

دوره

طراحی غیر خطی پارامترهای میراگر جرمی

تنظیم شده

سلام علیکم



مدرس دوره

قربان علیزاده

دانشجوی دکتری زلزله

مدلسازی و تحلیل دینامیکی غیر خطی

سازه فلزی SAC9 در

OpenSEES



مدرس دوره

قربان علیزاده

دانشجوی دکتری زلزله

جلسه اول



مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES

- تاریخچه

- مزایا

- معایب

- دانلود، نصب و اجرا

- معرفی سازه مورد مطالعه





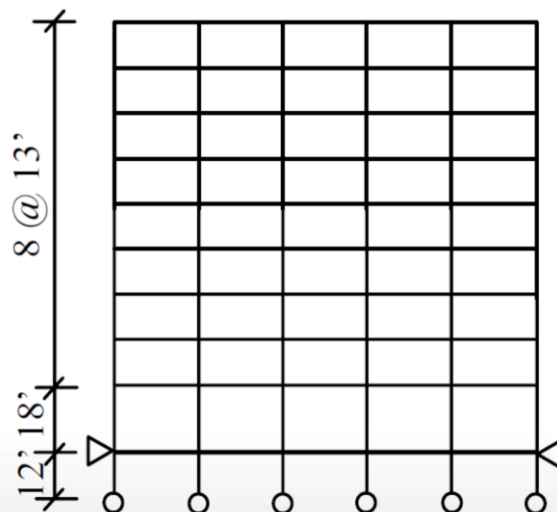
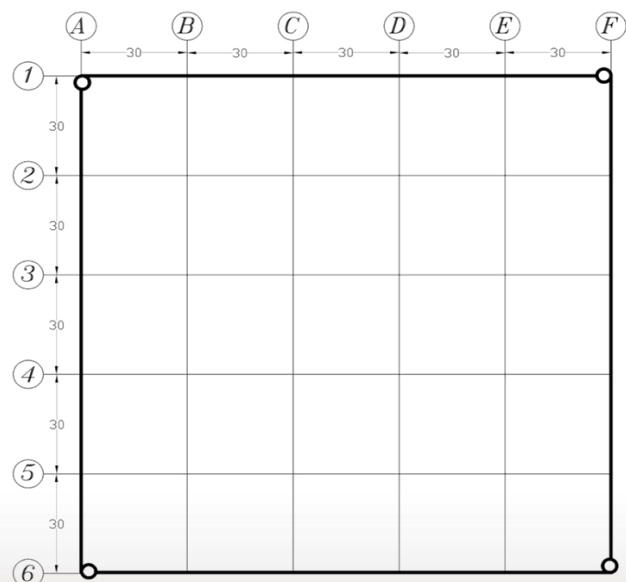
۴ گام اساسی مدلسازی

۱- تعیین واحدها

۲- گره و گیرداری (گگیرداری)

۳- اعضای تیر و ستون

۴- جرم لرزه ای





گام ۱- تعیین واحدها

آشنایی با دستورات TCL :

```
set  
  
puts  
  
expr
```

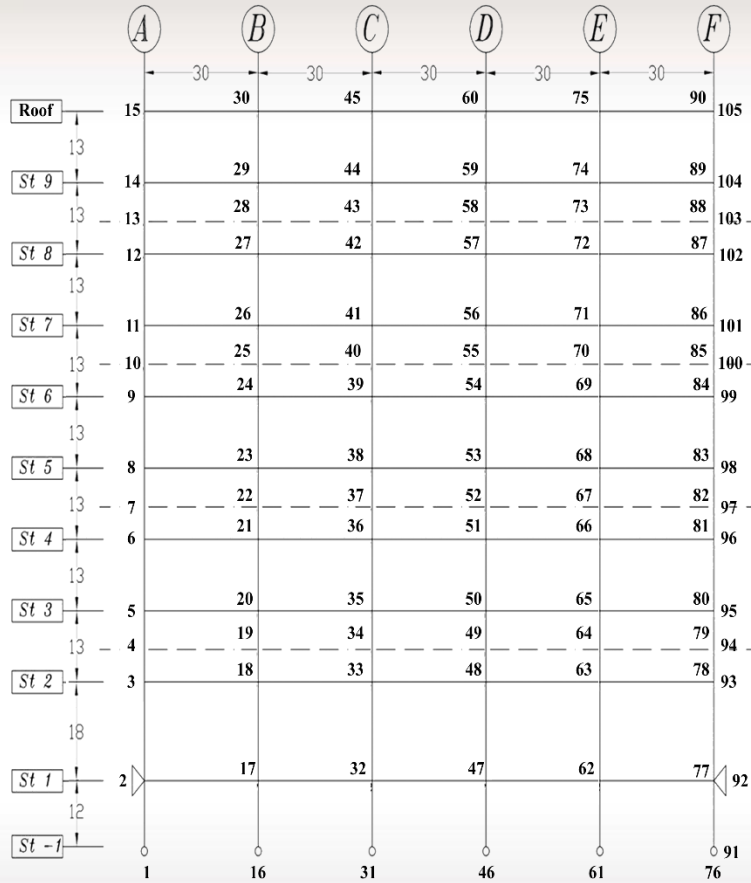
B.2 Los Angeles (LA) Structures

The lateral load design of all LA structures was controlled by seismic load considerations. The location of the moment resisting frames is shown by the bold lines in Figure B.2. All the columns in the perimeter moment frames bend about the strong axis. The strong axis of the gravity frame columns' is oriented in the NS direction.

In the 9-story building, one of the exterior bays has only one moment resisting connection to avoid bi-axial bending in the corner column. In the 20-story buildings all the exterior connections are moment resisting connections and box columns are used at the corners to resist bi-axial bending. The design yield strength of the beams and girders is 36 ksi and of the columns is 50 ksi. Most of the girder sizes are controlled by drift rather than strength considerations. The sections used in the NS frames of the pre-Northridge and post-Northridge designs are summarized in Table B.1.



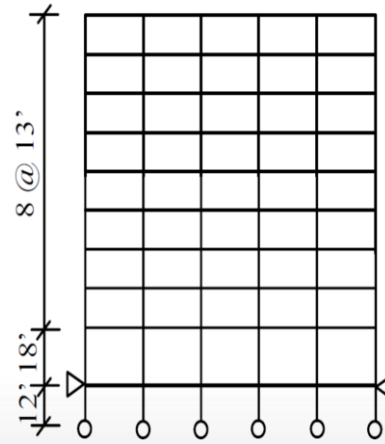
مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES



دستورات TCL

node

equalDOF



9-story Building

Story/Floor	COLUMNS		DOUBLER PLATES (in)	GIRDER
	Exterior	Interior		
-1/1	W14X370	W14X500	0,0	W36X160
1/2	W14X370	W14X500	0,0	W36X160
2/3	W14X370, W14X370	W14X500, W14X455	0,0	W36X160
3/4	W14X370	W14X455	0,0	W36X135
4/5	W14X370, W14X283	W14X455, W14X370	0,0	W36X135
5/6	W14X283	W14X370	0,0	W36X135
6/7	W14X283, W14X257	W14X370, W14X283	0,0	W36X135
7/8	W14X257	W14X283	0,0	W30X99
8/9	W14X257, W14X233	W14X283, W14X257	0,0	W27X84
9/Roof	W14X233	W14X257	0,0	W24X68

Notes:

1. Column line A has exterior column sections oriented about strong axis,
Column line F has exterior column sections oriented about weak axis
Column lines B,C,D, and E have interior column sections

گام ۲- گرہها و گیرداری

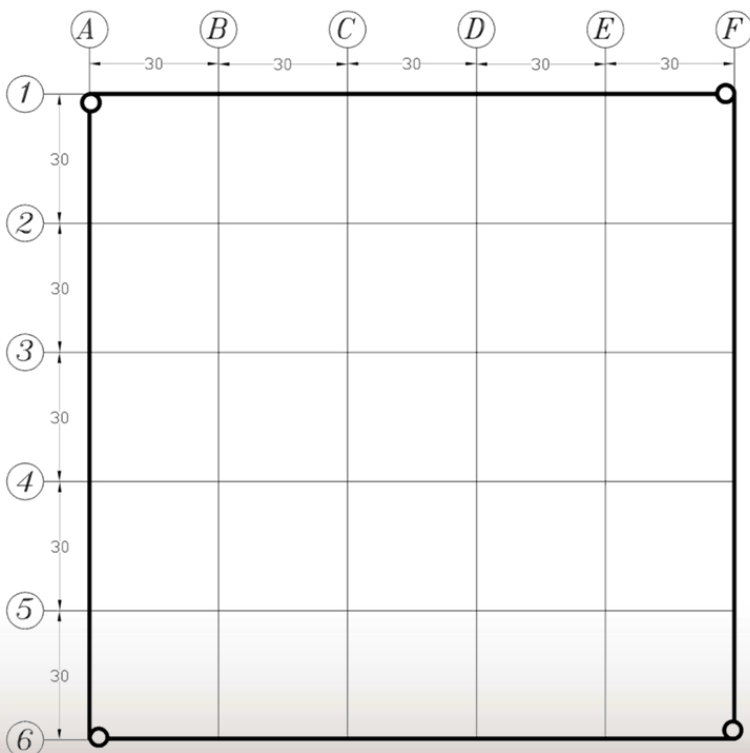
مراحل:

- شماره گذاری و تعریف مختصات گرہها

مراحل:

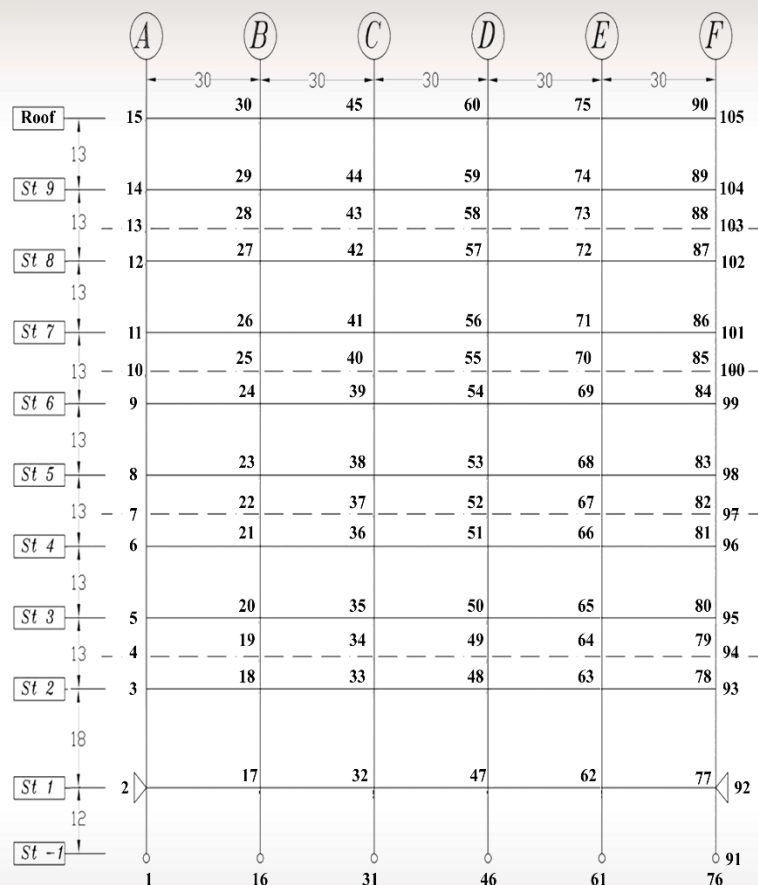
– شماره گذاری و تعریف مختصات گرہها

- تعریف گره‌های اضافی اتصال مفصلی در محور F





مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES



دستورات TCL

fix

ادامه گام ۲- گرھها و گیرداری

مراحل :

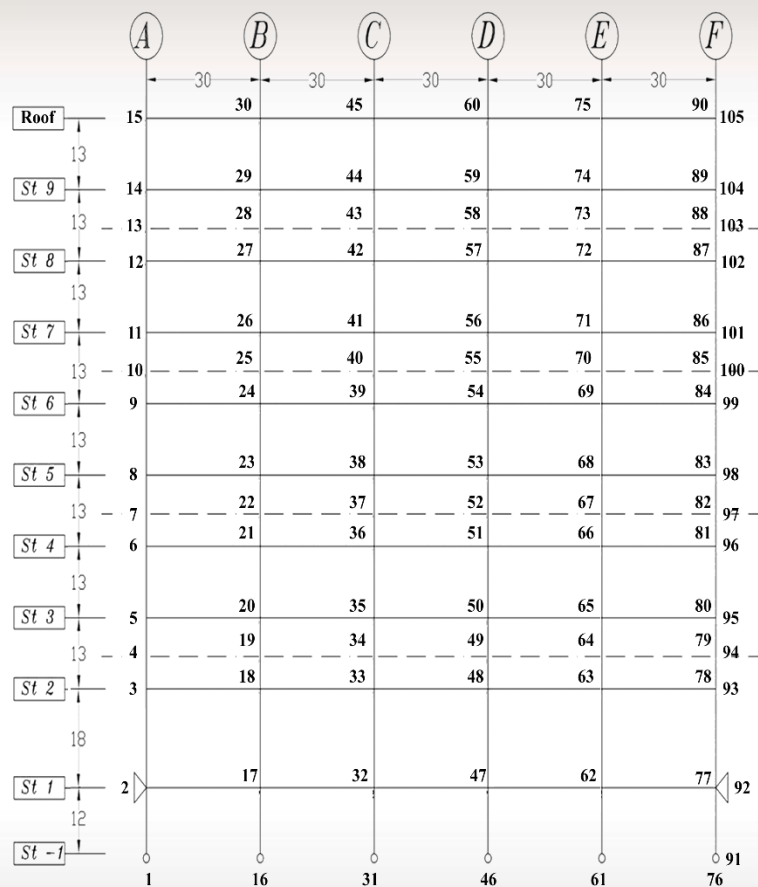
- شماره گذاری و تعریف مختصات گرھها

- تعریف گرھهای اضافی اتصال مفصلی در محور F

- گیرداری پای ستون



مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES



دستورات TCL

fix

ادامه گام ۲- گرھها و گیرداری

مراحل :

- شماره گذاری و تعریف مختصات گرھها

- تعریف گرھهای اضافی اتصال مفصلی در محور F

- گیرداری پای ستون

- گیرداری جانبی قاب



مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES

دستورات TCL
equalDOF

ادامه گام ۲- گرهها و گیرداری

مراحل :

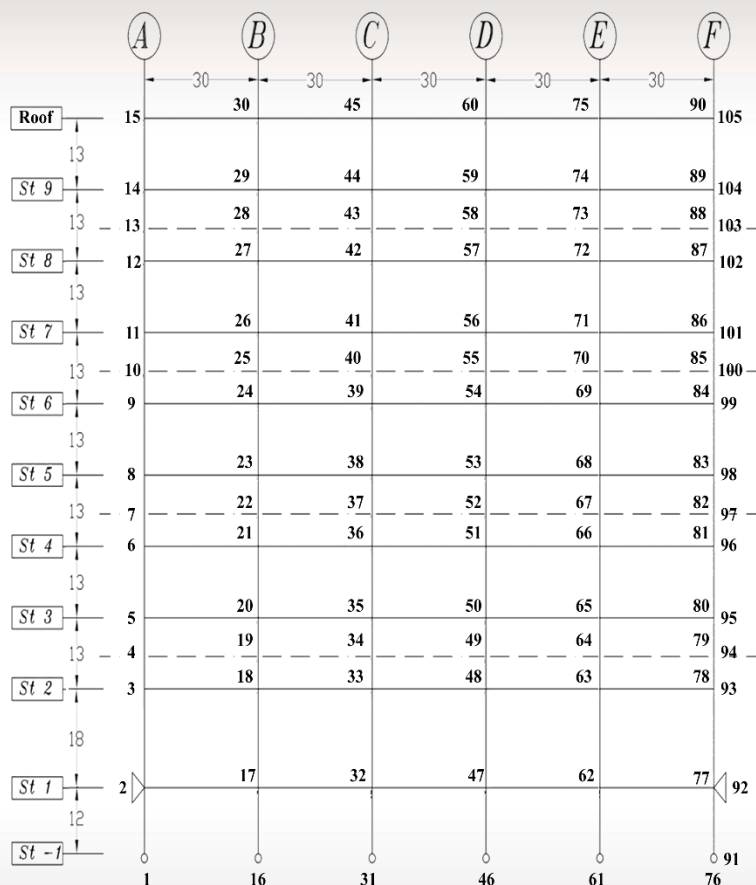
- شماره گذاری و تعریف مختصات گرهها

- تعریف گرههای اضافی اتصال مفصلی در محور F

- گیرداری پای ستون

- گیرداری جانبی قاب

- گیرداری مفاصل محور F





	A	B	C	D	E	F	
Roof	15	30	45	60	75	90	105
St 9	14	29	44	59	74	89	104
St 8	13	28	43	58	73	88	103
St 7	12	27	42	57	72	87	102
St 6	11	26	41	56	71	86	101
St 5	10	25	40	55	70	85	100
St 4	9	24	39	54	69	84	99
St 3	8	23	38	53	68	83	98
St 2	7	22	37	52	67	82	97
St 1	6	21	36	51	66	81	96
St -1	5	20	35	50	65	80	95
	4	19	34	49	64	79	94
	3	18	33	48	63	78	93
	2	17	32	47	62	77	92
	1	16	31	46	61	76	91

دستورات TCL

equalDOF

ادامه گام ۲- گرهها و گیرداری

مراحل:

- شماره گذاری و تعریف مختصات گرهها

- تعریف گرههای اضافی اتصال مفصلی در محور F

- گیرداری پای ستون

- گیرداری جانبی قاب

- گیرداری مفاصل محور F

- گیرداری برای تعریف صلبیت سقف



مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES

دستورات TCL

```
element dispBeamColumn
geomTransf Linear
geomTransf PDelta
uniaxialMaterial Steel01
proc
section fiberSec
patch quadr
```

9-story Building

Story/Floor	COLUMNS		DOUBLER PLATES (in)	GIRDER
	Exterior	Interior		
-1/1	W14X370	W14X500	0,0	W36X160
1/2	W14X370	W14X500	0,0	W36X160
2/3	W14X370, W14X370	W14X500, W14X455	0,0	W36X160
3/4	W14X370	W14X455	0,0	W36X135
4/5	W14X370, W14X283	W14X455, W14X370	0,0	W36X135
5/6	W14X283	W14X370	0,0	W36X135
6/7	W14X283, W14X257	W14X370, W14X283	0,0	W36X135
7/8	W14X257	W14X283	0,0	W30X99
8/9	W14X257, W14X233	W14X283, W14X257	0,0	W27X84
9/Roof	W14X233	W14X257	0,0	W24X68

Notes:

1. Column line A has exterior column sections oriented about strong axis,
Column line F has exterior column sections oriented about weak axis
Column lines B,C,D, and E have interior column sections

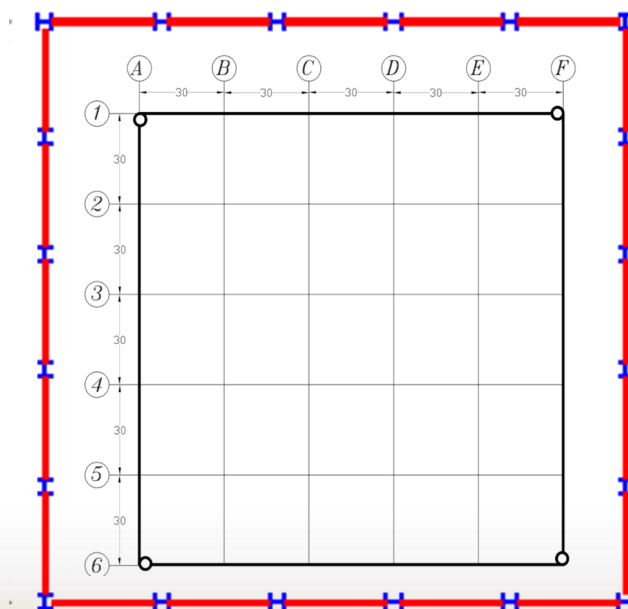
گام ۳- تعریف المانهای تیر و ستون

پیش نیازها :

a- مختصات محلی و عمومی

b- تعریف مصالح

c- تعریف مقاطع





دستورات TCL

```
element dispBeamColumn  
geomTransf Linear  
geomTransf Pdelta  
uniaxialMaterial Steel01  
proc  
section fiberSec  
patch quadr
```

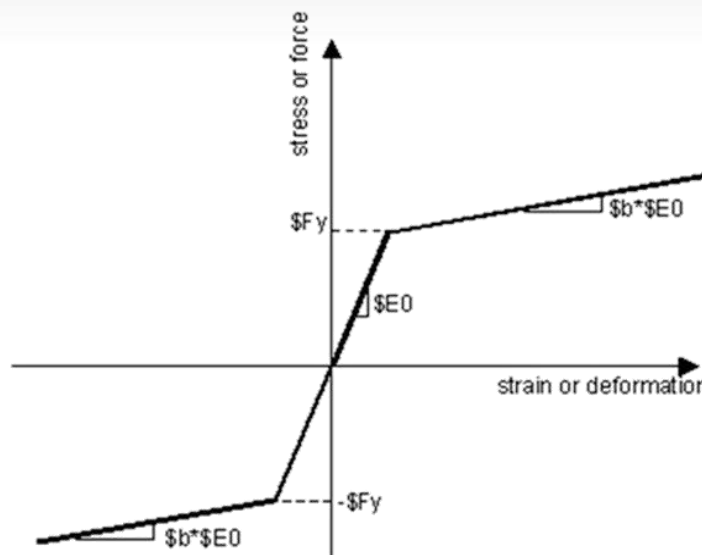
گام ۳- تعریف المانهای تیر و ستون

پیش نیازها :

a- مختصات محلی و عمومی

b- تعریف مصالح

c- تعریف مقاطع





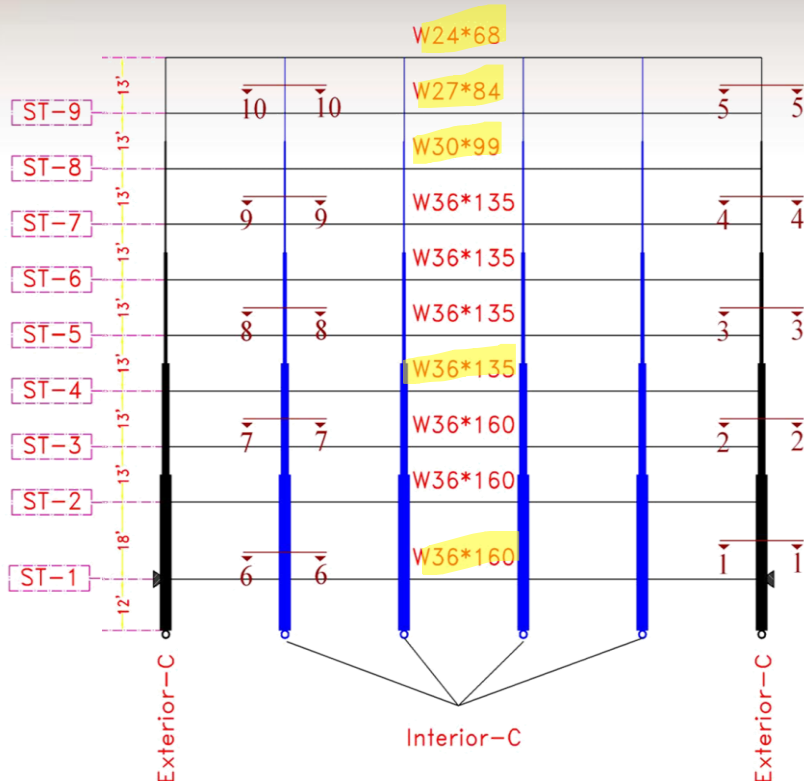
گام ۳- تعریف المانهای تیر و ستون

پیش نیازها :

a- مختصات محلی و عمومی

b- تعریف مصالح

c- تعریف مقاطع



10 - 10	W14*257
9 - 9	W14*283
8 - 8	W14*370
7 - 7	W14*455
6 - 6	W14*500
5 - 5	W14*233
4 - 4	W14*257
3 - 3	W14*283
2 - 2	W14*370
1 - 1	W14*370

9-story Building

Story/Floor	COLUMNS		DOUBLER PLATES (in)	GIRDER
	Exterior	Interior		
-1/1	W14X370	W14X500	0,0	W36X160
1/2	W14X370	W14X500	0,0	W36X160
2/3	W14X370, W14X370	W14X500, W14X455	0,0	W36X160
3/4	W14X370	W14X455	0,0	W36X135
4/5	W14X370, W14X283	W14X455, W14X370	0,0	W36X135
5/6	W14X283	W14X370	0,0	W36X135
6/7	W14X283, W14X257	W14X370, W14X283	0,0	W36X135
7/8	W14X257	W14X283	0,0	W30X99
8/9	W14X257, W14X233	W14X283, W14X257	0,0	W27X84
9/Roof	W14X233	W14X257	0,0	W24X68



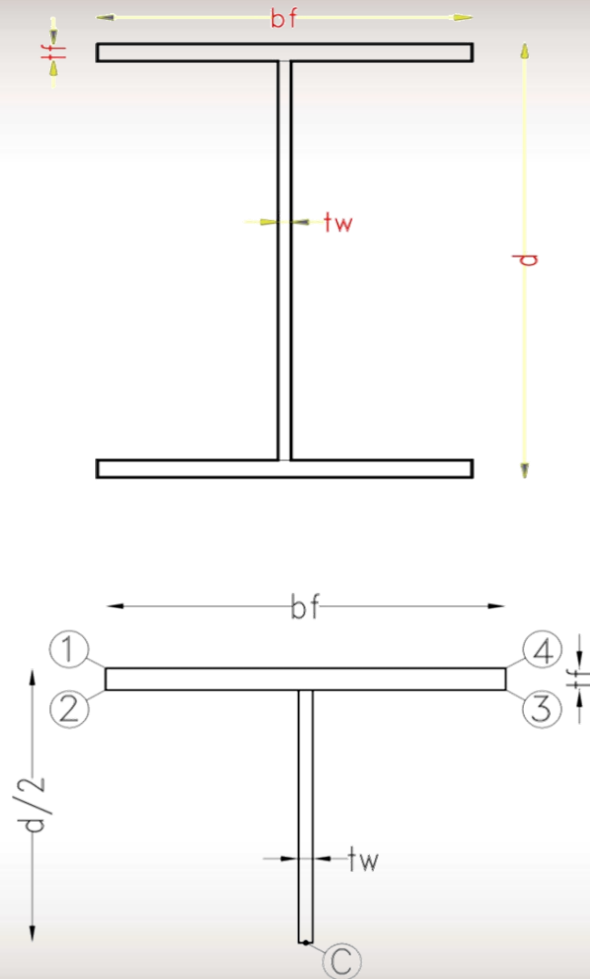
گام ۳- تعریف المانهای تیر و ستون

پیش نیازها :

a- مختصات محلی و عمومی

b- تعریف مصالح

c- تعریف مقاطع



Beams Section		bf	tf	d	tw
13	W36X160	0.3048	0.0259	0.9144	0.0165
14	W36X135	0.3048	0.0201	0.9042	0.0152
15	W30X99	0.2667	0.017	0.7544	0.0132
16	W27X84	0.254	0.0163	0.6782	0.0117
17	W24X68	0.2278	0.0149	0.602	0.0105

Columns Section		bf	tf	d	tw
18	W14X370	0.4191	0.0676	0.4547	0.0422
19	W14X283	0.4089	0.0526	0.4242	0.0328
20	W14X257	0.4064	0.048	0.4166	0.03
21	W14X233	0.4039	0.0437	0.4064	0.0272
22	W14X500	0.4318	0.0889	0.4978	0.0556
23	W14X455	0.4267	0.0815	0.4826	0.0513



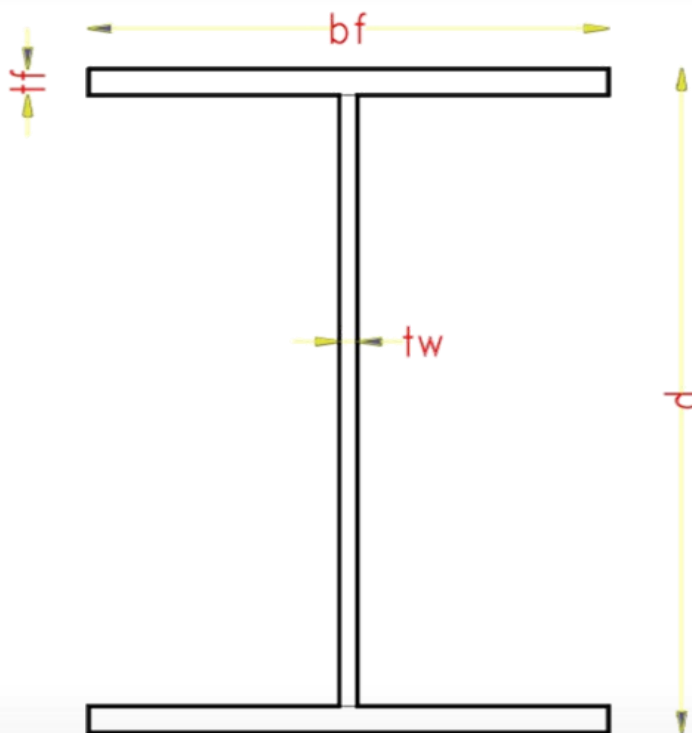
گام ۳- تعریف المانهای تیر و ستون

پیش نیازها :

a- مختصات محلی و عمومی

b- تعریف مصالح

c- تعریف مقاطع

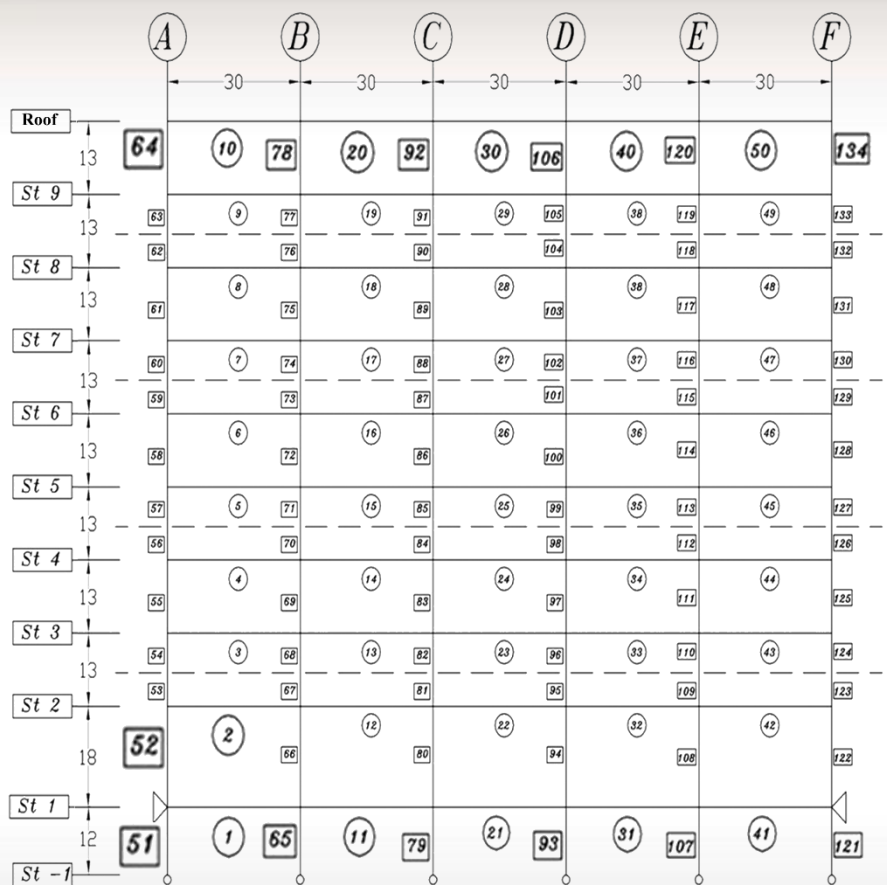


Beams Section		bf	tf	d	tw
13	W36X160	0.3048	0.0259	0.9144	0.0165
14	W36X135	0.3048	0.0201	0.9042	0.0152
15	W30X99	0.2667	0.017	0.7544	0.0132
16	W27X84	0.254	0.0163	0.6782	0.0117
17	W24X68	0.2278	0.0149	0.602	0.0105

Columns Section		bf	tf	d	tw
18	W14X370	0.4191	0.0676	0.4547	0.0422
19	W14X283	0.4089	0.0526	0.4242	0.0328
20	W14X257	0.4064	0.048	0.4166	0.03
21	W14X233	0.4039	0.0437	0.4064	0.0272
22	W14X500	0.4318	0.0889	0.4978	0.0556
23	W14X455	0.4267	0.0815	0.4826	0.0513



مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES



دستورات TCL

`element dispBeamColumn`

گام ۳- تعریف المانهای تیر و ستون

پیش نیازها :

a- مختصات محلی و عمومی

b- تعریف مصالح

c- تعریف مقاطع

- شماره گذاری تیرها و ستونها



مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES

دستورات TCL

mass

گام ۴- جرم لرزه ای

	A	B	C	D	E	F
Roof	15	30	45	60	75	90
St 9	14	29	44	59	74	89
St 8	13	28	43	58	73	88
St 7	12	27	42	57	72	87
St 6	11	26	41	56	71	86
St 5	10	25	40	55	70	85
St 4	9	24	39	54	69	84
St 3	8	23	38	53	68	83
St 2	7	22	37	52	67	82
St 1	6	21	36	51	66	81
St -1	5	20	35	50	65	80
	4	19	34	49	64	79
	3	18	33	48	63	78
	2	17	32	47	62	77
	1	16	31	46	61	76

Cladding and parapet loads are based on the surface area of the structures. Based on these loading definitions the seismic mass for the structures is as follows (the values are for the entire structure):

3-story Structures:

Roof:	70.90 kips-sec ² /ft
Floor 3 and Floor 2:	65.53 kips-sec ² /ft

9-story Structures:

Roof:	73.10 kips-sec ² /ft
Floor 9 to Floor 3:	67.86 kips-sec ² /ft
Floor 2:	69.04 kips-sec ² /ft

20-story Structures:

Roof:	40.06 kips-sec ² /ft
Floor 20 to Floor 3:	37.76 kips-sec ² /ft
Floor 2:	38.63 kips-sec ² /ft



مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES

بارگذاری لرزه ای

دستورات TCL

`timeSeries Path`

`Pattern UniformExcitation`

LA 2 in 50								
EQ code	Description	Earthquake Magnitude	Distance (km)	Scale Factor	Number of Points	Time Step (sec)	PGA (cm/sec ²)	PGA (g's)
la21	fn 1995 Kobe	6.9	3.4	1.15	3000	0.020	1258.00	1.28
la22	fp 1995 Kobe	6.9	3.4	1.15	3000	0.020	902.75	0.92
la23	fn 1989 Loma Prieta	7.0	3.5	0.82	2500	0.010	409.95	0.42
la24	fp 1989 Loma Prieta	7.0	3.5	0.82	2500	0.010	463.76	0.47
la25	fn 1994 Northridge	6.7	7.5	1.29	2990	0.005	851.62	0.87
la26	fp 1994 Northridge	6.7	7.5	1.29	2990	0.005	925.29	0.94
la27	fn 1994 Northridge	6.7	6.4	1.61	3000	0.020	908.70	0.93
la28	fp 1994 Northridge	6.7	6.4	1.61	3000	0.020	1304.10	1.33
la29	fn 1974 Tabas	7.4	1.2	1.08	2500	0.020	793.45	0.81
la30	fp 1974 Tabas	7.4	1.2	1.08	2500	0.020	972.58	0.99
la31	fn Elysian Park (simulated)	7.1	17.5	1.43	3000	0.010	1271.20	1.30
la32	fp Elysian Park (simulated)	7.1	17.5	1.43	3000	0.010	1163.50	1.19
la33	fn Elysian Park (simulated)	7.1	10.7	0.97	3000	0.010	767.26	0.78
la34	fp Elysian Park (simulated)	7.1	10.7	0.97	3000	0.010	667.59	0.68
la35	fn Elysian Park (simulated)	7.1	11.2	1.10	3000	0.010	973.16	0.99
la36	fp Elysian Park (simulated)	7.1	11.2	1.10	3000	0.010	1079.30	1.10
la37	fn Palos Verdes (simulated)	7.1	1.5	0.90	3000	0.020	697.84	0.71
la38	fp Palos Verdes (simulated)	7.1	1.5	0.90	3000	0.020	761.31	0.78
la39	fn Palos Verdes (simulated)	7.1	1.5	0.88	3000	0.020	490.58	0.50
la40	fp Palos Verdes (simulated)	7.1	1.5	0.88	3000	0.020	613.28	0.63

طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان شتاب نگاشت‌هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا، در هنگام وقوع زلزله باشند. بهمین دلیل جهت انتخاب رکوردها با توجه به اینکه سازه مورد نظر (SAC9) برای شهر لس آنجلس طراحی شده لذا بهترین گزینه مجموعه ۲۰ تایی رکوردهای گروه SAC ارائه شده برای شهر لس آنجلس می باشد که براساس مشخصات منطقه و احتمال وقوع ۲٪ در ۵۰ سال مقیاس شده است.



میرایی سازه (رایلی)

در این پژوهش از میرایی رایلی بعنوان میرایی سازه استفاده شده و پس از تخمین ضرائب میرایی مودی برای دو مود دلخواه، ماتریس میرایی از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$C = \alpha M + \beta K$$

در عمل دو مود مذکور با نسبت های میرایی مشخص به گونه ای انتخاب میشوند که مقدار میرایی قابل قبولی را برای مودهایی که مشارکت قابل توجهی در پاسخ سازه دارند بوجود آورند و ضرائب ثابت α و β با فرض برابر بودن نسبت های میرایی انتخاب شده برای دو مود، از روابط زیر بدست می آیند.

$$\alpha = \frac{2\xi\omega_i\omega_j}{\omega_i + \omega_j}$$

$$\beta = \frac{2\xi}{\omega_i + \omega_j}$$

در تحقیق حاضر از مودهای اول و سوم استفاده گردیده و نسبت میرایی برای هر دو مود یکسان و برابر ۲٪ انتخاب شده است.

دستورات TCL

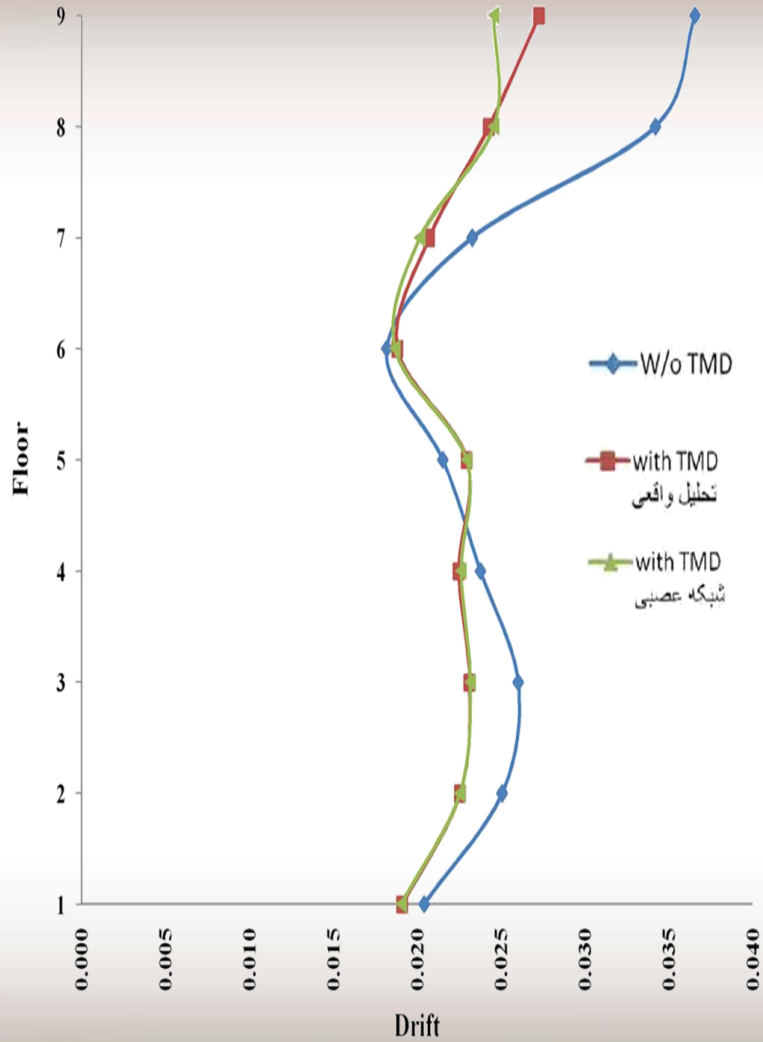
`eigen`

`lindex`

`rayleigh`



مدلسازی سازه فلزی دو بعدی SAC9 مجهز به TMD در نرم افزار OpenSEES



	A	B	C	D	E	F	
Roof	15	30	45	60	75	90	105
St 9	14	29	44	59	74	89	104
St 8	13	28	43	58	73	88	103
St 7	12	27	42	57	72	87	102
St 6	11	26	41	56	71	86	101
St 5	10	25	40	55	70	85	100
St 4	9	24	39	54	69	84	99
St 3	8	23	38	53	68	83	98
St 2	7	22	37	52	67	82	97
St 1	6	21	36	51	66	81	96
St -1	5	20	35	50	65	80	95
	4	19	34	49	64	79	94
	3	18	33	48	63	78	93
	2	17	32	47	62	77	92
	1	16	31	46	61	76	91

ثبت خروجی تحلیل

دستورات TCL

recorder Drift

recorder EnvelopeDrift



دستورات TCL

```
wipeAnalysis
Constraints Transformation
numberer RCM
system BandGeneral
test NormDispIncr $Tolerance $Stepmax
algorithm Newton
integrator Newmark 0.5 0.25
analysis Transient
Analyze $Nsteps $DtAnalysis
loadConst -time 0.0
```

تحلیل غیرخطی دینامیکی