



جزوه طراحی سازه بتنی

بررسی نکات آیین نامه‌ای و نرم افزای

تهیه کننده مهندس مجتبی پاشاپور آذر (مدرس و طراح سازه)

تدریس خصوصی طراحی سازه بتنی و فولادی با نرم افزار ایتبس و سیف

[@MP_Civil](https://www.instagram.com/MP_Civil) لینک کانال آموزش، طراحی اجرا



🎓 معرفی جزوه جامع آموزش طراحی سازه با ETABS V 20.3

با توجه به تغییرات گسترده در آیین‌نامه‌های بارگذاری و طراحی سازه‌ها طی سال‌های اخیر، یادگیری اصول جدید طراحی بر اساس ویرایش‌های به‌روز مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰، برای مهندسان و دانشجویان عمران امری ضروری است.

در این جزوه، تلاش شده تا ترکیبی از آموزش نرم‌افزار ETABS 2020 و ضوابط آیین‌نامه‌ای جدید ارائه شود تا مهندسين بتوانند به‌صورت کاربردی و مطابق با آخرین ویرایش‌ها طراحی سازه‌های بتنی را انجام دهند.

♦ محتوای جزوه:

- بارگذاری ثقلی بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۳۹۸)
 - بارگذاری جانبی و لرزه‌ای طبق استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم)
 - طراحی ساختمان‌های بتنی بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۳۹۹)
 - بررسی و تطبیق ضوابط با آیین‌نامه ACI 318-19
 - آموزش نکات کلیدی و قابلیت‌های جدید در ETABS 2020
- در نگارش این جزوه سعی شده تا مطالب با زبانی روان، فنی و کاملاً کاربردی بیان شود تا مهندسان بتوانند مستقیماً در پروژه‌های واقعی از آن استفاده کنند.
- این مجموعه مناسب افرادی است که با مباحث تئوری طراحی آشنایی دارند و به دنبال یادگیری روش‌های عملی و آیین‌نامه‌ای طراحی در نرم‌افزارهای جدید هستند.



گام‌بندی

در قسمت زیر گام‌های انجام طراحی به صورت خلاصه بیان شده است.





جزوه طراحی سازه بتنی

بررسی روند گام اول

مراحل آغاز طراحی و اخذ مجوز نقشه ساختمانی

۱. ارائه مشخصات اولیه پروژه

- کارفرما مشخصات کلی پروژه و نیازهای خود را به تیم طراحی اعلام می‌کند.

۲. تهیه نقشه معماری

- در پروژه‌های متداول، ابتدا نقشه معماری پارکینگ توسط مهندس معمار تهیه می‌شود.
- این نقشه‌ها بر اساس خواسته‌های کارفرما و الزامات شهرداری تنظیم می‌گردد.

۳. تکمیل نقشه‌های معماری ساختمان

- مهندس معمار نقشه‌های کامل معماری را مطابق ضوابط و استانداردها آماده می‌کند.

۴. تحویل مدارک به مهندس طراح سازه

- پس از نهایی شدن نقشه‌های معماری، مدارک به همراه اطلاعات اولیه پروژه برای شروع طراحی سازه به مهندس محاسب ارائه می‌شود.

۵. مراحل اخذ مجوز نقشه

- پس از هماهنگی‌های لازم، فرآیند دریافت مجوزهای قانونی نقشه آغاز می‌گردد.



۱- تشکیل پرونده در شهرداری مربوط به منطقه

۲- مشخص نمودن حدود زمین با استفاده از مهندس نقشه‌بردار و نقشه‌های UTM

۳- بررسی میدانی از محل پروژه توسط مأمور فنی شهرداری و اعلام نظر

۴- ترسیم طرح پارکینگ و ارائه به شهرداری

۵- تأیید طرح ایمنی توسط آتش‌نشانی

۵- مراجعه به امور مالی و دریافت عوارض مربوط به پیش پروانه

۶- صدور پیش پروانه جهت ارائه به نظام‌مهندسی

۷- مشخص نمودن مهندسین طراح و آزمایشگاه خاک و بتن

۸- بررسی نوع خاک توسط آزمایشگاه خاک

۹- ترسیم نقشه‌های معماری، طراحی سازه، برق و تأسیسات مکانیکی

۱۰- بررسی نقشه‌های طراحی شده توسط نظام مهندسی

۱۱- تعیین ناظرین پروژه

۱۲- صدور پروانه توسط شهرداری



آزمایش خاک

در تصاویر زیر خلاصه نتایج مربوط به آزمایش خاک مربوط به پروژه ارائه شده است.

آدرس محل پروژه: تبریز-			
شماره پلاک ثبتی:		اختلاف تراز زیر پی تا زمین: 1.20-	
زمان حفاری:	مختصات UTM	شماره پروانه:	شماره پرونده نظام:
تعداد طبقات سازه ای: 5	مساحت زمین: 210	ابعاد زمین: 21*10	

تعداد گمانه ها	یک گمانه ماشین و یک گمانه دستی
عمق گمانه ها	15 متر و 1.0 متر
نوع پی ارائه شده در دفترچه محاسبات	پی گسترده
عرض پی (متر)	10
تنش مجاز خاک بر اساس معیار نشست	$q(Kg/cm^2) = 2.08$
تنش مجاز خاک بر اساس معیار گسیختگی برشی	$q(Kg/cm^2) = 6.71$
ضریب فنری خاک و مدول الاستیسیته	$E = 370(Kg/cm^2)$, $K_s = 0.83 (Kg/cm^3)$
تعداد زیرزمین	ندارد
نوع زمین بر اساس استاندارد 2800 ایران	II
تراز آب زیرزمینی	ندارد
عمق خاک دستی یا مسئله دار	1.0 متر

تعمیدات مورد نیاز و توصیه های فنی	عمق استقرار پی (تراز زیر شالوده) حدودا 1.2 متر پایین تر از تراز 0.0 با اجرای 50 سانتی متر خاگرین دانه- ای مخلوط شن و ماسه تمیز و ترجیحا خوب دانه بندی شده با دانسیته نسبی حداقل 50 درصد و حداکثر 65 درصد و با تراکم حداقل 90 درصد و حداکثر 95 درصد متراکم گردد. عمق خاک دستی 1.0 متر بوده و در صورتی که به دلایل اجرایی و ... حفاری بیشتر از عمق مورد نظر صورت گیرد، حد فاصل تراز خاک بکر تا تراز زیر شالوده، با خاگرین دانه ای مخلوط شن و ماسه تمیز و ترجیحا خوب دانه بندی شده با دانسیته نسبی حداقل 50 درصد و حداکثر 65 درصد و با تراکم حداقل 90 درصد و حداکثر 95 درصد متراکم پر گردیده و تحت هر شرایطی شالوده بر روی خاک بکر و با توان باربری کافی قرار گیرد. به دلیل نزدیکی به گسل (فاصله محل پروژه از گسل کمتر از 2 کیلومتر) اجرای پی به صورت گسترده و اجرای 50 سانتی متر خاگرین دانه ای مخلوط شن و ماسه تمیز و ترجیحا خوب دانه بندی شده با دانسیته نسبی حداقل 50 درصد و حداکثر 65 درصد و با تراکم حداقل 90 درصد و حداکثر 95 درصد زیر نظر ناظر و مجری پروژه الزامی می باشد. لازم است پس از پی کنی محل و قبل از اجرای بتن مگر نسبت به اطلاع کتبی از این مشاور اقدام و محل توسط این مشاور بازدید شده و موضوع ضخامت خاک دستی تطبیق گردد. رعایت تمامی توصیه های موجود در بند 12 الزامی می باشد. رعایت تمامی توصیه های موجود در بند 12 الزامی می باشد.
-----------------------------------	--



تعداد گماته ها	یک گماته ماشینی و یک گماته دستی
عمق گماته ها	۱۵ متر و ۲ متر
نوع پی ارائه شده در دفترچه محاسبات	پی گسترده
عرض پی (متر)	۱۰
تنش مجاز خاک بر اساس معیار نشست	$q(Kg/cm^2) = 2/0.8$
تنش مجاز خاک بر اساس معیار گسیختگی برشی	$q(Kg/cm^2) = 6/71$
ضریب فنریّت خاک و مدول الاستیسیته	$E = 370(Kg/cm^2)$, $K_s = 0/82 (Kg/cm^2)$
تعداد زیرزمین	ندارد
نوع زمین بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران	II
تراز آب زیرزمینی	ندارد
عمق خاک دستی یا مسئله دار	۱.۵ متر
تعمیّدات مورد نیاز و توصیه های فنی	عمق استقرار پی (تراز زیر شالوده) حدوداً ۱.۲ متر پایین تر از تراز ۰.۰ با اجرای ۵۰ سانتی متر خاکریز دانه ای مخلوط شن و ماسه تمیز و ترجیحاً خوب دانه بندی شده با دانسیته نسبی حداقل ۵۰ درصد و حداکثر ۶۵ درصد و با تراکم حداقل ۹۰ درصد و حداکثر ۹۵ درصد متراکم گردد. عمق خاک دستی ۱.۵ متر بوده و در صورتی که به دلایل اجرایی و ... حفاری بیشتر از عمق مورد نظر صورت گیرد، حد فاصل تراز خاک بکر تا تراز زیر شالوده، با خاکریز دانه ای مخلوط شن و ماسه تمیز و ترجیحاً خوب دانه بندی شده با دانسیته نسبی حداقل ۵۰ درصد و حداکثر ۶۵ درصد و با تراکم حداقل ۹۰ درصد و حداکثر ۹۵ درصد متراکم پر گردیده و تحت هر شرایطی شالوده بر روی خاک بکر و با توان باربری کافی قرار گیرد. به دلیل نزدیکی به گسل (فاصله محل پروژه از گسل کمتر از ۲ کیلومتر) اجرای پی به صورت گسترده و اجرای ۵۰ سانتی متر خاکریز دانه ای مخلوط شن و ماسه تمیز و ترجیحاً خوب دانه بندی شده با دانسیته نسبی حداقل ۵۰ درصد و حداکثر ۶۵ درصد و با تراکم حداقل ۹۰ درصد و حداکثر ۹۵ درصد زیر نظر ناظر و مجری پروژه الزامی می باشد. لازم است پس از پی کتی محل و قبل از اجرای بتن مگر نسبت به اطلاع کتبی از این مشاور اقدام و محل توسط این مشاور بازدید شده و موضوع ضخامت خاک دستی تطبیق گردد. رعایت تمامی توصیه های موجود در بند ۱۲ الزامی می باشد رعایت تمامی توصیه های موجود در بند ۱۲ الزامی می باشد.

مهر و امضاء (کتابخانه) :
شماره عضویت نظام : ۱۸۸۸۱
شماره پروانه اشتغال : ۱۳-۲۰۰۰-۶۴۱۷

مهر و امضاء (کتابخانه) :
شماره عضویت نظام : ۱۳-۲۰۰۰-۲۲۹۲۸
شماره پروانه اشتغال : ۱۳-۲۰۰۰-۵۳۱

مهر و امضاء (کتابخانه) :
شماره عضویت نظام : ۱۳-۲۰۰۰-۵۸۶۸
شماره پروانه اشتغال : ۱۳-۲۰۰۰-۳۵۸۷

مهر و امضاء (کتابخانه) :
شماره عضویت نظام : ۱۳-۲۰۰۰-۵۸۶۸
شماره پروانه اشتغال : ۱۳-۲۰۰۰-۳۵۸۷

مهر و امضاء (کتابخانه) :
شماره عضویت نظام : ۱۳-۲۰۰۰-۵۸۶۸
شماره پروانه اشتغال : ۱۳-۲۰۰۰-۳۵۸۷

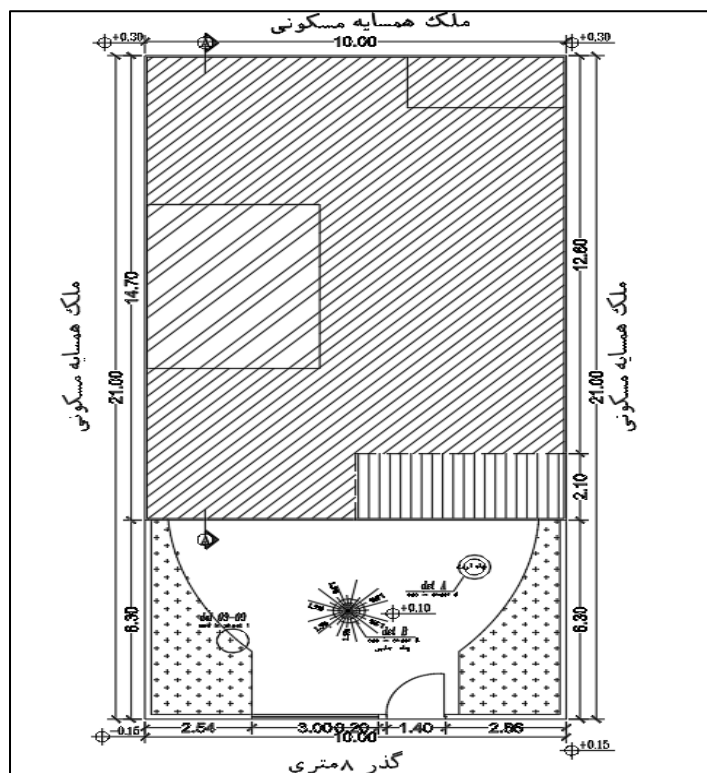
گزارش نهایی تایید ژئوتکنیک



شناسنامه پروژه اول این جزوه که شامل مشخصات کلی آن می باشد، در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۱: مشخصات کلی پروژه

کاربری	مسکونی
محل پروژه	شهر تبریز
ابعاد زمین	$21 \times 10 \text{ m}$
تعداد طبقات	۵ + خربشته
درصد تراکم	حد غرب ۷۰٪ حد شرق ۶۰٪
تعداد طبقات زیر تراز زمین	فاقد زیرزمین
ارتفاع طبقات	۳.۲۴ متر
نوع خاک	تیپ II
نوع اسکلت پیشنهادی	بتن آرمه
نوع سیستم سازه‌ای	قاب خمشی در هر دو جهت
نوع سقف پیشنهادی	تیرچه یونولیت
تنش مجاز خاک	$2.08 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
نوع پی	گسترده





بررسی نقشه‌های معماری

۱. پلان طبقات زیرزمین (در صورت وجود)

۲. پلان طبقات مسکونی

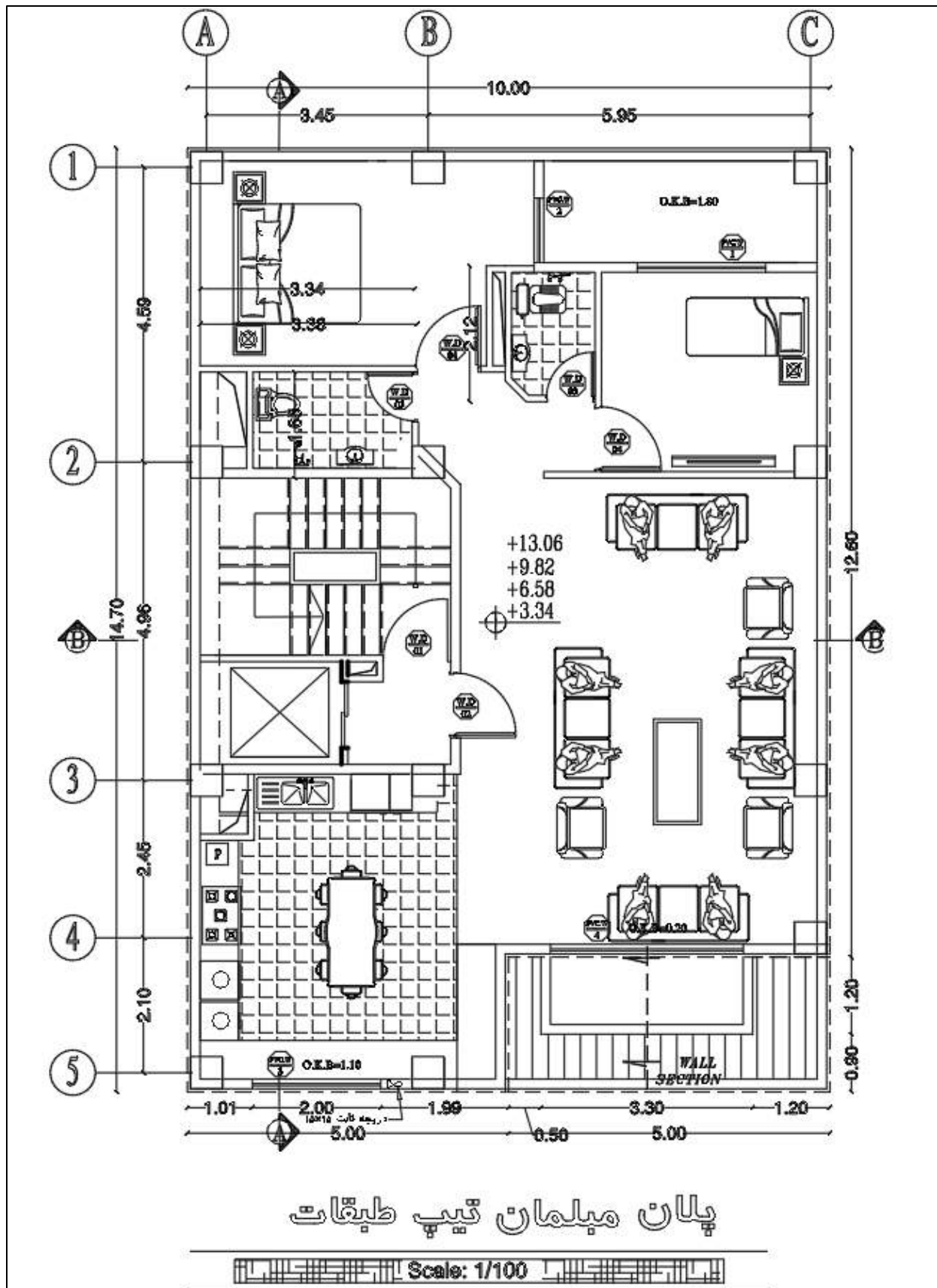
۳. نماهای ساختمان

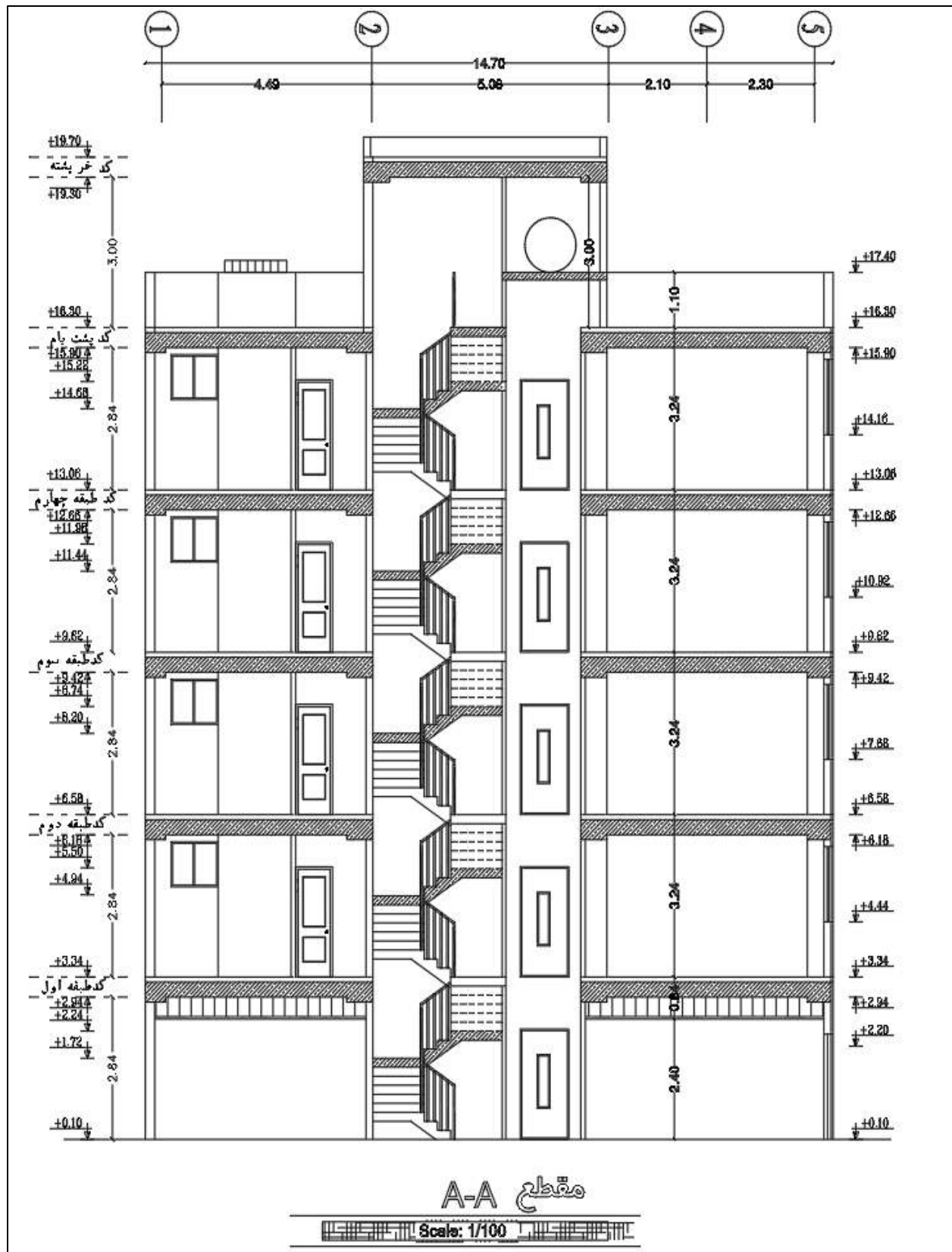
۴. برش‌های ساختمان

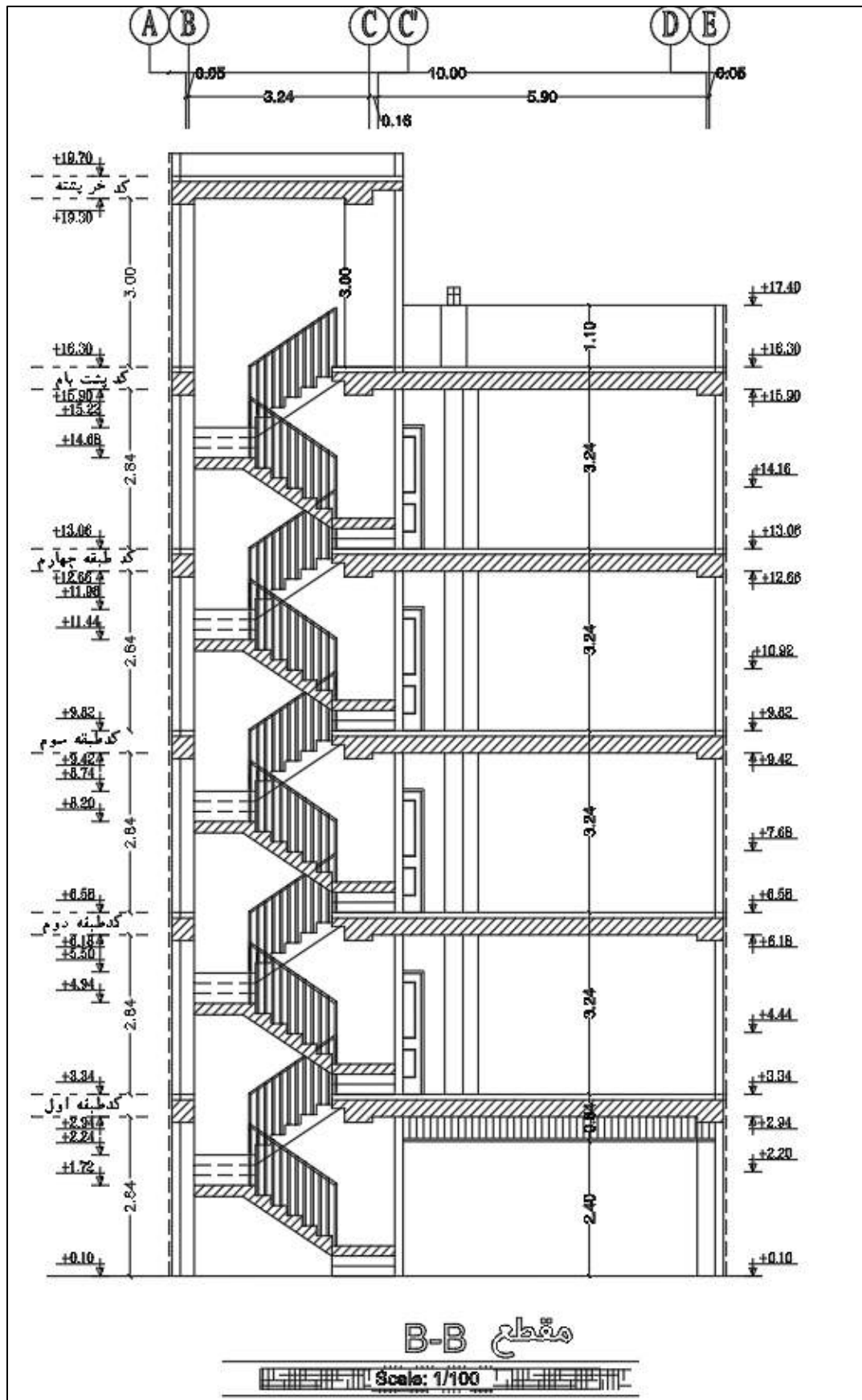
۵. پلان موقعیت ساختمان

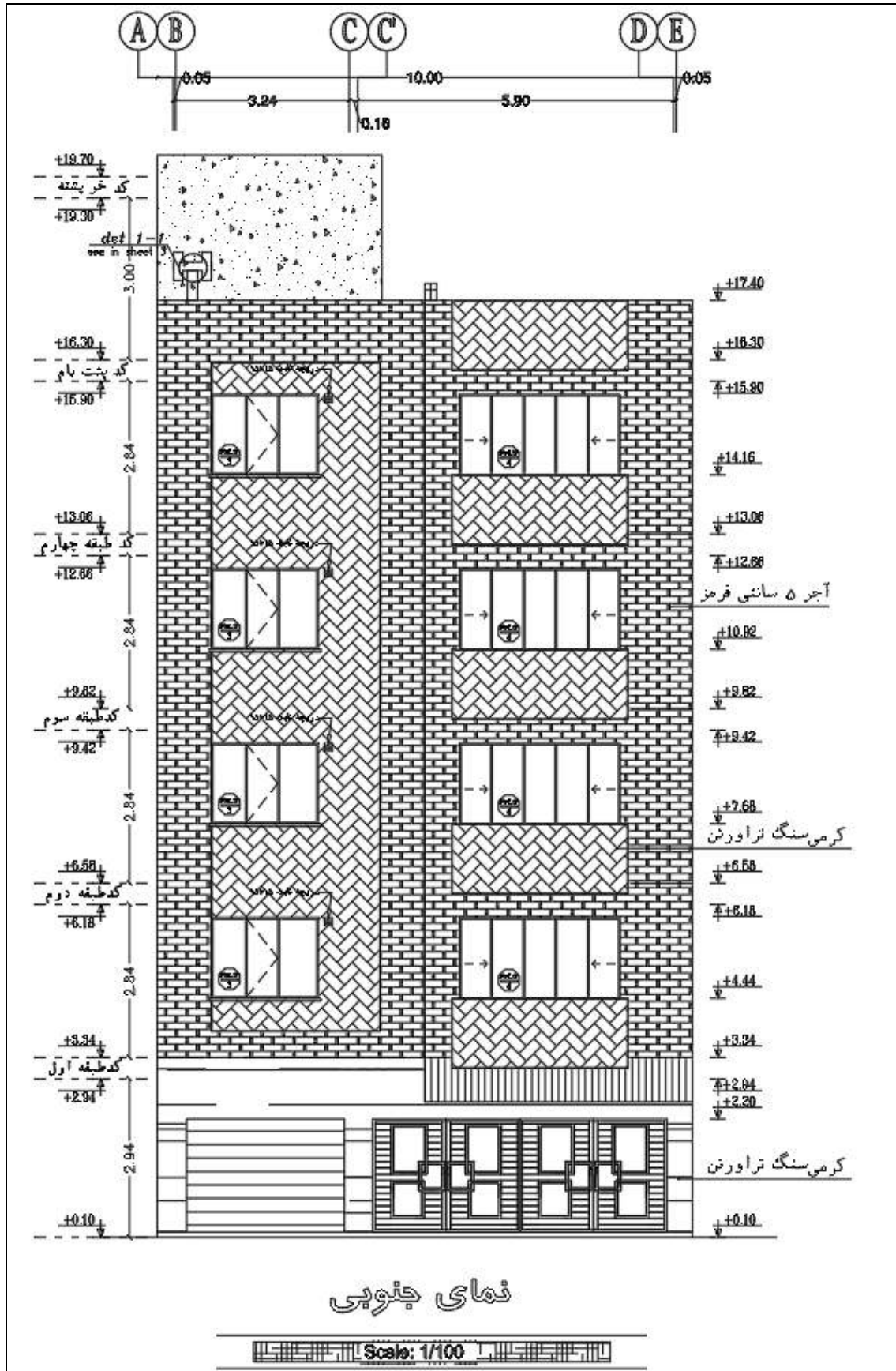
♦ وجود این نقشه‌ها برای آغاز فرآیند طراحی سازه الزامی است. در ادامه، نمونه نقشه‌های معماری ساختمان مورد نظر ارائه شده است.











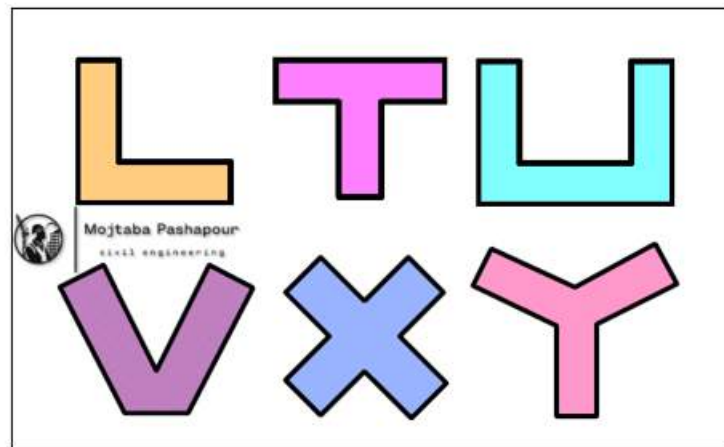


درز انقطاع

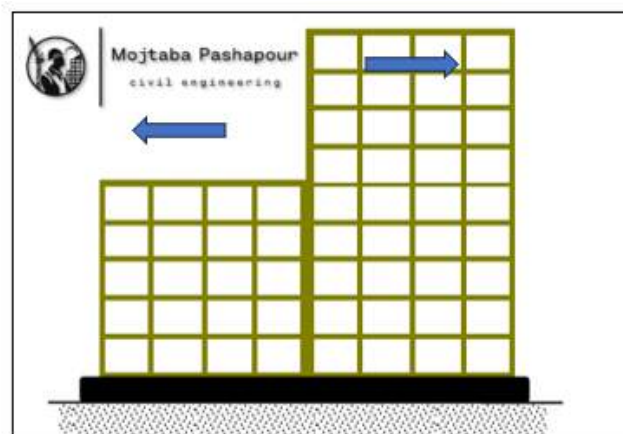
اغلب دو قسمت از یک ساختمان یا دو ساختمان مختلف نزدیک به یکدیگر ساخته می‌شوند، بدون اینکه پیامدهای این نزدیکی هنگام زلزله در نظر گرفته شود. به طور کلی در این حالت فاصله‌ای بین دو ساختمان در نظر گرفته می‌شود بدون اینکه واقعا فاصله مورد نیاز برطبق ملاحظات لرزه‌ای محاسبه شود.

در چهار مورد، دو ساختمان مجاور یا دو بخش از یک ساختمان باید با فاصله مناسب از هم جدا شوند. این موارد زمانی هستند که:

۱- ساختمان‌ها دارای اشکال الفبایی لاتین در پلان هستند؛ آن‌ها می‌توانند در محل اتصال بال‌های مختلف که از جهات مختلف به یکدیگر می‌رسند، از هم جدا شوند. (پلان ساختمان مانند اشکال زیر باشد)

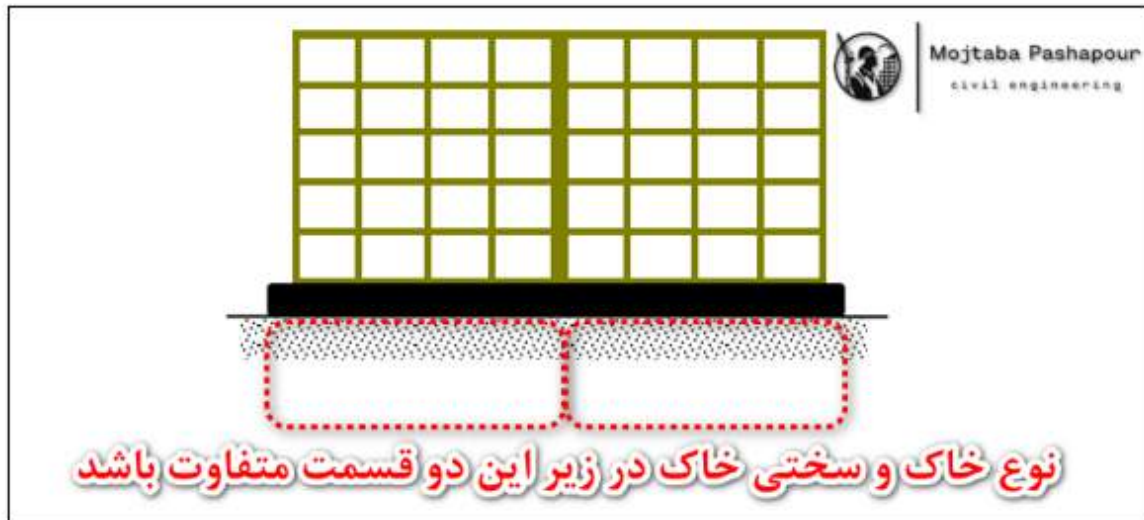


۲- دو قسمت از یک ساختمان ارتفاع‌های متفاوتی دارند؛ این دو قسمت تمایل دارند به صورت متفاوتی نوسان کنند.

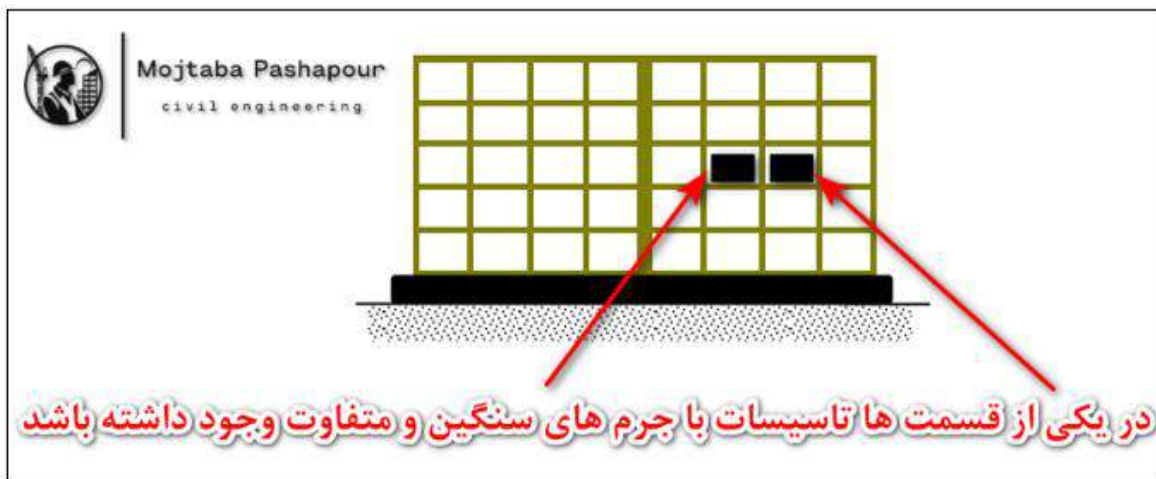




۳- ساختمان‌ها بر روی دو توده خاک مختلف قرار دارند که از نظر انعطاف‌پذیری متفاوت هستند؛ لایه‌های مختلف خاک باعث می‌شوند که دو قسمت تحت یک لرزش یکسان، به طور متفاوتی نوسان کنند.



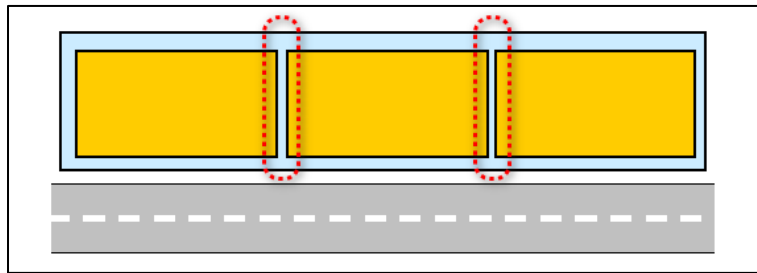
۴- ساختمان‌ها دو جرم متفاوت درون خود دارند؛ این دو جرم باید در محل اتصال از هم جدا شوند.



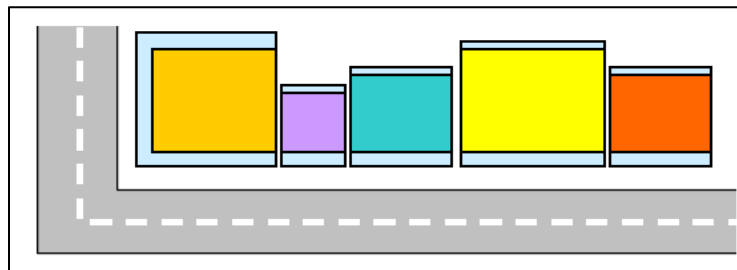
اما این امکان وجود دارد که ساختمان‌های در مجاور هم در طول زلزله با یکدیگر برخورد کنند. از این رو، حداقل یک فاصله جداسازی باید در نظر گرفته شود تا از برخورد دو ساختمان مجاور یا بخش‌هایی از یک ساختمان در طول زلزله جلوگیری کند. بنابراین، هنگامی که یک طراح مجبور به طراحی یک ساختمان در مجاورت ساختمان دیگر می‌شود، یا یک ساختمان به دو قسمت تقسیم شده ساخته می‌شود، باید جابجایی جانبی واقعی هر ساختمان یا بخشی از ساختمان را محاسبه کند و مقدار فاصله محاسبه شده‌ای را که بین آنها نیاز دارد، در نظر بگیرد.



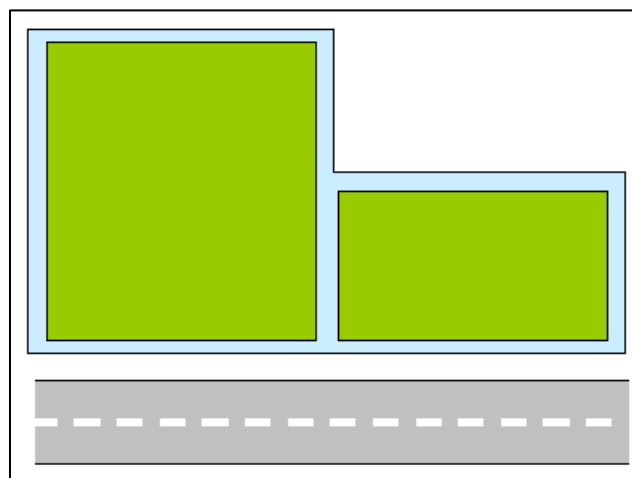
ساختمان با ارتفاع متفاوت در بخش های مختلف که توسط درز ساخته شده اند (مانند شکل زیر).



همچنین، روشی برای ساخت ردیفی، به ویژه در ساخت و سازهای قدیمی تر، وجود دارد که در آن ساختمان های مختلف در تماس با یکدیگر ساخته می شوند (مانند شکل زیر).



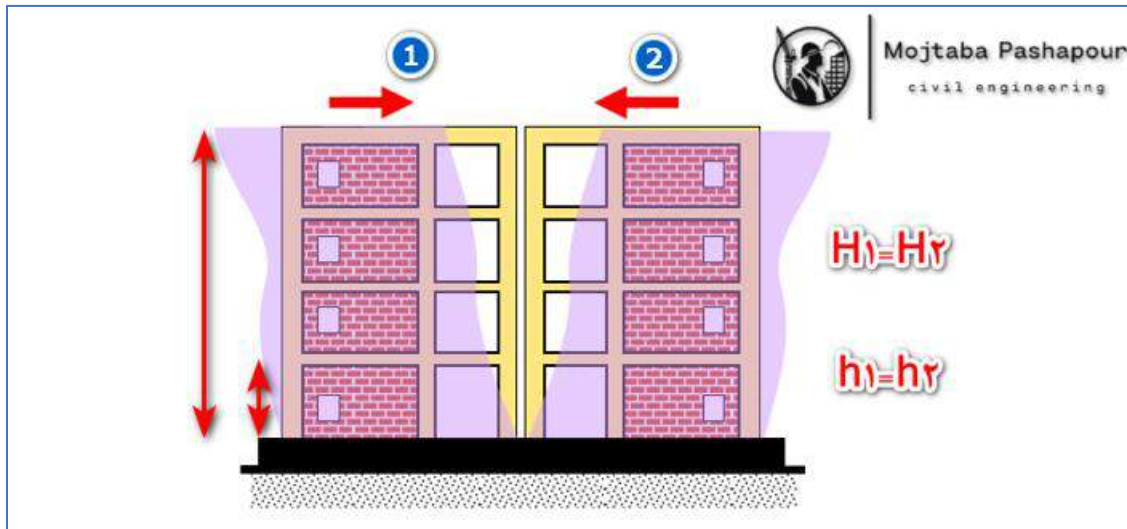
علاوه بر این، دسته سومی از چنین ساخت و سازی وجود دارد که در آن از یک مهندس خواسته می شود ساختمان هایی با اشکال الفبایی در پلان با توجه به ملاحظات عملکردی سازه و لرزه ای بسازد. تصمیم گرفته می شود که بال های مختلف ساختمان را به قطعات مستطیلی مستقل تقسیم کند اما، در هنگام زلزله، این ساختمان های مجاور یا بخش هایی از یک ساختمان به طور مستقل می لرزند و حتی به یکدیگر ضربه می زنند. (ساختمان L شکل که به دو قسمت مختلف تقسیم شده است).





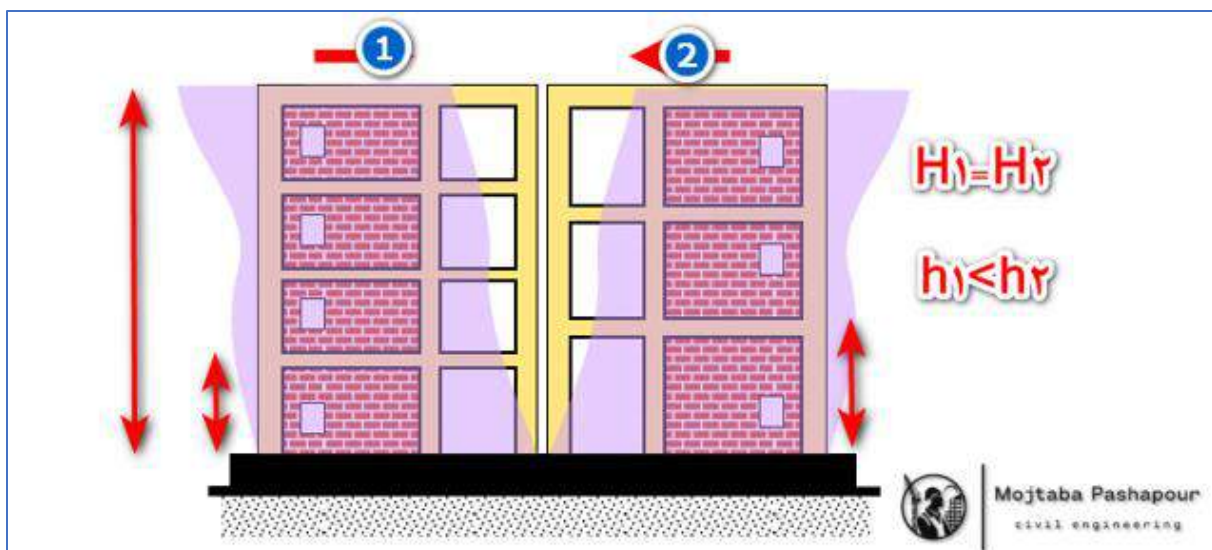
نحوه قرار گیری ساختمان ها در کنار هم ممکن است به چهار حالت زیر باشد:

۱- دو ساختمان با ارتفاع کل و طبقات یکسان در کنار هم قرار گرفته باشند (مانند شکل a)



شکل (a)

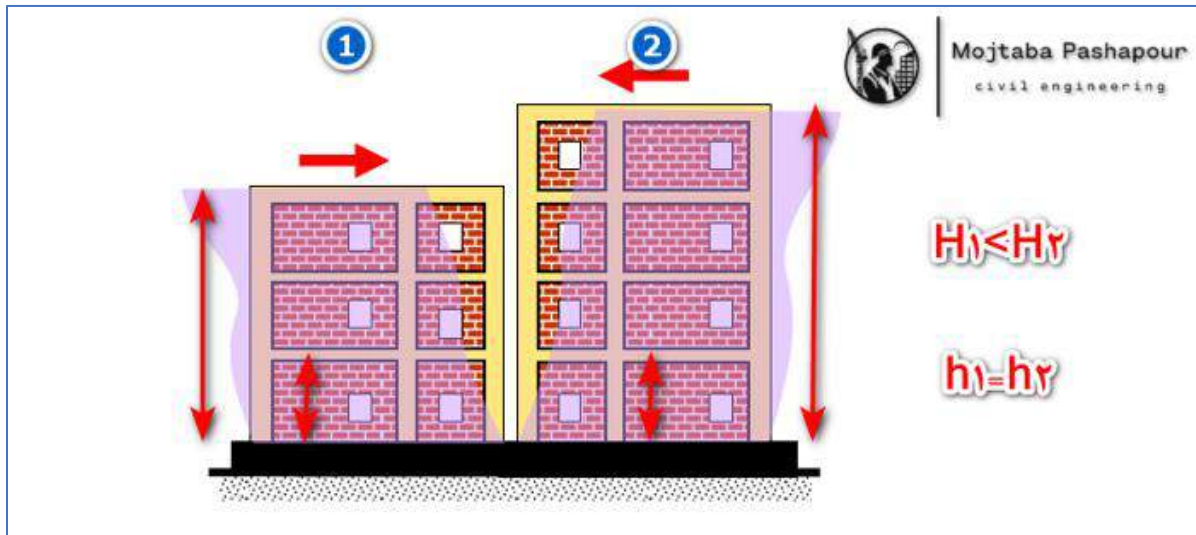
۲- دو ساختمان با ارتفاع کل یکسان و ارتفاع طبقات متفاوت در کنار هم قرار گرفته باشند (مانند شکل b)



شکل (b)

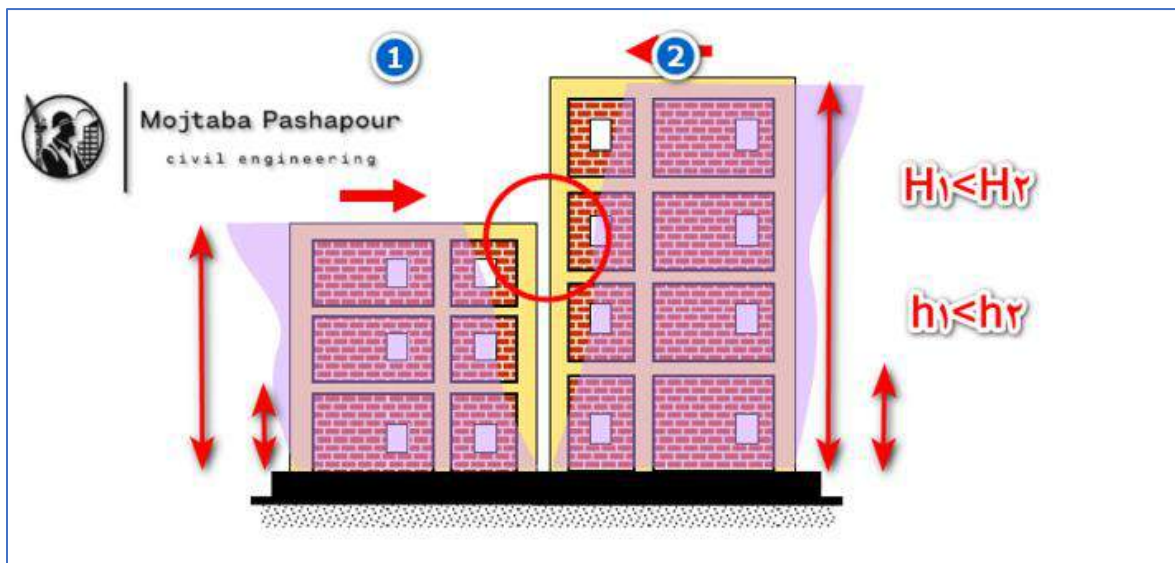


۳- دو ساختمان با ارتفاع کل متفاوت و ارتفاع طبقات برابر در کنار هم قرار گرفته باشند (مانند شکل c)



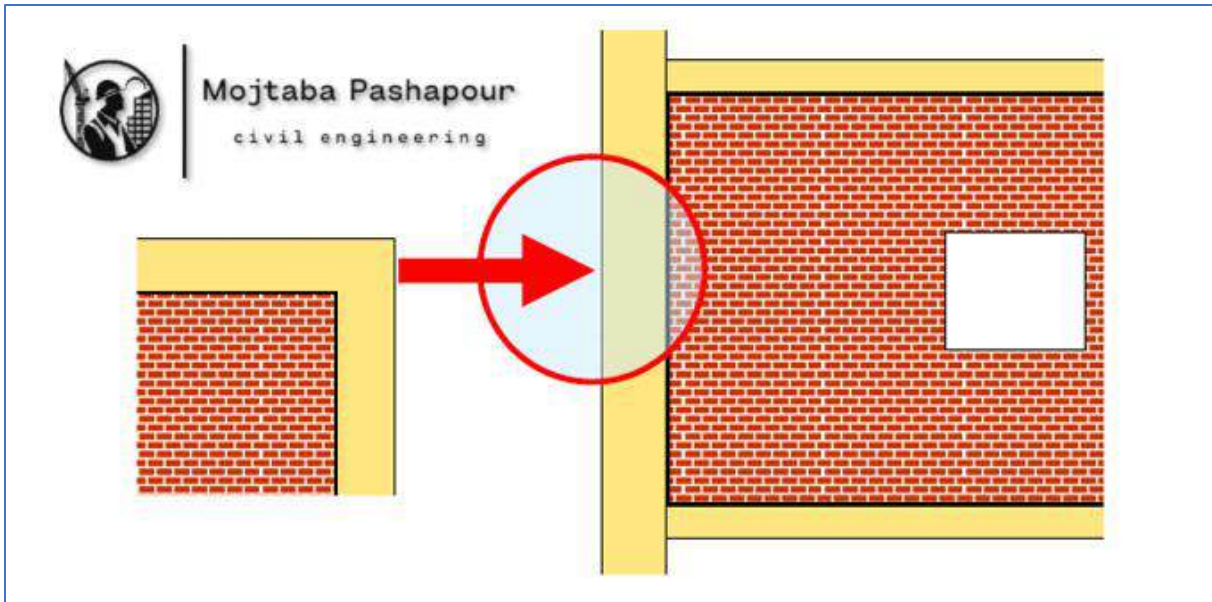
شکل (c)

۴- دو ساختمان با ارتفاع کل و طبقات متفاوت در کنار هم قرار گرفته باشند (مانند شکل d)



شکل (d)

از بین چهار حالت ممکن، حالت ارتفاع کف متفاوت جدی‌ترین حالت است (شکل‌های b و d)؛ کف یک ساختمان در مکانی بین دو انتهای آن به ستون ساختمان مجاور برخورد می‌کند و به آن ضربه می‌زند (شکل e). از این حالت باید به هر نحوی اجتناب شود.



شکل (ع)

بررسی ضوابط درز انقطاع براساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴

در پلان‌های معماری و سازه، معمولاً باید عرض درز انقطاع نشان داده شود. بر اساس بند (۱-۴-۱) از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، در ساختمان‌های با اهمیت متوسط (مسکونی) و حداکثر ۸ طبقه، عرض درز انقطاع برای هر ساختمان در هر طبقه باید ۰.۰۰۵ برابر ارتفاع طبقه از مرز زمین مجاور باشد.

بند ۱-۴-۱ برای حذف و یا کاهش خسارت و خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، ساختمان‌های باید با پیش‌بینی درز انقطاع از یکدیگر جدا شده و یا با فاصله‌ای حداقل از مرز مشترک با زمین‌های مجاور ساخته شوند. برای تامین این منظور، در ساختمان‌های با هشت طبقه و کمتر، فاصل هر طبقه از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر پنج هزارم ارتفاع آن طبقه از روی تراز پایه باشد. در ساختمان‌های با بیشتر از هشت طبقه و یا ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد با هر تعداد طبقه، عرض درز انقطاع باید با استفاده از ضابطه بند (۳-۵-۶) تعیین شود.

فاصله درز انقطاع را می‌توان با مصالح کم مقاومت، که در هنگام وقوع زلزله بر اثر برخورد دو ساختمان به آسانی خرد می‌شوند، به نحو مناسبی پر نمود به طوری که پس از زلزله به سادگی قابل جایگزین کردن و بهسازی باشد.



طبق بند ۱-۴-۱ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم برای حذف یا کاهش خسارات و خرابی ناشی از ضربه ساختمان-های مجاور به یکدیگر، ساختمان‌های باید با پیش‌بینی درز انقطاع از یکدیگر جدا شده و یا با فاصله‌ای حداقل از مرز مشترک با زمین‌های مجاور ساخته شوند؛ لذا طبق آیین‌نامه ساختمان‌ها به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند:

الف) ساختمان‌های با هشت طبقه و کمتر: فاصله هر طبقه از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر پنج هزارم ارتفاع آن طبقه

ب) در ساختمان‌های بیش از هشت طبقه: عرض درز انقطاع بین ساختمان و ساختمان مجاور باید با استفاده از تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در طبقه تعیین شود. برای این منظور پس از محاسبه این تغییر مکان برای هر دو ساختمان می‌توان از جذر مجموع مربعات دو عدد برای تعیین درز انقطاع استفاده نمود.

در صورتی که مشخصات ساختمان مجاور در دسترس نباشد، حداقل فاصله هر طبقه ساختمان از زمین مجاور باید برابر ۷۰ درصد مقدار تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در آن طبقه ساختمان در نظر گرفته شود.

برای در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح سازه (تأثیر شکل‌پذیری) به این صورت عمل می‌شود که چنانچه تغییر مکان حاصل از تحلیل خطی برابر Δ_{eu} باشد، تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طرح به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\Delta_m = C_d \times \Delta_{eu} \quad (۱)$$

Δ_m تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طبقه

C_d ضریب بزرگنمایی تغییر مکان

Δ_{eu} تغییر مکان نسبی طبقه حاصل از تحلیل خطی



در جدول زیر نحوه محاسبه درز انقطاع براساس آیین نامه ASCE و استاندارد ۲۸۰۰ ارائه شده است.

ASCE		
ASCE 7-02	$\delta_x = C_d \cdot \frac{\delta_{xe}}{I}$	در این رابطه I ضریب اهمیت ساختمان، C_d ضریب بزرگنمایی تغییر مکان و δ_{xe} تغییر مکان حداکثر الاستیک ساختمان تحت اثر نیروی زلزله است. δ_x تغییر مکان غیر الاستیک است که باید برای هر دو ساختمان مجاور محاسبه و جمع گردد.
ASCE 7-05		
ASCE 7-10 و ASCE 7-16	$\delta_{MT} = \sqrt{\delta_{M1}^2 + \delta_{M2}^2}$	Δ_{M1} و Δ_{M2} : تغییر مکان جانبی دو سازه مجاور است که از رابطه $\delta_M = C_d \cdot \frac{\delta_{max}}{I_e}$ به دست می آید و در این رابطه I_e ضریب اهمیت ساختمان، C_d ضریب بزرگنمایی تغییر مکان و δ_{max} تغییر مکان حداکثر الاستیک ساختمان تحت اثر نیروی زلزله است.

استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴		
ویرایش چهارم ۱۳۹۴	فاصله هر طبقه از مرز زمین مجاور حداقل 0.005 ارتفاع طبقه از تراز پایه	برای کلیه ساختمان های مجاور یکدیگر
	جذر مجموع مربعات تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در طبقه برای دو ساختمان مجاور	ساختمان های با بیشتر از هشت طبقه و یا ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد با هر تعداد طبقه

در ادامه یک مثال از نحوه محاسبه درز انقطاع طبق استاندارد ۲۸۰۰ می پردازیم:

بنا بر توضیحات فوق درز انقطاع سازه های منفرد از مرز مجاور به ترتیب جدول زیر است:

محاسبه درز انقطاع سازه ها

ردیف	تعداد طبقات	ارتفاع طبقات (m)	ارتفاع کل (m)	در انقطاع (cm)
۱	۴	۳.۲۰	۱۲.۸۰	$\Delta = 0.005 \times 12.80 = 6.4 \text{ cm}$
۲	۶	۳.۲۰	۱۹.۲۰	$\Delta = 0.005 \times 19.20 = 9.60 \text{ cm}$
۳	۸	۳.۲۰	۲۵.۶۰	$\Delta = 0.005 \times 25.60 = 12.80 \text{ cm}$
۴	۱۲	۳.۲۰	۳۸.۴۰	$\Delta = 5.5 \times 9.80 = 53.90 \text{ cm}$
۵	۱۵	۳.۲۰	۴۸.۰۰	$\Delta = 5.5 \times 13.70 = 75.35 \text{ cm}$

بنابراین درز بین دو سازه مجاور هم به صورت زیر محاسبه و تعیین می گردد:



- درز انقطاع بین دو قاب شش طبقه و چهار طبقه:

$$\Delta = \Delta_6 + \Delta_4 = 9.6 + 6.4 = 16 \text{ cm}$$

- درز انقطاع بین دو قاب هشت طبقه و چهار طبقه:

$$\Delta = \Delta_8 + \Delta_4 = 12.8 + 6.4 = 19.2 \text{ cm}$$

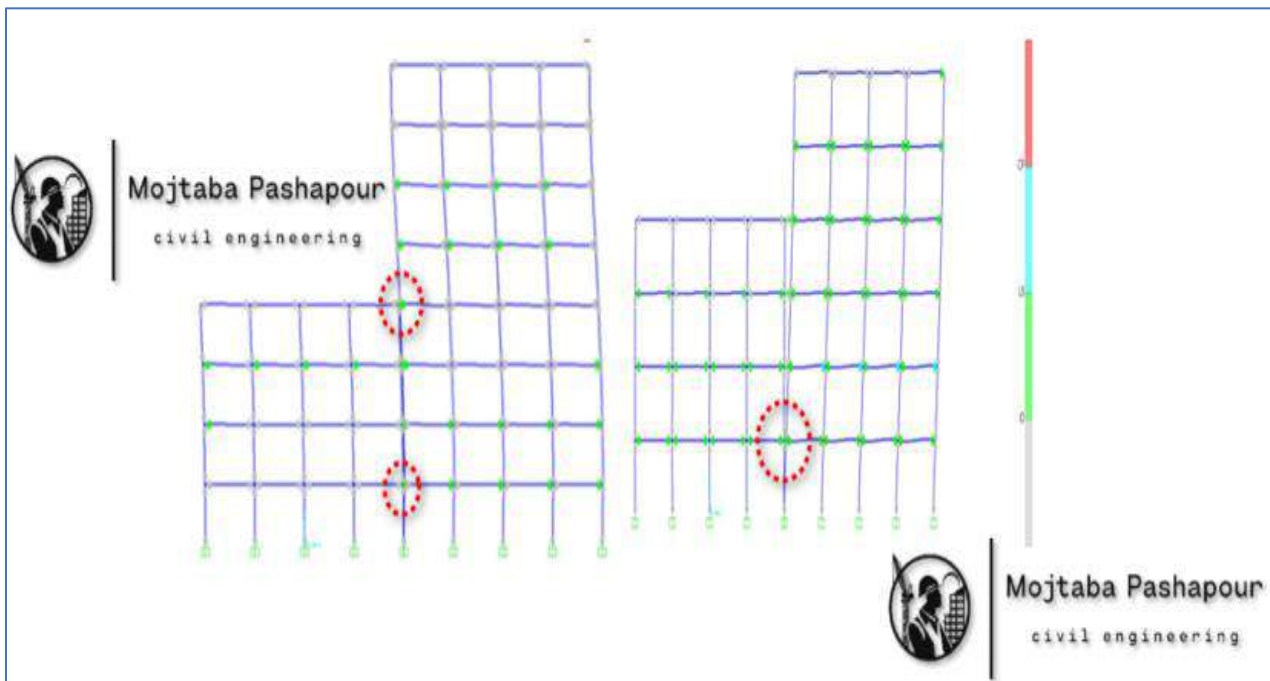
- درز انقطاع بین دو قاب هشت طبقه و شش طبقه:

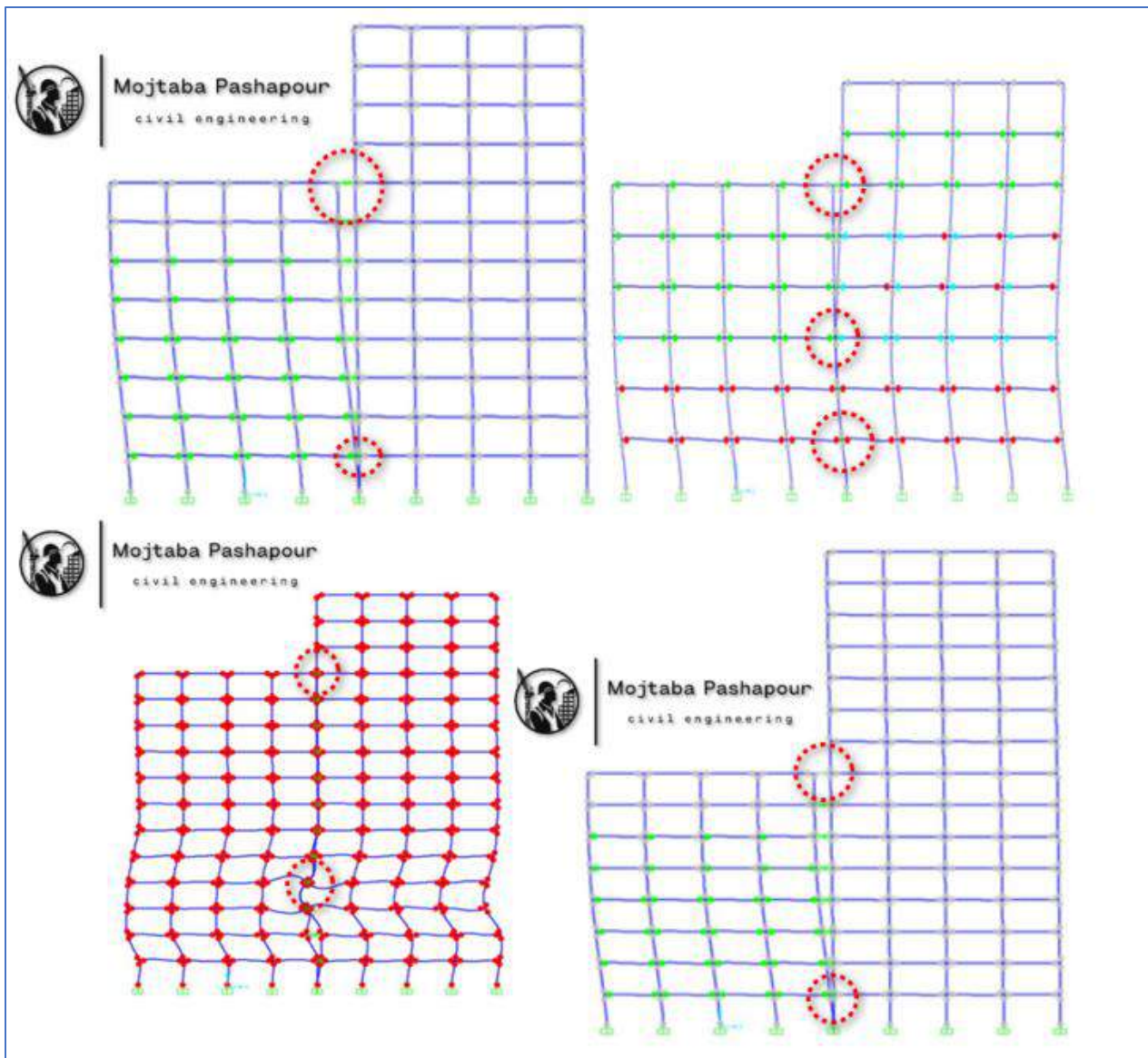
$$\Delta = \Delta_8 + \Delta_6 = 12.8 + 9.6 = 22.4 \text{ cm}$$

- درز انقطاع بین دو قاب پانزده طبقه و دوازده طبقه:

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_{15})^2 + (\Delta_{12})^2} = \sqrt{75.35^2 + 53.90^2} = 92.64 \text{ cm}$$

در تصاویر زیر نحوه برخورد و عملکرد سازه ها بدون رعایت درز انقطاع نشان داده شده است.

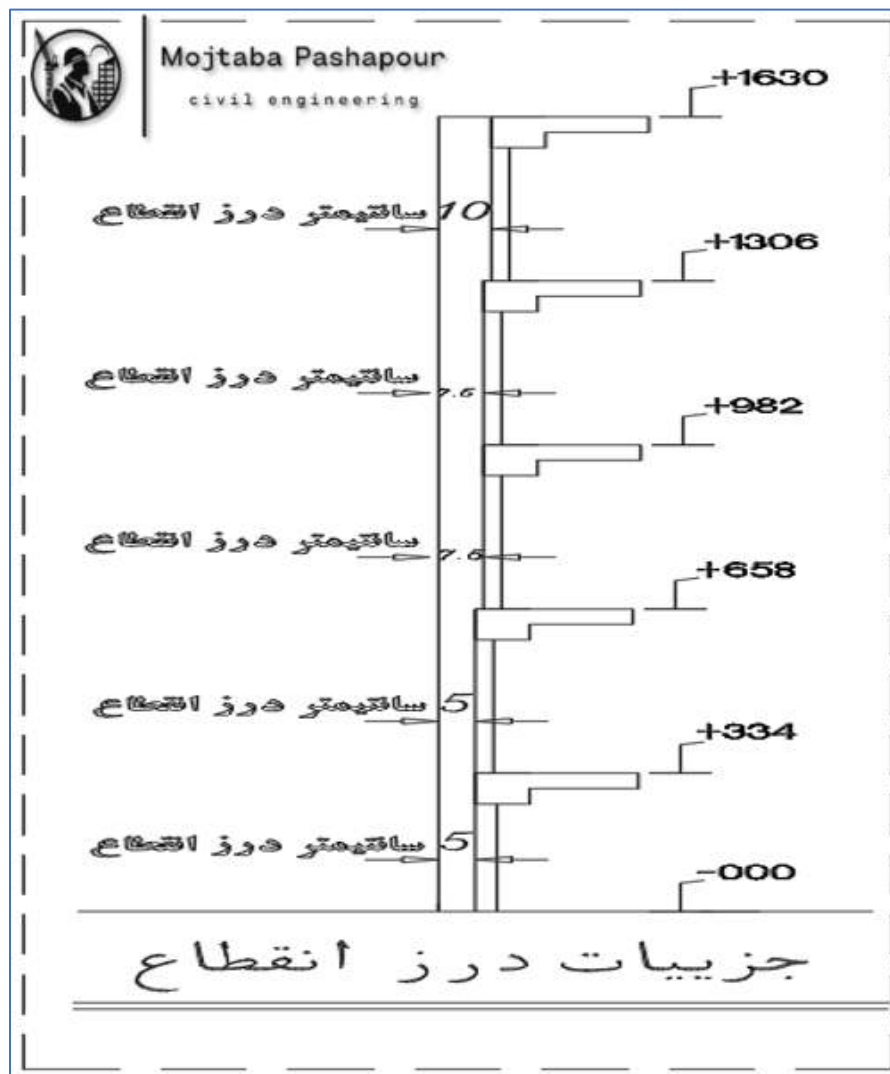




با بررسی اشکال بالا مشاهده می‌شود که عدم رعایت درز انقطاع در سازه‌های مجاور هم باعث می‌شود که در هنگام زلزله با نوسان سازه‌ها برخوردهایی در سازه به وجود آید حتی در طبقات پایین، که این امر باعث می‌شود سازه آسیب بیشتری ببینند.



در تصویر زیر جزئیات مربوط به درز انقطاع برای پروژه ارائه شده است. درز انقطاع باید در کلیه پلانها توسط خط چین ترسیم شده و خط اندازه آن نیز درج گردد.



درز انقطاع طبق پیشنهاد استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۵

۱-۶-۱- برای حذف و یا کاهش خسارت و خرابی ناشی از ضربه ساختمانهای مجاور به یکدیگر، ساختمانها باید با پیش بینی درز انقطاع از یکدیگر جدا شده و یا با فاصله ای حداقل از مرز مشترک با زمینهای مجاور ساخته شوند. برای تامین این منظور، در ساختمانهای با پنج طبقه و کمتر (حداکثر ۱۸ متر)، فاصله هر طبقه از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر پنج هزارم ارتفاع آن طبقه از روی تراز پایه باشد. در ساختمانهای با بیشتر از پنج طبقه و یا با ساختمانهای با اهمیت خیلی زیاد و زیاد با هر تعداد طبقه، عرض درز انقطاع باید با استفاده از ضابطه بند ۳-۷-۱۲ تعیین شود.



۳-۱۲-۷- در ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد با هر تعداد طبقه و در سایر ساختمان ها در صورتی که بیش از پنج طبقه یا بلندتر از ۱۸ متر از تراز پایه باشند، حداقل عرض درز انقطاع بین ساختمان و ساختمان مجاور در هر طبقه ساختمان باید برابر با جذر مجموع مربعات δ_M از رابطه زیر تعیین میشود.

$$\delta_M = C_d \cdot \frac{\delta_{eu}}{I_e}$$

در رابطه فوق:

δ_M حداکثر تغییر مکان جانبی کلی غیر ارتجاعی در محل بحرانی طبقه مورد نظر، تحت اثر زلزله طرح

δ_{eu} حداکثر تغییر مکان جانبی کلی ارتجاعی در محل بحرانی طبقه مورد نظر تحت اثر زلزله طرح و با احتساب آثار $P - \Delta$ ، که بر مبنای یکی از روش های تحلیل خطی محاسبه شده است. در صورتی که سازه در امتداد مورد نظر دارای نامنظمی پیچشی باشد باید اثر ضریب تشدید پیچش اتفاقی، A_j ، موضوع تبصره بند ۳-۴-۹-۳ نیز در تعیین این تغییر مکان لحاظ شده باشد.

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی مطابق جدول ۳-۱ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۵

I_e : ضریب اهمیت ساختمان مطابق بند ۳-۹-۱-۴.

تبصره ۱: در مواردی که ساختمان، مشمول موضوع ضابطه الف بند ۳-۶-۲ شده باشد، تغییر مکان جانبی کلی غیر ارتجاعی طبقه تحت اثر زلزله طرح باید به صورت ترکیبی، مشابه روش مذکور در تبصره بند ۳-۱۲-۲ محاسبه شود.

تبصره ۲: در صورتی که مشخصات ساختمان مجاور در دسترس نباشد، حداقل فاصله هر طبقه ساختمان از زمین مجاور باید برابر ۷۰ درصد δ_M در آن طبقه ساختمان در نظر گرفته شود.

تبصره ۳: در سایر ساختمان هایی که مشمول محاسبه درز انقطاع مطابق ضوابط این بند نیستند، عرض درز انقطاع باید بر مبنای بند ۱-۶-۱ تعیین شود.

با بررسی ضوابط مربوط به پیش نویس استاندارد ۲۸۰۰ مشاهده می شود که در این ویرایش بحث درز انقطاع سخت گیرانه تر شده است و مشاهده می شود که در ویرایش پنجم تا ۵ طبقه یا حداکثر ۱۸ متر ضوابط را مانند ویرایش چهارم در نظر گرفته است در حالی که در ویرایش چهارم تا ۸ طبقه در نظر گرفته شده بود که این موضوع نشان میدهد در این ویرایش اهمیت درز انقطاع بیشتر می باشد.



بررسی نکات اجرایی درز انقطاع

۱- درز انقطاع نباید با مصالح سنگ سخت نظیر سنگ نما، ملات، بتن و خرده آجر و ... پر شود.

۲- در هنگام اجرای نما باید حتما دقت شود تا سنگ نما تا قسمت درز انقطاع امتداد نیابد.

روش‌های پوشش درز انقطاع در نماسازی

۱- پوشش با ورق های انعطاف پذیر (رایج‌ترین روش)

۲- پر کردن درز انقطاع با فوم



نکته مهم در پوشش درز انقطاع این است که حرکت ورق در هنگام زلزله تامین شده باشد. یعنی از یک طرف پیچ شود و از طرف دیگر آزاد باشد.

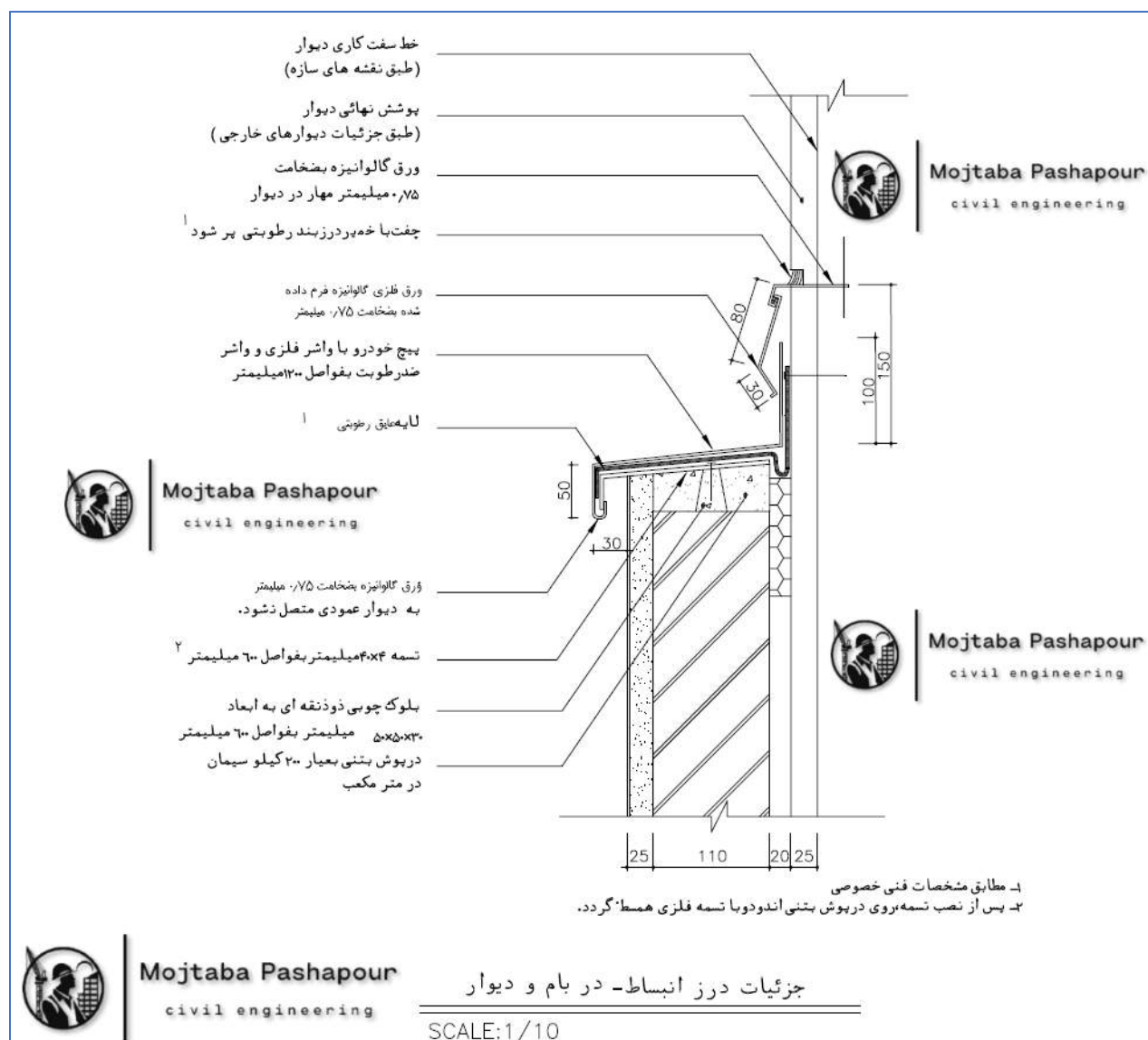


روش‌های پوشش درز انقطاع در نماسازی

۱- اجرای شاسی کشی با قوطی به صورتی که شیب‌دار باشد. شیب باید به سمت کفشور بام باشد تا از جمع شدن و نفوذ آب باران به درز جلوگیری شود.

۲- حتما شاسی کشی به طور مناسبی ساپورت شود.

۳- شاسی کشی به دیوار جان پناه یا بام همسایه متصل و جوش نشود تا در زمان زلزله بتواند آزادانه حرکت کند. در شکل زیر دتایل اجرایی نشان داده شده است.





ستون گذاری

ستون گذاری در طراحی سازه

ستونگذاری یکی از عوامل کلیدی در طراحی سازه است. انتخاب محل و تعداد ستونها نقش مهمی در تعیین نوع سیستم باربر ثقلی و جانبی ایفا می کند. این فرایند باید با هماهنگی کامل بین مهندس معمار و مهندس طراح سازه انجام شود.

توصیه های معماری در ستون گذاری

نما و اضلاع جانبی ساختمان

در اضلاع جانبی که در نما قرار ندارند، محدودیت خاصی وجود ندارد. در اضلاع نما، ستونها نباید با بازشوهایی نظیر پنجره و ورودی ها تداخل داشته باشند.

فضاهای داخلی (اتاق ها، سالن ها، آشپزخانه)

تا حد امکان از تعبیه ستون در داخل این فضاها خودداری شود تا دید و فضاسازی بهتری ایجاد گردد.

استفاده از گوشه ها و تیغه بندی ها

در بخش های داخلی، بهتر است ستونها در گوشه فضاها و امتداد تیغه ها قرار گیرند تا داخل دیوار مخفی شوند.

راهروها، راه پله ها و آسانسور

باید جانمایی ستون به گونه ای باشد که فضای مفید این قسمت ها از بین نرود.

پیوستگی ستونها در ارتفاع

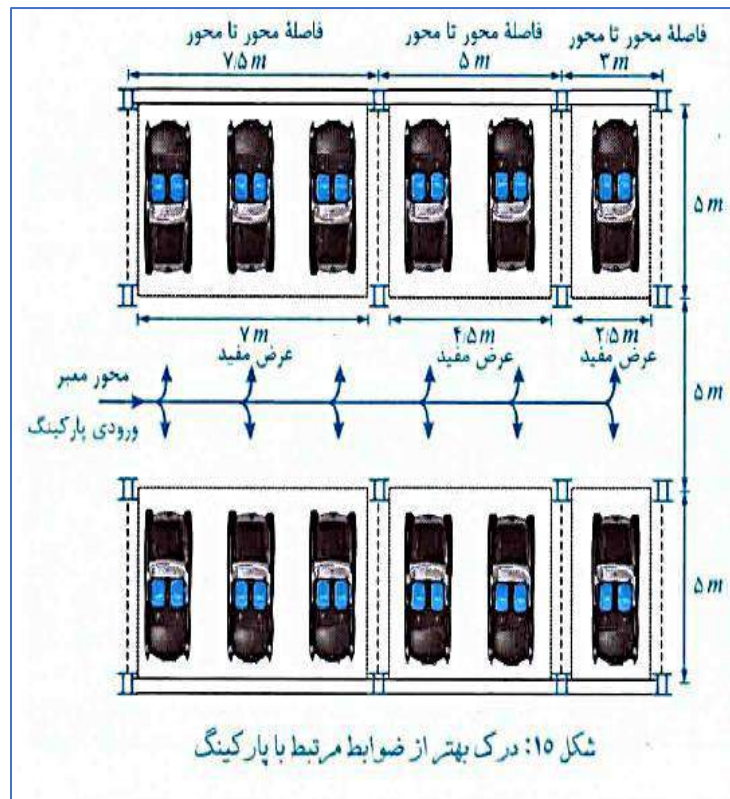
ستونها باید به صورت پیوسته در تمام طبقات امتداد یابند.

قطع شدن ستون در طبقات می تواند موجب ایجاد نامنظمی در ارتفاع و ضعف سازه ای شود.



توصیه‌های شهرداری برای ستون گذاری

متر	محور تا محور ستون‌ها	حداقل فضای پارک برای یک خودرو
متر	برتا بر و روی نازک کاری ستون‌ها (عرض خالص)	
متر	محور تا محور ستون‌ها	حداقل فضای پارک برای دو خودروی مجاور
متر	برتا بر و روی نازک کاری ستون‌ها (عرض خالص)	
متر	محور تا محور ستون‌ها	حداقل فضای پارک برای سه خودروی مجاور
متر	برتا بر و روی نازک کاری ستون‌ها (عرض خالص)	
متر	محور تا محور ستون‌ها	حداقل فضای موردنیاز برای مانور خودرو
متر	عرض	
متر	ارتفاع	



برگرفته از کتاب آموزش طراحی سازه سری عمران



جزوه طراحی سازه بتنی

توصیه‌های سازه‌ای در ستون‌گذاری

تعداد ستون‌ها

تعداد ستون‌ها باید به صورت معقول انتخاب شود.

ستون‌های زیاد → افزایش مقدار مصالح، طولانی‌تر شدن زمان اجرا، اشغال فضاهای معماری و در نهایت غیراقتصادی بودن.

ستون‌های کم → افزایش ابعاد ستون‌ها، مشکلات معماری و غیراقتصادی شدن سازه.

فاصله بین ستون‌ها

فاصله ستون‌ها نباید خیلی کم باشد (حداقل حدود ۲/۵ متر). فاصله کم می‌تواند باعث شکست برشی یا خمشی شود.

فاصله زیاد ستون‌ها → دشواری یا حتی عدم امکان اجرای سقف و ایجاد مشکلات اقتصادی.

رعایت تقارن در ستون‌گذاری

تقارن ستون‌ها سبب کاهش فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی می‌شود.

این امر مانع ایجاد پیچش در سازه می‌گردد.

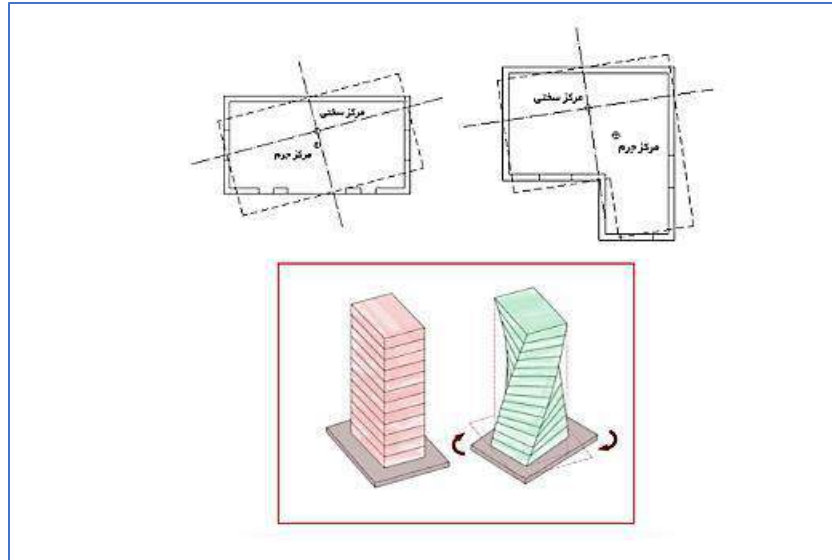
وجود پیچش مشکلات جدی در طراحی و عملکرد لرزه‌ای سازه ایجاد خواهد کرد (که در ادامه به طور مفصل بررسی خواهد شد).

مرکز جرم (Center of Mass)

مرکز جرم نقطه‌ای از یک طبقه است که نیروی برشی ناشی از زلزله در آن نقطه متمرکز می‌شود. در صورتی که توزیع بارهای مرده و زنده در طبقه به صورت یکنواخت باشد، مرکز جرم با مرکز هندسی پلان طبقه منطبق خواهد بود.

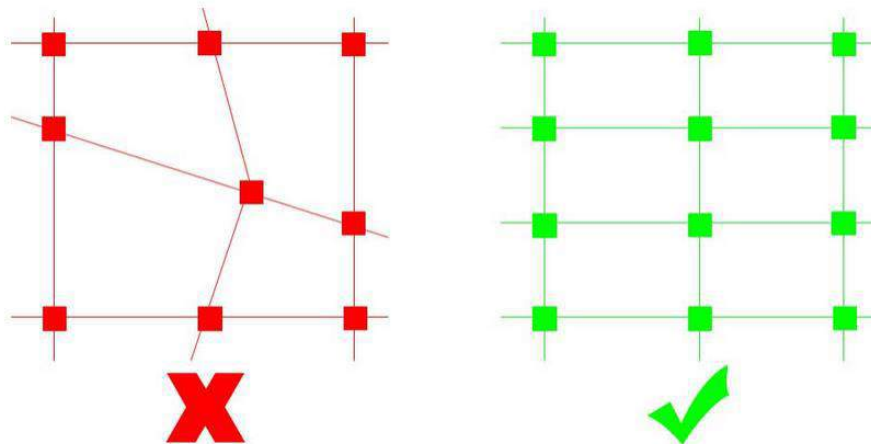
مرکز سختی (Center of Rigidity)

مرکز سختی نقطه‌ای در پلان است که برآیند سختی جانبی اجزای مقاوم سازه (مانند قاب‌ها یا دیوارهای برشی) از آن عبور می‌کند. به عبارت دیگر، مرکز سختی نشان‌دهنده محل تعادل نیروهای مقاوم در برابر بارهای جانبی ساختمان است.



برگرفته از سایت پاراسیویل

تا حد امکان ستون ها در یک آکس قرار گیرند. این مورد برای تشکیل قاب خمشی و پایداری آن بسیار مؤثر است.



ستون ها را با هماهنگی بین طراح سازه و معمار جایگذاری کنید تا از تجمع ستون ها در یک سمت و کمبود آن ها در سمت دیگر جلوگیری شود. تجمع سختی در یک سمت باعث نزدیک شدن مرکز سختی به آن سمت و افزایش بازوی لنگر و پیچش سازه می شود.

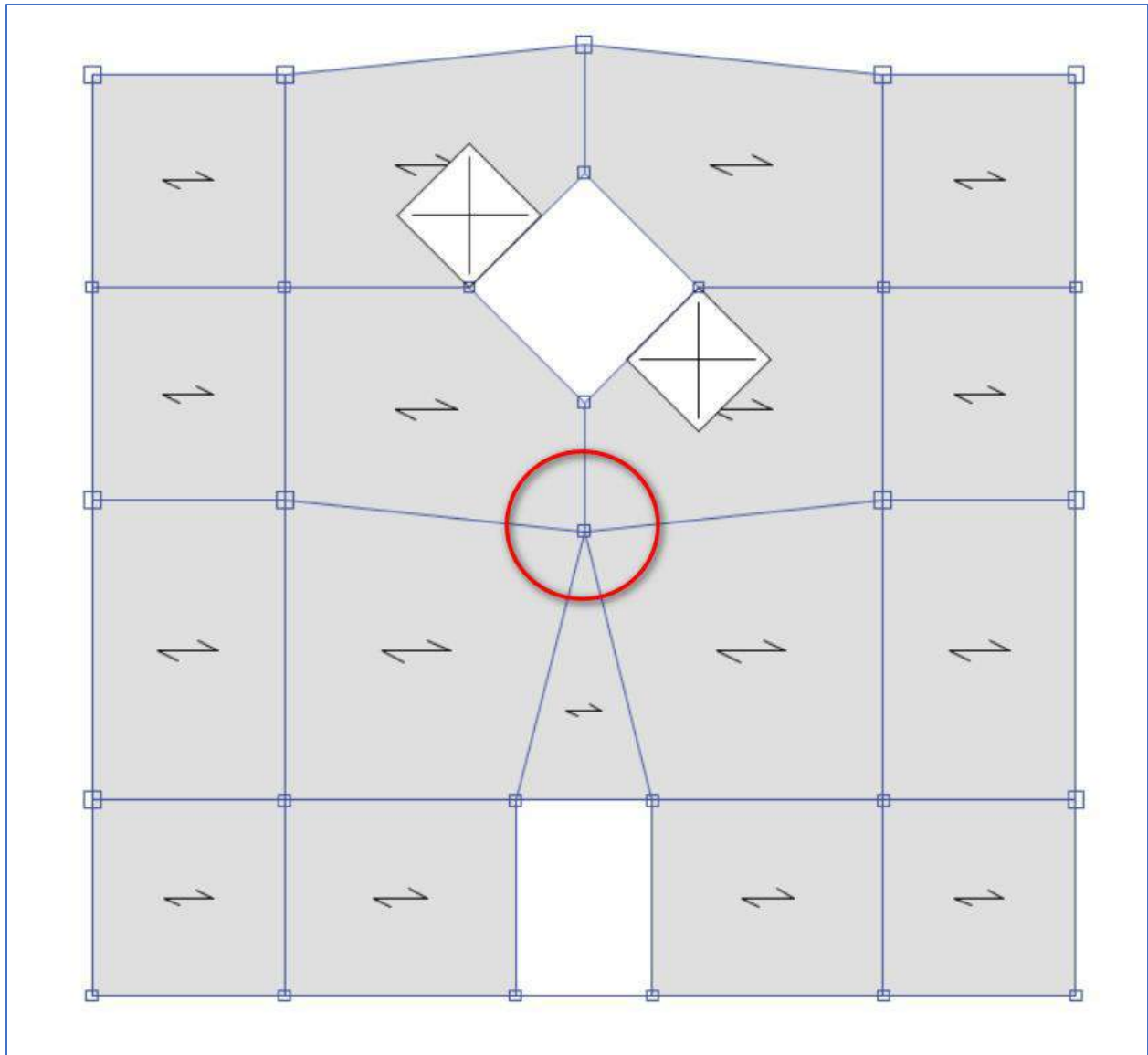
ستون ها تا حد امکان هم محور و منظم باشند. این کار از اجرای تیرهای مورب جلوگیری کرده و از نامنظمی سیستم باربر غیرموازی جلوگیری می کند، که افزایش نامنظمی علاوه بر پیچش، رفتار لرزه ای سازه را تضعیف می کند.



برای اجرای صحیح ستون‌ها، توجه به تعداد تیرهای متصل به هر ستون اهمیت زیادی دارد:

هر ستون تا حد امکان حداکثر به ۴ تیر متصل شود. اگر بیش از ۴ تیر به یک ستون وصل شود، تراکم آرماتورها در آن نقطه زیاد می‌شود و ممکن است اجرای ستون با نقشه‌های سازه هماهنگ نباشد.

رعایت این نکته باعث می‌شود اجرای ستون و تیرها ساده‌تر، دقیق‌تر و منطبق با نقشه‌ها باشد.





معرفی سیستم‌های باربر ثقیلی در سازه‌های بتنی

سیستم باربر ثقیلی مجموعه‌ای از اعضا و اجزای سازه‌ای است که وظیفه‌ی اصلی آن دریافت، انتقال و توزیع بارهای ثقیلی (شامل بار مرده، بار زنده، بارهای پوشش بام، تجهیزات، تأسیسات و سربارهای بهره‌برداری) از محل اعمال بار تا تکیه‌گاه‌های نهایی (فونداسیون و خاک) می‌باشد.

در این سیستم، انتقال بار مطابق یک مسیر مشخص انجام می‌شود که به آن مسیر انتقال بار ثقیلی گفته می‌شود. عملکرد صحیح سیستم باربر ثقیلی وابسته به کفایت سختی، مقاومت و پیوستگی اعضای تشکیل‌دهنده در طول این مسیر است.

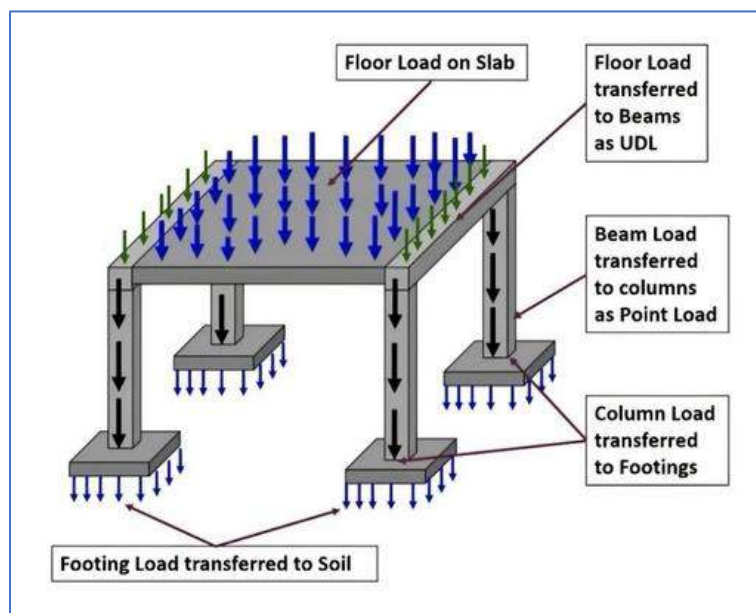
مسیر انتقال بار در سیستم باربر ثقیلی

انتقال بارهای ثقیلی معمولاً در سه مرحله صورت می‌گیرد:

اعضای سطحی: بارهای سطحی ابتدا توسط دال‌ها یا سقف‌ها جمع‌آوری شده و به تیرهای تکیه‌گاهی منتقل می‌شوند.

اعضای خطی: تیرها بارهای منتقل‌شده از دال را جمع کرده و در راستای طولی خود به ستون‌ها یا دیوارهای باربر ارائه می‌کنند.

اعضای عمودی: ستون‌ها یا دیوارهای باربر، بارهای دریافت شده را به فونداسیون منتقل می‌کنند. در نهایت، فونداسیون این بارها را به خاک تحویل می‌دهد.





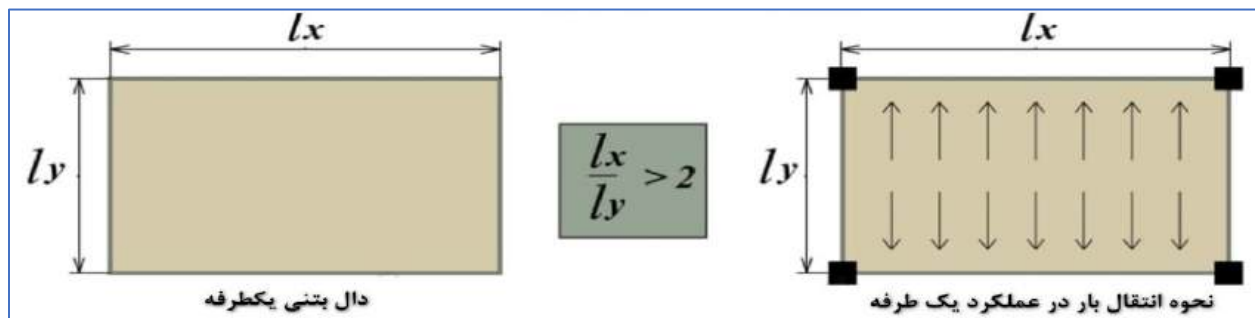
در فلوجارت زیر انواع سقف‌های رایج در سازه‌های بتن‌آرمه از نظر عملکرد و رفتار نشان داده شده است.

انواع سقف از نظر عملکرد

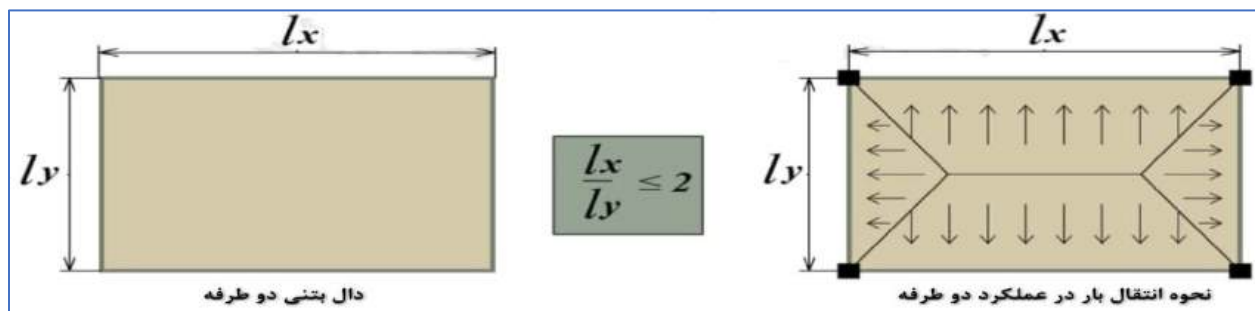
سقف با عملکرد یک طرفه

سقف با عملکرد دو طرفه

تعریف عملکرد یک طرفه: عملکرد یک طرفه زمانی در یک عضو سطحی مانند دال یا سقف رخ می‌دهد که انتقال و توزیع بارهای قائم عمدتاً در یک جهت انجام شود؛ یعنی عضو تحت بارگذاری، در راستای یک محور خم شده و در راستای دیگر رفتار قابل توجهی از خود نشان ندهد. در این حالت، دال مانند یک تیر عریض عمل کرده و بارهای خود را به دو تکیه‌گاه موازی در امتداد دهانه کوتاه منتقل می‌کند.



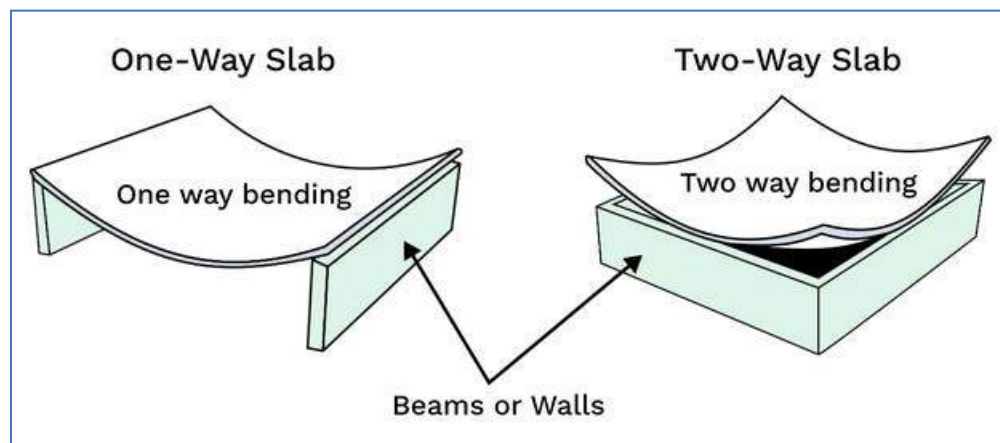
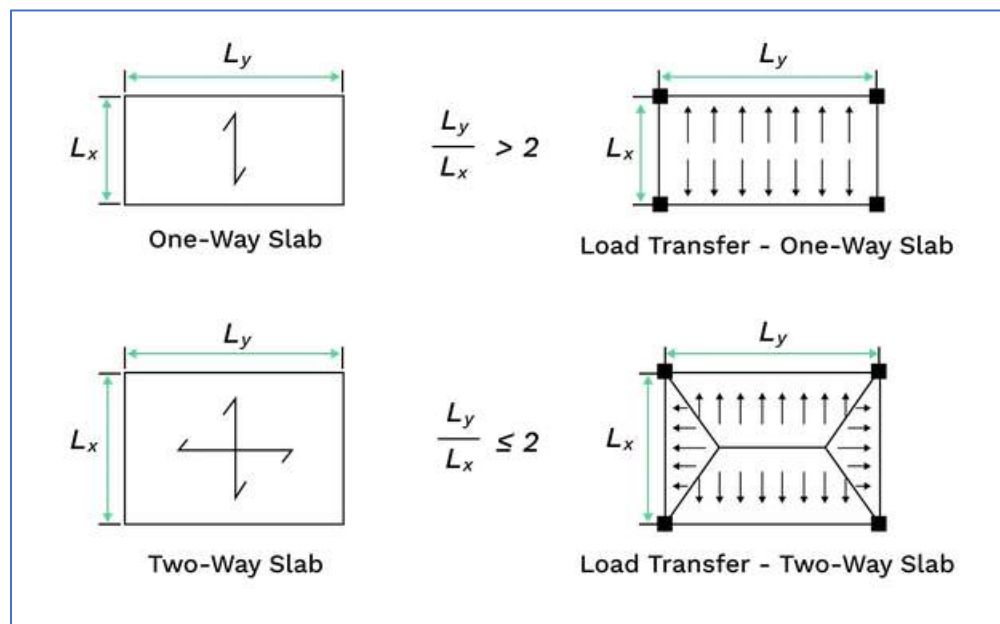
تعریف عملکرد دو طرفه: عملکرد دو طرفه زمانی در یک دال یا سقف رخ می‌دهد که بارهای وارد بر دال، به‌طور هم‌زمان در هر دو جهت اصلی پلان (جهت طولی و جهت عرضی) منتقل شده و دال در دو راستای خم می‌شود. در این وضعیت، دال به جای آنکه مانند یک تیر عریض در یک جهت عمل کند، مانند یک صفحه خمشی رفتار نموده و بار را به تمامی تکیه‌گاه‌های پیرامونی خود توزیع می‌کند. به بیان دیگر، دال دو طرفه عضو صفحه‌ای است که لنگر خمشی، تغییر شکل و توزیع تنش‌ها در دو محور اصلی آن قابل توجه بوده و سیستم انتقال بار به تیرها یا ستون‌ها در هر دو جهت به‌طور مؤثر انجام می‌شود.





تفاوت عملکرد یک طرفه و دو طرفه

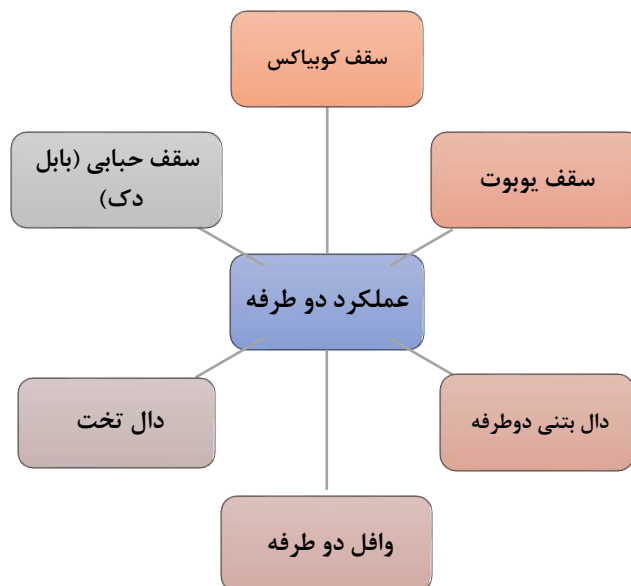
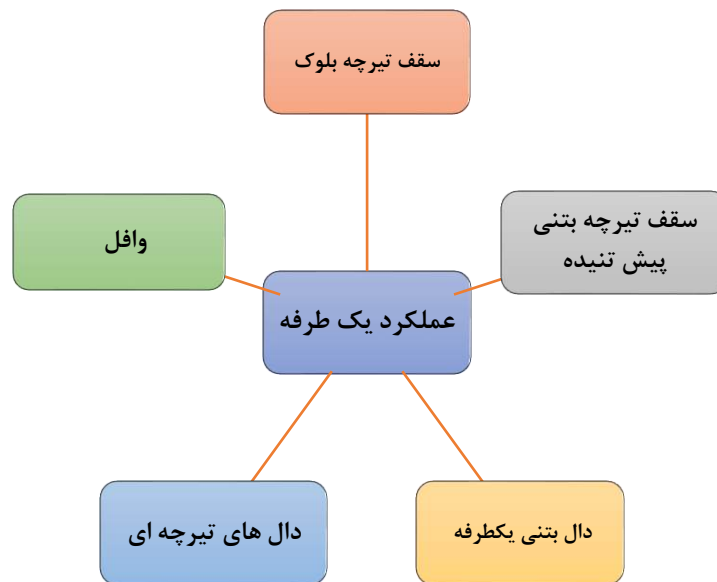
عملکرد یک طرفه و دو طرفه دال‌ها در نحوه گسترش و توزیع تنش‌ها با هم تفاوت بنیادین دارند. در دال یک طرفه، بارها عمدتاً در راستای کوتاه‌تر دال جریان یافته و همانند یک تیر پهن، فقط در یک جهت خم می‌شوند؛ بنابراین رفتار مقطع، کشش و آرماتورگذاری همگی غالباً در یک محور متمرکز است. اما در دال دو طرفه، توزیع سختی در دو راستا به اندازه‌ای نزدیک است که بار به صورت هم‌زمان در دو جهت پخش می‌شود و دال مانند یک «صفحه» عمل می‌کند، نه یک تیر. در این حالت، خم‌شدگی دومتوجه ایجاد شده و الگوی ترک‌خوردگی، خیز، طراحی برش و آرماتورگذاری پیچیده‌تر و متوازن‌تر می‌شود. به بیان ساده، دال یک طرفه جهت غالب دارد، اما دال دو طرفه بار را بین دو محور به اشتراک می‌گذارد و رفتار کاملاً صفحه‌ای نشان می‌دهد.



تفاوت عملکرد یک طرفه با دو طرفه

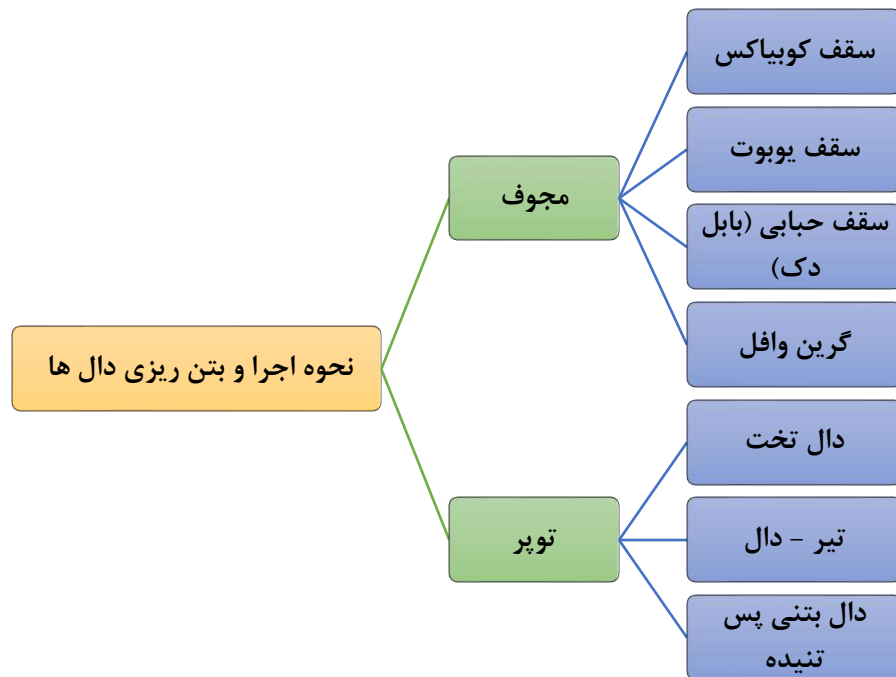


در فلوجارت های زیر انواع سقف های رایج بتنی براساس عملکرد یکطرفه و دو طرفه تقسیم بندی شده اند.





دال ها به لحاظ نحوه اجرا و نوع بتن ریزی، به دو دسته مجوف و توپر تقسیم می شوند که در چارت زیر این موضوع نشان داده شده است.



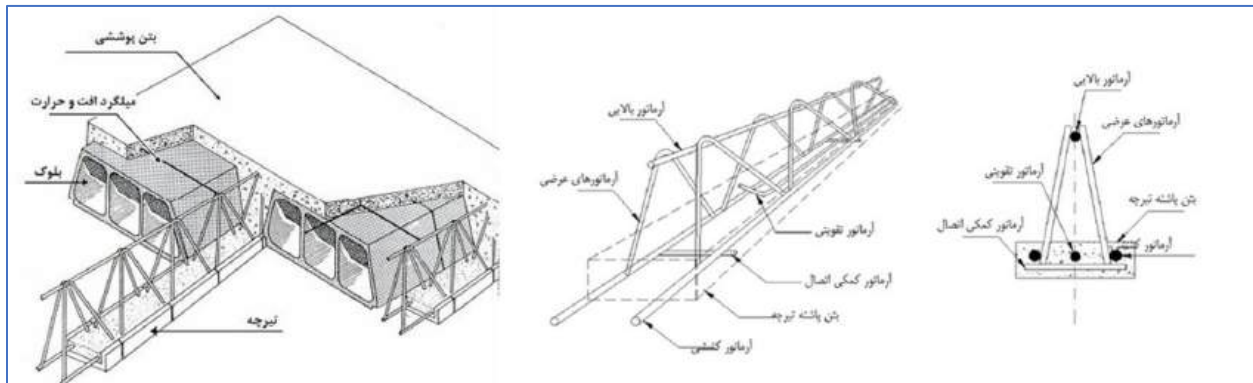
* سقف تیرچه بلوک یک سقف مجوف محسوب می شود زیرا در این سقف، بلوک ها نقش باربر ندارند و صرفاً فضاهای خالی (حفره) بین تیرچه ها را پر می کنند.

در این قسمت برای جلوگیری از ازدیاد مطلب فقط سقف های تیرچه بلوک، کوبیاکس، یوبوت و وافل توضیح داده شده اند.



سقف تیرچه بتنی با بلوک‌های سیمانی، سفالی و یا پلی استایرن (بلوک عایق ماندگار)

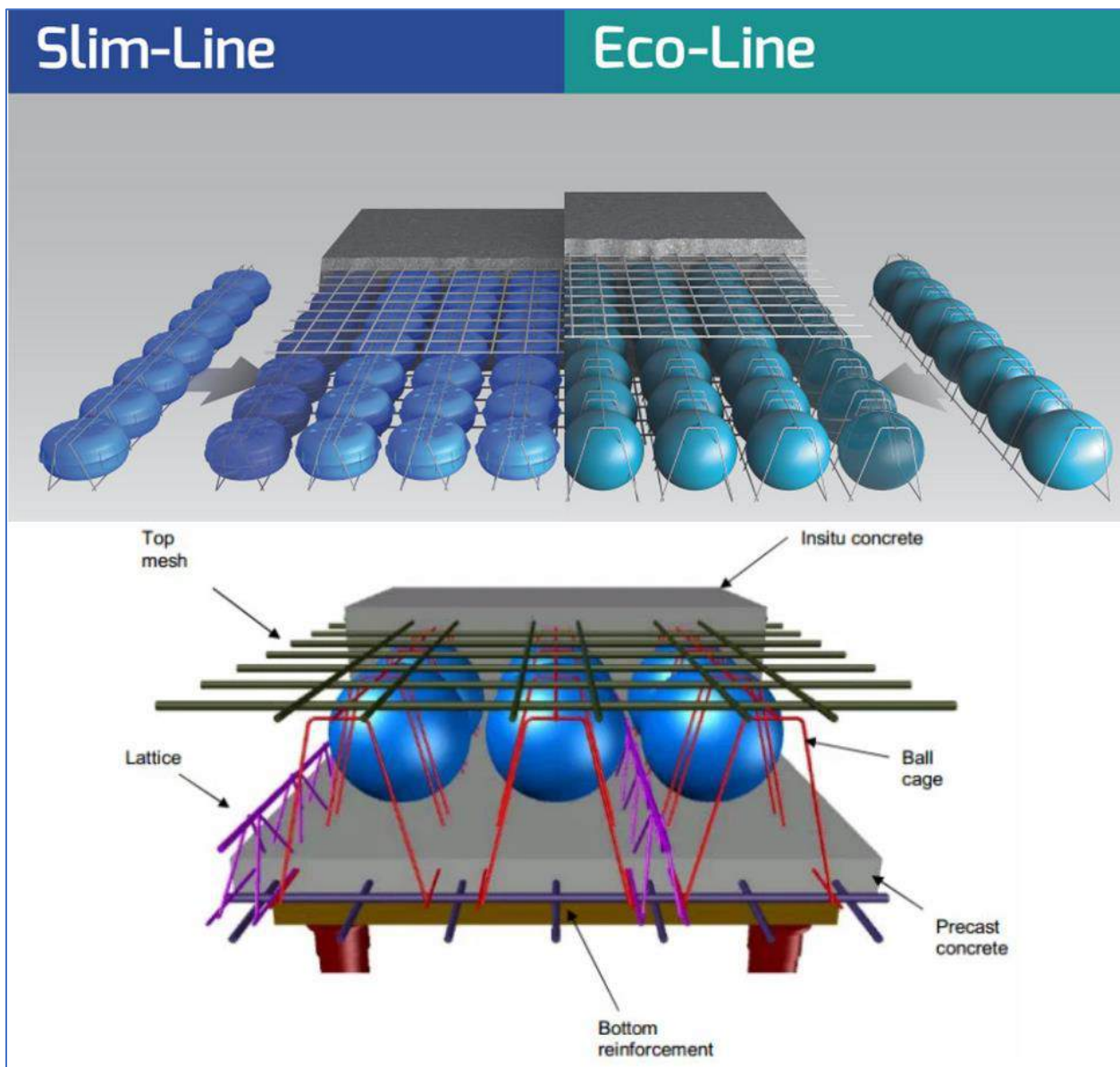
سقف‌های تیرچه بلوک یا تیرچه بتنی از رایج‌ترین انواع سقف‌ها در کشور می‌باشد. این سقف جز دال‌های یکطرفه به حساب می‌آید که در آن تیرچه‌های بتنی را با بلوک‌های سیمانی سفالی و یا پلی استایرن پر می‌کنند.





سقف کوبیاکس

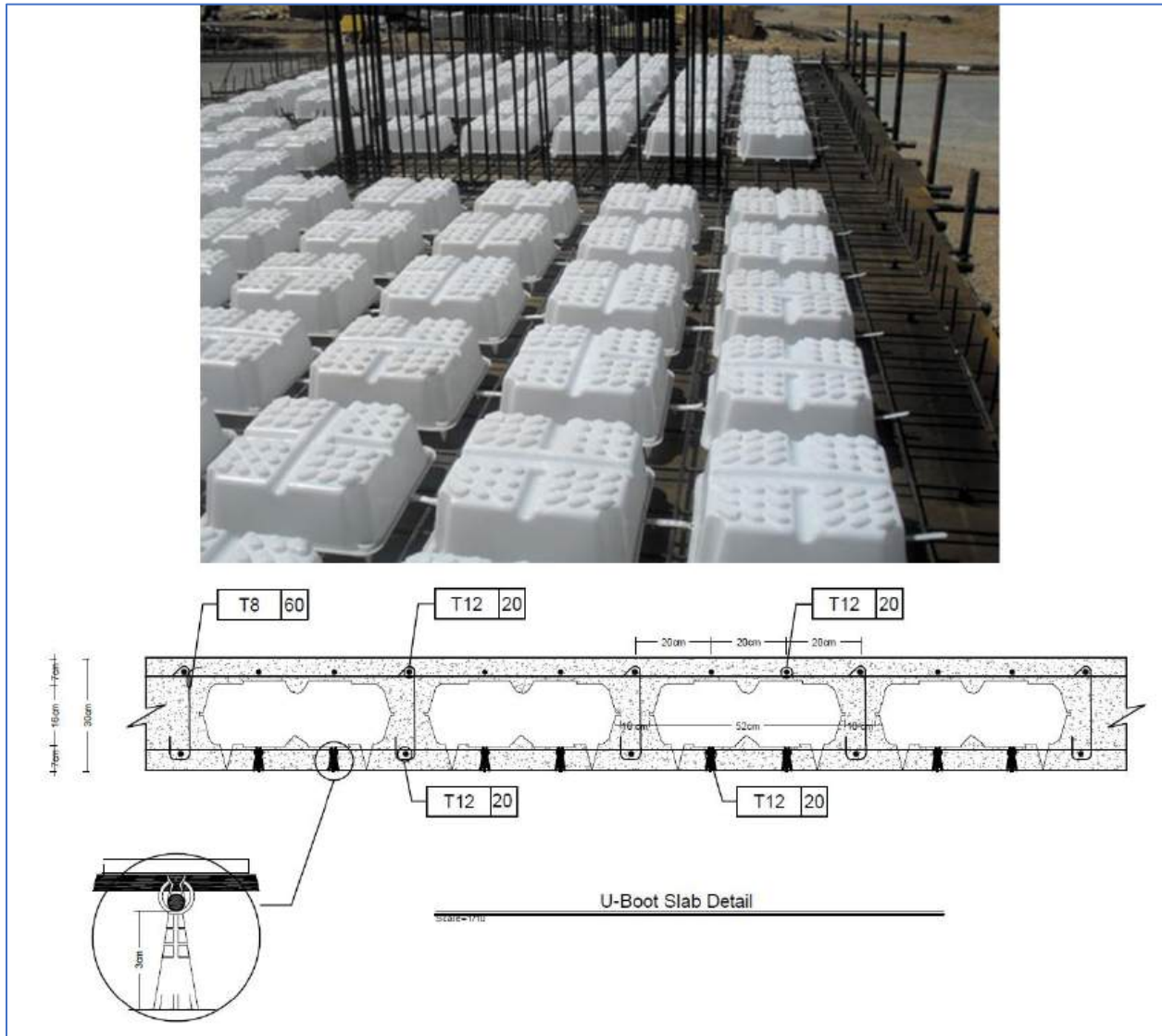
سیستم کوبیاکس یکی از انواع سقف‌های مجوف I شکل با عملکرد دال بتنی دو طرفه است که به دلیل مزایای آن در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. ماژول‌های قفسه‌ای شامل گوی‌های پلاستیکی از جنس پلی‌اتیلن یا پلی پروپیلن به همراه خرپای فلزی نوع AII، بتن و شبکه مش فوقانی و تحتانی عناصر اصلی این سقف هستند. ماژول‌های قفسه‌ای در دو نوع تخت با ارتفاع ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۲۰ و ۲۲ سانتیمتر برای دال‌های تا ضخامت نهایی ۳۰-۳۵ سانتیمتر و نوع کروی با ارتفاع گوی ۱۸، ۲۲/۵، ۳۱/۵، ۳۶، ۴۰/۵ و ۴۵ سانتیمتر برای دال‌های با ضخامت نهایی ۶۰-۳۵ سانتیمتر بکار می‌روند. کیج ماژول‌های کوبیاکس به صورت شاخه‌ای در طول‌های ۲/۵ متری تولید شده و فاصله بین گوی‌ها حدود ۵ سانتیمتر است.





سقف یوبوت

سقف یوبوت گونه دیگری از دال‌های مجوف I شکل است که از نظر اجرایی تا حدود زیادی شبیه به سیستم کوبیاکس می‌باشد. تفاوت عمده این دو سیستم در پرکننده‌های میانی دال است. در کوبیاکس از گوی‌های کروی و در یوبوت از قالب‌های مکعبی از جنس پلی‌پروپیلن استفاده می‌شود.



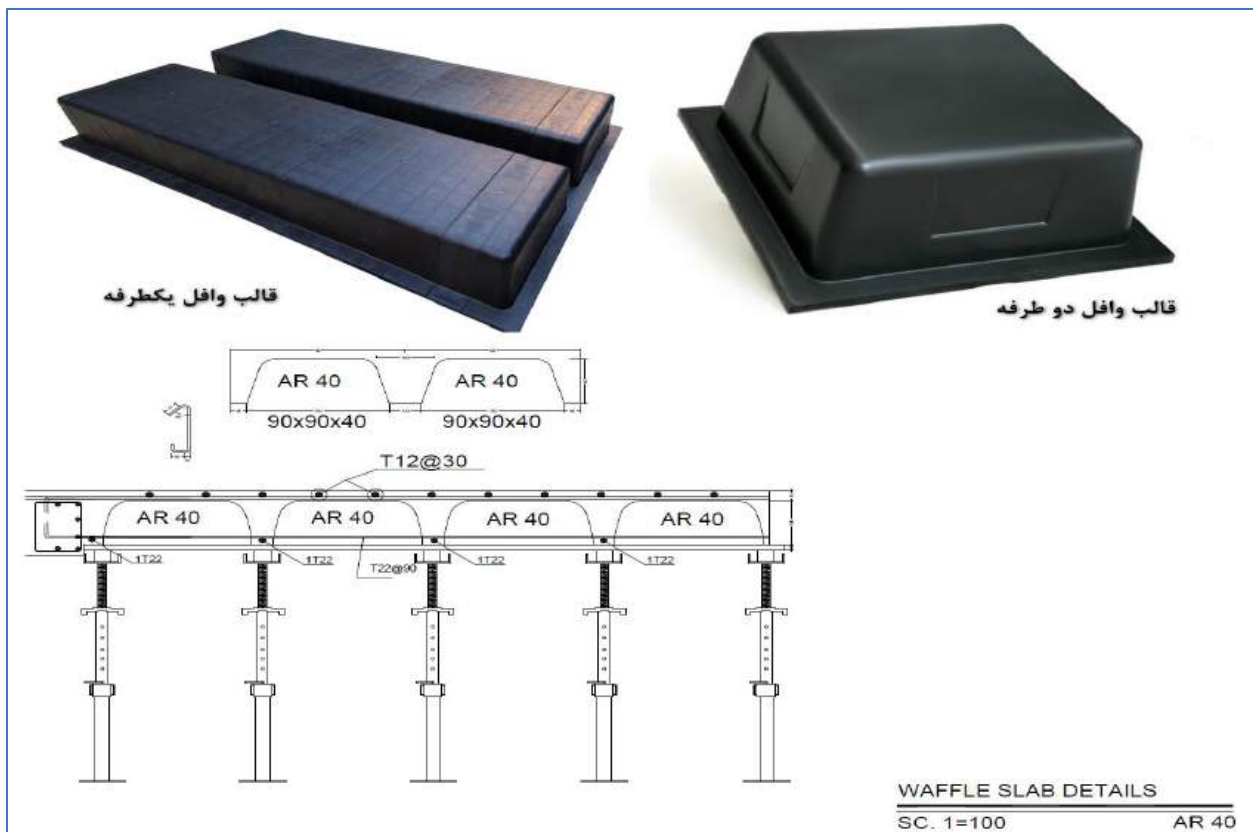


سقف وافل

سقف وافل نوعی سازه بتنی است که به وسیله بتن مسلح ساخته می‌شود و ظاهری پنجره‌ای شکل و مدرن دارد. همان‌طور که از نامش پیداست، این سازه شبیه نان وافل بوده و دلیل نام‌گذاری آن نیز همین است. بیشترین کاربرد سازه وافل در سقف‌هایی با ارتفاع ۸ تا ۱۲ متر (مانند فرودگاه‌ها، سالن‌ها و ایستگاه‌های مترو) است. برای ساخت این سازه، از قالب‌هایی مخصوص به نام وافل استفاده می‌شود. این قالب‌ها چند بار مصرف‌اند. به همین دلیل، در فرایند اجرا و ساخت سقف وافل باید از تخریب قالب‌ها پیشگیری کرد. نتیجه ساخت چنین سازه‌هایی، کاهش وزن مرده سازه است.

قالب وافل یک طرفه: این قالب‌ها به نام مهانیت یا گرین وافل هم شناخته می‌شوند و برای اجرا در سقف‌های کوتاه‌تر مناسب هستند. استفاده از این قالب موجب کاهش مصرف میلگرد و بتن و نهایتاً، کاهش هزینه می‌شود (قالب‌ها به صورت مستطیلی هستند).

قالب وافل دو طرفه: این قالب در وافل دو طرفه بکار می‌رود و موجب انتقال بار در دو جهت می‌شود. به خاطر عملکرد دو طرفه، بار زنده و مرده سازه را به تمام تیرهای اطراف هر چشمه، منتقل می‌کند. قالب وافل دو طرفه در سقف‌های بلندتر استفاده می‌شود (قالب‌ها به صورت مربعی هستند).





در این قسمت به مقایسه کلی انواع سقف رایج در سازه های بتنی پرداختیم که در جدول زیر ارائه شده است.

ردیف	نوع سقف	حداکثر دهانه (متر)	هزینه اجرا
۱	تیرچه بلوک ^۱	۷	اقتصادی
۲	تیرچه دابل ^۱	۸	متوسط به بالا
۳	کوبیاکس ^۲	۱۸	بالا
۴	یوبوت ^۳	۲۰	بالا
۵	وافل یک طرفه ^۴	۸	متوسط
۶	وافل دو طرفه ^۵	۱۴	متوسط به بالا
۷	سقف با تیرچه پیش تنیده ^۱	۱۲	مناسب
۸	دال بتنی	۸	متوسط
۹	سقف تیر و دال	۱۸	زیاد
۱۰	دال پیش تنیده ^۶	۲۵	بالا

۱- حداکثر دهانه قابل پوشش برای سقف تیرچه بلوک، بسته به نوع تیرچه و طراحی مهندسی، معمولاً تا ۷ یا ۸ متر است. در صورت نیاز به پوشش دهانه های بزرگتر، می توان از تیرچه های دابل یا تیرچه های پیش تنیده استفاده کرد.

۲- حداکثر دهانه سقف کوبیاکس در صورتی که دال تخت باشد، حدود ۵ تا ۶ متر قابل اجرا است. چنانچه دال بتنی کوبیاکس با سیستم قاب خمشی بتن مسلح که شامل تیر و ستون های مجزا است ترکیب شود، در این حالت حداکثر طول دهانه سقف کوبیاکس به ۱۸ متر نیز می رسد.

۳- حداکثر دهانه سقف یوبوت بسته به عواملی مانند ضخامت سقف و طراحی سازه، بین ۹ تا ۲۰ متر است. با این حال، دهانه های رایج تر تا حدود ۱۲ متر و در موارد خاص تا ۱۸ متر اجرا می شوند. انتخاب حداکثر دهانه باید توسط مهندسان طراح و با در نظر گرفتن تمامی جزئیات فنی تعیین شود.

۴- حداکثر دهانه سقف وافل یک طرفه بین ۸ تا ۹ متر است. اگر سقف با دهانه بیشتر داشتیم باید از سقف های وافل دو طرفه استفاده شود.

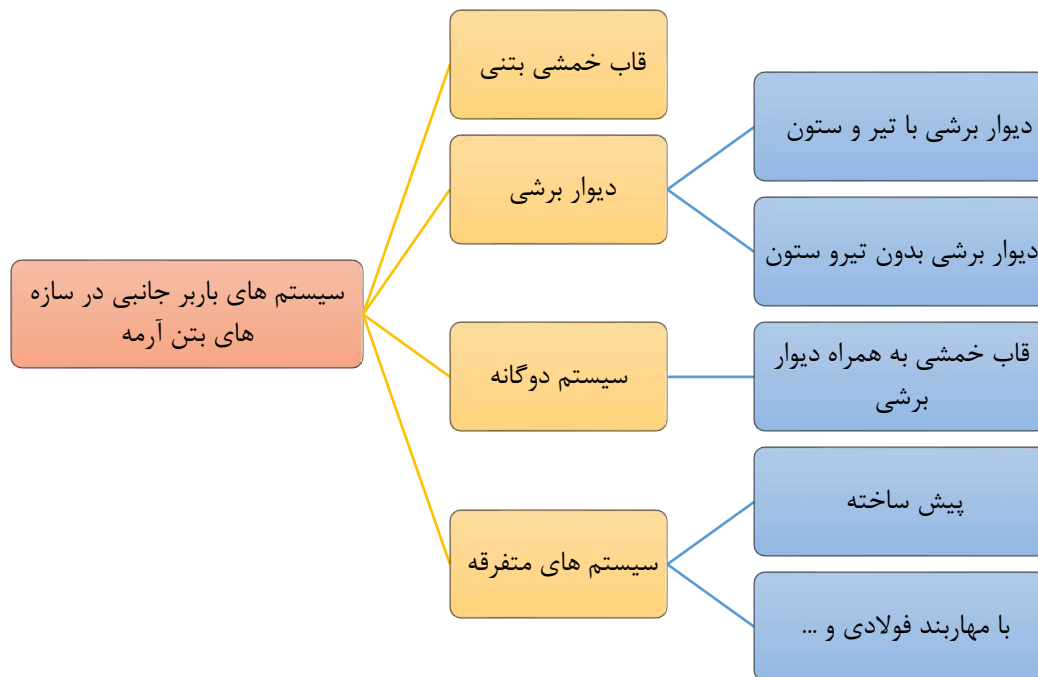
۵- حداکثر دهانه سقف وافل دو طرفه از لحاظ فنی ۱۲ تا ۱۴ متر قابل تعریف است. اما همانطور که به آن اشاره نموده ایم، در شرایط خاص با نظر مهندس طراح این سقف ها در دهانه های ۱۵ و نهایتاً ۱۶ متر نیز قابل اجراست. در دهانه های بلند تر از ۱۳ متر باید اقتصاد پروژه مورد بررسی قرار گیرد.

۶- حداکثر دهانه سقف دال پیش تنیده می تواند تا حدود ۲۵ متر باشد و ضخامت آن بسته به محاسبات مهندسی، معمولاً بین ۲۰ تا ۴۰ سانتیمتر است. در حالی که برخی دیگر اشاره می کنند که محدودیت دهانه در این سیستم وجود ندارد و می توان برای هر دهانه ای آن را اجرا کرد. منابع دیگر تا ۵۰ متر را نیز برای سیستم های پیش تنیده ذکر کرده اند. در نهایت حداکثر طول دهانه سقف پیش تنیده بسته به نوع پروژه، کیفیت مصالح، طراحی سازه و شرایط اقتصادی می تواند متفاوت باشد.



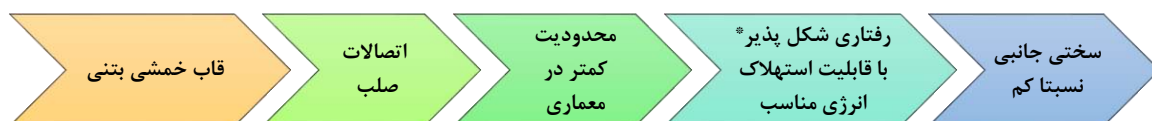
سیستم‌های باربر جانبی در سازه‌های بتنی

سیستم باربر جانبی به مجموعه‌ای از اجزا و اعضای سازه گفته می‌شود که وظیفه مقاومت و انتقال بارهای جانبی را بر عهده دارد. بار جانبی، نیروهای افقی هستند که عمدتاً ناشی از عوامل محیطی مانند باد و زلزله به سازه وارد می‌شوند. در چارت زیر انواع سیستم‌های باربر جانبی در سازه‌های بتن‌آرمه نشان داده شده است.



سیستم قاب خمشی بتنی

در سیستم قاب خمشی نیروهای جانبی توسط عملکرد خمشی، برشی و محوری تیرها و ستون‌ها تحمل شده و به شالوده ساختمان منتقل می‌شوند.



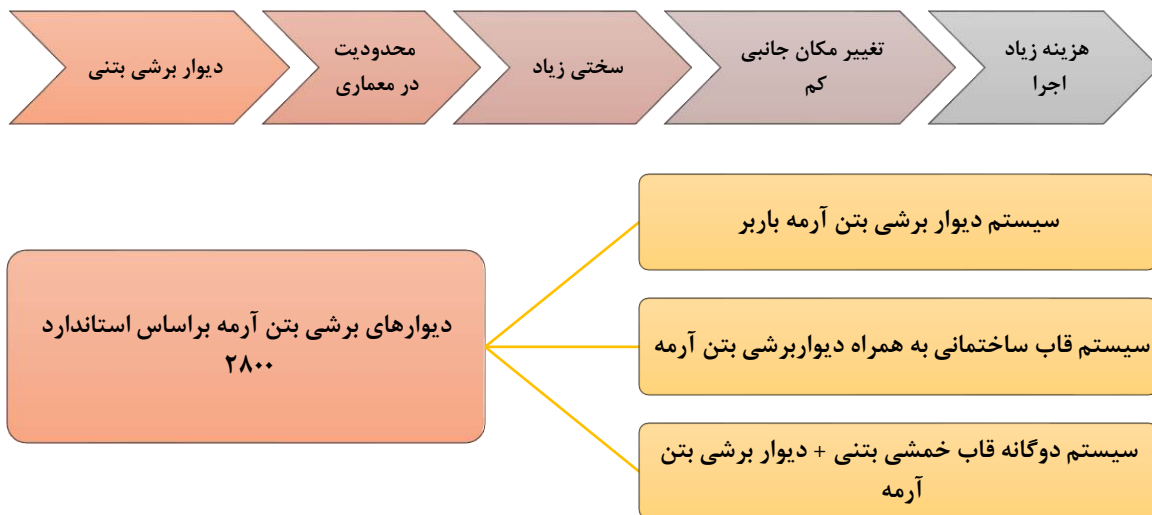
* مفاهیم شکل‌پذیری در قسمت ضوابط لرزه‌ای مفصل پرداخته خواهد شد.



جزوه طراحی سازه بتنی

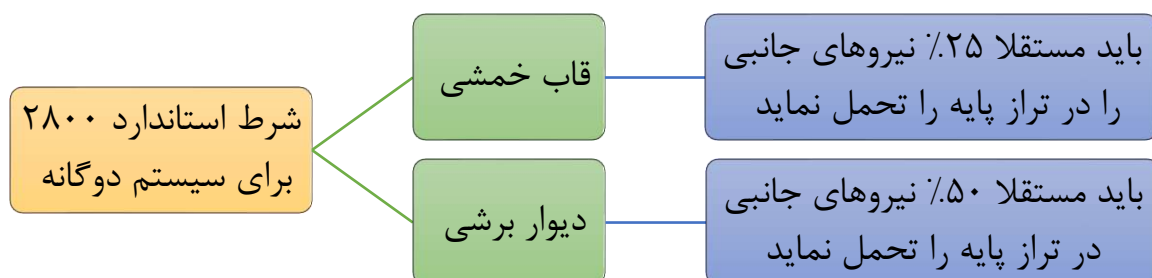
سیستم دیوار برشی بتنی

سیستم دیوار برشی بتنی، پر کاربردترین نوع دیوارهای برشی در ایران است. این سیستم متشکل از یک دیوار بتنی است که در آن شبکه‌هایی از آرماتوربندی افقی و قائم وجود دارد و در صورت نیاز می‌توان بازشوهایی جهت ایجاد در و پنجره نیز در آن ایجاد کرد.



سیستم دوگانه بتنی

سیستمی است که در آن دو نوع سیستم باربر جانبی، مانند قاب خمشی و دیوار برشی، به طور همزمان در یک راستا برای تحمل نیروهای جانبی (مانند باد و زلزله) استفاده می‌شوند. این سیستم‌ها می‌توانند به طور همزمان در یک راستا قرار داشته باشند، اما استاندارد ۲۸۰۰ بیان می‌کند که هر کدام باید حداقل سهمی از نیروهای جانبی را مستقل از دیگری تحمل کنند.



به طور کلی در یک سیستم سازه‌ای دوگانه، ویژگی‌های مثبت قاب خمشی و دیوار برشی گرد هم آمده و سازه جدید، رفتار مطلوب‌تری خواهد داشت.



جزوه طراحی سازه بتنی

سیستم پیش ساخته بتنی

سیستم ساختمانی است که در آن اجزای سازه (مانند دیوارها، ستون‌ها، و سقف‌ها) به صورت جداگانه در کارخانه تولید شده و سپس به محل پروژه منتقل و در آنجا نصب می‌شوند. این روش سرعت اجرا را بالا می‌برد، هزینه‌ها را کاهش می‌دهد و کیفیت را به دلیل تولید در شرایط کنترل‌شده افزایش می‌دهد.



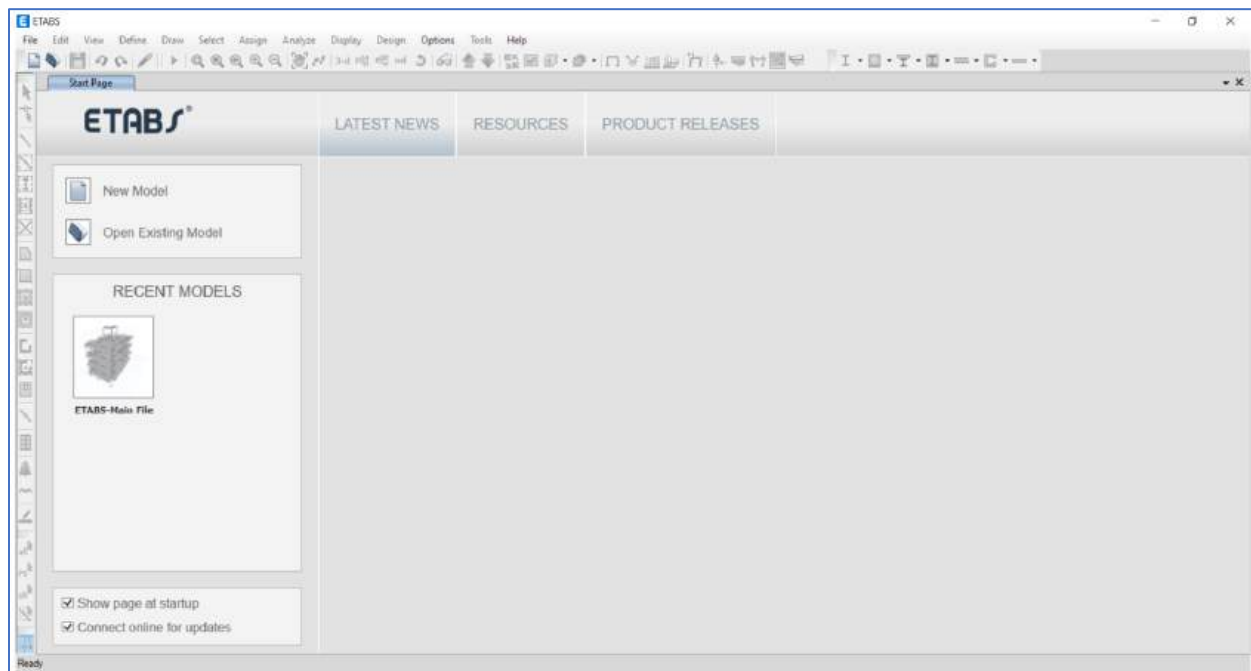
سازه بتنی دارای مهاربند فولادی

این سیستم بیشتر در بهسازی لرزه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.





شروع ساخت مدل سازه بتنی در نرم افزار



محیط اولیه نرم افزار ETABS

آشنایی با منوهای ETABS

منوی File: این منو، مشابه منوهای اصلی در سایر نرم افزارهای کامپیوتری، وظایف مهمی را بر عهده دارد. از جمله این وظایف می توان به ایجاد پروژه جدید، باز کردن فایل های موجود، بستن پروژه، ذخیره سازی، دریافت ورودی از سایر نرم افزارها (در صورت امکان)، ارائه خروجی به سایر نرم افزارها، تولید خروجی های گرافیکی و تهیه گزارش محاسبات اشاره کرد. در طول انجام پروژه، استفاده از بسیاری از این امکانات ضروری خواهد بود.

منوی Edit: این منو وظایفی مانند بازخوانی، کپی کردن، بریدن، اضافه یا حذف آکس ها، تغییر تعداد طبقات، اصلاح فواصل آکس بندی و ارتفاع طبقات، مش بندی، جابجایی، تقسیم یا ادغام المان ها و سایر عملیات مشابه را بر عهده دارد که در طول پروژه بیشتر با آن ها سروکار خواهیم داشت.

منوی View: این منو وظایفی مانند تنظیمات نمایشی، زوم کردن، جابجایی صفحات و موارد مشابه را بر عهده دارد که معمولاً این عملیات با استفاده از آیکون های موجود در صفحه پیش فرض ETABS قابل انجام هستند.

منوی Define: این منو یکی از مهم ترین بخش های نرم افزار ETABS است و اساس پروژه را تشکیل می دهد. در واقع، همه اطلاعات لازم برای طراحی سازه باید در این منو تعریف شوند، از جمله مصالح، مقاطع، دیافراگم،



برچسب گذاری، طیف زلزله، منبع جرم، اثر P-Delta، تعداد مودهای ارتعاشی، تعریف بار و ترکیبات بار، و همچنین اعمال برخی ضوابط لرزه ای طراحی سازه.

منوی Draw: این منو مربوط به ابزارهای ترسیم و مدل سازی سازه است و کاربرد زیادی در فرآیند مدل سازی پروژه دارد. برای سرعت بخشیدن به مدل سازی و کاهش مراجعه مکرر به این منو، اغلب از آیکون های ستونی موجود در سمت چپ نرم افزار استفاده می شود.

منوی Select: این منو مربوط به عملیات انتخاب است و امکان انتخاب یا لغو انتخاب اعضای خاص در مواقع مورد نیاز را فراهم می کند.

منوی Assign: این منو یکی دیگر از مهم ترین بخش های نرم افزار است و وظایفی مانند اختصاص مقاطع، اعمال انواع بارگذاری ها، تعیین ضرایب ترک خوردگی، اعمال دیافراگم و موارد مشابه را بر عهده دارد.

منوی Analyze: این منو مربوط به تحلیل سازه در نرم افزار است و امکان آنالیز سازه و ارائه گزارش نیروهای وارد بر انواع المان ها را فراهم می کند.

منوی Display: این منو امکان دریافت خروجی های گرافیکی، نموداری و جدولی حاصل از آنالیز سازه را فراهم می کند. بسیاری از کنترل های سازه نیز از طریق نتایج همین بخش انجام می شوند که جزئیات آن ها در بخش کنترل ها بررسی خواهد شد.

منوی Design: این منو یکی دیگر از مهم ترین بخش های نرم افزار است که وظیفه طراحی سازه را بر عهده دارد. در این بخش می توان با تنظیم آیین نامه مربوطه، پارامترهای لازم برای طراحی سازه های فولادی، بتن آرمه، تیرها و ستون های کامپوزیت، دیوار برشی و سایر المان ها را تعریف و طراحی نمود.

منوی Options: این منو مربوط به ابزارها و تنظیمات ویژه نرم افزار است، از جمله تغییر رنگ زمینه و مقاطع، فعال سازی حالت ذخیره خودکار، افزودن کیبورد دلخواه و موارد مشابه.

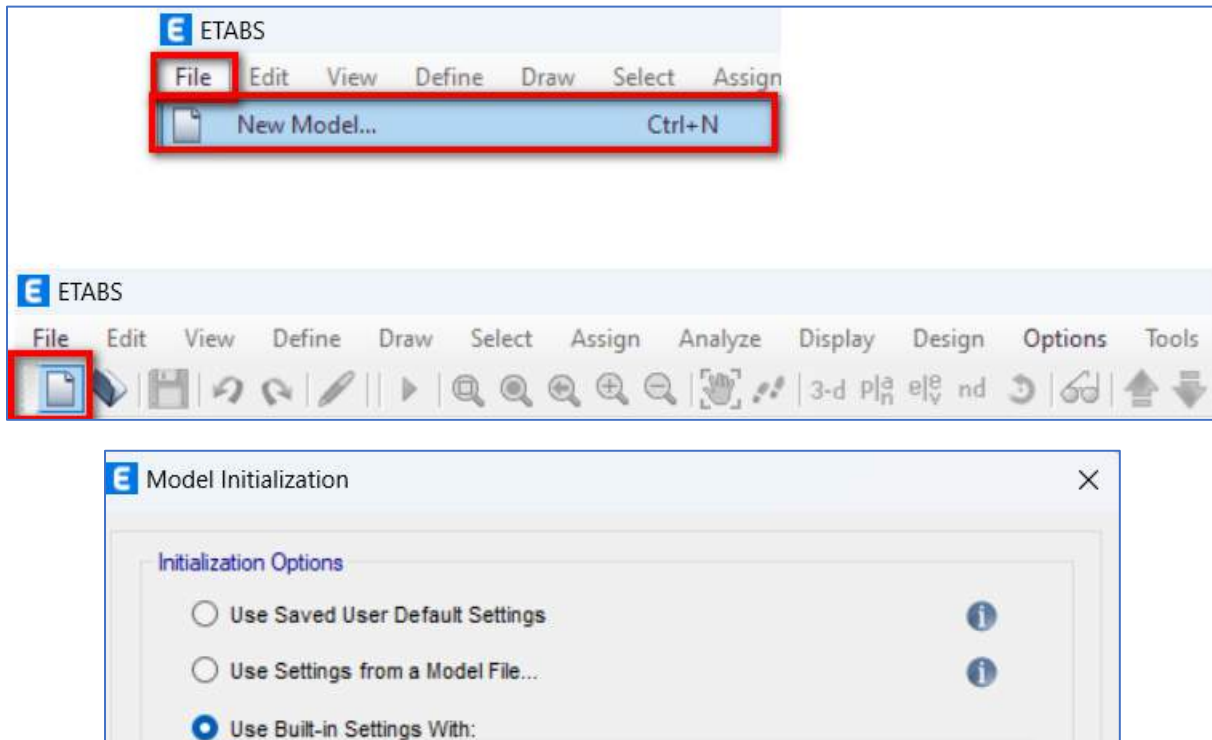
منوی Tools: این منو مربوط به افزودن پلاگین به نرم افزار است. در این بخش، ضوابطی که برنامه نویسان برای انجام عملیات مختلف طراحی سازه نوشته اند، به نرم افزار معرفی می شوند تا قابل استفاده باشند. در حال حاضر طراحان معمولاً این پلاگین ها را خریداری نمی کنند و ترجیح می دهند ضوابط را به صورت دستی یا از طریق فایل های اکسل معتبر اعمال نمایند.

منوی Help: این منو مربوط به راهنمای نرم افزار است. با توجه به نسخه قفل شکسته نرم افزار، استفاده از آن تنها در حالت آفلاین امکان پذیر است. این راهنما در هنگام نصب نرم افزار، در پوشه نصب نیز موجود می باشد.



ایجاد مدل

برای ایجاد یک مدل جدید در نرم افزار ETABS می توانیم از منوی نشان داده شده استفاده کنیم:

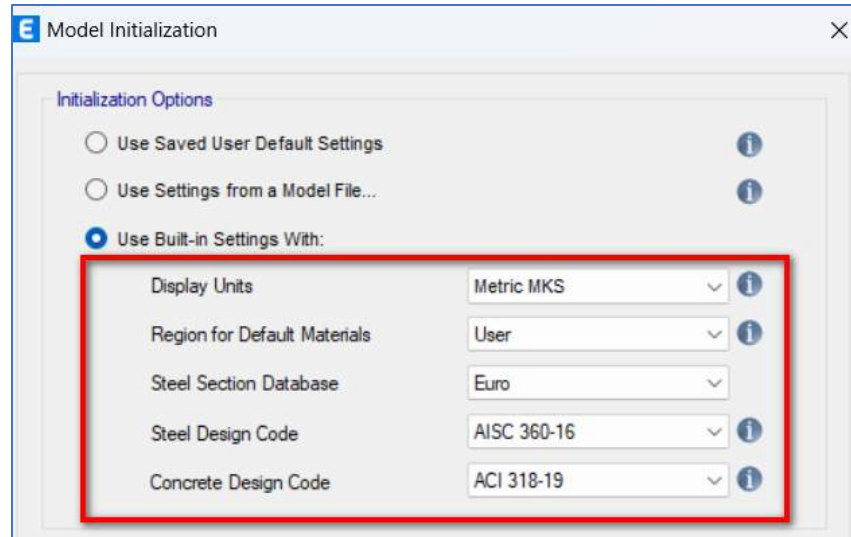


گزینه اول (Use Saved User Default Settings): این گزینه زمانی استفاده می شود که بخواهیم از تنظیمات پیش فرض برنامه بهره ببریم.

گزینه دوم (Use Settings from a Model File): این گزینه زمانی کاربرد دارد که قبلاً پروژه ای در نرم افزار مدل شده و بخواهیم از تنظیمات آن پروژه استفاده کنیم.

گزینه سوم (Use Built-in Settings With): این گزینه زمانی به کار می رود که بخواهیم تنظیمات را به صورت دستی وارد کنیم. اگر هدف ساخت یک مدل برای اولین بار باشد، این گزینه انتخاب می شود.

تنظیمات مربوط به سازه های بتنی در این بخش در شکل زیر نمایش داده شده و توضیحات هر یک در ادامه ارائه شده است.



قسمت اول (انتخاب واحد): واحد سیستم متریک (Metric MKS) انتخاب می شود.

قسمت دوم (استانداردهای مصالح): بهتر است حالت User انتخاب گردد.

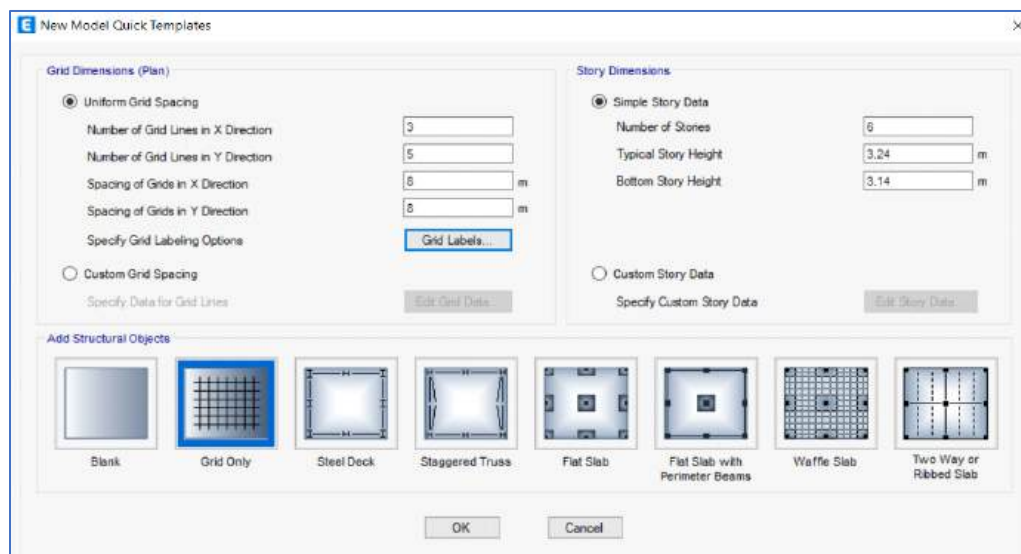
قسمت سوم (استاندارد مقاطع فولادی): با توجه به اینکه مقاطع نورد شده موجود در ایران برگرفته از استاندارد Euro هستند، این گزینه بهتر است انتخاب شود.

آیین نامه فولاد ایران (مبحث دهم): برگرفته از آیین نامه فولاد آمریکا سال ۲۰۱۶ می باشد.

آیین نامه بتن ایران (مبحث ۹): برگرفته از آیین نامه بتن آمریکا سال ۲۰۱۹ (ACI-۳۱۸-۲۰۱۹) می باشد.

تعریف مشخصات خطوط کمکی مدل سازی (Grid)

پس از انتخاب مدل مرجع، تعداد طبقات و محورهای نقشه پلان که عموماً از محل ستون ها عبور می کنند مشخص می شود.





توضیحات مربوط به کادر سمت چپ

قسمت اول مربوط به Grid Lines راستای X می باشد (تعداد محورهای موازی محور Y).

قسمت دوم مربوط به Grid Lines راستای Y می باشد (تعداد محورهای موازی محور X).

قسمت سوم و چهارم مربوط به فواصل Grid Lines در دو راستای X و Y می باشد و زمانی کاربرد دارد که همه فواصل محورها از هم برابر باشد.

با کلیک بروی گزینه Grid Labels صفحه زیر ظاهر خواهد شد:

قسمت بالای صفحه نشان می دهد که محورهای راستای X از چپ به راست یا از راست به چپ شروع شوند.

قسمت پایین صفحه نشان می دهد که محورهای راستای Y از پایین به بالا یا از بالا به پایین شروع شوند.



قسمت Custom Grid Spacing:

با کلیک بر روی گزینه Edit Grid Data صفحه زیر ظاهر می‌شود:

Grid System Data

Grid System Name: G1

System Origin:
Global X: 0 m
Global Y: 0 m
Rotation: 0 deg

Story Range Option:
☐ Default
☐ User Specified
Top Story:
Bottom Story:

Click to Modify/Show:
Reference Points...
Reference Planes...

Options:
Bubble Size: 1250 mm
Grid Color:

Rectangular Grids:
☒ Display Grid Data as Ordinates
☐ Display Grid Data as Spacing

X Grid Data

Grid ID	X Ordinate (m)	Visible	Bubble Loc
A	0	Yes	End
B	8	Yes	End
C	16	Yes	End

Y Grid Data

Grid ID	Y Ordinate (m)	Visible	Bubble Loc
5	0	Yes	Start
4	8	Yes	Start
3	16	Yes	Start
2	24	Yes	Start
1	32	Yes	Start

تنظیم اندازه‌ها و مشخصات خطوط کمکی راستای X و Y

بخش (G1): این بخش مربوط به نام سیستم Grid می‌باشد که به‌طور دلخواه می‌توانیم آن را تغییر دهیم.

بخش (Rectangular Grids): این بخش مربوط به تعیین فاصله محورها می‌باشد که با توجه به توضیحات و شکل زیر خواهیم داشت:

در این بخش اگر گزینه Display Grid Data as Ordinates را انتخاب کنیم فواصل را از نقطه موردنظر تا مبدأ (نقطه اول یا آکس اول) نشان می‌دهد.

در صورت فعال‌سازی گزینه Display Grid Data as Spacing، نرم‌افزار فواصل بین محورهای شبکه را به‌صورت عددی نمایش می‌دهد. با انتخاب این گزینه می‌توان فاصله‌ی هر محور از محور مجاور را مشاهده نمود. در این جزوه نیز این گزینه فعال می‌شود تا فواصل شبکه به‌صورت دقیق مشخص گردد.



Grid System Name
G1

System Origin
Global X: 0 m
Global Y: 0 m
Rotation: 0 deg

Story Range Option
☐ Default
☐ User Specified
Top Story:
Bottom Story:

Click to Modify/Show:
Reference Points...
Reference Planes...

Options
Bubble Size: 1250 mm
Grid Color:

Rectangular Grids
☐ Display Grid Data as Ordinates
☒ Display Grid Data as Spacing

X Grid Data

Grid ID	X Spacing (m)	Visible	Bubble Loc
A	3.45	Yes	End
B	5.95	Yes	End
C	0	Yes	End

Y Grid Data

Grid ID	Y Spacing (m)	Visible	Bubble Loc
5	2.10	Yes	Start
4	2.45	Yes	Start
3	4.96	Yes	Start
2	4.59	Yes	Start
1	0	Yes	Start

X Grid

Y Grid

به ترتیب از چپ به راست نام Grid، فاصله محورها از هم، قابل رؤیت یا مخفی بودن محور و در آخر محل قرارگیری حبابی است که نام Grid در داخل قرار می گیرد و می تواند در انتها یا ابتدا باشد.

در این پروژه ۳ آکس در جهت X و ۵ آکس در جهت Y داریم. فواصل براساس نقشه معماری وارد خواهد شد. بخش Simple Story Data: این بخش مربوط به ابعاد و تعداد طبقات می باشد.

قسمت اول مربوط به تعداد طبقات می باشد و قسمت دوم ارتفاع طبقات تیپ بوده و قسمت سوم ارتفاع پایین ترین طبقه را نشان می دهد.

Story Dimensions

☒ Simple Story Data

Number of Stories: 6

Typical Story Height: 3.24 m

Bottom Story Height: 3.14 m

نکته: منظور از تعداد طبقات، طبقات سازه ای می باشد.

نکته: بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ خرپشته زمانی طبقه سازه ای محسوب می شود که وزن آن بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد.



نکته: در تعیین تعداد طبقات خرپشته را به علاوه تعداد طبقات سازه‌ای وارد می‌کنیم. (ارتفاع خرپشته را در قسمت Custom Story Data اصلاح خواهیم کرد).

قسمت Custom Story Data: با کلیک بر روی گزینه Edit Story Data پنجره زیر باز شده و تنظیمات را به صورت زیر انجام می‌دهیم.

	Story	Height cm	Elevation cm	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height cm	Story Color
▶	Pert	340	1960	No	None	No	0	
	Roof	324	1620	No	None	No	0	
	Story4	324	1296	No	None	No	0	
	Story3	324	972	No	None	No	0	
	Story2	324	648	No	None	No	0	
	Story1	344	324	No	None	No	0	
	Base		-20					

ناشی از کفسازی

در ستون اول می‌توانیم نام طبقات را تغییر دهیم.

در ستون دوم می‌توانیم ارتفاع طبقات را تغییر دهیم.

در ستون سوم تراز طبقات را مشخص می‌نماییم.

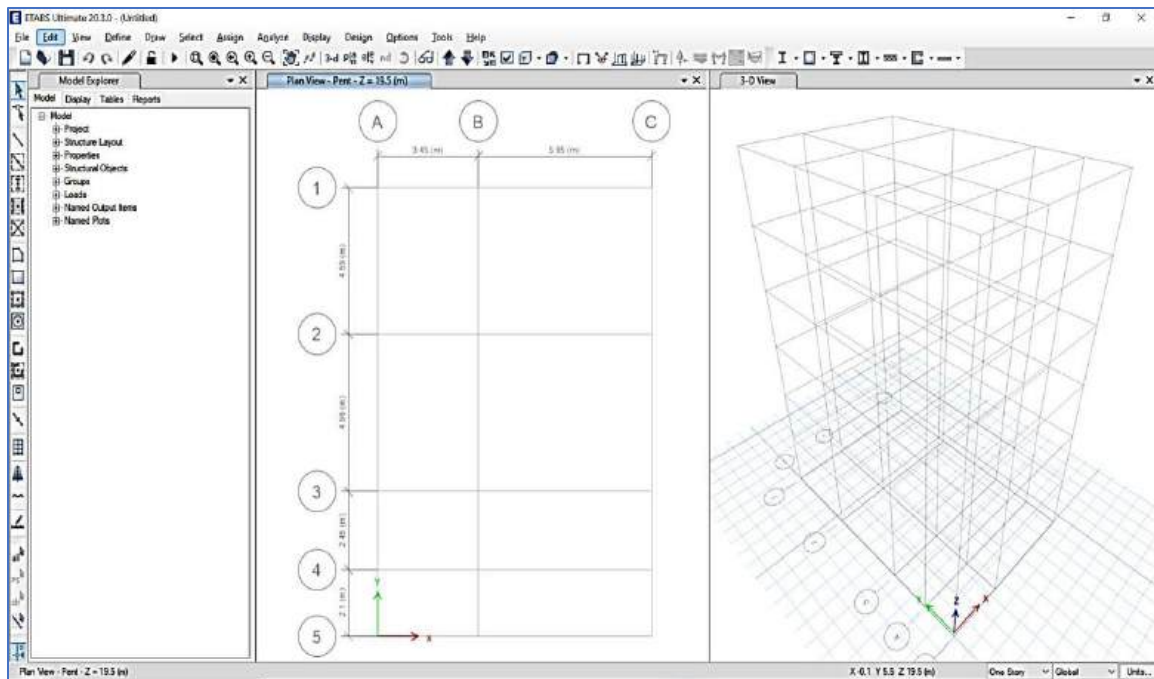
در ستون چهارم می‌توانیم یک طبقه را به عنوان Master Story (طبقه اصلی) انتخاب کنیم.

در ستون پنجم می‌توانیم طبقات را به طبقه‌ای که آن را Master Story انتخاب کرده‌ایم شبیه کنیم تا هر مشخصه‌ای نظیر بارگذاری، ترسیم تیر و ... که در طبقه Master انجام می‌دهیم به طبقات مشابه نیز اعمال شود.

ستون ششم و هفتم مربوط به وصله‌های طبقات و ارتفاع آن‌ها می‌باشد.

نکته: تنظیمات گفته شده بعد از مدل شدن در قسمت Edit می‌توانند اصلاح گردند.

در مرحله آخر وقتی همه این تنظیمات را انجام دادیم با انتخاب گزینه Grid Only و OK کردن در صفحه Add Structural Objects سازه مدل شده در محیط ETABS نشان داده می‌شود.



پیش از آغاز مدل سازی، لازم است واحدهای مورد استفاده در تمامی بخش های پروژه یکسان و هماهنگ انتخاب شوند تا از بروز خطا در محاسبات و نتایج جلوگیری گردد.

برای تنظیم واحدها در محیط ETABS، کافی است بر روی گزینه Unit در گوشه ی پایین سمت راست صفحه کلیک کرده و گزینه ی Consistent Units را انتخاب نمایید. سپس می توانید واحدهای مورد نظر خود را مطابق با نیاز پروژه تعیین کنید (مطابق شکل زیر).

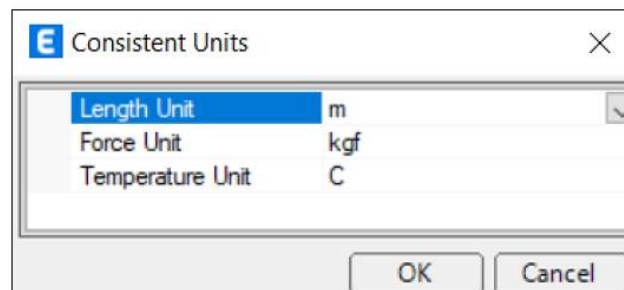
در این جزوه، واحدهای زیر مورد استفاده قرار گرفته اند:

واحد طول: متر (m)

واحد نیرو: کیلوگرم نیرو (kgf)

واحد دما: درجه سانتی گراد (C)

کاربران می توانند در صورت تمایل، واحدهای دیگری را انتخاب نموده و در طول فرآیند مدل سازی و طراحی، از همان سیستم واحد استفاده نمایند.





Rectangular Grids

☐ Display Grid Data as Ordinates ☒ Display Grid Data as Spacing

X Grid Data

Grid ID	X Spacing (m)	Visible	Bubble Loc
A	3.45	Yes	End
B	5.95	Yes	End
C	0	Yes	End

Add
Delete

Diagram illustrating the X Grid Data configuration. The grid shows three vertical grid lines labeled A, B, and C. The spacing between A and B is 3.45m, and between B and C is 5.95m. The total spacing between A and C is 10.00m. A red arrow points from the 'Add' button in the X Grid Data table to a blue circle with a white 'X'.

Y Grid Data

Grid ID	Y Spacing (m)	Visible	Bubble Loc
5	2.1	Yes	Start
4	2.45	Yes	Start
3	4.96	Yes	Start
2	4.59	Yes	Start
1	0	Yes	Start

Add
Delete

Diagram illustrating the Y Grid Data configuration. The grid shows five horizontal grid lines labeled 1, 2, 3, 4, and 5. The spacing between 1 and 2 is 4.59m, between 2 and 3 is 4.96m, between 3 and 4 is 2.45m, and between 4 and 5 is 2.10m. A red arrow points from the 'Add' button in the Y Grid Data table to a blue circle with a white 'Y'.

	Story	Height cm	Elevation cm	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height cm	Story Color
▶	Pert	340	1960	No	None	No	0	Yellow
	Roof	324	1620	No	None	No	0	Blue
	Story4	324	1296	No	None	No	0	Cyan
	Story3	324	972	No	None	No	0	Magenta
	Story2	324	648	No	None	No	0	Grey
	Story1	344	324	No	None	No	0	Green
	Base		-20					

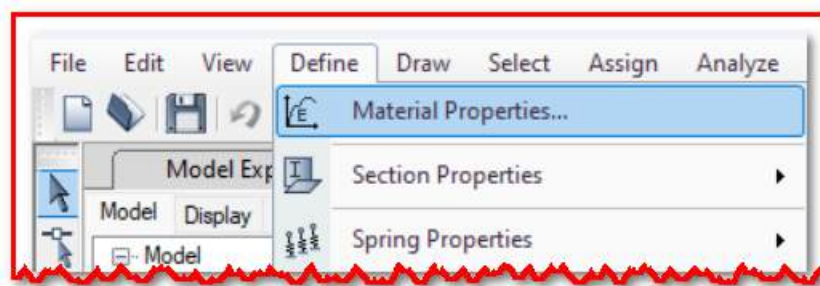
ناشی از کفسازی

تنظیمات آکس بندی و ارتفاع طبقات مربوط به مدل پروژه



تعریف مصالح در سازه‌های بتنی

منوی Define برای تعریف مشخصات مصالح، المان‌ها، بارها و ... در سازه استفاده می‌شود. اولین گزینه در این منو مربوط به تعریف مشخصات مصالح است.



تعریف مشخصات بتن

۱- مقاومت فشاری یکی از مهم‌ترین خواص بتن است. مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۳۰ و قطر ۱۵ در سن ۲۸ روز گفته می‌شود. گاهی اوقات از نمونه‌های مکعبی ۱۵ یا ۱۰ سانتی‌متری نیز استفاده می‌شود. مقاومت فشاری مشخصه بتن، مقاومتی است که حداکثر ۰.۵٪ تمام مقاومت‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های استاندارد، بر اساس آزمایش‌های ۲۸ روزه از آن کمتر باشد. بر اساس بند ۳-۴-۱ آبا مقاومت فشاری ۲۸ روزه باید تعیین شود.

مشخصات مکانیکی بتن	ت ۴-۳	مشخصات مکانیکی بتن	ت ۴-۳
مقاومت فشاری مشخصه بتن، f'_c	ت ۳-۴-۱	مقاومت فشاری مشخصه بتن، f'_c	ت ۳-۴-۱
		۳-۴-۱-۱ مقاومت فشاری مشخصه بتن، یا «مقاومت مشخصه بتن» باید بر اساس آزمایش‌های ۲۸ روزه بر روی حداقل دو نمونه استوانه‌ای به قطر ۱۵۰ و ارتفاع ۳۰۰ میلی‌متر یا حداقل سه نمونه استوانه‌ای به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۲۰۰ میلی‌متر تعیین شود. در صورتی که سن دیگری برای آزمایش نمونه‌ها مورد نظر باشد، باید در مدارک ساخت ذکر گردد.	

نکته مهم: با افزایش مقاومت مشخصه فشاری بتن، از شکل‌پذیری آن کاسته می‌شود.



حذف نمونه‌های مکعبی برای بتن در مبحث نهم جدید

مبحث نهم ویرایش ۹۲: نمونه‌گیری از بتن با دو قالب استوانه‌ای و مکعبی انجام می‌شود. در نمونه استوانه‌ای ارتفاع، ۲ برابر قطر است. از نظر آیین‌نامه استوانه‌ای 150x300 mm استاندارد است.

مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۳-۳-۱ مقاومت فشاری مشخصه ی بتن، f'_c بر اساس آزمایش‌های ۲۸ روزه، بر روی حداقل دو نمونه‌ی استوانه‌ای به قطر ۱۵۰ و ارتفاع ۳۰۰ میلی‌متر یا حداقل سه نمونه‌ی استوانه‌ای به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۲۰۰ میلی‌متر تعیین شود.

۳-۴-۱-۲ مقاومت مشخصه بتن باید با توجه به ارزیابی و پذیرش آن، طبق ضوابط فصل‌های ۵ و ۸ از جلد دوم آیین‌نامه آبا تعیین شود. (صفحه ۳۹ آبا جلد اول)

C10، C12، C16، C20، C25، C30، C35، C40

رده‌بندی بتن:

C45، C50، C55، C60، C65، C70

حداقل مقاومت مشخصه مجاز برای بتن در سازه‌های متعارف براساس ضوابط شکل‌پذیری آنها تعیین می‌گردد. علاوه بر آن، سایر معیارها نظیر دوام بتن (متأثر از عوامل محیطی) و مقاومت در برابر فرسایش (متأثر از نوع کاربری) نیز باید مدنظر قرار گیرد.

✓ استفاده از بتن‌های با رده‌بالاتر از C50 باید دقت کنیم.

✓ C10، C12، C16 در موارد غیر سازه‌ای کاربرد دارند.

✓ حداقل مقدار برای انواع بتن‌های معمولی و سبک برابر با ۲۰ مگا پاسکال و حداکثر آن ۵۰ مگا پاسکال است.

✓ در ساختمان‌های بلندتر از ۲۰ طبقه از روی شالوده با تدابیر ویژه می‌توان تا ۷۰ مگا پاسکال استفاده کرد.

✓ حداکثر مقاومت بتن در ساختمان‌های بلند تا ۲۰ طبقه از روی شالوده، ۵۰ مگاپاسکال برای بیش از ۲۰ طبقه را می‌توان تا ۷۰ مگاپاسکال افزایش داد.

✓ آیین‌نامه ACI318-19 حداقل دارد ولی حداکثر ندارد.

✓ در سازه‌های با شکل‌پذیری ویژه حداقل مقدار f'_c برای بتن‌های معمولی و سبک ۲۵ مگا پاسکال و حداکثر

آن برای بتن‌های سبک ۳۵ مگا پاسکال می‌باشد. در سازه‌های دیوار برشی ویژه می‌باشد پس حداقل باید

۲۵ مگا پاسکال در طراحی لحاظ شود.



رده بتن مورد استفاده در اعضای مقاوم در برابر زلزله برای سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد نباید کمتر از رده C25 و برای ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط و کم نباید کمتر از رده C20 باشد.

۲۰-۲-۵ مشخصات مصالح

۲۰-۲-۵-۱ رده بتن مورد استفاده در اعضای مقاوم در برابر زلزله برای سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد، نباید کمتر از رده C25 و برای ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط و کم نباید کمتر از رده C20 باشد.

۲۰-۲-۵ مشخصات مصالح

۲۰-۲-۵-۱ الزامات این بند مربوط به کنترل کیفی بتن در قاب‌ها و دیوارهایی است که در برابر نیروهای ناشی از زلزله مقاومت می‌کنند. حداکثر مقاومت فشاری بتن سبک قابل استفاده در طراحی لرزه‌ای به ۳۵ مگاپاسکال محدود می‌شود، که این محدودیت به دلیل کمبود شواهد آزمایشگاهی و داده‌های میدانی در مورد رفتار اعضای ساخته شده با بتن سبک که در معرض جابجایی‌های چرخه‌ای در ناحیه غیرخطی بوده‌اند، اتخاذ شده است.

توصیه نظام‌مهندسی تهران: توصیه می‌شود که از بتن بالاتر از رده C25 در مدل‌سازی استفاده نگردد، در صورت استفاده از رده بتن بالاتر از C25 در مدل (حداکثر C30)، نیاز به حضور مالک در نظام‌مهندسی و ارائه تعهدنامه می‌باشد.

مقاومت مشخصه بتن را چقدر نظر بگیریم: (توصیه دکتر علیرضایی)

برای ساختمان‌های متعارف تا ۵ سقف از بتن C30 تا C25، برای ساختمان‌های متعارف تا ۹ سقف C35 تا C30 و برای ساختمان‌های بلندتر از رده بتن C40 تا C30 استفاده شود.

چگالی بتن: بتن معمولی بتنی است با سنگ‌دانه‌های معمولی و با چگالی بین ۲۱۵۰ تا ۲۵۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب چگالی این بتن در محاسبات ۲۳۰۰ منظور می‌شود.

مبحث ششم: در پیوست: بتن معمولی ۲۴۰۰ و بتن آرمه ۲۵۰۰

توصیه دکتر علیرضایی: چگالی را برای محاسبه وزن می‌خواهیم پس در جهت اطمینان ۲۵۰۰ در نظر می‌گیریم.



ت ۳-۴-۳ مدول الاستیسیته بتن، E_c	۳-۴-۳ مدول الاستیسیته بتن، E_c
ت ۳-۴-۳-۱ مدول الاستیسیته بتن بر طبق روابط ارائه شده بخوبی پاسخگوی نیازهای طراحی، مخصوصاً برای بتن‌های با مقاومت ۵۰ مگاپاسکال و کمتر، می‌باشد. برای بتن‌های با مقاومت بیشتر در بعضی موارد اختلاف بین نتیجه روابط با مشاهدات آزمایشگاهی قدری زیاد است در این موارد می‌توان نتایج آزمایشگاهی را مبنای طراحی قرار داد. مدول الاستیسیته بر طبق تعریف ASTM شیب خطی است که نقطه صفر منحنی تنش-کرنش بتن را به نقطه ۰/۴ مقاومت بتن متصل می‌کند.	۳-۴-۳-۱ مدول الاستیسیته بتن را می‌توان: برای بتن‌های با چگالی، w_c، بین ۱۴۰۰ تا ۲۵۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب از رابطه زیر محاسبه نمود و یا از طریق آزمایش با رعایت ضابطه بند ۳-۴-۳-۲ بدست آورد: $E_c = 0.043w_c^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad \text{رابطه ۲-۳}$ رابطه فوق برای بتن‌های معمولی با چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، به صورت زیر نوشته می‌شود: $E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad \text{رابطه ۲-۳}$ در روابط فوق E_c بر حسب مگاپاسکال است.

۶-۳-۹ مدول الاستیسیته بتن، E_c
۶-۳-۹-۱ مدول الاستیسیته بتن را می‌توان از یکی از دو رابطه‌ی (۶-۳-۹-الف) و یا (۶-۳-۹-ب) محاسبه نمود: ضریب الاستیسیته بتن‌های با چگالی بتن w_c بین ۱۴۴۰ و ۲۵۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب: $E_c = 0.043w_c^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad \text{(۶-۳-۹-الف)}$ رابطه فوق برای بتن‌های معمولی با چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، به صورت زیر نوشته می‌شود: $E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad \text{(۶-۳-۹-ب)}$ ۶-۳-۹-۲ مدول الاستیسیته بتن را می‌توان بر مبنای آزمایش بر روی نمونه‌های ۲۸ روزه‌ی بتن تعیین نمود؛ به شرط آن که این پارامتر نیز در طرح مخلوط بتن منظور شده و نتایج آزمایش‌های تعیین E_c در مدارک ساخت ارائه شوند.

مدول الاستیسیته بتن در روابط ویرایش ۹۹ آیین نامه نسبت به روابط ویرایش ۹۲، کمی بزرگ‌تر است (حدود یک الی پنج درصد به ازای مقادیر مختلف مقاومت فشاری) این موضوع باعث افزایش سختی سازه شده و بر روی پارامترهایی مانند زمان تناوب، تغییرشکل‌های جانبی سازه و خیز تیرها تاثیرگذار است.



۲۴۰۰	۳- بتن ها
۲۵۰۰	بتن با شن و ماسه معمولی
۱۷۵۰	بتن آرمه و بتن پیش تنیده با شن و ماسه معمولی
۶۰۰	بتن با سرباره کوره آهن گدازی
	بتن های سبک هوادار و گازی

پیشنهاد می شود، از چگالی ۲۵۰۰ (بتن آرمه) برای وزن سازه و از چگالی ۲۳۰۰ برای تعیین ضریب ارتجاعی بتن استفاده نمایند.

$$E_c = 0.043w_c^{1.5}\sqrt{f'_c} = 0.043 \times 2500^{1.5} \times \sqrt{25} = 26875 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0.043w_c^{1.5}\sqrt{f'_c} = 0.043 \times 2300^{1.5} \times \sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{25} = 23500 \text{ Mpa}$$

۷-۳-۹ ضریب پواسون بتن، ν

۱-۷-۳-۹ در بتن معمولی، ضریب پواسون را میتوان یا برابر با 0.2 فرض نمود؛ و یا مقدار آن را از طریق آزمایش های معتبر به دست آورد.

۲-۷-۳-۹ در بتن های سبک، ضریب پواسون باید بر اساس آزمایش تعیین شود.

۸-۳-۹ ضریب انبساط حرارتی بتن

۱-۸-۳-۹ در بتن های معمولی، ضریب انبساط حرارتی را میتوان با توجه به نوع سنگ دانه ها و با تقریب ۲۰ درصد برابر با 10×10^{-6} در هر درجه ی سلسیوس منظور نمود.

۲-۸-۳-۹ در بتن های سبک، ضریب انبساط حرارتی را باید با توجه به نوع بتن سبک از طریق آزمایش به دست آورد.

۵-۳-۹ مدول گسیختگی بتن، f_r

۱-۵-۳-۹ مدول گسیختگی بتن، از رابطه ی (۱-۳-۹) محاسبه می شود.

$$f_r = 0.62\lambda\sqrt{f'_c} \quad (1-3-9)$$



$$f_r = 0.62\lambda\sqrt{f'_c} = 0.62 \times 1 \times \sqrt{25} = 3.1 \text{ Mpa}$$

ضریب اصلاح λ جدول ۹-۳-۱ ضریب اصلاح λ با توجه به ترکیب دانه ها

λ	ترکیب دانه ها	بتن
۰/۷۵	ریز دانه و درشت دانه C330M	تمام سبک وزن
۰/۷۵ تا ۰/۸۵	ریز دانه C330M و C33M درشت دانه C330M	سبک وزن، ریز دانه مخلوط
۰/۸۵	ریز دانه C33M درشت دانه C330M	ماسه معمولی، بقیه سبک وزن
۱/۰ تا ۰/۸۵	ریز دانه C33M درشت دانه C330M و C33M	ماسه معمولی، درشت دانه مخلوط
۱	ریز دانه و درشت دانه C33M	وزن معمولی

جدول ۹-۳-۲ ضریب اصلاح λ با توجه به وزن مخصوص بتن

λ	وزن مخصوص بتن (w_c)
0.75	$w_c \leq 1600$
$0.00046w_c \leq 1.00$	$1600 < w_c \leq 2160$
1.00	$w_c > 2160$

در جدول فوق w_c بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.

۹-۳-۳-۳ مقدار λ برای بتن با وزن معمولی برابر ۱/۰ منظور می گردد.

۹-۳-۳-۴ در محاسبات طول گیرایی آرماتورها ضریب λ برای انواع بتن های سبک باید برابر با ۰/۷۵ منظور شود.

مدول برشی (G): تغییرات ماده در برابر اعمال تنش برشی، به وسیله مدول برشی نمایش داده می شود. به عنوان مثال، نحوه رفتار یک ماده در برابر برش توسط قیچی را می توان به وسیله مدول برشی آن پیش بینی کرد.

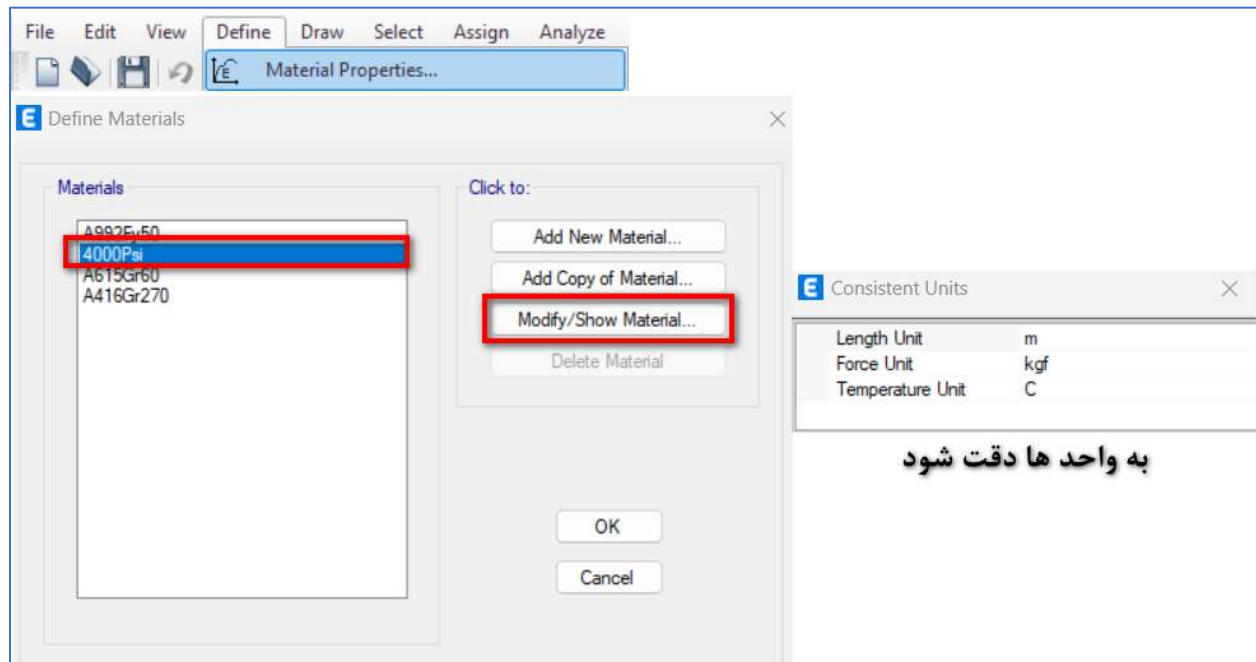
$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} = \frac{23500}{2(1 + 0.2)} = 9791.67 \text{ Mpa}$$



$$1MPa = 1 \frac{N}{mm^2} \times 10 \rightarrow 10 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$1MPa = 1 \frac{N}{mm^2} \times 10^5 \rightarrow 100000 \frac{Kg}{m^2}$$

تعریف بتن در نرم افزار



در جدول زیر مشخصات مربوط به بتن از مقاومت فشاری ۲۰ تا ۷۰ مگا پاسکال نوشته شده است.

Material Name	Diectional Symmetric Type	Weight per Unit Volume	Mass per Unit Volume	E	U	A	G	Grade	fc	Modulus of Rupture (fr)
9-3-4-1	-----	9-3-6-1	9-3-6-1	9-3-6-1 4700*sqrt(fc)	9-3-7-1	9-3-8-1	E/(2*(1+U))	-----	9-3-4-1	9-3-5-1
C20	Isotropic	0.002300	0	214334.548	0.2	0.00001	89306.0617	C20	20	28.274
C21	Isotropic	0.002300	0	219627.556	0.2	0.00001	91511.4817	C21	21	28.972
C25	Isotropic	0.002300	0	239633.31	0.2	0.00001	99847.2125	C25	25	31.611
C28	Isotropic	0.002300	0	253604.058	0.2	0.00001	105668.358	C28	28	33.454
C30	Isotropic	0.002300	0	262505.139	0.2	0.00001	109377.141	C30	30	34.628
C32	Isotropic	0.002300	0	271114.142	0.2	0.00001	112964.226	C32	32	35.764
C35	Isotropic	0.002300	0	283537.956	0.2	0.00001	118140.815	C35	35	37.403
C40	Isotropic	0.002300	0	303114.825	0.2	0.00001	126297.844	C40	40	39.985
C45	Isotropic	0.002300	0	321501.823	0.2	0.00001	133959.093	C45	45	42.411
C50	Isotropic	0.002300	0	338892.677	0.2	0.00001	141205.282	C50	50	44.705
C55	Isotropic	0.002300	0	355433.638	0.2	0.00001	148097.349	C55	55	46.887
C60	Isotropic	0.002300	0	371238.328	0.2	0.00001	154682.637	C60	60	48.972
C65	Isotropic	0.002300	0	386397.102	0.2	0.00001	160998.793	C65	65	50.972
C70	Isotropic	0.002300	0	400983.223	0.2	0.00001	167076.343	C70	70	52.896

Unit	Kgfc/m
g(cm/s2)	9.80665



نام مصالح
نوع مصالح
همگن یا ناهمگن بودن مصالح با توجه به نوع جهت تقارن
همگن
ناهمگن
وزن مخصوص مصالح
مدول الاستیسیته مصالح
ضریب پواسون مصالح
ضریب انبساط حرارتی
مدول برشی
مقاومت فشاری بتن
سایر خواص مصالح
مدول گسیختگی بتن

General Data
Material Name: C25
Material Type: Concrete
Directional Symmetry Type: Isotropic
Material Display Color:  Change...
Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass
☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density
Weight per Unit Volume: 2500 kgf/m³
Mass per Unit Volume: 254.929 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data
Modulus of Elasticity, E: 2.35E+9 kgf/m²
Poisson's Ratio, U: 0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A: 1E-5 1/C
Shear Modulus, G: 979166666.67 kgf/m²

Design Property Data
Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data
Nonlinear Material Data...
Material Damping Properties...
Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections
☐ Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)
☒ User Specified: 3.1E+5 kgf/m²

Material Property Design Data

Material Name and Type
Material Name: C25
Material Type: Concrete, Isotropic
Grade: f_c 25 MPa

Design Properties for Concrete Materials
Specified Concrete Compressive Strength, f'_c: 2500000 kgf/m²
☐ Lightweight Concrete
Shear Strength Reduction Factor:



مشخصات میلگردها ← فصل ۴ آبا بند ۴-۲

فولاد نرم

۷۸۵۰

۴-۵ طبقه‌بندی آرماتورها از نظر شکل پذیری

آرماتورهای فولادی از نظر شکل‌پذیری به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف- فولاد نرم، که منحنی تنش - کرنش آن دارای پله تسلیم مشهود است (S240).

ب- فولاد نیمه سخت، که منحنی تنش - کرنش آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است (S420, S400, S350, S340).

پ- فولاد سخت، که منحنی تنش - کرنش آن فاقد پله تسلیم است (S520, S500).

نوع میلگرد یا سیم	رده آرماتور
میلگرد ساده	S240
میلگرد آجدار (۱)	S340
میلگرد آجدار (۱)	S350
میلگرد آجدار (۱)	S400
میلگرد آجدار (۱)	S420
میلگرد آجدار (۱)	S500
میلگرد آجدار (۱)	S520
سیم‌های ساده و یا آجدار (۲)	S500C
(۱) شکل آج مطابق استاندارد ملی ۳۱۳۲	
(۲) شکل آج مطابق استاندارد ملی ۱۱۵۵۸	

اعداد بعد از S در جدول فوق بیانگر تنش تسلیم یا مقاومت تسلیم آرماتورهای f_y بر حسب مگاپاسکال بوده که مجاز به استفاده از آن‌ها در طراحی می‌باشیم.

در صورتی که فرآیند ساخت تغییراتی در ترکیبات شیمیایی و یا در روش ساخت با اهداف مشخص ایجاد شوند، در سمت راست رده آرماتور، یک حرف لاتین اضافه می‌شود. حرف C که برای رده S500C به کار برده شده مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۵۵۸، برای همین منظور است.

۴-۶-۲ مدول الاستیسیته آرماتورها مدول الاستیسیته E_s برای آرماتورها برابر با ۲۰۰,۰۰۰ مگاپاسکال است.	۴-۶-۳ ت ۴-۶-۴ مدول الاستیسیته آرماتورها
--	---

۴-۶-۳ ضریب انبساط حرارتی آرماتورها ضریب انبساط حرارتی برای تمام آرماتورها برابر با $10^{-6} \times 12$ به ازای هر درجه سانتی گراد است.	۴-۶-۴ ت ۴-۶-۴ ضریب انبساط حرارتی آرماتورها
--	--

نوع فولاد از نظر سختی و شکل پذیری	شکل رویه	کرنش تسلیم	تنش نهایی (MPa)	تنش تسلیم (MPa)	رده
نرم (کاملاً شکل پذیر)	بدون آج (ساده)	۰/۰۰۱۲	۳۶۰	۲۴۰	S 240
نیمه سخت (نیمه شکل پذیر)	آجدار مارپیچ	۰/۰۰۱۷	۵۰۰	۳۴۰	S 340
نیمه سخت (نیمه شکل پذیر)	آجدار جناغی	۰/۰۰۲۰	۶۰۰	۴۰۰	S 400
سخت (غیر شکل پذیر با ترد)	آجدار مرکب	۰/۰۰۲۵	۶۵۰	۵۰۰	S 500



(میلگرد AIII با آج جناغی)



(میلگرد AIII با آج مارپیچ)



رده	علامت مشخصه	طبقه‌بندی از نظر شکل رویه	طبقه‌بندی از نظر شکل پذیری	مقاومت کششی حداقل، مگاپاسکال	مقاومت تسلیم f_y مگاپاسکال		کرنش کسیختگی ^(۱)	
					حداکثر	حداقل	حداقل A_{10}	حداقل A_5
S240	س ۲۴۰	ساده	نرم	۳۶۰	۲۴۰	-	۲۵	۱۸
S340	آج ۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۴۰	-	۱۸	۱۵
S350	آج ۳۵۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۵۰	۴۵۵	۱۷ (۲)	-
S400	آج ۴۰۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۰۰	-	۱۶	۱۲
S420	آج ۴۲۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۲۰	۵۴۵	۱۶ (۲)	-
S500	آج ۵۰۰	آجدار مرکب	سخت	۶۵۰	۵۰۰	-	۱۰	۸
S500C	آج ۵۰۰ سرد	آجدار	سخت	۵۵۰	۵۰۰	-	۱۲	-
S520	آج ۵۲۰	آجدار مرکب	سخت	۶۹۰	۵۲۰	۶۷۵	۱۳	-

(۱) انتخاب یکی از طول‌های آزمون برای تعیین میزان کرنش گسیختگی کافی است. در صورت عدم ذکر طول آزمون، طول حداقل A_5 باید ملاک عمل قرار گیرد. طول‌های A_5 و A_{10} بر طبق استاندارد ملی ۳۱۳۲، به ترتیب برابر با ۵ و ۱۰ برابر قطر آرماتور می‌باشند.

(۲) برای میلگردهایی که قطر اسمی آن‌ها ۳۲ میلی‌متر یا بیشتر است، حداقل مقدار کرنش تعریف شده برای A_5 ممکن است تا ۲ درصد به ازای هر ۳ میلی‌متر افزایش در قطر، کاهش یابد. حداکثر کاهش از حداقل مقادیر ارائه شده در جدول به ۴ درصد محدود می‌شود.

کاربرد	محل مورد استفاده	حداکثر مقدار f_y یا f_{tk} مجاز برای کاربرد در محاسبات (مگاپاسکال) ^(۱)	نوع آرماتور	
			میلگردهای آجدار	سیم‌های آجدار
خمش، نیروی محوری، حرارت و انقباض	قاب‌ها لرزه‌ای ویژه	۵۵۰	بند ۴-۵	غیر مجاز
	تمام اجزای دیوارهای لرزه‌ای ویژه	۵۵۰		
	سایر موارد	۵۵۰		
آرماتورهای محصور کننده، ویا آرماتورهای تکیه گاهی آرماتورهای طولی	سیستم‌های ویژه لرزه‌ای	۷۰۰	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار
	دورپیچ‌ها	۷۰۰		
	سایر موارد	۵۵۰	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار
برش	قاب‌ها لرزه‌ای ویژه	۵۵۰	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار
	تمام اجزای دیوارهای لرزه‌ای ویژه	۵۵۰		
	دورپیچ‌ها	۴۲۰	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار
	برش اصطکاک	۴۲۰		
	خاموت‌ها، پست‌ها، تنگ‌ها	۴۲۰		
پیچش	آرماتورهای طولی و عرضی	۴۲۰	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار
مهارها	سیستم‌های لرزه‌ای ویژه	۵۵۰	همه رده‌های آجدار	غیر مجاز
	سایر موارد	۵۵۰	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار
	دورگیرهایی که برای برش استفاده می‌شوند	۴۲۰	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار
خریابی استفاده می‌شود	سایر موارد	۵۵۰		

(۱) توجه شود اعداد این ستون بیانگر حداکثر مقدار f_y برای هر رده آرماتور است.

(۲) استفاده از شبکه‌های آجدار جوشی نیز مجاز است.



در آرماتورهای افت و حرارت باید از آجدار استفاده کنیم مانند میلگرد قطر ۸.

میلگرد قطر ۶ به صورت آجدار نداریم و مجاز نیستیم استفاده کنیم. برای افت و حرارت مجاز نیست.

برای استفاده از آرماتور با مقاومت بالا باید دقت کنیم چون ممکن است بتن به شکست برسه و فولاد مقاومتش بالا باشد.

مشکلات استفاده از فولاد با مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال در قابهای لرزه‌بر ویژه چیست؟

۹-۴-۸-۹ در آرماتورهای طولی آجدار در قابهای ویژه و دیوارهای لرزه‌ای ویژه و اجزای آنها از جمله دیوار پایه‌ها و تیرهای هم‌بند که تحت اثر لنگر خمشی، نیروی محوری، و یا هر دو به صورت توأم قرار می‌گیرند، باید سه شرط زیر ارضا شوند:

الف- تنش تسلیم اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه از تنش حد تسلیم در محاسبات، f_y ، بیش از ۱۲۵ مگاپاسکال فراتر نرود.

ب- نسبت تاب کششی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه به تنش حد تسلیم اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه از ۱/۲۵ کمتر نباشد.

پ- حداقل درصد ازدیاد طول گسیختگی در طول آزمون ۲۰۰ میلی متری برای آرماتورهای به قطر ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر برابر با ۱۴ درصد، برای آرماتورهای به قطر ۲۲ تا ۳۵ میلی‌متر برابر ۱۲ درصد، و برای آرماتورهای به قطر بزرگ‌تر از ۳۵ میلی‌متر و تا ۵۷ میلی‌متر برابر ۱۰ درصد باشد. ۹-۴-۸-۱۰ استفاده از آرماتورهای با مقاومت تسلیم بیشتر از ۵۵۰ مگاپاسکال در قابهای ویژه مجاز نمی‌باشد. در آرماتورهایی که در جداول ۹-۴-۴ و ۹-۴-۵ مقاومت تسلیم ۷۰۰ مگاپاسکال مجاز شمرده شده است، باید مشخصات استاندارد ASTM A706 رعایت شوند.

تجربه مهندسی نشان می‌دهد که در اغلب اوقات سه شرط (الف)، (ب) و (پ) برای میلگردهای بالاتر از رده S400 برقرار نبوده و طراحی نمی‌تواند از آنها در قابهای لرزه‌بر ویژه استفاده کند. از طرفی توجه شود که این شرایط مربوط به قابهای لرزه‌بر متوسط نمی‌باشد.



Material Property Data

General Data

Material Name: AIII(S400)
Material Type: Steel
Directional Symmetry Type: Isotropic
Material Display Color:  Change...
Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density
Weight per Unit Volume: 7850 kgf/m³
Mass per Unit Volume: 800.477 kgf·s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000000 kgf/m²
Poisson's Ratio, U: 0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000012 1/C
Shear Modulus, G: 7692307692 kgf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

نام مصالح
نوع مصالح
همگن یا ناهمگن بودن مصالح با توجه به نوع جهت تقارن
همگن
ناهمگن
وزن مخصوص مصالح
مدول الاستیسیته مصالح
ضریب پواسون مصالح
ضریب انبساط حرارتی
مدول برشی

Material Property Design Data

Material Name and Type

Material Name: AIII(S400)
Material Type: Steel, Isotropic
Grade: S400

Design Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 40000000 kgf/m²
Minimum Tensile Strength, Fu: 60000000 kgf/m²
Expected Yield Stress, Fye: 50000000 kgf/m²
Effective Tensile Strength, Fue: 75000000 kgf/m²



E Material Property Data

General Data

Material Name: AII(S340)
Material Type: Steel
Directional Symmetry Type: Isotropic
Material Display Color: [Red Box] Change...
Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7850 kgf/m³
Mass per Unit Volume: 800.477 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000000 kgf/m²
Poisson's Ratio, U: 0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000012 1/C
Shear Modulus, G: 7692307692 kgf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

نام مصالح
نوع مصالح
همگن یا ناهمگن بودن مصالح با توجه به نوع جهت تقارن
همگن
ناهمگن
وزن مخصوص مصالح
مدول الاستیسیته مصالح
ضریب پواسون مصالح
ضریب انبساط حرارتی
مدول برشی

E Material Property Design Data

Material Name and Type

Material Name: AII(S340)
Material Type: Steel, Isotropic
Grade: S340

Design Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 34000000 kgf/m²
Minimum Tensile Strength, Fu: 50000000 kgf/m²
Expected Yield Stress, Fye: 42500000 kgf/m²
Effective Tensile Strength, Fue: 62500000 kgf/m²

در قاب های لرزه ای ویژه، آرماتورهای با مقاومت مشخصه بیشتر از ۵۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نباید به کار گرفته شود. همچنین، استفاده از آرماتورهای با مقاومت مشخصه ۷۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر صرفا به عنوان آرماتورهای محصور کننده با رعایت مشخصات استاندارد ASTM A706 قابل استفاده می باشند.

**۱۰-۳-۲-۳ ضریب R_y تولیدات فولاد**

طبق تعریف، ضریب R_y عبارت است از نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده، که به منظور در نظر گرفتن افزایش مقاومت مورد نیاز باید در محاسبات مدنظر قرار گیرد. کاربرد ضریب R_y در محاسبات لرزه‌ای سازه‌های با شکل پذیری مختلف در بخش‌های مربوطه ارائه شده است. مقدار ضریب R_y از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y} \quad (۱۰-۳-۲-۳)$$

که در آن:

F_y = تنش تسلیم تعیین شده فولاد

F_{ye} = تنش تسلیم مورد انتظار فولاد

ضریب R_y اساساً برای انواع تولیدات فولاد متفاوت بوده و به عوامل متعددی نظیر شکل مقاطع، افزودنی‌های به کار رفته در طی روند تولید فولاد در کارخانجات بستگی دارد. مطابق مقررات این مبحث ضریب R_y باید به شرح جدول ۱۰-۳-۲-۱ در نظر گرفته شود.

جدول ۱۰-۳-۲-۱ مقادیر R_y برای انواع تولیدات فولاد

R_y	نوع محصول
۱/۲۵	مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نورد شده
۱/۲۰	سایر مقاطع نورد شده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری
۱/۱۵	مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها

این بند برای محاسبات لرزه‌ای کاربرد دارد. به تعریف لنگر محتمل از مبحث نهم (ویرایش ۹۹) توجه کنید:

M_{pr}	مقاومت خمشی محتمل عضو، با یا بدون بار محوری، در هر گره اتصال که با فرض تنش کششی در میلگردهای طولی حداقل برابر با $1.25f_y$ و ضریب کاهش مقاومت ϕ برابر با ۱/۰ محاسبه می‌شود.	نیوتن میلی متر
----------	--	----------------

با توجه به متن آیین‌نامه در میلگردها داریم: $F_{ye} = 1.25F_y$



Material Property Design Data

Material Name and Type

Material Name: AII(S340)

Material Type: Steel, Isotropic

Grade: S340

Design Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 34000000 kgf/m²

Minimum Tensile Strength, Fu: 50000000 kgf/m²

Expected Yield Stress, Fye: 42500000 kgf/m²

Effective Tensile Strength, Fue: 62500000 kgf/m²

Material Property Design Data

Material Name and Type

Material Name: AIII(S400)

Material Type: Steel, Isotropic

Grade: S400

Design Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 40000000 kgf/m²

Minimum Tensile Strength, Fu: 60000000 kgf/m²

Expected Yield Stress, Fye: 50000000 kgf/m²

Effective Tensile Strength, Fue: 75000000 kgf/m²

$$R_y = 1.25$$

$$S400 \rightarrow F_{ye} = 1.25 \times 4000 = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$S400 \rightarrow F_{ue} = 1.25 \times 6000 = 7500 \text{ kg/cm}^2$$

$$S340 \rightarrow F_{ye} = 1.25 \times 3400 = 4250 \text{ kg/cm}^2$$

$$S340 \rightarrow F_{ue} = 1.25 \times 5000 = 6250 \text{ kg/cm}^2$$

در جدول زیر مشخصات مورد نیاز برای انواع میلگردها ارائه شده است.

Material Name	Directional Symmetric Type	Weight per Unit Volume	Mass per Unit Volume	E	U	A	Grade	Fy	Fu	Fye	Fue
9-4-2-1	-----	----	----	9-4-8-4	10-1-4-2	9-4-8-12	-----	9-4-5-1	9-4-5-1	9-4-5-2 1.25*Fy	9-4-5-2 1.25*Fu
S240	Uniaxial	0.000077	0.000007850	200000	0.3	0.000012	S240	240	360	300	450
S340	Uniaxial	0.000077	0.000007850	200000	0.3	0.000012	S340	340	500	425	625
S350	Uniaxial	0.000077	0.000007850	200000	0.3	0.000012	S350	350	500	437.5	625
S400	Uniaxial	0.000077	0.000007850	200000	0.3	0.000012	S400	400	600	500	750
S420	Uniaxial	0.000077	0.000007850	200000	0.3	0.000012	S420	420	600	525	750
S500	Uniaxial	0.000077	0.000007850	200000	0.3	0.000012	S500	500	650	625	812.5
S520	Uniaxial	0.000077	0.000007850	200000	0.3	0.000012	S520	520	550	650	687.5
C500C	Uniaxial	0.000077	0.000007850	200000	0.3	0.000012	C500C	500	690	625	862.5

Unit

N-mm

g(cm/s²)

9.80665



مقاطع بتنی

برای تعریف مقاطع بتنی لازم است علاوه بر ابعاد، تعداد و نحوه قرارگیری میلگردها در داخل مقطع تعیین شود. در تعریف ستون‌های بتنی تعداد و نوع میلگردها دقیقاً در مقطع مشخص می‌شود و ایتبس وظیفه‌ی کنترل و نه طراحی آن را دارد.

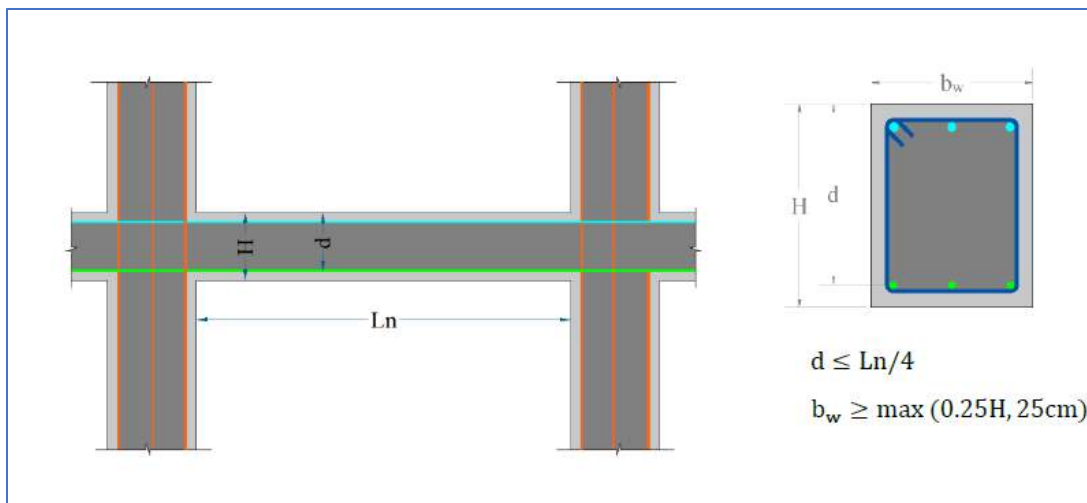
حداقل ابعاد تیر طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

تیرها در قاب‌ها با شکل‌پذیری متوسط: بند ۲۰-۵-۲ آبا

۹-۲۰-۵-۲-۱-۱ در این تیرها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

الف: ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیش از یک‌چهارم طول دهانه آزاد باشد.

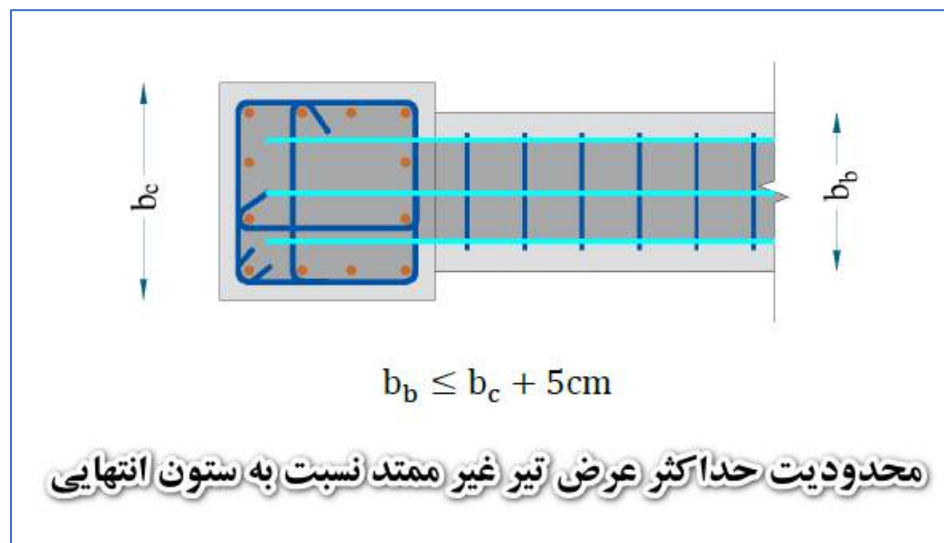
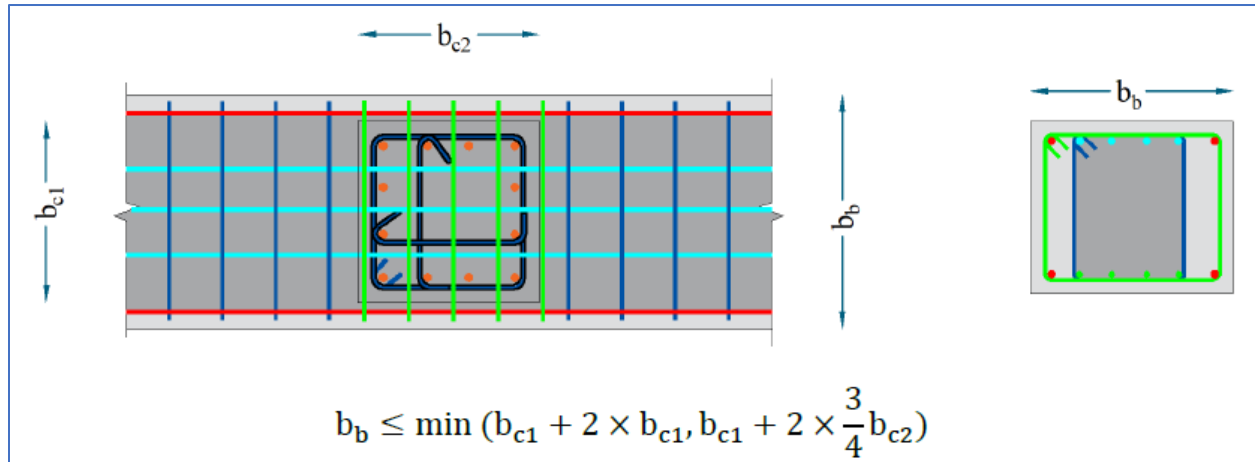
ب: عرض مقطع نباید کمتر از یک‌چهارم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلی‌متر باشد.



پ: عرض مقطع نباید بیشتر از دو مقدار زیر باشد:

عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی تیر، به‌اضافه سه‌چهارم ارتفاع تیر در هر طرف عضو تکیه‌گاهی

عرض عضو تکیه‌گاهی به‌اضافه یک‌چهارم بعد دیگر مقطع عضو تکیه‌گاهی، در هر طرف عضو تکیه‌گاهی



۹-۲۰-۵-۲-۱-۲ برون محوری هر تیر نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می دهد، یعنی فاصله محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک چهارم عرض مقطع ستون باشد.

هرچند محدودیت های هندسی در نگاه اول بسیار به ساده به نظر می رسند، ولی لازم است توضیحات مختصری برای برخی از آنها داده شود:

با توجه به محدودیت های گفته شده در بند ۹-۲۰-۵-۲-۱-۱ به عنوان مثال برای تیری با دهانه ای آزادی به طول ۳ متر:

$$\frac{300}{4} = 75 \text{ cm} \text{ ارتفاع تیر نباید از } 75 \text{ سانتی متر بیشتر باشد}$$

$$\frac{75}{4} = 19 \text{ cm} \text{ عرض تیر با توجه به بند ب نباید کمتر از } 19 \text{ سانتی متر باشد}$$



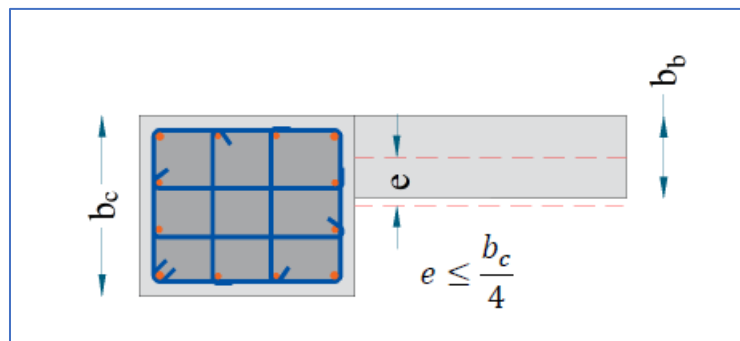
الف- هدف بند ۹-۲۰-۵-۱ از اعمال محدودیت ارتفاعی برای تیرها، جلوگیری از به کار بردن تیرهای عمیق در دهانه‌های کوچک (مثلاً ۲ یا ۳ متری) است؛ زیرا استفاده از این تیرها سبب تسلیم برشی تیر بتنی شده که یک تغییر شکل ترد (غیر شکل‌پذیر) بوده و رفتار آن مطابق انتظار آیین‌نامه نخواهد بود.

ب- این بند حداقل‌هایی را برای عرض تیر بیان می‌کند تا از ایجاد ضعف برشی در تیرهایی که مهندس طراح مجبور به کاهش عرض است، جلوگیری کند.

برای مثال برخی از مهندسين برای جلوگیری از کاهش فضای مفید باکس راه‌پله (به‌نحوی که تیرهای باکس راه‌پله سرگیر یا شانه‌گیر نشوند)، عرض تیرها را به‌قدری کاهش می‌دهند که تیرها در داخل دیوار پیرامونی پنهان شود؛ در هر صورت این کاهش عرض نباید ضوابط این بند را نقض نماید.

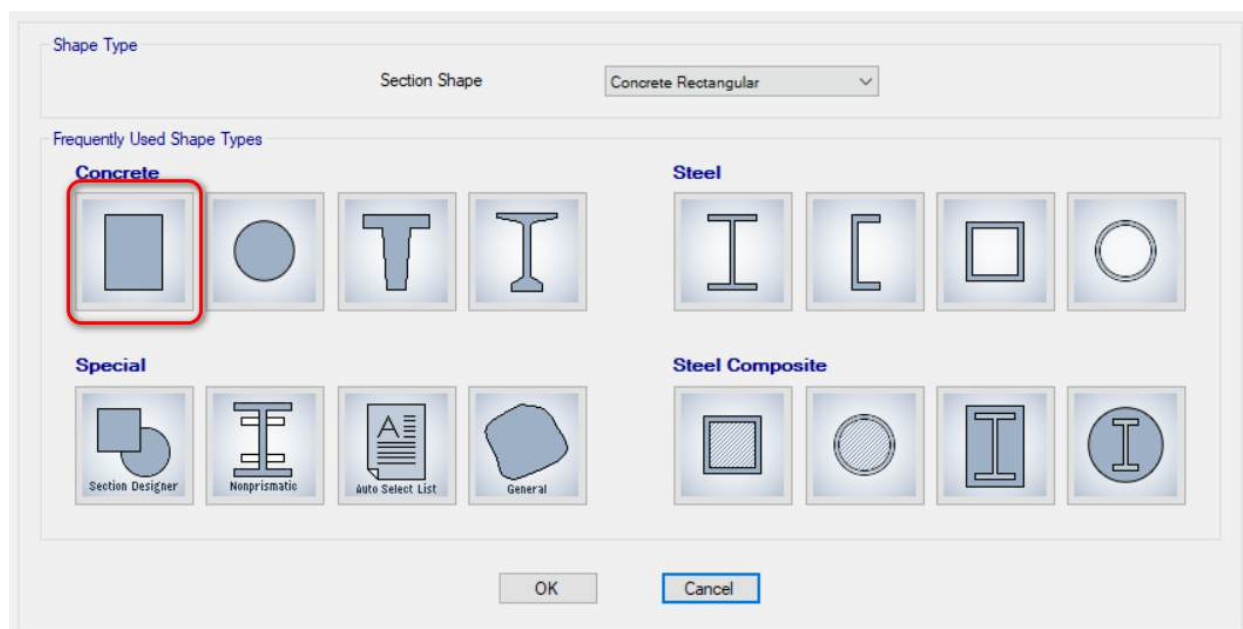
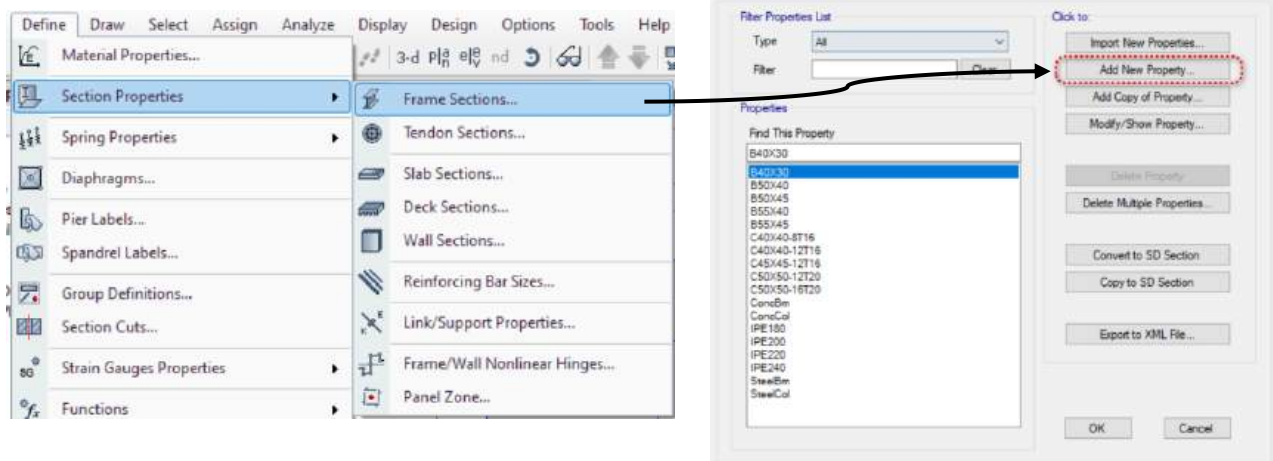
پ- بر اساس این بند می‌توان تیرهایی با عرض بیشتر از عرض ستون را طراحی نمود. ولی اغلب توصیه می‌شود عرض تیر برابر یا کوچک‌تر از عرض ستون باشد (لبه‌های تیر از ستون بیرون نزنند) تا آرماتور گذاری و قالب‌بندی آن‌ها برای تیم اجرایی دشوار نگردد.

آخرین بند این قسمت، بند ۹-۲۰-۵-۲-۱، را می‌توان مهم‌ترین بندی دانست که گاهی در ترسیم نقشه‌ها یا در حین اجرا رعایت نمی‌شود! این اتفاق عموماً در تیرهای پیرامونی ساختمان که بر یک لبه‌ی ستون مماس می‌شوند، قابل مشاهده است. به عبارت دیگر شیفت دادن تیر به سمت بیرون ملک برای افزایش مساحت مفید ساختمان (دآکس کردن تیر)، نمی‌تواند به هراندازه دلخواه باشد؛ بلکه مقدار برون‌محوری آکس تیر نسبت به آکس ستون بایستی کمتر از یک‌چهارم بعد ستون در همان راستای برون‌محوری تیر باشد تا لنگر اضافی ناشی از خروج از مرکزیت محدود شود. به عنوان مثال اگر ابعاد ستون 40×40 سانتی‌متر باشد، حداکثر خروج از مرکزیت می‌تواند ۱۰ سانتی‌متر باشد.





تعریف تیر بتنی در نرم افزار ETABS





- ۱- نام مقطع
- ۲- مشخص نمودن مقاومت بتن
- ۳- عمق تیر
- ۴- عرض تیر
- ۵- تعریف مشخصات میلگرد

نحوه نامگذاری مقاطع تیر بتنی

B h X b

B=Beam

h = ارتفاع تیر

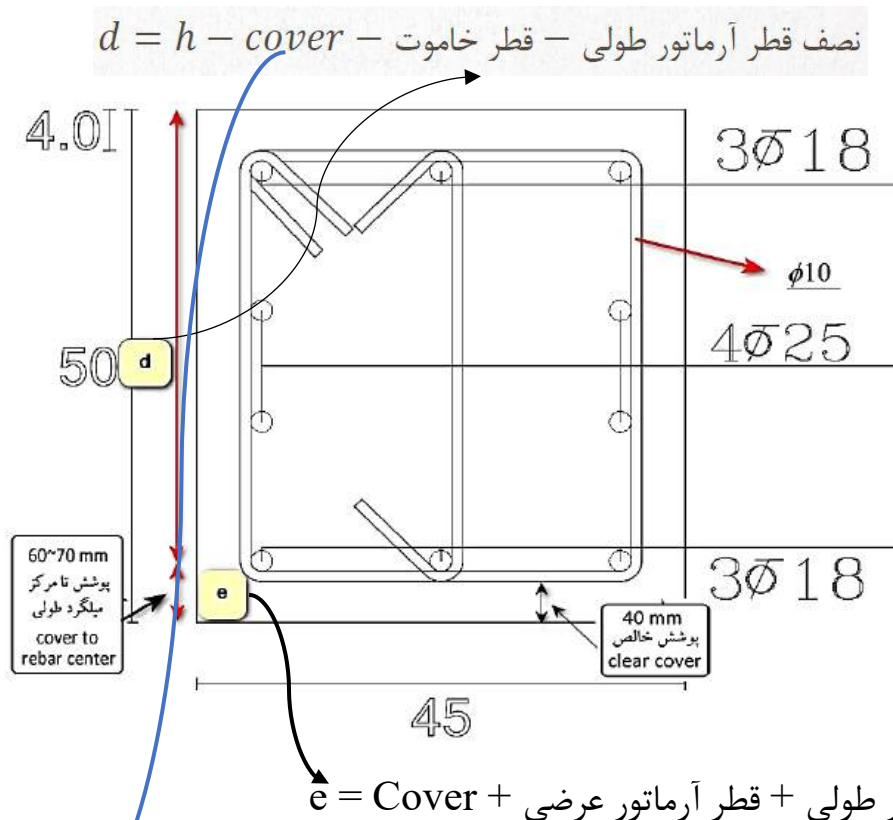
b = عرض تیر

* در تعریف مقاطع تیرهای بتنی نیازی به تعیین نوع و مقدار میلگردها نیست و ایتبس مقدار میلگرد موردنیاز را تعیین می‌نماید. لازم است مقدار درصد میلگردها پس از طراحی کنترل شود تا در صورت نیاز ابعاد تیر تغییر یابد.

- ۱- تیرهای بتنی تحت خمش حول محور ۳ قرار می‌گیرند.
- ۲- تعیین مشخصات مربوط به میلگردهای طولی (AIII)
- ۳- تعیین مشخصات مربوط به میلگردهای عرضی (AII)



۴- تعیین کاور بتن (توجه شود که در تعریف مقطع تیر، پوشش تا مرکز میلگردهای طولی باید وارد شود که مطابق شکل زیر (در شرایط محیطی متوسط) بسته به قطر خاموت خاموت و قطر میلگرد طولی تیر و چیدمان میلگردهای طولی تیر حدود ۶۰ تا ۷۰ میلی متر می باشد.



جدول ۹-۶ حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگرد برای اجزای بتنی

شرایط محیطی سازه بتنی	نوع عضو	میلگردها	پوشش روی میلگردها، میلی متر
بتن در تماس دائم با خاک است.	کلیه اعضای	کلیه میلگردها	۷۵
بتن در تماس با هوا و یا تماس غیر دائم با خاک است.	کلیه اعضای	میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۵۸ میلی متر	۵۰
		میلگردها و سیم های به قطر ۱۶ میلی متر و کمتر	۴۰
بتن در تماس با هوا و یا خاک نیست.	دال ها، تیرچه ها و دیوارها	میلگردهای بزرگتر از قطر ۳۶ میلیمتر	۴۰
		میلگردهای قطر ۳۴ میلی متر و نازک تر	۲۰
	تیرها، ستون ها، ستون پایه ها و اعضای کششی	آرماتورهای طولی، خاموت ها، بست ها، دورپیچ ها و تنگ ها	۴۰

در شرایط محیطی متوسط برای ستون ها پوشش خالص $\text{Clear cover} = 40 \text{ mm}$ می باشد. برای تیرها با آرماتور گذاری متعارف به صورت تقریبی پوشش تا مرکز میلگرد را می توان برابر 70 mm منظور کرد.



تعریف تیر غیر منشوری بتنی در نرم افزار ETABS

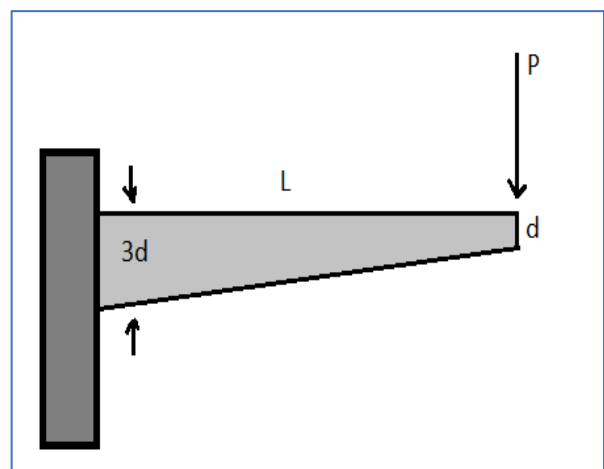
یک المان قاب می تواند به صورت منشوری (Prismatic) یا غیرمنشوری (Non-prismatic) تعریف شود. در حالت غیرمنشوری، مشخصات هندسی المان در طول آن یکنواخت نبوده و ممکن است شامل مقاطع متغیر در امتداد طول عضو باشد. کاربرد اصلی المان های غیرمنشوری در تحلیل و مدل سازی سازه هایی نظیر سوله ها است، که در آن ها ابعاد مقطع اعضا در طول دهانه تغییر می کند.

تغییرات سختی خمشی این نوع المان ها می تواند به صورت خطی، درجه دوم یا درجه سوم مدل سازی شود، در حالی که سایر مشخصات از قبیل وزن، جرم، سختی محوری و برشی معمولاً به صورت خطی در نظر گرفته می شوند. در بیشتر موارد، یک المان غیرمنشوری از یک تا پنج قطعه با مقاطع متفاوت تشکیل می شود که لزومی ندارد طول این قطعات برابر باشد.

کاربرد مقاطع غیرمنشوری در سازه های بتنی در سازه های بتنی، مقاطع غیرمنشوری زمانی مورد استفاده قرار می گیرند که ابعاد عضو در امتداد طول آن ثابت نباشد و با تغییرات هندسی همراه باشد. این تغییرات معمولاً با هدف بهینه سازی مصرف مصالح، کاهش وزن سازه، کنترل تغییرشکل ها یا افزایش ظرفیت خمشی در نواحی بحرانی انجام می شود.

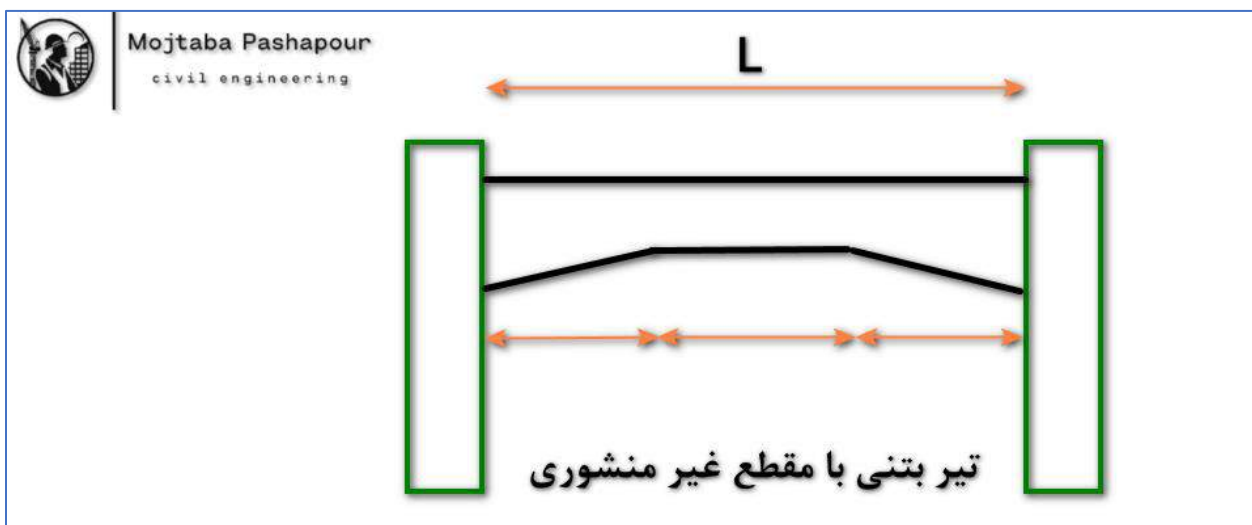
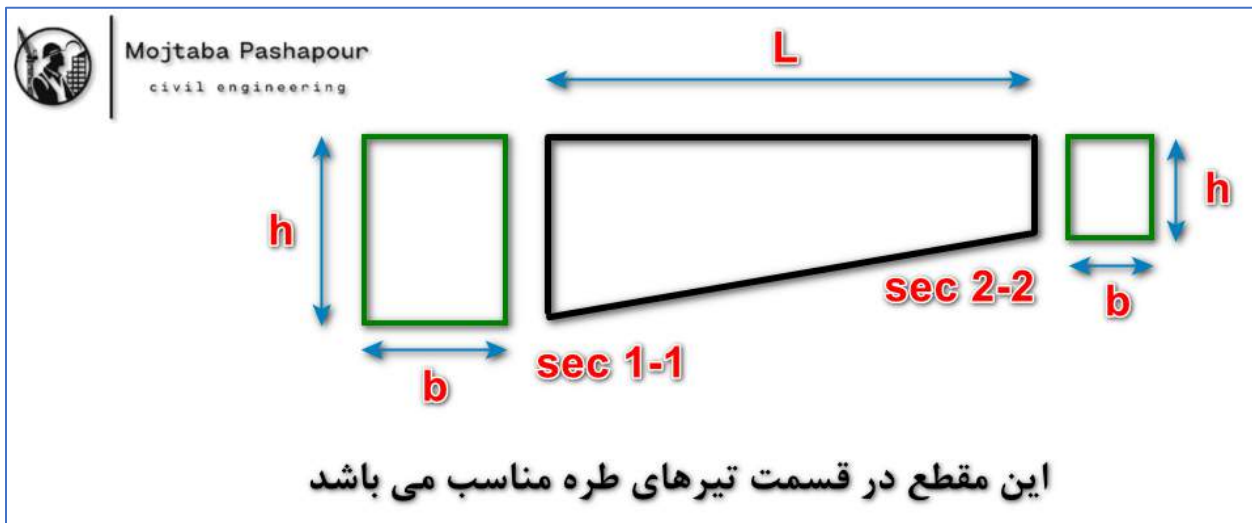
به طور خاص، مقاطع غیرمنشوری در موارد زیر در سازه های بتنی کاربرد دارند:

۱. تیرها یا دال های دارای مقطع متغیر، مانند تیرهای کنسولی یا تیرهای عمیق که ارتفاع مقطع در نزدیکی تکیه گاه ها افزایش می یابد تا لنگر خمشی بیشتری را تحمل کنند.
۲. پوسته ها و طاق های بتنی با ضخامت متغیر، که برای کنترل تنش ها و تغییرشکل ها در نقاط مختلف به صورت غیرمنشوری طراحی می شوند.

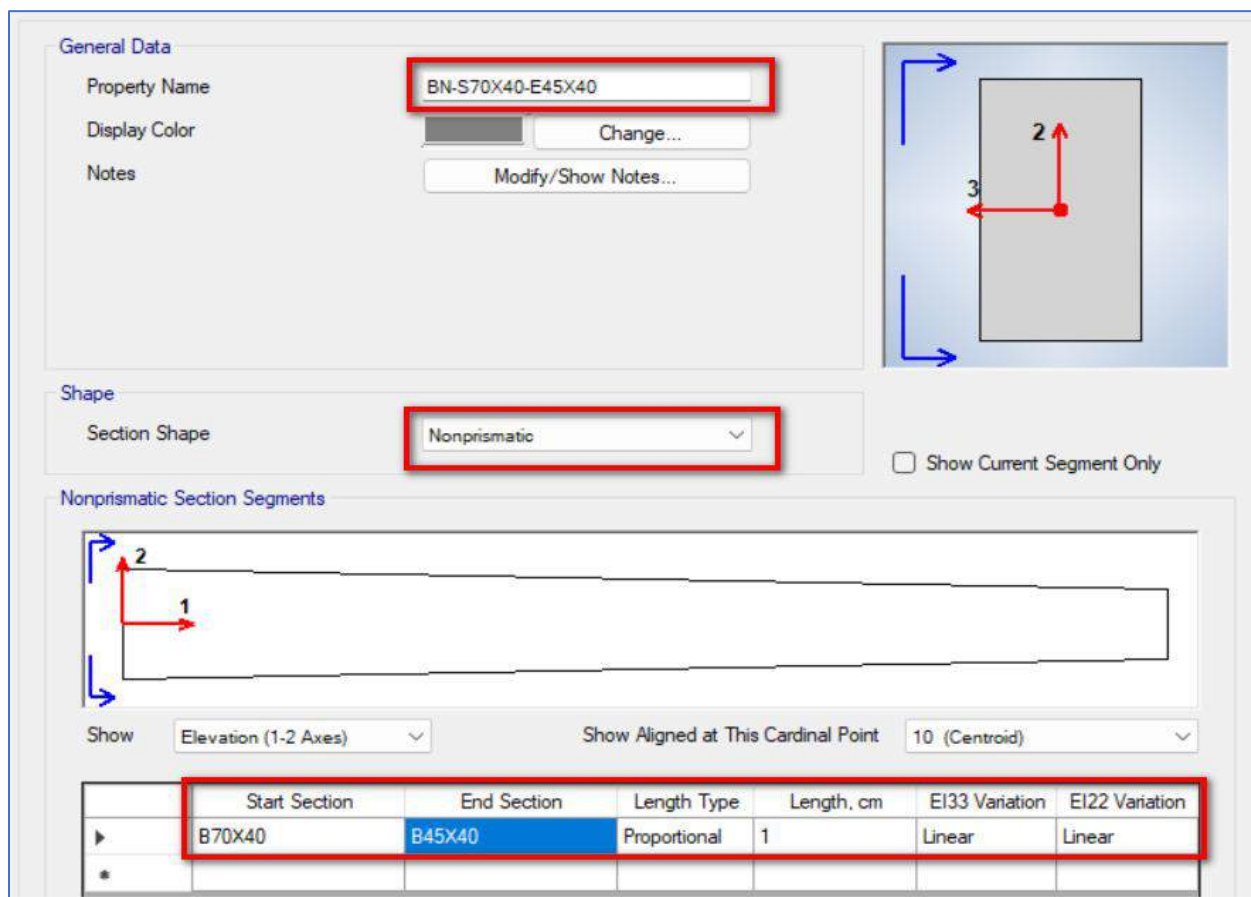
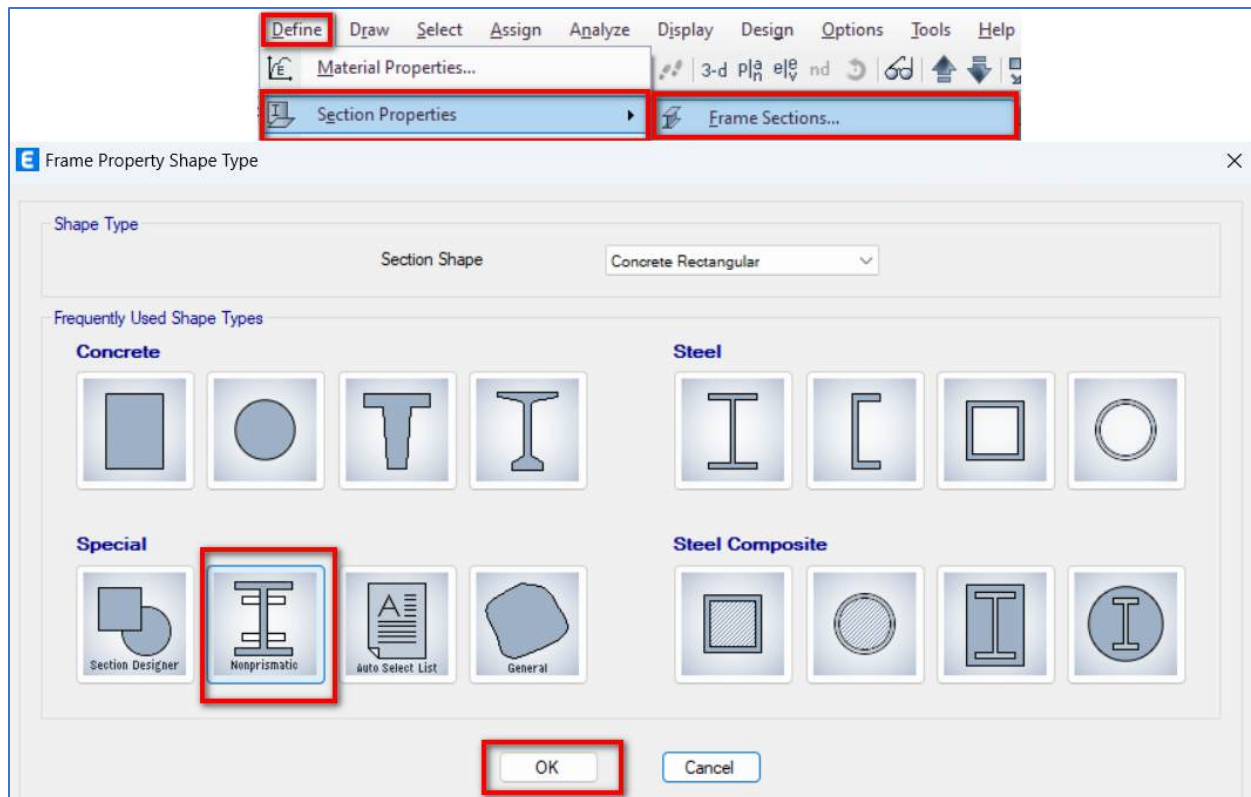


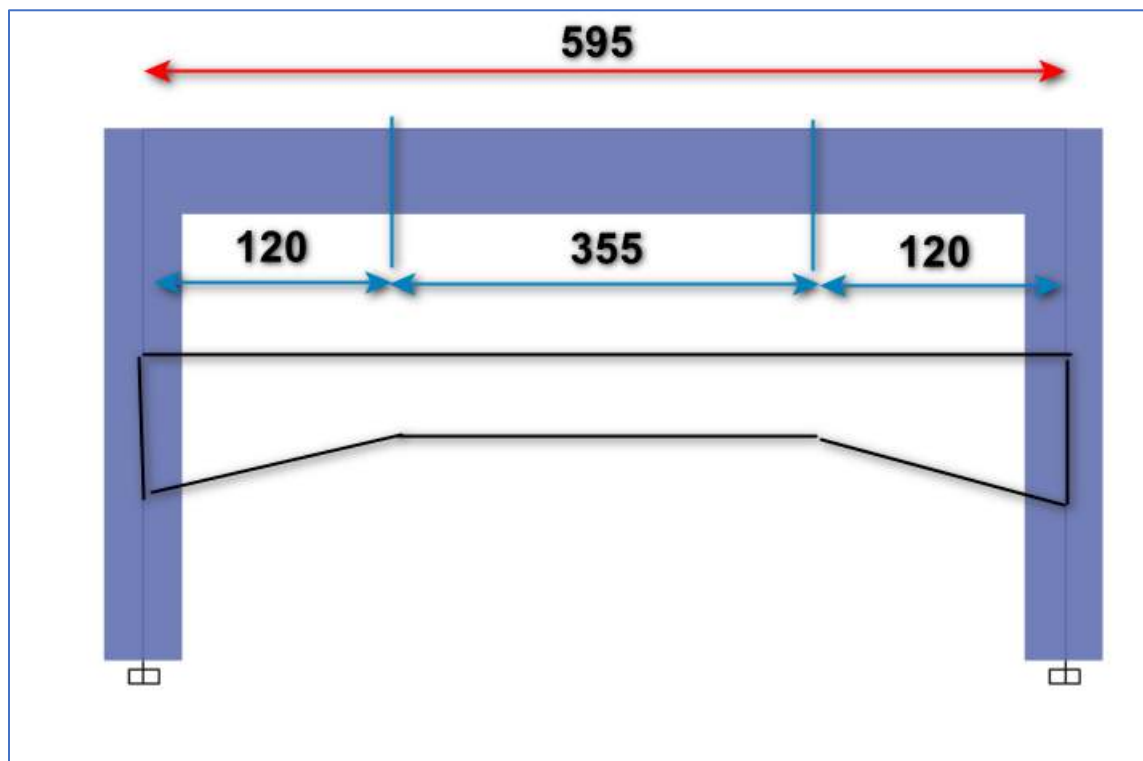
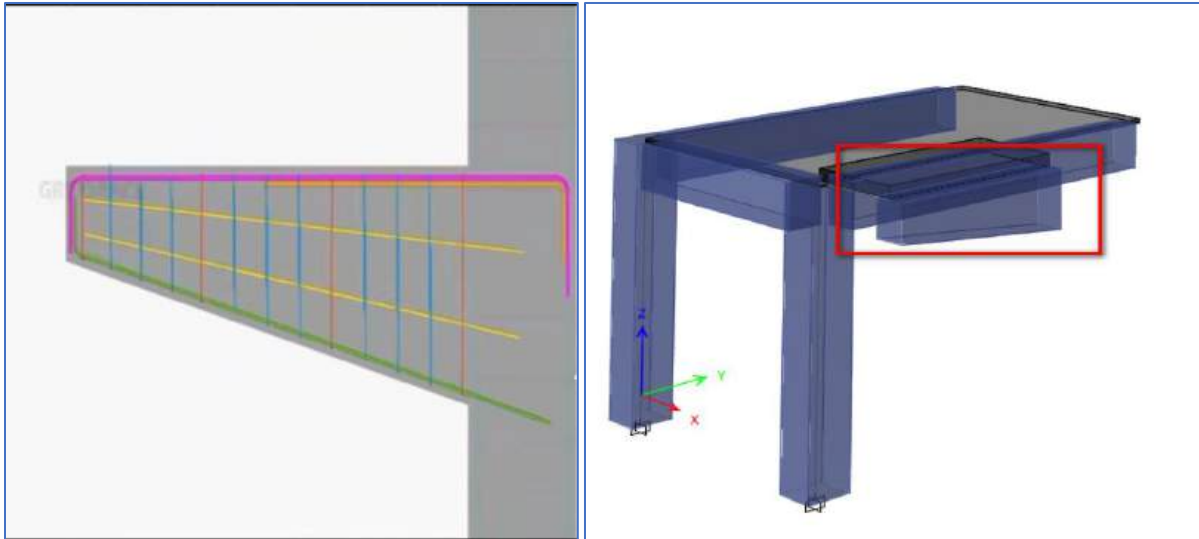


قبل از تعریف مقطع غیر منشوری بایستی مقاطعی که برای شروع و پایان مقطع مورد نیاز است، به برنامه معرفی شده باشد. مصالح استفاده شده برای مقطع شروع و پایان بایستی یکسان باشد.



در مدل سازی المان های غیر منشوری، مصالح به کار رفته در مقطع ابتدایی و انتهایی عضو باید یکسان باشند تا رفتار مصالح در طول عضو پیوسته باقی بماند. هنگام تعریف بخش های مختلف یک المان غیر منشوری، طول هر قطعه را می توان به صورت نسبی (Variable) یا مطلق (Absolute) مشخص کرد.





حال به تعریف تیر با مقطع غیر منشوری طبق شکل بالا می پردازیم.



General Data

Property Name: BN-S70X40-E50X40

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Nonprismatic

☐ Show Current Segment Only

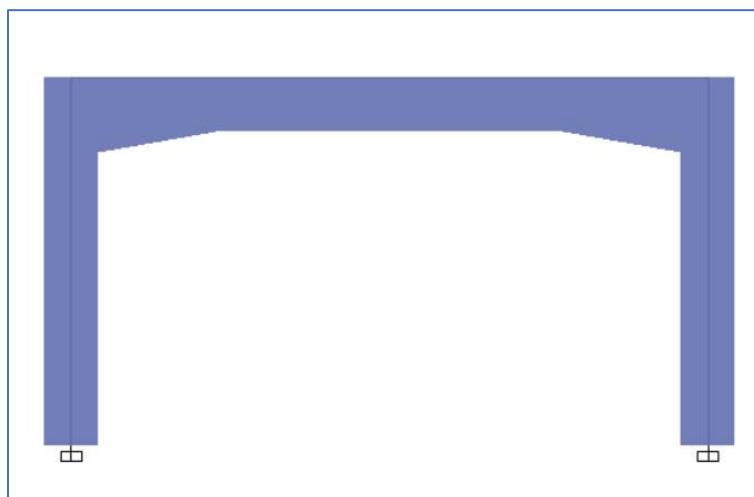
Nonprismatic Section Segments

Diagram showing a nonprismatic section with segments 1, 2, and 3. Segment 1 is a trapezoid, segment 2 is a rectangle, and segment 3 is a trapezoid. The diagram is labeled with 1, 2, and 3.

Show: Elevation (1-2 Axes) Show Aligned at This Cardinal Point: 10 (Centroid)

	Start Section	End Section	Length Type	Length, cm	EI33 Variation	EI22 Variation
	B70X40	B50X40	Absolute	120	Linear	Linear
	B50X40	B50X40	Absolute	355	Linear	Linear
	B50X40	B70X40	Absolute	120	Linear	Linear

Copy Current Row and Paste Append





در قسمت EI22 و EI33 Variations، لازم است نحوه تغییر ممان اینرسی مقطع متناسب با نوع تغییرات هندسی عضو تعیین شود. سه حالت اصلی برای تغییرات سختی خمشی در نظر گرفته می‌شود:

۱. خطی (Linear): در این حالت، مقدار سختی خمشی EI در امتداد طول عضو به صورت خطی تغییر می‌کند.

۲. درجه دوم (Parabolic): در این حالت، مقدار $(EI)^{0.5}$ یا ریشه دوم سختی خمشی به صورت خطی در طول عضو تغییر می‌کند، که در نتیجه ممان اینرسی تغییرات درجه دوم خواهد داشت.

۳. درجه سوم (Cubic): در این حالت، مقدار $(EI)^{1/3}$ یا ریشه سوم سختی خمشی به صورت خطی تغییر می‌کند، که موجب تغییرات درجه سوم در ممان اینرسی می‌شود.

به طور معمول، در مقاطع H شکل که ارتفاع آن‌ها در طول عضو تغییر می‌کند، ممان اینرسی به صورت Parabolic تغییر می‌کند. در مقابل، برای مقاطع مستطیلی با تغییر تدریجی ارتفاع، تغییرات ممان اینرسی از نوع Cubic در نظر گرفته می‌شود.

این تنظیمات باعث می‌شود رفتار واقعی اعضای با مقطع متغیر در تحلیل سازه به صورت دقیق‌تری شبیه‌سازی گردد و نتایج حاصل از تحلیل، با پاسخ واقعی سازه مطابقت بیشتری داشته باشد که طراح سازه باید این موارد را در حین استفاده از مقاطع غیر منشوری بتنی رعایت نماید.



مقطع ستون بتنی

حداقل ابعاد تیر طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

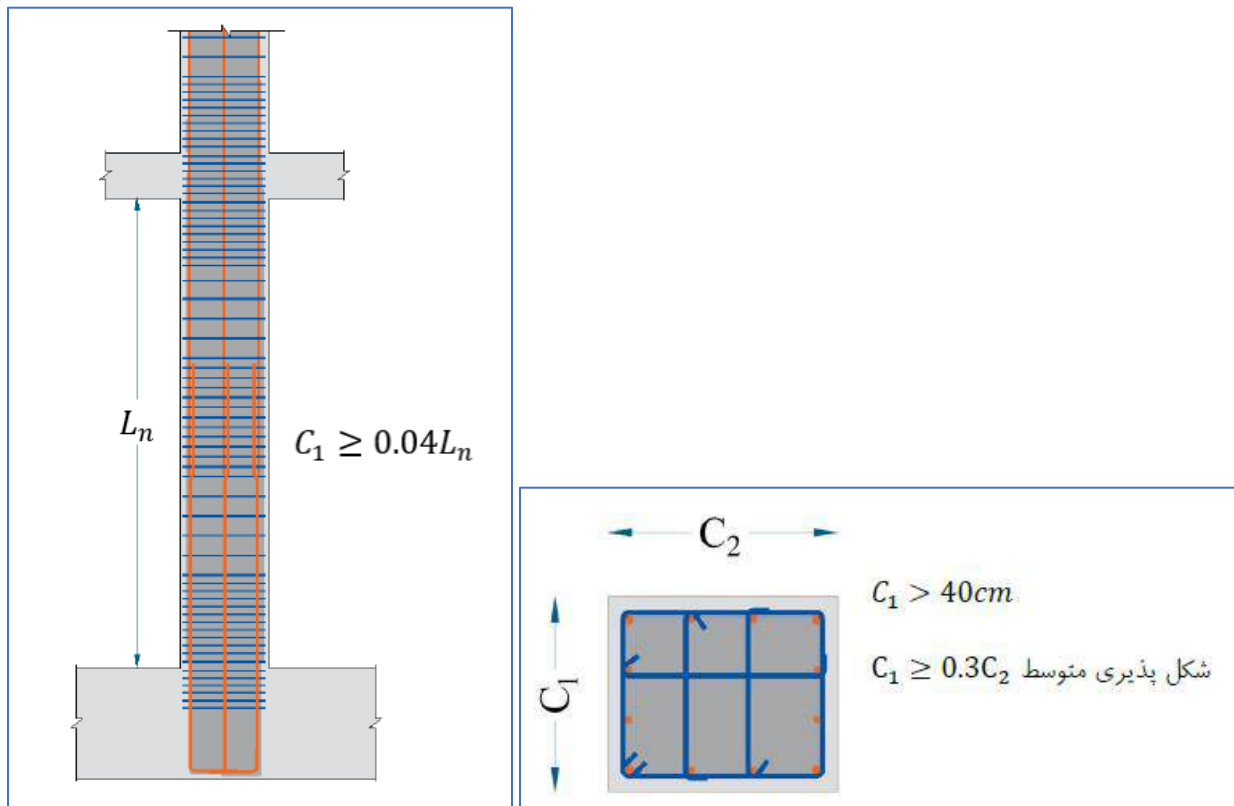
ستون‌ها در قاب‌ها با شکل‌پذیری متوسط

محدودیت‌های هندسی

در ستون‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) زیر باید رعایت شوند:

الف- عرض مقطع نباید کمتر از سدهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

ب- نسبت عرض مقطع به طول آزاد عضو نباید از $\frac{1}{25}$ کمتر باشد.





محدودیت نسبت آرماتورهای طولی

۹-۲۰-۵-۳-۲ آرماتورهای طولی

۹-۲۰-۵-۳-۱ در ستون‌ها نسبت سطح مقطع میلگردهای طولی به کل ستون مقطع ستون نباید کمتر از ۱ درصد و بیشتر از ۸ درصد در نظر گرفته شود. این محدودیت‌ها باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود.

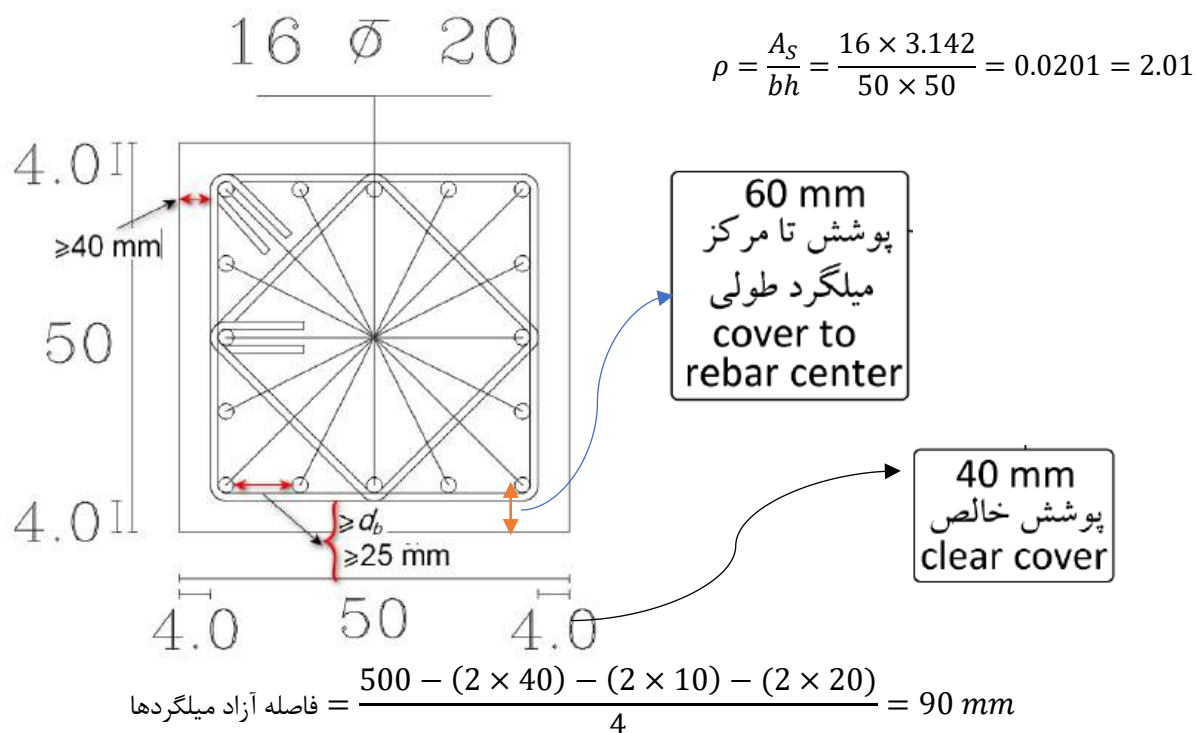
$$\rho = \frac{A_s}{bh} \rightarrow \rho_{min} = 0.01, \quad \rho_{max} = 0.08$$

$$\rho_{max} = 0.04 \rightarrow \text{در محل وصله}$$

در ستون‌ها فاصله خالص بین میلگردها نباید کمتر از ۴ سانتی‌متر و یا $1.5d_b$ (هرکدام که بزرگ‌تر است) باشد. همچنین فاصله آزاد باید بزرگ‌تر از $4/3$ اندازه بزرگ‌ترین سنگ‌دانه باشد.

سطح مقطع میلگردها به سانتیمتر مربع														
تعداد میلگردها														
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	16	20	24
5	0.196	0.39	0.59	0.78	0.98	1.18	1.37	1.57	1.76	1.96	2.35	3.14	3.92	4.70
6	0.283	0.57	0.85	1.13	1.42	1.70	1.98	2.26	2.55	2.83	3.40	4.53	5.66	6.79
8	0.503	1.01	1.51	2.01	2.52	3.02	3.52	4.02	4.53	5.03	6.04	8.05	10.06	12.07
10	0.785	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	9.42	12.56	15.70	18.84
12	1.131	2.26	3.39	4.52	5.66	6.79	7.92	9.05	10.18	11.31	13.57	18.10	22.62	27.14
14	1.539	3.08	4.62	6.16	7.70	9.23	10.77	12.31	13.85	15.39	18.47	24.62	30.78	36.94
16	2.011	4.02	6.03	8.04	10.06	12.07	14.08	16.09	18.10	20.11	24.13	32.18	40.20	48.26
18	2.545	5.09	7.64	10.18	12.73	15.27	17.82	20.36	22.91	25.45	30.54	40.72	50.90	61.08
20	3.142	6.28	9.43	12.57	15.71	18.85	21.99	25.14	28.28	31.42	37.70	50.27	62.84	75.41
22	3.801	7.60	11.40	15.20	19.01	22.81	26.61	30.41	34.21	38.01	45.61	60.82	76.02	91.22
25	4.909	9.82	14.73	19.64	24.55	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09	58.91	78.54	98.18	117.82
28	6.158	12.32	18.47	24.63	30.79	36.95	43.11	49.26	55.42	61.58	73.90	98.53	123.16	147.79
30	7.069	14.14	21.21	28.28	35.35	42.41	49.48	56.55	63.62	70.69	84.83	113.10	141.38	169.66
32	8.042	16.08	24.13	32.17	40.21	48.25	56.29	64.34	72.38	80.42	96.50	128.67	160.84	193.01
34	9.079	18.16	27.24	36.32	45.40	54.47	63.55	72.63	81.71	90.79	108.95	145.26	181.58	217.90
36	10.179	20.36	30.54	40.72	50.90	61.07	71.25	81.43	91.61	101.79	122.15	162.86	203.58	244.30
38	11.341	22.68	34.02	45.36	56.71	68.05	79.39	90.73	102.07	113.41	136.10	181.46	226.82	272.18

سطح مقطع میلگردها



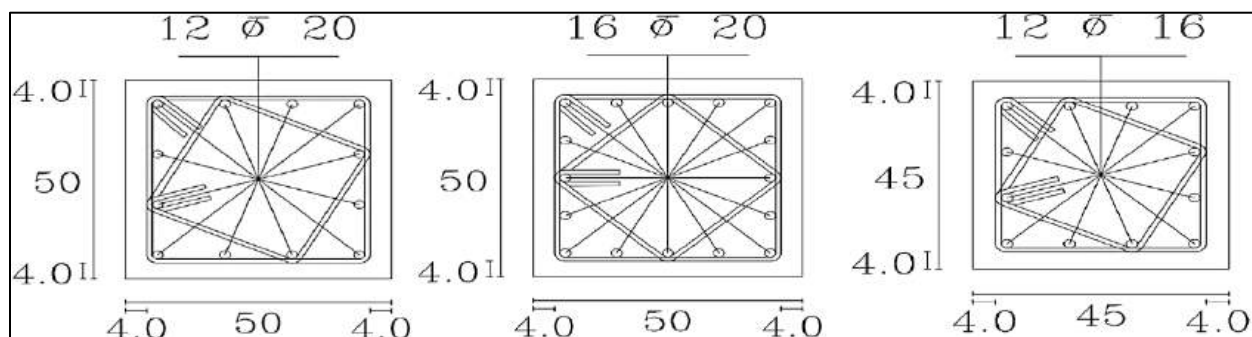
۹-۲۱-۲-۱-۳ فاصله‌ی آزاد بین میلگردهای طولی در ستون‌ها، ستون پایه‌ها، بست‌ها، و اجزای مرزی دیوارها، نباید کمتر از هیچ یک از مقادیر زیر باشد.

الف - ۴۰ میلی متر؛

ب - ۱/۵ برابر قطر بزرگ‌ترین میلگرد؛

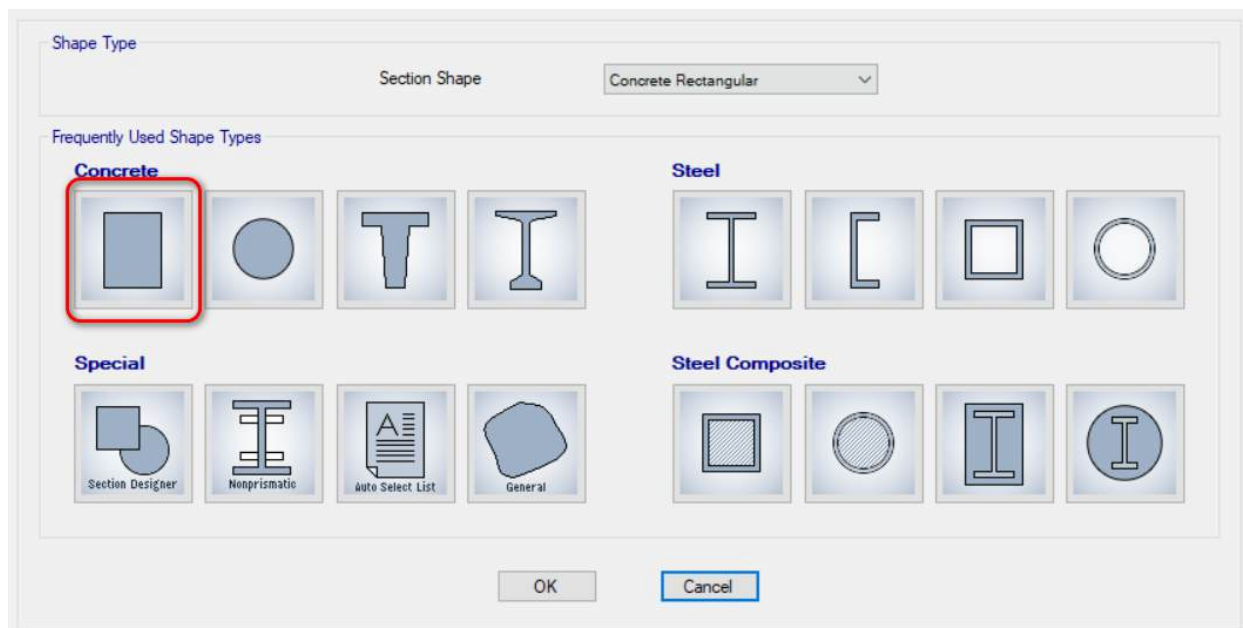
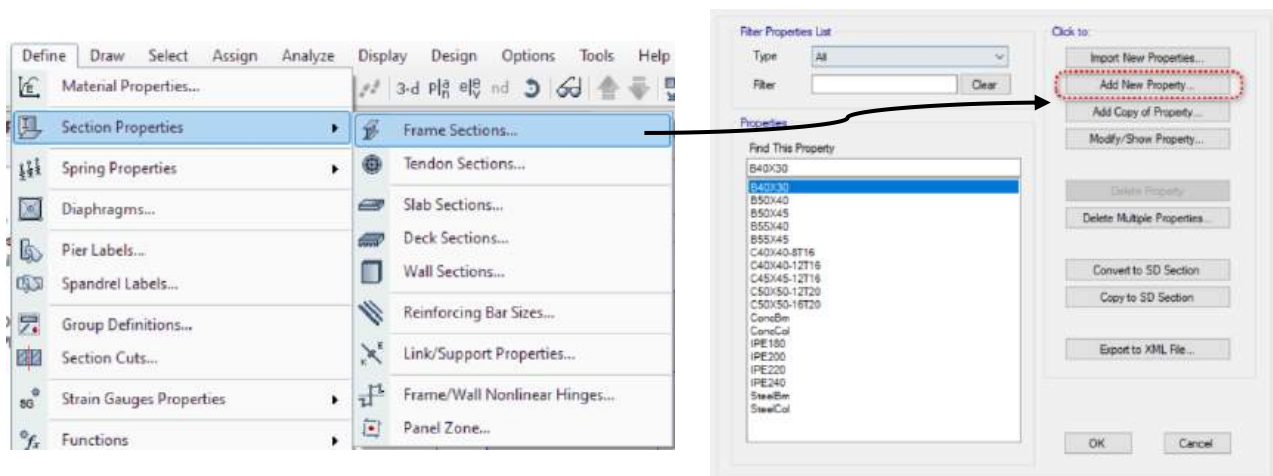
پ - ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگ دانه.

برای ستون‌ها لازم است تعداد و اندازه میلگردها در هر وجه ستون تعیین شود. در تعیین چینش میلگردها باید به درصد میلگرد طبق بندهای فوق در آیین‌نامه و همچنین فاصله آزاد بین میلگردها برای عبور آسان بتن از بین میلگردها توجه شود. در ستون‌ها اندازه بتن کاور به صورت خالص از بر خاموت‌ها تعیین می‌شود. برای شرایط محیطی متوسط می‌تواند ۴۰ میلی‌متر تعیین شود.





تعریف مقاطع ستون در نرم افزار ETABS





۱- نام مقطع

۲- مشخص نمودن مقاومت بتن

۳- ارتفاع ستون

۴- عرض ستون

۵- تعریف مشخصات میلگرد

نحوه نامگذاری مقاطع ستون بتنی

$C \ h \ X \ b - n \ T \ \varphi$

C=Column

h = ارتفاع مقطع

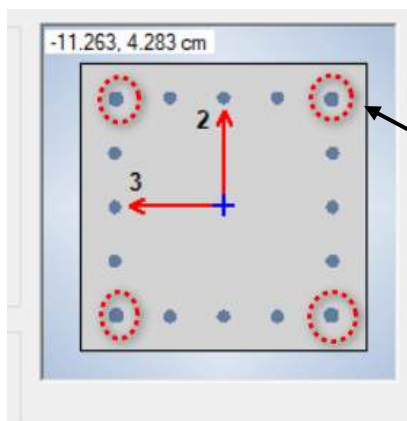
b = عرض مقطع

n = تعداد میلگرد

φ = قطر میلگرد



- ۱- مشخص نمودن نوع مقطع (در ستون‌ها نیروی محوری و خمشی داریم)
- ۲- مشخص نمودن مقاومت میلگردهای طولی
- ۳- مشخص نمودن مقاومت میلگردهای عرضی
- ۴- مشخص نمودن شکل مقطع
- ۵- نوع میلگردهای عرضی
- ۶- مشخص کردن نوع بررسی کفایت ستون توسط نرم‌افزار
- ۷- وارد کردن کاور (در ستون‌ها اندازه بتن کاور به صورت خالص از بر خاموت‌ها تعیین می‌شود)



- ۸- تعداد میلگرد طولی در راستای X
- ۹- تعداد میلگرد طولی در راستای Y
- ۱۰- مشخص نمودن شماره میلگرد طولی میانی
- ۱۱- مشخص نمودن شماره میلگرد طولی گوشه‌ها
- ۱۲- مشخص نمودن شماره میلگرد عرضی

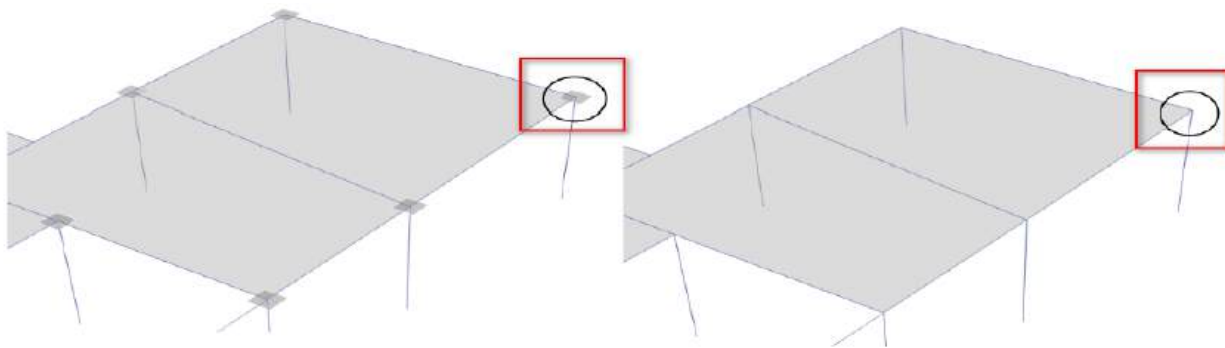
در نرم‌افزار ETABS برای تعریف ستون‌ها در سازه‌های بتنی، دو رویکرد کلی وجود دارد:

- ۱- **رویکرد Design:** در این روش، تنها ابعاد هندسی مقطع ستون به نرم‌افزار معرفی می‌شود و فرآیند تحلیل و طراحی آرماتورهای طولی و عرضی توسط نرم‌افزار انجام می‌گیرد. پس از اتمام طراحی، نرم‌افزار مقدار آرماتورهای موردنیاز را محاسبه و نمایش می‌دهد. بنابراین در این حالت نیازی به تعریف مقدار آرماتور در نام مقطع وجود ندارد و کافی است نام مقطع بر اساس ابعاد هندسی آن تعیین شود، زیرا مقدار آرماتور در ابتدای کار مشخص نبوده و توسط نرم‌افزار طراحی می‌شود.
- ۲- **رویکرد check:** در این روش، هنگام معرفی مقطع عضو به نرم‌افزار، علاوه بر ابعاد هندسی مقطع، مقدار آرماتورهای طولی و عرضی نیز به صورت مشخص وارد می‌شود. در نتیجه، نرم‌افزار ETABS در مرحله طراحی، تنها کفایت مقطع تعریف‌شده را با توجه به آرماتورهای اعلام‌شده بررسی می‌نماید و تغییر یا بهینه‌سازی در مقدار آرماتور انجام نمی‌دهد. بنابراین در این حالت لازم است در نام‌گذاری مقطع، علاوه بر ابعاد هندسی، مقدار آرماتورهای مقطع نیز درج گردد تا مشخصات کامل آن به وضوح قابل تشخیص باشد.



در ایتبس های ورژن بالا (بالتر از ورژن ۱۶) یک گزینه اضافی در تعریف ستونها مطابق شکل زیر قرار داده شده است.

در صورت فعال کردن گزینه فوق در تعریف ستون، نرم افزار (پس از تحلیل سازه) به طور اتوماتیک در انتهای ستون مورد نظر یک دال بتنی به ابعاد خود ستون و از نوع stiff ترسیم می کند. نرم افزار ممان اینرسی این دال را ۱۰۰ برابر مقدار محاسباتی در نظر میگیرد تا ناحیه صلب محل اتصال دال به ستون را منظور کند. با کلیک راست کردن بر روی این دالها میتوان مشخصات و مقطع آنها در ایتبس بررسی کرد.



- با فعال کردن این گزینه سختی جانبی قاب افزایش یافته و دررفت سازه کاهش می یابد.
- در مواردی که مانند شکل بالا، تیر متصل به ستون داریم، فعال کردن این گزینه توصیه نمی شود، چون اصولاً برای تیرها ناحیه صلب انتهایی (rigid zone) تعریف میشود و تعریف مجدد این مساحت صلب سختی ناحیه صلب را دو چندان می کند.
- در مواردی که در ستونهای خاصی تیر نداریم و دال بتنی به ستون متصل میشود (دال بدون تیر) در این حالت توصیه میشود جهت مدلسازی بهتر ناحیه اتصال دال به ستون این گزینه برای ستونهایی که تیر ندارند فعال شود.
- اگر از نرم افزار ایتبس برای طراحی دال (طراحی خمشی، برشی، کنترل خیز و ...) استفاده میشود، توصیه میشود این گزینه برای ستونها در هر حال فعال شود. توجه کنید که اگر برای طراحی دال از سیف استفاده کنیم، نرم افزار سیف به صورت اتوماتیک این گزینه را فعال دارد.

برگرفته از جزوه دکتر مسعود حسینزاده اصل



برای تعریف ستون‌های دایره‌ای خواهیم داشت:

General Data

Property Name: C60

Material: C25

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Circle

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Diameter: 60 cm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Design Type

☒ P-M2-M3 Design (Column)
☐ M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: S400
Confinement Bars (Ties): S340

Reinforcement Configuration

☐ Rectangular
☒ Circular

Confinement Bars

☐ Ties
☒ Spirals

Check/Design

☒ Reinforcement to be Checked
☐ Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: 4 cm

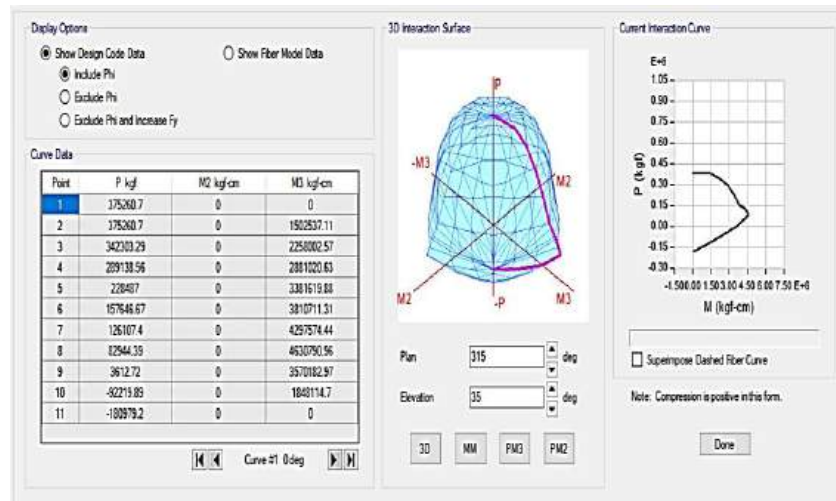
Number of Longitudinal Bars: 12

Longitudinal Bar Size and Area: 20 ... 3.14 cm²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: 10 ... 0.79 cm²

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 15 cm



Base Material

C25

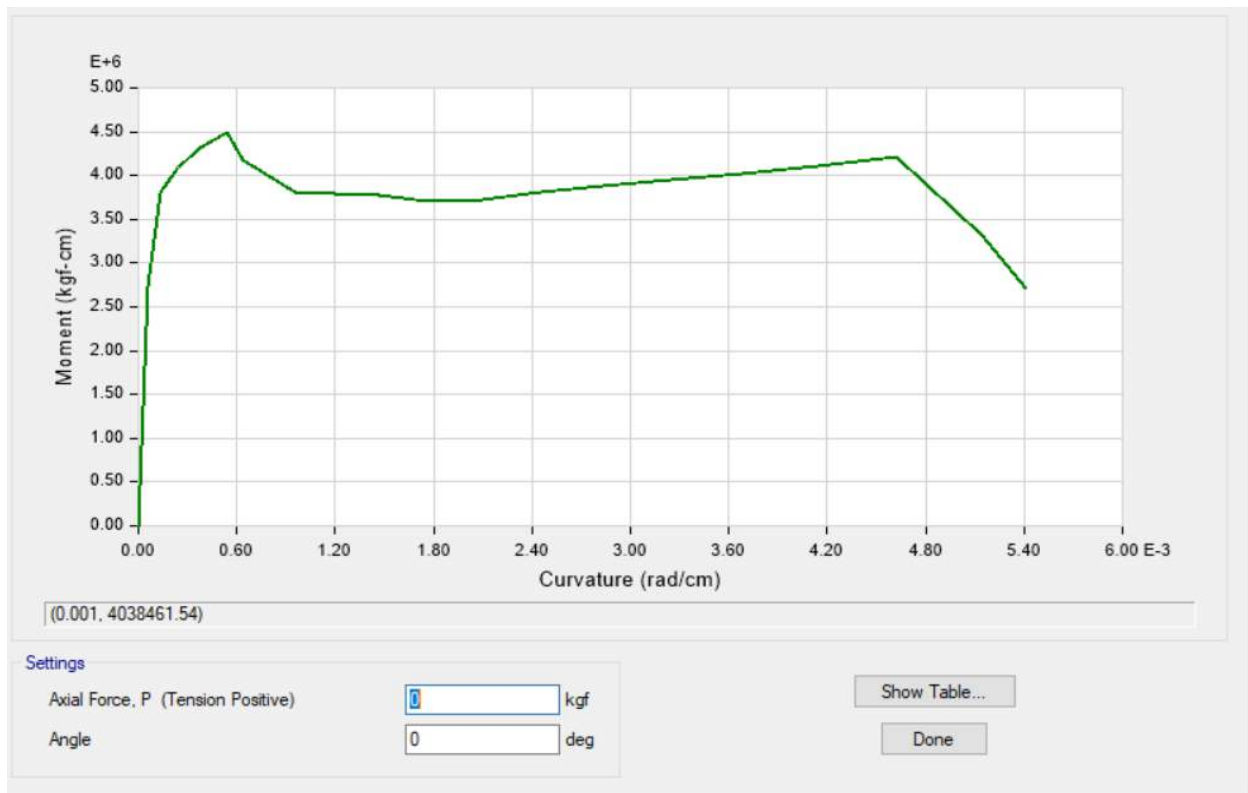
Orientation of 2-Axis for these Properties

☒ Default ☐ Principal Axis ☐ User

Angle from X- to 2-Axis: 90 deg

Properties

- Center of Gravity
 - Xcg (cm): 0
 - Ycg (cm): 0
- Analysis Properties
 - Area (cm²): 2500
 - AS2 (cm²): 2083.3
 - AS3 (cm²): 2083.3
 - I22 (cm⁴): 520833.3
 - I23 (cm⁴): 0
 - I33 (cm⁴): 520833.3
 - J (cm⁴): 880533.7
- Design Properties
 - R22 (cm): 14.434
 - R33 (cm): 14.434
 - S22 Negative (cm³): 20833.3
 - S22 Positive (cm³): 20833.3
 - S33 Negative (cm³): 20833.3
 - S33 Positive (cm³): 20833.3
 - Z22 (cm³): 31250
 - Z33 (cm³): 31250
- Principal Axes
 - I Major (cm⁴): 520833.3
 - I Minor (cm⁴): 520833.3
 - Principal Axes Angle (deg): -90
- Other
 - PNA Offset 2 (cm): 0
 - PNA Offset 3 (cm): 0



مشخصات مقطع را می توان در جدول قابل مشاهده کرد. همچنین نمودار اندرکنش P-m-m و منحنی لنگر انحنای ستون نیز به صورت تصاویر بالا قابل مشاهده است.



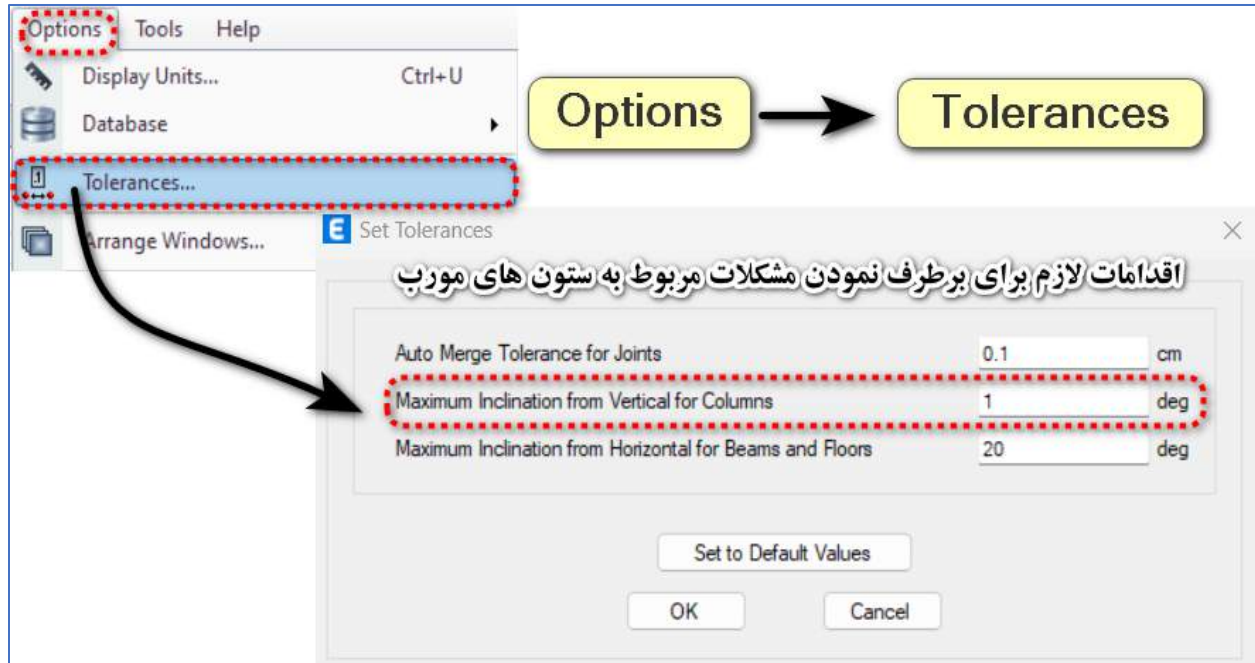
مدلسازی ستون های مورب در ETABS

ستون مورب به عنوان یکی از اعضای باربر سازه‌ای، عنصری است که با زاویه‌ای معین نسبت به محور قائم استقرار می‌یابد و نقش مهمی در انتقال هم‌زمان بارهای ثقلی و جانبی ایفا می‌کند. این نوع ستون‌ها با ایجاد مسیرهای مایل برای انتقال نیرو، موجب توزیع مؤثرتر تنش‌ها در سازه می‌شوند. استفاده از ستون‌های مورب به‌ویژه در سازه‌های مرتفع، پل‌ها و سیستم‌های فضاکار رواج دارد؛ زیرا علاوه بر افزایش پایداری کلی، مقاومت جانبی سازه را در برابر اثرات ناشی از باد و زلزله به شکل قابل توجهی بهبود می‌بخشند.





زاویه ای بر حسب درجه نسبت به امتداد قائم به برنامه معرفی شود (مطابق شکل زیر) که به موجب آن، تمامی ستون های مورب که زاویه آنها نسبت به امتداد قائم، کمتر از زاویه معرفی شده کاربر است در دسته بندی ستون ها قرار گرفته و با نماد C که معرف ستون Column است نمایش داده شوند. در این حالت تمامی ضوابط طراحی ستون ها که برنامه قادر به انجام آنها می باشد در طراحی ستون های مذکور لحاظ می گردد و نواحی صلب انتهایی تعریف شده برای این ستون های مورب نیز در نظر گرفته خواهد شد.



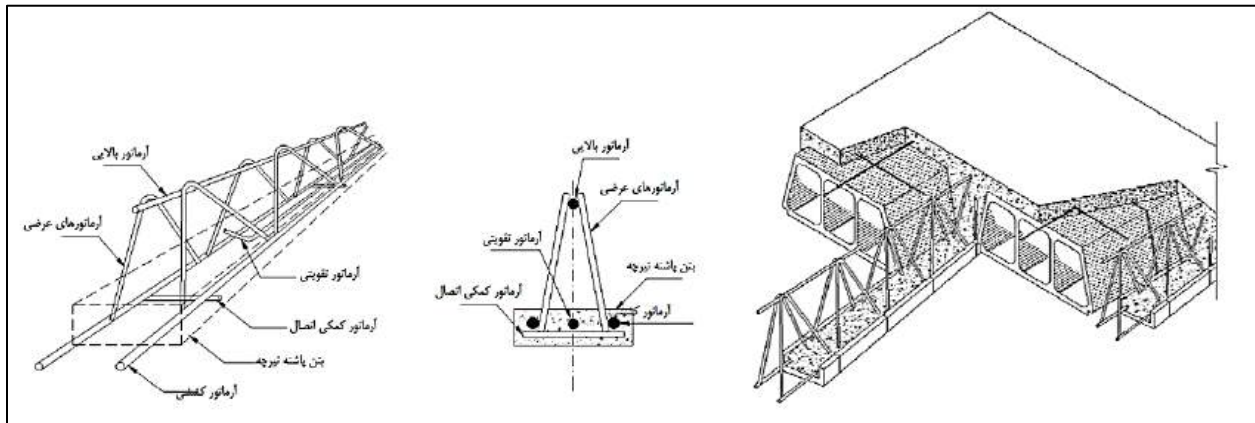
توصیه می شود زاویه ستون نسبت به امتداد قائم از ۱۵ درجه بیشتر نباشد.

توصیه می شود در سازه های متشکل از ستون های مورب، دیافراگم ها بصورت نیمه صلب Semi Rigid مدل شوند.



سقف تیرچه بلوک بتنی

سقف تیرچه بلوک بتنی یکی از متداول ترین و پرکاربردترین انواع سقف در سازه های بتنی است. این سیستم به صورت تک جهته (یک طرفه) عمل می کند و در طراحی و اجرای ساختمان های متعارف به دلیل سهولت اجرا، اقتصادی بودن و در دسترس بودن مصالح، کاربرد گسترده ای دارد. به طور معمول، در محافل مهندسی و اجرایی از این نوع سقف به اختصار با عنوان تیرچه بلوک یاد می شود.



توصیه دکتر حسین زاده در مدل سازی سقف تیرچه بلوک در ETABS

نرم افزار ETABS قابلیت طراحی مستقیم تیرچه های سقف تیرچه بلوک را ندارد. با این حال، لازم است **هندسه تیرچه ها در مدل سازه ای ترسیم شود** تا سختی آن ها در فرآیند تحلیل منظور گردد و همچنین **توزیع بار** **ثقلی** به تیرهای کناری به صورت صحیح انجام پذیرد.

در این نوع سقف، **آرماتورهای طولی تحتانی** درون **بتن پاشنه تیرچه** قرار می گیرند. بتن پاشنه معمولاً دارای ضخامت **۳ تا ۵ سانتی متر** و عرضی در **حدود ۱۰ سانتی متر** است. در عملیات اجرایی، برای بتن ریزی پاشنه ها معمولاً از **قالب های ماندگار** استفاده می شود.

در طراحی سازه ای، تیرچه ها عموماً به صورت **دو سر مفصل** در نظر گرفته می شوند. این فرض باعث می شود که طراحی تیرچه ها بر اساس **لنگر مثبت در وسط دهانه** انجام گیرد؛ در نتیجه، **پایین تیرچه در کشش و بالایی در فشار** قرار دارند.



شایان ذکر است که مهم‌ترین ضوابط طراحی سقف‌های تیرچه‌بلوک در نشریه شماره ۵۴۳ سازمان برنامه و بودجه کشور تشریح شده است. در انتهای این نشریه نیز جداول آماده طراحی تیرچه و بلوک برای تسهیل فرآیند طراحی در اختیار مهندسان قرار گرفته است.

تفاوت تیرچه صنعتی و دستی از نظر ساختار فنی

یکی از تفاوت‌های اساسی بین تیرچه‌های صنعتی و تیرچه‌های دستی (سنتی) در ساختار فنی و نحوه آرایش میلگردهای برشی آن‌ها است.

در تیرچه‌های دستی، میلگردهای برشی به صورت زیگزاگ و غیرمنظم توسط نیروی انسانی شکل داده شده و با استفاده از جوش الکتریکی دستی به آرماتورهای طولی متصل می‌شوند. این روش علاوه بر کاهش دقت و کیفیت اتصالات، سبب ایجاد عدم تقارن در مقطع تیرچه شده و در نتیجه، انتقال نیروهای داخلی در تیرچه به‌طور کامل و صحیح انجام نمی‌گیرد.

در مقابل، در تیرچه‌های صنعتی تمام مراحل ساخت شامل خم‌کاری، برش و جوش میلگردها توسط ماشین‌آلات و ربات‌های تمام‌اتوماتیک انجام می‌شود. این فرایند موجب یکنواختی هندسی، تقارن دقیق و کیفیت بالای جوش‌ها می‌گردد.

از دیگر تفاوت‌های مهم این دو نوع تیرچه، نوع سیستم جوشکاری است. در تیرچه‌های دستی، معمولاً از جوش الکتریکی قوسی با الکتروود دستی برای اتصال میلگردهای زیگزاگ استفاده می‌شود؛ در حالی که این روش طبق استانداردهای جدید منسوخ شده است.

در تیرچه‌های صنعتی، از گان جوش نقطه‌ای (Spot Welding Gun) استفاده می‌شود که عملیات جوشکاری را با کنترل حرارت دقیق و در زمان بسیار کوتاه انجام داده و مانع از افت کیفیت یا کاهش قطر مؤثر میلگردها می‌شود. در مجموع، تیرچه‌های صنعتی از نظر دقت هندسی، یکنواختی مصالح، کیفیت اتصالات و ایمنی سازه‌ای عملکرد به مراتب بهتری نسبت به تیرچه‌های دستی دارند و استفاده از آن‌ها مطابق با الزامات آیین‌نامه‌های جدید توصیه می‌شود.



تیرچه با ارتفاع ۳۰ سانتی متر در ساختمان های متداول استفاده می شود. ارتفاع کل تیرچه نباید بیشتر از ۳.۵ برابر حداقل عرض آن باشد فاصله آزاد بین تیرچه ها نباید بیشتر از ۷۵۰ میلی متر باشد.

مسکونی		انجمن تولید کنندگان خربا و تیرچه صنعتی									
میلگرد اصلی: نمره ۸		میلگرد اصلی: نمره ۱۰		میلگرد اصلی: نمره ۱۲		میلگرد اصلی: نمره ۱۴		میلگرد اصلی: نمره ۱۶		میلگرد اصلی: نمره ۱۸	
میلگرد بالا	میلگرد عریض	میلگرد عریض	میلگرد اصلی	میلگرد تقویتی	میلگرد عریض	میلگرد اصلی	میلگرد تقویتی	میلگرد عریض	میلگرد اصلی	میلگرد تقویتی	میلگرد عریض
۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۱۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۱۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۱۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۱۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۱۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۲۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۲۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۲۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۲۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۲۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۳۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۳۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۳۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۳۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۳۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۴۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۴۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۴۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۴۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۴۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۵۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۵۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۵۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۵۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۵۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۶۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۶۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۶۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۶۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۶۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۷۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۷۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۷۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۷۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۷۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۸۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۸۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۸۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۸۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۸۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۹۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۹۲	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۹۴	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۹۶	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۹۸	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵
۱۰۰	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۵

ضخامت دال بتنی فوقانی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه ها و از ۵ سانتی متر کمتر اختیار شود. حداکثر دهانه مورد پوشش سقف با تیرچه های منفرد نباید از ۸ متر بیشتر شود. در جهت اطمینان توصیه می گردد تا دهانه مورد پوشش بیشتر از ۷ متر نباشد در صورت وجود سربارهای زیاد و یا دهانه های بیش از ۷ متر از تیرچه های

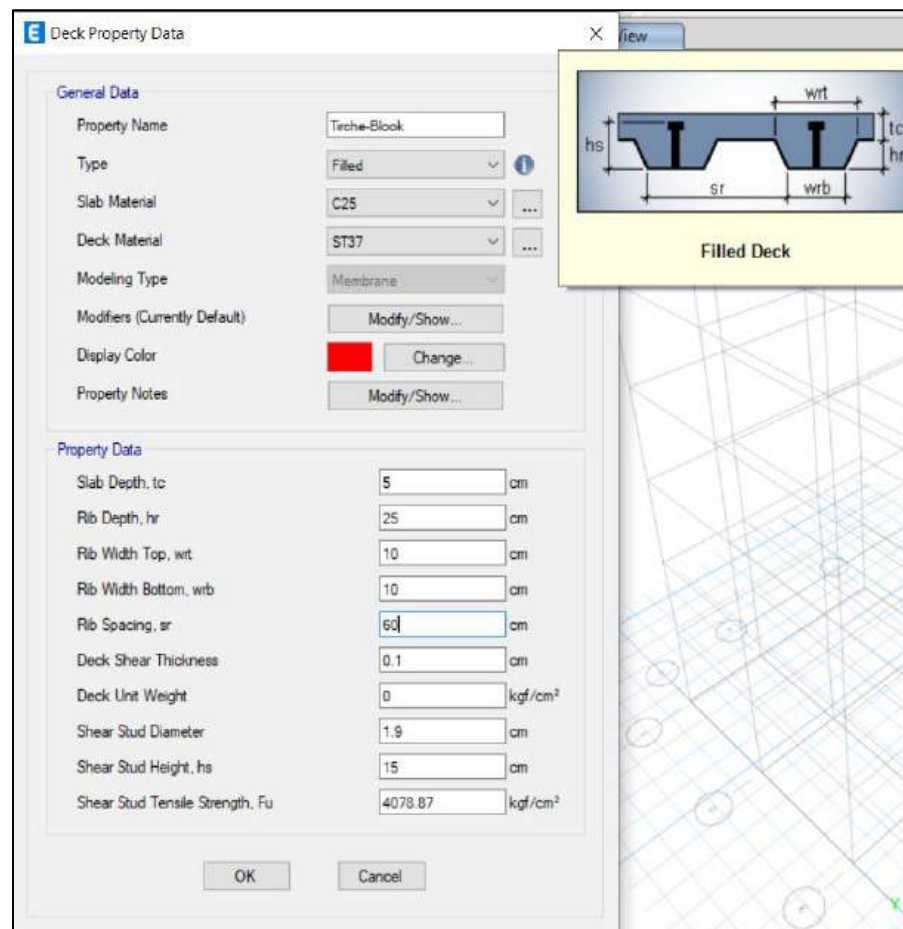
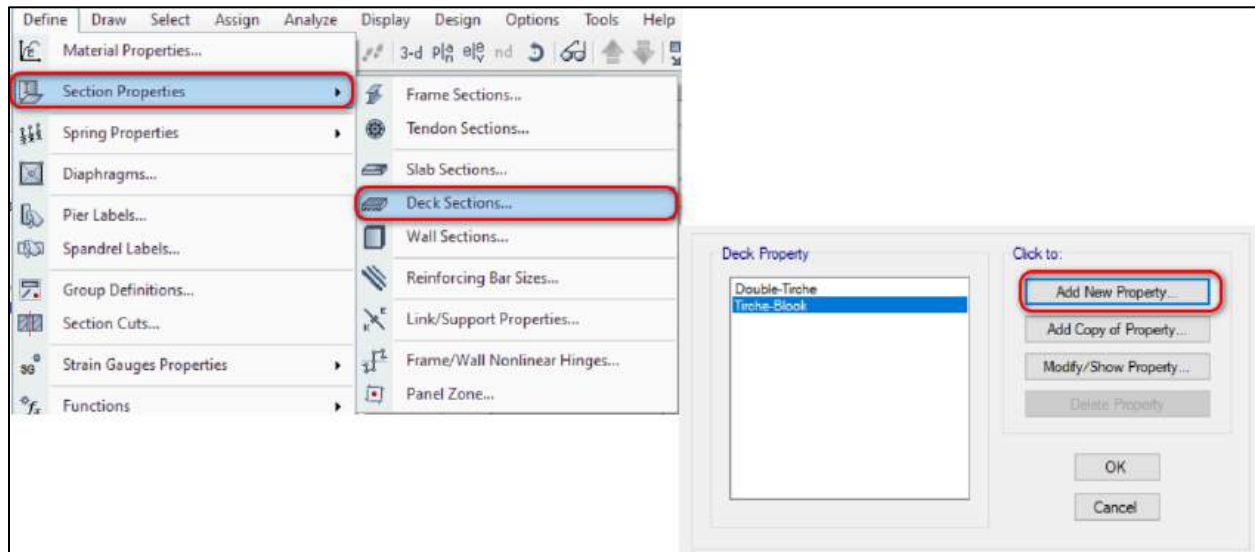


مضاعف استفاده شود. بین ۷ و ۸ متر باید از دویل تیرچه استفاده شود. در پارکینگ‌ها از تیرچه نمی‌توان استفاده کرد. اگر هم استفاده شود باید حداقل ضخامت ۸ سانتی‌متر باشد و برش پانچ نیز کنترل شود.

ویژگی‌ها	تیرچه صنعتی	تیرچه دستی (سنتی)
روش ساخت	تولید به صورت مکانیزه و خودکار با استفاده از ماشین‌آلات و ربات‌ها	ساخت به صورت دستی توسط نیروی انسانی
آرایش میلگردهای برشی	یکنواخت، دقیق و کاملاً متقارن	نامنظم، غیردقیق و معمولاً دارای عدم تقارن
نوع جوشکاری	جوش نقطه‌ای (Spot Welding) با گان مخصوص	جوش قوسی با الکترود دستی
کیفیت جوش و اتصالات	بالا و یکنواخت در کل طول تیرچه	پایین و متغیر به دلیل کنترل دستی
احتمال کاهش قطر میلگرد در اثر جوشکاری	بسیار کم به دلیل کنترل حرارت در جوش نقطه‌ای	زیاد به دلیل حرارت بالا و زمان طولانی جوش دستی
دقت ابعادی و هندسی	بالا (به کمک ماشین‌آلات دقیق)	پایین (وابسته به مهارت فرد)
قابلیت انتقال نیروهای داخلی	کامل و متقارن	ناقص به دلیل عدم یکنواختی هندسی
مقاومت و دوام تیرچه	بالا و مطابق با استانداردهای جدید	پایین‌تر و غیرقابل اطمینان در بلندمدت
سرعت تولید	زیاد، مناسب برای تولید انبوه	کم، به دلیل فرایند دستی
هزینه تولید اولیه	نسبتاً بالاتر	پایین‌تر
صرفه اقتصادی در پروژه‌های بزرگ	بسیار مناسب به دلیل سرعت و کیفیت بالا	نامناسب به دلیل زمان زیاد و کیفیت پایین
تطابق با استانداردها و آیین‌نامه‌ها	مطابق با ضوابط روز (نشریه ۵۴۳ و آیین‌نامه بتن ایران)	در بسیاری موارد غیرمطابق با ضوابط استاندارد
ظاهر و یکنواختی محصول نهایی	تمیز، دقیق و دارای یکنواختی بالا	ناهمگون و وابسته به مهارت فرد سازنده



تعریف سقف تیرچه بلوک در نرم افزار



با تعریف سقف تیرچه به صورت Deck اینتیس وزن قسمت بتنی را در نظر خواهد گرفت ولی وزن واحد سطح سایر ملحقات از جمله سفال، کف سازی و نازک کاری باید به صورت مجزا به صورت بار مرده اعمال گردد. در صورت استفاده از یونولیت به جای سفال احتمالاً فاصله تیرچه ها تغییر یابد و همچنین اگر از تیرچه دابل یا تیرچه با عمق بیشتر برای کنترل خیز استفاده شود، لازم است تغییرات لازم در تنظیمات مقطع اعمال شود. طراحی و

کنترل خیز تیرچه در بخش دیگری به صورت مجزا آورده شده است.



تیر ریزی سقف تیرچه بلوک

در سقف‌های تیرچه بلوک و کرومیت، معمولاً تیرچه‌ها به صورت جداگانه در نرم افزار رسم نمی‌شوند. دلیل این امر این است که جهت واقعی توزیع بار ثقیلی در سازه پس از اجرا مطابق با راستای تیرچه‌ها است و برای حصول اطمینان از انتقال صحیح بار، مدل باید به گونه‌ای ساخته شود که این رفتار شبیه‌سازی شود.

در این نوع سقف‌ها، تنها المان سقف (Deck) رسم می‌شود. از آنجا که سقف‌ها به صورت یک طرفه عمل می‌کنند، جهت صحیح توزیع بار باید موازی با تیرریزی اصلی قرار گیرد تا نرم افزار بتواند بار را ابتدا در جهت تیر فرعی و سپس به تیر اصلی منتقل کند.

در مقابل، در سقف‌های کامپوزیت و عرشه فولادی، بار ثقیلی به صورت عمود بر تیرهای فرعی وارد می‌شود و سپس به جهت تیر فرعی منتقل شده و در نهایت به تیرهای اصلی انتقال می‌یابد.

بنابراین، انتخاب جهت صحیح سقف در مدل‌سازی نقش مهمی در تحلیل درست و نتایج صحیح سازه دارد و در سقف‌های یک طرفه مانند تیرچه بلوک و کرومیت باید این نکته رعایت شود.



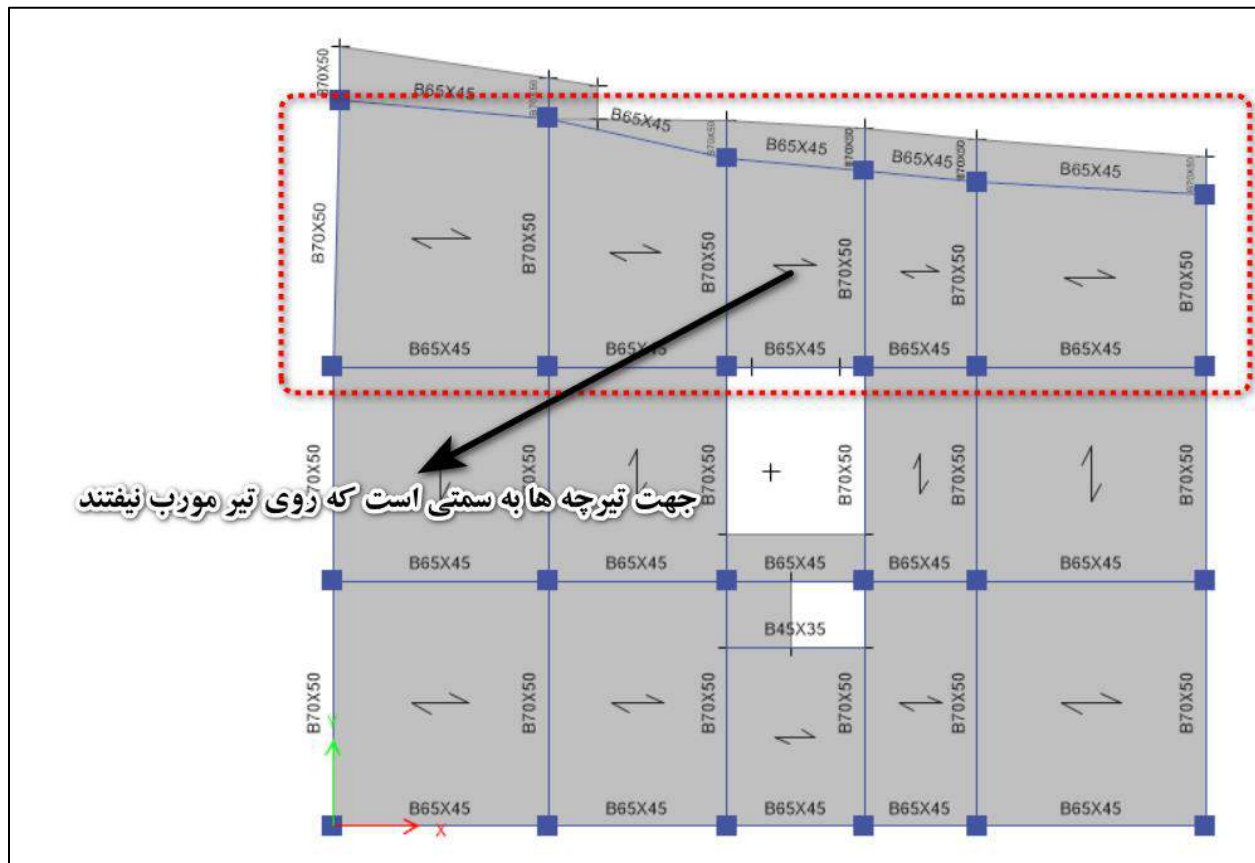
در سقف‌های تیرچه بلوک، طول دهانه‌ها معمولاً نباید از ۷ متر بیشتر شود. در صورتی که دهانه‌ها طولانی‌تر باشند، لازم است جهت تیرریزی سقف در راستای کوتاه‌تر دهانه انجام شود.

- در برخی موارد، اگر کنترل سازه‌ای انجام شده و از بلوک‌های با عمق ۳۰ سانتی‌متر استفاده گردد، امکان دارد بتوان تیرچه‌ها را در جهت طولانی‌تر دهانه نیز قرار داد.

همچنین، اگر یکی از چهار تیر اطراف یک چشمه مورب بوده و با بقیه تیرها زاویه ۹۰ درجه نداشته باشد، توصیه می‌شود روی این تیر اصلی تیرچه‌ای قرار داده نشود. زیرا وجود تیرچه روی چنین تیری باعث می‌شود طول تیرچه‌ها با یکدیگر متفاوت شود و پیمانکار مجبور گردد تیرچه‌هایی با طول‌های مختلف تولید و نصب کند.



با رعایت این نکات، اجرای سقف تیرچه‌بلوک ساده‌تر شده و مشکلات ناشی از طول‌های متفاوت تیرچه‌ها به حداقل می‌رسد.



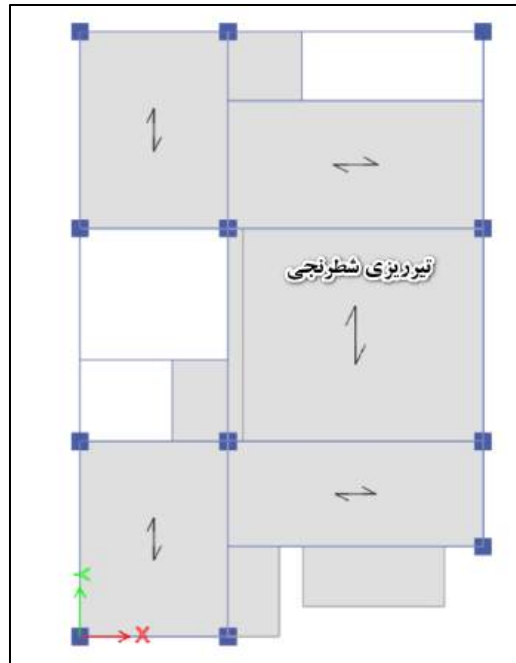
تعیین جهت تیرچه ریزی سقف با توجه به سیستم سازه‌ای

در سیستم‌های قاب خمشی، به دلیل وجود دررفت سازه‌ای، تیرها باید دارای مقاومت کافی باشند تا بتوانند نیروهای ناشی از تغییر شکل‌ها را تحمل کنند. از آنجا که قاب خمشی معمولاً در دو جهت وجود دارد، لازم است هر دو جهت تیرها به نسبت مناسبی تقویت شوند.

به همین دلیل، در این سیستم‌ها معمولاً از تیرریزی شطرنجی استفاده می‌شود تا تمام تیرها که بر اثر دررفت و طراحی قوی شده‌اند، به نحو بهینه در انتقال بار مشارکت داشته باشند.

با این حال، با توجه به تعداد قاب‌ها در هر جهت، می‌توان تیرها را به گونه‌ای طراحی کرد که جهت با تعداد قاب کمتر تقویت بیشتری داشته باشد تا تیرهای آن بخش مقاومت کافی برای تحمل نیروها و تغییر شکل‌ها داشته باشند.

این روش موجب استفاده بهینه از ظرفیت تیرها و بهبود رفتار جانبی سازه می‌شود.



تیرریزی شطرنجی: به عنوان یکی از روش‌های رایج توزیع تیرها در سازه‌های بتنی و فولادی، مزایای متعددی در کنترل بارهای ثقیلی و جانبی و بهبود رفتار سازه‌ای دارد. با این حال، استفاده از آن در پروژه‌ها نیازمند رعایت اصول فنی و در نظر گرفتن محدودیت‌های اجرایی است.

مزایای تیرریزی شطرنجی:

- ۱- بهینه‌سازی مقاومت تیرها: توزیع یکنواخت تیرها باعث می‌شود تمام تیرها بر اساس ظرفیت طراحی تقویت شوند و در تحمل نیروهای جانبی و دررفت مشارکت داشته باشند.
- ۲- کنترل تغییرشکل‌ها (دررفت): در سیستم‌های قاب خمشی، تیرریزی شطرنجی امکان استفاده از ظرفیت تمام تیرها را فراهم می‌کند و سبب کاهش تمرکز نیرو در یک تیر یا قاب خاص می‌شود.
- ۳- توزیع بار یکنواخت: بار ثقیلی و جانبی به صورت یکنواخت بین تیرها و ستون‌ها منتقل می‌شود و از تمرکز تنش در نقاط خاص جلوگیری می‌شود.
- ۴- انعطاف در طراحی پلان: در پروژه‌هایی با ابعاد بزرگ و پیچیده، تیرریزی شطرنجی امکان ایجاد فضای آزاد و انعطاف‌پذیری در محل‌های عبور تأسیسات و تجهیزات را فراهم می‌کند.



محدودیت‌ها و چالش‌های تیرریزی شطرنجی:

- ۱- پیچیدگی اجرایی: در پروژه‌های بزرگ یا با هندسه نامتقارن، اجرای تیرهای شطرنجی نیازمند دقت بالا و کنترل دقیق ابعادی است و ممکن است زمان ساخت را افزایش دهد.
- ۲- تداخل با تأسیسات مکانیکی و برقی: شبکه تیرهای متقاطع ممکن است مسیر عبور لوله‌ها، کانال‌ها و کابل‌ها را محدود کند و نیازمند هماهنگی با سایر رشته‌های اجرایی باشد.
- ۳- نیاز به تحلیل دقیق: برای استفاده بهینه از تیرها در سیستم شطرنجی، تحلیل سازه‌ای باید شامل دریافت جانبی و توزیع بار دقیق باشد تا تیرها و قاب‌ها در نقاط بحرانی تقویت کافی داشته باشند.

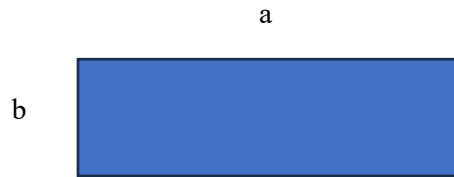
جمع‌بندی:

استفاده از تیرریزی شطرنجی یک راهکار بهینه برای توزیع بار و کنترل تغییرشکل‌ها در سیستم‌های قاب خمشی و سقف‌های یک‌طرفه است. با این حال، هزینه، پیچیدگی اجرایی و محدودیت‌های معماری و تأسیساتی باید در فاز طراحی و برنامه‌ریزی پروژه به دقت مدنظر قرار گیرد.



تعریف دال بتنی

دال های یک طرفه



$$\frac{a}{b} > 2 \rightarrow \text{یک طرفه}$$

تمام طره ها رفتار یک طرفه دارند.

$$\frac{L}{10}$$

حداقل ضخامت دال بتنی برای قسمت طره کنسولی

جدول ۹-۱ حداقل ضخامت دال های یک طرفه توپر

شرایط تکیه گاهی	حداقل ضخامت، h
تکیه گاه ساده	$l/20$
یک انتهای ممتد	$l/24$
دو انتهای ممتد	$l/28$
طره (کنسولی)	$l/10$

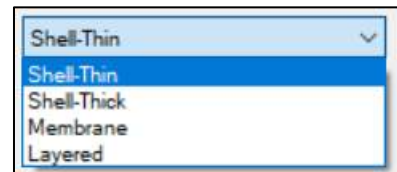
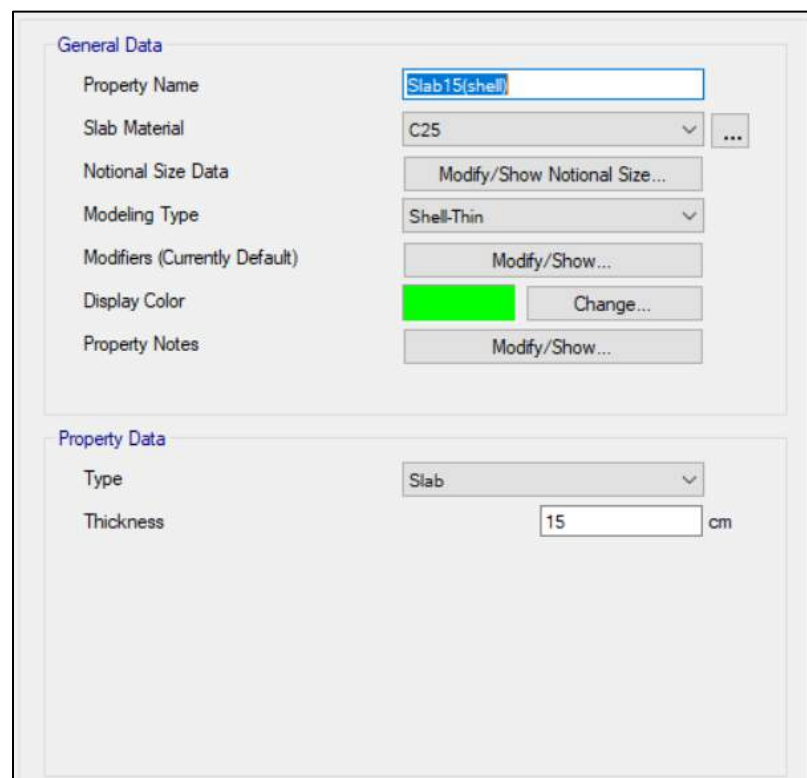
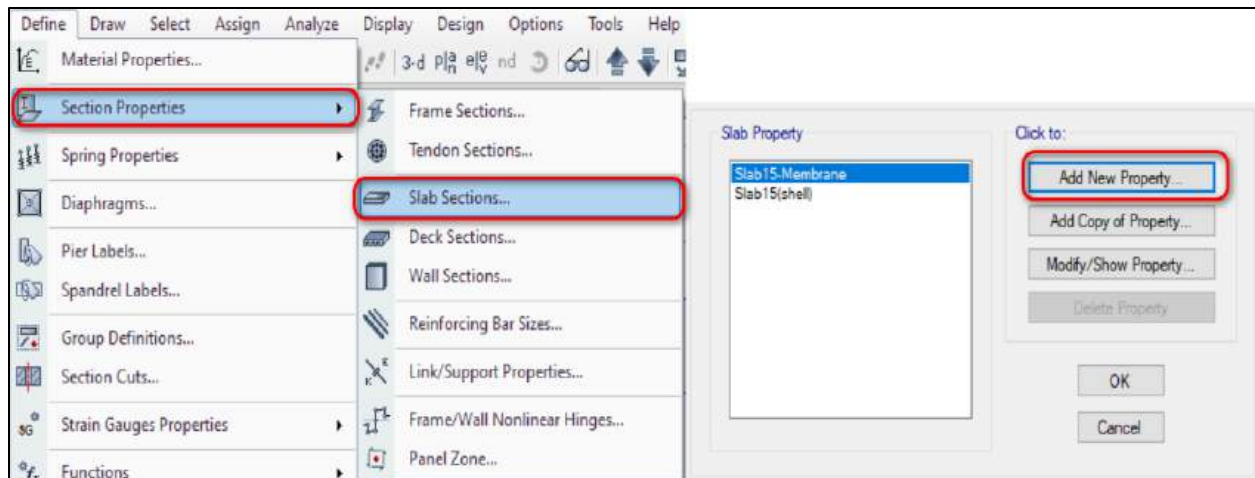
با انتخاب نوع مقطع به صورت Shell، نرم افزار قادر است لنگرهای خارج از صفحه را در مقطع مدل سازی شده تحمل کند. این نوع مقطع معمولاً برای دال های طره (بالکن ها) و سقف های دال تخت کاربرد دارد.

طبق آیین نامه، دال هایی که ضخامت آنها کمتر از ۰.۱ برابر عرض مقطع باشد، به صورت Shell-Thin مدل سازی می شوند. نمونه هایی از این مقاطع شامل دال ها و دیوارها هستند.

تفاوت اصلی بین Shell-Thin و Shell-Thick در محاسبه تغییر شکل ناشی از برش خارج از صفحه است:

- در Shell-Thin، اثر برش خارج از صفحه نادیده گرفته می شود.
- در Shell-Thick، اثر برش خارج از صفحه در تحلیل و تغییر شکل ها لحاظ می شود، مانند آنچه در فونداسیون ها و دال های ضخیم مشاهده می شود.

بنابراین، انتخاب نوع Shell مناسب با توجه به ضخامت و کارکرد مقطع اهمیت زیادی در دقت تحلیل و طراحی دارد.

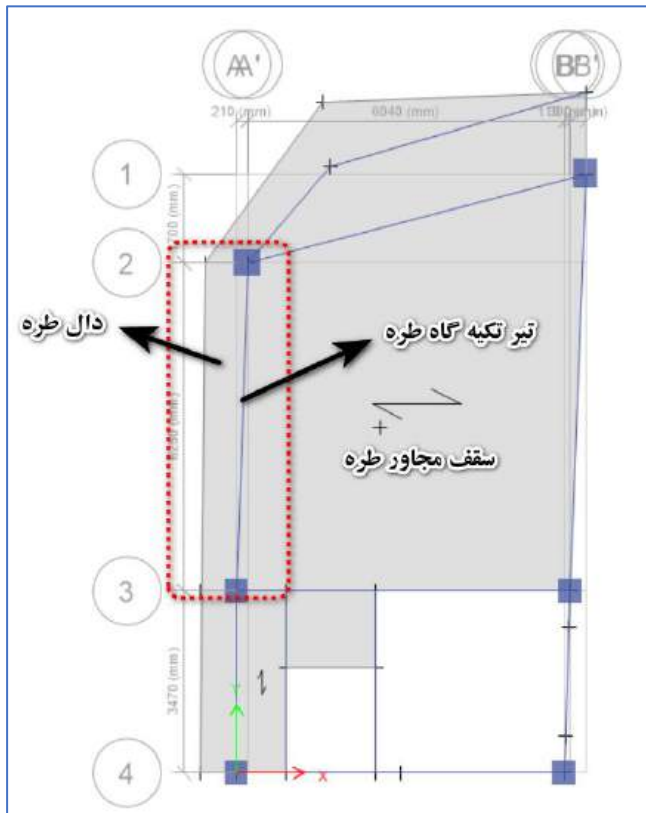


المان shell هم قادر است رفتار غشایی (مانند کشش، فشار و برش داخل صفحه) را در محاسبات منظور نماید و هم قادر است خمش خارج از صفحه را مدل نماید (تمامی رفتارها). ولی المان membrane تنها قادر است رفتار غشایی را منظور کند و نمی تواند خمش خارج از صفحه را مدل نماید. برای مثال در مدلسازی یک دیوار حائل بتنی که تحت اثر فشار خاک به صورت خارج از صفحه خم می شود باید از shell استفاده نمایید تا خمش خارج از صفحه آن منظور شود. به عنوان یک مثال دیگر اگر یک دال بتنی مربوط به یک بالکن طره را که تنها از یک لبه خود به سازه متصل است با المان membrane مدل نمایید، در محل اتصال به صورت مفصلی عمل کرده و ناپایدار خواهد بود (چون membrane خمش خارج از صفحه تحمل نمی کند) و بنابراین دالهای طره ای که از یک لبه به تیر متصل هستند نیز باید با shell مدل شوند. در نتیجه به صورت خلاصه میتوان گفت اگر یک سطح را membrane مدل کنیم، لبه های آن مفصلی عمل خواهد کرد و اگر shell مدل کنیم، مفصل نخواهد بود و لنگر منتقل می کند.



برای فیلتر جلوی آسانسور می توان از حالت Membrane استفاده کرد.

خیلی از طراحی ها موقع مدل سازی کنسول یا پیش آمدگی (دال طره ای) اشتباه می کنند و اون رو از نوع Membrane تعریف می کنند وقتی دال طره ای رو به صورت Membrane مدل می کنی، لنگر انتهای دال و در نتیجه پیچش تیر تکیه گاهی درست محاسبه نمی شن برای مدل سازی صحیح، دال باید از نوع Shell باشه و حتماً مش بندی Mesh بشه.



بهترین اندازه مش هم معمولاً برابر ضخامت دال یا حداکثر ۱.۵ برابر ضخامت اون در نظر گرفته می شه.

اگه سقف مجاور دال طره از نوع دال بتن آرمه باشه، بدون شک پیچش تیر تکیه گاهی از نوع همسازی Compatibility Torsion هست.

چرا؟ چون حتی اگه سختی پیچشی تیر رو حذف کنیم، دال طره ناپایدار نمی شه! در واقع دال دهانه مجاور طره خودش تعادل پیچشی تیر و دال رو برقرار می کنه.

نتیجه: در این شرایط، باید ضریب اصلاح سختی پیچشی تیر تکیه گاه رو بر اساس پیچش همسازی محاسبه کنی.

اگه سقف مجاور دال طره از نوع تیرچه و بلوک باشه، نوع پیچش تیر تکیه گاهی بستگی داره به جهت تیرچه ها.



Define Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help

Material Properties... Section Properties Frame Sections... Tendon Sections... Slab Sections... Spring Properties Diaphragms...

General Data

Property Name Slab15

Slab Material C25

Notional Size Data Modify/Show Notional Size...

Modeling Shell-Thin

Modifiers (Currently Default) Modify/Show...

Display Color Change...

Property Notes Modify/Show...

Property Data

Type Slab

Thickness 150 mm

وقتی دال طراحی داری، باید حواست به نوع پیچش تیر تکیه‌گاهش باشه. چون مقدار ضریب اصلاح سختی پیچشی **Torsional Stiffness Modifier** دقیقاً به نوع پیچش بستگی داره.

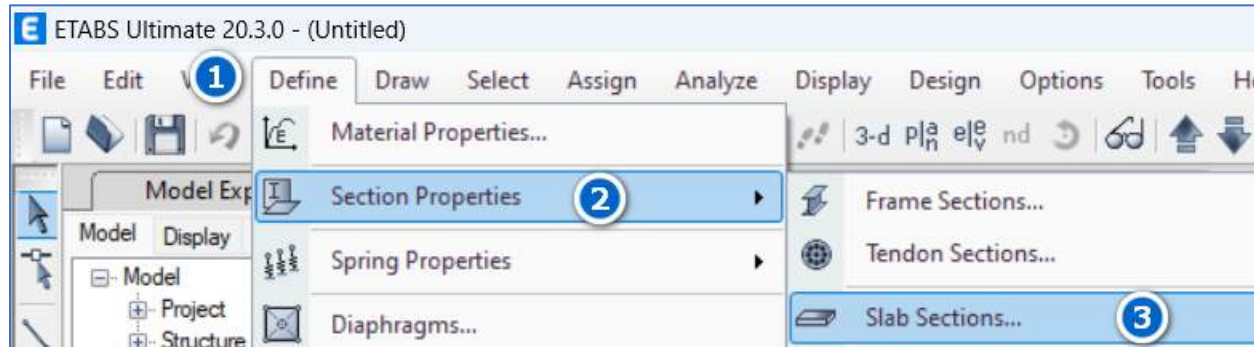
اگر پیچش از نوع تعادلی **Equilibrium Torsion** باشه ضریب - ۱.۰

اما اگر پیچش از نوع همسازی **Compatibility Torsion** باشه باید ضریب رو مطابق روش گفته‌شده در آموزش قبلی محاسبه کنی.



تعریف سقف وافل دوطرفه

برای تعریف مشخصات سقف وافل باید ابعاد قالب‌ها نسبت به کارخانه تعیین و در این قسمت وارد شود.



Slab Property Data

General Data

Property Name: Waffle-35

Slab Material: C25

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Waffle

Overall Depth: 35 cm

Slab Thickness: 7 cm

Stem Width at Top: 18 cm

Stem Width at Bottom: 12 cm

Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 1-Axis: 80 cm

Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 2-Axis: 80 cm

OK Cancel

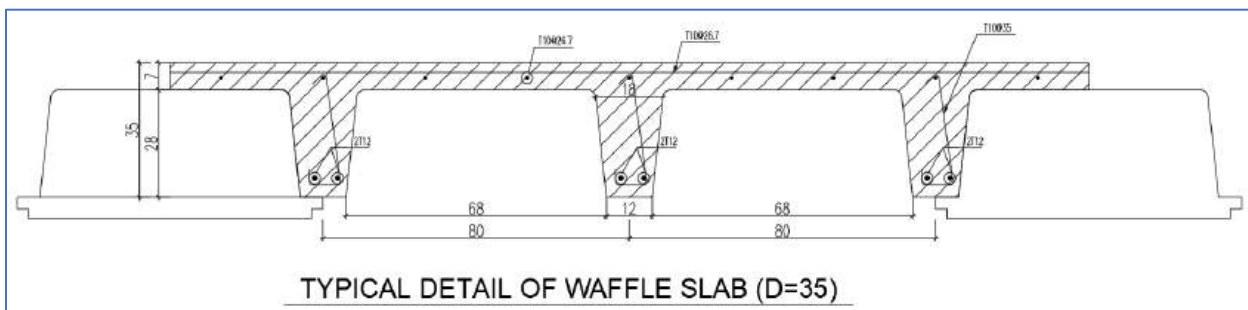
نام مقطع سقف
نوع بتن مصرفی

انتخاب نوع سقف وافل
ضخامت کامل سقف
ضخامت دال بتنی
عرض تیرچه در بالا
عرض تیرچه در پایین
آکس به آکس تیرچه در دو جهت

Two way waffle slab mold

عرض تیرچه در پاشنه	آکس به آکس تیرچه	ارتفاع قالب
Width of joist at bottom	Ax to Ax	Height
12cm	80cm	28cm

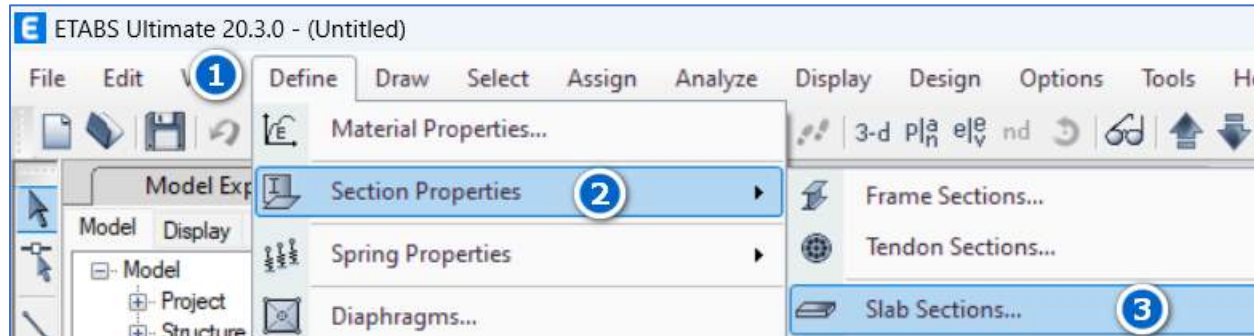
وزن بتن سقف (kg/m²)	ضخامت سقف	عرض تیرچه در بالا
Weight of slab concrete (kg/m²)	Slab thickness	Width of joist at top
405	35cm	18cm





تعریف سقف وافل یکطرفه

در صورت استفاده از قالب مستطیلی ممکن است رفتار سقف وافل یکطرفه باشد.



Slab Property Data

General Data

Property Name: Waffle

Slab Material: C25

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: **Shell-Thin**

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: **یکطرفه** **Ribbed**

Overall Depth: 37 cm (1)

Slab Thickness: $37 - 30 = 7$ cm (2)

Stem Width at Top: 14 cm (3)

Stem Width at Bottom: 10 cm (4)

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 60 cm (5)

Rib Direction is Parallel to: Local 1 Axis **جهت تیرچه ها**

Waffle 60 H30

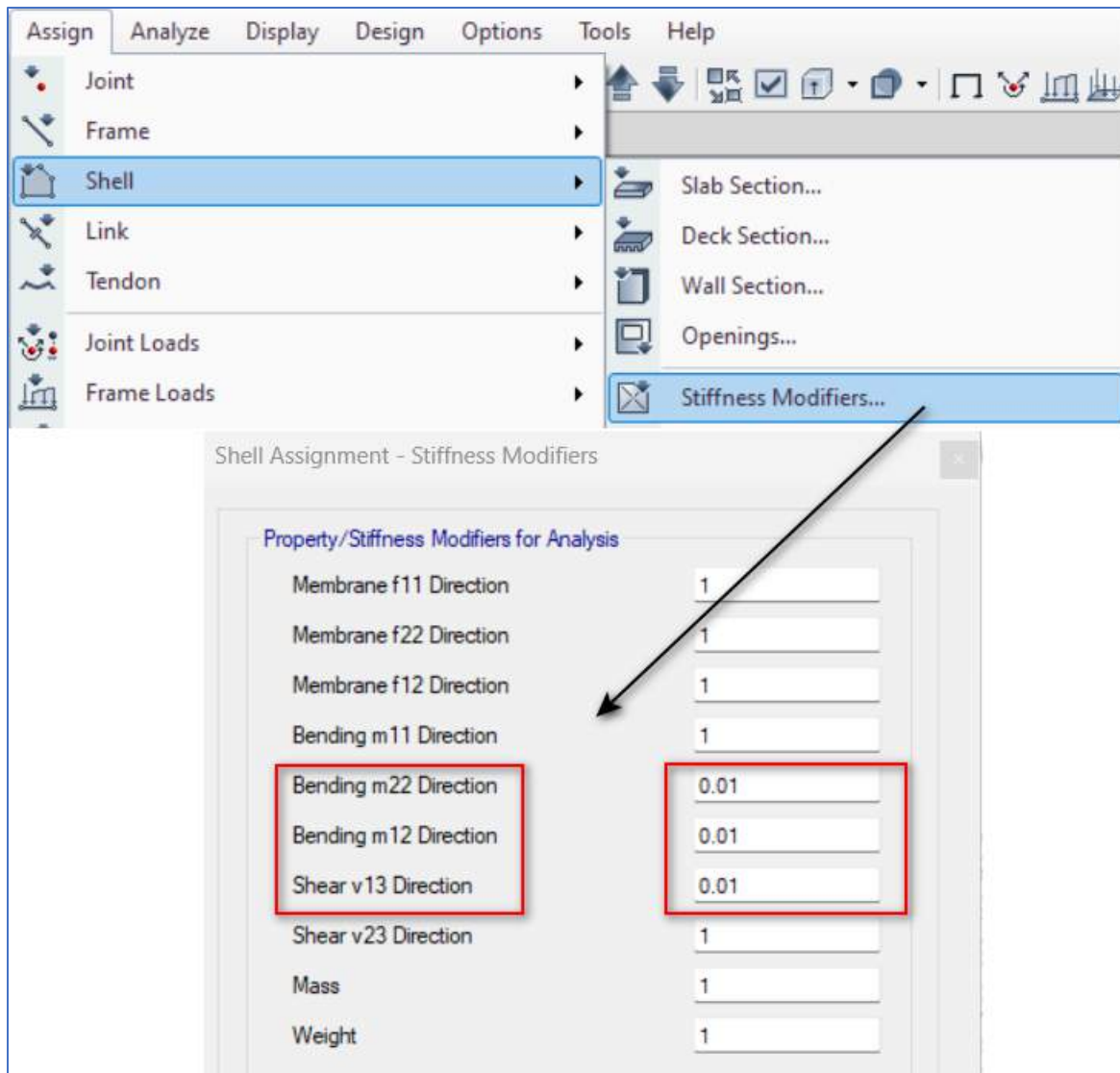
One way waffle slab mold **وافل یکطرفه**

عرض تیرچه در پاشنه	آکس به آکس تیرچه	ارتفاع قالب
Width of joist at bottom	Ax to Ax	Height
10cm (4)	60cm (5)	30cm

وزن بتن سقف (kg/m2)	ضخامت سقف	عرض تیرچه در بالا
Weight of slab concrete (kg/m2)	Slab thickness	Width of joist at top
331	37cm (1)	14cm (3)

- در صورت انتخاب المان سطحی Ribbed (از نوع shell) انتقال بار به صورت دو طرفه انجام خواهد شد. در این حالت نرم افزار به نسبت سختی معادل در دو راستا بار را منتقل می کند که با فرض یک طرفه برای سقف همخوانی ندارد و بنابراین صحیح نخواهد.
- در صورت تعریف سطح ribbed (مطابق شکل فوق) میتوان پس از ترسیم سطوح سختی $m22=m12=v13$ را عددی ناچیز (0.01) وارد نمود. در این صورت عمده بار به صورت یک طرفه (در راستای تیرچه ها) منتقل میشود و با تقریب می توان قبول کرد.

برگرفته از جزوه دکتر حسین زاده





ترسیم اعضای سازه

در این قسمت می‌خواهیم با استفاده از مقاطع تعریف‌شده، ابتدا ستون‌ها سپس تیرها و در انتها کف‌های سازه را ترسیم کنیم. خوب است بدانید که در نرم‌افزار ETABS همه ابزارهای ترسیمی در منوی Draw قرار گرفته‌اند که البته برای دسترسی راحت‌تر کاربر، آیکن این ابزارها در سمت چپ پنجره اصلی نیز وجود دارد.

انتخاب اجزا (1)

اصلاح و جابجایی اعضای مدل پس از ترسیم بدون حذف آنها (2)

رسم تیر (3)

رسم اعضای قاب تیر، ستون و مهاربند (4)

رسم اعضای سطحی مانند سقف و دیوار (5)

برای مدل‌سازی رفتار خاص اتصالات، میزگرها (6)

جداگرهای تیرهای یا فنرهای تکیه‌گاهی (6)

برای مدل‌سازی و ترسیم کابل (7)

برای جزئیات‌دهی آرماتورهای دال (8)

برای تقسیم‌بندی منطقی دال‌ها به پیل‌های جداگانه (9)

که عمدتاً برای خروجی نقشه‌کشی و طراحی اجزا به کار می‌رود (9)

برای تعریف مسیر نوارهای طراحی به کار می‌رود (10)

ترسیم نوارهای طراحی در دال‌ها و فونداسیون (11)

برای افزودن یا ویرایش خطوط شبکه‌بندی مدل (12)

برای افزودن خطوط اندازه‌گیری (ابعاد) به مدل (13)

برای قرار دادن نقاط کمکی در مدل که در تحلیل شرکت ندارند (14)

اما به مدل‌سازی المان‌های دیگر کمک می‌کنند (14)

برای تعریف سطوح کمکی در مدل که برای ترازهای خاص یا (15)

مدل‌سازی المان‌ها در ارتفاع مشخص به کار می‌روند (15)

برای تعریف یک خط برش در مدل جهت مشاهده (16)

دبروهای داخلی، تنش‌ها و مقادیر طراحی در طول آن خط (16)

ترسیم تعریف نمای گسترده (17)

ترسیم چیدمان دیو (18)

ایزای برای ترسیم خودکار المان‌های غیرسازدای (19)

برای قرار دادن المان‌های فرضی جهت اندازه‌گیری یا بایش کرنش در طول یک خط (20)

برای قرار دادن المان‌های فرضی جهت اندازه‌گیری یا بایش کرنش در یک سطح (21)

تنظیمات مربوط به حالت‌های چسبیدن عناوس در (22)

چین/ترسیم مانند چسبیدن به نقاط برگرد، نقاط میانی، انتهای خطوط (22)

فعال/غیرفعال کردن حالتی که ترسیم فقط در نقاطی (23)

که امکان چسبیدن وجود دارد، مجاز باشد (23)

تنظیمات مربوط به صفحه کاری هست (24)

برای راحتی نیز می‌توان از ابزار سمت چپ نیز استفاده کرد



Model Explorer

Model Display Tables Reports

- Model
 - Project
 - Structure Layout
 - Properties
 - Structural Objects
 - Groups
 - Loads
 - Named Output Items
 - Named Plots

1 رسم ستون در حالت پلان و سه بعدی
این ابزار ستون را از بالا به پایین رسم میکند

2 انتخاب مقطع برای ستون

3 گیردار یا مفصلی

Properties of Object

Property	C50X50-16T20
Moment Releases	Continuous
Angle, deg	0
Plan Offset X, cm	0
Plan Offset Y, cm	0
Cardinal Point	5 (Middle Center)
Draw Object Using	Grids

Plan View - Roof - Z = 1610 (cm) Line Draw Mode

Grid Point A 1

345 (cm) 595 (cm)

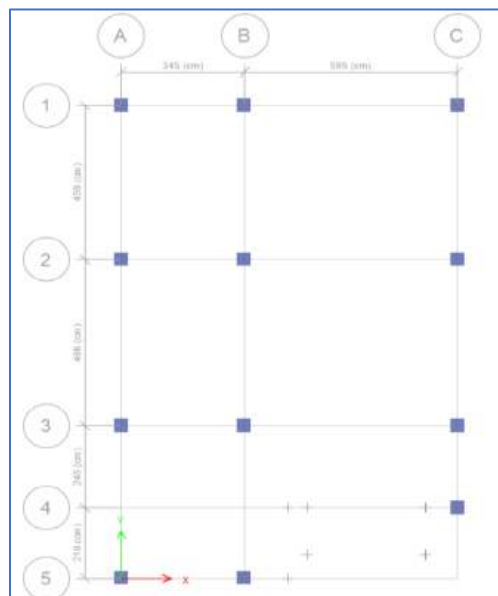
459 (cm) 496 (cm) 245 (cm) 210 (cm)

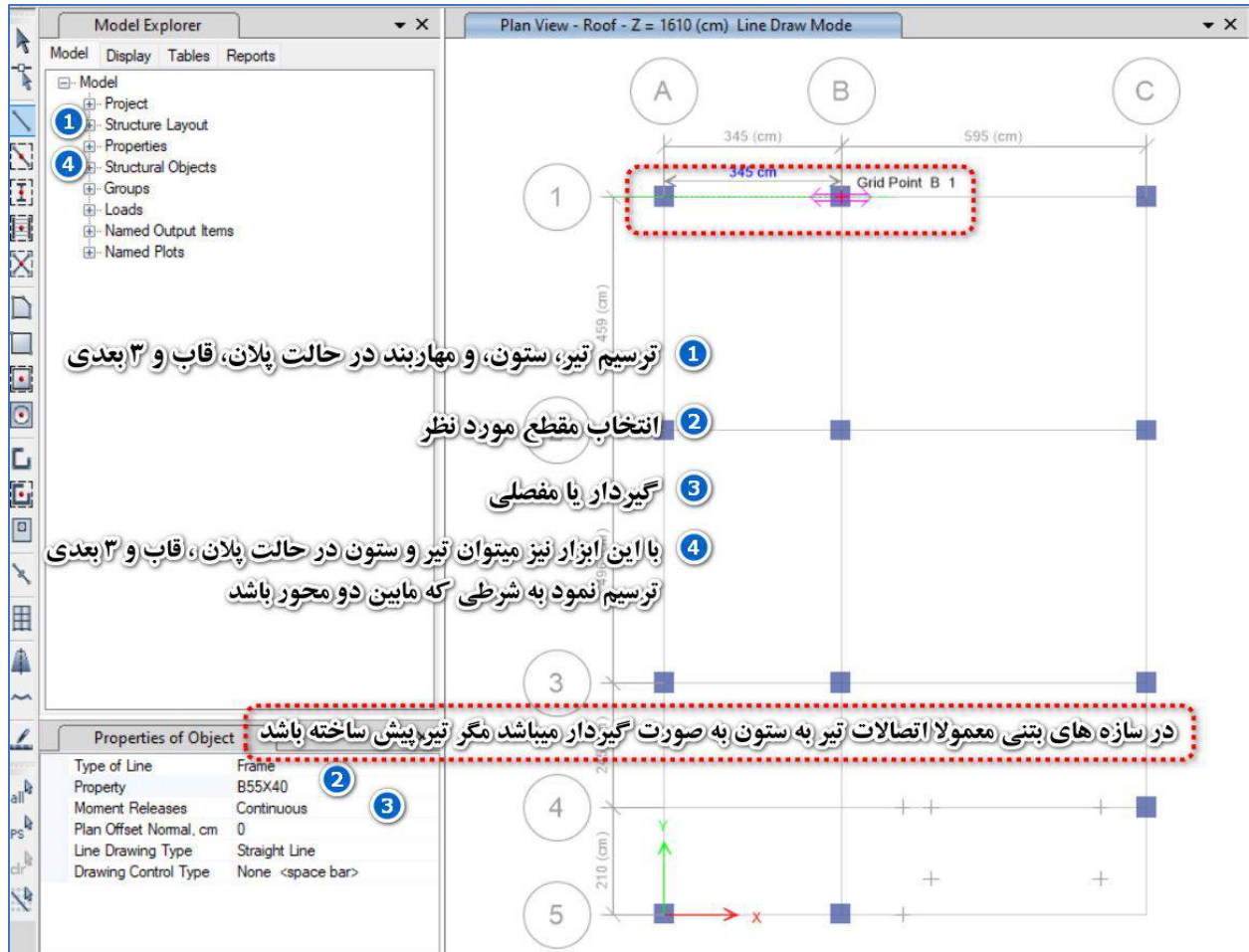
1 2 3 4 5

A B C

با بررسی پلان معماری هر جا که ستون باشد در محل آکس مورد نظر کلیک میکنیم و ستون ترسیم میشود

در ترسیم ستون ها معمولا در حالت گیردار باشد مگر در شرایط خاص مدلسازی





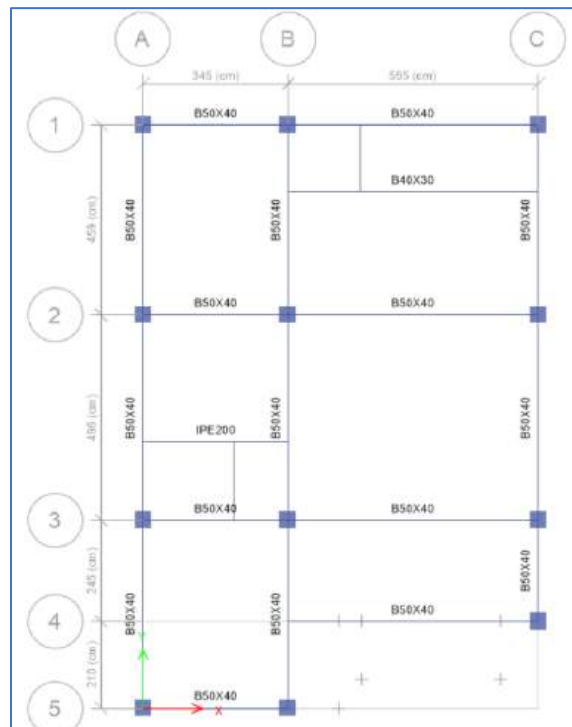
۱ ترسیم تیر، ستون، و مهاربند در حالت پلان، قاب و ۳ بعدی

۲ انتخاب مقطع مورد نظر

۳ گیردار یا مفصلی

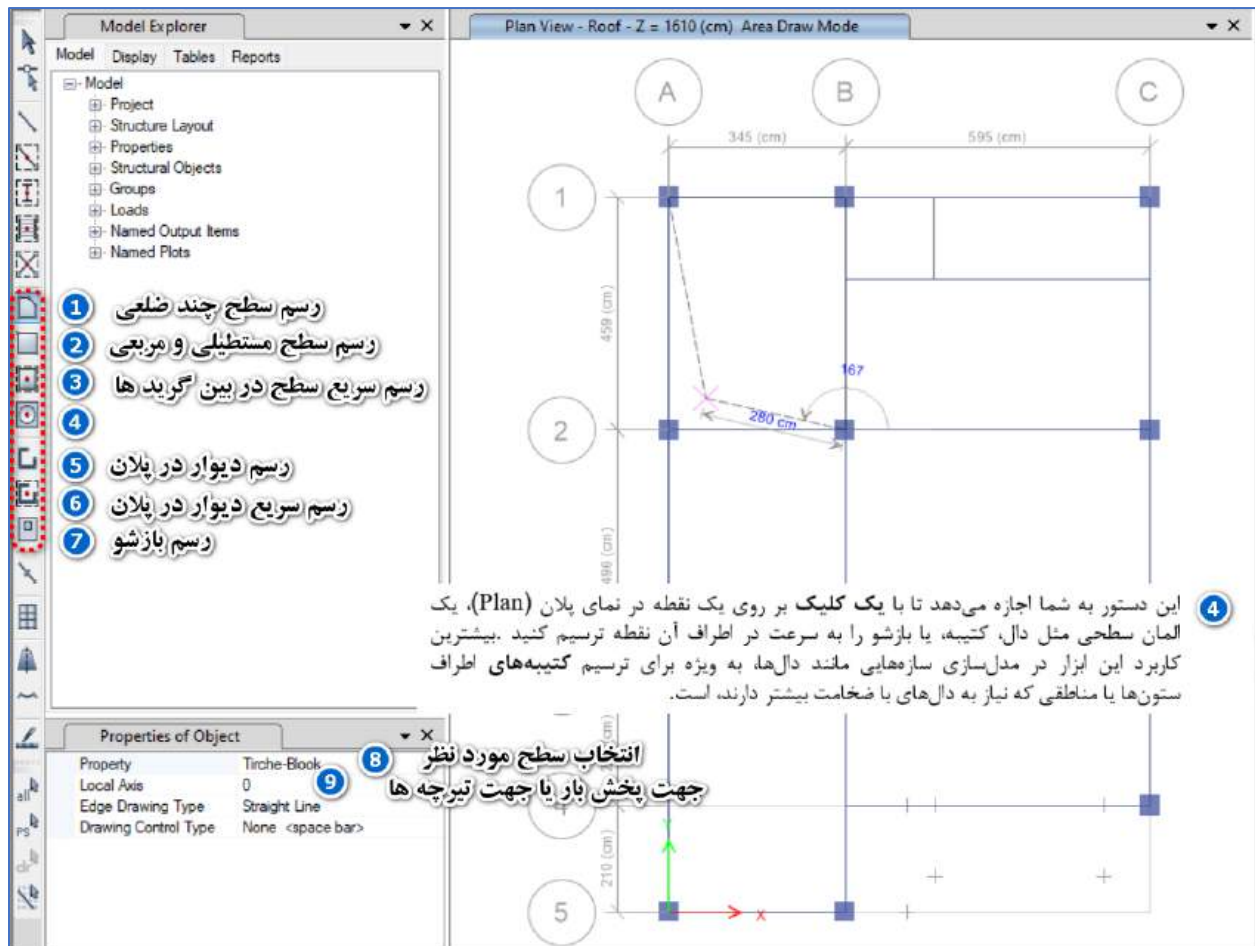
۴ با این ابزار نیز میتوان تیر و ستون در حالت پلان، قاب و ۳ بعدی ترسیم نمود به شرطی که مابین دو محور باشد

در سازه های بتنی معمولاً اتصالات تیر به ستون به صورت گیردار می باشد مگر تیر پیش ساخته باشد





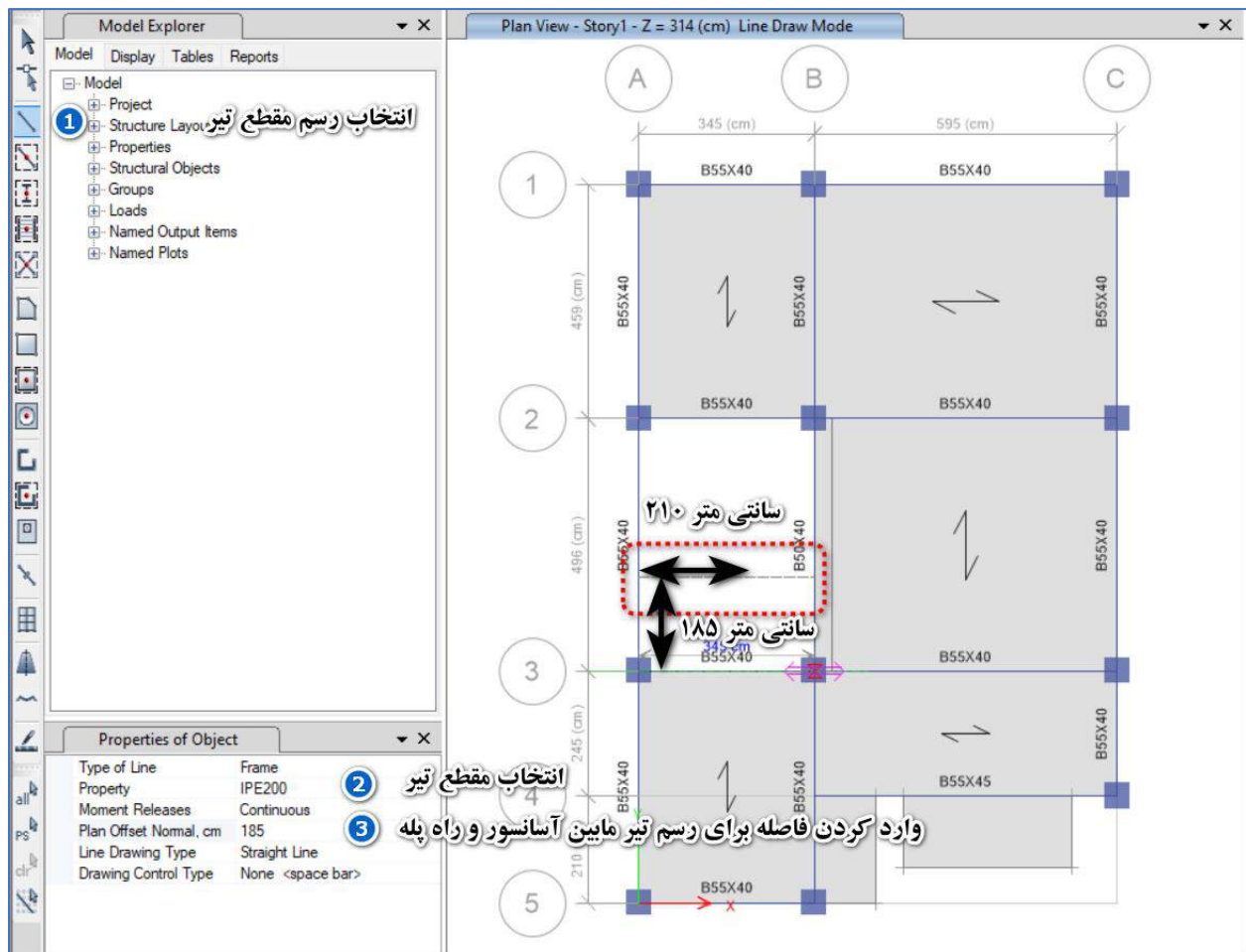
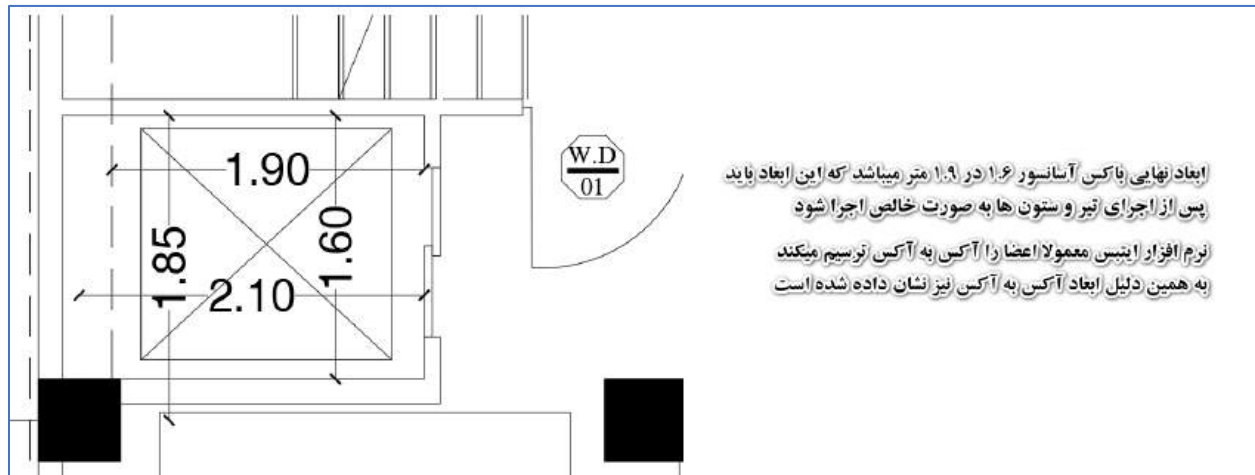
از ابزارهای نشان داده شده می‌توان برای رسم کف‌ها و دیوارها استفاده کرد. نوع نمایش (Plan, Elev, 3D) موردنیاز در حین رسم هر کدام از گزینه‌ها در مقابل نام ابزار نوشته شده است.

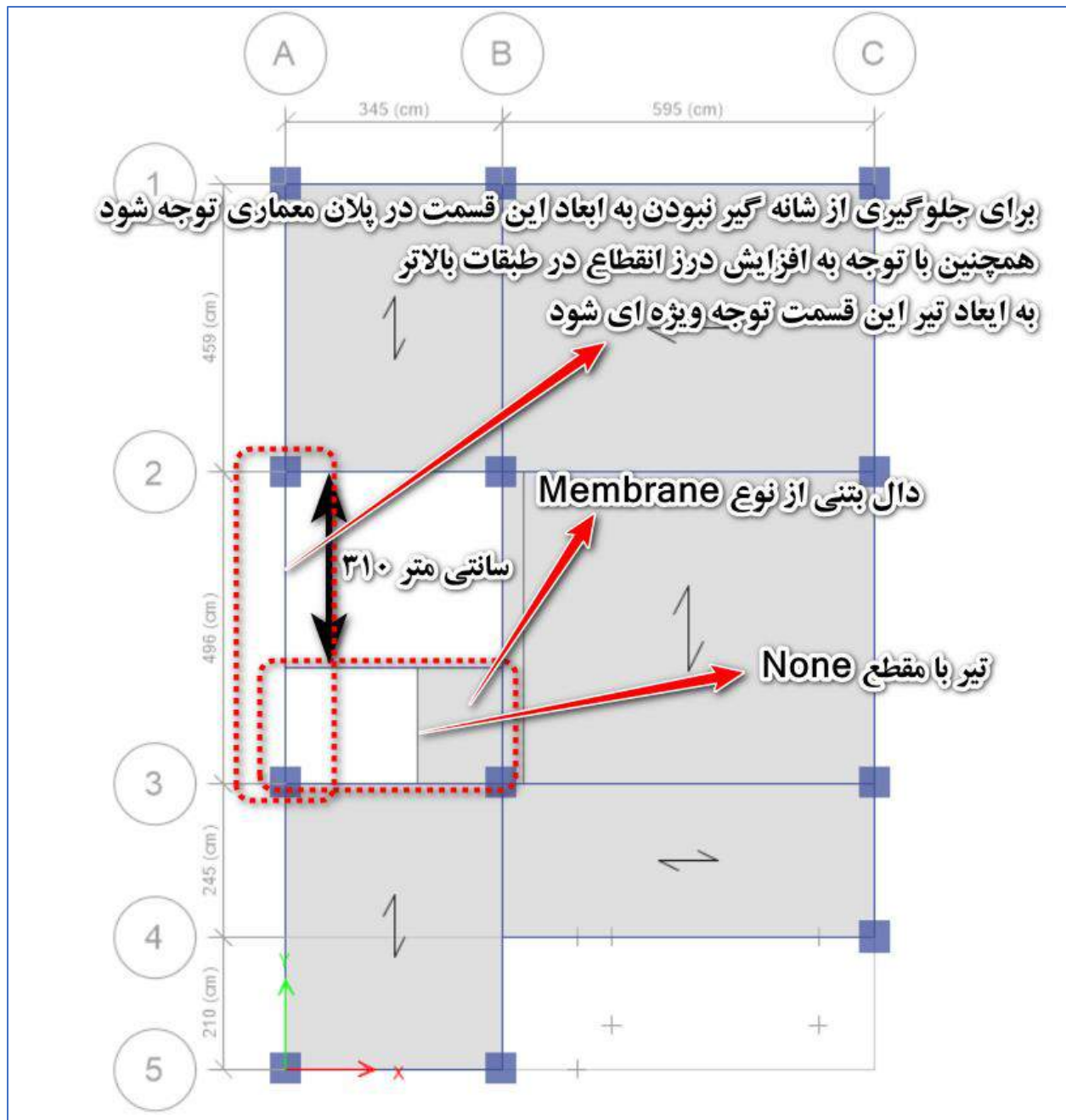




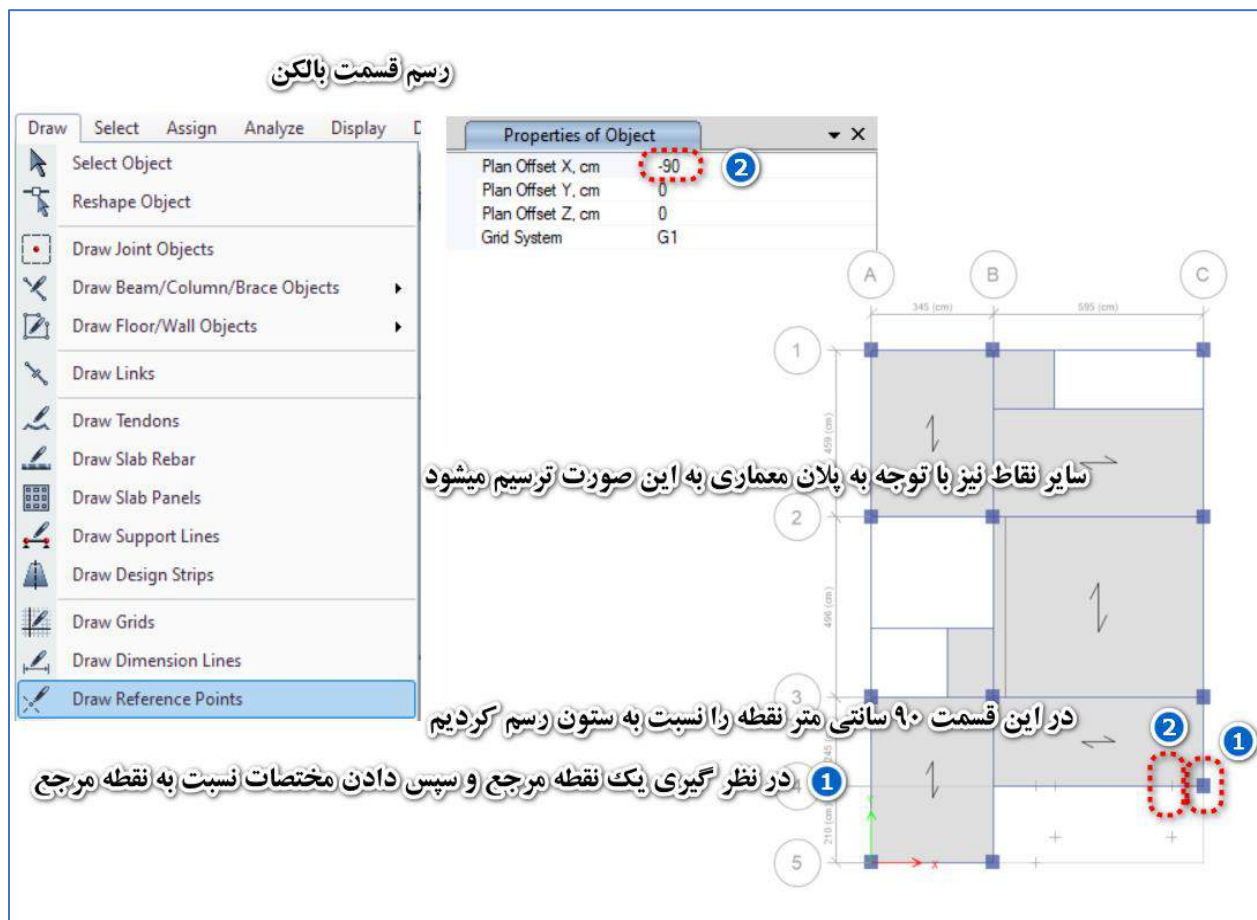
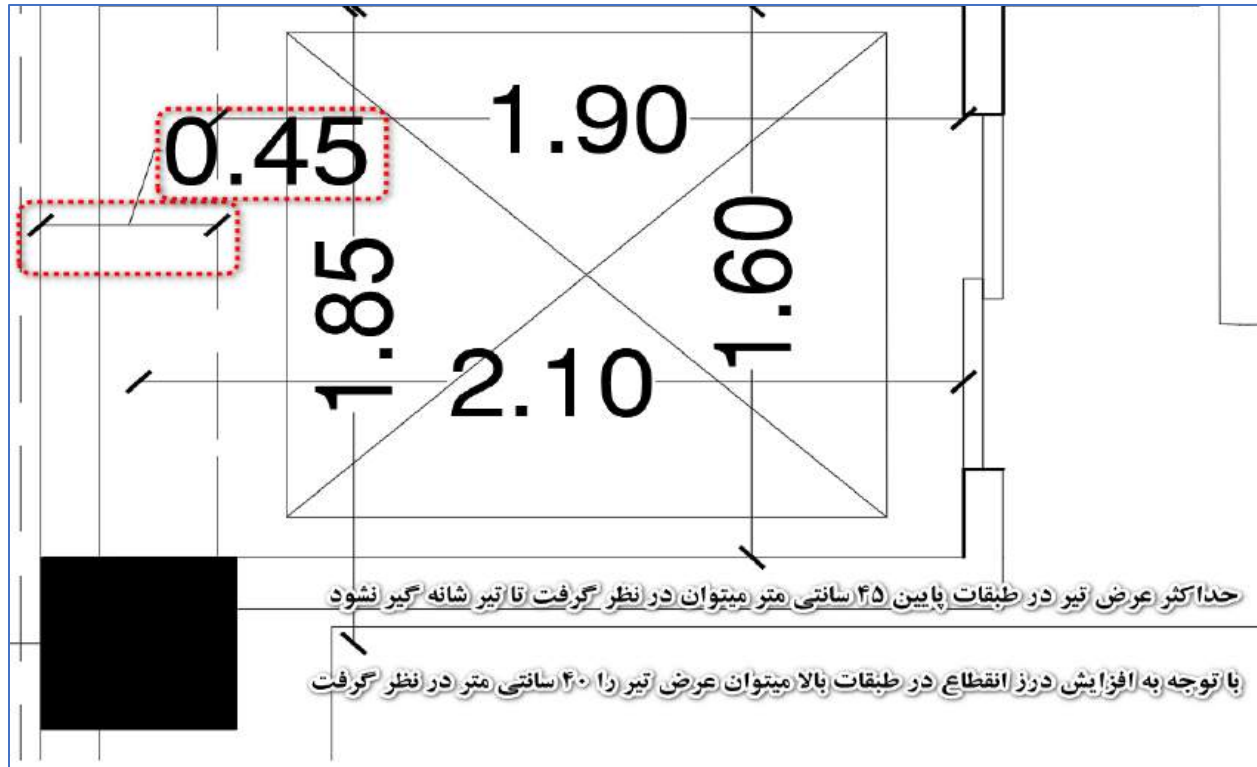
رسم قسمت مربوط به آسانسور و راه پله

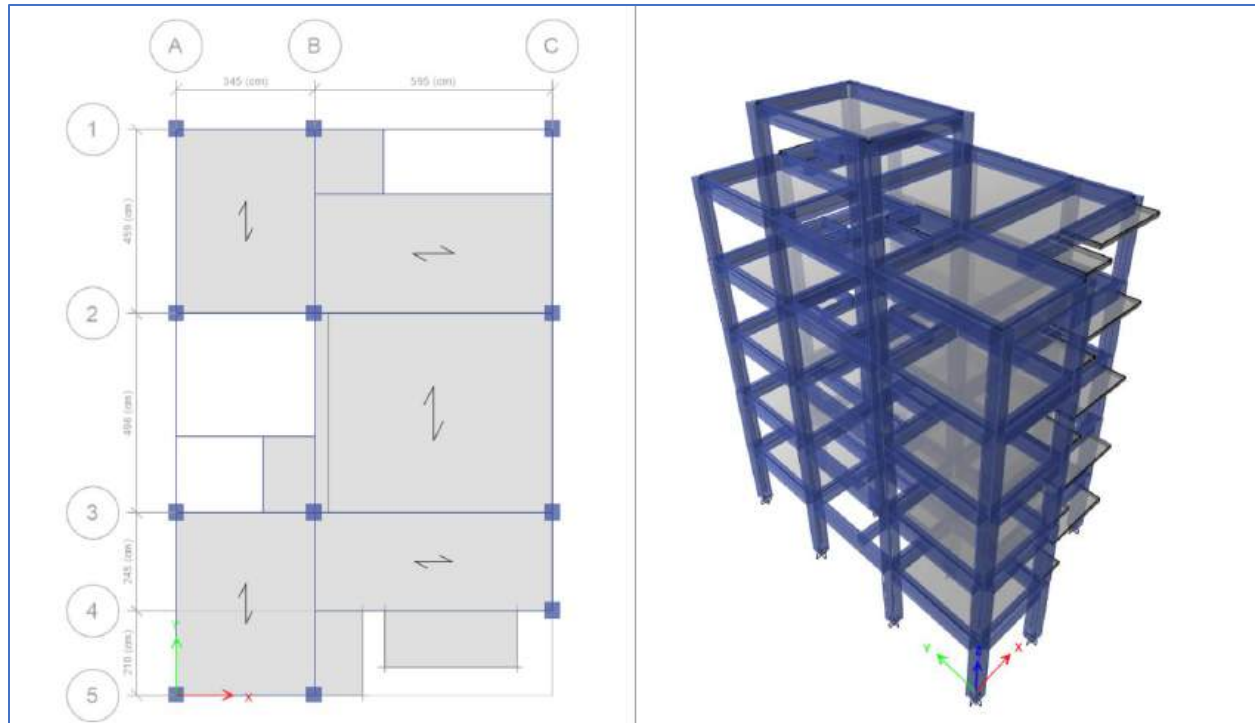
ابتدا ابعاد باکس آسانسور را از پلان معماری نهایی بدست می آوریم سپس در نرم افزار ایتبس به صورت زیر عمل می کنیم.





برای تیر مابین آسانسور و راه پله می توان از تیر فولادی نیز استفاده کرد اگر ابعاد راه پله و آسانسور اجازه بدهد بهتر است از تیر بتنی استفاده شود در غیر این صورت میتوان از تیر فولادی استفاده کرد. در این پروژه از تیر فولادی استفاده شده است. به شکل زیر توجه شود.





مدل سازی نهایی به صورت شکل بالا می باشد که با تمام ابزار گفته شده در بخش های قبلی ترسیم شده است. برای قسمت پاسیو نیز همانند قسمت راه پله عمل خواهد شد و به ابعاد این قسمت ها در پلان معماری توجه ویژه ای شود تا در اجرا مشکلاتی پیش نیاد.

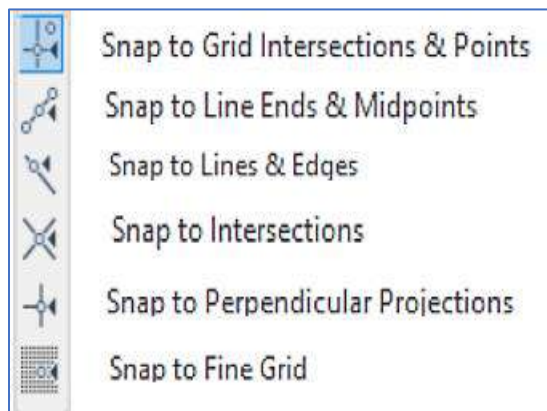


گزینه Snap

در نرم افزار ETABS قابلیت تحت عنوان Snap برای انتخاب دقیق نقاط موجود در مدل سازه در نظر گرفته شده است. این قابلیت امکان شناسایی و انتخاب خودکار نقاط مهم هندسی نظیر گره ها، محل تقاطع اعضا، انتهای تیرها و ستون ها را فراهم می سازد. به این ترتیب، با نزدیک شدن نشانگر ماوس به چنین نقاطی، آن ها به صورت پررنگ (Highlight) نمایش داده می شوند و با کلیک در محدوده ی اطرافشان، نرم افزار به صورت هوشمند نقطه ی واقعی هندسی را به جای موقعیت دقیق ماوس انتخاب می کند.

در برخی شرایط، به ویژه زمانی که نقاط متعددی در فاصله ی نزدیک به یکدیگر قرار دارند و کاربر قصد انتخاب نقطه ای خاص را دارد، فعال بودن این قابلیت ممکن است موجب تداخل یا خطا در انتخاب شود. در چنین مواردی، می توان قابلیت Snap را به طور موقت غیرفعال نمود تا انتخاب به صورت دستی و دقیق انجام گیرد.

همچنین در تنظیمات نرم افزار، امکان شخصی سازی عملکرد Snap وجود دارد؛ به این معنا که کاربر می تواند انواع نقاط یا المان هایی را که مایل به فعال بودن قابلیت Snap برای آن ها است، به صورت انتخابی تعیین کند تا فرآیند مدل سازی با دقت و سرعت بیشتری انجام شود.



نقاط تقاطع گریدهای سازه
نقاط انتهایی و میانی اعضای سازه
امتداد اعضای خطی یا لبه های اعضای سطحی سازه
محل های تقاطع اعضای سازه
امتدادهای عمود بر اعضای سازه
گریدهای ریز



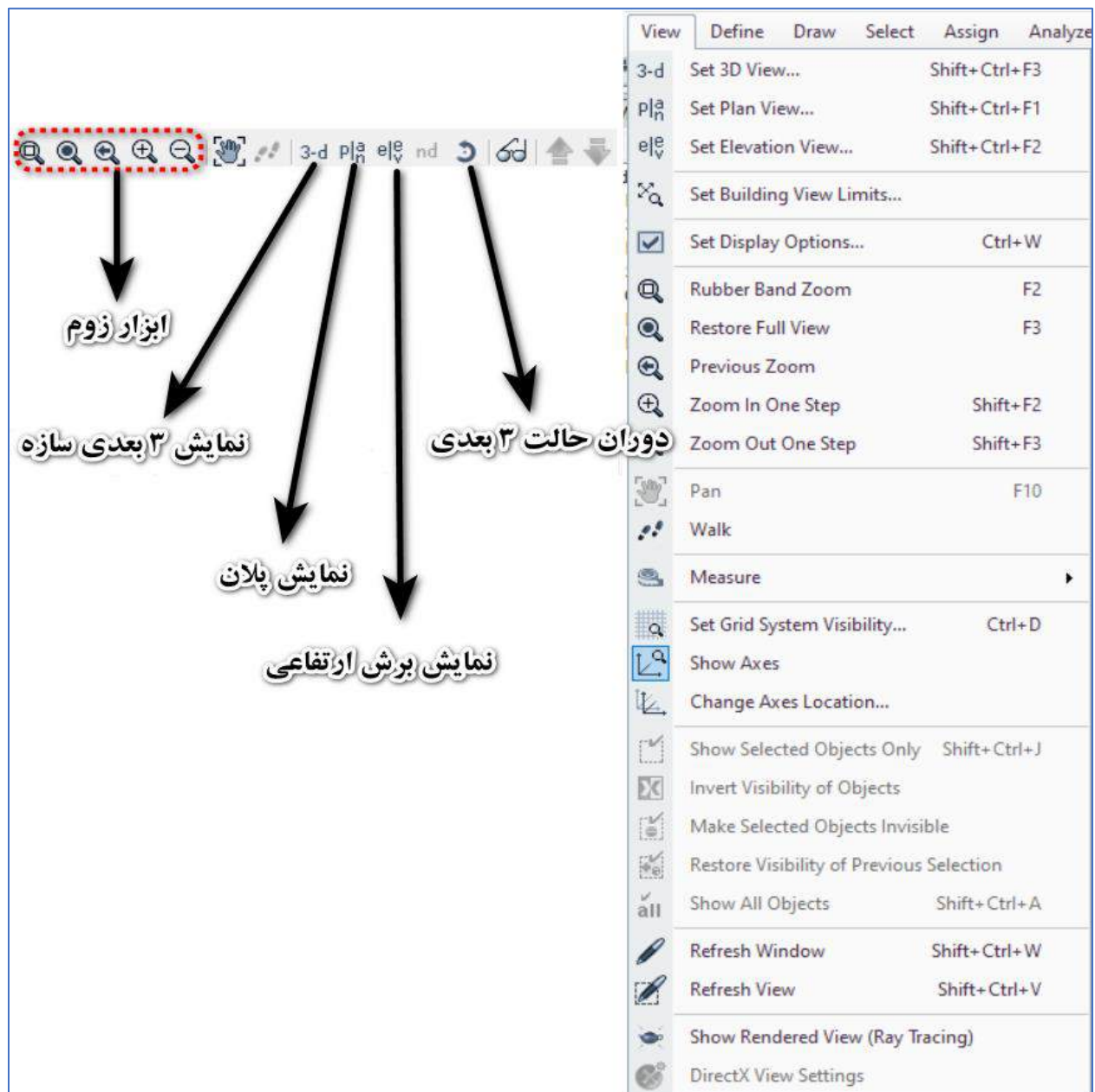
گروه‌های انتهایی المان‌های سازه نظیر تیرها و ستون‌ها	Joints
نقاط انتهایی و میانی مربوط به اعضای خطی (مانند تیرها و ستون‌ها) یا لبه‌های اعضای سطحی (مانند کف‌ها)	Line Ends and Midpoints
نقاط تقاطع گریدهای سازه	Grid Intersections
خطوط و اعضای تشکیل‌دهنده قاب‌ها	Lines and Frames
لبه‌های المان‌های سطحی (مانند لبه‌های کف‌های سازه)	Edges
راستای عمود به یک المان سازه	Perpendicular Projections
نقاط تلاقی و محل برخورد دو عضو سازه‌ای	Intersections
شبکه تقاطع گریدهای ریز (این نوع گریدها را در قسمت Settings معرفی می‌کنیم)	Fine Grid
نقاط در امتداد یک المان (مانند تقاطعی که در خارج ولی در امتداد طول آن قرار دارند)	Extensions
نقاط به موازات امتداد یک المان	Parallels
یک سری از انتخاب‌های هوشمند و دلخواه در ETABS	Intelligent Snaps
المان‌هایی که در لایه معماری در نظر گرفته شده باشند.	Arch. Layer

گروه‌های انتهایی المان‌های سازه نظیر تیرها و ستون‌ها	Joints
نقاط انتهایی و میانی مربوط به اعضای خطی (مانند تیرها و ستون‌ها) یا لبه‌های اعضای سطحی (مانند کف‌ها)	Line Ends and Midpoints
نقاط تقاطع گریدهای سازه	Grid Intersections
خطوط و اعضای تشکیل‌دهنده قاب‌ها	Lines and Frames
لبه‌های المان‌های سطحی (مانند لبه‌های کف‌های سازه)	Edges
راستای عمود به یک المان سازه	Perpendicular Projections
نقاط تلاقی و محل برخورد دو عضو سازه‌ای	Intersections
شبکه تقاطع گریدهای ریز (این نوع گریدها را در قسمت Settings معرفی می‌کنیم)	Fine Grid
نقاط در امتداد یک المان (مانند تقاطعی که در خارج ولی در امتداد طول آن قرار دارند)	Extensions
نقاط به موازات امتداد یک المان	Parallels
یک سری از انتخاب‌های هوشمند و دلخواه در ETABS	Intelligent Snaps
المان‌هایی که در لایه معماری در نظر گرفته شده باشند.	Arch. Layer



حالت‌های سازه

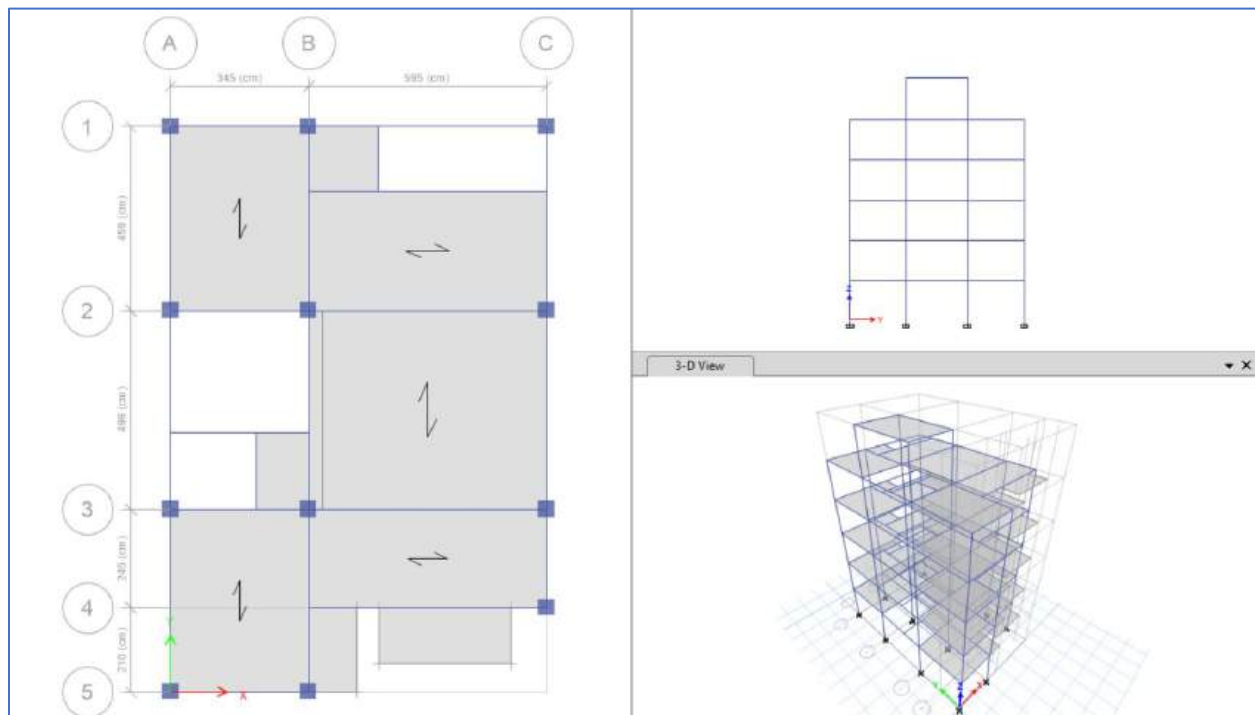
با استفاده از گزینه‌های موجود در منوی View و همچنین کلیدهای میانبر (Shortcut Keys) متناظر در نرم‌افزار ETABS، کاربر می‌تواند نحوه‌ی نمایش مدل سازه را به صورت بهینه و متناسب با نیاز خود تنظیم نماید. این قابلیت‌ها امکان تغییر زاویه دید، بزرگ‌نمایی یا کوچک‌نمایی، نمایش دوبعدی یا سه‌بعدی مدل، و تمرکز بر بخش‌های خاصی از سازه را فراهم می‌سازند. بدین ترتیب، کاربر قادر خواهد بود با کنترل دقیق‌تر بر دید گرافیکی مدل، تحلیل و ویرایش اجزای سازه را با سهولت و دقت بیشتری انجام دهد.





با انتخاب هر یک از حالات نمایش در نرم افزار ETABS، نحوه‌ی مشاهده‌ی مدل سازه به شکل‌های مختلف قابل تغییر است. نمایش پلان‌ها معمولاً بر اساس طبقات (Stories) یا ترازهای مرجع (Reference Planes) تعریف شده در مدل صورت می‌گیرد، در حالی که نمایش برش‌های ارتفاعی (Elevation Views) بر مبنای محورهای شبکه‌ای (Grids) یا برش‌های دلخواه تعریف شده توسط کاربر انجام می‌شود.

برای ایجاد یا ویرایش ترازهای مرجع (Reference Planes) و برش‌های سفارشی (Custom Elevations) می‌توان از گزینه‌های موجود در منوی Draw استفاده کرد. این امکان به کاربر اجازه می‌دهد تا دیدهای گرافیکی دقیق و متناسب با نیاز تحلیل یا ترسیم جزئیات سازه را ایجاد و کنترل نماید.





برای تعیین مشخصاتی از اجزای سازه که لازم است نمایش داده شود از گزینه‌ی زیر استفاده می‌شود.

Set View Options

General Object Assignments Other Assignments

View by Colors of Objects

Objects Present in View

- ☒ Joint Objects
- ☒ Invisible
- ☒ Columns
- ☒ Beams
- ☒ Braces
- ☒ All Null Frames
- ☒ Floors
- ☒ Walls
- ☒ Openings
- ☒ All Null Shells
- ☒ Wall Stacks
- ☒ Links
- ☒ Tendon
- ☒ Design Strips
- ☐ Line Gauge
- ☐ Area Gauge
- ☒ Slab Rebar
- ☐ Support Lines
- ☒ Slab Panels

Special Effects

- ☐ Object Shrink
- ☒ Object Fill
- ☒ Object Edge
- ☐ Extrude Frames
- ☐ Extrude Shells

Other Special Items

- ☒ Joint Restraints and Springs
- ☐ Diaphragm Extent
- ☐ Connections
- ☒ Story Labels
- ☒ Dimension Lines
- ☒ Architectural Plan Layers
- ☒ Horizon
- ☐ Shell Analysis Mesh
- ☐ Slab Internal Ribs
- ☐ Isolated Column Footings
- ☐ Soil Profile for Joints
- ☐ Soil Profile for Areas
- ☐ Shell User Mesh

Layers to Show for Tendons/Strips/Slab Rebars/Support Lines

- ☒ Layer A
- ☒ Layer B
- ☐ Layer Other

☐ Apply to All Windows

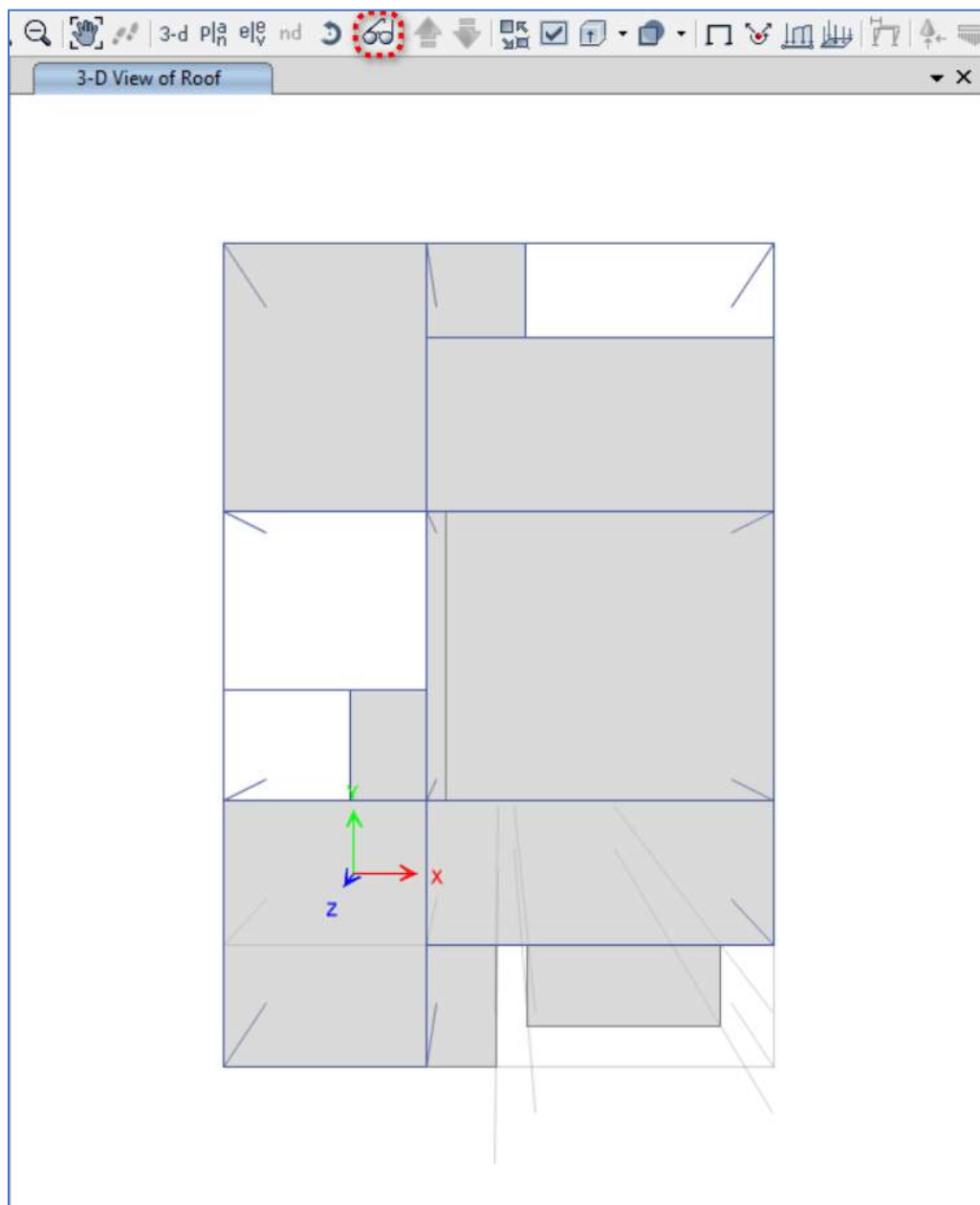
Set to Default View Options

OK Close Apply



گزینه‌ی Perspective در نرم‌افزار ETABS برای نمایش سه‌بعدی واقع‌گرایانه‌ی مدل سازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. با فعال‌سازی این حالت، المان‌هایی که در پشت یا زیر یکدیگر قرار گرفته‌اند نیز به‌صورت حجمی و قابل تشخیص نمایش داده می‌شوند.

به عنوان مثال، در حالت نمایش پلان یک طبقه (Plan View) معمولاً تنها مقطع ستون‌ها در آن تراز قابل مشاهده است؛ اما با فعال‌کردن حالت Perspective View، امکان مشاهده‌ی کل طبقه به‌همراه اعضای قائم و افقی مرتبط با آن فراهم می‌شود. استفاده از این قابلیت موجب می‌شود درک فضایی بهتری از مدل سازه و نحوه‌ی ارتباط بین المان‌ها به دست آید و بررسی دیداری مدل با دقت بیشتری انجام پذیرد.





به طور معمول، پس از اتمام مرحله‌ی مدل‌سازی سازه و ورود به مرحله‌ی طراحی، نمایش محورها (Grids) و مبدأ دستگاه مختصات (Origin) دیگر ضرورت چندانی ندارد و برای ساده‌تر شدن نمای گرافیکی مدل می‌توان آن‌ها را غیرفعال (خاموش) نمود. این کار از طریق گزینه‌های مربوطه در منوی View یا نوار ابزار گرافیکی نرم‌افزار ETABS قابل انجام است.

علاوه بر این، نرم‌افزار امکان تغییر موقعیت مبدأ دستگاه مختصات را نیز فراهم می‌سازد. با استفاده از این قابلیت، کاربر می‌تواند نقطه‌ی مبنا (Reference Point) را در محل دلخواه مدل قرار دهد تا فرآیند ترسیم، اندازه‌گذاری، یا اعمال مختصات دقیق‌المان‌ها با سهولت و دقت بیشتری انجام گیرد.

View Define Draw Select Assign Analyze

3-d Set 3D View... Shift+Ctrl+F3

pln Set Plan View... Shift+Ctrl+F1

elv Set Elevation View... Shift+Ctrl+F2

Set Building View Limits...

☒ Set Display Options... Ctrl+W

Rubber Band Zoom F2

Restore Full View F3

Previous Zoom

Zoom In One Step Shift+F2

Zoom Out One Step Shift+F3

Pan F10

Walk

Measure

Set Grid System Visibility... Ctrl+D

Show Axes

Change Axes Location...

عدم نمایش گریدها

نمایش یا عدم نمایش مبدأ دستگاه مختصات

تغییر موقعیت دستگاه مختصات

E Axes Location

Change Location To

X-Ordinate 0 cm

Y-Ordinate 0 cm

Z-Ordinate 0 cm

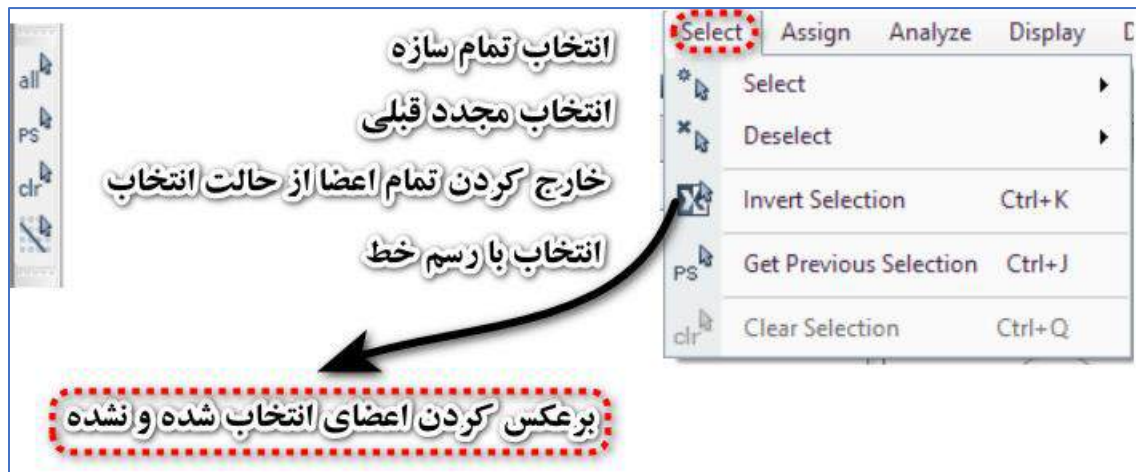
☐ Apply to All Windows

OK Cancel



انتخاب اعضا

برای انتخاب اعضا می‌توان بر روی آن‌ها کلیک نمود. برای خارج کردن اعضا از حالت انتخاب نیز از گزینه‌های موجود در صفحه اصلی ایتبس می‌توان استفاده کرد.



در منوی Select نرم‌افزار ETABS مجموعه‌ای از ابزارهای قدرتمند برای انتخاب دقیق و هدفمند اعضای سازه در اختیار کاربر قرار دارد. با استفاده از این قابلیت‌ها می‌توان اعضا را بر اساس نوع المان (تیر، ستون، دیوار برشی، دال و ...)، مشخصات مقطع (Section Properties)، طبقه (Story)، نوع ماده (Material Type)، گروه‌بندی (Group) یا سایر ویژگی‌های هندسی و تحلیلی انتخاب نمود.

این امکانات باعث می‌شود کاربر بتواند اعمال تغییرات، ویرایش مشخصات، یا مشاهده نتایج تحلیل و طراحی را تنها بر روی اعضای خاص موردنظر خود انجام دهد.

همچنین نرم‌افزار گزینه‌های مشابهی برای لغو انتخاب (Deselect) نیز فراهم کرده است تا بتوان به همان روش، اعضای معینی را از حالت انتخاب خارج نمود. این قابلیت‌ها در مجموع موجب می‌شوند فرآیند مدیریت مدل، ویرایش المان‌ها و کنترل نتایج با دقت و سرعت بیشتری انجام گیرد.



گزینه Object Type یکی از پرکاربردترین گزینه‌های انتخاب است که به عنوان مثال برای انتخاب تمام ستون‌ها می‌تواند استفاده شود.

یکی از پرکاربردترین ابزار برای انتخاب است

Select by Object Type

Object Type

- Joins
- Columns
- Beams
- Braces
- Null Links
- Walls
- Floors
- Null Areas
- Openings
- Links
- Null Links
- Strips Layer A
- Strips Layer B
- Strips Layer Other
- Tendons Layer A
- Tendons Layer B
- Tendons Layer Other
- Slab Panels
- Support Lines Layer A
- Support Lines Layer B
- Support Lines Layer Other
- Line Strain Gauges
- Quad Strain Gauges

Select Deselect Close

انتخاب گره‌ها

انتخاب ستون‌ها

انتخاب تیرها

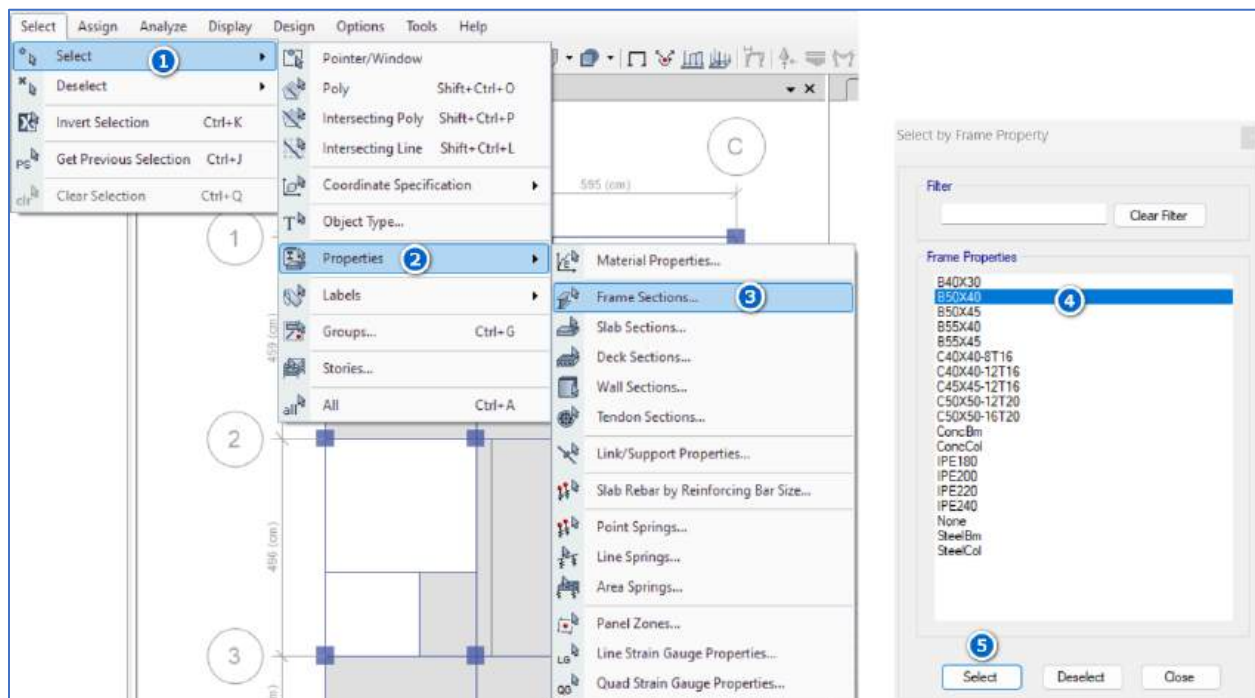
انتخاب مهاربندها

انتخاب دیوارها

انتخاب سطح‌ها



همچنین برای انتخاب بر اساس مشخصات مقطع از گزینه‌ی Properties می‌توان استفاده نمود. برای مثال برای انتخاب تمام تیرهای با مقطع B50X40 از این گزینه استفاده می‌شود.

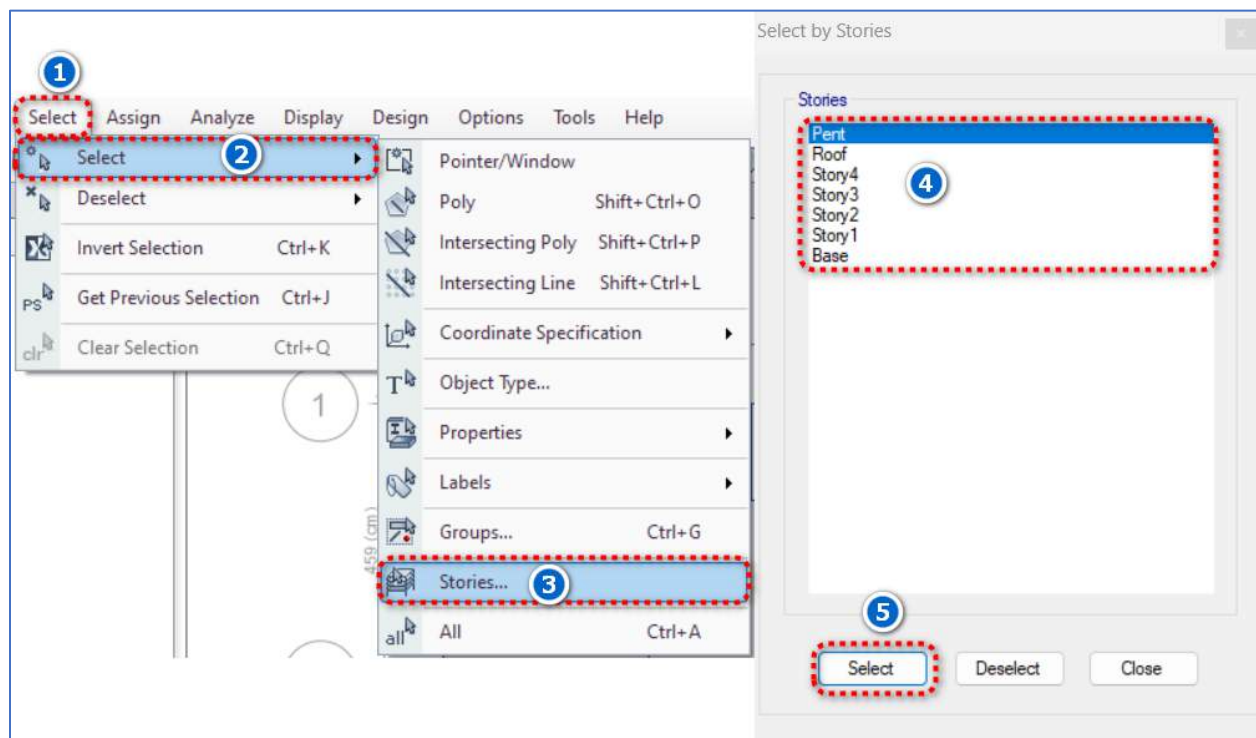




برای انتخاب تمام اجزای موجود در یک یا چند طبقه‌ی خاص در نرم‌افزار ETABS، می‌توان از گزینه‌ی Stories در منوی Select استفاده کرد.

این قابلیت به کاربر اجازه می‌دهد تا کلیه‌ی المان‌های سازه‌ای (نظیر تیرها، ستون‌ها، دیوارها و دال‌ها) را که در تراز یا طبقه‌ی مشخصی قرار دارند، به‌صورت یکجا انتخاب نماید. این امر به‌ویژه در مواقعی که نیاز به اعمال تغییرات، مشاهده‌ی نتایج تحلیل یا طراحی، یا اختصاص مشخصات خاص به یک طبقه‌ی مشخص وجود دارد، بسیار کاربردی است.

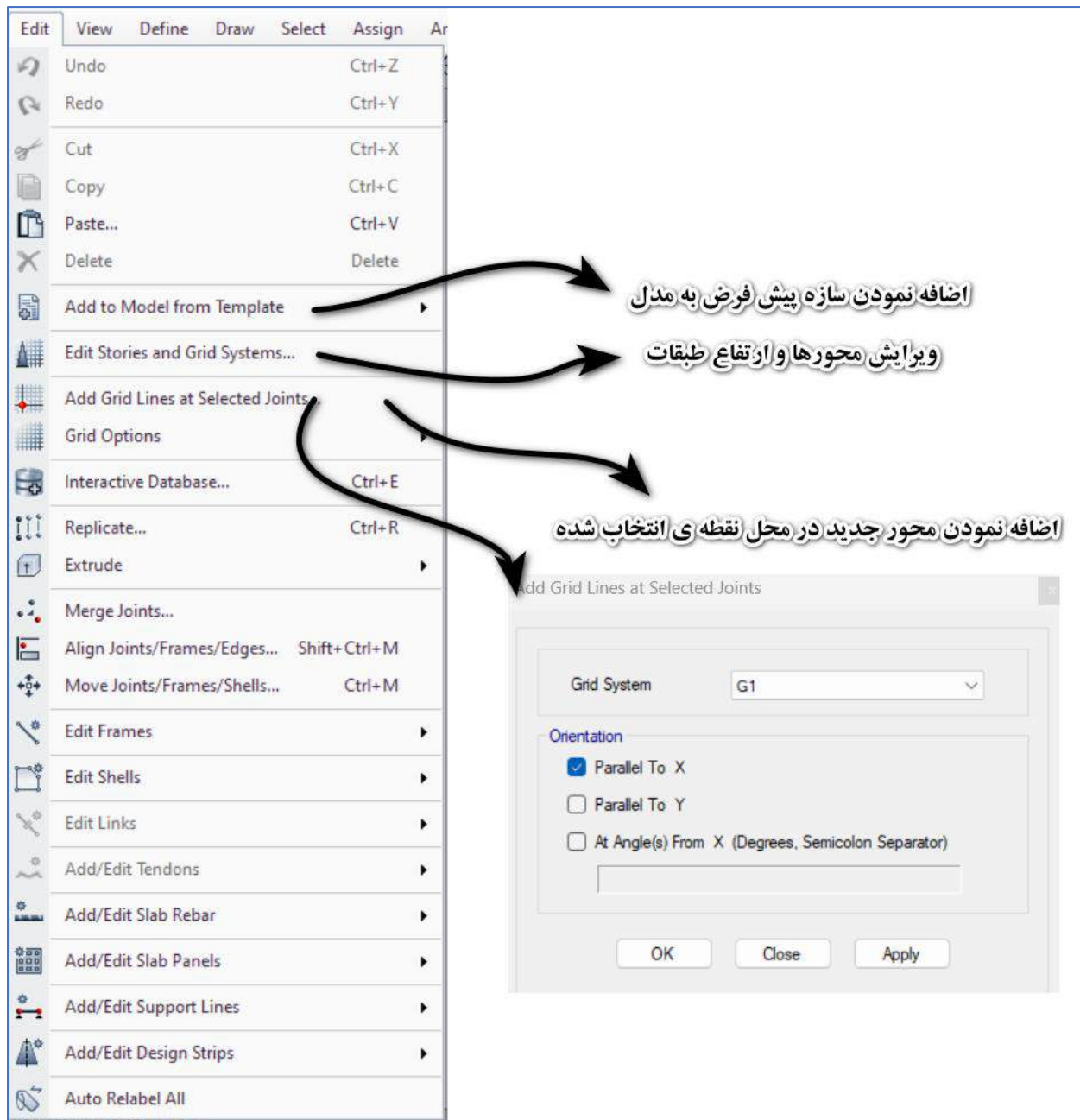
به‌عبارت دیگر، گزینه‌ی Stories → Select ابزاری سریع و دقیق برای مدیریت و ویرایش طبقه‌ای مدل سازه محسوب می‌شود.





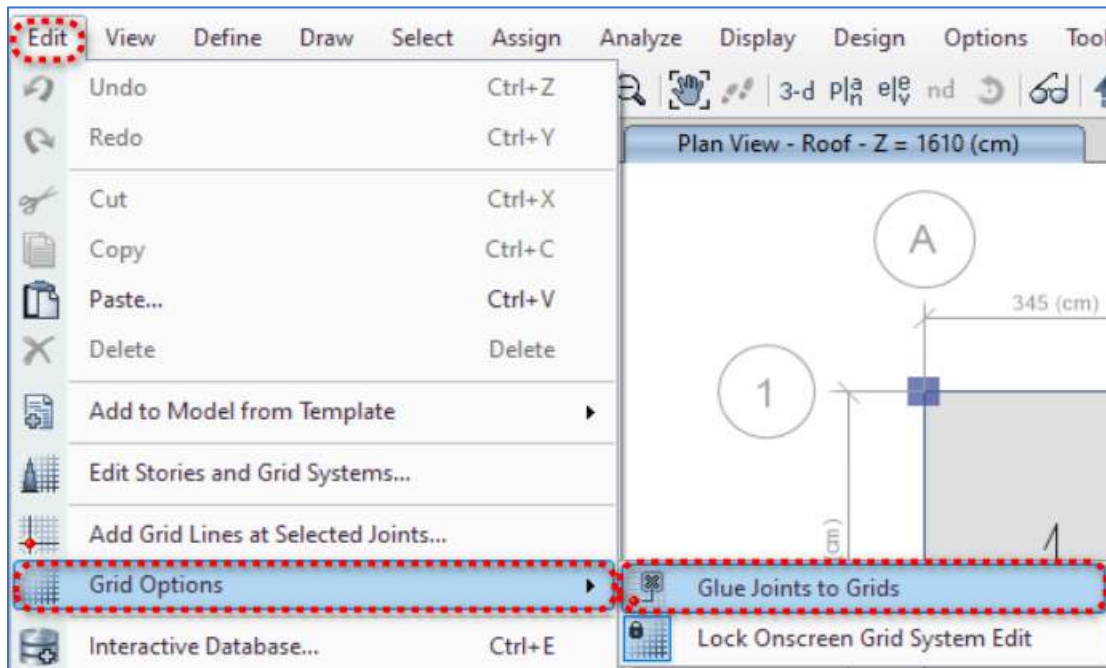
ویرایش هندسه مدل

با بهره‌گیری از ابزارها و گزینه‌های موجود در منوی ویرایش (Edit)، امکان اصلاح و تغییر هندسه مدل ترسیم‌شده فراهم می‌گردد.

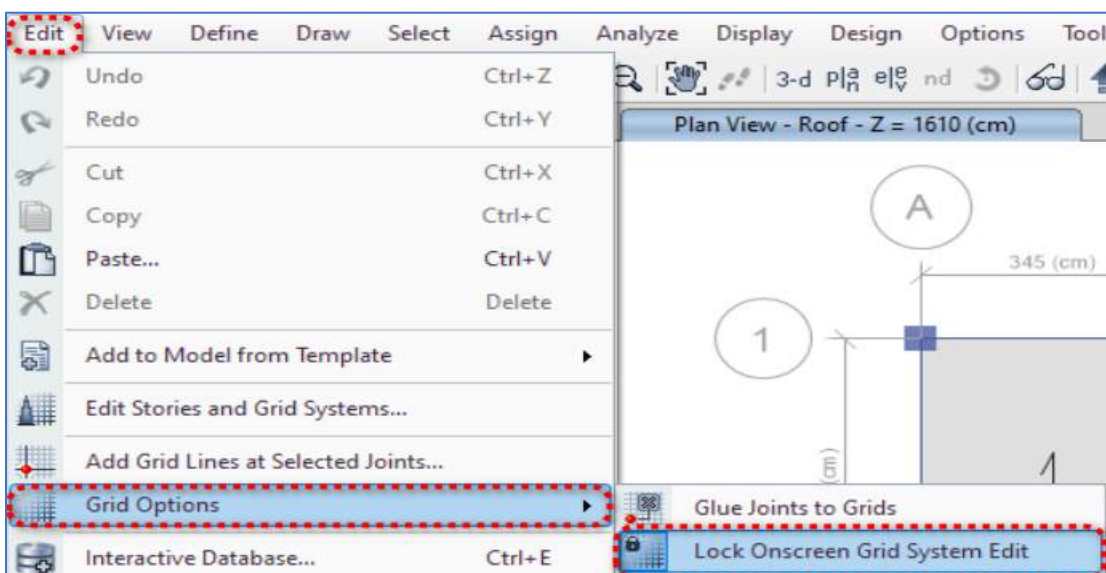




با فعال سازی این گزینه، گره های موجود روی شبکه محورها (Grid) به خود محورها متصل می شوند، به گونه ای که با تغییر موقعیت محورها، تمامی تیرها، ستون ها و سایر المان های مرتبط با آن محور نیز به طور همزمان جابه جا می شوند. این ویژگی برای تنظیم مجدد موقعیت آکس ستون ها بسیار مفید است. (شکل زیر)



همچنین، با انتخاب این گزینه، شبکه محورها (Grid) قفل می شود و در صفحه اصلی نرم افزار قابل تغییر نخواهد بود، هر چند از طریق مسیر Edit Stories and Grid Systems همچنان امکان ویرایش آن وجود دارد. توصیه می شود این گزینه به صورت پیش فرض فعال باقی بماند. (شکل زیر)





گزینه **Replicate** امکان ایجاد نسخه‌های متعدد از المان‌ها، طبقات (Stories) یا کل سیستم سازه‌ای را فراهم می‌کند بدون نیاز به ترسیم مجدد آن‌ها، که باعث صرفه‌جویی در زمان و کاهش احتمال خطا می‌شود.

قابلیت‌ها:

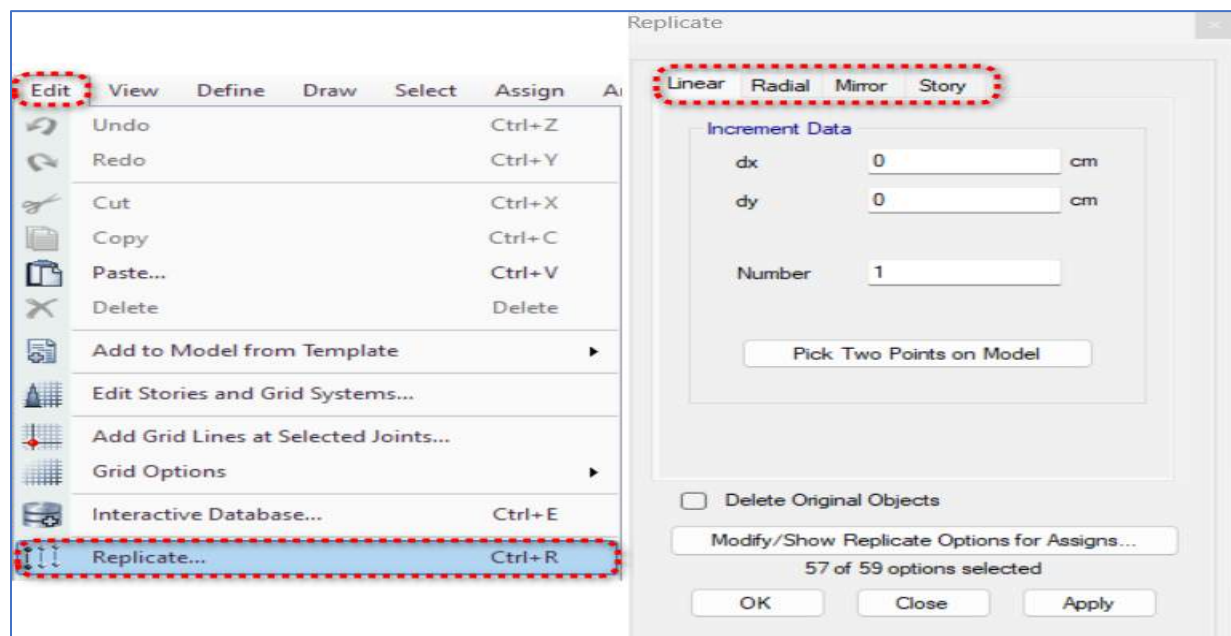
تکثیر طبقات (Stories): می‌توان یک یا چند طبقه را به تعداد دلخواه در بالای یا پایین مدل کپی کرد و تمام المان‌ها، مانند تیرها، ستون‌ها و دیوارهای برشی، با مشخصات اصلی حفظ شوند. **تکثیر المان‌ها یا شبکه‌ها (Grids/Elements):** امکان کپی‌برداری از بخش‌های انتخابی مدل (مثلاً یک قاب یا یک شبکه خاص) و قرار دادن آن‌ها در مکان‌های جدید وجود دارد. **حفظ خصوصیات المان‌ها:** تمامی مشخصات هندسی، مصالح، اتصالات و بارگذاری‌های اعمال شده بر المان‌های اصلی به نسخه‌های کپی منتقل می‌شوند.

کاربردها:

مدل‌سازی ساختمان‌های چندطبقه با پلان مشابه در تمام طبقات. ایجاد نسخه مشابه از بخش‌هایی از سازه مانند یک قاب یا فضاکار. تسریع فرآیند طراحی و تحلیل سازه‌های با هندسه تکراری.

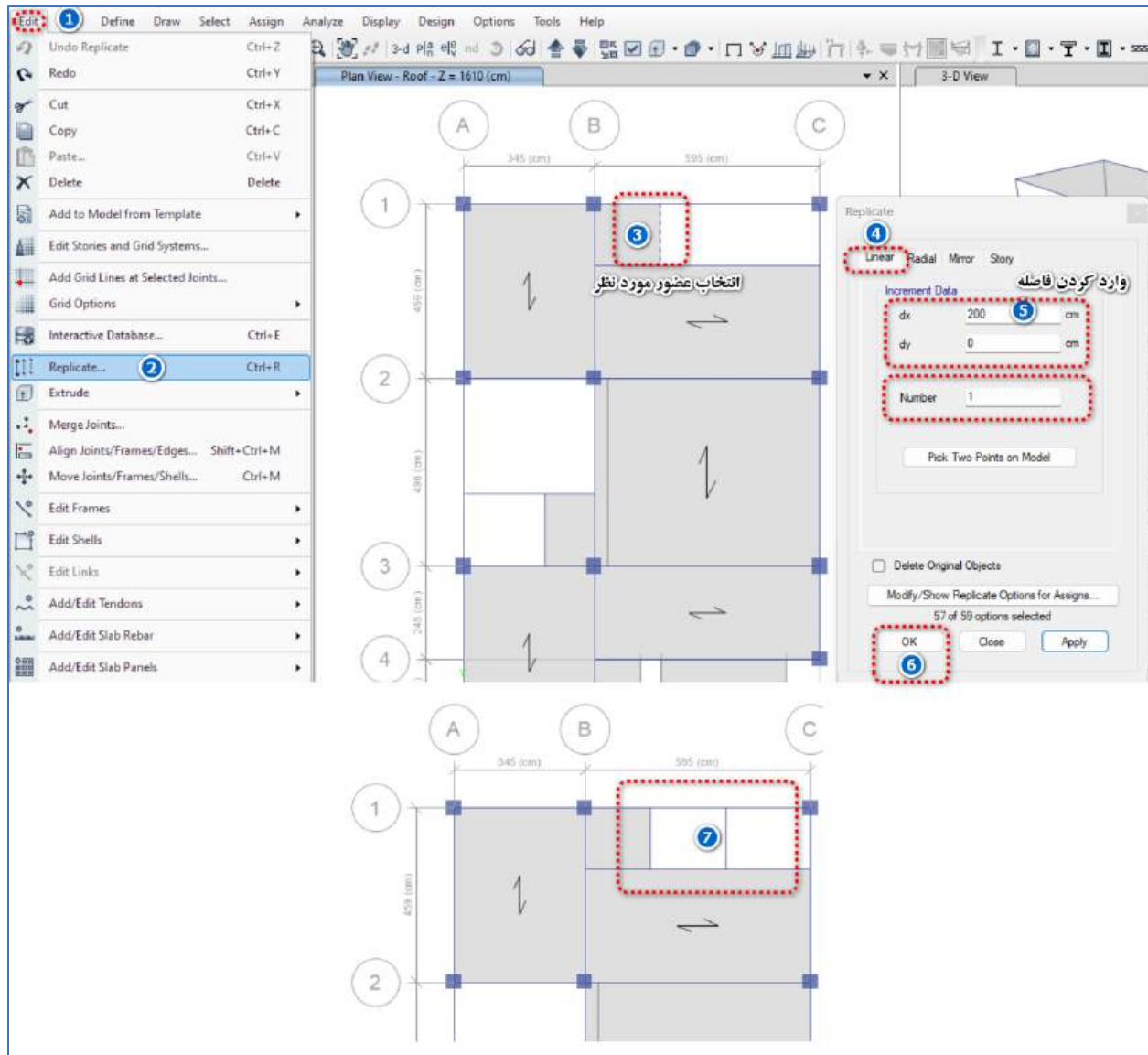
نکات اجرایی:

پس از انتخاب گزینه Replicate، نرم‌افزار امکان تعیین تعداد کپی‌ها، جهت تکثیر (مثلاً بالا، پایین، افقی یا عمودی) و محدوده المان‌ها را می‌دهد. این گزینه با گزینه‌های Move و Align قابل ترکیب است تا موقعیت نسخه‌های کپی به دقت تنظیم شود.





قابلیت Linear: با این ابزار میتوان یک تیر یا هر المانی را در جهت X و Y کپی کرد.



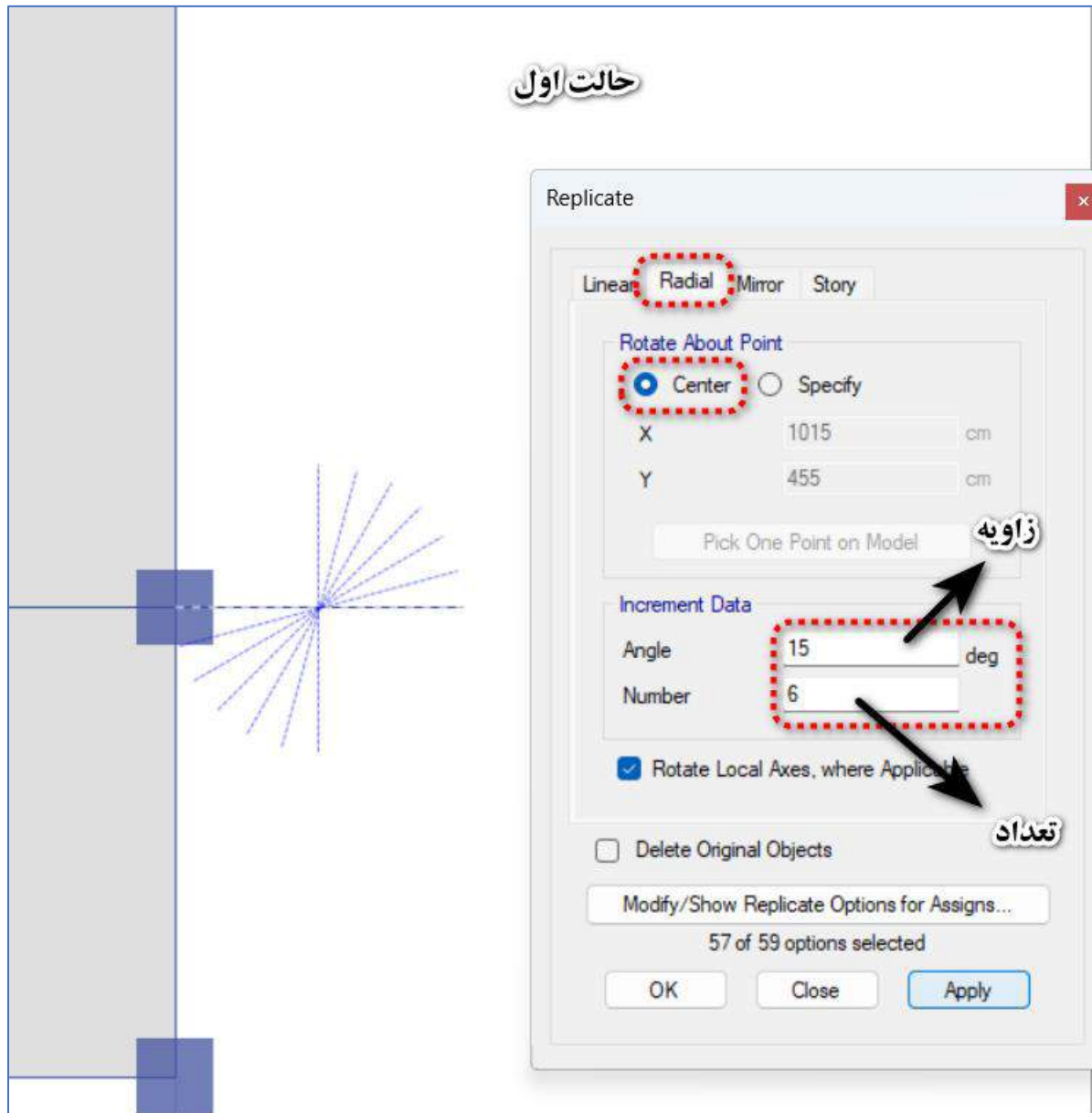
برای مثال در شکل فوق از گزینه Replicate برای کپی تیر مشخص شده در فاصله‌ی دو متری در راستای X استفاده شده است.



قابلیت Radial: برای ایجاد کپی‌های یک یا چند المان (ستون، تیر، قاب، دیوار و ...) به صورت دایره‌ای حول یک محور یا نقطه مشخص استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، این ابزار برای طراحی پلان‌های چندضلعی یا مدور، مانند برج‌ها، استادیوم‌ها، یا ساختمان‌های با تقارن شعاعی بسیار مناسب است.

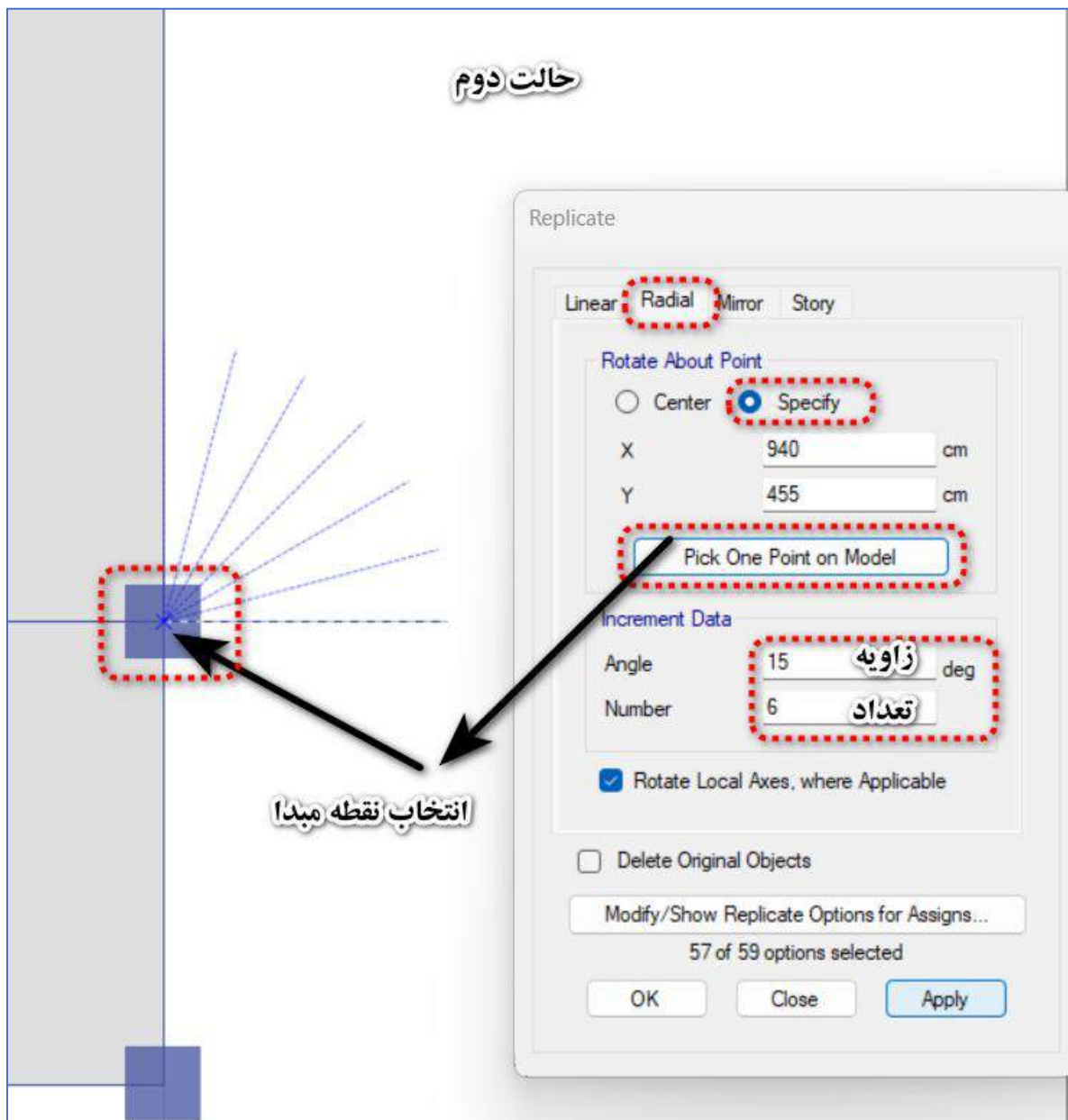
این گزینه دو حالت دارد:

حالت اول Center نرم افزار نسبت به مرکز عضو انتخاب شده فرآیند کپی را انجام می‌دهد. (مانند شکل زیر)



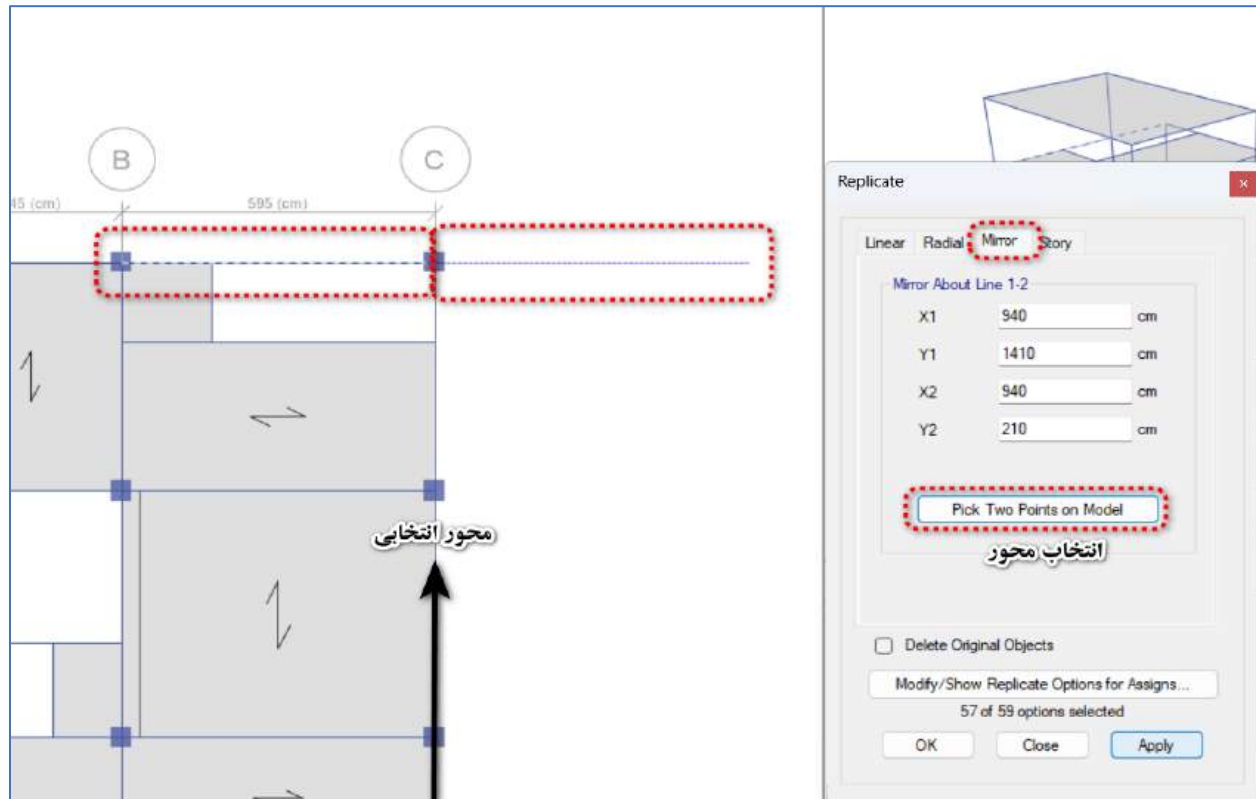


حالت دوم Specify نرم افزار نسبت به نقطه مبدا که کاربر مشخص می کند فرآیند کپی را انجام می دهد. (مانند شکل زیر)

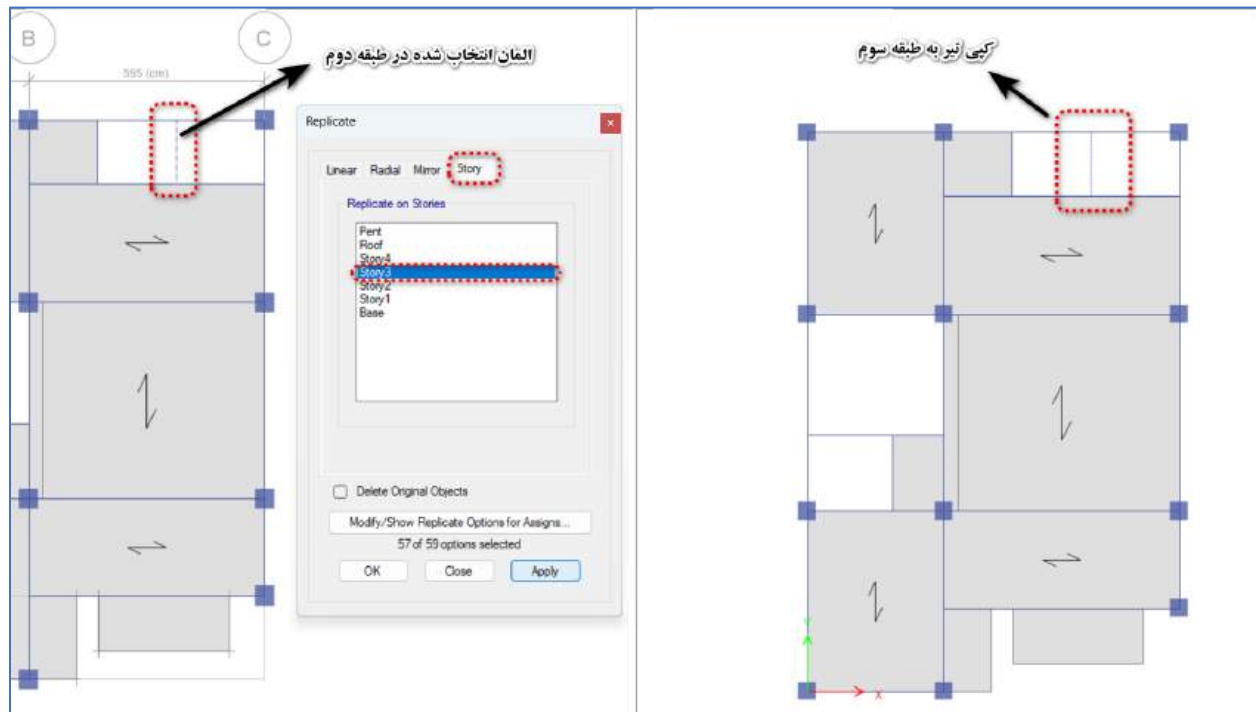




قابلیت **Mirror**: کپی آینه‌ای نسبت به محور مشخص (مانند شکل زیر)



قابلیت **Story**: کپی در سایر طبقات (مانند شکل زیر)



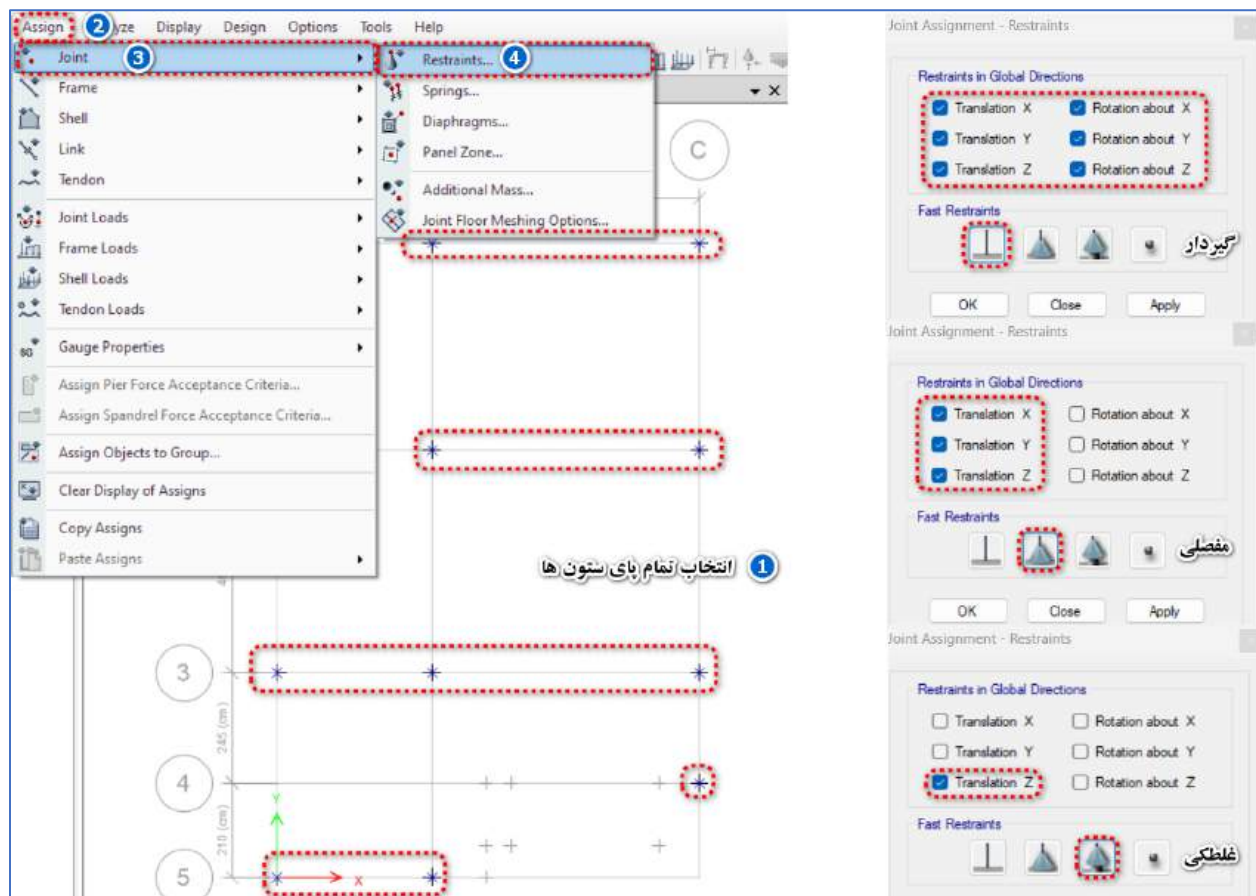


تعیین مشخصات تکیه‌گاه‌ها

تکیه‌گاه مفصلی یکی از انواع شرایط مرزی (Boundary Conditions) در تحلیل سازه‌هاست که به سازه اجازه‌ی چرخش آزادانه در محل تکیه‌گاه را می‌دهد، اما جابجایی انتقالی (حرکت خطی) را در آن نقطه محدود می‌کند.

تکیه‌گاه گیردار یا تکیه‌گاه صلب نوعی شرط مرزی است که در آن هیچ‌گونه جابجایی یا دوران در محل تکیه‌گاه مجاز نیست. به عبارتی، تکیه‌گاه گیردار تمام درجات آزادی گره را مقید می‌کند. یعنی جسم در محل تکیه‌گاه نمی‌تواند نه حرکت کند و نه بچرخد.

پس از مدل‌سازی هندسی سازه، لازم است شرایط مرزی (Boundary Conditions) متناسب با نوع رفتار تکیه‌گاه‌ها در راستاهای مختلف (مفصلی یا گیردار) به‌درستی تعریف شوند. بدین منظور، پس از انتخاب گره‌های تکیه‌گاهی مدل، قیود حرکتی مربوط به هر راستا بر اساس رفتار مورد نظر اعمال می‌گردد.



در سازه‌های بتنی پای ستون‌ها به صورت گیردار مدل‌سازی و طراحی می‌شود. در سازه‌های فولادی با توجه به نوع سیستم باربرجانبی می‌توان پای ستون‌ها را به صورت گیردار یا مفصلی مدل‌سازی و طراحی نمود.



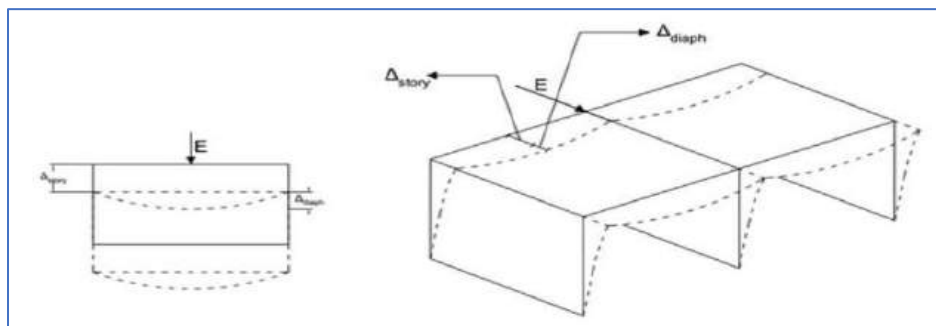
تعریف دیافراگم

دیافراگم ها که معمولاً کف‌های سازه‌ای تحمل کننده بارهای ثقیلی در ساختمان‌ها هستند، در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای ایجاد شده در کف‌ها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند. این دیافراگم‌ها باید در برابر تغییرشکل‌های افقی که در آن‌ها ایجاد می‌شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند.

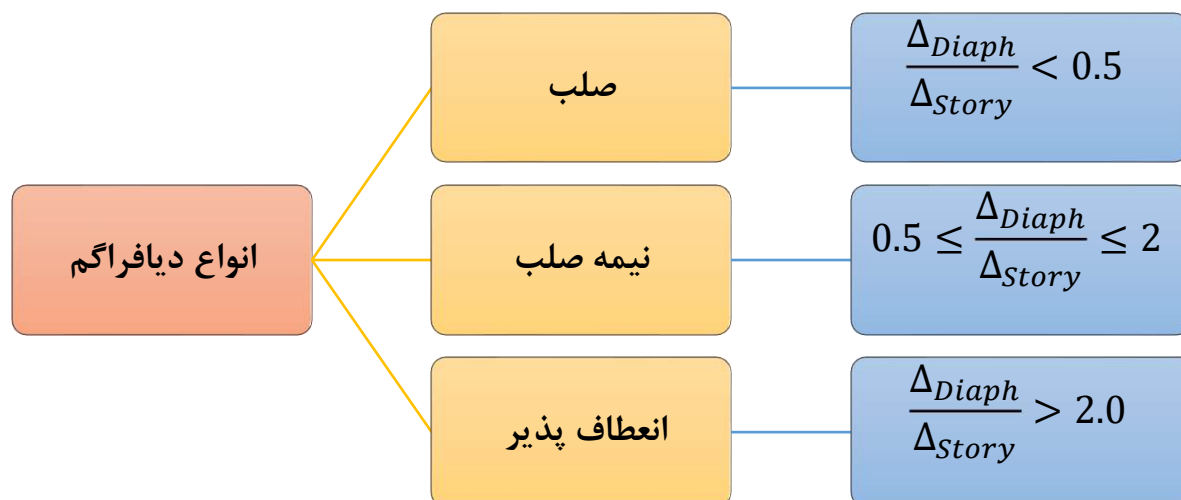
در **دیافراگم صلب**، تغییرشکل‌های درون صفحه‌ای نادیده گرفته می‌شود و کل صفحه به صورت یک جسم صلب رفتار می‌کند.

دیافراگم نیمه صلب حالتی بین دو فرض دیافراگم صلب و دیافراگم انعطاف پذیر است. در این حالت، تغییرشکل‌های درون صفحه‌ای دال یا سقف در تحلیل لحاظ می‌شود، اما در عین حال، سختی صفحه آن قدر زیاد است که بتواند بخشی از نیروهای جانبی را به صورت نسبتاً یکنواخت منتقل کند.

دیافراگم انعطاف پذیر حالتی است که در آن تغییرشکل‌های درون صفحه‌ای سقف در برابر نیروهای جانبی آن قدر زیاد است که نمی‌توان فرض کرد تمام نقاط طبقه دارای جابجایی یکسانی هستند.



تغییر شکل دیافراگم و تغییر مکان نسبی طبقه

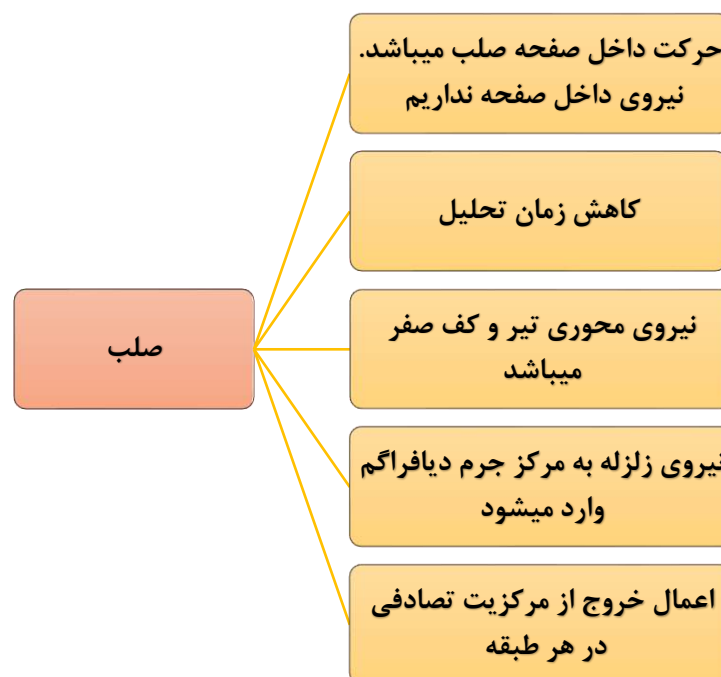




در نرم افزار ETABS، جهت ایجاد ارتباط و انتقال نیرو بین گره های واقع در تراز کف هر طبقه، از تعریف دیافراگم استفاده می شود. در واقع، این اتصال در سازه ی واقعی از طریق سختی درون صفحه ای دال کف تأمین می گردد. با تعریف دال های کف طبقات در مدل تحلیلی، این سختی و در نتیجه پیوستگی بین گره ها به صورت ضمنی در نرم افزار لحاظ می شود. با این حال، در صورتی که دیافراگم کف به صورت صریح تعریف نگردد، خروج از مرکزیت تصادفی زلزله برای آن طبقه اعمال نخواهد شد. بنابراین، جهت اطمینان از درستی انتقال نیروها و اعمال صحیح اثرات لرزه ای، تعریف دیافراگم کف برای تمامی ترازها الزامی است.

دیافراگم در ایتبس به دو صورت Rigid و Semi Rigid قابل تعریف است:

در صورتی که دیافراگم کف به صورت صلب (Rigid) تعریف شود، تمامی نقاط واقع بر روی آن در اثر بارهای وارده نسبت به یکدیگر جابه جایی نخواهند داشت و در نتیجه، کل تراز کف به صورت یکپارچه و صلب حرکت می کند. این فرض موجب کاهش تعداد درجات آزادی مدل تحلیلی در نرم افزار ETABS شده و در نتیجه، سرعت تحلیل سازه افزایش می یابد. با این حال، باید توجه داشت که در این حالت، به دلیل عدم امکان تغییر شکل درون صفحه ای تیرها و دال ها، نیروهای محوری در این اعضا به صورت صفر محاسبه می شوند که این امر در بسیاری از موارد با رفتار واقعی سازه مطابقت ندارد.

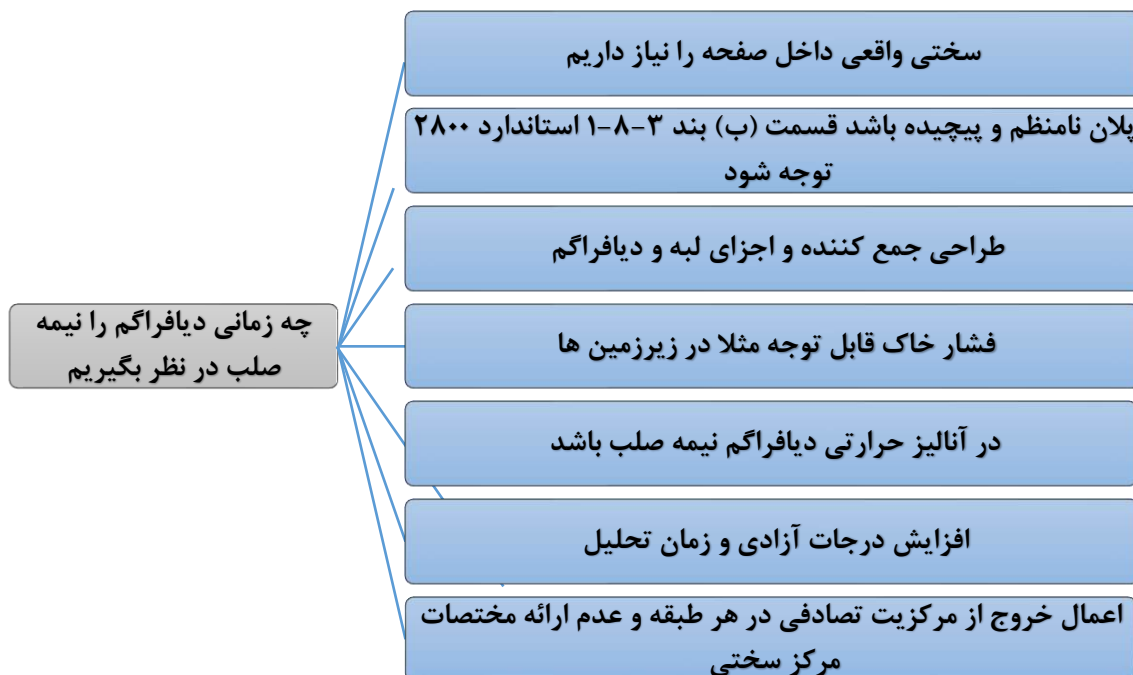




در صورت تعریف دیافراگم به صورت نیمه صلب (Semi Rigid)، سختی واقعی دال کف برای برقراری اتصال بین گره‌های موجود در تراز کف در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب، رفتار کف در انتقال نیروها با دقت بیشتری مدل‌سازی شده و سازه می‌تواند پاسخی واقع‌بینانه‌تر نسبت به شرایط واقعی از خود نشان دهد. با این حال، به دلیل افزایش تعداد درجات آزادی در مدل، زمان تحلیل سازه ممکن است تا حدی افزایش یابد.

در مواردی که کف سازه از دال بتنی با سختی بالا تشکیل شده باشد، نتایج حاصل از تحلیل در حالت‌های صلب (Rigid) و نیمه صلب (Semi Rigid) معمولاً تفاوت قابل ملاحظه‌ای ندارند؛ با این حال، برای دقت بیشتر و اطمینان از مدل‌سازی صحیح رفتار کف، استفاده از دیافراگم نیمه صلب توصیه می‌شود.

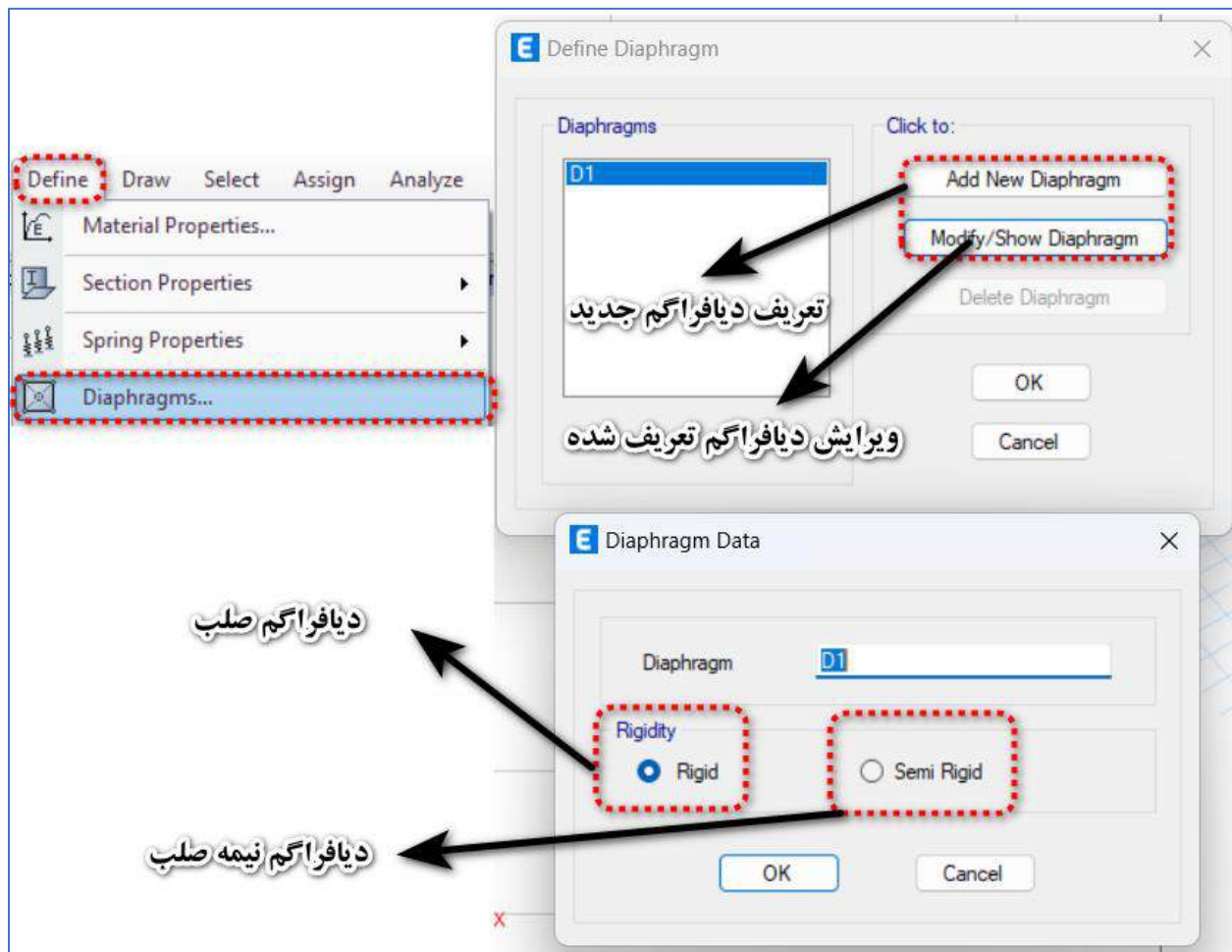
شایان ذکر است که در صورت تعریف دیافراگم به صورت نیمه صلب، مختصات مرکز سختی طبقه (Center of Rigidity) در نرم‌افزار ETABS قابل استخراج نخواهد بود.



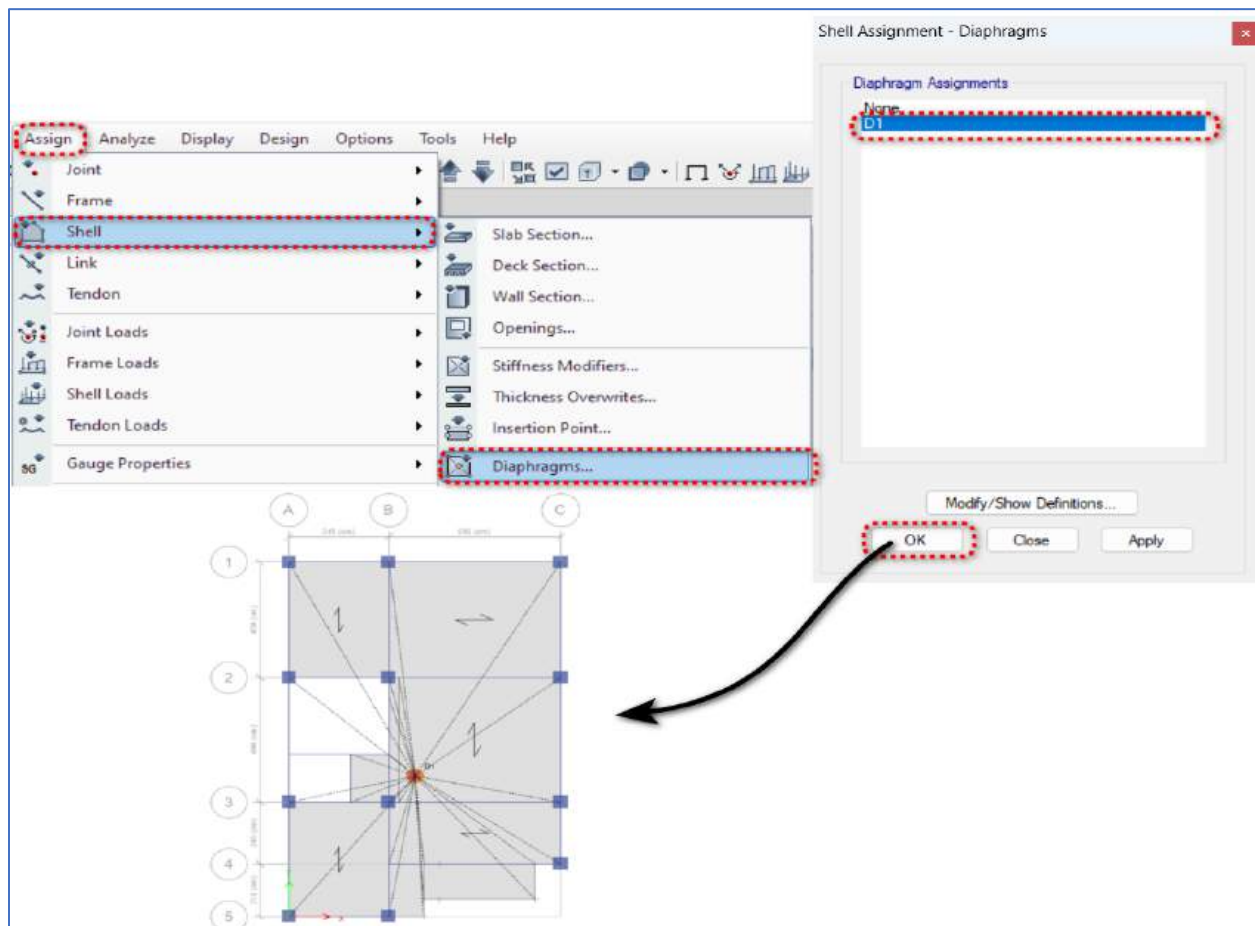
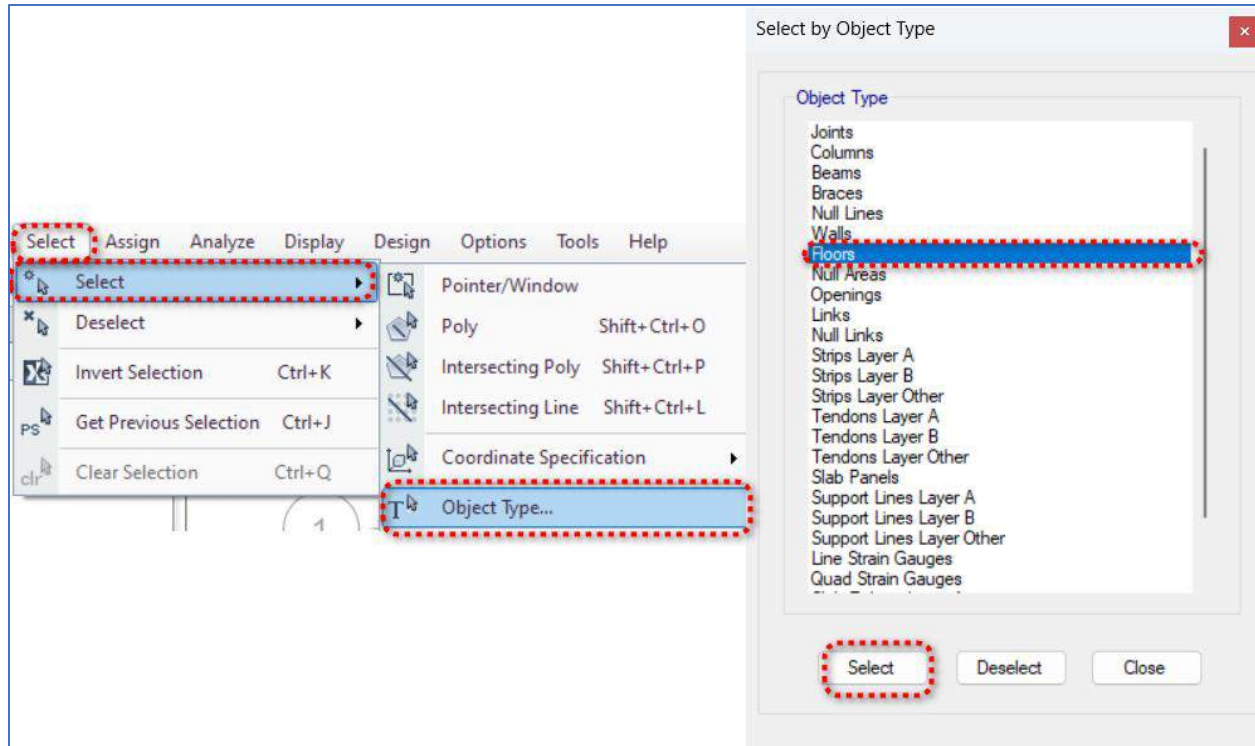
ب- در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله کمتر از نصف تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم صلب تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع دال بتنی یا ورق‌های فلزی همراه با بتن‌آرمه رویه دارای نسبت دهانه به عرض ۳ یا کمتر که دارای هیچ‌یک از نامنظمی‌های مندرج در بند (۱-۷-۱) نباشند، ممکن است در این دسته قرار گیرند.



برای اختصاص دیافراگم به طبقات، ابتدا باید نوع دیافراگم مشخص و تعریف شود. در صورتی که میان طبقه‌ای وجود نداشته باشد یا هر طبقه تنها شامل یک کف یکپارچه باشد، تعریف یک نوع دیافراگم برای کل سازه کفایت می‌کند. اما در شرایطی که یک طبقه دارای دو یا چند دیافراگم مجزا باشد، لازم است به تعداد هر دیافراگم مجزا، نوع دیافراگم مخصوص تعریف گردد تا مدل تحلیلی سازه به صورت دقیق و واقع‌بینانه رفتار کف‌ها و انتقال نیروها را نمایش دهد.



سپس، با انتخاب تمامی اعضای کف یک طبقه، می‌توان دیافراگم تعریف‌شده را به گره‌های مربوطه اختصاص داد. در صورتی که میان طبقه‌ای وجود نداشته باشد یا طبقه تنها شامل یک دیافراگم یکپارچه باشد، این عملیات می‌تواند با انتخاب کل مدل سازه انجام شود تا دیافراگم به تمامی کف‌های موجود اعمال شود.

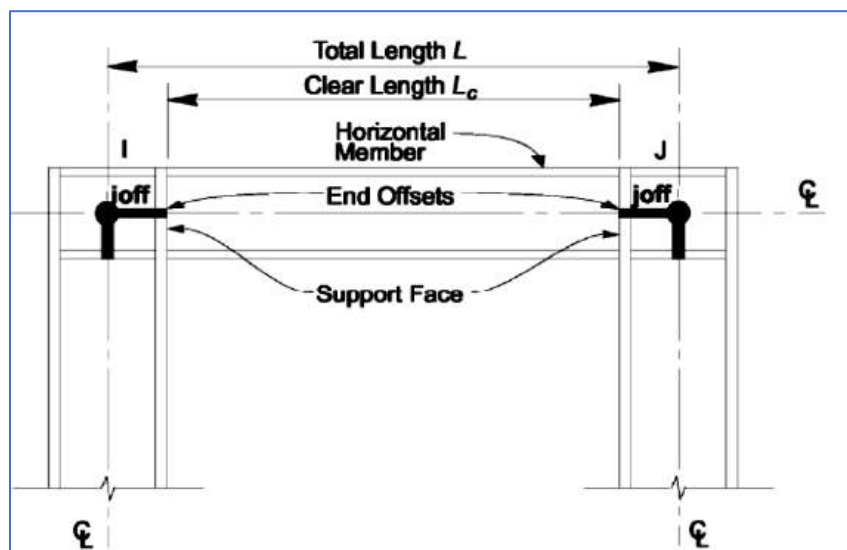




اختصاص نواحی انتهایی صلب

در مرحله مدل سازی تیرها و ستون ها در نرم افزار ETABS، این اعضا به صورت میله ای یک بعدی تعریف شده و معمولاً بر اساس آکس های معماری رسم می شوند. بنابراین، طول تیرها و ستون ها در مدل به صورت محور به محور در نظر گرفته می شود، در حالی که در واقعیت، به دلیل همپوشانی المان ها در محل تقاطع آنها، طول واقعی اعضا با مقدار مدل تفاوت دارد.

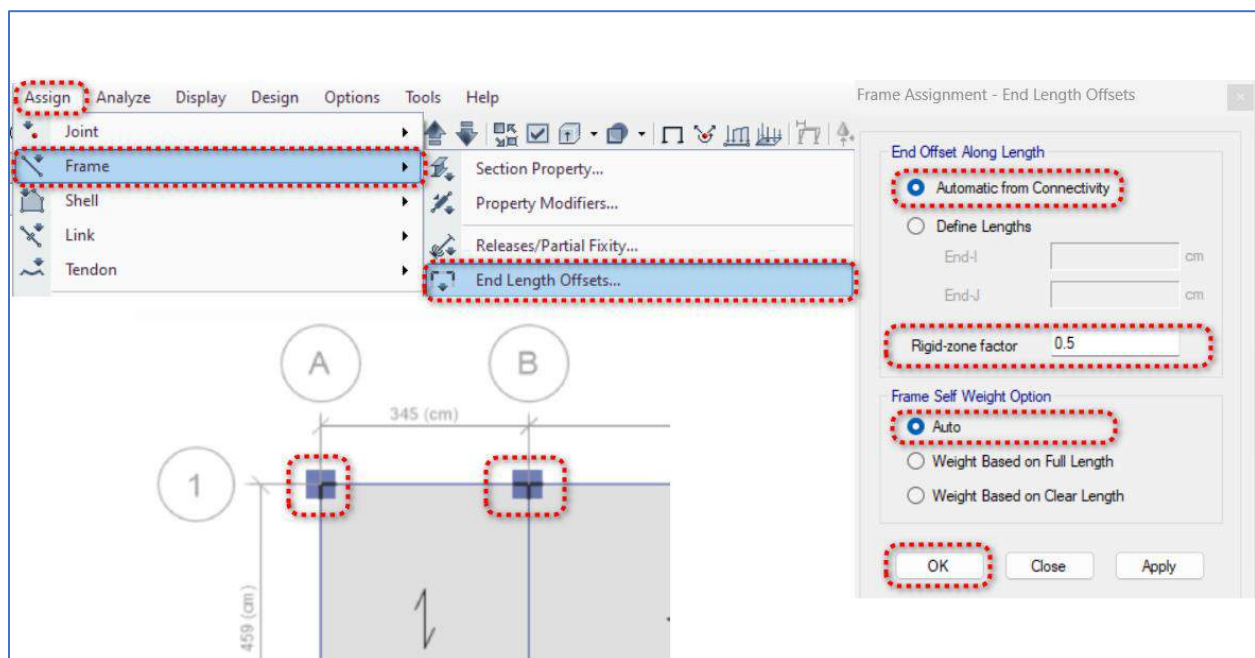
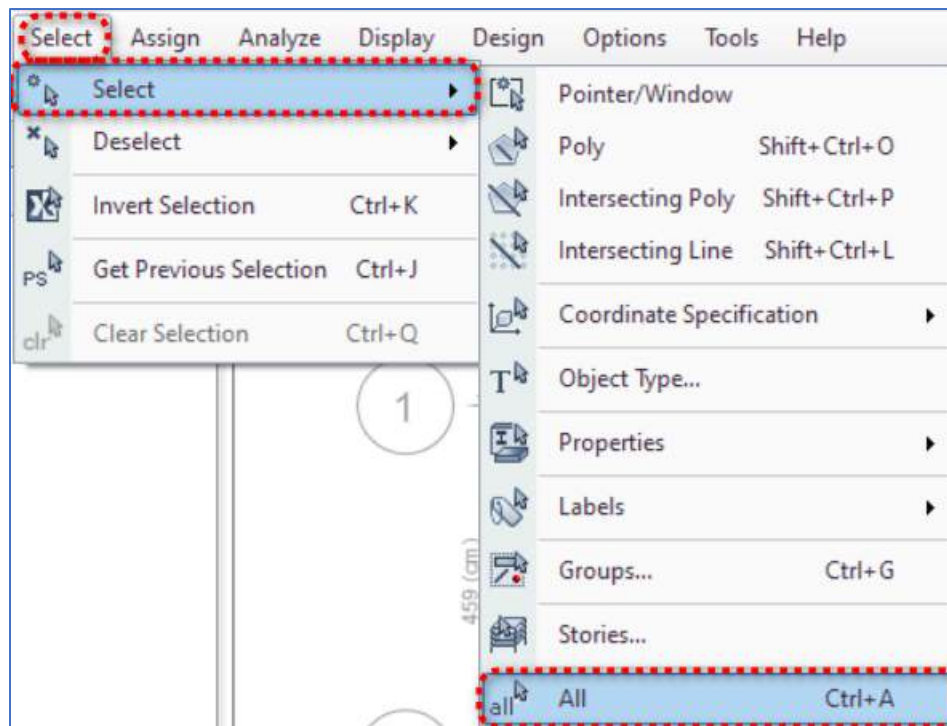
در تحلیل سازه، طول آزاد اعضا باید مدنظر قرار گیرد. از این رو، با استفاده از اختصاص نواحی صلب در انتهای اعضا، می توان طول آزاد واقعی تیرها و ستون ها را مشخص نمود.



نسبت توصیه شده برای ناحیه ی صلب انتهایی (Rigid-Zone-Factor) در اعضای بتنی (تیر و ستون) 0.5 می باشد. بدین معنی که نیمی از بخشی از تیر که در داخل چشمه اتصال قرار می گیرد صلب در نظر گرفته می شود. همچنین در بخش فوق امکان تعیین حالت در نظرگیری وزن قسمت همپوشانی اعضا وجود دارد. انتخاب حالت Auto به صورت خودکار محاسبه وزن اعضا به گونه ای انجام می شود که از تکرار وزن قسمت همپوشانی جلوگیری شود.



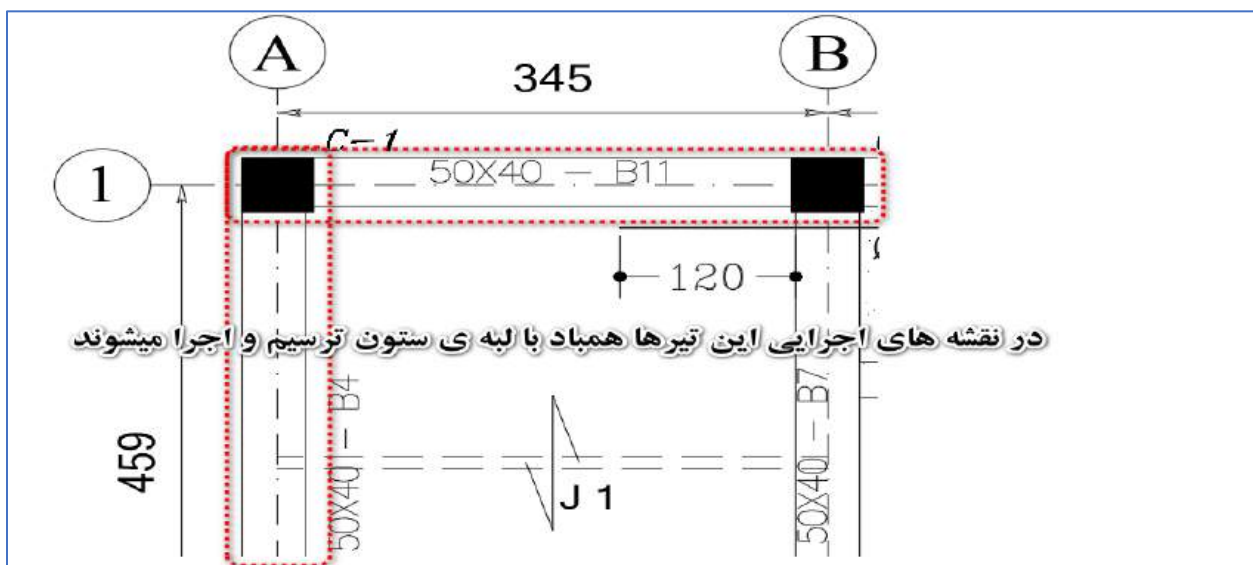
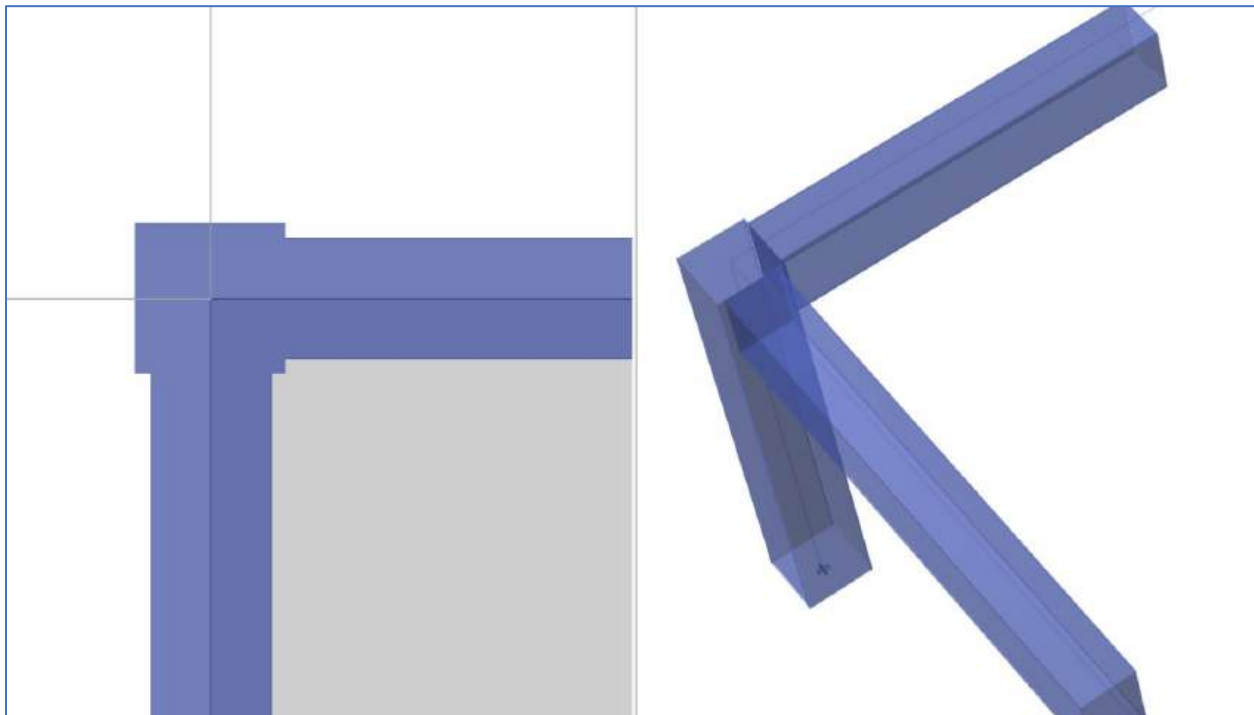
برای اختصاص ابتدا کل المان‌ها از مسیر زیر انتخاب می‌شود.





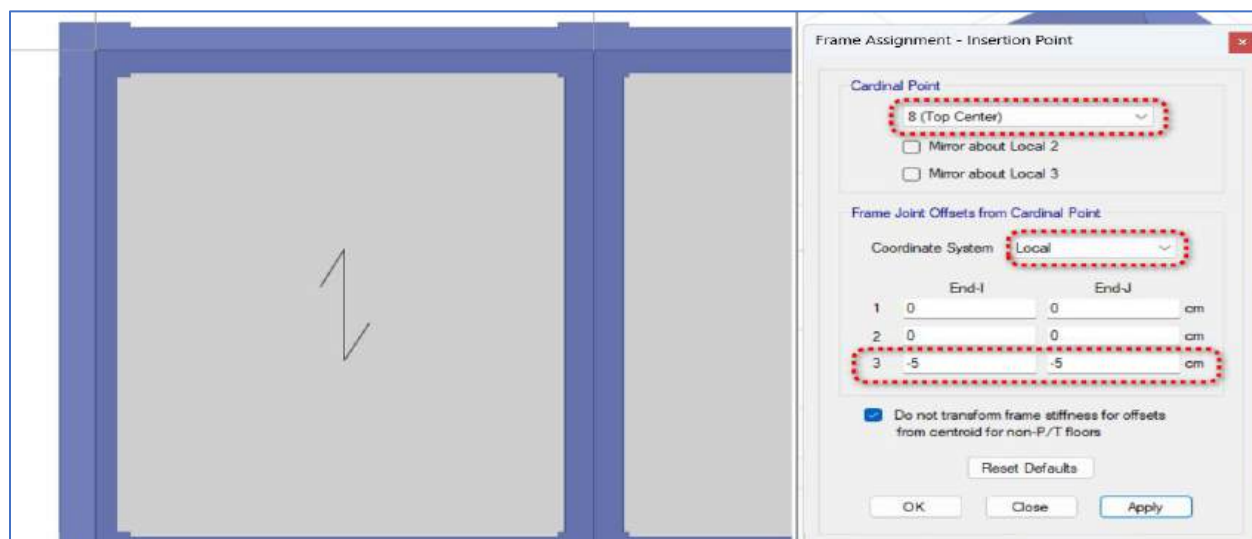
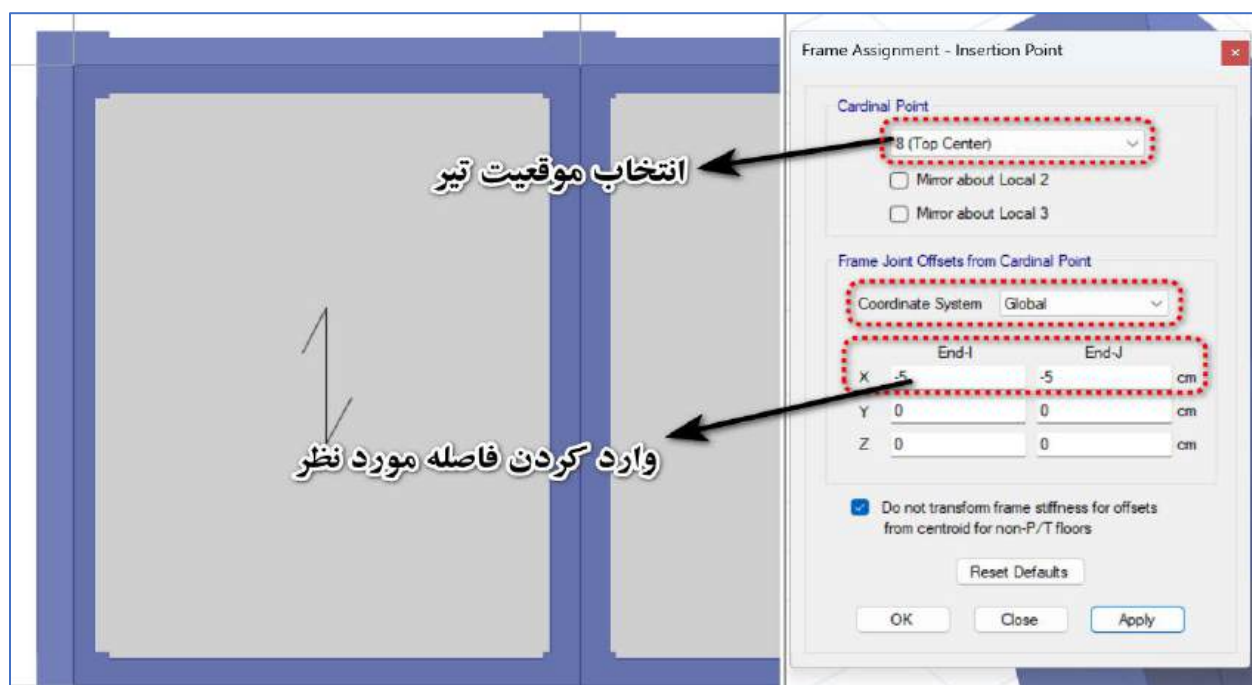
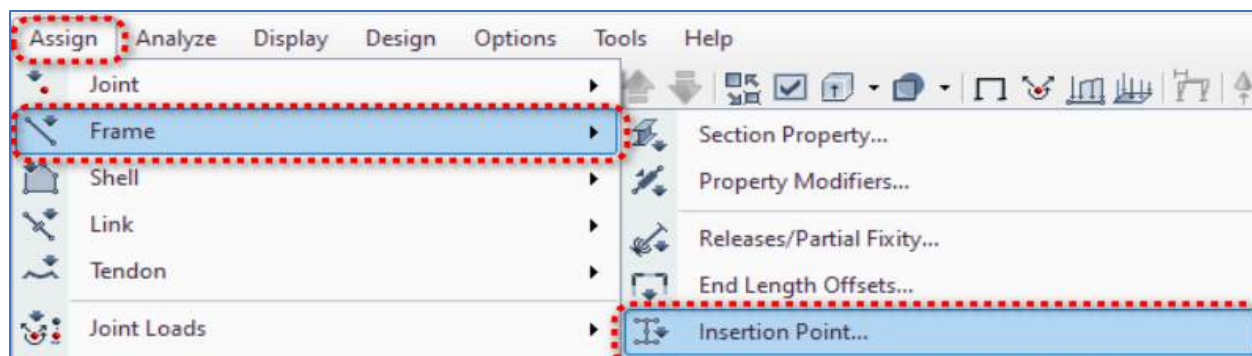
تغییر موقعیت اعضا نسبت به محور مرکزی

در نرم افزار ایتبس، به صورت پیش فرض، موقعیت سطح مقطع ستون‌ها نسبت به محور عبوری از مرکز سطح آن‌ها و موقعیت تیرها نسبت به محور عبوری از نقطه‌ی میانی وجه بالای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، میله‌های نمایش داده شده در مدل سازه، محور مرکزوارای ستون‌ها و محور میانی وجه بالای تیرها را نشان می‌دهند. به عنوان نمونه، در شکل زیر، نحوه‌ی قرارگیری و اتصال یک تیر با عرض ۴۰ سانتی‌متر به یک ستون با عرض ۵۰ سانتی‌متر به صورت پیش فرض نمایش داده شده است.





پس از انتخاب تیر با استفاده از گزینه زیر می توان مقطع تیر را به موقعیت همباد با لبه ی ستون منتقل نمود.



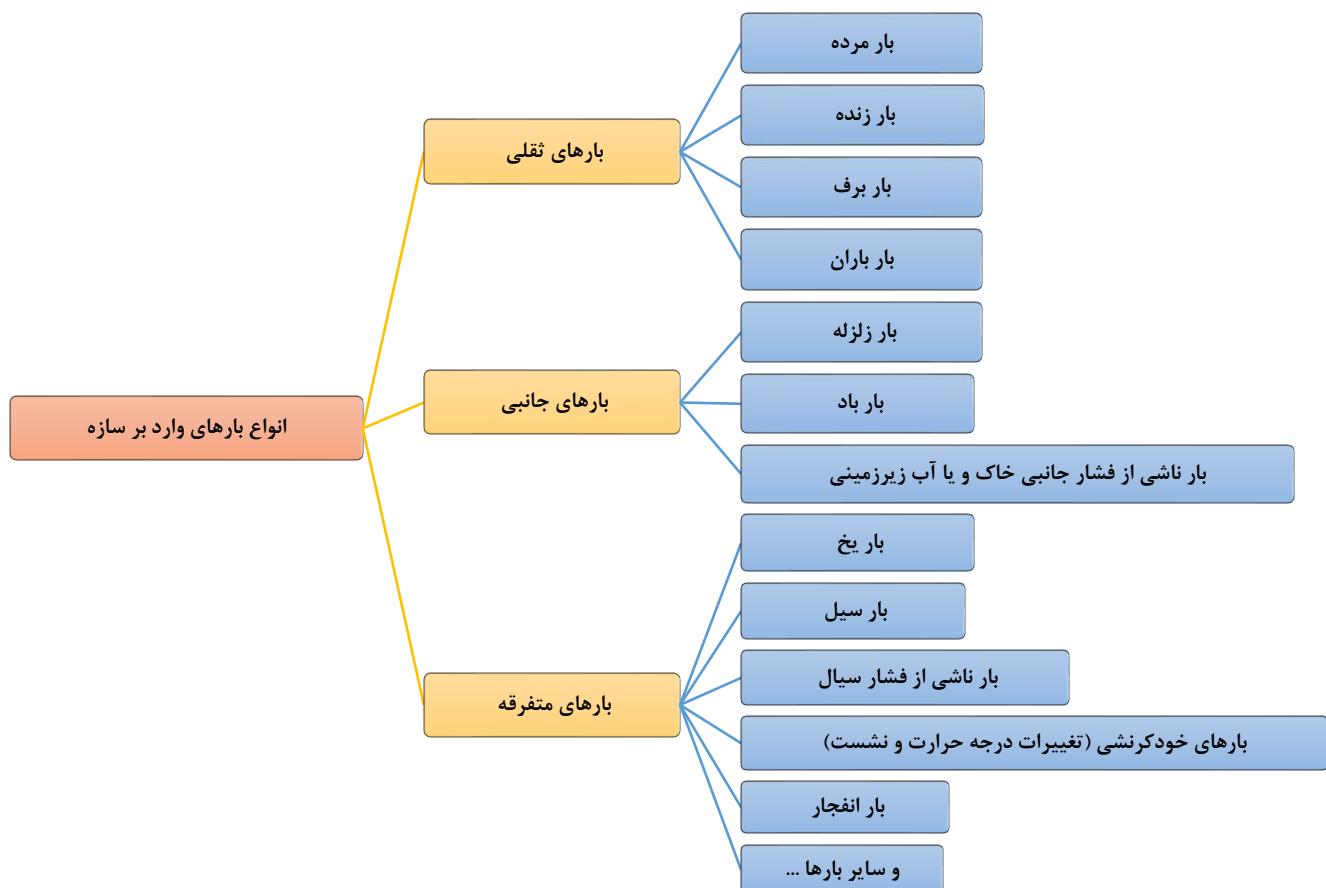


بارگذاری سازه‌ها

بارگذاری سازه‌ها از مباحثی است که در مجموعه‌ی مهندسی عمران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. قبل از آنکه به تحلیل و طراحی هر سازه‌ای پرداخته شود، لازم است انواع بار وارد بر آن تعیین شده و مقادیر بار برآورده شوند. هر چه مقادیر بارهای وارد بر ساختمان به صورت واقع‌بینانه‌تر برآورد شوند، اطمینان بیش‌تری در طراحی آن سازه حاصل خواهد شد. بدین جهت لازم است دانشجویان و مهندسان مجموعه‌ی مهندسی عمران، با جزئیات موارد مرتبط با بارگذاری سازه‌ها، آشنایی کامل داشته باشد.

آشنایی با انواع بارها

در فلوچارت زیر انواع بارهای وارد بر سازه را مشاهده می‌نمایید.





۱-۳-۶ کلیات

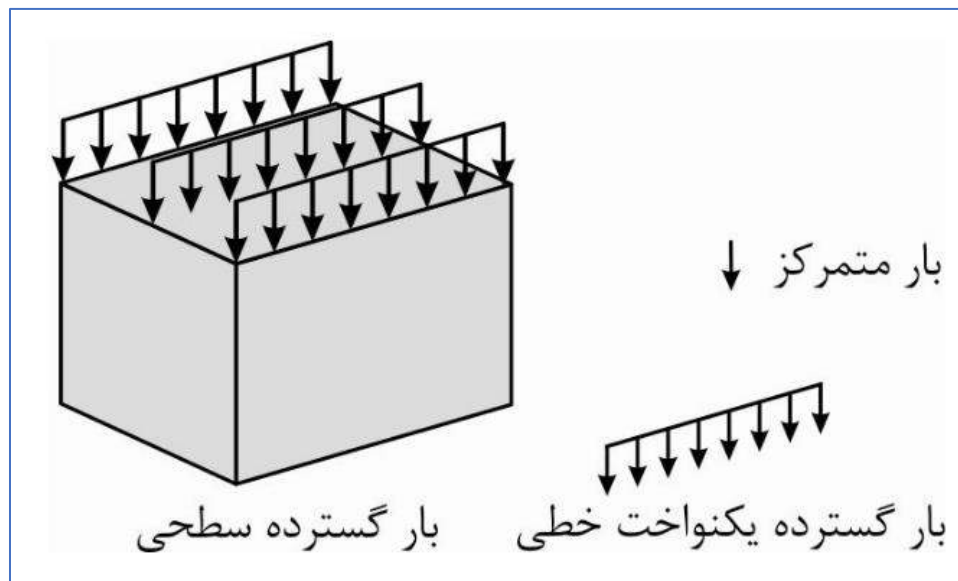
بارهای مرده عبارتند از وزن اجزای دائمی ساختمان‌ها مانند: تیر و ستون‌ها، دیوارها، کف‌ها، بام، سقف، راه‌پله، نازک‌کاری، پوشش‌ها و دیگر بخش‌های سهیم در اجزاء سازه‌ای و معماری. همچنین وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت شامل وزن جراثقال ثابت نیز در ردیف این بارها محسوب می‌شود.

بارهای مرده در یکی از حالات زیر به سازه وارد می‌شوند:

۱- بار گسترده سطحی، مانند وزن سقف

۲- بار گسترده خطی، مانند بار دیوارهای پیرامونی سازه که مستقیماً بر روی یک تیر قرار گرفته‌اند.

۳- بار متمرکز، نظیر وزن تجهیزات سنگین یا نیروی وارده از طرف یک ستون بر کف یک سازه



وزن مخصوص مصالح آن قطعه × حجم قطعه = بار مرده یک قطعه

در رابطه ارائه شده، حجم قطعه با توجه به ابعاد سازه‌ای و جزئیات معماری آن قطعه بدست می‌آید و جرم مخصوص مواد را می‌توانید از جداول (پ ۱-۲-۶) و (پ ۲-۲-۶) مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در صفحات ۱۱۹ تا ۱۲۵ از آن تهیه کنید.



تعریف بار مرده در نرم افزار ETABS

Load: در این ستون می توان یک نام اختیاری برای الگوی بار انتخاب کرد. بهتر است تا حد امکان نام انتخاب شده بیانگر ویژگی های آن الگوی بار باشد.

Type: نوع الگوی بار موردنظر در این ستون تعریف می شود. نرم افزار ایتبس از این پارامتر برای تشخیص نوع بار، نحوه استفاده از آن در ساخت ترکیب بارهای خودکار، تشخیص بارهای قابل کاهش و ... استفاده می کند.

Self Weight Multiplier: در این ستون ضریب مشارکت وزن اسکلت در الگوی بار مربوطه مشخص می شود. برای مثال در صورتی که بخواهیم وزن اسکلت در الگوی بار مرده به طور کامل در نظر گرفته شود، برای این الگوی بار در این قسمت باید ضریب ۱ را وارد کنیم. دقت شود که این ضریب فقط باید برای یک الگوی بار برابر ۱ بوده و برای مابقی برابر صفر باشد، در غیر این صورت وزن سازه چند بار اعمال خواهد شد.

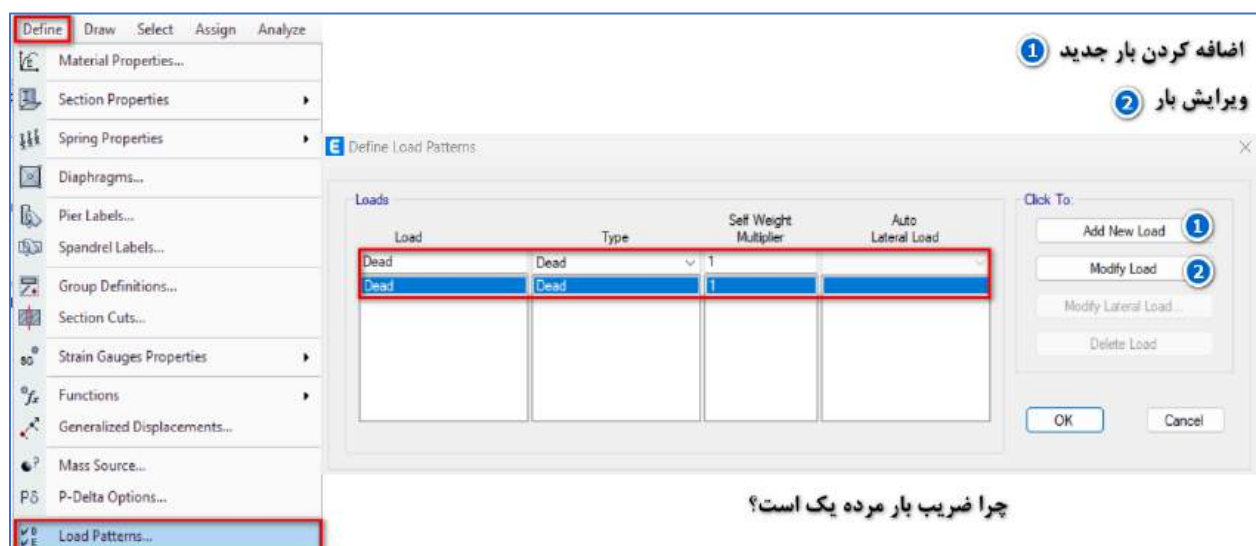
Auto Lateral Load: در این ستون رویکرد و روش محاسبه بار جانبی خودکار تعیین شده و در تعریف الگوهای بار لرزه ای کاربرد دارد.

Add New Load: افزودن یک الگوی بار جدید به لیست

Modify Load: ویرایش مشخصات یکی از الگوهای بار

Modify Lateral Load: ویرایش اطلاعات مربوط به یکی از الگوهای بار جانبی (باد و زلزله)

Delete Load: حذف یک الگوی بار از لیست





بار مرده به دو قسمت تقسیم می‌شود:

۱- بار مرده که نرم‌افزار حساب می‌کند (Dead) قسمت‌های سازه‌ای (در سقف تیرچه بلوک فقط بار Dead کافی هست)

۲- باری که باید کاربر اعمال کند (Super Dead) قسمت‌های غیرسازه‌ای (در سقف‌های تیرچه کرومیت، کامپوزیت و عرشه فولادی بار Super Dead تعریف گردد)

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Super Dead	Super Dead	0	
Dead	Dead	1	

Click To:

- Add New Load
- Modify Load
- Modify Lateral Load...
- Delete Load

OK Cancel

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Super Dead	Super Dead	0	
Dead	Dead	1	
Super Dead	Super Dead	0	

Click To:

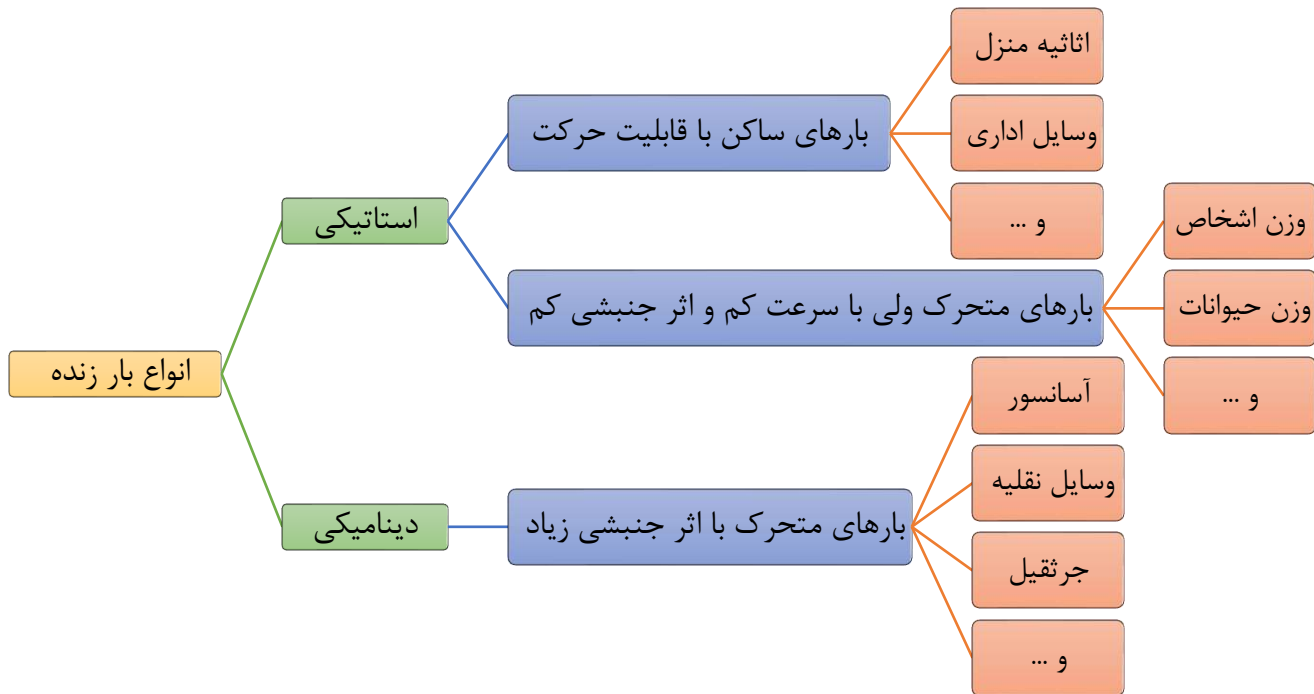
- Add New Load
- Modify Load
- Modify Lateral Load...
- Delete Load

OK Cancel



۶-۵-۱ تعاریف

بار زنده: باری غیردائمی است که در حین بهره‌برداری از ساختمان یا سایر سازه‌ها به آن‌ها وارد شود. بار زنده شامل بارهای حین ساخت نمی‌شود.



بار زنده بام: باری غیردائمی است بر روی بام که در حین بهره‌برداری یا انجام تعمیرات به آن وارد شده یا توسط اشیاء متحرکی چون گلدان و لوازم دیگر که ارتباطی با استفاده از ساختمان در طول عمر بهره‌برداری آن ندارند، به آن اعمال شود. این بار شامل بارهای حین ساخت یا بارهای محیطی مانند برف و باران نمی‌شود.

بار حین ساخت: باری است که در ضمن انجام عملیات ساختمانی به طور موقت به ساختمان وارد می‌شود. مقدار این بار باید هماهنگ با فرایند اجرای ساختمان به طور مناسبی در طراحی و اجرا مورد نظر قرار گیرد.



۴-۵-۶ بار زنده مشخص نشده کفها

بار زنده کاربری‌ها و فضاهایی که در این فصل نام برده نشده‌اند یا در مواردی که کاربری بخشی از ساختمان با موارد مندرج در جدول شماره ۴-۵-۶ تطابق نداشته باشد، با در نظر گرفتن نکات زیر

تعیین می‌شود. در هر حال مقدار این بار نباید کمتر از $1/5$ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود:

الف) وزن افرادی که احتمالاً در آنجا تجمع خواهند نمود.

ب) وزن تجهیزات و دستگاه‌هایی که احتمالاً در آنجا قرار خواهند گرفت.

پ) وزن موادی که احتمالاً در آنجا انبار خواهد شد.

ت) استفاده از ضوابط آیین‌نامه‌های معتبر

نکته: جداول مربوط به حداقل بار زنده گسترده یکنواخت کفها در آیین‌نامه‌ها بر اساس تحلیل آماری و در نظر گرفتن درصد ریسک حدود ۲ درصد تنظیم می‌شوند.

توجه: در صورت مشخص نبودن ابعاد بار متمرکز، بار وارده باید به صورت یکنواخت بر روی سطحی به ابعاد 750×750 میلی‌متر توزیع شده و محل آن طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر ناشی از بارگذاری را در اعضا ایجاد کند.

بار زنده بام (Live Roof)

در حالت کلی بار زنده بام را می‌توان از نظر کاربری، نوع و پوشش به انواع مختلفی تقسیم کرد. بام‌ها از نظر کاربری می‌توانند برای مهمانی، استخر، روف گاردن (بام باغ) و ... مورد استفاده قرار گیرند. همچنین بام‌ها می‌توانند تخت، شیب‌دار یا قوسی در نظر گرفته شوند که در خانه‌های ویلایی و حتی مسکونی شهری می‌توان نوع قوسی و شیب‌دار را مشاهده کرد. واضح است که برخی کاربری‌ها در برخی بام‌ها امکان‌پذیر نیست. برای مثال در بام تخت یا قوسی امکان تجمع و ازدحام جمعیت وجود ندارد. پوشش سقف‌ها نیز می‌توانند متفاوت باشد. اگر پوشش‌ها سبک باشد، بدلیل فهم از بابت این مسئله، نیازی به زیاد در نظر گرفتن بار زنده نیست. سقف‌ها با پوشش سبک را می‌توان در سایه‌بان‌ها، سقف پاسیو یا آفتابگیرها و قاب نگهدارنده فضا بند مشاهده کرد.



توجه: اگر بار زنده گسترده یکنواخت بام پس از کاهش به کمتر از ۱ کیلونیوتن بر مترمربع برسد، اعضای که تحت این بار قرار گرفته‌اند و وظیفه یکپارچگی و پیوستگی سقف را نیز برعهده دارند.

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱	بام‌ها		
۱-۱	بام معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی	۱٫۵ ^(۱)	۱٫۳
۲-۱	بام با پوشش سبک	۰٫۵	۱٫۳
۳-۱	بام باغ (بام دارای باغچه و گلخانه)	۵	—
۴-۱	بام از نوع پوشش پارچه‌ای با سازه اسکلتی	۰٫۲۵ (غیرقابل کاهش)	۱٫۳
۵-۱	بام با امکان تجمع و ازدحام	بسته به نوع کاربری	—
۶-۱	قاب نگهدارنده فضا بند	۰٫۲۵ (غیرقابل کاهش، فقط به اعضای قاب‌ها وارد می‌شود)	۱

سالن‌ها و محل‌های تجمع و ازدحام در انواع ساختمان‌ها

محل‌های تجمع نسبت به سایر موارد دارای حداقل بار زنده بیشتری هستند. در آیین‌نامه مثال‌هایی از این محل‌ها بیان شده است که می‌توان بار زنده متناسب با پروژه خود را با کمک آن‌ها به دست آورد. مطابق مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان، کاهش بار زنده برای این کاربری‌ها مجاز نمی‌باشد. مگر اینکه استثنای خاصی مطابق نظر طراح سازه وجود داشته باشد.

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۲	سالن‌ها و محل‌های تجمع و ازدحام در انواع ساختمان‌ها		
۱-۲	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع دارای صندلی‌های ثابت (چسبیده به کف)	۳ ^(۳)	—
۲-۲	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع فاقد صندلی‌های ثابت	۵ ^(۳)	—
۳-۲	سالن غذاخوری و رستوران	۵ ^(۳)	—
۴-۲	سینما و تئاتر	۵ ^(۳)	—
۵-۲	صحنه سینما و تئاتر	۷٫۵ ^(۳)	—
۶-۲	سالن اجرای مراسم گروهی، اجرای سرود و ...	۷٫۵ ^(۳)	—
۷-۲	شبهستان مساجد و تکایا	۶ ^(۳)	—
۸-۲	سالن انتظار و ملاقات	۵ ^(۳)	—
۹-۲	پایانه مسافری	۶ ^(۳)	—



راهروها

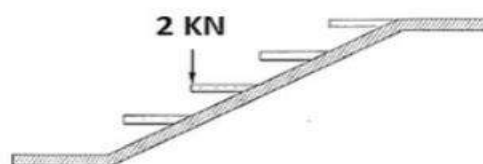
بطور کلی آیین نامه برای همکف (ورودی) حداقل بار زنده بیشتری را در نظر می گیرد؛ زیرا احتمال تجمع وجود دارد و یک طبقه مشترک بین همه طبقات محسوب می شود.

راه پله

آیین نامه برای راه پله های منتهی به درب خروجی و راه پله اضطراری به دلیل اهمیت به هنگام فرار ساکنین در زمان زلزله، بار زنده زیادی در نظر گرفته است. برای پله های دوبلکس نیز بار مشابه توسط مهندسان طراح در نظر گرفته می شود. مطابق آیین نامه لزومی به در نظر گرفتن همزمان بار متمرکز و گسترده در بارگذاری نیست؛ لذا اثر هر کدام در طراحی جداگانه لحاظ می شود.

۳	راهروها، راه پله ها ^(۴) و بالکن ها در انواع ساختمان ها		
۱-۳	راهرو در معرض تجمع و ازدحام واقع در طبقه همکف (ورودی)	۵	—
۲-۳	راهرو در معرض تجمع و ازدحام واقع در سایر طبقات	مطابق بار زنده اتاق های مجاور	—
۳-۳	راه پله و راهرو منتهی به درب های خروجی	(۴) ۵	۱,۳ ^(۴)
۴-۳	راه پله اضطراری	۵	۱,۳
۵-۳	راهرو دسترسی برای امور تعمیر و نگهداری تأسیسات	۲	۱,۳
۶-۳	بالکن	۱/۵ برابر بار زنده کف اتاق متصل به آن. (لازم نیست بیش از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود.)	—

توجه: مطابق مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان، در راه پله هایی که کف پله ها رفتار طره ای مجزا داشته و اتصال پله ها به یکدیگر کافی نباشد، کف پله ها باید برای یک بار متمرکز ۲ کیلونیوتن که در انتهای طره وارد می شود نیز طراحی گردند. لزومی به وارد کردن این بار به طور همزمان با بار گسترده نیست.





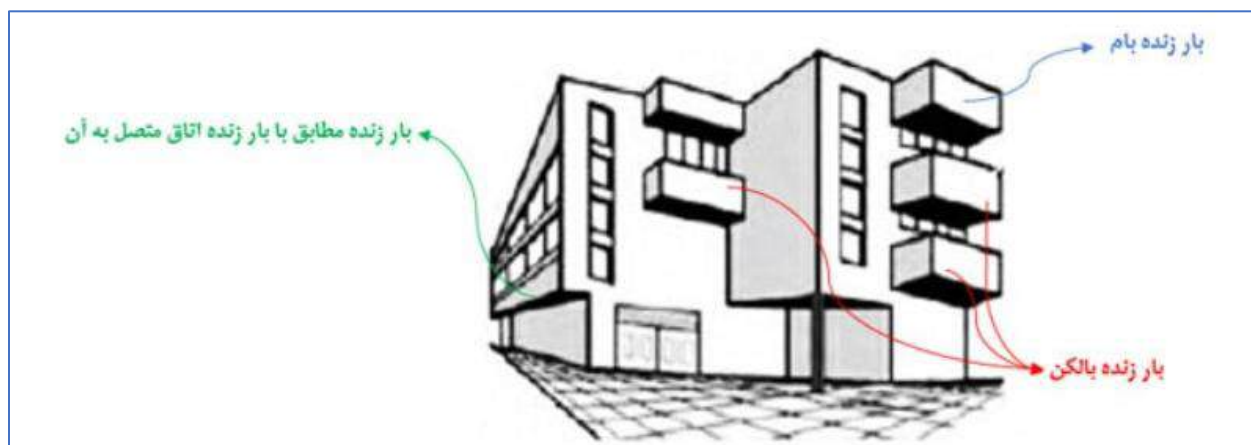
بالکن

بالکن‌ها باتوجه به اینکه احتمال دارد محل انبار کردن وسایل و تجمع باشد، مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان مقدار بار زنده آن را ۱.۵ برابر بار زنده کف‌های متصل به آن در نظر می‌گیرند.

آیا بار زنده بالکن (۱.۵ برابر بار زنده کف‌های متصل به آن) به همه طره‌ها اعمال خواهد شد؟

خیر، منظور از بالکن، طره بودن نیست. درواقع بالکن چه طره باشد و چه نباشد، بار زنده آن ۱.۵ برابر بار زنده کف‌های متصل به آن خواهد بود. از طرفی هر طره‌ای بالکن نیست. برای مثال پیشامدگی‌های ساختمان روی گذر ممکن است طره باشند، اما کاربری بالکن را ندارند. همچنین طره موجود در طبقه بام نیز بالکن محسوب نمی‌شود و بار زنده طره بام، مشابه بار زنده بام اعمال خواهد شد.

۳-۶	بالکن	۱/۵ برابر بار زنده کف اتاق متصل به آن. (لازم نیست بیش از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود.)	—
-----	-------	---	---



توجه: در صورتی که بالکن به‌عنوان محل تجمع و ازدحام باشد، بار زنده آن ۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته می‌شود.

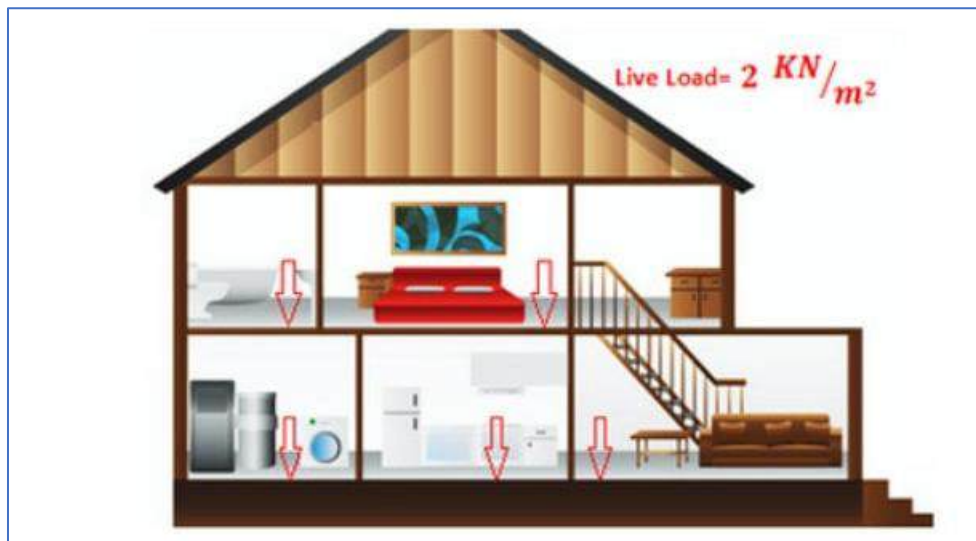


جزوه طراحی سازه بتنی

ساختمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی

مطابق مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان، بار زنده اتاق‌ها و فضاهای خصوصی ساختمان‌های مسکونی برابر ۲ کیلونیوتن بر مترمربع می‌باشد.

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۴ ۱-۴	ساختمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی اتاق‌ها و سایر فضاهای خصوصی شامل (سرویس‌ها- انبار- راهروها)	۲	—





محل‌های عبور و پارک خودروها

مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان محل‌های عبور و پارک خودروها را به چهار بخش تقسیم می‌کند. توضیحات این سه بخش را در ادامه بررسی می‌کنیم:

محل عبور و پارک خودروهایی با وزن حداکثر تا ۴۰ کیلونیوتن: کاهش بار زنده برای این حالت مجاز نمی‌باشد مگر آنکه استثنای خاصی در آن منظور شده باشد. همچنین اعضای خرپاها و تیرهای اصلی پارکینگ‌های تعمیراتی باید علاوه بر بارهای زنده سقف، یک‌بار متمرکز برابر با ۱۰ کیلونیوتن را به‌طور موضعی تحمل نماید. این بار در محلی اعمالی می‌شود که بحرانی‌ترین حالت باشد.

بارهای متمرکز در سطح ۱۲۰×۱۲۰ میلی‌متر فرض می‌شوند و نیازی به در نظرگیری همزمان بار متمرکز با بار گسترده نیست.

محل عبور و پارک خودروهایی با وزن ۴۰ تا ۹۰ کیلونیوتن: این حالت مشابه با حالت قبل است. علاوه بر این معابر یا کف‌هایی که روی آن‌ها احتمال عبور یا توقف ماشین‌های آتش‌نشانی باشد، باید برای وزن کامیونت ۹۰ کیلونیوتن بر مترمربع طراحی شوند. اگر عبور یا توقف ماشین سنگین‌تری پیش‌بینی شده باشد، وزن این ماشین در محاسبات در نظر گرفته خواهد شد.

محل عبور و پارک خودروهایی با وزن ۴۰ تا ۹۰ کیلونیوتن: مطابق مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان، برای این بارها بایستی به آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها، نشریه شماره ۱۳۹ دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور مراجعه شود.

معابر و بخش‌هایی از محوطه با امکان عبور کامیون: در این حالت برای کامیون با وزن بیش از ۹۰ کیلونیوتن، بایستی طبق آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها، نشریه شماره ۱۳۹ دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور بارگذاری انجام شود.

۱۱	محل‌های عبور و پارک خودروها		
۱-۱۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن حداکثر تا ۴۰ کیلونیوتن	۳ (۲) (۳) (۴)	۱۵ (۴)
۲-۱۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن ۴۰ تا ۹۰ کیلونیوتن	۶ (۲) (۳) (۴) (۸)	۳۰ (۴)
۳-۱۱	معابر و بخش‌هایی از محوطه با امکان عبور کامیون	(۸)	(۸)



بارهای ضربه‌ای

در تعیین بارهای زنده‌ای که تا به حال مورد بررسی قرار داده‌ایم، فرض شده است که شتاب وارد بر جرم تمام اجزای ساختمان ناچیز است و بار به صورت آهسته و تدریجی بر قسمت‌های مختلف سازه اعمال می‌شود. در واقع در هر مرحله‌ای که بار به سازه وارد می‌شود، زمان کافی برای برقراری تعادل بین نیروهای مؤثر و نیروهای ارتجاعی مقاوم داخلی وجود دارد. اما ممکن است در ساختمان‌ها با بارهایی مواجه شویم که این شرایط را نداشته باشند و اثر آن‌ها بایستی در بارگذاری لحاظ شود. مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان دو روش را برای در نظر گرفتن این بارها بیان می‌کند. در روش اول برای بارهای ضربه بایستی تحلیل‌های دینامیکی انجام داد. اما در روش دوم آیین‌نامه اجازه می‌دهد در صورت عدم انجام تحلیل‌های دینامیکی، برای سازه‌های تحت بار ضربه، ضریب ضربه مطابق آیین‌نامه اعمال شود.

سازه‌های نگهدارنده آسانسورها

برای جبران اثر ضربه در آسانسور، بارها ۱۰۰ افزایش می‌شوند و مطابق آیین‌نامه ضریب ضربه برای وزن اتاقک، ماشین آلات، وزنه تعادل و بار زنده ناشی از مسافران و وسایل برابر با ۲ خواهد بود. اگر بارهای اسمی ارائه شده توسط سازنده بیشتر از این مقدار باشد، این ضریب افزایش خواهد یافت و در هر صورت نباید کمتر از ۲ اختیار شود.

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱۲ سایر موارد اتاق آسانسور	۲-۱۲	۳.۶	۱.۳ (بر روی سطحی برابر با ۵۰×۵۰ میلیمتر وارد شود)

ضریب ضربه ×



کاهش بارهای زنده

از آنجایی که ممکن است بارهای زنده در طول عمر ساختمان نتواند به مقدار حداکثر خود (مقادیر جدول ۶-۵-۱) برسد لذا آیین‌نامه‌ها شرایطی را پیش‌بینی کرده‌اند که بتوان مقدار بار زنده را کاهش داد که این امر موجب سبک‌تر شدن سازه می‌شود.

کاهش بارهای زنده طبقات

طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۸، دو نوع کاهش سربار زنده منظور شده است:

کاهش بار زنده به روش سطح بارگیر

طبق بند ۶-۵-۵ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۸، می‌توان مقادیر بارهای زنده (L_0) طبقات را که در جدول ۶-۵-۱ داده شده است را طبق ملاحظات بندهای آیین‌نامه برای محاسبه بار زنده طراحی (L) کاهش داد.

۶-۵-۵-۱ کاهش در بارهای زنده گسترده یکنواخت

بار زنده گسترده اعضایی را که برای آنها، مقدار $K_{LL} A_T$ برابر با ۳۷ مترمربع یا بیشتر باشد، می‌توان با در نظر گرفتن محدودیت‌های بندهای ۶-۵-۵-۲ تا ۶-۵-۵-۵، طبق رابطه (۶-۵-۱) کاهش داد:

$$L = L_0 \left[0.75 + \frac{4/57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right] \quad (6-5-1)$$

که در آن:

L : بار زنده طراحی کاهش یافته در هر مترمربع، وارد شده بر عضو

L_0 : حداقل بار زنده گسترده یکنواخت در هر مترمربع، وارد شده بر عضو (از جدول ۶-۵-۱)

K_{LL} : ضریب موقعیت عضو (از جدول ۶-۵-۲)

A_T : سطح بارگیر (مترمربع)

L برای اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می‌کنند نباید از $L_0/5$ و برای اعضایی که بار دو طبقه

یا بیشتر را تحمل می‌کنند از $L_0/4$ کمتر باشد.



۶-۵-۶ کاهش بارهای زنده بام

حداقل بار زنده گسترده یکنواخت بام، L_0 ، در جدول ۱-۵-۶ را می‌توان برای محاسبه بار زنده طراحی بام (L_r) طبق ضوابط بندهای ۱-۶-۵-۶ و ۲-۶-۵-۶ کاهش داد.

۱-۶-۵-۶ بام‌های تخت، شیب دار و قوسی

بار زنده بام‌های معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی و سایبان‌ها را می‌توان با استفاده از رابطه ۲-۵-۶ کاهش داد. در سازه‌هایی مانند گلخانه نیز که در آن از داربست‌های مخصوص عبور کارگران و حمل مصالح در زمان نگهداری و تعمیر استفاده می‌شود، مقادیر بار زنده بام نباید کمتر از مقدار داده شده توسط رابطه ۲-۵-۶ باشد.

$$L_r = L_0 R_1 R_r \quad 0.6 \text{ kN/m}^2 \leq L_r \leq 1.5 \text{ kN/m}^2 \quad (2-5-6)$$

که در این رابطه:

L_r : بار زنده طراحی کاهش یافته بام در هر مترمربع تصویر افقی سطح نگهداری شده توسط عضو
 L_0 : حداقل بار زنده گسترده یکنواخت کاهش نیافته بام در هر مترمربع تصویر افقی سطح نگهداری شده توسط عضو (جدول ۱-۵-۶)

که در آن A_T سطح بارگیر عضو (بر حسب مترمربع) می‌باشد.

ضریب R_r از رابطه ۴-۵-۶ محاسبه می‌شود.

$$R_r = \begin{cases} 1 & \text{برای } S \leq 33 \\ 1/2 - 0.006 S & \text{برای } 33 < S < 100 \\ 0.6 & \text{برای } S \geq 100 \end{cases} \quad (4-5-6)$$

که در آن، برای بام‌های شیب‌دار، S شیب سقف (به درصد)، و در بام‌های قوسی و گنبدی، S معادل ۲۶۷ برابر نسبت ارتفاع به طول دهانه قوس است.

برای در جهت اطمینان گرفتن از کاهش بار زنده بام صرف نظر شود.



کاهش بار زنده از طریق ترکیب بار

برای کاهش بار زنده از طریق ترکیب بار، مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۸ و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۹ رویکرد متفاوتی باهم دارند.

رویکرد مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۸: طبق بند ۶-۲-۳-۲-الف می توان ضرایب مربوط به بار زنده (L) در ترکیب بارهای ۳، ۴ و ۵ (ترکیب بارهای شامل بار جانبی باد W و زلزله E) را برای کاربری هایی که بار زنده کاهش نیافته (L_0) طبق جدول ۶-۵-۱ مقادیر آنها کمتر از ۵ کیلو نیوتن بر مترمربع است به استثناء کف پارکینگ ها یا محل های اجتماع عمومی برابر ۰.۵ منظور نمود. مشروط بر آنکه طبق ضوابط بند ۶-۵-۵ کاهش بارهای زنده در محاسبه بار L نشده باشد.

به بیانی دیگر طبق این بند اجازه استفاده هم زمان از دو روش کاهش بار را نداریم لذا نمی توان هم خود بار را کاهش داد و هم در ترکیب بار از ضریب ۰.۵ برای کاهش دوباره این بار استفاده کرد.

$$۱) \frac{1}{4}D$$

$$۲) \frac{1}{2}D + \frac{1}{6}L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$$

$$۳) \frac{1}{2}D + \frac{1}{6}(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0.5(\frac{1}{6}W)]$$

$$۴) \frac{1}{2}D + \frac{1}{6}W + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$$

$$۵) \frac{1}{2}D + E + L + 0.2S$$

$$۶) 0.9D + \frac{1}{6}W$$

$$۷) 0.9D + E$$

رویکرد مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۹: طبق بند ۹-۷-۳-۲-۲ ضریب بار مربوط به بار زنده L را در رابطه های (۳-۷-۹)، (۴-۷-۹) و (۵-۷-۹) (ترکیب بارهای شامل بار جانبی باد W و زلزله E) می توان به ۰.۵ کاهش داد مگر در بارگذاری پارکینگ ها، بارگذاری محل های ازدحام عمومی و محل هایی که در آنها میزان بار زنده بیش از ۵ کیلو نیوتن بر مترمربع باشد. استفاده از ضریب ۰.۵ مورد اشاره در کنار بار زنده کاهش یافته نیز مجاز است.

به بیانی دیگر این بند اجازه استفاده هم زمان از دو روش کاهش بار را می دهد لذا می توان هم خود بار را کاهش داد و هم در ترکیب بار از ضریب ۰.۵ برای کاهش دوباره این بار استفاده کرد.

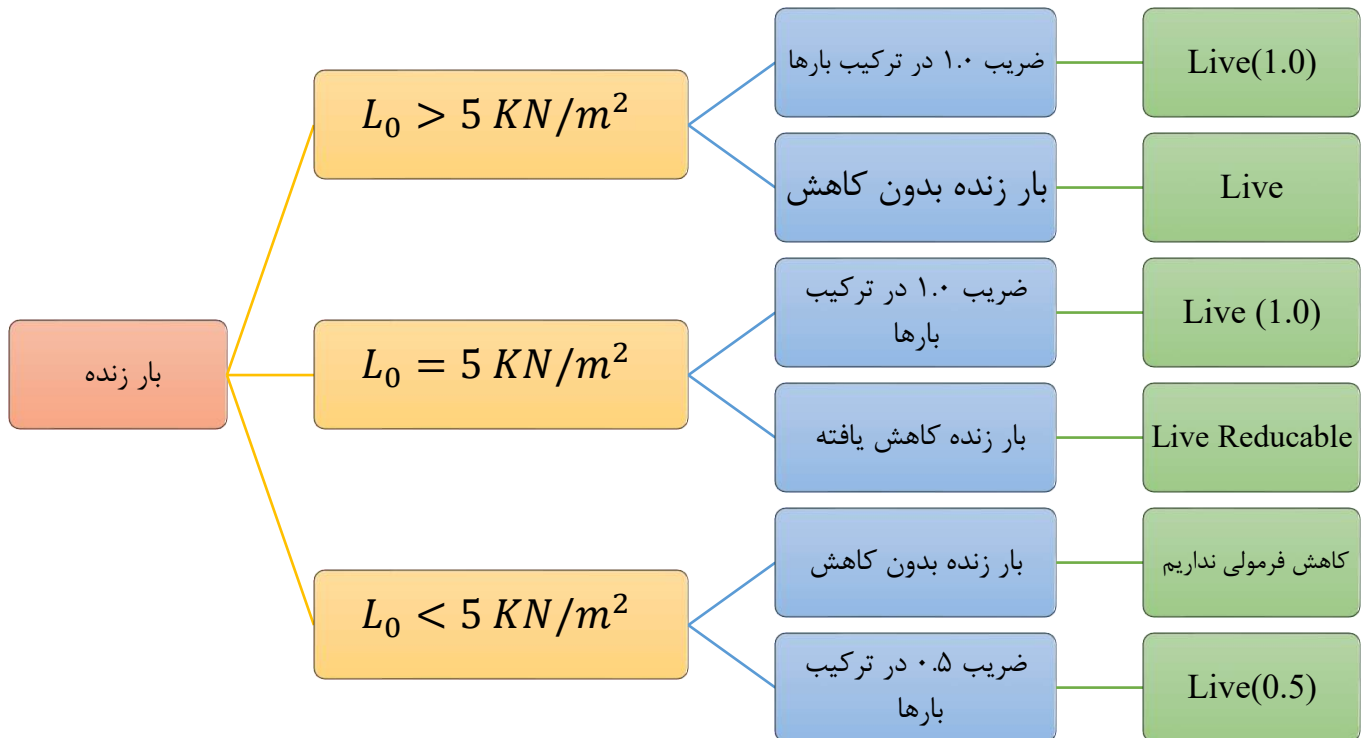


۷-۹ ضریب‌های بار و ترکیب‌های بارگذاری - ضریب‌های کاهش مقاومت

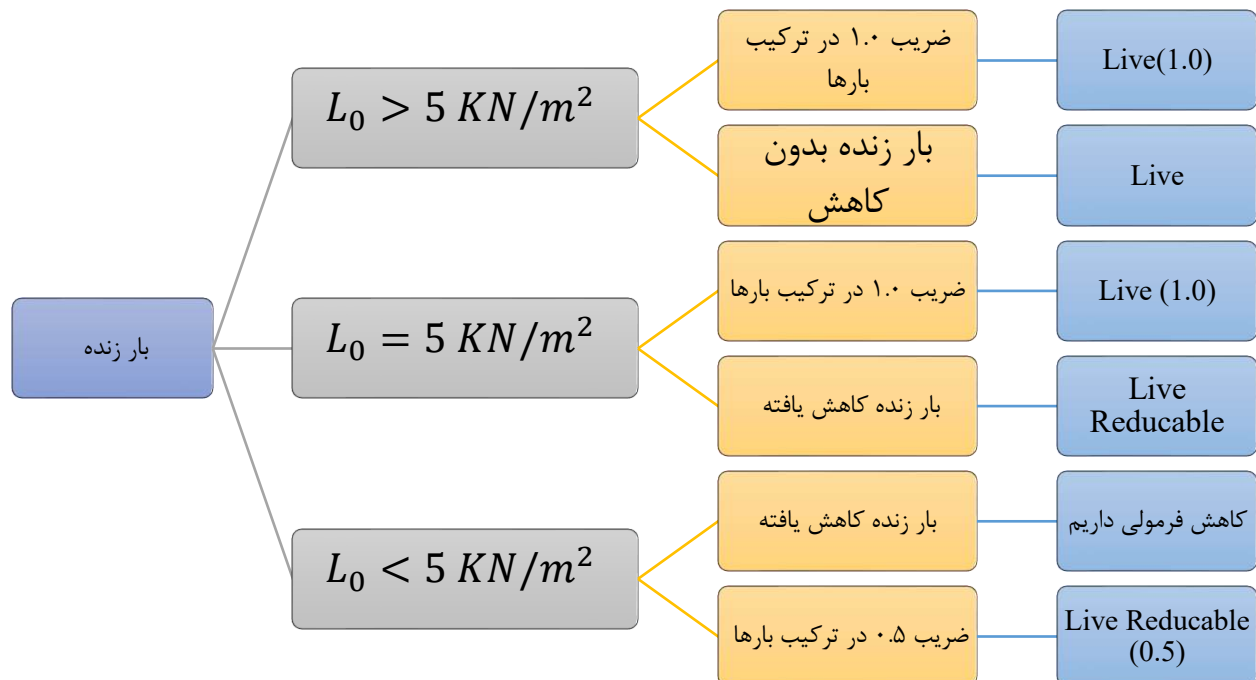
جدول ۱-۷-۹ ترکیب‌های بارگذاری

شماره‌ی رابطه	بار اصلی	ترکیب‌های بارگذاری
(۱-۷-۹)	D	1) $U = 1.4D$
(۲-۷-۹)	L	2) $U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
(۳-۷-۹)	$L_r \text{ or } S \text{ or } R$	3) $U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.5(1.6W))$
(۴-۷-۹)	W	4) $U = 1.2D + 1.0L + 1.6W + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
(۵-۷-۹)	E	5) $U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$
(۶-۷-۹)	W	6) $U = 0.9D + 1.6W$
(۷-۷-۹)	E	7) $U = 0.9D + 1.0E$

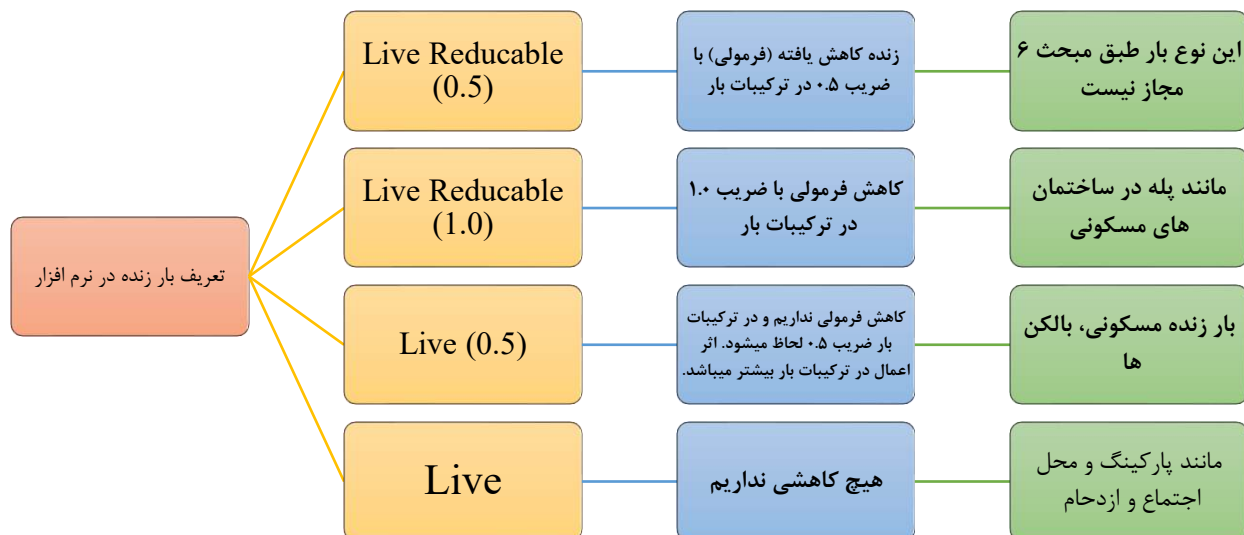
نکته: با توجه به اینکه مبنای بارگذاری مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۸ می‌باشد، لذا توصیه می‌شود که بر مبنای مبحث ششم عمل شود.



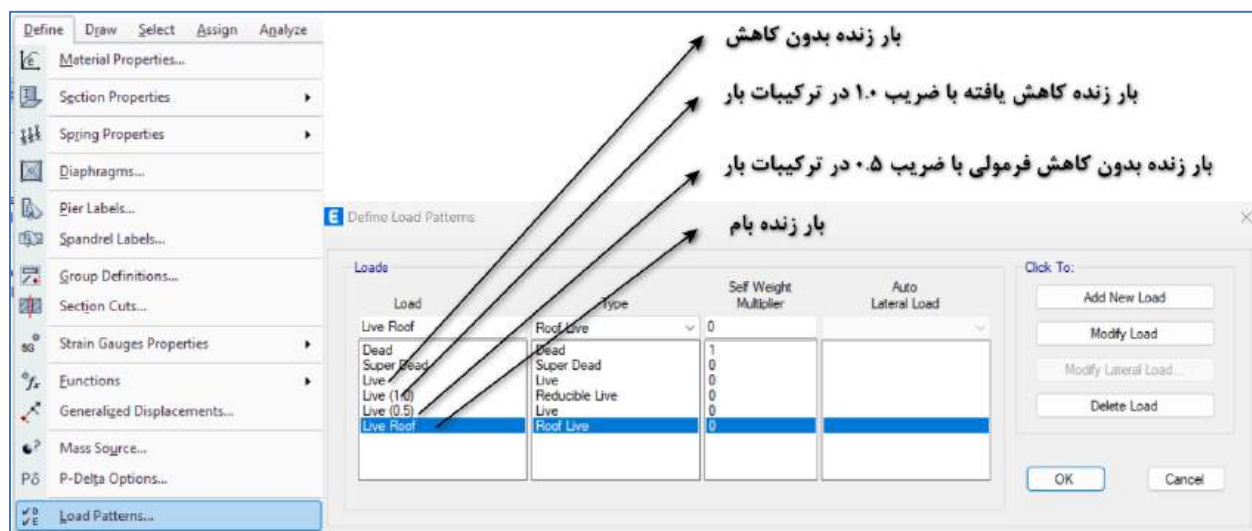
رویکرد کاهش بار زنده طبق مبحث ششم



رویکرد کاهش بار زنده طبق مبحث نهم و آبا

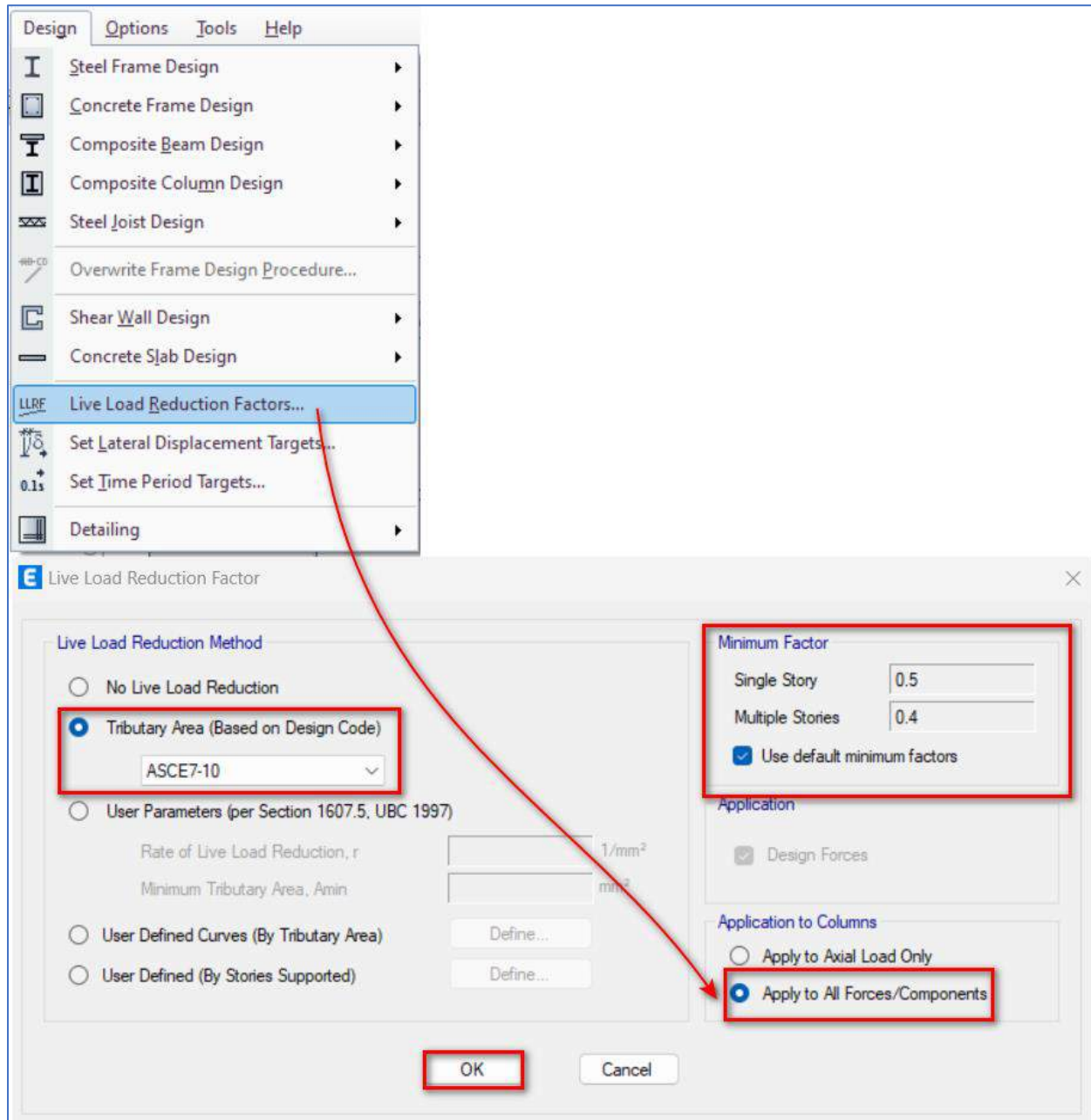


تعریف الگوهای بار زنده در نرم افزار ETABS



به طور کلی آیین نامه ها از کلمه می توان برای کاهش بارهای زنده استفاده کرده است که طراح سازه می تواند این کاهش بارهای زنده را در نظر نگیرد و در جهت اطمینان سازه را طراحی نمود.

مقادیر حداقل بارهای زنده گسترده (L_0) طبقات را که در جدول ۶-۵-۱ داده شده ، می توان بر طبق ملاحظات بندهای ۶-۵-۱ الی ۶-۵-۵ برای محاسبه بار زنده طراحی (L) کاهش داد. ضوابط مربوط به کاهش بار زنده بامها در بند ۶-۵-۶ ارائه شده است.

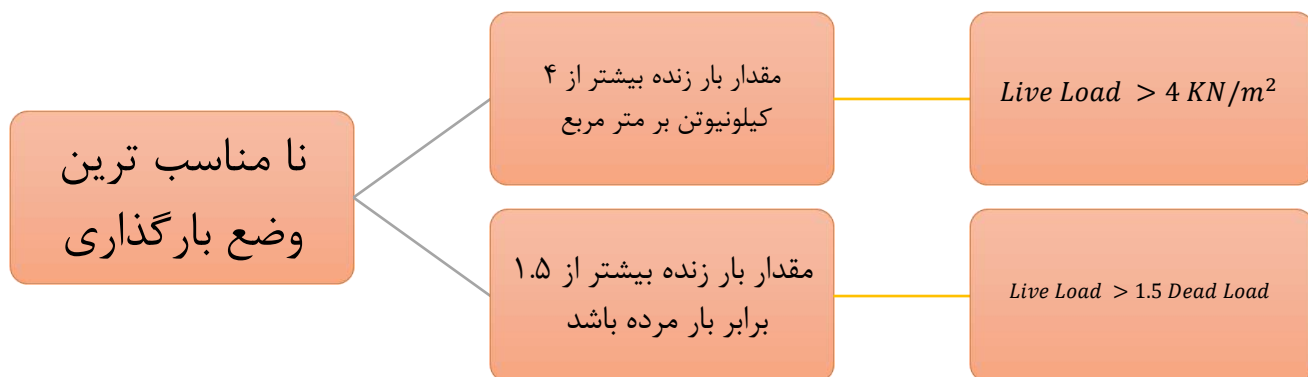




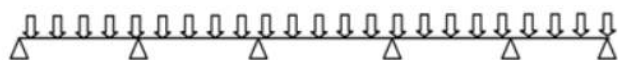
۶-۵-۲-۳ نامناسب‌ترین وضع بارگذاری

در تیرهای یکسره و در قاب‌های نامعین در مواردی که مقدار بار زنده بیشتر از ۴ کیلونیوتن بر مترمربع یا بیشتر از یک‌ونیم برابر بار مرده است، موقعیت قرارگیری بار زنده در دهانه‌های مختلف باید طوری انتخاب شود که بیشترین اثر مورد نظر را در عضو سازه‌ای ایجاد نماید. برای این منظور کافی است علاوه بر حالت قرار دادن بار زنده در تمام دهانه‌ها، حالت‌های بارگذاری زیر نیز در نظر گرفته شوند:

- الف- قرار دادن بار زنده در دو دهانه مجاور هم
- ب- قرار دادن بار زنده در دهانه‌های یک در میان



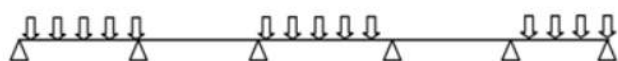
در اینصورت سه حالت بارگذاری برای طراحی باید چک شود:



۱. قرار دادن بار زنده در تمام دهانه‌ها (بارگذاری کلی)



۲. قرار دادن بار زنده در دو دهانه مجاور



۳. قرار دادن بار زنده در دهانه‌های یک درمیان



Design Options Tools Help

Steel Frame Design Concrete Frame Design View/Revise Preferences...

28 Pattern Live Load Factor 0.75

Define Draw Select Assign Analyze

Material Properties... Section Properties... Spring Properties... Diaphragms... Pier Labels... Spandrel Labels... Group Definitions... Section Cuts... Strain Gauges Properties... Functions... Generalized Displacements... Mass Source... P-Delta Options... Load Patterns...

Loads

Load	Type
Dead	Dead
Live	Dead
Live (n 5)	Super Dead
	Live
	Reducible Live
	Roof Live
	Pattern Live
	Pattern Live - Auto

نا مناسب ترین وضع بارگذاری

مقدار بار زنده بیشتر از ۴ کیلونیوتن بر متر مربع

مقدار بار زنده بیشتر از ۱۵ برابر بار مرده باشد

Live Load > 4 kN/m²

Live Load > 1.5 Dead Load



بار تیغه‌بندی

۶-۵-۲ ضوابط مربوط به جداکننده‌ها

در ساختمان‌های اداری یا سایر ساختمان‌هایی که در آن‌ها احتمال استفاده از جداکننده‌های داخلی با وزن هر مترمربع ۱ کیلونیوتون بر مترمربع، با یا بدون جابجایی موقعیت آن‌ها وجود دارد، باید وزن آن‌ها بدون توجه به اینکه در نقشه‌ها نشان داده شده یا نشده باشند، منظور گردند.

در ساختمان‌هایی که جداکننده‌های سبک، نظیر دیوارهای ساندویچی و ورق گچی با وزن هر مترمربع سطح کمتر از $0/4$ کیلونیوتون بر مترمربع دیوار به کار برده می‌شوند، بار گسترده معادل وارد بر کف را باید حداقل $0/5$ کیلونیوتون بر مترمربع در نظر گرفت. در سایر موارد، بار گسترده

معادل وزن جداکننده‌ها و تیغه‌ها بر کف را نباید کمتر از ۱ کیلونیوتون بر مترمربع منظور نمود. بار گسترده معادل جداکننده‌ها در محاسبات جزو بار زنده محسوب می‌گردند اما در تعیین نیروی زلزله این بارها باید در محاسبه وزن مؤثر لرزه‌ای به بار مرده اضافه شوند.

استثناء: اگر حداقل بار زنده، L_0 از ۴ کیلونیوتون بر مترمربع بیشتر باشد، نیازی به در نظر گرفتن بار زنده جدا کننده‌ها نیست.





۳-۳-۶ وزن تیغه‌ها و دیوارها

کلیه تیغه‌ها و دیوارها با وزن هر مترمربع سطح بیش از یک کیلونیوتن بر مترمربع به عنوان بار مرده در محاسبات منظور می‌شوند. در صورتی که هر مترمربع تیغه یا دیوار بین ۱ تا ۲ کیلونیوتن بر مترمربع باشد، بار معادل تیغه را می‌توان به صورت بار گسترده یکنواخت بر مساحت کف اعمال نمود. وزن معادل بار مرده تیغه‌ها که بر مساحت هر فضا اعمال می‌شود از تقسیم وزن کل تیغه‌ها بر مساحت فضای موردنظر به دست می‌آید. اما در هر صورت نباید کمتر از یک کیلونیوتن بر مترمربع منظور شود. چنانچه وزن تیغه با دیوار بیشتر از ۲ کیلونیوتن بر مترمربع باشد لازم است بار مرده تیغه یا دیوار در محل واقعی خود اعمال شود. وزن سایر جداکننده‌های سبک مطابق ضوابط بند ۶-۵-۲-۲ در محاسبات منظور می‌شود.

بر اساس بندهای ۳-۳-۶ و ۶-۵-۲-۲ مبحث ششم دیوارها به چهار دسته زیر تقسیم می‌شود:

دسته اول: دیوارهایی با وزن سنگین هستند که وزن آن‌ها از ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع بیشتر باشد.

دسته دوم: که شامل دیوارهای متوسط هستند، یعنی وزن آن‌ها بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع باشد.

دسته سوم: دیوارهای نیمه سبک که وزن آن‌ها بین ۴۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع باشد.

دسته چهارم: دیوارهای سبکی هستند که وزن آن‌ها از ۴۰ کیلوگرم بر مترمربع کمتر باشد.

در ادامه توضیحات و نحوه‌ی اعمال بار تیغه بندی را بر اساس دسته‌بندی‌های گفته‌شده در بالا، بیان می‌شود.



دسته اول دیوارهای تیغه بندی

این دسته دیوارهای تیغه شامل دیوارهای سنگینی بود که وزن یک مترمربع آنها بیشتر از ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع است. مطابق بند ۳-۳-۶ بار این دیوارها را باید به صورت مرده در محل خود دیوارها وارد شود.

دسته دوم دیوارهای تیغه بندی

دسته‌ی دوم دیوارهای پارتیشن، شامل دیوارهایی با وزن متوسط بود که وزن آنها بین وزن آنها بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع است. برای اعمال بار این دیوارها باید مطابق بند ۳-۳-۶، بار معادل تیغه‌ها حساب شود و به صورت بار گسترده از نوع بار مرده به کف‌های طبقه وارد شود. توجه شود که در این حالت حداقل بار مرده معادل حساب شده باید ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع باشد. در سازه‌های متعارف ایران بارهای تیغه بندی اکثراً در این دسته قرار می‌گیرند. برای اعمال بار این دسته از دیوارهای تیغه بندی ابتدا باید بار معادل دیوارها را به دست بیاوریم، برای این منظور در پلان معماری پروژه طول کل دیوارهای تیغه بندی را به دست می‌آوریم.

برای به دست آوردن بار معادل تیغه بندی وزن واحد دیوارها را در مجموع مساحت دیوارهای تیغه طبقه ضرب می‌کنیم و بر مساحت کل طبقه وارد می‌کنیم. بار به دست آمده (q) را باید لحاظ کرد.

$$q = \frac{Q \times A_1}{A_2}$$

Q : وزن واحد سطح دیوار بر حسب کیلوگرم بر مترمربع

A_1 : مساحت دیوارهای تیغه بندی موجود در طبقه، که برابر است با طول دیوارها ضرب در ارتفاع دیوار بر حسب مترمربع

A_2 : مساحت کل طبقه منهای راه‌پله که شامل تیغه بندی است بر حسب مترمربع

در پلان قرار داده شده در اول جزوه وزن واحد سطح دیوارهای داخلی ۱۷۲ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شده است.

$$A_1 = (3.34 + 1.66 + 2.08 + 0.3 + 0.37 + 0.46 + 4.25 + 1.5 + 1.66) \times (3.24 - 0.3) = 45.93 \text{ kg/m}^2$$

$$A_2 = (134 - 19.25) = 114.75 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{Q \times A_1}{A_2} = \frac{172 \times 45.93}{114.75} = 68.85 < 100 \rightarrow 100 \text{ Kg/m}^2$$



دسته سوم دیوارهای تیغه بندی

دسته‌ی سوم شامل دیوارهایی است که وزن آن‌ها بین ۴۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. مطابق بند ۶-۵-۲ برای این‌گونه دیوارها نیز باید بار معادل تیغه‌ها را به دست آورد و به‌صورت گسترده از نوع بار زنده اعمال کرد. توجه شود که در این نوع دیوارها حداقل بار وارده باید ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع باشد.

مطابق استثناء این بند اگر بار زنده‌ی طبقه بیشتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمربع باشد لازم به اعمال بار زنده‌ی تیغه بندی نمی‌باشد.

همچنین اگر دیوارهای تیغه بندی در پلان معماری سازه نشان داده نشده بود باید بار ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع به‌صورت گسترده و از نوع بار زنده به کف‌ها اعمال شود زیرا امکان دارد که در اجرا دیوارهای تیغه بندی اضافه شود.

استثناء : اگر حداقل بار زنده، L_0 ، از ۴ کیلونیوتن بر مترمربع بیشتر باشد، نیازی به در نظر گرفتن بار زنده جدا کننده‌ها نیست.

دسته چهارم دیوارهای تیغه بندی

در سازه‌هایی که برای تیغه بندی آن از جداکننده‌ی سبک، نظیر ساندویچ پانل‌ها و ورق‌های گچی که وزن هر مترمربع آن‌ها کمتر از ۴۰ کیلوگرم بر مترمربع باشد، استفاده شود برای اعمال بار تیغه بندی آن باید یک‌بار گسترده معادل وارد بر کف به‌اندازه‌ی حداقل ۵۰ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفت.

استثناء بند ۶-۵-۲ که بیان می‌کرد در صورت وجود بار زنده‌ی ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمربع نیازی به اعمال بار زنده‌ی تیغه بندی نمی‌باشد، نیز شامل این دیوارها نیز می‌شود. برای اعمال این دسته از بار تیغه بندی باید کل کف طبقه‌ی موردنظر را انتخاب کرده و به‌صورت زیر بار را اعمال کرد.

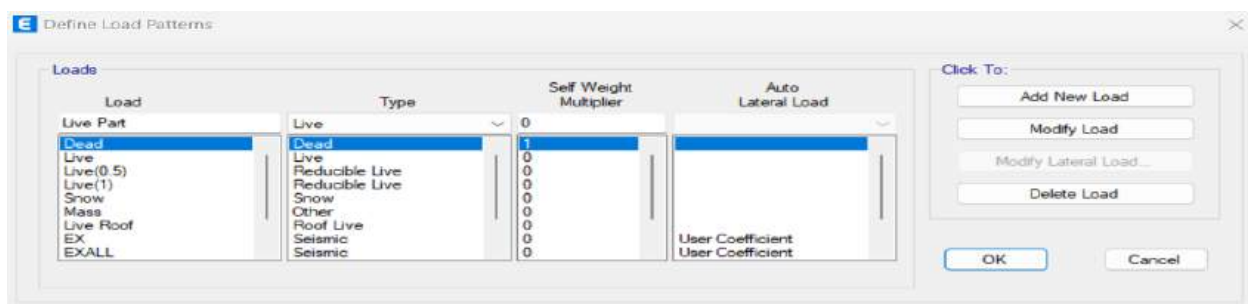


```

graph LR
    Root[دیوار جدا کننده داخلی] --> Q1["Q < 200 kg/m²"]
    Root --> Q2["100 kg/m² < Q < 200 kg/m²"]
    Root --> Q3["Q < 100 kg/m²"]
    
    Q1 --> B1[بار مرده]
    B1 --> D1[در محل خودش وارد میشود]
    
    Q2 --> B2[بدست آوردن بار معادل تیغه بندی]
    B2 --> Q2_1["q < 100 kg/m²"]
    B2 --> Q2_2["q > 100 kg/m²"]
    
    Q2_1 --> B2_1[بار معادل ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع به صورت گسترده به سطح وارد میشود]
    Q2_1 --> B2_2[بار مرده]
    
    Q2_2 --> B2_3[عدد بدست آمده به صورت بار گسترده به سطح وارد میشود]
    Q2_2 --> B2_4[بار مرده]
    
    Q3 --> B3_1[در معماری مشخص شده است]
    Q3 --> B3_2[در معماری مشخص نشده است]
    Q3 --> B3_3[نیازی به اعمال بار تیغه بندی وجود ندارد]
    
    B3_1 --> Q3_1["Q > 40 kg/m²"]
    B3_1 --> Q3_2["Q < 40 kg/m²"]
    
    Q3_1 --> B3_1_1[از نوع بار زنده]
    B3_1_1 --> B3_1_2["به صورت بار معادل گسترده و ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع در سطح وارد میشود."]
    
    Q3_2 --> B3_1_3[از نوع بار زنده]
    B3_1_3 --> B3_1_4["به صورت بار معادل گسترده و ۵۰ کیلوگرم بر متر مربع در سطح وارد میشود"]
    
    B3_2 --> B3_2_1[احتمال اینکه در اجرا اضافه شود باید در نظر گرفته شود]
    B3_2_1 --> B3_2_2[از نوع بار زنده]
    B3_2_2 --> B3_2_3["حداقل بار معادل ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع به صورت گسترده اعمال شود."]
    
    B3_3 --> B3_3_1[باز زنده عادی کف بیشتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع]
    B3_3_1 --> B3_3_2[نیازی به اعمال بار تیغه بندی وجود ندارد]

```

در صورتی که بار تیغه بندی به صورت بار زنده باشد در نرم افزار به صورت زیر تعریف می شود:



Live Part

از نوع بار زنده

به دلیل مشارکت ۱۰۰ درصدی در وزن موثر لرزه ای یک بار جداگانه زنده تعریف میکنیم



محاسبه بار برف وارد بر سازه

۶-۷-۱ کلیات

ساختمان‌ها و سایر سازه‌های موضوع این مبحث باید برای بار برف طراحی شوند. برای این منظور پس از محاسبه بار برف بام، لازم است حالت‌های مختلف بارگذاری شامل بار برف متوازن و نامتوازن، برف بخشی، انباشتگی برف و برف لغزنده طبق الزامات این فصل در نظر گرفته شود.

۶-۷-۲ بار برف بام

بار برف بر روی بام، P_r ، با توجه به بار برف مبنا، شیب و دمای بام، برف‌گیری و اهمیت سازه برای هر مترمربع تصویر افقی سطح آن، از رابطه ۶-۷-۱ تعیین می‌شود:

$$P_r = I_s C_n C_h C_s P_s \quad (۶-۷-۱)$$

که در آن:

P_s = بار برف مبنا طبق بخش ۶-۷-۳

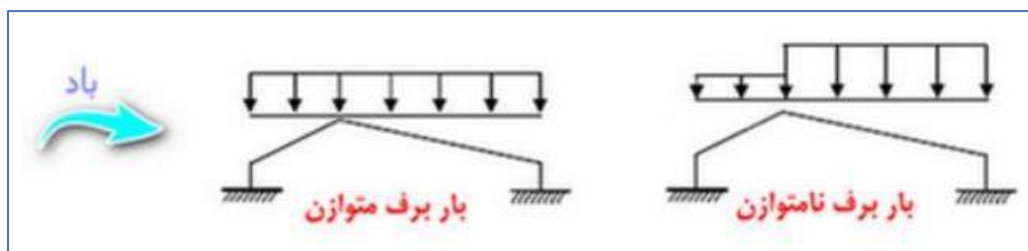
I_s = ضریب اهمیت بار برف طبق جدول ۶-۱-۲

C_n = ضریب برف‌گیری طبق بخش ۶-۷-۴

C_h = ضریب شرایط دمایی طبق بخش ۶-۷-۵

C_s = ضریب شیب طبق بخش ۶-۷-۶

است





تعیین بار برف یک ساختمان (متوازن)

(۱) موقعیت جغرافیایی

(۲) شیب بام ساختمان

(۳) محیط اطراف و برف گیری بام

(۴) کاربری و دمای داخلی ساختمان

(۵) اهمیت ساختمان

طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بار برف به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$P_r = I_s C_n C_h C_s P_s$$

تعیین P_s

۶-۷-۳ بار برف مبنا

بار برف مبنا، P_s ، باری است که بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال فراگذشت از آن در سال دو درصد باشد (دوره بازگشت ۵۰ سال).

بار برف مبنا در مناطق مختلف کشور را باید با توجه به تقسیم‌بندی مشخص شده در جدول ۶-۷-۱ یا در شکل پیوست ۶-۵، حداقل برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت:

منطقه ۱- برف بسیار کم (نادر)	۰٫۲۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۲- برف کم	۰٫۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۳- برف متوسط	۱ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۴- برف زیاد	۱٫۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۵- برف سنگین	۲ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۶- برف فوق سنگین	۳ کیلونیوتن بر مترمربع

این بار را می‌توان با انجام مطالعات دقیق‌تر آماری برای منطقه مورد نظر نیز تعیین نمود، ولی مقدار آن نباید کمتر از ۰٫۸ مقدار بار منطقه مربوطه در نظر گرفته شود.



جدول ۶-۷-۱ تقسیم‌بندی شهرهای کشور از نظر بار برف

ردیف	شهر	منطقه	ردیف	شهر	منطقه
۱	آستارا	۵	۳۱	بوشهر	۱
۲	اراک	۴	۳۲	بیجار	۴
۳	اردبیل	۵	۳۳	بیرجند	۲
۴	اردستان	۲	۳۴	پیرانشهر	۵
۵	ارومیه	۴	۳۵	تبریز	۴
۶	اسلام‌آباد غرب	۴	۳۶	تربت جام	۴
۷	اصفهان	۳	۳۷	تربت حیدریه	۳
۸	الیگودرز	۵	۳۸	تکاب	۴
۹	امیدیه	۱	۳۹	تهران	۴
۱۰	انار	۲	۴۰	جاسک	۱
۱۱	اهر	۴	۴۱	جلفا	۴
۱۲	اهواز	۲	۴۲	جیرفت	۲
۱۳	ایران‌شهر	۱	۴۳	چابهار	۱
۱۴	ایلام	۴	۴۴	خاش	۱
۱۵	ایوان غرب	۳	۴۵	خداآباد	۴
۱۶	آبادان	۲	۴۶	خرم‌آباد	۴
۱۷	آباده	۳	۴۷	خرم‌دره	۴
۱۸	آبعلی	۵	۴۸	خلخال	۵
۱۹	آستانه اشرفیه	۵	۴۹	خور بیابانک	۱
۲۰	انزلی	۴	۵۰	خور بیرجند	۲
۲۱	بافت	۳	۵۱	خوی	۴
۲۲	بافق	۲	۵۲	داران	۵
۲۳	بانه	۵	۵۳	درود	۵
۲۴	بجنورد	۴	۵۴	دزفول	۳
۲۵	بروجرد	۴	۵۵	دهلران	۳
۲۶	بستان	۲	۵۶	دوگنبدان	۲
۲۷	بشرویه	۲	۵۷	رامسر	۴
۲۸	بم	۲	۵۸	رامهرمز	۲
۲۹	بندرعباس	۱	۵۹	رباط پشت‌بام	۲
۳۰	بندر لنگه	۱	۶۰	رشت	۵

با توجه به اینکه پروژه ما در شهر تبریز قرار دارد پس از نظر بار برف مبنا در منطقه ۴ با بار برف زیاد قرار دارد.

تعیین I_s (ضریب اهمیت)

جدول ۶-۱-۱ گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، زلزله و یخ

گروه خطرپذیری	نوع کاربری
۱	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که به عنوان تأسیسات ضروری طراحی می‌گردند و وقفه در بهره‌برداری از آن‌ها به طور غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش‌نشانی و مراکز و تأسیسات آبرسانی، نیروگاه‌ها و تأسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و به طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آنها در امداد و نجات مؤثر باشد.
۲	ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تأسیسات صنعتی که خرابی آن‌ها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر برای محیط زیست در کوتاه‌مدت یا درازمدت خواهد گردید. هرگونه ساختمان یا تأسیساتی که محل ساخت یا نگهداری مقادیری از مواد شیمیایی یا زباله‌های بسیار خطرناک باشند که انتشار این مواد منجر به خطری برای عموم شود، مشمول این گروه خطرپذیری می‌باشد.
۳	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که خرابی آن‌ها منجر به تلفات جانی قابل توجه شود مانند مدارس، مساجد، استادیوم‌ها، سینما و تئاترها، سالن‌های اجتماعات، فروشگاه‌های بزرگ، ترمینال‌های مسافری، یا هر فضای سربویشده‌ای که محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر زیر یک سقف باشد.
۴	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لکن خرابی آن‌ها خسارت اقتصادی قابل توجهی داشته یا باعث از دست رفتن ثروت ملی می‌گردد مانند موزه‌ها، کتابخانه‌ها و به طور کلی مراکزی که در آنها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پرارزش نگهداری می‌شود.
۵	ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تأسیسات صنعتی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لیکن خرابی آن‌ها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش‌سوزی وسیع می‌شود مانند پالایشگاه‌ها، مراکز گازرسانی، انبارهای سوخت یا هرگونه ساختمان یا تأسیساتی که محل ساخت یا نگهداری مقادیری از موادی مانند سوخت‌های خطرناک یا مواد شیمیایی یا زباله خطرناک یا مواد منفجره باشند.
۶	کلیه ساختمان‌ها و سازه‌های مشمول این مبحث که جزو ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه خطرپذیری دیگر نباشند، مانند ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های طبقاتی، انبارها، کارگاه‌ها، ساختمان‌های صنعتی و غیره.
۷	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که خرابی آن‌ها منجر به تلفات جانی و خسارات مالی نسبتاً کم خواهد شد مانند انبارهای کشاورزی و سالن‌های مرغداری.
۸	ساختمان‌ها و سایر سازه‌های موقتی که مدت بهره‌برداری از آن‌ها کمتر از دو سال است.

جدول ۶-۱-۲ ضریب اهمیت مربوط به گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای

بارهای باد، برف، یخ و زلزله

گروه خطرپذیری مطابق جدول ۶-۱-۱	ضریب اهمیت I_e بار زلزله	ضریب اهمیت I_w بار باد	ضریب اهمیت I_i بار یخ	ضریب اهمیت I_s بار برف
۱	۱٫۴	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۲
۲	۱٫۲	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸

برای سازه‌های مسکونی اهمیت متوسط می‌باشد و مقدار برابر ۱٫۰ می‌باشد.

تعیین C_n ضریب برف گیری

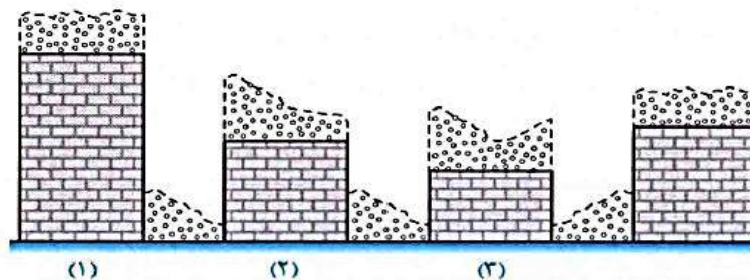
۴-۷-۶ ضریب برف گیری

ضریب برف گیری، C_n ، با توجه به اثر ناهمواری محیط و ساخت و ساز اطراف و میزان برف گیری بام ساختمان بر اساس جدول ۴-۷-۶، در نظر گرفته می شود. برای مناطق ۱ الی ۳ بار برف، این ضریب برابر یک در نظر گرفته می شود.

جدول ۴-۷-۶ ضریب برف گیری، C_n

نوع ناحیه	بام برف ریز	بام نیمه برف گیر	بام برف گیر
پرتراکم	۰٫۹	۱٫۰	<u>۱٫۱</u>
باز	۰٫۸	۰٫۹	۱٫۰

آیین نامه ساختمان ها را از نظر برف گیری به ۳ دسته برف ریز، نیمه برف گیر و برف گیر تقسیم می کند.



انواع ساختمان از نظر برف گیری

ناحیه پرتراکم - مناطق با تراکم ساختمانی شهری یا در مجاورت جنگل های انبوه شامل ناهمواری و موانع متعدد و متراکم با ارتفاع ۹ متر یا بیشتر

ناحیه باز - محدوده ای که در آن ساختمان ها، درختان یا موانع دیگر به صورت پراکنده قرار گرفته یا در مجاورت دریاچه، دریا، ساحل باز یا همراه با پوشش های گیاهی کم ارتفاع واقع شده است. ضمناً مناطقی که در آن ها تراکم ساختمان ها یا موانع یا ارتفاع آن ها شرایط ناحیه پرتراکم را نداشته باشند، مشابه ناحیه باز تلقی می شوند.

در پروژه های شهری توصیه می شود با توجه به نبود اطلاعات کافی بام را برف گیر در نظر بگیریم.

تعیین C_h ضریب شرایط دمایی

ضریب شرایط دمایی، C_h ، از جدول ۳-۷-۶، با توجه به شرایط مورد انتظار ساختمان در سال‌های عمر مفید تعیین می‌شود.

جدول ۳-۷-۶ ضریب شرایط دمایی، C_h

۱/۰	تمام ساختمان‌ها به جز موارد زیر
۱/۱	ساختمان‌هایی که همیشه در دمای کمی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.
۱/۲	ساختمان‌های بدون گرمایش و ساختمان‌هایی که زیر بام آنها باز است.
۱/۳	ساختمان‌هایی که همیشه دمای آنها زیر صفر درجه نگه‌داشته می‌شود.

برخی کنترلین نظام مهندسی توصیه می‌کنند ضریب دمایی ساختمان‌های مسکونی را ۱.۱ در نظر گرفته شود چون اعتقاد دارند که ساختمان‌های مسکونی معمولاً در دمای کمی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.

تعیین C_s ضریب شیب

برای بام‌های مسطح، ضریب شیب، C_s ، برابر واحد می‌باشد. برای بام‌های شیب‌دار ضریب شیب بر حسب زاویه شیب، α ، به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$C_s = 1 \quad \alpha \leq \alpha_0 \quad (\text{الف-۳-۷-۶})$$

$$C_s = 1 - \frac{\alpha - \alpha_0}{70 - \alpha_0} \quad \alpha_0 < \alpha < 70^\circ \quad (\text{ب-۳-۷-۶})$$

$$C_s = 0 \quad \alpha \geq 70^\circ \quad (\text{پ-۳-۷-۶})$$

زاویه α_0 ، طبق بند ۱-۶-۷-۶، با توجه به شرایط سطح شیب‌دار مشخص می‌شود.



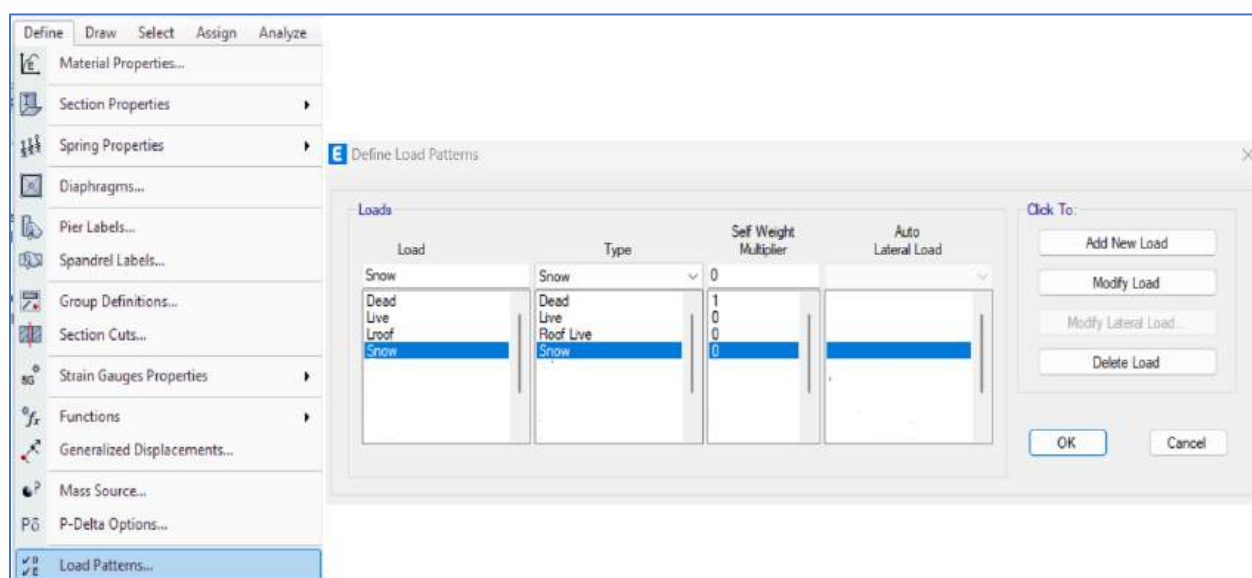
۶-۷-۶-۱ اگر سطح بام لغزنده بوده و لغزش برف بر روی سطح شیبدار بدون مانع باشد و همچنین فضای کافی پایین تر از لبه بام برای ریزش برف موجود باشد، مقدار α_0 برای $C_h=1$ برابر ۵ درجه، برای $C_h=1/1$ برابر ۱۰ درجه و برای مقادیر بیشتر C_h برابر ۱۵ درجه خواهد بود. بام‌های لغزنده شامل پوشش‌های فلزی، سنگ‌برگ، شیشه‌ای و پوشش لاستیکی، پلاستیکی و قیراندود با سطوح صاف و هموار می‌باشند. غشاهای دارای سطوح آجدار را نمی‌توان صاف در نظر گرفت. ورقه‌های پوشش آسفالتی و چوبی لغزنده محسوب نمی‌شوند.

در صورت عدم وجود شرایط لغزنده یا مانع‌دار بودن بام، مقدار α_0 برای $C_h=1$ برابر ۳۰ درجه و برای C_h های بیشتر برابر ۴۵ درجه می‌باشد.

محاسبه بار برف برای پروژه مورد نظر

$P_s=150 \text{ kg/m}^2$	شهر تبریز	تعیین P_s (بار برف مبنا)
$I_s=1.0$	مسکونی	تعیین I_s (ضریب اهمیت)
$C_n=1.1$	بام برف گیر	تعیین C_n ضریب برف گیری
$C_h=1.0$	مسکونی	تعیین C_h ضریب شرایط دمایی
$C_s=1.0$	بام تخت	تعیین C_s ضریب شیب
$P_r = I_s C_n C_h C_s P_s = 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \times 1.0 \times 150 = 165 \text{ kg/m}^2$		محاسبه بار برف متوازن

تعریف بار بر در نرم افزار

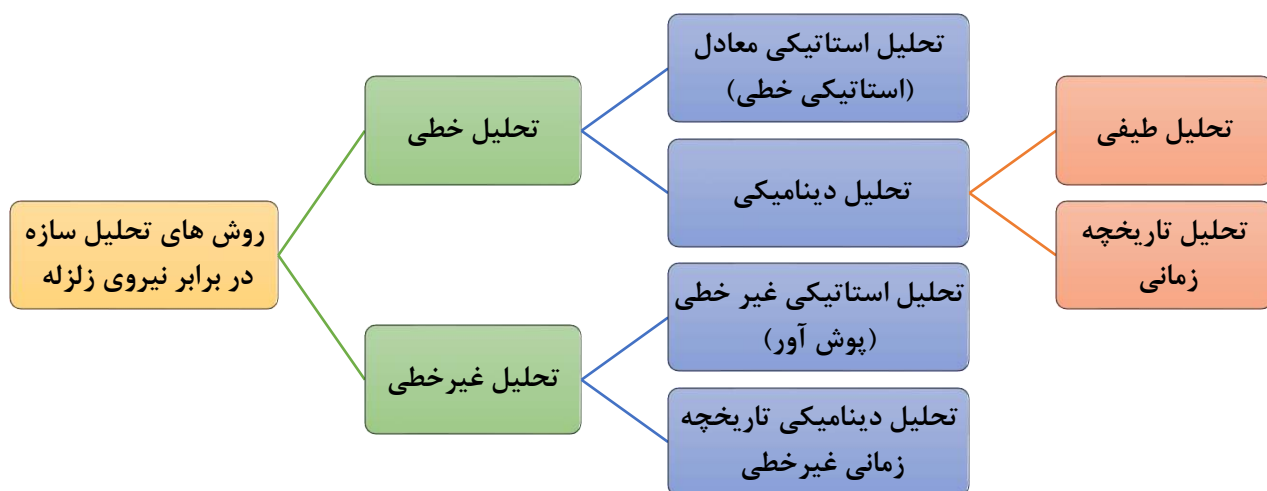




نیروی زلزله

آشنایی با انواع روش‌های محاسبه نیروی زلزله

برای محاسبه نیروهای ناشی از زلزله وارد بر ساختمان و تحلیل سازه تحت اثر آنها باید، روش مناسبی را انتخاب کنیم. به طور کلی مهندسان برای تحلیل نیروی زلزله می‌توانند رفتار سازه را خطی و یا غیرخطی فرض نمایند. از سوی دیگر می‌توانند اثر نیروی زلزله بر سازه را به عنوان یک بار دینامیکی یا یک بار استاتیکی مدل‌سازی نمایند. بدیهی است که در نظر گرفتن رفتار غیرخطی سازه و مدل‌سازی اثر زلزله به صورت نیروهای دینامیکی می‌تواند نتایج دقیق‌تری را به دنبال داشته باشد، هرچند قطعا به محاسبات دشوارتری نیاز خواهد داشت. به همین دلیل برای انجام پروژه‌های متداول مهندسی (نظیر طراحی ساختمان‌ها)، اغلب از روش‌های تحلیل خطی استفاده می‌شود. ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، انواع روش‌های تحلیل سازه در برابر نیروی زلزله را به صورت زیر دسته‌بندی می‌کند:





روش‌های مجاز برای تحلیل خطی سازه‌ها در برابر نیروی زلزله

با توجه به بند (۲-۳) ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، روش تحلیل خطی سازه را می‌توان در کلیه ساختمان‌ها با هر تعداد طبقه به کار برد و تنها برای استفاده از روش استاتیکی معادل، محدودیت‌هایی وجود دارد.

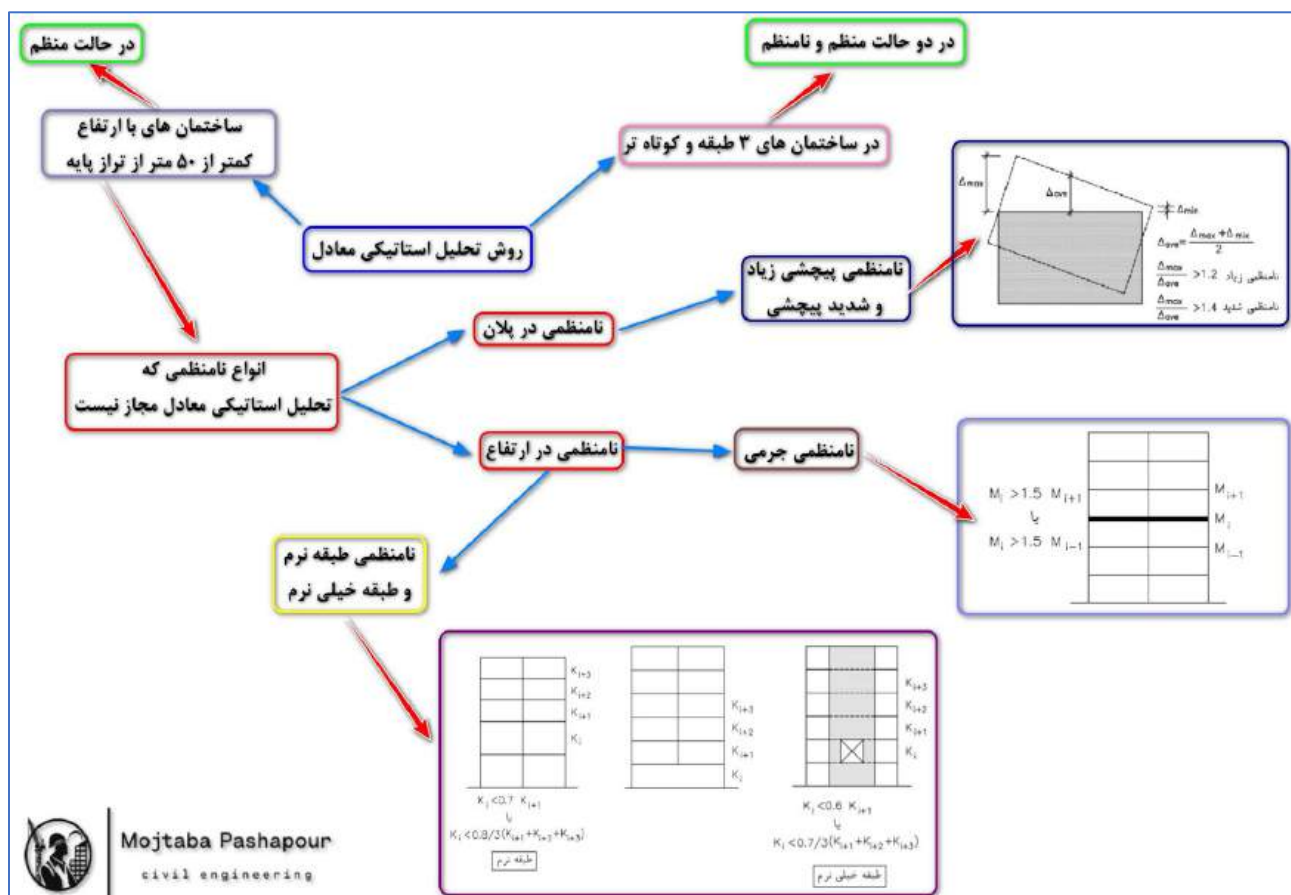
۱- روش‌های تحلیل خطی از نوع دینامیکی طیفی و دینامیکی تاریخچه زمانی برای استفاده در همه انواع سازه‌ها روش مناسبی محسوب می‌شوند. زیرا این دو روش نسبت به روش استاتیکی معادل دقت بالاتری دارند و روش‌های کامل‌تری می‌باشند.

۲- در ساختمان‌های سه طبقه و کوتاه‌تر (در هر دو حالت منظم و نامنظم) همواره می‌توان از روش تحلیل استاتیکی معادل استفاده کرد.

۳- علاوه بر مورد قبل، در روش تحلیل استاتیکی معادل به دو موضوع زیر باید دقت شود:

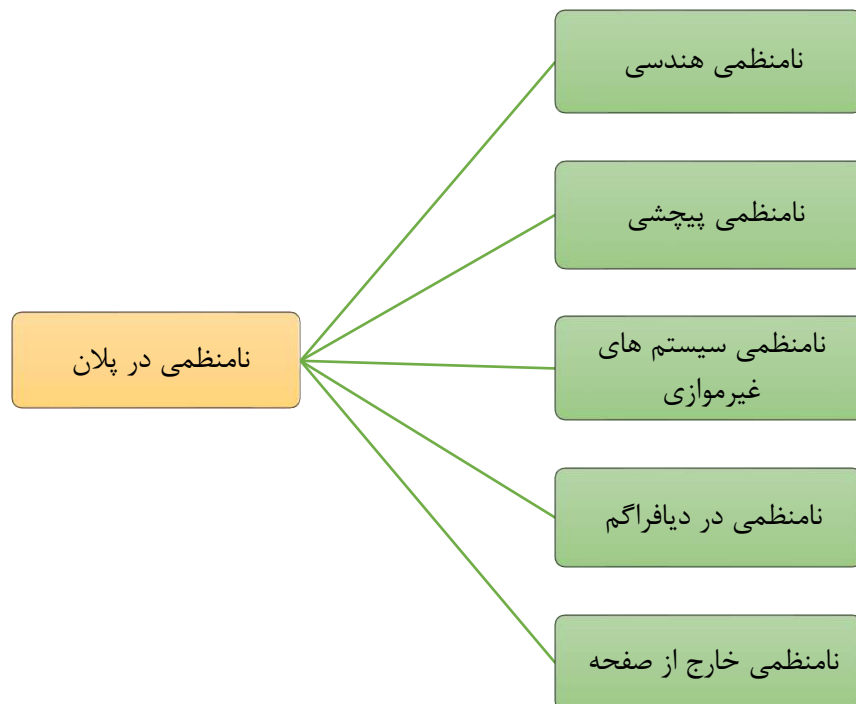
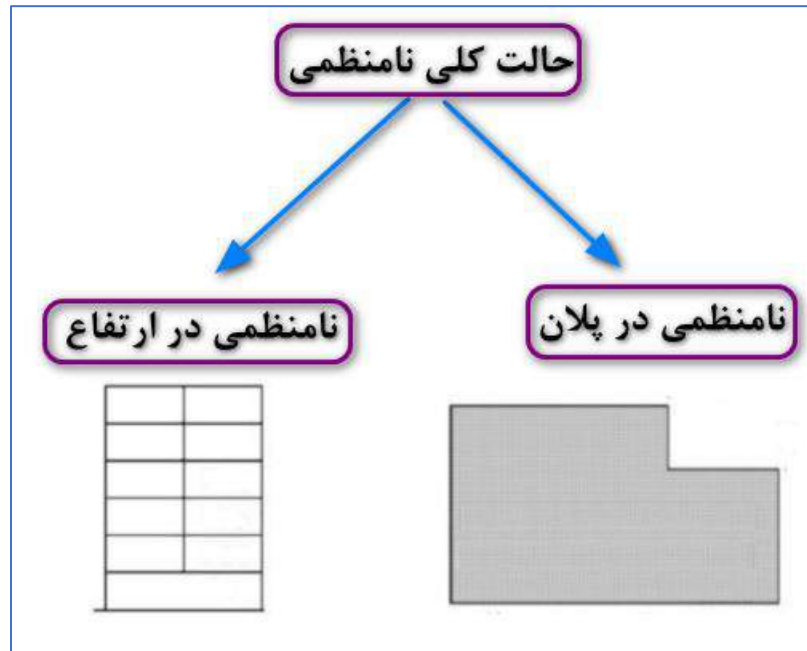
الف) این روش در ساختمان‌های با ارتفاع مساوی یا بیش از ۵۰ متر از تراز پایه (حدود ۱۵ طبقه) کاربرد ندارد (در هر دو حالت منظم و نامنظم).

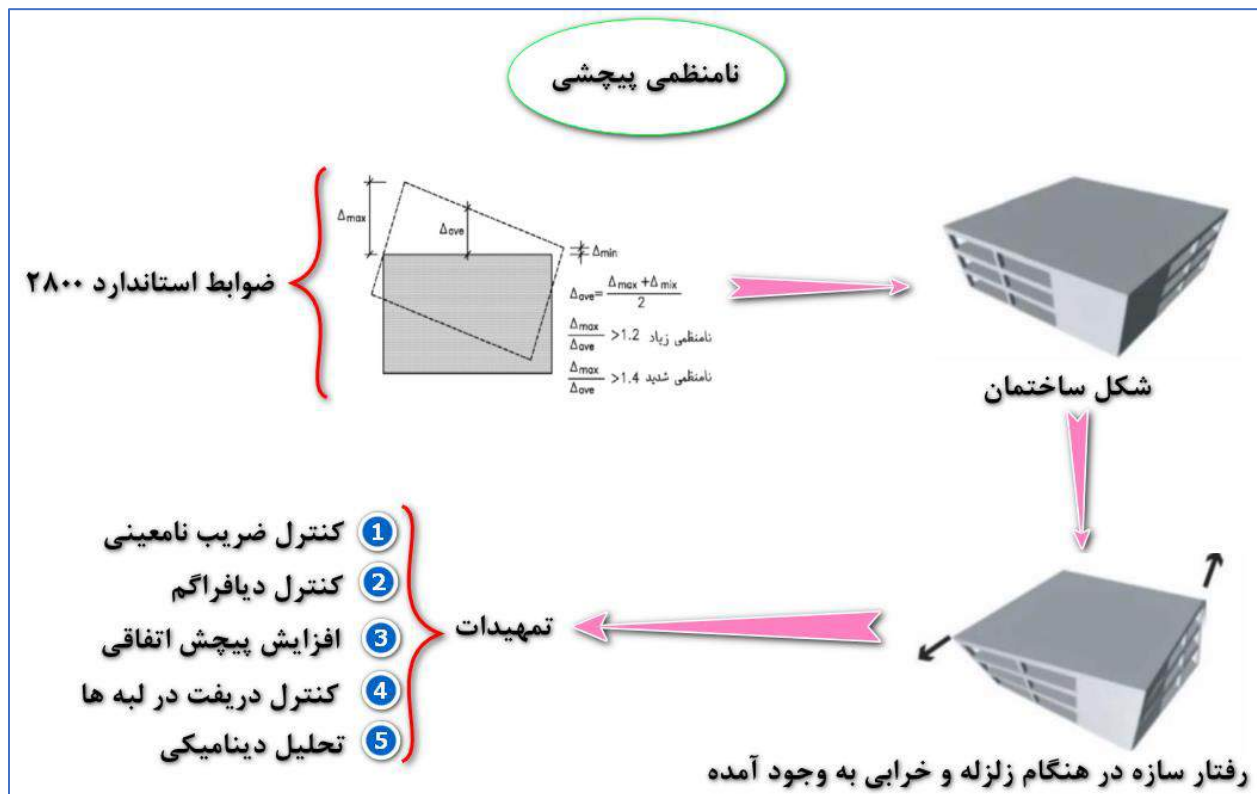
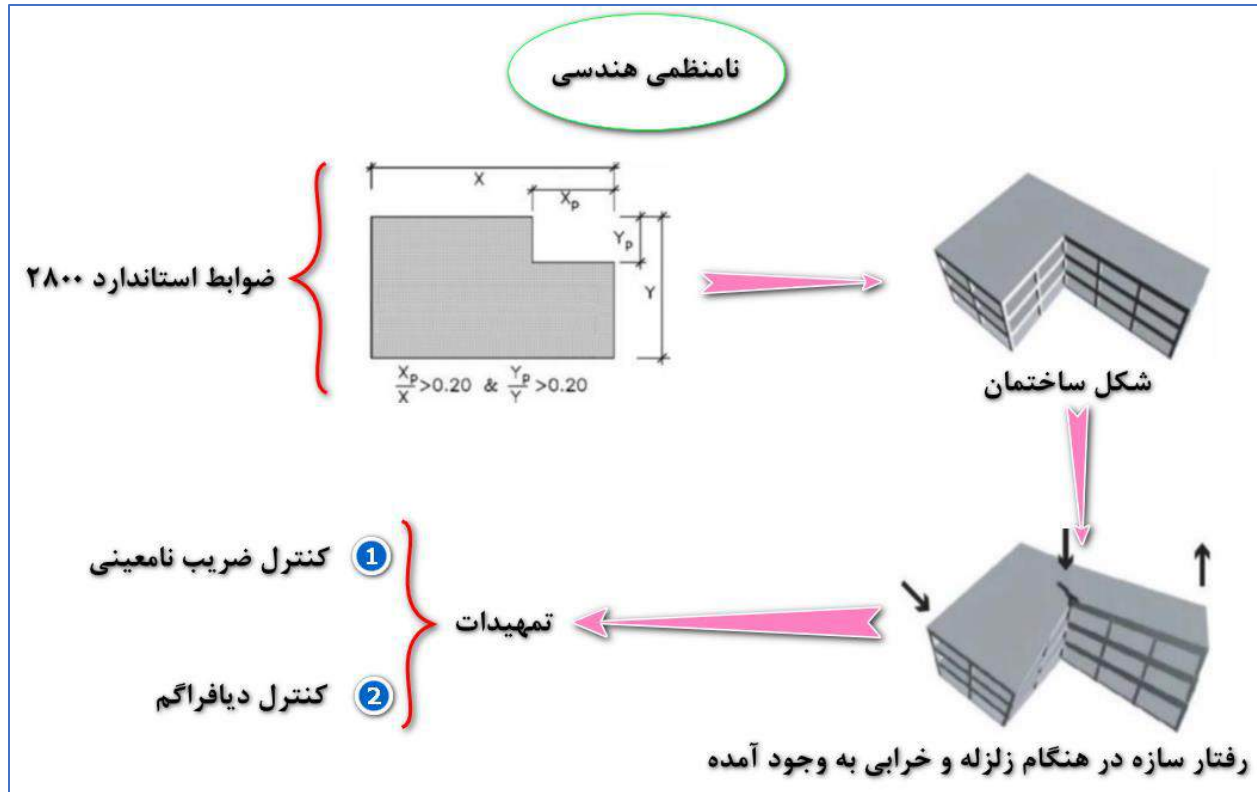
ب) در پلان‌های نامنظم بیش از سه طبقه و با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر، در صورتی که ساختمان دارای نامنظمی در پلان «زیاد پیچشی» «شدید پیچشی» و یا نامنظمی در ارتفاع از نوع «جرمی» یا «طبقه نرم» یا «طبقه خیلی نرم» نباشد، می‌توان از این روش استفاده کرد.

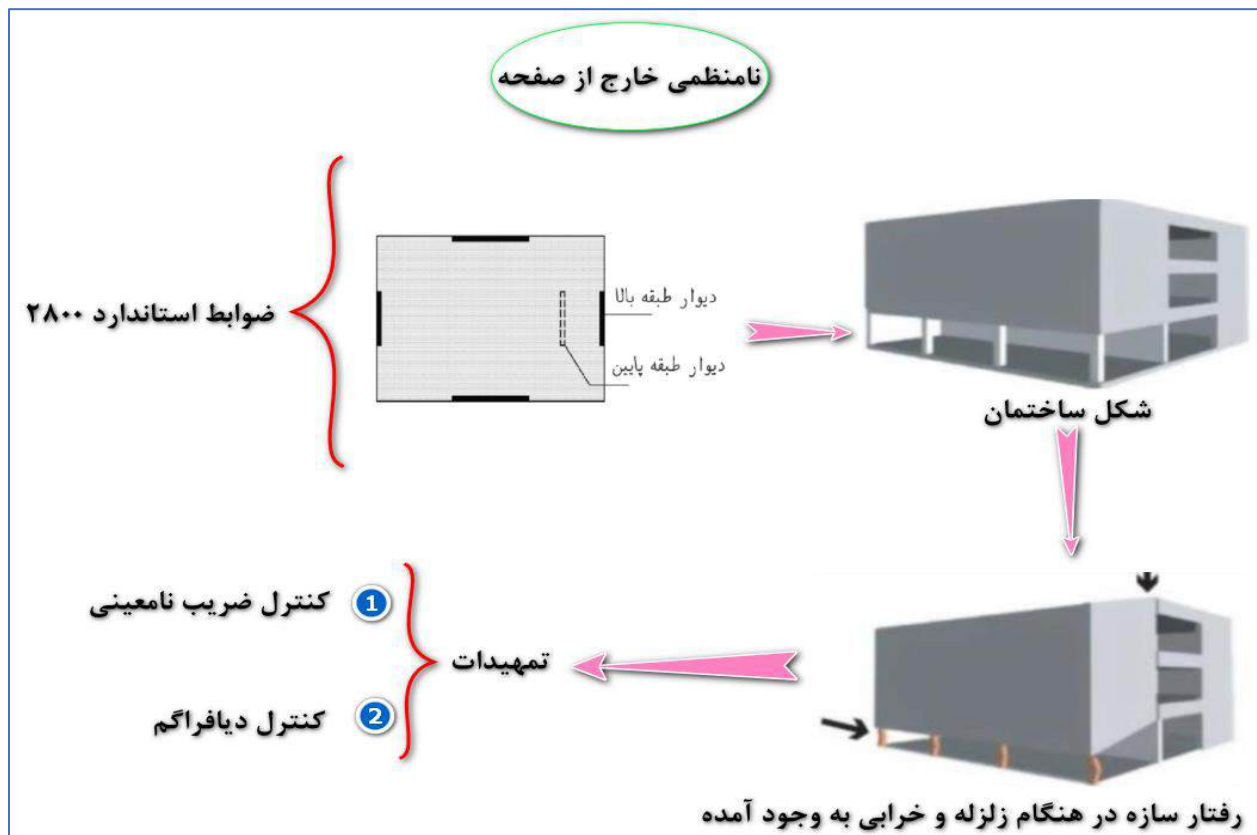
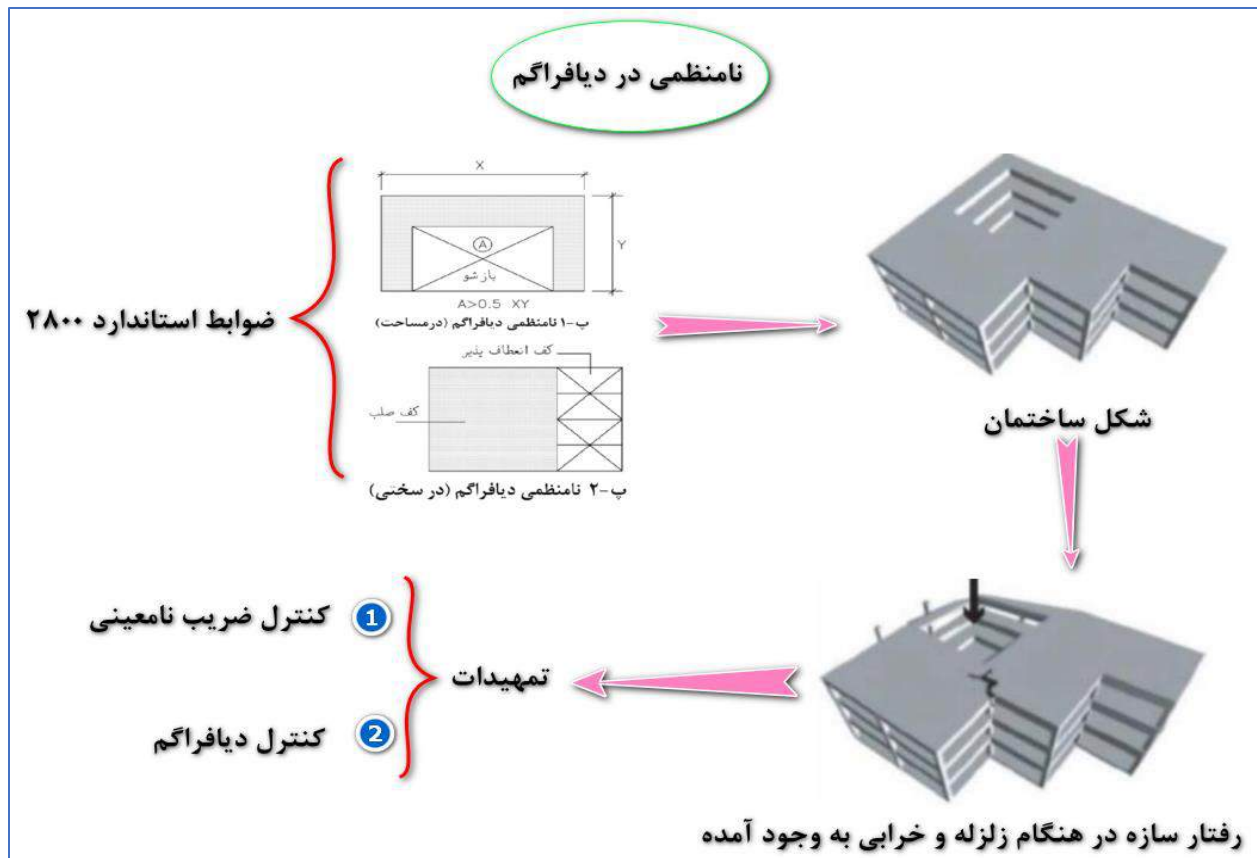


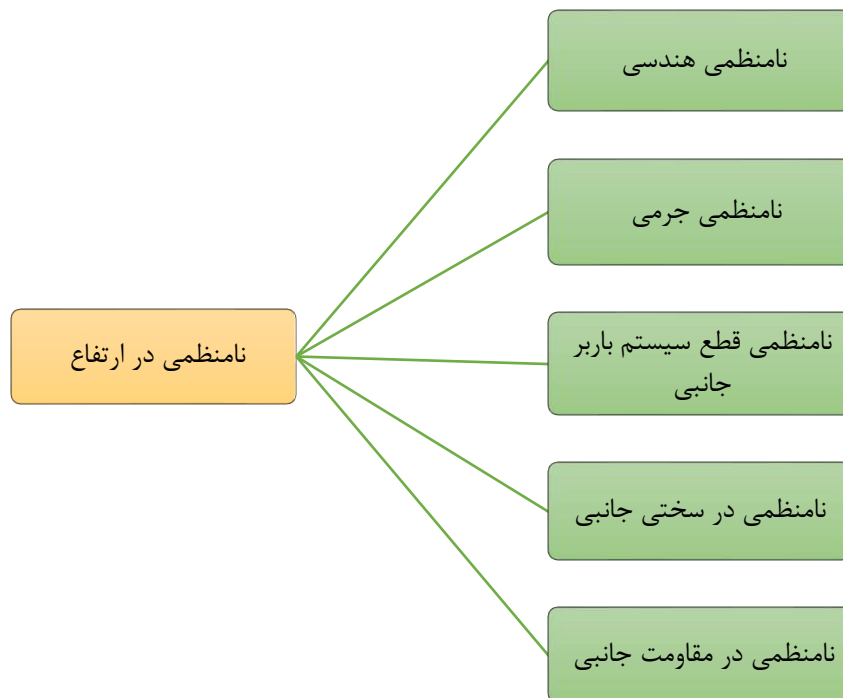
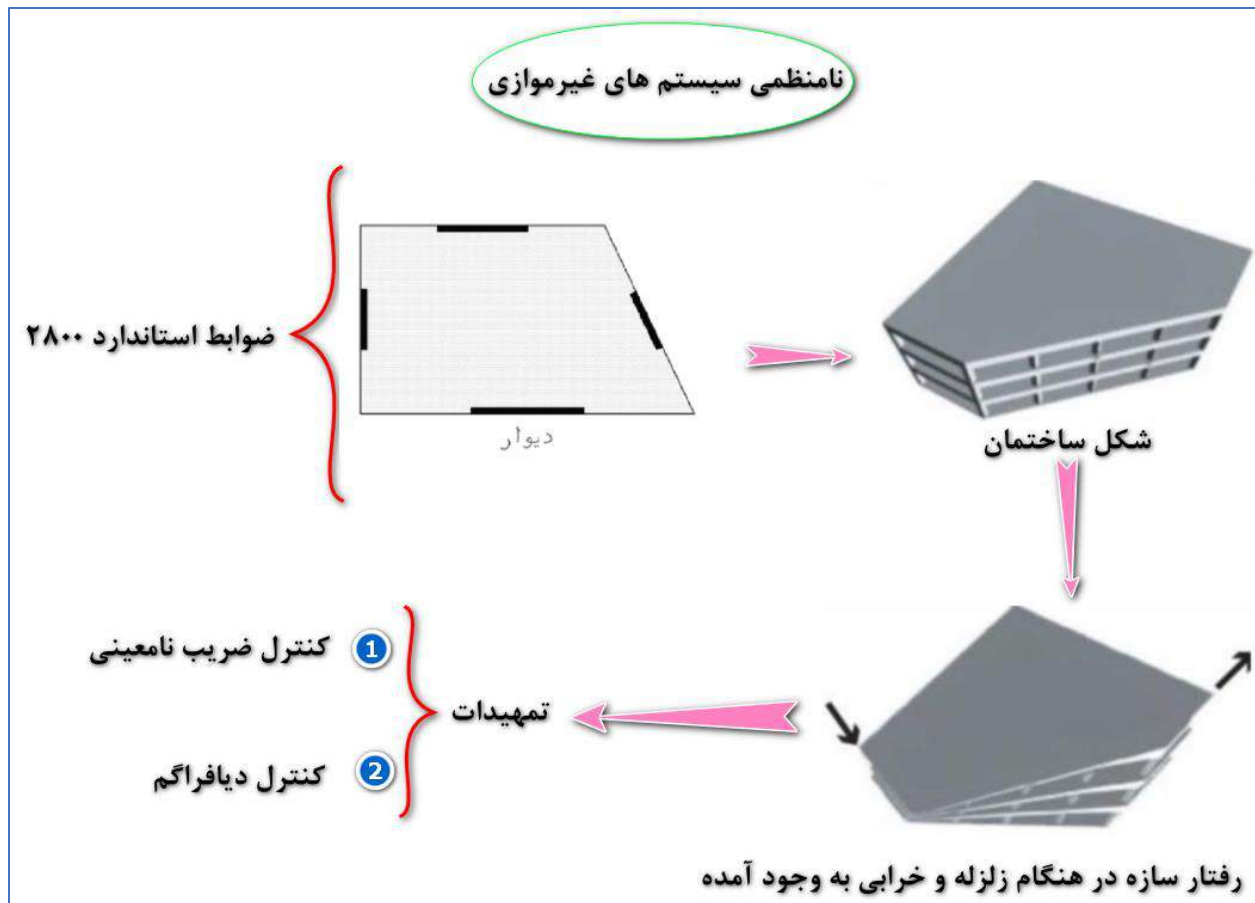


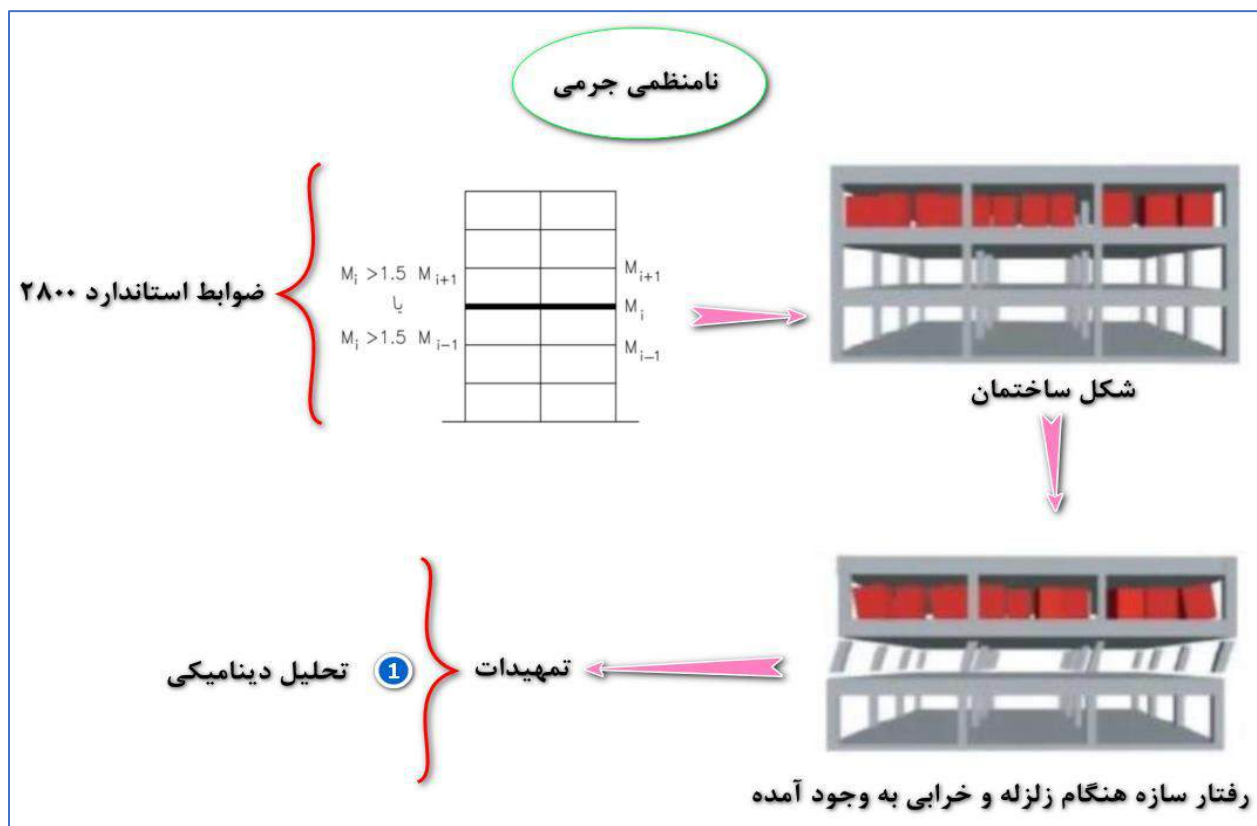
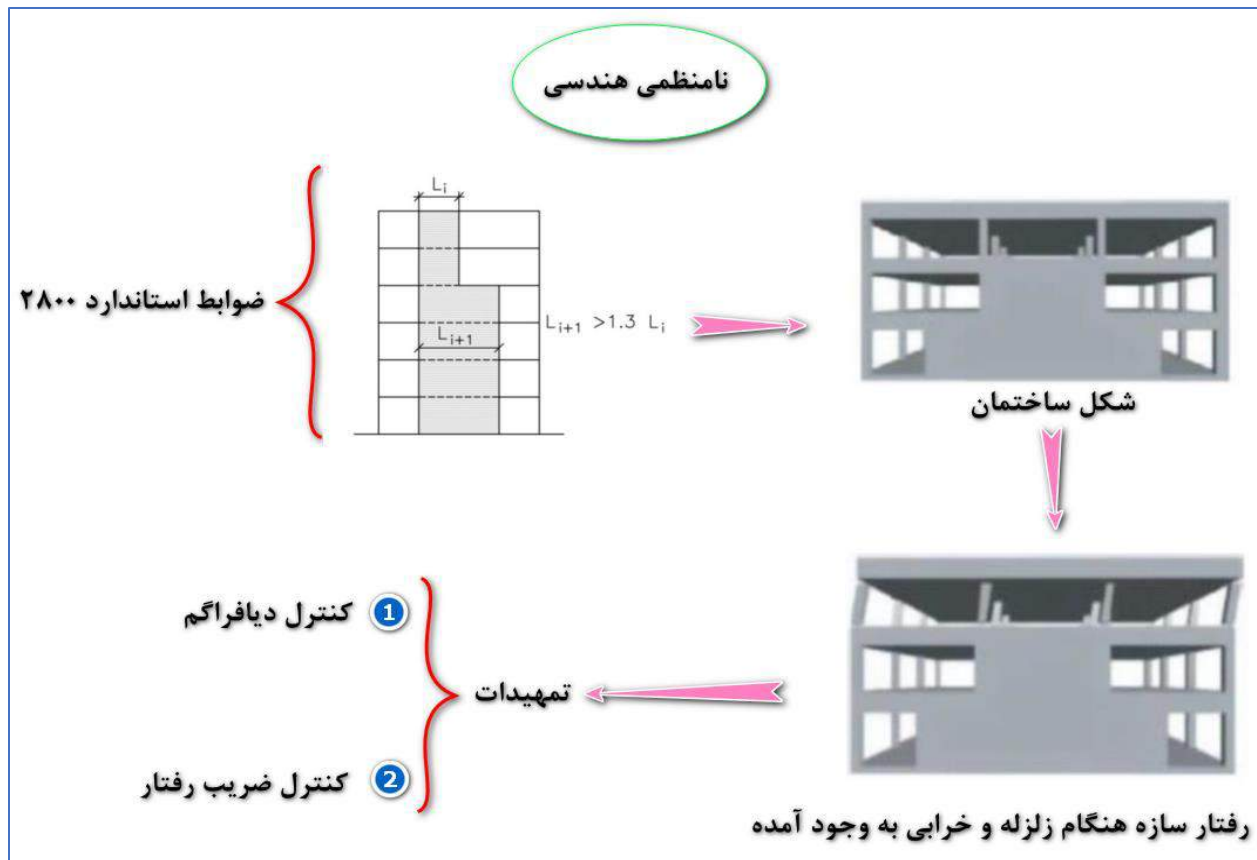
معرفی انواع نامنظمی ها طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴

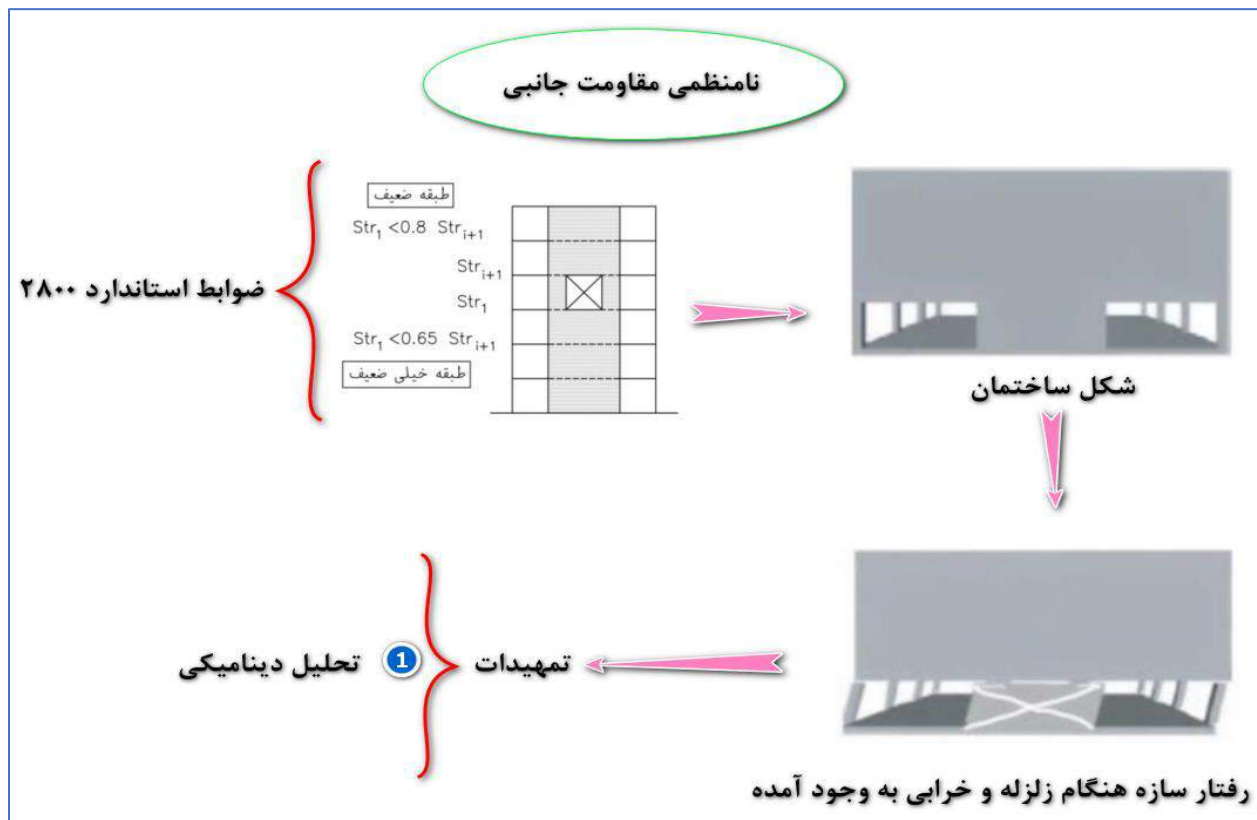
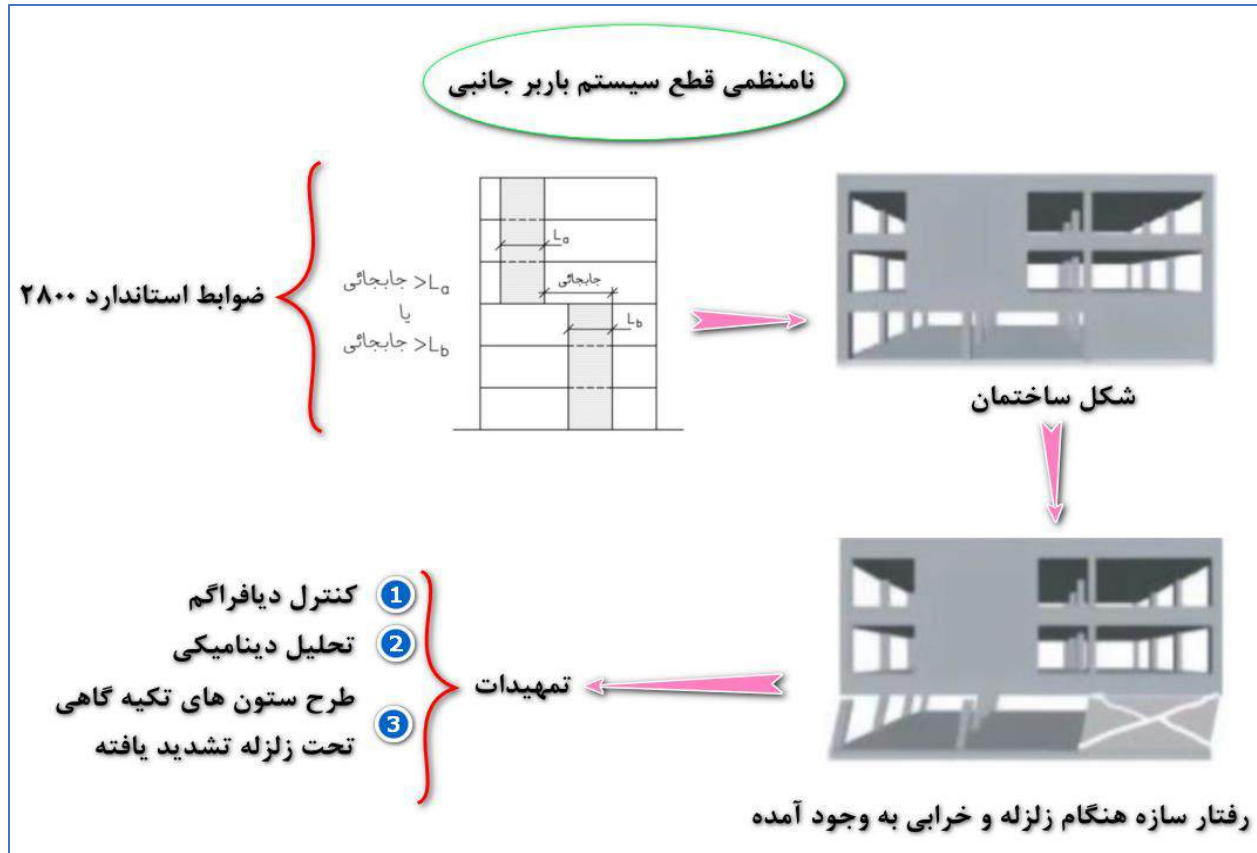


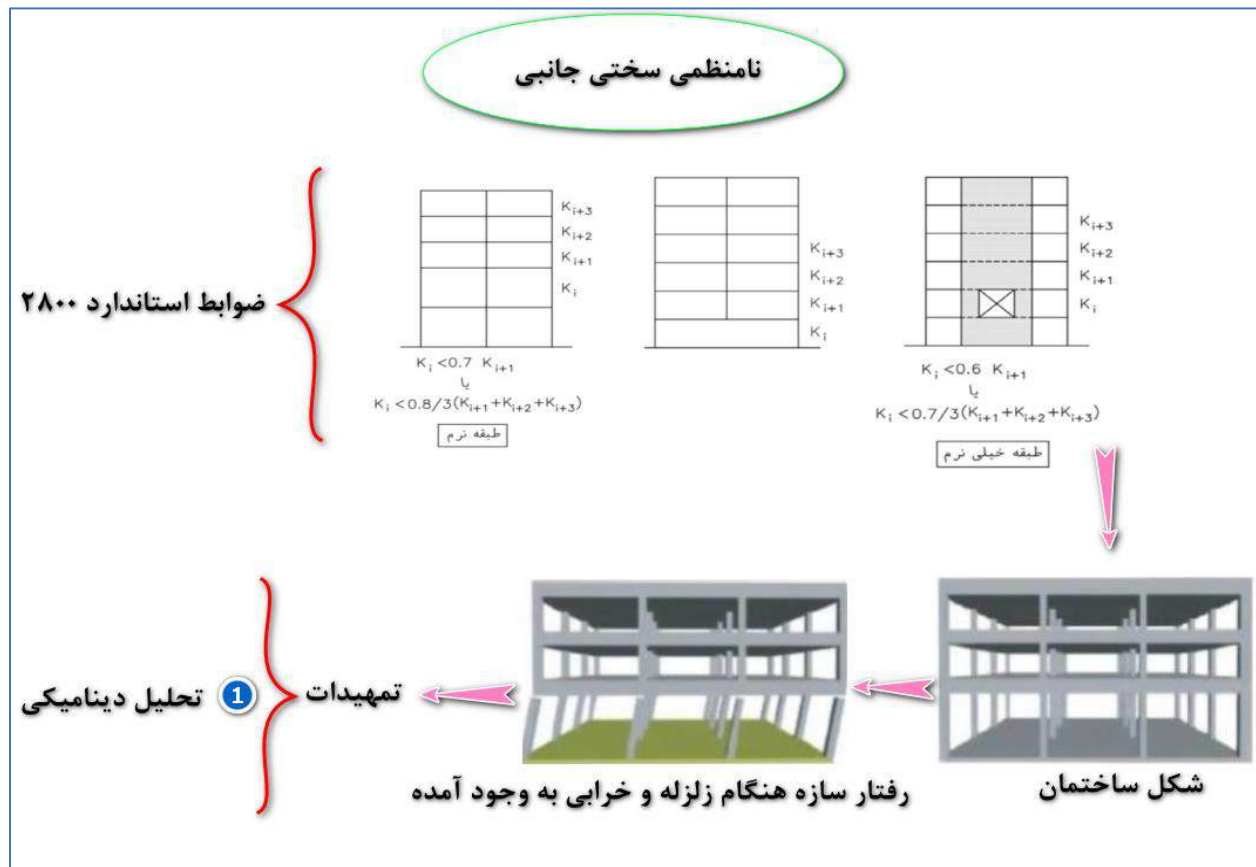












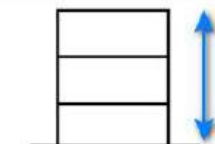


محدودیت در احداث ساختمان های نامنظم

الف- احداث ساختمان های با نامنظمی "طبقه خیلی ضعیف" در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر مجاز نیست و در مناطق با خطر نسبی کم، ارتفاع آنها نمی تواند بیش از سه طبقه و یا ۱۰ متر باشد.

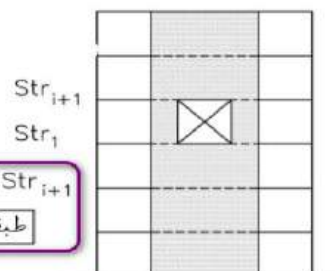
ضوابط استاندارد ۲۸۰۰

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰



$$H \leq 10 \text{ m}$$

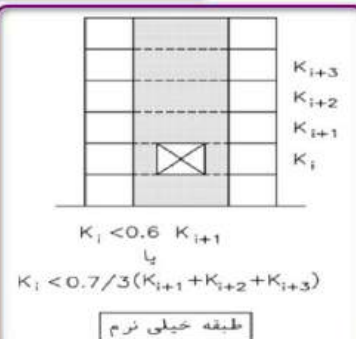
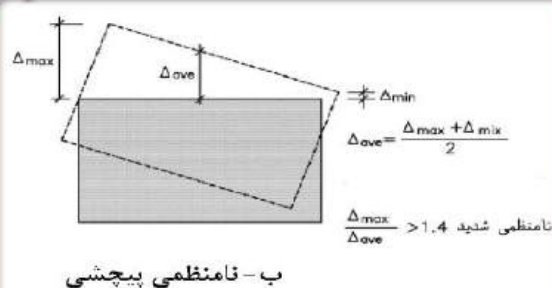
سه طبقه و یا ۱۰ متر باشد



محدودیت در احداث ساختمان های نامنظم

ب- احداث ساختمان های با نامنظمی از نوع "طبقه خیلی نرم" و "شدید پیچشی" در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر، تنها بر روی زمین های نوع I، II و III مجاز است.

ضوابط استاندارد ۲۸۰۰



مجاز است

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰



روش تحلیل استاتیکی معادل

نیروی زلزله یکی از نیروهای مهم وارد بر ساختمان می‌باشد که در اکثر موارد نقش تعیین کننده‌ای در طراحی سازه دارد. بر اساس آیین‌نامه‌های بارگذاری لرزه‌ای، تاثیر نیروی زلزله را می‌توان با استفاده از روش‌های متعددی از جمله روش‌های تحلیل استاتیکی معادل و یا روش‌های تحلیل دینامیکی محاسبه نمود. بر اساس بند (۳-۲-۳) از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، در ساختمان‌های منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه، می‌توان از روش تحلیل استاتیکی استفاده کرد.

مرحله اول (محاسبه برش پایه)

بر اساس بند (۳-۱-۳-۳) از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، در تحلیل استاتیکی معادل، برش پایه وارد بر ساختمان با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V_u = CW \quad , \quad C = \frac{ABI}{R_u} \rightarrow V_u = \frac{ABI}{R_u} W$$

در ادامه نحوه محاسبه پارامترهای W ، I ، A ، B و R_u را بررسی می‌کنیم.

بر اساس رابطه (۳-۳) آیین‌نامه برش پایه وارد بر ساختمان در هیچ حالتی نباید از مقدار برش پایه حداقل کمتر در نظر گرفته شود که به صورت زیر تعیین می‌گردد:

$$V_u \geq V_{umin} = 0.12AIW$$

در اکثر آیین‌نامه‌ها روش استاتیکی معادل به عنوان اصلی‌ترین روش بارگذاری لرزه‌ای مطرح است. ارکان اصلی این روش عبارت‌اند از:

۱- تعیین دوره تناوب سازه

۲- تعیین برش پایه

۳- توزیع برش پایه در ارتفاع سازه

۴- واریسی‌ها

این روش بارگذاری نیروی زلزله را معادل یک نیروی افقی می‌پندارد. بنابراین ابتدا نیروی برش پایه بر اساس دوره تناوب سازه محاسبه سپس در ارتفاع سازه توزیع می‌شود، آنگاه سهم عناصر لرزه‌بر به نسبت سختی مشخص می‌گردد و اعضای سازه بر اساس نیروی حاصل طرح می‌گردند. در این میان واریسی‌های مختلفی نظیر کنترل



جابجایی، پیچش و مانند این‌ها صورت می‌گیرد. در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران روش استاتیکی معادل بر اساس معادل‌سازی سازه به صورت یک سیستم یک درجه آزادی و با در نظر گرفتن دوره تناوب طبیعی اول آن برای ساختمان‌ها ارائه شده.

در جدول زیر تغییرات عمده در تعیین برش پایه در آیین‌نامه‌های مختلف ایالات متحده را تا قبل از سال ۱۹۶۰ نشان می‌دهد.

تاریخ	آیین‌نامه
① ۱۹۲۷	اولین ضمیمه طراحی لرزه‌ای در UBC: $V = CW$ ($C = 0.075 \sim 0.10$)
② ۱۹۳۳	آیین‌نامه شهر لس‌آنجلس (اولین آیین‌نامه لازم الاجرا) $V = CW$ ($C = 0.08$)
③ ۱۹۵۲	ASCE-SEAOC: $C = \frac{K_1}{T_1}$ ($K_1 = 0.015 \sim 0.025$)
④ ۱۹۵۹	SEAOC: $C = KCW$ $\left(C = \frac{0.05}{T^{\frac{1}{3}}} \right)$

محاسبه وزن مؤثر لرزه‌ای (W)

همان‌طور که از رابطه V_u مشاهده می‌کنید، برش پایه وارد بر ساختمان ضربی از وزن مؤثر لرزه‌ای آن می‌باشد. بر اساس توضیحات بند (۳-۱-۳) آیین‌نامه وزن مؤثر لرزه‌ای از رابطه زیر به دست می‌آید:

درصدی از بار زنده و برف + وزن دیوارهای تقسیم کننده + وزن تأسیسات ثابت + بار مرده = W: وزن مؤثر لرزه‌ای

جدول ۳-۱ درصد میزان مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله

محل بار زنده	درصد میزان بار زنده
بام‌های ساختمان‌ها در مناطق با برف زیاد، سنگین و فوق سنگین	۲۰
بام‌های ساختمان‌ها در سایر مناطق	-
ساختمان‌های مسکونی، اداری، هتل‌ها و پارکینگ‌ها	۲۰
بیمارستان‌ها، مدارس، فروشگاه‌ها، ساختمان‌های محل اجتماع یا ازدحام	۲۰
کتابخانه‌ها و انبارها (با توجه به نوع کاربری)	حداقل ۴۰
مخازن آب و یا سایر مایعات	۱۰۰



ضریب اهمیت ساختمان (I)

در استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم) ساختمان‌ها به چهار گروه با اهمیت‌های مختلف گنجانده شده‌اند.

با استفاده از جدول زیر مقدار ضریب اهمیت تعیین می‌شود.

طبقه بندی ساختمان	ضریب اهمیت
گروه ۱	۱/۴
گروه ۲	۱/۲
گروه ۳	۱
گروه ۴	۰/۸

۱-۱ هدف

هدف این آیین‌نامه تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان‌ها در برابر اثرهای ناشی از زلزله است، به‌طوری‌که با رعایت آن انتظار می‌رود:

- ۱- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده سازه‌ای و غیر سازه‌ای نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.
- ۲- ساختمان‌های با "اهمیت زیاد" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده نبینند، به‌طوری‌که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.
- ۳- ساختمان‌های با "اهمیت خیلی زیاد"، در اثر زلزله طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نداشته باشند، به‌طوری‌که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد.
- ۴- کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر و یا بیش‌تر از ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره‌برداری آسیمی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.



گروه اول (ساختمان با اهمیت خیلی زیاد): مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش نشانی، مراکز و تاسیسات آبرسانی، نیروگاه‌ها و تاسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تاسیسات انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و ساختمان‌هایی که خرابی آن‌ها موجب انتشار مواد سمی و مضر در کوتاه مدت و دراز مدت برای محیط زیست می‌شوند، جزو این گروه‌اند.

گروه دوم (ساختمان با اهمیت زیاد): این گروه شامل سه دسته زیر است:

ساختمان‌هایی که خرابی آن‌ها موجب تلفات زیاد می‌شود، مانند مدارس، مساجد، استادیوم‌ها، سینما و تئاتر، سالن‌های اجتماعات، فروشگاه‌های بزرگ، ترمینال‌های مسافری و یا هر فضای سرپوشیده که محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر در زیر سبک باشد.

ساختمان‌هایی که خرابی آن‌ها موجب از دست رفتن ثروت ملی می‌گردد، مانند موزه‌ها، کتابخانه‌ها و به‌طور کلی مراکزی که در آن‌ها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش نگهداری می‌شود.

ساختمان‌ها و تاسیسات صنعتی که خرابی آن‌ها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش سوزی وسیع می‌شود، مانند پالایشگاه‌ها، انبارهای سوخت و مراکز گازرسانی.

گروه سوم (ساختمان با اهمیت متوسط): این گروه شامل کلیه ساختمان‌های مشمول استاندارد ۲۸۰۰ به جز ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه دیگر است، مانند ساختمان‌های مسکونی و اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های چند طبقه، انبارها، کارگاه‌ها، ساختمان‌های صنعتی و غیره.

گروه چهارم (ساختمان با اهمیت کم): این گروه شامل دو دسته زیر است:

ساختمان‌هایی که خسارات نسبتاً کمی از خرابی آن‌ها حادث می‌شود و احتمال بروز تلفات در آن‌ها بسیار کم است، مانند انبارهای کشاورزی و سالن‌های مرغداری.

ساختمان‌های موقت که مدت بهره‌برداری از آن‌ها کمتر از ۲ سال است.



ضریب شتاب مبنای طرح (A)

جدول (۱-۲) در آیین‌نامه ۲۸۰۰ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف را نشان می‌دهد.

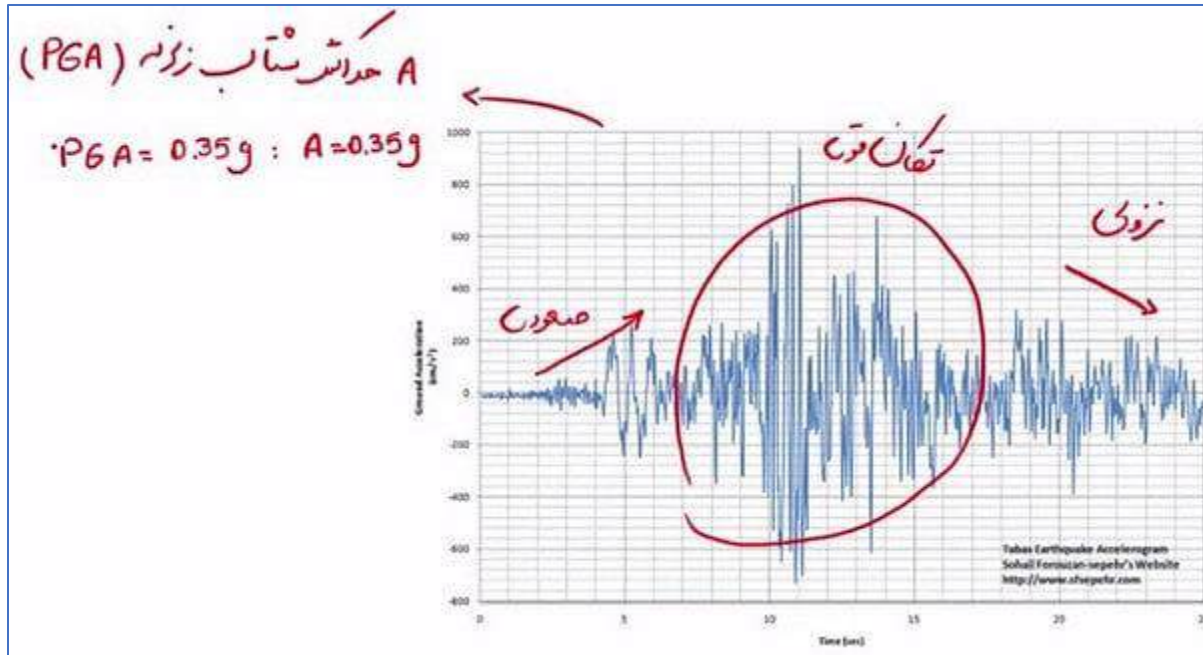
جدول ۱-۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه‌خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰



این شتاب نمی‌تواند شتاب خاک زیر سازه باشد. چون ما این شتاب را برای تمام مناطق یک شهر یکسان در نظر می‌گیریم این در حالی است که مناطق مختلف یک شهر می‌توانند خاک یکسانی نداشته باشند.

این شتاب خود سازه هم نمی‌تواند باشد. چون ما این شتاب را برای همه انواع سازه‌ها یکسان در نظر می‌گیریم. مثلاً برای طراحی تمام ساختمان‌های شهر تهران از $A=0.35g$ استفاده می‌کنیم. این در حالی است که در یک شهر ساختمان‌های مختلفی از نظر تعداد طبقات، سیستم سازه‌ای، وزن و... وجود دارد.



وقتی می‌گوییم برای تهران $A=0.35g$ است درواقع این معنی را می‌دهد که در تهران حداکثر شتاب گسل محتمل $0.35g$ می‌باشد یا به عبارتی ($PGA=0.35g$, Pick Ground Acceleration).

دقت: لیست پهنه‌بندی شهرهای مختلف کشور و درجه لرزه‌خیزی آن‌ها در پیوست (۱) ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ارائه شده است.



ضریب بازتاب ساختمان (B)

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ سازه به حرکت زمین است. که در بند (۳-۲) استاندارد ۲۸۰۰ در این مورد به تفصیل صحبت شده است. اما به طور ساده می توان این طور گفت که ضریب بازتاب ساختمان ضریبی است که شتاب گسل (A) را به شتاب سازه ما تبدیل می کند.

ضریب بازتاب از ۲ ضریب تشکیل شده است. ضریب اول ضریبی است که شتاب گسل را به شتاب زیر سازه تبدیل می کند و ضریب دوم، شتاب خاک زیر سازه را به شتاب سازه تبدیل می کند. بنابراین شتابی که ما برای آن ساختمان را طراحی می کنیم تا اینجا برابر شد با $A*B$

طبق ویرایش چهارم ۲۸۰۰ با استفاده از روابط زیر تعیین می شود:

$$B = B_1 N$$

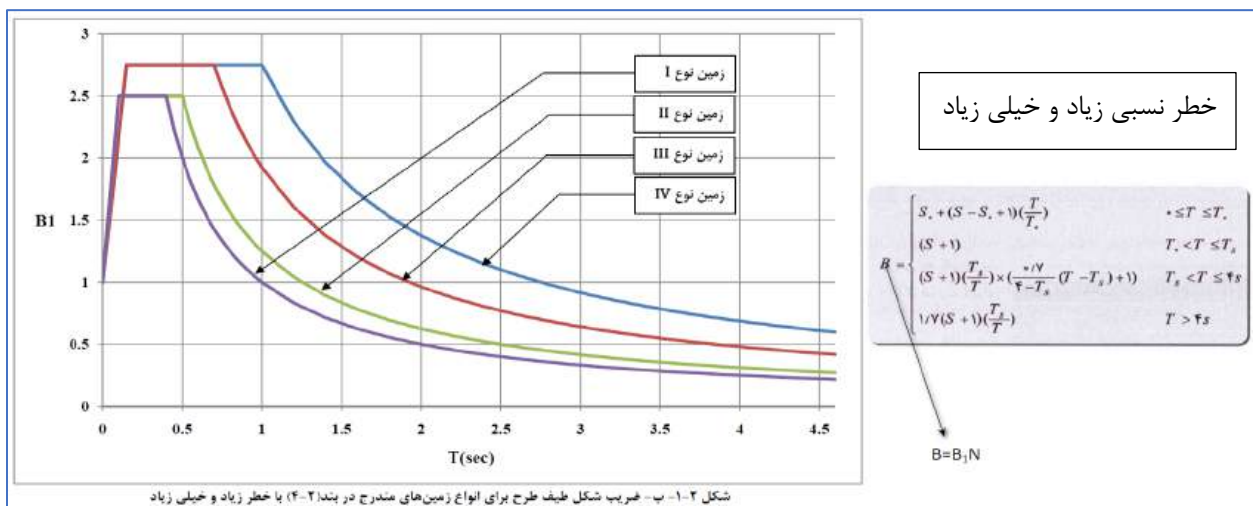
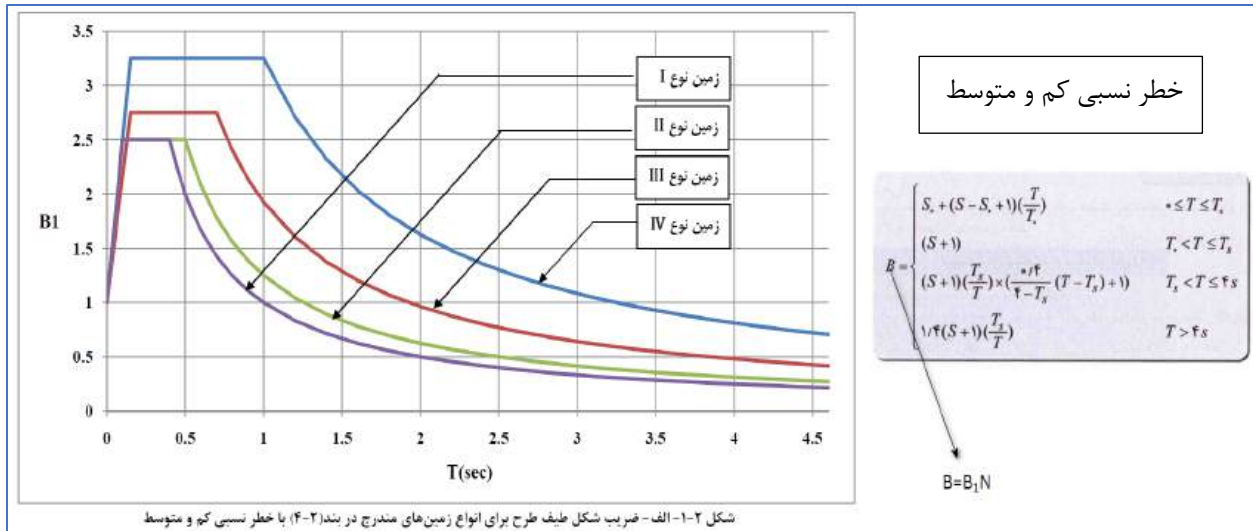
$$B_1 = \begin{cases} S_0 + (S - S_0 + 1) \left(\frac{T}{T_0} \right) & 0 < T < T_0 \\ S + 1 & T_0 < T < T_s \\ (S + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right) & T > T_s \end{cases}$$

که در آن B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف (مربوط به حوزه نزدیک گسل) است. مقدار ضریب شکل از روابط زیر استفاده می شود. برای پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد داریم:

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \\ N &= 1.7 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned}$$

برای پهنه های با خطر نسبی متوسط و کم:

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \\ N &= 1.4 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned}$$



که در آن T دوره تناوب اصلی ساختمان برحسب ثانیه می‌باشد. همچنین S ، T_s ، T_0 و S_0 پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه وابسته اند که با استفاده از جدول (۲-۲) تعیین می‌شود.

جدول ۲-۲ پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

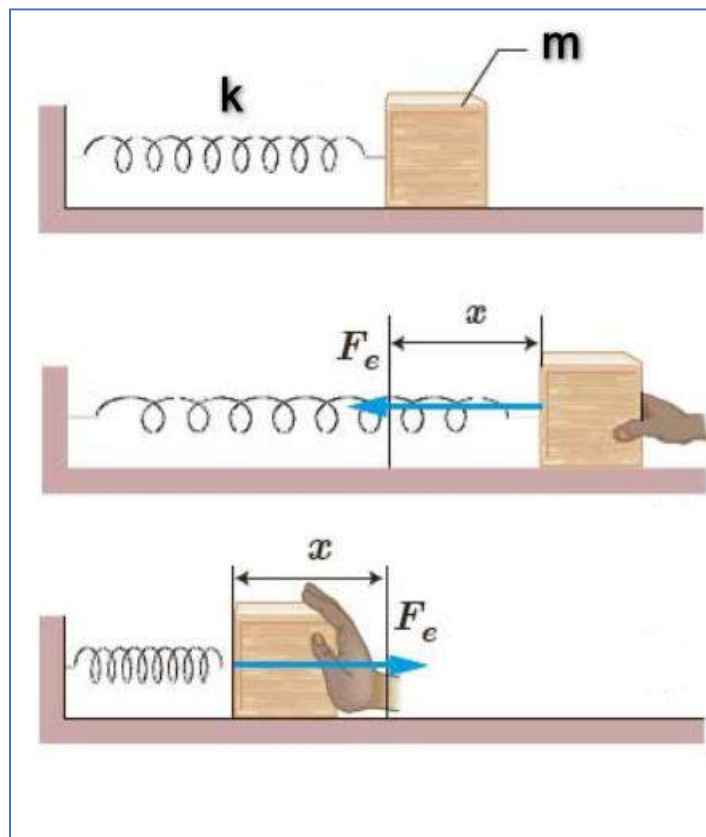
خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد		خطر نسبی کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
S_0	S	S_0	S			
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۴	۰/۱	I
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۵	۰/۱	II
۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۷۵	۱/۳	۲/۲۵	۱/۰	۰/۱۵	IV



زمان تناوب (T)

اگر به یک سیستم یک تغییرمکان اولیه به اندازه واحد بدهیم و رها کنیم تا به اندازه $\Delta = 1.0$ در جهت دیگر برسد و مجدداً به جای اولیه برگردد این زمان را که شامل یک رفت و برگشت کامل است را زمان تناوب گویند. به عبارت دیگر مدت زمان لازم برای رفت و برگشت جسم به جرم m ، زمان تناوب می گوئیم و با توجه به روابط فیزیک دوره تناوب از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



در رابطه فوق k سختی فنر می باشد که در صورت خطی بودن رفتار می توان از قانون هوک استفاده کرد و k را بر حسب تغییرمکان (Δ) به دست آورد:

$$F = k \cdot \Delta \rightarrow k = \frac{F}{\Delta}$$

طبق تعریف اگر $\Delta = 1.0$ در نظر گرفته شود با توجه به رابطه فوق می توان گفت که با کاهش سختی زمان تناوب جسم افزایش می یابد.

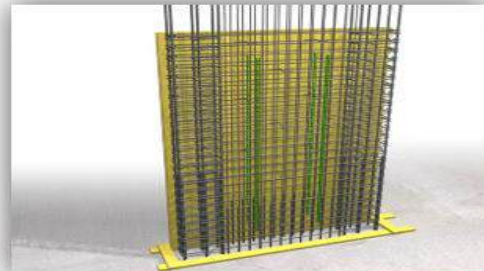


زمان تناوب در سازه

اگر یک سازه تحت نیروی جانبی قرار گیرد سازه نوساناتی خواهد داشت که برای این نوسانات نیز پارامتر زمان تناوب مشابه با جرم و فنر تعریف شده و آن را با T نشان می‌دهیم.

پارامتر زمان تناوب یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های دینامیکی سازه محسوب می‌شود که در برآورد نیروی زلزله وارد بر آن نقش اساسی دارد.

نکته: با توجه به اینکه زمان تناوب با سختی رابطه عکس دارد پس در قاب‌های مهاربندی یا دیوار برشی که سختی بیشتری نسبت به قاب‌های خمشی دارند بنابراین زمان تناوب قاب‌های مهاربندی کمتر از قاب‌های خمشی است.



سختی قاب خمشی > سختی قاب مهاربندی



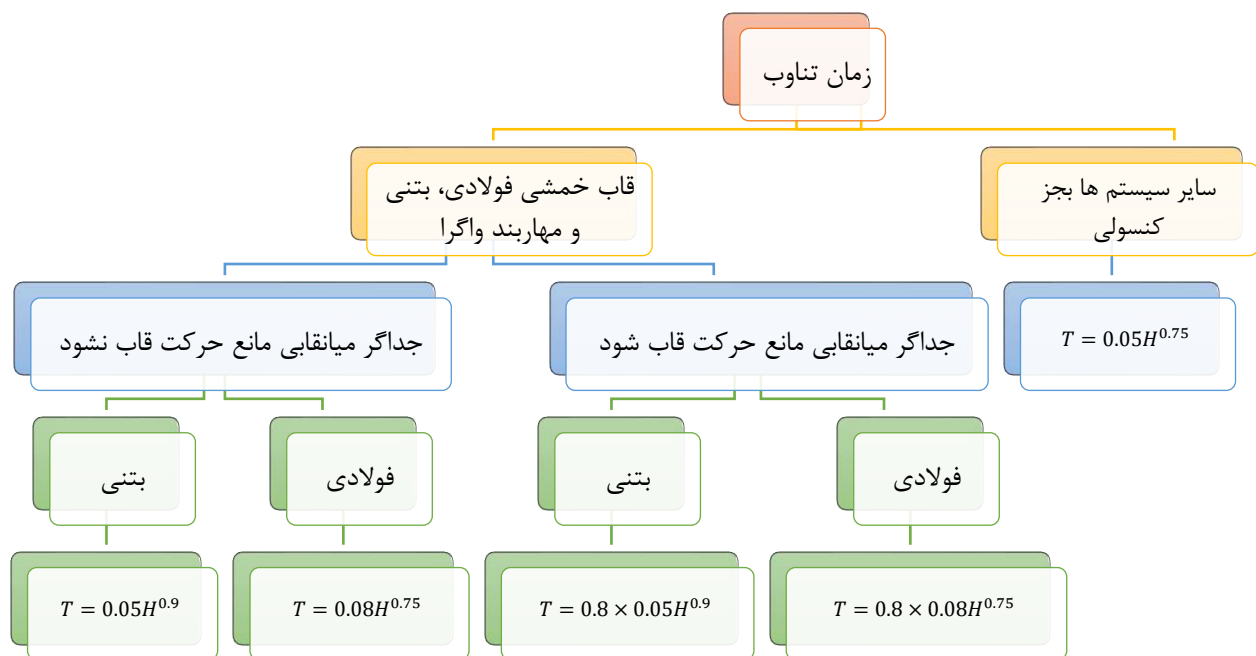
زمان تناوب قاب خمشی < زمان تناوب قاب مهاربندی

برای تعیین زمان تناوب سازه احتیاج به دانستن مشخصات مورد استفاده در سازه و بسیاری از موارد دیگر می‌باشد اما مشکل اصلی در تعیین زمان تناوب در ابتدای طراحی این است که هنوز اطلاعات مشخصات سازه در اختیار نبوده و بدون داشتن زمان تناوب اصلی سازه امکان محاسبه نیروی زلزله وارد بر سازه وجود ندارد.

ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ برای رفع این مشکل روابطی را برای تخمین زمان تناوب در انواع سازه‌ها تعیین کرده است، که این روابط تجربی ارائه شده بر اساس نتایج آزمایشگاهی روی سازه‌های واقعی و یا از طریق اطلاعات ثبت شده سازه‌ها در هنگام زلزله به دست آمده است.



ساختمان‌های متعارف به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شود که توزیع جرم و سختی در ارتفاع آن‌ها به صورت متناسب تغییر کند.

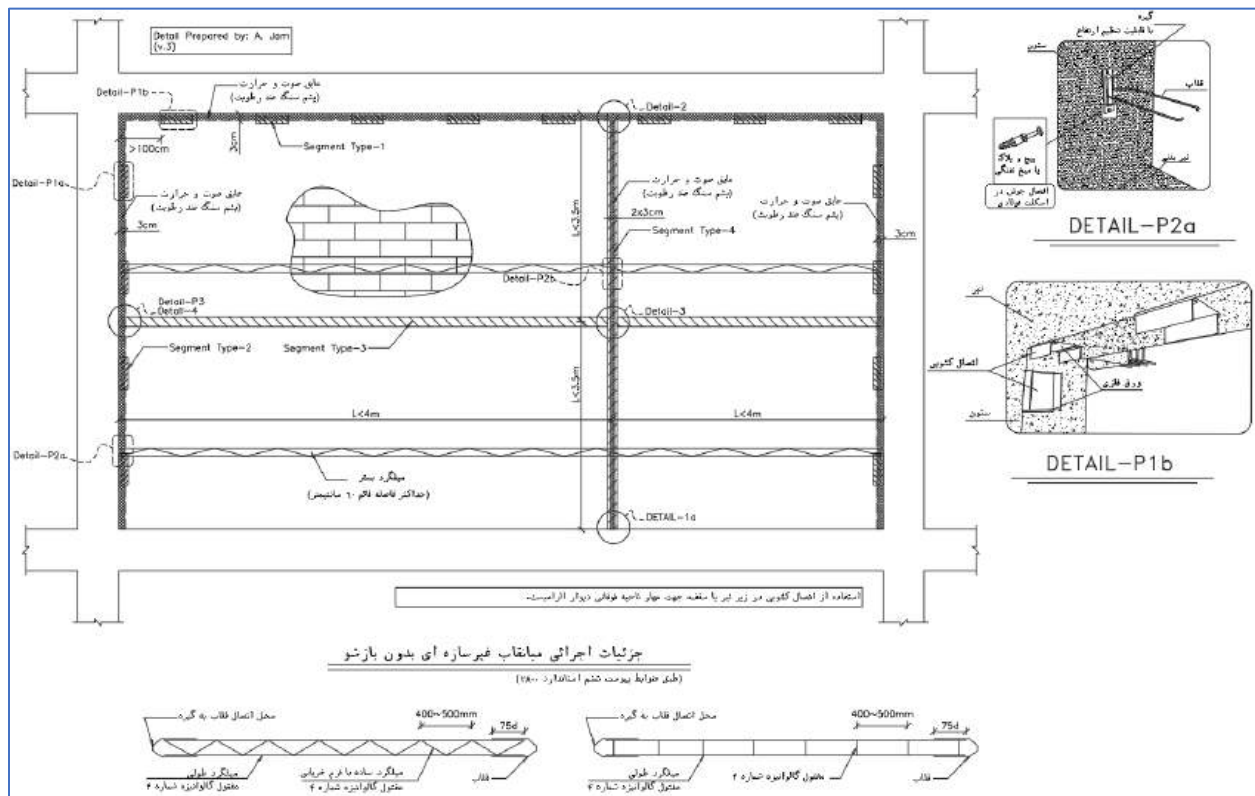


فلوچارت روابط زمان تجربی استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم



جداگرهای میانقابی

از اجزاء غیرسازه ای هستند که برای جداسازی فضاهای داخلی و خارجی و همچنین تقسیم بندی فضای داخلی مورد استفاده قرار می گیرند و برای آنکه در سازه های با سیستم قاب خمشی جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب ها ایجاد نکنند از جزئیات زیر استفاده می کنند:



✓ به طور کلی مهم ترین تأثیر جداگرهای میانقابی بر رفتار سازه، افزایش سختی و مقاومت آن می باشد که در این صورت تغییر مکان سازه کمتر خواهد شد و باعث افزایش مقاومت سازه می شود و در صورتیکه میانقابها به تیرها و ستون های قاب متصل باشند و فاصله ای بین آن ها نباشد سختی جانبی طبقات بیشتر خواهد بود و طبیعتاً سختی سازه افزایش خواهد یافت اما میانقابها اثرات نامطلوبی هم در سازه دارند که در این بخش از بیان آن ها صرف نظر می کنیم.

✓ در روابط زمان تناوب H ارتفاع ساختمان از تراز پایه تا بام می باشد و در صورتیکه وزن خرپشته بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، باید ارتفاع از تراز پایه تا تراز خرپشته مدنظر می باشد و در بام های شیب دار H متوسط ارتفاع بام از تراز پایه می باشد.



✓ اگر سیستم سازه در دو جهت متفاوت باشد برای محاسبه نیروی زلزله در هر راستا از زمان تناوب سازه در همان راستا استفاده می‌شود.

تبصره: زمان تناوب اصلی نوسان را می‌توان با استفاده از تحلیل دینامیکی تعیین کرد و در محاسبات نیرو منظور نمود اما در هر حالت نباید مقدار آن بیشتر از ۱.۲۵ برابر مقادیر به‌دست‌آمده از روابط تجربی باشد.

$$T = \min \left\{ 1.25 T_{\text{تجربی}} \ \& \ T_m \right\}$$

افزایش زمان تناوب به‌اندازه ۲۵ درصد باعث اقتصادی‌تر شدن طراحی سازه می‌گردد، چون با افزایش زمان تناوب ضریب زلزله کاهش یافته و ابعاد تیرها و ستون‌ها کاهش خواهند یافت.

$$T \uparrow \rightarrow B_1 \downarrow \rightarrow B \downarrow \rightarrow C \downarrow$$

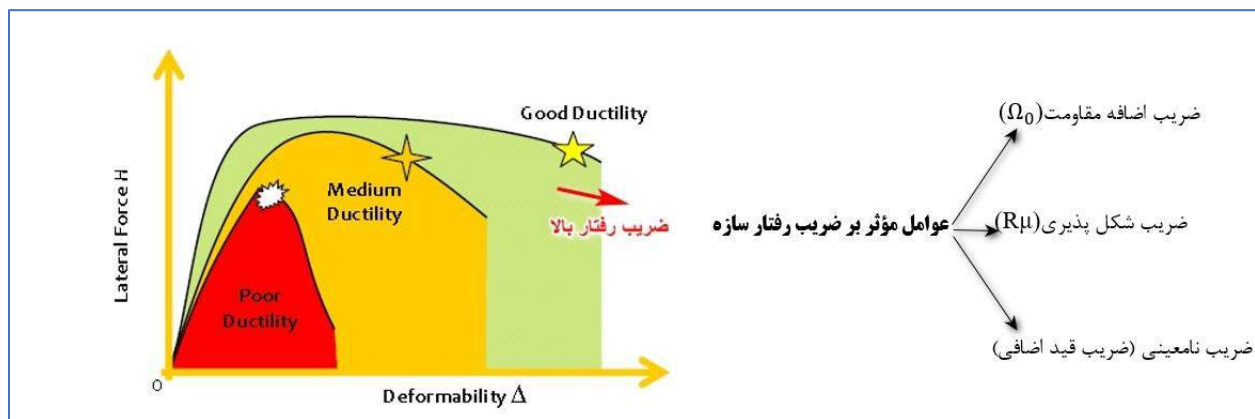
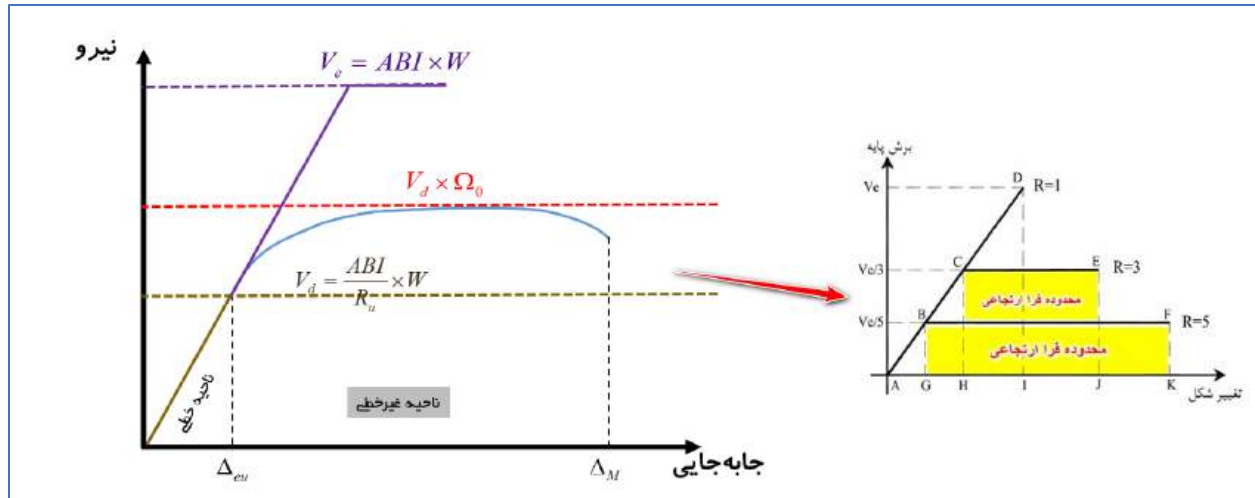
ضریب رفتار سازه (R_u)

ضریب رفتار ساختمان پارامتری است که به سازه اجازه می‌دهد با ورود به محدوده غیرخطی، انرژی ناشی از زلزله که در سازه بوجود آمده است را مستهلک کرده و در نهایت نیروی طراحی زلزله را کاهش دهد.

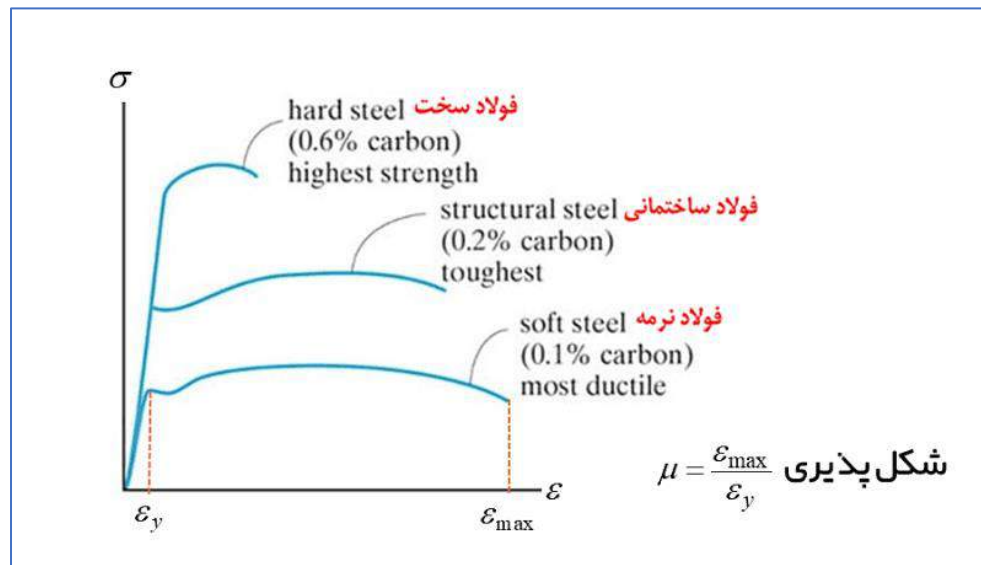
بیان مفهوم ضریب رفتار ساختمان با مثال:

اگر مطابق نمودار زیر، سازه ای با ضریب رفتار معادل ۳ فرض شود، به این معنی است که سازه به یک‌سوم مقاومت اولیه نیاز دارد یعنی یک‌سوم از نیروی زلزله را قسمت خطی و دو سوم آن را قسمت غیرخطی تحمل می‌کند که برای جبران دو سوم باقی‌مانده از برش پایه باید از ظرفیت تغییر شکل غیر ارتجاعی سازه استفاده کند.

در یک جمع بندی می‌توان گفت هر چه ضریب رفتار سازه بزرگ‌تر باشد، بدین معنی است که ظرفیت تحمل تغییر شکل‌های غیر ارتجاعی، استهلاک انرژی و شکل‌پذیری آن بیشتر و در نتیجه مقاومت غیر ارتجاعی موردنیاز آن کمتر خواهد بود. در نمودار زیر ضمن مشخص کردن میزان سهم رفتار ارتجاعی و غیر ارتجاعی سازه از رفتار کلی سازه، نقش ضریب رفتارهای مختلف در مقدار نیروی برش پایه وارده به سازه را به‌خوبی نشان می‌دهد.



عوامل مؤثر بر ضریب رفتار سازه





جدول: ضریب رفتار ساختمان

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	ضریب رفتار
الف - سیستم دیوار باربر	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۵
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۴
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	۳/۵
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳
	۵- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه‌ای فولادی	۴
	۶- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	۵/۵
	۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی	۳
ب - سیستم قاب ساختمانی	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۶
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۵
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	۴
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳
	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۷
	۶- مهاربندی کمانش تاب	۷
	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵
	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۵/۵
پ - سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه	۷/۵
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط	۵
	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی	۳
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	۷/۵
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	۵
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی	۳/۵
ت - سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۷/۵
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	۶/۵
	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶
	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶
	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۷/۵
	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۶
	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۷
	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۶
ث - سیستم کنسولی	۱- سازه های فولادی یا بتن آرمه ویژه	۲



تراز پایه (H)

در بند ۳-۳-۱-۲ استاندارد ۲۸۰۰ تراز به این صورت تعریف شده است که تراز پایه تراز از ساختمان است که در هنگام زلزله از آن تراز به پایین اختلاف حرکتی بین ساختمان و زمین وجود نداشته باشد. این بند حالت های کلی با شرایط های مختلف، برای انتخاب تراز پایه ارائه شده است.

۳-۳-۱-۲ تراز پایه

تراز پایه، بنا به تعریف، به تراز در ساختمان اطلاق می شود که در هنگام زلزله از آن تراز به پایین اختلاف حرکتی بین ساختمان و زمین وجود نداشته باشند. تراز پایه برای طراحی ساختمان ها به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

- ۱- برای ساختمان های بدون زیرزمین یا ساختمان های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل نباشند، تراز پایه باید در سطح بالای شالوده در نظر گرفته شود.
- ۲- برای ساختمان های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل باشند و فضای بین خاکبرداری و دیوار نگهبان زیرزمین با خاک متراکم پر شده باشد، تراز پایه می تواند در نزدیک ترین سقف زیرزمین به زمین طبیعی اطراف در نظر گرفته شود، منوط بر آنکه اولاً خاک طبیعی موجود در اطراف ساختمان متراکم باشد و ثانیاً دیوارهای نگهبان زیرزمین بتن آرمه بوده و آخرین سقف زیرزمین نیز دارای صلبیت کافی باشد. در این راستا می توان از صلبیت تیرها و یا مجموعه تیر و دال سقف ها برای افزایش صلبیت سقف استفاده نمود.

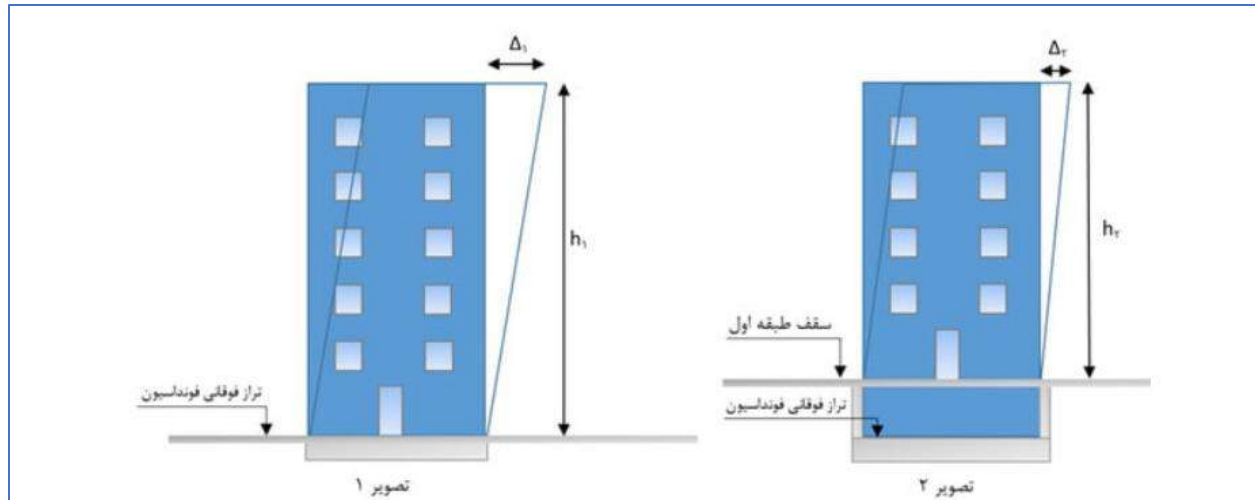
جدول ۳-۲ طبقه بندی نوع زمین

نوع زمین	توصیف لایه بندی زمین	پارامترها
		$\bar{C}_p$ (kPa) $\bar{N}_{100}$ $\bar{V}_s$ (m/s)
I	سنگ و ضربه سنگ شامل سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک های سیمانه بسیار متراکم یا حداکثر ۵ متر عمق از سطح زمین	- - > 750
II	خاک های متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه های متراکم، رس بسیار سخت با ضریب بیش از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد. سنگ های آذرین و رسوبی سست، ماسه نعل و سگ متراکم و یا تالاب موزید	> 750 > 50 > 150
III	خاک های متراکم یا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم یا متوسط با رس های سخت با ضرایب بیشتر از ۳۰ متر	$400-750$ $15-50$ $175-275$
IV	خاک متوسط تا نرم، لایه های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده یا تراکم متوسط تا کم، لایه های خاک کفلا چسبنده نرم تا متراکم	< 400 < 15 < 175

تراز پایه

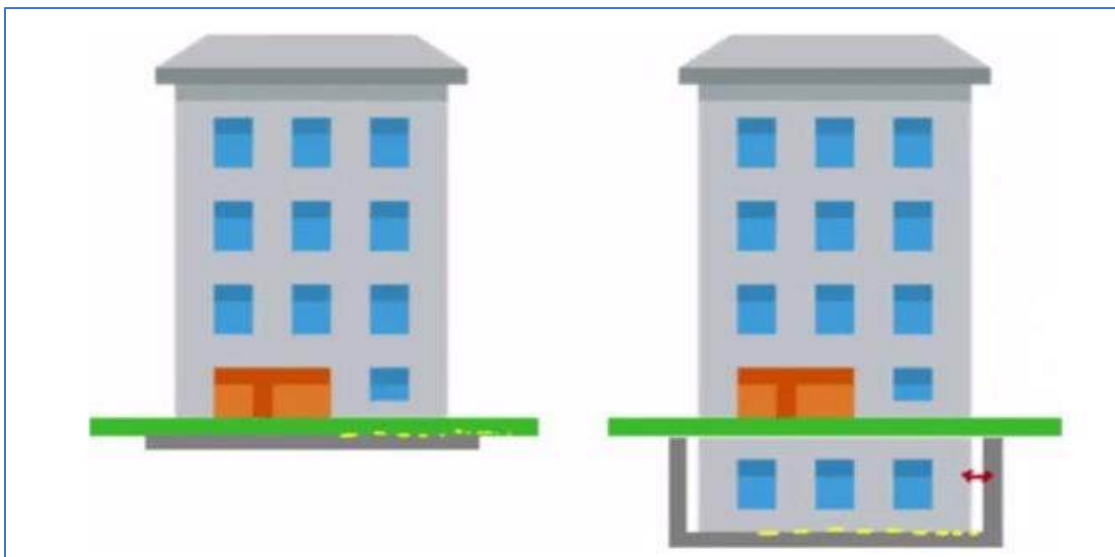
شرط بالا آوردن تراز پایه

می توان نتیجه گرفت که تنها موقعی می توانیم تراز پایه را بالاتر از تراز فونداسیون در نظر گرفت که اولاً دور تا دور زمین در زیرزمین دیوار حائل بتن آرمه وجود داشته باشد و دوماً دور تا دور سازه در زیرزمین خاک متراکم وجود داشته باشد. تفسیر استاندارد ۲۸۰۰ از خاک پیرامون سازه یک تعبیر دینامیکی است، یعنی منظور از خاک متراکم با توجه به سرعت موج برشی است. با توجه به جدول ۳-۲ استاندارد ۲۸۰۰ برای تأمین شرایط خاک متراکم، خاک پیرامون سازه باید از نوع خاک تپ II و حداقل خاک تپ III باشد.



در تصویر ۱ اختلاف حرکت جانبی سازه با زمین از روی فونداسیون آن شروع شده ولی در تصویر ۲ حرکت سازه و زمین تا زیر سقف طبقه اول به صورت مشترک بوده و اختلاف حرکت آن‌ها از سقف طبقه اول آن آغاز می‌شود پس برای این مثال می‌توان گفت که تراز پایه سازه ۱ در همان تراز فوقانی فونداسیون و تراز پایه سازه ۲ در تراز سقف اول سازه قرار دارد. همین مسئله به ظاهر ساده باعث شده است که ارتفاع مؤثر (h) و میزان دریافت (Δ) سازه در دو سازه متفاوت شده و نیروی زلزله وارده بر این دو سازه متفاوت باشد.

برای ساختمان‌های بدون زیرزمین یا ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهدار آن به سازه متصل نباشند، تراز پایه باید در سطح بالای شالوده در نظر گرفته شود.

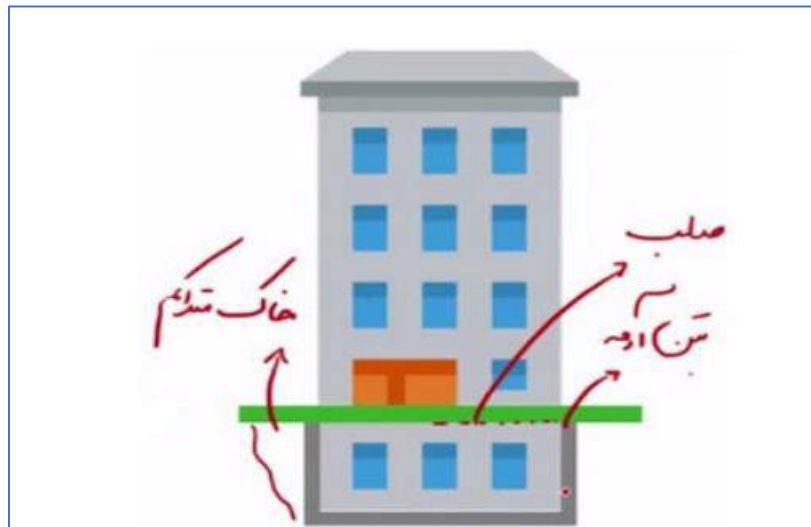


تراز پایه در سازه با و بدون زیرزمین در حالتی که دیوار نگهدار به سازه متصل نیست

- برخی تصاویر این قسمت از سایت سبز سازه برگرفته شده است.



برای ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل باشند و فضای بین خاکبرداری و دیوار نگهبان زیرزمین با خاک متراکم پر شده باشد، تراز پایه می‌تواند در نزدیک ترین سقف زیرزمین به زمین طبیعی اطراف در نظر گرفته شود، منوط بر آنکه اولاً خاک طبیعی موجود در اطراف ساختمان متراکم باشد و ثانیاً دیوارهای نگهبان زیرزمین بتن آرمه بوده و آخرین سقف زیرزمین نیز دارای صلبیت کافی باشد. در این راستا می‌توان از صلبیت تیرها و یا مجموعه تیر و دال سقف‌ها برای افزایش صلبیت سقف استفاده نمود.



شرایط انتقال تراز پایه به بالای دیوار حائل

علاوه بر شروط استاندارد ۲۸۰۰، بر اساس آیین‌نامه ASCE07 پارامترهای دیگری در انتخاب محل تراز پایه دخیل‌اند که عبارت‌اند از:

موقعیت سطح زمین طبیعی نسبت به تراز طبقات

بازشوهای تعبیه شده در دیوار حائل

جنس دیوارهای حائل زیرزمین

متصل یا مستقل بودن دیوارهای حائل زیرزمین

شیب زمین مجاور سازه

وجود شمع در زیر فونداسیون

وجود اختلاف تراز در فونداسیون سازه



بارگذاری سازه بر اساس روش تحلیل استاتیکی معادل (پروژه مورد بررسی)

محسابه ضریب زلزله

$$C = \frac{ABI}{R_u}$$

ضریب اهمیت ساختمان (I)

طبق بند (۱-۶) آیین نامه ساختمان مورد نظر جزو ساختمان های با اهمیت متوسط (مسکونی) می باشد.

طبق جدول (۳-۳) آیین نامه ۲۸۰۰ ضریب اهمیت ساختمان برابر با (۱) می باشد.

ضریب شتاب مبنای طرح (A)

طبق جدول (۲-۱) آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم ضریب مبنای طرح برای سازه ما که در شهر تبریز قرار دارد و با توجه به پیوست ۱ آیین نامه ۲۸۰۰ در پهنه لرزه خیزی با خطر نسبی خیلی زیاد قرار دارد برابر با 0.35 می باشد.

ضریب بازتاب ساختمان (B)

$$B = B_1 N$$

رابطه ۱ - ۲ آیین نامه

برای به دست آوردن B_1 ابتدا باید مقادیر S و S_0 و T_0 و T_s و T را به دست آوریم:

مقادیر S و S_0 و T_0 و T_s از روی جدول (۲-۲) آیین نامه ۲۸۰۰ به دست می آید:

نوع زمین باتوجه به گزارش ژئوتکنیک از نوع ۲ می باشد:

$$T_0 = 0.1$$

$$T_s = 0.5$$

$$S = 1.5$$

$$S_0 = 1.0$$

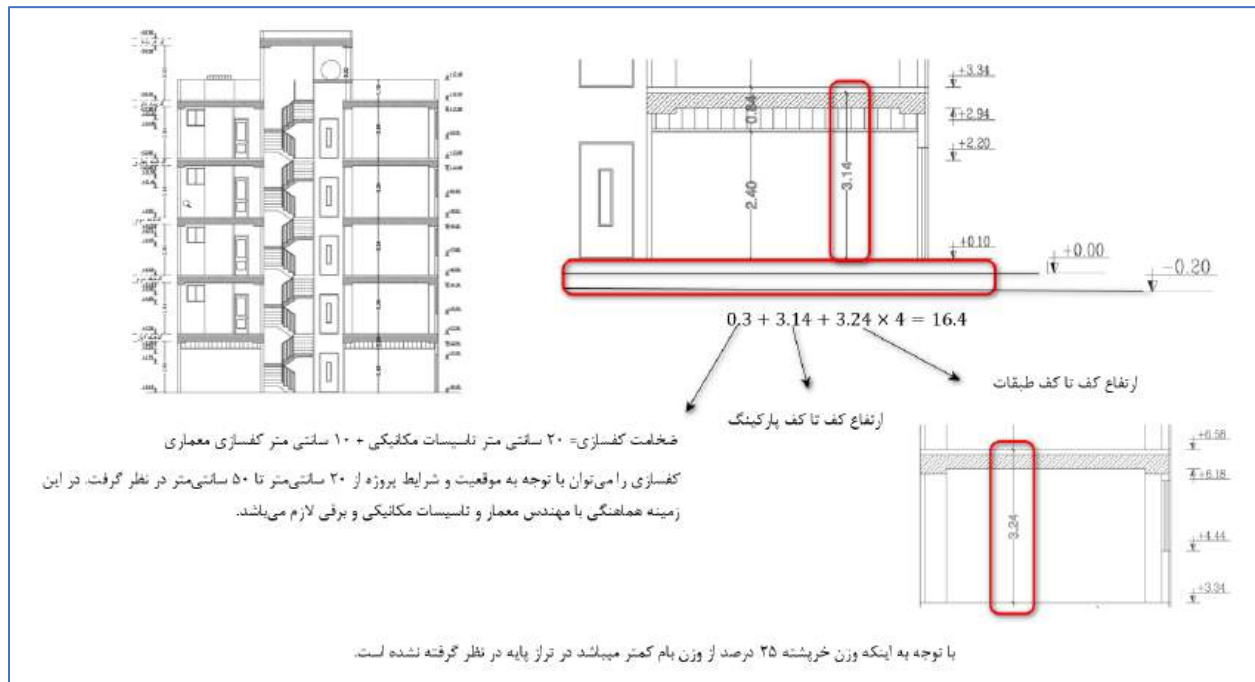


برای محاسبه مقدار T از بند (۳-۳-۳) آیین نامه ۲۸۰۰ استفاده می شود:

$$T = 0.05H^{0.9} = 0.05 \times 16.40^{0.9} = 0.6199 \text{ sec} \rightarrow 1.25 * T = 0.77 \text{ sec}$$

$$0.3 + 3.14 + 3.24 \times 4 = 16.4$$

تراز پایه:



مقدار B_1 طبق رابطه (۲-۲) آیین نامه ۲۸۰۰ به دست می آید:

$$T > T_s \rightarrow B_1 = (1.5 + 1) \left(\frac{0.5}{0.77} \right) = 1.62$$

مقدار N نیز برای سازه های با خطر لرزه ای خیلی زیاد از رابطه (۲-۳) آیین نامه ۲۸۰۰ به دست می آید:

$$T_s < T < 4 \rightarrow N = \frac{0.7}{4 - 0.5} (0.77 - 0.5) + 1 = 1.044$$

$$B = 1.62 \times 1.044 = 1.70$$

ضریب رفتار ساختمان

با توجه به جدول (۳-۴) آیین نامه ۲۸۰۰ و ویرایش چهارم و با توجه به این که سیستم سازه ای ساختمان از نوع قاب خمشی متوسط می باشد در نتیجه مقدار R_u برابر با ۵ می باشد:

$$C = \frac{ABI}{R_u} = \frac{0.35 \times 1.70 \times 1}{5} = 0.1191$$



ضریب توزیع برش پایه (K)

جهت توزیع مناسب زلزله در ارتفاع سازه از ضریب K استفاده میشود.

۳-۳-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

نیروی برشی پایه V_u ، که طبق بند (۳-۳-۱) محاسبه شده است، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد:

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u \quad (۳-۶)$$

در این رابطه:

F_{ui} : نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i : وزن طبقه i شامل وزن سقف و قسمتی از سربار آن مطابق جدول (۳-۱) و نصف وزن دیوارها و ستون‌هایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.

h_i : ارتفاع تراز سقف طبقه i از تراز پایه

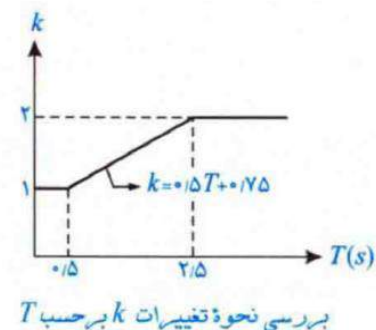
n: تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

k: ضریبی است که با توجه به زمان تناوب نوسان اصلی سازه T از رابطه زیر به دست آورده می‌شود:

$$k = 0.5T + 0.75 \quad 0.5 \leq T \leq 2.5 \text{ sec}$$

$$\text{if } T < 0.5 \text{ sec} \Rightarrow k = 1$$

$$\text{if } T > 2.5 \text{ sec} \Rightarrow k = 2$$



$$K = 0.5T + 0.75 = 0.5 \times 0.77 + 0.75 = 1.1374$$

پارامتر K برای در نظر گرفتن اثر مدهای بالاتر بوده



برای محاسبه ضریب زلزله می‌توان از فایل‌های اکسل موجود نیز استفاده کرد که یکی از بهترین فایل‌های اکسل مربوط به دکتر مسعود حسین زاده اصل می‌باشد که می‌توانید از لینک زیر دانلود نمایید:

www.hoseinzadeh.net/hoseinzadeh-etabs

ویرایش چهارم		جدول ۳-۴
ارتفاع سازه از تراز پایه (متر)	16.4	
درجه اهمیت سازه	I=1	
ضریب A	A=0.35	
نوع زمین	II	
سیستم سازه	قاب خمشی بتنی	
$R_u =$	5	
سازه میانقاب دارد؟	خیر	
زمان تناوب نرم افزار (T_{ETABS})	1.19	
$T_0 =$	0.1	
$T_s =$	0.5	
$S_0 =$	1	
$S =$	1.5	
$T = \text{Min} (1.25 \text{ (تحلیلی و تجربی)})$	0.77	
$N = 0.7 / (4 - T_s) * (T - T_s) + 1 =$	1.05498	
$B_1 = (S + 1) (T_s / T) =$	1.61313	
$B = B_1 * N =$	1.70182	
$C_{\text{min}} = 0.14 * A * I =$	0.0420	
$C = A * B * I / R =$	0.1191	
$k = 0.5 * T + 0.75 =$	1.1374	
$C_{DRIFT} =$	0.083676471	
$K_{DRIFT} =$	1.345	

مشاهده می‌شود که نتایج محاسبات دستی و اکسل باهم همخوانی دارند.



بار قائم زلزله

بند ۳-۳-۹ استاندارد ۲۸۰۰ در مورد زلزله قائم می‌باشد.

به عبارت علمی‌تر، رکوردهای ثبت شده در نواحی نزدیک گسل نشان دهنده حرکت شدید قائم زمین هستند. زلزله‌های حوزه نزدیک به علت اثر مخرب مؤلفه قائم زلزله از زلزله‌های حوزه دور، متمایز می‌شوند. این اثرات خصوصاً بر روی دهانه‌های بلند و کنسول‌ها جدی‌تر نیز می‌باشد. آیین‌نامه‌های طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، توجه ویژه‌ای به این مسئله دارند. به همین دلیل امروزه بررسی اثرات این نیرو یکی از مراحل مهم در طراحی سازه می‌باشد.

۳-۳-۹-۱ نیروی قائم ناشی از زلزله که اثر مؤلفه قائم شتاب زلزله در ساختمان است، در موارد زیر باید در محاسبات منظور شود.

الف- کل سازه ساختمان‌هایی که در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده‌اند.

ب- تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از پانزده متر می‌باشد، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها.

پ- تیرهایی که بار قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به تیر را تحمل می‌کنند، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها. در صورتی که بار متمرکز حداقل برابر با نصف مجموع بار وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می‌شود.

ت- بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌هایی که به صورت طره ساخته می‌شوند.

مقدار این نیرو از رابطه کلی زیر محاسبه می‌شود:

$$F_{vu} = 0.6AIw_p$$

A: نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل است که در محاسبه ضریب زلزله به دست می‌آید.

I: ضریب اهمیت ساختمان است که در محاسبه ضریب زلزله به دست می‌آید.

w_p : وزن مؤثر لرزه‌ای برای زلزله قائم است.



الف) پهنه لرزه ای با خطر نسبی خیلی زیاد: در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد ($A=0.35$) یکبار نیروی قائم زلزله را برای کل سازه محاسبه می‌کنیم. این نیرو به صورت ضربی از بار مرده خواهد بود.

محاسبه بار مرده تک تک اعضا و المان‌های سازه و اعمال بار زلزله قائم آن‌ها کار بسیار وقت گیری و زمان بری خواهد بود. پس راه حل چیست؟

برای حل این مشکل با فرض در نظر گرفتن ضریب اهمیت برابر با ۱ (ساختمان مسکونی و اداری) برای ساختمان به رابطه زیر دقت کنید:

$$F_{vu} = 0.6AIw_p = 0.6 \times 0.35 \times 1 \times w_p = 0.21w_p$$

در نتیجه مطابق بالا به جای آن که بار مرده هر عضو تک تک محاسبه شده و در رابطه زلزله قائم جایگذاری شود و عدد حاصله تحت عنوان الگوی بار E_v که همان مولفه قائم زلزله هست به سازه اعمال شود، می توان ضریب بار مرده در ترکیب بارهای لرزه ای را تغییر دهیم. با این کار هنگام طراحی اعضای سازه نرم افزار ظرف چند ثانیه این مقدار را محاسبه کرده و در طراحی سازه اعمال می کند.

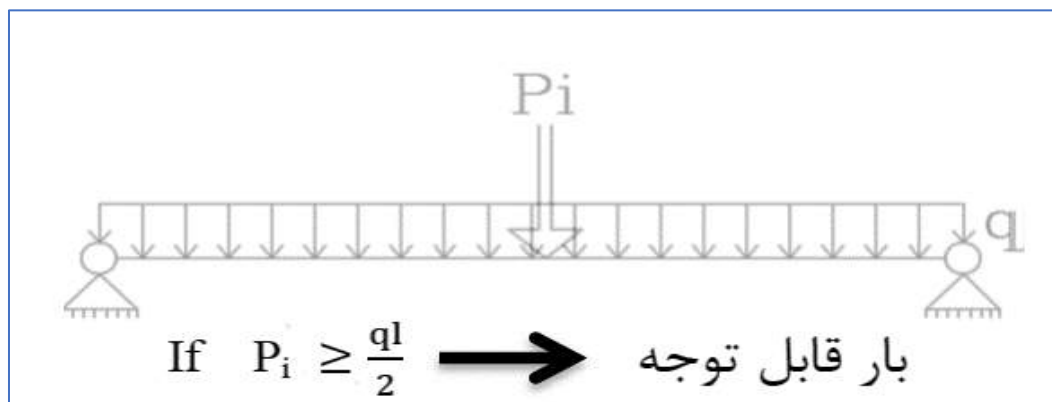
ب و پ) تیرهای خاص به همراه ستون و دیوارهای تکیه گاهی آن‌ها:

۱- تیرهایی که طول دهانه آن‌ها بیشتر از ۱۵ متر است.

۲- تیرهایی که بار قائم متمرکز قابل توجهی را در مقایسه با سایر بارهای وارد بر تیر تحمل می‌کنند (منظور از بار متمرکز قابل توجه، باری است که حداقل برابر با نصف مجموع بار وارد بر تیر باشد)

$$F_{vu} = 0.6AIw_p$$

w_p : کل بار مرده و زنده



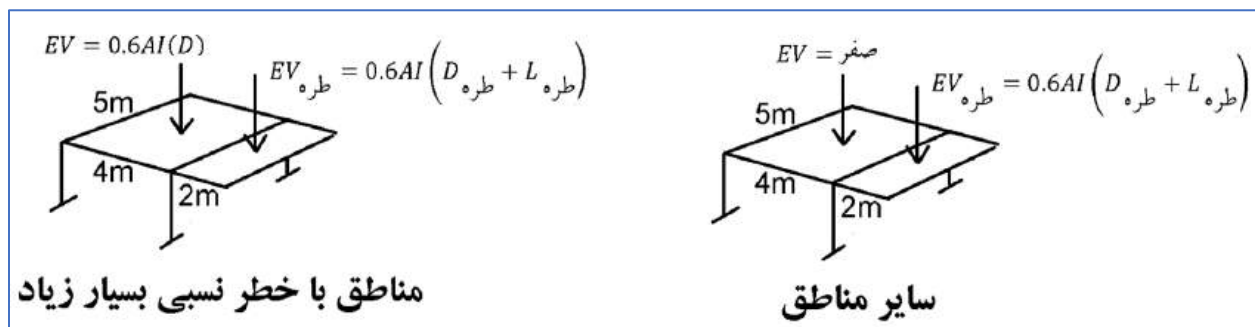


جزوه طراحی سازه بتنی

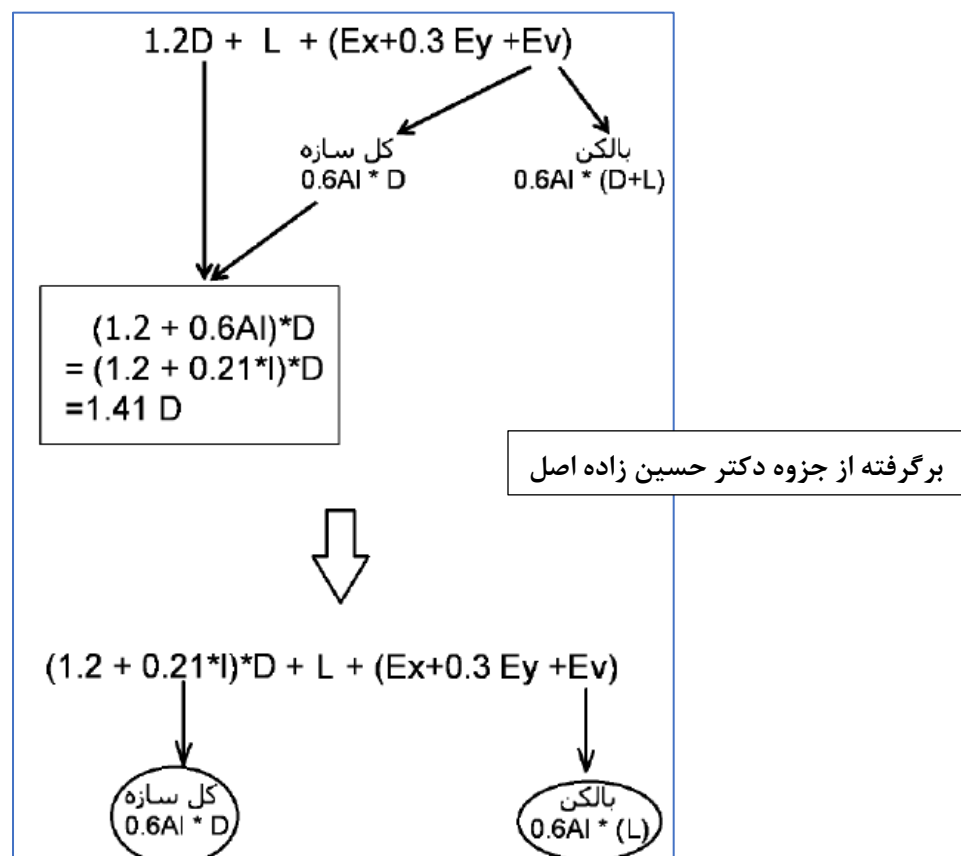
ت) بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌های طره‌ای: اعضای طره‌ای در ساختمان‌ها شدیداً تحت تأثیر مولفه قائم زلزله قرار دارند و ممکن است به راحتی دچار آسیب شوند. از همین رو لازم است تا در همه سازه‌ها در صورت وجود اعضای طره‌ای، آن‌ها را برای نیروی قائم زلزله کنترل کنیم. مقدار نیروی زلزله قائم وارد بر بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌های طره‌ای از رابطه زیر تعیین می‌شود:

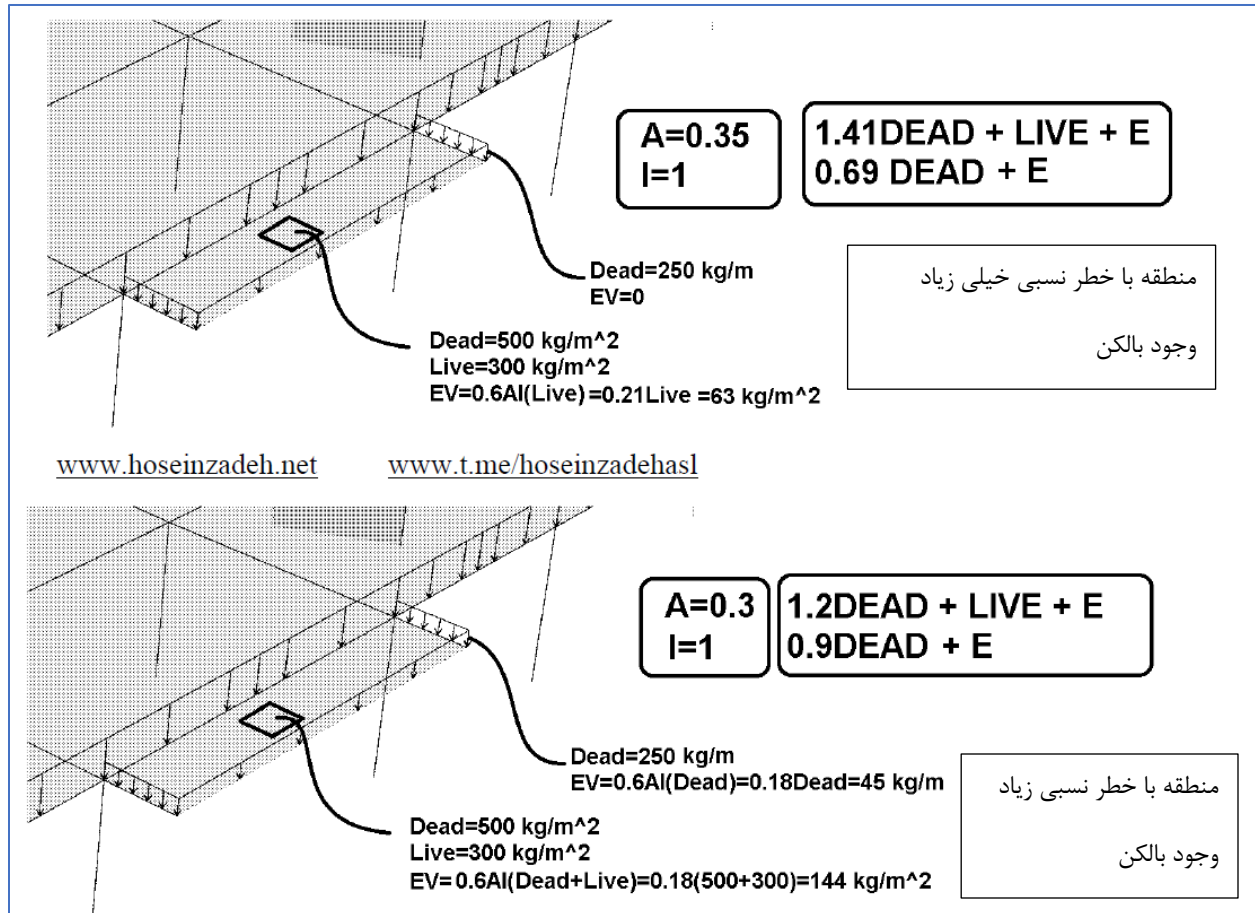
$$F_{vu} = 0.6AIw_p$$

w_p : کل بار مرده و زنده



نحوه منظور کردن زلزله قائم برای کل سازه (مورد اول)



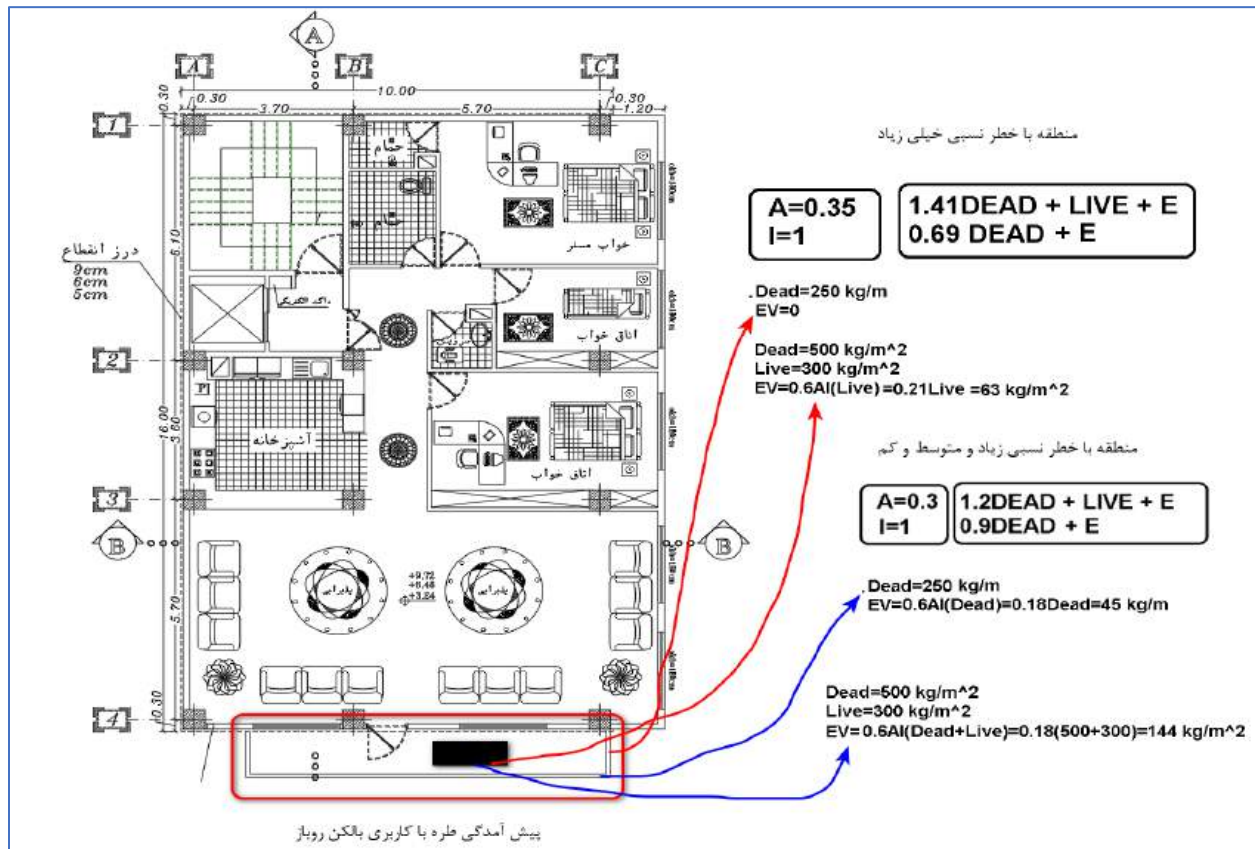
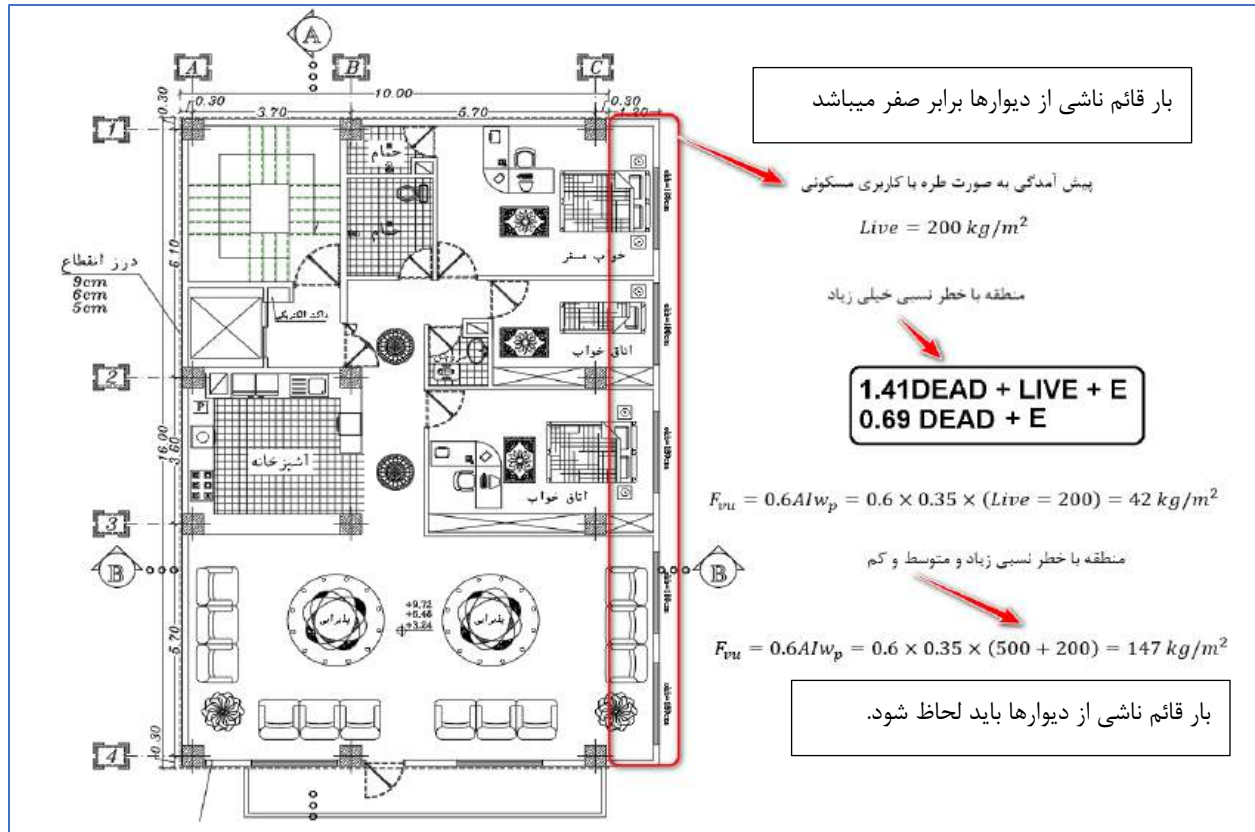


نکته مهم:

بالکن باشد ولی طره نباشد بار قائم در این حالت نداریم فقط بار زنده بالکن را ۱.۵ برابر کف متصل به آن لحاظ می کنیم.

طره باشد ولی بالکن نباشد (پیش آمدگی به صورت مسکونی سر بسته باشد): بار قائم E_V وارد می شود.

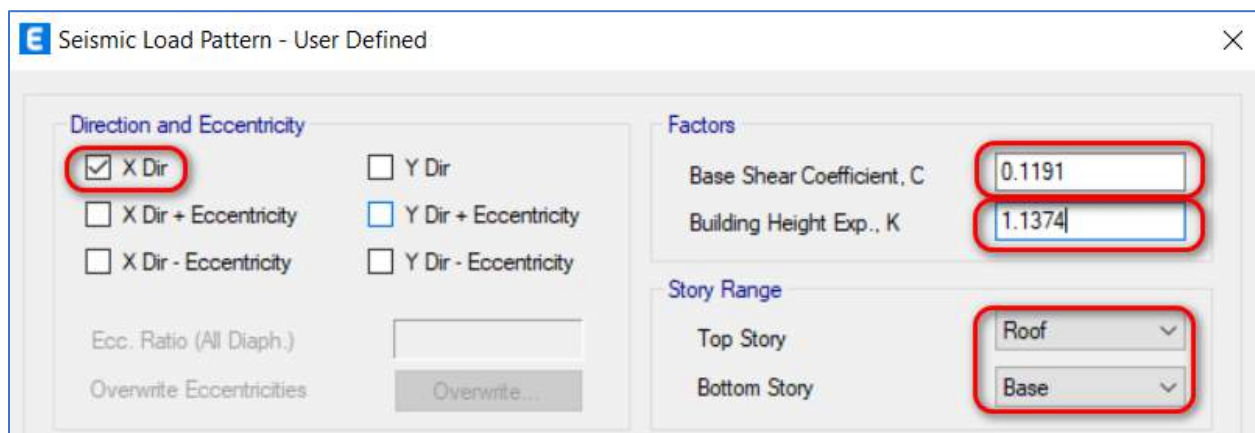
هم طره باشد و هم بالکن باشد در این حالت بار زنده را نسبت به کف متصل به آن ۱.۵ برابر لحاظ می کنیم و همچنین بار قائم زلزله E_V را نیز لحاظ می کنیم.





تعریف نیروی زلزله استاتیکی در نرم افزار

پس از محاسبه ضریب زلزله C و پارامتر K برای هر یک از راستاهای اصلی X و Y سازه، الگوی بار Load Pattern زلزله استاتیکی به صورت زیر تعریف می شود.

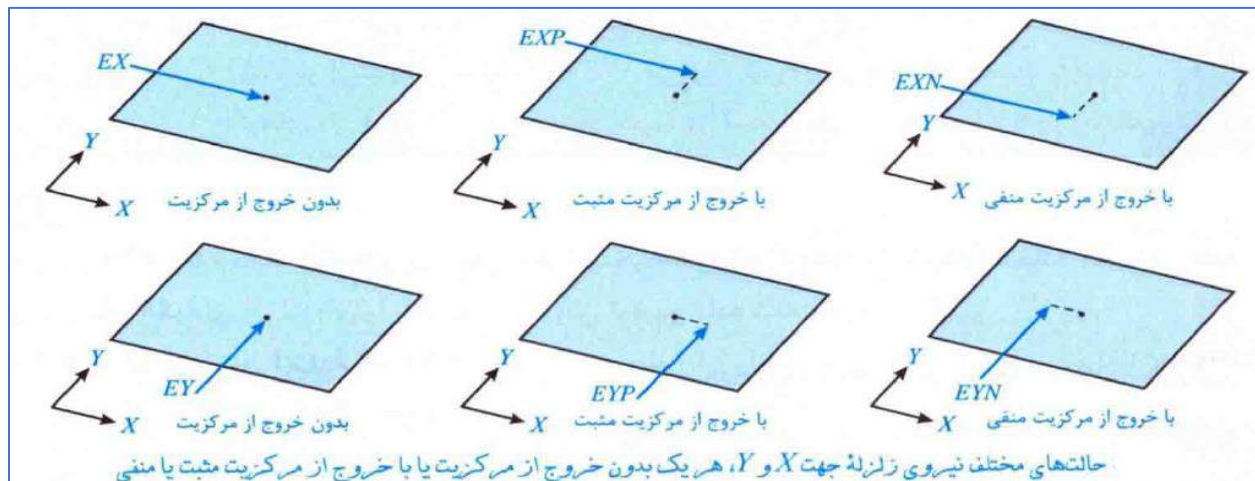


تعریف بارهای زلزله در دو جهت X و Y بدون خروج از مرکزیت



از سوی دیگر براساس بند (۳-۳-۷-۳) ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، نیروهای جانبی زلزله باید با یک مقدار خروج از مرکزیت به سازه اعمال شوند. برای در نظر گرفتن این موضوع، نیروی زلزله در هر دو جهت در دو حالت خروج از مرکزیت مثبت P و خروج از مرکزیت منفی N به سازه اعمال می‌شود. بنابراین در مجموع ۶ حالت کلی برای اعمال بار جانبی زلزله به سازه وجود دارد که در شکل‌های زیر ترسیم شده‌اند.

۳-۷-۴ در ساختمان‌های تا ۵ طبقه و یا کوتاه‌تر از هجده متر در مواردی که برون مرکزی نیروی جانبی طبقه در طبقات بالاتر از هر طبقه کمتر از ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه در امتداد عمود بر نیروی جانبی باشد، برای محاسبات لنگر پیچشی نیازی به در نظر گرفتن برون مرکزی اتفاقی در طبقات نیست.

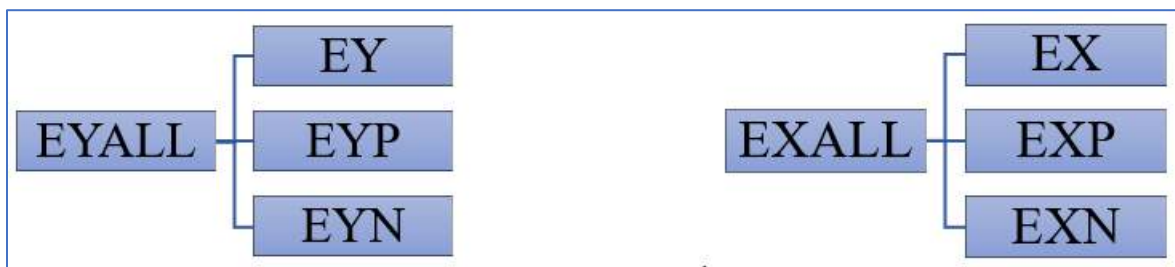


برگرفته از کتاب سری عمران

الگوی بار با خروج از مرکزیت در جهت X : EXP و EXN

الگوی بار با خروج از مرکزیت در جهت Y : EYP و EYN

در ایتبس با ورژن‌های ۲۰۱۳ به بعد می‌توان EX ، EXP ، EXN را به صورت همزمان تعریف کرد.





E Define Load Patterns

Click To:

Add New Load **4**

Modify Load

Modify Lateral Load **5**

Delete Load

OK Cancel

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
EXALL 1	Seismic 2	0	User Coefficient 3
Super Dead	Live	0	
Live-0.5	Live	0	
Live-Red	Reducible Live	0	
Live-Red-0.5	Reducible Live	0	
Live Roof	Roof Live	0	
Snow	Snow	0	
EX	Seismic	0	User Coefficient
EY	Seismic	0	User Coefficient
EXALL	Seismic	0	User Coefficient

E Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

☒ X Dir

☐ Y Dir

☒ X Dir + Eccentricity

☐ Y Dir + Eccentricity

☒ X Dir - Eccentricity

☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.) **0.05**

Overwrite Eccentricities Overwrite...

Factors

Base Shear Coefficient, C **0.1191**

Building Height Exp., K **1.1374**

Story Range

Top Story **Roof**

Bottom Story **Base**

E Define Load Patterns

Click To:

Add New Load **4**

Modify Load

Modify Lateral Load... **5**

Delete Load

OK Cancel

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
EYALL 1	Seismic 2	0	User Coefficient 3
Live-0.5	Live	0	
Live-Red	Reducible Live	0	
Live-Red-0.5	Reducible Live	0	
Live Roof	Roof Live	0	
Snow	Snow	0	
EX	Seismic	0	User Coefficient
EY	Seismic	0	User Coefficient
EXALL	Seismic	0	User Coefficient
EYALL	Seismic	0	User Coefficient

E Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

☐ X Dir

☒ Y Dir

☐ X Dir + Eccentricity

☒ Y Dir + Eccentricity

☐ X Dir - Eccentricity

☒ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.) **0.05**

Overwrite Eccentricities Overwrite...

Factors

Base Shear Coefficient, C **0.1191**

Building Height Exp., K **1.1374**

Story Range

Top Story **Roof**

Bottom Story **Base**



۳-۱-۴ ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروی زلزله محاسبه شود. به طور کلی می توان محاسبه در هر یک از این دو امتداد را جز در موارد زیر به طور مجزا و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام داد.

۳-۳-۷-۳ برون مرکزی اتفاقی در تراز هر طبقه، e_{aj} ، به منظور به حساب آوردن احتمال تغییرات اتفاقی توزیع جرم و سختی از یک سو و نیروی ناشی از مؤلفه پیچشی زلزله از سوی دیگر، در نظر گرفته می شود. این برون مرکزی باید در هر دو جهت و حداقل برابر با ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه، در امتداد عمود بر نیروی جانبی اختیار شود. در مواردی که ساختمان مشمول نامنظمی پیچشی موضوع بند (۱-۷-۱-ب) می شود، برون مرکزی اتفاقی حداقل باید در ضریب بزرگنمایی A_j ، طبق رابطه زیر، ضرب شود.

در صورتی که در مرحله کنترل سازه و بحث ضریب بزرگنمایی پیچش اتفاقی (A_j) مشخص گردد که مقداری بیش از ۵٪ برای خروج از مرکزیت در طبقه مورد نیاز است، اصلاحاتی باید روی این مقدار انجام شود و در نرم افزار وارد گردد. در قسمت کنترل ها مفصلاً بحث خواهد شد.



تعریف الگوی بار قائم زلزله در نرم افزار

وقتی به Help نرم افزار مراجعه می کنیم مشاهده می شود که بار از نوع Seismic برای جهت X و Y تعریف شده است در حالی که برای قائم اشاره ای نشده است.

Seismic Load Pattern - User Defined Form

Use the **Seismic Load Pattern - User Defined** form to specify seismic coefficients for the load pattern irrespective of any code, including the direction and eccentricity, story range, base shear and building height exponent. Use the **Seismic Load Pattern form** to specify loading using code compliant parameters.

- **Direction and Eccentricity** options. Choose to specify the X or Y direction of the seismic loading, or to specify the direction with a percentage of eccentricity that is applicable to all diaphragms. Use the **Ecc Ratio (All Diaph)** edit box to specify a value for eccentricity. Five percent is the default and is entered as 0.05. The eccentricity options have meaning only when diaphragms have been assigned to **joint** or **shell** object. The program ignores eccentricities where diaphragms are not present. See the **Seismic Load Pattern** form topic for more information about how eccentricities are applied when diaphragms are present in the model.
- **Story Range** options. Choose the **Top Story** and **Bottom Story** to specify the elevation range over which the automatic static lateral loads are to be calculated. By default the bottom story is the base of the building and the top story is the uppermost level of the building. See the **Seismic Load Pattern** form topic for more information about the relationship of story range to the specification of seismic loading.
- **Factors** options. Use these edit boxes to specify the **Base Shear Coefficient** and the **Building Height Exponent, K**.



Mojtaba Pashapour
civil engineering

دوره طراحی سازه های بتنی و فولادی

طراحی سازه های بتنی و فولادی با نرم افزار
SAFE و ETABS

مدرس
مهندس مجتبی پاشاپور

تبریز، بلوار چایکنار، نرسیده به پل آبرسان، روبروی پمپ
بلژین، برج ارک، طبقه هشتم، واحد A

مناسب برای:

- مهندسين عمران تازه کار
- داوطلبان آزمون نظام مهندسی
- علاقمندان ورود حرفه ای به طراحی سازه

نرم افزار



نکات مهم اجرایی و کنترل های مورد نیاز در
کارگاه



ارائه جزوات و فایل های آموزشی اختصاصی



تهیه و ترسیم نقشه های اجرایی



آموزش پروژه محور بر اساس نمونه های
تایید شده نظام مهندسی

✓ آموزش نرم افزارهای تخصصی ETABS , SAFE

✓ آموزش گام به گام طراحی سازه های بتنی و
فولادی مطابق با آخرین ویرایش های مقررات ملی
ساختمان



کانال تلگرام آموزش طراحی و اجرا

09904662396
09148863662



MP_Civil
Mojtaba_pashapour

