

وحدت رویه در طراحی و کنترل سازه

تهیه شده توسط:

سازمان نظام مهندسی استان خراسان رضوی

ویرایش اول: مرداد ماه ۱۴۰۲





فهرست مطالب

۱-	مقدمه:	۳
۲-	همکاران:	۴
۳-	نکات عمومی	۵
۴-	گزارش ژئوتکنیک	۷
۵-	آیین نامه ها و راهنماهای مورد استفاده	۸
۶-	نرم افزارهای توصیه شده	۹
۷-	بارگذاری	۱۰
۸-	تراز پایه	۱۱
۹-	سیستمهای باربر جانبی	۱۳
	الف: دیوار باربر	۱۳
	ب: سیستم قاب ساده	۱۳
	ج: سیستم دوگانه	۱۳
10-	ضریب نامعینی ρ	۱۴
11-	طراحی اعضای که جزیی از سیستم لرزه بر منظور نمیشوند	۱۵
۱۲-	ضرایب کاهش سختی در سازههای بتن آرمه	۱۶
۱۳-	دالهای بتن آرمه	۱۸
	نکات عمومی دالها:	۱۸
	نکات خاص دالهای مشبک (مانند وافل) و مجوف (مانند یوبوت، بابل دک و غیره):	۱۹
	کنترل فرکانس در دالها:	۲۰
	کنترل افت در دالهای بتن مسلح:	۲۱
۱۴-	نکات تکمیلی مدلسازی و طراحی	۲۲
۱۵-	ستون فولادی در ناحیه مرزی دیوار برشی بتن مسلح	۲۷
	نکات مربوط به دیوار برشی مختلط غیر همبند محاط در بتن	۲۸
۱۶-	شالوده	۲۹
۱۷-	سازه نگهبان	۳۱

۱- مقدمه:

سازمان نظام مهندسی استان خراسان رضوی بر آن شد تا با در نظر گرفتن نیاز مهندسين در خصوص رفع برخی ابهامات، برداشتها و تفاسير متفاوت آيين نامه‌ای، تغيير و به روز شدن برخی استانداردها و مقررات ملی ساختمان ايران و توصيه های مفيد جهت ارتقای کیفیت طراحی، نسبت به تهیه یک مدرک فنی با عنوان "وحدت رویه در طراحی و کنترل سازه" که از این پس در این نوشتار به اختصار "وحدت رویه" خوانده می شود اقدام نماید. بدین منظور به کمک جمعی از اساتید و طراحان با تجربه و برگزاری جلسات منظم، موضوعات و ابهاماتی که به صورت کلی جامعه مهندسين طراح سازه با آن مواجه هستند مطرح و نتایج این جلسات در این نوشتار ذکر شده است. لذا برای ارتقای کیفیت و تکمیل مباحث مطروحه، از کلیه طراحان و مهندسينی که از این وحدت رویه استفاده می کنند تقاضا می شود، نسبت به ارسال پیشنهادات، نظرات، انتقادات و همچنین مباحث جدید مورد نیاز که احتمالاً در این نوشتار به آن اشاره نشده است، از طریق سایت سازمان همکاری بفرمایند. خاطر نشان می سازد، متن ارائه شده بی نقص نبوده و به جهت بهبود روز افزون، نیازمند همکاری و همفکری کلیه همکاران خواهد بود. برخی مطالب به شرح ذیل به استحضار می رسد:

۱- با توجه به بالا بودن حجم مطالب قابل طرح و همچنین حساسیت در کیفیت مطالب ارائه شده، این ویرایش به تدریج اصلاح و تکمیل میشود. پس از ارائه هر ویرایش جدید، مدت زمان دو ماه برای ساختمانهای گروه دال و یک ماه برای سایر ساختمانها بعنوان دوره گذار در نظر گرفته میشود. بدیهیست طراح بایستی پیشبینی لازم برای زمان تحویل کار را انجام داده و در روز تحویل کار به سازمان، ملاک آخرین ویرایش وحدت رویه میباشد. در مواردی بین ویرایشهای قدیمی و جدید تفاوت وجود داشته باشد، ملاک ویرایش جدید خواهد بود.

۲- در این نوشتار سعی شده است از تکرار مجدد بندهای مندرج در مقررات ملی ساختمان ايران و استاندارد ۲۸۰۰ جلوگیری شود. با این وجود به جهت شفافیت بیشتر در برخی موضوعات، تکرار متن استاندارد اجتناب ناپذیر بوده است.

۳- طراحان سازه در صورت داشتن استدلال، قضاوت مهندسی یا توصیه مراجع و آيين نامه های معتبر می توانند با ارائه آن و پس از اخذ تاییدیه از هیات مشاوران علمی به طراحی بپردازند. بدیهی است که مطالب تایید شده، در ویرایشهای بعدی مندرج خواهند شد.

۴- طبق توصیه عمومی مراجع معتبر، قضاوت مهندسی بنیان اصلی هر تصمیمی در مهندسی اعم از کنترل، طراحی و اجرا می باشد، لذا به مهندسان جوان و همکارانی که تجربه کمتری در مباحث طراحی دارند توصیه می شود تا مفاد این وحدت رویه را در کارهای خود رعایت نمایند. همچنین همکاران با تجربه، نیک می دانند که رعایت مفاد این وحدت رویه به عنوان یک راهنما بوده و به منزله سلب مسئولیت از مهندس محاسب نمی باشد. در هر حال طراح و محاسب قانونی هر پروژه باید نسبت به رعایت کلیه مفاد آخرین نسخه آيين نامه ها، استانداردها، و مقررات ملی ساختمان ايران اهتمام کافی را داشته باشد.



۲- همکاران:

کمیته تدوین، جمع آوری و تهیه متن اولیه وحدت رویه را بر عهده داشته و سپس این متن توسط کمیته علمی مورد بازنگری قرار گرفته است. افرادی که در تهیه ویرایش اول این وحدت رویه با سازمان نظام مهندسی استان خراسان رضوی مشارکت و همکاری داشته‌اند به شرح ذیل می‌باشند. همچنین ویرایش دوم این وحدت رویه با تمرکز بر ویرایش جدید مبحث ده نیز در حال تدوین است که به زودی در دسترس همگان قرار خواهد گرفت.

کمیته علمی تدوین: (به ترتیب حروف الفبا)

- مهندس سیامک حسین زاده
- دکتر مسعود رجبی الم دشت
- دکتر میثم صمدی

کمیته علمی بازبینی: (به ترتیب حروف الفبا)

- دکتر حمید کاظمی
- دکتر عباس کرم الدین
- دکتر سیروس نصیرایی

دبیر هماهنگی:

- دکتر ناصر ظریف مقدم



۳- نکات عمومی

- ۱- کلیه نقشه‌های سازه در اندازه مناسب و حداقل در قطع A3 تهیه شوند.
- ۲- در صفحات اولیه توضیحات عمومی، فنی، اجرایی و آیین‌نامه‌ای مربوط به پروژه ارائه شوند.
- ۳- نقشه‌های معماری پروژه با اندازه‌گذاری و آکس‌های منطبق بر نقشه‌های سازه، محل ستون‌ها، دیوارهای برشی و دیوارهای حائل و غیره در آلبوم نقشه‌ها قرار داده شوند.
- ۴- ابعاد، ضخامت و جانمایی کلیه المان‌های قائم مانند ستون‌ها، دیوارهای سازه‌ای و دیوارهای حائل با نقشه‌های معماری تطابق کامل داشته باشند. حداقل ارتفاع لازم تیرها برای کنترل تداخل سازه و معماری، در محل رمپ‌ها و راه‌پله‌ها با معماری کنترل شوند.
- ۵- درز انقطاع در نقشه‌های سازه اعمال شده و تذکرات مربوط به اجرا و کنترل دقیق آن در نقشه‌ها ذکر و به صورت خط چین نمایش داده شوند.
- ۶- نقشه‌های شالوده، شمع، دیوار حائل، دیوار برشی، ستون‌ها، تیرریزی، اتصالات، جزئیات متفرقه و تکمیلی، جزئیات بارگذاری به ترتیب در آلبوم نقشه‌ها ارائه شوند.
- ۷- در نقشه رمپ‌ها، کدهای ارتفاعی شروع و پایان رمپ در انطباق با معماری ارائه شده و جزئیات اجرای رمپ در یک نقشه جداگانه ترسیم شود.
- ۸- کلیه نقشه‌ها با فونت و اندازه مناسب و یکنواخت ترسیم شده و با کیفیت مناسبی چاپ شده باشند.
- ۹- در سی‌دی پروژه، فایل‌های محاسبات به تفکیک در پوشه‌های مربوطه مطابق الگوی پیشنهادی، همچنین آلبوم نقشه‌ها به صورت فایل پی‌دی‌اف با کیفیت مناسب ذخیره شوند.
- ۱۰- در صورت وجود سازه نگهبان، نقشه‌های مربوطه در آلبوم جداگانه ارائه شود. لازم است آکس‌بندی، ابعاد و کدهای ارتفاعی در نقشه‌های سازه نگهبان منطبق بر نقشه‌های سازه و معماری باشند.
- ۱۱- در صورت استفاده از روش تاپ-دان یا دیوار دیافراگمی در اجرای گودها، بایستی جزئیات و توالی مراحل اجرایی در شیت‌های جداگانه در آلبوم سازه ارائه شوند.
- ۱۲- دفترچه محاسبات باید شامل سیستم‌های باربر ثقلی، جانبی (با تاکید بر سطح شکل‌پذیری)، محاسبات ضریب زلزله، جزئیات بارگذاری، آیین‌نامه‌های مورد استفاده، کنترل‌های منظمی یا نامنظمی، کنترل‌های آیین‌نامه‌ای مرتبط با پروژه، پارامترهای انتخابی ژئوتکنیک، توضیحات فایل‌های ارائه شده و توضیحات لازم برای تشخیص، شفافیت و امکان کنترل سریع‌تر باشند. دفترچه محاسبات با رعایت موارد فوق، مختصر، مفید و با فونت مناسب و اشکال با کیفیت ارائه شوند.



۱۳- فایل‌های محاسبات در پوشه‌ای با نام نرم‌افزار و ویرایش آن (ایتبز و سیف بر اساس آخرین ویرایش مورد تایید سازمان) ذخیره شوند. در صورت وجود گزارش خاک، متن مربوطه در پوشه با نام Geotech در کنار فایل‌های محاسبات قرار داده شود.

۱۴- برای پروژه‌ای با نام فرضی Name، نامگذاری فایل‌های ارائه شده به صورت زیر می‌باشد.

الف- فایل اصلی محاسبات Name_Main.*

ب- فایل زمان تناوب Name_Period.*

ج- فایل ۲۵ درصد Name_25.*

د- فایل ۵۰ درصد Name_50.*

ه- فایل تشدید نیروی زلزله Name_cd.*

و- فایل مربوط دیافراگم Name_Diaph.*

ز- سایر فایل‌ها Name_*.*

ح- شالوده Name_Founda.*

ط- برای دال در سازه‌های بتنی، به ازای هر سقف غیر مشابه، باید سه فایل جداگانه به شرح ذیل ارائه شوند:

ط-۱- فایل کنترل تغییرشکل (افت) Name_Def.*

ط-۲- فایل کنترل فرکانس Name_Frq.*

ط-۳- فایل طراحی دال Name_Des.*

توضیحات تکمیلی در خصوص فایل‌های فوق در متن حاضر ذکر شده است. در صورت ارائه هر فایل دیگری غیر از فایل‌های فوق بایستی توضیحات آن به صورت جداگانه در دفترچه محاسبات ارائه شود.



۴- گزارش ژئوتکنیک

- ۱- در صورتی که مطابق مبحث ۷ مقررات ملی، گزارش ژئوتکنیک الزامی نباشد، پارامترهای مقاومتی خاک، ظرفیت باربری مجاز و مدول بستر پس از بازدید از سایت پروژه، بر اساس قضاوت مهندسی انتخاب می‌شوند. در صورت عدم وجود گزارش ژئوتکنیک، ظرفیت مجاز باربری پی نواری نباید از $1/5$ و برای پی شبکه‌ای و یا گستره نباید از 1 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بیشتر در نظر گرفته شود. همچنین مقدار مدول بستر برای پی نواری نباید از $1/8$ و برای پی شبکه‌ای یا گسترده نباید از $1/2$ کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب بیشتر در نظر گرفته شود. ضمناً لازم است پارامترهای مفروض در نقشه‌ها درج شوند. بررسی لازم در خصوص احتمال وجود عوارض زیر سطحی از قبیل خاک دست ریز، حفرات، قنوات و غیره نیز در نقشه‌ها به مهندسین ناظر اطلاع رسانی شود.
- ۲- احداث شالوده بر روی خاک دست‌ریز بدون ارائه دستورالعمل‌های بهسازی بستر ممنوع است. بدیهی است برای ارائه طرح بهسازی بستر بایستی گزارش ژئوتکنیک معتبر از آزمایشگاه اخذ گردد.
- ۳- برای خاک‌های دست‌ریز، حداکثر مقادیر پارامترهای مقاومتی پیشنهادی برای چسبندگی بین صفر تا $0/05$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، زاویه اصطکاک داخلی حداکثر 20 درجه و مدول الاستیسیته حداکثر 150 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع پیشنهاد می‌شوند.
- ۴- کمبودها و تناقض گزارش ژئوتکنیک، بایستی توسط طراح به مشاور یا آزمایشگاه ژئوتکنیک منعکس شده و اطلاعات اصلاحی و تکمیلی دریافت شوند.
- ۵- حداقل مواردی که طراح باید در گزارش ژئوتکنیک از آنها مطلع شود عبارتند از مطالعات زمین شناسی، جانمایی گمانه‌ها، عمق و مشخصات خاک گمانه‌ها، ضخامت و موقعیت خاک دست ریز در زمین پروژه، دانه‌بندی و حدود اتربرگ، وزن مخصوص خشک و اشباع خاک، پارامترهای مقاومتی شامل چسبندگی و زاویه اصطکاک در لایه‌های مختلف هر گمانه، سطح آب زیرزمینی، نتایج آزمایشات شیمیایی خاک برای تعیین رده مناسب بتن (مانند شمع و شالوده و دیوارحائل)، نمودارهای ظرفیت باربری و مدول بستر متناسب با ابعاد زمین، کاربری و ارتفاع پروژه برای شالوده‌های نواری، گسترده و عمیق و همچنین نمودارهای طراحی شمع‌های کششی و فشاری و موقعیت قنات‌ها، چاه‌ها و عوارض زیر سطحی.
- ۶- در صورت عدم وجود نتایج آزمایش دان-هول در طراحی سازه، با تشخیص طراح می‌توان حداکثر از زمین نوع III استفاده نمود.



۵- آیین نامه ها و راهنماهای مورد استفاده

- ۱- آخرین نسخه کلیه مقررات ملی ساختمانی ایران - مباحث ۱ تا ۲۲
- ۲- استاندارد ۲۸۰۰ (آخرین ویرایش)
- ۳- آخرین ویرایش استانداردهای زیر
 - 4- ACI 318M Building Code Requirements for Structural Concrete
 - 5- AISC 341 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings
 - 6- AISC 358 Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications
 - 7- AISC 360 Specification for Structural Steel Buildings
 - 8- ASCE 7 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
 - 9- Guide to the Seismic Load Provisions of ASCE 7
 - 10- Guide to the snow load provisions of ASCE 7
 - 11- Guide to the wind load provisions of ASCE 7
 - 12- AISC Design Guides 1 to 36



۶- نرم افزارهای توصیه شده

- ۱- با توجه به اینکه آیین نامه های طراحی در بازه های زمانی دچار تغییرات جزئی یا کلی شده و به تناسب آنها نیز نسخه های جدید نرم افزارهای محاسباتی با در نظر گرفتن امکانات جدید ارائه می شوند، لذا توصیه می شود همواره از بالاترین نسخه نرم افزارهای تایید شده استفاده شود.
- ۲- بدیهی است در صورت استفاده از نسخه هایی که از استانداردهای جدید پشتیبانی نمی کنند، طراح سازه بایستی موارد درخواستی در این وحدت رویه را به صورت دستی و یا فایل های جداگانه ارائه نماید.
- ۳- طراح باید اطمینان یابد که فایل های ارائه شده با نسخه های قدیمی، در نسخ جدید نیز جوابگو هستند و در صورت درخواست بررسی کننده طراحی، نسبت به ارائه فایل های مربوطه اقدام نماید.

پیش نویس



۷- بارگذاری

- ۱- ملاک بارگذاری پروژه‌ها، ضوابط مندرج در آخرین ویرایش مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان مطابق با جزئیات اجرایی است. در صورت فقدان جزئیات کامل در نقشه‌های اجرایی، ضوابط زیر بایستی رعایت شوند.
- ۲- وزن دیوارهای محیطی ساختمان برای نماسازی با کسر حداکثر ۳۰ درصد بازشو محاسبه شده و بار دیوارهای محیطی مجاور همسایه‌ها نباید از ۲۰۰ کیلوگرم در هر متر مربع کمتر در نظر گرفته شوند.
- ۳- حداقل سربار مرده کف طبقات مسکونی بدون در نظر گرفتن بار مرده بخش سازه‌ای، ۱۸۰ کیلوگرم بر متر مربع و برای بام ۲۷۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شوند.
- ۴- حداقل سربار مرده اضافی راه‌پله‌ها بدون در نظر گرفتن بار مرده بخش سازه، ۴۵۰ کیلوگرم بر مترمربع (در تصویر افقی) در نظر گرفته شوند.
- ۵- بر اساس بند ۳-۳-۶ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بار ناشی از دیوارهای جداکننده (پارتیشن‌ها) می‌تواند به عنوان بار مرده و متناسب با تراکم دیوارها مطابق پلان معماری اعمال شود و الزامی به استفاده از نوع بار زنده برای تعریف و اعمال بار پارتیشن‌ها وجود ندارد.
- ۶- بارهای تاسیساتی، مخازن آب، انباری‌ها و غیره بایستی در موقعیت مناسب اعمال شوند.
- ۷- بارگذاری سطحی فونداسیون‌ها شامل بار مرده کف‌سازی (بر اساس ضخامت کف‌سازی و حداقل ۷۰۰ کیلوگرم بر مترمربع-معادل ۴۰ سانتیمتر کف‌سازی) و بار زنده متناسب با کاربری تراز فونداسیون در محاسبات در نظر گرفته شوند.
- ۸- در پروژه‌های سطحی و فاقد دیوار حائل بتنی، بار دیوارهای جانبی به صورت خطی روی شالوده و در موقعیت مناسب اعمال شوند.



۸- تراز پایه

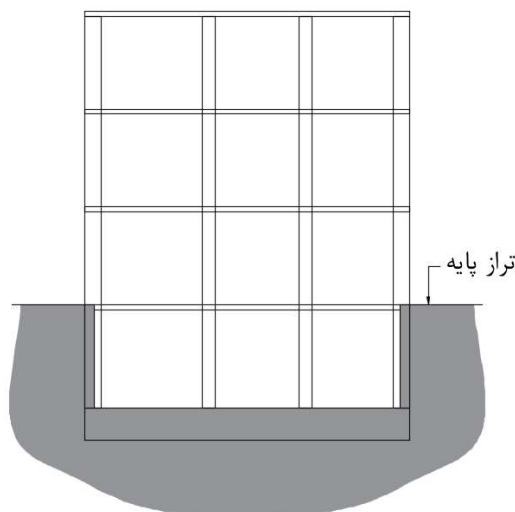
جهت انتخاب موقعیت صحیح تراز پایه طبق بند ۳-۳-۱ استاندارد ۲۸۰۰ رعایت نکات ذیل الزامیست. در کلیه ساختمان‌های دارای زیرزمین اگر بتوان اثبات نمود که در کل طول عمر ساختمان شرایط چهارگانه ذیل برقرار است، می‌توان همانند شکل ۱ تراز پایه را از روی سطح شالوده به ترازهای بالاتر انتقال داد در غیر اینصورت بایستی تراز پایه در سطح فوقانی شالوده فرض شود.

۱- محیط ساختمان در زیر زمین دارای دیوار حائل دائمی بتن مسلح و متصل به فونداسیون و سقف‌های زیرسازه باشد (منظور از زیرسازه، طبقات پایین‌تر از سطح طبیعی زمین می‌باشند).

۲- فضای بین دیوار حائل و محیط گودبرداری شده با خاک متراکم پر شده باشد یا اینکه قالب‌بندی دیوار به صورت یک طرفه انجام شود (با توجه به اینکه غالباً امکان متراکم کردن خاک پشت دیوار وجود ندارد، لذا می‌توان از شفته یا بتن کم‌مایه برای پر کردن این فضا استفاده نمود).

۳- سقفی که در تراز پایه قرار می‌گیرد، باید شرایط صلب بودن طبق استاندارد ۲۸۰۰ را دارا باشد.

۴- تغییر مکان نسبی بین تراز پایه و پی بسیار کم باشد (اگر ضریب دررفت دیوار حائل کمتر از ۱۰ درصد ضریب دررفت مجاز سازه باشد، پیش‌بینی می‌شود این فرض اقناع شده است).



شکل ۱: ساختمان دارای زیرزمین و اقناع شرایط چهارگانه

تذکر ۱: برخی طراحان سازه، با این فرض که سختی مجموعه دیوارهای حائل و صلبیت سقف‌های متصل به آنها زیاد است، بدون کنترل‌های اضافی به انتقال تراز پایه به سطوح بالاتر اقدام و با این کار از اثرات اندرکنشی خاک و سازه چشم‌پوشی می‌کنند که در حالت کلی صحیح نیست. توصیه می‌شود در صورتی که امکان انتقال تراز پایه به سقف‌های بالاتر از تراز شالوده وجود داشته باشد، ولی طراح بنا به مصالح فنی، اقتصادی و اجرایی تمایل به استفاده از سختی دیوارهای حائل بتن مسلح را دارد، می‌تواند از ضوابط مندرج



در بند ۳-۳-۵-۹-۲ استاندارد ۲۸۰۰ استفاده نماید. در این حالت اگر سختی جانبی قسمت فوقانی به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سختی جانبی قسمت تحتانی باشد و الف) سختی جانبی طبقات تحتانی حداقل ده برابر سختی متوسط طبقات فوقانی باشد و ب) زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه بیشتر از ۱.۱ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی باشد، می‌توان نیروهای جانبی را با روش دو مرحله‌ای مذکور در آیین‌نامه ۲۸۰۰ تعیین نمود. به عنوان یک روش ساده شده، می‌توان در ایتبز، برش تراز پایه حاصل از تحلیل طیفی را با برش پایه استاتیکی در همان تراز همپایه نمود.

تذکر ۲: در صورت وجود زیرزمین و انتقال تراز پایه به روی شالوده، بایستی در صورت اتصال دیوار حائل بتنی به سازه اصلی، جرم دیوار حائل در محاسبه جرم موثر لرزه‌ای در نظر گرفته شود. در این حالت، در نظر گرفتن بار فشار جانبی خاک در جرم موثر لرزه‌ای ضرورت ندارد.

تذکر ۳: در رعایت فاصله با ساختمان مجاور و تعیین تراز پایه، رعایت دستور العمل ساخت و ساز در پهنه های گسلی نیز الزامیست.

پایس نوینس



۹- سیستم‌های باربر جانبی

الف: دیوار باربر

طبق تعریف در بند ۱-۸-۱ استاندارد ۲۸۰۰ اگر در یک سیستم سازه‌ای، بارهای قائم عمدتاً توسط دیوارهای باربر تحمل شوند و به طور همزمان این دیوارها مسوول تامین مقاومت در برابر بارهای جانبی نیز باشند (مانند سیستم‌های قالب تونلی، قالب ماندگار، دیوار بتنی پاششی سه بعدی و نظیر اینها)، سیستم سازه‌ای به عنوان دیوار باربر شناخته می‌شود. در موارد ابهام، در هر راستایی که بیش از ۵۰ درصد بارهای ثقلی وارده، توسط دیوارهای همان راستا تحمل شوند، سیستم سازه‌ای در آن امتداد، دیوار باربر تلقی می‌گردد.

ب: سیستم قاب ساده

در این سیستم اتصال تیرها به ستون‌ها فقط برای تحمل بارهای ثقلی می‌توانند گیردار و یا مفصل باشند. در صورت استفاده از دیوار برشی بتنی به عنوان سیستم مهار جانبی، امکان استفاده از دیوار برشی متوسط ممنوع و باید در نواحی با خطر لرزه‌خیزی زیاد و خیلی زیاد، از دیوار برشی ویژه و ضوابط مندرج در مبحث نهم ویرایش سال ۹۹ استفاده شود.

ج: سیستم دوگانه

- در این سیستم می‌تواند تعدادی از اتصالات تیرها به ستون‌ها گیردار و بخشی از اتصالات مفصل باشند.
- ۱- در هنگام کنترل ضابطه ۲۵ درصد، باید دیوارهای برشی را با ستون‌های فرضی دو سر مفصل با سطح مقطع معادل دیوار جایگزین نمود و تیر فرضی صلب بدون جرم بین ستون‌های مذکور مدل‌سازی کرد. سقف‌ها نیز بایستی به صورت المان غشایی (membrane) یا المان پوسته‌ای (shell) با ضرایب اصلاحی ۰/۰۰۱ جهت تبدیل به رفتار معادل غشایی استفاده شود.
- ۲- در هنگام کنترل ضابطه ۵۰ درصد بایستی پای کلیه ستونها در محل اتصال به شالوده و دوسر کلیه تیرها به صورت مفصلی تعریف شود.
- ۳- در فایل‌های ۲۵ و ۵۰ درصد جهت کنترل طراحی تیرها، ستون‌ها، دیوارهای برشی یا مهاربندها، فقط باید از حالات و ترکیبات بار استاتیکی استفاده نمود.
- ۴- در هنگام بررسی ضوابط ۲۵ و ۵۰ درصد، کنترل تغییر مکان جانبی نسبی، اعمال اثرات پی-دلتا در طراحی شالوده، ضرورت ندارد.
- ۵- در صورتی که در سیستم دوگانه از مهاربند فولادی استفاده شود، بایستی در فایل ۲۵ درصد آنها را از مدل نرم‌افزاری حذف نمود.



۱۰- ضریب نامعینی ρ

در بند ۳-۳-۲ استاندارد ۲۸۰۰ برای سازه‌هایی که دارای درجه نامعینی کافی نیستند، ضریب جریمه‌ای برابر با $1/2$ برای افزایش بارهای جانبی افقی زلزله در نظر گرفته شده و روش تعیین این ضریب در استاندارد ۲۸۰۰ ذکر شده است. اما در این بخش نکاتی به شرح ذیل جهت کمک به انتخاب مقدار آن و نحوه در نظر گرفتن آن در محاسبات ارائه شده است.

۱- مقدار ضریب نامعینی را می‌توان بدون هیچ‌گونه کنترل اضافی آیین‌نامه‌ای، برای هر دو جهت متعامد زلزله برابر با $1/2$ در نظر گرفت.

۲- مقدار این ضریب می‌تواند در دو جهت متعامد ساختمان، متفاوت انتخاب شود. به عنوان مثال می‌تواند در یک راستا برابر با $1/0$ و در جهت دیگر برابر با $1/2$ باشد.

۳- مقدار ضریب نامعینی در سازه‌های نامنظم شدید پیچشی در هر دو جهت برابر با $1/2$ در نظر گرفته می‌شود.

۴- در طبقاتی که برش آن از ۳۵ درصد برش پایه بزرگتر است و حالت الف بند ۳-۳-۲ از ۲۸۰۰ برآورده نمی‌شود، در صورتی که طول دیوار برشی کمتر از ارتفاع آن باشد، لازم است حذف آن دیوار و کنترل ضوابط حالت ب از بند فوق انجام گیرد. منظور از ارتفاع دیوار، ارتفاع آزاد آن در طبقه مورد نظر (که در صورت وجود بازشو برابر ارتفاع بازشو است) می‌باشد.

۵- برای کنترل افت مقاومت بیش از ۳۳ درصد پس از حذف بخشی از سیستم باربر جانبی (موضوع بند ۳-۳-۲ استاندارد ۲۸۰۰)، به صورت تقریبی می‌توان در فایلی مجزا عضو موردنظر را حذف کرده و کنترل نمود که میانگین نسبت‌های DCR برای کل اعضای طبقه از $1/33 \text{ DCR} \geq$ آن در فایل طراحی اصلی بزرگتر نشده باشد.

۶- اگرچه ضریب نامعینی سازه‌های دوگانه قاب-دیوار در اکثر موارد برابر واحد می‌باشد ولی در برخی سازه‌ها، ممکن است مطابق استاندارد ۲۸۰۰، پس از حذف یک دیوار (دیواری که دارای نسبت ارتفاع آزاد در طبقه به طول آن کمتر از ۱ باشد) یا مفصلی کردن دو سر یک تیر، سازه به حالت نامنظمی شدید پیچشی در آید یا مقاومت آن بیش از ۳۳ درصد افت نماید که در اینصورت ضریب نامعینی در راستای موردنظر، $1/2$ خواهد بود.

۷- در کنترل تغییرمکان جانبی نسبی، زلزله تشدید یافته، اثرات پی-دلتا و تعیین نیروهای دیافراگم کف طبقات نیازی به در نظر گرفتن ضریب نامعینی نیست.

۸- اعمال ضریب نامعینی در ترکیبات بار طراحی هندسی و سازه‌ای شالوده، الزامیست.

۹- در خصوص طراحی برشی دیوارهای برشی، علاوه بر ضرایب تشدید برش ω و Ω ، در صورت نیاز ضریب ρ نیز باید اعمال گردد.



۱۱- طراحی اعضایی که جزیی از سیستم لرزه‌بر منظور نمی‌شوند

برخی اعضای سازه (به دلیل اتصالات مفصلی یا تصمیم طراح) در باربری لرزه‌ای مشارکت نمی‌کنند، ولی به دلیل آنکه به کف‌ها متصل هستند، عملاً همپای سیستم لرزه‌بر اصلی تغییر شکل‌های غیرخطی جدی را متحمل می‌شوند. لذا باید برای تحمل تلاش‌های حاصل از این تغییر مکان‌ها طراحی شوند و یا با تامین شکل‌پذیری کافی، مانع از شکست زودرس آنها شد. طبق بند ۳-۱۰ استاندارد ۲۸۰۰ در طراحی اجزای سازه‌ای ساختمان‌های بیش از ۵ طبقه که در تحمل بارهای جانبی مشارکت نداشته و جزئی از سیستم باربر جانبی نمی‌باشند، بایستی اثر تغییر مکان جانبی نسبتی غیرخطی طرح طبقه در نظر گرفته شود. بدین منظور جهت تامین بند ۳-۱۰ اگر تحلیل غیر خطی (یا کنترل اعضا برای C_d برابر تغییر مکان‌های حاصل از تحلیل الاستیک تحت نیروهای زلزله آیین‌نامه) انجام نشود، ضوابط زیر باید مراعات شوند.

۱- لازم است اثر مثبت سختی و مقاومت این اعضا به نحو مناسب در مدل سازه حذف شود.

۲- در سازه‌های بتنی ضوابط بند ۹-۲۰-۱۰ از مبحث ۱۰ در این خصوص رعایت شود.

۳- در سازه‌های فولادی ستون‌های غیر باربر جانبی (خصوصاً هنگامی که دیوار حائل وجود دارد)، به شکل جدی متأثر از این بند می‌شوند. در خصوص این ستون‌ها در صورت استفاده از مقطع فولادی با شرایط شکل‌پذیری معادل سیستم باربر جانبی (طبق فصل سوم مبحث ده مقررات ملی ساختمان و جدول ۱-۳-۴-۱) و یا مرکب کردن ستون فولادی در طبقه روی دیوار حائل با رعایت شرایط شکل‌پذیری مرتبط با ستون بتنی، می‌توان از کنترل این بند صرف‌نظر نمود. در این شرایط جهت اعمال بند ۱، باید پای ستون در تراز روی دیوار حائل مفصلی گردد.



۱۲- ضرایب کاهش سختی در سازه‌های بتن آرمه

برای اعمال اثر ضرایب ترک‌خوردگی می‌توان از جداول زیر برای انواع اعضای سازه‌ای استفاده کرد. در صورت وجود شرایط خاص یا استفاده از ضوابط دیگر موجود در آیین‌نامه، ارائه استدلال و محاسبات مربوطه ضروریست.

برای ترک‌خوردگی اعضای خطی از جدول شماره یک استفاده شود:

جدول ۱:

المان سازه	توضیح	A	T	I22	I33
تیر	طراحی قاب	۱.۰	۰.۱۵	۱.۰	۰.۳۵
	کنترل دررفت	۱.۰	۰.۱۵	۱.۰	۰.۳۵
	زمان تناوب	۱.۰	۰.۲	۱.۰	۰.۵
ستون	طراحی قاب	۱.۰	۱.۰	۰.۷	۰.۷
	کنترل دررفت	۱.۰	۱.۰	۰.۷	۰.۷
	زمان تناوب	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰

برای ترک‌خوردگی المانهای سطحی از جدول شماره دو استفاده شود.

جدول ۲:

المان سازه	توضیح	F11	F22	F12	M11	M22	M12
دیوارهای سازه ای	ترک خورده	۱.۰	۰.۳۵	۱.۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱
	ترک نخورده	۱.۰	۰.۷	۱.۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱
دیوار حائل	منفصل یا پیوسته	۱.۰	۰.۷	۱.۰	۰.۵	۰.۵	۰.۵
دال توپر	کنترل سازه تحت بار ثقلی	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۲۵
	کنترل خیز* و فرکانس و زمان تناوب	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۰.۳۵	۰.۳۵	۰.۳۵
تیر همبند		۰.۳۵	۱.۰	۱.۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱

* در صورت استفاده از نرم‌افزار SAFE و لحاظ اثر ترک‌خوردگی، نیازی به اعمال ضریب کاهش سختی دال نیست.

توضیح ۱: منظور از جهات ۱ و ۲ محلی در جدول فوق، راستاهای پیش‌فرض نرم‌افزار می‌باشد.

توضیح ۲: مطابق بند ۹-۶-۵-۳-۱-۲ مبحث ۹، می‌توان به جای ضرایب فوق، از ضریب کاهش ممان اینرسی ۰/۵ برای کلیه اعضای سازه‌ای استفاده نمود. البته جهت کنترل دررفت سازه مطابق استاندارد ۲۸۰۰، اعمال ضرایب مطابق جدول فوق الزامی است.

توضیح ۳: در بررسی ترک‌خوردگی دیوارها در مدل اولیه، ابتدا تمام دیوارها ترک‌نخورده فرض می‌شود (یعنی ضریب ترک‌خوردگی ۰/۷) و پس از تحلیل سازه و کنترل تنش کششی قائم (S22) با تنش



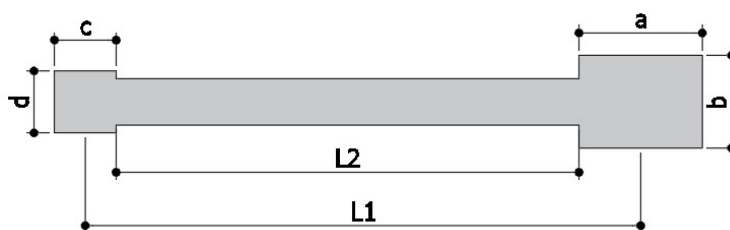
گسیختگی f_r وضعیت ترک خوردگی مشخص می شود. برای تسریع در کنترل مذکور می توان از ترکیب بار پوش استفاده کرد.

توضیح ۴: در مدل سازی دیوارهای دمبلی شکل، می توان یکی از دو روش زیر را به کار گرفت:

روش الف- ضریب کاهش سختی دیوار (f_{22}) در عدد X ضرب شود. ضریب X از رابطه زیر بدست آمده و متغیرهای آن در شکل زیر نشان داده شده است.

$$X = (L_2/L_1)^3$$

نهایتاً ضریب ترک خوردگی f_{22} برای دیوارهای ترک خورده $X \leq 0.35$ و برای دیوارهای ترک نخورده $X \leq 0.7$ می باشد.



شکل ۲: مشخصات هندسی دیوار دمبلی

ضریب کاهش سختی محوری (axial) مربوط به ستون های متصل به دیوار دمبلی بایستی برابر با ضریب کاهش سختی دیوار، 0.35 یا 0.70 لحاظ شوند. ضریب کاهش سختی خمشی ستون ها برای درون صفحه، (ممان اینرسی حول محور عمود بر صفحه دیوار) معادل با f_{22} دیوار مربوطه و برای جهت عمود بر صفحه، (ممان اینرسی حول محور مار بر صفحه دیوار)، 0.70 اعمال شده و ستون مذکور در جهت عمود بر صفحه به صورت یک عضو قاب بتن مسلح طراحی می شود.

روش ب: به عنوان راهکار جایگزین برای دیوارهای دمبلی شکل، می توان ستون های انتهایی دیوار را به صورت المان shell با ضخامت بیشتر مدل سازی نمود. در این شرایط برای کل دیوار ضریب ترک خوردگی خارج از صفحه 0.1 معرفی شده و طراحی ستون در برابر خمش خارج از صفحه دیوار، با تخصیص pier label مستقل، آن را به صورت جداگانه مدل سازی نمود.

توضیح ۹: برای دال های غیر توپر (اعم از مجوف و مشبک) در صورت وجود توصیه های فنی توسط شرکت های ارائه دهنده خدمات (وب سایت معتبر شرکت های خارجی مرتبط و یا نظریه فنی مرکز تحقیقات برای شرکت های داخلی) در هر مورد از جمله ترک خوردگی باید در دفترچه محاسبات ارائه شود.



۱۳- دال‌های بتن آرمه

نکات عمومی دال‌ها:

جهت طراحی و مدل‌سازی دال، باید نکات زیر مد نظر قرار گیرد.

۱-۱- سختی خمشی دال در کنترل دررفت و طراحی سازه نباید لحاظ شود و بدین منظور باید

دال به صورت غشایی (membrane) و یا پوسته‌ای (shell) با ضریب ترک‌خوردگی کم (۰/۰۱) برای m11 و m22 و m12 مدل شود. با توجه به اینکه باید از انتقال صحیح بار دال‌ها به تیرها اطمینان حاصل شود استفاده از المان پوسته توصیه می‌شود.

تبصره ۱- در سیستم‌های با دال تخت کوتاه‌تر از ۳ طبقه و ۱۰ متر می‌توان از سختی خمشی دال (با ضریب ترک‌خوردگی ۰/۲۵) در کنترل دررفت و طراحی سازه استفاده نمود. در اینگونه موارد، برای تعیین زمان تناوب تحلیلی سازه لازم است ضریب ترک‌خوردگی دال ۰/۳۵ (همانند تیر) اعمال شود.

تبصره ۲- علاوه بر مدل‌سازی فوق که در آن با صرف‌نظر از سختی خمشی دال، کنترل دررفت انجام شده و سیستم باربر جانبی برای کل بار طراحی می‌شود، لازم است مدل دیگری از سازه تهیه شود که در آن سختی خمشی دال با ضریب ۰/۲۵ وارد شده و تحت بار ثقلی، کفایت ستون‌ها، پیچش تیرها و ظرفیت برشی اتصال دال به این عناصر بررسی گردد.

تبصره ۳- در دال‌های دوطرفه بدون تیر باید ضوابط بند ۹-۲۰-۱۰-۴-۱ ، ۹-۲۰-۵-۴-۶ و ۹-۲۰-۵-۵ رعایت شود.

تبصره ۴- با رعایت محدودیت‌های بند ۹-۲۰-۵-۵-۹ می‌توان در سیستم‌های با شکل-پذیری متوسط دال بدون تیر را قاب خمشی متوسط تلقی نمود مشروط بر آنکه در آن تیر مدفون با مراعات کلیه ضوابط تیرهای با شکل‌پذیری متوسط، پیش‌بینی شده باشد. در این حالت باید از سختی خمشی دال در کنترل دررفت و طراحی صرف‌نظر نمود و صرفاً تیرهای مدفون و ستون‌ها به عنوان قاب خمشی قادر به تحمل بار جانبی باشند. در این سیستم‌ها در صورتی که قاب در ترکیب با دیواربرشی به عنوان سیستم دوگانه تلقی شوند، لازم است قاب یاد شده (شامل تیر مدفون و ستون) تحمل ۲۵ درصد بارهای جانبی را داشته باشند.

۱-۲- در تحلیل‌هایی که بر اساس بندهای فوق در آن سختی خمشی دال در نظر گرفته می‌شود، شبکه‌بندی دال باید به میزان کافی ریز شوند. اندازه‌ها در المان‌های سطحی بایستی تا حدی کوچک باشند که در صورت ریزترشدن مش‌ها، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر نتایج ایجاد نشود.



۱-۳- کنترل‌های زیر باید به نحو مناسب انجام شوند و در صورت نیاز نسبت به تقویت برشی دال (با توپر کردن نواحی نزدیک تکیه‌گاه، استفاده از آرماتور برشی، کتیبه یا سرستون) اقدام شود. در صورت تقویت برشی دال در مجاورت تکیه‌گاه با روش‌های فوق، لازم است علاوه بر مقطع بحرانی، کنترل کفایت برشی دال در مقاطع پس از تقویت برشی نیز کنترل شود.

الف- برش یکطرفه دال به تیر یا دال به دیوار تحت ترکیب بارهای نهایی ثقلی

ب- برش سوراخ‌کننده در محل اتصال دال تخت به ستون در ترکیب بار نهایی ثقلی

ج- برش سوراخ‌کننده در محل اتصال دال تخت به ستون برای بخش ثقلی ترکیب

بار جانبی مطابق بند ۹-۲۰-۱۰-۴ مبحث ۹

تبصره ۲- در دال‌های بدون تیر در صورت ضرورت استفاده از آرماتور برشی طبق بند ۹-۲۰-۱۰-۴-۱ مبحث ۹، لازم است مطابق بند ۹-۲۰-۱۰-۴-۳ آرماتور برشی موردنیاز، رابطه $V_s > 0.29 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$ را برآورده نموده و حداقل تا ۴ برابر ضخامت دال از بر تکیه‌گاه ادامه یابند.

د- برش دال به دیوار تحت نیروهای جانبی در صفحه دیافراگم تحت ترکیب بار

نهایی جانبی

نکات خاص دال‌های مشبک (مانند وافل) و مجوف (مانند یوبوت، بابل دک و غیره):

۱-۴- با توجه به ابعاد دهانه‌ها و سازه قالب وافل، بخش‌هایی از دال عملاً به صورت توپر اجرا خواهند شد که لازم است به نحو مناسب در مدل وارد شوند. نقشه چیدمان قالب‌ها نیز باید در انطباق کامل با فایل محاسبات ارائه شوند.

۱-۵- بازشوهای تاسیساتی و غیره در دال‌ها باید در مدل محاسباتی اعمال شده و طراحی خمشی و برشی لازم انجام و در صورت لزوم تعدادی از قالب‌ها با دال توپر جایگزین شوند. ضمناً لازم است کلیه نواحی که در نقشه‌ها توپر است، در فایل مدل نیز توپر تعریف گردند و در شرایطی که ریب‌ها توسط بازشو قطع و به تکیه‌گاه (دیوار یا ستون) نمی‌رسند، مدل‌سازی و طراحی مناسب صورت گیرد.

۱-۶- در صورتیکه فاصله بین ریب‌ها بیشتر از ۹۰ سانتیمتر باشد، طراحی به صورت دال مجاز نبوده و بایستی تیرچه‌ها را به صورت مستقیم مدل نمود.

۱-۱- جهت کنترل برش ریب‌ها در دال‌های مشبک، در صورتیکه $V_u > 1.1 \phi V_c$ در نوار طراحی مطابق تعریف مبحث ۹ باشند، نیاز به تقویت برشی دال است. در محاسبه ظرفیت برشی V_c (بر اساس $b_w d$) مقدار b_w عرض متوسط ریب در نظر گرفته شود.



۱-۲- برای مدل سازی دال های مجوف در نرم افزار، می توان از دال توپر به ضخامت کل دال استفاده نمود. در این حالت اعمال ضرایبی جهت اصلاح سختی خمشی و برشی و وزن دال ضروری است. البته در صورت صرف نظر از سختی خمشی دال، نیازی به اعمال ضرایب اصلاح سختی خمشی و برش خارج از صفحه نیست.

الف- ضریب اصلاح وزن: حجم بتن موجود تقسیم بر حجم کل (شامل بتن و حفره) در یک مدول در پلان دال

ب- ضریب اصلاح سختی خمشی: ممان اینرسی بتن موجود تقسیم بر ممان اینرسی کل (شامل بتن و حفره) در یک مدول از مقطع دال

ج- ضریب اصلاح سختی برشی: سطح بتن جان تقسیم بر سطح کل (شامل بتن و حفره) در یک مدول از مقطع دال

د- ضریب اصلاح سختی داخل صفحه: سطح بتن موجود تقسیم بر سطح کل (شامل بتن و حفره) در یک مدول از مقطع دال

کنترل فرکانس در دال ها:

با توجه به ضرورت کنترل فرکانس کف ها می توان در SAFE تحلیل مودال انجام داد و فرکانس کف را با جدول ۹-۱۹-۴ مبحث ۹ مقایسه نمود. بدین منظور استفاده از روش های زیر مقدور است.
روش الف- در این تحلیل از مدول الاستیسیته دینامیکی بتن که $1/25$ برابر مدول الاستیسیته استاتیکی است، استفاده شود. ضرایب ترک خوردگی دال، باید مطابق جدول ارائه شده در متن حاضر، در فایل محاسبات اعمال شوند. بارهای وارده به دال شامل بارهای مرده به علاوه درصد بارهای زنده دائمی و به صورت بدون ضریب در فایل مربوطه وارد شود. حالت بار modal با حداقل تعداد مودهای ۳ و حداکثر تعداد چشمه های دال در نرم افزار تعریف می شوند.

روش ب- به جای استفاده از ضرایب ترک خوردگی، می توان با استفاده از نرم افزار SAFE تحلیل مودال را بر مبنای سختی حاصل از حالت تحلیل خیز کوتاه مدت تحت بارهای دائمی انجام داد (جهت سهولت به جای افزایش مدول الاستیسیته می توان Mass Source را در ضریب 0/8 ضرب نمود).

۱-۱- به جای استفاده از بخش ۹-۱۹-۵ مقررات ملی برای کنترل لرزش کف ها می توان از روش های دیگر منطبق بر مراجع معتبر بین المللی استفاده نمود.



کنترل افت در دال‌های بتن مسلح:

۱۱- در کلیه دال‌ها خیز دال با مدل‌سازی مناسب تعیین و مطابق فصل ۹-۱۹ مبحث ۹ کنترل شود. در صورت استفاده از نرم‌افزار SAFE اعمال ضرایب ترک‌خوردگی نیاز نیست، زیرا برنامه به صورت خودکار اثرات ترک‌خوردگی را لحاظ می‌کند (به جز در دال‌های مجوف).
چهار حالت بار (LCase) به صورت جدول ۳ در نظر گرفته می‌شوند:
جدول ۳:

نوع تحلیل	بارهای اعمال شده	حالت بار
Nonlinear Cracked	بارهای مرده بعلاوه بارهای زنده	LCase1
Nonlinear Cracked	بارهای مرده	Lcase2
Nonlinear Cracked	بارهای مرده و ۲۰ درصد بارهای زنده	LCase3
Nonlinear Long-term Cracked	بارهای مرده و ۲۰ درصد بارهای زنده	LCase4

۱. برای کنترل افت آنی ساختمان‌های متعارف از ترکیب بار زیر استفاده می‌شود:

$$\text{ShortDef} = \text{LCase1} - \text{Lcase2} < L/360$$
۲. برای کنترل افت درازمدت ساختمان‌های متعارف از ترکیب بار زیر استفاده می‌شود:

$$\text{LongDef} = \text{LCase1} - \text{Lcase2} + \text{LCase4} - \text{LCase3} < L/240$$
۳. خیز آنی ناشی از وزن خود دال را می‌توان با پیش‌خیز اولیه جبران نمود.



۱۴- نکات تکمیلی مدل سازی و طراحی

- ۱- در بسیاری از سازه ها با توجه به چیدمان عناصر لرزه بر، بازشو در کف، ابعاد و فرم پلان سازه، و غیره ممکن است سقف از صلبیت کافی برخوردار نباشد. لذا در سازه هایی که فرض صلبیت سقف بر پاسخ ها تاثیر جدی دارند (که بر دریافت، کنترل منظمی پیچشی و طرح عناصر سازه موثر است)، توصیه می شود پس از پایان طراحی، کنترل مجدد موضوعات فوق با فرض عدم صلبیت دیافراگم (که در نرم افزار با استفاده از حالت دیافراگم Semirigid قابل لحاظ است) انجام شود. معیار کنترل صلبیت دیافراگم نیز بایستی کنترل شود.
- ۲- در صورتیکه ستون فولادی با فاصله کم و خارج از دیوار برشی بتن آرمه اجرا شود (با توجه به برش پلاستیک زیاد و پاسخگو نبودن اتصال)، لازم است بال های تیر در محل اتصال به دیوار، بریده شوند تا شرایط تیر در بر دیوار به مفصل واقعی با ظرفیت خمشی کم نزدیک شود.
- ۳- در شرایطی که در طبقات پایین یک دیوار برشی، بازشو ایجاد شود (در حالیکه دیوار در طبقات بالا فاقد بازشو است) و طبق بند ۳-۹ از آیین نامه ۲۸۰۰ مشمول زلزله تشدید یافته می شوند، لازم است کفایت ظرفیت محوری دو پایه طرفین این بازشو (بدون لحاظ لنگر) بررسی شود. همچنین برای این پایه ها ضوابط مربوطه مبحث ۹ از جمله المان مرزی و ضوابط بند ۹-۲۰-۷-۶-۲ مراعات شوند.
- ۴- در ساختمان های بالاتر از ۸ طبقه از روی تراز پایه، مطابق بند ۳-۵-۶ آیین نامه ۲۸۰۰، لازم است درز انقطاع از هر طرف برابر $0.7 \Delta_{eu}$ لحاظ شود.
- ۵- در سقف های مرکب نیز استفاده از تیرهای لانه زنبوری فقط جهت باربری ثقیلی بلامانع است. در طراحی تیرهای لانه زنبوری بایستی تمامی ضوابط مقررات ملی ساختمان به همراه AISC design guide 31 رعایت شود.
- ۶- مطابق مقررات ملی ساختمان، فرکانس نوسانی کف ها باید به اندازه ای باشد که از حد مجاز تجاوز ننماید. همچنین کنترل ارتعاش سقف های مرکب، می تواند بر اساس معیار مندرج در AISC design guide 11 انجام شود.
- ۷- به منظور کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات، می توان از محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان (T) در تبصره بند (۳-۳-۱-۱) استاندارد ۲۸۰۰ صرف نظر نمود. همچنین در این کنترل، در صورت انجام تحلیل طیفی، جهت اصلاح مقادیر بازتاب ها، استفاده از ضوابط بند (۳-۴-۱-۴) با در نظر گرفتن تبصره بند (۳-۴-۱-۴) مجاز می باشد.
- ۸- برای استفاده از زمان تناوب تحلیلی، باید مود اصلی نوسان در هر جهت سازه، دارای حداکثر مشارکت جرمی در همان راستا را داشته باشد. به عنوان مثال برای برداشت زمان تناوب تحلیلی در ساختمان های نامنظم، ممکن است مود اول مود پیچشی یا راستای Y باشد و نباید به عنوان مود راستای X استفاده شود.

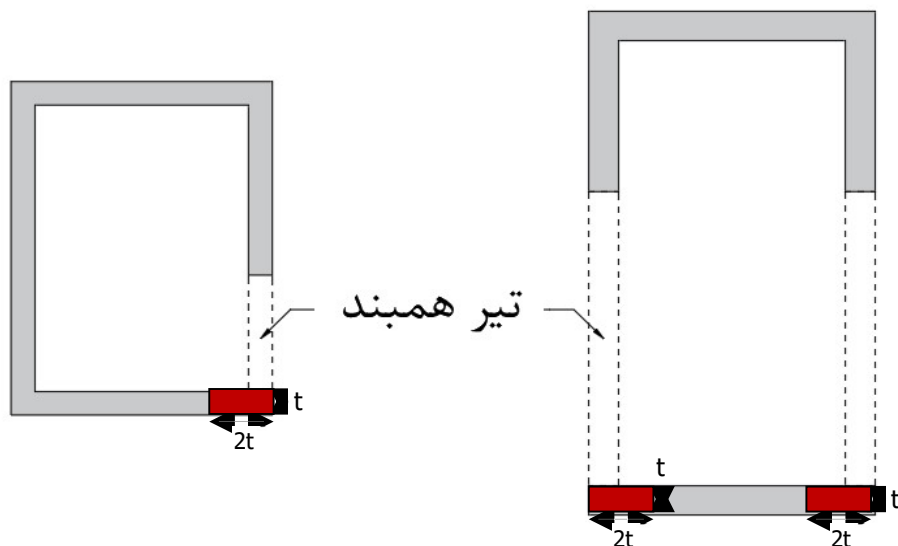
۹- در صورت استفاده از تحلیل دینامیکی موضوع بند (۳-۲-۲) استاندارد ۲۸۰۰، برای کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (drift) و طراحی اعضای سازه‌ای، ضرورتی به کنترل سازه در روش استاتیکی معادل نمی‌باشد.

۱۰- در خصوص ایجاد باز شو در دیوارهای بتنی اطراف پله‌ها و یا حالت‌های مشابه نظیر شکل زیر، این ضوابط بایستی در نظر گرفته شوند:

✓ مهار آرماتورهای طولی تیر همبند در دیوار متعامد، بایستی مطابق با ضوابط بندهای ۹-۲۱-۵-۷ و ۹-۱۸-۴-۱ صورت پذیرد.

✓ آرماتورهای قطری (در صورت لزوم به استفاده از آن‌ها) بایستی مطابق با ضوابط مبحث ۹ در تکیه‌گاه‌ها مهار شوند و با استفاده از قلاب نمی‌توان طول مندرج در مبحث نهم را کاهش داد.
✓ در صورتی که در محل اتصال تیر همبند به تکیه‌گاه، ستون فولادی وجود دارد، به تداخل آرماتورهای طولی و قطری تیر همبند با ستون فولادی توجه شود.

ضمناً با توجه به اینکه تیر همبند تلاش‌ها را به صورت متمرکز و به بخش کوچکی از دیوار متعامد وارد می‌کند، بدین منظور مطابق شکل زیر با تخصیص pier label جداگانه به بخشی از دیوار به ضخامت دیوار t و طول $2t$ ، این قسمت باید برای این تلاش‌های متمرکز با ضوابط ستون شکل‌پذیری زیاد طراحی شوند.



شکل ۳- هندسه ستون فرضی جهت تحمل بارهای متمرکز خارج از صفحه وارده از تیر رابط

۱۱- در خصوص بند ۳-۱-۴ استاندارد ۲۸۰۰ لازم است موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:



✓ در صورتی که ساختمان با موضوع بند (الف) باشد، کلیه اعضای سازه بایستی برای بارهای متعامد زلزله ۱۰۰-۳۰ طراحی شوند. همچنین طراحی هندسی و سازه‌ای شالوده برای این بارهای متعامد الزامیست.

✓ در طراحی کلیه ستون‌های محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی و کلیه دیوارهای سه‌بعدی مانند دیوارهایی با مقاطع T, C, L, I, Box و غیره بدون توجه به شرایط منظم یا نامنظم بودن ساختمان، بایستی ترکیب بارهای متعامد ۱۰۰-۳۰ اعمال شوند. لازم به ذکر است که اگر ساختمان منظم باشد، شالوده ساختمان‌های مذکور لزومی ندارد برای این ترکیب بارها طراحی و کنترل شوند.

۱۲- در ساختمان‌های صنعتی با موضوع بند ۳-۱-۲ استاندارد ۲۸۰۰، در صورتی که ضوابط طراحی لرزه‌ای آیین‌نامه فولاد برای سیستم (قاب خمشی یا مهاربندی) با شکل‌پذیری متوسط یا ویژه رعایت نشود، سیستم سازه‌ای باید با شکل‌پذیری معمولی در نظر گرفته شود.

۱۳- در صورتی که جرم خرپشته کمتر از ۲۵ درصد جرم بام باشد، مدل‌سازی آن الزامی نبوده و در نظر گرفتن ارتفاع آن در زمان تناوب تجربی سازه اصلی مجاز نمی‌باشد. در هر حال باید بار آن به سازه اصلی وارد شده و نسبت به تعیین سیستم باربر جانبی مناسب برای آن (نه لزوماً همانند سیستم باربر جانبی سازه اصلی) و طراحی آن برای سهم نیروی متناظر با نسبت جرم خرپشته به مجموع جرم بام و خرپشته از نیروی جانبی طبقه بام اقدام شود. در صورت افزایش جرم خرپشته به بیش از ۲۵ درصد، همانند یک طبقه مستقل در نظر گرفته می‌شود.

۱۴- کلیه دیافراگم‌های کف‌ها باید برای نیروهای درون صفحه ناشی از زلزله مطابق فصل ۱۴ مبحث ۹ طراحی شوند. در صورت عدم اتصال کافی سقف به دیوار برشی بایستی کلکتور مناسب جهت انتقال بار سقف طراحی شود.

۱۵- در طراحی دیوارهای برشی با مقطع I, U, T و L شکل می‌توان به یکی از روش‌های زیر عمل نمود:
الف- برای هر یک از اضلاع نام‌گذاری مجزا در نظر گرفته شده (pier های جدا) و مستقل طراحی می‌شوند.

ب- به کل مقطع دیوار، یک نام پایه تخصیص داده شود و مطابق بند ۹-۲۰-۷-۲-۳ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در طراحی پایه، عرض موثری به عنوان بال در نرم افزار در نظر گرفت. بدین منظور باید دو فایل مجزا برای زلزله در راستاهای متعامد ساخته شود که در هر یک برای طراحی دیوار آن راستا، عرض موثر دیوار عمود در هر طبقه طبق بند مذکور محاسبه و نامگذاری می‌شود. این عرض بال موثر ممکن است طبق بخش ب از بند فوق در طبقات مختلف متفاوت باشد.



- ضمنا مطابق بند ۹-۲-۷-۴-۴-ت، در صورت نیاز به جزء مرزی باید کل عرض موثر بال را در جزء مرزی در نظر گرفت و حداقل ۳۰۰ میلیمتر در جان ادامه یابد.
- ۱۶- در دیوارهای با تیر همبند، هر یک از پایه‌های طرفین آن با نام (pier های جدا) و مقطع مستقل طراحی می‌شوند.
- ۱۷- در کنترل نامنظمی سیستم‌های غیرموازی، اگر سیستم باربر جانبی (شامل دیوار و یا قاب) تا حداکثر ۱۵ درجه انحراف داشته باشد، می‌توان آن سیستم را منظم تلقی نمود.
- ۱۸- کنترل نامنظمی پیچشی باید با احتساب پنج درصد پیچش تصادفی و با حالات بار استاتیکی معادل انجام شود.
- ۱۹- در طراحی ستون‌های فولادی برای در نظر گرفتن اثر خروج از محوری واکنش‌های تکیه‌گاهی خصوصا در تیورق‌ها، باید لنگر حاصل از برون محوری واکنش تیر نسبت به محور ستون (مثلا با معرفی end length offset متناظر با محل واکنش تکیه‌گاهی تیر) در نظر گرفته شود.
- ۲۰- در صورت انجام تحلیل طیفی، ضرایب کاهش در هم‌پایه‌سازی برش پایه در سازه‌های فاقد نامنظمی شدید (۰.۹ یا ۰.۸۵) در مقدار برش پایه حداقل (رابطه ۳-۳ از ۲۸۰۰) نیز قابل اعمال است (این بند بر اساس مثال FEMA p-1051-2016 در متن حاضر درج شد).
- ۲۱- با توجه به حذف سیستم دیواربرشی متوسط در مبحث ۹ مقررات ملی، استفاده از سیستم‌های با دیوار برشی متوسط در ۲۸۰۰ فاقد موضوعیت است.
- ۲۲- شایان ذکر است که برخی ضوابط مبحث ۹ در طراحی سازه‌های بتنی نسبت به ویرایش‌های قبلی دستخوش تغییرات جدی شده است. از جمله مواردی نظیر طول مهار و وصله، مهار آرماتورهای قائم ستون و دیوار در فنداسیون، عدم همپوشانی آرماتور طولی دیوار برشی در ارتفاع بحرانی، طراحی دیوار برشی برای برش، مقدار و آرایش آرماتورهای طولی و عرضی در ناحیه مرزی و برخی موارد دیگر که نیازمند توجه ویژه است.
- ۲۳- برای تیرهای تحت شرایط پیچش سازگاری، اعمال ضریب کاهش سختی پیچشی ۰.۱۵ نادرست است. برای این تیرها در تحلیل اولیه این ضریب برای کلیه تیرها برابر ۱ وارد می‌شود و پس از تحلیل، در صورتیکه $T_u > \phi T_{cr}$ باشد، برای تیر مورد نظر ضریب کوچکتر از ۱ وارد و تا زمانی که T_u تقریبا برابر (و البته حتما بزرگتر از ϕT_{cr}) شود، اصلاح ضریب و تکرار تحلیل انجام گردد.
- علاوه بر آرماتور عرضی پیچشی (که توسط یک خاموت بسته پیرامونی در کل مقطع تامین می‌شود) آرماتورهای طولی پیچشی نیز استخراج و مطابق آیین‌نامه به آرماتورهای طولی به صورت توزیع یکنواخت در محیط مقطع افزوده گردد. ضرایب ترک خوردگی پیچشی تیرها در نرم‌افزار ETABS و SAFE باید یکسان باشند.



۲۴- در صورت طراحی تیرهای کامپوزیت به صورت با شمع بندی، بایستی در نقشه‌های سازه‌ای برای تحمل بارهای ضمن اجرا، محل‌های لازم برای اجرای پایه‌های موقت در زیر تیرها مشخص شود و زمان برچیده شدن آن‌ها نیز توسط مهندس محاسب در نقشه‌ها مشخص شود.

۲۵- در سیستم‌های سازه‌ای مفصلی که سیستم باربر جانبی آن‌ها با فاصله‌ی زمانی نسبت به نصب اسکلت اجرا می‌شوند، از جمله سیستم قاب ساده ساختمانی + دیوار برشی بتن مسلح ویژه و ... بایستی سازه برای بارهای ضمن اجرا از جمله باد طراحی شده و تدابیر لازم در نقشه‌ها منعکس گردد.

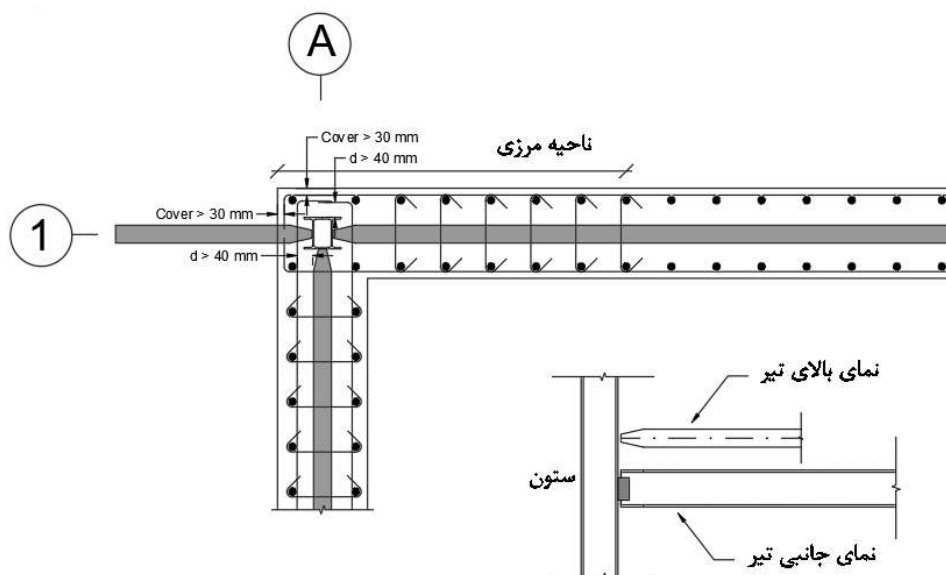
پایس نوپیس



۱۵- ستون فولادی در ناحیه مرزی دیوار برشی بتن مسلح

مطابق با بند ۱-۸-۲ و قسمت ب ۱ جدول ۳-۴ استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم) می‌توان از سیستم سازه فولادی با قاب ساده و دیوار برشی بتنی استفاده نمود. با توجه به الزامات نواحی المان مرزی واقع در دیوارهای برشی ویژه، گاهی ستون‌های فولادی در محل المان مرزی دیوار برشی بتنی واقع می‌شوند. لذا پیشنهاد می‌شود موارد زیر در این‌گونه پروژه‌ها رعایت شوند.

- ۱- طول ناحیه مرزی حداقل به اندازه ۳۰ سانتیمتر یا ضخامت دیوار (هرکدام بیشتر است) افزایش یابد. در طبقاتی که به ناحیه مرزی نیازی نمی‌باشد، در اطراف ستون از خاموت بسته استفاده شود.
- ۲- برای ایجاد پیوستگی مناسب بین ستون و دیوار برشی، باید فاصله آزاد میلگرد تا پروفیل فولادی ۴۰ میلیمتر و کاور روی میلگردها نیز حداقل ۳۰ میلیمتر رعایت شود.
- ۳- دورگیرها به صورت پیوسته باشد و استفاده از ترکیب سنجاقی با رکابی یا دو رکابی روی هم با هم پوشانی و یا سایر حالات مشابه منطبق بر آیین نامه نمی‌باشد. در صورت لزوم می‌توان با ایجاد همپوشانی بین دو یا چند دورگیر پیوسته بسته یکپارچه استفاده شود.
- ۴- ستون‌های مدفون در دیوار تنها برای تحمل بارهای ثقلی و حین ساخت و ترجیحا به صورت نردبانی در نظر گرفته شوند و در طراحی دیوار از اثر ستون صرف نظر شود.
- ۵- در اتصال تیرها به ستون از ورق زیرسری استفاده نشود و صرفا اتصال با استفاده از ورق جان و به صورت مفصلی طراحی شود.
- ۶- برای بال تحتانی کلیه تیرهای مدفون در دیوار برشی، در نقشه‌های اجرایی جزئیاتی برای اجرای برشگیر ارائه شود. توصیه می‌شود در تیرهای کاملاً مدفون، از تیرهای با جان باز و نصب برشگیر بر روی بالهای فوقانی و تحتانی، استفاده شود.
- ۷- مطابق شکل ۴، در صورتی که میلگردهای عرضی در وجه داخلی دیوار همانند محور A اجرا شوند، بایستی کلیه آرماتورهای طولی با سنجاقی مهار شوند. اگر میلگردهای عرضی همانند محور ۱ در وجه بیرونی دیوار اجرا شوند فقط در نواحی مرزی این جزئیات اجرا می‌شود.
- ۸- به منظور بهبود تراکم بتن دیوار برشی در محل اتصال تیر به ستون مدفون در دیوار، در محل اتصال تیرها به ستون مدفون در دیوار برشی، مطابق شکل زیر، بالهای تیر در قسمت مدفون در بتن برش خورده و فقط جان تیر وارد دیوار شود.



شکل ۴- جزییات برش بال‌ها در بخش مدفون تیر

نکات مربوط به دیوار برشی مختلط غیر همبند محاط در بتن

- ۱- ستون‌های واقع در دیوار برشی بتن مسلح مختلط، بایستی تحت بارهای جانبی مطابق با ضوابط مبحث دهم طراحی شوند و استفاده از هرگونه ضریب کاهش سختی برای المان‌های فولادی مربوطه مجاز نمی‌باشد (به جز کاهش سختی موضوع بند ۱۰-۲-۱-۵-۲).
- ۲- ستون‌های فوق بایستی با دیوار مربوطه دارای pier label یکسان باشند.
- ۳- رعایت کلیه ضوابط مندرج در مبحث دهم در خصوص دیوار برشی بتن مسلح مختلط از جمله الزامات کف ستون‌ها، وصله‌ها، الکتروود مصرفی و ... الزامی می‌باشد.



۱۶- شالوده

- ۱- ضریب نامعینی بایستی در طرح هندسی و طرح سازه‌ای شالوده لحاظ شود.
- ۲- در صورتی که مساحت ناحیه بتن‌ریزی شده شالوده از ۷۵٪ سطح کل شالوده (شامل گلدانی‌ها و نواحی بتن‌ریزی شده) کمتر باشد، شالوده نواری محسوب می‌شود. در غیر اینصورت شالوده شبکه‌ای فرض شده و بایستی از پارامترهای خاک مربوط به شالوده گسترده استفاده گردد.
- ۳- در طراحی و تعیین ظرفیت باربری مجاز شمع‌های فشاری، نشست مجاز شمع در نظر گرفته شود. بدین منظور با توجه به منحنی نیروی محوری- نشست شمع، در مقدار نشست مجاز شالوده، نیروی مقاومت محوری شمع استفاده شود. مثلاً در پی نواری مقاومت مجاز شمع در نشست ۲/۵ سانتیمتر را می‌توان به صورت یک نیروی قائم رو به بالا در نرم‌افزار SAFE اعمال نمود.
- ۴- در کنترل تنش زیر شالوده در SAFE، به عنوان راهکار جایگزین می‌توان با معرفی فنر غیرخطی که مقاومت آن محدود به حداکثر ظرفیت باربری مجاز خاک باشد، تنش حداکثر را محدود نمود.
- ۵- در محل تلاقی دو نوار شالوده با یکدیگر، بایستی از پارامترهای مربوط به نوار با عرض بیشتر (که مقادیر پارامترهای K_s , q_a آن منجر به طرح محافظه کارانه‌تری می‌شوند)، استفاده نمود.
- ۶- در کنترل تنش شالوده در آن دسته از ترکیبات بار که نیروی زلزله حضور دارد، می‌توان تنش مجاز باربری خاک را ۵۰٪ افزایش داد، مشروط بر آنکه در هیچ قسمت از شالوده، تنش موجود از مقدار مجاز افزایش یافته تجاوز نکند (با توجه به کاهش ضریب اطمینان مربوطه در مبحث ۷ از ۳ به ۲).
- ۷- در طراحی هندسی و سازه‌ای پی، بایستی بارهای سطحی و متمرکز (مرده و زنده) وارد به سطح فنداسیون، در مدل نرم‌افزاری اعمال گردند.
- ۸- در طراحی هندسی و سازه‌ای شالوده، در صورت استفاده از تحلیل دینامیکی سازه، نیروی زلزله به صورت استاتیکی (User coefficient یا User load) در نظر گرفته می‌شود. استفاده از نتایج تحلیل طیفی در طرح فنداسیون، صرفاً در صورت فقدان هرگونه برکنش (uplift) مجاز است. در صورت استفاده از user load فقط کافیست نیروهای مربوط به راستای موردنظر وارد شده و نیازی به وارد نمودن نیروهای جهت متعامد به صورت همزمان نمی‌باشد.
- ۹- در صورتی که در تعیین باربری خاک، معیار نشست حاکم شود، می‌توان از وزن بتن در طرح سازه‌ای شالوده صرف‌نظر نمود.
- ۱۰- شالوده‌ها جزو عناصر سازه‌ای ضخیم بوده و باید اثرات تغییرشکل برشی در تحلیل و طراحی آن دیده شود، لذا گزینه thick plate همواره در فایل‌های محاسبات SAFE فعال باشد.
- ۱۱- استفاده از گزینه vertical offset در SAFE مجاز نمی‌باشد (در صورت وجود اختلاف تراز در پی می‌توان از نسخه‌های جدیدتر SAFE به منظور مدل‌سازی سه بعدی استفاده نمود).



- ۱۲- در تحلیل و طراحی شالوده، سختی دیوارهای برشی بایستی توسط المان beam در مدل نرم افزاری لحاظ شود و برای مدل سازی دیوارهای برشی روی شالوده استفاده از المان wall در زیر فنداسیون مجاز نمی باشد.
- ۱۳- در تمامی قسمت های شالوده نواری، میلگردهای عرضی بایستی طراحی شوند. بدین منظور نوارهای طراحی باید در هر دو راستا در کل پی معرفی شوند، بخصوص در نوارهای زیر دیوار حائل یا ستون)
- ۱۴- در صورتی که رده بتن شالوده و شمع ها کمتر از C35 باشد، بایستی مستندات مربوطه مطابق با پیوست شماره ۱ صفحه ۴۹۹ مبحث نهم ارائه گردد.
- ۱۵- در صورتی که ضخامت شالوده مساوی یا بزرگتر از ۱۰۰۰ میلیمتر باشد، بایستی از شبکه آرماتور جلدی در شالوده استفاده گردد.
- ۱۶- در صورت وجود برکنش در شالوده، ترکیب بارهای کنترل تنش زیر شالوده و طراحی سازه ای شالوده در SAFE حتما بایستی از نوع Nonlinear Uplift تعریف گردد.
- ۱۷- جزییات چاله آسانسور در محل تلاقی با شالوده در نقشه ها مشخص شود. در صورت عدم ارائه جزییات چاله آسانسور، بایستی بازشو مربوطه در فایل مدل سازی شالوده، اعمال شود.
- ۱۸- جهت طراحی آرماتورهای عرضی شمع هایی که از سختی و مقاومت خمشی آنها استفاده نمی شود و صرفا در کشش و فشار از آنها بهره برداری می گردد، اعمال ضوابط حداقل قطر و حداکثر فاصله مجاز جدول ۹-۲۰-۵ مقررات ملی ضرورتی ندارد. در خصوص این شمع ها برای آرماتور عرضی مطابق جدول یاد شده آرماتور قطر ۱۰ با فاصله حداکثر ۱۶ برابر قطر آرماتور طولی قابل استفاده است.
- ۱۹- مفاد "دستور العمل ساخت و ساز در پهنه های گسلی" برای شالوده ها الزامیست.



۱۷- سازه نگهبان

- ۱- در هنگام تهیه نقشه سازه نگهبان وضعیت دقیق همسایه‌ها و مجاورین اعم از طول همسایگی، تعداد طبقات، تعداد زیرزمین، تراز بتن مگر، کاربری‌ها، موقعیت چاه‌های جذبی احتمالی همسایه‌ها و کلیه اطلاعات مورد نیاز طراحی، در پلان زمین مشخص شود.
- ۲- در طراحی سازه نگهبان حتماً از نتایج آزمایش ژئوتکنیک در کنار قضاوت صحیح مهندسی استفاده شده و از اعداد پیش فرض استفاده نشود.
- ۳- با توجه به اینکه در طراحی سازه نگهبان به مشخصات دقیق ژئوتکنیکی نیاز است، لذا حتماً نسبت به انجام یا دریافت گزارش ژئوتکنیک اقدام شود و از اعداد پیش فرض استفاده نشود.
- ۴- در آلبوم نقشه‌های سازه نگهبان توالی اجرا و نحوه خاک‌برداری و نصب و اجرای المان‌های سازه نگهبان و سازه اصلی به طور دقیق مشخص شود.
- ۵- در صورتی که تراز کف گود از تراز تحتانی بتن مگر شالوده (نواری یا گسترده) همسایه بیش از ۵۰ سانتیمتر پایین‌تر باشد، باید طرح سازه نگهبان ارائه شود. در مواردی که این تراز کمتر از ۵۰ سانتیمتر باشد با هماهنگی و مسوولیت مجری، ناظر و طراح پروژه تصمیم مناسب اتخاذ شود. در ساختمان‌های قدیمی و فاقد شالوده مناسب یا ساختمان‌های دارای شفته و موارد مشابه همواره باید نسبت به تحکیم جدار گود و احداث سازه نگهبان با هر عمقی از پای دیوار همسایه اقدام نمود.
- ۶- در طراحی سازه‌های نگهبان خرابایی حتماً محاسبات کلیه المان‌های قائم، افقی، مورب، شمع، پی منفرد، شناژها، مهارهای جانبی یال فشاری خرپا و المان‌های انتقال دهنده بار خاک به سازه خرپا مانند شاتکریت یا الوار چوبی و اتصالات مرتبط به دقت طراحی و در دفترچه طراحی سازه نگهبان ارائه شود.
- ۷- طراحی سازه نگهبان باید به گونه‌ای باشد که تغییر شکل هیچ نقطه از دیواره گود بیشتر از ۰/۰۵ برابر عمق گود نباشد.
- ۸- در صورتی که طبق مبحث ۷ مقررات ملی برای گود نیاز به ارائه طرح پایش باشد بایستی طراح سازه نگهبان حتماً روش پایش گود و نحوه استخراج و ارائه اطلاعات را در نقشه‌ها درج نماید و در کل مراحل اجرا نیز نسبت به اخذ نتایج تغییر شکل جدار گود و نشست‌ها و بالازدگی‌های کف گود اقدام و با نتایج تئوری حاصل از طراحی تطبیق دهد.
- ۹- اگر در مجاورت گود، سازه یا مستحدهات و یا شرایط و الزامات خاص وجود داشته باشد باید قبل از طراحی استعلام مربوطه اخذ و محدودیت‌های مرتبط در طراحی سازه نگهبان در نظر گرفته شود.