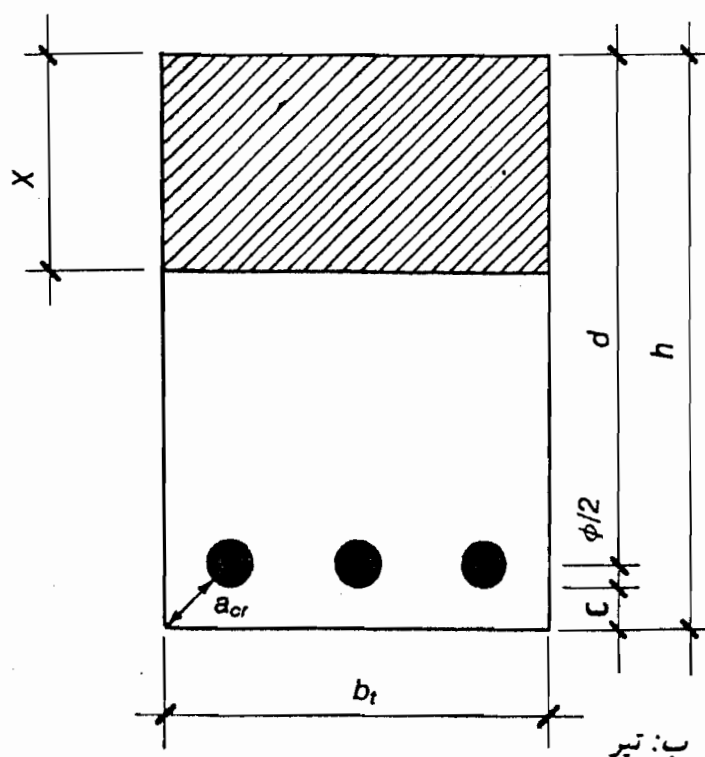
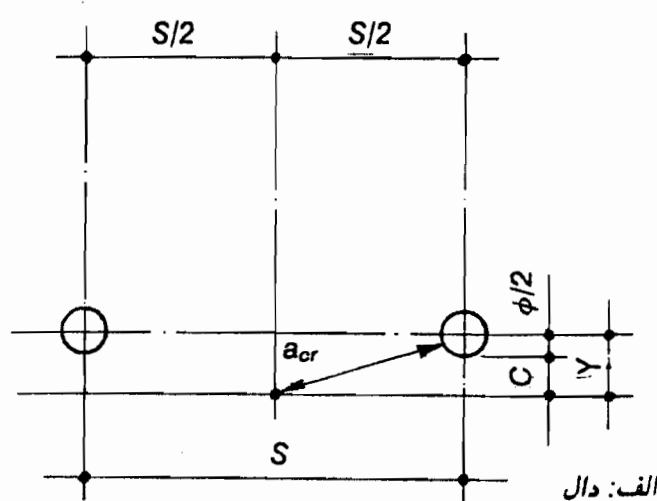
a' = فاصله از تار فشاری انتهایی، تا نقطه‌ای که عرض ترک در آن محاسبه می‌شود (mm)

b_t = عرض مقطع در تراز فولادهای کششی (mm)

a_{cr} ، c = ابعاد برحسب میلیمتر طبق شکل ۳-۴

روش سوم - روش کنترل تنش در فولاد کششی

اگر تنش در فولاد کششی (f_s)، کوچکتر از تنش‌های مجاز مندرج در جدول ۴-۴



شکل ۳-۴

(قسمت مربوط به کشش ناشی از خمش) باشد، عرض ترک رضایت بخش در نظر گرفته می شود.

ب - کنترل عرض ترک برای اثر نیروی محوری کششی

با دانش فعلی، محاسبه عرض ترک برای نیروی محوری کششی خالص، با همان دقت محاسبه عرض ترک برای لنگر خمشی خالص امکان پذیر نیست. در این حالت از روش سوم قسمت الف استفاده کرده و برای کنترل عرض ترک، مقادیر تنش فولاد کششی را به مقادیر مندرج در جدول ۴-۴ (قسمت مربوط به کشش مستقیم)، محدود می نماییم.

پ - کنترل عرض ترک برای اثر نیروی محوری کششی به علاوه لنگر خمشی

با توجه به عدم وجود یک روش منطقی برای محاسبه عرض ترک، برای کنترل عرض ترک، مقادیر تنش فولاد کششی را به مقادیر مندرج در جدول ۴-۴ محدود می نماییم. با توجه به اختلاف تنش های مجاز مربوط به حالت نیروی محوری کششی و لنگر خمشی، برای کنترل تنش از رابطه اثر متقابل زیر استفاده می نماییم.

$$\frac{f_{st}}{F_{st}} + \frac{f_{sb}}{F_{sb}} \leq 1 \quad (۴-۱۱)$$

در رابطه فوق:

f_{st} = تنش کششی در فولاد به علت نیروی محوری کششی

F_{st} = تنش کششی مجاز در حالت کشش مستقیم (جدول ۴-۴)

f_{sb} = تنش کششی در فولاد به علت لنگر خمشی

F_{sb} = تنش کششی مجاز در حالت خمش (جدول ۴-۴)

۴-۵-۲ - طراحی برای مقاومت نهایی

طراحی برای مقاومت نهایی، طبق اصول موجود در بتن مسلح معمولی صورت می گیرد. در این حالت تذکر نکات زیر ضروری است.

الف: ضرایب بار

ضرایب بار همانهایی هستند که در جدول ۲-۴ توصیه می شود. در این حالت برای فشار جانبی آب و فشار جانبی خاک، از ضریب بار مربوط به بار زنده استفاده می شود. بارهای بهره برداری که در ضرایب بار ضرب می شوند، بار ضریب دار نامیده شده و با حرف U نمایش داده می شوند.

ب: ضرایب تقلیل ظرفیت

ضرایب تقلیل ظرفیت مطابق زیر در نظر گرفته می شوند:

جدول ۴-۴

خمش و کشش و یا اثر توأم آنها	۰/۹
برش	۰/۸۵
فشار ساده و توأم با خمش	≥ 0.7 $\phi = 0.9 - \frac{1.5P_u}{f'_c A_g}$ (ستون تنگدار) و $\phi = 0.9 - \frac{2P_u}{f'_c A_g}$ (ستون دورپیچ) $A_g =$ سطح مقطع کلی بتن $P_u =$ نیروی محوری نهایی

پ: ضرایب پایایی

تجربه نشان می دهد که در طراحی سازه های مهندسی بهداشت در محیطهای A و B به روش مقاومت نهایی، اگر بار ضریب دار U را مجدداً در ضرایب بزرگتر از واحدی که به نام ضرایب پایایی خوانده می شوند، ضرب نماییم، مقادیر فولادهای محاسبه شده با احتمال بیشتری جوابگوی حالت بهره برداری خواهند بود. ضرایب پایایی مطابق جدول ۴-۵ می باشند. در ترکیباتی از بارگذاری که در آنها نیروی زلزله وجود دارد، اعمال ضرایب پایایی لازم نیست.

۴-۵-۲-۳- برش مقاوم بتن در طراحی به روش مقاومت نهایی

در طراحی به روش مقاومت نهایی، برش مقاوم بتن طبق جدول ۴-۶ در نظر گرفته می شود.

جدول ۴-۵

ضریب پایایی	حالت
۱/۳	خمشی
۱/۶۵	کشش مستقیم
۱/۳۰	برش *
۱	فشار و اثر توأم فشار و خمشی

* در مورد نیروی برشی، ضریب ۱/۳ بر تفاضل نیروی برشی با ضریب و نیروی برشی مقاوم بتن اعمال می شود. به عبارت دیگر: $1/3(V_u - V_c)$

جدول ۴-۶ - برش مقاوم بتن در طراحی به روش مقاومت نهایی (محیطهای A و B و C)

برش	تنش برشی مجاز قابل حمل توسط بتن	V_c	$0.18 \sqrt{f'_c} \leq 0.84$
خمشی	حداکثر تنش برشی مجاز با وجود فولاد برشی	$V_{c \max}$	$0.8 \sqrt{f'_c}$
برش	تنش برشی مجاز قابل حمل توسط بتن	V_c	$0.36 \sqrt{f'_c} < 1.68$
سوراخ کننده	حداکثر تنش برشی مجاز با وجود فولاد برشی	$V_{c \max}$	$1.6 \sqrt{f'_c}$

به تبصره های ۱ و ۲ در زیر جدول ۴-۳ توجه شود.

f'_c مقاومت نمونه ۲۸ روزه (N/mm^2)

۴-۵-۲-۴ - روابط طراحی در طراحی به روش مقاومت نهایی

الف: نیروی محوری کششی

$$A_s = \frac{T_u}{\phi f_y} \quad (۱۲-۴)$$

در رابطه فوق:

T_u = نیروی محوری کششی با ضریب که در ضریب پایایی ۱/۶۵ نیز ضرب شده است (N)

ϕ = ضریب کاهش ظرفیت

f_y = تنش جاری شدن فولاد مصرفی (N/mm^2)

A_s به دست آمده را به طور مساوی تقسیم کرده و در دو طرف مقطع قرار می دهیم.

ب: لنگر خمشی

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (Jd)} \quad (۱۳-۴)$$

در رابطه فوق:

M_u = لنگر خمشی در حالت با ضریب که در ضریب پایایی $1/3$ نیز ضرب شده است
(N.mm)

ϕ = ضریب کاهش ظرفیت

f_y = تنش جاری شدن فولاد مصرفی (N/mm^2)

d = ارتفاع مؤثر (mm)

Jd = بازوی مقاوم داخلی (mm)

پ: اثر مشترک نیروی محوری کششی و لنگر خمشی

ارجح این است که تار خنثی با توجه به اثر مشترک نیروی محوری کششی و لنگر خمشی محاسبه گردد، در صورت عدم استفاده از روش دقیق، می توان از روش تقریبی زیر که جوابهای قابل قبولی نتیجه می دهد، استفاده نمود. در این روش سطح مقطع فولاد کششی برای لنگر خمشی از رابطه ۴-۱۳ و سطح مقطع فولاد کششی برای نیروی محوری کششی از رابطه ۴-۱۲ محاسبه می شود. سطح مقطع فولاد به دست آمده برای نیروی کششی نصف شده و در یک طرف با فولاد خمشی جمع می شود و در طرف دیگر به صورت تنها قرار داده می شود.

ت: اثر مشترک نیروی محوری فشاری و لنگر خمشی
از روش به کار رفته در بتن مسلح معمولی استفاده می شود.

۴-۵-۳- طول مهاري و طول وصله

طول مهاري و طول وصله با توجه به نوع میلگرد و بتن مصرفی، طبق روابط و مشخصات موجود در آیین نامه بتن ایران محاسبه می شود که در مورد طول وصله مقدار محاسبه شده

نباید کمتر از ϕ ۵۵ برای میلگردهای حرارتی و ϕ ۴۰ برای میلگردهای محاسباتی باشد. میلگردهای ساده باید در انتها دارای قلاب باشند.

۴-۶- طراحی در مقابل آثار حرارتی و جمع شدگی در صفحه دال یا دیوار

۴-۶-۱- مقدمه

در اثر تغییر در درجه حرارت، در صفحه دیوار یا سقف، تغییر طولهای صفحه‌ای به وجود می‌آید. اگر دال دیوار یا سقف در مقابل این تغییر طولها آزادی حرکت داشته باشند، هیچگونه تنش‌ی در آنها به وجود نمی‌آید. لیکن اگر از این تغییر طولها ممانعت به عمل آید، تنشهای صفحه‌ای در دیوار یا سقف به وجود می‌آید که می‌تواند باعث ایجاد ترک در بتن گردد.

۴-۶-۲- تغییرات درجه حرارت

به طور کلی در یک سازه بتن مسلح دو نوع تغییر در درجه حرارت وجود دارد. اول تغییر در درجه حرارت در روزهای اولیه از عمر بتن (تقریباً سه روز اول) که در آن به علت گرمای ناشی از فعل و انفعالات شیمیایی گیرش بتن، درجه حرارت بتن افزایش می‌یابد و پس از اتمام این فعل و انفعالات، بتن رفته رفته سرد می‌شود تا با محیط اطراف هم‌دم شود. در این حالت با توجه به نارس بودن، بتن مقاومت کششی ناچیزی دارد و تنشهای ناشی از تغییرات دمای فوق‌الذکر می‌تواند ترکهایی در بتن ایجاد نماید که به ترکهای زودرس حرارتی معروفند. دوم تغییرات درجه حرارت فصلی می‌باشد که اگر دال دیوار یا سقف آزادی حرکت در مقابل این تغییر طولها را نداشته باشند، در معرض تنشهای صفحه‌ای و ترک خوردگی قرار می‌گیرند.

۴-۶-۳- میلگردهای حرارتی و جمع شدگی

برای کنترل عرض ترکهای ناشی از تنشهای صفحه‌ای حرارتی، میلگردهایی در امتداد قائم و افقی (مخصوصاً افقی)، در دال دیوار یا سقف قرار داده می‌شود که به میلگردهای حرارتی موسوم می‌باشند. با توجه به اهمیت حالت حدی بهره‌برداری مخازن، نقش میلگردهای حرارتی در آنها به مراتب مهمتر از سازه‌های معمولی می‌باشد. در مورد میلگردهای حرارتی

تذکر دو نکته لازم است.

اول اینکه میلگردهای حرارتی به صورت یک معیار حداقل در محاسبات منظور می شوند. این جمله بدین معناست که میلگردهای حرارتی لازم، هیچوقت بر میلگردهای محاسبه شده به علت نیروهای خارجی افزوده نمی شوند، بلکه همواره یک مقایسه ای بین آنها صورت می گیرد و در صورت کوچکتر بودن مقدار میلگردهای محاسباتی، مقدار مربوط به میلگردهای حرارتی منظور می گردد.

دوم مقدار میلگردهای حرارتی است. اصولاً مقدار میلگردهای حرارتی، ارتباط معکوس با آزادی تغییر طول سازه در مقابل تغییرات درجه حرارت دارد. هرچه آزادی تغییر طول سازه بیشتر باشد، مقدار میلگردهای حرارتی لازم، کمتر و هرچه آزادی تغییر طول سازه کمتر باشد، مقدار میلگردهای حرارتی لازم، بیشتر می شود. بنابراین قبل از بحث روی مقدار میلگردهای حرارتی، لازم است راجع به درزها که در واقع تمهیدات تأمین کننده آزادی تغییر طول سازه می باشند، بحث گردد.

۴-۶-۴- درزها

درزها به دو دسته درزهای اجرایی^۱ و درزهای حرکتی^۲ طبقه بندی می شوند.

۴-۶-۴-۱- درزهای اجرایی

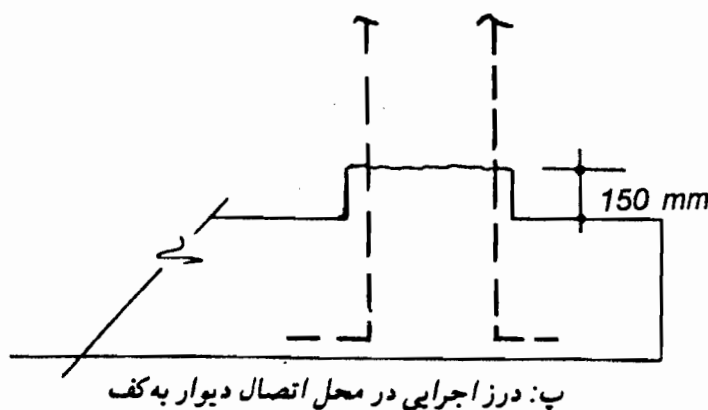
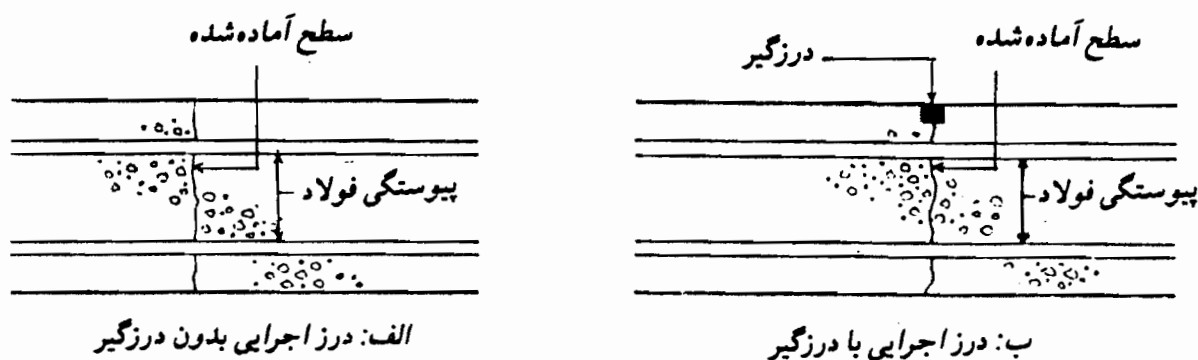
بندرت می توان سازه ای را به صورت یک قطعه یکجا ساخت. بنابراین لازم است در نقاط مختلف سازه، درزهای اجرایی تعبیه گردد تا امکان اجرای سازه فراهم گردد. برخلاف سازه های معمولی، در سازه های مهندسی بهداشت، محل درزهای اجرایی باید با توجه به امکانات اجرایی، طبق نظر مهندس طراح، دقیقاً در روی نقشه ها مشخص گردد.

در درز اجرایی بتن قطع می شود، لیکن فولاد پیوستگی خود را حفظ می کند (شکل ۴-۴ الف). اصولاً درز اجرایی برای تأمین حرکات لازم در مقابل تغییر طول به کار نمی رود، لیکن به علت جمع شدگی بتن، ممکن است بین دو سطح تماس جدایی ایجاد گردد.

این جدایی را می‌توان با آماده‌سازی سطح بتنی که زودتر ریخته شده، کاهش داد. برای این منظور، سطح تماس به‌طور قائم قالببندی شده و در عمر ۵ روزه، توسط سندبلاست و یا هوای فشرده، تمیز و از دوغاب خشک عاری شده و عمداً ناهموار می‌گردد، به‌طوری‌که ارتفاع ناهمواری تقریباً ۰/۶ سانتیمتر باشد. در صورت اعمال تمهیدات لازم، وجود تیغه آب‌بند در محل درز اجرایی لازم نیست، در غیر این صورت باید در درز اجرایی نیز تیغه آب‌بند کار گذاشته شود. گاهی مواقع همانند شکل ۴-۴-ب، در امتداد درز و در سمت آب، شیاری ایجاد می‌گردد و درون شیار توسط درزگیر^۱ پر می‌شود.

با توجه به درزهای حرکتی مختلفی که لازم است در سازه‌های مهندسی بهداشت تعبیه گردد، بهتر است محل قطع عملیات اجرایی منطبق بر یکی از این درزها انتخاب شود، در این صورت از درز اجرایی کمتر استفاده می‌شود.

برای انتقال برش در درز اجرایی احتیاج به تعبیه جزئیات فاق و زبانه نیست، تجربیات



شکل ۴-۴- درز اجرایی

عملی نشان می دهند که تعبیه فاق در محل درز اجرایی، محلی برای جمع شدن آب و یا نخاله تا قبل از بتن ریزی مرحله بعد می باشد که این مسئله اتصال بتن جدید به قدیم را تضعیف می نماید.

همچنین در هنگام بتن ریزی قسمت بعد نباید هیچگونه رطوبت آزاد در سطح درز اجرایی مرحله قبل باشد و عمل مرطوب کردن سطح بتن قطع شده، باید با فاصله زمانی مناسب انجام شده باشد.

در محل درز اجرایی اتصال دیوار به کف، مطابق شکل ۴-۴-۴ پ، اگر یک رامکا به طور یکپارچه با بتن کف اجرا گردد، کمک مؤثری در تثبیت قالبهای دیوار در جای خود خواهد بود.

۴-۶-۴-۲- درزهای حرکتی

برای تأمین آزادی حرکت در مقابل تغییر طولهای حرارتی، باید درزهای حرکتی مناسب در نقاط لازم تعبیه گردد. درزهای حرکتی به سه دسته درزهای انقباضی^۱، درزهای انبساطی^۲ و درزهای لغزشی^۳ تقسیم می شوند.

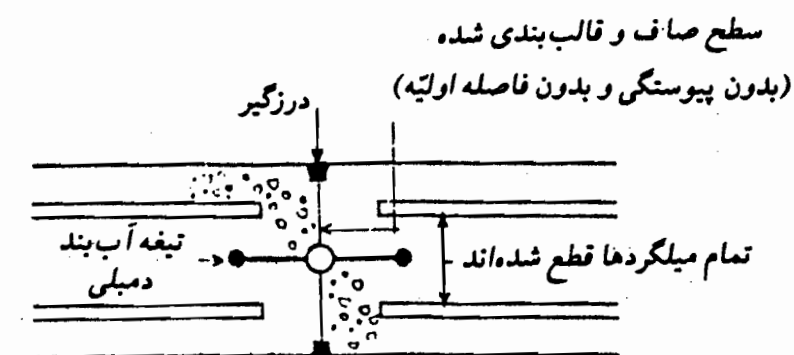
درزهای انقباضی

درزهایی هستند که در آنها یکپارچگی بتن دو طرف درز، در سطح تماس کاملاً از بین می رود، لیکن یکسرگی فولادها ممکن است حفظ گردد و یا از بین برود. در یک درز انقباضی بتن جدید کاملاً در کنار بتن قدیم ریخته می شود و سطح آنها کاملاً در تماس با یکدیگر است و هیچگونه فاصله ای بین آنها منظور نمی گردد. بنابراین در درز انقباضی، سطوح در حال تماس فقط از یکدیگر می توانند دور شوند. در صورتی که در محل درز تمام میلگردها قطع گردند، در این صورت به آن درز انقباض کامل می گوئیم (اشکال ۴-۵-الف و ب). در صورتی که تمام میلگردها در محل درز ممتد باشند و یا فقط ۵۰ درصد آنها قطع شده باشند، در این صورت به آن درز انقباض جزئی می گوئیم (اشکال ۴-۵-پ و ت). توجه به این نکته لازم است که در محل درز انقباض، تعبیه تیغه آب بند ضروری است و قطع بتن باید به صورت قائم قالب بندی شده و دارای سطح صاف باشد.

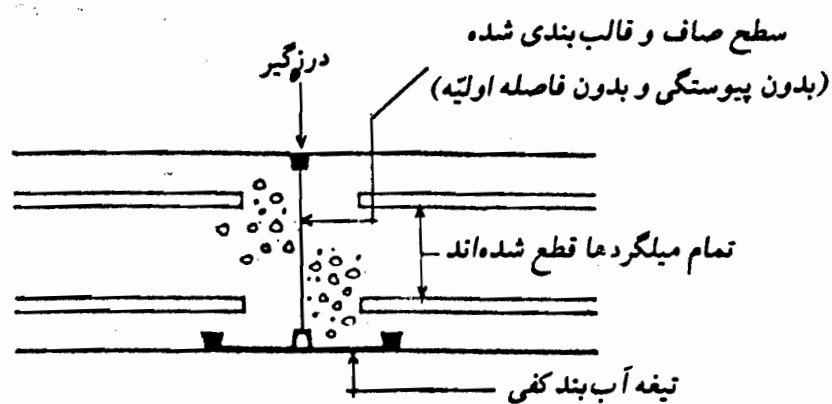
1 - Contraction joint

2 - Expansion joint

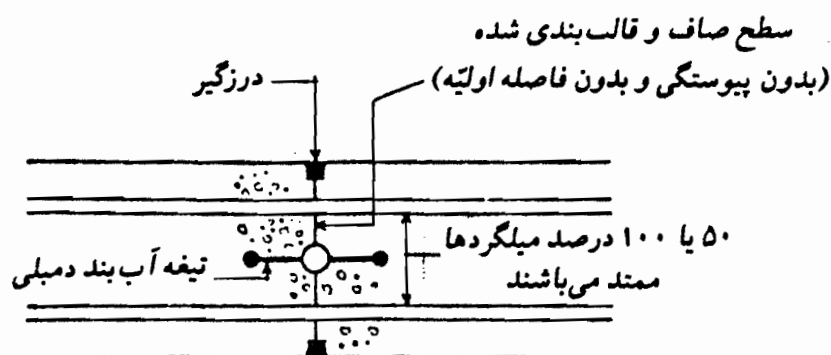
3 - sliding joint



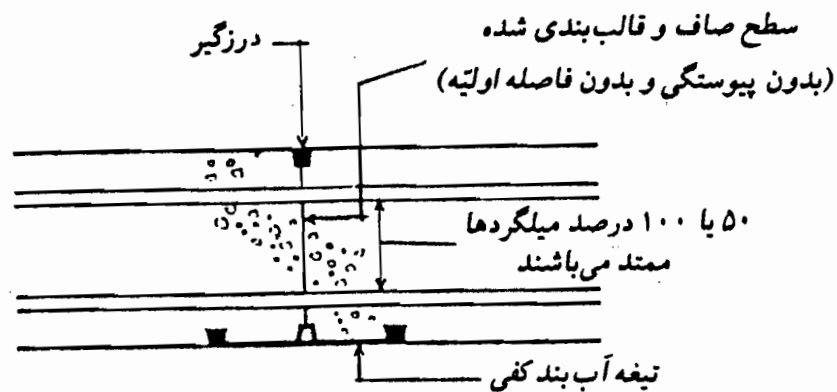
الف: درز انقباض کامل در دیوار



ب: درز انقباض کامل در کف



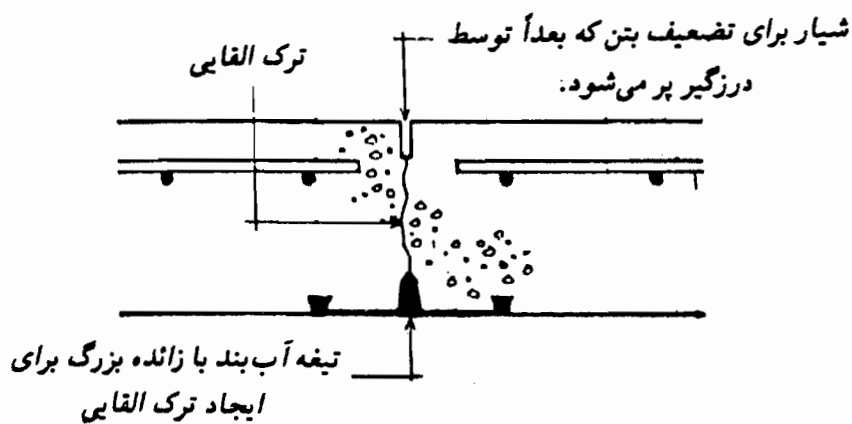
پ: درز انقباض جزئی در دیوار



ت: درز انقباض جزئی در کف

شکل ۴-۵- درزهای انقباضی

در صورتی که بخواهیم با حفظ پیوستگی در عملیات بتن‌ریزی، در امتدادی درز انقباضی ایجاد نماییم، می‌توانیم از درز انقباض القایی مطابق شکل ۴-۶ استفاده نماییم. در این نوع درز با تضعیف مقطع بتن در محل درز، با حفظ پیوستگی در بتن‌ریزی، عمداً مقطع تضعیف‌شده‌ای به وجود می‌آورند تا ترک احتمالی در همین مقطع به وجود آید.



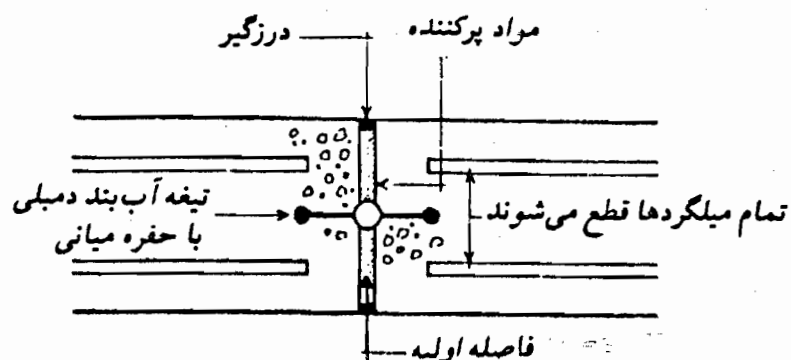
شکل ۴-۶- درز انقباض القایی

درزهای انبساطی

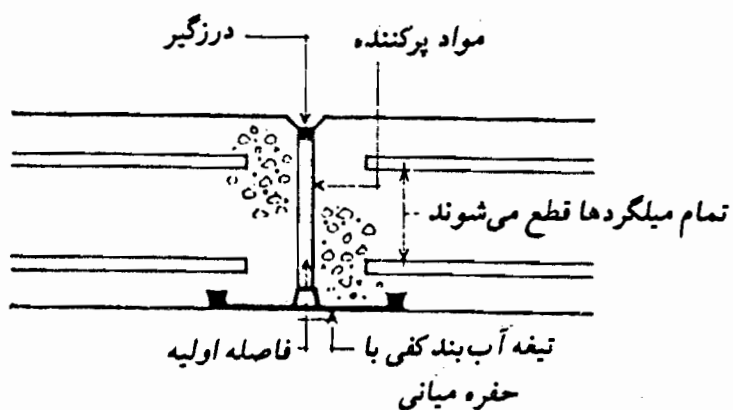
در درز انبساطی علاوه بر قطع بتن و تمام میلگردها در محل درز، بین سطوح درز نیز فاصله‌ای ایجاد می‌گردد. در نتیجه، درز انبساط یک درز حرکتی کامل است که در آن دو سطح مجاور می‌توانند نسبت به یکدیگر دور یا نزدیک شوند و یا حرکت جانبی داشته باشند (شکل ۴-۷). برای آب‌بند نمودن درز انبساط باید از تیغه آب‌بند استفاده نمود. اختلاف تیغه‌های آب‌بند انبساطی با تیغه‌های آب‌بند انقباضی، وجود یک حفره در وسط تیغه آب‌بند انبساطی برای تأمین حرکات لازم می‌باشد. حداقل فاصله بین دو سطح مجاور در یک درز انبساطی، باید از موادی پر شود که:

- ۱- خاصیت جذب آب نداشته باشند
- ۲- قابلیت فشرده شدن آنها خوب باشد
- ۳- مضر به حال آب آشامیدنی نباشد.

در نزدیکی سطح خارجی نیز فاصله بین دو سطح، توسط درزگیرهای مناسب پر می‌شود (شکل ۴-۷). در صورتی که بخواهیم در درز انبساط نیروی برشی انتقال دهیم باید از جزئیاتی شبیه به شکل ۴-۸ استفاده نماییم.

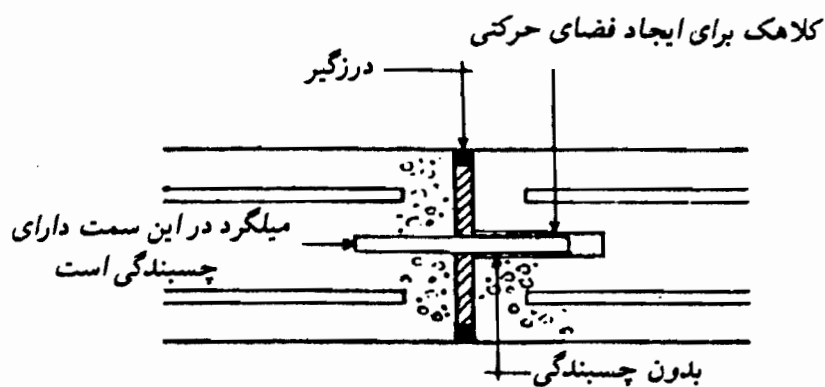


الف: درز انبساط در دیوار



ب: درز انبساط در کف

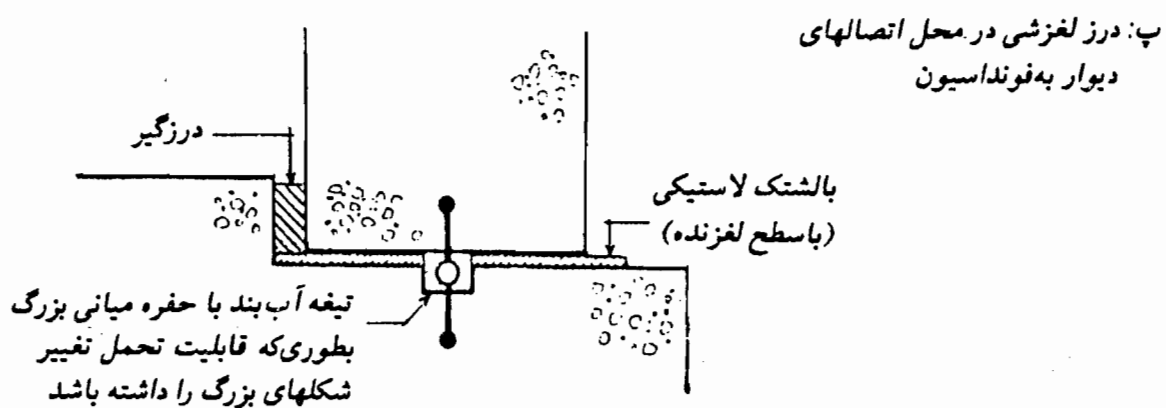
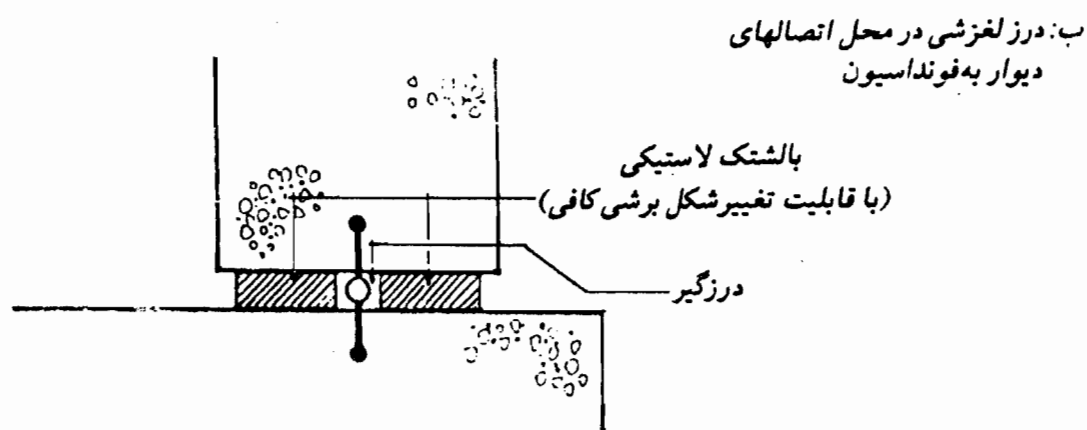
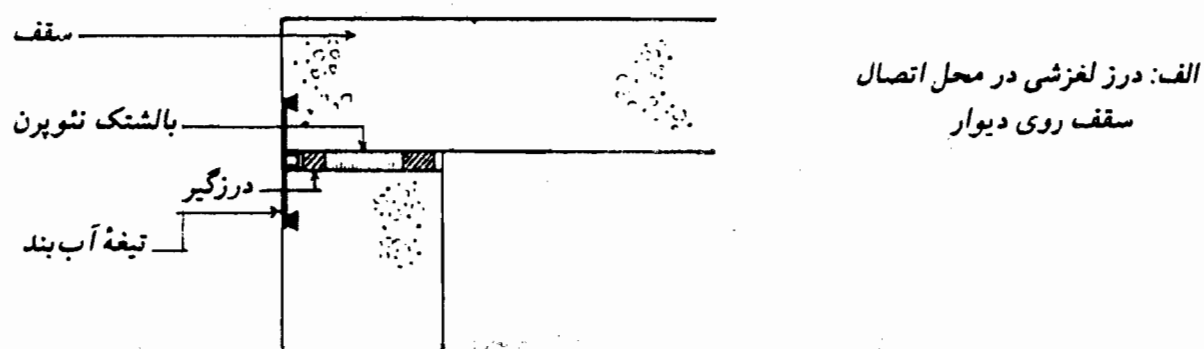
شکل ۴-۷- درزهای انبساطی



شکل ۴-۸- درز انبساطی با شاخک برشی برای حمل نیروی برشی در درز

درزهای لغزشی

درزهایی هستند که در محل تکیه گاه سقف و دیوار وقتی که انتهای فوقانی دیوار آزاد در نظر گرفته می شود، در محل اتصال دیوار به فونداسیون، در سازه های استوانه ای یکپارچه که پای



شکل ۹-۴ - درزهای لغزشی

دیوار در محاسبات لغزان در نظر گرفته می شوند، مورد استفاده قرار می گیرند. در شکل ۹-۴ انواع درزهای لغزشی نشان داده شده است. اجرای این درزها، مخصوصاً در پای دیوار که فشار هیدرواستاتیک قابل توجه است، تحت شرایط اجرایی و نظارت ویژه ای باید صورت پذیرد.

۴-۶-۵- کنترل عرض ترکهای حرارتی و جمع شدگی

به منظور کنترل ترکهای حرارتی در سازه های مهندسی بهداشت، نکات زیر باید رعایت گردند:

- ۱- محدود ساختن دامنه تغییرات دما و رطوبت
- ۲- کاهش گیرداریهای سازه با تعبیه درزهای حرکتی
- ۳- کاهش اثرات نامطلوب گیرداریهای سازه، با برنامه ریزی مناسب ترتیب اجرا
- ۴- کاهش تغییرات شرایط حرارتی و رطوبتی در ضخامت عضو
- ۵- کنترل ضخامت عرض ترک و توزیع عرض ترکها میان درزهای حرکتی با کاربرد فولادهای حرارتی.
- ۶- تجربه نشان داده است که پرکردن تدریجی سازه های نگهدارنده آب، اثر مثبت در کاهش ترک خوردگی سازه دارد. در این مورد سرعتی در حدود یک متر ارتفاع آب در ۲۴ ساعت قابل توصیه می باشد.
- ۷- کاهش سیمان مصرفی (تا جایی که به پایایی سازه لطمه نخورد) و استفاده از سیمان با حرارت زایی کم

در میان توصیه های فوق، تعبیه درزهای حرکتی و فولادهای حرارتی نقش اصلی را در کنترل عرض و توزیع ترکهای حرارتی دارند. این دو عامل اثر متقابل معکوس روی یکدیگر دارند. بدین معنی که اگر تعداد درزهای حرکتی را کاهش دهیم، مقدار فولادهای حرارتی افزایش و اگر تعداد درزهای حرکتی را افزایش دهیم، مقدار فولادهای حرارتی کاهش می یابد. در این خصوص، سه انتخاب اصلی برای نحوه کنترل عرض ترکها از طریق تأمین درزهای حرکتی و میلگردهای حرارتی وجود دارد:

گزینه ۱- سازه کاملاً یکپارچه

هیچگونه درز حرکتی در سازه وجود ندارد و کنترل ترکها فقط با استفاده از فولادهای حرارتی انجام می شود.

گزینه ۲- سازه نیمه یکپارچه

ترکهای زودرس حرارتی به وسیله فولادهای حرارتی کنترل می شوند ولی فاصله درزهای

حرکتی به اندازه کافی نزدیک به یکدیگر هستند به طوریکه تغییر طولهای روزانه و فصلی در بتن رسیده، توسط آنها جبران شود.

گزینه ۳- سازه غیر یکپارچه

ترکها تقریباً با درزهای حرکتی کنترل می گردد، ولی مقدار کمی فولاد برای توزیع ترکها بین دو درز حرکتی وجود دارد.

در جدول ۴ - ۷ سه گزینه فوق الذکر همراه با شرایط لازم برای درزهای حرکتی و فواصل آنها ارائه شده است.

انتخابهایی که در فوق مورد بحث قرار گرفت، بیشتر در مورد حرکتهای افقی مصداق دارند، ولی حرکتهای قائم نیز در مورد دیوارها باید در نظر گرفته شوند. دو حالت زیر در این مورد وجود دارد:

الف: در دیوارهای طره ای که انتهای فوقانی آنها آزاد است، به علت تغییر آزادی حرکت افقی در ارتفاع، ممکن است ترکهای افقی پدید آید. کرنش قائم در این حالت را می توان نصف کرنش افقی در نظر گرفت. برای کنترل ترکهای افقی، حداقل مقدار فولاد قائم نباید کمتر از ρ_{cr} باشد (رابطه ۴ - ۱۴)

ب: در حالتی که بتن ریزی یک دیوار از لحاظ ارتفاعی در چند مرحله انجام پذیرد، ارتفاعی مساوی ۲/۴ متر از انتهای آزاد هر مرحله بتن ریزی، در رده گزینه ۳ و باقی ارتفاع در رده گزینه ۲ قرار می گیرد، و انتخاب فولادهای حرارتی قائم، بر مبنای همین تقسیم بندی انجام می شود.

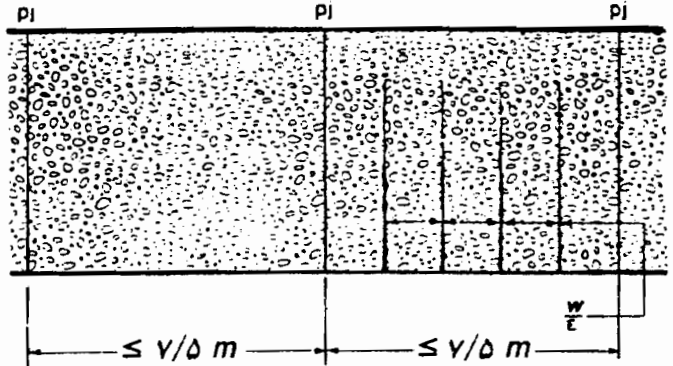
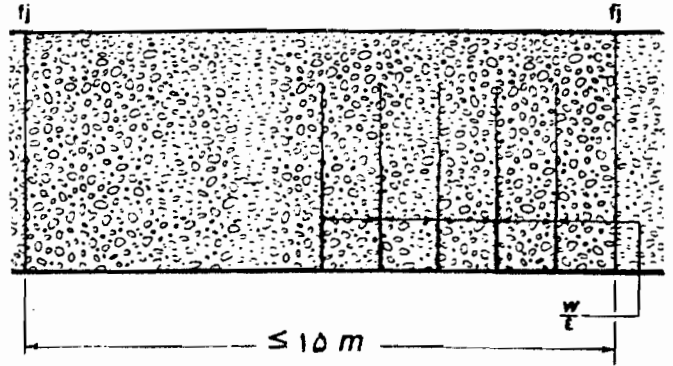
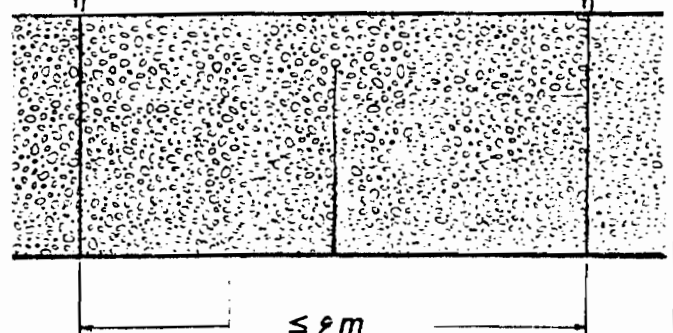
۴ - ۶ - ۶ - تعیین مقدار فولادهای حرارتی و جمع شدگی

برای تعیین فولادهای حرارتی از دو روش اسمی و محاسبه ای می توان استفاده نمود.

۴ - ۶ - ۶ - ۱ - روش اسمی برای تعیین مقدار فولادهای حرارتی و جمع شدگی

در جدول ۴ - ۸، درصد فولادهای حرارتی بر حسب گزینه انتخابی برای یکپارچگی سازه، ارائه شده است. در چنین حالتی توصیه می شود که برای تأمین سطح مقطع مورد نیاز فولاد،

جدول ۴-۷

ردیف	شرح	شکل	فواصل و نوع درزها
۱	سازه کاملاً یکپارچه		بدون درز
۲	سازه نیمه یکپارچه	 	یکی از سه حالت زیر: الف: در هر ۷/۵ متر، یک درز انقباض جزئی یا ب: در هر ۱۵ متر، یک درز انقباض کامل یا پ: در هر ۱۱/۲۵ متر، به صورت یک درمیان، یک درز انقباض کامل و یک درز انقباض جزئی
۳	سازه غیر یکپارچه		در هر ۶ متر باید یک درز انقباض کامل قرار داده شود

توجه: در هر سه گزینه فوق، وجود درز انقباض در هر ۳۳ متر الزامی است
 Pl = درز انقباض جزئی
 fj = درز انقباض کامل

حتی الامکان از میلگردهای کم قطر با فواصل نزدیک استفاده نمایند. برای تعیین مقطع مؤثر به بخش ۴-۶-۷ مراجعه نمایید.

جدول ۴-۸- حداقل درصد فولاد حرارتی

گزینه	درصد فولاد حرارتی		
	$f_y = 240 \text{ N/mm}^2$ ساده	$f_y = 300 \text{ N/mm}^2$ آجدار	$f_y = 400 \text{ N/mm}^2$ آجدار
۱	۰/۹	۰/۷۸	۰/۶۰
۲	۰/۶۷	۰/۵۹	۰/۴۵
۳	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۳۰

تذکر: در تمام موارد، میلگرد حرارتی نباید از $\Phi 12$ at 25 cm کمتر گردد.

۴-۶-۶- روش محاسبه‌ای برای تعیین مقدار فولادهای حرارتی و جمع شدگی درصد فولاد بحرانی

درصد فولاد بحرانی، درصد فولادی است که به ازای آن مقاومت کششی بتن ۳ روزه با تنش جاری شدن فولاد مساوی می‌گردد. مقدار درصد فولاد بحرانی، از رابطه ۴-۱۴ قابل محاسبه می‌باشد.

$$\rho_{crit} = \frac{f_{ct}}{f_y} \quad (4-14)$$

در رابطه فوق:

ρ_{crit} = درصد فولاد بحرانی

f_{ct} = مقاومت کششی بتن سه روزه مساوی $0.26 \sqrt{f'_c}$ (N/mm^2)

f_y = تنش جاری شدن فولاد مصرفی (N/mm^2)

f'_c = مقاومت مشخصه نمونه استوانه‌ای ۲۸ روزه (N/mm^2)

فاصله ترکها

در صورتی که برای کنترل عرض ترکها، فولاد کافی قرار داده شده باشد فاصله محتمل ترکها را می توان از رابطه تعادلی زیر به دست آورد: (شکل ۴-۱۰)

$$(۴-۱۵) \quad f_b s \Sigma U_s = f_{ct} b h \quad (\text{نیروی پیوستگی در حد فاصل دو ترک})$$

در رابطه فوق:

$$\Sigma U_s = \text{مجموع محیط میلگردها}$$

$$f_b = \text{تنش پیوستگی متوسط بین بتن و میلگرد در بتن نارس}$$

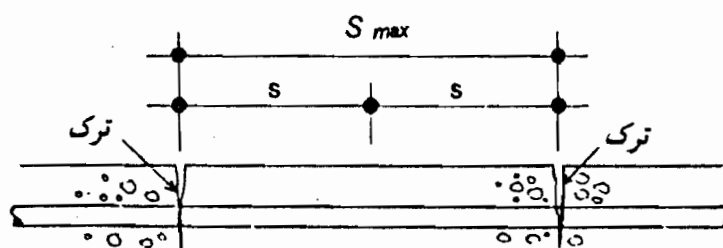
$$s = \text{نصف فاصله محتمل بین دو ترک (شکل ۴-۱۰)}$$

$$f_{ct} = \text{مقاومت کششی بتن نارس}$$

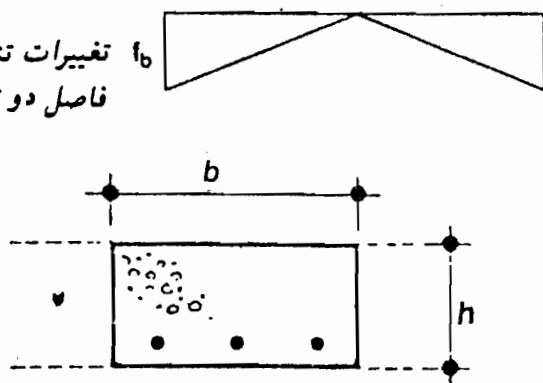
$$h, b = \text{ابعاد مقطع}$$

از ساده کردن رابطه ۴-۱۵ به دست می آوریم:

$$S_{max} = 2s = \left(\frac{f_{ct}}{f_b} \right) \frac{\phi}{2\rho} = K \frac{\phi}{2\rho} \quad (۴-۱۶)$$



f_b تغییرات تنش چسبندگی در حد فاصل دو ترک



$$A_s = \rho_c b h$$

مقطع

شکل ۴-۱۰

در رابطه ۱۶-۴ داریم:

$$\frac{f_{ct}}{f_b} = K, \text{ مساوی با } ۱ \text{ برای میلگرد ساده و } ۰/۶۷ \text{ برای میلگرد آجدار}$$

$$\phi = \text{قطر میلگرد (mm)}$$

$$\rho = \text{درصد فولاد}$$

عرض ترک

اگر w عرض ترک و S_{max} فاصله بین دو ترک باشد، کرنش کششی متوسط در طول S_{max} مساوی w/S_{max} می شود که این کرنش باید مساوی با کرنش ناشی از تغییرات درجه حرارت و جمع شدگی باشد:

$$\frac{w}{S_{max}} = \epsilon_t + \epsilon_{sh} \quad (۱۷-۴)$$

در رابطه فوق:

$$\epsilon_t = \text{کرنش حرارتی}$$

$$\epsilon_{sh} = \text{کرنش جمع شدگی}$$

خود بتن در حد فاصل S_{max} دارای یک کرنش مقاوم کششی است که مقدار آن در حدود ϵ_{sh} است، در نتیجه می توان نوشت:

$$\frac{w}{S_{max}} = \epsilon_t \quad (۱۸-۴)$$

با حذف S از دو رابطه ۱۶-۴ و ۱۸-۴ به دست می آوریم:

$$\rho = \frac{A_s}{A_{ce}} = \frac{K \epsilon_t \phi}{2w} \quad (۱۹-۴)$$

ρ محاسباتی نباید کمتر از ρ_{crit} در گزینه های ۱ و ۲ و $\frac{2}{3} \rho_{crit}$ در گزینه ۳ در نظر گرفته شود.

در رابطه ۱۹-۴ داریم:

$$A_s = \text{سطح مقطع فولادهای حرارتی}$$

$$A_{ce} = \text{سطح مقطع مؤثر بتنی (بخش ۴-۱۰-۷)}$$

$$K = \text{ضریب چسبندگی مساوی } ۱ \text{ برای میلگرد ساده و } ۰/۶۷ \text{ برای میلگرد آجدار}$$

$$\phi = \text{قطر میلگرد (mm)}$$

w = عرض ترک (mm) مساوی ۰/۱ mm برای محیط A و ۰/۲ mm برای محیط B
 ϵ_t = کرنش حرارتی که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\epsilon_t = \frac{1}{2} \alpha (T_1 + T_2) \quad (۲۰-۴)$$

α = ضریب انبساط حرارتی برای بتن ($\alpha = 12 \times 10^{-6}$)

T_1 = تغییرات درجه حرارت به علت عمل هیدراسیون در هنگام گیرش (جدول ۴-۹).

T_2 = تغییرات درجه حرارت فصلی (جدول ۴-۹).

جدول ۴-۹

	توضیح	درجه حرارت (سانتیگراد)	$\frac{1}{2} \alpha T (\times 10^{-6})$
T_1	دیوار	۵۰۰ mm < ضخامت	۱۸۰
		۵۰۰ mm > ضخامت	۲۴۰
T_2	بتن کف		۲۵
	گزینه ۱	مدفون	۲۰
		غیرمدفون	۴۰
		گزینه ۲ و ۳	۰

وجود ضریب تخفیف $\frac{1}{4}$ در رابطه ۴-۲۰، برای در نظر گرفتن اثر خزش در بتن نارس و اثر چسبندگی فولاد به بتن در بتن رسیده می باشد.
 تذکر:

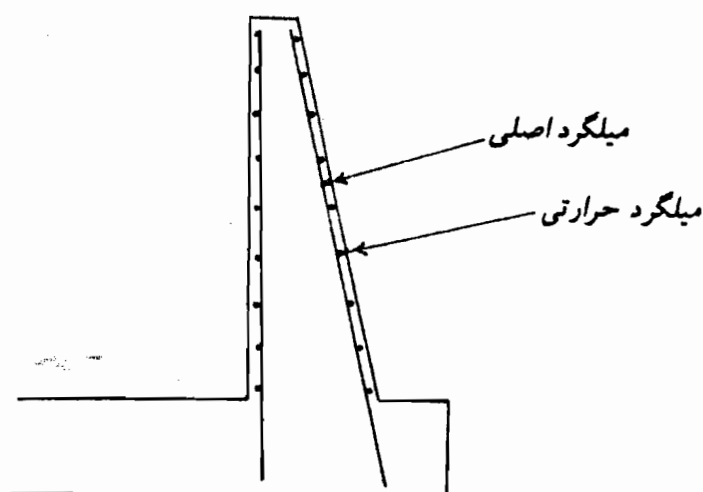
توصیه می شود در دیوار، فولادهای افقی حرارتی در سمت بیرون و فولادهای محاسباتی قائم در سمت داخل قرار گیرند (شکل ۴-۱۱).

۴-۶-۷- سطح مؤثر مقطع بتنی برای محاسبه فولادهای حرارتی

سطح مؤثر مقطع بتنی برای محاسبه فولادهای حرارتی به شرح زیر در نظر گرفته می شود.

الف: دیوار

- اگر ضخامت دیوار کوچکتر یا مساوی ۵۰۰ میلیمتر باشد، تمام مقطع، مؤثر در نظر



شکل ۴-۱۱

گرفته می شود و فولادهای حرارتی به طور مساوی در دو طرف مقطع قرار داده می شوند.
 - اگر ضخامت دیوار بزرگتر از ۵۰۰ میلیمتر باشد، از هر طرف دیوار، ضخامتی مساوی ۲۵۰ میلیمتر به عنوان ضخامت مؤثر در نظر گرفته می شود. در نتیجه فولاد هر طرف برای ضخامت ۲۵۰ میلیمتر محاسبه شده و در مقطع قرار داده می شود.

ب: بتن کف

- اگر ضخامت کف کمتر یا مساوی ۲۰۰ میلیمتر باشد، فقط ۱۰۰ میلیمتر فوقانی آن مؤثر در نظر گرفته شده و در قسمت تحتانی فولاد حرارتی منظور نمی گردد.
 - اگر ضخامت کف، بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلیمتر باشد، ضخامت مؤثر ناحیه فوقانی، نصف ضخامت کل در نظر گرفته شده و در قسمت تحتانی فولاد حرارتی منظور نمی گردد.
 - اگر ضخامت کف، بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلیمتر باشد، ضخامت مؤثر ناحیه فوقانی، نصف ضخامت کل و ضخامت مؤثر ناحیه تحتانی، مساوی نصف ضخامت کل منهای ۱۵۰ میلیمتر در نظر گرفته می شود.
 - اگر ضخامت کف بزرگتر از ۵۰۰ میلیمتر باشد، ضخامت مؤثر ناحیه فوقانی، ۲۵۰ میلیمتر و ضخامت مؤثر ناحیه تحتانی ۱۰۰ میلیمتر در نظر گرفته می شود.

۴-۷- تحلیل

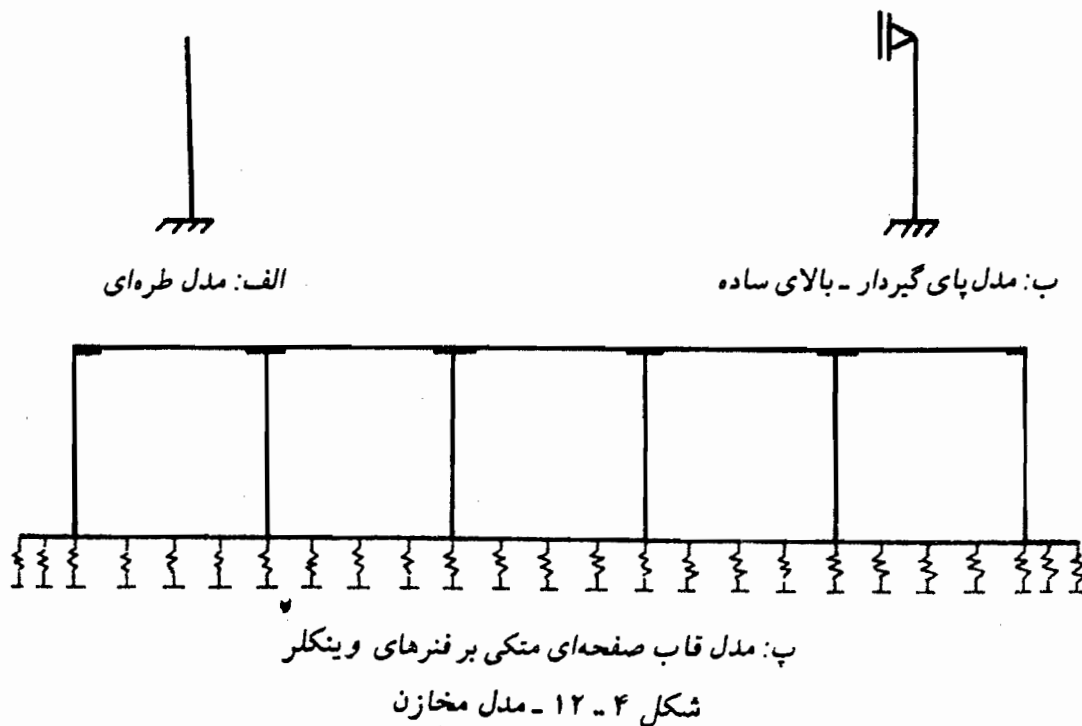
۴-۷-۱- تحلیل مخازن غیر یکپارچه

الف: مخازن مستطیل

در مخازن غیر یکپارچه مستطیلی به علت وجود درزهای انبساط قائم، رفتار دیوار مخازن به صورت دال یک طرفه می باشد که بر حسب جزئیات محل اتصال دیوار به سقف، مدل دیوار ممکن است به صورت الف: پای گیردار، بالای آزاد (طره ای)، ب: پای گیردار، بالای مفصلی (یکسر گیردار - یکسر مفصل) انتخاب شود. در صورت دسترسی به کامپیوتر و برنامه های تحلیل سازه، می توان یک مدل قاب صفحه ای از سیستم سقف، دیوار، ستونها و کف ساخت و آن را توسط کامپیوتر تحلیل کرد. خاک زیر مخزن را می توان به صورت فنرهای وینکلر^۱ مدل نمود (شکل ۴-۱۲)

ب: مخازن استوانه

در مورد مخازن استوانه ای غیر یکپارچه، به علت شعاع زیاد مخزن، انحنای دیوار کم بوده و

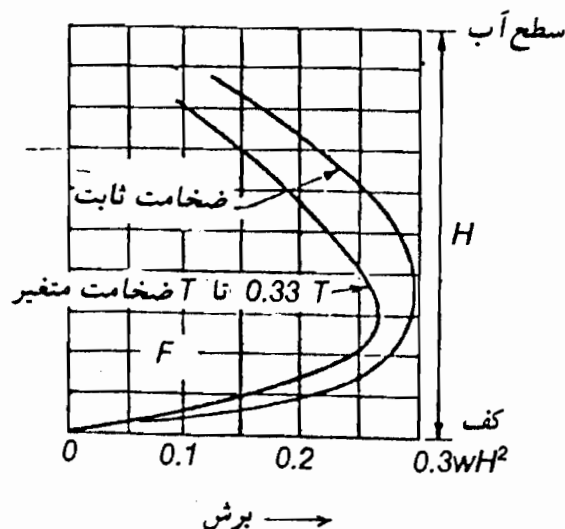
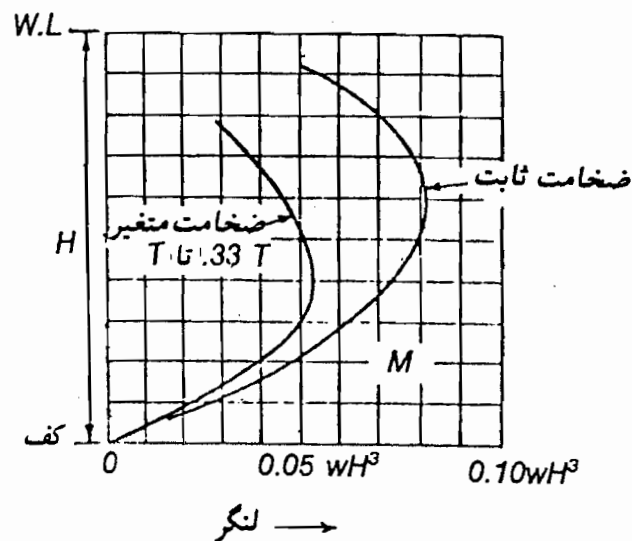


1 - Winkler

در نتیجه مطالب فوق برای آنها نیز قابل اعمال است. میلگردهای حرارتی که به صورت افقی قرار داده می شوند، غالباً جوابگوی خمش در نوارهای افقی به علت انحنای دیوار می باشند.

اثر گوشه ها:

در مخازن مستطیلی در محل برخورد دو دیوار، لنگر خمشی و نیروی برشی موضعی در نوارهای افقی دیوار به وجود می آید، مقدار نیروهای داخلی فوق را می توان از اشکال ۴-۱۳- الف و ب به دست آورد و در صورت لزوم، میلگردهای افقی را در محل گوشه تقویت کرد.



شکل ۴-۱۳- نیروی برشی و لنگر خمشی در محل تقاطع دو دیوار

۴-۷-۲- تحلیل مخازن یکپارچه

الف: مخازن مستطیلی

در این حالت تحلیل کل مخزن به صورت یک جسم سه بعدی با استفاده از روش اجزای محدود امکان پذیر می باشد، لیکن این کار برای طراحیهای معمولی از لحاظ انرژی و زمان لازم قابل توجیه نیست. جداول طراحی برای تعیین نیروهای داخلی برای حالت سه بعدی نیز بسیار محدود است و غالباً تمام حالات عملی موجود را پوشش نمی دهند. در پیوست ۱ این جزوه، ۲ نمونه از این جداول که از طرف مؤسسه PCA* منتشر شده است ارائه می شود. در غالب موارد برای طراحی مخازن یکپارچه، از جداول دالهای دوطرفه استفاده می شود. در این مورد، جداول ارائه شده در بتن کالندر چاپ ۱۹۷۸ از جامعیت خوبی برخوردار بوده و با توجه به ترکیبات مختلف شرایط لبه (گیردار، ساده، آزاد)، اغلب حالات عملی را پوشش می دهد. در عمل شرایط لبه ها نه گیردار و نه ساده است و حالت بینابینی دارد. برای رفع این مشکل این طور می توان عمل کرد که برای تعیین لنگرهای مثبت وسط دهانه، شرایط لبه ها را ساده و برای تعیین لنگرهای منفی تکیه گاهی شرایط لبه را گیردار فرض کرد. همچنین در محل تقاطع دولبه، یک توزیع لنگر در لنگرهای منفی رخ می دهد و حالت تعادل برقرار می شود. در چنین حالتی به طور محافظه کارانه می توان از لنگر منفی بزرگتر بدون هیچگونه توزیع لنگری برای هر دو لبه استفاده کرد.

ب: مخازن استوانه ای

از نقطه نظر طراحی در یک مخزن استوانه ای یکپارچه، مهمترین نیروی داخلی، کشش حلقوی می باشد. برای مقابله با این نیرو، میلگردهایی به صورت حلقوی در محیط مخازن استوانه ای قرار داده می شود. لنگر خمشی در نوارهای قائم مخزن، نیروی داخلی مهم دیگر می باشد که برای مقابله با آن، میلگردهایی به صورت قائم تعبیه می گردد. در پیوست ۲، جداولی برای تعیین نیروهای داخلی فوق ارائه شده است که از آنها می توان در تحلیل مخازن استوانه ای استفاده کرد. این جداول توسط مؤسسه PCA* تهیه شده است.

* Portland cement association

فصل ۵

ساخت

۵-۱- مقدمه

ارزشهای یک طراحی خوب وقتی آشکار می شود که اجرای آن خوب باشد. بدون توجه به مسائل اجرایی، حتی با بهترین و دقیقترین طراحیها، نمی توان به اهداف طرح که ساخت یک سازه مطلوب در مرحله بهره برداری می باشد، رسید. به طور کلی کلیه شرایط اجرایی که در ساخت یک سازه بتن مسلح معمولی در نظر گرفته می شود، باید در مورد مخازن نیز اعمال گردد که در این مورد باید به آیین نامه بتن ایران مراجعه شود. در این قسمت به بحث در مورد آن دسته از شرایط اجرایی می پردازیم که به طور خاص در ساخت سازه های مهندسی بهداشت باید در نظر گرفته شوند.

۵-۲- بستر زمین

بستری که مخزن روی آن ساخته می شود به طور ایده آل یک زمین همگن با باربری مناسب، نشست کم و عاری از آبهای زیرزمینی می باشد. لیکن در عمل همواره دسترسی به چنین زمینی امکان پذیر نمی باشد و یا سایر معیارهای طراحی ممکن است مختصات خاصی برای سازه ایجاب نمایند که از لحاظ مسائل خاک مطلوب نباشد. زمینهایی که حتی الامکان از قرار دادن مخزن در روی آن باید اجتناب کرد به شرح زیر می باشند.

الف: زمینهایی با باربری کم و نشست زیاد

ب: زمینهایی که در آنها آب زیرزمینی بالاست و تراز زیر کف مخزن پایین تر از آب زیرزمینی است.

پ: در مجاورت و روی گسل ها

ت: مناطقی که لایه های زمین به صورت شیب دار بوده و بخصوص مناطقی که یک لایه دانه ای روی لایه رسی به صورت شیب دار قرار گرفته است. در چنین حالتی، نشست آب از لایه دانه ای روی لایه رسی، باعث لغزنده کردن سطح تماس دو لایه و در نتیجه ناپایداری زمین می گردد.

ث: مناطقی که زمین زیر مخزن تفاوت های قابل توجهی از لحاظ جنس دارد.

ج: خاکهای گچدار (به واسطه رسیدن آب به بلورهای گچ، از مقاومت زمین بشدت کاسته می شود).

چ: خاکهای دستی حتی اگر به صورت کامل کوبیده شده باشد.

به هر حال محل سازه هر جا باشد، باید قبل از طراحی از نوع و نظر جنس و وضعیت لایه ها و همچنین میزان باربری و نشست مورد مطالعه مکانیک خاک قرار گیرد. در مورد مخازن زمینی و سازه های مهندسی بهداشت مشابه آن، غالباً حفر گمانه های شناسایی به عمق ۱۰ متر کافی است، مگر اینکه شرایط خاصی، مهندس محاسب را وادار به انتخاب عمق بزرگتری نماید. در صورتی که دست طراح برای انتخاب محل باز باشد، قبل از انجام مطالعات دقیق، بهتر است مطالعاتی در حد شناسایی منطقه با استفاده از تعدادی گمانه محدود انجام پذیرد.

۵-۳- آماده کردن سطح زمین

در صورتی که عملیات خاکبرداری با ماشین انجام بگیرد، در ۲۰ سانتیمتری تراز نهایی، باید عملیات متوقف شده و دنباله عملیات تا تسطیح نهایی به روشهای دستی خاکبرداری و تنظیم گردد. ریختن بتن مگر در روی بستر تسطیح شده باید با فاصله زمانی منطقی صورت پذیرد، به طوری که هیچگونه هوازدگی سطحی در خاک ایجاد نشود. در صورت به وجود آمدن فاصله طولانی، خاکهای هوازده باید برداشته شده و بتن مگر جایگزین آن گردد.

در صورتی که سطح آب زیرزمینی بالاتر از کف خاکبرداری شده باشد، قبل از هرگونه بتن‌ریزی، باید سطح آب زیرزمینی توسط روشهای مناسب پایین برده شود، به طوری که عملیات بتن‌ریزی در محیط خشک صورت پذیرد.

۵-۴- زهکشی زیر مخزن

۵-۴-۱- مقدمه

به دلایل زیر وجود یک شبکه مطمئن زهکشی در زیر کف مخازن لازم می‌باشد:

الف: جمع‌آوری و تخلیه آبهای ناشی از درزهای کف مخزن. با این عمل نه تنها آبهای ناشی از کف مخزن دفع می‌شوند، بلکه تخمین مناسبی نیز از دبی آنها به دست می‌آید.

ب: کنترل سطح آب زیرزمینی در عمق مورد نظر

پ: دفع و هدایت آبهای سطحی و زیرزمینی پیرامون مخزن (جلوگیری از نشت سفره‌های مجاور) با تعبیه زهکشی‌های حائل

۵-۴-۲- انواع سیستم زهکش

بسته به شرایط توپوگرافی منطقه، از یکی از دو سیستم زیر می‌توان استفاده نمود:

الف: سیستم ثقلی - این سیستم در صورتی قابل استفاده است که مخزن در دامنه‌ای با شیب مناسب (شیب دامنه بزرگتر از شیب لوله‌های زهکش)، قرار داشته باشد. در این حالت آبهای جمع‌آوری شده به صورت ثقلی در لوله‌های زهکشی جریان یافته و در نقطه مناسب از دامنه خارج شده و به خارج هدایت می‌شود.

ب: سیستم پمپاژ - در مواردی که شیب طبیعی زمین کمتر از شیب لوله‌های زهکش باشد، امکان تخلیه ثقلی آبهای زهکشی شده وجود ندارد و در نتیجه آبهای جمع‌آوری شده، از طریق لوله‌های زهکش به صورت ثقلی به چاهک‌هایی که در نقاط مناسب پیش‌بینی شده‌اند، تخلیه می‌شود و از آنجا به کمک پمپاژ به خارج هدایت می‌شوند. در این حالت سیستم پمپاژ باید دارای حساسه‌های مناسبی باشد تا در مواقع لزوم اقدام به راه‌اندازی یا قطع پمپ باشد. با توجه به هزینه‌های خرید و نگهداری پمپ و همچنین مصرف دائمی برق، این سیستم زهکش به مراتب گران‌قیمت‌تر از سیستم الف می‌باشد.

۵-۴-۳- هندسه شبکه زهکش

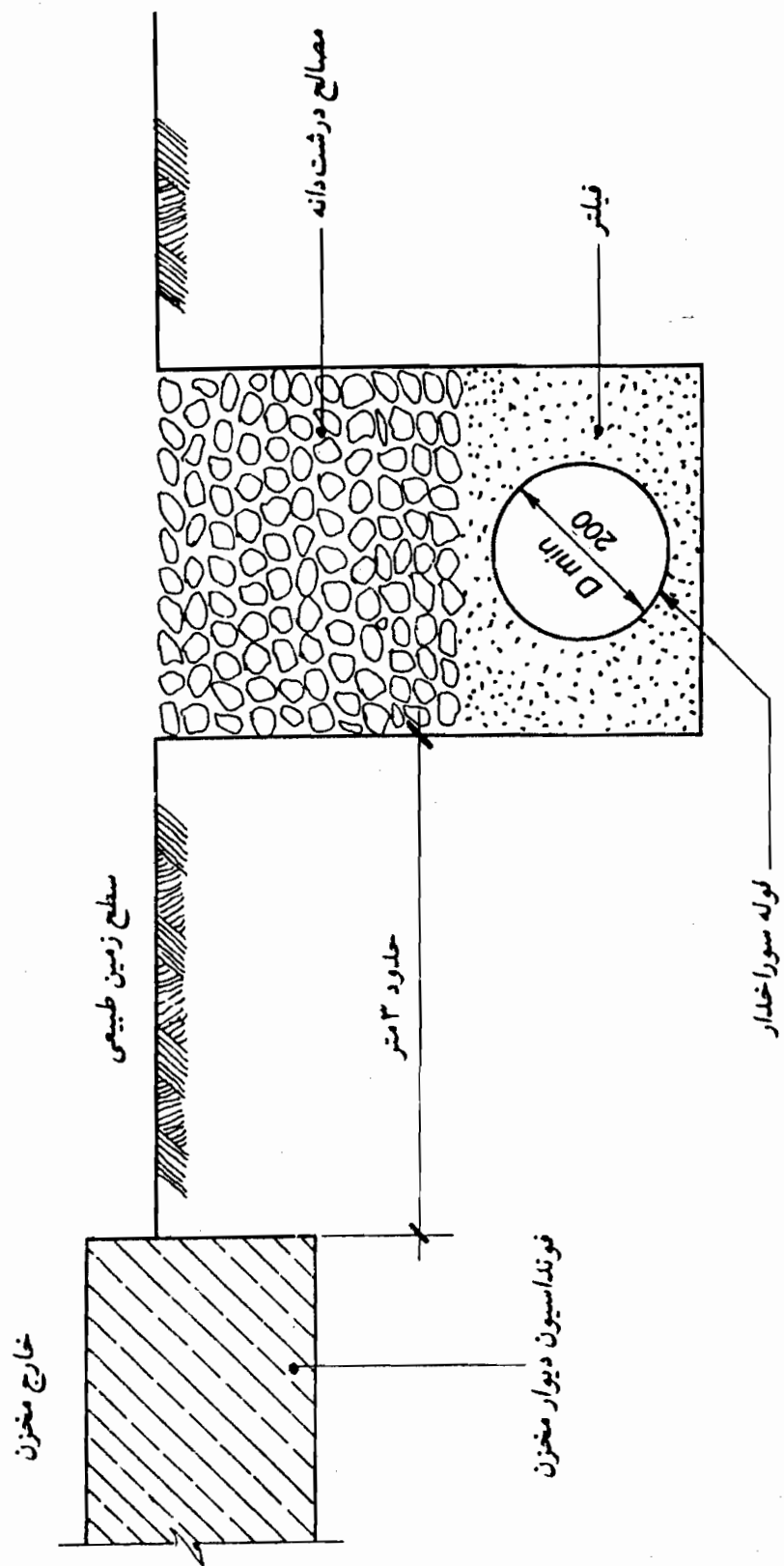
شبکه زهکش متشکل از شاخه اصلی و شاخه های فرعی می باشد. شاخه اصلی یک شاخه محیطی می باشد که در سرتاسر محیط مخزن قرار می گیرد و وظیفه آن، اول، جمع آوری و دفع آبهای شاخه های فرعی و دوم عملکرد به عنوان یک زهکش حائل است، به طوری که جریان کلیه آبهای سطحی، نفوذی و زیرزمینی را به سمت مخزن قطع نماید. به منظور جلوگیری از بسته شدن، حداقل قطر داخلی لوله زهکشی محیطی ۲۰۰ میلیمتر در نظر گرفته می شود. در شکل ۵-۱، یک مقطع پیشنهادی برای شاخه محیطی نشان داده شده است. شاخه های فرعی شبکه ای از لوله های زهکش واقع در زیر کف مخزن می باشند که با هندسه مشخصی، زه آب را به سمت شاخه محیطی هدایت می نمایند. حداقل قطر داخلی لوله های شاخه های فرعی، ۱۵۰ میلیمتر توصیه می شود. در شکل ۵-۲ یک مقطع پیشنهادی برای شاخه فرعی نشان داده شده است.

۵-۴-۴- انتخاب فواصل و قطر شبکه زهکش

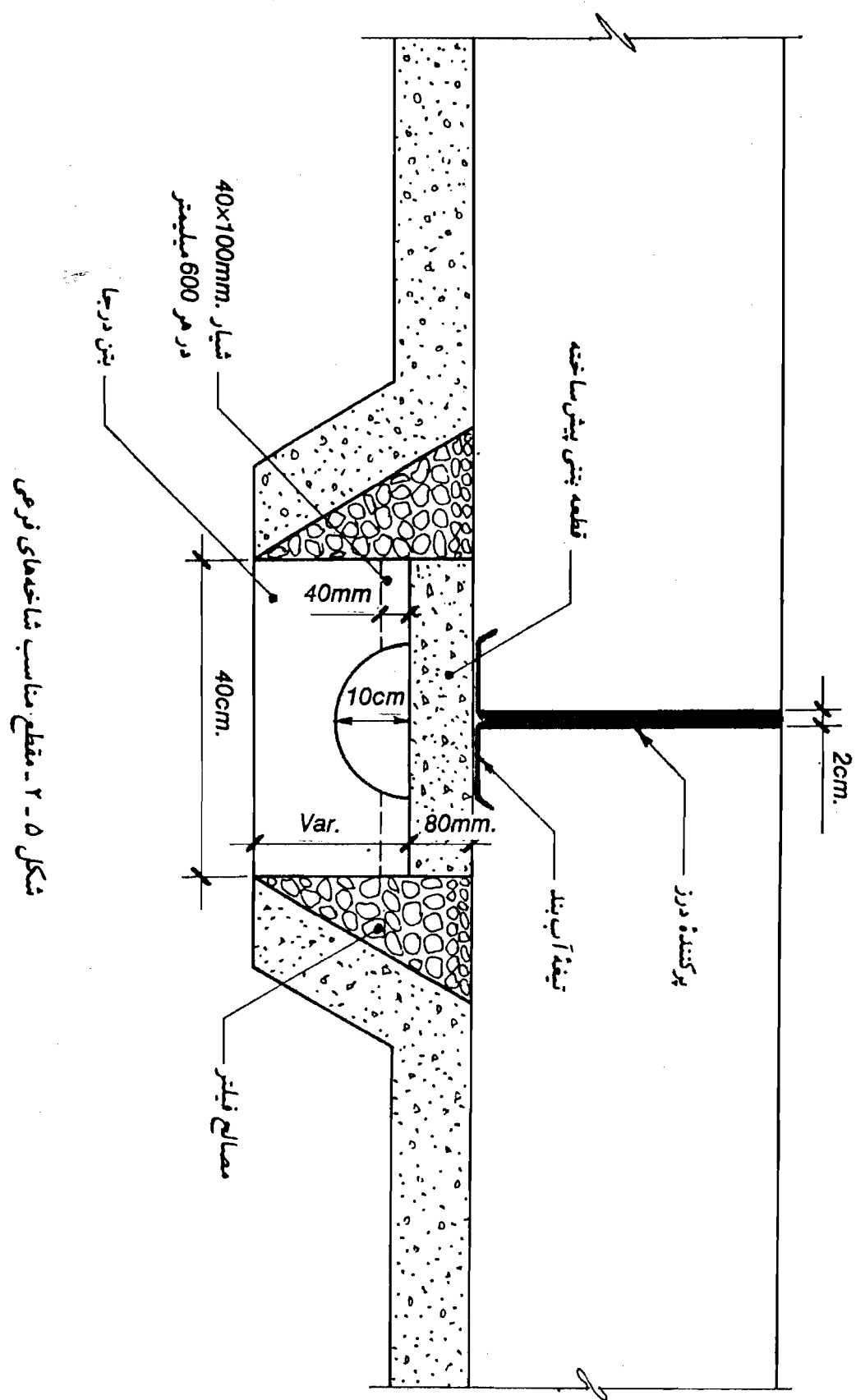
در صورتی که مخزن در زیر سطح آب زیرزمینی قرار گرفته و هدف پایین آوردن سطح آب زیرزمینی باشد، قطر شاخه محیطی و همچنین قطر و فواصل شاخه های فرعی به کمک روابط تئوریک موجود در این زمینه محاسبه می شود.

در صورتی که منطقه عاری از آب زیرزمینی باشد، هدف از شبکه زهکش دفع آبهای سطحی و نفوذی و همچنین تخلیه آبهای ناشی از کف مخزن می باشد. در این حالت انجام محاسبات خاصی لازم نیست و طراحی شبکه زهکش به صورت تجربی انجام می شود. در این حالت استفاده از یک شاخه محیطی با قطر ۲۰۰ میلیمتر و تعدادی شاخه فرعی به قطر ۱۵۰ میلیمتر توصیه می شود. وجود شاخه فرعی در زیر درز انبساط و درز انقباضی کامل، الزامی است و در سایر موارد، وجود شاخه فرعی در هر ۱۵ متر توصیه می شود.

تبصره: به طور کلی در نقشه های تیپ ارائه شده، منطقه عاری از آب زیرزمینی فرض شده و شبکه زهکش با توجه به این مسئله، طراحی گردیده است.



شکل ۵-۱ - مقطع مناسب شاخه اصلی



شکل ۵-۲ - مقطع مناسب شاخه های فرعی

۵-۴-۵- شیب لوله‌های زهکش

از لحاظ تئوری، شیب یک در هزار برای هدایت ثقلی زه آب در داخل لوله‌های زهکش کافی است، لیکن به علت مسایل اجرایی، شیبی در حدود ۳ تا ۴ در هزار قابل توصیه است.

۵-۴-۶- لایه پوششی اطراف لوله‌های زهکش (مصالح فیلتر)

نقش لایه پوششی در اطراف لوله‌های زهکش به شرح زیر است:

الف: از ورود ذرات ریزخاک مانند ماسه ریز و سیلت به داخل لوله‌های زهکشی جلوگیری می‌کند و موجب می‌شود که خاک اطراف لوله‌های زهکشی در جای خود پایدار بماند.

ب: لایه پوششی به عنوان مجرای برای انتقال آب به محل درز بین لوله‌های زهکشی عمل می‌کند. به بیان دیگر وجود لایه‌های پوششی مثل این است که لوله زهکشی کاملاً نفوذپذیر باشد.

پ: شرایط بستر برای لوله‌های زهکشی را بهبود می‌بخشد.

از مناسبترین مصالح برای فیلتر، شن عاری از مواد گیاهی، رس و دیگر مواد زیان‌آور که می‌توانند در طول زمان، نفوذپذیری آن را تغییر دهند، می‌باشد. معیار انتخاب دانه‌بندی مصالح فیلتر به ترتیب زیر است:

۱- برای جلوگیری از بسته شدن سوراخهای یک لوله سوراخدار با مصالح فیلتر، باید شرایط زیر حکمفرما باشد.

$$1) \frac{\text{اندازه } * 85\% \text{ مصالح فیلتر}}{\text{اندازه سوراخها}}$$

۲- برای جلوگیری از حرکت دانه‌های خاکی که محافظت می‌شود به داخل مصالح فیلتر باید شرایط زیر صادق باشد:

$$\leq 5 \frac{\text{اندازه } 15\% \text{ مصالح فیلتر}}{\text{اندازه } 85\% \text{ خاکی محافظت شده}}$$

* منظور از این اندازه، اندازه‌ای است که ۸۵٪ وزنی مصالح از این اندازه کوچکتر است.

و همچنین

$$\frac{\text{اندازه } ۵۰\% \text{ مصالح فیلتر}}{\text{اندازه } ۵۰\% \text{ خاک محافظت شده}} \leq ۲۵$$

۳- برای آنکه این امکان وجود داشته باشد که آب آزاد به لوله برسد، باید شرایط زیر برقرار باشد:

$$\frac{\text{اندازه } ۱۵\% \text{ مصالح فیلتر}}{\text{اندازه } ۱۵\% \text{ خاک محافظت شده}} \geq ۵$$

در ضمن ریختن مصالح فیلتر در کانالها، دانه‌های درشت تمایل به جدا شدن از دانه‌های ریزتر دارند. برای به حداقل نگه داشتن این تمایل، مصالح نباید دارای ضریب یکنواختی $(C_u = D_{60}/D_{10})$ بزرگتر از ۲۰ باشند. به همین دلیل مصالح فیلتر نباید دانه‌بندی میان‌تهی داشته باشند. مصالح فیلتر باید همواره در حالت مرطوب ریخته شود. وجود رطوبت موجب جلوگیری از به هم خوردن دانه‌بندی مصالح می‌شود.

۵-۴-۷- لوله‌های زهکش

۱- تنبوشه‌های رسی - تنبوشه‌های رسی معمولاً از خاک رس و در قطعات ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتری ساخته می‌شوند. این قطعات توسط ماشین یا با دست دنبال هم در خندق کار گذارده شده و آب از محل اتصال لوله‌ها به یکدیگر وارد تنبوشه می‌شود. تنبوشه‌های رسی در برابر اسید و سولفات‌های خاک مقاوم بوده و در خاک از بین نمی‌روند.

۲- تنبوشه‌های سیمانی - در صورتی که تنبوشه رسی در دسترس نبوده و یا لوله‌هایی با قطر بزرگتر (۳۰ یا ۴۰ سانتیمتر) مورد نیاز باشد، از تنبوشه‌های سیمانی استفاده می‌شود. بزرگترین نقطه ضعف این تنبوشه‌ها، تأثیر سوء اسید و سولفات خاک بر روی آن است که منجر به خوردن آن می‌شود و بدین جهت بایستی از سیمان ضد سولفات در ساختن آنها استفاده نمود. در این لوله‌ها نیز آب از محل اتصال دو لوله وارد زهکش می‌شود. گاهی بدنه لوله دارای سوراخهایی است که جریان آب را تسهیل می‌کند ولی پس از چندی ذرات خاک

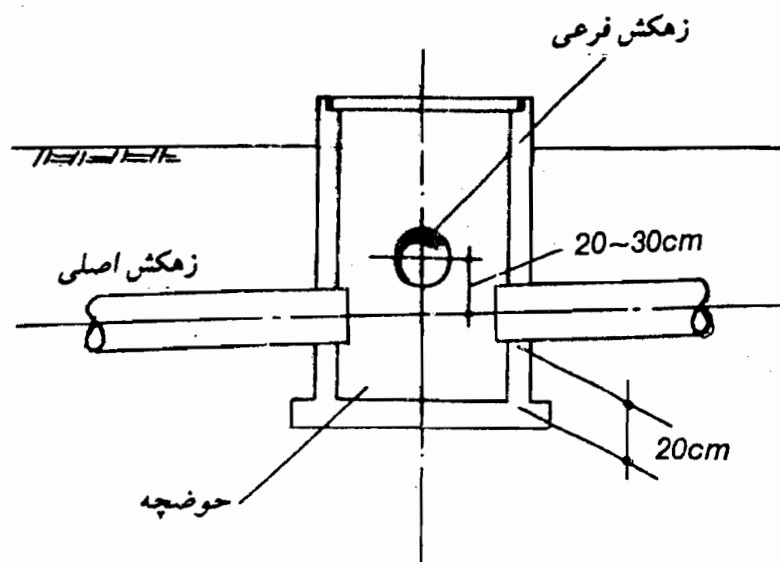
این سوراخها را مسدود می‌سازد.

۳- لوله پلاستیکی - این لوله‌ها اغلب از PVC ساخته می‌شود و در صفر درجه حرارت، شکننده است. لوله‌های پلاستیکی به صورت صاف یا نای دار به بازار عرضه می‌شود و نوع نای دار آن به علت تحمل بار بیشتر و همچنین امکان اینکه به صورت چنبره در می‌آید بر نوع صاف ترجیح داده می‌شود. از طرفی به علت وجود تضاریس نای وار (لوله خرطوم‌می)، مقاومت در برابر جریان، قابل توجه بوده و برای انتقال مقدار ثابتی از جریان، قطر این لوله‌ها باید ۲۰ درصد بیش از قطر لوله‌های صاف باشد.

۴- لوله‌های فلزی - در فعالیتهای زهکشی از لوله‌های فلزی در موارد زیر استفاده می‌شود.
الف - به صورت آخرین قطعه در یک خط تنبوشه سفالی یا پلاستیکی
ب - در مواردی که سایر انواع تنبوشه قادر به تحمل بار خاک روئین نیست.
پ - وقتی که عبور وسایل نقلیه سنگین از روی زهکش متحمل باشد.
ت - برای نصب در قسمتهایی از خاک که شن روان وجود داشته و یک لوله بلند و یکپارچه ضروری است.

۵- ۴- ۸- نگهداری سیستم زهکش
برای نگهداری و مراقبت از شبکه زهکشی طی دوره بهره‌برداری در مقابل رسوب املاح و گل و لای و سایر گرفتگیهای احتمالی، استفاده از جت (لوله آب تحت فشار) برای شستشوی مواد ته‌نشین شده در لوله‌ها پیش‌بینی می‌شود.

۵- ۴- ۹- چاهک بازدید
به منظور بازرسی وضعیت لوله‌های زهکشی، وجود یک تا چند چاهک بازدید در لوله زهکش محیطی لازم می‌باشد.



چاهک بازدید و اتصال زهکش فرعی به زهکش اصلی در آن

۵-۵- آبهای زیرزمینی و فشار برگشت^۱

وقتی که کف مخزن پایین‌تر از سطح آب زیرزمینی قرار می‌گیرد، دو مسئله زیر باید در طراحی مورد توجه قرار گیرد:

۱- ورود آبهای زیرزمینی از طریق درزها به مخزن که در صورت آلوده بودن، می‌تواند بهداشت مخزن را مورد تهدید قرار دهد.

۲- فشار برگشت ناشی از آبهای زیرزمینی که می‌تواند تعادل استاتیکی مخزن را به مخاطره اندازد.

هرچند که وجود یک سیستم زهکش مناسب می‌تواند هر دو خطر فوق را از بین ببرد، لیکن باید به این موضوع توجه داشت که اولاً عملکرد سیستم زهکش ممکن است در مواردی مختل گردد، ثانیاً به علل اقتصادی، بخصوص در مورد سیستمهای پمپاژ، قادر به تأمین یک شبکه کامل زهکش نباشیم. لذا اثرات آب زیرزمینی، در صورت وجود باید در طراحی مورد توجه باشد. برای از بین بردن مشکل اول، باید مخزن را حتی الامکان نفوذناپذیر ساخت و برای رفع مشکل دوم، وزن مرده سازه، بخصوص کف را، افزایش داد، به طوری که

¹ - uplift

ضریب اطمینان در مقابل فشار برکش به حدود ۱/۵ برسد.
به خاطر مسائل بهداشتی توصیه می شود کف مخزن همواره بالاتر از سطح آب زیرزمینی قرار گیرد.

۵-۶- قالب بندی

قالبهای مورد استفاده در مخازن می تواند از جنس تخته چندلایی، فلز و یا ترکیبی از آنها باشد. به منظور ایجاد تبادل حرارتی سریع با هوای اطراف و در نتیجه کاهش دمای هیدراسیون، استفاده از قالبهای فلزی ارجح می باشد.

در طراحی قالبهای مربوط به دیوارهای سازه های نگهدارنده آب، علاوه بر رعایت نکات عمومی مربوط به سازه های بتن مسلح معمولی، باید توجه خاصی به بولتهایی که از میان بتن عبور نموده و قالب دو طرف دیوار را به یکدیگر می بندند، مبذول داشت. در مورد قالبهای مخازن، غالباً از بولتهایی استفاده می شود که در داخل ضخامت دیوار باقی می مانند. حتی در این حالت نیز با توجه به عدم امکان آب بندی کامل محل بولتهای، نباید از بولتهایی که طول آنها به اندازه تمام ضخامت دیوار می باشد، استفاده کرد. جزئیات کار باید طوری ترتیب داده شود که در سر بولت، پوششی از بتن به اندازه پوشش روی میلگردها وجود داشته باشد. همچنین در وسط طول بولت نیز یک ورق فولادی برای قطع رگ آبهای احتمالی در نظر گرفته شود. جوش ورق به بولت باید دورادور و بدون درز باشد.

۵-۷- مشخصات فنی اجزای تشکیل دهنده درز:

مقدمه

شکل ۵-۳- اجزا تشکیل دهنده یک درز را نشان می دهد. اکنون به شرح بیشتر در مورد هر یک از این اجزا می پردازیم.

۵-۷-۱- شیار درز

سطح شیار درز باید تمیز و عاری از هرگونه گرد و خاک و لکه چربی بوده و قبل از درزگیری باید خشک باشد تا ماده درزگیر بخوبی به بتن دولبه بچسبد. برای تمیز کردن درز می توان از

برسهای دستی، و سند بلاست استفاده نمود و دست آخر توسط هوای فشرده گرد و خاک را از روی آن زدود. در صورت وجود هرگونه شکستگی در لبه و یا کرمو بودن بتن، قبل از مالیدن درزگیر، باید تعمیرات لازم انجام شود. توجه شود که به هیچ عنوان نباید ماده درزگیر به سطح پشت شیار بچسبد. برای جلوگیری از چسبیدن می توان از یک نوار روزنامه استفاده کرد.

۵-۷-۲- پرکننده های درز (Fillers)

این مواد در درزهای انبساطی برای سه منظور اساسی به کار می روند:

- ۱- فراهم کردن یک پایه اتکا برای درزگیرها
- ۲- جلوگیری از دخول آب در طول دوره ساخت
- ۳- انبساط و انقباض همراه با حرکات درز

موادی که استفاده از آنها به عنوان پرکننده مناسب می باشد، عبارتند از:

Closed-cell neoprene, polyurethane, polystyrene foam

مصلحی که در آنها ترکیبات الیاف چوب و سایر مصالح ارگانیک که در مجاورت آب دچار پوسیدگی شده و یا به حالت اشباع درمی آیند، برای استفاده به عنوان مصالح پرکننده، مناسب نمی باشند. مواد به کار رفته به عنوان پرکننده درز بایستی دارای خصوصیات زیر باشند:

- ۱- از دوام زیادی برخوردار باشد.
- ۲- از نظر عملکرد شیمیایی، بی خاصیت باشد.
- ۳- در مواردی که در مخازن آب آشامیدنی به کار گرفته می شود، باید غیرسمی باشد.
- ۴- از نظر فیزیکی باید ارتجاعی باشد اما نه به صورتی که از جای خود بیرون آمده و با درزگیر (Sealant) ترکیب شود. در ضمن نباید اتصال محکمی با درزگیر برقرار نماید.
- ۵- نباید محیطی مناسب برای پرورش ارگانیسمهای قارچی یا میکروسکوپی تشکیل دهد.
- ۶- باید به سهولت در ابعاد صحیح شکل گرفته و به آسانی در درز، جای گیرد.

۵-۷-۳- درزگیرها (Sealant)

ملاحظات کلی: موادی که در سازه های نگهدارنده آب برای پوشش درزها به کار می روند، به طور مشخص به دو گروه تقسیم می شوند:

الف - مواد پیش ساخته

ب - مخلوطهای درجا

هر دو گروه، برای آنکه در عمل رضایتبخش باشند باید متضمن خواص زیر باشند:

- ۱ - خود ماده به کار رفته، بایستی نسبت به مایع ذخیره شده، غیر قابل نفوذ باشد.
- ۲ - همزمان با باز و بسته شدن درز، درزگیر نیز باید بدون تغییراتی که منجر به نشست آب شود، تغییر شکل دهد. این حالت باید در تمام درجه حرارتهایی که برای سازه پیش می آید و در تمامی عمر سازه، حفظ گردد. این بدان معناست که بسته به نوع درزی که درزگیر در آن قرار گرفته است، درزگیر باید:

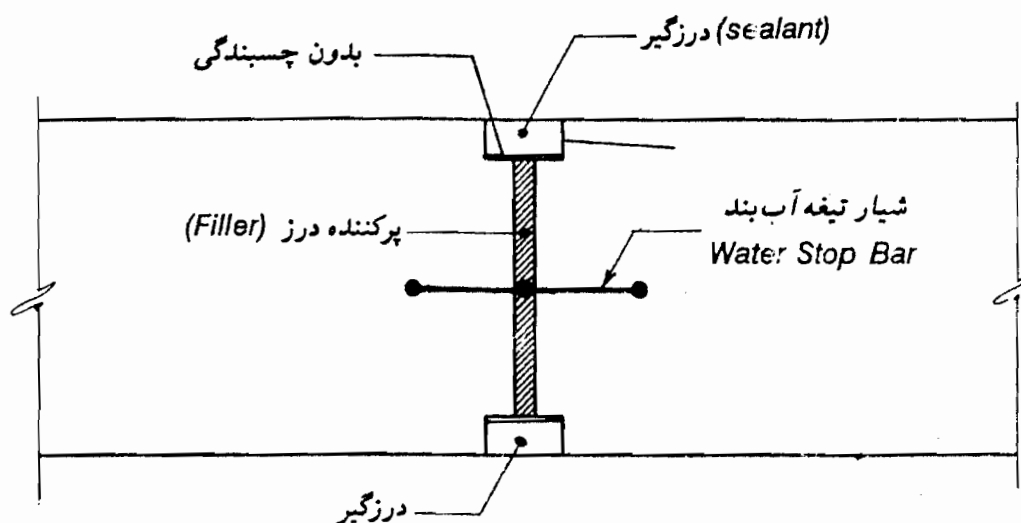
- به طور دائمی در کشش باشد

- به طور دائمی در فشار باشد

- متناوباً در کشش و فشار باشد

- متناوباً و یا به طور همزمان در فشار و برش باشد (در مورد درزهای لغزشی)

- ۳ - درزگیر باید به دو پهلوی شیاری که در آن قرار گرفته متصل باشد تا بدین ترتیب امکان هرگونه نشست داخلی از بین برود. اما نباید اتصالی با پرکننده ساکن زیرین، داشته باشد.
- ۴ - ماده درزگیر باید بسیار بادوام باشد. زیرا تعویض کردن آن ممکن است بسیار مشکل و گران تمام شود. به طور ایده آل عمر درزگیر باید مشابه عمر سازه ای که در آن به کار



شکل ۵-۳ - اجزای تشکیل دهنده درز

رفته، باشد.

۵- ماده درزگیری که در مخازن دربردارنده آب آشامیدنی به کار می رود باید غیرسمی بوده و محیط مناسبی برای پرورش مواد قارچی تشکیل ندهد.

۶- ماده درزگیر باید تحت شرایط آب و هوایی و محلی مربوط به سازه، نسبتاً به سهولت به کار رود.

درزگیر چه از نوع پیش ساخته و چه از نوع درجا، باید سازگار با شیار ایجاد شده در بتن باشد. شکل و ابعاد شیار در آب بند بودن درز، تأثیر به سزایی دارد.

کرنش سطحی درزگیرها

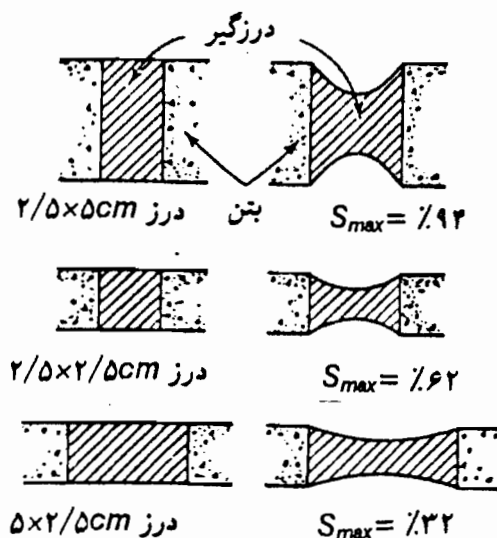
وقتی که دولبه درزگیر از یکدیگر دور می شوند، طول درزگیر افزایش یافته و سطوح آن به حالت مقعر درمی آید. در نتیجه این افزایش طول، میزان کرنش سطحی از کرنش متوسط این افزایش طول بزرگتر خواهد شد. به عنوان مثال در شکل ۵-۴ سه درز با نسبت عمق به عرض متفاوت نشان داده شده است که در هر سه مورد میزان کرنش سطحی برای باز شدن درز به اندازه ۱۲/۵ میلیمتر نشان داده شده است. ملاحظه می شود با افزایش عمق به عرض، کرنش سطحی افزایش می یابد. با توجه به اینکه معیار شروع گسیختگی در مصالح درزگیر، کرنش سطحی می باشد. محاسبه آن اهمیت زیادی دارد. به کمک شکل ۵-۵ میزان کرنش سطحی برحسب کرنش متوسط خطی و نسبت عرض به عمق قابل محاسبه است.

تشریح انواع درزگیرها

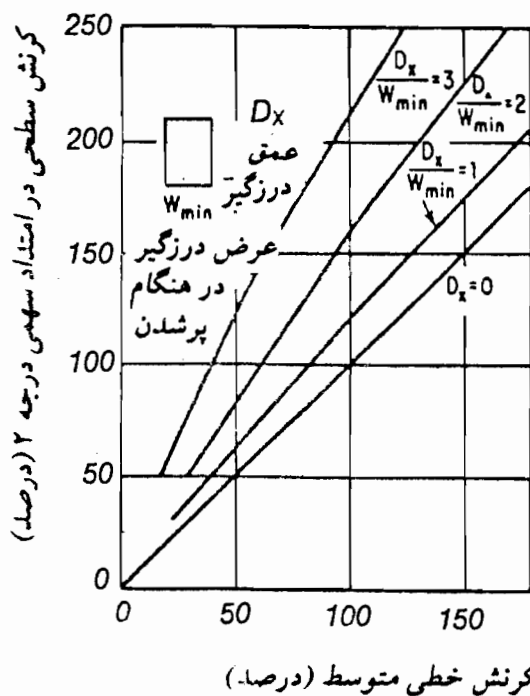
* مواد پیش ساخته

در حال حاضر درزگیرهای پیش ساخته، فقط درصد کمی از بازار را دربر می گیرند، لکن استفاده از این مواد، به خاطر دوام عالی آنها، نسبتاً روبه افزایش است. نظیر نئوپرن^۱ مواد پیش ساخته نسبت به مواد درجا ارزاتر تمام می شوند، لکن هزینه مربوط به دقت لازم در تشکیل ابعاد شیار بین هر دو قسمت بتن، برای رسیدن به ابعاد استاندارد آن مواد، مسئله را

1 - (Ethylene - Propylene - Diene Monomer) EPDM, (Neoprene)



شکل ۴-۵- کرنش سطحی برای افزایش عرض $12/5$ میلیمتر



شکل ۵-۵- کرنش سطحی بر حسب کرنش خطی متوسط

تغییر می دهد.

اگر مسئله نصب بخوبی صورت گیرد، نئوپرن های شبکه ای و لایه های EPDM در مقابل فشار ناشی از ارتفاع آب تا ۱۵ متر، آب بند باقی می مانند. دو ماده مذکور، به طور مشخص در مقابل تابش خورشید و نیز هجوم باکتریها، مقاوم هستند.

* مخلوط‌های درجا

مخلوط‌های درجا می‌توانند به سه گروه اصلی تقسیم شوند:

۱- ماستیک‌ها

۲- ترموپلاستیک‌ها (با کاربرد گرم و یا با کاربرد سرد)

۳- مخلوط‌های ترموست (با عملکرد شیمیایی و یا محلولهای احیاکننده)

ماستیک‌ها

ماستیک‌ها اکثراً از یک ماده چسبناک یا پرکننده‌ها و الیاف اضافی تشکیل شده‌اند. آنها شکل و سختی خود را با تشکیل یک پوسته سطحی به دست آورده و به طور کامل سخت نمی‌شوند. مایع چسبناک معمولاً آسفالت یا پلی‌بوتیلن (Polybutylene) با نقطه ذوب پایین، و یا ترکیبی از آنها می‌باشد.

این مواد بیشتر وقتی به کار می‌روند که عامل مهم، پایین بودن هزینه‌های اولیه در نظر گرفته شود و هزینه‌های نگهداری و جابه‌جایی مهم شمرده نشوند. میزان تغییر شکل انبساطی-انقباضی ماستیک‌ها کم بوده و بنابراین اغلب از آنها در جاهایی استفاده می‌شود که حرکتهای کمی مورد انتظار باشد.

ترموپلاستیک‌ها (با کاربرد گرم)

این مواد با حرارت به صورت روان در می‌آیند و توسط خنک کردن به صورت جامد الاستیک تبدیل می‌شوند، اما تغییرات مذکور، صرفاً فیزیکی بوده هیچ‌گونه عکس‌العمل شیمیایی اتفاق نمی‌افتد.

یک مثال نمونه از این نوع درزگیر، ترکیب قیر لاستیکی (Rubber-Bitumen) بوده که به میزان وسیعی در بسیاری از کشورها به کار می‌رود.

از آن جهت که این درزگیر باید در یک حالت شبه‌مایع به کار رود، فقط برای درزهای افقی مناسب است. این مواد به میزان زیادی برای جاده‌ها و روسازی فرودگاهها کاربرد دارند و از طرفی می‌توان آنها را در کف مخزن آب و نیز تانکهای فاضلاب به کار برد. میزان تغییر حرکتی که این مواد می‌توانند با آن همساز گردند، نسبتاً از آنچه که

ماستیک‌ها از خود نشان می‌دهند، بیشتر است. اما این میزان در مقایسه با الاستومرهای ترموست با عملکرد شیمیایی هنوز کوچک است.

اطلاعات بیشتر در مورد این مواد، در استاندارد BS ۲۴۹۹ موجود است. البته این استاندارد صرفاً راجع به مشخصات ظاهری توضیح داده و در ارتباط با ترکیب شیمیایی درزگیر فوق‌الذکر، مطلبی بیان نمی‌کند. هرگاه از این درزگیرها در مخازن حاوی آب آشامیدنی استفاده شود، ترموپلاستیک مصرفی باید غیرسمی بوده و نیز نباید دربردارنده ترکیبات فنلی (Phenol) باشد.

ترموپلاستیک‌ها (با کاربرد سرد)

این مواد توسط بخار و یا حلالهای احیاکننده و یا توسط تجزیه امولوسیون در معرض هوا سخت می‌شوند. گاهی مقداری حرارت نیز به کار گرفته می‌شود تا به کارآیی کمک کند، لکن عموماً این مواد در درجه حرارت هوای محیط به کار گرفته می‌شوند.

برای سازه‌های دربردارنده آب، معمولترین نوع این مواد، آسفالت لاستیکی^۱ است. حرکت‌هایی که اینگونه مواد می‌توانند یا آن همساز گردند، کوچک است. این مواد با گذشت زمان سفت و محکم می‌شوند که این مسئله معمولاً با کاهش در خاصیت ارتجاعی همراه است. BS برای این درزگیر، استاندارد خاصی ندارد. اگر بخواهیم این نوع درزگیر را در مخازن حاوی آب آشامیدنی به کار ببریم، باید مطمئن شویم که حاوی مخلوط‌های سمی یا فنلی نیستند. میزان کرنش سطحی حداکثر، برحسب نوع مواد بین ۵ تا ۱۰ درصد می‌باشد.

مخلوط‌های ترموست - با عملکرد شیمیایی

این نوع مواد، ۲ یا ۳ مخلوط ترکیبی هستند که به توسط عملکرد شیمیایی از یک حالت مایع یا شبه‌مایعی که در آن حالت به کار رفته‌اند، به یک حالت جامد تبدیل می‌شوند. این مواد انعطاف‌پذیر و ارتجاعی بوده و در مقابل طیف وسیعی از مواد شیمیایی، خنثی هستند. این ترکیبات شامل پلی‌سولفیدها^۲، پلیراتان‌ها^۳، لاستیکهای سیلیکانی^۴ و مواد اپوکسی می‌باشند.

1 - Rubber-asphalt

2 - Poly-Sulphides

3 - Polyurethanes

4 - Silicone-rubber

ترکیبات فوق می توانند یک ناحیه انبساطی - انقباضی تا $\pm 25\%$ داشته باشند و در یک درجه حرارت از 40°C - تا 80°C + مقاوم باشند.

این مواد گرچه در مقایسه با ماستیک ها و ترموپلاستیک ها به مراتب گرانتر هستند، اما در عوض می توانند خود را با حرکت های بزرگتری تطبیق دهند و نیز دوام بیشتری داشته باشند. از بین این مواد، پلی سولفیدها، مشهورتر از بقیه بوده و بیشتر در سازه های دربردارنده مایع (چه آب آشامیدنی و چه غیر آن) به کار می روند. هنگامی که نوعی از آنها را به کار می بریم، این مطلب اهمیت فراوان دارد که بدانیم آیا آن نوع بخصوص با بتن مرطوب تشکیل اتصال می دهد و یا آنکه احتیاج به سطوحی خشک داریم. چسبندگی کامل بین درزگیر و جوه شیار درزگیری (اما نه کف شیار درزگیری) برای یک درز آب بند، بسیار ضروری است. در بعضی شرایط آب و هوایی مرطوب، عملاً غیرممکن است که در هنگام اتصال درزگیر به بتن، سطح بتن کاملاً خشک باشد. درزگیرهایی از جنس پلی سولفیدهای دو قسمتی^۱ در BS 4254 توضیح داده شده است. این مواد در دو رتبه ریختنی و شلیکی^۲ ارائه شده است. میزان کرنش سطحی حداکثر برحسب نوع مواد بین ۱۰ تا ۲۵ درصد می باشد.

مخلوط های ترموست - با حلال های احیا کننده

درزگیرهایی از این نوع به وسیله احیا شدن حلال هایی که در مخلوط آنها حضور دارند، عمل می کنند. مواد اصلی که در آنها استفاده می شوند، براساس ترکیباتی همچون بوتیل^۳، نئوپرن^۴ و پلی اتیلن^۵ استوار می باشند. میزان کرنش سطحی حداکثر، برحسب نوع مواد بین ۱۰ تا ۲۵ درصد می باشد. در جدول ۵ - ۱ مشخصات و موارد استفاده انواع درزگیرها از نوع مخلوط درجا ارائه شده است.

۵ - ۷ - ۴ - تیغه های آب بند

در عمل آب بندکننده ها، با دو خصوصیت متفاوت سخت و انعطاف پذیر، به کار می روند.

1 - Two part polysulphide

2 - Pouring Grade & Gun Grade

3 - Butyle

4 - Neoprene

5 - Polyethylene

جدول ۵ - ۱ موارد کاربرد درزگیر از نوع مخلوط درجا

نام	استفاده	توصیه های عمومی
مخلوط های ترموست با عملکرد شیمیایی		
Epoxy	برای درزگیری	نسبتاً سخت و قابلیت اتساع کوچک نسبت به سایر مواد
Polysulfide	درزگیری، شیشه انداختن، استفاده در درزهای انبساطی و اجرایی	قابلیت اتساع بالا و مقاومت خوب در مقابل عوامل شیمیایی
Polyurethane	درزگیری و شیشه انداختن	قابلیت اتساع کم و مقاومت خوب در مقابل عوامل شیمیایی
silicons	درزگیری و شیشه انداختن	قابلیت اتساع کم و مقاومت خوب در مقابل عوامل شیمیایی و حفظ خواص در درجه حرارت های مختلف
Polysulfidecaltar	مورد استفاده در درزهای جاده - سازی فرودگاه و پل	قابلیت اتساع خوب و مقاوم در مقابل مواد سوختنی
مخلوط های ترموست - با حلال های احیا کننده		
Neoprene	درزگیری و شیشه انداختن	قابلیت اتساع متوسط - مقاومت خوب در مقابل عوامل جوئی
Chlorosulfonate	درزگیری و شیشه انداختن	قابلیت اتساع متوسط - مقاومت خوب در مقابل عوامل جوئی
Polyethylene		
Hypalon	درزگیری و شیشه انداختن	قابلیت اتساع متوسط - مقاومت خوب در مقابل عوامل جوئی
Butyl rubber		
ترموپلاستیک با کاربرد گرم		
lead	درز در کف هایی که ترافیک سنگین دارند	قابلیت اتساع صفر - مقاومت ضربه ای خوب، مناسب برای درزهای بدون حرکت
Rubber asphalt	درزهای روسازی بتنی جاده	قابلیت اتساع محدود - مقاومت کم در مقابل مواد سوختنی
Rubber coal tar	درزهای روسازی بتنی جاده	قابلیت اتساع محدود - مقاومت کم در مقابل مواد سوختنی
ترموپلاستیک - با حلال های احیا کننده (با کاربرد سرد)		
acrylic	درزگیری و شیشه انداختن	قابلیت اتساع محدود
Vinyl	درزگیری و شیشه انداختن	قابلیت اتساع محدود
Rubber asphalt	درز پوشش کانال	قابلیت اتساع محدود
Rubber asphalt emulsion	ترک های کم عرض	قابلیت اتساع محدود
ماستیک ها		
oleoresinous	درزگیری و شیشه انداختن	قابلیت اتساع خیلی محدود عمر کم
Polybutenc	درزهای سر به سر و روی هم	قابلیت اتساع محدود - فقط در درزهای فشاری استفاده می شود چسبندگی خوب - مقاوم در مقابل عوامل جوئی
Asphalt	درزهای اجرایی، مخازن و کانالها	قابلیت اتساع محدود

دو فلز مس و فولاد، برای آب‌بندکننده‌های سخت به کار می‌روند، لکن امروزه هیچکدام کاربرد وسیعی ندارند. استاندارد انگلستان، آیین‌نامه بخصوصی در مورد آب‌بندکننده‌های فلزی یا سخت ندارد. نزدیکترین استاندارد که از آن می‌توان در این زمینه کمک گرفت BS ۱۸۷۸ است که در ارتباط با نوارهای مسی موجودار برای درزهای انبساط مطالبی بیان می‌کند.

آب‌بندکننده‌های فولادی می‌توانند از انواع فولاد معمولی، نرمه، گالوانیزه و یا ضدزنگ باشد. از مواردی که در مخازن بتنی بهتر است از آب‌بندکننده‌های سخت (فلزی) استفاده شود، بین پایه دیوار و پانل‌های دیوار می‌باشد. برای اینکه مطمئن باشیم که آب‌بندکننده‌های فولادی در مقابل خوردگی مقاوم هستند و نیز از دوام خوبی برخوردارند، باید زمینه‌ای فراهم شود که آنها در یک زمان طولانی تحت تأثیر تنشهای معکوس قرار نگیرند، زیرا خستگی (Fatigue) در این آب‌بندکننده‌ها سبب شکست ترد می‌گردد.

محدوده ضخامت این آب‌بندکننده‌ها در BS ۱۸۷۸ بین ۰/۵ تا ۰/۷۵ میلیمتر محدود شده است. در کاربرد این آب‌بندکننده‌ها باید دقت شود که آنها در تماس با فلزات نامتجانس قرار نگیرند. برای اطلاعات بیشتر می‌توان از توصیه‌های «مؤسسه استانداردهای انگلستان» (British Standard Institution) تحت عنوان PD ۶۴۸۴ استفاده کرد.

آب‌بندکننده‌های غیر فلزی انعطاف‌پذیر در وسعت بیشتری نسبت به آب‌بندهای فلزی به کار می‌روند. مواد اصلی این آب‌بندها پلاستیک‌های طبیعی و نیز PVC (Poly Vinyl Chloride) می‌باشد.

مواد دیگری که می‌توانند برای تأمین مقاصد بخصوصی به کار روند عبارتند از:

" Styrene butadiene rubber ", " Neoprene " و " Polyisobutylene "

تمام موادی که به عنوان آب‌بندکننده‌های انعطاف‌پذیر (غیر فلزی) به کار می‌روند، باید از خصوصیات زیر برخوردار باشند:

۱- در شرایط عمل بسیار بادوام باشند.

۲- در مواردی که در مخزن آب آشامیدنی به کار می‌روند، باید غیرسمی باشند.

۳- از نظر شیمیایی بدون تحرک بوده و محیط مناسبی برای پرورش ارگانیسمهای قارچی و ریز تشکیل ندهند.

۴ - به اندازه کافی صلیبیت داشته باشند، به صورتی که در طول زمان نصب و نیز بتن ریزی و ویریه بتن، بتوانند شکل و موقعیت خود را حفظ کنند.

۵ - به صورت مؤثر با بتنی که در آن جایگذاری شده اند، پیوند تشکیل دهند.

۶ - برای شرایط عمل درزی که در آن به کار می روند، به اندازه کافی انعطاف پذیر و الاستیک باشند.

معمولاً حرکت در درزها، متشابه با تغییرات محیطی، متناوب بوده و این مسئله سبب تغییر جهت در تنشها می گردد.

آب بندکننده های خوب چه از نوع لاستیکی و چه از نوع PVC تمام شرایط بالا بجز مورد (۵) را برآورده می کنند. به بیان دیگر تنها نقطه ضعف آنها عدم پیوند خوب با بتن اطراف است. بنابراین ثابت کردن آنها در بتن را بایستی به وسیله بستی مکانیکی به بتن سخت شده اطراف، انجام داد. نقطه ضعف مذکور در یک نوع خاص از آب بندکننده ها معروف به (Dutch Water Bar) برطرف شده است. این آب بندکننده ها در هر طرف شامل زبانه هایی از جنس فولاد معمولی هستند. از آن جهت که این آب بندکننده ها خود از جنس لاستیک مصنوعی هستند، نسبتاً گران در می آیند.

گرچه آب بندکننده های لاستیکی در مقایسه با آب بندکننده های از جنس PVC از مقاومت کششی و میزان تغییر طول بیشتری برخوردارند، لکن آب بندکننده هایی از جنس PVC نیز می توانند با اطمینان کافی در اکثر شرایط به کار روند.

اضافه قیمت نسبتاً زیاد آب بندکننده های لاستیکی فقط در حالات خاص و استثنایی، قابل قبول می باشد. در جدول زیر خصوصیات مربوط به آب بندکننده های لاستیکی و PVC (از جنس خوب) داده شده است.

میزان افزایش طول درصد	مقاومت کششی N/mm^2	خصوصیت ماده
٪۴۵۰	۲۱	لاستیکی
٪۳۰۰	۲۴	PVC

فصل ٦

تأسیسات مکانیکی مخازن

۶-۱- کلیات

برای عملکرد مطلوب و اجتناب از بروز مشکلات در زمان بهره‌برداری لازم است که نکات زیر در طراحی تأسیسات هیدرولیکی مخازن رعایت شود.

۶-۲- لوله‌های ورودی

موقعیت لوله‌های ورودی آب به مخزن و تعداد آنها با توجه به عدم ایجاد مناطق راکد و گردش رضایتبخش آب از نقطه ورودی تا خروجی تعیین می‌گردد. برای این منظور لوله‌های ورودی و خروجی در دو سمت مقابل و در دورترین فاصله نسبت به هم در نظر گرفته می‌شوند و معمولاً ورود آب از بالا و خروج از کف انجام می‌شود.

برای گردش ایده‌آل آب در مخزن، تعداد لوله‌های ورودی و خروجی به هر قسمت از مخزن، دورشته در نظر گرفته می‌شود. در مخازن کوچک می‌توان با نصب یک لوله ورودی و یک لوله خروجی، به شرط رعایت فواصل و وضعیت متقابل لوله‌های ورودی و خروجی، گردش قابل قبول جریان آب را در مخزن برقرار نمود. همچنین با اعمال تمهیداتی در ساختمان مخزن مانند ساخت دیوارهای جداکننده می‌توان وضعیت گردش آب را بهبود بخشید.

قطر لوله‌های ورودی تابع دبی لحظه‌ای جریان ورودی به مخزن و قطر لوله خط انتقال

می باشد که می توان با توجه به حجم مخزن قطر متناسب آن را تعیین نمود. در محل عبور لوله ها از دیوار مخزن امکان نشت آب به بیرون وجود دارد، لذا آب بندی کامل این قسمت ضروری می باشد. پیش بینی یک فلنج آب بندی روی لوله واقع در دیوار مخزن الزامی است.

روی هر لوله ورودی به مخزن نصب یک شیر قطع و وصل ضروری می باشد تا بتوان برای هر قسمت از مخزن با قطع جریان آب و تخلیه آن، عملیات بازرسی و تعمیرات را انجام داد. شیر مزبور در حوضچه مستقل مربوطه، قبل از مخزن قرار می گیرد.

به منظور جلوگیری از لبریز شدن مخزن و اتلاف آب از سرریزهای موجود، در انتهای هر لوله ورودی یک عدد شیر شناور نصب می گردد که جریان آب ورودی را در مواقع حداکثر سطح آب، قطع نماید. در زیر هر لوله ورودی در مخزن یک دال بتنی به عنوان تکیه گاه شیر شناور در نظر گرفته می شود. در شکل ۶-۱ جزئیات پیشنهادی برای لوله ورودی نشان داده شده است.

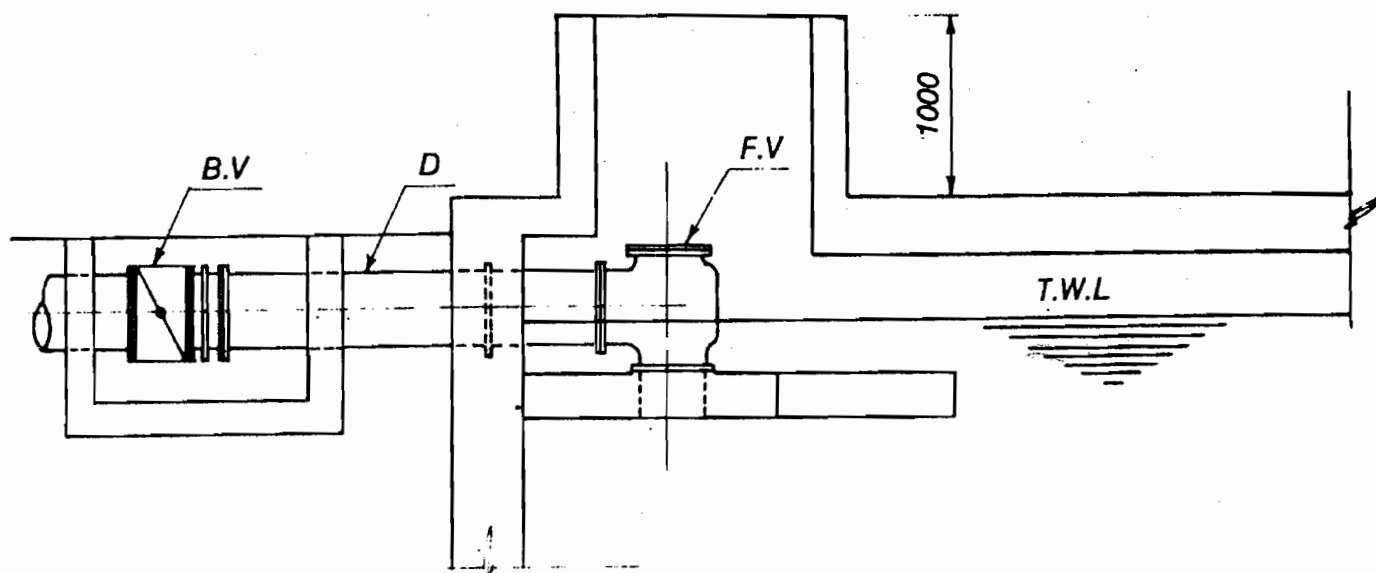
۶-۳- لوله های خروجی

موقعیت لوله های خروجی از هر قسمت مخزن با توجه به مطالب قسمت قبل در سمت روبه روی لوله ورودی و در دورترین فاصله نسبت به آن و ترجیحاً در دو طرف دیوار جداکننده مخزن قرار دارد.

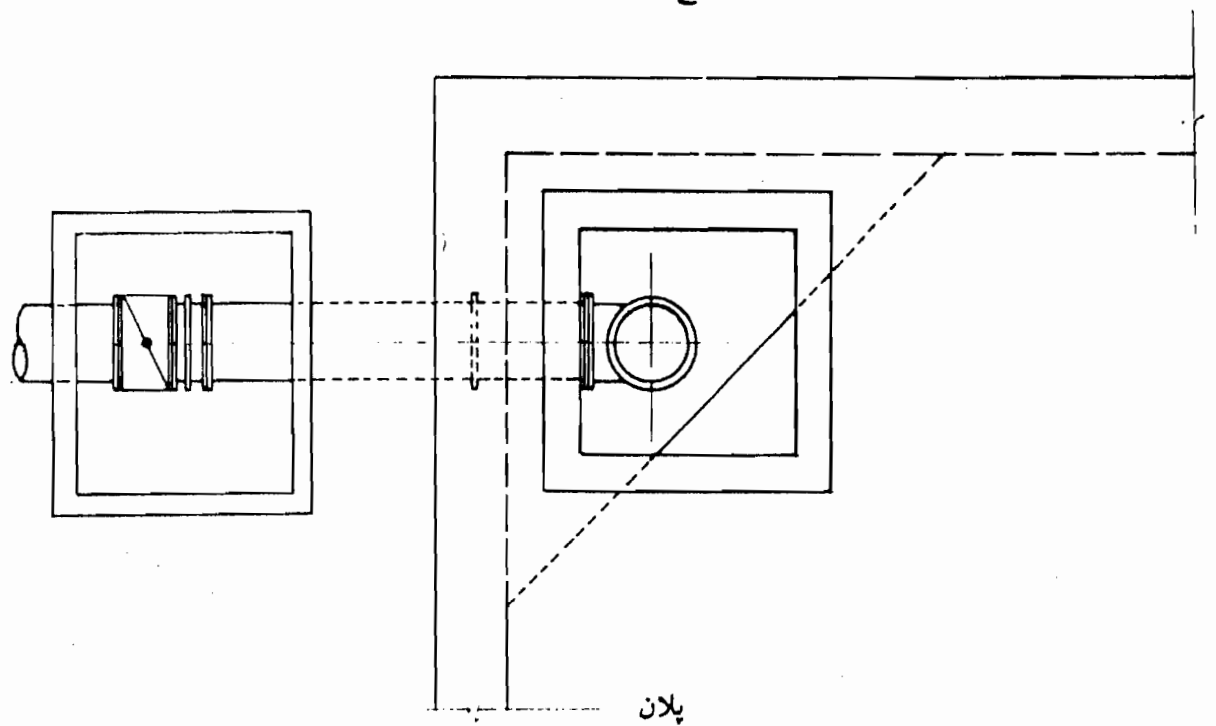
وضعیت دهانه لوله های خروجی باید طوری باشد که تخلیه کامل حجم مفید مخزن میسر باشد. بنابراین دهانه خروجی لوله در حوضچه مکش واقع در کف مخزن نصب می شود.

در حالت حداقل سطح آب، به علت کاهش عمق آب روی لوله خروجی امکان دارد که پدیده گرداب و مکش هوا به داخل لوله خروجی به وجود آید که باعث تولید اختلال در جریان آب لوله های خط انتقال و کارکرد پمپهای واقع در پایین دست مخزن می شود. لذا برای جلوگیری از چنین حالتی لازم است که ارتفاع حداقل سطح آب از روی محور لوله خروجی واقع در حوضچه مکش، حداقل دو برابر قطر لوله خروجی باشد.

قطر لوله های خروجی تابع لوله خط انتقال آب و یا متناسب با حجم مخزن و جریان



مقطع



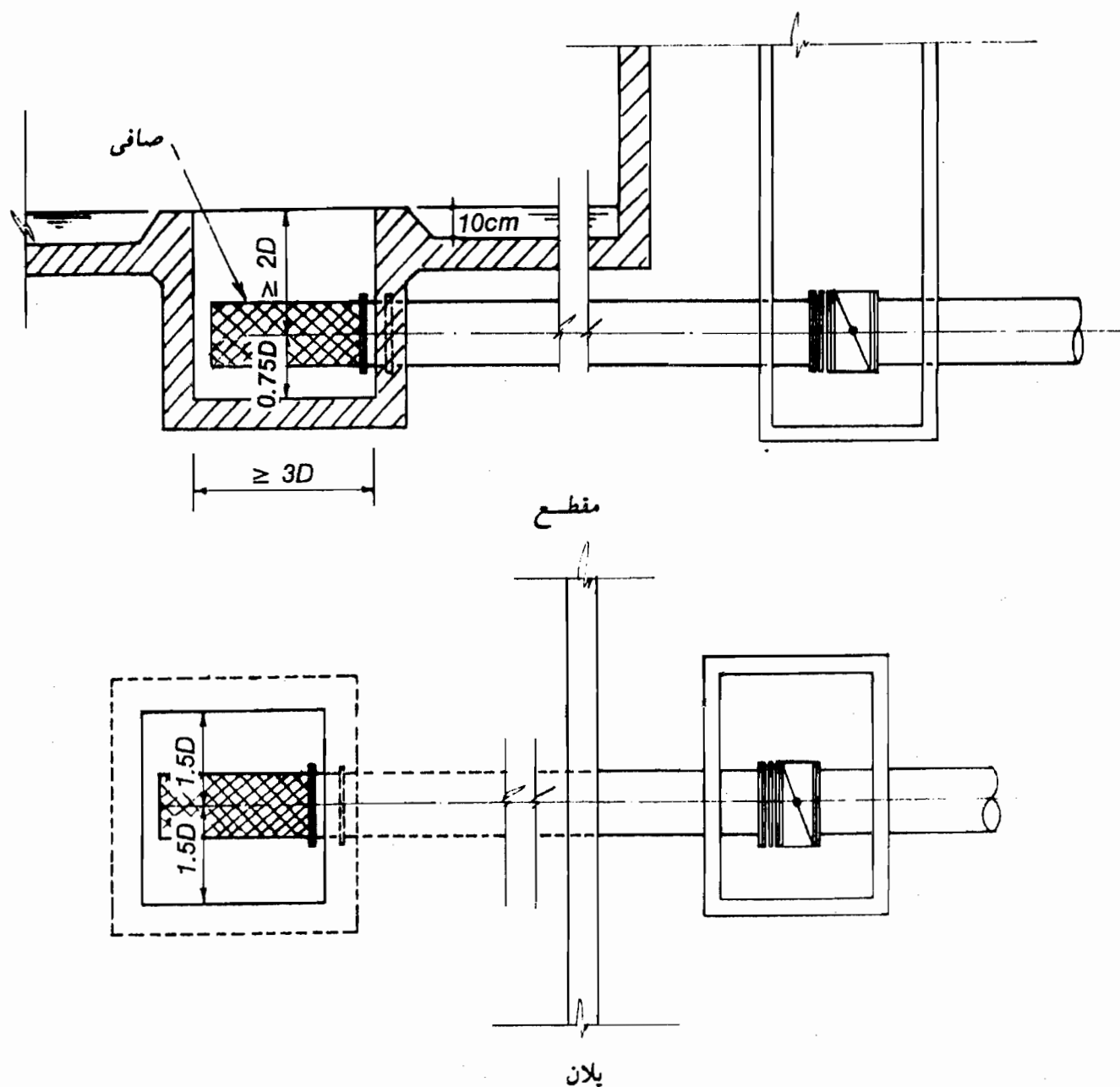
پلان

شکل ۶-۱ - جزئیات لوله ورودی

لحظه‌ای آب خروجی از آن می‌باشد.
در مورد عبور لوله‌های خروجی از مخزن نیز نکات پیش گفته شده در مورد لوله‌های
ورودی باید رعایت شود.

روی لوله خروجی بعد از مخزن نصب یک شیر قطع و وصل روی هر لوله ضروری است که در حوضچه مستقل مربوطه در بیرون مخزن قرار می‌گیرد. در شکل ۶-۲ جزئیات لوله خروجی نشان داده شده است.

ارتفاع حداقل سطح آب مخزن از روی کف مخزن لااقل باید ۱۵ سانتیمتر باشد تا از ورود مواد زائد که به مرور ایام در کف مخزن ته‌نشین می‌شوند، به لوله خروجی جلوگیری شود.



شکل ۶-۲ - جزئیات لوله خروجی

۴-۶- تجهیزات شستشو

برای تخلیه کامل آب مخزن و شستشوی آن، ایجاد شیب بندی تا حدود $\frac{1}{100}$ الی $\frac{1}{150}$ به طرف حوضچه لوله تخلیه ضروری است. در مورد مخازن بزرگ شیب بندی در جهت طول به میزان $\frac{1}{500}$ و در جهت عرض $\frac{1}{200}$ تا $\frac{1}{100}$ کافیست.

لوله تخلیه آب در پایینترین قسمت کف مخزن واقع می باشد.

قطر لوله تخلیه با در نظر گرفتن مقدار آب مخزن در حالت حداقل سطح آب تعیین می گردد به طوری که امکان تخلیه ثقلی آب باقیمانده در مخزن در کوتاهترین زمان میسر باشد. قطر لوله تخلیه حدود $\frac{1}{3}$ الی $\frac{1}{4}$ قطر لوله ورودی در نظر گرفته می شود. هر لوله تخلیه باید مجهز به شیر قطع و وصل باشد که معمولاً در بیرون مخزن و در حوضچه شیر لوله خروجی واقع است.

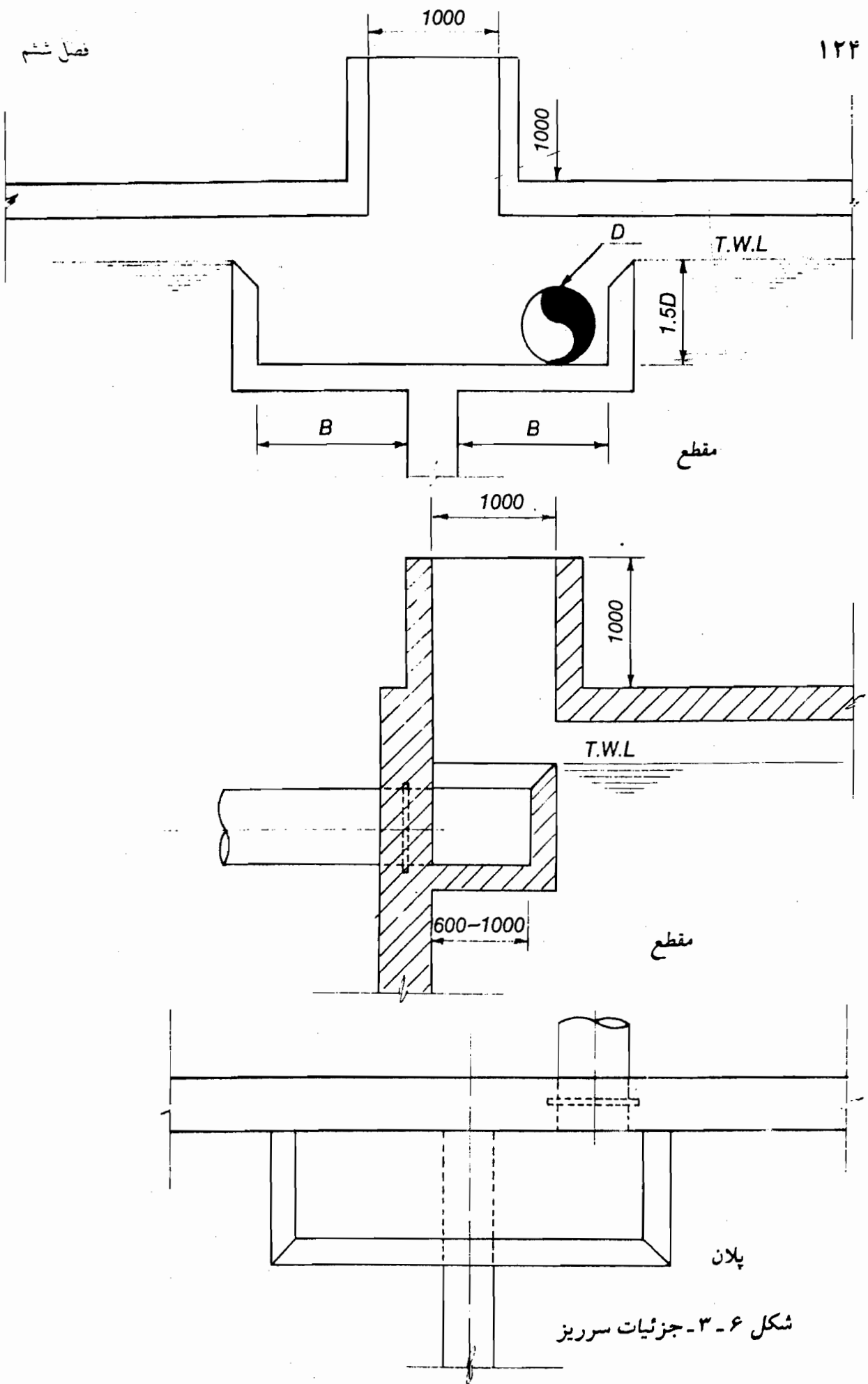
۵-۶- تجهیزات سرریز

کنترل حداکثر سطح آب به وسیله سرریز اضطراری انجام می گیرد که محل آن طبیعتاً در قسمت فوقانی مخزن و ترجیحاً در محل دیوار جداکننده قرار می گیرد.

حدافاصل بین حداکثر سطح آب مخزن تا زیر سقف (ارتفاع آزاد) حداقل باید ۳۰ سانتیمتر باشد تا در زمان بروز مشکلات در خط خروجی مخزن و توقف جریان آب خروجی از مخزن با پر شدن ناگهانی مخزن، فضای کافی جهت بالا آمدن آب و سرریز شدن آب به درون سرریز اضطراری میسر باشد و از به وجود آمدن فشارهای ناخواسته آب به زیر سقف مخزن جلوگیری شود.

شکل سرریز به صورت حوضچه بتنی مستطیلی می باشد که در محل دیوار جداکننده به هر دو قسمت مخزن ارتباط داده می شود. لوله سرریز از داخل این حوضچه، آب سرریز شده را به بیرون انتقال می دهد.

طول و عرض سرریز و قطر لوله مربوطه متناسب با جریان ورودی آب، حدافاصل حداکثر سطح آب تا زیر سقف و سطح مخزن می باشد. معمولاً قطر لوله سرریز معادل لوله های ورودی در نظر گرفته می شود. در شکل ۶-۳، جزئیات سرریز نشان داده شده است.



۶-۶- شیرآلات

در تأسیسات مخازن، نصب تعدادی از شیرآلات اجتناب ناپذیر است که طبق مطالب گفته شده عبارتند از:

- نصب شیر قطع و وصل، معمولاً از نوع پروانه‌ای با عملکرد دستی روی هر کدام از لوله‌های ورودی همراه با قطعات انفصالی مربوطه در حوضچه مستقل بیرون از مخزن.
- نصب شیر شناور روی دهانه لوله ورودی درون مخزن که معمولاً این شیرها تا اندازه ۳۰۰ میلیمتر ساخته می‌شوند و در مورد قطرهای بالاتر روشهای دیگری به کار برده می‌شود.
- نصب شیر قطع و وصل از نوع پروانه‌ای با عملکرد دستی روی هر یک از لوله‌های خروجی مخزن همراه با قطعات انفصالی مربوطه در حوضچه بیرون از مخزن.
- نصب شیر قطع و وصل نوع فلکه‌ای دستی روی لوله‌های تخلیه واقع در همان حوضچه شیر لوله‌های خروجی.

علاوه بر موارد فوق، امکان دارد که مطابق مقتضیات هر طرح آبرسانی و یا نظر کارفرما تعدادی شیرآلات اضافی برای مقاصد مختلف در نظر گرفت که عبارتند از:

- نصب شیر سوزنی روی هر لوله ورودی که به منظور کنترل خودکار جریان آب ورودی با توجه به نوسانات سطح آب در مخزن در نظر گرفته می‌شود. محل نصب آن در مجاور شیر قطع و وصل ورودی و در همان حوضچه می‌باشد.

عملکرد این شیر می‌تواند به صورت برقی با فرمان گرفتن از الکترودهای کنترل سطح آب یا به صورت مکانیکی توسط یک رشته زنجیر متصل به شناوری روی سطح آب باشد. با نصب این شیرها دیگر نیازی به منظور کردن شیر شناور درون مخزن نمی‌باشد. این نوع شیرها گران قیمت و محتاج به نگهداری و رسیدگی مداوم می‌باشد و معمولاً در مواردی به کار برده می‌شوند که جریان آب عبوری قابل توجه بوده (لوله‌های ورودی با قطر بزرگ) و جلوگیری از هدر رفتن آب مورد توجه باشد.

به عنوان واریانت شیر سوزنی می‌توان از شیر ارتفاعی روی لوله‌های ورودی در کنار شیرهای قطع و وصل استفاده نمود. عملکرد این شیرها هیدرولیکی بوده و بدین صورت است که به وسیله یک لوله فرعی به داخل مخزن ارتباط پیدا کرده و توسط گوی شناوری در انتهای لوله ارتباطی، از سطح آب فرمان می‌گیرد. این شیرها از نظر ساختمان همشکل

شیرهای فشارشکن بوده و هزینه تهیه و نگهداری آنها بسیار قابل توجه است. در صورت نیاز طرح، یک لوله کنارگذر (By-Pass) از لوله ورودی به لوله خروجی در نظر گرفته می شود که مجهز به یک شیر قطع و وصل پروانه ای نوع دستی است.

۶-۷- تجهیزات جنبی

علاوه بر سیستم تأسیسات مکانیکی که برای هر مخزن توضیح داده شد، برخی از وسایل جنبی نیز برای بهره برداری از مخازن ضروری می باشند.

برای تهیه داخل مخازن تعدادی هواکش روی سقف هر مخزن در نظر گرفته می شود. ظرفیت این هواکش ها برای عبور هوای لازم به داخل یا خارج مخزن در موقع نوسانات سطح آب داخل مخزن در طول روز مصرف حداکثر برآورد می گردد. و از طرفی تعداد آنها باید در حداقل ممکن باشد.

شکل و طرح لوله های هواکش روی سقف باید طوری باشد که از ورود باران، آلودگی ها و حشرات به داخل مخزن جلوگیری شود.

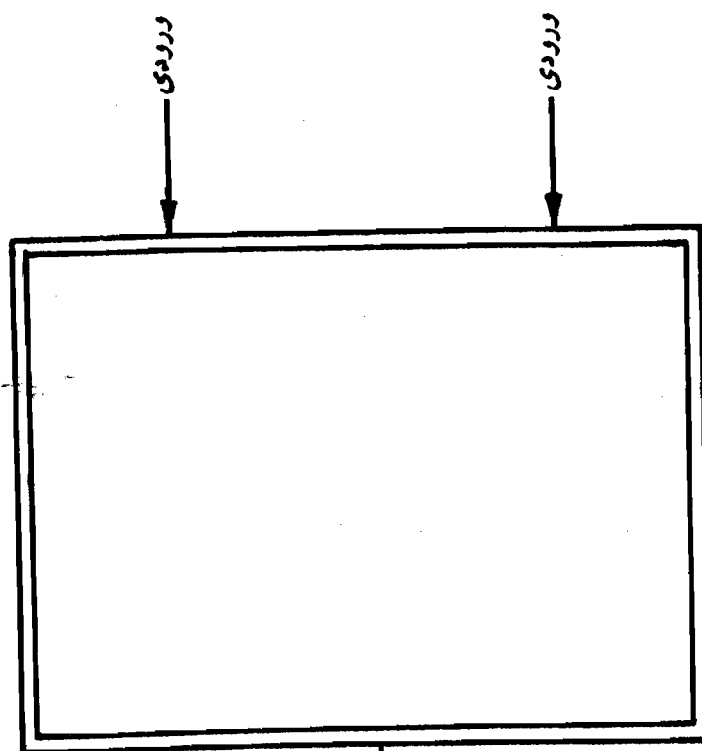
شکل هواکش می تواند به صورت لوله با کلاهک مخروطی یا به صورت لوله سربرگردانده باشد که دهانه لوله ها با توری محافظت می شود.

ارتفاع لوله هواکش از روی سقف بیرون مخزن باید به اندازه ای باشد که در مواقع بارش برف، انتهای دهانه هواکش در برف مدفون نگردد.

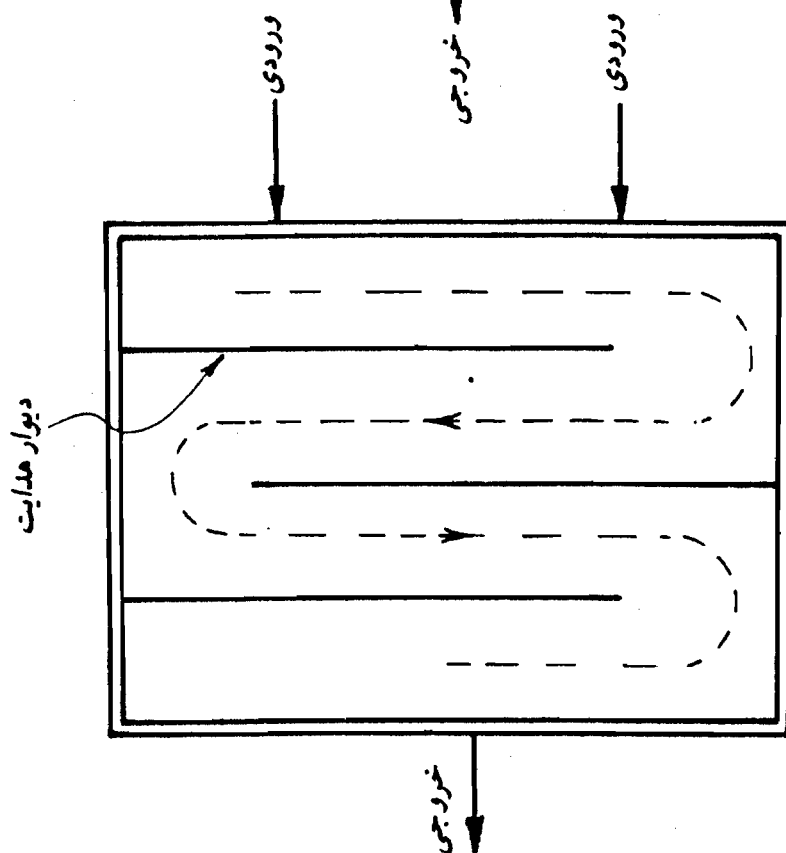
برای اطلاع از وضعیت سطح آب درون مخزن، هر قسمت مخزن به نشاندنده سطح آب مجهز خواهد بود. این نشاندنده ها می توانند به صورت مکانیکی، با شناور مدرج یا به صورت الکتریکی و ارسال اطلاعات از داخل مخزن به اتاقک نگهبانی یا به تأسیسات پمپاژ در پایین دست مخزن باشد.

۶-۸- جلوگیری از ماند آب در مخازن

برای جلوگیری از ماند و رکود آب در نواحی کور مخزن، باید تدابیر لازم اتخاذ گردد. در مخازن کوچک و متوسط با انتخاب محل مناسب برای لوله های ورودی و خروجی می توان به این هدف رسید. در مخازن با حجم بزرگ، برای ایجاد شرایط مناسب برای گردش دائمی



الف: مخازن کوچک و متوسط



ب: مخازن بزرگ

شکل ۶-۴ - تدابیر لازم برای چرخش آب درون مخزن و جلوگیری از ماند آب

آب، باید از دیوارهای هدایت آب استفاده نمود. در شکل ۶-۴ طرحهای مختلف برای ایجاد یک جریان مطلوب در داخل مخزن نشان داده شده است.

جدول ۶-۱ - طول سرریز و تعداد هواکش ۴ اینچ در هر قسمت مخزن

حجم مخزن m^3	طول سرریز B در هر قسمت m	تعداد هواکش ۴" در قسمت مخزن	قطر لوله ورودی (mm)	قطر لوله سرریز (mm)
۱۰۰۰	۱/۰۰	۱	۲۵۰	۲۵۰
۲۰۰۰	۱/۰۰	۲	۲×۲۵۰	۳۵۰
۵۰۰۰	۱/۵	۴	۲×۳۰۰	۴۰۰
۱۰۰۰۰	۱/۵	۶	۲×۳۰۰	۴۰۰
۱۵۰۰۰	۱/۷۵	۶	۲×۳۵۰	۵۰۰
۲۰۰۰۰	۲/۰۰	۸	۲×۴۰۰	۵۵۰
۳۰۰۰۰	۲/۵۰	۸	۲×۶۰۰	۸۰۰

فصل ۷

مخازن وزنی

۷-۱- مقدمه

مخازن وزنی، مخازنی هستند که عامل پایداری دیوارهای آنها در مقابل نیروهای افقی، وزن دیوارها و خاک روی آن می باشد. چنین مخازنی در دو حالت کاملاً متفاوت مورد استفاده قرار می گیرند. حالت اول مخازن خیلی بزرگ است که در آن دیوارها تقریباً نقش سدهای وزنی را دارند که مطالعه و بررسی آنها خارج از محدوده این ضوابط است. حالت دوم مخازن کوچک و کم اهمیت است که تحت نظارت متوسط توسط مجریان محلی اجرا می شود. در این قسمت ضوابطی برای طراحی و اجرای مخازن حالت دوم ارائه می شود. مطالعات اقتصادی نشان می دهد که اینگونه مخازن وزنی از نظر اقتصادی مزیتی بر مخازن بتن مسلح ندارند و برتری آنها تنها از نقطه نظر کاربرد در مناطقی است که امکانات قالب بندی، آرماتوربندی و بتن ریزی در حد استاندارد قابل قبول برای بتن مسلح وجود ندارد. برحسب مصالح به کار رفته، مخازن وزنی به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

الف - دیوارهای وزنی بتنی

این گونه دیوارها معمولاً از بتن متراکم با کارایی، پایین ساخته می شوند. از آن جهت که تنشهای کششی در اینگونه دیوارها بسیار کم است، معمولاً در آنها از آرماتور استفاده نمی شود. البته برای مقابله با مسائل انقباض و انبساط حرارتی بتن و نیز مسائل مربوط به افت

و خزش بتن، در فواصل مناسب از انواع درزها استفاده می‌گردد.

خصوصیات لازم برای بتن مصرفی را می‌توان تراکم بالا، نفوذپذیری پایین و دوام خوب خلاصه کرد. وزن مخصوص بتن مصرفی را می‌توان در حدود ۲۴ کیلونیوتن بر متر مکعب در نظر گرفت.

ب - دیوارهای وزنی سنگی

سنگهای کارشده در دیواره مخازن وزنی، بیشتر به صورت لاشه‌ای و یا کلنگی می‌باشد. سنگهای مورد مصرف در امور ساختمانی منابع، باید حداقل دارای خصوصیات زیر باشند:

- ۱ - مقاومت فشاری آنها حداقل 30 MPa باشد.

- ۲ - دارای سختی نسبتاً خوبی باشند (حداقل سختی لازم برای اینگونه سنگها، ۴ است).

- ۳ - از تخلخل نسبتاً کم برخوردار بوده و عاری از شیار، ترک و رگه‌های سست و پوسیدگی باشند.

- ۴ - دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مناسب در برابر عوامل طبیعی نظیر، تابش آفتاب، یخ‌بندان، بارش، بخار آب، رطوبت و باشند.

- ۵ - از میزان آب‌گذری کم برخوردار باشند و حداکثر جذب آب ۸ درصد وزن سنگ باشد.

- ۶ - از دوام بالا برخوردار باشند.

- ۷ - از نظر زیبایی ظاهری و رنگ، مناسب باشند.

- ۸ - وزن مخصوص زیادی داشته باشند.

به‌طور کلی می‌توان عوامل مؤثر در به‌کارگیری اینگونه سنگها را در دوام، فراوانی و قیمت خلاصه کرد. بنابراین در به‌کارگیری آنها، همواره باید موازنه‌ای بین قیمت تمام شده و دوام مصالح مصرفی، برقرار کرد. برای کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه، به نشریه شماره ۹۰ سازمان برنامه و بودجه تحت عنوان دیوارهای سنگی مراجعه شود.

وزن مخصوص سنگهای مورد مصرف در مخازن معمولاً بین ۲۶ تا ۳۰ کیلونیوتن بر متر مکعب متغیر است. در محاسبات با توجه به وجود درزها و بندها و حجم اشغال شده

توسط ملات، وزن مخصوص متوسط دیوار سنگی 24 KN/m^3 در نظر گرفته می شود.

۷-۲- بارهای وارد بر مخازن وزنی

بارهای وارد بر مخازن وزنی، شامل بارهای مرده، زنده، فشار استاتیک مایع و فشار استاتیک خاک، برکنش^۱، نیروهای ناشی از تغییرات درجه حرارت، فشار دینامیک آب در هنگام زلزله، فشار دینامیک خاک در هنگام زلزله، نیروی اینرسی وارد بر دیوار و سقف در هنگام زلزله می باشد که در فصل سوم از این ضوابط ارائه شده است. علاوه بر بارهای فوق، تأثیر دو بارگذاری زیر در طراحی مخازن وزنی حائز اهمیت است.

الف - فشار برکنش ناشی از تراوش آب از زیر دیوار

در مخازن وزنی به علت عدم آب بندی کف و وجود درزهای اجرایی افقی، آب درون مخزن بالاخره از زیر یا درون دیوار راهی به سمت بیرون باز می کند که نتیجه آن ایجاد فشار برکنش در پای دیوارها و یا هر تراز افقی در دیوار می باشد. توزیع زیر فشار به صورت خطی با مقداری مساوی ارتفاع آب در سمت طرف آب و مقداری مساوی صفر در سمت خارجی در نظر گرفته می شود.

ب - نیروی اینرسی ناشی از شتاب زلزله

علاوه بر فشار دینامیکی ناشی از ارتعاش آب ذخیره شده درون مخزن که کماکان طبق روابط ارائه شده در بخش ۳-۴ محاسبه می شود، جرم دیوار وزنی نیز تحت شتاب افقی زلزله قرار گرفته و در آن نیروی القایی افقی زلزله ایجاد می شود. با توجه به سنگین بودن دیوار، اثر این نیروی افقی مهم و قابل توجه خواهد بود. در آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران، ضریب $\frac{B}{R}$ برای سازه های صلب مساوی $0/5$ در نظر گرفته شده است. بنابراین ضریب نیروی افقی زلزله برای سازه های صلب در مناطق با زلزله خیزی شدید، به صورت زیر در می آید.

$$C = \frac{ABI}{R} = 0/35 \times 0/5 \times 1/2 = 0/21$$

در محاسبات سدهای وزنی بتنی، مقدار C، چیزی در حدود ۰/۱۵ تا ۰/۲ برای مناطق زلزله خیز شدید منظور می شود. با توجه به درجه اهمیت بسیار بالای یک سد نسبت به یک مخزن وزنی، می توان این طور قضاوت نمود که ضریب نیروی زلزله افقی ۰/۲۱ عدد نسبتاً بالایی می باشد. در این حالت انتخاب $C = ۰/۱۵$ می تواند منطقی باشد.

علاوه بر مؤلفه افقی، زلزله می تواند شتاب قائم نیز ایجاد نماید. لیکن در روش جاری محاسبات، این شتاب قائم در نظر گرفته نمی شود.

۷-۳- آب بندی دیوارها و کف مخازن

با توجه به عدم تعیبه میلگردهای حرارتی در مخازن وزنی بتنی، برای جلوگیری از هرگونه ترک در دیوار مخازن، لازم است درزهای انقباضی و انبساطی در دیوارها در فواصل مناسب تعیبه گردد. طبق تئوریهای ارائه شده در بخش ۴-۶-۶-۲، حداکثر فواصل درزهای انقباضی برای چنین حالتی با استفاده از رابطه ۴-۱۸ حدود ۲/۷ متر به دست می آید که با توجه به آن، فواصل ۳ متری برای درزها قابل توصیه است. بدیهی است که در این درزها باید واتراستاپ قرار گیرد، ولی لزومی ندارد که در محل درز، دولبه بتن از هم فاصله داشته باشند لذا می تواند در مجاورت یکدیگر بتن ریزی شوند.

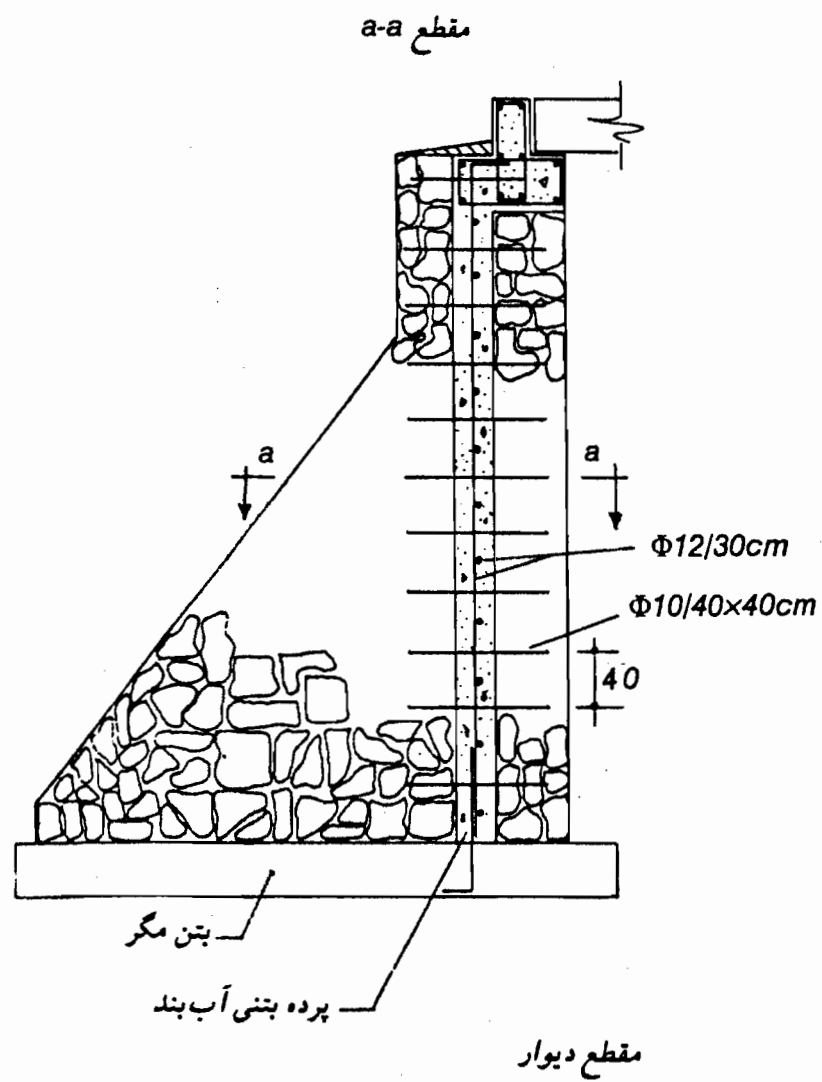
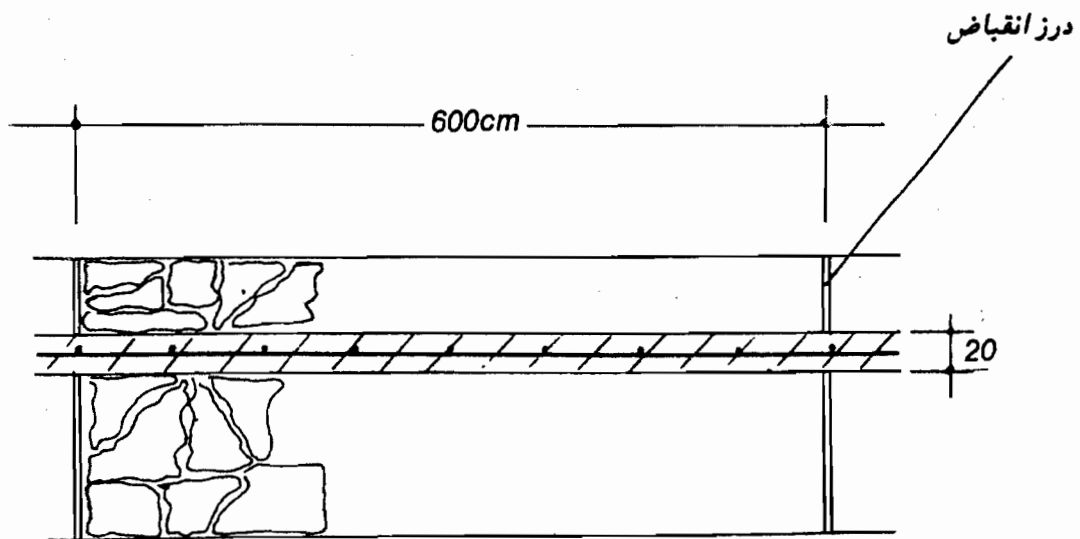
در مورد دیوارهای سنگی با توجه به عدم قفل و بست کافی بین قطعات سنگ، فواصل درزهای انبساط را می توان تا ۶ متر افزایش داد. لیکن برای آب بند نمودن دیوار، لازم است یک لایه بتن مغزی مطابق مشخصات شکل ۷-۱ اجرا گردد. اجرای این پرده بتنی آب بند، شرایط آیین نامه ۲۸۰۰ ایران در خصوص تسلیح دیوارهای بنایی را نیز برآورده می کند.

برای آب بندی کف مخازن، استفاده از یک دال بتنی به ضخامت ۱۵ سانتیمتر با شبکه آرماتور $\Phi 12/30$ توصیه می شود. جزییات اتصال دیوار به کف مطابق شکل ۷-۲ می باشد. برای تکمیل آب بندی دیوار، داخل مخزن اندود سیمان شده و روی آن دولا قیرگونی اجرا می شود و قیرگونی توسط یک تیغه آجری ۲۲ سانتیمتری محافظت می شود.

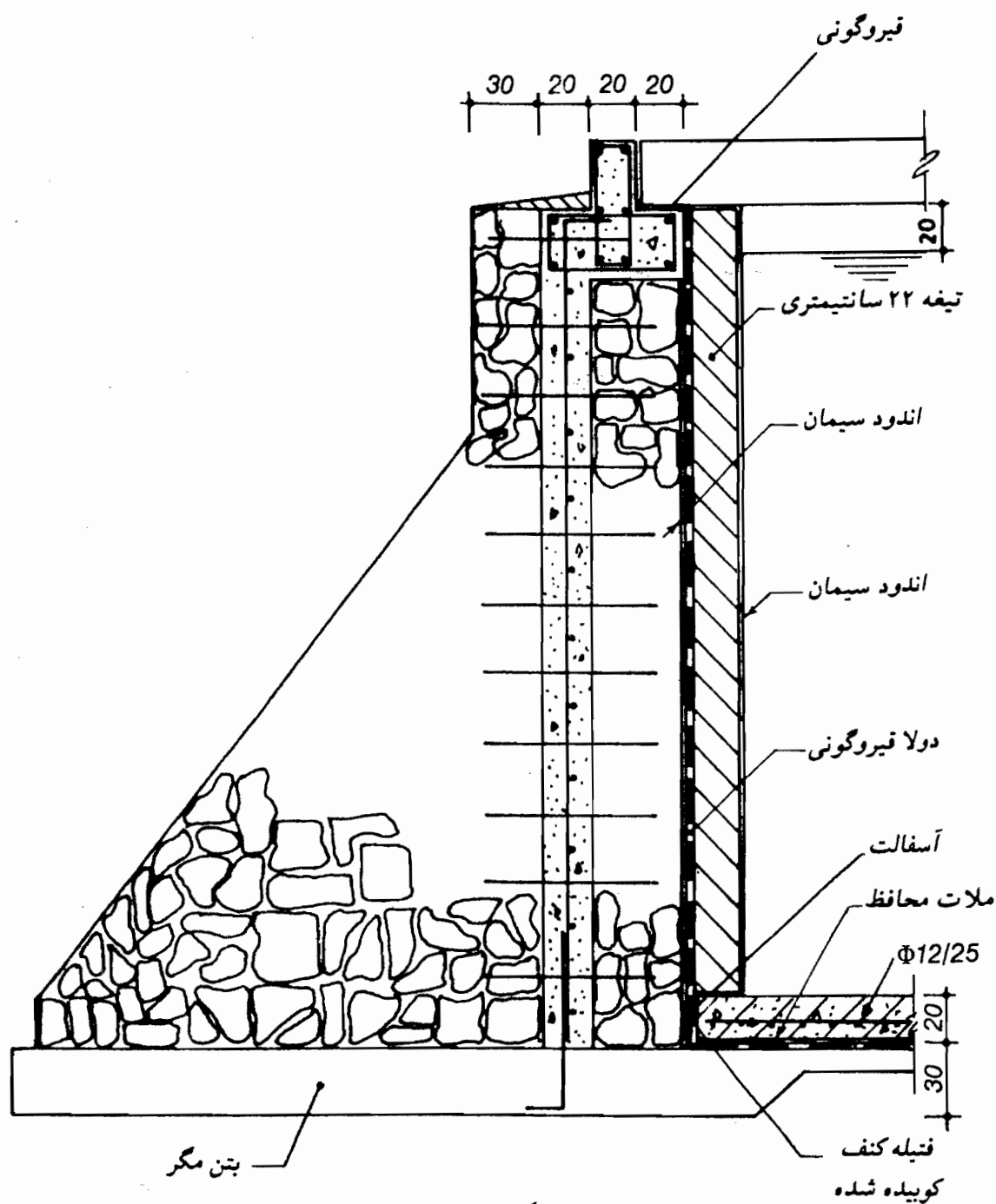
۷-۴- تناسبات هندسی اولیه در طراحی دیوارهای وزنی

۷-۴-۱- مقدمه

در طراحی یک دیوار وزنی، داشتن تناسبات هندسی اولیه مناسب، کمک مؤثری در کاستن



شکل ۷-۱



شکل ۷-۲

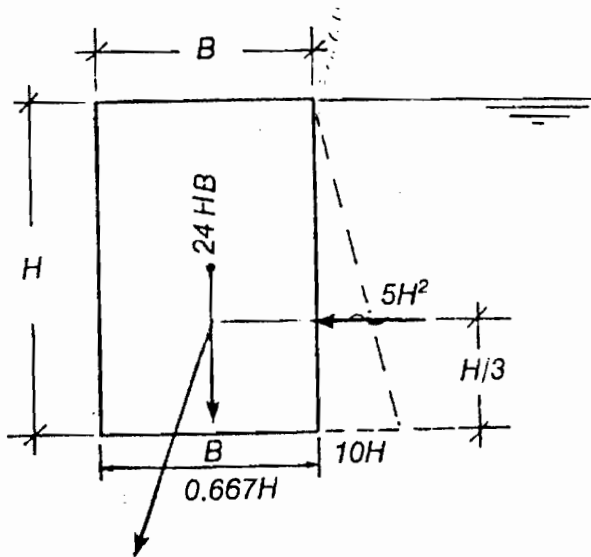
تعداد سعی و خطاها دارد. در این قسمت با مبنا قرار دادن دو اصل مهم در طراحی سازه‌های بنایی، تناسب هندسی دیوارهای وزنی در حالات مختلف به دست می‌آید. این دو اصل عبارتند از:

الف - ضریب اطمینان دیوار در مقابل واژگونی تحت اثر بارهای استاتیکی، حداقل

مساوی ۲ باشد.

ب - خط متوجه فشار باید در $\frac{1}{3}$ میانی مقطع افقی قرار گیرد (این فرض ضریب اطمینان واژگونی را بیشتر از ۲ برای بارهای استاتیکی نتیجه می‌دهد).
به علاوه وزن مخصوص مصالح دیوار 24 KN/m^3 و وزن مخصوص آب 10 KN/m^3 در نظر گرفته می‌شود.

۷-۴-۲ - دیوار تحت فشار جانبی آب - بدون فشار برکنش و بدون تأثیر نیروی زلزله
شکل ۷-۳، نیروهای وارد بر یک دیوار با مقطع مستطیلی و ارتفاع H را با تراز آب در بالای دیوار، نشان می‌دهد. برای برآورده کردن شرط ۷-۴-۱ - ب، میزان تنش در تار خارجی سمت کشش قاعده، مساوی صفر قرار داده می‌شود:



$$\sigma_t = \frac{P}{A} - \frac{MC}{I} = 0 \rightarrow$$

$$\frac{24BH}{B \times 1} = \frac{5}{3} H^3 \times \frac{6}{B^2} \rightarrow$$

$$24B^2 = 10 H^2 \rightarrow$$

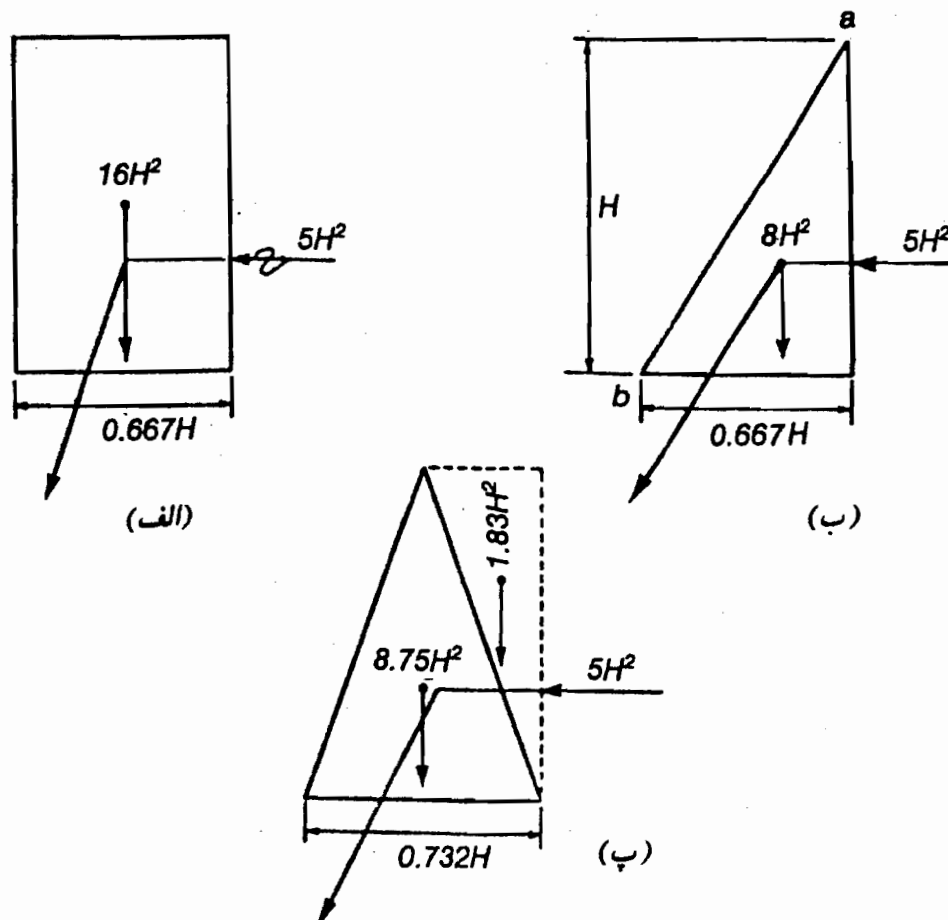
$$B = \sqrt{\frac{5}{12}} H \rightarrow B = 0.65H \rightarrow$$

$$B \cong \frac{2}{3} H$$

شکل ۷-۳

بنابراین ملاحظه می‌شود برای اینکه هیچگونه کششی در قاعده ایجاد نشود، عرض قاعده یک دیوار با مقطع مستطیلی باید $\frac{2}{3}$ ارتفاع آن باشد. در شکل ۷-۴ نتیجه چنین محاسباتی برای سه حالت مختلف نشان داده شده است.

در عمل دیوار مثلثی را همانند شکل ۷-۵ می‌توان به صورت پله‌ای اجرا نمود. در این حالت نسبت تصویر افقی خط چین به تصویر قائم آن باید مساوی $\frac{2}{3}$ باشد.

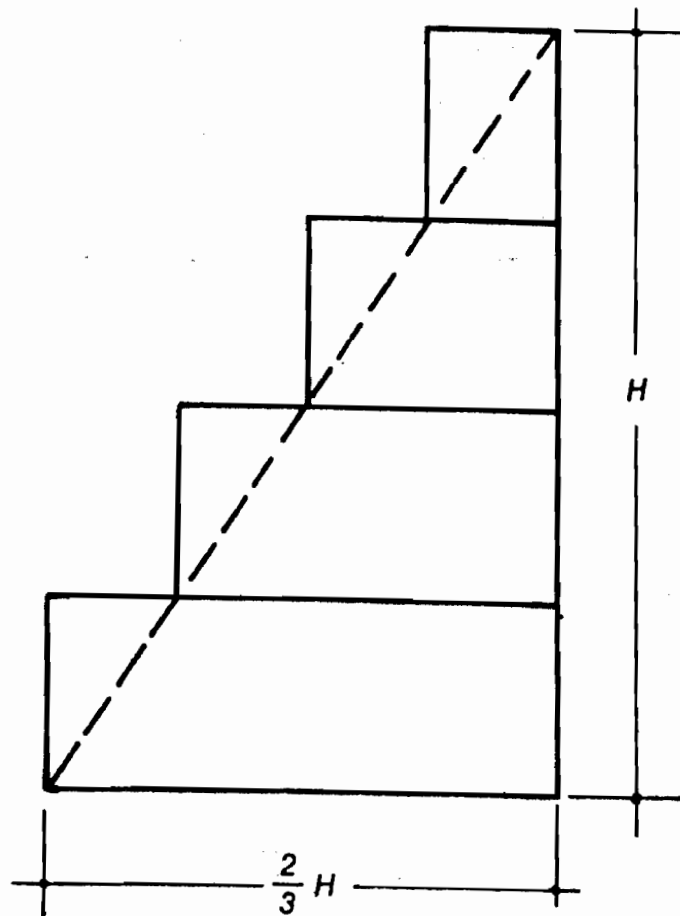


شکل ۴-۷

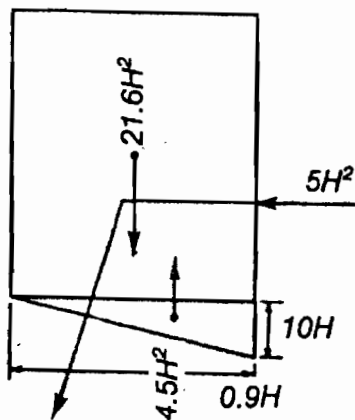
۷-۴-۳- دیوار تحت فشار جانبی آب - با فشار برکنش و بدون تأثیر نیروی زلزله اگر خطر راه پیدا کردن آب ناشی از نشست کف مخزن به زیر دیوار وجود داشته باشد، اما زمین اطراف مخزن دارای قابلیت زهکشی خوب باشد، می توان فرض کرد که فشار برکنش در زیر پایه، از فشار ناشی از ارتفاع آب در وجه داخل دیوار تا مقدار صفر در وجه خارجی دیوار متغیر است. با این فرض که خط فشار در $\frac{1}{3}$ میانی مقطع افقی قرار گیرد سه مقطع مقدماتی دیوار مطابق شکل ۷-۶ به دست می آیند.

تمام مقاطع شکل ۷-۶ در قبال واژگونی، ضریب اطمینان حداقل ۲ در مقابل افزایش فشار جانبی دارند.

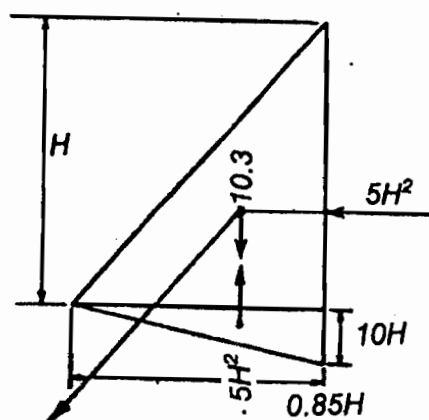
در زمینهای رسی که زهکشی به کندی انجام می شود، فشار برکنش می تواند مقدار ماکزیمم فشار استاتیکی آب را در تمام عرض فونداسیون داشته باشد. در این حالت برای



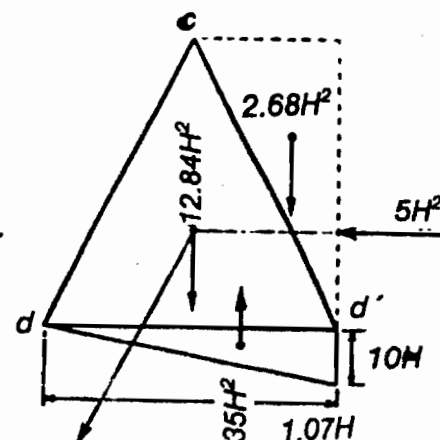
شکل ۵-۷



(الف)



(ب)



(پ)

ارتفاع H بر حسب متر و مقادیر نیروها بر حسب KN

شکل ۶-۷

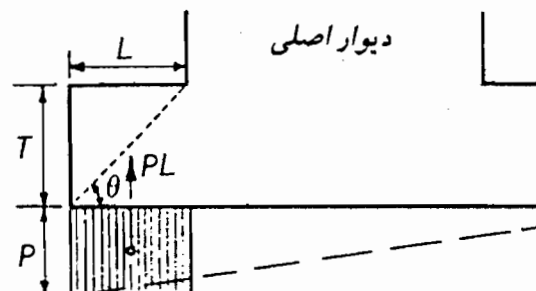
مقاطع مستطیلی (شکل ۷-۶-الف) دیوار با همان عرض بخوبی پایدار می ماند ولی برای (شکل ۷-۶-ب) عرض دیوار باید به مقدار $H/16$ و برای (شکل ۷-۶-پ) به مقدار $H/115$ افزایش یابد تا حداقل ضریب اطمینان واژگونی در مقابل افزایش فشار جانبی مساوی ۲ باشد. در یک چنین جای نامناسبی یک مخزن با کف نازک بندرت عملی است و ضخامت کف مخزن براساس فشار برکنش ناشی از اختلاف رقوم کف مخزن و تراز ایستابی آب زیرزمینی تعیین می شود. در زمینهای رسی بهسازی و افزایش کیفیت زهکشی می تواند مورد توجه قرار گیرد.

۷-۵- پنجه دیوارهای وزنی

در طراحی دیوارها بر روی زمینهای سست به خاطر گسترده تر کردن بار روی مساحتی بیشتر، ممکن است احتیاج به امتداد دادن پنجه داشته باشیم. آن قسمت از پنجه که نسبت به وجه دیوار اصلی جلو آمده است باید به عنوان یک دال کنسولی طراحی گردد. معمولاً اجرای این قسمت از جنس بتن صورت می گیرد. اگر میزان جلو آمدگی L و شدت فشار حداکثر خالص P باشد، لنگر دال کنسولی برای هر متر عرض حدوداً برابر با $\frac{1}{4}PL^2$ خواهد شد. این لنگر در تار تحتانی ایجاد کشش می نماید که ضخامت T باید براساس تنش کششی مجاز بتن محاسبه گردد. مقدار تنش کششی مجاز بتن برای این محاسبات، می تواند مساوی $F_t = 0.134\sqrt{F'_c}$ منظور شود که F'_c مقاومت مشخصه بتن مصرفی برحسب مگاپاسکال و F_t تنش کششی خمشی بتن می باشد.

۷-۶- ترکیبات بارگذاری

ترکیبات بارگذاری برای طراحی مخازن وزنی، همانهایی هستند که در بخش ۷-۳-۱، جدول



شکل ۷-۷

۲-۳، در طراحی به روش تنش مجاز ارائه شده است.

۷-۷- تنش های مجاز

۷-۷-۱- تنش مجاز فشاری در دیوارهای وزنی بتنی

تنش فشاری مجاز در دیوارهای بتنی وزنی مساوی $F'c/33$ در نظر گرفته می شود که $F'c$ مقاومت مشخصه نمونه ۲۸ روزه استوانه ای 30×15 سانتیمتر می باشد. برای ترکیباتی که در آنها نیروی زلزله وجود دارد، تنش فشاری مجاز، ۳۳ درصد افزایش می یابد.

۷-۷-۲- تنش مجاز فشاری در دیوارهای وزنی سنگی

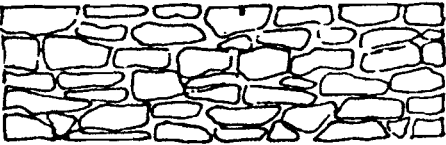
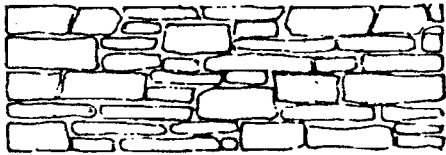
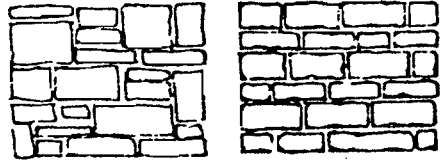
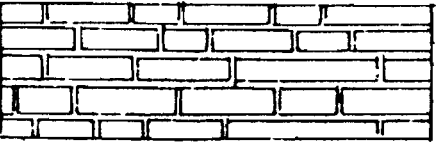
سنگهایی که در کارهای ساختمانی مورد مصرف قرار می گیرند، برحسب مقاومت فشاری نهایی طبق جدول ۷-۱ به پنج گروه تقسیم می شوند.

جدول ۷-۱

گروه	شرح	حداقل مقاومت فشاری MPa – N/mm ²
A	سنگهای آهکی - تراورتن - توفهای آتش فشانی	۲۰
B	ماسه سنگهای متراکم	۳۰
C	سنگهای آهکی متراکم - دولومیت و مرمر متراکم	۵۰
D	ماسه سنگهای کوارتزی و نظایر آن	۸۰
E	گرانیت، سینیت، دیوریت، پرفیرکوارتزی، ملافیر، دیاباز و نظایر آن	۱۲۰

تنش مجاز فشاری سنگ چینه های مختلف برحسب گروه سنگ و شکل تراش با ملات ماسه سیمان طبق جدول ۷-۲ در نظر گرفته می شود. توجه شود که تنها ملات مجاز برای استفاده در دیواره های بنایی سنگی حایل آب، ملات ماسه سیمان می باشد.

جدول ۷-۲ - تنشهای مجاز فشاری سنگ چینی

مقاومت مجاز بر حسب N/mm^2 (MPa) برای گروههای سنگ (جدول شماره ۷-۱)					نوع ملات مصرفی	نوع سنگ چینی
E	D	C	B	A		
۰/۹	۰/۷	۰/۵	۰/۳	۰/۲	ملات باتارد	لاشه چینی با قفل و بست کامل
۱/۲	۱/۰	۰/۶	۰/۵	۰/۳	ملات ماسه سیمان	
۱/۶	۱/۲	۰/۹	۰/۷	۰/۵	ملات باتارد	سنگ چینی با سنگ بادبر با ابعاد نامنظم
۲/۲	۱/۶	۱/۲	۱/۰	۰/۶	ملات ماسه سیمان	
۲/۲	۱/۶	۱/۲	۰/۹	۰/۷	ملات باتارد	سنگ چینی با سنگ کلنگی و رگهای نامنظم
۳/۰	۲/۲	۱/۶	۱/۲	۱/۰	ملات ماسه سیمان	
۴/۰	۳/۰	۲/۲	۱/۶	۱/۲	ملات باتارد	سنگ چینی با سنگ تیشه ای منظم با رگهای منظم گشته (مانند آجر چینی)
۵/۰	۴/۰	۳/۰	۲/۲	۱/۶	ملات ماسه سیمان	

تبصره ۱: ارقام جدول ۷-۲ فقط در مورد دیوارهایی که لاغری h/d آنها کوچکتر از ۱۰ است، مجاز می باشد. h ارتفاع و d کوچکترین بعد مقطع پایه (با ضخامت دیوار) می باشد.

تبصره ۲: برای ترکیباتی که در آنها نیروی زلزله وجود دارد، مقادیر تنش فشاری مجاز جدول ۷-۲، ۳۳ درصد افزایش می یابد.

۷-۷-۳- تنش کششی مجاز

هرچند که بتن مقداری مقاومت کششی از خود نشان می دهد، لیکن به علت وجود درزهای اجرایی افقی احتمالی و همچنین مسئله اتصال پای دیوار به زمین، تنش کششی چه در دیوارهای وزنی سنگی و چه در دیوارهای وزنی بتنی، مساوی صفر در نظر گرفته می شود.

۷-۸- محاسبه تنش ها

۷-۸-۱- محاسبه تنش ها برای ترکیباتی از بازگذاری که در آنها نیروی زلزله وجود ندارد

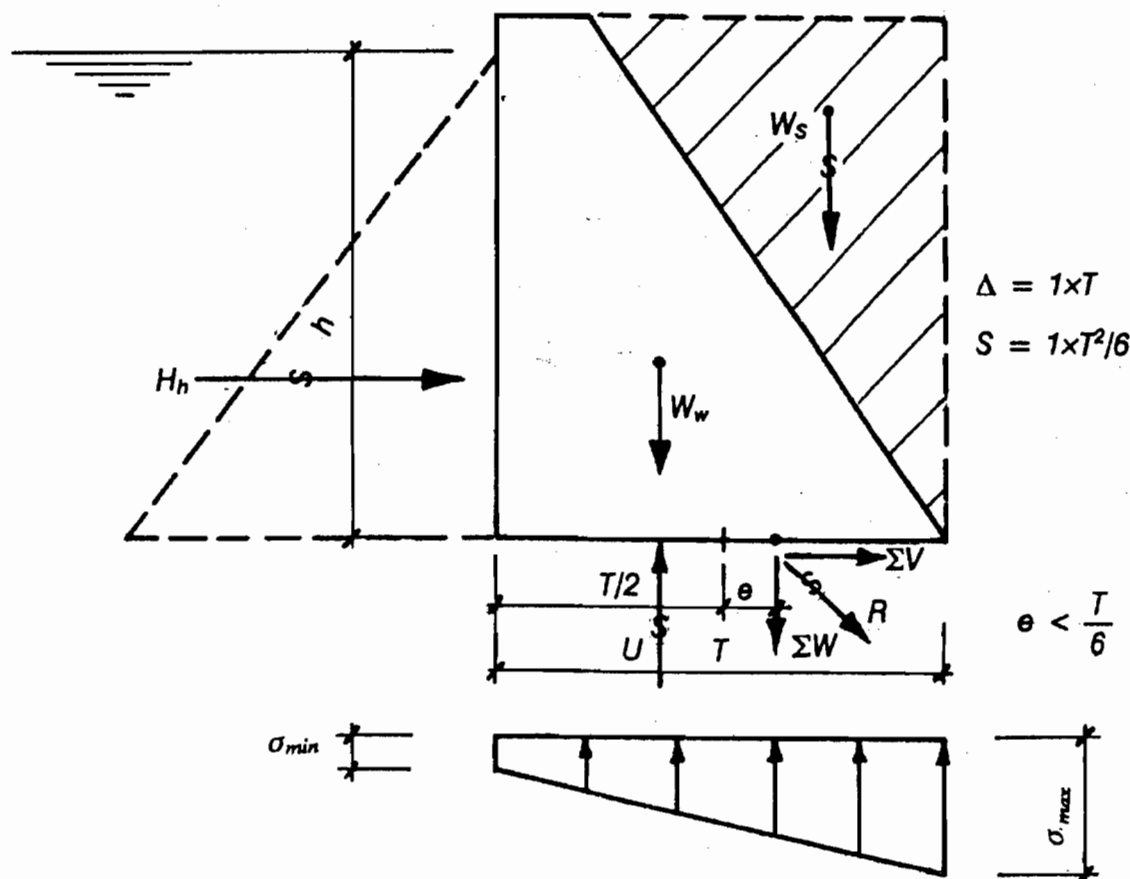
در ترکیباتی از بازگذاری که در آنها نیروی زلزله وجود ندارد، اجازه هیچگونه ترک کششی در مقطع وجود ندارد و برآیند R ناشی از کلیه نیروهای وارد بر قطعه مورد نظر، اعم از فشار افقی و قائم آب، وزن قطعه، برکنش و وزن خاک احتمالی روی قطعه باید در ثلث میانی قاعده قرار گیرد (شکل ۷-۸). در این صورت با استفاده از مفاهیم مقطع همگن تنش فشاری حداکثر و حداقل در هر مقطع افقی برابر است با:

$$\sigma = \frac{\Sigma W}{A} \pm \frac{\Sigma W e}{S} \quad (۷-۱)$$

که در رابطه فوق:

σ = تنش قائم در مقطع

ΣW = برآیند تمام نیروهای قائم شامل نیروی برکنش^۱ ($\Sigma W = W_w + W_s - U$)



شکل ۷-۸

e = برون محوری نیروی ΣW نسبت به محور مرکزی مقطع

$A =$ مساحت کلی مقطع $= 1 \times T$

$S =$ اساس مقطع کلی مقطع $= 1 \times T^2 / 6$

$U =$ برآیند نیروی برگشتش

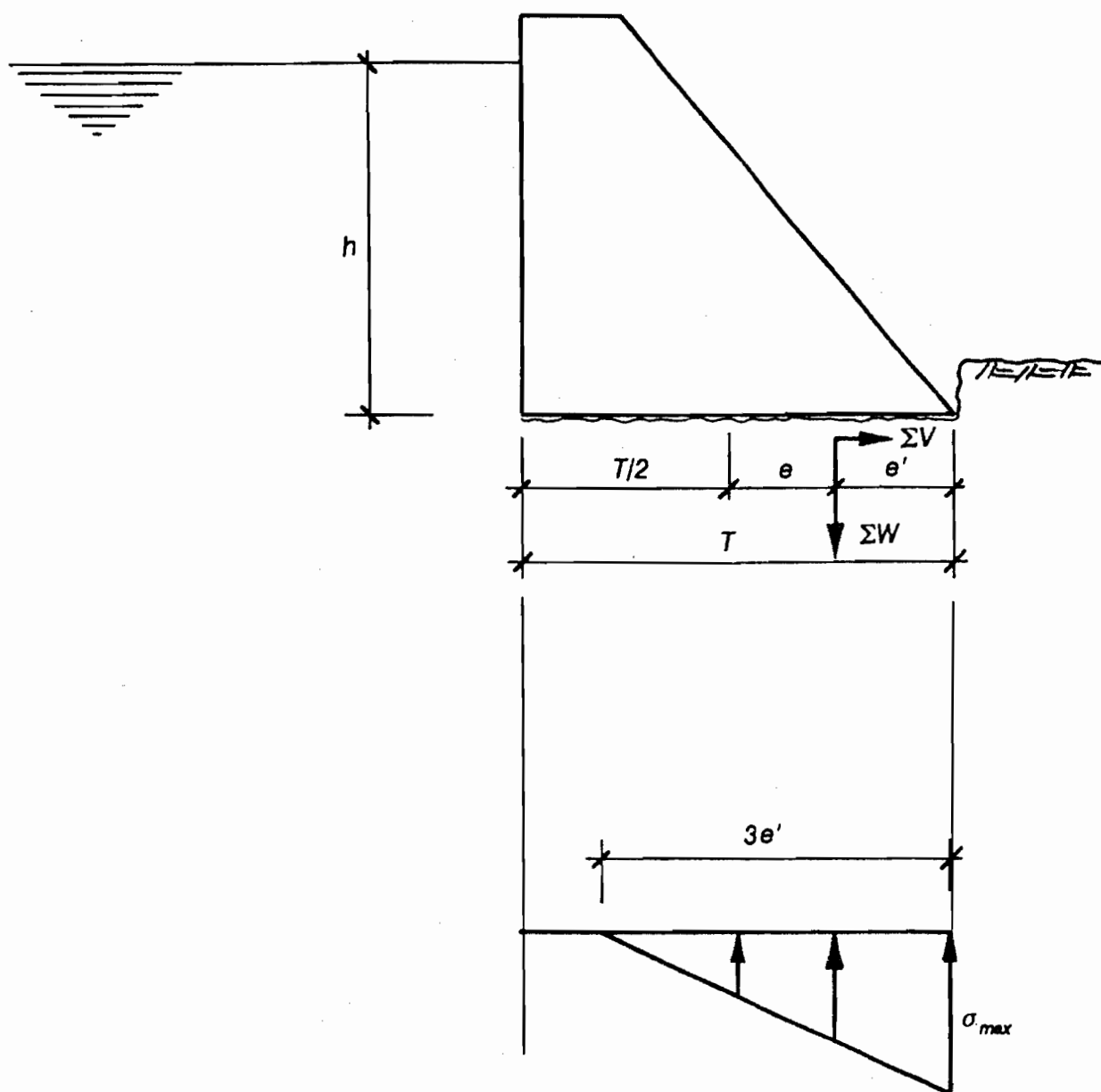
۷-۸-۲ - محاسبه تنش‌ها برای ترکیباتی از بارگذاری که در آنها نیروی زلزله وجود دارد

در ترکیباتی از بارگذاری که در آنها نیروی زلزله وجود دارد، به شرطی که پایداری کلی دیوار تأمین شود، اجازه به وجود آمدن ترک خمشی در مقطع وجود دارد. در هنگام زلزله با توجه به آنی بودن باز شدن ترکها، هیچگونه تغییری در فشار برگشتش منظور نمی‌شود. مطابق شکل

۹-۷، اگر ΣW برآیند کلیه نیروهای قائم وارد بر قطعه مورد نظر بوده و $e > \frac{T}{6}$ باشد، تنش فشاری حداکثر از روابط زیر محاسبه می‌شود:

(واحد) $b=1$ عرض

$$\frac{1}{3} (3e') \sigma_{\max} = \Sigma W$$



شکل ۹-۷

$$\sigma_{\max} = \frac{2\Sigma W}{3e'} \quad (۲-۷)$$

در رابطه فوق:

ΣW = برآیند کلی نیروهای قائم وارد بر قطعه مورد نظر (شامل فشار برگشت)

T = عرض قاعده

$$e' = \frac{T}{2} - e$$

۷-۹- کنترل‌های پایداری

۷-۹-۱- کنترل پایداری در مقابل واژگونی

برای ترکیباتی از بارگذاری که در آنها نیروی زلزله وجود ندارد، ضریب اطمینان در مقابل واژگونی مساوی ۱/۵ و برای ترکیباتی که در آن نیروی زلزله وجود دارد، مساوی ۱/۱۵ می‌باشد.

۷-۹-۲- کنترل پایداری در مقابل لغزش

ضریب اطمینان در مقابل لغزش از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F.S. = \frac{(\Sigma N - \Sigma U)\mu + P_p}{\Sigma V} \quad (۳-۷)$$

جدول ۷-۳- ضریب اصطکاک μ در رابطه ۷-۳

μ	نوع خاک
۰/۵۵	مصلح دانه درشت بدون لای
۰/۴۵	مصلح دانه درشت با لای
۰/۳۵	لای
۰/۸	سنگ محکم (با سطح زبر)
۰/۷	بتن روی سنگ با مقداری لایه بندی

ΣN = مجموع نیروهای قائم

ΣU = مجموع نیروهای برکنش

μ = ضریب اصطکاک طبق جدول ۷-۳

ΣV = مجموع نیروهای افقی

P_p = فشار مقاوم خاک جلوی پنجه دیوار

حداقل ضریب اطمینان در مقابل لغزش برای ترکیباتی که در آن نیروی زلزله وجود

ندارد، مساوی ۱/۵ و برای ترکیباتی که در آن نیروی زلزله وجود دارد، مساوی ۱/۱۵ می باشد.

فهرست مأخذ

- 1 - BS5337-1976: Structural use of concrete for retaining aqueous liquids.
- 2 - Anchor, Hill, Hughes: Hand book on BS 5337:1976 C & CA.
- 3 - Colin Deacon: Water tight concrete construction.
- 4 - R.D.Anchor: Design of liquid-Retaining concrete structures-surrey university press.
- 5 - A.C.I-350R-83: Concrete sanitary Eng. Structures.
- 6 - TM 5-809-10-US DEPARTMENT of the ARMY seismic Design for Buildings.
- 7 - Rosenblue & newmark: Earthquake Engineering.

۸ - آیین نامه زلزله ۲۸۰۰ ایران

۹ - خسرو اویسی - زهکشی و روسازی فرودگاه

۱۰ - جیمز.ان.لوتین - مهندسی زهکشی ترجمه: بازاری - علیزاده - نیری

پیوست ۱

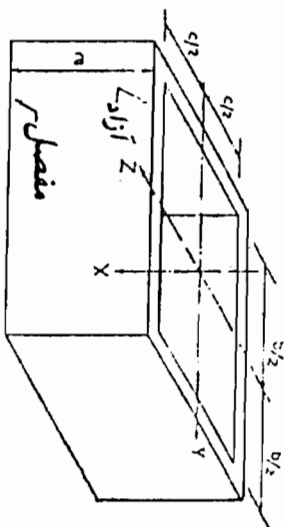
ضرایب نیروی برشی و لنگر خمشی برای مخازن
مکعب مستطیل و دالهای دو طرفه

ضرایب لنگر برای مخازن مکعب مستطیلی با لبه فوقانی آزاد و لبه تحتانی مفصلی

$$\text{لنگر} = W a^3 \times \text{ضریب}$$

$$W = \text{وزن مخصوص}$$

$$a = \text{ارتفاع}$$

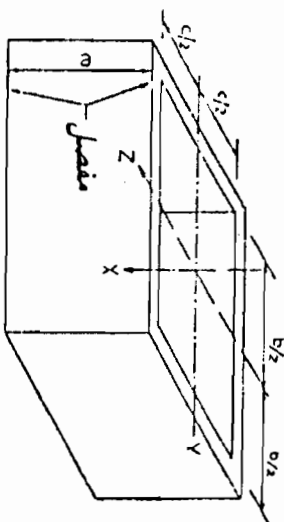


b/a = 3.0											
c/a	x/a	y = 0		y = b/4		y = b/2		z = c/4		z = 0	
		M _z	M _y	M _z	M _y	M _z	M _y	M _z	M _y	M _z	M _y
3.00	0	0	+0.070	0	+0.015	0	+0.015	+0.027	0	+0.070	+0.015
	1/4	+0.038	+0.051	+0.028	+0.028	-0.196	-0.170	+0.015	+0.028	+0.061	+0.049
	1/2	+0.055	+0.049	+0.032	+0.026	-0.137	-0.137	+0.032	+0.049	+0.029	+0.030
	3/4	+0.046	+0.030	+0.034	+0.018	-0.087	-0.087	+0.018	+0.046	+0.030	+0.030
2.50	0	0	+0.072	0	+0.033	0	-0.169	+0.013	0	+0.057	+0.030
	1/4	+0.039	+0.053	+0.016	+0.023	-0.151	-0.151	+0.014	+0.022	+0.050	+0.043
	1/2	+0.039	+0.050	+0.033	+0.029	-0.126	-0.126	+0.017	+0.041	+0.043	+0.043
	3/4	+0.046	+0.030	+0.037	+0.020	-0.084	-0.084	+0.014	+0.040	+0.027	+0.027
2.00	0	0	+0.075	0	+0.039	0	-0.146	+0.005	0	+0.031	+0.031
	1/4	+0.029	+0.055	+0.017	+0.035	-0.133	-0.133	+0.002	+0.013	+0.032	+0.032
	1/2	+0.050	+0.051	+0.035	+0.032	-0.113	-0.113	+0.016	+0.030	+0.029	+0.029
	3/4	+0.045	+0.031	+0.037	+0.021	-0.078	-0.078	+0.022	+0.008	+0.020	+0.020
1.75	0	0	+0.076	0	+0.041	0	-0.137	+0.018	0	+0.014	+0.014
	1/4	+0.029	+0.055	+0.018	+0.038	-0.125	-0.125	+0.003	+0.012	+0.018	+0.018
	1/2	+0.050	+0.052	+0.036	+0.033	-0.106	-0.106	+0.011	+0.003	+0.020	+0.020
	3/4	+0.046	+0.031	+0.037	+0.021	-0.074	-0.074	+0.018	+0.004	+0.015	+0.015
1.50	0	0	+0.077	0	+0.043	0	-0.129	+0.033	0	+0.006	+0.006
	1/4	+0.030	+0.056	+0.018	+0.023	-0.118	-0.118	+0.007	+0.024	+0.004	+0.004
	1/2	+0.050	+0.053	+0.037	+0.034	-0.100	-0.100	+0.005	+0.012	+0.010	+0.010
	3/4	+0.046	+0.031	+0.038	+0.022	-0.070	-0.070	+0.013	+0.003	+0.010	+0.010
1.25	0	0	+0.073	0	+0.045	0	-0.122	+0.052	0	+0.031	+0.031
	1/4	+0.030	+0.067	+0.019	+0.041	-0.111	-0.111	+0.011	+0.039	+0.018	+0.018
	1/2	+0.050	+0.054	+0.038	+0.035	-0.095	-0.095	+0.000	+0.022	+0.005	+0.005
	3/4	+0.047	+0.032	+0.038	+0.023	-0.058	-0.058	+0.006	+0.006	+0.001	+0.001
1.00	0	0	+0.079	0	+0.047	0	-0.118	+0.056	0	+0.060	+0.060
	1/4	+0.030	+0.070	+0.020	+0.043	-0.105	-0.105	+0.015	+0.056	+0.042	+0.042
	1/2	+0.051	+0.054	+0.038	+0.035	-0.090	-0.090	+0.005	+0.034	+0.022	+0.022
	3/4	+0.047	+0.032	+0.038	+0.023	-0.065	-0.065	+0.003	+0.014	+0.009	+0.009
0.50	0	0	+0.079	0	+0.047	0	-0.118	+0.056	0	+0.060	+0.060
	1/4	+0.030	+0.070	+0.020	+0.043	-0.105	-0.105	+0.015	+0.056	+0.042	+0.042
	1/2	+0.051	+0.054	+0.038	+0.035	-0.090	-0.090	+0.005	+0.034	+0.022	+0.022
	3/4	+0.047	+0.032	+0.038	+0.023	-0.065	-0.065	+0.003	+0.014	+0.009	+0.009

b/a = 2.0											
c/a	x/a	y = 0		y = b/4		y = b/2		z = c/4		z = 0	
		M _z	M _y	M _z	M _y	M _z	M _y	M _z	M _y	M _z	M _y
2.00	0	0	+0.045	0	+0.006	0	-0.091	0	+0.011	0	+0.045
	1/4	+0.015	+0.042	+0.033	+0.042	-0.199	-0.199	+0.006	+0.014	+0.016	+0.042
	1/2	+0.033	+0.035	+0.020	+0.035	-0.138	-0.138	+0.020	+0.016	+0.033	+0.036
	3/4	+0.036	+0.024	+0.025	+0.024	-0.065	-0.065	+0.025	+0.014	+0.036	+0.024
1.75	0	0	+0.048	0	+0.007	0	-0.081	0	+0.015	0	+0.048
	1/4	+0.017	+0.044	+0.034	+0.044	-0.177	-0.177	+0.003	+0.015	+0.017	+0.044
	1/2	+0.034	+0.038	+0.021	+0.038	-0.137	-0.137	+0.015	+0.019	+0.034	+0.038
	3/4	+0.036	+0.024	+0.025	+0.024	-0.061	-0.061	+0.020	+0.015	+0.036	+0.024
1.50	0	0	+0.050	0	+0.008	0	-0.072	0	+0.019	0	+0.050
	1/4	+0.013	+0.046	+0.035	+0.046	-0.177	-0.177	+0.000	+0.021	+0.013	+0.046
	1/2	+0.035	+0.039	+0.022	+0.039	-0.135	-0.135	+0.009	+0.021	+0.035	+0.039
	3/4	+0.036	+0.025	+0.026	+0.026	-0.058	-0.058	+0.016	+0.016	+0.036	+0.025
1.25	0	0	+0.052	0	+0.009	0	-0.064	0	+0.023	0	+0.052
	1/4	+0.019	+0.048	+0.036	+0.048	-0.168	-0.168	+0.002	+0.023	+0.019	+0.048
	1/2	+0.036	+0.041	+0.023	+0.041	-0.131	-0.131	+0.005	+0.023	+0.036	+0.041
	3/4	+0.037	+0.025	+0.026	+0.026	-0.054	-0.054	+0.011	+0.017	+0.037	+0.025
1.00	0	0	+0.054	0	+0.010	0	-0.058	0	+0.027	0	+0.054
	1/4	+0.019	+0.050	+0.042	+0.050	-0.162	-0.162	+0.005	+0.027	+0.019	+0.050
	1/2	+0.037	+0.042	+0.024	+0.042	-0.133	-0.133	+0.000	+0.025	+0.037	+0.042
	3/4	+0.037	+0.025	+0.027	+0.027	-0.051	-0.051	+0.006	+0.018	+0.037	+0.025
0.75	0	0	+0.055	0	+0.011	0	-0.058	0	+0.030	0	+0.055
	1/4	+0.018	+0.051	+0.043	+0.051	-0.162	-0.162	+0.009	+0.029	+0.018	+0.051
	1/2	+0.038	+0.043	+0.025	+0.043	-0.132	-0.132	+0.005	+0.025	+0.038	+0.043
	3/4	+0.037	+0.026	+0.027	+0.027	-0.049	-0.049	+0.002	+0.018	+0.037	+0.026
0.50	0	0	+0.054	0	+0.011	0	-0.065	0	+0.030	0	+0.054
	1/4	+0.018	+0.052	+0.044	+0.052	-0.164	-0.164	+0.012	+0.029	+0.018	+0.052
	1/2	+0.038	+0.044	+0.025	+0.044	-0.133	-0.133	+0.010	+0.025	+0.038	+0.044
	3/4	+0.037	+0.026	+0.027	+0.027	-0.050	-0.050	+0.003	+0.017	+0.037	+0.026

ضرایب لنگر برای مخازن مکعب مستطیلی با لبه‌های تختانی و نوبتانی منفصلی

لنگر $\times W a^3$
وزن مخصوص $= W$
ارتفاع $= a$



$b/a = 3.0$

c/a	z/a	$y = 0$				$y = b/4$				$y = b/2$				$z = c/4$				$z = 0$			
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
3.00	$\frac{1}{4}$	+0.35	+0.10	+0.26	+0.11	-0.09	-0.13	-0.39	+0.26	+0.11	+0.17	-0.03	-0.63	+0.35	+0.10	+0.10	+0.17	+0.10	+0.16	+0.35	+0.10
	$\frac{1}{2}$	+0.57	+0.16	+0.44	+0.17	-0.13	-0.63	+0.44	+0.17	+0.17	+0.17	-0.13	-0.63	+0.57	+0.16	+0.10	+0.17	+0.10	+0.16	+0.57	+0.16
	$\frac{3}{4}$	-0.51	+0.13	+0.41	+0.14	-0.11	-0.55	+0.41	+0.14	+0.17	+0.17	-0.11	-0.55	-0.51	+0.13	+0.08	+0.14	+0.13	+0.13	-0.51	+0.13
2.50	$\frac{1}{4}$	+0.35	+0.10	+0.26	+0.11	-0.08	-0.39	+0.21	+0.10	+0.17	+0.17	-0.08	-0.39	+0.35	+0.10	+0.10	+0.17	+0.10	+0.16	+0.35	+0.10
	$\frac{1}{2}$	+0.57	+0.16	+0.44	+0.17	-0.12	-0.52	+0.35	+0.17	+0.17	+0.17	-0.12	-0.52	+0.57	+0.16	+0.15	+0.17	+0.15	+0.16	+0.57	+0.16
	$\frac{3}{4}$	-0.51	+0.13	+0.41	+0.14	-0.11	-0.55	+0.35	+0.14	+0.17	+0.17	-0.11	-0.55	-0.51	+0.13	+0.08	+0.14	+0.13	+0.13	-0.51	+0.13
2.00	$\frac{1}{4}$	+0.35	+0.10	+0.25	+0.11	-0.08	-0.38	+0.15	+0.10	+0.15	+0.15	-0.08	-0.38	+0.35	+0.10	+0.10	+0.15	+0.10	+0.16	+0.35	+0.10
	$\frac{1}{2}$	+0.57	+0.16	+0.45	+0.17	-0.12	-0.52	+0.28	+0.15	+0.15	+0.15	-0.12	-0.52	+0.57	+0.16	+0.15	+0.15	+0.15	+0.16	+0.57	+0.16
	$\frac{3}{4}$	-0.51	+0.13	+0.42	+0.14	-0.11	-0.54	+0.29	+0.13	+0.15	+0.15	-0.11	-0.54	-0.51	+0.13	+0.08	+0.13	+0.13	+0.13	-0.51	+0.13
1.75	$\frac{1}{4}$	+0.35	+0.10	+0.27	+0.11	-0.07	-0.37	+0.11	+0.08	+0.11	+0.11	-0.07	-0.37	+0.35	+0.10	+0.10	+0.11	+0.10	+0.13	+0.35	+0.10
	$\frac{1}{2}$	+0.57	+0.15	+0.45	+0.17	-0.12	-0.52	+0.21	+0.13	+0.13	+0.13	-0.12	-0.52	+0.57	+0.15	+0.13	+0.13	+0.13	+0.13	+0.57	+0.15
	$\frac{3}{4}$	-0.51	+0.13	+0.42	+0.14	-0.11	-0.53	+0.24	+0.12	+0.12	+0.12	-0.11	-0.53	-0.51	+0.13	+0.08	+0.12	+0.12	+0.12	-0.51	+0.13
1.50	$\frac{1}{4}$	+0.35	+0.10	+0.27	+0.11	-0.07	-0.37	+0.11	+0.06	+0.11	+0.11	-0.07	-0.37	+0.35	+0.10	+0.10	+0.11	+0.10	+0.13	+0.35	+0.10
	$\frac{1}{2}$	+0.57	+0.15	+0.45	+0.17	-0.12	-0.52	+0.21	+0.10	+0.10	+0.10	-0.12	-0.52	+0.57	+0.15	+0.10	+0.10	+0.10	+0.13	+0.57	+0.15
	$\frac{3}{4}$	-0.51	+0.13	+0.42	+0.14	-0.10	-0.51	+0.19	+0.11	+0.11	+0.11	-0.10	-0.51	-0.51	+0.13	+0.06	+0.11	+0.11	+0.11	-0.51	+0.13

$b/a = 2.0$

c/a	z/a	$y = 0$				$y = b/4$				$y = b/2$				$z = c/4$				$z = 0$			
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
2.00	$\frac{1}{4}$	+0.25	+0.13	+0.15	+0.09	-0.07	-0.37	+0.15	+0.09	-0.07	-0.37	+0.15	+0.09	+0.09	+0.15	+0.07	+0.15	+0.09	+0.13	+0.25	+0.13
	$\frac{1}{2}$	+0.42	+0.20	+0.28	+0.15	-0.12	-0.59	+0.28	+0.15	-0.12	-0.59	+0.28	+0.15	+0.15	+0.28	+0.11	+0.28	+0.15	+0.20	+0.42	+0.20
	$\frac{3}{4}$	+0.40	+0.15	+0.29	+0.13	-0.11	-0.53	+0.29	+0.13	-0.11	-0.53	+0.29	+0.13	+0.13	+0.29	+0.13	+0.29	+0.13	+0.20	+0.40	+0.15
1.75	$\frac{1}{4}$	+0.25	+0.13	+0.15	+0.09	-0.07	-0.36	+0.15	+0.09	-0.07	-0.36	+0.15	+0.09	+0.09	+0.15	+0.07	+0.15	+0.09	+0.13	+0.25	+0.13
	$\frac{1}{2}$	+0.42	+0.20	+0.28	+0.15	-0.12	-0.58	+0.28	+0.15	-0.12	-0.58	+0.28	+0.15	+0.15	+0.28	+0.11	+0.28	+0.15	+0.20	+0.42	+0.20
	$\frac{3}{4}$	+0.40	+0.13	+0.29	+0.13	-0.10	-0.52	+0.29	+0.13	-0.10	-0.52	+0.29	+0.13	+0.13	+0.29	+0.13	+0.29	+0.13	+0.20	+0.40	+0.13
1.50	$\frac{1}{4}$	+0.25	+0.13	+0.16	+0.09	-0.07	-0.34	+0.16	+0.09	-0.07	-0.34	+0.16	+0.09	+0.09	+0.16	+0.07	+0.16	+0.09	+0.13	+0.25	+0.13
	$\frac{1}{2}$	+0.43	+0.20	+0.28	+0.15	-0.11	-0.56	+0.28	+0.15	-0.11	-0.56	+0.28	+0.15	+0.15	+0.28	+0.11	+0.28	+0.15	+0.20	+0.43	+0.20
	$\frac{3}{4}$	+0.41	+0.16	+0.29	+0.13	-0.10	-0.50	+0.29	+0.13	-0.10	-0.50	+0.29	+0.13	+0.13	+0.29	+0.13	+0.29	+0.13	+0.20	+0.41	+0.16
1.25	$\frac{1}{4}$	+0.25	+0.13	+0.16	+0.10	-0.05	-0.32	+0.16	+0.10	-0.05	-0.32	+0.16	+0.10	+0.09	+0.16	+0.07	+0.16	+0.10	+0.13	+0.25	+0.13
	$\frac{1}{2}$	+0.43	+0.20	+0.29	+0.15	-0.10	-0.52	+0.29	+0.15	-0.10	-0.52	+0.29	+0.15	+0.15	+0.29	+0.11	+0.29	+0.15	+0.20	+0.43	+0.20
	$\frac{3}{4}$	+0.41	+0.15	+0.30	+0.13	-0.10	-0.48	+0.30	+0.13	-0.10	-0.48	+0.30	+0.13	+0.13	+0.30	+0.13	+0.30	+0.13	+0.20	+0.41	+0.15
1.00	$\frac{1}{4}$	+0.26	+0.13	+0.17	+0.10	-0.06	-0.28	+0.17	+0.10	-0.06	-0.28	+0.17	+0.10	+0.09	+0.17	+0.07	+0.17	+0.10	+0.13	+0.26	+0.13
	$\frac{1}{2}$	+0.34	+0.20	+0.30	+0.16	-0.09	-0.46	+0.30	+0.16	-0.09	-0.46	+0.30	+0.16	+0.15	+0.30	+0.11	+0.30	+0.16	+0.20	+0.34	+0.20
	$\frac{3}{4}$	+0.41	+0.16	+0.31	+0.14	-0.09	-0.44	+0.31	+0.14	-0.09	-0.44	+0.31	+0.14	+0.14	+0.31	+0.14	+0.31	+0.14	+0.20	+0.41	+0.16

$b/a = 2.5$											
c/a	x/a	$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
0.50	0	0	+0.079	0	-0.047	0	-0.120	0	-0.038	0	-0.092
	$\frac{1}{4}$	+0.023	+0.065	+0.020	+0.042	-0.021	-0.107	-0.020	-0.073	-0.016	-0.070
	$\frac{1}{2}$	+0.051	+0.053	+0.037	+0.026	-0.018	-0.090	-0.011	-0.051	-0.005	-0.045
0.75	$\frac{3}{4}$	+0.017	+0.031	+0.027	-0.013	-0.056	-0.042	-0.025	+0.003	-0.024	
	0	0	+0.079	0	-0.047	0	-0.120	0	-0.038	0	-0.092
	$\frac{1}{4}$	+0.023	+0.065	+0.020	+0.042	-0.021	-0.107	-0.020	-0.073	-0.016	-0.070
	$\frac{1}{2}$	+0.051	+0.053	+0.037	+0.026	-0.018	-0.090	-0.011	-0.051	-0.005	-0.045
0.50	$\frac{3}{4}$	+0.017	+0.031	+0.027	-0.013	-0.056	-0.042	-0.025	+0.003	-0.024	
	0	0	+0.079	0	-0.047	0	-0.120	0	-0.038	0	-0.092
	$\frac{1}{4}$	+0.023	+0.065	+0.020	+0.042	-0.021	-0.107	-0.020	-0.073	-0.016	-0.070
	$\frac{1}{2}$	+0.051	+0.053	+0.037	+0.026	-0.018	-0.090	-0.011	-0.051	-0.005	-0.045
	$\frac{3}{4}$	+0.017	+0.031	+0.027	-0.013	-0.056	-0.042	-0.025	+0.003	-0.024	

$b/a = 1.5$											
c/a	x/a	$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
1.50	0	0	+0.027	0	+0.003	0	-0.052	0	+0.003	0	+0.027
	$\frac{1}{4}$	+0.009	+0.028	+0.003	+0.008	-0.012	-0.059	+0.003	+0.008	+0.003	+0.028
	$\frac{1}{2}$	+0.022	+0.027	+0.012	+0.011	-0.013	-0.063	+0.012	+0.011	+0.012	+0.027
1.25	$\frac{3}{4}$	+0.027	+0.020	+0.017	+0.011	-0.010	-0.052	+0.017	+0.011	+0.027	
	0	0	+0.031	0	+0.008	0	-0.045	0	+0.005	0	+0.031
	$\frac{1}{4}$	+0.010	+0.031	+0.005	+0.012	-0.010	-0.050	+0.001	+0.001	+0.010	+0.031
	$\frac{1}{2}$	+0.024	+0.030	+0.014	+0.014	-0.011	-0.056	+0.007	+0.006	+0.024	+0.030
1.00	$\frac{3}{4}$	+0.025	+0.022	+0.018	+0.012	-0.010	-0.058	+0.013	+0.006	+0.025	
	0	0	+0.038	0	+0.016	0	-0.034	0	+0.016	0	+0.038
	$\frac{1}{4}$	+0.011	+0.036	+0.007	+0.018	-0.008	-0.038	+0.005	+0.004	+0.011	+0.036
	$\frac{1}{2}$	+0.025	+0.033	+0.016	+0.019	-0.008	-0.042	+0.003	+0.003	+0.025	+0.033
0.75	$\frac{3}{4}$	+0.028	+0.022	+0.019	+0.015	-0.008	-0.041	+0.003	+0.002	+0.028	
	0	0	+0.040	0	+0.017	0	-0.035	0	+0.030	0	+0.040
	$\frac{1}{4}$	+0.010	+0.037	+0.007	+0.019	-0.008	-0.040	+0.006	+0.007	+0.010	+0.037
	$\frac{1}{2}$	+0.024	+0.034	+0.017	+0.020	-0.009	-0.044	+0.006	+0.007	+0.024	+0.034
0.50	$\frac{3}{4}$	+0.028	+0.022	+0.018	+0.016	-0.008	-0.040	+0.002	+0.002	+0.028	
	0	0	+0.040	0	+0.017	0	-0.035	0	+0.030	0	+0.040
	$\frac{1}{4}$	+0.010	+0.037	+0.007	+0.019	-0.008	-0.040	+0.006	+0.007	+0.010	+0.037
	$\frac{1}{2}$	+0.024	+0.034	+0.017	+0.020	-0.009	-0.044	+0.006	+0.007	+0.024	+0.034

$b/a = 1.0$											
c/a	x/a	$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
1.00	0	0	+0.010	0	+0.003	0	-0.019	0	+0.002	0	+0.010
	$\frac{1}{4}$	+0.002	+0.013	+0.000	+0.003	-0.005	-0.025	+0.000	+0.003	+0.002	+0.013
	$\frac{1}{2}$	+0.010	+0.017	+0.005	+0.006	-0.007	-0.036	+0.005	+0.006	+0.010	+0.017
0.75	$\frac{3}{4}$	+0.015	+0.015	+0.009	+0.007	-0.007	-0.036	+0.009	+0.007	+0.015	
	0	0	+0.016	0	+0.007	0	-0.013	0	+0.004	0	+0.016
	$\frac{1}{4}$	+0.003	+0.017	+0.001	+0.008	-0.004	-0.020	+0.001	+0.005	+0.003	+0.017
	$\frac{1}{2}$	+0.011	+0.020	+0.006	+0.009	-0.007	-0.033	+0.006	+0.009	+0.011	+0.020
0.50	$\frac{3}{4}$	+0.016	+0.014	+0.009	+0.009	-0.006	-0.032	+0.004	+0.009	+0.016	
	0	0	+0.020	0	+0.011	0	-0.011	0	+0.007	0	+0.020
	$\frac{1}{4}$	+0.003	+0.018	+0.001	+0.010	-0.004	-0.018	+0.001	+0.007	+0.003	+0.018
	$\frac{1}{2}$	+0.012	+0.015	+0.008	+0.010	-0.006	-0.032	+0.001	+0.009	+0.012	+0.015
0.50	$\frac{3}{4}$	+0.017	+0.013	+0.010	+0.009	-0.006	-0.031	+0.002	+0.005	+0.017	
	0	0	+0.020	0	+0.011	0	-0.011	0	+0.007	0	+0.020
	$\frac{1}{4}$	+0.003	+0.018	+0.001	+0.010	-0.004	-0.018	+0.001	+0.007	+0.003	+0.018
	$\frac{1}{2}$	+0.012	+0.015	+0.008	+0.010	-0.006	-0.032	+0.001	+0.009	+0.012	+0.015

علامت منفی نشان دهنده کشش در سمت بارگذاری است.

$b/a = 2.5$											
c/a	π/a	$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
		$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
0.50	$\frac{1}{4}$	-0.035	-0.010	+0.027	+0.011	-0.006	-0.032	+0.003	+0.008	+0.008	+0.011
	$\frac{1}{2}$	+0.057	+0.015	+0.046	+0.017	-0.011	-0.033	+0.008	+0.006	+0.017	+0.017
	$\frac{3}{4}$	-0.051	-0.013	+0.042	+0.014	-0.010	-0.048	+0.013	+0.008	+0.021	+0.016
1.25	$\frac{1}{4}$	+0.035	+0.010	+0.027	+0.011	-0.006	-0.032	+0.003	+0.008	+0.008	+0.011
	$\frac{1}{2}$	+0.057	+0.015	+0.046	+0.017	-0.011	-0.033	+0.008	+0.006	+0.017	+0.017
	$\frac{3}{4}$	-0.051	-0.013	+0.042	+0.014	-0.010	-0.048	+0.013	+0.008	+0.021	+0.016
1.00	$\frac{1}{4}$	+0.035	+0.010	+0.027	+0.011	-0.006	-0.032	+0.003	+0.008	+0.008	+0.011
	$\frac{1}{2}$	+0.057	+0.015	+0.046	+0.017	-0.011	-0.033	+0.008	+0.006	+0.017	+0.017
	$\frac{3}{4}$	-0.051	-0.013	+0.042	+0.014	-0.010	-0.048	+0.013	+0.008	+0.021	+0.016
0.75	$\frac{1}{4}$	-0.035	-0.010	+0.027	+0.011	-0.006	-0.032	+0.003	+0.008	+0.008	+0.011
	$\frac{1}{2}$	+0.057	+0.015	+0.046	+0.017	-0.011	-0.033	+0.008	+0.006	+0.017	+0.017
	$\frac{3}{4}$	-0.051	-0.013	+0.042	+0.014	-0.010	-0.048	+0.013	+0.008	+0.021	+0.016
0.50	$\frac{1}{4}$	+0.036	+0.010	+0.028	+0.011	-0.004	-0.031	-0.004	-0.011	-0.005	-0.008
	$\frac{1}{2}$	+0.057	+0.015	+0.047	+0.017	-0.008	-0.035	-0.007	-0.016	-0.006	-0.010
	$\frac{3}{4}$	+0.032	+0.013	+0.043	+0.014	-0.007	-0.033	-0.004	-0.010	-0.001	-0.004

$b/a = 1.5$											
c/a	π/a	$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
		$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
0.50	$\frac{1}{4}$	+0.027	+0.013	+0.018	+0.010	-0.005	-0.024	-0.003	-0.004	-0.001	+0.002
	$\frac{1}{2}$	+0.045	+0.020	+0.031	+0.016	-0.008	-0.040	-0.002	-0.014	+0.005	+0.005
	$\frac{3}{4}$	+0.042	+0.016	+0.032	+0.014	-0.008	-0.041	-0.002	-0.002	+0.005	+0.003
0.75	$\frac{1}{4}$	+0.027	+0.013	+0.019	+0.010	-0.004	-0.021	-0.004	-0.010	-0.004	-0.007
	$\frac{1}{2}$	+0.045	+0.020	+0.031	+0.016	-0.008	-0.040	-0.002	-0.014	+0.005	+0.005
	$\frac{3}{4}$	+0.042	+0.016	+0.032	+0.014	-0.008	-0.041	-0.002	-0.002	+0.005	+0.003
1.00	$\frac{1}{4}$	+0.027	+0.013	+0.019	+0.010	-0.004	-0.021	-0.004	-0.010	-0.004	-0.007
	$\frac{1}{2}$	+0.045	+0.020	+0.031	+0.016	-0.008	-0.040	-0.002	-0.014	+0.005	+0.005
	$\frac{3}{4}$	+0.042	+0.016	+0.032	+0.014	-0.008	-0.041	-0.002	-0.002	+0.005	+0.003
0.75	$\frac{1}{4}$	+0.018	+0.014	+0.011	+0.010	-0.004	-0.021	-0.002	-0.003	-0.001	+0.002
	$\frac{1}{2}$	+0.032	+0.022	+0.021	+0.014	-0.007	-0.036	-0.002	-0.004	+0.001	+0.005
	$\frac{3}{4}$	+0.032	+0.018	+0.022	+0.014	-0.007	-0.036	+0.002	-0.000	+0.006	+0.008
0.50	$\frac{1}{4}$	+0.020	+0.016	+0.013	+0.012	-0.003	-0.017	-0.003	-0.009	-0.004	-0.005
	$\frac{1}{2}$	+0.035	+0.024	+0.023	+0.018	-0.006	-0.031	-0.006	-0.014	-0.005	-0.007
	$\frac{3}{4}$	+0.034	+0.020	+0.024	+0.016	-0.007	-0.033	-0.003	-0.009	-0.001	-0.001

$b/a = 1.0$											
c/a	π/a	$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
		$y = 0$		$y = b/4$		$y = b/2$		$z = c/4$		$z = 0$	
0.50	$\frac{1}{4}$	+0.005	+0.009	+0.002	+0.003	-0.004	-0.020	+0.002	+0.003	+0.005	+0.009
	$\frac{1}{2}$	+0.011	+0.016	+0.006	+0.006	-0.007	-0.035	+0.006	+0.011	+0.016	+0.016
	$\frac{3}{4}$	+0.016	+0.015	+0.009	+0.007	-0.007	-0.035	+0.009	+0.007	+0.016	+0.015
0.75	$\frac{1}{4}$	+0.006	+0.010	+0.003	+0.004	-0.003	-0.016	+0.000	+0.000	+0.001	+0.005
	$\frac{1}{2}$	+0.013	+0.017	+0.008	+0.008	-0.005	-0.029	+0.001	+0.001	+0.005	+0.009
	$\frac{3}{4}$	+0.017	+0.016	+0.010	+0.008	-0.006	-0.031	+0.004	+0.003	+0.008	+0.010
1.00	$\frac{1}{4}$	+0.006	+0.010	+0.003	+0.004	-0.003	-0.016	+0.000	+0.000	+0.001	+0.005
	$\frac{1}{2}$	+0.013	+0.017	+0.008	+0.008	-0.005	-0.029	+0.001	+0.001	+0.005	+0.009
	$\frac{3}{4}$	+0.017	+0.016	+0.010	+0.008	-0.006	-0.031	+0.004	+0.003	+0.008	+0.010
0.50	$\frac{1}{4}$	+0.007	+0.011	+0.005	+0.006	-0.002	-0.010	-0.002	-0.003	-0.003	-0.002
	$\frac{1}{2}$	+0.015	+0.018	+0.010	+0.010	-0.004	-0.021	-0.003	-0.007	-0.003	-0.002
	$\frac{3}{4}$	+0.018	+0.016	+0.012	+0.010	-0.005	-0.026	-0.001	-0.004	-0.000	-0.001

علامت منفی نشان دهنده کشش در سمت بارگذاری است.

جداول دالهای دو طرفه

جداولی که در این پیوست ارائه می شود از کتاب بتن کالندر استخراج شده است. این جداول به دو حالت کلی دالها با ۴ لبه متکی و دالها با سه لبه متکی و یک لبه آزاد طبقه بندی می شوند که برای هر حالت، وضعیتهای مختلفی بر حسب شرایط اتکایی (گیردار یا ساده) و بار وارده (گسترده یکنواخت و گسترده مثلثی) ارائه شده است. علائم به کار رفته در این جداول به شرح زیر می باشند:

لبه گیردار = 

لبه ساده = _____

لبه آزاد = - - - -

ϵ_x = طول ضلع موازی محور x

ϵ_y = طول ضلع موازی محور y

E = مدول الاستیسیته بتن دال

d = ضخامت دال

p = شدت بار گسترده یکنواخت

p_1 = شدت حداکثر بار گسترده مثلثی

f_m = افت در وسط دال

m_{xerm} = لنگر در وسط لبه گیردار برای نواری به عرض واحد به موازات محور x

m_{yerm} = لنگر در وسط لبه گیردار برای نواری به عرض واحد به موازات محور y

$m_{xerm\ min}$ و $m_{yerm\ min}$ = حداکثر لنگر منفی لبه گیردار به صورتی که در بالا شرح داده شده.

m_{xere} = لنگر مربوط به گوشه محل تلاقی یک لبه گیردار و یک لبه آزاد برای نواری به عرض

واحد به موازات محور x

m_{xm} = لنگر مثبت در وسط دال برای نواری به عرض واحد به موازات محور x

m_{ym} = لنگر مثبت در وسط دال برای نواری به عرض واحد به موازات محور y

$m_{x\max}$ و $m_{y\max}$ = حداکثر لنگر مثبت دو نوار میانی به ترتیب به موازات محورهای x و y

$m_{x\min}$ و $m_{y\min}$ = حداکثر لنگر منفی دو نوار میانی به ترتیب به موازات محورهای x و y

m_{xfrem} = لنگر مثبت در وسط لبه آزاد در نواری به عرض واحد به موازات محور x

m_{xye} = لنگر پیچشی در گوشه محل تلاقی دو لبه ساده

m_{eyfre} = لنگر پیچشی در گوشه محل تلاقی یک لبه ساده و یک لبه آزاد

m_{xym} = لنگر پیچشی در وسط لبه ساده

$m_{xy\max}$ = حداکثر لنگر پیچشی

R_e = نیروی فشاری یا کششی در گوشه محل تلاقی دو لبه ساده که به علت وجود لنگر

پیچشی ایجاد می شود و مقدارش دو برابر لنگر پیچشی است ($R_e = 2m_{xye}$)

R_{fre} = نیروی فشاری یا کششی در گوشه محل تلاقی یک لبه ساده و یک لبه آزاد

($R_{fre} = 2m_{xyfre}$)

q_{xrm} و q_{yrm} = به ترتیب تلاش برشی در وسط یک لبه ساده برای نواری به عرض واحد

به موازات محورهای x و y

$q_{x\max}$ و $q_{y\max}$ = حداکثر تلاش برشی در یک لبه ساده به صورتی که در بالا تشریح شد.

q_{xerm} و q_{yerm} = به ترتیب تلاش برشی در وسط یک لبه گیردار برای نواری به عرض واحد

به موازات محورهای x و y

$q_{xer\max}$ و $q_{yer\max}$ = حداکثر تلاش برشی در یک لبه گیردار به صورتی که در بالا تشریح شد.

q_{xe} و q_{ye} = تلاش برشی در گوشه محل تلاقی یک لبه ساده و یک لبه گیردار

$q =$ واکنش تکیه‌گاهی با اندیسهایی مشابه q

تبصره ۱: تمام نیروهای ارائه شده مربوط به نواری به عرض واحد می‌باشند.

تبصره ۲: در زیر هر جدول نمودار تغییرات نیروهای فوق برای نسبت $I_y/I_x = 1/5$ رسم شده است.

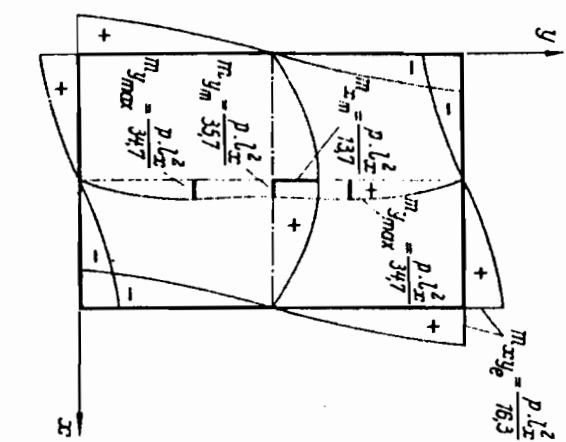
جداول دالها با چهار لبه متکی

جدول ۱- دال با چهار لبه ساده تحت بار گسترده یکنواخت

$l_y:l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xm} =$ $m_{ymax} =$ $m_{xve} = \pm$ $R_o =$	27,2 27,2 21,6 10,8	24,5 27,5 20,6 10,3	22,4 27,9 19,7 9,85	20,7 28,4 19,0 9,5	19,1 29,1 18,4 9,2	17,8 29,9 17,9 8,95	16,8 30,9 17,5 8,75	15,8 31,8 17,1 8,55	15,0 32,8 16,8 8,4	14,3 33,8 16,5 8,25	13,7 34,7 16,3 8,15
$q_{xrm} = \pm$ $q_{xrm} =$ $q_{yrm} = \pm$ $q_{yrm} =$ $f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	2,96 2,19 2,96 2,19 0,0487	2,37 2,15 2,92 2,14 0,0536	2,78 2,11 2,89 2,09 0,0584	2,71 2,07 2,86 2,05 0,0631	2,64 2,04 2,84 2,02 0,0678	2,58 2,02 2,82 1,99 0,0728	2,52 2,00 2,80 1,96 0,0767	2,47 1,98 2,78 1,94 0,0809	2,43 1,97 2,76 1,92 0,0850	2,39 1,96 2,75 1,90 0,0890	2,36 1,95 2,75 1,89 0,0927

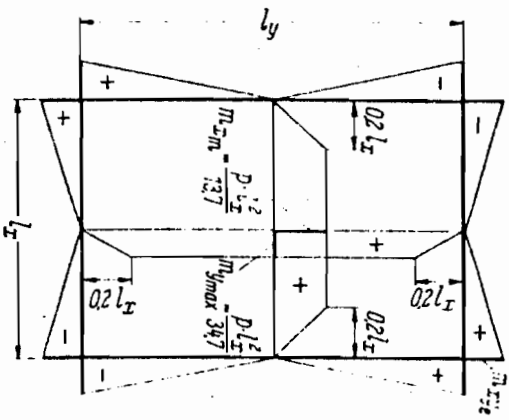
$l_y:l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xm} =$ $m_{ymax} =$ $m_{xve} = \pm$ $R_o =$	13,7 34,7 16,3 8,15	13,2 35,4 16,1 8,05	12,7 36,1 15,9 7,95	12,3 36,7 15,7 7,85	11,9 37,3 15,6 7,8	11,5 37,9 15,5 7,75	11,3 38,5 15,4 7,7	11,0 38,9 15,3 7,65	10,8 39,4 15,3 7,65	10,6 39,8 15,2 7,6	10,4 40,3 15,1 7,55

q_{xrm}	$= \pm$	2,36	2,33	2,30	2,27	2,25	2,23	2,21	2,19	2,18	2,16	2,15
$\bar{q}_{xrm}$	$=$	1,95	1,94	1,93	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
q_{yrm}	$= \pm$	2,75	2,74	2,73	2,73	2,73	2,72	2,72	2,71	2,71	2,70	2,70
$\bar{q}_{yrm}$	$=$	1,89	1,88	1,87	1,86	1,85	1,84	1,83	1,82	1,82	1,82	1,82
f_m	$= \frac{P \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0927	0,0963	0,0997	0,1029	0,1060	0,1093	0,1118	0,1145	0,1169	0,1195	0,1215



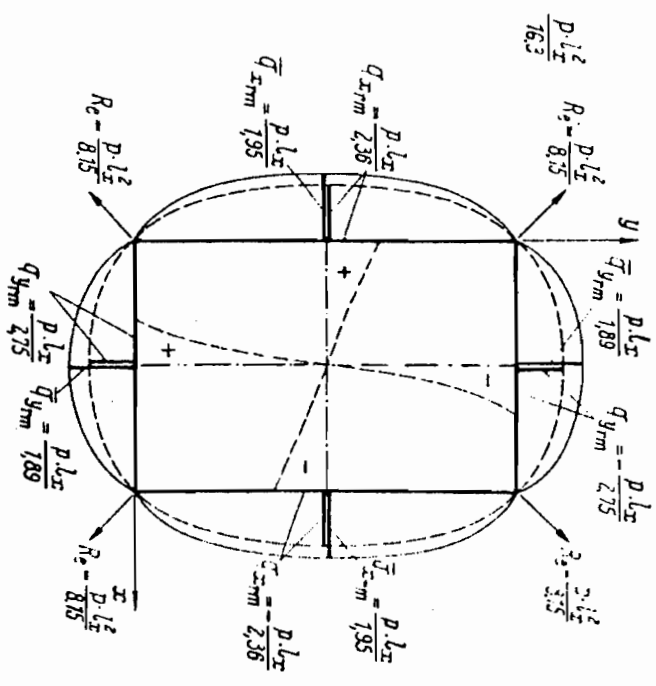
نمودار لنگر

(توزیع واقعی)



نمودار لنگر

(توزیع قراردادی)



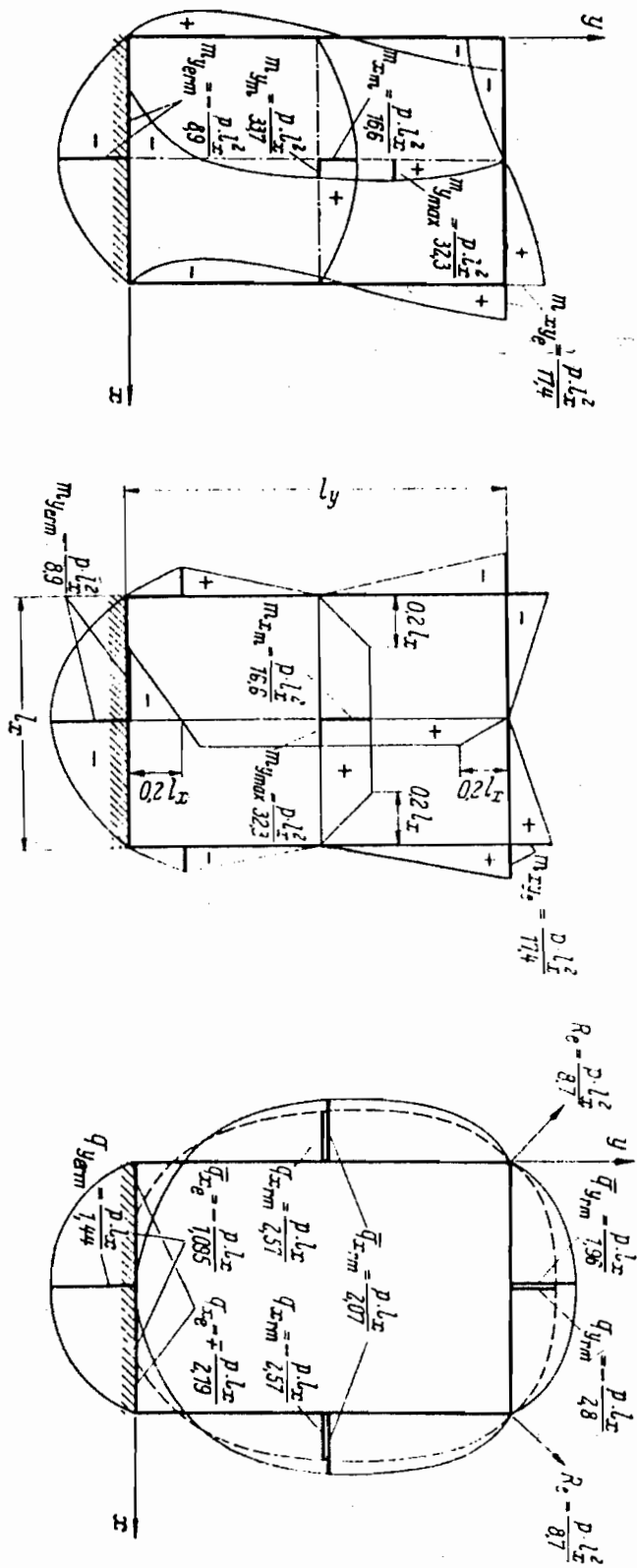
نمودار برش

جدول ۲- دال با سه لبه ساده و یک لبه گیردار تحت بار گسترده یکنواخت

$l_y:l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xm} =$	41,2	36,5	31,9	28,3	25,9	23,4	21,7	20,1	18,8	17,5	16,6
$m_{yerm} = -$	11,9	11,3	10,9	10,4	10,1	9,8	9,6	9,3	9,2	9,0	8,9
$m_{ymax} =$	29,4	29,0	28,8	28,8	28,9	29,2	29,7	30,2	30,8	31,6	32,3
$m_{zve} = \pm$	26,2	24,5	23,2	21,9	21,0	20,1	19,4	18,7	18,3	17,7	17,4
$R_e =$	13,1	12,2	11,6	10,9	10,5	10,0	9,7	9,3	9,1	8,8	8,7
$q_{xrm} = \pm$	3,54	3,39	3,25	3,13	3,02	2,92	2,83	2,76	2,69	2,63	2,57
$q_{xrm} =$	2,59	2,49	2,42	2,34	2,29	2,23	2,19	2,15	2,12	2,09	2,07
$q_{yerm} =$	1,72	1,67	1,63	1,59	1,56	1,53	1,51	1,49	1,47	1,45	1,44
$q_{yrm} = -$	3,18	3,11	3,05	3,00	2,95	2,92	2,89	2,86	2,84	2,82	2,80
$q_{yrm} =$	2,47	2,38	2,29	2,23	2,17	2,12	2,08	2,04	2,01	1,98	1,96
$f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	0,0334	0,0378	0,0422	0,0467	0,0512	0,0557	0,0602	0,0645	0,0689	0,0731	0,0773

$l_y:l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xm} =$	16,6	15,7	15,0	14,3	13,8	13,2	12,8	12,3	12,0	11,6	11,4
$m_{yerm} = -$	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,45	8,4	8,35	8,3	8,25	8,2
$m_{ymax} =$	32,3	33,0	33,6	34,3	34,9	35,6	36,2	36,9	37,5	38,2	38,8
$m_{zve} = \pm$	17,4	17,0	16,8	16,5	16,3	16,1	15,9	15,7	15,6	15,5	15,4
$R_e =$	8,7	8,5	8,4	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,8	7,7	7,7

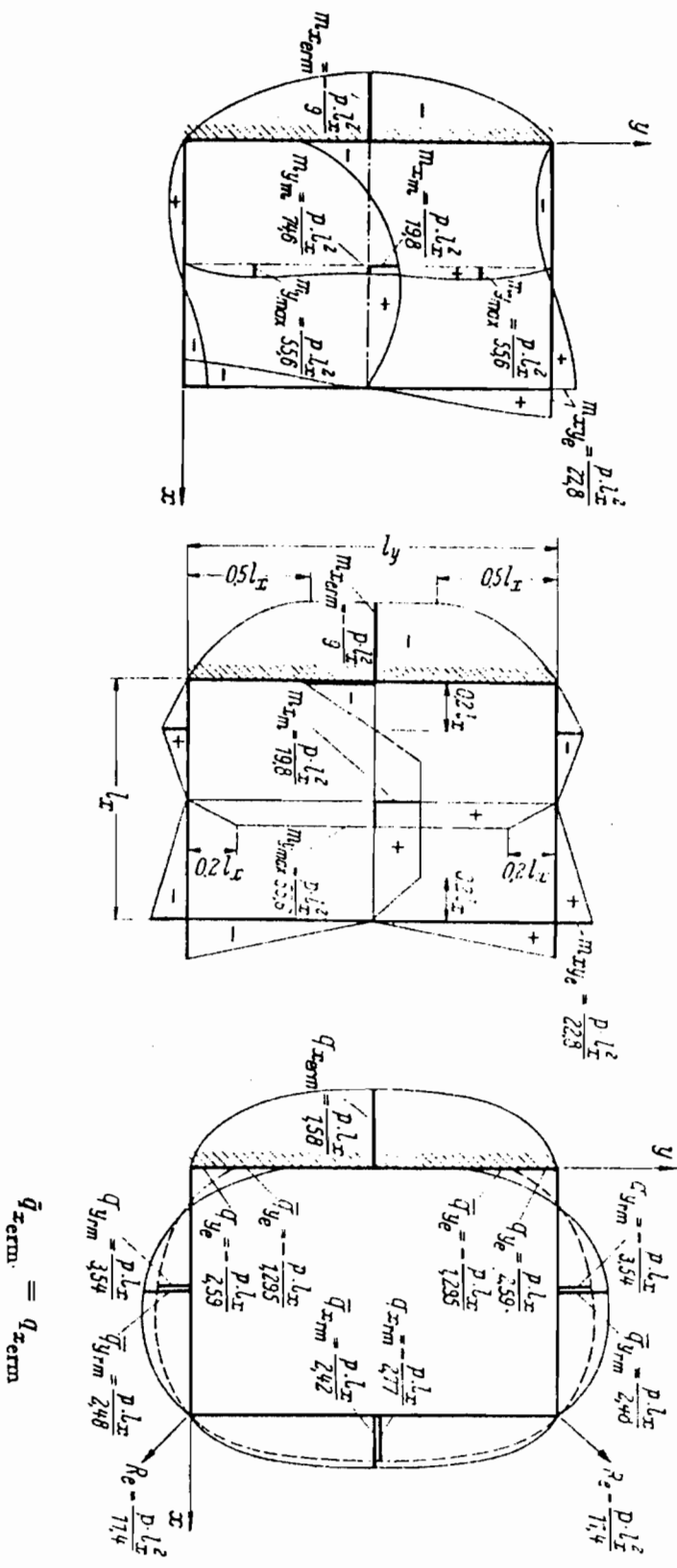
$q_{x\text{erm}} = \pm$	2,57	2,52	2,47	2,43	2,39	2,36	2,33	2,30	2,28	2,25	2,23
$\bar{q}_{x\text{erm}} =$	2,07	2,05	2,03	2,01	1,99	1,98	1,97	1,96	1,96	1,95	1,95
$q_{y\text{erm}} =$	1,44	1,43	1,42	1,41	1,40	1,39	1,39	1,38	1,38	1,37	1,37
$\bar{q}_{y\text{erm}} =$	2,80	2,78	2,77	2,76	2,75	2,74	2,73	2,72	2,72	2,71	2,71
$\bar{q}_{y\text{erm}} =$	1,96	1,94	1,92	1,90	1,89	1,88	1,87	1,86	1,85	1,84	1,84
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0773	0,0815	0,0852	0,0892	0,0926	0,0962	0,0994	0,1027	0,1056	0,1085	0,1112



$$\bar{q}_{y\text{erm}} = q_{y\text{erm}}$$

جدول ۳- دال با سه لبه ساده و یک لبه گیردار تحت بار گسترده یکنواخت

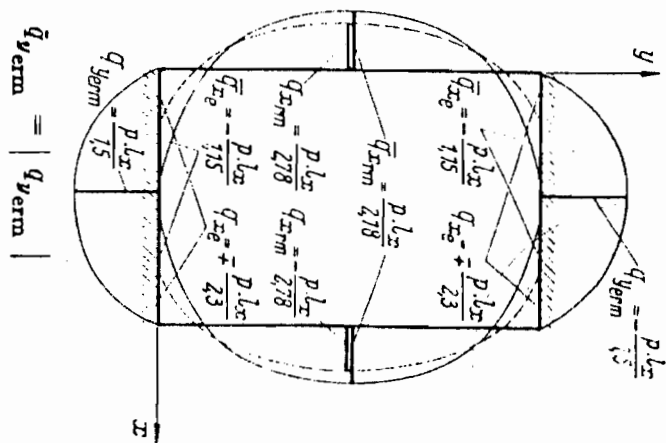
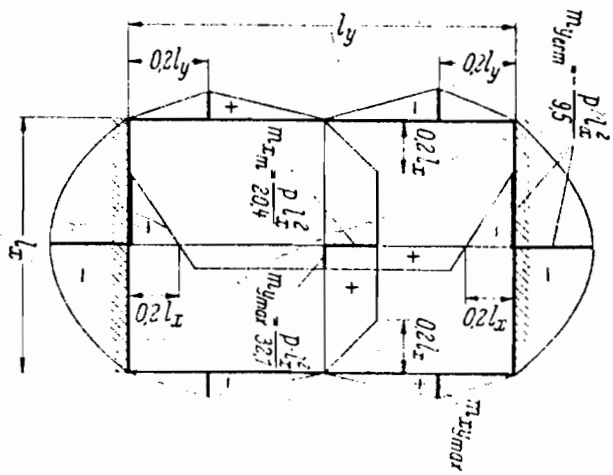
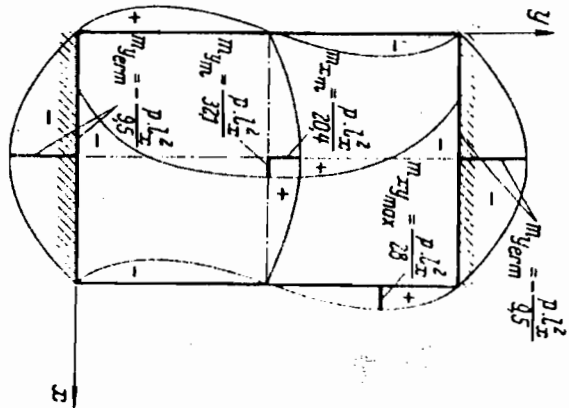
$l_y:l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xerm} = -$	11,9	11,3	10,9	10,5	10,2	9,9	9,7	9,4	9,3	9,1	9,0
$m_{xm} =$	31,4	29,2	27,3	25,8	24,5	23,4	22,4	21,6	21,0	20,3	19,8
$m_{ymax} =$	41,2	43,2	45,1	47,1	48,8	50,3	51,8	53,2	54,3	55,0	55,6
$m_{xve} = \pm$	26,2	25,4	24,9	24,4	24,0	23,7	23,5	23,2	23,0	22,9	22,8
$R_e =$	13,1	12,7	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7	11,6	11,5	11,4	11,4
$q_{xerm} =$	1,72	1,69	1,67	1,65	1,63	1,62	1,61	1,60	1,59	1,58	1,58
$q_{xrm} = -$	3,18	3,11	3,05	2,99	2,94	2,90	2,87	2,84	2,81	2,79	2,77
$q_{xrm} = \pm$	2,47	2,44	2,42	2,41	2,41	2,40	2,40	2,40	2,41	2,41	2,42
$q_{vrm} =$	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,54
$q_{vrm} =$	2,59	2,56	2,54	2,52	2,51	2,50	2,50	2,49	2,49	2,48	2,48
$f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	0,0334	0,0357	0,0380	0,0401	0,0420	0,0438	0,0455	0,0472	0,0485	0,0498	0,0510
$l_y:l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xerm} = -$	9,0	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,3	8,3
$m_{xm} =$	19,8	19,4	19,0	18,6	18,3	18,0	17,8	17,5	17,4	17,2	17,1
$m_{ymax} =$	55,6	56,2	56,8	57,3	57,8	58,2	58,6	58,8	59,0	59,1	59,2
$m_{xve} = \pm$	22,8	22,7	22,6	22,5	22,5	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4
$R_e =$	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2

[illegible]

جدول ۴ - دال با دو لبه ساده و دو لبه گیردار تحت بار گسترده یکنواخت

$l_y:l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xm} =$	63,3	52,2	46,1	39,8	35,5	31,5	28,5	25,8	23,7	22,0	20,4
$m_{yerm} = -$	14,3	13,4	12,7	12,0	11,5	11,1	10,7	10,3	10,0	9,75	9,5
$m_{ymax} =$	35,1	33,7	32,9	32,2	31,7	31,3	31,2	31,2	31,4	31,7	32,1
$q_{xrm} = \pm$	4,09	3,87	3,70	3,54	3,39	3,27	3,15	3,05	2,95	2,86	2,78
$\bar{q}_{xrm} =$	2,95	2,82	2,71	2,60	2,52	2,44	2,38	2,32	2,27	2,22	2,18
$q_{yerm} = \pm$	1,94	1,86	1,80	1,74	1,69	1,65	1,61	1,58	1,55	1,52	1,50
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0230	0,0266	0,0303	0,0343	0,0383	0,0425	0,0467	0,0510	0,0553	0,0596	0,0639

$l_y:l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xm} =$	20,4	19,0	17,9	16,9	16,0	15,2	14,6	13,9	13,4	12,9	12,5
$m_{yerm} = -$	9,5	9,3	9,2	9,05	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,4
$m_{ymax} =$	32,1	32,7	33,3	34,0	34,9	35,9	37,1	38,3	39,7	41,1	42,4
$q_{xrm} = \pm$	2,78	2,71	2,65	2,59	2,54	2,49	2,45	2,41	2,38	2,35	2,32
$\bar{q}_{xrm} =$	2,18	2,14	2,11	2,09	2,07	2,05	2,03	2,01	2,00	1,99	1,98
$q_{yerm} = \pm$	1,50	1,47	1,46	1,44	1,43	1,42	1,41	1,40	1,40	1,39	1,39
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0639	0,0681	0,0722	0,0762	0,0802	0,0840	0,0878	0,0914	0,0949	0,0982	0,1013

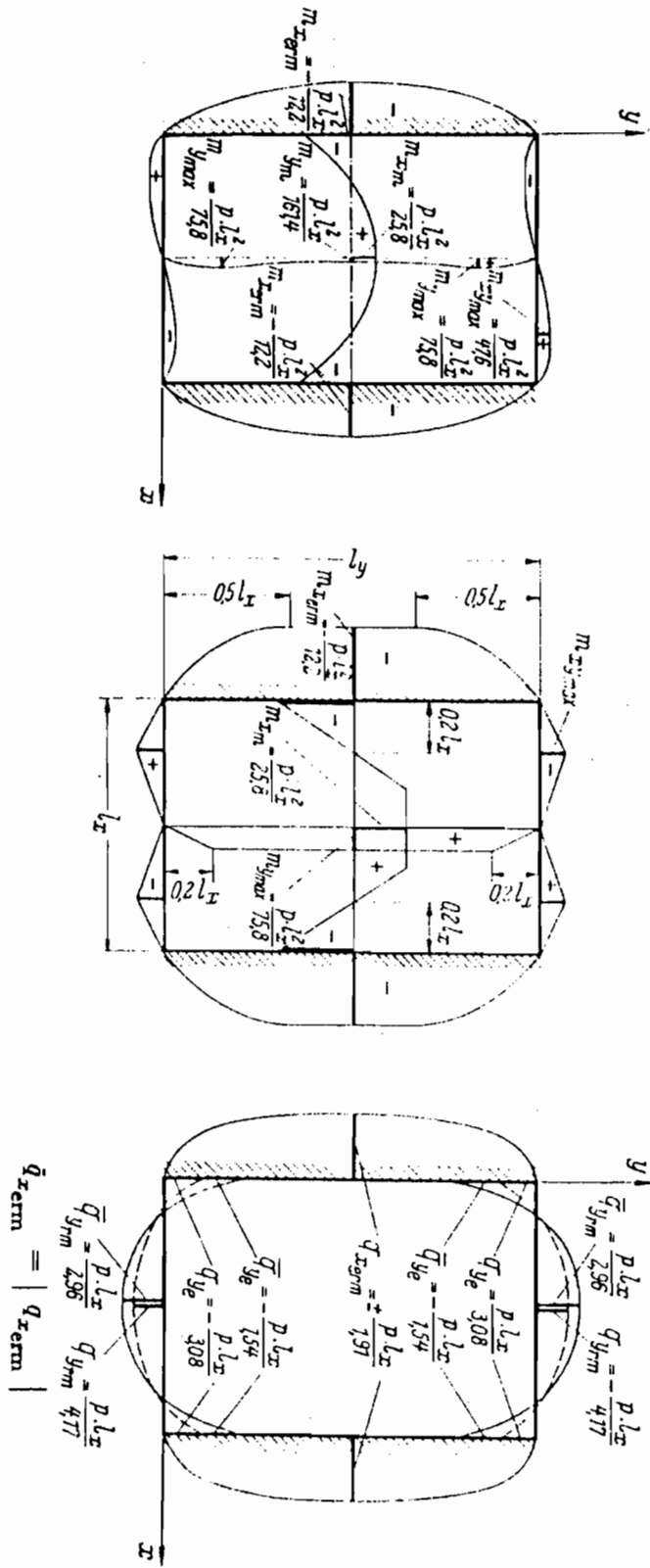


$$\bar{q}_{verm} = |q_{verm}|$$

جدول ۵- دال یا دلبه ساده و دلبه گیردار تحت بار گسترده یکپارچه

$l_y:l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xerm} = -$	14,3	13,8	13,5	13,2	13,0	12,7	12,6	12,4	12,3	12,2	12,2
$m_{xm} = p \cdot l_z^3$	35,1	33,0	31,7	30,4	29,4	28,5	27,8	27,1	26,6	26,1	25,8
$m_{y_{max}} =$	61,7	64,5	67,2	69,6	71,5	72,8	73,5	74,1	74,6	75,3	75,8
$q_{xerm} = \pm$	1,94	1,92	1,91	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,91
$q_{yerm} = \pm$	4,09	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,15	4,16	4,16	4,17
$\bar{q}_{yerm} =$	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,96
$f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	0,0230	0,0241	0,0251	0,0260	0,0267	0,0275	0,0280	0,0285	0,0289	0,0293	0,0297

$l_y:l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xerm} = -$	12,2	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
$m_{xm} = p \cdot l_z^3$	25,8	25,4	25,2	24,9	24,7	24,5	24,4	24,3	24,3	24,2	24,1
$m_{y_{max}} =$	75,8	76,5	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0
$q_{xerm} = \pm$	1,91	1,91	1,92	1,92	1,93	1,93	1,94	1,94	1,95	1,95	1,95
$q_{yerm} = \pm$	4,17	4,17	4,18	4,18	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19
$\bar{q}_{yerm} =$	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
$f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	0,0297	0,0300	0,0302	0,0305	0,0307	0,0308	0,0309	0,0310	0,0311	0,0312	0,0313

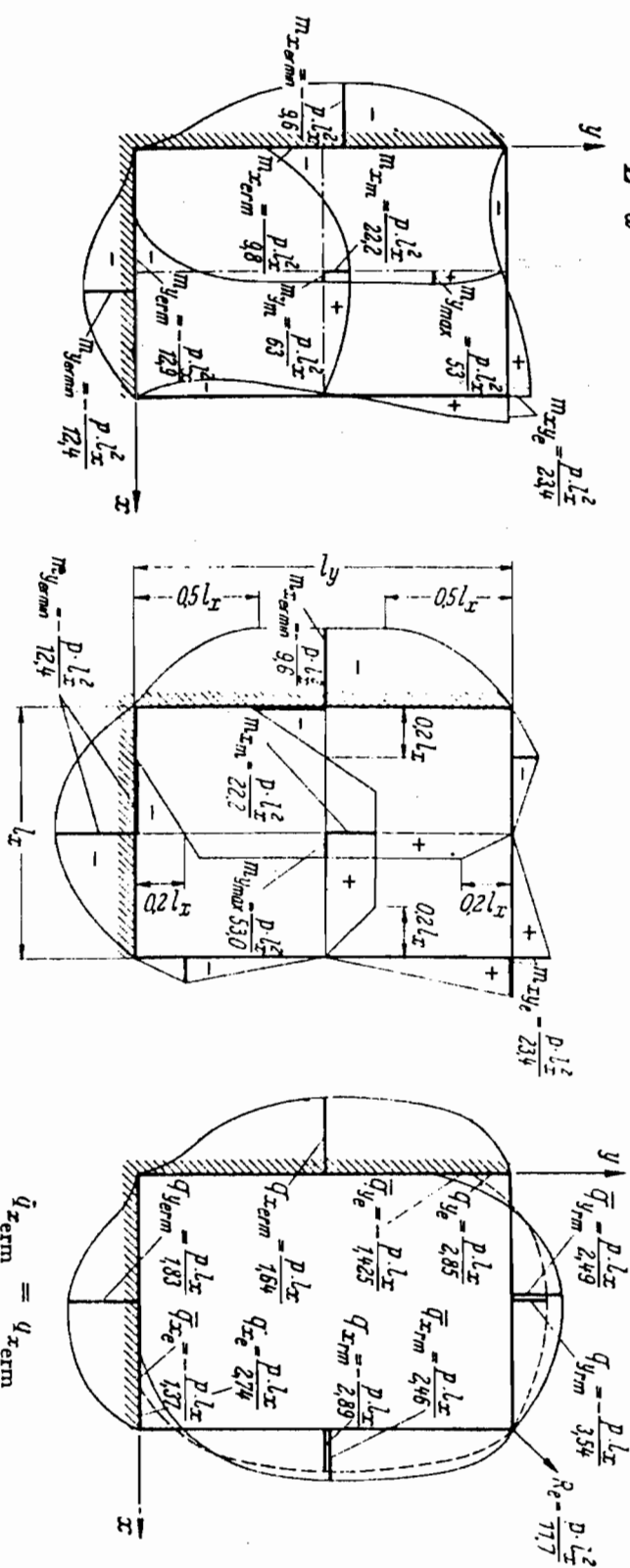


جدول ۶- دال با دو لبه گیردار و دو لبه ساده تحت بار گسترده یکپارچه

$l_y:l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{x\min} = -$	14,3	13,3	12,7	12,0	11,5	11,1	10,7	10,3	10,0	9,8	9,6
$m_{xm} =$	42,7	38,0	35,1	32,2	30,0	28,0	26,5	25,2	24,1	23,1	22,2
$m_{y\min} = -$	14,3	13,8	13,6	13,3	13,1	12,9	12,8	12,7	12,6	12,5	12,4
$m_{ymax} =$	40,2	41,0	42,0	42,9	44,0	45,6	47,6	49,6	51,0	52,1	53,0
$q_{xerm} =$	1,96	1,89	1,83	1,78	1,75	1,72	1,69	1,67	1,65	1,64	1,64
$q_{xrm} = -$	3,64	3,51	3,40	3,30	3,22	3,14	3,08	3,01	2,97	2,93	2,89
$\bar{q}_{xrm} =$	2,76	2,69	2,64	2,58	2,55	2,53	2,51	2,49	2,47	2,46	2,46
$q_{yerm} =$	1,96	1,93	1,90	1,88	1,87	1,86	1,85	1,84	1,84	1,83	1,83
$q_{yrm} = -$	3,64	3,61	3,59	3,57	3,55	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54
$\bar{q}_{yrm} =$	2,76	2,69	2,65	2,61	2,59	2,56	2,54	2,52	2,51	2,50	2,49
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0252	0,0281	0,0302	0,0329	0,0348	0,0369	0,0389	0,0408	0,0426	0,0443	0,0459

$l_y:l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{x\min} = -$	9,6	9,4	9,2	9,1	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,4
$m_{xm} =$	22,2	21,6	21,0	20,4	19,9	19,5	19,1	18,7	18,4	18,1	17,9
$m_{y\min} = -$	12,4	12,3	12,3	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
$m_{ymax} =$	53,0	54,1	54,8	55,6	56,3	57,0	57,7	58,3	59,0	59,6	60,2

q_{xerm}	=	1,64	1,63	1,63	1,62	1,62	1,61	1,60	1,60	1,59	1,59	1,58
q_{xrm}	=	2,89	2,87	2,83	2,80	2,78	2,76	2,75	2,74	2,73	2,72	2,71
$\bar{q}_{xrm}$	=	2,46	2,46	2,46	2,47	2,47	2,47	2,48	2,48	2,48	2,49	2,49
q_{yerm}	=	1,83	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82
q_{yrm}	=	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,55
$\bar{q}_{yrm}$	=	2,49	2,49	2,49	2,49	2,48	2,48	2,48	2,48	2,47	2,47	2,47
f_m	$= \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0459	0,0472	0,0484	0,0496	0,0508	0,0519	0,0529	0,0538	0,0547	0,0554	0,0562

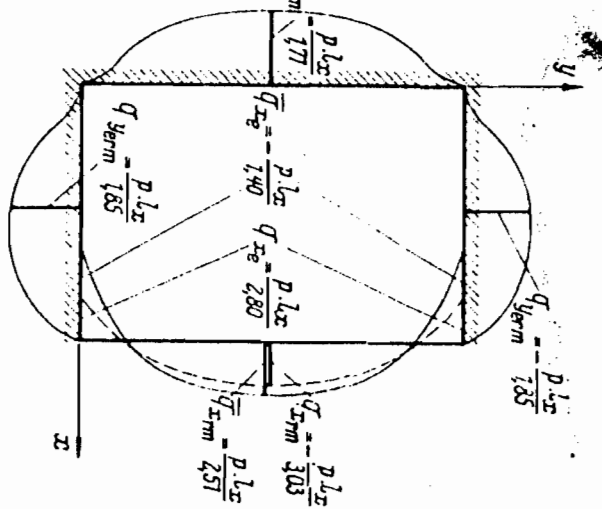
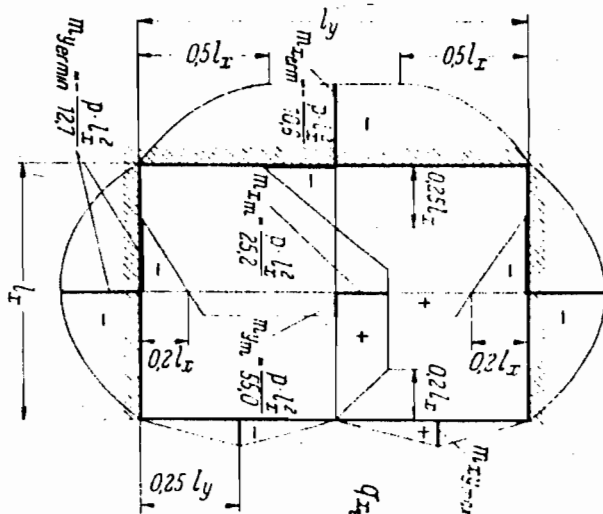
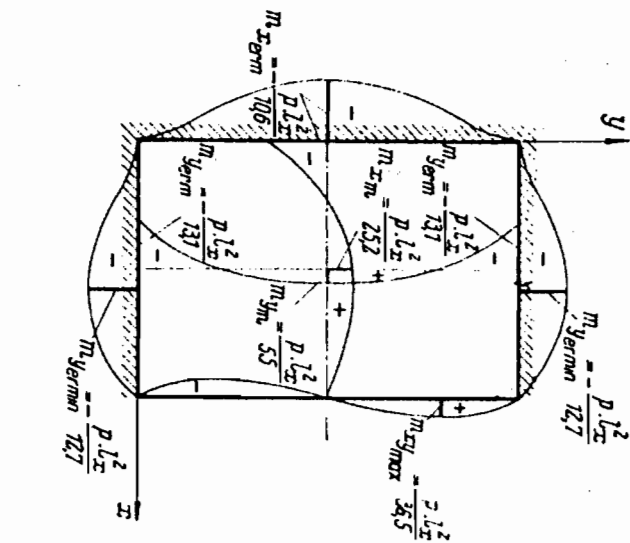


$$\bar{q}_{xerm} = q_{xerm}$$

$$\bar{q}_{yerm} = q_{yerm}$$

جدول ۷- دال با سه لبه گیردار و یک لبه ساده تحت بار گسترده، یکتراخت

$l_y:l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xerm} = -$	18,3	16,6	15,4	14,4	13,5	12,7	12,2	11,6	11,2	10,9	10,6
$m_{xm} = -$	59,5	51,6	46,1	41,4	37,5	34,2	31,8	29,6	28,0	26,4	25,2
$m_{vermln} = -$	16,2	15,4	14,8	14,3	13,9	13,5	13,3	13,1	13,0	12,8	12,7
$m_{ym} =$	44,1	43,6	43,7	44,2	44,8	45,8	46,9	48,6	50,3	52,3	55,0
$q_{xerm} = +$	2,21	2,10	2,01	1,95	1,89	1,85	1,81	1,78	1,76	1,73	1,71
$q_{xrm} =$	4,11	3,94	3,77	3,63	3,50	3,40	3,30	3,22	3,14	3,08	3,03
$\bar{q}_{xrm} = -$	3,04	2,92	2,84	2,77	2,70	2,65	2,61	2,57	2,54	2,52	2,51
$q_{yerm} =$	2,11	2,05	2,00	1,97	1,94	1,91	1,89	1,87	1,86	1,85	1,85
$f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	0,0188	0,0212	0,0236	0,0260	0,0284	0,0308	0,0329	0,0351	0,0371	0,0391	0,0409
$l_y:l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xerm} = -$	10,6	10,3	10,1	9,9	9,7	9,5	9,4	9,2	9,0	8,9	8,8
$m_{xm} =$	25,2	24,2	23,3	22,5	21,7	21,1	20,5	20,0	19,5	19,1	18,7
$m_{vermln} = -$	12,7	12,6	12,6	12,5	12,5	12,4	12,4	12,3	12,3	12,3	12,3
$m_{ym} =$	55,0	58,2	61,6	65,6	70,4	75,0	79,6	84,7	89,8	95,4	101,0
$q_{xerm} =$	1,71	1,70	1,69	1,68	1,67	1,66	1,65	1,64	1,63	1,62	1,61
$q_{xrm} = -$	3,03	2,99	2,95	2,91	2,88	2,85	2,83	2,80	2,77	2,76	2,75
$\bar{q}_{xrm} =$	2,51	2,50	2,50	2,49	2,49	2,48	2,48	2,48	2,47	2,47	2,47
$q_{yerm} = \pm$	1,85	1,84	1,84	1,84	1,84	1,83	1,83	1,83	1,83	1,82	1,82
$f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	0,0409	0,0426	0,0442	0,0457	0,0471	0,0484	0,0495	0,0507	0,0518	0,0529	0,0539



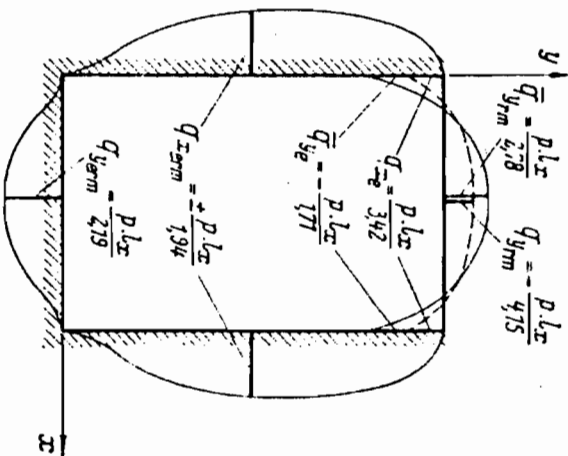
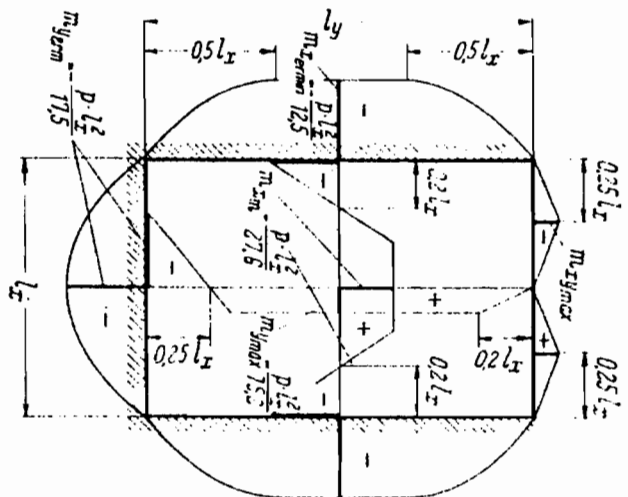
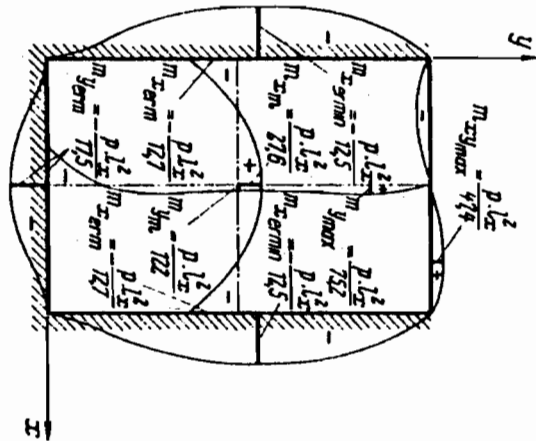
$$\bar{q}_{x_{\text{erm}}} = q_{x_{\text{erm}}}$$

$$\bar{q}_{y_{\text{erm}}} = |q_{y_{\text{erm}}}|$$

جدول ۸- دال با سه لبه گیردار و یک لبه ساده تحت بار گسترده یکنواخت

$l_y:l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xermia} = -$	16,2	15,3	14,8	14,2	13,9	13,5	13,2	12,9	12,7	12,6	12,5
$m_{xm} = -$	44,1	40,5	37,9	35,5	33,8	32,3	31,0	29,9	29,0	28,2	27,6
$m_{yerm} = -$	18,3	17,9	17,7	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{ymax} = -$	55,9	57,5	60,3	64,2	66,2	67,7	69,0	70,5	72,0	73,4	75,2
$q_{xerm} = \pm$	2,11	2,05	2,01	1,97	1,96	1,94	1,93	1,92	1,92	1,93	1,94
$q_{yerm} = -$	2,21	2,14	2,10	2,09	2,09	2,10	2,11	2,12	2,13	2,16	2,19
$q_{yrm} = -$	4,11	4,10	4,10	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,15	4,15
$q_{yrm} = -$	3,04	2,93	2,87	2,83	2,81	2,79	2,79	2,78	2,78	2,78	2,78
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0188	0,0202	0,0214	0,0226	0,0236	0,0245	0,0253	0,0261	0,0268	0,0274	0,0280

$l_y:l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xermia} = -$	12,5	12,4	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0
$m_{xm} = -$	27,6	27,0	26,5	26,1	25,7	25,3	25,1	24,9	24,7	24,6	24,5
$m_{yerm} = -$	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{ymax} = -$	75,2	76,9	78,7	80,5	82,5	84,6	86,8	89,2	91,7	94,3	97,0
$q_{xerm} = \pm$	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,95	1,95	1,95
$q_{yerm} = -$	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,20	2,20	2,20	2,21	2,21	2,21
$q_{yrm} = -$	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15
$q_{yrm} = -$	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0280	0,0285	0,0289	0,0294	0,0298	0,0301	0,0303	0,0305	0,0307	0,0308	0,0309



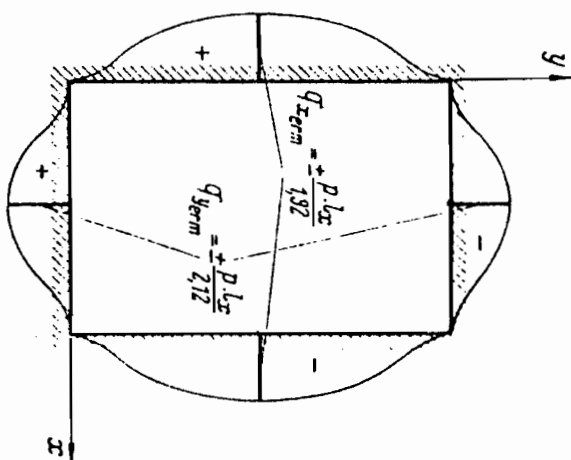
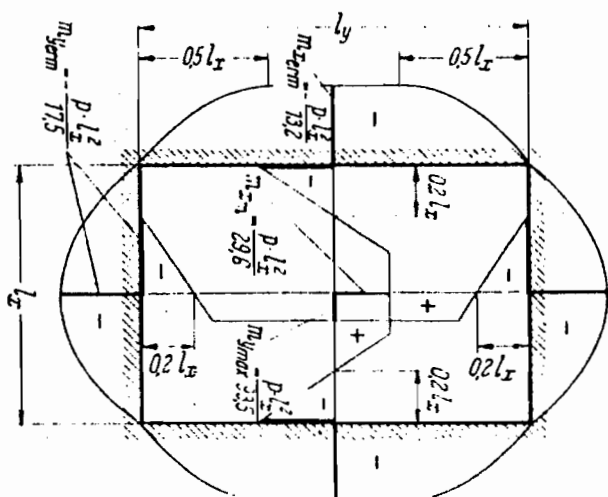
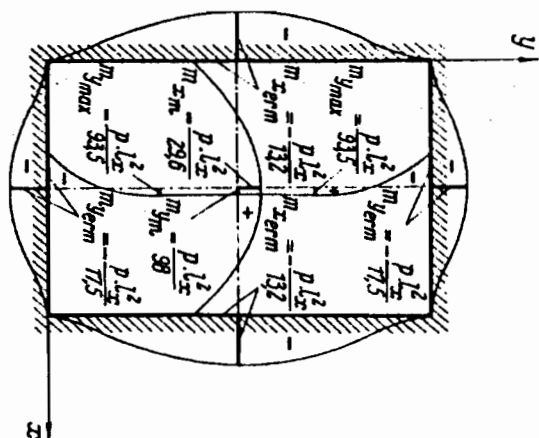
$$\bar{q}_{x\text{erm}} = |q_{x\text{erm}}|$$

$$\bar{q}_{y\text{erm}} = q_{y\text{erm}}$$

جدول ۹ - دال با چهار لبه گیردار تحت بار گسترده یکنواخت

$l_y : l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xerm} = -$	19,4	18,2	17,1	16,3	15,5	14,9	14,5	14,0	13,7	13,4	13,2
$m_{xm} =$	56,8	50,6	46,1	42,4	39,4	37,0	34,8	33,3	31,9	30,6	29,6
$m_{yerm} = -$	19,4	18,8	18,4	18,1	17,9	17,7	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{ymax} =$	56,8	58,2	60,3	62,6	65,8	69,4	73,6	78,4	83,4	89,4	93,5
$q_{xerm} = \pm$	2,24	2,17	2,10	2,05	2,01	1,98	1,96	1,94	1,92	1,92	1,92
$q_{yerm} = \pm$	2,24	2,20	2,16	2,14	2,12	2,11	2,10	2,09	2,09	2,10	2,12
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0152	0,0167	0,0181	0,0195	0,0207	0,0219	0,0230	0,0240	0,0248	0,0257	0,0264

$l_y : l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,0
$m_{xerm} = -$	13,2	13,0	12,8	12,7	12,5	12,4	12,3	12,2	12,1	12,0	12,0
$m_{xm} =$	29,6	28,3	28,1	27,5	26,9	26,4	26,0	25,7	25,4	25,2	25,0
$m_{yerm} = -$	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{ymax} =$	93,5	96,1	98,1	99,9	101,3	102,4	103,3	104,0	104,6	104,9	105,0
$q_{xerm} = \pm$	1,92	1,92	1,92	1,92	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
$q_{yerm} = \pm$	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,13	2,13	2,13
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0264	0,0271	0,0277	0,0282	0,0287	0,0291	0,0294	0,0297	0,0300	0,0302	0,0304



$$\bar{q}_{x_{erm}} = |q_{x_{erm}}|$$

$$\bar{q}_{y_{erm}} = |q_{y_{erm}}|$$

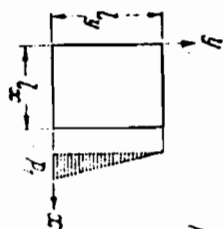
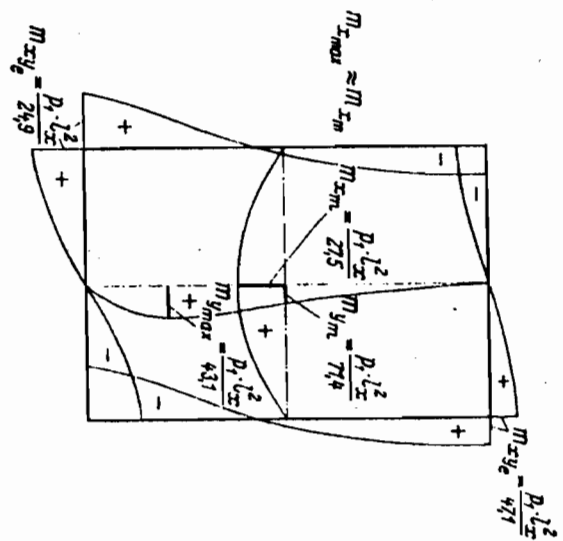
جدول ۱۰- دال با چهار لبه ساده تحت بار گسترده مثلثی

$l_y:l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
m_{xm}	54,3	44,6	38,2	33,5	30,1	27,5	20,7
$m_{y\max}$	45,5	44,2	43,5	42,9	42,7	43,1	43,1
$m_{xy_0}(y=0)$	35,8	32,4	29,8	27,7	26,2	24,9	21,3
$m_{xy_0}(y=l_y)$	54,0	50,7	48,8	47,6	47,1	47,1	52,4
$R_0(y=0)$	17,9	16,2	14,9	13,8	13,1	12,4	10,6
$R_0(y=l_y)$	27,0	25,3	24,4	23,8	23,5	23,5	26,2
$q_{x\max}$	5,23	4,87	4,58	4,34	4,15	3,99	3,46
$q_{y\max}$	3,77	3,57	3,41	3,29	3,19	3,11	2,79
$q_{x\max}(y=0)$	4,03	3,86	3,73	3,63	3,54	3,47	3,23
$q_{x\max}(y=l_y)$	3,18	3,00	2,85	2,73	2,64	2,56	2,32
$q_{y\max}(y=0)$	11,1	11,3	11,6	12,1	12,6	13,1	16,3
$q_{y\max}(y=l_y)$	7,04	6,92	6,90	6,95	7,06	7,21	8,47
f_m	0,0244	0,0292	0,0339	0,0383	0,0425	0,0463	0,0608

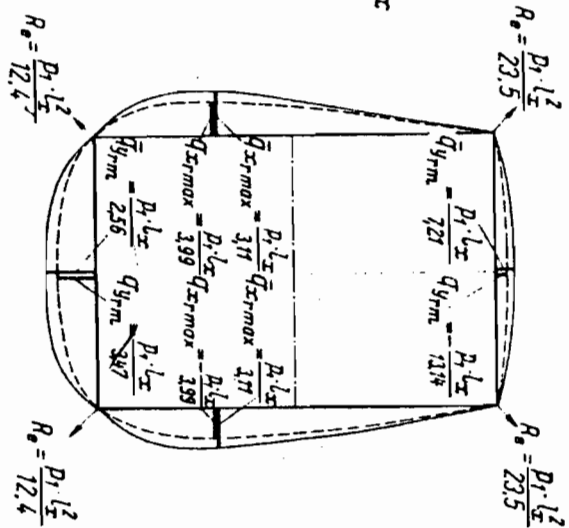
$$p_1 \cdot l_z^2: \quad \left. \begin{array}{l} m_{xm} \\ m_{y\max} \\ m_{xy_0}(y=0) \\ m_{xy_0}(y=l_y) \\ R_0(y=0) \\ R_0(y=l_y) \end{array} \right\} = \pm$$

$$p_1 \cdot l_z: \quad \left. \begin{array}{l} q_{x\max} \\ q_{y\max} \\ q_{x\max}(y=0) \\ q_{x\max}(y=l_y) \\ q_{y\max}(y=0) \\ q_{y\max}(y=l_y) \end{array} \right\} = -$$

$$f_m = \frac{p_1 \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$$

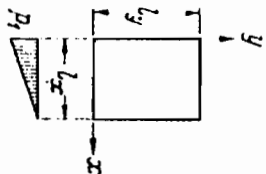
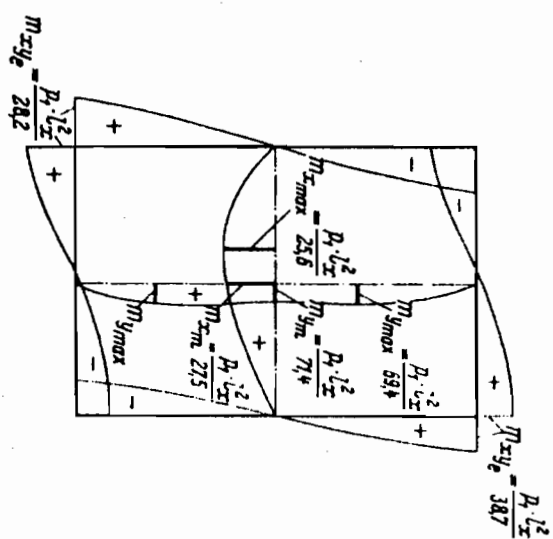


$$L_y : L_x = 1.5$$

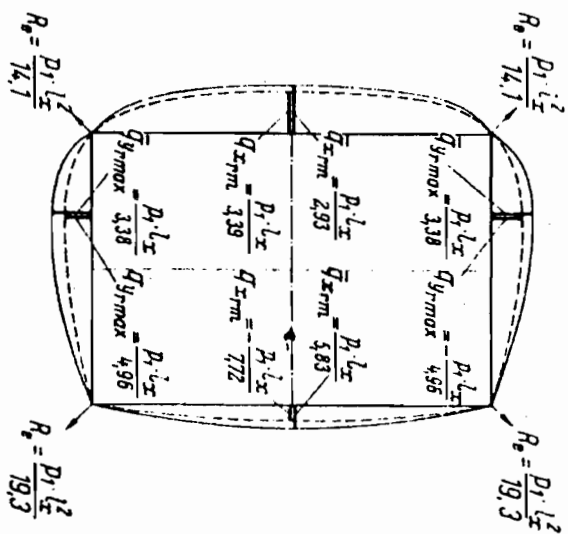


جدول ۱۱- دال با چهار لبه ساده تحت بار گسترده ممتدی

$l_y:l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
$m_{x_{\max}}$ = $m_{y_{\max}}$ = $m_{xy_{\epsilon}(x=0)}$ = $m_{xy_{\epsilon}(x=l_z)}$ = $R_{\epsilon}(x=0)$ = $R_{\epsilon}(x=l_z)$ = $q_{x_{\text{rtn}}(x=0)}$ = $q_{x_{\text{rtn}}(x=l_z)}$ = $q_{x_{\text{rtn}}(x=l_z)}$ = $q_{y_{\text{rtn}}}$ = $q_{y_{\text{rtn}}}$ = $f_m = \frac{p_1 \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	45,5 54,3 35,8 54,0 17,9 27,0 4,03 3,18 11,1 7,04 5,23 3,77 0,0214	38,9 55,9 33,3 48,5 16,6 24,2 3,84 3,10 10,0 6,60 5,14 3,64 0,0292	34,2 58,1 31,4 44,8 15,7 22,4 3,69 3,03 9,19 6,30 5,07 3,55 0,0339	30,8 61,7 30,0 42,2 15,0 21,1 3,57 2,99 8,57 6,08 5,02 3,47 0,0383	27,9 65,8 29,1 40,2 14,5 20,1 3,47 2,95 8,09 5,93 4,98 3,42 0,0425	25,6 69,4 28,2 38,7 14,1 19,3 3,39 2,93 7,72 5,83 4,96 3,38 0,0463	19,8 80,6 26,6 35,5 13,3 17,7 3,16 2,91 6,69 5,67 4,90 3,29 0,0608



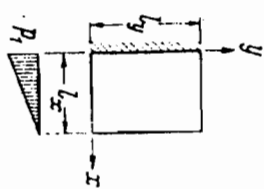
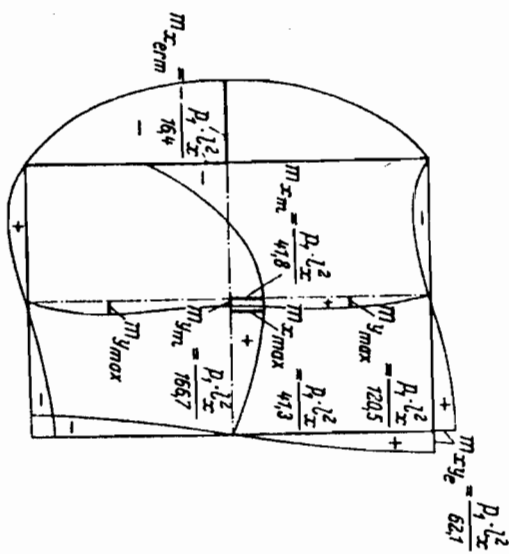
$$l_y : l_x = 1.5$$



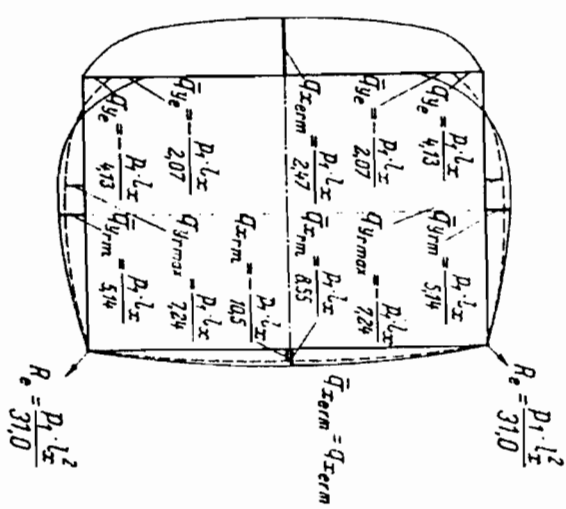
جدول ۱۲ - دال با سه لبه ساده و یک لبه گیردار تحت بار گسترده منافی

$l_y:l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
m_{zerm}	20,7	19,1	18,2	17,4	16,8	16,4	15,3
m_{zmax}	63,6	56,2	51,0	46,7	43,8	41,3	35,7
m_{ymax}	90,1	99,0	108,8	112,3	116,2	120,5	128,2
$m_{xy} e_{(x=l_z)}$	73,0	69,0	65,8	64,2	62,9	62,1	61,0
$R_{e(x=l_z)}$	36,5	34,5	32,9	32,1	31,4	31,0	30,5
q_{zerm}	2,61	2,54	2,52	2,49	2,48	2,47	2,46
$q_{zrm}(x=l_z)$	13,1	12,2	11,6	11,1	10,8	10,5	10,0
$q_{zrm}(x=l_z)$	8,85	8,63	8,50	8,47	8,50	8,55	9,07
q_{ymax}	7,13	7,16	7,17	7,19	7,22	7,24	7,28
q_{yrm}	5,23	5,21	5,17	5,17	5,16	5,14	5,14
f_m	0,0154	0,0174	0,0192	0,0208	0,0221	0,0231	0,0264

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} & = - \\ & = \\ & = \pm \end{aligned} \right\} p_1 \cdot l_z: \\
 & \left. \begin{aligned} & = \\ & = - \\ & = \\ & = \pm \end{aligned} \right\} p_1 \cdot l_z: \\
 & = \frac{p_1 \cdot l_x^4}{E \cdot d^3} \cdot
 \end{aligned}$$



$$l_y : l_x = 1.5$$



جدول ۱۳ - دال با سه لبه ساده و یک لبه گیردار تحت بار گسترده مابقی

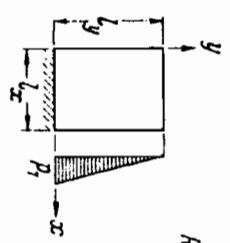
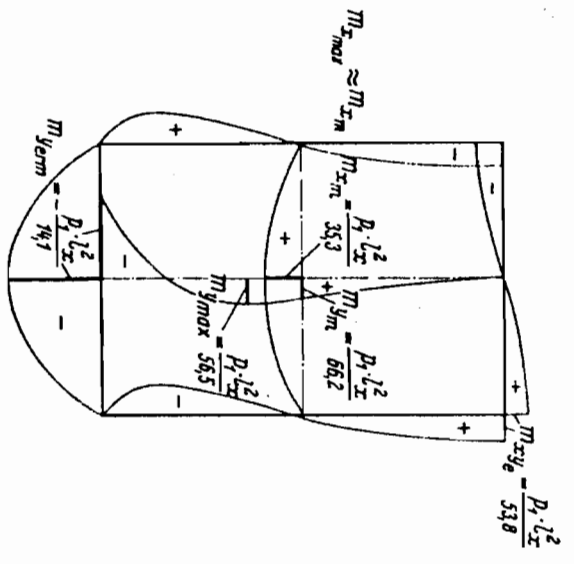
$l_y:l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
m_{xm} = =	90,1	69,5	55,8	46,7	40,2	35,3	23,6
m_{yerm} = =	20,7	18,6	17,0	15,8	14,8	14,1	11,8
$m_{y,max}$ = =	63,6	60,6	59,2	57,8	56,8	56,5	56,5
$m_{xve} (\mu=l_y)$ = =	73,0	65,4	60,6	57,2	54,9	53,8	54,9
$R_e (\mu=l_y)$ = =	36,5	32,7	30,3	28,6	27,4	26,9	27,4
$q_{x,max}$ = =	7,13	6,48	5,97	5,55	5,21	4,93	4,06
$q_{x,max}$ = =	5,23	4,82	4,49	4,23	4,03	3,87	3,31
q_{yerm} = =	2,61	2,43	2,29	2,19	2,10	2,03	1,80
$q_{yerm} (\mu=l_y)$ = =	13,1	13,0	13,0	13,2	13,5	13,9	16,6
$q_{yerm} (\mu=l_y)$ = =	8,85	8,38	8,10	7,94	7,90	7,90	8,75
l_m = =	0,0154	0,0195	0,0238	0,0281	0,0324	0,0365	0,0536

$$p_1 \cdot l_z:$$

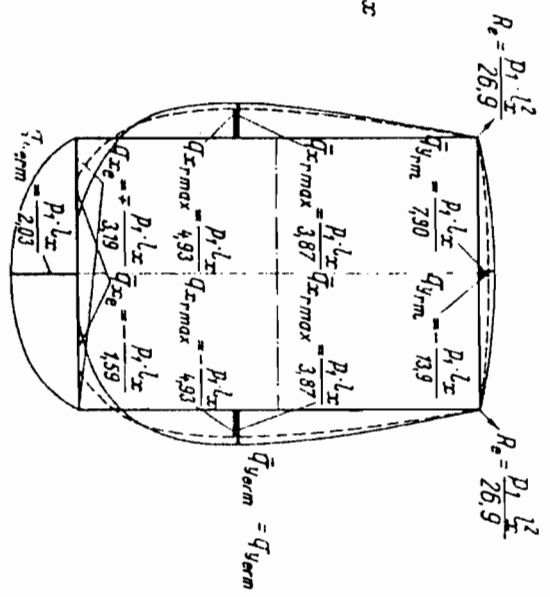
$$\left. \begin{array}{l} m_{xm} \\ m_{yerm} \\ m_{y,max} \\ m_{xve} (\mu=l_y) \\ R_e (\mu=l_y) \end{array} \right\} p_1 \cdot l_z:$$

$$\left. \begin{array}{l} q_{x,max} \\ q_{x,max} \\ q_{yerm} \\ q_{yerm} (\mu=l_y) \\ q_{yerm} (\mu=l_y) \end{array} \right\} p_1 \cdot l_z:$$

$$l_m = \frac{p_1 \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$$



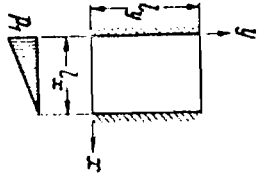
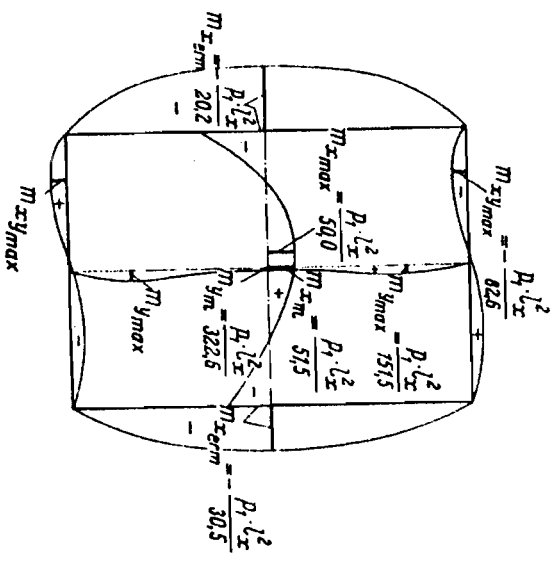
$$l_y \cdot l_x = 1$$



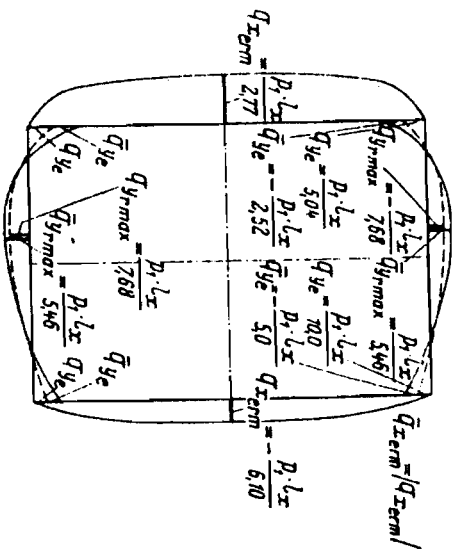
جدول ۱۴- دال با دو لبه ساده و دو لبه گیردار تحت بار گسترده مثلثی

$l_y:l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
$m_{xerm}(x=0)$ = -	23,2	22,2	21,5	20,9	20,6	20,2	20,0
$m_{xerm}(x=l_x)$ = -	37,6	34,9	33,1	31,9	31,2	30,5	30,0
m_{xmax} =	65,8	60,6	56,8	54,1	51,3	50,0	46,7
m_{ymax} =	123,5	133,3	142,9	147,0	149,3	151,5	154,0
m_{zymax} = ±	85,5	83,4	82,7	82,7	82,7	82,6	83,4
$q_{xerm}(x=0)$ =	2,77	2,76	2,75	2,75	2,76	2,77	2,83
$q_{xerm}(x=l_x)$ = -	6,45	6,20	6,11	6,09	6,09	6,10	6,29
q_{yrmx} = ±	7,54	7,58	7,62	7,65	7,66	7,68	7,71
q_{yrmx} =	5,45	5,44	5,44	5,45	5,46	5,46	5,46
f_m = $\frac{p_1 \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0115	0,0125	0,0133	0,0140	0,0145	0,0148	0,0157

۱۸۸



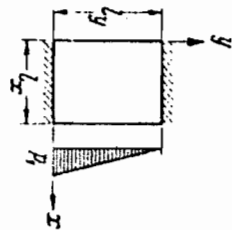
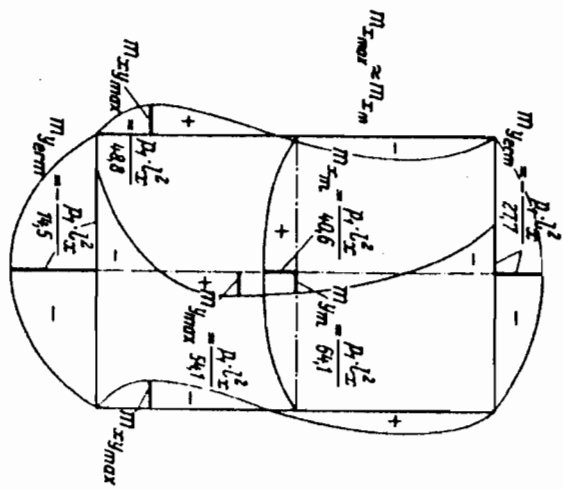
$l_y : l_x = 1.5$



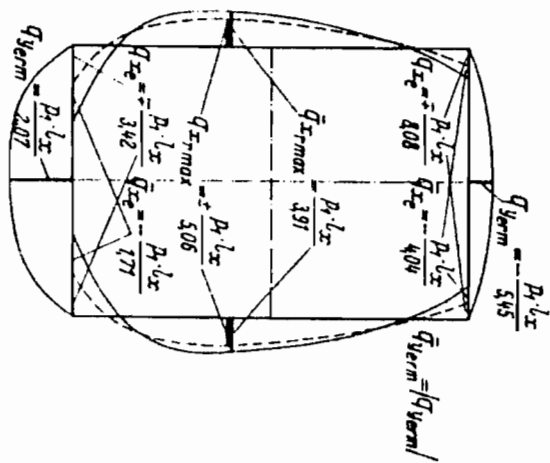
۱۸۹

$l_y: l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
$m_{x\max}^1$	123,5	91,7	70,9	56,8	47,6	40,6	25,0
$m_{y\text{erm}}^1 (y=0)$	23,2	20,4	18,3	16,7	15,5	14,5	11,9
$m_{y\text{erm}}^1 (y=l_y)$	37,6	33,7	31,2	29,5	28,3	27,7	28,5
$m_{y\text{erm}}^1 (y=l_y)$	65,8	61,3	57,5	55,5	54,3	54,1	55,2
$m_{y\max}^1$	85,5	71,9	62,9	56,8	51,6	48,8	36,3
$m_{xV\max}^1$	$\pm$	6,82	6,24	5,76	5,38	5,06	4,07
$q_{x\text{rmax}}$	$\pm$	7,54	6,82	6,24	5,76	5,38	4,07
$q_{x\text{rmax}}$	$\pm$	5,45	4,99	4,62	4,32	4,10	3,31
$q_{y\text{erm}}^1 (y=0)$	$\pm$	2,77	2,57	2,40	2,27	2,16	1,81
$q_{y\text{erm}}^1 (y=l_y)$	$\pm$	6,45	5,96	5,71	5,53	5,47	5,92
f_m	0,0115	0,0152	0,0192	0,0234	0,0277	0,0319	0,0507

189

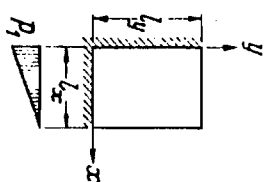


$$l_y : l_x = 1,5$$

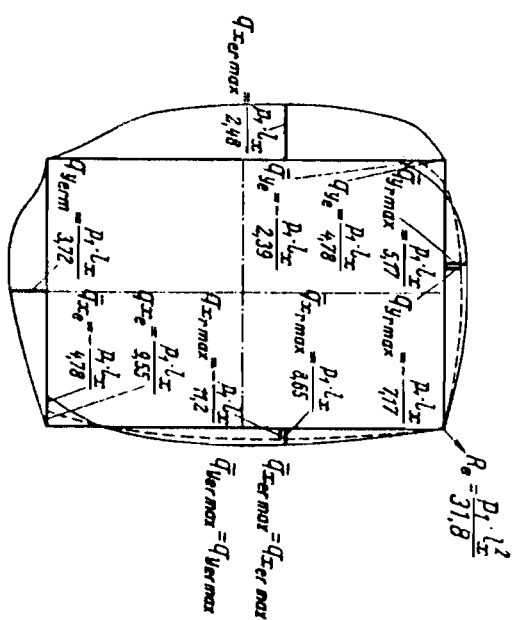


جدول ۱۶- دال با دو لبه گیردار و دو لبه ساده تحت بار گسترده مثلثی

	$l_y:l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
$m_{x\min}$	= -	24,1	21,7	20,0	18,9	17,9	17,3	15,6
$m_{x\max}$	=	83,3	70,9	61,0	54,6	50,0	46,3	37,7
$m_{y\min}$	= -	31,0	29,4	28,6	27,9	27,5	27,4	27,1
$m_{y\max}$	=	86,3	90,9	97,1	103,2	107,6	112,3	126,6
m_{xy}	=	85,5	77,5	71,9	68,1	65,4	63,7	61,0
R_e	=	42,7	37,7	35,9	34,0	32,7	31,8	30,5
$q_{x\max}(x=0)$	=	2,77	2,67	2,60	2,54	2,51	2,48	2,43
$q_{x\max}(x=l_x)$	= -	16,0	14,3	13,1	12,3	11,6	11,2	10,2
$q_{x\max}(x=l_x)$	=	10,1	9,47	9,02	8,83	8,70	8,65	8,91
$q_{y\max}(y=0)$	=	3,94	3,86	3,79	3,75	3,73	3,72	3,70
$q_{y\max}(y=l_y)$	= -	7,22	7,18	7,18	7,17	7,17	7,17	7,14
$q_{y\max}(y=l_y)$	=	5,43	5,33	5,27	5,22	5,19	5,17	5,13
f_m	= $\frac{p_1 \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0117	0,0139	0,0160	0,0178	0,0195	0,0208	0,0254

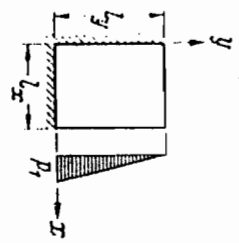
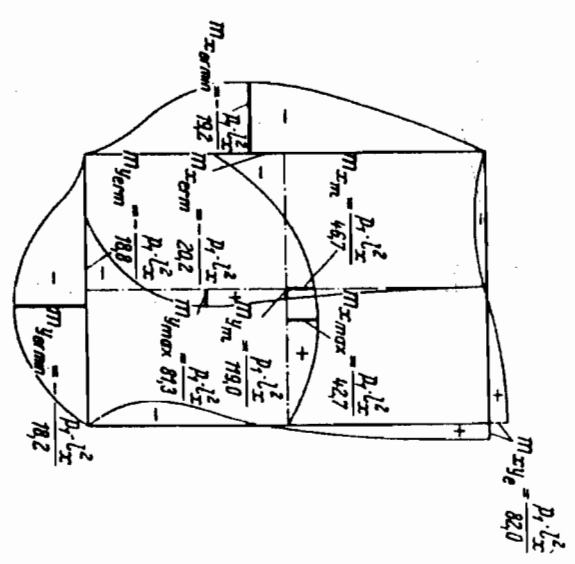


$$Ly: Lx = 1.5$$

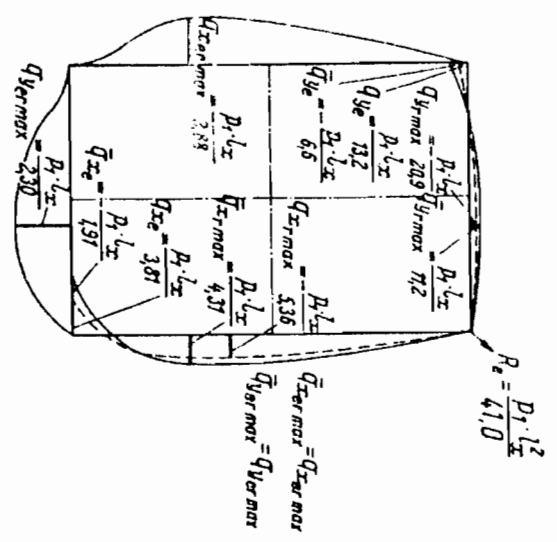


$l_y: l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
$m_{z\text{ermin}}$ = -	31,0	27,1	24,3	22,2	20,7	19,2	15,4
$m_{z\text{max}}$ =	86,3	70,5	59,5	51,6	46,5	42,7	33,0
$m_{y\text{ermin}}$ = -	24,1	22,0	20,7	19,6	18,8	18,2	16,2
$m_{y\text{max}}$ =	83,3	82,0	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
$m_{x\text{y}}$ =	85,5	80,6	87,7	77,6	78,7	82,0	96,2
R_e =	42,7	40,3	39,3	37,8	39,3	41,0	48,1
$Q_{z\text{ermax}}(x=0)$ =	3,94	3,66	3,41	3,20	3,02	2,88	2,47
$Q_{z\text{rmax}}(x=1)$ = -	7,22	6,64	6,20	5,88	5,57	5,36	4,50
$\bar{Q}_{z\text{rmax}}(x=1)$ =	5,43	5,08	4,81	4,65	4,48	4,31	3,78
$Q_{y\text{ermax}}(y=0)$ =	2,77	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,12
$Q_{y\text{rmax}}(y=1)$ = -	16,0	16,6	17,4	18,4	19,6	20,9	28,1
$\bar{Q}_{y\text{rmax}}(y=1)$ =	10,1	10,0	10,1	10,4	10,7	11,2	14,2
f_{m} = $\frac{p_1 \cdot l_z^4}{E \cdot d^3} \cdot$	0,0117	0,0141	0,0163	0,0184	0,0203	0,0219	0,0275

۳۱



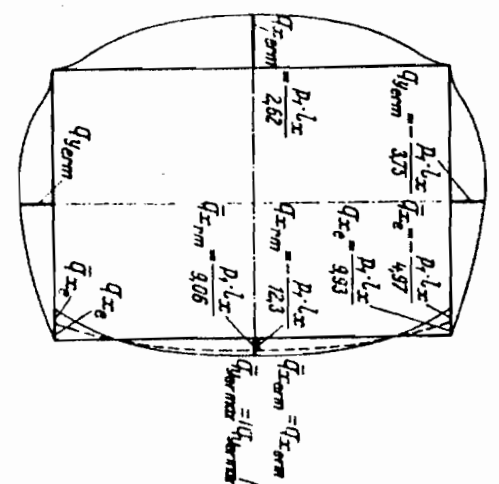
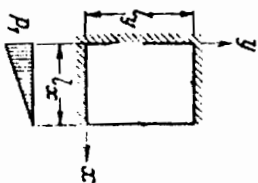
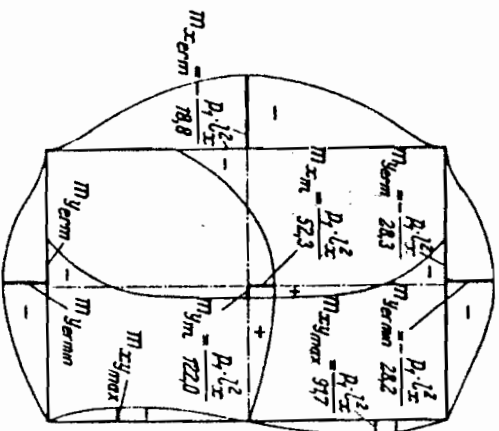
$$l_y : l_x = 1.5$$



۱۹۳

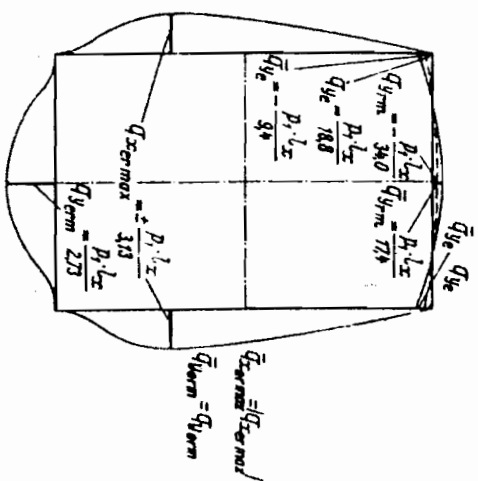
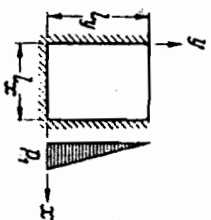
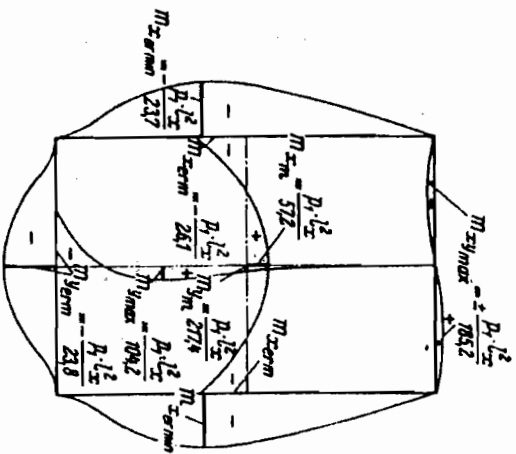
جدول ۱۸ - دال با سه لبه گیردار و یک لبه ساده تحت بار گسترده منظم

$l_y:l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
m_{xerm}	29,0	25,3	22,9	21,1	19,6	18,8	16,6
m_{xmax}	104,2	86,9	75,2	64,9	57,8	52,3	39,4
m_{yerm}	34,5	32,1	30,3	29,2	28,5	28,2	27,3
m_{ymax}	95,2	95,2	98,0	103,1	112,2	122,0	181,9
$m_{xy\max}$	149,2	128,2	113,7	103,1	97,2	91,7	85,5
$q_{xerm}(x=0)$	3,10	2,93	2,82	2,73	2,67	2,62	2,52
$q_{xrm}(x=l_x)$	21,3	18,0	15,8	14,2	13,1	12,3	10,4
$q_{xrm}(x=l_x)$	12,7	11,2	10,3	9,72	9,32	9,06	8,89
$q_{yerm}(y=0 \text{ u. } l_y)$	4,11	4,01	3,93	3,85	3,79	3,75	3,70
f_m	0,0088	0,0110	0,0131	0,0151	0,0170	0,0187	0,0242



$$l_y:l_x=1,5$$

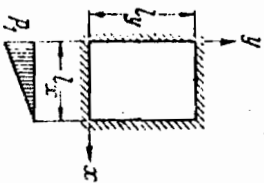
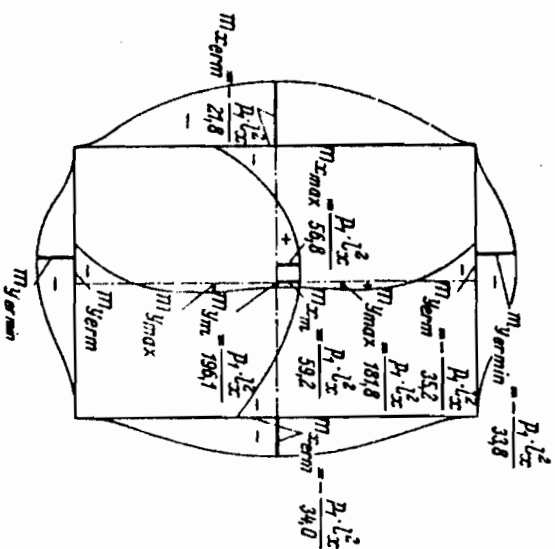
$l_y:l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
$m_{xerm\min}$	34,5	31,1	28,7	26,7	25,3	23,7	20,2
m_{xm}	95,2	81,3	71,4	64,9	60,6	57,2	49,5
m_{yerm}	29,0	26,9	25,8	24,9	24,1	23,8	21,9
$m_{y\max}$	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2
$m_{xy\max}$	149,2	153,9	158,8	166,6	175,5	185,2	243,9
$Q_{xerm\max}(x=0 \text{ u. } l_x)$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$Q_{yerm}(y=0)$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$Q_{yerm}(y=l_y)$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$Q_{yerm}(y=l_y)$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
f_m	0,0088	0,0101	0,0113	0,0122	0,0130	0,0136	0,0147



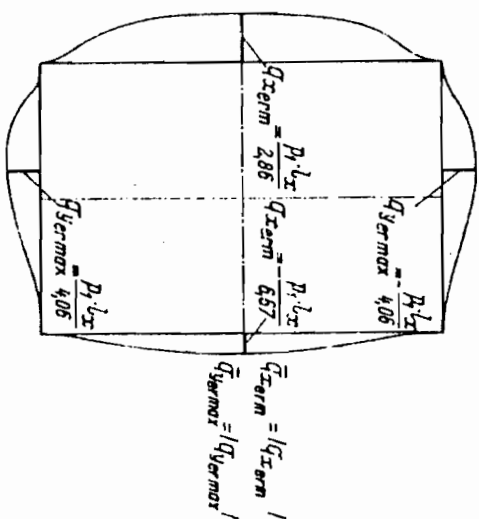
جدول ۱۹ - دال با چهار لبه گیردار تحت بار مثلثی

$l_y : l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
$m_{xerm}(x=0)$	30,0	26,7	24,7	23,3	22,2	21,8	20,2
$m_{xerm}(x=l_x)$	56,2	47,1	41,7	38,1	35,5	34,0	30,4
m_{xerm}	98,0	82,6	73,0	65,8	60,6	56,8	48,5
m_{yerm}	36,9	36,0	35,1	34,6	34,4	33,8	33,8
m_{yerm}	113,6	120,4	131,5	147,0	166,6	181,8	212,6
$q_{xerm}(x=0)$	3,07	2,93	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86
$q_{xerm}(x=l_x)$	8,25	7,35	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67
q_{yerm}	4,14	4,12	4,08	4,07	4,07	4,06	4,06
f_m	0,0076	0,0091	0,0104	0,0115	0,0124	0,0132	0,0152

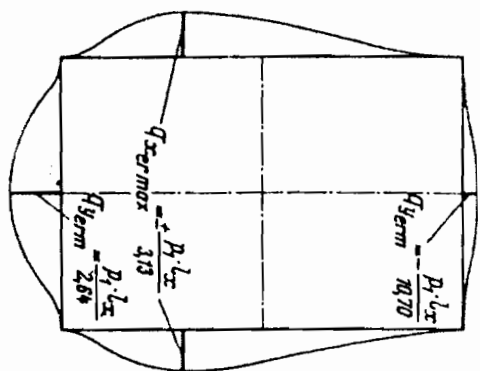
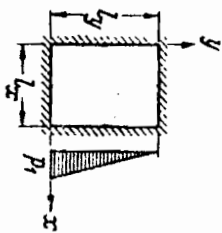
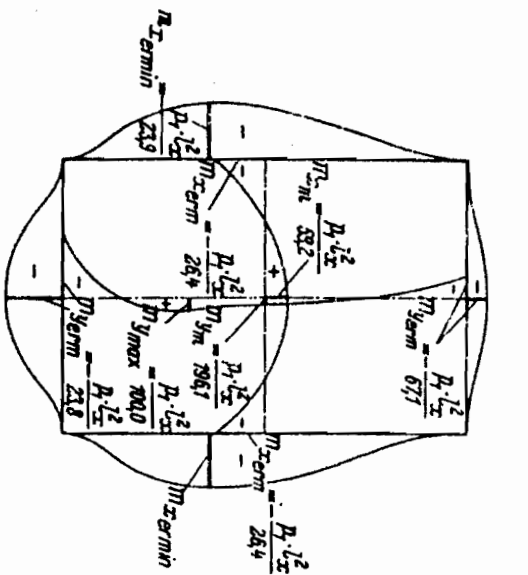
$$f_m = \frac{p_1 \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$$



$$l_y : l_x = 1,5$$



	$l_y : l_z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
$m_{x\text{ermin}}$	$= -$	36,9	33,1	29,8	27,5	25,6	23,9	20,2
m_{xm}	$=$	113,6	91,7	78,7	69,9	63,7	58,2	50,0
$m_{y\text{ermin}} (y=0)$	$= -$	30,0	27,5	26,1	25,0	24,1	23,8	21,9
$m_{y\text{ermin}} (y=l_y)$	$= -$	56,2	55,5	57,2	59,5	62,9	67,1	92,5
$m_{y\text{max}}$	$=$	98,0	98,0	98,0	99,0	99,0	100,0	100,0
$q_{x\text{ermax}} (x=0 \text{ a } l_x)$	$= \pm$	4,14	3,86	3,59	3,39	3,25	3,13	2,83
$q_{y\text{ermin}} (y=0)$	$=$	3,07	2,90	2,80	2,74	2,70	2,64	2,49
$q_{y\text{ermin}} (y=l_y)$	$= -$	8,25	8,40	8,77	9,40	9,99	10,70	14,29
f_m	$= \frac{p_1 \cdot l_z^4}{E \cdot d^3} \cdot$	0,0076	0,0091	0,0104	0,0115	0,0124	0,0132	0,0152



$$\bar{q}_{x\text{ermax}} = |\bar{q}_{x\text{ermin}}|$$

$$\bar{q}_{y\text{ermin}} = |\bar{q}_{y\text{ermin}}|$$

$$l_y : l_x = 1,5$$

جداول دال‌ها با سه لبه متکی

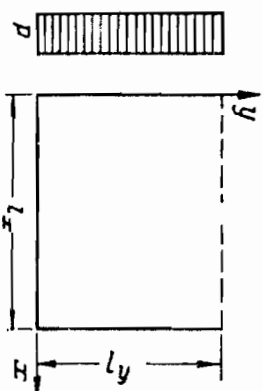
دال‌ها با سه لبه متکی، دالهایی هستند که سه لبه آنها تکیه داده شده (ساده یا گیردار) و لبه چهارم آزاد می‌باشد. در جداول صفحات بعد، ضرایب نیروی برشی و لنگر خمشی این دالها برای شرایط مختلف تکیه‌گاهی تحت بار گسترده یکنواخت و بار مثلثی ارائه شده است.

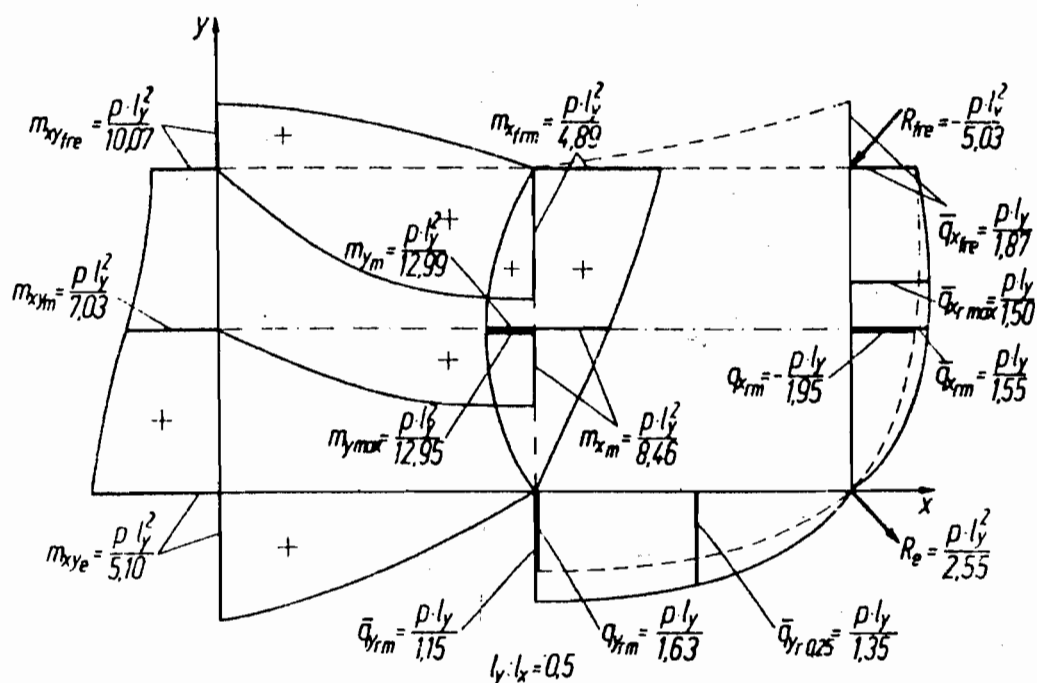
جدول ۲۰- دال با سه لبه ساده تحت بار یکنواخت

$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
m_{xm}	7,88	7,88	8,04	8,46	9,11	9,97	11,04	12,26	13,67	15,24	16,96	18,83	20,86	23,04
m_{xlm}	4,04	4,12	4,41	4,89	5,53	6,34	7,32	8,46	9,77	11,25	12,90	14,73	16,73	18,90
m_{ym}	8,43	8,92	10,51	12,99	16,51	21,27	27,56	35,72	46,15	59,35	75,90	96,51	122,04	153,54
m_{ymax}	8,43	8,92	10,51	12,95	16,44	20,94	26,58	33,47	41,67	50,42	59,99	70,42	81,67	93,75
$p \cdot l_y^2 :$	$\nu/l_y=0,5$	0,5	0,5	0,48	0,45	0,42	0,4	0,38	0,33	0,28	0,26	0,25	0,24	0,22
m_{xyo}	2,23	2,74	3,84	5,10	6,58	8,31	10,32	12,65	15,30	18,27	21,56	25,17	29,10	33,34
m_{xym}	2,55	3,24	4,89	7,03	9,81	13,42	18,10	24,11	31,78	41,51	53,78	69,19	88,44	112,41
m_{xyhe}	2,90	3,83	6,32	10,07	15,79	24,47	37,57	57,22	86,46	129,72	193,27	286,29	421,76	618,43
R_o	1,11	1,37	1,92	2,55	3,29	4,15	5,16	6,32	7,65	9,13	10,78	12,58	14,55	16,67
R_{he}	1,45	1,91	3,16	5,03	7,89	12,23	18,78	28,61	43,23	64,86	96,63	143,14	210,88	309,21
q_{xrm}	1,89	1,90	1,92	1,95	2,02	2,10	2,21	2,33	2,47	2,61	2,77	2,93	3,09	3,25
q_{xrm}	1,48	1,48	1,50	1,55	1,62	1,71	1,83	1,96	2,10	2,26	2,43	2,60	2,78	2,96
q_{xhe}	1,83	1,84	1,85	1,87	1,93	2,00	2,09	2,20	2,33	2,46	2,61	2,77	2,94	3,11
q_{yrm}	1,35	1,38	1,48	1,63	1,80	2,01	2,23	2,47	2,72	2,97	3,23	3,49	3,75	4,03
q_{yrm}	1,00	1,02	1,07	1,15	1,25	1,38	1,52	1,67	1,83	2,00	2,16	2,34	2,51	2,69
f_{trm}	5,50	3,67	1,87	1,06	0,643	0,409	0,270	0,184	0,129	0,092	0,068	0,050	0,038	0,029
	$\frac{p \cdot l_y^4}{E \cdot d^3}$													

$$m_{xmax} = m_{xtrm}$$

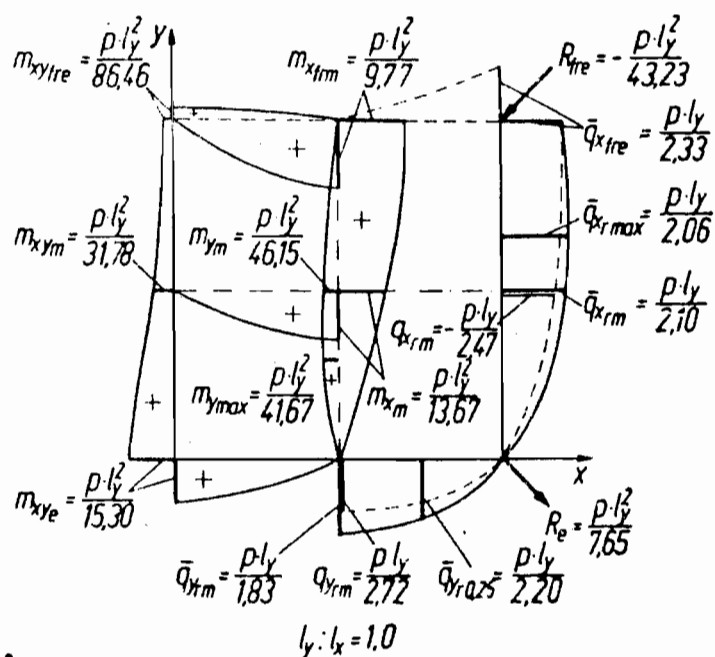
$$f_{max} = f_{trm}$$





$$R_{yre} = - \frac{p \cdot l_y^2}{5.03} \text{ (نیروی فشاری)}$$

$$R_e = \frac{p \cdot l_y^2}{2.55} \text{ (نیروی کششی)}$$



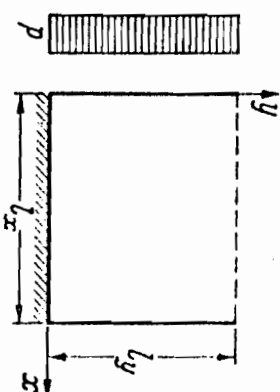
$$R_{yre} = - \frac{p \cdot l_y^2}{43.23} \text{ (نیروی فشاری)}$$

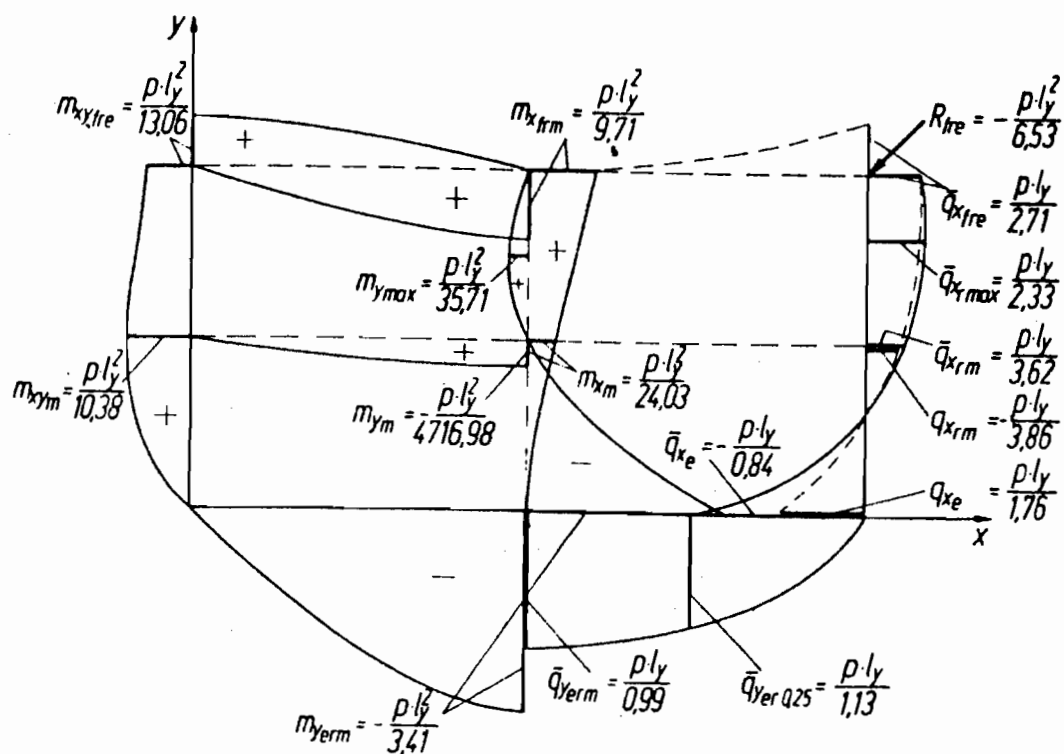
$$R_e = \frac{p \cdot l_y^2}{7.65} \text{ (نیروی کششی)}$$

$l_y : l_z$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
m_{xm} =	73,19	52,29	31,74	24,03	20,57	18,92	18,63	18,92	19,70	20,68	21,98	23,51	26,24	27,18
m_{xlm} =	26,43	18,09	11,75	9,71	9,09	9,13	9,59	10,36	11,37	12,61	14,06	15,72	17,58	19,64
m_{yem} = -	2,26	2,42	2,85	3,41	4,11	4,94	5,95	7,14	8,51	10,06	11,79	13,72	15,82	18,13
m_{ym} =	-12,69	-17,24	-43,58	-4716,98	82,03	56,95	52,20	53,97	59,16	67,51	78,68	92,89	110,55	132,38
m_{ymax} =				35,71					54,48					126,58
$p \cdot l_y^2 :$				$\frac{u}{l_y} = 0,75$					$\frac{u}{l_y} = 0,6$					$\frac{u}{l_y} = 0,43$
m_{xym} = $\pm$	8,00	8,32	9,11	10,38	12,21	14,66	17,87	21,99	27,24	33,83	42,07	52,32	65,00	80,73
m_{xyle} = $\pm$	8,68	9,02	10,48	13,06	17,10	23,18	32,15	45,35	64,50	92,32	132,53	190,51	273,74	393,54
R_{le} = -	4,34	4,51	5,24	6,53	8,55	11,59	16,07	22,67	32,25	46,16	66,26	95,25	136,37	196,77
q_{xlm} = $\pm$	4,78	4,69	4,31	3,86	3,52	3,30	3,17	3,12	3,12	3,16	3,23	3,32	3,43	3,55
q_{xlm} =	5,58	5,26	4,38	3,62	3,14	2,86	2,71	2,65	2,66	2,71	2,79	2,89	3,02	3,16
q_{xle} =	2,96	2,94	2,84	2,71	2,60	2,53	2,52	2,54	2,60	2,68	2,79	2,91	3,05	3,20
q_{ylem} =	0,97	0,96	0,96	0,99	1,04	1,11	1,20	1,29	1,40	1,52	1,64	1,77	1,90	2,03
f_{lm} = $\frac{p \cdot l_y^4}{E \cdot d^3}$	1,20	1,05	0,780	0,563	0,404	0,290	0,209	0,152	0,111	0,083	0,062	0,047	0,036	0,028

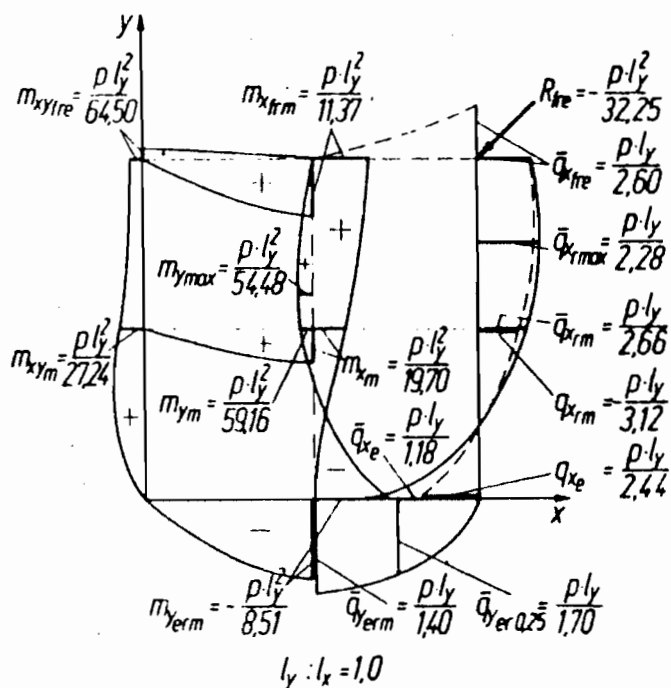
$$m_{xlm} = m_{xlm}$$

$$f_{max} = f_{lm}$$



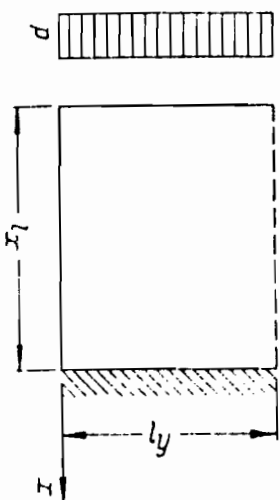


$$R_{tre} = -\frac{p \cdot l_y^2}{6.53} \quad (\text{نیروی فشاری}) \quad l_y:l_x = 0.5$$

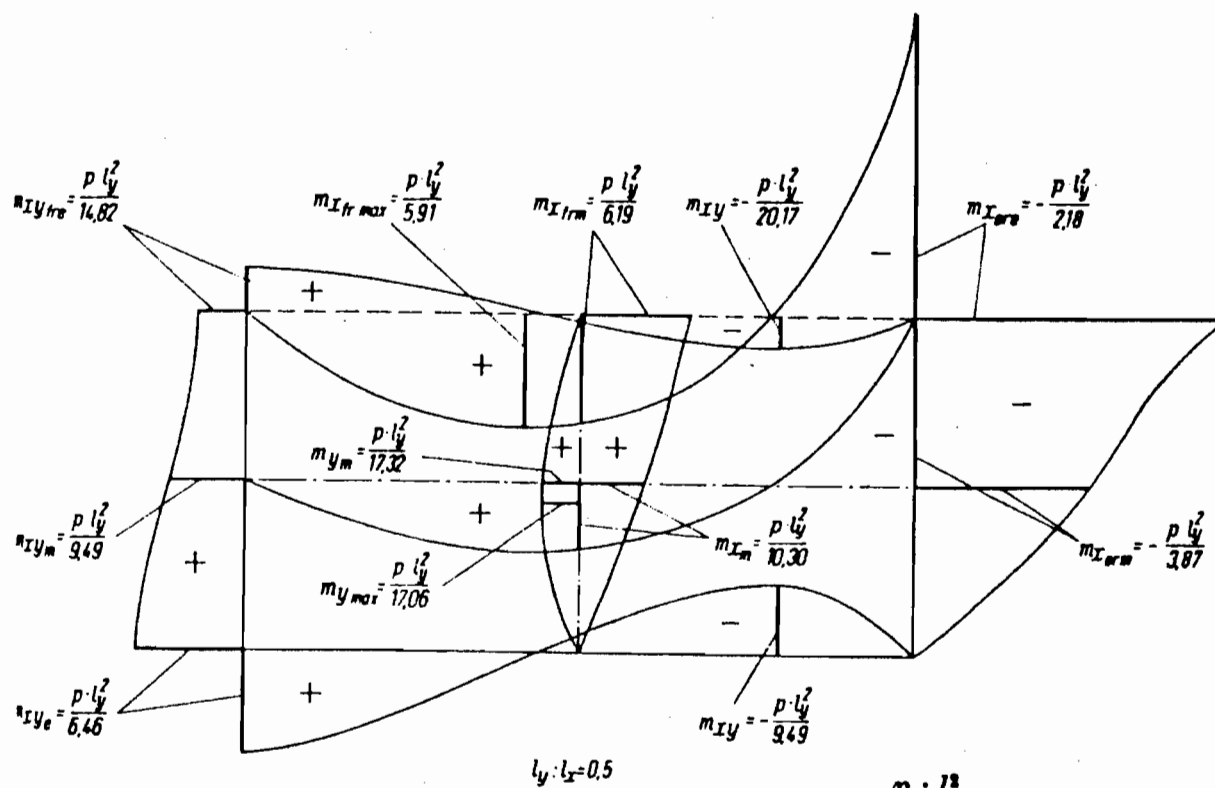


$$R_{tre} = -\frac{p \cdot l_y^2}{32.25} \quad (\text{نیروی فشاری}) \quad l_y:l_x = 1.0$$

$I_p \cdot I_g$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	1,94	2,31	3,07	3,87	4,77	5,79	6,93	8,22	9,64	11,22	12,95	14,83	16,88	19,08
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	0,80	1,02	1,53	2,18	2,98	3,94	5,08	6,40	7,89	9,56	11,40	13,41	15,58	17,92
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	7,99	8,21	9,04	10,30	11,91	13,85	16,09	18,61	21,42	24,52	27,91	31,57	35,57	39,87
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	4,18	4,41	5,14	6,19	7,58	9,30	11,38	13,81	16,60	19,76	23,29	27,17	31,41	35,89
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	4,18	4,13	4,88	5,91	7,23	8,75	10,49	12,60	14,95	17,85	20,94	24,31	28,10	32,18
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	x/l_x = 0,5	0,48	0,44	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
$M_{y_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	9,10	10,08	12,97	17,32	23,47	31,98	43,56	59,11	79,85	107,35	143,64	191,29	253,82	336,62
$M_{y_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	9,05	10,05	12,95	17,06	22,64	29,69	38,43	48,50	59,88	72,45	86,22	101,19	117,36	134,73
$M_{y_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	v/l_y = 0,49	0,48	0,46	0,44	0,40	0,37	0,32	0,28	0,26	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	2,48	3,12	4,61	6,46	8,74	11,44	14,71	18,42	22,63	27,31	32,45	38,06	44,13	50,66
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	2,89	3,78	6,14	9,49	14,24	20,90	30,11	42,74	59,91	83,12	114,37	156,29	212,37	287,24
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	3,35	4,91	8,34	14,82	25,90	44,88	77,29	132,63	227,22	389,56	669,76	1157,50	2016,4	3548,8
$M_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	1,24	1,56	2,30	3,23	4,37	5,72	7,35	9,21	11,31	13,65	16,22	19,03	22,06	25,33
$R_{f_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	1,67	2,30	4,17	7,41	12,85	22,44	38,04	66,31	113,61	194,7	324,8	578,7	1008,2	1774,4
$q_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	1,89	1,90	1,95	2,02	2,16	2,33	2,50	2,70	2,90	3,13	3,35	3,59	3,83	4,06
$q_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	1,48	1,49	1,54	1,63	1,77	1,93	2,12	2,33	2,54	2,78	3,03	3,27	3,53	3,80
$q_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	1,83	1,84	1,87	1,94	2,06	2,21	2,38	2,58	2,78	3,02	3,25	3,49	3,75	4,01
$q_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	0,884	0,942	1,02	1,12	1,20	1,30	1,41	1,53	1,67	1,80	1,94	2,08	2,23	2,38
$q_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	0,069	0,093	0,159	0,254	0,383	0,551	0,754	0,982	1,22	1,46	1,69	1,91	2,12	2,32
$q_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	1,40	1,47	1,67	1,91	2,21	2,53	2,86	3,20	3,50	3,90	4,25	4,60	4,95	5,29
$q_{x_{\text{arm}}}^{\text{arm}}$	1,03	1,07	1,20	1,36	1,56	1,77	2,00	2,24	2,46	2,72	2,96	3,21	3,46	3,70
$p \cdot l_y^2$	$p \cdot l_y^2$ = $\frac{p \cdot l_y^2}{E \cdot d^4}$	2,83	1,31	0,678	0,379	0,225	0,140	0,091	0,061	0,042	0,030	0,022	0,016	0,012

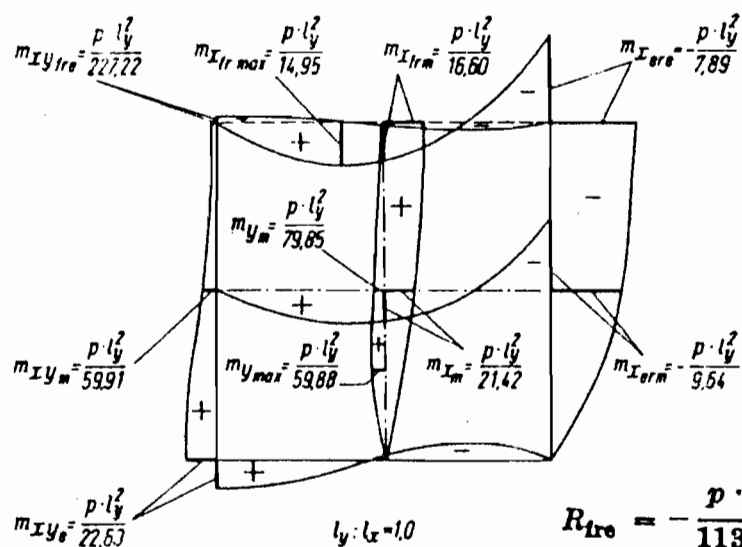


$$m_{\text{termin}} = m_{\text{tere}}$$



$$R_{fre} = -\frac{p \cdot l_y^3}{7.41} \quad (\text{نیروی فشاری})$$

$$R_e = \frac{p \cdot l_y^3}{8.23} \quad (\text{نیروی کششی})$$



$$R_{fre} = -\frac{p \cdot l_y^3}{113.61} \quad (\text{نیروی فشاری})$$

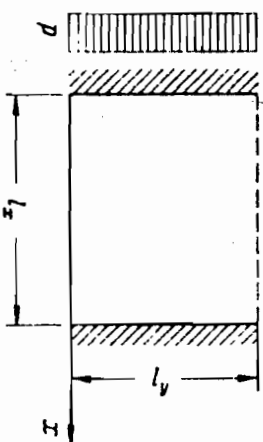
$$R_e = \frac{p \cdot l_y^3}{11.31} \quad (\text{نیروی کششی})$$

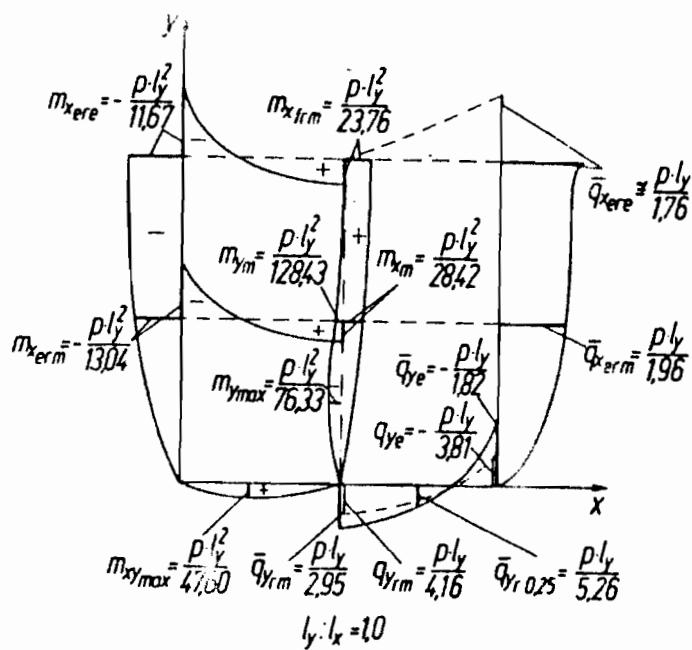
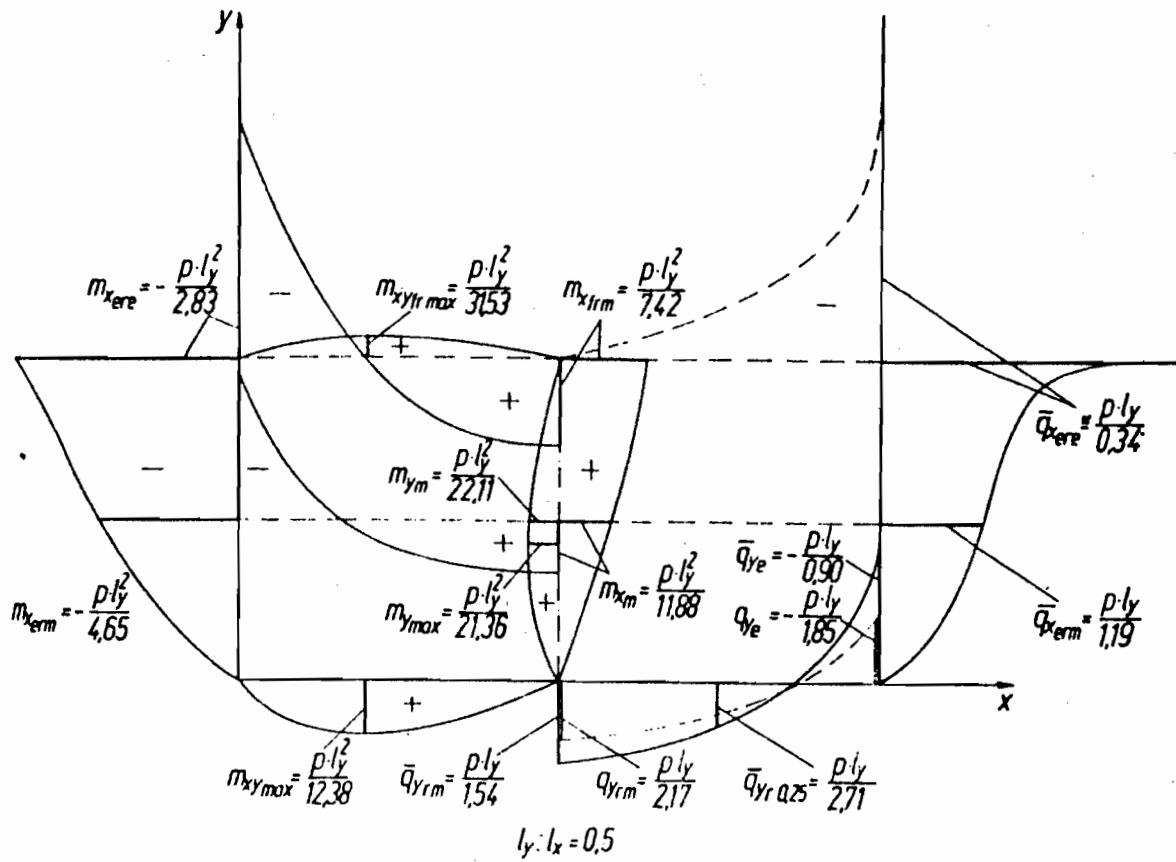
جدول ۲۳ - دال با دو لبه گیردار و یک لبه ساده تحت بار گسترده یکنواخت

$l_y : l_z$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{xerm} = -$	2,12	2,63	3,55	4,65	5,92	7,39	9,06	10,94	13,04	15,39	17,98	20,81	23,90	27,24
$m_{xere} = -$	0,90	1,20	1,89	2,83	4,04	5,53	7,30	9,35	11,67	14,25	17,07	20,13	23,43	26,96
$m_{xm} = -$	8,08	8,48	9,86	11,88	14,34	17,25	20,56	24,28	28,42	32,98	38,00	43,48	49,46	55,91
$m_{xlrn} = -$	4,30	4,67	5,80	7,42	9,58	12,27	15,53	19,35	23,76	28,73	34,22	40,24	46,76	53,74
$m_{ym} = -$	9,72	11,20	15,55	22,11	31,53	44,96	63,94	90,71	128,43	181,62	256,82	363,36	515,11	732,42
$m_{ymax} = -$	9,72	11,11	15,38	21,36	29,03	38,58	49,61	61,83	76,33	92,36	110,76	131,00	151,93	174,41
$\left. \begin{array}{l} p \cdot l_y^2 : \\ v/l_y^2 \\ = 0,5 \end{array} \right\}$		0,48	0,45	0,42	0,37	0,32	0,29	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15
$q_{xerm} =$	0,91	0,97	1,08	1,19	1,32	1,47	1,62	1,79	1,96	2,15	2,34	2,53	2,73	2,93
$q_{xere} \cong$	0,07	0,11	0,20	0,34	0,55	0,82	1,12	1,45	1,76	2,06	2,32	2,56	2,79	3,00
$q_{yrm} =$	1,44	1,55	1,83	2,17	2,54	2,94	3,34	3,75	4,16	4,58	5,00	5,40	5,81	6,21
$q_{yrm} =$	1,05	1,12	1,31	1,54	1,81	2,08	2,37	2,66	2,95	3,25	3,54	3,84	4,13	4,42
$f_{max} =$	3,62	2,19	0,927	0,444	0,233	0,131	0,078	0,049	0,032	0,022	0,016	0,011	0,008	0,006
$\frac{p \cdot l_y^4}{E \cdot d^3}$														

$$m_{xer min} = m_{xere}$$

$$m_{x max} = m_{x lrm}$$

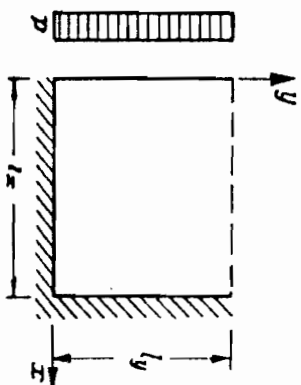


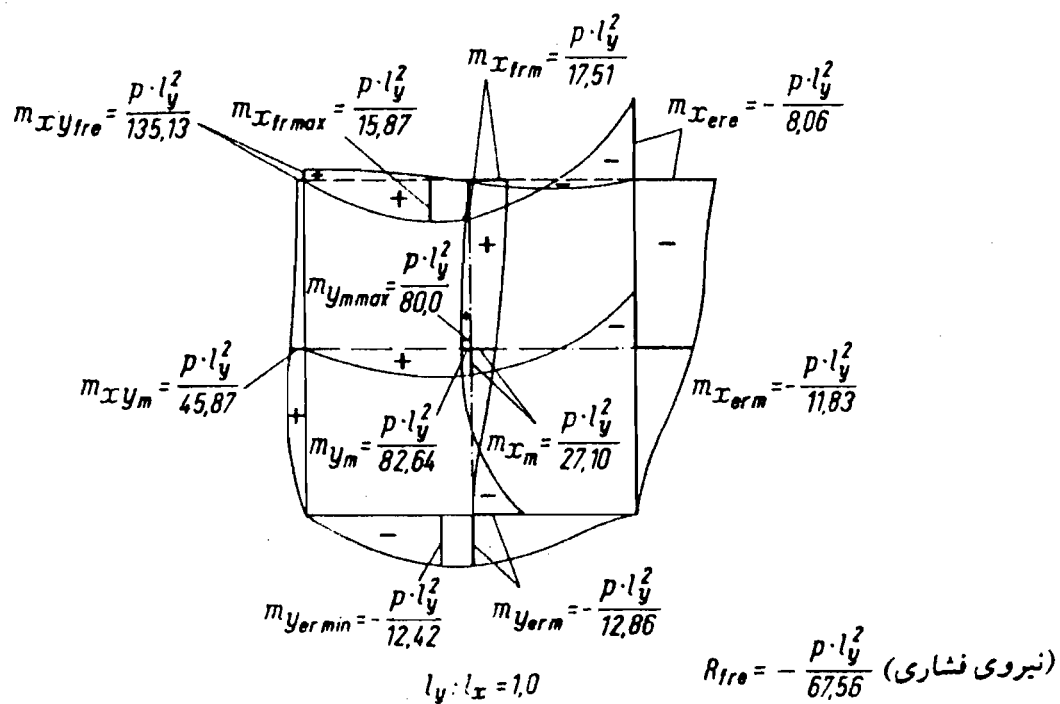
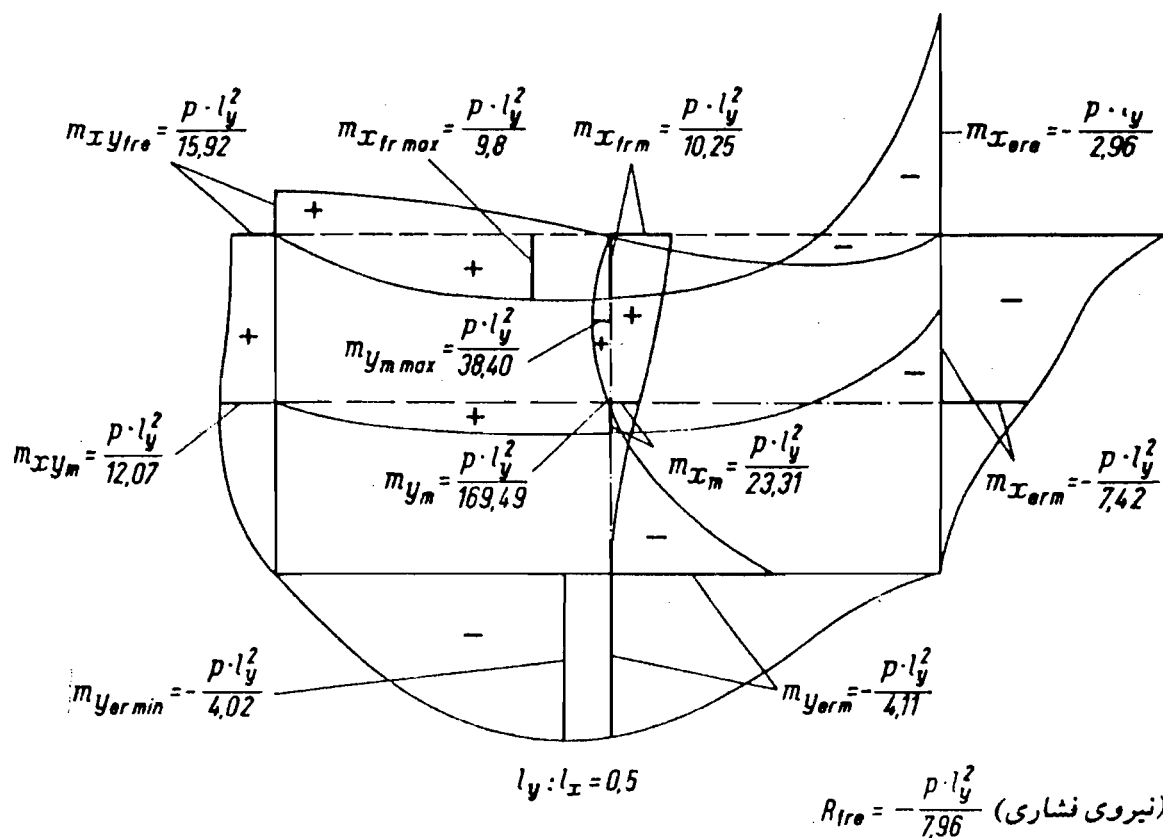


جدول ۲۴- دال با دو لبه گیردار و یک لبه ساده تحت بار گسترده یکمواخت

l_y/l_x	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
$m_{x_{\text{center}}}$	0.76	6.83	7.06	7.42	7.94	8.65	9.53	10.60	11.83	13.23	14.79	16.52	18.40	20.45
$m_{x_{\text{edge}}}$	2.11	2.20	2.50	2.96	3.60	4.43	5.45	6.66	8.06	9.66	11.44	13.40	15.53	17.84
$m_{x_{\text{min}}}$	70.06	45.66	28.40	23.92	21.31	22.12	23.25	24.93	27.10	29.67	32.57	35.84	39.37	43.29
$m_{x_{\text{fixed}}}$	22.97	16.05	11.31	10.25	10.52	11.52	13.07	15.08	17.51	20.36	23.64	27.24	31.25	35.71
$m_{x_{\text{fixed max}}}$	14.08	12.98	10.86	9.80	9.80	10.63	12.04	13.69	15.87	18.51	21.27	24.39	27.77	31.25
$m_{y_{\text{center}}}$	-0.15	0.22	0.34	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
$m_{y_{\text{edge}}}$	2.33	2.56	3.20	4.11	5.28	6.74	8.48	10.53	12.86	15.47	18.35	21.51	24.93	28.61
$m_{y_{\text{min}}}$	2.33	2.56	3.16	4.02	5.14	6.53	8.20	10.18	12.42	14.97	17.77	20.82	24.13	27.71
$m_{y_{\text{fixed}}}$	-14.01	-20.53	-72.99	169.49	68.96	58.82	61.34	69.44	82.64	100.00	123.45	153.84	196.07	243.90
$m_{y_{\text{fixed max}}}$	133.33	76.92	43.47	38.40	40.00	43.47	54.05	67.56	80.00	100.00	120.48	140.84	166.66	200.00
$m_{y_{\text{min max}}}$	0.9	0.8	0.78	0.74	0.70	0.66	0.60	0.58	0.52	0.49	0.46	0.41	0.40	0.40
$m_{x_{\text{min}}}$	8.56	8.73	9.95	12.07	15.29	19.84	26.10	34.60	45.87	60.60	80.00	106.26	138.88	181.81
$m_{x_{\text{edge}}}$	8.92	9.45	11.68	15.92	23.14	34.96	54.34	85.47	135.13	217.39	344.82	555.55	909.09	1428.57
R_{free}	4.46	4.72	5.84	7.96	11.57	17.48	27.17	42.73	67.56	108.69	172.41	277.77	464.54	714.28
$q_{x_{\text{min}}}$	4.73	4.58	4.06	3.61	3.34	3.22	3.21	3.26	3.37	3.51	3.67	3.86	4.04	4.25
$q_{x_{\text{edge}}}$	5.46	5.00	3.96	3.27	2.92	2.77	2.75	2.81	2.92	3.06	3.24	3.44	3.65	3.88
$q_{x_{\text{min}}}$	2.95	2.92	2.77	2.64	2.58	2.59	2.67	2.79	2.95	3.13	3.34	3.56	3.80	4.03
$q_{x_{\text{edge}}}$	2.31	2.25	2.08	1.95	1.83	1.80	1.80	1.85	1.91	2.00	2.10	2.22	2.34	2.47
$q_{x_{\text{min}}}$	0.159	0.173	0.212	0.275	0.366	0.491	0.652	0.847	1.07	1.31	1.55	1.79	2.02	2.73
$q_{y_{\text{min}}}$	0.976	0.975	1.01	1.09	1.20	1.33	1.49	1.65	1.83	2.00	2.18	2.36	2.55	2.73
l_{min}	1.14	0.906	0.657	0.431	0.281	0.184	0.122	0.083	0.058	0.041	0.029	0.022	0.016	0.012

$$m_{x_{\text{center min}}} = m_{x_{\text{center}}}$$

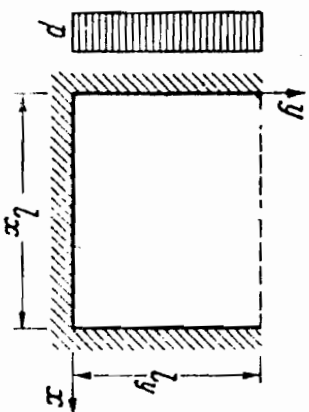


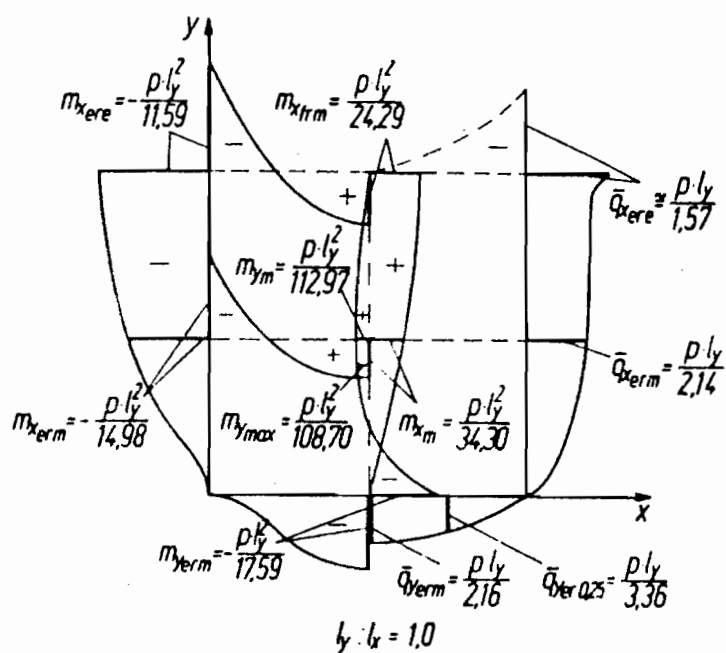
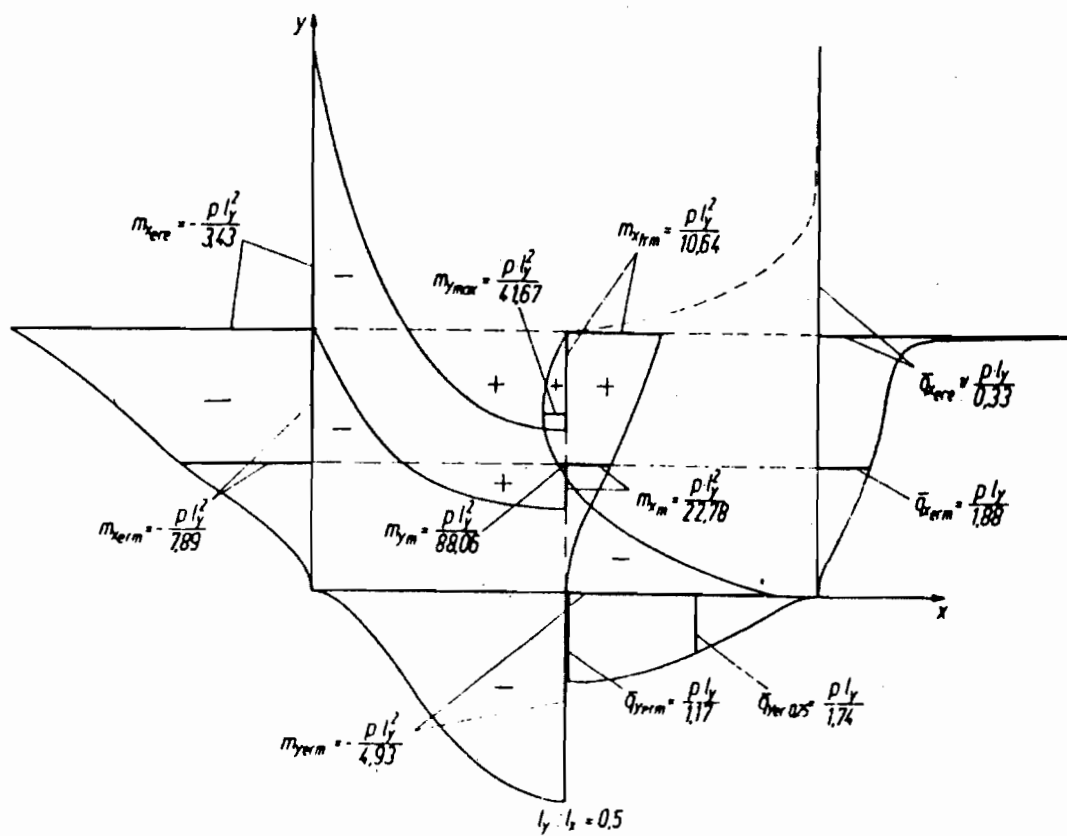


جدول ۲۵ - دال با سه لبه گیردار تحت بار گسترده یکجانبه

$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{x,erm}$	6,79	6,89	7,26	7,89	8,79	9,98	11,41	13,08	14,98	17,12	19,50	22,13	25,03	28,14
$m_{x,ere}$	2,15	2,27	2,71	3,43	4,45	5,77	7,41	9,35	11,59	14,11	16,90	19,94	23,22	26,73
$m_{x,m}$	57,08	37,91	25,43	22,78	23,16	24,92	27,49	30,65	34,30	38,42	43,01	48,06	53,61	59,66
$m_{x,irm}$	19,24	13,91	10,69	10,64	11,87	13,94	16,73	20,18	24,29	29,02	34,35	40,26	46,71	53,69
$m_{y,erm}$	2,41	2,71	3,61	4,93	6,66	8,81	11,34	14,29	17,59	21,26	25,28	29,66	34,39	39,47
$m_{y,m}$	-16,07	-26,67	-267,52	88,06	62,86	63,84	73,38	89,55	112,07	145,48	189,93	250,44	332,89	445,63
$m_{y,max}$	104,17	62,46	43,24	41,67	48,00	58,45	72,73	89,55	108,70	131,53	156,52	183,69	213,04	244,56
$\frac{y}{l_y}$	0,88	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,32	0,3	0,28
$q_{x,erm}$	2,29	2,21	2,02	1,88	1,83	1,85	1,92	2,02	2,14	2,28	2,43	2,60	2,77	2,95
$q_{x,ere}$	0,16	0,17	0,23	0,33	0,47	0,68	0,94	1,24	1,57	1,89	2,20	2,48	2,73	2,96
$q_{y,erm}$	0,97	0,98	1,05	1,17	1,34	1,53	1,73	1,94	2,16	2,38	2,59	2,81	3,03	3,26
f_{erm}	1,081	0,884	0,548	0,327	0,195	0,118	0,074	0,048	0,032	0,022	0,016	0,011	0,008	0,006
$\frac{p \cdot l_y^4}{E \cdot d^3}$														

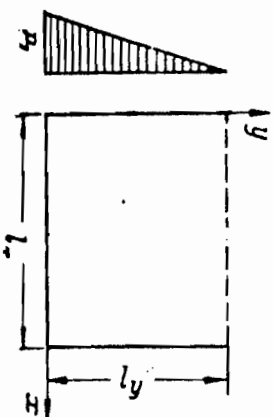
$m_{x,erm}$ — $m_{x,ere}$
 $m_{x,max}$ — $m_{x,irm}$
 f_{max} — f_{erm}

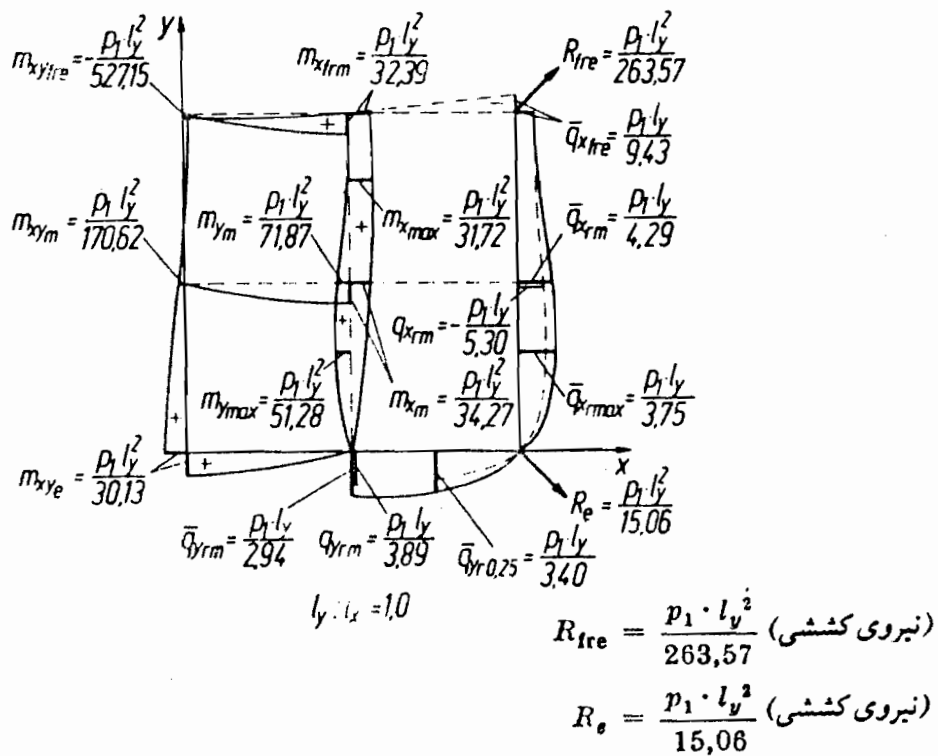




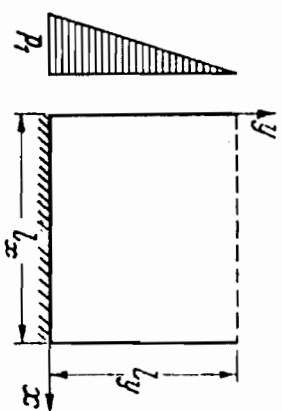
جدول ۲۶- دال با سه لبه تحت بار گسترده مثلثی

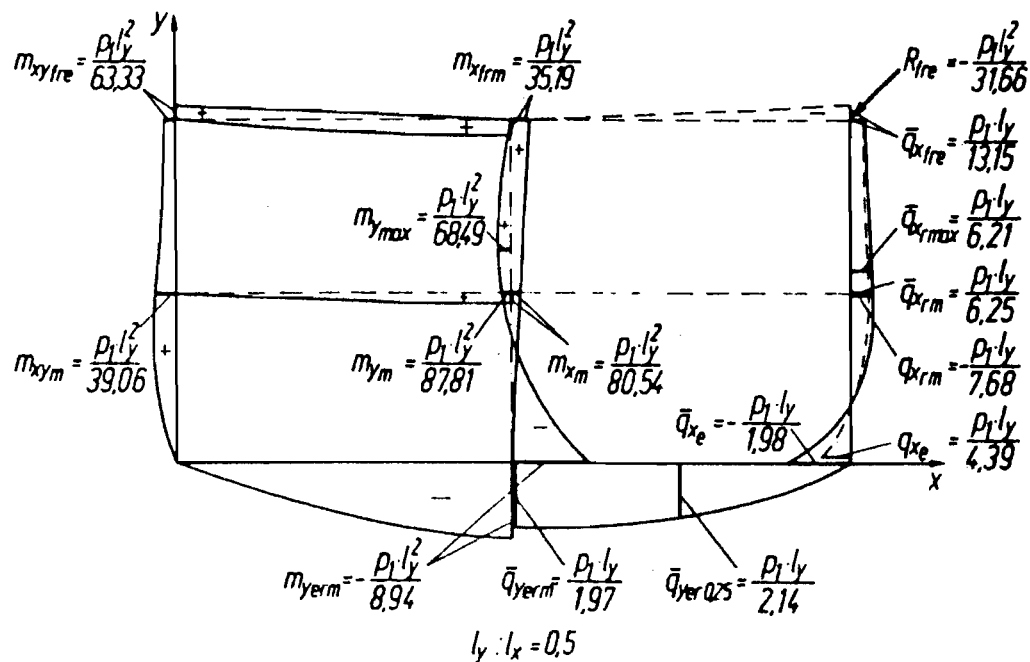
$l_y : l_x$	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
$m_{x_{max}}$	23.50	23.24	23.17	23.78	24.99	26.71	28.87	31.40	34.27	37.44	40.89	44.62	48.61	52.87
$m_{x_{lcm}}$	12.07	12.29	13.17	14.67	16.79	19.56	23.03	27.28	32.39	38.46	45.62	53.95	63.61	74.69
$m_{x_{min}}$	12.07	12.29	13.17	14.67	16.79	19.56	23.03	27.28	31.72	35.91	40.13	44.47	48.61	52.87
y/l_y	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.65	0.6	0.55	0.5	0.5
$m_{y_{max}}$	16.65	17.45	20.04	23.99	29.45	36.62	45.83	57.43	71.87	89.69	111.57	138.31	170.85	210.44
$m_{y_{min}}$	16.22	16.89	19.13	22.45	26.67	31.61	37.63	43.78	51.28	60.50	70.24	79.82	89.91	100.90
$p_1 \cdot l_y^2$	y/l_y	0.4	0.4	0.4	0.35	0.32	0.3	0.28	0.25	0.23	0.22	0.2	0.19	0.18
$m_{y_{min}}$	-0.4	0.4	0.4	0.4	0.35	0.32	0.3	0.28	0.25	0.23	0.22	0.2	0.19	0.18
$m_{x_{max}}$	6.41	7.46	9.97	12.64	15.54	18.74	22.24	26.04	30.13	34.49	39.10	43.96	49.08	54.45
$m_{x_{lcm}}$	7.90	10.10	15.57	23.11	33.81	49.37	72.74	109.37	170.62	284.50	544.37	1557.63	-34482.76	-1273.88
$m_{x_{min}}$	9.43	12.70	22.68	40.67	77.29	168.38	558.97	-1677.85	-527.15	-394.32	-359.97	-358.55	-374.25	-401.61
R_o	3.20	3.73	4.98	6.32	7.77	9.37	11.12	13.02	15.06	17.24	19.55	21.98	24.54	27.22
R_{lcm}	-4.71	-6.38	-11.34	-20.33	-38.64	-84.19	-279.48	838.92	263.57	197.16	179.98	179.27	187.12	200.81
$q_{x_{max}}$	4.20	4.21	4.27	4.33	4.46	4.60	4.80	5.05	5.30	5.58	5.88	6.17	6.49	6.80
$q_{x_{lcm}}$	3.14	3.15	3.18	3.26	3.38	3.55	3.77	4.01	4.29	4.58	4.87	5.20	5.55	5.88
$q_{x_{min}}$	7.35	7.19	7.09	7.09	7.29	7.63	8.06	8.69	9.43	10.30	11.23	12.34	13.51	14.92
$q_{y_{max}}$	2.42	2.45	2.57	2.74	2.94	3.16	3.40	3.64	3.89	4.14	4.40	4.65	4.90	5.15
$q_{y_{min}}$	2.00	2.02	2.08	2.18	2.30	2.45	2.61	2.77	2.94	3.10	3.26	3.43	3.61	3.77
$p_1 \cdot l_y^2$	1.83	1.22	0.618	0.348	0.208	0.130	0.084	0.056	0.040	0.029	0.021	0.017	0.013	0.011



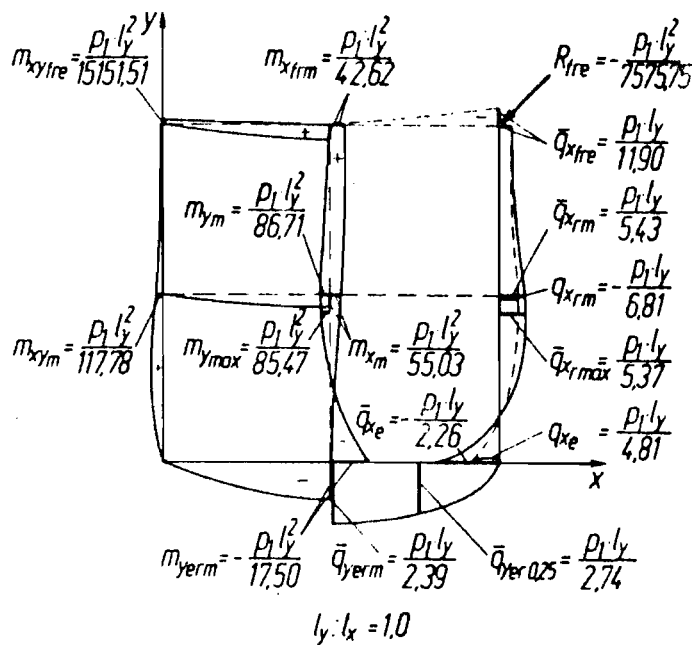


$l_y : l_z$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
m_{zm} —	252,02	184,43	109,89	80,54	66,03	59,21	55,99	54,87	55,03	56,29	58,20	60,66	63,30	66,99
m_{zrm} —	94,69	65,93	42,79	35,10	32,72	32,02	34,74	37,87	42,62	47,55	54,16	62,02	71,23	81,98
m_{zmax} —	94,69	65,93	42,79	35,10	32,72	32,02	34,74	37,87	42,62	47,55	54,16	62,02	71,23	81,98
$v/l_{\rho}=1,0$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6
m_{yerm} —	6,59	6,94	7,82	8,94	10,25	11,74	13,46	15,37	17,50	19,75	22,18	24,79	27,53	30,47
m_{ym} —	-114,26	-299,04	175,04	87,81	71,44	68,28	70,92	77,27	86,71	90,19	114,86	134,16	157,55	185,94
m_{ymax} —				68,49					85,47					144,92
				v/l_v = 0,62					v/l_v = 0,45					v/l_v = 0,35
m_{ymia} —														1607,71
														$v/l_{\rho}=0,9$
m_{xym} — ±	30,41	31,57	34,29	39,06	46,49	56,67	70,79	90,35	117,78	157,18	215,47	306,18	425,35	753,01
m_{xvire} — ±	36,98	39,11	47,25	63,33	90,06	142,57	257,80	617,66	15151,51	-1121,07	-677,50	-550,59	-524,10	-521,10
R_{ire} —	-18,49	-19,55	-23,62	-31,66	-45,03	-71,28	-123,93	-308,83	-7575,71	560,53	338,75	279,79	202,05	260,55
q_{xrm} — ±	8,40	8,40	8,13	7,68	7,29	7,04	6,84	6,80	6,81	6,89	6,99	7,19	7,35	7,57
q_{xrm} —	7,35	7,24	6,75	6,25	5,81	5,55	5,40	5,37	5,43	5,52	5,68	5,88	6,09	6,36
q_{zire} —	16,94	15,87	14,28	13,15	12,19	11,62	11,49	11,62	11,90	12,50	13,15	14,08	15,15	16,39
q_{virm} —	1,97	1,96	1,94	1,97	2,02	2,09	2,18	2,28	2,39	2,50	2,62	2,73	2,86	2,98
$f_{max} = \frac{p_1 \cdot l_y^2}{E \cdot d^3}$	0,321	0,283	0,211	0,153	0,110	0,079	0,057	0,041	0,030	0,022	0,017	0,013	0,011	0,008





$$R_{tfe} = -\frac{p_1 \cdot l_y^2}{31.66} \text{ (نیروی فشاری)}$$

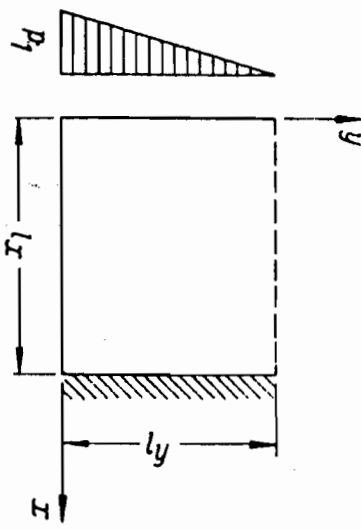


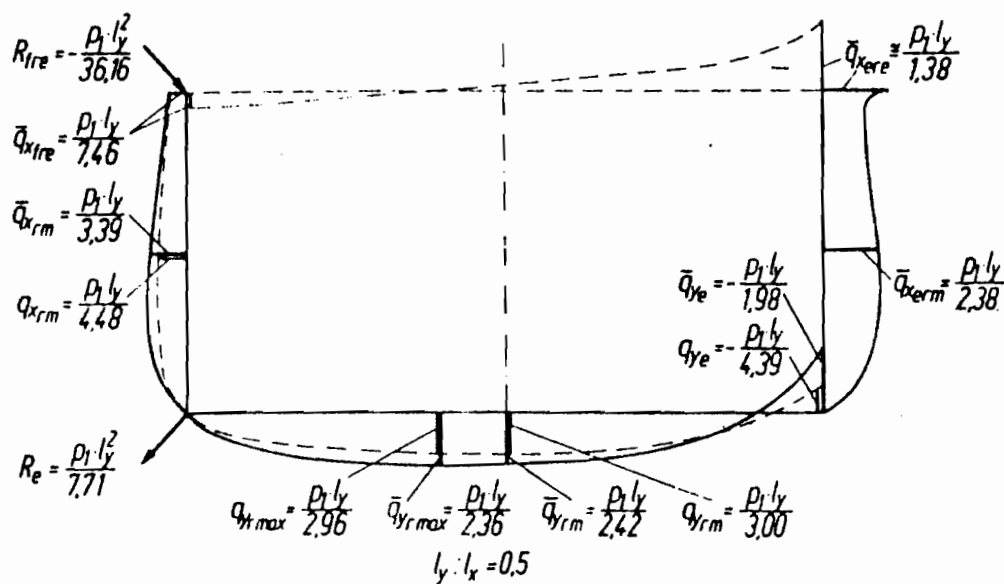
$$R_{tfe} = -\frac{p_1 \cdot l_y^2}{7575.75} \text{ (نیروی فشاری)}$$

$l_y:l_z$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{x, \text{min}}$ —	5,27	6,16	7,89	9,64	11,53	13,60	15,91	18,46	21,27	24,35	27,70	31,38	35,34	39,62
$m_{x, \text{ave}}$ —	2,56	3,31	5,17	7,72	11,18	15,82	21,91	29,73	39,58	51,70	66,34	83,71	103,98	127,31
$m_{x, \text{max}}$ —	2,56	3,31	5,17	7,72	11,18	13,49	15,80	18,40	20,83	23,58	26,64	29,28	32,39	35,43
$m_{x, \text{min}}$ —	$y/l_y=1,0$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,53	0,49	0,45	0,42	0,39	0,37	0,35	0,34	0,33
$m_{x, \text{min}}$ —	23,80	24,18	25,88	28,57	31,95	35,89	40,32	45,22	50,60	56,47	62,86	69,80	77,30	85,40
$m_{x, \text{max}}$ —	12,50	13,19	15,44	18,88	23,67	30,05	37,20	43,78	50,25	56,27	62,74	69,54	75,52	82,26
$m_{x, \text{min}}$ —	$k/l_y=1,0$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,77	0,63	0,55	0,51	0,48	0,45	0,43	0,41
$m_{x, \text{min}}$ —	12,50	13,19	15,44	18,88	23,67	30,05	38,51	48,92	62,16	78,51	98,41	122,29	150,58	183,65
$m_{x, \text{max}}$ —	12,50	11,68	14,93	17,98	22,92	28,99	36,05	44,50	54,64	66,85	81,58	100,00	122,50	153,58
$m_{x, \text{min}}$ —	$x/l_x=0,5$	0,47	0,44	0,42	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
$m_{y, \text{min}}$ —	17,53	18,95	23,12	29,33	37,54	48,79	63,72	83,37	109,11	142,68	186,50	243,51	317,61	414,28
$m_{y, \text{max}}$ —	16,98	18,18	21,62	26,31	31,71	38,67	46,54	55,10	65,57	77,56	90,56	104,32	119,51	136,36
$m_{y, \text{min}}$ —	$y/l_y=0,4$	0,39	0,37	0,34	0,31	0,30	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17
$m_{y, \text{min}}$ —						$y/l_y=0,96$	6400,0	2314,2	1250,0	1008,3	900,0	889,4	980,0	1022,7
$m_{y, \text{min}}$ —								0,94	0,92	0,90	0,89	0,89	0,88	0,88
$m_{x, \text{ave}}$ —	7,10	8,41	11,71	15,42	19,56	24,12	29,08	34,39	40,05	46,07	52,45	59,22	66,39	73,98
$m_{x, \text{min}}$ —	8,99	11,90	19,94	32,66	53,63	90,25	151,76	327,93	994,03	3324,1	894,4	4622,9	588,0	502,4
$m_{x, \text{min}}$ —	11,05	15,78	32,34	72,33	212,89	1139,53	4426,9	303,3	283,2	298,9	321,7	362,8	416,3	481,9
R_e —	3,55	4,20	5,85	7,71	9,78	12,06	14,54	17,19	20,02	23,03	26,22	29,61	33,19	36,99
R_{ave} —	5,52	7,89	16,17	36,16	106,4	5697,6	213,4	151,6	141,6	146,9	160,8	181,4	206,1	240,9
$R_{x, \text{min}}$ —	4,20	4,23	4,32	4,48	4,71	5,00	5,31	5,68	6,06	6,45	6,89	7,35	7,75	8,26
$R_{x, \text{min}}$ —	3,14	3,16	3,24	3,39	3,63	3,92	4,23	4,60	5,00	5,43	5,88	6,36	6,84	7,35
$R_{x, \text{min}}$ —	7,35	7,24	7,19	7,46	8,00	8,77	9,70	10,98	12,50	14,08	16,12	18,18	20,83	23,80

۲۱۱

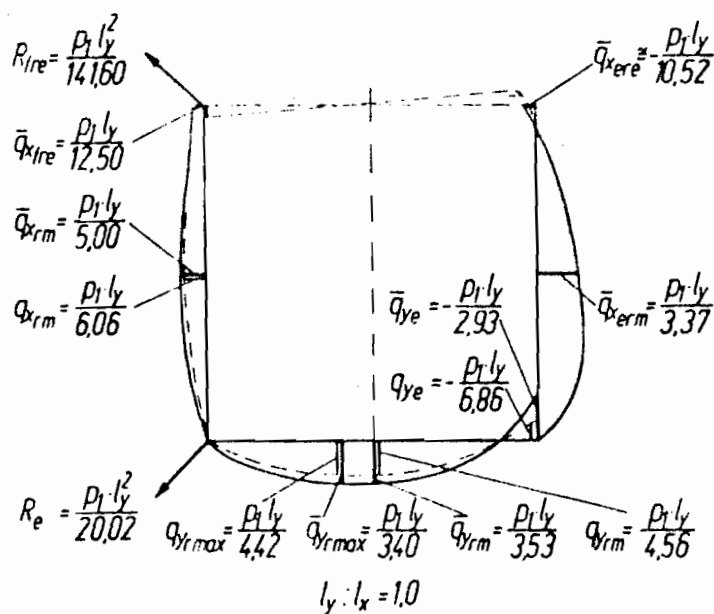
q_{xerm}	-	2.02	2.11	2.25	2.38	2.53	2.71	2.91	3.14	3.37	3.63	3.89	4.16	4.46	4.76
q_{xere}	-	0.241	0.346	0.683	1.38	3.13	10.10	-62.5	-13.88	-10.52	-10.00	-10.41	-11.49	-12.98	-14.92
q_{yerm}	-	2.47	2.55	2.76	3.00	3.31	3.62	3.93	4.25	4.56	4.90	5.23	5.55	5.88	6.21
q_{yerm}	-	2.04	2.09	2.24	2.42	2.64	2.86	3.08	3.31	3.53	3.75	3.98	4.21	4.44	4.67
l_{max}	$= \frac{p_1 \cdot l_y^2}{E \cdot d^3}$	1.48	0.936	0.427	0.217	0.118	0.067	0.042	0.028	0.020	0.015	0.011	0.008	0.007	0.005





$$R_{fre} = -\frac{p_1 \cdot l_y^2}{36.16} \quad (\text{نیروی فشاری})$$

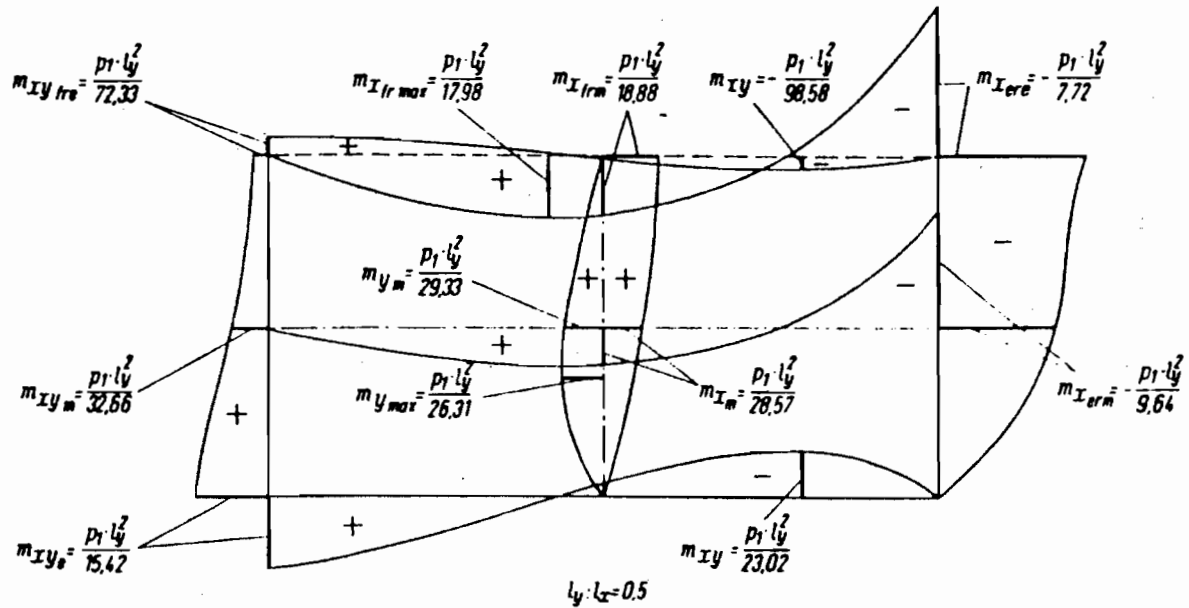
$$R_e = \frac{p_1 \cdot l_y^2}{7.71} \quad (\text{نیروی کششی})$$



$$R_{fre} = \frac{p_1 \cdot l_y^2}{141.60} \quad (\text{نیروی کششی})$$

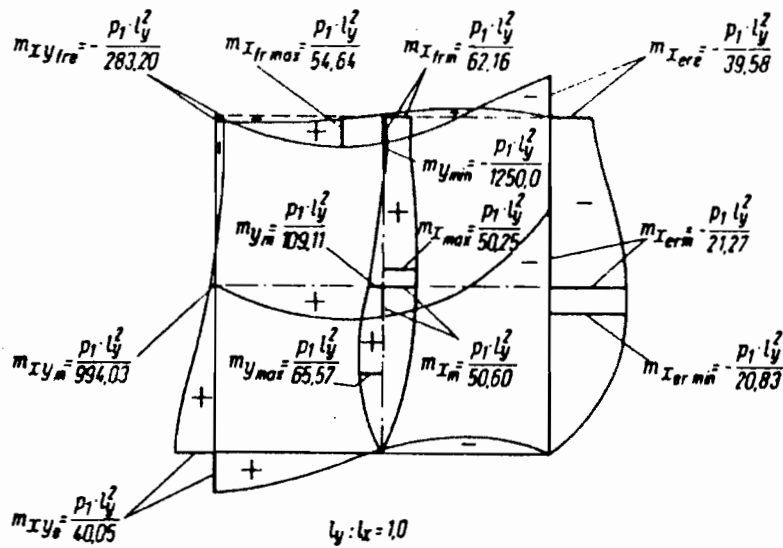
$$R_e = \frac{p_1 \cdot l_y^2}{20.02} \quad (\text{نیروی کششی})$$

پیوست جدول ۷۸



$$R_{fre} = -\frac{p_1 \cdot l_y^3}{36.18}$$

$$R_e = \frac{p_1 \cdot l_y^3}{7.71}$$

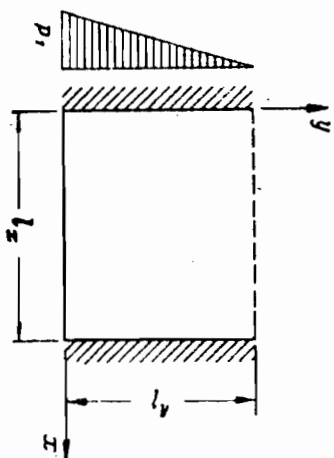


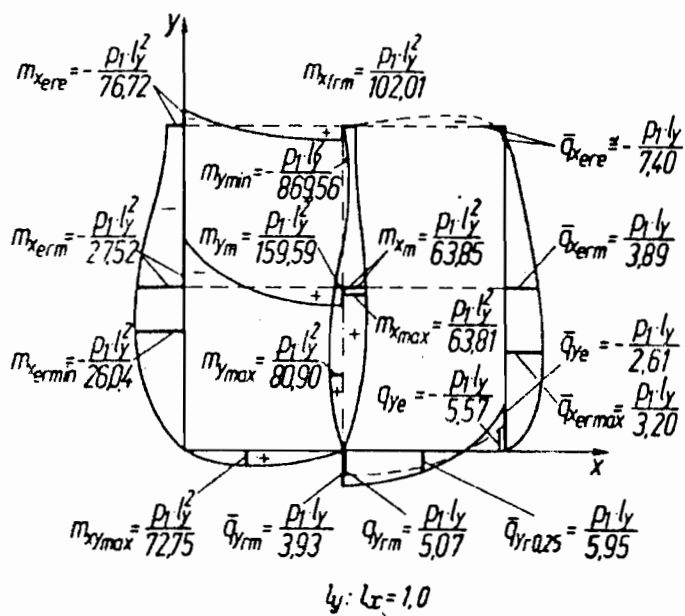
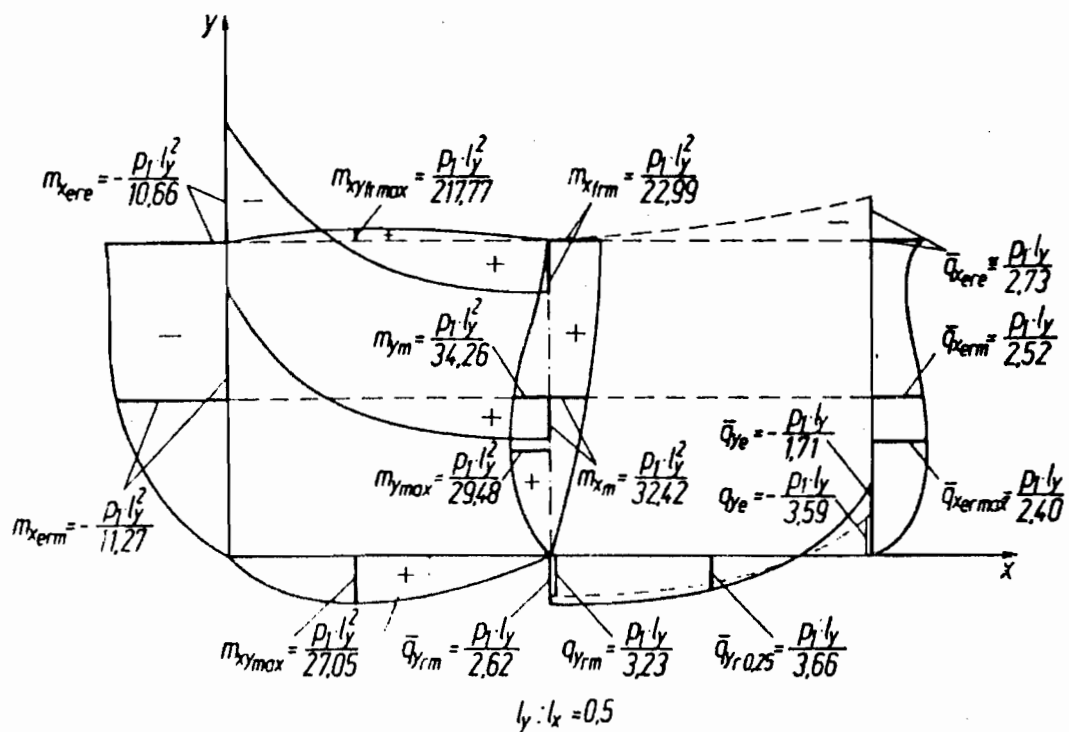
$$R_{fre} = \frac{p_1 \cdot l_y^3}{141.60}$$

$$R_e = \frac{p_1 \cdot l_y^3}{20.02}$$

جدول ۲۹ - دال با دو لبه گیردار و یک لبه ساده تحت بار گسترده منطبقی

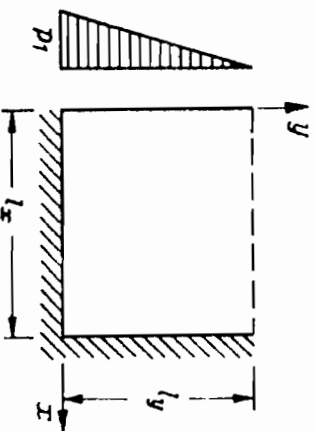
$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{x_{max}}$	5,73	6,89	8,06	11,27	13,84	16,49	19,91	23,51	27,52	31,09	36,03	42,38	48,34	54,84
$m_{x_{min}}$	2,92	3,95	6,59	10,66	16,56	25,54	37,04	54,77	76,72	104,40	137,90	177,50	223,21	274,79
$m_{x_{avg}}$	2,92	3,95	6,59	10,66	13,74	16,44	19,63	22,75	26,04	29,36	33,10	37,06	41,17	45,63
$m_{x_{avg min}}$	$y/l_y = 1,0$	1,0	1,0	1,0	0,53	0,48	0,44	0,40	0,37	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31
$m_{x_{min}}$	24,03	24,91	28,05	32,42	37,51	43,24	49,47	56,31	63,85	72,17	81,37	91,51	102,65	114,85
$m_{x_{lim}}$	12,82	13,99	17,52	22,99	31,12	41,87	56,06	76,40	102,01	134,54	174,02	223,90	282,05	349,97
$m_{x_{max}}$	12,82	13,99	17,52	22,99	31,12	40,00	48,30	56,05	63,81	71,38	79,33	87,33	95,84	104,65
$m_{y_{max}}$	$y/l_y = 1,0$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,75	0,6	0,53	0,48	0,45	0,42	0,40	0,38	0,36
$m_{y_{min}}$	18,31	20,32	26,03	34,26	45,80	61,07	84,48	115,83	159,59	220,76	306,57	427,63	598,65	842,38
$m_{y_{avg}}$	17,86	19,31	23,88	29,48	36,54	45,11	55,41	67,21	80,90	95,65	112,50	131,41	151,93	173,74
$m_{y_{avg min}}$	$y/l_y = 0,4$	0,39	0,37	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,2	0,19	0,18	0,17	0,15
$m_{y_{min}}$	4900,00	1729,72	1024,02	869,56	864,28	929,03	1056,25	1120,00	1285,71					
$m_{y_{lim}}$						$y/l_y = 0,96$	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88
$q_{x_{max}}$	2,07	2,17	2,34	2,52	2,73	2,99	3,26	3,57	3,89	4,23	4,58	4,97	5,34	5,74
$q_{x_{avg}}$	0,28	0,42	1,00	2,73	16,39	-12,82	-7,57	-6,99	-7,40	-8,40	-9,90	-11,90	-14,49	-17,54
$q_{y_{min}}$	2,51	2,63	2,91	3,23	3,58	3,95	4,31	4,69	5,07	5,46	5,84	6,25	6,62	7,04
$q_{y_{lim}}$	2,07	2,15	2,36	2,62	2,88	3,14	3,41	3,67	3,93	4,20	4,48	4,76	5,02	5,31
f_{max}	$\frac{p_1 \cdot l_y^4}{E \cdot d^3}$	1,19	0,720	0,297	0,137	0,068	0,039	0,026	0,018	0,013	0,009	0,007	0,005	0,004
														0,003

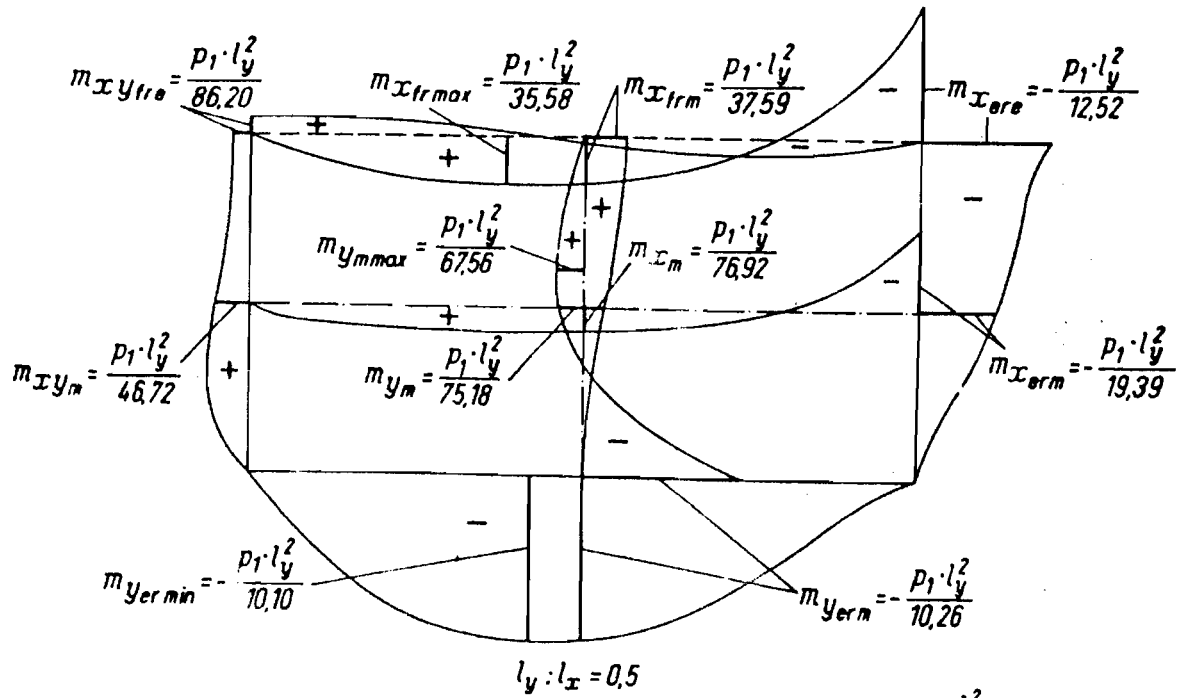




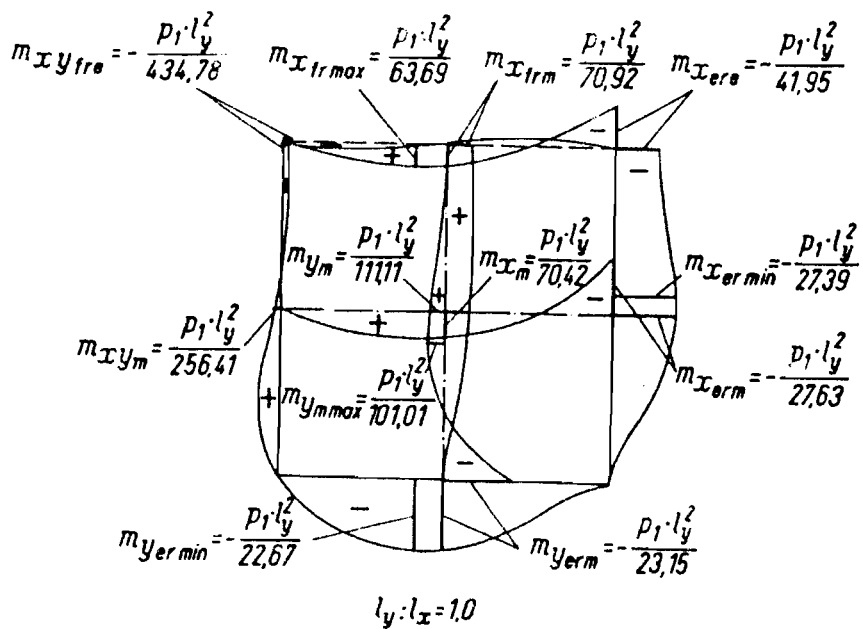
جدول ۳۰- دال با دو لبه گیردار و یک لبه ساده تحت بار گسترده مثلثی

l_y/l_x	0,25	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
$m_{x\text{center}}$	18,18	18,32	18,74	19,39	20,35	21,66	23,32	25,32	27,63	30,25	33,17
$m_{x\text{edge}}$	8,70	9,08	10,39	12,52	15,63	19,88	25,52	32,79	41,95	53,25	66,94
$m_{x\text{center min}}$	8,70	9,08	10,39	12,52	15,63	19,88	25,52	32,79	41,95	53,25	66,94
$m_{x\text{center max}}$	263,15	166,66	98,03	76,92	68,49	65,78	65,78	67,56	70,42	74,07	78,74
$m_{x\text{edge min}}$	86,95	59,88	41,66	37,59	38,61	42,91	49,50	58,82	70,92	86,20	105,26
$m_{x\text{edge max}}$	51,28	47,61	39,21	35,58	36,10	39,68	45,45	53,19	63,69	76,92	92,59
$m_{y\text{center}}$	$x/l_x=0,15$	0,21	0,32	0,38	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
$m_{y\text{edge min}}$	6,75	7,24	8,56	10,26	12,30	14,63	17,23	20,07	23,15	26,46	30,00
$m_{y\text{center max}}$	6,73	7,22	8,48	10,10	12,06	14,32	16,88	19,66	22,67	25,91	29,26
$m_{y\text{edge min}}$	-163,93	-5000	113,63	75,18	68,96	71,42	80,00	92,59	111,11	133,33	163,93
$m_{y\text{edge max}}$	181,81	117,64	76,92	67,56	66,66	71,42	78,74	89,28	101,01	114,94	131,57
$m_{y\text{center max}}$	$y/l_y=0,75$	0,68	0,64	0,60	0,55	0,50	0,47	0,44	0,40	0,38	0,36
$m_{y\text{center min}}$	32,36	33,33	38,02	46,72	60,60	81,30	114,94	166,66	256,41	416,66	833,33
$m_{y\text{edge max}}$	39,21	42,55	55,86	86,20	153,84	400,0	1000	-666,66	-434,78	-384,61	-384,61
R_{free}	19,60	21,27	27,93	43,10	76,92	200,0	500,0	-333,33	-217,39	-192,30	-192,30
$q_{x\text{center}}$	8,33	8,26	7,87	7,40	7,09	6,94	6,94	7,04	7,19	7,46	7,75
$q_{x\text{edge}}$	7,29	7,09	6,45	5,91	5,58	5,46	5,49	5,61	5,81	6,06	6,41
$q_{x\text{center min}}$	16,66	15,62	13,88	12,65	12,04	12,04	12,5	13,15	14,38	15,62	17,54
$q_{x\text{center max}}$	4,38	4,31	4,09	3,92	3,80	3,75	3,78	3,86	3,98	4,13	4,31
$q_{x\text{edge min}}$	0,78	0,86	1,13	1,64	2,63	4,83	11,23	71,42	-33,33	-18,86	-15,87
$q_{x\text{edge max}}$	1,97	1,96	2,00	2,07	2,18	2,32	2,46	2,61	2,78	2,93	3,12
f_{max}	$\frac{p_1 \cdot l_y^2}{8 \cdot d^3}$	0,305	0,259	0,177	0,116	0,075	0,048	0,031	0,022	0,015	0,011
											0,009

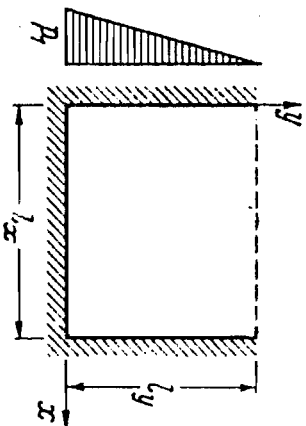


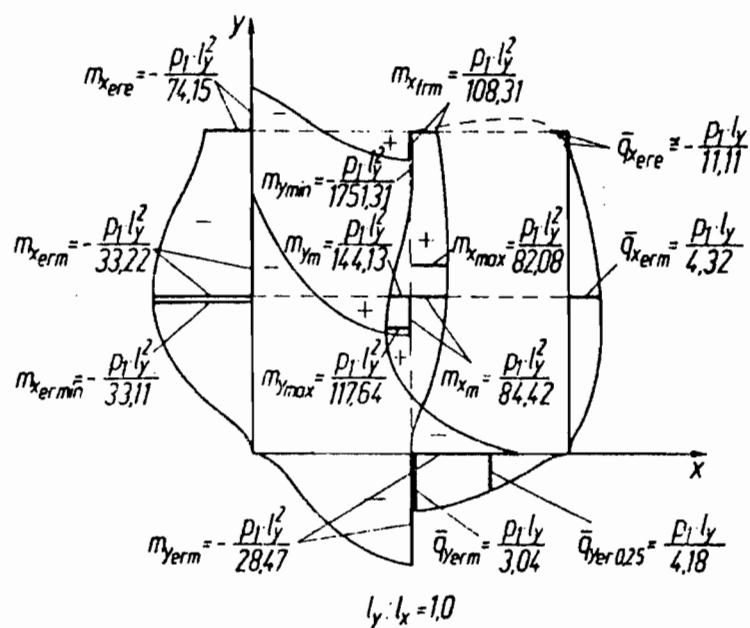
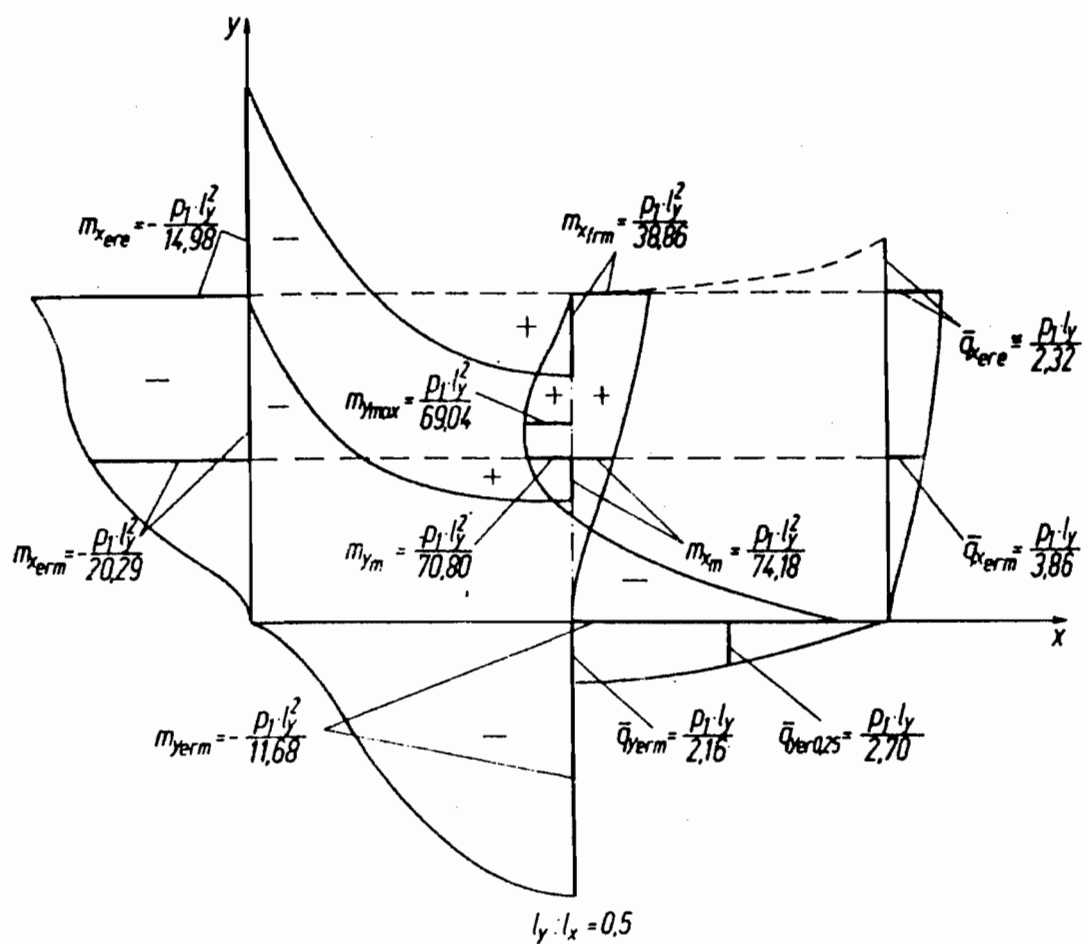


$$R_{fre} = -\frac{p_1 \cdot l_y^2}{43.10} \text{ (نیروی فشاری)}$$



$$R_{fre} = \frac{p_1 \cdot l_y^2}{217.39} \text{ (نیروی کششی)}$$

$$\frac{p_1 \cdot l_y}{E \cdot d^3} \cdot \left\{ p_1 \cdot l_y \right.$$




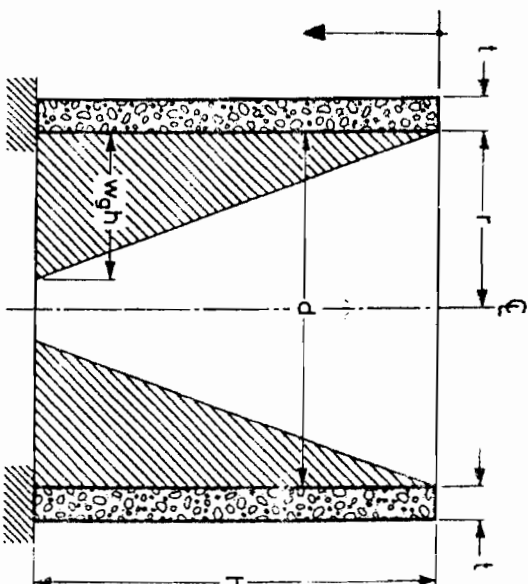
پیوست ۲

ضرایب نیروی برشی، لنگر خمشی و کشش
حلقوی در مخازن استوانه‌ای

از جداولنی که در پیوست ارائه می شوند، می توان برای محاسبه کشش حلقوی در نوارهای حلقوی افقی و لنگر خمشی و نیروی برشی در نوارهای قائم مخازن استوانه ای یکپارچه استفاده نمود. جداول برای ۴ بارگذاری با توزیع مثلثی و توزیع یکنواخت در ارتفاع مخزن و نیروی متمرکز در بالای مخزن و لنگر متمرکز در پای مخزن برای دو حالت پای مفصلی و پای گیردار تنظیم شده اند. تمام نیروهای داخلی ارائه شده برای نواری به عرض واحد می باشند.

جدول ۱

کشش حلقوی F_1 به علت بارگذاری مثلثی
پای گیردار، بالای آزاد
 $F_1 = W_{\text{حلقی}} \times \text{ضریب}$
علامت مثبت نشان دهنده کشش است

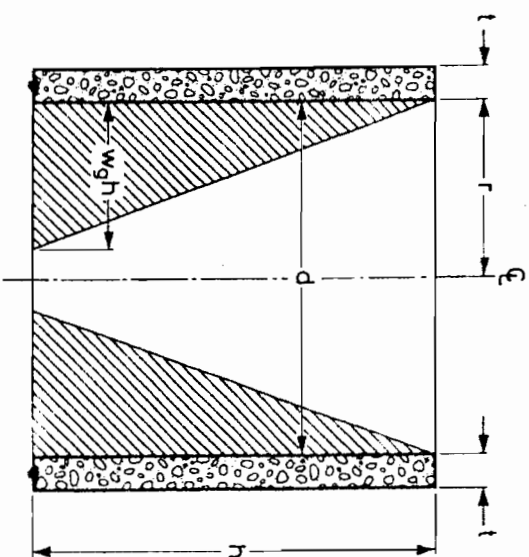


ضریب در نقاطی از بالا

$\frac{h^2}{dt}$	ضریب در نقاطی از بالا									
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h
0.4	+0.149	+0.134	+0.120	+0.101	+0.082	+0.066	+0.049	+0.029	+0.014	+0.004
0.8	+0.263	+0.239	+0.215	+0.190	+0.160	+0.130	+0.096	+0.063	+0.034	+0.010
1.2	+0.283	+0.271	+0.254	+0.234	+0.209	+0.180	+0.142	+0.099	+0.054	+0.016
1.6	+0.265	+0.268	+0.268	+0.266	+0.250	+0.226	+0.185	+0.134	+0.075	+0.023
2.0	+0.234	+0.251	+0.273	+0.285	+0.285	+0.274	+0.232	+0.172	+0.104	+0.031
3.0	+0.134	+0.203	+0.267	+0.322	+0.357	+0.362	+0.330	+0.262	+0.157	+0.052
4.0	+0.067	+0.164	+0.256	+0.339	+0.403	+0.429	+0.409	+0.334	+0.210	+0.073
5.0	+0.025	+0.137	+0.245	+0.346	+0.428	+0.477	+0.469	+0.398	+0.259	+0.092
6.0	+0.018	+0.119	+0.234	+0.344	+0.441	+0.504	+0.514	+0.447	+0.301	+0.112
8.0	-0.011	+0.104	+0.218	+0.335	+0.443	+0.534	+0.575	+0.530	+0.381	+0.151
10.0	-0.011	+0.098	+0.208	+0.323	+0.437	+0.542	+0.608	+0.589	+0.440	+0.179
12.0	-0.005	+0.097	+0.202	+0.312	+0.429	+0.543	+0.628	+0.633	+0.494	+0.211
14.0	-0.002	+0.098	+0.200	+0.306	+0.420	+0.539	+0.639	+0.666	+0.541	+0.241
16.0	0.000	+0.099	+0.199	+0.304	+0.412	+0.531	+0.641	+0.687	+0.582	+0.265

جدول ۲

کشی حلقوی F_1 تحت بارگذاری مابلی
 پای مفصلی، بالای آزاد
 $F_1 = w_{air} \times \text{ضریب}$
 علامت مثبت نشان دهنده کشش است

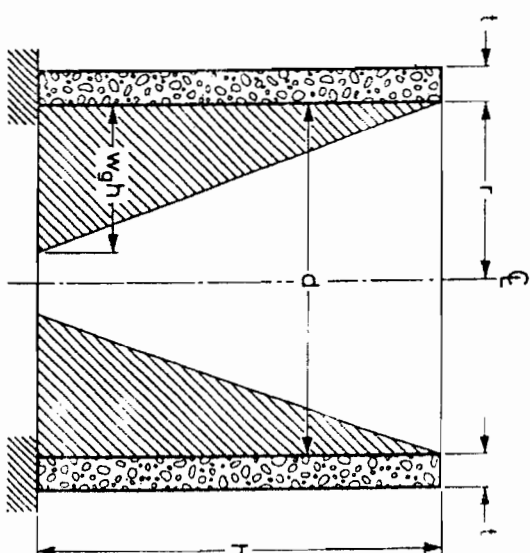


ضرایب در نقاطی از بالا

$\frac{h^2}{dt}$										
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h
0.4	+0.474	+0.440	+0.395	+0.352	+0.308	+0.264	+0.215	+0.165	+0.111	+0.057
0.8	+0.423	+0.402	+0.381	+0.358	+0.330	+0.297	+0.249	+0.202	+0.145	+0.076
1.2	+0.350	+0.355	+0.361	+0.362	+0.358	+0.343	+0.309	+0.256	+0.186	+0.098
1.6	+0.271	+0.303	+0.341	+0.369	+0.385	+0.385	+0.362	+0.314	+0.233	+0.124
2.0	+0.205	+0.260	+0.321	+0.373	+0.411	+0.434	+0.419	+0.369	+0.280	+0.151
3.0	+0.074	+0.179	+0.281	+0.375	+0.449	+0.506	+0.519	+0.479	+0.375	+0.210
4.0	+0.017	+0.137	+0.253	+0.367	+0.469	+0.545	+0.579	+0.553	+0.447	+0.256
5.0	-0.008	+0.114	+0.235	+0.356	+0.469	+0.562	+0.617	+0.606	+0.503	+0.294
6.0	-0.011	+0.103	+0.223	+0.343	+0.463	+0.566	+0.639	+0.643	+0.547	+0.327
8.0	-0.015	+0.096	+0.208	+0.324	+0.443	+0.564	+0.661	+0.697	+0.621	+0.386
10.0	-0.008	+0.095	+0.200	+0.311	+0.428	+0.552	+0.666	+0.730	+0.678	+0.433
12.0	-0.002	+0.097	+0.197	+0.302	+0.417	+0.541	+0.664	+0.750	+0.720	+0.477
14.0	0.000	+0.098	+0.197	+0.299	+0.408	+0.531	+0.659	+0.761	+0.752	+0.513
16.0	+0.002	+0.100	+0.198	+0.299	+0.403	+0.521	+0.650	+0.764	+0.776	+0.536

جدول ۳

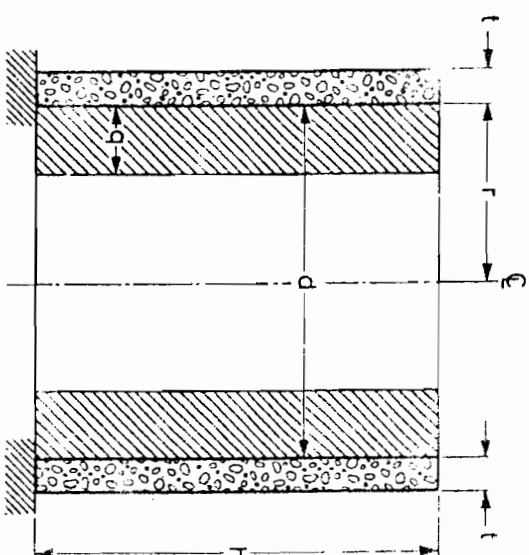
لنگر خمشی M به علت بارگذاری مثلثی
پای گیردار - بالای آزاد
 $M = \frac{3}{8} Wgh$ ضرب $\times$ ضریب
علامت مثبت نشان دهنده کشش در سطح خارجی است



ضرایب در نقاطی از بالا

$\frac{h^2}{dt}$										
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	+ .0005	+ .0014	+ .0021	+ .0007	-.0042	-.0150	-.0302	-.0529	-.0816	-.1205
0.8	+ .0011	+ .0037	+ .0063	+ .0080	+ .0070	+ .0023	-.0068	-.0224	-.0465	-.0795
1.2	+ .0012	+ .0042	+ .0077	+ .0103	+ .0112	+ .0090	+ .0022	-.0108	-.0311	-.0602
1.6	+ .0011	+ .0041	+ .0075	+ .0107	+ .0121	+ .0111	+ .0058	-.0051	-.0232	-.0505
2.0	+ .0010	+ .0035	+ .0068	+ .0099	+ .0120	+ .0115	+ .0075	-.0021	-.0185	-.0436
3.0	+ .0006	+ .0024	+ .0047	+ .0071	+ .0090	+ .0097	+ .0077	+ .0012	-.0119	-.0333
4.0	+ .0003	+ .0015	+ .0028	+ .0047	+ .0066	+ .0077	+ .0069	+ .0023	-.0080	-.0268
5.0	+ .0002	+ .0008	+ .0016	+ .0029	+ .0046	+ .0059	+ .0059	+ .0028	-.0058	-.0222
6.0	+ .0001	+ .0003	+ .0008	+ .0019	+ .0032	+ .0046	+ .0051	+ .0029	-.0041	-.0187
8.0	.0000	+ .0001	+ .0002	+ .0008	+ .0016	+ .0028	+ .0038	+ .0029	-.0022	-.0146
10.0	.0000	.0000	+ .0001	+ .0004	+ .0007	+ .0019	+ .0029	+ .0028	-.0012	-.0122
12.0	.0000	-.0001	+ .0001	+ .0002	+ .0003	+ .0013	+ .0023	+ .0026	-.0005	-.0104
14.0	.0000	.0000	.0000	.0000	+ .0001	+ .0008	+ .0019	+ .0023	-.0001	-.0090
16.0	.0000	.0000	-.0001	-.0002	-.0001	+ .0004	+ .0013	+ .0019	+ .0001	-.0079

کشی حلقوی F_1 تحت بار یکنواخت
 پای گیردار - بالای آزاد
 $F_1 = q \times \text{ضریب}$
 علامت مثبت نشان دهنده کشی است.

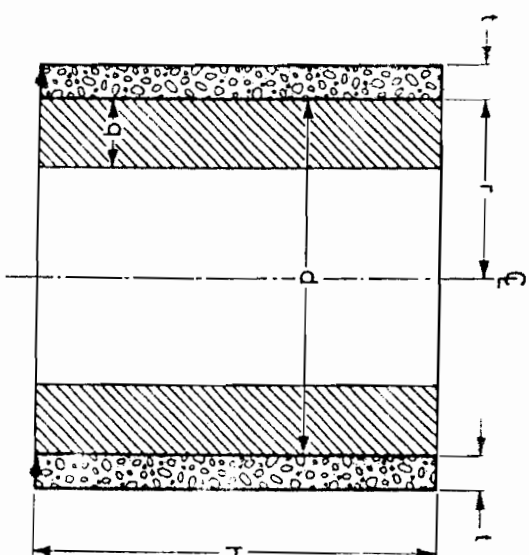


ضرایب در نقاطی از بالا

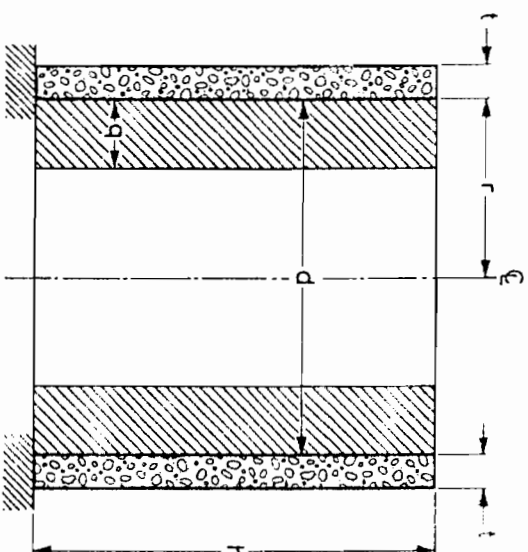
$\overline{dt}$										
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h
0.4	+0.582	+0.505	+0.431	+0.353	+0.277	+0.206	+0.145	+0.092	+0.046	+0.013.
0.8	+1.052	+0.921	+0.796	+0.669	+0.542	+0.415	+0.289	+0.179	+0.089	+0.024
1.2	+1.218	+1.078	+0.946	+0.808	+0.665	+0.519	+0.378	+0.246	+0.127	+0.034
1.6	+1.257	+1.141	+1.009	+0.881	+0.742	+0.600	+0.449	+0.294	+0.153	+0.045
2.0	+1.253	+1.144	+1.041	+0.929	+0.806	+0.667	+0.514	+0.345	+0.186	+0.055
3.0	+1.160	+1.112	+1.061	+0.998	+0.912	+0.796	+0.646	+0.459	+0.258	+0.081
4.0	+1.085	+1.073	+1.057	+1.029	+0.977	+0.887	+0.746	+0.553	+0.322	+0.105
5.0	+1.037	+1.044	+1.047	+1.042	+1.015	+0.949	+0.825	+0.629	+0.379	+0.128
6.0	+1.010	+1.024	+1.038	+1.045	+1.034	+0.986	+0.879	+0.694	+0.430	+0.149
8.0	+0.989	+1.005	+1.022	+1.036	+1.044	+1.026	+0.953	+0.788	+0.519	+0.189
10.0	+0.989	+0.998	+1.010	+1.023	+1.039	+1.040	+0.996	+0.859	+0.591	+0.226
12.0	+0.994	+0.997	+1.003	+1.014	+1.031	+1.043	+1.022	+0.911	+0.652	+0.262
14.0	+0.997	+0.998	+1.000	+1.007	+1.022	+1.040	+1.035	+0.949	+0.705	+0.294
16.0	+1.000	+0.999	+0.999	+1.003	+1.015	+1.032	+1.040	+0.975	+0.750	+0.321

جدول ۵

کشی حلقوی F_1 به علت بارگذاری یکپارچه
 پای مفصلی - بالای آزاد
 $F_1 = q \times$ ضریب
 علامت مثبت نشان دهنده کشی است.



$\frac{h^2}{dt}$	ضریب در نقاطی از بالا									
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h
0.4	+1.474	+1.340	+1.195	+1.052	+0.908	+0.764	+0.615	+0.465	+0.311	+0.154
0.8	+1.423	+1.302	+1.181	+1.058	+0.930	+0.797	+0.649	+0.502	+0.345	+0.166
1.2	+1.350	+1.255	+1.161	+1.062	+0.958	+0.843	+0.709	+0.556	+0.386	+0.198
1.6	+1.271	+1.203	+1.141	+1.069	+0.985	+0.885	+0.756	+0.614	+0.433	+0.224
2.0	+1.205	+1.160	+1.121	+1.073	+1.011	+0.934	+0.819	+0.669	+0.480	+0.251
3.0	+1.074	+1.079	+1.081	+1.075	+1.049	+1.006	+0.919	+0.779	+0.575	+0.310
4.0	+1.017	+1.037	+1.053	+1.067	+1.045	+1.045	+0.979	+0.853	+0.647	+0.356
5.0	+0.992	+1.014	+1.035	+1.056	+1.069	+1.062	+1.017	+0.906	+0.703	+0.394
6.0	+0.989	+1.003	+1.023	+1.043	+1.063	+1.066	+1.039	+0.943	+0.747	+0.427
8.0	+0.985	+0.996	+1.008	+1.024	+1.043	+1.064	+1.061	+0.997	+0.821	+0.486
10.0	+0.992	+0.995	+1.000	+1.011	+1.028	+1.052	+1.066	+1.030	+0.878	+0.533
12.0	+0.998	+0.997	+0.997	+1.002	+1.017	+1.041	+1.064	+1.050	+0.920	+0.577
14.0	+1.000	+0.998	+0.997	+0.999	+1.008	+1.031	+1.059	+1.061	+0.952	+0.613
16.0	+1.002	+1.000	+0.998	+0.999	+1.003	+1.021	+1.050	+1.064	+0.976	+0.636



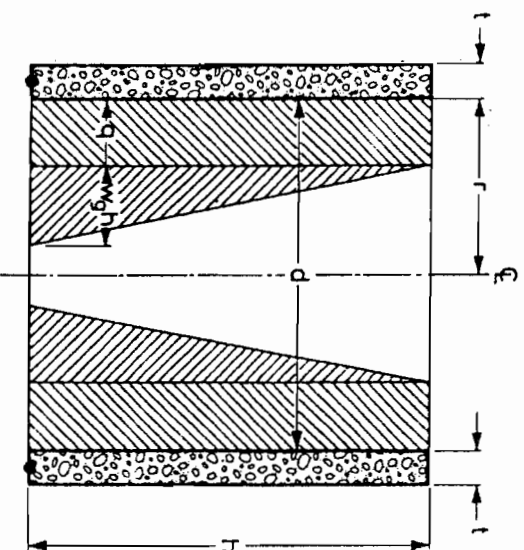
لنگر خمشی M به علت بارگذاری یکپارچه
پای گیردار - بالای آزاد
 $M = qh^2 \times \text{ضریب}$
علامت مثبت نشان دهنده کشش در سطح خارجی است.

ضرایب در نقاطی از بالا

$\frac{h^2}{dt}$										
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	-.0023	-.0093	-.0227	-.0439	-.0710	-.1018	-.1455	-.2000	-.2593	-.3310
0.8	.0000	-.0006	-.0025	-.0083	-.0185	-.0362	-.0594	-.0917	-.1325	-.1835
1.2	+.0008	+.0026	+.0037	+.0029	-.0009	-.0089	-.0227	-.0468	-.0815	-.1178
1.6	+.0011	+.0036	+.0062	+.0077	+.0068	+.0011	-.0093	-.0267	-.0529	-.0876
2.0	+.0010	+.0036	+.0066	+.0088	+.0089	+.0059	-.0019	-.0167	-.0389	-.0718
3.0	+.0007	+.0026	+.0051	+.0074	+.0091	+.0083	+.0042	-.0053	-.0223	-.0483
4.0	+.0004	+.0015	+.0033	+.0052	+.0068	+.0075	+.0053	-.0013	-.0145	-.0365
5.0	+.0002	+.0008	+.0019	+.0035	+.0051	+.0061	+.0052	+.0007	-.0101	-.0253
6.0	+.0001	+.0004	+.0011	+.0022	+.0036	+.0049	+.0048	+.0017	-.0073	-.0242
8.0	.0000	+.0001	+.0003	+.0008	+.0018	+.0031	+.0038	+.0024	-.0040	-.0184
10.0	.0000	-.0001	.0000	+.0002	+.0009	+.0021	+.0030	+.0026	-.0022	-.0147
12.0	.0000	.0000	-.0001	.0000	+.0004	+.0014	+.0024	+.0022	-.0012	-.0123
14.0	.0000	.0000	.0000	.0000	+.0002	+.0010	+.0018	+.0021	-.0007	-.0105
16.0	.0000	.0000	.0000	-.0001	+.0001	+.0006	+.0012	+.0020	-.0005	-.0091

جدول ۷

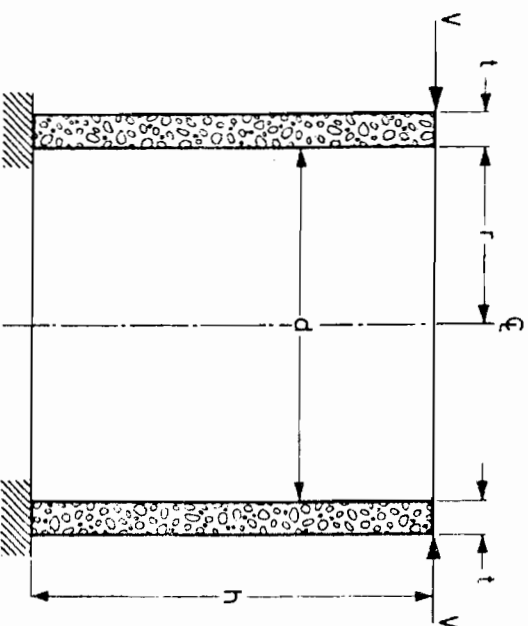
لنگر خمشی M به علت ترکیب بار یکنواخت و مثنی
پای گیردار - بالایی آزاد
 $M = (q h^2 + w h^3) \times$ ضریب
علامت مثبت نشان دهنده کشش در سطح خارجی است.



ضرایب در نقاطی از بالا

$\frac{h^2}{dt}$										
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	+ .0020	+ .0072	+ .0151	+ .0230	+ .0301	+ .0348	+ .0357	+ .0312	+ .0197	0
0.8	+ .0019	+ .0064	+ .0133	+ .0207	+ .0271	+ .0319	+ .0329	+ .0292	+ .0187	0
1.2	+ .0016	+ .0058	+ .0111	+ .0177	+ .0237	+ .0280	+ .0296	+ .0263	+ .0171	0
1.6	+ .0012	+ .0044	+ .0091	+ .0145	+ .0195	+ .0236	+ .0255	+ .0232	+ .0155	0
2.0	+ .0009	+ .0033	+ .0073	+ .0114	+ .0158	+ .0199	+ .0219	+ .0205	+ .0145	0
3.0	+ .0004	+ .0018	+ .0040	+ .0063	+ .0092	+ .0127	+ .0152	+ .0153	+ .0111	0
4.0	+ .0001	+ .0007	+ .0016	+ .0033	+ .0057	+ .0083	+ .0109	+ .0118	+ .0092	0
5.0	.0000	+ .0001	+ .0006	+ .0016	+ .0034	+ .0057	+ .0080	+ .0094	+ .0078	0
6.0	.0000	.0000	+ .0002	+ .0008	+ .0019	+ .0039	+ .0062	+ .0078	+ .0068	0
8.0	.0000	.0000	-.0002	.0000	+ .0007	+ .0020	+ .0038	+ .0057	+ .0054	0
10.0	.0000	.0000	-.0002	-.0001	+ .0002	+ .0011	+ .0025	+ .0043	+ .0045	0
12.0	.0000	.0000	-.0001	-.0002	.0000	+ .0005	+ .0017	+ .0032	+ .0039	0
14.0	.0000	.0000	-.0001	-.0001	-.0001	.0000	+ .0012	+ .0026	+ .0033	0
16.0	.0000	.0000	.0000	-.0001	-.0002	-.0004	+ .0008	+ .0022	+ .0029	0

کشش حلقوی به علت نیروی برشی یکنواخت V
 که در بالای دیوار وارد می شود.
 پای گیردار - بالای آزاد
 $F_t = \frac{V}{h} \times \text{ضریب}$
 علامت مثبت نشان دهنده کشش می باشد.



ضرایب در نقاطی از بالا

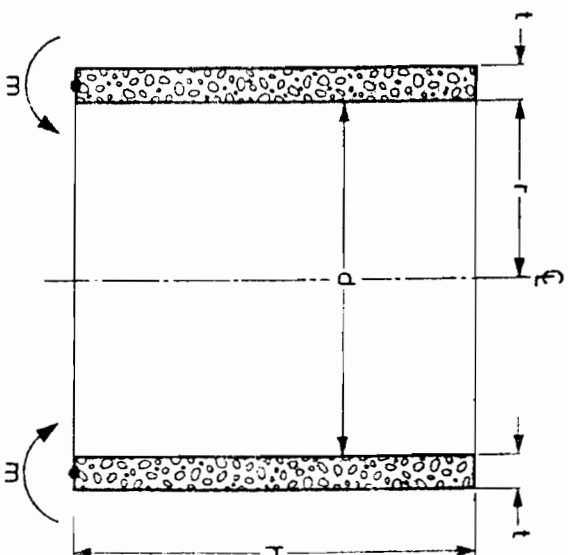
$\frac{h^2}{dt}$										
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h
0.4	-1.57	-1.32	-1.08	-0.86	-0.65	-0.47	-0.31	-0.18	-0.08	-0.02
0.8	-3.09	-2.55	-2.04	-1.57	-1.15	-0.80	-0.51	-0.28	-0.13	-0.03
1.2	-3.95	-3.17	-2.44	-1.79	-1.25	-0.81	-0.48	-0.25	-0.10	-0.02
1.6	-4.57	-3.54	-2.60	-1.80	-1.17	-0.69	-0.36	-0.16	-0.05	-0.01
2.0	-5.12	-3.83	-2.68	-1.74	-1.02	-0.52	-0.21	-0.05	+0.01	+0.01
3.0	-6.32	-4.37	-2.70	-1.43	-0.58	-0.02	+0.15	+0.19	+0.13	+0.04
4.0	-7.34	-4.73	-2.60	-1.10	-0.19	+0.26	+0.38	+0.33	+0.19	+0.06
5.0	-8.22	-4.99	-2.45	-0.79	+0.11	+0.47	+0.50	+0.37	+0.20	+0.06
6.0	-9.02	-5.17	-2.27	-0.50	+0.34	+0.59	+0.53	+0.35	+0.17	+0.01
8.0	-10.42	-5.36	-1.85	-0.02	+0.63	+0.66	+0.46	+0.24	+0.09	+0.01
10.0	-11.67	-5.43	-1.43	+0.36	+0.78	+0.62	+0.33	+0.12	+0.02	0.00
12.0	-12.76	-5.41	-1.03	+0.63	+0.83	+0.52	+0.21	+0.04	-0.02	0.00
14.0	-13.77	-5.34	-0.68	+0.80	+0.81	+0.42	+0.13	0.00	-0.03	-0.01
16.0	-14.74	-5.22	-0.33	+0.96	+0.76	+0.32	+0.05	+0.04	-0.05	-0.02

کشی حلقوی F_1 به علت لنگر یکنواخت وارد بر پای دیوار

پای گیردار - بالایی آزاد

$$F_1 = \frac{m l}{h^2} \times \text{ضریب}$$

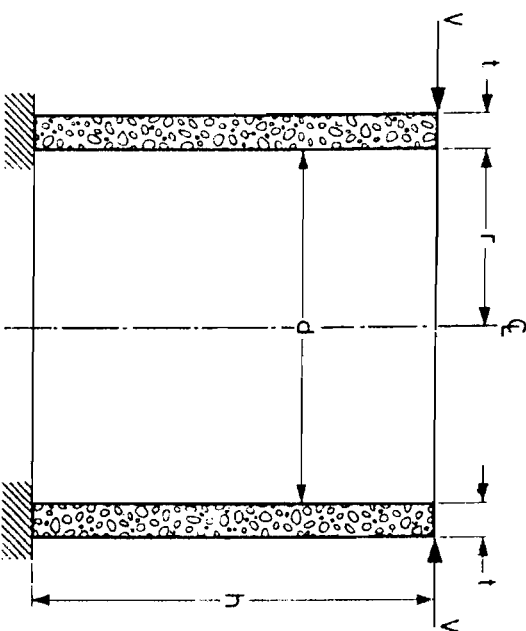
علامت مثبت نشان دهنده کشش می باشد.



ضرایب در نقاطی از بالا

$\frac{h^2}{dt}$	$0.0 h$	$0.1 h$	$0.2 h$	$0.3 h$	$0.4 h$	$0.5 h$	$0.6 h$	$0.7 h$	$0.8 h$	$0.9 h$
0.4	+2.70	+2.50	+2.30	+2.12	+1.91	+1.69	+1.41	+1.13	+0.80	+0.44
0.8	+2.02	+2.06	+2.10	+2.14	+2.10	+2.02	+1.95	+1.75	+1.39	+0.80
1.2	+1.06	+1.42	+1.79	+2.03	+2.46	+2.65	+2.80	+2.60	+2.22	+1.37
1.6	+0.12	+0.79	+1.43	+2.04	+2.72	+3.25	+3.56	+3.59	+3.13	+2.01
2.0	-0.68	+0.22	+1.10	+2.02	+2.90	+3.69	+4.30	+4.54	+4.08	+2.75
3.0	-1.78	-0.71	+0.43	+1.60	+2.95	+4.29	+5.66	+6.58	+6.55	+4.73
4.0	-1.87	-1.00	-0.08	+1.04	+2.47	+4.31	+6.34	+8.19	+8.82	+6.81
5.0	-1.54	-1.03	-0.42	+0.45	+1.86	+3.93	+6.60	+9.41	+11.03	+9.02
6.0	-1.04	-0.86	-0.59	-0.05	+1.21	+3.34	+6.54	+10.28	+13.08	+11.41
8.0	-0.24	-0.53	-0.73	-0.67	-0.02	+2.05	+5.87	+11.32	+16.52	+16.06
10.0	+0.21	-0.23	-0.64	-0.94	-0.73	+0.82	+4.79	+11.63	+19.48	+20.87
12.0	+0.32	-0.05	-0.46	-0.96	-1.15	-0.18	+3.52	+11.27	+21.80	+25.73
14.0	+0.26	+0.04	-0.28	-0.76	-1.29	-0.87	+2.29	+10.55	+23.50	+30.34
16.0	+0.22	+0.07	-0.08	-0.64	-1.28	-1.30	-1.12	+9.67	+24.53	+34.65

لنگر خمشی M به علت برش یکواخت V در بالا
پای گیردار - بالای آزاد
 $M = Vh \times$ ضریب
علامت مثبت نشان دهنده کشش در سطح خارجی است.



ضریب در نقاطی از بالا

$\frac{h^2}{dt}$										
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	+0.093	+0.172	+0.240	+0.300	+0.354	+0.402	+0.448	+0.492	+0.535	+0.578
0.8	+0.085	+0.145	+0.185	+0.208	+0.220	+0.224	+0.223	+0.219	+0.214	+0.208
1.2	+0.082	+0.132	+0.157	+0.164	+0.159	+0.145	+0.127	+0.106	+0.084	+0.062
1.6	+0.079	+0.122	+0.139	+0.138	+0.125	+0.105	+0.081	+0.056	+0.030	+0.004
2.0	+0.077	+0.115	+0.126	+0.119	+0.103	+0.080	+0.056	+0.031	+0.006	-0.019
3.0	+0.072	+0.100	+0.100	+0.086	+0.066	+0.044	+0.025	+0.006	-0.010	-0.024
4.0	+0.068	+0.088	+0.081	+0.063	+0.043	+0.025	+0.010	-0.001	-0.010	-0.019
5.0	+0.064	+0.078	+0.067	+0.047	+0.028	+0.013	+0.003	-0.003	-0.007	-0.011
6.0	+0.062	+0.070	+0.056	+0.036	+0.018	+0.006	0.000	-0.003	-0.005	-0.006
8.0	+0.057	+0.058	+0.041	+0.021	+0.007	0.000	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001
10.0	+0.053	+0.049	+0.029	+0.012	+0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
12.0	+0.049	+0.042	+0.022	+0.007	0.000	-0.002	-0.002	-0.001	0.000	0.000
14.0	+0.046	+0.036	+0.017	+0.004	-0.001	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.000
16.0	+0.044	+0.031	+0.012	+0.001	-0.002	-0.002	-0.001	0.000	0.000	0.000

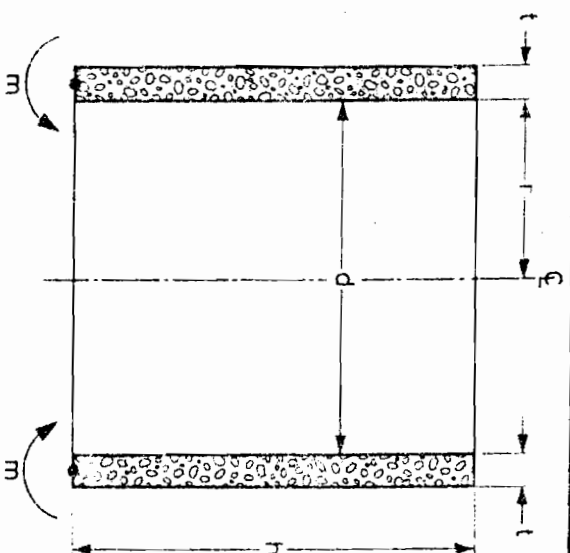
جدول ۱۱

لنگر خمشی M به علت لنگر یکتراخت وارد بر پای دیوار

پای مفصل - بالای آزاد

$$F_1 = \frac{mI}{h^2} \times \text{ضریب}$$

علامت مثبت نشان دهنده کشش در سطح خارجی است.



ضرایب در تقاطع از بالا

$\frac{h^2}{dt}$	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	+0.013	+0.051	+0.109	+0.196	+0.296	+0.414	+0.547	+0.692	+0.843	+1.000
0.8	+0.009	+0.040	+0.090	+0.164	+0.253	+0.375	+0.503	+0.659	+0.824	+1.000
1.2	+0.006	+0.027	+0.063	+0.125	+0.206	+0.316	+0.454	+0.616	+0.802	+1.000
1.6	+0.003	+0.011	+0.035	+0.078	+0.152	+0.253	+0.393	+0.570	+0.775	+1.000
2.0	-0.002	-0.002	+0.012	+0.034	+0.096	+0.193	+0.340	+0.519	+0.748	+1.000
3.0	-0.007	-0.022	-0.030	-0.029	+0.010	+0.087	+0.227	+0.426	+0.692	+1.000
4.0	-0.008	-0.026	-0.044	-0.051	-0.034	+0.023	+0.150	+0.354	+0.645	+1.000
5.0	-0.007	-0.024	-0.045	-0.061	-0.057	-0.015	+0.095	+0.296	+0.606	+1.000
6.0	-0.005	-0.018	-0.040	-0.058	-0.065	-0.037	+0.057	+0.252	+0.572	+1.000
8.0	-0.001	-0.009	-0.022	-0.044	-0.068	-0.062	+0.002	+0.178	+0.515	+1.000
10.0	0.000	-0.002	-0.009	-0.028	-0.053	-0.067	-0.031	+0.123	+0.467	+1.000
12.0	0.000	0.000	-0.003	-0.016	-0.040	-0.064	-0.049	+0.081	+0.424	+1.000
14.0	0.000	0.000	0.000	-0.008	-0.029	-0.059	-0.060	+0.048	+0.387	+1.000
16.0	0.000	0.000	+0.002	-0.003	-0.021	-0.051	-0.066	+0.025	+0.354	+1.000

برش در پای دیوار

$$V = W_g h^2 \times \text{ضریب}$$

$$\times qh$$

$$\times \frac{h}{m}$$

برای بار مثلی
برای بار یکنواخت
برای لنگر در پای دیوار

علامت مثبت نشان می‌دهد که برش به سمت داخل عمل می‌کند.

$\frac{h^2}{dt}$	بار مثلی پای گیردار	بار یکنواخت پای گیردار	بار مثلی یا یکنواخت پای مفصلی	لنگر در پای دیوار
0.4	+0.436	+0.755	+0.245	-1.58
0.8	+0.374	+0.552	+0.234	-1.75
1.2	+0.339	+0.460	+0.220	-2.00
1.6	+0.317	+0.407	+0.204	-2.28
2.0	+0.299	+0.370	+0.189	-2.57
3.0	+0.262	+0.310	+0.158	-3.18
4.0	+0.236	+0.271	+0.137	-3.68
5.0	+0.213	+0.243	+0.121	-4.19
6.0	+0.197	+0.222	+0.110	-4.49
8.0	+0.174	+0.193	+0.096	-5.18
10.0	+0.158	+0.172	+0.087	-5.81
12.0	+0.145	+0.158	+0.079	-6.38
14.0	+0.135	+0.147	+0.073	-6.88
16.0	+0.127	+0.137	+0.068	-7.36