



ALIREZA ELMAKCHI
civil engineering group

گزارش کار پروژه بهسازی - مهندس علیرضا المکچی



ALIREZA ELMAKCHI
civil engineering group

گزارش کار پروژه بهسازی شامل تحلیل پوش آور و استفاده از ژاکت فولادی

تهیه کننده: مهندس علیرضا المکچی

کانال آموزش های مهندسی عمران



(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)

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



➤ مدول الاستیسیته

۹-۳-۶ مدول الاستیسیته 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 کیلوگرم بر متر مکعب:

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

رابطه فوق برای بتن‌های معمولی با چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، به صورت زیر نوشته می‌شود:

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

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

➤ نسبت پواسون

۹-۳-۷ ضریب پواسون بتن، ν

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 آزمایش‌های معتبر به دست آورد.

$$U = \nu = 0.2$$



➤ ضریب انبساط حرارتی

۸-۳-۹ ضریب انبساط حرارتی بتن

۱-۸-۳-۹ 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.

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

➤ مقاومت فشاری (مشخصه)

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



Material Property Data

General Data

Material Name: C23

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2500 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 254.929 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2254000000 kgf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.00001 1/C

Shear Modulus, G: 939166666.67 kgf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

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

۹-۱۳-۷-۲ 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 شکل پذیری مختلف در بخش‌های مربوطه ارائه شده است. مقدار ضریب R_y از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y} \quad (10-3-2-1)$$

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

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



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/m³

Mass per Unit Volume: 800.477 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000000 kgf/m²

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/m²

Minimum Tensile Strength, Fu: 60000000 kgf/m²

Expected Yield Strength, Fye: 50000000 kgf/m²

Expected Tensile Strength, Fue: 75000000 kgf/m²

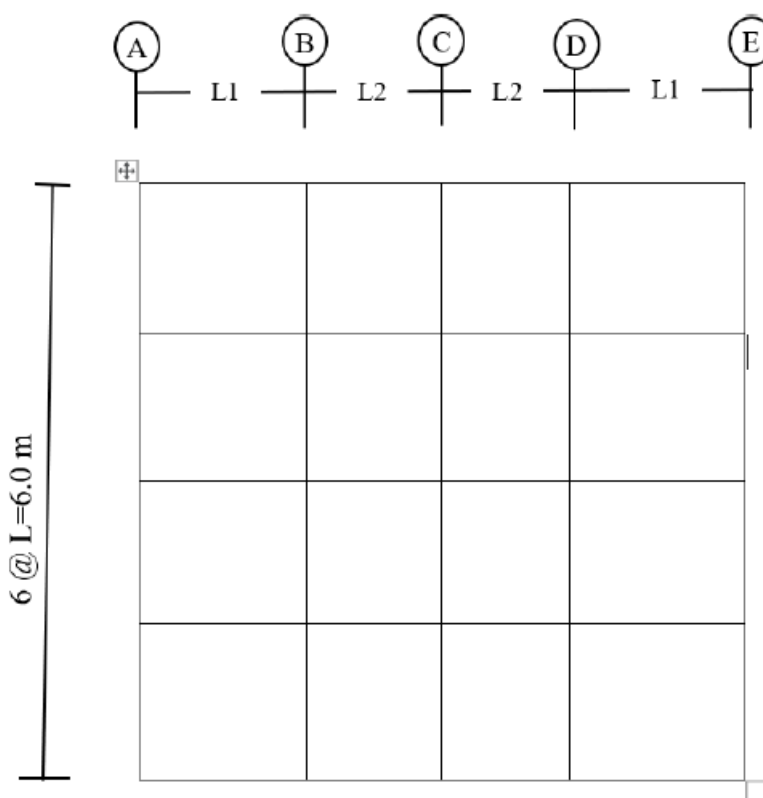
OK Cancel

اطلاعات میلگرد مصرفی در نرم افزار



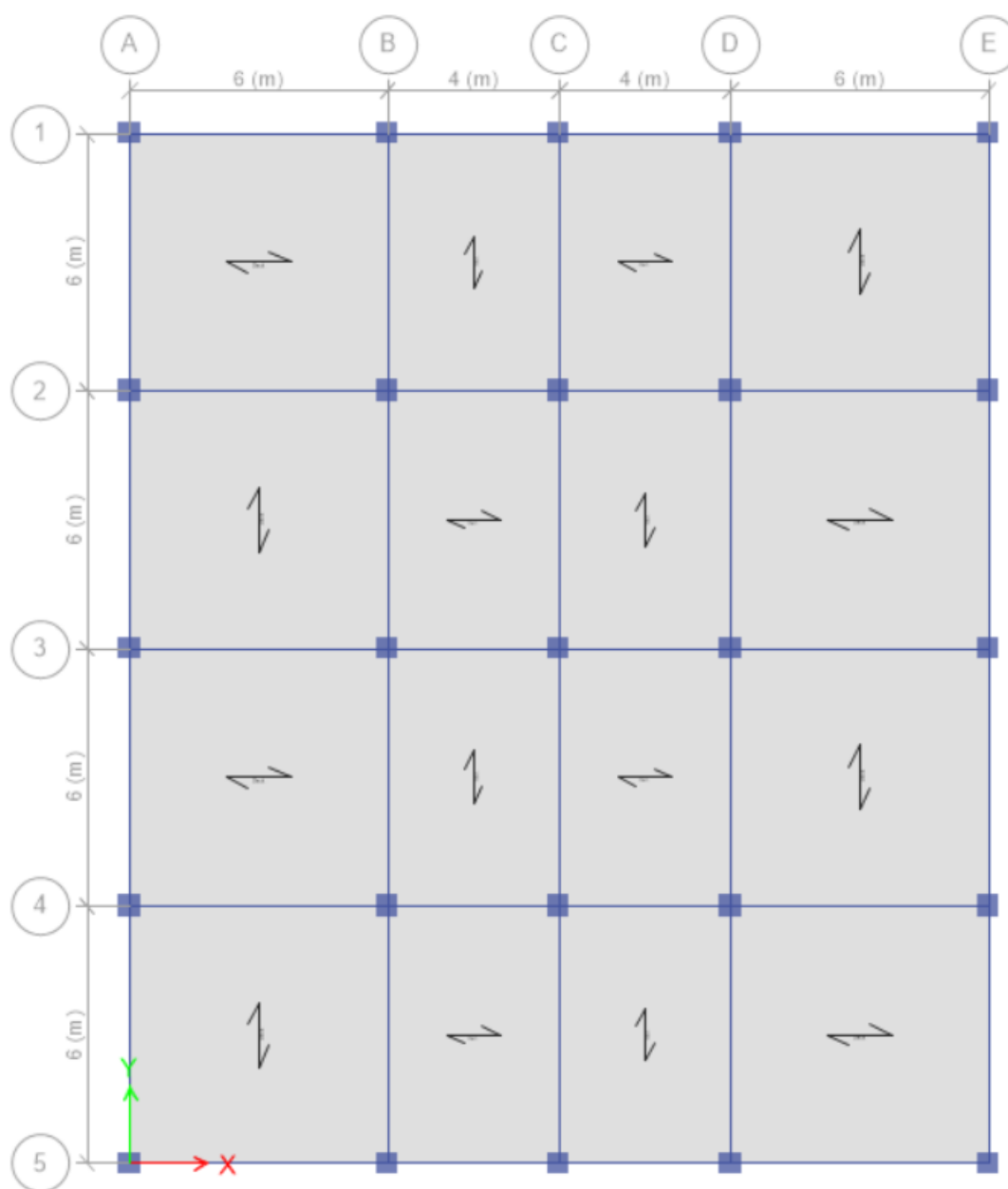
۲) مشخصات هندسه سازه

سازه مورد دارای پلان زیر می باشد:



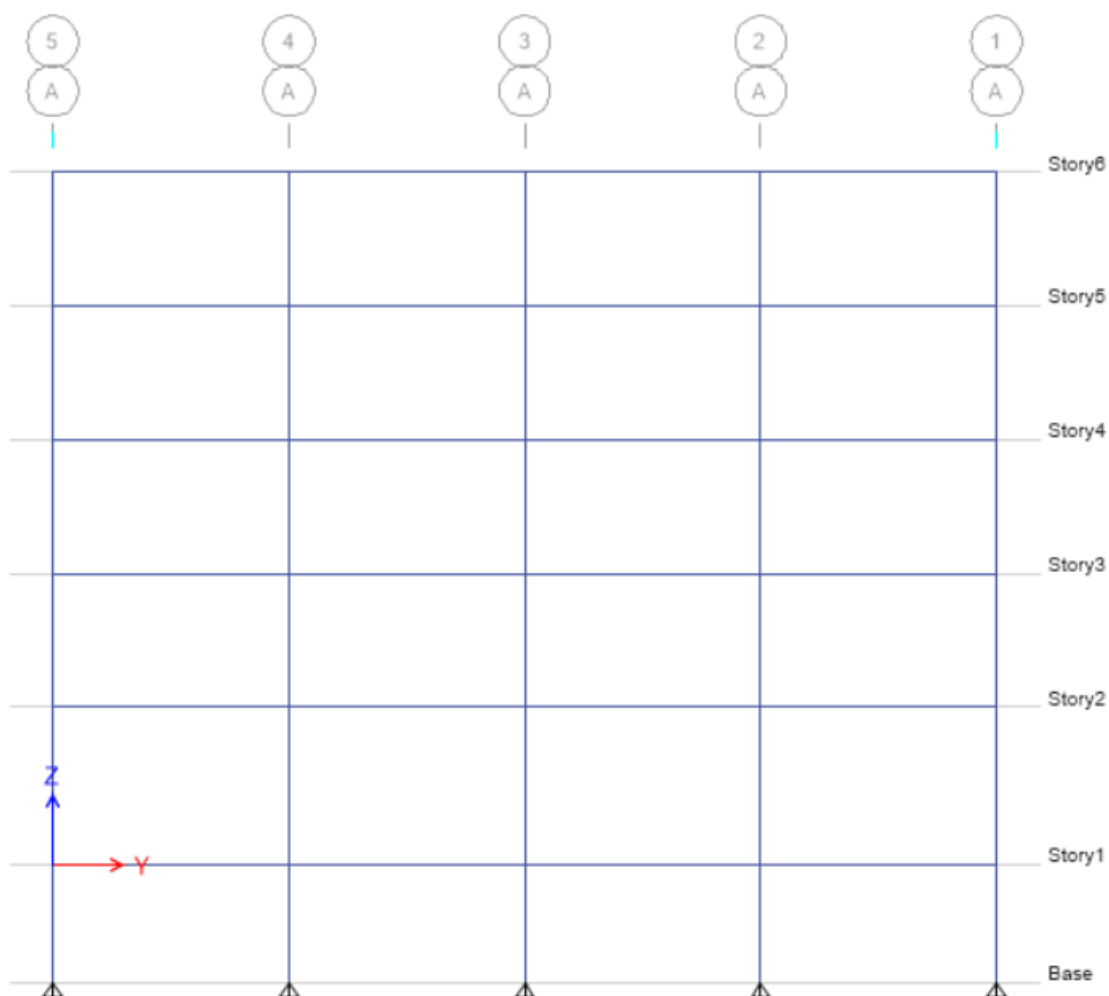
Plan of the building
($L1 = 6.00\text{ m}$; $L2 = 4.00\text{ m}$)

پلان سازه



مدلسازی پلان در نرم افزار ETABS

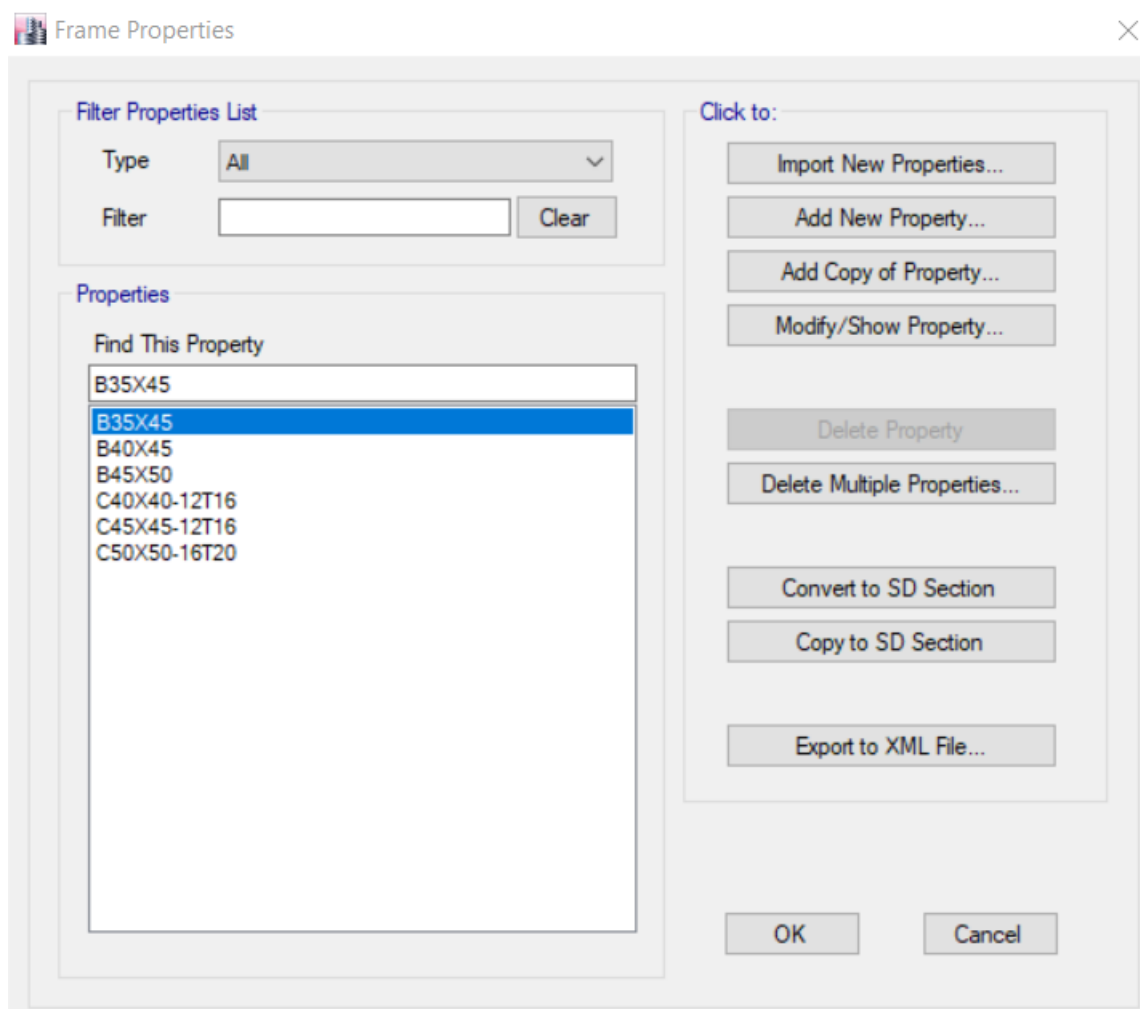
سازه دارای ۶ طبقه بوده که طبقه زیرزمین با ارتفاع آن ۳ متر می باشد و طبقه همکف با کاربری پارکینگ با ارتفاع ۴ متر و بقیه طبقات دارای کاربری مسکونی با ارتفاع ۳/۴ می باشد.



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

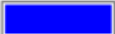
Frame Section Property Data

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...

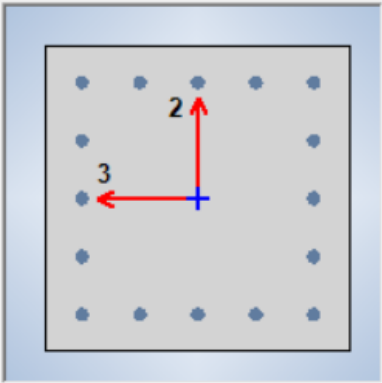
Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel



معرفی ابعاد ستون



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

Reinforcement Configuration

- ☒ Rectangular
☐ Circular

Confinement Bars

- ☒ Ties
☐ Spirals

Check/Design

- ☒ Reinforcement to be Checked
☐ Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars 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 m²
Corner Bar Size and Area 20 ... 0.000314 m²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area 10 ... 0.000079 m²
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 m²

Top Bars at J-End: 0 m²

Bottom Bars at I-End: 0 m²

Bottom Bars at J-End: 0 m²

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	User Coefficient
EY	Seismic	0	User Coefficient
Wind	Wind	0	ASCE 7-10
Lpart	Live	0	

الگوهای بارگذاری 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 سیمانه 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	استان	مرکز جمعیتی	
	آذربایجان غربی	ارومیه	
	پهنه با خطر نسبی زیاد	منطقه ۲	$A = 0.3$
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		5
	$H_m = 35 \text{ m}$	$C_d = 4.5$	$\Omega_0 = 3$

ضریب بازتاب سازه B				
$H =$ ارتفاع ساختمان از تراز پایه		20.6 m	نوع زمین	II
سازه میانقاب دارد؟		خیر	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	$T = \text{Min (تحلیلی، ۱.۲۵ تجربی)} = 0.951$		0.951
$S_0 =$	1			
T_{ETABS} زمان تناوب نرم افزار	2.00			
ضریب اصلاح طیف	$N = 0.7 / (4 - T_s) * (T - T_s) + 1 =$	1.090	$B = B_1 N =$	1.43248
ضریب شکل طیف	$B1 = (S + 1) (T_s / T) =$	1.314		



$C_{\min} = 0.12 AI =$	0.0360	$K=0.5T+0.75=$	1.226
$C_{DRIFT} =$	0.0488	$K_{DRIFT} =$	1.750

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

محاسبه ضریب زلزله در جهت Y

نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل	استان	مرکز جمعیتی	
	آذربایجان غربی	ارومیه	
	پهنه با خطر نسبی زیاد	منطقه ۲	$A = \mathbf{0.3}$
ضریب اهمیت ساختمان	ساختمان با اهمیت متوسط		$I = \mathbf{1.0}$

ضریب رفتار سازه			
سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی		R_u
قاب خمشی	قاب خمشی بتن آرمه متوسط		5
$H_m = ۳۵ \text{ m}$		$C_d = ۴.۵$	$\Omega_0 = ۳$



B ضریب بازتاب سازه					
$H =$ ارتفاع ساختمان از تراز پایه		20.6 m	نوع زمین	II	
سازه میانقاب دارد؟		خیر	نوع سیستم	قاب خمشی بتنی	
$T_0 =$	0.1	زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی		$T=0.05xH^{0.9x(1)}=$	0.761
$T_s =$	0.5				
$S =$	1.5	$T =$ Min (تحلیلی، ۱.۲۵ تجربی)= 0.951			
$S_0 =$	1				
T_{ETABS} زمان تناوب نرم افزار					
ضریب اصلاح طیف		$N=0.7/(4-TS)*(T-TS)+1=$	1.090	$B = B_1N =$	1.43248
ضریب شکل طیف		$B1=(S+1)(Ts/T)=$	1.314		

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

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

Seismic Load Pattern - User Defined



Direction and Eccentricity		Factors	
☒ X Dir	☐ Y Dir	Base Shear Coefficient, C	0.0859
☐ X Dir + Eccentricity	☐ Y Dir + Eccentricity	Building Height Exp., K	1.226
☐ X Dir - Eccentricity	☐ Y Dir - Eccentricity		
Ecc. Ratio (All Diaph.)		Story Range	
Overwrite Eccentricities	Overwrite...	Top Story	Story6
		Bottom Story	Base
OK		Cancel	



Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

☐ X Dir ☒ Y Dir

☐ X Dir + Eccentricity ☐ Y Dir + Eccentricity

☐ X Dir - Eccentricity ☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

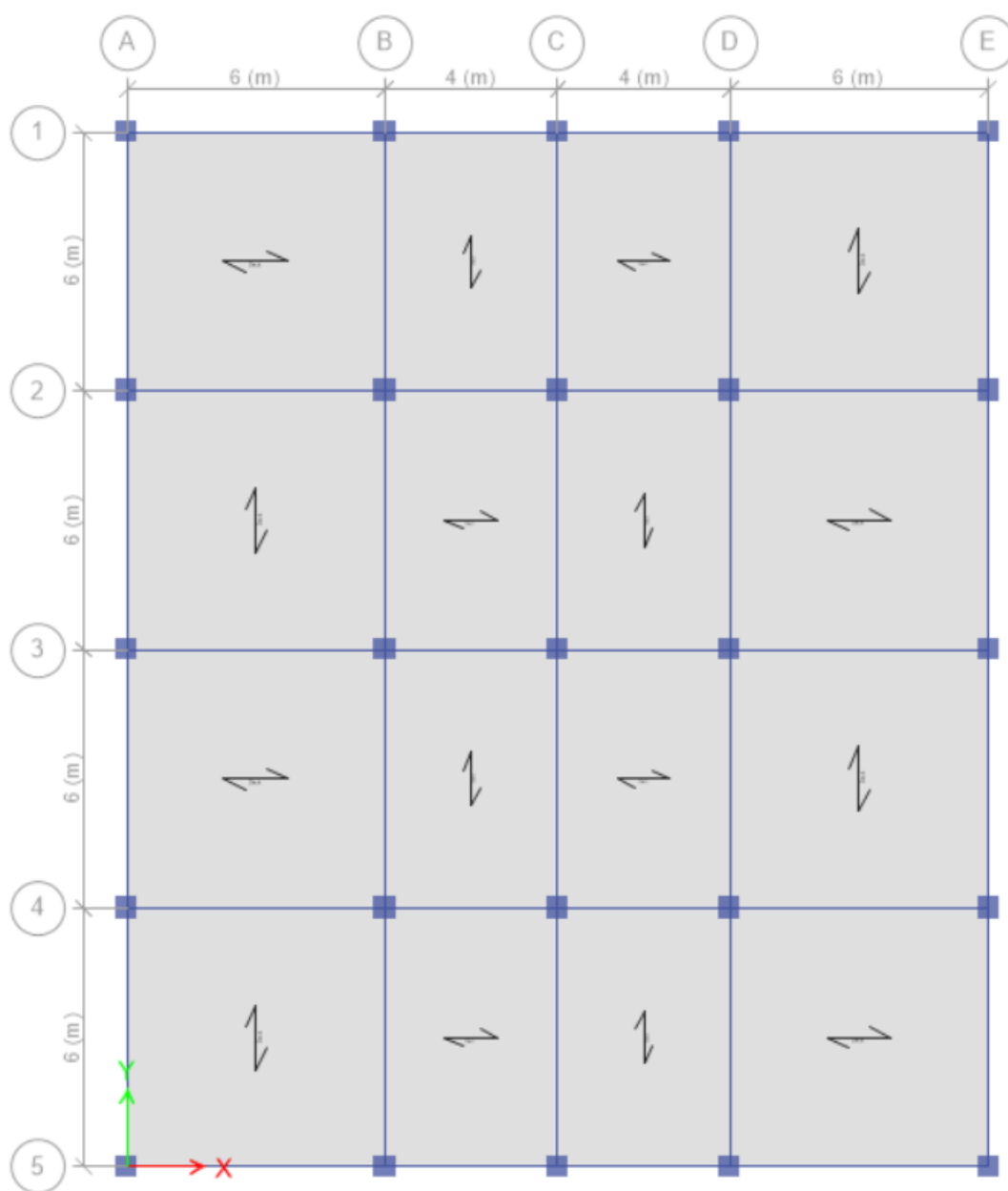
Bottom Story

وارد نمودن مقادیر C و K در نرم افزار

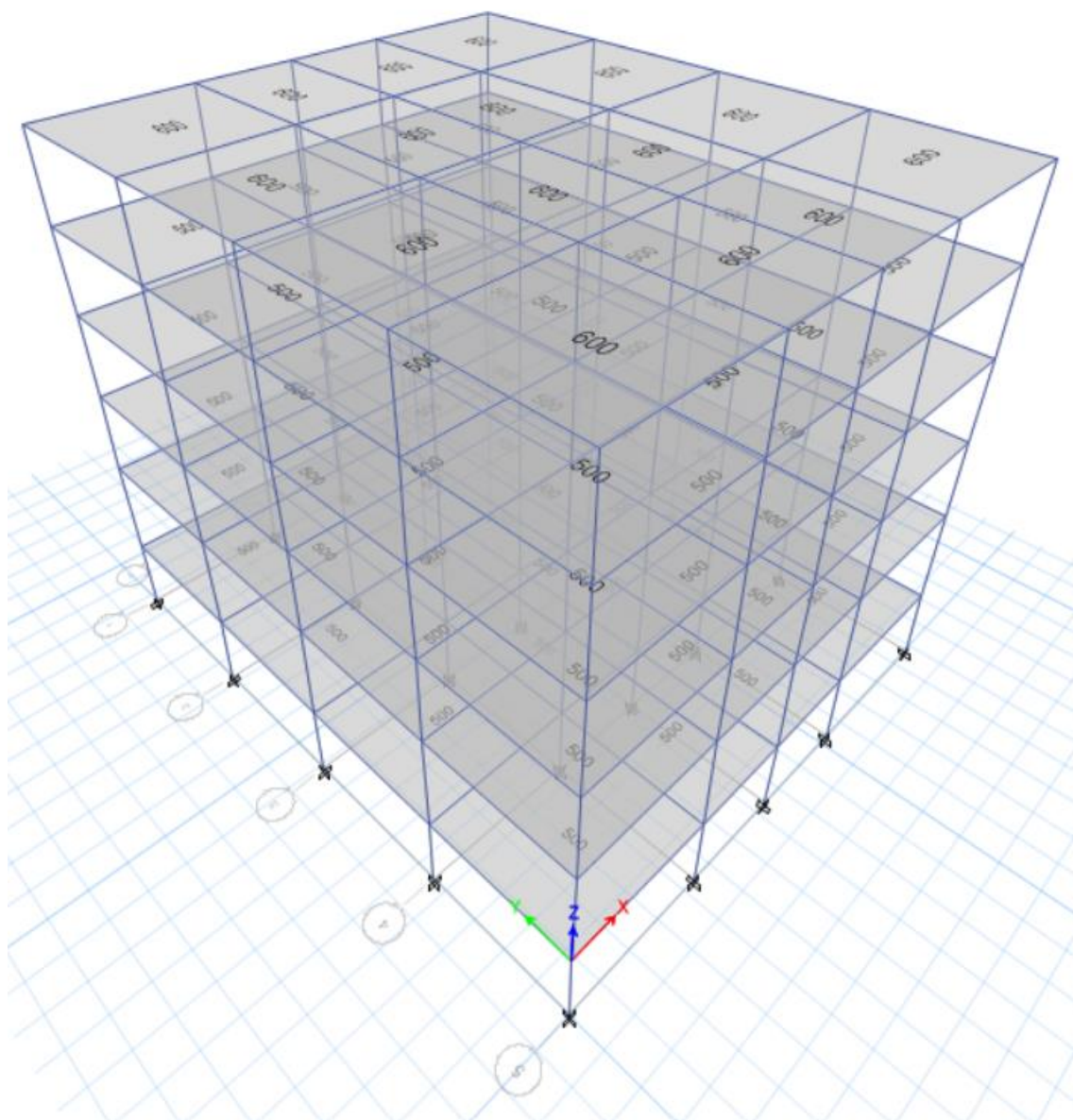
- اعمال بار مرده و زنده بر روی سازه

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

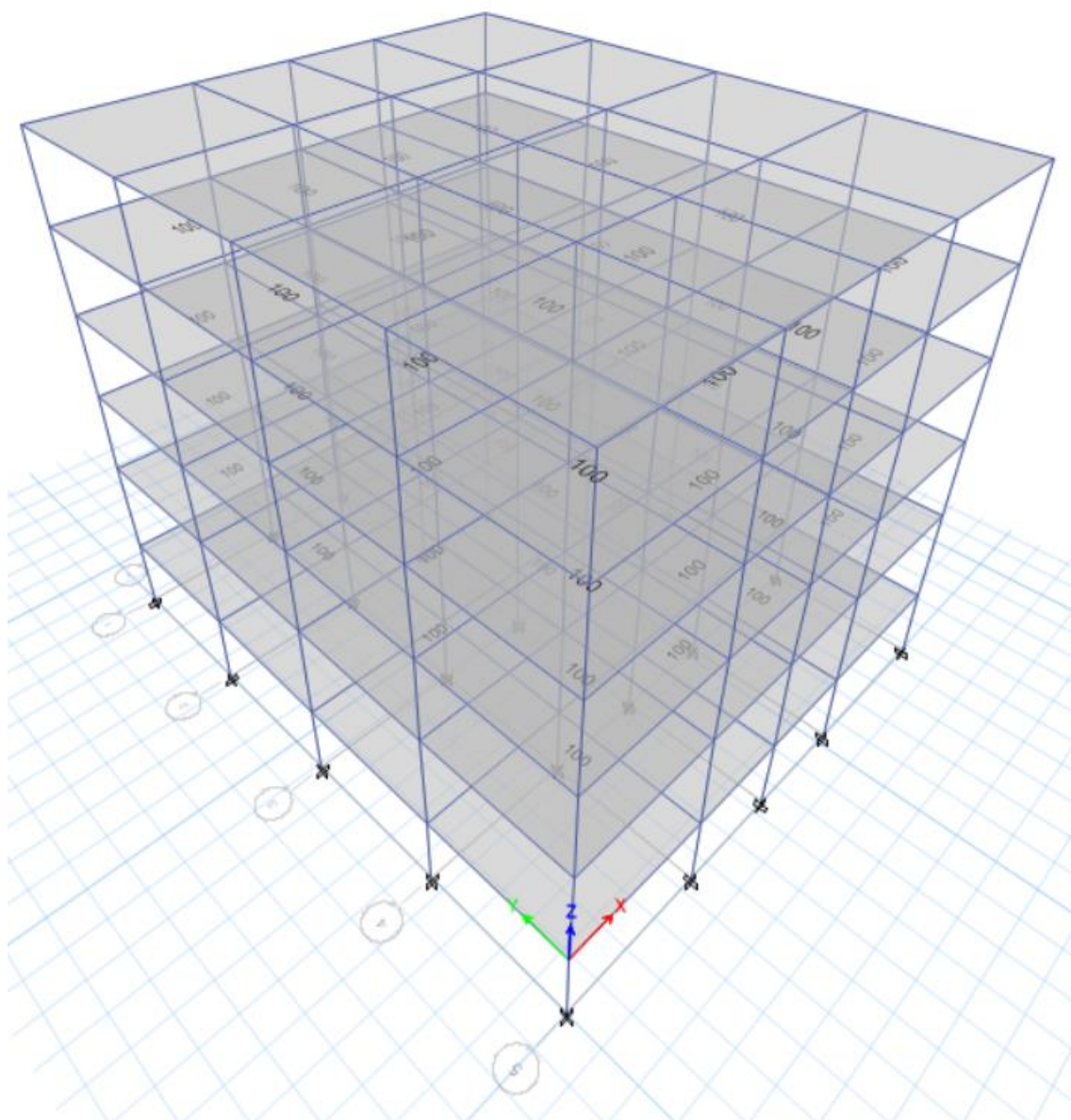
مقادیر بار مرده و زنده هر طبقه (برحسب کیلونیوتن بر متر مربع)



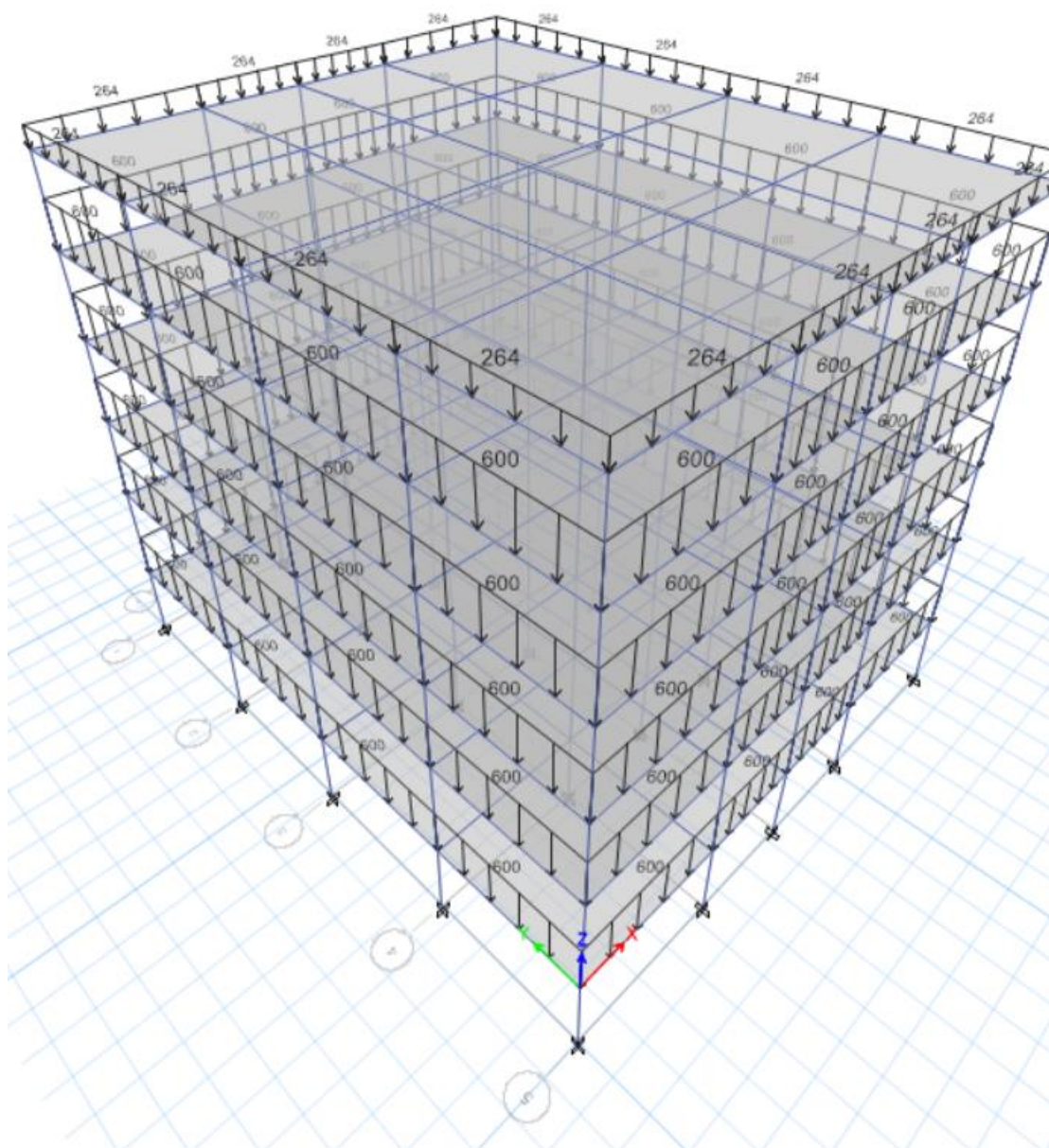
تیرچه ریزی سقف



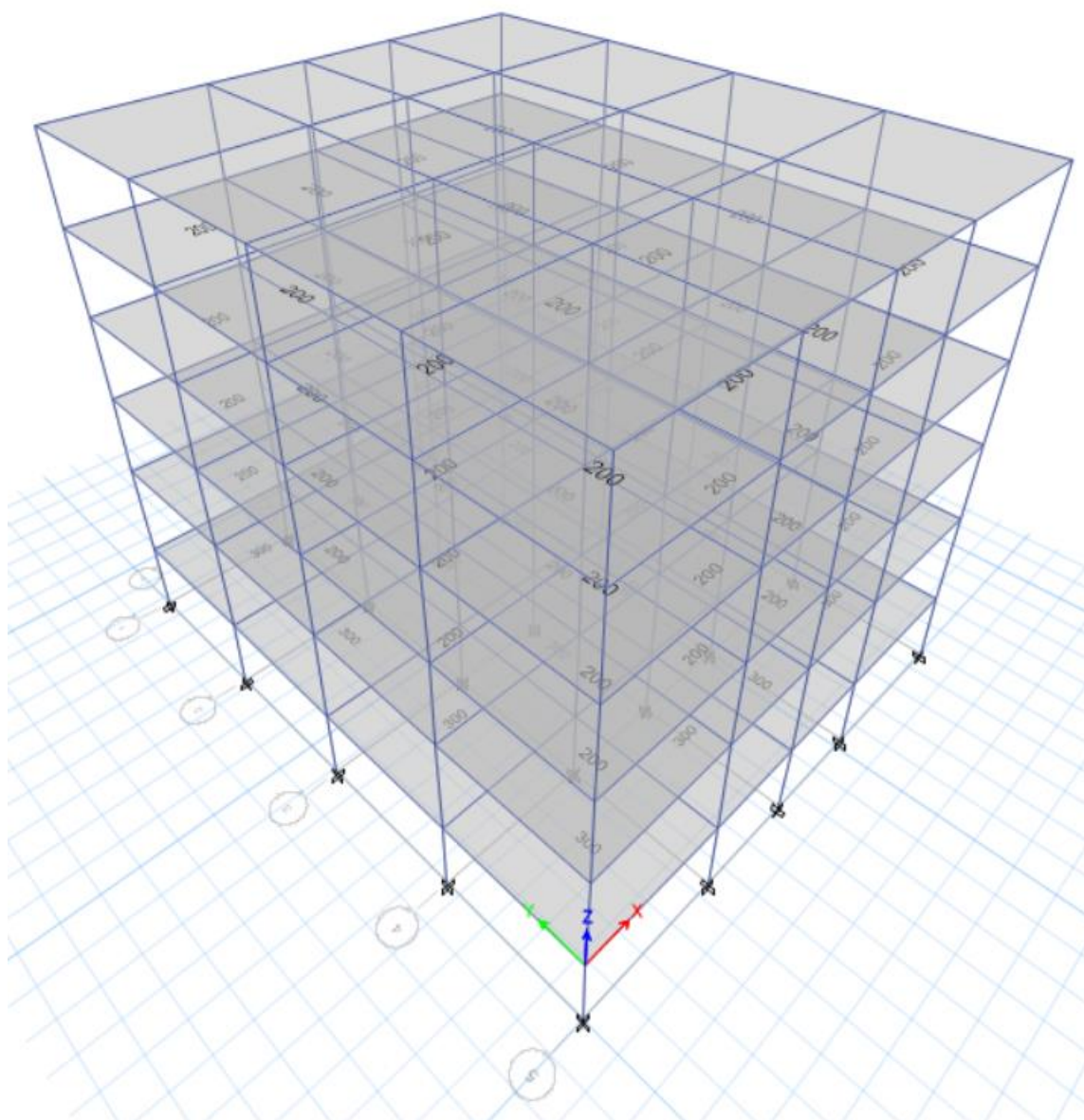
بار مرده کف وارده در نرم افزار



بار پارتیشن وارده در نرم افزار



کل بارهای مرده اعمالی در نرم افزار

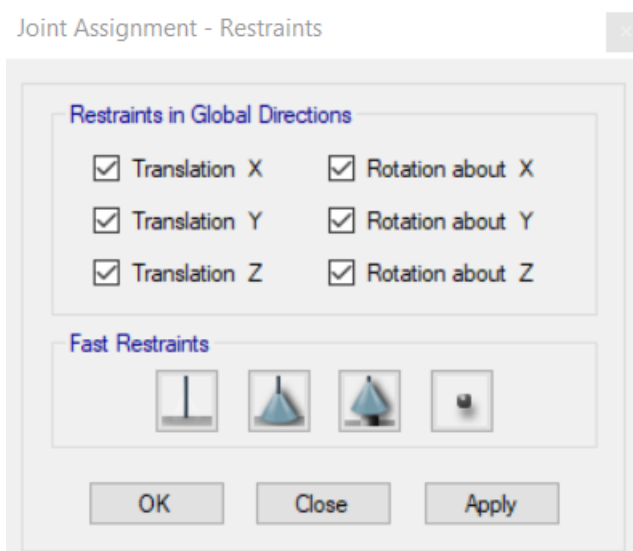


کل بارهای زنده اعمالی در نرم افزار



۵) اصلاحات مدلسازی

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



اختصاص تکیه گاه گیردار پای ستون‌ها



- اختصاص ضرایب ترک خوردگی

جدول ۹-۶-۲-الف ممان اینرسی و سطح مقطع مجاز اعضا در تحلیل الاستیک برای بارهای ضربیدار

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	$0.7I_g$		
	$0.35I_g$		
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



Frame Assignment - Property Modifiers

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

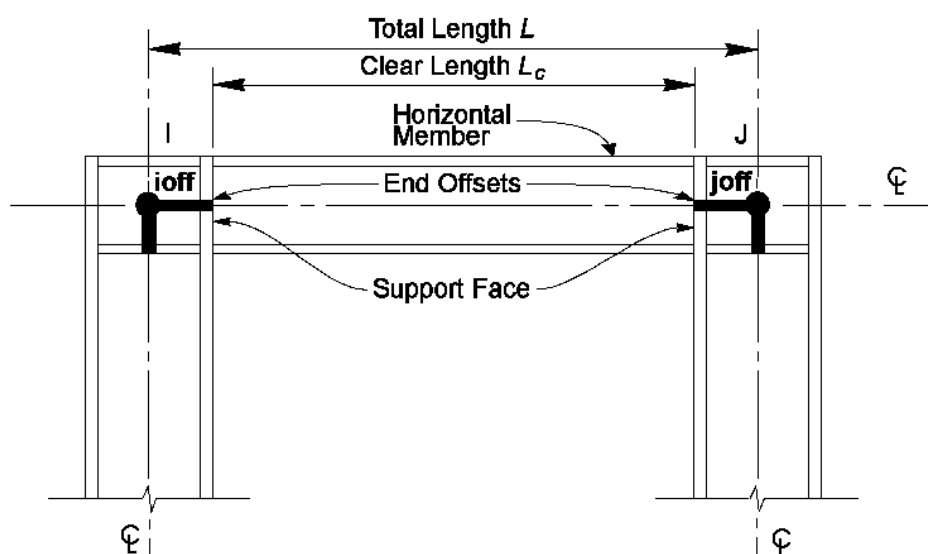
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	0.35
Mass	1
Weight	1

OK Close Apply

اعمال ضریب ترک خوردگی تیر



- اختصاص نواحی انتهایی صلب



Frame Assignment - End Length Offsets

End Offset Along Length

☒ Automatic from Connectivity

☐ Define Lengths

End-I m

End-J m

Rigid-zone factor

Frame Self Weight Option

☒ Auto

☐ Weight Based on Full Length

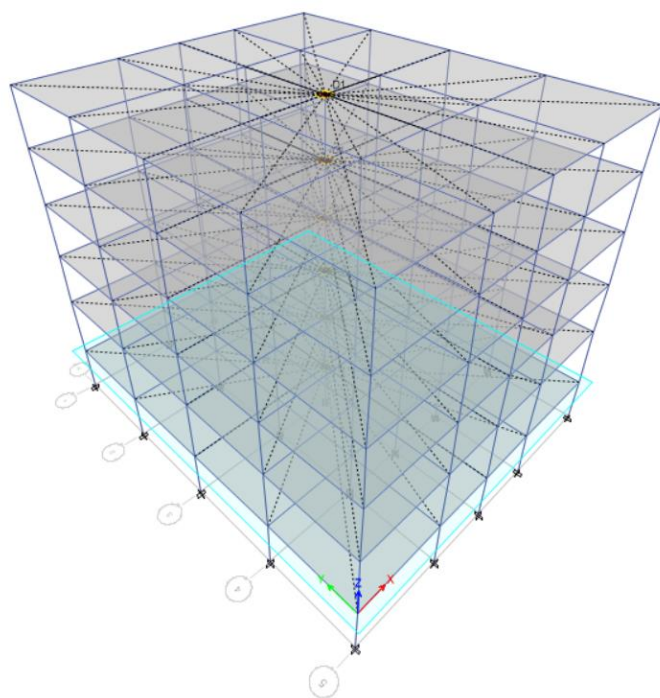
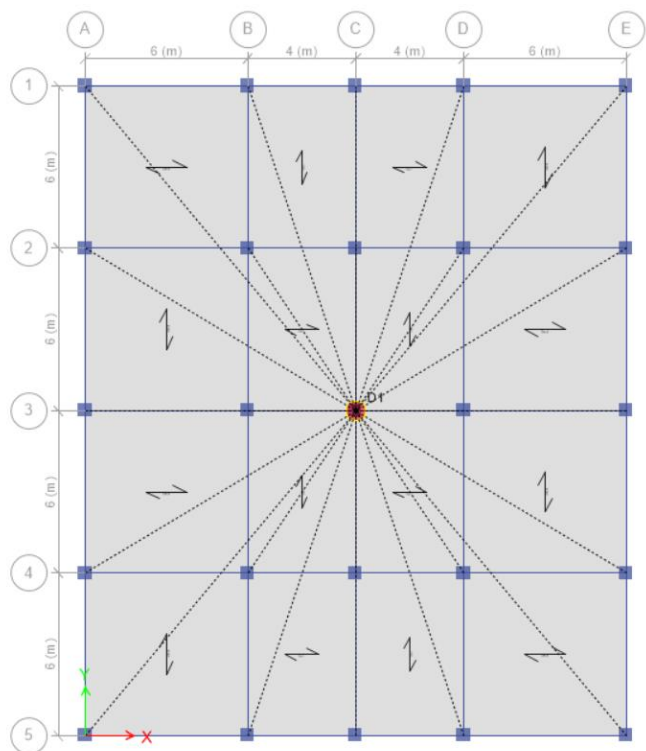
☐ Weight Based on Clear Length

OK Close Apply

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

معرفی وزن مؤثر لرزه‌ای به نرم افزار



- تنظیم تعداد مدهای نوسان

Modal Case Data

General

Modal Case Name: Modal

Modal Case SubType: Eigen

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

P-Delta/Nonlinear Stiffness

☒ Use Preset P-Delta Settings: iterative based on loads

☐ 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

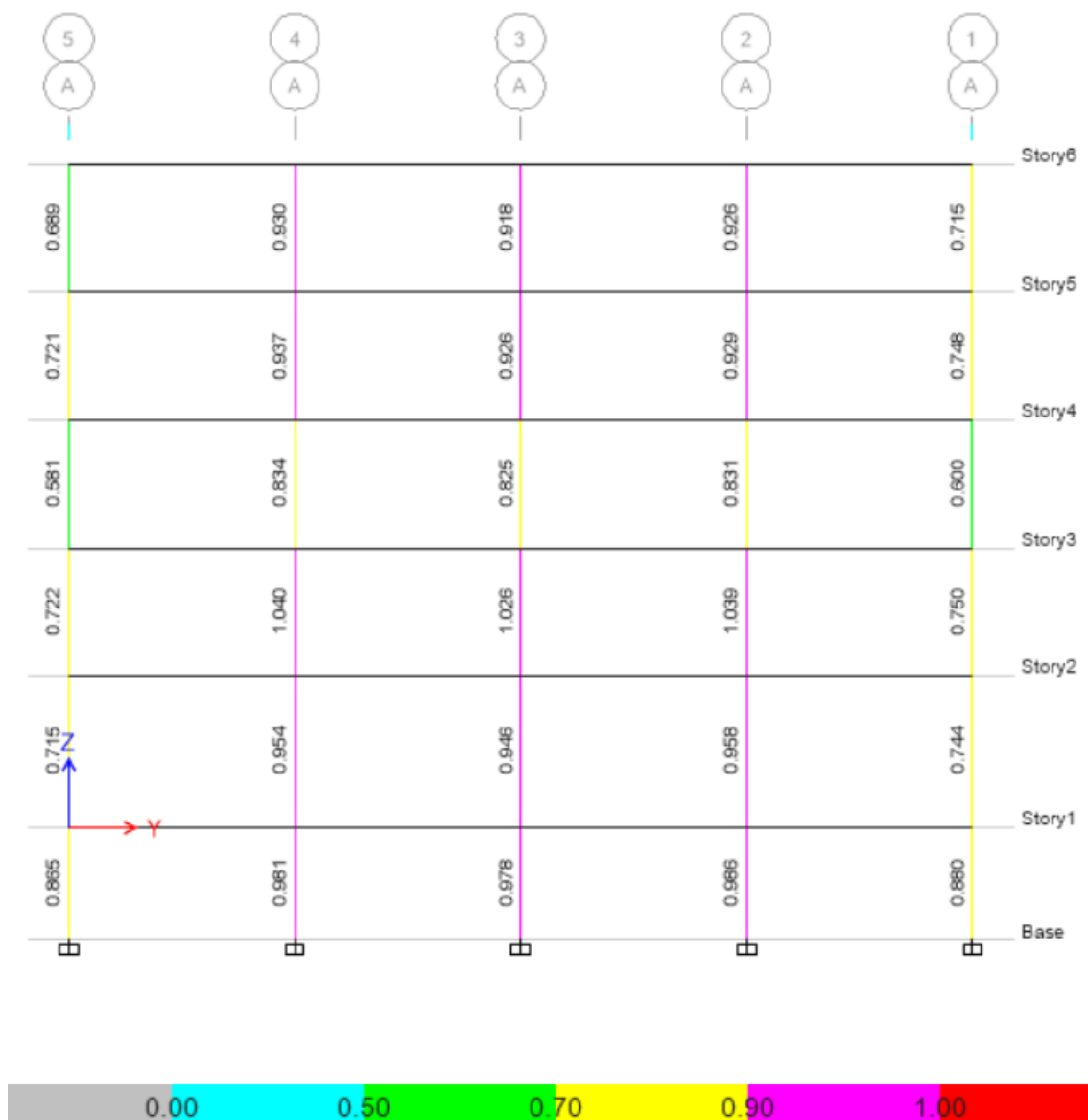
$$\text{Maximum Number of Modes} = 3n = 3 \times 6 = 18$$

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

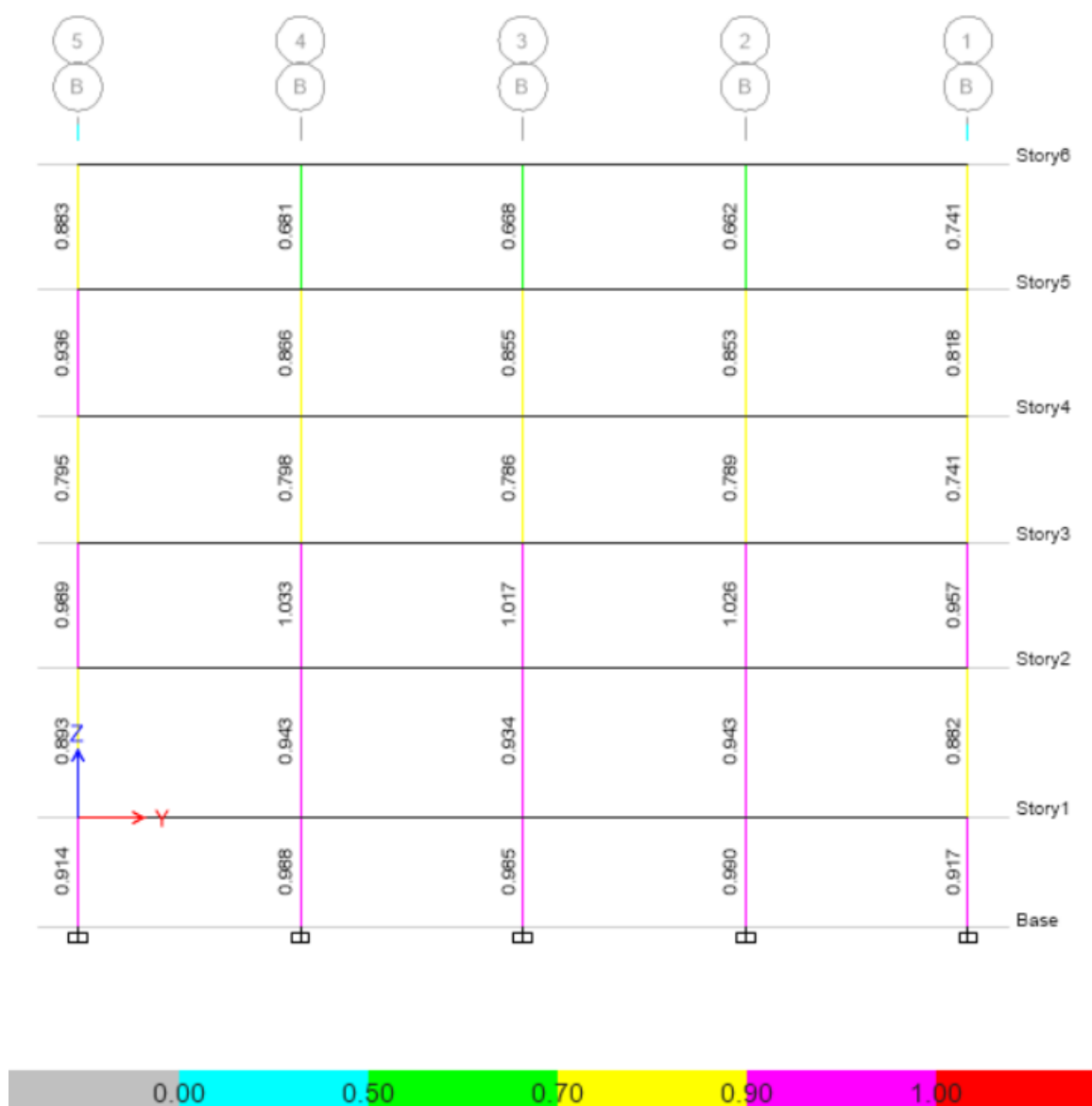
✓ در رابطه فوق n تعداد طبقات می باشد.



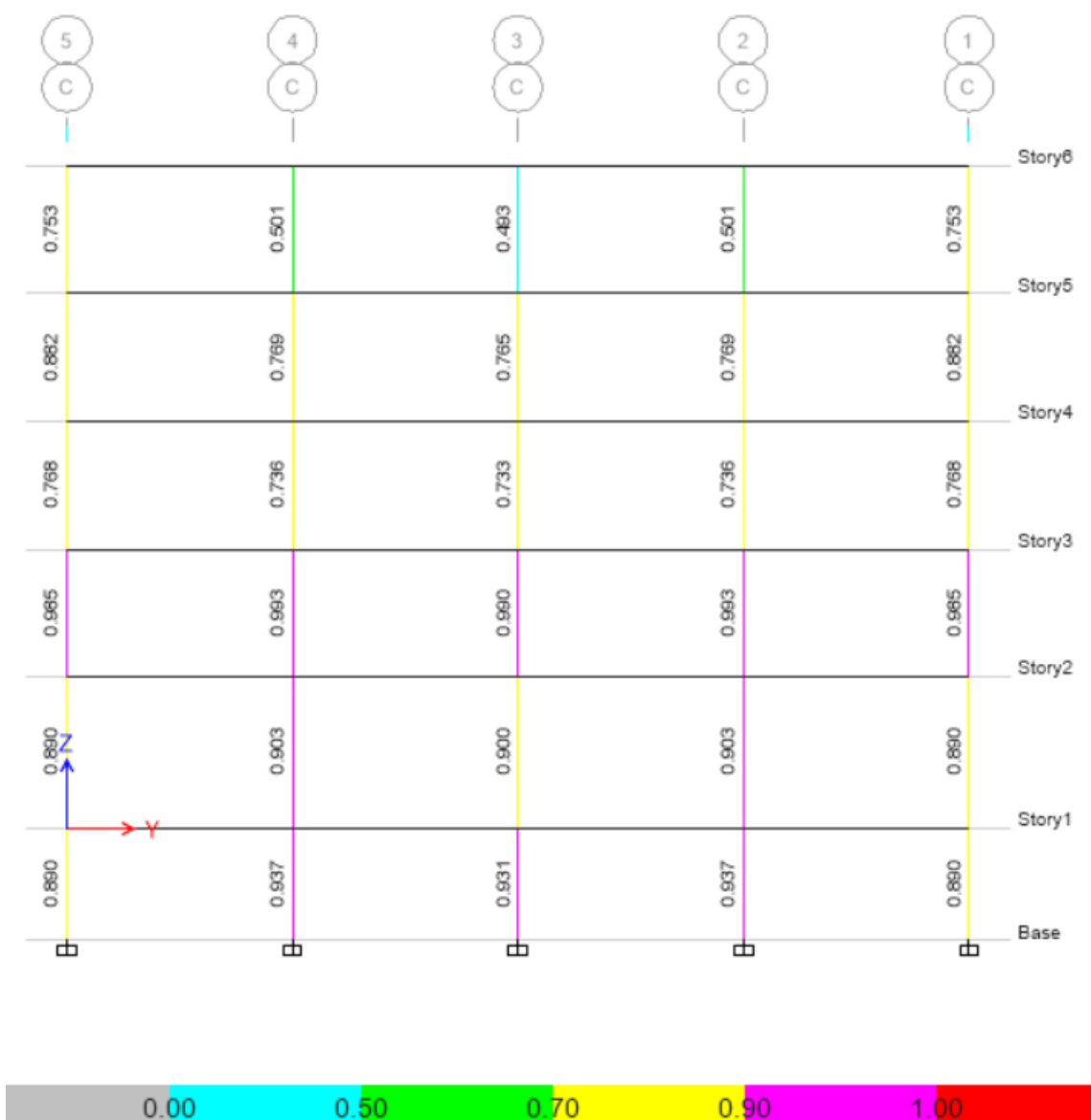
۶) تحلیل و طراحی سازه (تحلیل خطی)



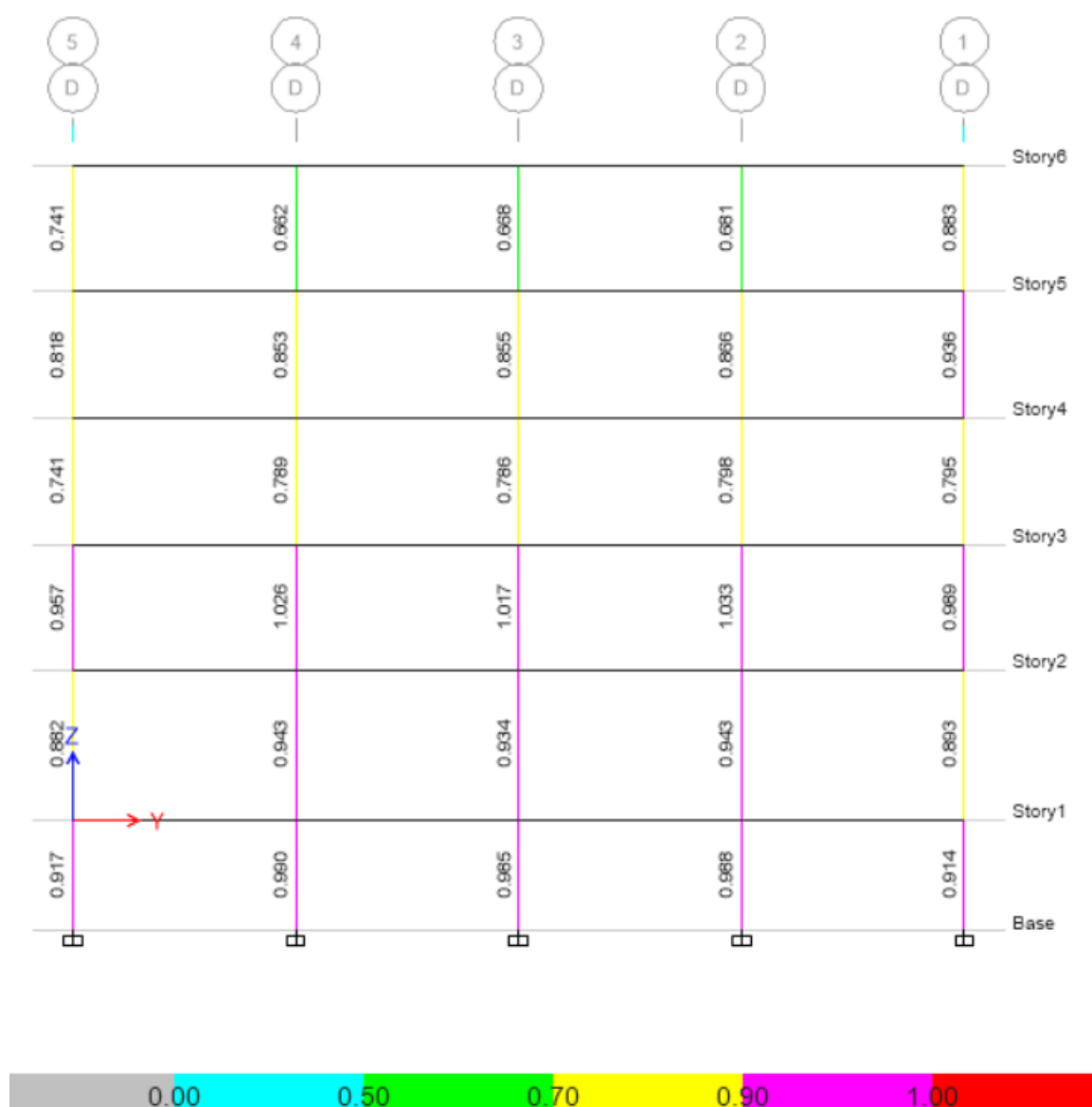
نسبت نیرو به ظرفیت قاب A



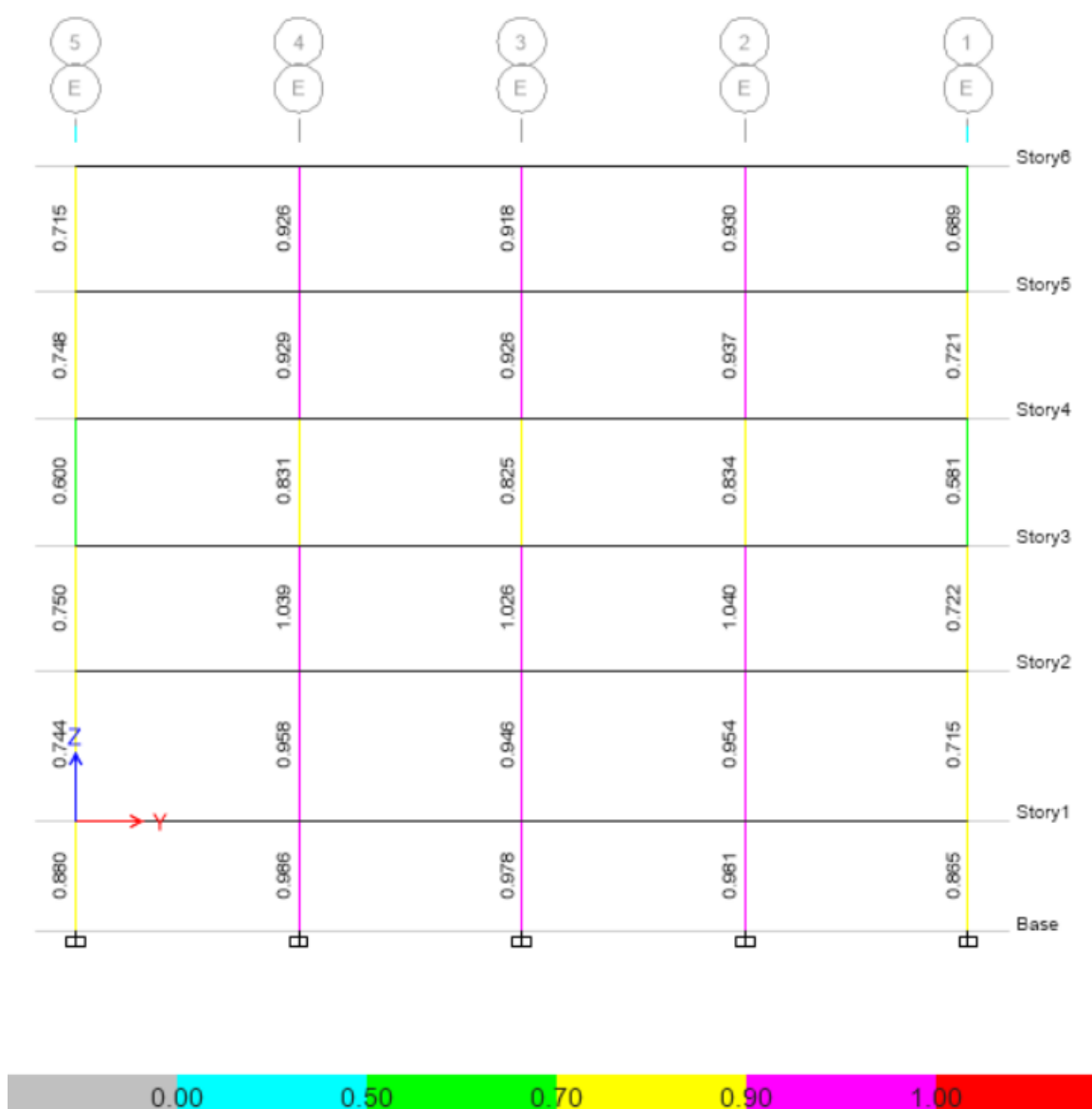
نسبت نیرو به ظرفیت قاب B



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 می توان 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 می توان از حالت دو بعدی نیز استفاده نمود با توجه به اینکه پروژه مورد بررسی ما قاب دو بعدی می باشد 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 تحلیل های غیرخطی می توان 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، می توان از مدل سازی دو بعدی در تحلیل های غیرخطی نیز استفاده نمود. در سازه های با دیافراگم نرم، مدل سازی دوبعدی در تحلیل های غیرخطی می تواند با توجه به بند (۳-۲-۴) انجام شود. هنگامی که سازه در تحلیل های غیرخطی دوبعدی مدل می شود، برای محاسبه ی سختی و مقاومت اجزا و اعضای سازه باید خواص سه بعدی آن ها مدنظر قرار گیرد. در مدل سازی، سختی اعضای سازه ای باید برحسب نوع مصالح، مطابق فصل های ۵ یا ۶ برآورد شود. در تحلیل های غیرخطی، اگر اتصالات ضعیف تر و یا دارای شکل پذیری کم تر از اعضای متصل شونده 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 آن ها باید به نحو مناسب در مدل سازه منظور شود.

بند نشریه ۳۶۰ در خصوص فرضیات مدلسازی

۸) تحلیل استاتیکی غیر خطی (یوش 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 نشریہ ۳۶۰ در ارتباط با تحلیل یوش آور

۳-۳-۱- ملاحظات خاص مدل سازی و تحلیل

٣-٣-٣-١-١-١ کلیات

تحلیل استاتیکی غیرخطی می‌تواند به دو روش کامل و ساده‌شده انجام شود:

۱- در روش کامل، اعضای اصلی و غیراصلی در مدل وارد شده و رفتار غیرخطی آنها تا حد امکان نزدیک به واقعیت انتخاب می‌شود. همچنین اثرات کاهندگی به نحوی وارد محاسبات می‌شود.

۲- در روش ساده شده، فقط اعضای اصلی مدل می‌شوند. رفتار غیرخطی اعضای اصلی توسط مدل دوخطی شبیه‌سازی می‌شود و از اثرات کاهندگی صرف‌نظر می‌شود. هنگام استفاده از این روش، معیار پذیرش مطابق بند (۳-۴-۲) در نظر گرفته می‌شود. چنانچه تعداد کمی از اعضای اصلی توسط این معیار پذیرفته نشوند، می‌توان آن‌ها را در دسته‌ی اعضای غیراصلی 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- نقطه‌ی کنترل

در تحلیل استاتیکی غیرخطی، مرکز جرم بام به عنوان نقطه‌ی کنترل تغییر مکان سازه انتخاب می‌شود (مرکز جرم سقف خرپشته به عنوان نقطه‌ی کنترل انتخاب نمی‌شود).



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 تغییر شکل 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.

۱-۲- 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.

۱-۳- توزیع متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی، برای این منظور تعداد مدهای 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.

۲-۱- 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 تغییر مکان نقطه‌ی کنترل باید برای هر گام افزایش نیروهای جانبی تا رسیدن به تغییر مکانی حداقل ۱/۵ برابر تغییر مکان 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 پاره خط 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 بیان گر 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

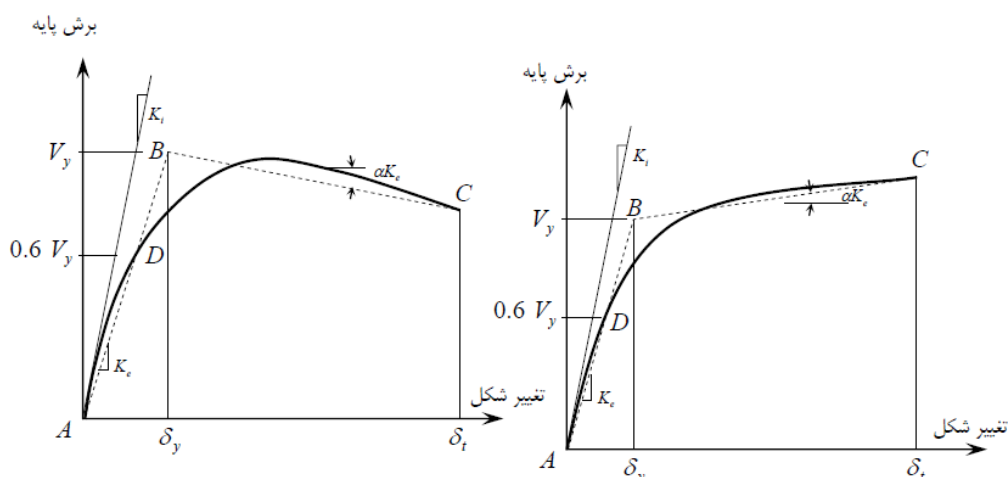
زمان تناوب اصلی موثر T_e در امتداد مورد بررسی براساس مدل رفتار دوخطی برابر است با:

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

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 (۳-۲-۳-۳) و (۵-۱-۳-۳) طراحی شود. اثر زلزله در امتداد عمود بر امتداد موردنظر در صورت لزوم باید مطابق بند (۷-۲-۳) در نظر گرفته شود.



شکل (۱-۳): منحنی ساده‌شده‌ی نیرو - تغییر مکان

۳-۳-۲-۱ - ساختمان با دیافراگم صلب

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

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (۳-۱۴)$$

که در آن T_e زمان تناوب اصلی موثر ساختمان مطابق رابطه‌ی (۳-۱۳) برای امتداد مورد نظر است. C_0 ضریب اصلاح برای ارتباط تغییر مکان طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییر مکان 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 (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.

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 (۲-۱-۳-۳) 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 به دست آید.



ضریب C_2 اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه‌ای را بر تغییر مکان‌ها به دلیل 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 مورد نظر
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 مهاربندی شده 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.

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 داده شده در بند (۳-۳-۱-۲) در نظر گرفته شود.

بنا به توضیحات آئین نامه می‌توان گفت برای تحلیل پوش آور گام های 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 خروجی های 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



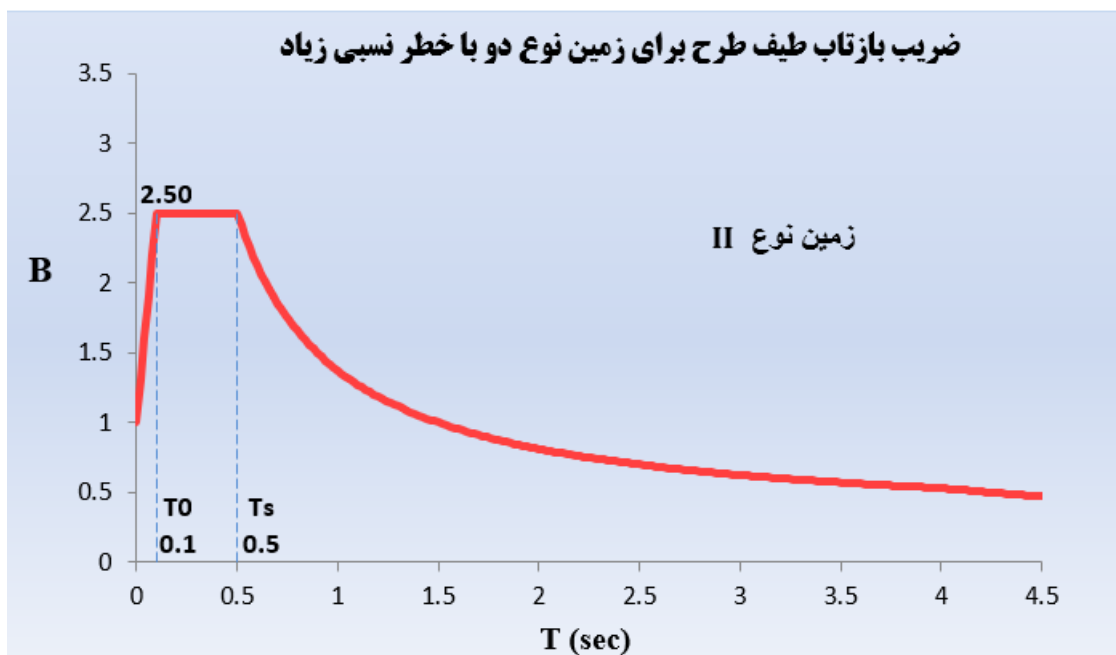
2.78	0.65468
2.80	0.65179
2.82	0.64894
2.84	0.64613
2.86	0.64336
2.88	0.64063
2.90	0.63793
2.92	0.63527
2.94	0.63265
2.96	0.63007
2.98	0.62752
3.00	0.62500
3.02	0.62252
3.04	0.62007
3.06	0.61765
3.08	0.61526
3.10	0.61290
3.12	0.61058
3.14	0.60828
3.16	0.60601
3.18	0.60377
3.20	0.60156
3.22	0.59938
3.24	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

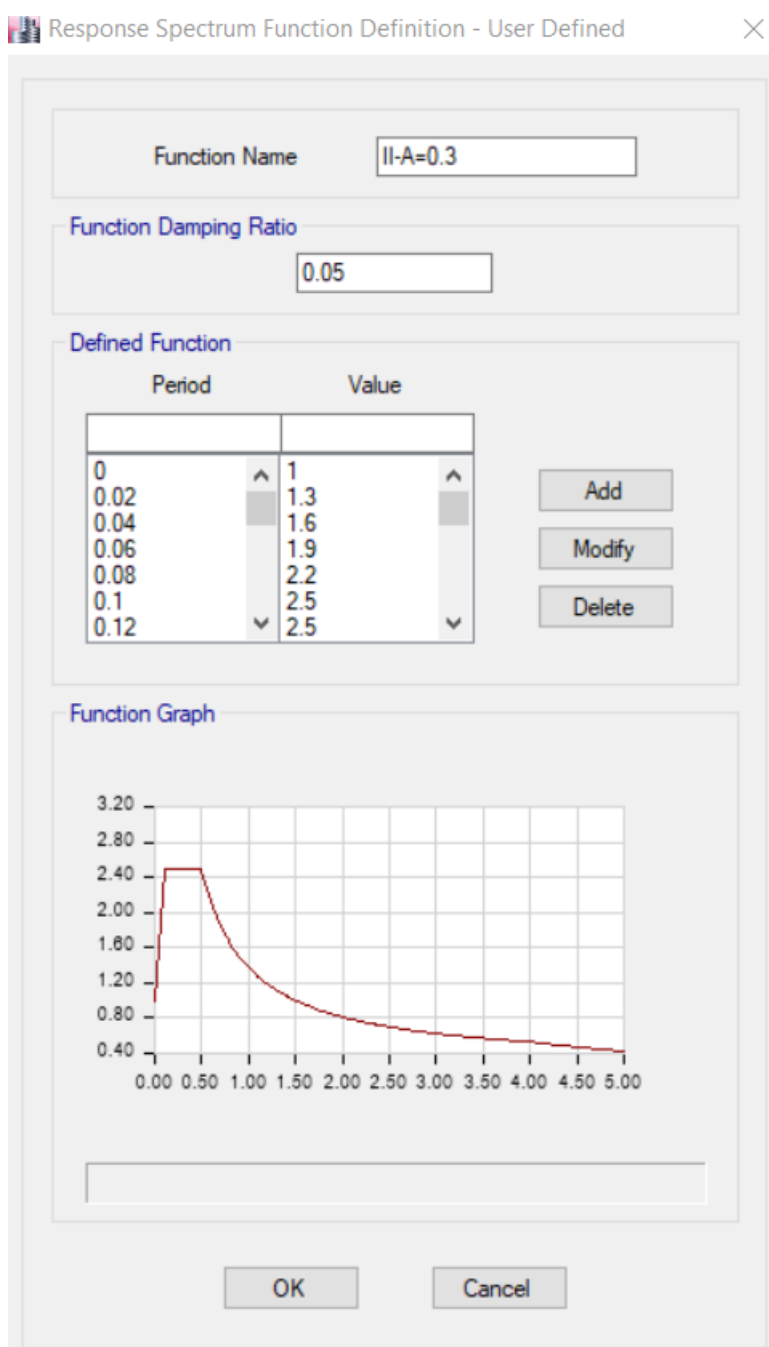


3.64	0.55907
3.66	0.55738
3.68	0.55571
3.70	0.55405
3.72	0.55242
3.74	0.55080
3.76	0.54920
3.78	0.54762
3.80	0.54605
3.82	0.54450
3.84	0.54297
3.86	0.54145
3.88	0.53995
3.90	0.53846
3.92	0.53699
3.94	0.53553
3.96	0.53409
3.98	0.53266
4.00	0.53125
4.02	0.52861
4.04	0.52599
4.06	0.52340
4.08	0.52083
4.10	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





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 سستم 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)

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

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



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

$T \geq T_s$		$T \leq 0.1$		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 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 (۳-۳-۱-۲) 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.

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



Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control

☐ Full Load

☒ Displacement Control

☐ Quasi-Static (run as time history)

Control Displacement

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of m

Monitored Displacement

☒ DOF/Joint

☐ Generalized Displacement

Quasi-static Parameters

Time History Type

Output Time Step Size sec

Mass Proportional Damping 1/sec

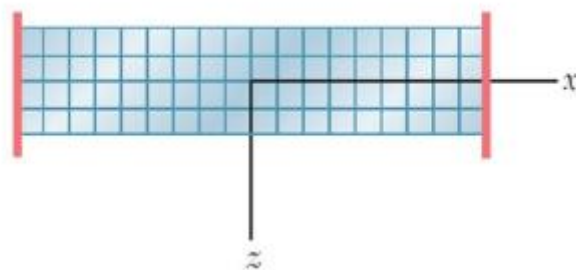
Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha

وارد نمودن تغییر مکان هدف در نرم افزار

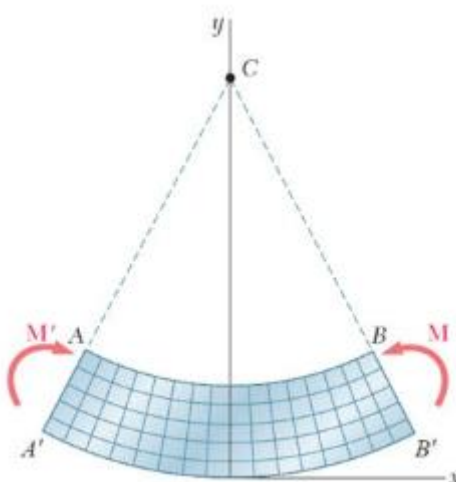
گام سوم) اختصاص رفتار غیر خطی اعضا (تعریف و اختصاص مفاصل پلاستیک)

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

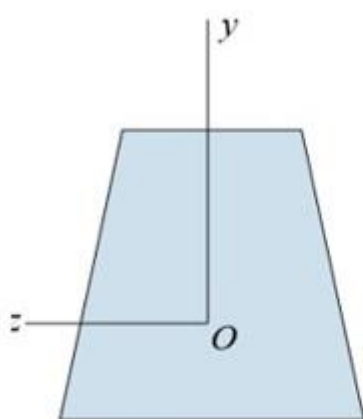


تیر تحت خمش خالص و وضعیت تارهای مقطع بعد از تغییر شکل‌های خمشی

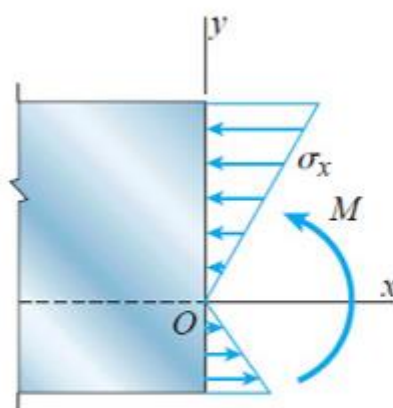
این رفتار، نشان دهنده ی خطی بودن کرنش ها در مقطع می باشد. حتی اگر مقطع، رفتاری پلاستیک از خود نشان دهد و رفتار مصالح غیرخطی باشد، اصل برنولی تا لحظه ی گسیختگی کامل مقطع نیز صادق خواهد بود.



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)



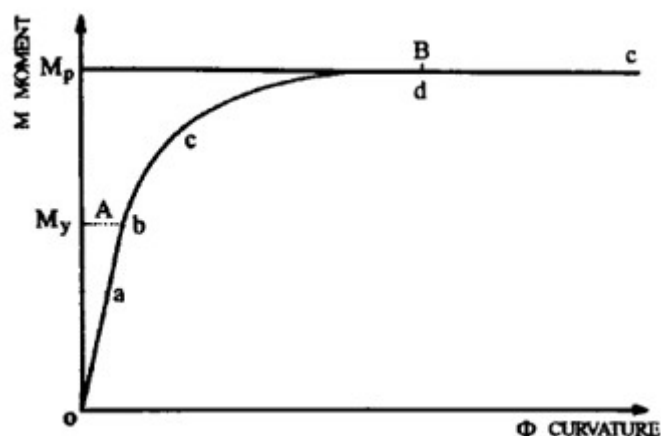
(ب)

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

(1)

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.



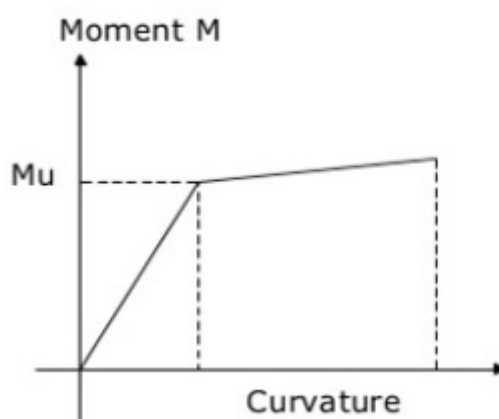
منحنی لنگر انحنا

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:

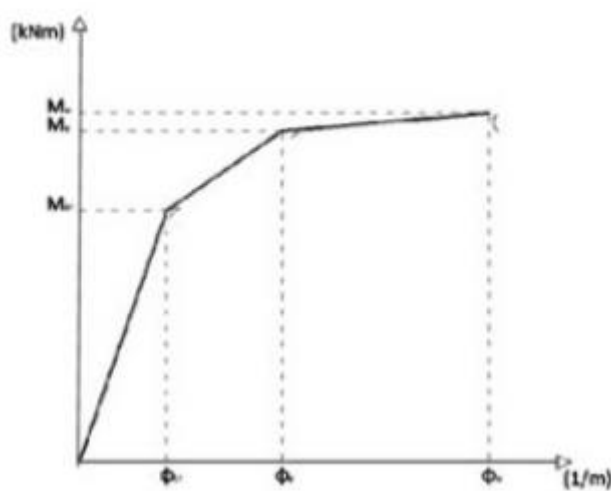
رویکرد اول بدین شکل است که نمودار لنگر-انحناء می تواند به صورت دو خط در نظر گرفته شود که خط اول بیانگر ناحیه رفتار الاستیک مقطع و خط دوم که دارای سختی و به دنبال آن شیب کمتر می باشد، مربوط به رفتار پلاستیک مقطع است. نمونه ای از منحنی دوخطی لنگر-انحناء را در شکل (۳۸) مشاهده می کنید:

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



مفصل پلاستیک در سازه‌های بتنی

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.

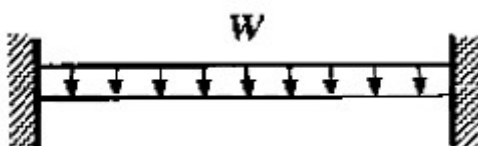
تیر دوسر گیردار شکل (۴۰) که تحت اثر بار گسترده خطی قرار گرفته است، در نظر بگیرید. می‌دانیم که تحت این شرایط، نقاط دو انتهای تیر، بیشترین لنگر خمشی را تجربه می‌کنند. حال اگر این نقاط، دارای مقاومت خمشی کمتری باشند، طوریکه ابتدا آرماتورهای این دو مقطع از تیر (دو سر تیر) جاری شوند و به دنبال آن مفاصل پلاستیک، 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، قطاعی با زاویه ی مشخص از دایره را با یک سرعت ثابت و در زمان مشخصی طی کرده و سپس به موقعیت اولیه خود باز می گردد و در صورت نیاز این عمل تکرار می شود. حال که با مفهوم لغوی مکانیزم آشنایی پیدا کرده ایم، در ادامه می توانیم درک بهتری را نسبت به تبدیل یک عضو سازه ای (به طور مثال یک تیر) به مکانیزم پیدا کنیم. مفاصل پلاستیک در یک عضو، دائماً نیروهای بزرگتر از ظرفیت پلاستیک خود مقطع را به مقاطع دیگری از همان عضو انتقال می دهند 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 بگونه ای تغییر می کند که با افزایش مقدار کمی در نیرو، شاهد جابجایی های بزرگ و ناپایداری در آن خواهیم بود. در مهندسی عمران به این حالت از عضو که عملکرد اولیه آن دچار تغییر جدی می شود، اصطلاحاً مکانیزم شدن عضو اطلاق می شود.

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 گاه ها (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

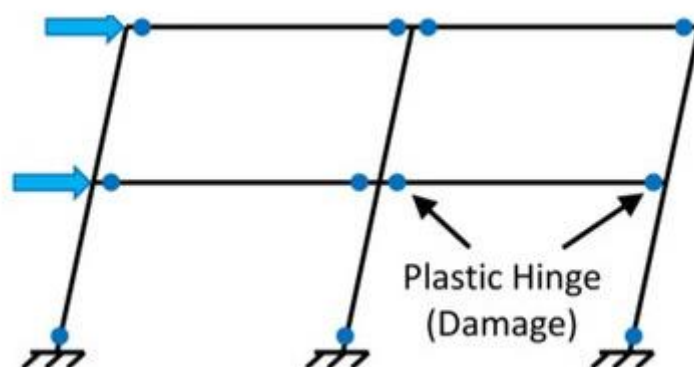
لازم به ذکر است که اگر بخواهیم مفاصل پلاستیک، ابتدا در دو انتهای یک تیر تشکیل شود، این امر مستلزم آن است که طراحی به گونه ای صورت گیرد که مقاطع دو انتهای عضو، دارای ظرفیت خمشی کمتر و در مقابل، محل پیش‌بینی شده به منظور تشکیل سومین مفصل پلاستیک (معمولاً در وسط دهانه)، دارای ظرفیت خمشی بالاتری باشد.

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 می شود. 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 سازه ای، دارای اهمیت فراوانی می باشد به طوریکه مهندسین تلاش می کنند سازه ها را به گونه ای طراحی کنند که مفاصل پلاستیک تحت نیرو های 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 می شود 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 تیرها و ستون ها

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

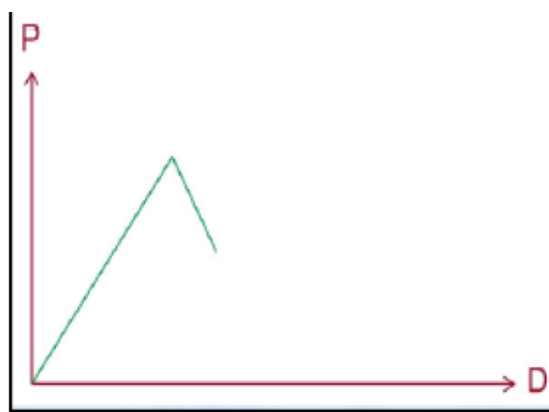
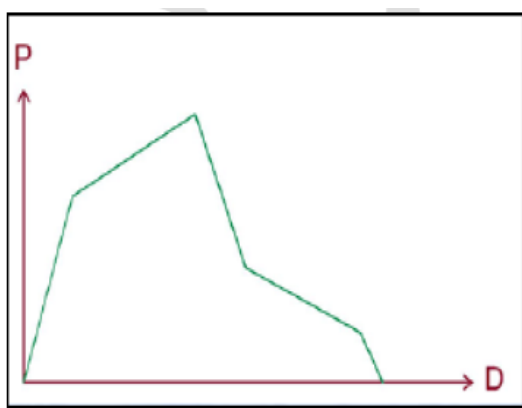
(۱) روش اجزاء محدود

(۲) روش فایبر

(۳) روش مفصل پلاستیک

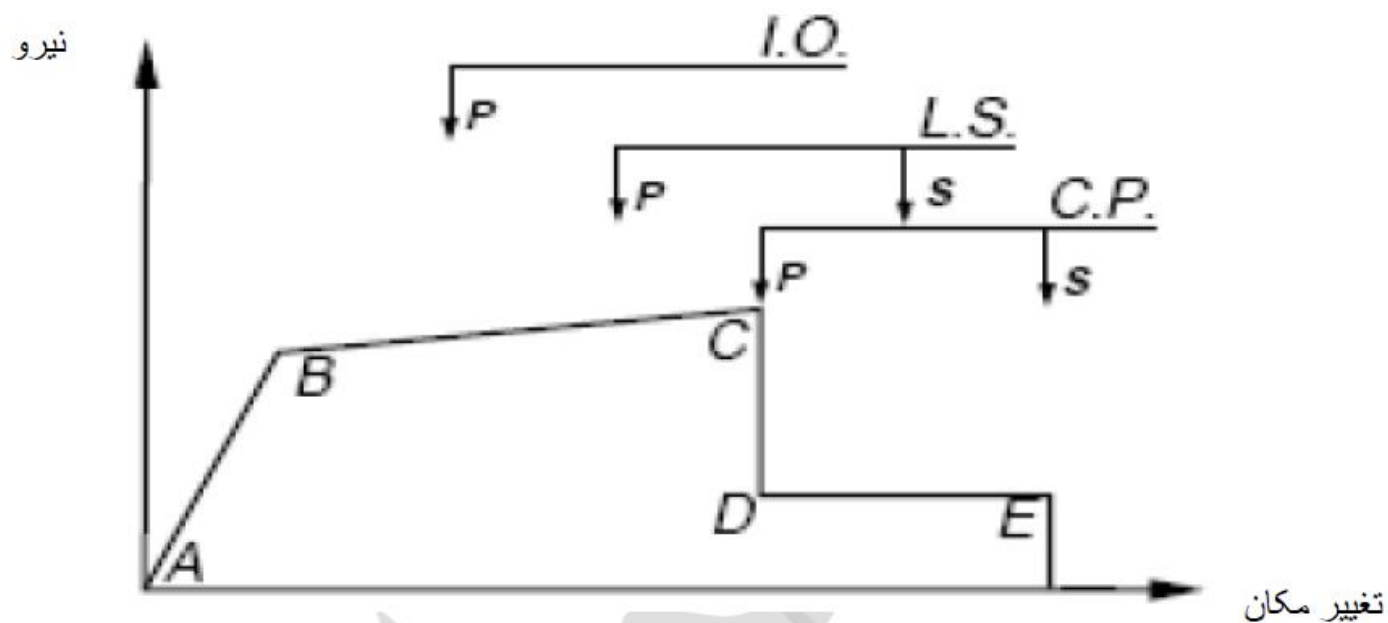


در برنامه ETABS رفتار غیرخطی مصالح از طریق مفصل پلاستیک تعریف می‌شود. مفصل پلاستیک خاصیتی است که با اختصاص آن به عضو امکان تعریف رفتار نیرو تغییر مکانی برای عضو در نقاط مشخص - امکان‌پذیر می‌شود. رفتار مفاصل پلاستیک بر اساس اینکه عضو مورد نظر تغییر شکل کنترل هست یا نیرو کنترل، تعریف می‌گردد. در حالت کلی 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 می‌شود.



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 تغییر شکل 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 انتظاری که از سازه داریم، تعریف شده‌اند.



انواع سطوح عملکرد

سطوح عملکرد سازه‌ای

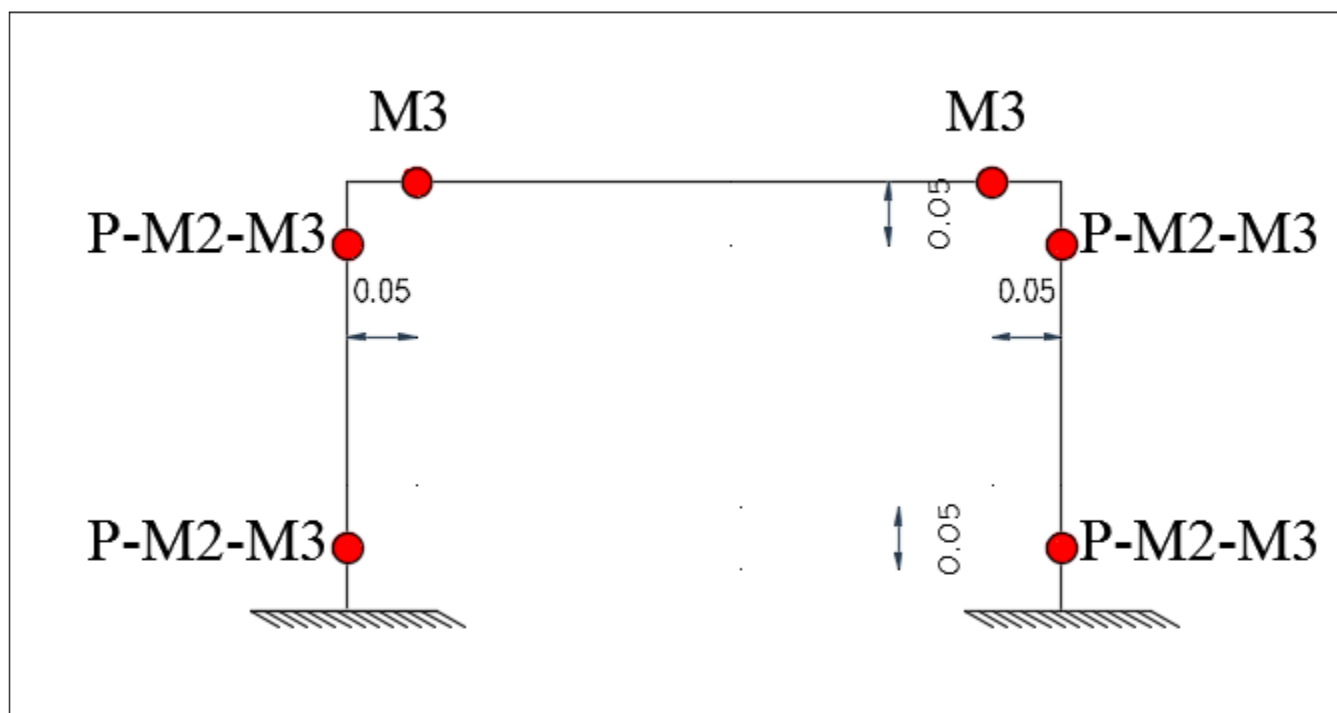
استفاده بی وقفه (Immediate Occupancy: IO): در این سطح عملکرد سازه آسیب جزئی دیده و قابل استفاده است. خرابی در این سطح عملکرد در حدی است که در بهره‌برداری سازه نمی‌تواند اختلال ایجاد نماید و بعد از زلزله قابل تعمیر است (خرابی محدود).

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.

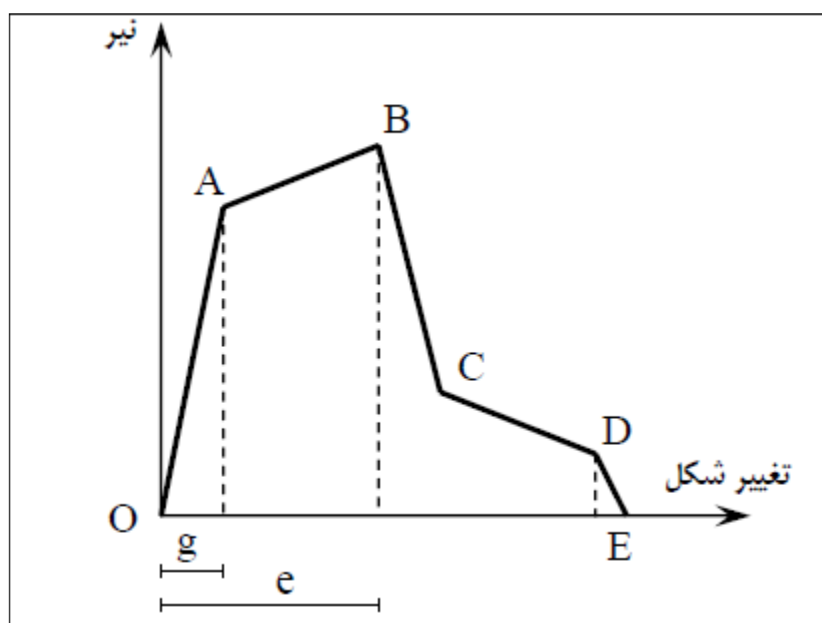


اختصاص مفاصل پلاستیک در برنامه ETABS

تلاش‌های تغییر شکل کنترل و نیرو کنترل

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

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

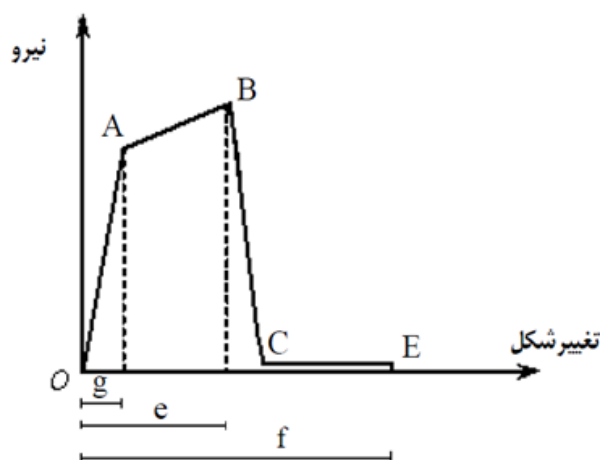


نمودار نیرو تغییر مکان

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 تغییر شکل کنترل محسوب می‌شوند.

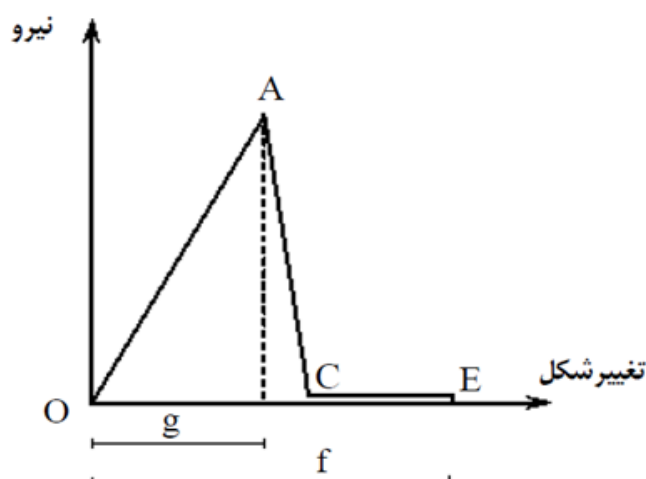


در رفتار نیمه شکل‌پذیر منحنی نیرو تغییر شکل دارای سه قسمت است. در قسمت اول (شاخه OA) رفتار ارتجاعی خطی است و در قسمت دوم (شاخه AB) رفتار خمیری با شیب مثبت یا منفی است. در قسمت سوم (شاخه BC) مقاومت به شدت کاهش یافته و نزدیک به صفر می‌رسد. برای آن که اعضای اصلی با رفتار فوق، تغییر شکل کنترل محسوب شوند،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



منحنی رفتار جزء نیمه شکل‌پذیر

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 می‌رسد. اعضای اصلی با رفتاری مطابق شکل زیر نیرو کنترل محسوب می‌شوند. اما اعضای غیراصلی که رفتاری دارند با نسبت $\frac{f}{g}$ بزرگتر از ۲، تغییر شکل کنترل محسوب می‌شوند.



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- قاب های خمشی		
تیر ها	لنگر خمشی (M)	برش (V)
ستون ها	---	نیروی محوری (P) و برش (V)
اتصالات	---	برش (V)
۲- دیوار های برشی	لنگر خمشی (M) و برش (V)	نیروی محوری (P)
۳- قاب های مهاربندی شده		
مهاربند ها	نیروی محوری (P)	---
تیر ها	---	نیروی محوری (P)
ستون ها	---	نیروی محوری (P)
۴- اجزای اتصالات	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P) ^۲	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)
۵- دیافراگم ها	لنگر خمشی (M) و برش (V) ^۳	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.

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:

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L] \quad (1-3)$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (2-3)$$

که در آن Q_D بار مرده و Q_L بار زنده موثر براساس استاندارد ۵۱۹ می باشد.

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

$$G_2 = 0.9Dead$$



Load Case Data



General

Load Case Name	QG1
Load Case Type	Nonlinear Static
Exclude Objects in this Group	Not Applicable
Mass Source	Previous

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	Modal	
Geometric Nonlinearity Option	None	
Load Application	Full Load	Modify/Show...
Results Saved	Final State Only	Modify/Show...
Nonlinear Parameters	Default	Modify/Show...

OK

Cancel

الگوی بار ثقیلی G1



Load Case Data

General

Load Case Name: QG2 [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: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	0.9

[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...]

[OK] [Cancel]

الگوی بار ثقلی G2



ب) الگوهای بار یکنواخت

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

Info 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)



Load Case Data

General

Load Case Name: UniformX-QG2 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: QG2

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Acceleration	UX	-1

Info 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 G2 (UniformX-G2)



Load Case Data



General

Load Case Name	UniformY-QG1
Load Case Type	Nonlinear Static
Exclude Objects in this Group	Not Applicable
Mass Source	Previous

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: 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)



Load Case Data

General

Load Case Name: UniformY-QG2 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: QG2

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Acceleration	UY	-1

Info 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 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

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

Click to:

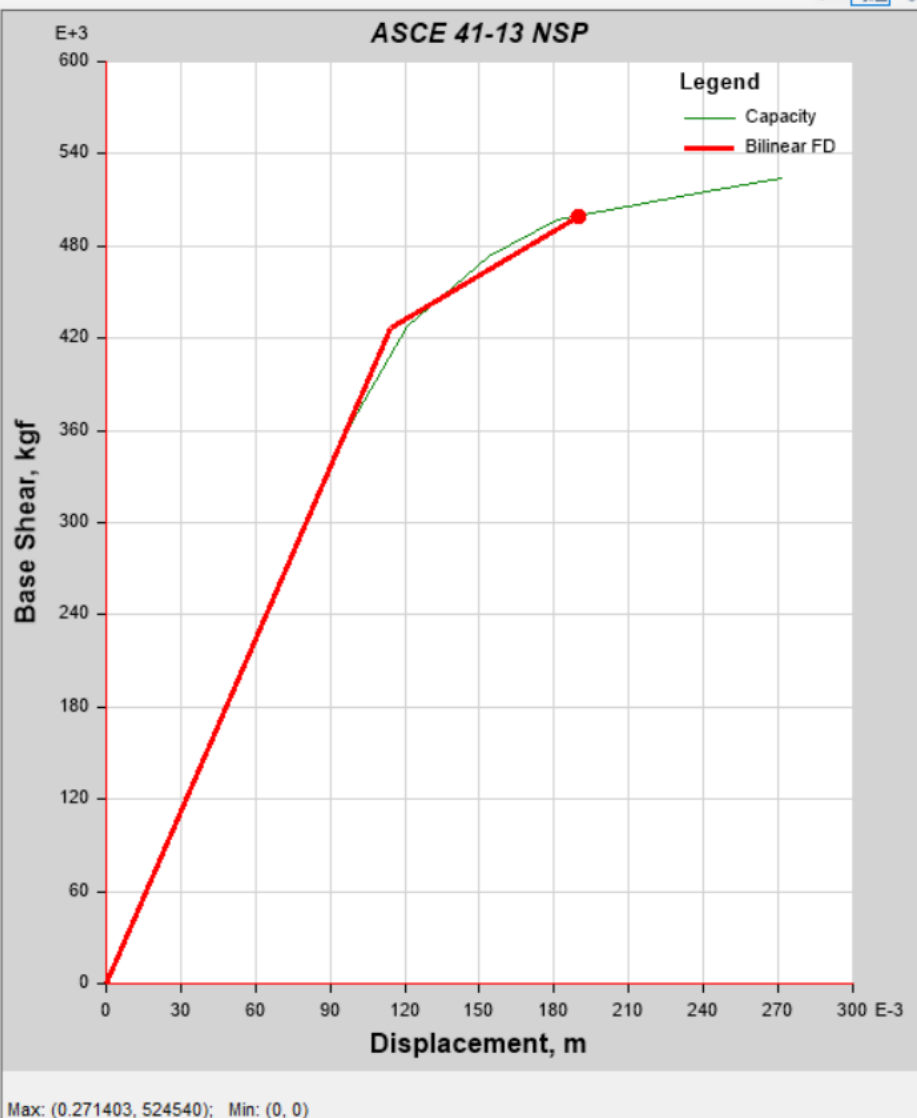
تحلیل سازه



▼ Name	
Name	Pushover2
▼ Plot Definition	
Plot Type	ASCE 41-13 NSP
Load Case	UniformX-QG1
Legend Type	Integrated
▼ Demand Spectrum	
Damping Ratio	0.05
Spectrum Source	Defined Function
Function Name	II-A=0.3
SF (m/sec ²)	2.943
Ts (sec)	1
Include SSI	No
C2 Type	Default Value
Cm Type	Default Value
> Capacity Curve	
> Bilinear Force-Displacement Curve	
▼ Target Displacement Results	
Displ. (m)	0.189604
Shear (kgf)	499290.46
▼ Calculated Parameters	
C0	1.26688
C1	1
C2	1
Sa, g	0.320533
Te (sec)	1.375
Ki (kgf/m)	3744745.05
Ke (kgf/m)	3744745.05
Ti (sec)	1.375
Alpha	0.255978
uStrength	2.192125
Dy (m)	0.11397
Vy (kgf)	426790.28
Weight (kgf)	2918819.81
Cm	1

SF (m/sec²)

The scale factor applied to the acceleration values in the response spectrum.



نمودار پوش آور دوخطی سازه تحت بار UniformX-QG1

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

$$S_a = 0.3205$$

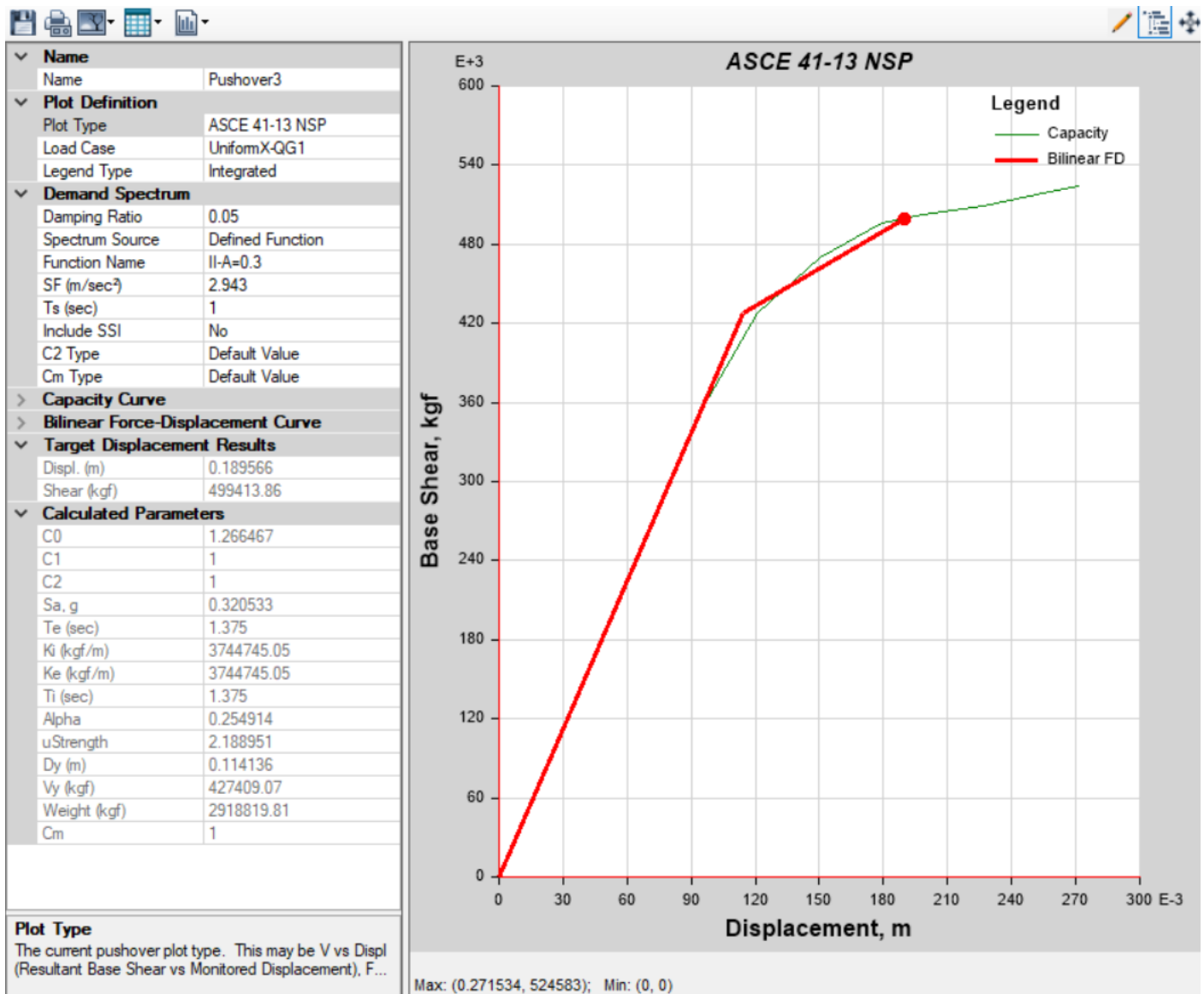
$$C_0 = 1.26688$$



اصلاح تغییر مکان هدف

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

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



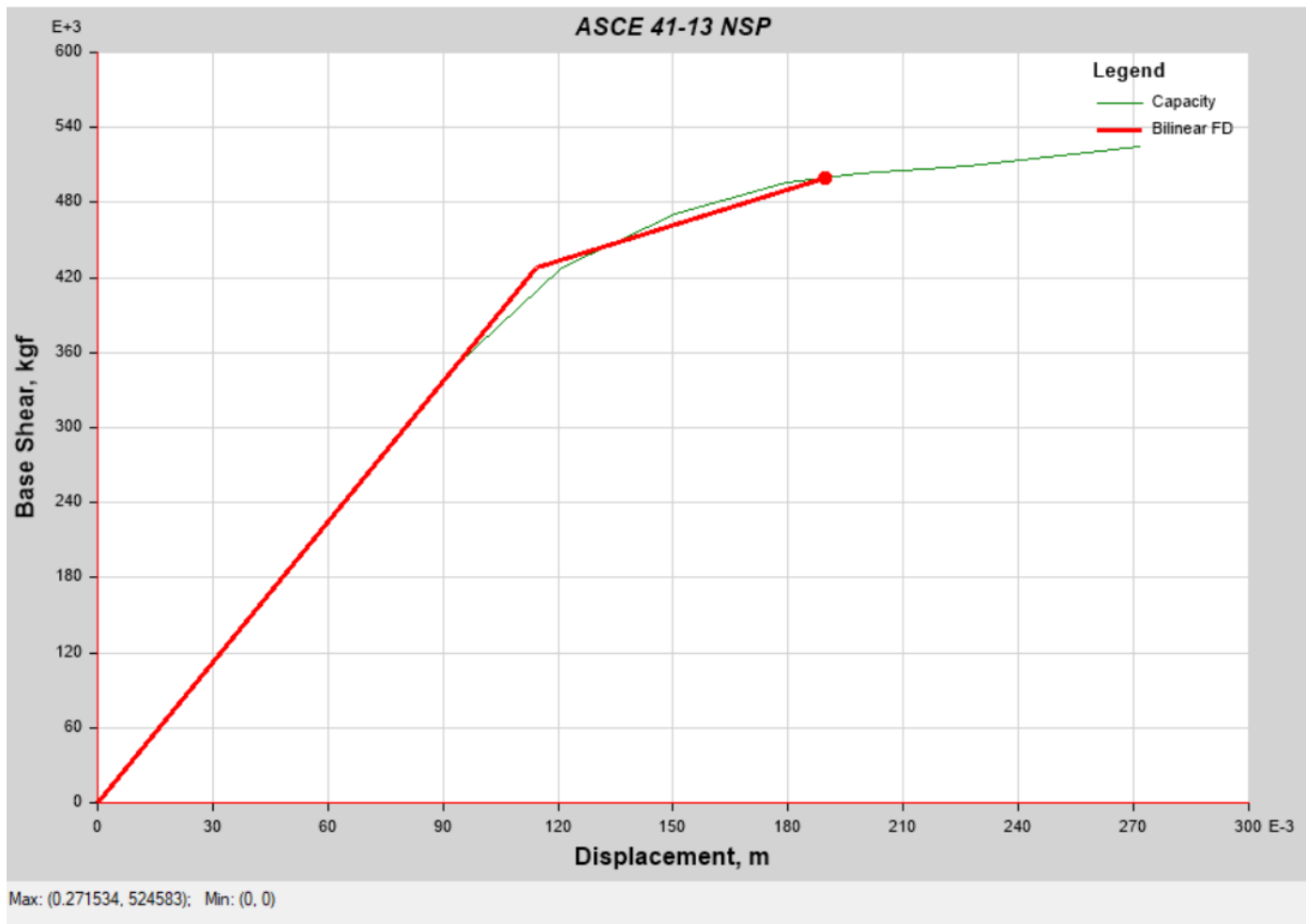
اصلاح تغییر مکان هدف در الگوهای بارگذاری



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

کنترل نمودار پوش آور

ASCE 41-13 NSP - Graph



نمودار پوش آور

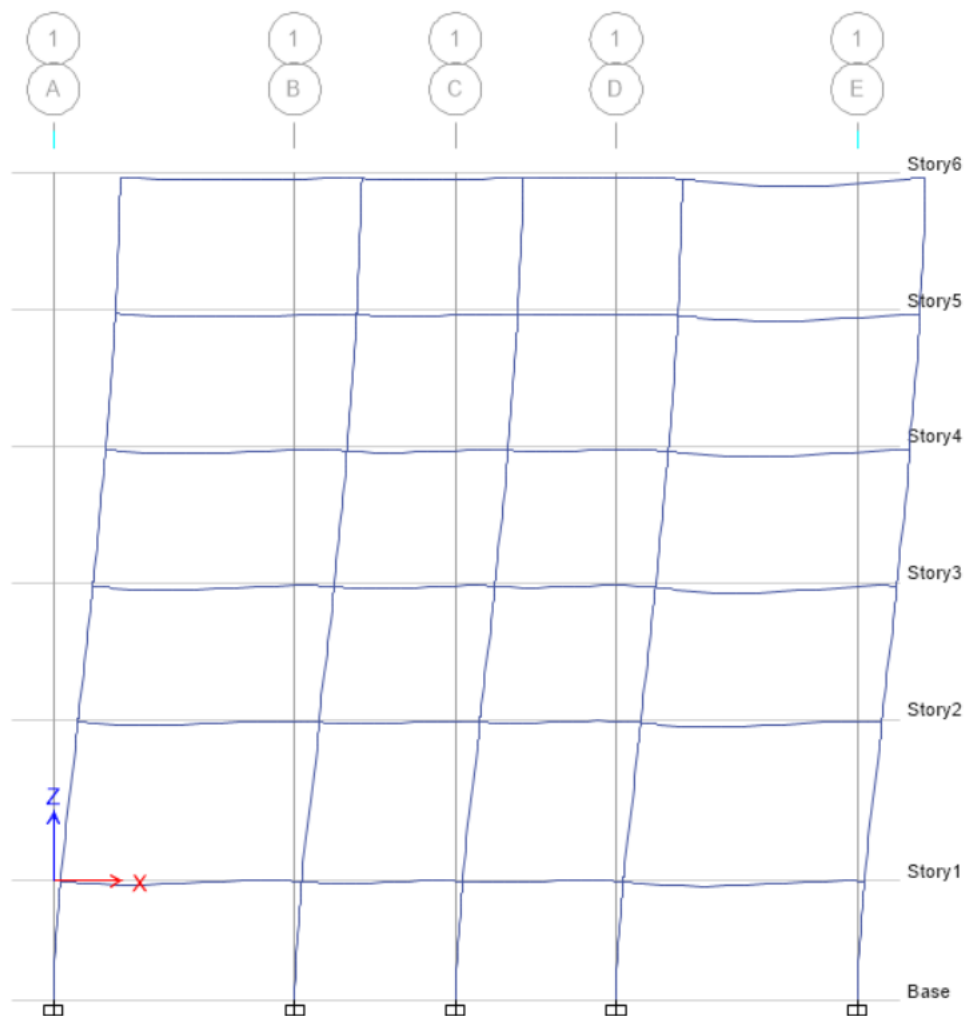
✓ مطابق نمودار مشاهده می شود عمده رفتار سازه در مرحله خطی بوده و در مرحله غیرخطی دوام کمتری داشته و

احتمالا در مرحله تشکیل مفاصل مشاهده خواهیم کرد که سازه نیاز به مقاومسازی خواهد داشت.



مراحل تشکیل مفاصل پلاستیک

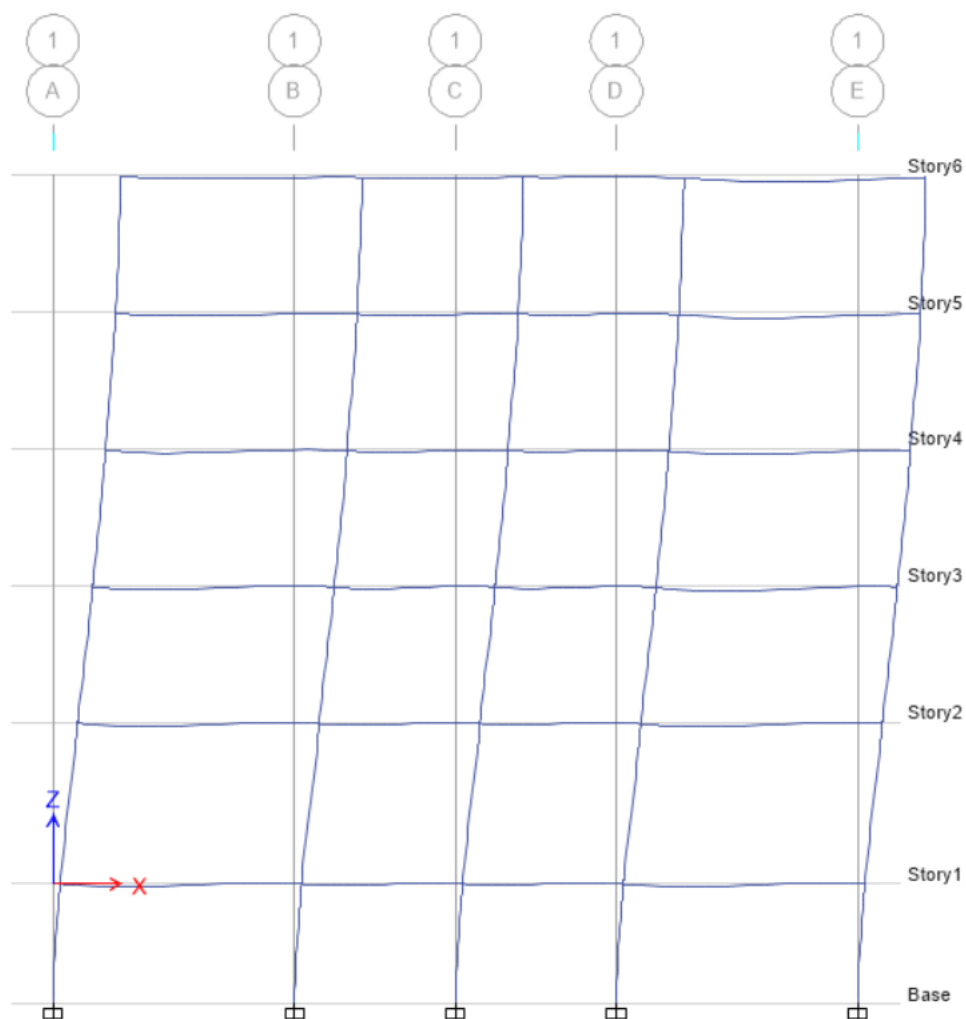
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 1/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام اول)



Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 2/12 [m]

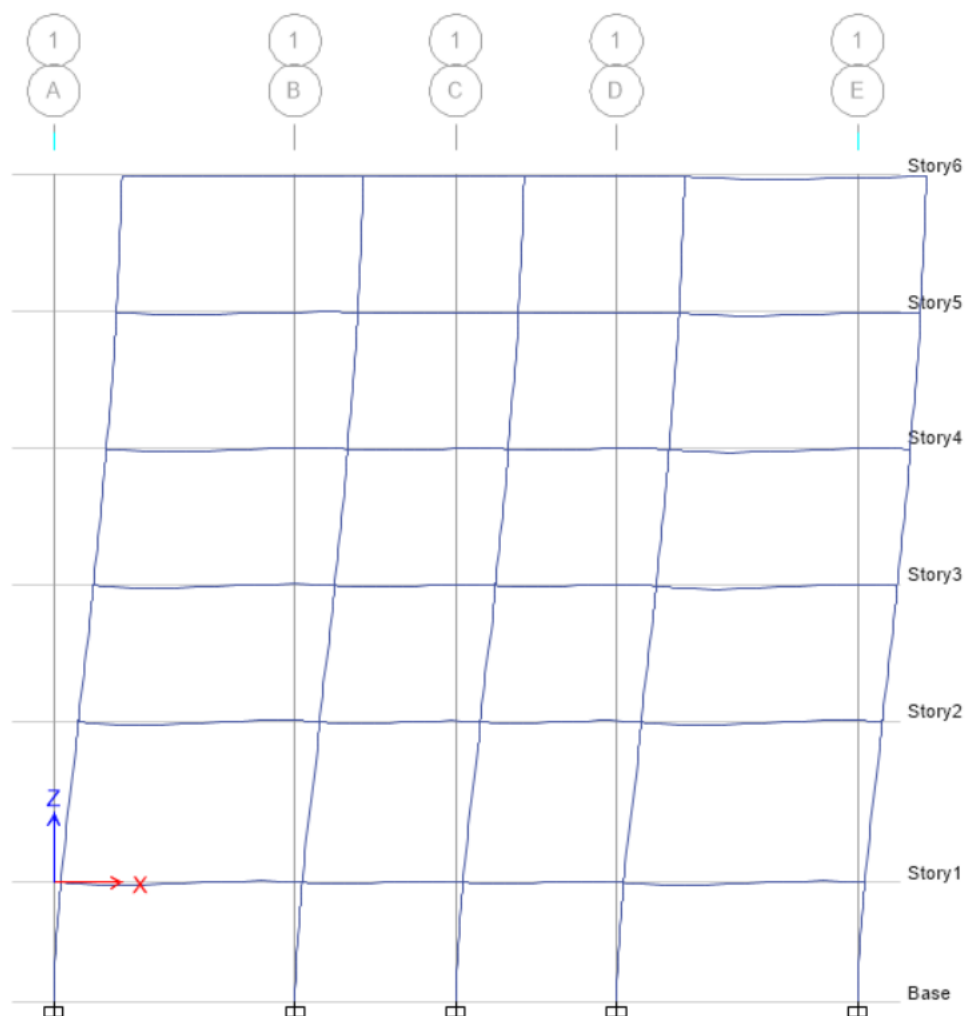


تشکیل مفاصل پلاستیک (گام دوم)



Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 3/12 [m]

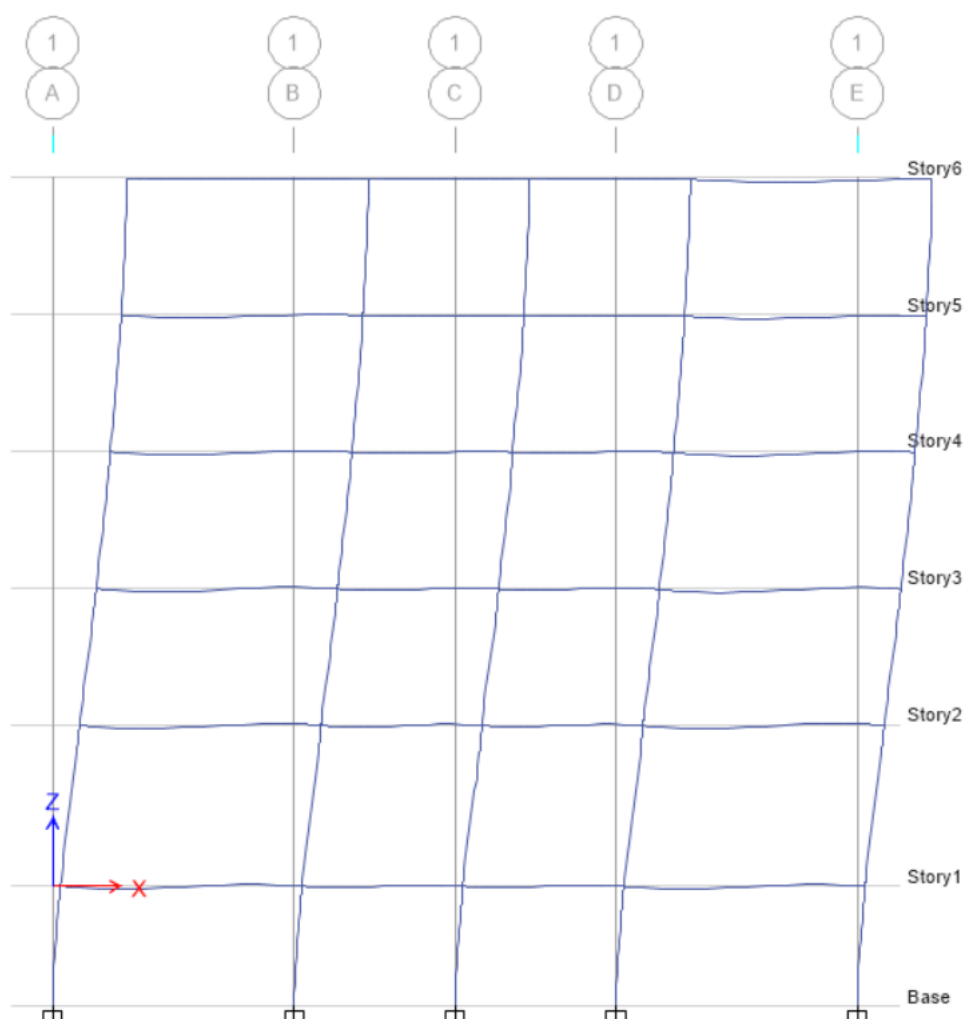
X



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام سوم)



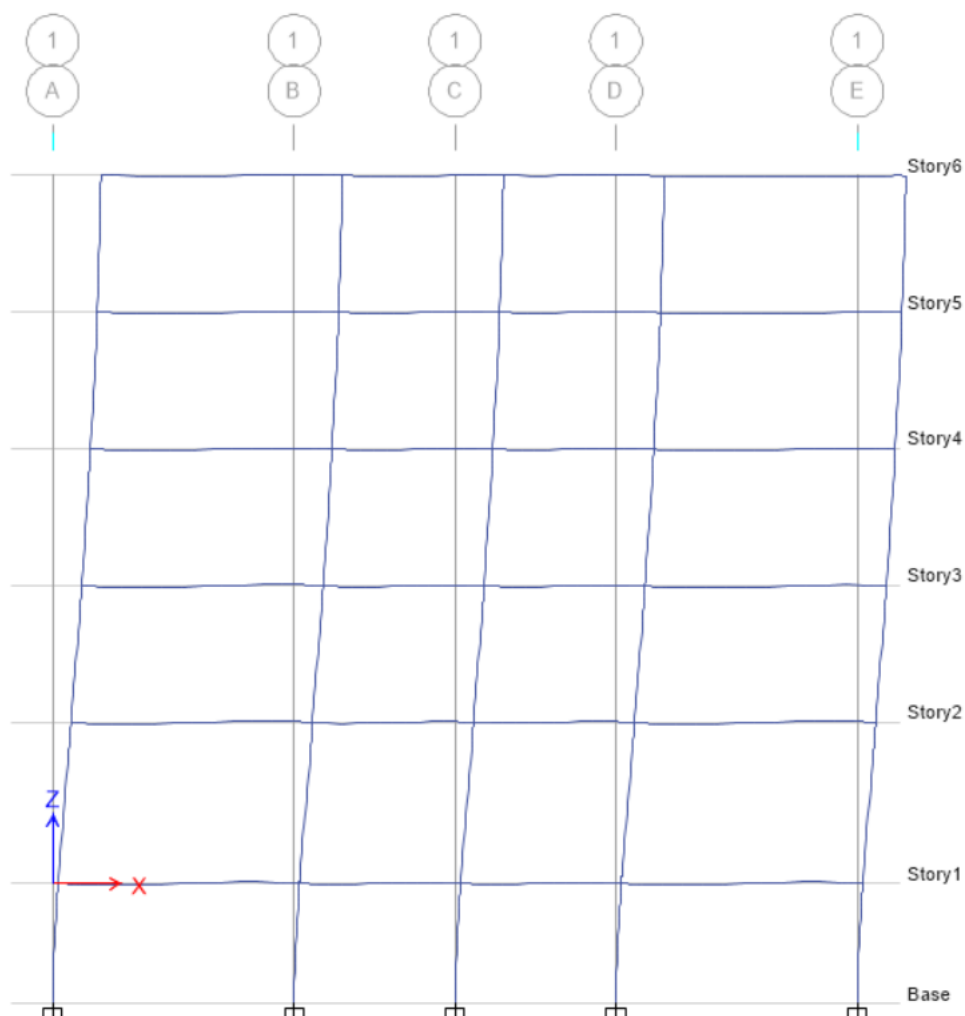
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 4/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام چهارم)



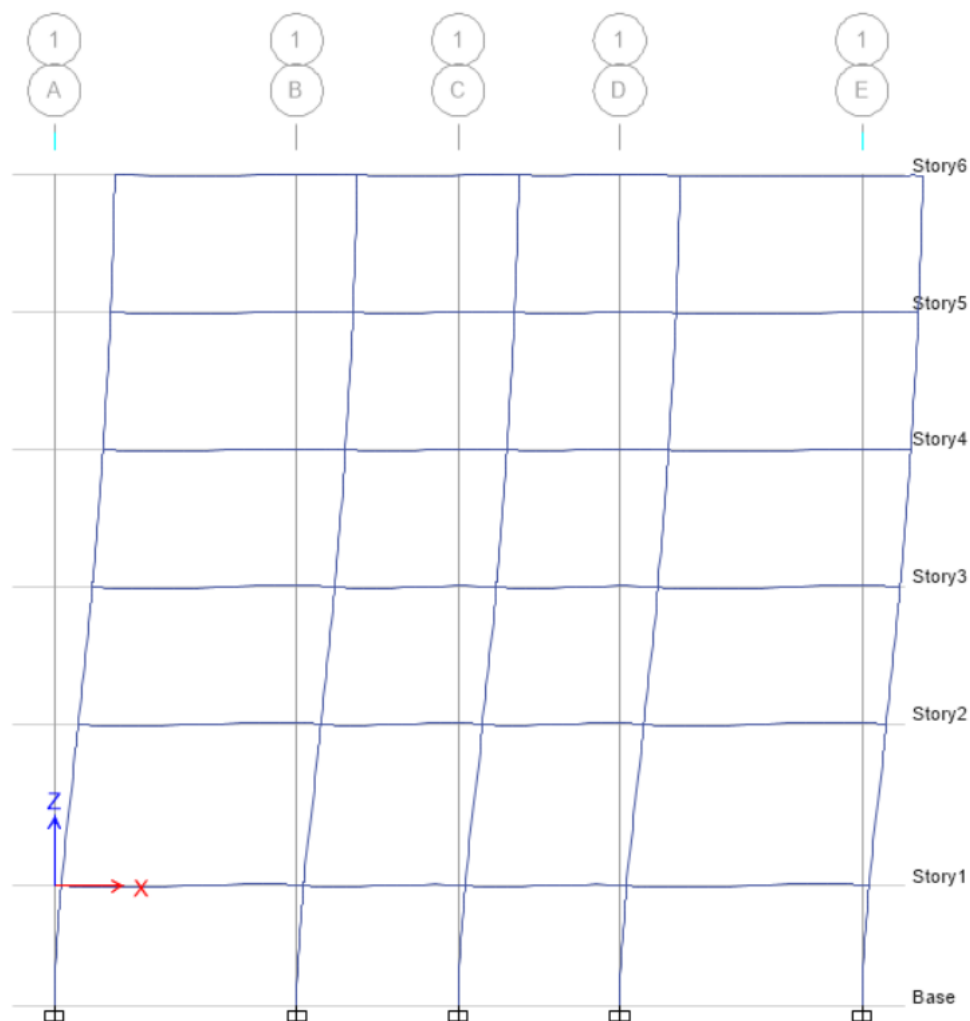
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 5/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام پنجم)



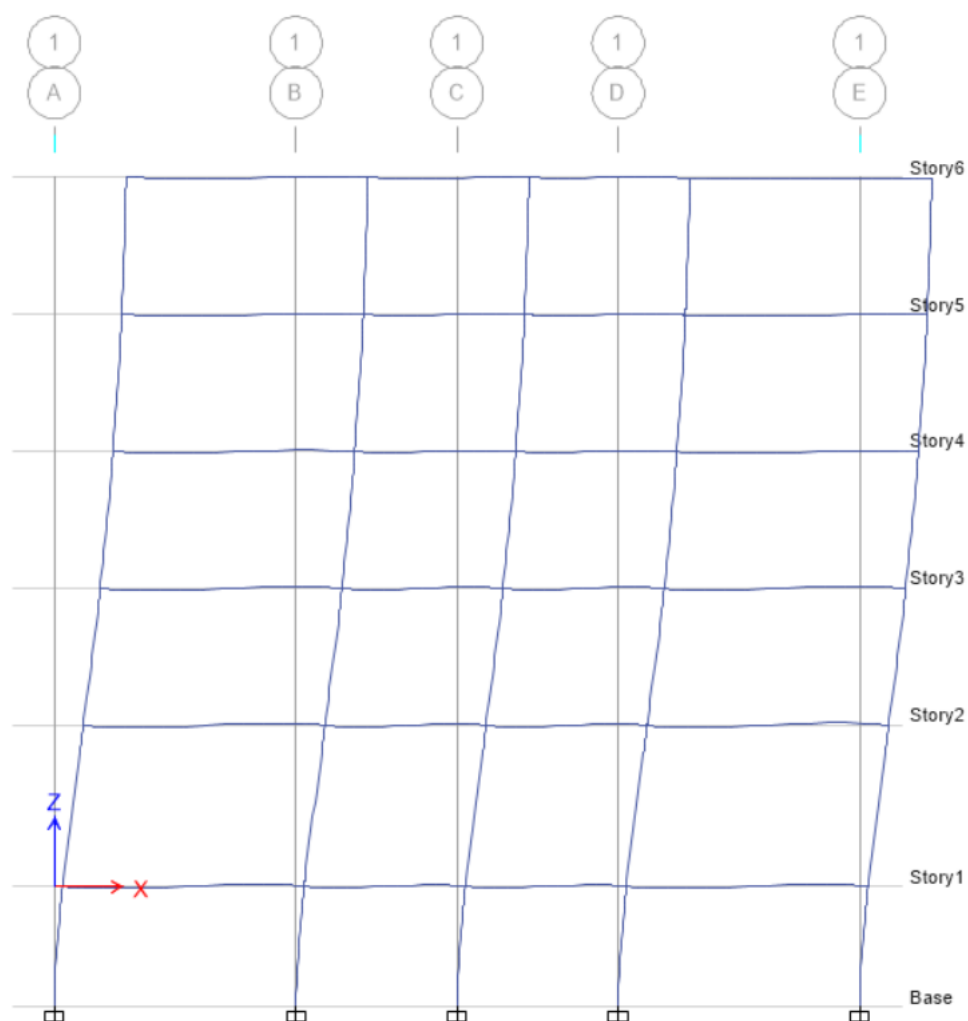
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 6/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام ششم)



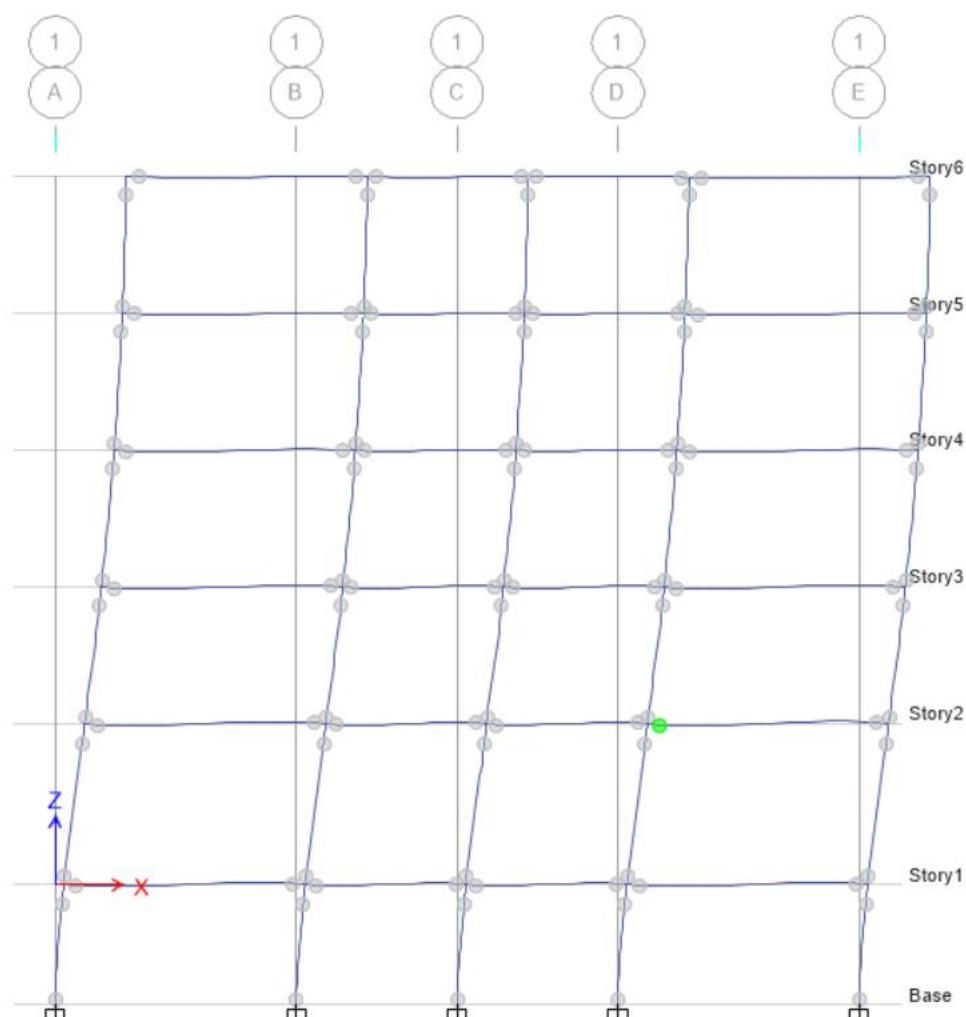
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 7/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام هفتم)



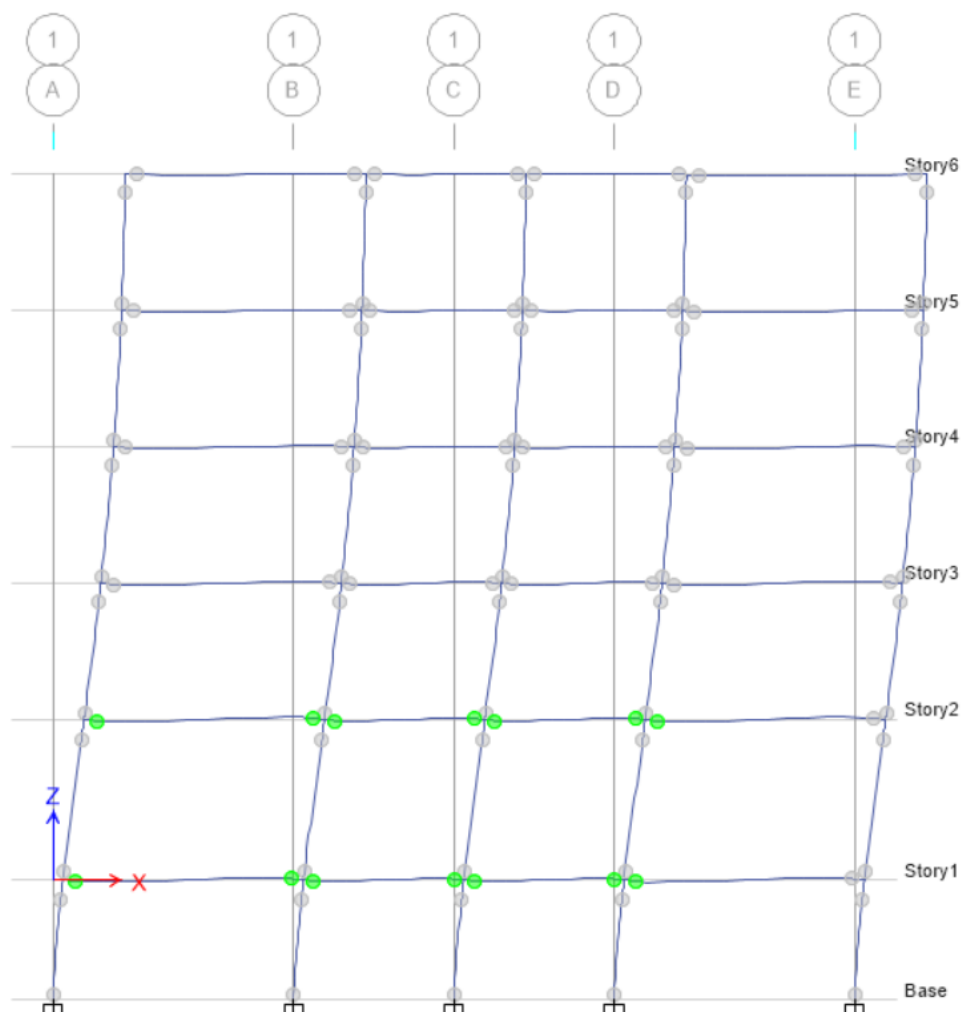
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 8/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام هشتم)



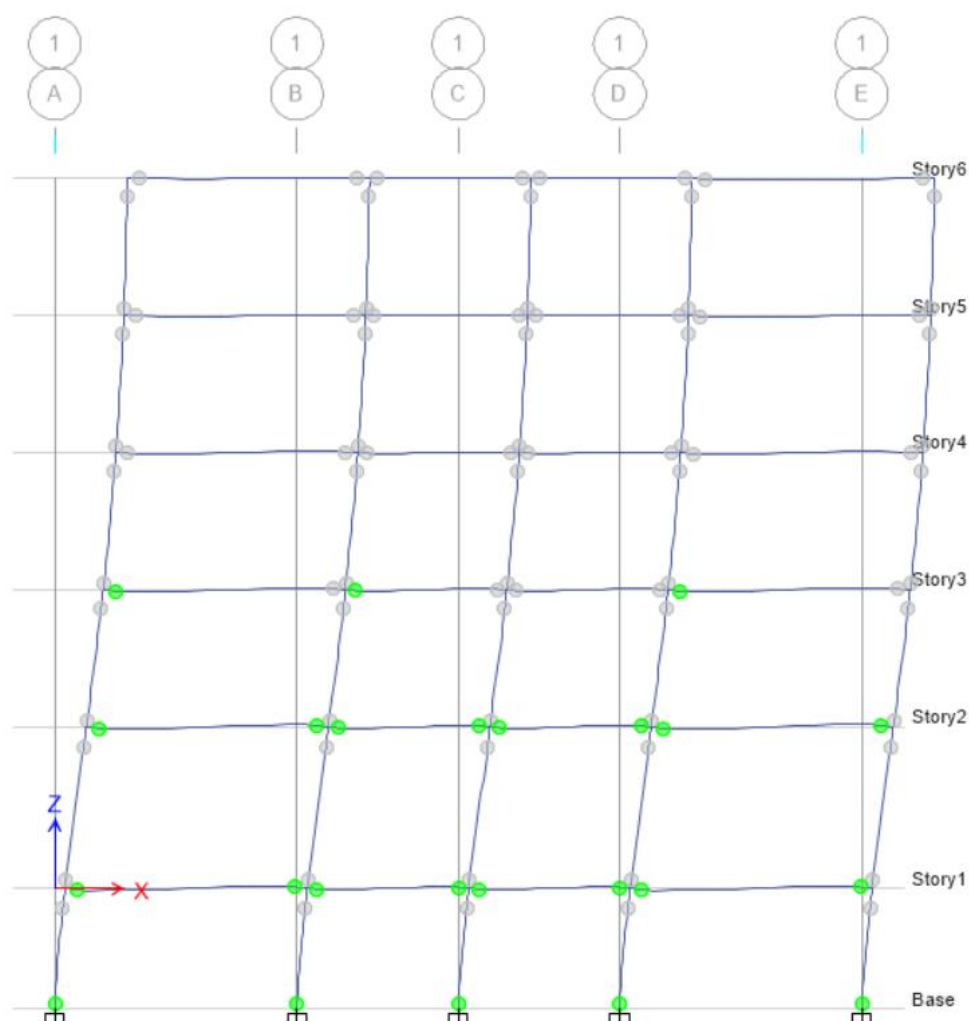
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 9/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام نهم)



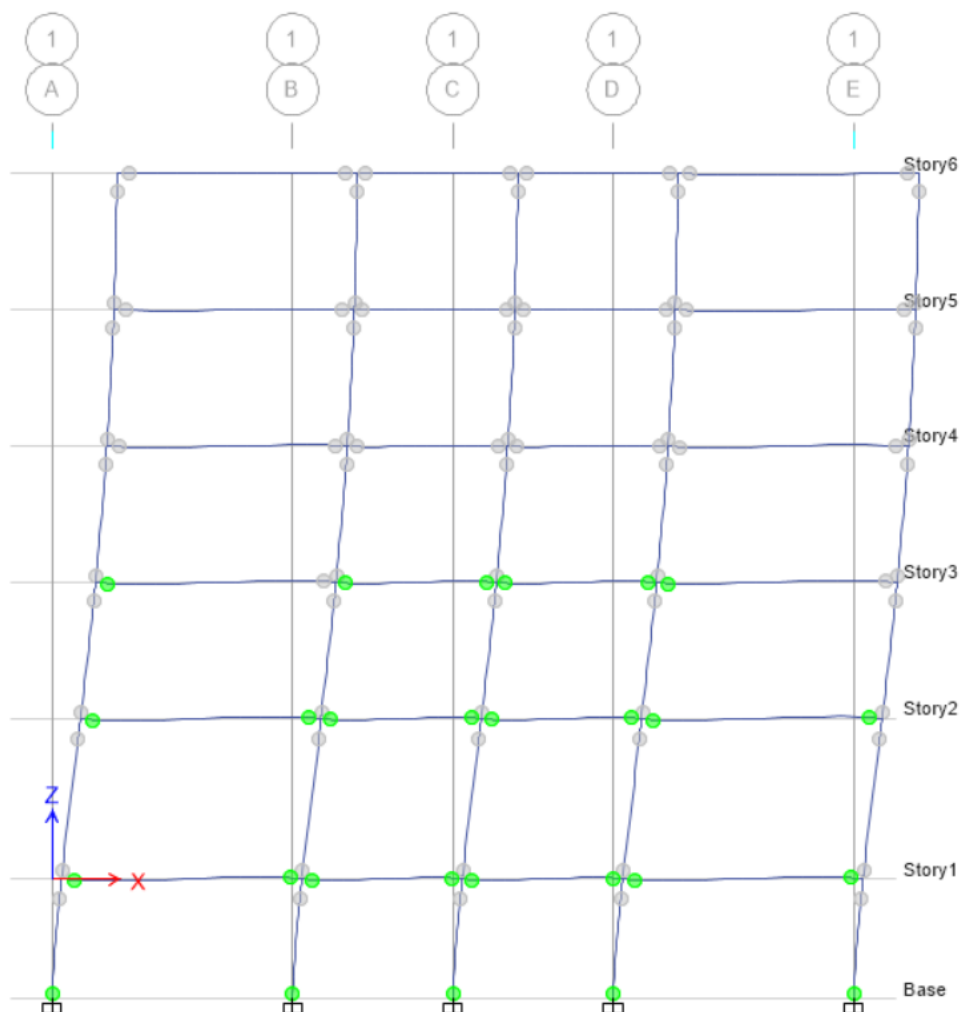
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 10/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام دهم)



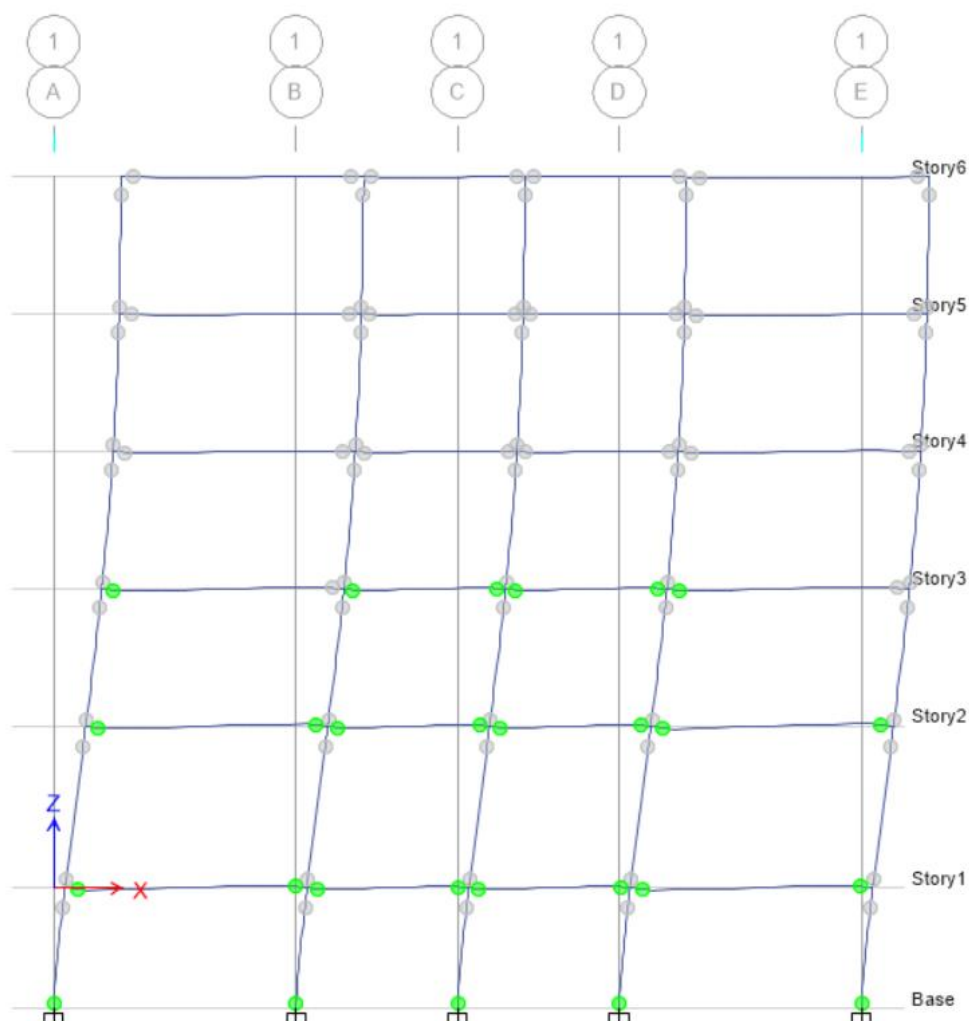
Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 11/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام یازدهم)



Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 12/12 [m]



تشکیل مفاصل پلاستیک (گام دوازدهم-گام آخر)



مقاوم سازی سازه

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		
		$\bar{C}_u (kPa)$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{v}_s (m/s)$
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانه 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	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 $T=0.05xH^{0.9}x(1)=$ 0.761		
$T_s =$	0.7			
$S =$	1.75	$T =$ Min (تحلیلی، ۰.۲۵ 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

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



محاسبه ضریب زلزله در جهت Y

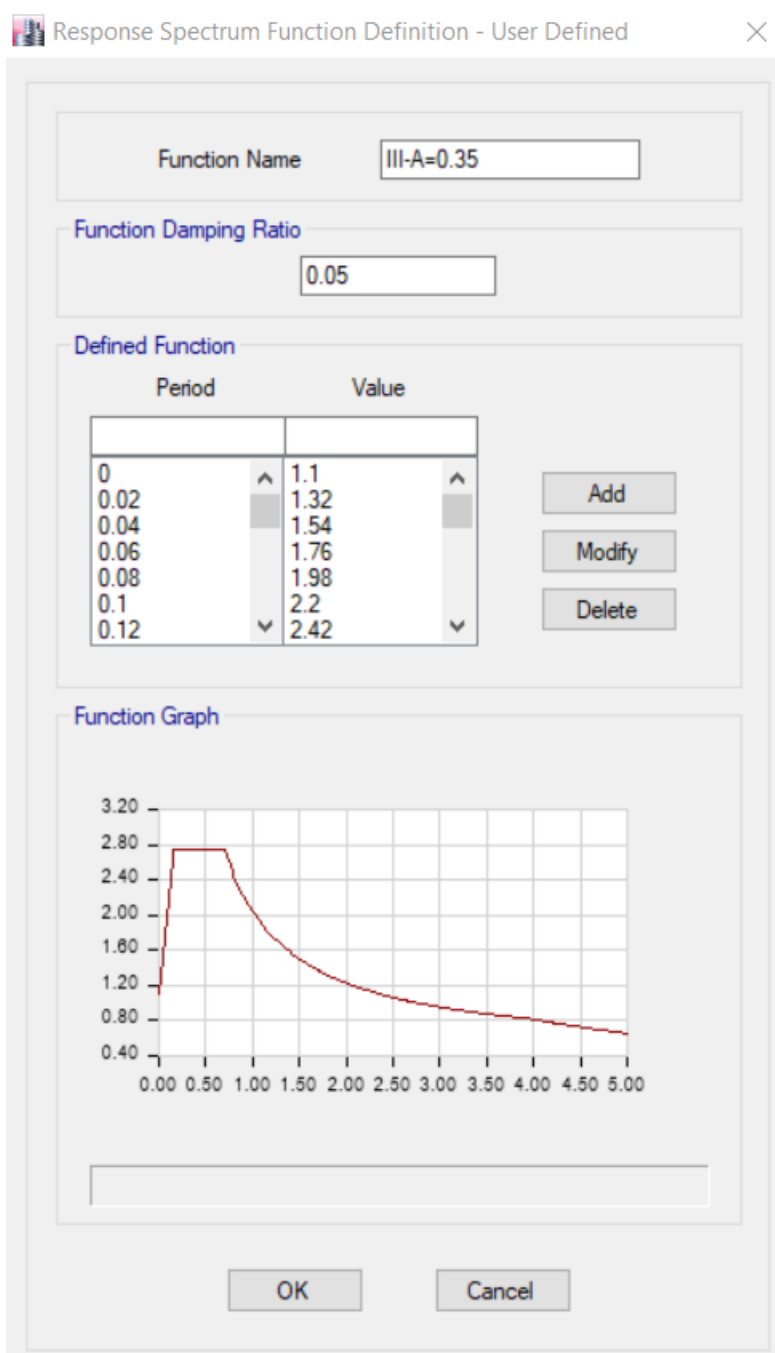
نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل	مرکز جمعیتی	
	استان	
	آذربایجان شرقی	تبریز
ضریب اهمیت ساختمان	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	$A = 0.35$
	ساختمان با اهمیت متوسط	$I = 1.0$

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

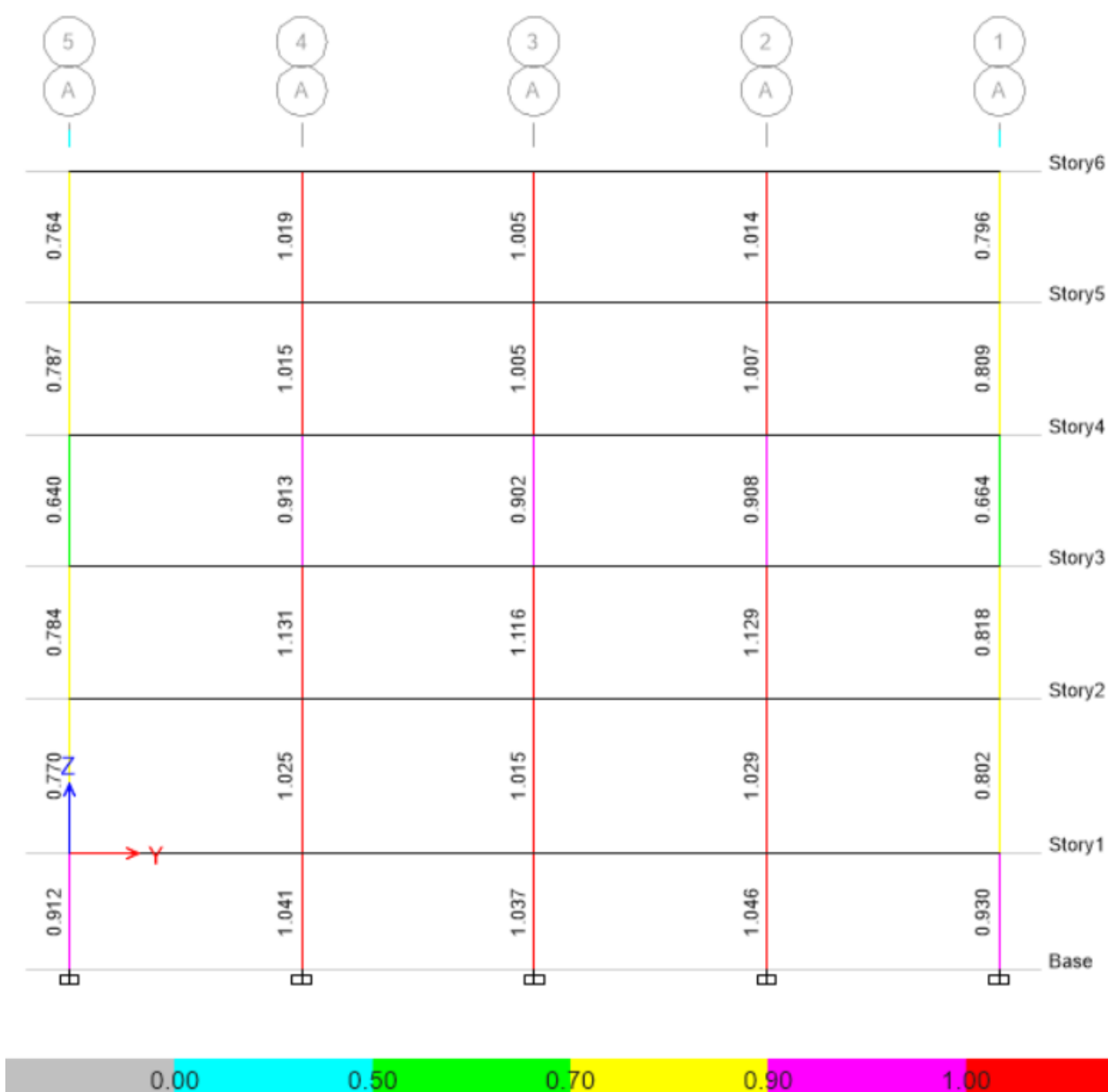
ضریب بازتاب سازه B			
ارتفاع ساختمان از تراز پایه $H =$		نوع زمین	III
سازه میانقاب دارد؟		نوع سیستم	قاب خمشی بتنی
$T_0 =$	0.15	زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی	$T = 0.05 \times H^{0.9 \times (1)} = 0.761$
$T_s =$	0.7		
$S =$	1.75	$T = \text{Min (تحلیلی، ۰.۲۵ تجربی)} = 0.951$	0.951
$S_0 =$	1.1		
T_{ETABS}	زمان تناوب نرم افزار		
ضریب اصلاح طیف		$N = 0.7 / (4 - TS) * (T - TS) + 1 =$	1.053
ضریب شکل طیف		$BI = (S + 1) (Ts / T) =$	2.023
		$B = B_1 N =$	2.13124

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

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



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



نسبت نیرو به ظرفیت قاب A



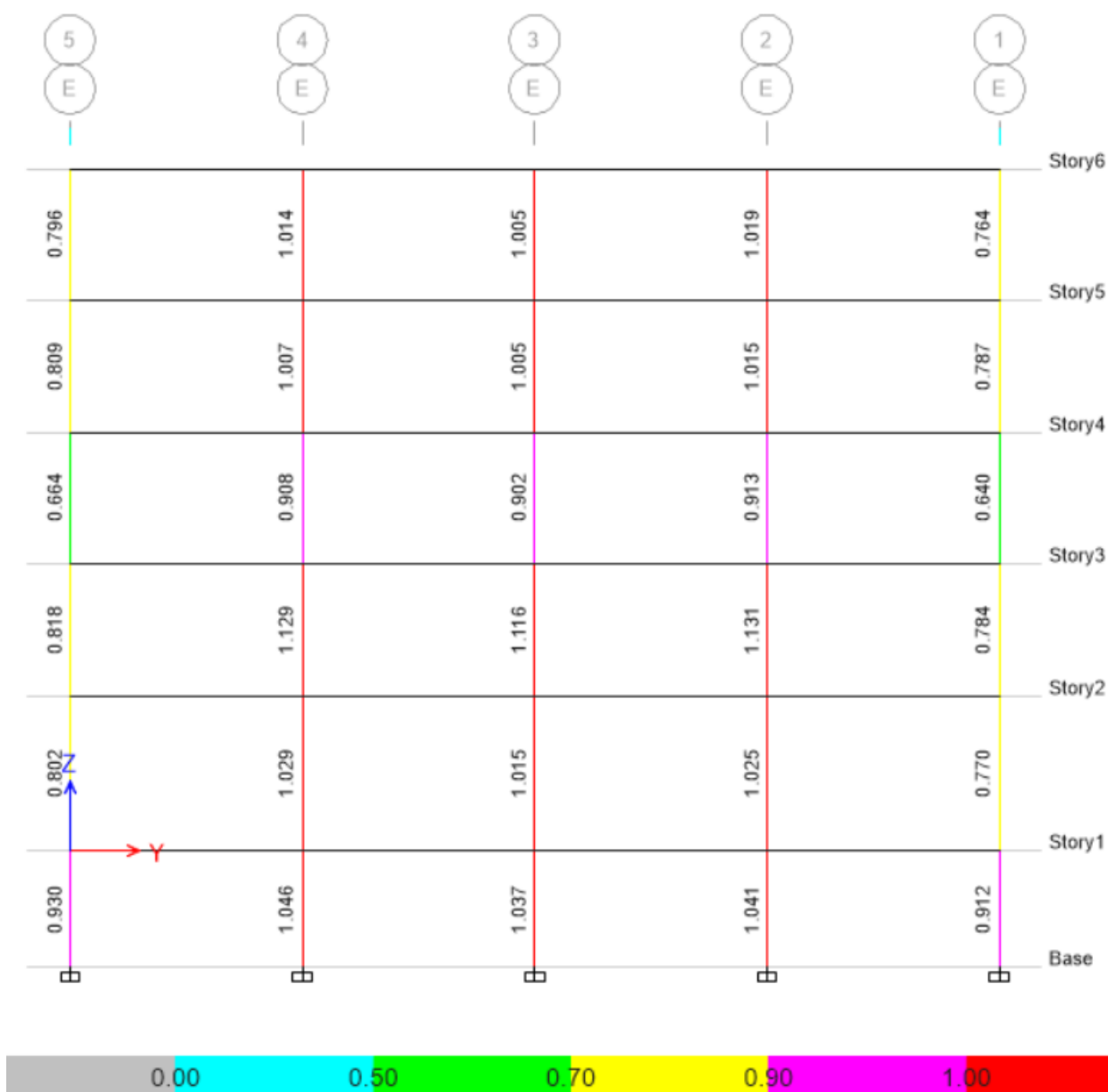
نسبت نیرو به ظرفیت قاب B



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 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 سستم 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)

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

برای خاک نوع سه $T_s = 0.7$



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 (۳-۱-۳) در نظر گرفته شود.

$$C_3 = 1$$

محاسبه S_a :

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

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

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



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

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

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

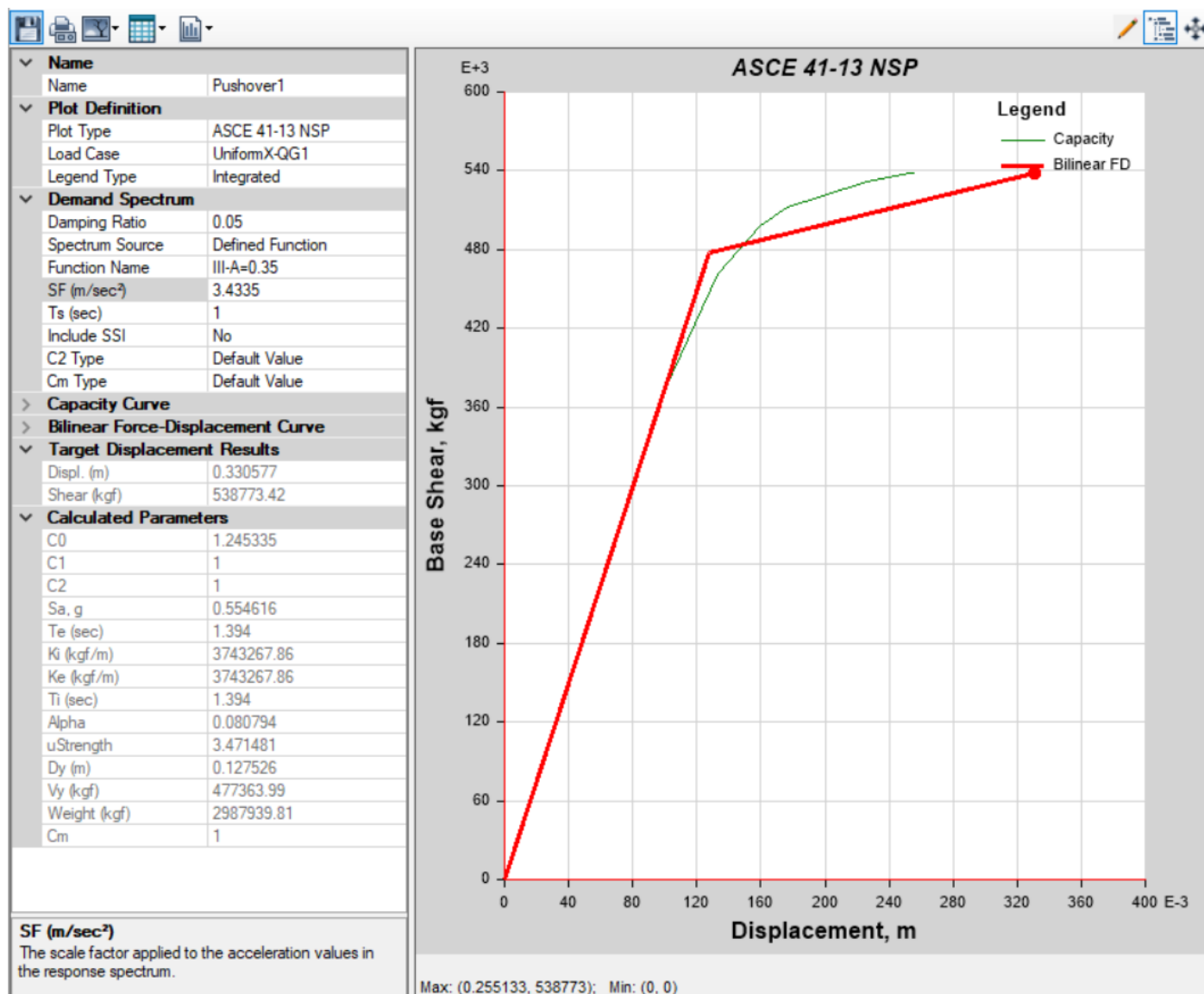
محاسبه تغییر مکان هدف:

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

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

مطابق آئین نامه بایستی مقادیر تغییر مکان هدف در مقدار $1/5$ ضرب شوند تا رفتار اعضا لرزه‌بر پس از رسیدن به مقادیر تغییر مکان هدف پیش بینی گردد.

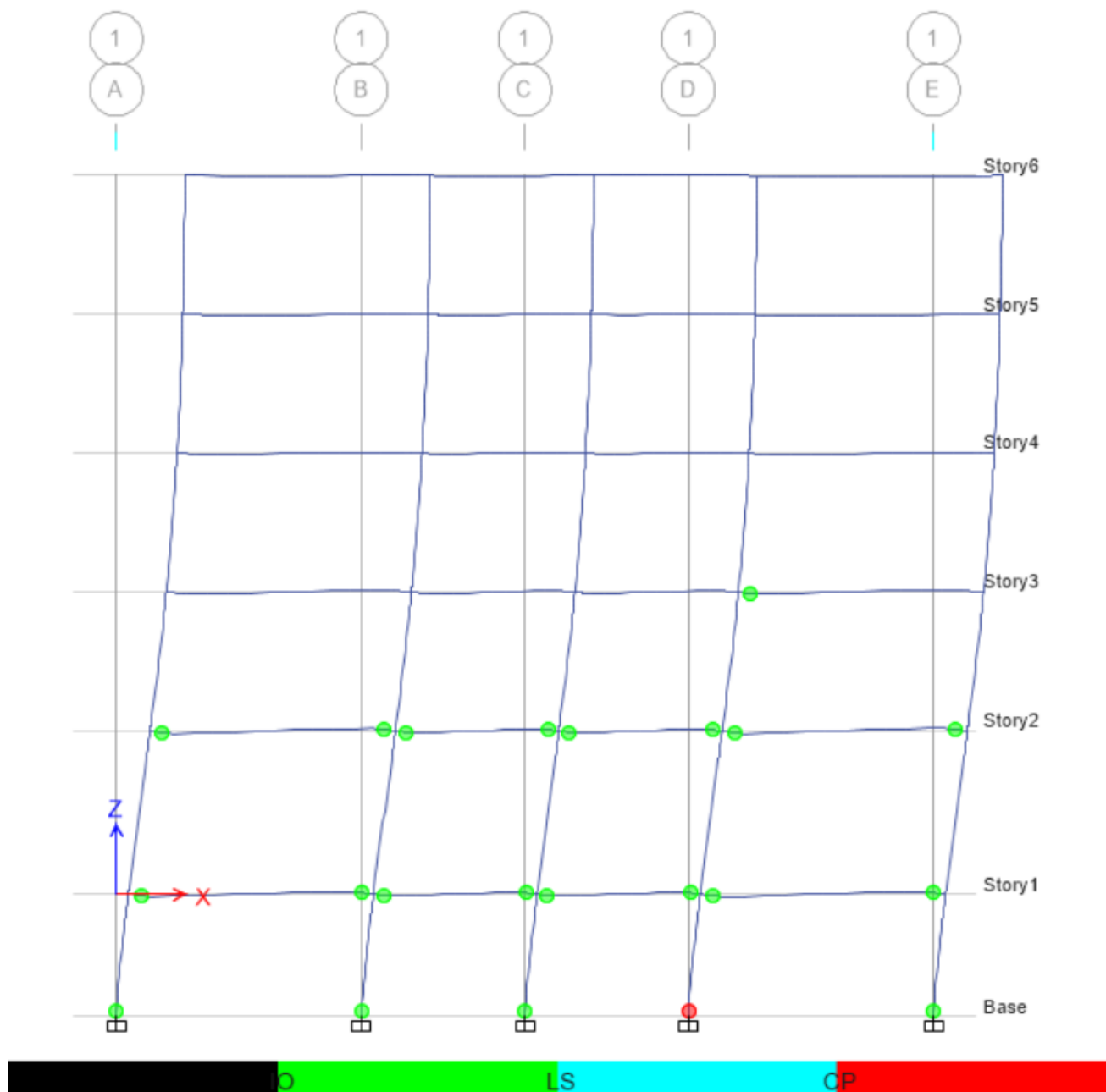
$$1.5\delta_t = 1.5 \times 52.3 = 78.5 \text{ cm}$$



نمودار پوش سازه

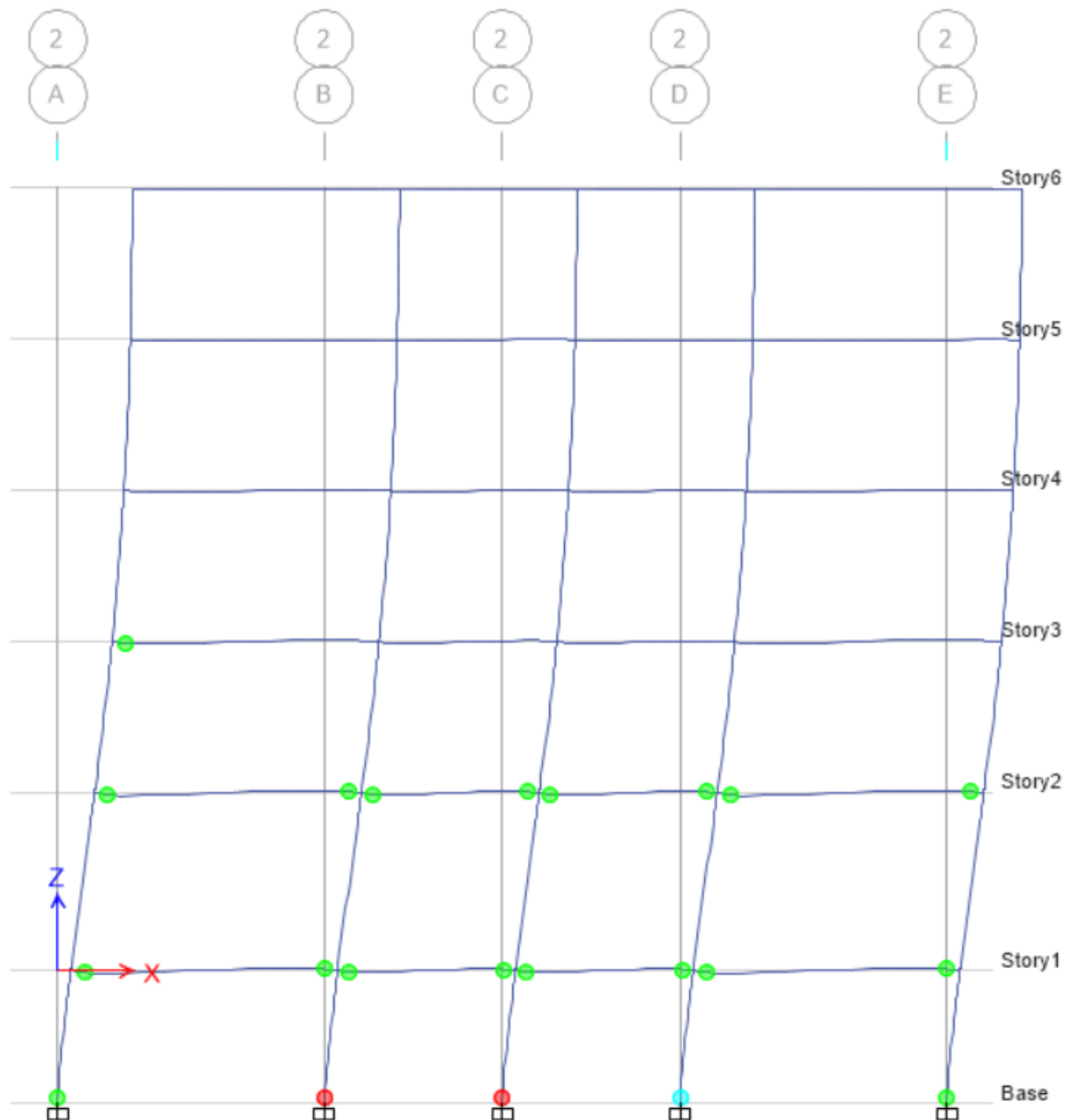


Elevation View - 1 - Displacements (UniformX-QG1) Step 9/9 [m] X



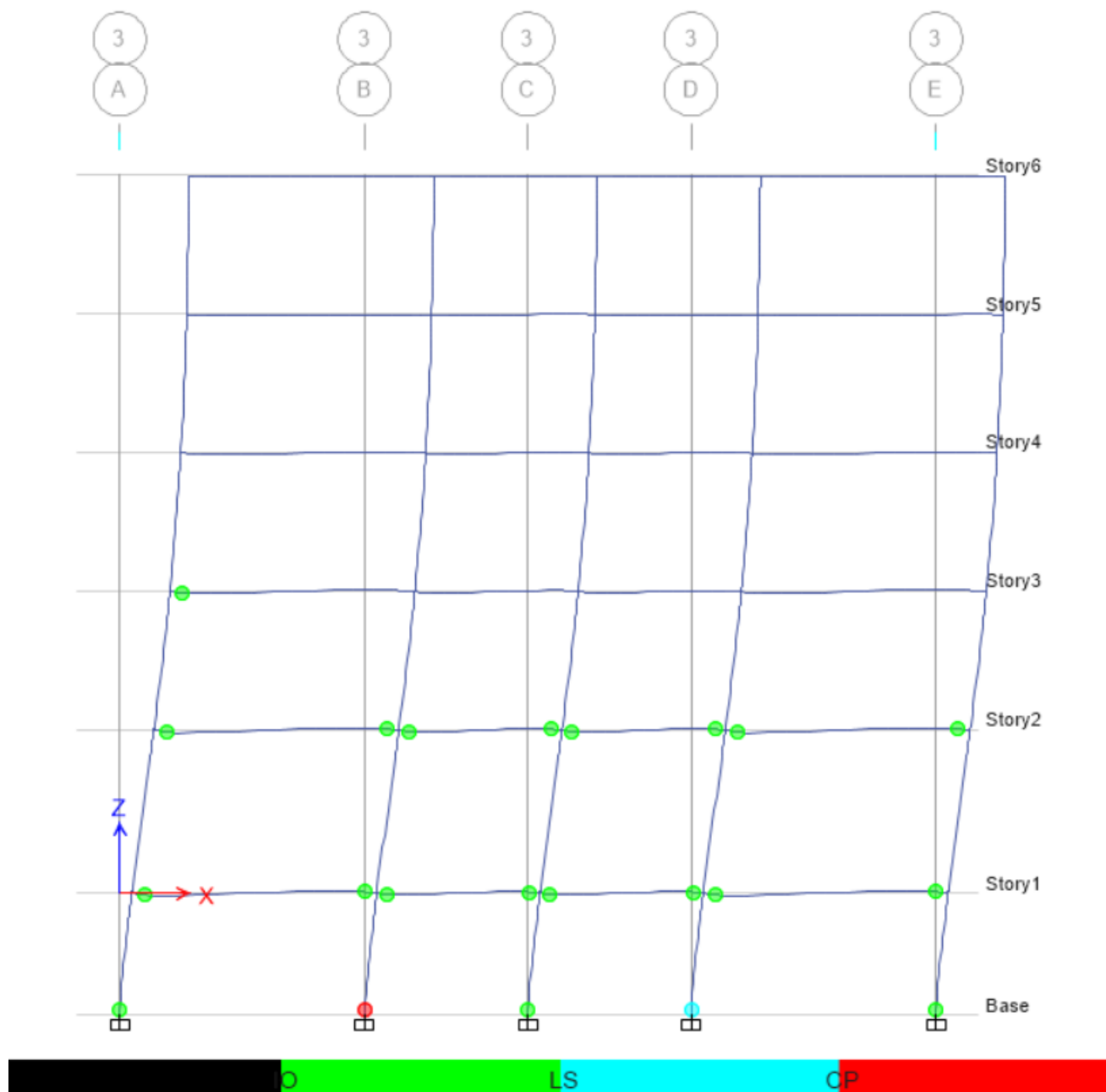


Elevation View - 2 - Displacements (UniformX-QG1) Step 9/9 [m]



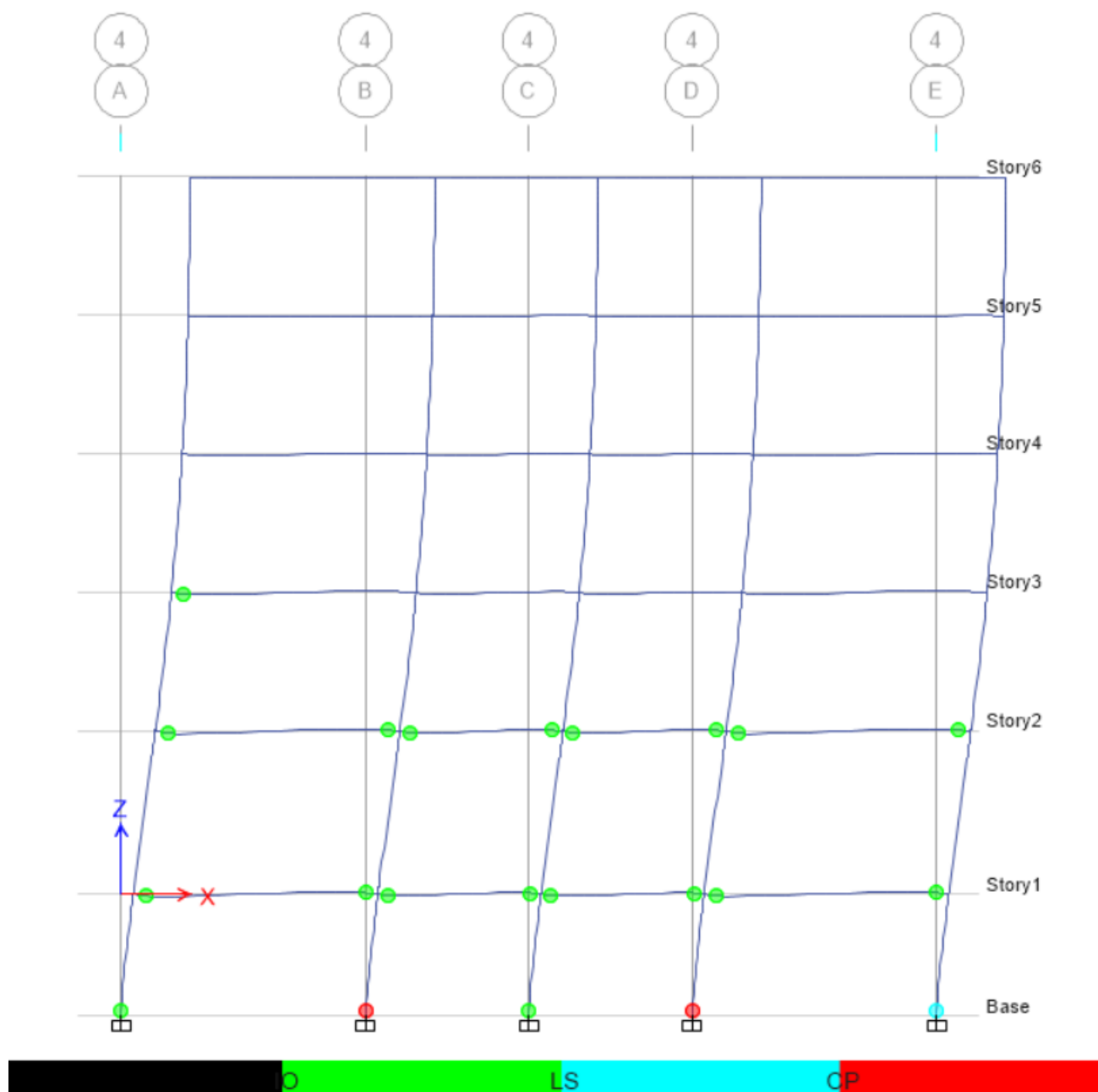


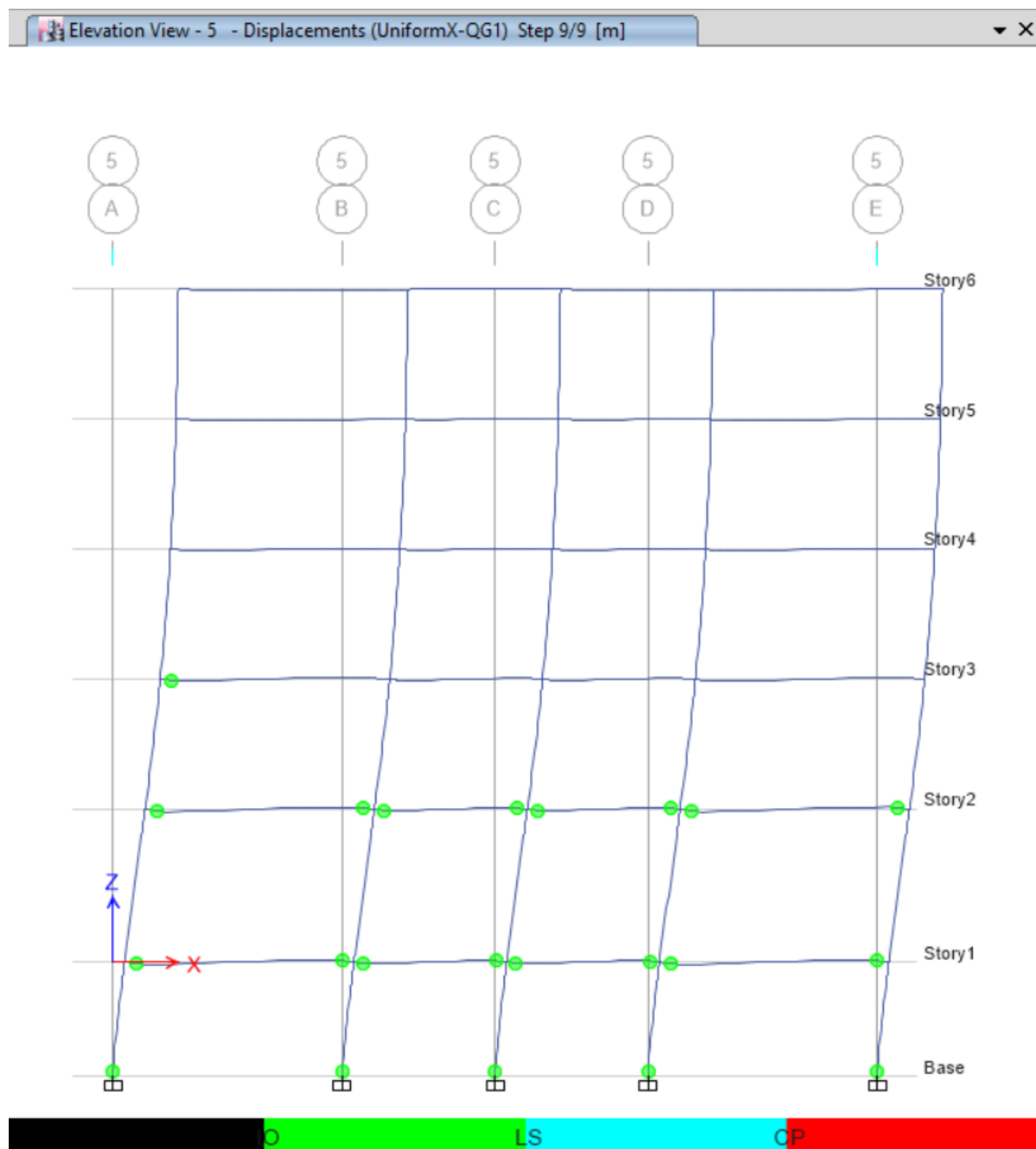
Elevation View - 3 - Displacements (UniformX-QG1) Step 9/9 [m]





Elevation View - 4 - Displacements (UniformX-QG1) Step 9/9 [m]





مفاصل پلاستیک سازه در گام آخر



مقاوم سازی با استفاده از الیاف FRP

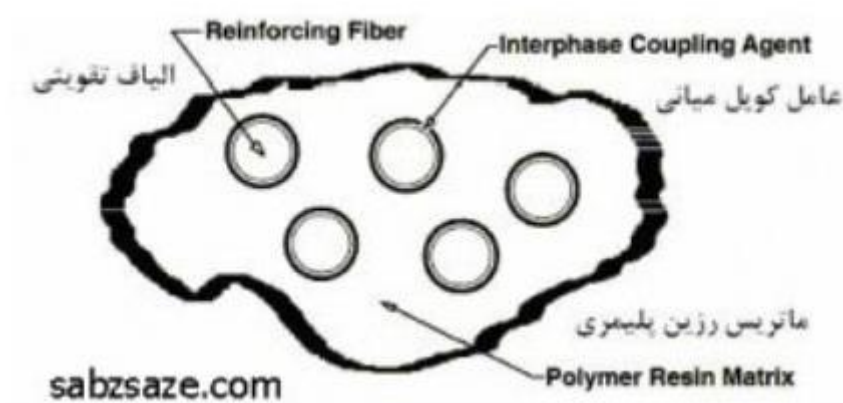
بطور کلی مقاوم سازی سازه های بتنی موجود یا مرمت آنها به منظور تحمل بارهای مضاعف طراحی، بهبود نارسایی های ناشی از فرسایش، افزایش شکل پذیری سازه یا سایر موارد با استفاده از مصالح مناسب و شیوه های اجرایی صحیح بطور متعارف انجام می گردد.

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 پالترژن (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 ییاف

کنترل کمانش موضعی ییاف تحت فشار

انواع FRP بر اساس فیبر تشکیل دهنده ی آنها:

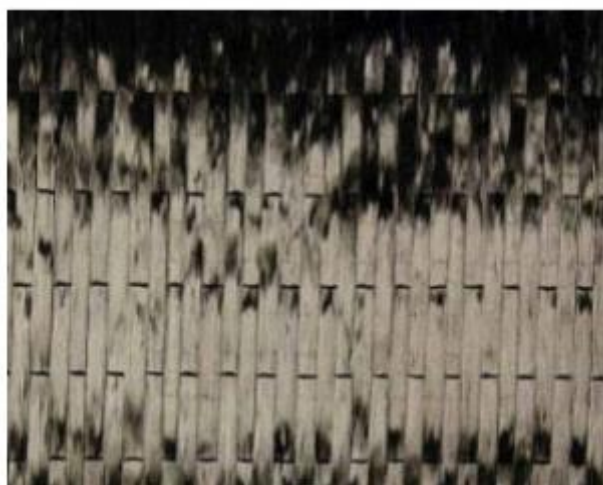
CFRP با ییافی از جنس کربن

GFRP با ییافی از جنس شیشه

AFRP با ییافی از جنس آرامید

BFRP با ییافی 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 ورقه های FRP جهت تعمیر و تقویت سازه های آسیب دیده (ناشی از زلزله و یا ناشی از خوردگی آب های یون دار) استفاده می شود.



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

۲- کابل، نوار و تاندن های پیش تنیدگی

محصولاتی شبیه میله های FRP، ولی به صورت انعطاف پذیر هستند که در سازه های کابلی و بتن پیش تنیده (مطالعه مقاله پیش تنیدگی خالی از لطف نمی باشد) در محیط های دریایی و خورنده کاربرد دارند. این محصولات در اجزاء پیش تنیده در مجاورت آب نیز بکار گرفته می شوند.



کابل FRP

۳- میلگردهای FRP

فولادهای ساختمانی به طور مختصر در مقابل خوردگی به وسیله قلیای بتن محافظت می شوند و معمولاً سبب دوام خدمت پذیری سازه می گردند. اما برای خیلی از سازه هایی که در محیط های مهاجم از قبیل سازه های دریایی، پل ها، پارکینگ که در معرض نمک های یخ زا قرار می گیرند، ترکیب رطوبت، افزایش دما و محیط کلریدی، قلیایی بتن را کاهش می دهد 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 شکل پذیر می‌باشند لذا موارد استفاده این میلگردها محدود به سازه هایی می‌شود که مهمترین مشکل آنها خوردگی یا خاصیت الکترومغناطیسی فولاد می‌باشد.

رفتار مکانیکی میلگردهای FRP با میلگردهای فولادی تفاوت دارد؛ لذا نحوه طراحی سازه های بتنی با استفاده از میلگرد های 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.

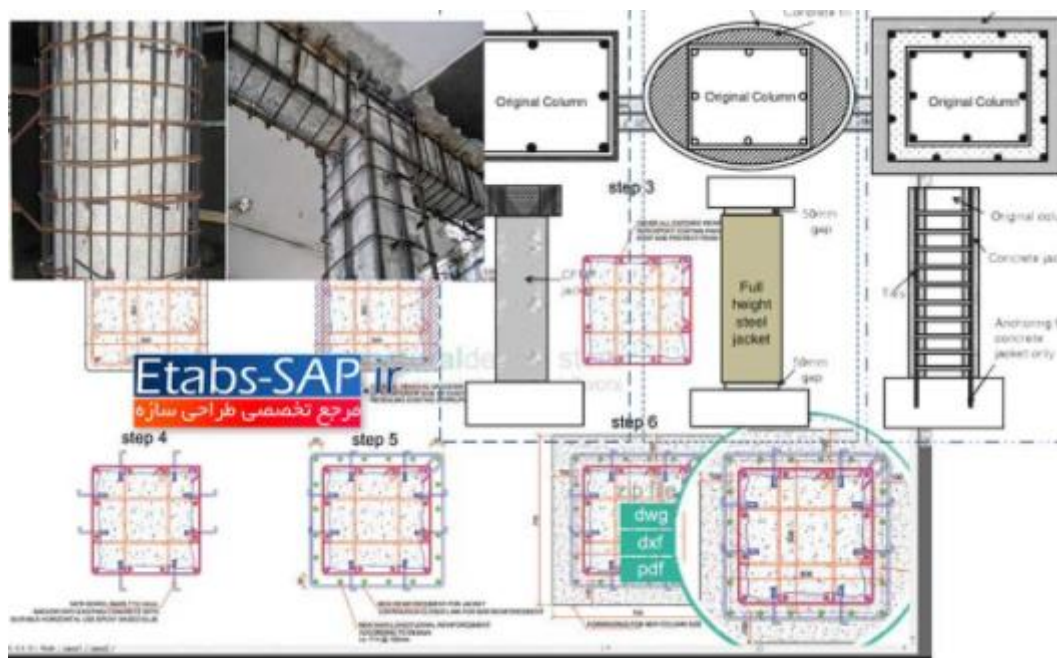
روکش بتن آرمه در مواردی که میزان شدت آسیب های وارده به ستون زیاد باشد و یا ستون از ظرفیت کافی در برابر نیروهای جانبی برخوردار نباشد، بکار گرفته میشود. روکش بتنی بسته به شرایط می تواند دور تا دور ستون و یا در یک وجه آن اجرا شود.

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 مقاومسازی 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 ارایه دهیم. برای این موضوع میتوانیم از ضوابط فصل ۱۷ آیین نامه ACI 318-14 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 ارایه 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

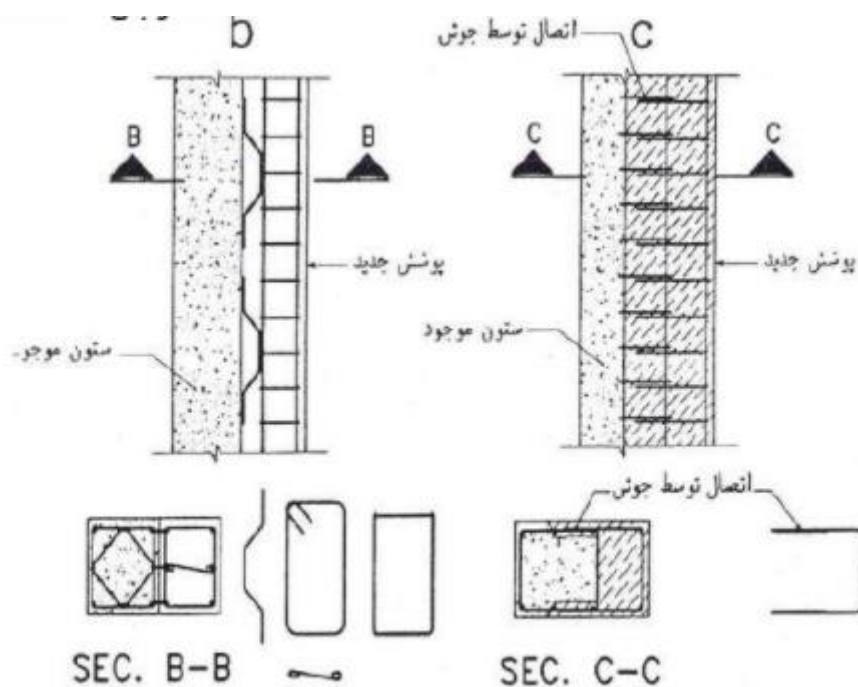
۱. افزایش وزن قابل توجه در سازه

۲. افزایش ابعاد تیر و ستونها و کاهش فضای مفید

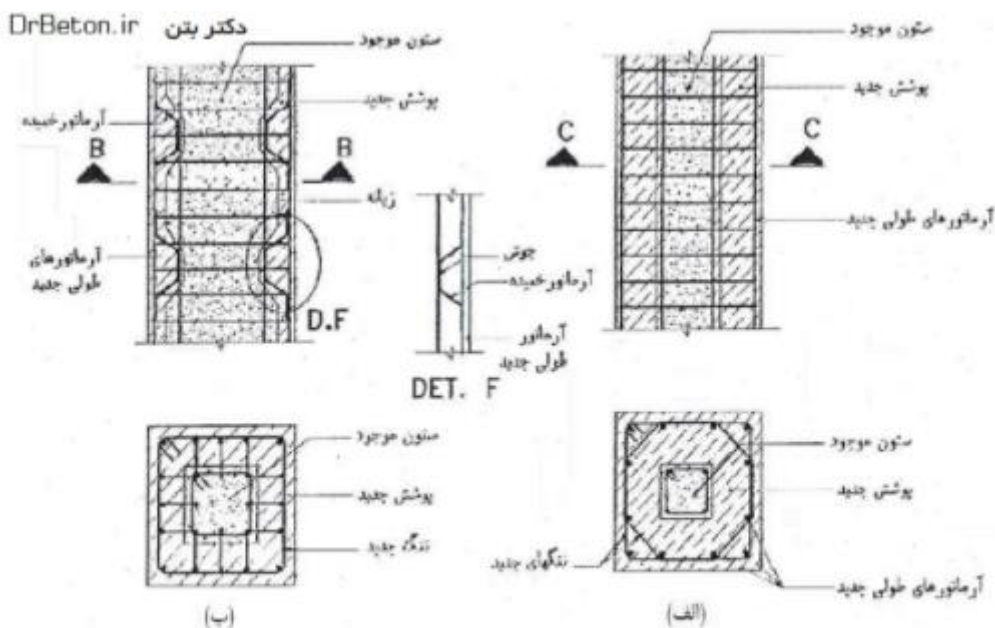
۳. زمان زیاد برای اجرای طرح

۴. هزینه نسبتا زیاد

۵. نیاز به قالب بندی و عملیات اجرایی متعدد

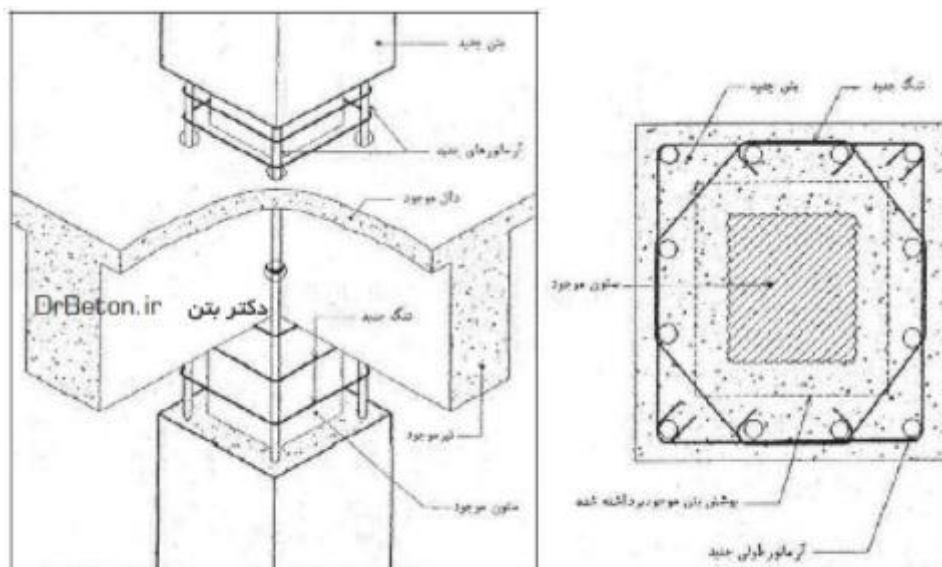


نحوه ایجاد اتصال مناسب بین بتن جدید و قدیم از یک وجه ستون



نحوه ایجاد اتصال مناسب بین بتن جدید و قدیم

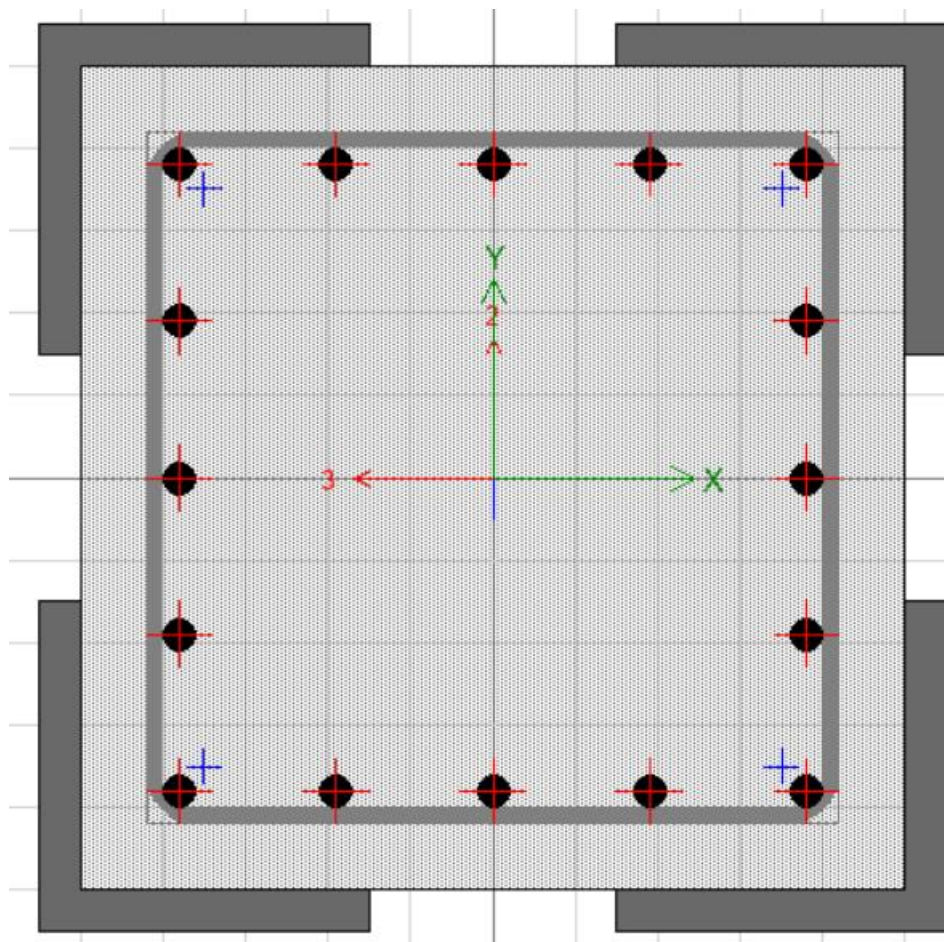
(الف) بدون استفاده از تنگ‌های متصل کننده و (ب) با استفاده از تنگ‌های متصل کننده



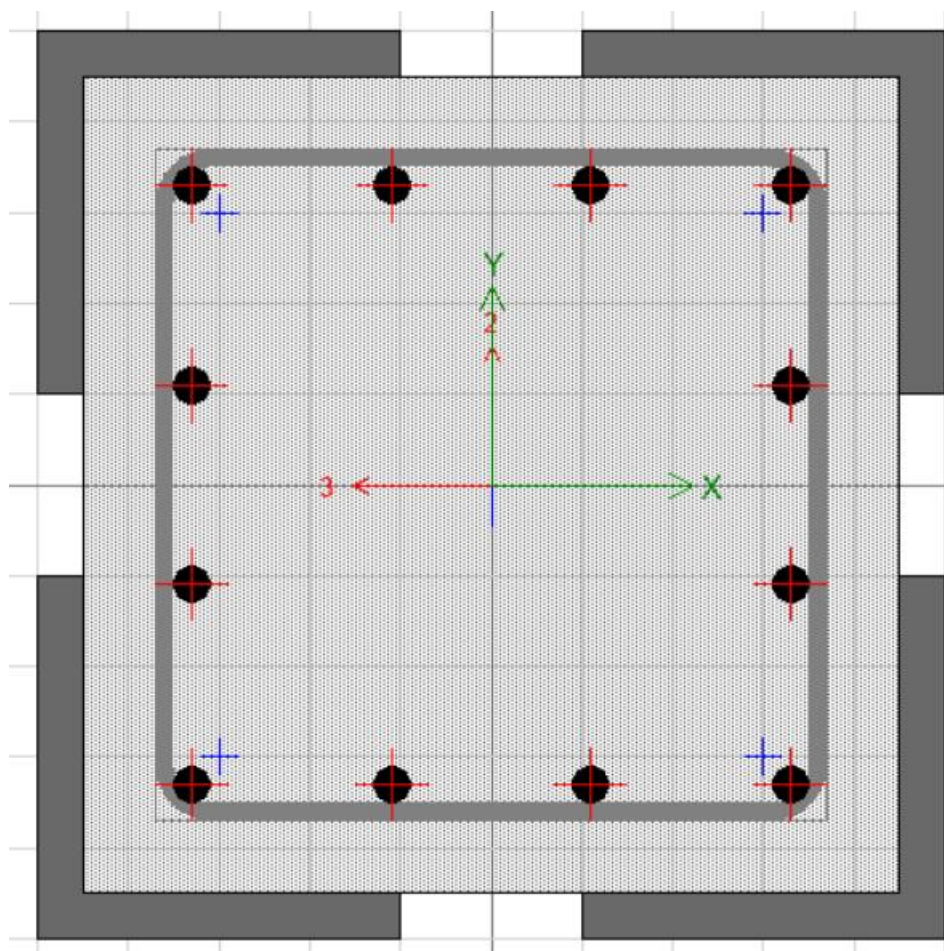
جزئیات بهسازی ستون‌ها بوسیله روکش بتنی به هنگام عبور از سقف



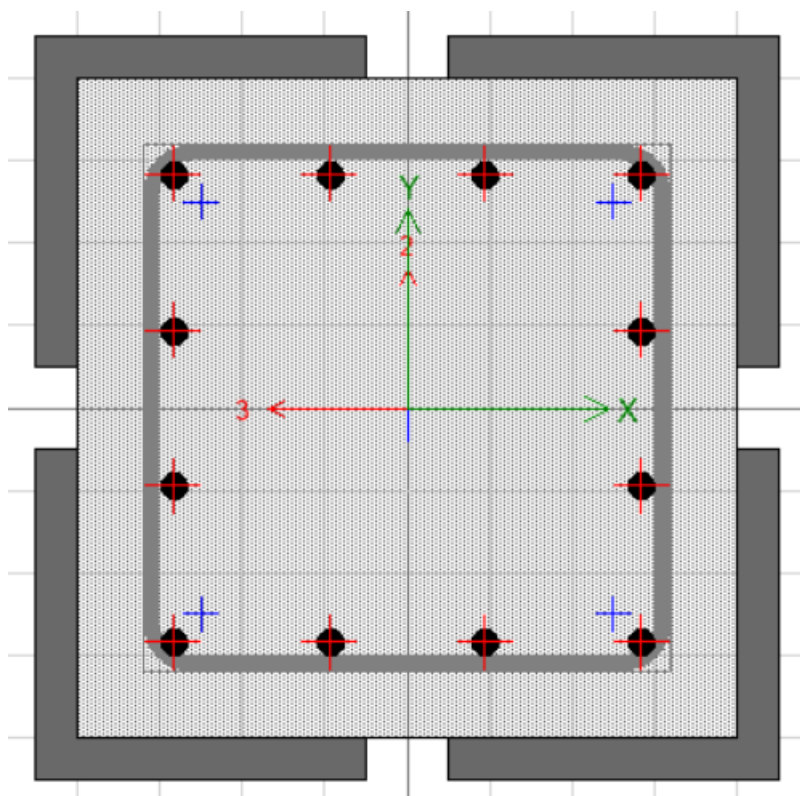
روش استفاده از پیش تنیدگی موضعی و ژاکت بتنی به صورت ترکیبی در مقاومسازی تیرهای بتنی



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



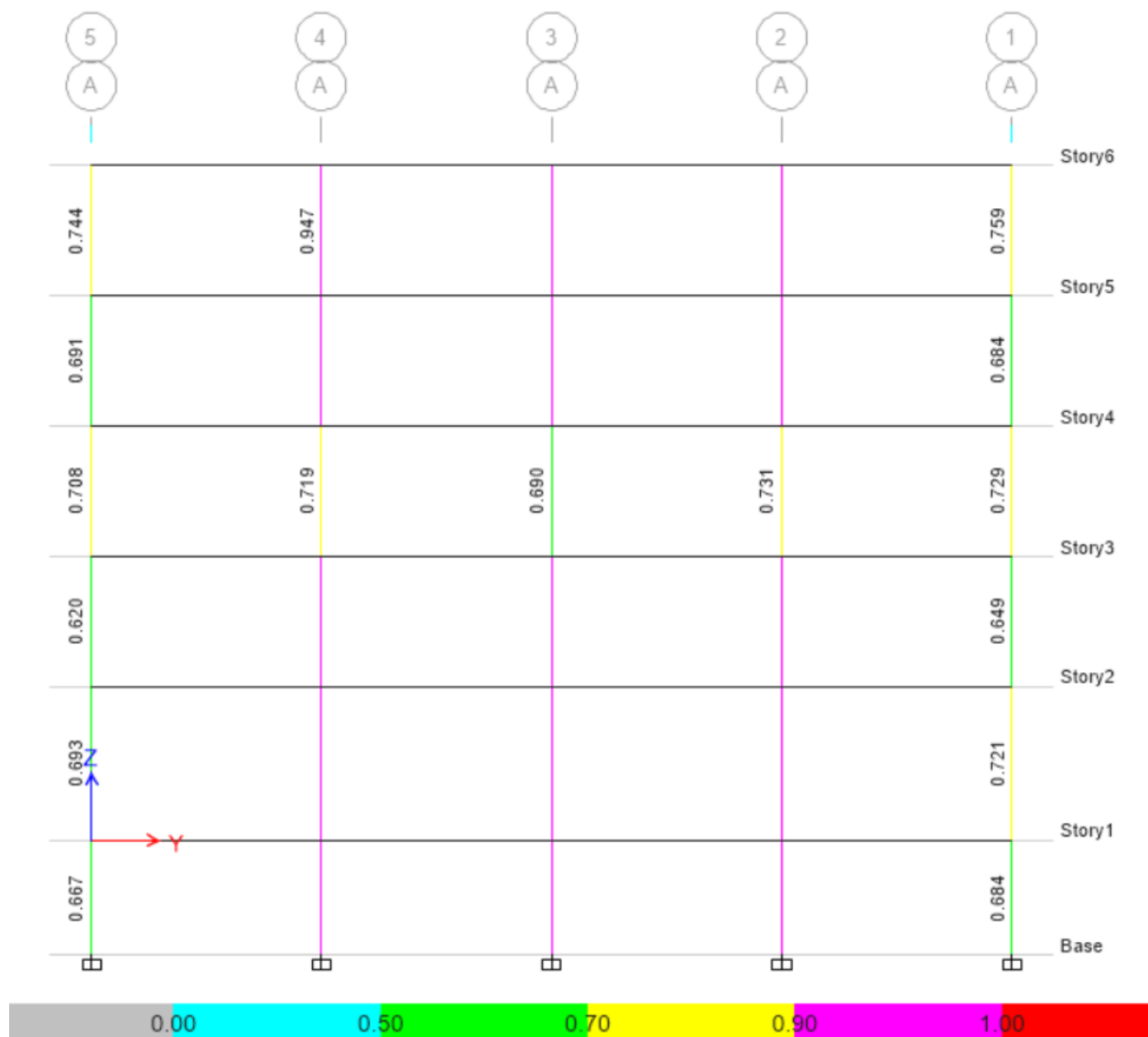
ساخت مقطع ژاکت فلزی برای ستون بتنی (۴۵ در ۴۵)



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



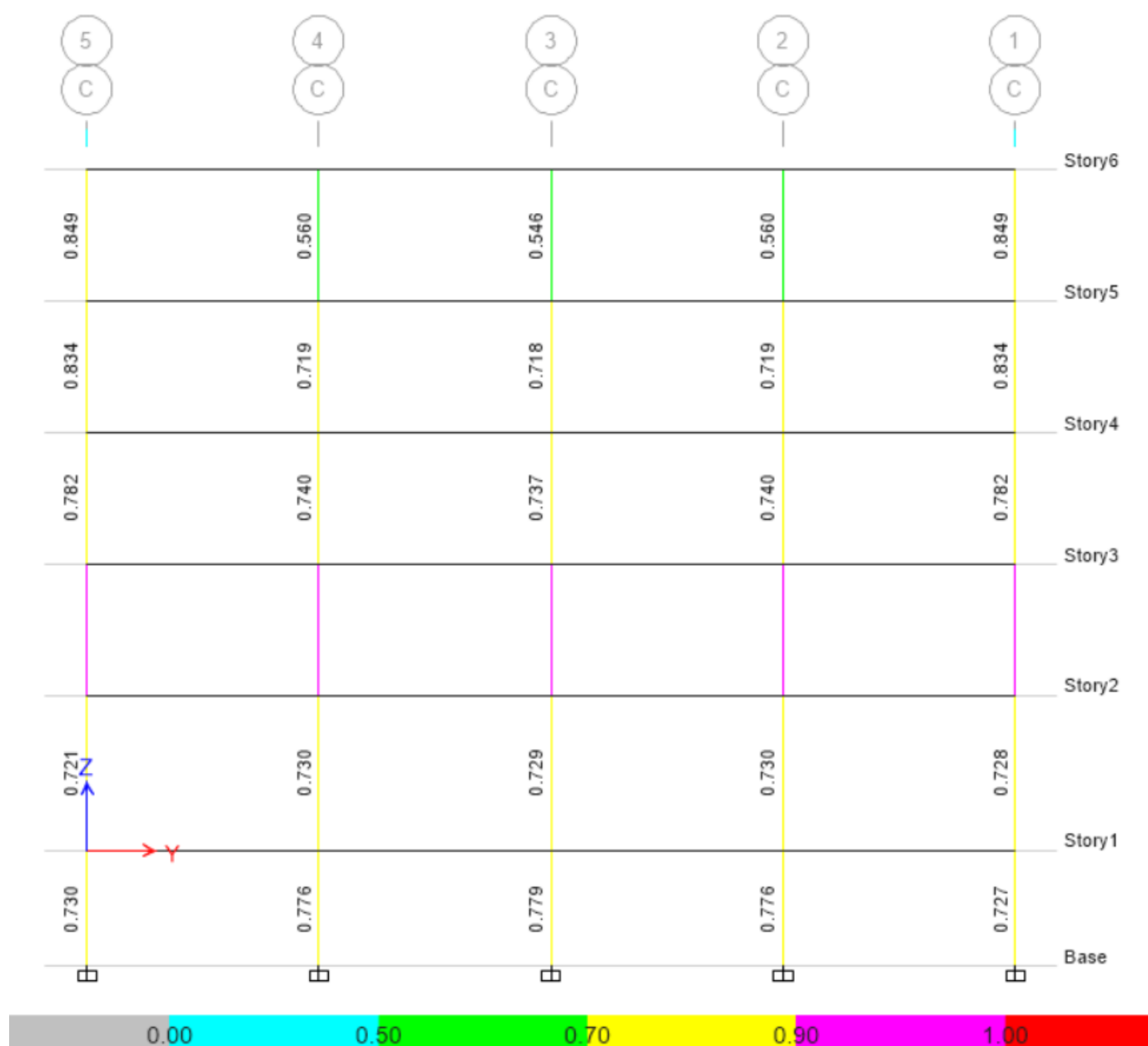
نسبت نیرو به ظرفیت ستون های سازه بعد از مقاومسازی



نسبت نیرو به ظرفیت قاب A



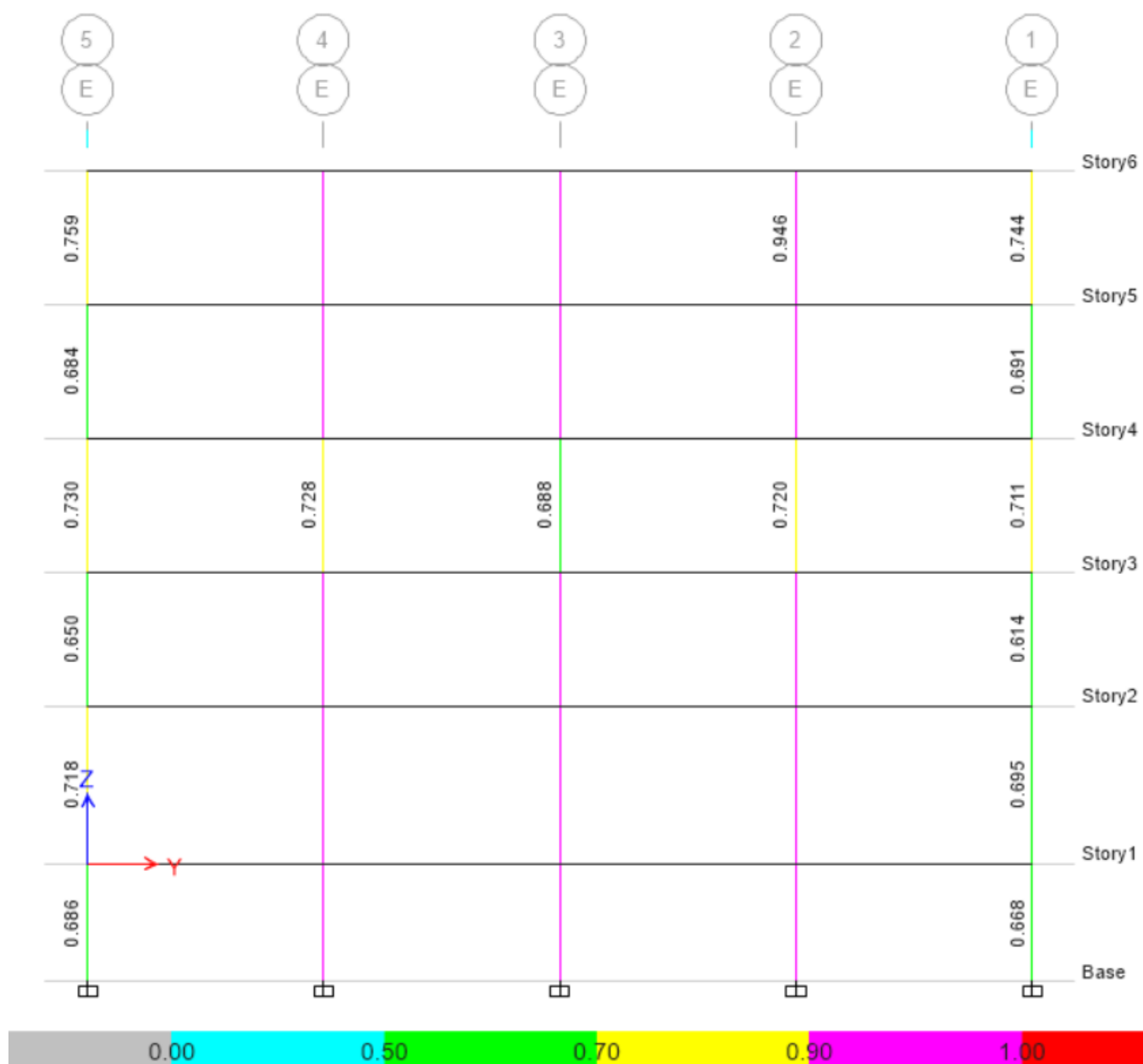
نسبت نیرو به ظرفیت قاب B



نسبت نیرو به ظرفیت قاب C



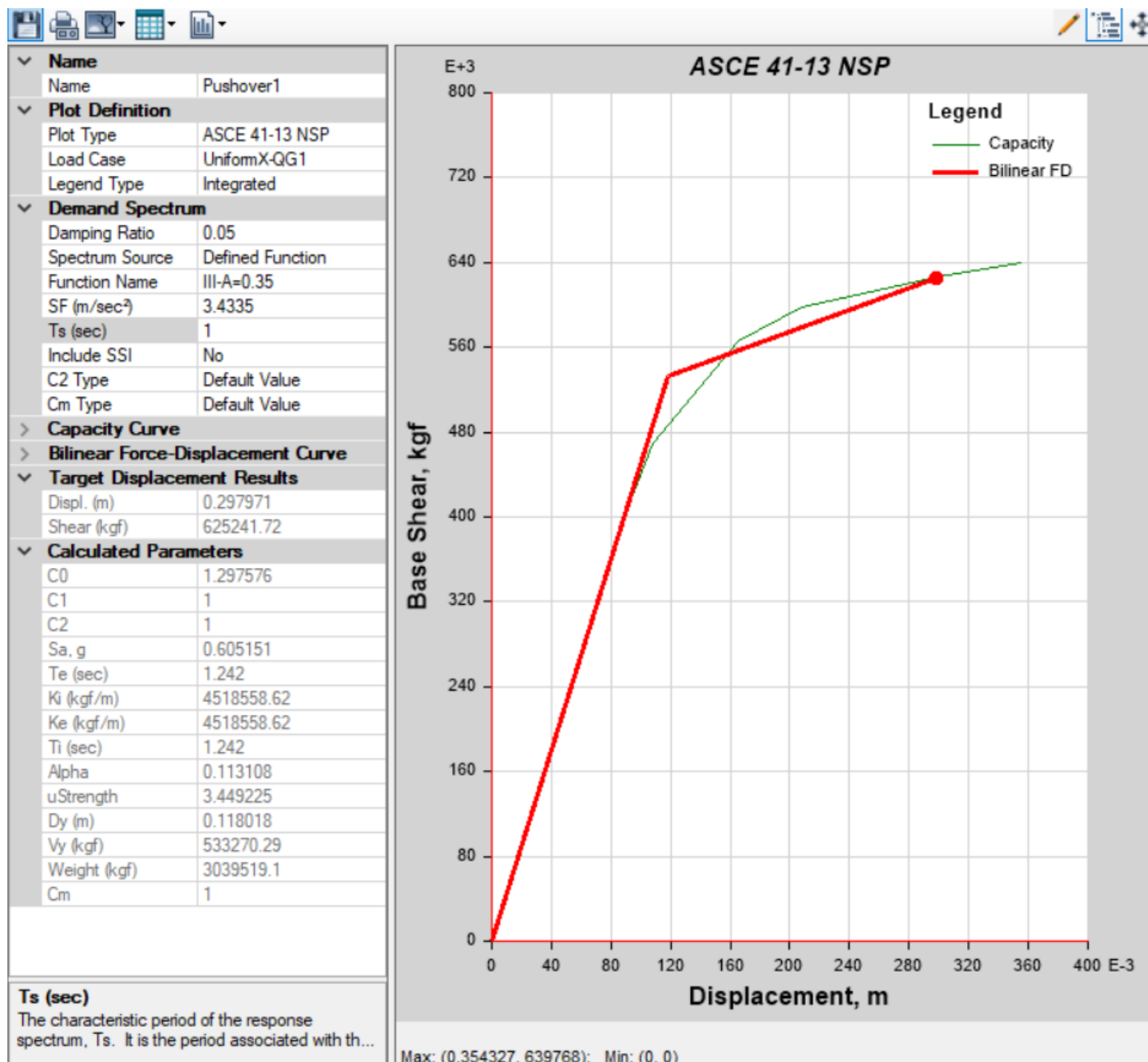
نسبت نیرو به ظرفیت قاب D



نسبت نیرو به ظرفیت قاب E



نمودار پوش سازه بعد از مقاومسازی

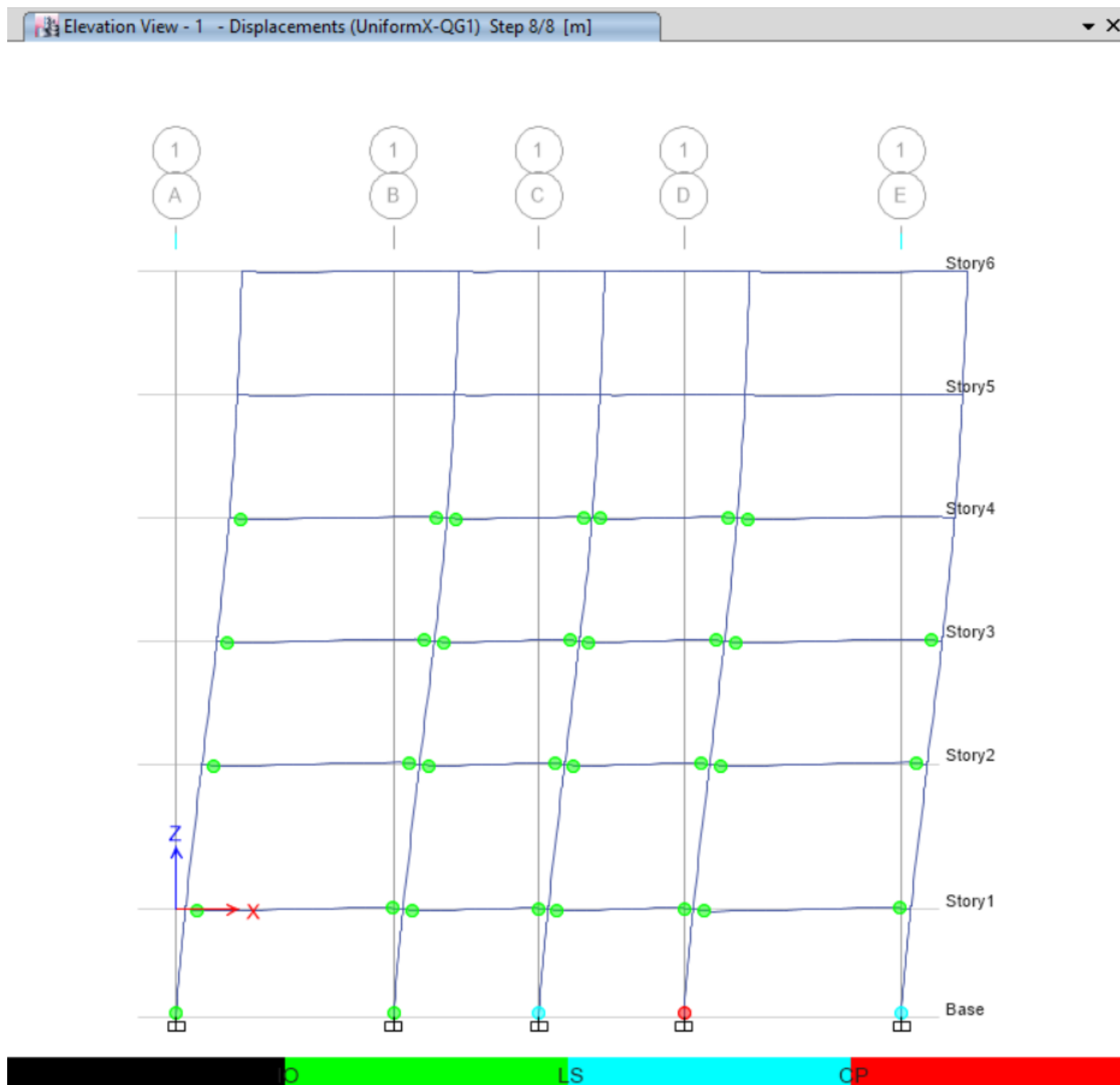


نمودار پوش سازه بعد از مقاومسازی



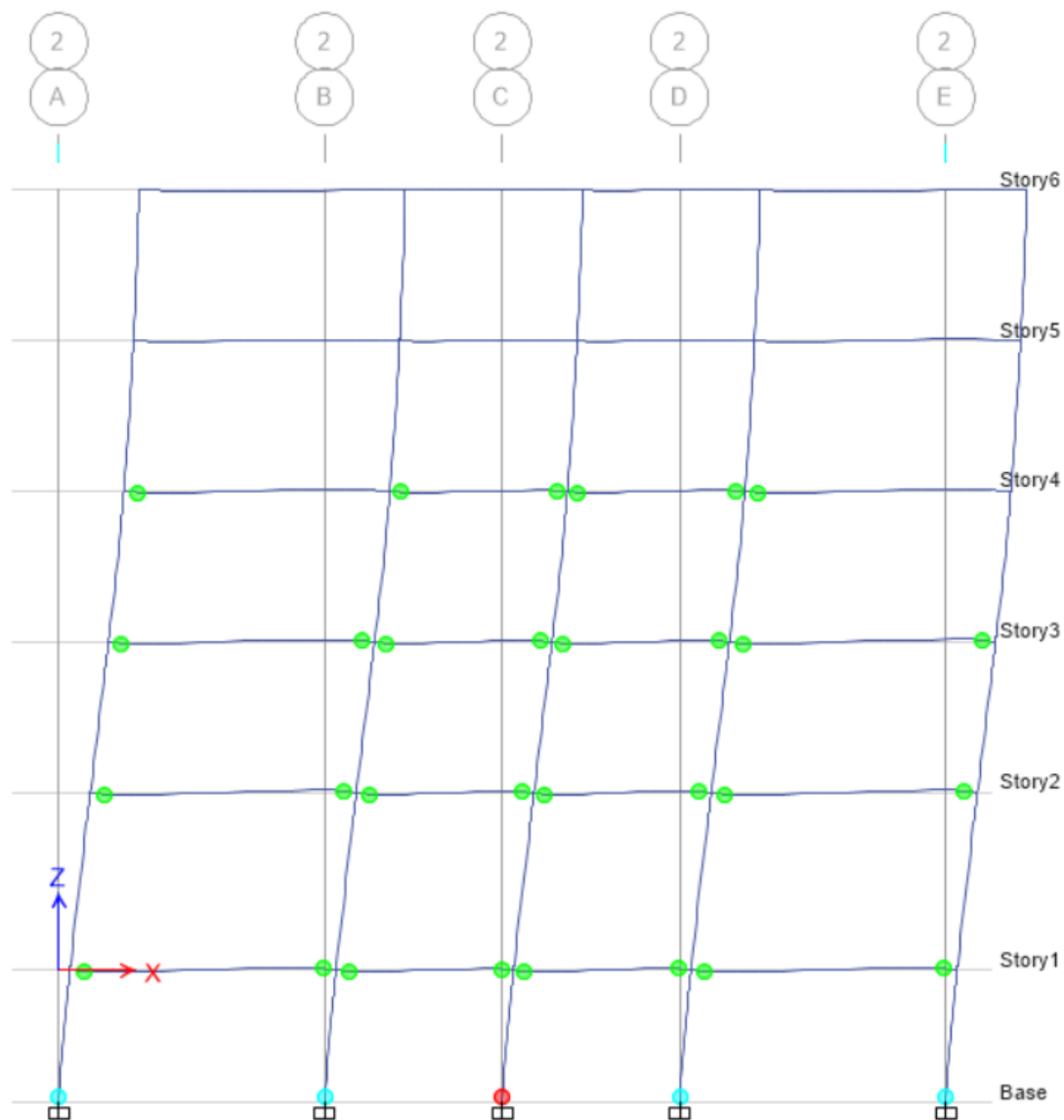
✓ مشاهده می‌شود بعد از اضافه کردن ژاکت قلزی به ستون‌هایی که از نظر مقاومت مشکل داشتن قسمت غیرخطی نمودار دوام بیشتری داشته و شکل پذیری سازه با افزایش روبرو بوده است.

مفاصل پلاستیک سازه بعد از مقاومسازی



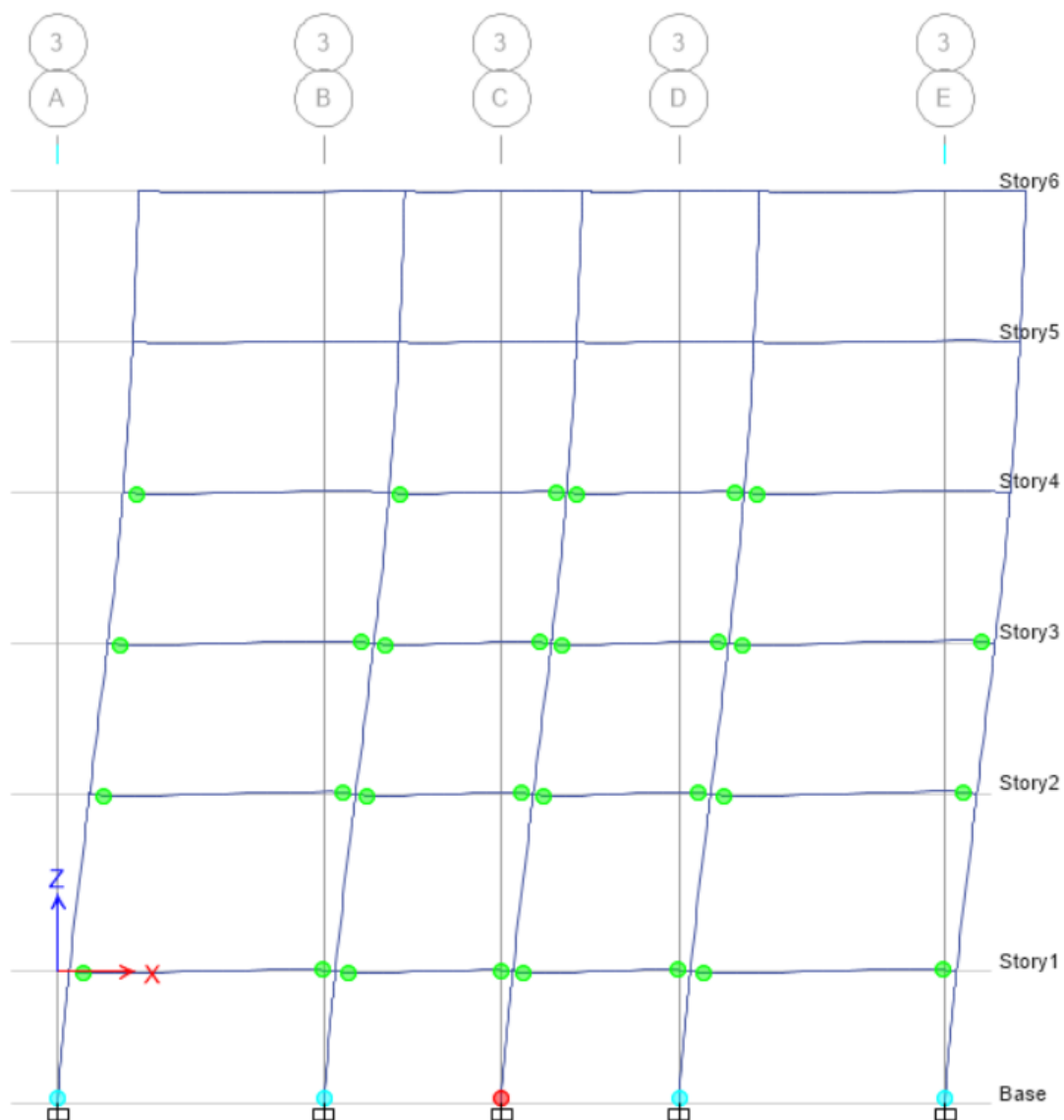


Elevation View - 2 - Displacements (UniformX-QG1) Step 8/8 [m]



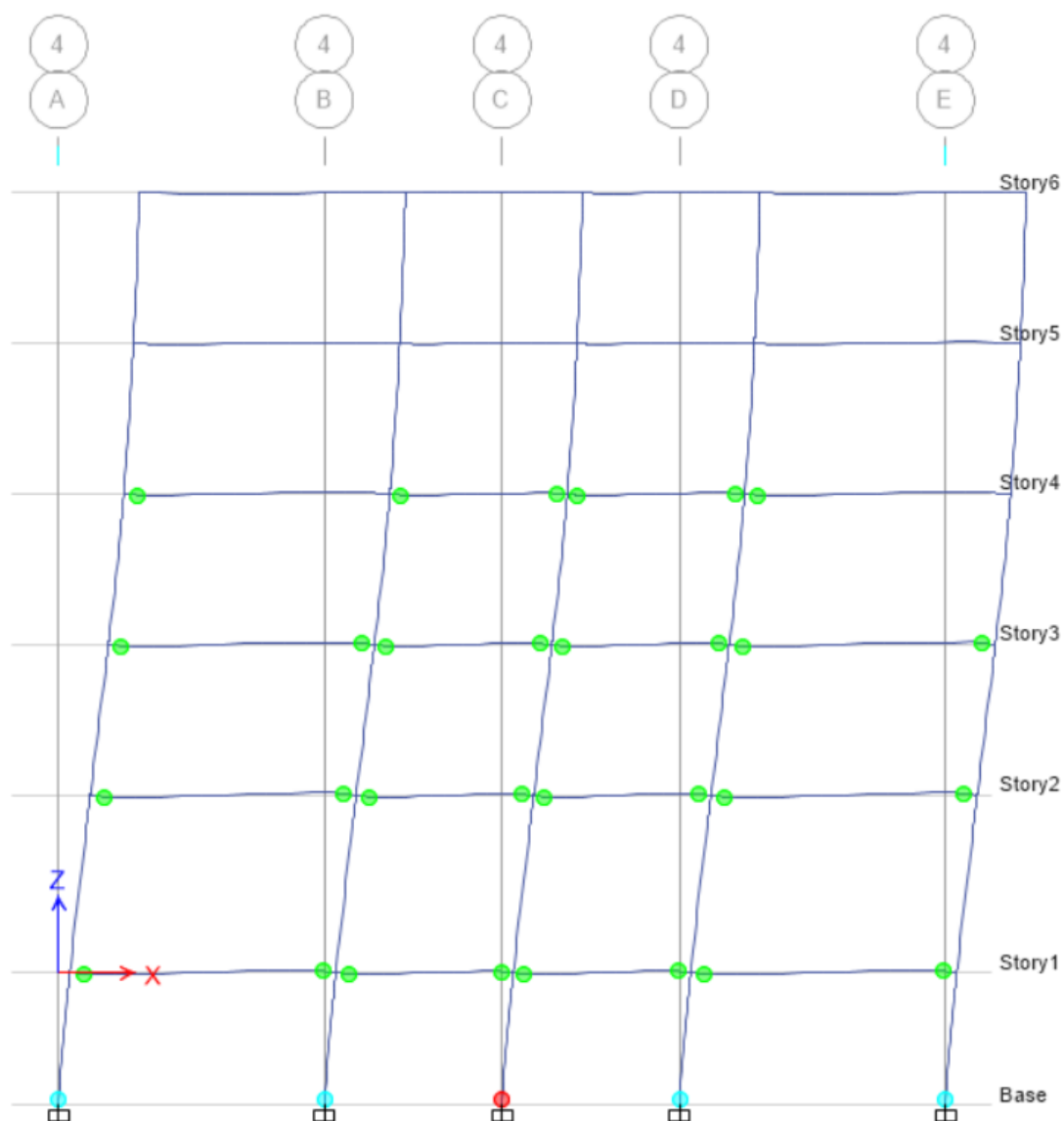


Elevation View - 3 - Displacements (UniformX-QG1) Step 8/8 [m]



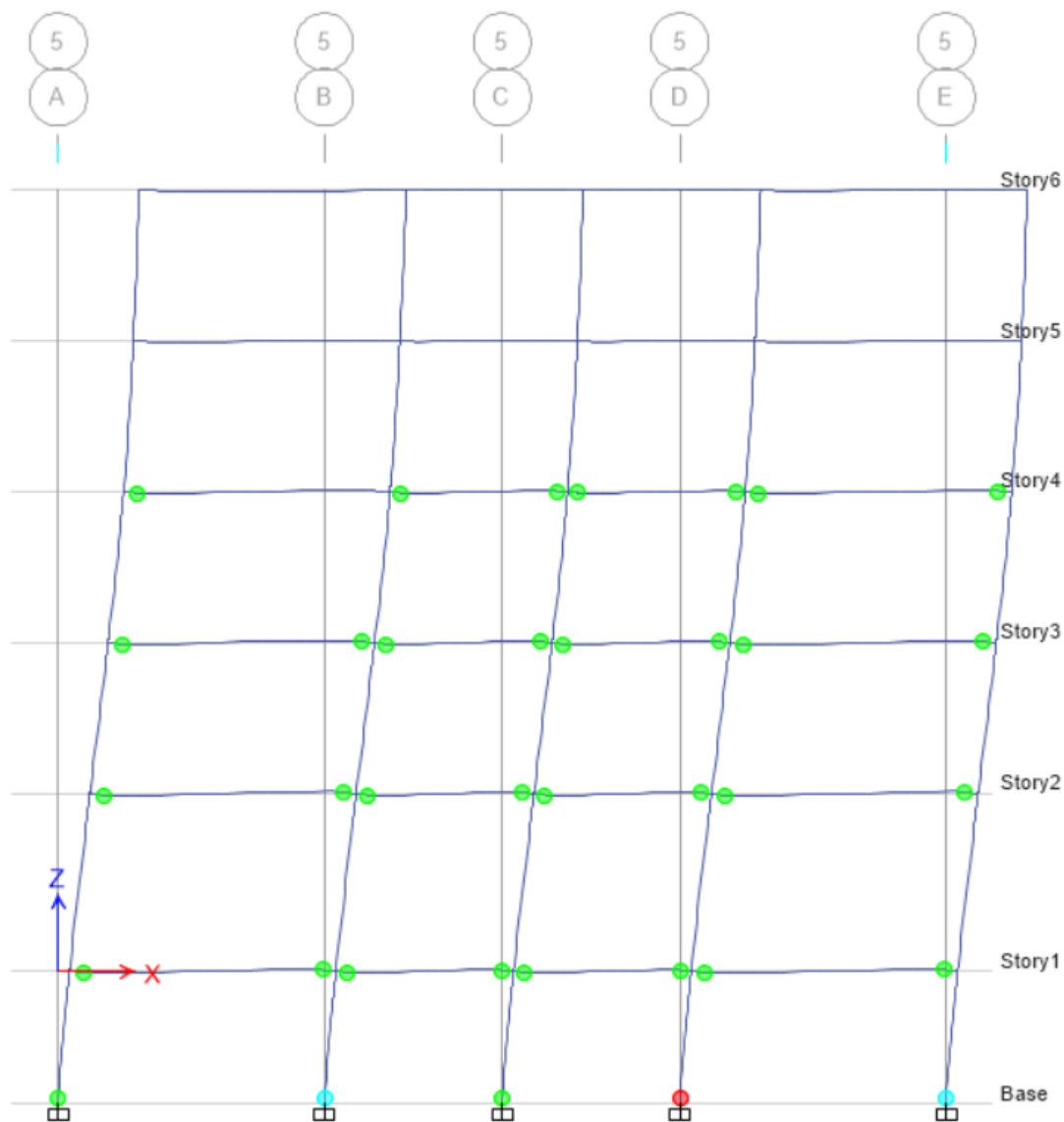


Elevation View - 4 - Displacements (UniformX-QG1) Step 8/8 [m]





Elevation View - 5 - Displacements (UniformX-QG1) Step 8/8 [m]



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.



ALIREZA ELMAKCHI
civil engineering group

گزارش کار پروژه بهسازی - مهندس علیرضا المکچی



ALIREZA ELMAKCHI
civil engineering group

گزارش کار پروژه بهسازی شامل تحلیل پوشش آور و استفاده از ژاکت فولادی

تهیه کننده: مهندس علیرضا المکچی

کانال آموزش های مهندسی عمران

[@civillAE](https://www.instagram.com/civillAE)

کانال آموزش های مهندسی عمران