

## (۱) مشخصات پروژه

### (۱-۱) مشخصات مصالح مصرفی

#### مشخص نمودن مصالح مصرفی

##### - بتن مصرفی

برای معرفی بتن در نرم افزار بایستی مشخصاتی نظیر وزن مخصوص، مدول الاستیسیته، نسبت پوآسون، ضریب انبساط حرارتی، مقاومت فشاری (مقاومت مشخصه) را وارد نمائیم که این مشخصات عبارتند از:

#### ➤ وزن مخصوص

وزن مخصوص انواع بتن طبق مبحث ۶ بصورت زیر خواهد بود:

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

$$w_c = 2500 \text{ kgf/m}^3$$

### ۹-۳-۶ مدول الاستیسیتهی بتن، $E_c$

۹-۳-۶-۱ مدول الاستیسیته بتن را می‌توان از یکی از دو رابطه‌ی (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:

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

$$E_c = 4700\sqrt{23} = 22540.41 \text{ Mpa} \cong 22540 \text{ Mpa}$$

### ۹-۳-۷ ضریب پواسون بتن، $\nu$

۹-۳-۷-۱ در بتن معمولی، ضریب پواسون را میتوان یا برابر با ۰/۲ فرض نمود؛ و یا مقدار آن را از طریق آزمایش های معتبر به دست آورد.

$$U = \nu = 0.2$$

➤ ضریب انبساط حرارتی

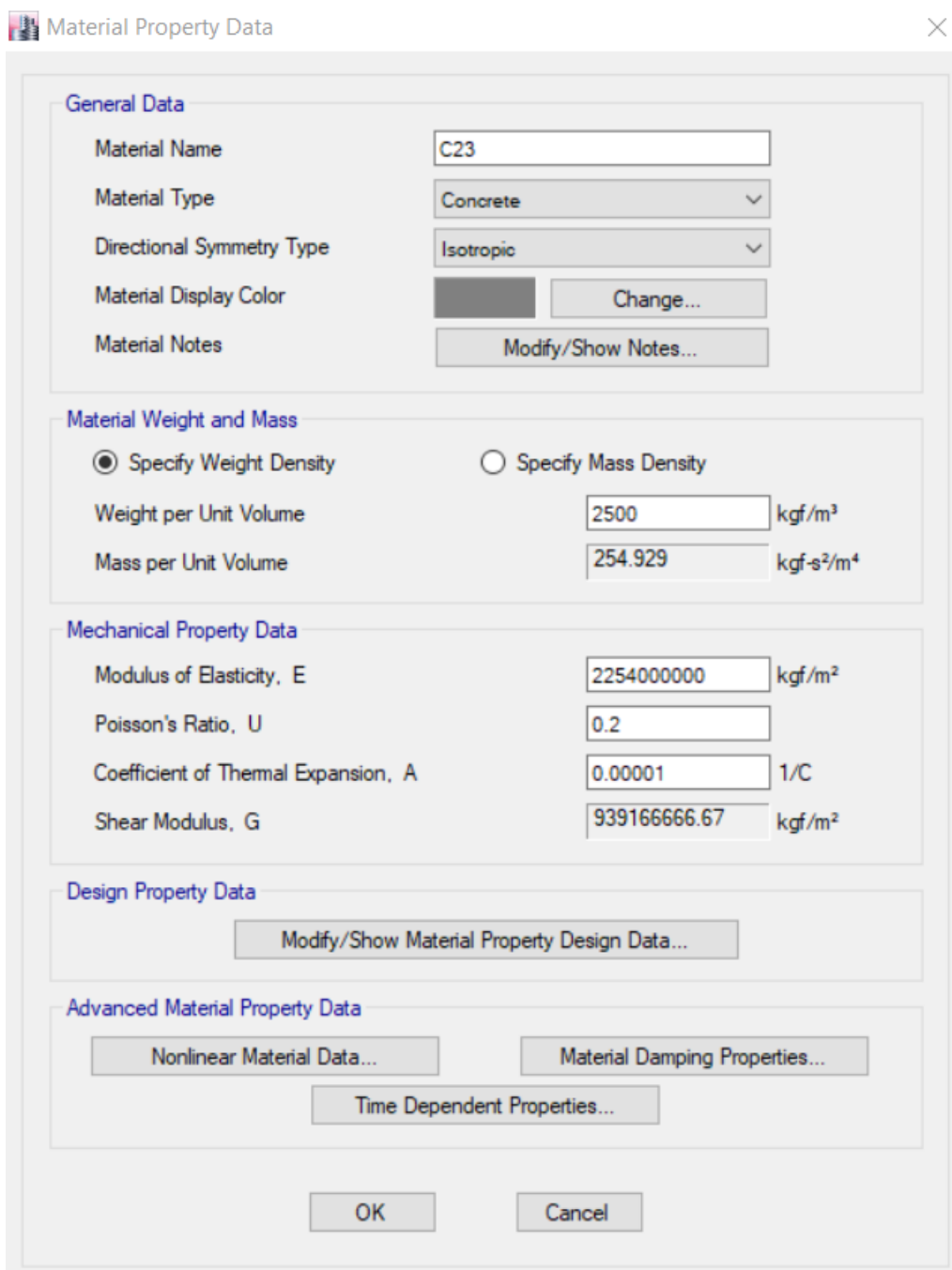
### ۸-۳-۹ ضریب انبساط حرارتی بتن

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

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

➤ مقاومت فشاری (مشخصه)

$$f'_c = 23 \text{ Mpa}$$



The image shows a 'Material Property Data' dialog box with the following sections and fields:

- General Data**
  - Material Name: C23
  - Material Type: Concrete
  - Directional Symmetry Type: Isotropic
  - Material Display Color: [Color swatch] Change...
  - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass**
  - ☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density
  - Weight per Unit Volume: 2500 kgf/m<sup>3</sup>
  - Mass per Unit Volume: 254.929 kgf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>
- Mechanical Property Data**
  - Modulus of Elasticity, E: 2254000000 kgf/m<sup>2</sup>
  - Poisson's Ratio, U: 0.2
  - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.00001 1/C
  - Shear Modulus, G: 939166666.67 kgf/m<sup>2</sup>
- Design Property Data**
  - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data**
  - Nonlinear Material Data...
  - Material Damping Properties...
  - Time Dependent Properties...
- Buttons: OK, Cancel

اطلاعات بتن مصرفی در نرم افزار



## - میلگرد مصرفی

برای میلگردهای مصرفی از میلگرد S400 استفاده خواهیم نمود که مشخصات آن بصورت زیر خواهند بود:

### ➤ وزن مخصوص میلگرد

همانند فولاد نرمه ساختمانی می باشد.

شرح	جرم مخصوص (کیلوگرم بر متر مکعب)
۱- فلزات	
آلومینیم	۲۷۰۰
آهن خام خاکستری	۷۲۰۰
آهن خام سفید	۷۷۰۰
چدن	۷۲۰۰
فولاد نرم	۷۸۵۰

$$W = 7850 \text{ kgf/m}^3$$

### ➤ مدول الاستیسیته

۲-۷-۱۳-۹ در تحلیل خطی مقدار  $E_s = 2 \times 10^5$  بر حسب مگاپاسکال منظور می شود.

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

### ➤ مقاومت تسلیم، گسیختگی

نوع میلگرد	مقاومت تسلیم (Fy)	مقاومت گسیختگی (Fu)
S400	400 Mpa	600 Mpa

➤ مقاومت تسلیم و گسیختگی مورد انتظار

۱۰-۳-۲-۳ ضریب  $R_y$  تولیدات فولاد

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

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

که در آن:

$F_y$  = تنش تسلیم تعیین شده فولاد

$F_{ye}$  = تنش تسلیم مورد انتظار فولاد

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

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

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

نوع میلگرد	مقاومت تسلیم مورد انتظار ( $F_y$ )	مقاومت گسیختگی مورد انتظار ( $F_u$ )
S400	1.25*400 Mpa	1.25*600 Mpa


Material Property Data

**General Data**

Material Name: S400

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7850 kgf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 800.477 kgf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 20000000000 kgf/m<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

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

OK Cancel

Material Property Design Data

**Material Name and Type**

Material Name: S400

Material Type: Rebar, Uniaxial

**Design Properties for Rebar Materials**

Minimum Yield Strength, Fy: 40000000 kgf/m<sup>2</sup>

Minimum Tensile Strength, Fu: 60000000 kgf/m<sup>2</sup>

Expected Yield Strength, Fye: 50000000 kgf/m<sup>2</sup>

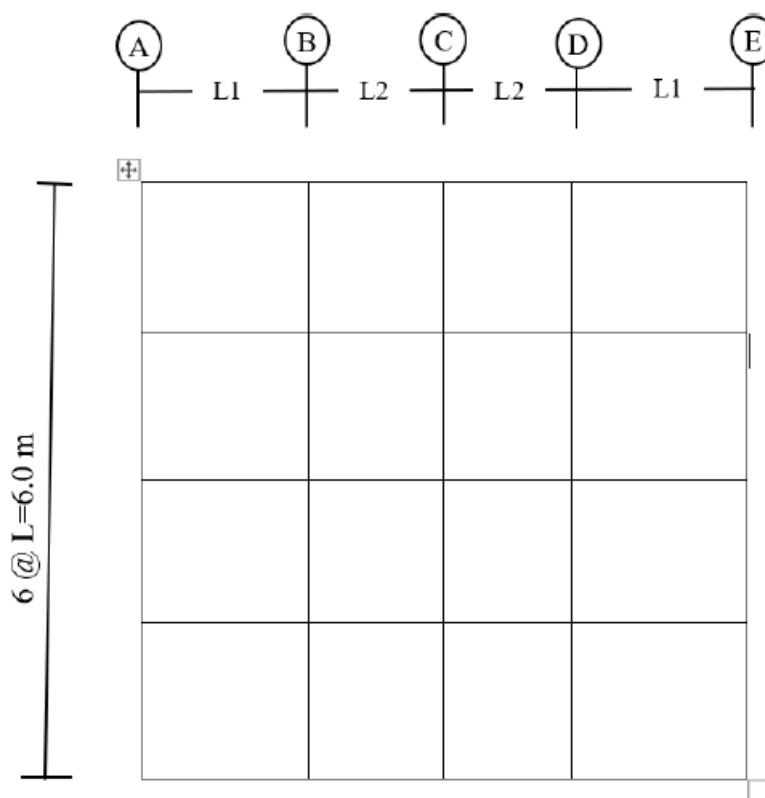
Expected Tensile Strength, Fue: 75000000 kgf/m<sup>2</sup>

OK Cancel

اطلاعات میلگرد مصرفی در نرم افزار

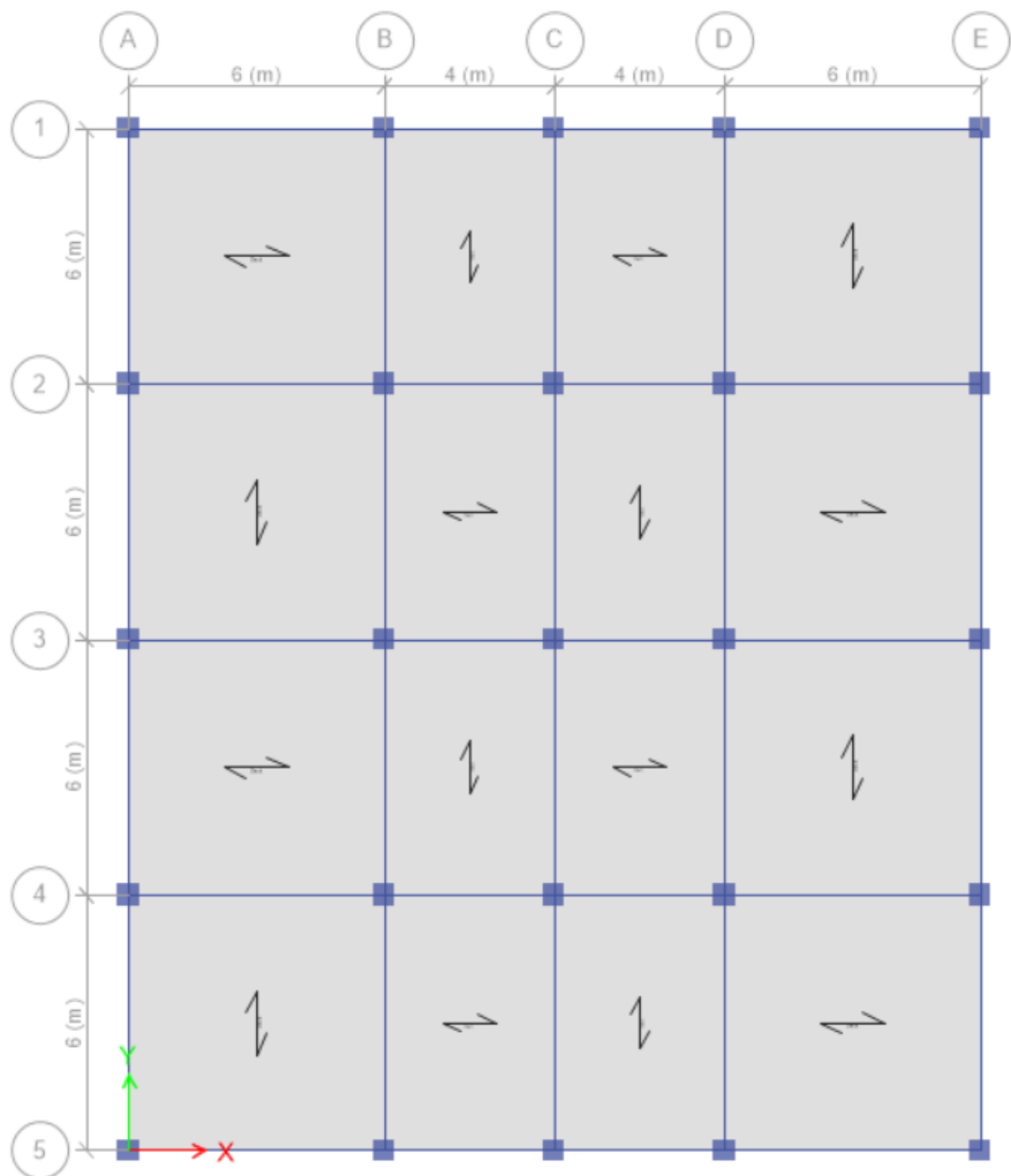
## ۲) مشخصات هندسه سازه

سازه مورد دارای پلان زیر می باشد:



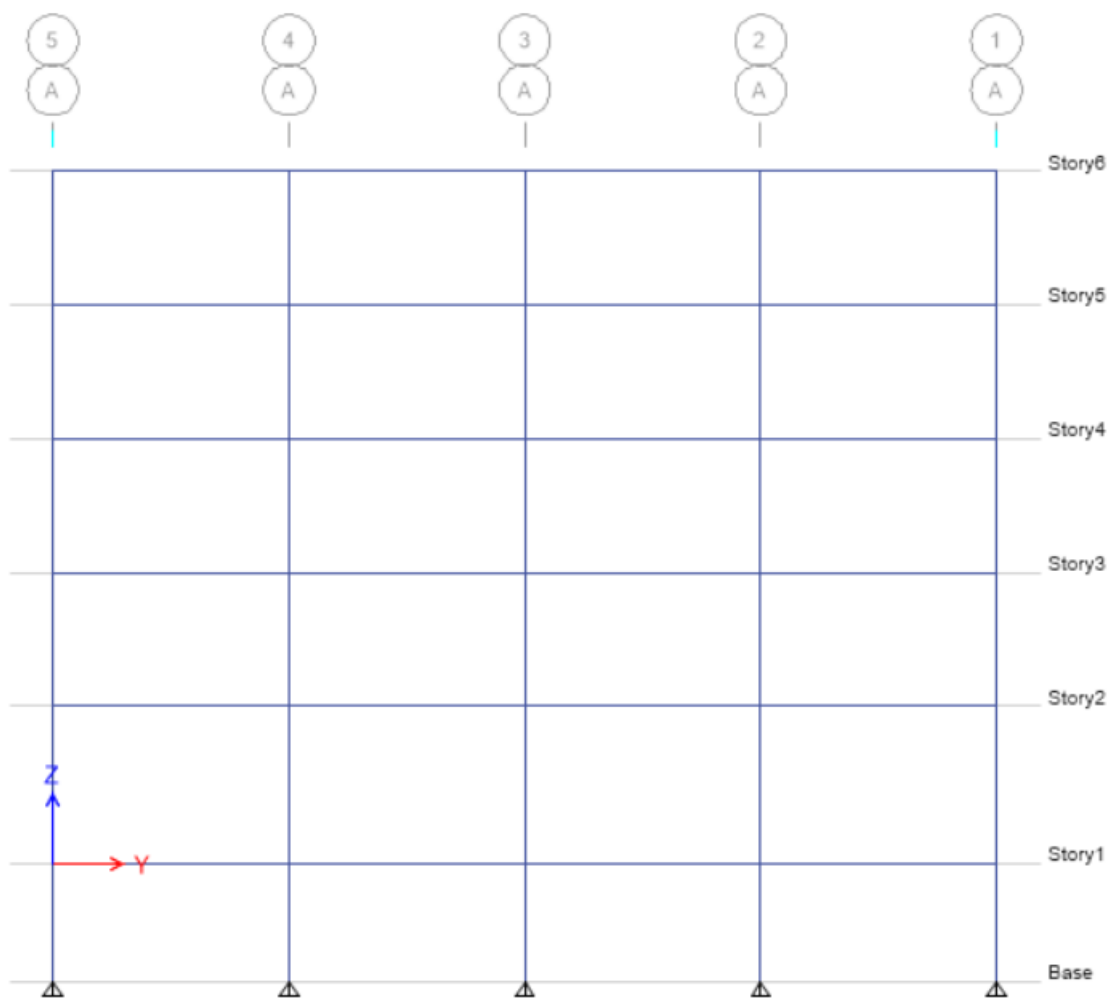
Plan of the building  
(L1 = 6.00 m ; L2 = 4.00 m)

پلان سازه



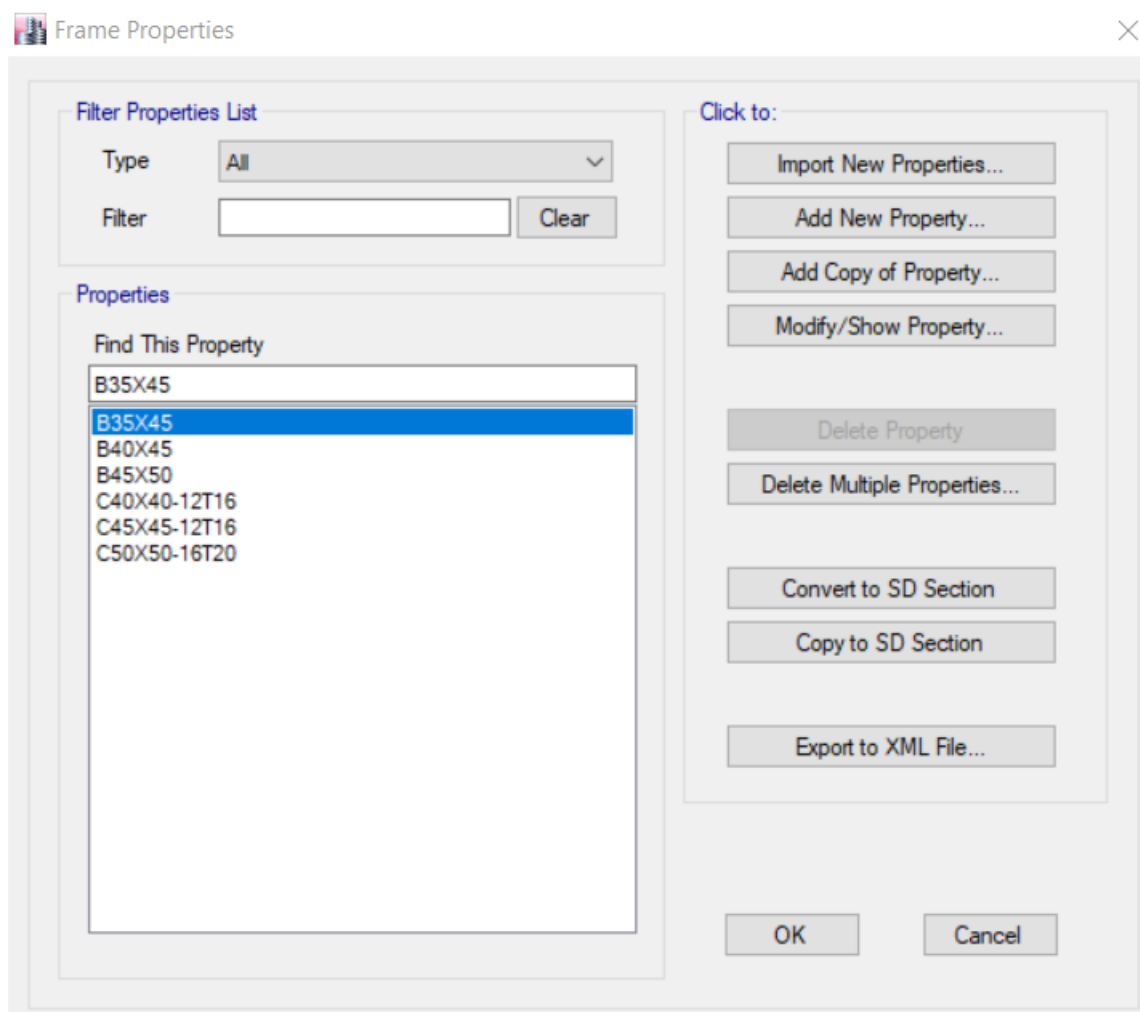
### مدلسازی پلان در نرم افزار ETABS

سازه دارای ۶ طبقه بوده که طبقه زیرزمین با ارتفاع آن ۳ متر می باشد و طبقه همکف با کاربری پارکینگ با ارتفاع ۴ متر و بقیه طبقات دارای کاربری مسکونی با ارتفاع ۳/۴ می باشد.



مدلسازی قاب در نرم افزار ETABS

### ۳) مقاطع مورد استفاده تیرها و ستونها



مقاطع تیر و ستون تعریف شده در نرم افزار

- مشخصات نمونه ستون تعریف شده در نرم افزار


Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: C50X50-16T20

Material: C23

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

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

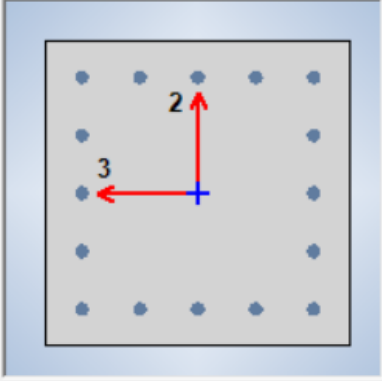
**Section Dimensions**

Depth: 0.5 m

Width: 0.5 m

Show Section Properties...

**Reinforcement Diagram**



**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

معرفی ابعاد ستون



<b>Design Type</b> <input checked="" type="radio"/> P-M2-M3 Design (Column) <input type="radio"/> M3 Design Only (Beam)		<b>Rebar Material</b> Longitudinal Bars: S400 Confinement Bars (Ties): S400	
<b>Reinforcement Configuration</b> <input checked="" type="radio"/> Rectangular <input type="radio"/> Circular		<b>Confinement Bars</b> <input checked="" type="radio"/> Ties <input type="radio"/> Spirals	
<b>Check/Design</b> <input checked="" type="radio"/> Reinforcement to be Checked <input type="radio"/> Reinforcement to be Designed			
<b>Longitudinal Bars</b>			
Clear Cover for Confinement Bars		0.04	m
Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face		5	
Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face		5	
Longitudinal Bar Size and Area	20	...	0.000314 m <sup>2</sup>
Corner Bar Size and Area	20	...	0.000314 m <sup>2</sup>
<b>Confinement Bars</b>			
Confinement Bar Size and Area	10	...	0.000079 m <sup>2</sup>
Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis)		0.15	m
Number of Confinement Bars in 3-dir		3	
Number of Confinement Bars in 2-dir		3	
OK		Cancel	

معرفی موارد لازم برای آرماتورگذاری ستون

- مشخصات نمونه تیر تعریف شده در نرم افزار

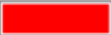
Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: B45X50

Material: C23

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

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.5 m

Width: 0.45 m

Show Section Properties...

**Property Modifiers**

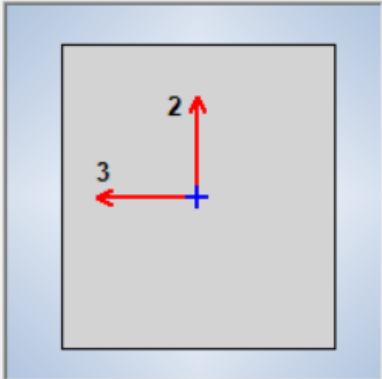
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel



معرفی ابعاد تیر

Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars S400

Confinement Bars (Ties) S400

Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid

Top Bars 0.06 m

Bottom Bars 0.06 m

Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams

Top Bars at I-End 0 m<sup>2</sup>

Top Bars at J-End 0 m<sup>2</sup>

Bottom Bars at I-End 0 m<sup>2</sup>

Bottom Bars at J-End 0 m<sup>2</sup>

OK Cancel

معرفی موارد لازم برای آرماتورگذاری تیر

✓ مقدار پوشش بتنی روی میلگرد (کاور) برای تیرها از مرکز میلگرد در نظر گرفته می‌شود به همین سبب به اندازه نصف قطر میلگرد و قطر خاموت به کاور خالص که ۴ سانتیمتر می‌باشد اضافه شده و در مجموع ۶ سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

#### ۴) معرفی الگوهای بارگذاری برای تحلیل خطی

با توجه به اطلاعات صورت پروژه بارهای مورد استفاده برای این پروژه در تحلیل خطی بار مرده، زنده، تیغه بندی و زلزله خواهد بود که طبق شکل زیر این بارها به نرم افزار معرفی گردیده‌اند:

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Lpart	Live	0	
Dead	Dead	1	
Live	Live	0	
Roof	Roof Live	0	
EX	Seismic	0	
EY	Seismic	0	
Wind	Wind	0	
Lpart	Live	0	User Coefficient User Coefficient ASCE 7-10

#### الگوهای بارگذاری برای تحلیل خطی

✓ برای اعمال نیروی زلزله به سازه همانطور که در شکل فوق مشاهده می‌شود برای نحوه پخش بار جانبی بار زلزله از حالت User Coefficient استفاده شده است که در این حالت مقدار ضریب زلزله (C) و ضریب توزیع برش در طبقات (K) به نرم افزار معرفی می‌گردد که بایستی آنها را محاسبه نموده و به نرم افزار وارد نمائیم که بصورت زیر محاسبه شده است:

جدول ۲-۳ طبقه‌بندی نوع زمین

نوع زمین	توصیف لایه‌بندی زمین	پارامترها		
		$\bar{C}_u (kPa)$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{v}_z (m/s)$
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین	-	-	$>750$
II	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد. سنگ‌های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	$>250$	$>50$	$375-750$
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	$70-250$	$15-50$	$175-375$
IV	خاک متوسط تا نرم، لایه‌های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه‌های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم.	$<70$	$<15$	$<175$

✓ با توجه به اینکه در صورت پروژه سرعت موج برشی ۴۰۰ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد بنابراین نوع خاک از نوع II می‌باشد.

## محاسبه ضریب زلزله در جهت X

نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل	مرکز جمعیتی	
	استان	
	آذربایجان غربی	ارومیه
ضریب اهمیت ساختمان	پهنه با خطر نسبی زیاد	$A = 0.3$
	ساختمان با اهمیت متوسط	$I = 1.0$

ضریب رفتار سازه			
سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی		$R_u$
قاب خمشی	قاب خمشی بتن آرمه متوسط		<b>5</b>
	$H_m = 35 \text{ m}$	$C_d = 4.5$	$\Omega_0 = 3$

B ضریب بازتاب سازه					
$H =$ ارتفاع ساختمان از تراز پایه		<b>20.6 m</b>	نوع زمین	<b>II</b>	
سازه میانقاب دارد؟		<b>خیر</b>	نوع سیستم	قاب خمشی بتنی	
$T_0 =$	0.1	زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی		$T = 0.05 \times H^{0.9 \times (1)} = 0.761$	
$T_s =$	0.5				
$S =$	1.5	$T = \text{Min (تحلیلی، ۰.۲۵ تجربی)} = 0.951$		<b>0.951</b>	
$S_0 =$	1				
$T_{ETABS}$ زمان تناوب نرم افزار	<b>2.00</b>				
ضریب اصلاح طیف	$N = 0.7 / (4 - T_s) * (T - T_s) + 1 =$	<b>1.090</b>	$B = B_1 N =$		<b>1.43248</b>
ضریب شکل طیف	$B1 = (S + 1) (T_s / T) =$	<b>1.314</b>			

$C_{min} = 0.12 AI =$	<b>0.0360</b>	$K = 0.5T + 0.75 =$	<b>1.226</b>
$C_{DRIFT} =$	<b>0.0488</b>	$K_{DRIFT} =$	<b>1.750</b>

$$C_x = \frac{A \times B \times I}{R_u} \Rightarrow C_x = \mathbf{0.0859}$$

## محاسبه ضریب زلزله در جهت Y

نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل	مرکز جمعیتی	
	استان	
	آذربایجان غربی	ارومیه
ضریب اهمیت ساختمان	پهنه با خطر نسبی زیاد	$A = 0.3$
	ساختمان با اهمیت متوسط	$I = 1.0$

ضریب رفتار سازه			
سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی		$R_u$
قاب خمشی	قاب خمشی بتن آرمه متوسط		<b>5</b>
	$H_m = 35 \text{ m}$	$C_d = 4.5$	$\Omega_0 = 3$

B ضریب بازتاب سازه					
$H =$ ارتفاع ساختمان از تراز پایه		<b>20.6 m</b>	نوع زمین	<b>II</b>	
سازه میانقاب دارد؟		<b>خیر</b>	نوع سیستم	قاب خمشی بتنی	
$T_0 =$	0.1	زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی		$T = 0.05 \times H^{0.9 \times (1)} = 0.761$	
$T_s =$	0.5				
$S =$	1.5	$T = \text{Min (تحلیلی، ۱.۲۵ تجربی)} = 0.951$		<b>0.951</b>	
$S_0 =$	1				
$T_{ETABS}$ زمان تناوب نرم افزار	<b>2.00</b>				
ضریب اصلاح طیف	$N = 0.7 / (4 - T_s) * (T - T_s) + 1 =$	<b>1.090</b>	$B = B_1 N =$		<b>1.43248</b>
ضریب شکل طیف	$B1 = (S + 1) (T_s / T) =$	<b>1.314</b>			

$C_{min} = 0.12 AI =$	<b>0.0360</b>	$K = 0.5T + 0.75 =$	<b>1.226</b>
$C_{DRIFT} =$	<b>0.0488</b>	$K_{DRIFT} =$	<b>1.750</b>

$$C_y = \frac{A \times B \times I}{R_u} \Rightarrow C_y = \mathbf{0.0859}$$

Direction and Eccentricity		Factors	
<input checked="" type="checkbox"/> X Dir	<input type="checkbox"/> Y Dir	Base Shear Coefficient, C	0.0859
<input type="checkbox"/> X Dir + Eccentricity	<input type="checkbox"/> Y Dir + Eccentricity	Building Height Exp., K	1.226
<input type="checkbox"/> X Dir - Eccentricity	<input type="checkbox"/> Y Dir - Eccentricity		
Ecc. Ratio (All Diaph.)		Story Range	
Overwrite Eccentricities	Overwrite...	Top Story	Story6
		Bottom Story	Base
OK		Cancel	

Direction and Eccentricity		Factors	
<input type="checkbox"/> X Dir	<input checked="" type="checkbox"/> Y Dir	Base Shear Coefficient, C	0.0859
<input type="checkbox"/> X Dir + Eccentricity	<input type="checkbox"/> Y Dir + Eccentricity	Building Height Exp., K	1.226
<input type="checkbox"/> X Dir - Eccentricity	<input type="checkbox"/> Y Dir - Eccentricity		
Ecc. Ratio (All Diaph.)		Story Range	
Overwrite Eccentricities	Overwrite...	Top Story	Story6
		Bottom Story	Base
OK		Cancel	

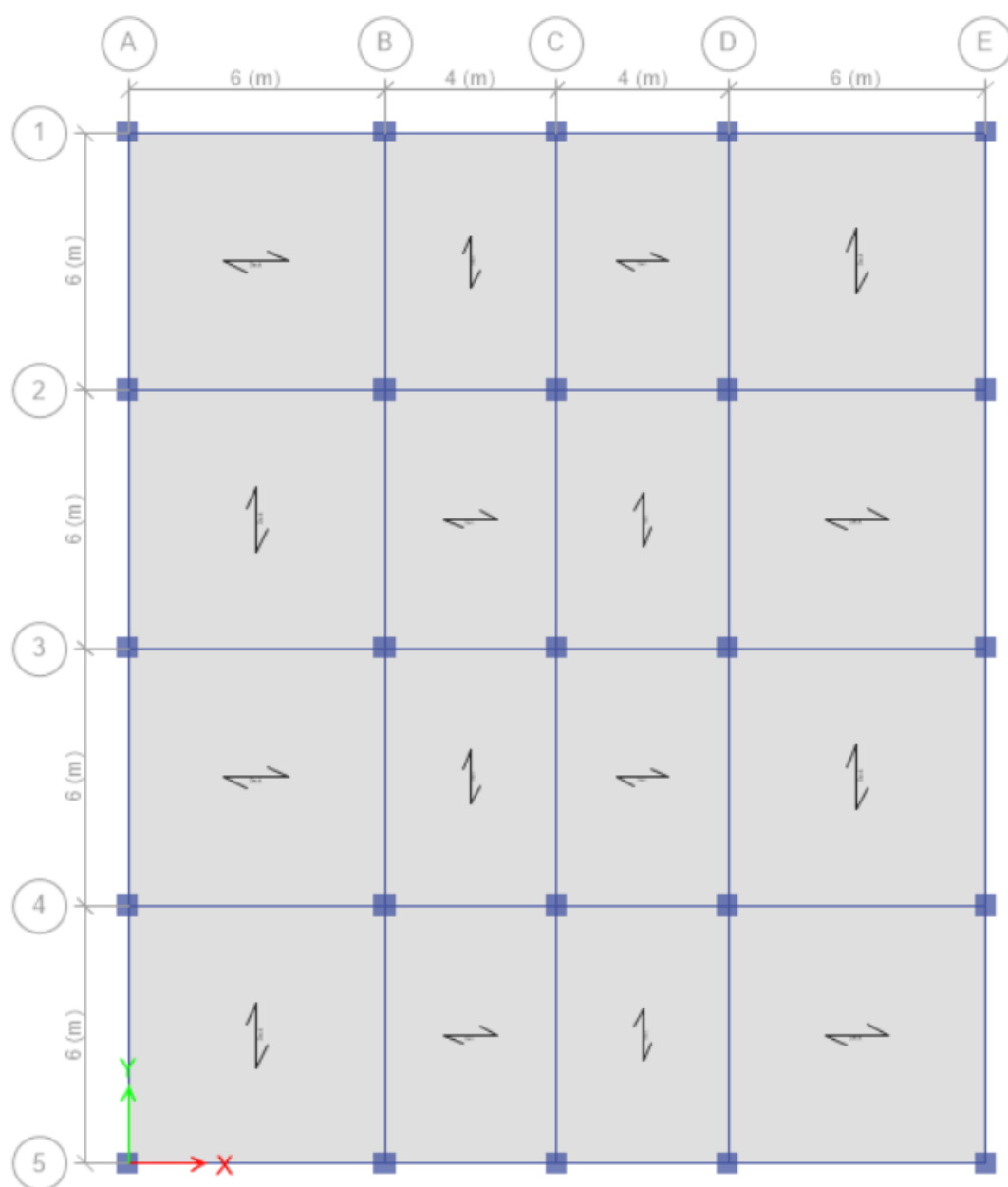
وارد نمودن مقادیر  $C$  و  $K$  در نرم افزار



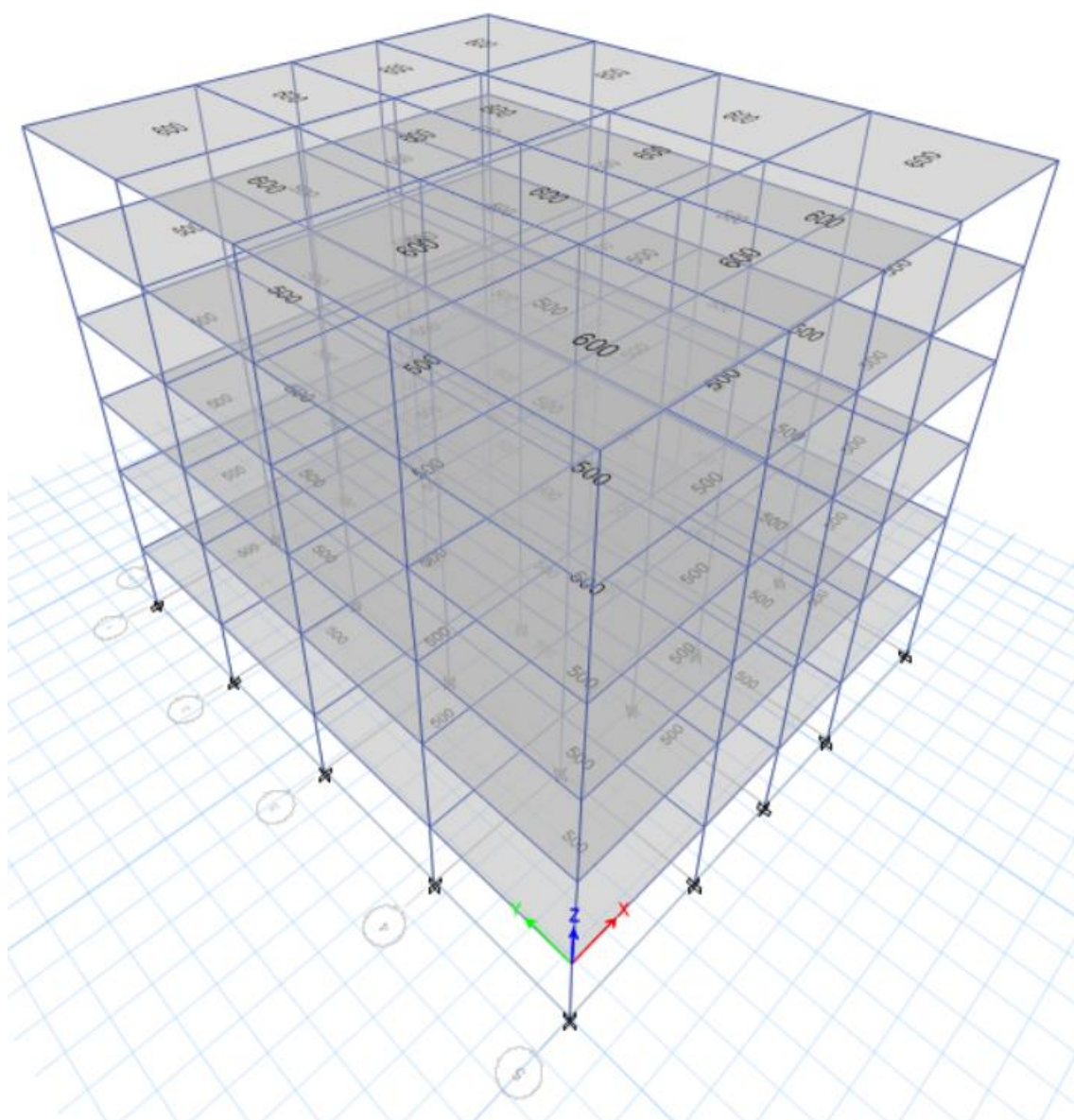
- اعمال بار مرده و زنده بر روی سازه

نوع بار	طبقات مسکونی	پشت بام	زیرزمین
بار مرده	۵	۶	۵
دیوارهای داخلی	۱	-	۰
دیوارهای خارجی	۲	۲/۲	۲
بار زنده	۲	۱/۵	۵

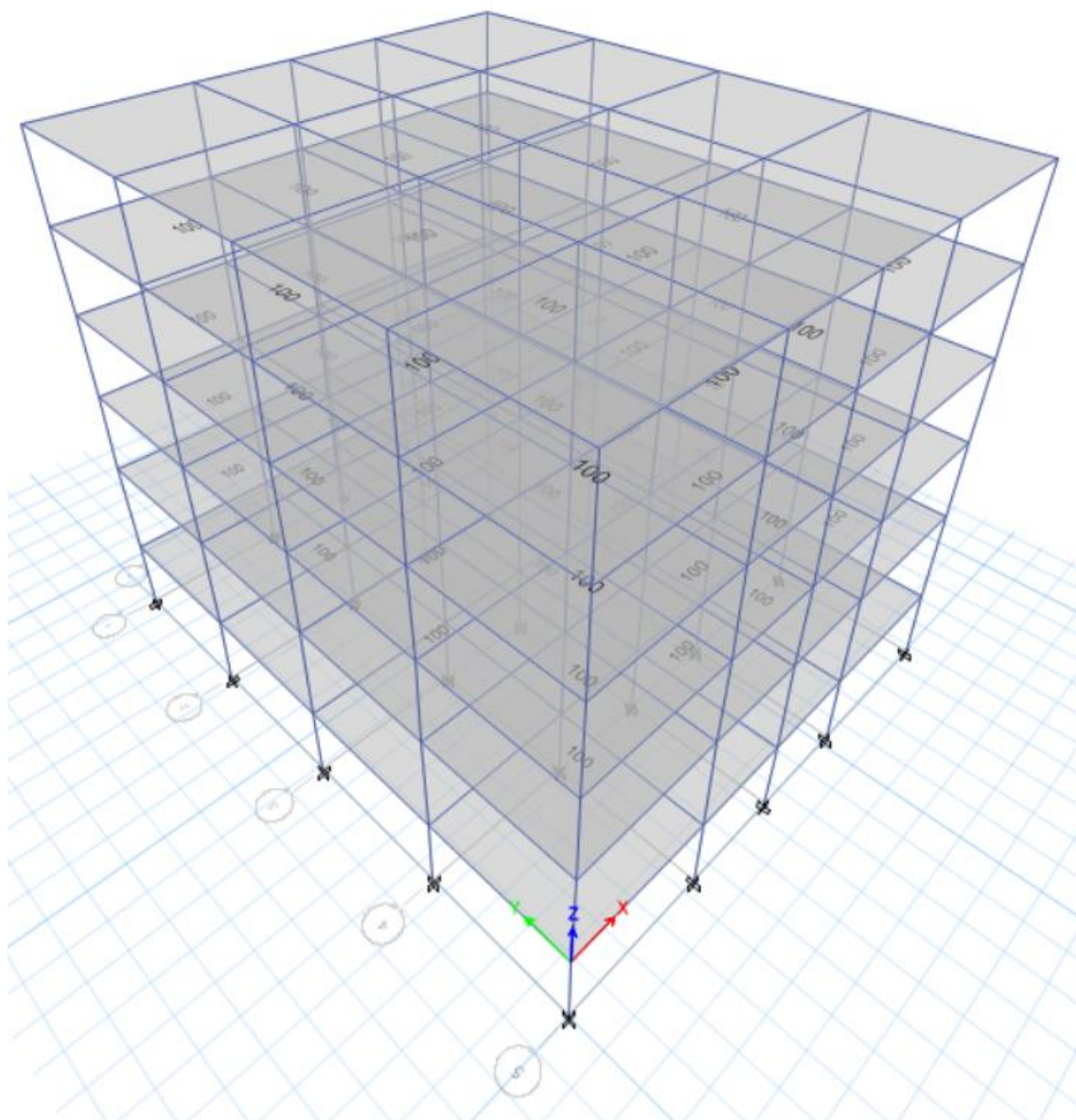
مقادیر بار مرده و زنده هر طبقه (برحسب کیلونیوتن بر متر مربع)



تیرچه ریزی سقف

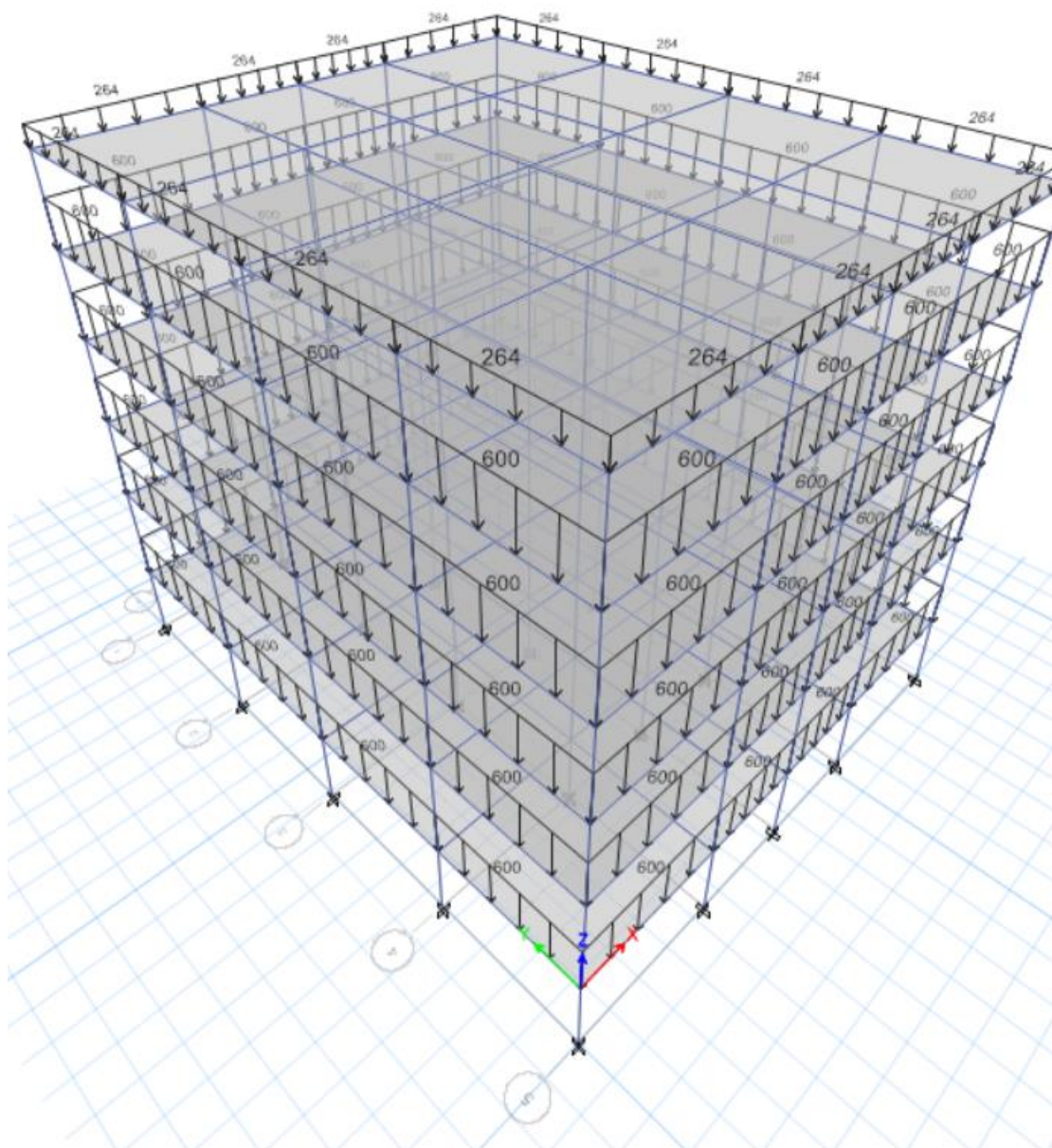


بار مرده کف وارده در نرم افزار

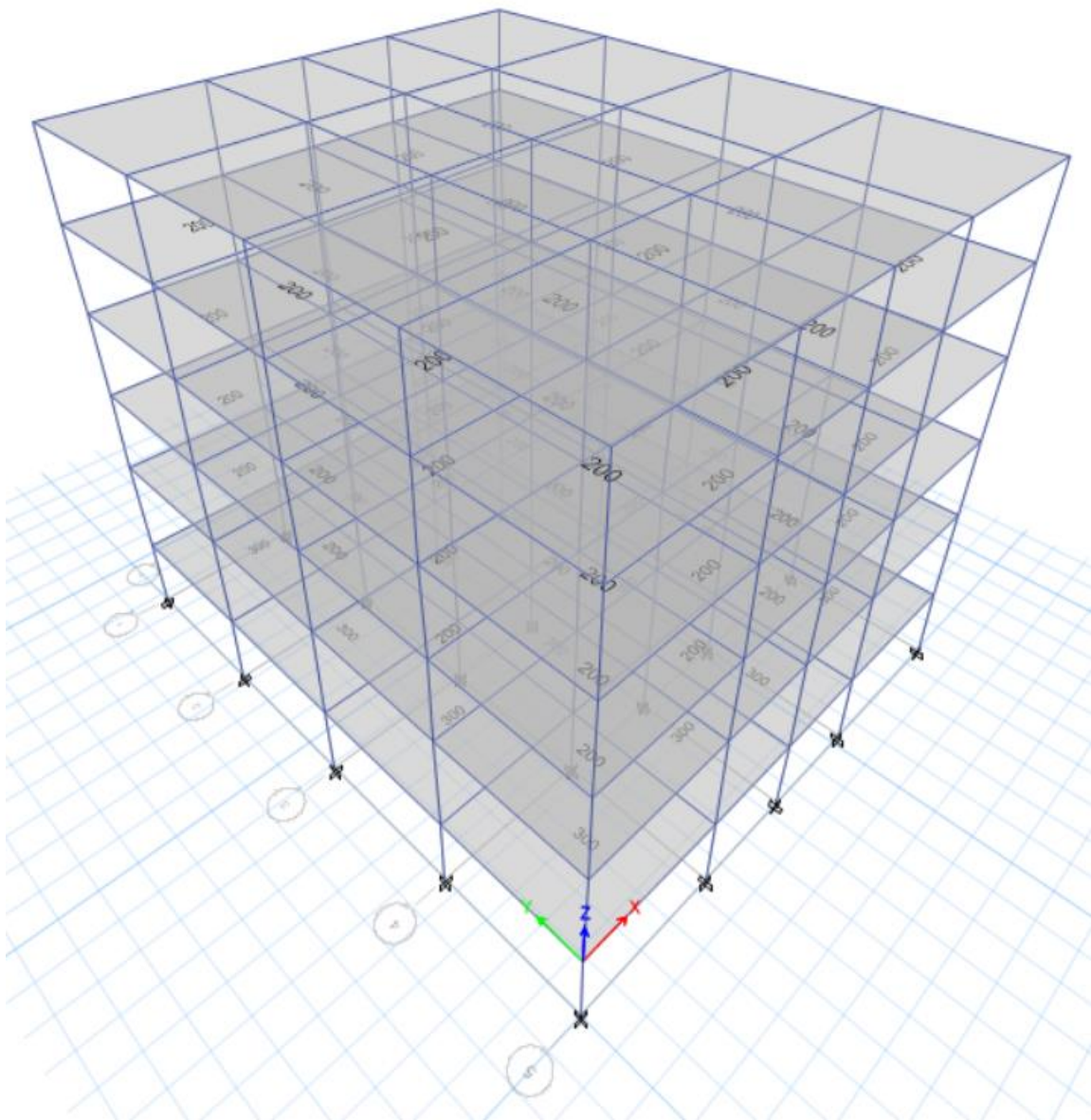


بار پارتیشن وارده در نرم افزار





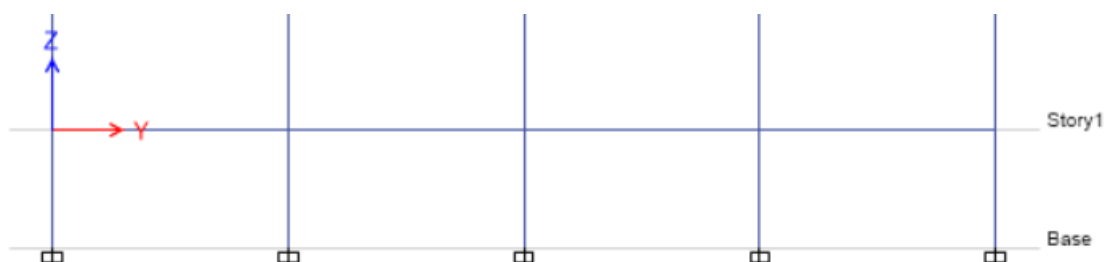
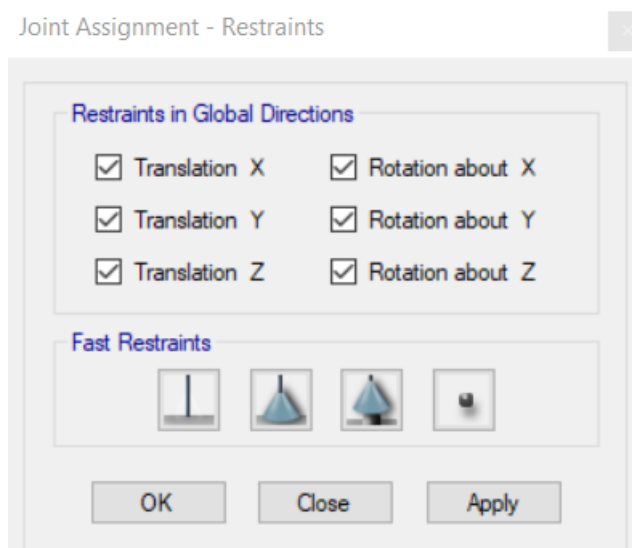
کل بارهای مرده اعمالی در نرم افزار



کل بارهای زنده اعمالی در نرم افزار

## ۵) اصلاحات مدلسازی

- اختصاص تکیه گاه به پای ستون‌ها در محل اتصال به فونداسیون



اختصاص تکیه‌گاه گیردار پای ستون‌ها

- 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	ترک نخورده		
	ترک خورده		
تیرها	$0.35I_g$		
دال‌های تخت و دال‌های قارچی	$0.25I_g$		

Frame Assignment - Property Modifiers

Property/Stiffness 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

OK Close Apply

اعمال ضریب ترک خوردگی ستون



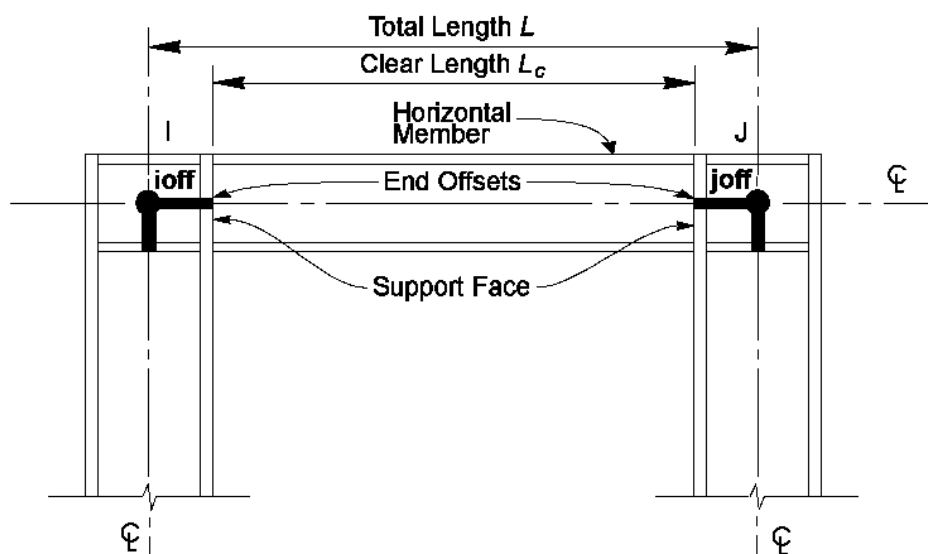
Property/Stiffness Modifiers for Analysis

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

OK Close Apply

اعمال ضریب ترک خوردگی تیر

- اختصاص نواحی انتهایی صلب

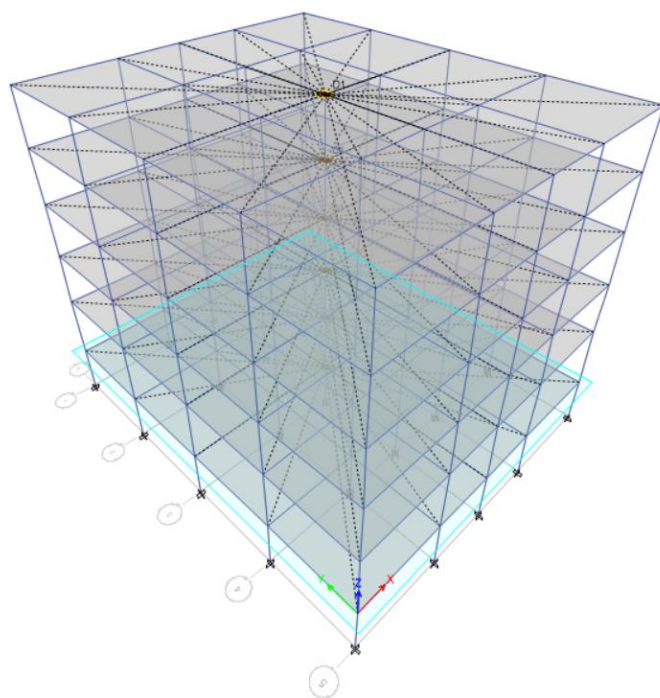
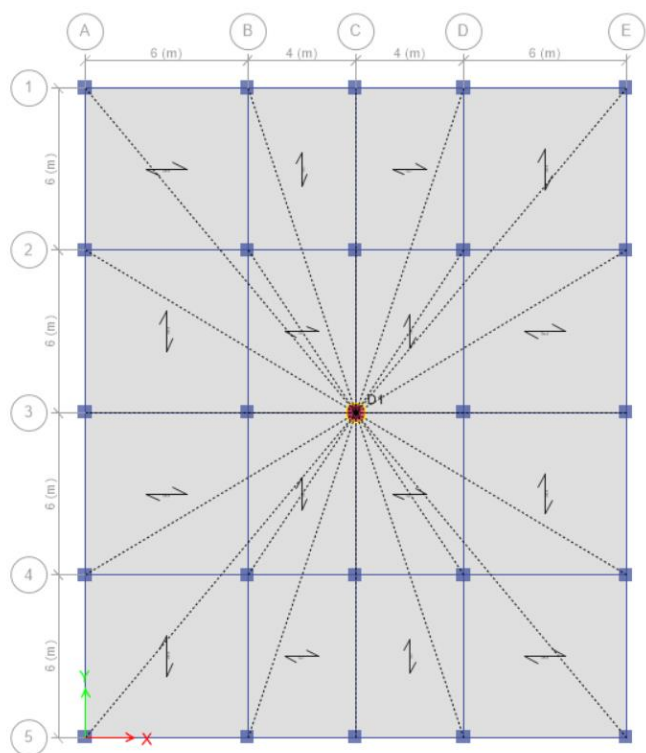


Frame Assignment - End Length Offsets

The screenshot shows the 'Frame Assignment - End Length Offsets' dialog box. It contains two main sections: 'End Offset Along Length' and 'Frame Self Weight Option'. In the 'End Offset Along Length' section, the 'Automatic from Connectivity' radio button is selected. Below it, there are input fields for 'End-I' and 'End-J' (both with a unit of 'm'), and a 'Rigid-zone factor' set to '0.5'. In the 'Frame Self Weight Option' section, the 'Auto' radio button is selected. At the bottom, there are 'OK', 'Close', and 'Apply' buttons.

اختصاص نواحی انتهایی صلب

## - اختصاص دیافراگم



اختصاص دیافراگم طبقات

## - وزن مؤثر لرزه‌ای

W: وزن مؤثر 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

Mass Source Data

Mass Source Name: MsSrc1

Mass Source

☐ Element Self Mass

☐ Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

☐ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:

This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:

This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	0.2
Lroof	0.2
Lpart	1

Buttons: Add, Modify, Delete

Mass Options

☒ Include Lateral Mass

☐ Include Vertical Mass

☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

معرفی وزن مؤثر لرزه‌ای به نرم افزار

## - تنظیم تعداد مدهای نوسان

**Modal Case Data**

**General**

Modal Case Name: Modal [Design...]

Modal Case Sub Type: Eigen [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

**P-Delta/Nonlinear Stiffness**

☒ Use Preset P-Delta Settings [Iterative based on loads] [Modify/Show...]

☐ Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case: [ ]

**Loads Applied**

Advanced Load Data Does NOT Exist ☐ Advanced

**Other Parameters**

Maximum Number of Modes: 18

Minimum Number of Modes: 3

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

☒ Allow Auto Frequency Shifting

[OK] [Cancel]

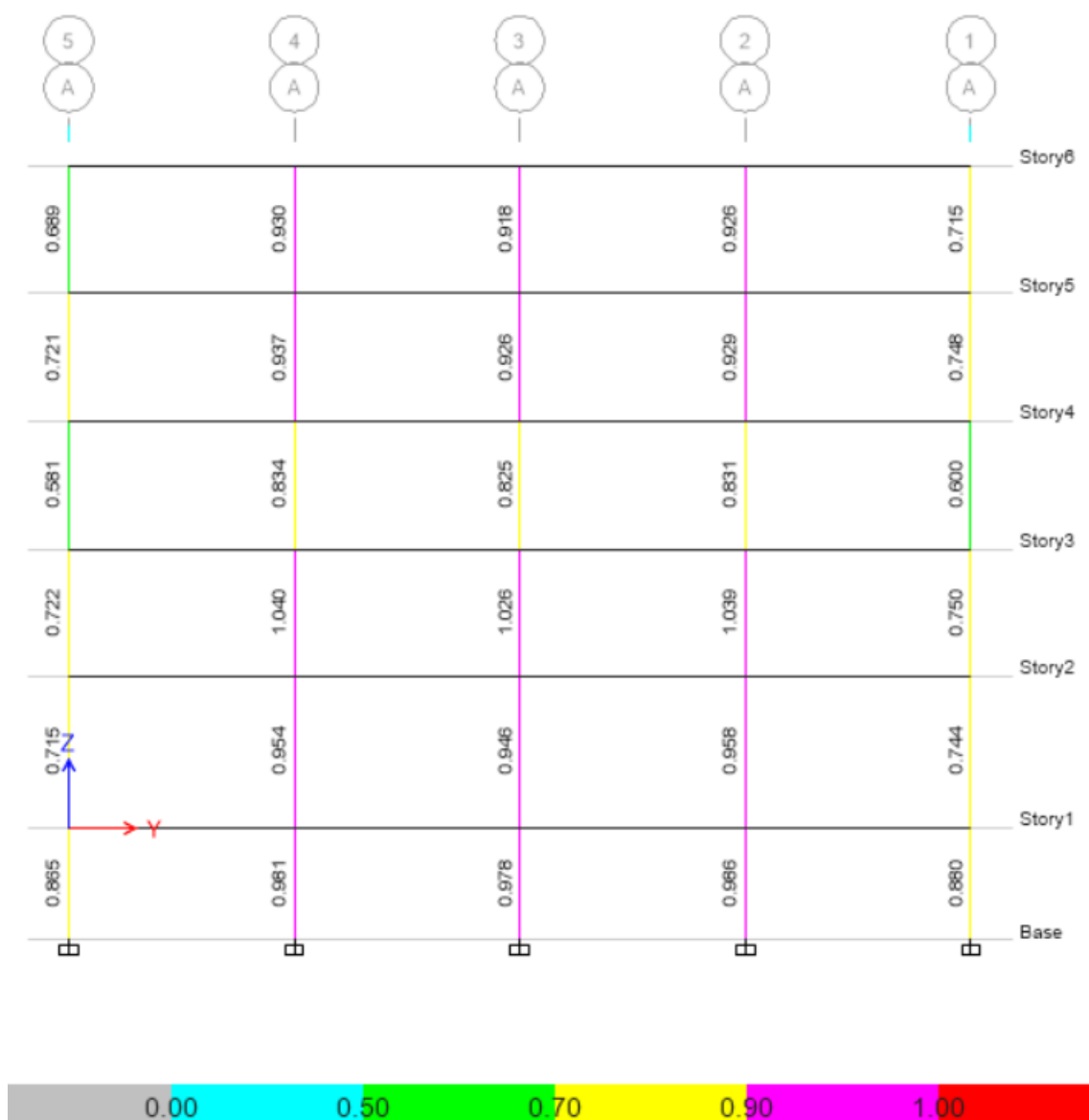
تنظیم تعداد مد نوسان در نرم افزار

$$\text{Maximum Number of Modes} = 3n = 3 \times 6 = 18$$

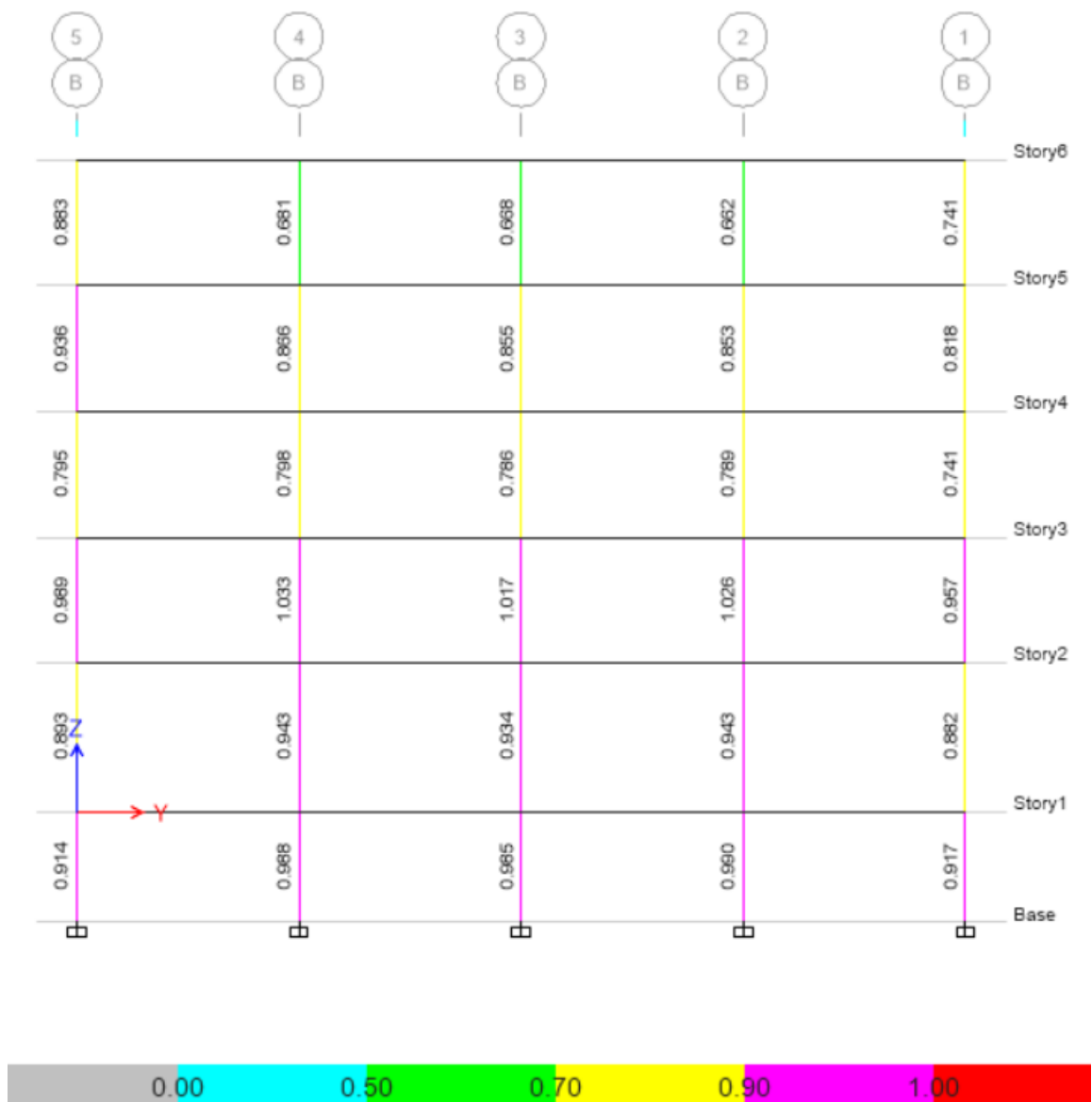
$$\text{Minimum Number of Modes} = 3 \text{ or } 1 = 3$$

✓ در رابطه فوق  $n$  تعداد طبقات می باشد.

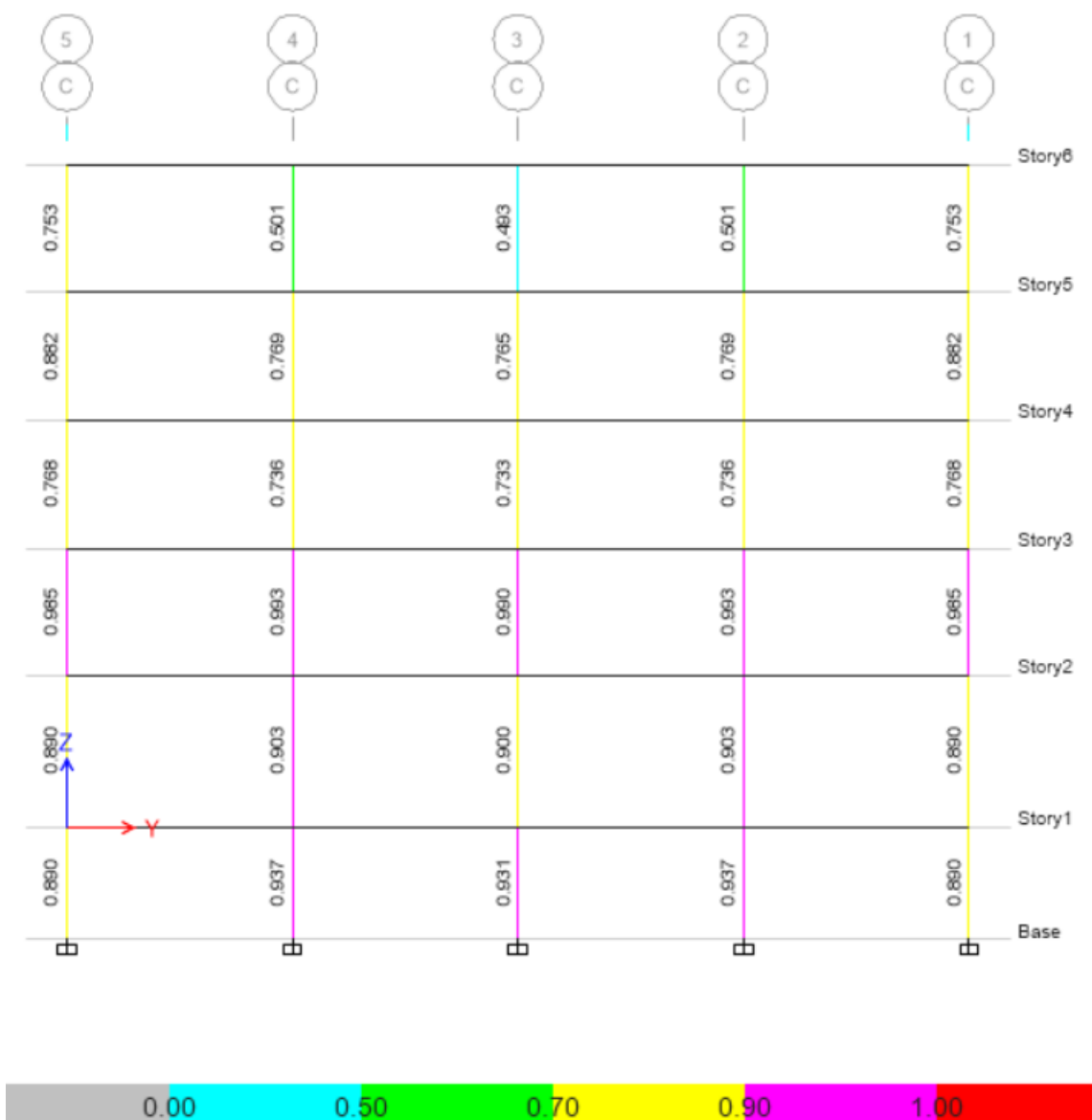
## ۶) تحلیل و طراحی سازه (تحلیل خطی)



نسبت نیرو به ظرفیت قاب A

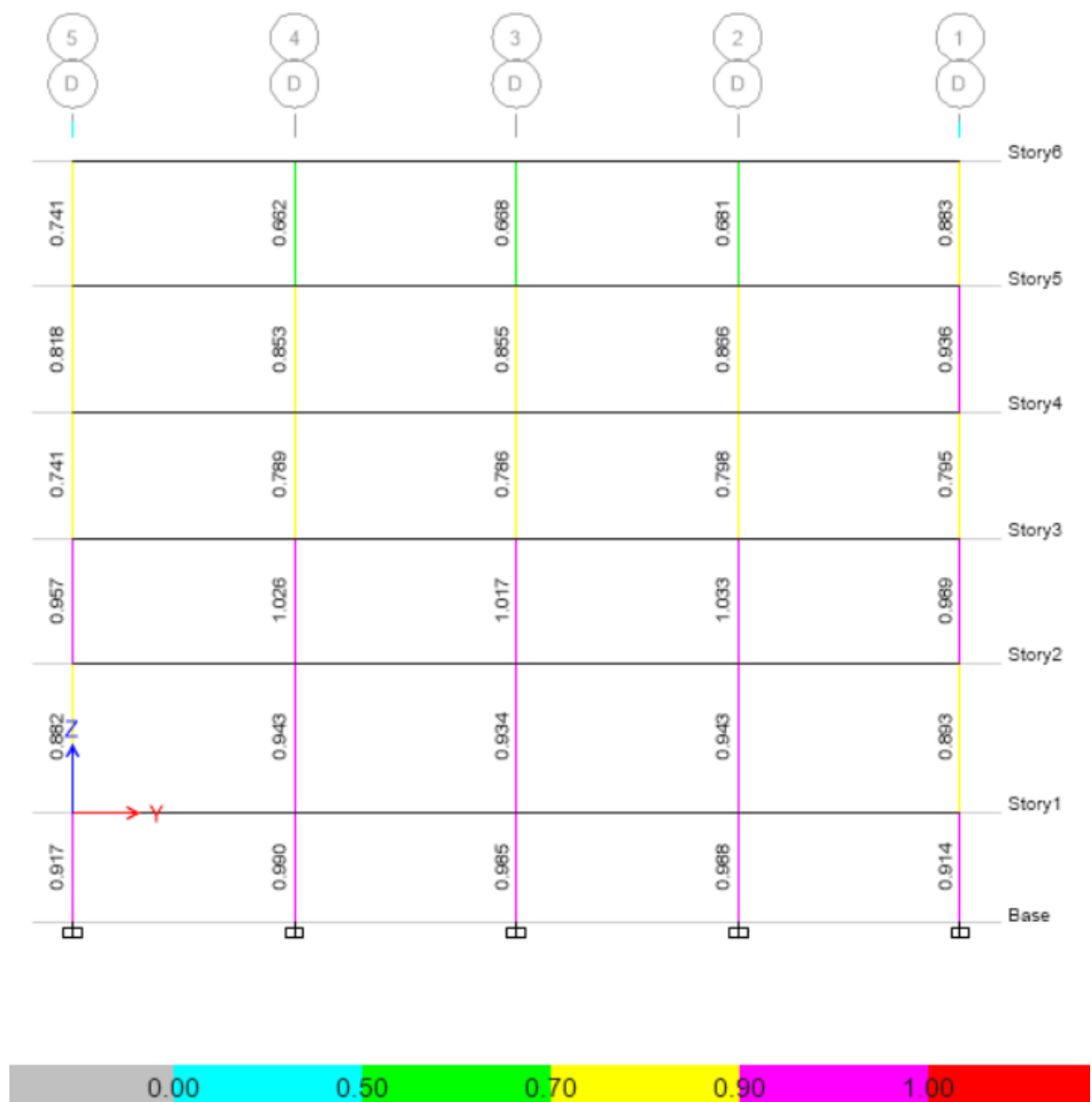


نسبت نیرو به ظرفیت قاب B

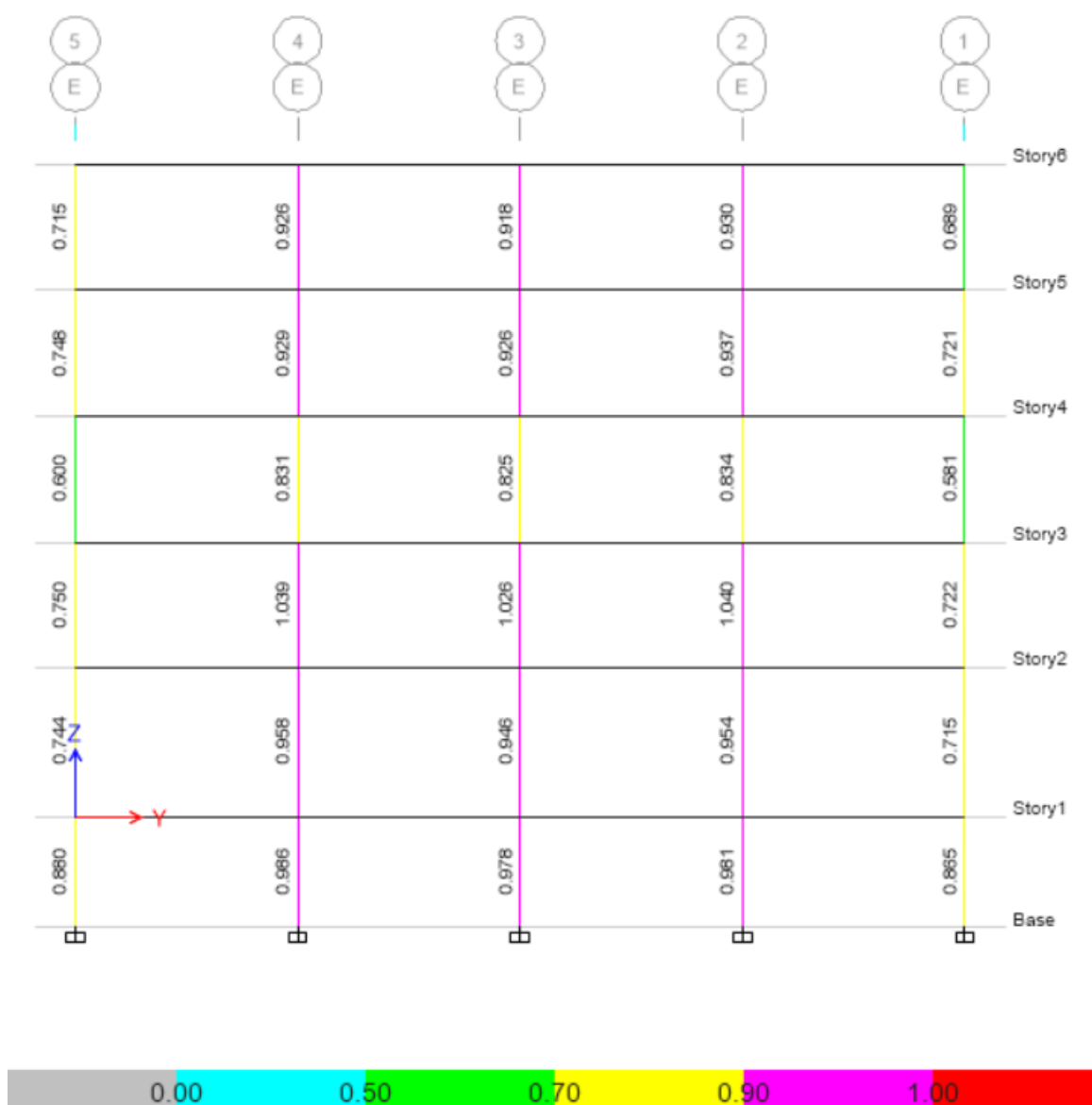


نسبت نیرو به ظرفیت قاب  $C$





نسبت نیرو به ظرفیت قاب D



نسبت نیرو به ظرفیت قاب  $E$

## ۷) انتخاب روش تحلیل برای مقاومسازی

در انجام تحلیل استاتیکی از دو روش برای تحلیل سازه می‌توان استفاده کرد که عبارتند از:

الف) تحلیل استاتیکی خطی (تحلیل استاتیکی معادل)

ب) تحلیل استاتیکی غیر خطی (تحلیل پوش آور)

طبق نشریه ۳۶۰ بنا به بندی که در ادامه آورده شده است در فرضیات مدلسازی اگر تحلیل سازه از نوع استاتیکی خطی باشد باید مدلسازی بصورت سه بعدی باشد اما در تحلیل غیرخطی استاتیکی می‌توان از حالت دو بعدی نیز استفاده نمود با توجه به اینکه پروژه مورد بررسی ما قاب دو بعدی می‌باشد بنابراین روش تحلیل در نظر گرفته شده تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش آور) خواهد بود.

### ۳-۲-۲- مدل سازی

#### ۳-۲-۲-۱- فرضیات اولیه

سازه باید به صورت سه بعدی مدل سازی شود. در موارد ذکر شده در این بند برای تحلیل‌های غیرخطی می‌توان از مدل دو بعدی نیز استفاده نمود. در صورتی که سازه دارای دیافراگم صلب، مطابق با تعریف بند (۳-۲-۴) باشد و اثرات پیچش در سازه مطابق بند (۳-۲-۳) ملحوظ شده باشد، می‌توان از مدل سازی دو بعدی در تحلیل‌های غیرخطی نیز استفاده نمود. در سازه‌های با دیافراگم نرم، مدل سازی دوبعدی در تحلیل‌های غیرخطی می‌تواند با توجه به بند (۳-۲-۴) انجام شود. هنگامی که سازه در تحلیل‌های غیرخطی دوبعدی مدل می‌شود، برای محاسبه‌ی سختی و مقاومت اجزا و اعضای سازه باید خواص سه بعدی آن‌ها مدنظر قرار گیرد. در مدل سازی، سختی اعضای سازه‌ای باید برحسب نوع مصالح، مطابق فصل‌های ۵ یا ۶ برآورد شود. در تحلیل‌های غیرخطی، اگر اتصالات ضعیف‌تر و یا دارای شکل‌پذیری کم‌تر از اعضای متصل‌شونده باشد و یا به نحوی تخمین زده شود که با در نظر گرفتن اتصالات در مدل، نتایج حاصل بیش از ۱۰٪ تغییر خواهد داشت، اثر آن‌ها باید به نحو مناسب در مدل سازه منظور شود.

بند نشریه ۳۶۰ در خصوص فرضیات مدلسازی

## ۸) تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش آور)

در این روش، بار جانبی ناشی از زلزله، استاتیکی و به تدریج به صورت فزاینده به سازه اعمال می شود تا آنجا که تغییر مکان در یک نقطه ی خاص (نقطه ی کنترل) تحت اثر بار جانبی، به مقدار مشخصی (تغییر مکان هدف) برسد و یا سازه فرو ریزد. تغییر شکل ها و نیروهای داخلی حاصل از تحلیل استاتیکی غیر خطی باید با معیارهای پذیرش مورد بررسی قرار گیرد.

- نکات نشریه ۳۶۰ در ارتباط با تحلیل پوش آور

### ۳-۳-۳-۱- ملاحظات خاص مدل سازی و تحلیل

#### ۳-۳-۳-۱-۱- کلیات

تحلیل استاتیکی غیر خطی می تواند به دو روش کامل و ساده شده انجام شود:

۱- در روش کامل، اعضای اصلی و غیر اصلی در مدل وارد شده و رفتار غیر خطی آن ها تا حد امکان نزدیک به واقعیت انتخاب می شود. همچنین اثرات کاهندگی به نحوی وارد محاسبات می شود.

۲- در روش ساده شده، فقط اعضای اصلی مدل می شوند. رفتار غیر خطی اعضای اصلی توسط مدل دوطبقی شبیه سازی می شود و از اثرات کاهندگی صرف نظر می شود. هنگام استفاده از این روش، معیار پذیرش مطابق بند (۳-۴-۲-۲) در نظر گرفته می شود. چنانچه تعداد کمی از اعضای اصلی توسط این معیار پذیرفته نشوند، می توان آن ها را در دسته ی اعضای غیر اصلی فرض کرده و از مدل خارج نمود.

✓ با توجه به استفاده از نرم افزار ETABS برای این پروژه از روش (۲) برای انجام تحلیل پوش آور استفاده خواهیم نمود.

#### ۳-۳-۳-۱-۲- نقطه ی کنترل

در تحلیل استاتیکی غیر خطی، مرکز جرم بام به عنوان نقطه ی کنترل تغییر مکان سازه انتخاب می شود (مرکز جرم سقف خرپشته به عنوان نقطه ی کنترل انتخاب نمی شود).

### ۳-۳-۳-۱-۳- توزیع بار جانبی

توزیع بار جانبی بر مدل سازه باید تا حد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ خواهد داد، باشد و حالت‌های بحرانی تغییرشکل و نیروهای داخلی را در اعضا ایجاد نماید. به همین جهت باید حداقل دو نوع توزیع بار جانبی به شرح زیر، بر روی سازه اعمال شود.

#### ۱- توزیع نوع اول

به عنوان توزیع نوع اول باید بار جانبی به یکی از سه روش زیر محاسبه و بر مدل سازه اعمال شود. برای سازه‌هایی که دارای زمان تناوب اصلی بزرگ‌تر از یک ثانیه هستند فقط می‌توان از روش سوم این نوع توزیع بار استفاده نمود.

۱-۱- توزیع متناسب با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی مطابق رابطه (۳-۱۰)، از این توزیع هنگامی می‌توان استفاده نمود که حداقل ۷۵٪ جرم سازه در مود ارتعاشی اول درجهت موردنظر مشارکت کند. در صورت انتخاب این توزیع، توزیع نوع دوم باید از نوع یکنواخت انتخاب شود.

۲-۱- توزیع متناسب با شکل مود اول ارتعاش درجهت موردنظر، از این توزیع زمانی می‌توان استفاده نمود که حداقل ۷۵٪ جرم سازه در این مود مشارکت کند.

۳-۱- توزیع متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی، برای این منظور تعداد مودهای ارتعاشی مورد بررسی باید چنان انتخاب شود که حداقل ۹۰٪ جرم سازه در تحلیل مشارکت کند.

#### ۲- توزیع نوع دوم

به عنوان توزیع نوع دوم باید بار جانبی به یکی از دو روش زیر محاسبه و بر مدل سازه اعمال شود.

۱-۲- توزیع یکنواخت که در آن بار جانبی متناسب با وزن هر طبقه محاسبه می‌شود.

۲-۲- توزیع متغیر که در آن توزیع بار جانبی برحسب وضعیت رفتار غیرخطی مدل سازه در هر گام افزایش بار با استفاده از یک روش معتبر تغییر داده می‌شود.

بار جانبی که به ترتیب فوق انتخاب می‌شود باید جداگانه در دو جهت مثبت و منفی به سازه وارد شود و رابطه‌ی بین برش پایه و تغییرمکان نقطه‌ی کنترل باید برای هر گام افزایش نیروهای جانبی تا رسیدن به تغییرمکانی حداقل ۱/۵ برابر تغییرمکان هدف ثبت شود. در تحلیل غیرخطی بارهای ثقلی اعضا مطابق بند (۳-۲-۸) در ترکیب با بار جانبی باید منظور شود.

### ۳-۳-۱-۴- مدل رفتار دوخطی نیرو- تغییر مکان سازه

رفتار غیرخطی سازه که ارتباط بین برش پایه و تغییر مکان نقطه‌ی کنترل را مطابق شکل (۱-۳) مشخص می‌نماید به منظور محاسبه‌ی سختی جانبی موثر ( $K_e$ ) و برش تسلیم موثر ( $V_y$ ) باید با یک مدل رفتار دوخطی ساده جایگزین شود. برای ساده‌سازی مدل رفتار غیرخطی، نقطه‌ی B باید چنان انتخاب شود که سطح زیر مدل رفتار دوخطی برابر سطح زیر منحنی رفتار غیرخطی باشد و همچنین طول پاره‌خط AD برابر  $0.6AB$  باشد. در آن صورت نیروی مربوط به نقطه‌ی B، برش تسلیم موثر ( $V_y$ ) بوده و برای برش پایه‌ی  $0.6V_y$  در منحنی رفتار غیرخطی، مدول سکانت بیان‌گر سختی جانبی موثر ( $K_e$ ) می‌شود. در مدل ساده‌شده باید دقت شود که  $V_y$  بزرگ‌تر از بیشینه برش پایه در منحنی رفتار غیرخطی نشود. در سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی مثبت هستند ( $\alpha > 0$ ) مدل رفتاری مطابق شکل (الف) است و در سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی منفی هستند ( $\alpha < 0$ ) مدل رفتاری مطابق شکل (ب) می‌باشد.

### ۳-۳-۱-۵- محاسبه‌ی زمان تناوب اصلی موثر

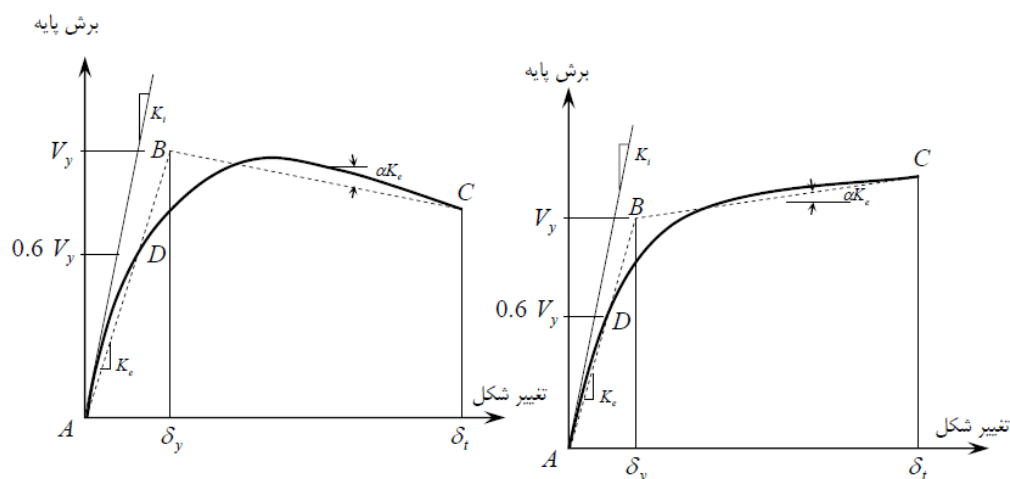
زمان تناوب اصلی موثر  $T_e$  در امتداد مورد بررسی براساس مدل رفتار دوخطی برابر است با:

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (۱۳-۳)$$

که در آن  $T_i$  زمان تناوب اصلی ساختمان با فرض رفتار خطی است و  $K_i$  سختی جانبی ارتجاعی مطابق شکل (۱-۳) می‌باشد.

### ۳-۳-۲- برآورد نیروها و تغییر شکل‌ها

تغییر مکان هدف برحسب نوع دیافراگم مطابق بندهای (۱-۲-۳-۳-۳) تا (۳-۲-۳-۳-۳) تعیین می‌شود. در سازه‌هایی که دارای دیافراگم صلب یا نیمه‌صلب هستند تغییر مکان هدف باید به دلیل پیچش مطابق بند (۳-۲-۳) اصلاح شود. دیافراگم طبقات باید برای نیرویی برابر یکی از دو مقدار بندهای (۵-۱-۳-۳) و (۳-۲-۳-۳) طراحی شود. اثر زلزله در امتداد عمود بر امتداد موردنظر در صورت لزوم باید مطابق بند (۷-۲-۳) در نظر گرفته شود.



شکل (۳-۱): منحنی ساده‌شده‌ی نیرو - تغییرمکان

### ۳-۳-۳-۱- ساختمان با دیافراگم صلب

تغییرمکان هدف برای سازه با دیافراگم‌های صلب باید با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی سازه برآورد شود. به عنوان یک روش تقریبی می‌توان مقدار تغییرمکان هدف را از رابطه (۳-۱۴) محاسبه نمود.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (3-14)$$

که در آن  $T_e$  زمان تناوب اصلی موثر ساختمان مطابق رابطه‌ی (۳-۱۳) برای امتداد موردنظر است.  $C_0$  ضریب اصلاح برای ارتباط تغییرمکان طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییرمکان بام سیستم چند درجه آزادی است که برابر یکی از مقادیر زیر انتخاب می‌شود:

- ضریب مشارکت مود اول
- مقادیر تقریبی مطابق جدول (۳-۲)

جدول (۳-۲): مقدار ضریب  $C_0$

تعداد طبقات ساختمان	ساختمان‌های برشی *		سایر ساختمان‌ها
	توزیع نوع اول مطابق بند (۳-۱-۳-۳-۳)	توزیع بار یکنواخت	هر نوع توزیع بار
۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴
۱۰ و بیشتر	۱/۳	۱/۲	۱/۵

\* منظور از ساختمان برشی، ساختمانی است که در تمام طبقات، تغییرمکان جانبی نسبی کوچک‌تر از طبقه‌ی زیرین باشد.

ضریب  $C_1$  از رابطه‌ی (۱۵-۳) محاسبه می‌شود.

$$T_e \geq T_s \rightarrow C_1 = 1.0$$

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{1.0 + [R - 1] \frac{T_s}{T_e}}{R} \quad (15-3)$$

در هر صورت مقدار  $C_1$  نباید کوچک‌تر از ۱ و بزرگ‌تر از مقدار آن براساس بند (۳-۱-۳) اختیار شود. در این رابطه  $R$  نسبت مقاومت است که از رابطه‌ی (۱۶-۳) محاسبه می‌شود.

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (16-3)$$

در این رابطه  $S_a$  شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر  $T_e$  است و  $C_m$  ضریب جرم موثر در مود اول است که می‌تواند با استفاده از جدول (۱-۳) یا از تحلیل دینامیکی به‌دست آید.

ضریب  $C_2$  اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه‌ای را بر تغییر مکان‌ها به‌دلیل رفتار غیرارتجاعی آن‌ها منظور می‌کند و مقدار آن با استفاده از جدول (۳-۳) تعیین می‌شود.

جدول (۳-۳): مقادیر ضریب  $C_2$

$T \geq T_s$		$T \leq 0.1$		سطح عملکرد موردنظر
قاب نوع دو	قاب نوع یک	قاب نوع دو	قاب نوع یک	
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه
۱/۰	۱/۱	۱/۰	۱/۳	ایمنی جانی
۱/۰	۱/۲	۱/۰	۱/۵	آستانه‌ی فروریزش

در این جدول قاب‌های نوع یک شامل سیستم‌های سازه‌ای هستند که در آن‌ها بیش از ۳۰٪ بار جانبی توسط اعضای حمل می‌شود که هنگام زلزله کاهش سختی و مقاومت دارند. قاب‌های خمشی معمولی، قاب‌های مهاربندی‌شده با محورهای متقارب،



قاب‌های با اتصالات نیمه‌صلب، قاب‌های با مهاربندهای لاغر که فقط برای کشش طراحی شده‌اند، دیوارهای بنایی غیرمسلح و دیوارهای غیرشکل‌پذیر در برش از این نوع می‌باشند. سایر سیستم‌های سازه‌ای از نوع دو محسوب می‌شوند. برای مقادیر  $T$  بین  $0/1$  و  $T_s$  مقدار  $C_2$  با استفاده از درون‌یابی خطی محاسبه می‌شود.

ضریب  $C_3$  برای سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی مثبت هستند ( $\alpha > 0$ ) برابر ۱ و برای سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی منفی هستند ( $\alpha < 0$ ) از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$C_3 = 1.0 + \frac{|\alpha| [R - 1]^{1.5}}{T_e}$$

مقدار  $C_3$  لزومی ندارد بزرگ‌تر از مقادیر داده‌شده در بند (۳-۱-۳) در نظر گرفته شود.

بنا به توضیحات آئین نامه می‌توان گفت برای تحلیل پوش آور گام‌های زیر بایستی انجام گیرد:

۱. معرفی طیف به نرم افزار
۲. محاسبه تغییر مکان هدف
۳. اختصاص رفتار غیر خطی اعضا (تعریف و اختصاص مفاصل پلاستیک)
۴. تعریف الگوهای بارگذاری
۵. تحلیل سازه و برداشت سختی موثر از خروجی نرم افزار و اصلاح تغییر مکان هدف
۶. تحلیل نهایی و کنترل خروجی‌های لازم (کنترل نمودار پوش، تشکیل مفاصل پلاستیک)

## گام اول) معرفی طیف به نرم افزار

با توجه به اینکه سازه بر روی زمین نوع II قرار گرفته و در منطقه با لرزه خیزی زیاد قرار دارد اطلاعات طیف برابر خواهد بود

با:

T (Sec)	B
0.00	1.00000
0.02	1.30000
0.04	1.60000
0.06	1.90000
0.08	2.20000
0.10	2.50000
0.12	2.50000
0.14	2.50000
0.16	2.50000
0.18	2.50000
0.20	2.50000
0.22	2.50000
0.24	2.50000
0.26	2.50000
0.28	2.50000
0.30	2.50000
0.32	2.50000
0.34	2.50000
0.36	2.50000
0.38	2.50000
0.40	2.50000
0.42	2.50000
0.44	2.50000
0.46	2.50000
0.48	2.50000
0.50	2.50000
0.52	2.41346
0.54	2.33333
0.56	2.25893
0.58	2.18966
0.60	2.12500
0.62	2.06452
0.64	2.00781
0.66	1.95455
0.68	1.90441
0.70	1.85714
0.72	1.81250
0.74	1.77027

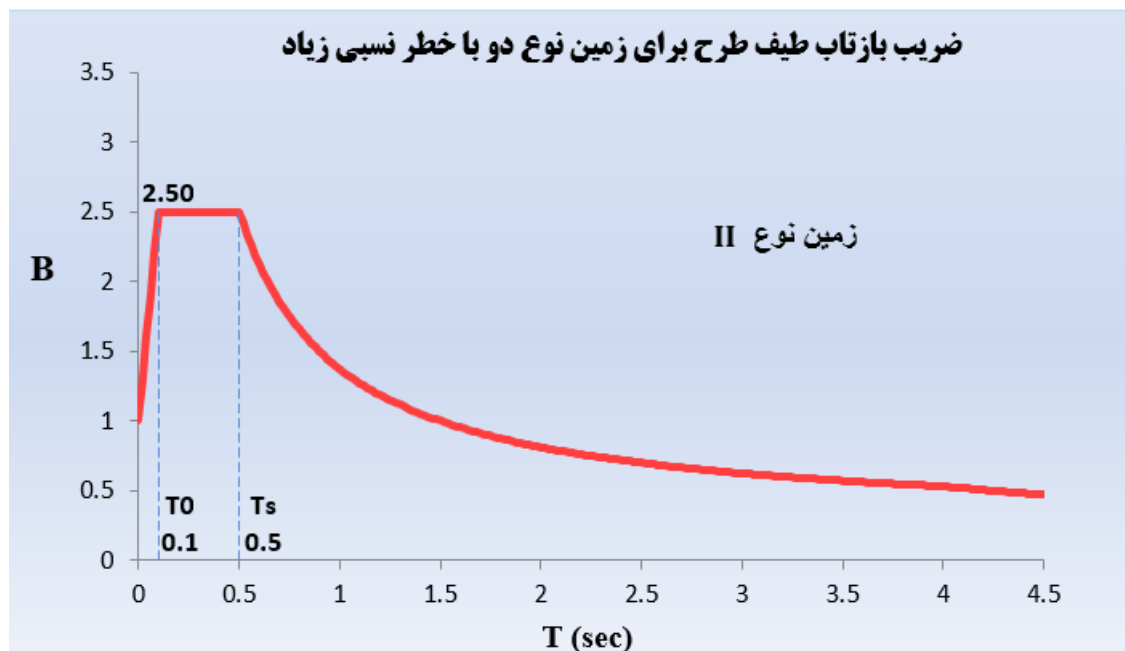
0.76	1.73026
0.78	1.69231
0.80	1.65625
0.82	1.62195
0.84	1.58929
0.86	1.55814
0.88	1.52841
0.90	1.50000
0.92	1.47283
0.94	1.44681
0.96	1.42188
0.98	1.39796
1.00	1.37500
1.02	1.35294
1.04	1.33173
1.06	1.31132
1.08	1.29167
1.10	1.27273
1.12	1.25446
1.14	1.23684
1.16	1.21983
1.18	1.20339
1.20	1.18750
1.22	1.17213
1.24	1.15726
1.26	1.14286
1.28	1.12891
1.30	1.11538
1.32	1.10227
1.34	1.08955
1.36	1.07721
1.38	1.06522
1.40	1.05357
1.42	1.04225
1.44	1.03125
1.46	1.02055
1.48	1.01014
1.50	1.00000
1.52	0.99013
1.54	0.98052
1.56	0.97115
1.58	0.96203
1.60	0.95313
1.62	0.94444
1.64	0.93598
1.66	0.92771
1.68	0.91964

1.70	0.91176
1.72	0.90407
1.74	0.89655
1.76	0.88920
1.78	0.88202
1.80	0.87500
1.82	0.86813
1.84	0.86141
1.86	0.85484
1.88	0.84840
1.90	0.84211
1.92	0.83594
1.94	0.82990
1.96	0.82398
1.98	0.81818
2.00	0.81250
2.02	0.80693
2.04	0.80147
2.06	0.79612
2.08	0.79087
2.10	0.78571
2.12	0.78066
2.14	0.77570
2.16	0.77083
2.18	0.76606
2.20	0.76136
2.22	0.75676
2.24	0.75223
2.26	0.74779
2.28	0.74342
2.30	0.73913
2.32	0.73491
2.34	0.73077
2.36	0.72669
2.38	0.72269
2.40	0.71875
2.42	0.71488
2.44	0.71107
2.46	0.70732
2.48	0.70363
2.50	0.70000
2.52	0.69643
2.54	0.69291
2.56	0.68945
2.58	0.68605
2.60	0.68269
2.62	0.67939
2.64	0.67614

2.66	0.67293
2.68	0.66978
2.70	0.66667
2.72	0.66360
2.74	0.66058
2.76	0.65761
2.78	0.65468
2.80	0.65179
2.82	0.64894
2.84	0.64613
2.86	0.64336
2.88	0.64063
2.90	0.63793
2.92	0.63527
2.94	0.63265
2.96	0.63007
2.98	0.62752
3.00	0.62500
3.02	0.62252
3.04	0.62007
3.06	0.61765
3.08	0.61526
3.10	0.61290
3.12	0.61058
3.14	0.60828
3.16	0.60601
3.18	0.60377
3.20	0.60156
3.22	0.59938
3.24	0.59722
3.26	0.59509
3.28	0.59299
3.30	0.59091
3.32	0.58886
3.34	0.58683
3.36	0.58482
3.38	0.58284
3.40	0.58088
3.42	0.57895
3.44	0.57703
3.46	0.57514
3.48	0.57328
3.50	0.57143
3.52	0.56960
3.54	0.56780
3.56	0.56601
3.58	0.56425
3.60	0.56250

3.62	0.56077
3.64	0.55907
3.66	0.55738
3.68	0.55571
3.70	0.55405
3.72	0.55242
3.74	0.55080
3.76	0.54920
3.78	0.54762
3.80	0.54605
3.82	0.54450
3.84	0.54297
3.86	0.54145
3.88	0.53995
3.90	0.53846
3.92	0.53699
3.94	0.53553
3.96	0.53409
3.98	0.53266
4.00	0.53125
4.02	0.52861
4.04	0.52599
4.06	0.52340
4.08	0.52083
4.10	0.51829
4.12	0.51578
4.14	0.51329
4.16	0.51082
4.18	0.50837
4.20	0.50595
4.22	0.50355
4.24	0.50118
4.26	0.49883
4.28	0.49650
4.30	0.49419
4.32	0.49190
4.34	0.48963
4.36	0.48739
4.38	0.48516
4.40	0.48295
4.42	0.48077
4.44	0.47860
4.46	0.47646
4.48	0.47433
4.50	0.47222
4.52	0.47013
4.54	0.46806
4.56	0.46601

4.58	0.46397
4.60	0.46196
4.62	0.45996
4.64	0.45797
4.66	0.45601
4.68	0.45406
4.70	0.45213
4.72	0.45021
4.74	0.44831
4.76	0.44643
4.78	0.44456
4.80	0.44271
4.82	0.44087
4.84	0.43905
4.86	0.43724
4.88	0.43545
4.90	0.43367
4.92	0.43191
4.94	0.43016
4.96	0.42843
4.98	0.42671
5.00	0.42500



Function Name

Function Damping Ratio

Defined Function

Period	Value
0	1
0.02	1.3
0.04	1.6
0.06	1.9
0.08	2.2
0.1	2.5
0.12	2.5

Add
Modify
Delete

Function Graph

OK
Cancel

معرفی طیف به نرم افزار



## گام دوم) محاسبه تغییر مکان هدف

رابطه محاسبه تغییر مکان هدف طبق نشریه ۳۶۰ بصورت زیر می باشد:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

محاسبه ضریب  $C_0$ : ضریب اصلاح برای ارتباط تغییر مکان طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییر مکان بام سیستم چند درجه آزادی که مقدار تقریبی آن از جدول زیر قابل محاسبه می باشد:

جدول (۲-۳): مقدار ضریب  $C_0$

تعداد طبقات ساختمان	ساختمان های برشی *		سایر ساختمان ها
	توزیع نوع اول مطابق بند (۳-۱-۳-۳-۳)	توزیع بار یکنواخت	هر نوع توزیع بار
۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴
۱۰ و بیش تر	۱/۳	۱/۲	۱/۵

\* منظور از ساختمان برشی، ساختمانی است که در تمام طبقات، تغییر مکان جانبی نسبی کوچک تر از طبقه ی زیرین باشد.

برای سازه ۶ طبقه برابر است با:

$$C_0 = 1.42$$

محاسبه ضریب  $C_1$ : ضریب تصحیح برای اعمال تغییر مکان های غیرارتجاعی.

ضریب  $C_1$  از رابطه ی (۱۵-۳) محاسبه می شود.

$$T_e \geq T_s \rightarrow C_1 = 1.0$$

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{1.0 + [R - 1] \frac{T_s}{T_e}}{R} \quad (15-3)$$

در هر صورت مقدار  $C_1$  نباید کوچکتر از ۱ و بزرگتر از مقدار آن براساس بند (۲-۱-۳-۳) اختیار شود. در این رابطه  $R$  نسبت مقاومت است که از رابطه ی (۱۶-۳) محاسبه می شود.

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (16-3)$$

در این رابطه  $S_a$  شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر  $T_e$  است و  $C_m$  ضریب جرم موثر در مود اول است که می تواند با استفاده از جدول (۱-۳) یا از تحلیل دینامیکی به دست آید.

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

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

$$T_s = 0.5 \quad \text{برای خاک نوع دو}$$

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
		sec				
Modal	1	1.765	0	0.7609	0	0.7609
Modal	2	1.622	0.7641	0	0.7641	0.7609
Modal	3	1.487	0	0	0.7641	0.7609
Modal	4	0.583	0	0.1145	0.7641	0.8754
Modal	5	0.545	0.1131	0	0.8772	0.8754
Modal	6	0.503	0	0	0.8772	0.8754
Modal	7	0.31	0	0.0443	0.8772	0.9197
Modal	8	0.295	0.0434	0	0.9206	0.9197
Modal	9	0.274	0	0	0.9206	0.9197
Modal	10	0.193	0	0.0241	0.9206	0.9438
Modal	11	0.188	0.023	0	0.9436	0.9438
Modal	12	0.175	0	0	0.9436	0.9438
Modal	13	0.138	0	0.0291	0.9436	0.9729
Modal	14	0.136	0.0289	0	0.9726	0.9729
Modal	15	0.128	0	0	0.9726	0.9729
Modal	16	0.109	0	0.0271	0.9726	1
Modal	17	0.109	0.0274	0	1	1
Modal	18	0.102	0	0	1	1

$$T_e = 1.765 \text{ Sec} > T_s = 0.5$$

$$C_1 = 1$$

محاسبه ضریب  $C_2$ : اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضا سازه ای را بر تغییر مکان ها به دلیل رفتار غیر ارتجاعی آنها منظور می کند.

جدول (۳-۳): مقادیر ضریب  $C_2$

$T \geq T_s$		$T \leq 0.5$		سطح عملکرد موردنظر
قاب نوع دو	قاب نوع یک	قاب نوع دو	قاب نوع یک	
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	قابلیت استفاده ی بی وقفه
۱/۰	۱/۱	۱/۰	۱/۳	ایمنی جانی
۱/۰	۱/۲	۱/۰	۱/۵	آستانه ی فروریزش

در این جدول قاب‌های نوع یک شامل سیستم‌های سازه‌ای هستند که در آن‌ها بیش از ۳۰٪ بار جانبی توسط اعضای حمل می‌شود که هنگام زلزله کاهش سختی و مقاومت دارند. قاب‌های خمشی معمولی، قاب‌های مهاربندی‌شده با محورهای متقارب،

قاب‌های با اتصالات نیمه‌صلب، قاب‌های با مهاربندهای لاغر که فقط برای کشش طراحی شده‌اند، دیوارهای بنایی غیرمسلح و دیوارهای غیرشکل‌پذیر در برش از این نوع می‌باشند. سایر سیستم‌های سازه‌ای از نوع دو محسوب می‌شوند. برای مقادیر  $T$  بین ۰/۱ و  $T_s$  مقدار  $C_2$  با استفاده از درون‌یابی خطی محاسبه می‌شود.

$$C_2 = 1$$

محاسبه ضریب  $C_3$ : برای اعمال اثرات  $P - \Delta$  با رفتار غیرخطی مصالح، بر تغییر مکان‌ها می‌باشد.

ضریب  $C_3$  برای سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی مثبت هستند ( $\alpha > 0$ ) برابر ۱ و برای سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی منفی هستند ( $\alpha < 0$ ) از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$C_3 = 1.0 + \frac{|\alpha| [R - 1]^{1.5}}{T_e}$$

مقدار  $C_3$  لزومی ندارد بزرگ‌تر از مقادیر داده‌شده در بند (۳-۱-۲) در نظر گرفته شود.

$$C_3 = 1$$

محاسبه  $S_a$ :

$$B_1 = (S + 1) \frac{T_s}{T} \quad T > T_s$$

$$B_1 = (1.5 + 1) \frac{0.5}{1.765} = 0.708$$

$$N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 \quad T_s < T < 4 \text{ sec}$$

$$N = \frac{0.7}{4 - 0.5} (1.765 - 0.5) + 1 = 1.253$$

$$B = B_1 N = 0.708 \times 1.253 = 0.887$$

$$S_a = ABI = 0.3 \times 0.887 \times 1 = 0.266$$

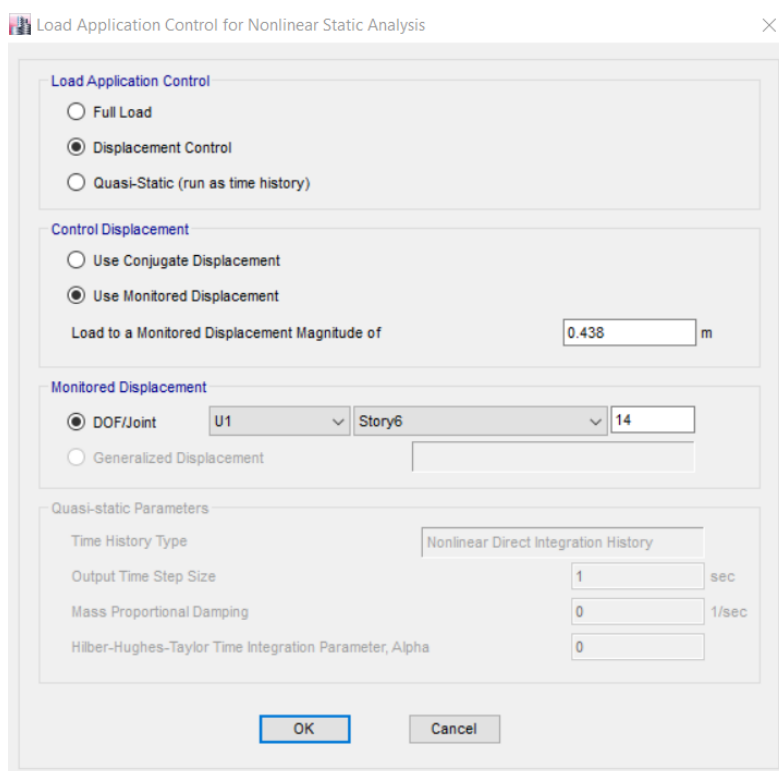
محاسبه تغییر مکان هدف:

$$\delta_t = 1.42 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.266 \times \frac{1.765^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.292 \text{ m} = 29.2 \text{ cm}$$

$$\delta_t = 29.2 \text{ cm}$$

مطابق آئین نامه بایستی مقادیر تغییر مکان هدف در مقدار ۱/۵ ضرب شوند تا رفتار اعضا لرزه‌بر پس از رسیدن به مقادیر تغییر مکان هدف پیش بینی گردد.

$$1.5\delta_t = 1.5 \times 29.2 = 43.8 \text{ cm}$$

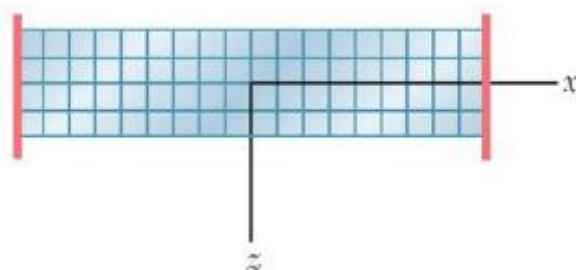


وارد نمودن تغییر مکان هدف در نرم افزار

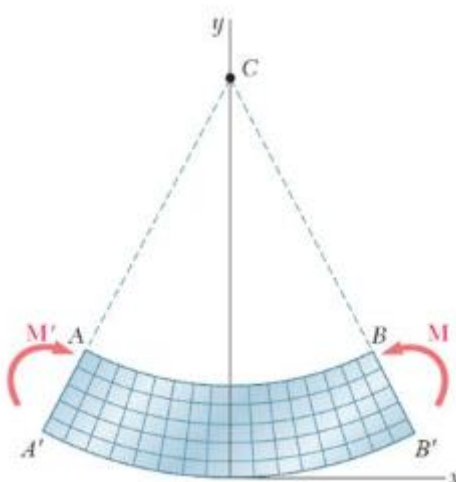
گام سوم) اختصاص رفتار غیر خطی اعضا (تعریف و اختصاص مفاصل پلاستیک)

### مفهوم مفصل پلاستیک

تیر نشان داده شده در شکل را نظر بگیرید که بعد طولی آن را با استفاده از خطوط مستقیم عمود بر هم شبکه بندی کرده ایم. طبق اصل برنولی، زمانی که عضوی تحت اثر خمش خالص قرار می گیرد، زوایای بین این خطوط بعد از تغییر شکل های خمشی و ایجاد انحناء در مقطع، عمود بر یکدیگر باقی خواهند ماند (به شکل ۳۲ نگاه کنید)



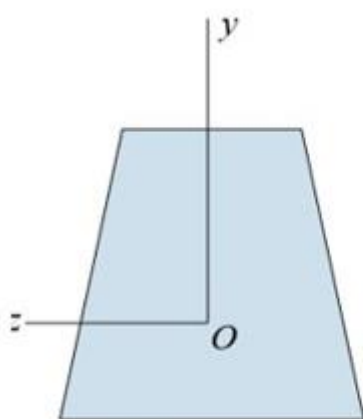
تیر با بعد طولی تقسیم شده توسط خطوط عمود بر هم



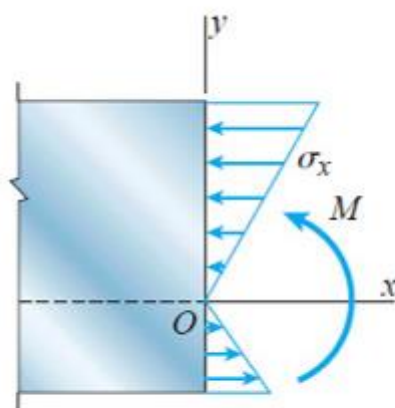
تیر تحت خمش خالص و وضعیت تارهای مقطع بعد از تغییر شکل های خمشی

این رفتار، نشان دهنده ی خطی بودن کرنش ها در مقطع می باشد. حتی اگر مقطع، رفتاری پلاستیک از خود نشان دهد و رفتار مصالح غیرخطی باشد، اصل برنولی تا لحظه ی گسیختگی کامل مقطع نیز صادق خواهد بود.

علاوه بر این، از مقاومت مصالح می دانیم که توزیع تنش های ناشی از خمش در یک مقطع، مستقل از جنس مصالح بوده و در تارهای دور از محور خنثی مقطع، شاهد بیشترین مقدار تنش خواهیم بود و در مقابل، در نواحی نزدیک تار خنثی، مقادیر تنش ها بسیار کمتر خواهند بود (شکل ۳۴-ب). همان طور که می دانیم، مقادیر تنش در هر تار عرضی مقطع، از رابطه (۱) قابل محاسبه است:



(الف)



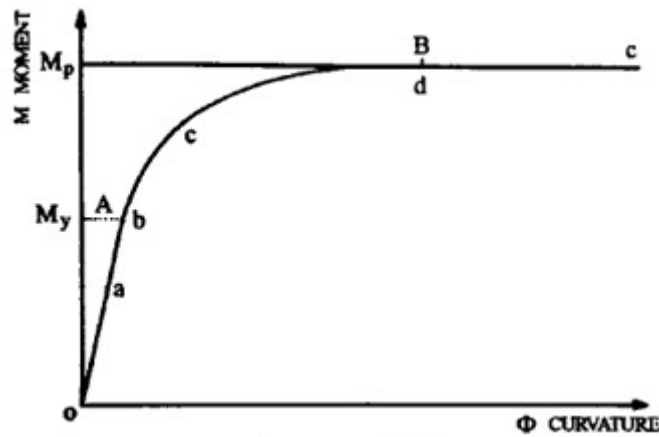
(ب)

$$\sigma_x = -\frac{My}{I}$$

(۱)

مقطع قرار گرفته تحت خمش خالص و چگونگی توزیع تنش

در رابطه ی (۱)، مقدار لنگر خمشی اعمالی (M) و ممان اینرسی مقطع (I)، معلوم و مشخص است و مقادیر تنش، تنها به فاصله محور مورد نظر از تار خنثی مقطع، یعنی (Y) وابسته است. زمانی که تنش در هر تار مقطع، کوچک تر از مقدار تنش تسلیم مصالح باشد، مقطع به صورت الاستیک رفتار می کند.



منحنی لنگر انحنا

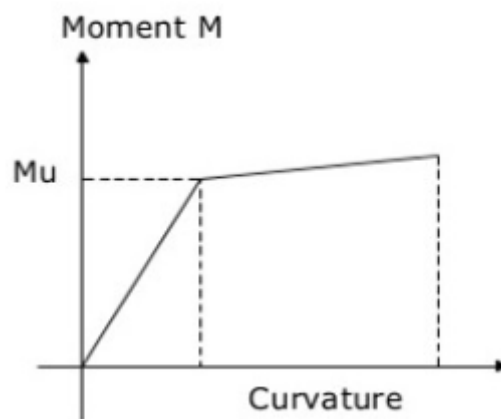
### ساده سازی منحنی لنگر-انحناء بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰

بر اساس بند ۲-۲ پیوست دوم از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، می توان دو حالت برای تبدیل منحنی لنگر-انحناء به صورت خطی در نظر گرفت:

رویکرد اول بدین شکل است که نمودار لنگر-انحناء می تواند به صورت دو خط در نظر گرفته شود که خط اول بیانگر ناحیه رفتار الاستیک مقطع و خط دوم که دارای سختی و به دنبال آن شیب کمتر می باشد، مربوط به رفتار پلاستیک مقطع است. نمونه ای از منحنی دوخطی لنگر-انحناء را در شکل (۳۸) مشاهده می کنید:

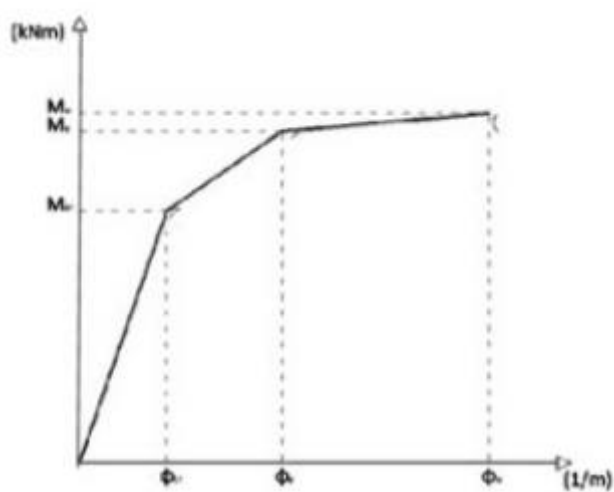
قابل ذکر است که می توان با صرف نظر از قابلیت سخت شدگی مجدد فولاد، قسمت دوم منحنی را با شیب صفر (به صورت افقی) در نظر گرفت.





منحنی لنگر-انحنا ساده شده بصورت دو خطی

در رویکرد دوم، نمودار لنگر-انحنا به صورت یک منحنی سه خطی معادل سازی می‌شود. مزیت این حالت نسبت به منحنی دوخطی، دقت بالاتر و بهتر نشان دادن مراحل مختلف کاهش سختی عضو، تحت خمش می‌باشد. نمونه ای از منحنی لنگر-انحنا را که به صورت سه خطی نرمال شده است، نشان می‌دهد.



منحنی لنگر-انحنا ساده شده بصورت سه خطی

با توجه به طراحی سازه‌های بتنی و وجود آرماتور در آنها برای جبران ضعف بتن در برابر نیروهای کششی، باعث ناهمگنی مقاطع ساخته شده از بتن مسلح می‌شود که این مورد، یکی از بارزترین وجوه تمایز مقاطع بتن مسلح و فولادی است؛ چرا که مقاطع فولادی، عموماً از نظر مصالح تشکیل دهنده، دارای خاصیت همگنی (هموزن) می‌باشند. رفتار آرماتورها در بتن مسلح، به طور ویژه‌ای در رفتار کلی این نوع از مقاطع تأثیر می‌گذارد. از این رو، در این مقاله، چگونگی تشکیل مفاصل پلاستیک و بررسی آن در اعضای بتن مسلح و اعضای فولادی به طور جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

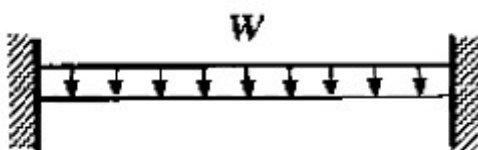
در اعضای خمشی بتن آرمه، زمانی که لنگر خمشی در یک نقطه از تیر به حد ظرفیت خمشی مقطع می‌رسد، تسلیم میلگرد های خمشی مقطع اتفاق می‌افتد. از این زمان به بعد این نقاط، مانند یک مفصل با خصوصیات توضیح داده شده در ابتدای مقاله عمل کرده و در ازای دوران بیشتر، لنگرهای مضاعف بر ظرفیت خود را به مقاطعی که تحت تنش‌های کمتری قرار دارند، انتقال می‌دهد.

تیر دوسر گیردار شکل (۴۰) که تحت اثر بار گسترده خطی قرار گرفته است، در نظر بگیرید. می‌دانیم که تحت این شرایط، نقاط دو انتهای تیر، بیشترین لنگر خمشی را تجربه می‌کنند. حال اگر این نقاط، دارای مقاومت خمشی کمتری باشند، طوریکه ابتدا آرماتورهای این دو مقطع از تیر (دو سر تیر) جاری شوند و به دنبال آن مفاصل پلاستیک، در این مقاطع تشکیل می‌شوند و سپس، فرآیند بازتوزیع لنگرها توسط مفاصل پلاستیک تشکیل شده، آغاز می‌گردد.

ممکن است با خواندن جمله پیشین این سوال برایتان پیش آمده باشد که منظور از مکانیزم شدن عضو چیست؟ برای پاسخ به این سوال بهتر است با اصطلاح «مکانیزم» یا «مکانیسم» بیشتر آشنا شویم. این لغت واژه‌ای فرانسوی است که ساده‌ترین و در عین حال، کاربردی‌ترین معادل فارسی آن به خصوص در زمینه‌ی علوم مهندسی، «طرز کار یا توصیف عملکرد یک دستگاه یا سیستم» می‌باشد. به طور مثال اگر بخواهیم مکانیزم «برف‌پاک‌کن» یک خودرو را تشریح کنیم، می‌توانیم بگوییم؛ برف‌پاک‌کن خودرو، قطعی با زاویه‌ی مشخص از دایره را با یک سرعت ثابت و در زمان مشخصی طی کرده و سپس به موقعیت اولیه خود باز می‌گردد و در صورت نیاز این عمل تکرار می‌شود. حال که با مفهوم لغوی مکانیزم آشنایی پیدا کرده‌ایم، در ادامه می‌توانیم

درک بهتری را نسبت به تبدیل یک عضو سازه‌ای (به طور مثال یک تیر) به مکانیزم پیدا کنیم. مفاصل پلاستیک در یک عضو، دائماً نیروهای بزرگتر از ظرفیت پلاستیک خودِ مقطع را به مقاطع دیگری از همان عضو انتقال می‌دهند تا زمانی که سومین مفصل پلاستیک نیز در عضو تشکیل شود. در این شرایط، به دلیل تشکیل سومین مفصل پلاستیک و معین شدن سازه، مکانیزم (عملکرد) رفتاری عضو بگونه‌ای تغییر می‌کند که با افزایش مقدار کمی در نیرو، شاهد جابجایی‌های بزرگ و ناپایداری در آن خواهیم بود. در مهندسی عمران به این حالت از عضو که عملکرد اولیه آن دچار تغییر جدی می‌شود، اصطلاحاً مکانیزم شدن عضو اطلاق می‌شود.

گفتنی است امکان بازتوزیع لنگر در یک عضو بتنی به آرایش میلگردهای تقویتی و شکل پذیری در مقاطع تحت لنگر حداکثر وابسته است. در اشکال (۴۱) تا (۴۳)، مراحل گفته شده تا تبدیل سازه (تیر) به مکانیزم، نشان داده شده است که بطور خلاصه، این مراحل عبارتند از:



تیر تحت بارگذاری گسترده خطی

- تشکیل مفاصل پلاستیک در نزدیک تکیه گاه‌ها (به دلیل حداکثر بودن لنگر در این نقاط و ضعف مقاومت خمشی)



تشکیل مفاصل پلاستیک در دو انتهای تیر و شروع فرآیند باز توزیع لنگر

بازتوزیع لنگرها توسط مفاصل پلاستیک تشکیل شده و انتقال لنگرها به مقاطع دیگر از عضو

تسلیم شدن میلگردهای سومین مقطع از عضو (در بین دو مفصل پلاستیک قبلی و در حوالی وسط دهانه تیر) و تبدیل سیستم (تیر) به مکانیزم



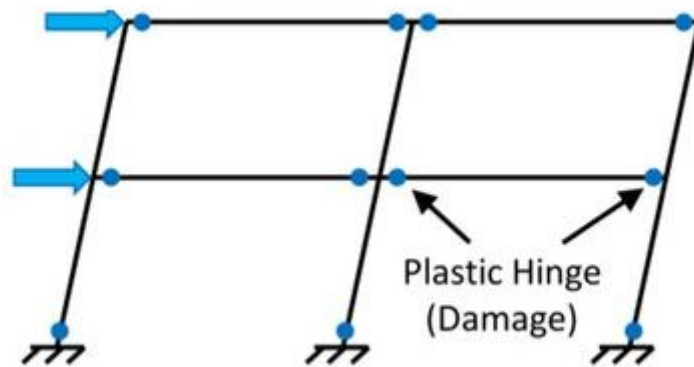
ادامه باز توزیع لنگر و تشکیل سومین مفصل پلاستیک در وسط دهانه و ناپایداری سازه

لازم به ذکر است که اگر بخواهیم مفاصل پلاستیک، ابتدا در دو انتهای یک تیر تشکیل شود، این امر مستلزم آن است که طراحی به گونه ای صورت گیرد که مقاطع دو انتهای عضو، دارای ظرفیت خمشی کمتر و در مقابل، محل پیش‌بینی شده به منظور تشکیل سومین مفصل پلاستیک (معمولاً در وسط دهانه)، دارای ظرفیت خمشی بالاتری باشد.

### مفصل پلاستیک در قاب های خمشی

قاب خمشی شکل (۴۴) را که تحت نیروی جانبی قرار گرفته است، در نظر بگیرید. در اثر اعمال بار جانبی، لنگرهای خمشی و نیروهای برشی در تیرها و ستون های سازه ایجاد می‌شود. با افزایش مقدار نیروی اعمالی به سازه و به تبع آن افزایش تنش ها، امکان شکل گیری مفاصل پلاستیک خمشی در تیرها و ستون ها وجود دارد. اما به طور کلی ترتیب تشکیل مفاصل پلاستیک در اعضای مختلف سازه‌ای، دارای اهمیت فراوانی می‌باشد به طوریکه مهندسین تلاش می‌کنند سازه‌ها را به گونه‌ای طراحی کنند که مفاصل پلاستیک تحت نیروهای لرزه ای وارده، ابتدا در تیرها و سپس در ستون ها تشکیل شود؛ چرا که ایجاد مفصل پلاستیک در عضو، با خرابی همراه است و در صورتی که مفاصل پلاستیک در ستون ها، قبل از تیرها تشکیل شوند، مقدار خرابی های وارده به سازه بسیار شدیدتر از حالتی خواهد بود که مفاصل پلاستیک قبل از ستون ها، در تیرها شکل بگیرد. از این رو همواره سعی می‌شود که تیرها نسبت به ستون ها، ضعیف تر طراحی شده به شکلی که فلسفه ی کنترل تیر ضعیف-ستون قوی، که بند ۱۰-۳-۹-۲ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان به این موضوع اختصاص داده شده است، از همین بحث نشأت گرفته است. علاوه بر اینکه کنترل های محاسباتی و نرم افزاری در تحقق این امر بسیار حائز اهمیت می باشند، اما در مقابل،

ارائه دیتیل های اجرایی، نظارت دقیق بر اجرای سازه ها منطبق بر نظر طراحان، مصالح مورد استفاده و دیگر عوامل در دستیابی به این مهم دخیل می باشند.



قاب خمشی تحت نیروی جانبی و تشکیل مفاصل پلاستیک در ترها و ستون ها

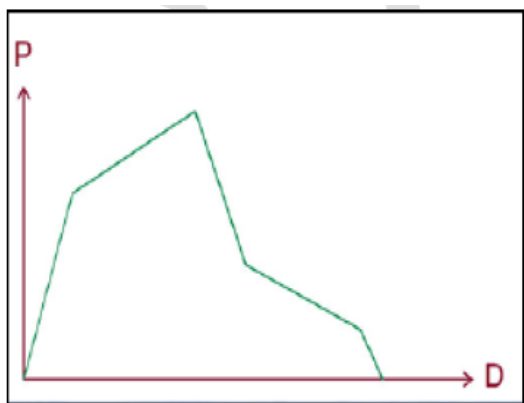
رفتار غیرخطی مصالح برای انجام یک تحلیل غیرخطی معمولاً به سه روش زیر انجام می گیرد.

(۱) روش اجزاء محدود

(۲) روش فایبر

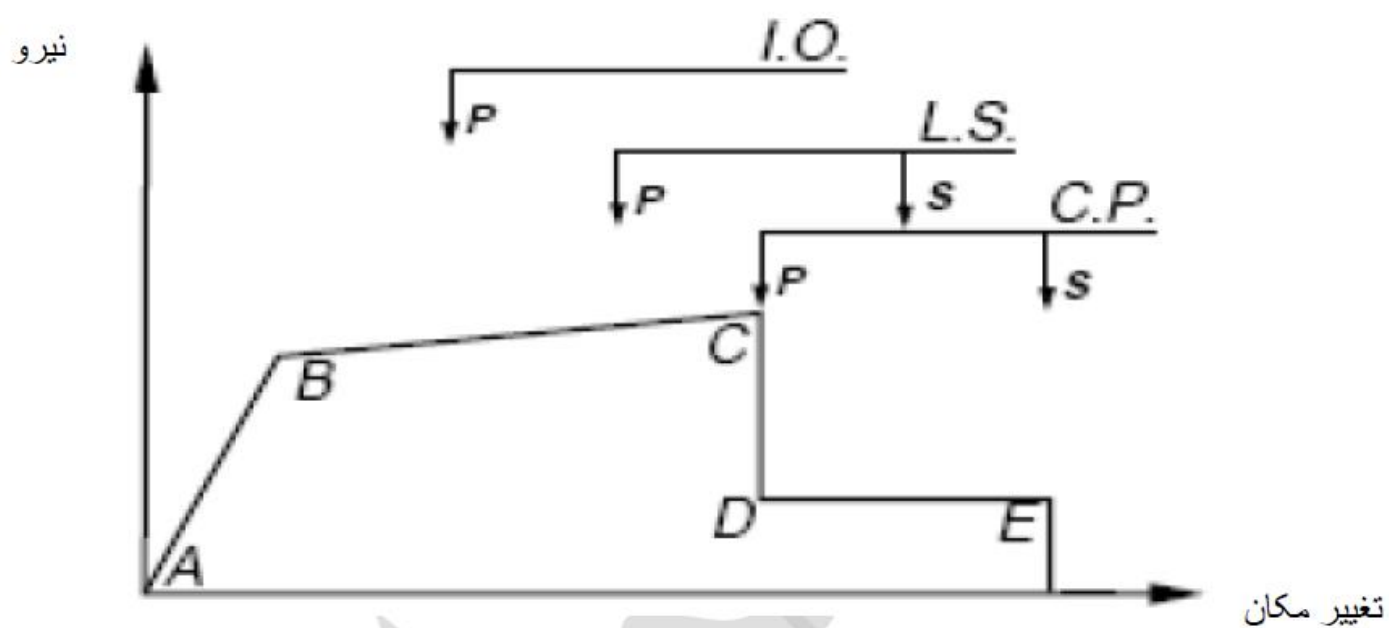
(۳) روش مفصل پلاستیک

در برنامه ETABS رفتار غیرخطی مصالح از طریق مفصل پلاستیک تعریف می شود. مفصل پلاستیک خاصیتی است که با اختصاص آن به عضو امکان تعریف رفتار نیرو تغییر مکانی برای عضو در نقاط مشخص - امکان پذیر می شود. رفتار مفاصل پلاستیک بر اساس اینکه عضو مورد نظر تغییر شکل کنترل هست یا نیرو کنترل، تعریف می گردد. در حالت کلی اگر لحظه شکست عضو بر اساس مقدار تغییر شکل قابل بررسی باشد، عضو تغییر شکل کنترل هست و در حالتی که لحظه شکست عضو بر اساس نیرو مشخص باشد، نیرو کنترل گفته می شود.



رفتار نیرو - تغییر مکان المان‌ها

در حالت کلی بوسیله مفصل پلاستیک، رفتار نیرو تغییر مکان برای عضو در نقاطی که مستعد وارد شدن به مرحله غیرخطی قبل از سایر قسمتهای عضو است، تعریف میگردد. نمودار نیرو تغییر مکان برای عضوهای تغییرشکل کنترل بر اساس نشریه ۳۶۰ بصورت شکل زیر است.



منحنی نیرو - تغییر مکان مفاصل پلاستیک

در نمودار فوق، نقطه B لحظه وارد شدن عضو به مرحله غیرخطی است که در این لحظه مفصل پلاستیک در عضو تشکیل می‌شود؛ نقطه C لحظه فروریزش عضو یا لحظه باربرداری از عضو است که در این مرحله عضو دیگر قادر به تحمل بار نمی‌باشد. ما بین نقطه B و نقطه C سطوح عملکرد مختلفی تعریف شده است. منظور از سطوح عملکرد، مقدار تغییر شکل (خرابی) ایجاد شده در سازه است که بر اساس معیارها و انتظارهایی که از سازه داریم، تعریف شده‌اند.

## انواع سطوح عملکرد

### سطوح عملکرد سازه‌ای

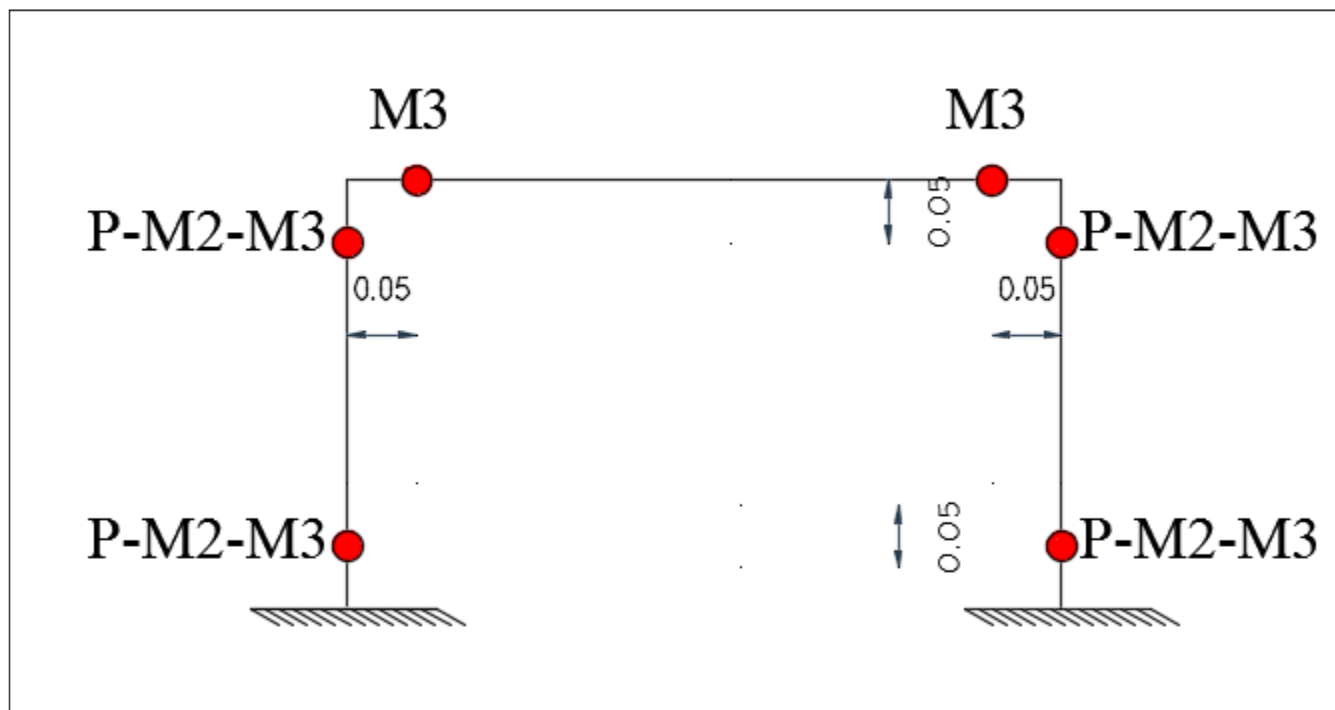
**استفاده بی وقفه ( Immediate Occupancy:IO )**: در این سطح عملکرد سازه آسیب جزئی دیده و قابل استفاده است. خرابی در این سطح عملکرد در حدی است که در بهره‌برداری سازه نمی‌تواند اختلال ایجاد نماید و بعد از زلزله قابل تعمیر است (خرابی محدود).

**ایمنی جانی ( Life Safety:LS )**: در این سطح عملکرد خرابی سازه‌های قابل توجه است ولی مقدار خسارت جانی کمتر است. در این سطح عملکرد ممکن است سازه به اندازه‌ای آسیب ببیند که بعد از زلزله قابل استفاده مجدد نباشد. خرابی در این سطح در حدی است که افراد داخل آن خسارت کمتری دیده‌اند (ایمنی جانی محدود).

**آستانه فروریزش ( Collapse Prevention:CP )**: در این سطح عملکرد خسارات سازه بسیار زیاد است اما تلفات انسانی (مرگ) کمتر است. برای این حد از خرابی سطح عملکردی تعریف نشده است. می‌توان گفت که اگر سازه در این محدوده قرار بگیرد، امکان دارد که، سازه قابلیت تعمیر مجدد نداشته باشد.

بعد از مشخص کردن سطوح عملکرد برای المان‌های سازه‌ای، نوبت به اختصاص مفاصل پلاستیک برای المان‌ها می‌رسد. در اختصاص مفاصل پلاستیک به المان‌ها، باید دقت نماییم که مفصل پلاستیک به المانی اختصاص خواهد یافت که، المان مقاوم در برابر بارهای جانبی باشد، یا نیروی جانبی زلزله در مقدار تلاش‌های داخلی آن المان تاثیرگذار باشد (المان مقاوم جانبی). از طرفی در هنگام اختصاص مفاصل پلاستیک باید مدنظر باشد که، مفاصل در نقاطی از المان باید اختصاص یابد که در آن نقطه احتمال ورود به مرحله غیرخطی بیشتر از سایر نقاط باشد؛ که این موضوع بستگی به نوع سیستم مقاوم جانبی و تلاش‌های داخلی مورد نظر دارد.

**قابهای خمشی:** در قاب خمشی با توجه به اینکه تیرها و ستونها المانهای مقاوم جانبی هستند، لذا مفاصل پلاستیک به تیرها و ستونها اختصاص خواهد یافت.



اختصاص مفاصل پلاستیک به قاب خمشی

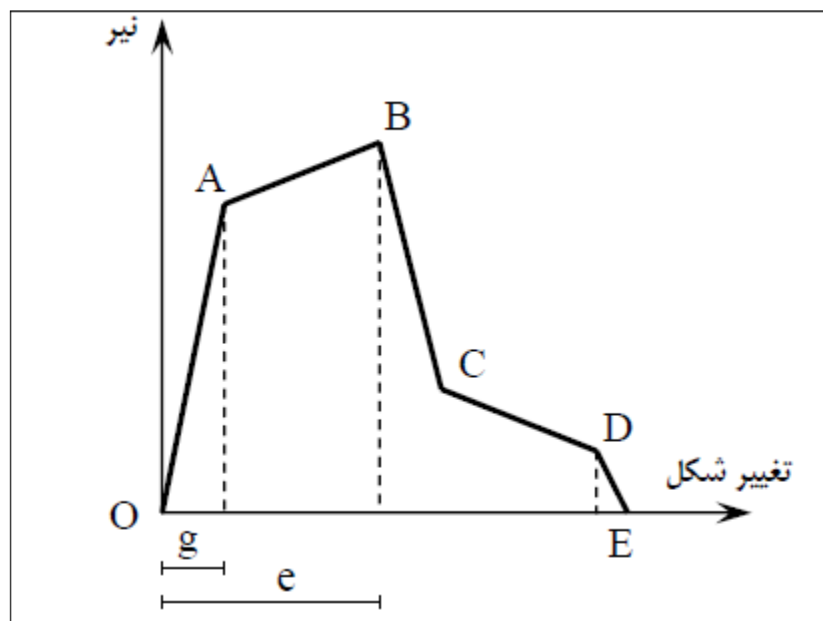
نکته: تشکیل مفصل پلاستیک در هر المان نشان دهنده شروع خرابی در المان است هر چقدر خرابی در المان مفصل بیشتر شود متعاقبا به همان اندازه سختی عضو کاهش خواهد یافت، بنابراین جابه‌جایی‌های جانبی سازه افزایش خواهد یافت لذا می‌توان گفت با تشکیل مفصل سختی کاهش و جابه‌جایی می‌تواند افزایش یابد.



### تلاش‌های تغییرشکل کنترل و نیرو کنترل

برای اختصاص مفاصل پلاستیک به المان‌های مقاوم جانبی ابتدا باید، نوع المان را از نظر نیرو کنترل و تغییرشکل کنترل تعیین نمود. برای اینکار میتوان تعاریفی که نشریه ۳۶۰ از اعضای نیرو کنترل و تغییرشکل کنترل آورده است استفاده نمود. در نشریه ۳۶۰ داریم:

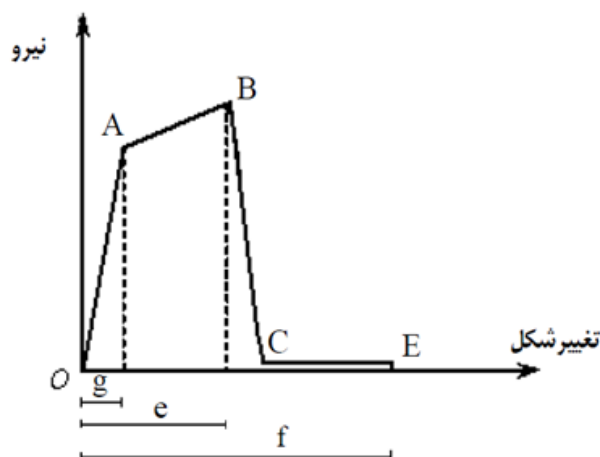
رفتار اجزای سازه با توجه به نوع تلاش داخلی آنها و منحنی نیرو تغییرشکل حاصل به صورت تغییر شکل کنترل و یا نیرو کنترل می باشد. منحنی نیرو تغییرشکل مطابق شکل‌های زیر می‌تواند بیانگر رفتار شکل‌پذیر، نیمه شکل‌پذیر یا ترد باشد. در رفتار شکل‌پذیر، منحنی نیرو تغییرشکل مطابق شکل دارای چهار قسمت است. در قسمت اول (شاخه OA) رفتار ارتجاعی خطی است.



نمودار نیرو تغییر مکان

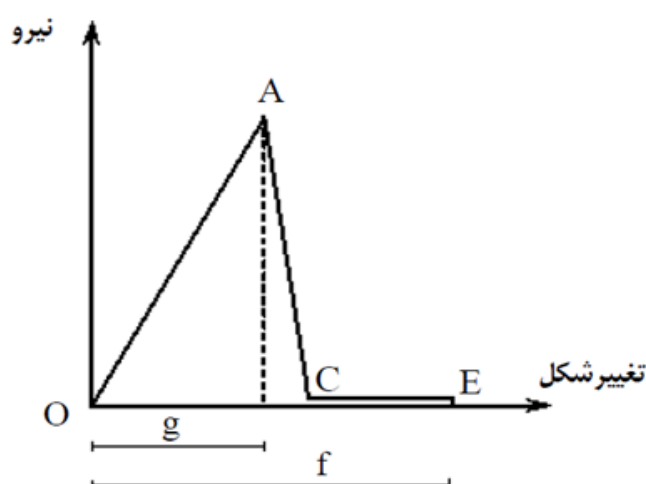
در قسمت دوم (شاخه AB) رفتار خمیری با شیب مثبت یا منفی است. در قسمت سوم (شاخه BC) مقاومت به شدت کاهش می‌یابد اما به طور کلی از بین نمی‌رود و در قسمت چهارم (شاخه CD) رفتار مجدداً خمیری اما نرم شونده است. اعضای اصلی و غیر اصلی که رفتاری مطابق شکل دارند تغییرشکل کنترل محسوب می‌شوند.

در رفتار نیمه شکل پذیر منحنی نیرو تغییر شکل دارای سه قسمت است. در قسمت اول (شاخه OA) رفتار ارتجاعی خطی است و در قسمت دوم (شاخه AB) رفتار خمیری با شیب مثبت یا منفی است. در قسمت سوم (شاخه BC) مقاومت به شدت کاهش یافته و نزدیک به صفر می رسد. برای آن که اعضای اصلی با رفتار فوق، تغییر شکل کنترل محسوب شوند، باید تغییر شکل نظیر آستانه کاهش مقاومت بیش از دو برابر تغییر شکل حد خطی یا به عبارت دیگر  $\frac{f}{g} \geq 2$  باشد. اما اعضای غیراصلی که رفتاری مطابق دارند با نسبت  $\frac{f}{g}$  بزرگتر از ۲، تغییر شکل کنترل محسوب می شوند.



منحنی رفتار جزء نیمه شکل پذیر

در رفتار ترد، منحنی نیرو تغییر شکل - مطابق شکل (۵۰) دارای یک قسمت ارتجاعی خطی است که پس از آن مقاومت به شدت کاهش یافته و نزدیک به صفر می رسد. اعضای اصلی با رفتاری مطابق شکل زیر نیرو کنترل محسوب می شوند. اما اعضای غیراصلی که رفتاری دارند با نسبت  $\frac{f}{g}$  بزرگتر از ۲، تغییر شکل کنترل محسوب می شوند.



منحنی رفتار جزء شکننده

تفاوت اعضای نیروکنترل و تغییرشکل کنترل، در مدلسازی و کنترل معیارهای پذیرش در روش‌های تحلیل خطی و غیرخطی است. نمونه‌هایی از تلاش‌های تغییرشکل کنترل و نیروکنترل در جدول زیر ارائه شده است.

نمونه‌هایی از تلاش‌های نیروکنترل و تغییرشکل کنترل

جزء	تغییرشکل کنترل	نیروکنترل
۱- قاب‌های خمشی		
تیرها	لنگر خمشی (M)	برش (V)
ستون‌ها	---	نیروی محوری (P) و برش (V)
اتصالات	---	برش (V)
۲- دیوارهای برشی	لنگر خمشی (M) و برش (V)	نیروی محوری (P)
۳- قاب‌های مهاربندی شده		
مهاربندها	نیروی محوری (P)	---
تیرها	---	نیروی محوری (P)
ستون‌ها	---	نیروی محوری (P)
۴- اجزای اتصالات	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P) <sup>۲</sup>	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)
۵- دیافراگم‌ها	لنگر خمشی (M) و برش (V) <sup>۲</sup>	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)

✓ برای تیرها و ستون‌های بتنی در نرم افزار ETABS می‌توان از حالت اتوماتیک برای اختصاص مفاصل پلاستیک استفاده کرد که به شکل زیر آنها را اختصاص داده‌ایم.

**Auto Hinge Type**

From Tables In ASCE 41-13

**Select a Hinge Table**

Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

**Degree of Freedom**

☐ M2

☒ M3

**V Value From**

☒ Case/Combo UDCon2

☐ User Value V2  kgf

**Transverse Reinforcing**

☒ Transverse Reinforcing is Conforming

**Reinforcing Ratio  $(p - p') / p_{balanced}$**

☒ From Current Design

☐ User Value (for positive bending)

**Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity**

☒ Drops Load After Point E

☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

اختصاص مفصل پلاستیک اتوماتیک تیرها

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type  
From Tables In ASCE 41-13

Select a Hinge Table  
Table 10-8 (Concrete Columns)

Degree of Freedom  
☐ M2    ☐ P-M2    ☐ Parametric P-M2-M3  
☐ M3    ☐ P-M3  
☐ M2-M3    ☒ P-M2-M3

Concrete Column Failure Condition  
☐ Condition i - Flexure    ☐ Condition iii - Shear  
☒ Condition ii - Flexure/Shear    ☐ Condition iv - Development

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity  
☒ Drops Load After Point E  
☐ Is Extrapolated After Point E

P and V Values From  
☒ Case/Combo    UDCon2  
☐ User Value  
V2    kgf    V3    kgf

Shear Reinforcing Ratio  $p = A_v / (b_w * s)$   
☒ From Current Design  
☐ User Value

OK    Cancel

اختصاص مفصل پلاستیک اتوماتیک ستون‌ها

گام چهارم) تعریف الگوهای بارگذاری

الف) الگوهای بار ثقلی

در ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی، حد بالا و پایین اثرات بار ثقلی،  $Q_G$ ، باید از روابط زیر محاسبه شود:

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L] \quad (۱-۳)$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (۲-۳)$$

که در آن  $Q_D$  بار مرده و  $Q_L$  بار زنده موثر براساس استاندارد ۵۱۹ می‌باشد.

$$G_1 = 1.1[Dead + 0.25Live] = 1.1Dead + 0.275Live$$

$$G_2 = 0.9Dead$$

## General

Load Case Name

Load Case Type

Exclude Objects in this Group

Mass Source

[Design...](#)[Notes...](#)

## Initial Conditions

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)
- Nonlinear Case

## Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1.1
Load Pattern	Live	0.275

[Add](#)[Delete](#)

## Other Parameters

Modal Load Case

Geometric Nonlinearity Option

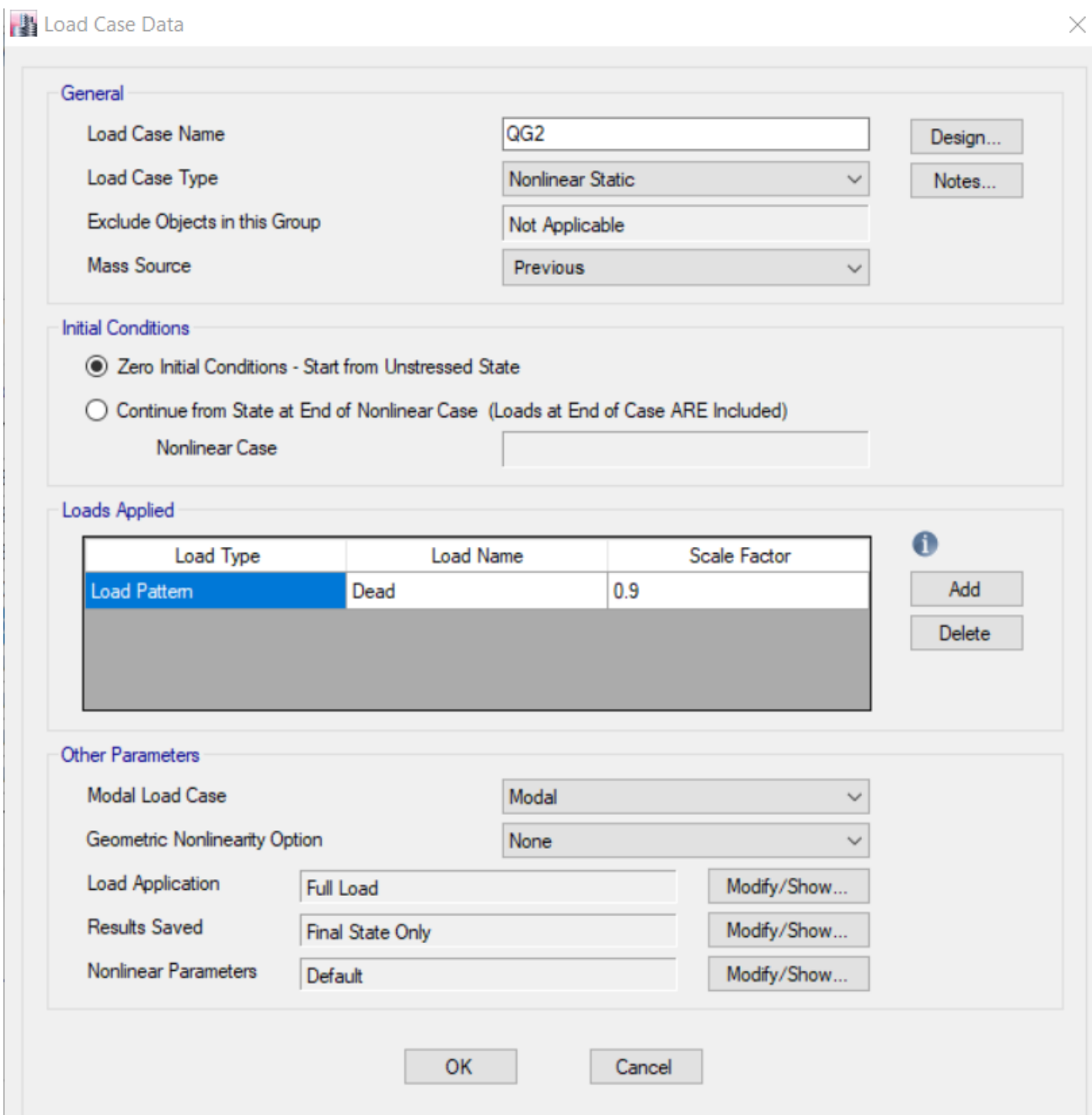
Load Application  [Modify/Show...](#)

Results Saved  [Modify/Show...](#)

Nonlinear Parameters  [Modify/Show...](#)

[OK](#)[Cancel](#)

الگوی بار ثقلی G1



The image shows a 'Load Case Data' dialog box with the following sections and controls:


- General:**
  - Load Case Name: QG2
  - Load Case Type: Nonlinear Static
  - Exclude Objects in this Group: Not Applicable
  - Mass Source: Previous
  - Buttons: Design..., Notes...
- Initial Conditions:**
  - ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
  - ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)
  - Nonlinear Case: (empty text box)
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	0.9

Buttons: Add, Delete
- Other Parameters:**
  - Modal Load Case: Modal
  - Geometric Nonlinearity Option: None
  - Load Application: Full Load (Modify/Show...)
  - Results Saved: Final State Only (Modify/Show...)
  - Nonlinear Parameters: Default (Modify/Show...)

Buttons: OK, Cancel

الگوی بار ثقلی G2

 Load Case Data ×

**General**

Load Case Name: UniformX-QG1 Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

**Initial Conditions**

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: QG1

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Acceleration	UX	-1

Add  
Delete

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Displacement Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

OK Cancel

الگوی بار یکنواخت وابسته به G1 (UniformX-G1)



## General

Load Case Name

Load Case Type

Exclude Objects in this Group

Mass Source

Design...

Notes...

## Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case

## Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Acceleration	UX	-1



Add

Delete

## Other Parameters

Modal Load Case

Geometric Nonlinearity Option

Load Application

Results Saved

Nonlinear Parameters

OK

Cancel

الگوی بار یکنواخت وابسته به G2 (UniformX-G2)

Load Case Data
 ✕

### General

Load Case Name

UniformY-QG1

Design...

Load Case Type

Nonlinear Static

Notes...

Exclude Objects in this Group

Not Applicable

Mass Source

Previous

### Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case

QG1

### Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Acceleration	UY	-1

Add

Delete

### Other Parameters

Modal Load Case

Modal

Geometric Nonlinearity Option

P-Delta

Load Application

Displacement Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

الگوی بار یکنواخت وابسته به G1 (UniformY-G1)

## General

Load Case Name

Load Case Type

Exclude Objects in this Group

Mass Source

[Design...](#)[Notes...](#)

## Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case

## Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Acceleration	UY	-1

[Add](#)[Delete](#)

## Other Parameters

Modal Load Case

Geometric Nonlinearity Option

Load Application  [Modify/Show...](#)

Results Saved  [Modify/Show...](#)

Nonlinear Parameters  [Modify/Show...](#)

[OK](#)[Cancel](#)

الگوی بار یکنواخت وابسته به G2 (UniformY-G2)

## گام پنجم) تحلیل سازه و برداشت سختی موثر از خروجی نرم افزار و اصلاح تغییر مکان هدف

Set Load Cases to Run

Case	Type	Status	Action
Modal	Modal - Eigen	Not Run	Run
Dead	Linear Static	Not Run	Run
Live	Linear Static	Not Run	Run
Lroof	Linear Static	Not Run	Run
EX	Linear Static	Not Run	Run
EY	Linear Static	Not Run	Run
Wind	Linear Static	Not Run	Run

Click to:

Run/Do Not Run Case

Delete Results for Case

Run/Do Not Run All

Delete All Results

Show Load Case Tree...

Analysis Monitor Options

☐ Always Show

☒ Never Show

☐ Show After  seconds

Diaphragm Centers of Rigidity

☒ Calculate Diaphragm Centers of Rigidity

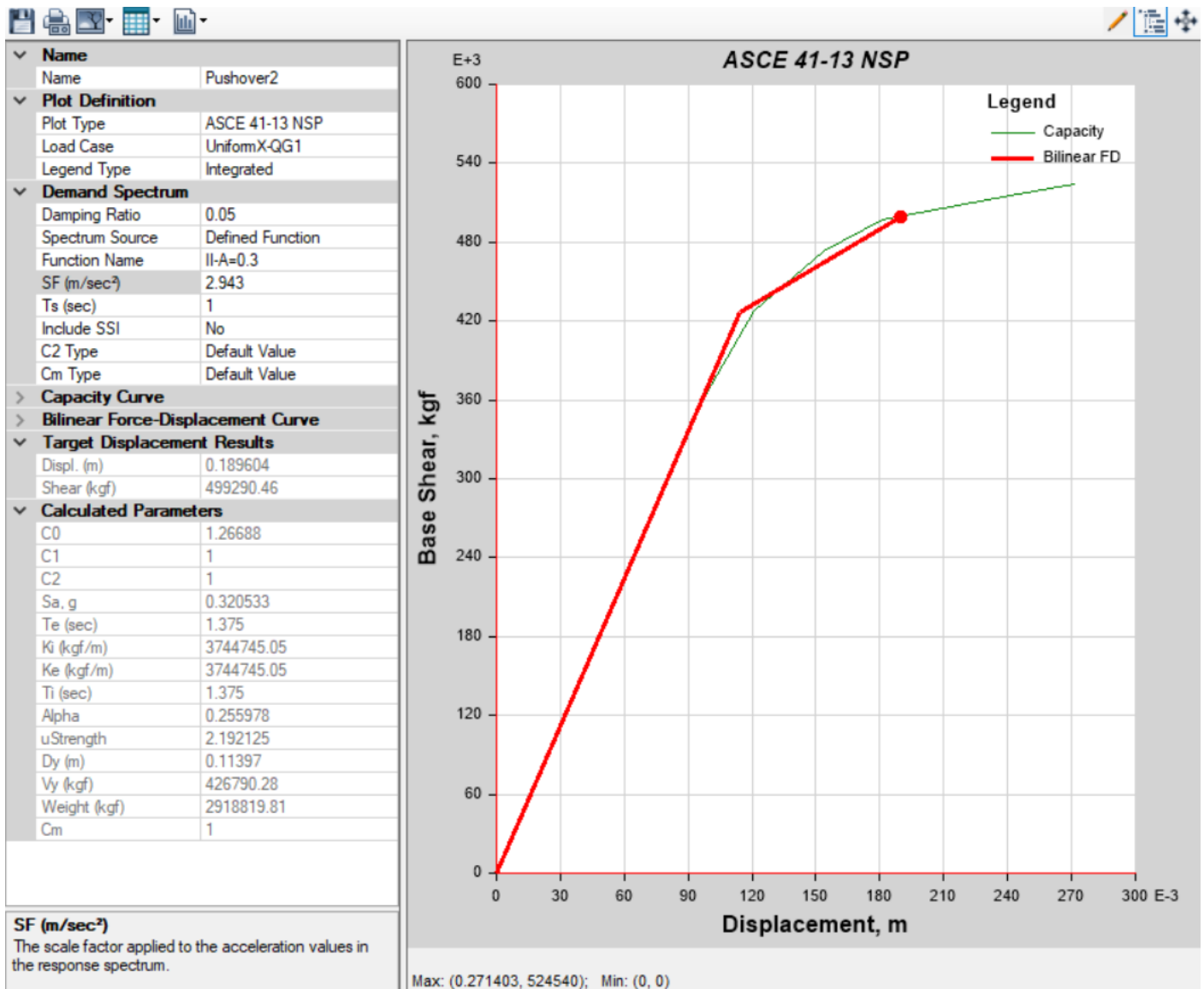
Tabular Output

☐ Automatically save tables to Microsoft Access or XML after run completes

Filename

Table Set

تحلیل سازه



نمودار پوش آور دوخطی سازه تحت بار UniformX-QG1

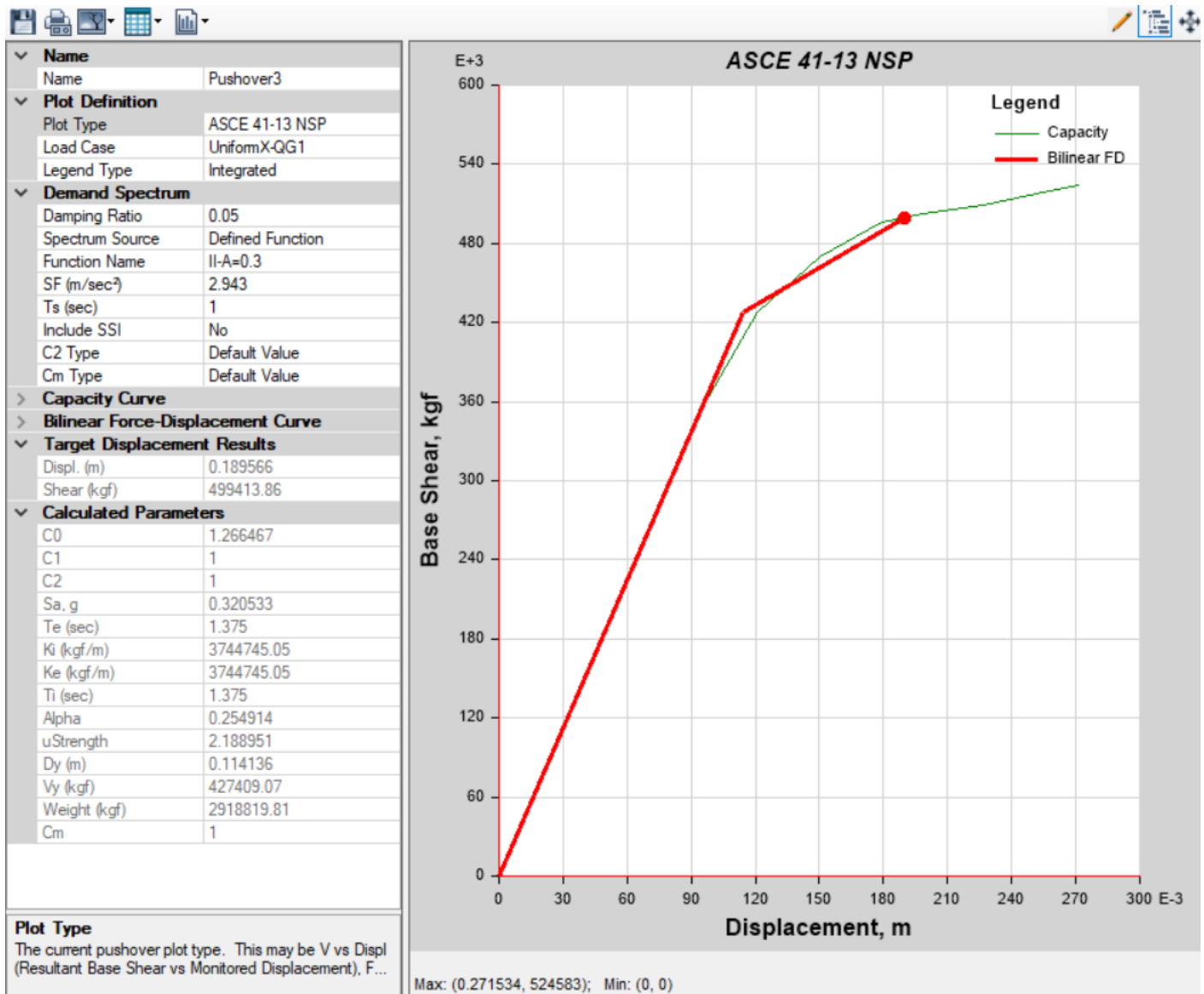
$$T_e = 1.375 \text{ Sec}$$

$$S_a = 0.3205$$

$$C_0 = 1.26688$$

$$\delta_t = 1.26688 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.3205 \times \frac{1.375^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.19 \text{ m} = 19 \text{ cm}$$

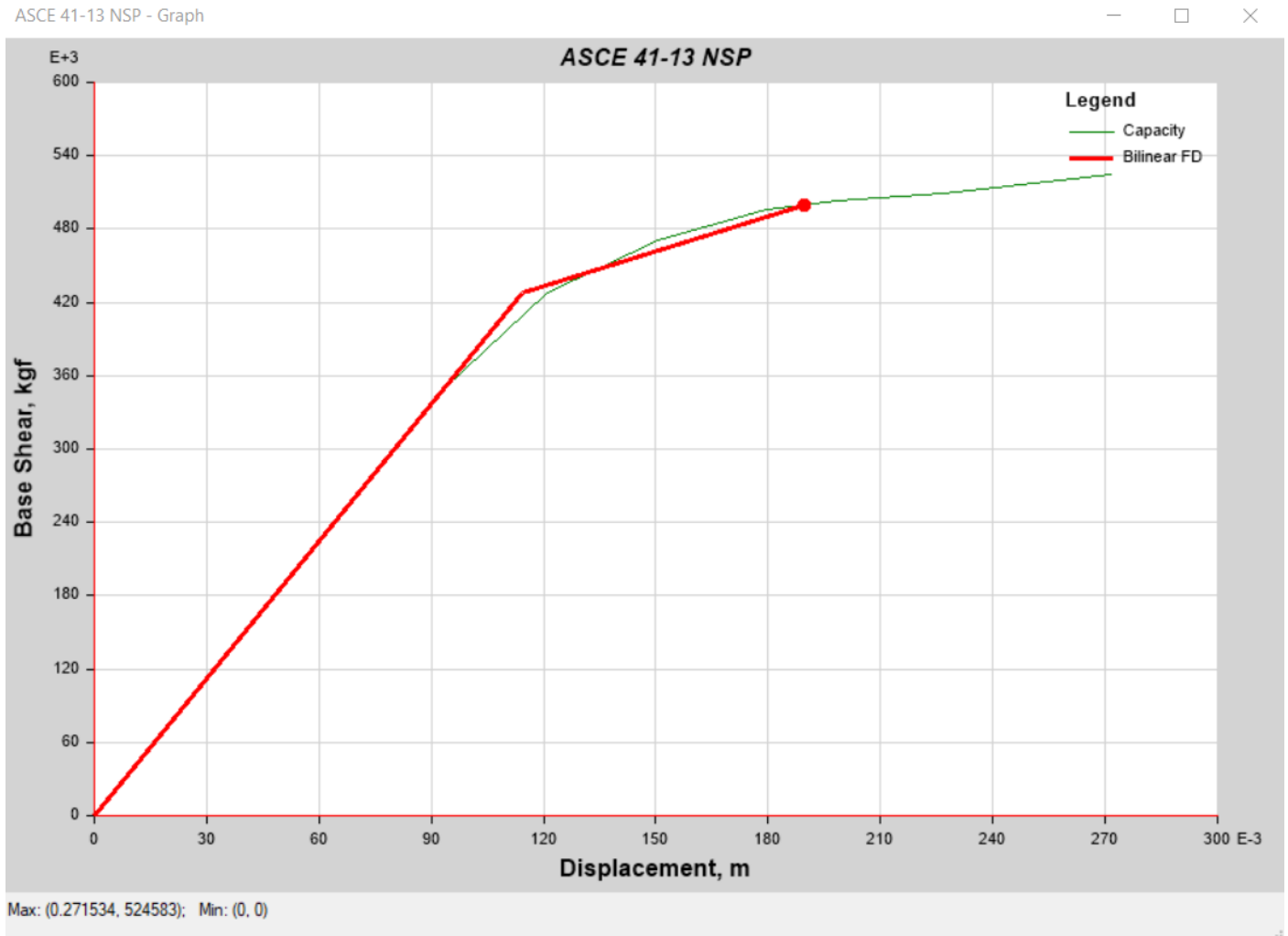
$$1.5\delta_t = 28.5 \text{ cm}$$



اصلاح تغییر مکان هدف در الگوهای بارگذاری

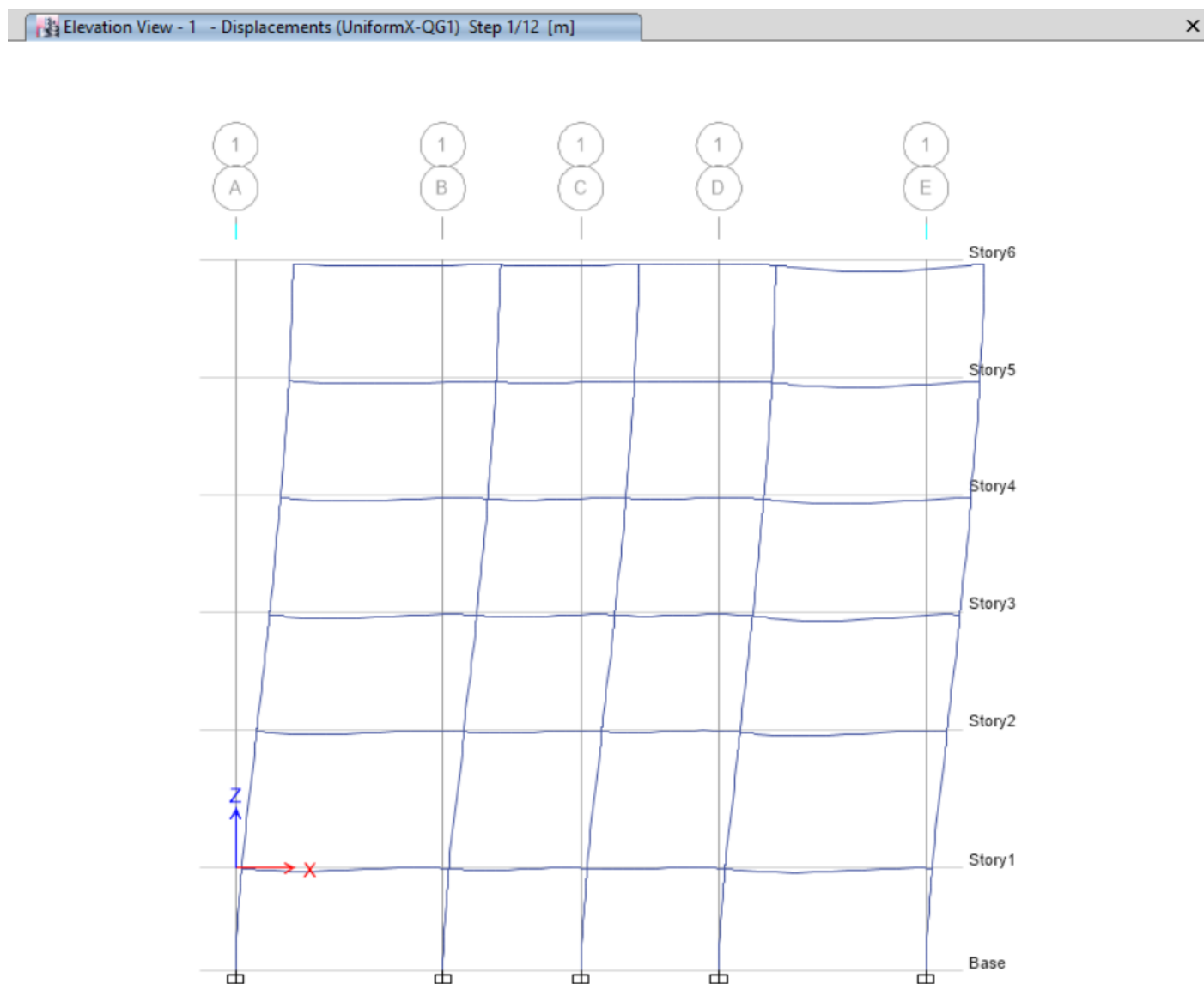
گام ششم) تحلیل نهایی و کنترل خروجی های لازم (کنترل نمودار پوش، تشکیل مفاصل پلاستیک)

### کنترل نمودار پوش آور



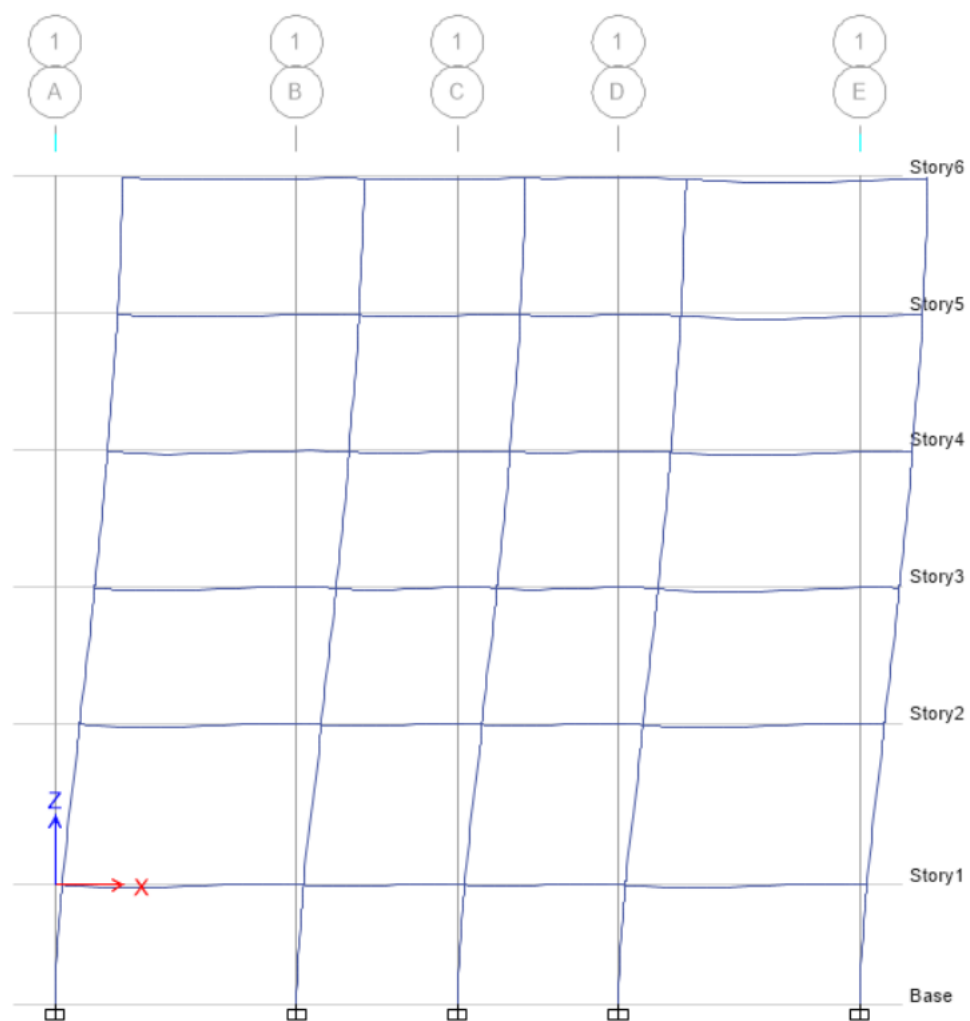
### نمودار پوش آور

✓ مطابق نمودار مشاهده می شود عمده رفتار سازه در مرحله خطی بوده و در مرحله غیرخطی دوام کمتری داشته و احتمالاً در مرحله تشکیل مفاصل مشاهده خواهیم کرد که سازه نیاز به مقاومسازی خواهد داشت.

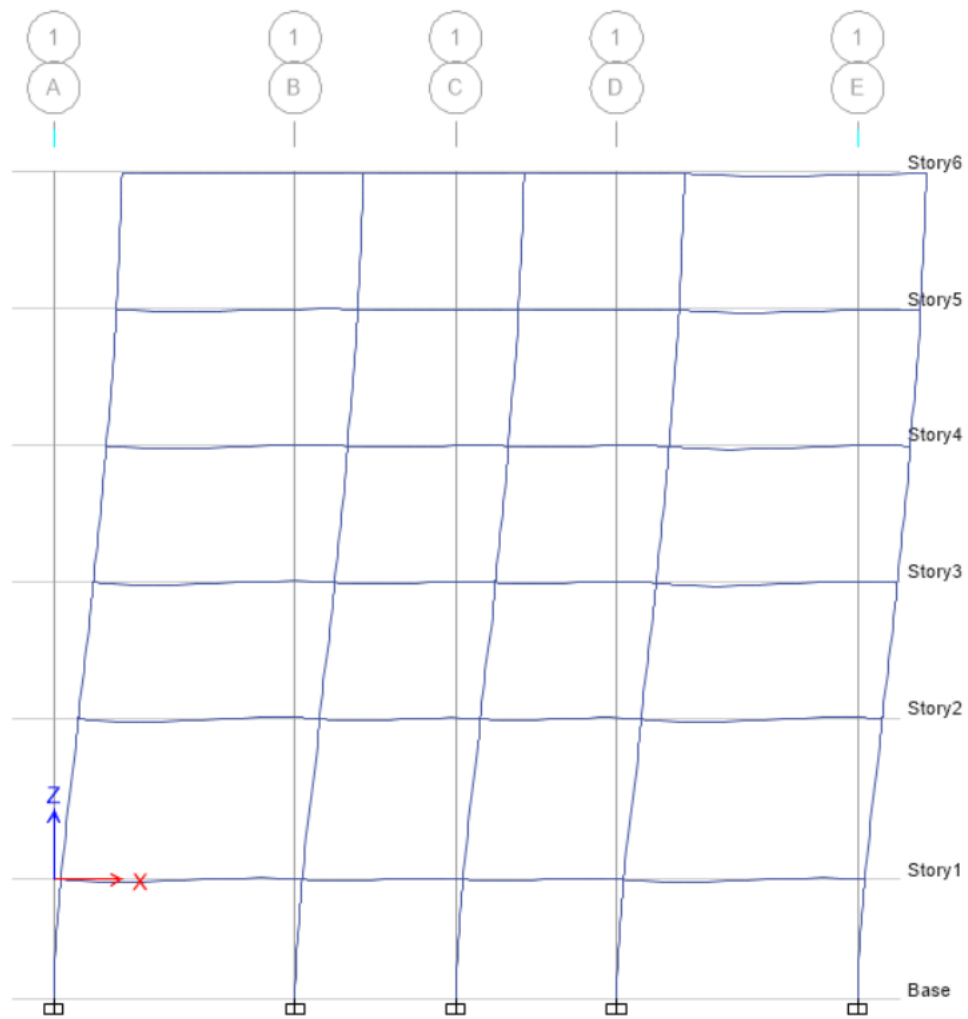


تشکیل مفاصل پلاستیک (گام اول)

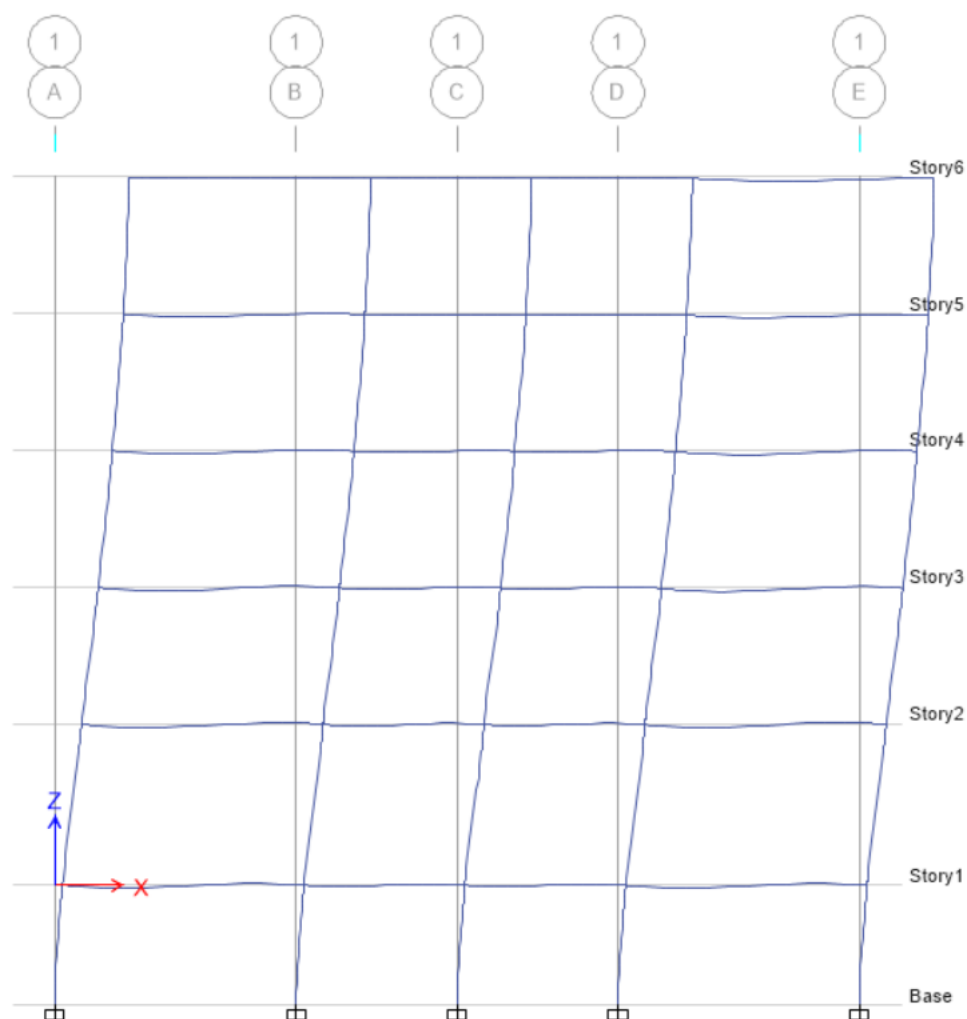




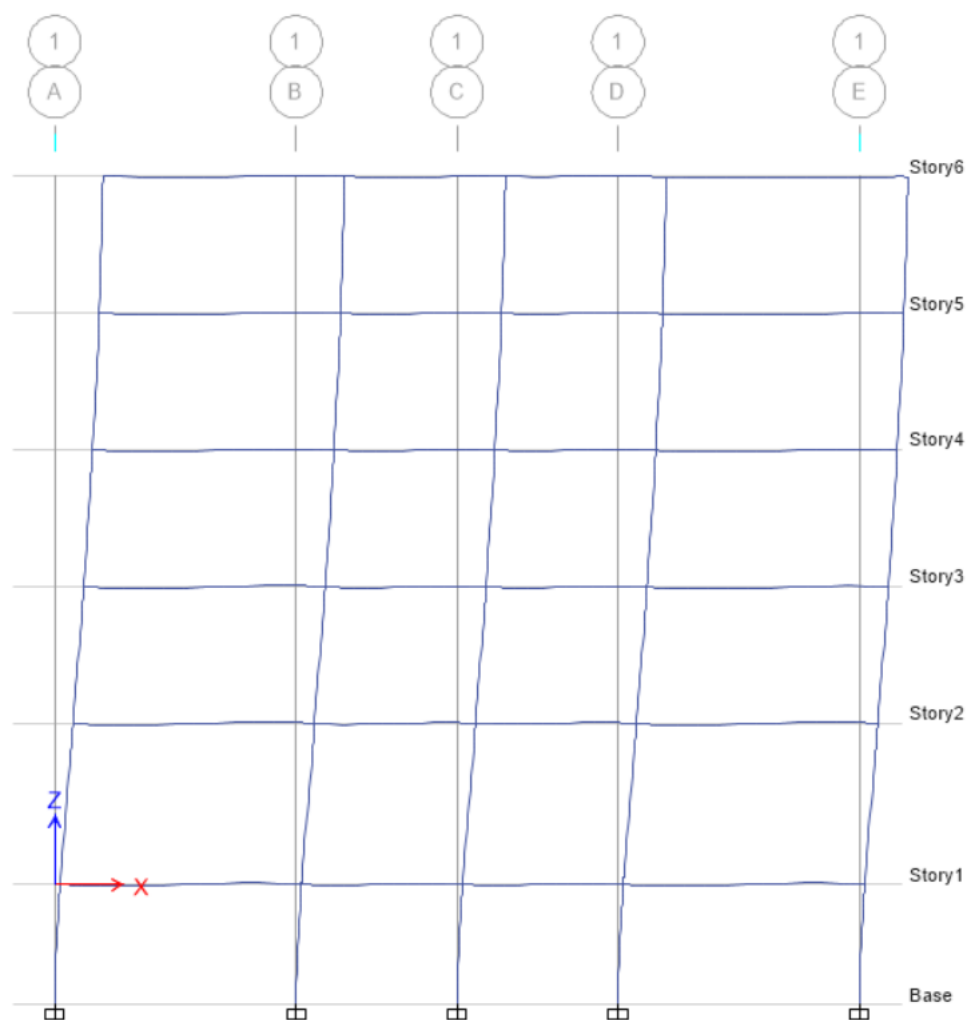
تشکیل مفاصل پلاستیک (گام دوم)



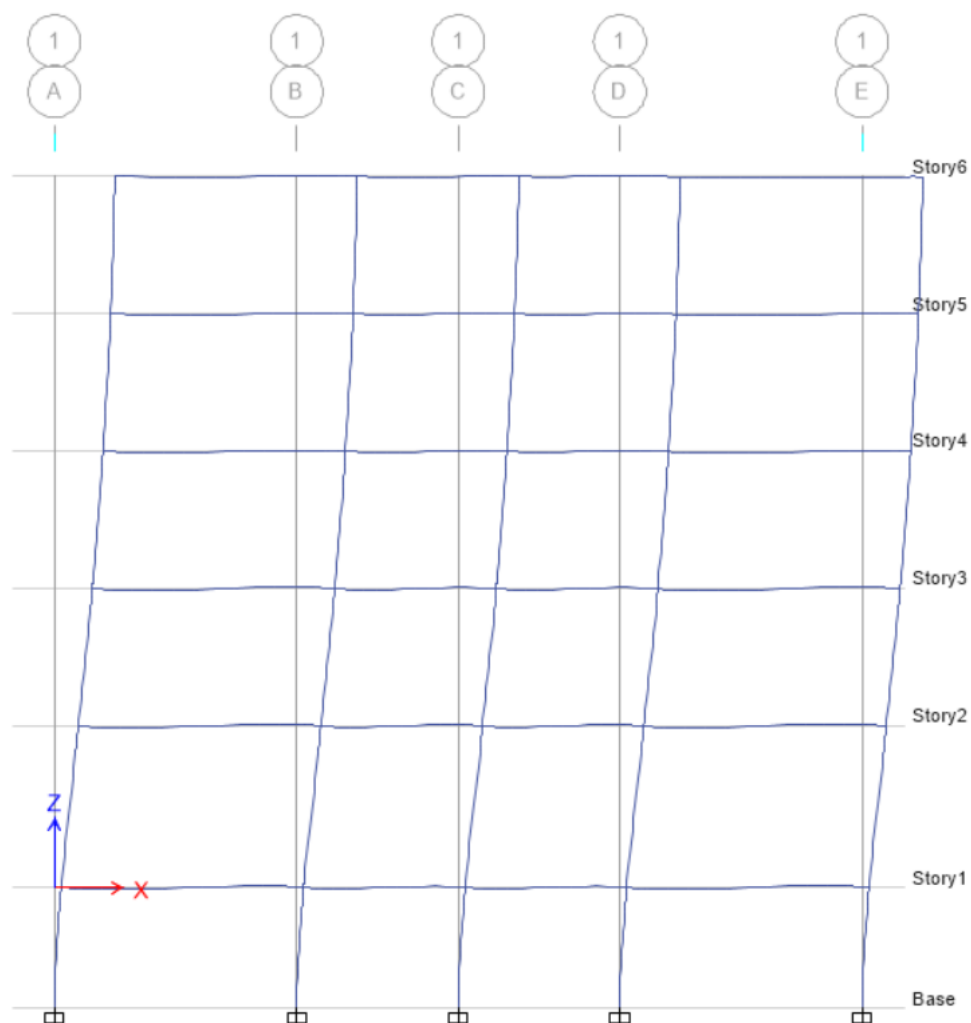
تشکیل مفاصل پلاستیک (گام سوم)



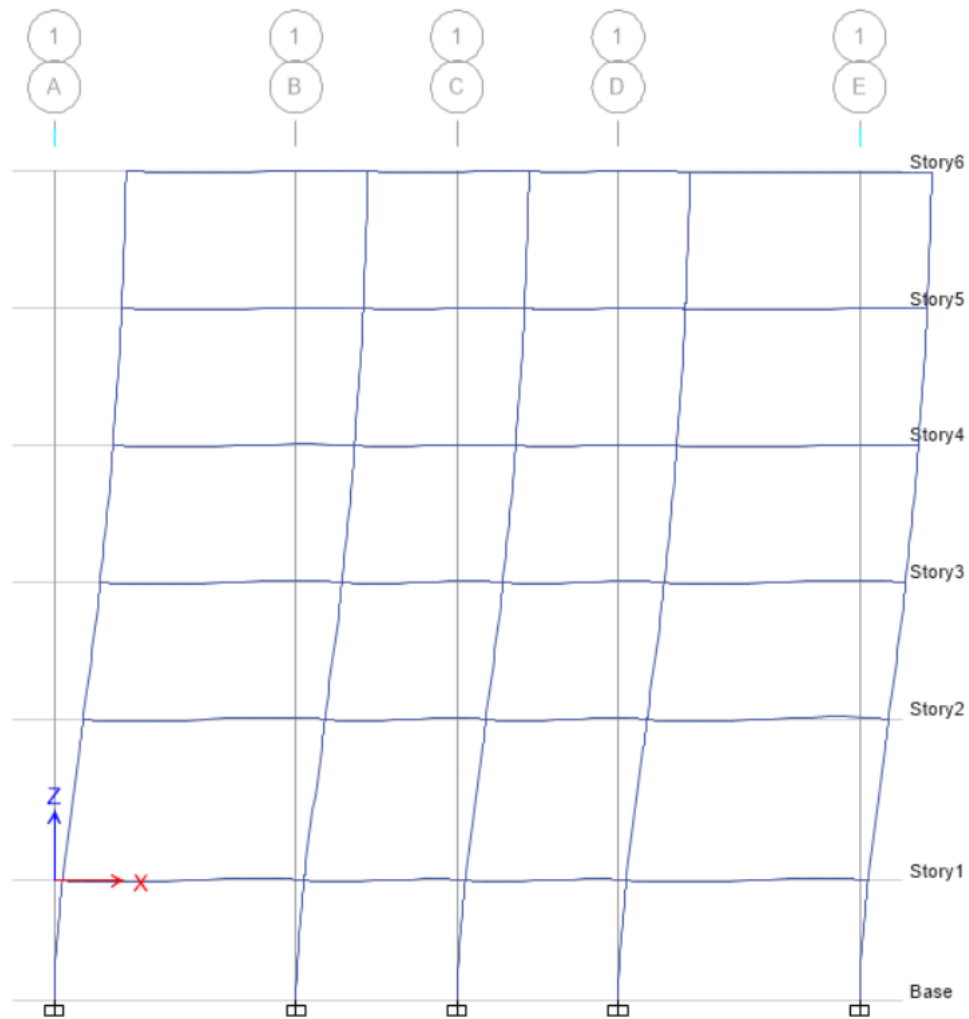
تشکیل مفاصل پلاستیک (گام چهارم)



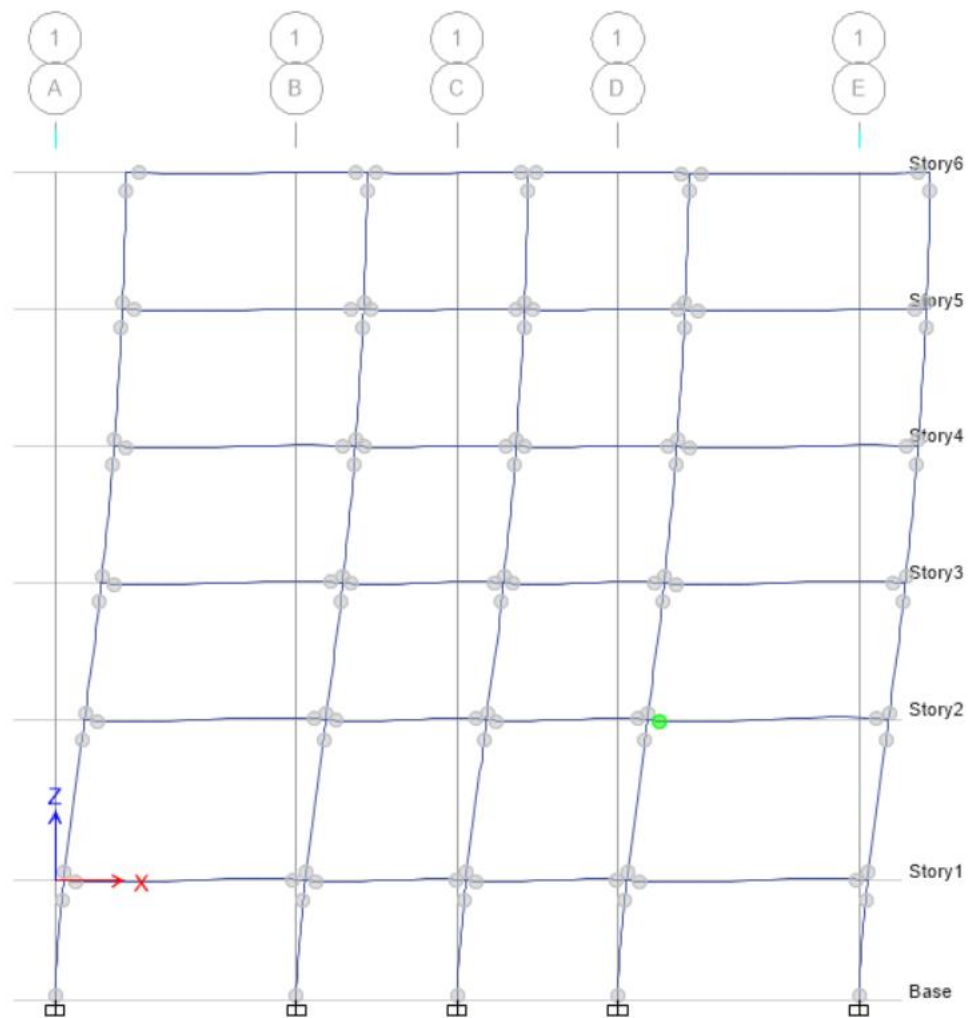
تشکیل مفاصل پلاستیک (گام پنجم)



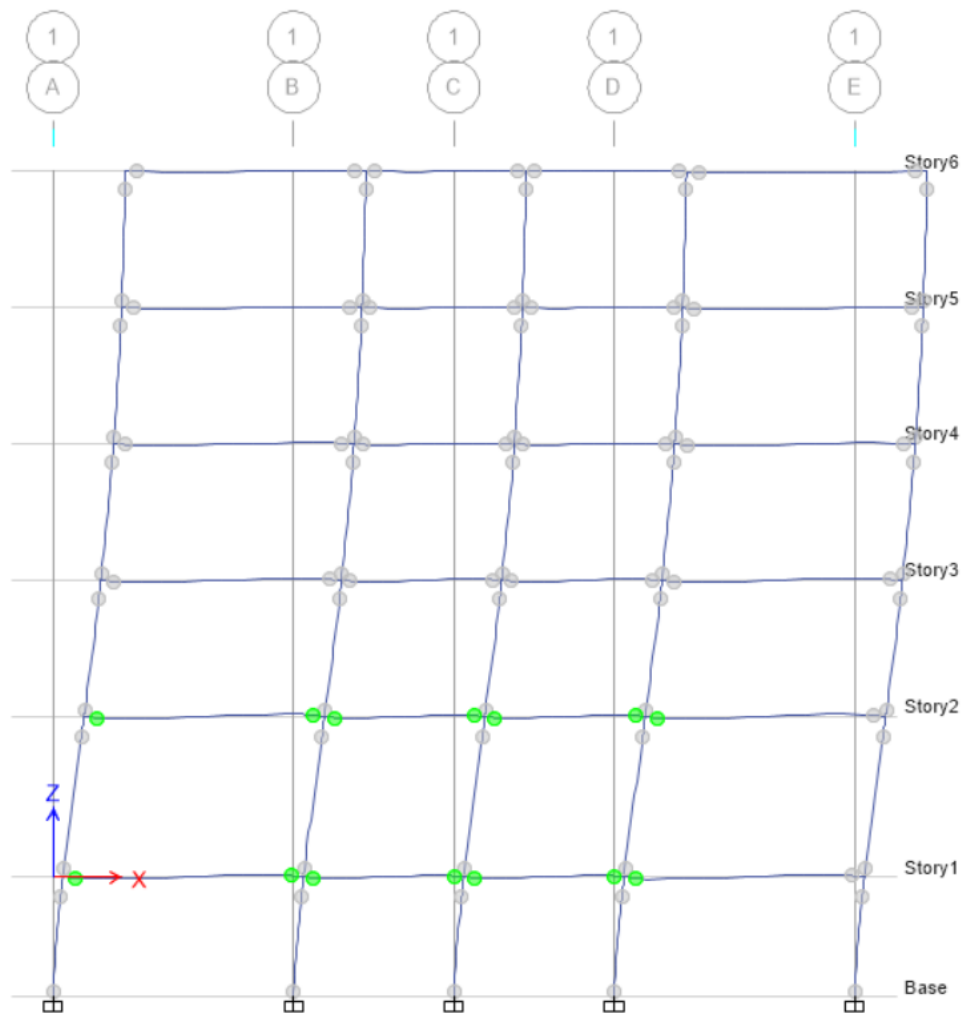
تشکیل مفاصل پلاستیک (گام ششم)



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام هفتم)

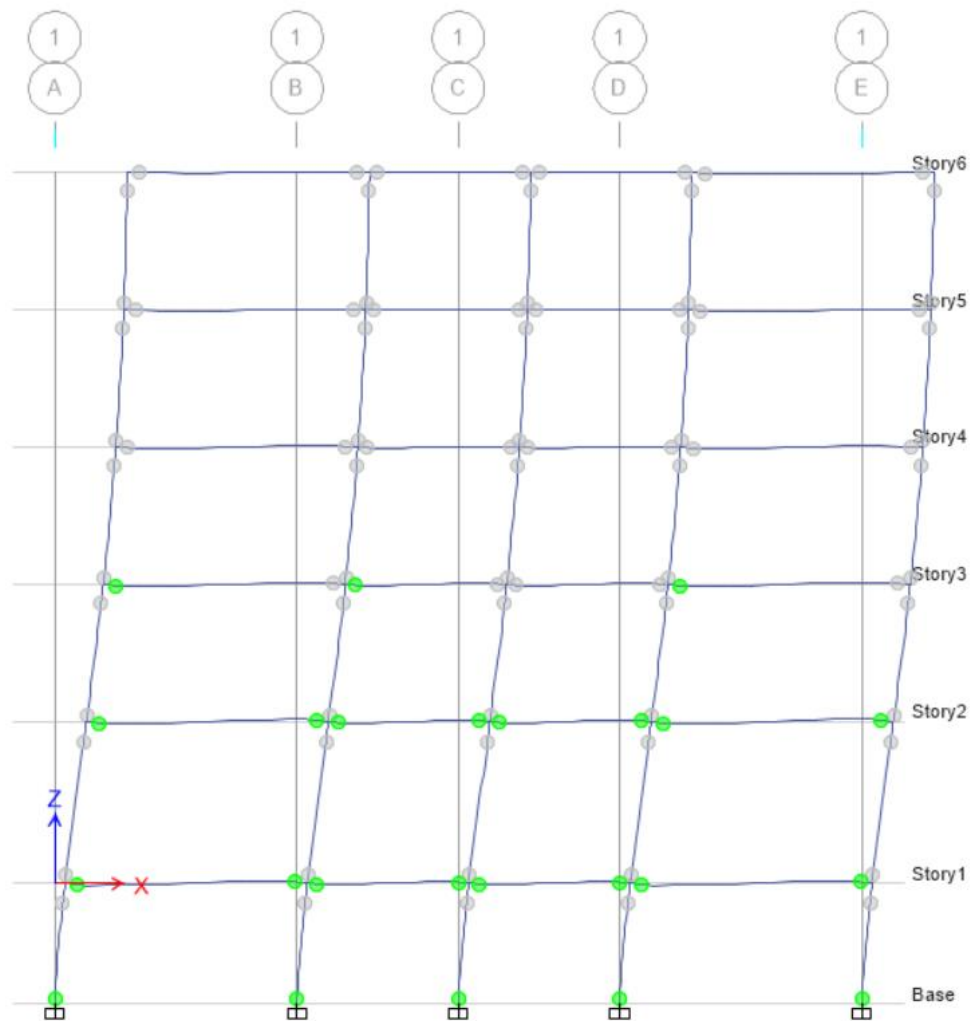


تشکیل مفاصل پلاستیک (گام هشتم)

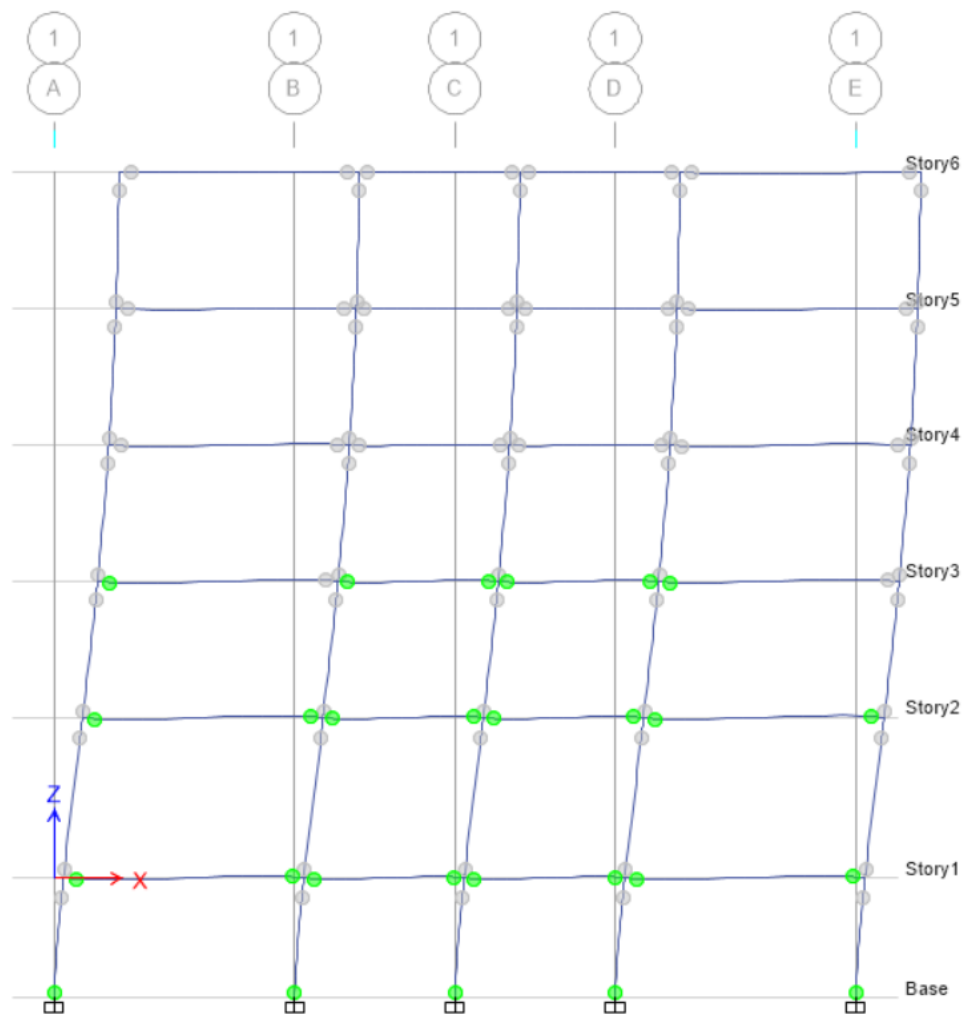


تشکیل مفاصل پلاستیک (گام نهم)

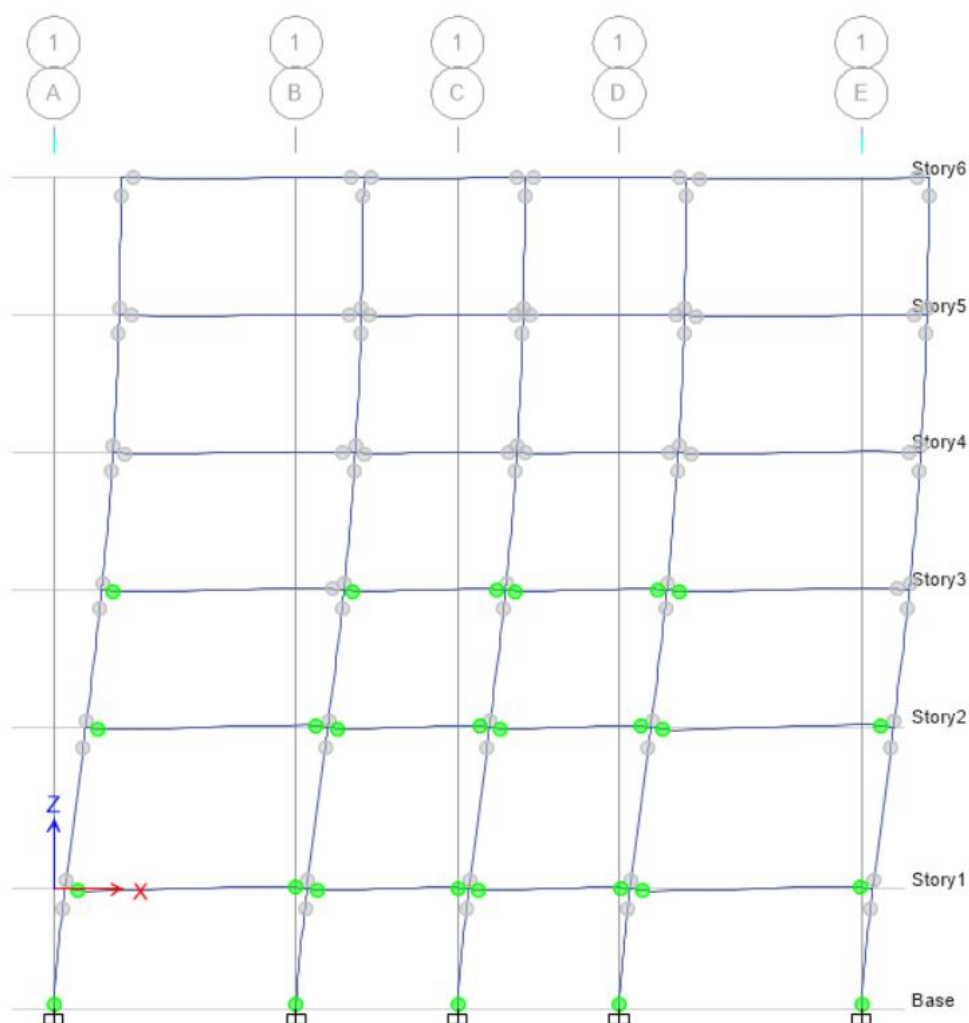




تشکیل مفاصل پلاستیک (گام دهم)



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام یازدهم)



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام دوازدهم-گام آخر)

بارهای وارده به سازه را حال تغییر خواهیم داد بنحوی که بار دیوار داخلی  $1/3$  و بار زنده طبقات  $2/3$  کیلونیوتن بر متر مربع در نظر گرفته خواهد شد و لرزه خیزی منطقه، منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد انتخاب خواهد شد و سرعت موج برشی خاک برابر  $275$  متر بر مجذور ثانیه در نظر خواهیم گرفت.

طبق صورت پروژه در صورت نیاز به مقاوم سازی دو روش پیشنهاد شده است که عبارتند از:

(۱) استفاده از FRP

(۲) استفاده از ژاکت

بارهای وارده به سازه را حال تغییر خواهیم داد بنحوی که بار دیوار داخلی  $1/3$  و بار زنده طبقات  $2/3$  کیلونیوتن بر متر مربع در نظر گرفته خواهد شد و لرزه خیزی منطقه از منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد انتخاب خواهد شد و سرعت موج برشی خاک برابر  $275$  متر بر مجذور ثانیه در نظر خواهیم گرفت.

جدول ۲-۳ طبقه‌بندی نوع زمین

نوع زمین	توصیف لایه‌بندی زمین	پارامترها		
		$\bar{C}_u (kPa)$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{v}_z (m/s)$
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین	-	-	$>750$
II	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد. سنگ‌های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	$>250$	$>50$	$375-750$
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	$70-250$	$15-50$	$175-375$
IV	خاک متوسط تا نرم، لایه‌های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه‌های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم.	$<70$	$<15$	$<175$

✓ با توجه به اینکه سرعت موج برشی ۲۷۵ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد بنابراین نوع خاک از نوع III می‌باشد.

## محاسبه ضریب زلزله در جهت X

نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل	استان	مرکز جمعیتی	
	آذربایجان شرقی	تبریز	
	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	منطقه ۱	$A = 0.35$
ضریب اهمیت ساختمان	ساختمان با اهمیت متوسط		$I = 1.0$

ضریب رفتار سازه			
سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی		$R_u$
قاب خمشی	قاب خمشی بتن آرمه متوسط		<b>5</b>
	$H_m = 35 \text{ m}$	$C_d = 4.5$	$\Omega_0 = 3$

ضریب بازتاب سازه B				
ارتفاع ساختمان از تراز پایه $H =$		<b>20.6 m</b>	نوع زمین	<b>III</b>
سازه میانقاب دارد؟	<b>خیر</b>	نوع سیستم		قاب خمشی بتنی
$T_0 =$	<b>0.15</b>	زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی		$T = 0.05 \times H^{0.9 \times (1)} = 0.761$
$T_s =$	<b>0.7</b>			
$S =$	<b>1.75</b>	$T = \text{Min (تحلیلی، ۱.۲۵ تجربی)} = 0.951$		<b>0.951</b>
$S_0 =$	<b>1.1</b>			
$T_{ETABS}$ زمان تناوب نرم افزار	<b>2.00</b>			
ضریب اصلاح طیف	$N = 0.7 / (4 - T_s) * (T - T_s) + 1 =$	<b>1.053</b>	$B = B_1 N =$	<b>2.13124</b>
ضریب شکل طیف	$B1 = (S + 1) (T_s / T) =$	<b>2.023</b>		

$C_{\min} = 0.12 AI =$	<b>0.0420</b>	$K = 0.5T + 0.75 =$	<b>1.226</b>
$C_{DRIFT} =$	<b>0.0860</b>	$K_{DRIFT} =$	<b>1.750</b>

$$C_x = \frac{A \times B \times I}{R_u} \Rightarrow C_x = \mathbf{0.1492}$$

## محاسبه ضریب زلزله در جهت Y

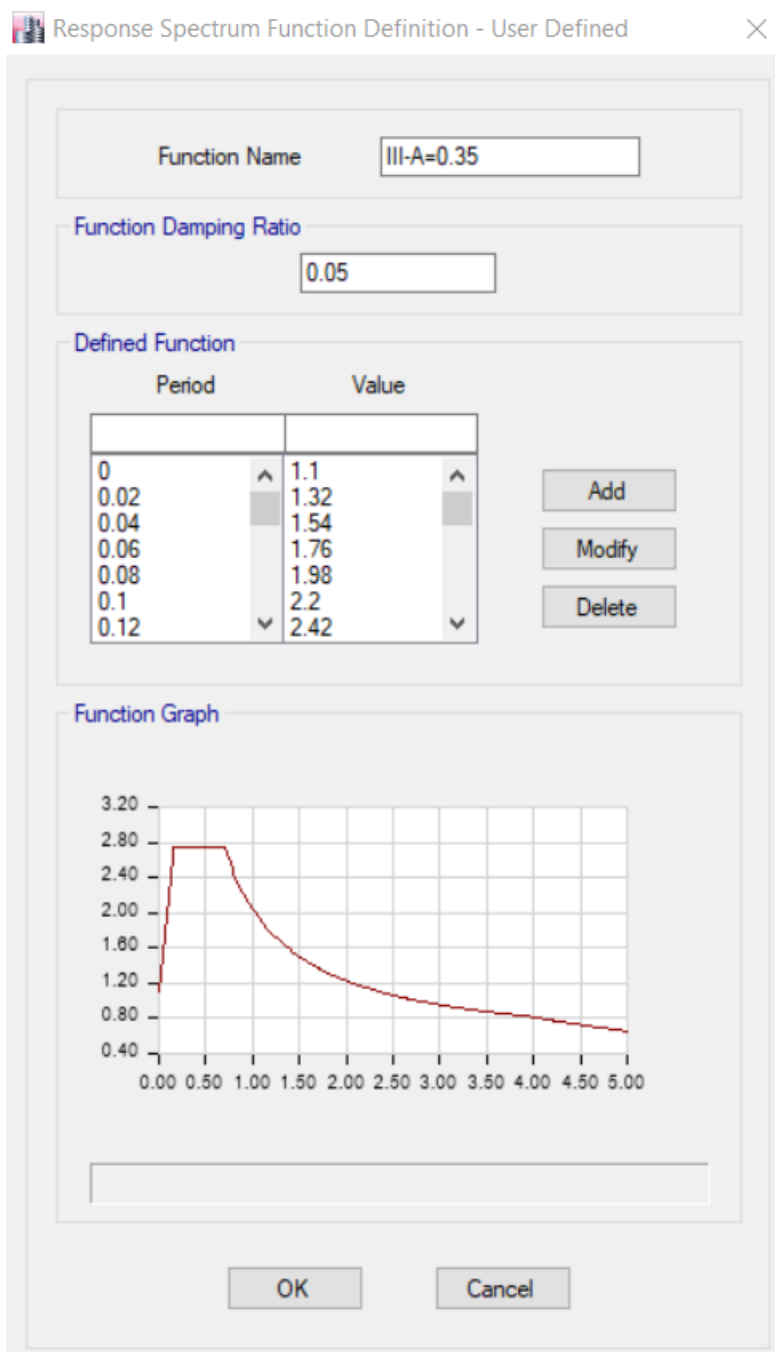
نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل	مرکز جمعیتی	
	استان	
	آذربایجان شرقی	تبریز
ضریب اهمیت ساختمان	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	منطقه ۱
	ساختمان با اهمیت متوسط	$A = 0.35$
		$I = 1.0$

ضریب رفتار سازه			
سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی		$R_u$
قاب خمشی	قاب خمشی بتن آرمه متوسط		5
	$H_m = 35 \text{ m}$	$C_d = 4.5$	$\Omega_0 = 3$

B ضریب بازتاب سازه						
$H =$ ارتفاع ساختمان از تراز پایه		20.6 m	نوع زمین	III		
سازه میانقاب دارد؟		خیر	نوع سیستم	قاب خمشی بتنی		
$T_0 =$	0.15		زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی	$T=0.05xH^{0.9x(1)}=$	0.761	
$T_s =$	0.7					
$S =$	1.75		$T =$ Min (تحلیلی، ۱.۲۵ تجربی)=	0.951		
$S_0 =$	1.1					
$T_{ETABS}$	زمان تناوب نرم افزار	2.00				
ضریب اصلاح طیف		$N=0.7/(4-TS)*(T-TS)+1=$		1.053	$B = B_1N =$	2.13124
ضریب شکل طیف		$B1=(S+1)(Ts/T)=$		2.023		

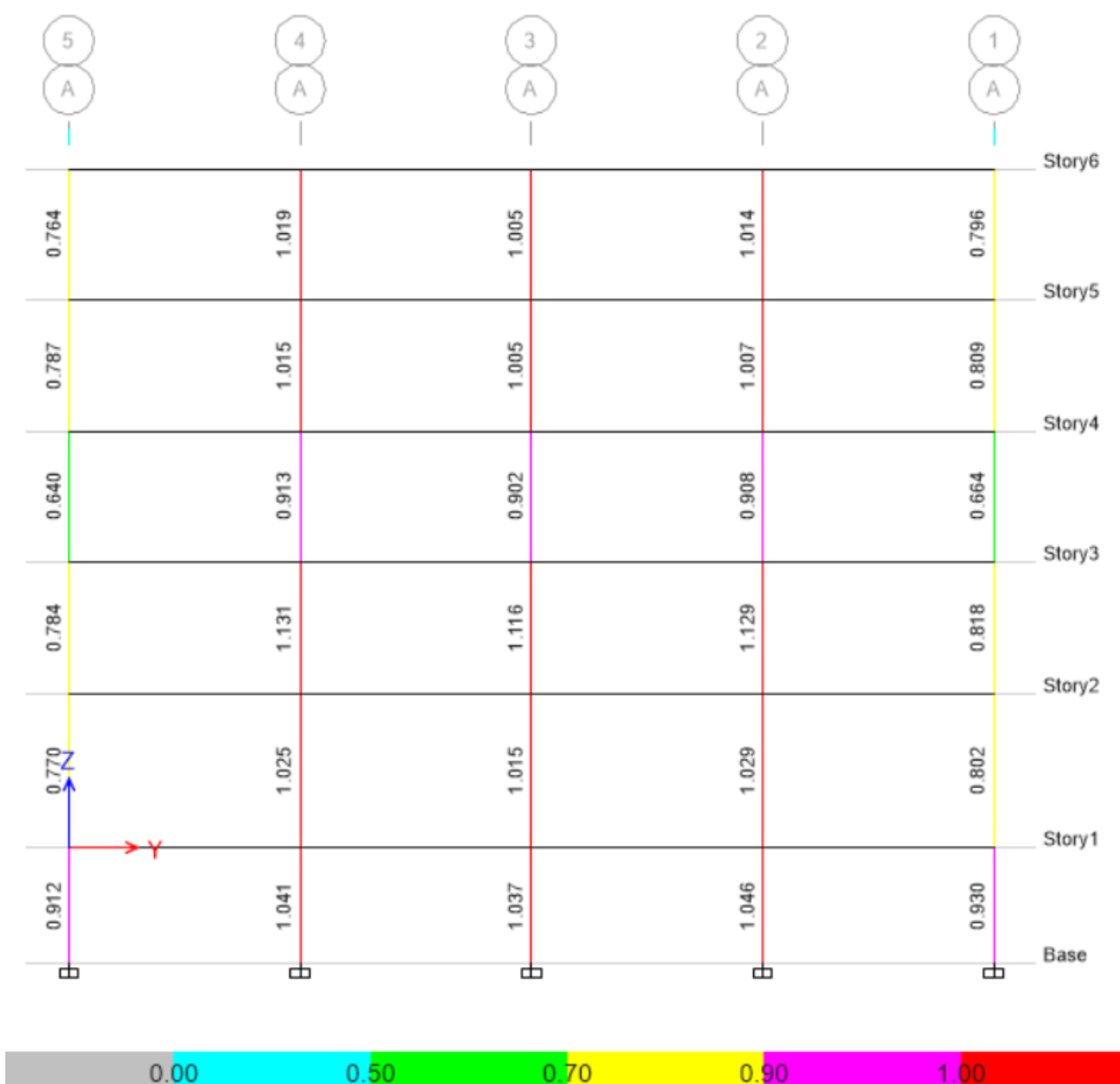
$C_{min} = 0.12 AI =$	0.0420	$K = 0.5T + 0.75 =$	1.226
$C_{DRIFT} =$	0.0860	$K_{DRIFT} =$	1.750

$$C_y = \frac{A \times B \times I}{R_u} \Rightarrow C_y = 0.1492$$



وارد نمودن طیف نوع زمین III برای  $A=0.35$  در نرم افزار





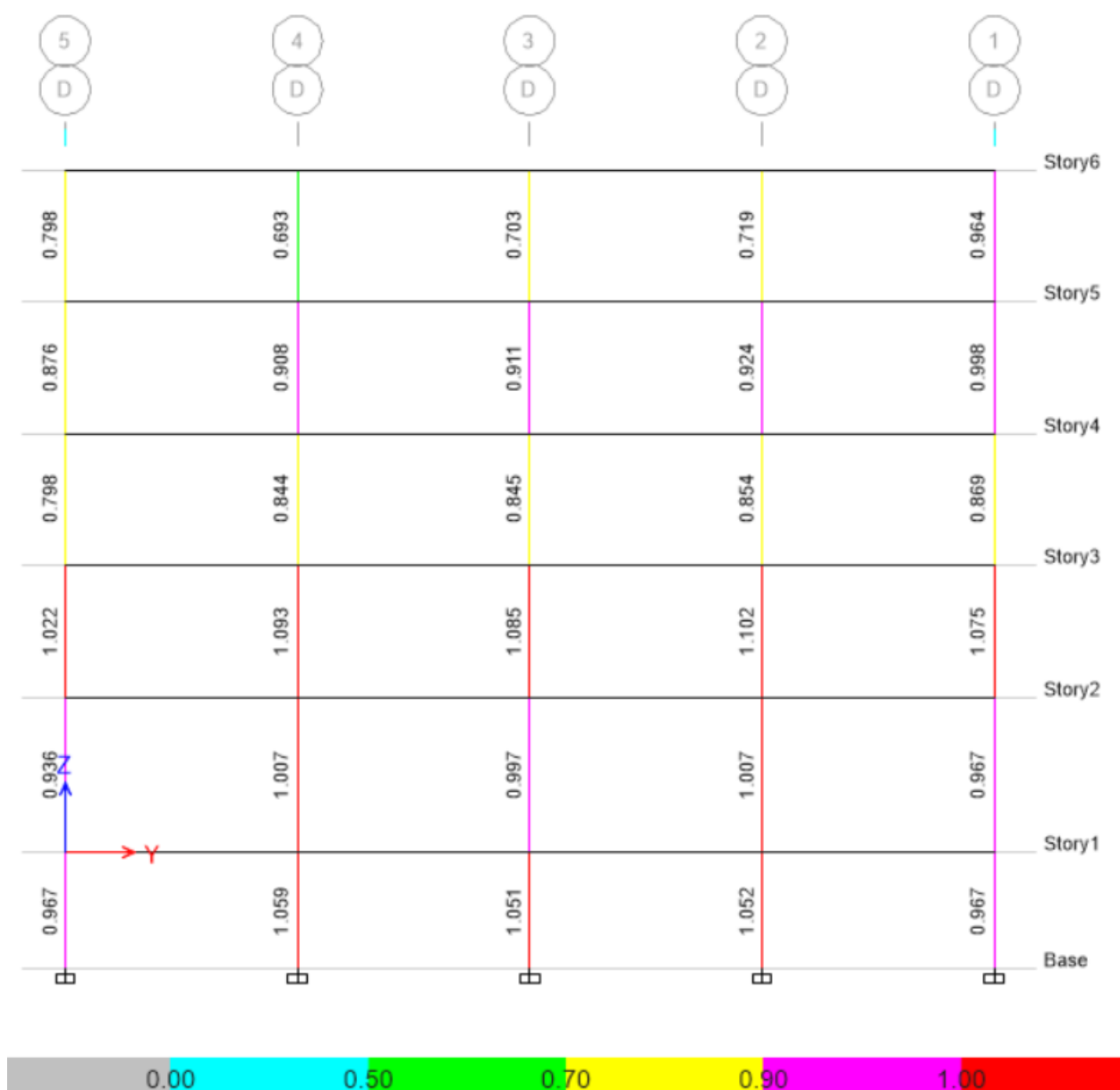
نسبت نیرو به ظرفیت قاب A



نسبت نیرو به ظرفیت قاب B



نسبت نیرو به ظرفیت قاب  $C$



نسبت نیرو به ظرفیت قاب D



نسبت نیرو به ظرفیت قاب E

بعد از تغییر مشخصات سازه مشاهده می شود برخی از ستون های جوابگوی نیروهای وارده نبوده به همین سبب این ستون ها را تقویت خواهیم نمود.

## محاسبه تغییر مکان هدف

رابطه محاسبه تغییر مکان هدف طبق نشریه ۳۶۰ بصورت زیر می‌باشد:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

محاسبه ضریب  $C_0$ : ضریب اصلاح برای ارتباط تغییر مکان طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییر مکان بام سیستم چند درجه آزادی که مقدار تقریبی آن از جدول زیر قابل محاسبه می‌باشد:

جدول (۲-۳): مقدار ضریب  $C_0$

تعداد طبقات ساختمان	ساختمان‌های برشی *		سایر ساختمان‌ها
	توزیع نوع اول مطابق بند (۳-۱-۳-۳-۳)	توزیع بار یکنواخت	هر نوع توزیع بار
۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴
۱۰ و بیش‌تر	۱/۳	۱/۲	۱/۵

\* منظور از ساختمان برشی، ساختمانی است که در تمام طبقات، تغییر مکان جانبی نسبی کوچک‌تر از طبقه‌ی زیرین باشد.

برای سازه ۶ طبقه برابر است با:

$$C_0 = 1.42$$

محاسبه ضریب  $C_1$ : ضریب تصحیح برای اعمال تغییر مکان های غیرارتجاعی.

ضریب  $C_1$  از رابطه ی (۱۵-۳) محاسبه می شود.

$$T_e \geq T_s \rightarrow C_1 = 1.0$$

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{1.0 + [R - 1] \frac{T_s}{T_e}}{R} \quad (15-3)$$

در هر صورت مقدار  $C_1$  نباید کوچکتر از ۱ و بزرگتر از مقدار آن براساس بند (۲-۱-۳-۳) اختیار شود. در این رابطه  $R$  نسبت مقاومت است که از رابطه ی (۱۶-۳) محاسبه می شود.

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (16-3)$$

در این رابطه  $S_a$  شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر  $T_e$  است و  $C_m$  ضریب جرم موثر در مود اول است که می تواند با استفاده از جدول (۱-۳) یا از تحلیل دینامیکی به دست آید.

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

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

$$T_s = 0.7 \quad \text{برای خاک نوع سه}$$

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
		sec				
Modal	1	1.785	0	0.7644	0	0.7644
Modal	2	1.64	0.7676	0	0.7676	0.7644
Modal	3	1.502	0	0	0.7676	0.7644
Modal	4	0.589	0	0.1134	0.7676	0.8778
Modal	5	0.55	0.112	0	0.8796	0.8778
Modal	6	0.508	0	0	0.8796	0.8778
Modal	7	0.314	0	0.0432	0.8796	0.921
Modal	8	0.298	0.0423	0	0.9219	0.921
Modal	9	0.276	0	0	0.9219	0.921
Modal	10	0.196	0	0.023	0.9219	0.944
Modal	11	0.19	0.0219	0	0.9438	0.944
Modal	12	0.177	0	0	0.9438	0.944
Modal	13	0.14	0	0.0276	0.9438	0.9716
Modal	14	0.138	0.0273	0	0.9712	0.9716
Modal	15	0.129	0	0	0.9712	0.9716
Modal	16	0.11	0	0.0284	0.9712	1
Modal	17	0.11	0.0288	0	1	1
Modal	18	0.103	0	0	1	1

$$T_e = 1.785 \text{ Sec} > T_s = 0.7$$

$$C_1 = 1$$

محاسبه ضریب  $C_2$ : اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضا سازه ای را بر تغییر مکان ها به دلیل رفتار غیر ارتجاعی آنها منظور می کند.

جدول (۳-۳): مقادیر ضریب  $C_2$

$T \geq T_s$		$T \leq 0.7$		سطح عملکرد موردنظر
قاب نوع دو	قاب نوع یک	قاب نوع دو	قاب نوع یک	
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	قابلیت استفاده ی بی وقفه
۱/۰	۱/۱	۱/۰	۱/۳	ایمنی جانی
۱/۰	۱/۲	۱/۰	۱/۵	آستانه ی فروریزش



در این جدول قاب‌های نوع یک شامل سیستم‌های سازه‌ای هستند که در آن‌ها بیش از ۳۰٪ بار جانبی توسط اعضای حمل می‌شود که هنگام زلزله کاهش سختی و مقاومت دارند. قاب‌های خمشی معمولی، قاب‌های مهاربندی‌شده با محورهای متقارب،

قاب‌های با اتصالات نیمه‌صلب، قاب‌های با مهاربندهای لاغر که فقط برای کشش طراحی شده‌اند، دیوارهای بنایی غیرمسلح و دیوارهای غیرشکل‌پذیر در برش از این نوع می‌باشند. سایر سیستم‌های سازه‌ای از نوع دو محسوب می‌شوند. برای مقادیر  $T$  بین ۰/۱ و  $T_s$  مقدار  $C_2$  با استفاده از درونیابی خطی محاسبه می‌شود.

$$C_2 = 1$$

محاسبه ضریب  $C_3$ : برای اعمال اثرات  $P - \Delta$  با رفتار غیرخطی مصالح، بر تغییر مکان‌ها می‌باشد.

ضریب  $C_3$  برای سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی مثبت هستند ( $\alpha > 0$ ) برابر ۱ و برای سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی منفی هستند ( $\alpha < 0$ ) از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$C_3 = 1.0 + \frac{|\alpha| [R - 1]^{1.5}}{T_e}$$

مقدار  $C_3$  لزومی ندارد بزرگ‌تر از مقادیر داده‌شده در بند (۳-۱-۲) در نظر گرفته شود.

$$C_3 = 1$$

محاسبه  $S_a$ :

$$B_1 = (S + 1) \frac{T_s}{T} \quad T > T_s$$

$$B_1 = (1.75 + 1) \frac{0.7}{1.785} = 1.08$$

$$N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 \quad T_s < T < 4 \text{ sec}$$

$$N = \frac{0.7}{4 - 0.7} (1.785 - 0.7) + 1 = 1.23$$

$$B = B_1 N = 1.08 \times 1.23 = 1.33$$

$$S_a = ABI = 0.35 \times 1.33 \times 1 = 0.465$$

محاسبه تغییر مکان هدف:

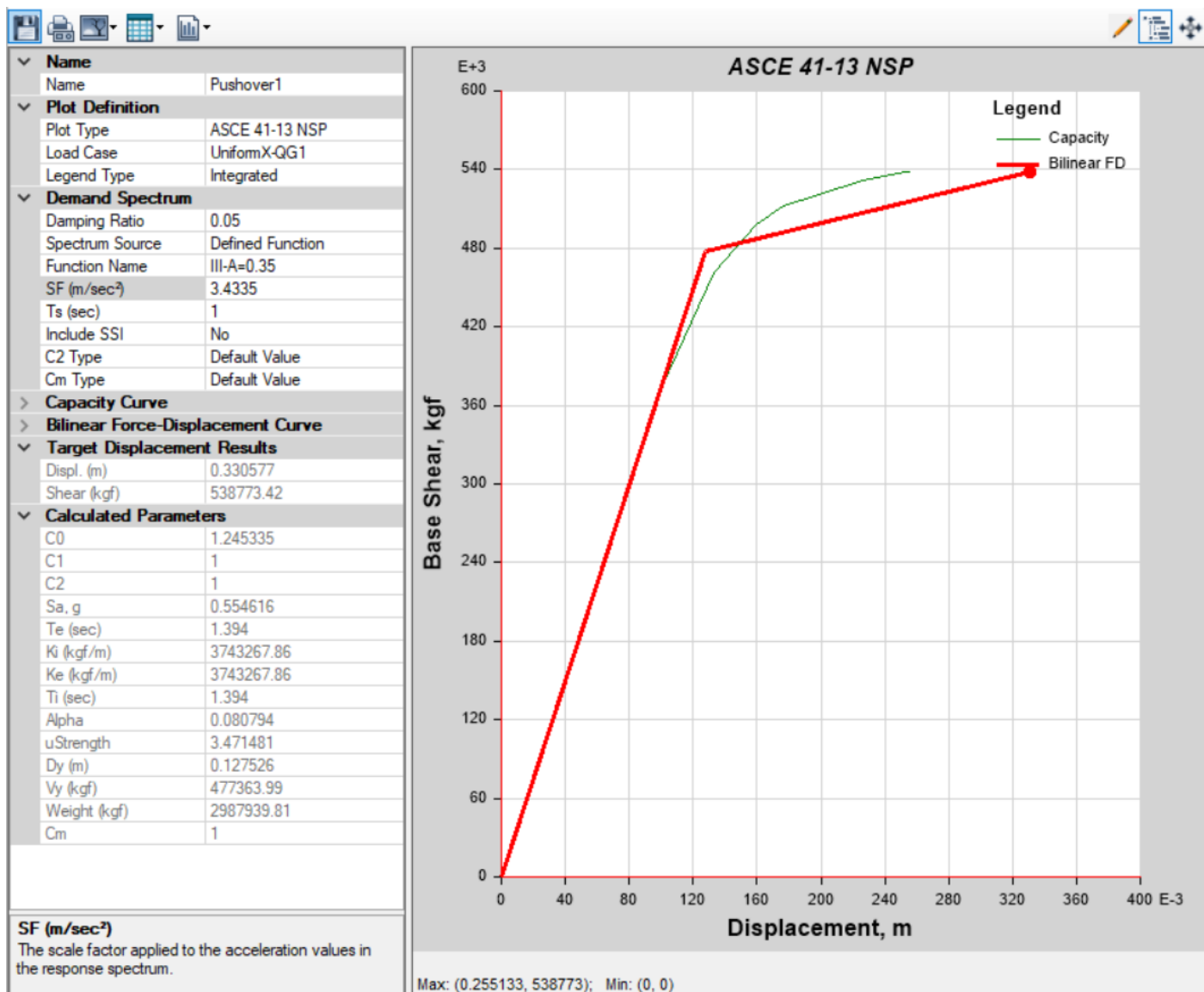
$$\delta_t = 1.42 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.465 \times \frac{1.785^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.523 \text{ m} = 52.3 \text{ cm}$$

$$\delta_t = 52.3 \text{ cm}$$

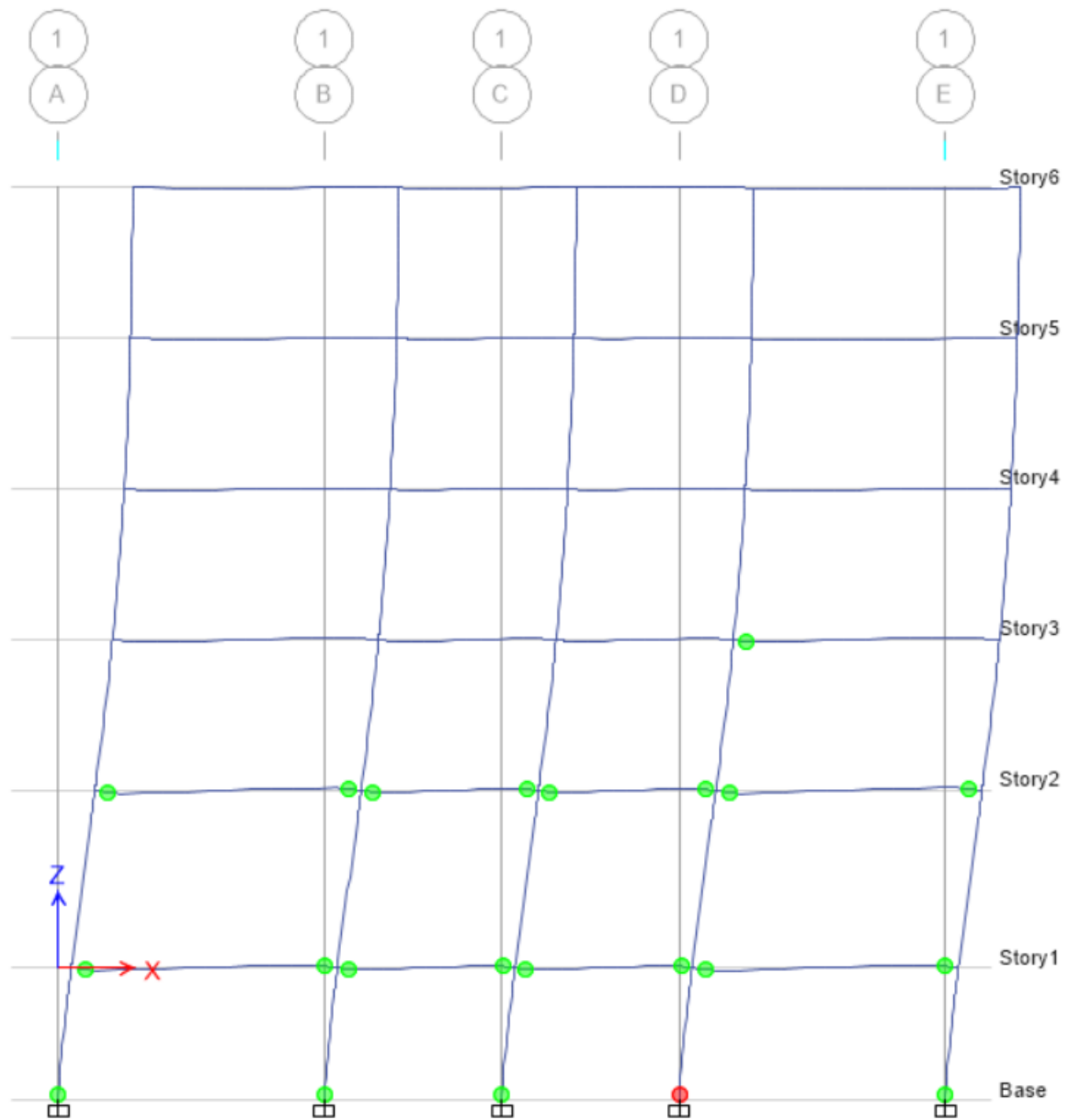
مطابق آئین نامه بایستی مقادیر تغییر مکان هدف در مقدار ۱/۵ ضرب شوند تا رفتار اعضا لرزه‌بر پس از رسیدن به مقادیر تغییر مکان هدف پیش بینی گردد.

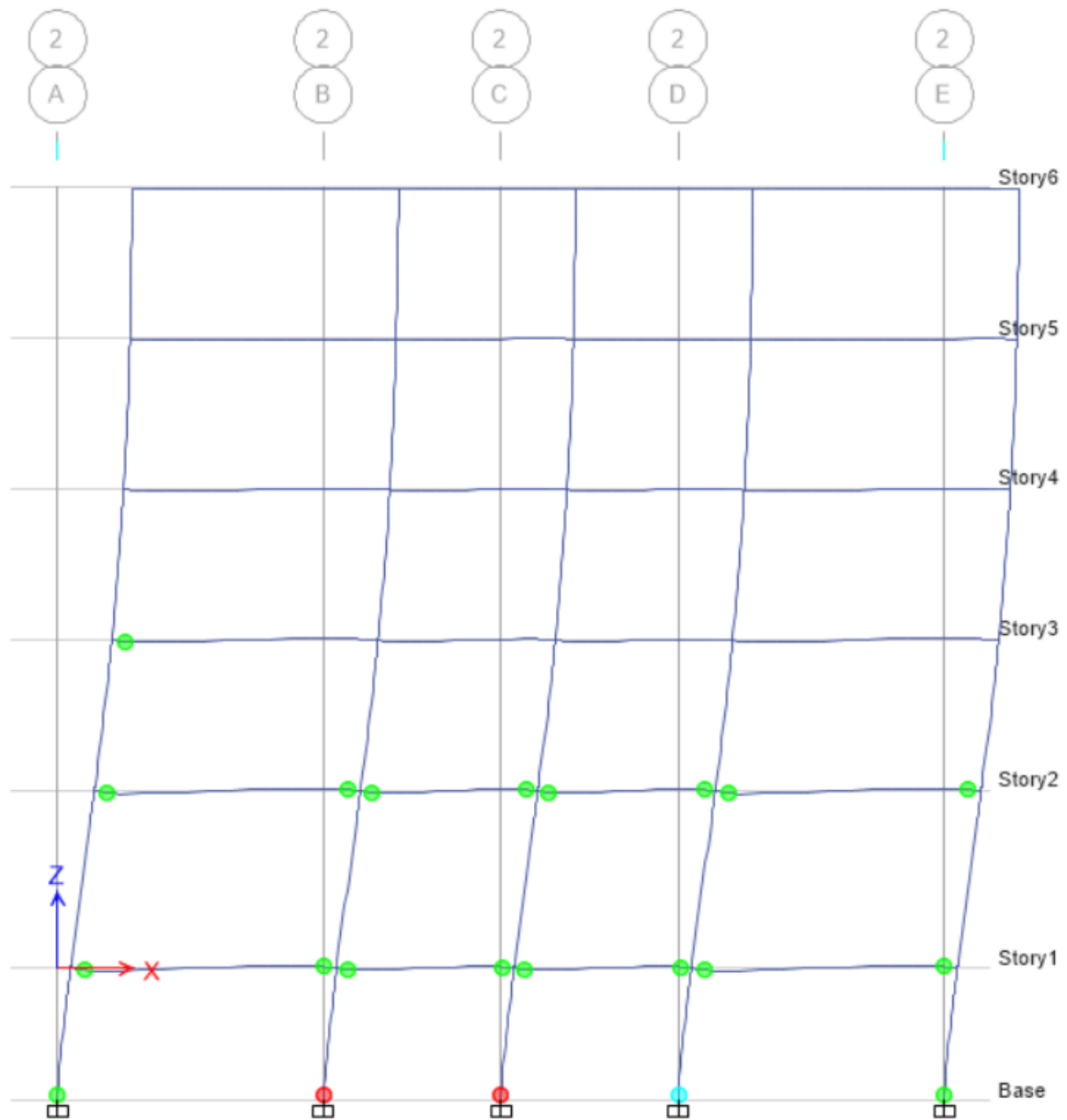
$$1.5\delta_t = 1.5 \times 52.3 = 78.5 \text{ cm}$$

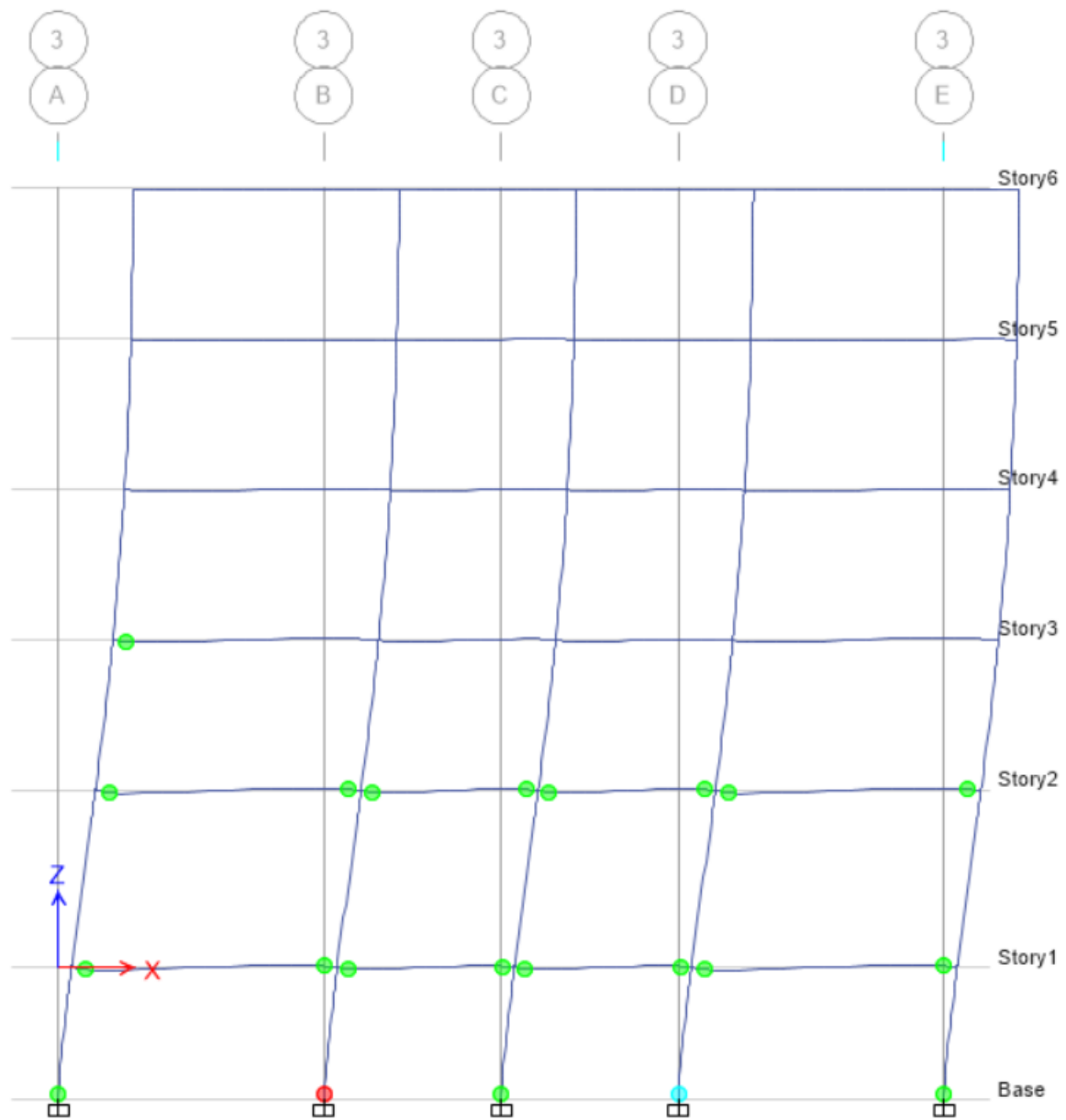
وارد نمودن تغییر مکان هدف در نرم افزار

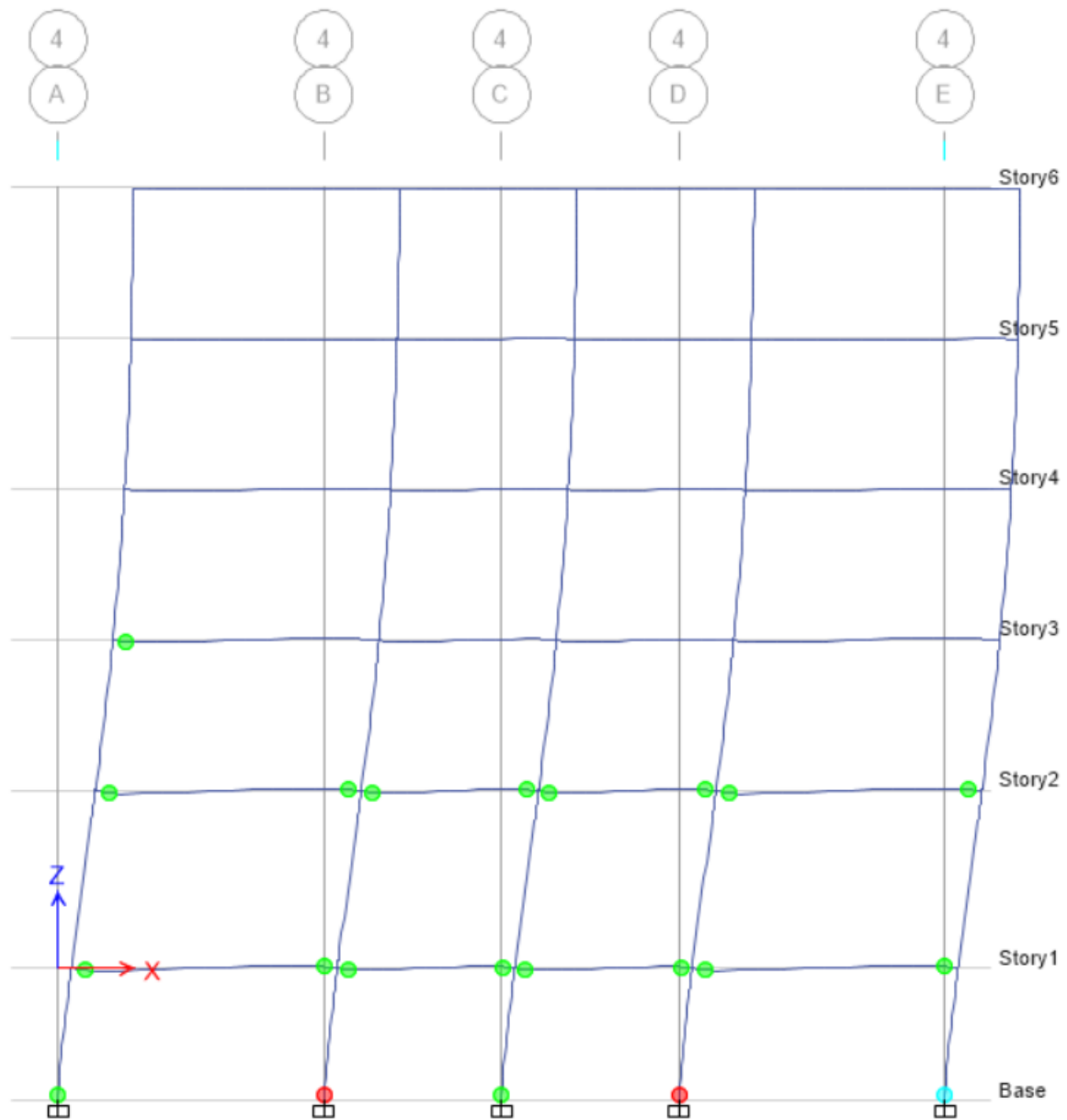


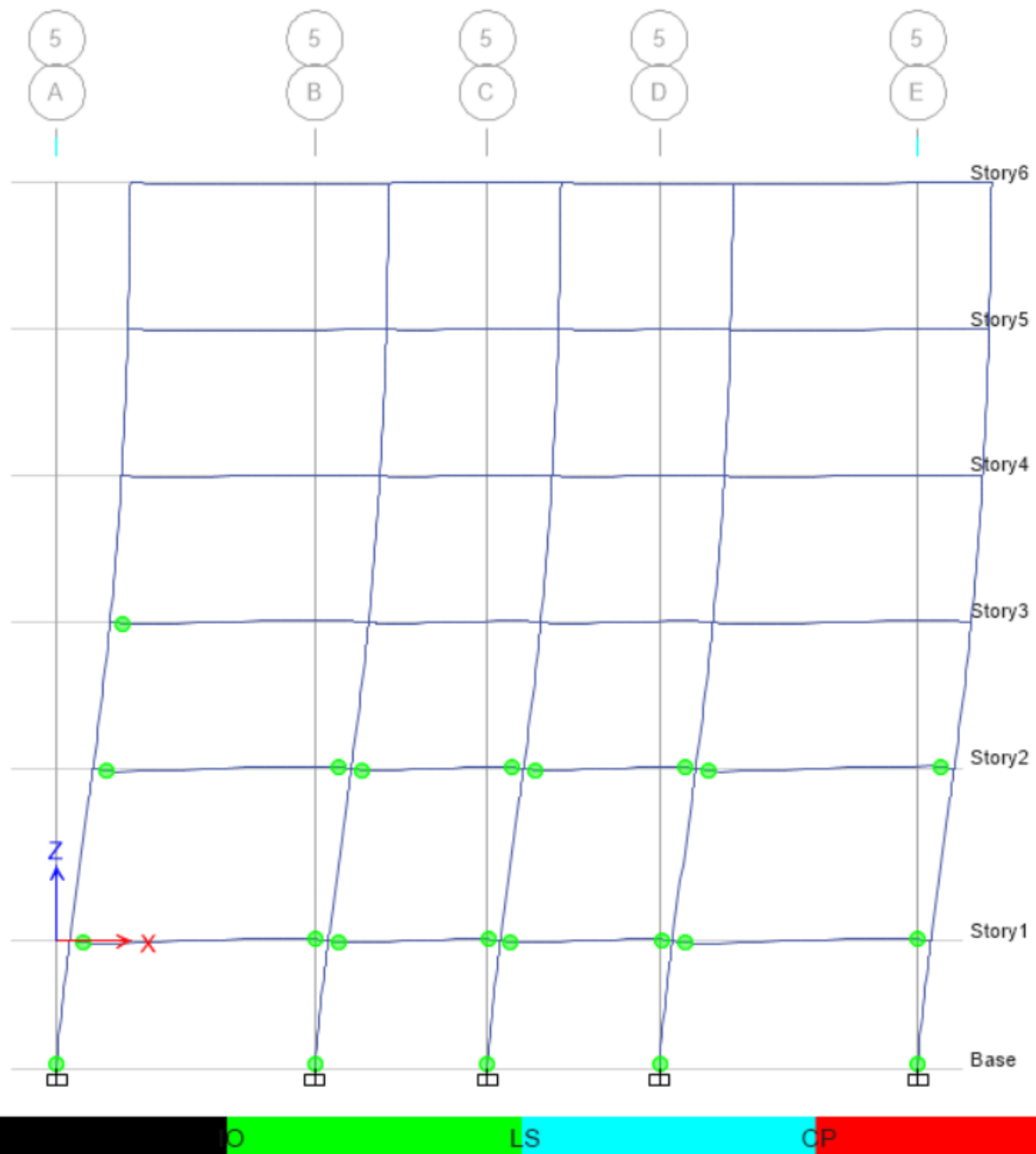
نمودار پوش سازه











مفاصل پلاستیک سازه در گام آخر



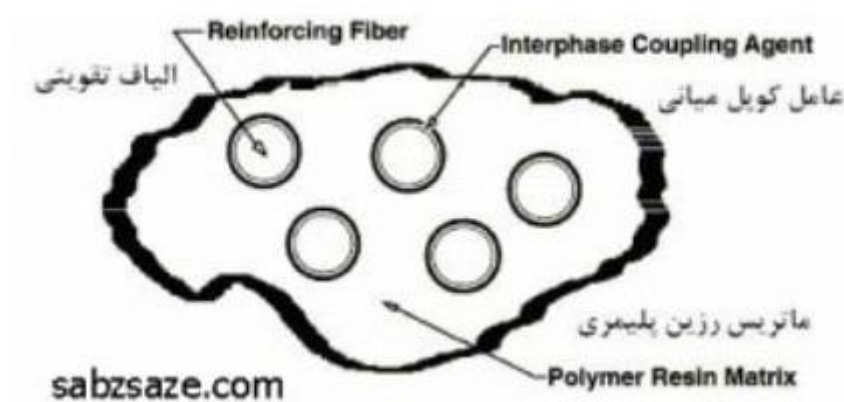
بطور کلی مقاوم سازی سازه های بتنی موجود یا مرمت آنها به منظور تحمل بارهای مضاعف طراحی، بهبود نارسایی های ناشی از فرسایش، افزایش شکل پذیری سازه یا سایر موارد با استفاده از مصالح مناسب و شیوه های اجرایی صحیح بطور متعارف انجام می گردد.

استفاده از مواد مرکب ساخته شده از الیاف در محیط رزین پلیمری به عنوان پلیمرهای مسلح شده با الیاف FRP – Fiber Reinforced Polymers به عنوان یک ضرورت در جایگزینی مصالح سنتی و شیوه های موجود معرفی شده است.

سیستم FRP بدین صورت تعریف می شود که الیاف و رزین ها برای ساخت چند لایه مرکب مورد استفاده قرار می گیرند، به نحوی که رزین های مصرفی به منظور چسباندن چند لایه مرکب به سطح بتن زیرین و پوشش ها به منظور محافظت مصالح ترکیب شده استفاده می شوند.

استفاده از FRP به دلیل وزن کم، سرعت اجرای بالا، مقاومت بالا و عدم ایجاد محدودیت معماری به خصوص در ساختمان های بتنی توجیه پذیر می باشد.

FRP چیست ؟



سیستم تقویتی FRP (فیبرهای پلیمری تقویت شده) یکی از مصالح کامپوزیت متشکل از دو بخش فیبر یا الیاف تقویتی است که به وسیله یک ماتریس رزین از جنس پلیمر احاطه شده است.

فیبرهای FRP به روش پلی اکریلونیتریل (PAN) ساخته می شوند و میلگردها و پروفیل ها به روش پالتروژن (Pultrusion) تولید می گردند که در این روش دسته های الیاف پس از آغشته شدن در رزین پس از عبور از یک قالب در کنار هم قرار گرفته و یک پروفیل دارای مقطع ثابت منشوری را به وجود می آورند.

محصولات پلیمری مورد استفاده در سازه ها به شکل ورق های FRP ، میلگردهای FRP ، مش های FRP و پروفیل های FRP وجود دارد که از این محصولات برای ساخت و تقویت سازه ها استفاده می شود.

نقش ماتریس در: FRP

انتقال برش از فیبر تقویتی به ماده مجاور

محافظت از فیبر در شرایط محیطی

جلوگیری از خسارات مکانیکی وارد بر الیاف

کنترل کمانش موضعی الیاف تحت فشار

انواع FRP بر اساس فیبر تشکیل دهنده ی آنها:

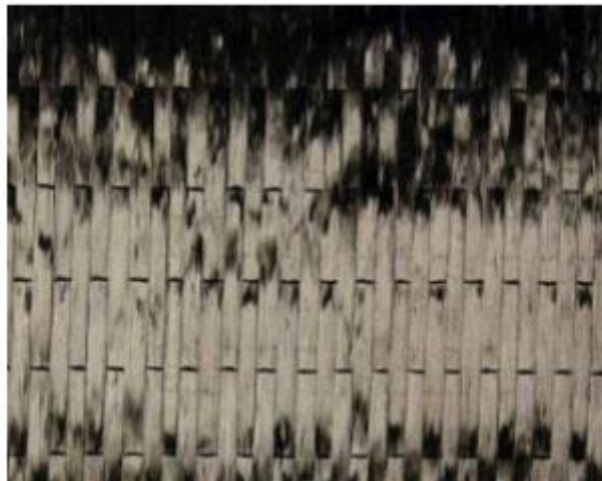
CFRP با الیافی از جنس کربن

GFRP با الیافی از جنس شیشه

AFRP با الیافی از جنس آرامید

BFRP با الیافی از جنس بازالت

CFRP Carbon



Glass FRP



Aramid FRP



basalt FRP



موارد کاربرد FRP

از FRP در تقویت ستون ها، تیرها، دال ها، اتصالات، دیوارهای برشی بتنی، دیوارهای آجری، پایه و عرشه پل ها و ... می توان استفاده نمود.

تکنیک مقاوم سازی ستون های مسلح بتنی با استفاده از کامپوزیت های FRP به طور گسترده ای به جای پوشش نمودن به وسیله فولاد (Steel Jacketing) مورد کاربرد قرار گرفته است. در مقایسه با استفاده از تنگ ها و مارپیچ فولادی،

تکنیک محصور سازی با استفاده از FRP قابلیت این را دارد که محصور شدگی را به صورت پیوسته برای تمام مقطع عرضی ستون تامین کنند.

همچنین این مواد دارای خواص ذاتی مطلوبی (نسبت زیاد مقاومت به وزن و مقاومت بالا در برابر خوردگی و خنثی بودن الکترو مغناطیسی) هستند به گونه ای که می توان در مقاوم سازی یا بازسازی اعضای بتنی به طور موفقیت آمیزی از آنها بهره گرفت.

FRP می تواند در تیرها و دال های بتنی به عنوان جایگزین تمام یا بخشی از میلگرد کششی مورد نیاز بکار رود. همچنین FRP در اتصالات بتنی می تواند استفاده گردد و شکل پذیری اتصال را افزایش دهد (تقریباً هیچ روش دیگری نمی تواند چنین تاثیری داشته باشد). از FRP در تقویت دیوارهای برشی نیز استفاده می گردد.

FRP می تواند شکل پذیری دیوارهای بنایی را افزایش داده و آنها را مهار نماید.

بر طبق گزارش اداره فدرال بزرگراه های آمریکا هنگام بررسی پل ها از نظر سازه ای به دلیل پوشش کم بتن، طراحی ضعیف، عدم مهارت کافی هنگام اجرا و سایر عوامل همانند شرایط آب و هوایی، سبب ایجاد ترک در بتن و خوردگی آرماتورهای فولادی شده است. که پس از سال ها مطالعه بر روی خوردگی، FRP به عنوان یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای فولادی کششی در بتن پیشنهاد شد.

از این مواد به جای آرماتورهای فولادی یا کابل های پیش تنیده در سازه های بتنی پیش تنیده و یا غیر پیش تنیده استفاده می شود. مواد FRP موادی غیر فلزی با مقاومت بالا در برابر خوردگی است که در کنار خواص مهم دیگری همانند مقاومت کششی زیاد، آنها را برای استفاده بعنوان آرماتور کششی مناسب می کند. از آنجایی که FRP ها مصالحی ناهمسانگرد هستند نوع و مقدار فیبر و رزین مورد استفاده، سازگاری فیبر و کنترل کیفیت لازم هنگام ساخت آن نقش اصلی را در بهبود خواص مکانیکی آن دارد.

مزایای استفاده از: FRP

وزن کم (چگالی آن در حدود ۲۰٪ فولاد است)

مقاومت کششی زیاد

مقاومت در برابر خوردگی

نفوذناپذیری مغناطیسی

امکان تقویت به صورت خارجی

حمل و نقل آسان و سرعت اجرای بالا به دلیل وزن کم

روشهای تولید حجیم و وسیع FRP

لذا به دلیل مزایای بالا، FRP به عنوان یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای فولادی در سازه های دریایی، سازه پارکینگ ها، عرشه های پل ها، ساخت بزرگراه هایی که بطور زیادی تحت تاثیر عوامل محیطی هستند و در نهایت سازه هایی که در برابر خوردگی و میدان های مغناطیسی حساسیت زیادی دارند پیشنهاد می شود.

انواع محصولات FRP

۱- ورقه های FRP

ورقه های FRP، ورقه های با ضخامت چند میلیمتر از جنس FRP هستند. این ورقه ها با چسب های مستحکم و مناسب به سطح بتن چسبانده می شوند.

از ورقه‌های FRP جهت تعمیر و تقویت سازه‌های آسیب دیده (ناشی از زلزله و یا ناشی از خوردگی آب های یون‌دار) استفاده می‌شود.

ورق های FRP از لحاظ شکل پذیری می توانند به شکل پارچه‌ای و صفحه‌ای باشند. شکل پارچه‌ای خاصیت شکل پذیری بالایی دارد و راستای الیاف در آن می تواند در یک جهت یا دو جهت باشد. صفحه‌ها بر خلاف الیاف پارچه‌ای، شکل پذیر نیستند و در ضخامت و عرض های مختلف یافت می شوند.

## ۲- کابل، نوار و تاندن‌های پیش‌تنیدگی

محصولاتی شبیه میله‌های FRP، ولی به صورت انعطاف‌پذیر هستند که در سازه‌های کابلی و بتن پیش‌تنیده (مطالعه مقاله پیش‌تنیدگی خالی از لطف نمی باشد) در محیط های دریایی و خورنده کاربرد دارند. این محصولات در اجزاء پیش‌تنیده در مجاورت آب نیز بکار گرفته می‌شوند.



کابل FRP

## ۳- میلگردهای FRP

فولادهای ساختمانی به طور مختصر در مقابل خوردگی به وسیله قلیای بتن محافظت می‌شوند و معمولاً سبب دوام خدمت‌پذیری سازه می‌گردند. اما برای خیلی از سازه‌هایی که در محیط‌های مهاجم از قبیل سازه‌های دریایی، پل‌ها، پارکینگ که در معرض نمک‌های یخ‌زا قرار می‌گیرند، ترکیب رطوبت، افزایش دما و محیط کلریدی، قلیایی بتن را کاهش می‌دهد و سبب خوردگی

فولادها می‌شود که در نهایت موجب تخریب سازه بتنی می‌شود. به همین خاطر امروزه از میلگردهای ساخته شده با مواد پلیمری FRP در این سازه‌ها استفاده می‌کنند.

به دلیل اینکه میلگردهای FRP دارای یک رفتار غیر شکل‌پذیر می‌باشند لذا موارد استفاده این میلگردها محدود به سازه‌هایی می‌شود که مهمترین مشکل آنها خوردگی یا خاصیت الکترومغناطیسی فولاد می‌باشد.

رفتار مکانیکی میلگردهای FRP با میلگردهای فولادی تفاوت دارد؛ لذا نحوه طراحی سازه‌های بتنی با استفاده از میلگردهای FRP دارای تغییراتی نسبت به میلگردهای فولادی می‌باشد. میلگردهای فولادی دارای رفتار تقریباً همسانگرد می‌باشند ولی میلگردهای FRP دارای رفتار ناهمسانگرد هستند. این رفتار ناهمسانگرد در مقاومت برشی و رفتار چسبندگی میلگردهای FRP به بتن تاثیر می‌گذارد.

مصلح FRP بر خلاف مصالح فولادی، رفتار الاستیک خطی از خود نشان می‌دهند.

در شکل زیر میلگردهای FRP نشان داده شده است.





## مقاوم سازی ستون با استفاده از روکش بتنی (Concrete jacket)

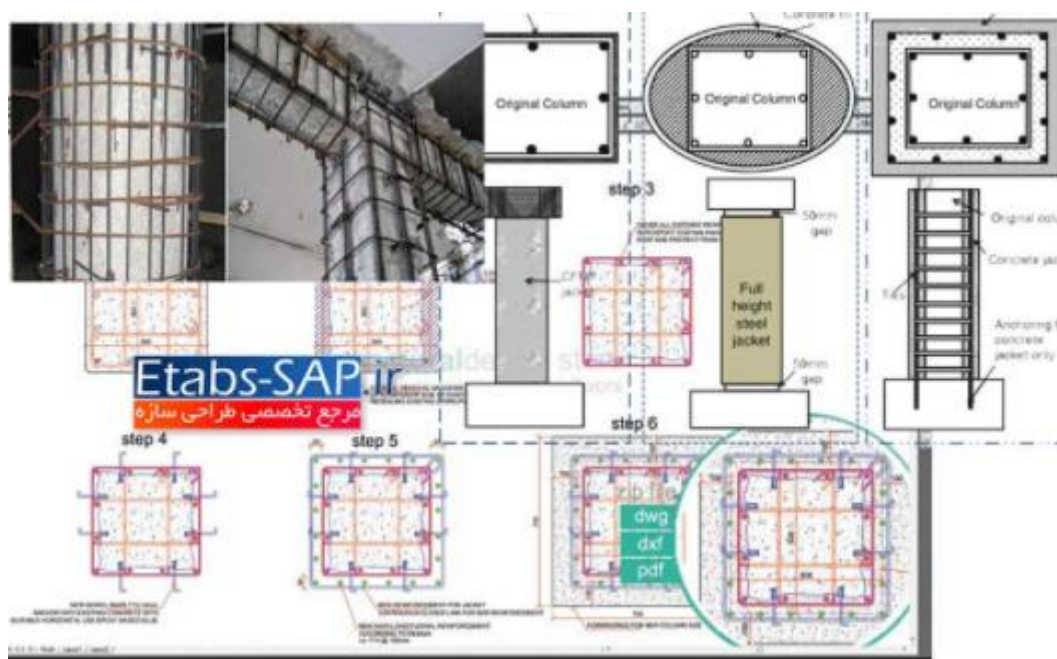
یکی از روش های تقویت اعضای سازه ای افزودن عضو بتنی جدید به عضو قدیمی است که نمونه بارز آن استفاده از ژاکت بتنی است. در این روش غلافی بتنی در پیرامون عضو ایجاد می شود و عملکردی یکپارچه با عضو داشته باشد (مقطع مرکب) و یا عملکردی مستقل از عضو داشته باشد که در این حالت، عضو مانند قالب درونی برای اجرا به شمار می آید. روش های اجرای ژاکت بتنی به دو دسته روش های متداول قالب بندی و بتن ریزی و روش بتن پاشی تقسیم می شود. مهمترین برتری روش بتن پاشی بی نیازی به قالب بندی بتن و امکان اجرای لایه پیوندزا برای عملکرد یکپارچه است. از دیگر کاربردهای بتن پاشی، ساخت دیوارهای برشی بر روی دیوارهای با مصالح بنایی است.

روکش بتنی شامل لایه ای از بتن، میلگردهای طولی و خاموت های بسته می باشد. روکش بتنی مقاومت خمشی و برشی ستون را افزایش می دهد و افزایش شکل پذیری ستون در این حالت کاملاً مشهود است.

روکش بتن آرمه در مواردی که میزان شدت آسیب های وارده به ستون زیاد باشد و یا ستون از ظرفیت کافی در برابر نیروهای جانبی برخوردار نباشد، بکار گرفته میشود. روکش بتنی بسته به شرایط می تواند دور تا دور ستون و یا در یک وجه آن اجرا شود.

مناسب بودن طرح روکش بتنی به پیوستگی آن با عضو بستگی دارد. اگر ضخامت روکش بتنی کم باشد، افزایش سختی در ستون مقاوم سازی شده محسوس نمی باشد. روکش بتنی باعث افزایش ابعاد ستون می گردد که علاوه بر مسائل معماری، وزن ساختمان را نیز افزایش میدهد.

قبل از اقدام به مقاوم سازی حتماً دقت گردد که مطابق بند ۹-۱۰-۸-۶ مبحث نهم میتوان با انجام آزمایش مغزه گیری و تامین مقاومت متوسط به اندازه ۸۵ درصد مقاومت مورد نظر ( به شرطی که مقاومت فشاری هیچیک از نمونه ها کمتر از ۷۵ درصد مقاومت مورد نظر نباشند و همچنین مقاومت فشاری به دست آمده برای بتن با این روش از ۱۶ مگاپاسکال کمتر نگردد) میتوان بتن را قابل قبول تلقی کرد و نیازی به ارائه طرح مقاوم سازی نیست.



## بهسازی و مقاومسازی با ژاکت بتنی و فولادی

در صورتیکه با در نظر گرفتن کلیه موارد ذکر شده در بند ۹-۱۰-۸-۶ مبحث نهم، بتن قابل پذیرش نباشد، میتوان از یکی از روشهای مقاومسازی اقدام به ارایه طرح مقاومسازی برای ستونها نمود. دقت گردد که سازه باید شرایطی داشته باشد که حداقل ضوابط شکلپذیری فرض شده برای سازه مطابق ضوابط مبحث نهم را تامین نماید؛ به بیان دیگر شرایط سازه بعد از ارایه طرح مقاومسازی باید محدودیتهای حد شکلپذیری فرض شده برای سازه در طرح اولیه را تامین نماید؛ در غیر این صورت لازم است که سازه برای حد شکلپذیری پایینتری بارگذاری و طراحی شود و یا مطابق با ضوابط نشریه شماره ۳۶۰ (دستورالعمل بهسازی-لرزه-ای ساختمان های موجود) و راهنما و تفاسیر آن اقدام به طرح مجدد گردد.

برای ارایه طرح مقاومسازی به روش ژاکت بتنی (Concrete Jacket) میتوان در ETABS، مقطع مورد نظر برای ستون را مطابق با شرایط جدید تعریف نمود. برای تعریف مقطع میتوان از Section designer کمک گرفت. مقطع شامل بخش موجود و بخش تقویت شده آن به صورت ژاکت بتنی میباشد. ژاکت بتنی در پیرامون (یا برخی وجوه خارجی) مقطع موجود به صورت ترکیبی از بتن و آرماتور خواهد بود. برای پیوستگی بین بتن جدید و قدیم باید از روشهای اتصال تعریف شده مطابق فصل ۱۷ آیین نامه ACI 318-14 استفاده نمود. باید دقت نمود که اگر آرماتورهای موجود در قسمت ژاکت جهت تامین مقاومت لرزه ای مورد نظر باشند، باید ضوابط لرزه ای نظیر فواصل بین خاموتها برای آنها تامین گردد. ضمن اینکه

باید ابعاد مقطع با شرایط جدید محدودیتهای هندسی مربوط به ضوابط لرزه ای مبحث نهم در فصل ۲۳ ، ضوابط حداقل و حداکثر درصد آرماتور و دیگر ضوابط لرزه ای فصل ۲۳ این آیین نامه را تامین نماید.

به عناصر ضعیف ، مقطع ساخته شده با شرایط جدید را اختصاص میدهیم و سازه را با شرایط جدید تحلیل و سپس طراحیمیکنیم. با یک فرآیند سعی و خطا مقطع بهینه برای عناصر ضعیف را به دست می آوریم. طبعاً تغییر در مقاطع باعث تغییر در زمان\_تناوب سازه ، دریافت و ... میشود که لازم است این موارد نیز بازبینی گردد.

نهایتاً بعد از رسیدن به مقطع بهینه برای تقویت ستونها ، لازم است طرح مناسبی جهت اتصال بتن قدیم و جدید ارائه دهیم. برای این موضوع میتوانیم از ضوابط فصل ۱۷ آیین نامه ACI318-14 کمک بگیریم. جهت استخراج نیروی موجود در مرز بتن قدیم و جدید ، میتوانیم با استخراج نیروی برشی ، لنگر خمشی و نیروی محوری موجود در مقطع جدید ، مقدار تنش در مرز دو لایه بتن را محاسبه کرده و طرح مناسبی جهت اتصال این دو ارائه نماییم.

مزایای استفاده از ژاکت بتنی

۱. امکان اصلاح همزمان کلیه مشکلات سختی و مقاومتی در قابهای بتنی

۲. اصلاح اتصالات در قابها

۳. امکان اصلاح باربری ثقلی ستونها

۴. سهولت ایجاد پیوستگی بین اعضا

۵. عدم نیاز به پوشش ضد حریق

۶. دخالت ناچیز در معماری

معایب استفاده از ژاکت بتنی

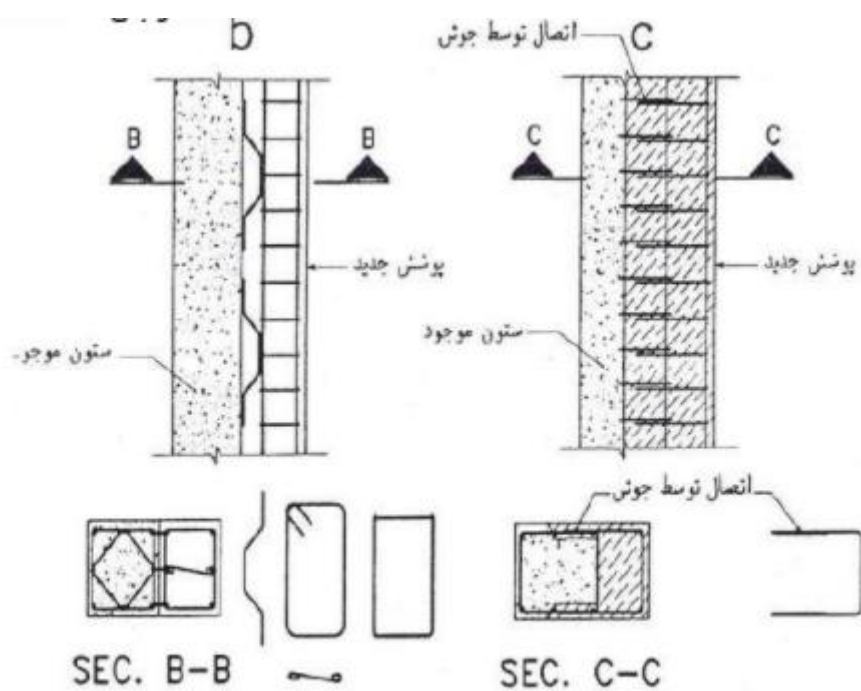
۱. افزایش وزن قابل توجه در سازه

۲. افزایش ابعاد تیر و ستونها و کاهش فضای مفید

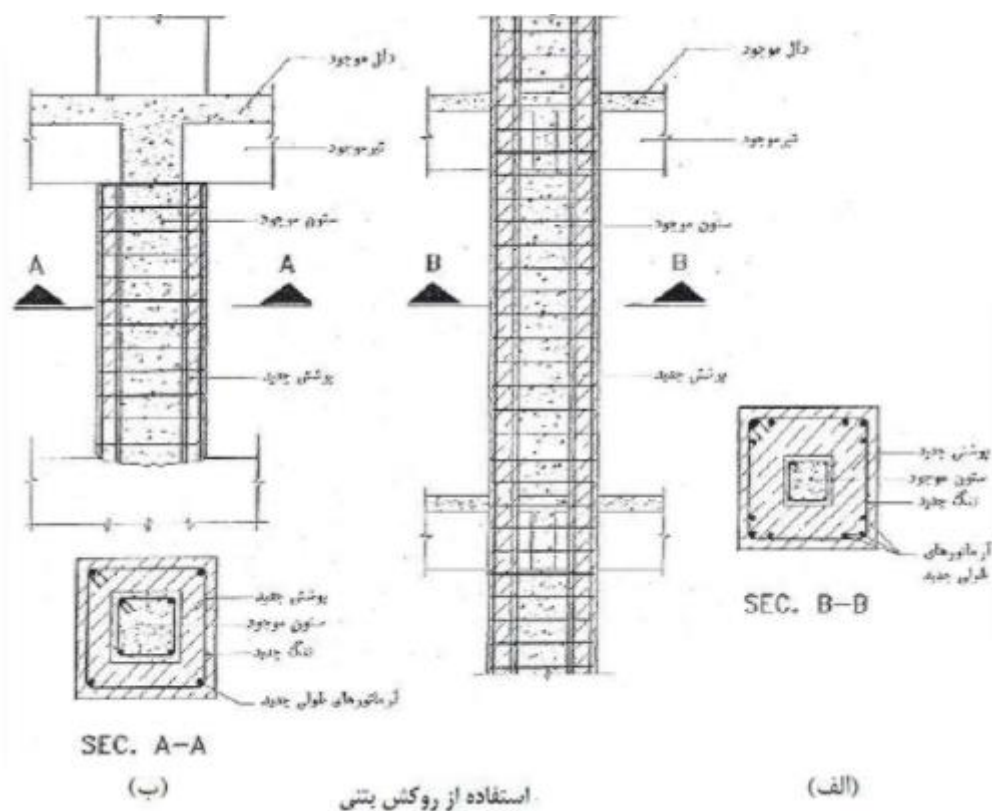
۳. زمان زیاد برای اجرای طرح

۴. هزینه نسبتاً زیاد

۵. نیاز به قالب بندی و عملیات اجرایی متعدد



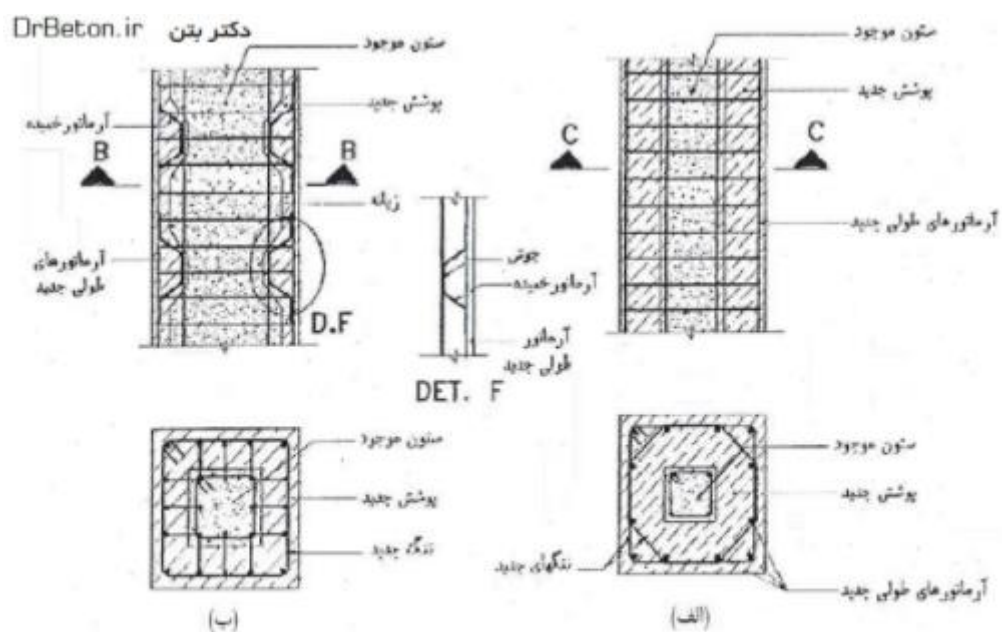
نحوه ایجاد اتصال مناسب بین بتن جدید و قدیم از یک وجه ستون



الف- بهسازی مقاومت خمشی ستون

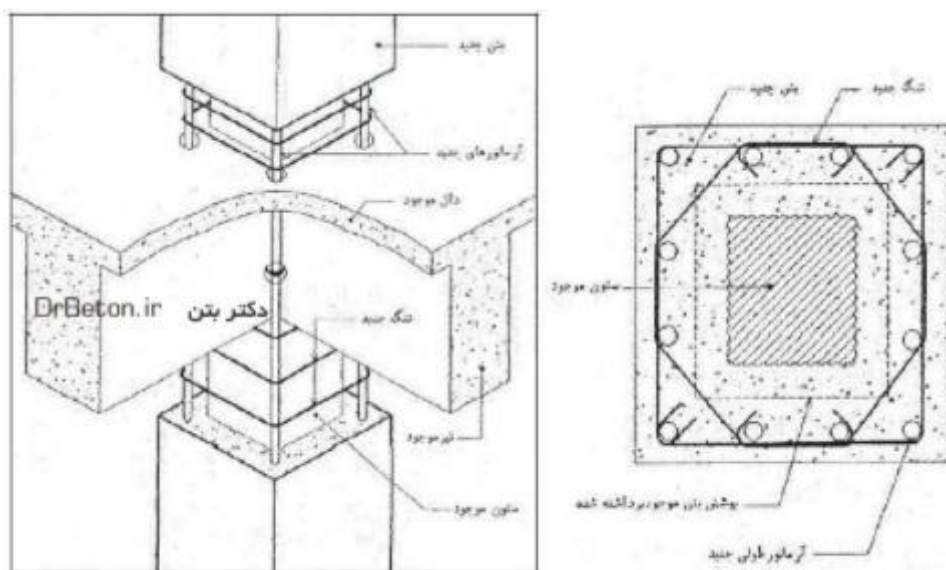
ب- بهسازی مقاومت برشی ستون

اگر بنا به دلایلی افزایش ظرفیت برشی بدون افزایش ظرفیت خمشی مد نظر باشد، پوشش بکار گرفته شده می تواند به سقف و تیرها متصل نباشد و اگر افزایش ظرفیت خمشی ستون نیز مد نظر است پوشش بکار گرفته شده باید از سقف عبور نماید.



نحوه ایجاد اتصال مناسب بین بتن جدید و قدیم

الف) بدون استفاده از تنگ‌های متصل کننده و ب) با استفاده از تنگ‌های متصل کننده

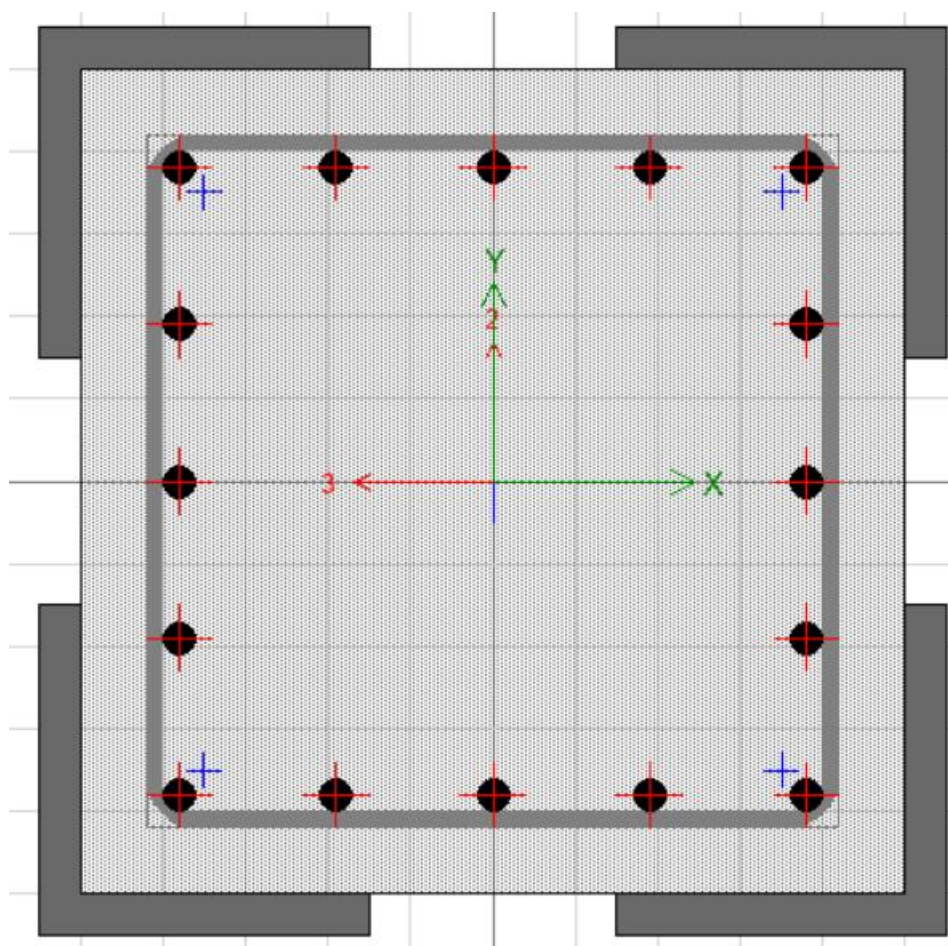


جزئیات بهسازی ستون‌ها بوسیله روکش بتنی به هنگام عبور از سقف



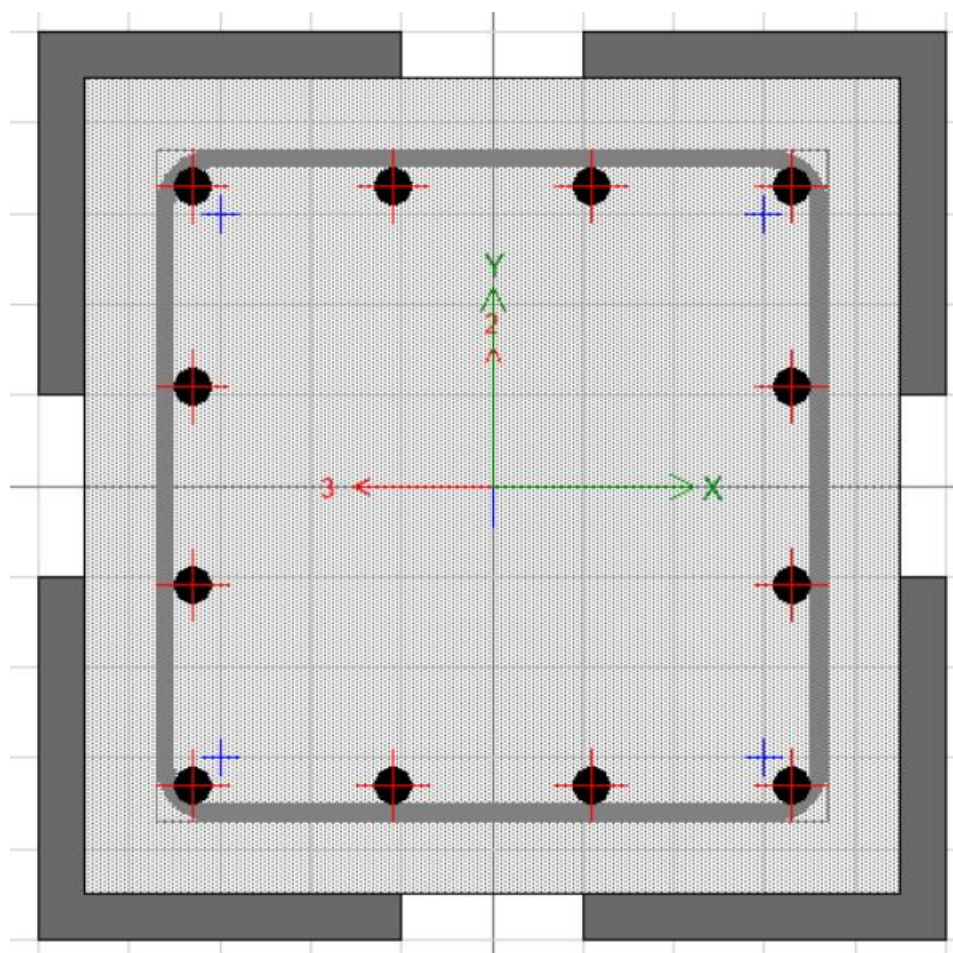


روش استفاده از پیش تنیدگی موضعی و ژاکت بتنی به صورت ترکیبی در مقاومسازی تیرهای بتنی

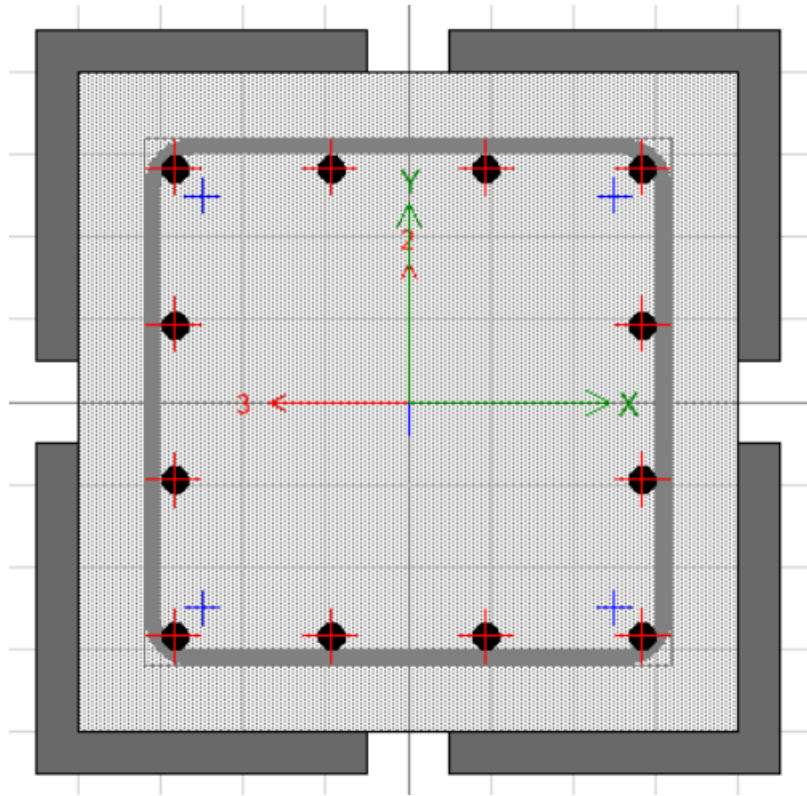


ساخت مقطع ژاکت فلزی برای ستون بتنی (۵۰ در ۵۰)



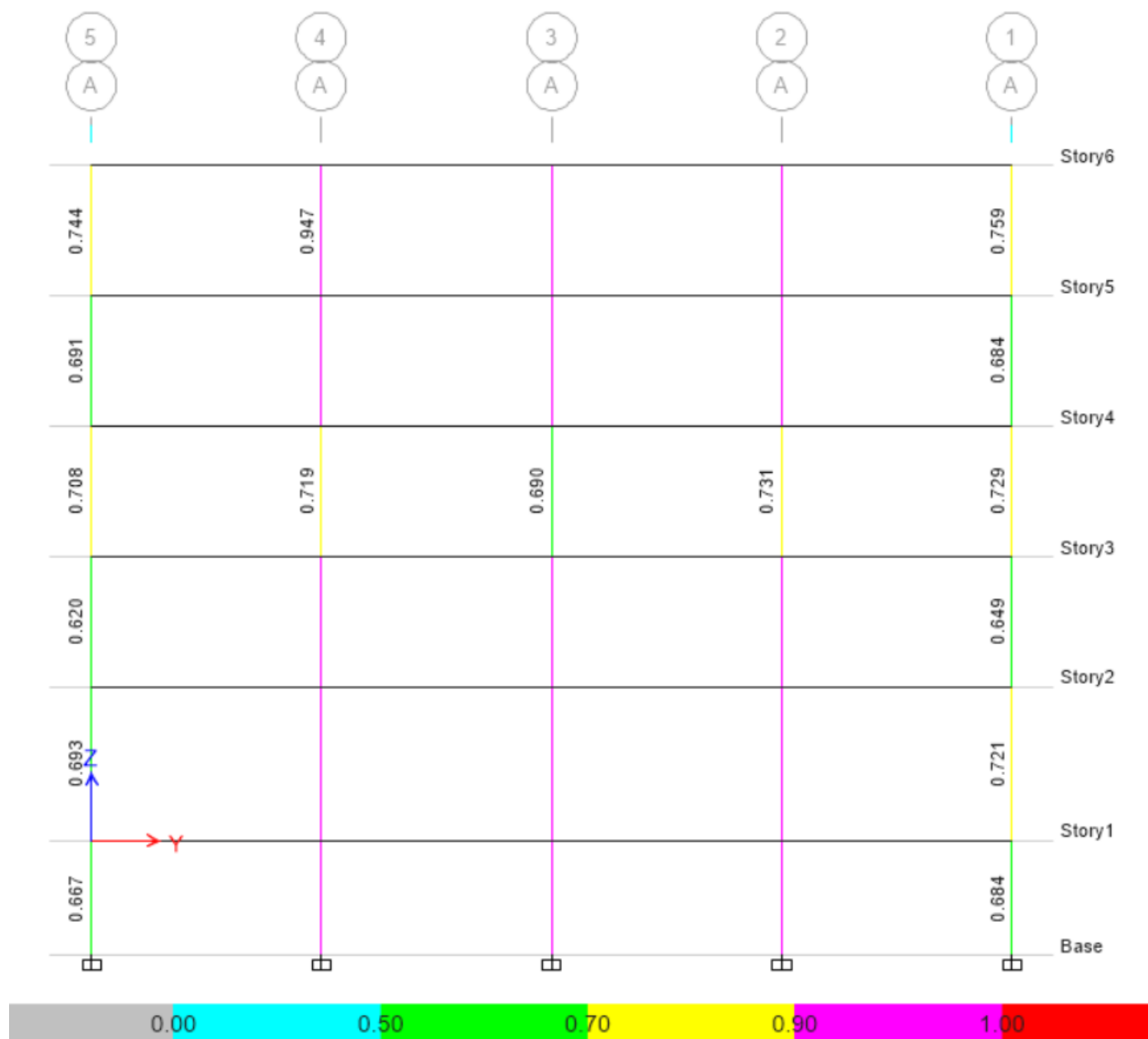


ساخت مقطع ژاکت فلزی برای ستون بتنی (۴۵ در ۴۵)



ساخت مقطع ژاکت فلزی برای ستون بتنی (۴۰ در ۴۰)

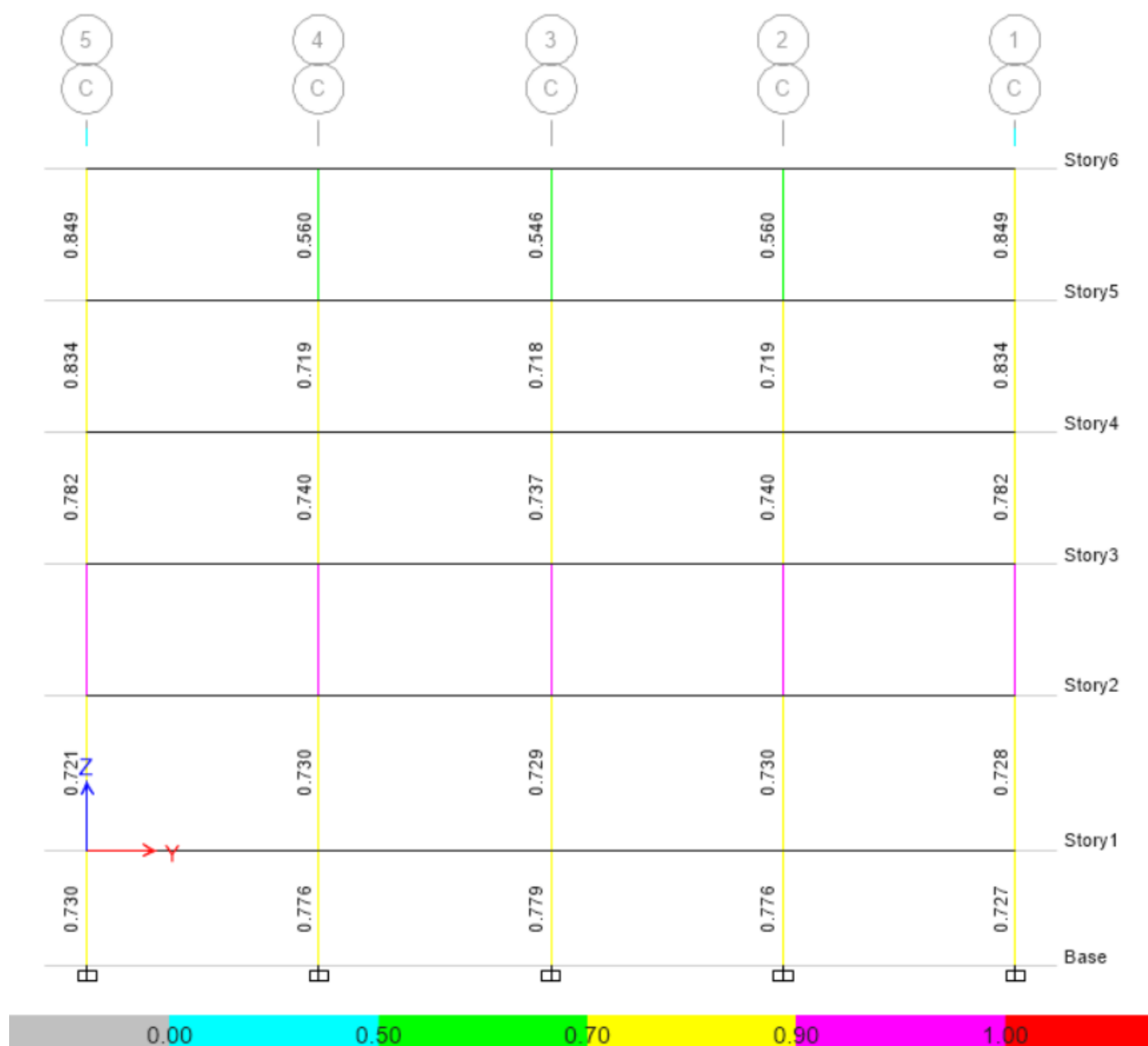
نسبت نیرو به ظرفیت ستون های سازه بعد از مقاومسازی



نسبت نیرو به ظرفیت قاب A



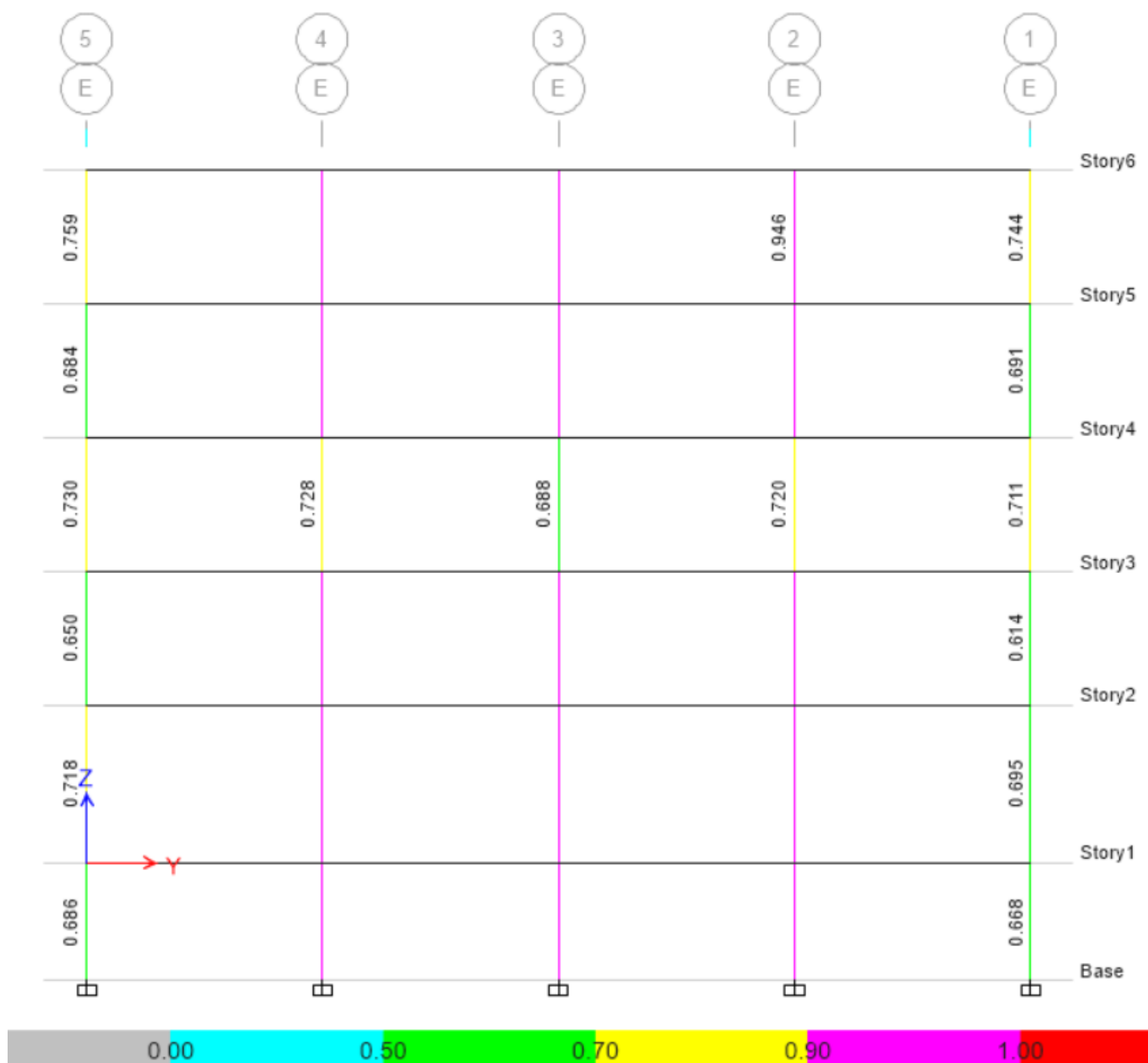
نسبت نیرو به ظرفیت قاب B



نسبت نیرو به ظرفیت قاب  $C$

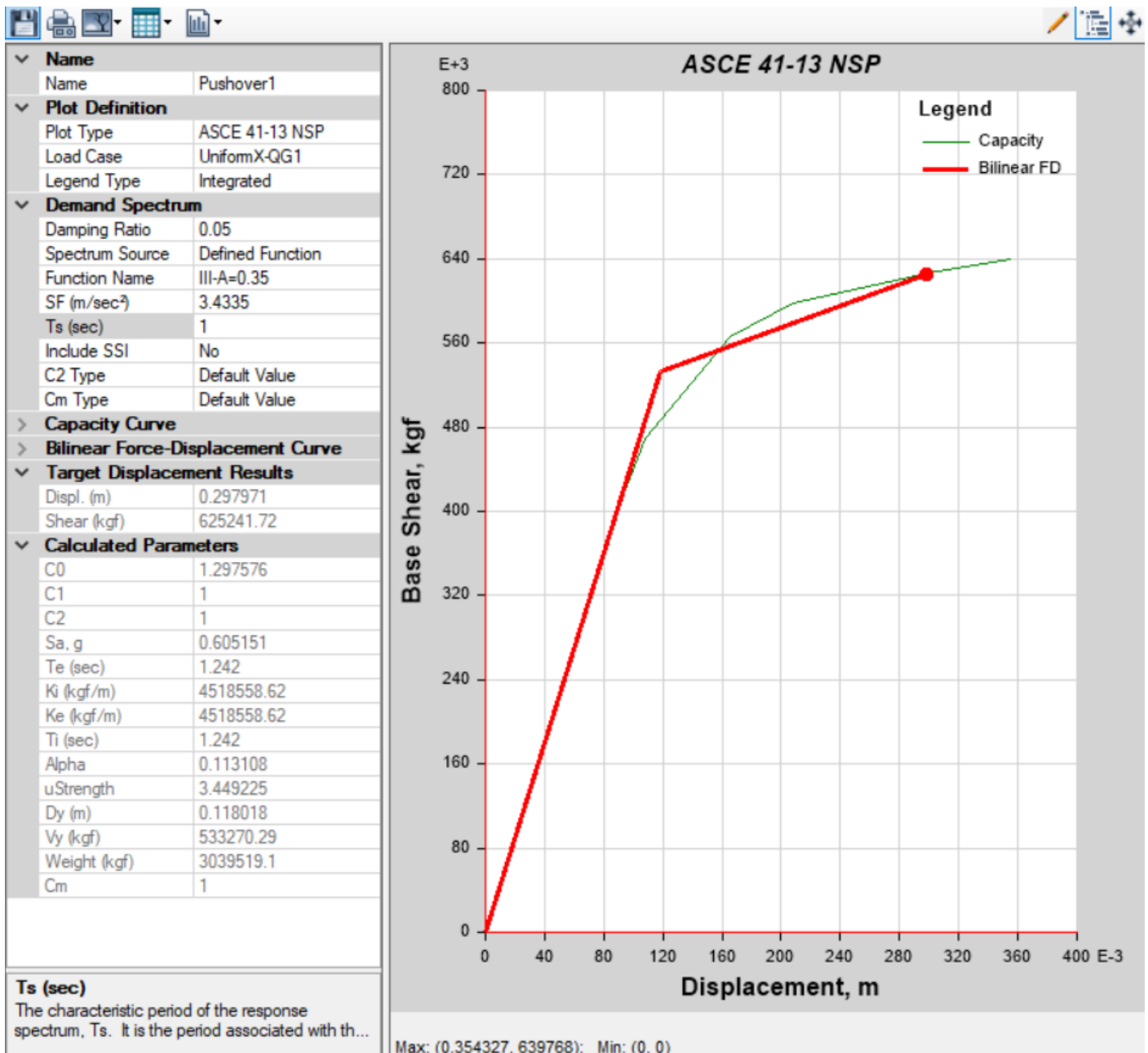


نسبت نیرو به ظرفیت قاب  $D$



نسبت نیرو به ظرفیت قاب E

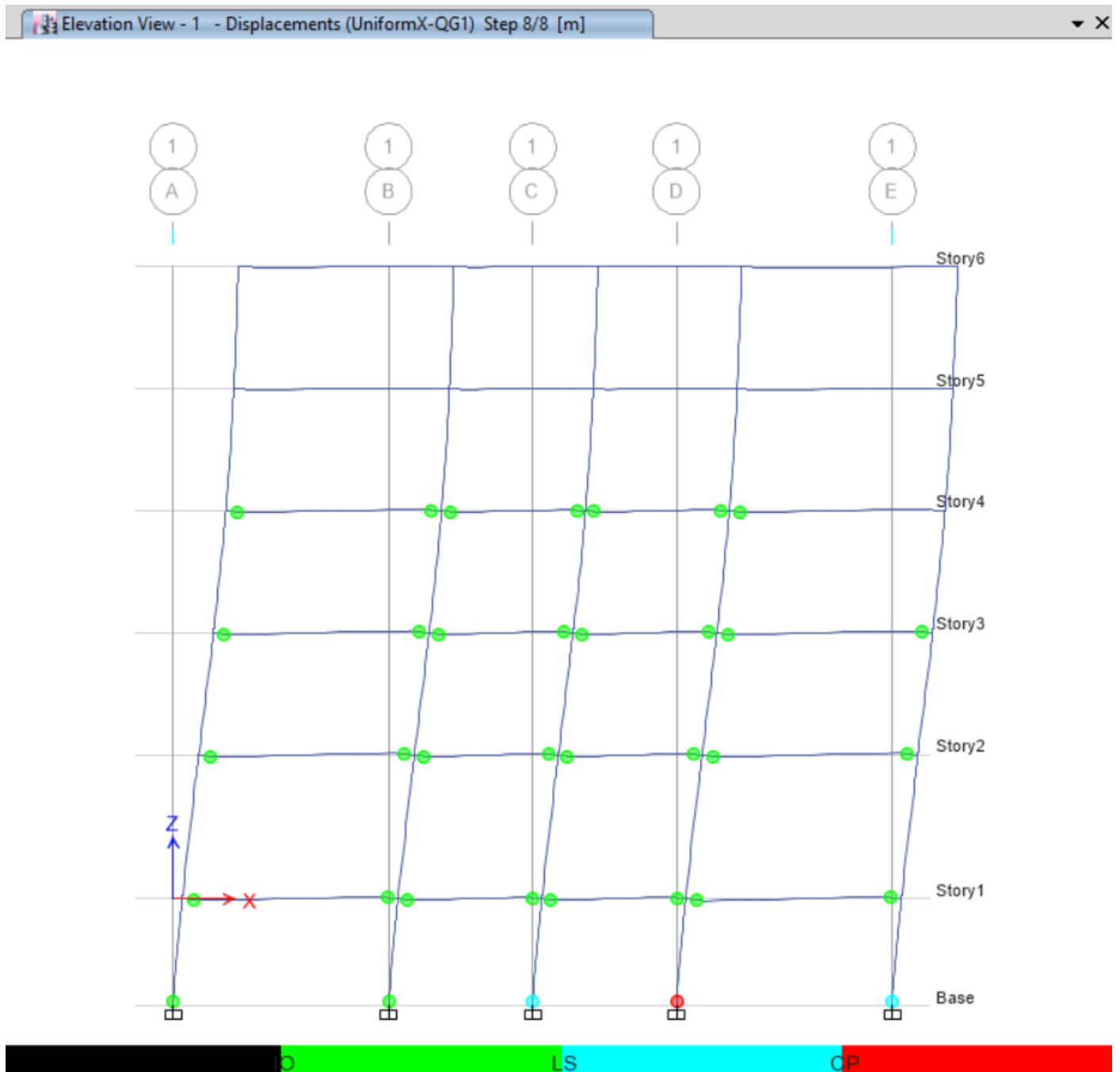
## نمودار پوش سازه بعد از مقاومسازی

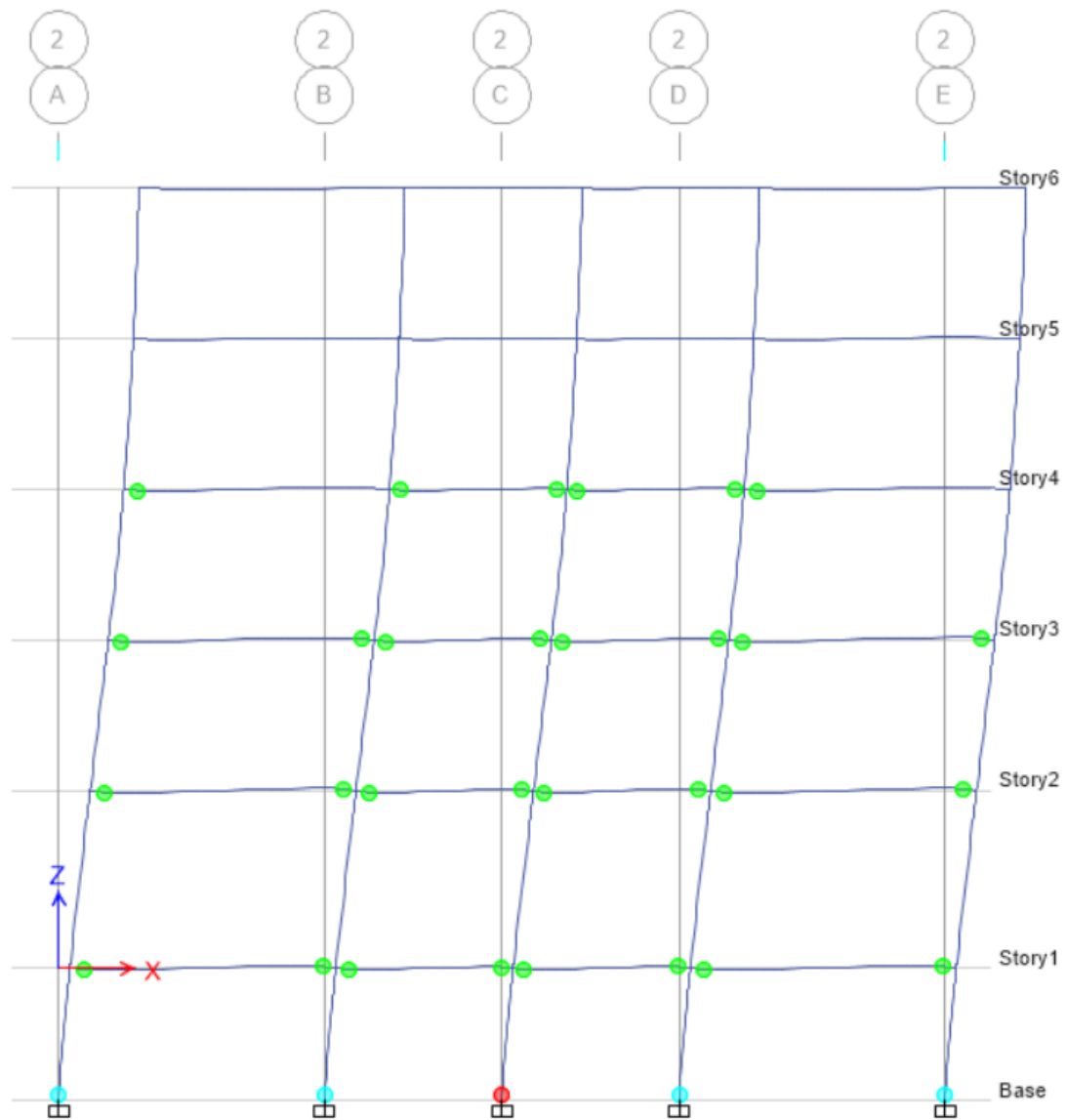


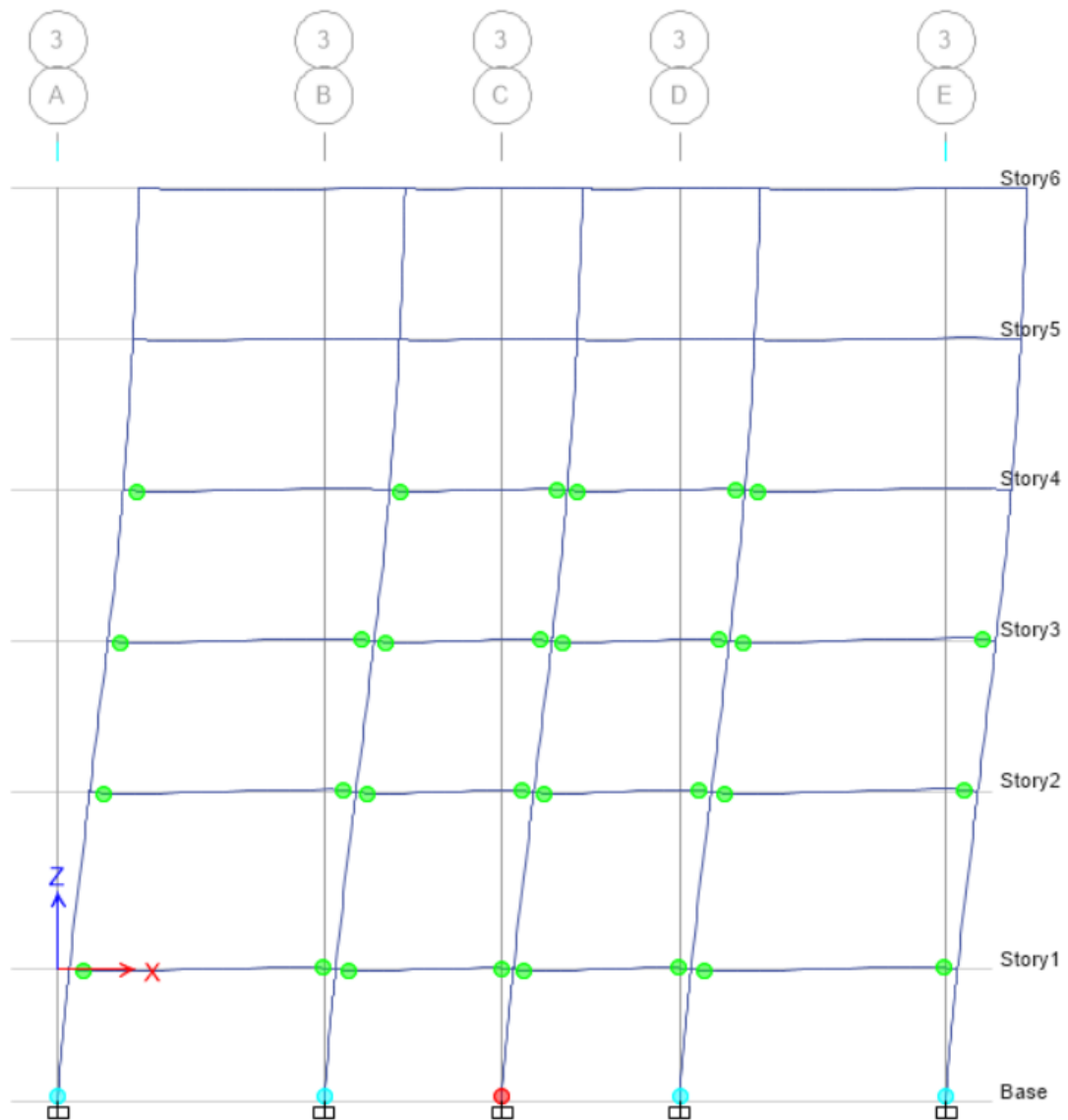
نمودار پوش سازه بعد از مقاومسازی

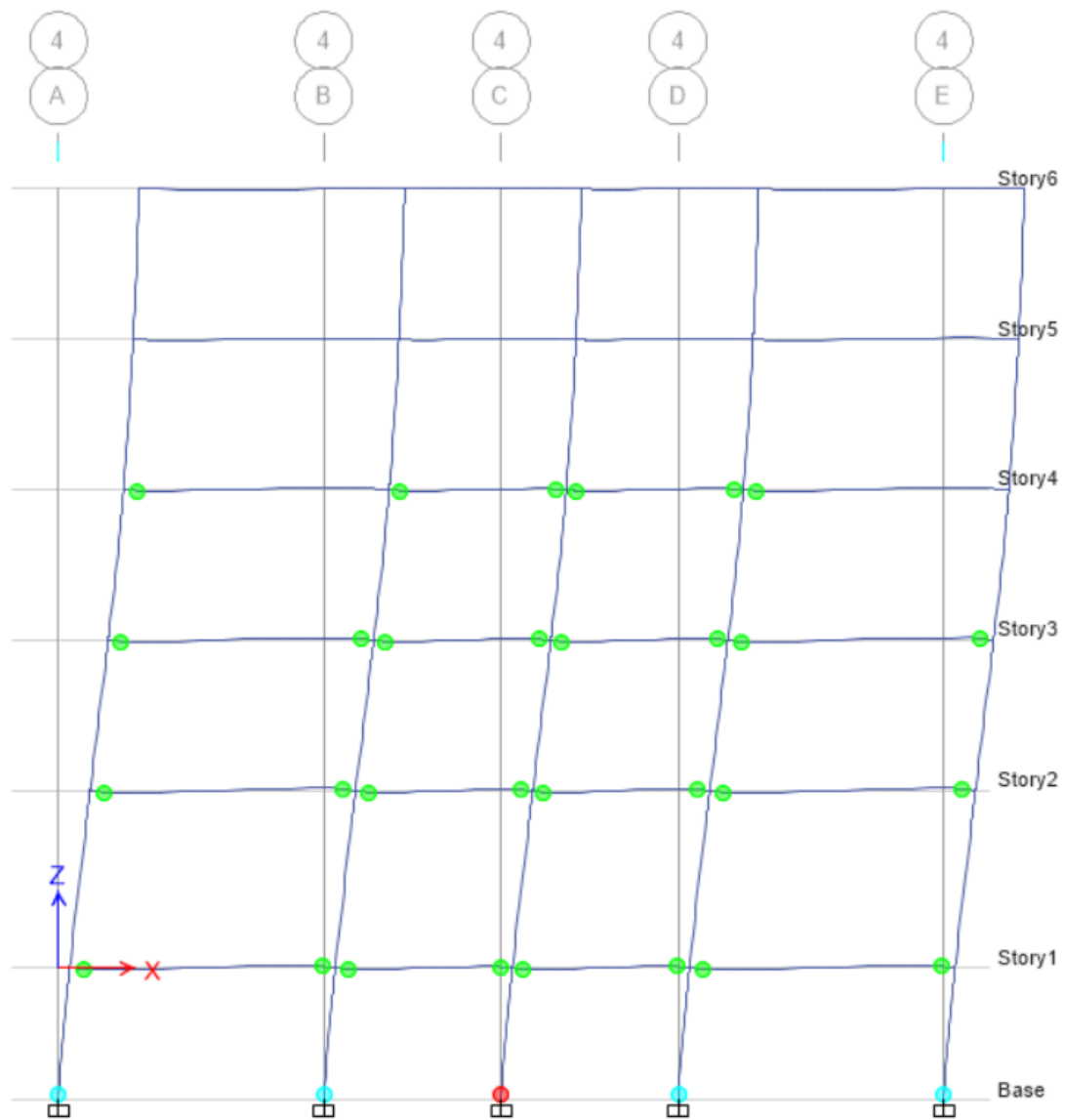
✓ مشاهده می‌شود بعد از اضافه کردن ژاکت قلزی به ستون‌هایی که از نظر مقاومت مشکل داشتن قسمت غیرخطی نمودار دوام بیشتری داشته و شکل پذیری سازه با افزایش روبرو بوده است.

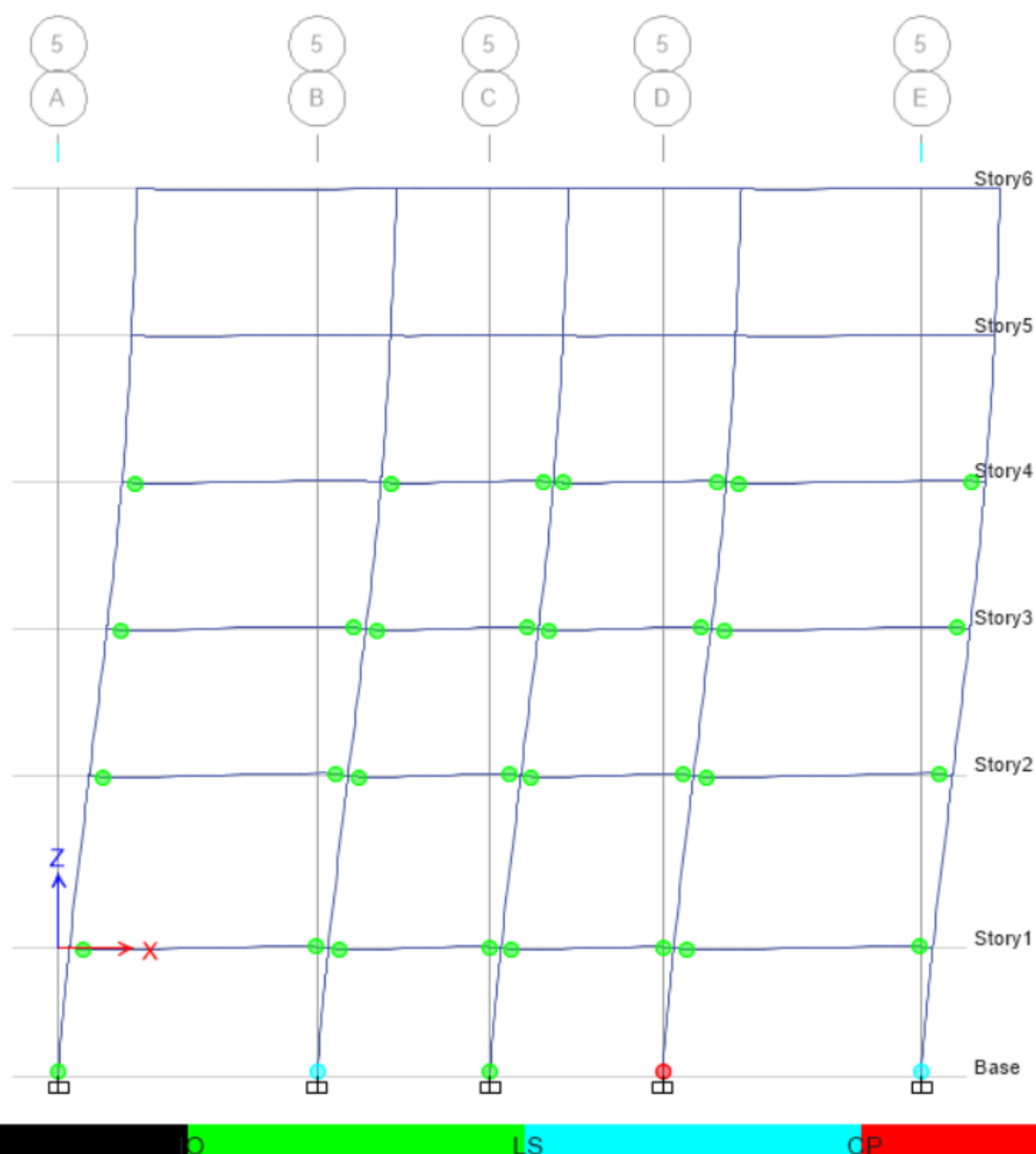












### مفاصل پلاستیک قاب خمشی

✓ با افزودن ژاکت به ستون‌ها مفاصل پلاستیک با تعداد کمتری تشکیل یافته که بخصوص در ستون‌ها با کاهش روبرو شده است که نشان از افزایش ظرفیت و شکل پذیری سازه با این روش مقاومسازی می‌باشد.