



OPTIMUM DESIGN OF TMD SYSTEM FOR TALL BUILDINGS

A. Abdelraheem Farghaly^{*,†}

Faculty of Industrial Education, Sohag University, Egypt

ABSTRACT

High tall buildings are more susceptible to dynamic excitations such as wind and seismic excitations. In this paper, design procedure and some current applications of tuned mass damper (TMD) were studied. TMD was proposed to study response of 20 storey height building to seismic excitations using time history analysis with and without the TMD.

The study indicates that the response of structures such as storey displacements and shear force of columns can be dramatically reduced by using TMD groups with specific arrangement in the model. The study illustrates the group of four TMDs distributed on the plane can be effective as reinforced concrete core shear wall.

Received: 10 May 2012; Accepted: 20 August 2012

صفحه اول مقاله

(۱) کلیات مدلسازی

- تعداد طبقه: ۲۰
- سازه سه بعدی
- تعداد دهانه: ۳
- طول دهانه: ۴ متر
- ارتفاع طبقات: ۳ متر
- سیستم باربر جانبی: قاب خمشی با شکل پذیری ویژه

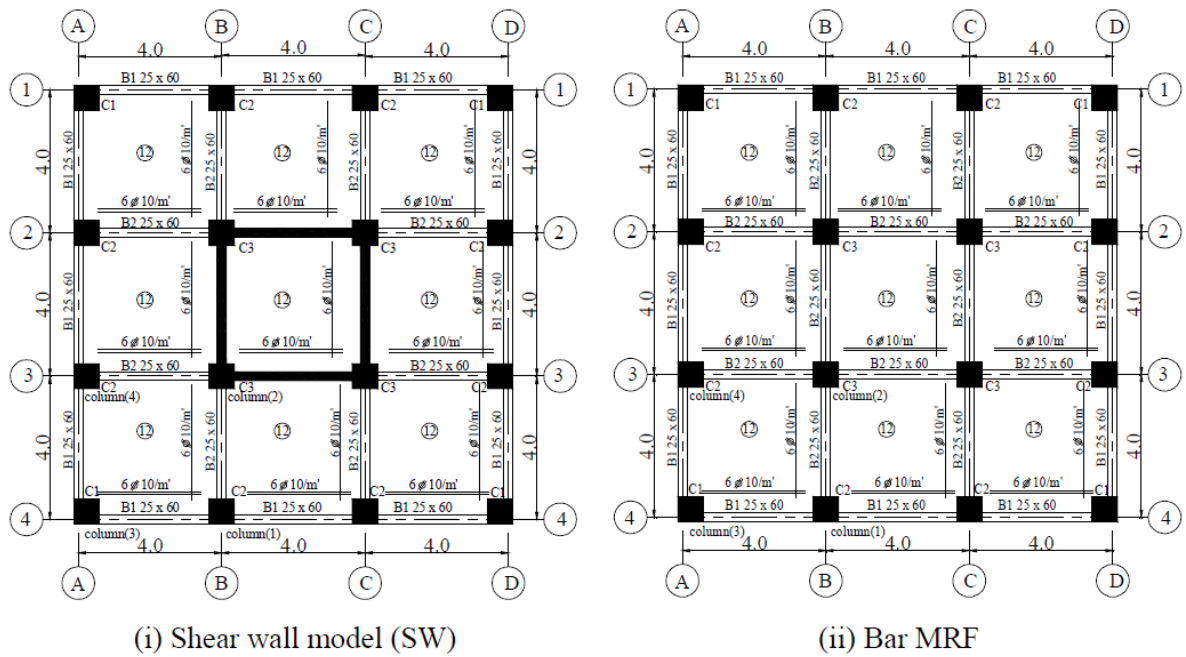
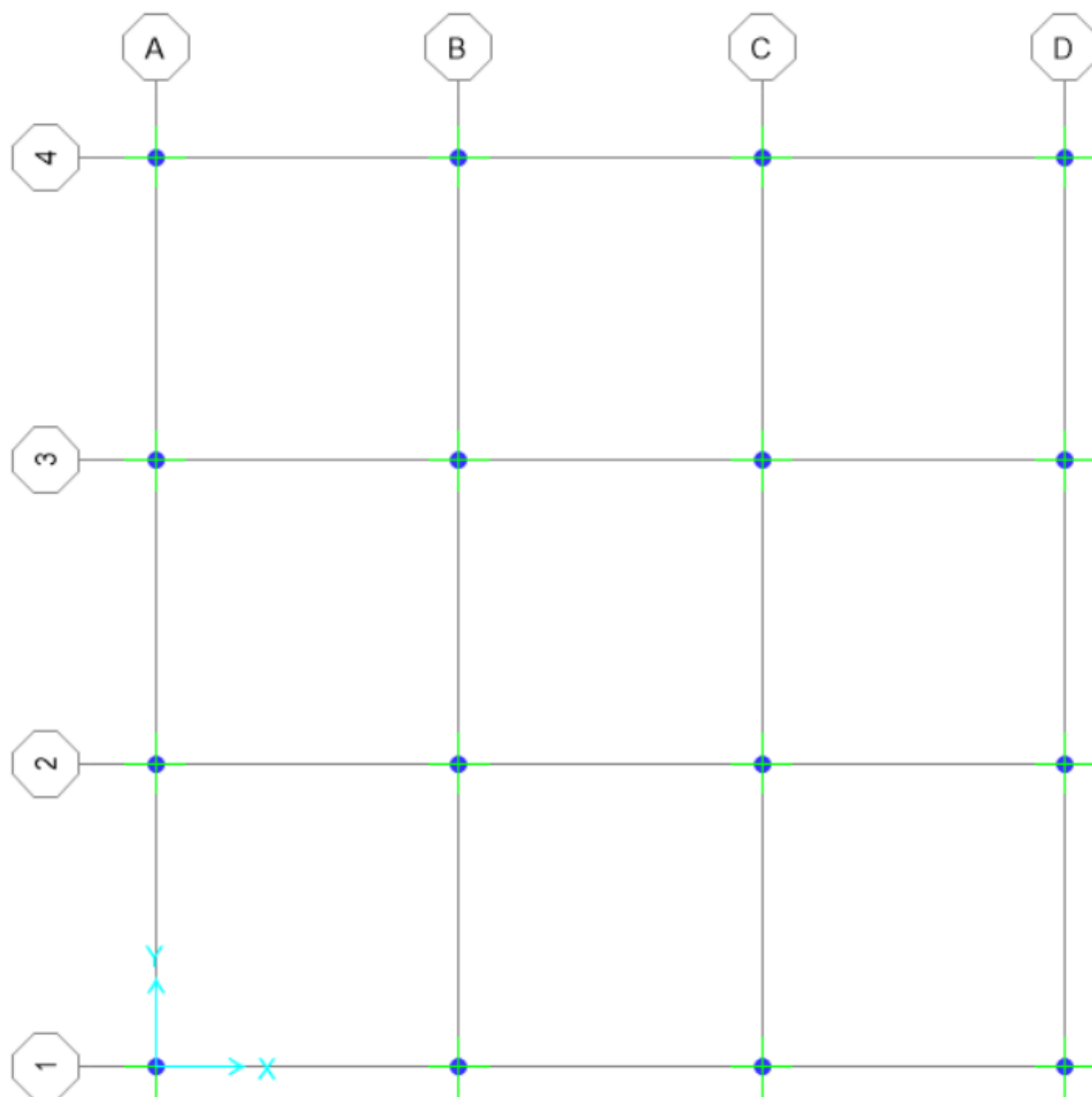
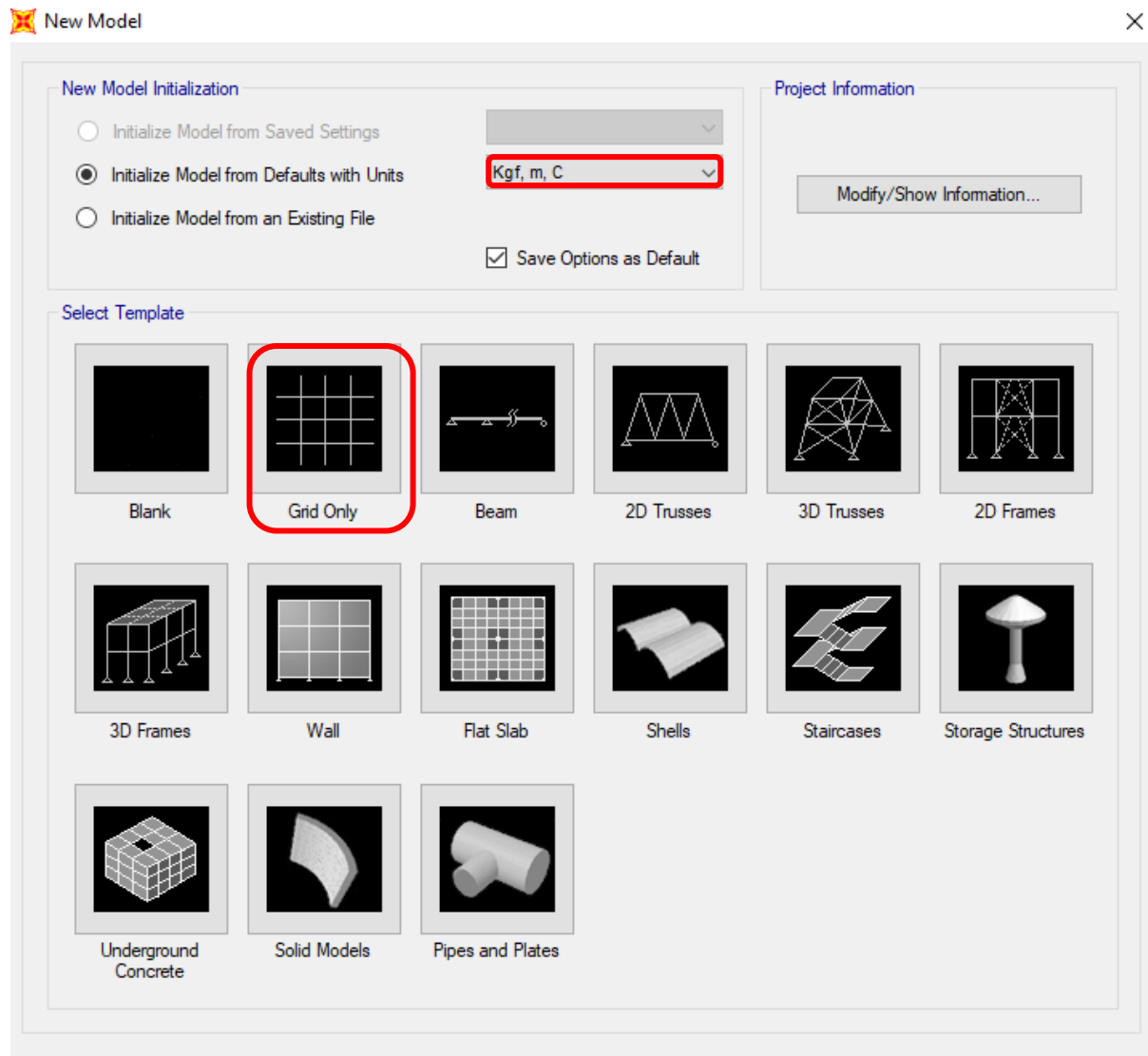


Figure 3. Typical structural plan of each floor of the 20th storey building model



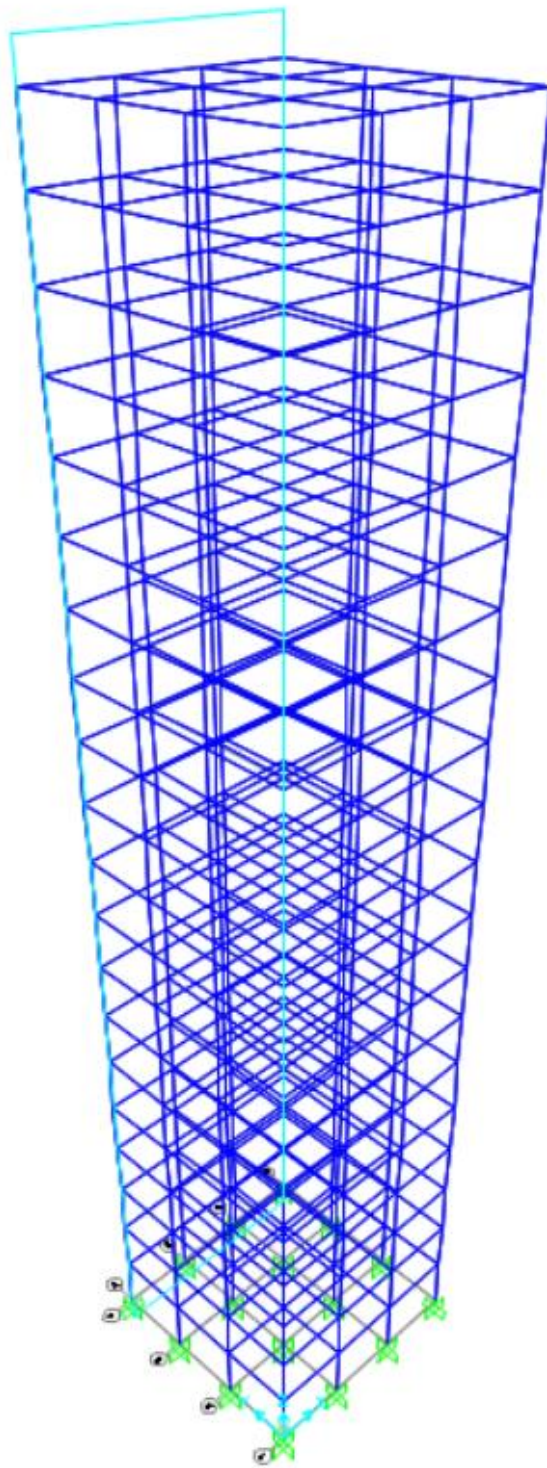
پلان سازه

۳) تنظیمات اولیه مدلسازی در نرم افزار



تنظیمات اولیه نرم‌افزاری

✓ در این قسمت واحدها را بر روی سیستم متریک تنظیم کرده و برای مدلسازی از حالت قاب سه بعدی (Grid Only) استفاده کرده‌ایم.



مدل سه بعدی سازه

۴) تعریف مصالح

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

➤ مشخصات بتن:

- وزن مخصوص بتن

$$W_c = 25 \text{ KN/m}^3$$

- مدول الاستیسیته بتن

$$E_c = 14.8 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$$

- نسبت پوآسون

$$U = \nu = 0.2$$


- ضریب انبساط حرارتی

$$A = 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$$

- مقاومت فشاری بتن

مقاومت فشاری بتن را برابر ۲۵ مگاپاسکال در نظر گرفته‌ایم.

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

General Data	
Material Name and Display Color	C100 
Material Type	Concrete ▾
Material Grade	C100
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	25
Mass per Unit Volume	2.5
Units	
KN, m, C ▾	
Isotropic Property Data	
Modulus Of Elasticity, E	14513842.
Poisson, U	0.2
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.000E-05
Shear Modulus, G	6047434.
Other Properties For Concrete Materials	
Specified Concrete Compressive Strength, f _c	9806.6502
Expected Concrete Compressive Strength	9806.6502
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	
<input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display	
OK Cancel	

تعریف بتن در نرم افزار SAP2000

➤ مشخصات میلگرد

S Material Property Data ×

General Data

Material Name and Display Color	Rebar
Material Type	Rebar
Material Grade	
Material Notes	Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume	76.9729
Mass per Unit Volume	7.849

Units

KN, m, C

Uniaxial Property Data

Modulus Of Elasticity, E	1.961E+08
Poisson, U	0.
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	

Other Properties For Rebar Materials

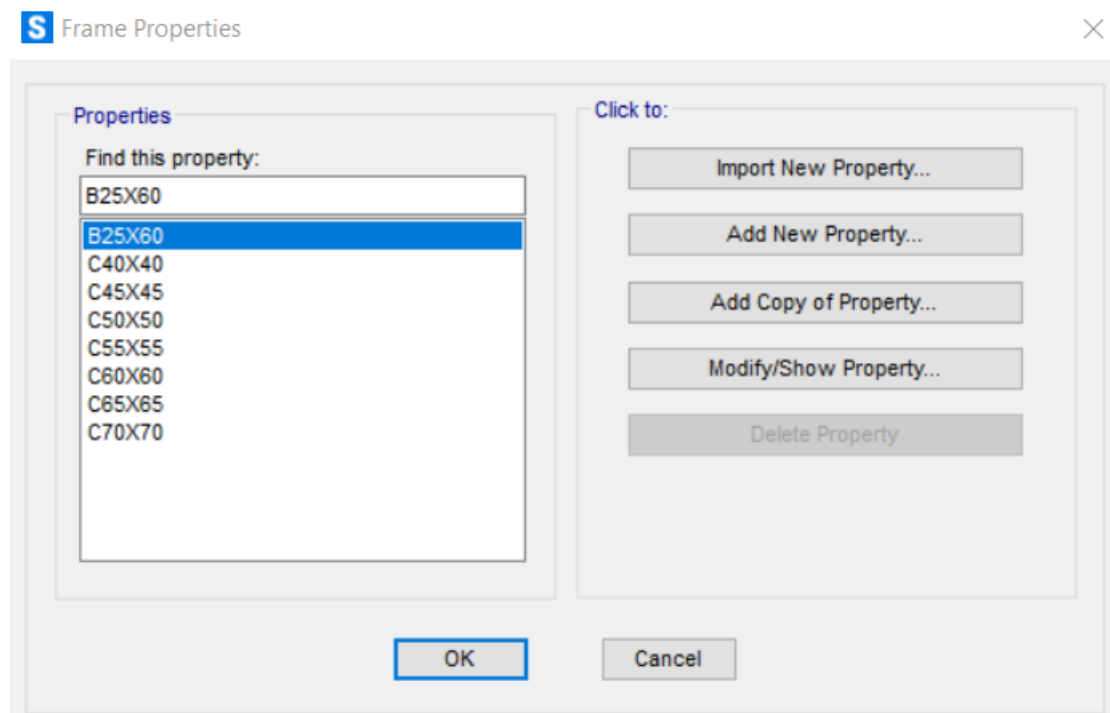
Minimum Yield Stress, Fy	196133.
Minimum Tensile Stress, Fu	490332.5
Expected Yield Stress, Fye	245166.25
Expected Tensile Stress, Fue	612915.6

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

تعریف میلگرد در نرم افزار SAP2000

(۵) تعریف مقاطع




تعریف مقاطع

مقاطع مطابق جدول زیر از مقاله تعریف شده است.

Table 2. Dimension of reinforced concrete elements of the MRF building (dimension in cm)

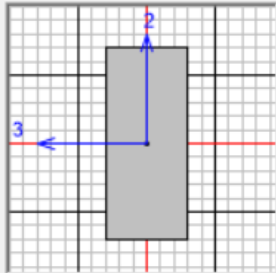
Floor	Dimension				
	Columns			Beams	
	C1	C2	C3	B1	B2
1,2,3	70x70	70x70	70x70	25x60	25x60
4,5,6	65x65	65x65	65x65	25x60	25x60
7,8,9	60x60	60x60	60x60	25x60	25x60
10,11,12	55x55	55x55	55x55	25x60	25x60
13,14,15	50x50	50x50	50x50	25x60	25x60
16,17,18	45x45	45x45	45x45	25x60	25x60
19,20	40x40	40x40	40x40	25x60	25x60

Section Name
B25X60

Display Color


Section Notes
Modify/Show Notes...

Dimensions
Depth (t3)
0.6
Width (t2)
0.25

Section


Material
+ C100

Property Modifiers
Set Modifiers...


Properties
Section Properties...
Time Dependent Properties...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

تعریف تیر

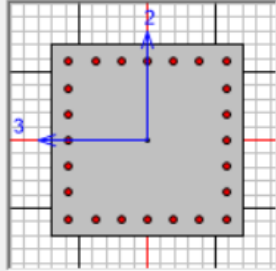
Section Name
C70X70

Display Color


Section Notes

Modify/Show Notes...

Dimensions
Depth (t3)
0.7
Width (t2)
0.7

Section


Material
+ C100

Property Modifiers
Set Modifiers...

Properties
Section Properties...
Time Dependent Properties...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

تعريف ستون

۶) تعریف بارها

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

Define Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	Dead	1	
DEAD	Dead	1	
Live	Live	0	
EX	Quake	0	IS1893 2002
EY	Quake	0	IS1893 2002

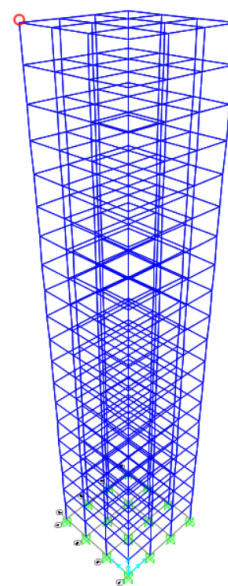
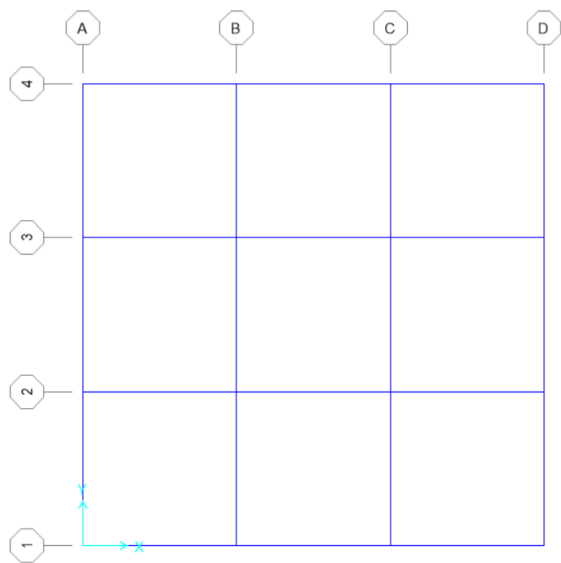
Click To:

- Add New Load Pattern
- Add Copy of Load Pattern
- Modify Load Pattern
- Modify Lateral Load Pattern...
- Delete Load Pattern
- Show Load Pattern Notes...

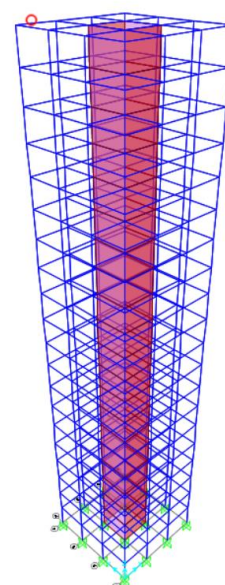
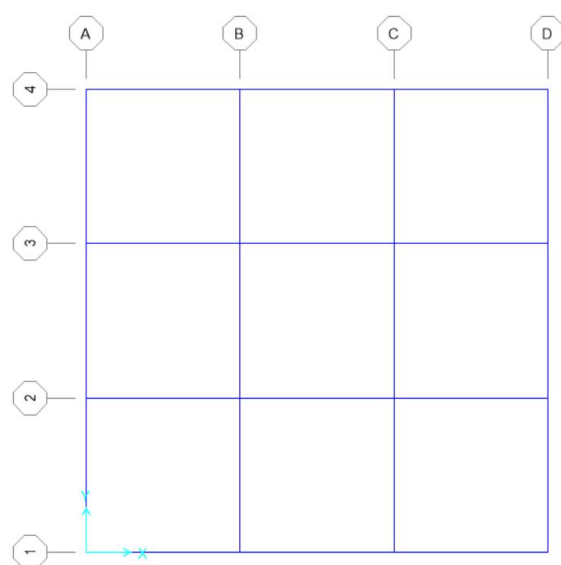
OK Cancel

الگوهای بار تعریف شده

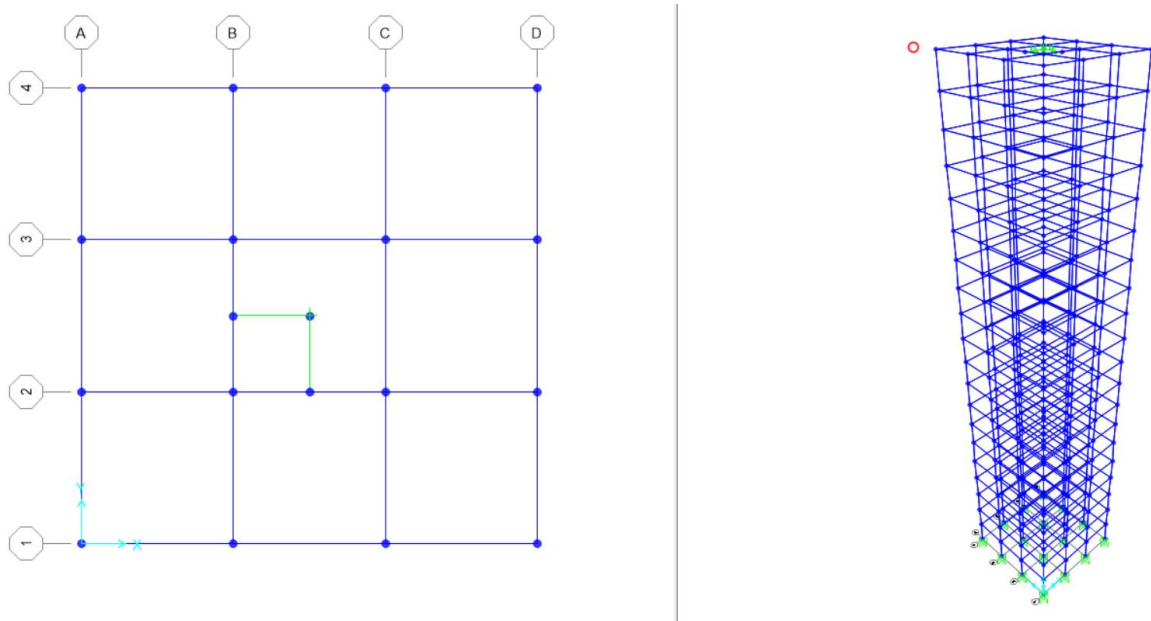
۷) مدل سازی



مدلسازی سازه بدون میراگر (Bar)

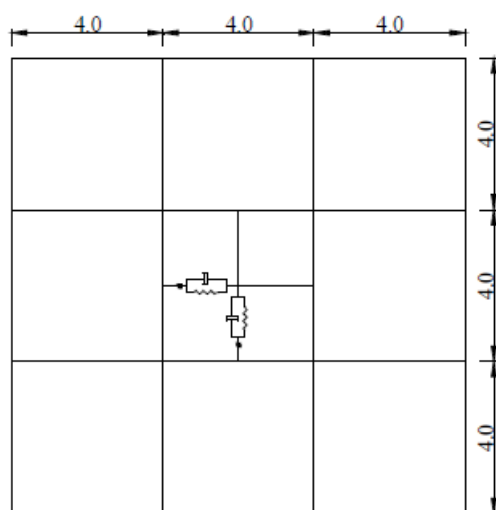


مدلسازی سازه با دیوار برشی (بدون میراگر (SW))



مدلسازی سازه با میراگر (یک میراگر در طبقه آخر (1TMD))

با توجه به اینکه در این بخش صحت سنجی مقاله مدنظر می‌باشد یکی از مدل‌های مورد نظر که یک میراگر در طبقه بام تعبیه شده است مدلسازی شده و مورد تحلیل قرار گرفته است.



(i) One TMD

مدل مورد نظر دارای میراگر برای مدلسازی

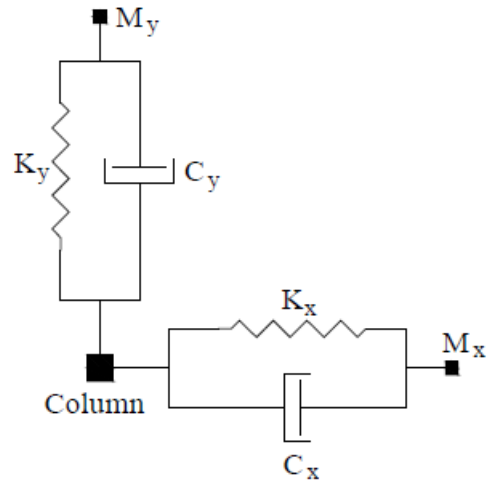


Figure 4. Plan of TMD components in X and Y directions.

لینک میراگر مورد نظر

۸) تعریف میراگر

S Link/Support Property Data

Link/Support Type: **Linear**

Property Name: **TMD** [Set Default Name]

Property Notes: [Modify/Show...]

P-Delta Parameters

☒ Shear Couple
☐ Equal End Moments
☐ Advanced [Modify/Show]

Total Mass and Weight

Mass: Rotational Inertia 1:
Weight: Rotational Inertia 2:
Rotational Inertia 3:

Factors For Line, Area and Solid Springs

Property is Defined for This Length In a Line Spring:
Property is Defined for This Area In Area and Solid Springs:

Directional Properties

Direction	Fixed	Properties	Direction	Fixed	Nonlinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	[Modify/Show for All...]	<input checked="" type="checkbox"/> R1	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> R2	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/>		

[Fix All] [Clear All]

Stiffness Options

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases:
Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping:
Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor:

[OK] [Cancel]

S Linear Link/Support Directional Properties

Link/Support Name:

Directional Control

Direction	Fixed
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R1	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R2	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/>

Shear Distance from End J
U2:
U3:

Units: **Kgf, m, C**

Stiffness Values Used For All Load Cases

☒ Stiffness is Uncoupled ☐ Stiffness is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
<input type="text" value="152789."/>	<input type="text" value="152789."/>	<input type="text" value="Fixed"/>	<input type="text" value="Fixed"/>	<input type="text" value="Fixed"/>	<input type="text" value="Fixed"/>

Damping Values Used For All Load Cases

☒ Damping is Uncoupled ☐ Damping is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
<input type="text" value="150349."/>	<input type="text" value="150349."/>	<input type="text" value="Fixed"/>	<input type="text" value="Fixed"/>	<input type="text" value="Fixed"/>	<input type="text" value="Fixed"/>

[OK] [Cancel]

تعریف میراگر

مشخصات میراگر مطابق جدول زیر از مقاله تعریف گردیده است:

Table 3. Properties of TMDs used in the testing models in both X, Y directions as Zahrai and ghammadi-Asl [16].

No. TMDs	m_{TMD} (ton)	$\mu\%$	α_{opt}	ζ_{opt}	k_d	c_d
1	216	0.050	0.940	0.051	152.789	83.029
2	108	0.025	0.970	0.026	40.597	21.797
4	54	0.013	0.985	0.013	10.467	5.586
8	27	0.006	0.992	0.007	2.658	1.414
10	21.6	0.005	0.994	0.005	1.706	0.907
16	13.5	0.003	0.996	0.003	0.670	0.356
20	10.8	0.002	0.997	0.003	0.429	0.228
32	6.75	0.002	0.998	0.002	0.168	0.089
40	5.4	0.001	0.998	0.001	0.108	0.057
80	2.7	0.001	0.999	0.001	0.027	0.014
160	1.35	0.000	1.000	0.000	0.007	0.004
320	0.68	0.000	1.000	0.000	0.002	0.001

مشخصات میراگر مورد نظر

۹) تعریف وزن موثر لرزه‌ای

Mass Source Data

Mass Source Name: W

Mass Source:

- ☐ Element Self Mass and Additional Mass
- ☒ Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

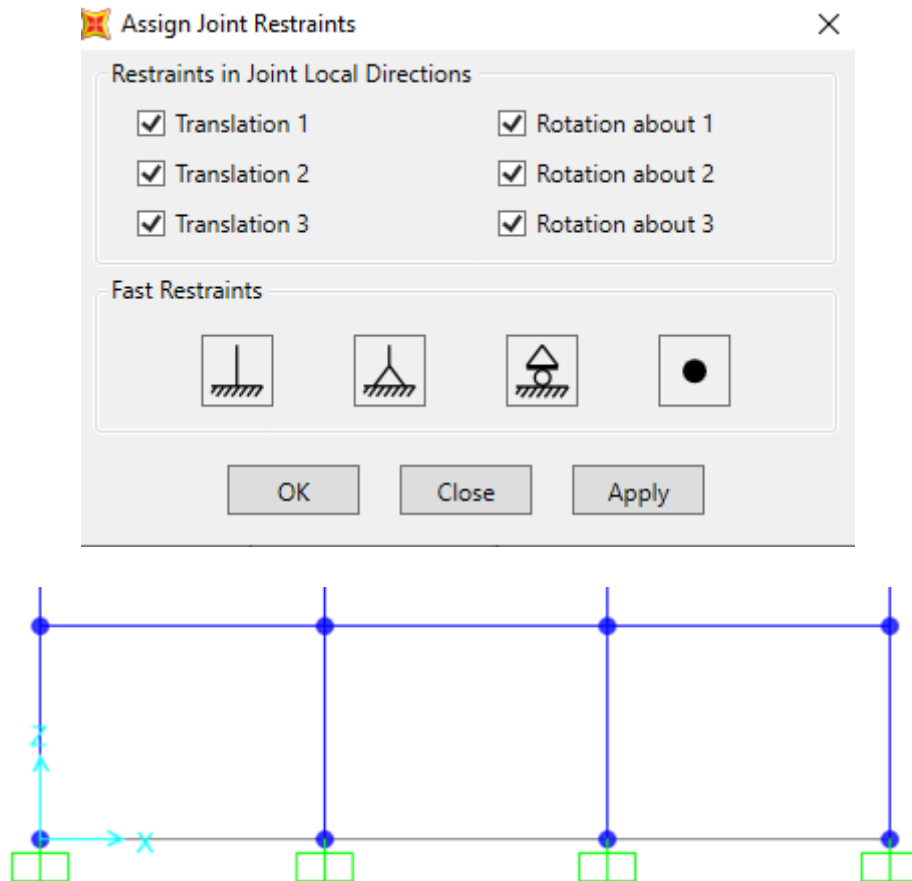
Load Pattern	Multiplier
Live	0.2
DEAD	1
Live	0.2

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

تعریف وزن موثر لرزه‌ای در نرم افزار SAP2000

۱۰) اصلاحات مدلسازی

۱۰-۱) اختصاص پای تکیه گاه‌ها در محل اتصال ستون به فونداسیون

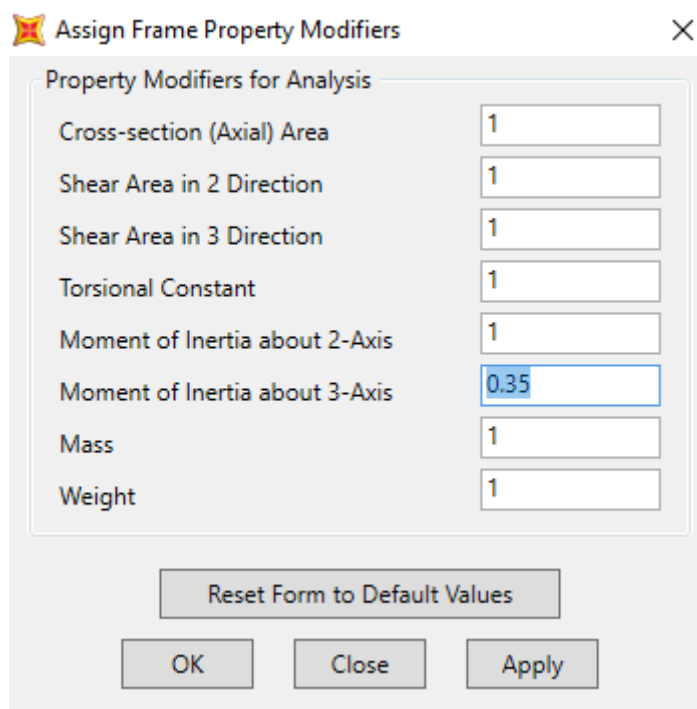


شکل ۴۷، تکیه گاه گیردار پای ستون‌ها در محل اتصال به ستون

۱۰-۲) اختصاص ضرایب ترک خوردگی

$0.35 = \text{ضریب ترک خوردگی تیرها}$

$0.7 = \text{ضریب ترک خوردگی ستونها}$



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

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

ضریب ترک خوردگی تیر

Assign Frame Property Modifiers

Property Modifiers for Analysis

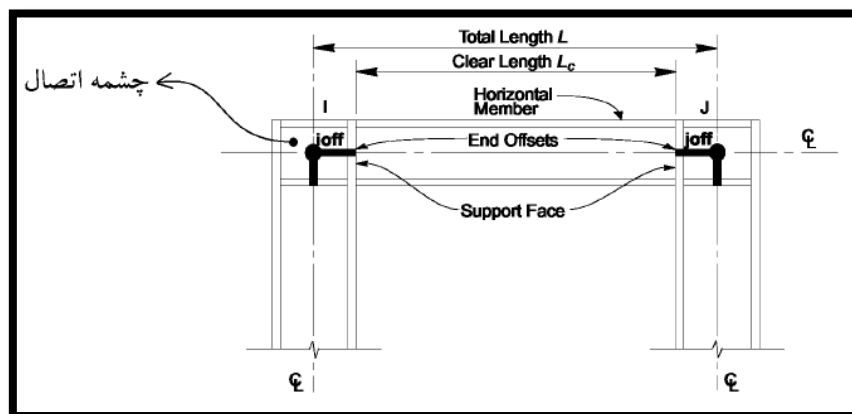
Cross-section (Axial) Area	1
Shear Area in 2 Direction	1
Shear Area in 3 Direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2-Axis	0.7
Moment of Inertia about 3-Axis	0.7
Mass	1
Weight	1

Reset Form to Default Values


OK Close Apply

ضریب ترک خوردگی ستون

۳-۱۰ اختصاص ناحیه انتهایی صلب



نواحی انتهایی صلب

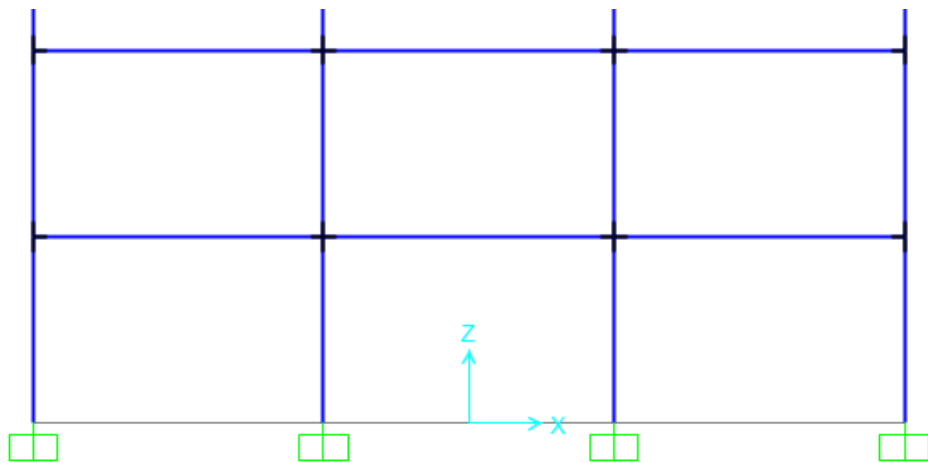
 Assign Frame End Length Offsets ✕

Options for End Offset Along Length

☒ Automatic from Connectivity
☐ User Defined Lengths

Parameters

User Defined Length Offset at End-I
User Defined Length Offset at End-J
Rigid Zone Factor



اعمال نواحی انتهایی صلب در نرم افزار

۴-۱۰ تنظیم تعداد مد نوسان

S Load Case Data - Modal

Load Case Name: MODAL [Set Def Name] [Modify/Show...]

Load Case Type: Modal [Design...]

Stiffness to Use:

- ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State
- ☐ Stiffness at End of Nonlinear Case [v]

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Type of Modes:

- ☒ Eigen Vectors
- ☐ Ritz Vectors

Mass Source: MSSSRC1

Number of Modes:

Maximum Number of Modes: 60

Minimum Number of Modes: 3

Loads Applied:

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Frequency Shift (Center): 0.

Cutoff Frequency (Radius): 0.

Convergence Tolerance: 1.000E-09

☒ Allow Automatic Frequency Shifting

[OK] [Cancel]

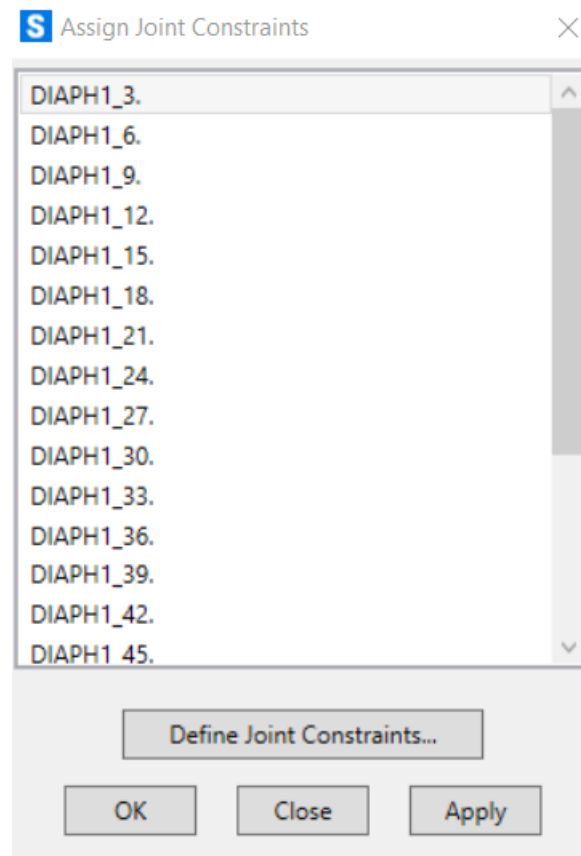
اعمال تعداد مد نوسان سازه ۲۰ طبقه

Maximum Number of Modes: $n = 60$

Minimum Number of Modes: $n = 3$

۵-۱۰ اختصاص دیافراگم صلب

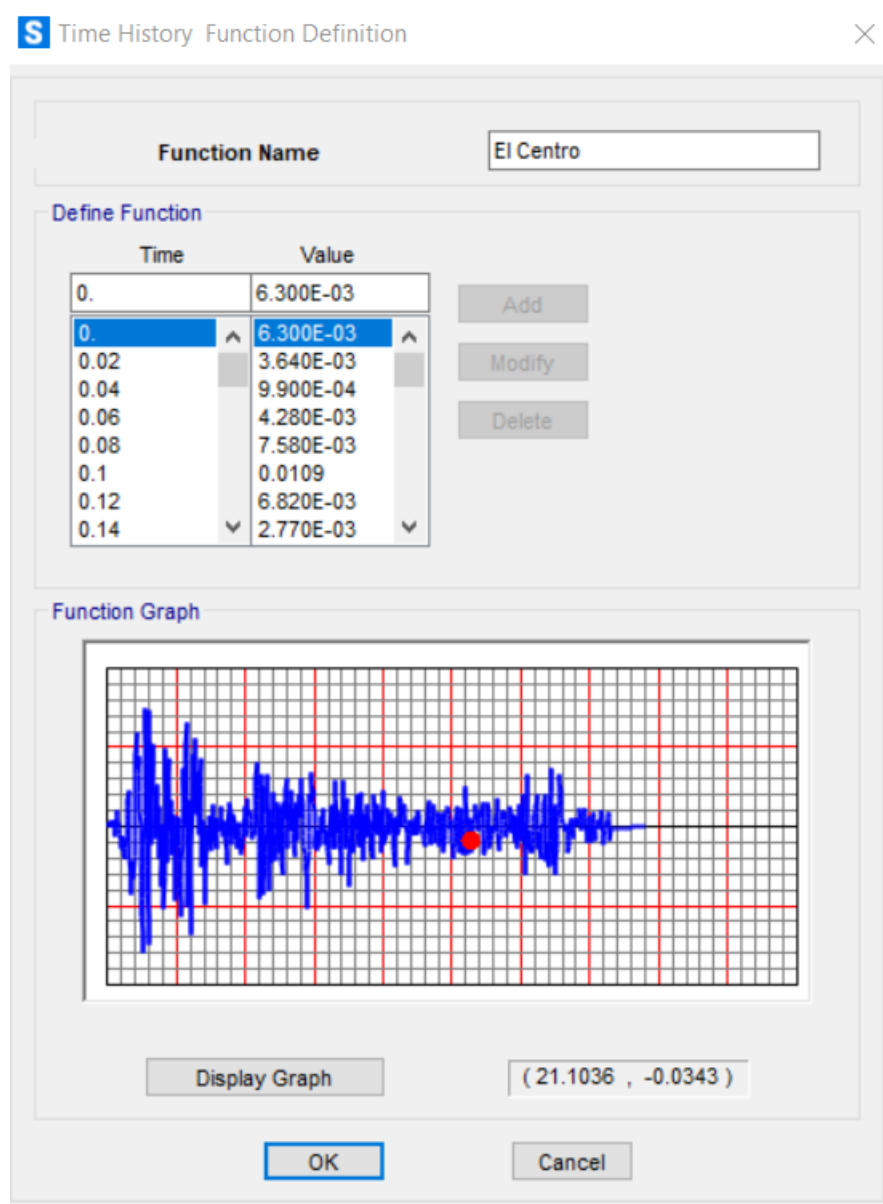
در نرم افزار SAP2000 دیافراگم را بایستی به گره‌ها وارد کرد که برای این منظور گره‌های هر طبقه انتخاب شده و دیافراگم طبق شکل زیر اعمال می‌باشد.



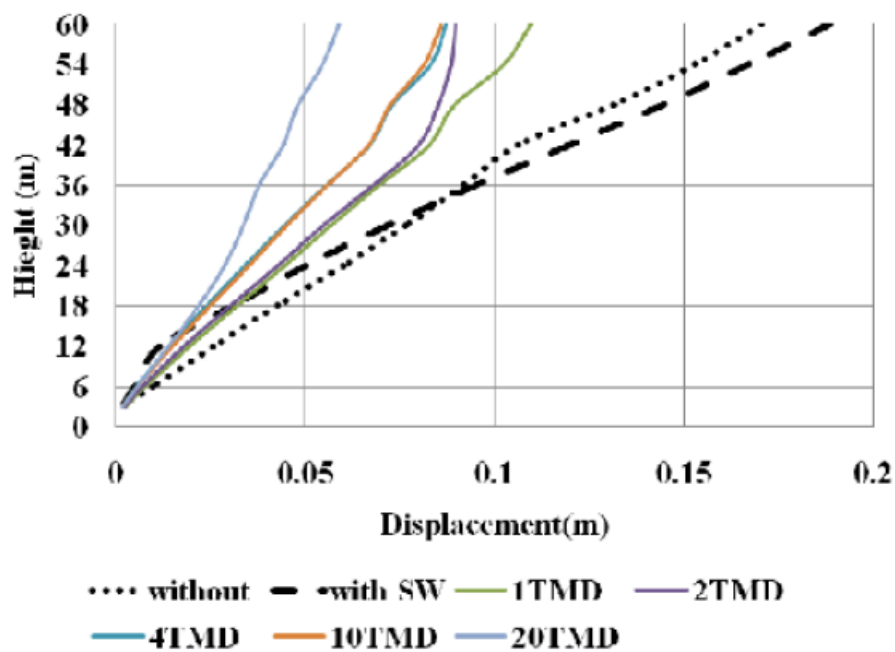
اعمال دیافراگم طبقات سازه

۱۱) بار زلزله

رکورد زلزله مورد استفاده در این تحقیق زلزله ال سنترو می باشد که به نرم افزار وارد شده است.

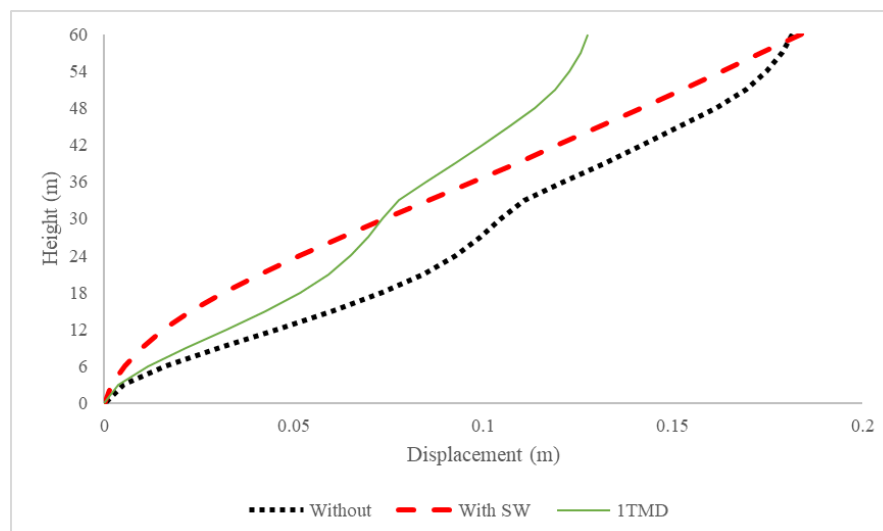


رکورد زلزله وارده به نرم افزار



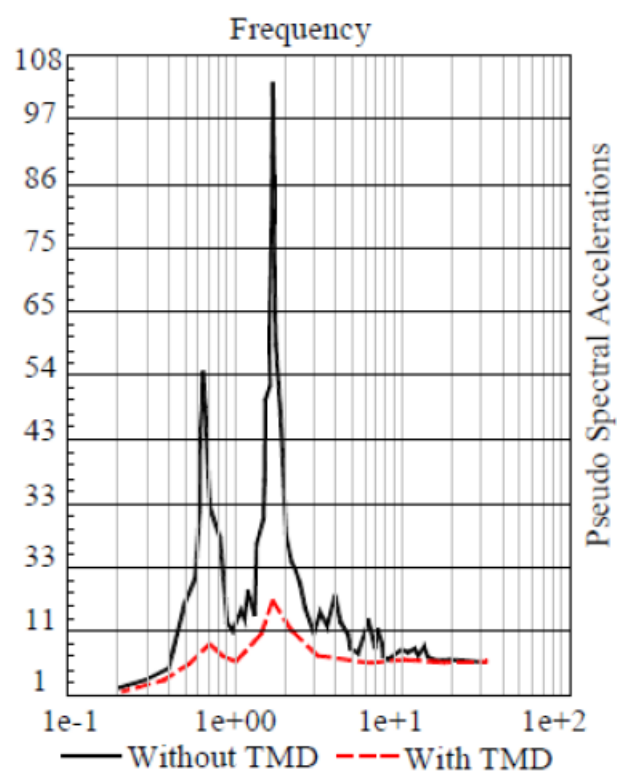
(i) One TMD

جابجایی طبقات (مقاله)

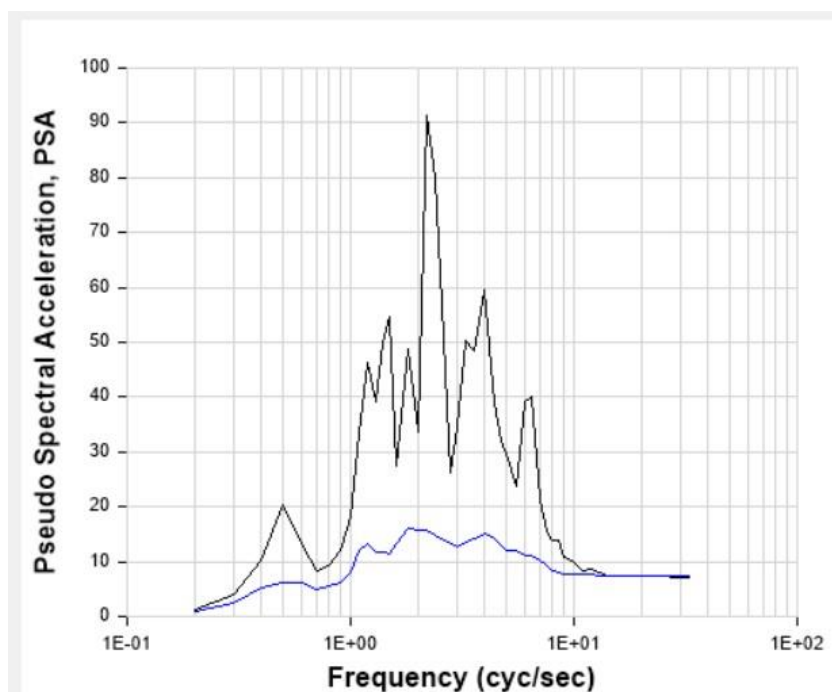


جابجایی طبقات (مدلسازی)

✓ اختلاف نتایج مدلسازی و مقاله در حدود ۶ درصد می‌باشد که نشان از دقت خوب مدلسازی دارد.

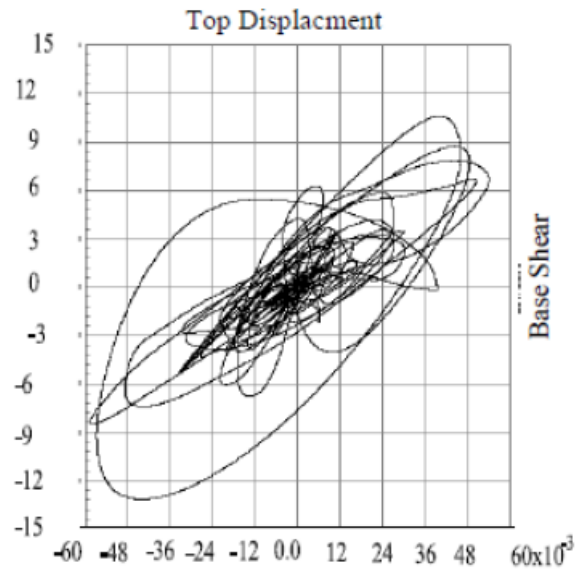


طیف فرکانس در مقاب شتاب طیفی (مقاله)



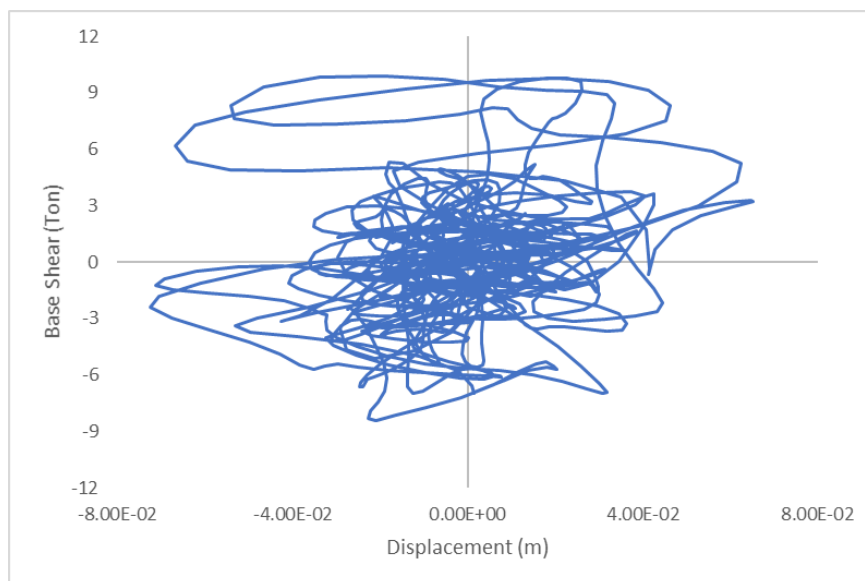
طیف فرکانس در مقاب شتاب طیفی (مدلسازی)

✓ اختلاف نتایج مدلسازی و مقاله در حدود ۷ درصد می باشد که نشان از دقت خوب مدلسازی دارد.



(i) 1x4TMD

نمودار هیستریزیس میراگر (مقاله)



نمودار هیستریزیس میراگر (مدلسازی)

✓ اختلاف نتایج مدلسازی و مقاله در حدود ۹ درصد می باشد که نشان از دقت خوب مدلسازی دارد.

با مقایسه نتایج مدلسازی و مقاله مشاهده می شود اختلاف بسیار کم بوده و اختلاف در تمامی موارد زیر ۱۰

درصد بوده که نشان از دقت بسیار خوب مدلسازی دارد.