

بسمه تعالی

# تحلیل سازه ۲

استاد:

محمد رضا سلطانی

مرجع:

تحلیل مقدماتی سازه ها، نویسنده: یوهان یوشی، مترجم: حمید بدیعی  
کوییز هر هفته دوشنبه صبح ساعت ۷:۳۰ الی ۷:۴۵ از مباحث بیان شده در هفته گذشته  
امتحان میان ترم ۹۲/۰۵/۲۲ ساعت ۱۳:۰۰

عناوین:

- ۱- تحلیل سازه های نامعین استاتیکی به روش شیب افت (با حرکت جانبی و بدون حرکت جانبی)
- ۲- تحلیل سازه های نامعین استاتیکی به روش پخش لنگر (با حرکت جانبی و بدون حرکت جانبی)
- ۳- خط اثر سازه های نامعین با استفاده از روش پخش لنگر
- ۴- آنالیز ماتریسی سازه ها (به روش نیرویی)
- ۵- روش شیب-افت و پخش لنگر برای اعضای غیر منشوری (با سطح مقطع متغیر)

# روش شیب-افت

## روش شیب-افت *slope-deflection method*

### فرضیات روش شیب-افت

۱- صرف نظر از اثر نیروی محوری

۲- صرف نظر از اثر نیروی برشی

### قرارداد علامت در روش شیب-افت

۱- لنگر موثر به انتهای عضو در صورتی مثبت است که در جهت عقربه های ساعت باشد

۲-  $\theta$  زاویه دوران مماس بر منحنی تغییر شکل الاستیک در صورتی مثبت که نسبت به حالت اولیه در جهت عقربه های ساعت حرکت کند.

۳- در صورتی که زاویه دوران خط واصل بین دو انتهای منحنی تغییر شکل الاستیک نسبت به موقعیت اولیه در جهت عقربه های ساعت حرکت کند، آنگاه این زاویه مثبت است.

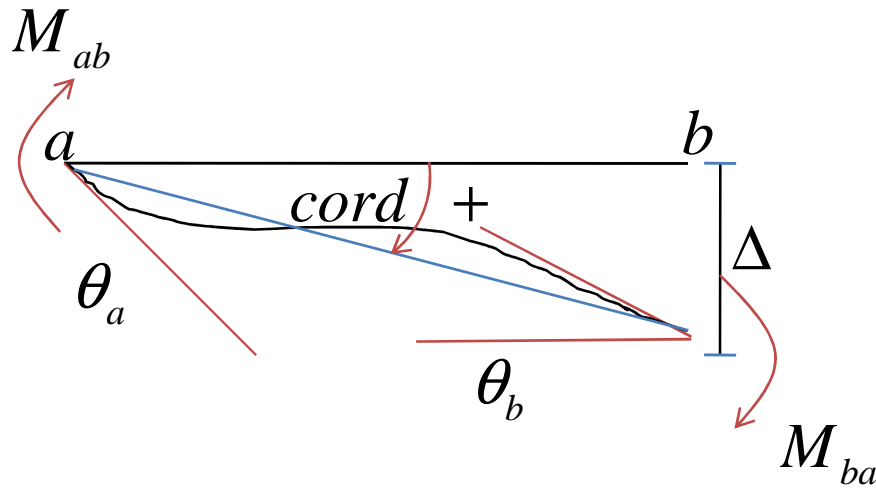
## شیب افت:

از روش شیب افت برای آنالیز تمام انواع تیرها و قابهای صلب نامعین متشکل از اعضای منشوری یا غیر منشوری میتوان استفاده کرد.

## معادلات اساسی شیب افت:

$$M_{ab} = f(\theta_a, \theta_b, \Delta, ab \text{ بارگذاری روی دهانه})$$

$$M_{ba} = f(\theta_a, \theta_b, \Delta, ab \text{ بارگذاری روی دهانه})$$



با استفاده از سوپر پوزیشن اثر تک تک پارامترهای فوق را به صورت جداگانه بررسی میکنیم.

$\theta$  چرخش هر نقطه از تیر اصلی = برش در همان نقطه از تیر مزدوج

$\Delta$  خیز هر نقطه از تیر اصلی = لنگر در همان نقطه از تیر مزدوج

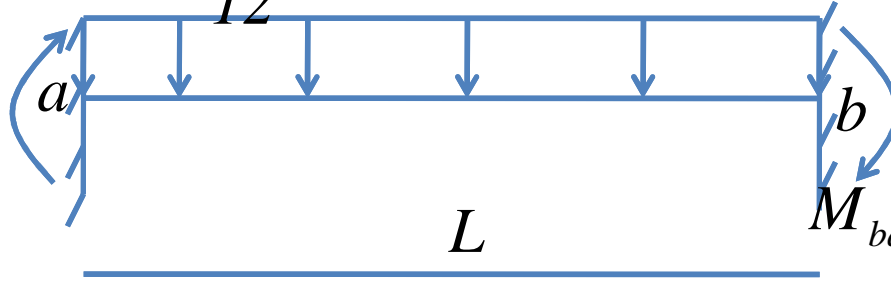
لنگر و چرخش ساعتگرد باشد مثبت

قرارداد علامت مثبت:

اگر وتر  $ab$  در جهت عقربه های ساعت بچرخد،  $\Delta$  مثبت است

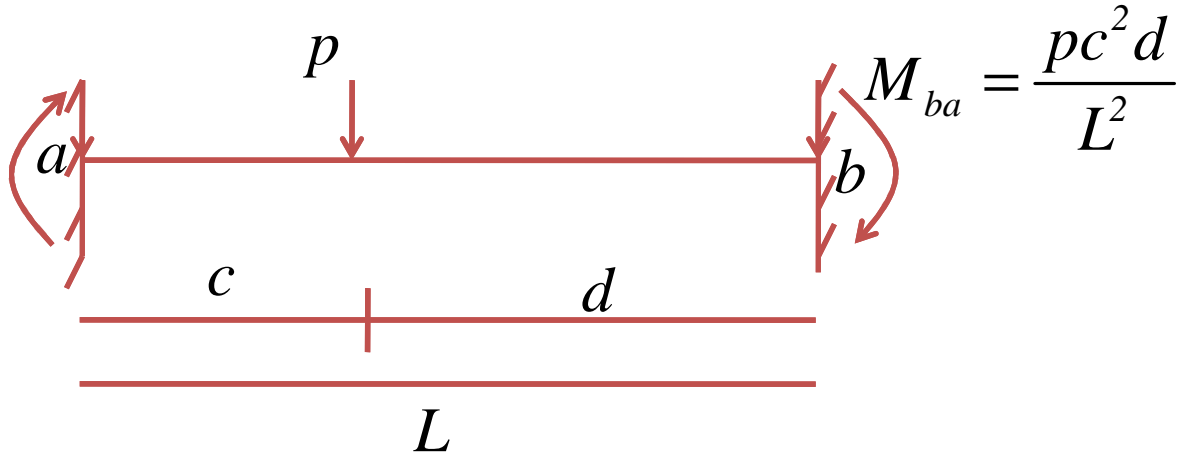
لنگرهای انتهایی گیردار با بارگذاری وسط دهانه

$$M_{ab} = -\frac{wL^2}{12}$$



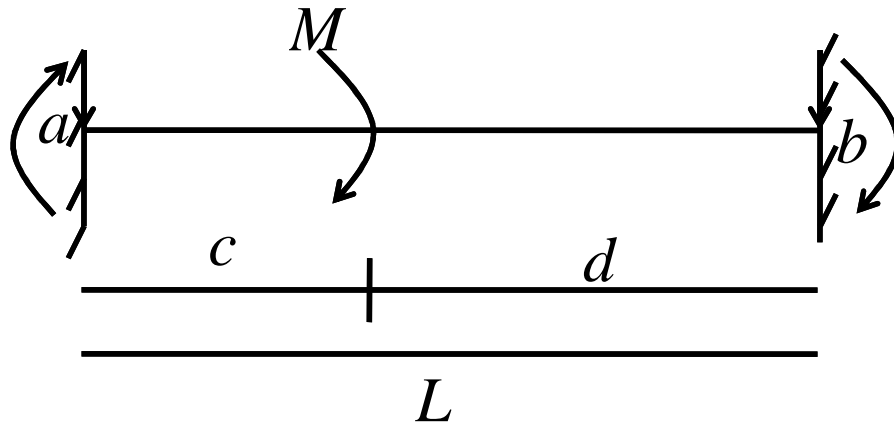
$$M_{ba} = \frac{wL^2}{12}$$

$$M_{ab} = -\frac{pcd^2}{L^2}$$



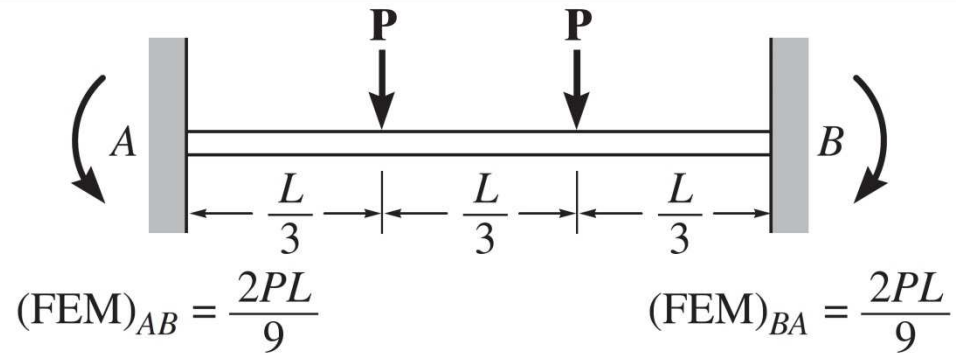
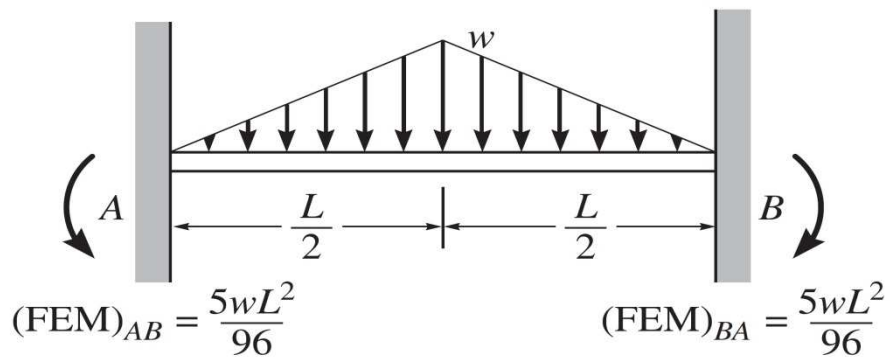
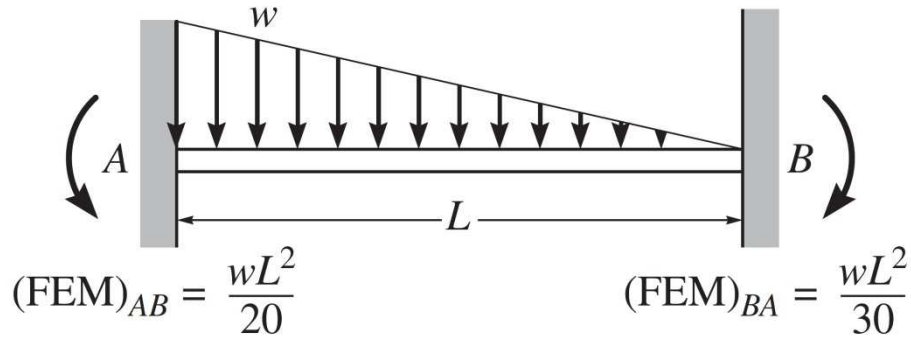
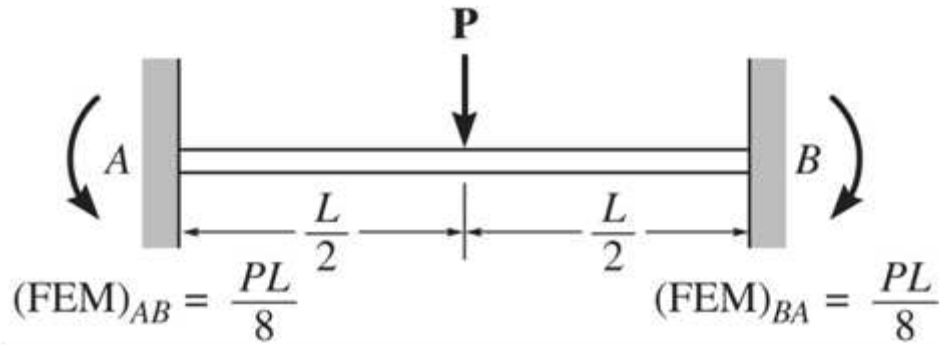
$$M_{ba} = \frac{pc^2d}{L^2}$$

$$M_{ab} = -\frac{pd(2c-d)}{L^2}$$



$$M_{ba} = -\frac{pc(2d-c)}{L^2}$$

## لنگرهای گیرداری انتها FEM



در حالت کلی داریم:

$$M_{ab} = M'_{ab} + M''_{ab} + M'''_{ab} + M^F_{ab}$$

$$M_{ba} = M'_{ba} + M''_{ba} + M'''_{ba} + M^F_{ba}$$

→

$$M_{ab} = \frac{2EI}{L} \left( 2\theta_a + \theta_b - \frac{3\Delta}{L} \right) + M^F_{ab}$$

$$M_{ba} = \frac{2EI}{L} \left( 2\theta_b + \theta_a - \frac{3\Delta}{L} \right) + M^F_{ba}$$

معادلات اصلی شیب افت:

$$K = \frac{I}{L} \quad \text{ضریب سختی}$$

$$R = \frac{\Delta}{L} \quad \text{ضریب چرخش}$$

## مراحل تحلیل به روش شیب افت:

(1) تشخیص آنکه سازه دارای حرکت جانبی می باشد یا نمی باشد (محاسبه تعداد درجات آزادی سازه).

ابتدا تمام گره ها تبدیل به لولا میشوند آنگاه با استفاده از رابطه زیر، به محاسبه تعداد درجات آزادی

مستقل سازه میپردازیم.

$$n = (3m + r) - (3j + c)$$

$$n = m + r - 2j$$

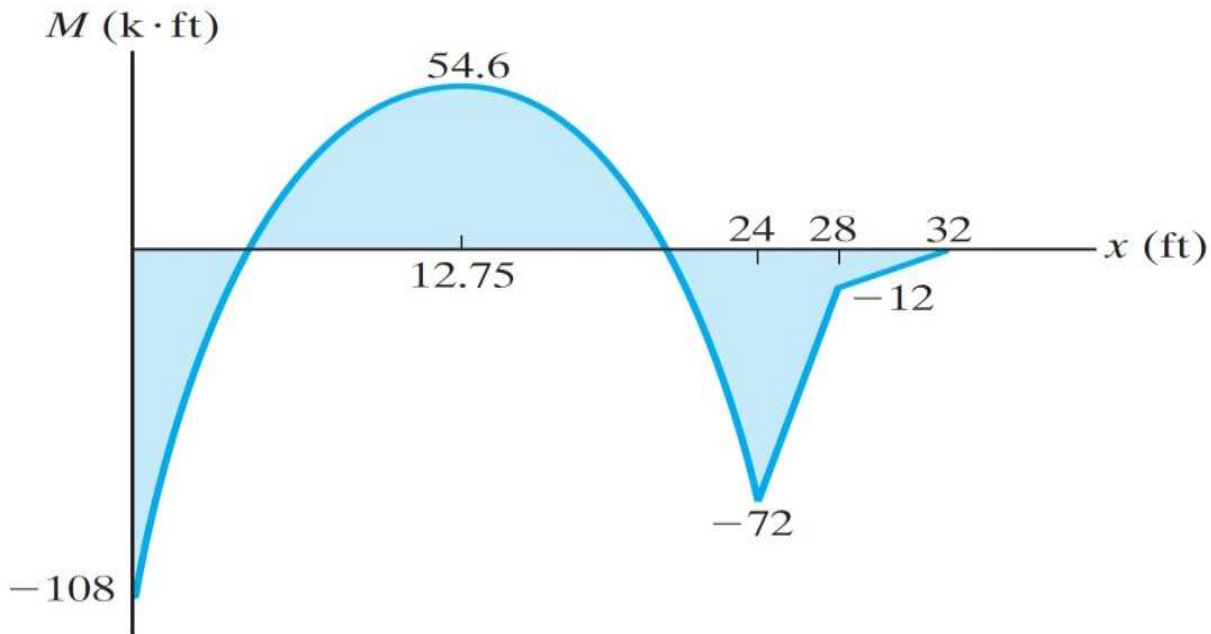
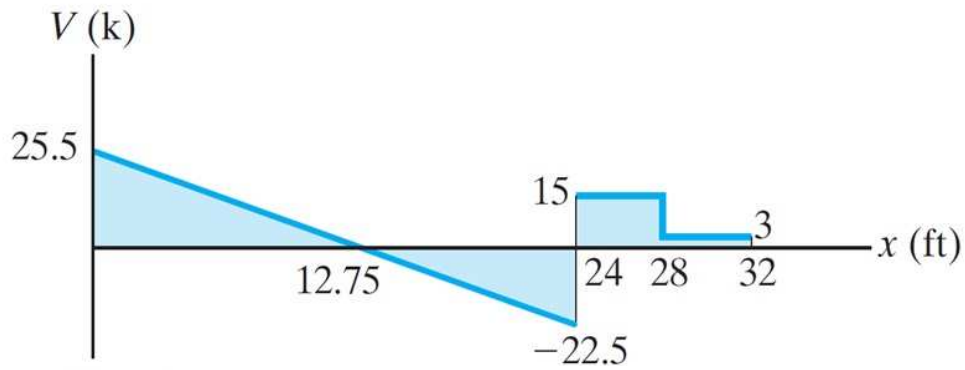
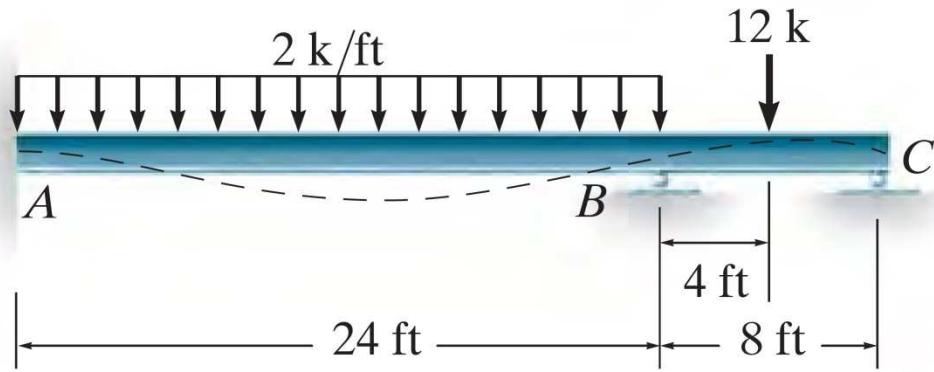
(2) رسم تغییر شکل صحیح سازه، در صورت وجود تغییر مکان در سازه

(3) نوشتن معادلات شیب-افت برای کلیه اعضای سازه

(4) استفاده از ساده ترین معادلات تعادل استاتیکی ← منجر به محاسبه تغییرشکل ها میشود

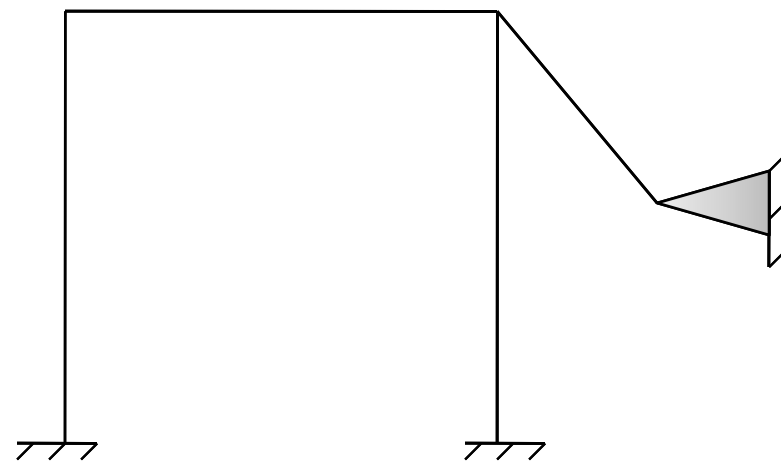
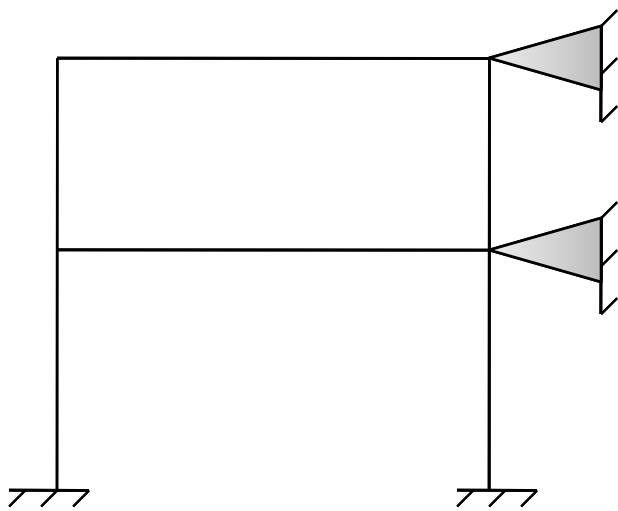
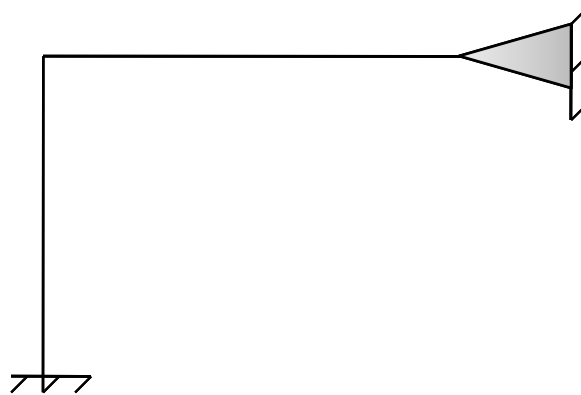
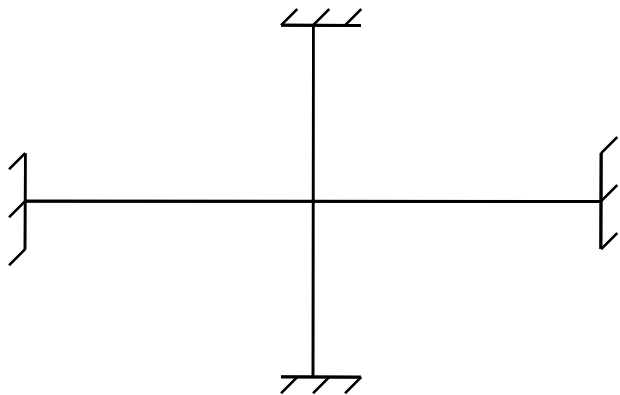
(5) لنگرهای انتهایی اعضا محاسبه میشوند و سازه معین میگردد.

مثال ١:

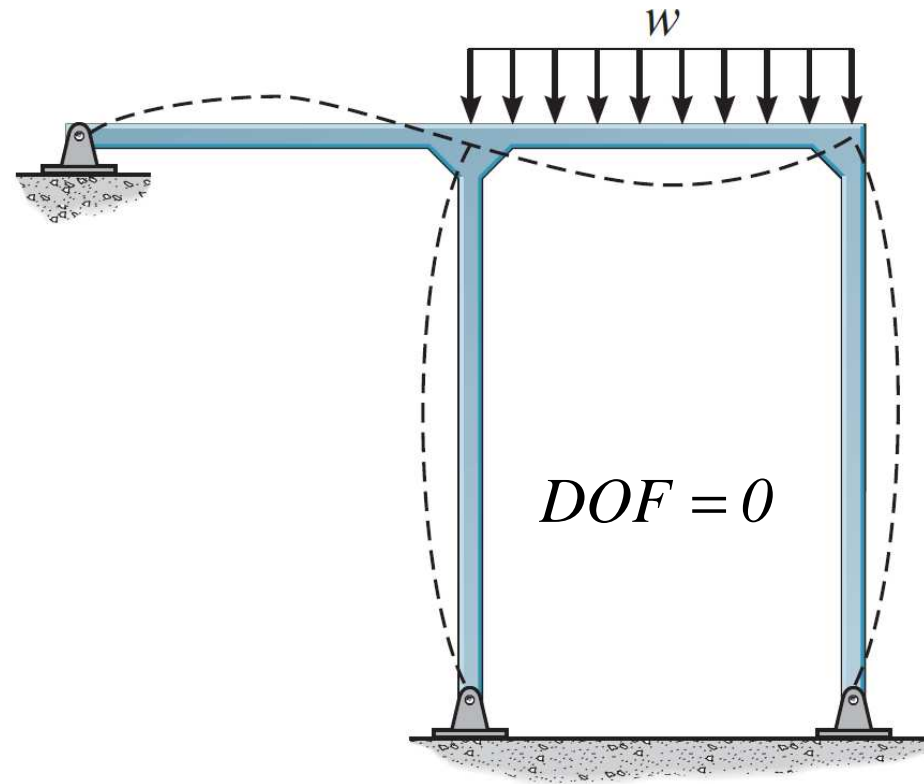
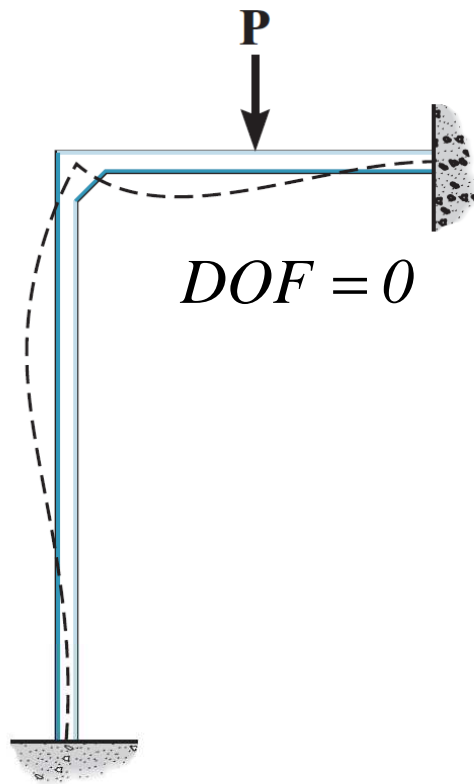




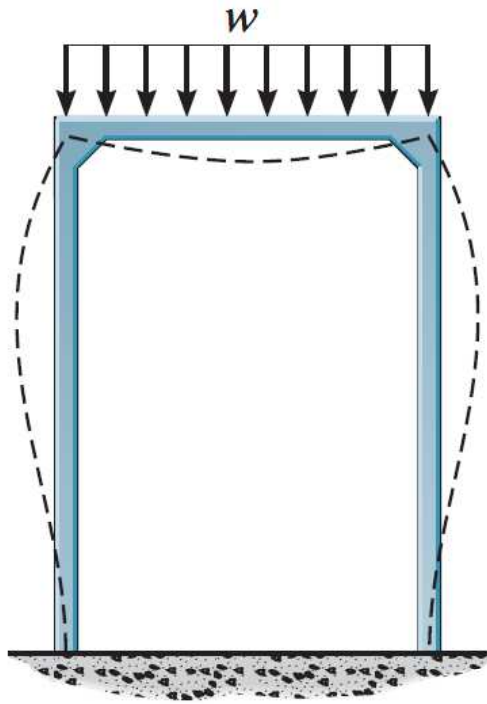
# سازه های نامعین بدون حرکت جانبی:



روش شیب-افت برای تحلیل  
قاب های بدون حرکت جانبی

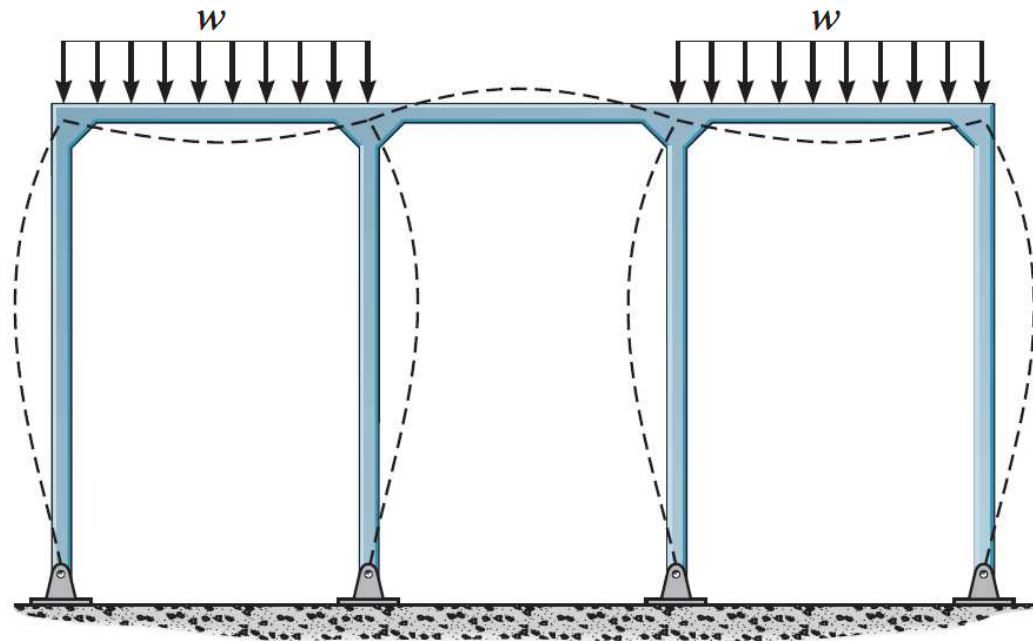


# روش شیب-افت برای تحلیل قاب های بدون حرکت جانبی



$$DOF = 0$$

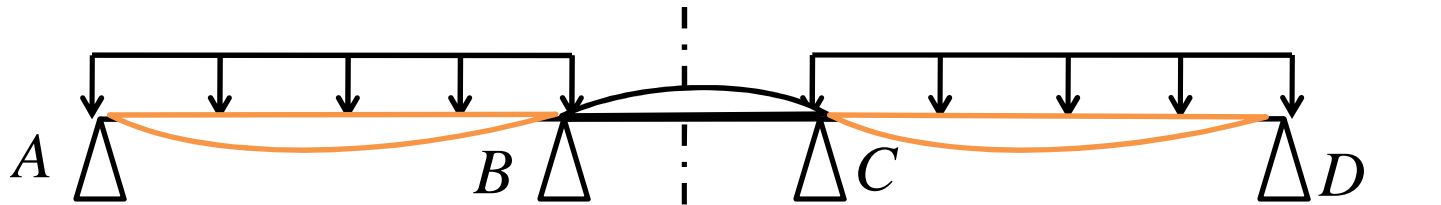
$$DOF = 0$$



# تقارن

اگر از محور تقارن استفاده کنیم، روند تحلیل مساله نصف میشود.

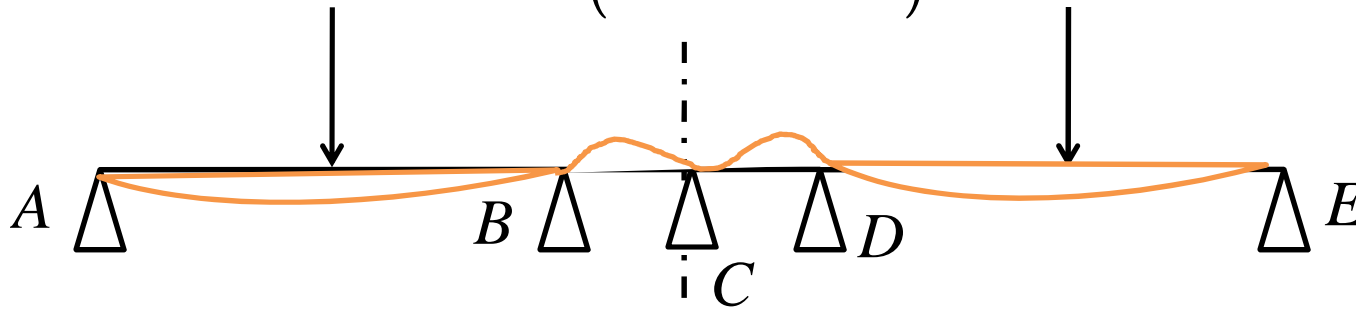
نکته: در تقارن، چرخش ها و لنگرها با علامت مخالف برابرند (قرینه یکدیگر می باشند)



$$\theta_A = -\theta_D$$

$$\theta_B = -\theta_C$$

*CL (central line)*



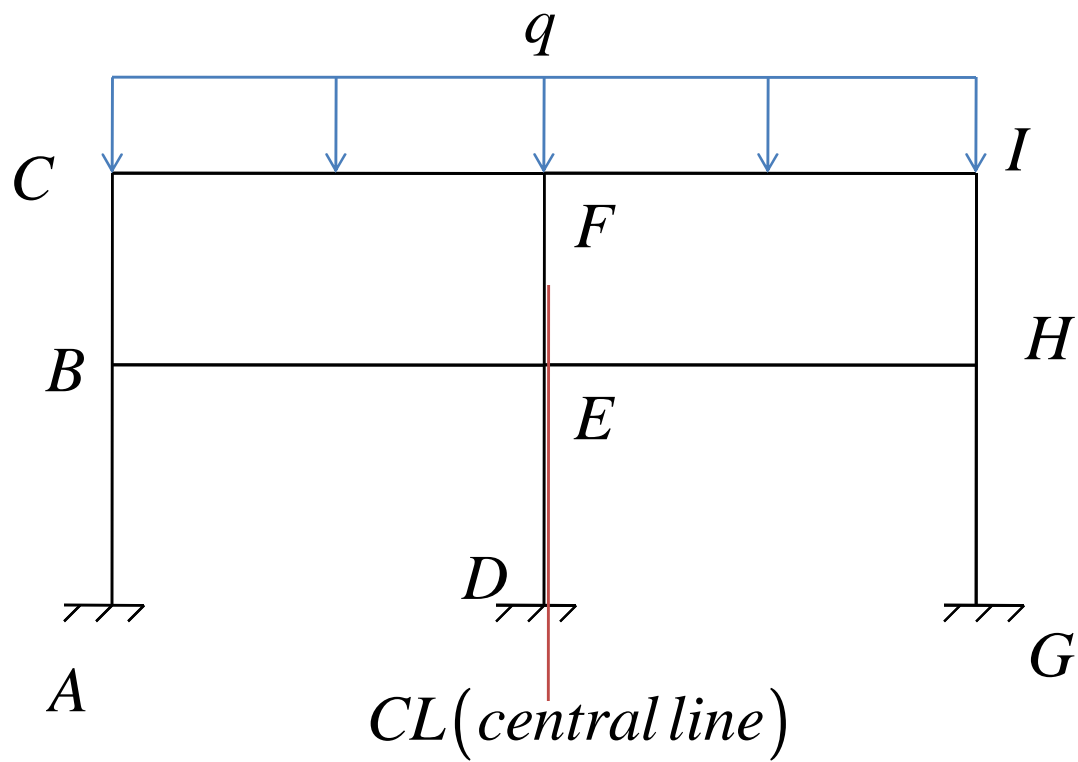
$$\theta_A = -\theta_E$$

$$\theta_B = -\theta_D$$

$$\theta_C = 0.0$$

*CL (central line)*

تقارن



$$\theta_B = -\theta_H$$

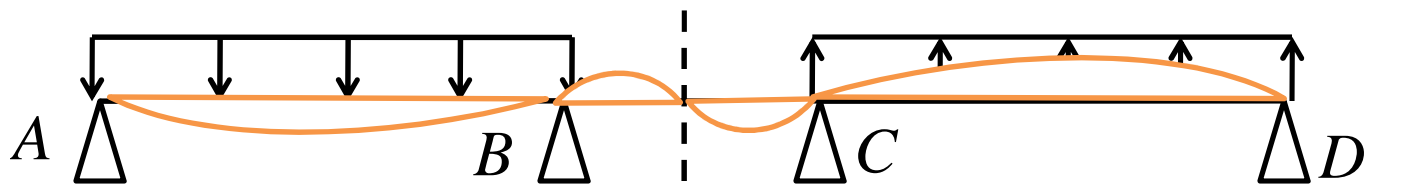
$$\theta_C = -\theta_I$$

$$\theta_D = \theta_E = \theta_F = 0.0$$

## پادتقارن

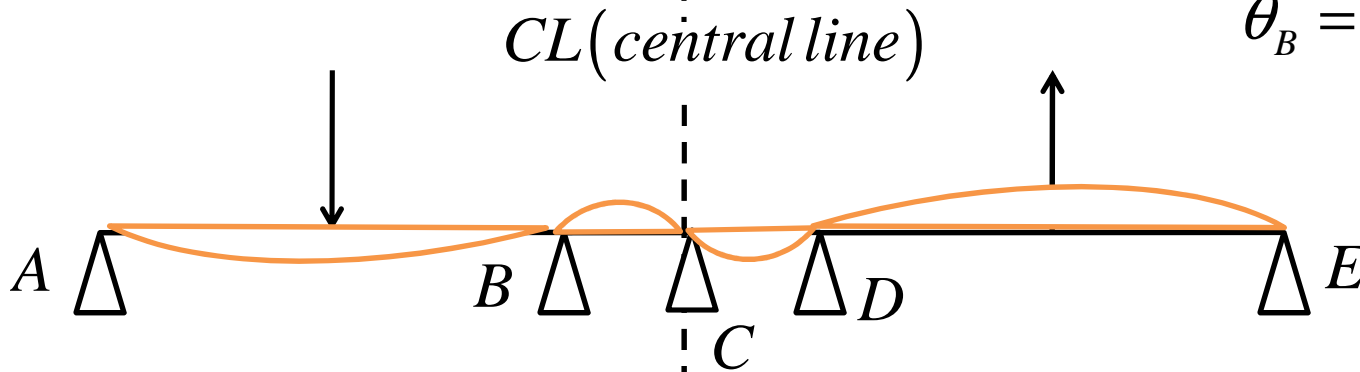
سازه باید به صورت متقارن باشد ولی بارگذاری می تواند ضد تقارن (تقارن معکوس) باشد.

نکته: در پادتقارن، چرخش ها و لنگرها در نقاط متناظر با یکدیگر مساوی اند.



$$\theta_A = \theta_D$$

$$\theta_B = \theta_C$$

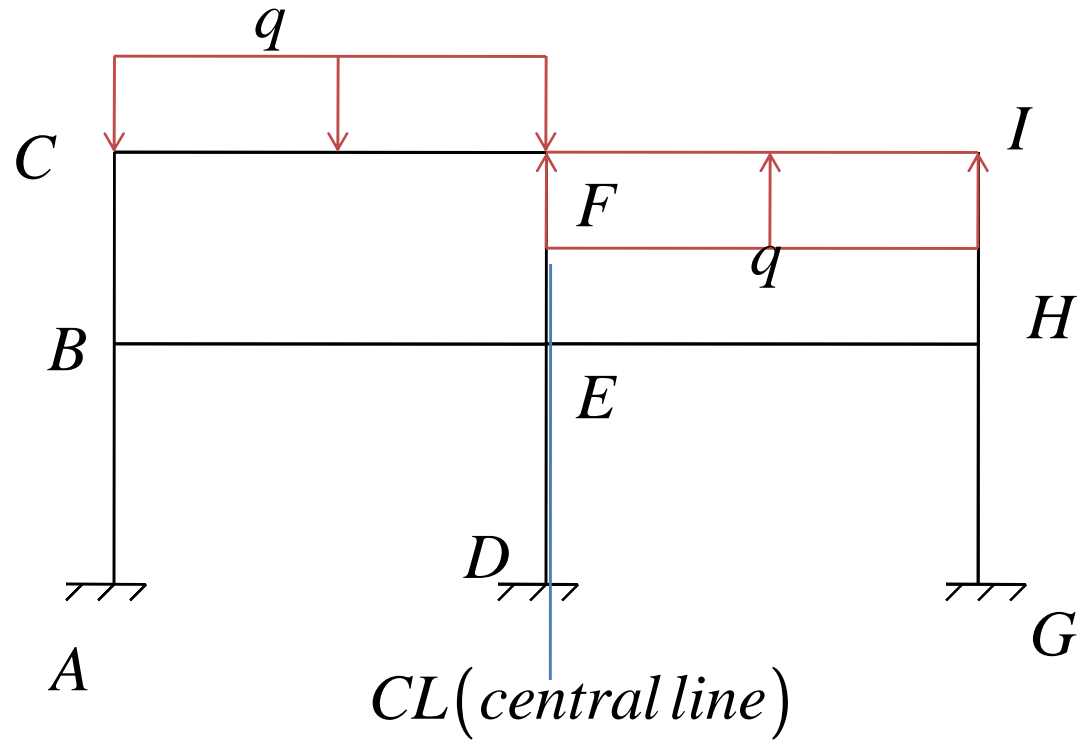


$$\theta_A = \theta_E$$

$$\theta_B = \theta_D$$

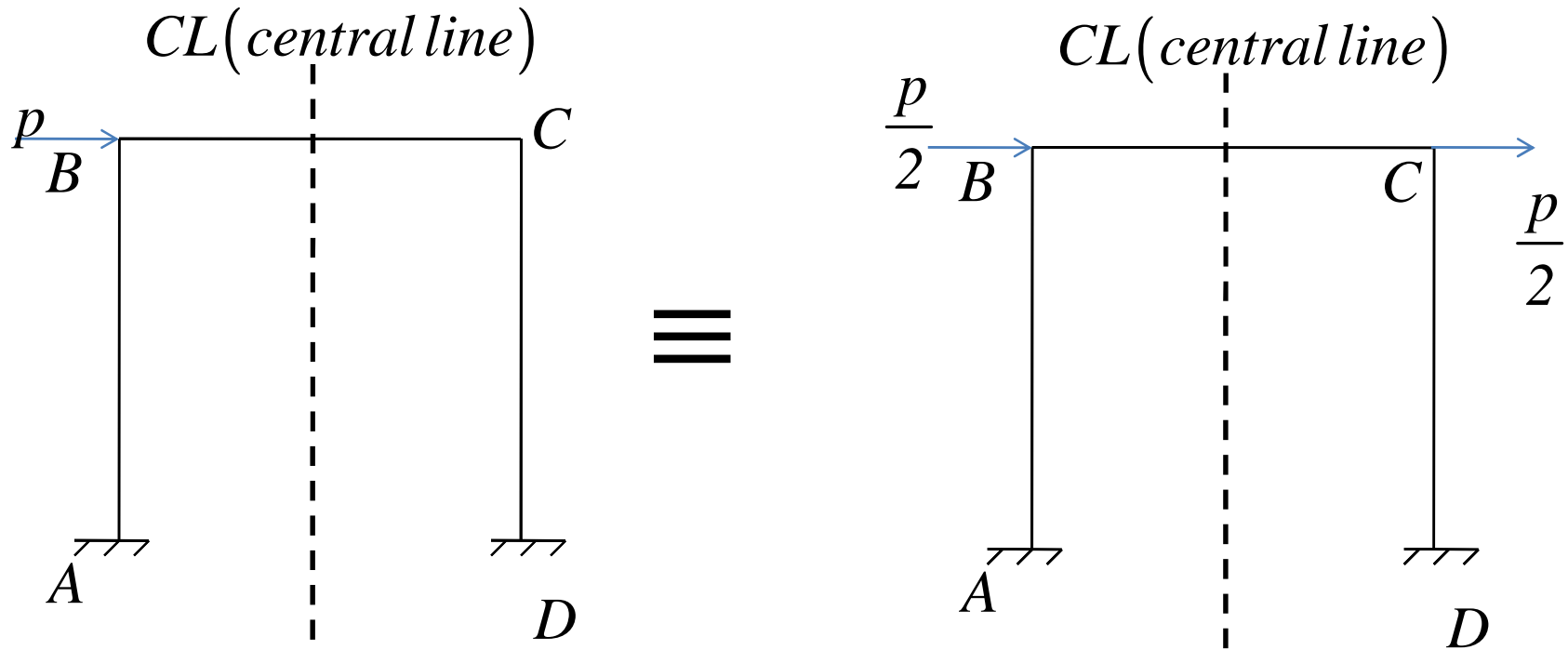
*CL (central line)*

# پادتقارن



$$\theta_B = \theta_H$$

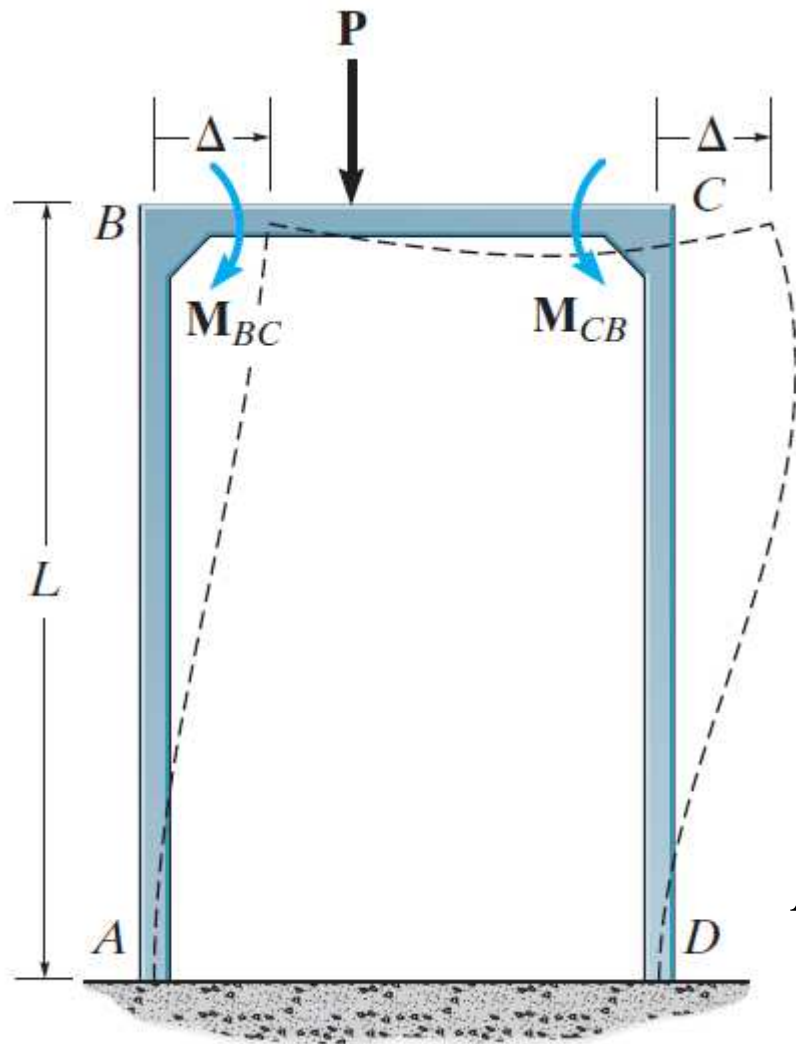
$$\theta_C = \theta_I$$



$$\theta_B = \theta_c$$

$$M_{ab} = M_{dc}, \quad M_{ba} = M_{cd}, \quad M_{bc} = M_{cb}$$





## روش شیب-افت برای تحلیل قاب های با حرکت جانبی

نکته: با توجه به فرض عدم تغییر شکل محوری سازه داری یک درجه آزادی است

$$DOF = 1$$