

مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده

در

نرم افزار *OpenSEES*



مدرس دوره

قربان علیزاده

دانشجوی دکتری زلزله

جلسه دوم



کنترل ارتعاشات سازه

- تفکر روش مقاومتی

- تامین شکل پذیری

- ابزارهای کنترلی

کنترل غیرفعال

کنترل فعال

کنترل ترکیبی

کنترل نیمه فعال

کنترل غیرفعال انطباق پذیر

اتلاف کننده انرژی
(میراگرها)

جدا ساز پایه

۱- میراگر فلزی تسلیم

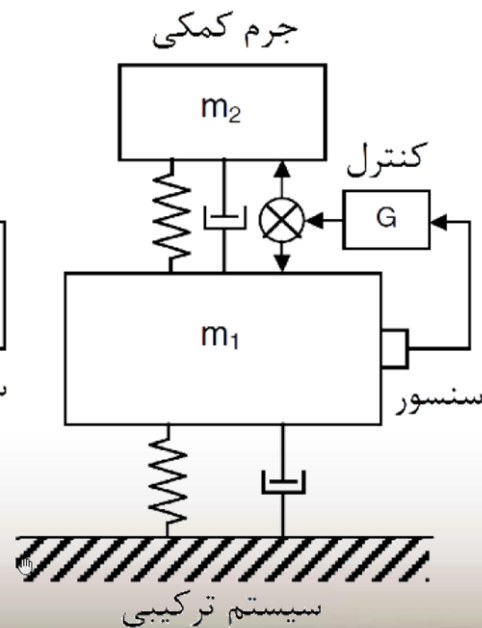
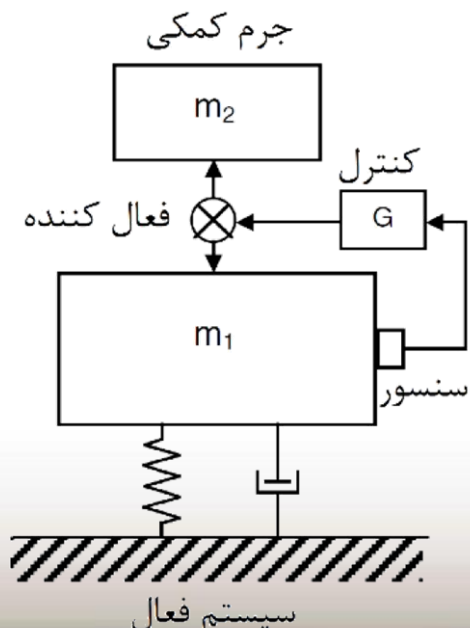
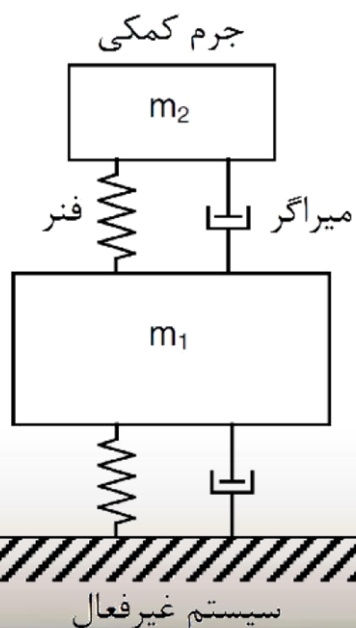
۲- میراگر ویسکوالاستیک

۳- میراگر اصطکاکی

۴- میراگر مایع لزج

۵- میراگر سیال هماهنگ شده

۶- میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)





مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

انواع میراگر

۱- میراگر فلزی تسلیم

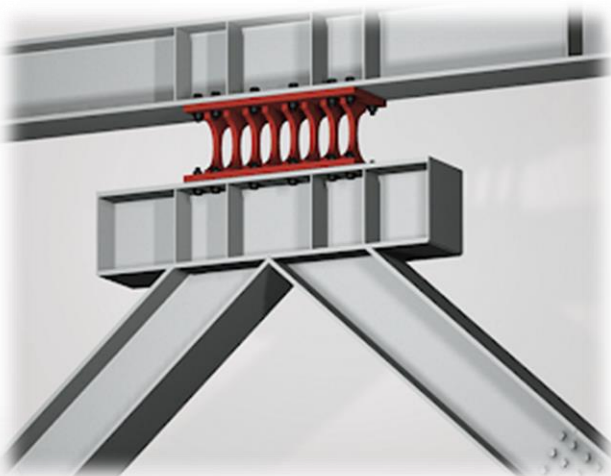
۲- میراگر ویسکوالاستیک

۳- میراگر اصطکاکی

۴- میراگر مایع لزج

۵- میراگر سیال هماهنگ شده

۶- میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)





مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)



انواع میراگر

۱- میراگر فلزی تسلیم

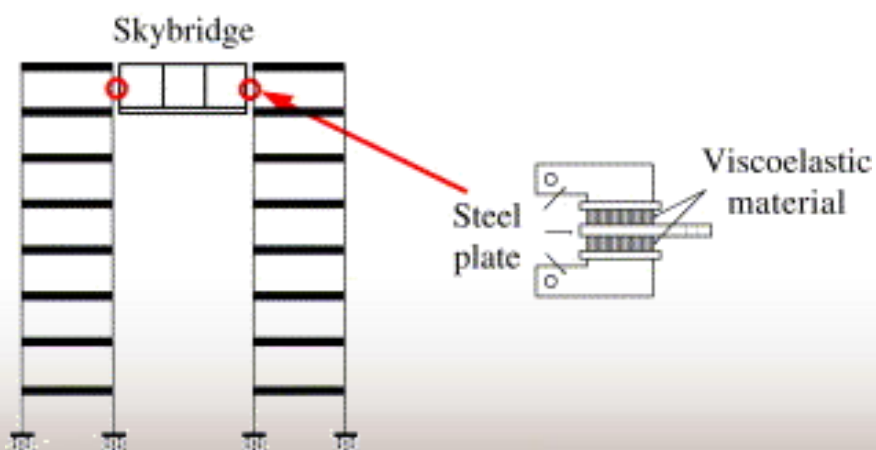
۲- میراگر ویسکوالاستیک

۳- میراگر اصطکاکی

۴- میراگر مایع لزج

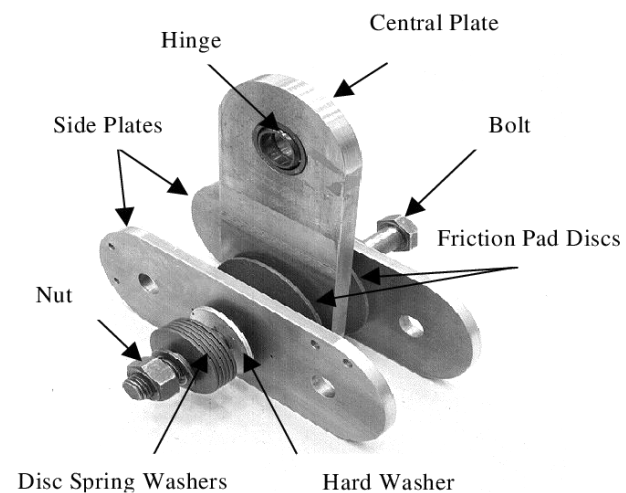
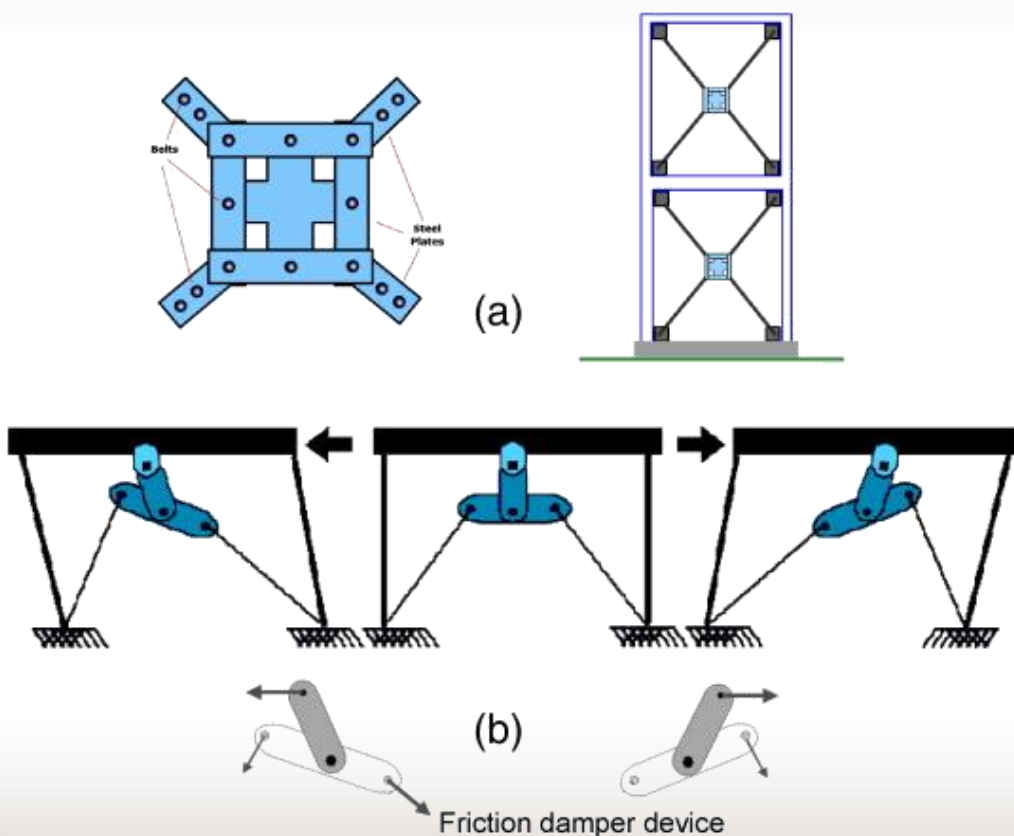
۵- میراگر سیال هماهنگ شده

۶- میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)





انواع میراگر



۱- میراگر فلزی تسلیم

۲- میراگر ویسکوالاستیک

۳- میراگر اصطکاکی

۴- میراگر مایع لزج

۵- میراگر سیال هماهنگ شده

۶- میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)



مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

انواع میراگر

۱- میراگر فلزی تسلیم

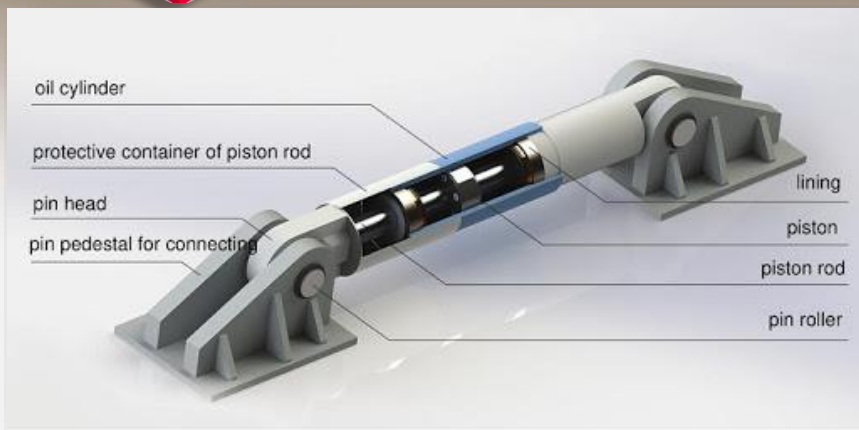
۲- میراگر ویسکوالاستیک

۳- میراگر اصطکاکی

۴- میراگر مایع لزج

۵- میراگر سیال هماهنگ شده

۶- میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)





انواع میراگر

۱- میراگر فلزی تسلیم

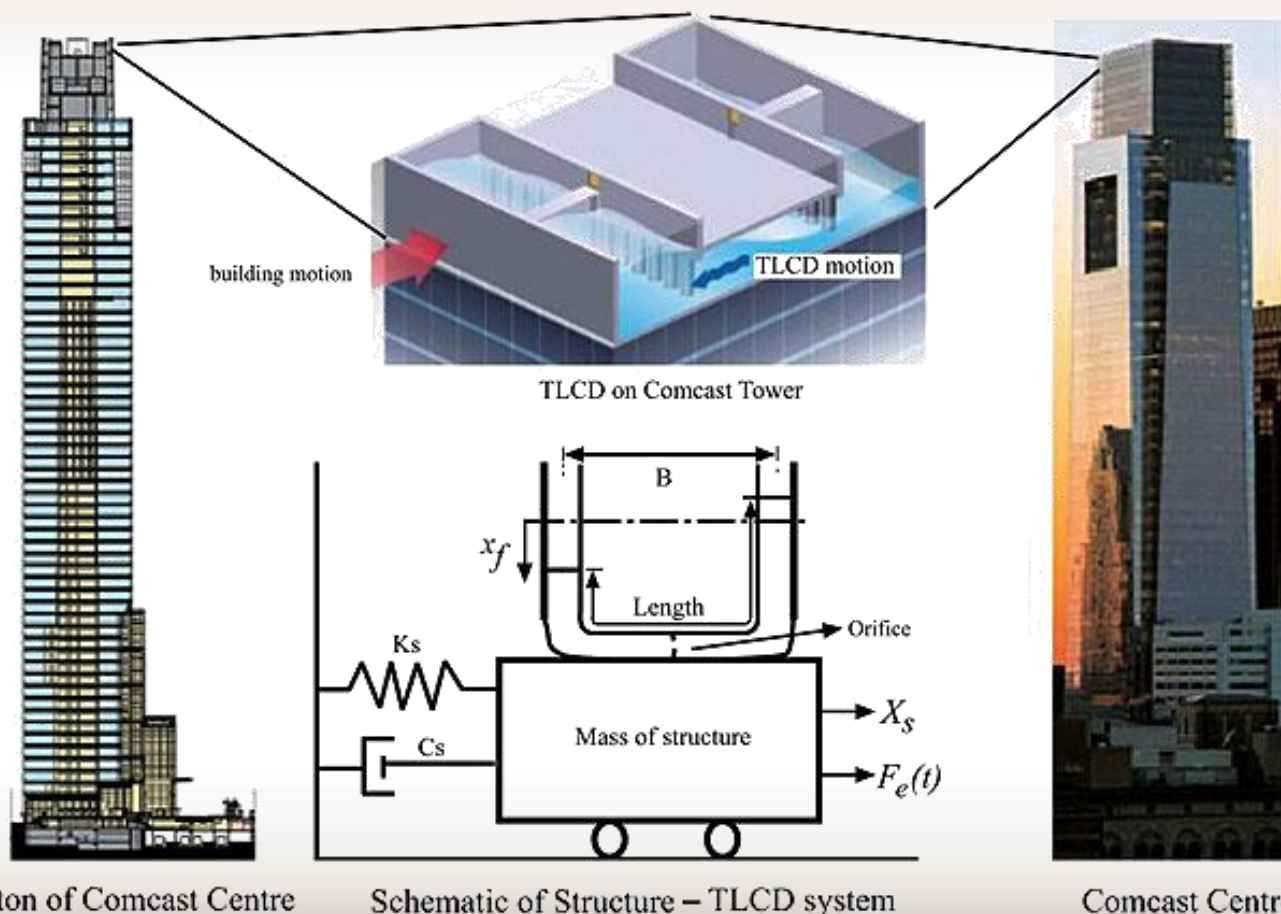
۲- میراگر ویسکوالاستیک

۳- میراگر اصطکاکی

۴- میراگر مایع لزج

۵- میراگر سیال هماهنگ شده

۶- میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)





مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

انواع میراگر

۱- میراگر فلزی تسلیم

۲- میراگر ویسکوالاستیک

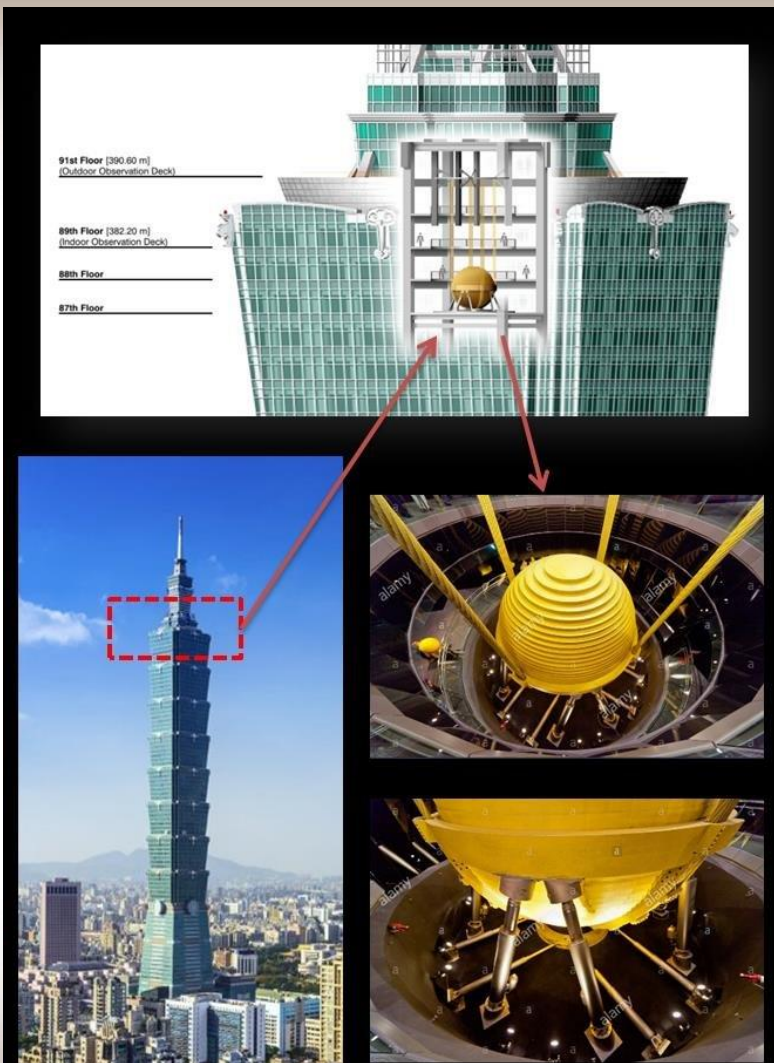
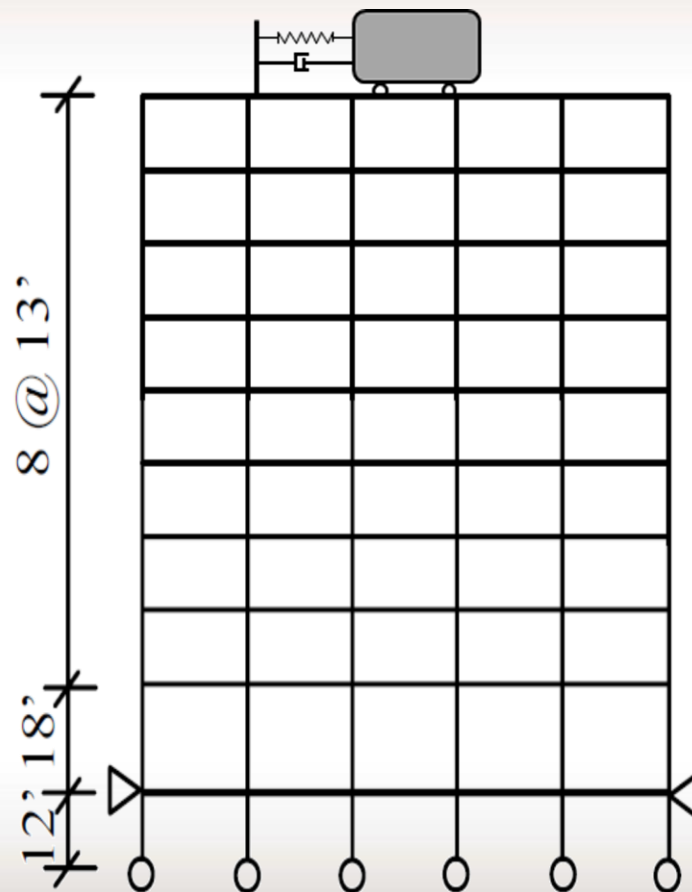
۳- میراگر اصطکاکی

۴- میراگر مایع لزج

۵- میراگر سیال هماهنگ شده

۶- میراگر جرمی تنظیم شده

(Tuned Mass Damper)





مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

صحت سنجی مدل سازه کنترل نشده

۱- محاسبه پریود سازه مدل شده در OpenSEES

۲- محاسبه پریود سازه مدل شده در Etabs

۳- مقایسه پریود ها

```
C:\Windows\system32\cmd.exe

3)Supports OK
4)Stillateral Constrained OK
6)Rigid OK
5)Pin Connection OK
7)geomTransf OK
8)Material OK
9)WSection-Proc OK
11)Beam Elements OK
11)Columns Elements OK
12)Mass OK
13>Loading OK
14)Rayleigh Damping OK
15)Recorder

Eigenvalues at start of transient:
-----
Lambda          Omega          Period
-----
7.49126287583713157403  2.7370171493502067  2.2944686340350224
53.40622958099890382755  7.307956594082842  0.859337342682746
162.31459958595948478433  12.740274706063424  0.4929250071045318
373.98112669085764991905  19.33859164186621  0.3247392631428443
710.39584914252850467165  26.653252130697457  0.2356185267450763
1279.56654125318596015859  35.77102935691376  0.17556106471915697
1943.93803152056102589995  44.09011262766927  0.14243556266306545
2762.96317953805646538967  52.56389616017877  0.11947363986989966
4128.69054594190220086602  64.25488733117429  0.09773575615551905
LA21 done!
-----
End of script <C:\Users\engal\Desktop\ModelSAC9-Post\RunModel.tcl> reached, Press any key to continue
```

دستورات TCL

```
eigen
lindex
foreach Var List {}
If {}
```



مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

صحت سنجی مدل سازه کنترل نشده

۱- محاسبه پریود سازه مدل شده در OpenSEES

۲- محاسبه پریود سازه مدل شده در Etabs



Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Modal Participating Mass Ratios

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
▶	Modal	1	28.185	0	0.6223	0	0	0.6223	0	0.4826
	Modal	2	21.714	0	0.024	0	0	0.6463	0	0.0188
	Modal	3	14.07	0	0.0285	0	0	0.6749	0	0.02
	Modal	4	7.806	0	0.0005	0	0	0.6754	0	0.0001
	Modal	5	5.406	0	0.1606	0	0	0.836	0	0.1697
	Modal	6	4.748	0	0.0024	0	0	0.8384	0	0.0014
	Modal	7	4.72	0	4.249E-05	0	0	0.8384	0	0.0001
	Modal	8	3.793	0	0.0233	0	0	0.8618	0	0.0258
	Modal	9	3.314	0	0.0008	0	0	0.8626	0	0.0008
	Modal	10	3.004	0	0.0023	0	0	0.8648	0	0.0027
	Modal	11	2.503	0	0.0112	0	0	0.8761	0	0.0127
	Modal	12	2.347	0.8292	0	0	0.8292	0.8761	0	0

< >

Record: << < 1 > >> of 12

Add Tables...

Done



مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

صحت سنجی مدل سازه کنترل نشده

۱- محاسبه پریود سازه مدل شده در OpenSEES

۲- محاسبه پریود سازه مدل شده در Etabs

۳- مقایسه پریود ها

Lambda	Omega	Period
7.49126287583713157403	2.7370171493502067	2.2944686340350224
53.40622958099890382755	7.307956594082842	0.859337342682746
162.31459958595948478433	12.740274706063424	0.4929250071045318
373.98112669085764991905	19.33859164186621	0.3247392631428443
710.39584914252850467165	26.653252130697457	0.2356185267450763
1279.56654125318596015859	35.77102935691376	0.17556106471915697
1943.93803152056102589995	44.09011262766927	0.14243556266306545
2762.96317953805646538967	52.56389616017877	0.11947363986989966
4128.69054504190220086602	64.25488733117429	0.09773575615551905

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	28.185	0	0.6223	0	0	0.6223	0	0.4826
Modal	2	21.714	0	0.024	0	0	0.6463	0	0.0188
Modal	3	14.07	0	0.0285	0	0	0.6749	0	0.02
Modal	4	7.806	0	0.0005	0	0	0.6754	0	0.0001
Modal	5	5.406	0	0.1606	0	0	0.836	0	0.1697
Modal	6	4.748	0	0.0024	0	0	0.8384	0	0.0014
Modal	7	4.72	0	4.249E-05	0	0	0.8384	0	0.0001
Modal	8	3.793	0	0.0233	0	0	0.8618	0	0.0258
Modal	9	3.314	0	0.0008	0	0	0.8626	0	0.0008
Modal	10	3.004	0	0.0023	0	0	0.8648	0	0.0027
Modal	11	2.503	0	0.0112	0	0	0.8761	0	0.0127
Modal	12	2.347	0.8292	0	0	0.8292	0.8761	0	0

Lambda	Omega	Period	Error rate : 0.25%
7.20279299807532158439	2.6838019670004196	2.3411508689674507	
48.23936179265233192837	6.945456197590791	0.9046468840101634	
129.87723323823294663271	11.396369300712966	0.5513321954902344	
248.23292525475449110672	15.755409396608979	0.39879543266783724	
389.42668391452065179692	19.73389682537437	0.318395568943104	
560.58105109436439761339	23.6765928945523	0.2653753998796538	
734.07551741815200330166	27.093828031825847	0.23190467215629418	
936.00292695968323641864	30.59416491685438	0.20537201535833288	
1217.11778147668542260362	34.88721515794411	0.18009993858018938	

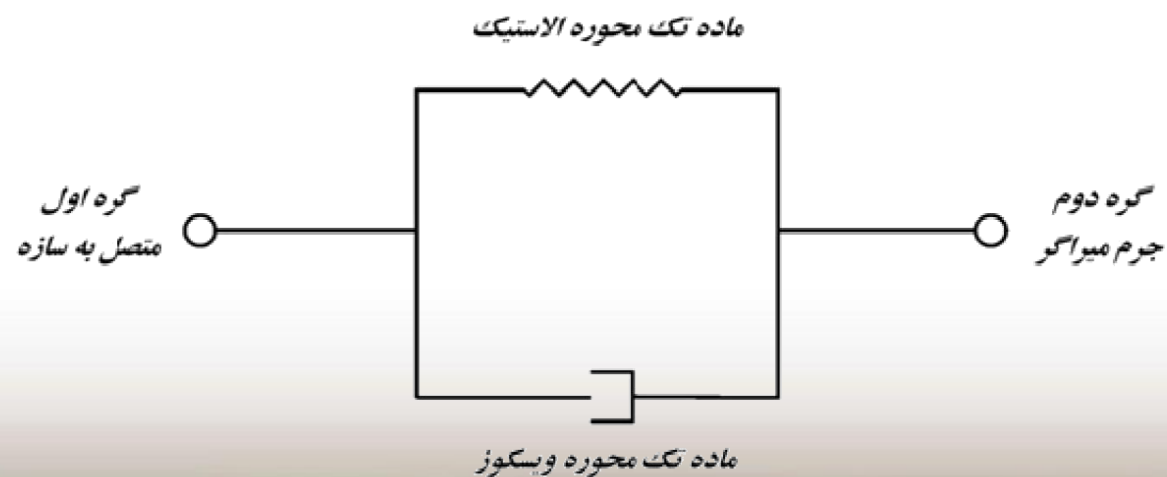
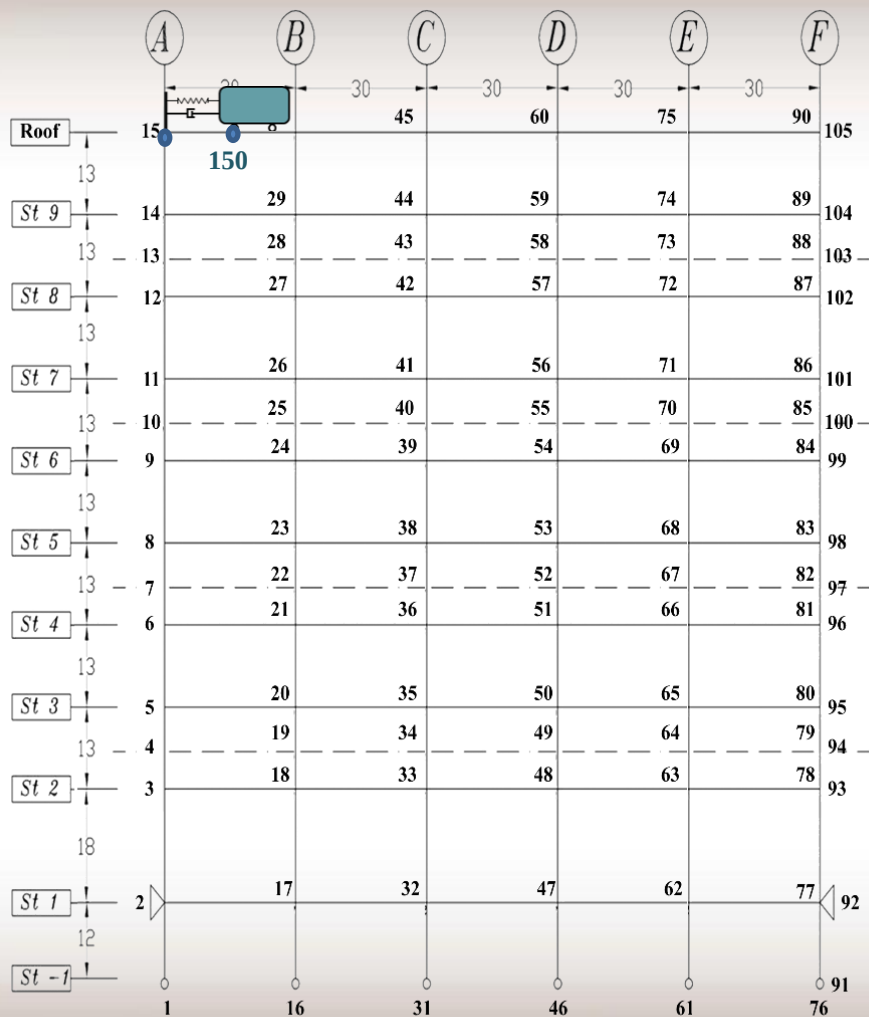


مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

مدلسازی TMD در OpenSEES

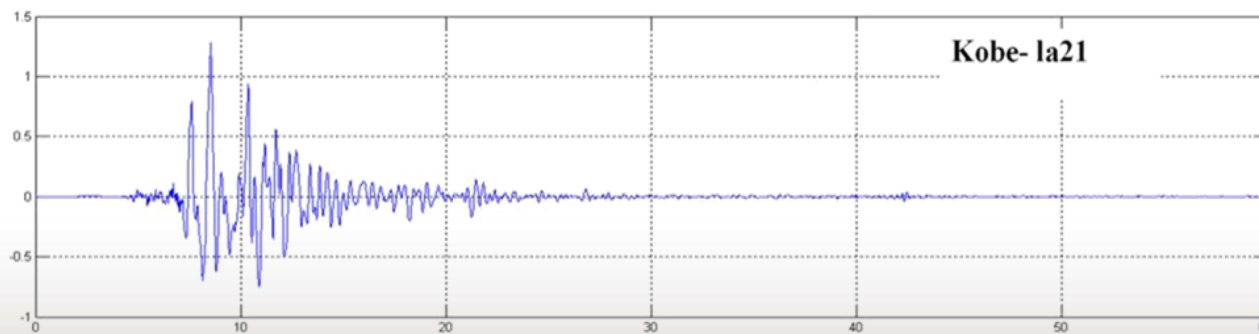
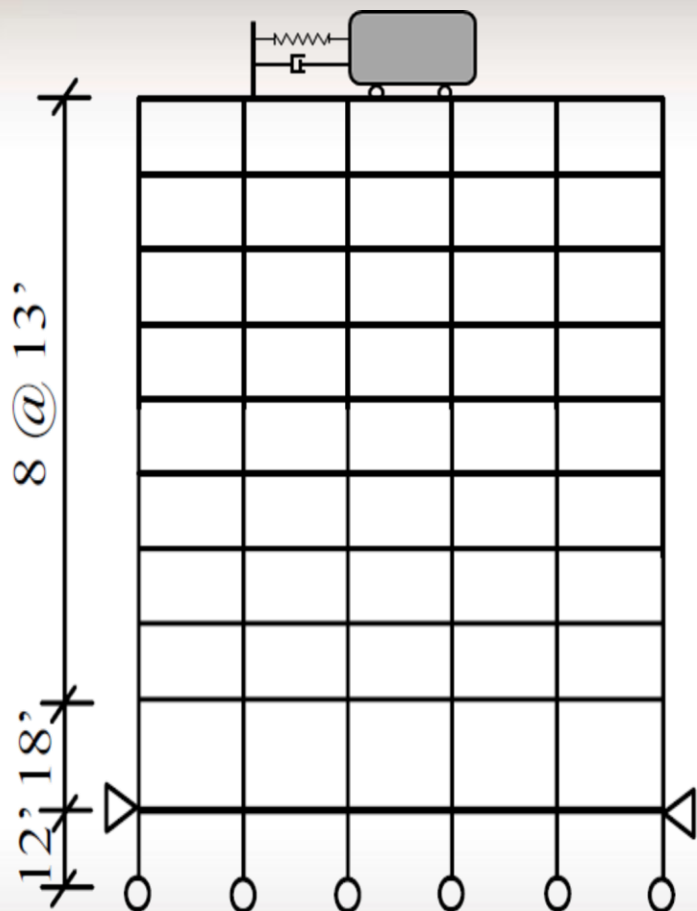
دستورات TCL

```
uniaxialMaterial Elastic
uniaxialMaterial Viscous
element truss
```





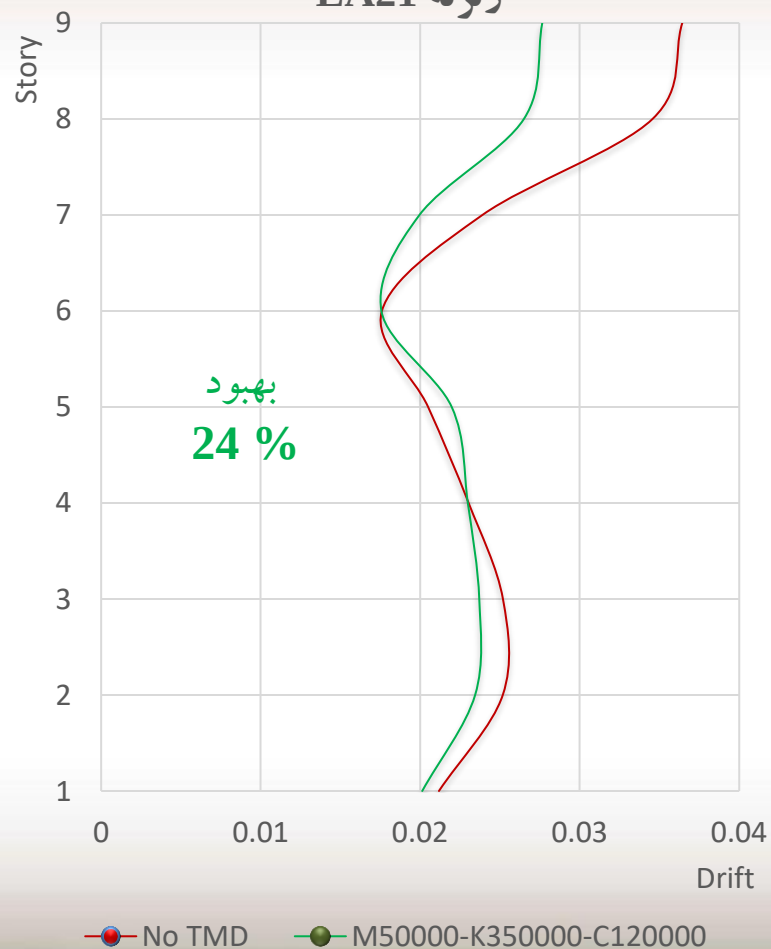
تحلیل دینامیکی سازه مجهز به TMD و بایگانی اطلاعات





پروفیل جابجایی نسبی ماکزیمم طبقات

زلزله LA21



بررسی تاثیر TMD در کاهش حداکثر Drift



مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

تأثیر یک TMD مشخص در کاهش حداکثر Drift

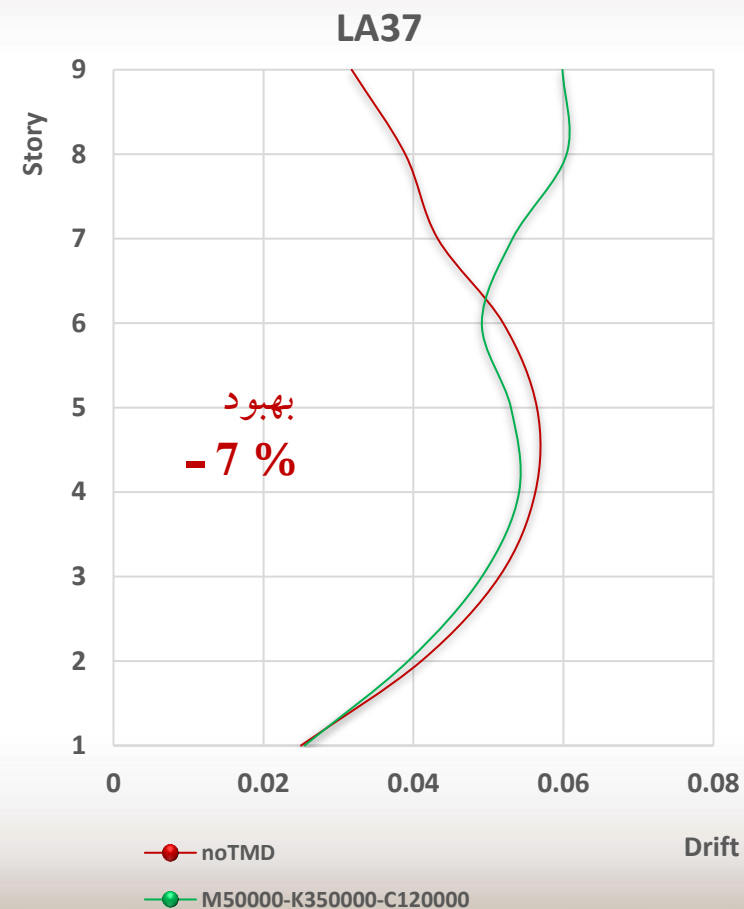
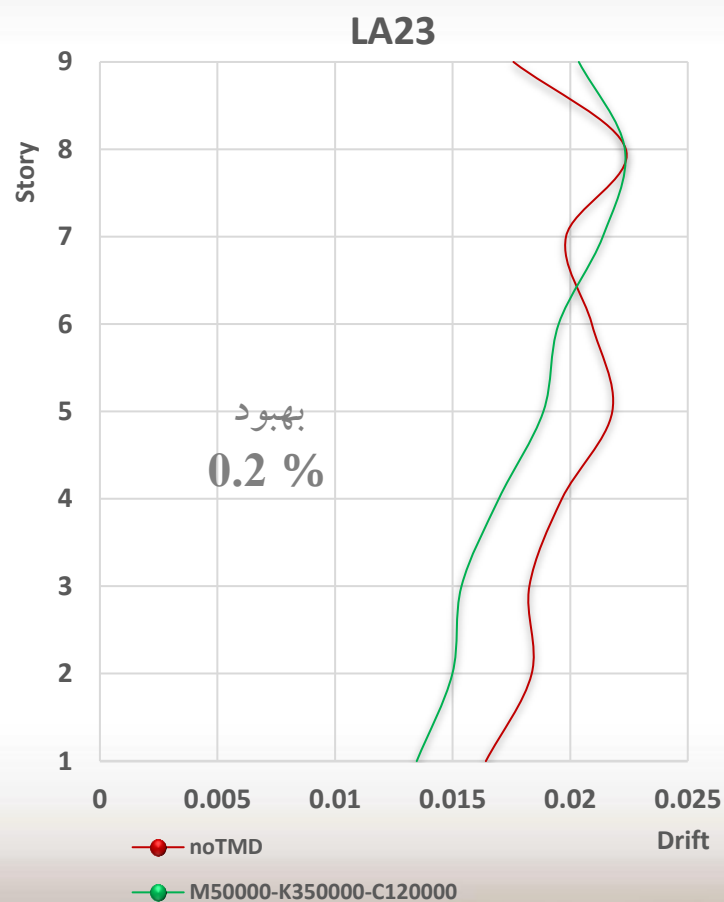
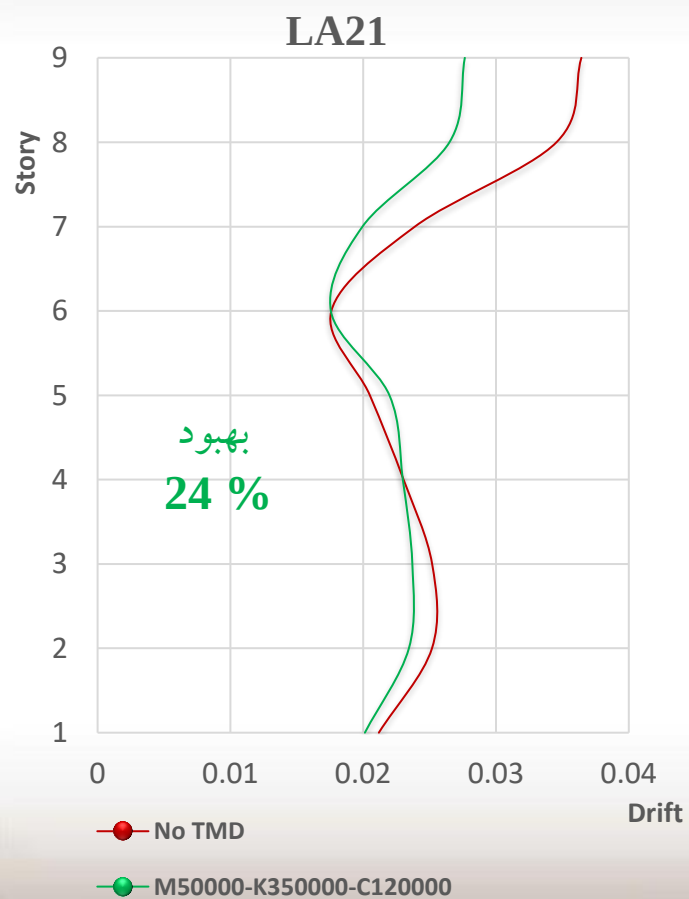
تحت زلزله های مختلف

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



مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

تأثیر یک TMD مشخص در کاهش حداکثر Drift تحت زلزله های مختلف



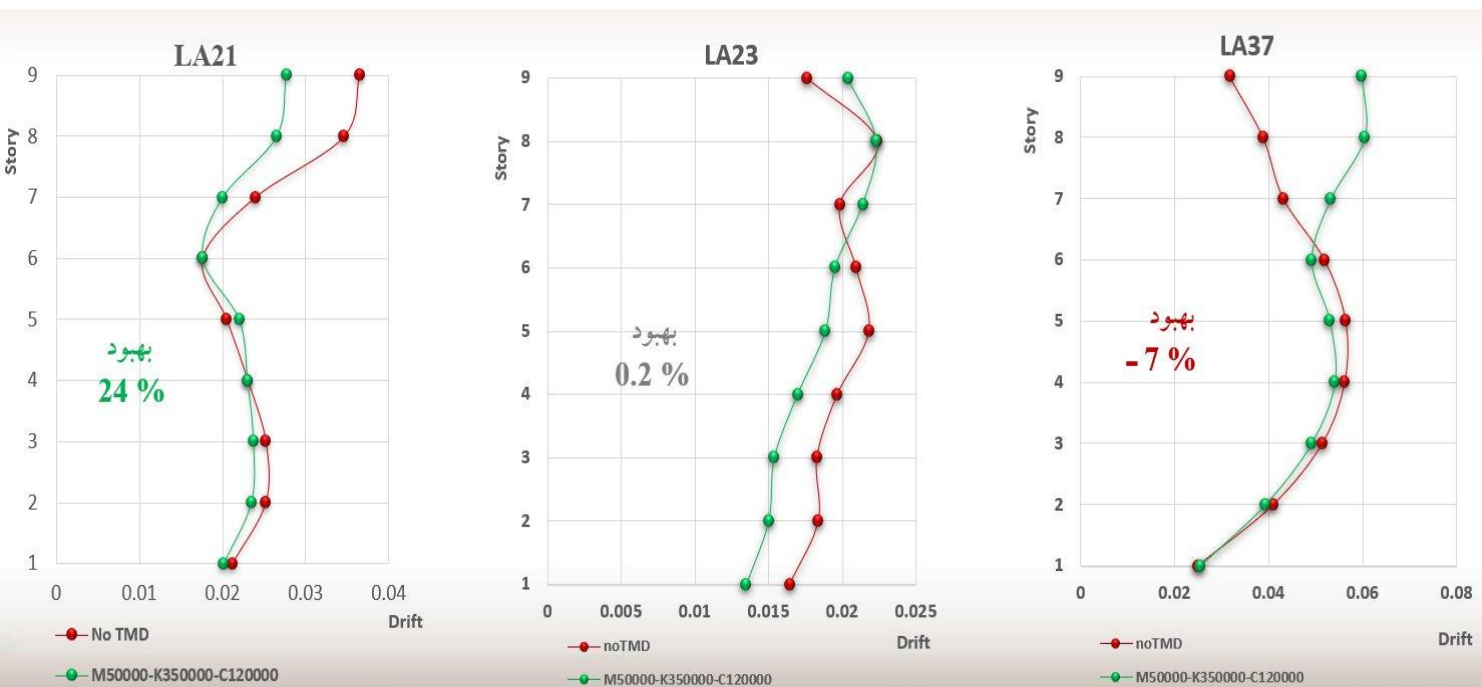


مدلسازی میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned Mass Damper)

سوالات اساسی

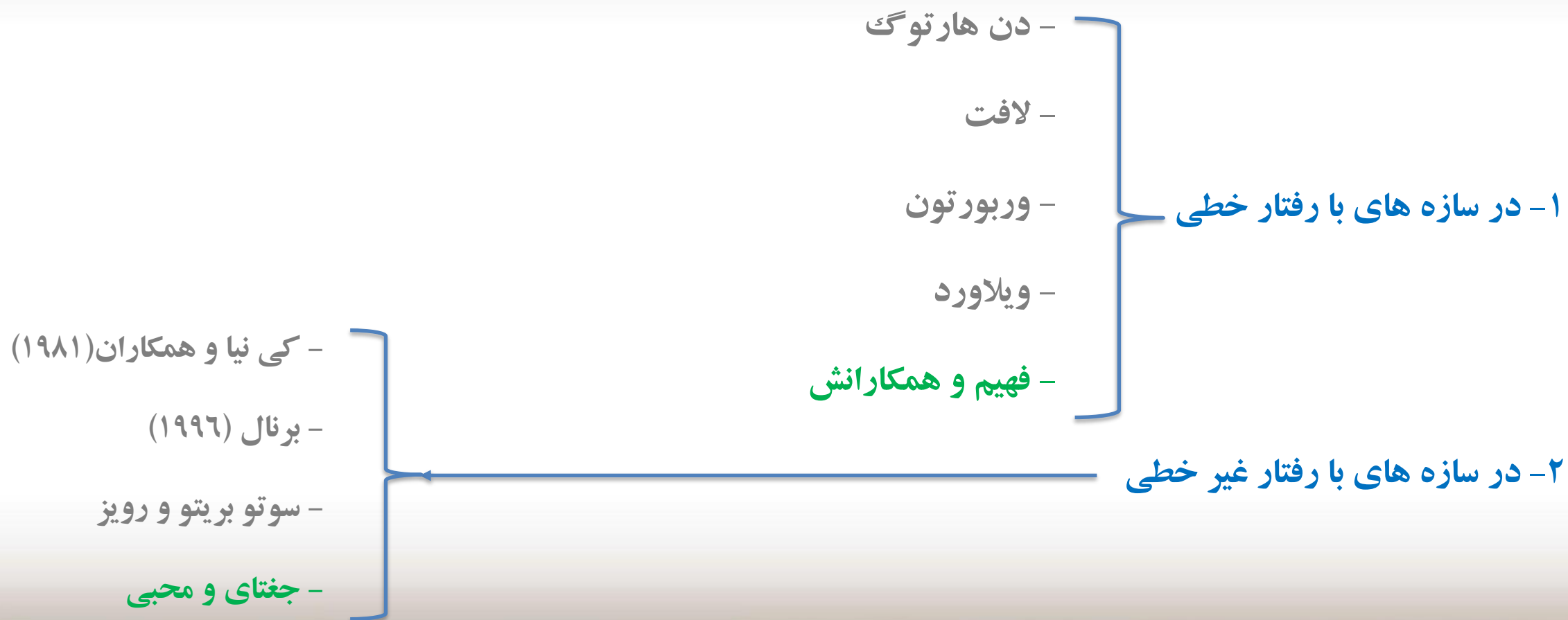
۱- چطور می توان میراگری یافت که بهنگام وقوع یک زلزله بهترین عملکرد را داشته باشد؟

۲- آیا می توان میراگری یافت که برای چند زلزله کارایی داشته باشد؟ چطور؟





پاسخ سوال اول - روش بهینه یابی میراگر برای یک زلزله





$$f = \frac{1}{1+\mu} \left[1 - \beta \sqrt{\frac{\mu}{1+\mu}} \right]$$

$$\xi = \frac{\beta}{1+\mu} + \sqrt{\frac{\mu}{1+\mu}}$$

روش های طراحی بهینه TMD در سازه های با رفتار خطی

– سازه یک درجه آزادی (SDOF)

– سازه چند درجه آزادی (MDOF)

۱- روش طراحی بهینه دن هارتوگ

۲- روش طراحی بهینه لافت

۳- روش وربورتون

۴- روش ویلاورد

۵- روش فهیم و همکارانش

$$f_{MDOF}(\mu) = f_{SDOF}(\mu\Phi) \quad \Rightarrow \quad f = \frac{1}{1+\mu\Phi} \left[1 - \beta \sqrt{\frac{\mu\Phi}{1+\mu\Phi}} \right]$$

$$\xi_{MDOF} = \Phi \xi_{SDOF} \quad \Rightarrow \quad \xi = \Phi \left[\frac{\beta}{1+\mu} + \sqrt{\frac{\mu}{1+\mu}} \right]$$



روش طراحی بهینه TMD پیشنهادی جفتای - محبی

- کاهش حداکثر پاسخ سازه با استفاده از الگوریتم ژنتیک

نواقص:

۱- بهینه سازی بر روی مدل ساده برشی

۲- تحت اثر یک زلزله