



ALIREZA ELMAKCHI
civil engineering group

گزارش کار مدلسازی سازه ۵ طبقه بتنی در نرم افزار SAP2000 – مهندس علیرضا المکچی



گزارش کار مدلسازی سازه ۵ طبقه بتنی در نرم افزار SAP2000

تهیه کننده: مهندس علیرضا المکچی

کانال آموزش های مهندسی عمران



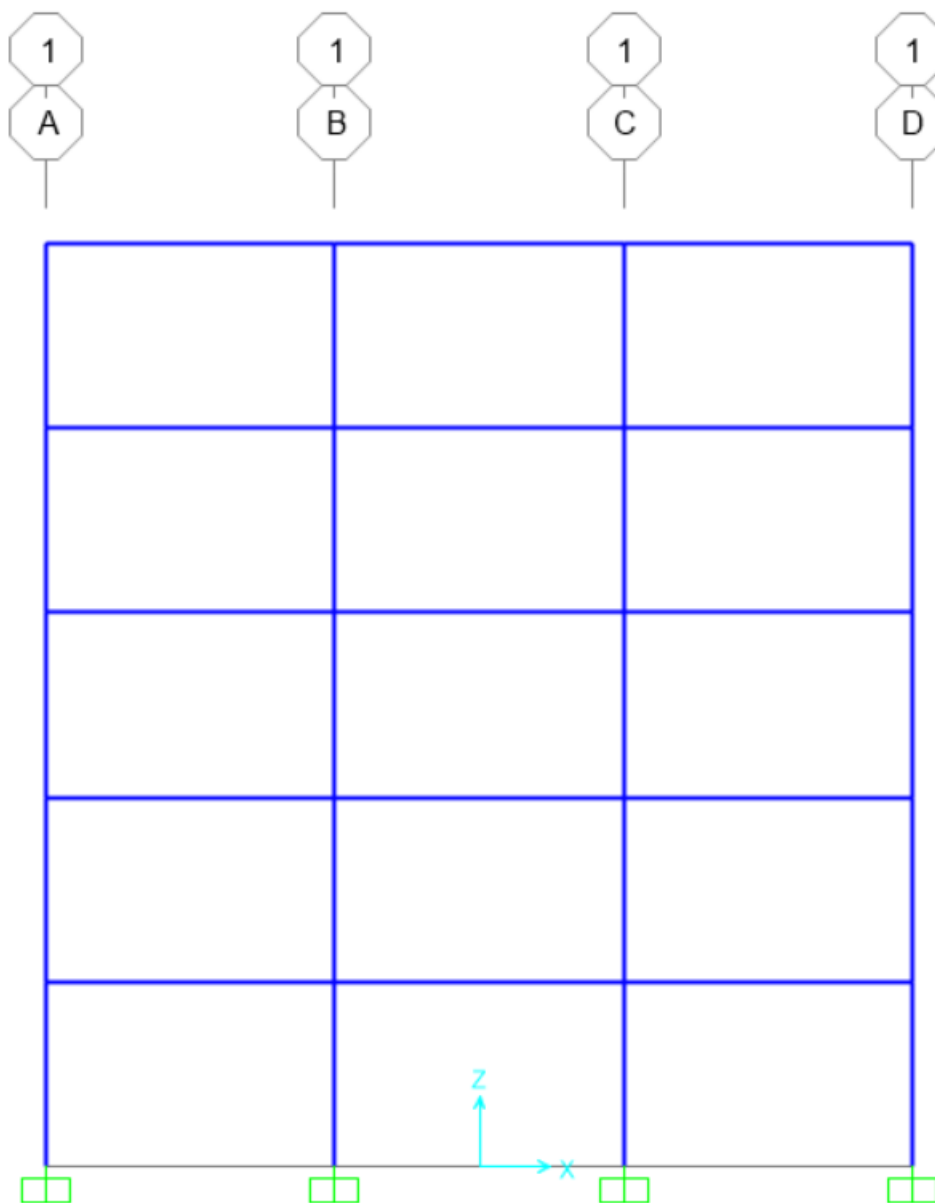
۱) تهیه مدل های اولیه با استفاده از نرم افزار SAP2000

۱-۱) کلیات مدلسازی

- تعداد طبقات: ۵ طبقه
- تعداد دهانه: ۳
- طول دهانه: ۵ متر
- ارتفاع طبقات: ۳/۲ متر
- شهر: یک شهر با خطر نسبی خیلی زیاد (مثل تهران)
- کاربری: مسکونی
- نوع زمین: III
- سیستم باربر جانبی: قاب خمشی بتن آرمه با شکل پذیری ویژه



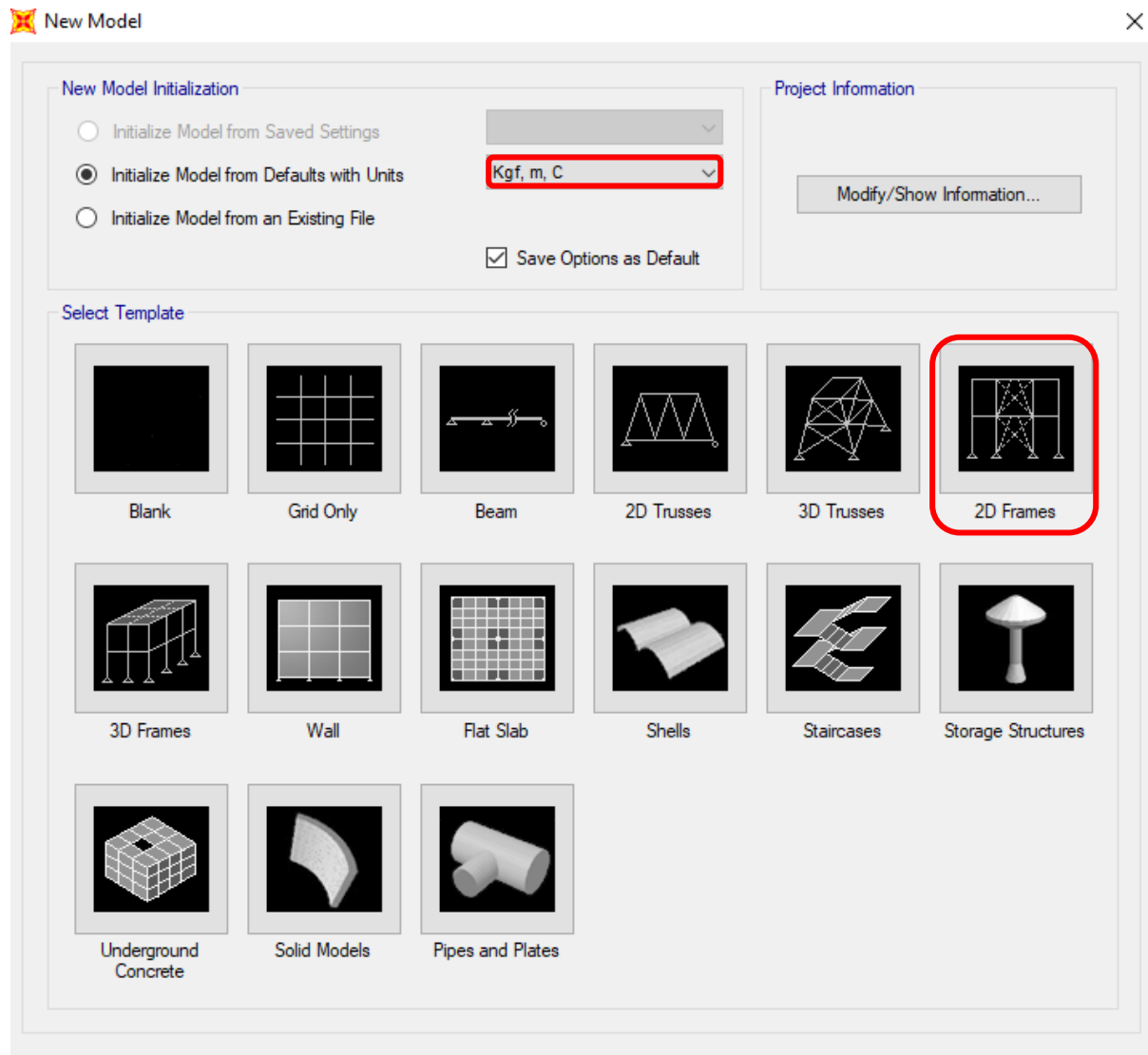
۲-۱) قاب سازه



شکل ۱، قاب سازه



۳-۱) تنظیمات اولیه مدلسازی در نرم افزار



شکل ۲، تنظیمات اولیه نرم افزاری

✓ در این قسمت واحدها را بر روی سیستم متریک تنظیم کرده و برای مدلسازی از حالت قاب دو بعدی استفاده کرده ایم.



۴-۱) مشخصات هندسه سازه ها

S 2D Frames ×

2D Frame Type

Portal ▼



Portal Frame Dimensions

Number of Stories Story Height

Number of Bays Bay Width

☐ Use Custom Grid Spacing and Locate Origin Edit Grid...

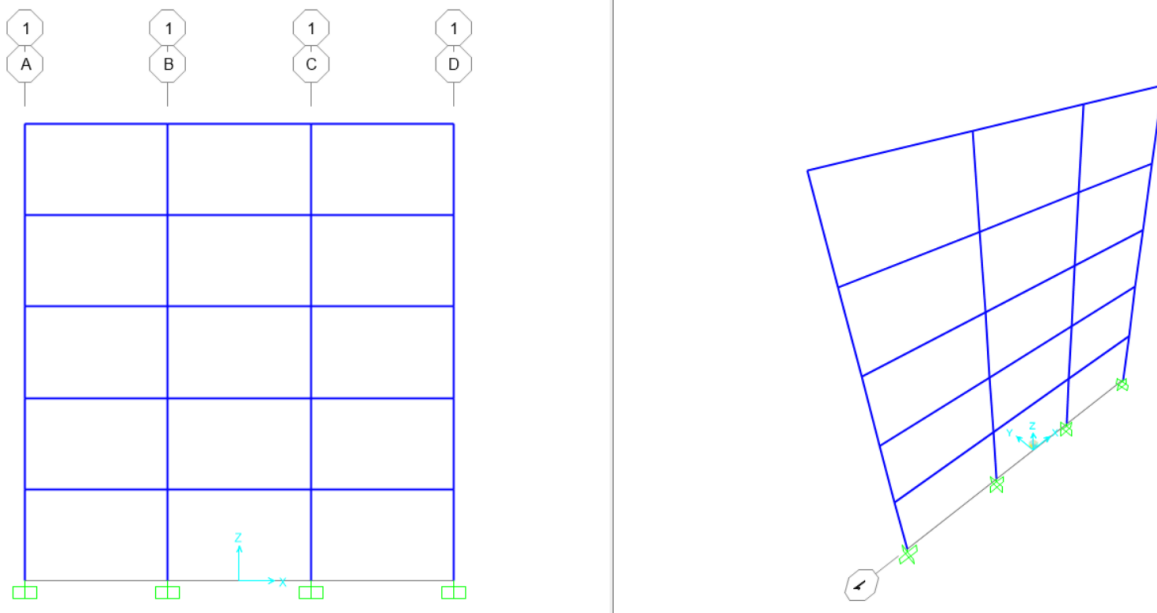
Section Properties

Beams Default ▼ +

Columns Default ▼ +

☒ Restraints OK Cancel

شکل ۳، مشخصات هندسه قاب



شکل ۴، ساخت هندسه قاب ۵ طبقه



۵-۱) تعریف مصالح

برای سازه‌های بتن آرمه مصالح لازم بتن و میلگرد می‌باشد که مشخصات آن بصورت زیر می‌باشد.

➤ مشخصات بتن:

- وزن مخصوص بتن

۲۴۰۰	۳- بتن‌ها بتن با شن و ماسه معمولی
۲۵۰۰	بتن آرمه و بتن پیش تنیده با شن و ماسه معمولی
۱۷۵۰	بتن با سرباره کوره آهن گدازی
۶۰۰	بتن‌های سبک هوادار و گازی
۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ (بسته به نوع)	بتن با سنگ دانه سبک
۵۰۰ تا ۹۰۰ (بسته به نوع)	بتن اسفنجی
۱۷۰۰	بتن با خرده آجر
۱۳۰۰	بتن با پوکه معدنی و سیمان
۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ (بسته به نوع)	بتن با پوکه صنعتی و سیمان

شکل ۵، وزن مخصوص بتن طبق پیوست ۱ مبحث ۶ ویرایش ۹۲

$$W_c = 2500 \text{ Kg/m}^3$$



- مدول الاستیسیته بتن

۹-۳-۶ مدول الاستیسیته بتن، E_c

۹-۳-۶-۱ مدول الاستیسیته بتن را می توان از یکی از دو رابطه ی (۹-۳-۲-الف) و یا (۹-۳-۲-ب) محاسبه نمود:

ضریب الاستیسیته بتنهای با چگالی بتن w_c بین ۱۴۴۰ و ۲۵۶۰ کیلو گرم بر متر مکعب:

$$E_c = 0.043w_c^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad (۹-۳-۲-الف)$$

رابطه فوق برای بتن های معمولی با چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، به صورت زیر نوشته می شود:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (۹-۳-۲-ب)$$

شکل ۶، مدول الاستیسیته بتن طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c}$$

✓ در این تحقیق مقدار مقاومت فشاری بتن (f_c) را برابر ۲۵ مگاپاسکال در نظر خواهیم گرفت و مقدار جرم واحد حجم بتن (γ_c) را برابر ۲۵ کیلونیوتن بر متر مکعب در نظر خواهیم گرفت.

$$E_c = (4700\sqrt{25}) = 23500 \text{ Mpa}$$

✓ با توجه به اینکه ما در نرم افزار از سیستم واحد متریک استفاده کرده ایم لازم است مقدار فوق را به واحد کیلوگرم نیرو بر متر مربع تبدیل نمائیم که برای این منظور کافیست مقدار فوق را در عدد 10^5 ضرب نمائیم.

$$E_c \cong 23500 \text{ Mpa} = 23500 \times 10^5 \text{ Kg/m}^2 = 2.35 \times 10^9 \text{ Kg/m}^2$$



- نسبت پواسون

۹-۳-۷ ضریب پواسون بتن، ۷

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

شکل ۷، نسبت پواسون بتن طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$$U = \nu = 0.2$$

- ضریب انبساط حرارتی

۹-۳-۸ ضریب انبساط حرارتی بتن

۹-۳-۸-۱ در بتن‌های معمولی، ضریب انبساط حرارتی را میتوان با توجه به نوع سنگ دانه‌ها و با تقریب ۲۰ درصد برابر با 10×10^{-6} در هر درجه‌ی سلسیوس منظور نمود.

شکل ۸، ضریب انبساط حرارتی بتن طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$$A = 10 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$$

- مقاومت فشاری بتن

مقاومت فشاری بتن را برابر ۲۵ مگاپاسکال در نظر گرفته‌ایم.

$$f_c = 25 \text{ Mpa} = 25 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2$$



Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: C25

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2500

Mass per Unit Volume: 254.929

Units

Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.35E+09

Poisson, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1E-5

Shear Modulus, G: 9.792E+08

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 25E+5

Expected Concrete Compressive Strength: 25E+5

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

شکل ۹، تعریف بتن در نرم افزار SAP2000



➤ مشخصات میلگرد

- وزن مخصوص

شرح	جرم مخصوص (کیلوگرم بر متر مکعب)
۱- فلزات	
آلومینیم	۲۷۰۰
آهن خام خاکستری	۷۲۰۰
آهن خام سفید	۷۷۰۰
چدن	۷۲۰۰
فولاد نرم	۷۸۵۰
سرب	۱۱۴۰۰
مس	۸۹۰۰
برنز	۸۵۰۰
روی	۷۲۰۰

شکل ۱۰، وزن مخصوص فولاد نرم طبق پیوست ۱ مبحث ۶ ویرایش ۹۸

$$W_{Rebar} = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

- مدول الاستیسیته میلگرد

۴-۸-۴-۹ مدول الاستیسیته، E_s ، برای آرماتورها برابر با ۲۰۰۰۰۰ مگاپاسکال است.

شکل ۱۱، مدول الاستیسیته فولاد (میلگرد) طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$$E_c \cong 2 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2 \times 10^{10} \text{ Kg/m}^2$$



- ضریب انبساط حرارتی

۱۰-۲-۱۰-۶ انبساط و انقباض

برای تأمین شرایط بهره‌برداری مناسب، در محاسبه و طراحی سازه باید اثرات تغییرات دما به نحو موثری مورد توجه قرار گیرد. خرابی پوشش‌های نمای ساختمان می‌تواند ناشی از نفوذ آب بوده و به هوازدگی منتهی شود. در محاسبات، ضریب انبساط و انقباض حرارتی فولاد برابر $10^{-6} \times 12$ به ازای هر درجه سلسیوس در نظر گرفته می‌شود.

شکل ۱۲، ضریب انبساط حرارتی فولاد (میلگرد) طبق مبحث ۱۰ ویرایش ۹۲

- مشخصات مربوط به مقاومت میلگرد

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

شکل ۱۳، رده بندی میلگردهای مصرفی ساختمان طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹



✓ ما عمدتاً از دو نوع میلگردهای S340 و S400 استفاده

خواهیم نمود که از میلگرد S340 بهتر است بعنوان خاموت یا میلگرد عرضی استفاده شود و میلگرد

S400 نیز بعنوان میلگرد طولی در طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

$$S340 \begin{cases} F_y = 340 \text{ Mpa} = 340 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \\ F_u = 500 \text{ Mpa} = 500 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \end{cases}$$

$$S400 \begin{cases} F_y = 400 \text{ Mpa} = 400 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \\ F_u = 600 \text{ Mpa} = 600 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \end{cases}$$

✓ در تعریف میلگرد در نرم افزار دو پارامتر دیگر بنام مقاومت تسلیم مورد انتظار و مقاومت گسیختگی

مورد انتظار نیز موجود است که این پارامتر در سازه های بتنی هنگامی که از قاب خمشی ویژه استفاده

می شود از ضریب R_y در روابط استفاده می کنیم (برای محاسبه V_{pr} و M_{pr} در طراحی چشمه اتصال

کاربرد دارند که نرم افزار بصورت خودکار از آنها استفاده می نماید).

۱۰-۳-۲-۳ ضریب R_y تولیدات فولاد

طبق تعریف، ضریب R_y عبارت است از نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده، که به منظور در نظر گرفتن افزایش مقاومت مورد نیاز باید در محاسبات مدنظر قرار گیرد. کاربرد ضریب R_y در محاسبات لرزه ای سازه های با شکل پذیری مختلف در بخش های مربوطه ارائه شده است. مقدار ضریب R_y از رابطه زیر تعیین می شود.

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y} \quad (10-3-2-3)$$

که در آن:

F_y = تنش تسلیم تعیین شده فولاد

F_{ye} = تنش تسلیم مورد انتظار فولاد

شکل ۱۴، مفهوم ضریب R_y طبق مبحث ۱۰ ویرایش ۹۲



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

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

R_y	نوع محصول
۱/۲۵	مقاطع لوله‌ای و قوطی‌شکل نوردشده
۱/۲۰	سایر مقاطع نوردشده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری
۱/۱۵	مقاطع ساخته‌شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها

شکل ۱۵، مقدار ضریب R_y طبق مبحث ۱۰ ویرایش ۹۲

$$S340 \begin{cases} F_{ye} = R_y F_y = 1.25 \times 340 \text{ Mpa} = 1.25 \times 340 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \\ F_{ue} = R_y F_u = 1.25 \times 400 \text{ Mpa} = 1.25 \times 400 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \end{cases}$$

$$S400 \begin{cases} F_{ye} = R_y F_y = 1.25 \times 400 \text{ Mpa} = 1.25 \times 400 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \\ F_{ue} = R_y F_u = 1.25 \times 600 \text{ Mpa} = 1.25 \times 600 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \end{cases}$$



Material Property Data ✕

General Data

Material Name and Display Color: S340 S340

Material Type: Rebar ▼

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7850

Mass per Unit Volume: 800.4772

Units

Kgf, m, C ▼

Uniaxial Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.0E+10

Poisson, U: 0.

Coefficient of Thermal Expansion, A: 12E-06

Shear Modulus, G: 0.

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 340E+5

Minimum Tensile Stress, Fu: 500E+5

Expected Yield Stress, Fye: 42500000

Expected Tensile Stress, Fue: 62500000

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

شکل ۱۶، تعریف میلگرد S340 در نرم افزار SAP2000

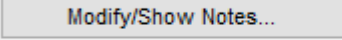


 **Material Property Data** ✕

General Data

Material Name and Display Color: S400 

Material Type: Rebar 

Material Notes: 

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7850.

Mass per Unit Volume: 800.4772

Units

Kgf, m, C 

Uniaxial Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.000E+10

Poisson, U: 0.

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.200E-05

Shear Modulus, G: 0.

Other Properties for Rebar Materials

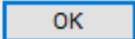
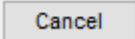
Minimum Yield Stress, Fy: 40000000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 60000000.

Expected Yield Stress, Fye: 50000000

Expected Tensile Stress, Fue: 75000000

☐ Switch To Advanced Property Display

شکل ۱۷، تعریف میلگرد S400 در نرم افزار SAP2000



۶-۱) تعریف مقاطع

با توجه به اینکه سیستم سازه‌ای مورد استفاده قاب خمشی می‌باشد نیاز به تعریف تیر و ستون در نرم افزار داریم که با توجه به اینکه نمی‌دانیم کدام مقاطع در طراحی جواب دهند یکسری مقاطع بعنوان پیش فرض تعریف نموده و سپس طراحی خواهیم نمود تا مقاطع نهایی سازی شوند و در قسمت زیر جزئیات تعریف یک نمونه تیر و یک نمونه ستون آورده شده است.

شکل ۱۸، ابعاد تیر



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + S400

Confinement Bars (Ties): + S340

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)

☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top: 0.06

Bottom: 0.06

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	0.	0.
Bottom	0.	0.

OK Cancel

شکل ۱۹، تعیین نوع آرماتورها و پوشش روی بتن (کاور)

✓ برای اینکه کاور را وارد نمائیم نرم افزار برای تیرها مقدار کاور را از مرکز میلگرد از ما می خواهد بنابراین برای تعیین مقدار آن بایستی مقدار کاور خالص طبق مبحث نهم را بعلاوه قطر خاموت و نصف قطر آرماتور طولی نمائیم.



جدول ۹-۴-۶ حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگرد برای اجزای بتنی

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

شکل ۲۰، مقدار کاور خالص طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹



Rectangular Section [X]

Section Name C40X40-12T16 **Display Color** [Pink]

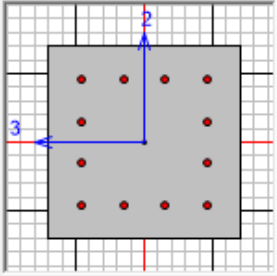
Section Notes [Modify/Show Notes...]

Dimensions

Depth (t3) 0.4

Width (t2) 0.4

Section



Properties

Material [+] C25 [v]

Property Modifiers [Set Modifiers...]

[Section Properties...]

[Time Dependent Properties...]

[Concrete Reinforcement...]

[OK] [Cancel]

شکل ۲۱، ابعاد ستون



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + S400

Confinement Bars (Ties) + S340

Design Type

☒ Column (P-M2-M3 Design)

☐ Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

☒ Rectangular

☐ Circular

Confinement Bars

☒ Ties

☐ Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars 0.04

Number of Longit Bars Along 3-dir Face 4

Number of Longit Bars Along 2-dir Face 4

Longitudinal Bar Size + 16d

Confinement Bars

Confinement Bar Size + 10d

Longitudinal Spacing of Confinement Bars 0.15

Number of Confinement Bars in 3-dir 3

Number of Confinement Bars in 2-dir 3

Check/Design

☒ Reinforcement to be Checked

☐ Reinforcement to be Designed

OK

Cancel

شکل ۲۲، آرماتورگذاری ستون



۷-۱) تعریف بارها

با توجه به اینکه طرح تحقیقی می باشد برای بارگذاری از بارهای مرده، زنده و زلزله استفاده خواهیم نمود و از سایر بارها نظیر بارهای برف، باد، زنده کاهش یافته، تیغه بندی و ... صرف نظر خواهیم نمود.

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
EX	Quake	0	User Coefficient
DEAD	Dead	1	
Live	Live	0	
EX	Quake	0	User Coefficient

شکل ۲۳، الگوهای بار تعریف شده



- مقدار ضریب زلزله (C) و ضریب توزیع برش پایه (K)

1- مشخصات کلی ساختمان				
TO	0.15	منطقه لرزه خیزی	زمان تناوب طراحی ۲۵٪ افزایش یابد	ارتفاع ساختمان از تراز پایه (متر)
TS	0.7	$A=0.35$	بلی	۱۶
S	1.75	اثر میاتقاپ لحاظ شود؟	ضریب اهمیت ساختمان	تپ خاک
SO	1.1	خیر	$I=1.0$	III

2- مشخصات سازه ای جهت X	
انتخاب سیستم سازه ای	سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی
سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه (۴)
3- مشخصات سازه ای جهت Y	
انتخاب سیستم سازه ای	سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی
سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه (۴)

4- محاسبات ضریب زلزله جهت X						
Ru	Ω_0	Cd	H(m)	ضریب اهمیت	نسبت شتاب مبنا طرح	زمان تناوب تجربی
7.5	3	5.5	200	1	0.35	0.606
T= Min (تحلیلی، 1.25 تجربی)						
$B1=(S+1)*(Ts/T)=$	$N=0.7/(4-Ts)*(T-Ts)+1=$	B=	Cx=	$K=0.5*T+0.75=$		
2.54	1.012272969	2.57	0.1200	1.129		

6- محاسبات ضریب زلزله جهت Y						
Ru	Ω_0	Cd	H(m)	ضریب اهمیت	نسبت شتاب مبنا طرح	زمان تناوب تجربی
7.5	3	5.5	200	1	0.35	0.606
T= Min (تحلیلی، 1.25 تجربی)						
$B1=(S+1)*(Ts/T)=$	$N=0.7/(4-Ts)*(T-Ts)+1=$	B=	CY=	$K=0.5*T+0.75=$		
2.54	1.01	2.57	0.1200	1.129		

شکل ۲۴، ضریب زلزله و ضریب توزیع برش پایه قاب ۵ طبقه



S User Defined Seismic Load Pattern ×

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

☒ Global X Direction
☐ Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Other Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height exp., K

Lateral Load Elevation Range

☐ Program Calculated
☒ User Specified

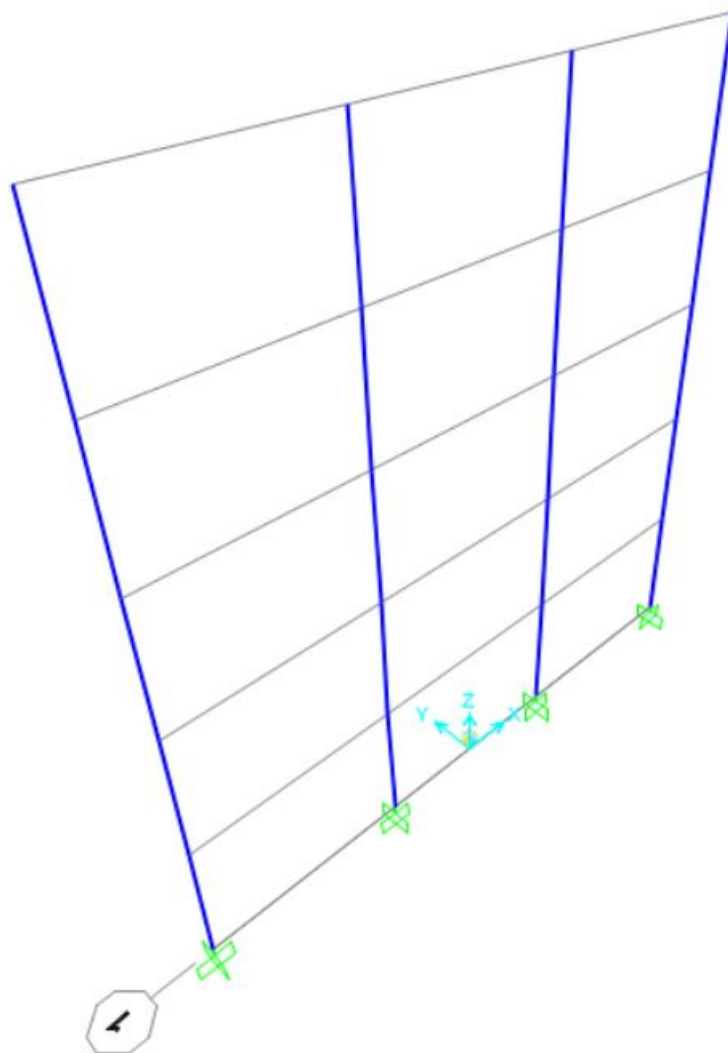
Max Z

Min Z

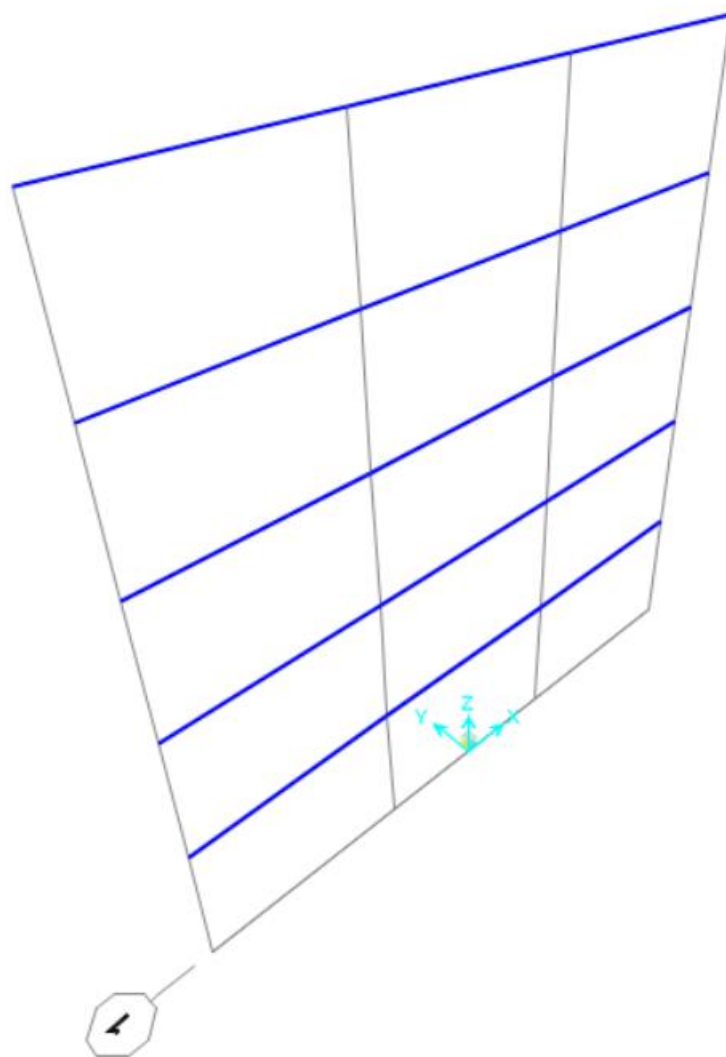
شکل ۲۵، وارد کردن ضریب زلزله و ضریب توزیع برش پایه در جهت X در نرم افزار



۸-۱) مدلسازی سازه



شکل ۲۷، مدلسازی ستون‌ها



شکل ۲۸، مدلسازی تیرها



۹-۱) تعریف وزن موثر لرزه‌ای

W: وزن موثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۳-۱). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

جدول ۳-۱ درصد میزان مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله	
محل بار زنده	درصد میزان بار زنده
بام‌های ساختمان‌ها در مناطق با برف زیاد، سنگین و فوق سنگین	۲۰
بام‌های ساختمان‌ها در سایر مناطق	-
ساختمان‌های مسکونی، اداری، هتل‌ها و پارکینگ‌ها	۲۰
بیمارستان‌ها، مدارس، فروشگاه‌ها، ساختمان‌های محل اجتماع یا ازدحام	۲۰
کتابخانه‌ها و انبارها (با توجه به نوع کاربری)	حداقل ۴۰
مخازن آب و یا سایر مایعات	۱۰۰

شکل ۲۹، وزن موثر لرزه‌ای و درصد مشارکت بار زنده طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم

Load Pattern	Multiplier
Live	0.2
DEAD	1
Live	0.2

شکل ۳۰، تعریف وزن موثر لرزه‌ای در نرم افزار SAP2000



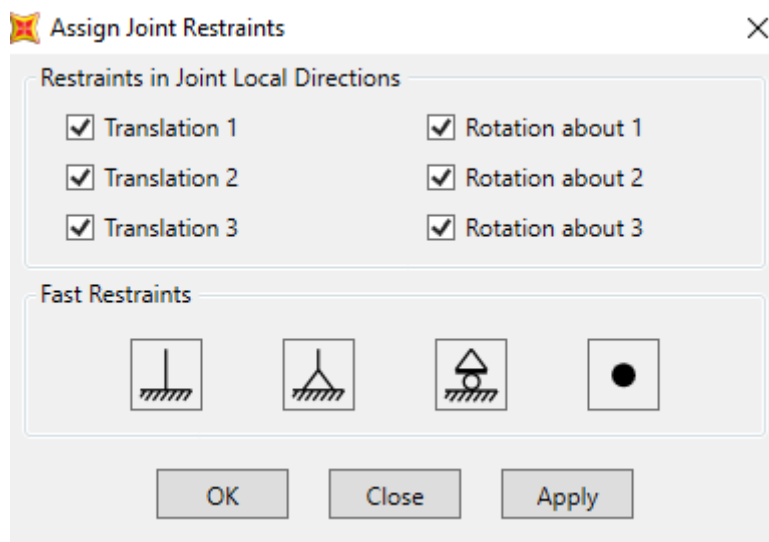
۱۰-۱ بارگذاری

بار مرده ناشی از کف طبقه $q_{Dead} = 600 \times 5 = 3000 \text{ Kgf/m}$

بار زنده ناشی از کف طبقه $q_{Dead} = 200 \times 5 = 3000 \text{ Kgf/m}$

۱۱-۱ اصلاحات مدلسازی

۱-۱۱-۱ اختصاص پای تکیه گاه ها در محل اتصال ستون به فونداسیون



شکل ۳۱، تکیه گاه گیردار پای ستون ها در محل اتصال به ستون



۱-۱۱-۲) اختصاص ضرایب ترک خوردگی

جدول ۹-۶-۲-الف ممان اینرسی و سطح مقطع مجاز اعضا در تحلیل الاستیک برای بارهای ضریبدار				
عضو و شرایط آن	ممان اینرسی	سطح مقطع برای تغییر شکل محوری	سطح مقطع برای تغییر شکل برشی	
ستونها	$0.7I_g$	$1.0A_g$	$b_w h$	
دیوارها	$0.7I_g$			ترک نخورده
	$0.35I_g$			ترک خورده
تیرها	$0.35I_g$			
دال‌های تخت و دال‌های قارچی	$0.25I_g$			

شکل ۳۲، ضرایب ترک خوردگی طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$0.35 =$ ضریب ترک خوردگی تیرها

$0.7 =$ ضریب ترک خوردگی ستونها

✖ Assign Frame Property Modifiers ✖

Property Modifiers for Analysis

Cross-section (Axial) Area	1
Shear Area in 2 Direction	1
Shear Area in 3 Direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2-Axis	1
Moment of Inertia about 3-Axis	0.35
Mass	1
Weight	1

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

شکل ۳۳، ضریب ترک خوردگی تیر



✶ Assign Frame Property Modifiers ✕

Property Modifiers for Analysis

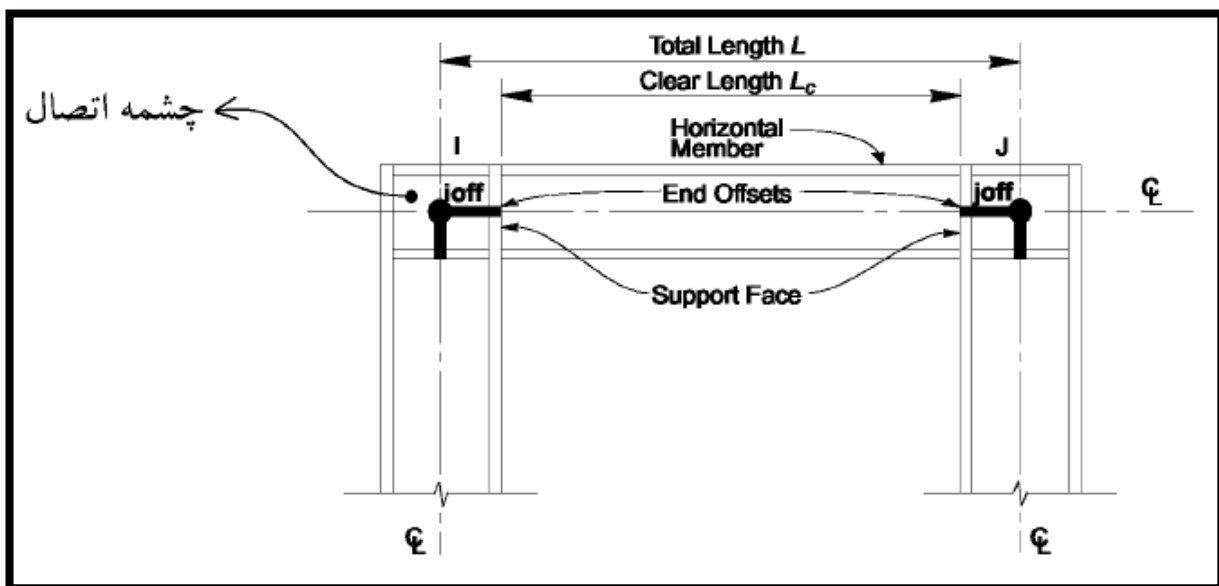
Cross-section (Axial) Area	1
Shear Area in 2 Direction	1
Shear Area in 3 Direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2-Axis	0.7
Moment of Inertia about 3-Axis	0.7
Mass	1
Weight	1

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

شکل ۳۴، ضریب ترک خوردگی ستون

۱-۱۱-۳) اختصاص ناحیه انتهایی صلب



شکل ۳۵، نواحی انتهایی صلب



Assign Frame End Length Offsets

Options for End Offset Along Length

- ☒ Automatic from Connectivity
- ☐ User Defined Lengths

Parameters

User Defined Length Offset at End-I: Auto

User Defined Length Offset at End-J: Auto

Rigid Zone Factor: 0.5

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

شکل ۳۶، اعمال نواحی انتهایی صلب در نرم افزار

۴-۱۱-۱) تنظیم تعداد مد نوسان

Load Case Data - Modal

Load Case Name: MODAL

Load Case Type: Modal

Stiffness to Use: ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State

Type of Modes: ☒ Eigen Vectors

Mass Source: W

Number of Modes: Maximum Number of Modes: 5, Minimum Number of Modes: 1

Other Parameters: Frequency Shift (Center): 0, Cutoff Frequency (Radius): 0, Convergence Tolerance: 1.000E-09

OK Cancel

شکل ۳۷، اعمال تعداد مد نوسان

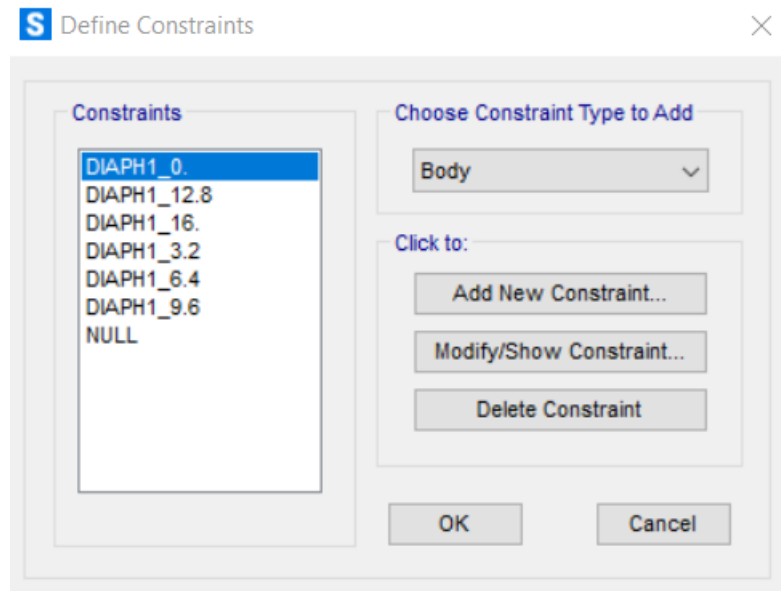
Maximum Number of Modes = 5

Minimum Number of Modes = 1



۱-۱۱-۵) اختصاص دیافراگم صلب

در نرم افزار SAP2000 دیافراگم را بایستی به گره ها وارد کرد که برای این منظور گره های هر طبقه انتخاب شده و دیافراگم طبق شکل زیر اعمال می باشد.



شکل ۳۸، اعمال دیافراگم طبقات



۱-۱۱-۶) تنظیمات طراحی

Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-14

Item	Value
1 Design Code	ACI 318-14
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Number of Interaction Curves	24
4 Number of Interaction Points	11
5 Consider Minimum Eccentricity?	Yes
6 Seismic Design Category	D
7 Design System Rho	1.
8 Design System Sds	1.05
9 Phi (Tension Controlled)	0.9
10 Phi (Compression Controlled Tied)	0.65
11 Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
12 Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
13 Phi (Shear Seismic)	0.6
14 Phi (Joint Shear)	0.85
15 Pattern Live Load Factor	0.75
16 Utilization Factor Limit	1.

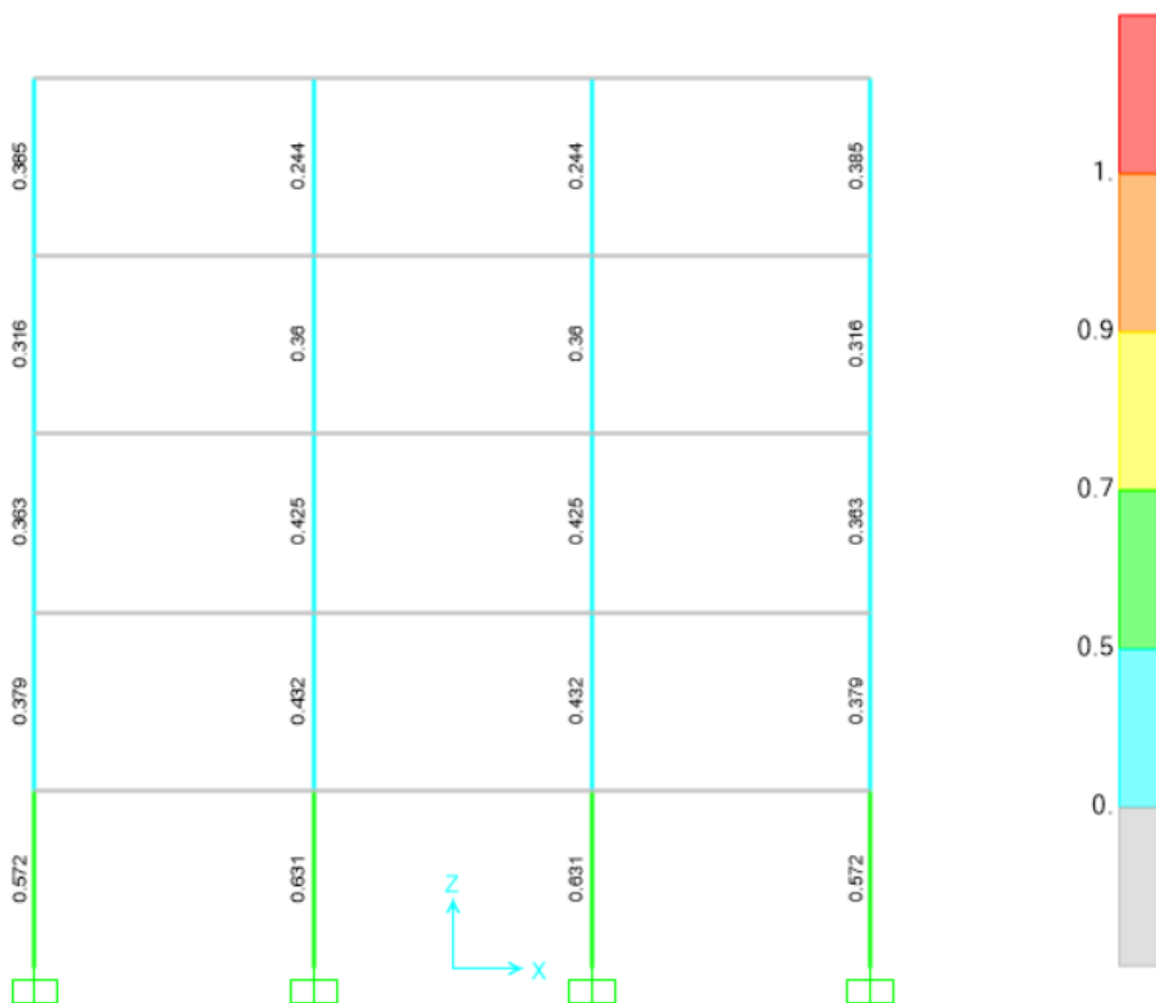
Item Description
The stress ratio limit to be used for acceptability. Stress ratios that are less than or equal to this value are considered acceptable.

Explanation of Color Coding for Values
Blue: Default Value
Black: Not a Default Value
Red: Value that has changed during the current session

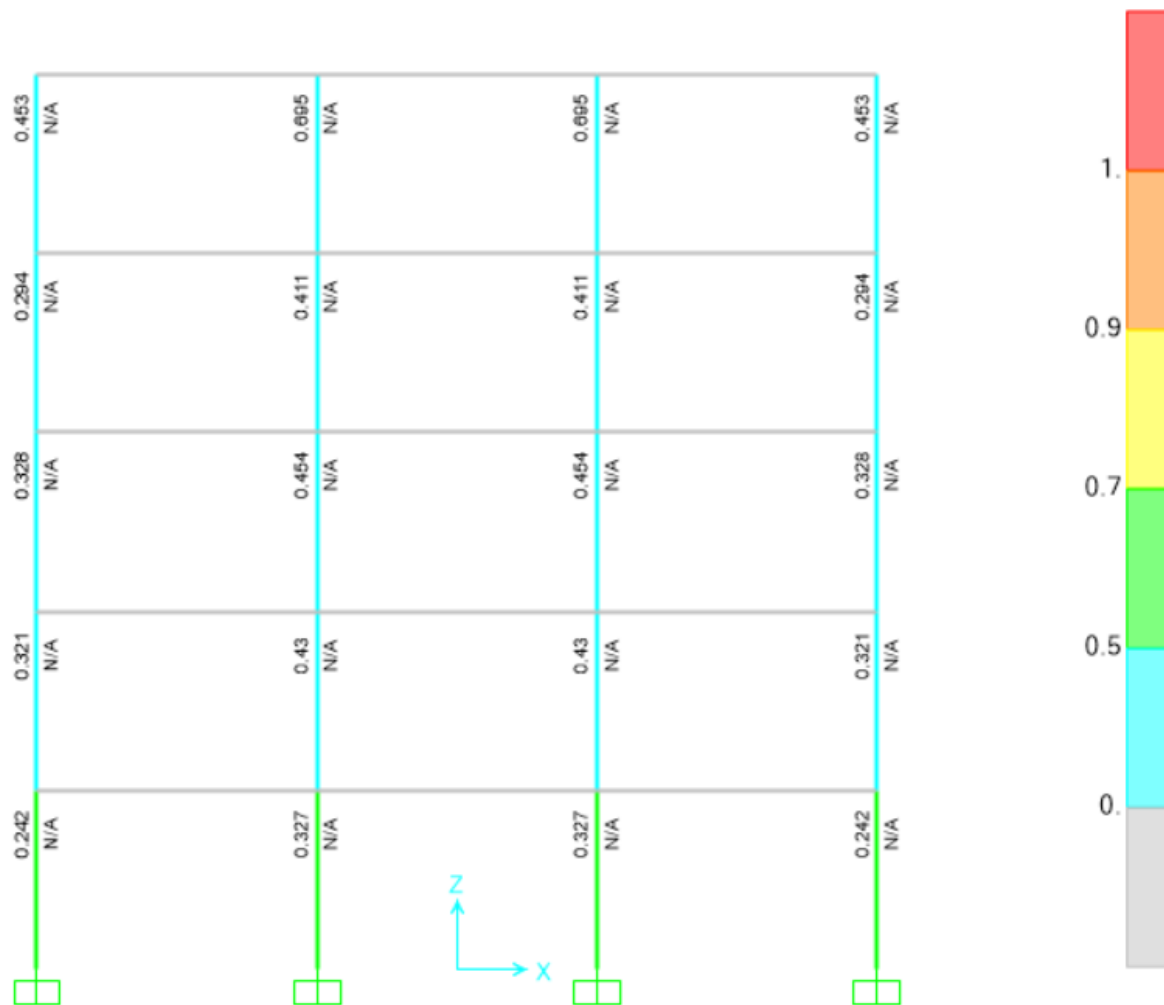
Set To Default Values: All Items, Selected Items
Reset To Previous Values: All Items, Selected Items

OK Cancel

شکل ۳۹، تنظیمات طراحی سازه های بتنی



شکل ۴۰، نسبت نیرو به ظرفیت (Ratio)



شکل ۴۱، کنترل ضابطه تیر ضعیف - ستون قوی

✓ مشاهده می شود نسبت نیرو به ظرفیت مقاطع کمتر بوده و نشان از قوی بودن مقاطع در سازه ۵ طبقه دارد اما از آنجایی که شکل پذیری سازه ویژه بوده ضابطه تیر ضعیف - ستون قوی رعایت گردیده و کنترل تغییر مکان نسبی طبقات (دریفت) نیز انجام گرفته و با مجاز بودن همه این موارد مقاطع انتخاب گردیده است.



مقاطع تیرها و ستون های سازه

تیرهای استفاده شده در سازه

عرض	ارتفاع	طبقات	سازه
۳۵	۵۰	طبقات ۱ و ۲	سازه ۵ طبقه
۳۵	۴۵	طبقات ۳ تا ۵	

ستون های استفاده شده در سازه

آرماتورگذاری	عرض	ارتفاع	طبقات	سازه
20Ø20	۵۵	۵۵	طبقات ۱ و ۲	سازه ۵ طبقه
16Ø20	۵۰	۵۰	طبقات ۳ تا ۵	



کنترل تغییر مکان نسبی طبقات (دریافت)

۳-۵ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

۳-۵-۱ تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه، که اختلاف بین تغییر مکان‌های جانبی واقعی مراکز جرم کف‌های بالا و پایین آن طبقه است، نباید از مقدار مشخصی که

در این بند تعیین شده، تجاوز نماید. این تغییر مکان تنها با استفاده از تحلیل غیرخطی سازه قابل محاسبه است، ولی می‌توان آن را با تقریب خوبی از رابطه زیر به دست آورد:

$$\Delta_M = c_d \cdot \Delta_{eu} \quad (۳-۱۱)$$

در این رابطه:

Δ_M = تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی و یا تغییر مکان نسبی واقعی طبقه

C_d = ضریب بزرگ‌نمایی مطابق جدول (۳-۴)

Δ_{eu} = تغییر مکان جانبی نسبی طبقه زیر اثر زلزله طرح، مطابق رابطه (۳-۱)

در مواردی که روش طراحی تنش مجاز است، تغییر مکان جانبی نسبی به دست آمده از آن روش باید در ضریب $1/4$ ضرب شود و سپس با مقدار مجاز Δ_a در بند (۳-۵-۲) مقایسه شود.

۳-۵-۲ مقدار Δ_M که با منظور کردن اثر $P - \Delta$ در محاسبه Δ_M به دست می‌آید نباید از مقدار مجاز Δ_a زیر تجاوز نماید.

- در ساختمان‌های تا ۵ طبقه $\Delta_a = 0.025h$

- در سایر ساختمان‌ها $\Delta_a = 0.020h$

در این روابط h ارتفاع طبقه است.



کنترل دریفت سازه ۵ طبقه:

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	U1	Drift	Cd	Drift X Cd	h	دریفت مجاز	وضعیت
Text	Text	Text	cm	cm			(cm)	0.025h	
Base	EX	LinStatic	0	0	5.5	0	320	8	Ok
Story1	EX	LinStatic	0.712336	0.712336	5.5	3.917848	320	8	Ok
Story2	EX	LinStatic	1.984337	1.272001	5.5	6.996006	320	8	Ok
Story3	EX	LinStatic	3.435078	1.450741	5.5	7.979076	320	8	Ok
Story4	EX	LinStatic	4.712631	1.277553	5.5	7.026542	320	8	Ok
Story5	EX	LinStatic	5.585171	0.87254	5.5	4.79897	320	8	Ok



ALIREZA ELMAKCHI
civil engineering group

گزارش کار مدلسازی سازه ۵ طبقه بتنی در نرم افزار SAP2000 – مهندس علیرضا المکچی



گزارش کار مدلسازی سازه ۵ طبقه بتنی در نرم افزار SAP2000

تهیه کننده: مهندس علیرضا المکچی

کانال آموزش های مهندسی عمران