استاندارد ملی ایران

۱۲۲۸۱

چاپ اول

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

ISIRI

12281

1st.edition

بتن - راهنمایی برای طراحی ساده شده بتن سازه‌ای مسلح برای بناها

Guidelines for the simplified design of structural reinforced concrete for buildings

ICS:91.080.40

به‌نام خدا

آشنایی با مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته روش و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی)رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی روش و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشو ر و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سا زمانها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاههاو مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسهٔ استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند .ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

---

* موسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

1- International organization for Standardization
2 - International Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« بتن - راهنمایی برای طراحی ساده شده بتن سازه‌ای مسلح برای بناها »

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
خطیبی طالقانی ، جاوید (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	مدیر کنترل کیفیت و تحقیق و توسعه شرکت ایران فریمکو و انجمن بتن ایران
دبیران:	
حسن‌زاده کریم‌آباد، نسرین (کارشناس شیمی)	کارشناس شرکت بین‌المللی پژواک پادیر
عباسی رزگله، محمد حسین (کارشناس مهندسی مواد-سرامیک)	کارشناس اداره کل نظارت بر اجرای استاندارد سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اشکوب، اشکان (کارشناس مهندسی عمران)	مدیر آزمایشگاه و تحقیق و توسعه شرکت آرمه‌چین
حسینی مقدم، علیرضا (کارشناس ارشد مهندسی معدن)	مدیر کنترل کیفیت شرکت البرز بتن و مدرس دانشگاه آزاد اسلامی
رحمتی، علیرضا (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	مدیر کنترل کیفیت و تحقیق و توسعه مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و آموزشی پاکدشت بتن
زینی‌وند، محمد (کارشناس شیمی)	کارشناس پژوهشگاه استاندارد
سیاوش، محمد (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان گیلان
عباسی، محمدرضا (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	مدرس مرکز آموزش عالی انقلاب اسلامی
گلبخش منشادی، محمدحسین (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان یزد
مجتبوی، سیدعلیرضا (کارشناس مهندسی مواد-سرامیک)	کارشناس اداره کل نظارت بر اجرای استاندارد سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با مؤسسهٔ استاندارد	ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	د
پیش‌گفتار	و
مقدمه	ز
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ نمادها و واژه‌های اختصاری	۱۹
۵ روش طراحی و ساخت	۲۵
۵-۱ روش	۲۵
۵-۲ مستندسازی طراحی	۲۸
۶ مقررات کلی	۲۸
۶-۱ محدودیت‌ها	۲۸
۶-۲ حالات حدی	۳۱
۶-۳ الگوی طراحی حالت حدی نهایی	۳۱
۶-۴ الگوی طراحی حالت حدی قابلیت بهره‌برداری	۳۲
۷ مقررات ویژه	۳۳
۷-۱ سامانه‌های سازه‌ای و جانمایی اولیه	۳۳
۷-۲ کنش‌ها (بارها)	۳۹
۷-۳ الزامات عمومی بتن مسلح	۴۲
۷-۴ سامانه کف(طبقه)	۸۰
۷-۵ دال‌های یکپارچه نگه‌داشته شده با شاه‌تیرها، تیرها، تیرچه‌هایا دیوارهای بتنی سازه‌ای	۹۱
۷-۶ شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها	۱۱۸
۷-۷ ستون‌ها	۱۴۴
۷-۸ مقاومت در برابر نیروی جانبی	۱۵۷
۷-۹ دیوارهای بتنی سازه‌ای	۱۷۲
۷-۱۰ شالوده‌ها	۱۸۲
پیوست الف (اطلاعاتی) معادلات هم‌ارز برای ضرایب مصالح	۱۸۶

پیش‌گفتار

استاندارد « بتن - راهنمایی برای طراحی ساده شده بتن سازه‌ای مسلح برای بناها» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در دویست و هفتاد و پنجمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۸۸/۱۲/۱۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 15673:2005(E), Guidelines for the simplified design of structural reinforced concrete for buildings

مقدمه

این استاندارد ضوابطی را برای طراحی و ساخت سازه‌های بتنی که ارتفاع آن‌ها بسیار بلند نباشد و مساحت طبقات نیز کوچک باشد فراهم می‌کند. قوانین طراحی در این استاندارد بر مبنای مدل‌های ساده شده‌ای از استحکام که پذیرش جهانی دارد بنا شده است. این استاندارد مجموعه کاملی است که عوامل (بارها) و روش-های ساده شده تحلیلی و نیز حداقل راهنمایی‌های تجربی قابل قبول برای ساخت را شامل می‌شود.

مقررات حداقل ابعاد دربرگرفته شده در این استاندارد با در نظر داشتن اثرات جانبی نامطلوبی که تحلیل و روش‌های طراحی پیشرفته را الزامی خواهد کرد انتخاب شده است. مصالح و مقررات ساختمانی با این فرض می‌باشد که بتن مخلوط شده در کارگاه به خوبی بتن آماده بوده و نیز فولاد با حداقل درجه مقاومت در دسترس است.

مقررات مقاومت در برابر زلزله به منظور در نظر داشتن این واقعیت ارائه شده است که مناطق بسیاری در حوزه‌های زلزله خیز واقع شده اند. مقاومت در برابر زلزله بر مبنای این است که به کارگیری دیوارهای بتنی سازه‌ای (دیوارهای برشی) تغییر شکل‌های عرضی (جانبی) سازه را محدود ساخته و آن را برای مقاومت عرضی (جانبی) آماده کند.

یک تلاش وسیعی برای ارائه جداول بی نیاز از توضیح، نگاره‌ها و طرح کمکی برای ساده کردن به کارگیری این استاندارد صورت گرفت و مقررات قطعی مشترکی تهیه شد. با وجود این که مفاهیم اقتصادی محافظه کارانه ذاتی برای نزدیک کردن این مقررات به عنوان جایگزینی برای مهندسی دقیق و مبتنی بر تجربه تاثیر گذار است، باید برای طراحی که این استاندارد را به کار می‌برد و برای مالکی که او را به کار گرفته است مورد توافق قرار گیرد.

بتن - راهنمایی برای طراحی ساده شده بتن سازه‌ای مسلح برای بناها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه روش‌هایی برای برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت سازه‌های بتنی مسلح برای به کار برده شدن در بناهای با طبقات کم برای سکونت، تعداد طبقات و مساحت محدود است. این استاندارد برای آماده کردن یک مهندس عمران یا معمار با اطلاعات کافی، برای طراحی سازه بتنی مسلح برای یک بنای با طبقات کم با در نظر گرفتن محدودیت‌های ذکر شده کاربرد دارد؛ بند ۶-۱ را ببینید. قوانین طراحی مندرج در این استاندارد، موارد ساده‌شده‌ای از الزامات با دقت اشاره شده را شامل می‌شود.

هرچند مقرراتی که در این استاندارد تعیین شده است، وقتی که به درستی به کار گرفته شود، برای تولید یک سازه بتنی مسلح با یک حاشیه ایمنی، مناسب است ولی این استاندارد جایگزینی برای مهندسی دقیق و مبتنی بر تجربه نمی‌باشد. برای رسیدن به سازه طراحی شده‌ای با حاشیه ایمنی مورد نظر، مقررات مندرج در این استاندارد به طور کلی، مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صورتی که صریحاً توسط مقررات مجاز شده باشد استفاده از روش‌های جایگزین مجاز خواهد بود. در بیش‌تر حالات، حداقل مقررات ابعاد که در اسناد جایگزین تعیین شده است، با ملاحظه‌ی روش‌های دارای جزییات بیش‌تر مثل روش‌هایی که در آیین‌نامه‌ها و مقررات ملی ساختمان تعیین شده است، و نیز اهمیت دادن به ملاحظات اقتصادی که از سادگی روش‌های تعیین شده تحقق یافته است در نظر گرفته خواهد شد.

طراح حرفه‌ای سازه برای عمل‌کردن طبق این استاندارد، باید الزامات قانونی برای طراحی سازه در کشور را برآورده کرده و آموزش‌های لازم را سپری نموده و نیز حداقلی از دانش مرتبط با حوزه‌های مکانیک سازه، استاتیک، مقاومت مصالح، تحلیل سازه و طراحی و ساخت بتن مسلح را دارا باشد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره۶۰۴۴ :بتن آماده– ویژگی‌ها

2-2 ISO 6935-1, Steel for the reinforcement of concrete — Part 1: Plain bars

2-3 ISO 6935-2, Steel for the reinforcement of concrete — Part 2: Ribbed bars

2-4 ISO 6935-3:1992, (as amended in 2000), Steel for the reinforcement of concrete -Part 3: Welded fabric

2-5 ISO 2103, Loads due to use and occupancy in residential and public buildings
2-6 ISO 2633, Determination of imposed floor loads in production buildings and warehouses
2-7 ISO 3010, Basis for design of structures — Seismic actions on structures
2-8 ISO/TR 3956, Principles of structural fire-engineering design with special regard to the connection between real fire exposure and the heating conditions of the standard fire-resistance test (ISO 834)
2-9 ISO 4354, Wind actions on structures
2-10 ISO 4355, Bases for design of structures — Determination of snow loads on roofs
2-11 ISO 6274, Concrete — Sieve analysis of aggregates
2-12 ISO 9194, Bases for design of structures — Actions due to the self-weight of structures, non-structural elements and stored materials — Density

۳ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱

شتاب ثقل، g

شتاب ایجاد شده توسط جاذبه زمین در سطح زمین

یادآوری - در این استاندارد شتاب ثقل تقریباً برابر $10\ m/s^2$ در نظر گرفته می‌شود.

۳-۲

افزودنی

مواد اضافه شده در حین فرایند اختلاط بتن، در مقادیر کم برحسب وزن سیمان برای اصلاح خصوصیات بتن تازه یا سخت شده

۳-۳

سنگدانه

مواد معدنی دانه‌ای مناسب برای ساخت بتن

۳-۴

لنگرگاه (تکیه‌گاه)[1]

ابزار به کار رفته برای مهار یک عنصر غیر سازه‌ای به قاب سازه‌ای

۳-۵

قطر میلگرد

قطر تقریبی یک میلگرد فولادی، که اغلب بر اساس مشخصه‌ی رده (کلاس) به کار برده می‌شود.

یادآوری- برای میلگردهای آجدار، قطر اسمی معادل قطر یک میلگرد ساده یا سطح مقطع مشابه اغلب در نظر گرفته می‌شود.

1 - Anchorage

۶-۳

شالوده‌ی سازه[1]

سطحی که حرکات زمین لرزه‌ی فرضی را به یک بنا انتقال می‌دهد.

یادآوری - این سطح لزوماً با سطح زمین منطبق نیست.

۷-۳

تیر[2]

عضو سازه‌ای افقی یا تقریباً افقی که بر روی یک نقطه (مثل یک طره) یا چند نقطه، تکیه داده شده اما سراسر طول آن بر روی چیزی واقع نشده است، و به طور متقاطع یک بار را نگه داشته و در معرض خمش اولیه قرار دارد.

۸-۳

ظرفیت باربری (قدرت تحمل) خاک[3]

حداکثر تنش مجاز بر روی خاک شالوده، که ایمنی مناسبی را در برابر بار شکست خاک یا در برابر نشست شالوده ناشی از آن را برای تخریب سازه فراهم می‌کند.

یادآوری - مقدار ظرفیت باربری خاک در حد تنش کاری تعیین می شود.

۹-۳

لنگر خمشی

لنگر حاصل از یک نیرو و فاصله از یک محور خاص، که در یک عنصرسازه‌ای اثرات خمشی ایجاد می‌کند.

۱۰-۳

عنصر مرزی[4]

بخشی که در امتداد یک دیوار لبه‌ای که با میلگرد طولی و عرضی محکم شده قرار دارد.

یادآوری- عنصر مرزی لزوماً یک افزایشی در ضخامت دیوار را ایجاد نمی‌کند.

1 - Base of structure
2 - Beam
3 - Bearing capacity of the soil
4 -Boundary element

۱۱-۳

بنا[1]

سازه‌ای که معمولاً با دیوارها و یک سقف، محصور شده و به منظور تأمین پشتیبانی یا پناه دادن به ساکنین ساخته شده است.

۱۲-۳

صندوقه[2]

شمع شالوده‌ی با قطر بزرگ که به صورت جزئی یا کلی بر روی زمین ساخته شده و معمولاً با حفر کردن خاک داخلی به بیرون، به زیر زمین فرو رفته است.

۱۳-۳

سیمان

مواد غیرآلی معدنی بسیار ریز چسبنده هیدرولیکی؛ به‌طوری‌که هنگام اختلاط با آب، خمیری را تشکیل می-دهد که در اثر واکنش‌های هیدراتاسیون و فرایندهای مرتبط با آن گیرش پیدا کرده و سخت می‌شود و بعد از سخت شدن، استحکام و پایداری خود را حتی در زیر آب نیز حفظ می‌کند.

۱۴-۳

ستون[3]

عضو عمودی که اصولاً برای نگه‌داری بارهای فشاری محوری به کار می‌رود.

۱۵-۳

عضو گردآورنده (زهکش)[4]

عضوی که برای انتقال دادن نیروهای اینرسی در داخل دیافراگم (میان پرده، حاجز) اعضای سامانه‌ی مقاومتی نیروی جانبی به‌کار می‌رود.

۱۶-۳

بارپی مرکب[5]

بارپی‌ای که بار اعمال شده توسط ستون‌ها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای مختلف را به خاک تکیه‌گاهی انتقال می‌دهد.

۱۷-۳

میلگرد فشاری

---

1 -Building
2 -Caisson
3 -Column
4 -Collector element
5 -Combined footing

میلگردی که برای مقاومت در برابر تنش‌های فشاری ناشی از لنگرهای خمشی عمل کننده بر روی مقطع عضو تعبیه شده است.

۱۸-۳

بتن

ماده تشکیل‌شده از مخلوط‌کردن سیمان، سنگدانه درشت و ریز و آب همراه با یا بدون اضافه کردن افزودنی-ها و مکمل‌ها که ویژگی‌هایش با هیدراتاسیون سیمان رشد می‌یابد.

۱۹-۳

طرح اختلاط بتن

انتخاب و توزین اجزای بتن

۲۰-۳

قلاب محدود کننده[1]

قلاب قرار گرفته روی خاموت، حلقه یا گره عرضی، که خم آن بیش‌تر از $^{\circ}$ ۱۳۵ نبوده و امتداد آن به اندازه‌ی شش برابر قطر (اما کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر نباشد) می‌باشد. این قلاب میلگرد طولی را محدود کرده و به داخل خاموت یا حلقه قرار می‌دهد.

خاموت محدود کننده[2]**، گره**

خاموت بسته شده، گره یا مارپیچ پیوسته

یاد آوری- یک خاموت بسته شده یا گره می‌تواند از میلگردهای متعددی ساخته شود، که هر کدام از آن‌ها در دو انتهایش دارای قلاب محدود کننده باشد. مارپیچ پیوسته باید در دو انتهایش یک قلاب محدود کننده داشته باشد.

۲۲-۳

خوردگی

از بین رفتن یا ضعیف شدن تدریجی فلز از سطح آن که در نتیجه‌ی وجود رطوبت و اکسیژن صورت گرفته و با حضور مواد دیگر تسریع می‌شود.

۲۳-۳

پوشش

ضخامت بتنی بین سطح هر میلگرد و نزدیک‌ترین وجه عضو بتنی

۲۴ -۳

گره (بست) عرضی[1]

---

1 -Confinement hook
2 -Confinement stirrup

میلگرد پیوسته‌ای که دارای یک قلاب 135° در یک انتها و یک قلاب حداقل 90° با امتدادی حداقل برابر با شش برابر قطر میلگرد انتهای دیگرش است.

یادآوری- قلاب‌ها معمولاً به میلگردهای طولی پیرامونی گیر داده می‌شوند. قلاب‌های 90° با دو گره عرضی متوالی که با میلگردهای طولی مشابه گیر داده شده‌اند معمولاً یک انتها را با انتهای دیگر جایگزین می‌کنند.

۲۵-۳

عمل آوری

نگه‌داری رطوبت بتن برای دوره‌ای از زمان، معمولاً چند روز، که از لحظه جای‌دهی بتن شروع می‌شود و هدف از آن فراهم کردن آب کافی برای سفت شدن سیمان و دستیابی به مقاومت مورد نظر است.

یادآوری- عمل آوری مناسب به طور وسیعی جمع شدگی را کاهش و مقاومت بتن را افزایش می‌دهد، و به طور معمول ترک خوردگی سطحی را کاهش می‌دهد، زمان مور نیاز برای عمل آوری به دما و رطوبت هوای محیط، مقدار باد، در معرض تابش مستقیم خورشید قرار داشتن، نوع مخلوط بتن به کار گرفته شده و عوامل دیگر بستگی خواهد داشت.

۲۶-۳

دیوار پیرامونی[2]

دیواری است که قسمتی از نما یا محوطه ساختمان است.

۲۷-۳

میلگرد آج‌دار

میلگرد فولادی که به منظور افزایش پیوند با بتن، در سطحش تغییر شکل‌هایی تعبیه شده است.

یادآوری- میلگردهای فولادی زیر معمولاً به عنوان میلگرد آج‌دار در این استاندارد مورد ملاحظه قرار می‌گیرند: میله‌های آج دار، سیم تغییر شکل یافته، شبکه سیمی بدون آج یا آج‌دار جوش خورده، مطابق با استانداردهای ملی یا بین المللی مناسب.

۲۸-۳

عمق عضو، h

اندازه عمودی یک مقطع عرضی از یک عنصر سازه‌ای افقی

۲۹-۳

بار ترکیبی طراحی

ترکیبی از بارها و نیروهای نهایی که در این استاندارد مشخص شده است.

۳۰-۳

مقاومت محاسباتی(طراحی)

حاصل‌ضرب مقاومت اسمی در ضریب جزیی ایمنی (ϕ)

---

1 - Crosstie
2 -Curtain wall

۳-۳۱

طول مهاری[1]

طول مورد نیاز میلگرد مدفون برای افزایش مقاومت محاسباتی میلگرد در یک مقطع بحرانی

۳-۳۲

طول مهاری

(میله با یک قلاب استاندارد) کم‌ترین فاصله‌ی بین مقطع بحرانی (جایی که مقاومت افزایش می‌یابد) و یک نقطه‌ی تماس ۹۰ یا ۱۸۰درجه با لبه‌ی بیرونی قلاب

۳-۳۳

نشست نامتجانس[2]

حرکت شالوده از قسمت‌های مختلف یک سازه با مقادیر متفاوت

۳-۳۴

عمق مؤثر مقطع، d

فاصله اندازه گیری شده از انتهای تار فشاری تا مرکز میلگرد کششی

۳-۳۵

طول مدفون شده[3]

طول میلگرد مدفونی که فراتر از (تا سمت دیگر) مقطع بحرانی، آماده شده است.

۳-۳۶

تأسیسات ضروری

بنا یا سازه‌ی دیگری که به گونه‌ای انتخاب شده است که تا حدی در برابر بار محیطی ناشی از باد، برف به طور مقاوم بماند.

۳-۳۷

بار نهایی

نیروی نهایی

بار یا نیروی اسمی مشخص شده که در ضرایب بار مشخص شده در این استاندارد ضرب شده است.

۳-۳۸

حفاظت میلگرد در برابر آتش

---

1 -Development lenght
2 -Differential settlement
3 -Embedment length

مقدار بتن پوششی که برای عایق کردن میلگرد در برابر اثرات دماهای بالای ایجاد شده با آتش، مورد نیاز است.

یاد آوری- بتن پوششی تابعی از تعداد ساعات رویارویی با آتش است.

۳-۳۹

لبه[1]

قسمت بالا یا پایین یک مقطع I شکل که با جان (تیغه) تیر جدا شده است.

۳-۴۰

خمش

وابسته به لنگر خمشی

۳-۴۱

میلگرد خمشی

میلگردی که برای مقاومت در برابر تنش‌های کششی تحمیل شده توسط لنگرهای خمشی عمل کننده روی عضو مقطع آماده شده است.

۳-۴۲

سامانه طبقه(کف)[2]

عناصر سازه‌ای که کف یک طبقه در یک بنا را در بر می‌گیرند.

یادآوری- سامانه طبقه (کف) شامل تیرها و شاه‌تیرها، تیرچه‌ها (در صورت به کار گیری)، و دال‌های قرار گرفته بین آن‌ها است.

۳-۴۳

بارپی (پی سطحی)[3]

بخشی از شالوده که بارها را مستقیماً به خاک منتقل می‌کند.

یادآوری- بارپی اغلب قسمت پهن شده‌ای از یک ستون، یک دیوار بتنی سازه‌ای یا ستون‌های متعدد به صورت ترکیب شده با بارپی است.

۳-۴۴

قالب بندی

سازه‌ای موقتی برای نگه داری بتن در حالت خمیری شکل هنگامی که بتن ریخته می‌شود و گیرش می‌یابد و شکل نهایی عنصر بتنی سخت شده را ایجاد می‌کند.

---

1 -Flange
2 -Floor system
3 -Footing

۴۵-۳

شالوده

هر بخشی از سازه که برای انتقال دادن بارها به خاک زیر لایه، یا برای در برداشتن آن به کار گرفته می‌شود.

۴۶-۳

تیر (پایه‌ی) شالوده

تیری که برای استفاده از دیوارهای تکیه‌گاهی یا برای محدود کردن نشست تفاضلی شالوده، به خاک شالوده و دهانه‌های بین پایه‌های ستون، تکیه دارد.

۴۷-۳

شالوده‌ی یکسره

دال پیوسته‌ای که روی زمین قرار گرفته و به عنوان بخشی از شالوده نیروهایی را از سازه به خاک زیر لایه انتقال می‌دهد.

۴۸-۳

شاه‌تیر (تیر مرکب)

تیر نگه‌دارنده‌ی (تکیه‌گاهی) افقی اصلی، که معمولا تیرهای دیگر را نگه می‌دارد.

۴۹-۳

بار جاذبه‌ی زمین

باری که از بالا به پایین عمل کرده و به علت شتاب ثقل (g) روی جرم عنصری که به عنوان بارهای مرده یا زنده ایجاد شده‌اند تأثیر می‌گذارد.

۵۰-۳

قلاب

میلگردی با انتهای خم شده

یادآوری- قلاب‌ها با زاویه‌ای که خمش با میله تشکیل می‌دهند تحت عنوان قلاب‌های 90° ، 135°یا 180°طبقه‌بندی می‌شوند.

۵۱-۳

تیرچه

میله‌ی (تیر) T شکل به کار رفته به صورت گروه‌های موازی که مستقیما بارهای کف و سقف را نگه می‌دارد و به طور وارونه روی شاه‌تیرها، تیرهای بزرگ‌تر یا دیوارهای بتنی سازه‌ای باربر قرار داده می‌شود.

۵۲-۳

لبه‌ی اتصال

اتصال بین دو میلگرد که با روی هم افتادگی آن‌ها با یک طول مشخص به دست می‌آید.

۵۳-۳

سامانه‌ی مقاومتی نیروی جانبی (فرعی)

جزیی از سازه که از اجزایی متناسب با بارهای مقاوم در برابر اثرات زلزله تشکیل شده است.

۵۴-۳

بتن سبک

بتن ساخته شده با مصالح دانه‌ای ریز و درشتی که وزن آنها کم‌تر از مصالح دانه‌ای به کار رفته در سنگدانه-های با وزن معمولی است.

یادآوری- این استاندارد این نوع بتن‌ها را در بر نمی گیرد.

۵۵-۳

حالت حدی

شرایطی که در بر دارنده‌ی سخت‌گیرانه‌ترین حالتی است که بعد از آن یک سازه یا عنصر برای استفاده نامناسب می‌شود و سازه در آن شرایط برای کاربرد انتخابی مناسب نیست (حالت محدودیت قابلیت استفاده) یا به صورت غیر ایمن (حالت محدودیت استحکام) می‌باشد.

۵۶-۳

بار زنده

بار ایجاد شده توسط عوامل محیطی یا در اثر استفاده و سکونت در بنا و شامل بارهای محیطی یا بارهای ساخت نمی‌شود.

مثال : بار باد، بار برف، بار باران، بار زلزله، بار سیل یا بار مرده (بدون عوامل بار)

۵۷-۳

بار مؤثر

نیرو و تغییر شکل ایجاد شده در عناصر سازه‌ای با بارهای اعمال شده

۵۸-۳

ضریب بار

ضریبی که برای انحراف بار واقعی از بار اسمی به منظور عدم قطعیت در تجزیه به کار می‌رود، این ضریب، بار را به یک بار مؤثر تبدیل می‌کند و به مفهوم احتمال اتفاق افتادن بیش از یک بار حداکثری در یک زمان را در بر دارد.

۵۹-۳

بار

نیرو یا عامل دیگری که از وزن مصالح ساختمانی، ساکنین و مایملک آنها، عوامل محیطی، حرکت (جنبش) تفاضلی و تغییرات ابعادی ملایم ناشی می‌شود.

۶۰-۳

میلگرد طولی

میلگردی که به طور موازی با محور طولی عنصر قرار گرفته است و به طور کلی برای در نظر گرفتن اثرات خمشی است.

۶۱-۳

جرم

مقدار ماده در یک بدنه

۶۲-۳

شبکه سیمی

میلگردگذاری با شبکه مفتولی جوش شده

۶۲-۳

مدول ارتجاعی

نسبت تنش معمولی به کرنش متناظر برای تنش‌های کششی یا فشاری زیر حد متناسب با هر ماده

۶۴-۳

لنگر منفی

لنگر خمشی که تنش‌های کششی را در قسمت بالای مقطع یک عنصر افقی یا تقریباً افقی ایجاد می‌کند و قرار دادن میلگرد خمشی منفی در قسمت بالای مقطع عنصر ضروری می‌شود.

۶۵-۳

میلگرد منفی

میلگرد خمشی در عناصر افقی یا تقریباً افقی که برای لنگر منفی مورد نیاز است و در قسمت بالای مقطع عنصر قرار داده می‌شود.

۶۶-۳

بار اسمی

مقدار (اندازه) بار مشخص شده در این استاندارد (مرده، زنده، خاک، باد، برف، باران، سیل و زلزله)

۶۷-۳

مقاومت اسمی

ظرفیت (توان) یک سازه یا عضو به مقاومت در برابر اثرات بارها که از طریق محاسباتی و با استفاده از مقاومت و ابعاد مصالح مشخص و فرمول‌های ارائه شده در این استاندارد انجام شده است به دست می‌آید.

یادآوری - مقاومت و ابعاد مصالح مشخص شده از اصول پذیرفته شده‌ی مکانیک سازه یا آزمون‌های میدانی یا آزمون‌های آزمایشگاهی حاصل از الگو (مدل)های مقیاسی که برای طرح ریزی اثرات و تفاوت‌های بین شرایط آزمایشگاهی و میدانی مجاز می‌باشد مشتق شده است.

۶۸-۳

عنصر غیر سازه‌ای

عنصری مطابق با یک جزء معماری، مکانیکی یا الکتریکی یا سامانه‌ای که به طور همیشگی (ثابت) به ساختمان ضمیمه شده است.

۶۹-۳

کاربری

هدفی برای یک ساختمان یا سازه متفاوت دیگر یا بخش وابسته به آن، که مورد استفاده باشد یا برای استفاده انتخاب شده باشد.

۷۰-۳

جدا گر تیغه‌ای (دیواره)

دیوار غیر سازه‌ای که برای تقسیم فضاها به کار برده می‌شود.

یادآوری - یک دیوار غیر سازه‌ای هیچ بخشی از ساختمان غیر از خودش را تحمل نمی‌کند. وقتی که در سطح خارجی واقع باشد، گاهی اوقات به عنوان یک دیوار تیغه‌ای نیز گفته می‌شود.

۷۱-۳

پایه ستون

ستونک بتنی کوتاه که در زیر ستون‌های بتنی یا فلزی ساخته می‌شود. نسبت ارتفاع این عضو عمودی فشاری به میانگین بعد فرعی، کم‌تر از سه می‌باشد.

۷۲-۳

بار دائمی (بارثابت)

باری که تغییراتش در طی زمان بسیار کم یا کم باشد.

یادآوری – همه‌ی بارهای دیگر بارهای متغیر هستند (بارهای اسمی را نیز ببینید).

۷۳-۳

شمع

چوب (الوار) بلند و باریک یا عنصر سازه‌ای فولادی یا بتنی که به منظور تحمل کردن بار، بر روی زمین قرار می‌گیرد.

۷۴-۳

میلگرد صاف

میلگرد فولادی با رویه‌ی صاف (صیقلی) یا میلگردی که با مشخصات میلگرد آجدار مطابق نباشد.

۷۵-۳

لنگر مثبت

لنگر خمشی که تنش های کششی را در قسمت پایین مقطع یک عنصر افقی یا تقریباً افقی ایجاد می‌کند و برای این کار قرار دادن میلگرد خمشی در قسمت پایین مقطع سازه ضروری است.

۷۶-۳

میلگرد مثبت

میلگرد خمشی در عناصر افقی یا تقریباً افقی که برای لنگر مثبت مورد نیاز است و در قسمت پایین مقطع عنصر قرار داده می‌شود.

۷۷-۳

واکنش (عکس العمل)

مقاومت در برابر نیرو یا بار، یا مقاومت رو به بالای یک تکیه‌گاه در برابر دیوار سازه‌ای بتنی یا یک ستون، یا مقاومت در برابر فشار رو به پایین یک عضو دارای بار مانند یک تیر

۷۸-۳

میلگرد

میله، مفتول یا سیم توری فولادی که برای تقویت بتن در جایی که انتظار می‌رود تا در نتیجه‌ی بارهای اعمال شده، یا اثرات محیطی مثل تغییرات هوا، تنش‌های کششی وجود داشته باشد به کار می‌رود.

۷۹-۳

مقاومت نهایی مورد نیاز

مقاومت یک عضو یا مقطع عرضی که برای تحمل بارهای نهایی یا مرتبط با لنگرهای داخلی و نیروهای موجود در چنین اجزایی، مورد نیاز است.

۸۰-۳

دیوار نگه‌دارنده

دیوار ساخته شده برای جلوگیری از افتادن عناصر به زمین

۸۱-۳

وزن خود

وزن عنصر سازه‌ای، ناشی از مصالح تشکیل دهنده‌ی آن عنصر

۸۲-۳

بار کاری (بار بهره‌برداری)

بار مشخص شده با این استاندارد (به غیر از ضرایب بار)

۸۳-۳

نشست

حرکت رو به پایین خاک تکیه‌گاهی

۸۴-۳

برش

نیروی داخلی که به طور مماسی به سطح مورد اعمال وارد می‌شود.

یادآوری - همچنین کشش قطری (اریب) نیز گفته می‌شود.

۸۵-۳

میلگرد برشی

میلگردی که برای مقاومت در برابر برش در نظر گرفته شده است.

۸۶-۳

شمع

اعضای تکیه‌گاهی عمودی یا مورب که برای تحمل کردن وزن قاب (بندی)، بتن و بارهای ساختمانی روی آن در نظر گرفته شده است.

۸۷-۳

میلگرد انقباضی و حرارتی

میلگرد معمولی که به عنوان میلگرد کششی، برای تنش‌های انقباضی و حرارتی در دال‌های یکپارچه سازه‌ای و کف‌ها در جایی که میلگرد کششی فقط در یک جهت به کار می‌رود تعبیه شده است.

۸۸-۳

دال

قسمت صاف فوقانی از یک کف بتنی که با پشتیبانی (نگهداری) تیرچه‌ها، تیرها یا ستون‌ها ایجاد شده است.

۸۹-۳

دال هم‌کف

دالی که به طور مستقیم بر روی زمین قرار گرفته که به عنوان یک سطح عبور و مرور داخلی یا قسمتی از شالوده به کار می‌رود.

۹۰-۳

دال یکپارچه

دالی با ضخامت یک نواخت که خلل و فرجی برای سبک‌تر کردن آن در آن وجود ندارد.

۹۱-۳

طول دهانه

فاصله‌ی افقی بین تکیه‌گاه‌های یک عنصر سازه‌ای افقی

یادآوری - مثل دال، تیرچه، تیر یا تیر مرکب (تیر آهن، شاه‌تیر).

۹۲-۳

مشخصات

اسناد مکتوبی که جزئیات هدف کار، مصالح مورد استفاده، روش نصب و کیفیت طرز کار را شرح می‌دهد.

۹۳-۳

مقاومت فشاری مشخصه $f`_c$

مقاومت فشاری استوانه‌ای بتن بکار رفته در طرح، و محاسبه شده مطابق با استاندارد مرتبط

یادآوری ۱- مقاومت فشاری مشخصه برحسب MPa بیان می‌شود.

یادآوری ۲ - هر وقت که مقدار $f`_c$ در زیر علامت رادیکال ($\sqrt{f`c}$) باشد، فقط ریشه‌ی مثبت مربع مقدار عددی انتخاب می‌شود و نتیجه بر حسب مگاپاسکال است.

۹۴-۳

نیروهای مشخص شده‌ی زلزله‌ی جانبی (فرعی)

نیروهای جانبی متناظر با توزیع مناسبی از نیروی برشی بستر (پایه‌ی) طرح که در این استاندارد برای طرح مقاومت در برابر زلزله تجویز شده است.

۹۵-۳

نیروهای مشخصه‌ی بار

فشار اسمی بار که در طرح طبق این استاندارد به کار می‌رود.

۹۶-۳

میلگرد مارپیچی

میلگرد پیوسته‌ای که به شکل یک مارپیچ استوانه‌ای، پیچانده شده است.

۹۷-۳

بار پی پهن

بار پی مجزایی که نیروی اعمال شده توسط یک ستون را به خاک تکیه‌گاه انتقال می‌دهد.

۹۸-۳

پلکان (راهرو پله)

رشته‌ای از پله‌ها (گام‌ها) که از یک طبقه به طبقه دیگر منتهی می‌شود.

۹۹-۳

خاموت[1]

میلگرد به کار رفته برای مقاومت در برابر تنش‌های برشی و پیچشی در یک عضو سازه‌ای

یادآوری - به عنوان نمونه میله‌ها، سیم‌ها یا سیم جوش داده شده‌ی به صورت تار و پود، یا بدون آج یا آجدار یا به طور صاف یا خمیده شده به شکل یک L، یک U یا به شکل مستطیلی و به صورت عمودی یا تحت یک زاویه نسبت به میلگرد طولی قرار گرفته است. (واژه‌ی خاموت معمولا به میلگرد جانبی در تیرهای مرکب (شاه‌تیرها)، تیرها یا تیرچه‌ها و بست (عضو تحمل کننده‌ی کشش) متصل به آن‌ها در ستون‌ها و دیوارها اعمال می‌شود ؛ بند ۳-۱۰۹ را نیز ببینید.

۱۰۰-۳

1 - **stirrup**

ارتفاع طبقه

فاصله‌ی عمودی بین قسمت بالای دال یک طبقه و قسمت بالایی دال کف پایینی

۱۰۱-۳

ضریب جزیی ایمنی

ϕ

ضریبی که برای انحراف از مقاومت واقعی نسبت به مقاومت اسمی، بر طبق روش و نتایج شکست محاسبه می‌شود.

یادآوری - ضریب جزیی ایمنی در بردارنده‌ی احتمال آن است که اعضای با مقاومت کم‌تر در نتیجه‌ی تغییرات مقاومت و ابعاد مصالح و تخمین های معادلات طرح، به منظور انعکاس درجه‌ای از قابلیت شکل‌پذیری و پایایی مورد نیاز یک عضو تحت اثرات بار مورد توجه قرار داشته و اهمیت عنصر در سازه را در نظر دارد.

۱۰۲-۳

تنش

شدت (مقدار) نیرو بر واحد سطح

۱۰۳-۳

بتن سازه‌ای

بتن‌های مورد استفاده برای اهداف سازه‌ای شامل بتن ساده و مسلح

۱۰۴-۳

دیوارهای بتنی سازه‌ای

دیوارهایی متناسب با ترکیبات مقاوم در برابر نیروهای برش، لنگرها و نیروهای محوری

یادآوری - دیوار برشی یک دیوار سازه‌ای است.

۱۰۵-۳

دیافراگم سازه‌ای

عضو سازه‌ای مثل دال‌های کف و سقف، که عوامل (اثرات) ایجاد شده توسط زلزله‌ها را انتقال می‌دهد.

۱۰۶-۳

تکیه‌گاه

عنصر سازه‌ای که برای نگه داشتن یک عنصر سازه‌ای دیگر تهیه شده است.

۱۰۷-۳

مخزن

ظرفی برای ذخیره‌ی آب یا مایعات دیگر

۱۰۸-۳

تسهیلات (تأسیسات) موقتی

ساختمان یا سازه‌ی دیگری که برای یک زمان محدود به کار گرفته می‌شود و در یک دوره‌ی محدودی در معرض رویارویی با بارهای محیطی است.

۱۰۹-۳

بند (گره؛ بست)

حلقه‌ای از میله یا سیم که به دور میلگرد طولی پیچیده می‌شود.

یادآوری - یک میله یا سیم پیچانده شده پیوسته به شکل یک دایره، چهار گوش یا شکل‌های چند ضلعی دیگر بدون تورفتگی، قابل قبول است.

۱۱۰-۳

عنصر بند

عنصری که برای انتقال نیروهای داخلی و جلوگیری از جداشدگی اجزای ساختمان مثل پایه‌ها و دیوارها به کار می‌رود.

۱۱۱-۳

میلگرد متقاطع

میلگردی مثل خاموت، گره، میلگرد مارپیچی و غیره که به طور عمود بر محور طولی یک عنصر قرار گرفته است.

۱۱۲-۳

دیوار

عضو اغلب عمودی که برای کشیده شدن به دور فضاها یا جدا کردن فضاها به کار برده می‌شود.

۳-۱۱۳

جان (تیغه) تیر

بخش عمودی باریک یک مقطع I شکل که لبه‌های (بال‌های) تیر آهن را بهم متصل می‌کند.

۳-۱۱۴

وزن

نیروی عمودی به سمت پایین که بر یک جرم وقتی که درمعرض شتاب ثقل قرار گیرد، اعمال می،شود.

یادآوری - وزن برابر است با مقدار جرم ضربدر شتاب ثقل(g).

۳-۱۱۵

سیم

میلگردی با قطر کوچک

۳-۱۱۶

تنش کاری

تنش قابل قبول برای استفاده با بارهای اصلاح نشده

۳-۱۱۷

استحکام تسلیم (f_y)

کم‌ترین مقدار استحکام تسلیم مشخص شده یا نقطه‌ی تسلیم یک میلگرد

یادآوری ۱- استحکام تسلیم بر حسب مگاپاسکال بیان می‌شود.

یادآوری ۲- استانداردهای بین‌المللی قابل کاربرد مشخص می‌کند که استحکام تسلیم یا نقطه‌ی تسلیم در حالت کشش تعیین می‌شود.

۴ نمادها و واژه‌های اختصاری

۴-۱ نمادها

a ارتفاع بلوک تنش فشاری یکسان هم‌ارز، فاصله مرکز اثر نیرو تا بر تکیه‌گاه دهانه برشی برحسب میلی‌متر؛

a_f باریک‌ترین بعد بین اضلاع یک شکل؛

A_b مساحت یک میلگرد یا سیم تقویت کننده منفرد بر حسب میلی‌متر مربع؛

A_c مساحت هسته عضو فشای با میلگرد مارپیچ که براساس قطر بیرونی مارپیچ محاسبه می‌شود، بر حسب میلی‌متر مربع؛

A_g مساحت ناخالص(کل) مقطع یک عنصر بر حسب میلی‌متر مربع؛

A_j حداقل مساحت مقطع داخلی اتصال در صفحه‌ای به موازات محور میلگردی که در اتصال ایجاد برش می‌کند، بر حسب میلی‌متر مربع؛

یادآوری- عمق این مقطع برابر با عمق کلی مقطع ستون است. در مواردی که تیر اصلی به تکیه‌گاهی با پهنای بیش‌تر اتصال می‌یابد عرض مؤثر اتصال کوچک‌ترین دو مقدار زیر اختیار می‌شود:

الف- عرض تیر به اضافه عمق کل مقطع اتصال

ب- دو برابر کوچک‌ترین فاصله محور تیز از بر ستون در جهت عمود بر تیر

A_s سطح مقطع میلگرد کششی طولی بر حسب میلی‌متر مربع؛

$A`_s$ سطح مقطع میلگرد فشاری طولی بر حسب میلی‌متر مربع؛

$A_{s,min}$ حداقل سطح مقطع میلگرد کششی یا طولی بر حسب میلی‌متر مربع؛

A_{se} کل حداکثر سطح فولاد در یک ستون یا دیوار سازه‌ای بتنی برای محاسبه‌ی مقدار لنگر متوازن کننده بر حسب میلی‌متر مربع؛

A_{ss} کل سطح فولاد جانبی بر حسب میلی‌متر مربع؛

A_{st} سطح کلی میلگرد طولی بر حسب میلی‌متر مربع؛

A_{su} مساحت سطح در معرض باد بر حسب میلی‌متر مربع؛

A_v سطح مقطع میلگرد برشی داخلی با یک فاصله‌ی s، بر حسب میلی‌متر مربع؛

b پهنای وجه فشاری یک عضو یا عرض مقطع یک عضو بر حسب میلی‌متر؛

b_{ave} مقدار میانگین b ؛

b_c پهنای مقطع ستون یا بزرگ‌ترین بعد مسطح یک سرستون یا سوراخ صفحه برای ارزیابی سوراخ برشی بر حسب میلی‌متر؛

b_{col} بعدی از مقطع ستون در جهت عمود بر دهانه‌ی شاه‌تیر (تیر مرکب) بر حسب میلی‌متر؛

b_f پهنای مؤثر لبه‌ی فشاری در یک مقطع T شکل بر حسب میلی‌متر؛

b_w پهنای جان تیر در یک مقطع T شکل یا پهنای جان تیر در شاه‌تیرها، تیرها، تیرچه‌ها یا ضخامت جان تیر در دیوار بتنی سازه‌ای بر حسب میلی‌متر؛

b_o محیط مقطع بحرانی برای ایجاد برش در دال‌ها بر حسب میلی‌متر؛

d عمق (ارتفاع) مؤثر مقطع، فاصله‌ی دورترین تار فشاری تا مرکز سطح میلگرد کششی طولی، بر حسب میلی‌متر؛

$d`$ فاصله بین دورترین رشته فشاری و میلگرد فشاری مرکزی بر حسب میلی‌متر؛

d_b قطر اسمی میلگرد یا سیم تقویت کننده بر حسب میلی‌متر؛

d_c ضخامت قشر محافظ بتنی که برابر با فاصله‌ی دورترین تار کششی تا مرکز نزدیک‌ترین میلگرد به آن در نظر گرفته می‌شود، بر حسب میلی‌متر؛

D بارهای مرده، یا لنگرها و نیروهای داخلی مرتبط با آن؛

E بار زلزله یا نیروها و لنگرهای داخلی مرتبط با آن؛

E_c مدول کشسانی بتن بر حسب مگا پاسکال؛

f'_c مقاومت فشاری مشخصه بتن بر حسب مگا پاسکال؛

$\sqrt{f'c}$ ریشه مثبت مجذور مقاومت فشاری مشخصه بتن بر حسب مگاپاسکال؛

f_{cd} مقاومت فشاری بتن که با ضریب مصالح کاهش یافته بر حسب مگاپاسکال؛

f_{cu} تنش فشاری رشته عامل در لبه‌های دیوارهای سازه‌ای بر حسب مگاپاسکال؛

f_y استحکام تسلیم مشخصه‌ی میلگرد بر حسب مگاپاسکال؛

f_{yd} استحکام تسلیم میلگرد که با ضریب مصالح کاهش یافته بر حسب مگاپاسکال؛

f_{ypr} بیش‌ترین استحکام مشخصه‌ی احتمالی میلگرد ($f_{ypr} = 1.25 \times f_y$) بر حسب مگاپاسکال؛

f_{ys} استحکام تسلیم مشخصه میلگرد عرضی یا مارپیچی بر حسب مگاپاسکال؛

f_{ysd} استحکام تسلیم میلگرد عرضی یا مارپیچی کاهش یافته با ضریب مصالح بر حسب مگاپاسکال؛

F بارهای ناشی از وزن و فشار مایعات با چگالی معین و بیش‌ترین ارتفاع قابل کنترل، یا لنگرها و نیروهای داخلی مرتبط؛

F_i , F_x نیروی باد طراحی شده یا نیروی وابسته به زلزله که به ترتیب در یک سطح i یا x اعمال شده است بر حسب مگا پاسکال؛

F_{iu}, F_{xu} نیروی جانبی مشخص با ضریب اصلاح شده که به یک دیوار به ترتیب در سطح i یا x اعمال شده است بر حسب مگا پاسکال؛

h عمق یا ضخامت یک عنصر سازه‌ای بر حسب میلی‌متر؛

h_b فاصله‌ی بین وجه تحتانی تیر فرعی و وجه تحتانی تیر اصلی در امتداد بار، بر حسب میلی‌متر؛

h_{cp} بعدی از یک مقطع ستون در جهت موازی با دهانه‌ی شاه‌تیر (تیر مرکب) بر حسب متر؛

h_c ارتفاع مقطع ستون بر حسب میلی‌متر؛

h_f ضخامت دال بر حسب میلی‌متر؛

h_i , h_x ارتفاع تراز i یا x از سطح تراز پایه بر حسب متر؛

h_n فاصله‌ی عمودی آزاد بین تکیه‌گاه‌های جانبی ستون‌ها و دیوارها بر حسب میلی‌متر؛

h_{pi} ارتفاع طبقه از کف i، اندازه گیری شده از کف نهایی طبقه تا کف نهایی طبقه‌ی بدون واسطه‌ی پایینی بر حسب میلی‌متر؛

h_s ارتفاع کلی شاه‌تیر (تیر مرکب) نگه دارنده بر حسب میلی‌متر؛

h_w ارتفاع دیوار بتنی سازه‌ای کامل از شالوده تا بالای دیوار بر حسب میلی‌متر؛

H بارهای ناشی از وزن و فشار خاک، آب موجود در خاک یا سایر مصالح یا لنگرها و نیروهای داخلی مرتبط؛

I_c ممان اینرسی مقطع ستون بر حسب متر به توان چهار؛

l دهانه (فاصله‌ی معین) یک عنصر سازه‌ای یا طول دهانه‌ی اندازه‌گیری شده‌ی مرکز تا مرکز تیرها یا تکیه‌گاه‌های دیگر؛

l_a طول دهانه‌ی آزاد در جهت کوتاهی دال های دو جهته، اندازه گیری شده از طریق وجه تا وجه تیرها یا تکیه‌گاه‌های دیگر بر حسب متر؛

l_b طول دهانه‌ی آزاد در جهت بلندی دال‌های دو جهته بر حسب متر؛

l_d طول مهاری(گیرایی) میلگرد بر حسب میلی‌متر؛

l_j فاصله آزاد بین تیرچه‌ها بر حسب متر؛

l_m طول دهانه‌ی آزاد در جهتی که لنگرها تعیین شده اند و از طریق وجه تا وجه تکیه‌گاه‌ها اندازه گیری شده، بر حسب متر؛

l_n طول دهانه آزاد در امتداد دهانه بزرگ‌تر سازه‌ی دو طرفه که با اندازه‌گیری وجه تا وجه تکیه‌گاه‌ها در دال بدون تیر و وجه تا وجه تیرها یا تکیه‌گاه‌های دیگر در حالات دیگر به‌دست می‌آید و یا اینکه طول دهانه-ی آزاد اندازه‌گیری شده از وجه تا وجه تکیه‌گاه‌ها در دال بدون تیر و وجه تا وجه تیرها یا تکیه‌گاه‌های دیگر در سایر حالات، بر حسب میلی‌متر؛

l_w طول افقی دیوار سازه‌ای بتنی بر حسب میلی‌متر؛

l_o طول ستون محدود شده؛

L بارهای زنده یا نیروها ولنگرها داخلی مرتبط با آن؛

L_r بار زنده‌ی سقف شیب دار یا نیروها و لنگرهای داخلی مرتبط با آن؛

M_{bn} استحکام (مقاومت) لنگر خمشی اسمی در مقطع تحت شرایط متعادل بر حسب نیوتن میلی‌متر؛

M_{br} لنگر خمشی مقاوم در مقطع تحت شرایط متعادل بر حسب نیوتن میلی‌متر؛

M_{iu} , M_{xu} لنگر طبقه‌ی نهایی در نتیجه‌ی بارهای نهایی طبقه‌ی i یا x به ترتیب بر حسب نیوتن؛

M_n لنگر خمشی مقاوم اسمی در مقطع بر حسب نیوتن میلی‌متر؛

M_r لنگر خمشی مقاوم نهایی مقطع بر حسب نیوتن میلی‌متر؛

M_{pr} لنگر خمشی مقاوم احتمالی یک عنصر در سمت اتصال (مفصل) که با استفاده از ϕ =۱ و f_{ypr} محاسبه شده بر حسب نیوتن متر؛

M_u لنگر خمشی نهایی مقطع بر حسب نیوتن متر؛

M_u^- لنگر خمشی منفی نهایی مقطع بر حسب نیوتن متر؛

M_u^+ لنگر خمشی مثبت نهایی مقطع بر حسب نیوتن متر؛

$\sum M_c$ مجموع کم‌ترین مقاومت‌های خمشی ($\phi_{\min}$) ستون‌های قاب داخل یک اتصال بر حسب نیوتن متر؛

$\sum M_g$ مجموع مقاومت های خمشی(ϕ) شاه‌تیر (تیر مرکب) های داخل یک اتصال بر حسب نیوتن متر؛

ΔM_u لنگر غیر متوازن نهایی در یک اتصال ستون- شاه‌تیر یا لنگر غیر متوازن نهایی در یک اتصال دیوار-شاه‌تیر بر حسب نیوتن میلی‌متر؛

N_{st} مقاومت اسمی، P_d ، بار مرده‌ی نیروی محوری اصلاح نشده در مقطع یا بار مرده‌ی اصلاح نشده‌ای به طور مستقیم بر عنصر اعمال شده و بر حسب نیوتن؛

N_b تعداد میله‌ها در یک لایه است؛

P_{bn} مقاومت بار محوری فشاری اسمی در مقطع در شرایط متعادل بر حسب نیوتن؛

P_{br} مقاومت بار محوری فشاری در مقطع در شرایط متعادل بر حسب نیوتن؛

P_{cu} بار فشاری نهایی، روی یک عنصر دیوار مرزی، در بر گیرنده‌ی اثرات زلزله؛

P_l نیروی محوری بار زنده‌ی اصلاح نشده در مقطع یا بار زنده‌ی اصلاح نشده‌ای که به طور مستقیم بر عنصر اعمال شده است بر حسب نیوتن؛

P_n مقاومت اسمی بار محوری در مقطع بر حسب نیوتن؛

$P_{n(max)}$ بیش‌ترین مقاومت فشاری اسمی بار محوری در مقطع بر حسب نیوتن؛

P_{tn} مقاومت کششی محوری در مقطع بر حسب نیوتن؛

P_{tu} نیروی کششی نهایی روی یک عنصر دیوار مرزی، در برگیرنده‌ی اثرات زلزله؛

P_u بار محوری نهایی مقطع یا بار طراحی نهایی مورد نظر که به طور مستقیم به سازه اعمال شده است یا بار محوری اعمال شده روی ستون یا دیوار بر حسب نیوتن؛

P_{0n} مقاومت فشاری محوری در مقطع بر حسب نیوتن؛

$\sum P_u$ مجموع تمام بارهای طراحی نهایی مورد نظر در میان دهانه بر حسب نیوتن؛

q_d بار مرده‌ی اصلاح نشده بر واحد سطح بر حسب نیوتن بر متر مربع؛

q_l بار زنده‌ی اصلاح نشده بر واحد سطح بر حسب نیوتن بر متر مربع؛

q_u بار نهایی بر واحد سطح بر حسب نیوتن بر متر مربع؛

r_u عکس العمل یک نواخت توزیع شده و نهایی دال بر شاه‌تیر یا تیر تکیه‌گاهی یا دیوار بتنی سازه‌ای بر حسب نیوتن بر متر مربع؛

R_a بار باران یا لنگرها و نیروهای داخلی مرتبط با آن؛

R_u مجموع عکس العمل نهایی مورد نظر از یک عنصر سازه‌ای تکیه داده شده بر حسب نیوتن؛

$\sum R_u$ جمع تمامی عکس‌العمل‌های نهایی عناصر سازه‌ای در یک طبقه بر حسب نیوتن؛

s فاصله‌ی مرکز تا مرکز میلگرد متقاطع (اریب) اندازه‌گیری شده در طول محور عنصر، یا فاصله‌ی بین خاموت‌ها، یا فاصله‌ی عمودی بین میله‌ها از پوسته‌ی میلگردها، یا فاصله‌ی میلگرد طولی یا متقاطع، یا فاصله‌ی آزاد بین جان تیرها بر حسب میلی‌متر؛

S بار برف یا نیروها و لنگرهای داخلی مرتبط؛

T اثر تجمعی دما، خزش ، جمع‌شدگی بتن یا نشست نامتجانس تکیه‌گاه‌ها، یا نیروها و لنگرهای داخلی مرتبط؛

T_u لنگر پیچشی نهایی مقطع بر حسب نیوتن میلی‌متر؛

U تلاش نهایی برای پایداری در برابر بارهای نهایی یا لنگرها و نیروهای داخلی مرتبط؛

V_c مقاومت برشی اسمی تأمین شده توسط بتن در مقطع بر حسب نیوتن؛

ΔV_e نیروی برشی طراحی نهایی ناشی از گسترش ظرفیت خمشی احتمالی عنصر در وجوه مفاصل، بر حسب نیوتن؛

V_{iu} , V_{xu} برش طبقه‌ی نهایی که توسط بارهای جانبی در طبقه‌ی i یا x به ترتیب ایجاد شده است بر حسب نیوتن؛

V_n مقاومت برشی اسمی مقطع بر حسب نیوتن؛

V_s مقاومت برشی اسمی تأمین شده توسط میلگرد افقی مقطع بر حسب نیوتن؛

V_u نیروی برشی نهایی مقطع بر حسب نیوتن؛

w_d بار مرده‌ی اصلاح نشده که به طور یکسان توزیع شده بر واحد طول عنصرکه به طور مستقیم بر عنصر اعمال شده است بر حسب نیوتن بر متر؛

w_l بار زنده‌ی اصلاح نشده که به طور یکسان توزیع شده بر واحد طول عنصر که به طور مستقیم بر عنصر اعمال شده است بر حسب نیوتن بر متر؛

w_u بار طراحی نهایی که به طور مستقیم بر عنصر اعمال شده است و بر حسب نیوتن بر متر؛

W بارهای ناشی از باد یا لنگرها و نیروهای داخلی مرتبط با آن؛

W_u بار کلی طراحی نهایی که به طور یکسان توزیع شده بر واحد طول عنصر بر حسب کیلو نیوتن بر متر؛

α_a بخشی از باری که در جهت کوتاه در دال‌های دو طرفه روی شاه‌تیرها حرکت می‌کند؛

α_b بخشی از باری که در جهت بلند در دال‌های دو طرفه روی شاه‌تیرها حرکت می‌کند؛

α_s ثابت به کار برده شده برای محاسبه‌ی مقاومت برشی سوراخ شدگی اسمی در دال‌ها؛

β نسبت دهانه‌های آزاد از جهت دراز به کوتاه دال‌های دو طرفه یا نسبت طول به عرض شالوده؛

ϕ ضریب جزیی ایمنی؛

ρ نسبت میلگرد کششی طولی برابر با $\frac{A_s}{b.d}$

ρ' نسبت میلگرد فشاری طولی؛

ρ_h نسبت سطح مقطع میلگرد افقی به مساحت کل مقطع قائم بتن در دیوارهای بتنی سازه‌ای؛

$\rho_{\max}$ بیش‌ترین نسبت مجاز میلگرد خمشی کششی طولی؛

$\rho_{\min}$ کم‌ترین نسبت مجاز میلگرد خمشی کششی طولی؛

ρ_s نسبت حجم میلگرد مارپیچی به حجم کل هسته (بر اساس قطر بیرونی مارپیچ) در عضو فشاری با میلگرد مارپیچ؛

ρ_t نسبت مجموع مساحت میلگردهای طولی به مساحت نا خالص مقطع بتنی برابر با $\frac{A_{st}}{b.d}$؛

ρ_v نسبت میلگرد عمودی در دیوارهای بتنی سازه‌ای.

۲-۴ واژه‌های اختصاری

max بیش‌ترین؛

min کم‌ترین.

۵ روش طراحی و ساخت

۱-۵ روش (رویه، آیین کار)

روش طراحی شامل مراحل A تا K می‌باشد؛ شکل ۱ را نیز ببینید.

۱-۱-۵ مرحله A

مرحله‌ی A شامل تعریف طرح اولیه در نقشه و ارتفاع سازه، طبق مقررات ۷-۱ و بررسی محدودیت‌هایی که در بند ۶-۱ مشخص شده است می‌باشد.

۵-۱-۲ مرحله B

مرحله‌ی B شامل محاسبه‌ی تمامی بارهای جاذبه‌ای که روی سازه عمل می‌کند با استفاده از مقررات بند ۷-۲ بدون در نظر گرفتن وزن خود عناصر سازه‌ای است.

۵-۱-۳ مرحله C

مرحله‌ی C شامل تعریف یک سیستم کف مناسب، وابسته به طول دهانه و اندازه بارهای جاذبه، طبق مقررات بند ۷-۴ است.

۵-۱-۴ مرحله D

مرحله‌ی D شامل امتحان ابعاد برای دال سیستم کف، محاسبه‌ی وزن خود سیستم، و طراحی عناصری که آن‌را در بر می‌گیرد، اصلاح ابعاد در صورتی که برای مقاومت و حالات حدی کاربردی ضروری است و مطابق با مقررات بند ۷-۵ برای سیستم‌های دال با تیرها است.

۵-۱-۵ مرحله E

مرحله‌ی E شامل امتحان ابعاد برای تیرها و شاه‌تیرها، محاسبه‌ی وزن خود سازه، طراحی تیرها و شاه-تیرهای خمشی و برشی، اصلاح ابعاد در صورتی که به دلیل مقاومت و حالات حدی کاربردی ضروری شده است طبق مقررات بند ۷-۶ می‌باشد.

۵-۱-۶ مرحله F

مرحله‌ی F شامل امتحان ابعاد برای ابعاد ستون‌ها، محاسبه‌ی وزن آنها، بررسی باریکی ستون و طراحی ترکیبی از بار ولنگرها محوری و برش و اصلاح ابعاد طبق مقررات بند ۷-۷ است .

۵-۱-۷ مرحله G

در مرحله‌ی G اگر بارهای جانبی نظیر زلزله، باد یا فشار جانبی توسط زمین ایجاد شود مقدار آن‌ها با استفاده از مقررات بند ۷-۲ تعیین می‌شود در غیر این صورت طراح باید مرحله I را انجام دهد.

۵-۱-۸ مرحله H

در مرحله‌ی H موقعیت اولیه و امتحان ابعاد برای دیوارهای سازه‌ای بتنی قادر به پایداری در برابر بارهای جانبی، که طبق مقررات ارائه شده در بند۷-۸ برای نیروهای زلزله معین شده است می‌باشد. اثر وزن خودشان تخمین زده شده و طراحی خمشی و برشی دیوارهای سازه‌ای بتنی طبق مقررات بند۷-۹ مجاز شده است.

۵-۱-۹ مرحله I

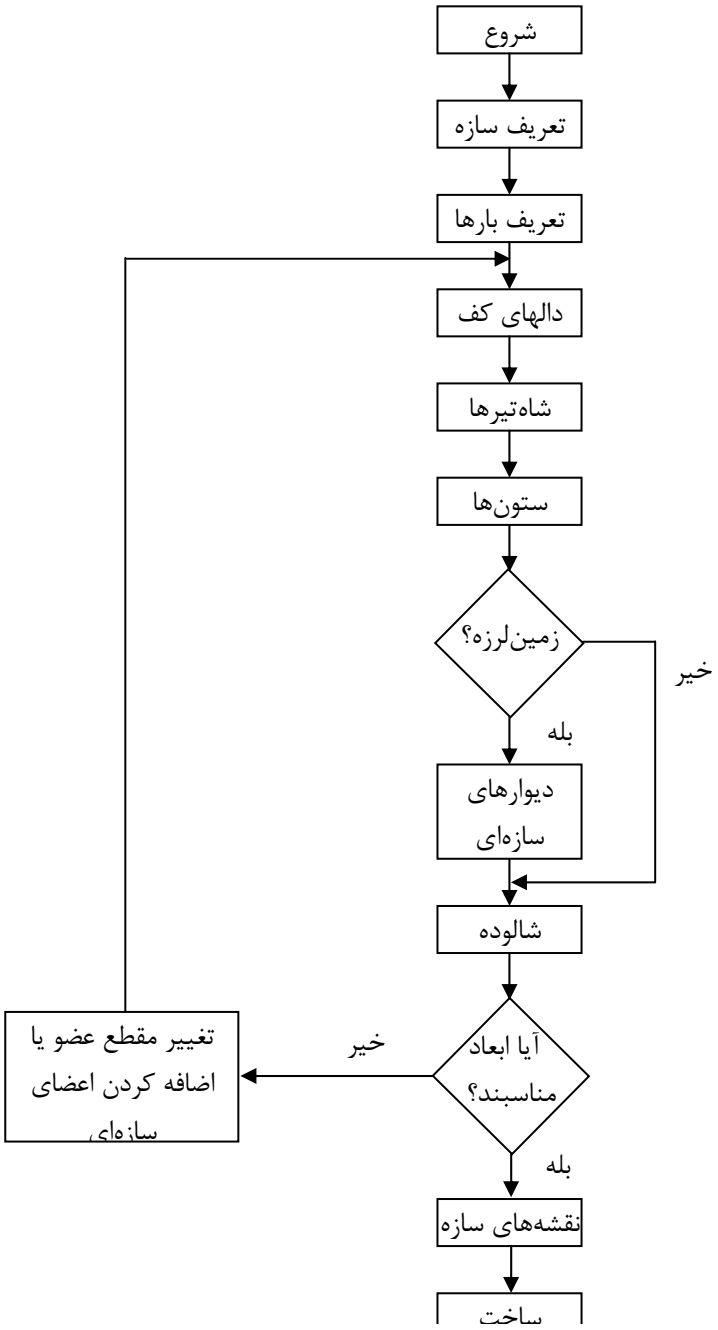
در مرحله‌ی I نیروهایی در سطح شالوده تعیین می‌شود، و یک تعریف از سامانه‌ی شالوده مطابق با مقررات بند ۷-۱۰ فرمول بندی می‌شود. عناصر سازه‌ای سازه طراحی (تعیین) می‌شوند.

۵-۱-۱۰ مرحله J

مرحله‌ی J شامل ساخت نقشه‌های سازه‌ای است.

۵-۱-۱۱ مرحله k

در مرحله‌ی k ساخت سازه باید مطابق با ساخت علمی و تجربی انجام شود.



شکل۱ - روش طراحی

۵-۲ مستندات طراحی

مراحل طراحی باید به طور کامل در مستندات شرح داده شده در بندهای ۵-۲-۱ تا ۵-۲-۴ ثبت شود.

۵-۲-۱ تاریخچه‌ی محاسبات

طراح ساختمان باید تمام مراحل طراحی را در یک دفترچه‌ی محاسبات ثبت کند. این دفترچه باید شامل حداقل موارد زیر باشد :

الف - الزامات ساختمانی عمومی پروژه ، مطابق با بند ۷-۱.

ب - شرح سیستم سازه‌ای به کار گرفته شده.

پ - بارهای به کار گرفته شده .

ت - درجه، استحکام و استانداردهای ساخت برای تمامی مصالح سازه ای.

ث - ارائه تمامی محاسبات طراحی.

ج - طرح (شما، نقشه) ساده‌ای از جای(آرایش) میلگردها برای تمامی عناصر سازه‌ای.

۵-۲-۲ گزارش فنی زمین شناسی

گزارش فنی زمین شناسی باید حداقل شامل مواردی نظیر بررسی خاک، تعیین ظرفیت مجاز باربری خاک تکیه‌گاه، فشار جانبی خاک برای طراحی انواع سازه‌های نگه‌دارنده‌ی خاک و هر نوع اطلاعات دیگری که مورد نیاز است طبق بند ۷-۱۰ باشد.

۵-۲-۳ نقشه‌های سازه‌ای

شامل تمامی نقشه‌های مورد نیاز برای ساختن سازه‌ی بنا می‌باشد.

۵-۲-۴ مشخصات

مشخصات مورد نیاز برای ساخت بنا می‌باشد.

۶ مقررات عمومی

۶-۱ محدودیت‌ها

این مقررات فقط وقتی بکار می‌رود که شروع طراحی ساختمان تمامی محدودیت‌های تنظیم شده در بندهای ۶-۱-۱ تا ۶-۱-۱۰ را شامل شود.

۶-۱-۱ کاربری

۶-۱-۱-۱ کاربری مجاز

نوع کاربری که ساختمان برای آن طراحی می‌شود باید برای زیرگروه تعیین شده در جدول ۱ مجاز باشد.

جدول ۱- کاربری‌های مجاز

گروه کاربری		زیر گروه کاربری	مجاز
گروه A – عمومی	۱– A	مساجد، سالن‌های تئاتر، استادیوم‌ها، سالن‌ها، ورزشگاه‌ها	خیر
	۲-A	بناهای دارای مجموعه‌ای از اتاق‌های با ظرفیت کم‌تر از ۱۰۰ نفر و بدون طبقه	{بله}
گروه B - کسب و کار	B	بناهای برای استفاده به عنوان دفاتر کار(ادارات)، و برای خدمات حرفه ای، شامل بنگاه هایی برای خوردن و نوشیدن با کاربری کم‌تر از ۵۰ نفر	{بله}
گروه E- آموزشی	۱-E	کلاس های برای مدارس تا دبیرستان	{بله}
	۲-E	کلاسها برای دانشگاه ها	{بله}
گروه F - صنعتی	۱-F	صنایع سبک که ماشین آلات سنگین را شامل نمی شود.	{بله}
	۲-F	صنایع سنگین در بر گیرنده‌ی ماشین آلات سنگین	خیر
گروه G - گاراژها (توقف گاه‌ها)	۱-G	گاراژها برای وسایل نقلیه با ظرفیت حمل تا ۲۰۰۰ کیلو گرم (kg)	{بله}
	۲-G	گاراژها برای کامیون‌ها با ظرفیت حمل بیش از ۲۰۰۰کیلو گرم (kg)	خیر
گروه H - بهداشتی	۱-H	مهدهای کودک برای نگهداری اطفال در روز	{بله}
	۲-H	مراکز نگهداری بهداشتی بیماران سیار(گردشی)	{بله}
	۳-H	بیمارستان‌ها	خیر
گروه M - تجاری	M	نمایش و فروش کالا	{بله}
گروه R - مسکونی	۱-R	هتل‌ها	خیر
	۲-R	خانه‌ها و بناهای آپارتمانی	{بله}
گروه S - انبار	۱-S	انبار مواد سبک	{بله}
	۲-S	انبار مواد سنگین و خطرناک	خیر
گروه U - تاسیسات عمومی یا خدماتی	U	تاسیسات عمومی، سامانه تامین آب، کارخانه‌های تولید برق	خیر

۶-۱-۱-۲ کاربری آمیخته (چندگانه)

هنگامی که انواعی از کاربری در یک بنا طبق آنچه که توسط جدول ۱ مجاز شده است برای کاربری مد نظر باشد، طراحی بنا طبق مقررات این استاندارد باید انجام شود.

۶-۱-۲ حداکثر تعداد طبقات

حداکثر تعداد طبقات برای یک بنای طراحی شده طبق این استاندارد باید پنج طبقه باشد. این تعداد از طبقات باید شامل طبقات روی سطح زمین و بدون زیر زمین باشد، و نباید شامل سقف باشد. تعداد زیر زمین‌ها نباید بیش از یک باشد.

۶-۱-۳ حداکثر مساحت هر طبقه

حداکثر مساحت هر طبقه نباید بیش از m^2 ۵۰۰ باشد.

۶-۱-۴ حداکثر ارتفاع طبقه

بیش‌ترین ارتفاع هر طبقه که از کف نهایی یک طبقه تا کف نهایی طبقه‌ی بدون واسطه‌ی زیرین اندازه‌گیری می‌شود، نباید بیش از ۴m باشد.

۶-۱-۵ حداکثر طول دهانه

بیش‌ترین طول دهانه برای شاه‌تیرها و تیرها که از مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها اندازه‌گیری شده است نباید بیش از ۱۰m باشد.

۶-۱-۶ حداکثر تفاوت در طول دهانه

دهانه‌ها باید تقریباً مساوی باشند، و از دو دهانه‌ی مجاور، دهانه بزرگ‌تر نسبت به دهانه کوچک‌تر نباید بیش از ۲۰ درصد دهانه‌ی بزرگ‌تر، اختلاف داشته باشد.

۶-۱-۷ کم‌ترین تعداد دهانه‌ها

کم‌ترین تعداد دهانه‌ها در هر کدام از دو جهت اصلی در طرح یک بنا نباید کم‌تر از دو عدد باشد. استفاده از یک دهانه در ساختمان یک طبقه یا دو طبقه مجاز است. طول دهانه نباید بیش از پنج متر باشد.

۶-۱-۸ بیش‌ترین طول دهانه‌ی کنسول (طره)

به منظور اجتناب از طره‌های خیلی طویل بیش‌ترین طول دهانه‌ی آزاد شاه‌تیرها، تیرها و دال‌ها در طره نباید بیش از یک سوم طول دهانه از اولین دهانه‌ی فرعی عنصر باشد.

۶-۱-۹ بیش‌ترین شیب برای دال‌ها، شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها

استفاده از دال‌ها، شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌های شیب‌دار باید مجاز باشد، اما شیب عنصر سازه‌ای نباید بیش از $^{\circ}$ ۱۵ باشد مگر در اعضایی که بخشی از پلکان هستند.

۶-۱-۱۰ بیش‌ترین شیب زمین عملیات

شیب زمینی که بنا در آن واقع می‌شود نباید در هر جهتی بیش از مقداری که یک خیزی را در زمین در طول بنا و در آن جهت تولید خواهد کرد بیش از ارتفاع طبقه‌ی اول بنا باشد، بدون آنکه از یک شیب $^{\circ}$ ۳۰ بیش‌تر باشد.

۶-۱-۱۱ فاصله بین مرکز جرم و مرکز صلبیت (سختی)

فاصله‌ی بین مرکز جرم و مرکز صلبیت باید به منظور کاهش خطر پیچیدگی کلی سازه کوچک باشد.

۶-۲ حالات حدی

روش طراحی برای اهداف این استاندارد بر مبنای حالات حدی بنا شده است. به گونه‌ای که حالت حدی یک موقعیت است که در آن موقعیت یک سازه یا عضو سازه‌ای برای استفاده نامناسب بشود و در شرایطی فراتر از آن برای عملکرد انتخابی مناسب نباشد یا غیر ایمن باشد.

حالات حدی زیر ضمنا (به طور مفهومی) در روش طراحی مورد نظر هستند:

الف - حالت حدی بی‌عیبی سازه؛

ب - حالت حدی انحراف بار جانبی طبقه؛

پ - حالت حدی دوام؛

ت - حالت حدی آتش؛

ث - حالات حدی نهایی و قابلیت بهره‌برداری.

۶-۳ الگو (قالب‌بندی) طراحی حالت حدی نهایی

۶-۳-۱ کلیات

برای طراحی حالت حدی نهایی، سازه و اعضای سازه‌ای باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی در تمامی مقاطع حداقل برابر با مقاومت مورد نیاز محاسبه شده برای بارها و نیروهای نهایی که در این استاندارد تصریح شده است در نظر گرفته شود.

الزام اساسی برای حالت حدی نهایی آن است که باید مقاومت‌ها برابر یا بیش‌تر از اثرات بار باشد.

برای مجاز کردن امکان آن که مقاومت‌ها بتوانند کم‌تر از مقادیر محاسبه شده و اثرات بار بتوانند بیش‌تر از مقادیر محاسبه شده باشد، ضریب جزیی ایمنی، ϕ، کم‌تر از مقادیر محاسبه شده و ضرایب بار، γ، به طور عمومی بیش‌تر از آن باشد، که این ضرایب باید طبق معادله‌ی (۱) بکار برده شوند:

$$\phi \cdot R_n \geqslant \gamma_1 \cdot S_1 + \gamma_2 \cdot S_2 + \cdots \qquad (۱)$$

که در آن :

R_n مقاومت اسمی؛

S_1 , S_2 اثرات بار بر مبنای بارهای اسمی مشخص شده در این استاندارد.

بنابراین قالب طراحی حالت حدی نهایی الزام می‌کند که مقاومت طراحی برابر یا بزرگ‌تر از مقاومت نهایی مورد نیاز باشد، همان‌طور که در معادله‌ی (۲) مشخص شده است :

$$\phi \cdot N_{st} \geqslant U \qquad (۲)$$

که در آن:

U تلاش نهایی که برابر است با $\gamma_1 \times S_1 + \gamma_2 \times S_2 + \ldots$

N_{st} مقاومت اسمی.

۶-۳-۲ تلاش نهایی (مقاومت نهایی مورد نیاز)

تلاش نهایی، U، باید با ترکیب‌بارهای سرویس یا نیروهای بهره‌برداری با به کار گیری ترکیبات مشخص شده در بند ۷-۲-۲ محاسبه شود.

۶-۳-۳ مقاومت طراحی

مقاومت طراحی تعبیه شده برای یک عضو، اتصالات آن با اعضای دیگر و مقاطع عرضی آن، به صورت خمش، بار محوری و برش باید به عنوان مقاومت اسمی محاسبه شده طبق الزامات و مفروضات این استاندارد در نظر گرفته شده و هر اثر نیروی جزئی برای همه‌ی عناصر مقاطع بحرانی تعریف شده با این استاندارد منظور می-شود و در ضرایب جزیی ایمنی زیر ضرب می‌شود :

الف- خمش، بدون بار محوری : $\phi = [0.9]$

ب - کشش محوری، و کشش محوری همراه با خمش: $\phi = [0.9]$

پ - فشار محوری و فشار محوری همراه با خمش :

- ستون‌های با بندها (ستون‌های همراه با اعضای تحمل کننده‌ی کشش) و دیوارهای بتنی سازه‌ای $\phi = [0.7]$

- ستون‌های با میلگرد مارپیچی: $\phi = [0.75]$

ت - برش و پیچش: $\phi = [0.85]$

ث – تکیه‌گاه (قسمت تحمل کننده‌ی) بتن: $\phi = [0.7]$

۶-۴ الگوی طراحی حالت حدی قابلیت بهره‌برداری

حالت حدی قابلیت بهره‌برداری با شرایطی فراتر از الزامات عملکردی مشخص شده برای سازه یا عناصر سازه-ای مطابق بوده و سازگاری بیش‌تر از آن مد نظر نمی‌باشد.

انطباق با حالت قابلیت بهره‌برداری طبق این استاندارد باید به طور غیر مستقیم از طریق مشاهده‌ی محدودیت‌های ابعاد، پوشش، الزامات جزئی و ساختمانی بدست آید. این شرایط قابلیت بهره‌برداری شامل اثراتی مشابه موارد زیر می‌باشد :

الف- نیاز داشتن به دوام ناشی از اثرات محیطی با دوره‌ی طولانی، شامل رویارویی با یک محیط مهاجم یا خوردگی میلگرد؛

ب - تغییرات ناشی از تغییرات دما، رطوبت وابسته (مرتبط)، و اثرات دیگر؛

پ - ترک خوردگی (شکافتگی) بیش از حد بتن؛

ت- خم‌های افقی بیش از حد؛
ث – خم‌های عمودی بیش از حد؛
ج - لرزاندن بیش از حد.

۷ مقررات ویژه

۷-۱ سامانه‌های سازه‌ای و جانمایی اولیه

۷-۱-۱ شرح اجزای یک سازه

در این استاندارد، بنای سازه باید به اجزای مشخص شده در بندهای ۷-۱-۱-۱ تا ۷-۱-۱-۵ تقسیم بندی شود.

۷-۱-۱-۱ سامانه‌ی کف

یک سامانه‌ی کف از عناصر سازه‌ای تشکیل دهنده‌ی کف یک طبقه در یک بنا تشکیل می‌شود. انواع متفاوتی از سامانه‌های کف(طبقه) توسط این استاندارد پوشش داده شده است که در بند ۷-۴ شرح داده شده است. سامانه‌ی کف(طبقه) شامل شاه‌تیرها، تیرها، و تیرچه‌ها (در صورت استفاده)، و دالی که بین دهانه‌ی آن‌ها قرار گرفته، یا دالی که به طور مستقیم بر روی ستون‌ها قرار گرفته مثل سامانه‌های دال- ستون می‌باشد.

۷-۱-۱-۲ عناصر تکیه‌گاهی عمودی

عناصر تکیه‌گاهی عمودی سامانه‌ی کف را در هر طبقه نگه می‌دارند و تمامی بارهای ناشی از وزن انباشته شده را به شالوده‌ی سازه انتقال می‌دهند. در این استاندارد این عناصر می‌توانند ستون‌ها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای باشند.

۷-۱-۱-۳ شالوده

شالوده در بردارنده‌ی تمامی عناصر سازه‌ای که برای انتقال بارها از سازه به خاک تکیه‌گاهی بستر (زیر لایه) به خدمت گرفته می‌شود یا این‌که در تماس با خاک است یا این‌که آن‌را در بر دارد است. شامل عناصری مثل بارهای پی پخش شده، بارهای پی ترکیبی یکسره، طبقه زیر زمین و دیوارهای نگه دارنده، تیرهای شیب‌دار و دال‌های روی شیب و غیره می‌باشد. شالوده‌های عمیق، مثل شمع‌ها و صندوقه‌ها (گودبرداری‌های اتاقکی) و پی‌ها و کلاهک‌های شمع فراتر از هدف این استاندارد بوده و در این استاندارد پوشش داده نمی‌شود.

۷-۱-۱-۴ سامانه‌ی مقاومتی بار جانبی

سامانه‌ی مقاومتی بار جانبی تشکیل شده است از عناصر سازه‌ای که به عنوان نگه‌دارنده‌ی مشترک عمل می‌کند و بارهای جانبی ناشی از حرکات زلزله، باد و فشارهای جانبی زمین را به زمین انتقال می‌دهد. سامانه‌ی کف باید به عنوان یک دریچه‌ای است که در صفحه‌اش بار جانبی را از نقطه‌ی اعمالی به عناصر عمودی سامانه‌ی مقاومتی بار جانبی حمل می‌کند. عناصر عمودی سامانه‌ی مقاومتی بار جانبی، به نوبت، نیروهای ناشی از تمامی کف‌ها را جمع‌آوری کرده و بر شالوده‌ی به سمت پایین و از شالوده به خاک زیر لایه انتقال می‌دهند. طبق این استاندارد عناصر عمودی اصلی سامانه‌ی مقاومتی بار جانبی باید دیوارهای بتنی سازه‌ای باشد.

۷-۱-۱-۵ سایر عناصر سازه‌ای

عناصر سازه‌ای دیگر که بخشی از سازه‌ی یک بنا هستند شامل پلکان، سطوح شیب‌دار (رمپ‌ها)، مخازن آب و دال‌های روی تیرها می‌باشد.

۷-۱-۲ برنامه‌ی کلی

۷-۱-۲-۱ برنامه‌ی معماری

یک برنامه کلی معماری از یک بنا باید با طراح سازه قبل از شروع طراحی حقیقی سازه هماهنگ شود. برنامه کلی معماری باید حداقل شامل موارد زیر باشد.

الف - شکل طرح و ابعاد تمامی طبقات بنا؛

ب - ارتفاع (سطح تراز) بنا و ارتباط آن با زمین شامل زیر زمین، اگر باشد؛

پ - نوع سقف، شکل و شیب‌های آن، نوع آب‌بندی، وسایلی (تمهیداتی) به منظور سهولت جریان آب باران و ذوب برف یا تگرگ و محل ناودانی‌های زهکشی شده؛

ت - استفاده از فضای داخلی بنا، تقسیمات فرعی آن و وسایلی برای جداسازی در تمامی طبقات؛

ث - حداقل ارتفاع آزاد معماری در تمامی طبقات؛

ج - موقعیت پلکان، سطوح شیب دار (رمپ‌ها) و آسانسورها؛

چ - نوع دیوار حصار چینی بنا، بخش‌های داخلی، عناصر معماری و غیر سازه‌ای؛

ح - موقعیت دریچه‌های هواکش و محفظه‌هایی برای تاسیسات مثل تامین برق، روشنایی، کنترل حرارتی، تهویه، تامین آب و فاضلاب شامل اطلاعات کافی برای آشکار کردن (یافتن) تداخل با عناصر سازه‌ای.

۷-۱-۲-۲ مقررات کلی سازه‌ای

بر مبنای اطلاعات برنامه‌ی معماری کلی، طراح سازه باید الزامات سازه‌ای کلی را برای آن‌که سازه با این استاندارد طراحی شود را تعیین (تعریف) کند. این الزامات کلی سازه‌ای باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

الف - کاربرد مورد نظر بنا؛

ب - بارهای اسمی مرتبط با نوع کاربری بنا؛

پ - بارهای ویژه‌ی الزامی شده توسط مالک؛

ت -[طراحی حرکات زلزله، اگر بنا در یک منطقه‌ی زلزله خیز واقع شده باشد]؛

ث - الزامات باد برای کارگاه؛

ج - الزامات برای [برف]، [تگرگ] یا باران؛

چ - الزامات آتش؛

ح - نوع سقف و بارهای مناسب (مقتضی) هنگامی که از بتن مسلح ساخته نشده باشد؛

خ - اطلاعات کارگاه مرتبط با شیب‌ها و زه‌کشی‌ها؛

د - ظرفیت تحمل بار مجاز خاک، سامانه‌ی شالوده‌ی توصیه شده براساس بررسی‌های زمین شناختی فنی و محدودیت‌های اضافی مرتبط با نشست مورد انتظار؛

ذ - الزامات محیطی ناشی از تغییرات دمایی منطقه‌ای فصلی و روزانه، رطوبت، حضور مواد شیمیایی زیان آور و نمک‌ها؛

ر - در دسترس بودن، نوع و کیفیت مصالح نظیر میلگردها، سیمان، سنگدانه‌ها؛

ز - در دسترس بودن مصالحی برای قالب بندی؛

س - در دسترس بودن یک آزمایشگاه آزمون برای طرح اختلاط بتن و کنترل کیفیت در حین ساخت؛

ش - در دسترس بودن افراد صلاحیت دار ماهر.

۷-۱-۳ طرح اولیه‌ی سازه

۷-۱-۳-۱ طرح کلی سازه

طراح سازه باید یک طرح اولیه‌ی سازه‌ای کلی را در نقشه تعیین کند. این طرح اولیه‌ی کلی باید شامل تمامی اطلاعات، در نقشه، که برای تمامی سطوح سازه متداول است باشد؛ شکل ۲ را ببینید، طرح اولیه‌ی کلی سازه در نقشه باید شامل موارد زیر باشد :

الف – شبکه‌ی ابعادی از محورها یا خطوط مرکزی، در هر دو جهت اصلی در نقشه؛

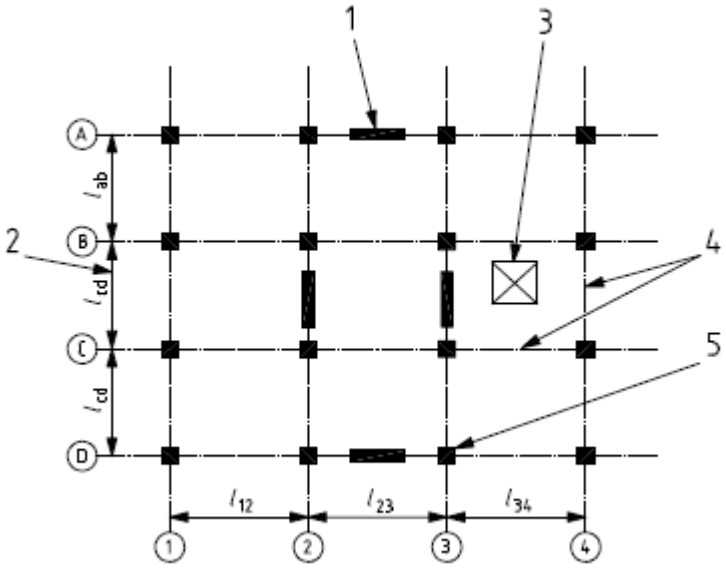
این محورها باید در محل عناصر تکیه‌گاهی عمودی (ستونها و دیوارهای بتنی سازه‌ای) برخورد کنند؛

ب - موقعیت تمامی عناصر تکیه‌گاهی عمودی، ستونها و دیوارهای بتنی سازه‌ای در نقشه. این عناصر تکیه-گاهی عمودی باید به طور عمودی در یک ردیف باشند و باید تمامی مسیر به سمت پایین تا شالوده به طور پیوسته باشد. دیوارهایی که فضاها را جدا می‌کنند و از بتن مسلح ساخته شده‌اند می‌توانند به صورت دیوارهای بتنی سازه‌ای ساخته شوند اگر آن‌ها به طور پیوسته تا شالوده امتداد داشته و هیچ سوراخی برای پنجره یا در نداشته باشند؛

پ - موقعیت تمامی دریچه‌های هواکش، دودکش‌ها، آسانسورها و پلکان که از یک طبقه تا طبقه دیگر امتداد دارند؛

ت - فاصله‌های افقی، L ، بین خطوط مرکزی که مطابق با مرکز تا مرکز طول دهانه‌های سامانه‌ی کف است.

ث - در مناطق زلزله‌خیز، موقعیت و توزیع تمامی دیوارهای بتنی سازه‌ای.



راهنما:

۱- دیوار

۲- طول دهانه

۳- دودکش

۴- شبکه‌های خطوط مرکزی

۵- ستون

شکل ۲ - طرح اولیه کلی سازه در نقشه

۷-۱-۳-۲ طرح اولیه‌ی طبقه

برای هر طبقه‌ی نوعی، طراح سازه باید یک طرح اولیه‌ی طبقه‌ی سازه‌ای (شکل ۳) را گسترش دهد و باید شامل موارد زیر باشد:

الف - انطباق محیط طبقه روی شبکه کلی محور؛

ب - موقعیت شاه‌تیر و تیر یا ستون و طبقات میانی برای سامانه‌های دال ستون؛

پ - اطلاعات بیش‌تر شامل سوراخ‌های معماری اساسی در طبقه؛

ت - مسیر بار تقریبی از همه سطوح طبقه تا تیرها و شاه‌تیرهای تکیه‌گاهی.

۷-۱-۳-۳ طرح اولیه‌ی عمودی

طراح سازه باید یک طرح اولیه‌ی عمودی سازه‌ای کلی (شکل۴) را تعیین کند که این طرح باید اطلاعات مرتبط با ارتفاع سازه را که شامل موارد زیر است در بر گیرد:

الف - تعداد طبقات؛

ب - برای تمامی طبقات، ارتفاع طبقه، که به عنوان فاصله‌ی عمودی از کف نهایی یک طبقه تا کف نهایی طبقه بلا واسطه پایینی تعریف شده است؛

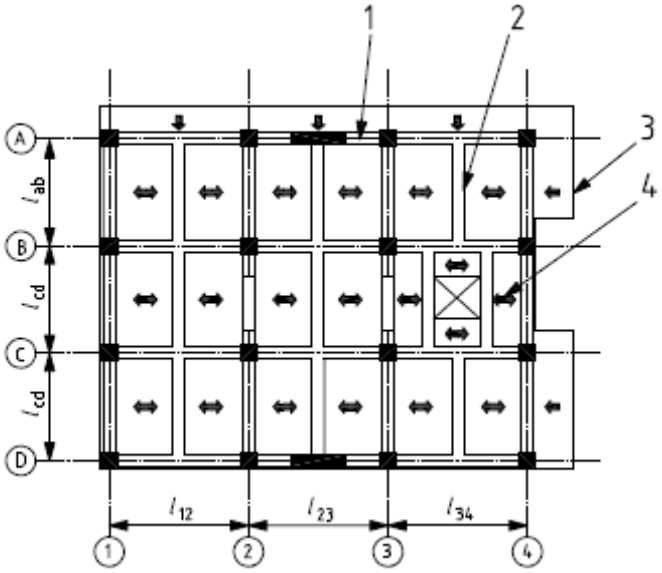
پ - شیب و شکل سقف؛

ت- وضوح معماری عمودی از کف نهایی تا اندود داخلی سقف که برای استفاده از بنا مورد نیاز است؛

ث - فضای عمودی ضروری برای فراهم کردن عناصر افقی و عمودی بکار رفته برای تامین برق، آب، و زهکشی، گرمایش، تهویه و آماده سازی هوا؛

ج - شیب زمین عملیات و ارتباط آن با زمین کف یا زیرزمین، در صورت نیاز؛

چ - عمق لایه خاک تکیه‌گاهی و عمق سفره آب.



راهنما:

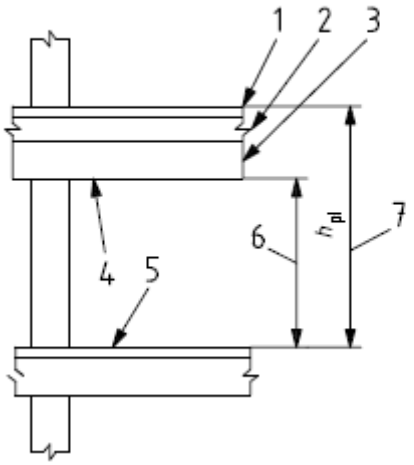
۱- شاه‌تیر

۲- تیر

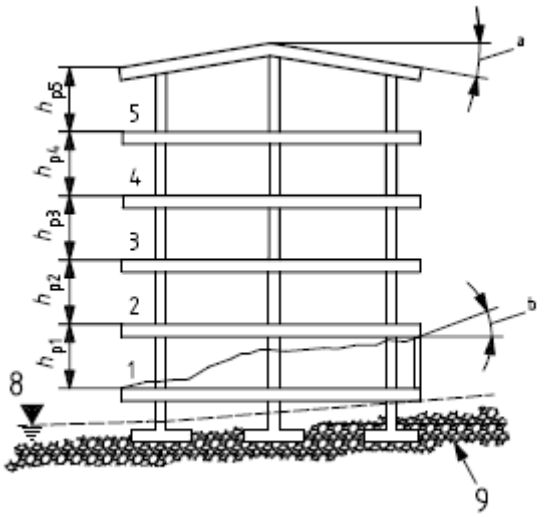
۳-محیط سازه

۴- مسیر بار

شکل ۳- طرح اولیه‌ی سازه‌ای طبقه



الف- جزییات مقطع کف



ب- برش قائم (نمای) بنا

راهنما:

۱- کف نهایی
۲- دال
۳- عناصر خدماتی
۴- اندود داخلی سقف
۵- کف نهایی
۶- ارتفاع مفید طبقه
۷- ارتفاع طبقه h_{pi}
۸- سفره آب
۹- لایه خاک تکیه‌گاهی
a- بیش‌ترین شیب ۱۵°
b- بیش‌ترین شیب ۳۰°

شکل ۴- طرح اولیه عمودی بنا

۴-۱-۷ امکان پذیری (قابلیت انجام کار)

برمبنای اطلاعات طرح اولیه، طراح سازه باید امکان پذیری اجرای طراحی سازه را طبق این استاندارد بررسی کند. انطباق با محدودیت‌های زیر باید بررسی شود :

الف - استفاده از بنا باید مطابق با نوع کاربری پذیرفته شده طبق بند ۶-۱-۱ باشد و اگر کاربری ترکیبی مد نظر باشد، تمامی انواع کاربری‌گاه‌های انتخابی باید در محدودی مجاز آن‌ها باشد؛

ب - تعداد طبقات نباید از بیش‌ترین تعداد مجاز که در بند ۶-۱-۲ مشخص شده بیش‌تر باشد؛

پ - مساحت بزرگ‌ترین طبقه نباید از بزرگ‌ترین مساحت مجاز که در بند ۶-۱-۳ مشخص شده بیش‌تر باشد؛

ت - ارتفاع بلندترین طبقه از انتها تا انتها اندازه‌گیری شده، نباید از بلندترین ارتفاع طبقه مجاز که در بند ۶-۱-۴ مشخص شده بیش‌تر باشد؛

ث – طول‌های دهانه‌ها باید در محدوده-ی بیش‌ترین طول دهانه که در بند ۶-۱-۵ مشخص شده باشد؛

ج - اختلاف بین دهانه‌های مجاور نباید از محدودیت‌های مشخص شده در بند ۶-۱-۶ بیش‌تر باشد؛
چ - تعداد دهانه‌ها در هر دو جهت و در تمامی طبقات نباید کم‌تر از دو عدد باشد، همان‌طور که در بند ۶-۱-۷ مشخص شده یا در محدوده‌ی استثنائات درج شده در آن بند باشد؛
ح – شاه‌تیر، تیر یا پیش آمدگی (طره‌ی) دال نباید از حدود مشخص شده در ۶-۱-۸ بیش‌تر باشد؛
خ - شیب شاه‌تیر، تیر، تیرچه یا دال نباید از بیش‌ترین مقدار مجاز شیب که در بند ۶-۱-۹ مشخص شده بیش‌تر باشد؛
د - شیب زمین عملیات در کارگاه ساختمانی نباید از بیش‌ترین مقدار مشخص شده در بند ۶-۱-۱۰ بیش‌تر باشد.

۷-۲ نیروها (بارها)

۷-۲-۱ کلیات ضرایب بار و ترکیب‌بار

ضرایب و ترکیب‌بار که در بندهای ۷-۲-۱-۱ تا ۷-۲-۱-۷ مشخص شده است باید برای دستیابی به تلاش نهایی، U، برای عضو یا عنصر سازه‌ای که در بند ۶-۳-۱ مشخص شده است، به کار گرفته شود. در ترکیب‌بار زیر که برای دستیابی به تلاش نهایی، U ، تنظیم شده علامت $\pm$ برای جایگزینی نیروهایی که بتواند در یک جهت یا مخالف آن عمل کند باید به عنوان نیرو با علامتی که منتهی می‌شود به بیش‌ترین (مثبت) یا کم‌ترین (منفی) مقدار U تفسیر شود.

۷-۲-۱-۱ بار مرده و بار زنده

تلاش نهایی ، U ، برای پایداری در برابر بار مرده، D، و بار زنده، L، باید حداقل با مقدار بزرگ‌تر معادلات (۳) و (۴) برابر باشد :

$$U = [1,6] \cdot D \qquad (۳)$$

$$U = [1,4] \cdot D + [1,7] \cdot L \qquad (۴)$$

۷-۲-۱-۲ بار باران، بار برف و بار زنده‌ی سقف شیب‌دار

اگر پایداری در برابر اثرات سازه‌ای که به صورت بار باران، R_a، بار برف، S، یا بار زنده‌ی سقف شیب دار، L_r، مشخص شده است مورد نیاز باشد ترکیباتی از D، L و $(R_a$ ، S ، یا $L_r)$ که در معادلات (۵) و (۶) مشخص شده است باید برای تعیین بزرگ‌ترین مقدار تلاش نهایی U بررسی شود.

$$U = [1,4] \cdot D + [1,7] \cdot L + [0,6] \cdot (R_a \text{ or } S \text{ or } L_r) \qquad (۵)$$

$$U = [1,4] \cdot D + [0,6] \cdot L + [1,7] \cdot (R_a \text{ or } S \text{ or } L_r) \qquad (۶)$$

در هر حال، برای هر ترکیبی از $(R_a$ ، S ، یا $L_r)$، تلاش نهایی، U ، نباید از مقادیر به دست آمده از معادلات (۳) و (۴) کم‌تر باشد.

۷-۲-۲-۳ بار باد

اگر پایداری در برابر اثرات سازه‌ای که به عنوان بار باد، W ، مشخص شده است مورد نیاز باشد، ترکیباتی از، D، L، W، که در معادلات (۷) و (۸) مشخص شده است باید برای تعیین بزرگ‌ترین مقدار تلاش نهایی، U ، بررسی شود.

$$U = [0,75] \cdot ([1,4] \cdot D + [1,7] \cdot L) + [1,3] \cdot W = [1,1] \cdot D + [1,3] \cdot L + [1,3] \cdot W \qquad (۷)$$

که ترکیب‌بار باید شامل هر دو مقدار کامل و مقدار صفر برای L برای تعیین شرایط کاری سخت‌تر باشد، و

$$U = [0,9] \cdot D + [1,3] \cdot W \qquad (۸)$$

در هر حال برای هر ترکیبی از D، L وW مقادیر تلاش نهایی، U، نباید از مقادیر به دست آمده از معادلات (۳) و (۴) کم‌تر باشد.

۷-۲-۲-۴ نیروهای زلزله

اگر پایداری در برابر نیروهای زلزله، E ، مورد نیاز باشد ترکیباتی از D، L و E که در معادلات (۹) و (۱۰) مشخص شده است باید برای تعیین بزرگ‌ترین تلاش نهایی، U ، بررسی شود.

$$U = [0,75] \cdot ([1,4] \cdot D + [1,7] \cdot L) \pm [1,0] \cdot E = [1,1] \cdot D + [1,3] \cdot L \pm [1,0] \cdot E \qquad (۹)$$

که ترکیب‌بار باید شامل هر دو مقدار کامل و مقدار صفر برای L در شرایط بهره‌برداری سخت‌تر باشد و

$$U = [0,9] \cdot D \pm [1,0] \cdot E \qquad (۱۰)$$

در هر حال برای هر ترکیبی از D، L و E مقادیر تلاش نهایی U نباید از مقادیر به دست آمده از معادلات (۳) و (۴) کم‌تر باشد.

۷-۲-۲-۵ فشار خاک

اگر پایداری در برابر فشار خاک، H، مورد نیاز باشد، تلاش نهایی، U، باید حداقل برابر با مقدار به دست آمده از معادله‌ی (۱۱) باشد.

$$U = [1,4] \cdot D + [1,7] \cdot L + [1,7] \cdot H \qquad (۱۱)$$

مگر آنکه D یا L اثر H را کاهش دهد که در این حالت معادله (۱۲) به کار می‌رود :

$$U = [0,9] \cdot D + [1,7] \cdot H \qquad (۱۲)$$

برای هر ترکیبی از D، L و H تلاش نهایی، U ، نباید کم‌تر از مقادیر به دست آمده از معادلات (۳) و (۴) - باشد. وقتی که سازه به عنوان یک کل باید در برابر بارهای افقی سازه دائمی ناشی از فشار جانبی خاک پایداری داشته باشد، مقدار $([1.7]H)$ باید به سمت راست معادلات (۳)، (۴)، (۸)، (۹)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) اضافه شود.

۷-۲-۲-۶ وزن و فشار مایعات

اگر پایداری در برابر بار ناشی از وزن و فشار مایعات با چگالی کاملا مشخص و بیش‌ترین ارتفاع قابل کنترل، F، طبق روش طراحی این استاندارد ضروری باشد، مقدار $([1.7]F)$ باید به سمت راست معادلات (۳)، (۴)، (۹) و (۱۱) اضافه شود.

۷-۲-۲-۷ اثرات دیگر

جایی که اثرات سازه‌ای، T ، ناشی از نشست تفاضلی، انقباض یا تغییر دما با اهمیت باشند برای طراحی، طرح نباید با استفاده از این استاندارد اجرا شود، و استاندارد مناسب این کار باید به کار رود.

۳-۲-۷ جرم مصالح

برای تعیین جرم مصالح، الزامات استانداردهای ملی مربوطه باید برآورده شود و در مواردی که استاندارد ملی در این زمینه وجود نداشته باشد استاندارد بند ۲-۱۲ باید به کار رود.

۳-۲-۷ بارهای مرده

بارهای مرده، جرم تمامی مصالح ساختمانی به کار برده شده در ساخت بنا نظیر عناصر سازه‌ای، دیوارها و تیغه‌ها، سقف‌ها، کف‌ها، نماهای زیر سقف، پلکان، شیب‌ها (رمپ‌ها)، پوشش‌ها، و سایر سامانه‌های معماری و سازه‌ای به کار برده شده و تجهیزات بهره‌برداری ثابت را شامل می‌شود. در تعیین بارهای مرده با اهداف طراحی، جرم تجهیزات بهره‌برداری ثابت مانند دودکش‌ها، لوله‌ها، پله‌ها، کانال‌های برقی و سامانه‌های گرمایشی، تهویه و گردش هوا باید در نظر گرفته شود.

۵-۲-۷ بارهای زنده

برای بارهای زنده الزامات موجود در استانداردهای ملی باید رعایت شود. در صورتی که استاندارد ملی در این زمینه وجود نداشته باشد الزامات استاندارد بند ۲-۵ باید مورد استفاده قرار گیرد. برای ساختمان‌ها (بناها)ی صنعتی و تاسیسات انبار، الزامات استاندارد بند ۲-۶ باید برای تعیین بارهای زنده‌ی واقعی به کار می‌رود.

۶-۲-۷ بار برف مشخص شده

وقتی که انتظار می‌رود تا بارش برف ناشی از عرض جغرافیایی یا ارتفاع از سطح دریا یا هر دوی آنها واقع شود، بارهای ایجاد شده در نتیجه‌ی جمع شدن برف باید در طراحی سقف به حساب آورده شود. الزامات قابل کاربرد در استاندارد ملی باید رعایت شود، وقتی که استاندارد ملی در این زمینه وجود نداشته باشد باید استفاده از الزامات استاندارد بند ۲-۱۰مجاز شود.

۷-۲-۷ نیروهای باد مشخص شده

برای بارهای ناشی از باد الزامات قابل کاربرد در استاندارد ملی باید رعایت شود، وقتی که استاندارد ملی در این زمینه وجود نداشته باشد باید الزامات استاندارد بند ۲-۹ استفاده شود.

۸-۲-۷ نیروهای زلزله‌ی مشخص شده

برای بارهای ناشی از زلزله، الزامات قابل کاربرد از استاندارد ملی باید رعایت شود، وقتی که استاندارد ملی در این زمینه وجود نداشته باشد باید الزامات استاندارد بند ۲-۷ استفاده شود.

۷-۳ الزامات عمومی بتن مسلح

۷-۳-۱ کلیات

۷-۳-۱-۱ هدف

بند ۷-۳ شامل مقرراتی است که برای عناصر سازه‌ای بتن مسلح طبق این استاندارد متداول است. این مقررات شامل مقرراتی برای مصالح، پوشش بتنی میلگرد، جزئیات و محدودیت‌های مقدار میلگرد و روش-هایی برای تعیین مقاومت طراحی در معرض لنگرهای خمشی، بارهای محوری با یا بدون خمش یا برش می-باشد.

۷-۳-۱-۲ الزامات اضافی

طراح باید مطابق با الزامات اضافی برای هر نوع عنصر منفرد که در بندهای ۷-۴ تا ۷-۱۰ این استاندارد ذکر شده است عمل کند.

۷-۳-۲ مصالح برای بتن مسلح

۷-۳-۲-۱ کلیات

تمامی مصالح به کار رفته در ساخت یک سازه‌ی طراحی شده بر طبق این استاندارد باید با استانداردهای ذیل انطباق داشته باشند:

۷-۳-۲-۲ سیمان

سیمان باید با استانداردهای ملی، منطقه‌ای یا بین‌المللی مربوطه مطابقت داشته باشد.

۷-۳-۲-۳ سنگدانه‌ها

سنگدانه‌ها باید با استانداردهای ملی، منطقه‌ای یا بین‌المللی مربوطه مطابقت داشته باشند.

۷-۳-۲-۴ آب

آب مورد استفاده در اختلاط بتن باید قابل آشامیدن، تمیز، عاری از مقادیر ناخالصی مثل روغن‌ها، اسیدها، قلیایی‌ها، نمک‌ها، مواد آلی یا سایر مواد زیان آور برای بتن یا میلگرد باشد و باید با معیارهای آب اختلاط طبق استاندارد بند ۲-۱مطابق باشد.

۷-۳-۲-۵ میلگرد فولادی

میلگرد فولادی باید میلگرد آج‌دار، با استثنای اشاره شده در بند ۷-۳-۲-۵-۳ و مطابق با محدودیت‌های زیر و استانداردهای ملی مربوطه باشد.

شبکه‌ی سیمی جوش شده: باید مثل میلگرد آج‌دار برای برآوردن اهداف این استاندارد مورد توجه قرار گیرد.

۷-۳-۲-۵-۱ میلگرد آج‌دار

بیش‌ترین مقاومت تسلیم مشخصه برای میلگرد آج دار باید MPa ۴۰۰ باشد. میلگردهای تقویت شده‌ی آج دار باید با استاندارد ملی متناظر برای میلگرد آج‌دار یا استاندارد بند ۲-۳ مطابقت داشته باشد. استاندارد بند ۲-۳ درجه بندی‌هایی شامل RB 300, RB 400 , RB 500 (با یک تنش تسلیم به ترتیب مشخصه‌ی بالاتر

از MPa ۳۰۰، MPa۴۰۰ و MPa۵۰۰) و قطرهای اسمیmm۶، mm۸، mm۱۰، mm۱۲، mm۱۶، mm ۲۰، mm۲۵، mm۳۲ و mm۴۰ را در بر می‌گیرد، هر چند بر طبق اهداف این استاندارد قطر اسمی میلگردهای آج‌دار تا mm ۲۵ محدود شده است (بند ۷-۳-۳).

۷-۳-۲-۵-۲ شبکه‌ی سیمی جوش شده

بیش‌ترین مقاومت تسلیم مشخصه برای سیم در شبکه‌ی سیمی جوش شده باید MPa ۴۰۰ باشد. شبکه‌ی سیمی جوش شده باید با استاندارد ملی متناظر برای شبکه‌ی سیمی جوش شده یا استاندارد بند ۲-۴منطبق باشد. بر طبق اهداف این استاندارد قطر اسمی برای شبکه‌ی سیمی جوش شده تا mm ۱۰ محدود شده است (بند ۷-۳-۳).

۷-۳-۲-۵-۳ میلگرد ساده (بدون آج)

میلگرد ساده باید فقط برای خاموت‌ها، بندها، مارپیچی‌ها و اجزای تشکیل دهنده‌ی شبکه‌ی سیمی جوش شده مجاز باشد. بیش‌ترین مقاومت تسلیم مشخصه برای میلگرد ساده باید MPa ۳۰۰ باشد، میلگرد ساده باید با استاندارد ملی یا استاندارد بین‌المللی، منطقه‌ای متناظر برای میلگرد ساده منطبق باشد.

استاندارد بند ۲-۲ درجه بندی‌هایی PB240 , PB 300 (با یک تنش تسلیم مشخص به ترتیب بالاتر از MPa۲۴۰ وMPa ۳۰۰) و قطرهای اسمی از mm۶، mm ۸، mm۱۰، mm۱۲، mm۱۶, mm۲۰ را در بر می‌گیرد، در این استاندارد قطر اسمی میلگرد ساده تا mm ۱۶ محدود شده است (بند ۷-۳-۳).

۷-۳-۲-۶ افزودنی‌ها

افزودنی‌ها باید با استانداردهای ملی یا بین‌المللی، منطقه‌ای مربوطه مطابقت داشته باشند.

۷-۳-۲-۷ انبار کردن مصالح

سیمان و سنگدانه‌ها باید به گونه‌ای ذخیره شوند که از خراب شدن و نفوذ مواد خارجی محفوظ باشند. هر ماده‌ای که خراب شده یا آلوده شده نباید برای بتن استفاده شود.

۷-۳-۳ کم‌ترین و بیش‌ترین قطر میلگرد

میلگرد به کار رفته در سازه‌های طراحی شده طبق این استاندارد نباید قطری (d_b) کم‌تر از کم‌ترین مقدار یا بیش‌تر از بیش‌ترین مقدار مشخص شده در جدول ۲ را داشته باشند.

جدول ۲ - کم ترین و بیش ترین قطر اسمی میلگردها

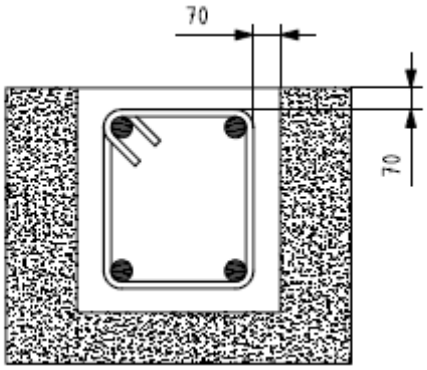
کاربرد	کم ترین قطر میلگرد d_b mm	بیش ترین قطر میلگرد d_b mm
میلگرد آج دار (۷-۳-۲-۵-۱)	۶	۲۵
سیم برای شبکه‌ی سیمی جوش شده (۷-۳-۲-۵-۲)	۴	۱۰
خاموت‌ها و بندها	۶	۱۶
میلگردهای صاف	۶	۱۶

۷-۳-۴ پوشش بتنی میلگرد

۷-۳-۴-۱ کم‌ترین پوشش بتنی

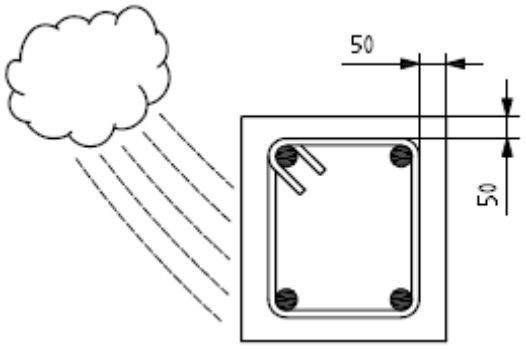
کم‌ترین پوشش بتنی مشخص شده در شکل‌های ۵ تا ۸ برای میلگرد باید فراهم شود.

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



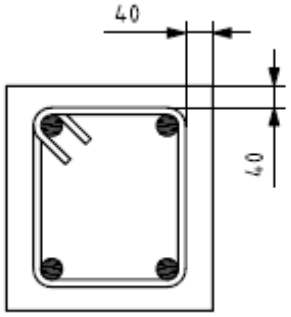
شکل ۵ – همه‌ی انواع میلگرد عناصر ریخته شده دایمی در معرض زمین : حداقل پوشش بتنی ۷۰ میلی‌متر

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



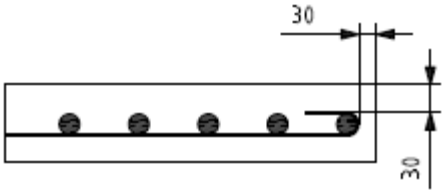
شکل ۶ – همه‌ی انواع میلگرد عناصر در معرض هوا : حداقل پوشش بتنی ۵۰ میلی‌متر

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



شکل ۷ – همه‌ی انواع میلگرد شاه‌تیرها، تیرها، یا ستون‌ها، هنگامی که در معرض هوا یا در تماس با خاک نباشد : حداقل پوشش بتنی ۴۰ میلی‌متر

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



شکل ۸ – همه‌ی انواع میلگرد ، دال‌های یکپارچه، دیوارهای بتنی سازه‌ای یا تیرچه‌ها، هنگامی که در معرض هوا یا در تماس با خاک نباشد: حداقل پوشش بتنی ۳۰ میلی‌متر

۷-۳-۴-۲ حفاظت ویژه در برابر آتش

هنگامی که مشخصه حفاظت در برابر آتش برای یک بنا بیش از یک ساعت باشد، مقررات پوشش بتنی که در بند ۷-۳-۴-۱ ارائه شده باید به ازای هر ساعت اضافی برای حفاظت در برابر آتش بعد از یک ساعت مقدار mm ۱۲ افزایش یابد.

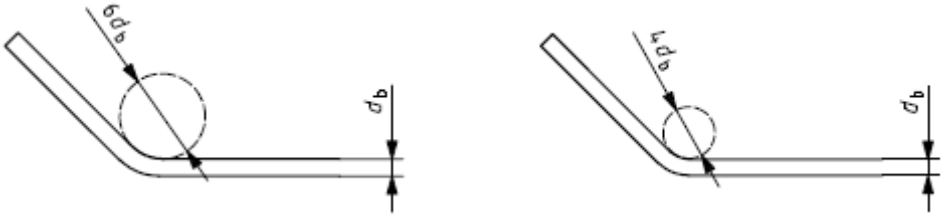
طراح سازه باید الزامات بند ۲-۸ را برآورده کند.

۷-۳-۴-۳ حفاظت ویژه در برابر خوردگی

در بسیاری از محیط‌های خورنده، محافظ‌های ویژه میلگرد در برابر خوردگی مثل میله‌های با پوشش اپوکسی، بتن هوادار و وسایل دیگر باید به کار رود. این نوع حفاظت فراتر از هدف این استاندارد است.

۷-۳-۵ حداقل قطر خم میلگرد

قطر خم‌های میلگرد، که بر روی قسمت داخلی میله اندازه‌گیری می‌شود نباید از مقادیر مشخص شده در شکل ۹ کم‌تر باشد.



برای میلگردهای آجدار : قطر خم از $۶d_b$.

برای میلگردهای صاف : قطر خم از $۶d_b$.

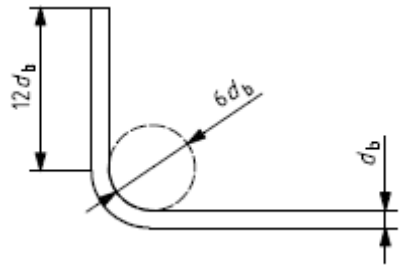
برای خاموت‌ها و بندها : قطر خمش از $۴d_b$.

شکل ۹ - حداقل قطر خم میلگرد

۶-۳-۷ ابعاد قلاب استاندارد

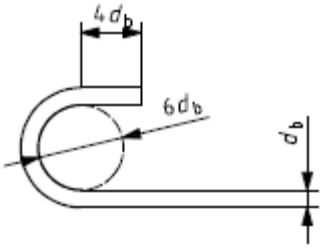
واژه ی" قلاب استاندارد" که در این استاندارد به کار رفته به صورت یکی از شکل‌های ۱۰ تا ۱۴ می‌باشد.

توضیح : یک قلاب ۹۰° بعلاوه یک امتدادی به اندازه‌ی $۱۲d_b$ در انتهای آزاد میلگرد.

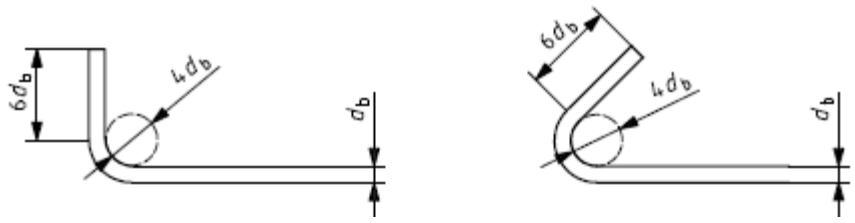


شکل ۱۰-قلاب° ۹۰

توضیح : یک قلاب° ۱۸۰ بعلاوه یک امتدادی به اندازه‌ی $۴d_b$ در انتهای آزاد میلگرد.



شکل ۱۱- قلاب ° ۱۸۰



الف ب

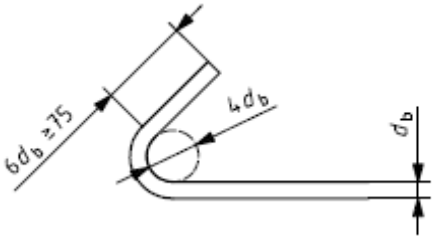
توضیح :

الف) یک قلاب° ۹۰ بعلاوه یک کشیدگی به اندازه‌ی $۶d_b$ در انتهای آزاد میلگرد؛

ب)یک قلاب° ۱۳۵ بعلاوه یک کشیدگی به اندازه ی $۶d_b$ در انتهای آزاد میلگرد.

شکل ۱۲ - خاموت و قلاب‌های بند

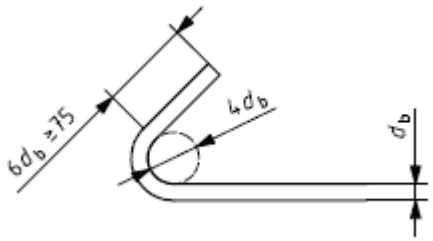
ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



توضیح : یک قلاب° ۱۳۵بعلاوه یک کشیدگی به اندازه‌ی $۶d_b$ در انتهای آزاد میلگرد، اما به اندازه‌ی حداقل ۷۵ میلی‌متر

شکل ۱۳- خاموت‌ها و بندهای متناظر محدود کننده در مناطق زلزله خیز

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



توضیح : یک قلاب° ۱۳۵ بعلاوه یک کشیدگی به اندازه‌ی $۶d_b$ در انتهای آزاد میلگرد، اما به اندازه‌ی حداقل ۷۵ میلی‌متر

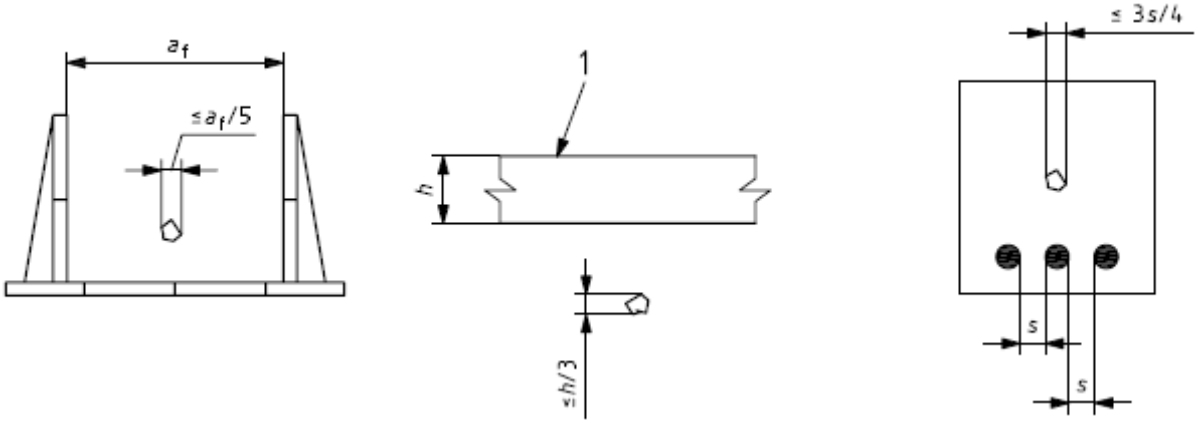
شکل ۱۴-بندهای عرضی در مناطق زلزله خیز

۷-۳-۷ جداساز میلگردها و بزرگ‌ترین اندازه‌ی سنگدانه

فاصله‌ی آزاد بین میلگردهای موازی و بزرگ‌ترین اندازه سنگدانه‌ی درشت باید بهم مرتبط باشد همان طور که در بند ۷-۳-۷-۱ مشخص شده است.

۷-۳-۷-۱ بزرگ‌ترین اندازه‌ی اسمی سنگدانه‌ی درشت

بزرگ‌ترین اندازه‌ی اسمی سنگدانه‌ی درشت نباید از مقادیر زیر بزرگ‌تر باشد، شکل ۱۵ را ببینید.



الف ب پ

الف - یک پنجم باریک‌ترین بعد بین وجوه قالب‌ها؛

ب - یک سوم عمق دال؛

پ – سه چهارم کم‌ترین فاصله‌ی آزاد بین میلگردها یا سیم‌های موازی.

راهنما :

۱- دال

شکل ۱۵- بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه درشت

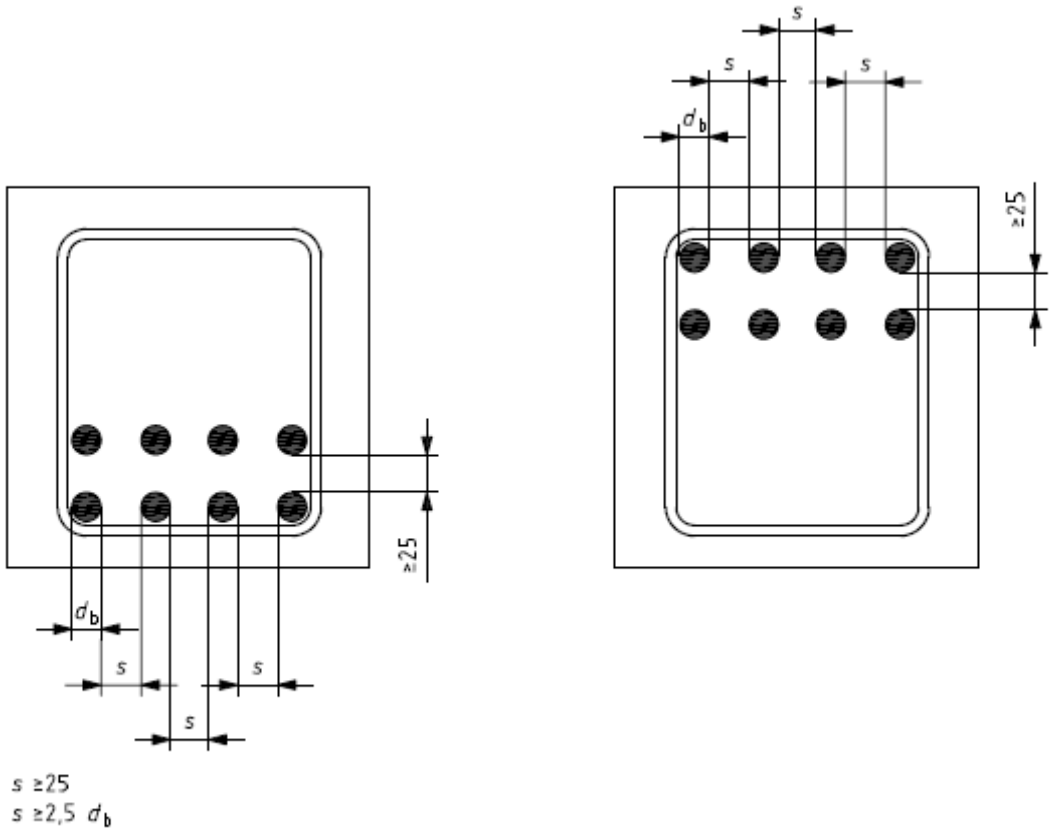
۷-۳-۷-۲ کم‌ترین فاصله آزاد بین میلگردهای موازی در یک لایه

در دال‌های یکپارچه، شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها کم‌ترین فضای (فاصله) آزاد بین میله‌های موازی در یک لایه باید بزرگ‌ترین قطر اسمی میله، d_b، باشد ولی از $25mm$ کم‌تر نباشد؛ شکل ۱۶ را ببینید. این مقررات باید همچنین در مورد جداکننده‌های بین خاموت‌ها یا بندهای موازی اعمال شود.

۷-۳-۷-۳ حداقل فاصله‌ی آزاد بین لایه‌های موازی میلگردها در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها که میلگرد موازی در دو یا چند لایه قرار داده شده

میله‌ها در لایه‌ی بالایی باید مستقیماً بالای میلگردهای لایه پایینی قرار گیرد، با یک فاصله‌ی آزاد بین لایه‌ها که از mm ۲۵ کم‌تر نباشد؛ شکل ۱۶ را ببینید.

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



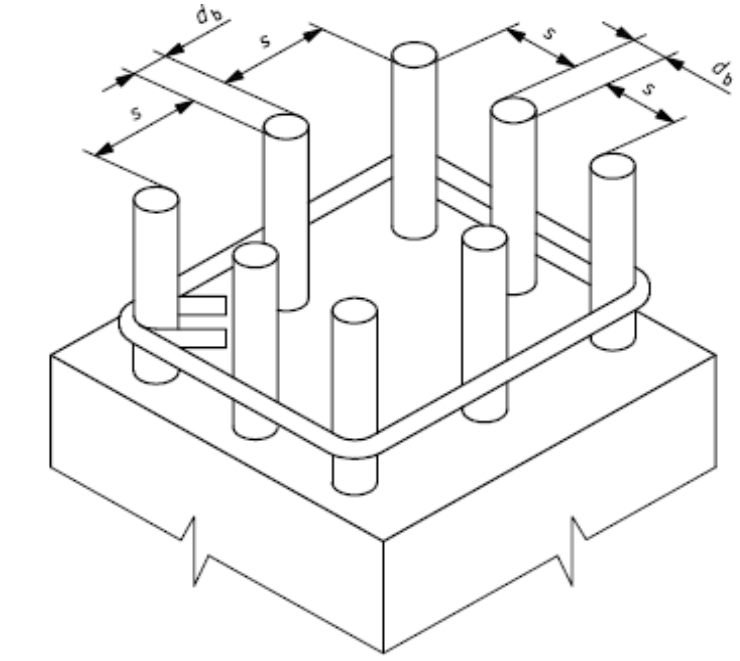
الف ب

شکل ۱۶ –حداقل فاصله‌ی آزاد بین میله‌های موازی در یک لایه (الف) و حداقل فاصله‌ی آزاد بین لایه‌های موازی میلگردها(ب)

۴-۷-۳-۷ حداقل فضای(فاصله‌ی) آزاد بین میلگردهای طولی در ستون‌ها

در ستون ها، فاصله‌ی آزاد بین میلگردهای طولی نباید کم‌تر از $1/5d_b$ یا$40mm$ باشد؛ شکل ۱۷ را ببینید.

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



شکل ۱۷- فاصله‌ی آزاد بین میلگردهای طولی در ستون‌ها

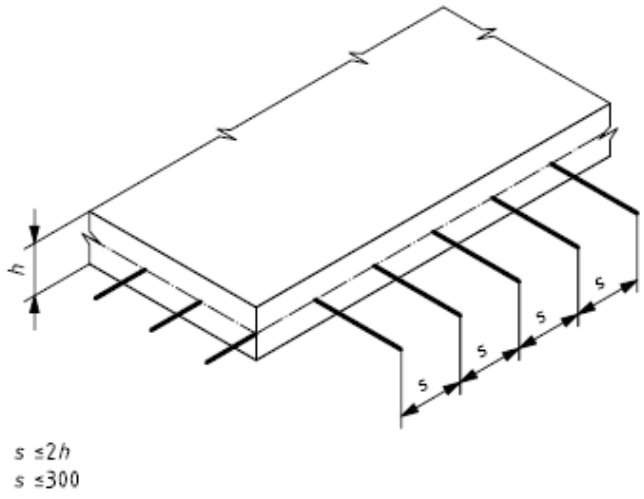
۵-۷-۳-۷ فاصله‌ی آزاد بین وصله‌های پوششی موازی

محدودیت فاصله‌ی آزاد بین میله‌ها باید به فاصله‌ی آزاد بین یک وصله پوششی و اتصالات یا میلگردهای مجاور نیز اعمال شود.

۶-۷-۳-۷ بیش‌ترین فاصله‌ی میلگرد خمشی در دال‌های یکپارچه

در دال‌های یکپارچه، میلگرد خمشی اولیه باید بیش از دو برابر ضخامت دال یا بیش از $۳۰۰mm$ فاصله نداشته باشند؛ شکل ۱۸ را ببینید.

ابعاد بر حسب میلی‌متر است

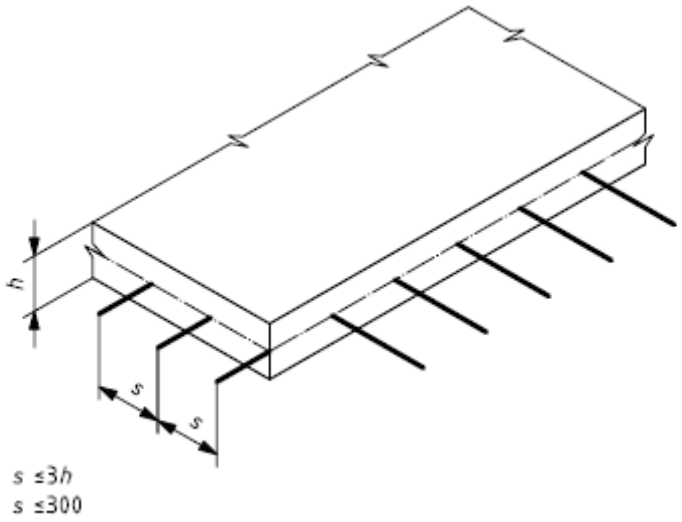


شکل ۱۸- فضای بین میلگرد خمشی در دال‌های یکپارچه

۷-۳-۷-۷ بیش‌ترین فضای میلگرد انقباضی و حرارتی در دال‌های یکپارچه

میلگرد انقباضی و حرارتی در دال‌ها باید به گونه‌ای قرار داده شود که بیش از سه برابر ضخامت دال یا ۳۰۰mm نباشد؛ شکل ۱۹ را ببینید.

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



شکل ۱۹- فضای بین میلگرد انقباضی و حرارتی در دال‌ها

۸-۷-۳-۷ بیش‌ترین فضا (فاصله‌ی) میلگرد در دیوارهای بتنی سازه‌ای

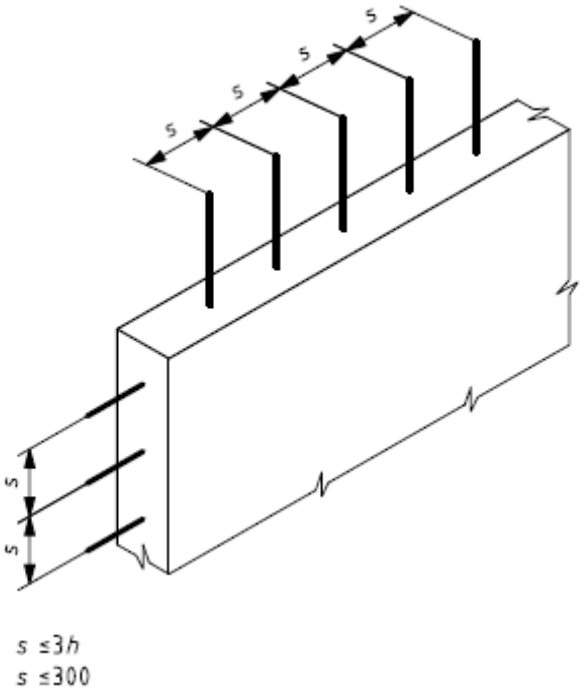
۱-۸-۷-۳-۷ میلگرد عمودی و افقی

در دیوارهای بتنی سازه‌ای، میلگرد عمودی و افقی باید به گونه‌ای قرار گیرد که بیش از سه برابر ضخامت دیوار سازه‌ای بتنی یا ۳۰۰ mm از یکدیگر فاصله نداشته باشند؛ شکل ۲۰ را ببینید.

۲-۸-۷-۳-۷ تعداد لایه های میلگرد

دیوارهای بتنی سازه‌ای با ضخامت بیش از ۲۵۰ mm باید میلگردهای قرار داده شده در آن در دو لایه‌ی موازی با وجوه آجر باشد. هر لایه باید به طور تقریبی نیمی از میلگردها در آن جهت را داشته باشد. لایه‌ها باید به گونه‌ای باشند که کم‌تر از ۳۰ mm یا یک سوم ضخامت دیوار از سطح دیوار فاصله نداشته باشند. برای محیط بیرونی، لایه‌ی سطح بیرونی نباید کم‌تر از ۵۰ mm به جای ۳۰ mm مشخص شده واقع شود.

ابعاد بر حسب میلی‌متر است.



شکل ۲۰ – فاصله‌ی بین میلگردها در دیوارهای بتنی سازه‌ای

۹-۷-۳-۷ جزئیات ویژه در نوع عنصر

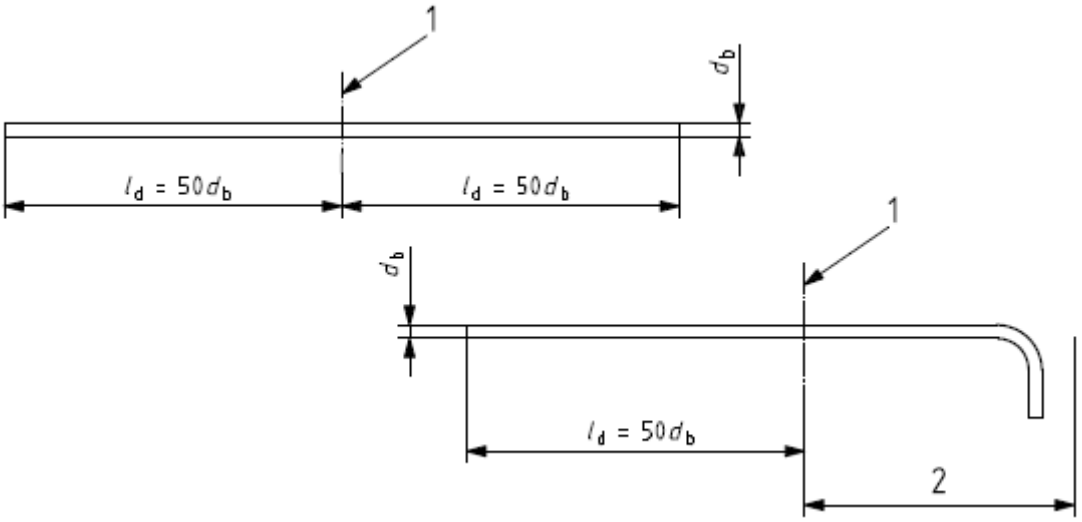
طراح باید جزئیات مورد نیاز بیش‌تری از میلگرد را برای هر نوع عنصر به خصوصی که در بندهای ۷-۳ تا ۷-۱۰ در این استاندارد مشخص شده است، برآورده کند.

۸-۳-۷ طول مهاری، وصله پوششی و کنسول میلگرد

۱-۸-۳-۷ طول مهاری

۱-۱-۸-۳-۷ میلگرد

حداقل طول، l_d، از جای‌گذاری مورد نیاز روی هر طرف از یک مقطع بحرانی برای یک میلگرد برای گسترش مقاومت کامل آن باید $۵۰d_b$، برای قطرهای مجاز شده با این استاندارد در بند ۷-۳-۳ باشد. شکل ۲۱ را ببینید.



راهنما :

۱- مقطع بحرانی

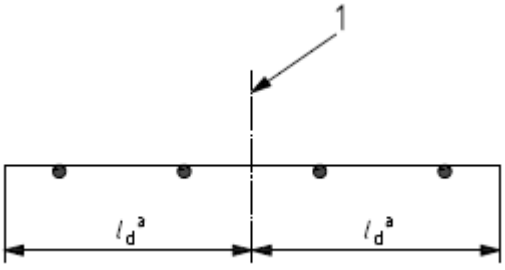
۲- فاصله لنگرگاه؛ بند ۷-۳-۸-۳ را ببینید.

شکل ۲۱- طول مهاری مورد نیاز برای میلگرد

وقتی که به جای میلگردهای آجدار میله‌های صاف به کار رود، طول مهاری مشخص شده در این بند باید در عدد ۱٫۸ ضرب شود.

۷-۳-۸-۱-۲ شبکه سیمی جوش شده

طول مهاری، l_d، برای شبکه سیمی جوش شده، که بر روی هر طرف از یک مقطع بحرانی تا انتهای سیم اندازه‌گیری شده است باید شامل دو سیم عرضی باشد، ولی نباید کم‌تر از $۲۰۰mm$ برای قطرهای سیم مجاز شده با این استاندارد در بند ۷-۳-۳ باشد. شکل ۲۲ را ببینید.



راهنما :

۱- مقطع بحرانی

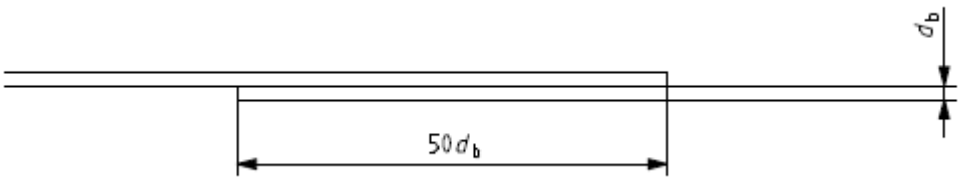
[a] l_d در بردارنده دو سیم عرضی و یا بزرگ‌تر یا مساوی با $۲۰۰mm$ است.

شکل ۲۲ - طول مهاری مورد نیاز برای شبکه‌ی سیمی جوش شده

۷-۳-۸-۲ ابعاد وصله‌های پوششی

۷-۳-۸-۲-۱ میلگردها

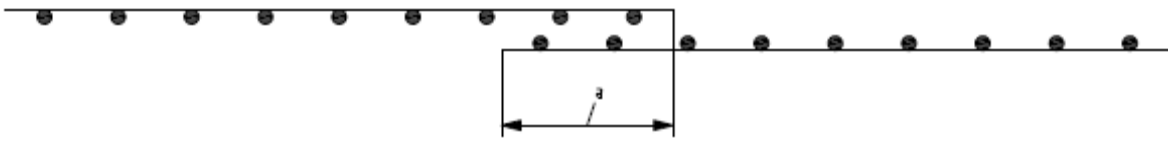
حداقل طول همپوشانی برای اتصال میلگردها باید $۵۰d_b$ برای میلگردهای با قطر مجاز شده توسط این استاندارد در بند ۷-۳-۳ باشد؛ شکل ۲۳ را ببینید.



شکل ۲۳–حداقل طول اتصال هم‌پوشان برای میلگردها

۷-۳-۸-۲-۲ شبکه‌ی سیمی جوش شده

اتصال شبکه‌ی سیمی جوش شده باید توسط جوش شبکه‌ای و تحمیلی سیم‌های متقاطع ایجاد شود؛ فاصله‌ی بین لبه‌ی سیم‌های متقاطع برای قطرهای مجاز شده در بند ۷-۳-۳ نباید کم‌تر از $۲۵۰mm$ باشد؛ شکل ۲۴ را ببینید.



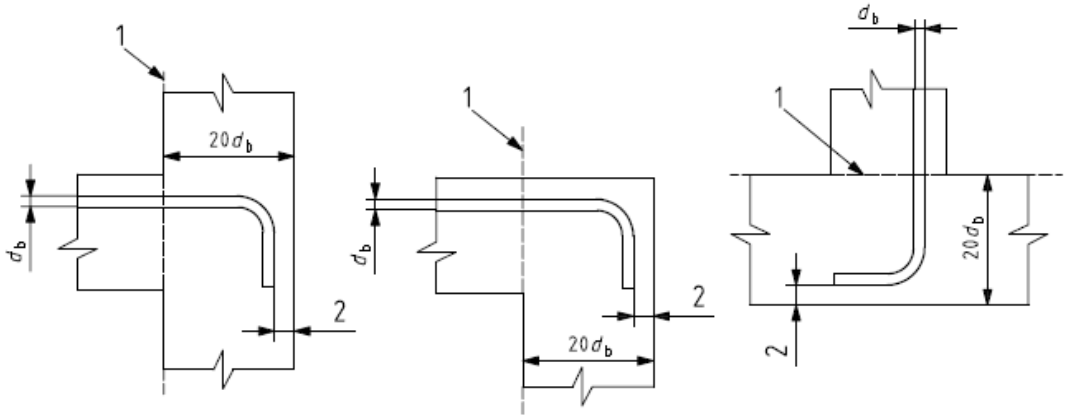
راهنما :

[a] فاصله دو سیم متقاطع بزرگ‌تر یا مساوی با $۲۵۰mm$ است.

شکل ۲۴- حداقل طول وصله پوششی برای شبکه‌ی سیمی جوش شده

۷-۳-۸-۳ حداقل طول مهاری قلاب استاندارد

حداقل فاصله‌ی بین وجه بیرونی بتن و مقطع بحرانی که میله‌ی قلاب مقاومت کامل آن‌را گسترش داده نباید کم‌تر از $۲۰d_b$ باشد؛ شکل ۲۵ را ببینید.



راهنما :

۱- مقطع بحرانی

۲- پوشش مورد نیاز

شکل ۲۵- حداقل فاصله‌ی قلاب مهاری استاندارد

۷-۳-۹ محدودیت‌های میلگرد طولی

۷-۳-۹-۱ کلیات

میلگرد طولی در عنصر سازه‌ای بتن مسلح باید برای پایداری در برابر کشش محوری، فشار محوری، خمش ایجادکننده‌ی کشش و فشار، و یا تنش‌های ایجاد شده با تغییرات دما و انقباض خشک بتن فراهم شود. مقدار میلگرد طولی به کار رفته در عناصر سازه‌ای در بر گرفته شده توسط این استاندارد باید مقدار مورد نیاز برای پایداری در برابر بارها و نیروهای نهایی باشد، اما نباید کم‌تر از حداقل مقادیر مشخص شده در بند ۷-۳-۹ باشد. هنگامی که مقدار میلگرد محاسبه شده‌ی مورد نیاز برای پایداری در برابر بارها و نیروهای نهایی بیش از مقادیر مجاز بند ۷-۳- ۹باشد ابعاد عنصر سازه‌ای باید به طور مناسب اصلاح شود.

۷-۳-۹-۲ دال‌های یکپارچه و شالوده‌ها

۷-۳-۹-۲-۱ حداقل مساحت میلگرد انقباضی و حرارتی

برای تنش‌های معمولی انقباضی و حرارتی، باید در دال‌ها و پایه‌های یکپارچه سازه‌ای، میلگردهای خمشی که فقط در یک جهت امتداد دارند فراهم شود؛ شکل ۲۶ را ببینید. بیش‌ترین فاصله برای این میلگرد باید مطابق بند ۷-۷-۳-۷ باشد.

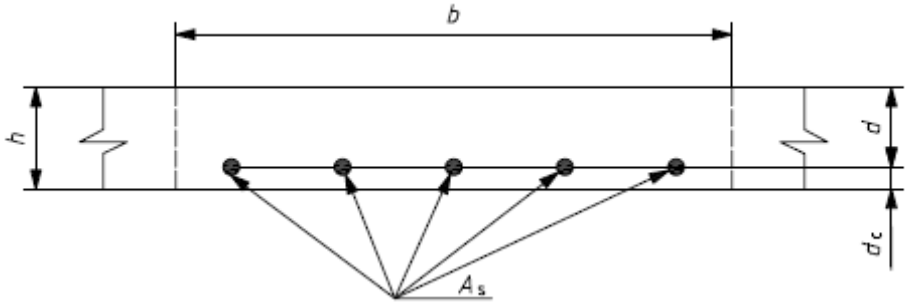
حداقل مقادیر زیر برای نسبت مساحت میلگرد به مساحت ناخالص بتن ρ_t، برای میلگرد انقباضی و حرارتی باید فراهم شود:

الف - جایی که میله‌های آجدار با $f_y < ۳۵۰\ MPa$ به کار می‌رود : $\rho_t \geq$ ۰٫۰۰۲۰

ب - جایی که میله‌های آجدار یا شبکه‌ی سیمی جوش شده با $f_y \geq ۳۵۰\ MPa$ به کار می‌رود: $\rho_t \geq$ ۰٫۰۰۱۸

۷-۳-۹-۲-۲ حداقل مساحت میلگرد خمشی کششی

حداقل مساحت، $A_{s,min}$، برای میلگرد خمشی کششی در دال‌های یکپارچه سازه‌ای و پایه‌ها باید برابر یا بزرگ‌تر از مساحت میلگرد مورد نیاز برای تنش‌های انقباضی و حرارتی مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۲-۱ باشد. ($A_{s,min} \geq \rho_t . b.h$)؛ شکل ۲۶ را ببینید. بیش‌ترین فاصله‌ی این میلگرد باید طبق بند ۷-۳-۷-۶ باشد.



شکل ۲۶- مقطع دال یا پایه

۷-۳-۹-۳-۲ حداکثر مساحت میلگرد خمشی کششی

بیش‌ترین نسبت میلگرد، $\rho = \frac{A_s}{b.d}$، مجاز برای میلگرد خمشی کششی در دال‌های یکپارچه و پایه‌ها نباید بیش از مقدار، $\rho_{\max}$ ، مشخص شده در جدول ۳ باشد. در دال‌های یکپارچه و پایه‌ها، میلگرد خمشی تحت فشار نباید برای محاسبه‌ی مقاومت لنگر طراحی در نظر گرفته شود.

جدول ۳- بیش‌ترین نسبت میلگرد خمشی، $\rho_{\max}$ ، برای دال‌های یکپارچه و پایه‌ها

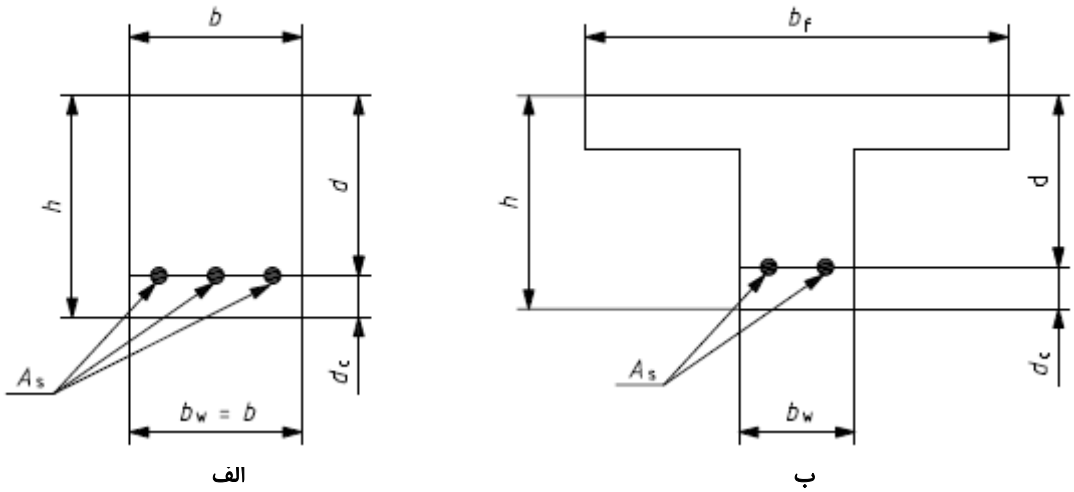
f'_c MPa	f_y MPa		
	240	300	400
15	0,016 0	0,012 0	0,008 0
20	0,022 0	0,016 0	0,011 0
25	0,027 0	0,020 0	0,014 0
30	0,032 0	0,024 0	0,016 0

۷-۳-۹-۳ شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها

۷-۳-۹-۳-۱ حداقل مساحت میلگرد خمشی کششی

در هر مقطعی از شاه‌تیر، تیر یا تیرچه که میلگرد خمشی طبق بند ۷-۷ الزامی شده، حداقل مساحت، $A_{s,min}$، میلگرد خمشی کششی باید بزرگ‌تر از یا برابر با مقادیر محاسبه شده در معادلات (۱۳) تا (۱۵) باشد.

الف - برای مقاطع مستطیلی و برای مقاطع T شکل، جایی که بال تیر تحت فشار است، شکل ۲۷، باید : $A_{s,\min} = \rho_{\min}.d.b_w$ که $\rho_{\min}$ مقدار مشخص شده در جدول ۳ است.



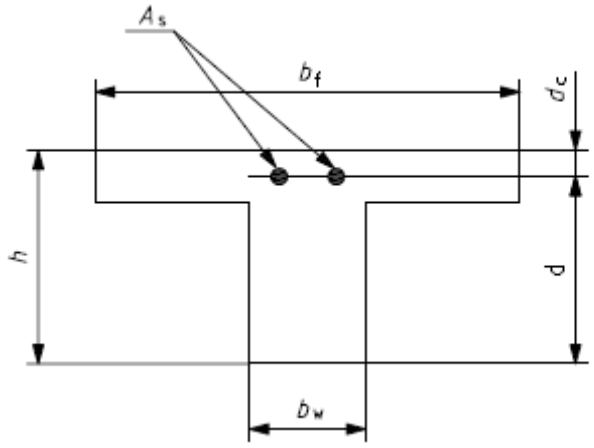
الف ب

شکل ۲۷- (الف)مقطع مستطیلی و (ب)مقطع T شکل با بال تیر تحت فشار

ب- برای مقاطع T شکل، جایی که بال تیر تحت کشش (شکل ۲۸) است، باید برابر با یا بزرگ‌تر از مقادیر کوتاه‌تر محاسبه شده از معادلات (۱۴) و (۱۵) باشد.

$$A_{s,min} = 2 \cdot \rho_{min} \cdot d \cdot b_w \quad (۱۴)$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot d \cdot b_f \quad (۱۵)$$



شکل ۲۸- مقطع T شکل با بال تیر تحت کشش

جدول ۴- حداقل نسبت میلگرد خمشی، ρ_{min} ، برای شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها

f'_c MPa	f_y MPa		
	240	300	400
15	0,004 0	0,003 2	0,002 4
20	0,004 7	0,003 7	0,002 8
25	0,005 2	0,004 2	0,003 1
30	0,005 7	0,004 6	0,003 4

استفاده از درون‌یابی خطی برای سایر مقادیر f_y و f'_c یا به کاربردن معادله زیر باید مجاز باشد.

$$\rho_{min} \geqslant 0{,}25 \frac{\sqrt{f'_c}}{\sqrt{f_y}} \geqslant \frac{1{,}4}{f_y}$$

۷-۳-۹-۳-۲ بیش‌ترین نسبت میلگرد خمشی

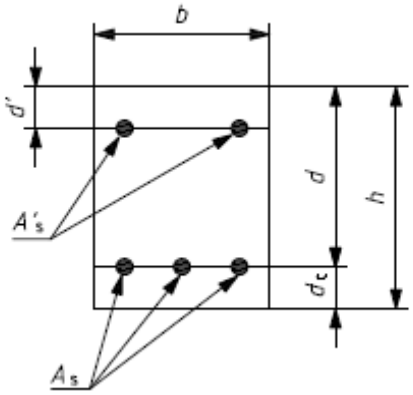
نسبت، ρ ، میلگرد خمشی کششی نباید بیش از مقادیر بیان شده به عنوان یک تابعی از، ρ_{max} ، مشخص شده در جدول ۵ و محاسبه شده از معاملات (۱۶) و (۱۷) باشد :

الف - در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌هایی که فقط میلگرد خمشی کششی دارند :

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \leqslant \rho_{max} \quad (۱۶)$$

ب- در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌های دارای میلگرد خمشی کششی و فشاری : شکل ۲۹ را ببینید.

$$\rho - \rho' = \frac{A_s - A'_s}{b \cdot d} \leqslant \rho_{max} \qquad (۱۷)$$



شکل ۲۹- مقطع با میلگرد کششی و فشاری

جدول ۵ – بیش‌ترین نسبت میلگرد خمشی، ρ_{max} ، برای شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها

f'_c MPa	f_y MPa		
	240	300	400
15	0,0240	0,0180	0,0120
20	0,0320	0,0240	0,0160
25	0,0400	0,0300	0,0200
30	0,0480	0,0360	0,0240

استفاده از درون‌یابی خطی برای سایر مقادیر f_y و f'_c یا به کاربردن معادله زیر باید مجاز باشد.

$$\rho_{max} \geqslant 0,55 \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

۷-۳-۹-۴ ستون‌ها

۷-۳-۹-۴-۱ حداقل و حداکثر مساحت میلگرد طولی

مساحت کلی، A_{st}، میلگرد طولی برای ستون‌ها نباید کم‌تر از ۰٫۰۱ یا بیش‌تر از ۰٫۰۶ برابر مساحت نا خالص. A_g، مقطع. طبق معادله‌ی (۱۸) باشد :

$$0,01 \leqslant \rho_t = \left(\frac{A_{st}}{A_g} \right) \leqslant 0,06 \qquad (۱۸)$$

۷-۳-۹-۴-۲ حداقل قطرمیلگردهای طولی

میلگردهای طولی در ستون‌ها باید قطر اسمی، db، ۱۶ *mm* یا بیش‌تر داشته باشند.

۷-۳-۹-۴-۳ حداقل تعداد میلگردهای طولی

حداقل یک میله‌ی طولی در هر گوشه‌ای از مقطع برای حداقل چهار میله در ستون‌های مربع یا مستطیل شکل با بندها و حداقل شش میله‌ی طولی در ستون‌های گرد با مارپیچی باید وجود داشته باشد.

۷-۳-۹-۴-۴ توزیع میلگردهای طولی

میلگردهای طولی باید در سراسر محیط مقطع ستون به طور یکنواخت توزیع شود، به طوری‌که فاصله آزاد بین میله‌ها در تمامی وجوه ستون تقریباً برابر باشد.

۷-۳-۹-۵ دیوارهای بتنی سازه ای

۷-۳-۹-۵-۱ حداقل مساحت میلگرد عمودی

حداقل نسبت، ρ_v، از مساحت میلگرد عمودی به مساحت ناخالص مقطع عمودی بتنی باید ۰٫۰۰۲۵ باشد.

۷-۳-۹-۵-۲ حداکثر مساحت میلگرد عمودی

حداکثر نسبت، ρ_v ، از مساحت میلگرد عمودی به مساحت ناخالص مقطع عمودی بتنی سازه‌ای باید ۰٫۰۶ باشد، اما هنگامی که نسبت، ρ_v ، از ۰٫۰۱ بیش‌تر باشد، میلگرد عمودی باید شود با بندها (بندهای) مشخص شده برای ستون‌ها طبق بند ۷-۳-۱۰-۴-۱ محصور شده و طبق معادله‌ی (۱۹) باشد :

$$0{,}002\,5 \leqslant \rho_{\mathrm{v}} = \left(\frac{A_{\mathrm{st}}}{b_{\mathrm{w}} \cdot l_{\mathrm{w}}} \right) \leqslant 0{,}06 \qquad (۱۹)$$

۷-۳-۱۰ حداقل مقادیر میلگرد عرضی

۷-۳-۱۰-۱ کلیات

میلگرد عرضی در عناصر سازه‌ای بتن مسلح باید برای پایداری در برابر برش، کنش قطری و تنش‌های پیچشی تعبیه شود. همچنین این میلگردها باید برای خنثی کردن گرایش میله‌های تحت بار فشاری از نظر تاب برداشتن به سمت بیرون بتن یا ترکیدگی لایه نازک پوشش بتنی بیرونی و جلوگیری از جابه‌جاشدگی میلگرد طولی در حین انجام عملیات ساختمانی در نظر گرفته شوند. در مناطق زلزله خیز در ناحیه‌های ویژه-ای از عناصر سازه‌ای برای جلوگیری از لغزش بتن تحت تنش در گستره‌های غیر خطی باید قرار داده شود. مقدار میلگرد عرضی به کار رفته در عناصر سازه‌ای مطابق با این استاندارد باید مقدار مورد نیاز برای پایداری در برابر بارها، نیروها و تنش‌های نهایی باشد، اما نباید از کم‌ترین مقادیر مشخص شده در بند ۷-۳-۱۰ کم‌تر باشد. هنگامی که مقادیر محاسبه شده برای میلگرد مورد نیاز به منظور پایداری در برابر بارها، نیروها و تنش‌های نهایی بیش از بیش‌ترین مقدار مجاز طبق بند ۷-۳-۱۰ باشد ابعاد عنصر سازه‌ای باید به طور مناسب اصلاح شود.

۷-۳-۱۰-۲ دال‌ها

طبق روش‌های طراحی تعیین شده در این استاندارد، به کارگیری میلگرد عرضی در دال‌ها نیازی نیست. روش‌های طراحی میلگرد عرضی یا برشی در دال‌ها فراتر از هدف این استاندارد است.

۷-۳-۱۰-۳ شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها

۷-۳-۱۰-۳-۱ حداقل میلگرد عرضی

حداقل میلگرد عرضی در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها باید مقداری باشد که برای برش مشخص شده در بندهای ۷-۳-۱۳-۴-۳ و ۷-۳-۱۳-۴-۴ با استثنای درج شده در بند ۷-۳-۱۰-۳-۲ نیاز است.

۷-۳-۱۰-۳-۲ شاه‌تیرها و تیرها در مناطق زلزله خیز

شاه‌تیرها و تیرهای قاب بندی شده به داخل ستون‌ها و دیوارهای بتنی سازه‌ای قرار گرفته در مناطق زلزله خیز باید با حدود میلگرد عرضی مشخص شده در بند ۷-۸ مطابق باشد.

۷-۳-۱۰-۴ ستون‌ها

تمامی ستون‌ها باید میلگرد عرضی به شکل بند (گره) یا میلگرد مارپیچی به ترتیب مطابق بندهای ۷-۳-۱۰-۴-۱ یا ۷-۳-۱۰-۴-۲ باشد.

۷-۳-۱۰-۴-۱ بندها

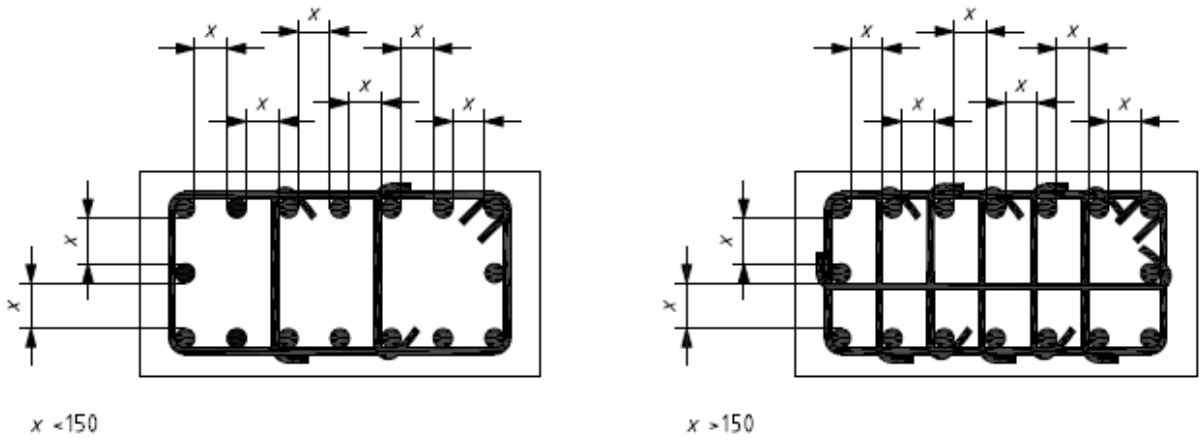
میلگرد عرضی در ستون‌ها به شکل بندها باید مطابق با مقررات زیر باشد :

الف- تمامی میلگردهای طولی ستون‌ها باید با بندهای جانبی ساخته شده از میله‌های به قطر حداقل $8mm$ بسته شوند. ($d_b \geq 8mm$)

ب- بندها باید طوری مرتب شوند که هر گوشه و میله طولی یک در میان دارای تکیه‌گاه فرعی تهیه شده توسط گوشه‌ی یک بند یا یک بند متقاطع باشد. شکل ۳۰ را ببینید.

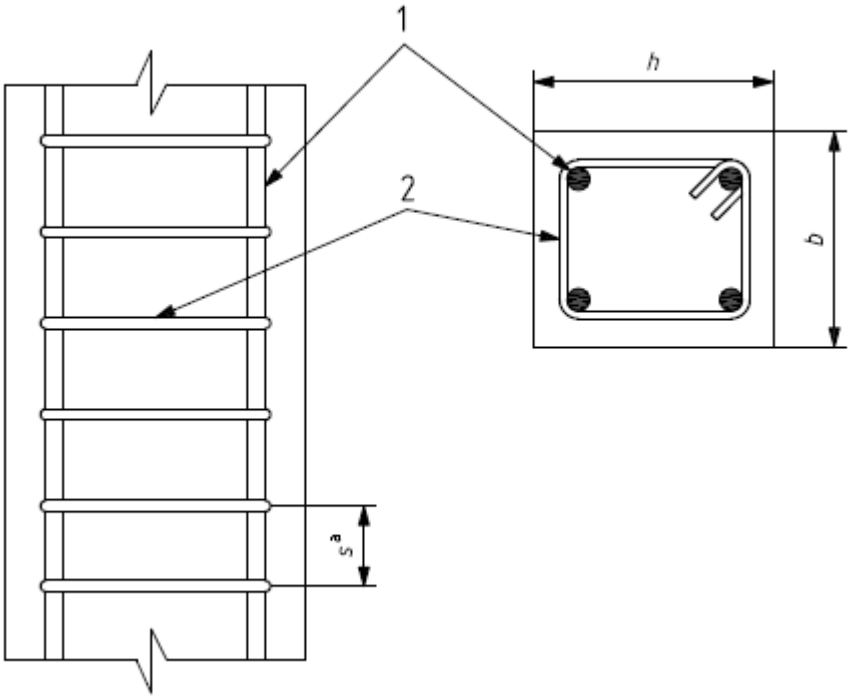
پ - هیچ میله‌ی طولی نباید بیش از $150mm$ از هر طرف در کل بند از یک میله‌ی تکیه‌گاهی طولی جانبی آزاد باشد. شکل ۳۱ را ببینید.

ت- اولین بند باید با فاصله‌ای برابر نصف فاصله از قسمت بالای دال، تیر یا پایه در جایی که ستون تکیه‌داده شده است باشد، و بالاترین قسمت آن نباید بیش از نصف فاصله‌ی زیر بند پایین‌ترین میلگرد افقی عضو کم عمق تکیه داده شده‌ی بالایی باشد.



الف ب

شکل ۳۰- ترتیب قرارگیری بندها در مقطع ستون بنددار



راهنما :

۱- میلگردهای طولی

۲- خاموت

a – محدودیت‌ها : s بیش از d_b ۱۶میله‌ی طولی، d_b ۴۸ خاموت یا b نباشد.

شکل ۳۱- فاصله‌ی عمودی بندها در ستون تنگ‌دار

۷-۳-۱۰-۴-۲ خاموت‌های مارپیچ

ستون‌های با میلگرد مارپیچی باید مطابق با مقررات زیر باشند :

الف – همه‌ی میلگردهای طولی ستون باید با یک مارپیچ تشکیل شده از یک میله‌ی پیوسته‌ی فاصله‌دار صاف به قطر حداقل ۸میلی‌متر بسته شوند. ($d_b \geq ۸mm$)

ب- فاصله‌ی آزاد بین خاموت‌های مارپیچ نباید بیش از ۸۰mm یا کم‌تر از ۲۵mm باشد، و باید بر طبق بند ۷-۳-۷ باشد.

پ- لنگرگاه (مهاربندی) میلگرد مارپیچی باید با $1\frac{1}{2}$ چرخش اضافی در هر انتهای مارپیچ واحد تهیه شود.

ت- مفاصل یافته (اتصالات با جوش) در میلگرد مارپیچی باید طبق بند ۷-۳-۸ باشد.

ث- خاموت‌های مارپیچ باید از بالای پایه یا دال تا سطح پایین‌ترین میلگرد افقی کم عمق‌ترین عضو تکیه-گاهی بالایی امتداد داشته باشند. در ستون‌های دارای سر ستون مارپیچ باید تا یک سطحی در قطر یا عرض سر ستون به اندازه دو برابر قطر ستون امتداد داشته باشد.

ج- نسبت، ρ_s ، میلگرد مارپیچی که به عنوان نسبت حجم میلگرد در بردارنده‌ی یک حلقه از مارپیچ به حجمی از بتن موجود در مرکز ستون مورد نظر با حلقه‌ی مشابه با مارپیچ تعریف شده است، نباید کم‌تر از مقادیر محاسبه شده طبق معادلات (۲۰) و (۲۱) باشد. شکل ۳۲ را ببینید.

$$\rho_s = \frac{A_b \cdot \pi \cdot d_c}{A_c \cdot s} \geq 0{,}12 \cdot \frac{f'_c}{f_{ys}} \qquad (۲۰)$$

که در آن :

A_b مساحت میله‌ی مارپیچ است؛

d_c قطر مرکز تا مرکز مارپیچ است؛

S فاصله‌ی عمودی از مارپیچ است؛

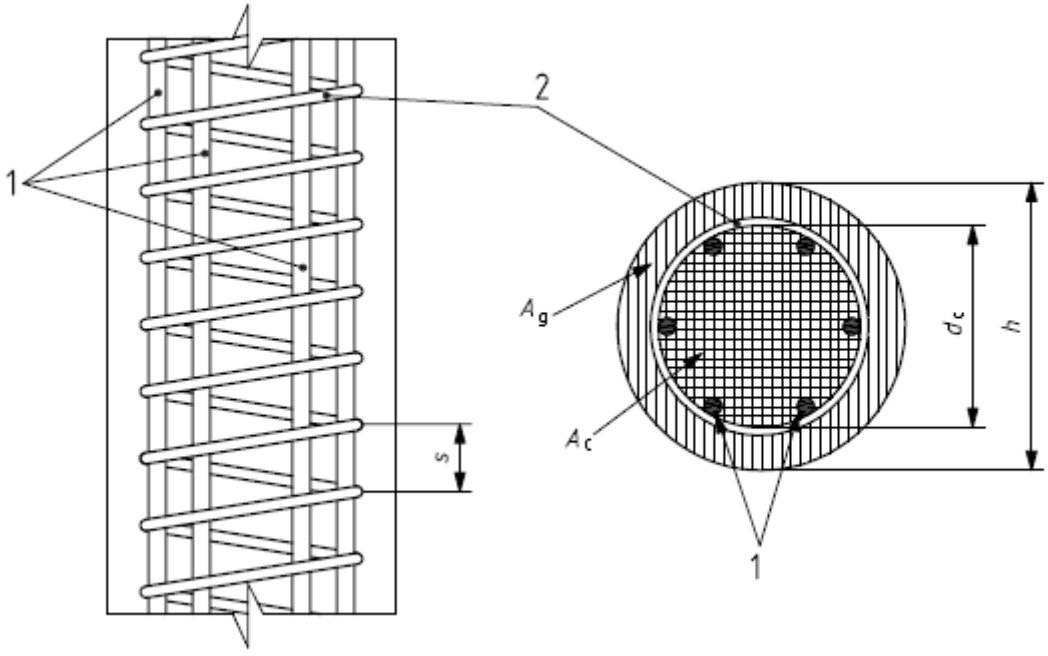
A_c مساحت مرکز ستون محدود شده اندازه گیری شده با مرکز تا مرکز مارپیچ ($Ac= \frac{\pi d^2 c}{4}$) است؛

$f`_c$ مقاومت مشخصه‌ی بتن ستون است؛

f_{ys} مقاومت تسلیم فولاد مارپیچ است؛

$$\rho_s = \frac{A_b \cdot \pi \cdot d_c}{A_c \cdot s} \geq 0{,}45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right) \cdot \frac{f'_c}{f_{ys}} \qquad (۲۱)$$

که در آن A_g برابر با مساحت ناخالص مقطع ستون و سایر واژه‌ها مشابه معادله‌ی (۲۰) است.



راهنما :

۱-میلگردهای طولی

۲- مارپیچ

شکل ۳۲- میلگرد مارپیچی ستون

۷-۳-۱۰-۴-۳ اتصالات ستون – شاه‌تیر

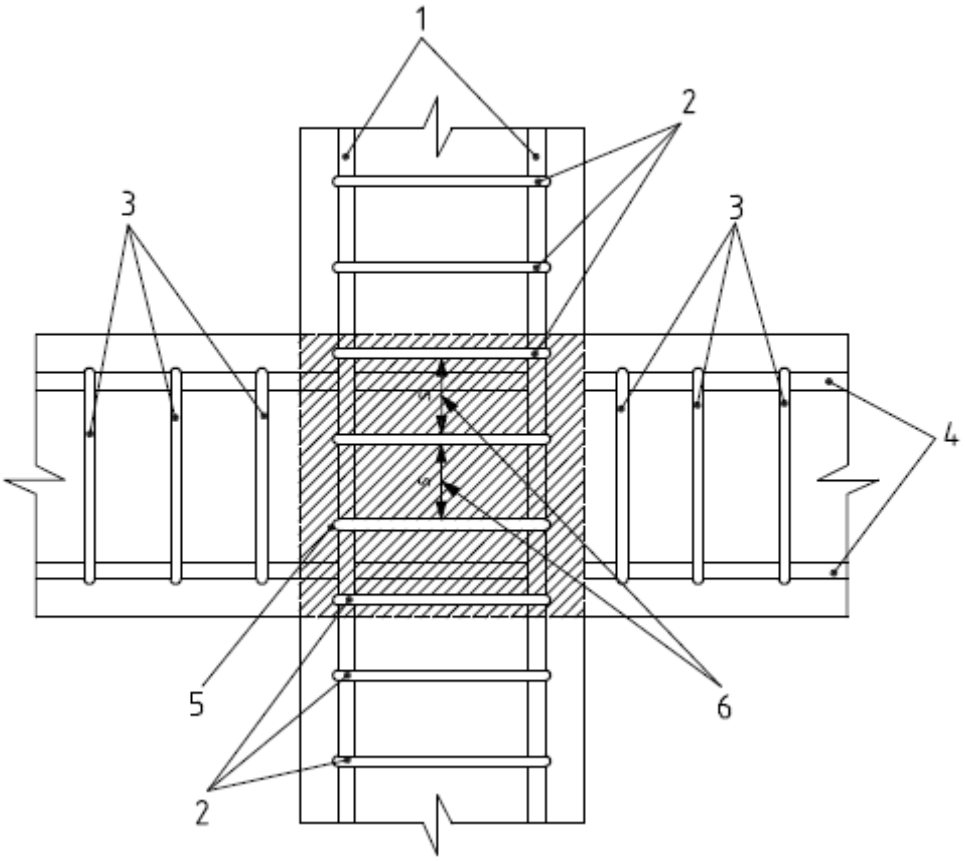
در اتصالات قاب‌هایی که ستون‌ها و شاه‌تیرها به هم می‌رسند. حداقل سه گره ستون طبق بندهای(۷-۳-۱۰-۴-۲ الف تا پ) باید تهیه شود.

بیش‌ترین فاصله‌ی عمودی بین بندها باید $۱۵۰mm$ باشد.

با توجه به بیش‌ترین فاصله، تعداد زیادی بند ضروری باید تهیه شود؛ شکل ۳۳ را ببینید.

۷-۳-۱۰-۵ دیوارهای بتنی سازه ای

حداقل نسبت، ρ_h، مساحت میلگرد افقی به مساحت مقطع عمودی بتنی ناخالص باید ۰٫۰۰۲۵ باشد.



راهنما :

۱- میلگرد طولی ستون
۲- خاموت ستون
۳- خاموت‌های شاه‌تیر
۴- میلگرد طولی شاه‌تیر
۵- اتصال
۶ – فاصله بندهای اتصال
$S \leq ۱۵۰$

شکل ۳۳- بندهای ستون در اتصالات ستون – شاه‌تیر

۷-۳-۱۱ مقاومت اعضای در معرض لنگرهای خمشی

۷-۳-۱۱-۱ کلیات

محاسبه‌ی مقاومت طراحی مقاطع عضو که در معرض لنگرهای خمشی قرار دارد باید مطابق بند ۷-۳-۱۱ انجام شود. اگر بار فشاری محوری نهایی ؛ P_u ، بر روی عضو بیش از ($۰/۱\times f'c\times A_g$) باشد، محاسبه‌ی مقاومت طراحی باید مطابق بند ۷-۳-۱۲ انجام شود.

۷-۳-۱۱-۲ لنگر خمشی نهایی مقطع

لنگر خمشی نهایی، M_u، برای یک مقطع که از بارهای نهایی اعمالی بر سازه نتیجه می‌شود باید برای نوع خاص عنصر مطابق بندهای ۷-۵ تا ۷-۱۰ تعیین شود.

۷-۳-۱۱-۳ حداقل لنگر خمشی مقاوم طراحی

لنگر خمشی مقاوم طراحی، (ϕM_n) از یک مقطع باید برابر با یا بزرگ‌تر از لنگر خمشی نهایی، M_u، در آن مقطع طبق معادله‌ی (۲۲) باشد :

$$\phi \cdot M_n \geqslant M_u \qquad (۲۲)$$

۷-۳-۱۱-۴ مقاومت لنگر طراحی شده برای مقاطع مستطیل شکل دارای فقط میلگرد کششی

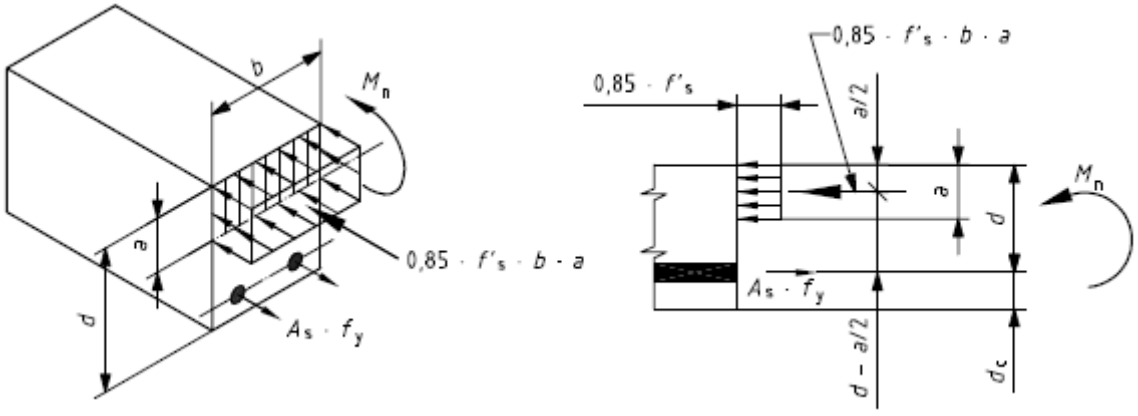
۷-۳-۱۱-۴-۱ مقاومت لنگر طراحی

برای یک مقطعی که فقط میلگرد کششی دارد، مقاومت لنگر طراحی در آن مقطع باید مطابق معادله‌ی (۲۳) محاسبه شود :

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) \qquad (۲۳)$$

که ،a، ارتفاع بلوک تنش هم ارز باید طبق معادله‌ی (۲۴) محاسبه شود؛ شکل ۳۴ را ببینید.

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \qquad (۲۴)$$



الف ب

شکل ۳۴- مقاومت اسمی لنگر خمشی

استفاده از معادله‌ی (۲۵) مانند معادله‌ی (۲۳) است، اما در جایی که مقدار a جایگزین شده باشد عبارت داده شده در معادله‌ی (۲۴) باید مجاز باشد :

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot d \cdot \left(1 - 0{,}59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f'_c}\right) \qquad (۲۵)$$

تقریب لنگر خمشی مقاوم طراحی در دال‌ها و همچنین در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها درصورتی که . باشد و $\rho < \frac{\rho_{max}}{2}$ مقدار ρ_{max} از جدول ۵ برآورد شود طبق معادله (۲۶) می‌باشد.

$$\phi \cdot M_n \approx \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot 0{,}85 \cdot d \qquad (۲۶)$$

۷-۳-۱۱-۴-۲ محاسبه مساحت میلگرد کششی خمشی

نسبت مورد نیاز ، $\rho = \frac{A_s}{(b \cdot d)}$ برای میلگرد خمشی باید با ترکیب معادله‌ی (۲۲) با معادله‌ی (۲۳) و

استفاده از لنگر خمشی نهایی، M_u ، طبق معادله‌ی (۲۷) به دست آید.

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \alpha - \sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \cdot \frac{2 \cdot \alpha}{f_y}\right)} \qquad (۲۷)$$

که در آن

$$\alpha = \frac{f'_c}{1{,}18 \cdot f_y} \qquad (۲۸)$$

یا با استفاده از تقریب معادله‌ی (۲۶) در دال‌هایی که $\rho_{max} < \rho$ دارند، ρ_{max} از جدول ۳ و در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها که $\rho < \frac{\rho_{max}}{2}$ است با ρ_{max} از جدول ۵ طبق معادله‌ی ۲۹ به دست آید.

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \approx \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2 \cdot 0{,}85 \cdot f_y} \qquad (۲۹)$$

در معادلات (۲۷) و (۲۹)، مقدار[۰٫۹۰]= ϕ است ، بند ۶-۳-۳-الف را ببینید.

اگر مقدار به دست آمده از معادله‌ی (۲۷) یا (۲۹) کم‌تر از ρ_{max} بند ۷-۳-۹-۳-۱ باشد، مقدار ρ باید تا آن مقدار افزایش یابد.

اگر مقدار ρ به دست آمده برای دال‌ها بزرگ‌تر از ρ_{max} درج شده در جدول ۳ باشد، عمق دال، h، باید برای اصلاح وزن خود دال افزایش یابد. اگر مقدار ρ به دست آمده برای شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها بزرگ تر از ρ_{max} درج شده در جدول ۵ باشد، امکان استفاده از میلگرد فشاری (بند ۷-۳-۱۱-۵) یا تغییر ابعاد و ایجاد ضریب مناسب برای وزن خود آن باید بررسی شود.

۷-۳-۱۱-۵ استفاده از میلگرد فشاری در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها

۷-۳-۱۱-۵-۱ میلگرد کششی کم‌تر از بیش‌ترین آن

اگر نسبت، ρ ، میلگرد کششی کم‌تر از ρ_{max} مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۳-۲ باشد باید نادیده گرفتن، عدم رعایت اثر میلگرد در وجه فشاری عنصر مجاز شود.

۷-۳-۱۱-۵-۲ مقاطع مسلح دو تایی زیرین

اگر نسبت $\frac{d`}{d}$ بزرگ‌تر از مقادیر مشخص شده در جدول ۶ باشد، میلگرد فشاری باید به صورت غیر فعال در نظر گرفته شود.

جدول ۶ – بیش‌ترین مقادیر $\frac{d`}{d}$ برای مؤثر بودن میلگرد فشاری

f_y MPa	$\frac{d'}{d}$
240	0,320
300	0,250
400	0,150

درون‌یابی خطی برای مقادیر دیگر f_y باید مجاز باشد.

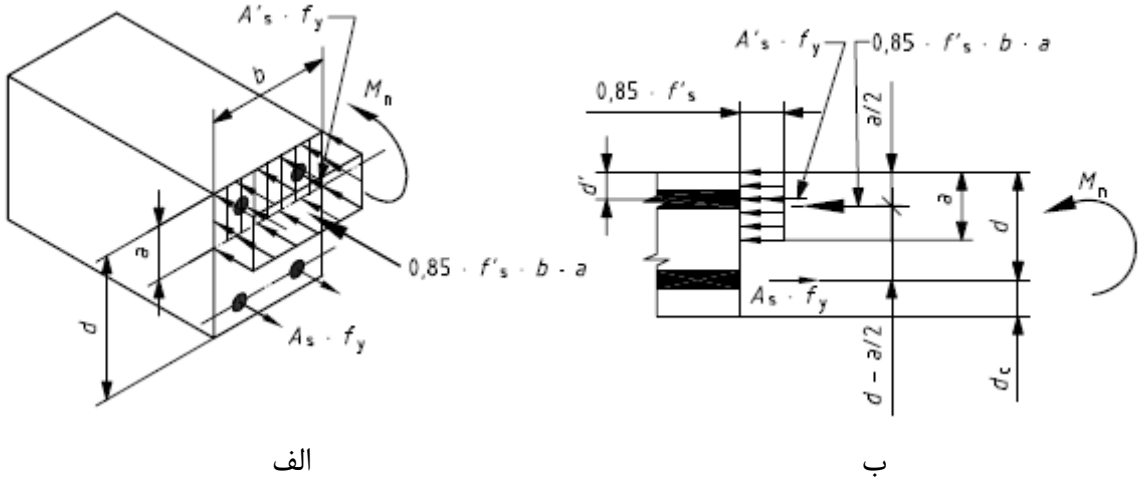
۷-۳-۱۱-۵-۳ طراحی مقاومت لنگر مقاطع با میلگرد فشاری

وقتی که شرایطی از $\frac{d`}{d}$ واقع شد، طراحی مقاومت لنگر در آن مقطع باید طبق معادله‌ی (۳۰) باشد؛ شکل ۳۵ را ببینید.

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot \left[(A_s - A'_s) \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s \cdot f_y \cdot (d - d') \right] \qquad (۳۰)$$

که، عمق، a، از بلوک تنش یکسان هم ارز باید طبق معادله‌ی (۳۱) باشد.

$$a = \frac{(A_s - A'_s) \cdot f_y}{0{,}85 \cdot f'_c \cdot b} \qquad (۳۱)$$



الف ب

شکل ۳۵ – مقاومت اسمی لنگر خمشی برای مقاطع مسلح دوتایی

۷-۳-۱۱-۵-۴ بدست آورن مساحت میلگرد فشاری و کششی خمشی

مساحت مورد نیاز، A_s، از میلگرد کششی خمشی و مساحت، $A`_s$، از میلگرد فشاری باید با ترکیب معادله‌ی (۲۲) با معادله‌ی (۳۰) و استفاده از لنگر خمشی نهایی، M_u، و از معادلات (۳۲) و (۳۳) محاسبه شوند.

$$A'_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d')} - \left(b \cdot d^2 \cdot \rho_{max} \cdot f_y \cdot 0{,}8 \right) \qquad (۳۲)$$

$$A_s = A'_s + \rho_{max} \cdot b \cdot d \qquad (۳۳)$$

در معادلات (۳۲) و (۳۳) مقدار $\phi = [0.90]$ است (بند ۶-۳-۳-الف را ببینید).

نسبت فولاد، ρ_{max}، باید از جدول ۵ بدست آید. این روش باید فقط وقتی که شرط $\frac{d`}{d}$ طبق بند ۷-۳-۱۱-۵-۲ است به کار رود. میلگرد فشاری باید با بندهای مشخص شده در بند ۷-۳-۱۰-۳-۲ بسته شود.

۶-۱۱-۳-۷

در ستون‌هایی که به طور یکپارچه با یک دال ریخته می‌شوند، هنگامی که در معرض لنگرهای خمشی که تنش‌های فشاری در دال ایجاد می‌کنند قرار می‌گیرند، جزیی از دال باید اجازه داده شود تا به عنوان یک بال تیر یا لبه برای ستون عمل کند و طراحی خمش باید طبق الزامات بندهای ۷-۳-۱۱-۶-۱ تا ۷-۳-۱۱-۶-۵ باشد.

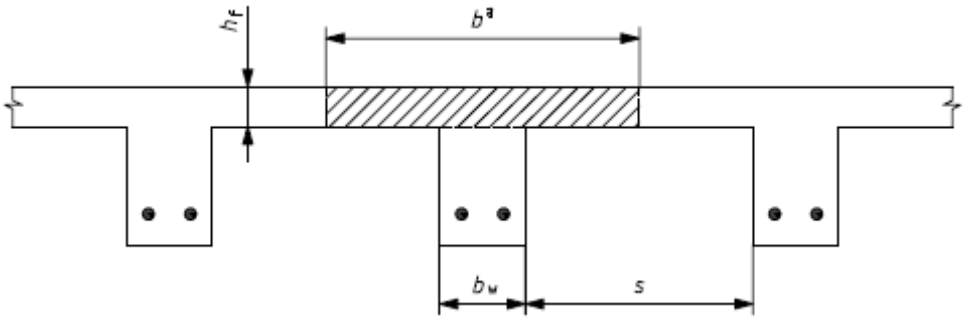
۷-۳-۱۱-۶-۱ پهنای مؤثر بال تیر برای تیرهای با یک دال در هر دو طرف

پهنای،b، از یک دال عمل کننده به عنوان یک بال تیرT شکل نباید بیش از ابعاد زیر باشد؛ شکل ۳۶ را ببینید.

الف - یک چهارم طول دهانه‌ی تیر؛

ب - ۱۶ برابر ضخامت دال، h_f، بعلاوه ضخامت جان تیر b_w ،

پ – فاصله‌ی آزاد بین جان تیرها بعلاوه‌ی ضخامت جان تیر b_w،



راهنما :

A محدودیت‌ها :مقدار b از یک چهارم طول دهانه‌ی تیر یا ($16\,h_f + b_w$) یا ($s + b_w$) کم‌تر است

شکل ۳۶- پهنای بال تیر مؤثر برای تیرهایT با یک دال روی دو طرف

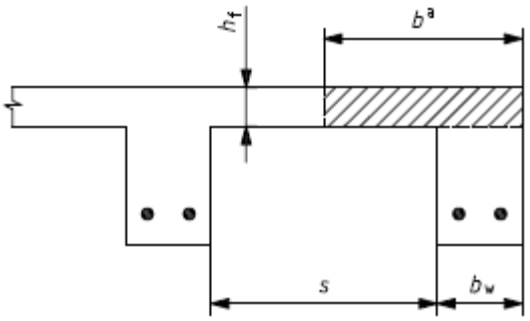
۷-۳-۱۱-۶-۲ پهنای بال تیر مؤثر برای تیرهای با یک دال فقط در یک طرف

پهنای، b، از دال عمل کننده به عنوان یک بال تیرT شکل نباید بیش از ابعاد زیر باشد :

الف- یک دوازدهم طول دهانه‌ی تیر بعلاوه‌ی ضخامت جان تیر b_w ؛

ب- شش برابر ضخامت دال، h_f، بعلاوه ضخامت جان تیر b_w ؛

پ- یک دوم فاصله‌ی آزاد تا جان تیر بعدی بعلاوه‌ی ضخامت جان تیر b_w .



$\frac{1}{12}$

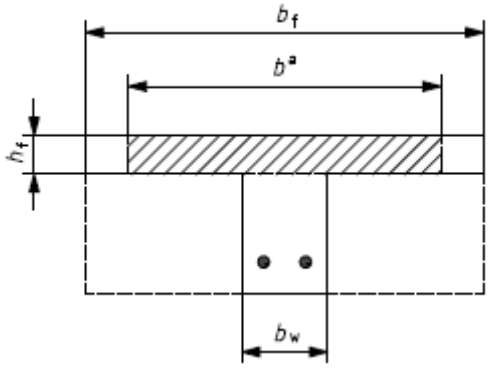
راهنما :

a : مقدارb از (یک دوازدهم دهانه تیرچه بعلاوه b_w) یا (۶ $h_f + b_w$) یا ($s/2+b_w$) بیش‌تر نمی‌باشد.

شکل ۳۷ - پهنای بال تیر مؤثر برای تیرهای T با یک دال فقط در یک طرف

۷-۳-۱۱-۶-۳ تیرهایT عایق شده

ضخامت بال تیر، h_f، در تیرهایT عایق شده باید حداقل یک دوم ضخامت b_w ، جان تیر باشد و پهنای بال تیر مؤثر،b ، نباید ازb_w ۴ یا b_f بیش‌تر باشد؛ شکل ۳۸ را ببینید.



راهنما :

a : مقدارb نباید بیش از ($4b_w$) یا (b_f) باشد.

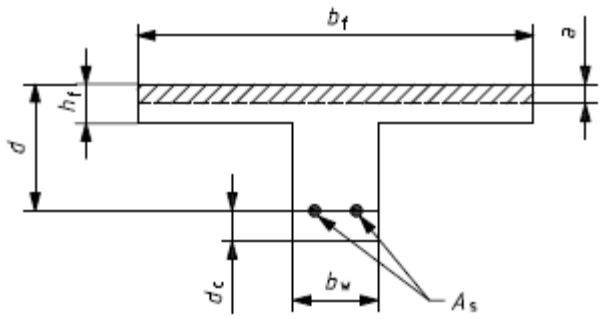
شکل ۳۸- پهنای بال تیر مؤثر برای تیرهایT عایق شده

۷-۳-۱۱-۶-۴ طراحی مقاومت لنگر تیرهایT

وقتی که بال تیر تحت فشار است، مقاومت لنگر باید محاسبه شود همان‌طور که برای یک تیر مستطیلی طبق بند ۷-۳-۱۱-۴-۱ با عمق یکسان، a ، از بلوک تنشی یکسان هم ارز درون ضخامت بال تیر،h_f ایجاد شده است محاسبه شود؛ شکل ۳۹ را ببینید. شرط آخر باید با استفاده از معادله‌ی (۳۴) بررسی شود :

$$h_f \geq a \qquad (۳۴)$$

که در آن: $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$:



شکل ۳۹ - مقطع عرضی مؤثر برای محاسبه‌ی مقاومت لنگر تیرهای T

۷-۳-۱۱-۶-۵ بدست آوردن مساحت میلگرد کششی خمشی

نسبت مورد نیاز، $\rho\langle\frac{A_s}{(b.d)}$، از میلگرد خمشی برای تیرهای T باید طبق معادله‌ی (۲۷) یا (۲۹) محاسبه شود، و نسبت میلگرد خمشی، ρ، نباید بیش از مقدار محاسبه شده طبق معادله‌ی (۳۵) برای عمق، a، از بلوک تنشی یکسان هم ارز ایجاد شده درون ضخامت بال تیر، h_f باشد.

$$\rho \geqslant \frac{0{,}85 \cdot f'_c \cdot h_f}{f_y \cdot d} \qquad (۳۵)$$

اگر مقدار بدست آمده از معادله‌ی (۲۷) یا (۲۹) کم‌تر از، ρ_{max} ، بدست آمده طبق بند ۷-۳-۹-۳-۱ باشد، مقدار ρ باید تا آن مقدار افزایش یابد. اگر مقدار ρ بدست آمده بیش‌تر از ρ_{max} جدول ۵ باشد، ابعاد باید تغییر کند، تا اصلاح مناسب برای وزن آن ایجاد شود.

۷-۳-۱۲ مقاومت اعضای در معرض بارهای محوری یا با بدون خمش

۷-۳-۱۲-۱ کلیات

محاسبه‌ی طراحی مقاومت مقاطع عضو ستون‌ها و دیوارهای بتنی سازه‌ای در معرض بارهای محوری یا نیروهای محوری ایجاد شده توسط لنگرهای خمشی، باید مطابق الزامات بند ۸-۳-۱۲ انجام شود.

۷-۳-۱۲-۲ بارهای محوری نهایی ترکیبی ولنگر خمشی نهایی

بار محوری نهایی، P_u، و لنگر خمشی نهایی، M_u ، که در نظر گرفته می‌شود و بارهای نهایی اعمالی بر سازه، باید برای هر نوع عنصر، طبق مقررات ۷-۵ تا ۷-۱۰ تعیین شود.

۷-۳-۱۲-۳ مقاومت فشاری محوری طراحی

۷-۳-۱۲-۳-۱ مقاومت فشاری محوری بدون خمش

معادله‌ی (۳۶) باید برای تعیین مقاومت محوری طراحی، $\phi \cdot P_{0n}$ برای فشار محوری بدون خمش به کار رود.

$$\phi \cdot P_{0n} = \phi \cdot \left[0{,}85 \cdot f'_c \cdot \left(A_g - A_{st}\right) + A_{st} \cdot f_y\right] \qquad (۳۶)$$

در معادله‌ی (۳۶)، مقدار ϕ = [۰٫۷۰] برای ستون‌های دارای گره و دیوارهای بتنی سازه‌ای و ϕ=[۰٫۷۵] برای ستون‌های با میلگرد مارپیچی می‌باشد؛ بند ۶-۳-۳-ج را ببینید.

۷-۳-۱۲-۳-۲ بیش‌ترین مقاومت بار محوری طراحی

مقاومت طراحی $\phi.P_n$ برای بار محوری در ستون‌ها و دیوارهای بتنی سازه‌ای در معرض فشار، با یا بدون خمش، نباید بزرگ‌تر از مقادیر بدست آمده با معادلات (۳۷) و (۳۸) باشد :

الف - ستون های با بندها و دیوارهای بتنی سازه ای؛

$$\phi \cdot P_{n(max)} \leqslant 0{,}80 \cdot \phi \cdot P_{0n} \qquad (۳۷)$$

که در آن ϕ = [۰/۷۰]؛

ب- ستون‌های با میلگرد مارپیچی.

$$\phi \cdot P_{n(max)} \leqslant 0{,}85 \cdot \phi \cdot P_{0n} \qquad (۳۸)$$

که در آن ϕ = [۰/۷۵]

۷-۳-۱۲-۴ مقاومت متوازن شده‌ی فشاری محوری با خمش

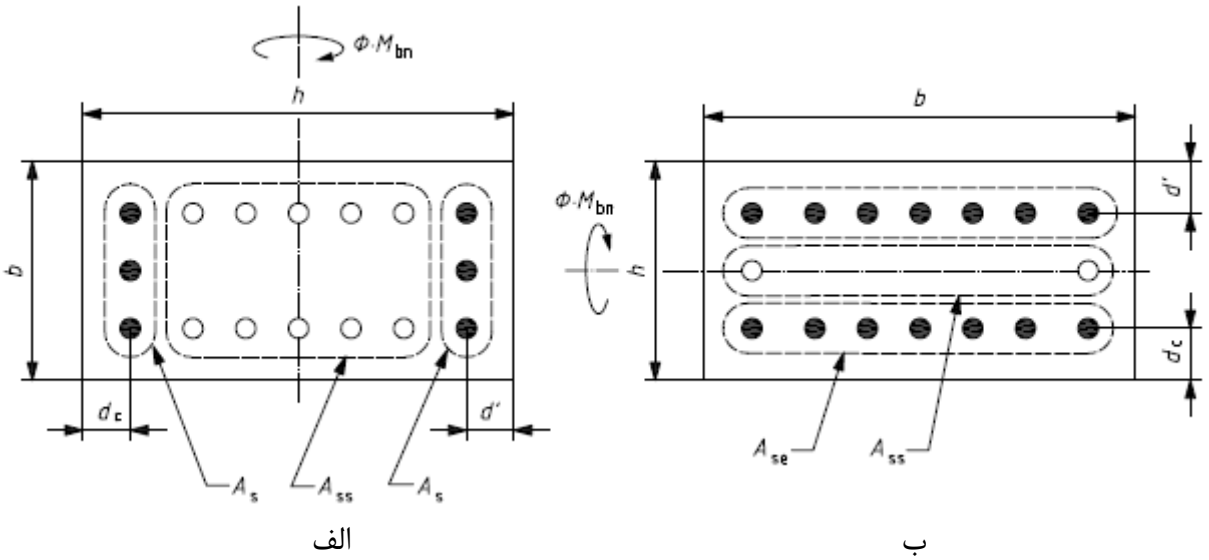
۷-۳-۱۲-۴-۱ ستون‌های مهار شده و دیوارهای بتنی سازه‌ای مربعی و مستطیلی

مقادیر برای نیروی محوری، ϕP_{bn}، ولنگر ϕM_{bn}، در نقطه‌ی توازن مقاومت طراحی باید به ترتیب طبق معادلات (۳۹) و (۴۰) تعیین شود.

$$\phi \cdot P_{bn} = \phi \cdot 0{,}42 \cdot f'_c \cdot h \cdot b \qquad (۳۹)$$

$$\phi \cdot M_{bn} = \phi \cdot P_{bn} \cdot 0{,}32 \cdot h + \phi \cdot (0{,}6 \cdot A_{se} + 0{,}15 \cdot A_{ss}) \cdot f_y \cdot \left(\frac{h}{2} - d'\right) \qquad (۴۰)$$

برای معادله‌ی (۴۰)، مساحت کلی میلگرد طولی، A_{st}، باید تقسیم شود به فولاد نهایی، A_{se}، و فولاد جانبی، A_{ss}، طوری که $A_{se}+A_{ss}=A_{st}$ شکل ۴۰ را ببینید. در معادلات (۳۹) و (۴۰) مقدار ϕ=[۰/۷۰] است؛ بند ۶-۳-۳-ج را ببینید.



شکل ۴۰ - ابعاد برای محاسبه‌ی مقاومت لنگر متوازن طراحی

۷-۳-۱۲-۴-۲ ستون‌های با مقطع دایره‌ای (گرد) با میلگرد مارپیچی

مقادیر نیروی محوری، ϕP_{bn}، و لنگر، ϕM_{bn}، در نقطه‌ی توازن مقاومت طراحی باید به ترتیب مطابق معادلات (۴۱) و (۴۲) محاسبه شود :

$$\phi \cdot P_{bn} = \phi \cdot 0{,}5 \cdot f'_c \cdot A_c \qquad (۴۱)$$

$$\phi \cdot M_{bn} = \phi \cdot P_{bn} \cdot 0{,}2 \cdot h + \phi \cdot 0{,}6 \cdot A_{st} \cdot f_y \cdot \left(\frac{h}{2} - d'\right) \qquad (۴۲)$$

برای معادله‌ی (۴۱)، مقدار h باید برابر قطر مقطع ستون گرفته شود، در معادلات (۴۱) و (۴۲) مقدار [۰٫۷۵ $= \phi$] است. بند ۶-۳-۳-ج را ببینید.

۷-۳-۱۲-۵ طراحی مقاومت برای کشش محوری بدون خمش

مقاومت طراحی $\phi . P_{tm}$، برای کشش محوری بدون خمش باید طبق معادله‌ی (۴۳) محاسبه شود.

$$\phi \cdot P_{tn} = \phi \cdot A_{st} \cdot f_y \qquad (۴۳)$$

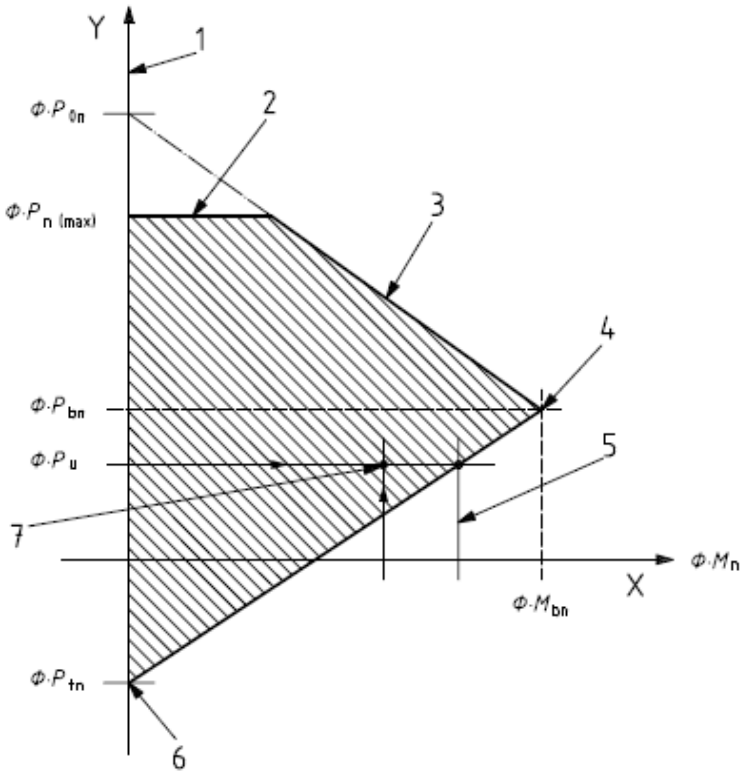
در معادله (۴۳) مقدار [۰٫۹۰ $= \phi$] است؛ بند ۶-۳-۳-ج را ببینید.

۷-۳-۱۲-۶ حداقل طراحی ترکیب بار محوری و مقاومت لنگر

مقاومت لنگر طراحی، ϕM_n، در مقطع عنصر در سطحی از بار محوری نهایی اعمالی، P_u ، باید برابر با یا بزرگ‌تر از لنگر خمشی نهایی M_u که می‌تواند بار محوری، P_u اعمال کند باشد و طبق معادله‌ی (۴۴) محاسبه می‌شود.

$$\phi \cdot M_n \geq M_u \qquad (۴۴)$$

انطباق با معادله (۴۴) باید با اثبات هماهنگی (M_u, P_u) در داخل سطح مقاومت طراحی کنش داخلی لنگر در برابر کنش داخلی بار محوری نمودار مرتبط با ϕM_n و ϕP_n که با مساحت هاشور خورده در شکل ۴۱ مشخص شده است قطعی شود.



راهنما : X = لنگر

Y= بار محوری

۱- مقاومت طراحی برای فشار محوری

۲- بیش ترین بار فشاری محوری مجاز

۳- نقطه‌ی مقاومت طراحی اندرکنش

۴- نقطه‌ی متعادل مقاومت طراحی

۵- مقاومت لنگر طراحی در سطح بار محوری نهایی ، pu

۶- مقاومت طراحی برای کشش محوری

۷- بار محوری نهایی‌ی مورد نیاز و لنگر مورد نیاز

شکل ۴۱-نمودار اندرکنش (کنش متقابل) برای (ϕM_n و ϕP_n)

شرایط مشخص شده در معادلات (۴۵) تا (۴۸) باید برای تمامی زوج‌های P_u و M_u که روی مقطع ستون عمل می‌کنند برآورده شود.

$$P_u \leqslant \phi \cdot P_{n(max)} \qquad (۴۵)$$

$$P_u \geqslant -(\phi \cdot P_{tn}) \qquad (۴۶)$$

برای مقادیر $P_u \geqslant \phi \cdot P_{bn}$

$$M_u \leqslant \phi \cdot M_n = \frac{(\phi \cdot P_{0n}) - P_u}{(\phi \cdot P_{0n}) - (\phi \cdot P_{bn})} \cdot (\phi \cdot M_{bn}) \qquad (۴۷)$$

برای مقادیر $P_u \geqslant \phi \cdot P_{bn}$

$$M_u \leqslant \phi \cdot M_n = \frac{P_u + (\phi \cdot P_{tn})}{(\phi \cdot P_{bn}) + (\phi \cdot P_{tn})} \cdot (\phi \cdot M_{bn}) \qquad (۴۸)$$

استفاده از نمودارهای اندرکنش مندرج در منابع موثق برای ستون‌ها در صورتی‌که به کار گیری فاکتورهای جزیی ایمنی، ϕ، برابر مقادیر در نظر گرفته شده در این استاندارد مورد توافق باشد باید مجاز باشد.

۷-۳-۱۲-۸ مقاومت لنگر دو محوری

ستون‌های گوشه و سایر ستون‌های در معرض لنگرهای همزمان در اطراف هر محور باید طبق معادله (۴۹) باشد.

$$\frac{(M_u)_x}{(\phi \cdot M_n)_x} + \frac{(M_u)_y}{(\phi \cdot M_n)_y} \leq 1,0 \qquad (۴۹)$$

که$(M_u)_x$ و$(M_u)_y$ برابر با لنگرهای نهایی هستند که در اطراف محورهایx وy عمل می‌کنند، همزمان بار محوری نهایی $P_u(\phi M_n)_x$ و $P_u(\phi M_n)_y$ برابر با مقادیر مقاومت لنگر طراحی مشتق شده از معادله‌ی (۴۷) یا (۴۸) برای مقدار بار محوری نهایی، P_u ، و در جهت مناسبx یا y است.

۷-۳-۱۳ مقاومت اعضای در معرض تنش‌های برشی

۷-۳-۱۳-۱ کلیات

محاسبه‌ی مقاومت طراحی مقاطع عضو در معرض تنش‌های کششی یا برشی قطری باید مطابق الزامات بند ۷-۳-۱۳ به صورت دو نوع اثر تنش برشی پوشش داده شده با این استاندارد انجام شود:

الف- برش تیر- عامل که همراه با لنگر خمشی است و در شاه‌تیرها، تیرها، تیرچه‌ها، دال‌های یکپارچه و دیوارهای بتنی سازه‌ای در مجاورت تکیه‌گاه‌ها و بارهای متمرکز ظاهر می‌شود.

ب- برش منگنه‌ای یا برش عامل دو طرفه که در دال‌های یکپارچه و پایه‌ها، همچنین در مجاورت تکیه‌گاه‌ها و بارهای متمرکز ظاهر می‌شود.

انواع دیگری از اثرات کششی قطری نظیر اثرات خاص در اعضای خمشی عمیق، برش اصطکاکی به کار گرفته در طراحی قلاب‌ها (صفحات) و تیرهای زیر سری (پیش‌آمدگی‌ها) و الگوهای شمع پشت‌بند و گره، فراتر از هدف این استاندارد هستند.

۷-۳-۱۳-۲ برش نهایی

برش نهایی، V_u، ناشی از بارهای نهایی اعمالی بر سازه باید برای هر نوع عنصر خاص از الزامات بند ۷-۵ تا ۷-۱۰ تعیین شود.

۷-۳-۱۳-۳ مقاومت برشی طراحی

مقاومت برش طراحی، ϕV_n ، در مقطع عنصر باید برابر با یا بزرگ‌تر از برش نهایی، V_u ، باشد طبق معادله-ی (۵۰).

$$\phi \cdot V_n \geq V_u \qquad (۵۰)$$

در معادله (۵۰) مقدار[ϕ ۰٫۸۵] = می‌باشد؛ بند ۶-۳-۳-د را ببینید.

۷-۳-۱۳-۴ برش تیر - عامل

۷-۳-۱۳-۴-۱ کلیات

اعضای برش تیر - عامل باید طبق بند ۷-۳-۱۳-۴ طراحی شوند. ملاحظات عمومی در بندهای ۷-۳-۱۴-۱-الف و ۷-۳-۱۴-۱-ب مشخص شده اند :

الف - وقتی که میلگرد برشی به کار می‌رود، مقاومت برشی طراحی، $\phi.V_n$ باید طبق معادله‌ی (۵۱) محاسبه شود :

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s) \qquad (۵۱)$$

در معادله‌ی (۵۱)، مقدار ϕ . V_c مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط بتن و $\phi.V_s$ مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط میلگرد برشی است ، که برای مقاومت برشی طراحی استفاده می‌شود. در معادله‌ی (۵۱) مقدار [۰٫۸۵]=ϕ است. بند ۶-۳-۳-د را ببینید.

ب- وقتی که عکس‌العمل (واکنش) تکیه‌گاه در جهت برش اعمال شده، بر مناطق انتهایی عضو، فشار ایجاد کند و هیچ گونه بار قابل توجهی بین وجه تکیه‌گاه و فاصله‌ی، d، از تکیه‌گاه شاه‌تیرها، تیرها، تیرچه‌ها، ستون‌ها، دال‌ها و پایه‌ها ایجاد نشود، باید طراحی مقاطع داخلی برای برش نهایی مشابه، V_u ، همان طور که در d محاسبه شده مجاز شود.

۷-۳-۱۳-۴-۲ مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط بتن تیر - عامل

در هر موقعیت بحرانی که بررسی شده، فقط مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط بتن جان تیر ستون باید به حساب آورده شود، شکل ۴۲ را ببینید، و باید با استفاده از معادله‌ی (۵۲) با مقدار[۰٫۸۵] = ϕ محاسبه شود؛ بند ۶-۳-۳-د را ببینید.

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot 2 \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d \qquad (۵۲)$$

در معادله‌ی (۵۲) برای دال‌های یکپارچه و پایه‌ها، b_w ، باید به عنوان پهنای مقطع، b، منظور شود؛ شکل ۴۳ را ببینید.

۷-۳-۱۳-۴-۳ میلگرد برشی

در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها، مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط میلگرد برشی عمود بر محور عنصر باید با استفاده از معادله‌ی (۵۳) محاسبه شود.

$$\phi \cdot V_s = \phi \cdot \left(\frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{s} \right) \qquad (۵۳)$$

که در آن :

A_v سطح مقطع میلگرد برشی عمود بر محور عنصر با یک فاصله‌ی s ؛

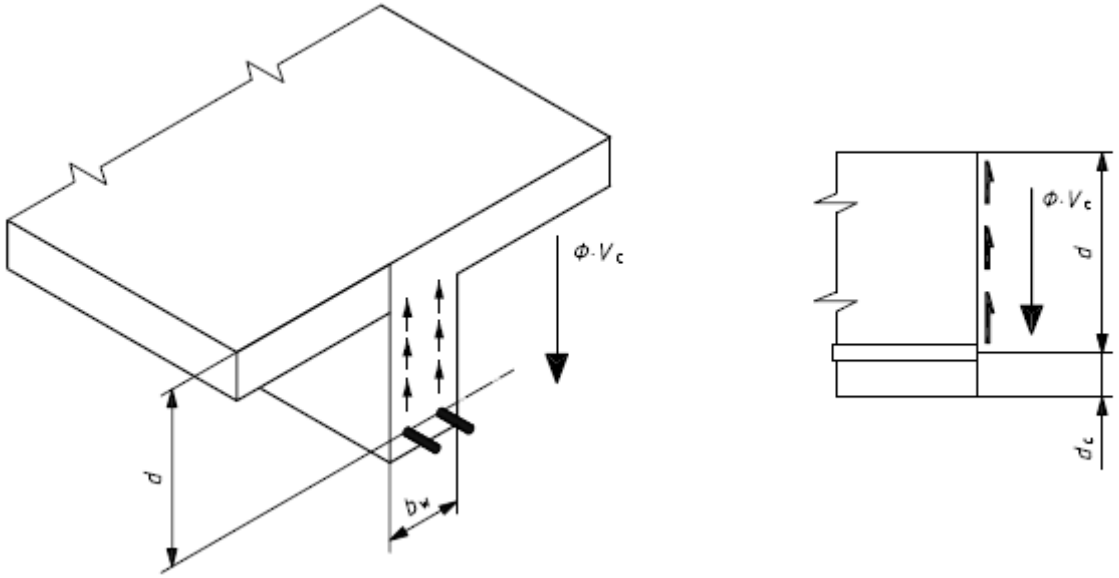
f_{ys} استحکام تسلیم فولاد میلگرد برش است.

در معادله (۵۳) مقدار [۰٫۸۵]=ϕ است؛ بند ۶-۳-۳-د را ببینید.

مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط میلگرد برشی نباید بزرگ‌تر از مقدار مشخص شده در معادله‌ی (۵۴) در نظر گرفته شود.

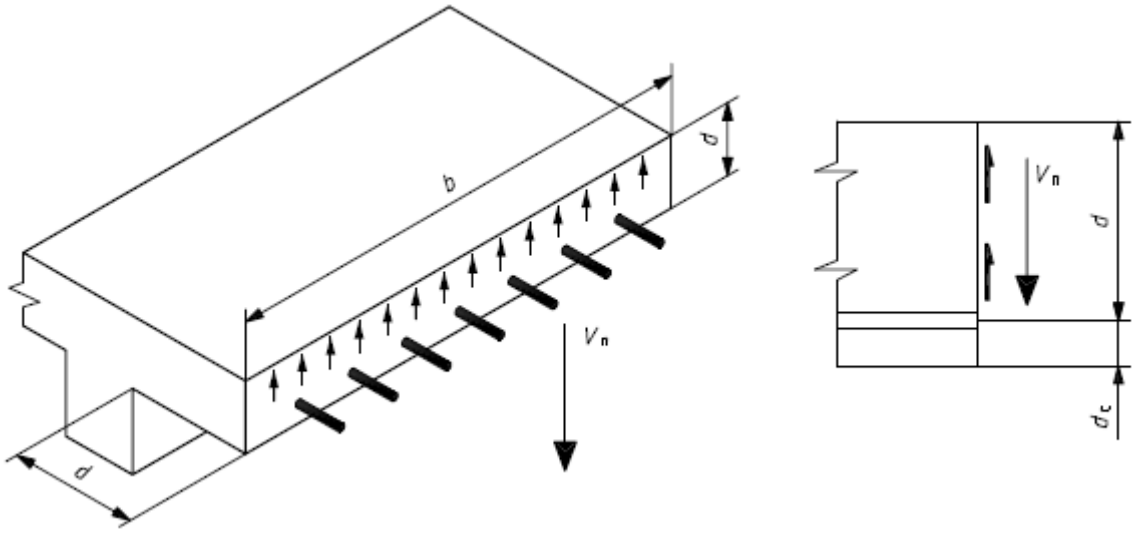
$$\phi \cdot V_s \leq \phi \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \right) = 4 \cdot \phi \cdot V_c \qquad (۵۴)$$

میلگرد برشی برای دال‌های یکپارچه و پایه‌ها فراتر از هدف این استاندارد است.



الف ب

شکل ۴۲ –مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن تیر - عامل در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها



الف ب

شکل ۴۳- مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن تیر - عامل در دال‌های یکپارچه

۷-۳-۱۳-۴-۴ طراحی میلگرد برشی

میلگرد برشی در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها باید با استفاده از خاموت‌های عمود بر محور عضو با بیش‌ترین فاصله‌ی، s،که در طول محور عضو طبق موارد زیر اندازه‌گیری شده تامین شود :

الف - جایی که برش نهایی، V_u ،کم‌تر از نصف ϕV_c . است، عدم استفاده از میلگرد برشی باید مجاز شود.

ب- جایی که برش نهایی، V_u ، بیش‌تر از نصف ϕV_c . و کم‌تر از ϕV_c . است. کم‌ترین مقدار برشی باید همان‌طور که در معادله‌ی (۵۵) مشخص شده است به کار رود.

بیش‌ترین فاصله‌ی، s، از محور عنصر نباید بیش از $d/2$ یا $600mm$ باشد؛ شکل ۴۴ را ببینید.

$$A_v = \frac{1}{16}\sqrt{f'_c}\,\frac{b_w \cdot s}{f_{ys}} \geqslant \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_{ys}} \qquad (۵۵)$$

کهA_v منطبق است با مساحت تولید، A_b، مربوط با میله‌ی خاموت ضرب در تعداد پایه‌های عمودی خاموت.

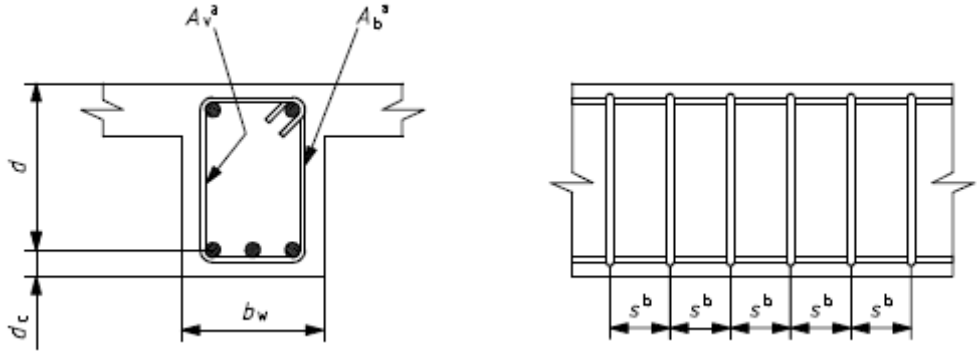
پ- جایی که برش نهایی، V_u ، بیش از ϕV_cاست، تفاضل ($V_u - \phi V_c$) باید برای میلگرد برشی آماده شود، با استفاده از معادلات (۵۱) و (۵۲) و (۵۳) و محدودیت‌های زیر باید در نظر گرفته شود؛ جدول ۷ را ببینید.

۱- مقدار میلگرد برشی نباید کم‌تر از مقدار تعیین شده با استفاده از معادله (۵۵) باشد.

۲- اگر مقدار ϕV_s. محاسبه شده با استفاده از معادله (۵۳) کم‌تر از ($\phi 2V_c$) باشد، محدودیت‌های فاصله‌ی بند ۷-۳-۱۳-۴-۴-ب باید به کار رود.

۳- اگر مقدار ϕV_s . محاسبه شده با استفاده از معادله (۵۳) بیش‌تر از ($\phi 2V_c$) باشد، محدودیت‌های فاصله باید نصف مقادیر بند ۷-۳-۱۳-۴-۴-ب باشد.

۴- مقدار ϕV_s . محاسبه شده با استفاده از معادله (۵۳) نباید بزرگ‌تر از ϕV_c ۴ باشد.



الف ب

راهنما :

a مقدار A_v برابر است با تعداد پایه‌ها ضرب در A_b

b مقدار s کوچک‌تر یا مساوی با کم‌ترین مقدار داده شده در بند ۷-۳-۱۳-۴-۴-ب

شکل ۴۴–حداقل میلگرد برشی در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها وقتی که $(\phi \times V_c/2 \leqslant V_u < \phi \times V_c)$

جدول ۷- میلگرد برشی در شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها، بیشترین فاصله

بیش‌ترین فاصله s	حداقل مساحت موردنیاز میلگرد برشی در فاصله s	محدودیت مقدار ϕV_s.	برش نهایی V_u
—	غیر مجاز	—	$\frac{(\phi \cdot V_c)}{2} > V_u$
$s \leq$ مقدارکمتر $\begin{cases} d/2 \\ 600\ mm \end{cases}$	$A_v = \frac{1}{16}\sqrt{f'_c}\,\frac{b_w \cdot s}{f_{ys}} \geq \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_{ys}}$	—	$(\phi \cdot V_c) > V_u \geq \frac{(\phi \cdot V_c)}{2}$
$s \leq$ مقدارکمتر $\begin{cases} d/2 \\ 600\ mm \\ 3 \cdot A_v \cdot f_{ys}/b_w \end{cases}$	$A_v = \frac{(V_u - \phi \cdot V_c) \cdot s}{\phi \cdot f_{ys} \cdot d}$	$2 \cdot \phi \times V_c > \phi \cdot V_s$	$V_u \geq (\phi \cdot V_c)$
$s \leq$ مقدارکمتر $\begin{cases} d/4 \\ 300\ mm \\ 3 \cdot A_v \cdot f_{ys}/b_w \end{cases}$	$A_v = \frac{(V_u - \phi \times V_c) \cdot s}{\phi \cdot f_{ys} \cdot d}$	$4 \cdot \phi \cdot V_c > \phi \cdot V_s \geq 2 \cdot \phi \cdot V_c$	
—	غیر مجاز	$\phi \cdot V_s \geq 4 \cdot \phi \cdot V_c$	

۷-۳-۱۳-۵ برش عامل دو طرفه (برش منگنه‌ای) در دال‌های یکپارچه و پایه‌ها

۷-۳-۱۳-۵-۱ کلیات

مقاومت برشی برای برش عامل دو طرفه، یا برش منگنه‌ای باید در هر انتهای ستون‌ها، بارها و تکیه‌گاه‌های متمرکز، و در مقاطع تغییر ضخامت لبه‌های سر ستون‌ها و صفحات سوراخ بررسی شود.

۷-۳-۱۳-۵-۲ تعریف مقاطع بحرانی برای برش عامل دو طرفه

مقاطع بحرانی مورد بررسی باید در فاصله‌ی $d/2$ جایی که محیط آن حداقل است، قرار داشته باشند.

۷-۳-۱۳-۵-۳ مقاومت طراحی برش عامل دو طرفه

مقاومت طراحی برشی باید کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده از معادلات (۵۶)، (۵۷) و (۵۸) باشد، مقدار ϕ=[۰٫۸۵] می باشد؛ بند ۶-۳-۳-د را ببینید.

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) \cdot b_0 \cdot d \qquad (۵۶)$$

که β_c نسبت سمت بلند به سمت کوتاه ستون، مساحت بار یا کنش متمرکز می‌باشد.

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot d}{b_0}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{12}\right) \cdot b_0 \cdot d \qquad (۵۷)$$

که مقدار α_s برای ستون‌های داخلی برابر ۴۰ و برای ستون های لبه برابر ۳۰ و برای ستون‌های گوشه برابر ۲۰ است.

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{3}\right) \cdot b_0 \cdot d \qquad (۵۸)$$

۷-۳-۱۳-۶ برش در دیوارهای بتنی سازه‌ای

۷-۳-۱۳-۶-۱ کلیات

مقررات بند ۷-۳-۱۳-۶ باید در مورد طراحی دیوارهای بتنی سازه‌ای برای برش اعمال شود، مقررات عمومی زیر باید به کار رود :

الف- طراحی نیروهای برشی عمود بر وجه دیوار بتنی سازه‌ای باید طبق مقررات بند ۷-۳-۱۳-۴ برای دال-های یکپارچه باشد. طراحی برای نیروهای برشی در سطح دیوار بتنی سازه‌ای باید طبق بند ۷-۳-۱۳-۶ انجام شود.

ب- دیوار بتنی سازه‌ای باید از سقف تا پایین شالوده به طور کامل امتداد داشته باشد و هیچ سوراخی برای در یا پنجره نداشته باشد.

پ- دیوار بتنی سازه‌ای باید دارای میلگرد توزیع شده در جهت عمودی و افقی به گونه‌ای که کم‌تر از حداقل مقادیر بندهای ۷-۳-۹-۵ و ۷-۳-۱۰-۵ بوده و طبق حداکثر فاصله‌ی مشخص شده در بندهای ۷-۳-۷-۸ باشد.

ت- جایی که میلگرد برشی به کار می‌رود، مقاومت برشی طراحی، $\phi . V_n$، باید با استفاده از معادله‌ی (۵۹) محاسبه شود.

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s) \qquad (۵۹)$$

که ϕ.Vn مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط بتن و ϕ . Vs مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط میلگرد خمشی است.

در معادله‌ی (۵۹)، مقدارϕ=[۰/۸۵] می‌باشد؛ بند ۶-۳-۳-د رابببینید.

۷-۳-۱۳-۶-۲ مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط بتن در دیوارهای بتنی سازه‌ای

در هر موقعیت بحرانی مورد بررسی، فقط مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط بتن جان تیر دیوار بتنی سازه‌ای باید در نظر گرفته شود و باید با استفاده از معادله‌ی (۶۰) با مقدارϕ=[۰/۸۵] محاسبه شود؛ بند ۶-۳-۳-د را ببینید.

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \cdot b_w \cdot l_w \qquad (۶۰)$$

که در آن :

b_w، ضخامت جان تیر دیوار بتنی سازه‌ای است.

l_w، طول افقی آن است.

در معادله‌ی (۶۰)، مقدارϕ=[۰/۸۵] است؛ بند ۶-۳-۳-د را ببینید.

۷-۳-۱۳-۶-۳ میلگرد برشی در دیوارهای بتنی سازه ای

مقاومت برشی طراحی تأمین شده توسط میلگرد افقی واقع در جان تیر دیوار بتنی سازه‌ای، باید طبق معادله‌ی (۶۱) باشد.

$$\phi \cdot V_s = \phi \cdot \left(\rho_h \cdot f_y \cdot b_w \cdot l_w \right) \qquad (۶۱)$$

که در آن

ρ_h نسبت میلگرد افقی؛

f_y استحکام تسلیم آن است.

در معادله‌ی (۶۱) مقدار[۰٫۸۵]= ϕ است؛ بند ۶-۳-۳-د را ببینید.

۷-۳-۱۳-۶-۴ طراحی میلگرد برشی

جایی که برش نهایی، V_u ، بیش از $\phi . V_c$ باشد، نسبت میلگرد افقی نباید کم‌تر از مقدار تعیین شده از معادله‌ی (۶۲) با مقدار[۰٫۸۵]= ϕ باشد؛ بند ۶-۳-۳-ت را ببینید.

$$\rho_h \geq \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi \cdot f_y \cdot b_w \cdot l_w} \qquad (۶۲)$$

علاوه بر آن، الزامات زیر نیز باید رعایت شوند :

الف - در میلگرد عمودی و افقی، دو لایه از میلگرد باید به کار برده شود.

ب- اگر نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ کم‌تر از دو باشد، نسبت فولاد عمودی، ρ_v ، نباید کم‌تر از نسبت فولاد افقی، ρ_h ، باشد.

پ- مقدار $\phi . V_n$ نباید بیش از مقدار محاسبه شده طبق معادله‌ی (۶۳) باشد.

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s) \leq \phi \cdot \left(\frac{5}{6}\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot l_w \qquad (۶۳)$$

۷-۳-۱۳-۷ پیچش

طراحی پیچشی فراتر از هدف این استاندارد است، و وقتی که پیچش نهایی محاسبه شده، T_u، کم‌تر از مقدار مشتق شده از معادله‌ی (۶۴) است؛ باید ندیده گرفتن آن مجاز باشد.

$$T_u \leq \phi \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{24}\right) \cdot \left(\frac{h^2 \cdot b^2}{h + b}\right) \qquad (۶۴)$$

با وجود اینکه وقتی که در اعضا پیچشی کم‌تر از مقدار داده شده در معادله‌ی (۶۴) وجود دارد؛ خاموت‌های بسته شده با یک میله‌ای به قطر حداقل mm ۱۰باید نزدیک تکیه‌گاه‌ها فراهم شود و فاصله‌ی اندازه‌گیری شده آن در سراسر طول عنصر بیش از $b/4$ یا $d/4$ عنصر کوچک‌تر، برای یک فاصله‌ی برابر با یک چهارم دهانه‌ی آزاد عنصر اندازه‌گیری شده از وجه داخلی هر تکیه‌گاه نباشد.

در معادله‌ی (۶۴) مقدار[۰٫۸۵]= ϕ است؛ بند۶-۳-۳-د را ببینید.

۷-۳-۱۴ مقاومت لهیدگی

بار اسمی فشاری نهایی، P_u ، اعمال شده به طور هم مرکز بر یک سطح، A_c، نباید بیش از مقاومت لهیدگی طراحی بتن ($\phi . P_n$) که طبق معادله‌ی (۶۵) محاسبه شده است باشد :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot 0{,}85 \cdot f'_c \cdot A_c \qquad (۶۵)$$

که A_c برابر است با سطح تماس و بر حسب میلی‌متر مربع بیان می‌شود و مقدار[۰٫۷۰]= φ می‌باشد؛ بند ۶-۳-۳-ث را ببینید.

۷-۴ سامانه طبقه

۷-۴-۱ انواع سامانه طبقه

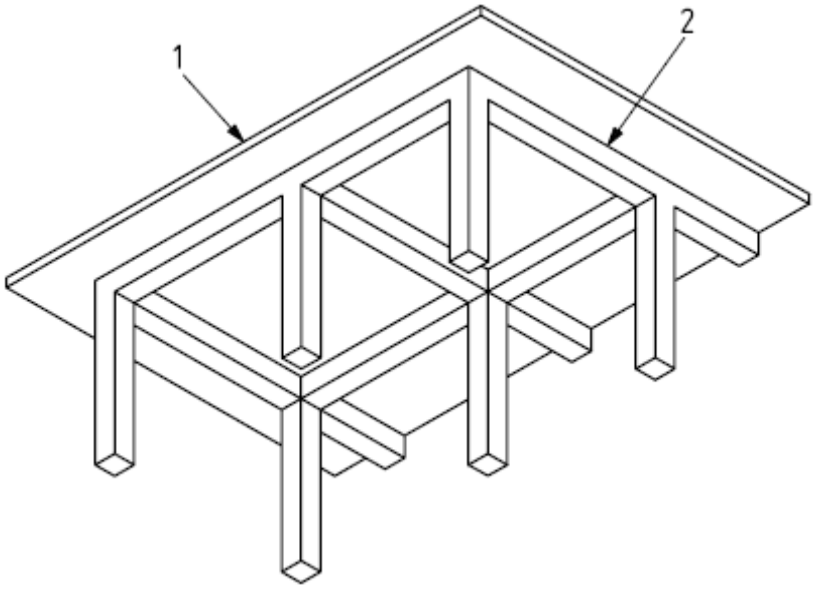
۷-۴-۱-۱ کلیات

سامانه‌ی طبقه‌ی به کار برده شده در یک بنای طراحی شده بر طبق این استاندارد باید یکی از سامانه‌های تحت پوشش یا با سایر تغییرات مجاز باشد. انتخاب یک سامانه‌ی طبقه‌ی مناسب باید پس از انجام مطالعات متعدد جایگزین صورت گیرد.

۷-۴-۱-۲ سامانه‌ی دال روی شاه‌تیر

۷-۴-۱-۲-۱ شرح سامانه‌ی اصلی

این سامانه تشکیل شده است از یک شبکه‌ای از شاه‌تیرها در هر دو جهت مسطح اصلی با یک دال گسترده بر فضای بین شاه‌تیرها، این شاه‌تیرها در خطوط یا محورهای ستون و دهانه‌ی فاصله‌ی بین ستون‌ها قرار گرفته‌اند. یک دال یکپارچه توسط شاه‌تیرها نگه داشته می‌شود. دال می‌تواند نسبت به لبه‌ی تیر دارای طره (پیش آمدگی) باشد. در این سامانه، دال عمق کم-تری نسبت به شاه‌تیرها دارد؛ شکل ۴۵ را ببینید. این سامانه باید مطابق با مقررات برای یکپارچگی (بی‌عیبی) سازه مشخص شده در بند ۷-۴-۳ باشد.



راهنما:

۱-دال

۲-شاه‌تیر

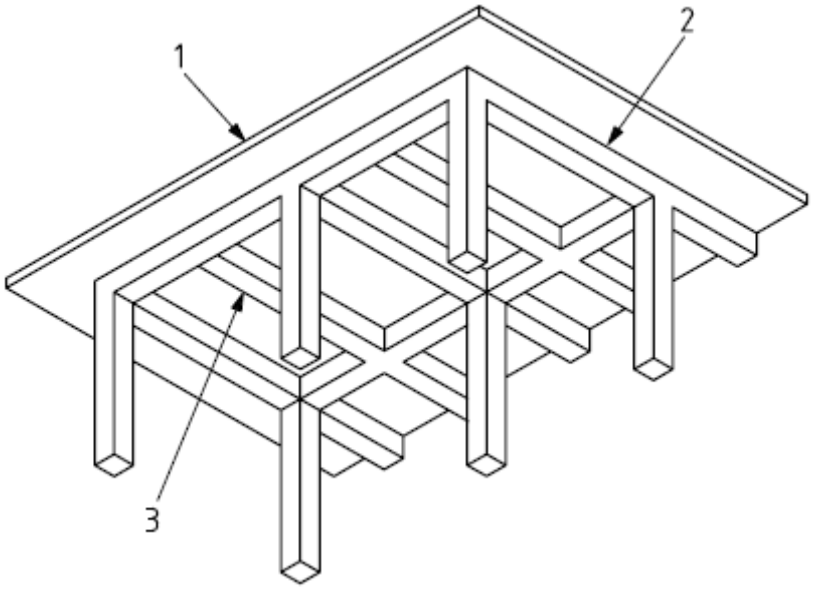
شکل ۴۵- سامانه‌ی دال بر روی شاه‌تیر

۷-۴-۱-۲-۲ استفاده از تیرهای میانی

یکی از تغییرات اصلی این سامانه استفاده از تیرهای میانه تکیه داده شده بر شاه‌تیرهاست. یک یا چندین تیر می‌تواند در هر دهانه به کار برده شود. تیرهای میانی می‌تواند ارتفاع یکسانی با شاه‌تیرها داشته یا نازک‌تر باشند. این تیرها می‌تواند در یک جهت همان‌طور که در شکل ۴۶ نشان داده شده، یا دو جهت، همان‌طورکه در شکل ۴۷ نشان داده شده باشد. استفاده از تیرهای میانی به تعداد بسیار زیاد، سامانه را نسبت به سامانه‌ی اتصال شرح داده شده در بند ۷-۴-۱-۳ سنگین خواهد کرد.

۷-۴-۱-۲-۳ مزیت‌ها

برای سامانه‌ی دال روی شاه‌تیر، هر جزء تشکیل دهنده‌ای حداقل عمق و عرض مناسب را برای انطباق با مقررات مقاومت و قابلیت بهره‌برداری داشته و بنابراین وزن نسبتاً کمی دارد. سامانه می‌تواند دهانه‌هایی با هر اندازه را جای دهد، به آسانی می‌تواند با هر شکل مسطح تطبیق داده شود و سوراخ‌های (لبه‌های کنگره-ای) بزرگ، مجراها و شفت‌ها (محورهای استوانه‌ای) می‌تواند بدون مشکلات عمده اجرا شود.



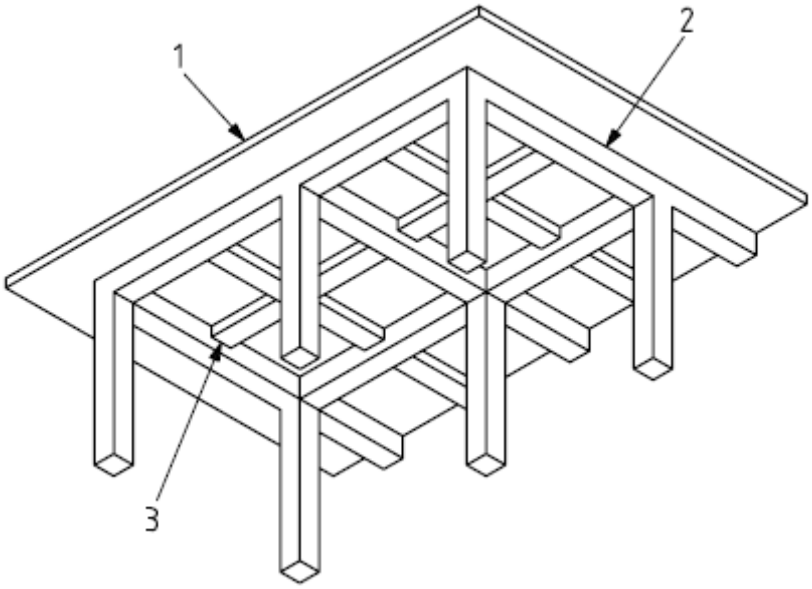
راهنما :

۱- دال

۲- شاه‌تیر

۳- تیر میانی یک طرفه

شکل ۴۶- استفاده از تیرهای میانی یک طرفه در سامانه‌ی طبقه‌ی دال روی شاه‌تیر



راهنما :

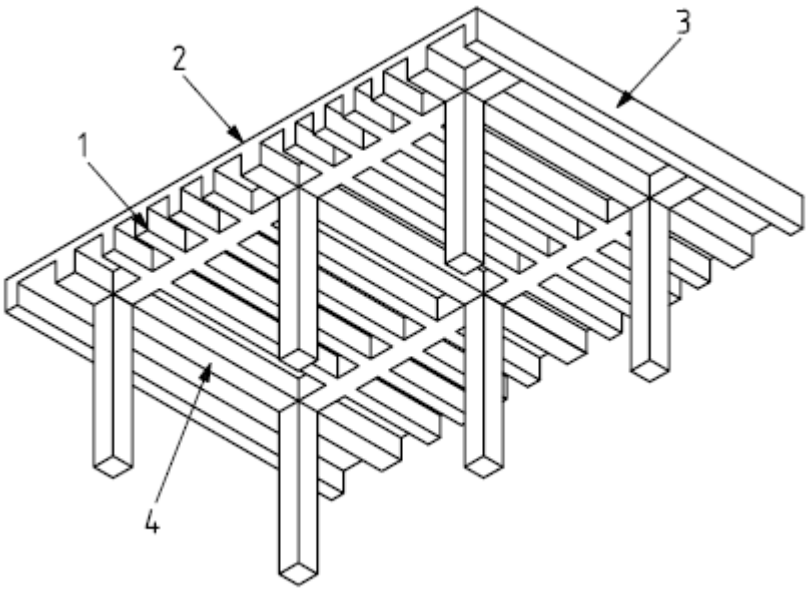
۱- دال
۲- شاه‌تیر
۳- تیر میانی دوطرفه

شکل ۴۷- استفاده از تیرهای میانی دو طرفه در سامانه‌ی طبقه‌ی دال روی شاه‌تیر

۷-۴-۱-۳ سامانه‌های تیرچه

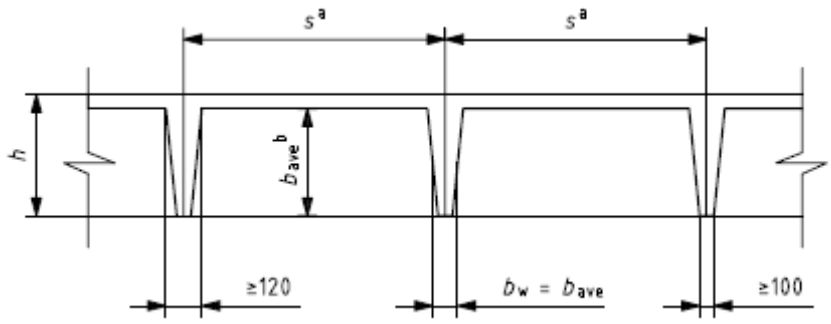
۷-۴-۱-۳-۱ شرح سامانه‌ی اصلی

سامانه‌ی تیرچه تشکیل شده است از یک سری میله‌های آج‌دار موازی، یا تیرچه‌ها که با شاه‌تیرها نگه داشته‌اند. شاه‌تیرها در خطوط یا محورهای ستون داخل دهانه‌ی فاصله‌ی بین ستون‌ها قرار گرفته‌اند. یک دال یکپارچه نازک فاصله‌ی بین تیرچه‌ها را می‌پوشاند؛ شکل ۴۸ را ببینید. این سامانه باید با مقررات سازه که در بند ۷-۴-۳ به طور کامل مشخص شده است، مطابق باشد. این دال نباید نسبت به لبه‌ی تیرچه دارای پیش آمدگی باشد. در این سامانه، سطح تیرچه‌ها اغلب عمق یکسانی با شاه‌تیرها دارد، اما می‌تواند کمی عمق کم-تر داشته باشد. فاصله‌ی بین تیرچه‌های موازی که از مرکز تا مرکز تیرچه‌ها اندازه گیری می‌شود، نباید بیش از[۲٫۵] برابر عمق، h، تیرچه یا ۱٫۲m باشد. پهنای جان (تیغه‌ی) تیر در قسمت بالایی نباید کم‌تر از $۱۲۰mm$ باشد. کم‌ترین پهنا نباید کم‌تر از $۱۰۰mm$ باشد. عمق آزاد تیرچه نباید بیش از پنج برابر میانگین پهنای آن باشد. دال نازک باید با حداقل مقررات ضخامت مشخص شده در بند ۷-۴-۵-۲-۱ مطابق باشد.



راهنما :
۱- تیرچه
۲- دال نازک فوقانی
۳- لبه‌ی تیرچه
۴- شاه‌تیر یا تیر

شکل ۴۸ – سامانه‌ی طبقه تیرچه



راهنما : محدودیت‌ها

a : $s \leq 2{,}5\,h$ یا $s \leq 1{,}2$ m

b : $b_{ave} \leq 5$

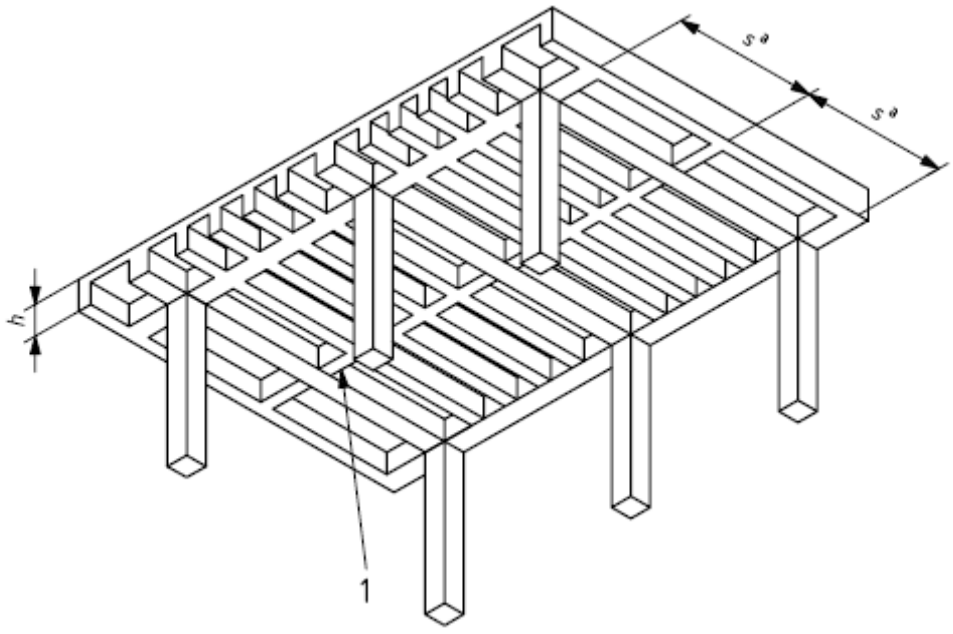
شکل ۴۹- ابعاد مقطع تیرچه

۷-۴-۱-۳-۲ نوع قالب بندی

وقتی عمق تیرچه‌ها و شاه‌تیر یکسان باشد، تخته‌ی قالب‌بندی نگه‌داشته شده روی شمع‌ها به کار می‌رود. تیرچه‌ها با عمق کم‌تر از شاه‌تیرها ممکن است قالب‌بندی با جزئیات (دقت) بیش‌تری را نیاز داشته باشند برای ایجاد فضاهای خالی اتصالات دائمی و موقت، شکل و مصالح متفاوت به کار می‌رود. از جمله متداول-ترین، اتصالات چوبی دائمی و موقت، اتصالات موقت ساخته شده از فلز، فایبر گلاس، پلاستیک یا استیرفوم، یا سیمان دائمی، خاکستر یا خاک بلوک‌های پرکننده می‌باشد.

۷-۴-۱-۳-۳ توزیع پشت‌بندها (شیار ها)

در سامانه‌های تیرچه که دهانه فقط در یک جهت است، برای جلوگیری از اینکه یک بار متمرکز فقط با یک تیرچه اعمال شود؛ توزیع پشت‌بندها باید با جداکننده‌هایی که عمقشان بیش‌تر از۱۰ برابر عمق کل، h، یا تیرچه‌ای که بیش از چهار متر نباشد به کار رود. شکل ۵۰ را ببینید.



راهنما :

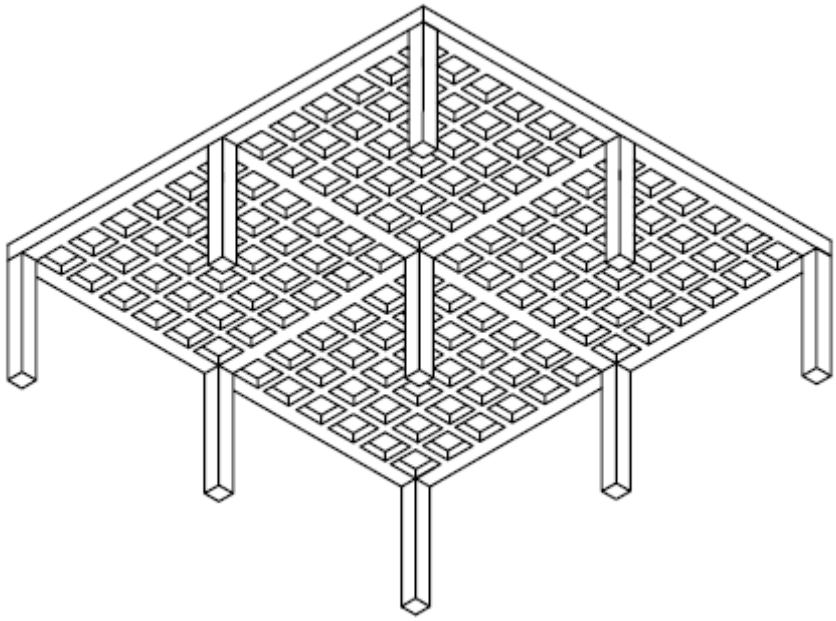
۱-شیار توزیع

a- محدودیت‌ها : $s \leq ۱۰\, h$ ، $s \leq ۴mm$

شکل ۵۰ - شیارهای توزیع

۷-۴-۱-۳-۴ سامانه‌های تیرچه دو طرفه

برای دهانه‌های تقریباً برابر در دو جهت، استفاده از تیرچه‌های در دو جهت می‌تواند مفید باشد. در این حالت، برای آنکه سامانه به عنوان یک سامانه‌ی تیرچه طبقه‌بندی شود، تیرچه‌ها باید روی شاه‌تیرها تکیه داده شوند (مستقر شوند). این سامانه به عنوان یک دال مشبک روی تیرها قرار داده می‌شود؛ شکل ۵۱ را ببینید. اگر تیرها حذف شوند، سامانه باید به عنوان یک سامانه‌ی سقف مشبک که در بند ۷-۴-۱-۳-۴ شرح داده شده طبقه‌بندی شود.



شکل ۵۱ – سامانه‌ی تیرچه‌ی دو طرفه یا سامانه‌ی سقف مشبک روی تیرها

۷-۴-۱-۳-۵ فواید سامانه‌های تیرچه

سامانه‌ی تیرچه با وزن نسبتاً کم خود، برای ایجاد خطوط سوراخ‌های کوچک منافذ هواکش و تنه ستون‌ها (شفت‌ها) می‌تواند با دهانه‌های بزرگ تطبیق کند. برای بارهای زنده سنگین یا بارهای دایمی بزرگ، به علت عمق نسبتاً زیاد سامانه می‌تواند به راحتی با مقررات پذیرش خمش تطبیق کند. فاصله‌ی آزاد بین تیرچه‌ها رابطه‌ای جایگزین است : نازک‌بودن دال بالایی و تعداد بیش‌تر تیرچه‌های مورد نیاز به طراح اجازه می‌دهد آزادی زیادی را در انتخاب ابعاد مناسب داشته باشد.

۷-۴-۲ معیارهایی برای انتخاب سامانه‌ی طبقه

طراح سازه باید یک سامانه‌ی طبقه را از میان سامانه‌های مشخص شده در بند ۷-۴-۱ این استاندارد انتخاب کند. جایگزین‌های متعددی باید مطالعه شود و انتخاب نهایی باید با در نظر گرفتن مزایای هر کدام از آنها بر طبق واژه‌های زیر صورت گیرد :

الف - مقدار بارهای مرده و زنده و به طور خاص وزن خود سامانه؛

ب - طرح اولیه‌ی نقشه هندسی سازه، مخصوصا طول دهانه در هر دو جهت نقشه و نسبت بین آنها؛
پ - حضور طره‌ها و بیش‌ترین دهانه‌ی آنها و جهت آنها؛
ت - نوع کاربری (اشغال) بنا؛
ث - مقاومت بالای مصالح در دسترس، هم بتن و هم فولاد مسلح کننده.
ج - رفتار مورد انتظار سامانه‌ی دال و مناسب بودن انطباق با تغییر پذیری و معیارهای انحراف؛
چ - مقدار مصالح نظیر بتن، فولاد و قالب بندی مورد نیاز برای ساخت سامانه‌ی طبقه، با احتساب اینکه سامانه‌ی طبقه احتمالا پاسخ‌گوی (مسئول) اکثریت مصالح به کار رفته برای ساخت سازه باشد؛
ح – در صورت پیروی ازسنن رایج محلی در سامانه‌ی طبقه ساختمان، که نقش مهمی در انتخاب ایفا می‌کند ممکن است هماهنگی ساخت را ساده کند؛
خ - مهارت، آموزش و تخصص باید بر انتخاب مؤثر باشد، از سامانه‌هایی که نیاز به آموزش و تخصصی بیش از کارگران محلی دارد اجتناب شود؛
د - ارزش (قیمت) نسبی جایگزین‌ها، اما فواید اقتصادی باید در مقابل رفتار مورد انتظار و ایمنی سامانه سنجیده شود.

۷-۴-۳ یکپارچگی (درستی، تمامیت، بی عیبی) سازه‌ای

۷-۴-۳-۱ کلیات

موارد زیر برای جلوگیری از خسارت به عنصر اصلی تکیه‌گاهی در هنگام پدیده‌ی بارگذاری غیر عادی باید به عنوان حداقل مقررات برای بهبود زواید و شکل‌پذیری سازه به صورت کلی مد نظر قرار گیرد، این کار ازطریق محدود کردن خسارت به محدوده نسبتاً کوچک و حفظ پایداری کلی انجام می‌گیرد.

۷-۴-۳-۲ شاه‌تیرهای محیطی

در سامانه‌های دال و شاه‌تیر و تیرچه حلقه‌ای از تیرها برای ارتباط دادن ستون‌های محیطی و دیوارهای بتنی سازه‌ای سازه تعبیه شود، حتی وقتی شاه‌تیرها در سامانه‌های دال و شاه‌تیر و سامانه‌های تیرچه برای نگه داشتن دال یا تیرچه‌ها فقط در یک جهت در نقشه باشد.
این تیرهای محیطی یا شاه‌تیرها، باید حداقل سطح مقطع میلگرد طولی پیوسته بالا و پایین را دربر گیرد، و با خاموت‌های بسته مطابق با بند ۷-۶-۵-۵ گره زده شده باشد. این میلگرد باید اغلب با استفاده از وصله پوششی با حداقل طولی که در بند ۷-۳-۸-۲ مشخص شده است، پیچیده شود.

۷-۴-۳-۳ تیرها و شاه‌تیرهای دیگر

تمامی تیرها و شاه‌تیرها، به غیر از شاه‌تیرهای محیطی مطابق با بند ۷-۴-۳-۲، باید دارای خاموت‌هایی بسته و حداقل سطحی از میلگرد طولی پایینی پیوسته باشند، همان طور که در بندهای ۷-۶-۴-۵ و ۷-۶-۵-۵ مشخص شده است. این میلگردها اغلب باید در داخل به صورت وصله پوششی یا به تکیه‌گاه‌ها، با استفاده از حداقل وصله پوششی مشخص شده در بند ۷-۳-۸-۲ بسته شده باشند.

۷-۴-۳-۴ تیرچه ها

در تیرچه‌ها، حداقل یک میله‌ی پایینی باید به طور پیوسته روی تکیه‌گاه باشد، یا باید در آنجا با استفاده از حداقل طول وصله همپوشان مشخص شده در بند ۷-۳-۸-۲ پیچانده شود و در تکیه‌گاه‌های ناپیوسته باید یک قلاب استاندارد عبور داده شود؛ بند ۷-۶-۴-۵ را ببینید.

۷-۴-۴ دال یک طرفه و دو طرفه‌ی عامل و مسیر بار

۷-۴-۴-۱ کلیات

مسیری که بار از نقطه‌ی اعمال تا تکیه‌گاه‌ها در یک سامانه‌ی دال عبور داده می‌شود به ابعاد هندسی نقشه‌ی صفحه‌ی دال و نیز سفتی و سختی عناصر تکیه‌گاهی بستگی دارد. در این استاندارد، مسیر بارهای اعمالی بر تکیه‌گاه‌ها باید به دو دسته‌ی عامل یک طرفه و دو طرفه تقسیم بندی شود.

۷-۴-۴-۲ عامل یک طرفه

یک دال، به صورت یکپارچه یا همراه با تیرچه‌ها در موارد زیر باید به صورت یک طرفه در نظر گرفته شود:

الف- دو لبه‌ی آزاد متقابل بدون تکیه‌گاه عمودی داشته باشد، و نیز شاه‌تیرها یا تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای در راستای طول لبه‌ای که در دو لبه‌ی مقابل دیگر با تکیه‌گاه عمودی فراهم شده، داشته باشد.

ب- صفحه‌ی دال به شکل صفحه‌ی مستطیل باشد و برای شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای که تکیه‌گاه عمودی در تمامی لبه‌ها آماده نموده دهانه‌ی بزرگ دال، از دو برابر دهانه‌ی کوچک دال بزرگ‌تر باشد؛ یا

پ- دارای تیرچه باشد، مگر آنکه شیارهای توزیع فقط در یک جهت باشد.

۷-۴-۴-۳ عامل دو طرفه

یک دال، به صورت یکپارچه یا همراه با تیرچه باید وقتی که صفحه‌ی دال مستطیل شکل است و شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای در تمام طول لبه‌هایی که تکیه‌گاه عمودی فراهم نموده امتداد دارد و طول دهانه‌ی دال، کم‌تر از یا برابر با دو برابر دهانه‌ی کوتاه دال است به صورت دو طرفه در نظر گرفته شود.

۷-۴-۵ حداقل عمق مجاز عناصر سامانه‌ی طبقه

۷-۴-۵-۱ کلیات

حداقل عمق مجاز سامانه‌ی طبقه باید به طور کافی و به اندازه‌ای در نظر گرفته شود که حالت قابلیت بهره برداری را برآورده کند، بنابراین آماده کردن سختی کافی برای عنصر به منظور جلوگیری از انحرافات ناخواسته ایجاد شده با بارهای مرده و زنده ضروری است.

۷-۴-۵-۲ دال‌های یک طرفه‌ی یکپارچه نگه داشته شده با شاه‌تیرها، تیرها، تیرچه‌ها یا دیوارهای سازه‌ای

۷-۴-۵-۲-۱ دال یکپارچه نازک بالایی که فاصله‌ی بین تیرچه‌ها را می‌پوشاند

دال نازک بالایی باید حداقل ضخامت $l/20$ داشته باشد، اما وقتی که بتن دائمی یا بلوک‌های پرکننده‌ی رسی به کار برده می‌شود نباید از mm ۴۵ کم‌تر باشد یا در تمامی حالت‌های دیگر از mm ۵۰ کم‌تر نباشد.

۷-۴-۵-۲-۲ عناصر غیر سازه‌ای نامشابه از نظر صدمه دیدن توسط خیزهای بزرگ

وقتی که یک دال، جدا کننده‌ها یا سایر عناصر غیر سازه‌ای را نگه ندارد یا هنگامی که از مصالحی غیر مشابه از نظر آسیب دیدن در اثر خیزهای بزرگ ساخته شود، حداقل ضخامت، h_c، نباید کم‌تر از مقادیر داده شده در جدول ۸ باشد، که طول دهانه، l، باید فاصله‌ی مرکز تا مرکز بین تکیه‌گاه‌ها در نظر گرفته شود، مگر هنگامی که دهانه کم‌تر از سه متر باشد که در چنین حالتی در نظر گرفتن l به عنوان دهانه‌ی آزاد مجاز است.

جدول ۸–حداقل ضخامت، h، برای دال‌های یکپارچه یک طرفه نگه داشته با عناصر غیر سازه‌ای که می‌تواند خیزهای بزرگ را ایجاد کند

امتداد در عرض تکیه‌گاه‌ها	حداقل ضخامت h
تکیه‌گاه ساده	$\frac{l}{20}$
از یک طرف پیوسته	$\frac{l}{24}$
از دو طرف پیوسته	$\frac{l}{28}$
طره (کنسول)	$\frac{l}{10}$

۷-۴-۵-۲-۳ عناصر غیر سازه‌ای مشابه از نظرآسیب دیدن در اثر خیزهای بزرگ

وقتی که یک دال، لبه‌ی بالا یا پایین جدا کننده‌ها یا سایر عناصر غیر سازه‌ای که از نظر آسیب در برابر خیزهای بزرگ، مشابه هستند را نگه دارد، حداقل ضخامت، h، نباید کم‌تر از مقادیر مشخص شده در جدول ۹ باشد، که طول دهانه، l، باید به عنوان فاصله‌ی مرکز تا مرکز بین تکیه‌گاه‌ها در نظر گرفته شود مگر هنگامی که یک دهانه کم‌تر از سه متر باشد، که در چنین حالتی در نظر گرفتن، l، به عنوان دهانه‌ی آزاد مجاز است.

جدول ۹ - حداقل ضخامت، h، برای دال‌های یکپارچه یک طرفه نگه دارنده‌ی عناصر غیر سازه‌ای که به وسیله‌ی خیزهای بزرگ به طور غیر یکسان آسیب می‌بینند

امتداد در عرض تکیه‌گاه‌ها	حداقل ضخامت h
تکیه‌گاه ساده	$\frac{l}{14}$
از یک طرف پیوسته	$\frac{l}{16}$
از دو طرف پیوسته	$\frac{l}{19}$
طره (کنسول)	$\frac{l}{7}$

۷-۴-۵-۳ شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌های یک طرفه‌ی نگه‌دارنده‌ی دال

۷-۴-۵-۳-۱ عناصر غیر سازه‌ای که توسط خیزهای بزرگ به طور غیر مشابه آسیب می‌بینند

وقتی که یک شاه‌تیر، تیر یا تیرچه‌ی یک طرفه جدا کننده‌ها یا سایر عناصر غیر سازه‌ای را نگه ندارد یا از مصالحی که توسط خیزهای بزرگ به طور غیر یکسان آسیب می‌بینند، ساخته شده باشد، حداقل ضخامت، h، نباید کم‌تر از مقادیر مشخص شده در جدول ۱۰ باشد، که طول دهانه، l ، باید فاصله‌ی مرکز تا مرکز بین تکیه‌گاه‌ها در نظر گرفته شود، مگر هنگامی که دهانه کوچک‌تر از سه متر باشد، که در چنین حالتی در نظر گرفتن l به عنوان دهانه‌ی آزاد باید مجاز باشد.

جدول ۱۰ - حداقل ضخامت، h، برای شاه‌تیرها تیرها و تیرچه‌های یک طرفه‌ی نگه‌دارنده‌ی عناصر غیر سازه‌ای که می‌تواند خیزهای بزرگ را ایجاد کند

امتداد در عرض تکیه‌گاه‌ها	حداقل ضخامت h
تکیه‌گاه ساده	$\frac{l}{16}$
از یک طرف پیوسته	$\frac{l}{18.5}$
از دو طرف پیوسته	$\frac{l}{21}$
طره (کنسول)	$\frac{l}{8}$

۷-۴-۵-۳-۲ عناصر غیر سازه‌ای که توسط خیزهای بزرگ به طور مشابه آسیب می‌بینند

وقتی که یک شاه‌تیر، تیر یا تیرچه‌ی یک طرفه، قسمت‌های بالا یا پایین لبه‌ی جدا کننده‌ها ، یا سایر عناصر غیر سازه‌ای را که به طور مشابه توسط خیزهای بزرگ آسیب می‌بینند را نگه دارد، حداقل ضخامت، h، نباید کم‌تر از مقادیر مشخص شده در جدول ۱۱باشد، که طول دهانه، l ، باید فاصله‌ی مرکز تا مرکز بین تکیه‌گاه-ها در نظر گرفته شود، مگر برای تیرچه‌ها هنگامی که دهانه کوچک‌تر از سه متر باشد، که در چنین حالتی در نظر گرفتن l به عنوان دهانه‌ی آزاد باید مجاز باشد.

جدول ۱۱- حداقل ضخامت h برای شاه‌تیرها، تیرها و عناصر غیر سازه‌ای تکیه‌گاهی تیرچه‌های یک طرفه که به طور مشابه توسط خیزهای بزرگ آسیب ببیند

امتداد در عرض تکیه‌گاه‌ها	حداقل ضخامت h
تکیه‌گاه ساده	$\frac{l}{11}$
از یک طرف پیوسته	$\frac{l}{12}$
از دو طرف پیوسته	$\frac{l}{14}$
طره (کنسول)	$\frac{l}{5}$

۷-۴-۵-۴ دال‌های دوطرفه نگه‌داشته شده با شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

حداقل عمق مجاز دال‌های دوطرفه دربردارنده‌ی تیرچه‌ی دوطرفه و سامانه‌های لایه‌ای در تیرهایی که با شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای نگه‌داشته شده است در تمامی لبه‌های صفحه باید مطابق با معادله‌ی ۶۶ باشد و برای دال‌های یکپارچه نباید کم‌تر از mm ۱۲۰ برای دهانه‌های l_n ، بزرگ‌تر از سه متر و کم‌تر از mm۱۰۰ برای دهانه‌های l_n ، کم‌تر یا برابر سه متر باشد.

$$h = \frac{l_n}{30 + 3 \cdot \beta} \qquad (۶۶)$$

که در آن:

l_n طول دهانه‌ی آزاد در جهت طولی است که از اندازه‌گیری فاصله‌ی مرکز تا مرکز تیرهای تکیه‌گاهی بدست می‌آید؛

β نسبت دهانه‌ی آزاد بلندتر به دهانه‌ی آزاد کوتاه‌تر صفحه‌ی دال است.

طراحی دال‌های دو طرفه روی تیرها باید طوری باشد که عمق شاه‌تیرها یا تیرهای تکیه‌گاهی کم‌تر از سه برابر ضخامت دال نباشد؛ بند ۷-۵-۸-۱ را ببینید.

۷-۴-۶ ابعاد آزمایشی اولیه برای سامانه‌ی طبقه

ابعاد آزمایشی اولیه برای همه‌ی عناصر سامانه‌ی طبقه باید تعیین شود. این ابعاد آزمایشی اولیه باید با استفاده از حداقل عمق یا ضخامت، h، که در بند ۷-۴-۵ ارائه شده است تعیین شود. برای تیر و شاه‌تیرها، پهنای آزمایشی اولیه، b_w، باید به عنوان نصف عمق عنصر، h، در نظر گرفته شود، اما نباید از mm۲۰۰ کم‌تر باشد؛ برای تیرچه‌ها، باید با استفاده از حداقل پهنای ابعاد داده شده در بند ۷-۴-۱-۳-۱ تعیین شود. این ابعاد آزمایشی اولیه حالت حدی بهره‌برداری را برآورده می‌کند و باید همان‌طور که توسط حالت حدی مقاومت به عنوان روش‌های تعریف طراحی مورد نیاز است اصلاح شود. وزن سازه باید با استفاده از ابعاد آزمایشی اولیه از طریق جایگزینی ابعادی که در حین فرایند طراحی معرفی شده است برآورد شود.

۷-۵ دال‌های یکپارچه قرار گرفته روی شاه‌تیرها، تیرها، تیرچه‌ها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

۷-۵-۱ کلیات

طراحی دال‌های یکپارچه یک طرفه و دو طرفه توسط شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای در لبه-هایشان باید مطابق با مقررات بند ۷-۵ انجام شود. ضمناً دال یکپارچه باریک بالایی که بین تیرچه‌ها را پوشانده را نیز شامل می‌شود.

۷-۵-۲ تعیین بار طراحی

۷-۵-۲-۱ بارهایی که باید در نظر گرفته شوند

بار طراحی برای دال‌های یکپارچه قرار گرفته روی شاه‌تیرها، تیرها، تیرچه‌ها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای باید بر طبق الزامات بند ۷-۲تعیین شود. بارهای ناشی از وزن که در هنگام طراحی باید منظور شوند شامل موارد زیر می‌باشند:

الف- بارهای مرده: وزن خود عناصر سازه‌ای، عناصر غیرسازه‌ای مسطح، عناصر غیر سازه‌ای ایستاده و بار تجهیزات ثابت؛ اگر وجود داشته باشد؛

ب- بارهای زنده؛

پ- اگر دال بخشی از سامانه‌ی سقف باشد، مقادیر مناسبی برای بار زنده‌ی سقف، بار باران و بار برف.

۷-۵-۲-۲ بار مرده و بار زنده

مقادیر بار مرده، q_d، و بار زنده، q_l، باید برحسب نیوتن بر متر بیان شود. q_d، باید شامل وزن خود دال یکپارچه و معادل ۲۴ N/mm^2 در هر میلی‌متر ضخامت باشد و وزن عناصر مسطح و غیرسازه‌ای ایستاده باید برحسب نیوتن بر متر مربع بیان شود. بار زنده باید طبق بند ۷-۲-۶ تعیین شود. اگر دال بخشی از سامانه‌ی سقف باشد، بارهای برف مشخص شده در بند ۷-۲-۴ در صورت نیاز باید اعمال شود.

۷-۵-۲-۳ بار طراحی نهایی

مقدار بار طراحی نهایی، q_u ، که برحسب نیوتن بر متر مربع بیان می‌شود باید مقدار بزرگ‌تری باشد که با ترکیب q_d و q_l بر طبق معادلات ۳ و ۴ بدست آمده است. اگر دال بخشی از یک سامانه‌ی سقف باشد، معادلات ۵ و ۶ باید با انتخاب بزرگ‌ترین مقدار از میان نتایج هر چهار معادله بررسی شود.

۷-۵-۳ جزییات میلگرد

۷-۵-۳-۱ کلیات

برای اهداف این استاندارد، میلگرد دال‌های یکپارچه روی شاه‌تیرها باید از انواع شرح داده شده و مطابق با مقررات بندهای ۷-۵-۳-۲ تا ۷-۵-۳-۸ باشد.

۷-۵-۳-۲ میلگرد انقباضی و حرارتی

۷-۵-۳-۲-۱ شرح

برای تنش‌های انقباضی و حرارتی معمولی میلگرد خمشی دال، در دال‌های قرارگرفته روی شاه‌تیرها در جایی که میلگرد خمشی فقط در یک جهت انبساط دارد میلگرد انقباضی و دمایی باید تعبیه شود.

۷-۵-۳-۲-۲ موقعیت (مکان)

میلگرد انقباضی و دمایی باید در بالای میلگرد خمشی مثبت و عمود بر آن قرار گیرد، مگر در دال‌های سقف که در آن باید در زیر میلگرد خمشی منفی و عمود بر آن قرار داده شود.

۷-۵-۳-۲-۳ حداقل سطح میلگرد

میلگرد انقباضی و دمایی باید مطابق با حداقل نسبت میلگرد فولادی، طبق بند ۷-۳-۹-۲-۱ باشد.

۷-۵-۳-۲-۴ حداقل و حداکثر فاصله‌ی میلگرد

فاصله‌ی میلگرد انقباضی و حرارتی نباید بیش از آنچه که در بند ۷-۳-۷-۷ مشخص شده باشد و نباید کم‌تر از مقدار مشخص شده در بند ۷-۳-۷-۲ باشد.

۷-۵-۳-۲-۵ اتصال دادن میلگرد

وصله پوششی میلگرد انقباضی و حرارتی در هر موقعیتی باید مجاز باشد. طول اتصال باید بر طبق بند ۷-۳-۸-۲ باشد.

۷-۵-۳-۲-۶ مهار بندی انتهای میلگرد

میلگرد انقباضی و حرارتی باید با یک قلاب استاندارد، در لبه‌های دال مهار شود. قرار دادن قلاب بصورت افقی باید مجاز باشد.

۷-۵-۳-۳ میلگرد خمشی مثبت

۷-۵-۳-۳-۱ شرح

میلگرد خمشی مثبت باید در قسمت پایین مقطع دال همان‌طور که در بند ۷-۵ مشخص شده تهیه شود و باید با مقررات عمومی بند ۷-۵-۳-۳ و مقررات ویژه برای هر نوع دال طبق بندهای ۷-۵-۴ تا ۷-۵-۸ انطباق داشته باشد.

۷-۵-۳-۳-۲ موقعیت

میلگرد خمشی مثبت باید به طور موازی با دهانه‌ی کوتاه دال‌های روی شاه‌تیر یک طرفه و هر دو جهت در دال‌های دوطرفه باشد. میلگرد خمشی مثبت باید همان‌طور که طبق مقررات بند ۷-۳-۴-۱ برای پوشش بتنی، مجاز شده نزدیک سطح پایینی دال قرار گیرد. در سامانه‌های دوطرفه، میلگرد خمشی مثبت باید زیر میلگرد خمشی مثبت دهانه‌ی بلندتر قرار گیرد. مقدار میلگرد خمشی مثبت باید به اندازه‌ای باشد که برای پایداری در برابر لنگر طراحی مثبت نهایی، مورد نیاز است.

۷-۵-۳-۳-۳ حداقل مساحت میلگرد

حداقل مساحت میلگرد خمشی مثبت باید برابر با مساحت مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۲-۲ باشد.

۷-۵-۳-۳-۴ حداکثر مساحت میلگرد

مساحت میلگرد خمشی مثبت نباید بیش از مقادیر مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۲-۲ باشد.

۷-۵-۳-۳-۵ حداکثر و حداقل فاصله میلگرد

میلگرد خمشی مثبت نباید بیش از مقادیر مشخص شده در بند ۷-۳-۶ یا کم‌تر از مقادیر مجاز شده در بند ۷-۳-۷-۲ از هم فاصله داشته باشد.

۷-۵-۳-۳-۶ نقاط برش (قطع شدگی)

امتداد یافتن میلگردها در موقعیت‌های تعیین شده در بندهای ۷-۵-۶ تا ۷-۵-۸ برای هر نوع دال باید مجاز باشد، طوری که از نیمی از میلگرد خمشی مثبت مورد نیاز برای پایداری در برابر لنگر مثبت طراحی نهایی متناظر در میانه دهانه بیش‌تر نباشد.

۷-۵-۳-۳-۷ اتصال میلگرد

وصله پوششی میلگرد خمشی مثبت باقی مانده بین نقطه برش و وجه مثبت تکیه‌گاه باید مجاز باشد.

۷-۵-۳-۳-۸ جاسازی در تکیه‌گاه‌های داخلی

میلگرد خمشی مثبت امتداد یافته در تکیه‌گاه داخلی باید با امتداد آن تا وجه مقابل تکیه‌گاه، جای داده شود.

۷-۵-۳-۳-۹ مهار بندی انتهای میلگرد

میلگرد خمشی مثبت عمود بر یک لبه ناپیوسته باید تا لبه دال امتداد یابد و باید با یک قلاب استاندارد در شاه‌تیر، تیر یا دیواره بتنی سازه‌ای که تکیه‌گاهی را در آن لبه تهیه می‌کند مهار شود.

۷-۵-۳-۴ میلگرد خمشی منفی

۷-۵-۳-۴-۱ شرح

میلگرد خمشی منفی باید در قسمت بالایی مقطع دال در لبه‌ها و تکیه‌گاه‌ها در مقادیر و طول‌های مشخص شده در بند ۷-۵ تهیه شود و باید با مقررات عمومی بند ۷-۵-۳-۴ و مقررات ویژه برای هر نوع دال همان‌طور که در بندهای ۷-۵-۴ تا ۷-۵-۸ مشخص شده مطابق باشد.

۷-۵-۳-۴-۲ موقعیت

میلگرد خمشی منفی باید به طور عمود بر لبه و در میان شاه‌تیرهای نگه دارنده تیرها و دیوارهای بتنی سازه‌ای باشد . میلگرد خمشی منفی باید در نزدیکی سطح بالایی دال واقع شود، همان‌طور که توسط مقررات (بند۷-۳-۴-۱) برای پوشش بتنی مجاز شده است. در سامانه‌های دوطرفه میلگرد خمشی منفی باید بالای میلگرد خمشی منفی دهانه بلند واقع شود. مقدار میلگرد خمشی منفی باید آن مقداری باشد که برای پایداری در برابر لنگر طراحی منفی نهایی مقطع مورد نیاز است.

۷-۵-۳-۴-۳ حداقل مساحت میلگرد

حداقل مساحت میلگرد خمشی منفی باید برابر با مساحت مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۲-۲ باشد.

۷-۵-۳-۴-۴ حداکثر مساحت میلگرد

مساحت میلگرد خمشی منفی نباید بیش‌تر از مقادیر مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۲-۳ باشد.

۷-۵-۳-۴-۵ حداکثر و حداقل فاصله میلگردها

میلگرد خمشی منفی نباید بیش از مقادیر مشخص شده در بند ۷-۳-۷-۶ یا کم‌تر از مقادیر مجاز شده در بند ۷-۳-۷-۲ از هم فاصله داشته باشد

۷-۵-۳-۴-۶ نقاط برش (قطع‌شدگی)

امتداد یافتن تمامی میلگرد خمشی منفی بجز برای طره‌ها در موقعیت‌های مشخص شده در بندهای ۷-۵-۶ تا ۷-۵-۸ برای هر نوع دال باید مجاز باشد. جایی که دهانه‌های مجاور نابرابر باشند نقاط برش میلگرد خمشی منفی باید بر مبنای مقررات دهانه‌ی بلندتر باشد.

۷-۵-۳-۴-۷ اتصال میلگرد

وصله پوششی میلگرد خمشی منفی بین نقطه قطع و تکیه‌گاه نباید مجاز باشد .

۷-۵-۳-۴-۸ مهار بندی انتهای میلگرد

میلگرد خمشی منفی عمود بر یک لبه ناپیوسته باید با یک قلاب استاندارد داخل لبه شاه‌تیر، تیر یا دیوار بتنی سازه‌ای که تکیه‌گاهی را در لبه بر طبق فاصله‌های مهار مشخص شده در بند ۷-۳-۸-۳ آماده کرده

است مهار شود. در لبه بیرونی طره‌ها، میلگرد خمش منفی عمود بر لبه باید در یک قلاب استاندارد خاتمه یابد. قرار دادن قلاب به صورت افقی باید مجاز باشد.

۷-۵-۳-۵ میلگرد برشی

طبق روش‌های طراحی برای دال‌های تجویز شده با این استاندارد، به استفاده از میلگرد عرضی در دال‌ها نیاز نیست. روش‌های طراحی میلگرد عرضی یا برشی در دال‌ها فراتر از هدف این استاندار است.

۷-۵-۳-۶ میلگرد گوشه

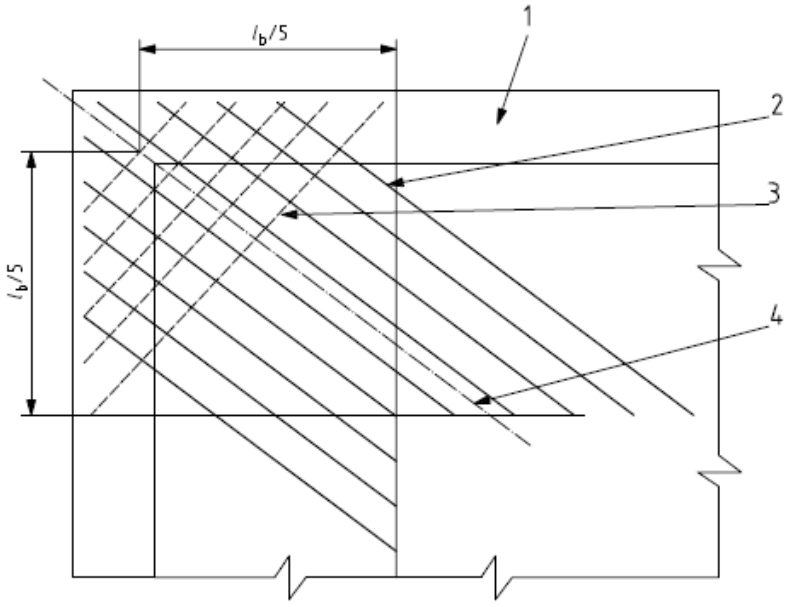
در گوشه‌های خارجی دال، علاوه بر میلگردهای دیگر، باید میلگرد مخصوصی در بالا یا پایین دال در فاصله‌ای به اندازه‌ی یک پنجم دهانه آزاد بلندتر صفحه دال(شکل ۵۲) تعبیه شود، مقادیر میلگردهای گوشه بالایی و پایینی باید از لحاظ پایداری در برابر لنگری معادل با حداکثر لنگر طراحی نهایی مثبت بر هر متر پهنای صفحه دال طبق بندهای ۷-۵-۳-۶-۱ و ۷-۵-۳-۶-۲ مناسب باشد.

۷-۵-۳-۶-۱ میلگرد گوشه‌ی بالایی

میلگرد ویژه موازی با قطر صفحه باید در بالای دال قرار گیرد. این میلگرد باید با یک قلاب استاندارد در شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای تکیه‌گاهی مهار شود.

۷-۵-۳-۶-۲ میلگرد گوشه پایینی

میلگرد ویژه عمود بر قطر صفحه باید در پایین دال قرار گیرد. این میلگرد باید با یک قلاب استاندارد در شاه تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای تکیه‌گاهی مهار شود.



راهنما:

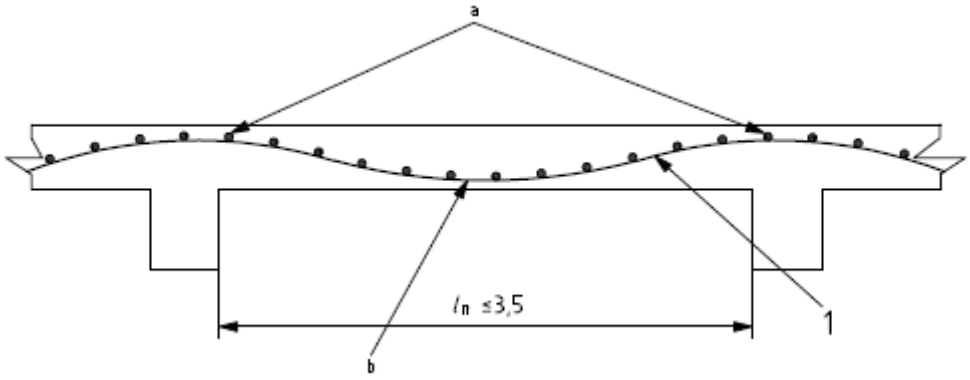
۱- شاه‌تیر،تیر یا دیوار
۲- میلگرد گوشه بالایی
۳- میلگرد گوشه پایینی
۴- قطر صفحه دال

۷-۵-۳-۷ شبکه سر

شکل ۵۲- میلگرد ویژه گوشه دال

استفاده از شبکه سیم جوش داده شده در دال‌هایی که دهانه آزاد آن‌ها بیش از m ۳٫۵ نمی‌باشند باید مجاز باشد، میلگرد خمشی مثبت و منفی با خم کردن میلگرد از یک نقطه‌ای نزدیک بالای دال روی تکیه‌گاه تا یک نقطه‌ای نزدیک پایین دال در وسط(میانه) دهانه که شبیه میلگرد پیوسته بالایی یا لنگرگاه تهیه شده قرار گیرد. سطح مقطع میلگرد خمشی باید با بیش‌ترین لنگر نهایی مورد نیاز بطور مثبت یا منفی منطبق باشد. شکل ۵۳ را ببینید.

در دال‌های دو طرفه، سیم‌های شبکه سیمی جوش داده شده در جهت عمود باید با مساحت مورد نیاز میلگرد خمشی در آن جهت منطبق باشد و در دال‌های یک طرفه با میلگرد انقباضی و حرارتی مورد نیاز منطبق باشد:



راهنما:

۱- شبکه سیمی جوش داده شده بعنوان میلگرد مثبت و منفی

a- قرار داده شده نزدیک بالای دال روی تکیه‌گاه‌ها.

b- قرار داده شده نزدیک پایین دال مجاور میانه دهانه

شکل ۵۳- شبکه سیم جوش داده شده در دهانه‌های کوتاه

۷-۵-۳-۸ ملاحظات تجربی برای مقدار d_c و d اعمال شده در دال‌های یکپارچه:

تعیین فاصله d_c از میلگرد کششی حدی تا میلگرد کششی مرکز ثقل باید شامل پوشش بتنی مناسب همان‌طور که در بند ۷-۳-۴ مشخص شده با قطرهای میلگرد بکار گرفته شده بوده و میلگردی در جهت عمود بین میلگرد تحت مطالعه و سطح بتن قرار داده شود. استفاده از d_c مشخص شده در این بند فرعی برای محاسبه d بر طبق رابطه $d=h- d_c$ باید مجاز باشد. برای دال‌های یک طرفه و برای میلگرد در جهت کوتاه دال‌های دوطرفه، برای نمای داخلی $d_c=40mm$ و برای نمای خارجی $d_c=60mm$ است. برای میلگرد در جهت بلند دال‌های دوطرفه برای نمای داخلی $d_c=55mm$ و برای نمای خارجی $d_c=75mm$ است.

۷-۵-۴ دال یکپارچه باریک بالایی که بین تیرچه‌ها قرار دارد

۷-۵-۴-۱ ابعاد

یک دال یکپارچه باریک بالایی که بین تیرچه‌ها قرار دارد باید با حداقل ضخامت مشخص شده در بند ۷-۴-۵-۲-۱ منطبق باشد. طره دال باریک بالایی نباید بیش از لبه تیرچه باشد. بند ۷-۴-۱-۳-۱ را ببینید.

۷-۵-۴-۲- لنگر خمش نهایی

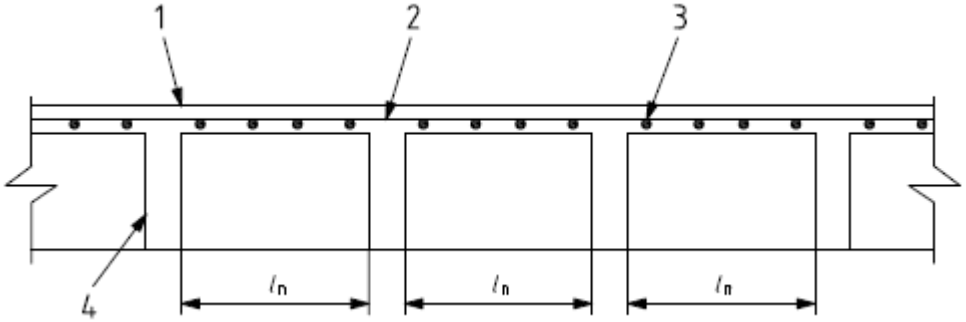
لنگر خمشی نهایی M_u که بر حسب نیوتن بر متر بیان شده، برای لنگر خمشی منفی و مثبت در یک دال باریک که بین دهانه‌های تیرچه‌ها در سازه تیرچه‌ای قرار دارد باید طبق معادله ۶۷ محاسبه شود:

$$M_u^+ = M_u^- = \frac{q_u \cdot l_n^2}{12} \qquad (۶۷)$$

که در آن l_n فاصله آزاد بین تیرچه‌ها بر حسب متر و q_u برحسب نیوتن بر متر مربع بیان می‌شود. به شکل ۵۴ توجه کنید.

۷-۵-۴-۳ میلگرد

نسبت میلگرد خمشی ρ عمود بر جهت تیرچه، باید بر طبق معادله‌ی ۲۷ یا ۲۹ با مقادیری از M_u از معادله ۶۷ که واحد آن به نیوتن میلی‌متر تبدیل شده و d برحسب میلی‌متر بعنوان نیمی از ضخامت دال نازک و $b=1000mm$ محاسبه شود. مقدار ρ باید به اندازه‌ای برابر یا بزرگ‌تر از قسمت انقباضی و حرارتی مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۲-۱ تعیین شود . شکل ۵۴ را ببینید. فاصله‌ی میلگردهای خمشی باید مقررات بند ۷-۷-۳-۶ را برآورد کند. میلگرد موازی با جهت تیرچه باید مقررات بند ۷-۵-۳-۲- را برآورده کند.



راهنما:

۱- دال باریک بالایی
۲- میلگرد خمشی منفی و مثبت
۳- میلگرد انقباضی و حرارتی
۴- تیرچه

شکل ۵۴ -میلگرد دال یکپارچه باریک که بین دهانه‌های تیرچه‌ها قرار گرفته است

۷-۵-۴-۴ بازبینی(تصدیق) مقاومت برشی

برش نهایی V_u بر حسب نیوتن بر متر برای دال باریک بین دهانه‌های تیرچه‌ها در سازه تیرچه‌ی قرار گرفته باید بر طبق معادله ۶۸ محاسبه شود .

$$V_u = \frac{q_u \cdot l_n}{2} \qquad (۶۸)$$

که در آن l_n فاصله آزاد بین تیرچه‌ها بر حسب متر و q_u بر حسب نیوتن بر متر مربع است . شکل ۵۴ را ببینید. مقاومت برشی طراحی ϕV_n بر حسب نیوتن بر متر باید بر طبق معادله ۵۲ محاسبه شود، تعیین d بر حسب میلی‌متر بعنوان نیمی از ضخامت دال باریک صورت گرفته و $b_w = b = 1000mm$ است و بر طبق معادله ۵۰ باید باشد.

۷-۵-۴-۵ محاسبه عکس العمل‌های روی تیرچه‌ها

عکس‌العمل با توزیع یکنواخت نهایی V_u بر حسب نیوتن بر متر روی تیرچه‌های تکیه‌گاهی باید بر طبق معدله ۶۹ محاسبه شود.

$$r_u = \frac{2 \cdot V_u \cdot l}{l_n} \qquad (۶۹)$$

که در آن

V_u برش نهایی بر حسب نیوین بر متر مطابق بند ۷-۵-۴-۴؛

l فاصله مرکز تا مرکز تیرچه بر حسب متر؛

l_n دهانه آزاد بین تیرچه‌ها بر حسب متر است.

۷-۵-۵ طره‌های دال‌های تکیه داده شده به شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارها

۷-۵-۵-۱ ابعاد

طره‌های دال یکپارچه دهانه فراتر از لبه شاه‌تیر، تیر یا دیواره بتنی سازه‌ای باید منطبق با مقررات حداقل ضخامت که در بند ۷-۴-۵-۲ مشخص شده باشد.

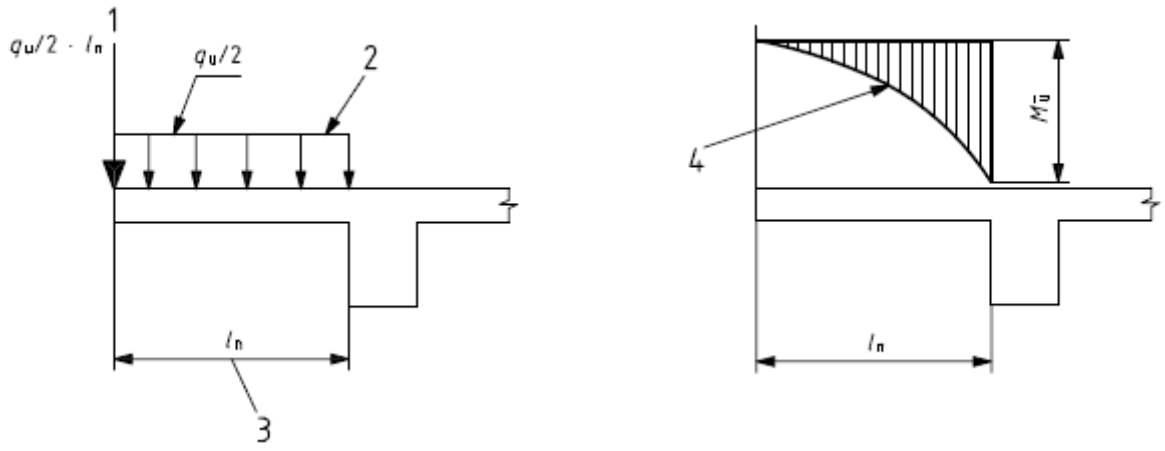
دهانه طره نباید از حدود مشخص شده در بند ۶-۱ بیش‌تر باشد. هیچ گونه شکافی برای مجرا (کانال)ها یا محورهای استوانه‌ای در یک دوم دهانه داخلی طره نباید باشد. کنسول دال در دو جهت در گوشه‌ها با محدودیت‌های مشابه برای طره‌های منفرد باید مجاز باشد. طره دال باریک بالایی که بین دهانه‌های تیرچه‌ها قرار دارد نباید از لبه طره تیرچه بیش‌تر شود.

۷-۵-۵-۲ لنگر خمشی منفی نهایی

لنگر خمشی منفی نهایی M_u برای طره‌های دال که فراتر از لبه تکیه‌گاهی شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای گسترده شده (قرار گرفته) باید بر طبق معادله ۷۰ محاسبه شود . با این فرض که نیمی از بار اصلاحی توزیع شده q_u بعنوان یک بار متمرکز در نوک طره عمل کند و نیم دیگر بعنوان یک بار توزیع شده بطور غیریکنواخت در کل دهانه عمل کند. در هر حال نباید کم‌تر از لنگر خمشی منفی نهایی از اولین دهانه داخلی در تکیه‌گاه خارجی شاه‌تیر، تیر یا دیوار بتنی سازه‌ای یا کم‌تر از یک سوم لنگر خمشی مثبت در جهت مشابه از اولین دهانه داخلی باشد. به شکل ۵۵ نگاه کنید.

$$M_u^- = \frac{3 \cdot q_u \cdot l_n^2}{4} \qquad (۷۰)$$

که در آن l_n دهانه آزاد از طره بر حسب متر، q_u بر حسب نیوتن بر متر مربع و M_u بر حسب نیوتن متر بر متر است.



الف ب

راهنما:

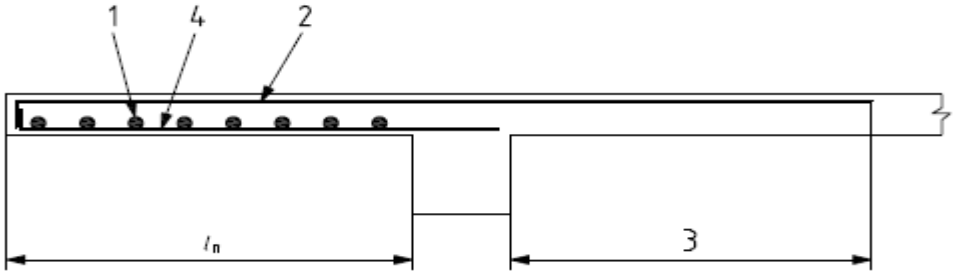
۱- بار متمرکز
۲- بار یکنواخت
۳- دهانه آزاد طره
۴- نمودار لنگر

شکل ۵۵ -محاسبه لنگر منفی برای طره‌های دال

۷-۵-۵-۳ میلگرد

۷-۵-۵-۳-۱ میلگرد خمشی منفی

نسبت میلگرد خمشی منفی ρ در جهت طره باید بر طبق معادله ۲۷ یا ۲۹ با بکار بردن مقدار M_u بدست آمده از معادله ۷۰ که به نیوتن میلی‌متر بر متر تبدیل شده است همراه با مقدار مناسب d که بر حسب میلی‌متر بیان شده و $b=1000mm$ محاسبه شود . میلگرد خمشی منفی باید مطابق با بند ۷-۵-۳-۴ باشد. این میلگرد باید در اولین دهانه داخلی که کم‌تر از l_d برای میلگرد (بند ۷-۳-۸-۱) نباشد یا از فاصله مورد نیاز برای میلگرد منفی صفحه دال داخلی در لبه تکیه‌گاه کم‌تر نباشد مهار شود.(شکل ۵۶ را ببینید)



راهنما:

۱- میلگرد انقباضی و حرارتی
۲- میلگرد طره(تیرآزاد) منفی
۳- فاصله مورد نیاز برای میلگرد منفی از اولیه دهانه داخلی که برای میله از l_n کم‌تر نباشد.
۴- حداقل میلگرد مثبت

شکل ۵۶- میلگرد تیرآزاد(طره) دال

۷-۵-۵-۳-۲ میلگرد خمشی مثبت

حداقل تعداد میلگرد خمشی مثبت با یک سطحی بزرگ‌تر یا برابر میلگرد انقباضی و حرارتی مطابق با مقررات بند ۷-۵-۳-۲ باید از جهت تیرآزاد(طره) تهیه شود.

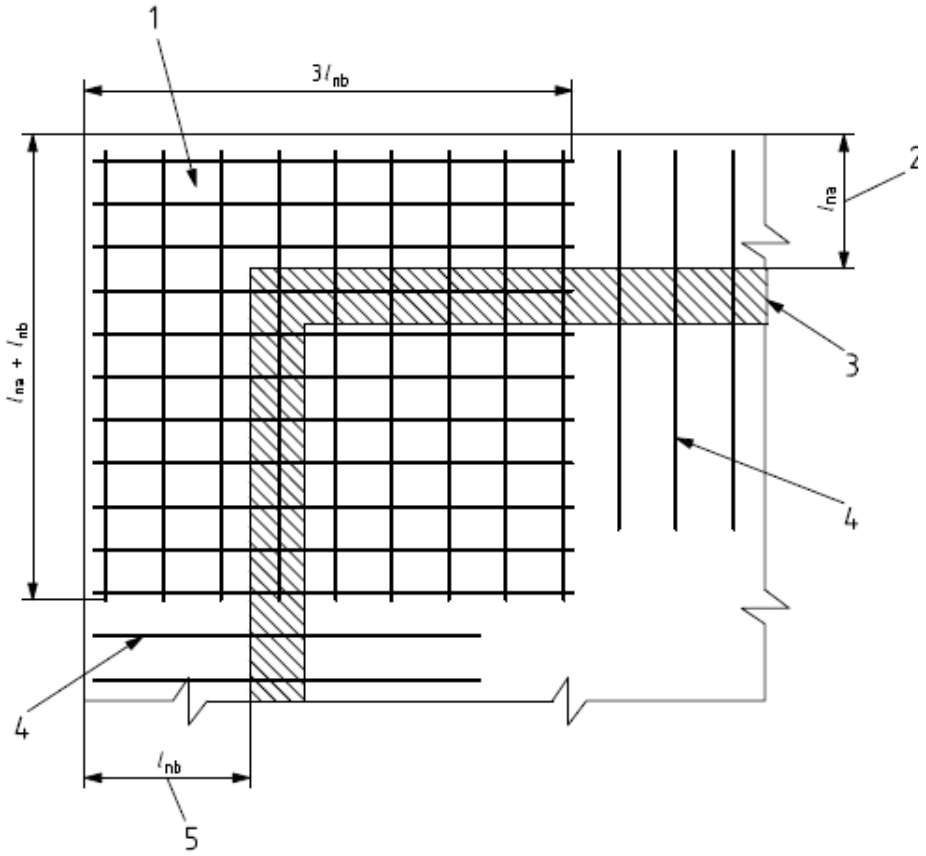
شکل ۵۶ را ببینید.

۷-۵-۵-۳-۳ میلگرد انقباضی و حرارتی

میلگرد موازی با لبه تیرآزاد(طره) مطابق با مقررات بند ۷-۵-۳-۱ باید تهیه شود شکل ۵۶ را ببینید.

۷-۵-۵-۳-۴ میلگرد تیرهای آزاد(طره‌های) دوطرفه در گوشه‌هایی که دال در دو جهت پیش آمده است

میلگرد خمشی منفی باید برای دهانه طره بزرگ‌تر مطابق با مقررات بند ۷-۵-۳-۵-۱ محاسبه شود. این میلگرد باید در دو جهت (شکل ۵۷ را ببینید) برای یک فاصله که از گوشه اندازه گیری شده برابر با دهانه آزاد طره بعلاوه دو برابر دهانه طره بزرگ‌تر قرار گیرد. اما این فاصله کم‌تر از فاصله مورد نیاز برای میلگرد خمشی منفی از اولین دهانه داخلی بعلاوه دهانه طره نباشد. میلگردهایی مطابق با مقررات بند ۷-۵-۵-۳-۲ باید در هر دو جهت قرار داده شود.



راهنما:

۱- میلگرد خمشی طره دوطرفه
۲- دهانه طره کوچکتر
۳- شاه‌تیر،تیرها یا دیوار
۴- میلگرد منفی طره یک طرفه
۵- دهانه طره بزرگ‌تر

شکل ۵۷ -میلگرد خمشی منفی در طره‌های دال دوطرفه

۷-۵-۵-۴ بازبینی (تصدیق) برش

برش نهایی V_u بر حسب نیوتن بر متر برای تکیه‌گاهی از دال‌های طره باید مطابق با معادله ۷۱ محاسبه شود.

$$V_u = q_u \cdot l_n \qquad (۷۱)$$

که در آن l_n دهانه آزاد از طره بر حسب متر و q_u بر حسب نیوتن بر متر مربع است.

برای طره‌های دو طرفه مقدار V_u باید دوبرابر مقدار بدست آمده از معادله ۷۱ با استفاده از دهانه طره بزرگ‌تر باشد.

مقاومت برشی طراحی ϕV_nبر حسب نیوتن بر متر باید مطابق با معادله ۵۲ با مقدار مناسب d بر حسب میلی‌متر و $b=1000mm$ محاسبه شود. این مقدار باید طبق معادله ۵۰ باشد.

۷-۵-۵-۵ محاسبه عکس العمل‌های روی تکیه‌گاه‌ها

عکس‌العمل نهایی که بر روی تکیه‌گاه طره بطور غیر یکنواخت توزیع شده V_u بر حسب نیوتن بر متر باید طبق معادله ۷۲ محاسبه شود:

$$r_u = \frac{V_u \cdot l}{l_n} \qquad (۷۲)$$

که در آن:

V_u برش نهایی بر حسب نیوتن بر متر که در بند ۷-۵-۵-۴ مشخص شده است؛

l دهانه طره اندازه گیری شده از خط مرکزی عنصر تکیه‌گاهی بر حسب متر؛

l_n دهانه آزاد طره بر حسب متر است.

جایی که طره‌های دو طرفه وجود دارد، محاسبه مقدار r_u مطابق با معادله ۷۲ با بکارگیری مقدار V_u برای دهانه طره بزرگ‌تر بدست آمده از معادله ۷۱ بدون دو برابر کردن آن مجاز است.

۷-۵-۶ دال‌های یکپارچه یک‌دهانه یک طرفه‌ای که بین شاه‌تیرها، تیرها یا دیواره‌های بتنی سازه‌ای قرار گرفته

۷-۵-۶-۱ ابعاد

دال‌های یکپارچه یک دهانه یک طرفه باید با مقررات حداقل ضخامت مشخص شده در بند ۷-۴-۵-۲ انطباق داشته باشد. علاوه بر مقررات مشخص شده در بند ۷-۵-۶ باید با مقررات عمومی ابعاد که در بند ۶-۱ مشخص شده و مقررات خاصی که برای سامانه‌های دال روی شاه‌تیر در بند ۷-۴-۱-۲ مشخص شده است نیز انطباق داشته باشد.

۷-۵-۶-۲ لنگر خمشی نهایی

لنگر خمشی مثبت و منفی نهایی M_u بر حسب نیوتن متر بر متر برای دال‌های یک طرفه یک دهانه باید طبق معادلات ۷۳ و ۷۴ که در جدول ۱۲ مشخص شده است محاسبه شود.

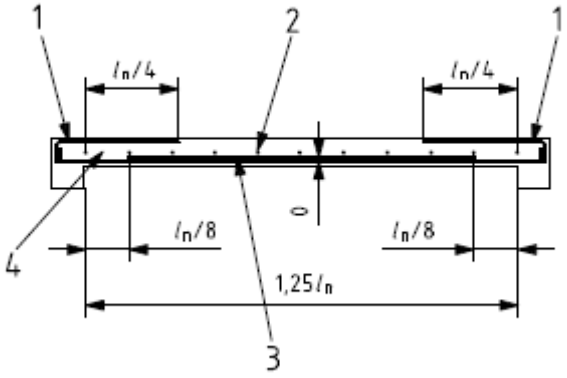
جدول ۱۲- لنگر خمشی نهایی برای دال‌های یک دهانه یک طرفه

(۷۳)	لنگر مثبت: $M_u^+ = \frac{q_u \cdot l_n^2}{8}$
(۷۴)	لنگر منفی در تکیه‌گاه‌ها: $M_u^- = \frac{q_u \cdot l_n^2}{24}$

۷-۵-۶-۳ میلگرد خمشی یک طرفه

۷-۵-۶-۳-۱ میلگرد خمشی مثبت

نسبت میلگرد خمشی مثبت ρ در جهت دهانه l_n باید مطابق معادله ۲۷ یا ۲۹ با مقدار M_u^+ بدست آمده از معادله ۷۳ که به نیوتن میلی‌متر بر متر تبدیل می‌شود و d بر حسب میلی‌متر و $b=1000mm$ تعیین شود. این میلگرد باید مطابق با مقررات مشخص شده در بند ۷-۵-۳-۳ باشد. در حالت‌هایی که دال بطور یکپارچه با یک شاه‌تیر، تیر یا دیوار سازه‌ای بتنی تکیه‌گاهی ریخته می‌شود و عنصر تکیه‌گاهی، عمقی حداقل سه برابر بزرگ‌تر از عمق دال دارد امتداد یافتن آن تا نصف میلگرد خمشی در یک فاصله‌ای برابر $l_n/8$ که از وجه داخلی تکیه‌گاه‌ها تا دهانه اندازه گیری شده باید مجاز باشد؛ شکل ۵۸ را ببینید.



راهنما:

۱- میلگرد خمشی منفی
۲- میلگرد انقباضی و حرارتی
۳- میلگرد خمشی مثبت
۴- آویزش میلگرد خمشی مثبت اگر دال بطور یکپارچه با تکیه‌گاهی که حداقل سه برابر عمیق‌تر از دال است ساخته شده باشد.

شکل ۵۸- میلگرد دال‌های یک دهانه یک طرفه

۷-۵-۶-۳-۲ میلگرد خمشی منفی

نتسبت میلگرد خمشی منفی ρ در جهت دهانه l_n باید از معادله ۲۷ یا ۲۹ با مقدار M_u^- بدست آمده از معادله ۷۴ که به نیوتن میلی‌متر بر متر تبدیل شده و d بر حسب میلی‌متر و $b=1000mm$ تعیین شود. این میلگرد باید مطابق با مقرررات مشخص شده در بند ۷-۵-۳-۴ باشد. در فاصله‌ای برابر $l_n/4$ که از وجه داخلی تکیه‌گاه‌ها تا دهانه اندازه‌گیری شده است، تمامی میلگرد خمشی منفی باید برای امتداد یافتن مجاز باشد. شکل ۵۸ را ببینید.

۷-۵-۶-۳-۳ میلگرد انقباضی و حرارتی

میلگردی است عمود بر دهانه که باید مقررات میلگرد انقباضی و حرارتی که در بند ۷-۵-۳-۲ مشخص شده است را برآورده کند . به شکل ۵۸ نگاه کنید.

۷-۵-۶-۴ بازبینی (تصدیق) برش

برش نهایی V_u بر حسب نیوتن بر متر برای دال یک دهانه یک طرفه باید در سطح تکیه‌گاه‌ها مطابق با معادله ۷۵ محاسبه شود.

$$V_u = \frac{q_u \cdot l_n}{2} \qquad (۷۵)$$

که در آن:

l_n دهانه آزاد بر حسب متر و q_u بر حسب نیوتن بر متر مربع است. به شکل ۵۸ نگاه کنید.

مقاومت برشی طراحی ϕV_n برحسب نیوتن بر متر باید مطابق معادله ۵۲ با d برحسب میلی‌متر و $b_w=b=1000mm$ محاسبه شود. این مقدار باید مطابق معادله ۵۰ باشد.

۷-۵-۶-۵ محاسبه عکس العمل‌های روی تکیه‌گاه‌ها

عکس‌العمل نهایی یا توزیع یکنواخت r_u روی تکیه‌گاه‌های دال‌های یک دهانه یک طرفه بر حسب نیوتن بر متر باید مقدار بدست آمده از معادله ۷۵ بعلاوه عکس‌العمل با توزیع یکنواخت از هر طره قرار گرفته از آن تکیه‌گاه باشد.

$$r_u = \frac{V_u \cdot l}{l_n} \qquad (۷۶)$$

که در آن:

V_u برش نهایی بر حسب نیوتن بر متر که در بند ۷-۵-۶-۴ مشخص شده است؛

l دهانه مرکز تا مرکز دال بر حسب متر؛

l_n دهانه آزاد دال بر حسب متر.

۷-۵-۷ دال‌های یکپارچه یک طرفه نگه داشته شده روی شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارها با دو یا چند دهانه

۷-۵-۷-۱ ابعاد

دال‌های یکپارچه یک طرفه با دو یا چند دهانه باید با مقررات حداقل ضخامت که در بند ۷-۴-۵-۲ مشخص شده منطبق باشد، علاوه بر آن برای مقررات مناسب مشخص شده در بند ۷-۵ دال‌ها باید با ابعاد عمومی مشخص شده در بند ۶-۱ و مقررات خاص مشخص شده در بند ۷-۴-۱-۲ برای سامانه‌های دال روی تیر مطابق باشد. محدودیت های زیر باید برای دال‌های طراحی شده مطابق با بند ۷-۵-۷ اعمال شود.

الف- تعداد دهانه‌ها بیش از دو دهانه باشد؛

ب- دهانه‌ها تقریبا برابر با دهانه بزرگ‌تر از میان دو دهانه مجاور بوده ولی بزرگ‌تر از ۲۰ درصد دهانه کوتاه-تر نمی‌باشد. به بند ۶-۱ را ببینید؛

پ- بارها بطور یکنواخت توزیع شده اند؛

ت- واحد بار زنده q_l بیش از سه برابر واحد بار مرده q_d نمی‌باشد؛

ث- برای برآورد لنگر منفی در تکیه‌گاه داخلی l_n باید منطبق با بزرگ‌ترین دهانه مجاور باشد.

۷-۵-۷-۲ لنگر خمشی نهایی

لنگر خمشی مثبت و منفی نهایی M_u برای دال‌های یک طرفه باید با استفاده از معادلات ۷۷ تا ۸۲ و معادلاتی که در جدول ۱۳ برای دال‌های با دو یا چند دهانه داده شده است محاسبه شود:

برای لنگر مثبت معادلات ۷۷ و ۷۸ را بکار ببرید.

الف- در دهانه‌های انتهایی طبق معادله (۷۷)

$$M_u^+ = \frac{q_u \cdot l_n^2}{11} \qquad (۷۷)$$

ب- در دهانه‌های داخلی طبق معادله (۷۸)

$$M_u^+ = \frac{q_u \cdot l_n^2}{16} \qquad (۷۸)$$

برای لنگر منفی معادلات ۷۹ تا ۸۲ را بکار برید

الف- در وجه داخلی یک تکیه‌گاه خارجی طبق معادله (۷۹)

$$M_u^- = \frac{q_u \cdot l_n^2}{24} \qquad (۷۹)$$

ب- در وجه خارجی اولین تکیه‌گاه داخلی برای فقط دو دهانه طبق معادله (۸۰)

$$M_u^- = \frac{q_u \cdot l_n^2}{9} \qquad (۸۰)$$

پ- در وجوه تکیه‌گاه‌های داخلی برای بیش از دو دهانه طبق معادله (۸۱)

$$M_u^- = \frac{q_u \cdot l_n^2}{10} \qquad (۸۱)$$

ت- در وجوه تمامی تکیه‌گاه‌های دال‌هایی که بزرگ‌تر از سه متر نباشند در طبق معادله (۸۲)

$$M_u^- = \frac{q_u \cdot l_n^2}{12} \qquad (۸۲)$$

۷-۵-۷-۳ میلگرد خمشی طولی

۷-۵-۷-۳-۱ میلگرد خمشی مثبت

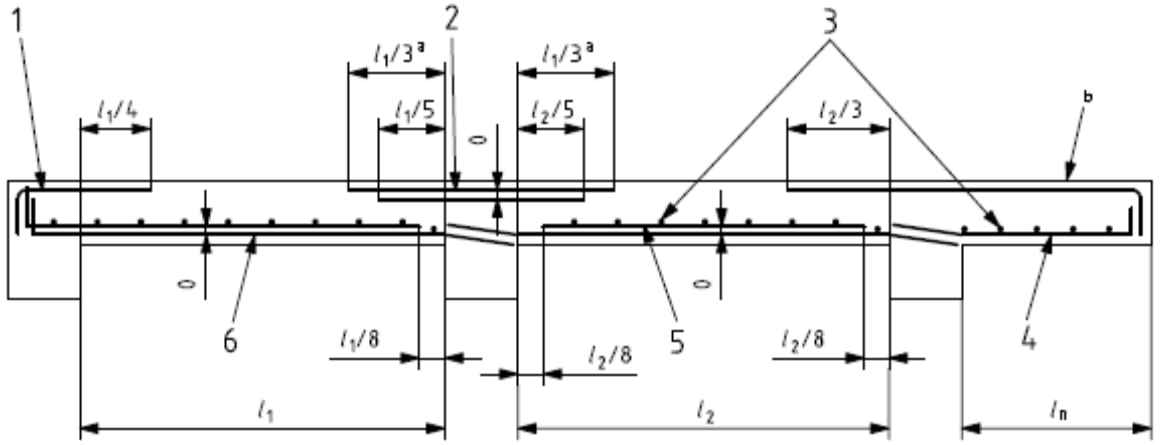
نسبت میلگرد مثبت ρ در جهت دهانه l_n باید مطابق با معادله ۲۷ یا ۲۹ با مقدار مناسب M_u^+ که از معادلات ۷۷ یا ۷۸ بدست آمده و برحسب نیوتن میلی‌متر بر متر تبدیل شده است، با استفاده از d بر حسب میلی‌متر و $b=1000mm$ تعیین شود. میلگرد باید مطابق با مقررات مشخص شده در بند ۷-۵-۳-۳ باشد. در تکیه‌گاه‌های داخلی در یک فاصله‌ای برابر یک هشتم اندازه‌گیری شده از وجه تکیه‌گاه‌ها تا دهانه به مقدار یک دوم میلگرد خمشی باید به منظور امتداد یافتن مجاز باشد . شکل‌های ۵۹ و۶۰ را ببینید.

۷-۵-۷-۳-۲ میلگرد خمشی منفی

نسبت میلگرد خمشی منفی ρ در جهت دهانه l_n باید مطابق معادله ۲۷ یا ۲۹ با مقدار مناسب M_u^- که از معادلات ۷۹ تا ۸۲ بدست آمده و برحسب نیوتن میلی‌متر بر متر تبدیل شده است با استفاده از d بر حسب میلی‌متر $b=1000mm$ تعیین شود. این میلگرد باید مطابق مقررات مشخص شده در بند ۷-۵-۳-۴ باشد. در تکیه‌گاه‌های داخلی در یک فاصله‌ای برابر $l_n/3$ که l_n باید مطابق با بزرگ‌ترین دهانه‌های مجاور باشد، که از وجه تکیه‌گاه تا دهانه اندازه گیری شده است . تمامی میلگرد خمشی منفی باید برای امتداد یافتن مجاز باشد. در تکیه‌گاه‌های خارجی در فاصله‌ای برابر با $l_n/4$ که از وجه داخلی تکیه‌گاه تا دهانه اندازه گیری شده است، تمامی میلگرد خمشی منفی باید برای امتداد یافتن مجاز باشد؛ شکل‌های ۵۹ و ۶۰ را ببینید.

۷-۵-۷-۳-۳ میلگرد انقباضی و حرارتی

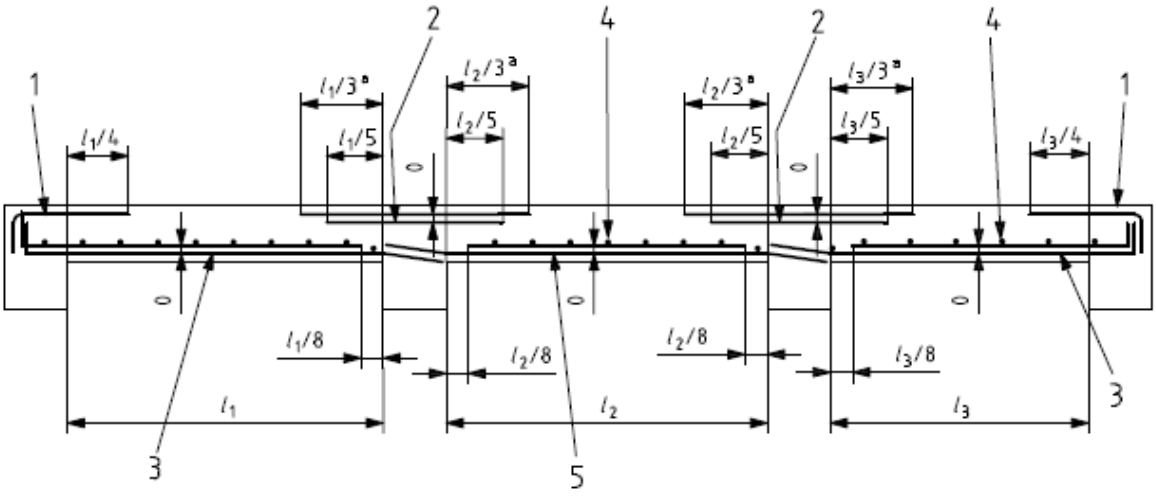
میلگرد عمود بر دهانه باید مقررات میلگرد انقباضی و حرارتی که در بند ۷-۵-۳-۲ مشخص شده است را برآورده کند. شکل‌های ۵۹ و ۶۰ را ببینید.



راهنما:

۱- میلگرد منفی در وجه داخلی یک تکیه‌گاه خارجی
۲- میلگرد منفی در تکیه‌گاه داخلی برای دو دهانه
۳- میلگرد انقباضی و حرارتی
۴- حداقل طره(پیشامدگی) میلگرد مثبت
۵- میلگرد مثبت دهانه داخلی
۶- میلگرد مثبت دهانه انتهایی
a- نقاط قطع شدگی میلگرد منفی باید روی دهانه بزرگ‌تر از میان دو دهانه مجاور باشد.
b- میلگرد منفی باید بزرگ‌تر از آنچه که برای تکیه‌گاه خارجی یا برای طره مورد نیاز است باشد.

شکل ۵۹ – میلگرد برای دال‌های یک طرفه با دو دهانه که توسط شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای نگه داشته شده



راهنما:

۱- میلگرد منفی در وجه داخلی یک تکیه‌گاه خارجی
۲- میلگرد منفی در وجوه تکیه‌گاه داخلی برای بیش از دو دهانه
۳- میلگرد مثبت دهانه انتهایی
۴- میلگرد انقباضی و حرارتی
۵- میلگرد مثبت دهانه انتهایی
a- میلگرد منفی نقاط قطع شده باید در بین دهانه‌های مجاور روی دهانه بزرگ‌تر قرار گیرد.

شکل ۶۰- میلگرد برای دال‌های یک طرفه که توسط شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای با سه یا بیش‌تر دهانه نگه داشته شده باشد

۴-۷-۵-۷ بازبینی(تصدیق) برش

برش نهایی V_u برحسب نیوتن بر متر برای دال باید در وجوهی از تکیه‌گاه‌ها مطابق با معادله ۸۳ در وجه خارجی اولین تکیه‌گاه داخلی و معادله ۸۴ در وجوه تمام تکیه‌گاه‌های دیگر محاسبه شود.

$$V_u = 1{,}15 \cdot \frac{q_u \cdot l_n}{2} \qquad (۸۳)$$

که l_n دهانه آزاد بر حسب متر و q_u بر حسب نیوتن بر متر است. شکل‌های ۵۹ و ۶۰ را ببینید.

$$V_u = \frac{q_u \cdot l_n}{2} \qquad (۸۴)$$

مقاومت طراحی برشی ϕV_n برحسب نیوتن بر متر باید مطابق با معادله ۵۲ با d بر حسب میلی‌متر و $b_w=b=1000mm$ محاسبه شود . این مقادیر باید مشابه مقادیر معادله ۵۰ در تمامی وجوه تکیه‌گاه باشد.

۵-۷-۵-۷ محاسبه عکس العمل روی تکیه گاه‌ها

عکس‌العمل نهایی با توزیع یکنواخت r_u بر حسب نیوتن بر متر بر روی تکیه‌گاه بوسیله هر دهانه‌ای از دال-های یک طرفه، باید طبق معادله ۸۵ بدست آید.

$$r_u = \frac{V_u \cdot l}{l_n} \qquad (۸۵)$$

که در آن:

V_u برش نهایی بر حسب نیوتن بر متر، طبق بند ۷-۵-۷-۴؛

l فاصله‌ی مرکز تا دهانه بر حسب متر؛

l_n دهانه آزاد بر حسب متر است.

عکس‌العمل کلی نهایی با توزیع یکنواخت بر روی تکیه‌گاه‌های خارجی باید برابر مقدار عکس‌العمل نهایی با توزیع یکنواخت r_u از دهانه بدست آمده طبق معادله ۸۵ در تکیه‌گاه بعلاوه عکس العمل با توزیع یکنواخت هر طره واقع در دهانه آن تکیه‌گاه باشد. عکس‌العمل کلی نهایی با توزیع یکنواخت بر روی تکیه‌گاه‌های داخلی باید مجموع عکس‌العمل‌های نهایی با توزیع یکنواخت r_u مطابق معادله ۸۵ برای هر دو دهانه مجاور آن تکیه‌گاه باشد.

۷-۵-۸ دال‌های یکپارچه دوطرفه قرار گرفته بین شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

۷-۵-۸-۱ ابعاد

دال‌های یکپارچه دوطرفه دارای شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای در تمامی لبه‌ها باید مطابق با حداقل ضخامت مشخص شده در بند ۷-۴-۵-۴ باشد. علاوه بر آن برای برآوردن مقررات مناسب از بند ۷-۵ دال‌های دوطرفه باید مطابق با مقررات عمومی ابعاد که در بند ۶-۱ مشخص شده و مقررات خاص برای سامانه‌های دال روی شاه‌تیر بند ۷-۴-۱-۲ باشند.

محدودیت‌های زیر باید برای استفاده از روش مشخص شده در بند ۷-۵-۸ باید بکار رود:

الف- دو یا چند دهانه وجود داشته باشد؛

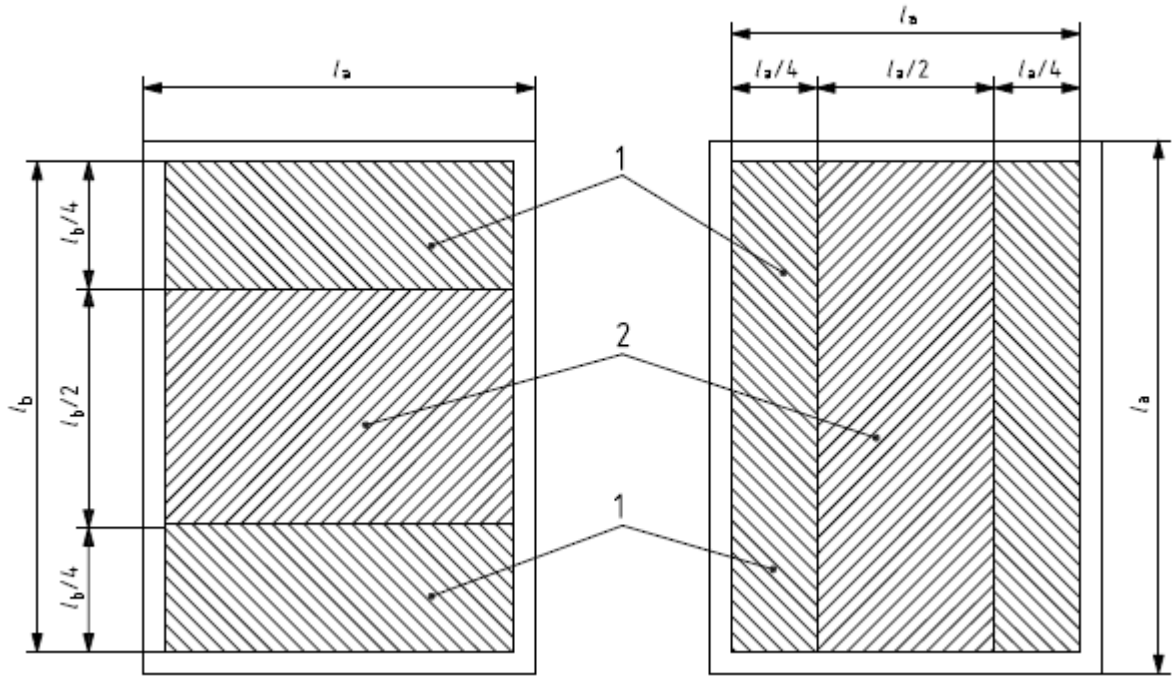
ب- از میان دو دهانه مجاور دهانه‌ها تقریبا برابر دهانه بزرگ‌تر بوده ولی از دهانه کوتاه‌تر به اندازه بیش از ۲۰ درصد بزرگ‌تر نمی باشد. بند ۶-۱-۱ را ببینید؛

پ- شاه‌تیرها یا تیرهای تکیه‌گاهی باید بطور یکپارچه با دال ریخته شده باشند و باید عمق کلی آن‌ها کم‌تر از سه برابر ضخامت دال نباشد؛

ت- بارها بطور یکنواخت توزیع شده باشند؛

ث- واحد بار زنده q_l بیش از سه برابر واحد بار مرده q_d نباشد.

صفحه‌ی دال در دو جهت بصورت مناطق مرکزی و مرزی تقسیم‌بندی شود. منطقه مرکزی باید نیمه مرکزی صفحه و مناطق مرزی باید دو منطقه با پوشش یک چهارم از هر دو لبه تا منطقه مرکزی باشند . شکل ۶۱ را ببینید.



راهنما:

۱- منطقه مرزی

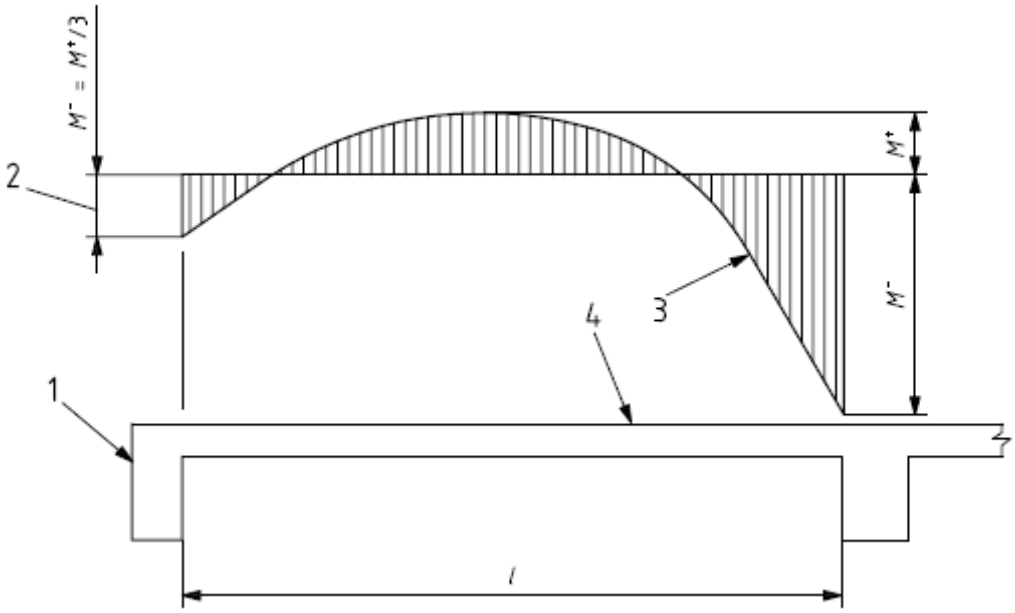
۲- منطقه مرکزی

شکل ۶۱ – مناطق مرکزی و مرزی برای دال‌های دو طرفه تکیه داده شده روی شاه‌تیرها تیرها یا دیواره‌های بتنی سازه‌ای

۷-۵-۸-۲- لنگر خمشی نهایی

لنگر مثبت و منفی نهایی M_u برای دال‌های یکپارچه دوطرفه باید با استفاده از روش مشخص شده در بند ۷-۵-۸-۲ محاسبه شود. لنگر خمشی نهایی منفی و مثبت برای منطقه مرکزی صفحه در هر جهتی باید مطابق معادلات مشخص شده در جدول ۱۳ برای صفحات مرکزی و در جدول ۱۴ برای صفحات لبه یا دهانه کوتاه در آن لبه و در جدول ۱۵ برای صفحه‌های لبه با دهانه بلند در آن لبه و در جدول ۱۶ برای صفحه‌های گوشه محاسبه شود. در هر جدول مقادیر لنگرهای خمشی نهایی باید برای نسبت مناسب β از دهانه آزاد بلند l_n برای دهانه آزاد کوتاه l_a و شرایط پیوسته لبه متناظر باشد.

لنگر منفی در لبه‌های غیر پیوسته باید یک سوم لنگر مثبت در جهت مشابه باشد. شکل ۶۲ را ببینید.



راهنما:

۱- لبه ناپیوسته

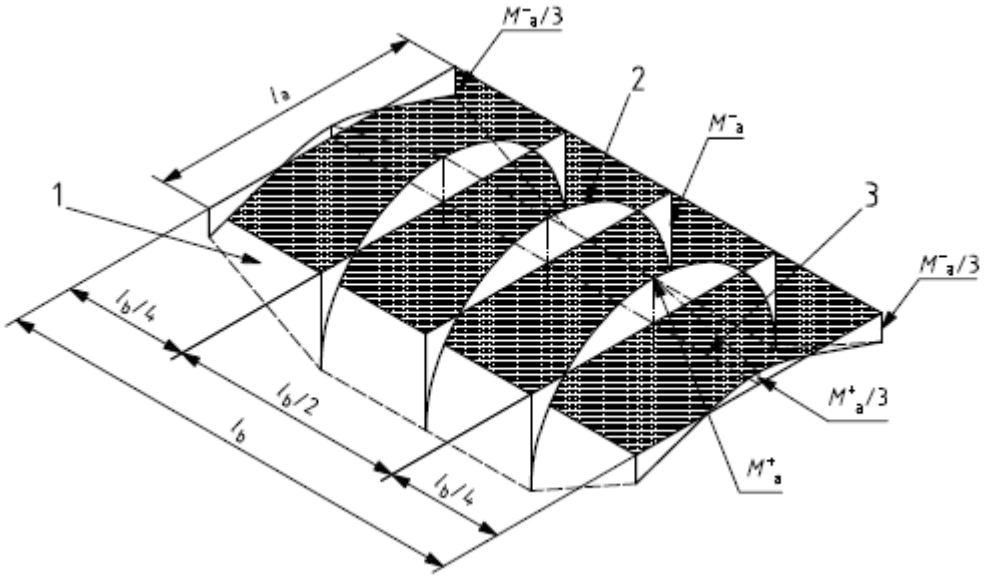
۲- مقدار لنگر منفی در لبه ناپیوسته

۳- نمودار لنگر

۴- دهانه دال نهایی

شکل ۶۲- لنگر منفی در لبه‌های ناپیوسته از دال‌های یکپارچه دوطرفه روی شاه‌تیرها

کاهش مقادیر مقاومت لنگر در لبه مناطق مرکزی تا یک سوم این مقدار در لبه صفحه همان‌طور که در شکل ۶۳ برای لنگرهای در جهت کوتاه و در شکل ۶۴ برای لنگرهای در جهت بلند نشان داده شده است باید مجاز باشد.



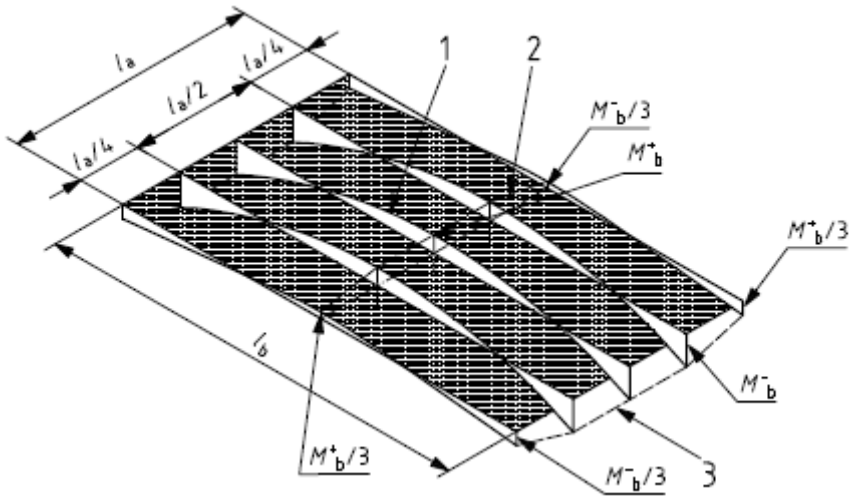
راهنما:

۱- تغییراتی از M_a^- در طول l_b

۲- تغییراتی از M_a در طول l_a

۳- تغییراتی از M_a^+ در طول l_b

شکل ۶۳- تغییراتی از لنگر M_a در عرض پهنای مقاطع طراحی بحرانی برای دال‌های دوطرفه تکیه داده شده به شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه ای



راهنما:

۱- تغییراتی از M_b در طول l_b

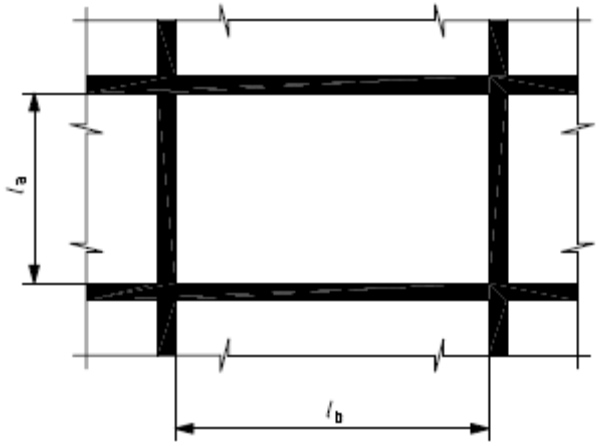
۲- تغییراتی از M_b^+ در طول l_a

۳- تغییراتی از M_b^- در طول l_a

شکل ۶۴- تغییراتی از لنگر M_b در عرض پهنای مقاطع طراحی بحرانی برای دال‌های دوطرفه تکیه داده شده به شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

جدول ۱۳- صفحه مرکزی از دال‌های دوطرفه تکیه داده شده روی شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

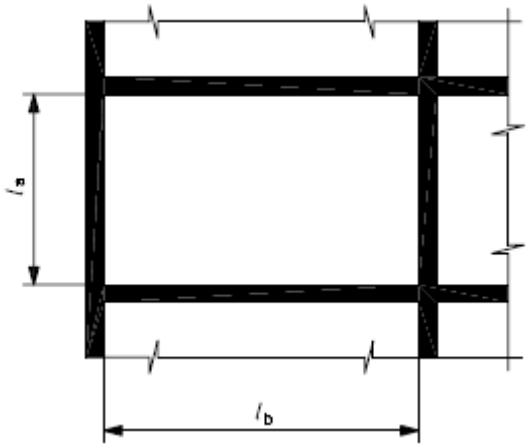
نسبت دهانه صفحه $\beta = l_b/l_a$	جهت کوتاه l_a			جهت بلند l_b		
	گشتاور منفی	گشتاور مثبت	جزء بار	گشتاور منفی	گشتاور مثبت	جزء بار
1,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{22}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{42}$	$\alpha_a = 0,50$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{22}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{42}$	$\alpha_b = 0,50$
1,2	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{16}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{30}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{35}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{60}$	$\alpha_b = 0,33$
1,4	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{14}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{25}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{50}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,20$
1,6	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{22}$	$\alpha_a = 0,87$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{85}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{145}$	$\alpha_b = 0,13$
1,8	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{135}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{225}$	$\alpha_b = 0,08$
2,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{18}$	$\alpha_a = 0,94$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{170}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{340}$	$\alpha_b = 0,06$
> 2,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{10}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{16}$	$\alpha_a = 1,00$	میلگرد انقباضی و حرارتی		$\alpha_b = 0,00$



شکل ۶۵- صفحه مرکزی از دال‌های دوطرفه تکیه داده شده روی شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

جدول۱۴- صفحه لبه با l_a موازی با لبه دال‌های دوطرفه تکیه داده شده شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

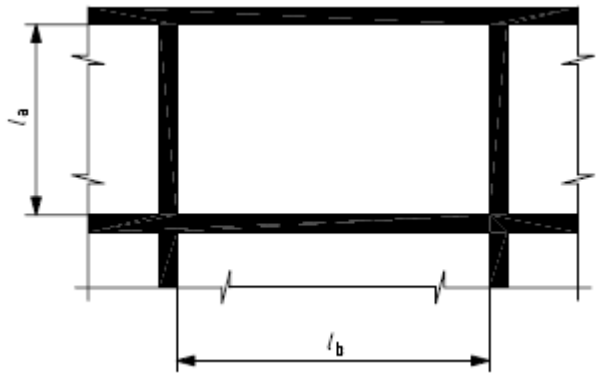
نسبت دهانه صفحه $\beta = l_b/l_a$	جهت کوتاه l_a			جهت بلند l_b		
	گشتاور منفی	گشتاور مثبت	جزء بار	گشتاور منفی	گشتاور مثبت	جزء بار
1,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{16}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{35}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{33}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{40}$	$\alpha_b = 0,33$
1,2	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{14}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{28}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{50}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{65}$	$\alpha_b = 0,20$
1,4	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,88$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{90}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{110}$	$\alpha_b = 0,12$
1,6	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{21}$	$\alpha_a = 0,93$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{135}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{160}$	$\alpha_b = 0,07$
1,8	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,95$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{200}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{220}$	$\alpha_b = 0,05$
2,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{18}$	$\alpha_a = 0,97$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{330}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{340}$	$\alpha_b = 0,03$
> 2,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{10}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{16}$	$\alpha_a = 1,00$	میلگرد انقباضی و حرارتی		$\alpha_b = 0,00$



شکل۶۶ - صفحه لبه با l_a موازی با لبه دال‌های دوطرفه تکیه داده شده شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

جدول۱۵- صفحه لبه با l_b موازی با لبه دال‌های دوطرفه تکیه داده شده شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

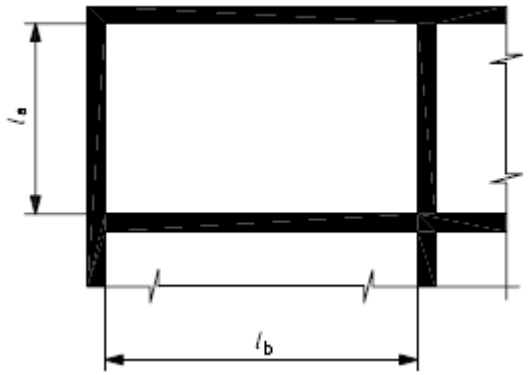
نسبت دهانه صفحه $\beta = l_b/l_a$	جهت کوتاه l_a			جهت بلند l_b		
	گشتاور منفی	گشتاور مثبت	جزء بار	گشتاور منفی	گشتاور مثبت	جزء بار
1,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{30}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{39}$	$\alpha_a = 0,33$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{16}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{35}$	$\alpha_b = 0,67$
1,2	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{19}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{26}$	$\alpha_a = 0,51$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{22}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{50}$	$\alpha_b = 0,49$
1,4	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{15}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,66$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{32}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{70}$	$\alpha_b = 0,34$
1,6	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{17}$	$\alpha_a = 0,77$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{50}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,23$
1,8	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,85$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{70}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{150}$	$\alpha_b = 0,15$
2,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{10}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{14}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{100}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{200}$	$\alpha_b = 0,08$
> 2,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{9}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{11}$	$\alpha_a = 1,00$	میلگرد انقباضی و حرارتی		$\alpha_b = 0,00$



شکل۶۷- صفحه لبه با l_b موازی با لبه دال‌های دوطرفه تکیه داده شده شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

جدول ۱۶- صفحه گوشه از دال‌های دوطرفه تکیه داده شده شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

نسبت دهانه صفحه $\beta = l_b/l_a$	جهت کوتاه l_a			جهت بلند l_b		
	گشتاور منفی	گشتاور مثبت	جزء بار	گشتاور منفی	گشتاور مثبت	جزء بار
1,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{20}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{31}$	$\alpha_a = 0,50$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{20}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{31}$	$\alpha_b = 0,50$
1,2	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{15}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{30}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{45}$	$\alpha_b = 0,33$
1,4	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{19}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{50}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{70}$	$\alpha_b = 0,20$
1,6	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{16}$	$\alpha_a = 0,87$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{75}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,13$
1,8	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{120}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{150}$	$\alpha_b = 0,08$
2,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{10}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{14}$	$\alpha_a = 0,96$	$M_b^- = \frac{q_u \cdot l_b^2}{165}$	$M_b^+ = \frac{q_u \cdot l_b^2}{200}$	$\alpha_b = 0,04$
> 2,0	$M_a^- = \frac{q_u \cdot l_a^2}{9}$	$M_a^+ = \frac{q_u \cdot l_a^2}{11}$	$\alpha_a = 1,00$	میلگرد انقباضی و حرارتی		$\alpha_b = 0,00$



شکل ۶۸ - صفحه گوشه از دال‌های دوطرفه تکیه داده شده شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

۳-۸-۵-۷ میلگرد خمشی طولی

۱-۳-۸-۵-۷ میلگرد خمشی مثبت

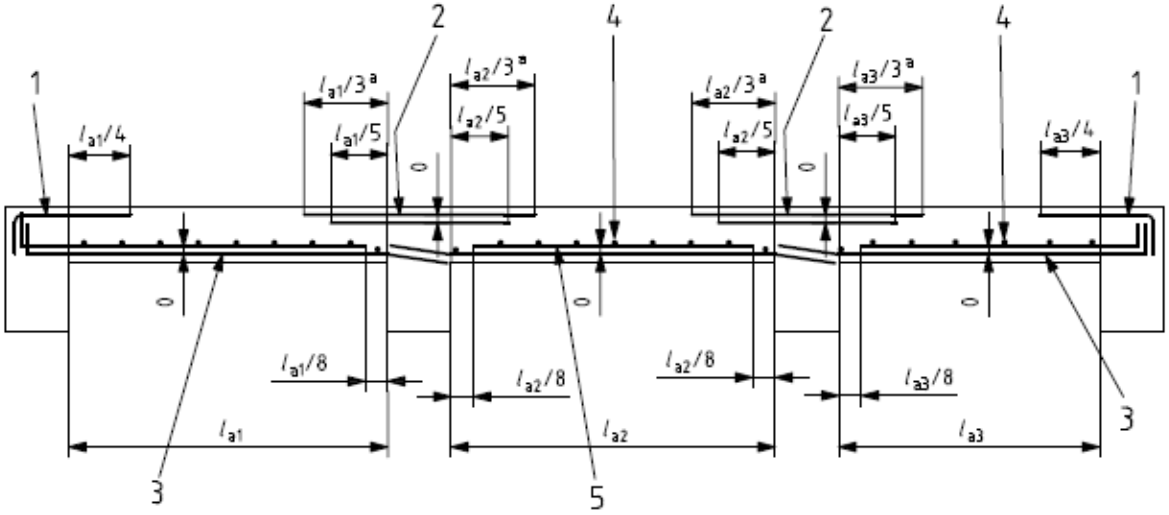
در ناحیه مرکزی از صفحه دال، میلگرد خمشی مثبت باید بر مبنای مقادیر لنگر خمشی مثبت نهایی که از معادلات مناسب مشخص شده در جدول ۱۳ تا ۱۶ بدست می‌آید تعیین شود. نسبت میلگرد خمشی مثبت ρ برای میلگرد موازی با دهانه کوتاه l_a یا دهانه بلند l_b باید با استفاده از معادلات ۲۷ یا ۲۹ برای مقدار متناظر از M_a^+ یا M_b^+ بر حسب نیوتن متر بر متر تعیین شود. M_a^+ یا M_b^+ باید به نیوتن میلی‌متر بر متر با به کار بردن d برحسب میلی‌متر و $b=1000mm$ تبدیل شود. تمامی مقررات میلگرد خمشی مثبت که در بند ۷-۵-۳-۳- مشخص شده باید برآورده شود.

در یک فاصله‌ای برابر $l_a/8$ یا $l_b/8$ که از وجه هر تکیه‌گاه داخلی اندازه گیری شده است تا یک دوم میلگرد خمشی مثبت در مرکز دهانه متناظر، امتداد یافتن باید مجاز باشد. امتداد یافتن میلگرد خمشی مثبت عمود بر لبه ناپیوسته باید مجاز باشد. کاهش تدریجی میلگرد خمشی مثبت مورد نیاز در منطقه مرکزی از لبه مناطق مرکزی تا یک سوم این مقدار در لبه صفحه طوری که کم‌تر از مقدار مورد نیاز برای میلگرد انقباضی و حرارتی نباشد. باید مجاز باشد. شکل ۶۹ را ببینید.

۷-۵-۸-۳-۲ میلگرد خمشی منفی

میلگرد خمشی منفی در لبه‌های تکیه‌گاهی از منطقه مرکزی صفحه دال، باید بر مبنای مقادیر لنگر خمشی منفی نهایی که از معادلات مناسب مشخص شده در جداول ۱۳ تا ۱۶ بدست آمده است تعیین شود. نسبت میلگرد خمشی منفی ρ برای میلگرد موازی با دهانه کوتاه l_a یا دهانه بلند l_b باید با استفاده از معادلات ۲۷ یا ۲۹ برای مقدار متناظر M_a^- یا M_b^- برحسب نیوتن میلی‌متر بر متر تعیین شود.

M_a^- یا M_b^- باید به نیوتن میلی‌متر بر متر با به کار بردن d بر حسب میلی‌متر و $b=1000mm$ تبدیل شود. تمامی مقررات میلگرد خمشی منفی که در بند ۷-۵-۳-۴- مشخص شده است باید برآورده شود. در یک فاصله‌ای برابر $l_a/5$ یا $l_b/5$ که از وجه هر تکیه‌گاه داخلی اندازه گیری شده است، امتداد یافتن تا یک دوم میلگرد خمشی منفی مورد نیاز در تکیه‌گاه باید مجاز باشد. در یک فاصله‌ای برابر $l_a/3$ or $l_b/3$ که از هر وجه تکیه‌گاه داخلی اندازه‌گیری شده است، امتداد یافتن تا تمامی میلگرد خمشی منفی مورد نیاز در تکیه‌گاه دهانه متناظر باید مجاز باشد. کاهش تدریجی میلگرد خمشی منفی مورد نیاز در منطقه مرکزی از لبه مناطق مرکزی تا یک سوم این مقدار در لبه طوری که کم‌تر از مقدار مورد نیاز برای میلگرد انقباضی و حرارتی نباشد مجاز است. شکل ۶۹ را ببینید.



راهنما:

۱- میلگرد منفی در وجه داخلی از یک تکیه‌گاه خارجی بدون پیوستگی

۲- میلگرد منفی دروجوه تکیه‌گاه داخلی برای بیش از دو دهانه

۳- میلگرد مثبت دهانه انتهایی

۴- میلگرد مثبت در جهت دیگر(میلگرد منفی نشان داده نشده است.)

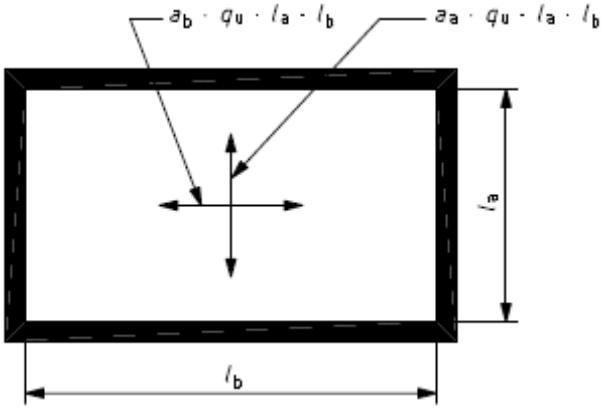
۵- میلگرد مثبت دهانه داخلی

a- نقاط قطع شدگی میلگرد منفی باید روی(بالای) دهانه بزرگ‌تر از میان دو دهانه مجاور واقع شود.

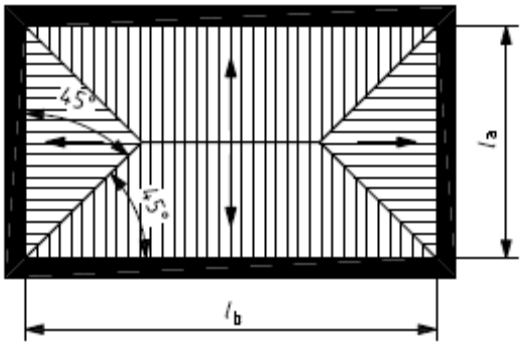
شکل ۶۹- میلگرد برای دال‌های دوطرفه نگه داشته شده با شاه‌تیرها، تیرها، یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

۴-۸-۵-۷ بازبینی برش

عامل برش V_u از دال در وجوه عناصر تکیه‌گاهی باید با بکارگیری مقادیری از بخش‌های بار α_a و α_b که به ترتیب از جهات کوتاه و بلند انتقال یافته، همان‌طور که در جداول ۱۳ تا ۱۶ برای شرایط لبه صفحه متناظر و نیز نسبت دهانه صفحه β تعیین شود. شکل ۷۰ را ببینید. برش نهایی نباید کم‌تر از برش نهایی ناشی از بار طراحی نهایی q_u بر حسب نیوتن بر متر مربع که روی یک سطحی که توسط خطوط ۴۵ درجه از گوشه صفحه کشیده شده و خط مرکزی صفحه موازی با دهانه بلند عمل می‌کند باشد.



شکل ۷۰- بخشی از بار کلی در صفحه انتقال داده شده از هر جهت در دال‌های دو طرفه تکیه داده شده روی شاه تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه ای



شکل ۷۱- مساحت‌های فرعی برای حداقل برش در تکیه‌گاه‌هایی از دال‌های دوطرفه تکیه داده شده روی شاه تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای

برش نهایی V_u برحسب نیوتن بر متر، نباید کم‌تر از مقدار بدست آمده از معادله ۸۶ در دهانه کوتاه عنصر تکیه‌گاهی باشد.

$$V_u = \frac{\alpha_a \cdot q_u \cdot l_b}{2} \geqslant \frac{q_u \cdot l_a}{4} \qquad (۸۶)$$

و از مقدار بدست آمده از معادله ۸۷ در دهانه بلند عنصر تکیه‌گاهی کم‌تر نباشد.

$$V_u = \frac{\alpha_b \cdot q_u \cdot l_a}{2} \geqslant q_u \cdot \left(\frac{l_a}{2} - \frac{l_a^2}{4 \cdot l_b} \right) \qquad (۸۷)$$

مقاومت طراحی برشی ϕV_n برحسب نیوتن بر متر باید مطابق با معادله ۵۲ با d بر حسب میلی‌متر و $b_w=b=1000mm$ محاسبه شود . این مقادیر باید مشابه مقادیر معادله ۵۰ در تمامی وجوه تکیه‌گاه باشد و باید با استفاده از یک عمق مؤثر d برحسب میلی‌متر برای دال برابر با بزرگ‌تر از بیش‌ترین مقدار مشتق شده از معادلات ۸۸ ، ۸۹ و ۹۰ بدست آید.

$$d \geqslant \frac{3 \cdot q_u \cdot \alpha_a \cdot l_a}{\phi \cdot \sqrt{f'_c}} \qquad (۸۸)$$

$$d \geqslant \frac{3 \cdot q_u \cdot \alpha_b \cdot l_b}{\phi \cdot \sqrt{f'_c}} \qquad (۸۹)$$

$$d \geqslant \frac{3 \cdot q_u \cdot l_a}{2 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'_c}} \qquad (۹۰)$$

در معادلات ۸۸ تا ۹۰:

q_u باید بر حسب نیوتن بر متر مربع l_a و l_b بر حسب متر، f'_c بر حسب مگاپاسکال و ϕ=[۰/۸۵] باشد.

۷-۵-۸-۵ محاسبه عکس‌العمل‌های روی تکیه‌گاه‌ها

عکس‌العمل نهایی با توزیع یکنواخت r_u بر حسب نیوتن بر متر روی تکیه‌گاه مشارکت یافته توسط هر صفحه‌ای از دال‌های دوطرفه در جهت کوتاه باید بر طبق معادله ۹۱ و در جهت بلند بر طبق معادله ۹۲ بدست آید.

$$r_u = \frac{V_u \cdot l}{l_a} \qquad (۹۱)$$

$$r_u = \frac{V_u \cdot l}{l_b} \qquad (۹۲)$$

که در معادلات فوق

V_u برش نهایی متناظر، برحسب نیوتن بر متر از معاله ۸۶ یا ۸۷؛

l دهانه مرکز تا مرکز در آن جهت بر حسب متر؛

l_a و l_b دهانه‌های آزاد متناظر بر حسب متر.

عامل کلی نهایی با توزیع یکنواخت روی تکیه‌گاه‌های خارجی از صفحه‌های لبه باید برابر مقدار عامل نهایی با توزیع یکنواخت r_u در تکیه‌گاه لبه که از معادله ۹۱ یا ۹۲ بدست آمده، بعلاوه‌ی عامل نهایی با توزیع یکنواخت از هر طره قرار گرفته از آن دهانه باشد. عامل های کلی نهایی با توزیع یکنواخت روی تکیه‌گاه های داخلی باید جمع عامل‌های نهایی با توزیع یکنواخت r_u بدست آمده با استفاده از معادله ۹۱ یا ۹۲ بطور مناسب برای هر دو دهانه مجاور در آن تکیه‌گاه باشد.

۷-۶ شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه ها

۷-۶-۱ کلیات

طراحی شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها باید مطابق با الزامات بند ۷-۶ انجام شود. مقررات اعمال شده به تیرهای مجزا شده یا شاه‌تیرها،تیرها و تیرچه هایی که بخشی از یک سامانه طبقه اند و شاه‌تیرهایی که بخشی از یک قاب مقاومت کننده لنگری تکیه داده شده به ستون‌ها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای اعمال می‌شود.

۷-۶-۲ تعریف بار طراحی

۷-۶-۲-۱ بارهای اعمالی

طراحی بار برای شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها باید مطابق با مقررات بند ۷-۲ باشند. بارهای زمین(وزن) که در طراحی عنصر باید در نظر گرفته شود باید به بارهای فرعی ناشی از عناصر سازه‌ای دیگر تکیه داده شده به عنصر مورد نظر و بارهایی که بطور مستقیم روی آن عنصر اعمال می‌شود تقسیم بندی شود. تنظیمات اثرات بارهای جانبی باید مطابق با مقررات بند ۸-۷ اجرا شود.

۷-۶-۲-۱-۱ بارهای فرعی

عامل‌های ناشی از عناصر سازه‌ای دیگر تکیه داده شده به شاه‌تیر، تیر یا تیرچه باید در نظر گرفته شود.

الف- بارهای مرده شامل وزن خود عناصر سازنده‌ی تکیه‌گاهی، بارهای ناشی از عناصر غیر سازه‌ای مسطح ایستاده و بارهایی از هرگونه وسیله ثابتی که توسط این عناصر تکیه‌گاهی اعمال شده است؛

ب- بارهای زنده‌ی اعمال شده بر عناصر تکیه‌گاهی.

۷-۶-۲-۱-۲ بارهای اعمال شده بطور مستقیم توسط تیر و شاه‌تیر یا تیرچه

بارهایی که بطور مستقیم توسط تیر، شاه‌تیر، یا تیرچه اعمال می‌شود و باید در نظر گرفته شوند.

الف- بارهای مرده، شامل وزن خود عنصر سازه‌ای و عناصر غیر سازه‌ای مسطح ایستاده و بارهای وسیله ثابتی که بطور مستقیم روی این عناصر قرار گرفته است؛

ب- بارهای زنده اعمال شده بطور مستقیم بر عنصری که در حال طراحی است.

۷-۶-۲-۲ بار طراحی نهایی

۷-۶-۲-۲-۱ بار طراحی نهایی برای بارهایی که توسط عنصر بطور مستقیم اعمال شده

بار طراحی نهایی برای بارهایی که توسط عنصر به طور مستقیم اعمال شده است باید مطابق موارد زیر باشد:

الف- برای بارهای با توزیع یکنواختی که مستقیما توسط شاه‌تیر، تیر یا تیرچه اعمال شده است، مقدار بار طراحی نهایی با توزیع یکنواخت W_u بر حسب نیوتن بر متر باید بزرگ‌تر از مقادیر بدست آمده توسط ترکیب W_d و W_l طبق معادلات ۳ و ۴ باشد. اگر شاه‌تیر، تیر یا تیرچه بخشی از سامانه طبقه باشد، معادلات ۵ و ۶ نیز باید بررسی شده و بزرگ‌ترین مقدار بدست آمده از ۴ معادله مذکور باید انتخاب شود.

ب- برای تمامی بارهای متمرکزی که بطور مستقیم توسط شاه‌تیرها، تیرها یا تیرچه‌ها اعمال می‌شود مقدار هر گونه بار طراحی شده نهایی متمرکز P_u بر حسب نیوتن باید بزرگ‌تر از مقادیر بدست آمده توسط ترکیب P_d و P_l با استفاده از معادله ۳ و ۴ برای هر موقعیت بار متمرکز در دهانه شاه‌تیر، تیر یا تیرچه باشد.

۷-۶-۲-۲-۲ عامل‌های نهایی عناصر سازه‌ای تکیه‌گاهی

عامل‌های نهایی عناصر سازه‌ای تکیه‌گاهی باید مطابق موارد زیرر باشد:

الف- بزرگ‌ترین عامل نهایی با توزیع یکنواخت r_u بر حسب نیوتن بر متر، از تمامی عناصر سازه‌ای فرعی، باید بدست آید.

ب- برای بارهای متمرکز، بزرگ‌ترین عامل‌های نهایی متمرکز، r_u بر حسب نیوتن از تمامی عناصر سازه‌ای تکیه‌گاهی برای تمامی موقعیت‌های بار متمرکز در دهانه‌های شاه تیر، تیر یا تیرچه باید بدست آید.

۷-۶-۲-۲-۳ بار طراحی نهایی کلی

بار طراحی نهایی کلی باید شامل موارد زیر باشد.

الف- بار کلی نهایی با توزیع یکنواخت W_u بر حسب نیوتن بر متر باید مجموع مقادیر بدست آمده برای بارهای با توزیع یکنواخت W_u طبق بند ۷-۶-۲-۲-۱ و عامل‌ها طبق بند ۷-۶-۲-۲-۲ باشد؛

ب- برای تمامی موقعیت های بار متمرکز در دهانه شاه‌تیر، تیر یا تیرچه بار کلی نهایی متمرکز P_u بر حسب نیوتن باید مجموع مقادیر بدست آمده برای بارهای متمرکز با توزیع یکنواخت P_u طبق بند ۷-۶-۲-۲-۱ و عاملها طبق بند ۷-۶-۲-۲-۲ باشد.

۷-۶-۳ جزییات میلگرد

۷-۶-۳-۱ کلیات

برای اهداف این استاندارد، میلگرد شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها باید از انواع شرح داده شده بوده و باید مطابق با مقررات مشخص شده در بندهای ۷-۶-۳-۲ تا ۷-۶-۳-۹ باشد.

۷-۶-۳-۲ میلگرد عرضی(متقاطع)

۷-۶-۳-۲-۱ شرح

میلگرد عرضی برای شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها باید از خاموت‌هایی که میلگرد طولی را احاطه نموده‌اند و عمود بر محور طولی عنصر با فواصل مختلفی در طول محور قرار گرفته‌اند تشکیل شود. خاموت باید از پایه

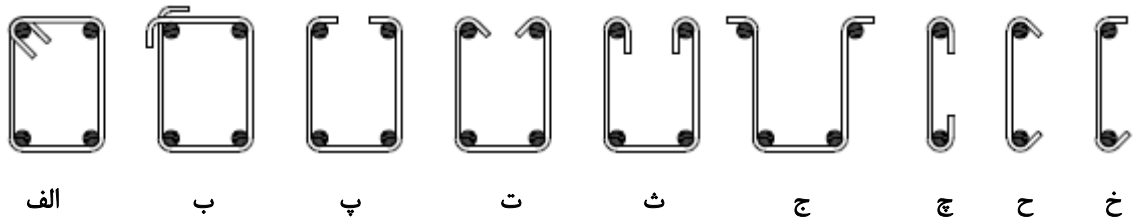
های عمودی منفرد یا چندتایی تشکیل شده باشد. هر پایه عمودی باید به میله طولی با خمیده شدن به دور آن وقتی که خاموت پیوسته است یا با استفاده از قلاب خاموت استاندارد که (بند ۷-۳-۶ را ببینید) میله طولی در انتهای خاموت را احاطه نموده است وصل شود. شکل ۷۲ را ببینید. تحت مقررات حاضر، تمامی خاموت‌های پیوسته در شاه‌تیرها و تیرها باید با قلاب های ۱۳۵ درجه بسته شده باشند. همان‌طور که در شکل ۷۲- الف نشان داده شده است. در تیرچه‌ها بکارگیری تمامی انواع خاموت نشان داده شده در شکل ۷۲ باید مجاز باشد.

۷-۶-۳-۲-۲ حداقل مساحت میلگرد عرضی

حداقل مساحت A_v، میلگرد برشی در میان یک فاصله s باید با مقررات بند ۷-۳-۱۳-۴-۴ منطبق باشد. مقدار A_v با مساحت تولید شده، A_b از میله خاموت ضرب در تعداد پایه های عمودی خاموت متناظر است.

۷-۶-۳-۲-۳ حداکثر و حداقل فاصله خاموت‌ها

فاصله مجاز خاموت‌ها نباید بیش از مقررات بند ۷-۳-۱۳-۴-۴ یا کم‌تر از مقررات بند ۷-۳-۷-۲ باشد.



شکل ۷۲- انواع شکل‌های خاموت

۷-۶-۳-۲-۴ خاموت پایه اتصال

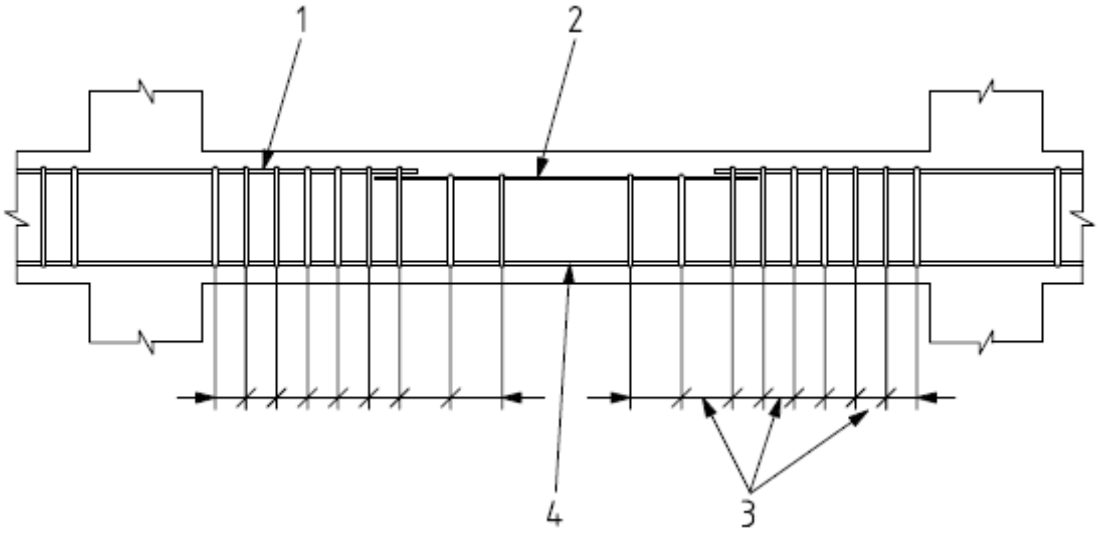
وصله‌های پوششی نباید به صورت بخشی از خاموت‌ها باشند.

۷-۶-۳-۲-۵ میلگرد امتداد یافته

جایی که تیرها توسط شاه‌تیرها یا تیرهای دیگری با ارتفاع یکسان نگه داشته می‌شوند خاموت‌های میلگرد امتداد یافته ویژه باید همان‌طور که طبق مقررات ۷-۶-۴-۵-۴- مجاز شده است تعبیه شوند.

۷-۶-۳-۲-۶ نگهداری خاموت‌ها

به منظور جلوگیری از سقوط خاموت‌ها در حین بتن‌ریزی، باید در قسمت بالایی مقطع به میله‌های تکیه-گاهی منفی چسبیده و مهار شوند.



راهنما:

۱- میگرد خمشی منفی
۲- میلگرد نگه دارنده خاموت
۳- فاصله خاموت
۴- میلگرد خمشی مثبت

شکل ۷۳- انواعی از خاموت‌ها که در طول شاه‌تیر، تیر یا تیرچه قرار گرفته است

۷-۶-۳-۳ میلگرد خمشی مثبت

۷-۶-۳-۳-۱ شرح

میلگرد خمشی مثبت باید در قسمت پایینی مقطع شاه‌تیر، تیر یا تیرچه مطابق با مقررات بند ۷-۶ تعبیه شود، و باید با مقررات عمومی مشخص شده در بند ۷-۶-۳-۳ و مقررات خاص که برای هر نوع عنصر در بندهای ۷-۶-۴ یا ۷-۶-۵ مشخص شده است، مطابق باشد.

۷-۶-۳-۳-۲ موقعیت

میلگرد خمشی مثبت باید به صورت طولی در شاه‌تیرها، تیرها یا تیرچه‌ها تعبیه شود. میلگرد خمشی مثبت باید همان‌طور که توسط مقررات بتن پوششی مجاز شده (بند ۷-۴-۳-۱) نزدیک به سطح پایینی شاه‌تیر، تیر یا تیرچه باشد. مقدار میلگرد خمشی مثبت باید به اندازه‌ای باشد که برای پایداری در برابر لنگر طراحی مثبت نهایی مقطع مورد نیاز است. جایی که یک شاه‌تیر، تیر یا تیرچه به عنوان تکیه‌گاهی برای شاه‌تیر، تیر یا تیرچه‌های دیگر است، میلگرد خمشی مثبت عنصر تکیه داده (نگه داشته) شده باید در بالای میلگرد خمشی مثبت عنصر تکیه‌گاهی (نگه‌دارنده) قرار گیرد.

۷-۶-۳-۳-۳ حداقل مساحت میلگرد

میلگرد خمشی مثبت باید مساحتی حداقل برابر با مساحت مشخص شده توسط بند ۷-۳-۹-۳-۱ داشته باشد. انطباق با حداقل تعداد میله های مشخص شده توسط بند ۷-۶-۳-۶ باید وجود داشته باشد.

۷-۶-۳-۳-۴ حداکثر مساحت میلگرد

مساحت میلگرد خمشی مثبت نباید از مقادیر مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۳-۲ بیش‌تر باشد.

۷-۶-۳-۳-۵ حداقل و حداکثر فاصله میلگرد

میلگرد خمشی مثبت نباید بیش از مقدار مجاز طبق بند ۷-۳-۷-۲ و ۷-۶-۳-۵ به یکدیگر نزدیک باشد. حداکثر فاصله میلگرد باید مطابق بند ۷-۶-۳-۶ باشد. وقتی که دو یا چند لایه از میلگرد مثبت بکار می‌رود، لایه‌ها نباید نزدیک‌تر از مقدار مجاز شده توسط مقررات بند ۷-۳-۷-۳ باشد.

۷-۶-۳-۳-۶ نقاط برش (قطع شدگی)

امتداد یافتن میلگردها در موقعیت‌های تعیین شده در بندهای ۷-۶-۴-۵ یا ۷-۶-۵-۵ باید مجاز باشد طوری که از یک دوم میلگرد خمشی مثبت مورد نیاز برای پایداری در برابر لنگر مثبت طراحی نهایی در میانه دهانه بیش‌تر نباشد.

۷-۶-۳-۳-۷ میلگرد اتصال

وصله‌ی پوششی میلگرد خمشی مثبت باقی مانده بین نقطه برش و وجه مقابل تکیه‌گاه همان‌طور که در بند ۷-۶-۳-۳-۶ مشخص شده است باید مجاز باشد.

۷-۶-۳-۳-۸ جاسازی در تکیه‌گاه‌های داخلی

میلگرد خمشی مثبت امتداد یافته در یک تکیه‌گاه داخلی باید با امتداد آن تا وجه مقابل تکیه‌گاه جاسازی بشود، بعلاوه فاصله مورد نیاز، با مقررات اتصال همپوشان که در بند ۷-۳-۸-۲ مشخص شده است، باید منطبق باشد.

۷-۶-۳-۳-۹ مهاربندی انتهای میلگرد

میلگرد خمشی مثبت در انتهای شاه‌تیر، تیر یا تیرچه باید به لبه منتهی شود و با یک قلاب استاندارد مهار شود.

۷-۶-۳-۳-۱۰ میلگرد خمشی مثبت عمل کننده

میلگرد خمشی مثبتی که در فشار عمل می‌کند باید با خاموت‌ها یا بندهایی طبق مقررات بند ۷-۳-۱۰-۳-۲ مهار شود.

۷-۶-۳-۴ میلگرد خمشی منفی

۷-۶-۳-۴-۱ شرح

میلگرد خمشی منفی باید در قسمت بالایی مقطع شاه‌تیر، تیر یا تیرچه در لبه‌ها و تکیه‌گاه‌ها به مقدار و طول‌هایی مطابق با مقررات بند ۷-۶ تهیه شود، و باید با مقررات عمومی بند ۷-۶-۳-۴ و مقررات ویژه بند ۷-۶-۴ یا ۷-۶-۵ مطابق باشد.

۷-۶-۳-۴-۲ موقعیت

میلگرد خمشی منفی باید در تکیه‌گاه‌های لبه و میانی تهیه شود. میلگرد خمشی منفی باید همان‌طور که در مقررات بتن پوششی (بند ۷-۳-۴-۱) مجاز شده نزدیک به سطح بالایی شاه‌تیر، تیر یا تیرچه باشد. در تکیه-گاه‌هایی که شاه‌تیر، تیر یا تیرچه‌ها یکدیگر را قطع می‌کنند، میلگرد خمشی منفی عناصر با دهانه بزرگ‌تر باید بالای میلگرد خمشی منفی عضو متقاطع با کوتاه‌ترین دهانه قرار گیرد.

مقدار میلگرد خمشی منفی باید مقدار مورد نیاز برای پایداری در برابر لنگر طراحی منفی نهایی مقطع باشد.

۷-۶-۳-۴-۳ حداقل مساحت میلگرد

حداقل مساحت میلگرد خمشی منفی باید برابر با مساحت مشخص شده توسط مقررات بند ۷-۳-۹-۳-۱ باشد و با حداقل تعداد میلگردهای مشخص شده در بند ۷-۶-۳-۶ باید انطباق داشته باشد.

۷-۶-۳-۴-۴ حداکثر مساحت میلگرد

مساحت میلگرد خمشی منفی نباید از مقادیر مشخص شده در نبد ۷-۳-۹-۳-۲ بیش‌تر باشد.

۷-۶-۳-۴-۵ حداقل و حداکثر فاصله میلگرد

میلگرد خمشی منفی نباید بیش از مقدار مشخص شده توسط بند ۷-۳-۷-۲ و ۷-۶-۳-۵ بهم نزدیک باشند. بیش‌ترین فاصله میلگرد باید مطابق بند ۷-۶-۳-۶ باشد. وقتی که دو یا چند لایه از میلگرد منفی بکار می-رود، لایه‌ها نباید نزدیک‌تر از مقدار مشخص شده توسط بند ۷-۳-۷-۳ باشد. میلگرد منفی تیر T ساختمان باید مطابق با بند ۷-۶-۳-۸-۱ باشد.

۷-۶-۳-۴-۶ نقاط برش (قطع شدگی)

امتداد یافتن میلگرد خمشی منفی در موقعیت های مشخص شده در بند ۷-۶-۴-۵ یا ۷-۶-۵-۵ مگر برای طره‌ها باید مجاز باشد. جایی که دهانه‌های مجاور نابرابرند، نقاط قطع شدگی میلگرد خمشی منفی باید بر مبنای مقررات دهانه بزرگ‌تر تعیین شود.

۷-۶-۳-۴-۷ اتصال میلگرد

اتصال همپوشان میلگرد خمشی منفی بین نقطه قطع شدگی و تکیه‌گاه نباید مجاز باشد.

۷-۶-۳-۴-۸ مهار انتهای میلگرد

میلگرد خمشی منفی در انتهای شاه‌تیر، تیر یا تیرچه باید با استفاده از یک قلاب استاندارد به داخل لبه‌های شاه‌تیر، تیر، ستون یا دیوار بتنی سازه‌ای که تکیه‌گاهی را در لبه مطابق با فاصله مهار مشخص شده توسط بند ۷-۳-۸-۳ آماده می‌کند مهار شود. در لبه خارجی طره ها، میلگرد خمشی منفی عمود بر لبه باید در یک قلاب استاندارد خاتمه یابد.

۷-۶-۳-۴-۹ میلگرد خمشی منفی عمل کننده در فشار

میلگرد خمشی منفی عمل کننده در فشار باید با خاموت‌ها یا بندها طبق بند ۷-۳-۱۰-۳-۲ محاط شود.

۷-۶-۳-۴-۱۰ میلگرد منفی برای نگه داشتن خاموت‌ها

در فاصله‌ای در طول دهانه شاه‌تیر، تیر یا تیرچه بین نقاط قطع شدگی میلگرد منفی، میلگرد منفی باید برای اتصال و مهار کردن خاموت‌ها تعبیه شود. قطر این میله‌ها باید برابر یا بزرگ‌تر از قطر میله خاموت‌ها باشد. اتصال همپوشان این میله‌ها با یک طول برابر یا بزرگ‌تر از $۱۵۰mm$ باید مجاز باشد.

۷-۶-۳-۵ بیش‌ترین تعداد میلگردهای طولی در یک لایه

بیش‌ترین تعداد میلگردهای طولی در یک لایه باید برابر قطر میلگرد طولی و عرضی، پوشش بتنی مناسب(بند۷-۳-۴) بزرگ‌ترین اندازه سنگدانه درشت و حداقل فاصله آزاد بین میله‌ها (بند ۷-۳-۷) تعیین

شود. وقتی که این ملاحظات اجرا نمی‌شود، بکارگیری مقررات بندهای ۷-۶-۳-۵-۱ تا ۷-۶-۳-۵-۳ باید مجاز باشد.

۷-۶-۳-۵-۱ شاه‌تیرها و تیرهای با $b_w \geq 300mm$

برای شاه‌تیرها و تیرهای با پهنای b_w آن‌ها بزرگ‌تر یا برابر ۳۰۰ میلی‌متر، تعیین بیش‌ترین تعداد میله‌ها در یک لایه طبق معادله ۹۳ باید مجاز باشد.

$$N_b \leq \frac{b_w}{50} - 3 \qquad (۹۳)$$

که در آن:

b_w پهنای شاه‌تیر یا تیر بر حسب میلی‌متر طبق جدول ۱۷،

N_b تعداد میله‌ها در یک لایه.

۷-۶-۳-۵-۲ شاه‌تیرها و تیرهای با $b_w < 300mm$

برای شاه‌تیرها و تیرهای با پهنای b_w کم‌تر از ۳۰۰ میلی‌متر و بزرگ‌تر یا مساوی ۲۵۰ میلی‌متر، سه عدد میله طولی باید مجاز باشد. برای شاه‌تیرها و تیرهایی با پهنای b_w کوچک‌تر از ۲۵۰ میلی‌متر، دو عدد میله طولی باید بکار رود. جدول ۱۷ را ببینید.

جدول ۱۷- بیش‌ترین تعداد میلگرد طولی در یک لایه برای شاه‌تیرها و تیرها

پهنای جان تیر b_w mm	بیشترین تعداد میله های طولی N_b
$b_w < 200$	مقطع مجاز نیست
$200 \leq b_w < 250$	2
$250 \leq b_w < 300$	3
$300 \leq b_w$	$\leq \left(\frac{b_w}{50} - 3\right)$

۷-۶-۳-۵-۳ تیرچه‌ها

بیش‌ترین تعداد میلگردهای طولی در تیرچه‌های یا پهنای جان تیر برابر یا کوچک‌تر از ۱۵۰ میلی‌متر (شکل ۴۹ را ببینید) باید یک عدد باشد. اما باید برای تمرکز آن در حال تماس، تا دو میله که یکی در بالای دیگری قرار گرفته باشد مجاز باشد. برای پهنای جان تیرهای بزرگ‌تر از ۱۵۰ میلی‌متر و کوچک‌تر از ۲۰۰ بیش‌ترین تعداد میله‌ها در یک لایه منفرد باید دو عدد باشد و متمرکز کردن آن‌ها نباید مجاز باشد. برای پهنای جان تیرهای برابر یا بزرگ‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر تعداد میله‌ها در یک لایه منفرد باید از تعداد میله‌هایی که برای شاه‌تیرها و تیرها در بندهای ۷-۶-۳-۵-۱ و ۷-۶-۳-۵-۲ مجاز شده است، یکی بیش‌تر باشد.

۷-۶-۳-۶ حداقل تعداد میلگردهای طولی در یک لایه

برای حداقل کردن پهنای ترک خمشی در نقاط دارای بیش‌ترین لنگر، تعداد زیاد از میلگردهای با قطر کم‌تر نسبت به تعداد کمی از میلگردهای با قطر زیاد ترجیح داده می‌شود. مقررات مشخص شده در بندهای ۷-۶-

۳-۶-۱ و ۷-۶-۳-۶-۲ برای مقاطعی با بیش‌ترین لنگر مثبت و منفی، در شاه‌تیرها و تیرچه‌هایی با پهنای b_w برابر یا بزرگ‌تر از ۳۰۰ میلی‌متر به کار برده می‌شود.
برای شاه‌تیرها و تیرهای با b_w کم‌تر از ۳۰۰ میلی‌متر، حداقل تعداد میلگردهای طولی باید دو عدد باشد.

۷-۶-۳-۶-۱ شرایط رویارویی بیرونی

حداقل تعداد میلگردهای طولی در لایه‌ای از شاه‌تیرها و تیرهایی که در معرض زمین یا هوا قرار دارد، باید برابر با یا بزرگ‌تر از مقدار بدست آمده از معادله ۹۴ باشد.

$$N_b \geq \frac{b_w}{100} \qquad (۹۴)$$

که در آن:

b_w پهنای شاه‌تیر یا تیر بر حسب میلی‌متر است.

۷-۶-۳-۶-۲ شرایط رویارویی داخلی

حداقل تعداد میلگردهای طولی در لایه‌ای از شاه‌تیرها و تیرهایی که در معرض زمین یا هوا قرار ندارند باید برابر یا بزرگ‌تر از مقدار بدست آمده از معاله ۹۵ باشد.

$$N_b \geq \frac{b_w}{200} \qquad (۹۵)$$

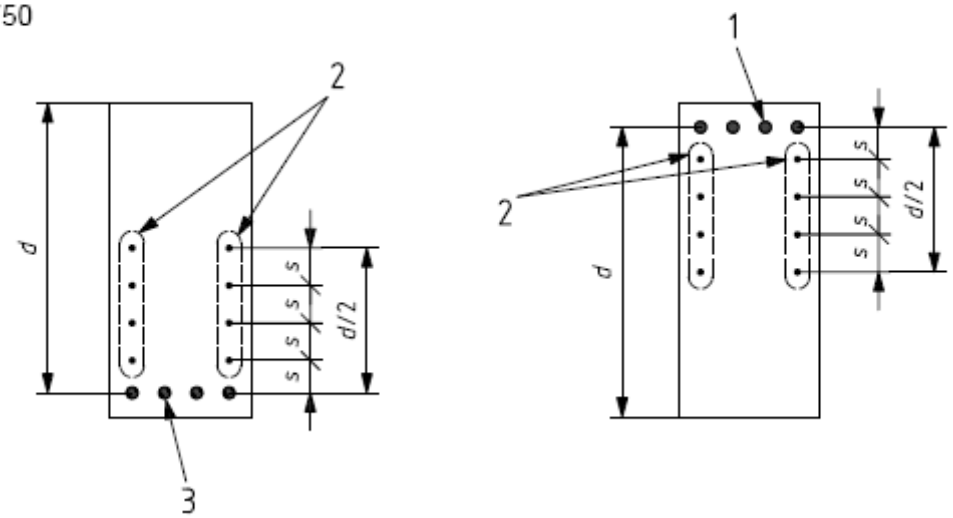
که در آن:

b_w پهنای شاه‌تیر یا تیر بر حسب میلی‌متر است.

۷-۳-۶-۷ میلگرد پوسته

اگر عمق مؤثر d یک شاه‌تیر، تیر یا تیرچه بیش از ۸۰۰ میلی‌متر باشد. میلگرد طولی پوسته باید در طول هر دو وجه عضو با یک فاصله‌ی عمودی برابر $d/2$ نزدیک میلگرد کششی خمشی بطور یکنواخت توزیع شود. فاصله عمودی s بین میله‌ها بر حسب میلی‌متر باید طبق معادله ۹۶ بدست آید، اما نباید این فاصله از $d/6$ یا ۳۰۰ میلی‌متر بیش‌تر باشد. شکل ۷۴ را ببینید.

$$s = \frac{1000 \cdot A_b}{d - 750} \qquad (۹۶)$$



راهنما:

۱- میلگرد منفی در کشش
۲- میلگرد پوسته

۳- میلگرد مثبت در کشش

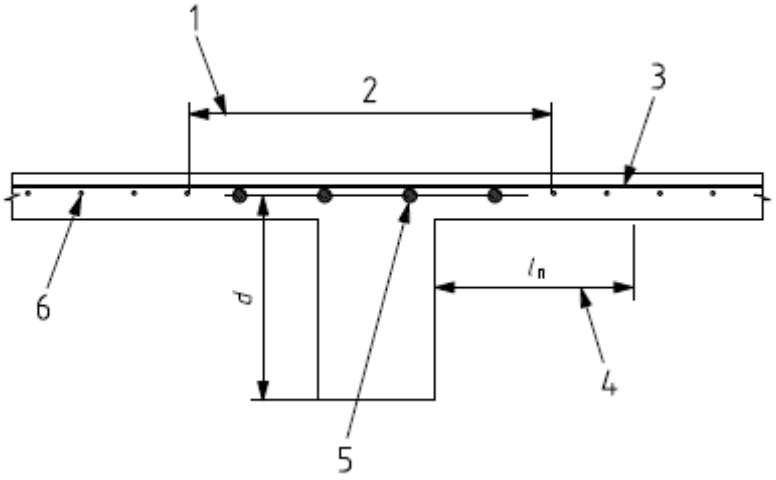
شکل ۷۴- میلگرد پوسته برای شاه‌تیرها، تیرها و تیرچه‌ها با $d>۸۰۰mm$

۷-۶-۳-۸ میلگرد لبه(بال)های تیرهای T شکل

برای شاه‌تیرها و تیرهایی که به شکل T هستند، به غیر از تیرچه‌ها، و همراه با یک لبه یا دال در قسمت بالایی می‌باشند، مقررات مشخص شده در بندهای ۷-۶-۳-۸-۱ و ۷-۶-۳-۸-۲ برای میلگرد قرار گرفته در لبه باید بکار برده شود. هنگامی که شاه‌تیر یا تیر بخشی از یک سامانه‌ی دال روی شاه‌تیر باشد، مقدار میلگردهای لبه نباید کم‌تر از مقدار مورد نیاز برای دال باشد.

۷-۶-۳-۸-۱ توزیع میلگرد خمشی منفی در لبه های تیرT

جایی که لبه‌های تیر T ساختمان تحت کشش قرار دارند، میلگرد خمشی منفی در جهت تیر باید روی یک پهنایی برابر یا کوچکتر از پهنای لبه مؤثر تعیین شده در بند ۷-۳-۱۱-۶ یا یک دهم دهانه تیر توزیع شود. اگر پهنای لبه مؤثر مشخص شده در بند ۷-۳-۱۱-۶ بیش از یک دهم دهانه باشد، پهنای لبه مؤثر باقی مانده باید دارای میلگرد در جهت تیر برابر یا بزرگ‌تر از میلگرد انقباضی و حرارتی برای دال‌های مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۲-۱ باشد. شکل ۷۵ را ببینید. در این حالت مقررات بند ۷-۶-۳-۵ نباید اعمال شود.



راهنما:

۱- پهنای توزیع میلگرد خمشی منفی در کشش
۲- حداقل پهنای لبه مؤثر یا یک دهم دهانه تیر
۳- میلگرد عرضی محاسبه شده با این فرض که لبه به عنوان یک طره عمل می‌کند.
۴- دهانه طره آزاد برای بدست آوردن میلگرد عرضی برابر جزء امتداد یافته پهنای لبه مؤثر یا برای تیرهای T مجزا که بطور کامل امتداد یافته است.
۵- میلگرد خمشی منفی تیر در کشش
۶- میلگرد انقباضی و حرارتی خارج از پهنا برای توزیع میلگرد منفی

شکل ۷۵- میلگرد در لبه‌های تیرهای T

۷-۶-۳-۸-۲ لبه میلگرد عرضی

در قسمت بالای لبه، میلگرد عمود بر تیر باید برای پایداری در برابر لنگر منفی بدست آمده از معادله ۷۰ با به کار بردن مقدار l_n برابر با جزء امتداد پهنای لبه مشخص شده در بند ۷-۳-۱۱-۶ و برای تیرهای T ایزوله

پهنای کامل لبه امتدادیافته یا پهنای لبه مشخص شده در بند ۷-۳-۱۱-۶ تهیه شود. این میلگرد باید با مقررات میلگرد خمشی منفی در دال‌ها طبق بند ۷-۵-۳-۴ منطبق باشد. شکل ۷۵ را ببینید.

۷-۶-۳-۹ میلگرد شاه‌تیر و تیر در مناطق زلزله خیز

در شاه‌تیرها و تیرهایی که بطور مستقیم روی ستون‌ها و دیوارهای بتنی سازه‌ای که بخشی از قاب مقاوم لنگری در مناطق زلزله خیز را تشکیل داده‌اند قرار گرفته، میلگرد باید با الزامات تکمیلی بند ۷-۸ انطباق داشته باشد. تیرچه‌ها و تیرهایی که بخشی از یک قاب نیستند از مقررات تکمیلی زلزله مستثنی می‌باشند.

۷-۶-۴ تیرچه‌ها و تیرهای تکیه داده شده روی شاه‌تیرها

۷-۶-۴-۱ کلیات

مقررات بند ۷-۶-۴ تیرچه‌ها و تیرهایی را که بر روی شاه‌تیرها تکیه داده شده‌اند و به طور یک‌پارچه با آن‌ها ریخته می‌شود، در بر می‌گیرد. سامانه‌های تیرچه دو طرفه یا سامانه‌های لایه‌ای روی تیرها که در بند ۷-۴-۱-۳-۴ مشخص شده است پوشش داده می‌شود و باید با مقررات عمومی بند ۷-۴ انطباق داشته باشد.

۷-۶-۴-۲ ابعاد

مقررات زیر برای ابعاد باید در نظر گرفته شود:

۷-۶-۴-۲-۱ تیرچه‌ها

علاوه بر مقررات مناسب بند ۷-۶، تیرچه‌ها باید با مقررات عمومی ابعادی که در بند ۶ مشخص شده است و مقررات خاص مشخص شده در بند ۷-۴-۱-۳-۱ مطابق باشد. حداقل عمق مجاز باید برای تیرچه های یک طرفه مطابق بند ۷-۴-۵-۳ و برای تیرچه های دو طرفه مطابق بند ۷-۴-۵-۴ باشد.

۷-۶-۴-۲-۲ تیرها

علاوه بر مقررات مناسب بند ۷-۶، تیرهای تکیه داده شده به شاه‌تیرها باید مطابق با مقررات عمومی ابعادی مشخص شده در بند ۶-۱ و مقررات خاص مشخص شده در بند ۷-۴-۱-۲ مطابق باشد. حداقل عمق مجاز باید مطابق بند ۷-۴-۵-۳ باشد.

پهنای b_w جان تیرها نباید کم‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد. فضای بین تکیه‌گاه‌های فرعی(جانبی) تیرهای مجزا شده نباید بیش از ۵۰ برابر حداقل پهنای لبه یا وجه فشاری،b ، باشد.

۷-۶-۴-۲-۳ طره‌های تیرچه‌ها و تیرها

همه طره‌های تیرچه‌ها یا تیرها باید از یک عنصری که بین تکیه‌گاه‌های تهیه شده توسط تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارهای سازه‌ای قرار دارد تا بیرون آن‌ها امتداد داشته باشد. هیچ گونه طره دوتایی نباید مجاز باشد.

۷-۶-۴-۳ لنگر خمشی نهایی

۷-۶-۴-۳-۱ طره‌های تیرچه‌ها و تیرهای تکیه داده شده به تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها

لنگر خمشی منفی نهایی، M_a^- برای طره‌های تیر یا تیرچه‌ای که جلوتر از لبه تکیه‌گاهی شاه‌تیرها، تیرها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای قرار دارد، باید با این فرض محاسبه شود که یک دوم بار نهایی توزیع شده، W_u بعنوان یک بار متمرکز در نوک طره همراه با تمامی بارهای متمرکزی که بر روی دهانه طره عمل می‌کنند ΣP_u و

نیمه دیگر بعنوان یک بار با توزیع یکنواخت روی تمامی دهانه می‌باشد، مطابق با معادله ۹۷ محاسبه شود، اما این نباید کم‌تر از لنگر خمشی منفی از اولین دهانه داخلی در شاه‌تیر، تیر یا دیوار بتنی سازه‌ای تکیه‌گاهی خارجی بوده یا از یک سوم لنگر مثبت در جهت مشابه، از ا ولین دهانه داخلی کم‌تر نباشد.

$$M_u^- = \frac{3 \cdot W_u \cdot l_n^2}{4} + l_n \cdot \sum P_u \qquad (۹۷)$$

که در آن:

l_n دهانه آزاد از طره بر حسب متر W_u بر حسب نیوتن بر متر ΣP_u بر حسب نیوتن و M_u^- بر حسب نیوتن متر است.

۷-۶-۴-۳-۲ تیرچه‌ها و تیرهای یک دهانه تکیه داده شده به تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها

لنگر منفی نهایی مثبت و منفی M_u بر حسب نیوتن متر برای تیرهای یک دهانه و تیرچه‌های یک طرفه یک دهانه باید با استفاده از معادله ۹۸ برای لنگر مثبت در تکیه‌گاه‌ها و معادله ۹۹ برای لنگر منفی در تکیه‌گاه‌ها محاسبه شود.

$$M_u^+ = \frac{W_u \cdot l_n^2}{8} + \frac{l_n}{4} \cdot \sum P_u \qquad (۹۸)$$

که در آن:

l_n دهانه آزاد از تیر یا تیرچه بر حسب متر، W_u بر حسب نیوتن بر متر و ΣP_u بر حسب نیوتن است .

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{24} + \frac{l_n}{16} \cdot \sum P_u \qquad (۹۹)$$

۷-۶-۴-۳-۳ تیرچه‌ها و تیرهای تکیه داده شده به تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها با دو یا چند دهانه

لنگر خمشی نهایی مثبت و منفی M_u برای تیرها و تیرچه های یک طرفه تکیه داده شده به تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارهای سازه‌ای باید مطابق معادلات ۱۰۰ تا ۱۰۵ محاسبه شود:

الف- برای لنگر مثبت در دهانه های انتهایی

$$M_u^+ = \frac{W_u \cdot l_n^2}{11} + \frac{l_n}{9} \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۰)$$

که در آن:

l_n دهانه آزاد از تیر یا تیرچه بر حسب متر، W_u بر حسب نیوتن بر متر و ΣP_u بر حسب نیوتن می‌باشد.

ب- برای لنگر مثبت در دانه های داخلی

$$M_u^+ = \frac{W_u \cdot l_n^2}{16} + \frac{l_n}{5} \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۱)$$

پ- برای لنگر منفی در تکیه‌گاه‌ها در وجه داخلی تکیه‌گاه‌های خارجی

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{24} + \frac{l_n}{16} \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۲)$$

ت- برای لنگر منفی در وجه خارجی اولین تکیه‌گاه داخلی برای فقط دو دهانه

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{9} + \frac{l_n}{6} \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۳)$$

ث- برای لنگر منفی در وجوه تکیه‌گاه‌های داخلی برای بیش از دو دهانه

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{10} + \frac{l_n}{7} \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۴)$$

ج- برای لنگر منفی در وجوه تمامی تکیه‌گاه‌های تیرچه‌ها با دهانه‌هایی که بیش از سه متر نباشد.

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{12} + \frac{l_n}{8} \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۵)$$

۷-۶-۴-۳-۴ کاربرد تحلیل قاب برای تیرچه‌ها و تیرهای تکیه داده شده به تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها

به کار بردن تحلیل یک قاب برای دستیابی به لنگر و برش نهایی بعنوان یک جانشینی برای مقادیر بدست آمده طبق بندهای ۷-۶-۴-۳-۱ تا ۷-۶-۴-۳-۳ و ۷-۶-۴-۴-۱ تا ۷-۶-۴-۴-۳ در صورتی که مقررات زیر رعایت شوند باید مجاز باشد:

الف- روش تحلیلی باید بر مبنای اصول معین مکانیک سازه باشد؛

ب- این روش باید تعادل قابلیت سازگاری تغییر شکل‌ها، پایداری عمومی و ویژگی‌های مواد در کوتاه مدت و دراز مدت را در نظر بگیرد؛

پ- روش تحلیلی باید قابلیت خم شدن تکیه‌گاه‌ها و تعامل بین عناصر تکیه داده شده و تکیه‌گاهی خمش و کشش را در نظر بگیرد؛

ت- محاسبه مدول الاسیسیته بتن با استفاده از رابطه $E_C = 4500\sqrt{f_C'}$ بر حسب مگاپاسکال باید مجاز باشد؛

ث- استفاده از هرگونه مجموعه‌ای از مفروضات قابل قبول (معقول) برای محاسبه سفتی خمش و کشش عناصر سازه‌ای باید مجاز باشد. مفروضات اضافه شده باید در سراسر آنالیز تشکیل شوند؛

ج- طول دهانه باید بعنوان فاصله مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها در نظر گرفته شود، اما برای بدست آوردن لنگر و برش نهایی، در وجوهی از تکیه‌گاه‌ها باید مجاز باشد؛

چ- فرض اینکه ترتیب بار زنده به ترکیباتی از بار مرده روی تمامی دهانه‌ها با بار زنده نهایی کلی روی دو دهانه مجاور و بار مرده نهایی روی تمامی دهانه‌ها با بار زنده نهایی روی دهانه‌های جایگزین می‌باشد، باید مجاز باشد.

۷-۶-۴-۳-۵ تیرچه های دوطرفه تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها

بدست آوردن لنگر نهایی برای تیرچه های دوطرفه تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارهای سازه‌ای بتنی طبق بندهای ۷-۵-۸-۱ و ۷-۵-۸-۲ باید مجاز باشد. مگر آنکه حداقل عمق تیرها یا شاه‌تیرهای تکیه-گاهی مطابق با مقررات بند ۷-۵-۸-۱-پ باشد. بند ۷-۴-۱-۳ را ببینید.

۷-۶-۴-۴ برش نهایی

۷-۶-۴-۴-۱ طره هایی از تیرچه‌ها و تیرهای تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها

برش نهایی V_u در تکیه‌گاه طره‌ها باید مطابق با معادله ۱۰۶ محاسبه شود.

$$V_u = W_u \cdot l_n + \sum P_u \qquad (۱۰۶)$$

که در آن:

l_n دهانه آزاد طره بر حسب متر، W_u بر حسب نیوتن بر متر و ΣP_u بر حسب نیوتن است.

۷-۶-۴-۴-۲ تیرها و تیرچه های یک دهانه دکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها

برش نهایی V_u بر حسب نیوتن برای تیرهای یک دهانه و تیرچه های یک طرفه یک دهانه باید مطابق با معادله ۱۰۷ محاسبه شود.

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} + 0,8 \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۷)$$

که در آن:

l_n دهانه آزاد طره بر حسب متر، W_u بر حسب نیوتن بر متر و ΣP_u بر حسب نیوتن است.

۷-۶-۴-۴-۳ تیرچه‌ها و تیرهای تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها و دیوارها با دو یا چند دهانه

لنگر خمشی مثبت و منفی نهایی M_u بر حسب نیوتن متر برای تیرها و تیرچه های یک طرفه تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها و دیوارها باید مطابق با معادله ۱۰۸ برای وجه خارجی از اولین تکیه‌گاه داخلی و مطابق معادله ۱۰۹ برای وجوهی از سایر تکیه‌گاه‌ها محاسبه شود.

$$V_u = 1,15 \cdot \frac{W_u \cdot l_n}{2} + 0,80 \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۸)$$

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} + 0,75 \cdot \sum P_u \qquad (۱۰۹)$$

که در معادلات فوق:

l_n دهانه آزاد طره بر حسب متر، W_u بر حسب نیوتن بر متر و ΣP_u بر حسب کیلو نیوتن است.

۷-۶-۴-۴-۴ کاربرد تحلیل قاب

به کار بردن تحلیل قاب برای دستیابی به برش‌های نهایی بعنوان جایگزینی برای مقادیر بدست آمده طبق بندهای ۷-۶-۴-۴-۱ تا ۷-۶-۴-۴-۳ در صورتی که مقررات بند ۷-۶-۴-۳-۴ برآورده شود مجاز است.

۷-۶-۴-۴-۵ تیرچه های دوطرفه تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها

دستیابی به برش نهایی برای تیرچه های دوطرفه تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارهای سازه‌ای طبق مقررات بند ۷-۵-۸-۱ تا ۷-۵-۸-۴ مگر برای حداقل عمق تیرها یا شاه‌تیرهای تکیه‌گاهی که طبق بند ۷-۵-۸-۱-پ باید مجاز باشد، بند ۷-۴-۴ را ببینید.

۷-۶-۴-۵ میلگرد

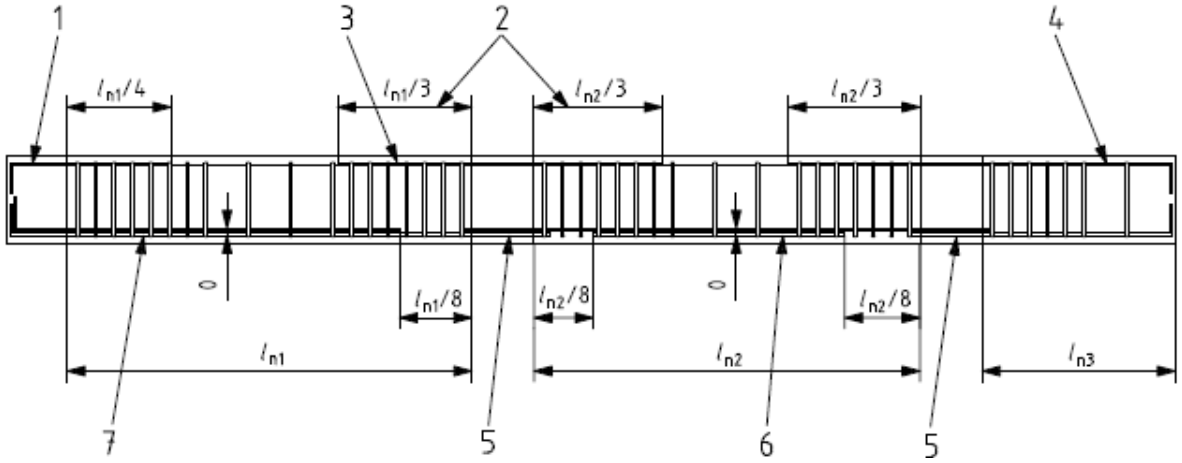
۷-۶-۴-۵-۱ میلگرد خمشی مثبت

مساحت میلگرد مثبت باید طبق معادلات ۲۷ یا ۲۹ با مقدار مناسب M_u^+ بدست آمده طبق بند ۷-۶-۴-۳ که به نیوتن میلی‌متر تبدیل شده و بکار بردن d و b بر حسب میلی‌متر تعیین شود. وقتی که یک دال در قسمت بالای مقطع واقع است یا وقتی که تیر یا تیرچه به شکل T است اعمال اثر تیر T که در بند ۷-۳-۱۱-۶ مشخص شده باید مجاز باشد. میلگرد خمشی مثبت باید با مقررات بند ۷-۶-۳-۳ انطبقا داشته باشد. در تکیه‌گاه‌های داخلی در یک فاصله‌ای برابر l_n /8 اندازه گیری شده از وجه تکیه‌گاه‌ها داخل دهانه تا یک دوم میلگرد خمشی مثبت باید برای امتداد یافتن اگر هیچ گونه بار متمرکزی در سراسر آن فاصله وجود نداشته باشد مجاز باشد. برای تیرها و تیرچه های یک دهانه هیچ امتدادی از میلگرد مثبت نباید مجاز باشد. شکل ۷۶ را ببینید.

۷-۶-۵-۴-۵-۲ میلگرد خمشی منفی

مساحت میلگرد خمشی منفی باید طبق معادلات ۲۷ یا ۲۹ برای مقدار M_u^- بزرگ‌تری که از بند ۷-۶-۴-۳ برای هر دوطرف تکیه‌گاه بدست آمده بر حسب نیوتن میلی‌متر و بکار بردن d و b بر حسب میلی‌متر تعیین شود. این میلگرد باید با مقررات بند ۷-۶-۳-۴ انطباق داشته باشد. وقتی که یک دال در قسمت بالای مقطع واقع است یا وقتی که تیر یا تیرچه به شکل T است، میلگرد خمشی منفی باید با بند ۷-۶-۳-۸ انطباق داشته باشد. در یک فاصله‌ای برابر l_n /4 برای تکیه‌گاه‌های خارجی و l_n /3 برای تکیه‌گاه‌های داخلی که از وجه داخلی تکیه‌گاه تا دهانه اندازه‌گیری شده است، همه میلگرد خمشی منفی برای امتداد یافتن باید مجاز باشد. شکل ۷۶ را ببینید.

هیچ گونه امتدادی از میلگرد منفی در طره‌ها نباید مجاز باشد.



راهنما:

۱- میلگرد منفی در وجه داخلی از تکیه‌گاه خارجی
۲- میلگرد منفی در نقاط قطع شدگی روی دهانه بزرگ‌تر از میان دهانه های مجاور
۳- میلگرد منفی در تکیه‌گاه داخلی
۴- میلگرد منفی بزرگ‌تر طره یا مورد نیاز برای تکیه‌گاه داخلی
۵- اتصال مطابق با بند ۷-۳-۸-۲
۶- میلگرد مثبت دهانه داخلی
۷- میلگرد مثبت دهانه انتهایی

شکل ۷۶- میلگرد برای تیرها و تیرچه های تکیه داده شده روی تیرها یا شاه‌تیرها

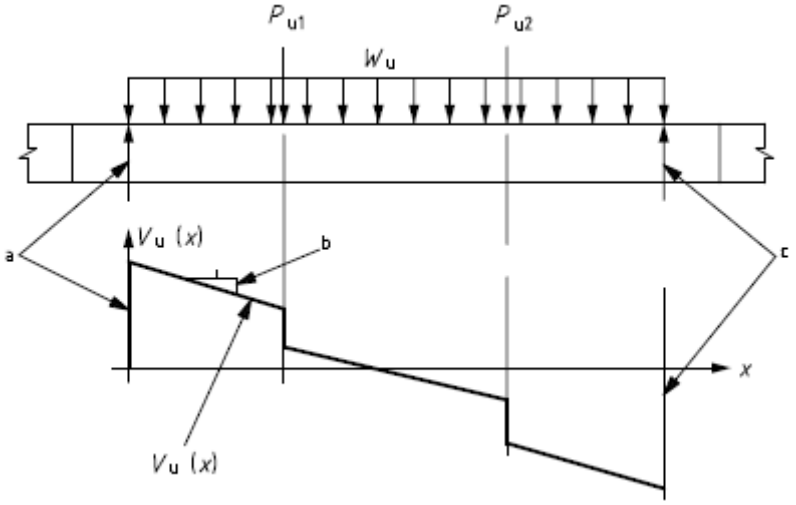
۷-۶-۴-۵-۳ میلگرد عرضی

مقادیر V_u در وجوهی از تکیه‌گاه‌های راست و چپ باید با استفاده از معادله مناسب طبق بند ۷-۶-۴-۴ بدست آید. نمودار نشان دهنده تغییر برش در طول دهانه باید ترسیم شود، شروع با مقدار V_u بر حسب نیوتن در وجه تکیه‌گاه چپ به عنوان مثبت گرفته می‌شود. رویه برش تا سمت راست این نقطه باید کاهشی با یک نرخی برابر $[(V_u)_{left\ supp}+(V_u)_{right\ supp}-\Sigma P_u]/l_n$ بر حسب کیلو نیوتن باشد. در هر جایی که یک بار متمرکز اعمال می‌شود، مقدار P_u بر حسب نیوتن باید از مقدار برش نشان داده شده در نمودار در سمت چپ بار کاسته شود. رویه‌ای که شرح داده شد، در وجه تکیه‌گاه چپ مقدار منفی، V_u بر حسب نیوتن در نمودار باید بدست آید. شکل ۷۷ را ببینید.

در هر محلی روی دهانه، مقدار ($l. V_n$) که طبق مقررات بند ۷-۳-۱۳-۴ محاسبه شده است باید برابر یا بزرگ‌تر از مقدار مطلق $V_{u(x)}$نشان داده شده در نمودار محاسبه باشد.

میلگرد برشی باید مقررات بندهای ۷-۶-۳-۲ و ۷-۶-۳-۴ انطباق داشته باشد.

حدود ($\phi.V_n$) که در بند ۷-۳-۱۳-۴-۴ تعیین شده باید در نمودار برش نشانه گذاری شود، و حداقل تعداد میلگرد طبق معادله ۵۵ باید قطعی شود. مقادیر مناسب برای فاصله s از خاموت‌ها باید برای مناطق مختلف داخل در نمودار برش تعیین شود. یک حداقل فاصله عملی از خاموت‌ها طبق مقررات بند ۷-۳-۷-۲ باید ملاحظه شود. اولین خاموت نباید بیش از $s/2$ از وجه عنصر تکیه‌گاهی فاصله داشته باشد. s فاصله مورد نیاز خاموت‌ها در تکیه‌گاه است.



راهنما:

a $(V_u)_{\text{left supp}}$

b $[(V_u)_{\text{left supp.}} + (V_u)_{\text{right supp.}} - \Sigma P_u]/l_n$

c $(V_u)_{\text{right supp}}$

شکل ۷۷- محاسبه نمودار برشی تیر یا تیرچه تکیه داده شده روی تیرها یا شاه‌تیرها

۷-۶-۴-۵-۴ میلگرد امتداد یافته

وقتی که یک میله توسط یک شاه‌تیر اصلی با عمق مشابه نگه داشته می‌شود، میلگرد امتداد یافته باید در تیرچه فراهم شود. نیروهای عکس‌العمل از میله تکیه داده شده، به صورت فشار رو به پایین در کف شاه‌تیر تکیه‌گاهی متمایل شده و باید توسط میلگرد امتداد یافته به شکل خاموت‌های بسته شده واقع در هر دو عنصر علاوه بر خاموت‌های برشی مقاوم شود. شکل ۷۸ را ببینید. تعیین میلگرد امتداد یافته باید طبق موارد زیر انجام شود:

الف- اگر V_u ناشی از میله تکیه داده شده در سطح مشترک کم‌تر از $\left(\phi \cdot \frac{\sqrt{f'_c}}{4} \cdot b_w \cdot d\right)$ باشد، صرفنظر کردن از میلگرد امتداد یافته باید مجاز باشد، که در آن [۰/۸۵]= ϕ است. شکل ۶-۳-۳-د را ببینید.

ب- اگر h_b بزرگ‌تر از یک دوم عمق کل شاه‌تیر تکیه‌گاهی باشد، صرف‌نظر کردن میلگرد امتداد یافته باید مجاز باشد، که h_b فاصله عمودی اندازه‌گیری شده از کف شاه‌تیر تکیه‌گاهی تا کف میلگرد تکیه داده شده است.

پ- میلگرد امتداد یافته باید خاموت‌های بسته شده با عمق کامل بوده و مساحت کلی آن A_i مطابق با معادله ۱۱۰ باشد.

$$A_i \geq \frac{\left(1-\frac{h_b}{h_s}\right) V_u}{\phi \cdot f_y} \qquad (۱۱۰)$$

که در آن:

V_u برش ناشی از تیر تکیه داده شده در سطح مشترک؛

A_i مساحت خاموت‌های اضافی؛

h_s ارتفاع کلی شاه‌تیر تکیه‌گاهی؛

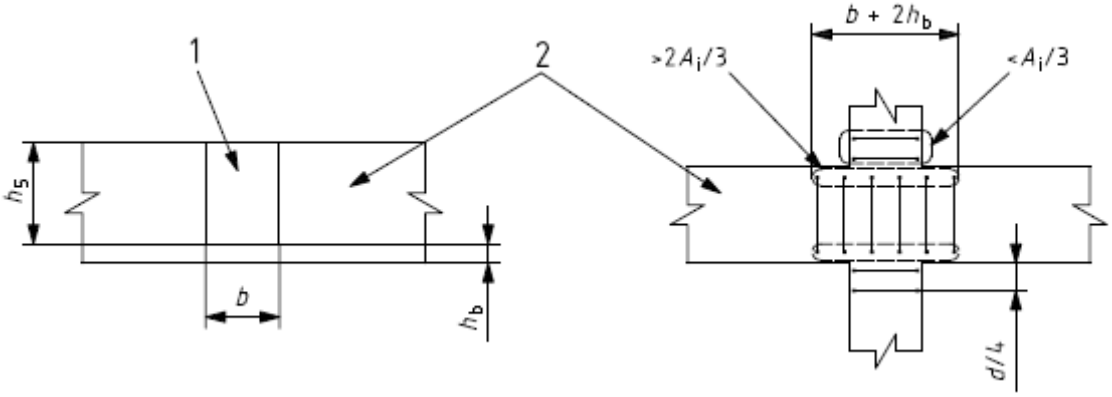
f_y مقاومت تسلیم مشخص شده فولاد خاموت‌هاست.

ϕ=[۰/۸۵] است. شکل ۶-۳-۳-د را ببینید.

ت- خاموت‌های اضافی با یک مساحتی برابر یا بزرگ‌تر از دو سوم مساحت A_i باید در شاه‌تیر تکیه‌گاهی برای یک فاصله‌ای از محور طولی شاه‌تیر تکیه‌گاهی برابر با یا کوچک‌تر از پهنای b_w از تیر تکیه داده شده بعلاوه h_b در هر طرف واقع شود. در محاسبه سه دوم مقدار A_i فقط مساحت پایه‌های خاموت‌های اضافی که در سمت تیر نگه داشته شده قرار گرفته است باید در نظر گرفته شود.

ث- خاموت‌های اضافی با مساحتی که بزرگ‌تر از یک سوم مساحت A_i نباشد باید در تیر تکیه داده شده برای یک فاصله‌ی $d/4$ (که d عمق مؤثر تیر تکیه داده شده است) از محور طولی تیر تکیه داده شده‌ی وجه شاه تیر تکیه‌گاهی قرار گیرد.

ج- کف میلگرد طولی تیر تکیه داده شده باید بالای کف میلگرد طولی شاه‌تیر تکیه‌گاهی قرار گیرد.



راهنما:

۱- تیر تکیه داده شده

۲- شاه‌تیر تکیه‌گاهی

شکل ۷۸- میلگرد امتداد یافته

۷-۶-۴-۶ محاسبه عکس‌العمل‌های روی تیرها و شاه‌تیرها

۷-۶-۴-۶-۱ تیرچه‌های یک طرفه

عکس‌العمل نهایی روی تکیه‌گاه‌هایی از تیرچه باید از لحاظ توزیع یکنواخت مجاز باشد. عکس‌العمل نهایی r_u بر حسب نیوتن بر متر، روی تکیه‌گاه‌ها باید مقدار بدست آمده طبق معادله ۱۱۱ بعلاوه عامل توزیع یکنواخت از هر طره واقع در آن تکیه‌گاه باشد. در معادله ۱۱۱، V_u برش نهایی بر حسب نیوتن بر طبق بند ۷-۶-۴-۴، l دهانه مرکز تا مرکز تیرچه بر حسب متر، l_n دهانه آزاد تیرچه بر حسب متر و s فاصله مرکز تا مرکز بین تیرچه‌ها بر حسب متر است. شکل ۴۹ را ببینید.

$$r_u = \frac{V_u \cdot l}{s \cdot l_n} \qquad (۱۱۱)$$

۷-۶-۴-۶-۲ تیرچه های دوطرفه تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارها

دستیابی به عامل‌های نهایی مورد نیاز برای تیرچه‌های دوطرفه تکیه داده شده روی تیرها، شاه‌تیرها یا دیوارهای سازه‌ای طبق مقررات بندهای ۷-۵-۸-۱ و ۷-۵-۸-۵ ، مگر برای حداقل عمق تیرها یا شاه‌تیرهای تکیه‌گاهی مشخص شده در بند ۷-۵-۸-۱-پ باید مجاز باشد بند ۷-۴-۱-۳-۴ را ببینید.

۷-۶-۴-۶-۳ تیرها

عکس‌العمل نهایی R_u بر روی تکیه‌گاه‌ها بر حسب نیوتن باید مقدار بدست آمده مطابق با معادله ۱۱۲ بعلاوه عامل نهایی از هر طره قرار گرفته از آن تکیه‌گاه باشد.

$$R_u = \frac{V_u \cdot l}{l_n} \qquad (۱۱۲)$$

که در آن:

V_u برش نهایی، بر حسب نیوتن، طبق بند ۷-۶-۴-۴؛

l دهانه مرکز تا مرکز تیر، بر حسب متر؛

l_n دهانه آزاد از تیر بر حسب متر.

۷-۶-۵ شاه‌تیرهایی که بخشی از یک قاب هستند

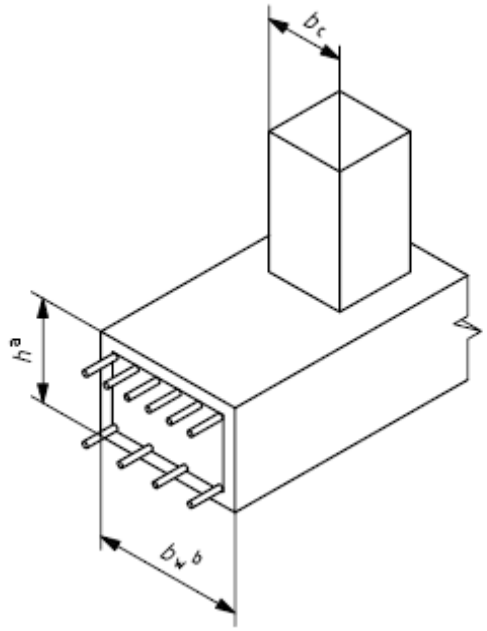
۷-۶-۵-۱ کلیات

مقررات بند ۷-۶-۵ شاه‌تیرهایی که بخشی از یک قاب مقاوم لنگر در جایی که شاه‌تیرها بطور یکپارچه ریخته می‌شود و بطور مستقیم توسط ستون‌ها یا دیوراهای بتنی سازه‌ای نگه‌داشته شده‌اند را در بر می‌گیرد.

۷-۶-۵-۲-۲ عمق و عرض(پهنای) شاه‌تیر

شاه‌تیر بدون پشت بند(ماهیچه)ها چنگک‌ها یا تیر زیر سری‌ها باید منشوری باشد، ارتفاع h باید با حداقل ضخامت مشخص شده در بند ۷-۴-۵-۳ منطبق باشد. دهانه آزاد عضو نباید کم‌تر از چهار برابر ارتفاع آن h باشد. نسبت پهنا به ارتفاع b_w/h نباید کم‌تر از ۰٫۳ باشد. پهنای b نباید کم‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد یا نباید بیش از پهنای ستون تکیه‌گاهی (اندازه گیری شده روی یک صفحه عمود بر محور طولی شاه‌تیر) بعلاوه‌ی

فاصله از هر سمت عضو تکیه‌گاهی باشد، در ضمن از چهار سوم ارتفاع، h شاه‌تیر بیش‌تر نباشد. شکل ۷۹ را ببینید.



راهنما:

a: محدودیت های h:

برابر با یا بزرگ‌تر از حداقل مقادیر محاسبه شده مطابق با بند ۷-۴-۵-۳ باشد ؛

$< l_n/4$

b: محدودیت های b_w:

b_w: $\geqslant 200$ mm

$\geqslant 0{,}3 \cdot h$

$< b_c + 1{,}5 \cdot h$

شکل ۷۹- محدودیت های عمق و پهنای شاه‌تیر

۷-۶-۵-۲-۳ شاه‌تیرهای نگه داشته شده با دیوارهای بتنی سازه ای

شاه‌تیرهای نگه داشته شده با دیوارهای بتنی سازه‌ای باید در تمام طول عمودی دیوار هنگامی که دیوار در صفحه‌ای از قاب قرار گرفته است ادامه داشته باشد. پهنای شاه‌تیر نباید کم‌تر از ضخامت دیوار باشد. هنگامی که شاه‌تیرها با دیوارهای عمود بر محور طولی شاه‌تیر نگه داشته شود، دیوارها باید با یک تیری که در میان تمام طول افقی دیوار در سطح مشابه و دارای عمق مشابه شاه‌تیر آماده شود. پهنای تیر نباید کم‌تر از ضخامت دیوار یا ۲۰۰ میلی‌متر باشد. میلگرد عمودی دیوار باید از میان شاه‌تیر یا تیر مشخص شده در بند ۷-۹ عبور داده شود.

۷-۶-۵-۲-۴ تکیه‌گاه جانبی

در شاه‌تیرهایی که از پهلو توسط دال کف(طبقه) یا تیرهای ثانویه نگه داشته نمی‌شوند، فاصله آزاد بین تکیه-گاه‌های جانبی نباید بیش از ۵۰ برابر حداقل پهنای b لبه یا سطح فشاری باشد.

۷-۶-۵-۲-۵ مقررات ویژه

محدودیت‌های زیر باید برای شاه‌تیرهای قاب های طراحی شده طبق بند ۷-۶-۵ مؤثر باشد:

الف- دو یا چند دهانه وجود داشته باشد؛

ب- دهانه‌ها از میان دو دهانه مجاور تقریبا برابر دهانه بزرگ‌تر بوده و بیش از ۲۰ درصد بزرگ‌تر از دهانه کوتاه‌تر نباشد؛

پ- بارها بطور یکنواخت توزیع شده‌اند و تنظیماتی برای بارهای متمرکز اجرا شوند؛

ت- واحد بار زنده W_l از سه برابر واحد بار مرده W_d بیش‌تر نباشد؛

ث- شیب شاه‌تیرها نباید بیش از شیب ۱۵ درجه باشد.

۷-۶-۵-۳ لنگر خمشی نهایی

۷-۶-۵-۳-۱ لنگر مثبت و منفی نهایی

لنگر مثبت و منفی نهایی M_u بر حسب نیوتن متر برای شاه‌تیرها و تیرهایی که بخشی از یک قاب جایی که ستون‌ها و دیوارهای بتنی سازه‌ای عناصر عمودی هستند باید طبق معادلات ۱۱۳ تا ۱۱۹ محاسبه شود.

الف- برای یک لنگر مثبت در دهانه های انتهایی .

$$M_u^+ = \frac{W_u \cdot l_n^2}{14} + \frac{l_n}{6} \cdot \sum P_u \qquad (۱۱۳)$$

که در آن:

l_n دهانه آزاد بر حسب متر

W_u بر حسب نیوتن بر متر

$\sum P_u$ مجموع تمامی بارهای متمرکز نهایی که روی دهانه عمل می‌کند ، بر حسب نیوتن.

ب- برای یک لنگر مثبت در دهانه های داخلی

$$M_u^+ = \frac{W_u \cdot l_n^2}{16} + \frac{l_n}{7} \cdot \sum P_u \qquad (۱۱۴)$$

پ- برای یک لنگر منفی در تکیه‌گاه‌های وجه داخلی از یک ستون خارجی یا دیوار سازه‌ای عمودی

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{16} + \frac{l_n}{10} \cdot \sum P_u \qquad (۱۱۵)$$

ت- برای یک لنگر منفی در وجه خارجی اولین ستون داخلی یا دیوار سازه‌ای عمودی برای فقط دو دهانه

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{9} + \frac{l_n}{6} \cdot \sum P_u \qquad (۱۱۶)$$

ث- برای یک لنگر منفی در وجوهی از ستونهای داخلی یا دیوارهای سازه‌ای عمودی برای بیش از دو دهانه

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{10} + \frac{l_n}{6,5} \cdot \sum P_u \qquad (۱۱۷)$$

ج- برای یک لنگر منفی در وجوهی از دیوارهای سازه‌ای موازی با صفحه قاب

$$M_u^- = \frac{W_u \cdot l_n^2}{12} + \frac{l_n}{7} \cdot \sum P_u \qquad (۱۱۸)$$

چ- برای یک لنگر منفی در تکیه‌گاه طره‌های شاه‌تیر

$$M_u^- = \frac{3 \cdot W_u \cdot l_n^2}{4} + l_n \cdot \sum P_u \qquad (۱۱۹)$$

۷-۶-۵-۳-۲ شاه‌تیرهای قاب‌های موازی با جهت سامانه‌های تیرچه‌ی یک‌طرفه

برای منظور داشتن اثر توزیع پشت‌بندهای سامانه‌ی تیرچه (بند ۷-۴-۱-۳-۳) روی شاه‌تیرهایی از قاب‌های موازی با جهت سامانه‌های تیرچه‌ی یک‌طرفه، یک بار نهایی با دو برابر آن‌چه که در طراحی تیرچه‌ی منفرد علاوه بر بارهای روی شاه‌تیر باید اعمال شود، هم ارز است. این بار اصلاحی همچنین در هنگام بدست آوردن برش نهایی که در بند ۷-۶-۵-۴-۱ مشخص خواهد شد باید مورد ملاحظه قرار گیرد.

۷-۶-۵-۳-۳ کاربرد تحلیل قاب

به کار بردن یک تحلیل قاب برای بدست آوردن لنگر خمشی و برش نهایی به عنوان یک جزء برای مقادیر بدست آمده طبق بندهای ۷-۶-۵-۳-۱ و ۷-۶-۵-۴-۱ در صورتی که مقررات زیر رعایت شوند، باید مجاز باشد.

الف- روش تحلیل باید بر مبنای اصول معین مکانیک سازه باشد؛

ب- روش تحلیل باید تعادل، قابلیت سازگاری تغییر شکل‌ها، پایداری کلی و ویژگی‌های کوتاه مدت و بلند مدت مصالح را در نظر داشته باشد؛

پ- باید مجاز باشد که مدول کشسانی بتن برابر با $E_C = 4500\sqrt{f_C'}$ برحسب مگاپاسکال در نظر گرفته شود؛

ت- مجموعه‌ای از مفروضات معقول باید برای محاسبه استحکام سختی خمشی و کششی ستون‌ها، دیوارها، تیرها و شاه‌تیرها در نظر گرفته شود. مفروضات اضافه شده باید در حین تحلیل، پایدار شوند؛

ث- طول دهانه باید به صورت فاصله‌ی مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها در نظر گرفته شود، اما دستیابی به لنگر و برش نهایی در وجوه تکیه‌گاه‌ها باید مجاز باشد.؛

ج- فرض این که ترتیب بارهای زنده به ترکیب‌بارهای مرده روی دهانه‌ها با بارهای زنده‌ی نهایی کامل روی دو دهانه‌ی مجاور و بارهای مرده‌ی نهایی روی تمامی دهانه‌ها با بارهای زنده‌ی نهایی کامل روی دهانه‌های جایگزین محدود شده است مجاز است.

۷-۶-۵-۴ برش نهایی

۷-۶-۵-۴-۱ محاسبه‌ی برش نهایی

مقدار V_u برحسب نیوتن برای دال باید در وجوه تمامی تکیه‌گاه‌ها با استفاده از معادلات ۱۲۰ تا ۱۲۲ محاسبه شود.

الف- در وجه خارجی اولین ستون داخلی

$$V_u = 1{,}15 \cdot \frac{W_u \cdot l_n}{2} + 0{,}80 \cdot \sum P_u \qquad (۱۲۰)$$

که در آن:

l_n ، دهانه‌ی آزاد بر حسب متر؛

W_u ، برحسب نیوتن بر متر؛

ΣP_u، مجموع تمامی بارهای متمرکز نهایی که روی دهانه عمل می‌کند، برحسب نیوتن؛

ب- در وجوه تمامی ستون‌های دیگر:

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} + 0,75 \cdot \sum P_u \qquad (۱۲۱)$$

پ- در تکیه‌گاه‌های طره‌های شاه‌تیر:

$$V_u = W_u \cdot l_n + \sum P_u \qquad (۱۲۲)$$

۷-۶-۵-۴-۲ کاربرد تحلیل قاب

استفاده از تحلیل قاب برای دستیابی به برش‌های نهایی به عنوان یک جزء برای مقادیر حاصل از بند ۷-۶-۵-۴-۱ در صورت رعایت مقررات بند ۷-۶-۵-۳-۳ باید مجاز باشد.

۷-۶-۵-۵ میلگرد

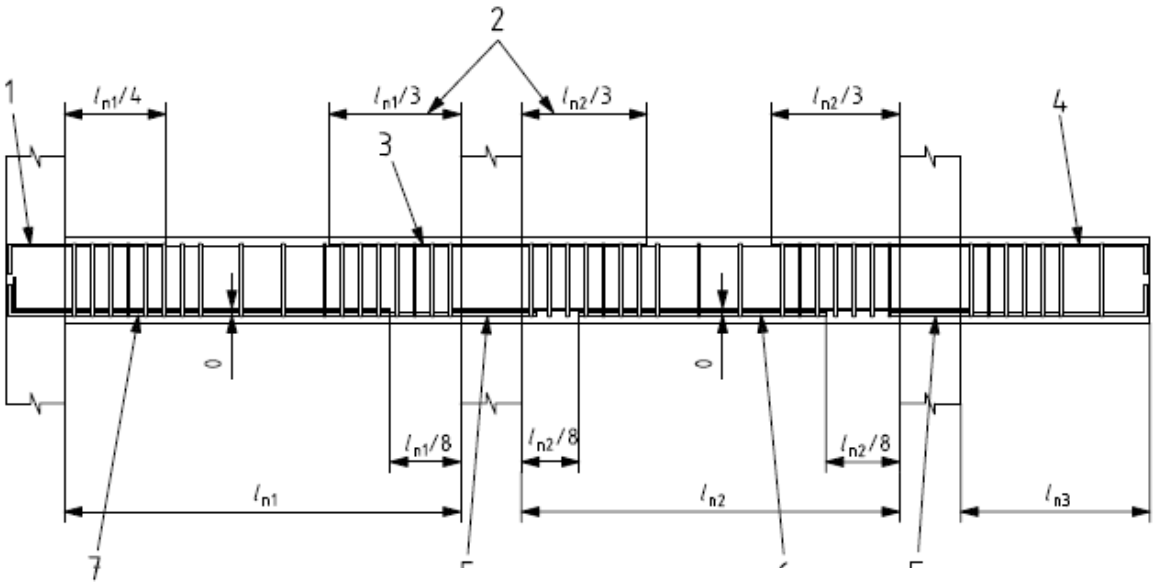
۷-۶-۵-۵-۱ میلگرد خمشی مثبت

مساحت میلگرد خمشی مثبت باید مطابق با مقررات بند ۷-۳-۱۱-۴ با یک مقدار مناسب M+u که از معادله‌ی ۱۱۳ یا ۱۱۴ بدست آمده و برحسب نیوتن میلی‌متر $(1N.m=10^3N.mm)$ بیان شده است و مقادیر d و b برحسب میلی‌متر تعیین شود، اگر یک دال در قسمت بالای شاه‌تیر ایجاد شده باشد، به کارگیری مقررات منظور شده‌ی اثر تیر T که در بند ۷-۳-۱۱-۶ مشخص شده باید مجاز باشد. میلگرد خمشی مثبت باید مطابق با مقررات بند ۷-۶-۳-۳ باشد. در تکیه‌گاه‌های داخلی، در یک فاصله‌ای برابر $l_n/8$ که از وجه تکیه‌گاه تا دهانه اندازه‌گیری شده است، تا یک دوم میلگرد خمشی مثبت، اگر هیچ بار متمرکزی در آن فاصله وجود نداشته باشد باید برای امتداد یافتن مجاز باشد ؛ شکل‌های ۸۰ و ۸۱ را ببینید.

۷-۶-۵-۵-۲ میلگرد خمشی منفی

مساحت میلگرد خمشی منفی باید مطابق با مقررات بند ۷-۳-۱۱-۴ برای مقادیر بزرگ‌تر M^-_u برای هر دو طرف تکیه‌گاه که از معادلات ۱۱۵ تا ۱۱۹ به دست آمده و برحسب نیوتن میلی‌متر $(1N.m=10^3N.mm)$ بیان شده است و مقادیر d و b برحسب میلی‌متر تعیین شود، این میلگرد باید مطابق با مقررات بند ۷-۶-۳-۴ باشد. هنگامی که یک دال در قسمت بالایی مقطع واقع شود یا هنگامی که تیر یا تیرچه به شکل T است، میلگرد خمشی منفی باید مطابق با مقررات بند ۷-۶-۳-۸ باشد. در تکیه‌گاه‌های داخلی در یک فاصله‌ای برابر با $l_n/3$ و در تکیه‌گاه‌های خارجی در یک فاصله‌ای برابر$l_n/4$ که از وجه تکیه‌گاه تا دهانه اندازه‌گیری شده است، تمامی میلگرد خمشی منفی برای امتداد یافتن (شکل ۸۰) باید مجاز باشد، مگر در ستون‌هایی که دربردارنده‌ی حلقه‌ی پیرامونی ستون‌ها که در بند ۷-۴-۳-۲ مشخص شده است می‌باشد، جایی که یک

چهارم از میلگرد منفی در میان دهانه اتصال یا در دهانه‌ی میانی باید امتداد داشته باشد هیچ گونه امتداد یافتنی از میلگرد در طره‌ها نباید مجاز باشد.



راهنما:

۱ - میلگرد منفی در وجه داخلی از یک تکیه‌گاه خارجی

۲ - میلگرد منفی نقاط قطع‌شدگی که روی دهانه‌ی بزرگ‌تر دهانه‌های مجاور بنا شده است

۳ - میلگرد منفی تکیه‌گاه داخلی

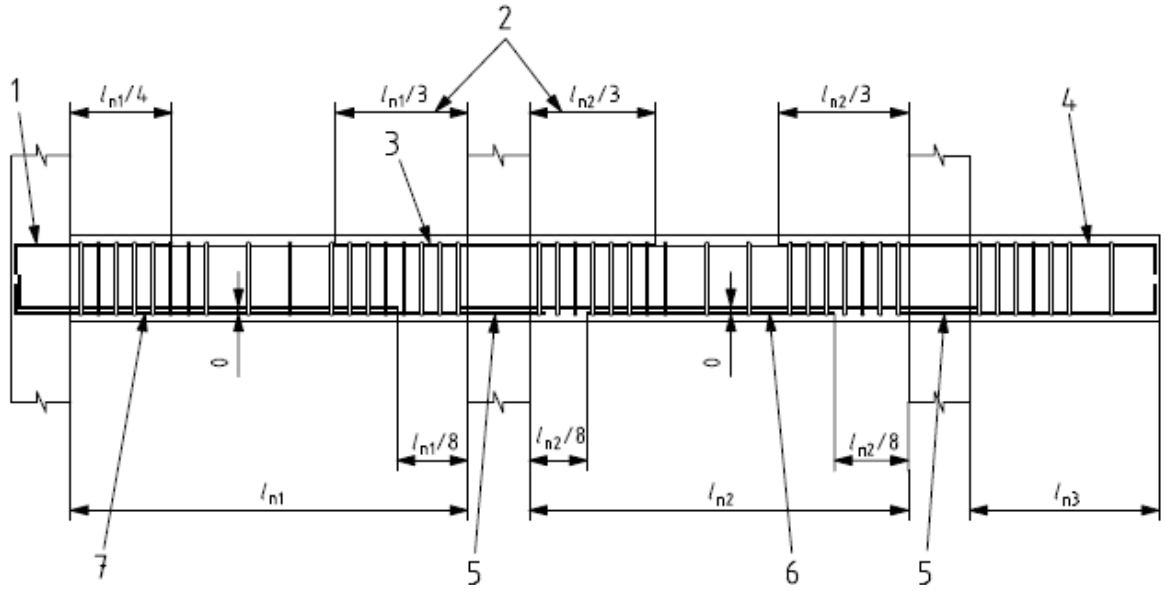
۴ - میلگرد منفی بزرگ‌تر طره یا میلگرد منفی مورد نیاز برای تکیه‌گاه داخلی

۵ - اتصال طبق بند ۷-۳-۸-۲

۶ - میلگرد مثبت دهانه‌ی داخلی

۷ - میلگرد مثبت دهانه‌ی نهایی

شکل ۸۰ - میلگرد در شاه‌تیرهایی که بخشی از یک لنگر مقاوم قاب توسط ستون‌ها یا دیوارهای بتنی سازه‌ای می‌باشند



راهنما:

۱ - میلگرد منفی در وجه داخلی از یک تکیه‌گاه خارجی

۲ - میلگرد منفی نقاط قطع‌شدگی که روی دهانه‌ی بزرگ‌تر دهانه‌های مجاور بنا شده است

۳ - میلگرد منفی تکیه‌گاه داخلی

۴ - میلگرد منفی بزرگ‌تر طره یا میلگرد منفی مورد نیاز برای تکیه‌گاه داخلی

۵ - اتصال طبق بند ۷-۳-۸-۲

۶ - میلگرد مثبت دهانه‌ی داخلی

۷ - میلگرد مثبت دهانه‌ی نهایی

شکل ۸۱- میلگرد در شاه‌تیرهایی که بخشی از یک قاب محیطی هستند

۷-۶-۵-۵-۳ میلگرد عرضی

مقادیر V_u در وجوهی از تکیه‌گاه‌های راست و چپ باید با استفاده از مقدار مناسب از معادلات ۱۲۰ تا ۱۲۲ بدست آید. یک نمودار از تغییر برش در دهانه باید مطابق با مقررات بند ۷-۶-۴-۵-۳ (شکل ۷۷) محاسبه شود. در هر مکانی در دهانه، مقدار ($\phi.V_n$) که طبق مقررات بند ۷-۳-۱۳-۴ مشخص شده باید بزرگ‌تر از $V_{u(x)}$ یا برابر با مقدار مطلق آن همان‌طور که در نمودار محاسبه شده نشان داده شده است باشد.

میلگرد برشی باید مطابق با مقررات بندهای ۷-۶-۳-۲- و ۷-۳-۱۳-۴ باشد. حدود ($\phi.V_n$) که در بند ۷-۳-۱۳-۴-۴ مشخص شده است باید روی نمودار برش نشانه‌گذاری شود، و یک مقدار حداقل میلگرد خمشی آن‌طور که توسط معادله‌ی ۵۵ تعریف شده باید معین شود. مقادیر مناسب فاصله از خاموت‌ها، s، باید برای مناطق مختلف در نمودار برش تعیین شود. یک حداقل فاصله‌ی عملی از خاموت‌ها آن‌طور که توسط بند ۷-۳-۷-۲ مشخص شده باید ملاحظه شود. اولین خاموت نباید بیش از $s/2$ از وجه عنصر تکیه‌گاهی فاصله داشته باشد که s فاصله‌ی مورد نیاز خاموت‌ها در تکیه‌گاه است.

۷-۶-۵-۵-۴ میلگرد امتداد یافته[1]

هنگامی که یک شاه‌تیر یک تیر اصلی با عمق مشابه را نگه می‌دارد، میلگرد امتداد یافته‌ای که توسط بند ۷-۶-۴-۵-۴ مشخص شده است باید به کار برده شود.

۷-۶-۵-۶ محاسبه عکس‌العمل‌های روی ستون‌ها و دیوارهای بتنی سازه‌ای

۷-۶-۵-۶-۱ عکس‌العمل عمودی در ستون و دیوارها

عکس‌العمل نهایی R_u روی تکیه‌گاه‌ها برحسب نیوتن باید مقدار بدست آمده از معادله‌ی (۱۲۳) بعلاوه‌ی عکس‌العمل نهایی از هر دهانه‌ی طره از آن تکیه‌گاه باشد:

$$R_{\mathrm{u}} = \frac{V_{\mathrm{u}} \cdot l}{l_{\mathrm{n}}} \qquad (۱۲۳)$$

که در آن:

V_u برش نهایی، بر حسب نیوتن، طبق معادلات ۱۲۰ تا ۱۲۲؛

l دهانه‌ی مرکز تا مرکز تیر، برحسب متر؛

l_n دهانه‌ی آزاد تیر، برحسب متر.

۷-۶-۵-۶-۲ لنگر نامتوازن حاصل از بارگذاری عمودی اعمال شده به شاه‌تیر

عکس‌العمل لنگر روی ستون‌ها باید با استفاده از لنگر نهایی نامتوازن، $\Delta \mathrm{M_u}$، ناشی از بارهای عمودی نهایی روی شاه‌تیرها در صفحه‌ای از قاب که از ستون دهانه آن سطح واقع شده برآورد شود. لنگر نامتوازن باید به ستون بالا و پایین شاه‌تیر به نسبت سختی های مرتبط توزیع شود. روش زیر باید برای محاسبه لنگر نامتوازن اعمال شود:

الف- لنگر نامتوازن، ΔM_u، باید متناظر با بزرگ‌ترین تفاوت در لنگر منفی نهایی شاه‌تیر در ستون هنگامی که دوحالت از بار ارزیابی می‌شود.

ب- در اولین حالت (حالت A از شکل ۸۲) کل ستون باید با بار مرده‌ی نهایی تحت بار قرار گرفته و دهانه-های جایگزین باید با بار زنده‌ی نهایی تحت بار قرار گیرد.

پ- در حالت دوم (حالت B از شکل ۸۲) کل ستون باید با بار مرده‌ی نهایی تحت بار قرار گرفته و سایر دهانه‌های جایگزین باید با بار زنده‌ی نهایی تحت بار قرار گیرد.

۷-۶-۵-۶-۳ توزیع لنگر نامتوازن به ستون‌ها و دیوارها

روش زیر باید برای توزیع لنگر نامتوازن به ستون‌ها یا دیوارهای بالا و پایین شاه‌تیر به کار رود:

الف- برای تیرچه‌های ستون‌ها یا دیوارهای تکیه‌گاهی شاه‌تیرهای سقف (انواع D،B وF از شکل ۸۳) لنگر نهایی ستون باید متناظر با، ΔM_u، باشد.

ب- برای تیرچه‌های ستون‌ها یا دیوارهای طبقاتی غیر از سقف (انواع C،A وE از شکل ۸۳) لنگر نامتوازن باید در ستون یا دیوار بالا طبق معادله ۱۲۴ توزیع شود:

$$\left(M_{\mathrm{u}}\right)_{\mathrm{up}} = \Delta M_{\mathrm{u}} \cdot \frac{\left(I_{\mathrm{c}}/h_{\mathrm{pi}}\right)_{\mathrm{up}}}{\left(I_{\mathrm{c}}/h_{\mathrm{pi}}\right)_{\mathrm{up}} + \left(I_{\mathrm{c}}/h_{\mathrm{pi}}\right)_{\mathrm{down}}} \qquad (۱۲۴)$$

1 - Hanger reinforcement

پ- برای تیرچه‌های ستون‌ها یا دیوارها از طبقاتی غیر از سقف (انواع A،C و E از شکل ۸۳) لنگر نامتوازن باید در ستون یا دیوار طبق معادله ۱۲۵ توزیع شود:

$$\left(M_{\mathrm{u}}\right)_{\mathrm{down}} = \Delta M_{\mathrm{u}} \cdot \frac{\left(I_{\mathrm{c}}/h_{\mathrm{pi}}\right)_{\mathrm{down}}}{\left(I_{\mathrm{c}}/h_{\mathrm{pi}}\right)_{\mathrm{up}} + \left(I_{\mathrm{c}}/h_{\mathrm{pi}}\right)_{\mathrm{down}}} \qquad (۱۲۵)$$

ت- در معادلات ۱۲۴ و ۱۲۵ مقدار I_c باید طبق معادله‌ی ۱۲۶ برآورد شود:

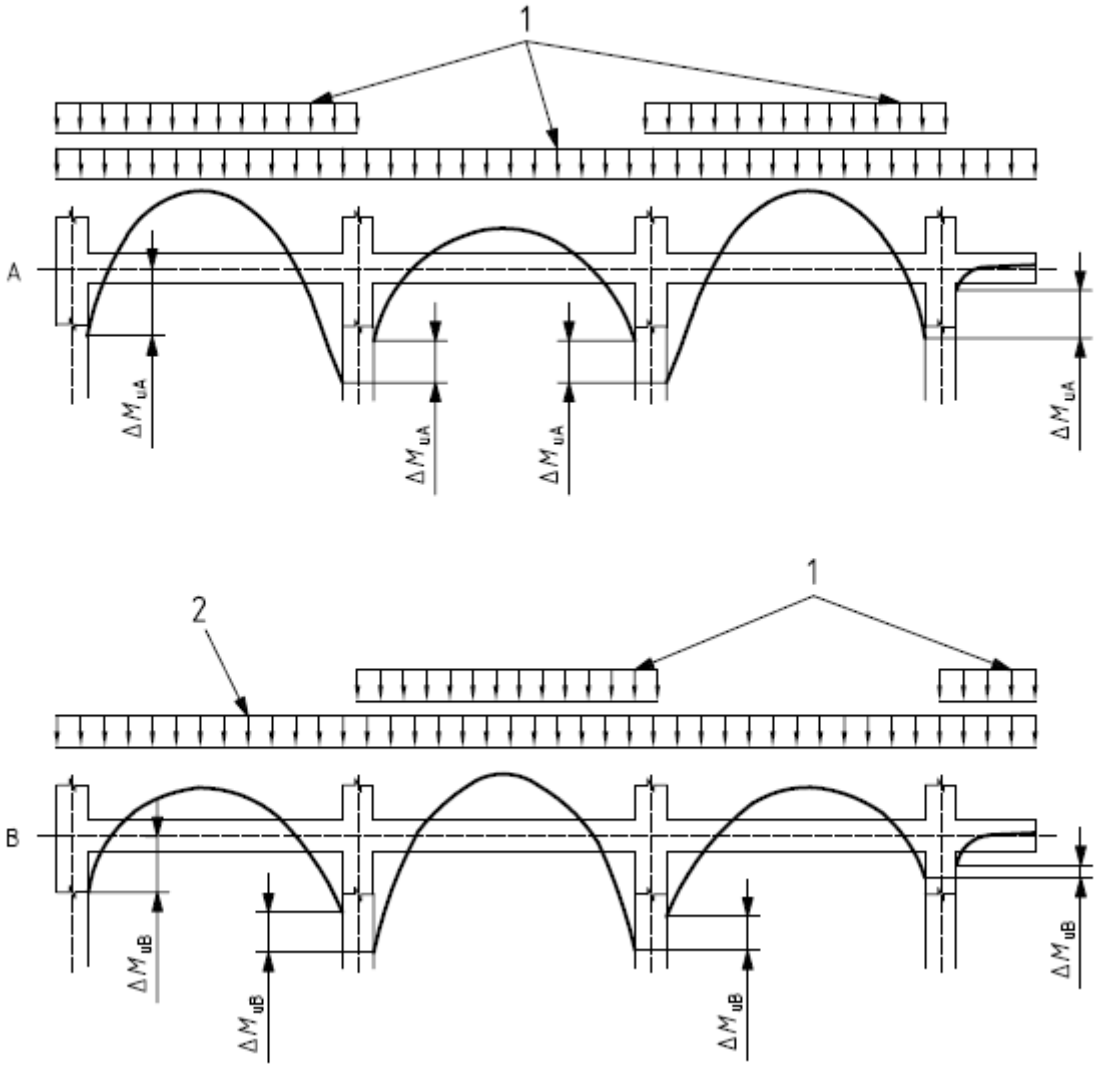
$$I_{\mathrm{c}} = \frac{b_{\mathrm{c}} \cdot h_{\mathrm{c}}^3}{12} \qquad (۱۲۶)$$

ث- که در معادلات فوق :

b_c، بعد مقطع ستون یا دیوار در جهت عمود بر دهانه‌ی تیرچه، برحسب متر؛

h_c، بعد مقطع ستون یا دیوار در جهت عمود بر دهانه‌ی تیرچه، برحسب متر؛

h_{pi}، ارتفاع طبقه متناظر ستون یا دیوار (شکل ۸۲ را ببینید).



راهنما:

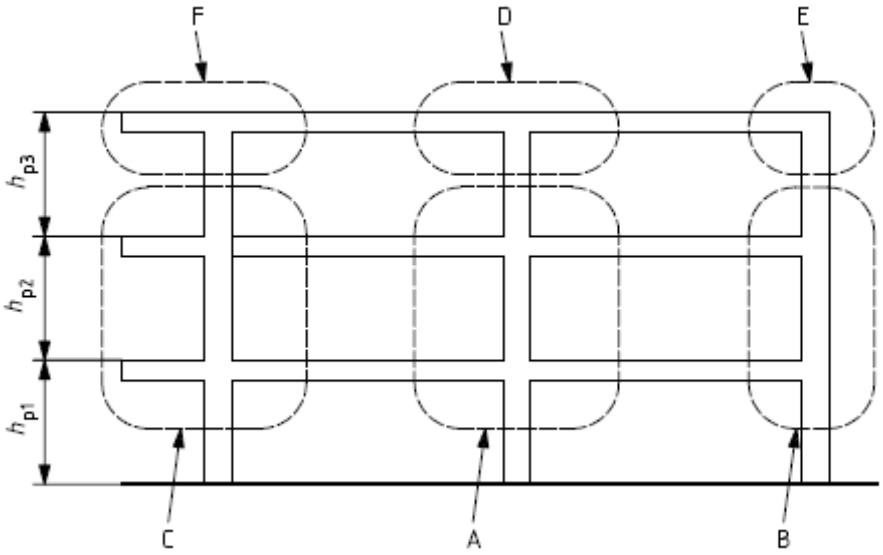
۱ - بار زنده‌ی نهایی

۲ - بار مرده‌ی نهایی

A- حالت A

B- حالت B

شکل ۸۲- لنگر نامتوازن شاه‌تیر که به ستون‌ها انتقال یافته است



راهنما:

A تا E – انواع تکیه‌گاه‌ها

شکل ۸۳- انواع تیرچه‌ها برای تعیین لنگرهای ستون

۷-۷ ستون‌ها

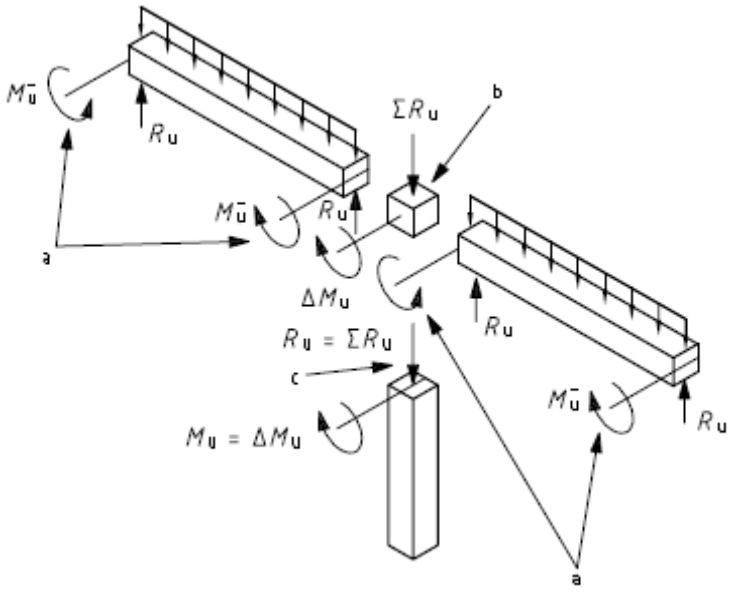
۷-۷-۱ کلیات

طراحی ستون‌ها باید طبق مقررات بند ۷-۷ انجام شود. اعضای تحت پوشش این بند، اعضای مسلح شده با میله‌های طولی و بندهای جانبی و اعضای مسلح شده با میله‌های طولی و مارپیچهای پیوسته هستند. مقاطع می‌توانند مستطیلی یا دایره‌ای باشند.

۷-۷-۲ تعریف بار طراحی

۷-۷-۲-۱ بارهای قابل اعمال

طراحی بار برای ستون‌های حاوی قاب یا سامانه‌های دال-ستون باید از بارهای فرعی ناشی از هر طبقه‌ای که روی ستون واقع شده است بعلاوه‌ی وزن خود ستون معین شود. بارهای فرعی باید طبق مقررات کلی بند ۷-۲-۱ و مقررات ویژه برای هر نوع عنصر فرعی معین شود؛ شکل‌های ۸۴ و ۸۵ را ببینید.



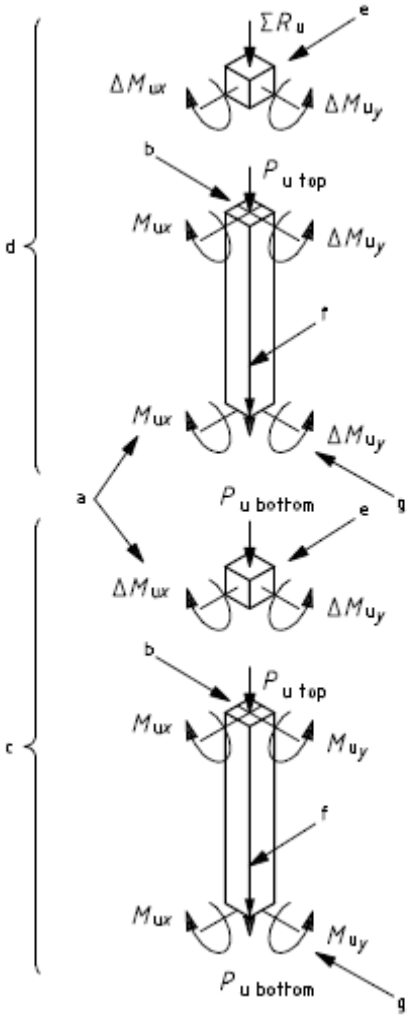
راهنما:

a - محدودیت‌های انتهای عنصر،

b - عکس‌العمل‌های درز،

c - بارهای اعمال شده در بالای ستون

شکل ۸۴- نیروهای طراحی نهایی ستون از هر طبقه و در یک جهت



راهنما:

a - لنگر ستون که از توزیع لنگر نامتوازن در محل اتصال در سطح مشابه به دست آمده است

b - بارهای اعمال شده در بالای ستون

c - طبقه‌ی n-1

d- طبقه‌ی n

e- عکس‌العمل‌های درز از طبقه‌ی n ناشی از عناصر فرعی

f- وزن خود ستون

g- $P_{u\ bottom}$ برابر با $P_{u\ top}$ بعلاوه‌ی وزن خود ستون

h- عکس‌العمل‌های درز از طبقه‌ی n-1 ناشی از عناصر فرعی

i- $P_{u\ top}$ طبقه‌ی n-1 برابر با $P_{u\ bottom}$ طبقه‌ی n بعلاوه‌ی ΣR_u طبقه‌ی n-1

شکل ۸۵- نیروهای ستون در طبقات مختلف

۷-۷-۲-۲ بار مرده و بار زنده

مقادیر P_d برای بار مرده و P_l برای بار زنده‌باید برحسب نیوتن بیان شوند. P_d باید شامل وزن خود ستون، با فرض وزن مخصوص بتن برابر با $24\times10^3 N/m^3$ باشد. وزن خود ستون باید با به کاربردن ضرایب بار برای بار مرده‌ی ترکیب متناظر مطابق با بند ۷-۲-۲-۱ اصلاح شود. اعمال وزن خود ستون متناظر با هر طبقه تا پایین ترین قسمت ستون در آن طبقه باید مجاز باشد؛ شکل ۸۵ را ببینید.

۷-۷-۲-۳ نیروهای طراحی نهایی

مقدار نیروهای طراحی نهایی P_u و M_u برای ستون در قسمت بالا و پایین آن در هر طبقه باید معین شود. یک تمایزی نسبت به جهت محورها در صفحه‌ای که لنگرهای M_{ux} و M_{uy} عمل می‌کند باید وجود داشته باشد؛ شکل ۸۵ را ببینید.

۷-۷-۳ ابعاد

۷-۷-۳-۱ کلیات

علاوه بر مقررات مناسب مشخص شده در بند ۷-۷-۳ ستون‌ها باید مطابق با مقررات عمومی ابعاد که در بند ۶-۱ مشخص شده بود نیز باشند. ستون‌ها باید به طور عمودی و بدون این که از حالت مرکزیت بین ستون-های بالاتر و پایین‌تر خارج شوند هم‌تراز بوده و به طور کامل به سمت پایین و تا شالوده امتداد داشته باشند. شکل مقطع ستون باید مستطیلی یا دایره‌ای باشد. تمامی شکل‌های مقاطع عرضی دیگر فراتر از هدف این استاندارد هستند.

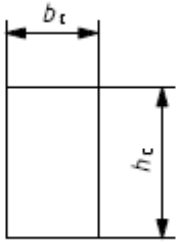
۷-۷-۳-۲ محدودیت ابعاد مقطع

۷-۷-۳-۲-۱ حداقل ابعاد مقطع برای ستون‌های مستطیلی

در این استاندارد بعد مقطع عرضی ستون‌های مستطیلی باید مطابق با حدود زیر باشد (شکل ۸۶ را ببینید):

الف- کوتاه‌ترین بعد مقطع عرضی نباید از ۳۰۰ *mm* کم‌تر باشد. برای ستون‌های بناهای واقع شده در مناطق زلزله‌خیز، بند ۷-۸-۵-۳-۱ را ببینید.

ب- نسبت بزرگ‌ترین بعد مقطع عرضی به کوتاه‌ترین بعد عمود بر آن نباید بیش از سه باشد.



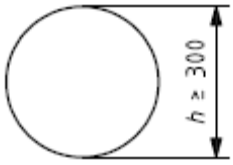
راهنما:

محدودیت‌ها: $b_c \le 300mm$; $h_c/b_c \le 3$

شکل ۸۶- حداقل ابعاد مقطع عرضی برای ستون‌های مستطیلی

۷-۷-۳-۲-۲ حداقل ابعاد مقطع برای ستون‌های دایره‌ای

ستون‌های با مقطع عرضی دایره‌ای باید حداقل قطر mm ۳۰۰ داشته باشند.

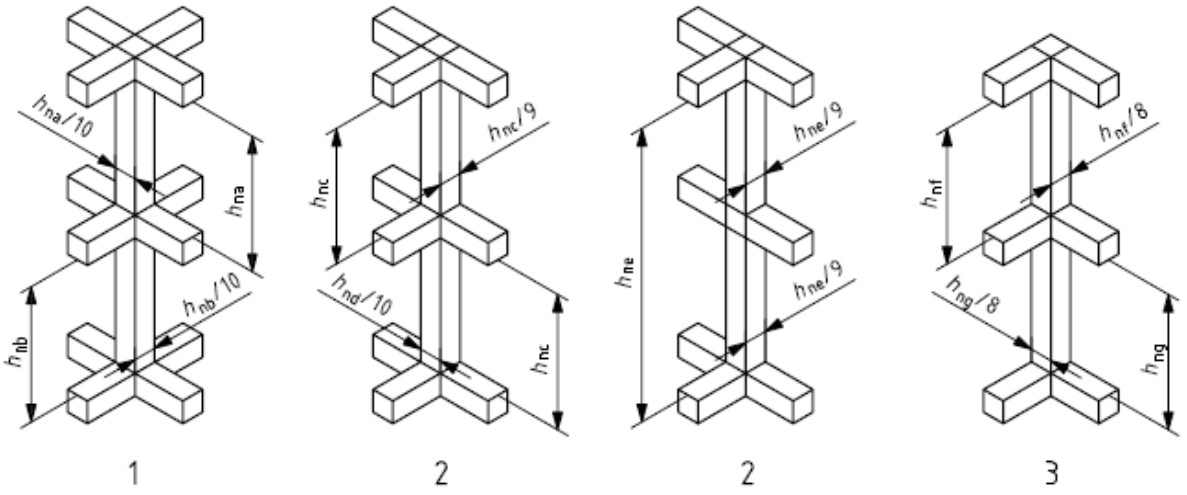


شکل ۸۷- حداقل بعد مقطع عرضی برای ستون‌های دایره‌ای

۷-۷-۳-۳ فاصله‌ی بین تکیه‌گاه‌های جانبی

۷-۷-۳-۳-۱ کلیات

باید توجه شود که مانع فرعی توسط سامانه‌ی طبقه در دو جهت افقی در تمامی سطوحی که توسط ستون نگه داشته شده است فراهم شده باشد؛ شکل ۸۸ را ببینید.



راهنما:

۱- مرکزی

۲- لبه

۳- گوشه

شکل ۸۸- مانع فرعی برای ستون‌ها

۷-۷-۳-۳-۲ ستون‌های مرکزی

فاصله‌ی آزاد بین تکیه‌گاه‌های فرعی برای ستون‌های مرکزی، h_n، نباید بیش از ۱۰ برابر بعد مقطع عرضی ستون در جهت موازی با تکیه‌گاه باشد؛ شکل ۸۸ را ببینید.

۷-۷-۳-۳-۳ ستون‌های لبه‌ای

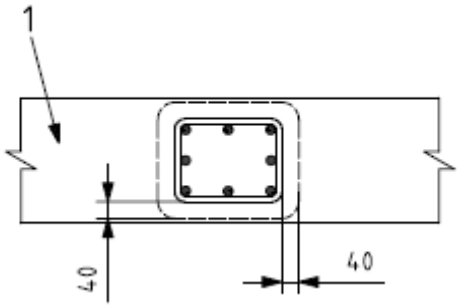
فاصله‌ی آزاد بین تکیه‌گاه‌های فرعی عمود بر یک لبه از ستون لبه‌ای، h_n، نباید بیش از ۹برابر بعد مقطع عرضی ستون در جهت عمود بر لبه باشد؛ شکل ۸۸ را ببینید.

۷-۷-۳-۳-۴ ستون‌های گوشه

فاصله‌ی آزاد بین تکیه‌گاه‌های فرعی برای ستون‌های گوشه، h_n، نباید بیش از ۸برابر بعد مقطع عرضی ستون باشد؛ شکل ۸۸ را ببینید.

۷-۷-۳-۴ ستون ساخته شده به طور یکپارچه با دیوار

مقطع عرضی مؤثر یک گره یا میلگرد مارپیچی متعلق به ستونی که با یک دیوار بتنی به طور یکپارچه ساخته شده است در سمت بیرون گره یا میلگرد مارپیچی یا وجوه فرعی دیوار باید بیش از mm ۴۰ امتداد داشته باشد.



راهنما:

۴- دیوار

شکل ۸۹- مقطع عرضی مؤثر ستون‌های ساخته شده به طور یکپارچه با یک دیوار

۷-۷-۴ جزییات میلگرد

۷-۷-۴-۱ کلیات

برای اهداف این استاندارد، میلگرد ستون‌ها باید از انواعی مطابق با بند ۷-۷-۴ بوده و باید با مقررات بندهای ۷-۷-۴-۲ تا ۷-۷-۴-۴ مطابقت داشته باشد.

۷-۷-۴-۲ میلگرد طولی

۷-۷-۴-۲-۱ شرح و موقعیت

میلگرد طولی باید در پیرامون مقطع ستون، آن‌طور که در بند ۷-۳-۹-۴-۴ مشخص شده تعبیه شود. میلگرد طولی باید در نزدیکی سطوح فرعی ستون آن‌طور که مقررات مربوط به پوشش بتنی اجازه می‌دهد قرار گیرد. (بندهای ۷-۳-۴-۱ و ۷-۷-۴-۲-۹ را ببینید) مقدار میلگرد طولی باید چنان باشد که در برابر عکس‌العمل همزمان ناشی از یک ترکیبی از بار محوری و لنگرهای نهایی در مقعطی که در بین دو محور اصلی مقطع ستون عمل می‌کند بتواند پایدار بماند. شکل ۹۱ را ببینید.

۷-۷-۴-۲-۲ حداقل و حداکثر مساحت میلگرد طولی

حداقل و حداکثر مساحت میلگرد باید مطابق با مقررات بند ۷-۳-۹-۴-۱ باشد ($0.01 \le \rho_t \le 0.06$) . همچنین حداکثر مساحت میلگرد طولی توسط میلگرد تیر در محل اتصال تیر-ستون محدود می‌شود.

۷-۷-۴-۲-۳ حداقل قطر میله‌های طولی

میله‌های طولی ستون‌ها باید با مقررات حداقل قطر اسمی، d_b، برابر با $16mm$ که در بند ۷-۳-۹-۴-۲ مشخص شده است انطباق داشته باشد.

۷-۷-۴-۲-۴ حداقل تعداد میله‌های طولی

حداقل تعداد میله‌های طولی در ستون‌های مستطیلی باید چهار عدد و در ستون‌های دایره‌ای شش عدد باشد، آنطور که در بند ۷-۳-۹-۴-۳ مشخص شده است.

۷-۷-۴-۲-۵ حداقل و حداکثر فاصله‌ی میلگردها

میلگردهای طولی نباید کم‌تر از $1,5d_b$ یا $40mm$ فاصله داشته باشند، آنطور که در بند ۷-۳-۷-۴ مشخص شده است.

۷-۷-۴-۲-۶ متصل کردن میلگرد

میزان هم‌پوشانی اتصال میلگرد طولی در هر مقطع تا یک دوم میلگرد طولی در آن مقطع به شرطی که فقط میله‌های متناوب، اتصالی هم‌پوشان داشته باشند مجاز خواهد بود، شکل ۹۱ را ببینید. تمام اتصالات هم-پوشان میلگرد طولی باید مطابق با بند ۷-۳-۸-۲-۱ باشد، (روش‌های جایگزین، مانند جوشکاری فشار گاز یا اتصالات مکانیکی می‌توانند با در نظر داشتن شرایط تجربی منظور شوند.)

۷-۷-۴-۲-۷ میلگرد طره‌ی انتهایی

میلگرد طولی در انتهای بالایی ستون‌ها و عناصر شالوده که بارها را به لایه زیرین خاک منتقل می‌کند باید تا حد نهایی و انتهایی با یک قلاب استاندارد ادامه داشته باشد.

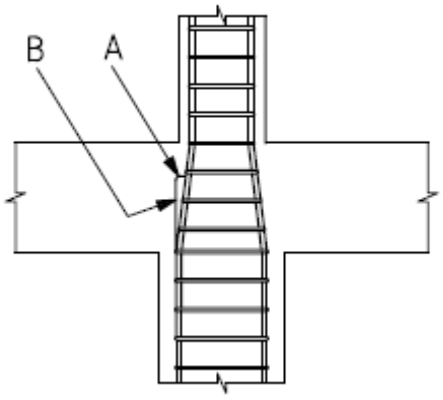
۷-۷-۴-۲-۸ دوخم‌شدگی[1] میلگرد طولی

دوخم کردن میله‌های طولی خمیده باید با مقررات زیر مطابق باشد:

---

1 - Offset

الف- شیب قسمت کج‌شده از یک میله‌ی دوخم نسبت به محور ستون نباید بیش از یک به شش باشد.
ب- قسمت‌هایی از میله‌ی بالا و پایین یک میله‌ی دوخم باید موازی با محور ستون باشد.
پ- تکیه‌گاه افقی در خمیدگی‌های دوخم باید توسط بندهای فرعی یا مارپیچی‌ها تهیه شود.
ت- تکیه‌گاه افقی باید برای پایداری در برابر ۱٫۵ برابر نیروی محاسبه شده‌ای که تشکیل‌دهنده‌ی افقی در قسمت کج‌شده یک میله‌ی دوخم تهیه شده است طراحی شود.
ث- بندهای فرعی یا مارپیچی‌ها نباید در فاصله‌ای بیش از mm ۱۵۰ از نقطه‌ی خم قرار گیرند.
ج- میله‌های دو خم باید پیش از آن‌که در قالب‌ها قرار داده شوند خمیده شوند.
چ- جایی که یک وجه ستون از وجهی از ستون زیرین، بیش از یک ششم عمق شاه‌تیر یا دال یا $۸۰mm$ دوخم شود، میله‌های طولی نباید به طور دوخم خمیده شود. فواصل زایده‌های اتصال هم‌پوشان با میله‌های طولی مجاور وجوه ستون دو خم باید فراهم شود. اتصالات هم‌پوشان باید مطابق با بند ۷-۳-۸-۲-۱ باشد. نسبت A/B نباید بیش از یک ششم باشد.



شکل ۹۰- دو خم میله‌ی طولی

۷-۷-۴-۲-۹ بیش‌ترین تعداد میله‌های طولی در وجه ستون مستطیلی

بیش‌ترین تعداد میله‌های طولی در یک لایه باید با در نظر داشتن قطر میلگرد طولی و عرضی، پوشش بتنی مناسب(بند ۷-۳-۴)، بزرگ‌ترین اندازه‌ی اسمی سنگدانه‌ی درشت و حداقل فاصله‌ی آزاد بین میله‌ها (بند ۷-۷-۳) تعیین شود. هنگامی که این محاسبات اجرا نشود، اعمال مقررات زیر باید مجاز باشد:
الف- برای یک مقطع با یک بعد مورد توجه، b_c، برابر با یا بزرگ‌تر از $۴۰۰mm$ تعیین بیش‌ترین تعداد میله‌ها در یک لایه طبق معادله‌ی ۱۲۷ باید مجاز باشد:

$$N_b \leq \frac{b_c}{68} - 1 \qquad (۱۲۷)$$

که در آن :
b_c بعد ستون، برحسب میلی‌متر؛ جدول ۱۸ را ببینید.
ب- سه میله‌ی طولی باید در وجهی از ستون‌هایی که بعد مورد توجه آن، b_c، کم‌تر از mm ۴۰۰ و برابر با یا بزرگ‌تر از $۳۰۰mm$ است مجاز باشد.

جدول ۱۸- بیش‌ترین تعداد میله‌های طولی بر وجه ستون مستطیلی

بعد ستون b_c mm	بیش ترین تعداد میلگردهای طولی
$b_c < 300$	مقطع غیر مجاز
$300 \leqslant b_c < 400$	3
$400 \leqslant b_c$	$\leqslant \left(\frac{b_c}{68} - 1\right)$

۷-۷-۴-۲-۹ بیش‌ترین تعداد میله‌های طولی در ستون‌های دایره‌ای

بیش‌ترین تعداد میله‌های طولی در ستون‌های دایره‌ای باید با در نظر داشتن قطر میلگرد طولی و عرضی، پوشش بتنی مناسب(بند ۷-۳-۴)، بزرگ‌ترین اندازه‌ی اسمی سنگدانه‌ی درشت و حداقل فاصله‌ی آزاد بین میله‌ها (بند ۷-۳-۷) تعیین شود. هنگامی که این محاسبات اجرا نشود، تعیین بیش‌ترین تعداد میله‌ها طبق معادله‌ی ۱۲۸ باید مجاز باشد:

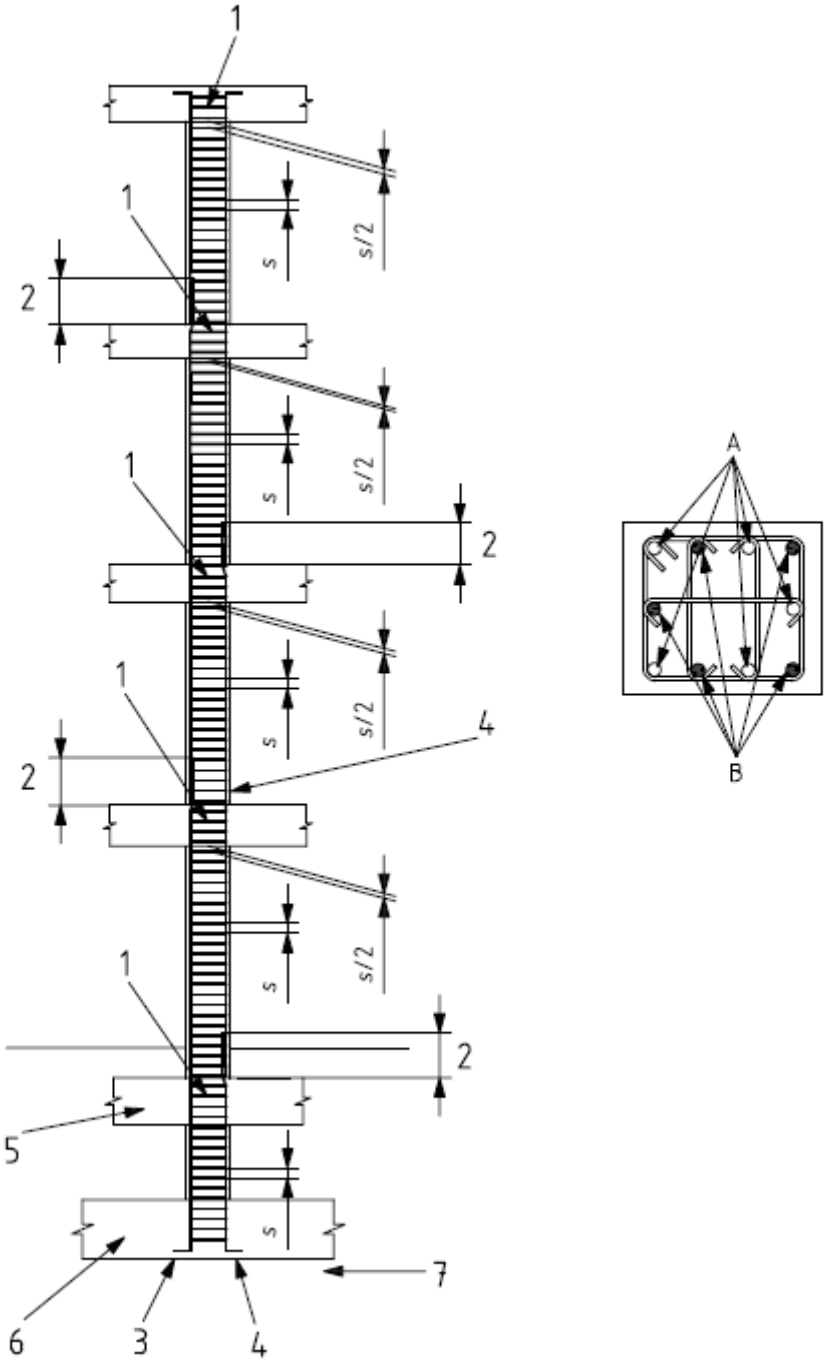
$$N_b \leqslant \frac{h}{22} - 6 \qquad (۱۲۸)$$

که در آن :

h_c، قطر ستون، برحسب میلی‌متر؛ جدول ۱۹ را ببینید.

جدول ۱۹- بیش‌ترین تعداد میله‌های طولی در ستون‌های دایره‌ای

قطر ستون h mm	بیش ترین تعداد میلگردهای طولی
$h < 300$	مقطع غیر مجاز
$300 \leqslant h$	$\leqslant \left(\frac{h}{22} - 6\right)$



راهنما:

۵- بندهای اتصال

۶- اتصالات هم‌پوشان مطابق با بند ۷-۳-۸-۲

۷- میله‌های طولی نوع A

۸- میله‌های طولی نوع B

۹- تیر مدرج

۱۰- عنصر شالوده

۱۱- خاک تحمل‌کننده‌ی بار

شکل ۹۱- ترتیب قرارگیری نوعی میلگرد ستون

۷-۷-۴-۳ میلگرد عرضی

۷-۷-۴-۳-۱ کلیات

میلگرد عرضی به شکل میلگرد مطابق با بند ۷-۳-۱۰-۴-۱ یا مارپیچی مطابق با بند ۷-۳-۱۰-۴-۲، در تمامی ستون‌ها باید فراهم شود. یک حداقلی از بندها مطابق با بند ۷-۳-۱۰-۴-۳ در اتصالات ستون-تیر باید قرار داده شود. اتصال هم‌پوشان میله‌هایی که بخشی از بندهای ستون هستند نباید مجاز باشد.

۷-۷-۴-۳-۲ حداکثر و حداقل فاصله‌ی گره و مارپیچ

حداقل فاصله‌ی محور ستون بندها و مارپیچ‌ها باید به ترتیب آن‌طور که در بندهای ۷-۳-۱۰-۴-۱ یا ۷-۳-۱۰-۴-۲ مشخص شده است باشد. بندها و مارپیچ‌ها نباید نزدیک‌تر از آنچه که در بند ۷-۳-۷-۲ مشخص شده است باشد.

۷-۷-۴-۳-۳ قلاب‌های گره

برای اهداف این استاندارد تمامی بندهای ستون‌ها باید قلاب‌های ۱۳۵ درجه داشته باشند (بند ۷-۳-۶). به کاربردن بندهای عرضی با یک قلاب ۱۳۵ درجه در یک انتها و یک قلاب ۹۰درجه در انتهای دیگر باید مجاز باشد. بندهای عرضی گیرداده شده‌ی متوالی در یک میله‌ی طولی مشابه باید دارای قلاب‌هایی ۹۰ درجه در طرف مقابل از عضو خمشی باشند (به اعضای خمشی برای ستون‌ها مراجع شود).

۷-۷-۴-۴ میلگرد ستون در مناطق زلزله خیز

در ستون‌هایی که بخشی از یک قاب لنگر مقاوم واقع شده در مناطق زلزله خیز هستند، میلگرد باید مطابق با مقررات تکمیلی بند ۷-۸ باشد. ستون‌هایی که بخشی از یک قاب دال-ستون در مناطق زلزله‌خیز هستند باید مطابق با مقررات تکمیلی بند ۷-۸ باشند.

۷-۷-۵ مقررات خمش

۷-۷-۵-۱ بارهای نهایی

بار محوری نهایی، P_u ، و لنگر، M_u، در مقطع مورد نظر باید متعاقب با الزامات بند ۷-۷-۲ بدست آید.

۷-۷-۵-۲ ابعاد اولیه‌ی آزمایشی مقطع عرضی و میلگرد طولی

۷-۷-۵-۲-۱ ابعاد آزمایشی مقطع عرضی

تعیین ابعاد اولیه‌ی آزمایشی مقطع عرضی به روش زیر باید مجاز باشد:

الف- اولین مساحت آزمایشی مقطع عرضی ناخالص، A_g، باید مطابق با معادله‌ی ۱۲۹ بدست آید:

$$A_g \approx \frac{2\cdot(P_u)_{max.}}{f'_c} \qquad (۱۲۹)$$

ب- برای مقاطع عرضی مستطیلی، کوچک‌ترین بعد، b، باید طبق موارد زیر باشد:

- $b \geq 300mm$
- $b \geq h_n/3$

- برای ستون‌های مرکزی : $b \geq h_n/10$
- برای ستون‌های لبه: $b \geq h_n/9$
- برای ستون‌های گوشه: $b \geq h_n/8$

پ- برای مقاطع عرضی مستطیلی، بعد بزرگ‌تر، b، باید طبق موارد زیر باشد:

- $h \geq 300mm$
- $h \leq 3b$
- برای ستون‌های مرکزی : $h \geq h_n/10$
- برای ستون‌های لبه: $h \geq h_n/9$
- برای ستون‌های گوشه: $h \geq h_n/8$

ت- برای مقاطع عرضی دایره‌ای، قطر، b، باید طبق موارد زیر باشد:

- $h \geq 300mm$
- برای ستون‌های مرکزی : $h \geq h_n/10$
- برای ستون‌های لبه: $h \geq h_n/9$
- برای ستون‌های گوشه: $h \geq h_n/8$

۷-۷-۵-۲-۲ میلگرد طولی آزمایشی

تعیین مساحت اولیه‌ی آزمایشی میلگرد طولی، A_{st}، طبق روش زیر باید مجاز باشد:

الف- برای مقاطع عرضی مستطیلی، اولین مساحت آزمایشی میلگرد طولی، A_{st}، باید طبق موارد زیر باشد:

- $A_{st} \geq 0.001 A_g$
- برای میله‌ی با حداقل قطر مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۲-۴ باید: $A_{st} \geq 6(A_b)_{min}$

۷-۷-۵-۳ بررسی لنگر خمشی نهایی

نمودارهای تعاملی برای ابعاد ستون و میلگرد باید در هر دو جهت طبق مقررات بندهای ۷-۳-۱۲-۲ تا ۷-۳-۱۲-۵ محاسبه شود. لنگر طراحی در هر دو جهت باید مطابق با مقررات بند ۷-۳-۱۲-۶ مورد بررسی قرار گیرد. اگر لنگر خمشی نهایی، M_u، در بار محوری نهایی مورد نیاز، P_u ، بیش‌تر از مقاومت لنگر طراحی در سطح بار محوری، P_u ، باشد، مساحت میلگرد طولی باید بدون افزایش مساحت میلگرد مجاز شده توسط بند ۷-۳-۹-۴-۱ یا بیش‌ترین تعداد میله‌ها در وجه ستون که در بندهای ۷-۷-۴-۲-۱ یا ۷-۷-۴-۲-۱۱ تشریح شده است افزایش یابد. اگر یک افزایش در ابعاد ستون به علت این محدودیت‌های اضافه شده لازم شود، وزن سازه باید نهایی و ستون باید برای ابعاد جدید بازبینی شود. این بازبینی باید در مقاطع بالاتر و پایین‌تر ستون طبقه‌ی مشابه اجرا شود.

۷-۷-۵-۴ بررسی استحکام لنگر دومحوری

وقتی‌که ستون برای هر دو جهت به طور مستقل بررسی می‌شود، لنگر طراحی دومحوری باید طبق مقررات بند ۷-۳-۱۲-۸ برای مقاطع بالاتر و پایین‌تر ستون طبقه‌ی مشابه بررسی شود.

۷-۷-۶ برش

۷-۶-۷-۱ برش نهایی

برش نهایی، V_u ، باید از بارهای عمودی و بارهای افقی تعیین شود. مقدار آن باید از بارهای ترکیبی مناسب طبق بند ۷-۲-۲ بدست آمده باشد.

۷-۶-۷-۱-۱ برش نهایی ناشی از بارهای عمودی

برش نهایی ناشی از بارهای عمودی باید از معادله‌ی ۱۳۰برای هر جهت تعیین شود:

$$V_{\mathrm{u}} = \frac{(M_{\mathrm{u}})_{\mathrm{top}} + (M_{\mathrm{u}})_{\mathrm{bottom}}}{h_{\mathrm{n}}} \qquad (۱۳۰)$$

که در آن

$(M_u)_{\mathrm{top}}$، لنگر نهایی در انتهای بالای ستون است؛

$(M_u)_{\mathrm{bottom}}$، لنگر نهایی در انتهای پایین ستون است؛

h_{n}، فاصله‌ی آزاد بین تکیه‌گاه‌های جانبی ستون است.

۷-۶-۷-۱-۲ برش نهایی ناشی از بارهای افقی

برش نهاییV_u ، ناشی از بارهای افقی باید از بارهای افقی مشخص شده در بند ۷-۲ با به کارگیری بارهای ترکیبی مناسب مشخص شده در بند ۷-۲-۲ تعیین شود.

۷-۶-۷-۲ بررسی مقاومت برشی

بررسی مقاومت برشی باید برای برش تیر-عامل مطابق با مقررات بندهای ۷-۳-۱۳-۳ و ۷-۳-۱۳-۴ انجام شود. مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن باید طبق معادله‌ی ۵۲ برآورد شود. مقاومت برشی تأمین شده توسط میلگرد عرضی ستون باید با توجه به جهت مورد نظر و طبق معادله‌ی ۵۳ بدست آید، که A_v متناظر با مساحت پایه‌های گره موازه با برش و s متناظر با فاصله‌ی گره در ارتفاع آزاد ستون می‌باشد. بررسی در جهت مورد نظر باید مطابق با معادلات ۵۰ و ۵۱ انجام شود. اگر مقررات معادله‌ی ۵۰ برآورده نشود، فاصله‌ی بند، s، باید کاهش یابد.

۷-۶-۷-۳ بررسی مقاومت برشی دومحوری

وقتی که ستون تحت برش در جهت هر دو محور به طور همزمان قرار گیرد، معادله‌ی ۱۳۱ باید برقرار باشد:

$$\sqrt{\left[\frac{(V_{\mathrm{u}})_x}{(\phi \cdot V_{\mathrm{n}})_x}\right]^2 + \left[\frac{(V_{\mathrm{u}})_y}{(\phi \cdot V_{\mathrm{n}})_y}\right]^2} \leqslant 1{,}0 \qquad (۱۳۱)$$

که در آن:

$(V_u)_{\mathrm{x}}$ و $(V_u)_{\mathrm{y}}$ برش‌های نهایی‌ای هستند که در جهت محورهای x و y عمل می‌کنند؛

$(\phi.V_n)_{\mathrm{x}}$ و $(\phi.V_n)_{\mathrm{y}}$ مقادیر مقاومت برشی طراحی هستند که از معادله‌ی ۱۳۰برای جهت مناسب x و y بدست آمده‌اند.

۷-۸ مقاومت در برابر نیروی جانبی

۷-۸-۱ کلیات

مقاومت در برابر نیروهای(افقی) جانبی برای اهداف این استاندارد باید مطابق با بند ۷-۸ ارزیابی و آماده شود. نیروهای باد، نیروهای زلزله و فشار جانبی خاک باید مد نظر قرار گیرند.

۷-۸-۲ نیروهای جانبی مشخص شده

۷-۸-۲-۱ نیروهای جانبی منفرد مشخص شده در بند ۷-۲ باید در طراحی اعمال شوند. ظاهر شدن همزمان نیروهای جانبی منفرد با نیروها و بارهای دیگر باید مطابق با مقررات بار ترکیبی بند ۷-۲-۲ ارزیابی شود. هنگامی که نیروهای جانبی به عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای اعمال می‌شوند، یک مسیر بار پیوسته از نقطه‌ی اعمال نیرو تا عناصر سازه‌ای پایدار در برابر نیروی جانبی باید تعبیه و مقاومت مناسب برای تمام عناصر واقع در مسیر بار تامین شود.

۷-۸-۲-۲ نیروهای جانبی درنظر گرفته شده

۷-۸-۲-۲-۱ نیروهای باد

نیروهای باد باید مطابق با مقررات بند ۷-۲-۷ تعیین شود.

۷-۸-۲-۲-۲ نیروهای زلزله

نیروهای زلزله باید مطابق با مقررات بند ۷-۲-۸ تعیین شود.

۷-۸-۲-۲-۳ نیروهای جانبی خاک

نیروهای فشار جانبی خاک باید مطابق با مقررات بند ۷-۲-۲-۵ تعیین شود.

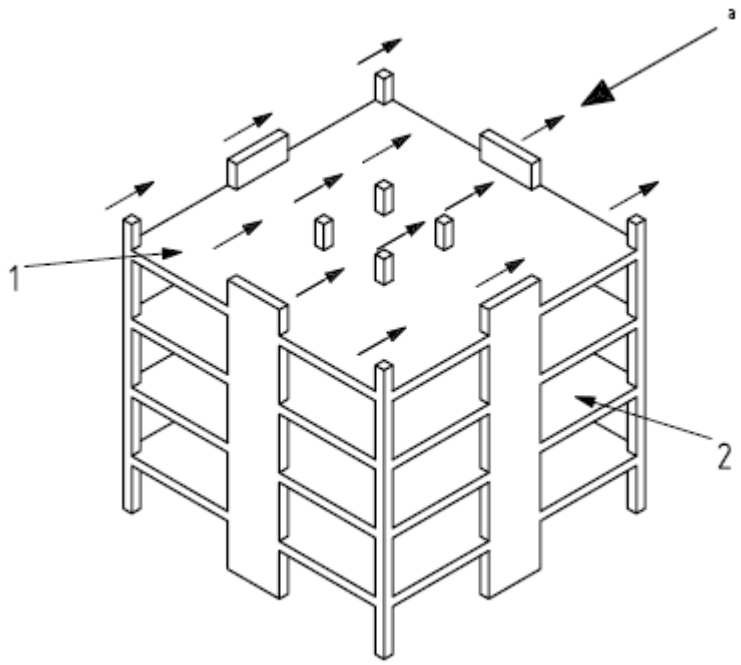
۷-۸-۲-۲-۴ فشار جانبی سیال

سازه‌های اضطراری (کمکی) در معرض فشار جانبی سیال، نظیر مخازن، باید به طور جامع بوده و فشار جانبی سیال از میان سازه‌ی مورد نظر جبران شود. سازه‌ی اصلی بنا نباید برای مقاومت در برابر تمامی نیروهای جانبی بدست آمده ناشی از مایعات داخل آن به کار برده شود.

۷-۸-۳ سامانه‌ی سازه‌ی پایدار در برابر نیروی جانبی

۷-۸-۳-۱ کلیات

سامانه‌ی پایدار در برابر نیروی جانبی از عناصر سازه‌ای تشکیل شده است که به طور پیوسته عمل کرده و نیروهای جانبی ناشی از حرکات زلزله، باد و فشار جانبی زمین را نگه‌داری کرده و به زمین انتقال می‌دهد. شکل ۹۲ را ببینید.



راهنما:

۱۲- دیافراگم طبقه (کف)

۱۳- دیوارهای سازه‌ای مقاوم در برابر بارهای جانبی

a- نیروهای جانبی مشخص شده‌ی کف (طبقه)

شکل ۹۲- سامانه‌ی سازه‌ای مقاوم در برابر نیروهای جانبی

سامانه‌ی طبقه باید یک سوراخی(دیافراگمی) داشته باشد که در صفحه‌اش نیروی جانبی از نقطه‌ی کاربرد تا عناصر عمودی سامانه‌ی مقاوم در برابر نیروی جانبی، به ترتیب، نیروهای ناشی از تمامی طبقات تحت تأثیر واقع شده را جمع‌آوری کرده و آن‌ها را به پایین تا شالوده و از آن به خاک زیرلایه انتقال دهد. برای اهداف این استاندارد، عناصر عمودی اصلی سامانه‌ی مقاوم در برابر نیروی جانبی باید یک تعدادی از دیوارهای بتنی سازه‌ای در هر دو جهت اصلی در یک صفحه باشد. این دیوارهای بتنی سازه‌ای نباید هیچ‌گونه سوراخی برای پنجره‌ها یا درب‌ها داشته باشد.

۷-۸-۴ حداقل تعداد دیوارهای بتنی سازه‌ای

۷-۸-۴-۱ کلیات

حداقلی از دیوارهای بتنی سازه‌ای باید برای مقاومت در برابر نیروی جانبی نهایی فراهم شود. این دیوارهای سازه‌ای باید با مقررات زیر مطابق باشد:

الف- دیوارهای بتنی باید مقاطع عرضی مستطیلی داشته باشند. مقاطع عرضی دیگر فراتر از هدف این استاندارد می‌باشند.

ب- دیوارهای بتنی باید از شالوده تا سقف پیوسته باشند، مگر برای مقاومت در برابر فشار جانبی نامتوازن خاک در پی، که دیوارها برای این هدف باید به منظور امتداد یافتن در یک سطحی از طبقه‌ی اول مجاز باشد.

پ- دیوارهای بتنی باید به طور عمودی تراز باشند، جایی که کاهش در مقطع ظاهر می‌شود، مقطع عرضی دیوار زیرین باید بزرگ‌تر از دیواری که در طبقه بالا است باشد و مرکز مقطع عرضی دیوار بالا باید در یک سوم میانی در هر دو جهت از مقطع عرضی دیوار پایین باشد.

ت- دیوارهای سازه‌ای نباید هیچ سوراخی برای پنجره‌ها یا درب‌ها داشته باشد.

ث- در هر دو جهت اصلی از نمای بالا، حداقل دو گروه باید وجود داشته باشد، هر گروه متشکل از یک یا چند دیوار است که در سطح مشابه موازی با جهت اصلی عمل می‌کند و سطوح هر گروه باید تا آن‌جا که ممکن است مجزا باشد. باید به قرار دادن دیوارهای سازه‌ای در امتداد پیرامون بنا اولویت داده شود.

ج- دیوارها باید تا جایی که ممکن است به طور قرینه نسبت به مراکز جرم و صلبیت هر طبقه قرار گیرد.

چ- ابعاد دیوارهای سازه‌ای باید مطابق با مقررات بند ۷-۸-۴-۲ و ۷-۸-۴-۳ باشد.

۷-۸-۴-۲ مساحت دیوار برای مقاومت برشی

در هر طبقه‌ی، i، برای دو جهت اصلی x و y مجموع مساحت‌های مقطع عرضی $(A_g=l_w.b_w)$ برای تمامی دیوارهای سازه‌ای عمل کننده در جهت اصلی مورد نظر باید مطابق با معادله‌ی ۱۳۲ باشد:

$$\sum(l_w \cdot b_w) \geqslant \frac{V_u}{\frac{1}{9}\cdot\sqrt{f'_c}} \qquad (۱۳۲)$$

که در آن:

l_w طول افقی دیوار؛

b_w ضخامت دیوار؛

V_u مقدار بدست آمده طبق بند ۷-۹-۶ است.

مساحت مشخص شده باید به یک حداقلی از دو گروه از دیوارها طبق بند ۷-۸-۴-۱-ث تقسیم بندی شود.

در معادله ۱۳۲ فقط دیوارهایی که طول افقی دیوار، l_w ، موازی با جهت مورد نظر است، شامل می‌شود.

۷-۸-۴-۳ ابعاد دیوار برای سختی جانبی

نسبت باریکی $(h_w/\ l_w)$ برای هر دیوار منفرد باید مطابق با معادله‌ی ۱۳۳ باشد:

$$\frac{h_w}{l_w} \leqslant 4 \qquad (۱۳۳)$$

که در آن:

h_w، ارتفاع کلی دیوار از شالوده تا سقف؛

l_w، طول افقی دیوار؛

ضخامت دیوار، b_w ، باید مطابق با مقررات بند ۷-۹ باشد.

۷-۸-۵ جزییات میلگرد ویژه برای مناطق زلزله‌خیز

۷-۸-۵-۱ کلیات

مقررات تکمیلی زیر باید برای عناصر سازه‌ای مذکور در بناهایی که در مناطق زلزله خیز واقع است، باید اجرا شود:

۷-۸-۵-۲ شاه‌تیرهای قاب‌ها

۷-۸-۵-۲-۱ ابعاد

حداقل پهنا، b_w ، برای یک شاه‌تیر باید $۲۵۰mm$ بوده و با مقررات بند ۷-۶-۵-۲ مطابق باشد.

۷-۸-۵-۲-۲ میلگرد طولی

علاوه بر مقررات مشخص شده در بند ۷-۶-۵-۵ مقررات زیر نیز باید رعایت شوند:

الف – حداقل دو میله در بالا و پایین باید تهیه شده باشد؛

ب- در هر مقطعی، نسبت هر دو میلگرد مثبت و منفی باید برابر با یا بزرگ‌تر از حداقل مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۳ باشد؛

پ- در هر مقعطی، نسبت هر دو میلگرد مثبت و منفی نباید بیش از۰٫۰۲۵ باشد؛

ت- مساحت میلگرد مثبت در وجوه اتصال نباید کم‌تر از یک دوم مساحت تهیه شده برای میلگرد منفی در وجه اتصال مشابه باشد؛

ث- مساحت میلگرد مثبت و منفی در هر مقطعی، نباید کم‌تر از یک چهارم بیش‌ترین مساحت میلگرد منفی در وجه اتصالی دیگر باشد؛

ج- اتصالات هم‌پوشان نباید در مناطقی از اتصالات تیر-ستون و در مناطق محدود تعریف شده در بند ۷-۸-۵-۲-۳-الف به کار برده شود. طول کامل اتصال هم‌پوشان باید خاموت‌های محدود شده آن‌طور که در بند ۷-۸-۵-۳-۲-ب مشخص شده است با بیش‌ترین فاصله‌ی $d/4$ یا $۱۰۰mm$ داشته باشد.

۷-۸-۵-۲-۳ میلگرد عرضی

علاوه بر مقررات مشخص شده در بند ۷-۶-۵-۵-۳، مقررات زیر باید رعایت شوند:

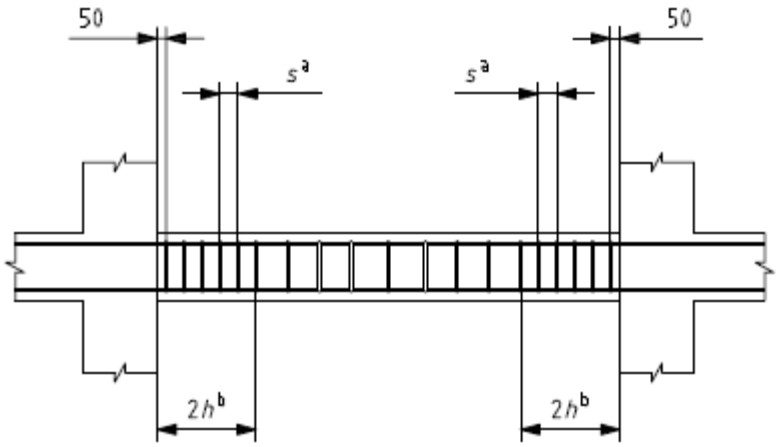
الف- بالای یک فاصله مساوی با دو برابر عمق عضو، h، که از وجه عنصر تکیه‌گاهی نزدیک دهانه‌ی میانی اندازه‌گیری شده است، در هر دو انتهای شاه‌تیر، میلگرد عرضی باید خاموت‌ها را محدود کند؛ شکل ۹۳ را ببینید.

ب- خاموت‌های محدودشده باید خاموت‌هایی با حداقل قطر $۱۰mm$ که توسط قلاب‌های مشخص شده در بند ۷-۳-۶-ت بسته‌شده است بوده و با مقررات بندهای ستون که در بند ۷-۳-۱۰-۴-۱ مشخص شده است انطباق داشته باشد. بندهای عرضی باید مطابق با بند ۷-۳-۶-ث باشد.

پ- اولین خاموت محدود شده نباید بیش از $۵۰mm$ از وجه عنصر تکیه‌گاهی فاصله داشته باشد.

ت- بیش‌ترین فاصله‌ی خاموت محدود شده نباید بیش از $d/4$ یا $۱۲۵mm$ باشد.

ث- برای بخش مرکزی دهانه‌ی شاه‌تیر بین مناطق محدودشده، میلگرد عرضی باید خاموت‌هایی که با قلاب-های بسته شده مطابق بند ۷-۳-۶-ت باشد؛ بیش‌ترین فاصله‌ی خاموت‌ها نباید بیش از $d/2$ باشد.



راهنما:

a- محدودیت‌ها: $S\leq 125mm$ ؛ $S\leq d/4$

b- مناطق محدودشده

شکل ۹۳- فاصله‌ی خاموت‌های محدودشده

۷-۸-۵-۲-۴ مقاومت برشی

علاوه بر مقررات مشخص شده در بند ۷-۶-۵-۵-۳ مقررات زیر باید رعایت شوند:

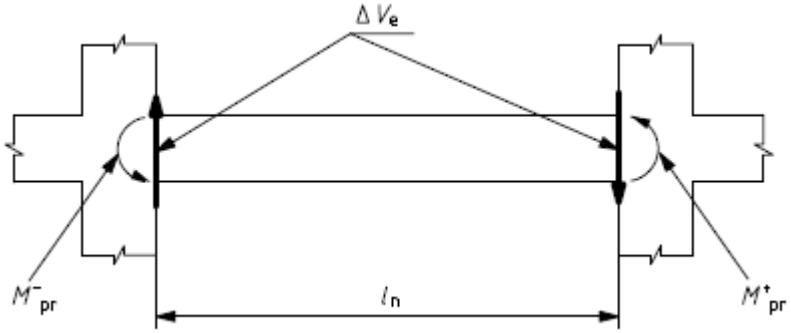
الف- نیروی برشی طراحی نهایی اضافی، ΔV_e متناظر با ظرفیت خمشی احتمالی ناشی از توسعه‌ی دهانه در وجوهی از اتصالات، باید به عنوان بیش‌ترین مقادیر حاصل از معادلات ۱۳۵ و ۱۳۶ بدست آید؛ شکل ۹۴ را ببینید.

$$\Delta V_e = \frac{\left(M^{+}_{pr}\right)_{left} + \left(M^{-}_{pr}\right)_{right}}{l_n} \qquad (۱۳۴)$$

که در آن:

M^{+}_{pr} و M^{-}_{pr} به ترتیب متناظر است با مقاومت خمشی احتمالی مثبت و منفی در وجوه اتصال، که طبق معادله‌ی ۲۵ با استفاده از مساحت میلگرد طولی متناظر با $1/25f_y$ و ضریب کاهش استحکام $\phi = 1$ بدست آمده است.

$$\Delta V_e = \frac{\left(M^{-}_{pr}\right)_{left} + \left(M^{+}_{pr}\right)_{right}}{l_n} \qquad (۱۳۵)$$

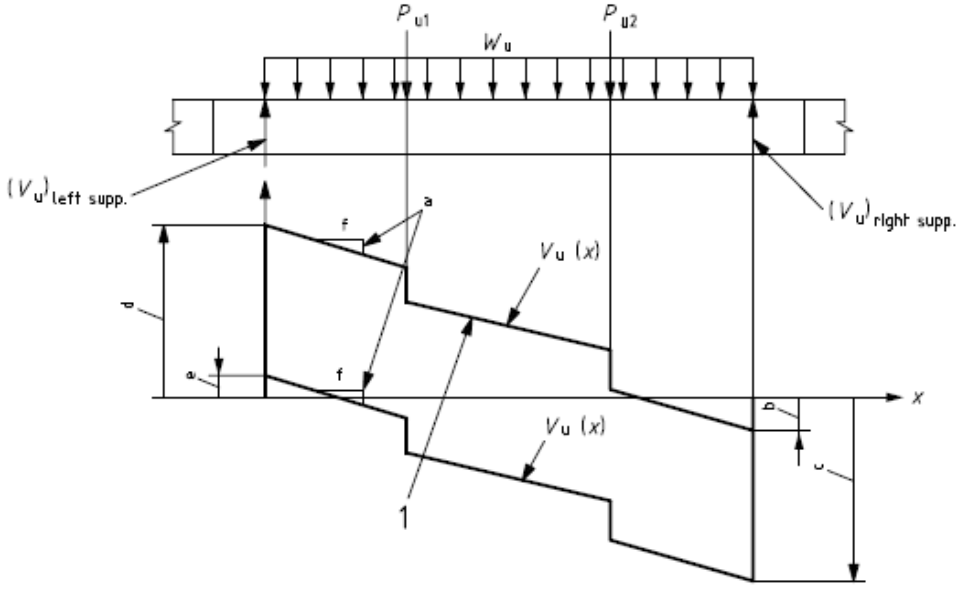


شکل ۹۴- محاسبه‌ی ΔVe

ب- مقدار بیش‌تر بدست آمده از معادله‌ی ۱۳۴ یا ۱۳۵ باید به V_u در وجوهی از تکیه‌گاه‌ها اضافه شده و نمودار برش آن‌طور که در بند ۷-۶-۴-۵-۳ مشخص شده دوباره محاسبه شود؛ شکل ۹۵ را ببینید.

پ- میلگرد عرضی برای برش باید همان‌طور که در بند ۷-۶-۵-۵-۳ مشخص شده است بدست آید، مگر صورتی که ΔV_e بزرگ‌تر از V_u برای بارهای جاذبه در وجهی از تکیه‌گاه باشد که در این صورت برای محاسبه‌ی میلگرد برشی، مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن باید به صورت ($\phi V_c = 0$) در مناطق محدود که در بند ۷-۸-۵-۲-۳-الف مشخص شده است در نظر گرفته شود.

ت- خاموت‌های محدود مشخص شده توسط بند ۷-۸-۵-۲-۳ باید برای این‌که به عنوان بخشی از میلگرد برشی مورد نیاز به کار رود باید مجاز باشد.



راهنما:

۱ - برش احاطه کننده

a- $[(V_u)_{\text{left supp.}} + (V_u)_{\text{right supp.}} - \Sigma P_u] \cdot \frac{1}{l_u}$

b- $(V_u)_{\text{right supp.}} - \Delta V_e$

c- $(V_u)_{\text{right supp.}} + \Delta V_e$

d- $(V_u)_{\text{left supp.}} + \Delta V_e$

e- $(V_u)_{\text{left supp.}} - \Delta V_e$

f- فاصله‌ی افقی که برابر با یک واحد در نظر گرفته شده است.

شکل ۹۵- محاسبه‌ی برش احاطه کننده در یک شاه‌تیر

۷-۸-۵-۳ ستون‌ها

۷-۸-۵-۳-۱ ابعاد

انطباق با مقررات مشخص شده در بند ۷-۸-۳ باید وجود داشته باشد و بند ۷-۷-۳-۲-۱ باید طبق موارد زیر تغییر یابد:

الف- کوچک‌ترین بعد مقطع عرضی نباید کم‌تر از $۳۰۰mm$ باشد.

ب- نسبت بزرگ‌ترین بعد مقطع عرضی به کوتاه‌ترین بعد عمودی نباید بیش از ۲٫۵ باشد.

۷-۸-۵-۳-۲ میلگرد طولی

انطباق با مقررات مشخص شده در بند ۷-۷-۴ باید وجود داشته باشد با این استثناء که در بند ۷-۷-۴-۲-۶ موقعیت اتصالات باید به گونه‌ای تغییر کند که به مرکز نیمی از طول عنصر، محدود شوند.

۷-۸-۵-۳-۳ حداقل مقاومت خمشی ستون‌ها

مقاومت خمشی ستون‌های با میلگرد عرضی که طول آزاد کامل ستون با میلگرد عرضی منطبق با بند ۷-۸-۵-۳-۴ آماده شده است باید از معادله‌ی ۱۳۶ بدست آید:

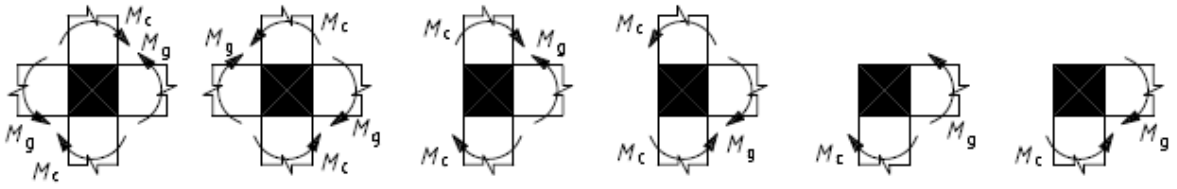
$$\sum M_c \geqslant \frac{6}{5}\sum M_g \qquad (۱۳۶)$$

که در آن:

ΣM_c، مجموع کم‌ترین مقاومت‌های خمشی ($\phi.M_n$) ستون‌هایی است که درون قالب اتصال قرار گرفته است.

ΣM_g، مجموع مقاومت‌های خمشی ($\phi.M_n$) شاه‌تیرهایی است که درون قالب اتصال قرار گرفته است.

مقاومت‌های خمشی ستون‌ها باید متناظر با کم‌ترین مقاومت خمشی محاسبه شده طبق معادله‌ی ۴۷ یا ۴۸ به طور مقتضی برای گستره‌ای از بارهای محوری، P_u، که روی ستون عمل می‌کند باشد. مقاومت‌های خمشی باید به گونه‌ای جمع شود که لنگرهای ستون، لنگرهای تیر را خنثی کند. معادله‌ی ۱۳۶ باید برای لنگرهای تیر که در هر دو جهت صفحه‌ی عمودی قاب مورد ملاحظه عمل می‌کند مناسب باشد؛ شکل ۹۶ را ببینید.



الف ب پ

شکل ۹۶- حداقل مقاومت خمشی ستون‌ها

۷-۸-۵-۳-۴ ستون‌های با میلگرد عرضی به شکل گره

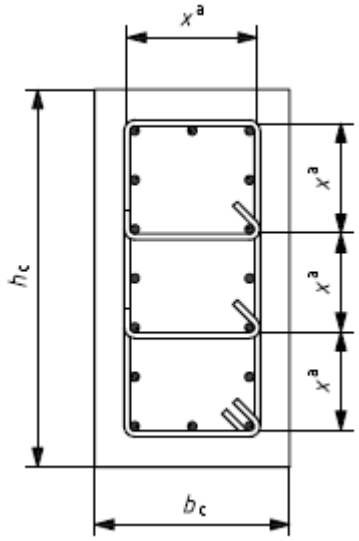
هنگامی که میلگرد عرضی به شکل گره می‌باشد، باید علاوه بر مقرراتی که در بندهای ۷-۳-۱۰-۴-۱ و ۷-۸-۴-۳ مشخص شده است با مقررات زیر نیز مطابق باشد:

الف- بالای یک فاصله‌ی، l_o، که کم‌تر از بزرگ‌ترین بعد مقطع عرضی ستون، یک‌ششم طول آزاد عضو، یا ۵۰۰mm نباشد، مساوی با دو برابر عمق عضو، h، که از وجه عنصر تکیه‌گاهی نزدیک دهانه‌ی میانی اندازه-گیری شده است، در هر دو انتهای شاه‌تیر، میلگرد عرضی باید خاموت‌هایی محدودکننده باشد؛ شکل ۹۷ را ببینید.

ب- بندهای محدود کننده باید به طور ساده یا بندهای هم‌پوشان، توسط قلاب‌های تعیین شده در بند ۷-۳-۶-ت بسته شده و مطابق با مقررات بندهای ستون که در بند ۷-۳-۱۰-۴-۱ مشخص شده است باشد.

پ- استفاده از بندهای عرضی مطابق با مقررات بند ۷-۳-۶-ث از میله‌ای با قطر مشابه و فاصله‌ی مشابه با بندهای محدودکننده باید مجاز باشد. هر انتهایی از بند عرضی باید یک میله‌ی تسلیح طولی محیطی را وصل(درگیر) کند. بندهای عرضی متوالی باید تا انتهای سراسر میلگرد طولی جایگزین شود.

ت- برای هر راستای موازی با جهت‌هایی از مقطع عرضی، بیش‌ترین فاصله‌ی افقی اندازه‌گیری شده از مرکز تا مرکز پایه‌های گره محدودکننده محیطی و بندهای عرضی نباید بیش از ۲۰۰mm با یک‌دوم کوچک‌ترین بعد مقطع عرضی باشد، مگر آن‌که بندهای عرضی بیشتری تهیه شده باشد. اگر تعداد پایه‌های بندهای محدودکننده و بندهای عرضی بیش از تعداد میله‌های قرارگرفته در آن وجه مقطع عرضی باشد، میله‌های طولی اضافی باید فراهم شود؛ شکل ۹۷ را ببینید.



راهنما:

محدودیت‌ها: $x \leq b_c/2$ ، $x \leq 200mm$

شکل ۹۷- فاصله‌های بین پایه‌های بندهای محدودکننده و بندهای عرضی

ث- بیش‌ترین فاصله‌ی بندهای محدودکننده نباید بیش از ۱۰۰mm یا مقدار بدست آمده طبق معادله‌ی ۱۳۷ باشد:

$$s \leq \frac{A_b \cdot f_{ys}}{f'_c \cdot 15} \qquad (۱۳۷)$$

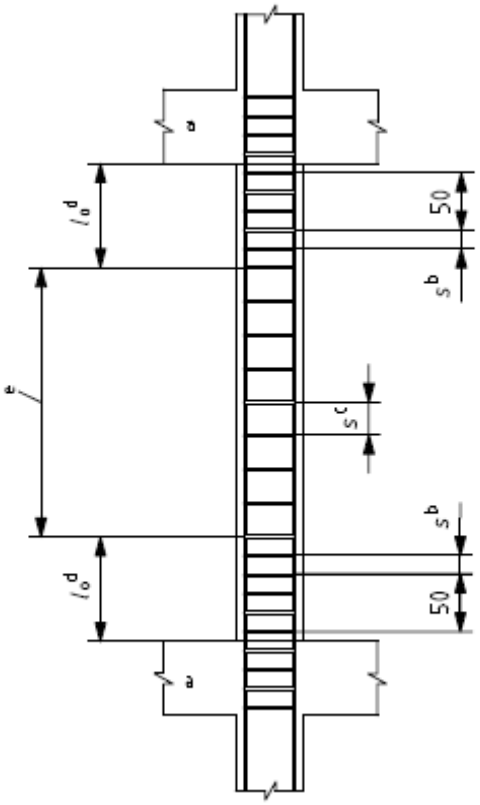
که در آن:

A_b مساحت میله‌ی گره‌ی محدودکننده و گره‌ی عرضی است،

f_{ys} مقاومت تسلیم اسمی گره محدودکننده و گره عرضی است؛ شکل ۹۸ را ببینید.

ج- اولین گره محدودکننده باید به گونه‌ای واقع شود که بیش از $۵۰mm$ از وجه اتصال فاصله نداشته باشد.

چ- هنگامی که میلگردی که در بالا مشخص شد در سراسر طول آزاد ستون در بخش مرکزی طول آزاد ستون بین مناطق محدودکننده قرار نگرفته باشد، میلگرد عرضی باید گره محدودکننده با قطر، مقاومت تسلیم f_{ys}، و تعداد بندهای عرضی مشابه، به کار برده شده در مناطق محدودکننده بوده و بیش‌ترین فاصله‌ی مرکز تا مرکز آن نباید بیش از شش برابر قطر میله‌های ستون، d_b، یا $۱۵۰mm$ (هر کدام که کم‌تر است) باشد؛ شکل ۹۸ را ببینید.



راهنما:

a- میلگرد عرضی اتصال مطابق با بند ۷-۸-۵-۴-۳

b- محدودیت‌ها:

c- برای میله‌ی طولی:

d- مناطقب محدود شده با محدودیت‌های:

e- در منطقه‌ی مرکزی ممکن است اتصالات هم‌پوشان میلگرد طولی ساخته شود.

شکل ۹۸- فاصله‌ی بند محدودکننده در ستون‌ها

۷-۸-۵-۳-۵ ستون‌های با میلگرد عرضی به شکل یک مارپیچ

وقتی که میلگرد عرضی به شکل یک مارپیچ است، علاوه بر مقررات مشخص شده در بندهای ۷-۳-۱۰-۴-۲ و ۷-۷-۴-۳ مقررات زیر نیز باید رعایت شوند:

الف- بالای یک فاصله‌ای که کم‌تر از بزرگ‌ترین بعد مقطع عرضی ستون، یک‌ششم طول آزاد عضو، یا ۵۰۰mm نباشد، مساوی با دو برابر عمق عضو که از وجه تکیه‌گاهی عنصر نزدیک دهانه‌ی میانی اندازه‌گیری شده است، در هر دو انتهای شاه‌تیر، میلگرد عرضی باید یک مارپیچ مطابق با سایر مقررات مشخص شده در بند ۷-۸-۵-۳-۵ باشد.

ب- نسبت حجمی مارپیچ نباید کم‌تر از آنچه که در معادلات ۲۰، ۲۱ و ۱۳۸ آمده است باشد:

$$\rho_s = \frac{A_b \cdot \pi \cdot d_c}{A_c \cdot s} \geqslant 0{,}12 \cdot \frac{f'_c}{f_{ys}} \qquad (۱۳۸)$$

پ- هنگامی که میلگرد مارپیچی که در بالا مشخص شد در سراسر طول آزاد ستون در بخش مرکزی طول آزاد ستون بین مناطق محدودکننده قرار نگرفته باشد، میلگرد عرضی باید یک مارپیچ با قطر و مقاومت تسلیم f_{ys}، مشابه با آنچه که در مناطق محدودکننده به کار برده شده بوده و فاصله‌ی مرکز تا مرکز آن نباید بیش از شش برابر قطر میله‌های ستون، d_b، یا ۱۵۰mm (هر کدام که کم‌تر است) باشد.

۷-۸-۵-۳-۶ مقاومت برشی

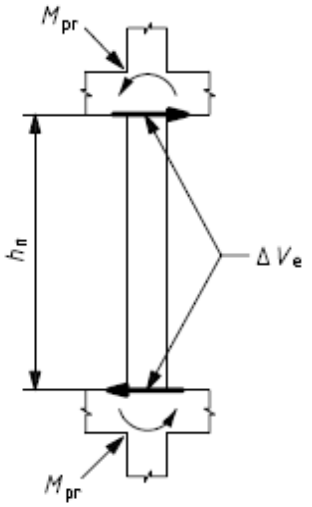
علاوه بر مقررات مشخص شده در بند ۷-۷-۶ مقررات زیر نیز باید رعایت شوند:

الف- نیروی برشی طراحی نهایی،ΔV_e متناظر با توسعه‌ی ظرفیت خمشی احتمالی ستون در وجوه اتصالات، باید مطابق با معادله‌ی ۱۳۹ برای هر دو جهت اصلی در صفحه بدست آید؛ شکل ۹۹را ببینید.

$$\Delta V_e = \frac{(M_{pr})_{top} + (M_{pr})_{bottom}}{h_n} \qquad (۱۳۹)$$

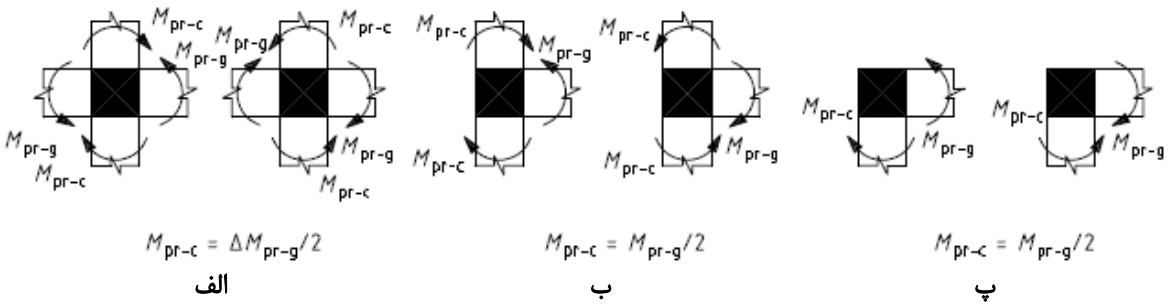
که در آن:

M_{pr} متناظر است با مقاومت خمشی احتمالی در وجوه اتصال، با استفاده از $1.25 f_y$ و ضریب کاهش مقاومت $\phi = 1$ بدست آمده است.



شکل ۹۹- محاسبه‌ی ΔV_eبرای ستون‌ها

ب- مقاومت‌های خمشی ستون‌ها باید متناظر با کم‌ترین مقاومت خمشی احتمالی محاسبه شده طبق معادله‌ی ۴۷ یا ۴۸ برای گستره‌ای از بارهای محوری، P_u ، که روی ستون عمل می‌کنند باشد. نیروی برشی طراحی نهایی، ΔV_e ، برای ستون نباید بیش از مقدار تعیین شده از مقاومت اتصال برمبنای مقاومت لنگر احتمالی M_{pr} از شاه‌تیرهای قرار گرفته در قاب اتصالی که طبق بند ۷-۸-۵-۲-۴ بدست آمده باشد؛ شکل ۱۰۰ را ببینید.



الف ب پ

شکل ۱۰۰- بیش‌ترین M_{pr} برای ستون‌ها که برای دستبیابی به برش ستون ΔV_e ، لازم است

پ- میلگرد عرضی مورد نیاز برای برش باید مطابق با بند ۷-۷-۴-۳ بدست آید، مگر آن‌که در محاسبه‌ی میلگرد برشی، مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن به صورت $\phi.V_c = 0$ در مناطق محدود همان‌طور که در بندهای ۷-۸-۵-۳-۴-الف و ۷-۸-۵-۳-۵-الف مشخص شده است، باید درنظر گرفته شود.

ت- مقررات برای بندهای مقید یا مارپیچ‌ها که در بندهای ۷-۸-۵-۳-۴ و ۷-۸-۵-۳-۵ مشخص شده باید برای به کار بردن به عنوان مقررات برای میلگرد برشی مجاز باشد.

۷-۸-۵-۴ درزها (اتصالات)

۷-۸-۵-۴-۱ کلیات

درزهای قاب‌های واقع شده در مناطق زلزله‌خیز باید مطابق با مقررات مشخص شده در بند ۷-۸-۵-۴ به جای مواردی که در بند ۷-۳-۱۰-۴-۳ مشخص شده بود باشد.

۷-۸-۵-۴-۲ حدود ابعاد ستون در درزی که بر میلگرد طولی شاه‌تیر بنا شده است

جایی که میلگرد طولی در میان درز ستون-شاه‌تیر امتداد می‌یابد، بعد ستون موازی با تیر نباید کم‌تر از ۲۰ برابر قطر بزرگ‌ترین میله‌ی طولی شاه‌تیر، d_b، باشد.

۷-۸-۵-۴-۳ میلگرد عرضی درون درز

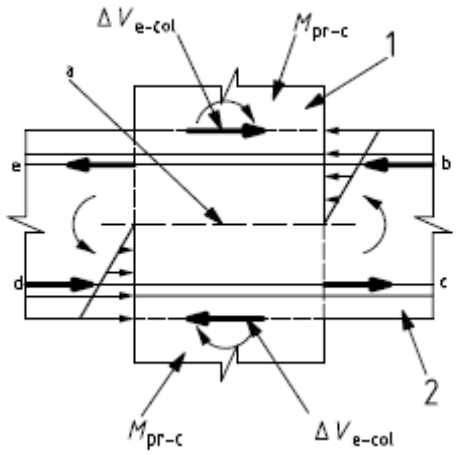
مقادیر زیر برای میلگرد عرضی درون درز باید در درز ستون-شاه‌تیر تهیه شود:

الف- میلگرد عرضی محدودکننده‌ی افقی در تعداد و فواصلی مشابه با آنچه که در بند ۷-۸-۵-۳-۴ مشخص شده است باید درون درز ستون-شاه‌تیر تهیه شود. اگر شاه‌تیرها پهنایی برابر با یا بزرگ‌تر از سه چهارم پهنای

ستون داشته باشند، قاب در تمامی چهار طرف جانبی درز فاصله‌ی بندهای محدودکننده می‌تواند دو برابر آنچه که توسط بند ۷-۸-۵-۴-۳ مشخص شده است باشد، بدون آن‌که از $۱۵۰mm$ بیش‌تر شود.

ب- هنگامی که میگرد شاه‌تیر طولی در سمت بیرون مرکز درز محدودشده که توسط میلگرد مورد نیاز طبق بند ۷-۸-۵-۴-۳-الف تهیه شده است واقع شده باشد، خاموت‌های محدودکننده‌ی عمودی که برای شاه‌تیرها توسط بند ۷-۸-۵-۲-۳ مشخص شده است باید برای محدود کردن آن فراهم شود.

۷-۸-۵-۴-۴ مقاومت برشی افقی درون درز باید برای نیروهای برشی که در نتیجه‌ی مقاومت لنگر احتمالی ستون‌ها و شاه‌تیرهایی که در قاب داخل درز توسعه یافته‌اند ایجاد شده است تأیید شود. شکل ۱۰۱ را ببینید.



راهنما:

۱ ستون

۲ شاه‌تیر

a سطحی که در آن برش V_u ارزیابی می‌شود.

f- $C_s = T_s = 1{,}25 \cdot f_y \cdot A_s$

g- $T_s = 1{,}25 \cdot f_y \cdot A_s$

h- $C'_s = T'_s = 1{,}25 \cdot f'_s \cdot A'_s$

i- $T'_s = 1{,}25 \cdot f'_s \cdot A'_s$

شکل ۱۰۱- تعیین برش درز

مقررات زیر باید برای تأیید به کار برده شوند:

الف- برش نهایی در درز، V_u ، باید برای هر دو جهت اصلی مطابق با معادله‌ی ۱۴۰ برای درزها جایی که قاب شاه‌تیرها در هر دو جهت می‌باشد بدست آید و مطابق با معادلات ۱۴۱ و ۱۴۲ جایی که قاب شاه‌تیرها فقط در یک جهت است، بدست آید:

$$V_u = 1{,}25 \cdot f_y \cdot \left(A_s + A'_s\right)_{girder} - \left(\Delta V_e\right)_{column} \qquad (۱۴۰)$$

$$V_u \geqslant 1{,}25\, f_y \cdot \left(A_s\right)_{girder} - \left(\Delta V_e\right)_{column} \qquad (۱۴۱)$$

$$V_u \geqslant 1{,}25\, f_y \cdot \left(A'_s\right)_{girder} - \left(\Delta V_e\right)_{column} \qquad (۱۴۲)$$

در معادلات ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۲ مساحت میلگرد متناظر با میلگرد طولی شاه‌تیر است.

برش ناشی از توسعه‌ی مقاومت در ستون باید مطابق با بند ۷-۸-۵-۳-۶ تعیین شود.

ب- مقاومت برشی اسمی در صفحه‌ی بحرانی در درز باید مطابق با معادلات ۱۴۳، ۱۴۴ و ۱۴۵ باشد؛ برای A_j شکل‌های ۱۰۲ و ۱۰۳ را ببینید.

برای درزهای محدودشده روی تمامی چهار وجه:

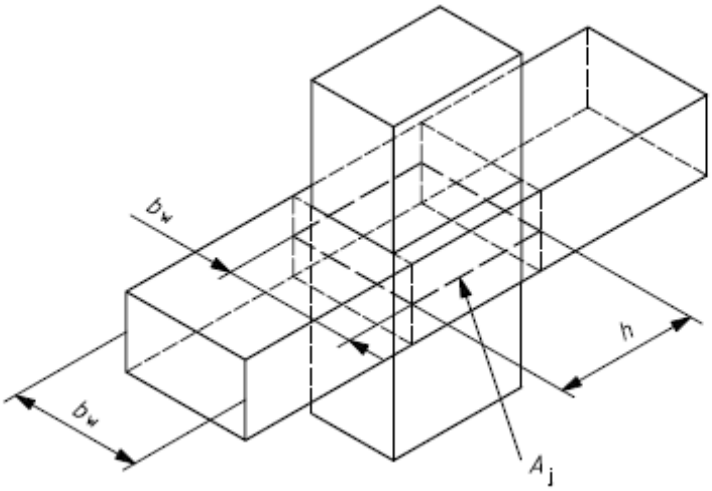
$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot 1{,}70 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j \qquad (۱۴۳)$$

برای درزهای محدودشده روی سه وجه یا روی وجوه مقابل:

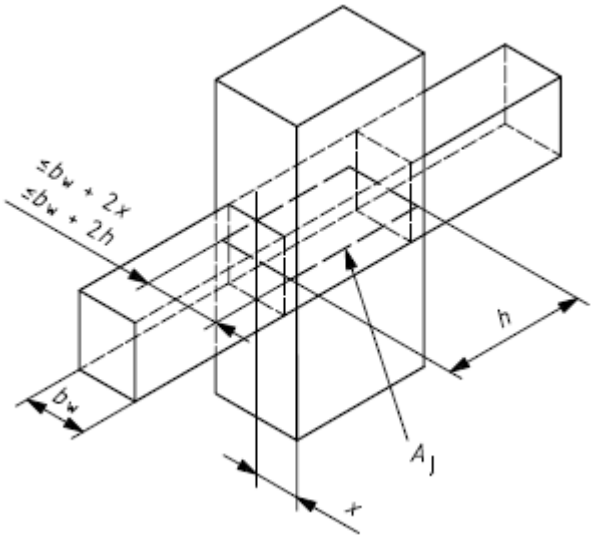
$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot 1{,}25 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j \qquad (۱۴۴)$$

برای سایر درزها:

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot 1{,}00 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j \qquad (۱۴۵)$$



شکل ۱۰۲- تعریف A_j برای یک شاه‌تیر عریض‌تر از ستون



شکل ۱۰۳- تعریف A_j برای یک شاه‌تیر باریک‌تر از ستون

پ- یک عضوی که داخل یک وجه از یک درز برای تهیه‌ی حدودی برای درز قرار گرفته است، اگر حداقل سه چهارم از وجه درز توسط قاب عضو پوشانده شده باشد، مورد توجه خواهد بود.

A_j، متناظر است با مساحت مقطع عرضی مؤثر درون درز در یک صفحه‌ی موازی با صفحه‌ی میلگرد تولیدکننده‌ی برش و برابر است با تولید عمق درز چند برابر پهنای مؤثر درز.

عمق درز با بعدی از ستون که موازی با جهت شاه‌تیر است متناظر است، پهنای درز مؤثر برابر است با پهنای شاه‌تیر برای شاه‌تیرهایی برابر با یا بزرگ‌تر از پهنای ستون؛ شکل ۱۰۲ را ببینید.

برای شاه‌تیرهای باریک‌تر از پهنای ستون، پهنای مؤثر درز برابر است با پهنای شاه‌تیر کوچک‌تر بعلاوه‌ی عمق درز یا پهنای شاه‌تیر بعلاوه‌ی دو برابر فاصله‌ی عمودی کوتاه‌تر از محور افقی شاه‌تیر تا سمت ستون، بدون آن‌که از پهنای ستون بیش‌تر شود؛ شکل ۱۰۳ را ببینید.

۷-۸-۵-۴-۵ میلگرد طره‌ی شاه‌تیر در درز

انتهای بخش میلگرد طولی در درز باید با یک قلاب استاندارد ۹۰ درجه که درون مغزه‌ی محدودشده‌ی ستون قرار گرفته است خاتمه یابد. فاصله‌ی طره باید مطابق با بند ۷-۳-۸-۳ باشد.

۷-۸-۵-۴-۶ میله‌های مستقیم میلگرد طولی شاه‌تیر

میله‌های مستقیم میلگرد طولی شاه‌تیر باید طبق طول امتداد یافته‌ای که در بند ۷-۳-۸-۱ مشخص شده است باشد.

۷-۸-۵-۵ دیوارها

۷-۸-۵-۵-۱ کلیات

دیوارهای بتنی سازه‌ای قرارگرفته در مناطق زلزله خیز باید مطابق با مقررات بند ۷-۹ بعلاوه‌ی مقررات تکمیلی بند ۷-۸-۵-۵ باشد.

۷-۸-۵-۵-۲ عناصر مرزی

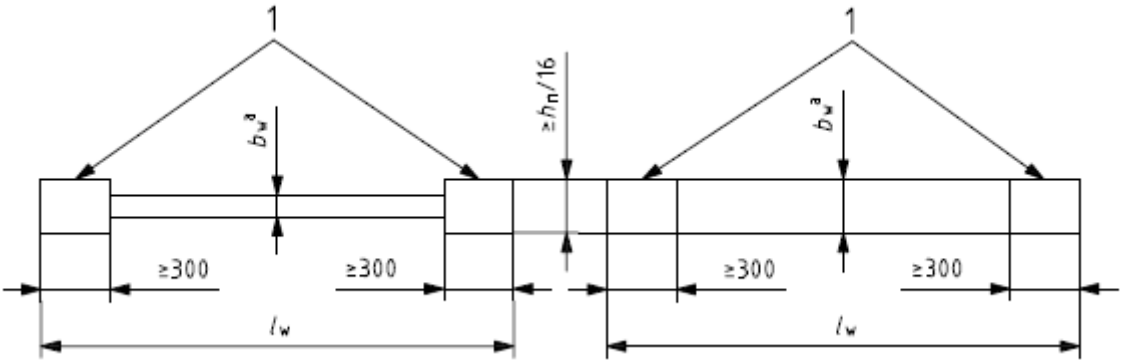
عناصر مرزی در دیوارهای سازه‌ای باید مطابق با مقررات زیر باشد:

الف- عناصر مرزی باید در هر دو لبه‌ی دیوارهای سازه‌ای تهیه شود، وقتی که بیش‌ترین تنش فشاری تار نهایی، f_{cu}، مطابق با معادله‌ی ۱۴۶ بدست آمده و متناظر با نیروهای نهایی P_u و M_u از بارهای ترکیبی که شامل اثرات زلزله بیش از ($0.2f_c^{'}$) باشد، مگر آن‌که دیوار کامل مطابق با مقررات میلگرد عرضی محدودکننده برای ستون‌ها که در بند ۷-۸-۵-۳-۴ مشخص شده است، مسلح شده باشد.

$$f_{cu} = \frac{P_u}{A_g} + \frac{6 \cdot M_u}{l_w^2 \cdot b_w} \qquad (۱۴۶)$$

ب- عناصر مرزی باید جایی که تنش فشاری نهایی محاسبه شده، f_{cu}، کم‌تر از ($0.15f_c^{'}$) است برای آن‌که غیر پیوسته باشد مجاز می‌باشد.

پ- ضخامت عناصر مرزی، جایی که مورد نیاز است، نباید کم‌تر از $h_n/16$ یا b_w باشد و باید در هر لبه‌ی یک طولی که کم‌تر از $300mm$ نباشد را داشته باشد؛ بند ۷-۹-۳-۲-۱ و شکل ۱۰۴ را ببینید.



راهنما:

a - عناصر مرزی

b - محدودیت‌ها : $b_w \geq 150mm$ ، $b_w \geq h_n/20$ ، $b_w \geq l_w/25$

شکل ۱۰۴- ابعاد عناصر مرزی

ت- عناصر مرزی، جایی که مورد نیاز است، باید میلگرد عرضی که برای ستون‌ها در بند ۷-۸-۵-۳-۴ مشخص شده است را داشته باشد.

ث- عناصر مرزی باید برای پایداری در برابر تمامی بارهای وزن نهایی روی دیوار، شامل بارهای فرعی و وزن سازه، همان‌طور که نیروی عمودی برای پایداری در برابر لنگر واژگونی محاسبه شده از اثر نهایی وابسته به زلزله مطابق با مقررات بند ۷-۹-۲-۳ مورد نیاز است نسبت بندی شود. بار محوری نهایی، P_{cu}، در حالت فشار روی عناصر مرزی باید مطابق با معادله‌ی ۱۴۷ و بار محوری نهایی، P_{tu}، در حالت کشش روی عناصر مرزی مطابق با معادله‌ی ۱۴۸ باید محاسبه شود.

$$P_{cu} = \frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{(l_w - 300)} \qquad (۱۴۷)$$

$$P_{tu} = \frac{P_u}{A_g} - \frac{M_u}{(l_w - 300)} \leqslant 0 \qquad (۱۴۸)$$

ج- میلگرد طولی عناصر مرزی برای بار محوری فشاری نهایی، P_{cu}، مطابق با معادلات ۳۶ و ۳۷ باید نسبت بندی شود. در معادله‌ی ۳۶ مقدار A_g، باید توسط مساحت عنصر مرزی جایگزین شود. نسبت میلگرد عنصر مرزی نباید از مقدار مشخص شده توسط بند ۷-۹-۴-۳-۲ بیش‌تر باشد. اگر میلگرد طولی بدست آمده مطابق با معادلات ۳۶ و ۳۷ بیش‌تر از این حدود باشد، اندازه‌ی عنصر سازه‌ای باید افزایش یابد تا جایی که این حدود برآورده شود. اگر اندازه‌ی عناصر مرزی افزایش یابد مقادیر P_{cu} و P_{tu} با جایگزینی عدد ۳۰۰ در معادلات ۱۴۷ و ۱۴۸ با مقدار جدید باید اصلاح شود.

چ- میلگرد طولی عنصر مرزی برای مقدارد مطلق با محوری کششی نهایی P_{tu}، اگر آن وجود داشته باشد (یک مقدار کم‌تر از صفر در معادله‌ی ۱۴۸ به معنی این است که هیچ‌گونه نیروی کششی وجود ندارد)، طبق معادله‌ی ۴۳ باید بررسی شود.

ح- جایی که عناصر مرزی بخشهایی از ستون یک قاب هستند، باید علاوه بر آن‌که به عنوان ستون می‌باشند مطابق با مقررات بند ۷-۸ بررسی شوند.

۷-۸-۵-۵-۳ مقاومت برشی

مقاومت برشی دیوارهای سازه‌ای باید مطابق با بند ۷-۳-۱۳-۶ باشد.

۷-۹ دیوارهای بتنی سازه‌ای

۷-۹-۱ کلیات

طراحی دیوارهای بتنی سازه‌ای باید مطابق با مقررات بند ۷-۹ انجام شود. هر دو اثر داخل صفحه و خارج صفحه در دیوارهای سازه‌ای بتنی پوشش داده می‌شود.

۷-۹-۲ تعیین بار طراحی

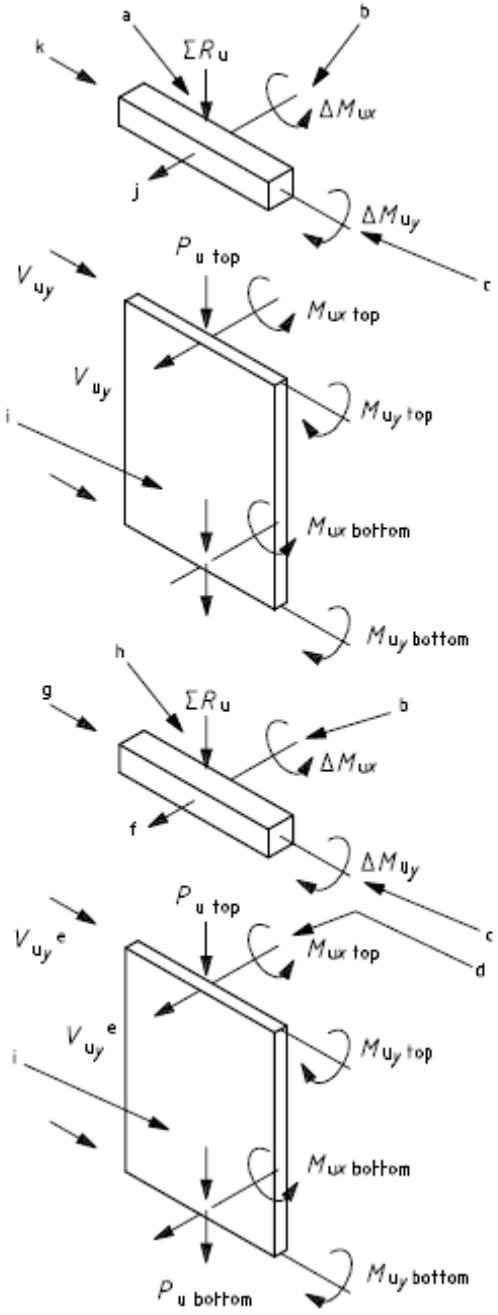
۷-۹-۲-۱ بارهای درنظر گرفته شده

بارهای طراحی برای دیوارهای بتنی سازه‌ای باید مطابق با مقررات بند ۷-۲ تعیین شود. بارهایی که باید در نظر گرفته شود شامل موارد زیر هستند؛ شکل ۱۰۵ را ببینید.

الف- بارهای زنده و مرده‌ی فرعی ناشی از عناصر سازه‌ای فرعی از هر طبقه‌ی قرار گرفته در بالا. بارهای فرعی که باید مطابق با مقررات بند ۷-۲ و مقررات ویژه‌ی هر نوع عنصر فرعی معین شود؛

ب- وزن خود دیوار بتنی سازه‌ای؛

پ- نیروهای جانبی ناشی از باد، زلزله، یا فشار جانبی خاک.



راهنما:

c - عکس‌العمل‌های موجود در درز طبقه‌ی n از عناصر فرعی

d - لنگر نامتوازن از عناصر طبقه‌ی فرعی در جهت x

e - لنگر نامتوازن از عناصر طبقه‌ی فرعی در جهت y

f - $P_{u\,top}$ دیوار طبقه‌ی n-1 برابر است با $P_{u\,bottom}$ طبقه‌ی n بعلاوه‌ی ΣR_u از طبقه‌ی n-1

g - V_u دیوار طبقه‌ی n-1 برابر است با V_u طبقه‌ی n بعلاوه‌ی نیروی جانبی از طبقه‌ی n

h - نیروی جانبی اعمال شده به دیوار در طبقه‌ی n-1 در جهت y

i - نیروی جانبی اعمال شده به دیوار در طبقه‌ی n-1 در جهت x

j - عکس‌العمل‌های موجود در درز طبقه‌ی n-1 از عناصر فرعی

k - وزن خود دیوار

l - نیروی جانبی اعمال شده به دیوار در طبقه‌ی n در جهت y

m - نیروی جانبی اعمال شده به دیوار در طبقه‌ی n در جهتx

شکل ۱۰۵- نیروهای طراحی نهایی اعمالی بر دیوار بتنی سازه‌ای

۷-۹-۲-۲ بار مرده و بار زنده

مقادیر P_d برای بار مرده و P_l برای بار زنده باید بر حسب نیوتن بیان شوند. P_d باید شامل وزن خود دیوار بتنی سازه‌ای، با فرض وزن مخصوص بتن برابر با $24\times10^3\mathrm{N/m}^3$ باشد. وزن باید با به کاربردن ضرایب بار برای بار مرده‌ی ترکیب متناظر مطابق با بند ۷-۲-۲-۱ اصلاح شود. اعمال وزن خود دیوار متناظر با هر طبقه تا پایین‌ترین قسمت دیوار در آن طبقه باید مجاز باشد. مقدار لنگر نامتوازن ناشی از بارها باید مطابق با مقررات عنصر تکیه‌داده شده بدست آید، بند ۷-۶-۵-۶ را ببینید.

۷-۹-۲-۳ بار طراحی جانبی

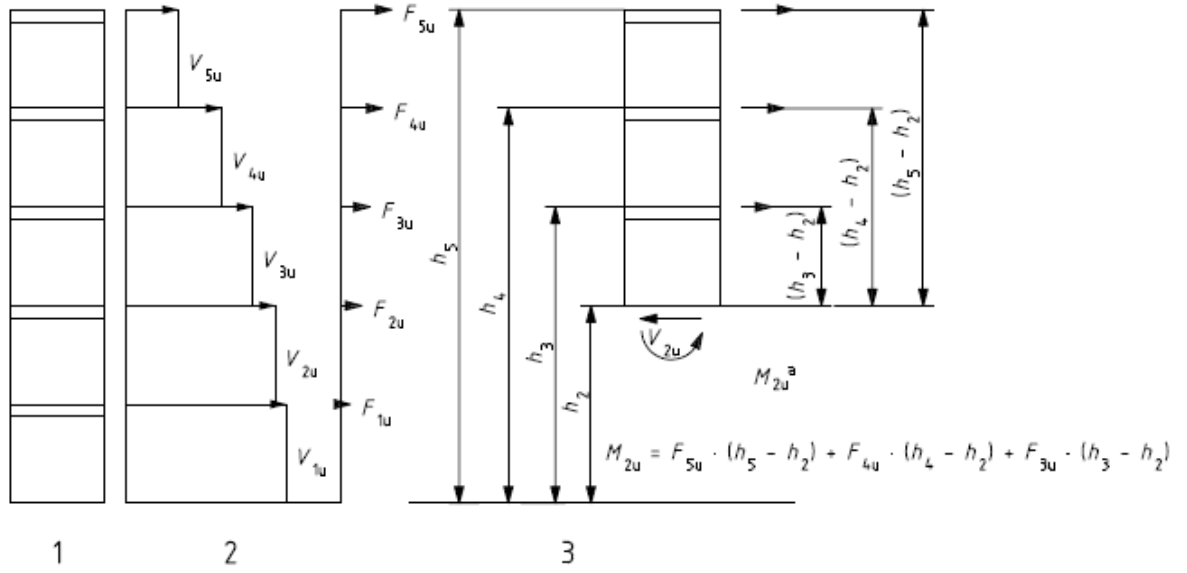
مقدار برش طراحی افقی نهایی اعمالی، V_u ، در هر طبقه و در هر دو جهت اصلی باید مطابق با مقررات بند ۷-۹ بدست آید. مقدار لنگر بار جانبی نهایی، M_u ، در قسمت بالایی و پایینی دیورا بتنی سازه‌ای در هر دو جهت اصلی صفحه در هر طبقه به روش زیر باید به دست آید:

الف- برش نهایی بار جانبی، V_{xu}، در هر طبقه x باید برای دیوار مطابق با مقررات بند ۷-۸ بدست آید.

ب- نیروی جانبی نهایی، F_{xu}، که در هر طبقه‌ی x اعمال شده باید به عنوان تفاوت برش‌های نهایی V_{xu} و $V_{(x+1)u}$ برای دو طبقه‌ی مجاور بدست آید.

پ- لنگر بار جانبی نهایی، M_{xu}، در هر طبقه‌ی x باید طبق معادله‌ی ۱۴۹ بدست آید.

$$M_{xu}=\sum_{i=x}^{n}\left[F_{iu}\cdot\left(h_i-h_x\right)\right] \qquad (۱۴۹)$$



راهنما:

o - دیوار

p - برش‌های دیوار

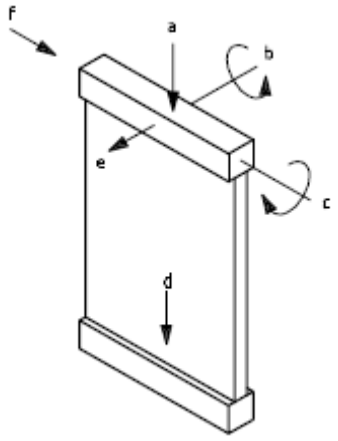
q - نیروهای جانبی دیوار

a – نیروهای طراحی نهایی بار جانبی

شکل ۱۰۶- محاسبه‌ی لنگر نهایی بار جانبی

۴-۲-۹-۷ بار طراحی نهایی

مقادیر نیروهای طراحی نهایی P_u، V_u و M_u باید در قسمت بالایی و پایینی دیوار بتنی سازه‌ای در هر طبقه تعیین شود. با تقسیم نیروهای افقی به نیروهای داخل صفحه و خارج صفحه یک تمایزی باید در مورد جهت نیروهای افقی ایجاد شود؛ شکل ۱۰۷ را ببینید.



راهنما:

s - نیروی محوری
t - لنگر داخل صفحه
u - لنگر خارج صفحه
v - وزن
w - برش خارج صفحه
x - برش داخل صفحه

شکل ۱۰۷- نیروهای داخل صفحه و خارج صفحه

۷-۹-۳ ابعاد

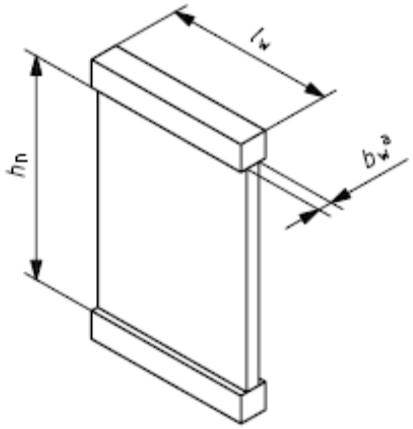
۷-۹-۳-۱ کلیات

علاوه بر مقررات مناسب مشخص شده در بند ۷-۹-۳ دیوارهای بتنی سازه‌ای باید مطابق با مقررات عمومی ابعاد که در بندهای ۶-۱ و ۷-۸-۴-۱ مشخص شده بود نیز باشند. شکل مقطع دیوار بتنی سازه‌ای باید مستطیلی باشد. سایر شکل‌های مقطع عرضی فراتر از هدف این استاندارد می‌باشند. به غیر از مواردی که در بند ۷-۹-۳-۲-۲ مجاز شده است، دیوارهای بتنی سازه‌ای باید به صورت عمودی تراز شده و باید تا شالوده کاملاً پیوسته باشند.

۷-۹-۳-۲ محدودیت ابعاد

۷-۷-۳-۲-۱ حداقل ضخامت دیوارهای بتنی سازه‌ای

در این استاندارد ضخامت دیوارهای بتنی سازه‌ای نباید از $۱۵۰mm$ (شکل ۱۰۸) یا یک بیست و پنجم طول دیوار، l_w ، کم‌تر باشد؛ در تغییرات ضخامت در طبقات مجاور مقررات مشخص شده در بند ۷-۸-۴-۱-پ باید رعایت شود.



راهنما:

محدودیت‌ها : $b_w \geq l_w/25$ ، $b_w \geq h_n/20$ ، $b_w \geq 150mm$

شکل ۱۰۸- حداقل ابعاد مقطع عرضی برای دیوارهای بتنی سازه‌ای مستطیلی

۷-۹-۳-۲-۲ ستون‌های جای‌دهی شده در دیوارها

وقتی که ستون‌ها به طور یکپارچه و جای‌دهی شده در دیوارها ساخته می‌شود، ساختن دیوار ضخیم در محل ستون بدون آن‌که افزایشی در ضخامت کل مقطع عرضی دیوار وجود داشته باشد باید مجاز باشد. بعد عرضی ستون باید مطابق با مقررات بند ۷-۷-۳-۳ باشد. قرار دادن افزایش ضخامت در یک سمت از مقطع عرضی باید مجاز باشد.

۷-۹-۳-۳ فاصله‌ی بین تکیه‌گاه‌های جانبی

باید توجه شود که مهار جانبی توسط سامانه‌ی طبقه در دو جهت افقی در تمامی سطوحی که توسط دیوار نگه داشته شده است فراهم شده باشد؛ شکل ۱۰۸را ببینید.

فاصله‌ی آزاد بین تکیه‌گاه‌های جانبی عمودی، h_n، برای دیوارهای بتنی سازه‌ای نباید بیش از ۲۰ برابر ضخامت دیوار بتنی سازه‌ای باشد.

۷-۹-۳-۴ تیرهای قرار گرفته بر بالای دیوارها

تیرها یا شاه‌تیرها باید برای تمامی طول افقی دیوار در هر کف و سقف توسط دیوار سازه‌ای نگه‌داشته شود. این تیرها یا شاه‌تیرها باید مطابق با مقررات بند ۷-۶-۵-۲-۳ باشند و باید مانند عناصر جمع کننده مطابق با مقررات بند ۷-۶-۴-۳ مسلح شود.

۷-۹-۴ جزییات میلگرد

۷-۹-۴-۱ کلیات

برای اهداف این استاندارد، میلگرد دیوارهای بتنی سازه‌ای باید از انواع شرح داده شده در بند ۷-۹-۴ بوده و باید مطابق با مقررات مشخص شده در بندهای ۷-۹-۴-۲ تا ۷-۹-۴-۴ باشد.

۷-۹-۴-۲ تعداد جداره‌های میلگرد

۷-۹-۴-۲-۱ میلگرد دو جداره

میلگرد دو جداره موازی با وجوه دیوار باید در حالت‌های زیر به کار برده شود:

الف- وقتی که ضخامت دیوار بیش از $۲۵۰mm$ باشد؛

ب- در دیوارهایی که نسبت میلگرد عمودی، ρ_v، بیش از $۰/۰۱$ باشد، بند ۷-۳-۹-۵-۲- و ۷-۹-۴-۳-۲ را ببینید.

پ- در دیوارهایی که نیروی برشی نهایی داخل صفحه در دیوار، V_u ، بیش از ($\phi.V_n$) که توسط معادله‌ی ۶۰ تعیین شده است باشد.

تقسیم‌بندی میلگرد به لایه‌ها و موقعیت آن‌ها داخل مقطع دیوار باید مطابق با بند ۷-۳-۷-۸-۲ باشد.

۷-۹-۴-۲-۲ میلگرد یک جداره

در تمامی حالت‌هایی که توسط بند ۷-۹-۴-۲-۱ اشاره نشد، فقط به کاربردن میلگرد یک جداره که در مرکز ضخامت دیوار قرار گرفته است باید مجاز باشد.

۷-۹-۴-۳ میلگرد عمودی

۷-۹-۴-۳-۱ شرح

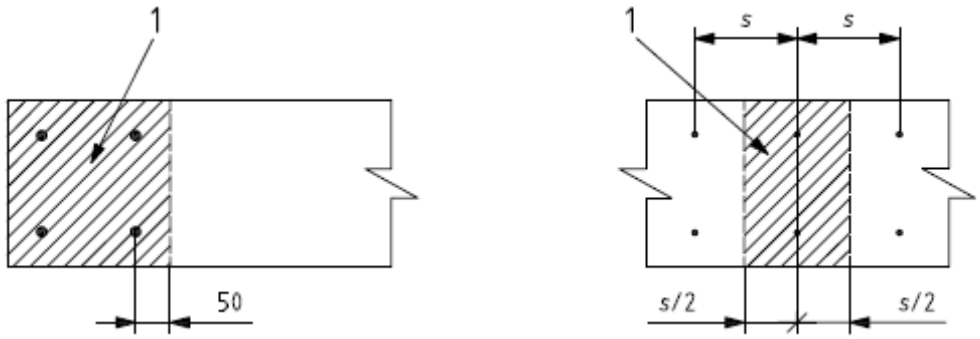
میلگرد عمودی باید از یک یا دولایه از میله‌ها یا شبکه‌ی سیمی جوش خورده که موازی با وجوه دیوار است تشکیل شده باشد. میلگرد عمودی باید به مقداری باشد که برای پایداری در برابر عکس‌العمل هم‌زمان از ترکیبی از بار محوری و لنگر نهایی مقطع که در اطراف دو محور اصلی مقطع دیوار بتنی سازه‌ای عمل می-کند مناسب باشد.

۷-۹-۴-۳-۲ حداقل و حداکثر مساحت میلگرد عمودی

حداقل و حداکثر مساحت میلگرد عمودی باید مطابق با مقررات بند ۷-۳-۹-۵ باشد. هنگامی که مقدار و فاصله‌ی میلگرد عمودی در میان مقطع عرضی دیوار متغیر است، یا هنگامی که ستون‌ها به طور یکپارچه درون مقطع عرضی دیوار ساخته می‌شوند باید انطباق با مقررات زیر وجود داشته باشد:

الف- جایی که میلگرد عمودی با افزایش قطر میله‌ی عمودی یا کاهش فاصله‌ی بین میله‌ها متمرکز می‌شود، نسبت میلگرد عمودی، ρ_v، در آن بخش از دیوار نباید از بیش‌ترین نسبت میلگرد عمودی مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۵-۲ بیش‌تر شود. نسبت میلگرد عمودی باید بالای یک سطح هم‌مرز با وجوه دیوار و به اندازه‌ی $۵۰mm$ در امتداد طول دیوار از میله‌های آخری با یک فاصله‌ی نزدیک‌تر یا قطر بزرگ‌تر اندازه‌گیری شده برآورد شود. شکل ۱۰۹- الف را ببینید.

ب- جایی که میلگرد عمودی توسط تقسیم آن به بخش‌های بیش‌تر یا با کاهش قطر میله‌ی عمودی کاهش یابد، نسبت میلگرد عمودی، ρ_v ، نباید کم‌تر از حداقل نسبت میلگرد عمودی مشخص شده در بند ۷-۳-۹-۵-۱ در هر جایی از داخل مقطع عرضی باشد؛ شکل ۱۰۹- ب را ببینید.



الف ب

راهنما:

۱ - سطح برای محاسبه‌ی نسبت فولاد

شکل ۱۰۹- محاسبه‌ی نسبت میلگرد عمودی

۷-۹-۴-۳-۳ بیش‌ترین فاصله‌ی میلگردها

میلگرد عمودی نباید بیش از آنچه که در بند ۷-۳-۷-۸ مشخص شده است، فاصله داشته باشد.

۷-۹-۴-۳-۴ اتصال میلگرد

وصله پوششی میلگرد عمودی دیوار باید مطابق با طول وصله پوششی مشخص شده در بند ۷-۳-۸-۲ باشد. وصله پوششی تمامی میلگرد عمودی در هر مقطع داده شده به جز در عنصر تکیه‌گاهی سامانه‌ی طبقه باید مجاز باشد.

۷-۹-۴-۳-۵ انتهای میلگرد طره

میلگرد عمودی در انتهای بالایی دیوارهای بتنی سازه‌ای و در عناصر شالوده که بارها را به لایه زیرین خاک انتقال می‌دهد باید تا حد نهایی با یک قلاب استاندارد امتداد یابد.

۷-۹-۴-۴ میلگرد افقی

۷-۹-۴-۴-۱ کلیات

میلگرد افقی باید از یک یا چند لایه از میله‌ها یا شبکه سیمی جوش خورده که با وجوه دیوار موازی بوده و تحت مقتضیات شرح داده شده در بند ۷-۹-۴-۳-۲ می‌باشد، تشکیل شده باشد. میلگرد عرضی باید مشابه میلگرد عرضی ستون‌ها تهیه شود. مقدار میلگرد عمودی باید آن مقداری باشد که برای پایداری در برابر برش نهایی‌ی داخل صفحه در مقطع دیوار بتنی سازه‌ای لازم است.

۷-۹-۴-۴-۲ دیوارهای با میلگرد عرضی مانند ستون‌ها

جایی که نسبت میلگرد عمودی، ρ_v، بیش از ۰٫۰۱ باشد، میلگرد عمودی باید توسط بندهایی مطابق با مقررات گره میلگرد عرضی ستون که در بند ۷-۳-۱۰-۴-۱ مشخص شده ضمیمه شود؛ بندهای ۷-۳-۹-۵-۲ و ۷-۹-۴-۳-۲-الف را ببینید. فاصله‌ی عمودی این گره میلگرد باید مطابق با مقررات ستون‌ها باشد.

۷-۹-۴-۴-۳ کم‌ترین مساحت میلگرد افقی

کم‌ترین مساحت میلگرد افقی باید مطابق با مقررات بند ۷-۳-۱۰-۵ باشد.

۷-۹-۴-۴-۴ بیش‌ترین فاصله‌ی میلگرد افقی

بیش‌ترین فاصله‌ی عمودی میلگرد افقی باید طبق آنچه که در بند ۷-۳-۸-۲ مشخص شده است مجاز باشد.

۷-۹-۴-۴-۵ اتصال میلگرد

وصله پوشش میلگرد افقی باید طبق طول اتصال هم‌پوشان که در بند ۷-۳-۸-۲ مشخص شده است مجاز باشد.

۷-۹-۴-۴-۶ میلگرد انتهای طره

میلگرد افقی انتهایی در لبه‌های دیوارهای سازه‌ای باید یک قلاب استاندارد که لبه‌ی میلگرد عمودی را درگیر می‌کند داشته باشد، یا باید خاموت‌های U شکل با اندازه و فاصله‌ی مشابه که به میلگرد افقی اتصال یافته است را داشته باشد.

۷-۹-۴-۵ میلگرد دیوار بتنی سازه‌ای در مناطق زلزله خیز

برای دیوارهای بتنی سازه‌ای که بخشی از سامانه‌ی مقاومت در برابر بار جانبی در مناطق زلزله‌خیز هستند، میگلرد باید مطابق با مقررات تکمیلی بند ۷-۸ باشد.

۷-۹-۵ مقررات خمش

۷-۹-۵-۱ بارهای نهایی مورد نیاز

بار محوری نهایی مورد نیاز، P_u، و لنگر، M_u، در مقطع موردنظر باید مطابق با الزامات بند ۷-۹-۲ به دست آید.

۷-۹-۵-۲ میلگرد عمودی آزمایشی اولیه

معین کردن مساحت آزمایشی اولیه‌ی میلگرد عمودی، A_{st}، مطابق حداقل نسبت میلگرد عمودی که در بند ۷-۳-۹-۵-۱ مشخص شده است باید مجاز باشد.

۷-۹-۵-۳ بررسی مقاومت لنگر نهایی مورد نیاز

نمودارهای تعاملی برای ابعاد دیوار بتنی سازه‌ای و میلگرد باید در هر دو جهت مطابق با مقررات بندهای ۷-۳-۱۲-۲ تا ۷-۳-۱۲-۵ محاسبه شود. مساحت کلی میلگرد عمودی، A_{st}، باید به مساحت کلی فولاد نهایی(دورترین نقطه)، A_{se}، و مساحت کلی فولاد، A_{ss}، برای جهت مورد نظر آن‌طور که در بند ۷-۳-۱۲-۴-۱ مشخص شده است تقسیم شود. لنگر طراحی در هر دو جهت باید مطابق با مقررات بند ۷-۳-۱۲-۶ بررسی شود. اگر لنگر نهایی مورد نیاز، M_u، در بار محوری نهایی مورد نیاز، P_u، بیش از مقاومت لنگر در سطح بار محوری باشد، مساحت میلگرد عمودی باید بدون بیش‌تر شدن از بیش‌ترین مساحت میلگرد مجاز شده توسط بند ۷-۳-۹-۵-۲ افزایش یابد. اگر یک افزایشی از ابعاد دیوار بتنی سازه‌ای نیاز شود به علت این حدودی که افزایش یافته است، وزن خود دیوار باید اصلاح شده و دیوار برای ابعاد جدید بررسی شود. این بررسی‌ها باید در مقاطع بالا و پایین طبقه‌ی مشابه باید انجام شود.

۷-۹-۶ مقررات برش

۷-۹-۶-۱ برش نهایی

برش نهایی داخل صفحه، V_u ، باید از بارهای عمودی و بارهای افقی مشخص شده در بند ۷-۹-۲-۴ تعیین شود.

۷-۹-۶-۲ بررسی مقاومت برشی

مقاومت برشی باید مطابق موارد زیر بررسی شود:

الف- مقاومت برشی دیوار در خارج صفحه باید مطابق با مقررات دال‌های یکپارچه بند ۷-۳-۱۳-۴ بررسی شود. اگر برش نهایی، V_u ، بیش از ($\phi.V_c$) که توسط معادله‌ی ۵۲ با به کاربردن طول افقی دیوار l_w به جای b_w تعیین شده است باشد، ضخامت دیوار باید همراه با اصلاح وزن خود دیوار افزایش یابد.

ب- مقاومت برشی داخل صفحه باید مطابق با مقررات بند ۷-۳-۱۳-۶ بررسی شود. مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن باید آن‌طور که در بند ۷-۳-۱۳-۶-۲ مشخص شده است برآورد شود. مقاومت برشی تأمین شده توسط میلگرد افقی دیوار بتنی سازه‌ای باید آن‌طور که در بند ۷-۳-۱۳-۶-۳ مشخص شده است برآورد شود. اگر برش نهایی، V_u ، بیش از ($\phi.V_c$) تعیین شده مطابق با معادله‌ی ۵۹ باشد، مقدار میلگرد افقی باید آن‌طور که در بند ۷-۳-۱۳-۶-۴ مشخص شده است افزایش یابد، جایی که نسبت میلگرد افقی، ρ_h ، مورد نیاز اطت، باید مطابق معادله‌ی ۶۲ تعیین شود. اگر برش نهایی، V_u ، بیش از ($\phi.V_c$) تعیین شده مطابق با معادله‌ی ۶۳ باشد، ضخامت دیوار باید همراه با اصلاح وزن خود دیوار افزایش یابد.

۷-۹-۷ محاسبه‌ی عکس‌العمل‌ها در شالوده

۷-۹-۷-۱ عکس‌العمل بار

عکس‌العمل بار عمودی، R_u ، در شالوده باید برابر با مقدار P_u در انتهای پایین دیوار بتنی سازه‌ای که به طور مستقیم توسط شالوده نگه‌داشته شده است باشد.

۷-۹-۷-۲ عکس‌العمل لنگر

عکس‌العمل لنگر نامتوازن، ΔM_u، در هر جهت اصلی در شالوده باید برابر با مقدار، M_u، در آن جهت در انتهای پایین دیوار بتنی سازه‌ای که به طور مستقیم توسط شالوده نگه داشته شده است باشد. این لنگرهای نامتوازن باید برای عناصر شالوده که در بند ۷-۱۰ مشخص شده است توزیع شود.

۷-۱۰ شالوده‌ها

۷-۱۰-۱ اندازه‌گذاری عناصر شالوده

عناصر شالوده باید به منظور آن‌که قادر به نگه‌داشتن بارهای نهایی و عامل‌های ایجاد شده باشند مطابق با مقررات طراحی مناسب، اندازه شوند. نیروهای روی عناصر شالوده باید به خاک انتقال یابد به گونه‌ای که آن-ها نگه‌داشته شده ولی از تنش‌های مجاز بر روی خاک بیش‌تر نشود.

برای بارپی روی شمع‌ها، تخمین لنگرها و برش‌ها ممکن است برمبنای این فرض که هر عکس‌العمل شمع در مرکز آن اعمال می‌شود باشد.

مساحت تکیه‌گاه پایه‌ی عناصر شالوده یا تعداد و توزیع شمع‌ها باید از تنش‌ها و لنگرهای خارجی بدون اصلاح کردن آن و تنش مجاز روی خاک یا ظرفیت مجاز شمع‌ها که مطابق با مقررات مکانیک خاک تعیین شده است، مشخص شود.

در نتیجه‌ی فعالیت زلزله و برای جلوگیری از نشست‌های نامتجانس تکیه‌گاه‌ها، عناصر شالوده باید بهم وصل شوند.

۷-۱۰-۲ بارپی‌ها[1]

۷-۱۰-۲-۱ بارپی‌های نگه‌دارنده‌ی ستون‌ها یا پایه ستون‌های دایره‌ای یا چند ضلعی منظم

در محل مقاطع بحرانی لنگر، برش و توسعه‌ی میلگرد بارپی، بتن پایه ستون‌ها یا ستون‌های دایره‌ای یا چند ضلعی منظم ممکن است مانند عناصر مربعی با مساحت یکسان مورد عمل قرار گیرند.

۷-۱۰-۲-۲ لنگر در بارپی‌ها

لنگر خارجی در هر مقطعی از یک بارپی باید توسط عبور دادن یک صفحه‌ی عمودی در میان بارپی و تخمین تنش‌های عمل‌کننده روی کل مساحت بارپی در یک طرف آن صفحه‌ی عمودی تعیین شود.

بیش‌ترین لنگر نهایی برای یک بارپی عایق‌بندی شده باید مانند آنچه در بند ۷-۱۰-۲-۲ در مقاطع بحرانی زیر مشخص شده است تخمین زده شود.

الف- در ستون، پایه ستون یا وجه دیوار برای بارپی‌هایی که ستون‌ها، پایه ستون‌ها یا دیوارهای بتنی را نگه-می‌دارند؛

ب- در میانه‌ی فاصله‌ی بین دیوار مرکزی و دیوار لبه برای بارپی‌هایی که یک دیوار بنایی را نگه‌داشته است.

در بارپی‌های یک‌طرفه و در بارپی‌های دوطرفه‌ی مستطیلی (یا مربعی) که از لحاظ هندسی مشابه با ستون-هایی است که به عنوان شالوده‌ها به کار می‌رود، میلگرد باید به طور یکنواخت در سرتاسر پهنای آن توزیع شود.

۷-۱۰-۲-۳ برش در بارپی‌ها

مقاومت برشی در دال‌ها و بارپی‌ها در مجاورت بارهای متمرکز و عامل‌ها توسط به کار گرفتن بیش‌تر از دو شرط زیر به صورت قانون در می‌آید:

---

1 -footings

- عمل مانند یک تیر برای یک دال یا بارپی، با یک مقطع بحرانی که روی یک صفحه از میان پهنای کلی امتداد یافته و در یک فاصله‌ی d از وجه بار متمرکز یا سطح عکس‌العمل واقع شود. برای شرایط، دال یا بارپی باید مانند آن‌چه که در بند ۷-۳-۱۳-۴ مشخص شده طراحی شود.

- عمل در دو جهت (برش سوراخ کننده) برای یک دال یا بارپی با یک مقطع بحرانی عمود بر صفحه‌ی دال و واقع شده در پیرامون آن، b_o، حداقل خواهد شد، اما نه نزدیک به کم‌تر از $d/2$ اطراف و گوشه‌های ستون، بارهای متمرکز یا تکیه‌گاه‌ها، یا تغییرات در ضخامت دال، نظیر سرستون‌ها یا افت لبه‌های ستون‌ها . طراحی برای این شرایط باید مانند آن‌چه که در بند ۷-۳-۱۳-۵ مشخص شده است انجام شود.

برش در هر مقطعی درمیان یک بارپی نگه‌داشته شده روی شمع‌ها باید مطابق با مقررات زیر ارزیابی شود:

الف- کل عکس‌العمل ناشی از هر شمع که مرکز آن در $d_p/2$ یا بیش‌تر در خارج از مقطع واقع شده، باید به عنوان تولید برش در این مقطع منظور شود.

ب- عکس‌العمل ناشی از هر شمع که مرکز آن در $d_p/2$ یا بیش‌تر در داخل مقطع واقع شده، نباید به عنوان تولید برش در این مقطع منظور شود.

پ- برای موقعیت‌های میانی از مرکز شمع، بخشی از عکس‌العمل شمع که برای تولید برش در مقطع فرض شده باید بر مبنای همبستگی خطی بین مقدار کلی برای حالت $d_p/2$ خارج از مقطع و مقدار صفر برای حالت $d_p/2$ داخل مقطع باشد.

۷-۱۰-۲-۴ توسعه‌ی میلگرد در بارپی‌ها

تخمین توسعه‌ی میلگرد در بارپی‌ها باید مطابق با بند ۷-۳-۸ باشد.

میلگرد کششی یا خمشی در هر مقطعی باید روی هر طرف از آن مقطع توسط طول مناسب طره، طره‌ی خارجی، قلاب‌ها یا با ترکیب تمامی این موارد توسعه یابد. مقاطع بحرانی برای توسعه‌ی میلگرد باید در موقعیت‌های مشابه مشخص شده در بند ۷-۱۰-۲-۲ برای بیش‌ترین لنگر نهایی و در تمام صفحات عمودی دیگر جایی که تغییرات مقطع یا میلگرد ظاهر می‌شود فرض شود.

۷-۱۰-۲-۵ حداقل عمق بارپی

ضخامت بارپی بالای میلگرد پایینی نباید کم‌تر از ۱۵۰mm برای بارپی‌های روی خاک یا کم‌تر از ۳۰۰mm برای بارپی‌های روی شمع‌ها باشد.

۷-۱۰-۲-۶ انتقال نیروها در پایه‌ی یک ستون، دیوار یا سرستون مسلح

تمام لنگرها و نیروهای اعمال شده به ستون، دیوار یا پایه‌ی سرستون باید تا بارپی توسط تکیه‌گاه روی بتن و توسط میلگرد انتقال یابد. اگر شرایطی از بارهای مورد نیاز شامل نیروهای بالارو وجود داشته باشد، تنش کششی کلی باید توسط میلگرد تحمل شود.

نیروهای تماس روی سطح بتن بین قطعه‌ی تکیه‌گاهی و جسم تکیه‌گاهی نباید بیش از مقاومت بتن تحمل کننده در هر کدام از دو سطح مشخص شده در بند ۷-۳-۱۴ باشد.

۷-۱۰-۲-۷ بارپی‌های شیب‌دار یا پله‌دار

در بارپی‌های شیب‌دار یا پله‌دار، زاویه‌ی شیب با عمق و محل پله‌ها باید طوری باشد که مقررات طراحی در هر مقطعی برآورده شود. بارپی‌های شیب‌دار یا پله‌دار که مانند یک واحد کلی، طراحی شده است باید به منظور اطمینان از چنین عملی ساخته شوند.

۷-۱۰-۳ شالوده‌ی یکسره (گسترده)

بارپی‌های تکیه‌گاهی بیش از یک ستون، سرستون یا دیوار باید برای پایداری در برابر بارهای نهایی و عکس-العمل‌های ایجاد شده، مطابق با مقررات طراحی مناسبی که در این استاندارد بیان شده است متناسب باشد. توزیع تنش‌های خاک زیر بارپی‌های ترکیب شده و دال‌های شالوده باید مطابق با ویژگی‌های خاک، سازه و مقررات مکانیک خاک باشد.

۷-۱۰-۴ بارپی‌های روی شمع‌ها

۷-۱۰-۴-۱ کلیات

مقررات بند ۷-۱۰-۴ متناظر با حداقل مقررات سازه، بدون منظور داشتن اثرات حفریات، فشار خاک و فعالیت مربوط به زلزله است.

۷-۱۰-۴-۲ میلگرد طره

میلگرد طولی شمع‌ها باید روی بارپی در یک فاصله‌ای حداقل برابر با طول توسعه‌ی تحت کشش پیش آمده شود.

۷-۱۰-۴-۳ بیش‌ترین تنش‌های محوری

بیش‌ترین تنش‌های فشاری محوری مجاز ناشی از بارهای گرانشی از معادلات ۱۵۰ تا ۱۵۱ محاسبه می‌شوند:

$$D + L = 0{,}20 \cdot f'_c \cdot A_g \qquad (۱۵۰)$$

$$1{,}4 \cdot D + 1{,}7 \cdot L = 0{,}30 \cdot f'_c \cdot A_g \qquad (۱۵۱)$$

۷-۱۰-۴-۴ حداقل نسبت‌ها و طول‌های میلگرد

مگر آن‌که یک تنش عمده مورد نیاز باشد، حداقل نسبت‌ها و طول‌های میلگرد که در زیر شرح داده شده باید به کار رود:

- حداقل مقاومت بتن: ۱۷٫۵ MPa
- حداقل نسبت میلگرد طولی: ۰٫۰۵؛
- حداقل تعداد میله‌های طولی: ۴؛
- حداقل طول میلگرد طولی: بالاتر از نیمی از شمع باشد اما از 6m کم‌تر نباشد؛
- قطر میله‌ی خاموت: $۱۰mm$ ؛
- حداکثر فاصله‌ی خاموت‌ها: $۷۵mm$ تا $۱۲۰mm$ بالاتر از شمع و ۱۶ برابر قطرهای میله‌ی طولی در امتداد مساحت مسلح شد.

۷-۱۰-۵ تیرهای شالوده

۷-۱۰-۵-۱ ابعاد

ابعاد تیرهای طبقه‌بندی شده باید به نسبت تنش‌هایی که بر آن‌ها اثر دارد معین شود. در هر حال، مقطعی که بزرگ‌ترین بعد آن برابر با یا بزرگ‌تر از دهانه تقسیم بر ۲۰ باشد ممکن است به عنوان حداقل به کار رود.

۷-۱۰-۵-۲ میلگرد طولی

تیرهای طبقه‌بندی شده که شالوده‌ها را به شمع‌ها یا بارپی‌ها منتقل می‌کند باید یک میلگرد طولی پیوسته-ای که تنش تسلیم، f_y را در طره‌ی آن‌ها در ستون خارجی یا انتهای دهانه توسعه می‌دهد داشته باشد.

۷-۱۰-۵-۳ میلگرد عرضی

خاموت‌های بسته باید در امتداد طول آن‌ها با یک حداکثر فاصله‌ای برابر با نیمی از کوچک‌ترین بعد مقطع یا $۳۰۰mm$ باید قرار داده شود.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

معادلات هم‌ارزی برای ضرایب مصالح

در روش طراحی حالت حدی، ایمنی سازه‌ای تا یک اندازه با استفاده از ضرایبی برای بزرگ(تقویت) کردن بارها و همزمان ضرایبی برای مقاومت مصالح به دست می‌آید. در برخی از کشورها مجموعه‌ای از ضرایب کاهش دهنده نوع تنش مورد نظر در طراحی، صرف نظر از مصالح به‌کار رفته برای ساخت عنصر سازه‌ای بستگی دارد، در حالی که در برخی دیگر از کشورها این فاکتورها بر اساس نوع مصالح به‌کار رفته متغیر می-باشند. که به عنوان ضرایب مصالح شناخته می‌شوند، در قبل با عنوان ضرایب ϕ شناخته شده و در متن این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته اند. این پیوست، معادلات مورد نیاز برای محاسبه‌ی هم ارزها هنگامی که ضرایب مصالح به جای ضرایب ϕ به کار رفته‌اند را ارائه می‌دهد. در چنین حالتی، نیروی مقاوم نهایی توسط کاهش یک نیروی اسمی با یک فاکتور به دست نمی‌آید، اما نیروی مقاوم نهایی بیش‌تر توسط مقاومت تسلیم مشخص شده برای فولاد یا کاهش مقاومت فشاری مشخص شده برای بتن یا هر دوی این موارد از طریق تقسیم کردن این مقادیر با ضرایب مصالح متناظر به دست می‌آید. بنا براین مقادیر مقاومت کاهش یافته طبق موارد زیر می‌باشند:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{ms}} \qquad \text{(الف-۱)}$$

$$f_{cd} = \frac{f'_c}{\gamma_{mc}} \qquad \text{(الف-۲)}$$

ضرایب مصالح، γ_{mc} ، با توجه به مصالح به کار رفته که در جدول الف-۱ نشان داده شده‌اند متغیر خواهند بود:

جدول الف-۱ تغییر ضرایب مصالح با توجه به نوع مصالح

مصالح	γ_{mc}	γ_{ms}
بتن درجا ریخته شده	۱/۵	۱/۱۵
کنترل استاندارد غیر قابل دسترس باشد	۱/۷	۱/۲۵

نیروی مقاوم توسط اندیس (r) مشخص می‌شود و ارجاع به نیروهای اسمی نیازی نیست.

هر معادله بر حسب ضرایب ϕ با معادله‌ی متناظر آن بر حسب فاکتور مصالح فهرست شده است. اگرچه نتایج به دست آمده از دو معادله در هر حالتی متقاوتند، ولی معادلات فاکتور مصالح اغلب مقادیر ایمن‌تری نسبت به مقادیر بدست آمده از معادلات ضرایب ϕ را نتیجه می‌دهند.

جدول الف-۲ معادلات هم‌ارز برای ضرایب ϕ و ضرایب مصالح

معادله	برحسب ضرایب ϕ	برحسب ضرایب مصالح
(1)	$\phi \cdot R_n \geq \gamma_1 \cdot S_1 + \gamma_2 \cdot S_2 + \cdots$	$R = f\left(\frac{f_{cd}}{\gamma_{mc}}, \frac{f_{yd}}{\gamma_{ms}}\right) \geq \gamma_1 \cdot S_1 + \gamma_2 \cdot S_2 + \cdots$
(2)	$\phi \cdot N_{st} \geq U$	$R = f\left(\frac{f_{cd}}{\gamma_{mc}}, \frac{f_{yd}}{\gamma_{ms}}\right) \geq U$
(23)	$\phi \cdot M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$	$M_r = A_s \cdot f_{yd} \left(d - \frac{a}{2}\right)$

جدول الف- ۲ ادامه

معادله	برحسب ضرایب ϕ	برحسب ضرایب مصالح
(24)	$a=\frac{A_s\cdot f_y}{0,85\cdot f'_c\times b}$	$a=\frac{A_s\cdot f_{yd}}{0,85\cdot f_{cd}\cdot b}$
(25)	$\phi\cdot M_n=\phi\cdot A_s\cdot f_y\cdot d\cdot\left(1-0,59\cdot\frac{A_s\cdot f_y}{b\cdot d\cdot f'_c}\right)$	$M_r=A_s\cdot f_{yd}\cdot d\left(1-0,59\cdot\frac{A_s\cdot f_{yd}}{b\cdot d\cdot f_{cd}}\right)$
(26)	$\phi\cdot M_n\approx\phi\cdot A_s\cdot f_y\cdot 0,85\cdot d$	$M_r\approx A_s\cdot f_{yd}\cdot 0,85\cdot d$
(27)	$\rho=\frac{A_s}{b\cdot d}=\alpha-\sqrt{\alpha^2-\left(\frac{M_u}{\phi\cdot b\cdot d^2}\cdot\frac{2\cdot\alpha}{f_y}\right)}$	$\rho=\frac{A_s}{b\cdot d}=\alpha-\sqrt{\alpha^2-\left(\frac{M_u}{b\cdot d^2}\cdot\frac{2\cdot\alpha}{f_{yd}}\right)}$
(28)	$\alpha=\frac{f'_c}{1,18\cdot f_y}$	$\alpha=\frac{f_{cd}}{1,18\cdot f_{yd}}$
(29)	$\rho=\frac{A_s}{b\cdot d}\approx\frac{M_u}{\phi\cdot b\cdot d^2\cdot 0,85\cdot f_y}$	$\rho=\frac{A_s}{b\cdot d}\approx\frac{M_u}{b\cdot d^2\cdot 0,85\cdot f_{yd}}$
(30)	$\phi\cdot M_n=\phi\cdot\left[\left(A_s-A'_s\right)\cdot f_y\left(d-\frac{a}{2}\right)+A'_s\cdot f_y\cdot\left(d-d'\right)\right]$	$M_r=\left(A_s-A'_s\right)\cdot f_{yd}\left(d-\frac{a}{2}\right)+A'_s\cdot f_{yd}\cdot\left(d-d'\right)$
(31)	$a=\frac{\left(A_s-A'_s\right)\cdot f_y}{0,85\cdot f'_c\cdot b}$	$a=\frac{\left(A_s-A'_s\right)\cdot f_{yd}}{0,85\cdot f_{cd}\cdot b}$
(32)	$A'_s=\frac{M_u}{\phi\cdot f_y\cdot\left(d-d'\right)}-\left(b\cdot d^2\cdot\rho_{max}\cdot f_y\cdot 0,8\right)$	$A'_s=\frac{M_u}{f_{yd}\cdot\left(d-d'\right)}-\left(b\cdot d^2\cdot\rho_{max}\cdot f_{yd}\cdot 0,8\right)$
(34)	$h_f\geqslant a$ where $a=\frac{A_s\cdot f_y}{0,85\cdot f'_c\cdot b}$	$h_f\geqslant a$ where $a=\frac{A_s\cdot f_{yd}}{0,85\cdot f_{cd}\cdot b}$
(35)	$\rho\leqslant\frac{0,85\cdot f'_c\cdot h_f}{f_y\cdot d}$ $\rho\leqslant\frac{0,85\cdot f'_c\cdot h_f}{f_y\cdot d}$	$\rho\leqslant\frac{0,85\cdot f_{cd}\cdot h_f}{f_{yd}\cdot d}$
(36)	$\phi\cdot P_{0n}=\phi\cdot\left[0,85\cdot f'_c\cdot\left(A_g-A_{st}\right)+A_{st}\cdot f_y\right]$	$P_{r0}=0,85\cdot f_{cd}\cdot\left(A_g-A_{st}\right)+A_{st}\cdot f_{yd}$
(37)	$\phi\cdot P_{n(max)}\leqslant 0,80\cdot\phi\cdot P_{0n}$	$P_{r(max)}\leqslant 0,80\cdot P_{r0}$
(38)	$\phi\cdot P_{n(max)}\leqslant 0,85\cdot\phi\cdot P_{0n}$	$P_{r(max)}\leqslant 0,85\cdot P_{r0}$
(39)	$\phi\cdot P_{bn}=\phi\cdot 0,42\cdot f'_c\cdot h\cdot b$	$P_{br}=0,44\cdot f_{cd}\cdot h\cdot b$
(40)	$\phi\cdot M_{bn}=\phi\cdot P_{bn}\cdot 0,32\cdot h+\phi\cdot\left(0,6\cdot A_{se}+0,15\cdot A_{ss}\right)\cdot f_y\cdot\left(\frac{h}{2}-d'\right)$	$M_{br}=P_{bn}\cdot 0,32\cdot h+\left(0,6\cdot A_{se}+0,15\cdot A_{ss}\right)\cdot f_{yd}\cdot\left(\frac{h}{2}-d'\right)$
(41)	$\phi\cdot P_{bn}=\phi\cdot 0,5\cdot f'_c\cdot A_c$	$P_{br}=0,52\cdot f_{cd}\cdot A_c$
(42)	$\phi\cdot M_{bn}=\phi\cdot P_{bn}\cdot 0,2\cdot h+\phi\cdot 0,6\cdot A_{st}\cdot f_y\cdot\left(\frac{h}{2}-d'\right)$	$M_{br}=P_{br}\cdot 0,2\cdot h+0,48\cdot A_{st}\cdot f_{yd}\cdot\left(\frac{h}{2}-d'\right)$
(43)	$\phi\cdot P_{tn}=\phi\cdot A_{st}\cdot f_y$	$P_{tr}=A_{st}\cdot f_{yd}$

جدول الف- ۲ ادامه

معادله	برحسب صرایب ϕ		برحسب صرایب مصالح	
(44)	$\phi \cdot M_n \geqslant M_u$		$M_r \geqslant M_u$	
(45)	$P_u \leqslant \phi \cdot P_{n(max)}$		$P_u \leqslant P_{r(max)}$	
(46)	$P_u \geqslant -(\phi \cdot P_{tn})$		$P_u \geqslant -(P_{tr})$	
(47)	$M_u \leqslant \phi \cdot M_n = \frac{(\phi \cdot P_{0n}) - P_u}{(\phi \cdot P_{0n}) - (\phi \cdot P_{bn})} \cdot (\phi \cdot M_{bn})$		$M_u \leqslant M_n = \frac{(P_{r0}) - P_u}{(P_{r0}) - (P_{br})} \cdot (M_{br})$	
(48)	$M_u \leqslant \phi \cdot M_n = \frac{P_u + (\phi \cdot P_{tn})}{(\phi \cdot P_{bn}) + (\phi \cdot P_{tn})} \cdot (\phi \cdot M_{bn})$		$M_u \leqslant M_n = \frac{P_u + (P_{tr})}{(P_{br}) + (P_{tr})} \cdot (M_{br})$	
(49)	$\frac{(M_u)_x}{(\phi \cdot M_n)_x} + \frac{(M_u)_y}{(\phi \cdot M_n)_y} \leqslant 1{,}0$		$\frac{(M_u)_x}{(M_r)_x} + \frac{(M_u)_y}{(M_r)_y} \leqslant 1{,}0$	
(50)	$\phi \cdot V_n \geqslant V_u$		$V_r \geqslant V_u$	
(51)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s)$		$V_r = V_c + V_s$	
(52)	$\phi \cdot V_c = \phi \cdot 2 \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) \cdot b_w \cdot d$		$V_c = 0{,}60 f_{ctd} b_w d$ where $f_{ctd} = \left(0.35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$	
(53)	$\phi \cdot V_s = \phi \cdot \left(\frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{s}\right)$		$V_s = \frac{A_v \times f_{ys} \times d}{1{,}15 \cdot s}$	
(54)	$\phi \cdot V_s \leqslant \phi \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d\right) = 4 \cdot \phi \cdot V_c$		$V_s \leqslant 0{,}20 f_{cd} b_w d$	
(55)	$A_v = \frac{1}{16}\sqrt{f'_c}\frac{b_w \cdot s}{f_{ys}} \geqslant \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_{ys}}$		$A_v = 0{,}30 \frac{f_{ctd}}{f_{yds}} b_w \cdot s$ where $f_{ctd} = \left(0{,}35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$ $f_{ctd} = \left(0{,}35\sqrt{f_{ck}}\right) / \gamma_{mc}$	
Table 7 $V_c > V_u \geqslant \frac{V_c}{2}$ $\left[(\phi \cdot V_c) > V_u \geqslant \frac{(\phi \cdot V_c)}{2}\right]$	—	$A_v = \frac{1}{16}\sqrt{f'_c}\frac{b_w \cdot s}{f_{ys}} \geqslant \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_{ys}}$	$A_v = 0{,}30 \frac{f_{ctd}}{f_{yds}} b_w \cdot s$ where $f_{ctd} = \left(0{,}35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$	
Table 7 $V_u \geqslant V_c$ $[V_u \geqslant (\phi \cdot V_c)]$	$2 \cdot \phi \cdot V_c > \phi \cdot V_s$	$A_v = \frac{(V_u - \phi \cdot V_c) \cdot s}{\phi \cdot f_{ys} \cdot d}$	$2 \cdot V_c > V_s$	$A_v = \frac{1{,}15 \cdot (V_u - V_c) \cdot s}{\phi \cdot f_{ysd} \cdot d}$
	$4 \cdot \phi \cdot V_c > \phi \cdot V_s \geqslant 2 \cdot \phi \cdot V_c$	$A_v = \frac{(V_u - \phi \cdot V_c) \cdot s}{\phi \cdot f_{ys} \cdot d}$	$4 \cdot \phi \cdot V_c > \phi \cdot V_s \geqslant 2 \cdot \phi \cdot V$	$A_v = \frac{1{,}15 \cdot (V_u - V_c) \cdot s}{\phi \cdot f_{ysd} \cdot d}$
	$\phi \cdot V_s \geqslant 4 \cdot \phi \cdot V_c$	not permitted	$V_s \geqslant 4 \cdot V_c$	not permitted

جدول الف- ۲ ادامه

معادله	برحسب ضرایب ϕ	برحسب ضرایب مصالح
(56)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(1+\frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) \cdot b_0 \cdot d$	$V_r = 0,60 \left[1+\frac{2}{\beta_c}\right] f_{ctd} \cdot b_0 \cdot d$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(57)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(2+\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{12}\right) \cdot b_0 \cdot d$	$V_r = 0,3 \left(2+\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0}\right) f_{ctd} \cdot b_0 \cdot d$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(58)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{3}\right) \cdot b_0 \cdot d$	$V_r = 1,20 f_{ctd} \cdot b_o \cdot d$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(59)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s)$	$V_r = V_c + V_s$
(60)	$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) \cdot b_w \cdot l_w$	$V_r = 0,6 f_{ctd} \cdot b_w \cdot I_w$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(61)	$\phi \cdot V_s = \phi \cdot \left(\rho_h \cdot f_y \cdot b_w \cdot l_w\right)$	$V_s = \rho_h \cdot f_{yd} \cdot b_w \cdot l_w$
(62)	$\rho_h \geq \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi \cdot f_y \cdot b_w \cdot l_w}$	$\rho_h \geq \frac{V_u - V_c}{f_{yd} \cdot b_w \cdot l_w}$
(63)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s) \leq \phi \cdot \left(\frac{5}{6}\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot l_w$	$V_r = (V_c - V_s) \leq 3,0 f_{ctd} \cdot b_w \cdot l_w$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(64)	$T_u \leq \phi \cdot \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{24}\right) \cdot \left(\frac{h^2 \cdot b^2}{h+b}\right)$	$T_u \leq 0,15 f_{ctd} \frac{h^2 \cdot b}{h+b}$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(65)	$\phi \cdot P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot A_c$	$P_r = 0,9 f_{cd} \cdot A_c$
(88)	$d \geq \frac{3 \cdot q_u \cdot \alpha_a \cdot l_a}{\phi \cdot \sqrt{f'_c}}$	$d \geq 0,8 \frac{q_u \cdot \alpha_a \cdot l_a}{f_{ctd}}$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(89)	$d \geq \frac{3 \cdot q_u \cdot \alpha_b \cdot l_b}{\phi \cdot \sqrt{f'_c}}$	$d \geq 0,8 \frac{q_u \cdot \alpha_b \cdot l_b}{f_{ctd}}$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(90)	$d \geq \frac{3 \cdot q_u \cdot l_a}{2 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'_c}}$	$d \geq 0,4 \frac{q_u \cdot l_a}{f_{ctd}}$ where $f_{ctd} = \left(0.35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
7.6.4.5.4.a	$\phi \cdot \frac{\sqrt{f'_c}}{4} \cdot b_w \cdot d$	$0,90 f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$

جدول الف- ۲ ادامه

معادله	برحسب ضرایب ϕ	برحسب ضرایب مصالح
(110)	$A_i \geq \dfrac{\left(1-\dfrac{h_b}{h_s}\right) V_u}{\phi \cdot f_y}$	$A_i \geq \dfrac{\left(1-{h_b}/{h_f}\right) V_u}{f_{yd}}$
(131)	$\sqrt{\left[\dfrac{(V_u)_x}{(\phi \cdot V_n)_x}\right]^2 + \left[\dfrac{(V_u)_y}{(\phi \cdot V_n)_y}\right]^2} \leq 1,0$	$\sqrt{\left(\dfrac{V_{ux}}{V_{rx}}\right)^2 + \left(\dfrac{V_{uy}}{V_{ry}}\right)^2} \leq 1,0$
(132)	$\sum (l_w \cdot b_w) \geq \dfrac{V_u}{\frac{1}{9} \cdot \sqrt{f'_c}}$	$\sum (l_w \cdot b_w) \geq \dfrac{V_u}{0,48 f_{ctd}}$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(137)	$s \leq \dfrac{A_b \cdot f_{ys}}{f'_c \cdot 15}$	$s \leq \dfrac{A_b \cdot f_{yds}}{f_{cd} \cdot 20} \leq 100$
(138)	$\rho_s = \dfrac{A_b \cdot \pi \cdot d_c}{A_c \cdot s} \geq 0,12 \cdot \dfrac{f'_c}{f_{ys}}$	$\rho_s = \dfrac{A_b \cdot \pi \cdot d_c}{A_c \cdot s} \geq 0,16 \dfrac{f_{cd}}{f_{yds}}$
(143)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot 1,70 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j$	$V_r = 6,35 \cdot f_{ctd} \cdot A_j$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(144)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot 1,25 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j$	$V_r = 4,65 \cdot f_{ctd} \cdot A_j$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$
(145)	$\phi \cdot V_n = \phi \cdot 1,00 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j$	$V_r = 3,72 \cdot f_{ctd} \cdot A_j$ where $f_{ctd} = \left(0,35\sqrt{f'_c}\right) / \gamma_{mc}$