

Date: / /

Subject:

3. اتصال تسطیعی

عکس کردن آن شبیه تغییر هفت است ولی در محل تغییر نیست.

 $C=1$ 

شیرت محوری ندارد

4. اتصال یک غلطی (غلطی مطلق)

 $C=2$ 

محوری در شیرت نداریم

5. اتصال دو غلطی

 $C=1$ 

DO

شیرت محوری نداریم لکن داریم

- درجه نامعینی سازه تا (DI)

$$DI = R - r$$

$$DI = R - (3 + C)$$

تعداد غلطی اتصال
تغییرهای
(3 + C) تعداد غلطی در اتصال

نکته: در سازه 4 هر کدام بسته 3 درجه نامعینی به سازه اضافه می کنند.

$$DI = R + (n + 3) - (3 + C)$$

درجه نامعینی سازه
تعداد تغییرات
تعداد تغییرات
تعداد تغییرات

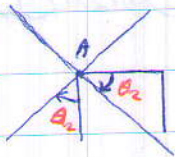
نکته: اگر سختی فنری با نسبت بی نهایت میل دهیم تبدیل به تکیه گاه می شود که در آن اختلاف دوران و سر صفر و دوران صفر است.

تکیه گاه ای که دوران در آن صفر است عبارت است از گیردار - شلایت سفت - تکیه گاه لغز می باشد از این تکیه گاه استفاده نمی کنیم.

$$M' = K\theta, \Delta\theta \rightarrow \Delta\theta = \frac{M'}{K\theta} = \Delta\theta = 0$$

گروه صلب

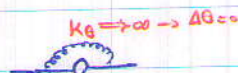
گروه ای که دوران می دارند آن با هم برابر است هم از نظر مقدار هم از نظر جهت و برای تشخیص جهت دوران در گروه صلب یک خط افقی و عمودی را کش کرده و از شکل اولیه به سمت تغییر شکل یافته حرکت می کنند جهت حرکت همان جهت دوران است.



$$(\hat{\theta}_A)_R = (\hat{\theta}_A)_L \quad \text{گروه صلب}$$

نکته: اگر مفصلی گروه ای است که در محل اتصال نیروی کشش و نیروی فشار و دوران می چپ و راست با هم برابر نیست (هم مقدار، هم جهت).

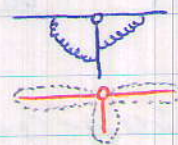
شکل ای نیرو پس از تغییر بصورت نیروی اصطدام می شود.



$$C = 1 - 1 = 0$$



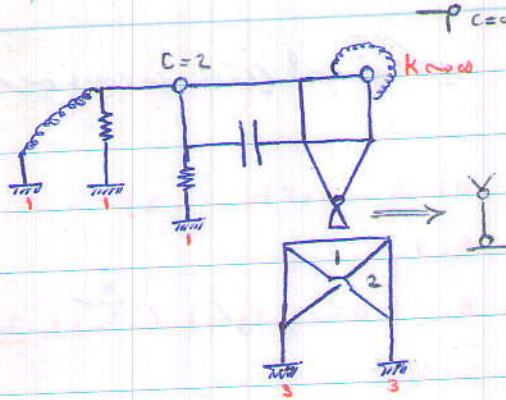
$$C = 2 - 1 = 1$$



$$C = 3 - 1 = 2$$

3/3
Date: / /

Subject:



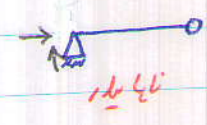
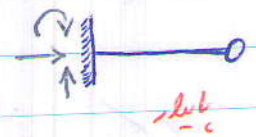
$$D.L. = 9 + (15) - (3 + 6) = 15$$

Date: / /

Subject:



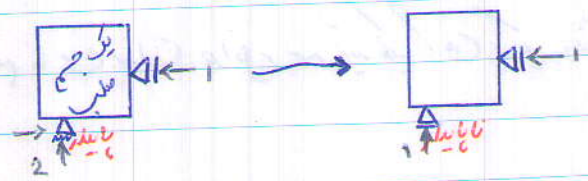
پایه‌ها: پایه، پایه، پایه



- اصول ترکیب اجسام

1- ترکیب یک جسم صلب:

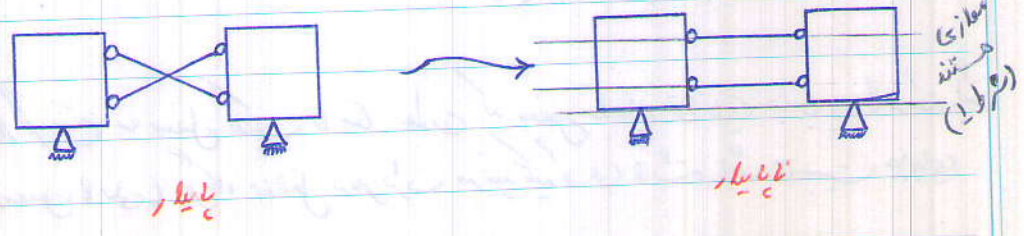
یک جسم صلب برای پایداری نیاز به حداقل 3 قید تکیه گاه دارد.



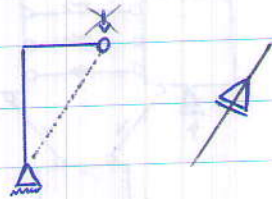
2- ترکیب 2 جسم صلب:

2 جسم صلب برای پایداری نیاز به حداقل 6 قید تکیه گاه دارد.

نکته: هرگاه تکیه گاه ها با راستای میله ها موازی باشند سازگار نیست.



۱۲ حرکت یک جسم یک طرف آن نقطه مصلی و طرف آن مصلی داخلی باشد (روی مصلی داخلی بارگذاری نشده باشد) می توانیم در راستای آن در مصلی یک نقطه غلتی قرار دهیم.



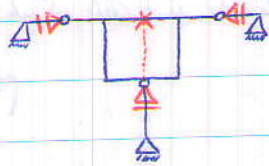
۱۳ حرکت در یک جسم مصلی نقطه غلتی هم دیگر را در یک نقطه قطع کند می توانیم یک نقطه غلتی را حذف کرده و در آن نقطه تلاقی یک مصلی قرار دهیم.



۱۴ حرکت جسم مصلی نقطه غلتی را می توانیم به یک مسیری وجه داشت باشد جایی نمائیم.



7)



در یک نقطه هم به یک نقطه وصل می کنند.

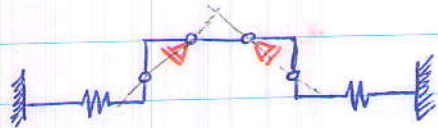
نمایید

$$PI = 6 + (1 \times 3) - (3 + 3) = 3$$

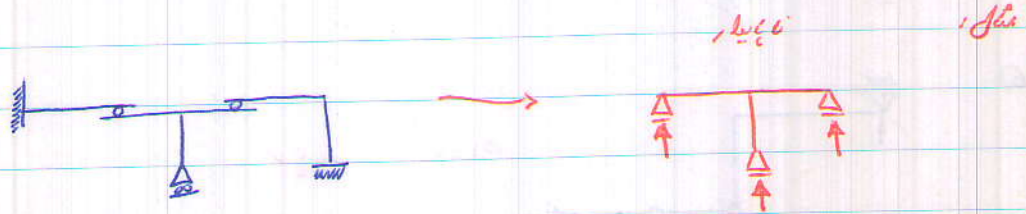
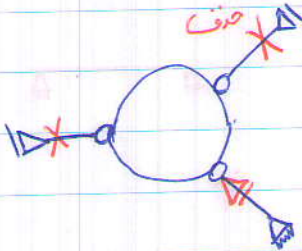
8)

مطابق هستند. نمایید

9)

مطابق و در یک نقطه هم وصل می کنند. نمایید

نکته: در یک جسم صلب نسبت به یک نقطه وجود دارد که تأثیر از آنجا به سازه وارد می شود و این را به صورت یک نقطه می نمایشیم. این نقطه را می توانیم به صورت یک نقطه در یک جسم صلب نشان دهیم و به سازه وارد می شود و این را به صورت یک نقطه می نمایشیم.

مثال نمایید

3. ضربای بفرغ (مهم)

پایه‌ای ضربی:

در پایه‌ای ضربی هر ضربی سه حکم یک جسم مثل است و یک جسم مثل برای پایه‌ای نیاز به 3 قید نگه‌دار دارد.

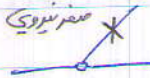
نکته: اعضای صف‌نیزوی در پایه‌ای ضربی تاگیری ندارند و می‌توان اکثر حذف کرد.

اعضای صف‌نیزوی در ضربی: (یا اکوری)

1. اگر از مفصل 2 عضو بگیرد و نیزوی می‌کند 2 مفصل نباشد و 2 عضو صف‌نیزوی هستند (تا به باید غیر از 180 باشد).

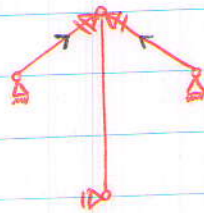
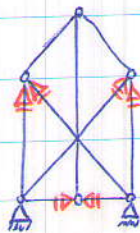


2. از یک مفصل 3 عضو بگیرد بطوری که دو مفصل نیز نباشد و نیزوی 2 عضو آن در یک راستا نباشد و عضو سمت باقی‌مانده صف‌نیزوی خطی هر بود.



مثال: شش‌ایک پایه‌ای و پایه‌ای ضربی زیر را بررسی کنید:

1)



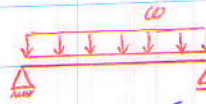
باید

Date: / /

مفصل دوم: ترسیم دیاگرام نیروی برشی و گشتافشی، تغییر وقایع

تغییر
در درس استاتیق ما در بیان هر دو ختم و فقط خلاصه ای از روابط ریاضی و تفسیری کنیم.

ابطاع:

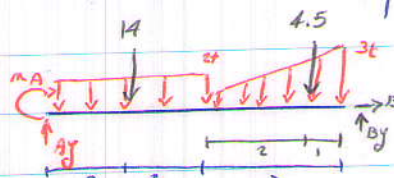
①  $\frac{dV}{dx} = -w$
مشتق یا سب نمودار نیروی برشی با نسبت بارگرفته دارد بر تیر.

② $V_2 - V_1 = \int w \cdot dx$
تغییرات نیروی برشی در طول تیر با نسبت بارگرفته.

③ $\frac{dM}{dx} = V$
مشتق یا سب نمودار گشتافشی با نسبت بارگرفته.

④ $M_2 - M_1 = \int V \cdot dx$
تغییرات گشتافشی در طول تیر با نسبت بارگرفته.

مفصل دوم: دیاگرام نیروی برشی و گشتافشی زیر بار رسم کنید.

①  $\sum F_x = 0 \rightarrow A_x - 14 - 4.5 + 5 = 0$
 $A_y = 14 + 4.5 - 5$
 $A_y = 13.5 \text{ ton}$

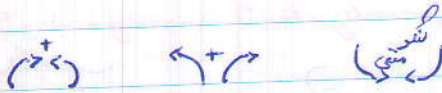
$\sum M_A = 0 \rightarrow M_A + (14 \times 2) + (4.5 \times 6) = 5 \times 7$

$M_A + 28 + 27 = 35 \rightarrow M_A = -28 - 27 + 35 = -20 \text{ t}$

Date: / /

لنگر مثبت:

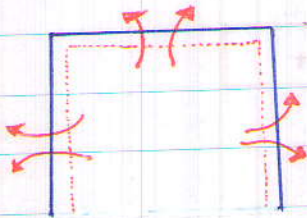
لنگر مثبت لنگری است که باعث می شود که قسمت در زیرین تار خشی کشیده می شود.
و قسمت در بالای تار خشی منبسط می شود.



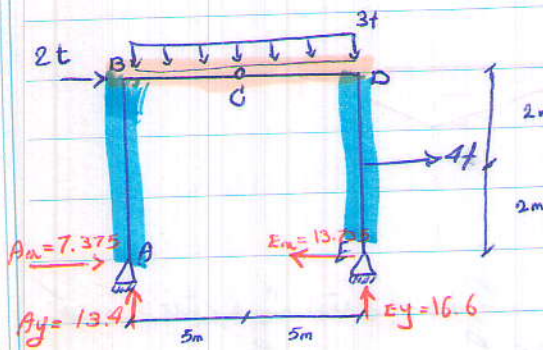
قرار داده:

در ترسیم دیاگرام قلاب برای اینکه کششی و فشار را مشخص نماییم (بلای اینکه نیروی پایه را بنویسیم) از یک تار استفاده می کنیم به این تار خط چین می کشیم و در داخل قلاب می کشیم.

نکته: تغییرات به سمت داخلی مثبتی و تغییرات به سمت بیرون مثبت است.



مثال: دیاگرام نیروی برشی و لنگر خشی در قاب زیر را رسم کنید.



$$\sum M_A = 0 \rightarrow (2 \times 4) + (3 \times 5) + (4 \times 2) = 10 E_y$$

$$8 + 15 + 8 = 10 E_y$$

$$166 = 10 E_y$$

$$E_y = 16.6 t$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow Ay - 30 + 16.6 = 0$$

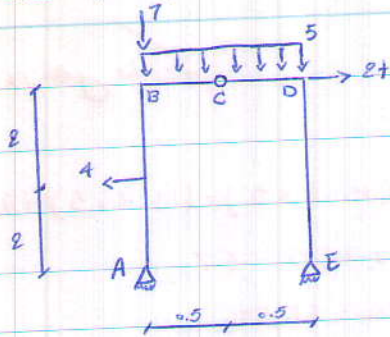
$$Ay = 30 - 16.6 = 13.4 t \rightarrow Ay = 13.4 t$$

$$13.6 t$$

JK

Subject:

Date: / /



مسائل

Date: / /

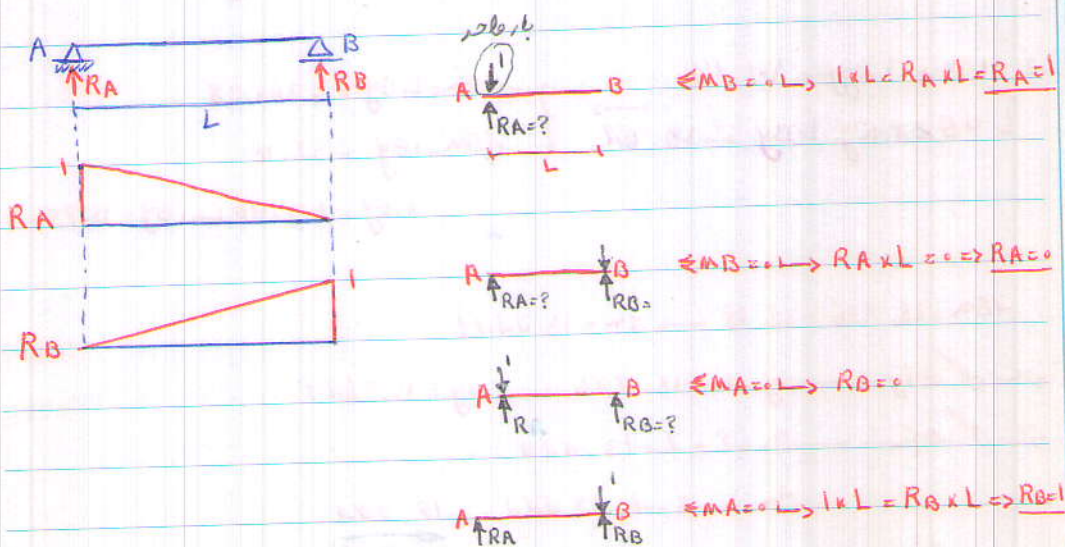
فصل سوم: خط تأثیر

اثر پذیری یک بخش از عمل از تغییر بار واحد در قسمت های مختلف سازه با خط تأثیر می نامیم.

انواع مختلف خط تأثیر

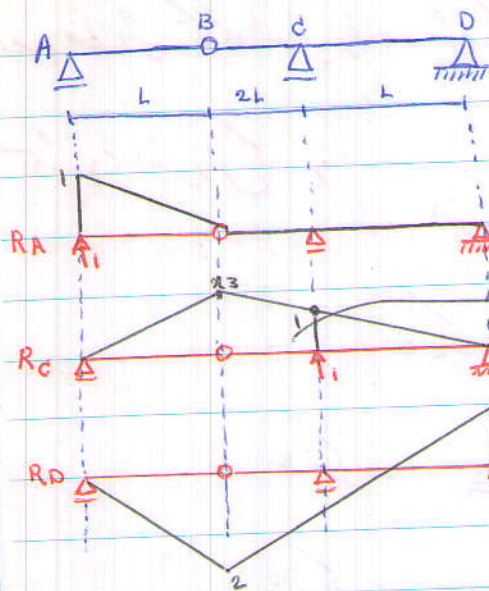
۱. خط تأثیر در تیر ✓
۲. خط تأثیر در قوس
۳. خط تأثیر در خمپا
۴. خط تأثیر در سازه تیر (مفصل)

خط تأثیر در تیر



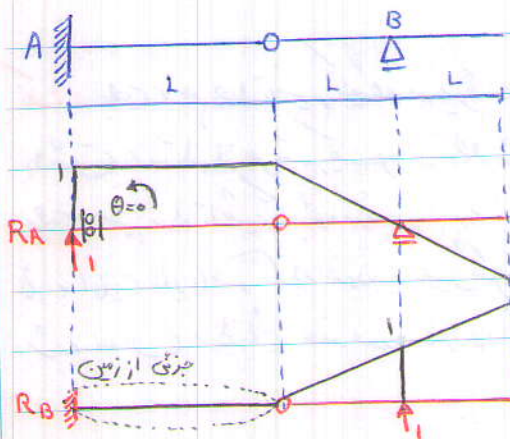
Date: / /

مثال ۱



* استوار به استوار - غیر استوار

$$\frac{L}{3L} \Rightarrow n = \frac{3K}{K} = 3$$

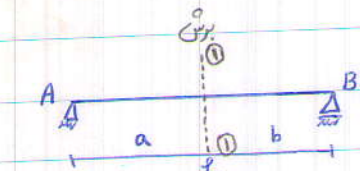


نکته: طرفین اتصال هدایت شده (H) با هم موازی هستند و دارای دوران θ می باشند. طرفین به هم می آیند. (در صورتی که کش وجود دارد)

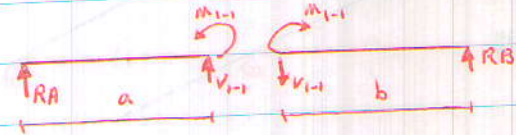
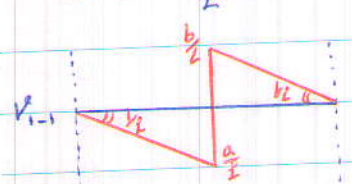
Date: / /

Subject:

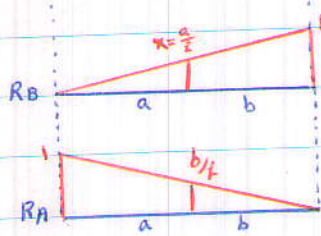
خط تاثیر برش:



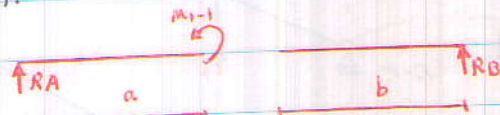
در نظر بگیرید:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow V_{i-1} + RB = 0 \quad \underline{V_{i-1} = -R}$$

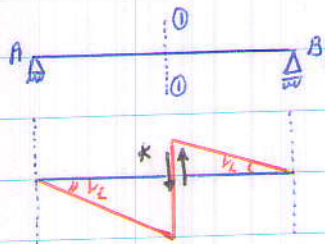


در نظر بگیرید:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow RA - V_{i-1} = 0 \quad \underline{RA = V_{i-1}}$$

- اولی نسبت:

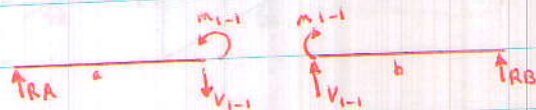
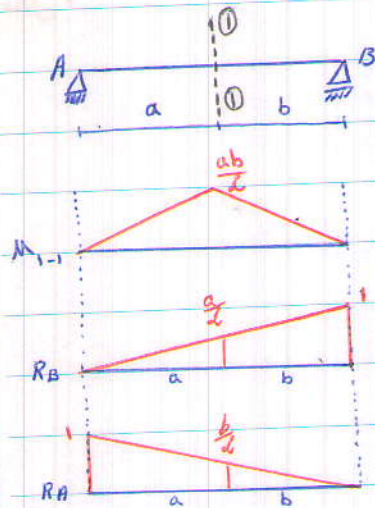


* مقدار:

قطعه سمت چپ
قطعه سمت راست

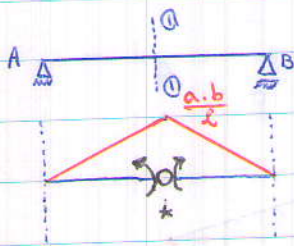
Date: / /

خط تأثیر ضربه یا گستر:



$$M_{I-1} = R_A \times a$$

- روش تستی:



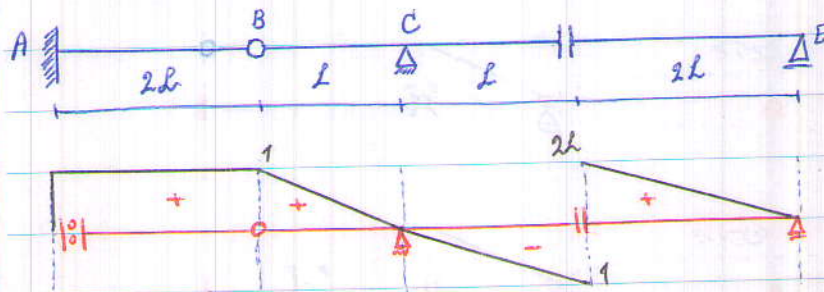
$$\frac{\text{ضرب گزیده‌ای طرفین}}{\text{جمع طولهای طرفین}} = \frac{a \cdot b}{l}$$

* قابلیت جانبی از هر طرف باید تست باشد.
مست بالایی رود و کج نمی شود.

کاربرد خط تأثیر:

معمولاً از کاربرد خط تأثیر بارگذاری سازه‌ست از آنجا که بار هرده در کل سازه وجود دارد بنابراین بار هرده را در تمام طول سازه وارد می‌کنیم.
 بار زنده گسترده در فاجی مثبت یا منفی وارد می‌شود (بیشترین مساحت) و بار زنده متغیر کم برای بیشترین (ارتفاع) وارد می‌شود.

مثال: با توجه به تأثیر زیر اگر بار هرده گسترده 1 t.m و بار زنده گسترده 15 t.m و بار زنده متغیر کم 5 t برای تأثیر وارد می‌شود مقدار یکی العمل کلیه A چقدر است؟



$$A^+ = [(1 \times 2) + (\frac{1 \times 1}{2}) + (\frac{2 \times 2}{2})] = 4.5^+$$

$$A^- = [-\frac{1 \times 1}{2}] = -0.5$$

$$R_A = 1 \times [4.5 - 0.5] + 15(4.5) + (5 \times 2) = 117.5 \text{ ton}$$

↓ بار هرده
 ↓ بار زنده گسترده
 ↓ بیشترین مساحت
 ↓ بیشترین ارتفاع

مفصل چهارم: تغییر شکل سازه و روش‌های محاسبی آن‌ها

محاسبی تغییر شکل: روش‌های استوارگیری مستقیم

۱. قضایای لنگر سطح

۲. روش انرژی

۳. روش بار الاستیک

۴. روش نیم مزدوج

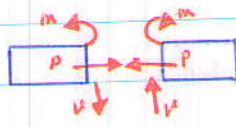
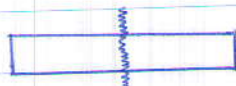
۵. کار حقیقی

۶. روش کار مجازی ✓

در این فصل تحلیل سازه را تکمیل کرده و بعد از استوارگیری بنا بر روی و بنا بر روی و ترسیم دیاگرام نیروی داخلی نسبت به آن دوران این نیروها را در حالت تعادل محاسبی تغییر شکل سازه (جابجایی) و دوران می‌رسد. برای نسبت آن دوران جابجایی و دوران نقاط مختلف سازه که در نهایت در بهره‌برداری سازه مورد نیاز است روشی در گوناگونی وجود دارد که عبارت است از (معادله یک تعادل) از این روش‌های گفته شده روش کار مجازی را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

روش کار مجازی در محاسبی جابجایی و دوران مختلف سازه

قبل از بررسی این روش نیروهای داخلی را با توجه به جهت قرار دهی آن‌ها باید آوری می‌کنیم



$\rightarrow \leftarrow$ نیروی محوری P
 $\downarrow \uparrow$ نیروی برشی V
 $\curvearrowright \curvearrowleft$ لنگر خمشی M

T_m بار سازه پایداری بارگذاری خود سازه محاسب می‌کنیم.

6-2-3: در مرحله بعد خود سازه را برسم می‌کنیم و تمام بارهای روی آنرا حذف می‌کنیم و در نقطه‌ای که می‌خواهیم جابجایی آنرا محاسب می‌کنیم یک بار واحد قرار می‌دهیم. (در نقطه‌ای که می‌خواهیم دوران را محاسب کنیم لنگر قرار می‌دهیم).

سپس دوباره برای هر یک از این بارها و با توجه به نوع مطلب آن مقادیر m_m ، v_m ، p_m ، t_m که همگی اینها به انشای بار واحد یا لنگر واحد است.

6-2-4: مقادیر ثابت K که در رابطه کار مجازی قرار می‌دهیم.

$$\Delta: \theta = \int \frac{m_m \cdot m_m}{EI} dm + \int \frac{v_m \cdot v_m}{GA} dm + \int \frac{p_m \cdot p_m}{EA} dm + \int \frac{T_m \cdot t_m}{GJ} dm$$

لنگر به انشای بار سازه
لنگر به انشای بار و لنگر واحد

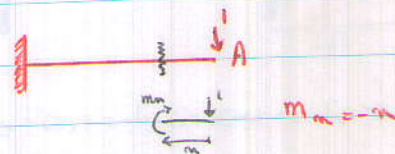
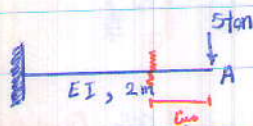
نکته: K ضریب ثابت است که به مقطع شکل بستگی دارد.

مقطع مستطیل $K: 1.2$

مقطع I شکل $K: 1$

مقاطع دایره‌ای $K: 1/9$

مثال: در زیر جابجایی و دوران نقطه A را محاسب کنید.



$$m_m + 5m = 0 \rightarrow m_m = -5m$$

$$\Delta_A = \int_0^2 \frac{m_m \cdot m_m}{EI} dm = \int_0^2 \frac{(-5) \cdot (m)}{EI} dm = \int_0^2 \frac{5m^2}{EI} dm =$$

$$\frac{5}{EI} \int_0^2 m^2 dm = \frac{5}{EI} \cdot \frac{1}{3} m^3 \Big|_0^2 = \frac{5}{EI} \left(\frac{1}{3} (2)^3 - \frac{1}{3} (0)^3 \right) = \frac{40}{3EI}$$

Date: / /

Subject:

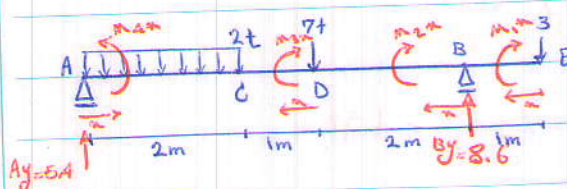
$$\Delta_c = \int_0^1 \frac{M_1 n + M_2 n}{EI} dn + \int_0^2 \frac{(-5n)(-n)}{EI} dn + \int_0^2 \frac{(1.5n - 2n^2)(0.5n)}{EI} dn \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_0^1 \frac{5n^2}{EI} dn + \int_0^2 \frac{0.75n^2}{EI} dn - \int_0^2 \frac{1n^3}{EI} dn =$$

$$\frac{5}{EI \times 3} \Big|_0^1 + \frac{0.75n^3}{EI \times 3} \Big|_0^2 - \frac{1n^4}{EI \times 4} =$$

$$\frac{5}{6EI} + \frac{2}{EI} - \frac{4}{EI} = \frac{5+12-24}{6EI} = \frac{-7}{6EI}$$

نکته: در تیرهای با جابجایی و دوران در دو انتهای تیر، معادله ثابت است.



$$EI = \text{cte}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (Ay \times 5) + (3 \times 1) = (7 \times 2) + (4 \times 4)$$

$$5Ay + 3 = 14 + 16$$

$$5Ay = 27 \rightarrow Ay = 5.4 \text{ ton}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow 5.4 - 4 - 7 + By - 3 = 0$$

$$By = 8.6$$

$$M_1 n = -3n$$



$$M_2 n = 8.6n + 3(n+1)$$

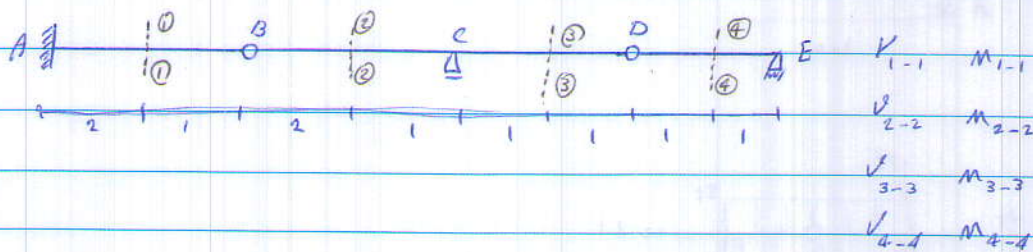
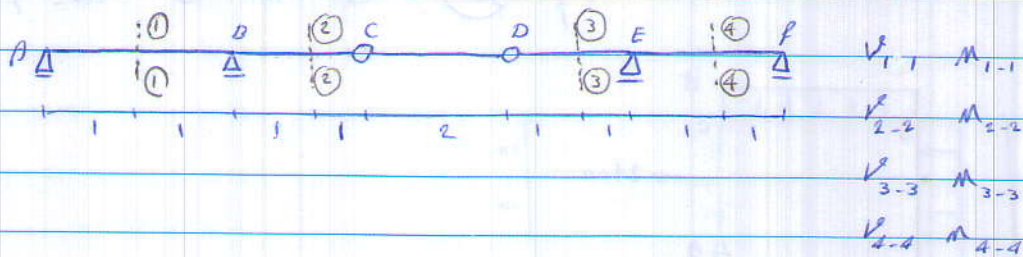
$$M_2 n = 8.6n + 3n + 3$$

$$M_2 n = 11.6n + 3$$

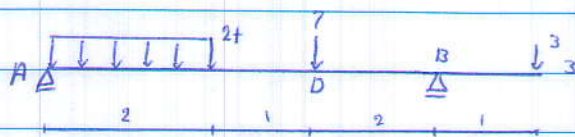
Date: / /

Subject:

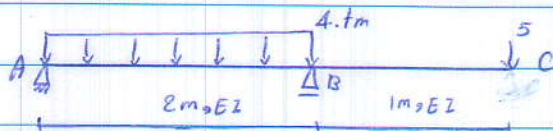
خط تأثیر نیرو را رسم کنید



جابجایی و دوران نقطه زیر بار را رسم کنید



$\Delta E: ?$ $\theta E: ?$



$\Delta C: ?$ $\theta C: ?$