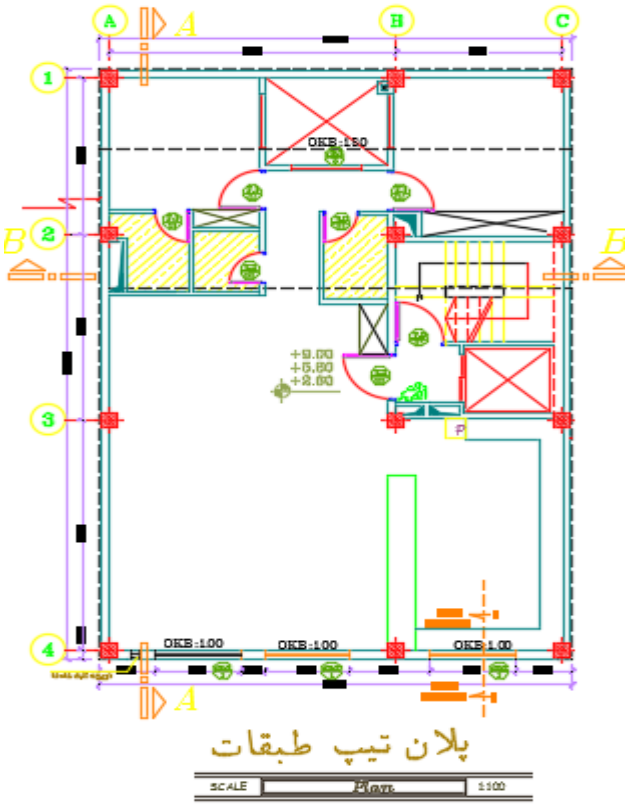
۱ مقدمه

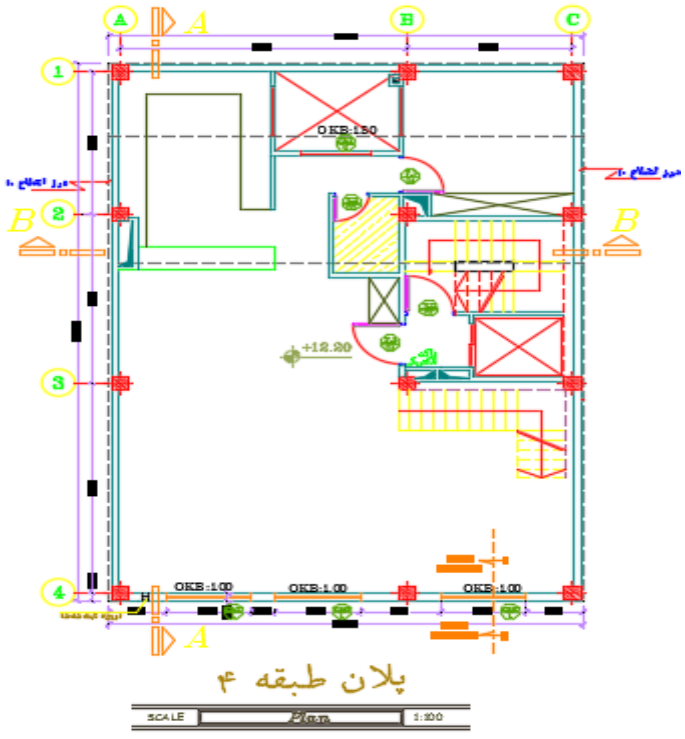
برای آموزش مدلسازی تحلیل و طراحی ساه های فولادی در Etabs تمامی مراحل بر اساس یک پروژه کاربردی انجام شده است. لذا مشخصات عمومی پروژه فوق بصورت زیر است.

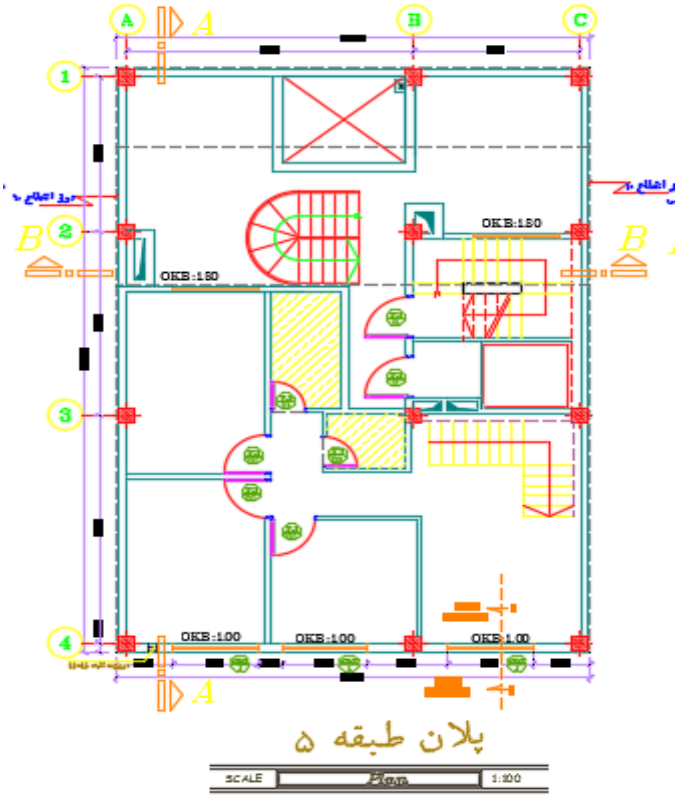
- **موقعیت : تبریز**
- **کاربری : مسکونی**
- **تعداد طبقات : ۶ طبقه**
- **تعداد زیرزمین : ندارد**
- **سیستم باربر جانبی قاب خمشی می باشد.**
- **سیستم باربر ثقلی سقف عرشه فولادی می باشد**
- **ساختمان با شکل پذیری متوسط می باشد.**
- **نوع خاک II می باشد.**
- **مقاومت مجاز فشاری خاک ۱/۸۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و ضریب بستر خاک ۲/۱۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب**
- **عرض فونداسیون ۱/۴۰ متر و ضخامت آن ۱/۰۰ متر می باشد**
-

- **آیین نامه های مورد استفاده :**
  - **بارهای وارد بر ساختمان – دفتر ترویج و مقرّرات ملّی ساختمان، معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان.-**
  - **آیین نامهٔ طراحی ساختمانها در برابر زلزله / کمیتهٔ دائمی بازنگری آیین نامهٔ طراحی ساختمانها در برابر زلزله.—ویراست سوّم.**
  - **طرح و اجرای ساختمانهای بتنی / دفتر ترویج و مقرّرات ملّی ساختمان، معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان. (مبحث نهم مقرّرات ملی ساختمانی ایران)**
  - **برنامه تحلیل و طراحی سازه: Etabs v 2015**
  - **برنامه تحلیل و طراحی پی: Safe v 14.1**

پلانهای معماری پروژه فوق بصورت زیر می باشد که در طبقات همکف تا سوم تیپ و در طبقه چهارم و پنجم متفاوت می باشد. در طبقه پنجم سازه با عقب روی دارای شیب اجرا خواهد شد.







۲-۱ مشخصات مصالح مصرفی

مشخصات طراحی		مشخصات تحلیلی مصالح	
210 kg/cm^2	مقاومت فشاری ۲۸ روزه یا بیشتر	240 kg/m^3	جرم واحد حجم M
4000 kg/cm^2	تنش تسلیم آرماتورهای طولی		وزن واحد حجم W
3000 kg/cm^2	تنش تسلیم آرماتورهای عرضی	$5000\sqrt{f_c}$	مدول الاستیسیته
		0.2	ضریب پواسون ν

۱-۳ بارگذاری ثقلی

۱-۳-۱ بارهای مرده کف

جزئیات کف پشت بام و محاسبه وزن آن

بار مرده پشت بام						
لایه رطوبتی					15	کیلوگرم بر مترمربع
ملات ماسه سیمان	0.015	*	2100	=	31.5	کیلوگرم بر مترمربع
بتن پوکه	0.10	*	1300	=	130	کیلوگرم بر مترمربع
بتن دال	0.09	*	2500	=	225	کیلوگرم بر مترمربع
وزن ورق عرشه فولادی	1	*	9	=	9	کیلوگرم بر مترمربع
وزن تیرآهن مختلط	1	*	50	=	50	کیلوگرم بر مترمربع
سقف کاذب با اندود گچی	1	*	50	=	50	کیلوگرم بر مترمربع
وزن تاسیسات	1	*	10	=	10	کیلوگرم بر مترمربع
مجموع بار					520.5	کیلوگرم بر مترمربع
مجموع بار اعمالی توسط کاربر					236	کیلوگرم بر مترمربع
مجموع بار اعمال شده توسط نرم افزار					284	کیلوگرم بر مترمربع

جزئیات کف طبقات و محاسبه وزن آن

بار مرده طبقات مسکونی						
پوشش کف (سرامیک)	0.01	*	2100	=	21	کیلوگرم بر مترمربع
پوکه معدنی	0.10	*	1300	=	130	کیلوگرم بر مترمربع
ملات ماسه سیمان	0.015	*	2100	=	31	کیلوگرم بر مترمربع
بتن دال	0.09	*	2500	=	225	کیلوگرم بر مترمربع
ورق عرشه فولادی	1	*	9	=	9	کیلوگرم بر مترمربع
وزن تیرآهن مختلط	1	*	50	=	50	کیلوگرم بر مترمربع
سقف کاذب با اندود گچی	1	*	50	=	50	کیلوگرم بر مترمربع
وزن تاسیسات	1	*	10	=	10	کیلوگرم بر مترمربع
مجموع بار					526	کیلوگرم بر مترمربع
مجموع بار اعمالی توسط کاربر					242	کیلوگرم بر مترمربع
مجموع بار اعمال شده توسط نرم افزار					284	کیلوگرم بر مترمربع

۱-۲-۳ بار دیوارها

بار دیوارهای خارجی

آجر نسوز در نما : $0.015\times2000=30kg/m^2$

آجرکاری باآجر مجوف و ملات ماسه سیمان: $0.2\times850=170kg/m^2$

ملات گچ و خاک: $0.01\times1600=16kg/m^2$

اندود گچ: $0.005\times1300=6.5kg/m^2$

$\sum=222kg/m^2$

بار جداکننده‌ها

آجرکاری باآجر مجوف و ملات ماسه سیمان: $0.1\times850=85kg/m^2$

ملات گچ و خاک : $0.03\times1600=48kg/m^2$

اندود گچ: $0.01\times1300=13kg/m^2$

$\sum=146kg/m^2$

بار جان‌پناه

آجرکاری باآجر مجوف و ملات ماسه سیمان: $0.2\times850=170kg/m^2$

ملات گچ و خاک: $0.04\times1600=64kg/m^2$

اندود گچ: $0.02\times1300=26kg/m^2$

$\sum=260kg/m^2$

۱-۲-۴ بار زنده

طبق بند ۶-۳-۲ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بار زنده کف ها برای طراحی به طور عمده بار گسترده یکنواختی است که در سراسر کف اثر داده می شود.حداقل این بارها برای کاربری های مختلف در جدول شماره ۶-۳-۱ و در بندهای ۶-۳-۲-۲- تا ۶-۳-۲-۸ داده شده است.و در به کارگیری این بار گسترده رعایت ضابطه بند ۶-۳-۳ الزامی است.

علاوه بر این،کف ها باید بتوانند بار متمرکز مشخص شده در جدول شماره ۶-۳-۲ را بطور موضعی تحمل نمایند. این بار در سطحی به ابعاد ۱۵ سانتیمتر در ۱۵ سانتیمتر وارد می شود و محل آن باید طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر را در عضو ایجاد کند.این بار نباید همزمان با بار یکنواخت به کف اثر داده شود. چون ساختمان ما مسکونی می باشد لذا بار زنده طبقات ۲۰۰ کیلو گرم بر متر مربع و بار زنده بام ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده مطابق مبحث ششم مقررات ملی ویرایش ۹۲ و بار بالکن ها ۵۰۰ کیلو گرم بر متر مربع می باشد.

جدول بار زنده

ردیف	کاربری فضا	بار زنده (Kg/m^2)
۱	بالکن ها و کنسولها	۵۰۰
۲	واحدهای مسکونی	۲۰۰
۴	راه پله	۵۰۰

۱-۲-۵ بارگذاری جانبی

بار زلزله در تحلیل استاتیکی خطی با محاسبه‌ی ضریب زلزله (C) و بار موثر لرزه‌ای به‌دست می‌آید. متغیرهای موثر در ضریب زلزله که از رابطه‌ی $C=ABI/R$ به دست می‌آید، بصورت زیر در نظر گرفته شده است:

مشخصات پروژه:

تعداد طبقات: ۶ طبقه

ارتفاع ساختمان: 18.9 متر

مشخصات سازه در راستای X:

سیستم سازه: سیستم قاب خمشی

سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی: قاب خمشی فولادی متوسط

C_d= 4 , Ω_0= 3, H_m=50 m R_u=5

مشخصات سازه در راستای Y:

سیستم سازه: سیستم قاب خمشی

سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی: قاب خمشی بتن آرمه متوسط

C_d= 4 , Ω_0= 3, H_m=50 m R_u=5

مشخصات ساختگاه:

محل اجرای پروژه: شهر تبریز

خطر نسبی زلزله: خیلی زیاد

نسبت شتاب مبنای طرح : 0.35

نوع خاک : تیپ II

محاسبه زمان تناوب سازه:

از زمان تناوب تحلیلی استفاده میگردد:

Tanx=0.91 Sec; Tany=0.91 Sec

مشخصات خاک:

soil type II: T0=0.1; Ts=0.5; S=1.5; S0=1

محاسبه ضریب بازتاب در راستای:X

$T > Ts \Rightarrow B1 = (S + 1) \times (Ts / T)$= 1.37

$A = 0.35, Ts \prec T < 4 \Rightarrow N = .7 \times (T - Ts) / (4 - Ts) + 1 \Rightarrow N = 1.08$

$B = 1.49$

محاسبه ضریب بازتاب در راستای:Y

$T > Ts \Rightarrow B1 = (S + 1) \times (Ts / T) = 1.37$

$A = 0.35, Ts \prec T < 4 \Rightarrow N = .7 \times (T - Ts) / (4 - Ts) + 1 \Rightarrow N = 1.08$

$B = 1.49$

محاسبه ضریب زلزله

$Cmin = 0.12 \times A \times I = 0.0420$

$Cx = A \times Bx \times I / Rux = 0.35 \times 1.49 \times 1.0 / 5 = 0.1040 > Cmin$ O.K

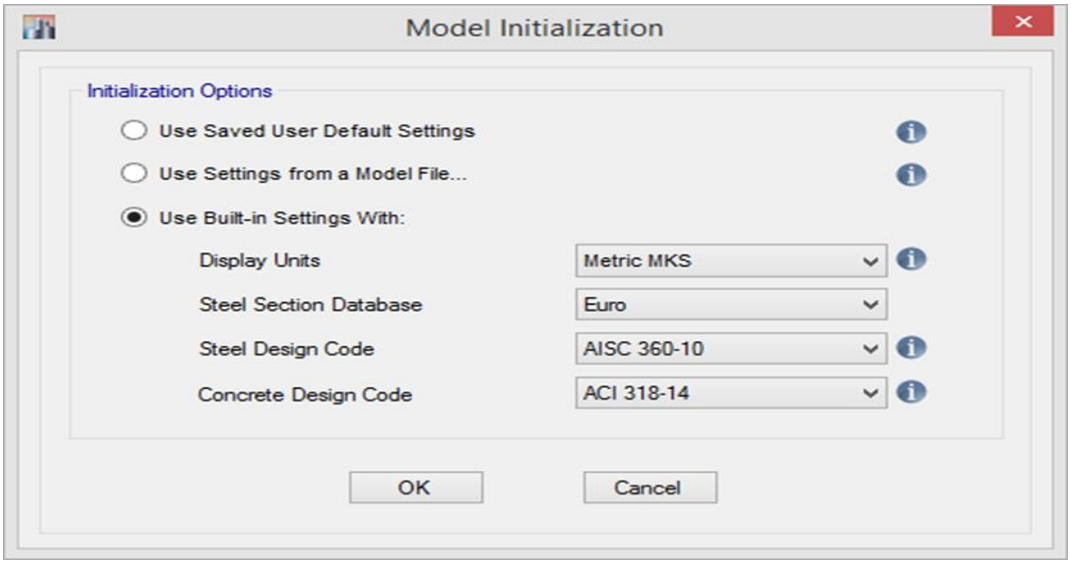
$Cy = A \times By \times I / Ruy = 0.35 \times 1.49 \times 1.0 / 5 = 0.1040 > Cmin$ O.K

۲) مدلسازی

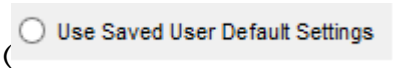
۲-۱ شروع ساخت مدل در نرم افزار :

پس از باز کردن نرم افزار با کلیک بر روی آیکون و یا از مسیر زیر شروع به ساخت مدل می کنیم که شکل (۱) تنظیمات لازم برای ایجاد یک فایل جدید را نشان می‌دهد :

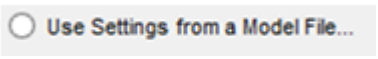
مسیر : File > New Model



شکل (۱) : تنظیمات لازم برای ایجاد یک فایل جدید

گزینه اول (

) : این گزینه مربوط به زمانی است که بخواهیم از تنظیمات پیش فرض برنامه استفاده کنیم .

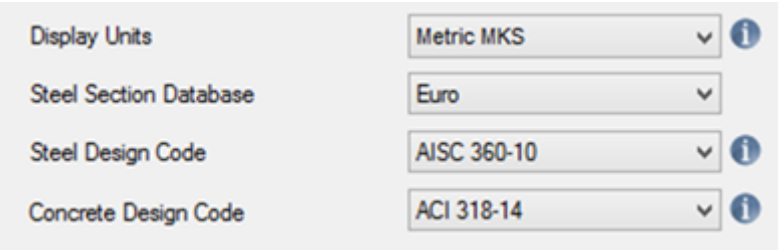
گزینه دوم (

) : این گزینه مربوط به زمانی است که قبلاً با نرم افزار پروژه هایی مدل شده و بخواهیم از تنظیمات آنها استفاده کنیم .

گزینه سوم (

) : این گزینه مربوط به زمانی است که بخواهیم خودمان تنظیمات را وارد کنیم .

اگر برای اولین بار شروع به ساخت مدل می‌کنیم بهتر است گزینه سوم را انتخاب کنیم که در شکل (۲) به همراه توضیحات آنها آورده شده است.



شکل (۲) : تنظیمات مدلسازی اولیه

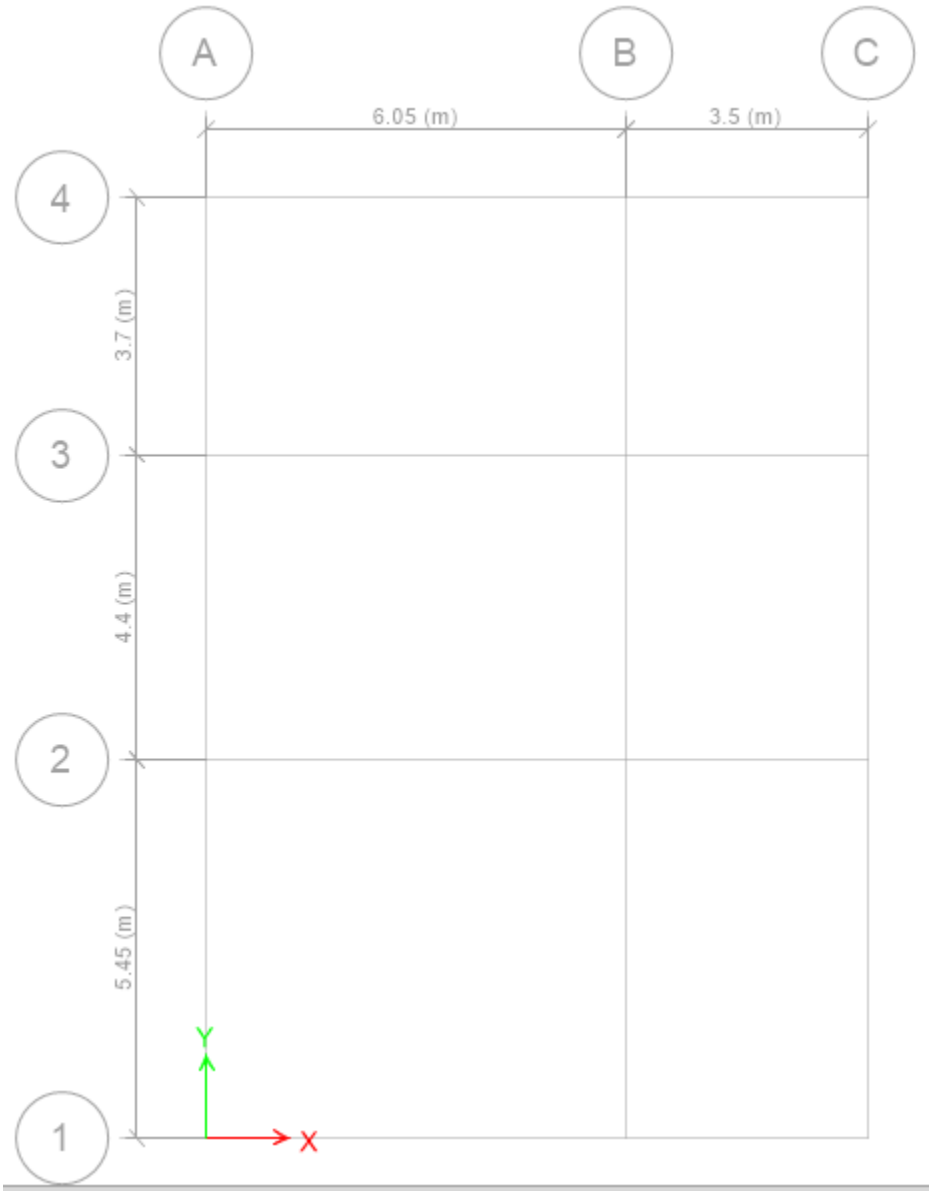
ـ در قسمت اول که مربوط به انتخاب واحد است واحد مورد نظر را سیستم واحد متریک (Metric MKS) انتخاب می‌کنیم.

ـ در قسمت لیست مقاطع فولادی پیش فرض تعیین می‌گردد که گزینه Euro که همان جدول اشتال است را بر می گزینیم .

ـ در قسمت سوم که انتخاب آئین نامه فولاد است گزینه AISC 360 - 10 را انتخاب می‌کنیم زیرا مبحث دهم مقررات ملی ساختمان منطبق بر این آیین‌نامه می‌باشد .

۲-۲ خطوط کمکی یا Grid Lines :

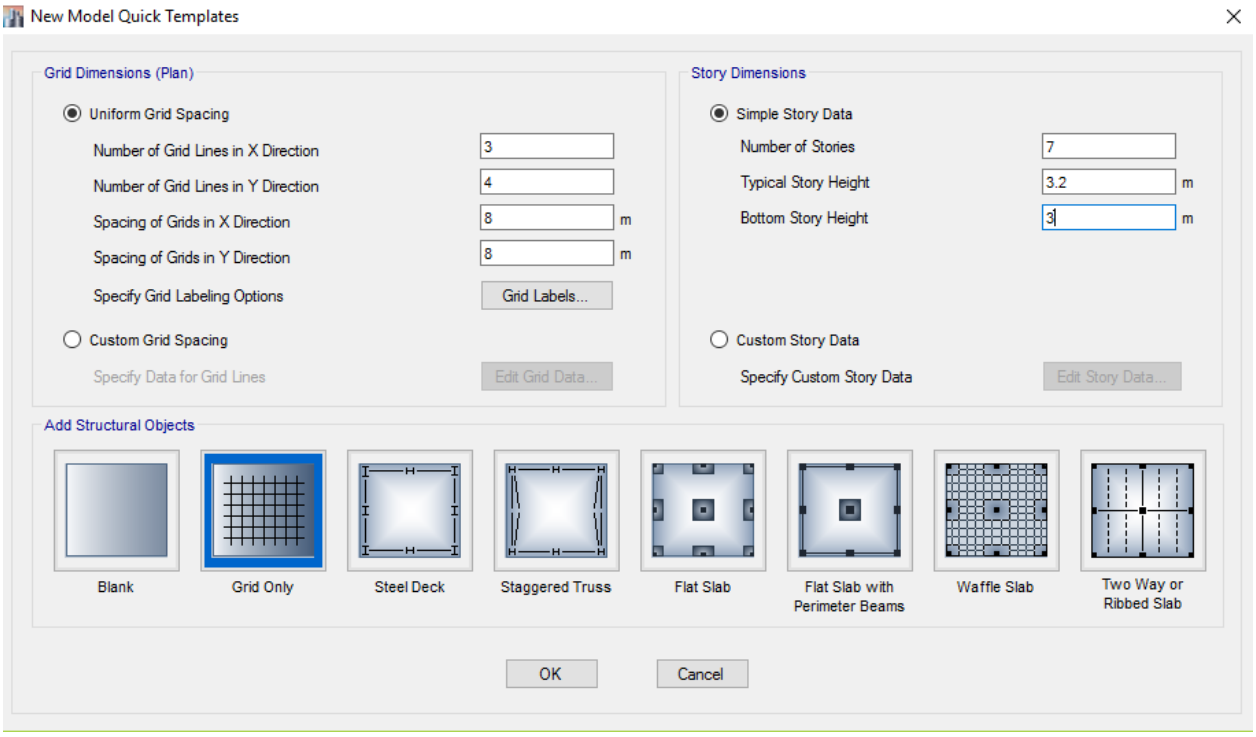
Grid Lines خطوط کمکی برای ساخت هندسه مدل سازه می‌باشند و با توجه به موقعیت ستون‌گذاری و پلان معماری هر سازه متفاوت می‌باشد و معمولاً برابر خطوط آکس بندی ستونها وتیرهای اطراف راه‌پله و انتهای طره‌ها می‌باشد که در شکل (۳) در زیر نمایش داده شده است :



شکل (۳) : پلان آکس بندی سازه

۲-۲-۱ تعریف مشخصات خطوط کمکی مدلسازی (Grid)

پس از ok کردن صفحه مربوط به تنظیمات واحد و آئین‌نامه‌ها صفحه زیر ظاهر خواهد شد که در شکل (۴) آورده شده است :



شکل ۴: تعریف مشخصات خطوط کمکی مدلسازی (Grids)

قسمت (Uniform Grid Spacing) :

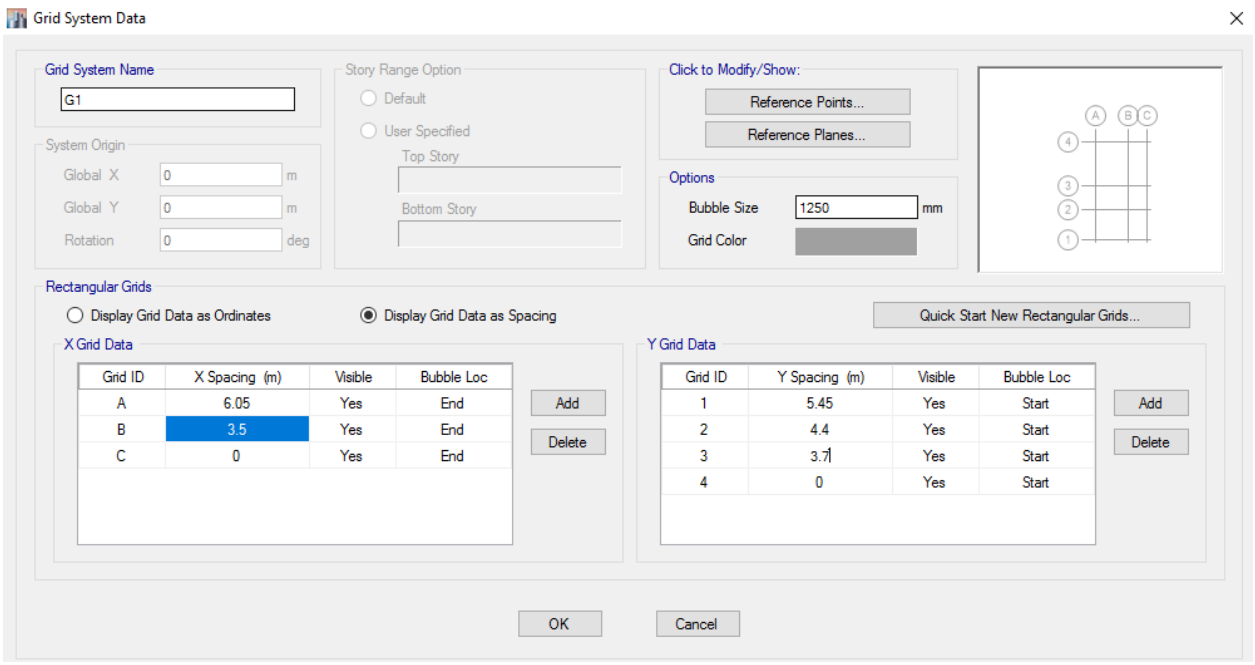
ـ قسمت اول مربوط به Grid Lines راستای X می‌باشد (۳ محور) .

ـ قسمت دوم مربوط به Grid Lines راستای Y می‌باشد (۴ محور) .

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

قسمت ◉ Custom Grid Spacing ( ) :

با کلیک بر روی گزینه Edit Grid Data صفحه زیر ضاهر می شود :

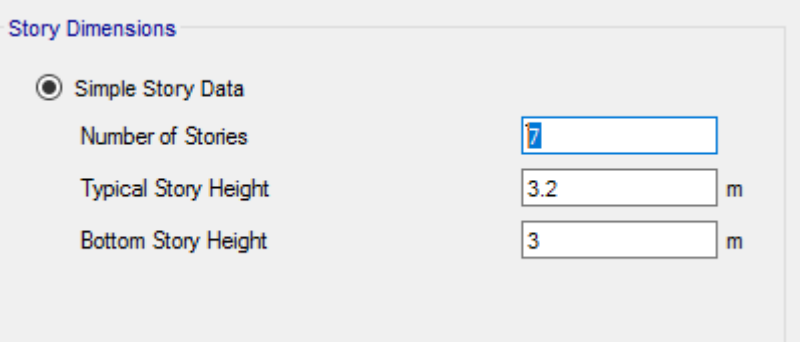


شکل (۵) : تنظیم اندازه ها و مشخصات خطوط کمکی راستای X و Y

بخش ◉ Simple Story Data ( ) :

این بخش مربوط به ابعاد و تعداد طبقات می‌باشد .

قسمت اول مربوط به تعداد طبقات می‌باشد و قسمت دوم ارتفاع طبقات تیپ بوده و قسمت سوم ارتفاع پایین ترین طبقه را نشان می‌دهد .



نکته : منظور از تعداد طبقات ، طبقات سازه‌ای می‌باشد .

نکته : بر اساس آئین‌نامه ۲۸۰۰ خرپشته زمانی طبقه سازه‌ای محسوب می‌شود 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) .

نکته : ارتفاع طبقات تیپ و پایین ترین طبقه بصورت زیر محاسبه می شود :

نصف کف سازی پایین + نصف کف سازی بالا + ارتفاع خالص طبقه = ارتفاع طبقات تیپ

کل کف سازی پایین + نصف کف سازی بالا + ارتفاع خالص طبقه = ارتفاع پایین ترین طبقه

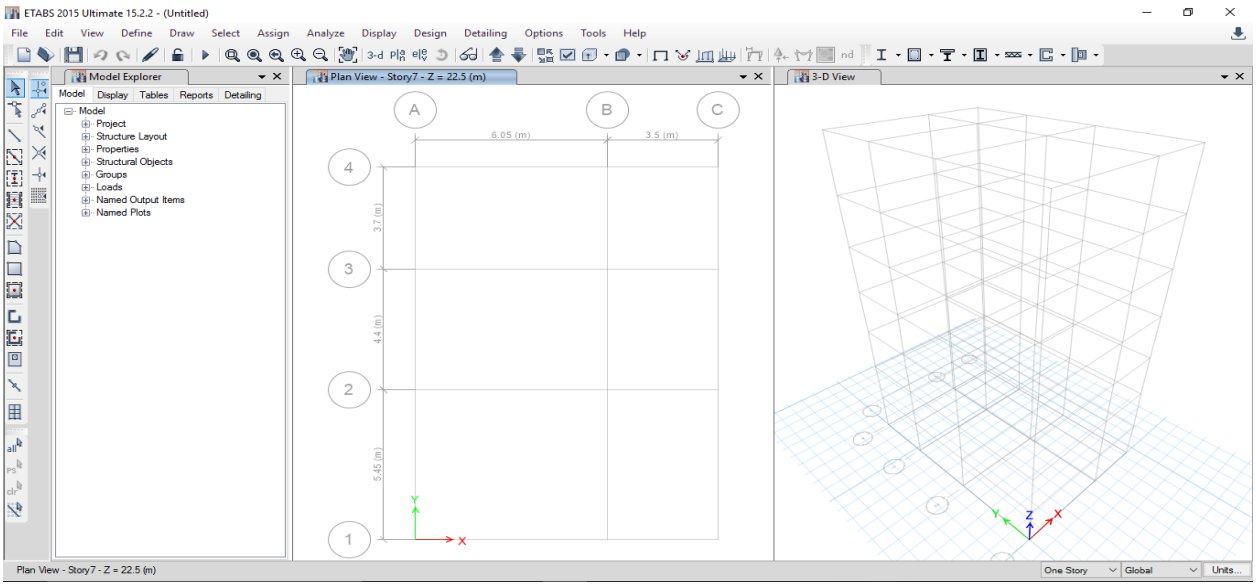
قسمت (Custom Story Data) :

با کلیک بر روی گزینه Edit Story Data پنجره زیر باز شده و تنظیمات را بصورت زیر انجام می‌دهیم :

	Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color m
▶	Story7	3.5	22.5	Yes	None	No	0	
	Story6	3.2	19	No	Story7	No	0	
	Story5	3.2	15.8	No	Story7	No	0	
	Story4	3.2	12.6	No	Story7	No	0	
	Story3	3.2	9.4	No	Story7	No	0	
	Story2	3.2	6.2	No	Story7	No	0	
	Story1	3	3	No	Story7	No	0	
	Base		0					

شکل (۶) : تنظیم ارتفاع و مشخصات مربوط به طبقات سازه

در مرحله آخر وقتی همه این تنظیمات را انجام دادیم با انتخاب گزینه Grid Only و OK کردن در صفحه Add Structural Objects سازه مدل‌شده در محیط ETABS نشان داده می‌شود که در شکل (۷) در زیر آورده شده است :

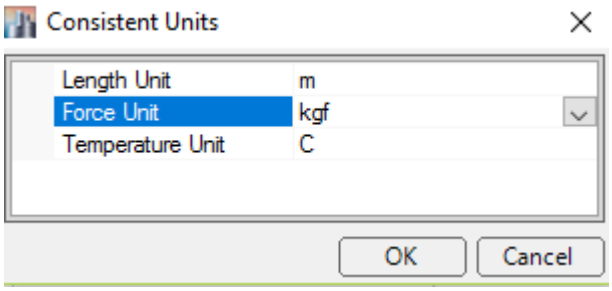


شکل (۷) : نمایش محیط کار در نرم افزار

۲-۳ تنظیم واحدها در نرم افزار :

برای تنظیم واحدها در محیط ETABS بر روی گزینه Unit در گوشه پایین سمت راست کلیک کرده و با انتخاب Consistent Units واحدهای مورد نظر را بصورت زیر که در شکل (۸) آورده شده است تغییر می-دهیم :

واحد طول: m **واحد نیرو** : kgf واحد درجه حرارت: C

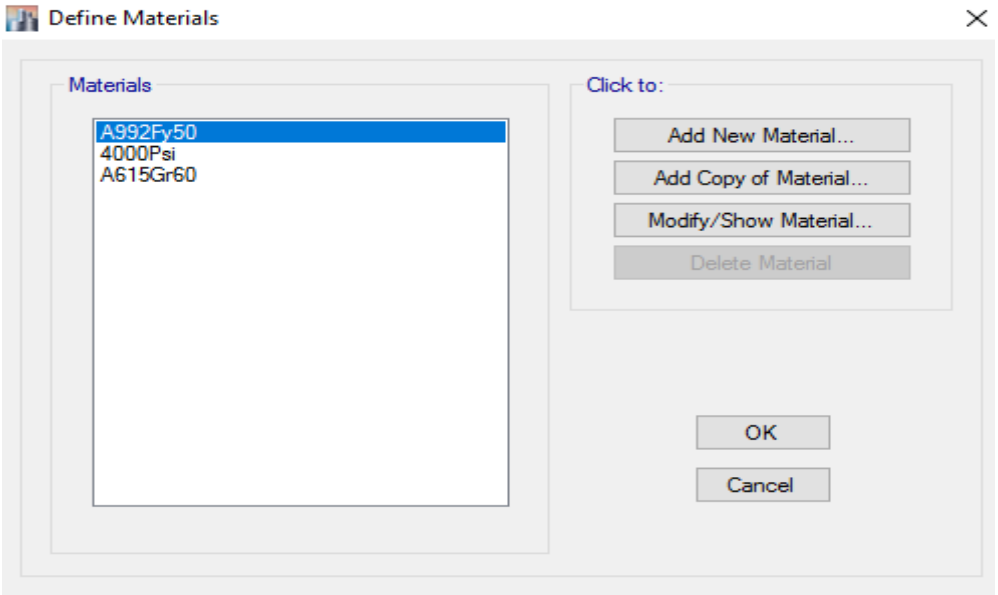


شکل (۸) : تنظیم واحدها

۲-۴ مشخصات مصالح :

اطلاعات مربوط به مصالح مصرفی پروژه در نرم افزار بایستی از منوی Define و از مسیر زیر تعریف می-گردد:

مسیر : Define > Material Properties

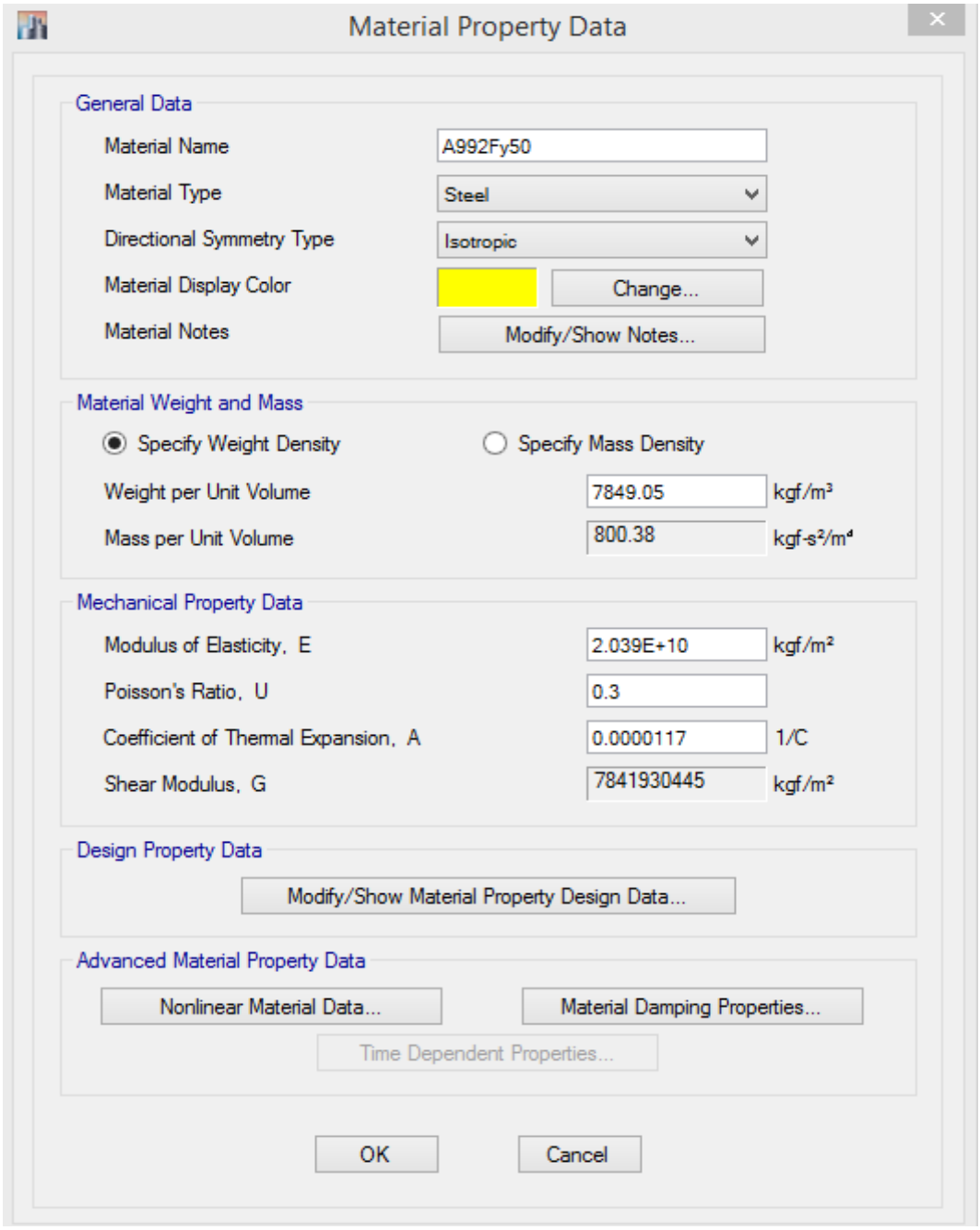


شکل (۹) : تعریف مشخصات مصالح

بر اساس شکل (۹) ، A992Fy50 فولادی است که در آمریکا بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۴-۱ مشخصات مصالح فولادی :

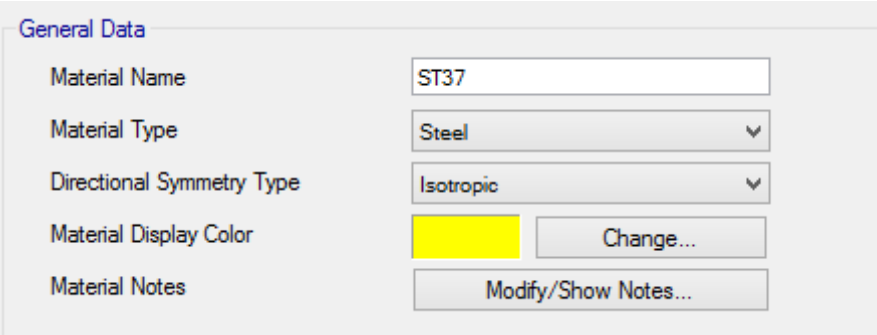
بجای اضافه نمودن مصالح جدید ، A992Fy50 را اصلاح خواهیم نمود و با کلیک بر روی گزینه Modify که در شکل (۱۰) آورده شده است آنرا اصلاح خواهیم کرد :



شکل (۱۰) : تعریف مشخصات فولادی

این پنجره به ۵ بخش زیر تقسیم می‌شود که به توضیح هر یک می‌پردازیم :

۱) قسمت (General Data) :



توضیحات :

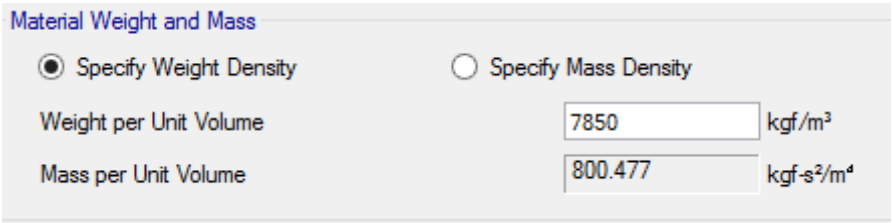
ـ نام فولاد که آنرا ST37 نامیدیم که فولاد پر مصرف ایران می‌باشد .

ـ نوع مصالح را از جنس فولادی انتخاب می‌کنیم .

ـ نوع جهت تقارن را Isotropic انتخاب می‌کنیم یعنی در همه جهات مشخصات مکانیکی یکسانی دارد .

ـ دو بخش آخر مربوط به رنگ و نوشته مصالح می‌باشد که بصورت پیش فرض باقی می‌گذاریم .

۲) قسمت (Material Weight Density) :



در این بخش وزن مخصوص فولاد را با توجه به جدول پیوست ۶-۱ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ۷۸۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر می‌گیریم .

۳) قسمت (Mechanical Property Data) :

توضیحات :

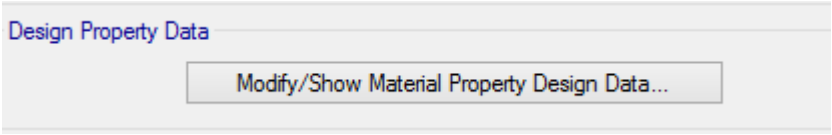
ـ مدول الاستیسیته فولاد طبق بند ۱۰-۱-۴-۲ برابر (MPa) $2*10^5$ یا (Kgf/m^2) 2.0E+9 در نظر گرفته می‌شود .

ـ ضریب پوآسون فولاد طبق بند ۱۰-۱-۴-۳ برابر 0.3 در نظر گرفته می‌شود .

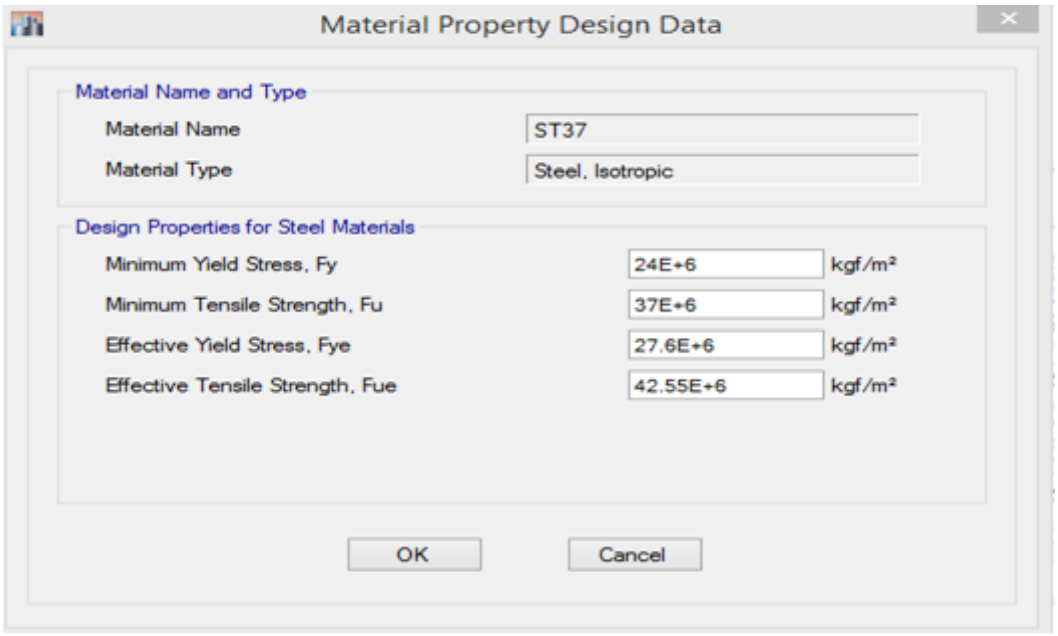
ـ برای ضریب انبساط حرارتی فولادی همان پیش‌فرض برنامه را انتخاب می‌کنیم .

ـ بخش چهارم مربوط به مدول برشی است که خود نرم افزار با استفاده از رابطه (G = E / 2 (1+ν محاسبه می‌کند .

۴) قسمت (Design Property Data) :



با کلیک بر روی گزینه Modify صفحه زیر ظاهر شده وآنها را بصورت زیر ویرایش خواهیم کرد :



توضیحات :

ـ بخش اول حداقل تنش تسلیم (Fy)می‌باشد که برای فولاد ST37 برابر (Kgf/m^2) 24E+6 می‌باشد .

ـ بخش دوم حداقل تنش گسیختگی (Fu) می‌باشد که برای فولاد ST37 برابر (Kgf / m^2) 37E+6 می‌باشد .

ـ بخش سوم و چهارم تنش تسلیم مورد انتظار (Fye و Fue) می‌باشد که با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$Ry = \frac{\text{Fye}}{\text{Fy}} \longrightarrow \text{Fye} = Ry * \text{Fy}$$

$$Ry = \frac{\text{Fue}}{\text{Fu}} \longrightarrow \text{Fue} = Ry * \text{Fu}$$

ضریب Ry اساساً برای انواع تولیدات فولاد متفاوت بوده و به عوامل متعددی نظیر شکل مقطع ، افزودنیهای بکاربرده شده در طی روند تولید فولاد در کارخانجات بستگی دارد و مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان با استفاده از جدول زیر تعیین می‌گردد :

جدول ۱: مقادیر Ry برای انواع تولیدات فولاد

نوع مصالح	Ry
مقاطع لوله‌ای و قوطی‌شکل نوردشده	1.25
سایر مقاطع نوردشده شامل مقاطع I شکل ، H شکل ، ناودانی ، نبشی ، سپری	1.20
مقاطع ساخته شده از ورق ، ورق‌ها و تسمه‌ها	1.15

ما در این بخش مقدار Fye و Fue را مقادیر زیر در نظر می‌گیریم اما بعداً در هنگام تنظیم‌کردن پارامترهای طراحی برای هر مقطع براساس جدول فوق برآورد خواهد شد .

۵) قسمت (Advanced Material Property Data) :

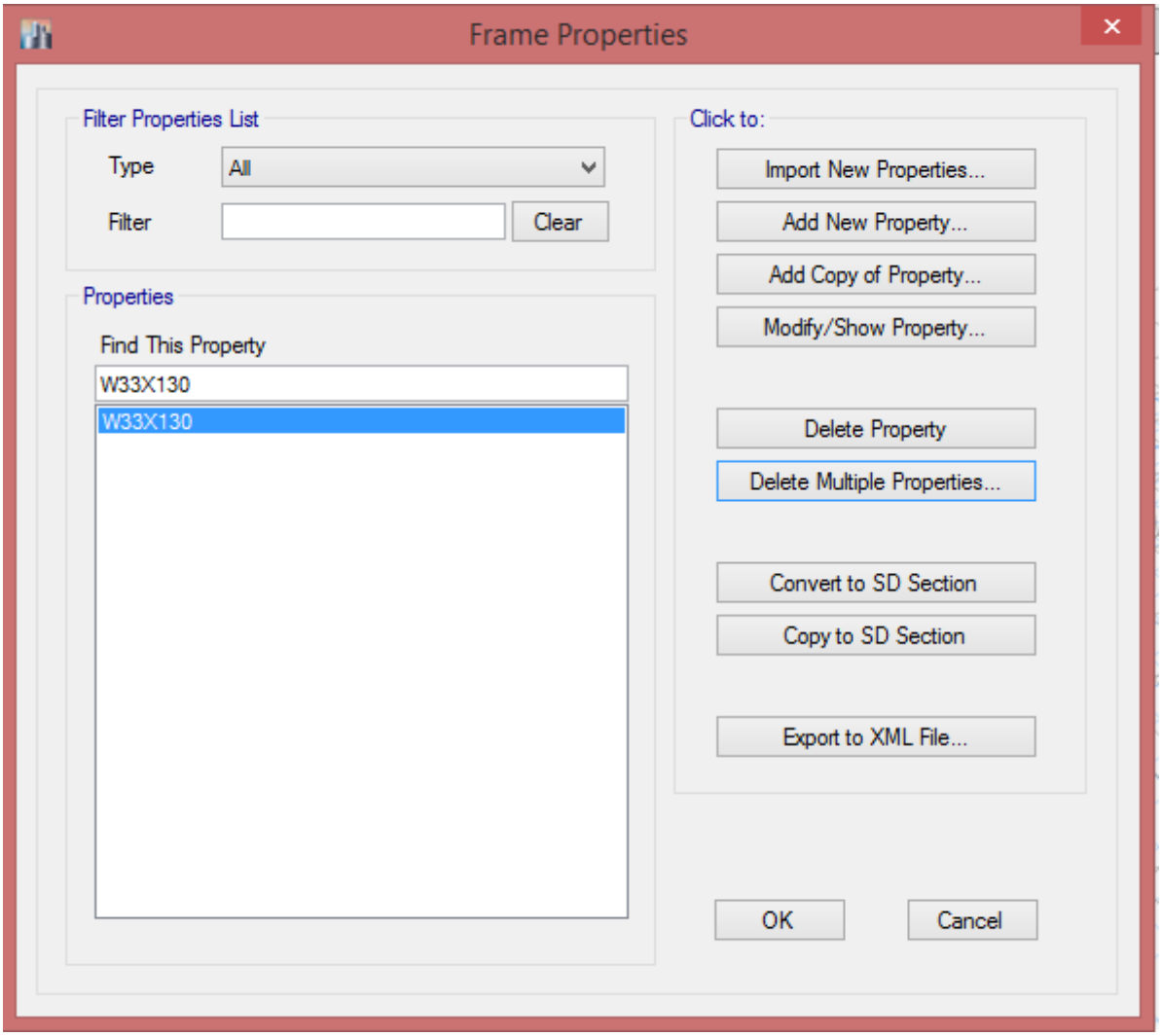
این قسمت مربوط به اطلاعات پیشرفته خواص مصالح فولادی می‌باشد .

در آخر با OK کردن صفحه اصلاحات لازم صورت گرفته و در صفحه Define Material ذخیره می‌گردد .

۵-۲ تعریف مشخصات مقاطع :

برای تعریف مقاطع از مسیر زیر اقدام می‌نمائیم :

مسیر : Define > Section properties > Frame Section



شکل (۱۱) : تعریف مشخصات مقاطع و فراخوانی مقاطع

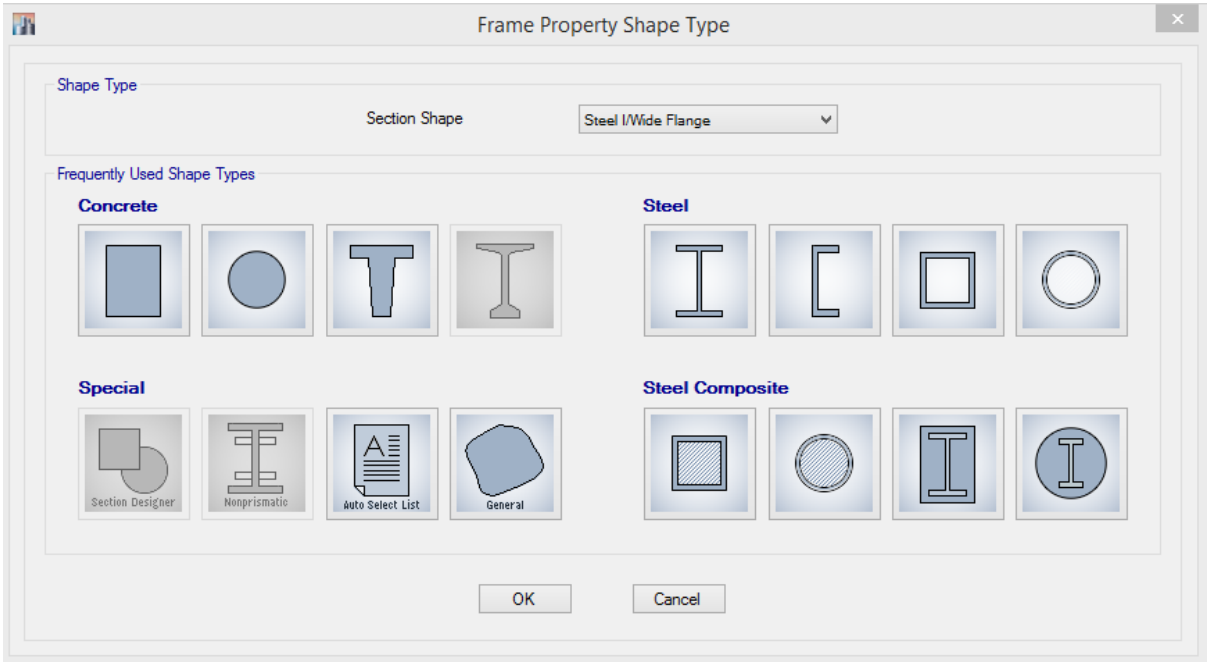
در این صفحه گزینه Import برای فراخوانی مقاطع بوده و برای فراخوانی مقاطع فولادی به کار می‌رود .

در این صفحه همه مقاطع موجود در قسمت Properties را انتخاب کرده و با گزینه Delete Multiple

Properties آنها را پاک می‌کنیم و فقط یک گزینه باقی می‌ماند چون نرم افزار اجازه پاک کردن همه مقاطع را نداده و در لیست حداقل یک مقطع باید باقی بماند .

۲-۵-۱ فراخوانی مقاطع :

در قسمت Frame Section با کلیک برروی گزینه Import New Properties مقاطع را بصورت زیر فراخوانی خواهیم کرد :



شکل (۱۲) : فراخوانی مقاطع فولادی

در این صفحه در قسمت Steel مقاطع زیر را می توانیم فراخوانی کنیم که عبارتند از :

(I / Wide Flange section) مقاطع I شکل / بال پهن ⟵

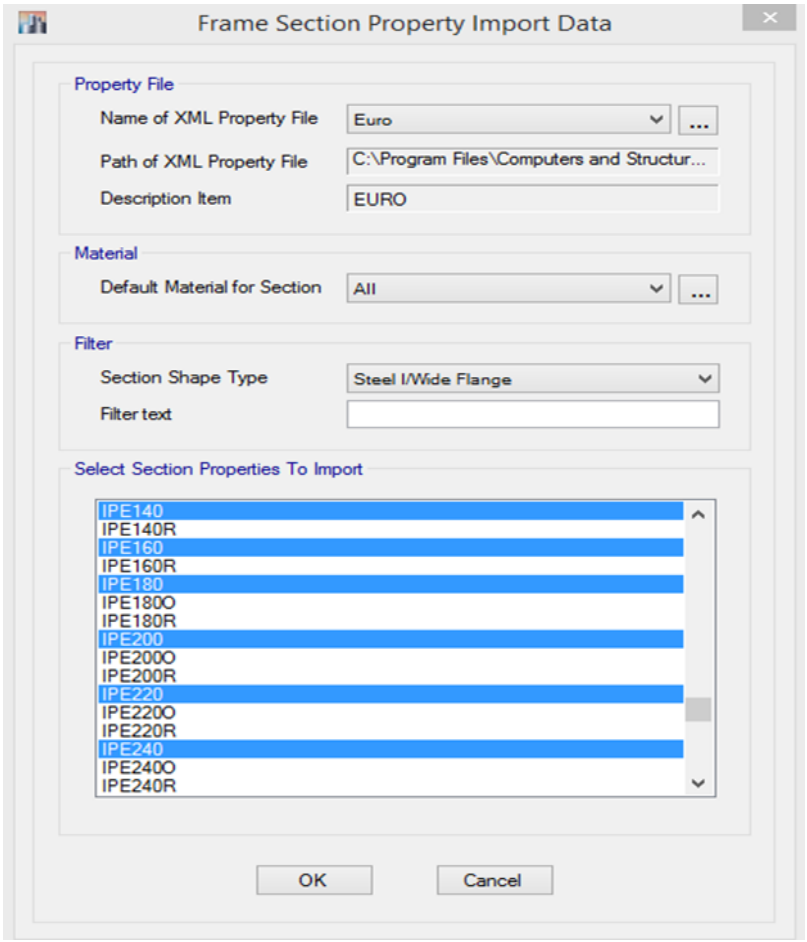
(ChannelSection)مقاطع ناودانی <————

(Box / Tube Section) مقاطع باکس <————

(Pipe Section) مقاطع لوله‌ای <————

۲-۵-۱-۱ فراخوانی مقاطع I شکل :

با کلیک برروی گزینه مقاطع I شکل صفحه زیر ظاهر خواهد شد که از آنجا مقاطع مورد نیاز را فراخوانی خواهیم کرد .

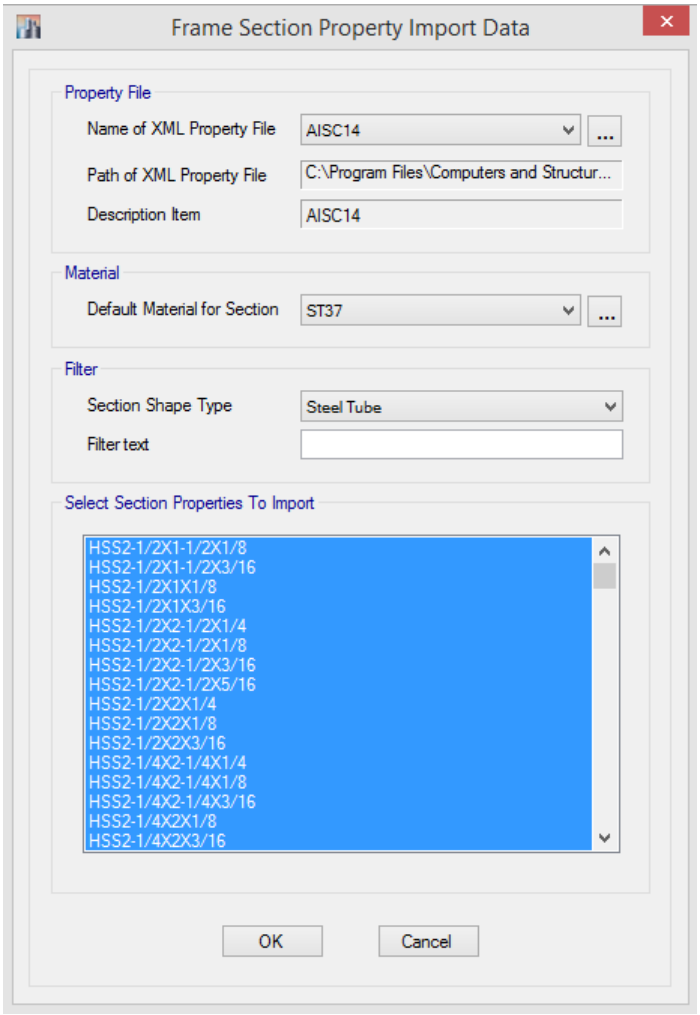


در قسمت Name of XMl Property File گزینه Euro که همان جدول اشتال است را انتخاب خواهیم کرد.

در این قسمت مقاطع IPE را انتخاب خواهیم کرد که در ایران تولید می شوند البته مقاطع HEB هم بصورت کم کاربرد دارند و در صورت نیاز می توانیم آنها را نیز فراخوانی کنیم .

۲-۵-۱-۲ فراخوانی مقاطع باکس (جعبه‌ای) :

با کلیک برروی گزینه مقاطع Box مقاطع مورد نیاز را فراخوانی خواهیم کرد .



در قسمت Filter گزینه Steel را انتخاب می کنیم تا Box با ابعاد مورد نظر نمایش داده می شود.

۲-۵-۲ ساخت مقاطع فولادی :

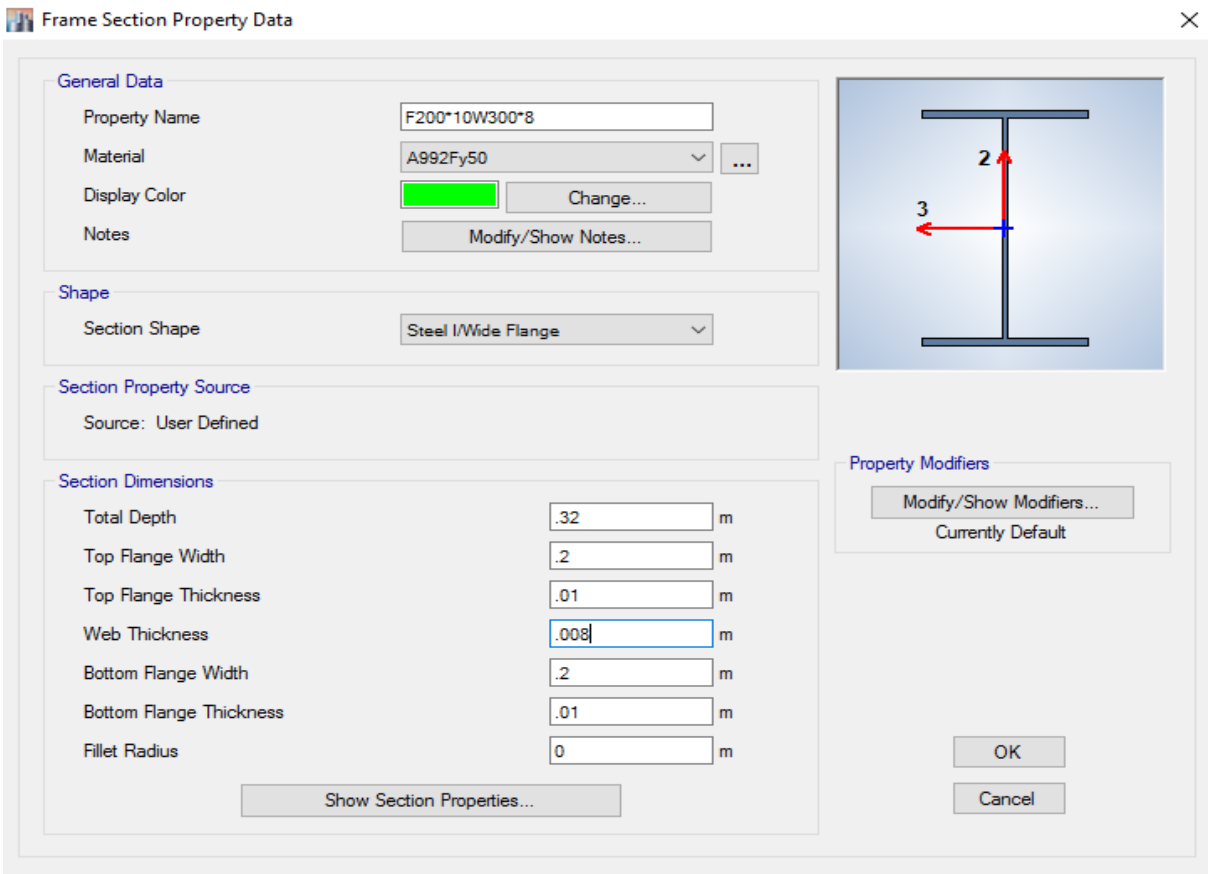
۲-۵-۲-۱ مقاطع تیرورق‌ها (Plate Grider Section) :

برای ساخت مقاطع تیر ورق‌ها در Frame Section با استفاده از گزینه Add New Property اقدام خواهیم کرد و نحوه نامگذاری و مشخصات آن بصورت زیر خواهد بود :

F: ضخامت بال * عرض بال

W: ضخامت جان * ارتفاع جان

* **توجه :** اندازه‌ها بر حسب میلی متر می باشد که به متر تبدیل شده اند .



شکل (۱۳) : ساخت مقاطع تیر ورق

- در بخش General Data نام و نوع مصالح مصرفی و رنگ و نوشته مقطع را وارد می‌کنیم .

- در بخش shape شکل مقطع را که I شکل بال پهن می‌باشد را وارد می‌کنیم .

- بخش Property Source مربوط به منبع مشخصات مقاطع می باشد که به صورت User Define می باشد .

- در قسمت Section Dimention ابعاد مقطع را وارد خواهیم کرد .

* در این قسمت شعاع گردی گوشه (Fillet Redius) برابر صفر می باشد .

عمق کلی	Total Depth
عرض بال فوقانی	Top Flange Width
ضخامت بال فوقانی	Top Flange Thickness
ضخامت جان	Web Thickness
عرض بال تحتانی	Bottom Flange Width
ضخامت بال تحتانی	Bottom Flange Thichness
شعاع گردی گوشه در محل اتصال بال به جان	Fillet Radius

- بخش Property Modifires مربوط به ضرایب اصلاح مشخصات هندسی و صلبیت می‌باشد که در این قسمت نیازی به اصلاح آنها نیست .

* **توجه** : در قسمتِ Section Dimensions با کلیک برروی گزینه Show Section Properties می توانیم مشخصات هندسی مقطع را مشاهده کنیم .

Properties

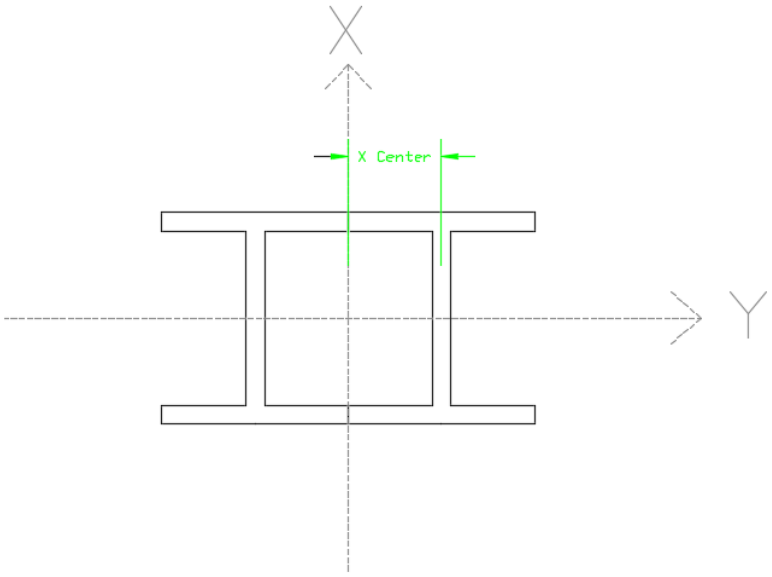
Item	Value
Area, m2	0.0064
AS2, m2	0.0026
AS3, m2	0.0036
I33, m4	0.000114
I22, m4	0.000013
S33Pos, m3	0.000713
S33Neg, m3	0.000713
S22Pos, m3	0.000133
S22Neg, m3	0.000133
R33, m	0.13354
R22, m	0.04567
Z33, m3	0.0008
Z22, m3	0.000205
J, m4	1.862E-07
Cw, m6	0
CG Offset 3 Dir, m	0
CG Offset 2 Dir, m	0
PNA Offset 3 Dir, m	0
PNA Offset 2 Dir, m	0

۲-۵-۲-۲ ساخت مقاطع جفت IPE (Double IPE) :

برای ساخت مقاطع جفت IPE در Frame Section با استفاده از گزینه Add New Property اقدام خواهیم کرد و نحوه نامگذاری و مشخصات آن بصورت زیر می باشد :

مقاطع جفت IPE بهم چسبیده :

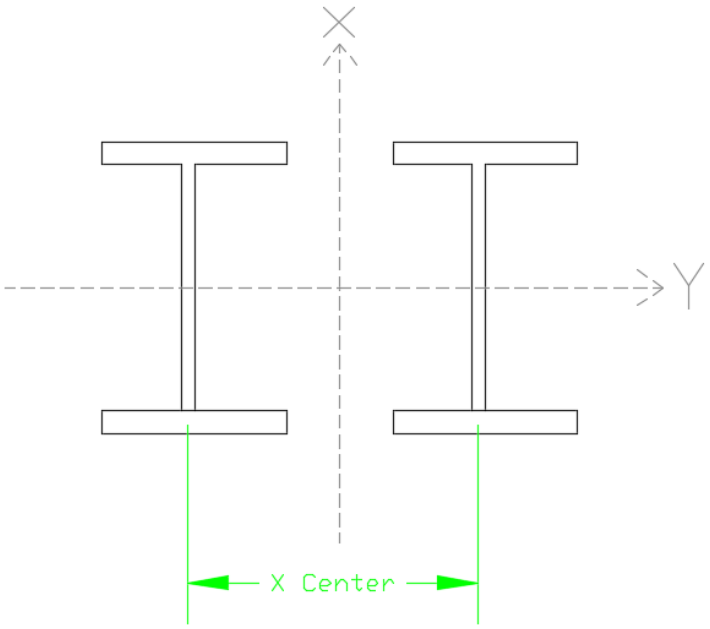
نحوه نامگذاری => 2 IPE نمره پروفیل مورد نظر



2 IPE 160

مقاطع جفت IPE با فاصله :

نحوه نامگذاری => 2 IPE فاصله @ شماره پروفیل مورد نظر



X : فاصله بین دو مرکز تیر آهن برای اینکه هر دو گشتاور اصلی مساوی هم و معادل $2J_x$ شوند.

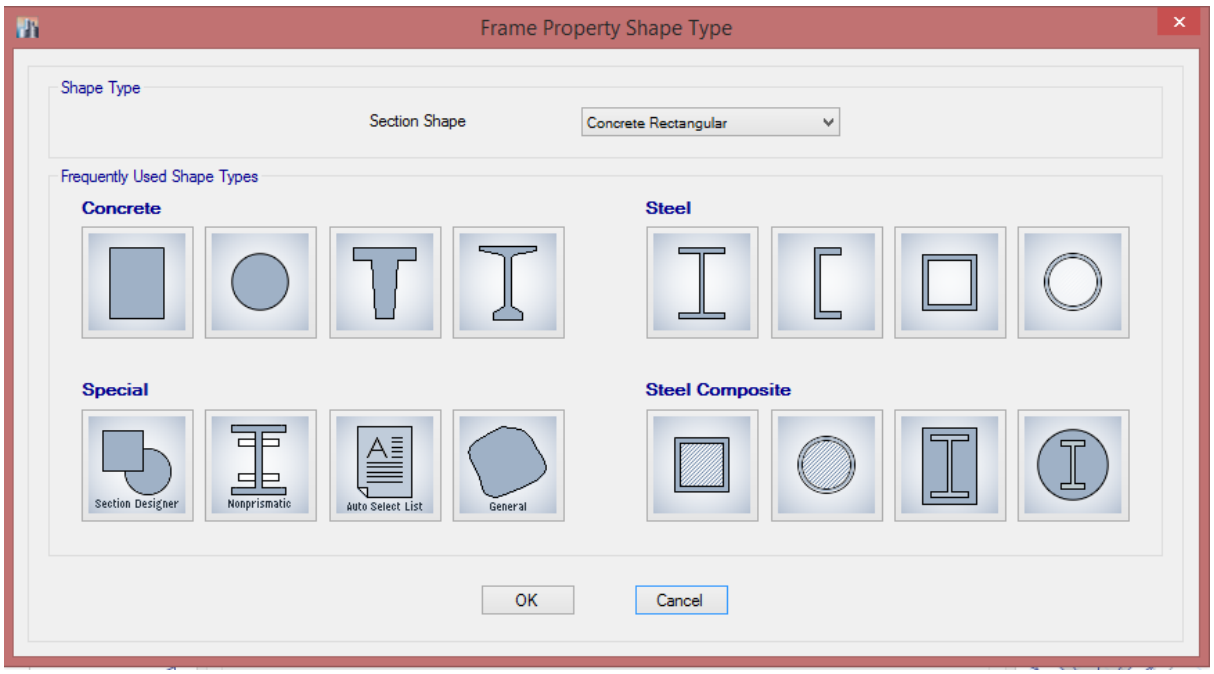
فاصله x را می توان از جدول اشتال استخراج نمود .

توجه : x در جدول اشتال همان a_1 می‌باشد .

۲-۵-۲-۳ ساخت مقاطع فولادی به روش Auto Select :

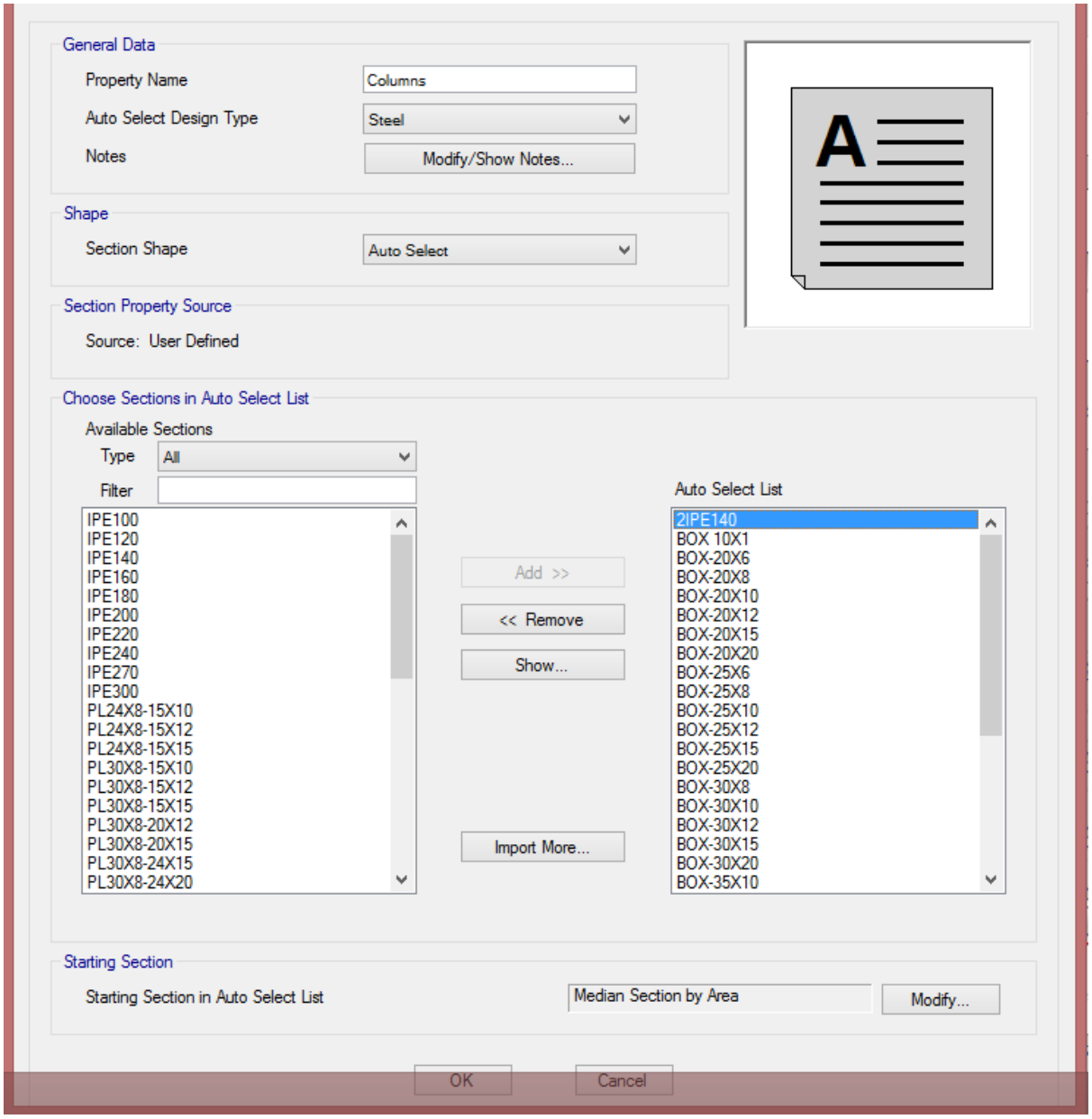
در سازه‌های فولادی این امکان وجود دارد که مقاطع لازم برای تیرها، ستون‌ها و مهاربندها را در یک بسته تعریف کرده و به نرم افزار شناسایی کنیم تا نرم افزار در هنگام تحلیل در این بسته اولین مقطعی که ظرفیت آن برای المان مورد نظر جوابگو باشد را انتخاب می‌کند و این روش برای افرادی که از تجربه کافی برخوردار نیستند راهنمایی می‌کند تا به مقطع بهینه برای طراحی دست یافت. این روش با توجه به اینکه مزیت خوبی دارد اما در هنگام استفاده از این روش تیپ بندی مشکل خواهد بود که این دلیل نیز جزء عیوب آن می-باشد.

مسیر : **Define>Select Properties>Frame Section>Add New Properties**



شکل (۱۴) : ساخت مقاطع به روش Auto Select

در شکل (۱۴) وقتی برروی گزینه Auto Select کلیک کنیم صفحه زیر ظاهر خواهد شد که تنظیمات را بصورت زیر انجام خواهیم داد:



- در قسمت General Data نام و نوع و نوشته مقطع را انتخاب خواهیم کرد.

- در قسمت Shape آن را در حالت Auto Select قرار خواهیم داد.

- در قسمت Choose Section in Auto Select list مقاطع مورد نظر را بصورت زیر انتخاب می‌کنیم :

در جدول سمت چپ مقاطع مورد نظر را انتخاب و با گزینه Add آنها را به جدول سمت راست انتقال می-دهیم. (مثلا در شکل فوق مقاطع را برای ستونها انتخاب کرده‌ایم).

همین کار را برای تیرها و مهاربندها نیز انجام می‌دهیم.

۲-۶ سیستم باربر ثقلی

۲-۶-۱ سقف کامپوزیت و عرشه فولادی

اعضای خمشی با مقطع مختلط

اعضای خمشی با مقطع مختلط به سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند.

الف) اضای خمشی با مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه برشگیر

ب) اعضای خمشی با مقطع مختلط محاط در بتن

پ) اعضای خمشی با مقطع مختلط پر شده با بتن

۱۰-۲-۸-۳-۱ عرض موثر و حداقل ضخامت دال بتنی

عرض موثر دال بتنی که در هر طرف تیر با آن به صورت مختلط عمل می‌نماید، نباید از کوچکترین مقادیر زیر بزرگتر در نظر گرفته شود.

۱. یک هشتم دهانه تیر (مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌های تیر)

۲. نصف فاصله محور تیر تا محور تیر مجاور

۳. فاصله محور تیر تا لبه دال

تبصره: حداقل ضخامت دال بتنی، ۸۰ میلی متر مقرر می‌گردد.

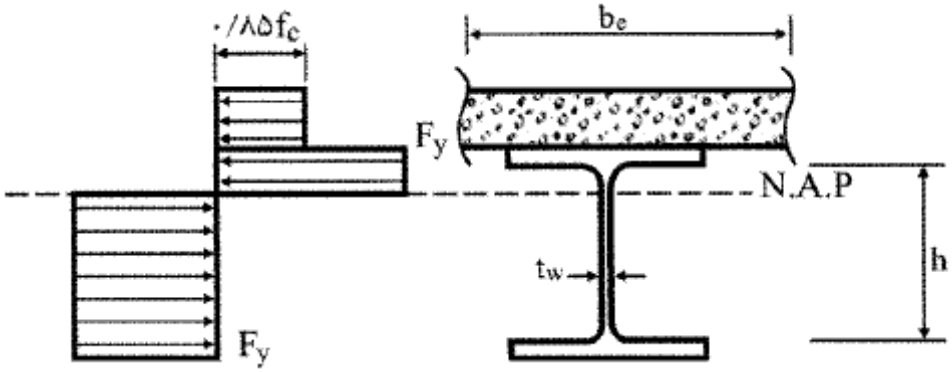
در صورتی که در اعضای خمشی با مقطع مختلط، در هنگام بتن‌ریزی دال بتنی از پایه موقت در زیر تیر فولادی استفاده نشود، عضو فئلادی تا قبل از رسیدن بتن به ۷۵ درصد مقاومت مشخصه f_c، باید به تنهایی دارای مقاومت کافی برای تحمل وزن خود، وزن بتن تر و بارهای حین اجرا (نظیر بار ناشی از قالب‌بندی) باشد. مقاومت خمشی عضو فولادی تنها، باید طبق الزامات بخش ۱۰-۲-۵ تعیین گردد.

مقاومت خمشی مقاطع مختلط دارای برشگیر

الف) مقاومت خمشی مثبت

مقاومت خمشی مثبت طراحی مساوی $\phi_b M_n$ می‌باشد که در آن ϕ_b ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۹ و M_n مقاومت خمشی مثبت اسمی می‌باشد که باید بر اساس حالت حدی تسلیم به شرح زیر تسلیم شود.

۱. در صورتی که $\frac{h}{t_w} \leq 3.76\sqrt{E/F_y}$ باشد، M_n باید بر اساس توزیع پلاستیک تنش بر روی مقطع مختلط تعیین گردد.



توزیع پلاستیک تنش در مقطع مختلط

۲. در صورتی که $\frac{h}{t_w} > 3.76\sqrt{E/F_y}$ باشد M_n باید بر اساس روی هم گذاری تنش‌های الاستیک با فرض مقطع تبدیل یافته و با در نظر گرفتن اثر پایه‌های موقت برای حالت حدی تسلیم در تارهای انتهایی مقطع مختلط (M_y) تعیین گردد. به عبارت دیگر:

$$M_n = Min(M_{n1}, M_{n2}) \qquad ۱۰-۲-۸-۱۸$$

در روابط فوق:

M_{n1} = لنگر خمشی نظیر تنش F_y در دورترین تار فولادی مقطع تبدیل یافته

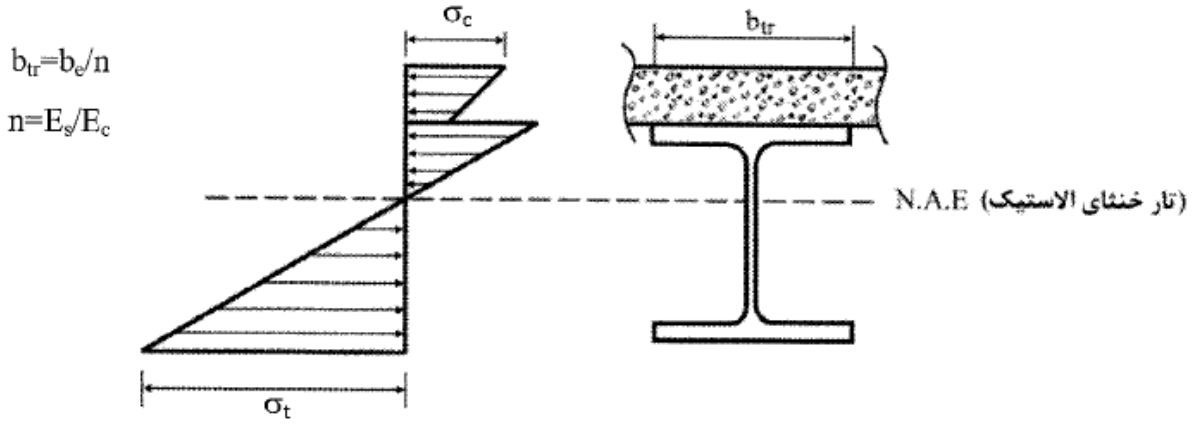
M_{n2} = لنگر خمشی نظیر تنش $۰/۷f_c$ در دورترین تار دال بتنی در مقطع تبدیل یافته

F_y = تنش تسلیم فولاد

f_c = مقاومت فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن

t_w = ضخامت جان تیر فولادی

h = فاصله بین شروع گردی ریشه جان به بال برای نیمرخ‌های نورد شده و فاصله آزاد بین دوبال برای مقاطع فولادی ساخته شده از ورق



توزیع الاستیک تنش در مقطع مختلط تبدیل یافته

ب) مقاومت خمشی منفی

مقاومت خمشی منفی طراحی مساوی $\phi_b M_n$ می‌باشد که در آن ϕ_b ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۹ و M_n مقاومت خمشی منفی اسمی می‌باشد که باید بر اساس مقطع فولادی تنها مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۵ تعیین شود.

به عنوان روش جایگزین، مقاومت خمشی منفی اسمی را می‌توان بر اساس توزیع پلاستیک تنش بر روی مقطع مختلط با منظور کردن اثر آرماتورهای طولی تعیین نمود، مشروط بر اینکه:

۱. مقطع فولادی فشرده و دارای اتکای جانبی کافی مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۵ باشد.

۲. در ناحیه لنگر منفی، دال بتنی به کمک برشگیرهای کافی به تیر فولادی وصل شده باشد.

۳. در محدوده عرض موثر دال بتنی، آرماتورهای موازی با محور تیر به طور کامل الزامات مربوط به چسبندگی و طول مهاری را مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برآئرده نمایند.

پ) مقاومت خمشی مقاطع مختلط به همراه ورق‌های فولادی شکل داده شده

مقاومت خمشی طراحی مقاطع مختلط متشکل از دال بتنی بر روی ورق‌های فولادی شکل داده شده و متصل به مقطع فولادی مساوی $\phi_b M_n$ می‌باشد که در آن ϕ_b ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۹ و M_n

مقاومت خمشی اسمی می‌باشد که باید بر اساس الزامات بند ۱۰-۲-۸-۳-۳ و با رعایت الزامات زیر تعیین گردد.

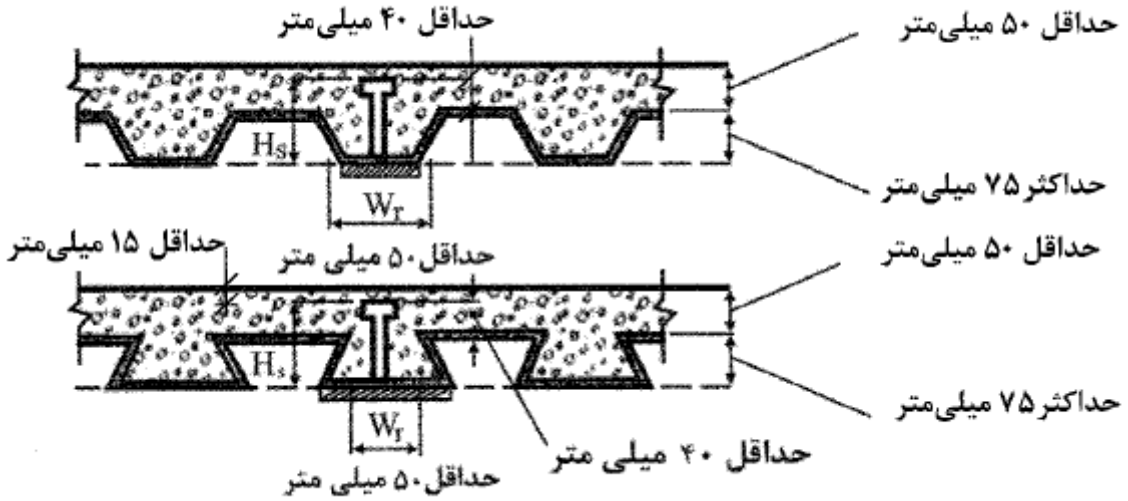
پ-۱) ملاحضات و محدودیت‌ها

۱. ارتفاع اسمی ورق‌های فولادی شکل داده شده (h_r) نباید از ۷۵ میلی متر بیشتر باشد. پهنای متوسط کنگره‌های پرشده با بتن نباید کمتر از ۵۰ میلی متر باشد، لیکن در محاسبات نباید بزرگتر از حداقل پهنای آزاد (خالص) در نزدیکی سطح فوقانی ورق فولادی شکل داده شده در نظر گرفته شود.

۲. دال بتنی باید به وسیله گل‌میخ‌های برشگیر با قطر حداکثر ۲۰ میلی متر به مقطع فولادی متصب شوند. گل‌میخ‌ها باید از طریق ورق فولادی شکل داده شده یا به طور مستقیم به مقطع فولادی جوش شوند. در هر حال گل‌میخ‌ها باید روی بال مقطع فولادی زوب شوند. پس از نصب، ارتفاع گل‌میخ‌ها که از بالای ورق فولادی شکل داده شده اندازه‌گیری می‌شود، نباید از ۴۰ میلی متر کمتر باشد. پوشش بتن روی گل‌میخ‌ها نباید کمتر از ۱۵ میلی متر باشد.

۳. ضخامت دال بتنی در قسمت فوقانی ورق فولادی شکل داده شده نباید کمتر از ۵۰ میلی متر باشد.

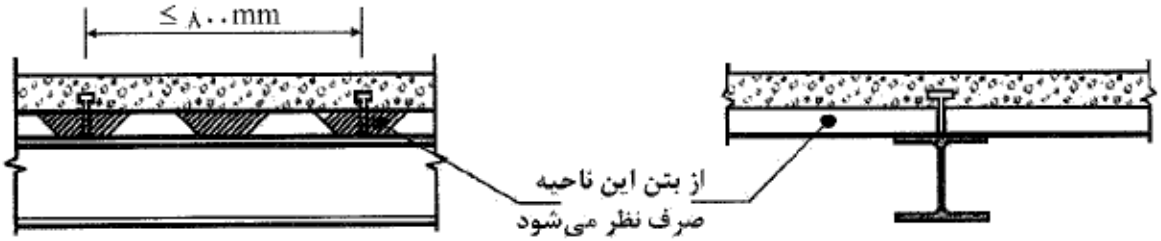
۴. ورق‌های فولادی شکل داده شده باید در فواصلی حداکثر ۴۵۰ میلی متر به مقطع فولادی و سایر اعضای تکیه‌گاهی مهار شوند. این مهارها می‌توانند گل‌میخ‌های برشگیر، ترکیبی از گل میخ‌ها و جوش‌های نقطه‌ای یا هر راهکار ارائه شده توسط مهندس طراح باشد.



ملاحضات و محدودیت‌های ورق‌های فولادی شکل داده شده

پ-۲) ورق‌های فولادی شکل داده شده که کنگره‌های آنها عمود بر محور تیر می‌باشد.

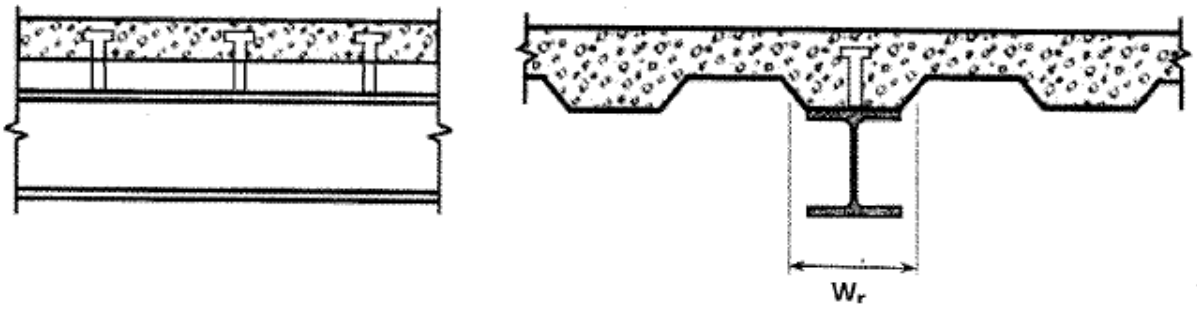
در تعیین مشخصات هندسی مقطع مختلط و نیز در محاسبه A_c باید از بتن موجود در زیر سطح فوقانی ورق فولادی شکل داده شده صرف نظر شود (شکل ۱۰-۲-۸-۵).



ورق‌های فولادی شکل داده شده که کنگره‌های آنها موازی با محور تیر می‌باشد

در تعیین مشخصات هندسی مقطع مختلط و نیز در محاسبه A_c می‌توان از بتن موجود در زیر سطح فوقانی ورق فولادی شکل داده شده استفاده نمود. همچنین، ورق‌های فولادی شکل داده شده را می‌توان در روی تیر فولادی تکیه‌گاهی از هم جدا کرد تا در روی بال مقطع فولادی یک ماهیچه بتنی تشکیل شود.

چنانچه ارتفاع اسمی ورق‌های فولادی شکل داده شده (h_r) ۴۰ میلی متر یا بزرگتر باشد، پهنای متوسط کنگره‌های پر شده با بتن در روی تیر تکیه‌گاهی نباید کمتر از ۵۰ میلی متر برای حالت یک گل‌میخ در پهنا باشد. این پهنای حداقل برای هر گل‌میخ اضافی، به ازای ۴ برابر قطر گل‌میخ باید افزایش یابد.



ورق‌های فولادی شکل داده شده که کنگره‌های آنها موازی با محور تیر می‌باشد

ت) انتقال بار بین تیر فولادی و دال بتنی

ت-۱) نواحی لنگر خمشی مثبت

۱. مقاومت برش افقی مورد نیاز

برای عملکرد مختلط کامل، برش افقی مورد نیاز باید به شرح زیر برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی خردشدگی بتن و تسلیم کششی مقطع فولادی در نظر گرفته شود.

- خردشدگی بتن

$$V_{hu} = 0.85 f_c A_c \qquad (۱۰-۸-۲-۱۹)$$

- تسلیم کششی مقطع فولادی

$$V_{hu} = F_y A_s \qquad (۱۰-۸-۲-۲۰)$$

در روابط فوق:

f_c = مقاومت فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن

A_c = سطح مقطع دال بتنی در محدوده عرض موثر

A_s = مساحت مقطع فولادی

F_y = تنش تسلیم فولاد مقطع فولادی

۲. مقاومت برش افقی اسمی

مقاومت برش افقی اسمی اعضای با مقطع مختلط متکی بر دال بتنی و دارای برشگیر باید مطابق رابطه زیر بر اساس مقاومت برشی برشگیرها تعیین گردد.

$$V_{hn} = \Sigma Q_n \qquad (۲۱-۸-۲-۱۰)$$

که در آن:

ΣQ_n = مجموع مقاومت‌های برشی اسمی برشگیرها در حد فاصل نقاط لنگر خمشی مثبت حداکثر و لنگر صفر مطابق مقررات بند ۱۰-۲-۸-۷.

۳. تعداد، فاصله و مشخصات برشگیرها بایستی از طریق برقراری رابطه زیر و بدون احتساب ضریب کاهش مقاومت تعیین گردد.

$$V_{hn} \geq V_{hu} \qquad (۲۲-۸-۲-۱۰)$$

ت-۲) نواحی لنگر خمشی منفی

۱. مقاومت برش افقی مورد نیاز

در تیرهای پیوسته که درآن میلگردهای طولی در نواحی لنگر خمشی منفی به صورت مختلط با مقطع فولادی عمل می‌نمایند، برای عملکرد مختلط کامل، مقاومت برش افقی مورد نیاز باید بر اساس حالت حدی تسلیم آرماتورهای طولی از رابطه زیر تعیین گردد.

$$V_{hu} = F_{yr}A_{sr}$$ (۲۳-۸-۲-۱۰)

که در آن:

A_{sr} = سطح مقطع کل میلگردهای طولی واقع در عرض موثر در روی تکیه‌گاه داخلی

F_{yr} = تنش تسلیم آرماتورهای طولی

۲. مقاومت برش افقی اسمی

مقاومت برش افقی اسمی اعضای مختلط متکی بر دال بتنی و درای برشگیر در نواحی لنگر منفی باید مطابق رابطه زیر بر اساس مقاومت برشی برشگیرها تعیین گردد.

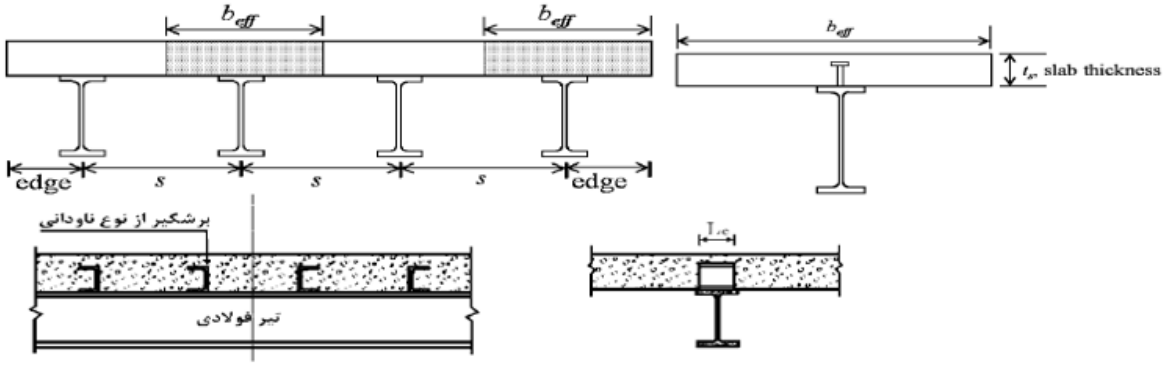
$$V_{hn} = \Sigma Q_n$$ (۲۴-۸-۲-۱۰)

که در آن:

ΣQ_n = مجموع مقاومت‌های برشی اسمی برشگیر در حد فواصل نقاط لنگر خمشی منفی حداکثر و لنگر صفر مطابق مقررات بند ۱۰-۲-۸-۷

۳. تعداد، فاصله و مشخصات برشگیرها بایستی از طریق برقراری رابطه زیر و بدون احتساب ضریب کاهش مقاومت تعیین گردد.

$$V_{hn} \geq V_{hu}$$ (۲۵-۸-۲-۱۰)



۱۰-۲-۸-۳-۴ مقاومت خمشی مقاطع مختلط محاط در بتن

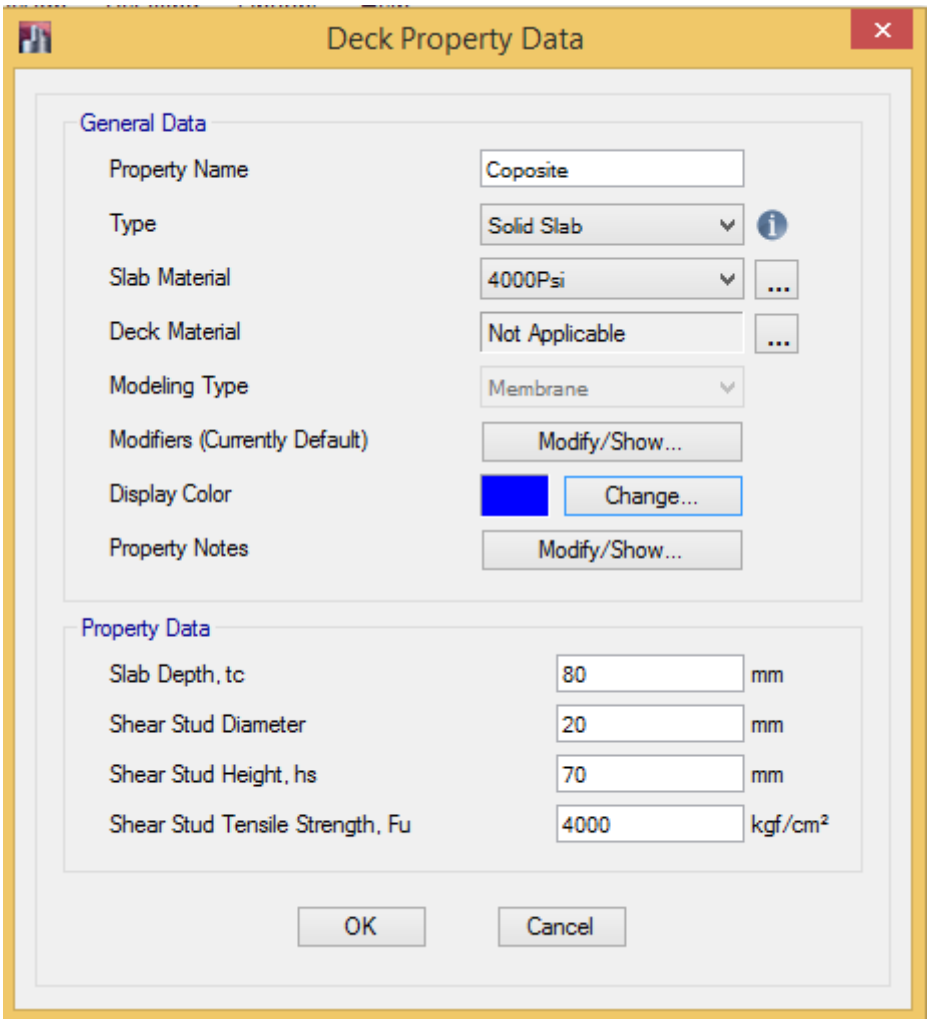
مقاومت خمشی مقاطع مختلط محاط در بتن مساوی $\phi_b M_n$ می‌باشد که در آن ϕ_b ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۹ و M_n مقاومت خمشی اسمی می‌باشد که باید بر اساس یکی از روش‌های زیر تعیین شود.

۱. بر اساس روی هم‌گذاری تنش‌های الاستیک با فرض مقطع تبدیل یافته و با در نظر گرفتن اثر پایه‌های موقت برای حالت حدی تسلیم (اولین نقطه تسلیم) در مقطع مختلط (My)

۲. بر اساس توزیع پلاستیک تنش بر روی مقطع فولادی تنها (Mp)

۳. در صورت تعبیه برشگیرهای کافی در اینگونه اعضا مقاومت خمشی اسمی آنها می‌تواند بر اساس یکی از روش‌های توزیع پلاستیک تنش یا سازگاری کرنش‌ها بر روی مقطع مختلط تعیین گردد.

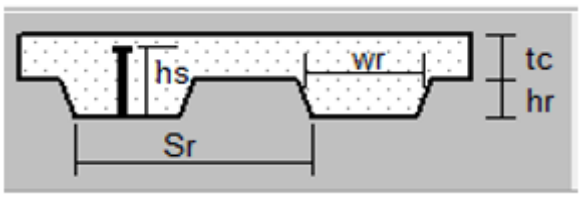
مسیر تعریف مشخصات سقف کامپوزیت: Define > Section Properties > Deck Section

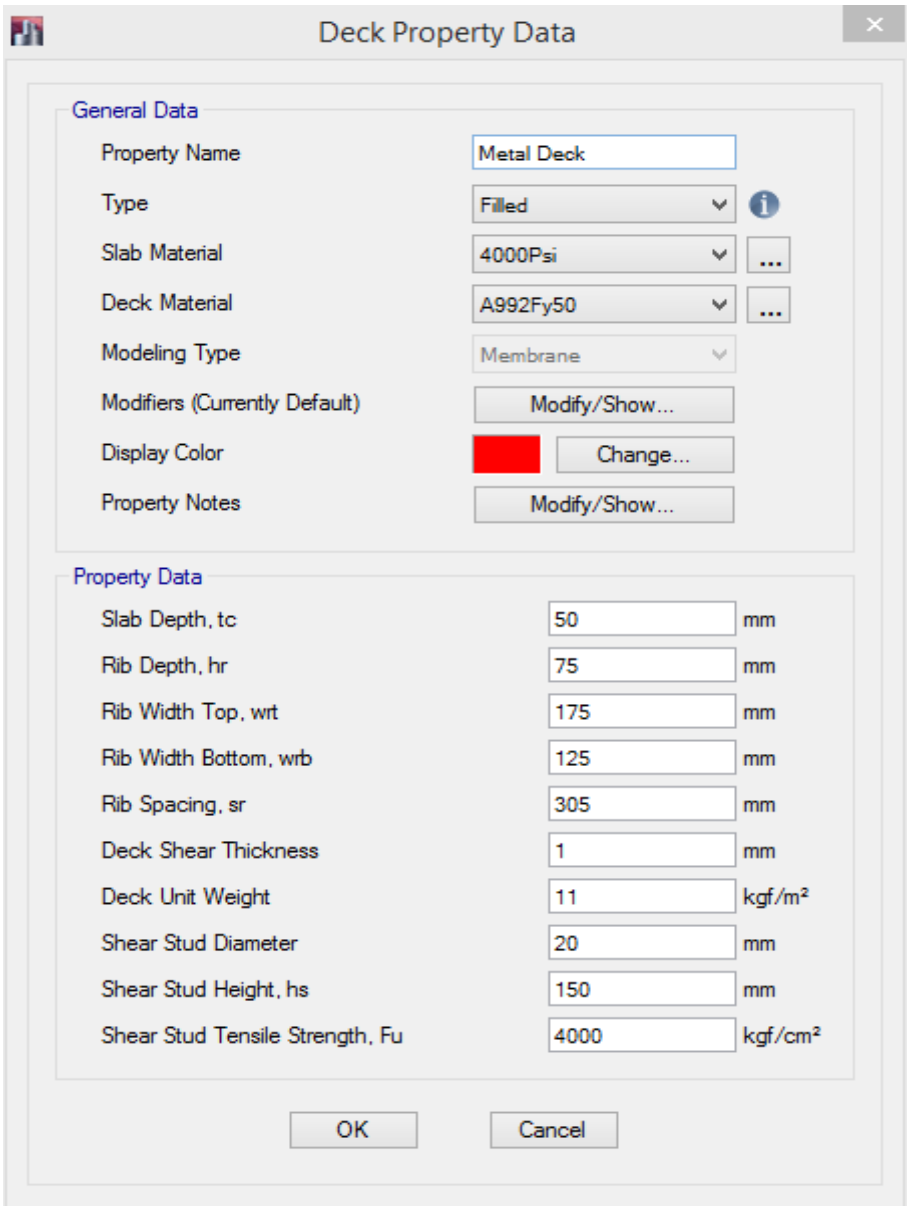


شکل۱۵: تنظیمات مشخصات سقف کامپوزیت

مسیر تعریف مشخصات سقف عرشه فولادی: Define > Section Properties > Deck Section

سقف عرشه فولادی تقریبا به نوعی همانند سقف کامپوزیت می‌باشد؛ با این تفاوت که در این سقف، از ورق موجدار نیز استفاده می‌شود. برای مطالعه بیشتر به پیوست ۱ مراجعه بفرمائید.





شکل۱۶: تنظیمات مشخصات سقف عرشه فولادی

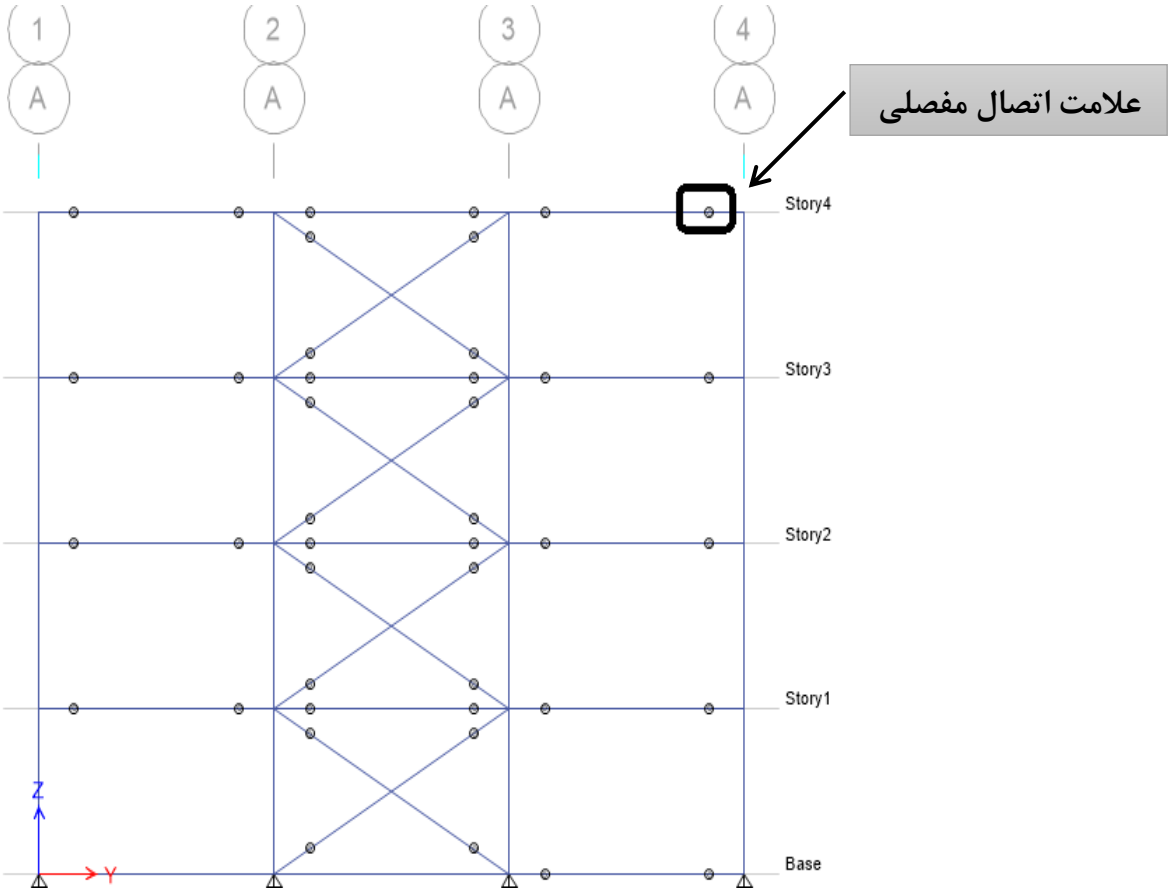
شکل ۱۷: اجرای ورق گالوانیزه و میلگردهای حرارتی سقف عرشه فولادی

۲-۷ انتخاب سیستم مقاوم جانبی

در سازه های فولادی از جمله سیستمهای مقاوم جانبی متداول عبارتند از :

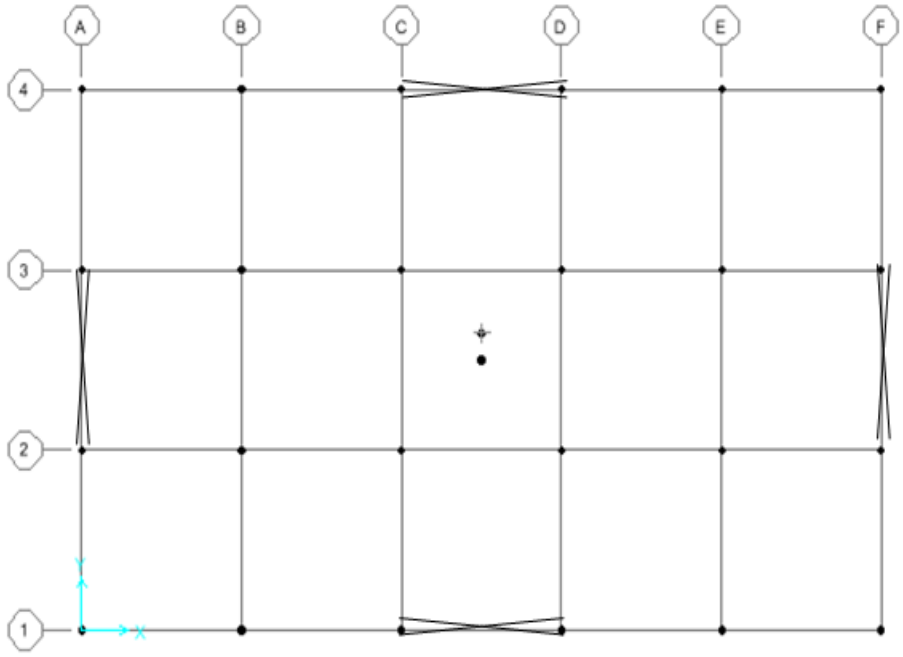
۲-۷-۱ سیستم قاب مهاربند:

- در این سیستم مهاربندها عضو مقاوم در مقابل بارهای جانبی هستند.
- تیرها و ستونها در این سیستم، نقشی در مقابل بارهای جانبی ندارند.
- اتصالات تیر به ستونها بصورت مفصلی است.
- اتصالات مهاربندها به تیر و ستون مفصلی است.



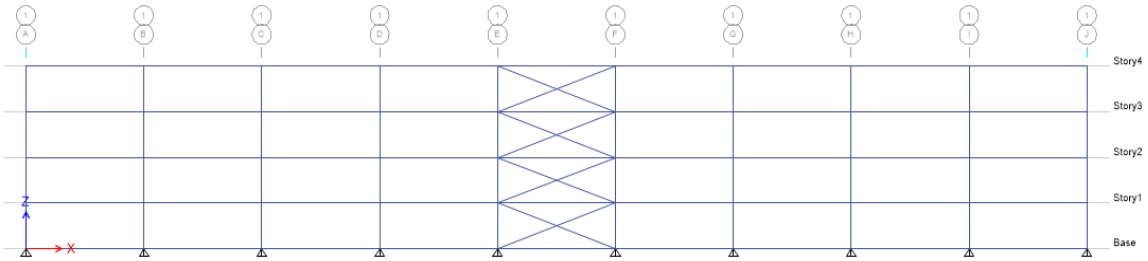
در این سیستم باید در رابطه با جانمائی مهاربندها به موارد زیر توصیه گردد:

- مهاربندها باید بصورت متقارن در طرفین مرکز سختی قرار بگیرند.

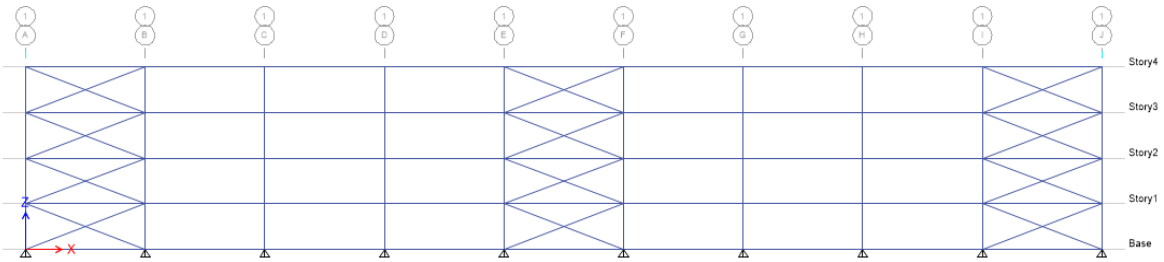


مهاربندی متقارن در پلان

- قرار دادن مهاربندها در قابهای طویل باید به گونه ای باشد که توزیع سختی در طول قاب یکنواخت و متعادل باشد.

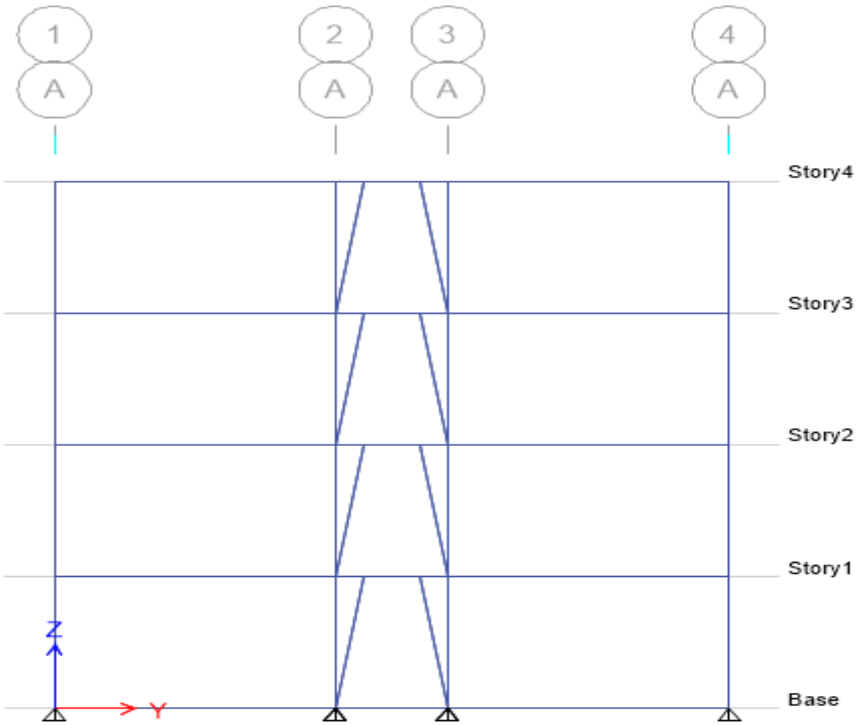


رفتار لرزه ای نامناسب

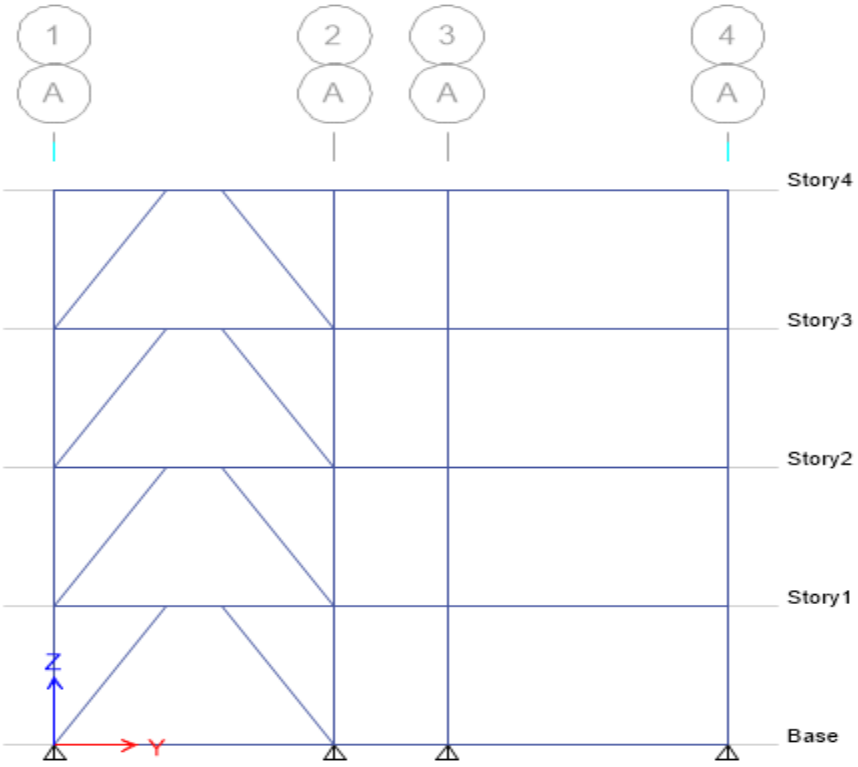


رفتار لرزه ای مناسب

- تا حد امکان مهاربندها خصوصا مهاربندهای واگرا در دهانه‌هایی قرار بگیرند که مولفه‌ی افقی قابل توجهی داشته باشند.



مولفه افقی ناچیز و رفتار لرزه ای نامناسب

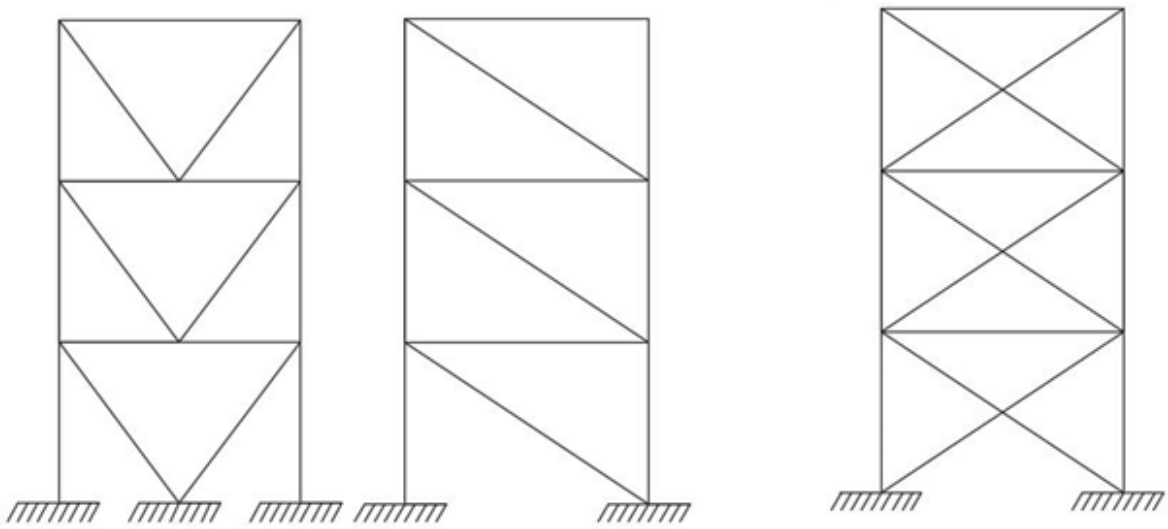


مولفه افقی کافی و رفتار لرزه ای نامناسب

۲-۷-۱-۱ به طور کلی مهاربندها به ۲ دسته همگرا و واگرا تقسیم می‌شوند:

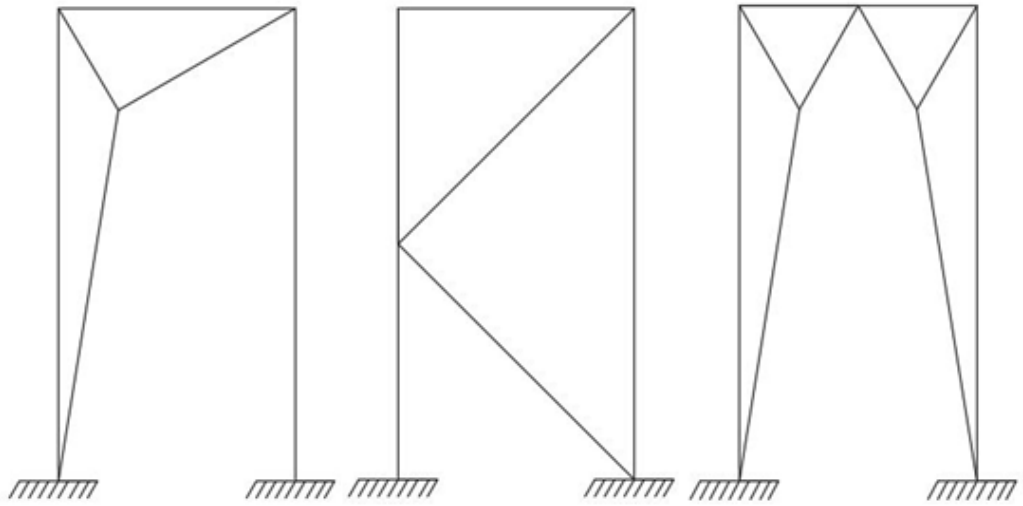
- ✓ **مهاربند همگرا:** اگر محور طولی مهاربندها از محل تقاطع تیر و ستون‌ها عبور کند یا نقطهٔ انتهایی دو مهاربند موجود در یک قاب در یک محل مشترک به تیر برخورد کنند به آنها مهاربندهای همگرا گفته می‌شود. از نظر آئین نامه قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ همگرای معمولی به قاب‌هایی گفته می‌شود که از آنها انتظار تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی محدودی بدون کاهش قابل ملاحظه در مقاومت اعضا و اتصالات آنها تحت اثر زلزله طرح می‌رود.

(مناسب برای مناطق لرزه خیز)



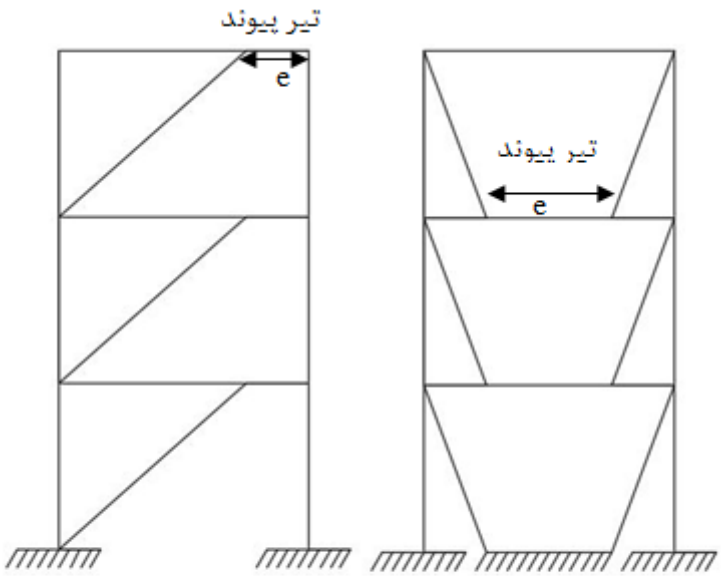
مهاربند قطری هفتی شورون هشتی شورون ضربدری

مهاربندی K شکل دروازه‌ای و نیم دروازه‌ای از دیگر انواع مهاربندهای همگرا هستند که مبحث دهم مقررات ملی ساختمان آنها را به عنوان سیستم باربر جانبی تحت بار زلزله نمی‌پذیرد اما در سازه‌هایی که نیروی باد به عنوان نیروی جانبی بحرانی شناخته می‌شود (مانند سوله‌ها) می‌توان از این نوع مهاربندها استفاده کرد.



نیم دروازه‌ای K شکل دروازه‌ای

- ✓ **مهاربندهای واگرا**: در قاب‌های مهاربندی شدهٔ واگرا محل تقاطع محور طولی مهاربند و تیر فاصلهٔ اندکی با اتصال تیر و ستون دارد و یا دو مهاربند در یک قاب از یک نقطهٔ مشترک در تیر عبور نمی‌کنند این دسته نیز شامل حالت‌های مختلفی است که مهمترین آنها به صورت زیر است:



قطری هفتی و هشتی شورون

به ناحیه‌ای که بین نقاط تلاقی محورهای دو عضو قطری مهاربندی روی تیر یا بین نقطهٔ تلاقی محور عضو مهاربندی تا گره اتصال تیر به ستون قرار دارد تیر پیوند گفته می‌شود. در این نوع قاب‌ها رفتار جانبی لرزه‌ای

سازه ترکیبی از عملکرد خمشی و برشی تیرها و ستون‌ها و عملکرد خمشی و برشی تیرها و ستون‌ها و عملکرد کششی و فشاری مهاربندها می‌باشد. در اثر اعمال بار جانبی مهاربندهایی که دارای شیب هم جهت با نیروی جانبی هستند تحت کشش قرار گرفته و مهاربندهایی که در جهت مخالف قرار دارند تحت فشار قرار می‌گیرند شایان ذکر است از آنجا که نیروی زلزله به صورت رفت و برگشتی به سازه اعمال می‌شود با عوض شدن جهت نیروی زلزله رفتار مهاربندها نیز معکوس خواهد شد.

نکات تکمیلی مهاربندهای همگرا: اگر بارگذاری جانبی وارده بر سازه ناشی از اثر باد یا اثر زلزله‌های خفیف و متوسط باشد رفتار مهاربندها در محدودهٔ ارتجاعی می‌باشد، در این حالت با توجه به اینکه مصالح فولادی مصالحی با رفتار یکسان در کشش و فشار هستند (اصطلاحا رفتاری همسانگرد دارند) هر دو مهاربند سختی و مقاومت یکسانی از خودشان می‌دهند.

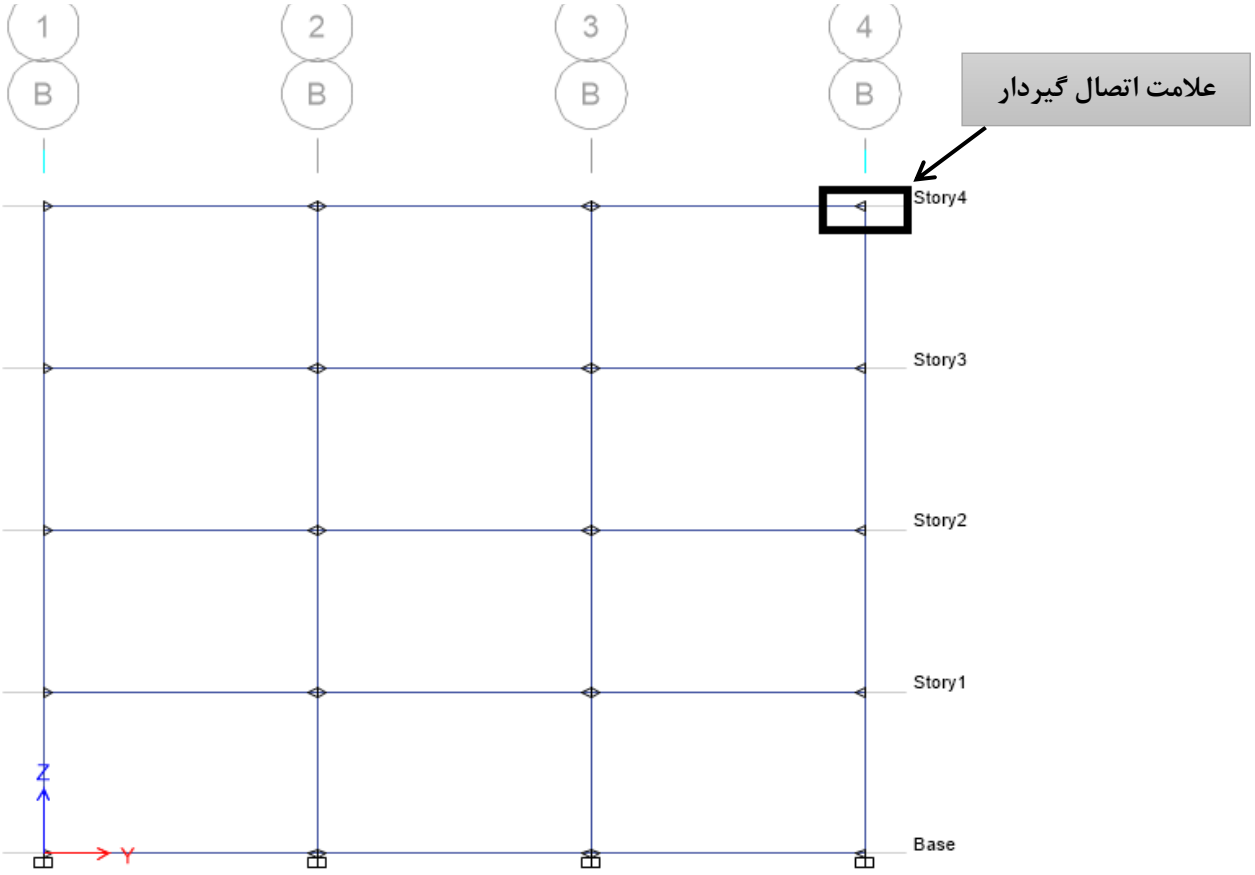
اگر بارگذاری جانبی ناشی از اثر زلزله‌ای قوی باشد نیروی محوری وارد شده به مهاربندها زیاد بوده و مهاربندهای فشاری غالبا کمانش می‌کند در این شرایط با افت سختی و مقاومت در مهاربند فشاری سهم نیروی مهاربند کششی بیشتر شده و ممکن است مهاربند کششی در مقابل این نیروی افزایش یافته تسلیم شود کمانش مهاربند فشاری و تسلیم مهاربند کششی در هنگام زلزله‌های بزرگ حالتی است که در قاب‌های مهاربندی شدهٔ همگرا به وفور ایجاد می‌شود به همین دلیل آیین‌نامه ضوابطی را در نظر می‌گیرد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

نکات تکمیلی مهاربندهای واگرا:

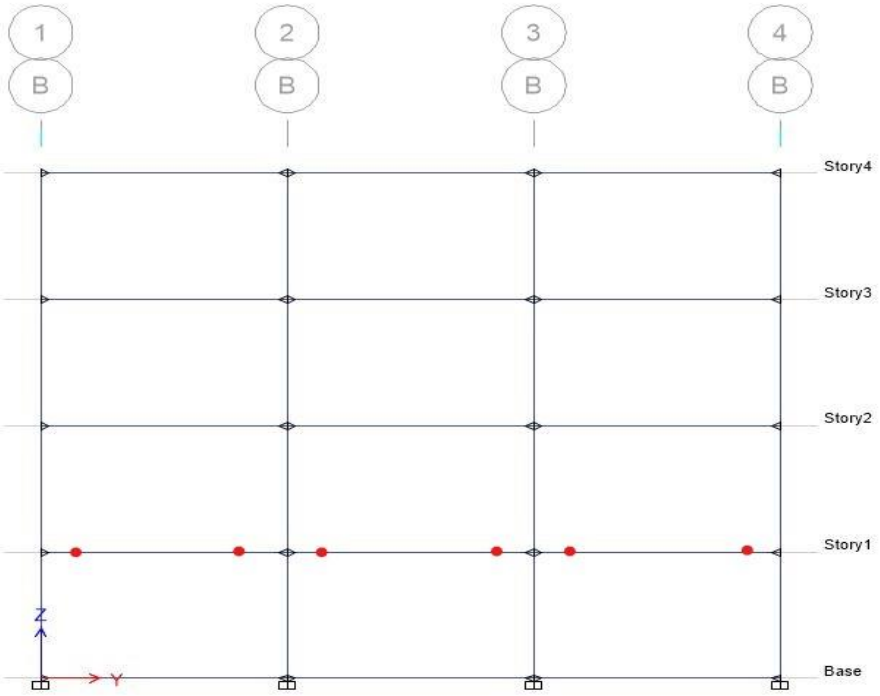
قاب‌های مهاربندی شده همگرا سختی مناسبی در برابر بار جانبی داشته و شکل‌پذیری آنها ایده آل نیست برای بهتر شدن شکل‌پذیری می‌توان از واگرا استفاده کرد که اگر درست طراحی و اجرا شود هزینه‌ی اجرای آن نسبت به همگرا بیشتر است.

۲-۷-۲سیستم قاب خمشی

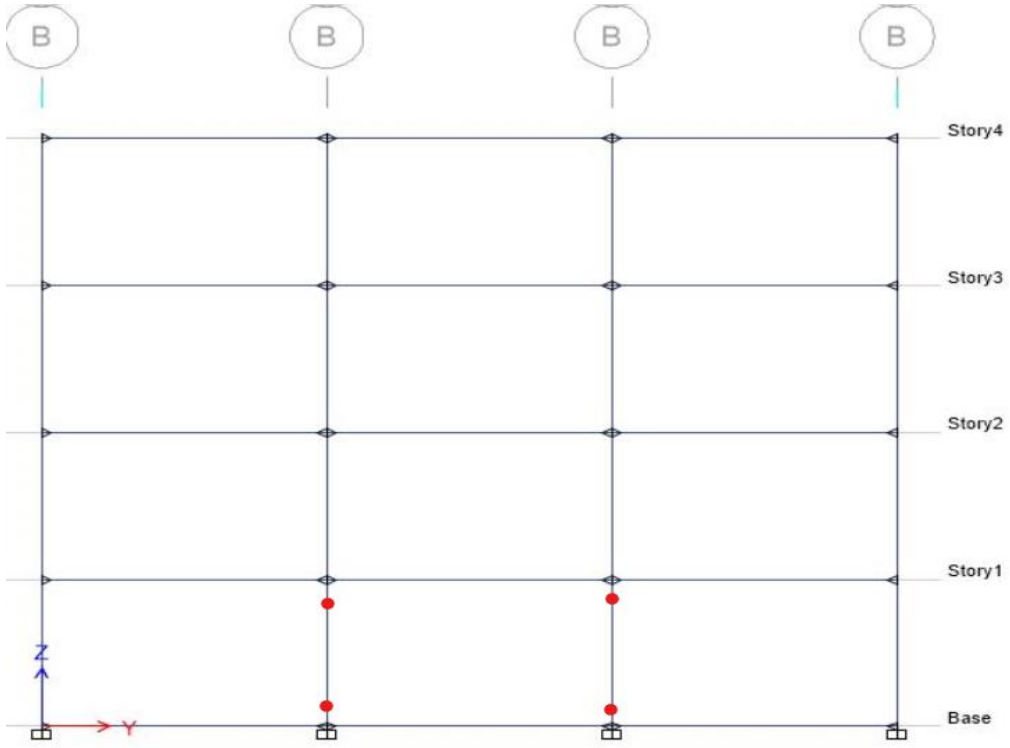
- در این سیستم تیرها و ستونها اعضای مقاوم جانبی هستند.
- این سیستم شکل‌پذیری بیشتری نسبت به سازه‌های مهاربندی دارد.
- اتصالات تیر به ستون در این سیستم گیردار است.
- این سیستم دارای درجه نامعینی بیشتری نسبت به سیستم مهاربندی است.



باید دقت داشته باشیم که طراحی قابهای خمشی باید به گونه ای باشد که فلسفه تیر ضعیف و ستون قوی رعایت شده باشد. یعنی در قابهای خمشی، طراحی لرزه‌ای باید به گونه ای صورت بگیرد که تیرها قبل از ستونها تسلیم شوند.



در شکل بالا چون تیرها قبل از ستونها وارد مرحله غیرخطی شده اند سازه دارای رفتار لرزه ای مناسب است.



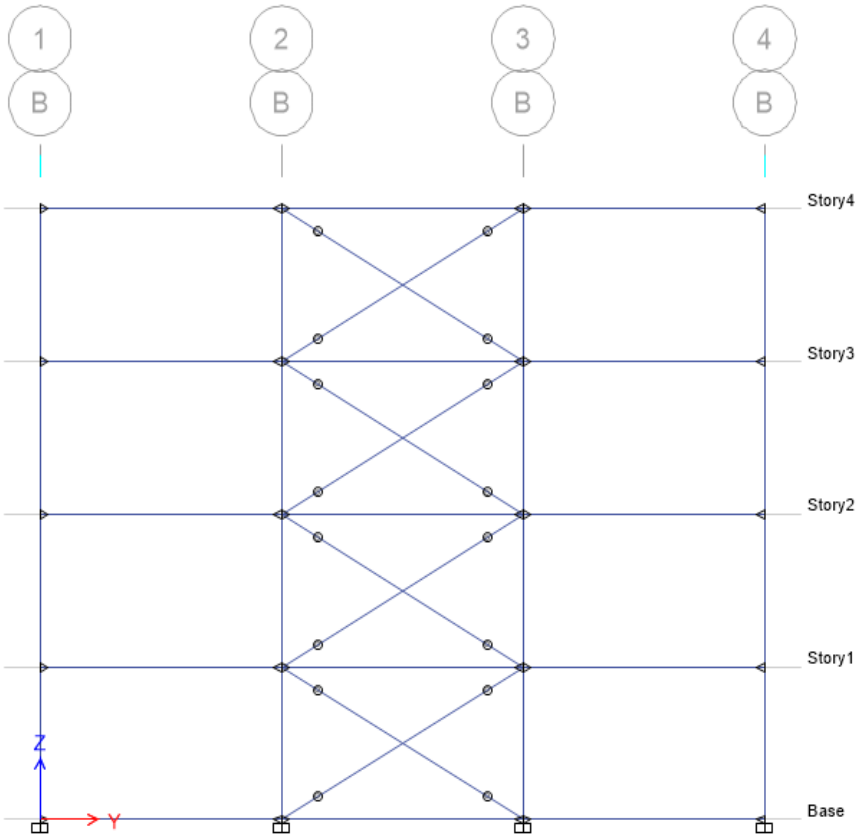
در شکل بالا با توجه به اینکه ستونها قبل از تیرها به مرحله تسلیم رسیده اند، رفتار لرزه ای قابل قبولی نداشته و پایداری چنین سازه‌ای قابل اعتماد نیست.

۳-۷-۲ سیستم دوگانه

در سیستمهای دوگانه فولادی، قابهای مهاربندی و قابهای خمشی بصورت همزمان در یک راستا مورد استفاده قرار میگیرند.

در این سیستمها:

- درجه نامعینی ا حد قابل قبولی برخوردار است که این موضوع سبب می گردد که قابلیت اعتماد به پایداری چنین سازه‌ای افزایش یابد.
- در این سیستم مهاربندها و قاب خمشی، هر کدام به نسبت سختی از نیروهای جانبی سهم می برند.
- در طبقات پایین این سیستم مهاربند قاب را و در طبقات بالایی، قاب مهاربند را نگه می-دارد. یعنی در طبقات پایین این سیستم نقش مهاربند د تحمل نیروهای جانبی بیشتر از قاب است و در طبقات بالائی بر عکس این موضوع صدق می‌کند.
- اتصالات تیر به ستون در این سیستم گیردار است.
- اتصالات مهاربند به تیر و ستون در این سیستم مفصلی است.

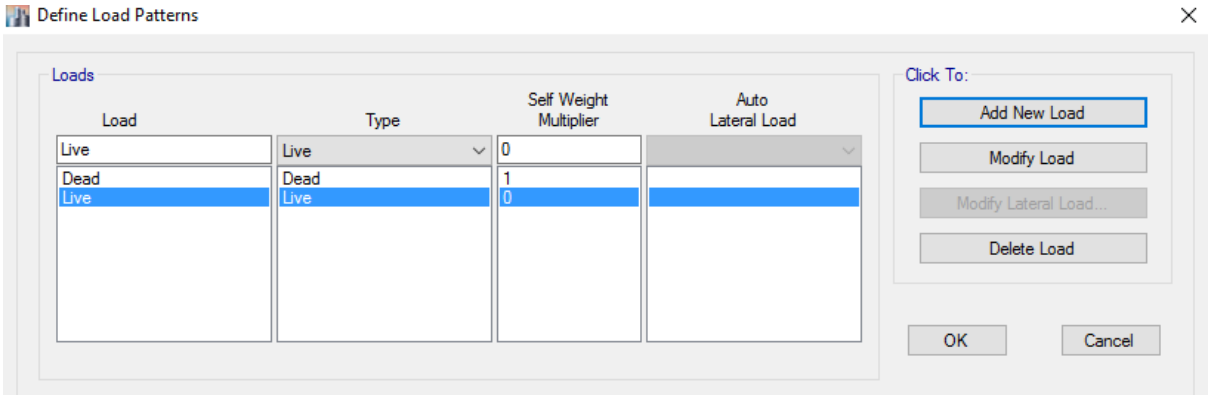


۸-۲ تعریف بارها ثقلی و جانبی

لازم به توضیح است که در این جزوه نوع سیستم مقاوم جانبی قاب خمشی انتخاب شده است. بعد از انتخاب سیستم مقاوم جانبی، در این مرحله بارهای ثقلی و جانبی وارد بر سازه در نرم افزار تعریف می‌گردد.

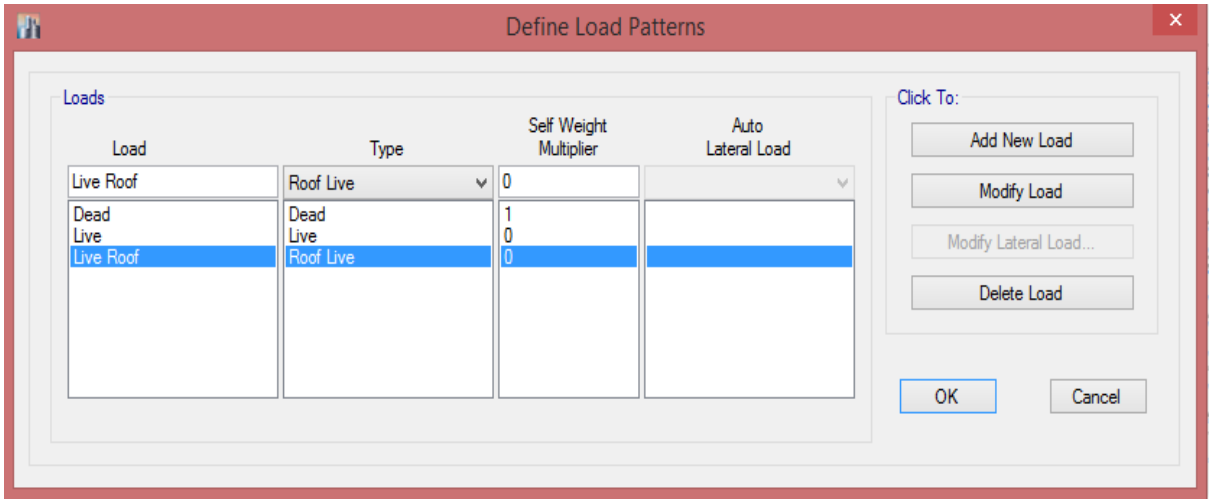
مسیر: Define > Load Pattern

- بار مرده (Dead)
- بار زنده (Live)



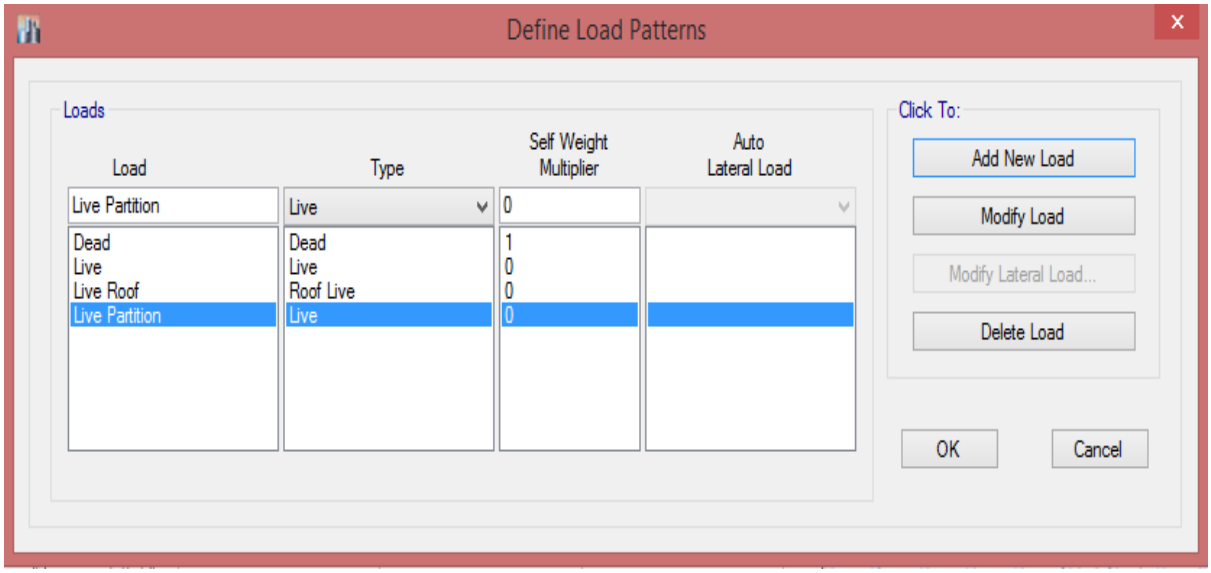
الگوی بار مرده (Dead) و زنده (Live)

- بار زنده بام (Live Roof)



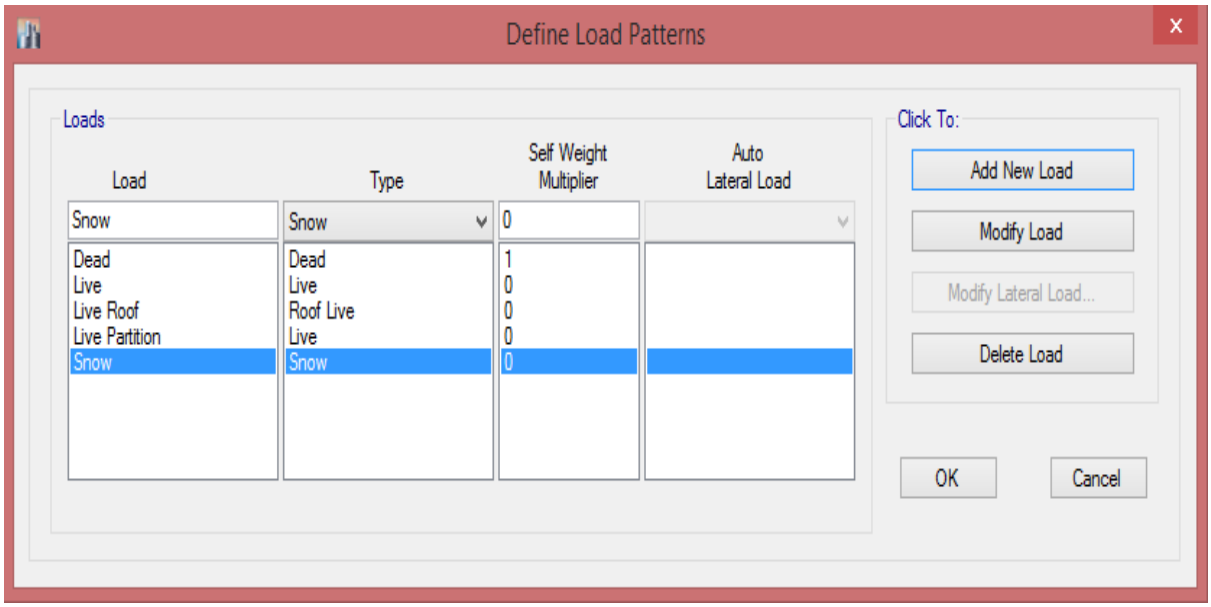
الگوی بار زنده بام (Live Roof)

- بار معادل تیغه‌بندی (Live Partition)



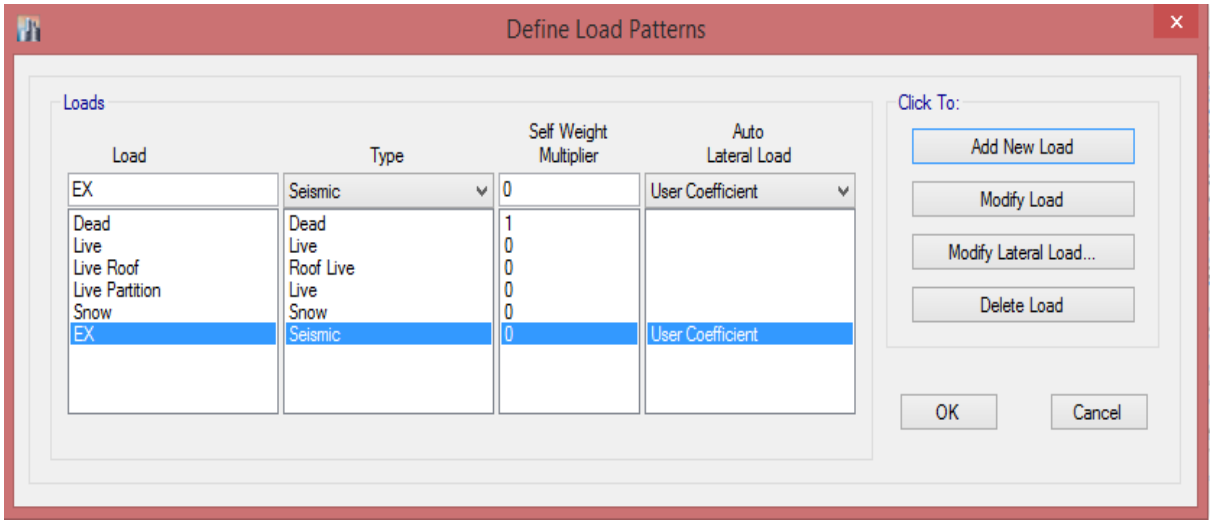
الگوی بار معادل تیغه‌بندی (Live Partition)

- بار برف (Snow)



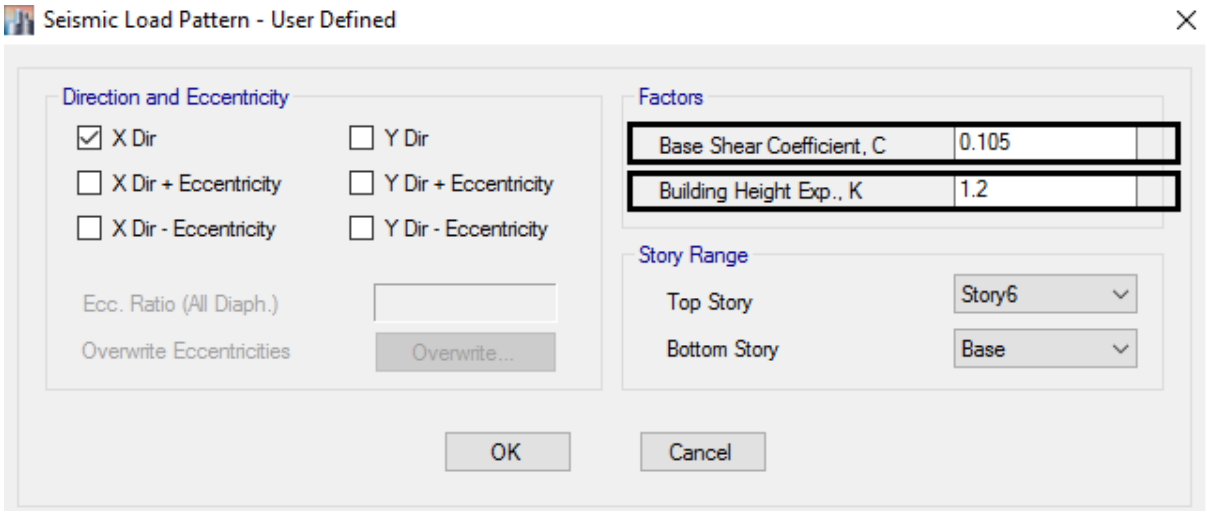
الگوی بار برف (Snow)

➢ بار زلزله استاتیکی در جهت X (EX)



بار زلزله استاتیکی در جهت X (EX)

بار لرزه ای راستای X از نوع لرزه‌ای (Seismic) انتخاب شده و نحوه پخش بار جانبی (User Coefficient) انتخاب می‌شود. یعنی نحوه پخش بار در ارتفاع سازه بر اساس جرم لرزه ای هر طبقه است که روش توزیع بار آیین نامه ۲۸۰۰ نیز به همین صورت است. با کلیک بر روی گزینه Modify Lateral Load صفحه زیر ظاهر خواهد شد که برای راستای X تنظیمات مربوطه است.

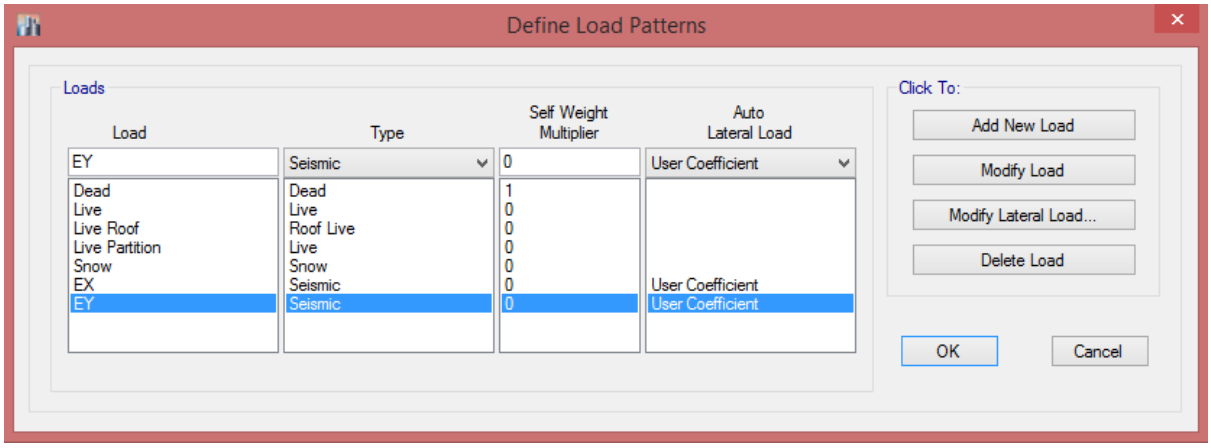


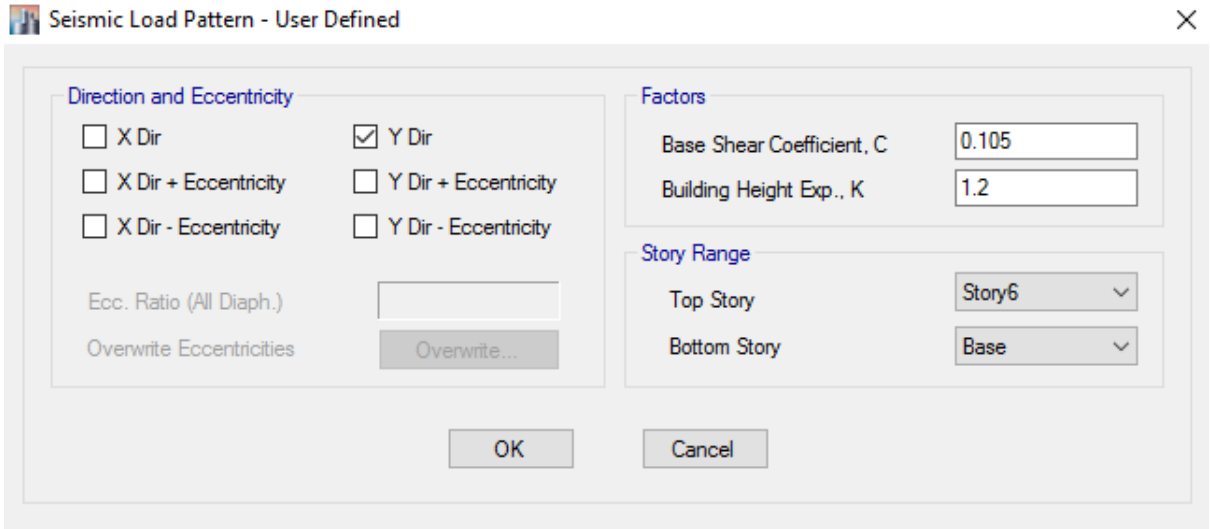
- در بخش Direction and Eccentricity جهت و خروج از مرکزیت را نشان می‌دهد که برای بار

(EX) فقط جهت X را انتخاب می‌کنیم.

- در قسمت Factors ضریب زلزله (C) و ضریب (K) را وارد می گردد.
- در قسمت Story Range بازه توزیع بار را مشخص می‌کنیم که اگر وزن خرپشته بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد توزیع بار را تا طبقه بام در نظر خواهیم گرفت اما اگر کمتر از ۲۵ درصد باشد توزیع بار تا طبقه بام در نظر گرفته خواهد شد.

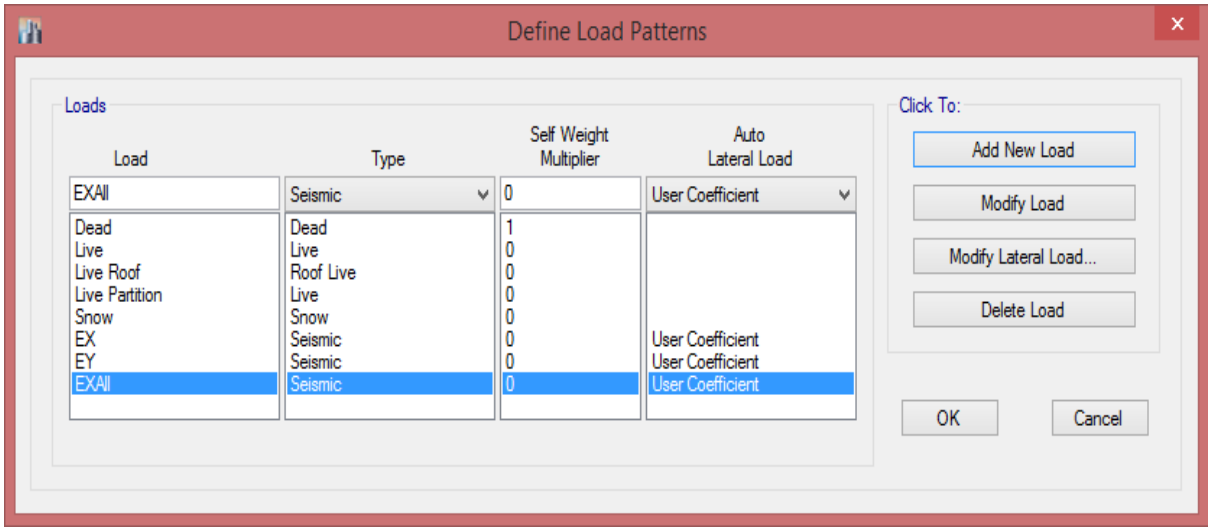
➢ بار زلزله استاتیکی در جهت Y (EY)

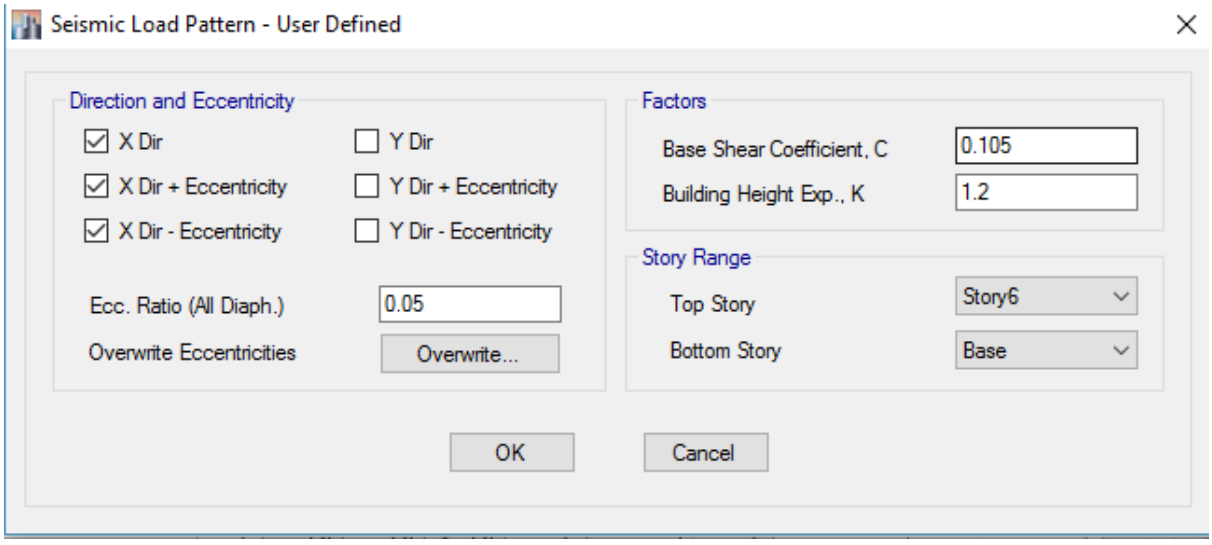




بار زلزله استاتیکی در جهت Y (EY)

- بار زلزله استاتیکی در جهت X با خروج از مرکزیت مثبت و منفی (EX All)

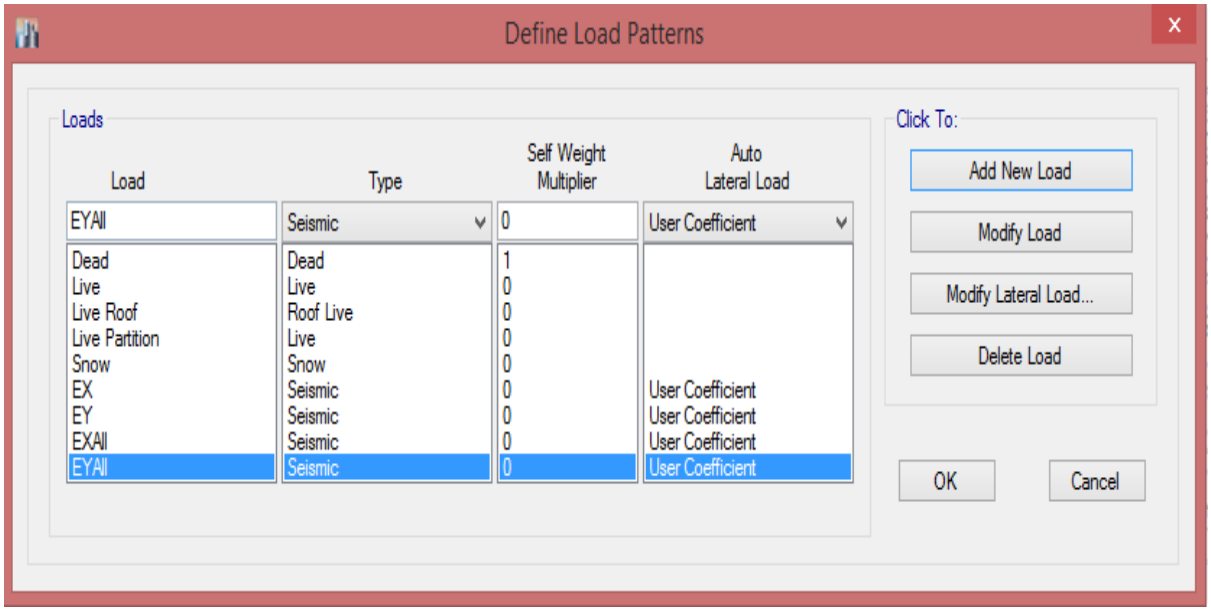


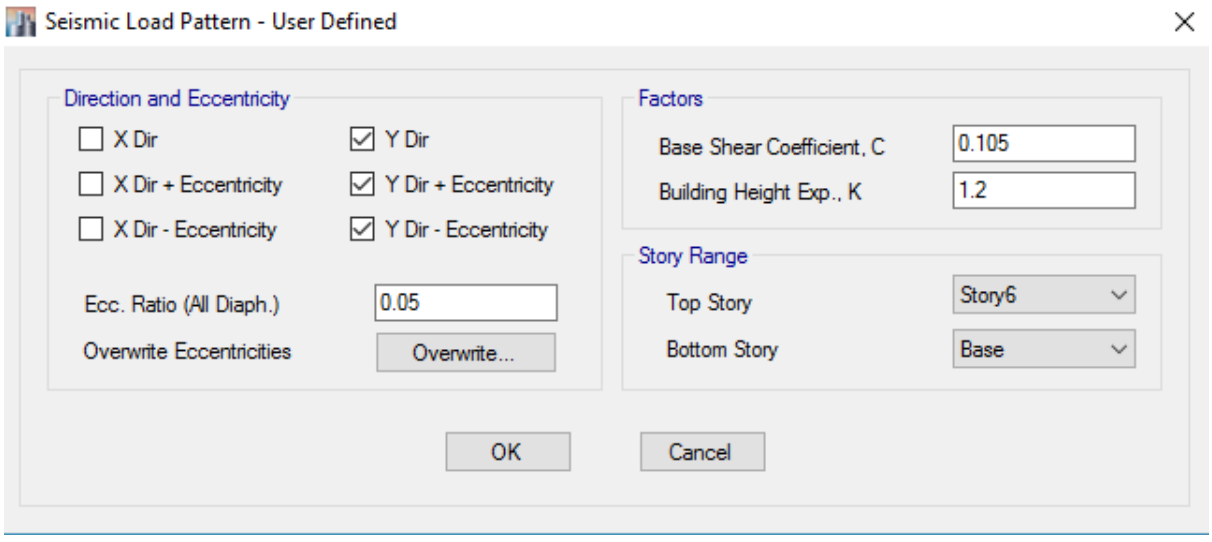


بار زلزله استاتیکی در جهت X با خروج از مرکزیت مثبت و منفی (EX All)

در قسمت Ecc . Ratio مقدار خروج از مرکزیت را نشان می‌دهد که **۵ درصد** بعد ساختمان در نظر گرفته شده است.

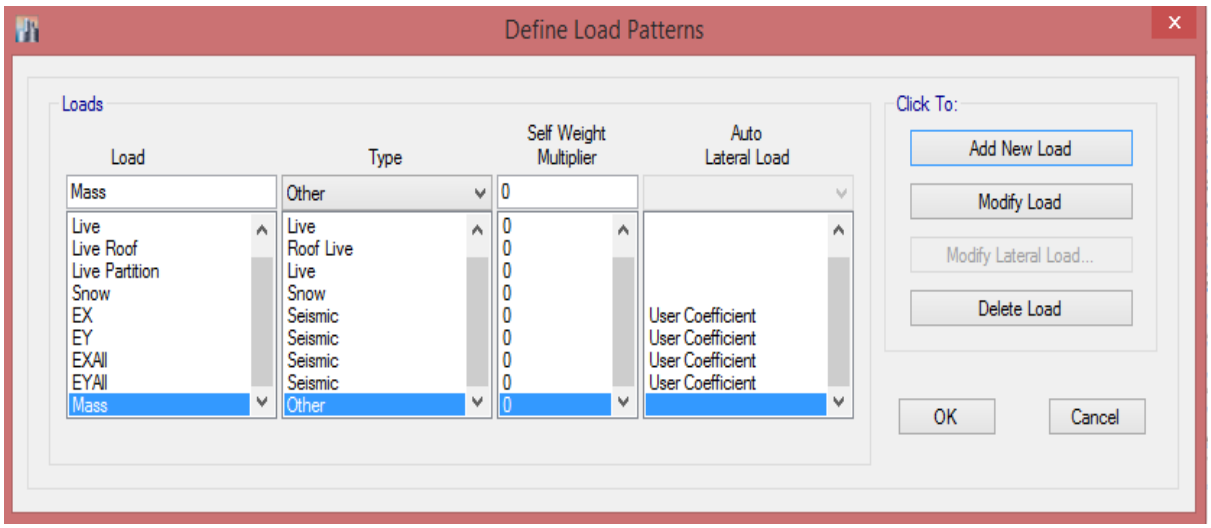
- بار زلزله استاتیکی در جهت Y با خروج از مرکزیت مثبت و منفی (EY All)





بار زلزله استاتیکی در جهت Y با خروج از مرکزیت مثبت و منفی (EY All)

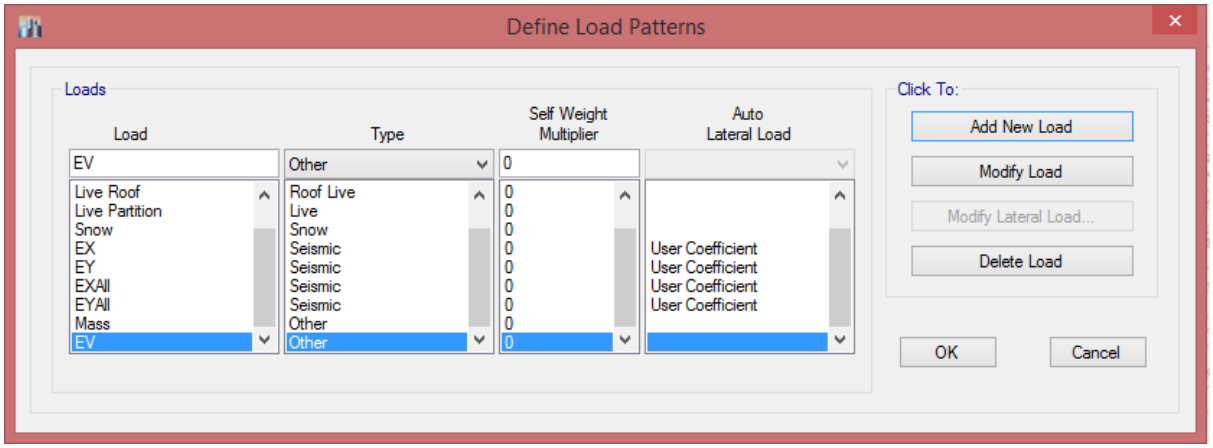
- بار اصلاح جرم طبقات (Mass)



الگوی بار اصلاح جرم طبقات (Mass)

دقت شود که نوع این بار از نوع Other انتخاب شود تا فقط وزن مربوط به نیم طبقه در پایین و بالا اعمال شود و در ترکیبات بار این بار اضافه نگردد.

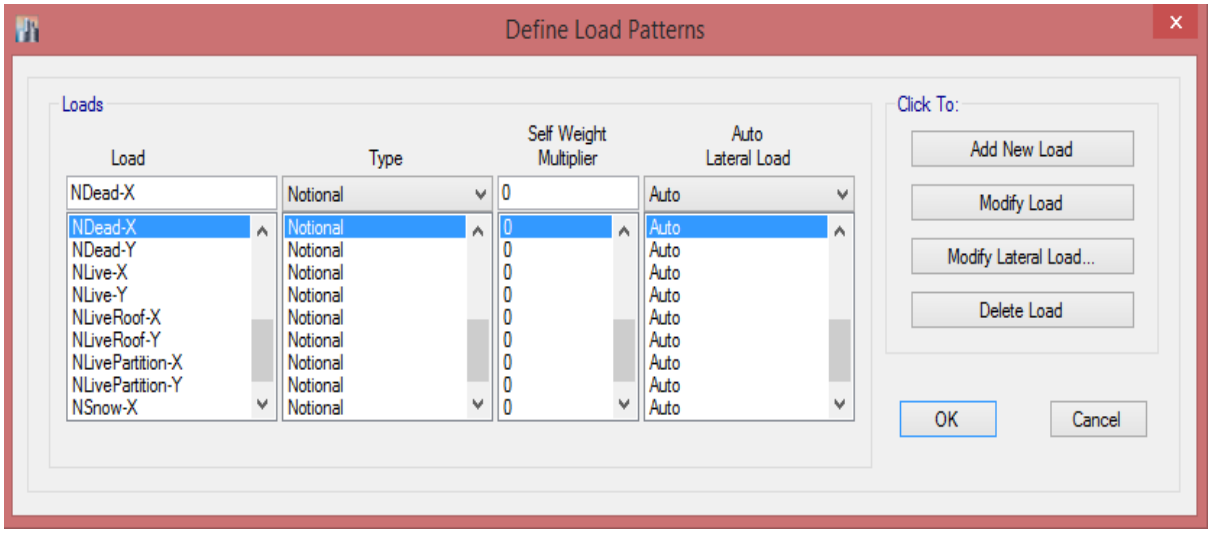
- بار قائم زلزله (EV)



الگوی بار قائم زلزله (EV)

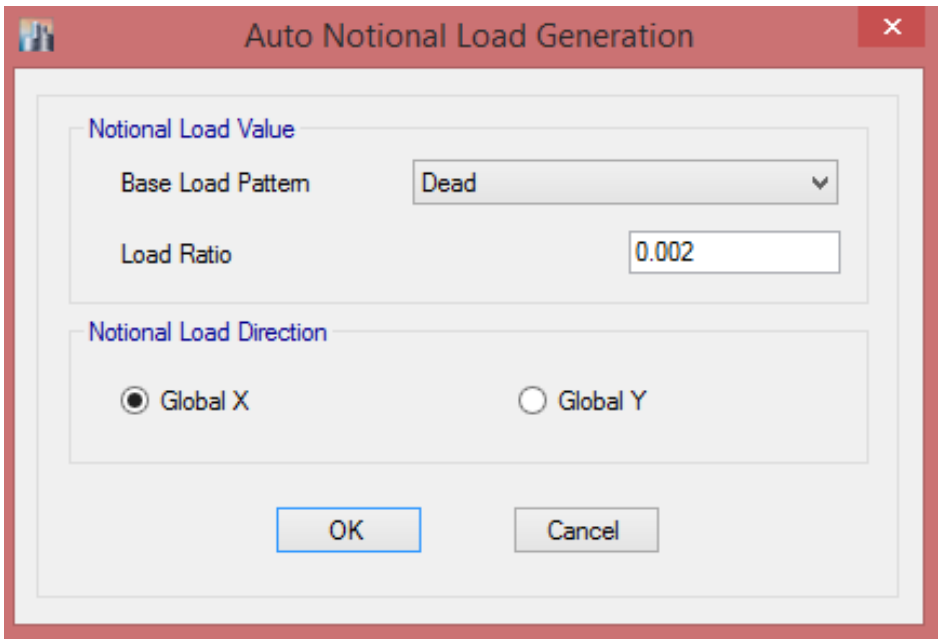
در این الگوی بار نیز همانن الگوی بار Mass نوع بار از نوع Other انتخاب خواهد شد.

➢ بارهای ناشاغولی (National Load)



الگوی بارهای ناشاقولی (National Load)

این الگوی بار برای تمامی بارهای ثقلی در جهت X و Y تعریف می‌شود و نوع بار Other بوده و نحوه توزیع بارهی جانبی در حالت Auto قرار می‌گیرد و مقدار آن ۰/۰۰۲ در نظر گرفته می‌شود و با کلیک بر روی گزینه Modify Lateral Load پنجره زیر ظاهر خواهد شد و نوع بار و مقدار و جهت آنها قابل تغییر می-باشد. لازم به توضیح است که برای بارهای ثقلی در راستای x و y باید تعریف گردد.



۹-۲ ترکیبات بارگذاری

ترکیبات بار به منظور احتمال همزمانی تأثیر بارها در یک سازه تعیین می‌شود و طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان برای ساختمان‌های فولادی ترکیبات بار لازم معرفی شده‌اند و در مواردی که ضرایب جزئی ایمنی و یا تنش‌های مجاز محاسباتی در ترکیب بارهای مقررات ملی ساختمان و دیگر آئین‌نامه‌های رسمی کشور وجود نداشته باشد، آنها را می‌توان طبق سایر آئین‌نامه‌های معتبر دنیا در نظر گرفت.

ترکیب بارهای حالت‌های حدی مقاومت در طراحی ساختمان‌های فولادی

1) 1.4D
2) 1.2D+1.6L+0.5(L_r or S or R)
3) 1.2D+ 1.6(L_r or S or R)+{L or 0.5(1.4W)}
4) 1.2D+1.0(1.4W)+L+0.5(L_r or S or R)
5) 1.2D+1.0E+0.2S
6) 0.9D+1.0(1.4W)
7) 0.9D+1.0E
8) 1.2D+0.5L+0.5(L_r or S)+1.2T
9) 1.2D+1.6L+1.6(L_r or S)+1.0T

D: بار مرده، L: بار زنده، L_r: بار زنده بام، S: بار برف، R: بار باران، W: بار باد، E: بار زلزله طرح، F : بار ناشی از سیال با فشار و ارتفاع حداکثر مشخص، T: بار خودکرنشی از قبیل اثرات تغییرات دما، نشست پایه-ها و وارفتگی

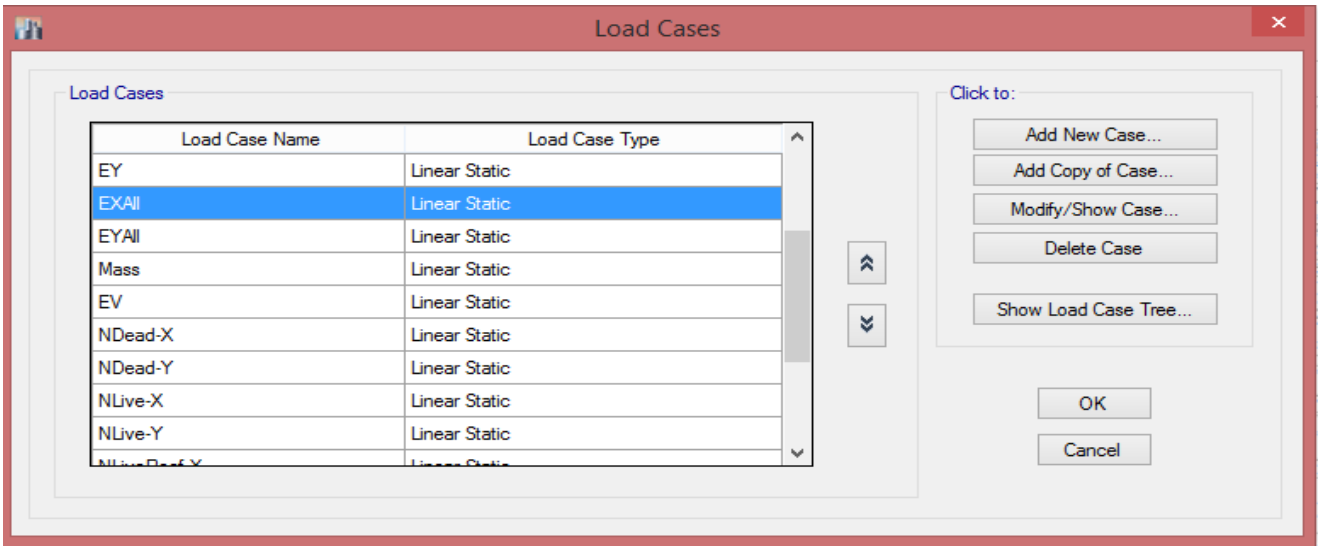
بسته به بارهای موجود در پروژه‌های هر سازه ترکیبات بار لازم را انتخاب کرده و آنها را در نرم‌افزار وارد خواهیم نمود. لازم به توضیح است که با توجه به اینکه در این جزوه سیستم مقاوم جانبی قاب خمشی است، لذا تمامی ستونها در محل تلاقی دو سیستم مقاوم جانبی هستند و باید بر اساس ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ نیروی زلزله با زاویه بحرانی به سازه وارد گردد. بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ می توان بجایی اعمال بارهای جانبی با زاویه بحرانی، از ترکیب بار ۱۰۰-۳۰ استفاده نمود که نحوه تعریف آن در Etabs در ادامه آورده شده است.

۲-۹-۱ تعریف قاعده ۱۰۰-۳۰ در نرم‌افزار

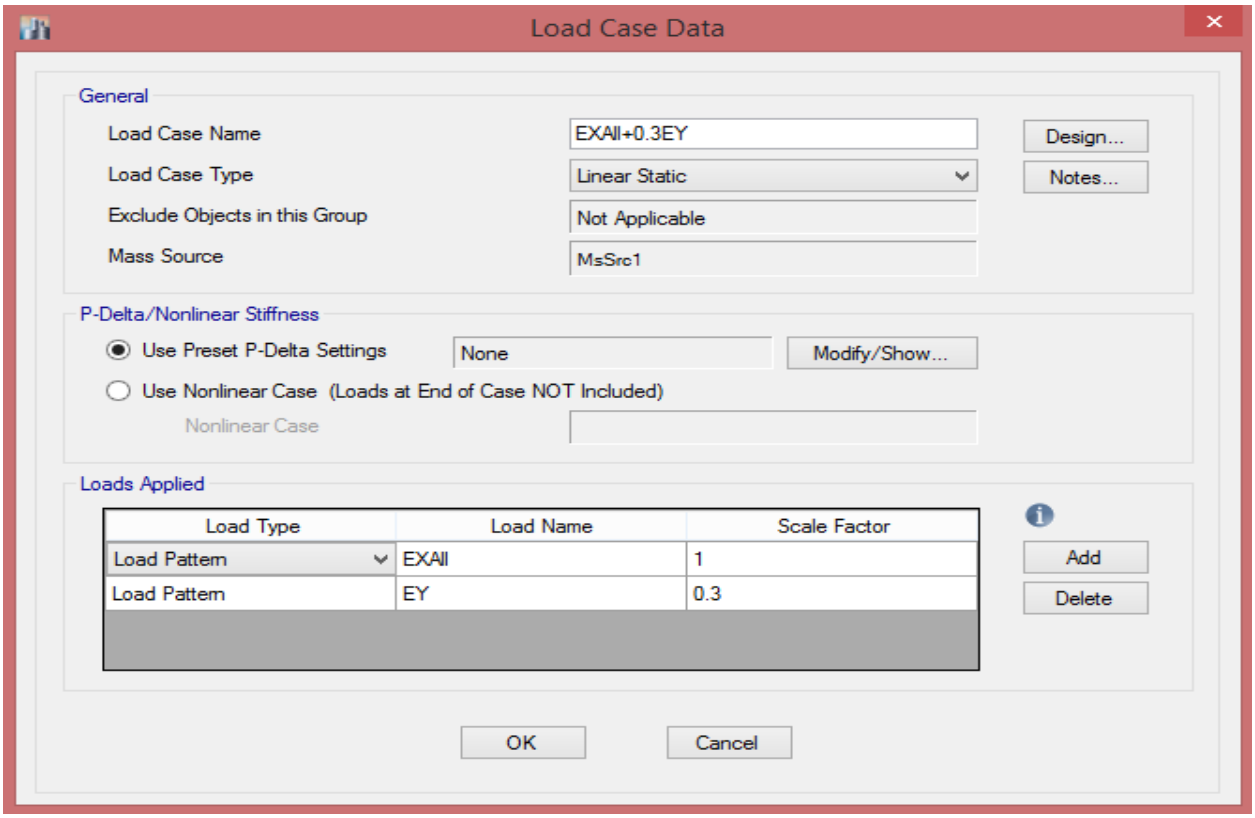
برای تعریف زلزله متعامد می‌توان از مسیر زیر اقدام نمود:

مسیر: Define > Load Cases

در این پنجره تمامی بارهایی که در بخش Load Pattern تعریف کرده‌ایم قابل رویت می‌باشد.

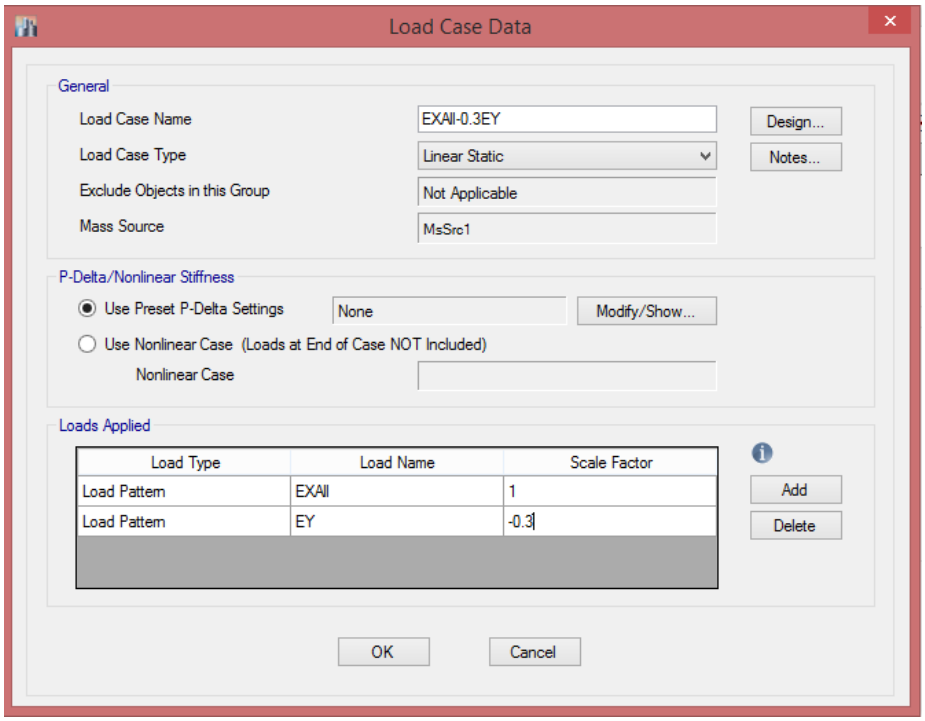


برای تعریف قاعده ۱۰۰-۳۰ با کلیک بر روی بار EXAll و سپس با کلیک بر روی گزینه Modify/Show Case تنظیمات لازم صورت می‌گیرد.

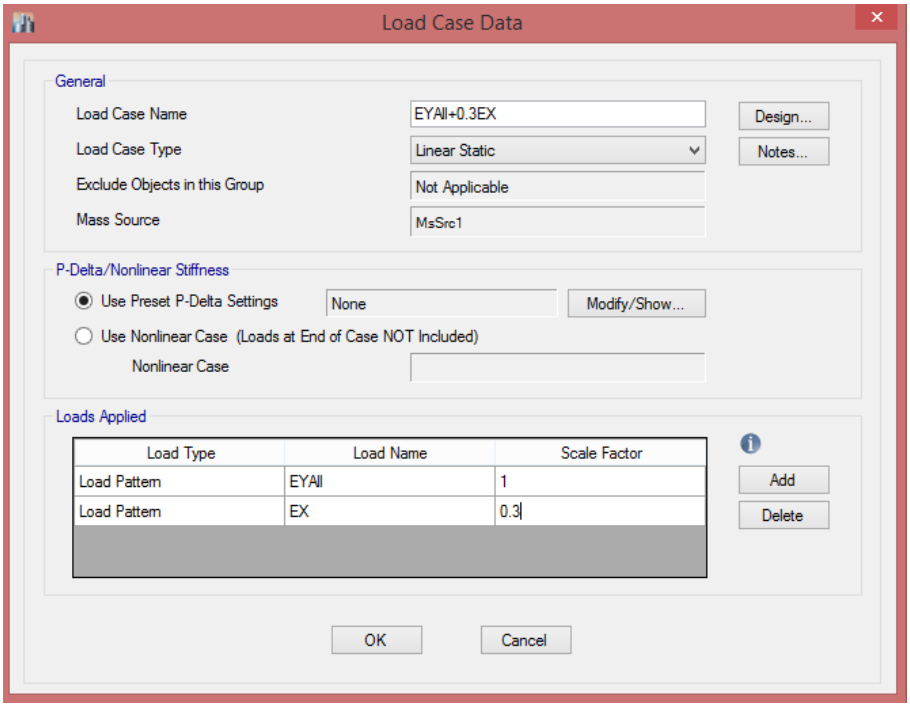


تعریف قاعده ۱۰۰-۳۰ در نرم‌افزار (EXAll + 0.3EY)

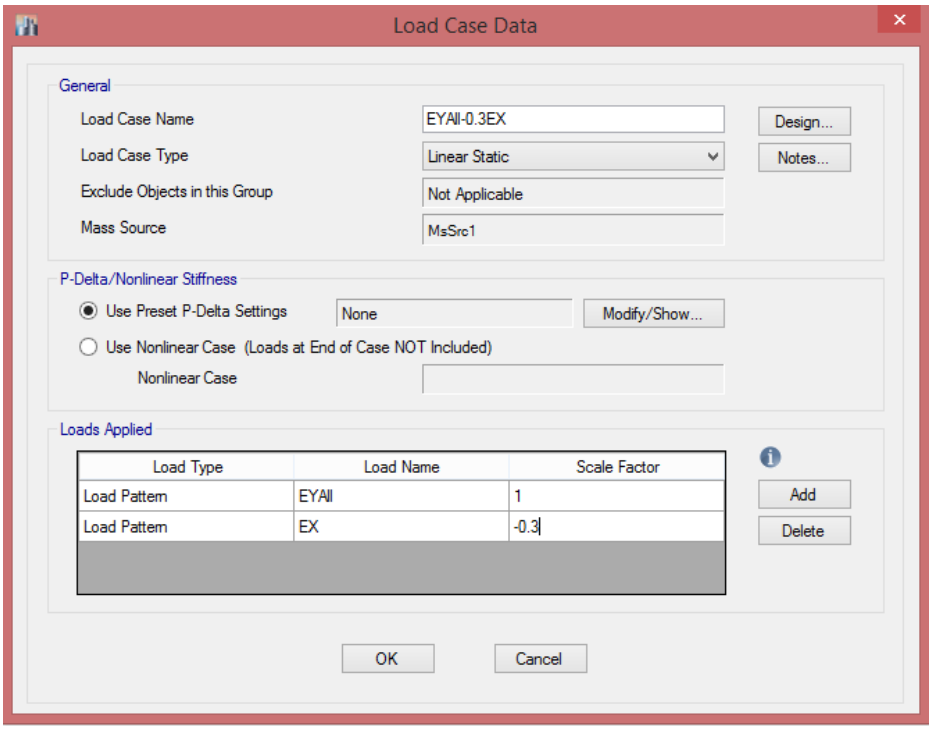
- در این پنجره ابتدا نام بار را انتخاب می‌کنیم که ما در شکل فوق نام بار را برای زلزله در جهت X بطور کامل و در جهت Y برای ۳۰ درصد در نظر گرفته‌ایم و بر اساس آن نامگذاری صورت گرفته است.
- در بخش Load Applied با کلیک بر روی گزینه Add و انتخاب حالت بار مورد نظر و وارد کردن مقدار ۳۰ درصد برای آن می توانیم قاعده ۱۰۰-۳۰ را تعریف کنیم.



تعریف قاعده ۱۰۰-۳۰ در نرم‌افزار (EXAll - 0.3EY)



تعریف قاعده ۱۰۰-۳۰ در نرم‌افزار (EYAll + 0.3EX)

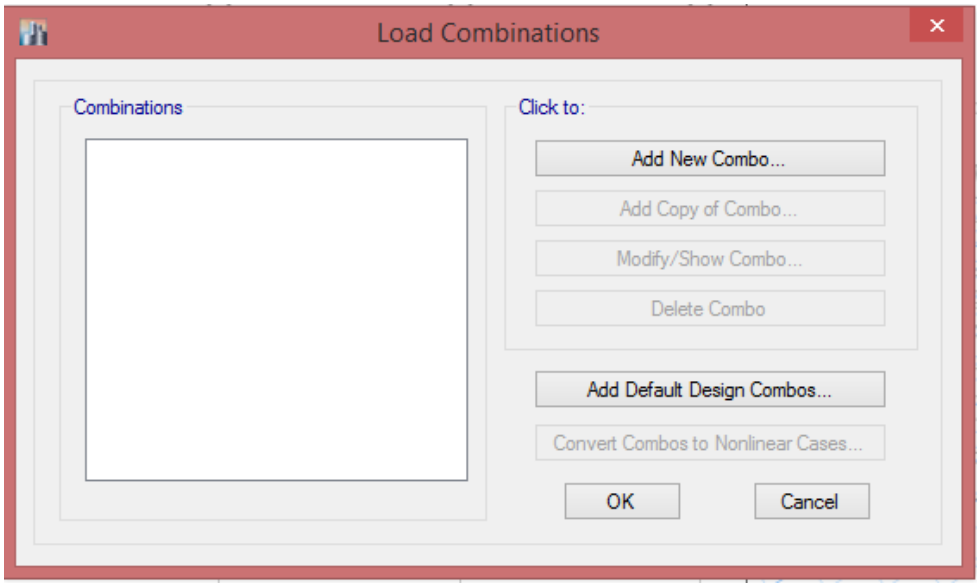


تعریف قاعده ۳۰-۱۰۰ در نرم‌افزار (EYAll - 0.3EX)

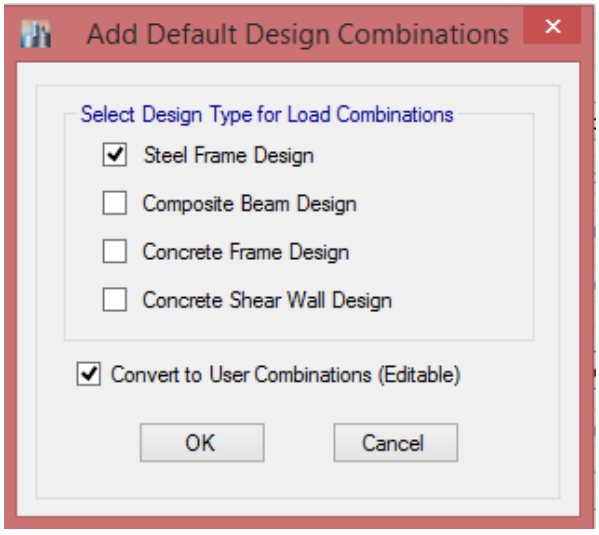
بعد از تعریف قاعده ۳۰-۱۰۰ می‌توانیم آئین‌نامه خود را انتخاب نموده و ترکیبات بار را فراخوانی نمائیم؛ برای تنظیمات آئین‌نامه از منوی Design اقدام خواهیم نمود. بسته به نوع سازه آئین‌نامه را انتخاب خواهیم نمود و سپس ترکیبات بار را فراخوانی خواهیم کرد. با توجه به اینکه مبحث دهم مقررات ملی ساختمان برگرفته از آیین نامه فولاد آمریکا است، لذا می توان در طراحی سازه های فولادی از آیین نامه AISC 360-10: برای فراخوانی ترکیبات بار استفاده نمود.

۲-۹ ۳ فراخوانی ترکیبات بار

مسیر: Define > Load Combination



در این پنجره با استفاده از گزینه Add New Combo می‌توانیم ترکیبات بار را بصورت دستی اعمال کنیم و با استفاده از گزینه Add Default Design Combos میتوانیم ترکیبات بار بار را فراخوانی کنیم و با کلیک بر روی این گزینه خواهیم داشت:



Steel Frame Design	ترکیبات بار برای طراحی سازه‌های فولادی
Composite Beam Design	**ترکیبات بار برای تیرهای کامپوزیت**
Concrete Frame Design	**ترکیبات بار برای طراحی سازه‌های بتنی**
Concrete Shear Wall Design	**ترکیبات بار برای طراحی دیوار برشی**

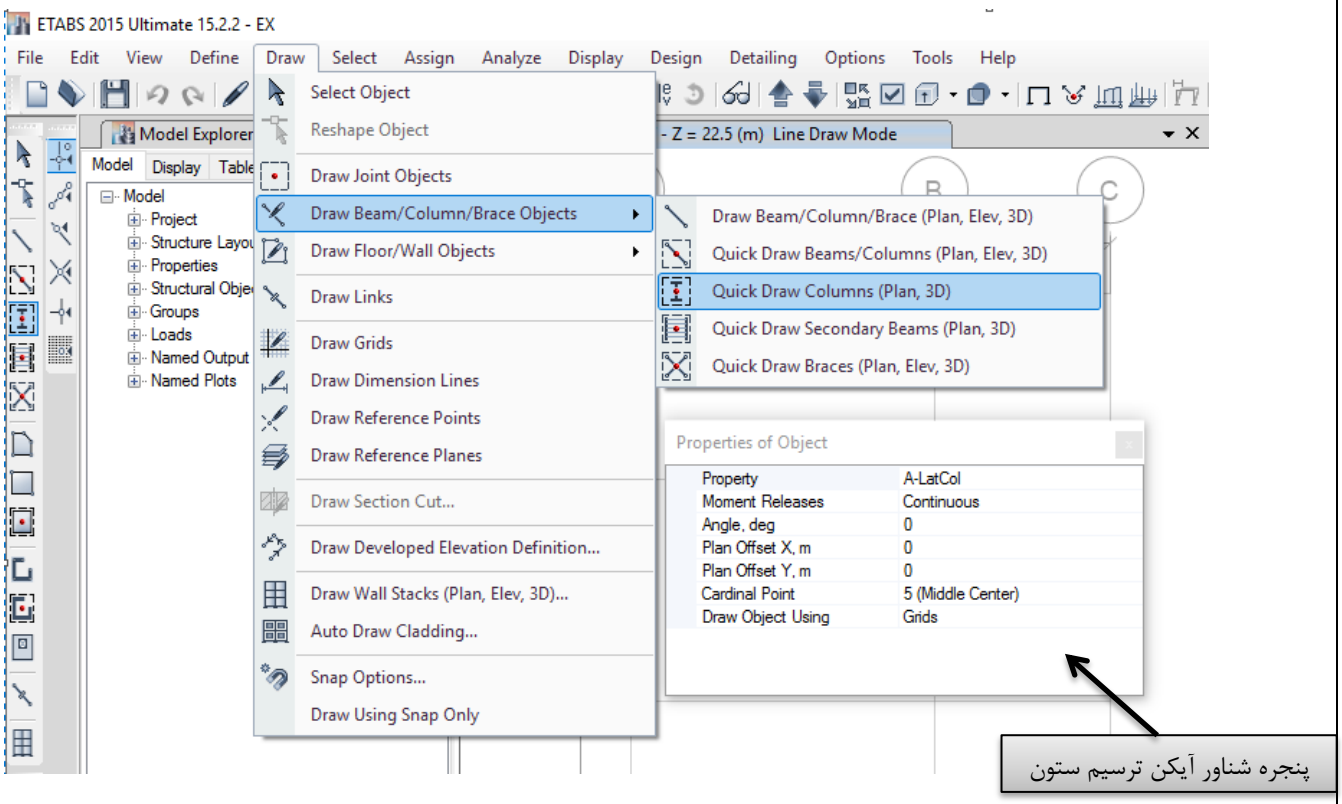
- ✓ در انتهای صفحه اگر گزینه Convert to User Combination (Editable) را فعال کنیم می‌توانیم ترکیبات بار را ویرایش کنیم.

۲-۱۰ مدلسازی

۲-۱۰-۱ ترسیم ستون

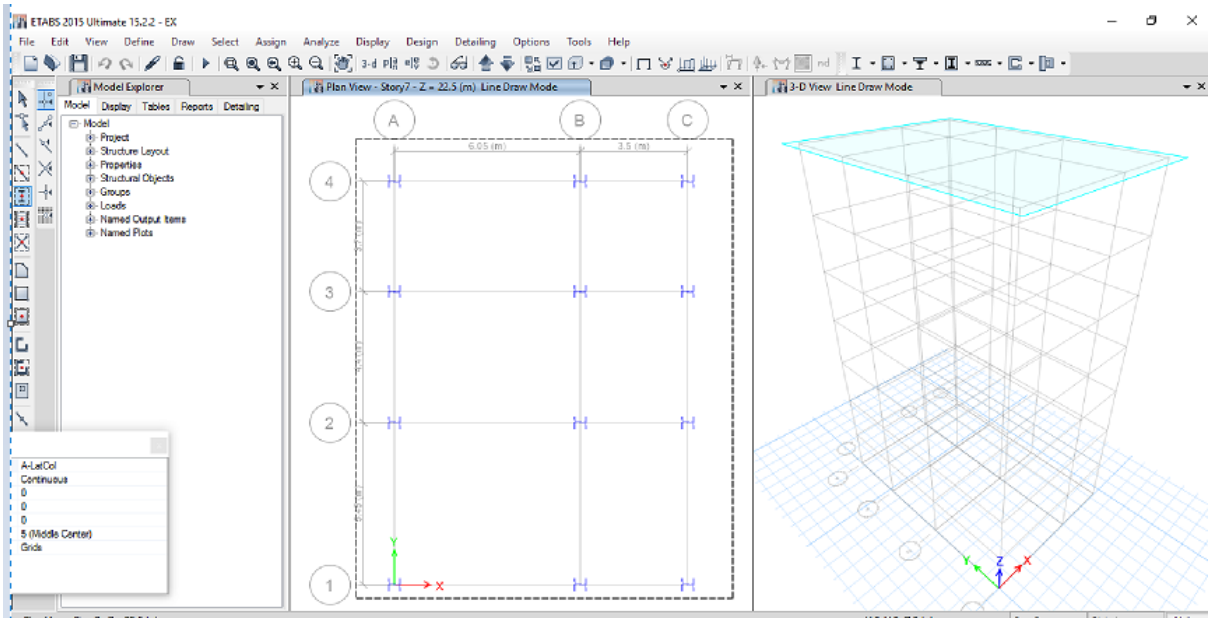
ستونها را می توان هم در حالت پلان و هم در حالت نما ترسیم نمود. برای ترسیم ستون در حالت پلان و نما از مسیر زیر یا آیکن های نشان داده شده از ابزارهای ترسیم استفاده نمود.

مسیر: Draw > Draw Beam/ Column/ Brace Object



ترسیم ستونها در حالت پلان

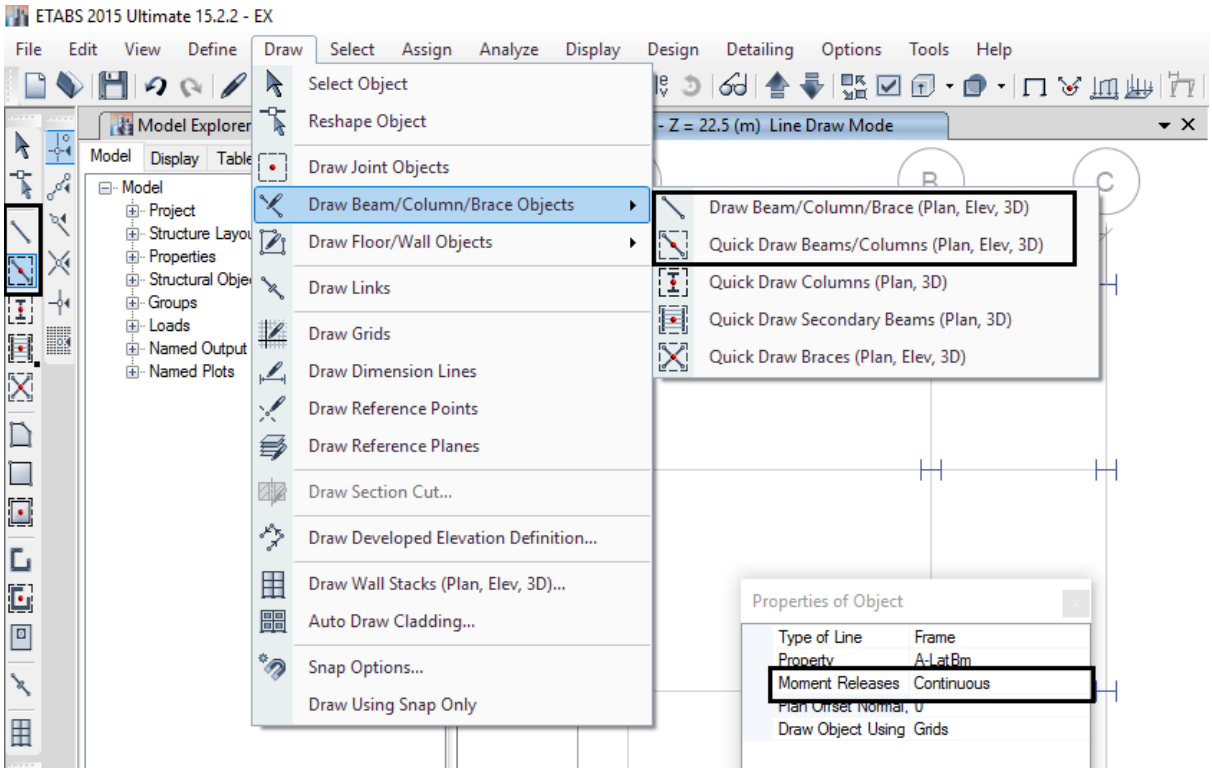
در پنجره شناور باز شده در قسمت Moment Releases باید همیشه گزینه Continuous انتخاب گردد تا اتصال ستون به ستون گیردار باشد. بعد ا انتخاب گزینه ترسیم ستون می توان در روی گرههای مورد نظر کلیک نموده و ستونها را ترسیم نمود. لام به توضیح است که اگر بخواهیم در همه نقاط تلاقی خطوط کمکی(Grid) ستون رسم نماییم، می توان با یک کادر این کار را انجام داد. در شکل زیر نحوه ترسیم ستونها نشان داده شده است.



ترسیم ستونها با یک کادر

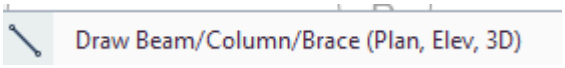
۲-۱۰-۲ ترسیم تیرها

ترسیم تیرها نیز همانند ستونها انجام می‌شود. اما باید دقت نمود که در ترسیم تیرها اتصال تیر به ستون می تواند مفصلی و یا گیردار باشد. در حالتی که سیستم مقاوم جانبی مهاربندی باشد اتصال تیر به ستون مفصلی و در حالتی که سیستم مقاوم جانبی قاب خمشی باشد اتصال تیر به ستون گیردار خواهد بود. برای انجام این کار در چنپره شناور ترسیم تیر می توان از کادر Moment Releases برای اتصالات گیردار گزینه Continuous و برای اتصالات مفصلی گزینه Pinned را انتخاب نمود.



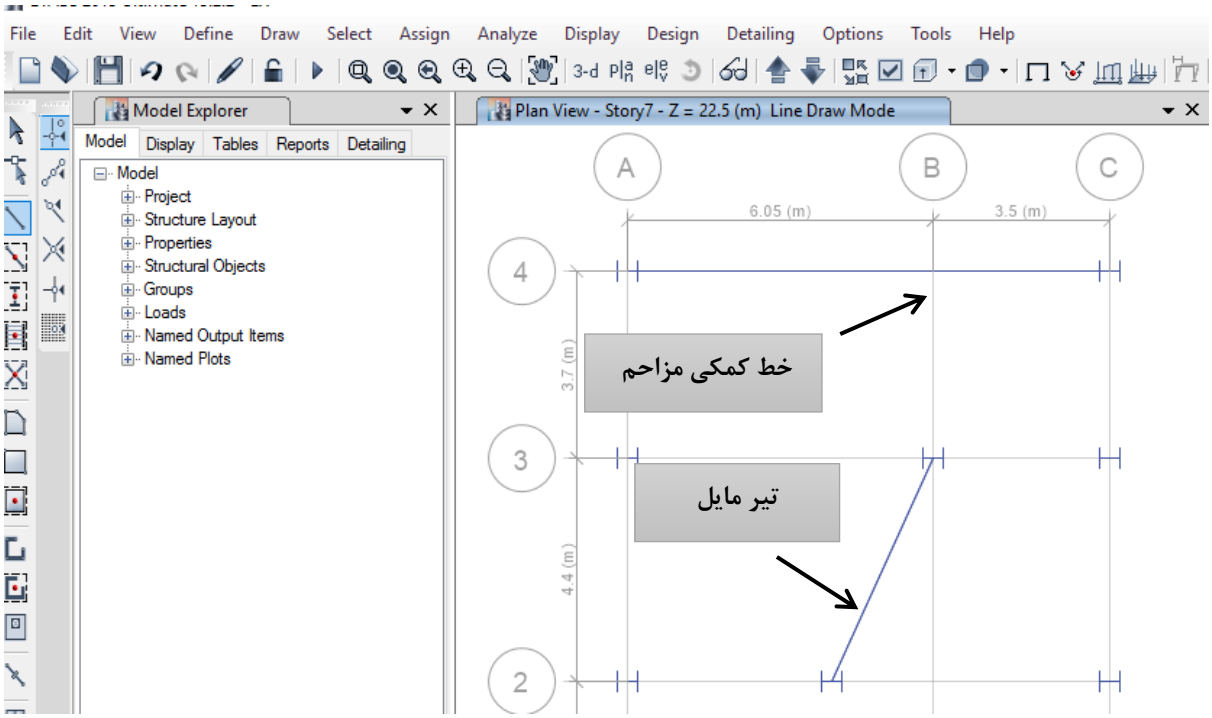
ابزارهای ترسیم تیر در پلان

لازم به توضیح است که برای ترسیم تیرها زمانی که قرار است تیر یک خط کمکی را رد شود یا تیر مایل با



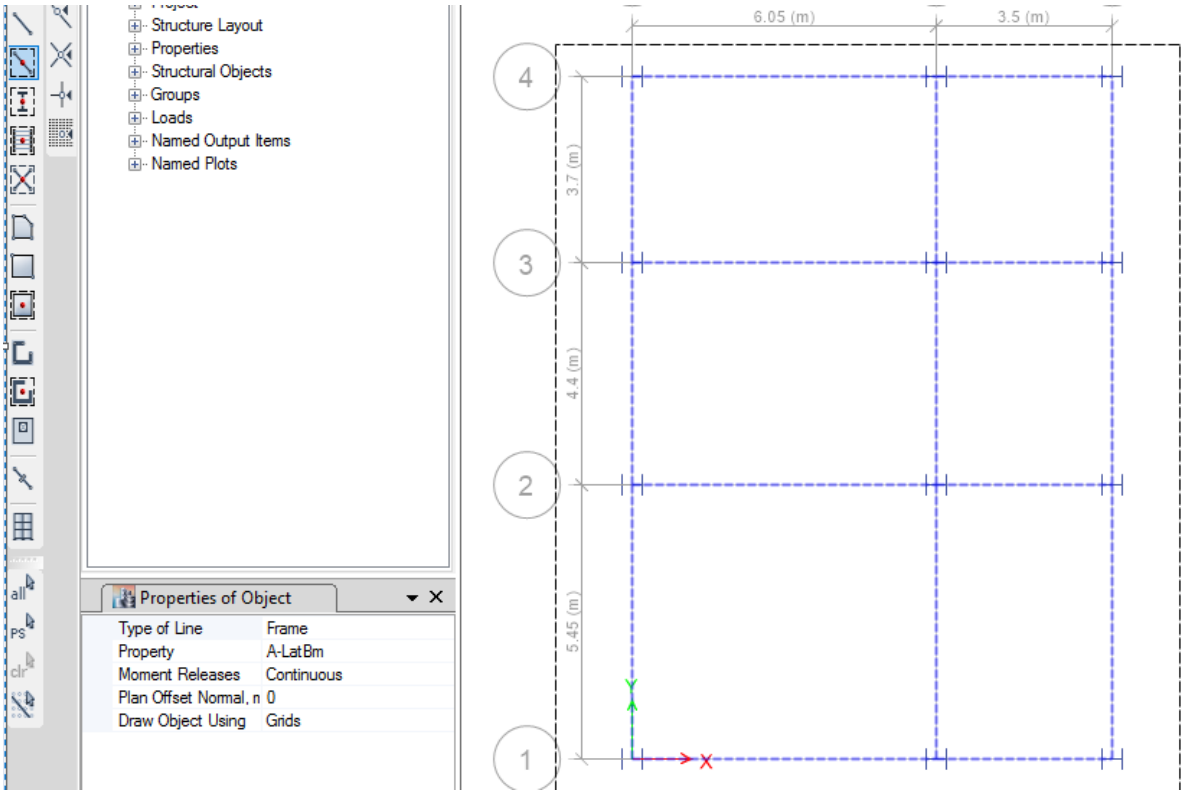
اویه دلخواه بین دو گره ترسیم گردد، باید از ابزار

استفاده نماییم. به عنوان مثال به شکل زیر توجه کنید.



اما در صورتی که بخواهیم مابین کلیه ستونها که در تقاطع گره‌ها واقع شده اند تیر رسم کنیم باید بوسیله ابزار

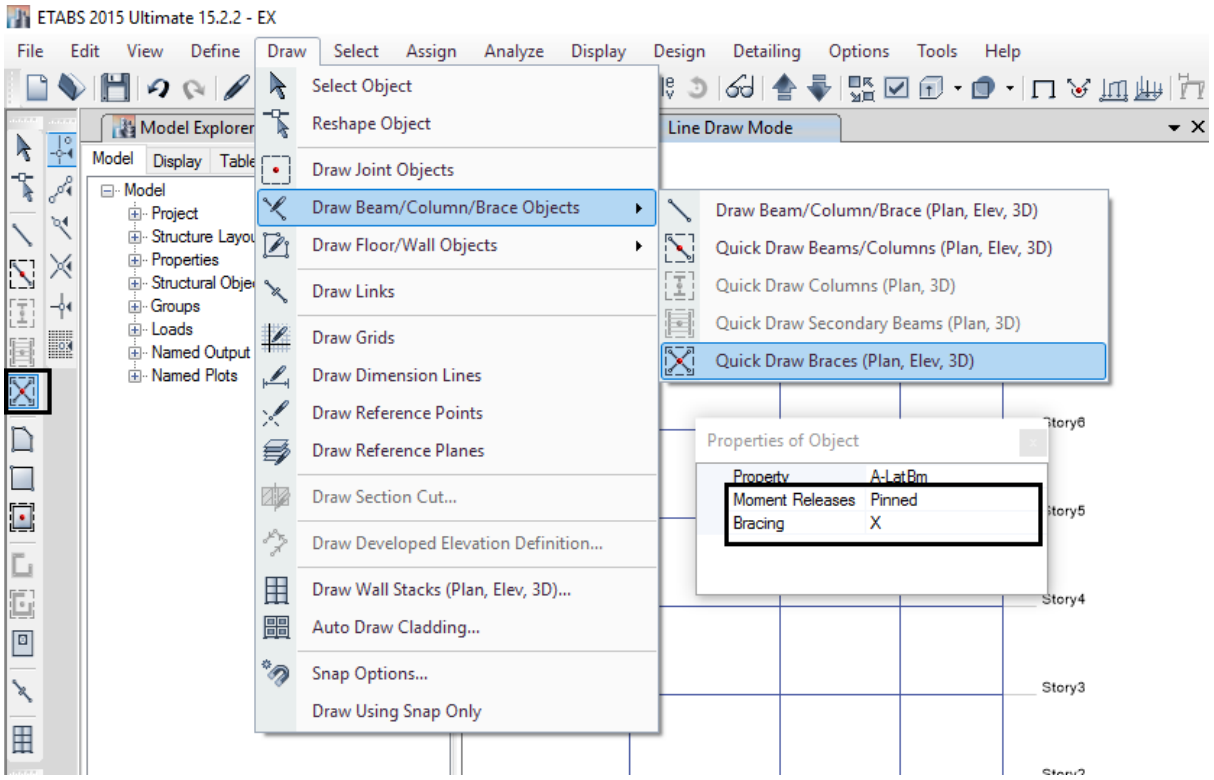
با کشیدن یک کادر بصورتی که در شکل زیر آورده شده است، تمام تیرها را ترسیم نمود.



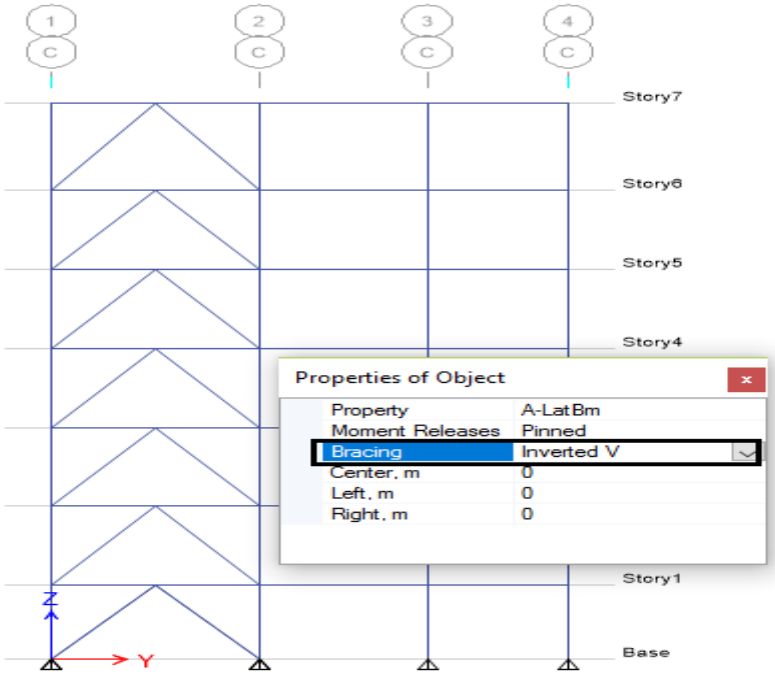
ترسیم تمام تیرها با کمک کادر ترسیم

۲-۱۰-۳ ترسیم مهاربندها

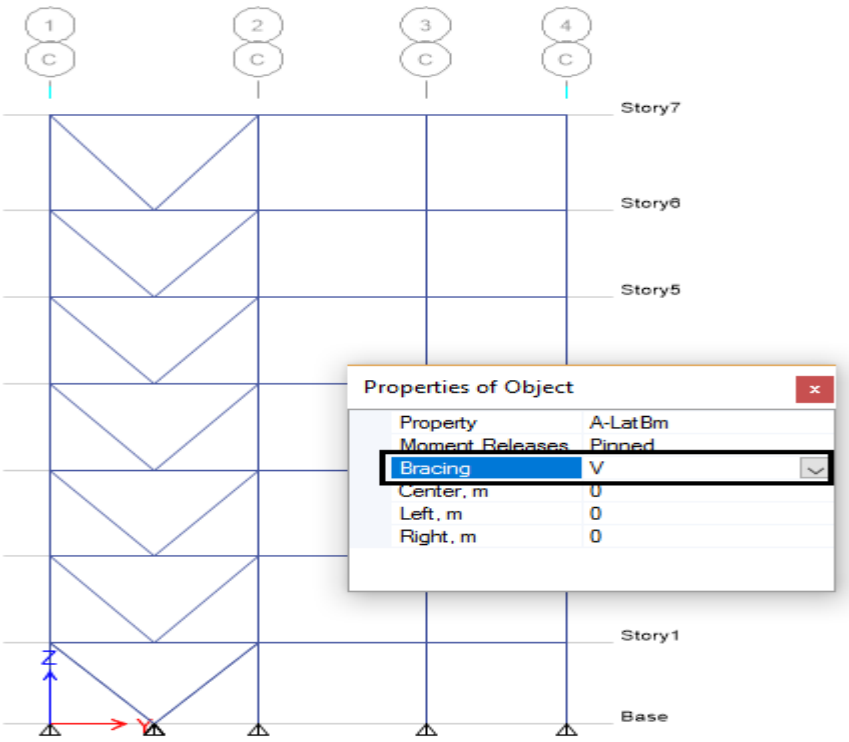
در صورتی که سیستم مقاوم جانبی مهاربندی باشد باید در مکان مشخصی که بر اساس ضوابطی که قبلا گفته شده است، مهاربندها را ترسیم نمود. بسته به تصمیم طراح مهاربند می‌تواند همگرا از نوع ضربدری، شورون هش یا هفت و یا مهاربند واگره از نوع ذونقه‌ای (پوپوف) باشد. برای ترسیم مهاربندها ابتدا قاب مورد نظر انتخاب و سپس با ابزاری که در شکل زیر آورده شده است مهاربندها را می توان ترسیم نمود. لازم به توضیح است که اتصال مهاربندها به تیر و ستون همیشه و در هر حالتی مفصلی است. لذا در قسمت Moment Releases بصورت پیش فرض همیشه گزینه Pinned فعال است که باید به این صورت باقی بماند. در علت این موضوع باید گفت که مهاربندها نیروهای جانبی را بصورت تلاش محوری داخلی درک می نمایند و بر اساس نیروی محوری ایجاد شده در المان مهار بند طراحی می گردند. به همین خاطر باید اتصال مهاربند همیشه بصورت مفصلی انجام گیرد.



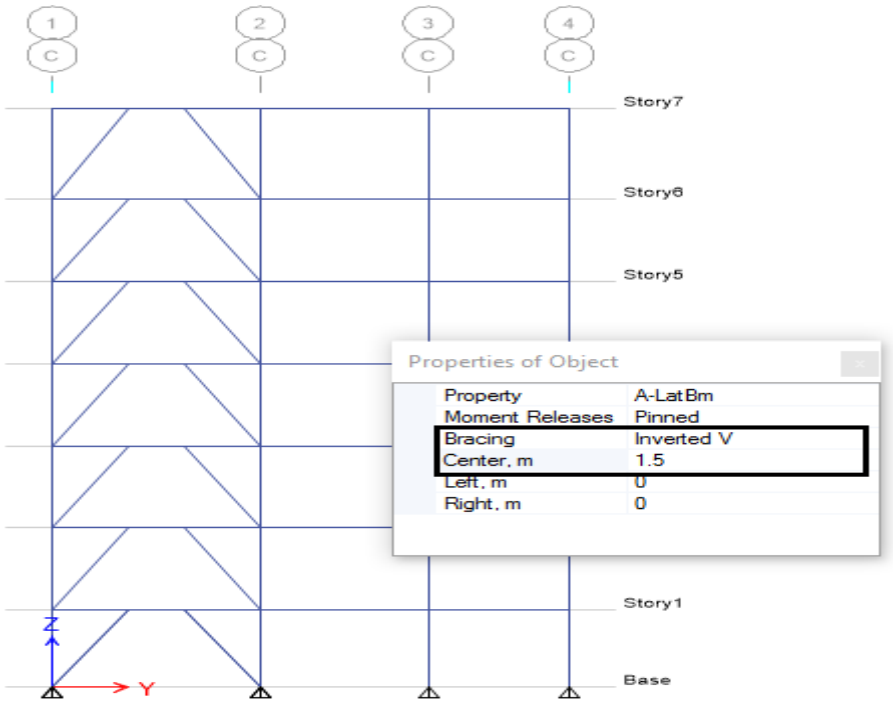
در قسمت پنجره شناور ترسیم مهارند می توان از قسمت Bracing انواع مهاربندها را بصورت دلخواه ترسیم نمود. در این قسمت برای ترسیم مهاربند ضربدری باید گزینه X فعال باشد. اگر هدف ترسیم مهاربند شورون هشت است باید بصورت زیر اقدام شود.



اگر هدف مهاربند شورون هفت باشد باید پنجره شناور بصورت زیر تنظیم شود.

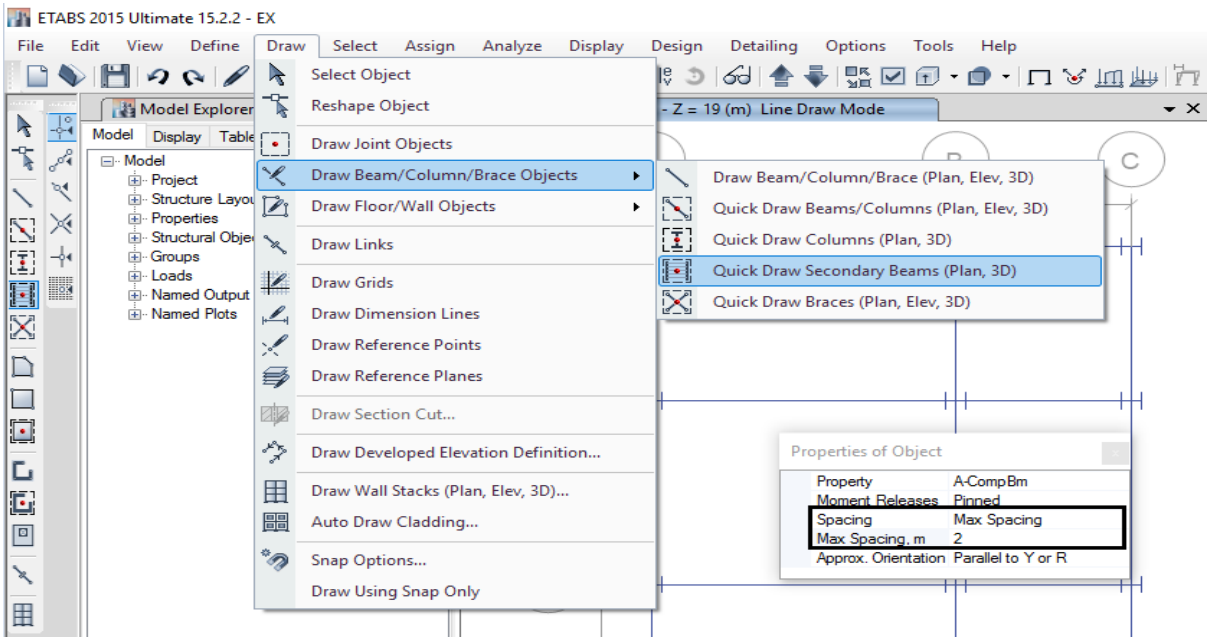


اگر هدف ترسیم مهاربند ذوزنقه‌ای (پوپوف) باشد پنجره شناور باید بصورت زیر تنظیم گردد. در این مثال طول تیر پیوند ۱/۵ متر در نظر گرفته شده است.

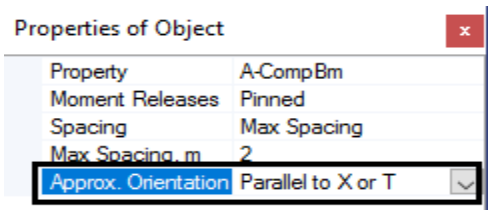


۲-۱۰-۴ ترسیم تیرهای فرعی

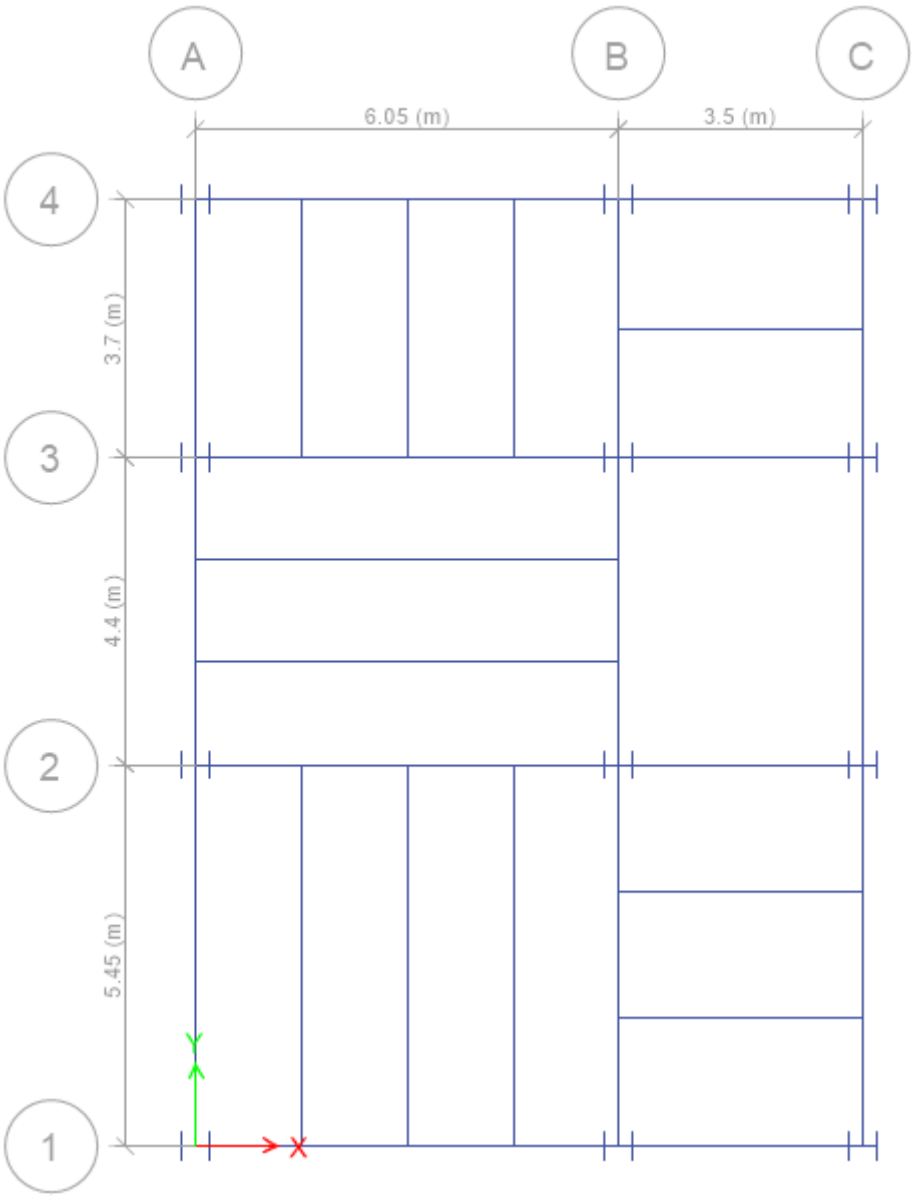
با توجه به اینکه در این جزوه سقف از نوع عرشه فولادی است، لذا تیرهای فرعی سقف باید مدلسازی گردند. در مدلسازی تیرهای فرعی ابتدا باید فاصله تیرهای فرعی سقف مشخص گردد. بر اساس تجربه و با توجه به محدودیتهای موجود برای سقف عرشه فولادی می‌توان فاصله تیرهای فرعی را ۲ متر انتخاب نمود. لازم به توضیح است که با توجه به عدم دقت در بتن‌ریزی دال سقف عرشه فولادی و تجمع بتن در هنگام بتن‌ریزی، در صورتی که فاصله تیرهای فرعی بیشتر از حد مشخصی باشد خیز تیرها در حین اجرا بیشتر از مقدار مجاز شده و ارتعاش قائم سقف و لرزش سقف قابل تحمل برای ساکنین نخواهد بود که از نظر طراحی هم قابل قبول نیست. برای ترسیم تیرهای فرعی می توان ا ابزاری که در شکل زیر نشان داده شده است استفاده نمود.



همچنان که در پنجره شناور نشان داده شده است، بیشترین فاصله برای تیرهای فرعی ۲ متر در نظر گرفته شده است. همچنان که در پنجره شناور دیده می شود، ترسیم تیرهای فرعی در راستای محور y است. لذا باید دقت نمود که در سقف عرشه فولادی بهتر است جهت تیرهای فرعی بصورت شطرنجی انتخاب شود تا علاوه بر توزیع یکنواخت بارهای ثقلی مابین تیرهای اصلی، مهار جانبی تیرهای اصلی نیز تامین گردد و تیرها در قسمت بال فشاری دچار کمانش موضعی بال فشاری نشوند. پس در دهانه هایی که می خواهیم تیرها در راستای محور x باید در پنجره شناور تنظیمات را بصورت زیر اصلاح کنیم.



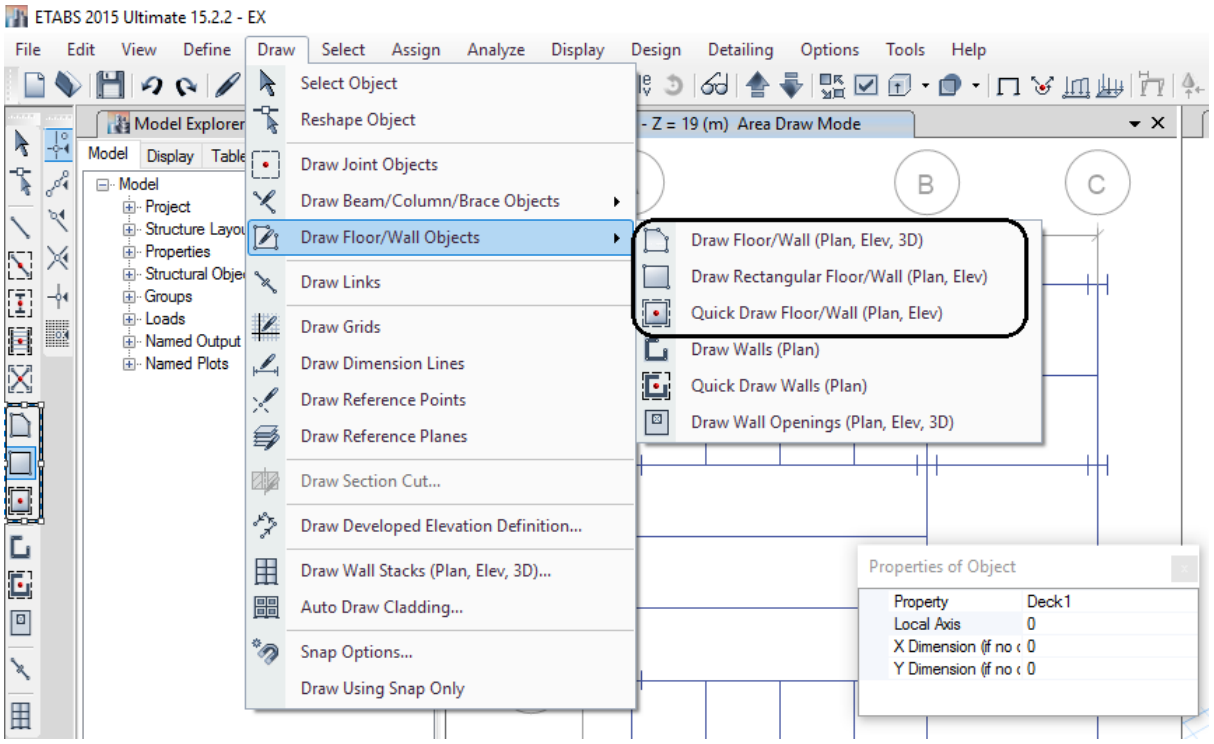
بعد از انجام تنظیمات می توان تیرهای فرعی را بصورتی که در شکل زیر آورده شده است ترسیم نمود.



همچنان که دیده می شود، در همه دهانه‌ها، تیرهای فرعی بصورت شطرنجی ترسیم شده‌اند. در همه طبقات باید بصورت روش گفته شده تیرهای فرعی را ترسیم نماییم.

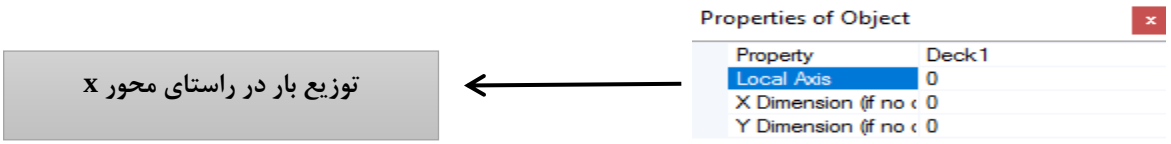
۲-۱۰-۵ ترسیم المانهای سطحی(سقف)

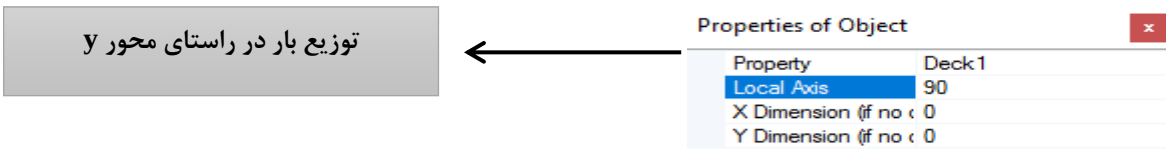
برای ترسیم سقف طبقات از آیکن های نشان داده شده در شکل زیر استفاده می شود. برای ترسیم کف طبقات باید حالت نمایش در حالت پلان باشد.



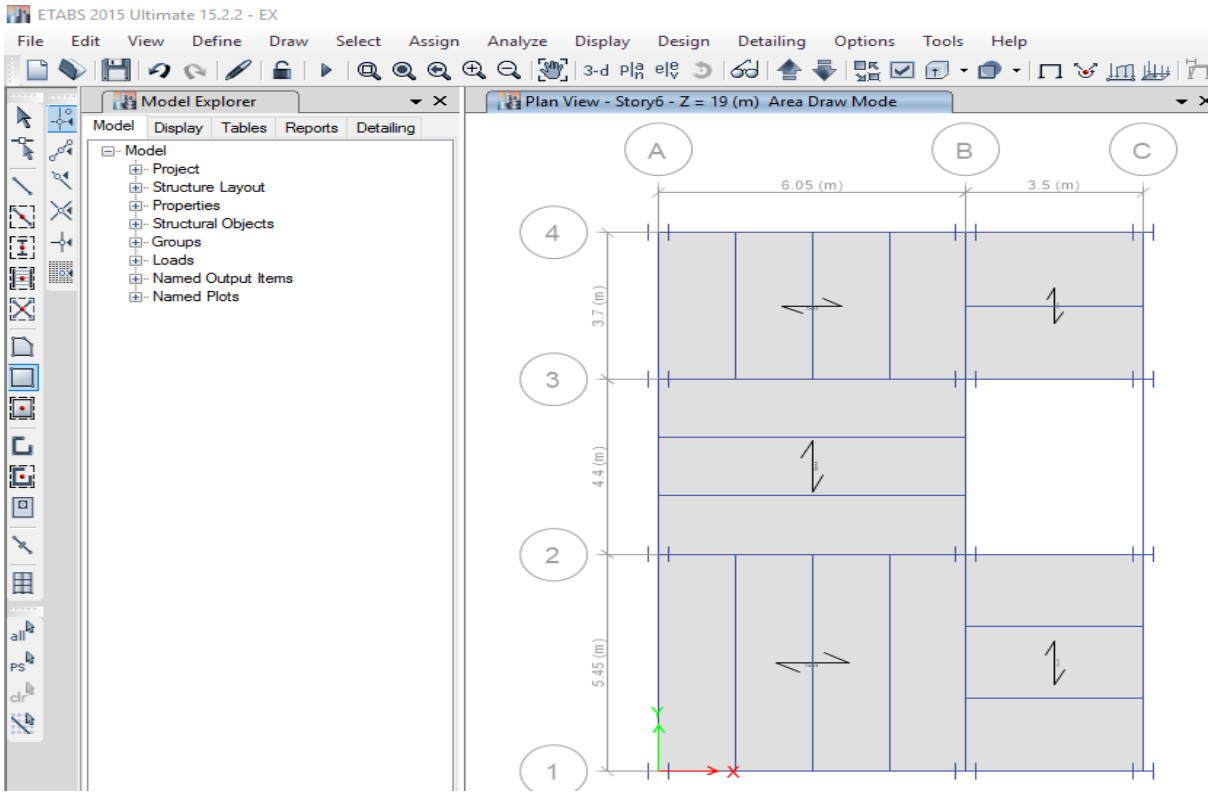
آیکنهای ترسیم سقف(دال بتنی) عرشع فولادی

در سقف عرشه فولادی دال بتنی بصورت Deck تعریف شده است. لذا در حالت Deck توزیع بار بصورت یکطرفه است. بنابراین در ترسیم دال بتنی باید دقت شود که جهت توزیع بار عمود بر تیرهای فرعی باشد. لذا در پنجره شناور در قسمت Local Axis می توان جهت توزیع بار را تنظیم نمود. در حالتی که عدد مقابل گزینه فوق صفر باشد، توزیع بار در راستای محورx و در صورتی که عدد ۹۰ وارد شود توزیع بار در راستای محور y خواهد بود.



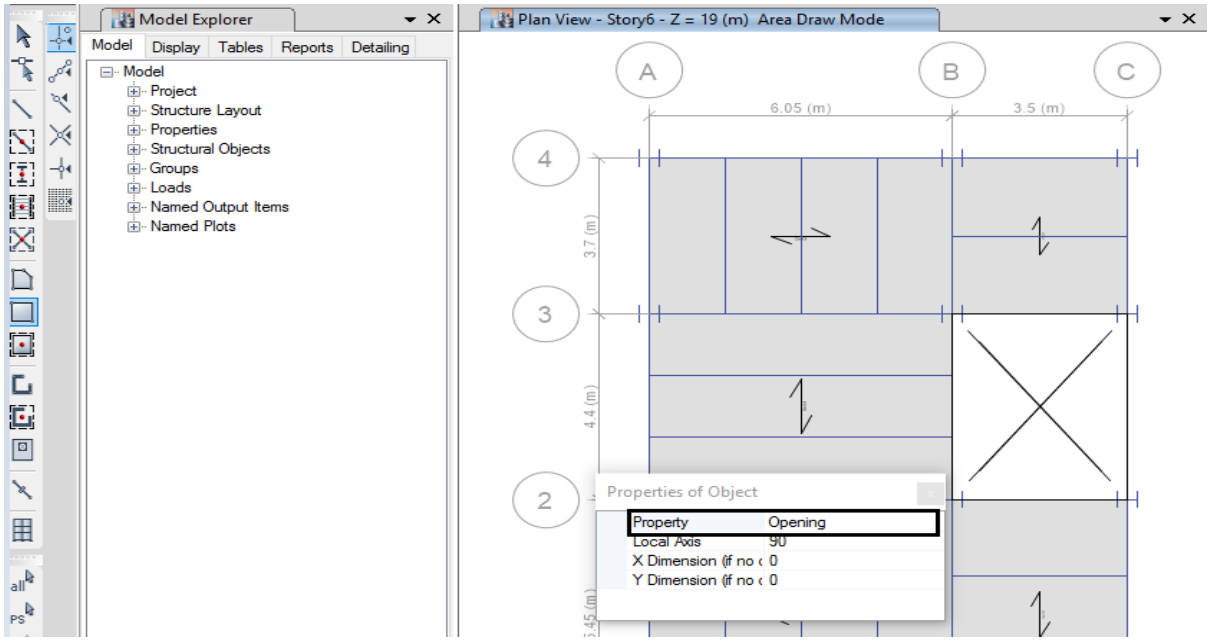


بعد از تنظیم راستای توزیع بار، دال بتنی بصورتی که در شکل زیر آورده شده است، ترسیم می گردد.



ترسیم دال بتنی سقف عرشه فولادی

بعد از ترسیم سقف‌ها، پانل راه‌پله هم باید بصورت Opening ترسیم شود. برای ترسیم راه پله کافی است که تنظیمات پنجره شناور بصورت زیر اصلاح شود. بطوری که در قسمت Property پنجره شناور گزینه Opening انتخاب گردد.

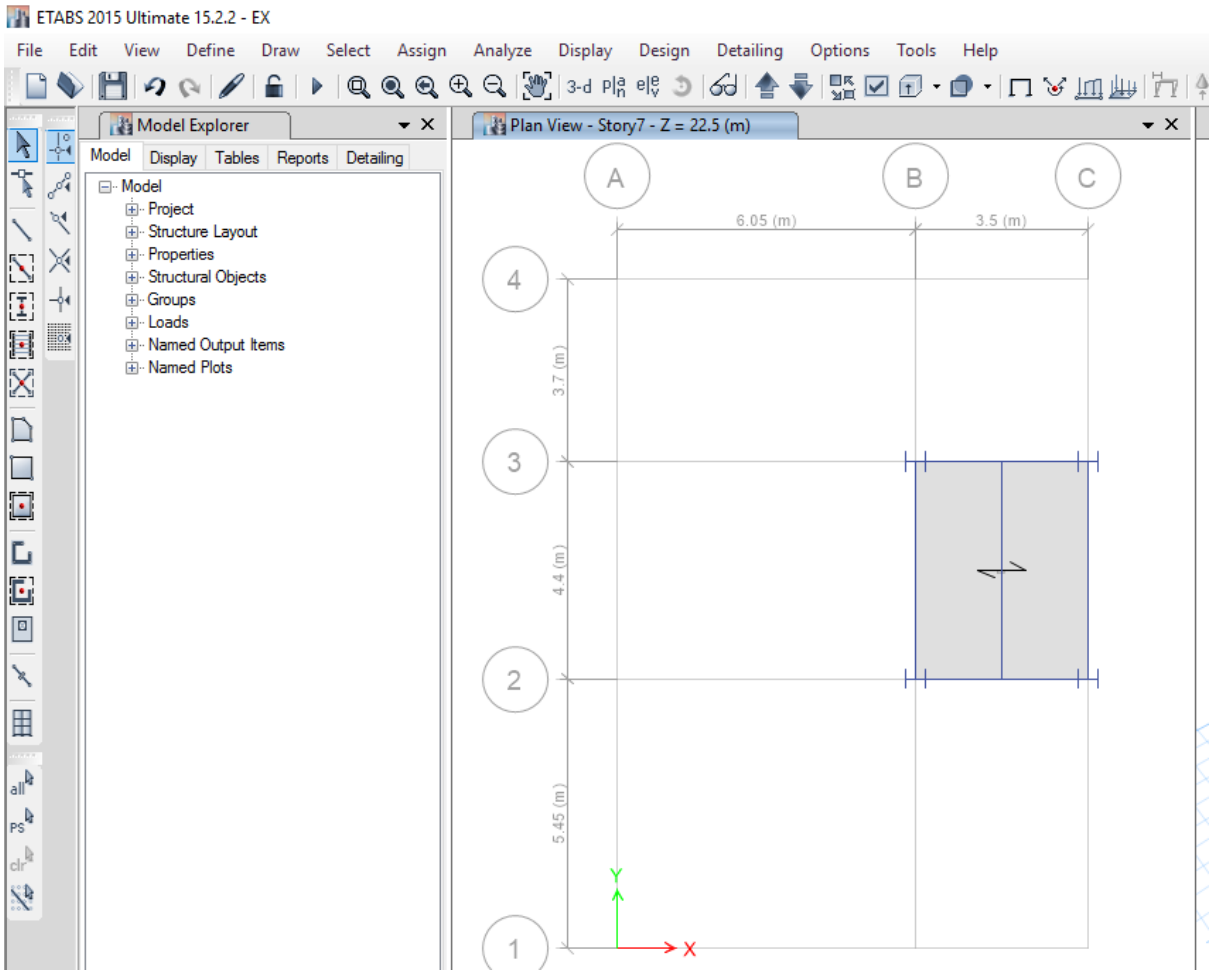


ترسیم راه پله بصورت Opening

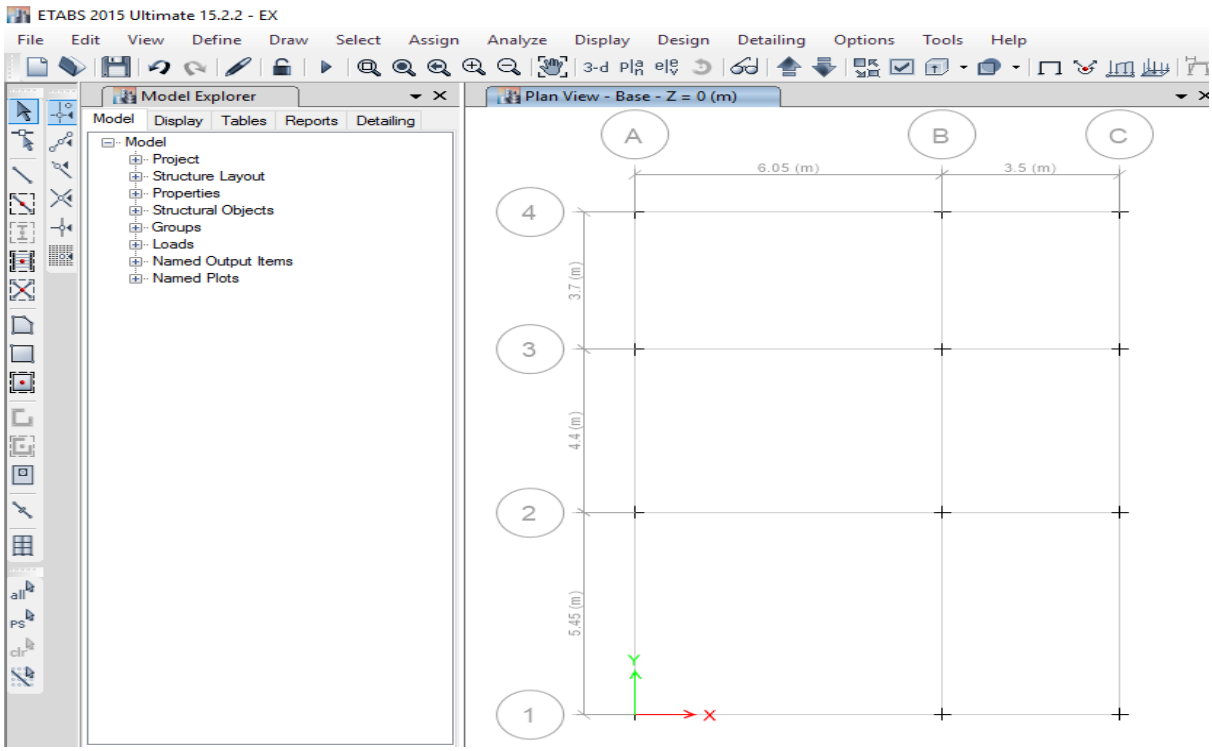
۲-۱۱ اصلاح مدلسازی

۲-۱۱-۱ اصلاح طبقه خرپشه و Base Story

بعد از ترسیم المانهای سطحی و خطی در تمام طبقات باید طبقه خرپشته و Base Story اصلاح گردد. همچنین برای اعمال رفتار واقعی سازه باید یکسری تنظیمات روی مدل انجام شود که در ادامه آورده شده است. در اصلاح طبقه خرپشته باید دقت کنیم هیچ المانی به غیر از تیر، ستون و سقف طبقه خرپشته باقی نماند. همچنین در طبقه Base Story نیز نباید هیچ المانی باقی بماند. برای این کار ابتدا حالت طبقه در one Story قرار داده می‌شود. سپس با انتخاب طبقه خرپشته و Base Story همه المانهای اضافی پاک می‌گردد؛ بطوری که در این دو طبقه موارد موجود بصورت شکلهای زیر خواهد بود.



اصلاح سقف خرپشته

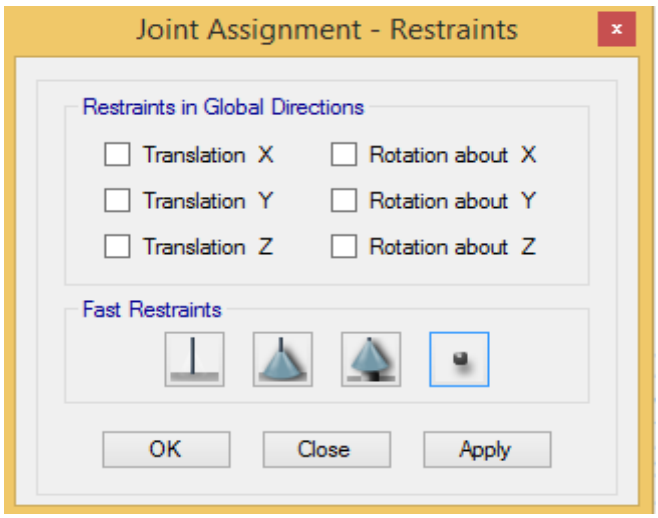


اصلاح Base Story

۲-۱۱-۲ اختصاص تکیه گاهها

در پلان طبقه Base بعد از انتخاب تمام گره ها(در حالت one story) از مسیر زیر تکیه‌گاهها اختصاص داده می شود.

مسیر: Assign > Joint > Restraints

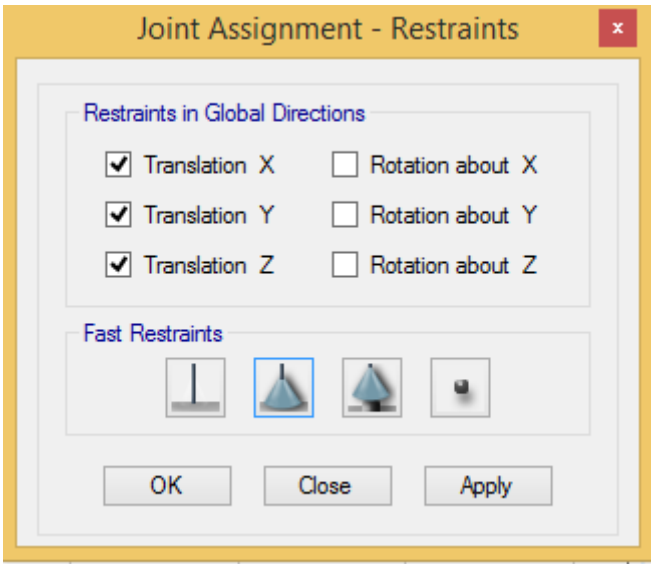


نمایش درجات آزادی تکیه‌گاهها

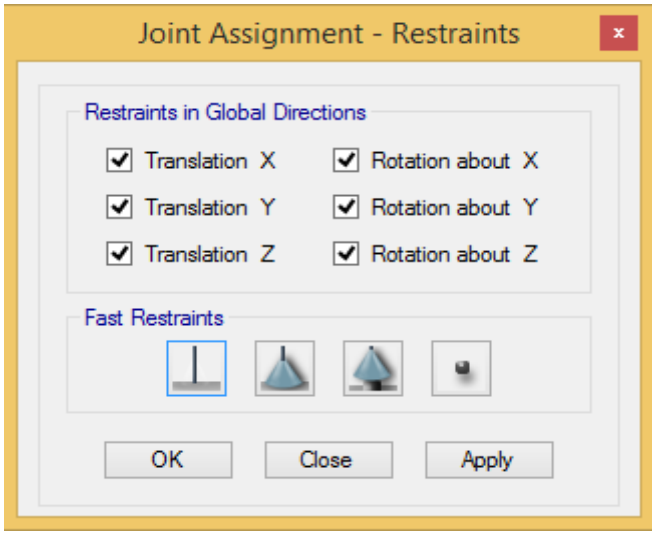
نکته۱: برای سازه هایی با سیستم مهاربندی تکیه گاهها مفصل و برای سازه هایی با سیستم قاب خمشی تکیه گاهها گیردار خواهند بود.

نکته۲: وجود تیک در هر کدام از گزینه ها به منزله بستن آن درجه آزادی می باشد.

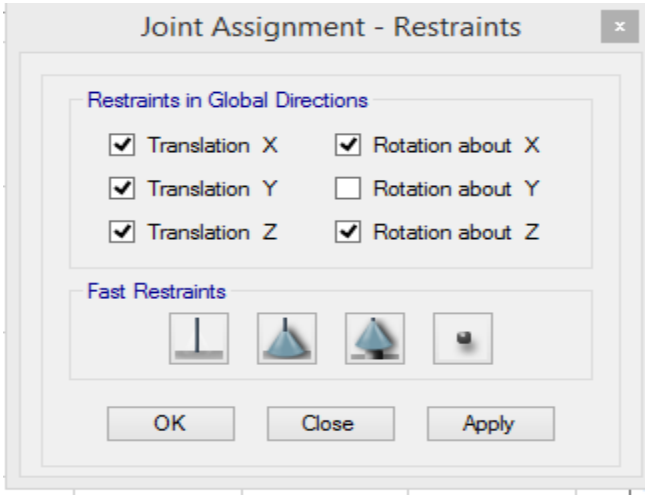
تنظیمات مربوط به حالتهای مختلف سیستم مقاوم جانبی در دو راستای عمود بر هم در شکلهای زیر آورده شده است. لازم به توضیح است که بر اساس نوع سیستم مقاوم جانبی سازه در هر کدام از جهات، با انتخاب هر کدام از گزینه‌ها که برای حالتهای مختلف نشان داده شده است، تکیه‌گاه‌ها بر اساس مفصلی یا گیردار بودن آن جهت اختصاص می‌یابد.



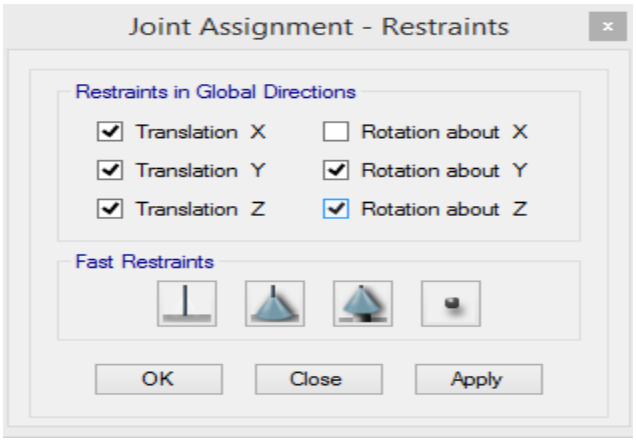
درجات آزادی مربوط به سیستم مقاوم جانبی قاب ساده(مهاربندی)- هر دو راستا مهاربندی



درجات آزادی مربوط به سیستم مقاوم جانبی قاب خمشی- هر دو راستا خمشی

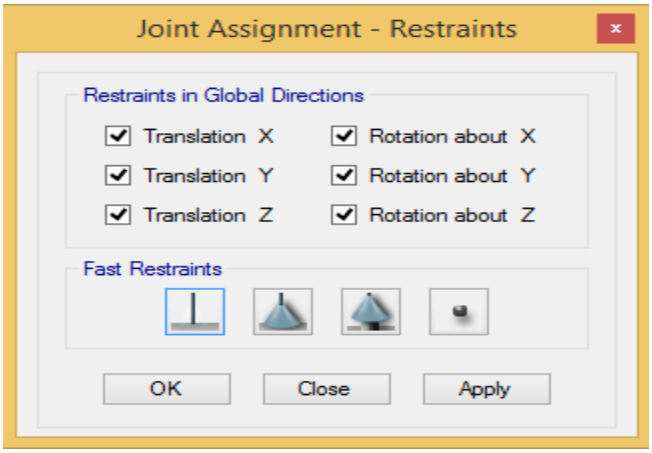


درجات آزادی مربوط به سیستم ترکیبی(راستای X مهاربندی و راستای Y خمشی)



درجات آزادی مربوط به سیستم ترکیبی(راستای X خمشی و راستای Y مهاربندی)

بنابراین بر اساس نوع سیستم مقاوم جانبی در سازه‌های فولادی، می‌توان تکیه گاه مناسب با آن جهت را اختصاص داد. در این جزوه با توجه به اینکه سیستم مقاوم جانبی قاب خمشی است پس تنظیمات مربوط به تکیه گاهها بصورت زیر می باشد.



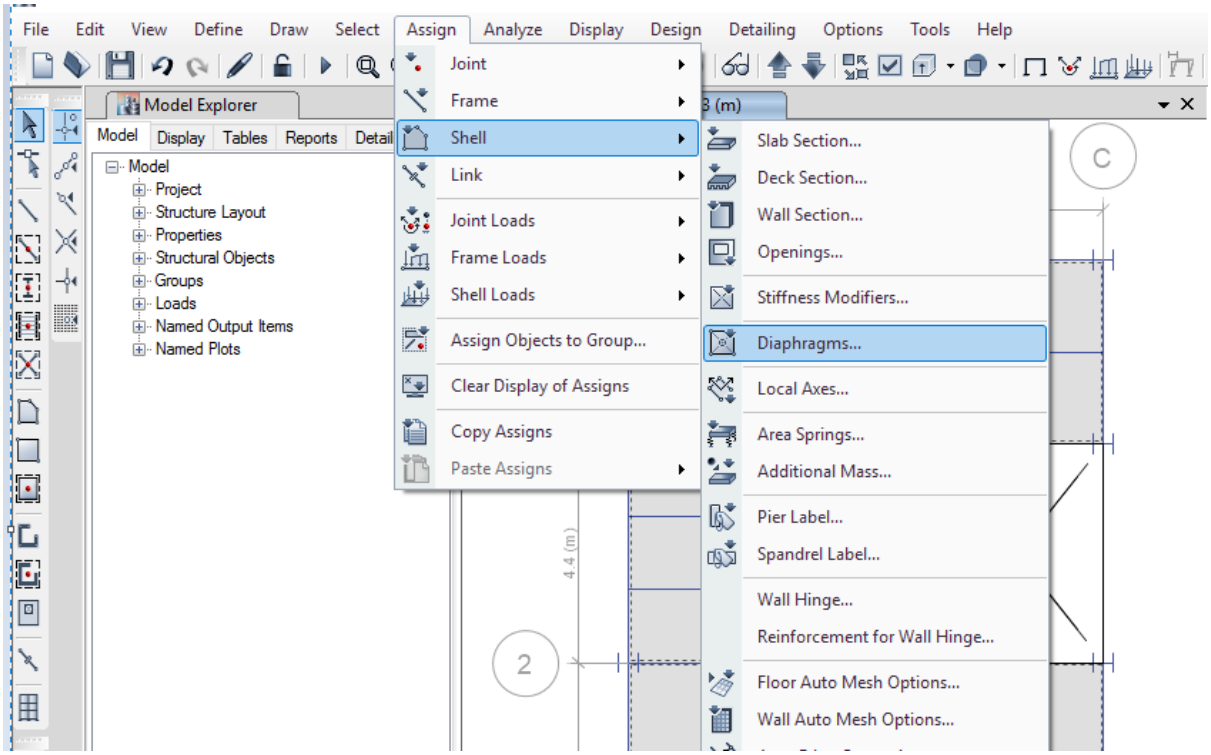
اختصاص تکیه گاههای گیردار

۲-۱۱-۳ اختصاص دیافراگم

دیافراگم ها که معمولا کف‌های سازه ای تحمل کننده بارهای ثقلی در ساختمان ها هستند، در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای جانبی ایجاد شده در کف‌ها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند. این دیافراگم ها باید در برابر تغییرشکل‌های افقی که در آنها ایجاد می‌شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند. برای مطالعه بیشتر در رابطه با دیافراگم‌ها می‌توان ضوابط آیین‌نامه ۲۸۰۰ را از بند ۳-۸ و پیوست چهارم بررسی کرد. برای اختصاص دیافراکمها ابتدا باید کلیه کفها از مسیر زیر انتخاب گردند.

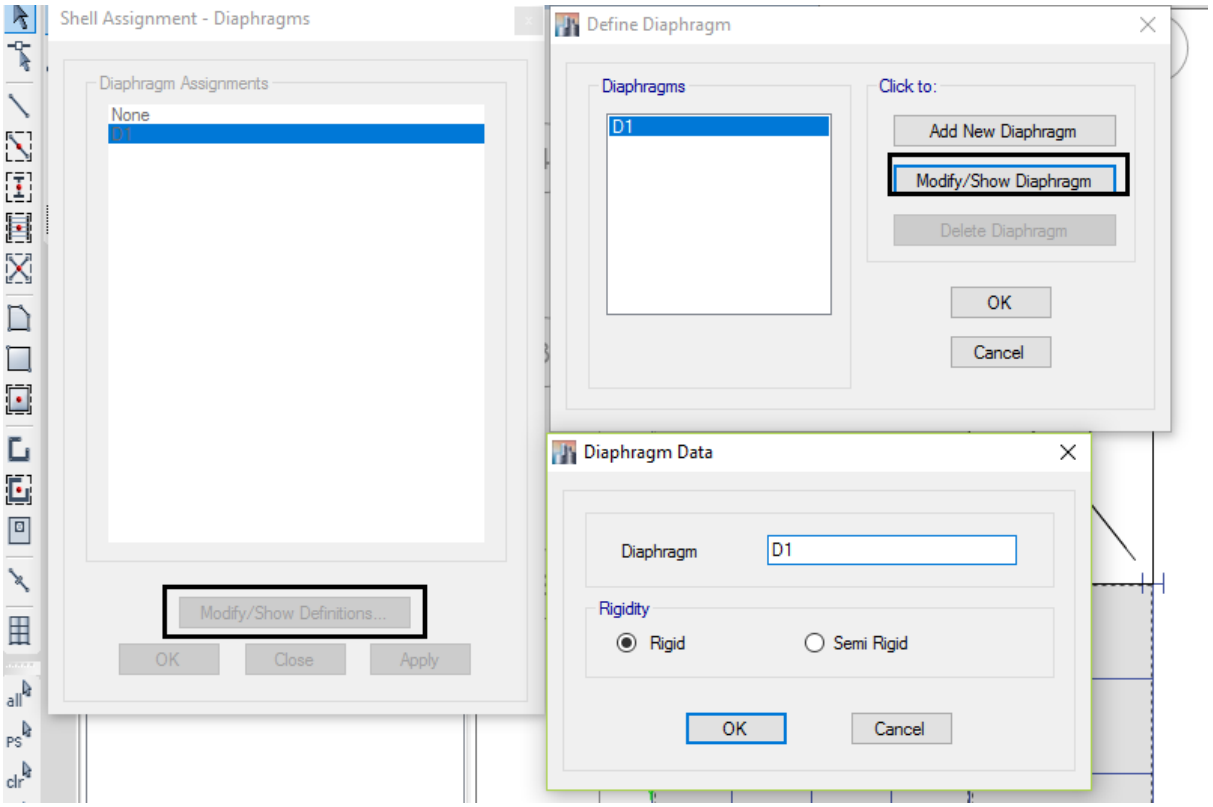
مسیر: Select > Select > Object Type > Floors

بعد از انتخاب کفها، دیافراگم بصورتی که در شکل نشان داده شده است اختصاص می یابد.



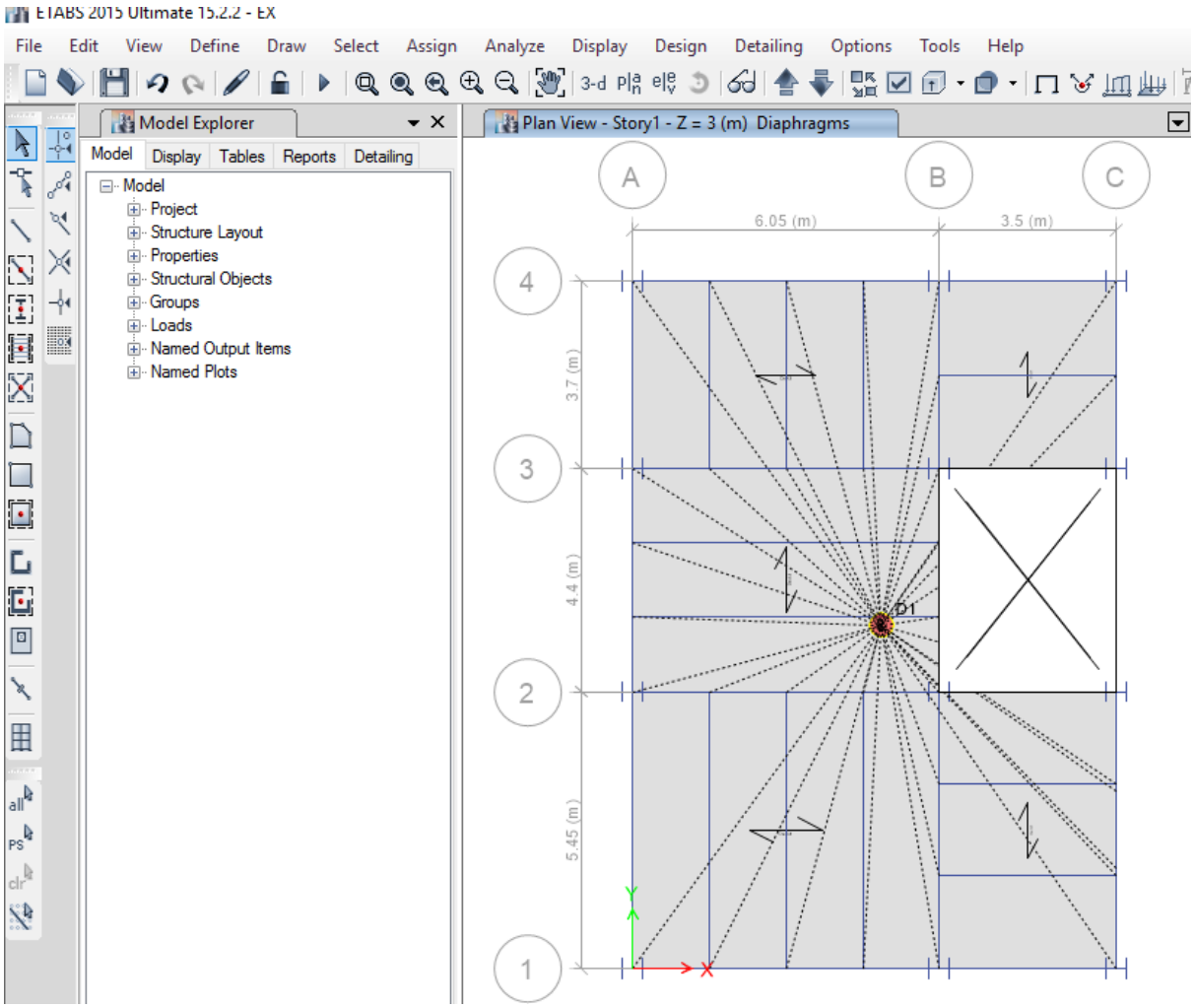
مسیر اختصاص دیافراگم سازه

بعد از انتخاب گزینه Diaphragms شکل زیر ظاهر خواهد شد. که باید دیافراگم Rigid (صلب) انتخاب و اختصاص یابد.



مسیر انتخاب دیافراگم صلب برای سازه

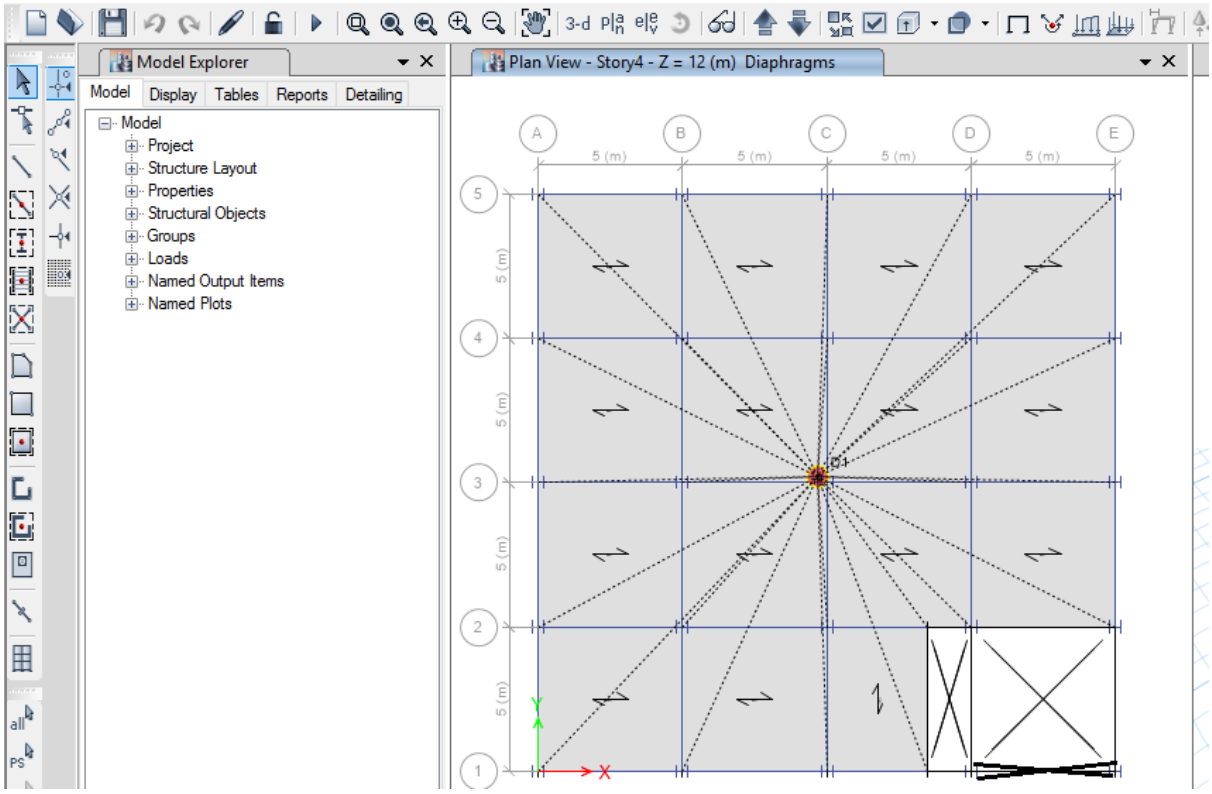
لازم به توضیح است که برای دیافراگم های نیمه صلب یا منعطف می توان از گزینه Semi Rigid استفاده نمود. بعد از اختصاص دیافراگم تمام گره‌های متصل به کف‌ها به یکدیگر متصل شده و در روی هر کدام ا قابها تغییر مکان نسبی بین گرهها صفر می گردد. از اینرو می توان گفت که با اختصاص دیافراگم نیروی داخلی تیرها و همچنین تغییر طول محوری تیرها در هر حالتی صفر در نظر گرفته می شود.



نمایش اختصاص دیافراگم به کف‌های طبقات

✓ نکته طراحی

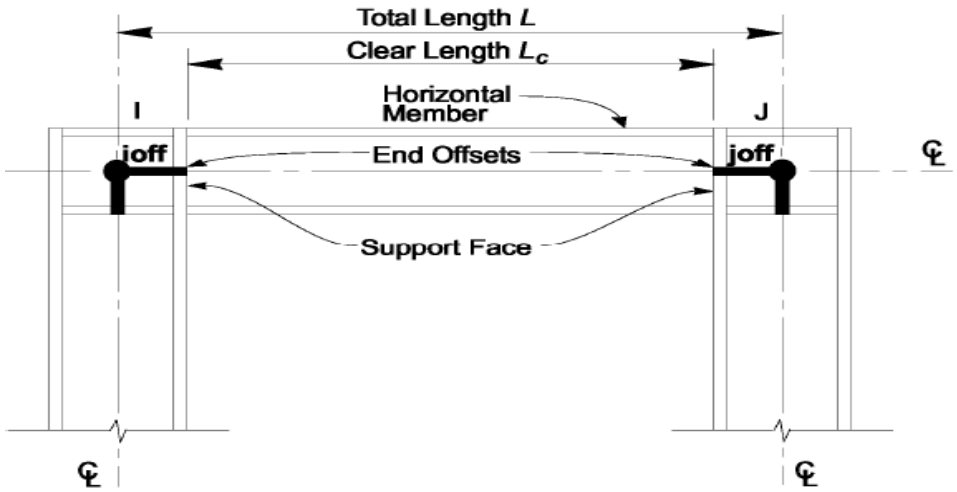
مهندسین طراح باید دقت نمایند که، در صورتی که مهاربند در دهانه‌ای قرار بگیرد که، مستقیما به دیافراگم یا کف طبقات متصل نباشد، با توجه به اینکه توزیع نیروی جانبی بین سیستمهای مقاوم جانبی از طریق کف و یا دیافراگم صورت می‌گیرد، در عمل مهاربند نخواهد توانست سهم قابل توجهی از نیروی جانبی را دریافت نماید.



بر اساس شکل بالا مشاهده می گردد که مهاربند مستقیما به دیافراگم متصل نمی‌باشد. این موضوع می‌تواند عملکرد مهاربند را در مقابل بارهای جانبی با مشکل مواجه سازد. توصیه می شود تا حد امکان از قرار دادن مهاربند در اینگونه دهانه‌ها جلوگیری گردد. اما در صورتی که ناچارا مهاربند در این حالت استفاده می‌شود می‌توان تیرهای مابین محور D-E و C-D را با اتصال صلب به ستونها گیردار نمود تا مهاربند بتواند از نیروهای جانبی سهم قابل توجهی بوسیله اندرکنش قاب و مهاربند دریافت نماید.

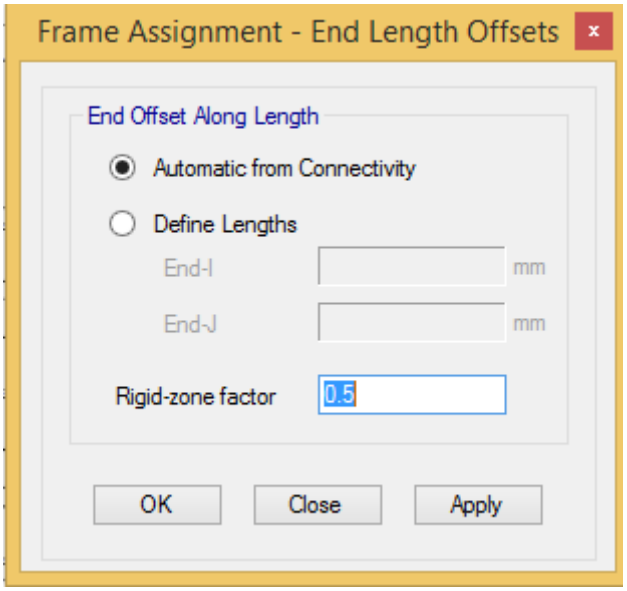
۲-۱۱-۴ اختصاص انتهایی صلب

در نرم افزار Etabs خطوط مدل شده نماینده محور مرکزی(آکس) المانها می باشند؛ از طرفی در تحلیل سازه باید طول آزاد المانها مدنظر باشد. به همین خاطر باید از مسیر زیر با اختصاص نواحی صلب انتهایی طول آزاد المانها مشخص برای طراحی در نظر گرفته شوند.



ابتدا با انتخاب گزینه All انتخاب می گردد. سپس از طریق مسیری که نشان داده شده است. می‌توان نواحی صلب انتهایی را اختصاص داد.

مسر: Assign > Frame > End length offsetS ⟵ All

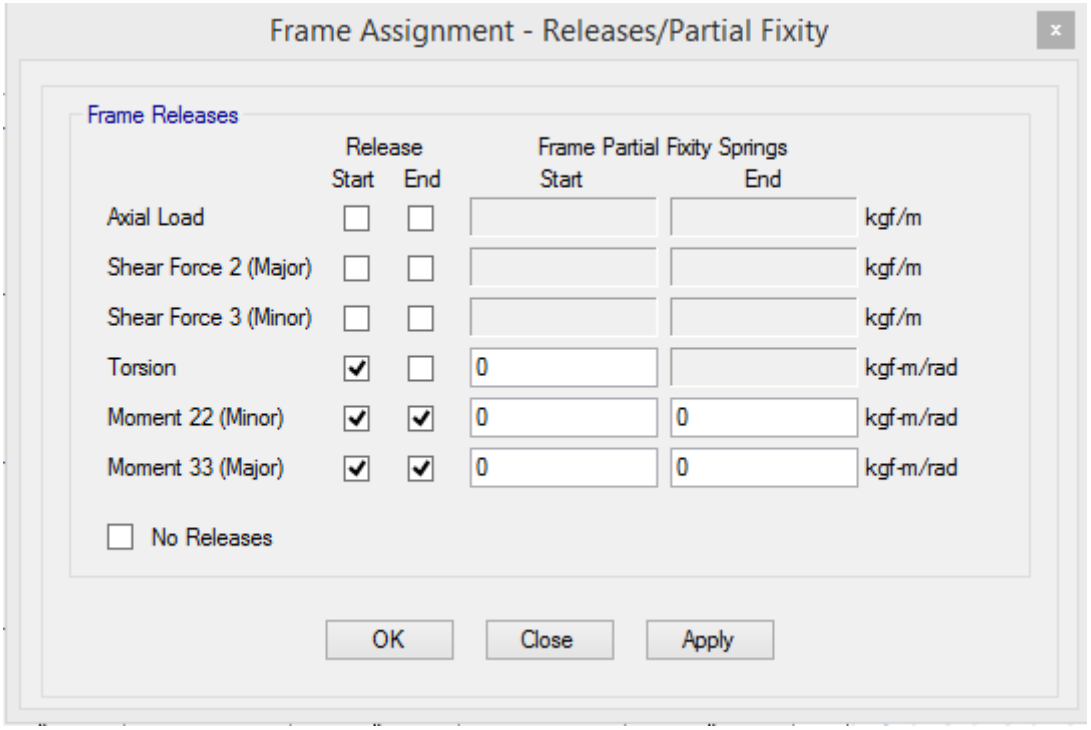


اختصاص نواحی صلب انتهائی

۲-۱۱-۵ آزاد سازی انتهایی تیرها

در سازه های فولادی مهاربندی شده اتصالات تیر به ستونها مفصلی می باشد. با توجه به اینکه در موقع ترسیم تیرها اتصال پیش فرض برنامه برای تیرها از نوع گیردار می‌باشد احتمالا در اکثر مواقع با همان اتصالات گیردار ترسیم خواهد شد. لذا برای آزادسازی انتهای تیرها بعد از انتخاب تیرها از مسیر زیر عمل می‌کنیم. لازم به توضیح است که، در آزادسازی پیچش برای اتصالات تیر به ستون، پیچش یک انتها باید آزاد گردد تا ناپایداری چرخشی برای تیرها بوجود نیاید.

مسیر: Select >Select Object Type > Beams > ⟶ Assign > Frame > Releases/Partial Fixity



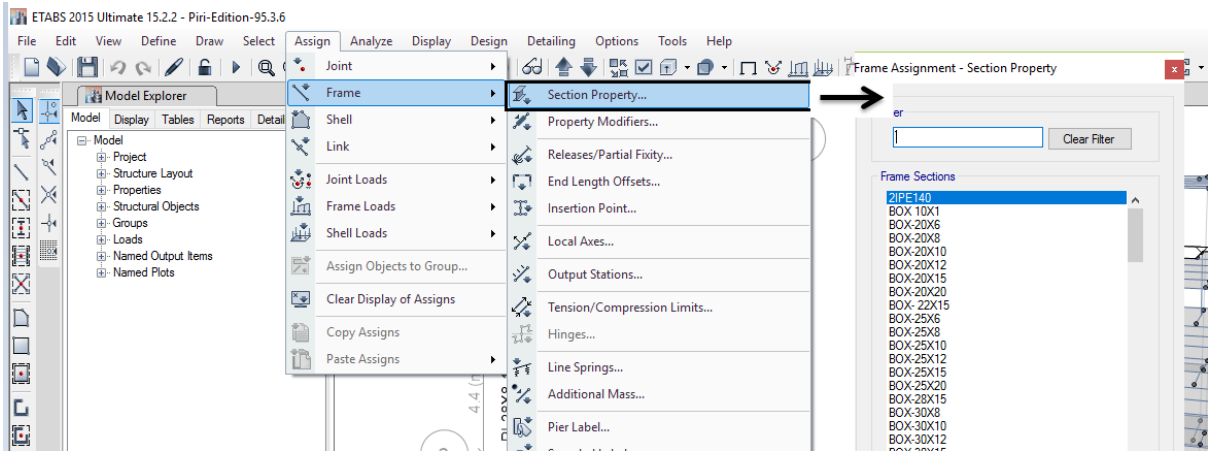
شکل۷۴: آزادسازی انتهائی تیرها

۱۲-۲ اختصاص مشخصات

بعد از اصلاح مدلسازی باید مشخصات مقاطع به المانها اختصاص داده شود. برای اختصاص مقاطع به المانها در سازه‌های فولادی دو روش وجود دارد.

روش اول: در این روش ابتدا المان مورد نظر انتخاب و سپس از مسیر گفته شده در ادامه، مقطع مورد نظر اختصاص داده می‌شود. با توجه به اینکه در این روش برای هر عضو مقطع دلخواه اختصاص داده می‌شود، پس تیپ‌بندی مقاطع براحتی قابل انجام است. اما برای افراد کم تجربه، استفاده از این روش به دلیل طولانی بودن پروسه طراحی توصیه نمی‌شود.

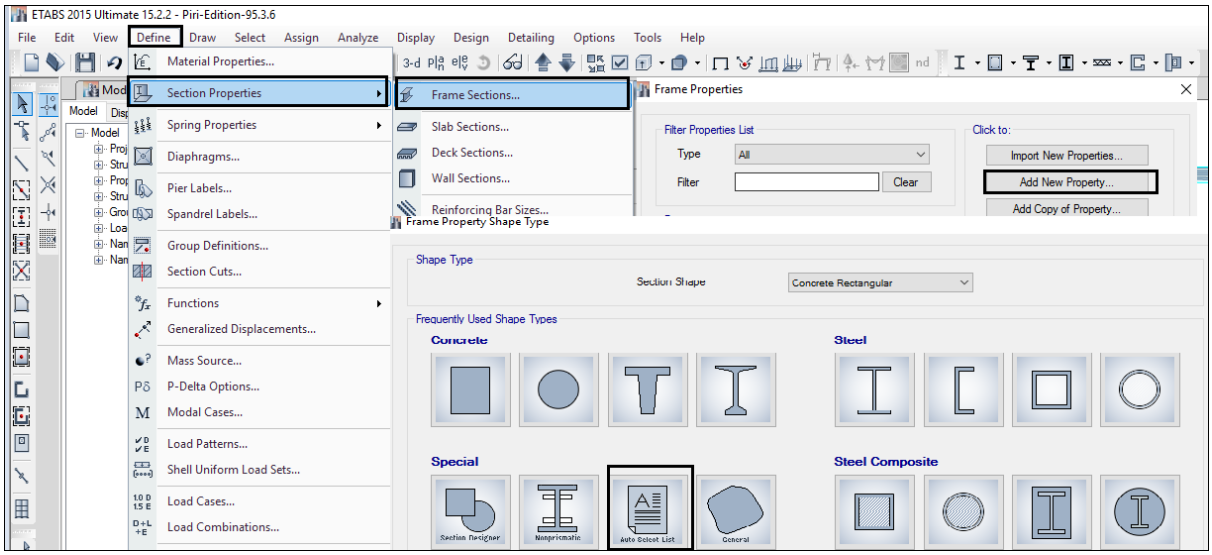
مسیر: Assign > Frame > Section Property



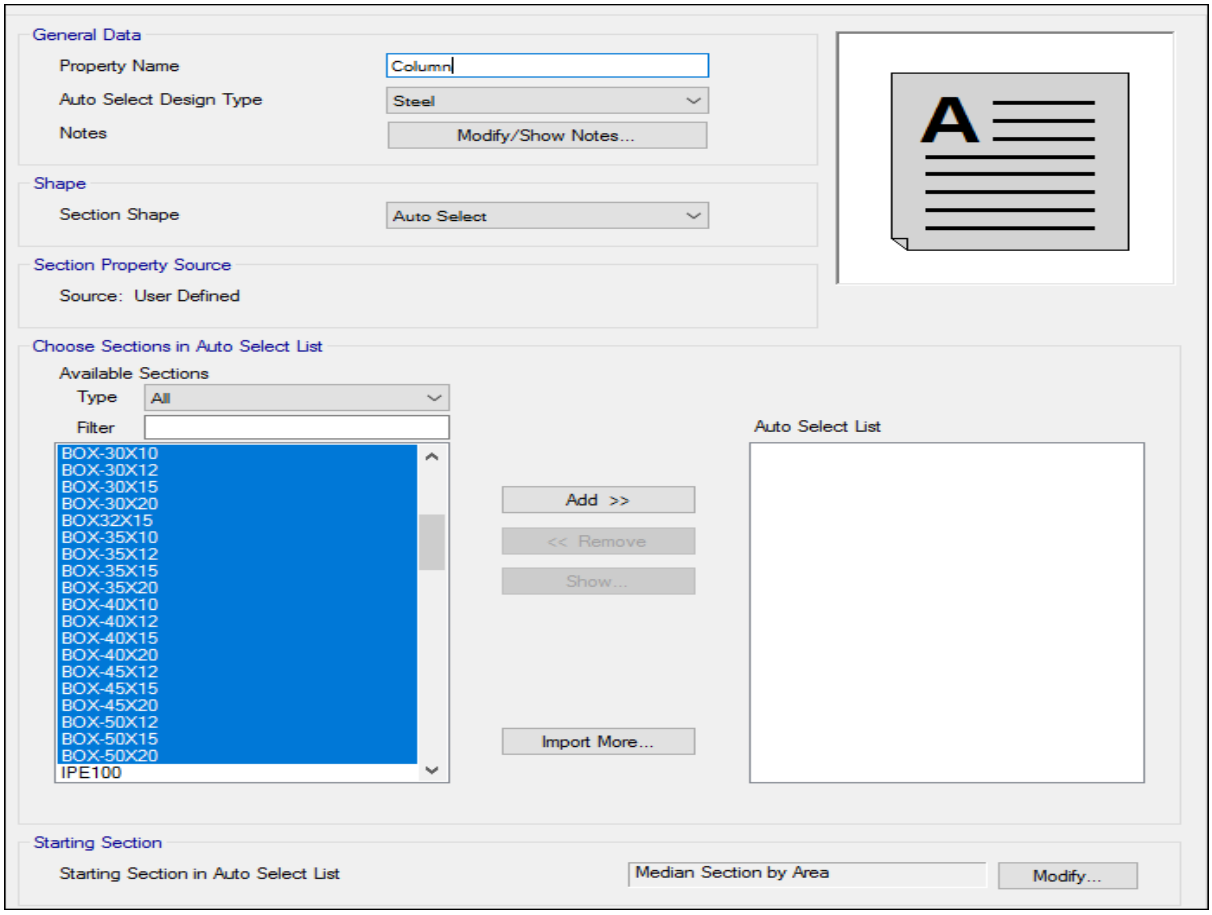
در این روش با انتخاب مقطع مناسب از قسمتی که، در شکل بالا مشخص شده است، می‌توان، مقطع مورد نظر را به عضو و یا اعضایی که انتخاب شده‌اند اختصاص داد. باید دقت کرد که در این روش از ابتدا باید انتخاب و به ستونها و تیرهای فولادی بصورتی اختصاص یابد که، تیپ‌بندی در طبقات رعایت گردد.

روش دوم:در این روش ابتدا برای هر نوع المان یک جعبه مقاطع مناسبی تحت عنوان Auto Select List تهیه و به المانها اختصاص داده می‌شود. در این روش، مقطع مناسب برای هر المان از بین مقاطع موجود در جعبه مقاطع تعریف شده برای المانها انتخاب می‌گردد. در این روش به دلیل انتخاب مقطع بر اساس ظرفیت مورد نیاز در هر المان، تنوع در تعداد مقاطع المانها بعد از طراحی بیشتر بوده و عملا اجرایی نخواهد بود. لذا باید بعد از طراحی مقاطع المانها تیپ‌بندی و اجرایی شوند.

ساخت جعبه مقاطع ستونها از مسیر بصورتی است که در شکل زیر نشان داده شده است.

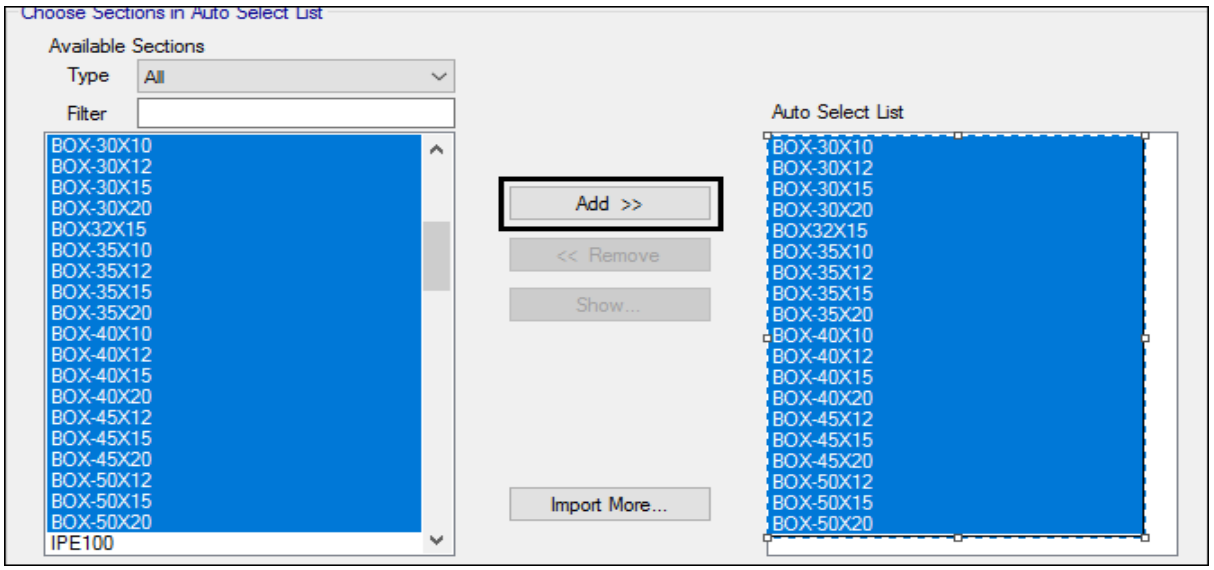


بعد از انتخاب گزینه Auto Select List شکل زیر ظاهر می گردد که باید مقاطع دلخواه را برای ستونها از قسمت Choose Section in Auto Select List به قسمت Auto Select List توسط گزینه Add انتخاب و انتقال دهیم.



ساخت جعبه مقاطع برای ستونها

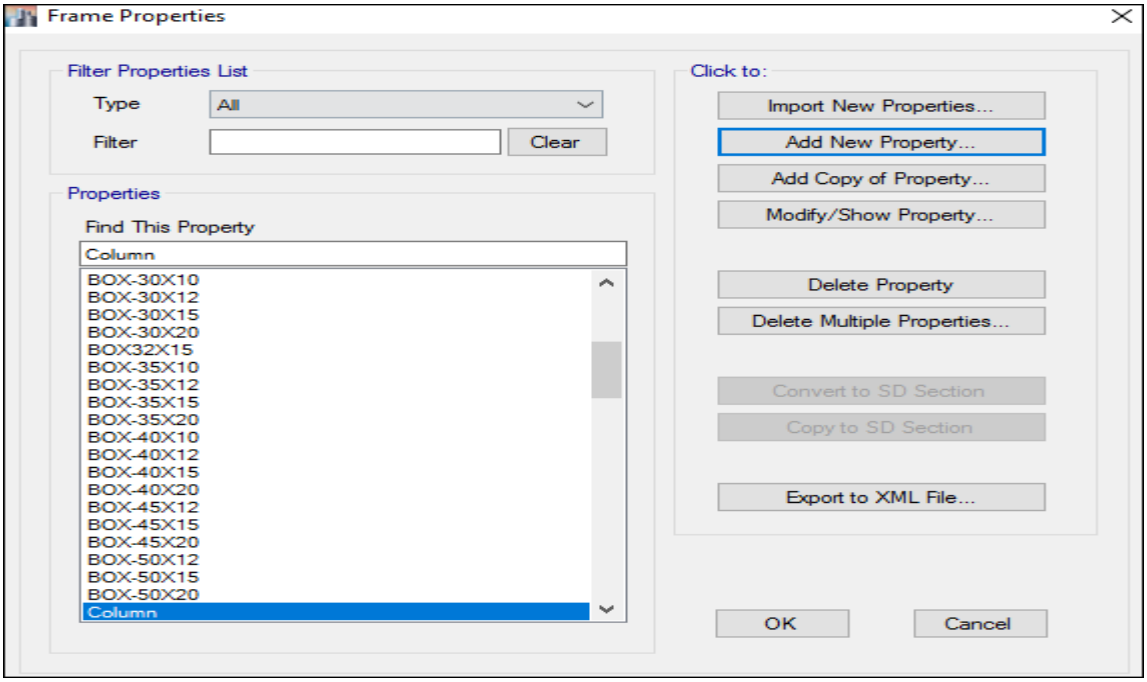
بعد از انتقال مقاطع به قسمت Auto Select List می‌توان با انتخاب ستونها جعبه فوق را بصورتی که در ادامه آورده شده است به تمام ستونها اختصاص داد.



انتخاب مقاطع مورد نظر برای ستونها

مسیر انتخاب و اختصاص جعبه مقاطع برای ستونها

Select >Select Object Type > Columns ⟶ Frame > Section Property > Column



اختصاص مقطع بصورت Auto Select List

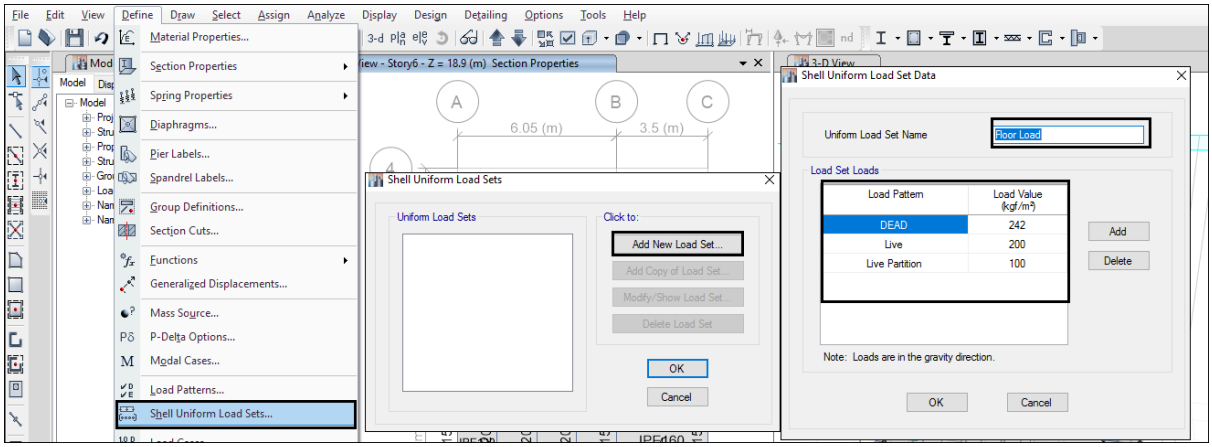
برای تیرها و مهاربندها نیز همانند ستونها این مراحل باید طی شده و جعبه‌های مقاطع بصورت Beam و Brace ساخته شده و اختصاص یابد.

۲-۱۳ بارگذای ثقلی سازه

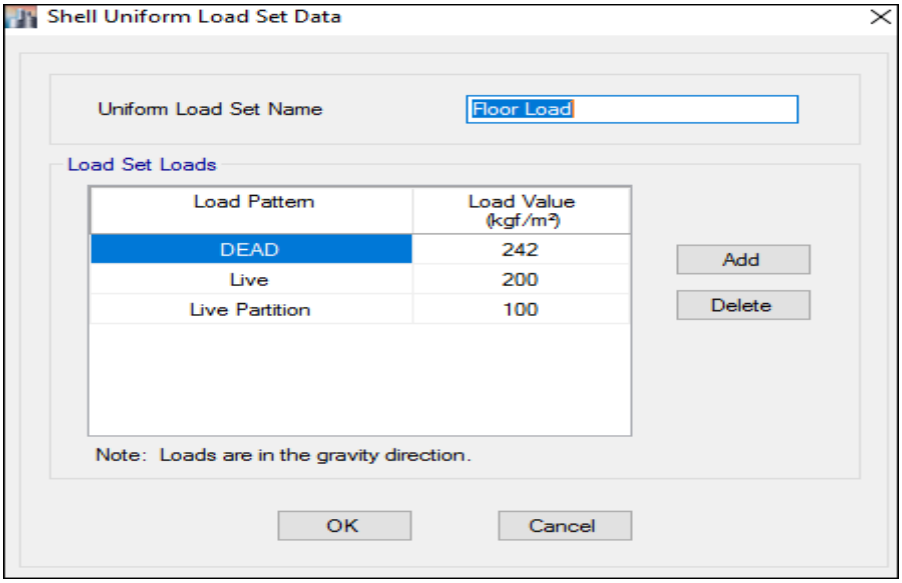
۲-۱۳-۱ تنظیم بسته بارگذاری

در نرم‌افزار Etabs 2015 این امکان وجود دارد که بارهای گسترده یکنواخت بصورت یک بسته بارگذاری(Uniform lead Sets) از مسیر زیر تعریف شده و در نهایت اختصاص یابد. لذا برای بام و طبقات دو بسته بارگذاری بصورت جداگانه تعریف می‌شود.

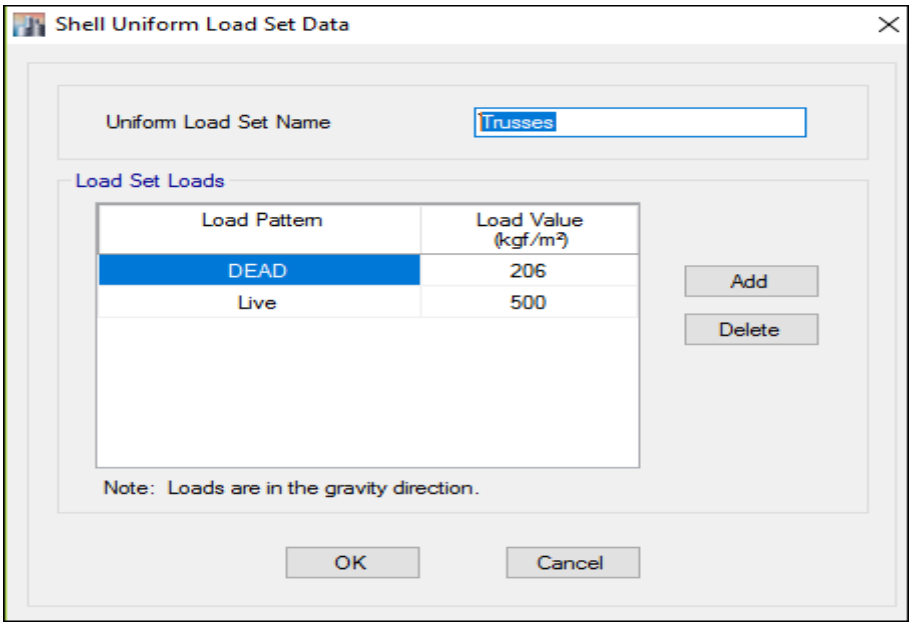
مسیر: Define > Shell Uniform Loead Sets



در شکل بالا بسته بارگذاری برای بارهای گسترده طبقات آورده شده است. برای بالکنها و طبقه بام هم از همان مسیر جعبه بارگذاری بصورت زیر تهیه می گردد.



بسته بارگذاری طبقه بام



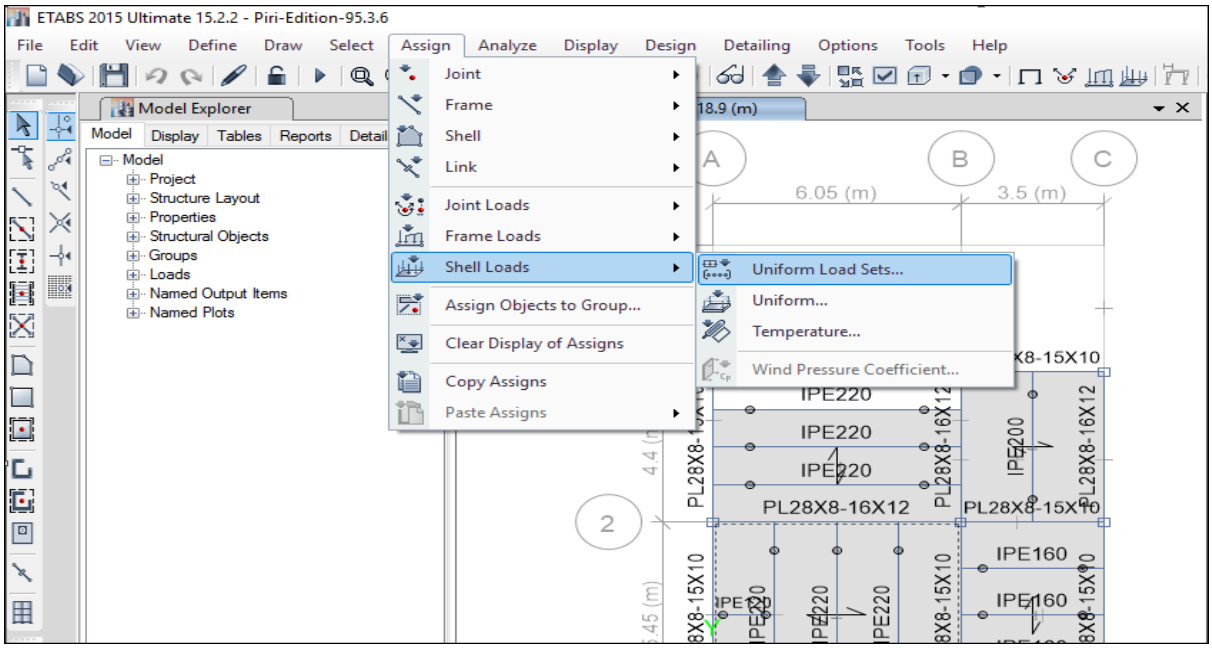
بسته بارگذاری طره‌ها

۲-۱۳-۲ اختصاص بارگذاری بام

✓ گام اول: اعمال بارهای گسترده بام

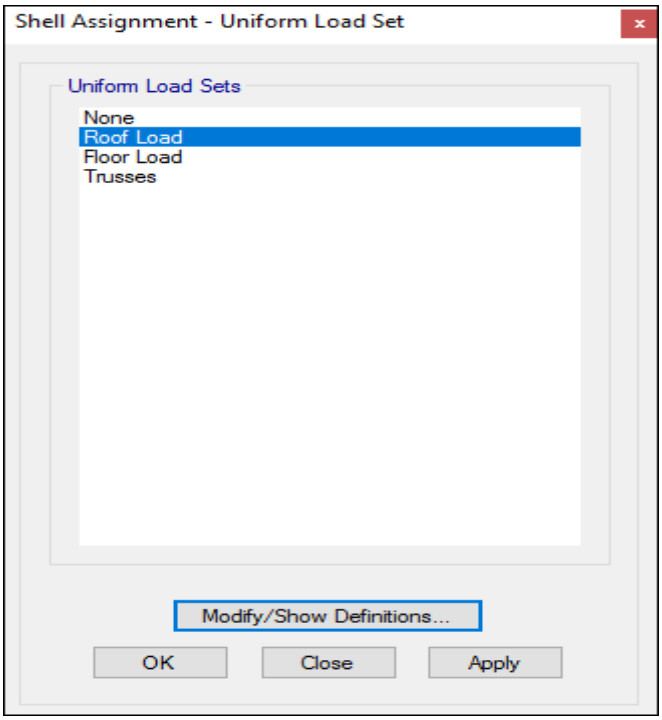
بعد از انتخاب سقف طبقه بام از مسیر زیر بارگذاری اعمال می شود.

Assign >shell load > Uniform Load Sets



مسیر اختصاص بارهای گسترده بام

بعد از انتخاب گزینه Uniform Load Sets شکل زیر ظاهر می گردد. که از آن Roof Loads را انتخاب میکنیم و به طبقه بام اختصاص می دهیم.

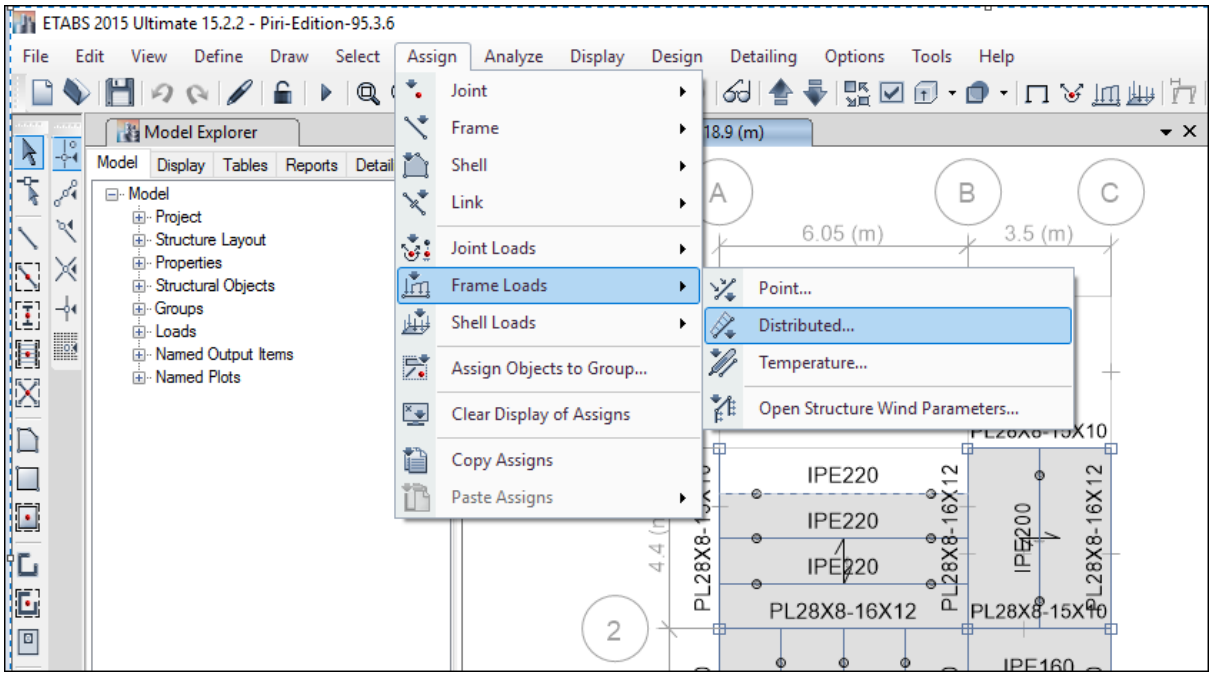


اعمال بسته بارگذاری بام

✓ **گام دوم: بارگذاری wall دیوارهای جانبی در بام**

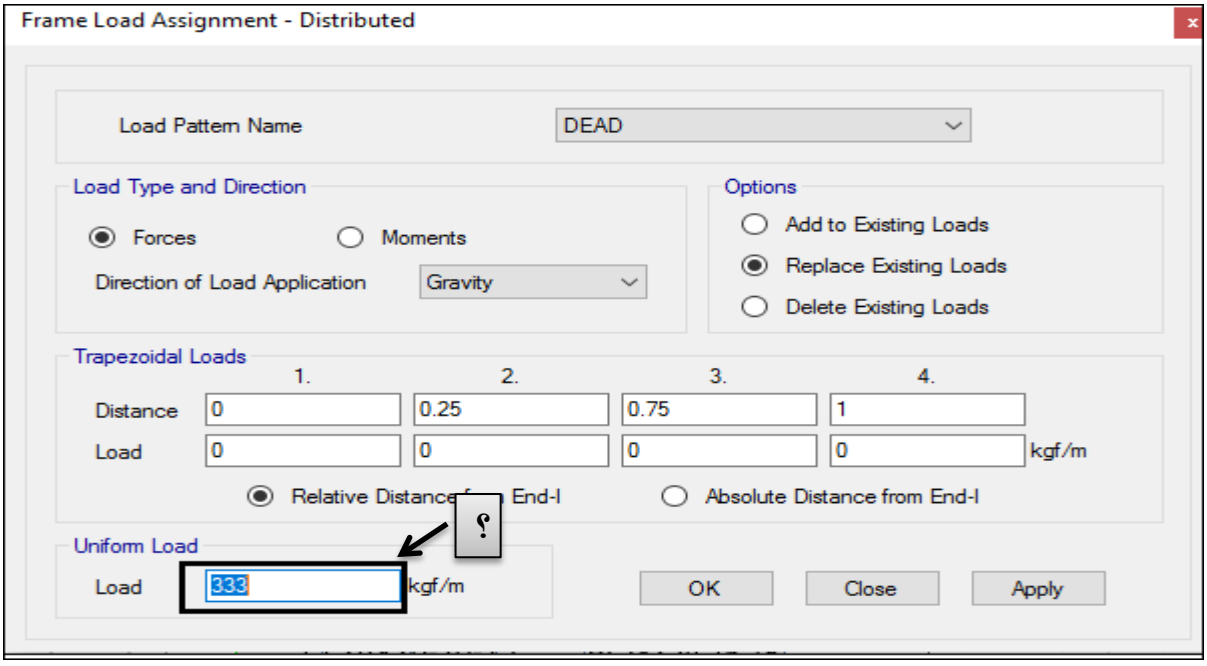
با توجه به اینکه بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰، وزن هر طبقه شامل نصف دیوار از پایین و نصف دیوار از بالا می‌گردد، باید نصف ون دیوارهای طبقه بام را بصورت بار Wall که نوع آن Other انتخاب شده و در ترکیبات بار نقشی نخواهد داشت در طبقه بام اعمال نماییم تا وزن طبقه بام اصلاح گردد. لازم به توضیح است که، بار wall هم برای بار دیوارهای جداکننده(تیغه‌ها) و هم برای دیوارهای پیرامونی باید اعمال گردد. بار دیوارهای جداکننده در داخل بسته بارگذاری بصورت گسترده اعمال شده و در این مرحله بار دیوارهای جانبی باید اعمال شود. برای اعمال ابتدا باید تیرهای اطراف بام انتخاب شود، سپس از مسیر یر بار دیوارهای جانبی اختصاص می یابد.

مسیر: Assign > Frame loads > Distributed



مسیر اختصاص بار خطی

بعد از انتخاب گزینه Distributed شکل زیر ظاهر می گردد که باید بصورتی که نشان داده شده است، بار اعمال شود.

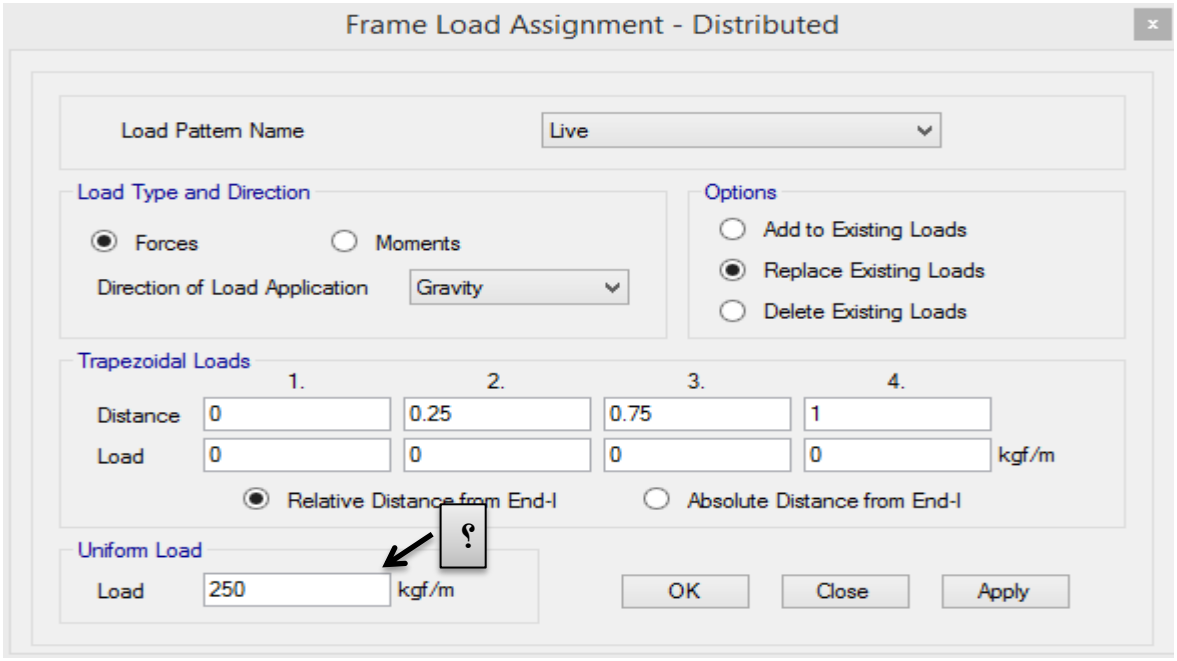


اعمال بار Wall دیوارهای جانبی در بام

✓ گام سوم: بارگذاری دیوارجان پناه در بام

بعد از انتخاب تیرهای اطراف بام از مسیر زیر بار جانپناه را اعمال میکنیم:

مسیر: Assign > Frame loads > Distributed



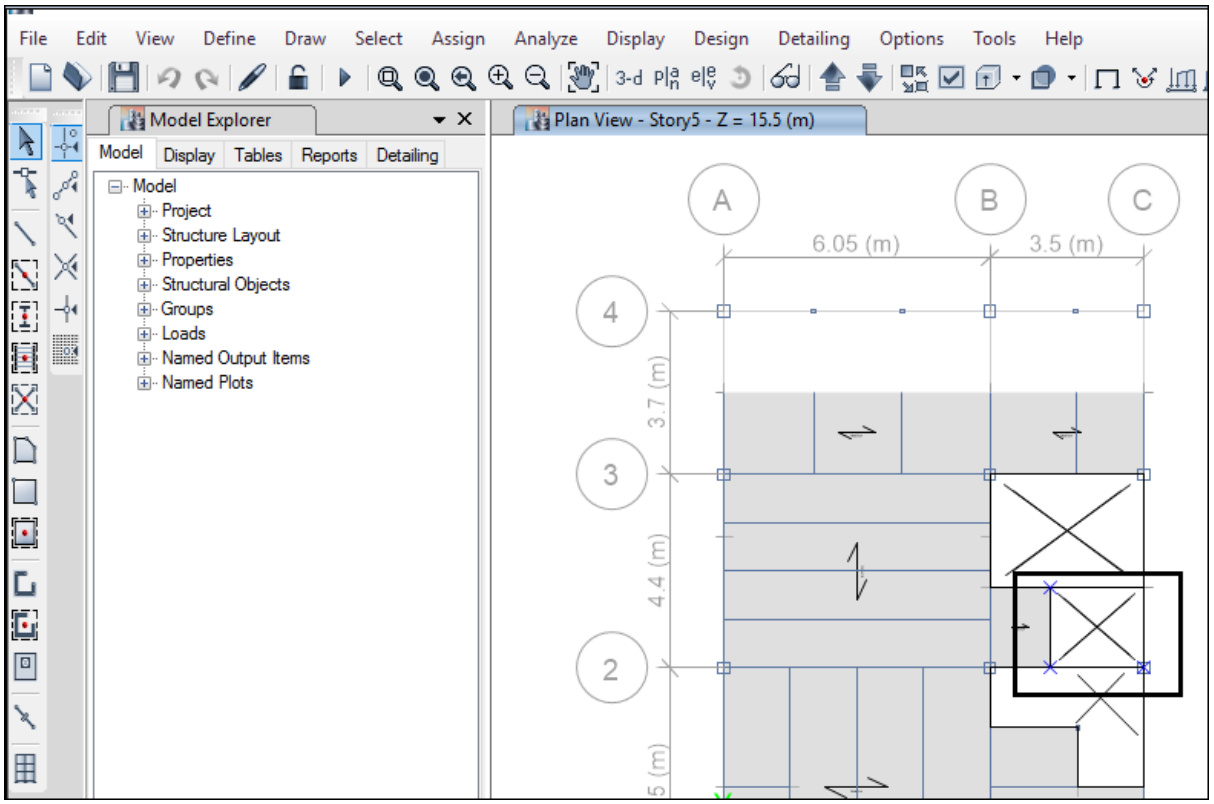
اعمال بار دیوار جان‌پناه در بام

✓ گام چهارم: بارگذاری آسانسور

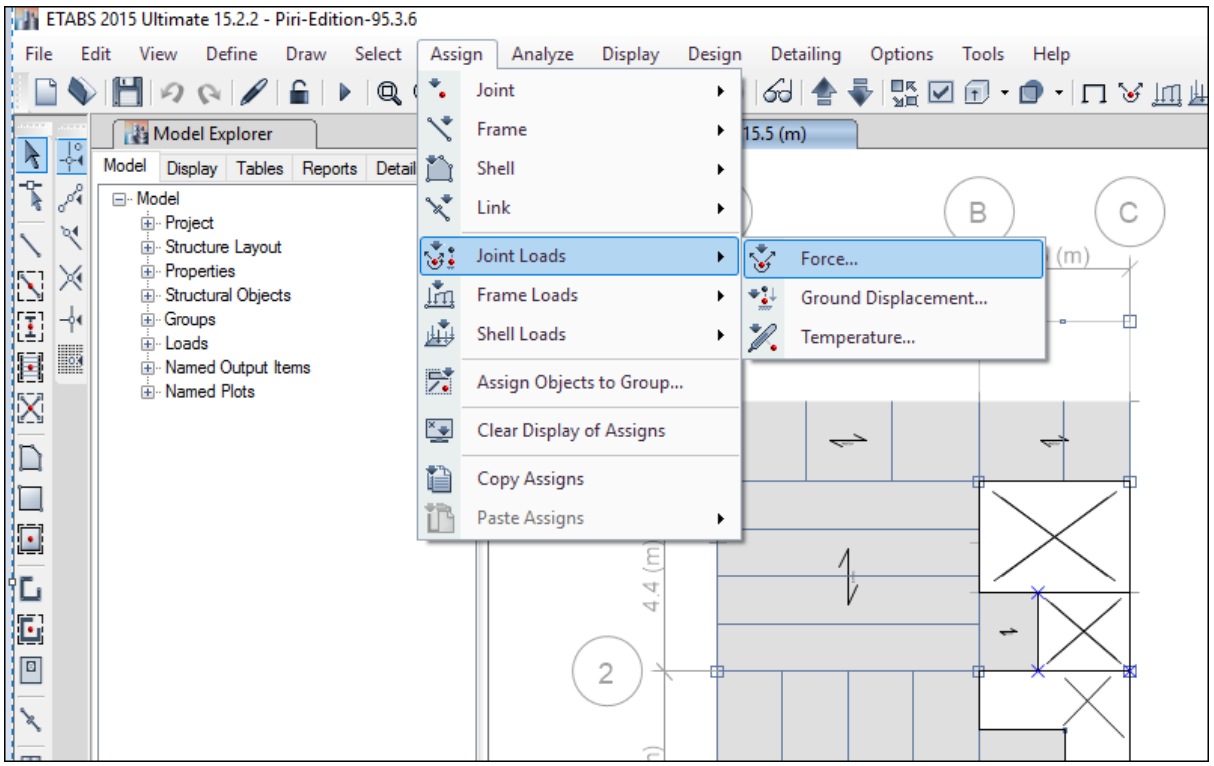
بار آسانسور آعم از وزن اتاقک، تجهیزات، وزنه‌های تعادل و وزن ظرفیت (وزن نفرات) آسانسور، توسط شرکت سازنده آسانسور اعلام خواهد شد. از طرفی مبحث ششم مقررات ملی برای بار آسانسور ضریب ضربه ۲ را پیشنهاد داده است. پس وزن آسانسور با اعمال ضریب ضربه در تراز طبقه بام بصورت نقطه‌ای در چهارگوشه موقعیت آسانسور بصورت زیر اعمال خواهد شد. اگر وزن آسانسور ۳ تن در نظر گرفته شود، با اعمال ضریب ضربه، بار اعمالی ۶ تن خواهد بود؛ که برای هر گوشه آسانسور ۱/۵ تن اعمال خواهد شد.

ابتدا چهار گوشه موقعیت آسانسور انتخاب شده، سپس بار از طریق مسیر زیر اعمال می‌شود.

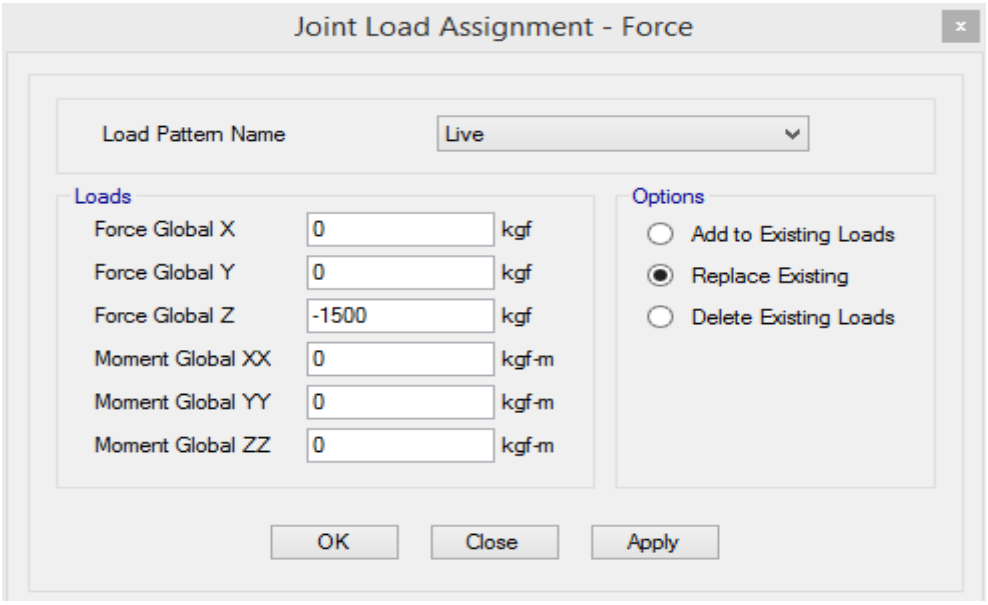
مسیر: Assign > Jiont Loads > Force



انتخاب گوشه‌های موقعیت آسانسور



مسیر اختصاص بار نقطه ای برای آسانسور



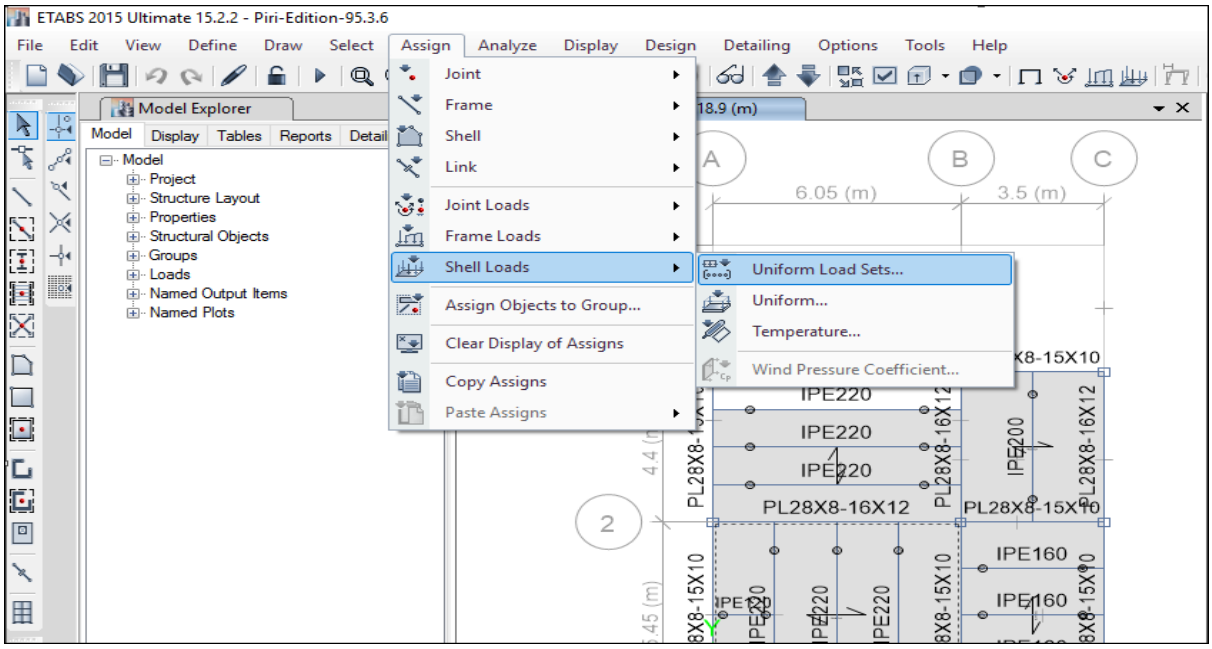
اعمال بار نقطه‌ای آسانسور

۲-۱۳-۳ بارگذاری طبقات

✓ گام اول: اعمال بارهای گسترده بام

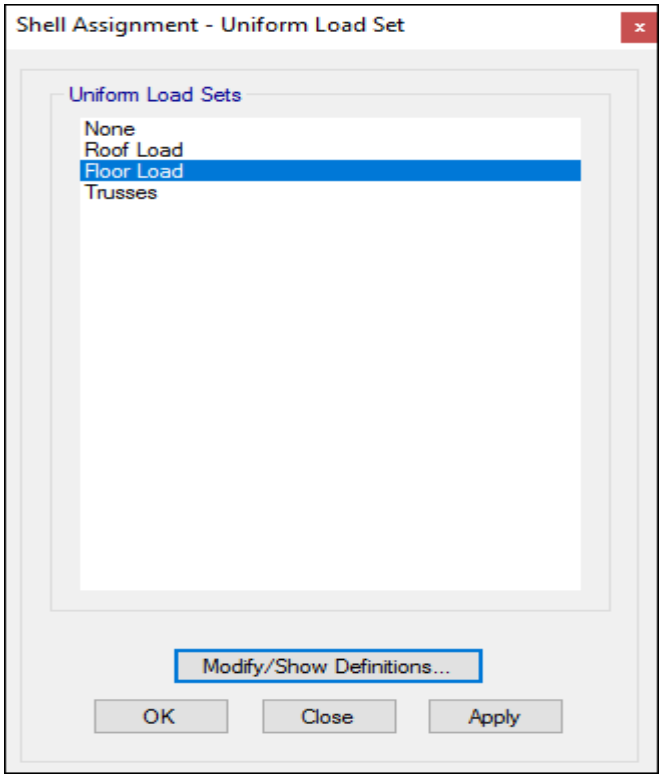
بعد از انتخاب سقف طبقه بام از مسیر زیر بارگذاری اعمال می شود.

Assign >shell load > Uniform Load Sets



مسیر اختصاص بارهای گسترده طبقات

بعد از انتخاب گزینه Uniform Load Sets شکل زیر ظاهر می گردد. که از آن Floor Loads را انتخاب می‌کنیم و به طبقه بام اختصاص می دهیم.

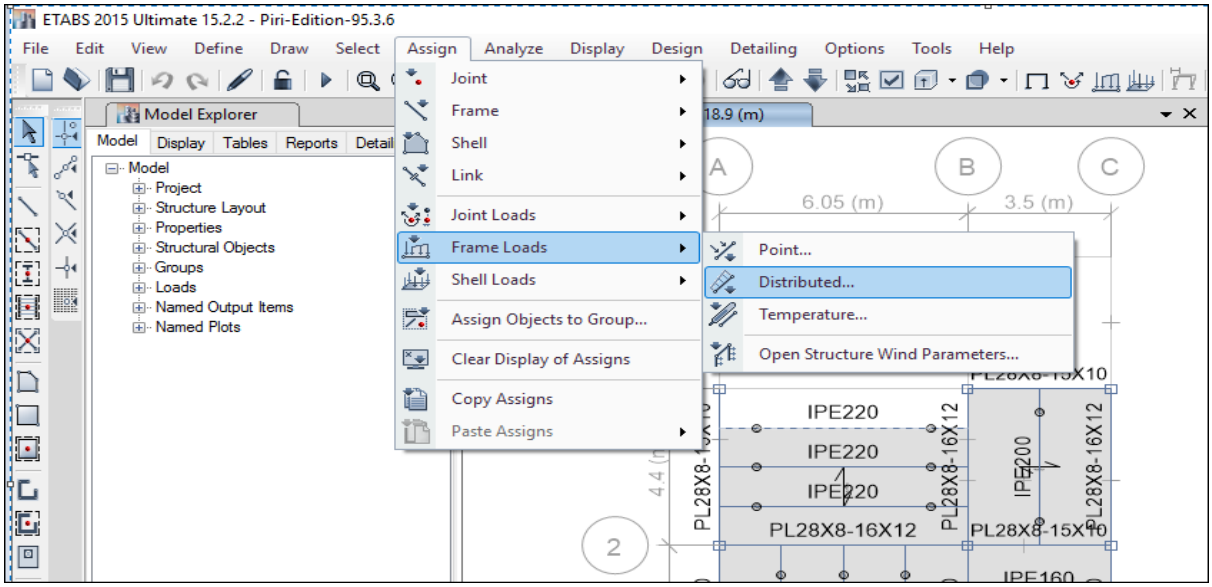


اعمال بسته بارهای گسترده طبقات

✓ **گام دوم: بارگذاری دیوارهای جانبی طبقات**

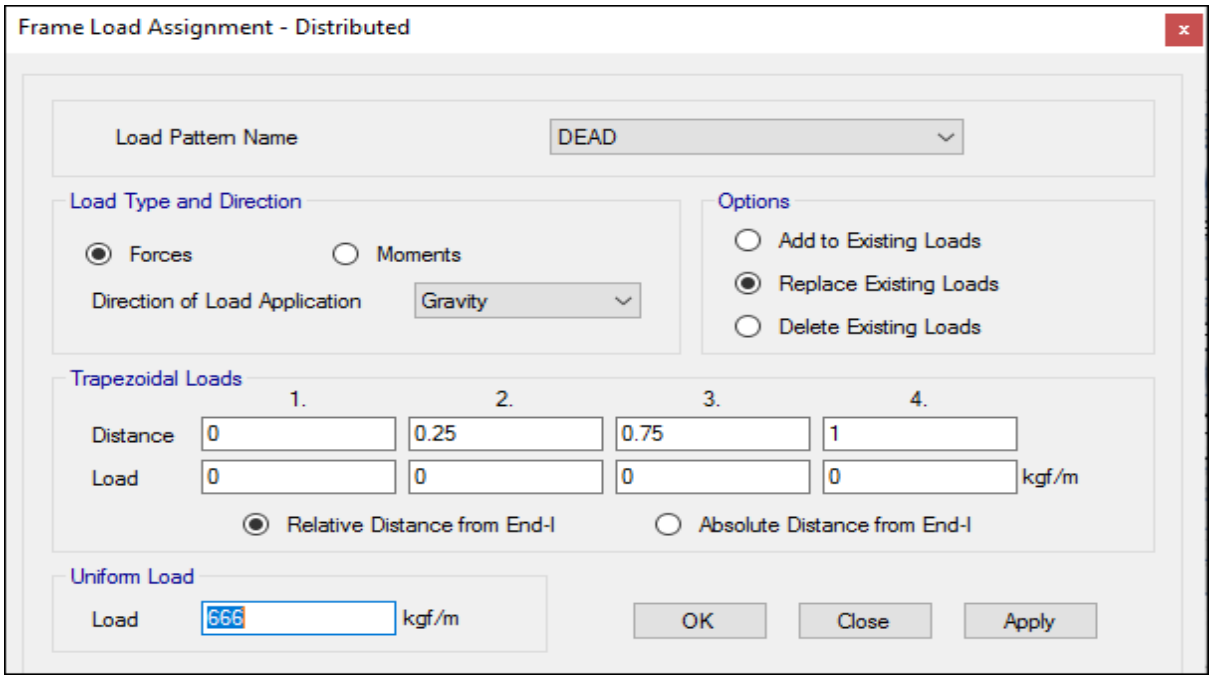
بعد از انتخاب تیرهای پیرامونی از مسیر زیر بارگذاری اعمال می شود.

Assign > Frame loads > Distributed



مسیر اختصاص بار خطی

بعد از انتخاب گزینه Distributed شکل زیر ظاهر می گردد که باید بصورتی که نشان داده شده است، بار اعمال شود.

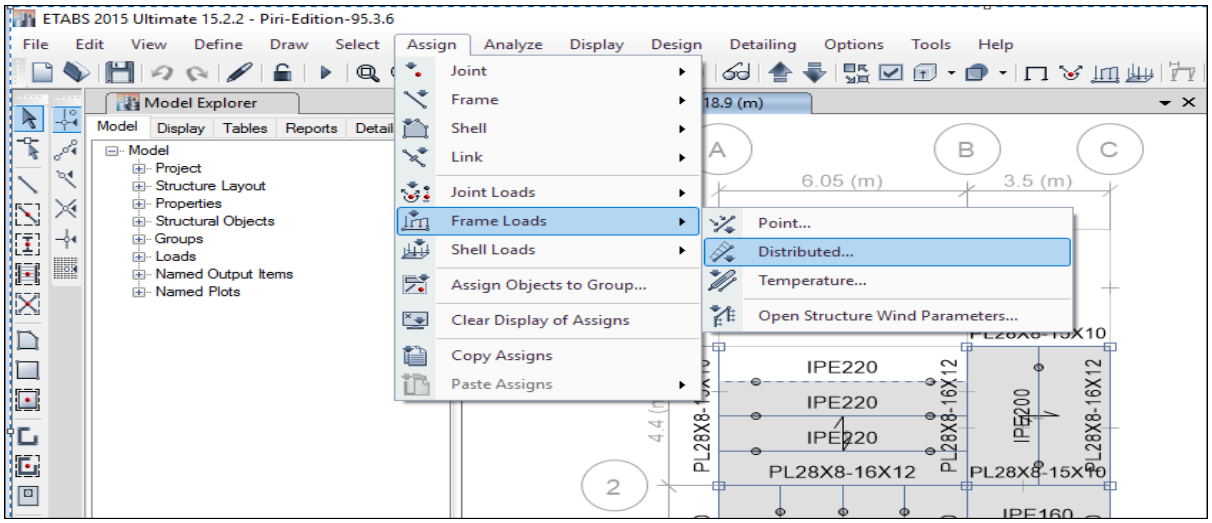


اعمال بار دیوارهای پیرامونی طبقات

✓ گام سوم: بارگذاری دیوارهای جانبی راه پله

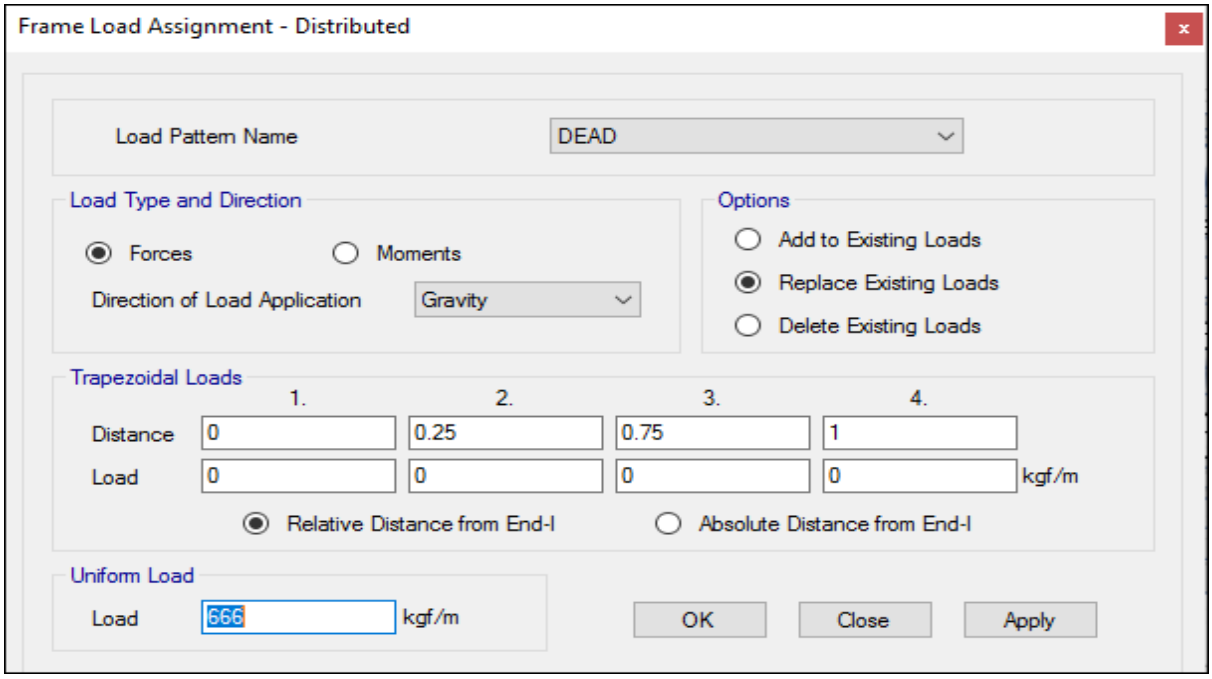
بعد از انتخاب تیرهای پیرامونی راه‌پله از مسیر زیر بارگذاری اعمال می شود.

Assign > Frame loads > Distributed



مسیر اختصاص بار خطی راه‌پله

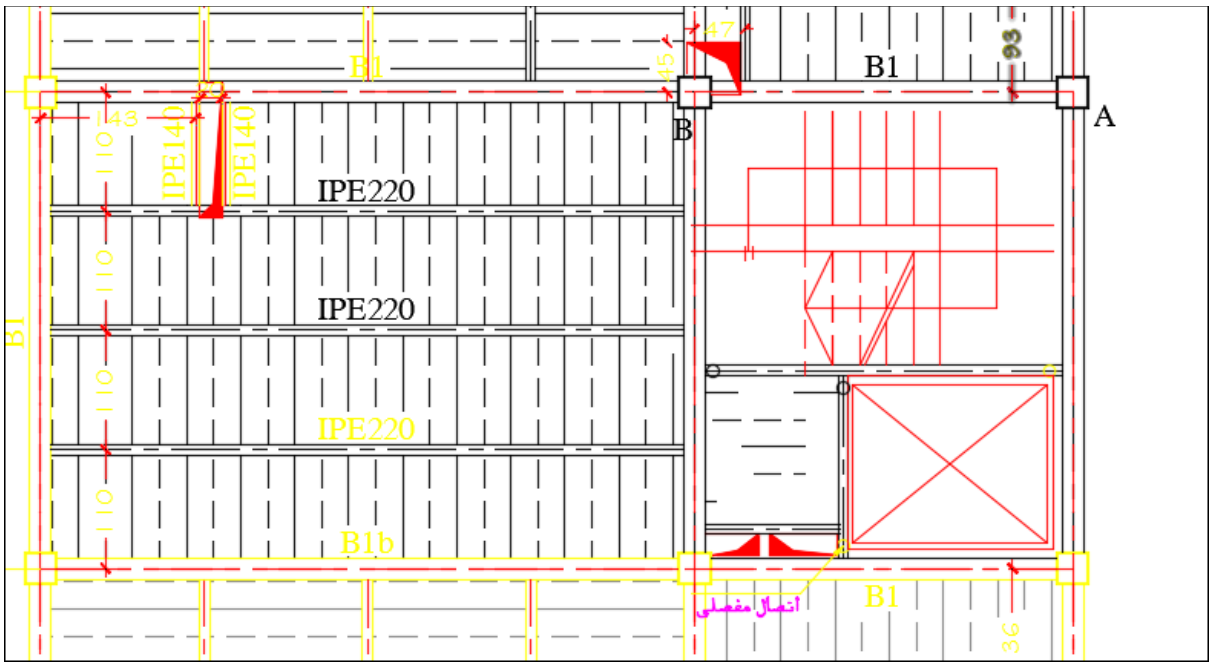
بعد از انتخاب گزینه Distributed شکل زیر ظاهر می گردد که باید بصورتی که نشان داده شده است، بار اعمال شود.



اعمال بار دیوارهای پیرامونی راه‌پله

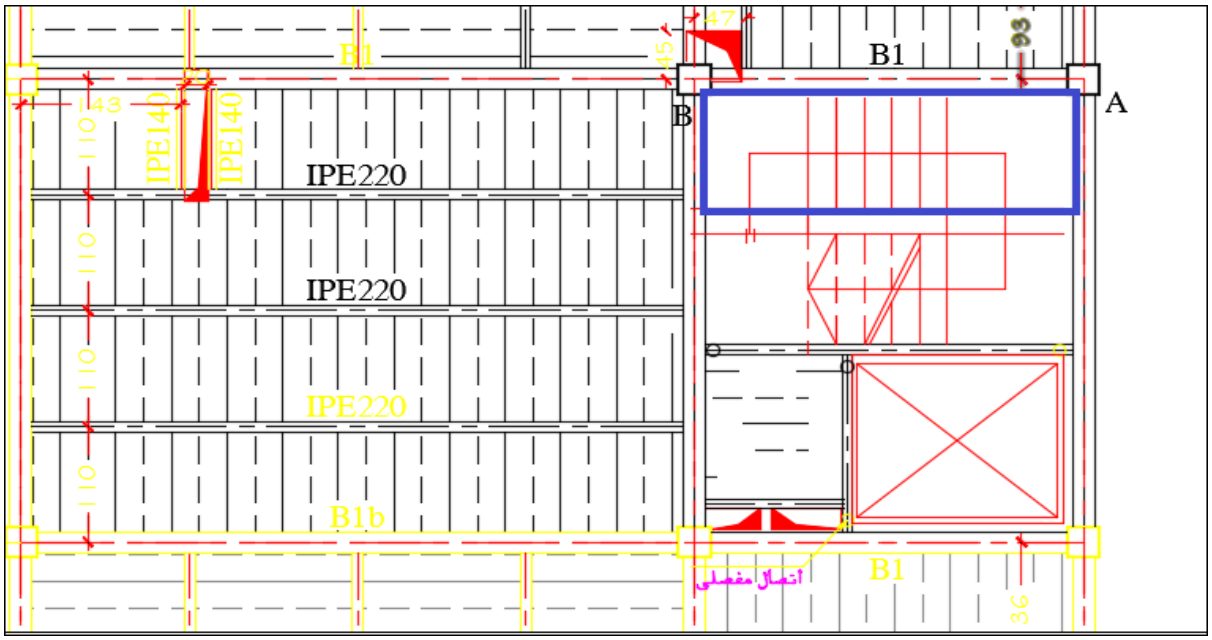
۲-۱۳-۴ بارگذاری راه پله:

در پروژه‌ای که در این جزوه در نظر گرفته شده است، پلان تیرریزی راه‌پله بصورت شکل زیر است:

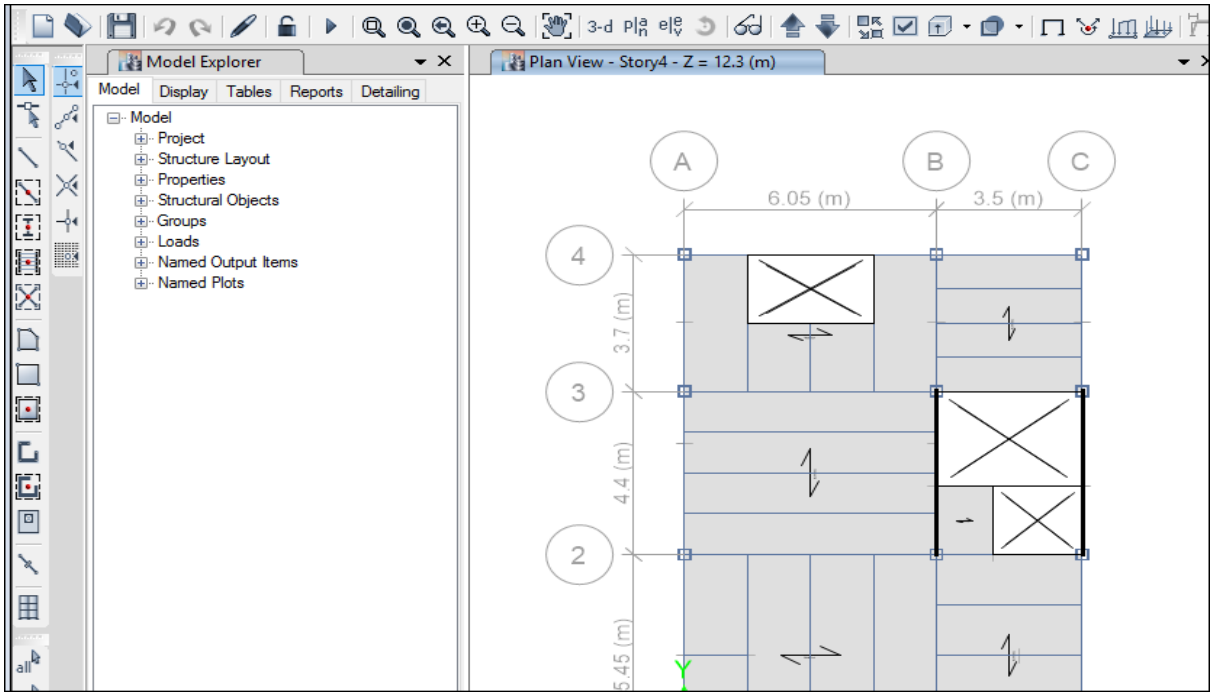


پلان راه پله

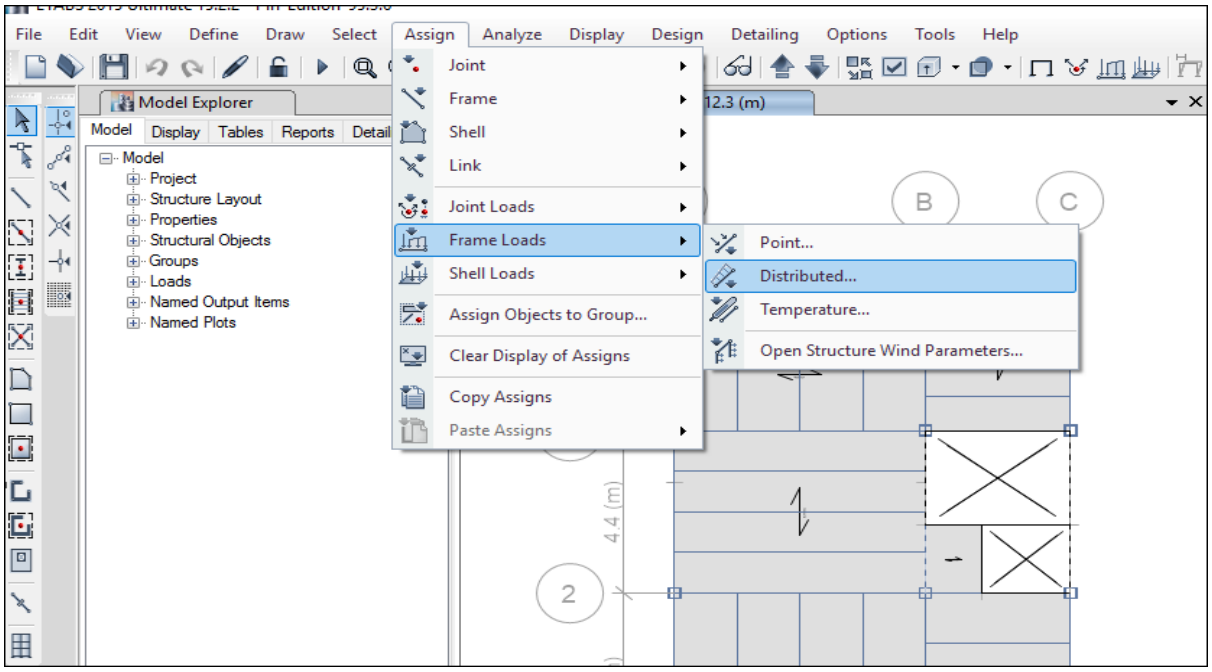
راهپله موجود در این پروژه یک پبه چهار طرفه است که بار آن به چهار تیر اطراف خود وارد می گردد. لذا بار رمپ اول که در شکل زیر نشان داده شده است، به تیرهایی که متصل شده است در طولی به اندازه‌ی عرض رمپ باید وارد شود.



برای بارگذاری رمپ نشان داده شه ابتدا تیرهای متصل به رمپ را انتخاب می‌کنیم. سپس همچنان که در ادامه آورده شده است بارگذاری را در طولی از تیر که رمپ به آن متصل شده است اعمال می‌کنیم.

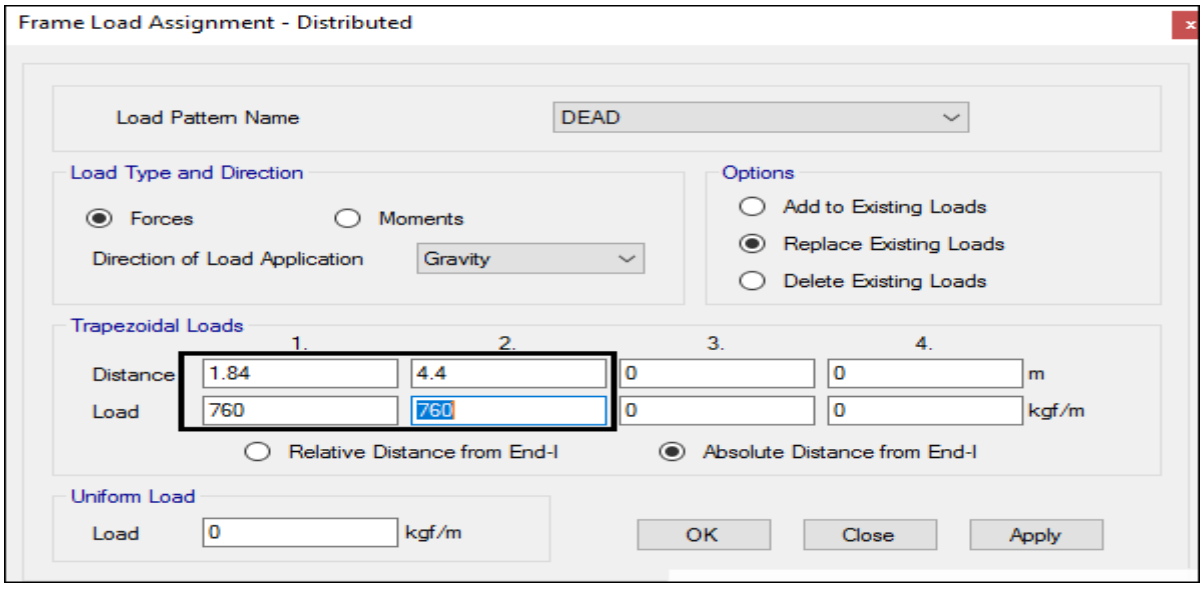


بعد از انتخاب تیرها از مسیر زیر که نشان داده شده است بارهای خطی را در طولی از تیر اعمال میکنیم.



مسیر اختصاص بار خطی راه‌پله به تیرهای اطراف

در شکل زیر نحوه اعمال بار خطی در طولی از تیر برای راه‌پله آورده شده است.



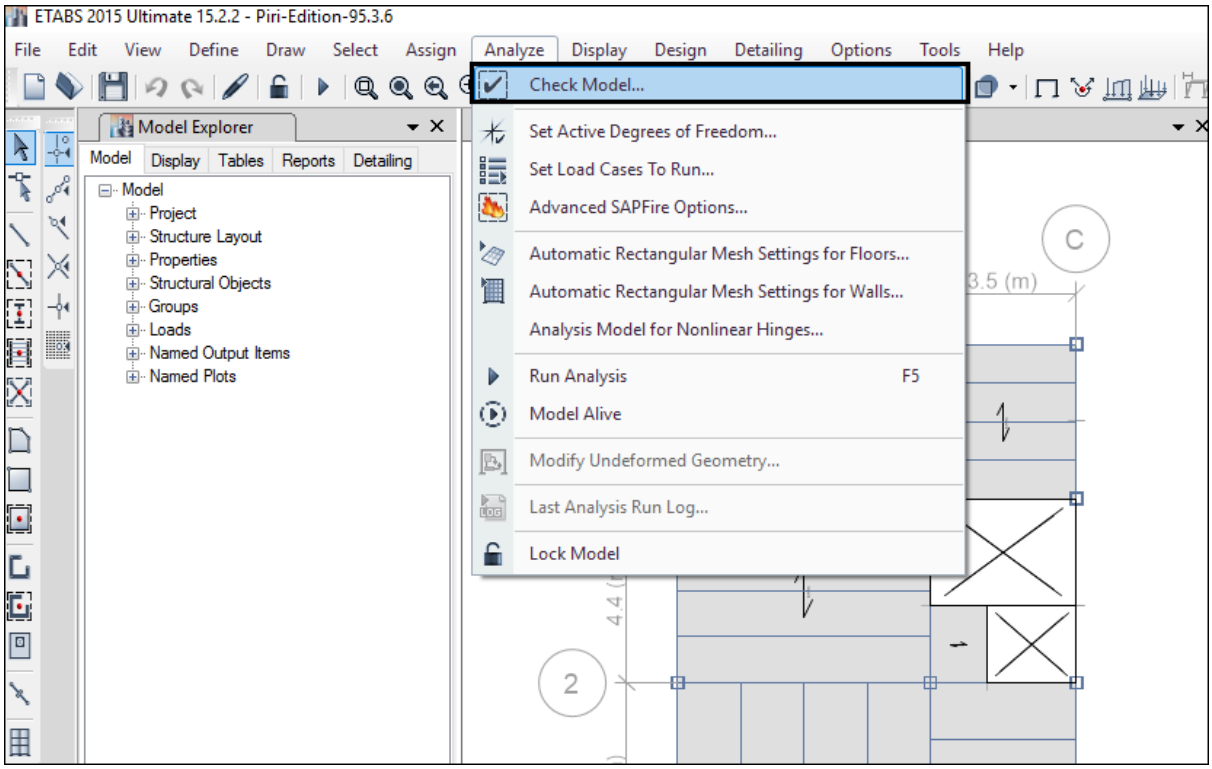
در قسمت Distance عدد ۱/۸۴ یعنی ابتدا رمپ و عدد ۴/۴ یعنی انتهای رمپ که به تیر متصل شده‌اند. مقدار بار هم برابر است با شدت بار ضربدر سهم بارگیر تیر که مقدار شدت بار مرده راه‌پله برابر ۴۳۴ کیلوگرم بر مترمربع و سهم بارگیر هر تیر $\frac{3.5}{2}$ می‌باشد. سپس در ادامه بار سه رمپ باقی‌مانده هم به روش گفته شده اعمال می گردد. در نهایت بار نده هم بصورت بار مرده اعمال می گردد.

۲-۱۴ تحلیل سازه

بعد از اتمام مدلسازی و بارگذاری سازه، سازه باید تحلیل شود. با توجه به نوع بارگذاری زلزله و تعریف بارهای جانبی، تحلیل در این مرحله تحلیل استاتیکی معادل خواهد بود. لازم است که، قبل از انجام تحلیل باید تنظیمات لازم صورت گیرد.

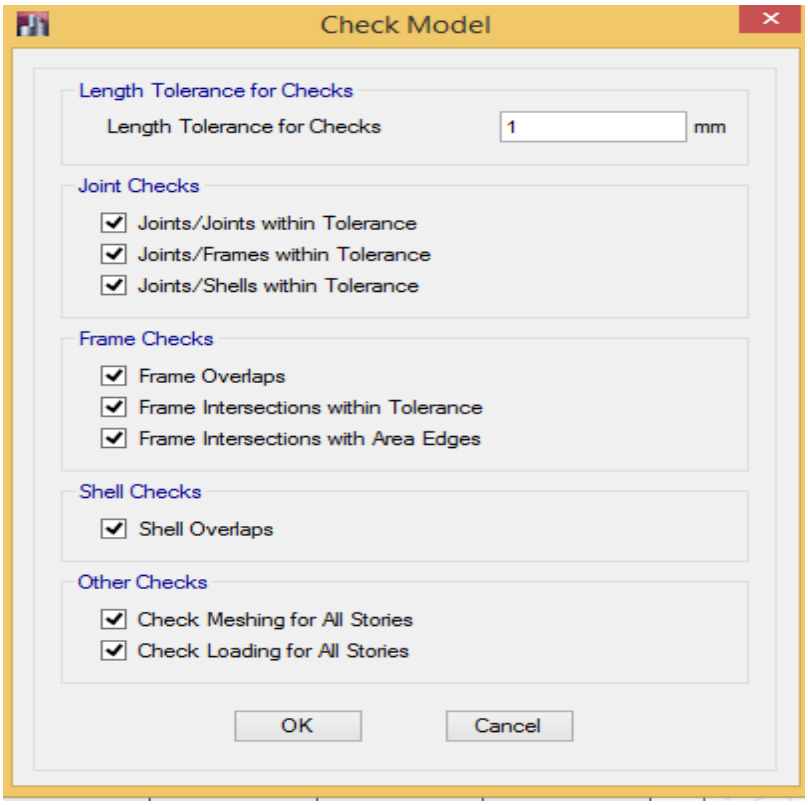
۲-۱۴-۱ کنترل مدلسازی و جزئیات

مسیر: Analyze > Check Model



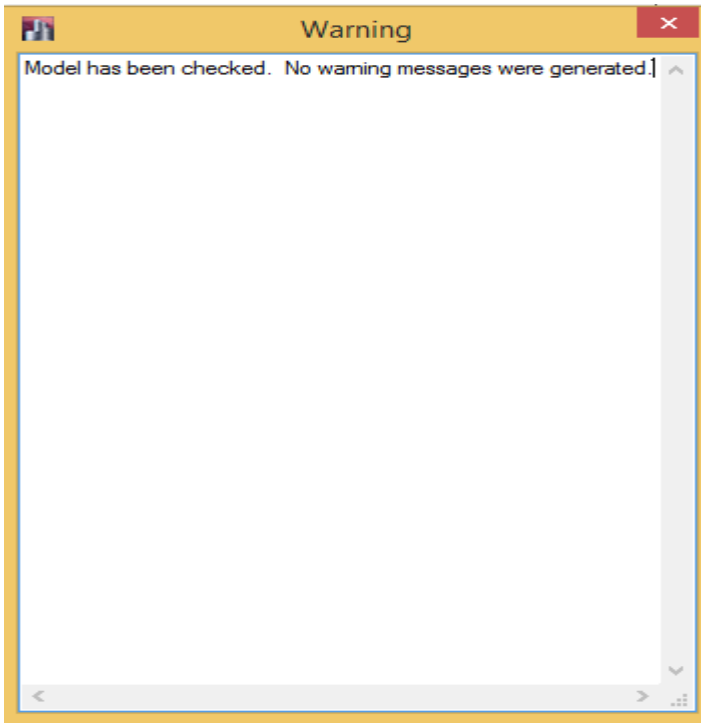
مسیر کنترل جزئیات مدلسازی

بعد از انتخاب گزینه Chek Model… شکل زیر ظاهر می‌گردد که در آن باید تیک تمام گزینه‌ها فعال شود تا تمام مواردی که در مدلسای می‌تواند اتفاق بیافتد نمایش داده شود تا قبل از تحلیل سازه در صورتی که مشکلی وجود داشته باشد رفع گردد.



کنترل مدلسازی

در صورت نبود مشکل پیغام زیر نمایش داده می شود.

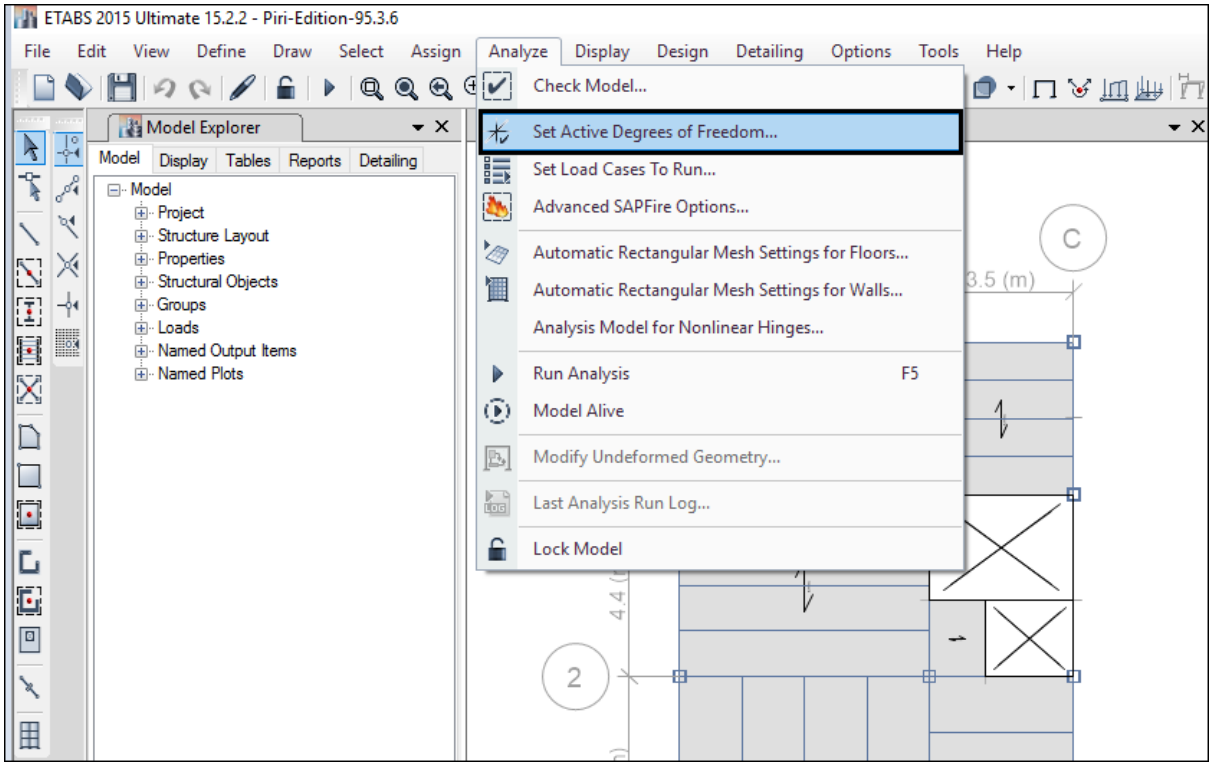


نمایش پیغام برای ایرادات و اشکالات مدلسازی

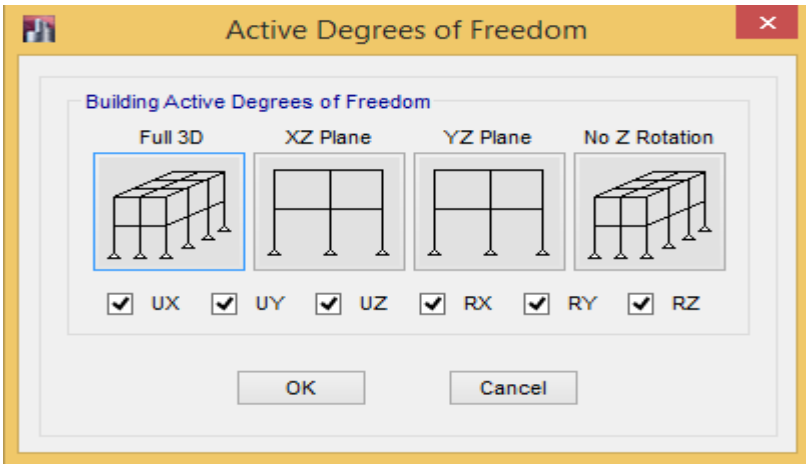
۲-۱۴-۲ تنظیمات منوی Analyze

لازم است قبل از انجام تحلیل درجات آزادی سازه برای انجام تحلیل مشخص گردد. در سازه‌های سه‌بعدی شش درجه آزادی و در قابهای برشی(دوبعدی) سه درجه آزادی خواهیم داشت.

مسیر:Analyze > Set Active Degrees of freedom



مسیر انتخاب درجات آزادی سازه

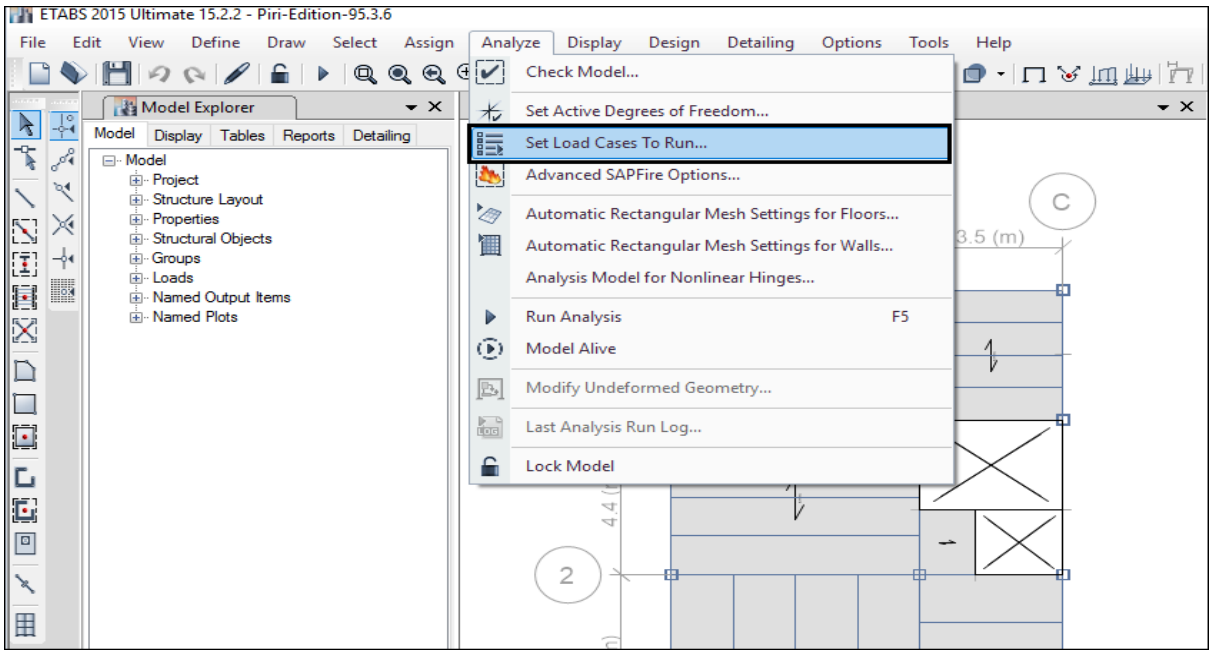


تنظیم تعداد درجات آزادی مدل سه‌بعدی

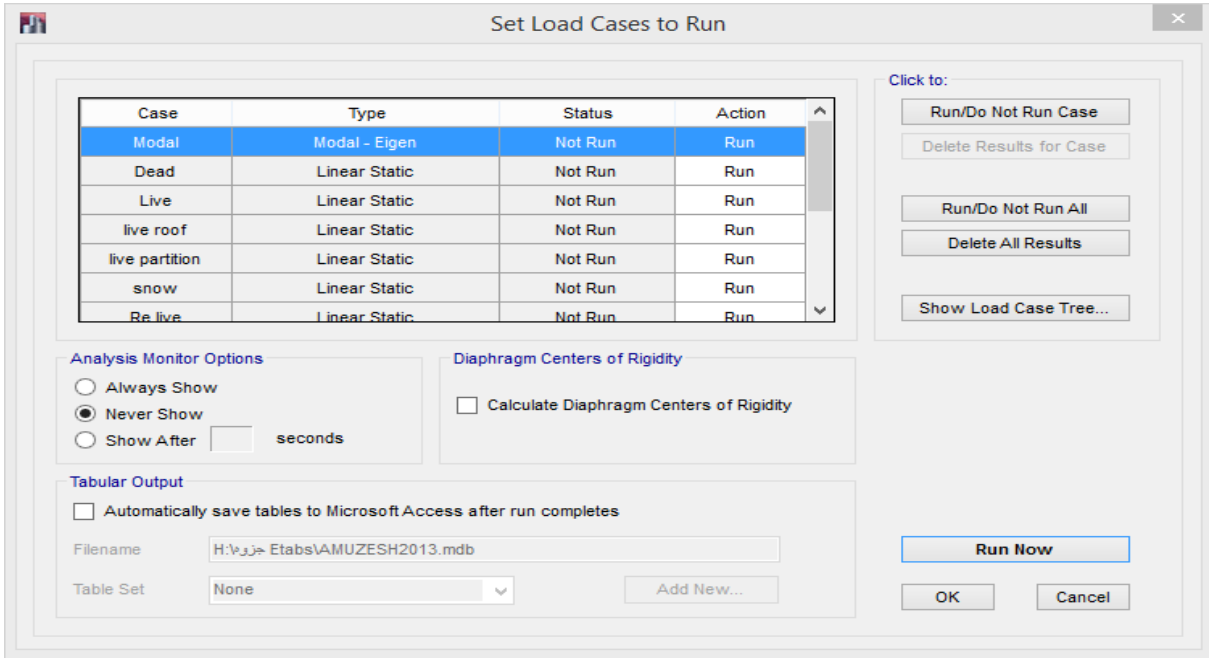
۲-۱۴-۳ تنظیم الگوهای بار برای تحلیل

در صورتی که بخواهیم تعدادی از الگوهای بار تعریف شده، تحلیل نشوند، می‌توان از این قسمت آنها را انتخاب و بوسیله گزینه Run/Do Not Run Case تحلیل آن را غیر فعال نمود.

مسیر: Analyze > Set load Cases to Run



مسیر انتخاب الگوهای بار



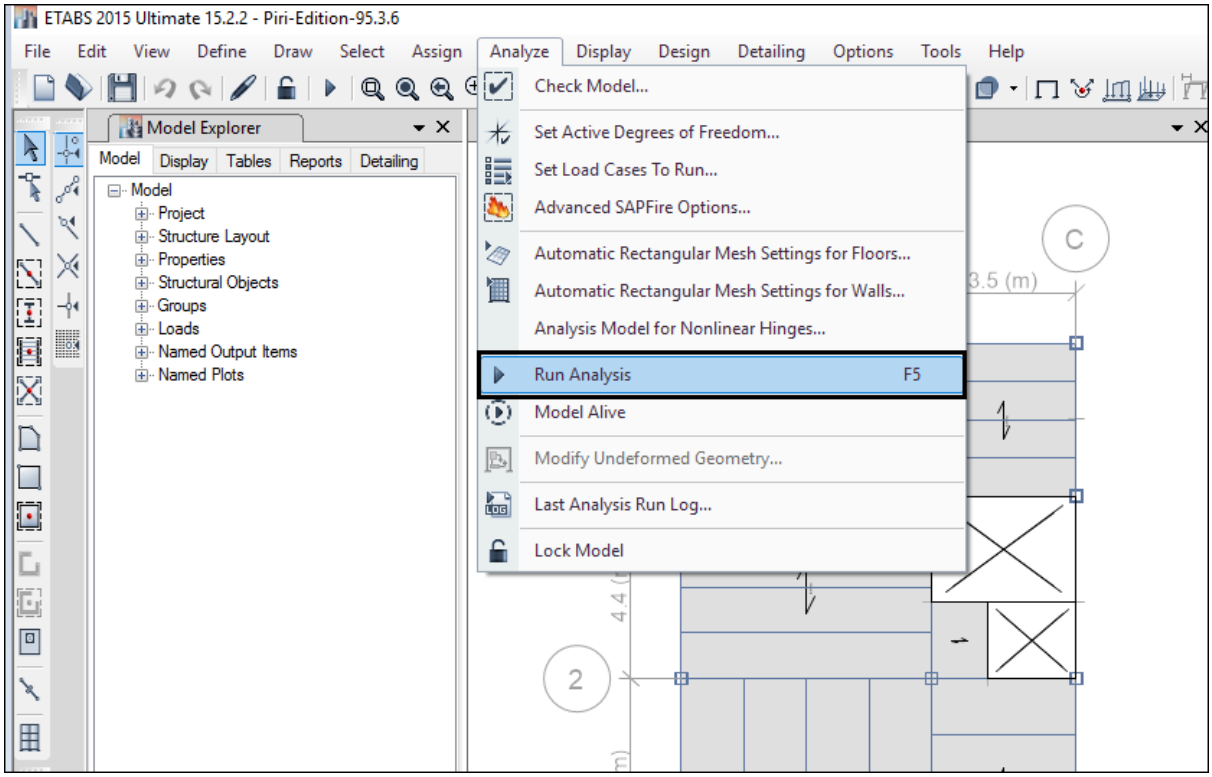
انتخاب الگوهای بار برای تحلیل

۲-۱۴-۴ شروع تحلیل

برای انجام تحلیل سازه از مسیر زیر اقدام می شود.

مسیر: Analyze >Run Analysis

در این مرحله سازه تحلیل می‌گردد. اما باید دقت کنیم که هر نتیجه‌ای که از نرم‌افزار حاصل می‌شود؛ لزوما قابل قبول نخواهد بود. چون همچنان که قبلا نیز گفته شده است، با توجه به اینکه بخشی از اطلاعات سازه توسط طراح تعریف می‌گردد و همچنین خود نرم‌افزار نیز بعلت قفل شکسته بودن دارای خطا می‌باشد؛ پس می‌توان گفت در رابطه با اطلاعات خروجی باید دقت کافی بعمل آید تا نتایج غیرمنطقی و غیرقابل قبولی حاصل نشود. در صورتی که نتایج برخلاف واقعیت مهندسی باشد باید بر اساس منطق مهندسی مهندس طراح تشخیص و بعد از کنترل اصلاح گردد.

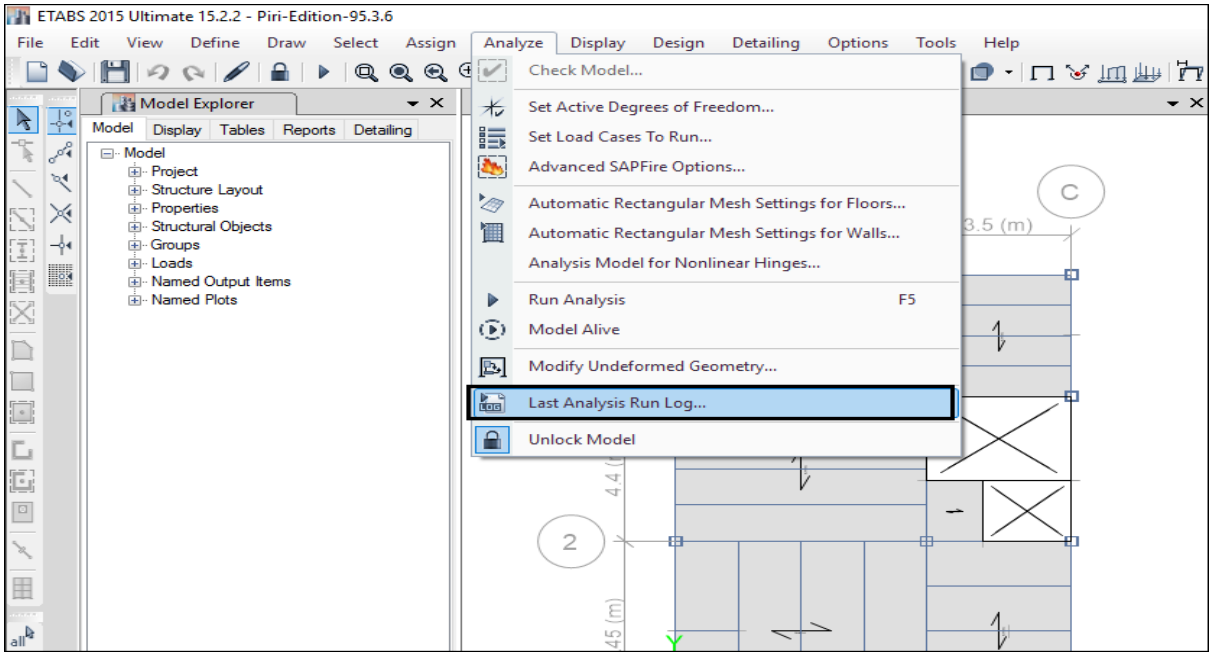


مسیر انجام تحلیل سازه

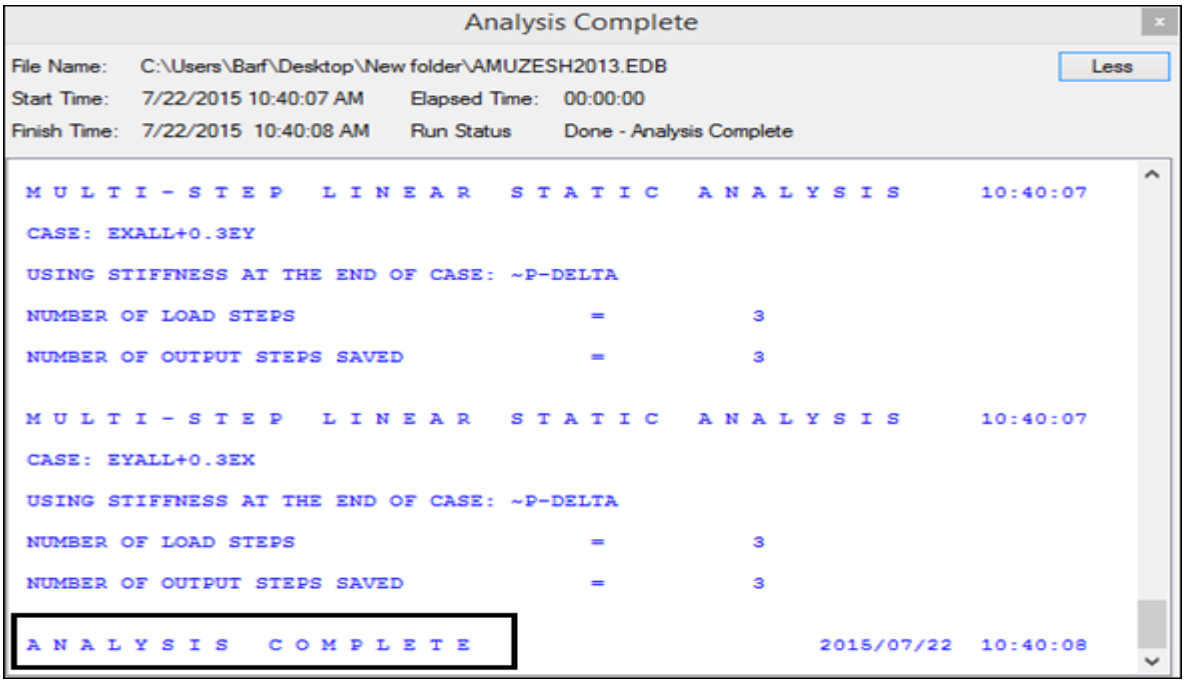
۲-۱۴-۵ کنترل خروجی‌های تحلیل

بعد از تحلیل سازه باید نتایج تحلیل و خروجی‌های آن کنترل شود تا از صحت تحلیل اطمینان حاصل شود.

✓ گام اول: کنترل گزارش تحلیل: Analyze > Last Analysis Run Log



در گزارش تحلیل نباید هیچ گونه WARNING وجود داشته باشد. در صورت وجود WARNING باید سازه بررسی و مشکل رفع گردد. در صورتی که نتوان WARNING را برطرف نمود باید مدلسازی و تحلیل سازه دوباره انجام شود. و در پایان هر گزارش باید ANALYSIS COMPLETE مشاهده گردد.

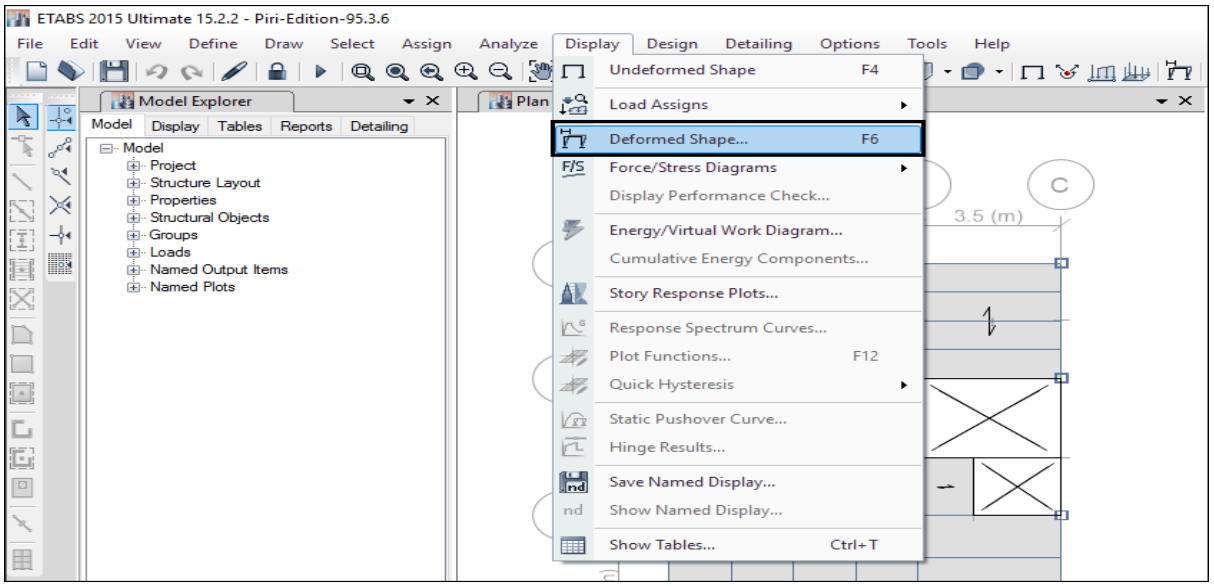


نمایش گزارش تحلیل

✓ گام دوم: کنترل تغییر شکل استاتیکی سازه

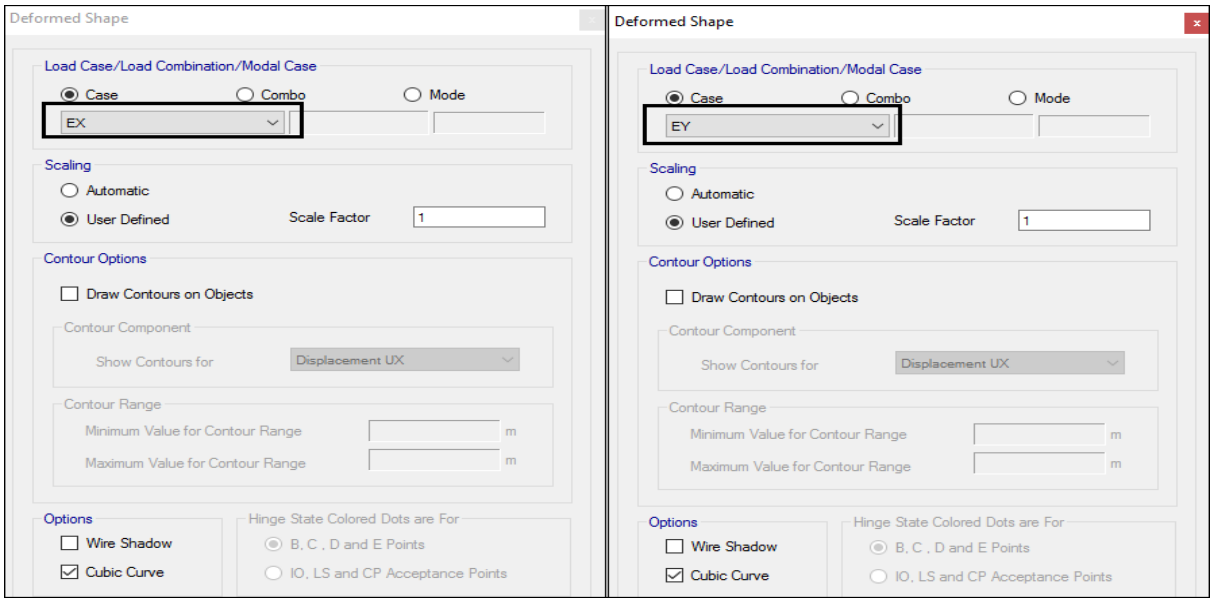
سازه در تحلیل استاتیکی معادل باید بر اساس مود اول، تغییر شکل جانبی داشته باشد. برای نمایش تغییر شکلهای سازه از مسیر زیر اقدام می شود.

مسیر: Display > Deformed shape

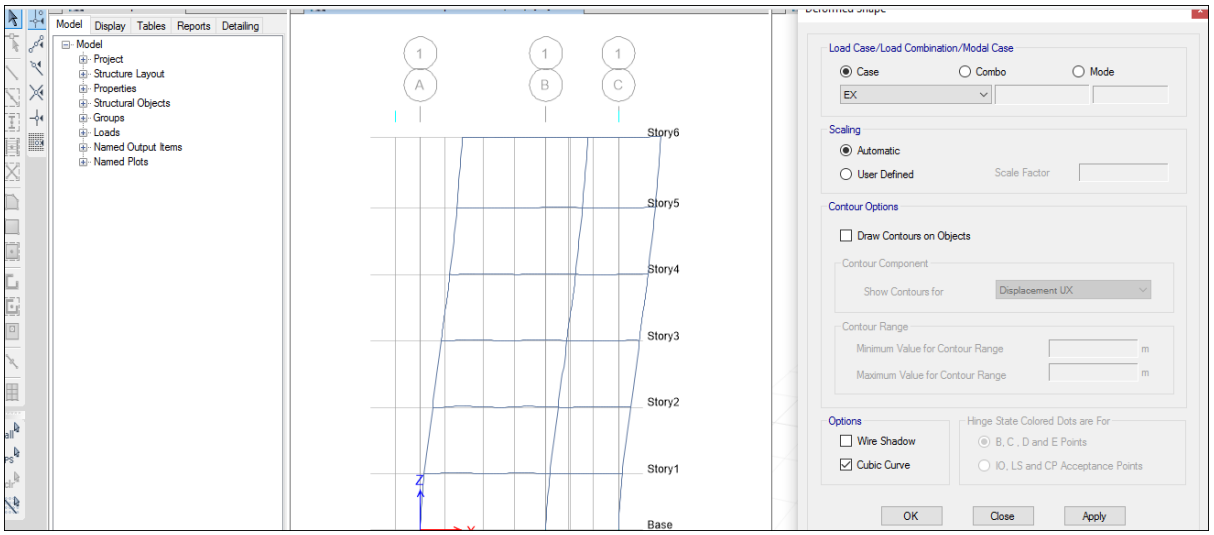


مسیر نمایش تغییر شکلهای سازه

بعد از انتخاب گزینه Deformed Shape شکل زیر ظاهر می گردد که در آن بای نماش تغییر شکلهای راستای x در قسمت Case باید Ex و برای نمایش تغییر شکلهای راستای y باید Ey انتخاب گردد.



انتخاب الگوی بار برای نمایش تغییر شکل



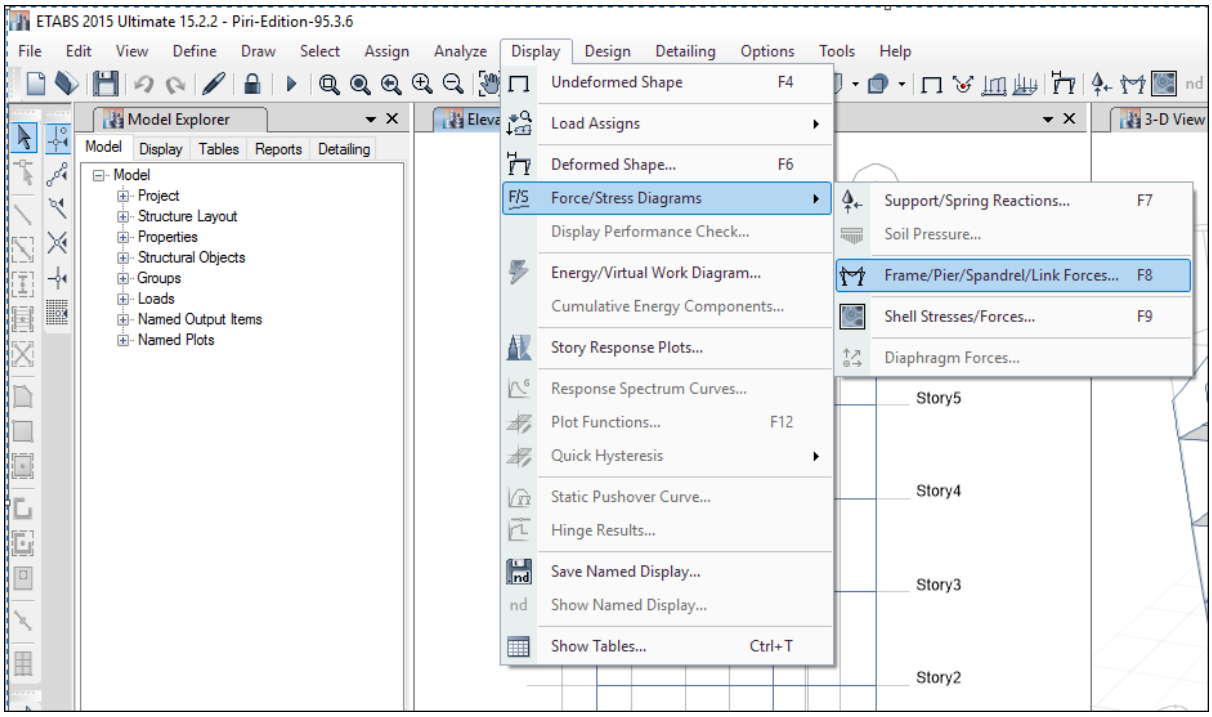
نمایش تغییر شکل جانبی سازه

۲-۱۵ نمایش خروجی‌های تحلیل

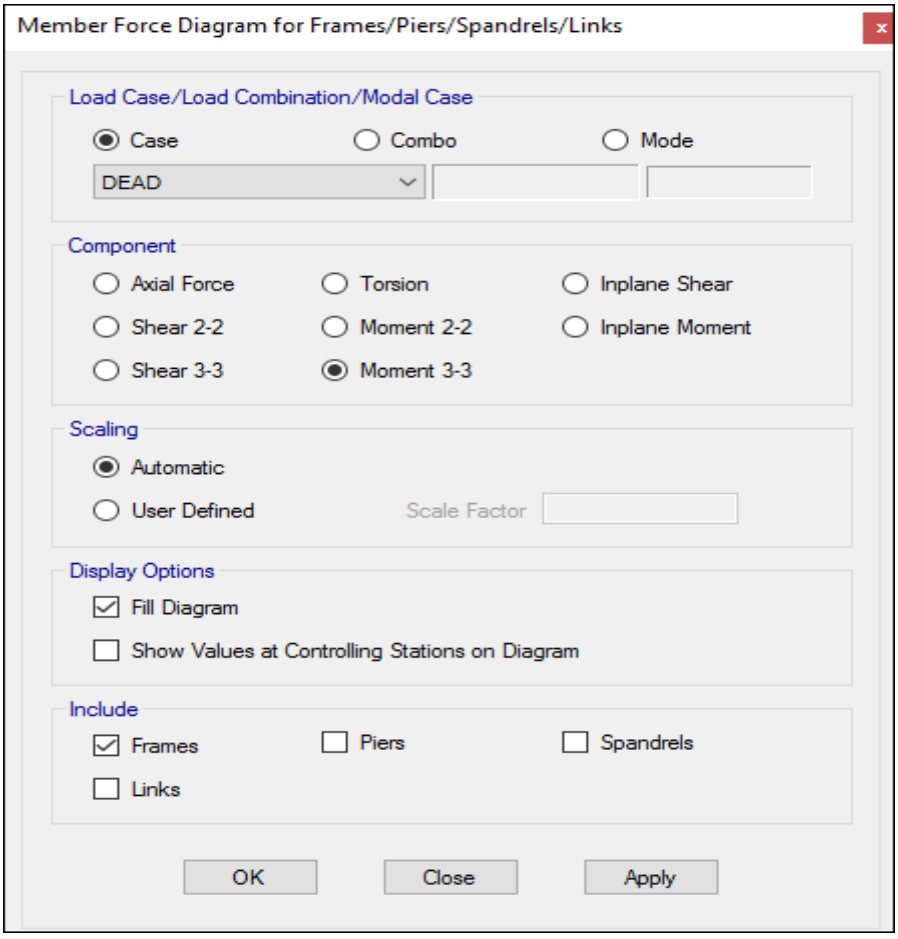
برای نمایش خروجی‌های تحلیل بصورت زیر اقدام می‌شود.

۲-۱۵-۱ نمایش نیروهای داخلی المانها

مسیر: Display > Forces/ Stress Diagram > Frame/ pier/ Spandrel/link Forces

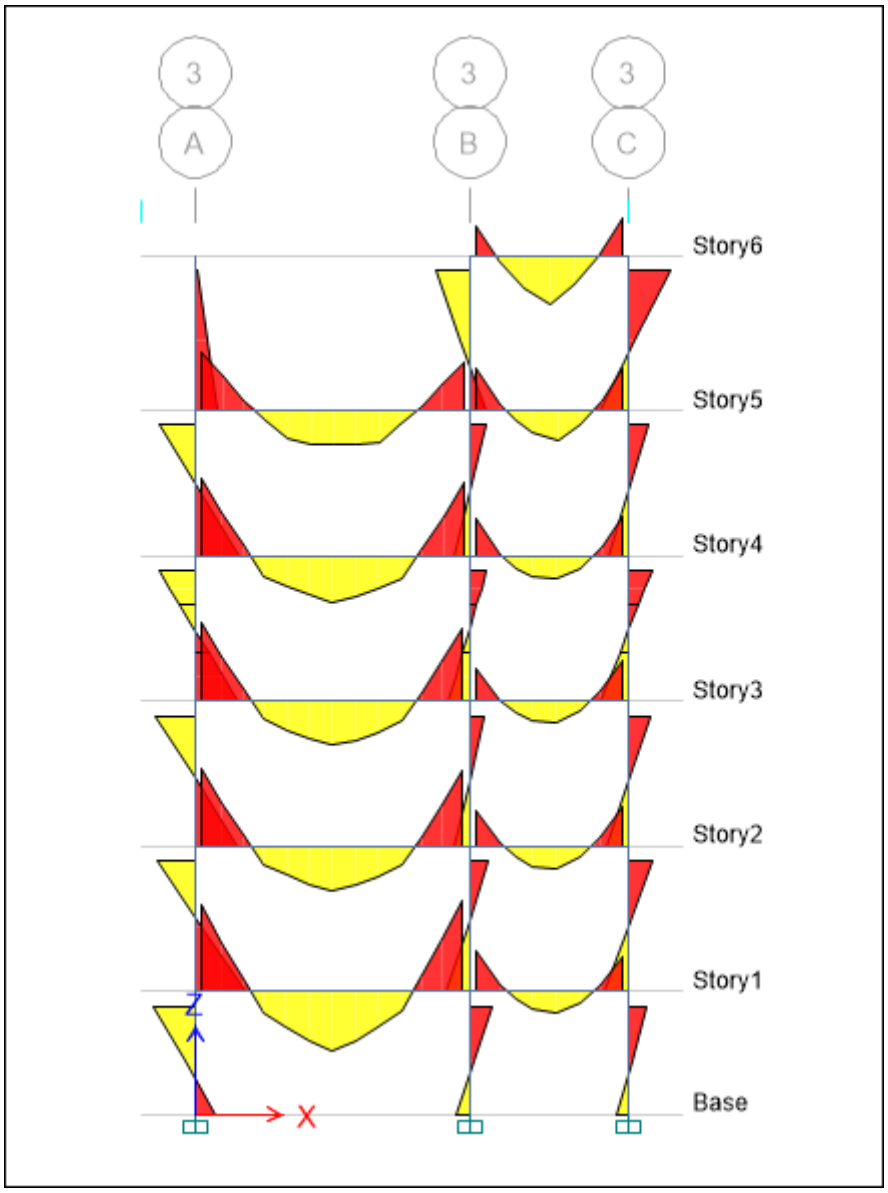


مسیر نمایش نیروهای داخلی



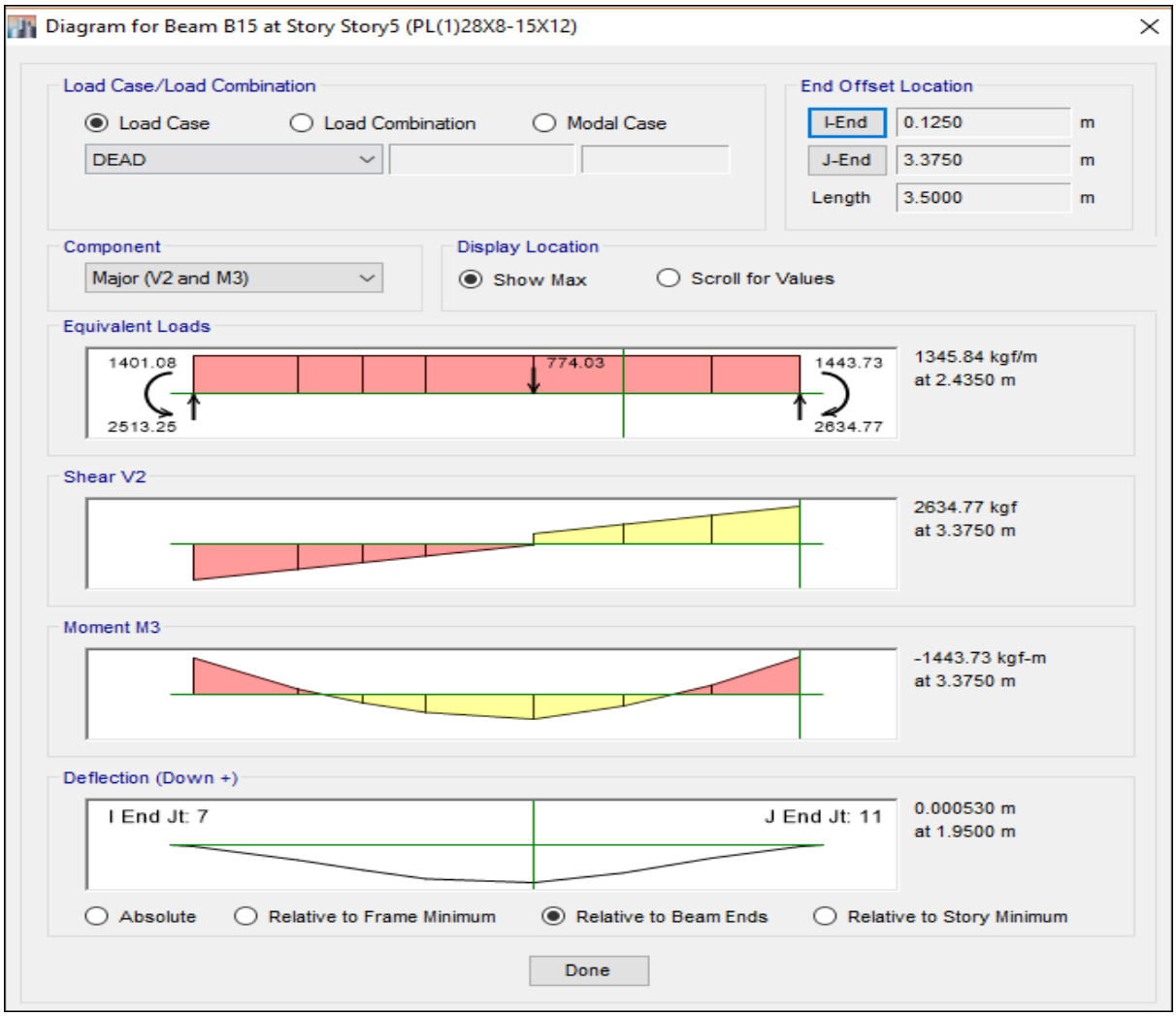
صفحه انتخاب نوع تلاش داخلی و الگوی بار

برای مثال در شکل بالا دیاگرام نیروی داخلی لنگر خمشی حول محور ۳-۳ تحت بارگذاری بار مرده انتخاب شده است که در صورتی که گزینه Ok را انتخاب کنیم دیاگرام لنرگ داخلی المانها بصورت زیر نمایش داده خواهد شد.



نمایش دیاگرام لنگر داخلی المانها حول محور ۳-۳

برای نمایش جزئیات تلاشهای داخلی هر کدام از المانها می‌توان بر روی آن المان کلیک راست نموده و جزئیات زیر را مشاهده نمود.



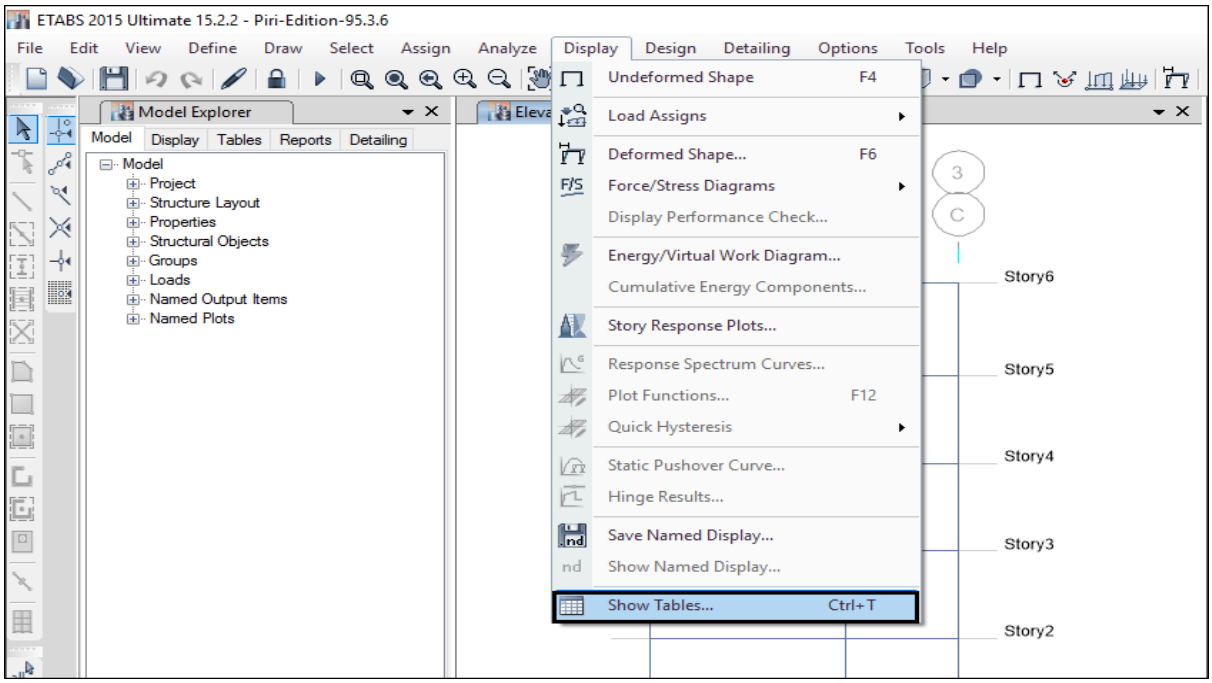
نمایش جزئیات تلاشهای داخلی یکی از المانها

قسمت Equivalent Load نشان دهنده واکنشهای تکیه‌گاهی عضو، قسمت Shear V2 نشان دهنده دیاگرام تلاش برشی در راستای محور ۲، قسمت Moment M3 نشان دهنده دیاگرام تلاش خمشی عضو حول محور ۳-۳ است. در قسمت Deflection (Down +) مقدار خیز عضو نمایش داده شده است.

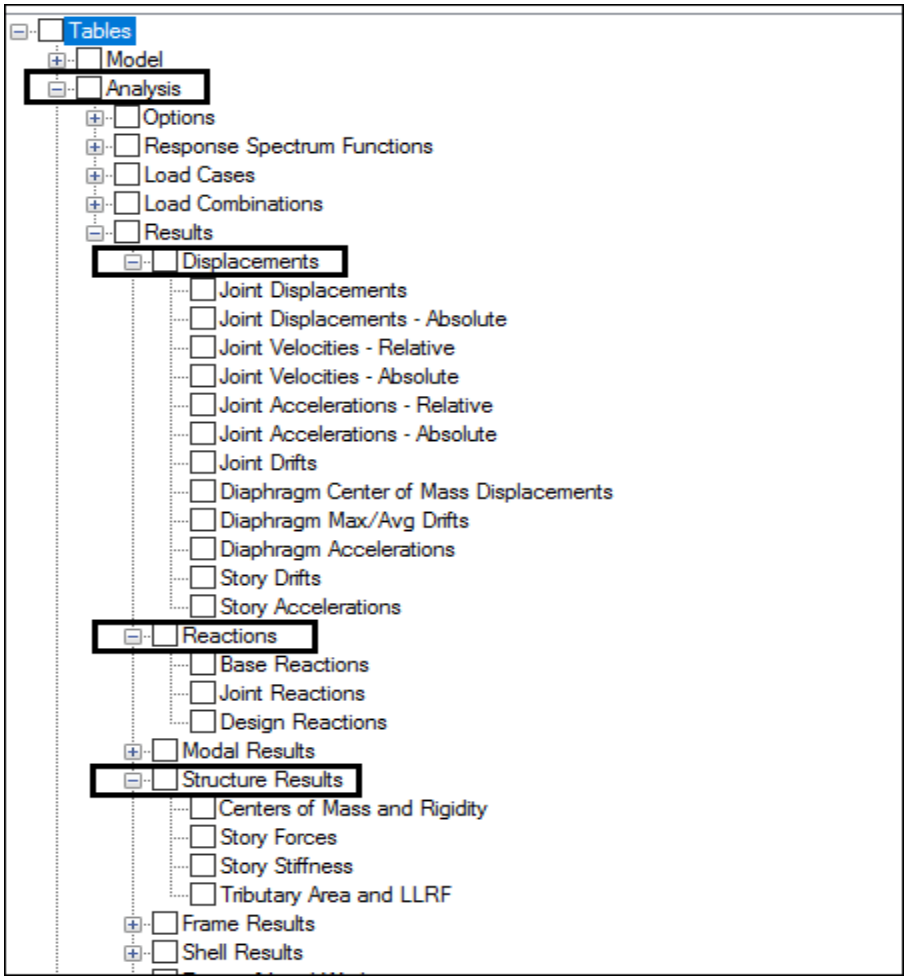
۲-۱۵-۲ نمایش خروجی های از قسمت Show Tables

برای نمایش سایر جزئیات و خروجی‌های سازه بعد از تحلیل انجام شده، می‌توان از مسیر نشان داده شده اقدام نمود.

مسیر: Display > Show Tables

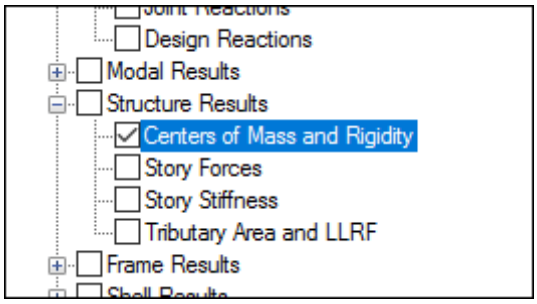


مسیر نمایش خروجی‌های بعد از تحلیل

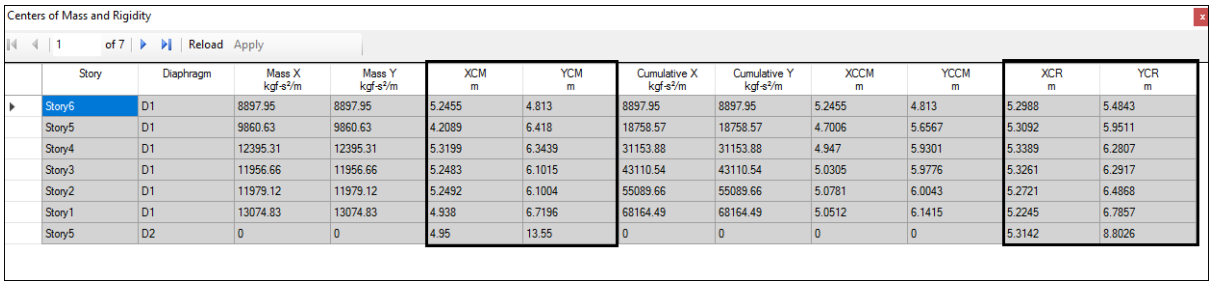


نمایش قسمتهای مختلف برای نشان دادن خروجی‌های مختلف

از مابین خروجی‌های نشان داده شده در شکل بالا، مختصات مرکز جرم و سختی نمایش داده می شود. برای بررسی جزئیات مربوط به مرکز جرم و سختی طبقات باید در شکل بالا از قسمت Structure Results گزینه Centers of Mass and rigidity انتخاب گردد.



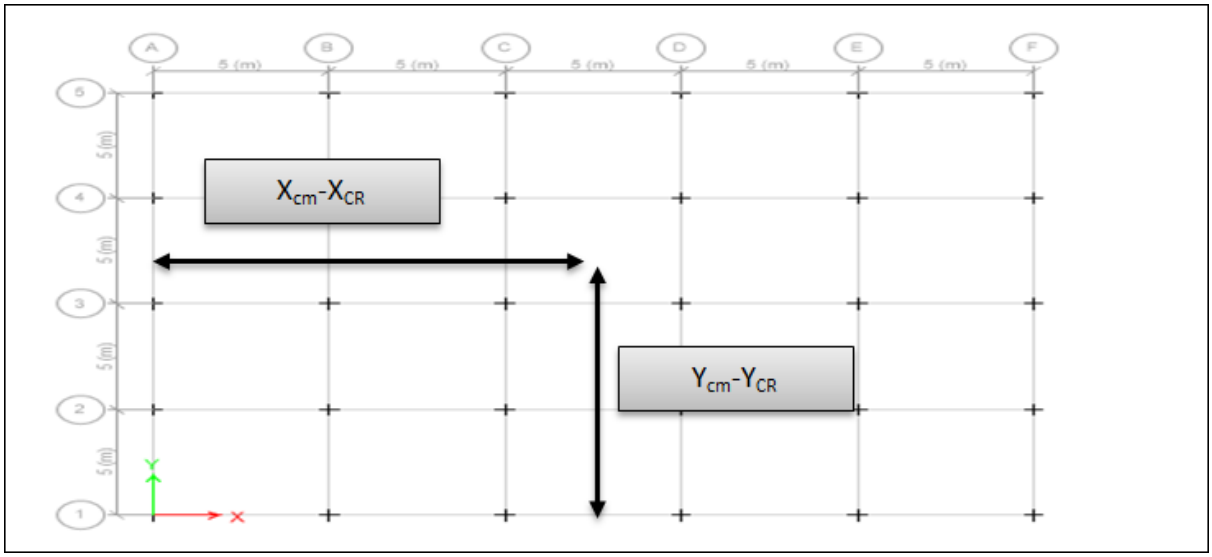
انتخاب گزینه نمایش مرکز جرم و سختی


Centers of Mass and Rigidity

Story	Diaphragm	Mass X kgf-s²/m	Mass Y kgf-s²/m	XCM m	YCM m	Cumulative X kgf-s²/m	Cumulative Y kgf-s²/m	XCCM m	YCCM m	XCR m	YCR m
Story6	D1	8897.95	8897.95	5.2455	4.813	8897.95	8897.95	5.2455	4.813	5.2988	5.4843
Story5	D1	9860.63	9860.63	4.2089	6.418	18758.57	18758.57	4.7006	5.6567	5.3092	5.9511
Story4	D1	12395.31	12395.31	5.3199	6.3439	31153.88	31153.88	4.947	5.9301	5.3389	6.2807
Story3	D1	11956.66	11956.66	5.2483	6.1015	43110.54	43110.54	5.0305	5.9776	5.3261	6.2917
Story2	D1	11979.12	11979.12	5.2492	6.1004	55089.66	55089.66	5.0781	6.0043	5.2721	6.4868
Story1	D1	13074.83	13074.83	4.938	6.7196	68164.49	68164.49	5.0512	6.1415	5.2245	6.7857
Story5	D2	0	0	4.95	13.55	0	0	0	0	5.3142	8.8026

نمایش مختصات مرکز جرم و سختی

در شکل بالا گزینه‌های XCM و YCM مختصات مرکز جرم و گزینه‌های XCR و YCR مختصات مرکز سختی را نشان می‌دهند. برای بررسی مقدار خروج از مرکزیت باید مختصات مرکز جرم و سختی را از هم کم نمایم تا مقدار خروج از مرکزیت برای هر راستا مشخص گردد.



نمایش فاصله مرکز جرم و سختی از مبدا مختصات

۲-۱۶ طراحی سازه های فولادی(LRFD)

۲-۱۶-۱ اعمال ضوابط طرح لرزه ای

طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در طراحی سازه‌های فولادی باید ضوابط طرح لرزه‌ای نیز در نظر گرفته شود. مطابق بند ۱۰-۳-۱-۳ مبحث دهم مقرارر ملی ساختمان اگر ضریب رفتار ساختمان کمتر از ۵ باشد در نظر گرفتن ضوابط طرح لرزه‌ای الزامی نیست.

مقررات ملی ساختمان – مبحث دهم ویرایش ۱۳۹۲- از نظر ضوابط طرح لرزه‌ای شباهت زیادی به آیین‌نامه AISC360-2010 دارد، اما باید برخی جزئیات این آیین‌نامه را در برنامه تغییر داد که به شرح آن می-پردازیم.

- ✓ **بررسی ترکیبات بار تشدید یافته**

ترکیب بار تشدید یافته مبحث دهم مطابق دو رابطه زیر می باشد :

$D + 1.2\ L + 1.2\ \Omega_0\ E$

$0.85D + 1.2\ \Omega_0\ E$

ترکیب بار تشدید یافته آیین نامه AISC360-05/IBC2006 مطابق منوال برنامه مطابق روابط زیر می باشد :

$(0.9 - 0.2\ S_{DS})\ DL \pm \Omega_0 Q_E$ (ASCE 12.4.3.2)

$(1.2 + 0.2\ S_{DS})\ DL \pm \Omega_0 Q_E + 1.0\ LL$ (ASCE 12.4.3.2)

در ترکیب بار تشدید یافته آیین‌نامه فولاد آمریکا یک ضریب وجود دارد تحت نام S_{DS} که مقدار آن به طور پیش فرض در برنامه برابر ۰/۲ است. همانطور که دیده می‌شود ضریب بار مرده ، زنده و زلزله در مبحث دهم و آیین نامهAISC با هم تفاوتهایی دارند. البته با توجه با اینکه در ترکیب بار تشدید یافته نقش اصلی را بار زلزله دارد می‌توانیم از اختلافاتی که در زمینه ضرایب بارهای مرده و زنده وجود دارد صرفنظر کنیم و این ترکیب بارها را به عنوان ترکیب بارهای تشدید یافته مورد نظر خود قبول نماییم.

نکته مهم : چون در ترکیب بارهای تشدید یافته مبحث دهم، روش حالت حدی بار زلزله دارای یک ضریب ۱/۲ است که در ترکیب بارهای تشدید یافته‌ی برنامه وجود ندارد، باید این ضریب را از جدول مذکور استخراج کرده و در عدد ۱/۲ ضرب کرده و سپس در برنامه وارد گردد.

ضریب اضافه مقاومت Ω_0 برای انواع سیستم های باربر جانبی لرزه ای

نوع سیستم باربر جانبی لرزه ای	Ω_0
کلیه قابهای خمشی فولادی	۳
کلیه قابهای ساختمانی ساده توام با مهاربندی هم محورو برون محور فولادی	۲
کلیه سیستمهای دوگانه یا ترکیبی	۲/۵

۲-۱۶-۲ تحلیل مرتبه دوم

یکی از تفاوتهای بارز روش LRFD نسبت به روش تنش مجاز، اعمال آثار مرتبه دوم در طراحی سازه‌های فولادی می‌باشد. در مبحث دهم مقررات ملی برای درنظر گرفتن آثار مرتبه دوم، سه روش پیشنهاد شده است که، همانند ضوابط آئین‌نامه AISC360-10 می‌باشد. در این پروژه برای در نظر گرفتن آثار مرتبه دوم، از روش تحلیل مستقیم استفاده می‌شود.

۲-۱۶-۱ روش تحلیل مستقیم

در این روش اثرهای ثانویه، تنشهای پس‌ماند و خطاهای هندسی بطور مستقیم در تحلیل سازه لحاظ می-شوند. در این روش از ضریب طول موثر استفاده نمی‌شود. این روش هیچ محدودیتی ندارد. در این روش بایستی: ۱) آثار نواقص هندسی(شمال کجی و ناشاقولی) در تحلیل مرتبه دوم منظور گردد. ۲) تحلیل سازه از نوع تحلیل مرتبه دوم باشد. ۳) تحلیل مرتبه دوم بر اساس سختی کاهش یافته اعضا صورت گیرد. تحلیل مرتبه دوم باید هر دو اثر $P-\delta$ و $P-\Delta$ را در برگیرد. روش تحلیل مستقیم در دو حالت سختی کاهش یافته و سختی متغیر قابل انجام است. سختی خمشی کاهش EI^* یافته باید در همه اعضایی که سختی خمشی آنها در پایداری سازه مشارکت دارند، به جای سختی عادی انها بکار رود. در تحلیل و طراحی به روش مستقیم برای تعیین مقاومت مورد نیاز در تحلیل مرتبه دوم باید به شرح زیر از ضرایب کاهشسختی استفاده شود. ۱) ضریب کاهش ۰/۸ برای کلیه سختی هایی که در پایداری سازه موثرند. ۲) علاوه بر ضریب

کاهش سختی ۰/۸، یک ضریب کاهش اضافی τ_b نیز به شرح زیر در سختی خمشی اعضایی که در پایداری سازه موثرند اعمال شود. این مقدار می‌تواند مقداری ثابت و یا متغیر همانند رابطه زیر داشته باشد.

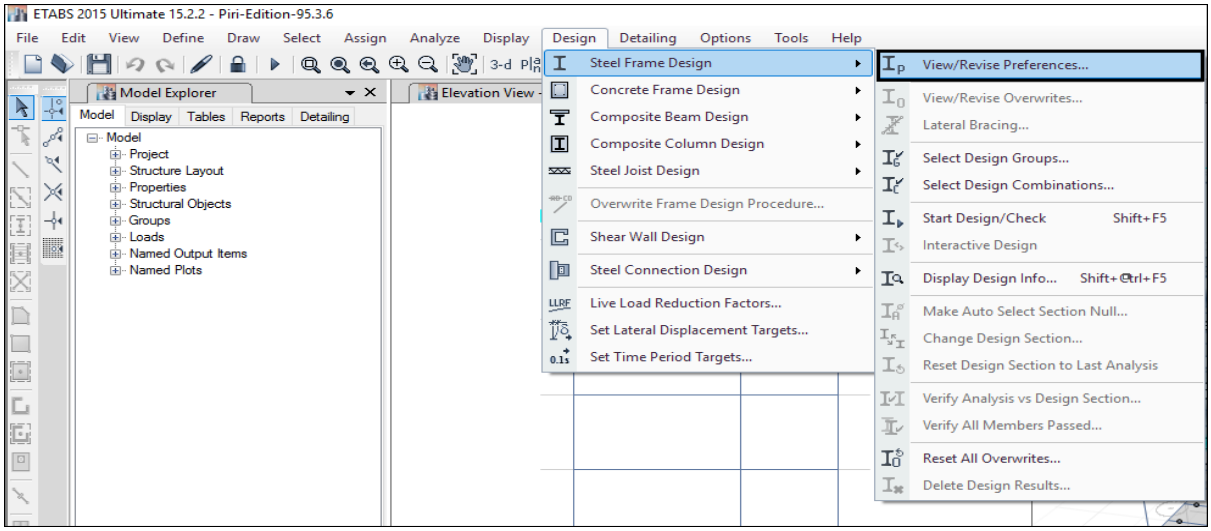
$$EI^{*} = 0.8\tau_b\, EI \quad , \quad \tau_b = \begin{cases} 1.0 & \frac{\alpha P_u}{P_y} \le 0.5 \\ 4\frac{\alpha P_u}{P_y}\left(1 - \frac{\alpha P_u}{P_y}\right) & \frac{\alpha P_u}{P_y} > 0.5 \end{cases}$$

در رابطه فوق P_u مقاومت فشاری مورد نیاز و P_y مقاومت تسلیم محوری است. لازم به ذکر است که در تمام حالات می‌توان τ_b را برابر ۱ در نظر گرفت، به شرطی که بار جانبی مجازی را ٪۵۰ بیش از حالت معمول، یعنی به مقدار ۰/۰۰۳ برابر بارهای ثقلی اعمال نمود. مقدار α در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان برابر ۱ در نظر گرفته شده است. همچنین سختی محوری کاهش یافته EA^{*} باید برای اعضایی که سختی محوری آنها در پایداری جانبی سازه مشارکت دارند بصورت زیر در نظر گرفته شود.

$$EA^{*} = 0.8EA$$

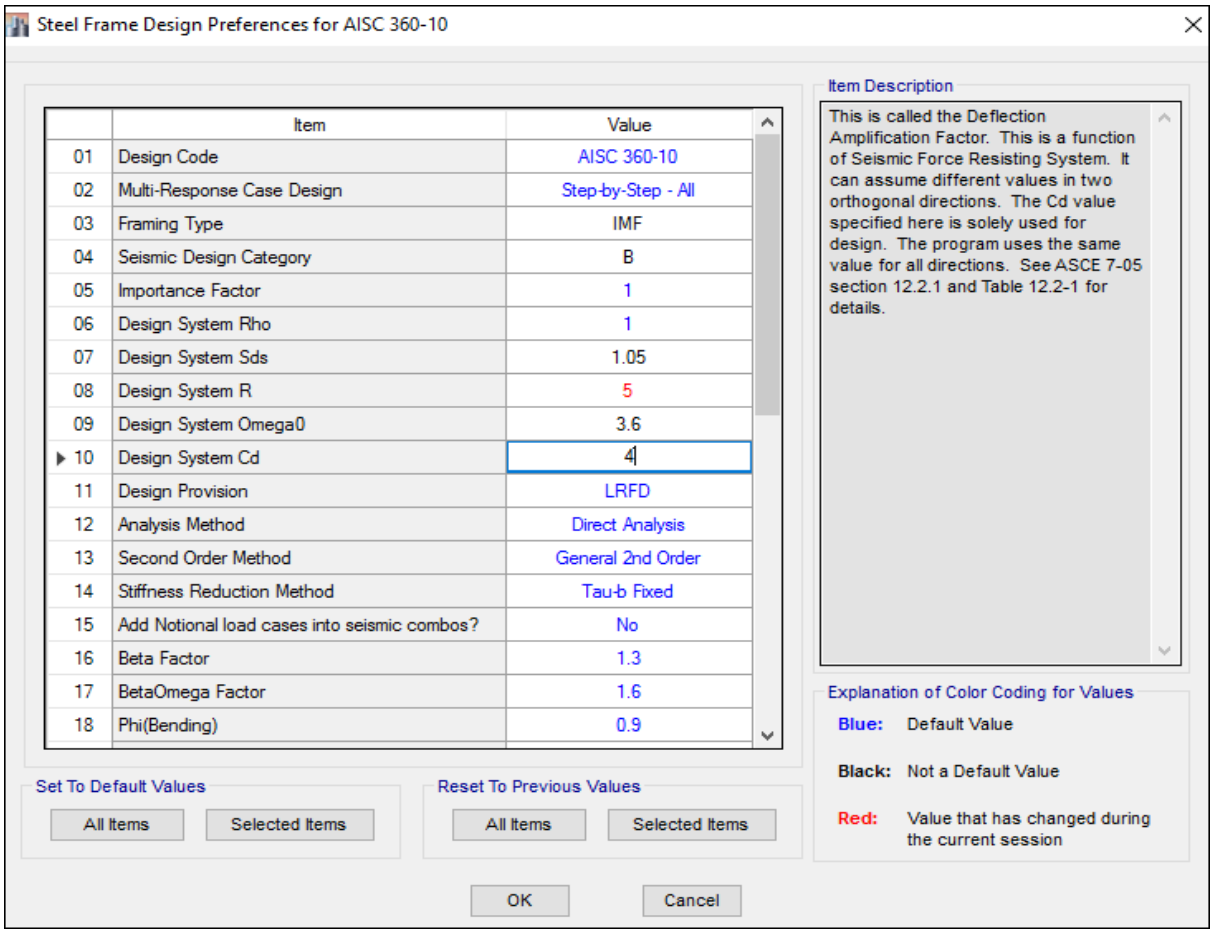
۲-۱۶-۳ انتخاب آیین نامه طراحی

مسیر: Design > Steel Frame Design > View/Revise Preferences



مسیر انتخاب آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی

تنظیمات مربوط به ضوابط طراحی لرزه ای بر اساس مبحث دهم و آئین‌نامه AISC360-10 در ادامه آورده شده است.



تنظیمات آیین‌نامه از ردیف ۰۱ تا ۱۸

در ردیف ۰۳ نوع سیستم مقاوم جانبی انتخاب می‌گردد. که باید بر اساس نوع سیستم مقاوم جانبی سازه اعمال گردد. انواع سیستمهای مقاوم جانبی که در این ردیف می‌توان انتخاب نمود به شرح زیر است:

SMF: قاب خمشی ویژه

IMF: قاب خمشی متوسط

OMF: قاب خمشی معمولی

SCBF: قاب مهاربندی همگرای ویژه

OCBF: قاب مهاربندی همگرای معمولی

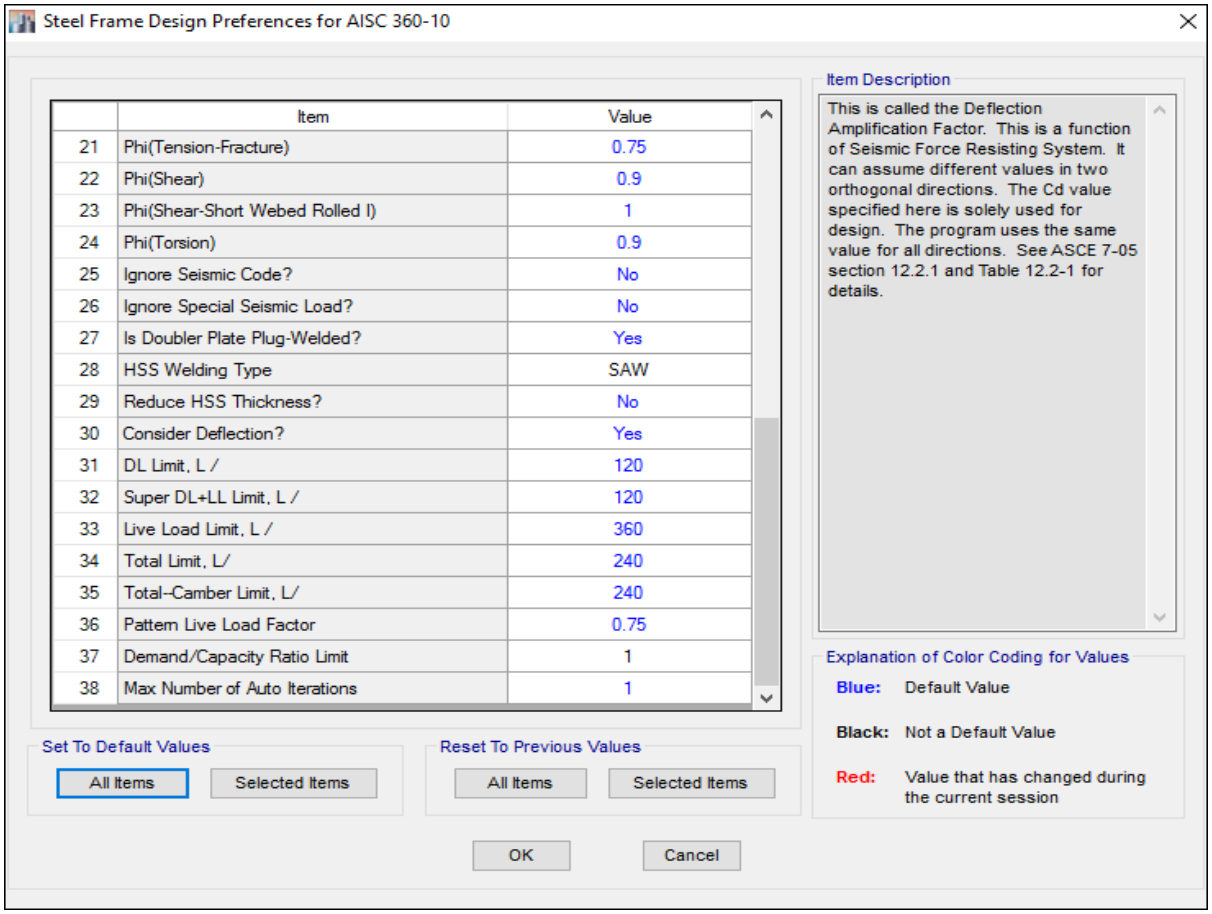
OCBFI: قاب مهاربندی همگرای معمولی جدا سازی شده

EBF: قاب مهاربندی واگرا

در ردیف ۰۴ منطقه لرزه‌خیزی انتخاب می شود. برای اعمال ضوابط لرزه‌ای آیین‌نامه باید از مابین گزینه‌های A، B و C باید یکی به اختیار انتخاب گردد. در صورتی که ناحیه‌های D، E و F انتخاب شوند ضوابط لرزه‌ای برای سازه توسط برنامه مانی اعمال می‌گردد که در ردیف ۰۸ ضریب رفتار بیش از ۳/۵ وارد گردد.

در ردیف ۰۵ ضریب اهمیت سازه وراد می گردد. در ردیف ۰۶ ضریب نامیعنی سازه(ρ) وارد میگردد که چگونگی تعیین آن برای انواع سازه‌ها در پیوست جزوه آورده شده است. مقدار ضریب رفتار در ردیف ۰۸، ضریب تشدید(Ω_0) در ردیف ۰۹ وارد می گردد که مقدار آن بعد ا استخراج از جدول مبحث دهم که برای هر سیستم مقاوم جانبی مشخص شده است، باید به عدد ۱/۲ ضرب و در این ردیف وارد گردد. در ردیف ۱۰ مقدار Cd وارد میگردد. این ضریب برای تبدیل تغییر مکانهای الاستیک به غیر الاستیک(از جدول آئین نامه ۲۸۰۰) بکار می‌رود که، مقدار آن برای هر سیستم مقاوم جانبی از جدول ۳-۴ آیین‌نامه ۲۸۰۰ انتخاب می-گردد.

برای انجام تحلیل مرتبه دوم به روش تحلیل مستقیم باید در ردیف ۱۲ گزینه Direct Analysis و همچنین در ردیف ۱۳ گزینه General 2nd Order انتخاب شود. همچنین با انتخاب گزینه Tau-b Fixed مقدار ضریب کاهش سختی ناشی از تنشهای پسماند ۱ درنظر گرفته می‌شود.



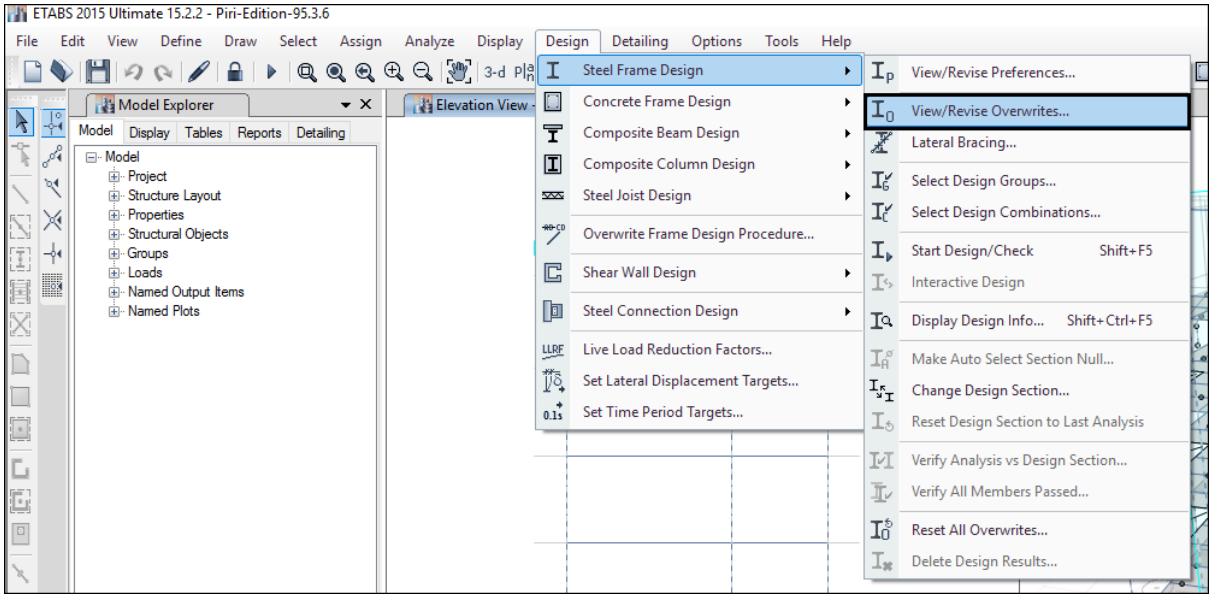
تنظیمات آیین‌نامه از ردیف ۲۱ تا ۳۸

در ردیف ۲۵ در صورتی که گزینه Yes انتخاب شود ترکیبات تشدید یافته ساخته نخواهند شد. همچنین اگر در ردیف ۲۶ گزینه Yes انتخاب شود ضوابط لرزه‌ای کنترل نمی‌شود. ردیف ۲۷ تنها در قابهای خمشی کاربرد دارد. این گزینه برای طراحی ضخامت ورق مضاعف کاربرد دارد. انتخاب گزینه Yes به این معنی است که ورق مضاعف به جان ستون با جوش کام و انگشتانه اتصال داده می‌شود. گزینه No به معنی جدا بودن این دو ورق است. ردیف ۲۸ روش جوشکاری مقاطع جدار نازک توخالی در این قسمت معرفی می‌شود. وقتی جوشکاری از نوع ERW(قوس الکتریکی تحت حفاظت) باشد، ضخامت t باید 0.93 برابر ضخامت اسمی جداره و برای مقاطع جوشکاری شده به روش SAW (قوس الکتریکی غوطه‌ور) ضخامت مزبور باید معادل ضخامت اسمی جداره در نظر گرفته شود. در ردیف ۲۹ کاهش و یا عدم کاهش ضخامت ورق مقطع جدارنازک بسته(لوله‌ای و جعبه‌ای) مشخص می‌شود. چون این کاهش در مبحث دهم اشاره نشده، مقدار آن را No قرار می‌دهیم.

۲-۱۶-۴ اختصاص پارامترهای طراحی

۲-۱۶-۴-۱ اختصاص پارامترهای طراحی ستون‌ها

انتخاب ستونها و مسیر: Design > Steel Frame Design > View/Revise Overwrites

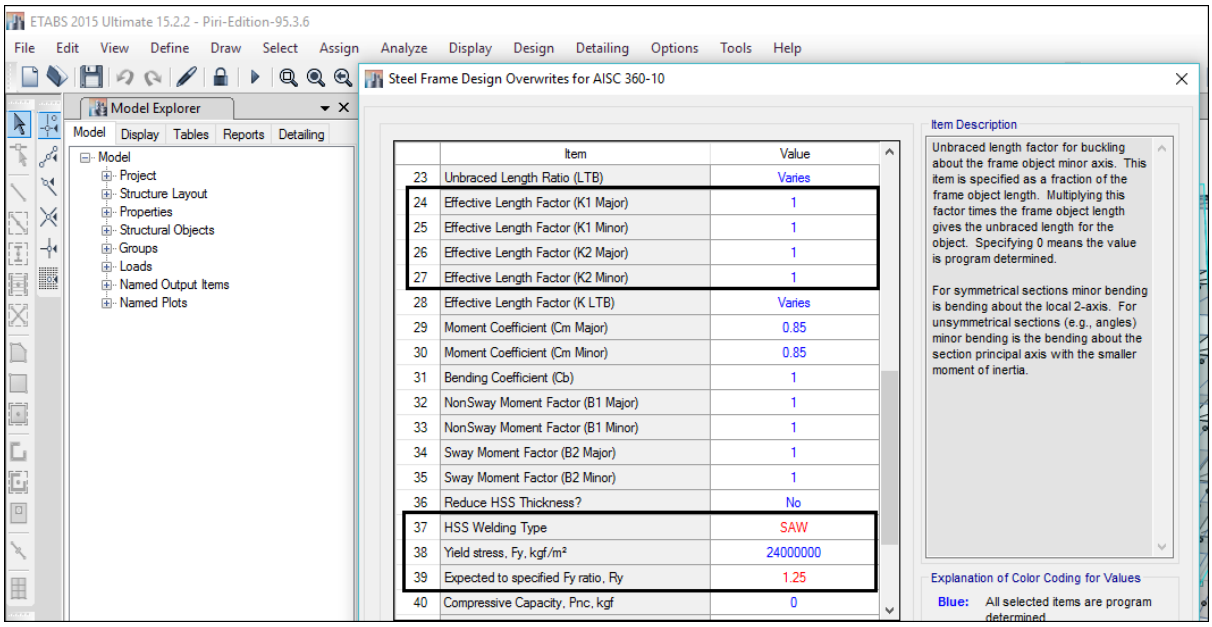


مسیر اختصاص پارامترهای طراحی

بعد از انتخاب گزینه View/Revise Overwrites شکل زیر ظاهر خواهد شد که در تنظیمات آن ضریب طول موثر و ضریب Ry باید وارد گردد. برای انتخاب Ry برای ستاونها باید به جدول مبحث دهم که در زیر آورده شده است رجوع شود. با توجه به اینکه مقاطع ستونها در این جزوه Box در نظر گرفته شده‌اند، پس مقدار Ry برابر ۱/۲۵ انتخاب و همانطور که در تنظیات مربوط به پارامترهای طراحی ستونها نشان داده شده است اعمال می‌گردد.

مقادیر R_y برای انواع تولیدات فولاد

نوع محصول	R_y
مقاطع لوله ای و قوطی شکل نورد شده	۱/۲۵
سایر مقاطع نورد شده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری	۱/۲۰
مقاطع ساخته شده از ورق ها و تسمه ها	۱/۱۵

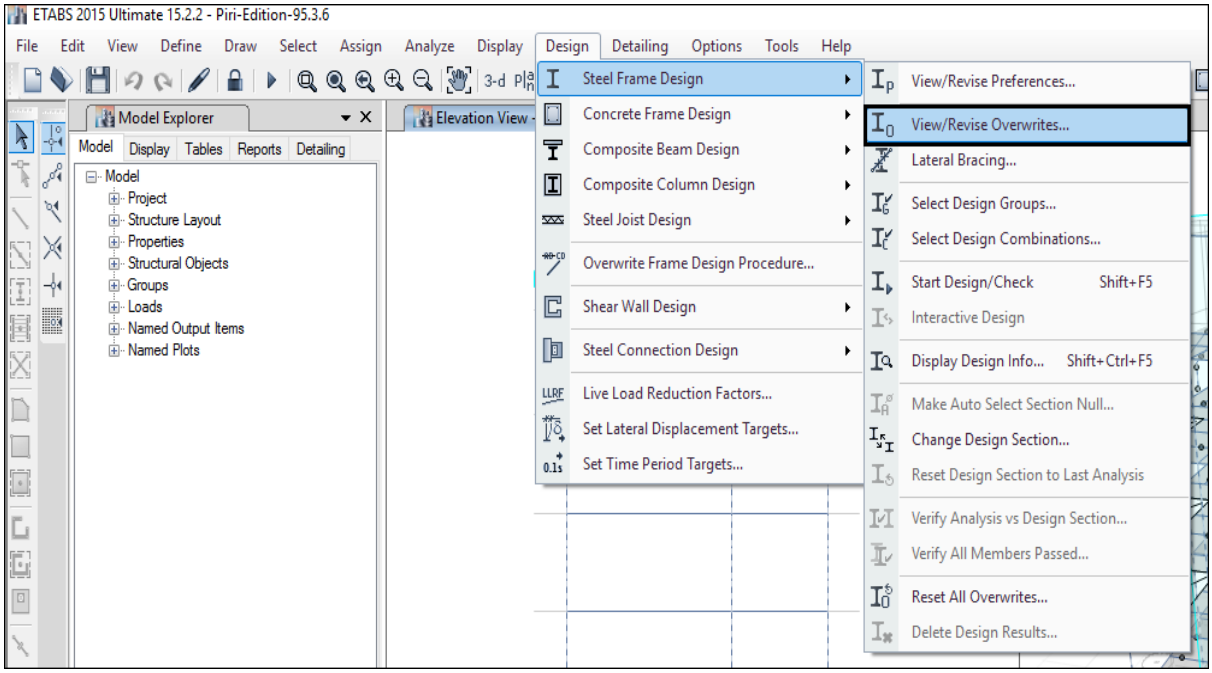


تنظیمات مربوط به پارامترهای طراحی ستونها

با توجه به اینکه از روش تحلیل مستقیم استفاده شده است، پس مقادیر ضرایب طول موثر عدد ۱ وارد می-شود. اگر عددی به غیر از ۱ وارد شود برنامه از مقدار آن صرفنظر می‌کند. همچنین لازم است گفته شود که R_y ضریب تنش تسلیم مورد انتظار می‌باشد.

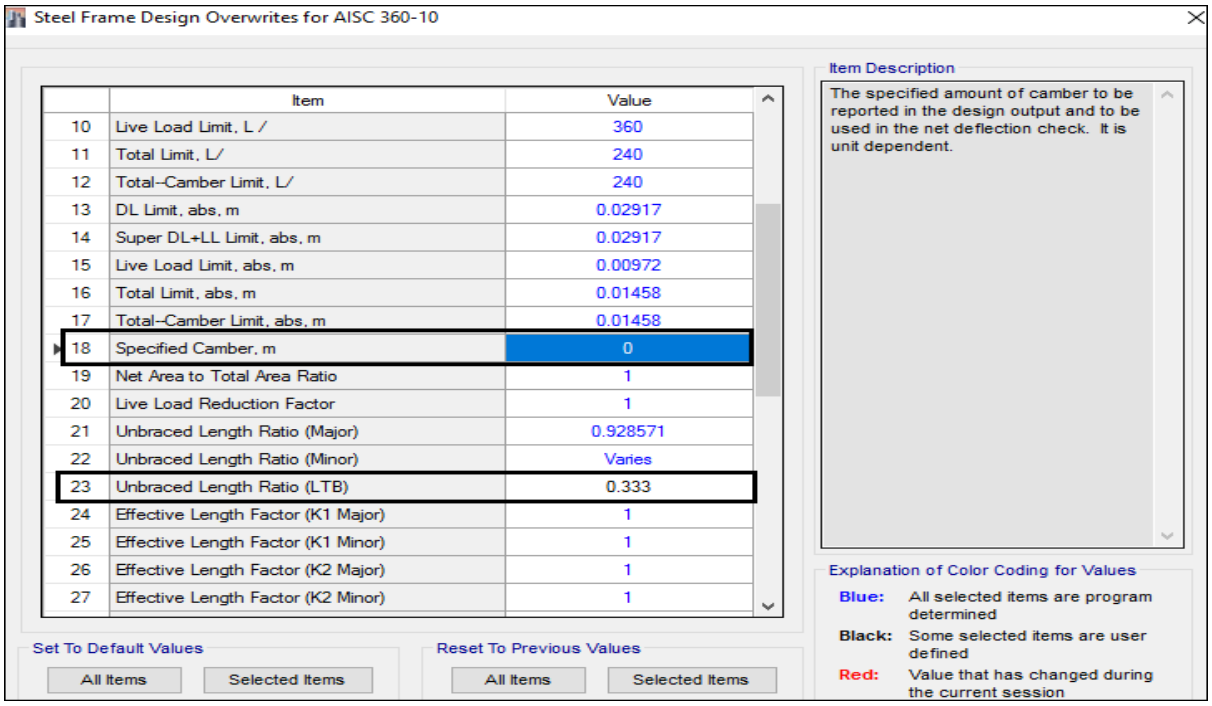
۲-۴-۱۶-۲ اختصاص پارامترهای طراحی تیرها

انتخاب تیرها و مسیر: Design > Steel Frame Design > View/Revise Overwrites



مسیر اختصاص پارامترهای طراحی

بعد از انتخاب گزینه View/Revise Overwrites شکل زیر ظاهر خواهد شد که در تنظیمات آن با توجه به اینکه مبحث دهم هیچ پیش خیزی در نظر نگرفته است این مقدار در ردیف ۱۸ برابر صفر و مقدار طول مهار نشده هم در ردیف ۲۳ وارد می‌گردد. با توجه به اینکه سقف سازه مورد نظر در این جزوه سقف عرشه فولادی است، لذا با توجه به تعداد تیرهای فرعی که هرکدام یک نوع مهار جانبی برای تیرهای اصلی هستند، مقدار طول مهار نشده برابر ۰/۳۳۳ وارد می‌گردد. همچنین مقدار Ry هم برای تیرها بر اساس شکل مقطع تیرها که I شکل است، ۱/۲ انتخاب و در تنظیم پارامترهای طراحی در ردیف ۳۹ وارد می‌گردد. همچنین لازم به توضیح است که در صورتی که سقف سازه تیرچه و بلوک باشد، با توجه به اینکه در سقف تیرچه و بلوک بال فشاری تیرها در داخل بتن مدفون هستند، پس طول مهار نشده برای بال فشاری صفر است. لذا در نرم‌افزار عددی نزدیک به صفر وارد می‌شود.

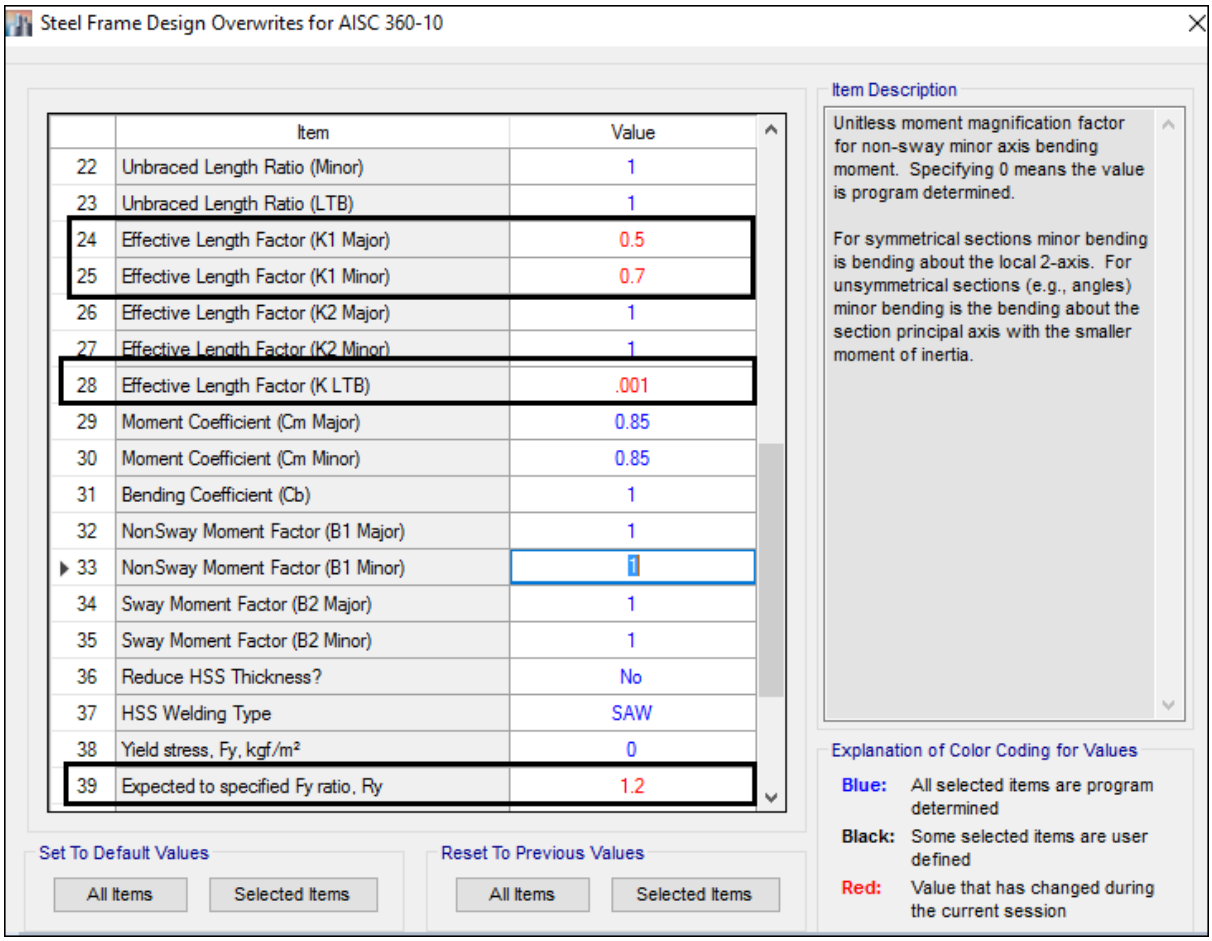


تنظیم پارامترهای طراحی تیرها

در این پروژه با توجه به اینکه سیستم مقاوم جانبی قاب خمشی است، لذا بعد از اختصاص پارامترهای طراحی تیرها، بلافاصله سازه باید طراحی گردد. اما با توجه به اینکه در اکثر سازه‌ها مهاربند نیز وجود دارد در ادامه نحوه اختصاص پارامترهای طراحی مهاربندها گفته می‌شود.

۲-۱۶-۴-۳ اختصاص پارامترهای طراحی مهاربندها

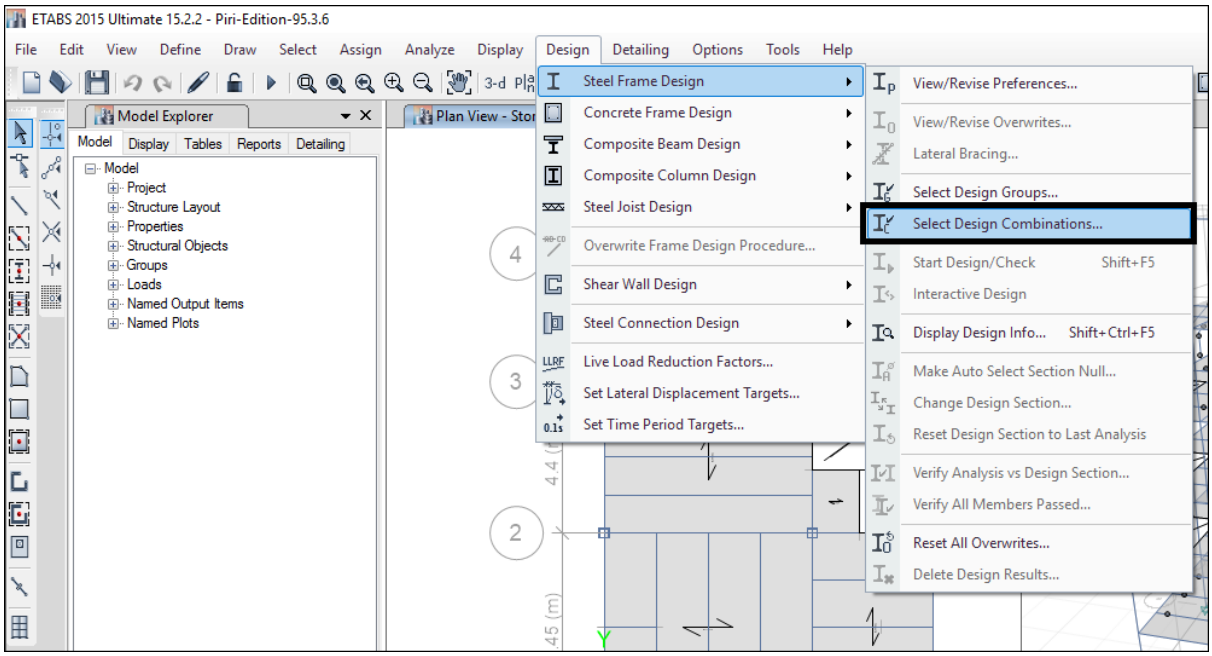
انتخاب مهاربندها و مسیر: Design > Steel Frame Design > View/Revise Overwrites



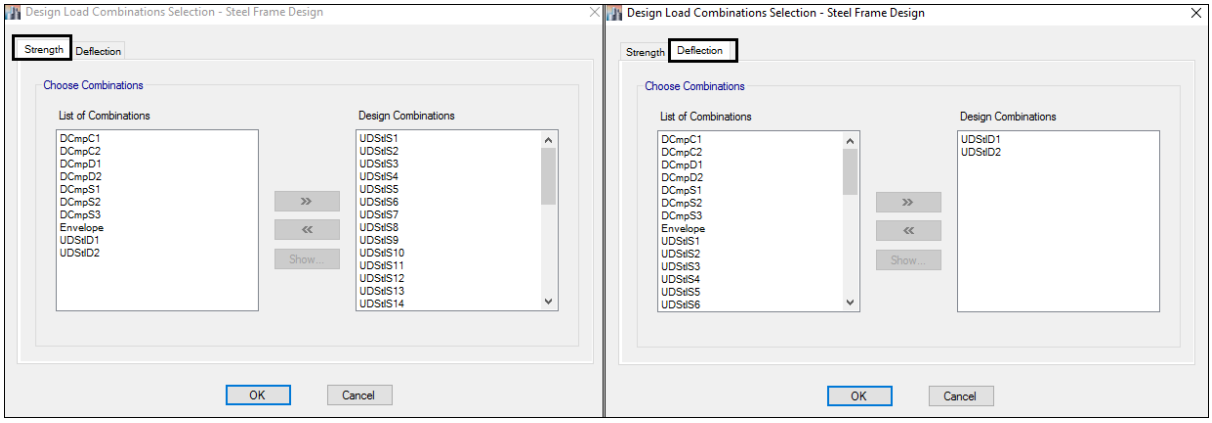
۲-۱۶-۵ انتخاب ترکیبات طراحی

لازم به توضیح است که در طراحی سازه های فولادی، برای کنترل خیز و تغییرشکل و هم برای طراحی سازه ترکیب بار جداگانه انتخاب می‌گردد. هر کدام از ترکیبات بار باید بر اساس آیین‌نامه طراحی که برای طراحی سازه انتخاب شده‌اند باید لحاظ گردد. انتخاب ترکیب بار جداگانه برای کنترل خیز در سازه های فولادی حاکی از آن است که، در سازه های فولادی کنترل خیز و تغییر شکل سازه بسیار مهم می باشد. لذا مهندسین طراح باید دقت نمایند که سازه های فولادی را بیش از حد لاغر و ضعیف طراحی نکنند چرا که در این صورت سازه‌های فولادی دچار ارتعاش قائم و جانبی محسوسی در زمان بهره‌برداری از سازه می‌گردد.

مسیر: Design > Steel Frame Design > Select Design Combinations



مسیر انتخاب ترکیبات بار طراحی



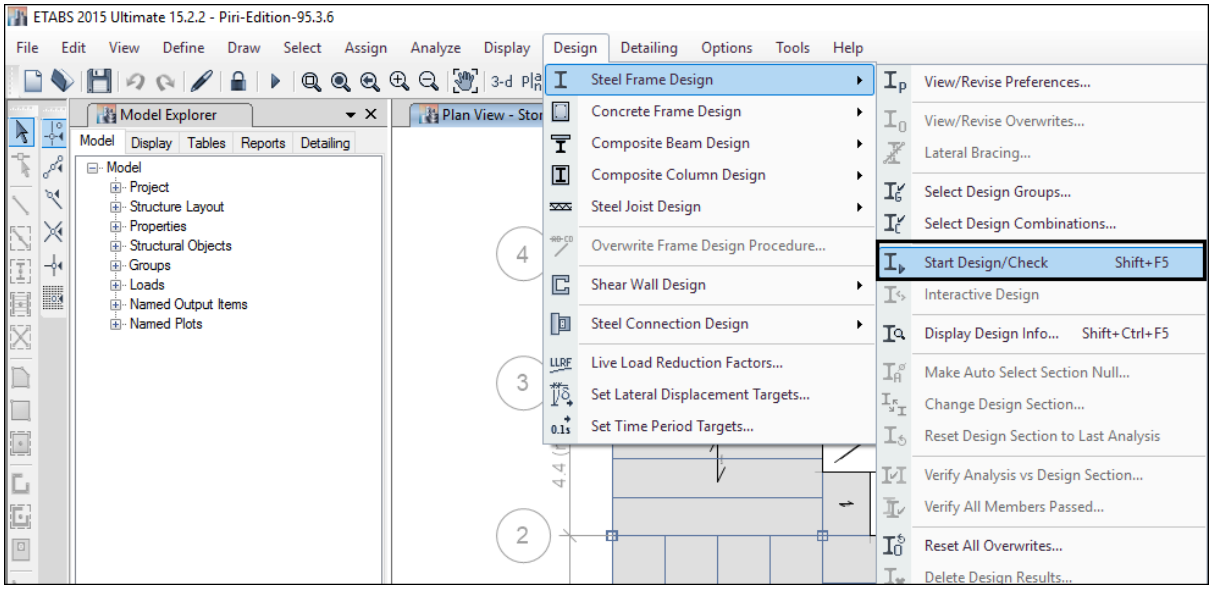
انتخاب ترکیبات بار سازه های فولادی

همچنان که در شکل نشان داده شده است، از سربرگ Strengh ترکیب بار طراحی سازه و از سربرگ Deflection ترکیب بار کنترل خیز انتخاب می‌گردد.

۲-۱۶-۶ طراحی سازه

بعد از انتخاب ترکیبات بار، سازه را طراحی می‌نماییم. در این مرحله سازه طراحی شده و نتایج حاصل از طراحی تحت عنوان خروجی‌های طراحی باید کنترل گردد تا از کفایت پاسخهای لرزه‌ای سازه اطمینان حاصل شود.

مسیر: Design > Steel Frame Design > Start Design/Check



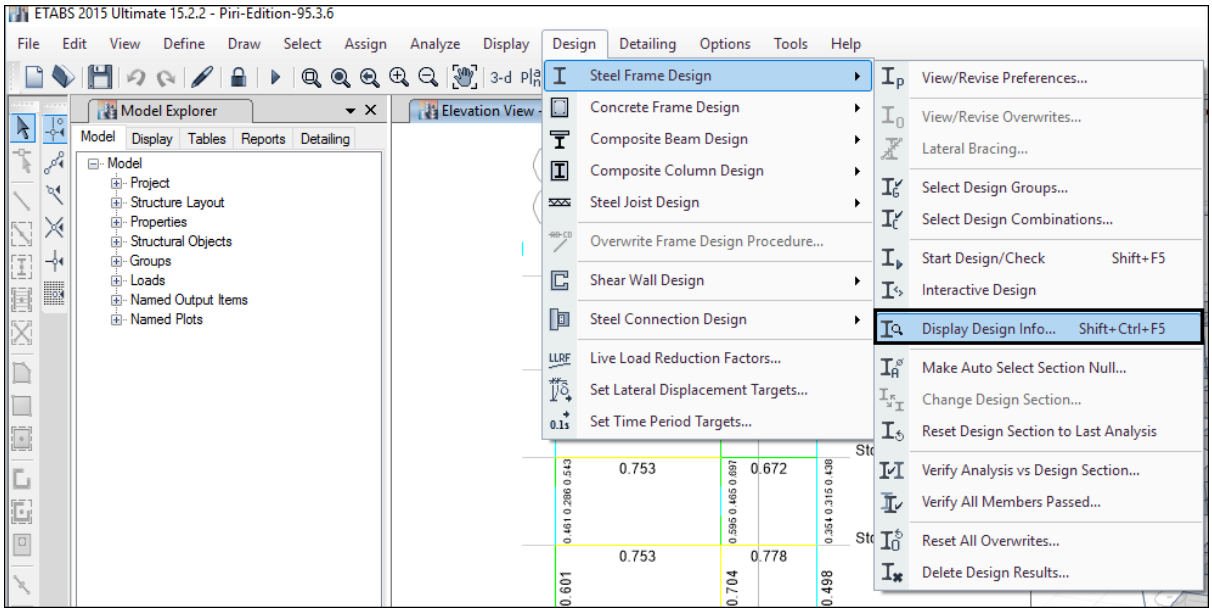
مسیر انتخاب گزینه طراحی سازه

۲-۱۶-۷ خروجی طراحی سازه

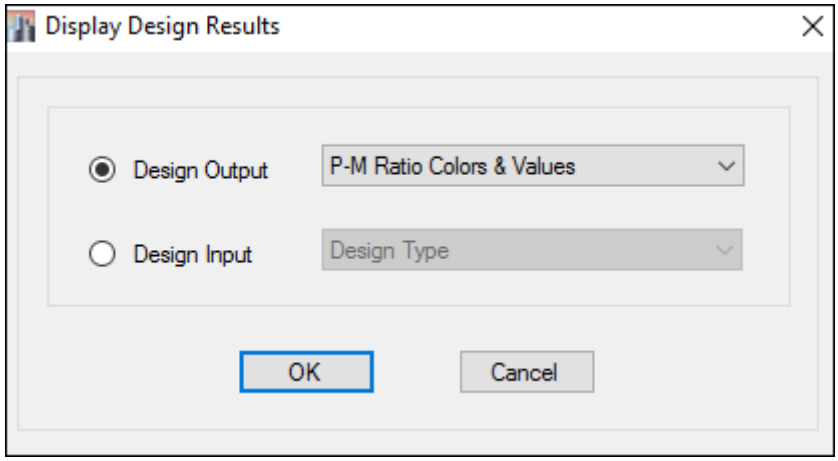
۲-۱۶-۷-۱ کنترل نسبت نیرو به ظرفیت المانها

کنترل کفایت مقاطع المانها در سازه‌های فولادی از طریقRatio انجام می شود. بوسیله Ratio، نسبت نیرو به ظرفیت در اعضا مشخص شده و مقاطع از نظر طراحی بررسی می گردند. اگر نسبت نیرو به ظرفیت کوچکتر از ۱ بوده و اقتصادی باشد، می‌توان مقاطع را قابل قبول تلقی نمود. در صورتی که نسبت نیرو به ظرفیت بزرگتر از ۱ باشد مقاطع از نظر طراحی جوابگو نیستند و باید تغییر یابند. که در ادامه نحوه تغییر مقاطع المانها توضیح داده خواهد شد.

مسیر: Design > Steel Frame Design > Display Design Info…

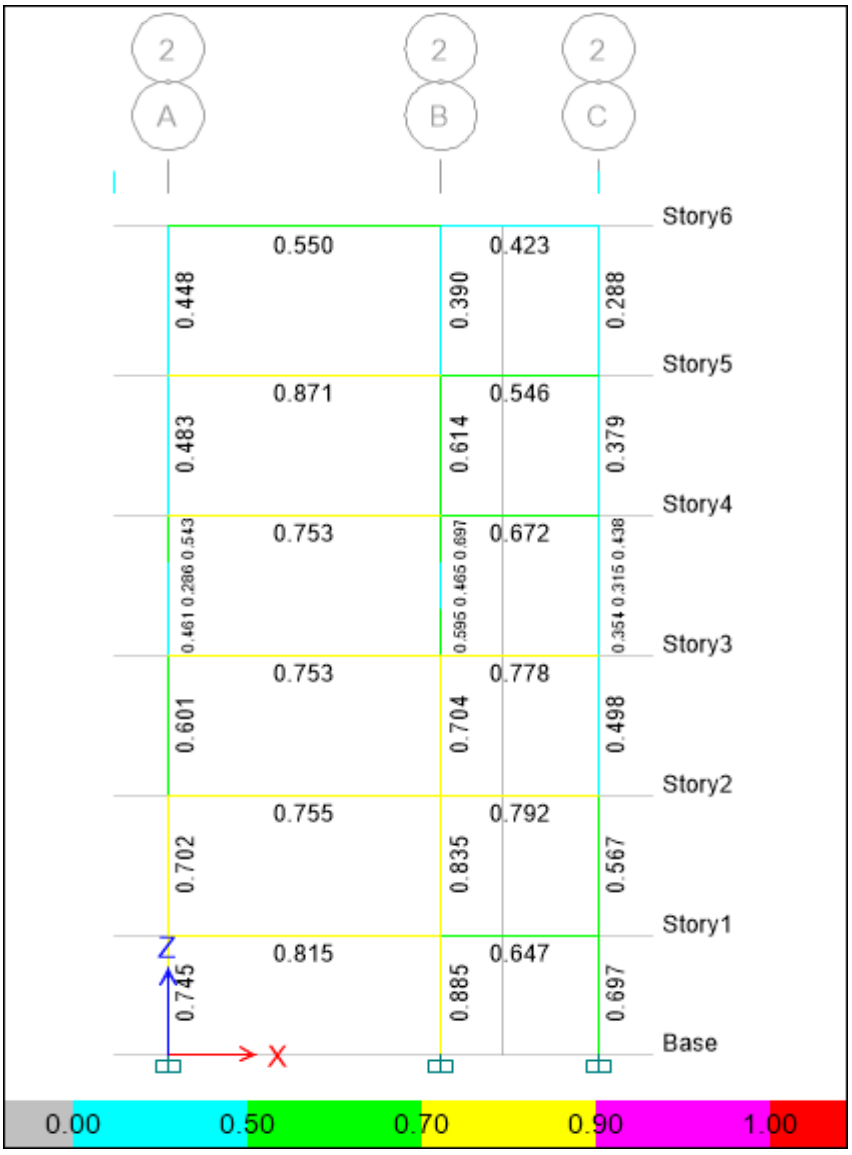


مسیر نمایش خروجی‌های طراحی سازه‌های فولادی



انتخاب نمایش نسبت نیرو به ظرفیت المانها(Ratio)

بعد از انتخاب گزینه نمایش نسبت نیرو به ظرفیت همانند شکل بالا، Ratio برای تمام المانها هم در قالب رنگ و هم بصورت عددی نمایش داده می شود. همچنان که گفته شده است، المانی که Ratio در آن کمتر از ۱ باشد از نظر طراحی جوابگوی تلاشهای داخلی است. اما در صورتی که بزرگتر از ۱ نمایش داده شود، یعنی المان برای تلاشهای داخلی خود جوابگو نبوده و باید مقطع المان تغییر یابد. به شکل زیر توجه کنید:

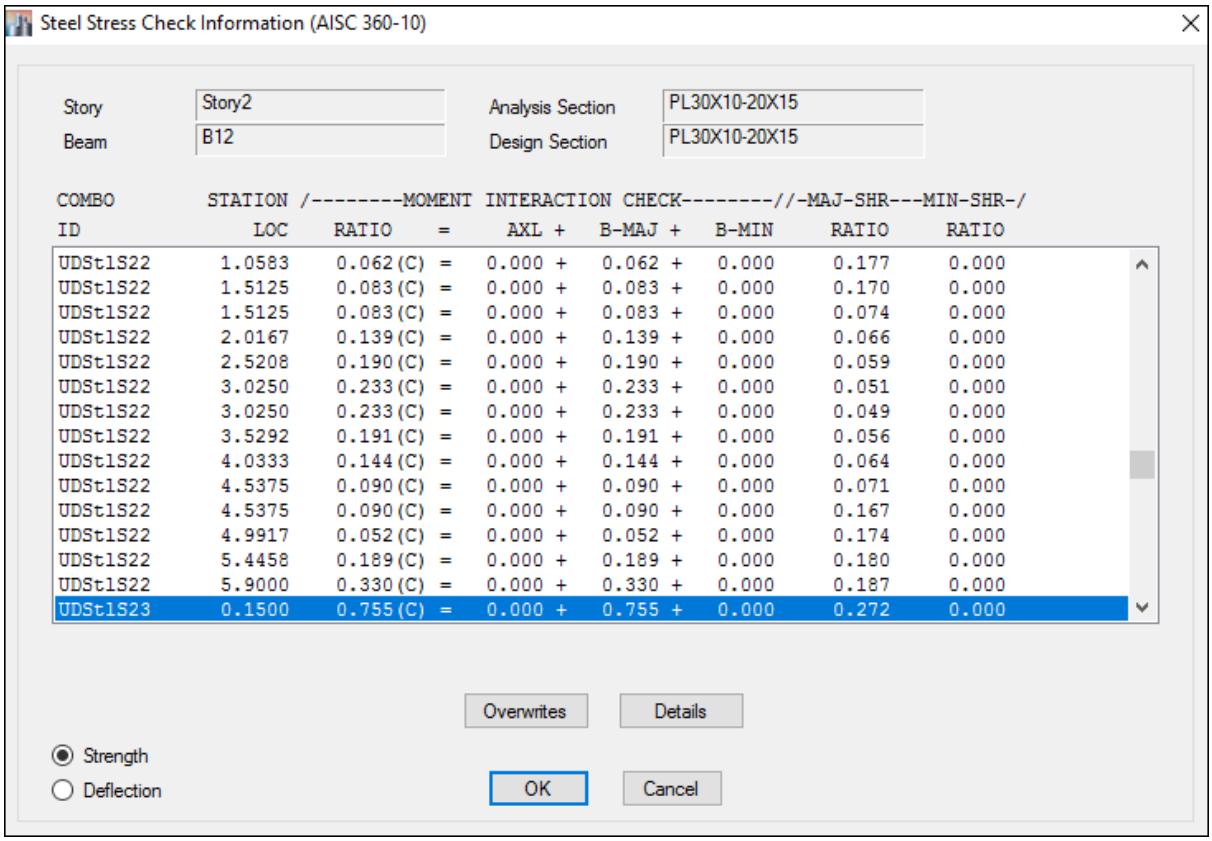


چنانچه مشاهده می شود، مقدار نسبت نیرو به ظرفیت برای همه المانهای این قاب کمتر از ۱ می باشد. لازم به توضیح است که در بعضی از المانها نسبت نیروی به ظرفیت کمتر از ۰/۵ می باشد که این نشان دهنده این است که، مقاطع این المانها بسیار بزرگتر هستند و باید کوچکتر شوند تا مقطع اقتصادی گردد. لذا باید دقت کنیم که علاوه بر اقتصادی نمودن مقاطع که بحث بسیار ضروری است، تیپبندی مقاطع هم باید انجام شود. لذا ممکن است در تیپبندی مقاطع تعدادی ا المانها غیراقتصادی شوند که ناچارا می‌توان آنها را قبول نمود. اما تعداد این المانها نباید به گونه‌ای باشد که کلیات طرح از نظر هزینه زیر سوال باشد.

۲-۱۶-۷-۲ تیپ بندی مقاطع

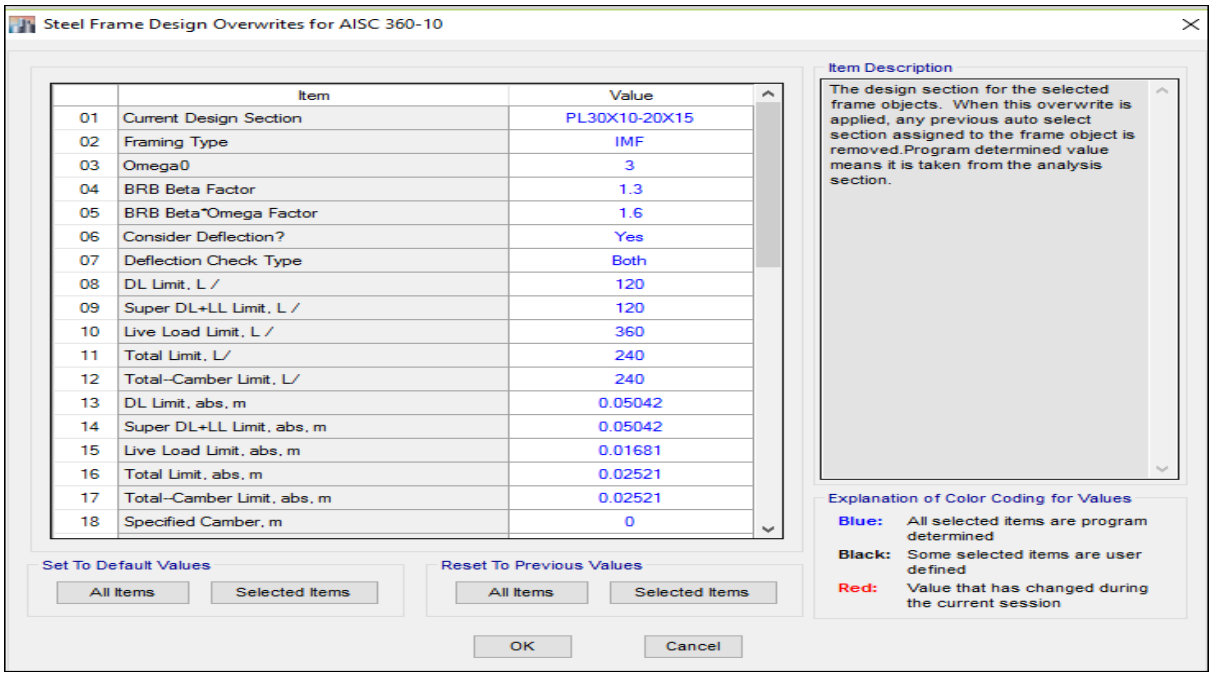
بعد از آنکه تمام مقاطع از نظر طراحی مناسب بودند باید مقاطع را تیپ بندی و اجرائی نمود. باید دقت کرد در سازه های فولادی تیپ بندی، در طبقاتی که قرار است در ستونهای آنها از یک شماره پروفیل استفاده

شود، انجام می‌شود. در هنگام تیپ‌بندی مقاطع می‌توان برای جبران نیازهای داخلی المانها از ورقهای تقویتی نیز استفاده کرد. برای تیپ‌بندی المانها در حالتی که Ratio در حال نمایش است، با کلیک راست در روی عضو شکل زیر ظاهر می گردد.



صفحه کنترل اطلاعات مربوط به نسبت نیروها

با انتخاب گزینه Overwrites پنجره مشخصات اختصاص یافته طراحی برای المان باز خواهد شد. در پنجره ظاهر شده که در زیر نمایش داده شده است، می‌توان در ردیف Current Design Section مقطع مورد نظر را انتخاب و نسبت نیرو به ظرفیت را دوباره برای آن مقطع کنترل نمود. لازم به توضیح است که، وقتی با این روش مقطع عضو تغییر می‌نماید، بلافاصله نسبت نیرو به ظرفیت در المان فوق نمایش داده می‌شود و نیازی به طراحی مجدد نیست.

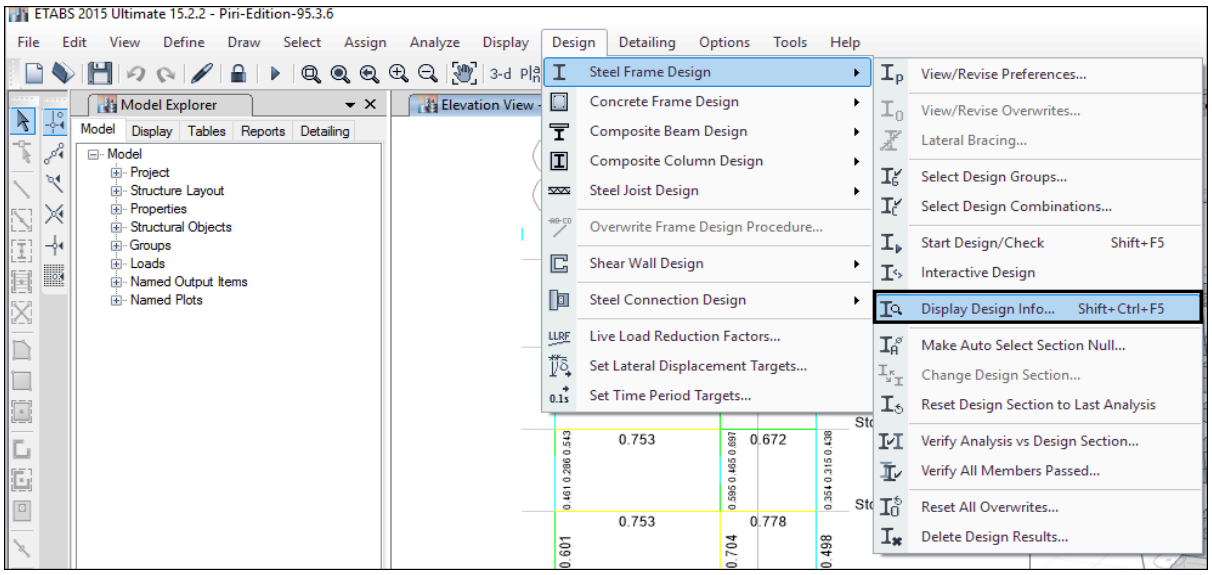


صفحه تغییر مقطع عضو

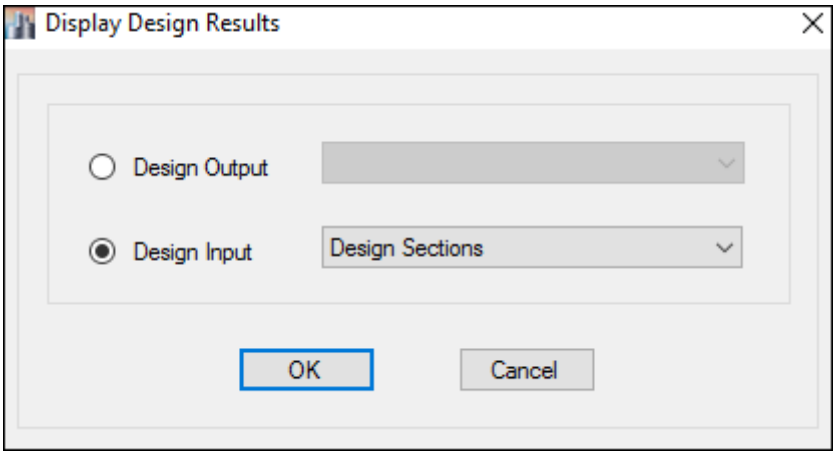
۲-۱۶-۷-۳ نمایش مقاطع طراحی

در صورتی که مقاطع المانها به روش Auto Select List انتخاب و اختصاص یافته است، می‌توان برای مشاهده مقطع نهایی که نرم‌افزار از مابین مقاطع موجود در جعبه مقاطع انتخاب کرده است را، از مسیر زیر مشاهده نمود.

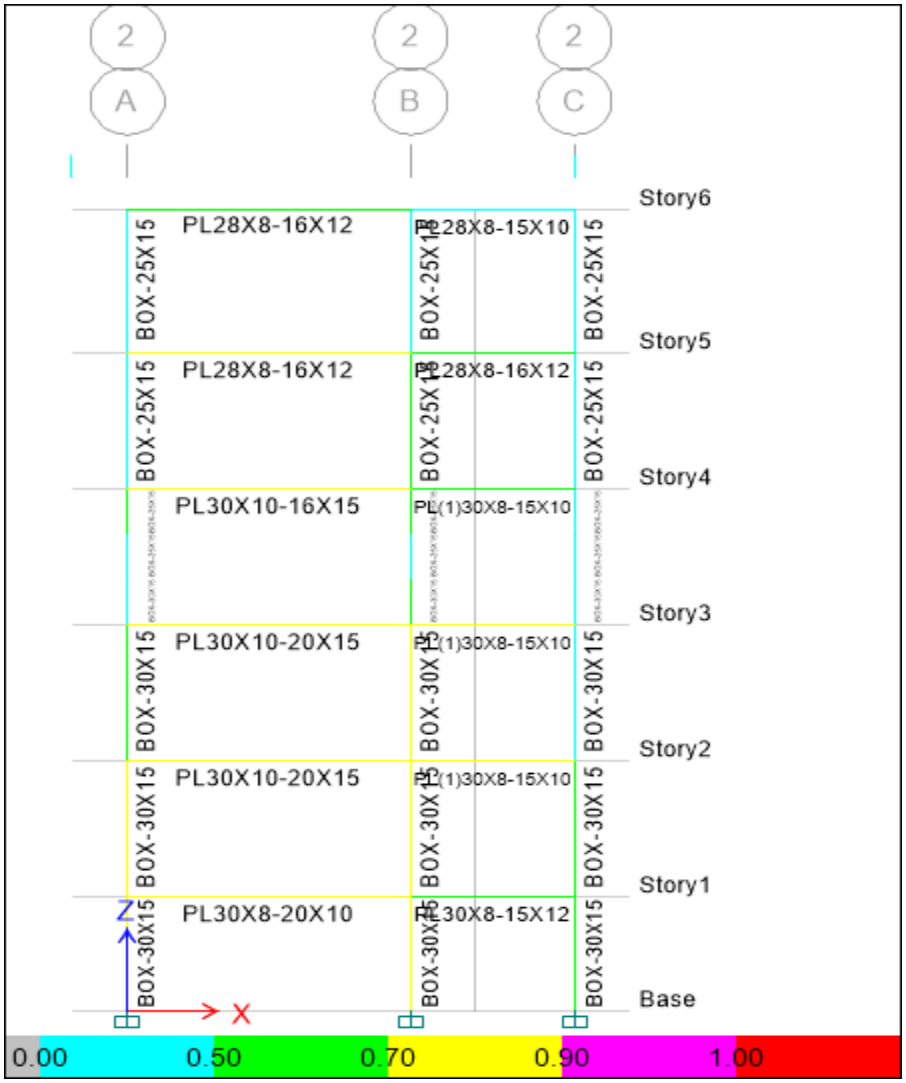
مسیر: Design > Steel Frame Design > Display Design Info…



مسیر نمایش خروجی‌های طراحی سازه‌های فولادی



انتخاب نمایش مقاطع طراحی

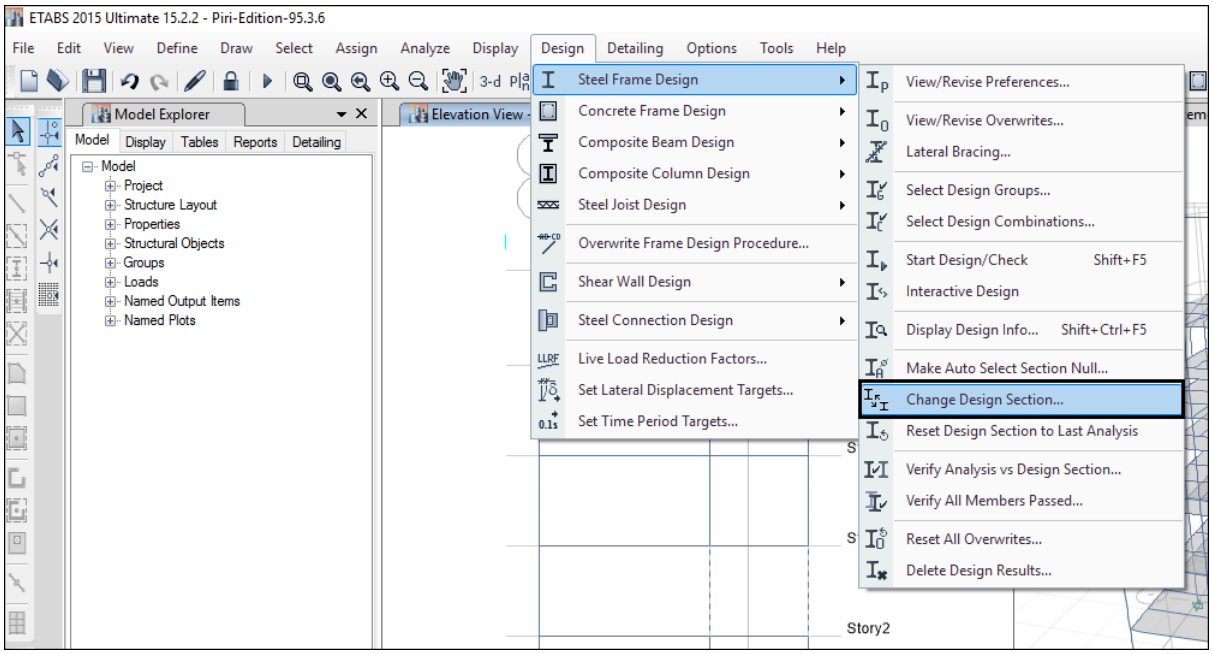


نمایش مقاطع طراحی المانها

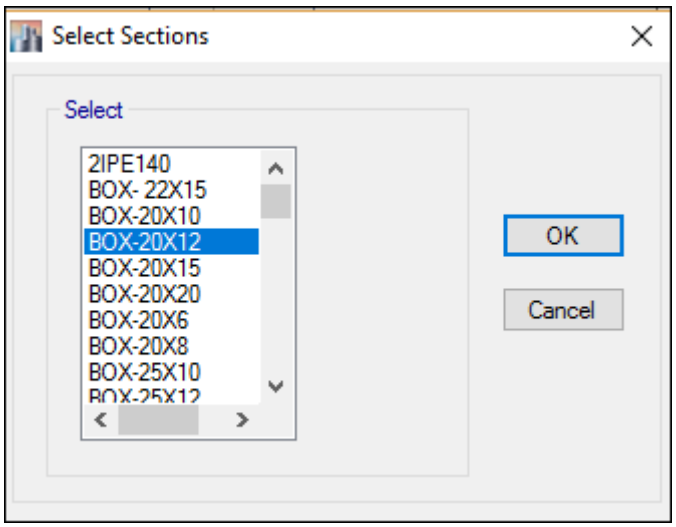
۲-۱۶-۷-۴ تغییر مقاطع

بنابه هر دلیلی اگر بخواهیم برای چند المان یک مقطع اختصاص دهیم یا مقطع چند المان را تغییر دهیم می‌توان، بعد از انتخاب المانهای مورد نظر، از مسیر زیر مقاطع آنها را تغییر داد.

مسیر: انتخاب المانهای مورد نظر ⟵ Design > Steel Frame Design > Change Design Section

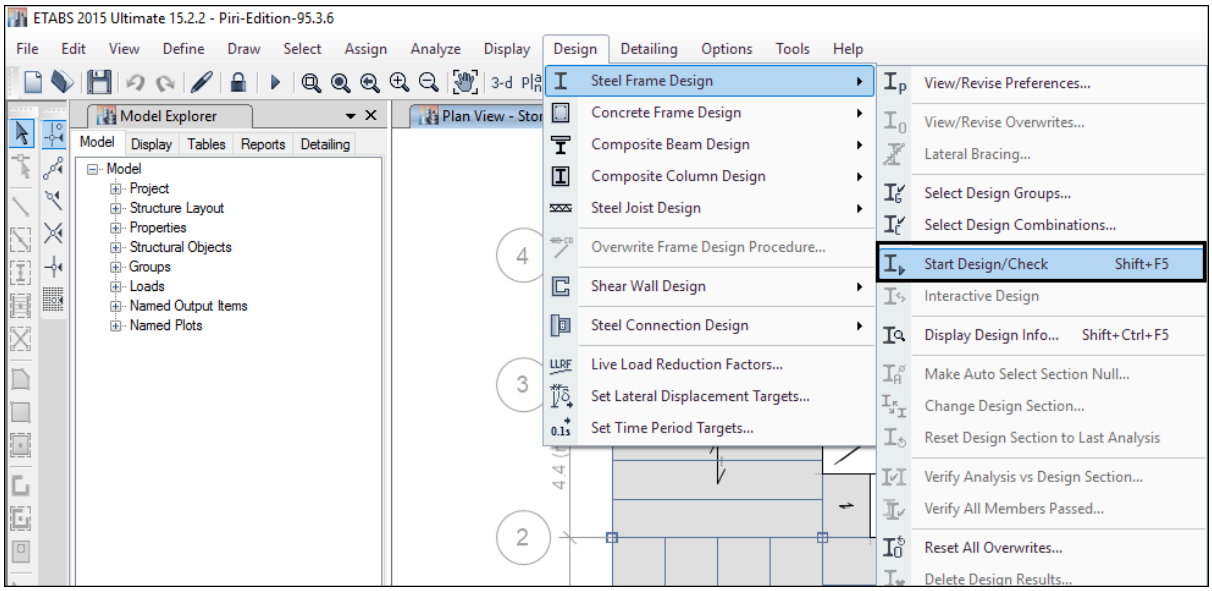


سپس با انتخاب مقطع مناسب از پنجره ظاهر شده که در شکل زیر نشان داده شده است و با انتخاب گینه Ok مقطع به المانهای مورد نظر اختصاص می‌یابد.



تغییر مقطع چند المان

اما برای بررسی کفایت مقطعی که به المانها اختصاص داده شده است، دوباره باید از مسیر نشان داده در شکل زیر ساه دوباره طراحی گردد. لازم به توضیح است که در این طراحی فقط المانهایی که مقطع انها تغییر پیدا کرده اس طراحی شده و کنترل می‌گردند وبقیه‌ی المانها در حالت قبلی خود باقی می‌مانند.



مسیر انتخاب گزینه طراحی مجدد سازه

بعد از انتخا سازه و کنترل Ratio برای المانهایی که مقطع آنها تغییر پیدا کرده است، در صورت جوابگو بودن مقطع مناسب خواهد بود و در صورتی که مقطع المانها مناسب نباشد دوباره باید از مسیر نشان داده شده مقطع مناسب انتخاب و اختصاص یابد.

با آرزوی بهترین‌ها

محمدپور

۹۶/۲/۹