سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان خراسان رضوی

وحدت رویه در طراحی و کنترل سازه

تهیه شده توسط:

سازمان نظام مهندسی استان خراسان رضوی

ویرایش اول: دی ماه ۱۴۰۲

فهرست مطالب

۱- مقدمه: ۳
۲- همکاران: ۴
۳- نکات عمومی ۵
۴- گزارش ژئوتکنیک ۷
۵- آیین نامه ها، راهنماها و مدارک فنی مورد استفاده ۸
۶- نرم افزارهای توصیه شده ۹
۷- بارگذاری ۱۰
۸- تراز پایه ۱۱
۹- سیستمهای باربر جانبی ۱۸
الف: دیوار باربر ۱۸
ب: سیستم قاب ساختمانی ۱۸
ج: سیستم دوگانه ۱۸
10- ضریب نامعینی ρ ۱۹
11- طراحی اعضایی که جزیی از سیستم لرزه بر منظور نمیشوند ۲۰
۱۲- ضرایب کاهش سختی در سازههای بتن آرمه ۲۱
۱۳- دالهای بتن آرمه ۲۴
نکات عمومی دالها: ۲۴
نکات خاص دالهای مشبک (مانند وافل) و مجوف (مانند یوبوت، بابل دک و غیره): ۲۵
کنترل فرکانس در دالها: ۲۶
کنترل افت در دالهای بتن مسلح: ۲۷
۱۴- نکات تکمیلی مدلسازی و طراحی ۲۸
۱۵- ستون فولادی در ناحیه مرزی دیوار برشی بتن مسلح ۳۳
نکات مربوط به دیوار برشی بتنآرمه غیر همبسته با اجزای مختلط محاط در بتن ۳۴
۱۶- شالوده ۳۴
۱۷- سازه نگهبان ۳۷

۱- مقدمه:

سازمان نظام مهندسی استان خراسان رضوی بر آن شد تا با در نظر گرفتن نیاز مهندسین در خصوص رفع برخی ابهامات، برداشت‌ها و تفاسیر متفاوت آیین‌نامه‌ای، تغییر و به روز شدن برخی استانداردها و مقررات ملی ساختمان ایران و توصیه های مفید 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 می‌شود 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 مهندسین 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 مهندسینی که از این وحدت رویه استفاده می‌کنند تقاضا می‌شود، نسبت به ارسال پیشنهادات، نظرات، انتقادات و همچنین مباحث جدید مورد نیاز که احتمالا در این نوشتار به آن اشاره نشده است، از طریق سایت سازمان همکاری بفرمایند. خاطر نشان می‌سازد، 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 می‌رسد:

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 پیش بینی لازم برای زمان تحویل کار را انجام داده و در روز تحویل کار به سازمان، ملاک اخرین 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 ایران 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 آیین‌نامه‌های معتبر می‌توانند 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 می‌باشد، لذا به مهندسان جوان و همکارانی که تجربه کمتری در مباحث طراحی دارند توصیه می‌شود تا مفاد این وحدت رویه را در کارهای خود رعایت نمایند. همچنین همکاران با تجربه، نیک می‌دانند که رعایت مفاد این وحدت رویه به عنوان یک راهنما بوده و به منزله سلب مسئولیت از مهندس محاسب نمی‌باشد. در هر حال طراح و محاسب قانونی هر پروژه باید نسبت به رعایت کلیه مفاد آخرین نسخه‌ی آیین‌نامه‌ها، استانداردها، و مقررات ملی ساختمان ایران اهتمام کافی را داشته باشد.

۲- همکاران:

کمیته علمی تدوین، جمع آوری و تهیه متن اولیه وحدت رویه را بر عهده داشته و سپس این متن توسط کمیته علمی بازبینی مورد بررسی دقیق تر 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)

- دکتر حامد تاجی (سازه)
- مهندس سیامک حسین‌زاده (سازه)
- دکتر مسعود رجبی المدشت (سازه)
- دکتر میثم صمدی (سازه)
- دکتر سعید صنعتی (سازه)

کمیته علمی بازبینی: (به ترتیب حروف الفبا)

- دکتر حمید کاظمی (سازه)
- دکتر عباس کرم‌الدین (سازه)
- دکتر رضا نادری (ژئوتکنیک)
- دکتر سیروس نصیرایی (سازه)

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، وال پست، 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، نوع تحلیل سازه، 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 ذخیره شوند. در صورت وجود گزارش خاک، متن مربوطه در پوشه با نام Geotech در کنار فایل‌های محاسبات قرارداده 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، 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 هفتم از مقررات ملی ساختمان، گزارش ژئوتکنیک الزامی نباشد، پارامترهای مقاومتی خاک، ظرفیت باربری مجاز و مدول عکس العمل بستر پس از بازدید از سایت پروژه، بر اساس قضاوت مهندسی و شرایط ساختمانهای مجاور انتخاب می‌شوند. در صورت عدم وجود گزارش ژئوتکنیک، ظرفیت مجاز باربری پی نواری نباید از ۱/۵ و برای پی گسترده نباید از ۰.۷۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بیشتر در نظر گرفته شود. همچنین مقدار مدول عکس العمل بستر برای پی نواری نباید از ۱/۵ و برای پی گسترده نباید از ۰.۷۵کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب بیشتر در نظر گرفته شود. ضمنا 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 نقشه ها 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 حداکثر تا ۰/۰۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، زاویه اصطکاک داخلی حداکثر ۲۰ درجه و مدول الاستیسیته حداکثر ۱۰۰ 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 عکس العمل بستر متناسب با ابعاد زمین، کاربری و ارتفاع پروژه برای شالوده های نواری، گسترده و عمیق، تحکیم پذیری خاک پروژه و همچنین نمودارهای طراحی شمع‌های کششی و فشاری و موقعیت قنات‌ها، چاه‌ها و عوارض زیر سطحی که باید توسط طراح از آزمایشگاه ژئوتکنیک درخواست شود.

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، راهنماها و مدارک فنی 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 آیین‌نامه‌های طراحی در بازه‌های زمانی دچار تغییرات جزئی یا کلی شده و به تناسب آنها نیز نسخه‌های جدید نرم‌افزارهای محاسباتی با در نظر گرفتن امکانات جدید ارائه می‌شوند، لذا توصیه می‌شود همواره از بالاترین نسخه نرم‌افزارهای تایید شده استفاده شود.

۲- بدیهی است در صورت استفاده از نسخه‌هایی که از استانداردهای جدید پشتیبانی نمی‌کنند، طراح سازه بایستی موارد درخواستی در این وحدت رویه را به صورت دستی و یا فایل‌های جداگانه ارائه نماید.

۳- طراح باید اطمینان یابد که فایل‌های ارائه شده با نسخه‌های قدیمی، در نسخ جدید نیز جوابگو هستند و در صورت درخواست بررسی کننده طراحی، نسبت به ارائه فایلهای مربوطه اقدام نماید.

۴- در صورت استفاده از نرم‌افزارهای CSI، ویرایش نرم‌افزارهای ETABS، SAFE و SAP و ... بایستی بر اساس آخرین نسخه‌ای که آئین‌نامه‌های لازم الاجرا در آن‌ها وجود دارد انتخاب گردند. بدیهی است استفاده از نسخه‌های ETABS 9.7.4 و SAFE 8.1 و نسخه‌های ماقبل آن‌ها مورد توصیه نمی‌باشد و در صورت ارائه با این نسخ از نرم افزارها بایستی کفایت لازم طراحی، توسط ویرایشهای جدید نیز اثبات گردد.

۷- بارگذاری

۱- ملاک بارگذاری پروژه‌ها، ضوابط مندرج در آخرین ویرایش مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان مطابق با جزئیات اجرایی است. در صورت استفاده از تکنولوژی‌ها و روش‌های ساخت نوین (مانند دیوار خشک، دیوارهای پیش ساخته سبک و ...) بایستی جزئیات کامل و دقیق اجرائی در نقشه‌های سازه منعکس گردد، در غیر اینصورت بایستی ضوابط زیر رعایت شوند:

۲- وزن دیوارهای محیطی ساختمان برای نماسازی با کسر حداکثر ۳۰ درصد بازشو محاسبه شده و بار دیوارهای محیطی مجاور همسایه ها 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 نظرگرفتن بار مرده بخش سازه، ۴۵۰ کیلوگرم بر مترمربع (در تصویر افقی) در نظر گرفته شوند.

۵- بر اساس بند ۶-۳-۳ 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، اتاقک آسانسور، بارهای ناشی از آسانسور (اعم از زنده و مرده و ...) 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 ۳-۳-۱-۲ استاندارد ۲۸۰۰ رعایت نکات ذیل الزامیست.

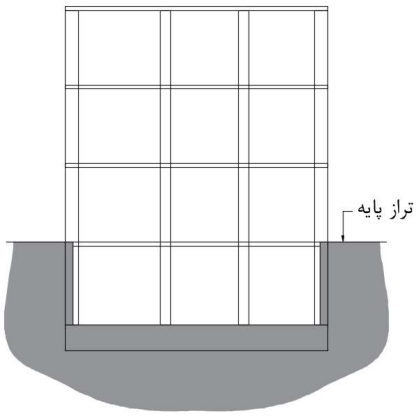
در کلیه ساختمانهای دارای زیرزمین اگر بتوان اثبات نمود که در کل طول عمر ساختمان شرایط چهارگانه ذیل برقرار است میتوان همانند شکل ۱ تراز پایه را از روی سطح شالوده به ترازهای بالاتر انتقال داد در غیر اینصورت بایستی تراز پایه به سطح فوقانی شالوده منتقل شود.

۱- محیط ساختمان در زیرزمین دارای دیوار حائل بتنی (بتن) مسلح دائمی و متصل به فونداسیون و سقفهای زیر سازه باشد. (منظور از زیر سازه، طبقات پایین تر از سطح طبیعی زمین میباشد.)

۲- فضای بین دیوار حائل و محیط گودبرداری شده با خاک متراکم پرشده باشد. (با توجه به اینکه در حالت کلی امکان متراکم کردن خاک وجود ندارد، لذا میتوان از شفته یا بتن کم مایه برای پر کردن این فضا استفاده شود. در صورتی که قصد متراکم کردن خاک وجود داشته باشد بایستی نیروهای وارده به دیوار حائل در اثر تجهیزات مورد استفاده برای تراکم خاک در طراحی دیوار حائل در نظر گرفته شود.)

۳- سقفی که بعنوان تراز پایه در نظر گرفته می‌شود، شرایط صلب بودن را دارا باشد.

۴- تغییر مکان بین زمین و ساختمان وجود نداشته باشد. (چون در حالت کلی بعلت اثرات اندرکنشی دیوار حائل و خاک وجود تغییر مکان غیر قابل اجتناب است لذا اگر تغییر مکان جانبی دیوار حائل کمتر از ۰.۰۰۱ برابر ارتفاع گود باشد، پیش بینی میشود این فرض اقناع شده است.)



شکل ۱: ساختمان دارای زیرزمین و اقناع شرایط چهارگانه

تذکر مهم۱: برخی از طراحان سازه، با این فرض که سختی مجموعه دیوارهای حائل و صلبیت سقفهای متصل به آنها زیاد است، بدون کنترل های اضافی به انتقال تراز پایه به سطوح بالاتر اقدام و با این کار از اثرات اندرکنشی خاک و سازه چشم پوشی می‌کنند که در حالت کلی انتخاب درستی نیست. توصیه می‌شود در صورتی که طراح امکان انتقال تراز پایه به سقفهای بالاتر از تراز شالوده را نداشته باشد ولی تمایل به

استفاده از سختی دیوارهای حائل بتن مسلح بنا به مصالح فنی و اقتصادی و اجرایی را دارد، می‌تواند از ضوابط مندرج در بند ۳-۳-۵-۹ استاندارد ۲۸۰۰ استفاده نماید.

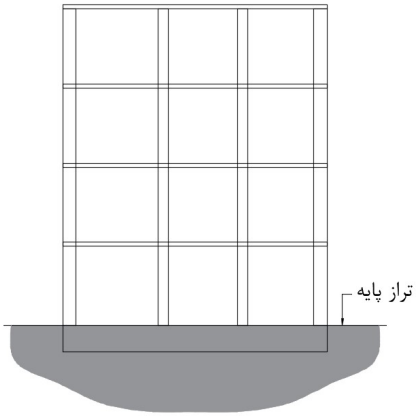
تذکر مهم۲: در صورت وجود زیرزمین و انتقال تراز پایه به روی شالوده بایستی جرم دیوار حائل بعنوان بخشی از سازه در محاسبه جرم موثر لرزه ای در نظر گرفته شود ولی در نظر گرفتن بار فشار جانبی خاک در جرم موثر لرزه ای ضرورت ندارد.

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

توضیحات تکمیلی و برخی موارد خاص:

انتخاب صحیح تراز پایه، بعنوان یک متغیر تاثیرگذار بر روی نتایج تحلیل و طراحی سازه دارای اهمیت زیادی بوده و به صورت کلی به اطلاعات و قضاوت مهندسی صحیح نیاز دارد که بایستی کنترل‌های لازم در خصوص انتخاب درست موقعیت تراز پایه توسط طراح سازه صورت پذیرد. در پروژه های دارای زیرزمین توصیه می‌شود طراح سازه در صورت ایجاد شرایط خاص مانند برخی از مواردی که در ادامه ذکر شده است از متخصص ژئوتکنیک و کنترلهای مربوطه با نرم افزارهای ژئوتکنیکی استفاده و اقناع شرایط چهارگانه را اثبات نماید.

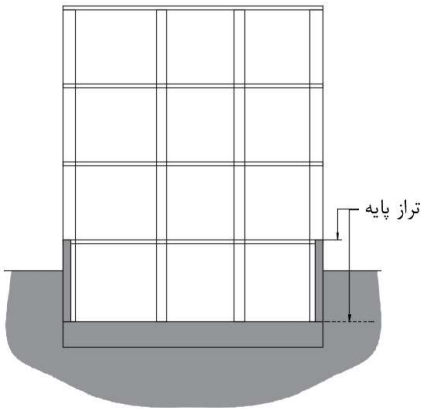
۱- در ساختمانهای فاقد زیرزمین همانند شکل ۲، عموما تراز پایه بر روی سطح فوقانی شالوده در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲: ساختمانهای فاقد زیرزمین

۲- اگر سطح زمین در تراز سقف زیرزمین نباشد همانند شکل ۳ در صورت بررسی های تکمیلی که شرایط ذکر شده را اقناع نماید میتوان نسبت به انتقال تراز پایه از روی شالوده به ترازهای بالاتر اقدام نمود.

در صورت عدم اقناع شرایط، ممکن است تراز پایه به سایر طبقات زیرزمین یا روی شالوده منتقل شود. در صورتی که در بخش فوقانی بالای سطح زمین بازشوهایی مانند درب و پنجره یا عبور کانال و رمپ و غیره موجود باشد به طوری که بیش از ۵۰ درصد هر ضلع را شامل شود، بایستی تراز پایه به یک طبقه پایین تر منتقل شود.



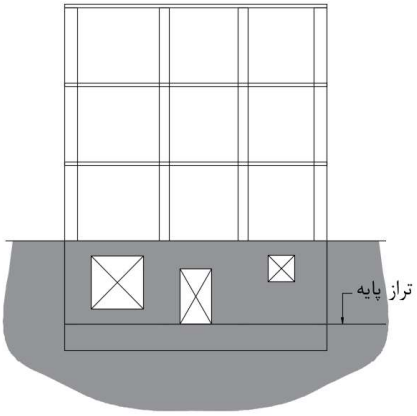
شکل ۳: ساختمان دارای زیرزمین

۳- یکی از نکات مهم در تعیین تراز پایه بحث سختی خارج صفحه دیوارهای حائل بتن مسلح می‌باشد. اکثر طراحان این دیوارها را بر مبنای مقاومت (Strength) مناسب در برابر بارهای جانبی خاک یا زلزله طراحی می‌کنند در حالی که یکی از شروط اصلی این دیوارها برای انتقال تراز پایه، وجود سختی (stiffness) مناسب می‌باشد. معیار مشخصی برای سختی دیوار حائل در مراجع معتبر ذکر نشده است لذا پیشنهاد می‌شود برای اقناع شرط عدم وجود حرکت بین خاک و سازه، شرایط سکون برای خاک حفظ شود. خاطر نشان می سازد بعلت اینکه اولا این شرط برای خاکهای با جنسهای مختلف در مراجع ژئوتکنیک، نسبی و دارای بازه وسیعی می‌باشد و ثانیا نباید تغییر مکانی در دیوارحائل متصل به سازه نسبت به خاک وجود داشته باشد لذا بایستی برای اقناع کفایت شرط سختی دیوارهای حائل، تغییر مکان جانبی دیوار از ۰.۰۰۱ برابر عمق گود کمتر باشد.

۴- شرایط خاک مجاور سازه: در سازه های بلند مرتبه در صورتی که اثرات اندرکنشی خاک و سازه و نیروهای جانبی به خاک سبب ایجاد تراکم در خاک شود نمی توان تراز پایه را بالا آورد. این موضوع برای خاکهای دست نخورده یا سست که به علت بارهای جانبی زلزله قابلیت تراکم را دارند نیز صادق است. در خاکهایی که قابلیت روانگرایی داشته یا رسهای حساس و یا هر خاکی که مشخصات آن در گزارشات ژئوتکنیک بیانگر عدم کفایت و سختی مناسب باشد، بایستی در انتخاب تراز پایه و کنترلهای مربوطه دقت مناسب صورت گیرد و مسئولیت این بررسی و اثبات آن با طراح پروژه می‌باشد.

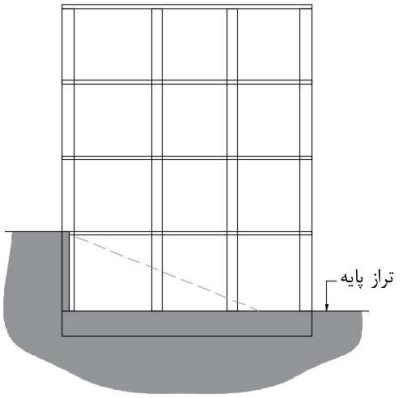
۵- بازشوها در دیوارهای زیرزمین: در صورت وجود عوامل کاهنده سختی دیوار حائل مانند کم بودن ضخامت، وجود بازشوهای بزرگ و غیره، بایستی در تعیین موقعیت تراز پایه دقت کافی صورت گیرد. وجود بازشوهای متعدد در دیوار حائل احتمال دارد صلبیت داخلی و خارج صفحه آن را بیش از حد

کاهش داده و به عنصری انعطاف پذیر تبدیل شود. لذا احتمال بروز تغییر شکل بین سازه و خاک افزایش می یابد. طبق شکل ۴ در صورت عدم وجود کنترلهای تکمیلی، تراز پایه به روی شالوده یا سقفهای زیرزمین زیر بازشوها منتقل شود.



شکل ۴: وجود بازشوهای متعدد در دیوار حائل

۶- در صورتی که زمین، دارای شیب بوده و سازه همانند شکل ۵ در آن احداث شده باشد، اگر کل محیط پروژه دارای دیوار حائل باشد یا نباشد، تراز پایه بر روی شالوده در نظر گرفته میشود.



شکل ۵: وجود زمین شیب دار

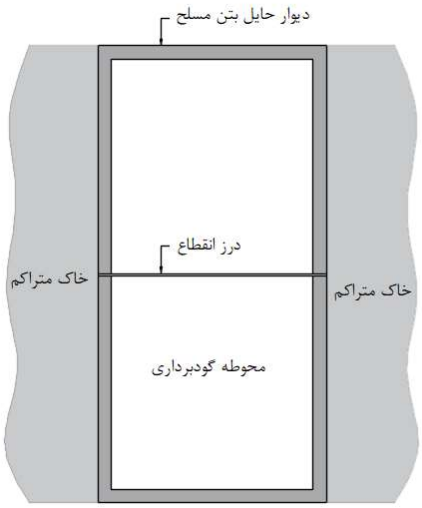
۷- عمق گودبرداری: در پروژه هایی که تعداد طبقات زیرزمین یا عمق گودبرداری زیاد باشد بایستی کنترل تغییر شکل زمین نسبت به دیوار حائل با استفاده از نرم افزارهای تحلیل ژئوتکنیکی یا هر روش قابل قبول دیگر انجام شود تا اطمینان کافی از رعایت شرایط چهارگانه صورت گیرد. این موضوع برای گودهای بیش از دوطبقه الزامی است.

۸- روشی که دیوارهای زیرزمین از آنها حمایت می‌شود (شرایط تکیه گاهی): در صورت وجود تکیه گاه های افقی (مانند سقفها) یا تکیه گاه های قائم (مانند دیوارهای برشی یا قابهای مهاربندی عمود بر

دیوارهای حائل) میتوان اثرات آنها را برای کنترل تغییر شکلهای بین سازه و خاک جهت انتقال تراز پایه به طبقات فوقانی در نظر گرفت.

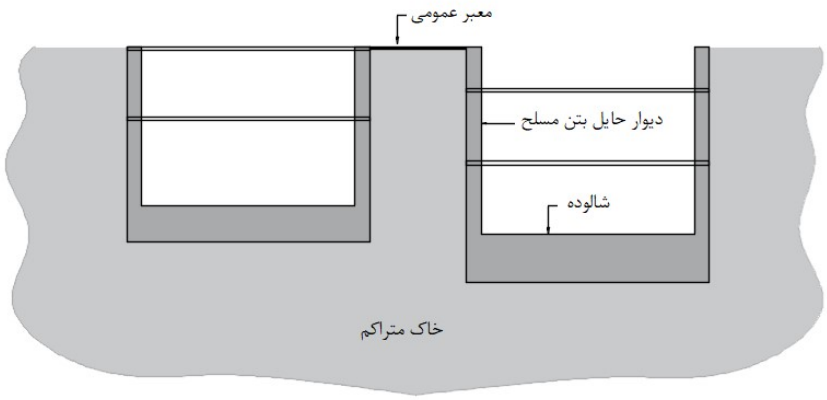
۹- در صورتی که مالکیت زمینهای مجاور و همسایگی های اطراف پروژه (به جز معابر عمومی به شرط اجازه ارگانها و سازمانهای مرتبط مانند شهرداری و غیره) متعلق به زمین مورد بحث نباشد، احتمال احداث زیرزمین در آنها و عدم اقناع شرط دوم از شرایط چهارگانه محتمل بوده لذا امکان انتقال تراز پایه به سطح زمین وجود ندارد. خاطر نشان میسازد برای معابر عمومی نیز بایستی اطمینان حاصل شود که عوامل تاثیرگزار مانند گالریها و حفرات بزرگ، قناتها، چاه ها، معابر و پارکینگهای زیرزمینی، تونلهای انرژی، شفت مترو و موارد مشابهی که می‌تواند تاثیر گذار باشد وجود نداشته باشد.

۱۰- درصورتی که بنا به دلایل معماری، محاسباتی یا آیین نامه ای سازه مطابق شکل ۶ دارای درز انقطاع باشد و این درز انقطاع سبب جدا شدن سازه به دوقسمت تا روی شالوده شود، تراز پایه باید به روی شالوده منتقل شود.



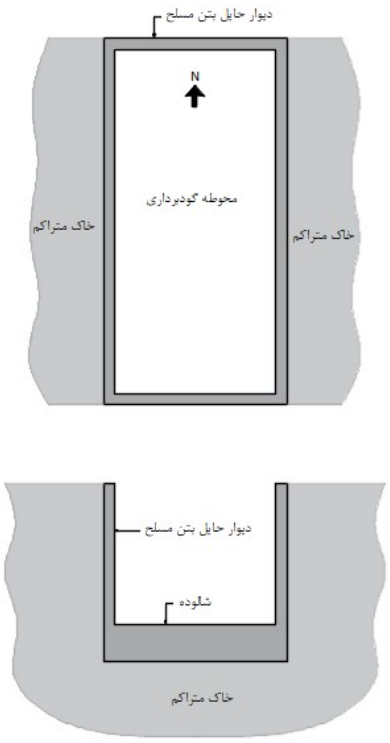
شکل ۶: پلان گودبرداری ساختمان با درز انقطاع

۱۱- فاصله سازه های مجاور از یکدیگر می‌تواند بر تراز پایه تاثیر گذار باشد. در صورتی که عمق گود از عرض معبر بیشتر باشد باید تراز پایه را به طبقات پایین تر منتقل نمود. در صورتی که ساختمان دارای اهمیت زیاد یا خیلی زیاد باشد بایستی اثرات اندرکنشی ساختمان مجاور و کنترلهای تکمیلی محاسباتی در خصوص رفتار توده خاک و فشار احتمالی حاصل از سازه مجاور در نظر گرفته شود. در این حالت استفاده از مشاور ژئوتکنیک توصیه می شود.



شکل ۷: اثر فاصله ساختمانهای مجاور

۱۲- تراز پایه می‌تواند برای جهات مختلف متعامد، متفاوت باشد. در این حالت بعنوان مثال اگر همانند شکل ۸ دو وجه مقابل (در اینجا شرقی-غربی) دارای شرایط چهارگانه باشند، برای زلزله راستای شرقی-غربی می‌توان تراز پایه را به موقعیت بالاتر منتقل نمود.



شکل ۸: محوطه گود برداری و مقطع گود

۱۳- در صورت وجود سایر شرایط خاص که در این متن به آن اشاره نشده است، شایسته است تصمیم مناسب توسط طراح سازه به گونه ای که اطمینان لازم از اقناع شرایط چهارگانه در طرح ایجاد شده باشد، اتخاذ گردد.

۱۴- در زلزله های حوزه نزدیک مباحثی در آیین نامه ها به طور مشخص برای تراز پایه بیان نشده است ولی خلاصه تحقیقات انجام شده در این خصوص بیانگر اهمیت بالای صلبیت دیوارهای حائل و اهمیت کمتر شرایط خاک پشت دیوار می‌باشد. در صورت نیاز و بروز این شرایط خصوصا برای ساختمانهای با اهمیت زیاد و خیلی زیاد، بایستی محاسبات و کنترلهای دقیق توسط تیمی مشترک از تخصصهای سازه و ژئوتکنیک برای تعیین دقیق تراز پایه صورت گیرد.

۹- سیستم‌های باربر جانبی

الف: دیوار باربر

طبق تعریف در بند ۱-۸-۱ استاندارد ۲۸۰۰ اگر در یک سیستم سازه‌ای، بارهای قائم عمدتا توسط دیوارهای باربر تحمل شوند و به طور همزمان این دیوارها مسئول تامین مقاومت در برابر بارهای جانبی نیز باشند (مانند سیستم‌های قالب تونلی، قالب ماندگار، دیوار بتنی پاششی سه بعدی)، 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 ساختمانی

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 می تواند تعدادی از اتصالات تیرها به ستون‌ها گیردار و بخشی از آن‌ها ساده 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 و توزیع بار استاتیکی معادل طیفی (user load) استفاده نمود.

۴- در هنگام بررسی ضوابط ۲۵ و ۵۰ درصد، کنترل تغییر مکان جانبی نسبی و اعمال اثرات پی-دلتا 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 ۱/۲ 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 اضافه ی آیین‌نامه‌ای، برای هر دو جهت متعامد زلزله برابر با ۱/۲ 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 ۱/۰ و در جهت دیگر برابر با ۱/۲ باشد.

۳- مقدار ضریب نامعینی در سازه‌های نامنظم شدید پیچشی در هر دو جهت برابر با ۱/۲ در نظر گرفته می‌شود.

٤- در طبقاتی که برش آن از ۳۵ درصد برش پایه بزرگتر است و حالت الف بند ۳-۳-۲-۲ از استاندارد ۲۸۰۰ برآورده نمی‌شود، در صورتی‌که 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.

٥- برای کنترل افت مقاومت بیش از ۳۳ درصد پس از حذف بخشی از سیستم باربر جانبی (موضوع بند ۳-۳-۲-۲ استاندارد ۲۸۰۰)، به صورت تقریبی می‌توان در فایلی مجزا عضو موردنظر را حذف کرده و کنترل نمود که میانگین نسبت‌های DCR (نسبت نیاز به ظرفیت) برای کل اعضای طبقه از ۱/۳۳*DCR آن در فایل طراحی اصلی بزرگتر نشده باشد.

٦- اگرچه ضریب نامعینی سازه‌های دوگانه 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 و یا سایر حالات مندرج در استاندارد ۲۸۰۰، 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، ۱/۲ 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 بتن مسلح ویژه، در صورتی که ضریب نامعینی سازه (ρ) در جهت مورد بررسی برابر با ۱/۲ باشد، در خصوص اعمال ضرایب تشدید برش ω و Ω به صورت زیر عمل می‌نماییم:

$$V_e = \omega_v \times \Omega_{v,\rho=1.2} \times V_{u,\rho=1.2} \leq 3.0V_{u,\rho=1.0}$$

نیاز برشی طراحی دیوار سازه‌ای بتن‌آرمه با احتساب ρ=1.2 = ضریب تشدید دینامیکی که وابسته به تعداد طبقات است. × نسبت اضافه مقاومت خمشی دیوار سازه‌ای که براساس ρ=1.2 طراحی شده است. × مقدار برش ضریبدار دیوار تحت زلزله تجویزی با احتساب ρ=1.2 ≤ ۳ برابر مقدار برش ضریبدار دیوار تحت زلزله تجویزی با احتساب ρ=1.0

شکل ۹: اعمال ضریب نامعینی

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، عملا همپای سیستم لرزه‌بر اصلی تغییرشکل‌های غیرخطی جدی را متحمل می‌شوند. لذا باید برای تحمل تلاش‌های حاصل از این تغییرمکان‌ها 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 تغییرمکان جانبی نسبی 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 تغییرمکان‌های 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 سازه های بتنی ضوابط بند ۹-۲۰-۱۰ از مبحث ۹ در این خصوص رعایت شود.

۳- در سازه‌های فولادی ستون‌های غیر باربر جانبی (خصوصا هنگامی که دیوار حائل وجود دارد)، به شکل جدی متاثر 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 ۴-۲-۳-۱۰) و یا مرکب‌کردن 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 میله‌ای 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 دریفت	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 دریفت	۱.۰	۱.۰	۰.۷	۰.۷
	زمان تناوب	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰

برای ترک خوردگی 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	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۲۵
	ترک نخورده	۱.۰	۰.۷	۱.۰	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۲۵
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	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۲۵

* 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 دریفت سازه مطابق استاندارد ۲۸۰۰، اعمال ضرایب مطابق جدول فوق الزامی است.

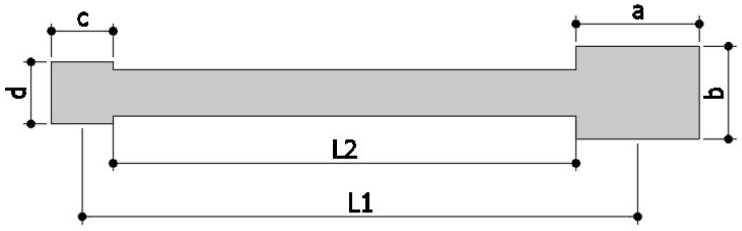
توضیح ۳: در بررسی ترک‌خوردگی دیوارها در مدل اولیه، ابتدا تمام دیوارها ترک‌نخورده فرض می‌شود (یعنی ضریب ترک‌خوردگی ۰/۷) و پس از تحلیل سازه و کنترل تنش کششی قائم (S_{22}) با تنش گسیختگی f_r وضعیت ترک‌خوردگی مشخص می‌شود. برای تسریع در کنترل مذکور می‌توان از ترکیب بار پوش استفاده کرد.

توضیح ۴: در مدل‌سازی دیوارهای دمبلی شکل، می‌توان 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.

$$X=(L2/L1)^3$$

نهایتا ضریب ترک‌خوردگی f_{22} برای دیوارهای ترک‌خورده x*0/35 و برای دیوارهای ترک‌نخورده x*0/7 می‌باشد.



شکل ۱۰: مشخصات هندسی دیوار دمبلی

ضریب کاهشی سختی محوری (axial) مربوط به ستون‌های متصل به دیوار دمبلی بایستی برابر با ضریب کاهش سختی دیوار، ۰/۳۵ یا ۰/۷۰ لحاظ شوند. ضریب کاهش سختی خمشی ستون‌ها برای جهت 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)، ۰/۷۰ اعمال شده و ستون مذکور در جهت عمود بر صفحه به صورت یک عضو قاب بتن مسلح بدون در نظر گرفتن سختی و مقاومت دیوار برشی، طراحی می‌شود. مدل‌سازی دیوار در section designer به صورت دمبلی (مطابق شکل ۲) می‌باشد. همچنین برای طراحی ستون‌های ابتدا و انتهای دیوار، برای در نظر گرفتن رفتار ستون‌ها در جهت عمود بر صفحهء دیوار بایستی به صورت المان میله‌ای مدلسازی و طراحی شوند. طراحی کل دیوار (شامل جان دیوار و ستون‌های انتهایی) برای رفتار درون صفحه‌ای با اختصاص یک pier label واحد برای کل دیوار صورت می‌پذیرد. به منظور طراحی دیوار برای رفتار خارج از صفحه بایستی به هر کدام از نواحی دیوار یک pier label مستقل اختصاص داده شود و هر کدام به صورت جداگانه طراحی گردند.

به عنوان راهکار جایگزین برای دیوارهای دمبلی شکل، می‌توان ستون‌های انتهایی دیوار را به صورت المان shell با ضخامت بیشتر مدل‌سازی نمود. در این شرایط برای کل دیوار ضریب ترک‌خوردگی درون صفحه‌ای

مطابق با جدول ۲ اعمال می‌گردد. همچنین برای کل دیوار به جز ستون‌های انتهایی ضریب ترک‌خوردگی خارج از صفحه ۰/۲۵ و برای ستون‌های انتهایی ضریب ترک‌خوردگی خارج از صفحه ۰/۷ معرفی می‌شود. طراحی کل دیوار (شامل جان دیوار و ستون‌های انتهایی) برای رفتار درون صفحه‌ای با اختصاص یک pier label واحد برای کل دیوار صورت می‌پذیرد. به منظور طراحی دیوار برای رفتار خارج از صفحه بایستی به هر کدام از نواحی دیوار یک pier label مستقل اختصاص داده شود و هر کدام به صورت جداگانه طراحی گردند.

توضیح ۵: برای دال‌های غیر توپر (اعم از مجوف و مشبک) در صورت وجود توصیه‌های فنی توسط شرکت-های ارائه‌دهنده خدمات (وب سایت معتبر شرکت‌های خارجی مرتبط و یا نظریه فنی مرکز تحقیقات برای شرکت‌های داخلی) در هر مورد از جمله ترک‌خوردگی 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 دریفت 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 ترک خوردگی ۰/۲۵) در کنترل دریفت و طراحی سازه استفاده نمود. در اینگونه موارد، برای تعیین زمان تناوب تحلیلی سازه لازم است ضریب ترک خوردگی دال ۰/۵ (همانند تیر) اعمال شود.

تبصره ۲- علاوه بر مدل‌سازی فوق که در آن با صرفنظر از سختی خمشی دال، کنترل دریفت 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 شکل‌پذیری 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 دریفت و طراحی صرفنظر نمود و صرفا 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. اندازه مش‌ها 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

تبصره۲- در دال‌های بدون تیر در صورت ضرورت استفاده از آرماتور برشی طبق بند ۹-۲۰-۱-۴-۱۰ مبحث ۹، لازم است مطابق بند ۹-۲۰-۱۰-۴-۳ آرماتور برشی موردنیاز، رابطه $Vs>0.29\sqrt{f_c'}.b.d$ 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 سایز قالب وافل، بخش‌هایی از دال عملا 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. ضمنا 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.

۱-۷- جهت کنترل برش ریب‌ها در دال‌های مشبک، در صورتیکه $Vu>1.1\phi Vc$ در نوار طراحی مطابق تعریف مبحث ۹ باشند، نیاز به تقویت برشی دال است. در محاسبه ظرفیت برشی V_c (بر اساس b_wd) مقدار b_w عرض متوسط ریب در نظر گرفته شود.

۸-۱- برای مدل‌سازی دال‌های مجوف در نرم‌افزار، می‌توان 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 صرف‌نظر 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 دال‌ها:

با توجه به ضرورت کنترل فرکانس کف‌ها می‌توان در SAFE تحلیل مودال انجام داد و فرکانس کف را با جدول ۹-۱۹-۴ مبحث ۹ مقایسه نمود. بدین منظور استفاده از روش‌های زیر مقدور است.
روش الف- در این تحلیل از مدول الاستیسیته دینامیکی بتن که ۱/۲۵ برابر مدول الاستیسیته استاتیکی است، استفاده شود. ضرایب ترک‌خوردگی 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 چشمه‌های دال در نرم‌افزار تعریف می‌شوند.

روش ب- به جای استفاده از ضرایب ترک‌خوردگی، می‌توان 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 می‌توان Mass Source را در ضریب ۰/۸ضرب نمود).

۱-۱۱- به جای استفاده از بخش ۹-۱۹-۵ از مقررات ملی ساختمان برای کنترل لرزش کف‌ها می‌توان از روش‌های دیگر منطبق بر مراجع معتبر بین‌المللی 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:

$$ShortDef = LCase1\text{-}Lcase2 < L/360$$

۲. برای کنترل افت درازمدت ساختمان‌های متعارف از ترکیب بار زیر استفاده می‌شود:

$$LongDef = LCase1\text{-}Lcase2 + LCase4\text{-}LCase3 < L/240$$

۳. خیز آنی ناشی از وزن خود دال را می‌توان با پیش‌خیز اولیه جبران نمود.

۱۴- نکات تکمیلی مدل‌سازی و طراحی

۱- در بسیاری از سازه ها با توجه به چیدمان عناصر لرزه‌بر، بازشو در کف، ابعاد و فرم پلان سازه، و غیره ممکن است سقف از صلبیت کافی برخوردار نباشد. لذا در سازه‌هایی که فرض صلبیت سقف بر پاسخ‌ها تاثیر جدی دارند (که بر دریفت، کنترل منظمی پیچشی و طرح عناصر سازه موثر است)، توصیه می‌شود پس از پایان طراحی، کنترل مجدد موضوعات فوق با فرض عدم صلبیت دیافراگم (که در نرم‌افزار با استفاده از حالت دیافراگم Semi rigid 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 بتن‌آرمه اجرا شود (با توجه به برش پلاستیک زیاد و پاسخگو نبودن اتصال)، لازم است بال‌های 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 آیین‌نامه ۲۸۰۰ مشمول زلزله تشدید یافته می‌شوند، لازم است کفایت ظرفیت محوری دو پایه طرفین این بازشو (بدون لحاظ لنگر) بررسی شود. همچنین برای این پایه‌ها ضوابط مربوطه مبحث ۹ از جمله المان مرزی و ضوابط بند ۹-۲۰-۷-۶-۲ مراعات شوند.

۴- در ساختمان‌های بالاتر از ۸ طبقه از روی تراز پایه، مطابق بند ۳-۵-۶ آیین نامه ۲۸۰۰، لازم است درز انقطاع از هر طرف برابر $0.7\ Cd\ \Delta_{eu}$ لحاظ شود.

۵- در سقف‌های مرکب استفاده از تیرهای لانه زنبوری بلامانع است. در طراحی تیرهای لانه زنبوری بایستی تمامی ضوابط مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان (پیوست ۵) رعایت شود.

۶- مطابق مقررات ملی ساختمان، فرکانس نوسانی کف‌ها باید به اندازه‌ای باشد که از حد مجاز تجاوز ننماید. همچنین در کنترل ارتعاش سقف‌های مرکب، توصیه اکید می‌گردد کنترل‌های مربوطه بر اساس ضوابط مندرج در AISC design guide 11 انجام شود. تنظیمات لازم در قسمت طراحی تیرهای کامپوزیت با استفاده از AISC 360-22 موجود است.

۷- به منظور کنترل تغییرمکان جانبی نسبی طبقات، می‌توان از محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان (T) در تبصره بند (۳-۳-۳-۱) استاندارد ۲۸۰۰ صرف‌نظر نمود.

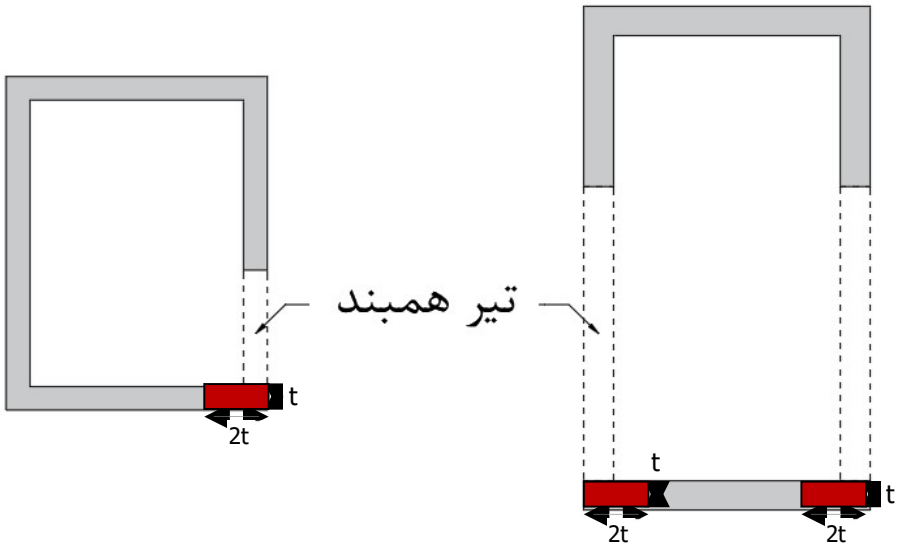
۸- برای استفاده از زمان تناوب تحلیلی، باید مود اصلی نوسان در هر جهت سازه، دارای حداکثر مشارکت جرمی در همان راستا را داشته باشد. به عنوان مثال برای برداشت زمان تناوب تحلیلی در ساختمان‌های نامنظم، ممکن است مود اول مود پیچشی یا راستای y باشد و نباید به عنوان مود راستای x استفاده شود.

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

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

- ✓ کلیه ضوابط مهار میلگردهای تیر همبند (هم در کشش و هم در فشار) بایستی رعایت گردد.
- ✓ آرماتورهای قطری (در صورت لزوم به استفاده از آن‌ها) بایستی مطابق با ضوابط مبحث ۹ در تکیه‌گاه‌ها مهار شوند. با توجه به اینکه آرماتورهای قطری بایستی نیروهای وارده را هم به صورت کششی و هم به صورت فشاری تحمل نمایند لذا با استفاده از قلاب فقط می‌توان طول مهاری در کشش را کاهش داد اما نمی‌توان با استفاده از قلاب طول مهاری لازم در فشار را کم نمود.
- ✓ 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.

ضمنا با توجه به اینکه تیر همبند تلاش‌ها را به صورت متمرکز و به بخش کوچکی از دیوار متعامد وارد می‌کند، .بدین‌منظور 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 ۱۱- هندسه ستون فرضی جهت تحمل بارهای متمرکز خارج از صفحه وارده توسط تیر همبند

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 نامنظم‌بودن 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 صورتی که جرم خرپشته، اتاقک آسانسور، انباری‌های واقع بر روی بام و ... کمتر از ۲۵ درصد جرم بام باشد، مدل‌سازی آن الزامی نبوده و در نظر گرفتن ارتفاع آن در محاسبه زمان تناوب تجربی سازه اصلی مجاز نمی‌باشد. در هر حال باید بار آن به سازه اصلی وارد شده و نسبت به تعبیه سیستم باربر جانبی مناسب برای آن بر اساس مورد ۶ از جدول ۴-۱ استاندارد ۲۸۰۰ (نه لزوما همانند سیستم باربر جانبی سازه اصلی) و طراحی آن برای سهم نیروی متناظر با نسبت جرم خرپشته (و متعلقات) 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.

۱۳- 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.

۱۴- در طراحی دیوارهای برشی بتن مسلح 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 شود. این عرض بال موثر ممکن است طبق بخش ب از بند فوق در طبقات مختلف متفاوت باشد.

در هنگام استفاده از روش‌های الف یا ب بایستی به بند ۹-۲۰-۷-۴-۴-ت، در خصوص دیوارهای برشی بتن مسلح توجه شود.

۱۵- در دیوارهای با تیر همبند، هر یک از پایه‌های طرفین آن با نام (pier های جدا) و مقطع مستقل طراحی می‌شوند.

۱۶- 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.

۱۷- کنترل نامنظمی پیچشی باید با احتساب پنج درصد پیچش تصادفی و با حالات بار استاتیکی معادل انجام شود.

۱۸- در طراحی ستون‌های فولادی برای در نظرگرفتن اثر خروج از محوری واکنش‌های تکیه‌گاهی خصوصا در تیرورق‌ها، باید لنگر حاصل از برون‌محوری واکنش تیر نسبت به محور ستون (مثلا با معرفی end length offset متناظر با محل واکنش تکیه‌گاهی تیر) در نظر گرفته شود.

۱۹- با توجه به حذف سیستم دیواربرشی متوسط در مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان، استفاده از سیستم-های با دیوار برشی متوسط در ۲۸۰۰ فاقد موضوعیت است.

۲۰- 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.

۲۱- برای تیرهای تحت شرایط پیچش سازگاری، اعمال ضریب کاهش سختی پیچشی 0.15 نادرست است. برای این تیرها در تحلیل اولیه این ضریب برای کلیه تیرها برابر ۱ وارد میشود و پس از تحلیل، در صورتیکه $Tu>\phi Tcr$ باشد، برای تیر مورد نظر ضریب کوچکتر از ۱ وارد و تا زمانی که Tu تقریبا برابر (و البته حتما بزرگتر از ϕTcr) شود، اصلاح ضریب و تکرار تحلیل انجام گردد.

علاوه بر آرماتور عرضی پیچشی (که توسط 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.

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

۲۳- 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.

۲۴- بند پ۶-۱-۴-۷ استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم) بایستی در خصوص راه پله‌ها اعمال گردد. همچنین اثرکلیه رمپ‌ها نیز بایستی در مدلسازی لحاظ شود.

۲۵- در صورت وجود نیم طبقه در ساختمان، اثر آن بایستی در مدل سازه‌ای ایجاد شده لحاظ گردد. بدیهی است که برای تحمل و انتقال بارهای جانبی ایجاد شده در نیم طبقه‌ها بایستی سیستم مناسبی تعبیه گردد.

۲۶- در صورت وجود تغییر طول در ارتفاع، در دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه محل تغییر طول مقطع بحرانی بوده و بایستی ضوابط بند ۹-۲۰-۷-۳-۴ پ در اینگونه دیوارها اعمال گردد.

۲۷- در دیوارهای برشی و ستون‌های بتن مسلح، طول مهاری میلگردها در فشار، بایستی در فونداسیون برای همه میلگردهای طولی به ویژه میلگردهای ناحیه مرزی کنترل گردد.

۲۸- در صورتیکه به منظور کنترل جابجایی نسبی سازه (drift) جهت محاسبه برش پایهء زلزله، از زمان تناوب اصلی سازه بر اساس بند ۳-۵-۳ استاندارد ۲۸۰۰ استفاده شود، به کارگیری ضرایب ۰/۸۵ و ۰/۹ جهت هم‌پایه سازی برش پایهء دینامیکی با برش پایهء استاتیکی مجاز نمی‌باشد.

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 بزرگتر از ۱/۵ برابر قطر میلگرد و ۴۰ میلیمتر، و کاور روی بیرونی‌ترین میلگرد نیز حداقل ۳۰ میلیمتر رعایت شود. رعایت این فواصل می‌تواند روی ضخامت دیوار تاثیرگذار باشد.

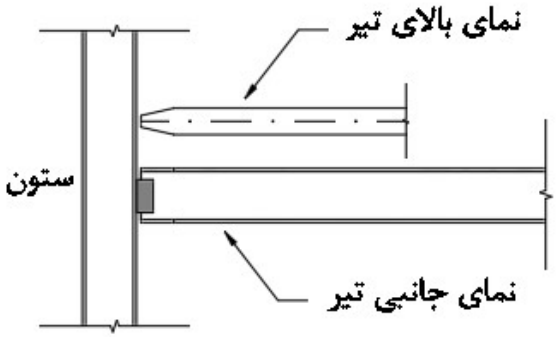
۳- دورگیرها بایستی به صورت پیوسته باشد و استفاده از ترکیب سنجاقی با رکابی یا دو رکابی روی هم با هم‌پوشانی و یا سایر حالات مشابه منطبق بر آیین نامه نمی‌باشد. در صورت لزوم می توان با ایجاد همپوشانی بین دو یا چند دورگیر پیوسته بسته یکپارچه استفاده شود.

۴- ستون‌های مدفون در دیوار تنها برای تحمل بارهای ثقلی و حین ساخت و ترجیحا به صورت نردبانی درنظر گرفته شوند و در تحلیل و طراحی دیوار از اثر ستون (در کنترل drift، مقاومت و غیره) صرف‌نظر شود.

۵- در اتصال تیرها به ستون بایستی شرایط اجرای دورگیرها، آرماتورهای قائم، آرماتورهای افقی، کرمو شدن بتن و ... در نظر گرفته شود.

۶- برای بال‌های فوقانی و تحتانی کلیه تیرهای مدفون در دیوار برشی، در نقشه های اجرایی جزئیاتی برای اجرای برشگیر ارائه شود.

۷- 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، پیشنهاد می‌گردد مطابق شکل ۱۱ بالهای تیر در قسمت مدفون در بتن برش خورده و فقط جان تیر وارد دیوار شود.



شکل ۱۱- جزییات برش بال‌ها در بخش مدفون تیر

نکات مربوط به دیوار برشی بتن‌آرمه غیر همبسته با اجزای مختلط محاط در بتن

۱- پروفیل‌های فولادی واقع در دیوار برشی بتن مسلح مختلط، بایستی تحت بارهای جانبی مطابق با ضوابط ویرایش پنجم مبحث دهم طراحی شوند و استفاده از هرگونه ضریب کاهش سختی برای المان‌های فولادی مربوطه مجاز نمی‌باشد (به جز کاهش سختی موضوع بند ۱۰-۲-۱-۵-۱-۲).

۲- پروفیل‌های فولادی 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، الکترود مصرفی و غیره 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 گسترده 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. مثلا 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 Ks, qa 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 نرم افزاری 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، صرفا 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 طراحی شالوده، 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 (درصورت 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 نرم‌افزاری لحاظ شود و برای مدل‌سازی دیوارهای برشی روی شالوده استفاده از المان wall در زیر فنداسیون مجاز نمی‌باشد.

۱۳- در تمامی قسمت‌های 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 شمع‌ها 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 ۹۰۰ میلیمتر باشد، از شبکه آرماتور جلدی در شالوده استفاده گردد.

۱۶- در صورت وجود برکنش در شالوده، ترکیب بارهای کنترل تنش زیر شالوده و طراحی سازه‌ای شالوده در SAFE حتما بایستی از نوع Nonlinear Uplift تعریف گردد.

۱۷- جزییات چاله آسانسور در محل تلاقی با شالوده در نقشه‌ها مشخص شود. در صورت عدم ارائه جزئیات چاله آسانسور، بایستی بازشو مربوطه در فایل مدل‌سازی شالوده، اعمال شود.

۱۸- جهت طراحی آرماتورهای عرضی شمع‌هایی که از سختی و مقاومت خمشی آنها استفاده نمی‌شود و صرفا در کشش و فشار از آنها بهره‌برداری می‌گردد، اعمال ضوابط حداقل قطر و حداکثر فاصله مجاز جدول ۹-۲۰-۵ مقررات ملی ضرورتی ندارد. در خصوص این شمع‌ها 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 شالودهء ساختمان‌های واقع در پهنه‌های گسلی 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 حتما 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 حتما 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 خرپایی حتما 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 تغییرشکل هیچ نقطه از دیواره گود بیشتر از ۰/۰۰۵ 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 حتما روش پایش گود و نحوه استخراج و ارائه اطلاعات را در نقشه ها 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 مستحدثات 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.