بسم الله الرحمن الرحيم

سیستم های مدرن جنب انرژِی در

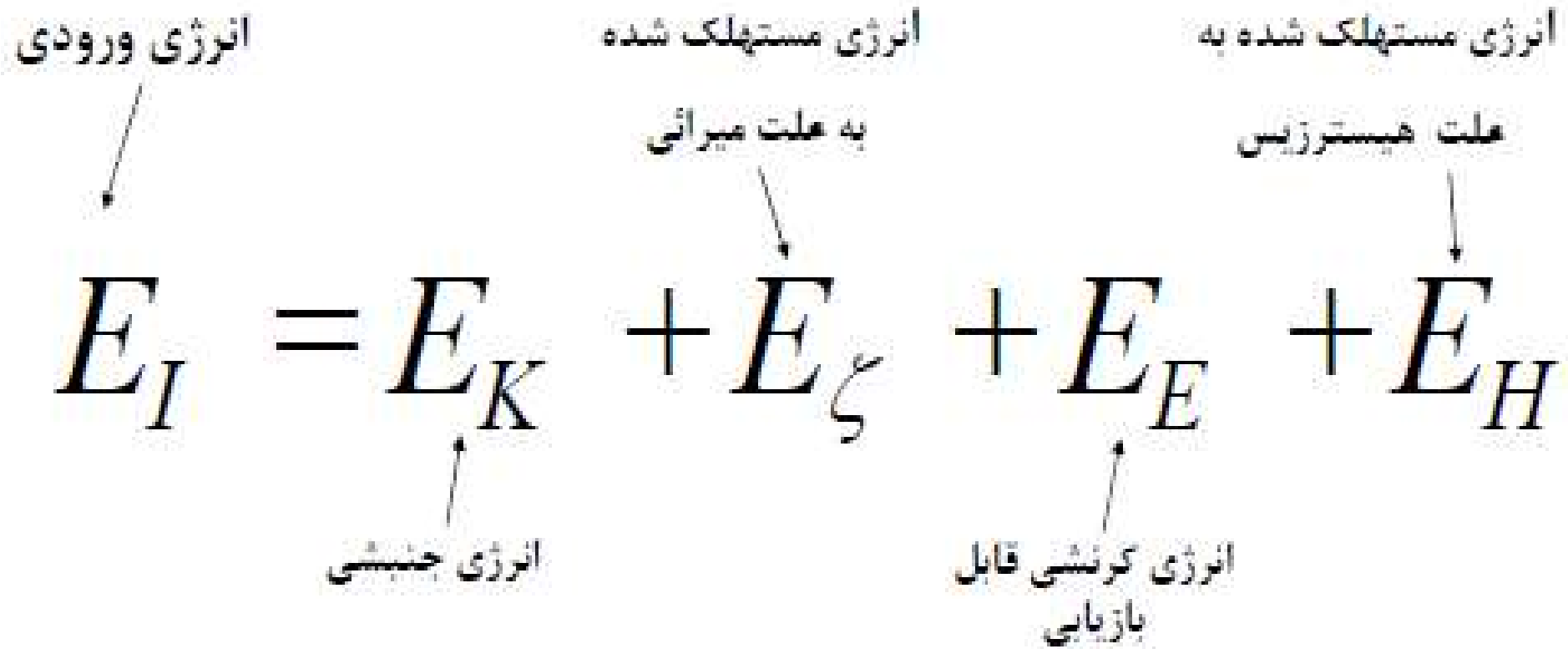
سازه های فولادی

مقدمه :

- در سالهای اخیر به توسعه وسائل موثر دراستهلاک انرژی لرزه ای القاء شده در سازه اهمیت بیشتری داده شده است که ***پاسخ سازه رادر نهایت الاستیک*** نگه دارد .
- ***افزودن وسائل انرژی به سازه یا جداسازی لرزه ای سازه*** معمولا از راههای کنترل سازه شناخته می شود. در دو دهه اخیر پیشرفتهای قابل ملاحظه ای در کنترل سازه صورت گرفته است . بر اساس طبیعت استهلاک انرژی زلزله این سیستم های کنترل به دو دسته تقسیم بندی می شوند که عبارتنداز : ***کنترل فعال و کنترل غیر فعال .***
- مقدار انرژی سازه به چندین عامل بستگی دارد که برخی از آنها با مشخصات حرکت زمین مانند دامنه محتوای فرکانسهای و... یادیگر خصوصیات سازه مثل پریود طبیعی و میرائی وخواص مقاومت و... مرتبط می باشد .

- جهت طراحي سيستم هاي مدرن ، براي يك طرح مقاوم لرزه اي مناسب ابتدا بايد ***سعي در حداقل نمودن مقدار انرژي هيسترزيس تلف شده در اعضاي اصلي سازه نمود .***
- دو ديدگاه مهم جهت رسيدن به اين هدف وجود دارد . اولين ديدگاه شامل طرحهايي است كه در آن سعي در ***كاهش انرژي ورودي به سازه*** داريم كه به عنوان مثال سيستم هاي جداسازي پايه از آن جمله اند .
- دومين ديدگاه بر روي ***مكانيزم هاي اتلاف انرژي*** درخودسازه متمركز است . براي اين منظور از يك سري تجهيزات استفاده مي نماييم . اين تجهيزات به گونه اي طراحي مي شوند كه ***بخشي از انرژي ورودي به سازه را تلف مينمايند*** و در نتيجه خسارت وارده به سازه اصلي كه ناشي از اتلاف انرژي به صورت هيسترزيس مي باشد ، كاهش مي يابد .

انرژی در سازه

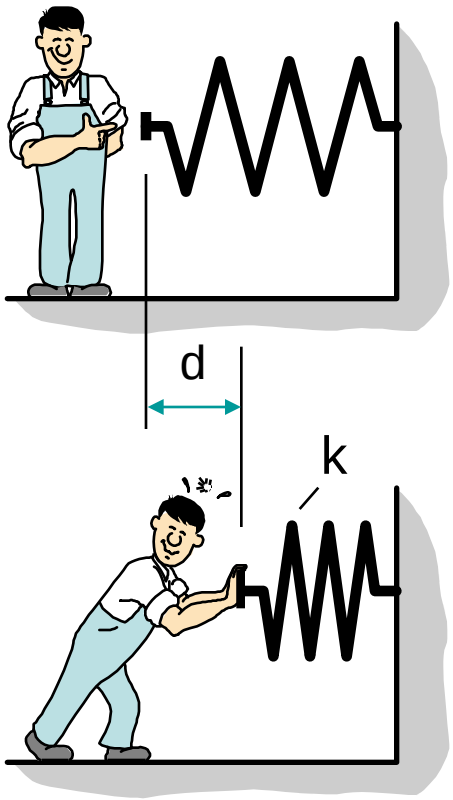


انرژی در سازه

$$E_I = E_S + E_D \begin{cases} E_S = E_K + E_E & \text{انرژی ذخیره شده:} \\ E_D = E_\zeta + E_H & \text{انرژی مستهلک شده:} \end{cases}$$

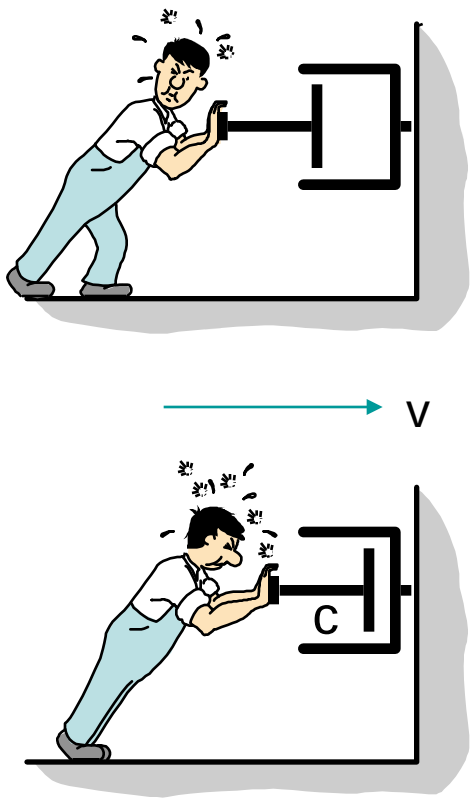
Mechanical Parameters and Components

Displacement



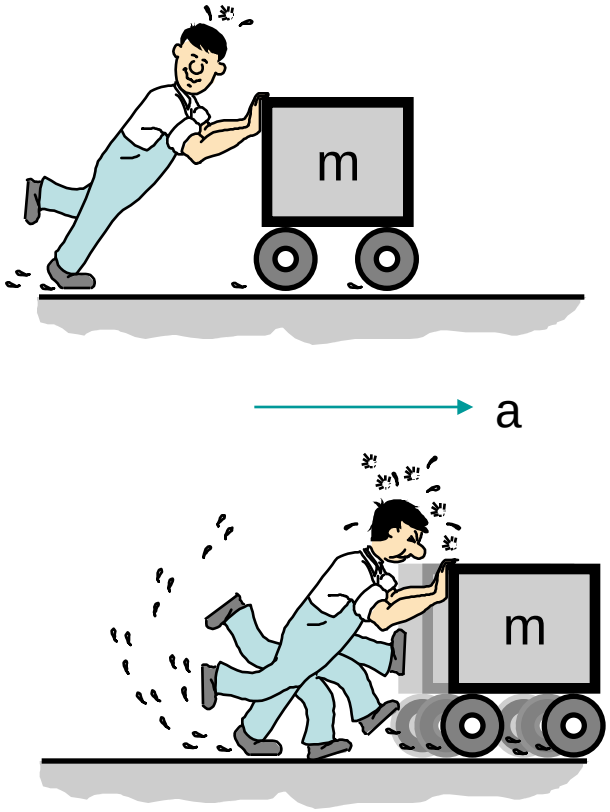
$F = k \times d$

Velocity



$F = c \times v$

Acceleration

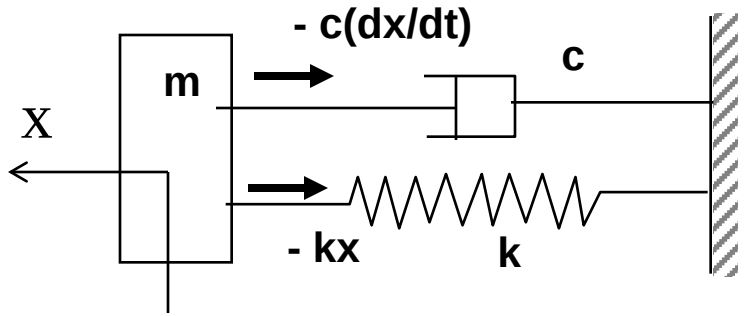


$F = m \times a$

Basic structural dynamics I

- Single degree of freedom system :

Example : mass-spring-damper system :



Equation of free vibration :

mass × acceleration = spring force + damper force

$$m\ddot{x} = -kx - c\dot{x}$$

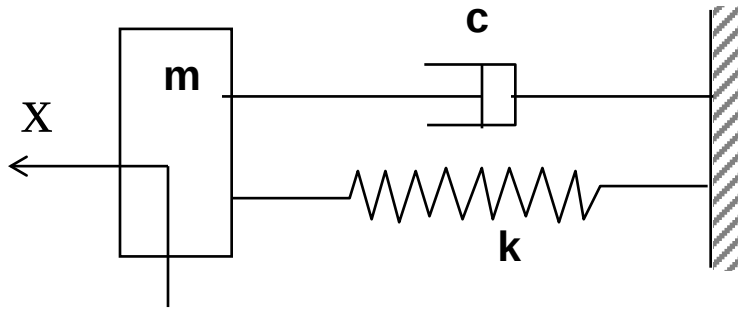
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

equation of motion

Basic structural dynamics I

- Single degree of freedom system :

Example : mass-spring-damper system :



Equation of free vibration : $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$

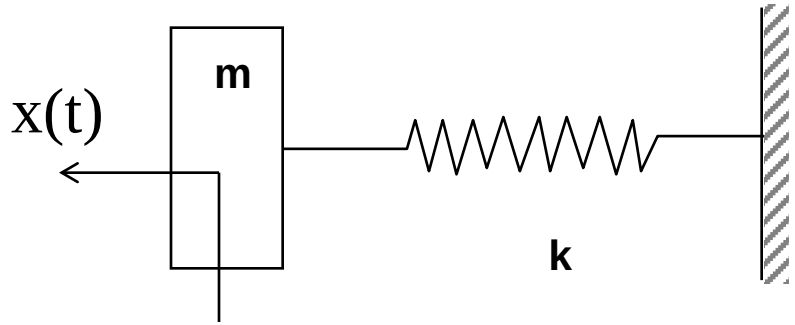
Ratio of damping to critical c/c_c : $\zeta = \dfrac{c}{2\sqrt{mk}}$

often expressed as a percentage

Basic structural dynamics I

Single degree of freedom system : •

Damper removed :



Equation of motion : $m\ddot{x} + kx = 0$

Undamped natural frequency : $n_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{\omega_1}{2\pi}$

Period of vibration, T : $T = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{1}{n_1}$

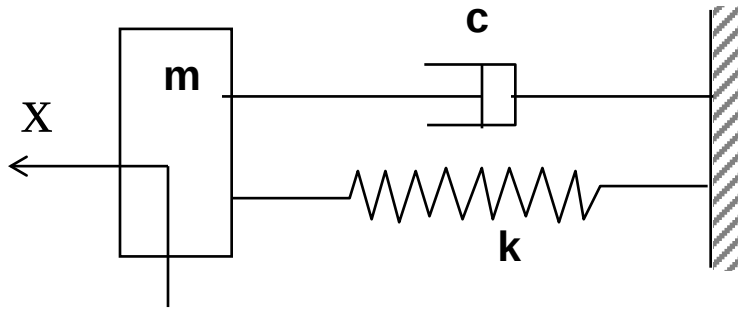
$$kx = -m\ddot{x}$$

$-m\ddot{x}$ is an equivalent static force (‘inertial’ force)

Basic structural dynamics I

- Single degree of freedom system :

Free vibration following an initial displacement :



Initial displacement = X_o

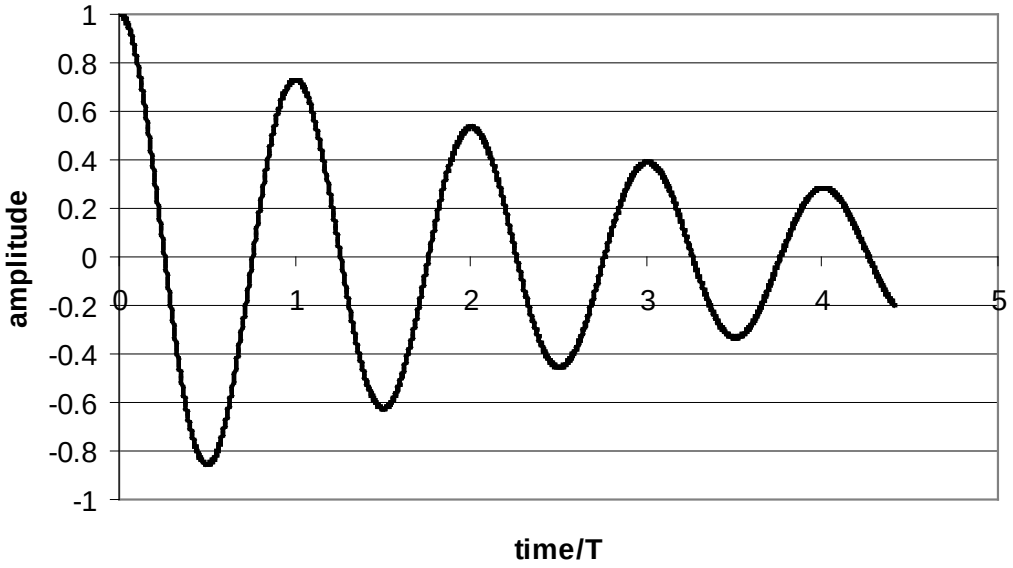
$$x(t) = C.e^{-\omega_1 \varsigma t} \cos(\omega_1 t\sqrt{1-\varsigma^2} - \alpha)$$

$$\omega_1^{\,2} = \frac{k}{m} \qquad C = \sqrt{\frac{X_0^{\,2}}{1-\varsigma^2}} \qquad \tan\alpha = \sqrt{\frac{\varsigma^2}{1-\varsigma^2}}$$

Basic structural dynamics I

- Single degree of freedom system :

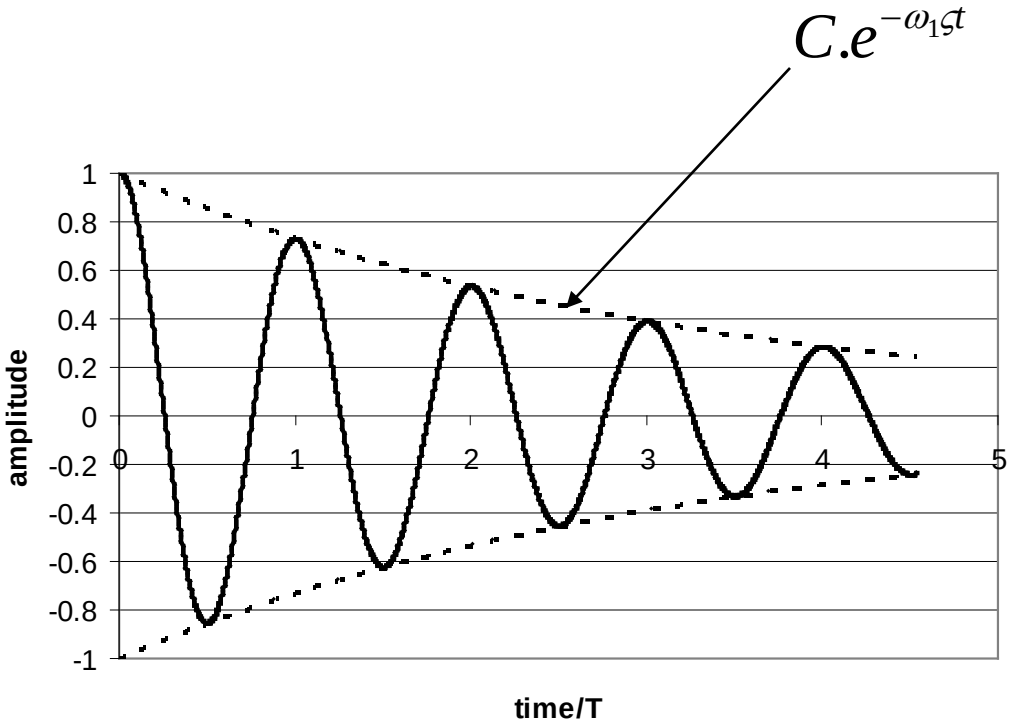
Free vibration following an initial displacement :



Basic structural dynamics I

Single degree of freedom system : •

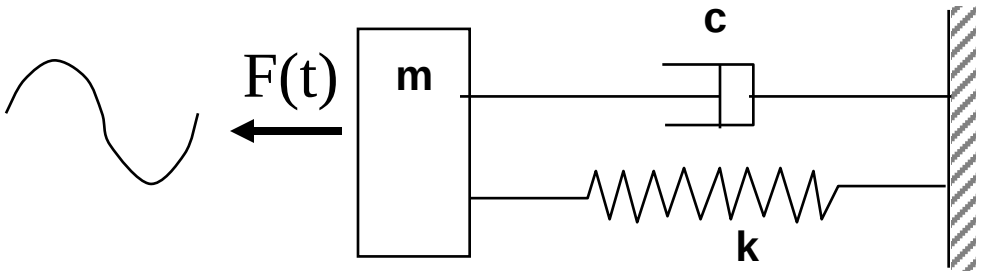
Free vibration following an initial displacement :



Basic structural dynamics I

- Single degree of freedom system :

Response to sinusoidal excitation :



Frequency of excitation

Equation of motion : $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) = F_o \sin \omega t$

Steady state solution : $x(t) = \left(F_o / k\right) H(n) \sin\left(\omega t + \phi\right)$

$\omega = 2\pi n$

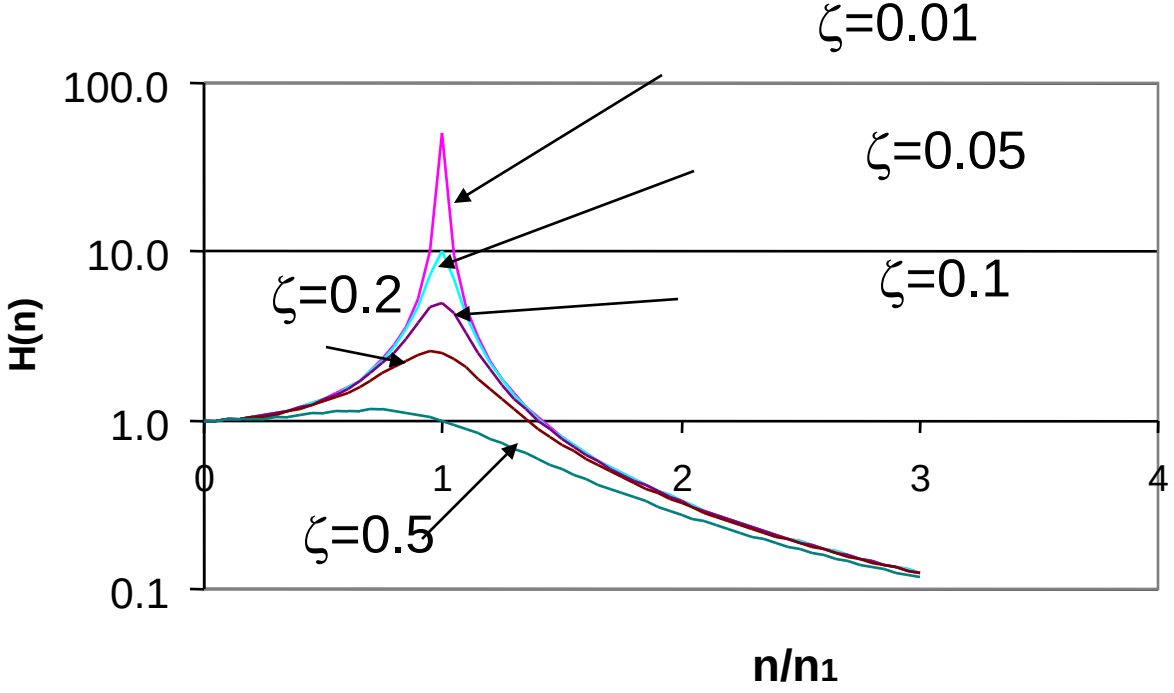
$$H(n) = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{n}{n_1}\right)^2\right]^2 + 4\zeta^2 \left(\frac{n}{n_1}\right)^2}}$$

Basic structural dynamics I

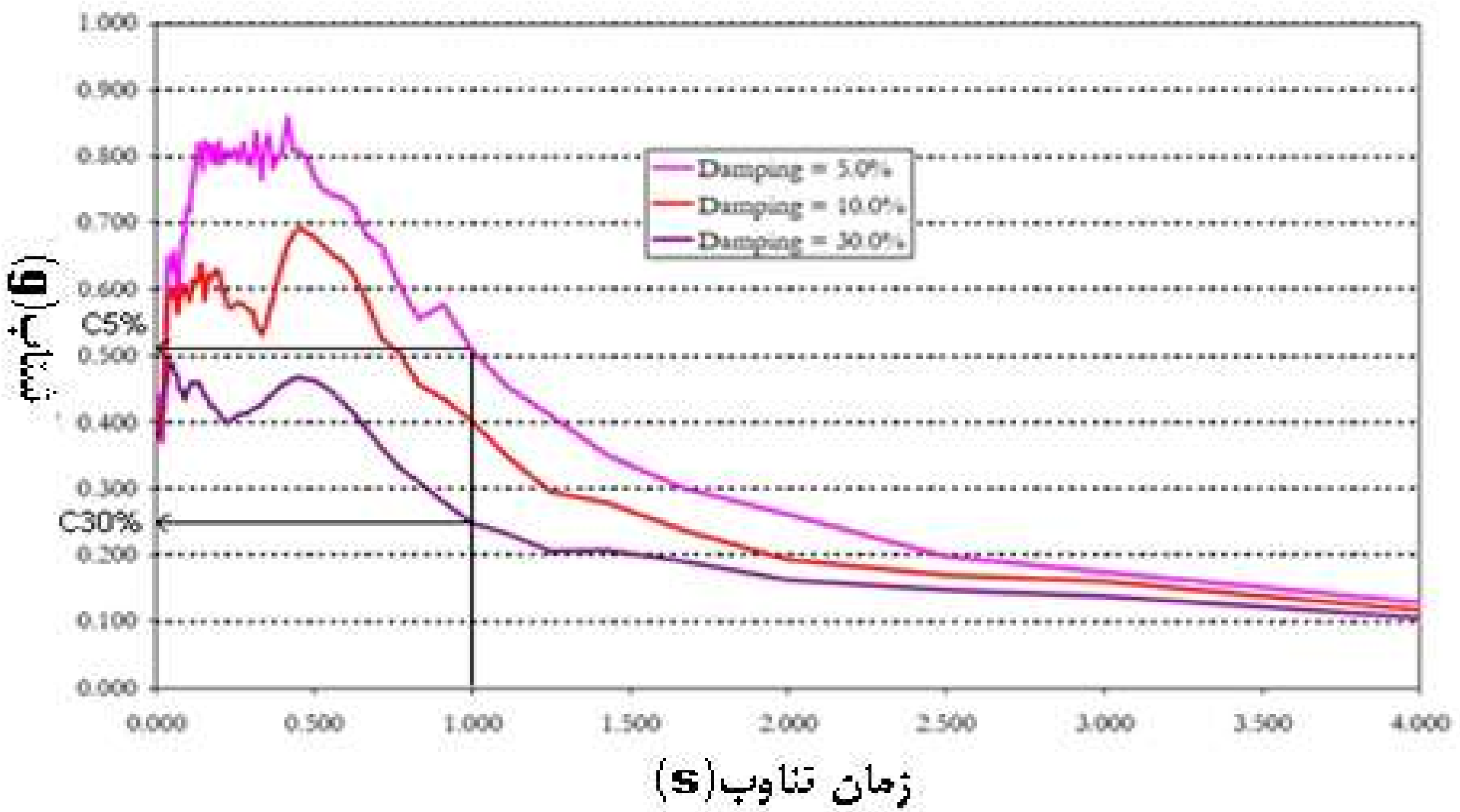
- Single degree of freedom system :

Dynamic amplification factor, H(n)

Critical damping ratio – damping controls amplitude at resonance



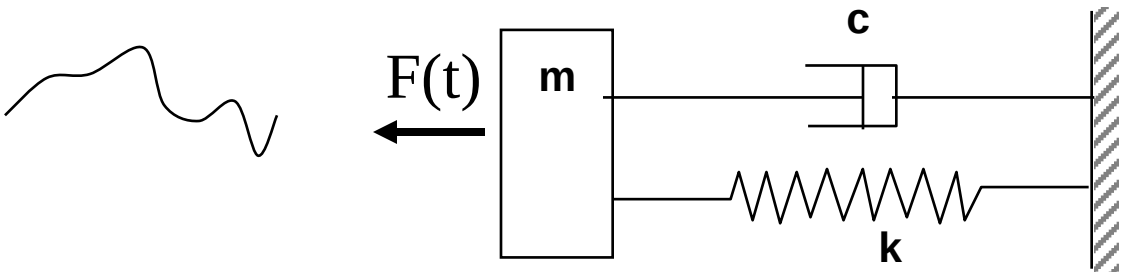
At $n/n_1 = 1.0$, $H(n_1) = 1/2\zeta$ Then, $x_{max} \cong \frac{F_0}{2k\zeta}$



- افزايش ميرايی باعث كاهش پاسخ سازه (شتاب و تغييرمكان) ميشود. افزايش ميرايی در زمان تناوبهاي پائين (نزديک به صفر) بر مقدار طيف اثري ندارد و در زمان تناوبهاي بالا نيز اثر كمی بر روي شتاب پاسخ دارد.
- بيشترين اثرافزايش ميرايی را در زمان تناوبهاي 0.3 تا 2.5 ثانيه ميتوان مشاهده نمود.

Basic structural dynamics II

- Response to random excitation :



Consider an applied force with spectral density $S_F(n)$:

Spectral density of displacement :

$$S_x(n) = (1/k)^2 . |H(n)|^2 . S_F(n)$$ see Lecture 5

$|H(n)|^2$ is the square of the dynamic amplification factor (mechanical admittance)

Variance of displacement :

$$\sigma_x{}^2 = \int_0^\infty S_x(n)\, dn = (1/k)^2 . \int_0^\infty |H(n)|^2 . S_F(n)\, dn$$

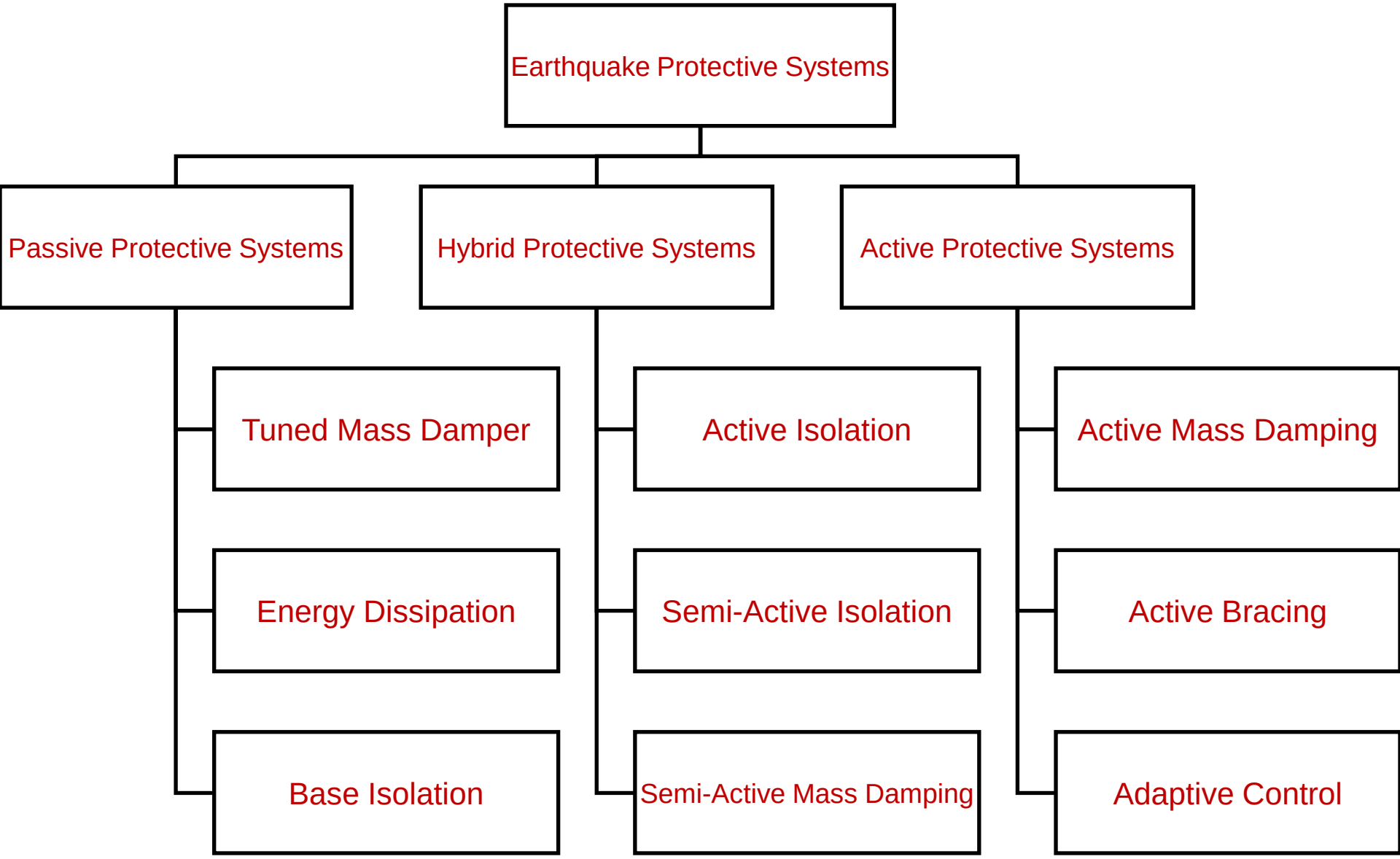
- Response to random excitation :

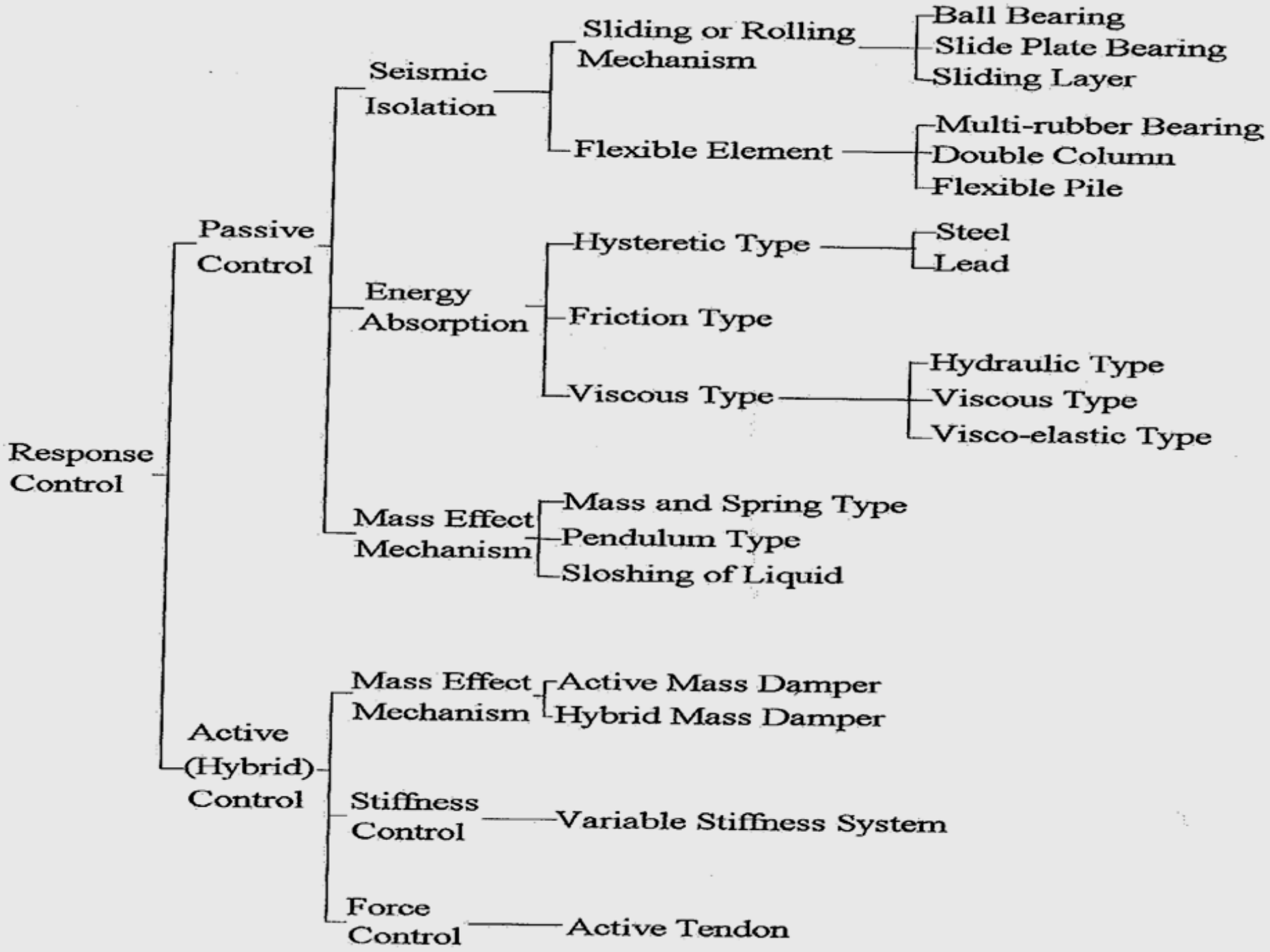
Special case - constant force spectral density $S_F(n) = S_o$ for all n ('white noise'):

$$\sigma_x^2 = \left(\frac{1}{k}\right)^2 .S_o \int_0^\infty |H(n)|^2 \, dn = \left(\frac{1}{k}\right)^2 .S_0 \int_0^\infty \frac{1}{\left[1-\left(\frac{n}{n_1}\right)^2\right]^2 + 4\zeta^2\left(\frac{n}{n_1}\right)^2} dn$$

$$\boxed{\sigma_x^2 = \left(\frac{1}{k}\right)^2 .\left(\frac{\pi n_1 S_o}{4\zeta}\right)}$$

The above 'white noise' approximation is used widely in wind engineering to calculate *resonant* response - with S_o taken as $S_F(n_1)$

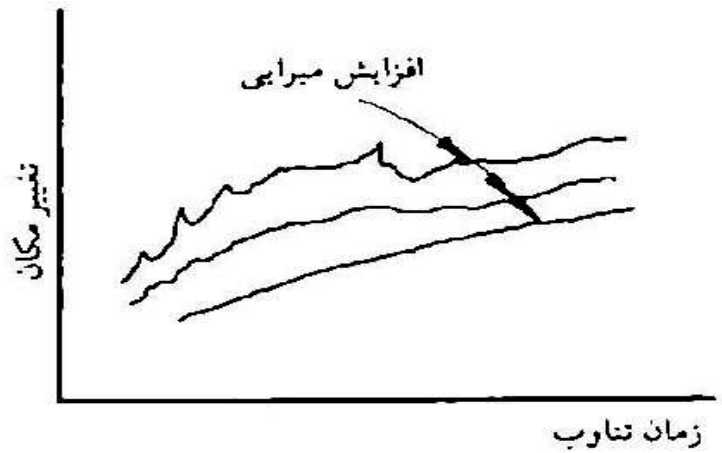

Earthquake Protective Systems
Passive Protective Systems
Hybrid Protective Systems
Active Protective Systems
Tuned Mass Damper
Energy Dissipation
Base Isolation
Active Isolation
Semi-Active Isolation
Semi-Active Mass Damping
Active Mass Damping
Active Bracing
Adaptive Control

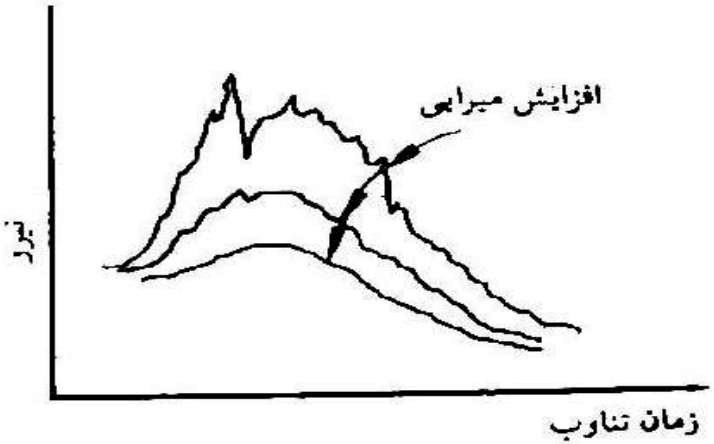

Response Control
Passive Control
Seismic Isolation
Sliding or Rolling Mechanism
Ball Bearing
Slide Plate Bearing
Sliding Layer
Flexible Element
Multi-rubber Bearing
Double Column
Flexible Pile
Energy Absorption
Hysteretic Type
Steel
Lead
Friction Type
Viscous Type
Hydraulic Type
Viscous Type
Visco-elastic Type
Mass Effect Mechanism
Mass and Spring Type
Pendulum Type
Sloshing of Liquid
Active (Hybrid) Control
Mass Effect Mechanism
Active Mass Damper
Hybrid Mass Damper
Stiffness Control
Variable Stiffness System
Force Control
Active Tendon

❑ سیستم های کنترل غیر فعال

- مفهوم كنترل غير فعال اضافه كردن وسائل استهلاك انرژي به سازه مي باشد . اين وسائل به آساني مي توانند اگر خسارت جدي به آنها وارد آمد جايگزين و تعويض شوند .
- كاربرد اصلي تجهيزات اتلاف انرژي منفعل وقتي كه در سازه استفاده مي‌شوند، جذب و تاحدي مصرف بخشي از انرژي ورودي زلزله مي‌باشد كه خود باعث كاهش تقاضاي اتلاف انرژي در اعضاي اصلي سازه‌اي شده وموجب به حداقل رسيدن خسارت سازه‌اي مي‌گردد.
- سيستم‌هاي منفعل در مقايسه با سيستم‌هاي فعال و نيمه فعال نيازي به منبع انرژي خارجي و سيستم كنترلي ندارند.

- اثرات سودمند اين سيستم عبارتند از:
- 1- افزايش سختي
- 2- كاهش شتاب طبقات
- 3- كاهش نيروي برشي پايه
- 4- افزايش ميرايي سازه
- 5- افزايش انعطاف پذيري بدليل تغيير زمان تناوب سازه
- 6 - جذب انرژي توسط تجهيزات اتلاف انرژي


افزایش میرایی
تغییر مکان
زمان تناوب


افزایش میرایی
نیرو
زمان تناوب