«دفترچه راهنمای نکات حائز اهمیت در محاسبات و نقشه های سازه»

دفتر کنترل ساختمان

آبان ماه ۱۳۸۷

فهرست مندرجات

۱- مقدمه ۲
۲- مدارک لازم..... ۳
۳- موارد کلی درباره نقشه های شالوده ۵
٤- موارد عمومی در نقشه های سازه..... ۷
۵- نکات حائز اهمیت در جزئیات سازه های بتنی ۱۳
۶- نکات حائز اهمیت در جزئیات سازه های فلزی ۱۸
۷- نکات مهم در دفترچه محاسبات ۲۱
۸- نکات کلی درباره فایل مدل کامپیوتری سازه..... ۲٤
۹- نکات مهم در فایل مدل کامپیوتری سازه های بتنی..... ۲۸
۱۰- نکات مهم در فایل مدل کامپیوتری سازه های فلزی..... ۳۱
۱۱- نکات مهم در فایل مدل کامپیوتری شالوده..... ۳۳

۱- مقدمه

بر اساس توافقنامه مورخ ۸۶/۰۷/۱۷ بین وزیر محترم مسکن و شهرسازی، رئیس محترم شورای اسلامی شهر تهران و رئیس محترم سازمان نظام مهندسی ساختمان، در اجرای ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان، مقرر شد در شهر تهران براساس مفاد مبحث دوم مقررات ملی ساختمان، کنترل تطبیق کیفیت خدمات مهندسی در مراحل طراحی، اجرا و نظارت با مقررات ملی ساختمان، توسط سازمان نظام مهندسی استان، انجام گیرد. به این منظور دفتر کنترل ساختمان در سال ۸۶ فعالیت خود را آغاز کرده است و برای آشنایی مهندسین و کارفرمایان محترم با نحوه گردش کار در مجموعه دفتر کنترل ساختمان، دفترچه ***"راهنمای متقاضیان پروانه ساختمان"*** تهیه شده است که در ابتدای تشکیل پرونده به متقاضیان تحویل داده می شود.

علاوه بر دفترچه راهنمای مذکور، برای آشنایی طراحان محترم سازه با اصول مهمی که باید در طراحی سازه و تهیه نقشه ها رعایت شود، در گروه کنترل سازه ابتدا چک لیستهایی برای مباحث ششم، نهم و دهم مقررات ملی ساختمان تهیه شد که میتوانند کمک شایانی جهت کنترل موارد اساسی طراحی سازه به طراحان ارائه کنند. توصیه می شود طراحان قبل از آغاز فرآیند طراحی، ضمن مطالعه چک لیست ها، جهت رعایت موارد مطرح شده در محاسبات و نقشه ها، پیش بینی های لازم را به عمل آورند. از سوی دیگر با توجه به گستردگی مباحث مربوط به سازه و عدم امکان خلاصه سازی آنها در چک لیست ها، و با عنایت به اینکه برخی از کمبودها و نقائص در اغلب سازه های کنترل شده مشترک بوده است و با در نظر گرفتن درخواست بسیاری از طراحان محترم جهت ارائه یک شیوه نامه مکتوب برای اسلوب کلی طراحی سازه، گروه کنترل سازه جهت گردآوری موارد مهم و اشکالات متداول در محاسبات و نقشه های سازه، اقدام به تهیه این دفترچه راهنما نموده است. در تهیه این راهنما سعی شده است مطالب به نحوی گروه بندی شوند که طراح سازه با توجه به هر مرحله از روند طراحی، با مراجعه به یکی از بخشها موارد ضروری را مطالعه و در طراحی مد نظر قرار دهد. شماره بندهای مورد اشاره در این نوشتار مربوط به مقررات ملی ساختمان است که در هر مورد، عدد اول نشان دهنده شماره مبحث مورد نظر است. لازم به توضیح است که این دفترچه صرفا برای تاکید بر روی نکات بسیار مهم تهیه شده است و طراحان محترم باید کما فی السابق، در طراحی سازه تمامی بخشهای مقررات ملی ساختمان را مورد توجه کامل قرار دهند. به هر حال امید است رعایت موارد مندرج در این دفترچه، ضمن افزایش کیفیت خدمات مهندسی، موجب کاهش زمان رسیدگی و کنترل نقشه های سازه گردد. همچنین لازم به ذکر است در تهیه این دفترچه حداکثر تلاش برای کنترل صحت مطالب ارائه شده انجام گرفته است، لیکن به طور یقین خوانندگان محترم در برخی موارد ممکن است نظرات متفاوتی جهت اصلاح یا بهبود این نوشتار داشته باشند. لذا خواهشمند است طراحان محترم، با ارائه نظرات اصلاحی خود گروه کنترل سازه را برای تکمیل این دفترچه راهنما یاری فرمایند. لطفا خوانندگان محترم نظرات و پیشنهادات خود را به صورت مکتوب به نشانی ***" تهران- شهرک قدس (غرب)- فاز یک - خیابان مهستان - کوچه چهارم - پلاک ۱۵۵- طبقه ۳- واحد کنترل سازه"*** یا نشانی الکترونیکی hosein.mardanloo@gmail.com ارسال فرمایند.

۲- مدارک لازم

جهت انجام هر چه سریعتر مراحل کنترل، خواهشمند است **در مورد بخش سازه**، موارد ذیل در مراحل مختلف تحویل مدارک به سازمان، مد نظر قرار گیرد تا تاخیری به علت نقص مدارک در کنترل نقشه ها روی ندهد:

۱. لوح فشرده شامل کلیه نقشه های **معماری – سازه – برق – مکانیک** با فرمت **اتوکدی** و فایلهای محاسباتی مربوطه (فایلهای محاسباتی سازه هم در فرمت اصلی نرم افزار و هم در فرمت متنی ارائه شوند)

۲. **یک سری** چاپ نقشه های فاز ۲ سازه **ممهور** به مهر شرکت و شخص طراح با ذکر پروانه اشتغال حقوقی و حقیقی

۳. دفترچه گزارش مکانیک خاک که بنا به درخواست شهرداری منطقه تهیه شده باشد، ممهور به مهر شرکت تهیه کننده گزارش مکانیک خاک

۴. دفترچه محاسبات سازه، **ممهور** به مهر شرکت و شخص طراح با ذکر پروانه اشتغال حقوقی و حقیقی

۵. چک لیست های سازه (مبحث ۶، ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان)، که توسط سازمان تهیه شده اند، **ممهور** به مهر شرکت و شخص طراح با ذکر پروانه اشتغال حقوقی و حقیقی

۶. در هر مرحله از کنترل نقشه ها، ممکن است برخی موارد اصلاحی در نقشه ها درج گردد. پس از اصلاح این موارد باید **نقشه های اظهار نظر شده** در مرحله بعدی تحویل نقشه ها و مدارک، به سازمان عودت داده شوند.

۷. پس از هر مرحله کنترل نقشه، مواردی که احتیاج به اصلاح دارند در فرمهای معینی در یک یا چند صفحه به طراح سازه تحویل داده می شود. در مرحله بعدی ارسال مدارک اصلاح شده به سازمان، لازم است طراح سازه پاسخهای خود درباره نحوه انجام اصلاحات و یا هرگونه نظر دیگری درمورد اشکالات مطرح شده را در **سربرگ رسمی شرکت طراح، با مهر و امضای خود و مهر شرکت** به سازمان تحویل دهد. در صورت عدم ارائه پاسخها، امکان کنترل مجدد مدارک میسر نخواهد بود.

۸. پس از اخذ **تایید نهایی** نقشه های فاز ۲ **کلیه رشته ها** لازم است لوح فشرده شامل کلیه نقشه های نهایی شده **معماری – سازه – برق – مکانیک** با فرمت **اتوکدی** و **فایلهای محاسباتی مربوطه** به گروه معماری تحویل گردد. گروه کنترل معماری در این مرحله تطابق کلی نقشه های چهار رشته را با یکدیگر بررسی نموده و در صورت لزوم اصلاحات مورد نظر را مشخص میکند. پس از اعلام نظر نهایی گروه معماری مبنی بر تایید

هماهنگی نقشه ها، **مجوز چاپ** نقشه های نهایی صادر می شود. در این مرحله باید مدارک ذیل تحویل سازمان گردد:

الف) دفترچه تکمیل شده اطلاعات ساختمان و ممهور به مهر شرکت و شخص طراح

ب) پنج سری نقشه از کلیه رشته ها، ممهور به مهر شرکت و شخص طراح جهت نصب هولوگرام و ارسال به شهرداری منطقه مربوطه

پ) لوح فشرده شامل کلیه نقشه های نهایی معماری – سازه – برق – مکانیک و فایلهای محاسباتی نهایی مربوطه

ت) دو سری از دفترچه محاسبات نهایی (یک نسخه اصل و یک نسخه کپی مورد قبول است)

ث) دو سری از چک لیستهای نهایی

ج) دو سری از دفترچه مکانیک خاک (یک نسخه اصل و یک نسخه کپی مورد قبول است)

۳- موارد کلی درباره نقشه های شالوده

۱. در نقشه های قالب بندی شالوده، در محلهای تغییر تراز، **مقاطع طولی و عرضی** کافی جهت روشن شدن نحوه قالب بندی ارائه گردد.

۲. نوع **سیمان** مصرفی ذکر شده در توضیحات نقشه ها برای ساخت بتن، طبق توصیه گزارش مکانیک خاک درج گردد.

۳. محل و قطر **چاههای فاضلاب، آب باران و چاه ارت** در نقشه های شالوده به صورت خط چین نشان داده شود.

۴. در صورت استفاده از شمع در شالوده، مقطع پاشنه پایین شمع در نقشه ها به نحوی ترسیم شود که وارد حریم همسایه یا گذر نشود. در صورتیکه عمق شمع کم بوده (کمتر از حدود ۱۵ متر) و به لایه مقاوم بستر سنگی نرسد، باید از مدل سازی آن در فایل فونداسیون صرفنظر شود. در صورتی که شمع عمیق باشد، با محاسبه سختی بر مبنای گزارش مکانیک خاک، در مدل فونداسیون در نظر گرفته شده و پس از تحلیل باید برای نیروهای فشاری و کششی وارد برآن کنترل و طراحی ابعادی و محاسبه آرماتورگذاری انجام گیرد.

۵. در صورت وجود **تصفیه خانه استخر** جهت اجتناب از هوا گرفتن پمپ های تصفیه خانه، باید تراز فضای تصفیه خانه پایین تر از استخر باشد. همچنین جزئیات سازه تصفیه خانه به نحوی در نظر گرفته شود که با فونداسیون ساختمان تداخل نداشته باشد.

۶. ارائه یک سری مقاطع کلی برای آرماتور گذاری شالوده کافی نیست. در نقشه آرماتور گذاری شالوده باید **پلان آرماتور گذاری سراسری و تقویتی** جداگانه ارائه شود و مقاطع لازم (به ویژه در محلهای میلگرد تقویتی) رسم شود. در پلان آرماتورگذاری سراسری باید محل و طول وصله ها به وضوح مشخص شود. وصله میلگردهای پایینی در وسط دهانه ها و وصله میلگردهای بالایی در نزدیکی ستونها انجام گیرد.

۷. در ساختمانهای دارای استخر، در صورتی که شالوده استخر و سازه، به طور یکپارچه در نظر گرفته شود، باید مدل سازی شالوده نیز با در نظر گرفتن این مساله انجام شود. در صورت وجود درز یا فاصله بین استخر و شالوده سازه، باید تمهیدات لازم جهت جلوگیری از وارد شدن فشار جانبی خاک زیر شالوده به دیواره استخر اندیشیده شود.

۸. جهت اجرای قاب فلزی آسانسور، ورقهای مدفون در بتن در چهار گوشه کف چاله آسانسور پیش بینی شود.

۹. طبق بند ۹-۱۷-۵-۳ مبحث نهم، باید فاصله محور به محور میلگردهای شالوده، **حداقل ۱۰۰ میلیمتر و حداکثر ۳۵۰ میلیمتر** رعایت شود. همچنین در شالوده های نواری، طبق بند ۹-۱۷-۵-۲ حداقل درصد آرماتور کششی برابر ٪۰/۲۵ (برای آرماتور محاسباتی) یا ٪۰/۱۵ (برای حالتی که آرماتور موجود بیش از ۴/۳ آرماتور محاسباتی باشد) رعایت گردد.

۱۰. جزئیات لازم برای اتصال **سیستم ارت** به اسکلت فلزی (برای سازه های فلزی) یا میلگرد فونداسیون (برای سازه های بتنی) **توسط طراح برق ساختمان** ارائه گردد. لازم است این جزئیات تیپ هم در نقشه های برق و هم در نقشه های شالوده درج گردد تا در زمان اجرای شالوده مد نظر مجری سازه قرار گیرد.

۱۱. در صورت نیاز به درز انبساط در سازه، طبق بخش ۹-۹-۷-۲ باید **درز انبساط در شالوده** نیز ادامه یابد.

٤- موارد عمومی در نقشه های سازه

۱. تایتل نقشه ها طبق **تایتل تنظیم شده شده توسط سازمان** که در ابتدای تشکیل پرونده به متقاضی تحویل داده می شود، ارائه شود و کلیه اطلاعات خواسته شده در تایتل درج گردد. توجه شود که تایتل نقشه ها برای **شیت اول** با تایتل بقیه شیتها متفاوت است.

۲. محل و ابعاد درز انقطاع، در کلیه پلانها نشان داده شود. حداقل عرض درز انقطاع طبق بند ۶-۷-۱-۳-۴ از **مرز زمین مجاور** برابر ۰/۰۰۵ ارتفاع طبقه از تراز پایه در نظر گرفته شود. برای ساختمانهای با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" و یا درسایر ساختمانهای با هشت طبقه و بیشتر، حداقل عرض درز انقطاع از **مرز زمین مجاور** برابر **نصف** حاصلضرب تغییر مکان جانبی طرح طبقه در ضریب رفتار R در نظر گرفته شود.

۳. نقشه سازه نگهبان باید طبق نتایج گزارش مکانیک خاک، بر مبنای نشریه وزارت مسکن برای طراحی سازه های نگهبان تهیه شود. نقشه سازه نگهبان باید شامل **پلان، مقاطع، خرپا، شمع (در صورت نیاز) و جزئیات اتصال آنها** باشد. **پی مربوط به خرپا** نیز با جزئیات کامل باید ارائه گردد. جزئیات پارمترهای طراحی سازه نگهبان و نحوه انتخاب خرپای مربوطه در دفترچه محاسبات ذکر شود.

۴. **حداقل** عمق چاله آسانسور از اولین تراز توقف باید طبق ضوابط پیوست ۲ مبحث پانزدهم تعیین شود به هر حال این عمق نباید کمتر از ۱/۴ متر در نظر گرفته شود.

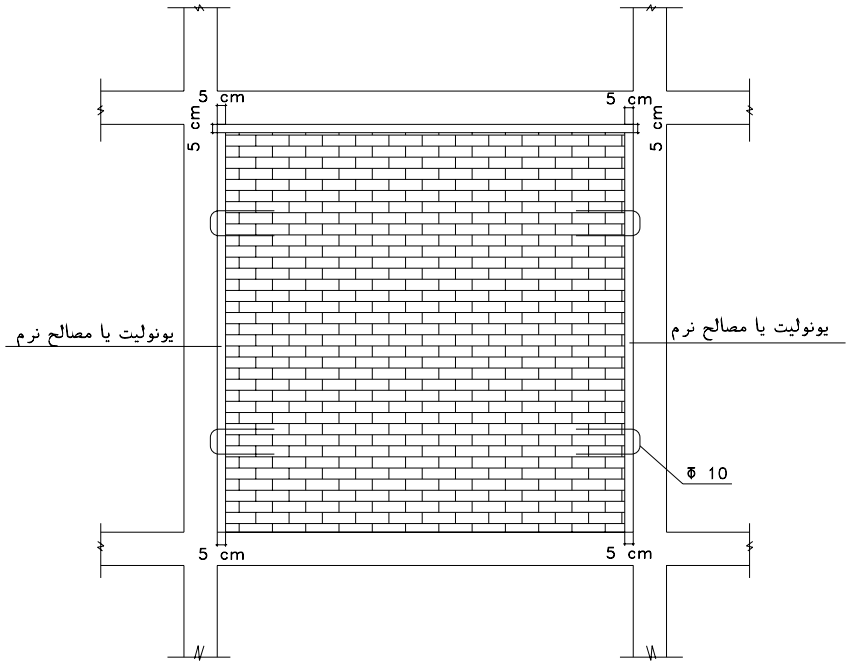
۵. جهت اجرای قاب فلزی آسانسوردر سازه های بتنی، **ورقهای مدفون در بتن** در چهار گوشه کف چاله آسانسور و پیرامون بازشوی آسانسور در طبقات پیش بینی شود.

۶. هماهنگی نقشه های سازه (و فایلهای مدل کامپیوتری سازه) با معماری باید به دقت کنترل گردد. در این مرحله باید هماهنگی کامل بین تعداد، شماره بندی و فواصل محورهای نقشه سازه و فایلهای مدل کامپیوتری سازه با محورهای نقشه معماری مد نظر قرار گیرد. همچنین ترازهای طبقات، محل بازشو ها و نورگیرها، عرض درز انقطاع، شکل، ابعاد و تراز خرپشته و اتاق کنترل آسانسور، محل و نحوه ارتباط پله ها و رامپ پارکینگ ها در نقشه های سازه و فایلهای مدل کامپیوتری سازه و معماری باید هماهنگ باشد.

۷. در صورتی که ارتفاع خاک پشت دیوار زیرزمین بیش از ۳/۰ متر باشد، باید از **دیوار حائل بتنی** برای تحمل فشار خاک استفاده شود. برای ارتفاع کمتر از ۳/۰ متر، می توان از دیوار آجری ۳۵ سانتیمتری استفاده نمود. به هر حال در صورتی که ساختمان دارای بیش از یک طبقه زیرزمین باشد، دیوار آجری ۳۵ سانتیمتری فقط

در زیرزمین نخست مجاز است و در طبقات زیر آن باید از دیوار بتنی مناسب استفاده شود. محاسبات مربوط به فشار فعال استاتیکی و دینامیکی خاک باید در فایل سازه و طراحی دیوارها در نظر گرفته شود. توجه شود که در نرم افزار ETABS طراحی دیوار فقط برای خمش در جهت قوی دیوار انجام می شود و طراحی برای خمش حول ضخامت دیوار (ناشی از فشار خاک) باید به صورت دستی در دفترچه محاسبات انجام گیرد.

۸. در سازه های با سیستم باربر جانبی قاب خمشی برای آنکه **جداگرهای میانقاب** مانعی برای حرکت قابها ایجاد نکنند، جزئیات مناسب در نقشه های سازه ارائه شود. شکل کلی زیر به عنوان راهنما ارائه می شود.



۹. در نقشه های تیرریزی طبقات، در محلهای تغییر تراز نظیر رمپ پارکینگها یا اختلاف تراز سطوح، **مقاطع طولی و عرضی** کافی جهت روشن شدن نحوه تیرریزی ارائه گردد. در ساختمانهایی که معماری آنها به صورت دوبلکس است، نمای محل تغییر تراز در کل ارتفاع سازه رسم شده و تراز کلیه تیرها به وضوح مشخص شود.

۱۰. برای دقت و وضوح بیشتر نقشه ها و انجام پیش بینی های لازم در تیرریزی سقفها، پس از نهایی شدن **بازشوهای مربوط به برق و تاسیسات**، این بازشوها بر روی نقشه سازه نیز نشان داده شوند. برای بازشوهای

بزرگ، در پلان تیرریزی تیرهای پیرامونی لازم اضافه شود. برای بازشوهای کوچک، جزئیات تیپ جهت اجرای سقف ارائه گردد.

۱۱. در محل اجرای کلیه پله ها، اعم از ورودی های ساختمان و ارتباط طبقات، نحوه اجرای سازه در پلان مربوطه مشخص شود و جزئیات لازم ارائه گردد. نحوه اجرای تیرهای تکیه گاهی **پاگردهای میان طبقه** و انتقال بار آنها به ستونها باید کاملا مشخص باشد. این موضوع به خصوص در مورد پله های دارای بیش از دو بازوی پله، باید مد نظر قرار گیرد.

۱۲. در پلانهایی که دارای **اختلاف تراز** هستند، در پلان قالب بندی مرز ترازهای مجاور با خط ضخیم کاملا مشخص شود و محدوده هر تراز با یک نوع هاشور مشخص گردد.

۱۳. برای اتاق کنترل آسانسور در تراز بالای بام، فضای کافی در نقشه های سازه (که باید در نقشه معماری نیز پیش بینی شده باشد) در نظر گرفته شده و جزئیات اجرای سقف و ستونهای مربوطه ارائه گردد.

۱۴. در صورت وجود استخر در ساختمان، **آرماتور گذاری کف و دیواره** آن ارائه گردد.

۱۵. طبق ضوابط نشریه شماره ۸۲ معاونت برنامه ریزی ریاست جمهوری، در سقفهای تیرچه بلوک برای بار زنده کمتر از $350\ kg/m^2$ و دهانه کمتر از ۴ متر کلاف میانی لازم نیست. برای دهانه بیشتر از ۴ متر، **یک کلاف میانی** و در دهانه های ۴ تا ۷ متر، **دو کلاف عرضی** در یک سوم های دهانه تیرچه باید پیش بینی گردد. در مورد دهانه های بیش از ۷ متر لازم است **سه کلاف عرضی** در یک چهارم های دهانه تیرچه ها در نظر گرفته شود. در ضمن در دهانه های بیش از ۷ متر باید حتما از **تیرچه دوبل** استفاده شود.

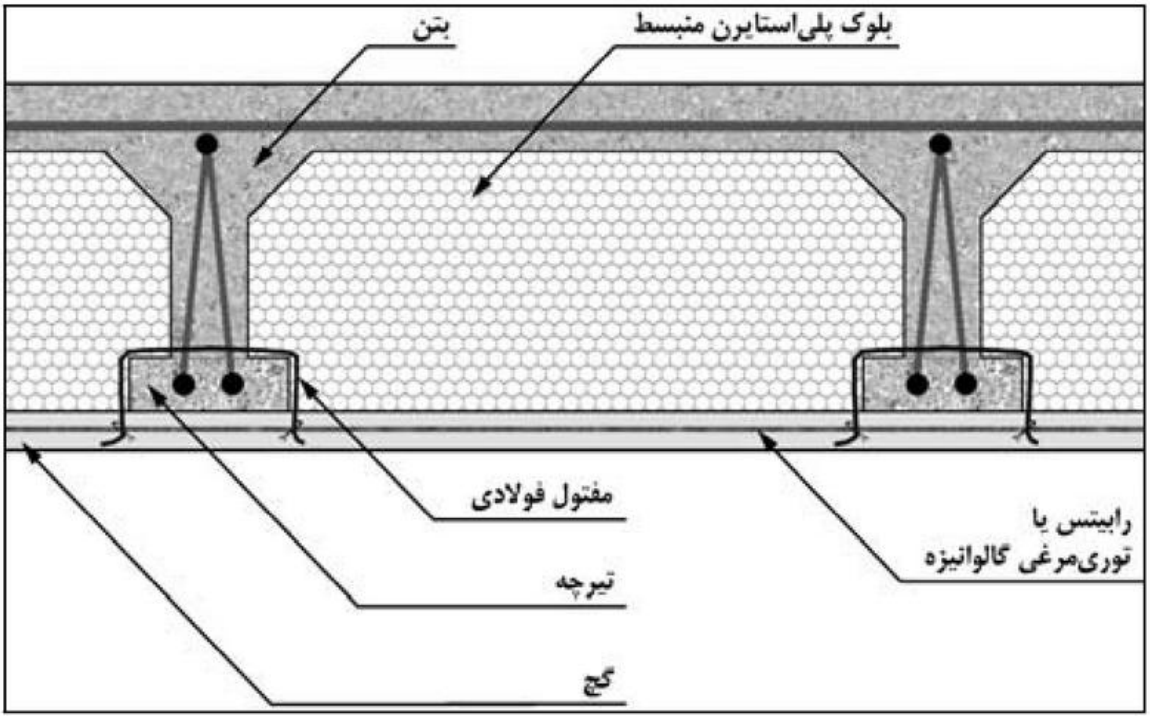
۱۶. در سقفهای تیرچه بلوک یا دیوارهای جداکننده، در صورت استفاده از بلوک هایی از مواد **پلی استایرن**، در توضیحات نقشه ها ذکر شود که جنس این بلوک ها باید **مورد تایید مرکز تحقیقات مسکن** باشد. در ضمن متن زیر که برگرفته از ضوابط فنی اعلام شده توسط مرکز تحقیقات مسکن است در نقشه ها درج شود:

"از آنجا که دیوارهای بین واحدهای مستقل (مانند دیوار بین آپارتمانهای مسکونی یا واحدهای تجاری، اداری مستقل و غیره) در هر ساختمان باید دارای مقاومت در برابر آتش باشند، در این محل ها باید بلوک های پلی استایرن قطع شده و دیوارها تا زیر سقف سازه ای (یعنی زیر تیرچه یا بتن) امتداد داشته باشند یا به طور مناسب از مصالح حریق بند استفاده شود، به گونه ای که بلوک های پلی استایرن در این قسمتها بین دو واحد مجاور پیوستگی نداشته باشند و

از گسترش هر گونه حریق احتمالی بین دو فضایی که به وسیله دیوار مقاوم در برابر آتش از یکدیگر جدا شده اند، جلوگیری گردد. برش و حذف پلی استایرن در این قسمت ها می تواند به دو روش زیر صورت گیرد:

- **پس از بتن ریزی و پیش از رابیتس بندی مورد نیاز برای سقف**
- **در نظر گرفتن تمهیداتی در قالب بندی سقف، پیش از بتن ریزی"**

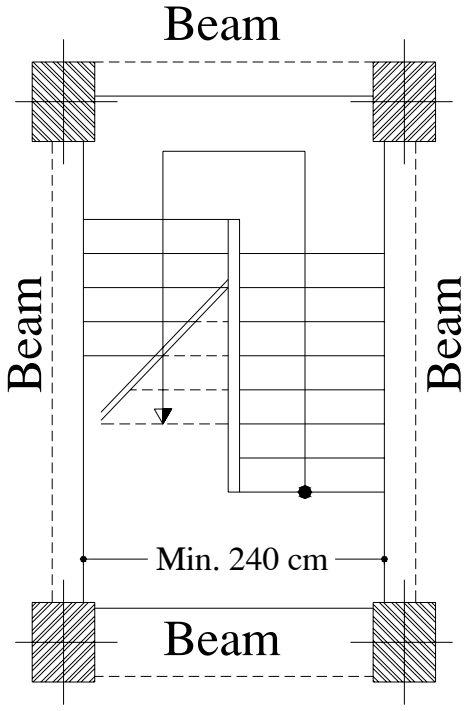
علاوه بر موارد فوق، طبق اعلام مرکز تحقیقات مسکن اتصال مستقیم نازک کاری به بلوک پلی استایرن ممنوع است و باید برای نازک کاری سقف، از سقف کاذب با اتصال مکانیکی به سقف سازه ای استفاده شود و حداقل ۱/۵ سانتیمتر اندود گچی بر روی سقف کاذب اجرا شود. به این منظور یک نمونه جزئیات مورد تایید این مرکز در شکل زیر به عنوان راهنما ارائه میشود:



۱۷. در صورت نصب هرگونه تجهیزات در ارتباط با تاسیسات برق و مکانیک **نظیر چیلرها، منابع آب، دیزل ژنراتور، فن ها، برج های خنک کن، پمپ ها و ....** بر روی بام یا هر سقف سازه ای دیگر، **بارهای استاتیکی و دینامیکی** ناشی از کارکرد تجهیزات یا ارتعاشات زلزله در طراحی سازه در نظر گرفته شود و در نقشه های سازه جزئیات لازم برای محل نصب این تجهیزات پیش بینی شود.

۱۸. در صورتی که عبور بزرگترین دستگاه تاسیسات مکانیک و برق **نظیر چیلر، منابع کویل دار، دیزل ژنراتور و ....** از دربهای ساختمان (مسیر ورودی ساختمان تا داخل فضای مورد نظر برای نصب دستگاه) امکان پذیر نباشد، باید در نقشه های سازه برای فضای مورد نظر برای نصب دستگاه، سقفی پیش بینی شود که امکان جابجایی آن در زمان نصب و یا تعمیرات احتمالی وجود داشته باشد. معمولا استفاده از سقف متشکل از تیرچه های فلزی (با اتصالات پیچی) و ورق فولادی برای پوشش سقف مناسب خواهد بود.

۱۹. مطابق شکل زیر باید جهت جلوگیری از شانه گیر شدن مسیر تردد در راه پله با توجه به الزامات معماری، **حداقل** فاصله بین تیرهای سازه در طرفین پله ها به میزان **۲۴۰ سانتیمتر** رعایت شود.



۲۰. در سازه های بتنی در ترسیم پلانهای قالب بندی (تیرریزی طبقات) توجه شود که فقط خطوط پیرامون پلان و خطوطی که در لبه بازشو قرار دارند به صورت **خط پیوسته** دیده شوند و خطوط دیگر مربوط به تیرها، به علت قرار گرفتن در پشت دال باید به صورت **خط چین** نشان داده شوند.

۵- نکات حائز اهمیت در جزئیات سازه های بتنی

۱. حداقل طول وصله در تیرها، ستونها و دالها، **۵۵** برابر قطر آرماتور رعایت گردد. در صورتی که طول وصله کمتر از این مقدار باشد، محاسبات مربوطه در دفترچه محاسبات اضافه شود.

۲. در ستونهای قابهای با شکل پذیری متوسط و زیاد، توجه شود که حداکثر نسبت آرماتور طولی در محل وصله به **۶٪** محدود گردد. لذا در صورتی که نسبت آرماتور ستون بیش از **۳٪** باشد، باید آرماتورهای مقطع، در طول ستون در محلهای متفاوت وصله شوند به نحوی که در هر مقطع ستون، نسبت آرماتور از ۶٪ فراتر نباشد.

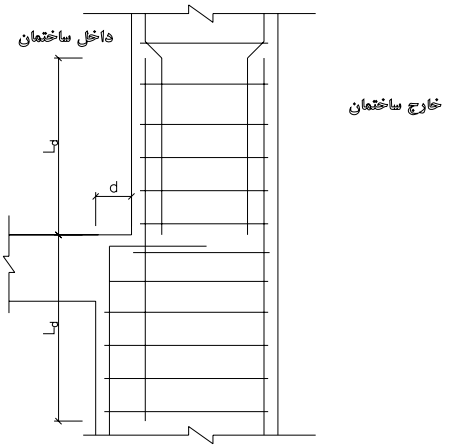
۳. طبق بند های ۹-۲۰-۳-۲-۲-۷ و ۹-۲۰-۴-۲-۳-۱۰ در قابهای با شکل پذیری متوسط و زیاد، در **محل اتصال ستون به شالوده**، باید آرماتور عرضی حداقل در طول ۳۰۰ میلیمتر در شالوده ادامه یابد. همچنین در قسمت های خارج از ناحیه بحرانی ستونها (محدوده میانی ستونها) طبق بند ۹-۱۲-۶-۴-۱ حداکثر فاصله بین آرماتورهای عرضی ستون به d/2 محدود میشود.

۴. در مورد آرماتور عرضی تیرها در قابهای با شکل پذیری متوسط و زیاد، حداقل طول **"دو برابر ارتفاع تیر"** برای آرماتورگذاری عرضی ویژه کنترل شود. همچنین حداکثر فاصله مجاز آرماتورهای عرضی در این ناحیه برابر **یک چهارم ارتفاع موثر تیر (d)** در نظر گرفته شود و فاصله اولین آرماتور عرضی از بر ستون بیش از ۵ سانتیمتر نباشد.

۵. در مورد تیرهای اصلی که تیرهای فرعی با بار قابل توجه به صورت تودلی به آنها متصل میشوند، باید آرماتور پیچشی **طولی و عرضی** محاسبه شده توسط نرم افزار به طور مناسب با آرماتورهای خمشی و برشی تیرهای اصلی ترکیب شده و در نقشه ها درج شود. در مورد جزئیات طراحی و نحوه ترکیب آرماتورها و چیدمان آنها در مقطع، توجه به بخشهای ۹-۱۲-۷ تا ۹-۱۲-۱۲ مبحث نهم لازم است. طبق بندهای ۹-۱۲-۸-۳، ۹-۱۲-۹-۱ و ۹-۱۲-۱۲-۱ باید آرماتور پیچشی طولی به طور یکنواخت دور تا دور مقطع توزیع شده و ترکیب آرماتور پیچشی (طولی و عرضی) با آرماتور خمشی و برشی انجام شود.

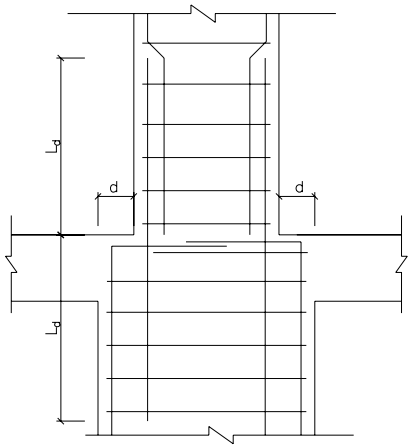
۶. در مورد تغییر مقطع ستونهای بتنی که در نما قرار میگیرند، باید کوچک شدن ستون فقط از سمت داخل ساختمان انجام شود. با توجه به بخش ۹-۱۱-۱۲ مبحث نهم، در صورتی که میزان عقب نشینی مقطع ستون از یک سمت بیش از **۷۵ میلیمتر** باشد یا شیب ملایم تر از **۱ به ۶** برای میلگرد طولی ستون تامین نشود باید در محل عقب نشینی آرماتور ستون پایینی با خم استاندارد مهار شود و برای ستون بالایی آرماتور انتظار در ستون

پایینی پیش بینی شود. در مورد ستونهای میانی نیز که کوچک شدن مقطع از دو طرف انجام میگیرد، در صورتی که شرایط فوق برقرار باشد، باید آرماتوربندی با توجه به این جزئیات رسم شود. لطفا به شکل های ذیل توجه شود:



نحوه تغییر مقطع ستونهای کناری ساختمان

d > 75mm



نحوه تغییر مقطع ستونهای میانی ساختمان

d > 75mm

۷. برای تیرهای با دهانه کوتاه در قابهای شکل پذیر متوسط و زیاد، توجه شود که طبق بند ۹-۲۰-۳-۱-۱-۱ مبحث نهم، حداکثر مقدار عمق موثر تیر باید به **یک چهارم دهانه آزاد تیر** محدود شود. همچنین به علت طول کوتاه این دهانه ها، نیروی برشی حاصل از زلزله در این دهانه ها نسبت به دیگر تیرها بیشتر بوده و آرماتور برشی مورد نیاز نسبت به دیگر تیرها بیشتر خواهد بود که توجه طراح سازه به آن ضروری است.

۸. در تیرهای قاب های خمشی بتنی با شکل پذیری متوسط و زیاد، طبق بندهای ۹-۲۰-۳-۱-۲-۲ و ۹-۲۰-۴-۱-۲-۲ باید در بر ستون مقاومت لنگر خمشی مثبت حداقل به میزان **نصف** مقاومت لنگر خمشی منفی تامین شود. به این منظور لازم است در بر ستونها مقدار آرماتور تحتانی (آرماتور فشاری) کمتر از نصف آرماتور فوقانی (آرماتور کششی) نباشد.

۹. در تیرهای قاب های خمشی بتنی با شکل پذیری متوسط و زیاد، طبق بندهای ۹-۲۰-۳-۱-۲-۲ و ۹-۲۰-۴-۱-۲-۳ باید حداقل **یک چهارم** آرماتور موجود در مقاطع بر تکیه گاه ها، (هر انتها که آرماتور بیشتری دارد) در سراسر طول تیر ادامه داشته باشند.

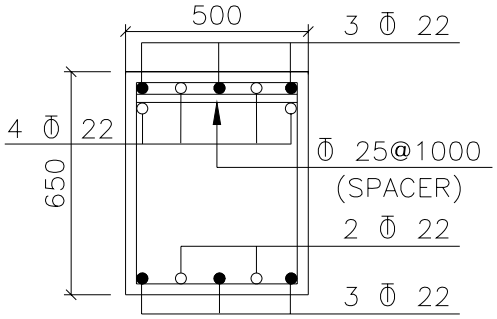
۱۰. در مقاطع تیرها، حداقل فواصل آزاد بین میلگردها طبق بخش ۹-۱۱-۱۱ مبحث نهم رعایت گردد. رابطه تقریبی زیر به عنوان راهنما پیشنهاد می شود:

$$n = \text{Integer}[(b - 65)/(2d_b + 35)]$$

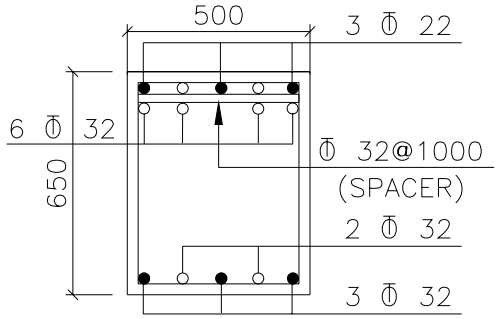
b : عرض تیر بر حسب میلیمتر

d_b : قطر میلگرد طولی بر حسب میلیمتر

n : حداکثر تعداد میلگرد با احتساب میلگردهای سراسری و تقویتی



SECTION A–A



SECTION B–B

رابطه فوق درحالت وصله شدن کلیه میلگردها به دست آمده است. در صورتی که طول تیر به نحوی باشد که احتیاج به وصله نداشته باشد، حداکثر تعداد میلگردها قابل افزایش خواهد بود. به هر حال، در مواردی که تعداد میلگرد مورد نیاز بیشتر از حداکثر تعداد مجاز میلگرد باشد، باید آرماتورها در دو یا چند سفره چیده شوند. در این حالت حداقل فاصله لازم بین سفره های متوالی، طبق بند ۹-۱۱-۱۱-۱-۳ باید برابر **حداکثر دو مقدار**

۲۵ میلیمتر و بزرگترین قطر میلگرد طولی باشد. در فایل کامپیوتری سازه نیز باید مقدار پوشش بتنی تیرها متناسب با تعداد سفره های میلگرد افزایش یابد به نحوی که نشان دهنده مرکز سطح تقریبی مجموعه میلگردها باشد. جزئیات مورد نظر در شکل های فوق نشان داده شده است.

۱۱. در مقاطع ستونها، حداقل فواصل آزاد بین میلگردها طبق بخش ۹-۱۱-۱۱ مبحث نهم رعایت گردد. رابطه تقریبی زیر به عنوان راهنما پیشنهاد می شود:

$$n = \text{Integer}[(c-55)/(2d_b+40)]$$

c : عرض ستون بر حسب میلیمتر

d_b : قطر میلگرد طولی ستون بر حسب میلیمتر

n : حداکثر تعداد میلگرد در ضلع ستون به عرض c

۱۲. در مورد تیرهایی که عرض آنها **بزرگتر از عرض ستون تکیه گاهی** است، جزئیات کامل اتصال تیر به ستون با رسم نحوه عبور آرماتورهای تیر از ستون نشان داده شوند.

۱۳. توجه شود که برای قابهای با شکل پذیری متوسط و زیاد، طبق بندهای ۹-۲۰-۳-۱-۱-۲ و ۹-۲۰-۴-۱-۱-۲ برون محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می دهد، (فاصله محورهای هندسی دو عضو) نباید بیشتر از یک چهارم عرض مقطع ستون باشد.

۱۴. با توجه به اینکه باید آرماتور تیرها با قلاب 90° در **ستونهای کناری** سازه مهار شوند و با توجه به اینکه طول قلاب استاندارد 90° حدود 15ϕ است، حداقل اندازه مجاز ستونها ۳۵x۳۵ سانتیمتر خواهد بود که در این حالت حداکثر قطر مجاز برای آرماتور طولی تیر برابر ۱۸ میلیمتر است. به عنوان یک رابطه تقریبی، حداقل بعد لازم برای ستون بر حسب قطر میلگرد تیر، برابر $15\phi + 70$ میلیمتر خواهد بود.

۱۵. در صورت استفاده از آرماتور برشی مارپیچ، طبق بند ۹-۱۱-۹-۴-۳ در هر گام مارپیچ فاصله آزاد بین میلگردها نباید از **۷۵ میلیمتر** بیشتر باشد.

۱۶. در صورت استفاده از قاب خمشی بتنی **با شکل پذیری زیاد**، توجه شود که کنترل **آرماتور عرضی ستونها در نواحی بحرانی** (موضوع بند ۹-۲۰-۴-۲-۳-۲) توسط نرم افزار انجام نمی شود و این محاسبات باید به صورت دستی در دفترچه محاسبات انجام و آرماتور لازم در نقشه ها درج گردد.

۱۷. در صورت استفاده از دیوار برشی، برای انتقال بار از دیافراگم سقف به دیوار برشی باید **آرماتور دوخت** مورد نیاز با عملکرد برش اصطکاکی طبق بخش ۹-۱۲-۱۳ برای نیروهای انتقالی دیافراگم که از بخش ۶-۷-۲-۷ محاسبه می شود طراحی گردد. این نکته باید در مورد دیوارهایی که به علت قرار گرفتن در کنار بازشوهای سقف، اتصال کامل به دیافراگم ندارند به طور ویژه بررسی شود. توصیه می شود اصولا از کاربرد دیوارهای برشی در کنار بازشوهای سقف اجتناب گردد.

۱۸. در مورد دالهای بتنی (سقف و رمپ) کنترل **حداقل ضخامتها** طبق ضوابط فصل ۱۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در دفترچه محاسبات انجام گیرد. در غیر این صورت باید کنترل تغییر شکل برای ضخامت مورد نظر، طبق ضوابط این فصل با انجام محاسبات تغییر شکل در حالت بهره برداری، انجام شود.

۱۹. طبق بند ۹-۹-۷-۲ در سازه های بتنی در صورتی که طول یا عرض ساختمان از مقادیر تعیین شده (۳۵ متر برای شرایط آب و هوایی تهران) تجاوز کند، اجرای **درز انبساط** به مقدار حداقل $\alpha L \Delta T$ الزامی است. درز انبساط باید در شالوده نیز ادامه یابد. در ضمن با توجه به شرایط سازه باید مقدار درز انبساط با حداقل عرض **درز انقطاع** نیز طبق بند ۶-۷-۱-۳-۴ کنترل گردد.

۶- نکات حائز اهمیت در جزئیات سازه های فلزی

۱. در صورت استفاده از سقف مرکب، طراحی تیرچه های فولادی و کنترل تغییر شکل آنها در فایل سازه یا در دفترچه محاسبات انجام شود. طراحی کامل برش گیرهای لازم در تیرهای مرکب نیز در دفترچه محاسبات ذکر گردد. در توضیحات نقشه لزوم یا عدم لزوم **شمع بندی زیر تیرچه ها**، با توجه با فرضیات طراحی، به طور دقیق مشخص شود.

۲. در مورد اعضای فشاری با مقطع دوبل به ویژه بادبندها، باید طبق بند ۱۰-۱-۵-۴-ب مبحث دهم، **قطعات لقمه** به فواصل مناسب در طول اعضاء به نحوی به کار روند که ضریب لاغری نیمرخ بین دو قطعه لقمه از ۳/۴ ضریب لاغری تعیین کننده کل عضو مرکب تجاوز نکند.

۳. در مورد ورقهای تقویتی بال تیرها، توجه شود که طبق بند ۱۰-۱-۲-۶-پ باید **سطح مقطع ورق تقویتی بال تیر** از ۷۰٪ مجموع سطح مقطع بال تیر و ورق تقویتی کمتر باشد. (به عبارت دیگر سطح مقطع ورق تقویتی از حدود دو برابر سطح مقطع بال کمتر باشد) همچنین طول ورقهای تقویتی تیرها و نحوه قطع آنها، طبق بند ۱۰-۱-۲-۶-ث محاسبه و جزئیات لازم شامل ابعاد ورقها و نحوه جوشکاری در نقشه ها ذکر گردد.

۴. توجه شود که در اتصالات گیردار تیر به ستون، **عرض بال تیر** متناسب با عرض بال ستون باشد به نحوی که امکان انتقال کامل نیروها از طریق ورقهای اتصال گیردار به ستون امکان پذیر باشد.

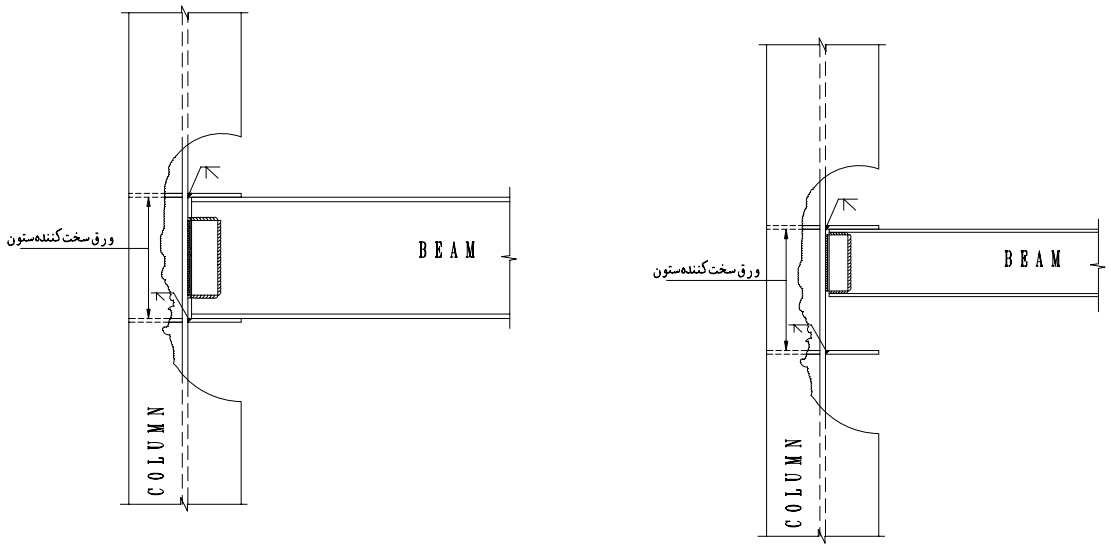
۵. برای قابهای خمشی با شکل پذیری متوسط، باید **ضوابط بخش ۱۰-۳-۸** درباره اتصالات تیرها و ستونها، ورقهای پیوستگی و **مقاومت برشی تیرهای قاب خمشی** رعایت شود و محاسبات مربوطه در دفترچه محاسبات و فایل سازه انجام شود.

۶. برای قابهای خمشی ویژه، رعایت کلیه بندهای مربوطه (**۱۰-۳-۹-۱ الی ۱۰-۳-۹-۶**) الزامی است. محاسبات و کنترلهای مربوط به این بندها باید در دفترچه محاسبات و فایل سازه انجام شود. در این مورد به ویژه به لزوم **مهار جانبی هر دو بال تیرها** طبق بند ۱۰-۳-۹-۴-ت توجه شود.

۷. در مهاربندی های هم محور رعایت ضوابط **بخش ۱۰-۳-۱۰** الزامی است و محاسبات مربوطه باید در دفترچه محاسبات و فایل سازه در نظر گرفته شود. از جمله نکات مهم در این بخش، اعمال ضریب کاهش تنش مجاز B

(بند ۱۰-۳-۱۰-۲-ب) و طراحی مهاربندیهای ۷ و ۸ برای ۱/۵ برابر نیروی زلزله است. همچنین **حداکثر ضریب لاغری**، طبق بند ۱۰-۳-۱۰-۲-الف به $\frac{6025}{\sqrt{F_y}}$ محدود شده است.

۸. برای اتصالات تیرها، ستونها، بادبندها و وصله های آنها تعداد کافی جزئیات در وضعیت های مختلف موجود در سازه رسم شود. توجه شود که مطابق شکل زیر **ورقهای پیوستگی** در داخل ستونها به نحوی ارائه شوند که با اتصال تیر متعامد برخورد نداشته باشند.



۹. در صورت استفاده از اتصالات پیچی، توصیه می شود همواره از **اتصالات اصطکاکی** استفاده شود. به هرحال برای شرایط ذکر شده در بند ۱۰-۱-۷-۱-ش استفاده از اتصالات اصطکاکی (یا جوشی) **الزامی** است و کاربرد اتصالات پیچی اتکایی مجاز نیست.

۱۰. در صورت استفاده از ستون های فلزی در ترکیب با دیوارهای برشی به موارد ذیل توجه گردد:

- برای عملکرد یکپارچه ستون فلزی و دیوار بتنی، باید انتقال نیرو بین دو مجموعه توسط برش گیرهایی از پروفیل ناودانی در ارتفاع ستون انجام گیرد.

- در صورتی که ستون کاملا در داخل دیوار محاط شود آرماتور های افقی دیوار باید به صورت پیوسته از کنار ستون عبور کنند.
- در صورتی که ستون دیوار را به دو بخش تقسیم کند و امکان اجرای پیوسته آرماتور افقی دیوار در محل ستون وجود نداشته باشد، باید آرماتورهای افقی در بر ستون به قلاب استاندارد ختم شوند.
- اگر مقطع ستون بسته باشد (نظیر قوطی یا لوله) در محل تماس با دیوار برای جلوگری از لهیدگی ستون، توصیه می شود مقطع آن با بتن (عیار ۱۵۰) پر شود.

۷- نکات مهم در دفترچه محاسبات

۱. در ابتدای دفترچه محاسبات باید مشخصات کلی پروژه، شامل محل زمین، کاربری، ابعاد، تعداد طبقات، سیستمهای مقاوم باربر ثقلی و جانبی، آیین نامه ها و نرم افزارهای مورد استفاده و نکات مهم گزارش خاک از جمله نوع خاک از نظر لرزه ای، تنش مجاز و ضریب عکس العمل خاک برای انواع شالوده ها ذکرگردد.

۲. دفترچه محاسبات باید به **مُهر مهندس طراح و شرکت مشاور** مربوطه ممهور گردد.

۳. بارگذاری ثقلی باید به طور کامل در دفترچه محاسبات شرح داده شود. در بارگذاری ثقلی باید جزئیات کلیه سقفها، دیوارهای پیرامونی و تیغه بندی ها طبق نقشه های معماری مشخص شود و محاسبه بار بر اساس آن و ضوابط مبحث ششم انجام گیرد. توجه شود که در جزئیات بارگذاری سقف طبقات، مصالح پر کننده برای عبور لوله ها باید از نوع پوکه معدنی با حداقل وزن مخصوص $\mathbf{600\ kg/m^3}$ و با ضخامت حداقل ۷ سانتیمتر و ضخامت مصالح پرکننده برای شیب بندی بام، حداقل برابر ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود. بارهای زنده برای هر فضا با توجه به کاربری آن از مبحث ششم تعیین و در محاسبات منظور شوند. در مورد بالکن ساختمان های مسکونی، حداقل بار زنده گسترده برابر $\mathbf{300\ kg/m^2}$ اعمال گردد.

۴. بارگذاری جانبی سازه باید به طور کامل در دفترچه محاسبات شرح داده شود. در بارگذاری جانبی، جزئیات محاسبه **زمان تناوب** مورد استفاده و بارهای **استاتیکی معادل** (و دینامیکی در صورت لزوم) به طور کامل ارائه شود. درصد مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله طبق جدول ۶-۷-۱ مبحث ششم تعیین شود.

۵. در صورت منظم بودن سازه، کنترل کلیه بندهای **بخش ۶-۷-۱-۸** مبحث ششم باید در دفترچه محاسبات ذکر گردد. در صورت نامنظم بودن سازه در ارتفاع یا پلان و عدم کفایت تحلیل استاتیکی (طبق بخش ۶-۷-۲-۳) جزئیات **تحلیل طیفی** و در صورت لزوم نحوه ترکیب اثرات زلزله در دو جهت متعامد (بند ۶-۷-۲-۱-۳) ارائه گردد.

۶. توجه شود که در کنترل نامنظمی پیچشی (بند ۶-۷-۱-۸-۱-ث) باید تغییر مکان **نسبی** در هر طبقه مورد توجه قرار گیرد، ولی در محاسبه ضریب A_j (بند ۶-۷-۲-۵-۱۰-۳) تغییر مکان مورد استفاده، تغییر مکان **مطلق** طبقه است. خروجی نرم افزار ETABS2000 در بخش Summary Report نیز بر مبنای تغییر مکان **مطلق** طبقه است و تنها در محاسبه A_j قابل استفاده است. بنابراین ممکن است در برخی سازه ها نامنظمی

پیچشی (بند ۶-۷-۱-۸-۱-۱-ث و با کنترل تغییر مکان **نسبی** در هر طبقه) وجود داشته باشد، لیکن مقدار محاسبه شده برای ضریب A_j (بر مبنای تغییر مکان **مطلق** طبقه) کمتر از واحد باشد. در این شرایط سازه در پلان نامنظم محسوب شده و باید ضوابط مربوط به نامنظمی در پلان، از جمله ترکیب اثر زلزله در دوجهت (بند ۶-۷-۲-۱-۳) در تحلیل سازه مد نظر قرار گیرد، لیکن ضریب A_j برابر واحد درنظر گرفته می شود. بنابراین لازم به توجه اکید است که در تعیین وجود یا عدم وجود نامنظمی پیچشی، استناد به خروجی نرم افزار ETABS در بخش Summary Report قابل قبول نبوده و این کنترل باید بر مبنای تغییر مکان **نسبی** در هر طبقه انجام و ریز محاسبات در دفترچه محاسبات اضافه شود.

۷. در صورت وجود **فشار جانبی خاک**، باید محاسبات مربوط به طراحی دیوارهای پیرامونی برای فشار فعال استاتیکی و دینامیکی خاک در دفترچه محاسبات ارائه گردد. توجه شود که نرم افزار ETABS طراحی دیوار را برای خمش حول محور ضعیف (ضخامت دیوار) انجام نمی دهد.

۸. در صورت استفاده از **سقف تیرچه بلوک یا سقف مرکب**، جزئیات طراحی تیرچه های بتنی و یا فلزی در دفترچه محاسبات ذکر شود. اگر طراحی تیرچه های سقف مرکب توسط نرم افزار ETABS انجام می گیرد، فرضیات طراحی در دفترچه محاسبات ذکر شود.

۹. برای سازه های بتنی، در صورت وجود دیوار برشی، درباره **نحوه طراحی دیوار** در فایل کامپیوتری توضیحات لازم درج شود.

۱۰. در صورت استفاده از **شمع در شالوده**، فرضیات تحلیل و طراحی و کنترل شمع برای نیروهای فشاری و کششی وارده در دفترچه محاسبات ذکر گردد.

۱۱. در صورت استفاده از قاب خمشی بتنی **با شکل پذیری زیاد**، توجه شود که کنترل آرماتور عرضی ستونها در نواحی بحرانی (**موضوع بند ۹-۲۰-۴-۲-۳-۲**) توسط نرم افزار انجام نمی شود و این محاسبات باید به صورت دستی در دفترچه محاسبات انجام و آرماتور لازم در نقشه ها درج گردد.

۱۲. برای سازه های فلزی، **طراحی اتصالات** تیرهای ساده و گیردار، وصله ستونها، ورق کف ستون(به ویژه ستونهای گیردار واقع در گوشه ها) و بادبندها برای حداقل دو حالت بحرانی ارائه شود.

۱۳. در سازه های فلزی، کنترل مقادیر **b/t** و $\mathbf{h/t_w}$ برای تیرها و ستونها، طبق بخش ۱۰-۱-۱-۹ و ۱۰-۳ مبحث دهم انجام گیرد. در ضمن توجه شود که برای فشرده بودن مقطع تیرورقها، باید جوش بال به جان سراسری باشد. در صورت عدم کاربرد جوش سراسری، مقطع تیرورق فشرده محسوب نشده و نمی توان از تنش مجاز

خمشی $\mathbf{0.66F_y}$ استفاده کرد. این نکته باید در تنش مجاز مورد استفاده در طراحی کامپیوتری نیز باید مد نظر قرار گیرد.

۱۴. برای قابهای خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط، باید ضوابط **بخش ۱۰-۳-۸** درباره اتصالات تیرها و ستونها، ورقهای پیوستگی و مقاومت برشی تیرهای قاب خمشی رعایت شود و محاسبات مربوطه در دفترچه محاسبات ارائه گردد.

۱۵. برای قابهای خمشی فولادی ویژه، رعایت کلیه بندهای مربوطه (**۱۰-۳-۹-۱ الی ۱۰-۳-۹-۶**) الزامی است. محاسبات و کنترلهای مربوط به این بندها باید در دفترچه محاسبات ذکر شود.

۱۶. در سازه های فلزی، برای تیرها و شاهتیرها کنترل افتادگی و **ارتعاش** طبق ضوابط بخش ۱۰-۱-۹-۳ انجام گیرد. مواردی که در فایل سازه قابل کنترل نیست، در دفترچه محاسبات به صورت دستی کنترل گردد.

۱۷. برای کنترل تغییر شکل جانبی سازه تحت اثر زلزله، باید **جدول خروجی تغییر مکان نسبی** حاصل از تحلیل در دفترچه محاسبه درج شود و مقادیر مجاز تغییر مکان نسبی نیز بر مبنای مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محاسبه، ذکر و با مقادیر تغییر مکان موجود مقایسه گردد. توصیه میشود بررسی **نامنظمی پیچشی** (بند ۶ بالا) نیز در همین جدول انجام گیرد.

۱۸. توجه شود که اگر طراحی سازه با استفاده از بارهای **استاتیکی** معادل انجام شده است، تغییر مکان جانبی نیز باید در حالت بار زلزله استاتیکی کنترل شود و در صورتی که طراحی سازه با استفاده از روش **طیفی** انجام شده باشد، تغییر مکان جانبی نیز باید تحت اثر طیف کنترل شود.

۱۹. در صورت کاربرد دیوار برشی یا مهاربندی فولادی در سازه و نیاز به کاهش آنها در طبقات بالاتر، توصیه می شود حتی الامکان از کاهش ناگهانی تعداد زیادی از دهانه های دیوار برشی یا مهاربندی اجتناب شود. به هر حال در صورتی که کاهش دیوار برشی و مهاربندیها به نحوی باشد که سازه مشمول **نامنظمی در ارتفاع** شود، تحلیل طیفی باید انجام شود.

۲۰. جزئیات پارمترهای طراحی **سازه نگهبان** شامل ارتفاع گود، سربار ساختمانهای مجاور، فاصله بین خرپاها، زاویه اصطکاک داخلی خاک، چسبندگی خاک، وزن مخصوص خاک و نحوه انتخاب خرپای مربوطه در دفترچه محاسبات ذکر شود.

۸- نکات کلی درباره فایل مدل کامپیوتری سازه

۱. با توجه به امکانات مناسب نرم افزار **ETABS2000** و **SAFE2000** برای مدل سازی و طراحی سازه ها وشالوده ها، توصیه اکید می شود از این نرم افزارها برای طراحی سازه و شالوده استفاده گردد.

۲. در صورت وجود **نیم طبقه** در سازه، اگر در نرم افزار ETABS به جای "طبقه" از Reference plane برای مدل سازی استفاده شود، به منظور توزیع صحیح نیروی جانبی در ارتفاع سازه، باید در قسمت Mass Source گزینه Lump Lateral Mass at Story Levels غیر فعال شود.

۳. در صورت استفاده از ضریب **کاهش بار زنده**، توجه شود که طبق بند ۶-۳-۸-۱ کاهش بار برای بامها و پارکینگها مجاز نیست. بنابراین بار زنده این قسمتها باید از نوع LIVE و بار قسمتهای قابل کاهش از نوع Reducible Live تعریف شود. توصیه می شود از کاهش بار برای تیرها صرفنظر شود و برای ستونها نیز از گزینه **User Defined by stories Supported** استفاده شود و مقادیر کاهش بار طبق درصدهای ارائه شده در بند ۶-۳-۸-۳ مبحث ششم اعمال شود.

۴. بار مرده و زنده **پله ها و رمپها** در مدل سازه به طور مناسب اعمال گردد.

۵. در حالتی که از تیرچه دوبل در سقف تیرچه بلوک استفاده می شود، اثر **اضافه وزن بتن تیرچه دوبل** در بار مرده سقف آن محدوده، در نظر گرفته شود.

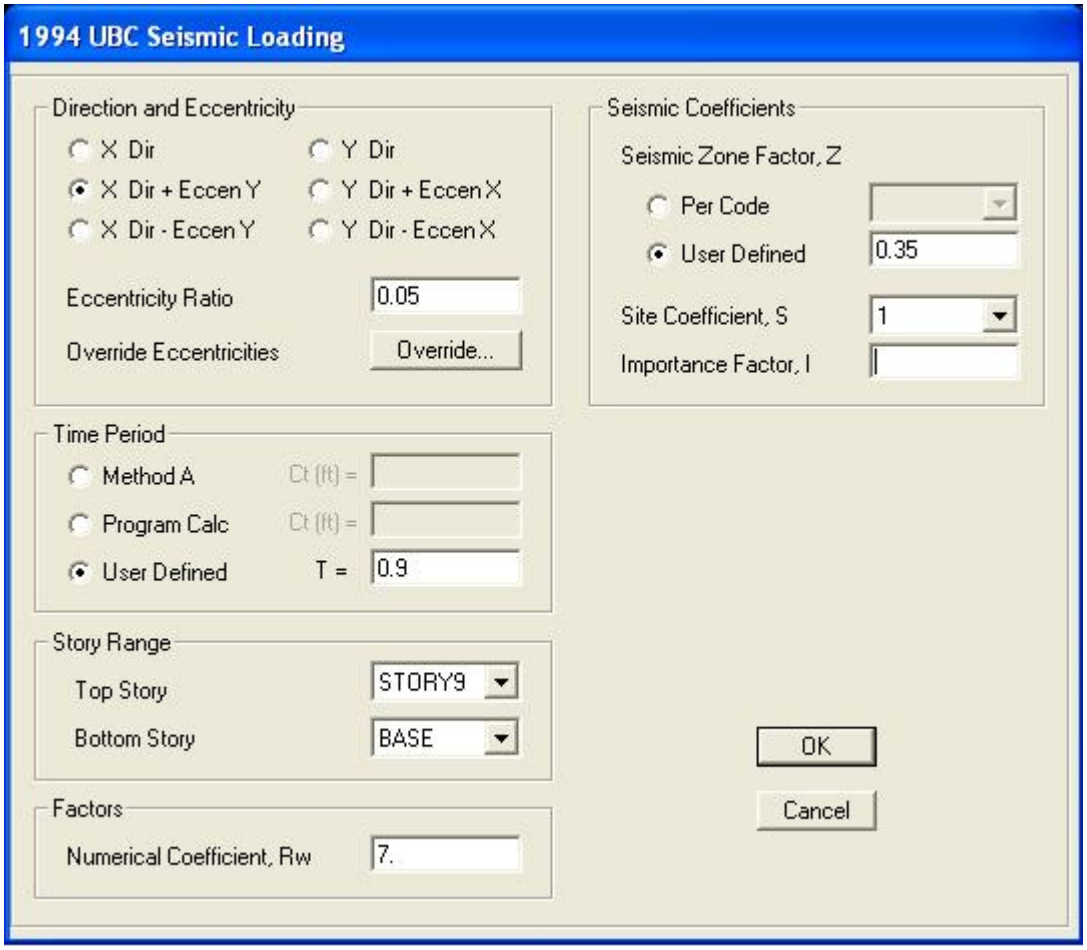
۶. کاهش وزن و جرم حجمی مصالح در فایل سازه قابل پذیرش نیست. اصولا **کاهش وزن** فقط برای تیرهای بتنی (جهت حذف وزن قسمت مشترک با دالها) قابل توجیه است که باید از گزینه weight property modifier یا mass property modifier استفاده شود و ریز محاسبات آن نیز در دفترچه محاسبات ذکر شود. لیکن به طور کلی توصیه اکید می شود برای در نظر گرفتن اثرات بارهای مرده پیش بینی نشده، از کاهش وزن اسکلت صرفنظر شود.

۷. درصد مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله طبق جدول ۶-۷-۱ مبحث ششم تعیین شود. توجه شود که برای قسمتهای تجاری، این درصد برابر **۴۰٪** است.

۸. در صورت استفاده از روش تحلیل استاتیکی معادل، در حالتهایی که زمان تناوب اصلی سازه بیشتر از ۰/۷ ثانیه است، باید اثر **نیروی شلاقی** نیز درنظر گرفته شود. توجه شود که در صورت استفاده از گزینه **USER COEFFICIENT** در نرم افزارها، اثر نیروی شلاقی در نظر گرفته نمی شود و در این حالتها باید از گزینه

UBC94 به نحوی استفاده شود که نتایج آن منطبق بر مبحث ششم باشد. به این منظور باید طبق شکل زیر زمان تناوب محاسبه شده T، ضریب رفتار R و ضریب Z برابر شتاب مبنای زمین (A) طبق ضوابط مبحث ششم برای هر سازه محاسبه و معرفی شوند. همچنین جهت هماهنگی نتایج با برش پایه و نیروی شلاقی حاصل از مبحث ششم، باید ضریب S (Site coefficient) در منوی بارگذاری UBC-94 همواره برابر واحد معرفی شود و ضریب اهمیت طبق رابطه زیر محاسبه و معرفی شود:

$$I_{UBC-94} = I_{IRAN} \times 0.8 \times (S_{IRAN} + 1) \times (T_s^{2/3})$$



البته باید توجه شود که این معادل سازی فقط برای حالتهایی که زمان تناوب اصلی سازه بیشتر از ۰/۷ ثانیه است و فقط برای خاک نوع II و III صحیح است که معمولا در بیشتر حالتهای عملی قابل استفاده خواهد بود.

به عنوان مثال برای خاک نوع III و ضریب اهمیت ۱/۰ :

$$I_{UBC-94} = 1 \times 0.8 \times (1.75+1) \times (0.7^{2/3}) = 1.734$$

و برای خاک نوع II و ضریب اهمیت ۱/۰ :

$$I_{UBC-94} = 1 \times 0.8 \times (1.5+1) \times (0.5^{2/3}) = 1.26$$

به هر حال توصیه می شود همواره پس از انجام تحلیل کامپیوتری، مقادیر برش پایه و نیروی شلاقی با محاسبات دستی کنترل شود.

۹. توجه شود که **ترکیبات بار** مورد استفاده در قسمت طراحی، کاملا منطبق بر آیین نامه طراحی مورد استفاده باشد.

۱۰. در فایل سازه باید **خرپشته و اتاق کنترل آسانسور**، هماهنگ با نقشه معماری مدل و بارگذاری شوند.

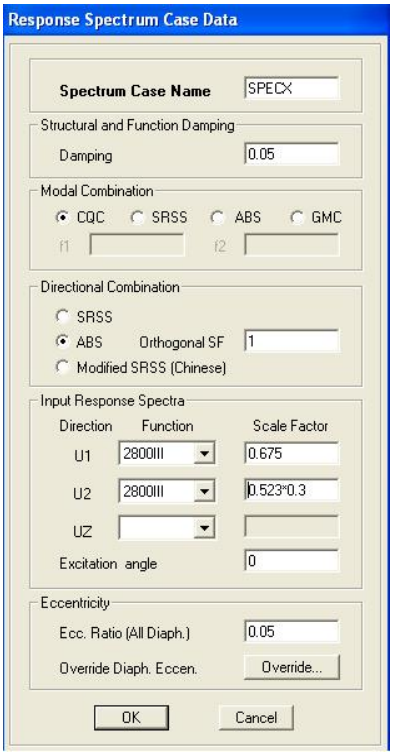
۱۱. **بار آسانسور و پله ها** به نحو مناسبی به تکیه گاه های مربوطه اعمال شود. حداقل بار آسانسور برابر ۱/۵ تن و با اعمال ضریب ضربه ۲ در نظر گرفته شود.

۱۲. در صورت انجام تحلیل طیفی، رعایت بند ۶-۷-۲-۶-۲-۲ درباره مقدار **درصد مشارکت جرمی** حاصل از تحلیل (Mass Participation Ratio) در جهت های SUMUX, SUMUY, SUMRZ کنترل شود. به هر حال درصد مشارکت جرمی کمتر از **۹۰٪** قابل قبول نیست.

۱۳. برای ساختمان های با اهمیت زیاد، خیلی زیاد و یا بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه، کنترل سازه برای **زلزله سطح بهره برداری**، از نظر تلاشهای ایجاد شده در اعضای سازه ای و کنترل تغییر شکل جانبی، طبق ضوابط بخش ۶-۷-۳-۹ انجام گیرد. به این منظور باید فایل جداگانه ای تهیه و در لوح فشرده پروژه به سازمان تحویل شود.

۱۴. در حالتهایی که هم **تحلیل طیفی** و هم **ترکیب نیرو های لرزه ای در دو جهت متعامد** (۳۰٪-۱۰۰٪) لازم است، طبق یکی از دو روش ذیل عمل شود:

الف) در این حالت باید در هنگام تعریف طیف در یک جهت (U1)، طیف جهت دیگر(U2) نیز با ضریب ۳۰٪ تعریف شود و برای نوع ترکیب بار دو جهت (**Directional Combination**) از گزینه **ABS** با ضریب Orthogonal SF=1.0 استفاده شود. در این حالت، همپایگی با برش پایه نیز با در نظر گرفتن ضرائب ۱۰۰٪ و ۳۰٪ انجام می شود و با توجه به اینکه ترکیب دو جهت در حالت بار طیف انجام شده است، احتیاجی به تغییر در ترکیب بارها نیست.



ب) یک حالت بار طیف در جهت طولی (به عنوان مثال با نام specX) و یک حالت بار طیف در جهت عرضی (به عنوان مثال با نام specY) تعریف شده و به طور مناسب با برش پایه استاتیکی مربوط به جهت طیف همپایه شود. در این حالت در ترکیب بارها، ضریب ۱۰۰٪ و ۳۰٪ در **ضرایب ترکیب بار** تاثیر داده شوند و ترکیب نیروی زلزله دو جهت در ترکیب بارها در نظر گرفته شوند.

۹- نکات مهم در فایل مدل کامپیوتری سازه های بتنی

۱. در مورد **شکل پذیری تیرها و ستونها**، رعایت موارد ذیل ضروری است:

الف) شکل پذیری ستونها و تیرهای اصلی (تیرهایی که از هر دو طرف به ستون متصل هستند) با توجه به شکل پذیری فرض شده برای سیستم باربر جانبی (شکل پذیر معمولی، متوسط و زیاد) تعیین شود.
(Sway ordinary, Sway intermediate, Sway special)

ب) شکل پذیری تیرهای کنسول و تیرهای فرعی (تیرهایی که از یک طرف یا هر دو طرف به تیر متصل هستند) ازنوع شکل پذیر معمولی (sway ordinary) تعیین شود.

۲. برای در نظر گرفتن اثر **ترک خوردگی در تیرها و ستونهای بتنی**، به نکات زیر توجه شود:

الف) برای تحلیل و طراحی سازه و کنترل "تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح" ضرائب ترک خوردگی سختی خمشی ستونها در هر دو جهت برابر **۰/۷** و برای تیرها برابر **۰/۳۵** در نظر گرفته شود. همچنین برای تیرها ضریب ترک خوردگی سختی پیچشی، طبق ضوابط تفسیر آیین نامه بتن ایران، برابر **۰/۱۵** اعمال گردد. این ضریب باعث کاهش قابل توجه لنگر پیچشی وارد بر تیرها شده و سهولت بیشتری در طراحی آرماتور پیچشی و برشی تیر ایجاد مینماید.

ب) برای محاسبه **زمان تناوب تحلیلی سازه** (در صورت نیاز به استفاده از آن) ضرائب ترک خوردگی سختی خمشی ستونها در هر دو جهت برابر **۱/۰** و برای تیرها برابر **۰/۵** در نظر گرفته شود. در صورتی که از زمان تناوب تحلیلی سازه برای محاسبه برش پایه کنترل تغییر مکان جانبی (طبق تبصره بند ۶-۷-۳-۲-۴ مبحث ششم) استفاده شود، نحوه محاسبه برش پایه و ریز محاسبات آن نیز در دفترچه محاسبات ذکر گردد. توجه شود که در صورت استفاده از زمان تناوب تحلیلی در کنترل تغییر شکل، اگر مقدار زمان تناوب تحلیلی سازه بیش از ۰/۷ ثانیه باشد، مقدار مجاز تغییر شکل جانبی نسبی طرح به ۰/۰۲ محدود گردد. (حتی اگر زمان تناوب تجربی سازه کمتر از ۰/۷ ثانیه باشد)

پ) برای محاسبه "تغییر مکان جانبی نسبی بهره برداری" تحت اثر زلزله **سطح بهره برداری**، ضرائب ترک خوردگی سختی خمشی ستونها در هر دو جهت برابر **۱/۰** و برای تیرها برابر **۰/۵** در نظر گرفته شود.

۳. کلیه اتصالات در سازه های بتنی یکپارچه باید از نوع گیردار باشد و اتصال مفصلی مجاز نیست. جهت کاهش لنگر پیچشی وارد بر تیرهای بتنی، طبق ضوابط تفسیر آیین نامه بتن ایران، **ضریب اصلاح سختی پیچشی**

برابر ۰/۱۵ بر کلیه تیرها اعمال گردد. این ضریب باعث کاهش قابل توجه لنگر پیچشی وارد بر تیرها شده و سهولت بیشتری در طراحی آرماتور پیچشی و برشی تیر ایجاد می نماید.

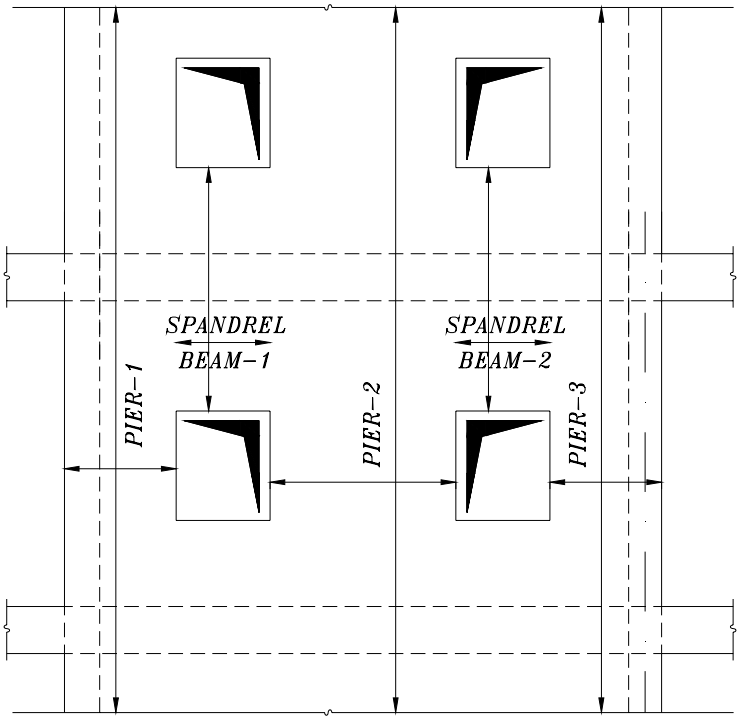
۴. جهت محاسبه صحیح جرم موثر طبقه آخر (بام) در محاسبات نیروی زلزله، باید **نصف وزن دیوارهای پیرامونی** بر تیرهای این تراز وارد شود. معمولا طراحان این بار را در یک حالت بار از نوع other به سازه اعمال میکنند. توجه شود که علاوه بر وزن دیوار پیرامونی، باید نصف وزن تیغه بندی طبقه آخر نیز در این حالت بار به صورت بار گسترده معادل بر دالهای تراز آخر (بام) اعمال شود.

۵. توصیه می شود در **آرماتورهای عرضی** با توجه به سختی بالای میلگردهای AIII که موجب ایجاد ترک در نواحی خم میلگرد می شود، از آرماتور AII با تنش تسلیم $3000\ kg/cm^2$ استفاده شود.

۶. در صورت استفاده از **سیستم باربر جانبی دوگانه**، کنترل قاب خمشی تنها برای ۲۵٪ برش پایه در یک فایل جداگانه انجام شود. در این حالت باید دیوارهای برشی در مدل حفظ شده، لیکن سختی آنها با اعمال ضرائب اصلاح سختی بسیار کوچک از ماتریس سختی حذف شود. ممکن است در این حالت گره های دیوار برشی در بین طبقات به علت حذف سختی دیوار برشی، موجب ناپایداری سازه و بروز warning شوند. جهت حذف این اشکال می توان در فایل ۲۵٪ از مش کردن دیوار برشی صرفنظر کرد تا گره های میان طبقات حذف شوند.

۷. در صورت وجود دیوار برشی در سازه، درباره **فرضیات و روش طراحی دیوار** در دفترچه محاسبات توضیح داده شود. نحوه طراحی دیوارها در فایل سازه باید کاملا مشخص باشد.

۸. در صورت وجود بازشو در دیوارهای برشی، باید مش بندی دیوار به نحوی انجام گیرد که مطابق شکل، به هر یک از مجموعه دیوارهای هر طرف بازشو **(و ستونهای متصل به آنها)** شماره پایه (Pier Label) جداگانه اختصاص داده شود. قسمت هایی از تیرها و دیوارها که مجموعه پایه های دو طرف را به هم وصل میکنند، باید به عنوان تیر همبند (Spandrel beam) تعریف شده و آرماتور طولی، عرضی و **قطری** محاسبه شده توسط نرم افزار برای آن، در نقشه های اجرایی در نظر گرفته شوند. توجه شود که باید فقط قسمتی از تیر که در محدوده بازشو قرار دارد به عنوان تیر همبند تعریف شود، در غیر این صورت، نرم افزار در تعیین دهانه آزاد تیر همبند دچار اشکال شده و نتایج طراحی درست نخواهد بود.


SPANDREL BEAM-1
SPANDREL BEAM-2
PIER-1
PIER-2
PIER-3

۱۰- نکات مهم در فایل مدل کامپیوتری سازه های فلزی

۱. در قسمت تعیین آیین نامه طراحی سازه فلزی در نرم افزار، **گزینه کنترل تغییر شکل تیرها** فعال شود. نزدیکترین آیین نامه طراحی سازه های فلزی به مقررات ملی ساختمان، AISC-ASD89 است، لیکن **ضوابط طرح لرزه ای** (بخش ۱۰-۳ مبحث دهم) در نرم افزار کنترل نمی شود و باید با تغییراتی که طراح در ترکیب بارها و پارامترهای طراحی ایجاد میکند کنترل گردد. برخی از ضوابط طرح لرزه ای نیز که در نرم افزار قابل کنترل نیست باید در دفترچه محاسبات بررسی و محاسبات لازم ارائه شود.

۲. در مورد مهاربندهای ضربدری، توجه شود که **ضرائب لاغری** در جهت محلی مناسب به آنها اعمال گردد. ضریب لاغری برای خمش در داخل صفحه قاب برابر ۰/۵ و برای خمش در خارج از صفحه قاب برابر ۰/۷ منظور گردد. در ضمن توجه شود که در مورد مهاربندیهای ضربدری، به علت برخورد اعضای مهاربندی با هم، نرم افزار ETABS2000 به طور خودکار **ضریب طول مهارنشده** عضو در جهت خمش داخل صفحه (Unbraced Length Ratio) را برابر ۰/۵ محاسبه میکند، بنابراین در این حالت باید ضریب لاغری (K) در جهت خمش داخل صفحه برابر واحد تعریف شود.

۳. گزینه در نظر گرفتن اثرات **P-Δ** در سازه های فاقد مهار جانبی فعال گردد.

۴. در سازه های فلزی با **شکل پذیری متوسط و ویژه**، باید ستونهای سازه تحت اثر ترکیبات بار بخش ۱۰-۳-۶-۱ کنترل شوند. از آنجا که تحت ترکیب بارهای مقاومتی، افزایش تنش مصالح مجاز نیست، لطفا توجه شود که در تبدیل این ترکیبات بار مقاومتی به حالت تنشهای مجاز، باید ترکیبات بار در ضریب افزاینده "۴/۳" ضرب شوند تا اثر افزایش تنشهای مجاز در طراحی کامپیوتری خنثی شود. برای حذف اثر لنگر خمشی در طراحی کامپیوتری، (کنترل این ترکیبات بار) می توان در فایل جداگانه ای که برای بررسی این ترکیبات بار ایجاد می شود، تنش مجاز خمشی ستونها را بینهایت تعریف کرد. با توجه به موارد فوق، ترکیب بارها پس از تبدیل به حالت تنشهای مجاز، به شکل زیر خواهد بود:

الف) فشار محوری:

$$(4/3)(P_D + 0.7P_L + \Omega_\circ P_E)/1.7 \le F_a A$$
$$\rightarrow 0.785P_D + 0.549P_L + 0.785\Omega_\circ P_E \le F_a A$$

ب) کشش محوری:

$$(4/3)(0.6)(0.85P_D + \Omega_\circ P_E) \le F_t A$$

$$\rightarrow 0.68P_D + 0.8\Omega_\circ P_E \le F_t A$$

لازم به توضیح است که اگر در بارگذاری لرزه ای سازه **ترکیب نیروی زلزله در دو جهت** لازم باشد، در ترکیب بارهای فوق نیز باید این مساله در نظر گرفته شود. همچنین در صورت انجام **تحلیل طیفی**، ترکیبات بار فوق باید برای حالت طیفی محاسبه شوند.

۱۱- نکات مهم در فایل مدل کامپیوتری شالوده

۱. **ضریب عکس العمل بستر** طبق نتایج گزارش مکانیک خاک در فایل وارد شود.

۲. علاوه بر ترکیب بارهای طراحی مقاطع بتنی، باید **ترکیب بارهای حالت بهره برداری** نیز برای کنترل تنش زیر شالوده، به نرم افزار معرفی شوند.

۳. جهت در نظر گرفتن نیروهای برکنش، گزینه **Iterative for uplift** با تعداد کافی تکرار (Iteration) فعال شود. حداکثر عرض مجاز برای ناحیه تنش صفر در زیر شالوده، طبق بند ۹-۱۷-۴-۲-۳ **یک چهارم بُعد شالوده** است که باید در ترکیبات بار حالت بهره برداری کنترل شود.

۴. در سازه های دارای **دیوار برشی**، برای انتقال صحیح و واقعی نیروهای دیوار به شالوده باید تقسیم بندی (mesh) دیوارها به حد کافی ریز شود.(تا حدود ۰/۵ متر توصیه می شود)

۵. در ساختمانهای دارای **استخر**، در صورتی که شالوده استخر و سازه به طور یکپارچه در نظر گرفته شوند، باید مدل سازی شالوده نیز با در نظر گرفتن این مساله انجام شود.

۶. در مورد **سازه های فلزی**، اندازه سطح اثر بار برای هر ستون بر روی شالوده (**Size of Load**) برابر ۹۰٪ ابعاد ورق کف ستون تعیین شود تا محاسبات **برش پانچ** بر مبنای آن انجام گیرد.

۷. نوارهای طراحی باید در هر دو جهت به نحوی تعریف شوند که **کل سطح شالوده** را پوشش دهند.

۸. در صورت استفاده از شمع در فونداسیون، اگر **عمق شمع** کم باشد (کمتر از حدود ۱۵ متر) و یا به لایه مقاوم بستر سنگی نرسد، باید از مدل سازی آن در فایل فونداسیون صرفنظر شود. در صورتی که شمع عمیق باشد، با محاسبه سختی **بر مبنای گزارش مکانیک خاک**، در مدل فونداسیون در نظر گرفته شده و پس از تحلیل باید برای نیروهای فشاری و کششی وارد برآن کنترل و **طراحی ابعادی و محاسبه آرماتورگذاری** انجام گیرد. کلیه موارد باید با توجه به توصیه های گزارش مکانیک خاک انجام شود و محاسبات لازم باید در دفترچه محاسبات ذکر شود.

۹. از آنجا که در نرم افزار SAFE محاسبه تنشهای زیر شالوده بدون در نظر گرفتن اثر **ضخامت شالوده** در افزایش لنگر خمشی پای ستونها (ناشی از انتقال نیروها به زیر شالوده) انجام میشود، لازم است قبل از Export کردن نیروی پای ستونها از نرم افزار Etabs یک طبقه مجازی در روی تراز Base با ارتفاع معادل ضخامت

شالوده تعریف شود. در این طبقه باید **فقط ستونها و دیوارها** با مشخصات تراز فوقانی مدل شوند و با استفاده از تعریف مصالحی با وزن حجمی و جرم حجمی صفر و ضریب ارتجاعی بسیار بزرگ (یا ضرائب اصلاح جرم، وزن و سختی)، وزن و جرم کلیه عناصر این طبقه صفر شود و سختی طبقه تا حد امکان بزرگ (بینهایت) شود. همچنین برای تعریف نیروهای زلزله، تراز شروع توزیع نیروی زلزله روی این طبقه مجازی تعریف شود. با در نظر گرفتن موارد فوق، پس از تحلیل کامپیوتری، عکس العمل های تکیه گاهی Export شوند.