

87, 3, 19

کلیل سازه

1- درجه نامعنی سازه

2- ریالیزم نیروهای داخلی

3- کلیل خرابیها و قاعدههای

4- خط تأثیرها (برای سازههای)

5- محاسبه تغییر شکلها

6- کلیل سازه نامعنی (به روش سفت افت)

7- کلیل تقریبی سازهها

معمولاتی که در سیستم سازه ای داریم — نیروهای داخلی { بخشی از محمولات }
تغییر مکانها

هدف بدست آوردن محمولات فوق است.

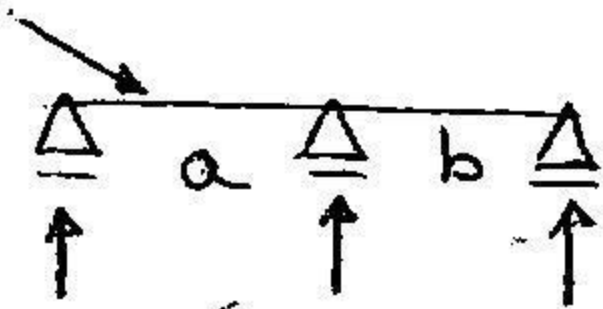
انرا کار در بدست آوردن محمولات فوق، معادلات هستند

* معادلات

دسته 1) تعادل نیروی / $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$, $\sum M_z = 0$
نیروهای داخلی، تکیه تکیه

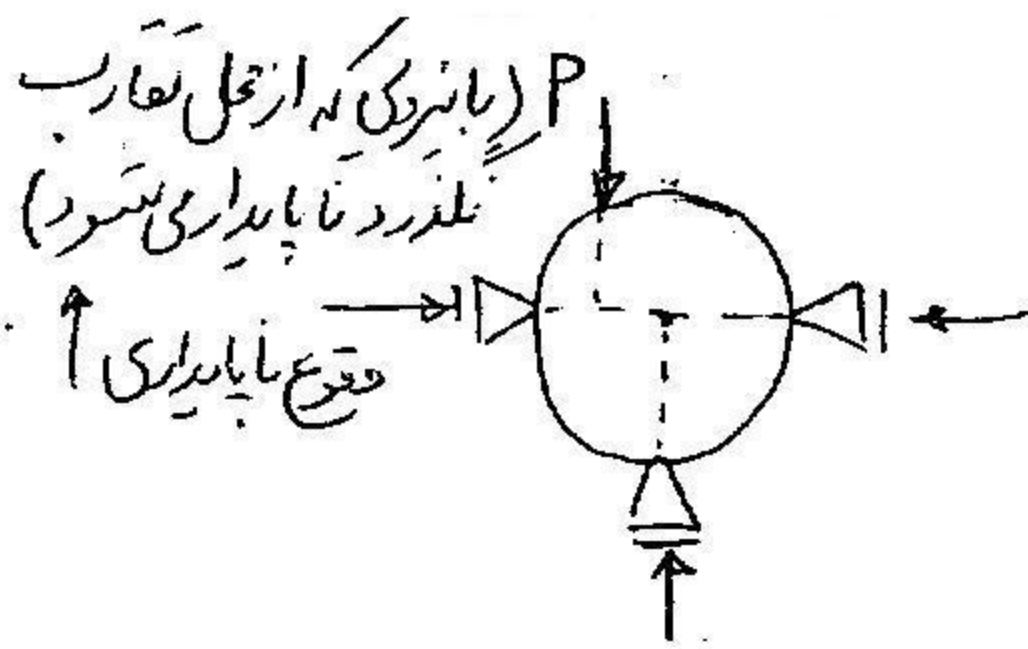
حواص این نیروهای تعادل هستند. مثال

$\sum F_x = 0$, $\sum M = 0$, $\sum F_y = 0$



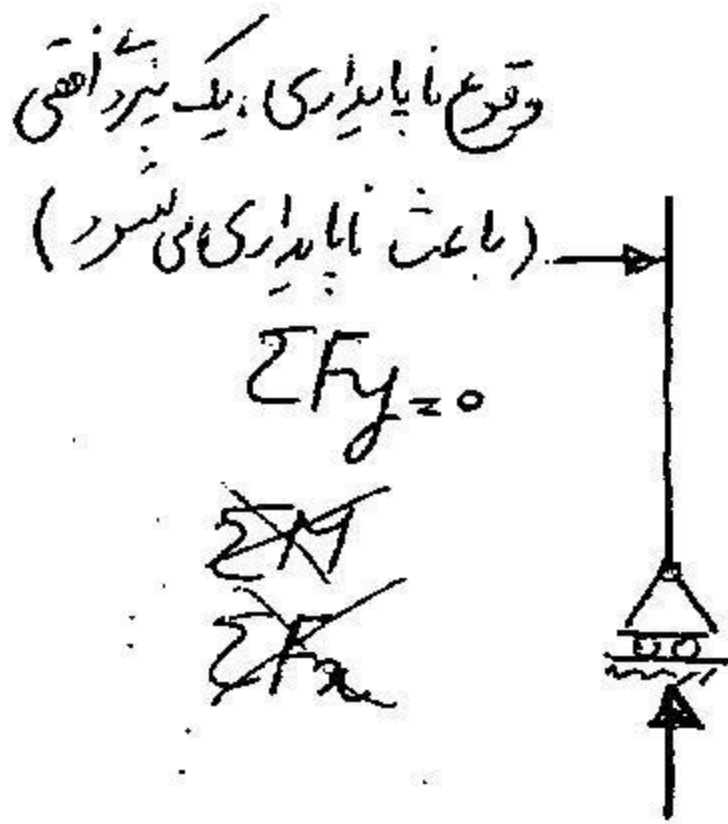
* در شرایطی که تعادل کمتر از سه تکیه باشد: وقوع ناپایداری؛ بنابراین باید نیروی به آن
احمال شود که یک نیروی افقی
ایجاد کند، سازه را به طور کلی می باشد
الف) و قاعدههای آنها هم می باشد.

لا

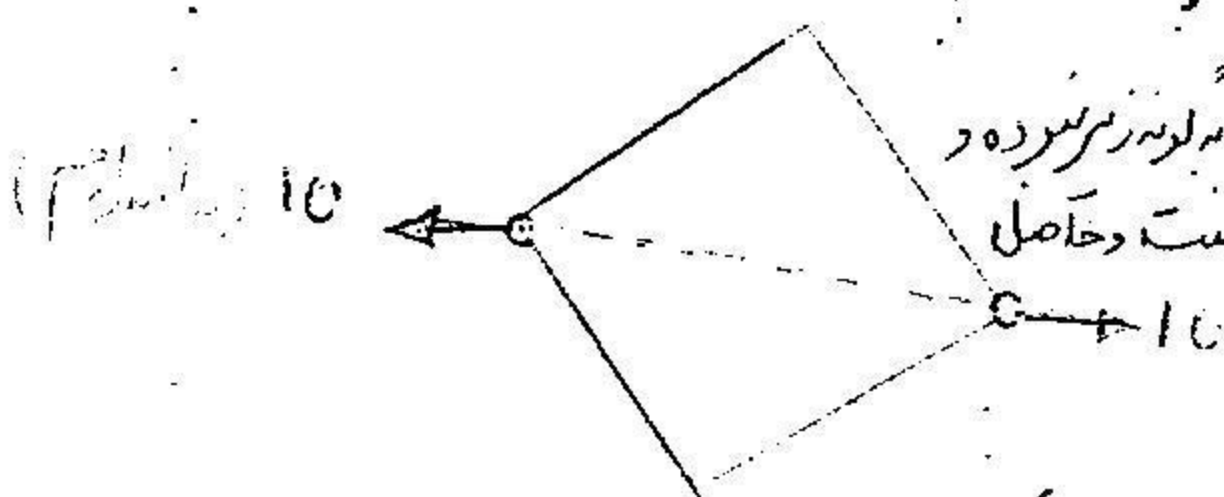


ب) اگر نیروها محدود برادر نقطه قطع کنند در این حالت معادله
تعادل لنگر حذف می شود.

$\sum F_x = 0$ و $\sum F_y = 0$ داریم.



ج) وقتی که نیروها روی یک خط قرار نگیرند باشند، در این حالت
نقطه معادله تعالی که در امتداد آن خط نوشته می شود، بایستی می ماند در
معادله دیگر حذف می شوند.

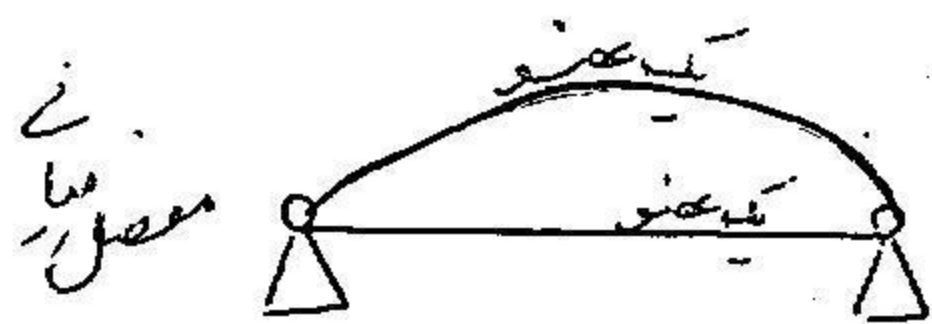


شکل) برای شطرنج زیر هیچ معادله تعالی نمی توان نوشت.
در واقع این شطرنج مجهول ندارد. در واقع در این شطرنج به گونه زیر سرورده
جای یکی از نیروهای 10، یک خطی بود که بسیار از تعادل $\sum F_x = 0$ استفاده شده است و حاصل
10 نیست آمده است.

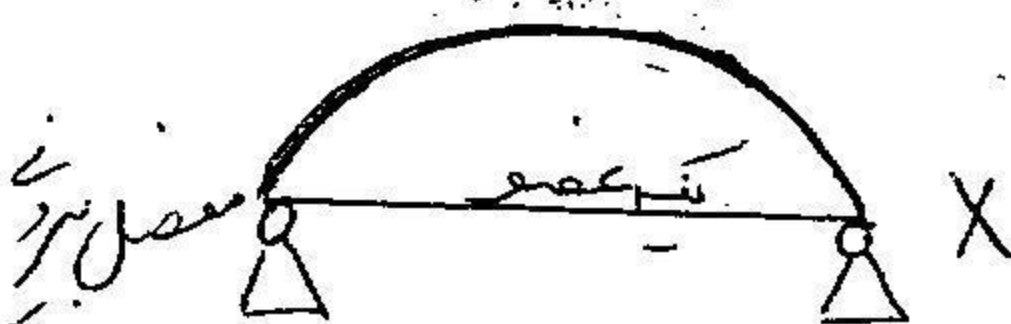
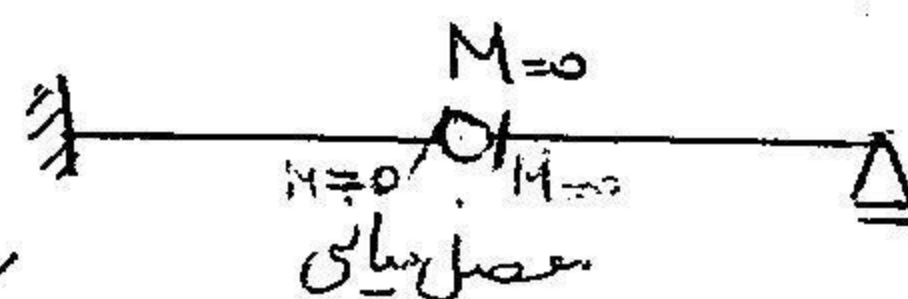
سازه هایی که از سه معادله تعادل لنگر دارند:

با بررسی نمونه های فوق مشخص می شود که این سازه ها همگی ناپایدار هستند که تحت اثر بارگذاری خاصی ناپایدار
خواهند شد. اصطلاحاً به آنها «پایدار مشروط» می گویند.

رشته 2) مواردات شریقی بالایی

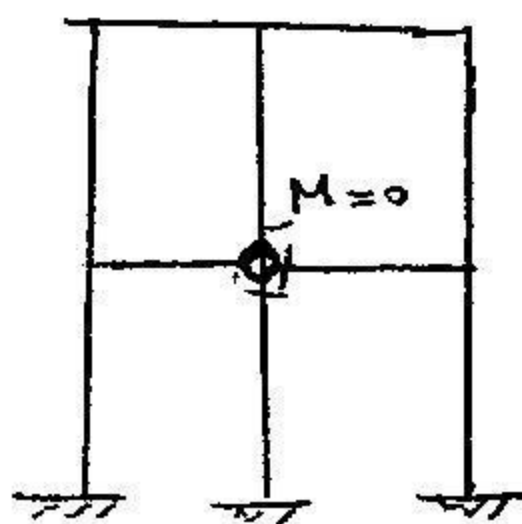


الف) معادل میانی (موصل داخل اعضا، دالنگر عنصر صفر شود)



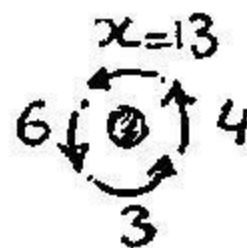
لنگر در دانه های عینو به معضل می رسند، آنجا است که لنگر صفر است.

* پس در صورتی که این معضل نیایی، n عضو متصل باشد،

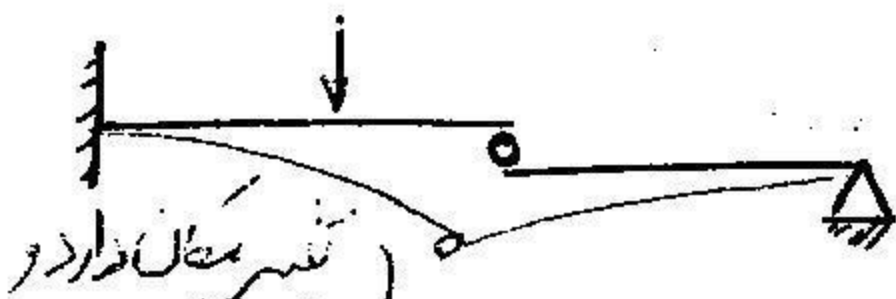


$(n-1)$ معادله شری می‌گیریم

زیر آن یکی از معادلات ملاً در مقابل خود لوله استفاده شده است (مثل):



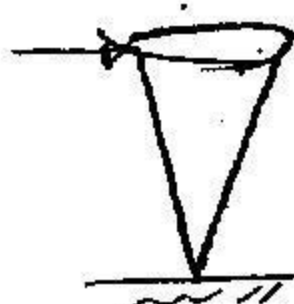
(پ) علت نیایی



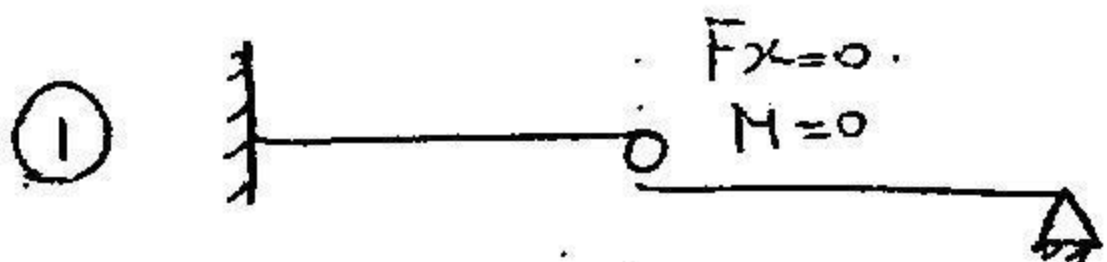
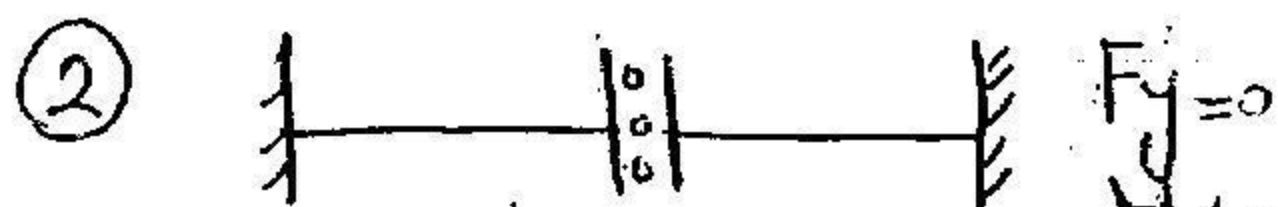
تغییر شکل ندارد
پایدار است

* حتماً به تفاوت تغییر مکان و ناپایداری توجه کنید

یعنی در اثر سرداشتن بار، سازه به جای اولیه خود برمی‌گردد. و ناپایداری مانند عقیق است که از مرکز روی زمین باشد که در اثر اعمال نیرو ناپایدار خواهد بود.

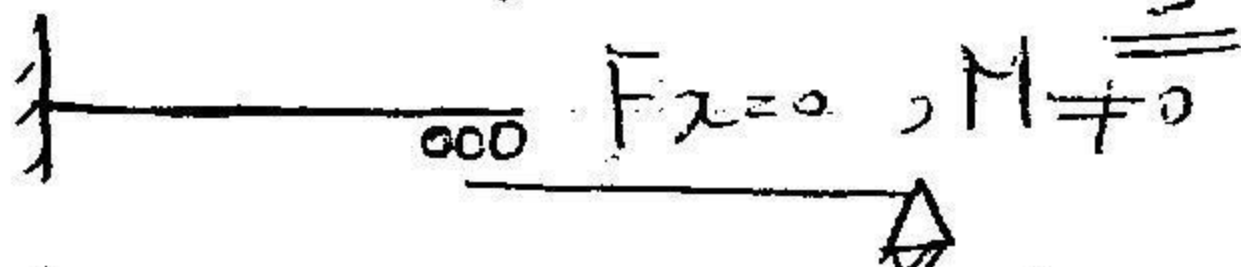


* در علت نیایی، دو معادله شری می‌گیریم
 F و M



مثل این است که طول نشیمن را زیاد کنیم، $F_y=0$ و $M \neq 0$ می‌افتد. و اگر در آن می‌افتد که نشانه آن چند (ooo) است.

* در علت نیایی، با وصل ارباع زیاد فقط یک معادله شری می‌گیریم F

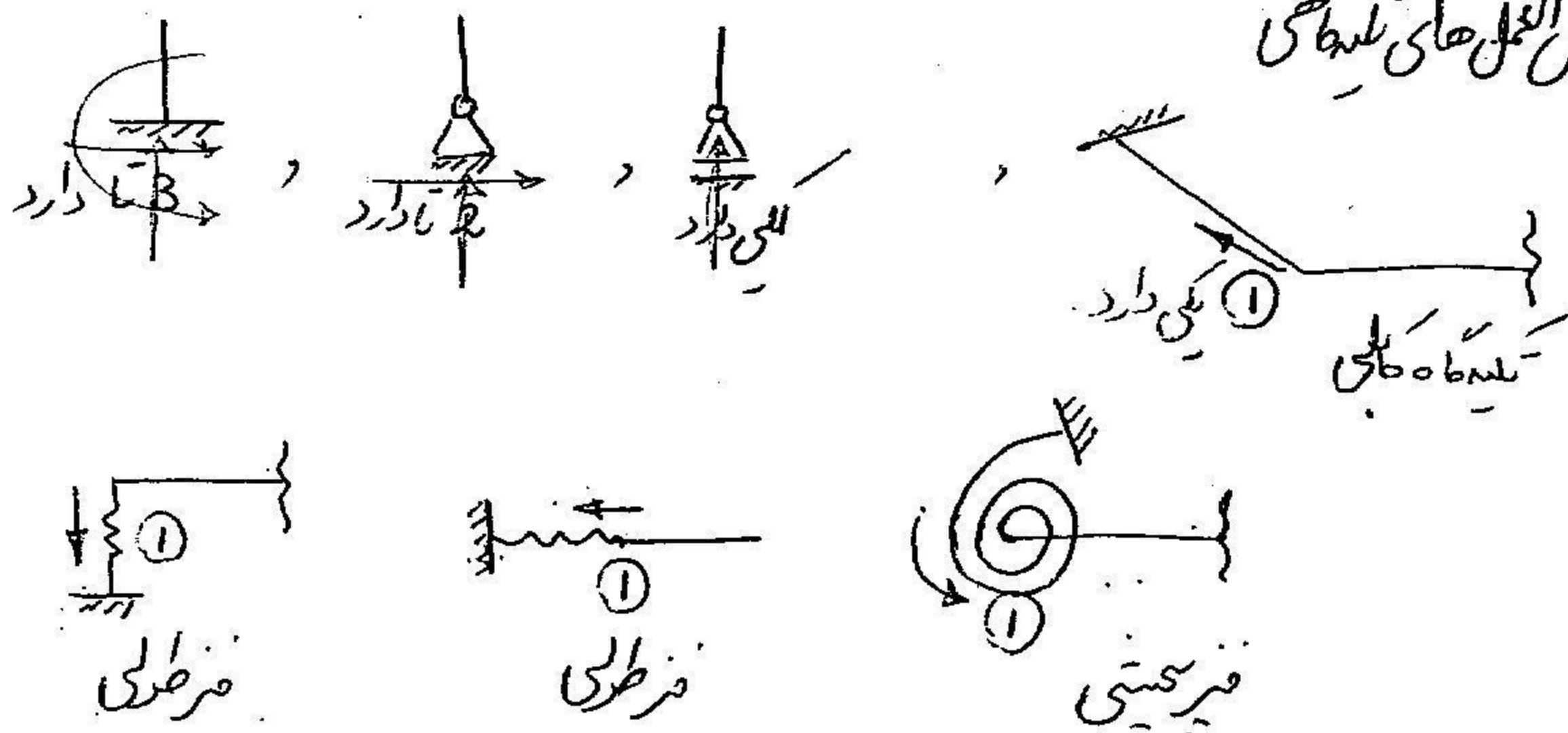
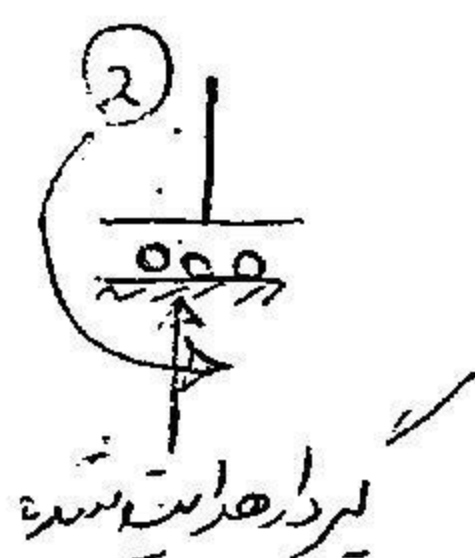


در هر چه حرکتی در سازه مقید شده باشد، متناظر با آن قید نیرو در سازه داریم

« کل معادلات = جمع معادلات شری »

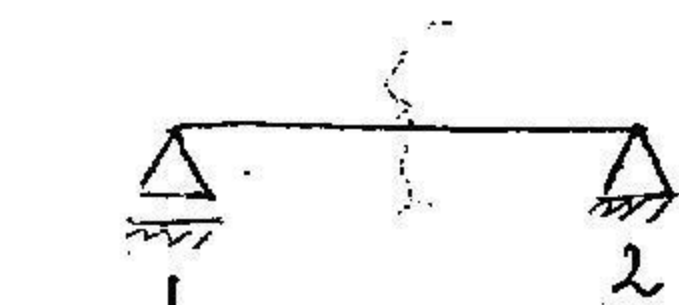
* محمولات

۱) عکس العمل های طبیعی



۲) محمولات داخلی

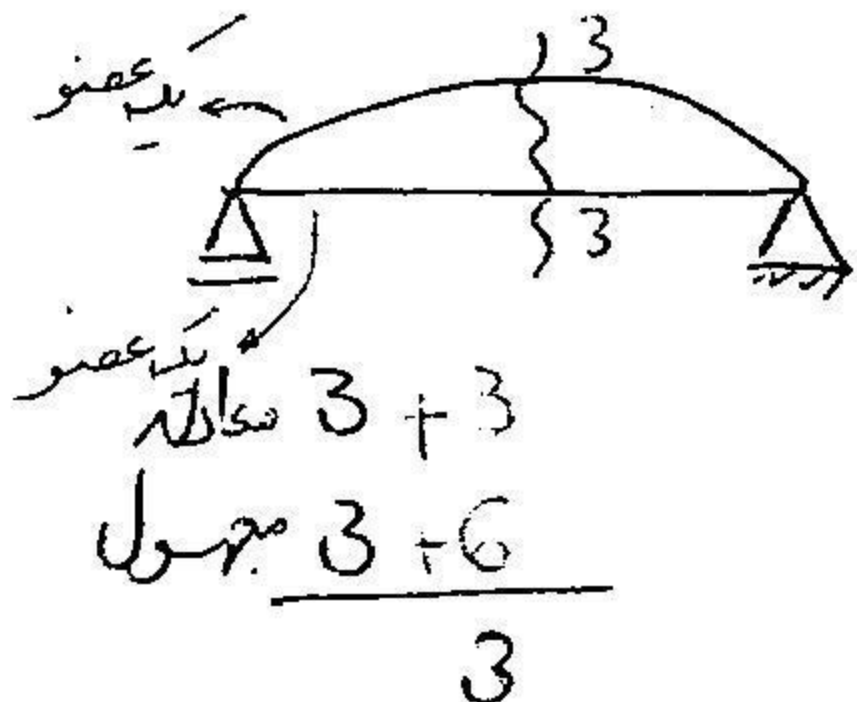
هرکدام بسته به ماسه محمول می دهد.



$$\begin{aligned} 3 + 3 &= 6 \\ 3 + 3 &= 6 \\ \hline 12 \text{ D.M.} \end{aligned}$$

معنی

که با قطع زدن نیروی داخلی
حل می شود



3 تا محمول اضافه تولید می شود که با قطع زدن 6 تا
محمول تولید می شود.

هرکدام بسته به سه محمول اضافی ایجاد می کند.
شکل هندسی این کار را هستی ندارد فقط بسته
باشد.

3 کسبه نامعنی

حل محمولات

(1) موارد = مجهولات به دستگاه جواب دارد.
یعنی سازه قابل حل است که نام آن را سازه مناسب می‌نویسیم.
مثل $\begin{cases} 2x+3y=5 \\ 3x+y=7 \end{cases}$

(2) موارد > مجهولات این دستگاه بی‌جهت جواب دارد. مثل $2x+4y=9$

یعنی سازه بی‌جهت جواب دارد، یعنی بی‌جهت دستگاه نیز برای قابل سازه می‌توان پیدا کرد. که اصطلاحاً آن را سازه نامناسب می‌نویسیم.

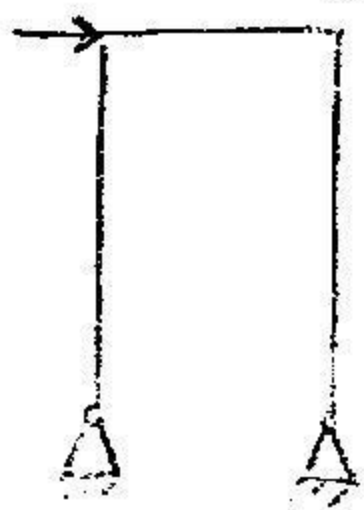
که برای حل این موارد، یک معادله به آن اضافه می‌کنیم که به آن‌ها موارد بدست شگلی می‌نویسیم. مثل: $\Delta=0$
مثل $\begin{cases} 2x+4y=9 \\ \Delta=0 \end{cases}$

(3) موارد < مجهولات این دستگاه جواب ندارد که
مثل $\begin{cases} 2x=6 \\ 3x=10 \end{cases}$

یعنی سازه جواب ندارد که به آن اصطلاحاً «نیایدار» است.
پس به این معنی است که شرایط قابل رانتهو کنیم برقرار کنیم نباید است.

«87, 8, 26»

درجه‌بندی پایداری و نا پایداری حرکت از این‌ها می‌تواند برآید.



بسیار مکان افقی دارد و باعث ناپایداری سازه نمی‌شود.

پایدار است، درجه نامناسب است.

* که در سازه نداشتیم.

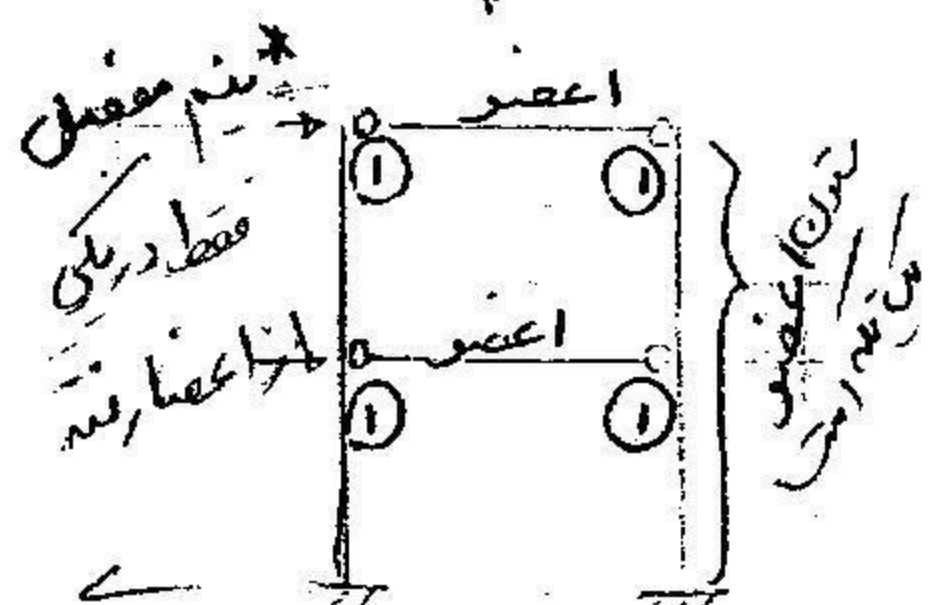
* مجهولات فقط یک‌گانه‌ها هستند.

ج (مجهولات) = 4

(نیستی) = 3 ع (معلوم)

ادعیه نامناسب 1 ح

توجه * نسبت محوری

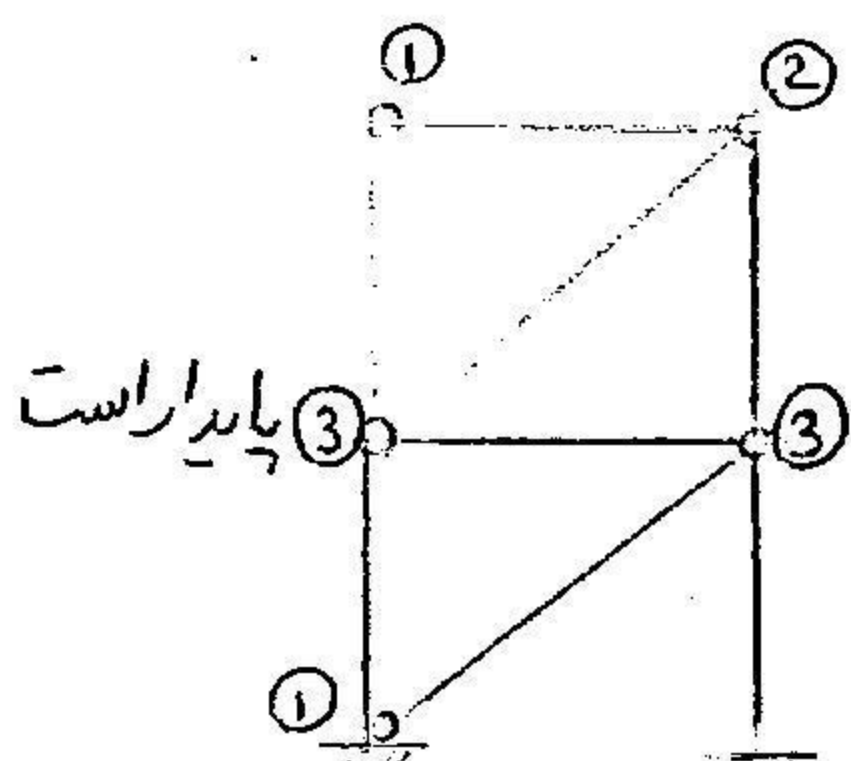


پایدار است تحت اثر بار جانبی پایدار است نسبت به بار جانبی پایدار است نسبت به بار جانبی پایدار است نسبت به بار جانبی

① کدرسته $6 + 3 = 9$ ج

$3 + 4 = 7$ ع

شرطی (به هر مفصل ۲ عضو متصل میانی دیرتی متصل است) ② درجه نامعین است



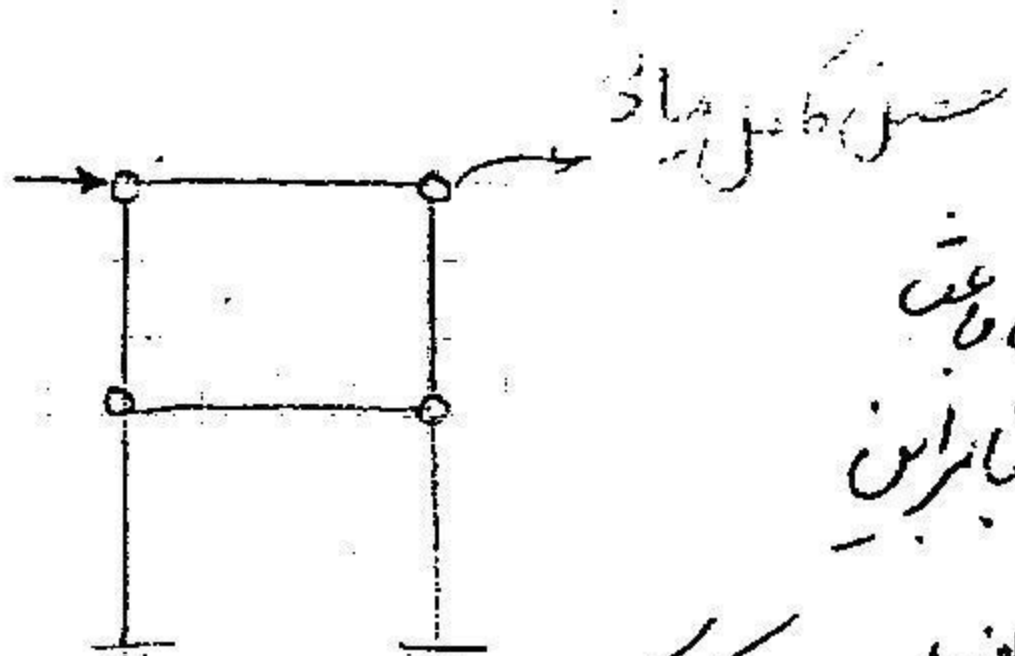
* بدان قشری در هر مفصل ① نیروی محوری فقط محمول است

نسبت به نسبت قشری ② درجه نامعین است

③ کدرسته $6 + 9 = 15$ ج

$3 + 10 = 13$ ع

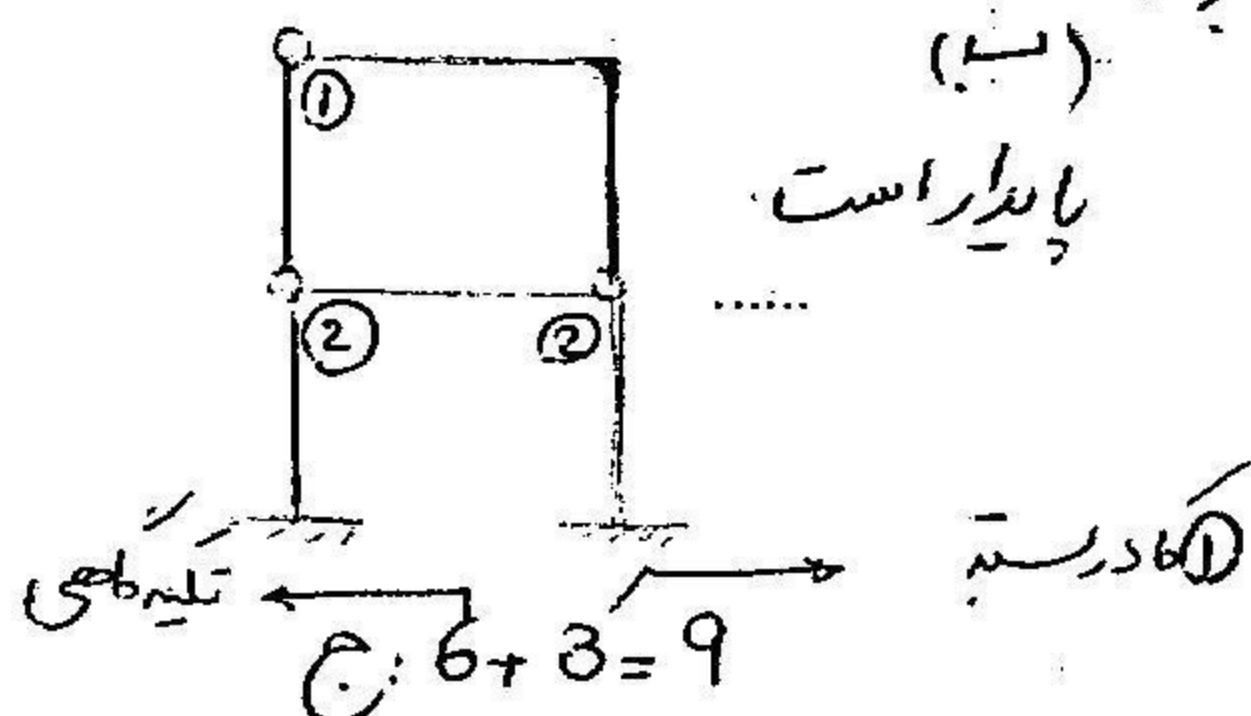
② درجه نامعین است ② نیروی



در اثر بار جانبی به دربارالسی ۴ تا اتصال مفصلی است باعث افتادن سازه می شود بنابراین

ناپایدار است (الف) برای پایداری، یا از یک عضو قشری و یا از یک عضو

از مفصل بار برداری نسیم (ب) بررسی حالت

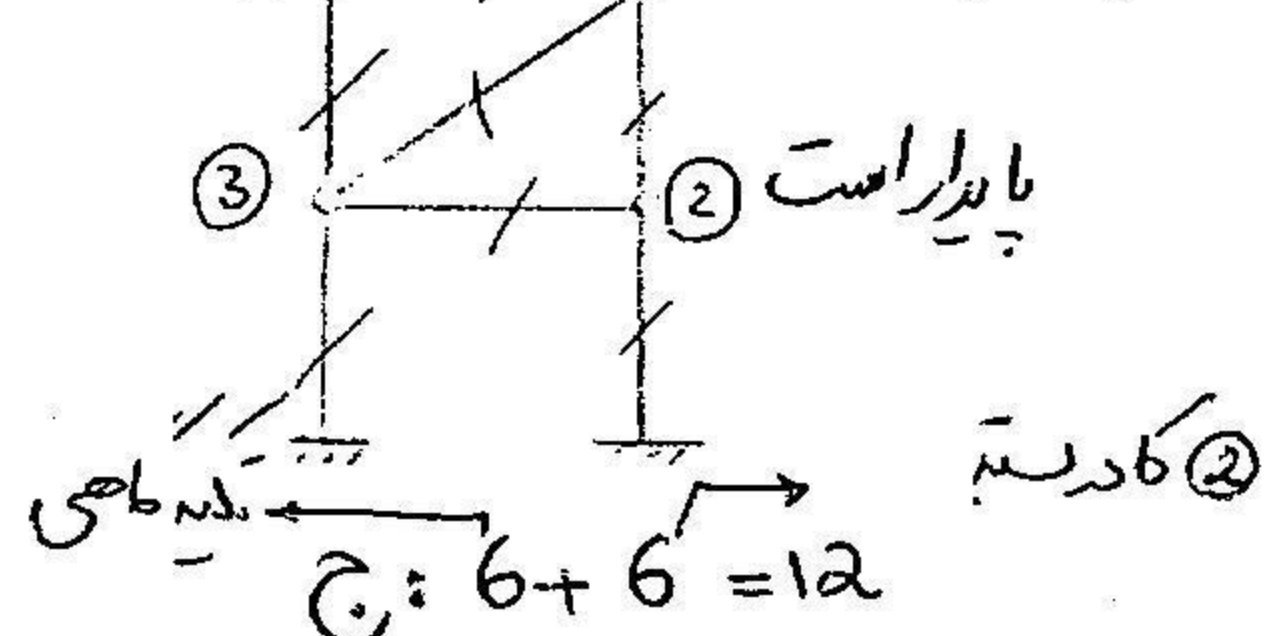


$3 + 5 = 8$ ع

شرطی (اعضا متصل به مفصل دیرتی

① درجه نامعین است

بررسی حالت (الف) (ب) پایدار است

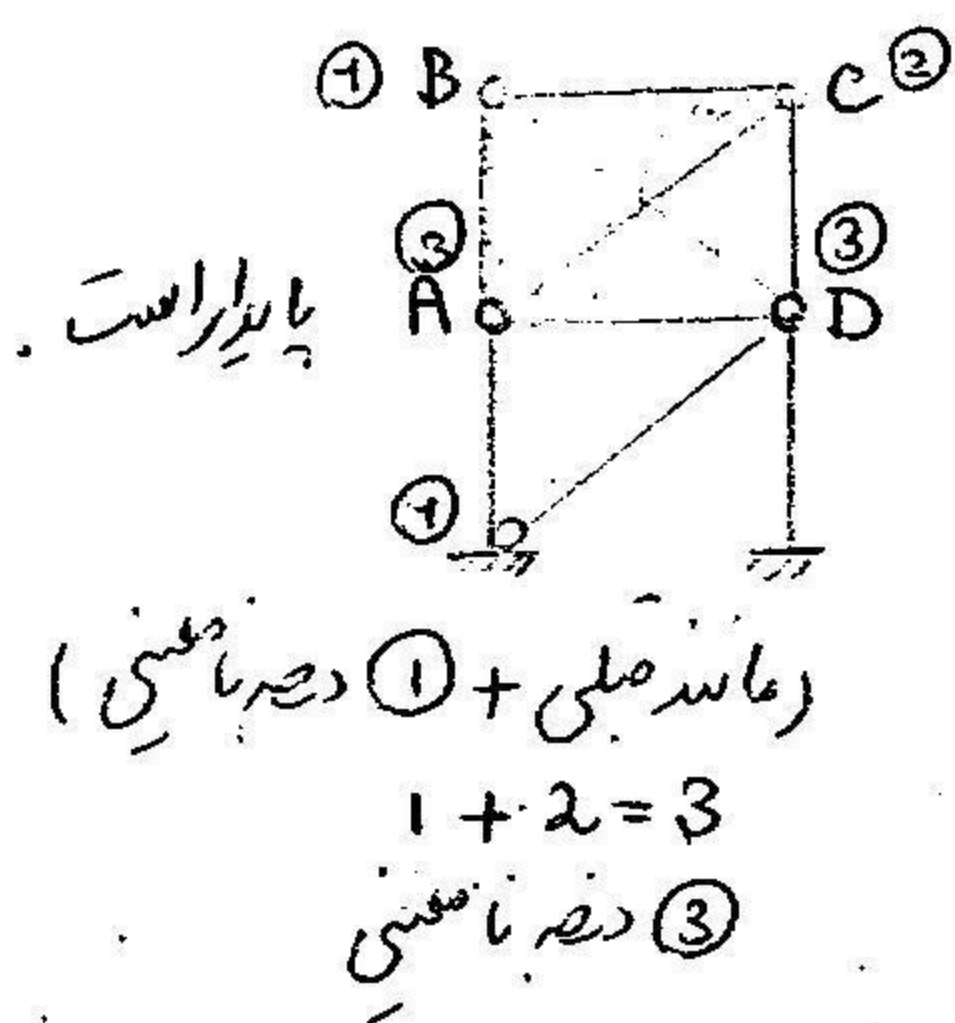


$3 + 8 = 11$ ع

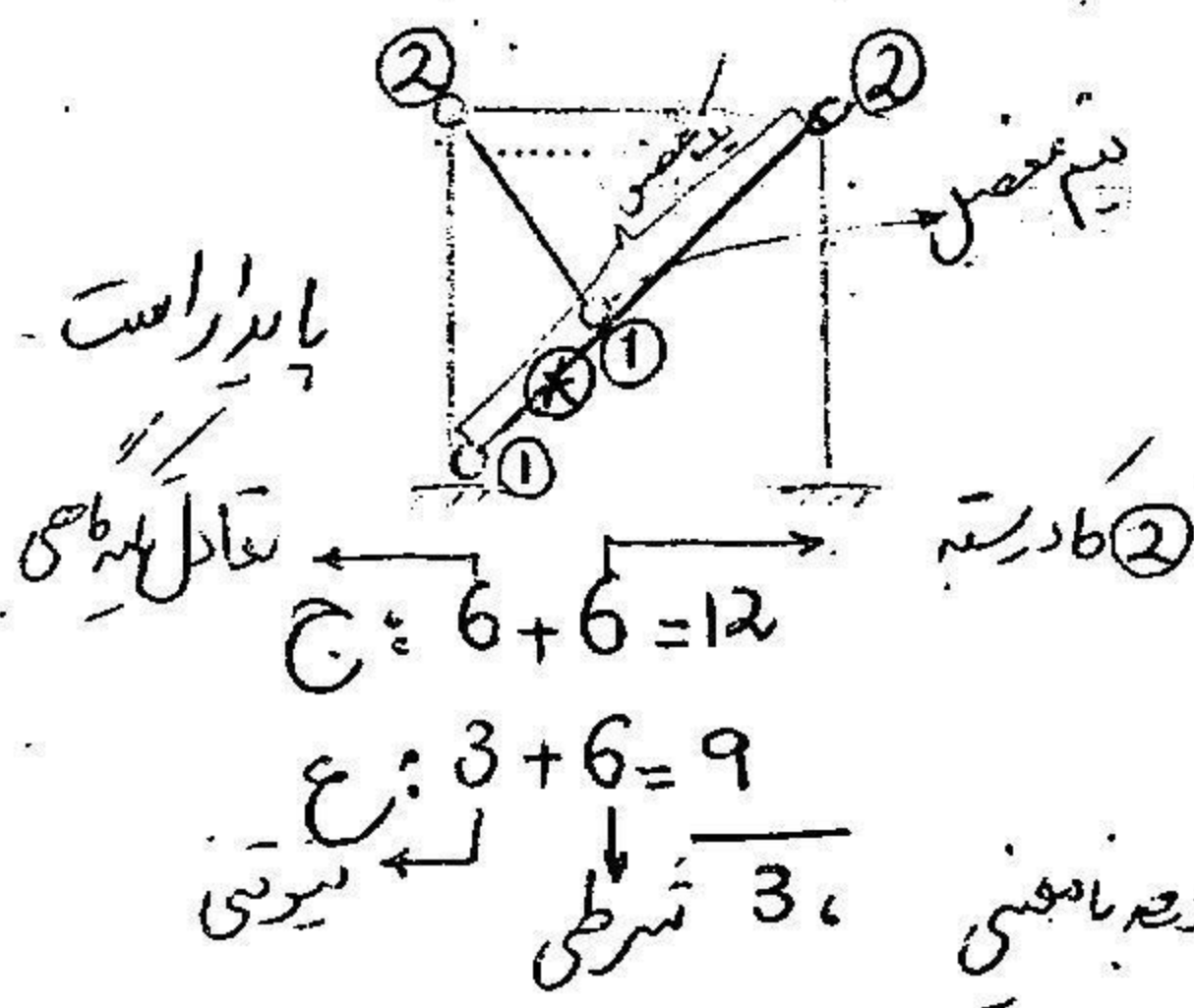
شرطی دیرتی

① درجه نامعین است

رشته‌های تیرگی نداریم $ABC, ABD, BCD \rightarrow$ کادر بسته؟ حسب پیرود اتصال

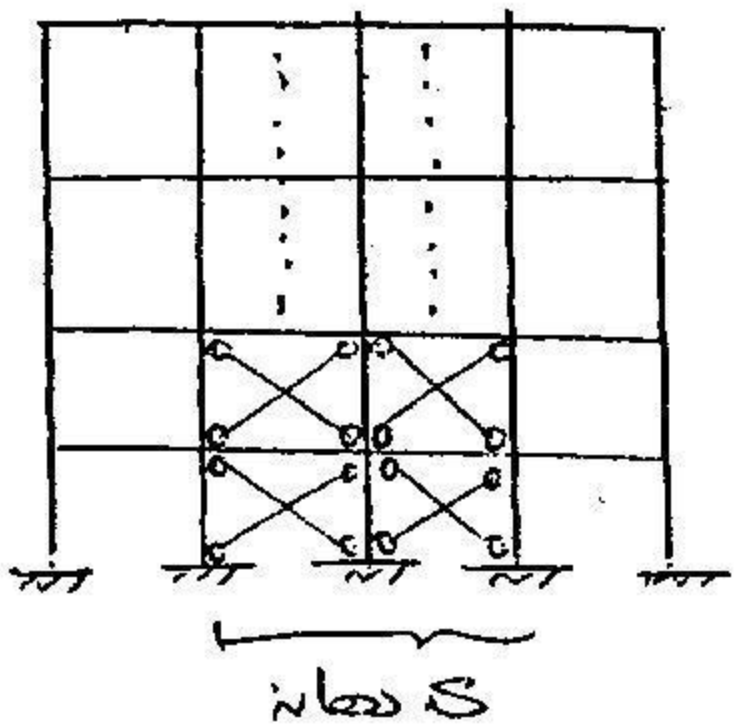


* نذر 1: * بهترین کادر این چوب همان قطری است، پس در مواردی که اعضای قطری بصورت ضربدری در دهانه‌ها قرار گرفته‌اند و در نقطه میانی اتصال سازه‌های وجود ندارند (از رده‌ها رد شده‌اند) برای شمارش درجه نامعینی کلی از اعضای قطری را حذف، درجه نامعینی را حساب کرده و در آنها به تعداد اعضای قطری حذف شده به درجات نامعینی اضافه می‌کنیم (مثلاً BD را حذف می‌کنیم)



* نذر 2: * همان قطری مشخصه، فقط دیگر مجهول ندارد زیرا عضو قطری دیگری که به گره‌ها بر خورد کرده در محل برخورد، یک تیرگی مترکز هم بوجود می‌آورد پس نمی‌توان آن را حذف کرد و به ازای آن مجهول اضافه کرد یعنی در واقع همان قطری دیگر مفصل محسوب می‌گردد.

همان‌طور که می‌بینیم n ضلع و k دهانه، k دهانه را با درجه ضربدری در هر مفصل در تمام طبقات اجرا کردیم، درجه نامعینی آن را محاسبه کنیم.



شرطی نداریم، (نیستی) 3 ع: $3(K+1) + (n-1)K \times 3 + 2nS$ ج: $3(K+1) + (n-1)K \times 3 + 2nS$
 * کادر بسته
 * پایدار ضربدری
 * هر دهانه 2 مجهول (2S) در n دهانه $2nS$

چون گفتیم باید سازه را حذف می‌کنیم به جای آن مجهول اضافه می‌کنیم پس اصلاً معادله شرطی نداریم چون دیس معضلی نداریم. (ع)

3: مع

$$\textcircled{-} \quad \underline{C: 3k+3 + 3nk-3k+2ns}$$

④ روحانیات، علم، اعلیٰ و کادریہ ہیں :

وختی که دانه دارم: K دانه $(n-1)$ است.

$$K(n-1) \times 3$$

آوار مشهور است

۱۰۸

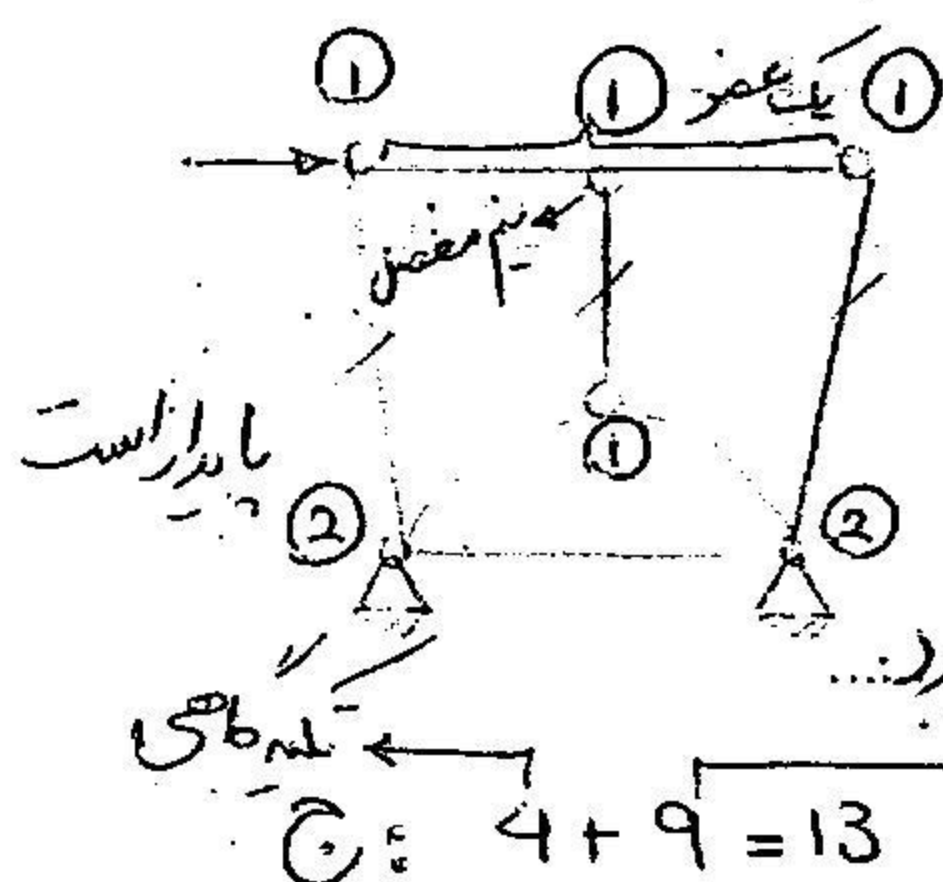
* اگر قید نشود که شکل متغایر است، معنی سطح تقارب ندارند.

* اگر سه خط با هم موازی بودند، در اثر بار جانی دارده نباید از بود.

C: $4 + 9 = 13$

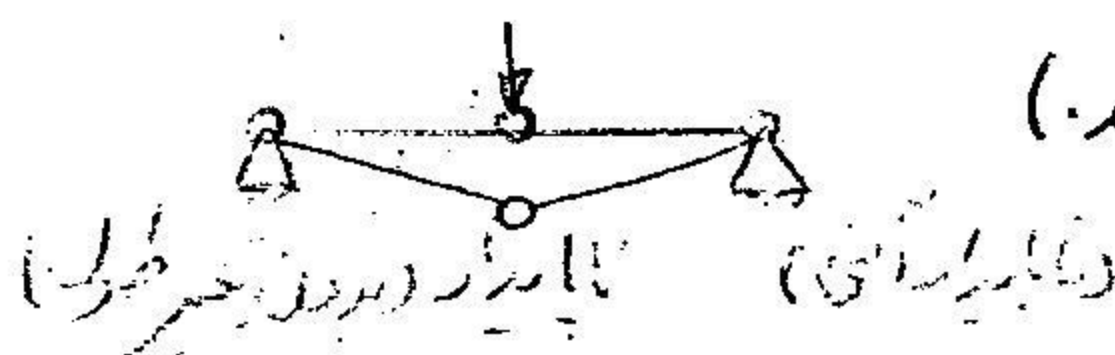
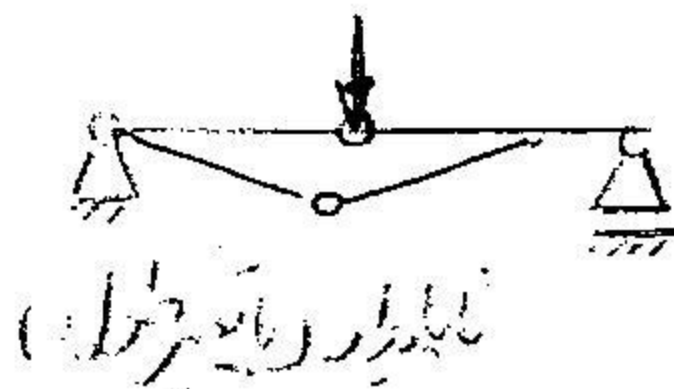
ع: $3 + 8 = 11$

جواب 2، 2



* در اثربار علمی وارد ۵۰ می‌شوند و ناچار است (در معضل در امتداد هم

نایابداری ایجاد می کنند.



C-6

~~$$ع: 3 + 3 = 6$$~~

در طایفه برای ناپایداری موارد و مجهول
نمی توان نوشت و به این دلیل نوشت
که بهترین دلیل ندارد که اثر شغل معسر
باشد، حتی پایدار هم هست.
(معین، ناپایدار)

* شرط ناپایداری

① استیلائی دیرگی

الف - نیروها موازی اند
ب - نیروها متعامدند

(ناپایداری در اثر اعمال بار جانبی)
(ناپایداری در اثر اعمال نیرو در محل تکیه‌بندی)

② هندسی (مربوط به هندسه قاب است)

الف - سه معضل در یک امتداد (معضلی نتواند آزادانه حرکت کند)
ب - تکیه‌های با اتصالات معضلی در تمام نوشته‌ها

(بدون قید - نکته مهم همان قیدی)

مثال: آنها در شلته را با سه معضل موازی مهم وصل کردم، پس باید نیروی افقی، ناپایداری می‌شود چون هیچ قید افقی ندارد. حالت (۱-الف)

ناپایداری (سه نیرو با هم موازی اند) یک نیرو برای عضو در معضل

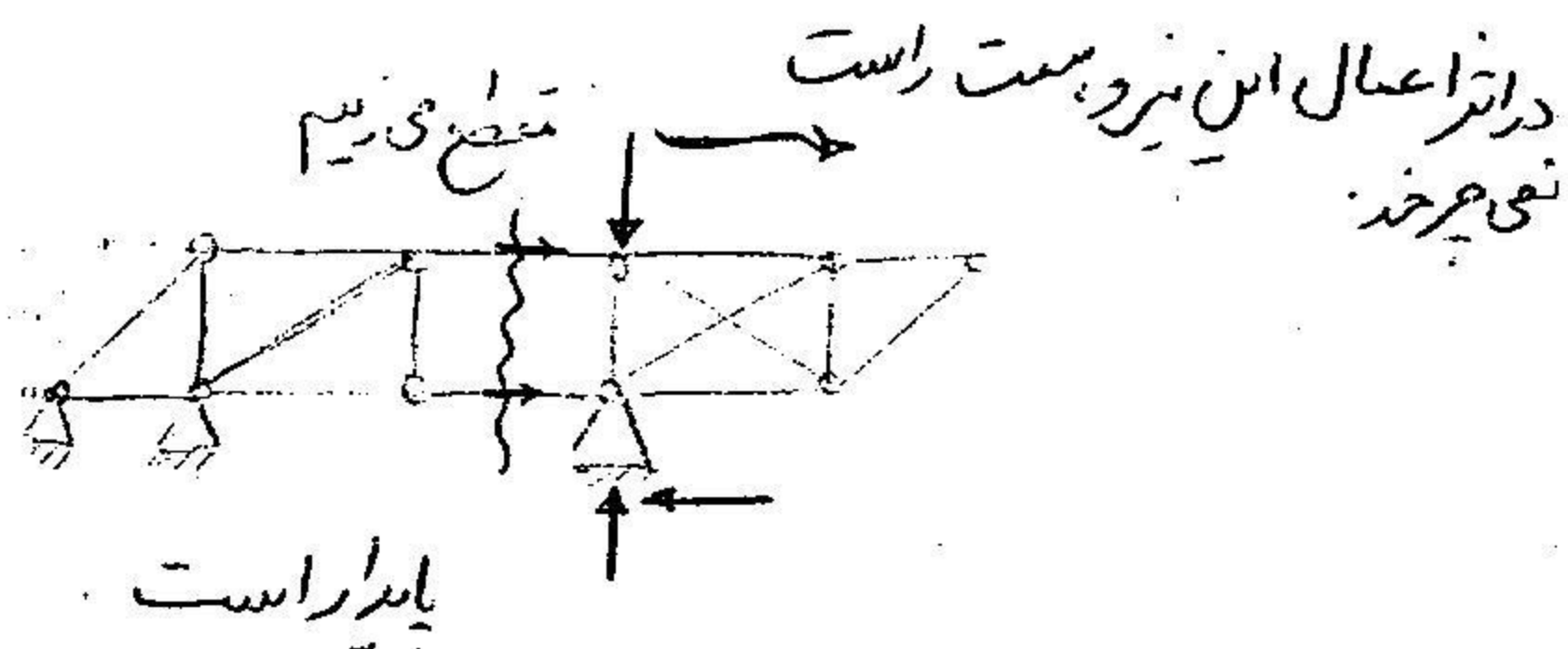
حالف (۱-ب) ناپایداری است زیرا:

نیروهای برای عضو در معضل

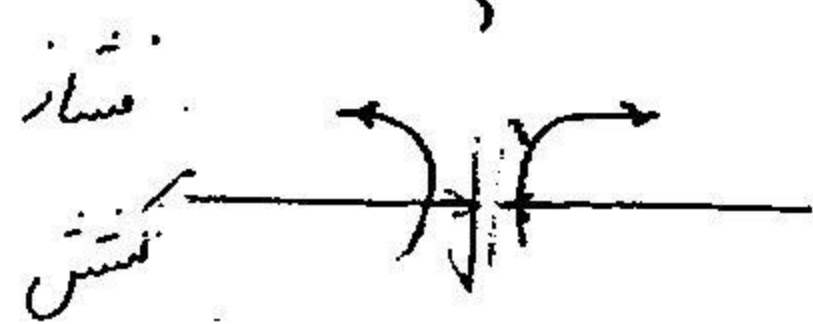
ناپایداری است - سه نیرو در شلته (در دو شلته) - سه شلته استیلائی (لاصق)

(ناپایداری است) - هیچ شرط ناپایداری ندارد.

ناپایداری است به خاطر کار که با چهار نوشته معضلی (۵)



* دیاگرام نیروهای داخلی

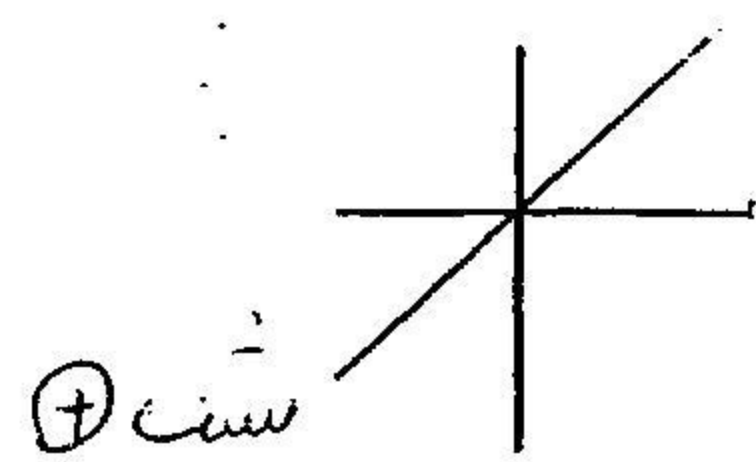


علامتهای +

برای نیروهای داخلی (کشش) از جهت عقربه ساعت استفاده نمی کنیم

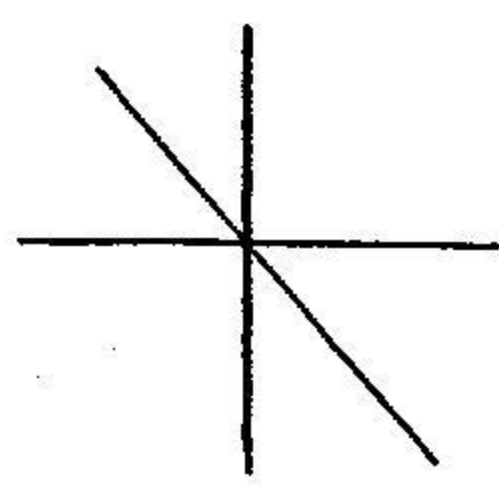
قرار دارها:

قرار دار شیبها:



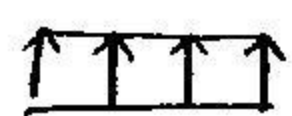
شیب +

(ناحیه 2 و 4)



شیب -

(ناحیه 1 و 3)



بار سترده رده بالا +

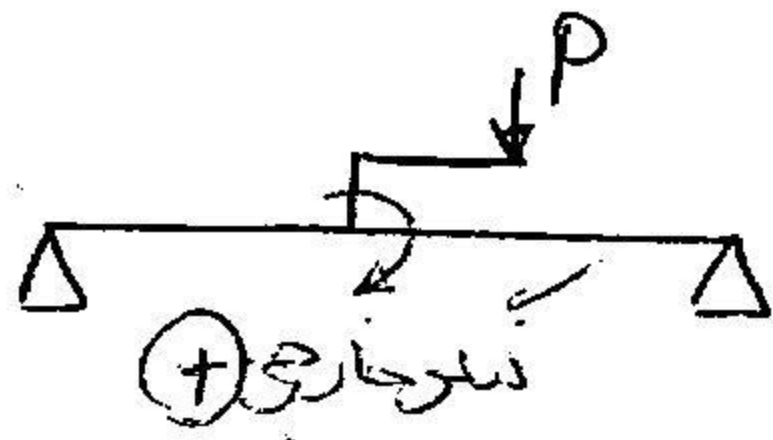


بار متحرک رده بالا +



نگین خارجی ساعتگرد +

قرار دار بار خارجی:



نگین خارجی +

$$1) \frac{dV}{dx} = q(x)$$

انبار کار: معادلات متادل و تفاضل

$$2) \frac{dM}{dx} = V(x)$$

تاییدی: در این دو معادله برده می شود:

* (1) شیب منفی برش (در بار کم برش) در هر نقطه برابر است با، بار سترده در همان نقطه.

یعنی اگر روی تیر بار سترده نباشد، یعنی شیب برش صفر است (برش افقی است).

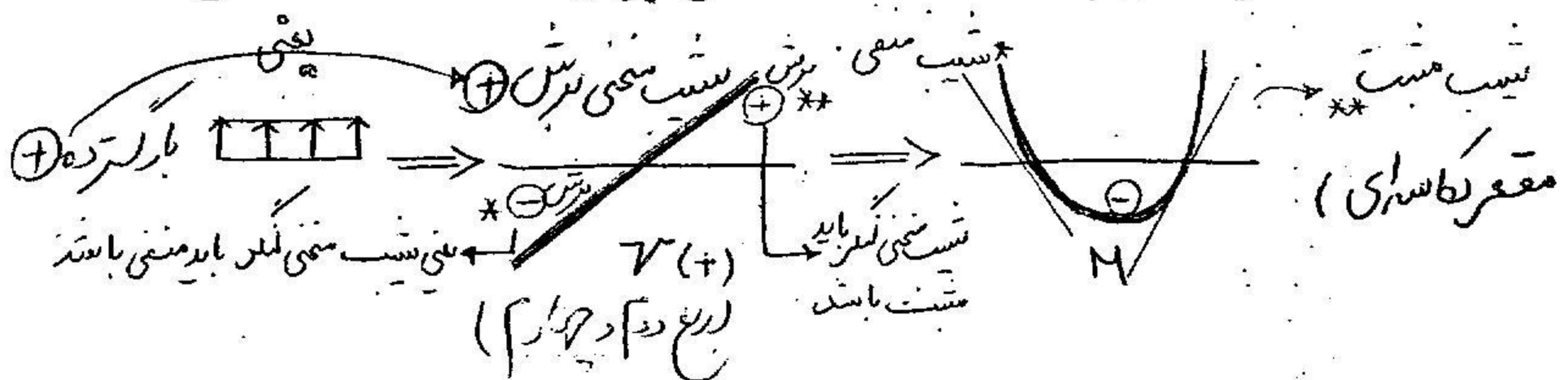
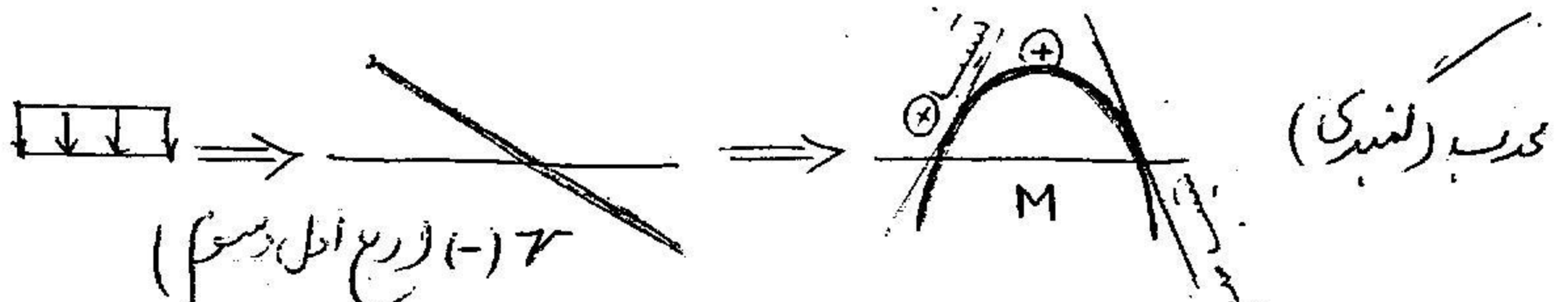
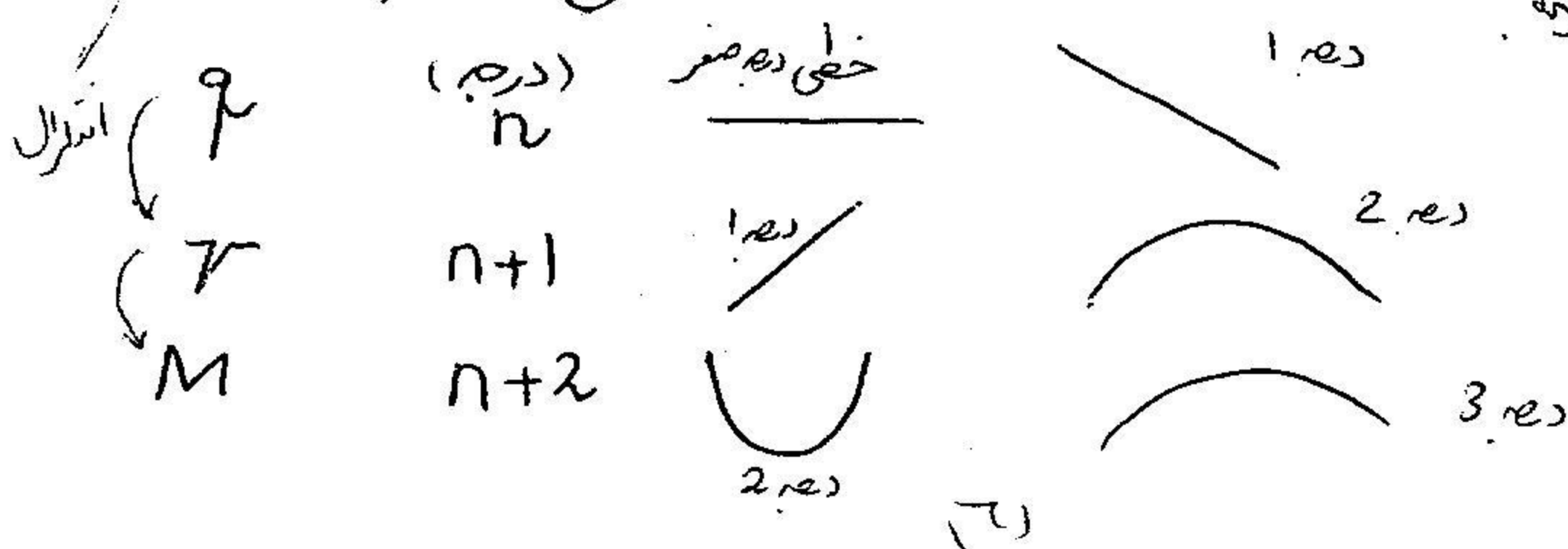
* (2) شیب در بار کم کمتر در هر نقطه برابر است با، مقدار برش در آن نقطه (در آن مقطع).

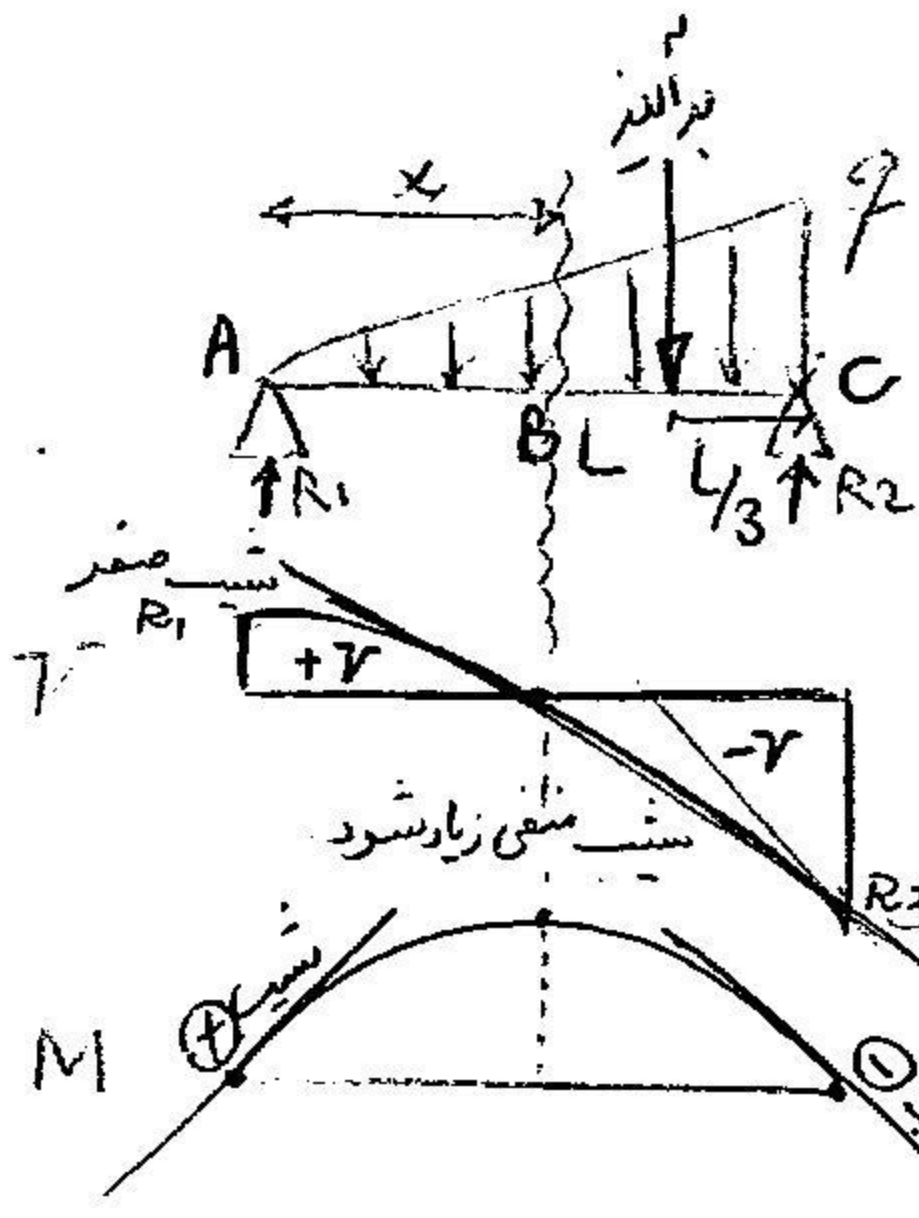
یعنی اگر جایی برش $\oplus$ باشد، شیب در بار کم کمتر $\oplus$ است.

* (3) اگر در نقطه ای برش $\ominus$ = صفر (برش تغییر علامت دهد) جایی است که کمتر $\begin{cases} \text{Max} \\ \text{Min} \end{cases}$ یا خواهد بود.

$$\rightarrow \frac{d^2 M}{dx^2} = q(x)$$

(4) اگر از رابطه دوم مشتق بگیریم:





درجه 1

درجه 2

درجه 3
درجه 4

مثال: درایم بیشترین گشتاور را بیابیم

حل: بیشترین Max (مقطعی) بجاست؟

- محلی که برش صفری شود در این است

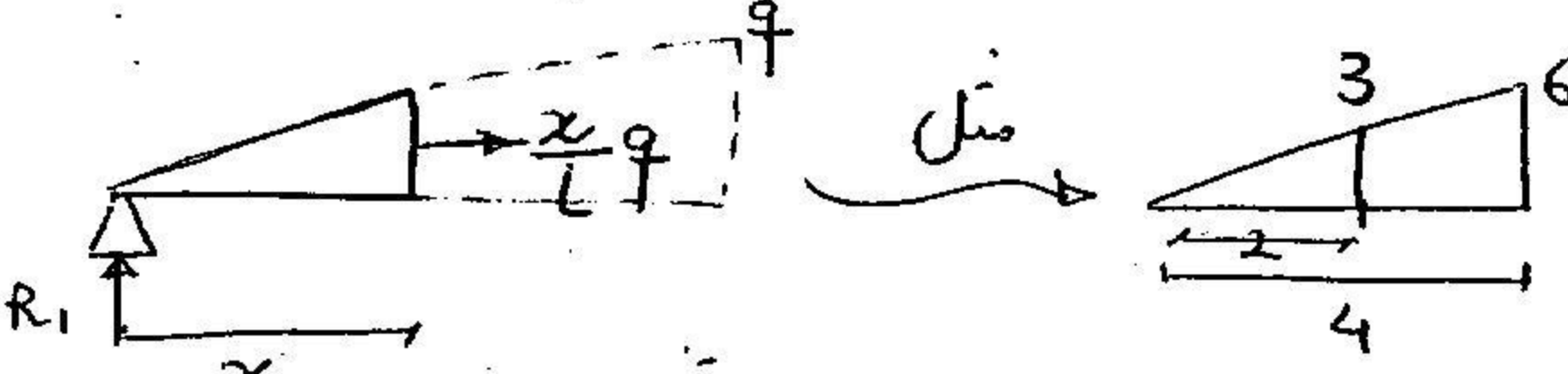
می آید: $\sum M_C = 0$

$$R_1 \cdot L = \frac{q \cdot L}{2} \cdot \frac{L}{3} \rightarrow R_1 = \frac{qL}{6}$$

محلی اثر $\rightarrow$ محلی مقدار برش

پس باید x ای پیدا کنیم که برایش شلّت کوچک به قاعده x ، مساحتی $\frac{qL}{6}$ شود چون باید بیش در آن مقطع صفر باشد.

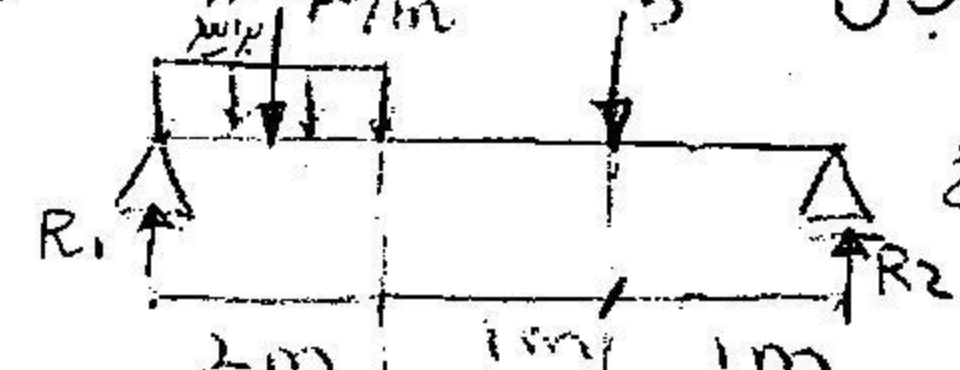
مساحت شلّت مورد نظر



ارتفاع قاعده x

$$\text{مساحت: } \frac{1}{2} \left(\frac{qx}{L} \cdot x \right) = \frac{qL}{6}$$

عدد بیش $\rightarrow x^2 = \frac{L^2}{3} \rightarrow x = \frac{\sqrt{3}}{3} L$

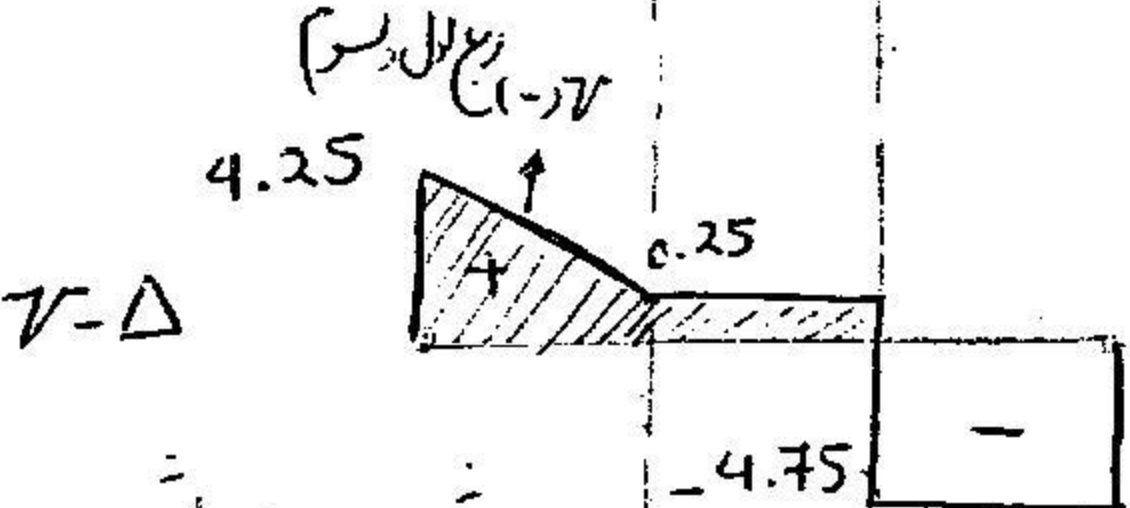


مثال: $\sum M = 0$

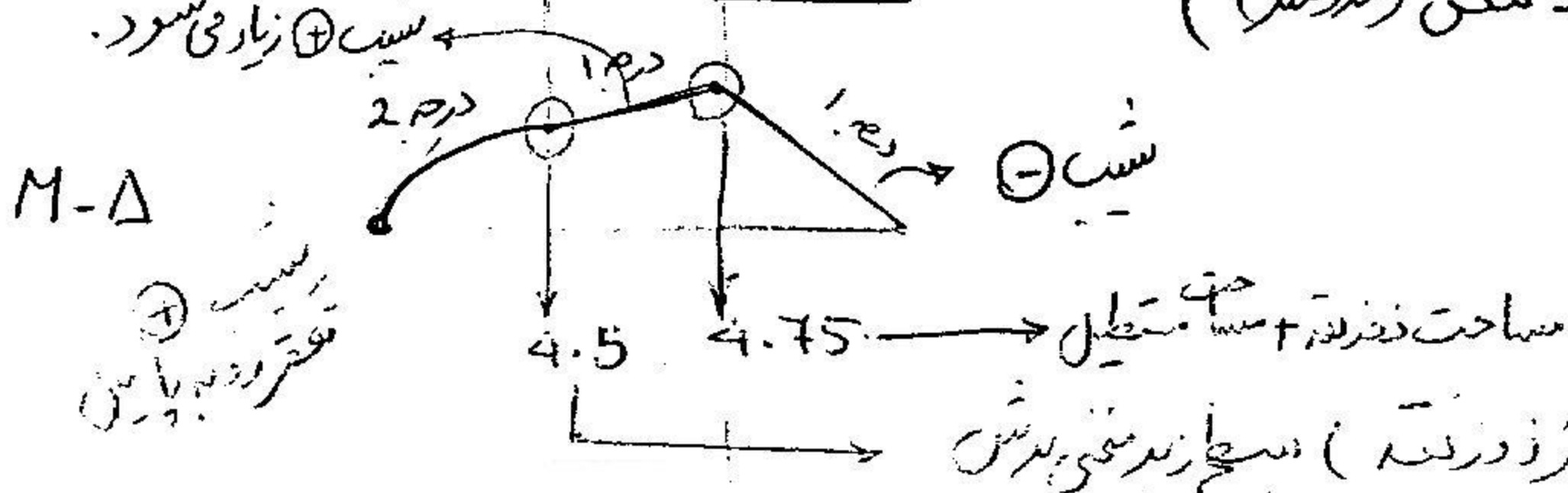
$$4R_1 = (4 \times \frac{2}{2} \times 3) + (5 \times 1)$$

$$\rightarrow R_1 = 17/4 = 4.25$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_2 = 4.75$$



تذکره: $\left\{ \begin{array}{l} \text{مساحت زیر منحنی } q = \text{بیش (عدد بیش)} \\ \text{مساحت زیر منحنی } V = \text{گشتن (عدد گشتن)} \end{array} \right\}$



* تابع حاصل *

$$\frac{dv}{dx} = q \rightarrow \int_1^2 dv = \int_1^2 q \cdot dx$$

$$v_2 - v_1 =$$

* تغییرات بین دو مقطع برابر است با سطح زیر بارستاده
بین آن دو مقطع، با در نظر گرفتن علامت جبری آن.

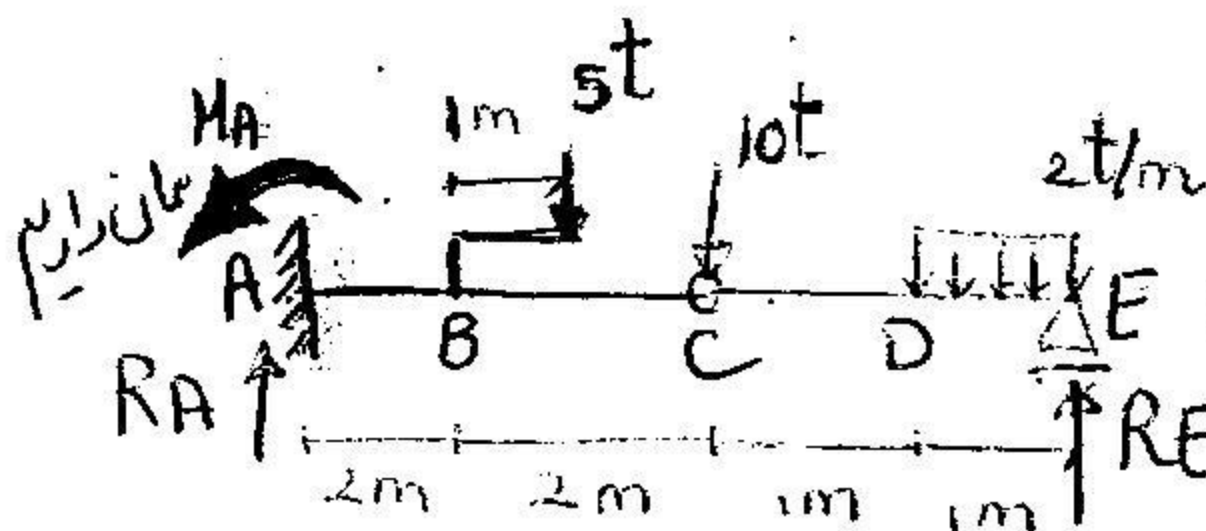
↓ q ⊖

↑ q ⊕

4/6

* تغییرات بین دو نقطه (دو مقطع) برابر است با سطح زیر بارگام بین آن دو مقطع با در نظر گرفتن علامت جبری

* بار متمرکز در دایالوگ یک جعبه هم جهت هم مقدار بار ایجاب می کند، در دایالوگ تغییرات



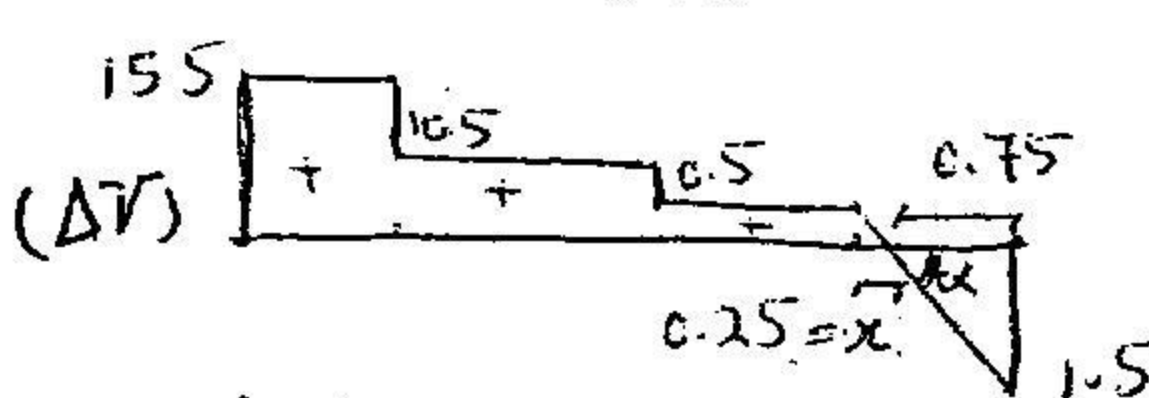
ΣM=0 برای هر دو طرف حول محصل و سطح عکس کل
سازه عکس تولید می آید. / ندارد M
نمی دارد M=0

$$\Sigma M_C = 0 \quad 2 \times 1.5 = 3 = RE \times 2 \rightarrow RE = 1.5$$

(قانون سمت راستی)

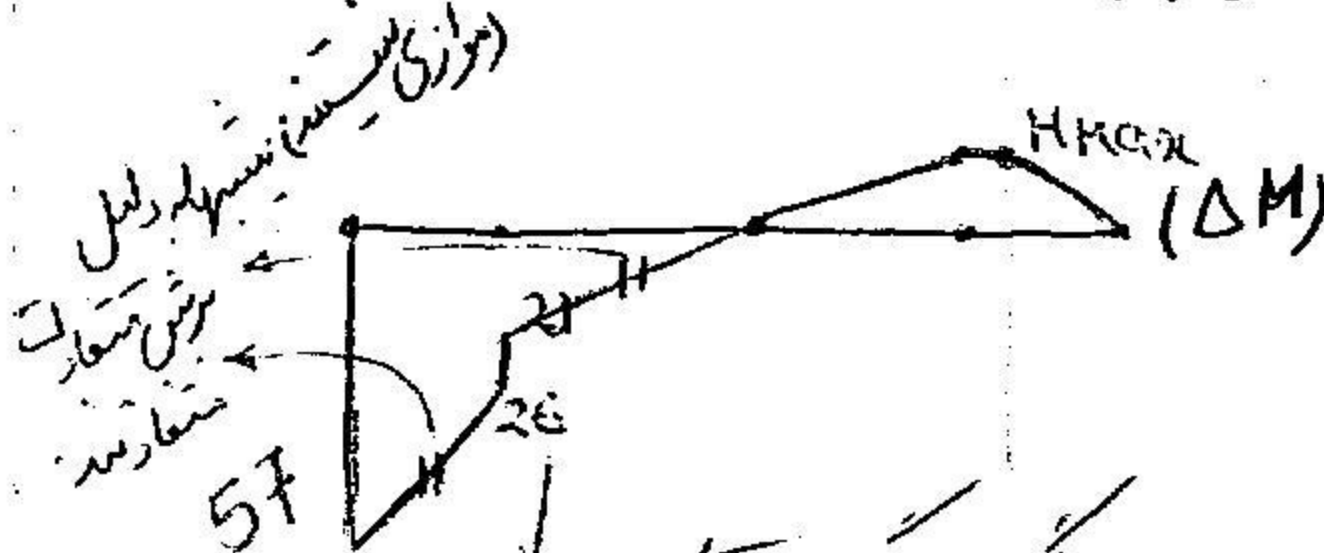
$$\Sigma F_y = 5 + 10 + 2 \times 1 = 17 \quad RA + RE = 17 \rightarrow RA = 15.5$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma M_C = 0 \rightarrow 15.5 \times 4 - 5 \times 1 - MA = 0 \rightarrow MA = 57 \text{ t.m} \\ -MA + 15.5 \times 4 - 5 \times 2 + 5 = 0 \rightarrow MA = 57 \text{ t.m} \end{array} \right.$$



x لازم است برای محل Mmax

$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{شیب دیواره}}{\text{بیش}} = q = \frac{v}{x} = \frac{\text{مقدار}}{\text{مجاور}} \rightarrow x = \frac{v}{q} = \frac{0.75}{2} = 0.375$$



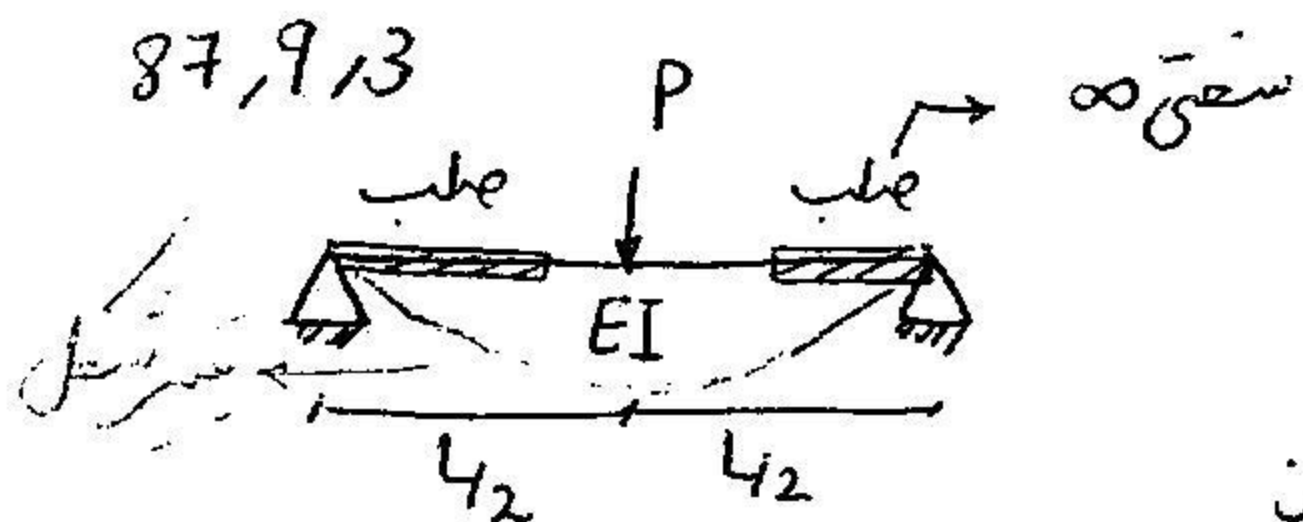
$$\left\{ \begin{array}{l} 0.5 + \frac{0.25 \times 0.5}{2} = M_{\text{Max}} \\ M_{\text{Max}} = \frac{0.75 \times 1.5}{2} \end{array} \right.$$

(لتر 26 با لتر 5 جمع جبر) سطح بیش را 26 انداخته
26 - 5 = 21

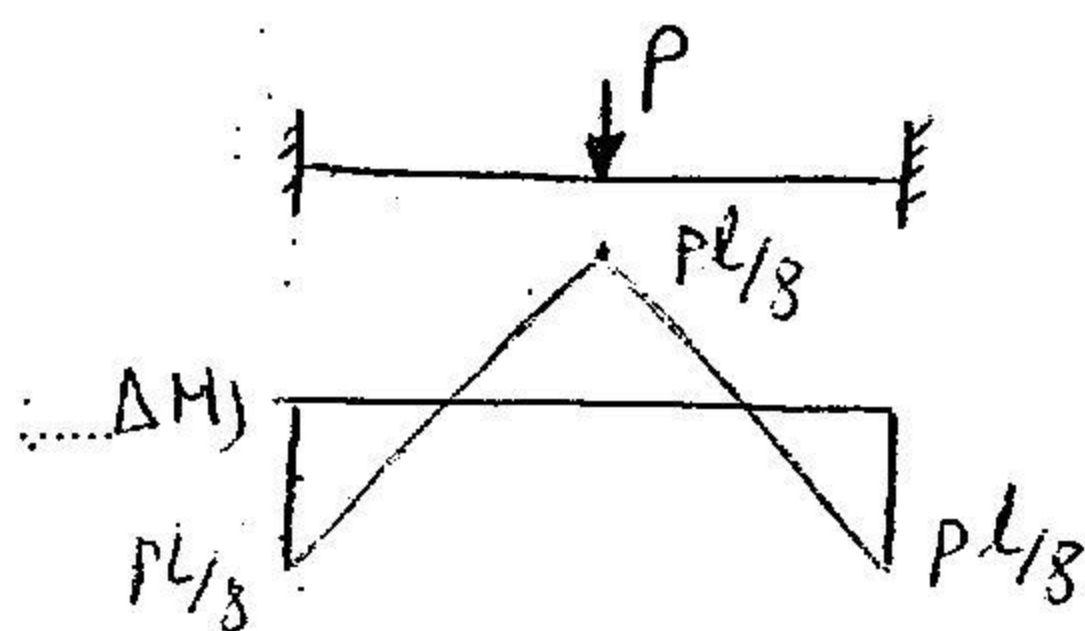
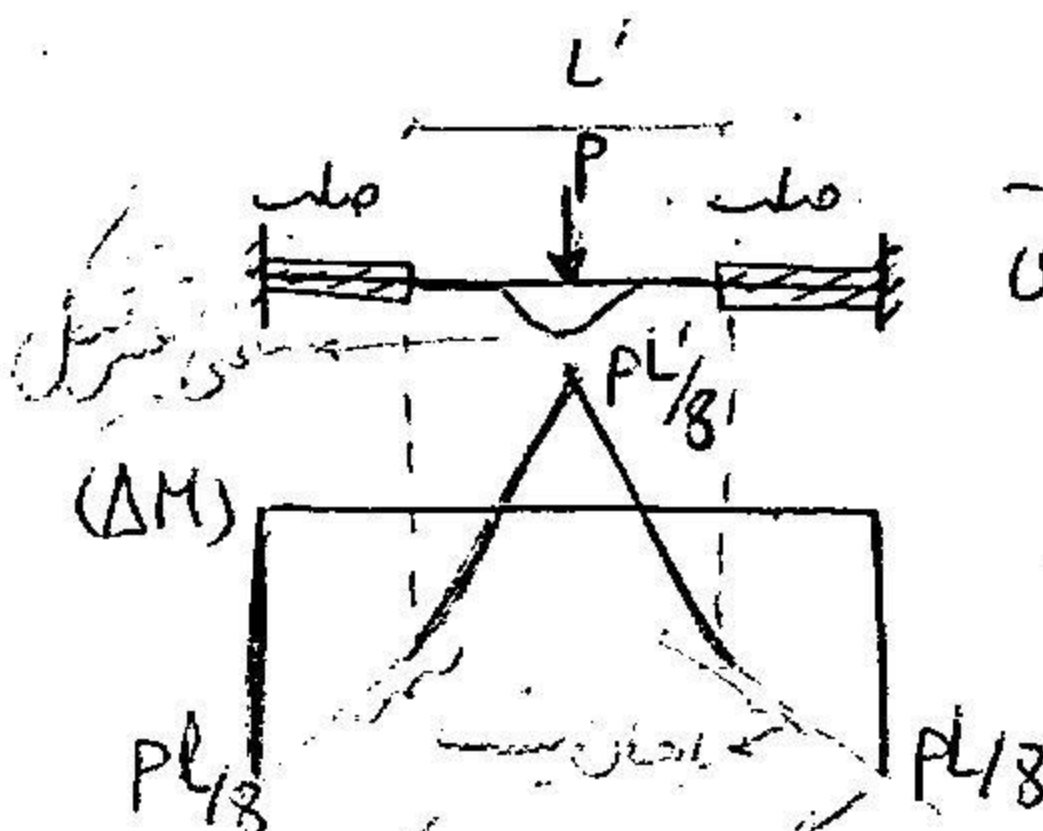
شان ديارام الفتره رسم شود.

درستی ∞ ، نادر داریم $\frac{1}{2}$ و داریم

فقط به این معنی است که با نسبت ثابت داریم دلیل بر
این در واقع با شکل زیر فرقی ندارد:



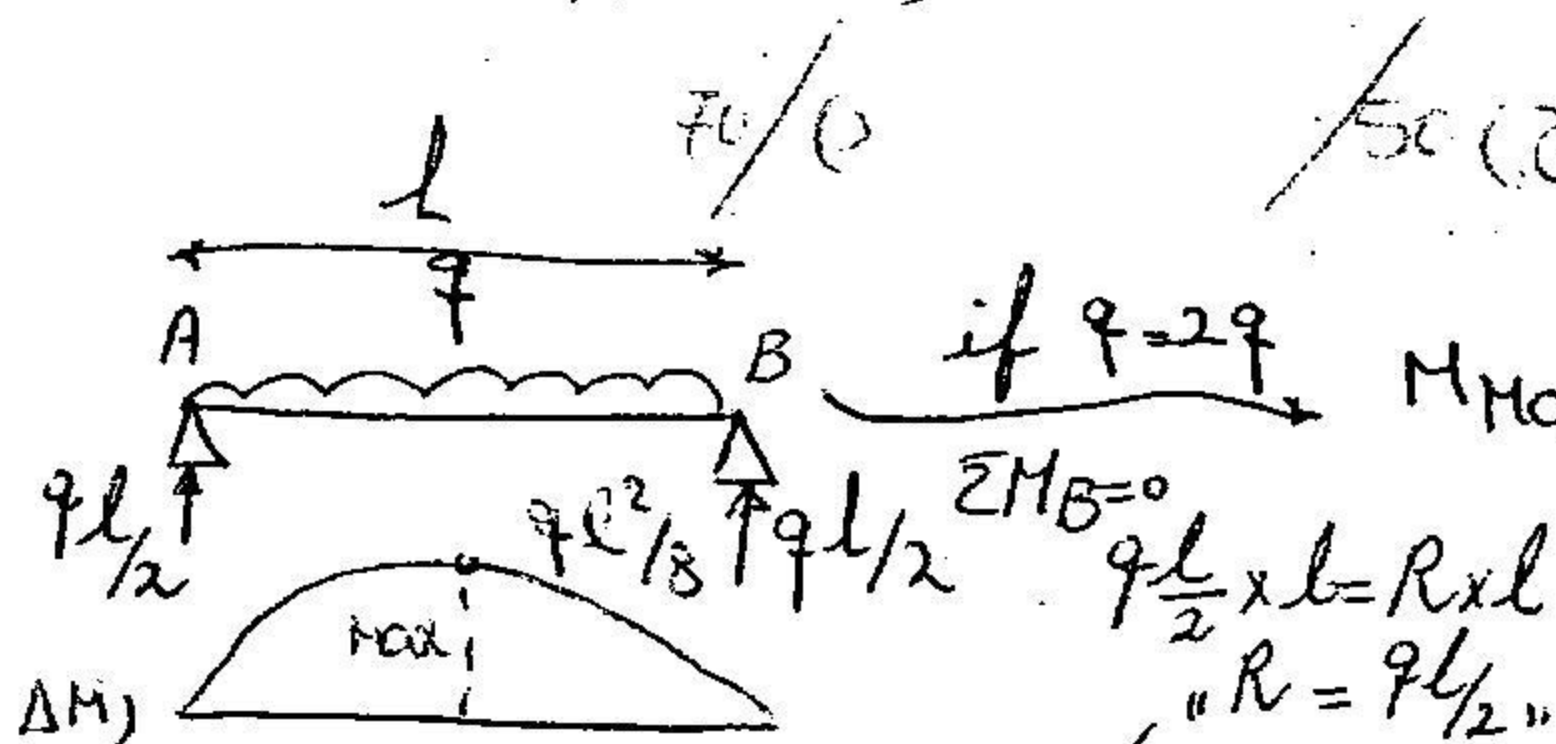
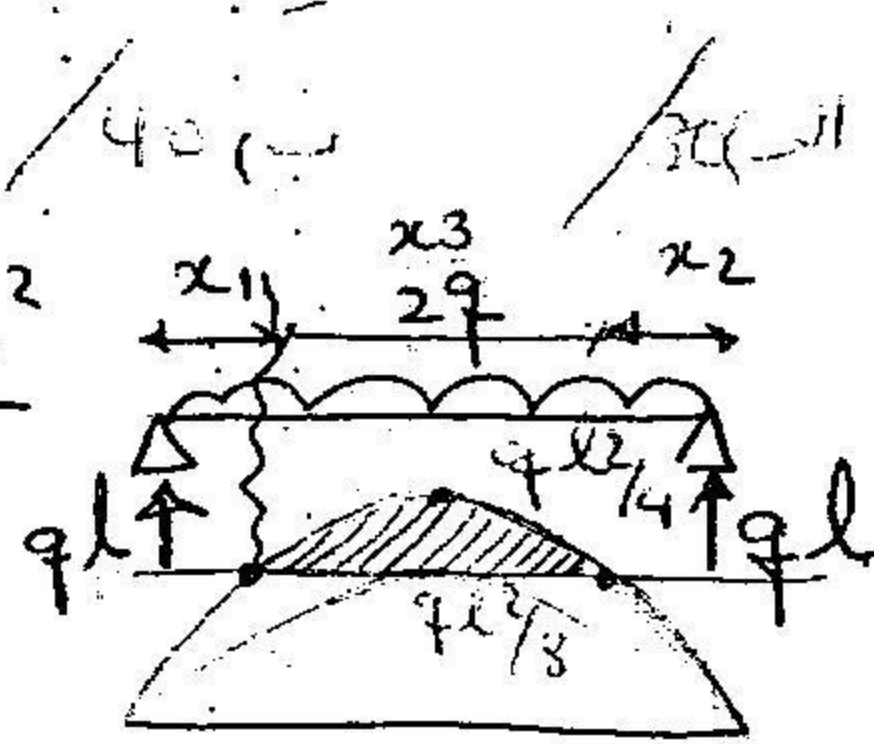
دیاگرام نشر (AM)



تذکرہ در تیرا مکتب بارہ ہفت سہمی
توزیع می شود

* مثال : در یک تیر دوسرست منکره تحت اشتراک است و در یک تیر دوسرست منکره

اگر شدت بارش کمتر شود، حیدر و عبد از طبل نیز با طبله و شربت هم



$qL \uparrow x_1$ $\frac{2q}{x_1}$ $\uparrow M$

می خواهم مقطع را بدانی M در آن $\left. \begin{array}{l} \text{می شود} \end{array} \right\} \rightarrow M = qL \cdot x_1 - \frac{2q \cdot x_1 \cdot x_1}{2} = \frac{qL^2}{8}$

$$\leadsto Lx - x^2 = \frac{L^2}{8} \leadsto 8x^2 - 8Lx + L^2 = 0$$

$$\Delta = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_1 = \frac{13.6 \text{ L}}{16} = 0.85 \text{ L} \quad \ominus$$

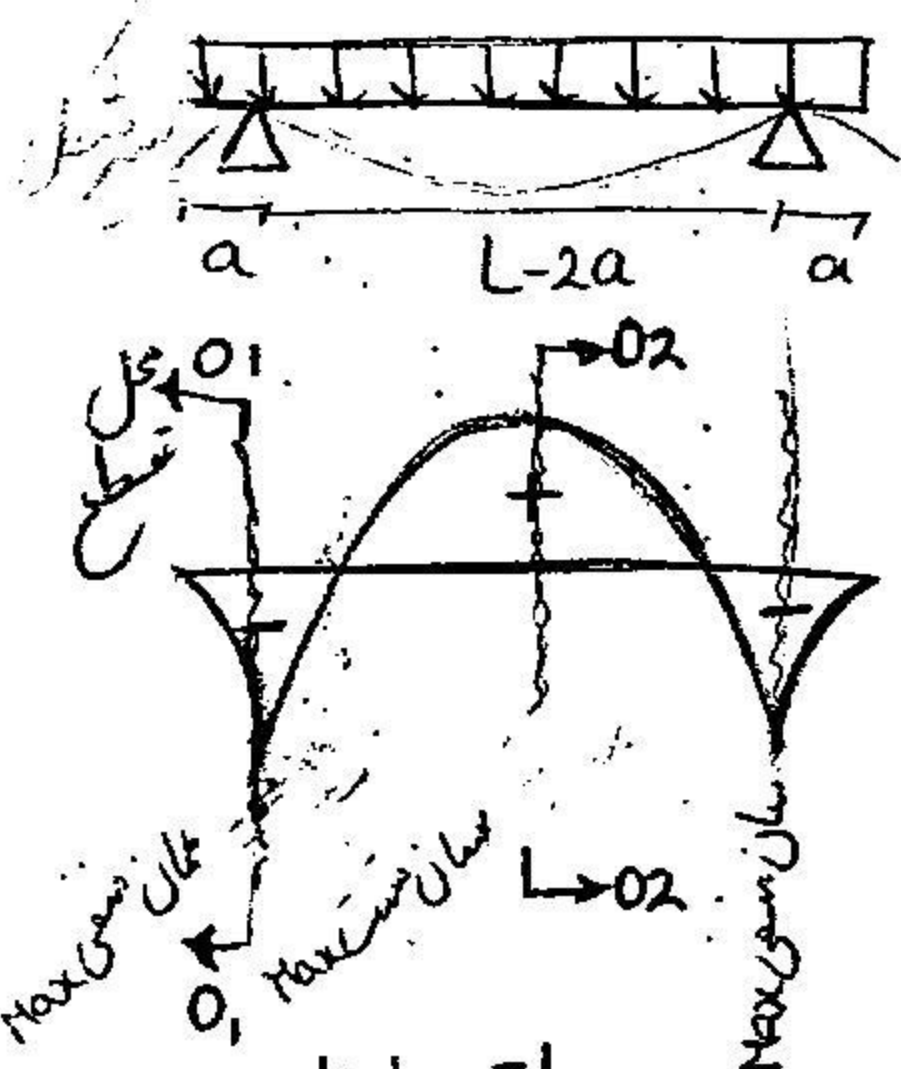
$$x = \frac{8L \pm \sqrt{64L^2 - 32L^2}}{16}$$

$$\rightarrow x_3 = 0.7L$$

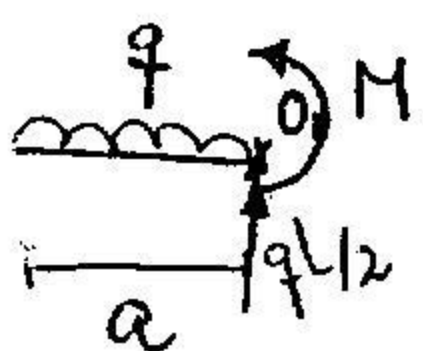
مثال: برای جابجایی یک سیرسی دیگرمه از دو تکیه استوار می شود، و اعمال بارها را از دو استوار تر
طوری می نامند که اگر حرکت را یکبار رفتند و در سیر به حرکتی معکوس (موت از دو استوار) می رسند
(بر حسب ردیف از چپ به راست)

الف) $\frac{1}{3}L$ ب) $0.5L$ ج) $0.2L$ د) $0.3L$

بارگذاری من ساخت



$$M^+ = |M^-|$$

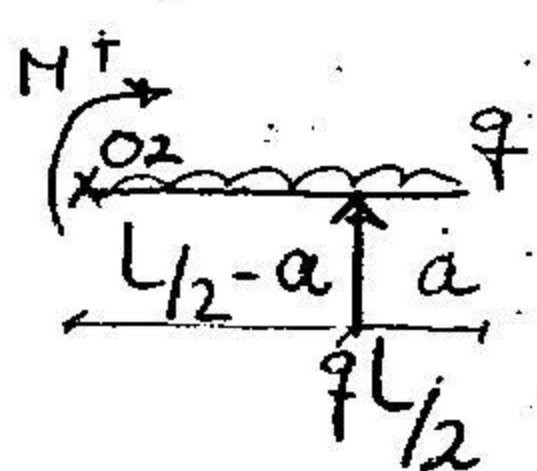


$$q \cdot a \cdot \frac{a}{2} = M^-$$

$$q \frac{a^2}{2}$$

توضیح: می خواهم Max نه حداقل برسد بنابراین باید $\oplus$ و $\ominus$
با هم برابر باشند چون اگر قاطعاً مثلاً خیلی بدترتر
نزدیک باشند $\oplus$ خیلی زیاد و برعکس پس جایی قرار
می دهیم که با هم مساوی باشند (مثل مجموع دو عدد که می خواهند
حاصل 10 داشته باشند که بهترین حالت 5+5 است)

مقطع می رسم در محل نلرهای Max: (نلر $\oplus$ در وسط) (نلر $\ominus$ در تکیه ها)



* نلر محل $\ominus$

$$M^+ = \frac{qL}{2} (L/2 - a) - \frac{qL}{2} \cdot \frac{L}{4}$$

$$= \frac{qL^2}{4} - \frac{qLa}{2} - \frac{qL^2}{8} = \frac{qL^2}{8} - \frac{qLa}{2}$$

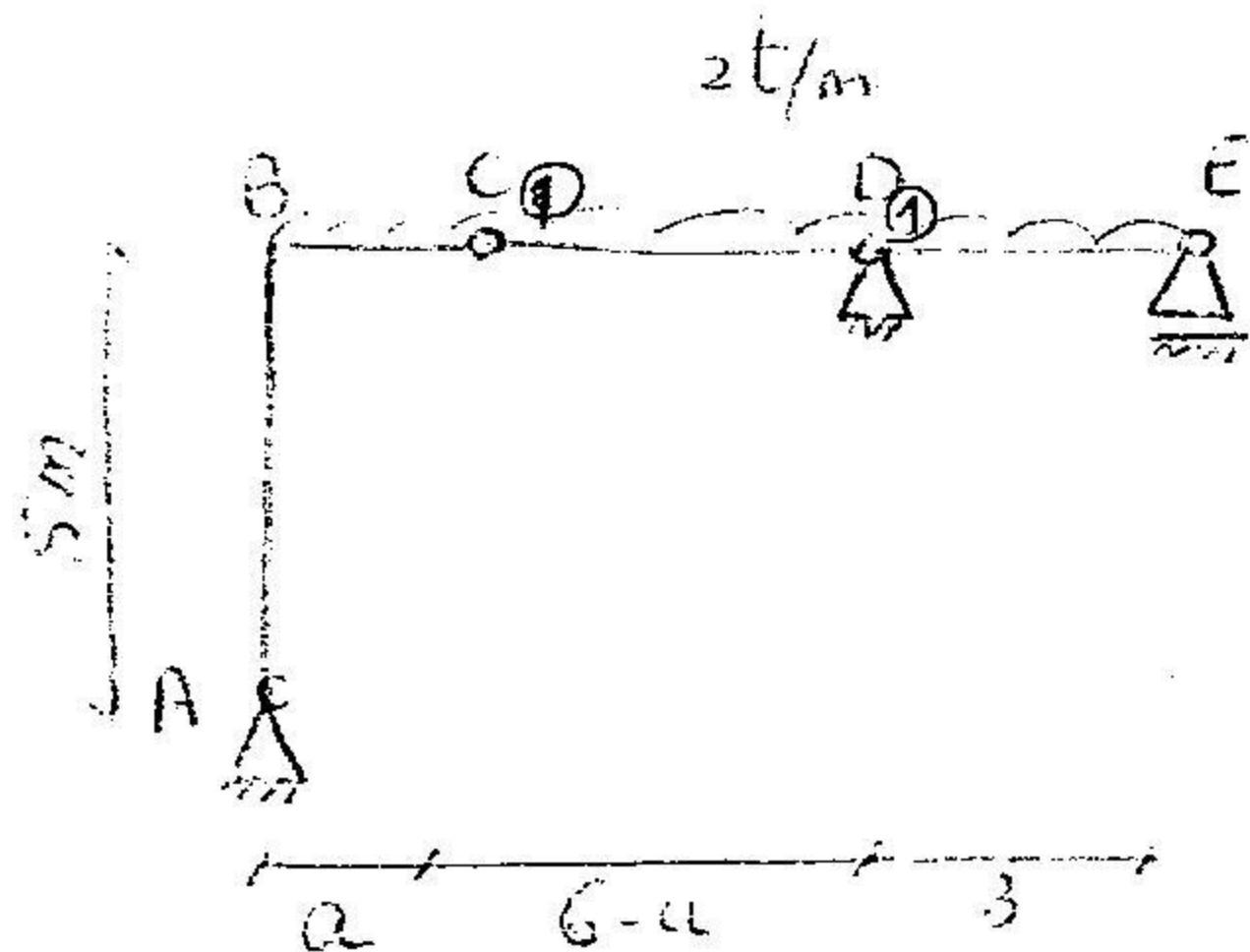
$$M^+ = |M^-| \rightarrow \frac{qL^2}{8} - \frac{qLa}{2} = \frac{qa^2}{2} \rightarrow 4a^2 + 4aL - L^2 = 0$$

$$a = \frac{-4L \pm \sqrt{16L^2 + 16L^2}}{8}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{فاصله از هر دو تکیه} = 0.2L \\ \text{فاصله از هر دو تکیه} = 0.6L \end{array} \right.$$

$$a = \frac{-4L \pm 4\sqrt{2}L}{8} = 0.2L$$

(جواب منفی را فاصله غیر قابل قبول است)



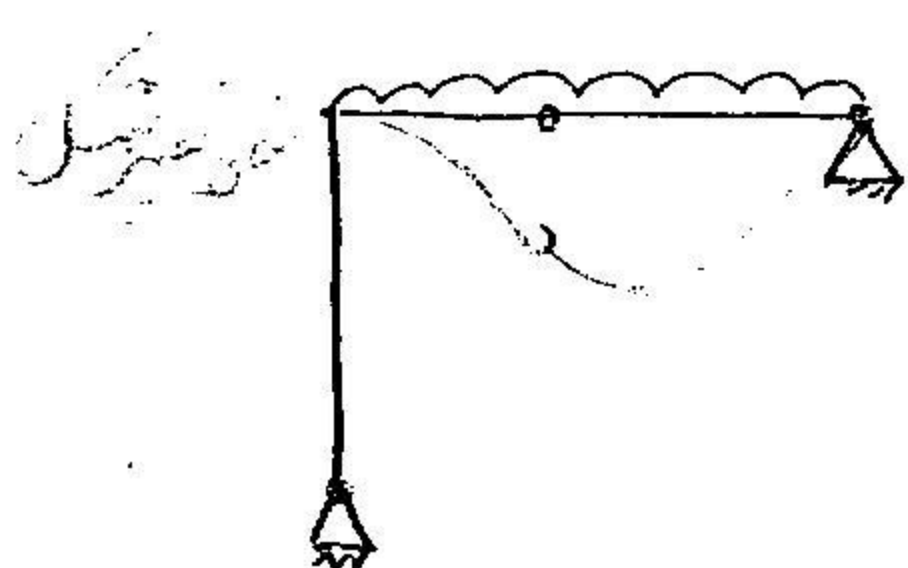
مثال (۱)
سازه پایداری معین است.
در DE به علت غلظتی بودن E پایداری مشکل ندارد
در ABCD نیز به علت تیر بودن B، معضل C
ناپایداری ایجاد نمی کند.

$$\begin{cases} \text{ح: } 5 \\ \text{ع: } 3 + 2 = 5 \end{cases}$$

معین

طول a را طوری طاسیم که در مقطع BCD برابر شود.

تیر مثبت DE (تیر در معضل است) $\sim \frac{q l^2}{8}$ که تأثیری در حل مسئله ندارد.



① $\underline{CD}$ مثل یک تیر در معضل است که $\frac{q l^2}{8} \oplus$ دارد.
② $\underline{BC}$ مثل یک تیر است پس $\ominus$ در این مثبت داریم.

$$M^+ = \frac{2(6-a)^2}{8} = \frac{q l^2}{8}$$

$$M^- = 2 \times a \times \frac{a}{2} + \frac{2(6-a)}{2} \cdot a$$

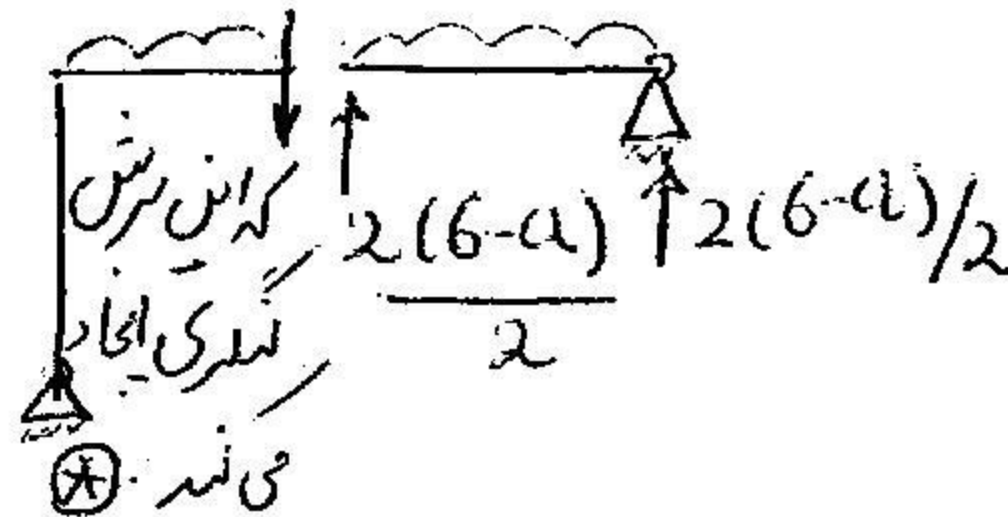
$$M^+ = |M^-|$$

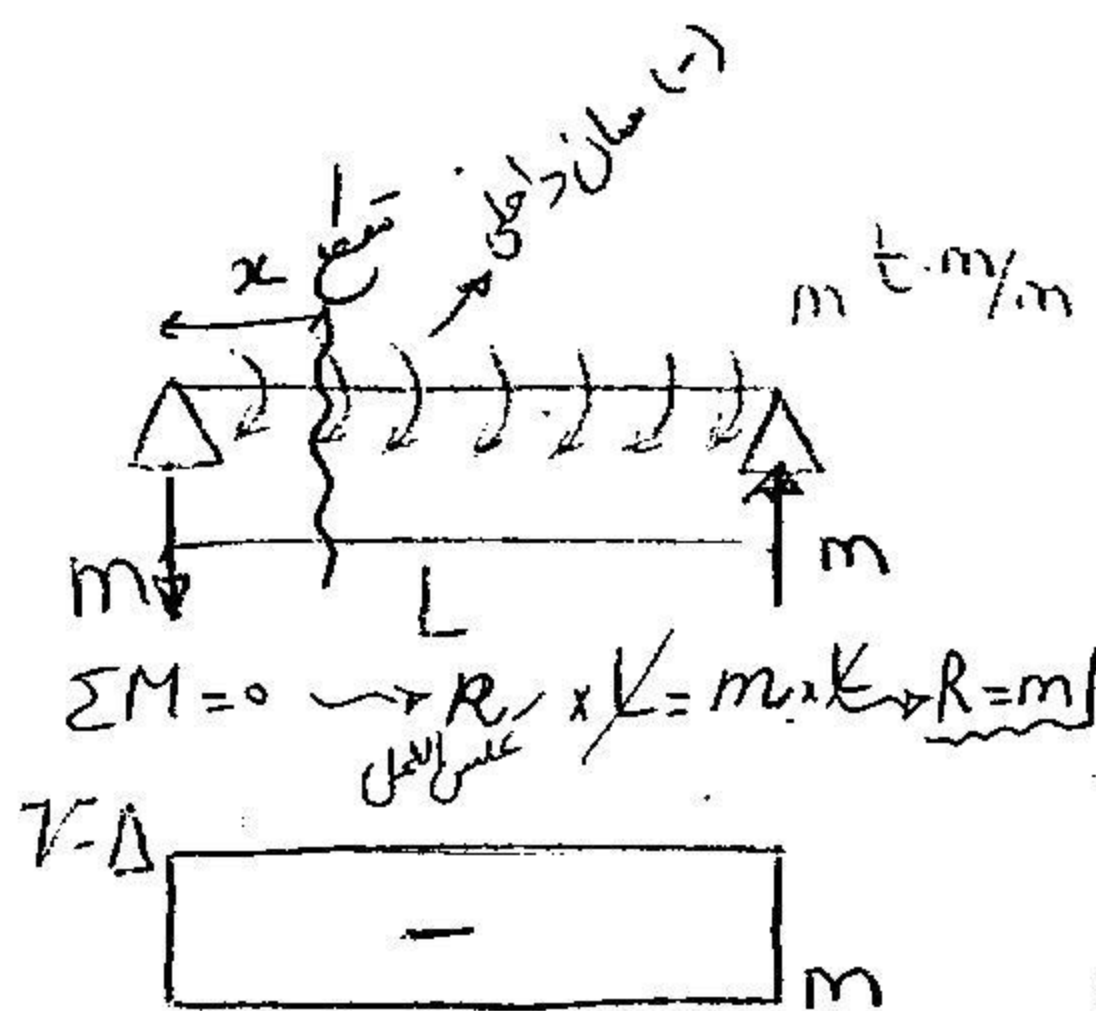
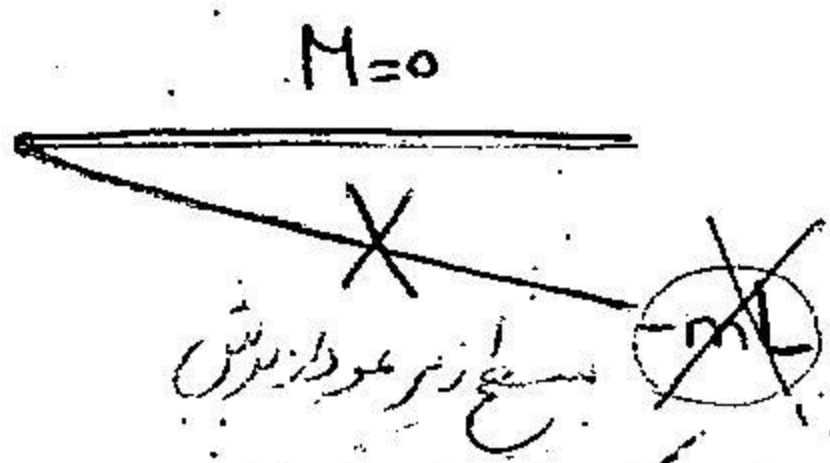
$$\frac{2(6-a)^2}{8} = a^2 + a(6-a)$$

$$(6-a)^2 = (a^2 + 6a - a^2) \cdot 4$$

$$a^2 + 36 - 12a - 24a = 0 \rightarrow a^2 + 36 - 36a = 0 \rightarrow a = \frac{36 \pm \sqrt{36^2 - 144}}{2}$$

$$\rightarrow a = 35, a = 1$$





مثال: در زیر یک بار همگن بر روی یک تیر را رسم کنید.

* تیر همگنی است و در یک تیر داریم

درست این می دانند که در یک تیر، یک تیر یک تیر است

این تیر در یک تیر است و در یک تیر است

عکس العمل باید با توجه به بار روی تیر یک تیر است

$M^+ = mL$ این دو تیر یک تیر است

$M^- = mL$ این دو تیر یک تیر است

تیر در یک تیر است و در یک تیر است

$M = m(x) = 0$

این دو تیر یک تیر است

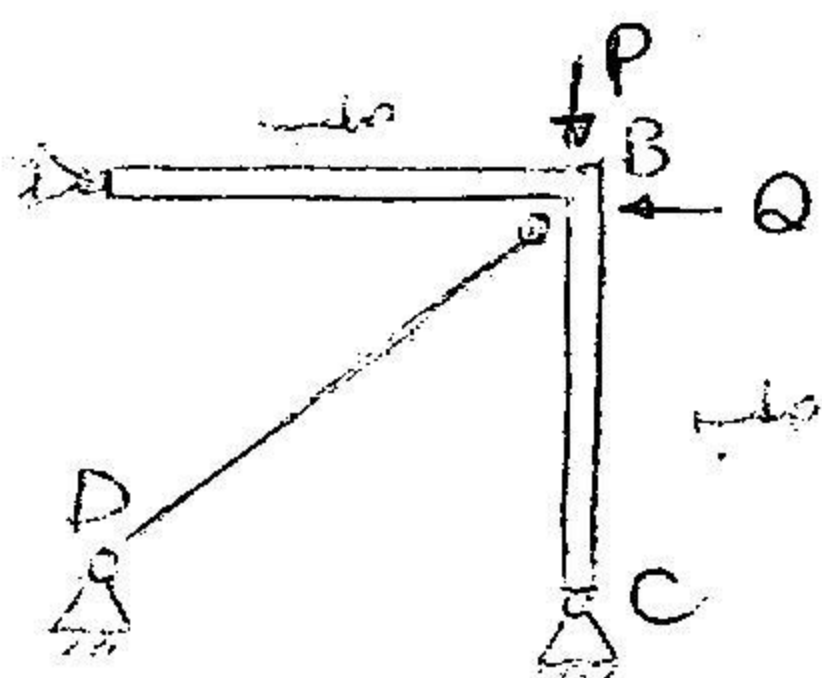
تیر در یک تیر است و در یک تیر است

$\frac{dM}{dx} = m(x) = 0$

این دو تیر یک تیر است

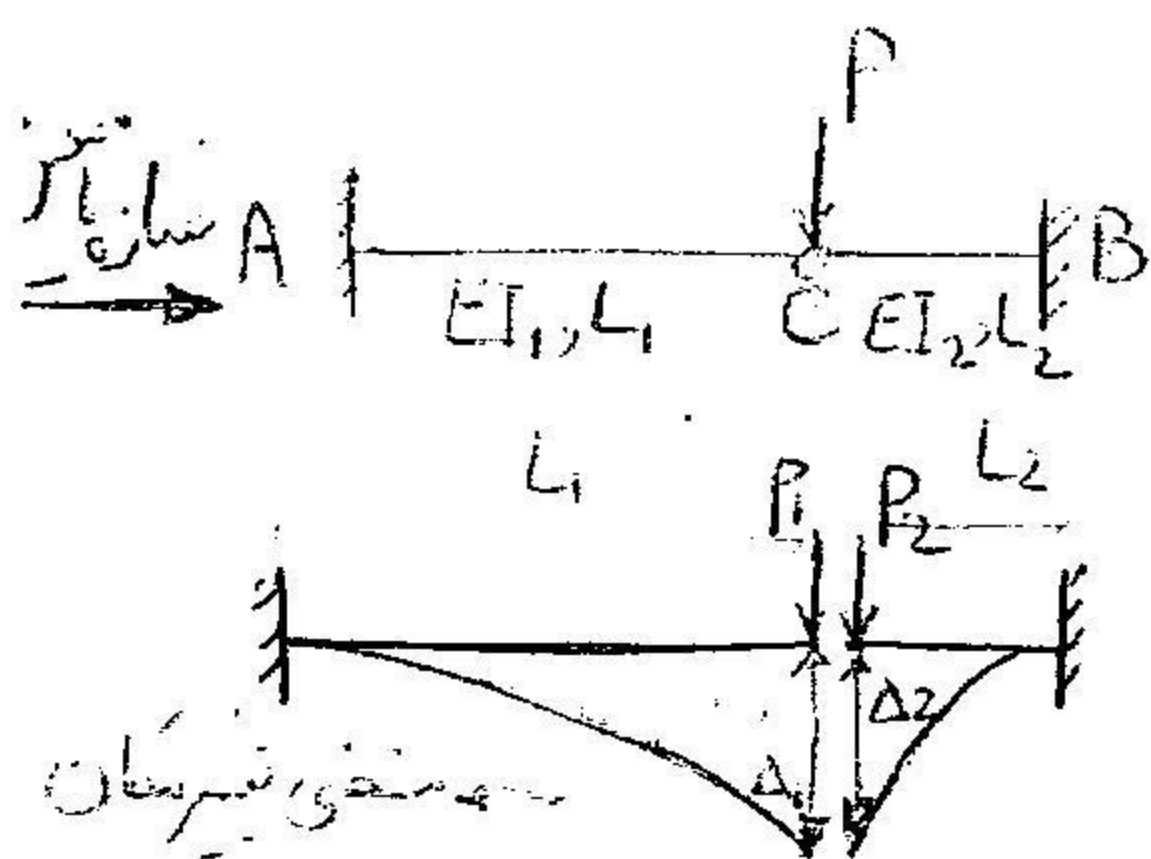
* تیر در یک تیر است و در یک تیر است

$M=0$



مثال (AB و BC هم از نظر محوری خمشی هستند)
نیروی محوری $F_{BD} = ?$
به دلیل صلب بودن در نقطه نیرو در هر جایی وارد شود
(P و Q) تمام نیروها را در نقطه جذب می کنند، چون بازه

ناهمبسته است، تمام نیروها را قطعات با سختی صاف جذب می کنند. $F_{BD} = 0$
* چون در انتهای قطعه BD نسبت به بدنه هیچ گونه تغییر مکانی نمی دهند (به دلیل آنکه در نقطه دیگر کاملاً صلب هستند) نیروی محوری در این عنصر صفر خواهد بود. یا به عبارت دیگر در یک میزان نا همبسته نیرو باید به نسبت سختی توزیع نشود، اگرایی که سختی صاف دارند، تمام نیروها را جذب نموده و سهم صفر می شود.



مثال (سهم حرکت از نقطه AC و BC از نیروی تمرکز P به هم متصل انجام می شود و از آنجا که P باید تیر را به دو تیر تقطیع می کنیم و P باید به نسبت سختی تقسیم شود که نمی دانیم حقه راست پس آنهارا P_1 و P_2 می نامیم

② برای حل نیاز به یک معادله شرعی داریم (Δ)

$$\textcircled{1} P_1 + P_2 = P$$

$$\textcircled{2} \begin{cases} \Delta_1 = \frac{P_1 \cdot L_1^3}{3EI_1} \\ \Delta_2 = \frac{P_2 \cdot L_2^3}{3EI_2} \end{cases}$$

$$\Delta_1 = \Delta_2 \rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^3 \cdot \frac{EI_1}{EI_2}$$

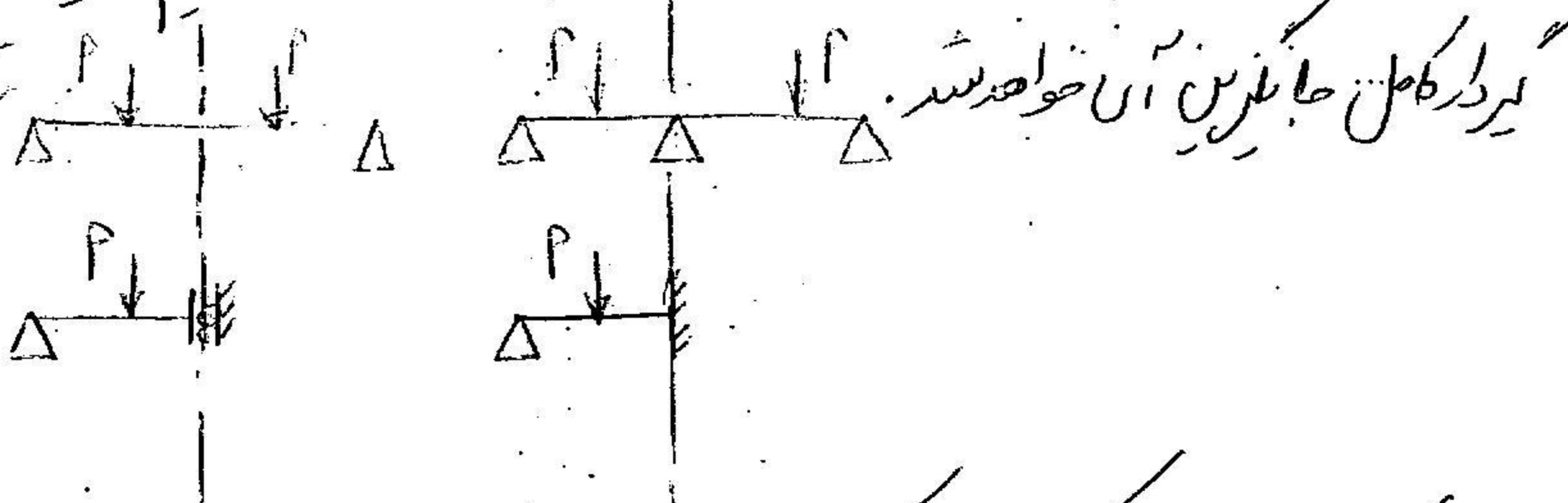
(مثل بستن کمره) * طرف کوتاه تر نیروی بیشتری می برد *
رقار خسته

3- اصول استاتی و هندسی در تارها

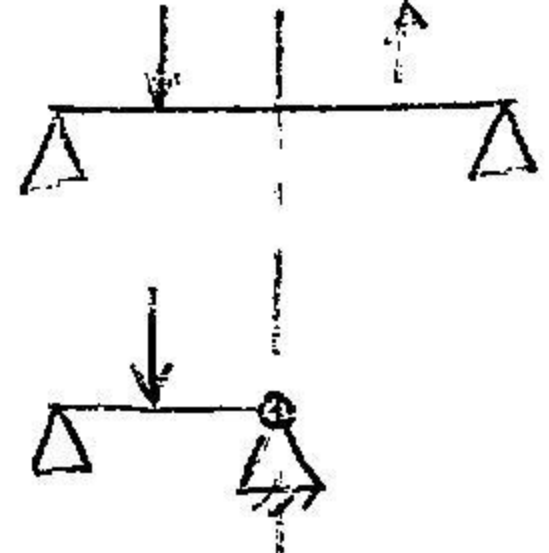
شرایط استاتی در تار:

- الف-
 * در تار مستقیم روی مرکز تار $\gamma = 0$ (درش برابر صفر) و (تیر Max) در
 * در تار معکوس روی مرکز تار $M = 0$ (تیر برابر صفر) که به آن نقطه عطف می گویند.

ب- در سازه نیمه از یک سازه با تار مستقیم روی محور تار تله به تله در عطف می شود، قطر گرفته می شود، مگر آنکه در سازه اصلی در آن نقطه یک تله به تله داشته باشیم که تله به تله



ج- در بارگذاری با تار معکوس روی مرکز تار $M = 0$ و سازه نیمه آن باید بصورت زیر باشد:



شرایط هندسی تار:

- * در تار مستقیم روی مرکز تار شیب تیر شکل صفر ($\theta = 0$) و تیر مکان Max خواهد بود.
 * در معکوس و د (Delta=0) تیر مکان صفر خواهد بود.

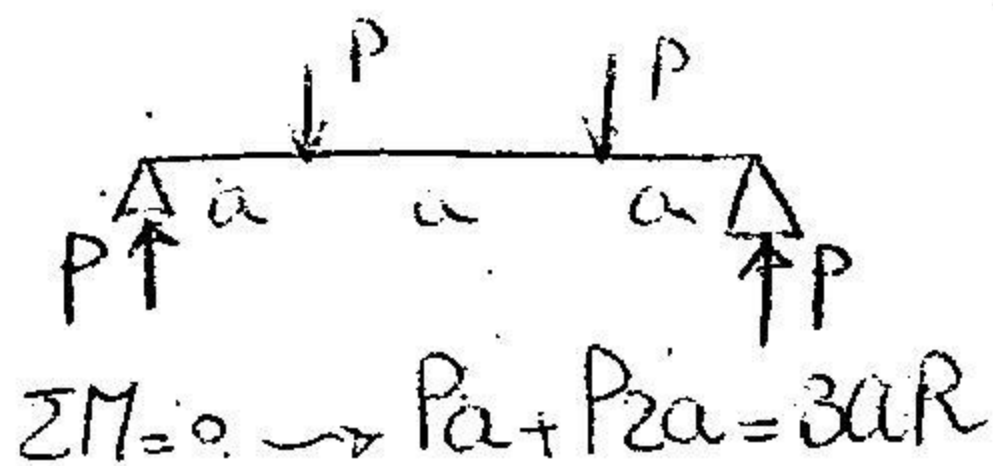
$$\frac{M_A}{M_B} = \frac{P_1 \cdot L_1}{P_2 \cdot L_2} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \cdot \frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^2$$

(بافرض اینکه EI ها مساوی باشند)

$$\frac{M_A}{M_B} = \frac{P_1 \cdot L_1^3}{P_2 \cdot L_2^3}$$

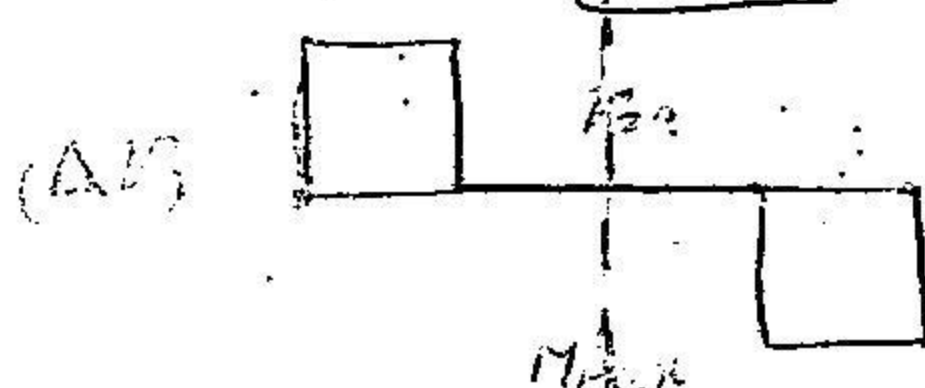
$$K = \frac{P}{\Delta}$$

(نسبت)

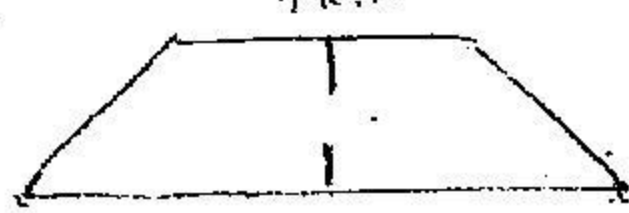


$$\sum M = 0 \rightarrow Pa + Pa = 3aR$$

$$R = P$$

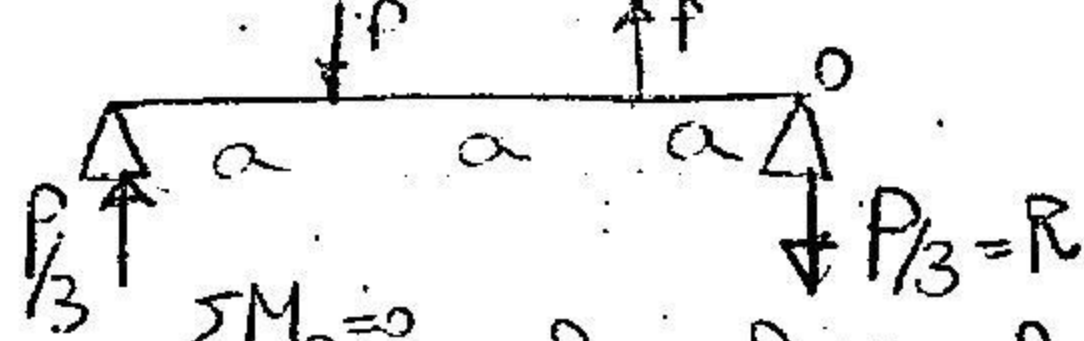


(ΔF)



(توازن محوری)

مثال دیگر زیر، دایرهای برش و گسترش را رسم کنید.



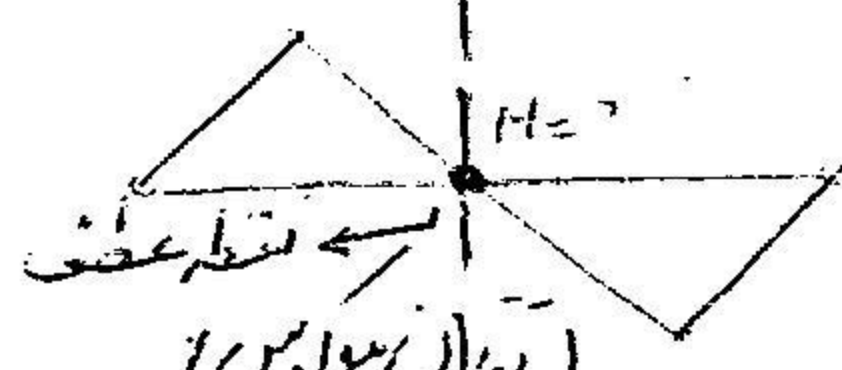
$$\sum M = 0 \rightarrow Pa - P/3 \cdot 2a = R \cdot 3a$$

$$R = -P/3$$

لازمیاس



(ΔF)



(ΔM)

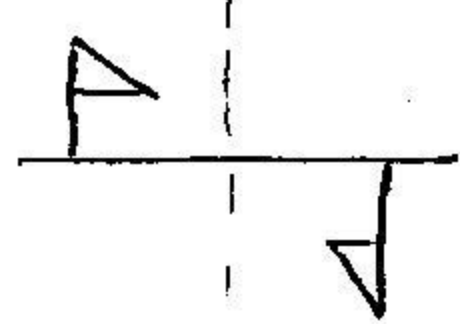
(توازن مومنت)

* اصل تعادل

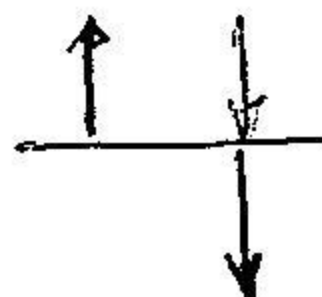
1- سازه متوازن است

2- بارگذاری

تعادل مستقیم (محوری)



محوری

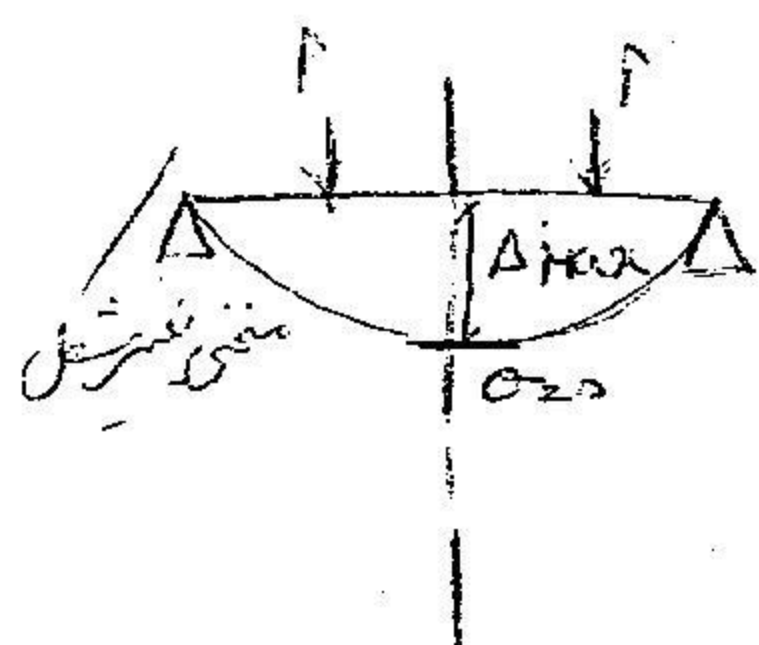


توازن مومنت (متری)

توازن سازه متوازن اگر بارگذاری تعادل مستقیم داشته باشد،

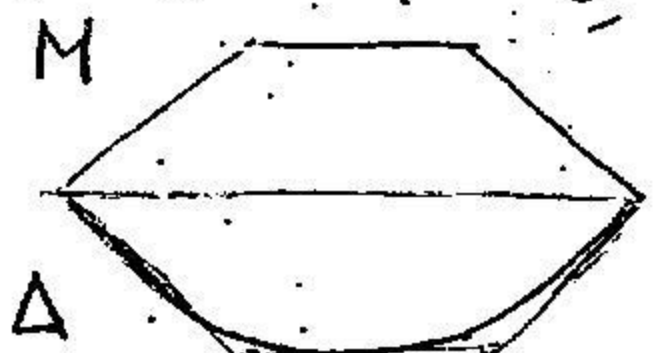
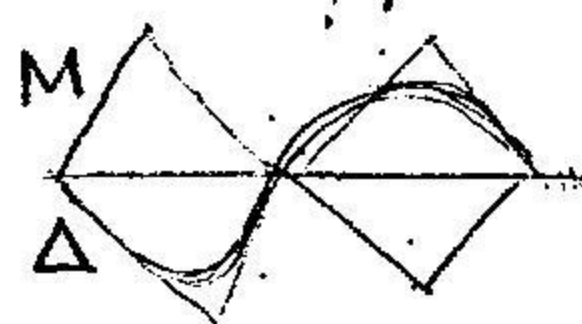
دایرهای برش و گسترش مستقیم خواهد داشت و برش مومنت

اگر بارگذاری تعادل مومنت داشته باشد، دایرهای تعادل مومنت خواهد بود.

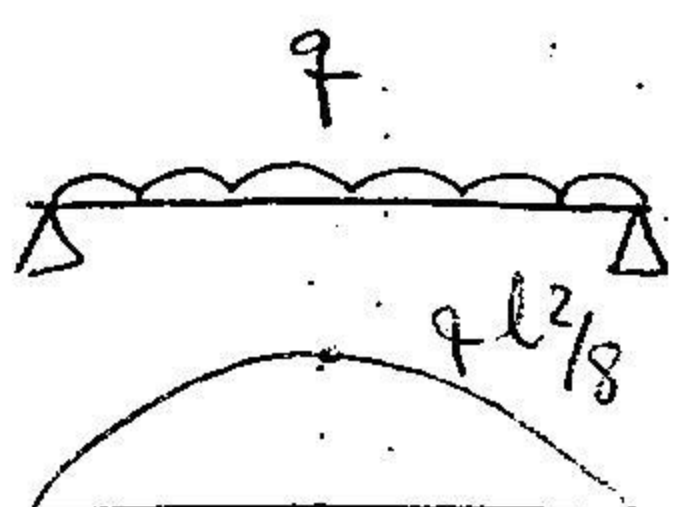
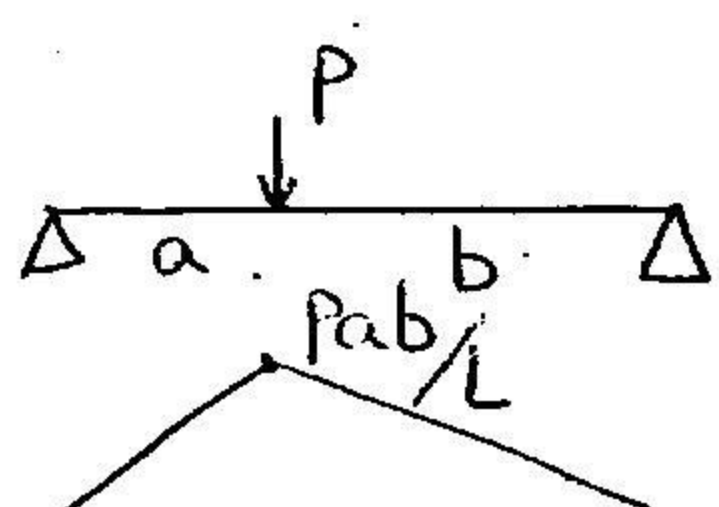


منحنی تغییر شکل

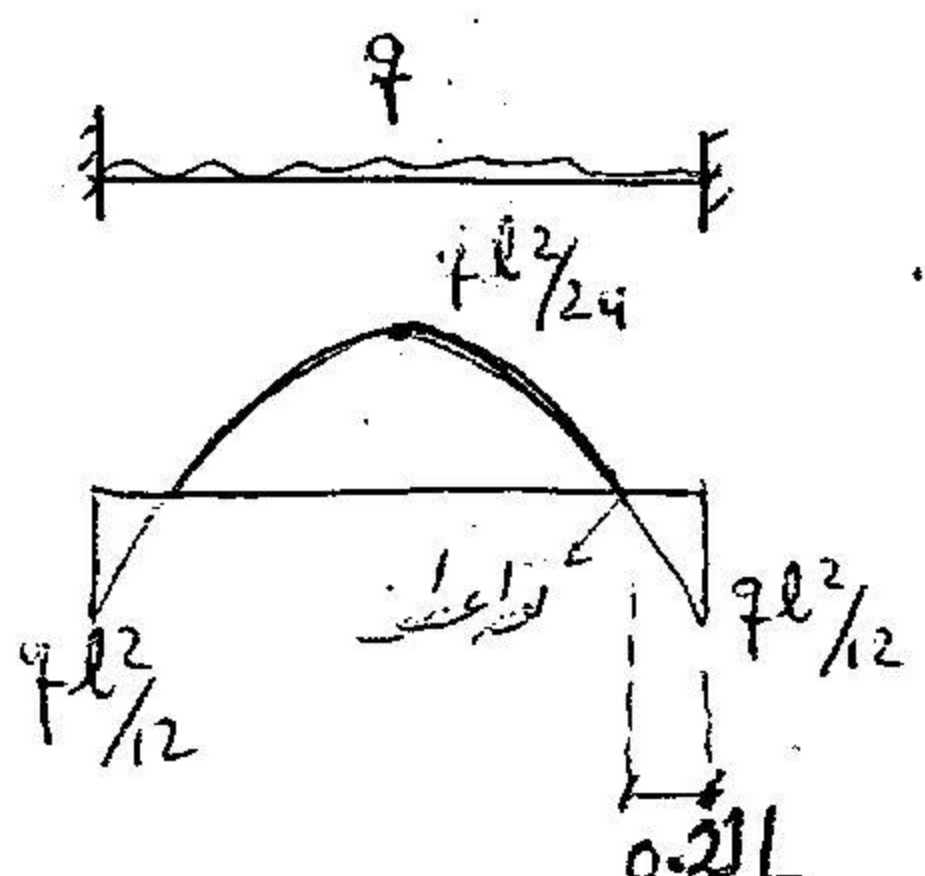
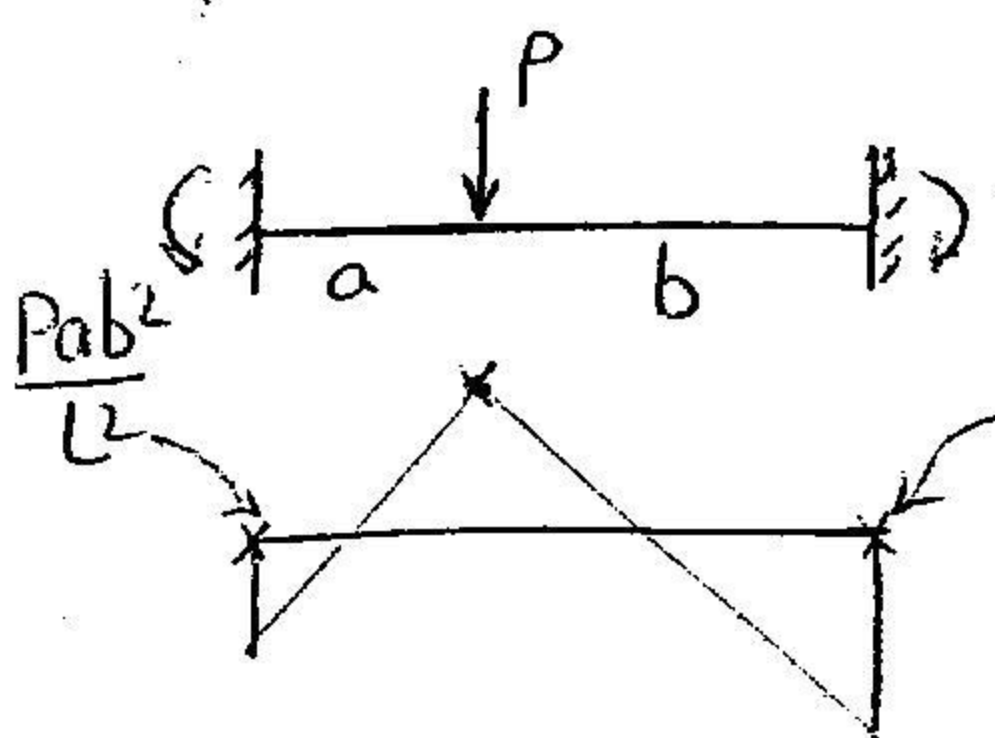
*** فقط در تیرها:**
 * معنی دایالگم را برعکس کنیم، دلوته‌های آن را *fellet* کنیم، معنی تغییر شکل را بدست می‌آوریم.
 اگر دایالگم کمتر نسبت به محورها باشد، قرینه کنیم پس از حذف دلوته‌های تیر، به‌طور شتابان معنی تغییر شکل انجامی تیر را بدست می‌آوریم.



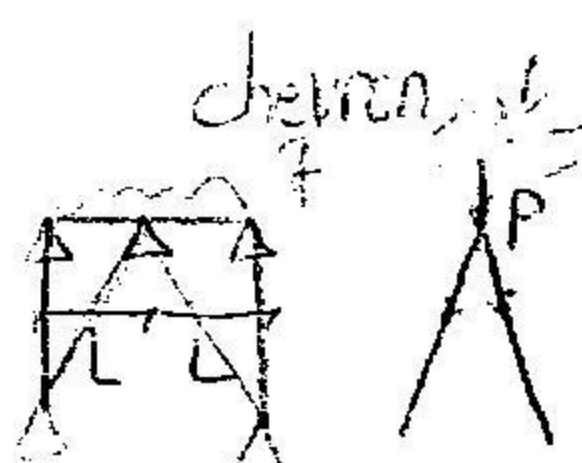
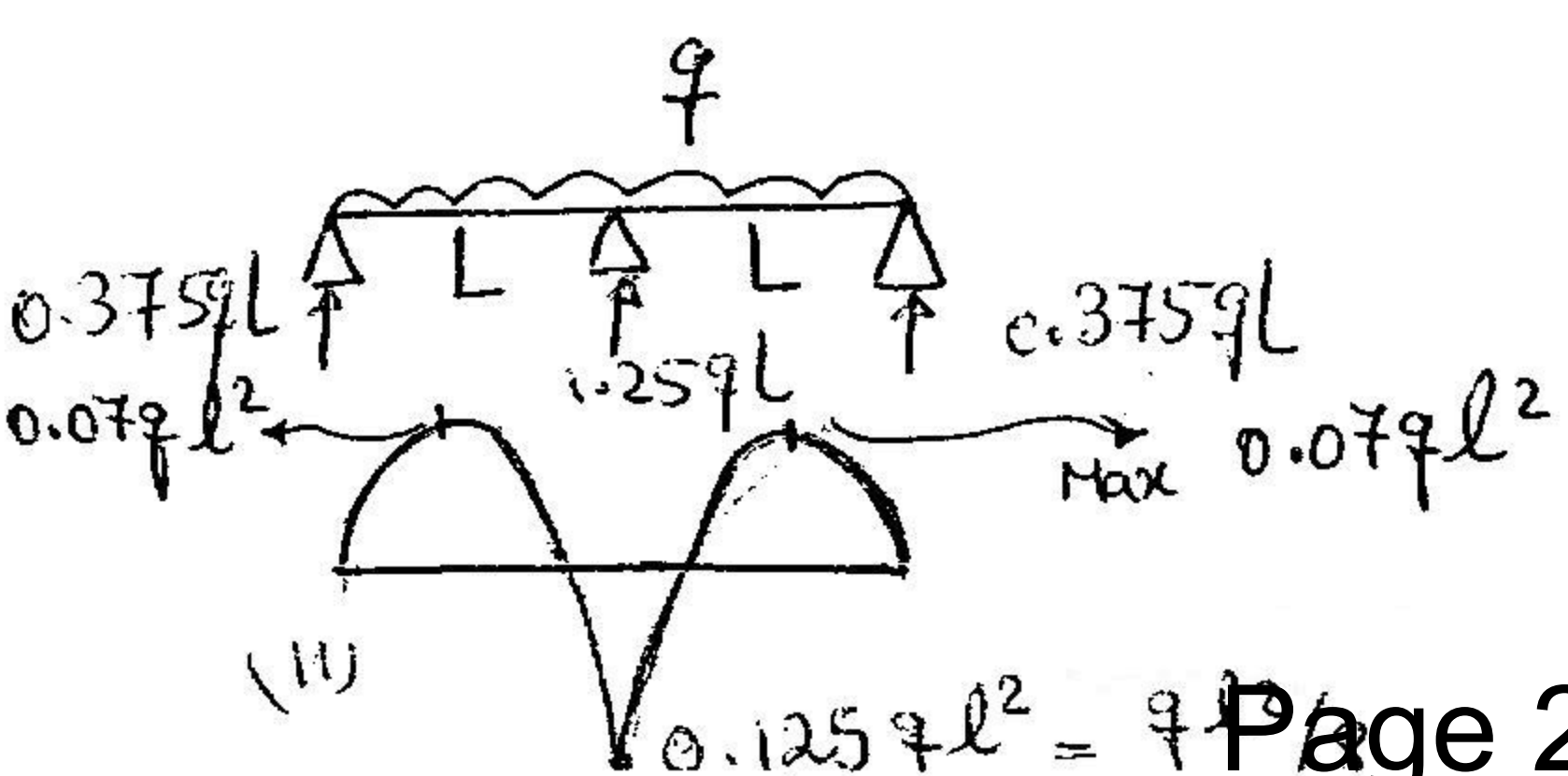
منحنی‌های تیرها



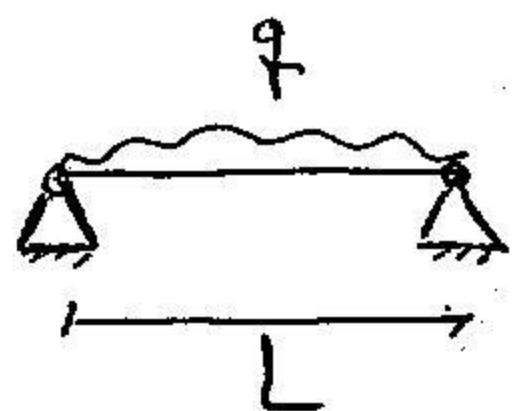
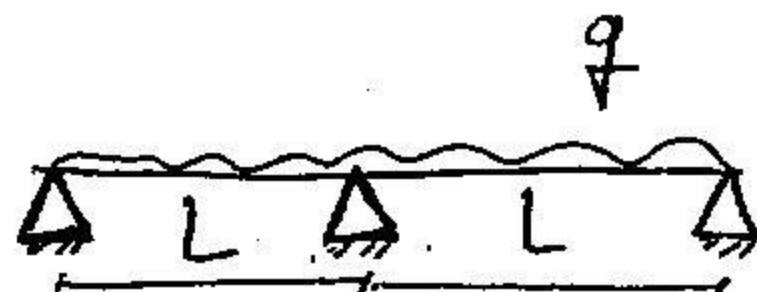
if $a = b = L/2 \rightarrow \frac{PL}{4}$



if $a = b \rightarrow \frac{PL}{8}$
 در هر نقطه



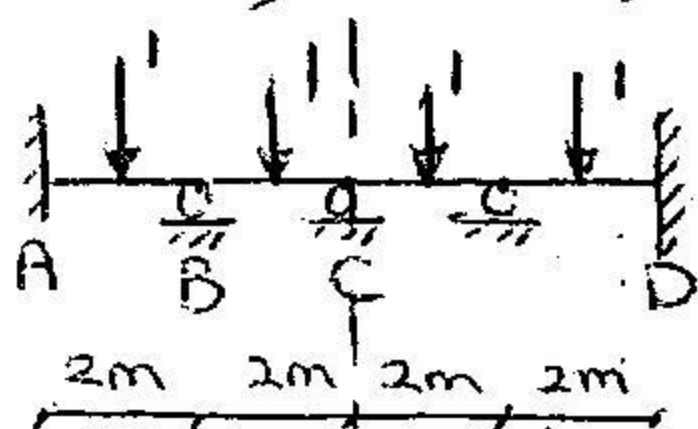
توجه: از بین دو تیر زیر اثر صرفاً معیار طراحی براساس مقاومت را در نظر بگیریم. قدر مطلق حداکثر لنگر ایجاد شده، یکسان است و مقطع این دو یکسان خواهد بود. و تیر در دهانه ناهمبند به دلیل وقوع بازخیش لنگر می تواند برای لنگر کوچکتری طراحی شود (با سه شرط خاص)



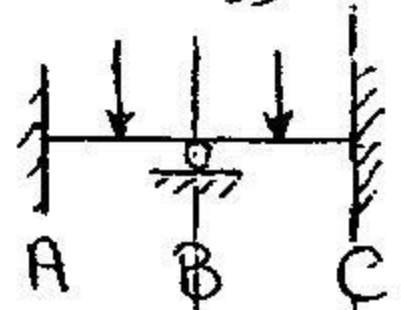
«87, 9, 17»

حل چند مثال برای توارن ها»

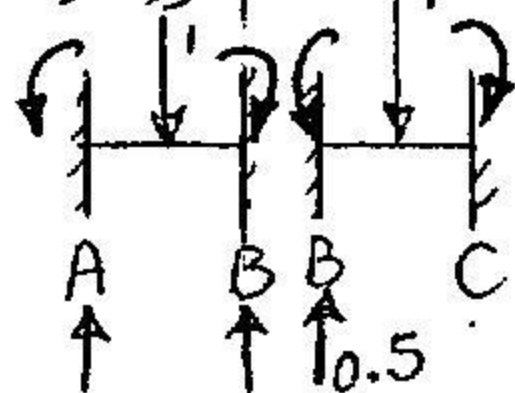
مثال: بارهای متمرکز در وسط دهانه احتمال می شود که یک سازه کاملاً ناهمبند یا درجه ناهمبندی زیاد که می خوریم



توارن (1)



توارن (2)



$$M_A = ?$$

$$M_B = ?$$

$$R_A = ? \quad R_B = ?$$

توضیح: سازه متوازن و بارگذاری نیز متوازن است. روی محورهای

تلبه به غلطی بردار طبق اصول استاتیکی می نداریم و چون زیرش

تلبه داریم، تبدیل به تلبه به برداری شود.

دوباره سازه حاصله متوازن و بارگذاری نیز متوازن می باشد

طبق فنون، روی محورهای تلبه بردار داریم.

از ردی B جدا کردیم. وقتی به هم متصل شوند، لنگر خارجی B با هم خشی

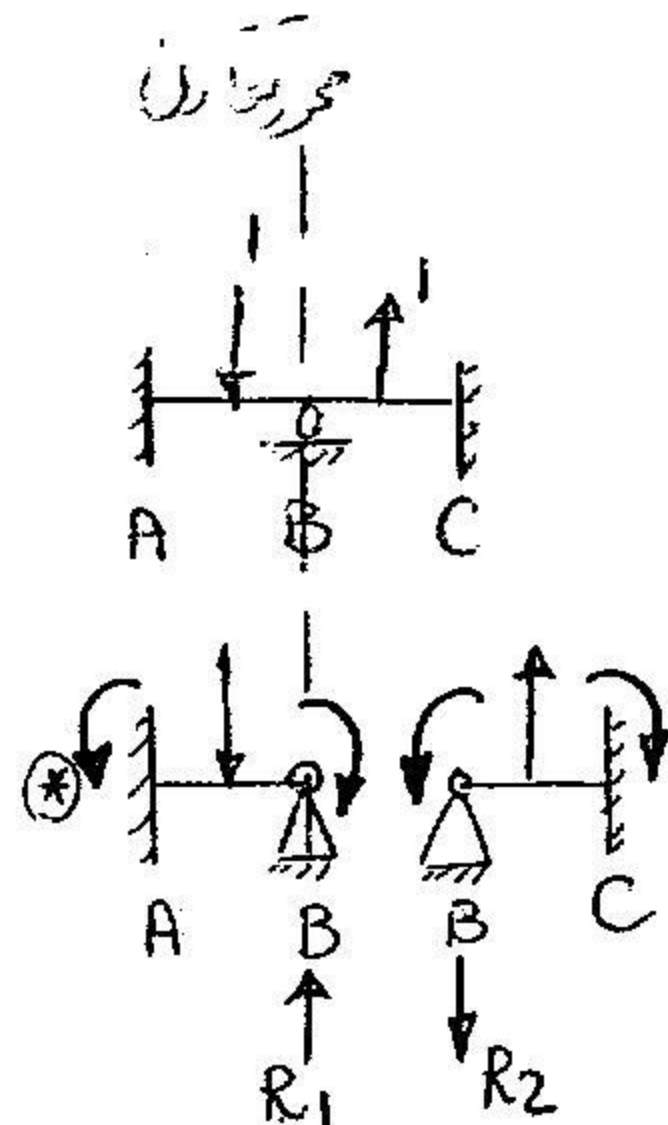
می شوند و عکس العمل خارجی B با هم جمع می شوند.

$$M_A = M_B = \frac{PL}{8} = \frac{1 \times 2}{8} = \frac{1}{4} \text{ t.m}$$

$$R_A = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ ton}$$

$$R_B = 2(0.5) = 1 \text{ ton}$$

یادآوری: * آنست شفت روی تکیه و چهار آنست در جهت بار سمت تکیه در آن می نشاند و جهت آنست



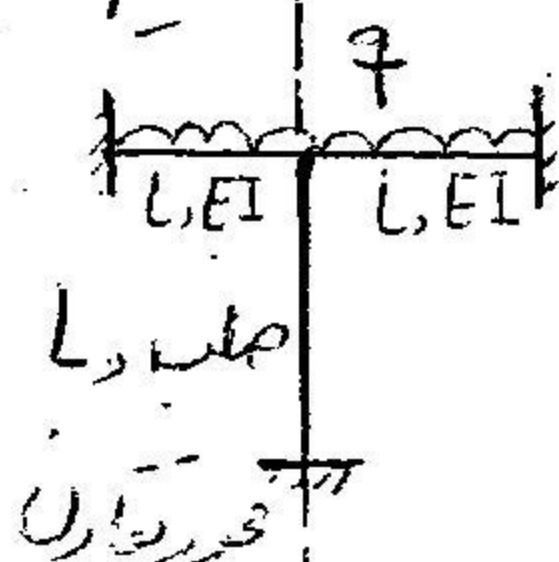
مثال ۲) توضیح: چون سازه با بارگذاری نامتوازن داریم سازه نمونه آن زیر
محورتوان معضل در حین تکیه در محورتوان داریم در محل مورد
نظر تکیه معضلی داریم

از روی B جواب نریم، در این حالت نیروها با هم جمع می شوند و البته چون
معضلی است $M=0$ و عکس العملها با هم حتی می شوند

$$M_A = M_B = 0 \quad R_1 = R_2$$

نکته: برای محاسبه نیروی داخلی روی محورتوان، اگر تکیه مستقیم داشته باشیم، در تکیه با یکدیگر جمع می شوند
و یکی از آنها را در نظر می نریم.

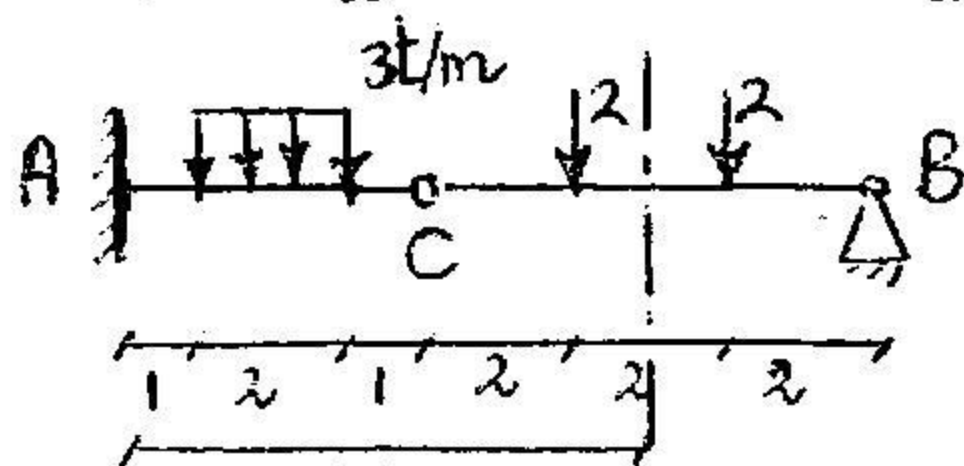
در حالت تکیه عکس دارد، لنگرها با هم جمع می شوند و یکی از آنها را در نظر می نریم



مثال ۳) (سازه متوازن است) مشکوکست متوازن M_A, P ؟
توضیح: سازه متوازن است، از وسط (محورتوان) نصف می کنیم، تکیه
مستقیم است، پس محل محورتوان گره دار شده می نذاریم چون
در این محل متوازن نیر داریم تبدیل به گره کامل می شود

$$M_A = \frac{ql^2}{12}$$

$$P = R_1 + R_2 = \frac{7l}{2} + \frac{7l}{2} = 7l$$



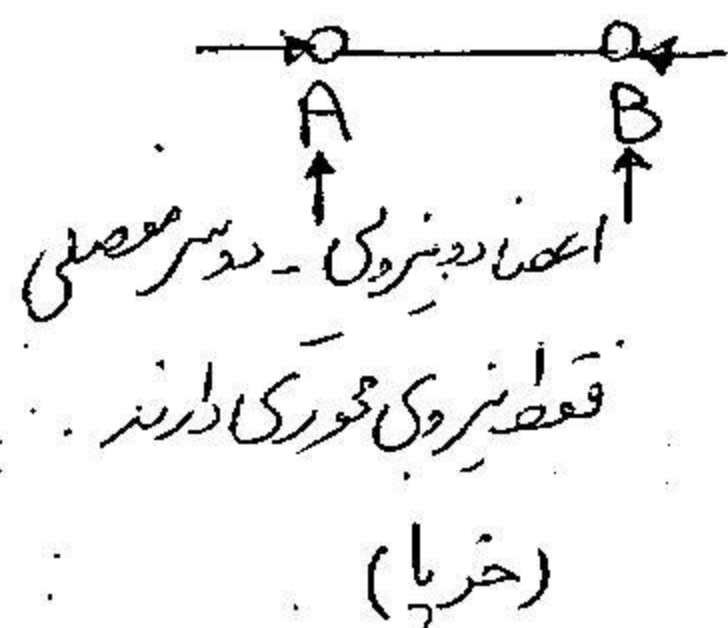
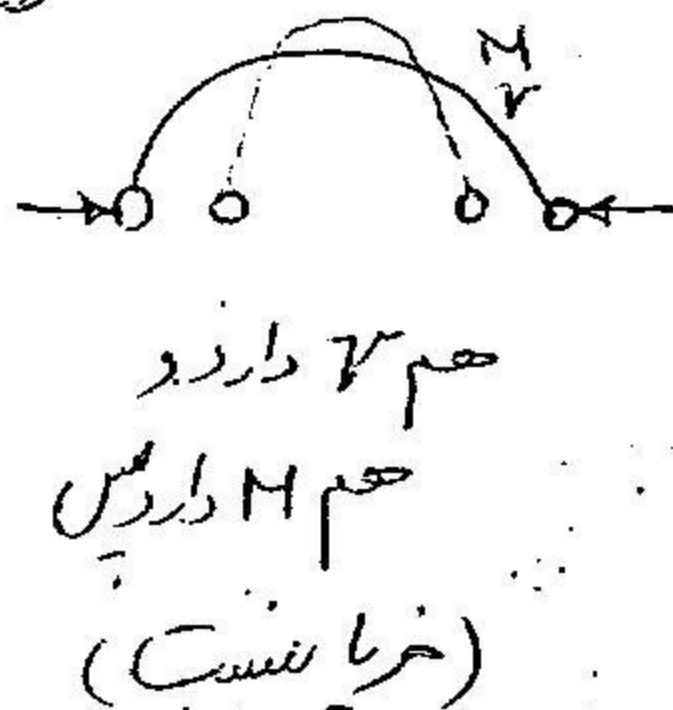
مثال ۴) نیروی برشی در نقطه A از تکیه A حقیر است؟
توضیح: اگر از روی معضل C، سازه را بدست می نریم.
* قطعه سمت راست (CB) مانند تکی در معضل است که

بارگذاری آن تکیان مستقیم دارد پس برش روی محورتوان صفر است (محورتوان این قطعه دقیقاً در محل $7m$ تکیه A
می باشد. * قطعه سمت چپ (AB)، بارگذاری در آن متوازن است و سازه متوازن نیست.

* خراباها *

خراباها باید دارای شرایط زیر باشند:

- ① اعضا مستقیم باشند
- ② اتصالات مفصلی باشند
- ③ نیروها فقط به نیرو اعمال شوند
- ④ نیروها فقط در یک خط باشند



سازه‌هایی که یکی از شرایط را نداشته باشند، قابل حل نیستند.

- روش‌های کلی برای خراباها:
- ① روش گره: هر گره را به عنوان یک عضو در نظر بگیریم و در معادله‌های نیرو
 - ② روش مقطع: برش

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases}$$

روش گره: در معادله‌های نیرو

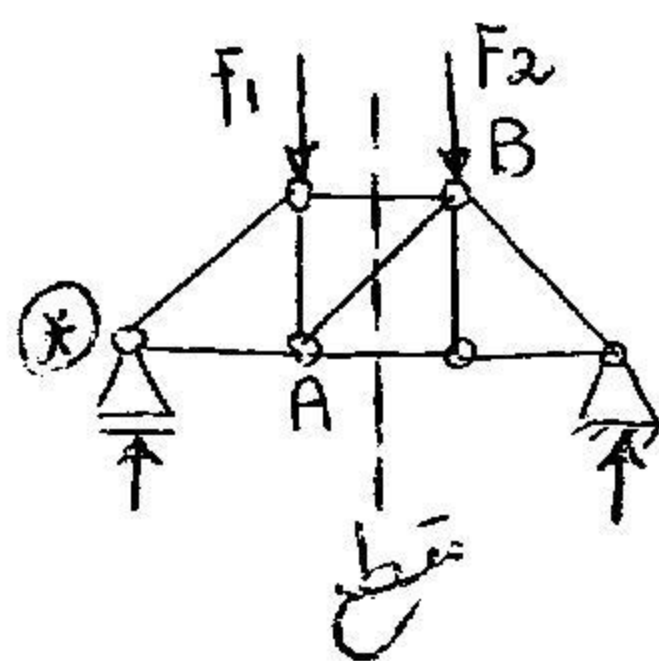
همواره از نیروی شروع می‌کنیم که فقط در عضو به آن متصل باشد که باید معادله را در جهت راست یا چپ

آخرین گره، گره انتهایی است. اگر آخری به تکیه‌گاه منتهی شده است، که این روش مناسبترین

روش برای کلیت حل خرابا است. که در امتحان معمولاً یک عضو خاص سوال است مثل $F_{AB} = ?$

که اگر نخواهیم از روش گره استفاده کنیم، ابتدا باید از گره عضو شروع کرده و به A و B برسیم پس

مناسبتر در این کلیت عضو خاص (برای یک عضو درش مقطع است).

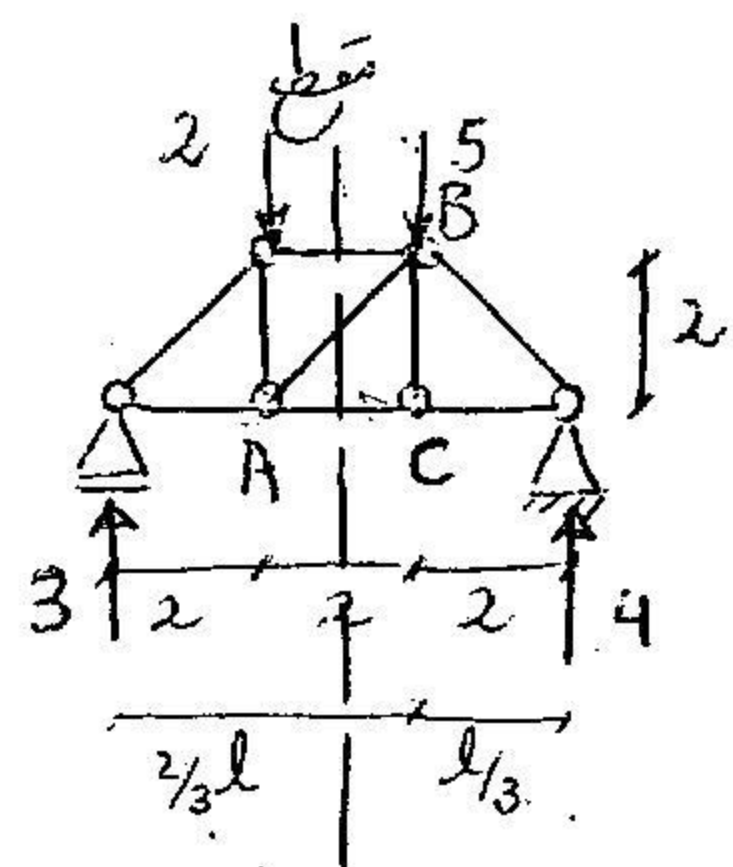
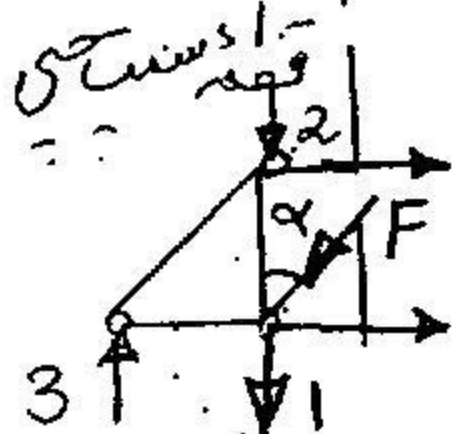


خراباهایی که دارای گره در عضو نباشند به آن خرابای غیر گره می‌گویند که

التماس قابل حل است یعنی به معنای نامعینی خرابا نیست.

روش مقطع: یعنی مقطعی می زنیم که از عضو مورد نظر بگذرد

مثال: FAB از خرابی زیر حقیقت است؟



$$\sum F_y = 0$$

حل

$$3 + (2 + 1) = 0$$

برای اینکه حاصل فوق صفر باشد نیاز به یک داریم، در جهت

پس نیاز به یک مولفه قائم داریم که نقطه نیروی مورب F، می تواند مولفه قائم داشته باشد که این مولفه قائم 1 ton می باشد در نتیجه:

$$\cos \alpha = \frac{1}{F}$$

$$F = \frac{1}{\cos \alpha}$$

برای تقابل نیرو در جهت مختلف جهت

$$FAC = 4$$

توضیح: روش مقطع به روش برش که روش برای المانهای قطری استفاده می شود. یعنی اگر مطلوب (FAC) بود دیگر از روش برش نمی توان استفاده کرد و از روش تکرار استفاده می کنیم.

روش ۱) * برای بدست آوردن عکس الیها، خرابی را مانند یک تیر در نظر گرفته و همان می گیریم.

$$\sum M_0 = 0 \quad 2 \times 2 + 5 \times 4 = R \times 6$$

$$\frac{(4 + 20)}{6} = R \rightarrow R_2 = 4$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow 2 + 5 = 4 + R_1$$

$$7 - 4 = R_1 \rightarrow R_1 = 3$$

روش ۲) * بدینودی 2، 5 که داریم، 2 و 5 این تیر را جدا می کنیم. 5-2=3، حال برای عکس الیهای R1 و R2 این مقدار را می دهیم به اضافه:

$$R_1 = 2 + 0$$

$$R_2 = 2 + 0$$

حال 3 باقی مانده را به نسبت 2/3 به R2 می دهیم و به نسبت

$$R_1 = 2 + \left(\frac{1}{3} \times 3\right) = 2 + 1 = 3$$

$$R_2 = 2 + \left(\frac{2}{3} \times 3\right) = 2 + 2 = 4$$

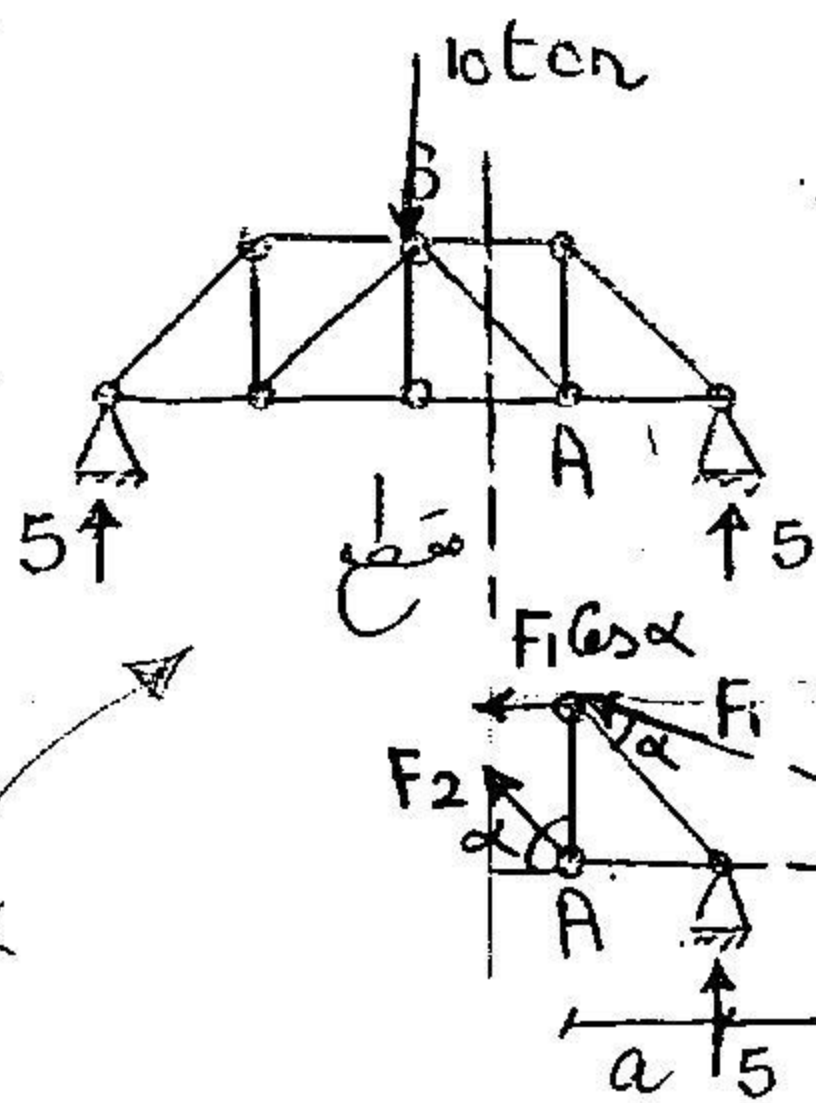
و نیروی 5 به R2 نزدیکتر است (یعنی همان تیران استوار کرد) * آری به نسبت عکس الیها *

در همین شکل معلوم است FAC = ?

در نقطه آهسته جی، B خارج از صفحه محسوب می شود.

$$\sum M_B = 0 \quad 3 \times 4 - 2 \times 2 - FAC \times 2 = 0$$

(۱۴)



مثال: $F_{AB} = ?$ (فاصله عمودی پیکان را حساب کنید)

توضیح: در واقع حل، ترکیب شدن دالها خواهد بود.

روش ① حول نقطه $\odot$ (نقطه خارجی) همان می‌گیریم.

مولفه افقی F_2 (یعنی $F_2 \cos \alpha$) و F_1 از این

نقطه می‌گذرند. بدین ترتیب عضو قائم روی

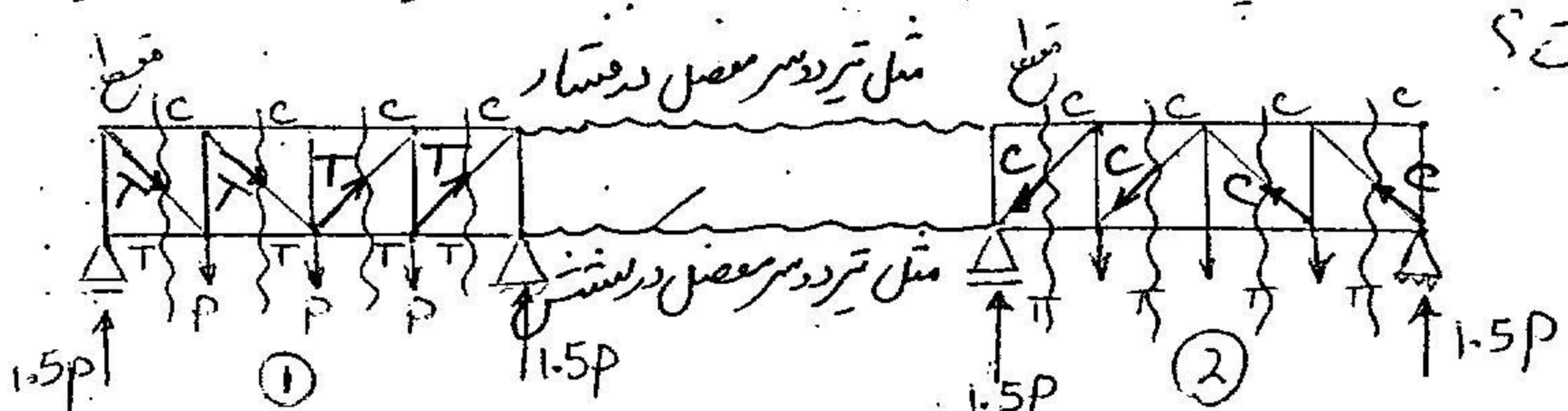
$$\sum M_{\odot} = 0 \quad F_2 \sin \alpha (l+a) + 5(l) = 0$$

رابطه می‌آید. $F_2 \sin \alpha$

و یا روش ② از تقادری حول A می‌توان حل کرد. سپس $F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 = 5$

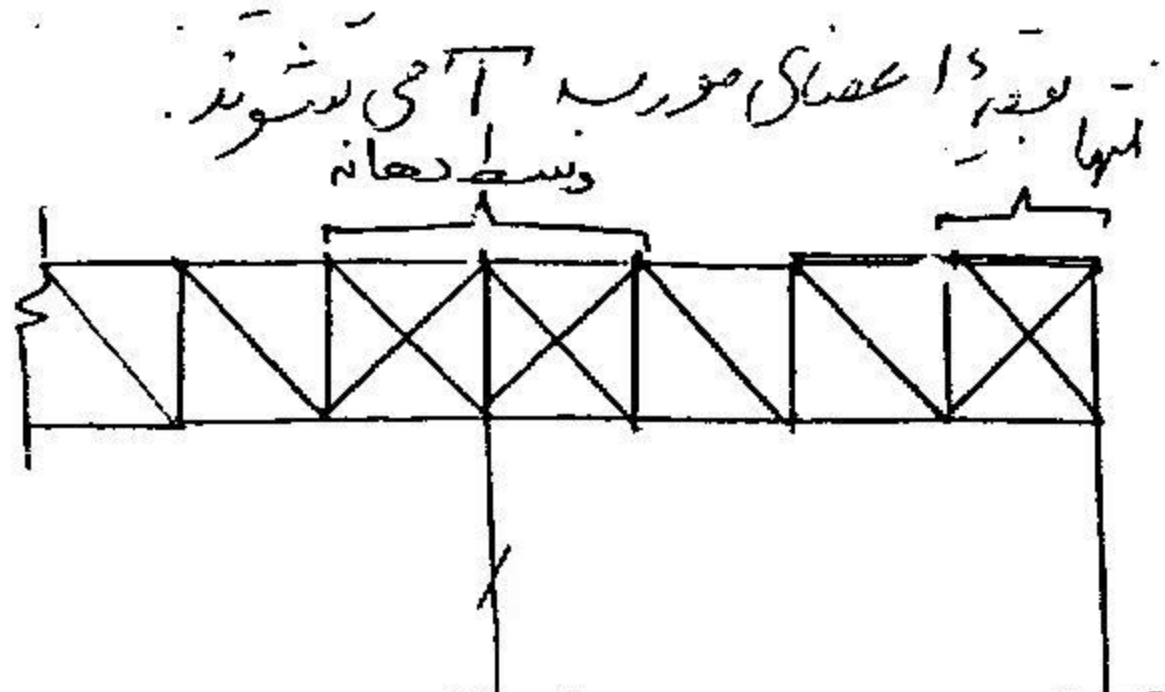
مثال: برای احداث غریبی یک پل گذرنده زیر پشته‌ها دشوار است. اگر اصل از نظر تحمل بزرگ

مناسبتی است؟



① $1.5p$ می‌خواهیم مولفه قائم
از نیروی مورب آن را تأمین
خواهد کرد و چون جهت این

مولفه قائم باید رو به $\downarrow$ باشد پس عضو
مورب کششی است، همین ترتیب

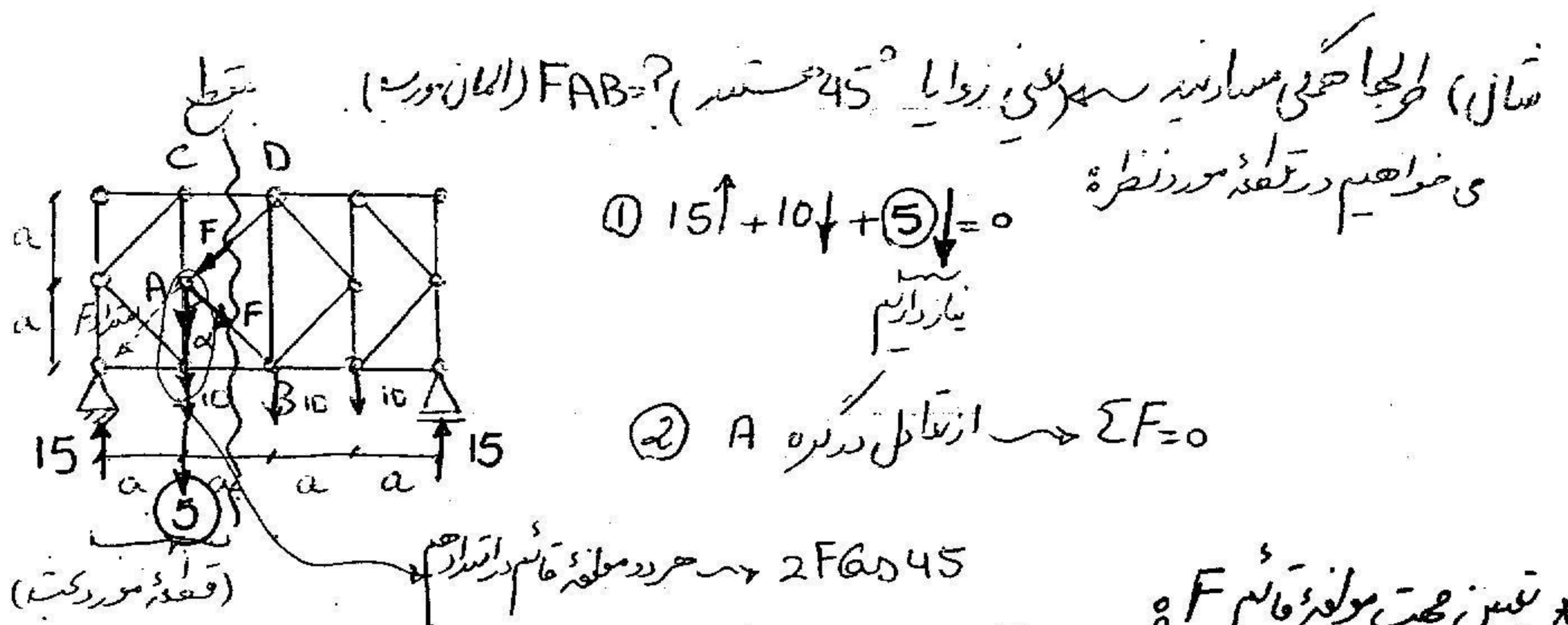


همین ترتیب در شکل ② نیز $1.5p$ می‌خواهیم
که مولفه قائم نیروی مورب فشاری آن را
تأمین خواهد کرد.

در سازه‌های فلزی، کششی کمتر است پس ① کمتر

است. دلیل‌های عابر باریک چون پشته‌ها

حلی زیاده‌است، در دانه و وسط از $\boxtimes$ استفاده
می‌شود که هم C و هم T دارد که نیرو تقسیم شود.



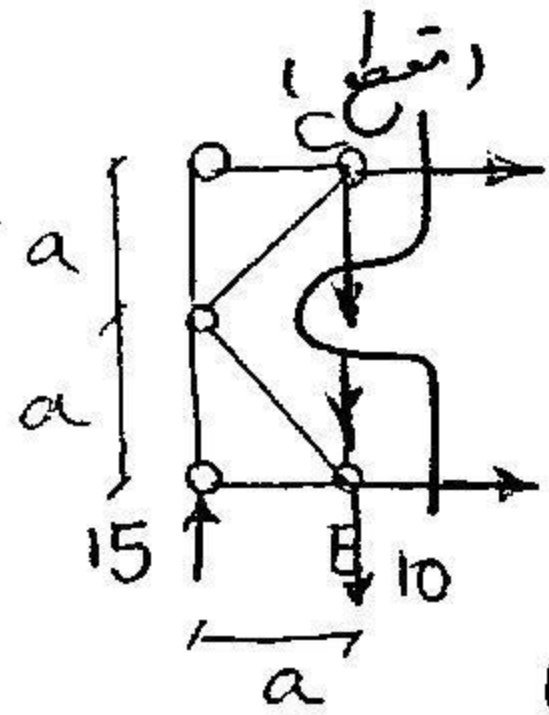
(خربای K)

سوال) $F_{CD}=?$ (المان غیر مورب) در خربای افقی (خربای K)

از مقطع معروف خربای K برای حل استفاده می کنیم، این مقطع معروف، مقطعی است که از مولفه قائم و افقی می گذرد.

حاصل E مان می گیریم. که یعنی عملی نبردها از E می گذرد فقط

F_{CD} باقی می ماند 15.



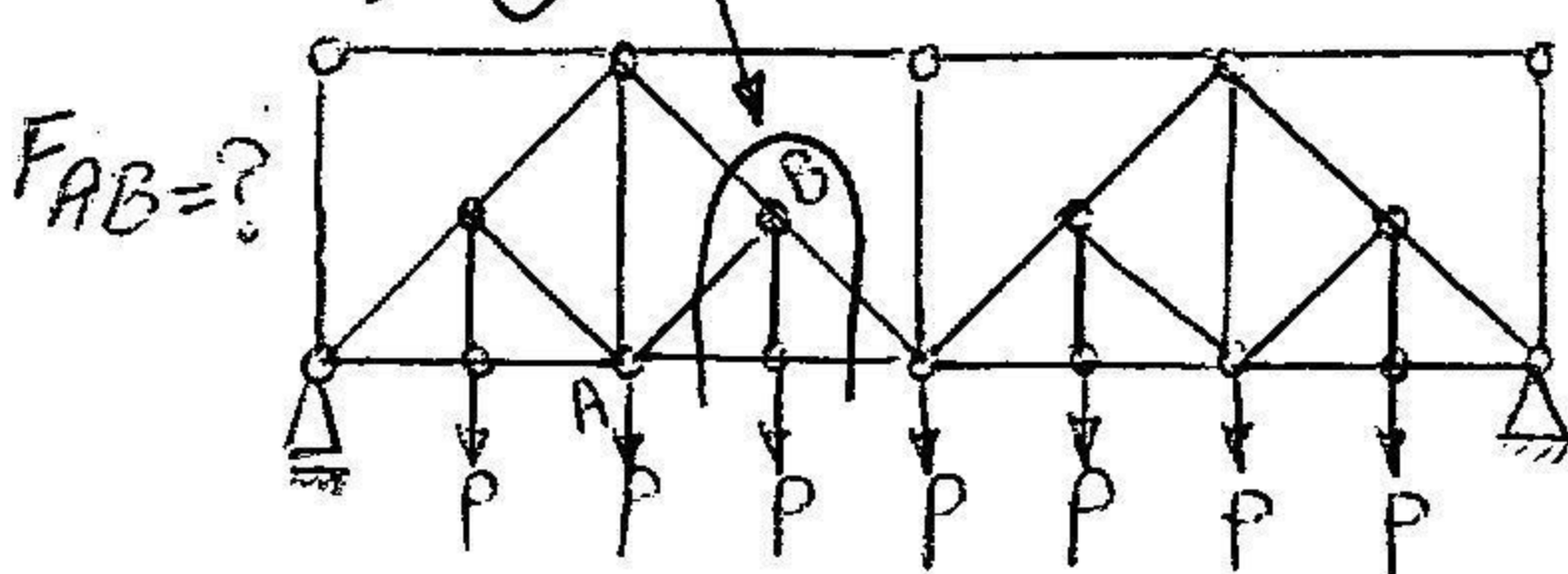
$\sum M_E = 0$ (معادل باید در تیره E برقرار باشد)

$15 \times a = F_{CD} \times 2a$

$F_{CD} = \frac{15}{2} = 7.5$

سوال) (خربای پالستیمور) خربایی است که ارتفاع زیادی دارد که باعث می شود طول اعضای قطری زیاد شود.

که به همین علت قیدی از وسط آن می گذرد برای جلوگیری از خیزش زیر قید، از تیر زیرین به گره قید وصل می شود. که این خربا نیز مقطع معروفی دارد.



$\sum M_C = 0$

$P \times a = (F_{AB} \cos 45^\circ) \times b$

$F_{AB} = \frac{P \times a}{b \cos 45^\circ}$

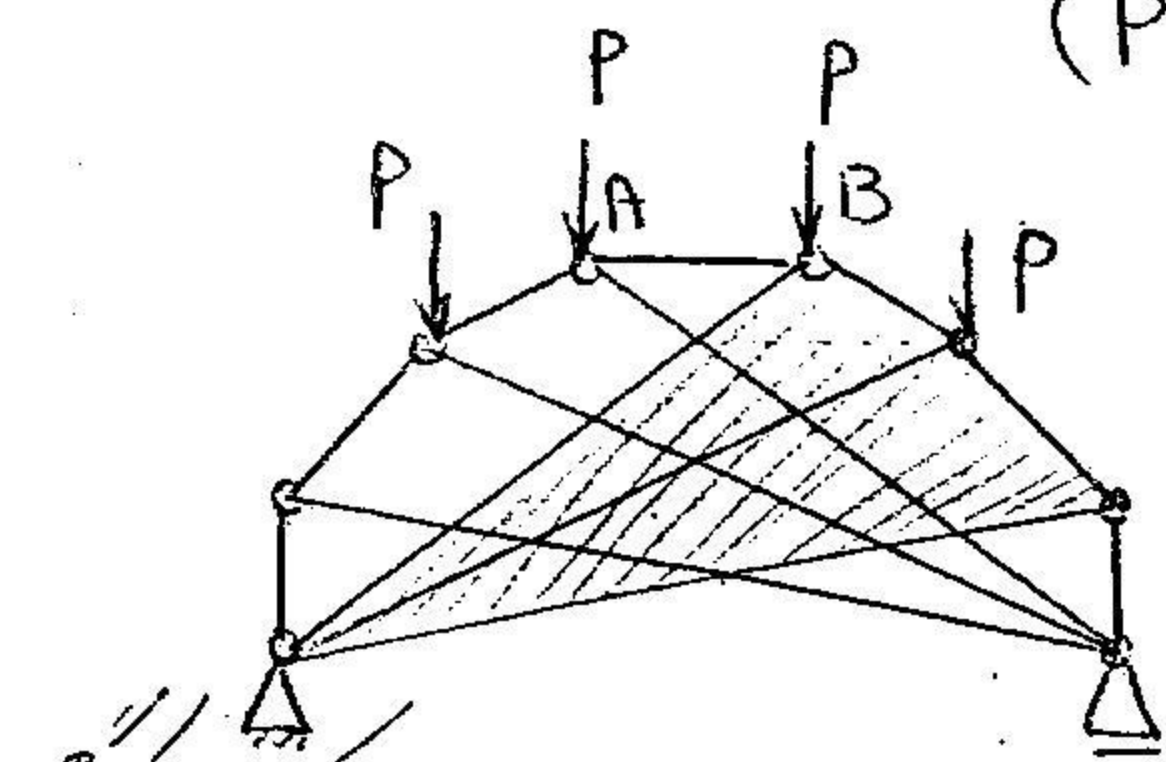
(توضیح)

توضیح:

یعنی اگر زاویه 90° باشد می توان صورت زیر $\rightarrow AB \perp BC$ if

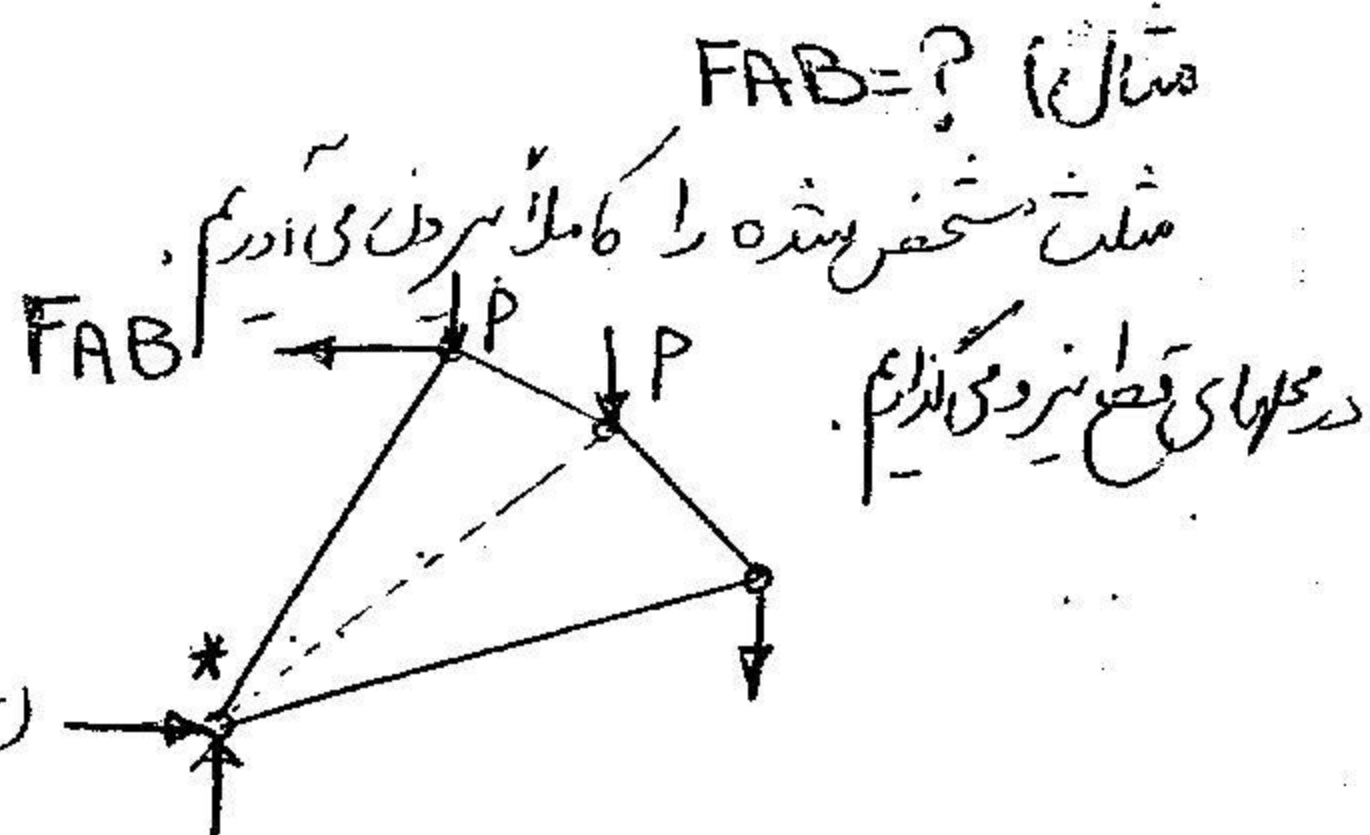
نوشت :

$$(P \times a = F_{AB} \times b)$$



(عضو بالای این تکیه بر نیروی صورت در آنند در عین حال بله می
دیده می شود)

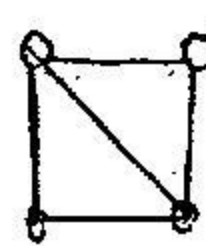
$$\sum M^* = 0$$



اعضای صفر نیروی ∞ قبل از کتب خراب :

می توان اعضای که نیرویشان صفر است از خراب خارج کنیم.
حالت اول) اگر در عضو به تکیه ای متصل نشوند ، در یک راستا نباشند و نیروی به آن تکیه اعمال
نشود ، آن عضو صفر نیروی خواهند بود. (معمولاً در نوشته های خراب)

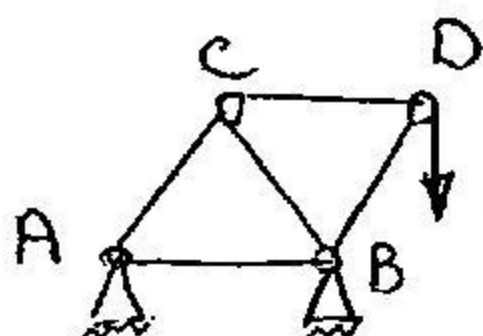
اگر نیروی به این تکیه اعمال نشود در امتداد یکی از این دو عضو باشد ، تماماً به عضو
مقابل خود منتقل شده و عضو دیگر صفر نیروی خواهد بود.



حالات (۴) اگر دو عضو در یک امتداد باشند، عضو سومی با هر مقدار در نگاه به آن دره متصل شود، بشرط این که
نیروی به دره اعمال نشود، صغیر نیروی خواهد بود. (عضو نیایی به صغیر نیروی) صغیر نیروی

نیرها با هم بر سر می نشیند

حالت سوم) اعضائی که در سر آن نسبت بهم هیچ لوله حایلی نداشته باشد. جعفری و کی می باشد.



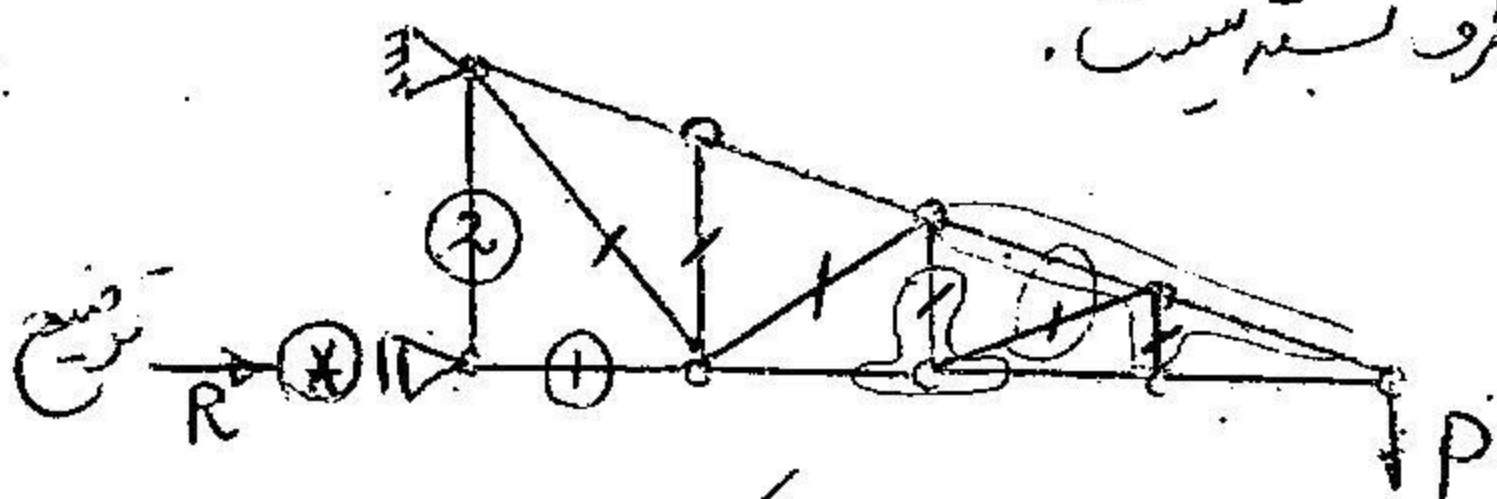
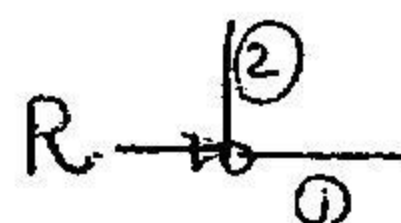
مثال: مثلاً مسای (الاجماع) انداز و یا 60° هست.

FAB = ?

عضو AB از دو طرف بسته شده است، پس هیچ گونه جابجایی ندارد. $F_{AB} = 0$

(مثال) شکل در نزد یک خبر نیل است - حیدر معصوم صفر نوری در این خبرها و مورد دارد؟

(*) توضیح: $\bar{A}$ عکس A است یعنی عضو (2) از دایره بسته نیست.
و R عکس l $\bar{A}$ می باشد.



در عضو به بند کمره متصل اند و نیز در پی آن
کمره در مقدار یکی از اعضا وارد شده پس
عضو دیگر، یعنی عضو (2)، صغیر نیز می باشد. (حالت اول)

محصول شیر، عقی حصو ②، صغیر ذبی است. (حالت اول)

⑥ آصفیہ نوری: مختصر سہ ماہی ②

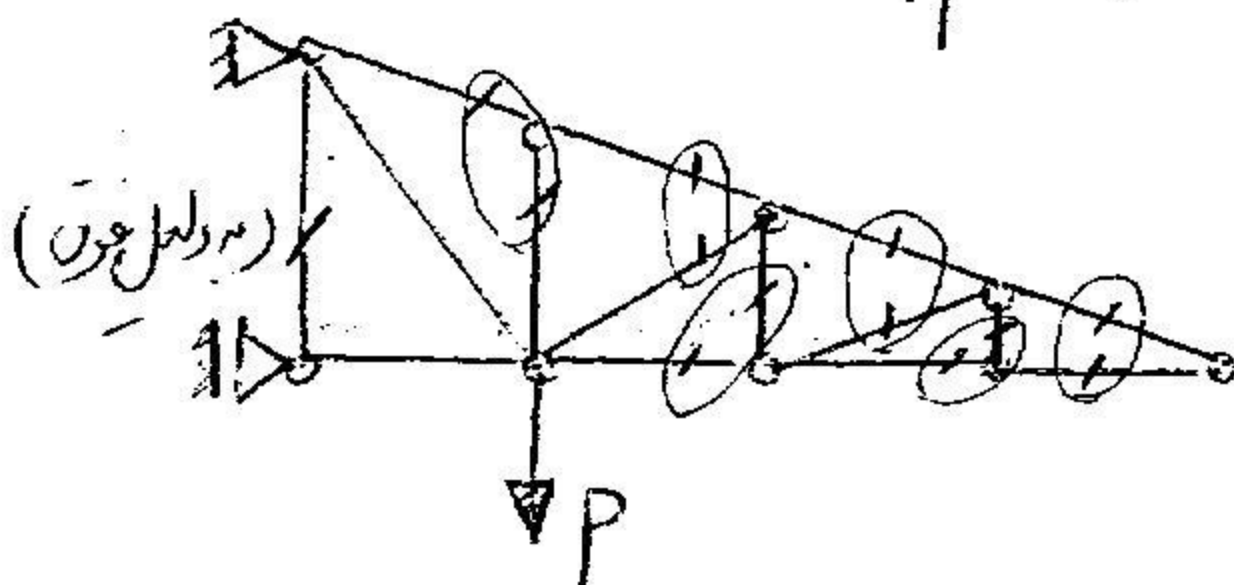
① معجزہ بردی : حالت ①

7 تا عضو صفِ نر کی هستند.

مثال: در نظر و در ادعای غیر مردی حیدر آهسته

دوتا دوتا با هم مغز نردکی هستند مثل اطرافای می ماند که لای از P (واقیاً هم)

فصیح نیروی داخلی در اعصاب و حواس دارد.



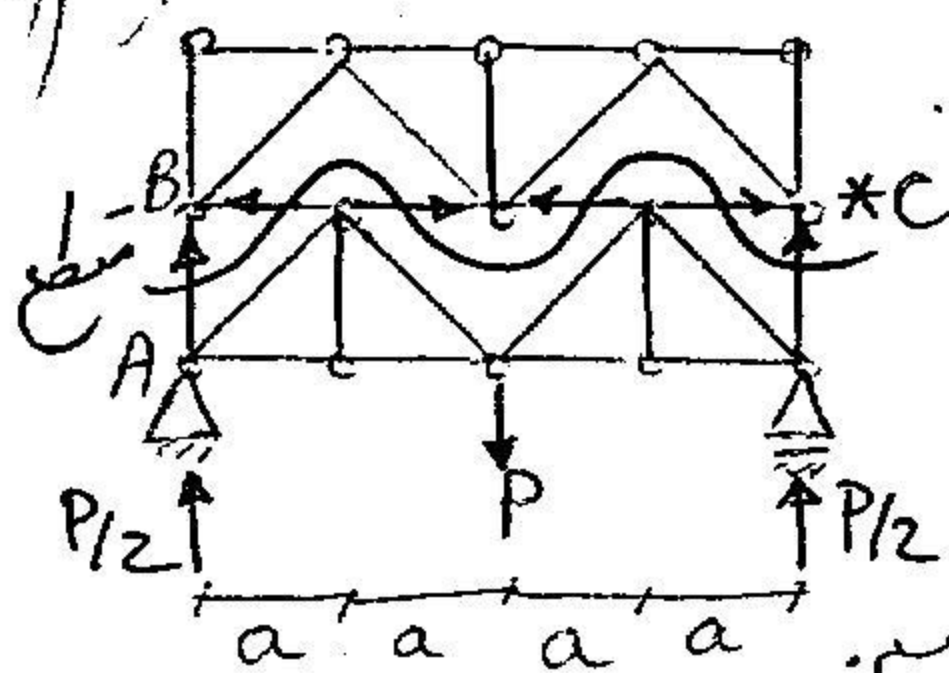
دلایل استوار از اعضای صغیر نیروی در سازه :

حفظ شکل هندسی، افزایش درجه نامعینی و حالت‌های مختلف بارگذاری استوار دلایلی هستند که اعضای صغیر نیروی را در سازه می‌گذاریم.

* توکهای رگه‌های نیرو: به عنوان دیگر هستند زیرا کلان در سطحی زنده (لایه‌ای ضعیف) و زمانی که سطح آب می‌شود، یکدیگر را از روی کامل می‌افتند یا پس دارند و ارتفاعش و نوسان زیادی به ما به منتقل می‌کند. دیگر طری این ارتفاع را می‌برد. همان بای این کما صغیر زیاد است. برای همین فاصله زیادها زیاد است که از واژگونی جلوگیری می‌کند.

مثال) اگر حداکثر نیروی در عضو AB محتمل می‌باشد 10 ton باشد، حداکثر نیروی P چقدر است؟
دو طرفه طول برابر a هستند (خرمای K)

سوال * چقدر نیرو



حول C همان می‌گیریم که اثرات نیروها از این نقطه می‌گذرند.

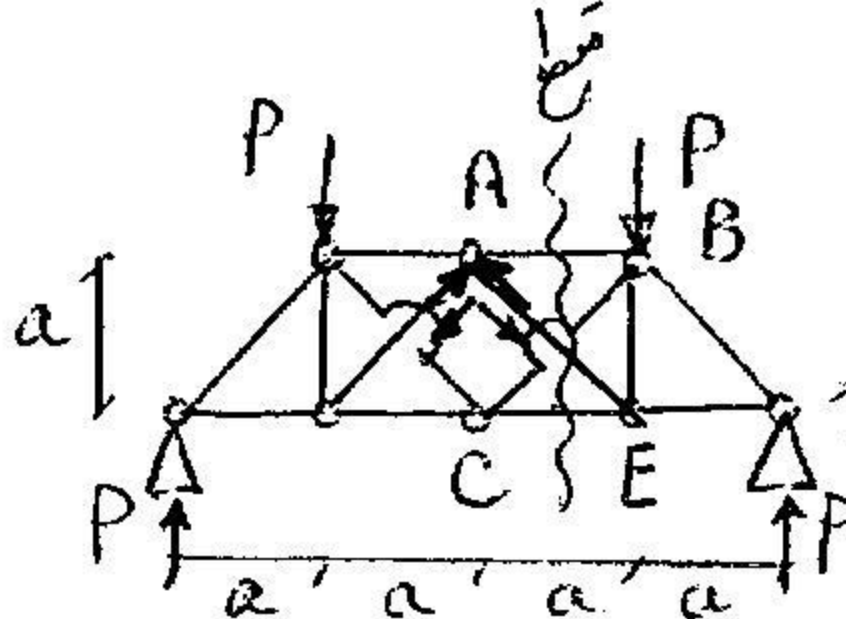
$$\sum M_C = 0 \rightarrow P \times 2a - P/2 \times 4a - F_{AB} \times 4a = 0$$

$$F_{AB} = 0$$

یعنی هیچ نیروی درونی وجود ندارد در P می‌خواهیم می‌توانیم وارد کنیم.

توجه * عضوی پیدا کردیم که هیچ یک از حالت‌های 1-2-3 صغیر نیروی از بار ددی نیروی آن صغیر است.

مثال) $F_{AB} = ?$



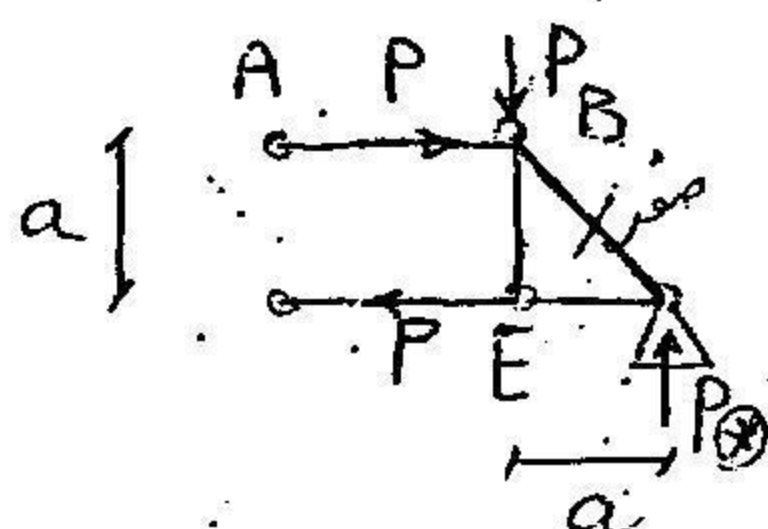
اگر مقطع نزنیم در هر حال در محمول داریم پس به نیرو (A) نگاه می‌کنیم.
نیرو (A)، در عضو قطری دارد که به علت تقارن خراب باید یا حرد در کشش یا حرد و فشاری باشند.

حرد کششی ایجاد
حرد و فشاری ایجاد

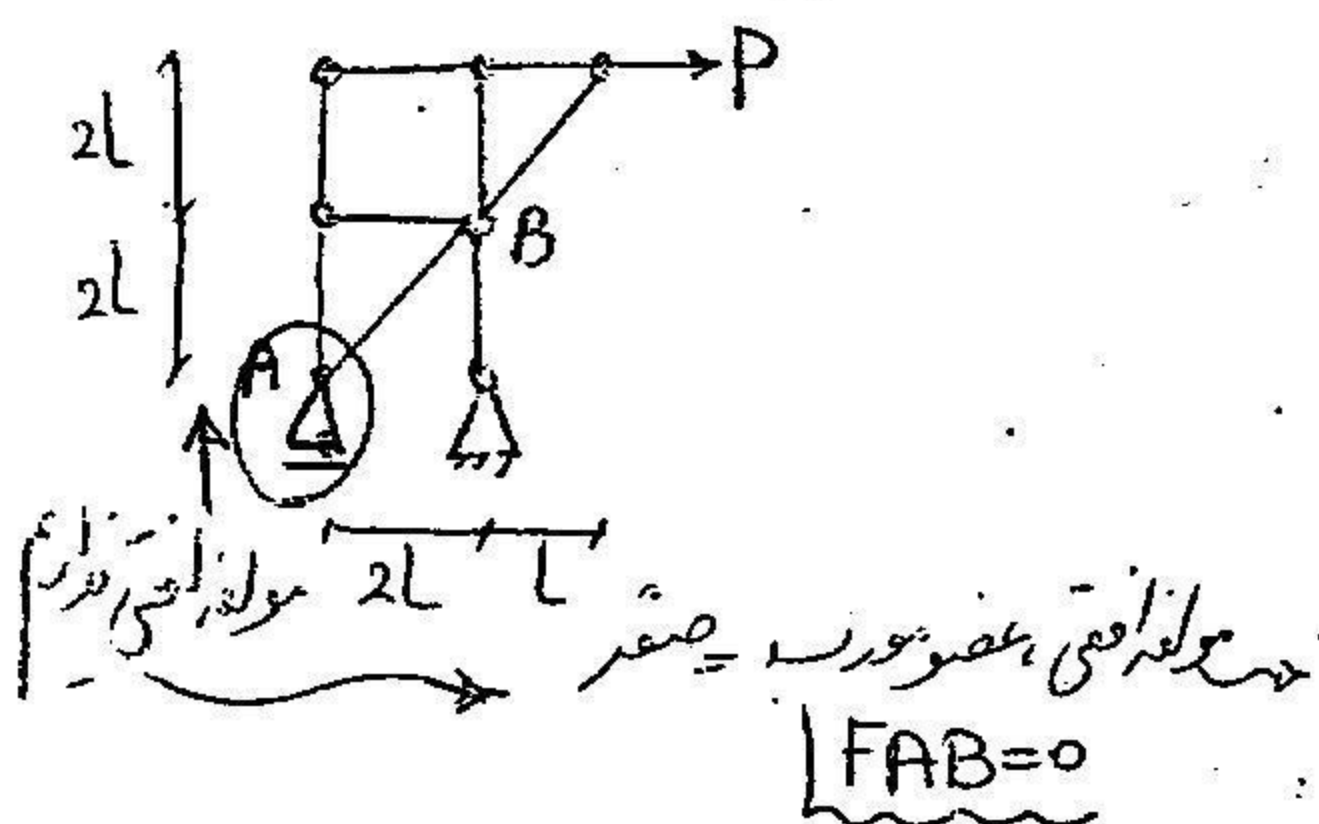
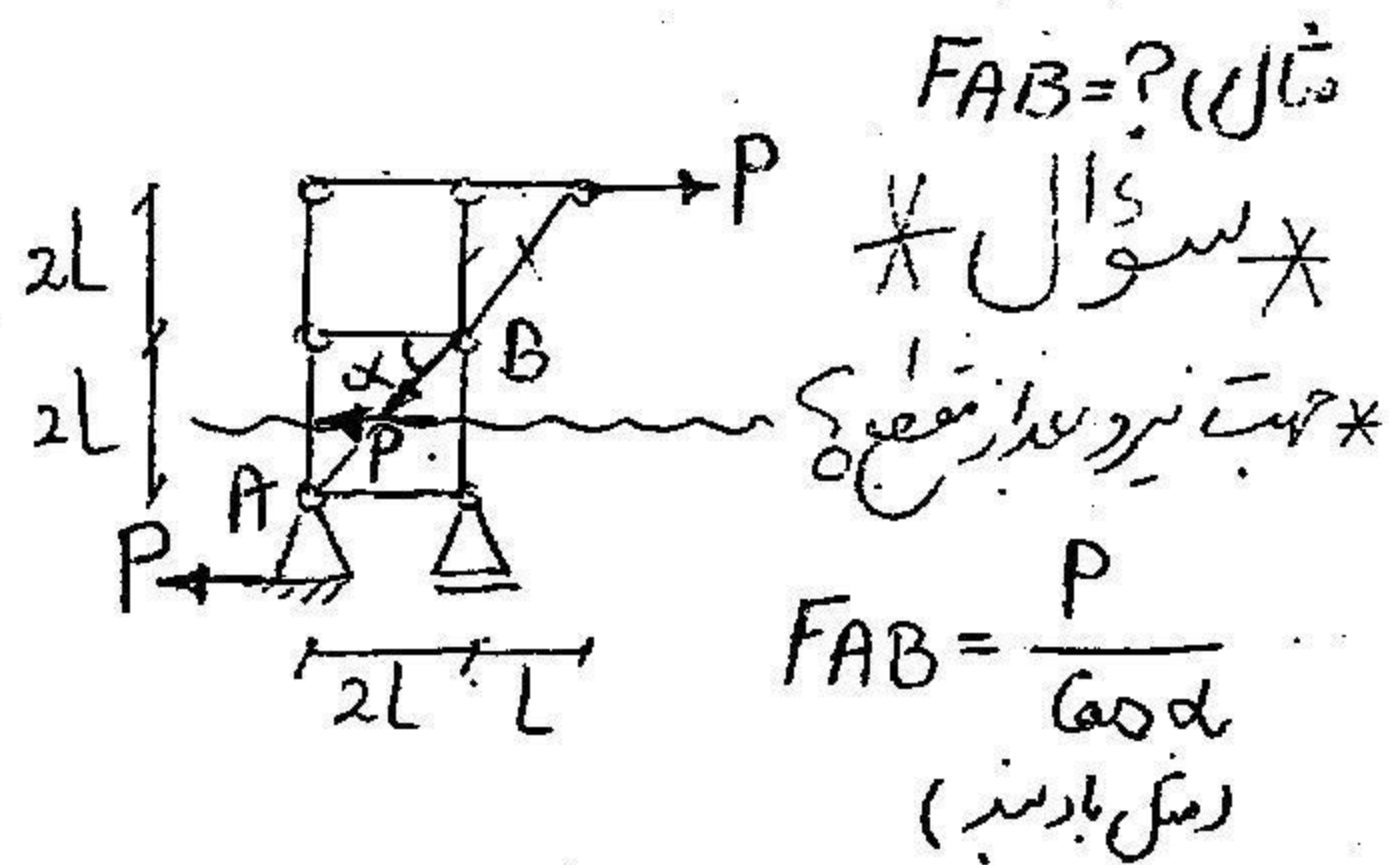
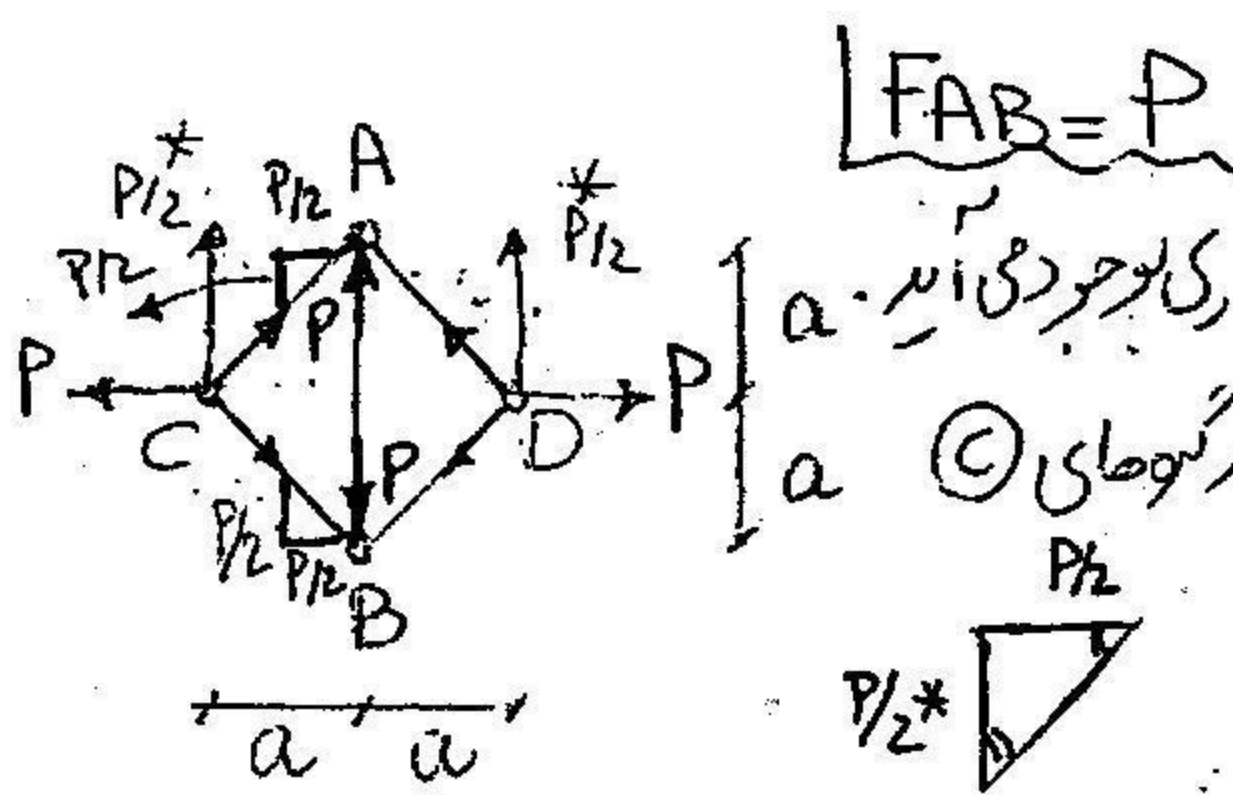
نیروی مولفه قائم ↓
نیروی مولفه قائم ↑

که هر بالادرجه پاس باشند نیروی وجود ندارد آن را نیروی مولفه قائم را حسی کند پس باید صفر باشد
یعنی نیروی بالاکهای متوجه صفر است، حسن طور برای نکته ©.

* تذکره: اعضای قطری این خرابه به بره © می رسند، بدلیل تقارن باید نیروی برابر هم جهت داشته باشند یکی در این حالت برآیند این نیروها در امتداد قائم حسی نشود و متوازن گره © باشد
پس نمی شود. لذا باید هر دو آنها صفر باشند، تا هم تقارن رعایت شود و هم متوازن گره
بدان توضیحات فوق، حال به سراغ مقطع زده شده می رویم و $\sum M_E = 0$ می نویسیم.

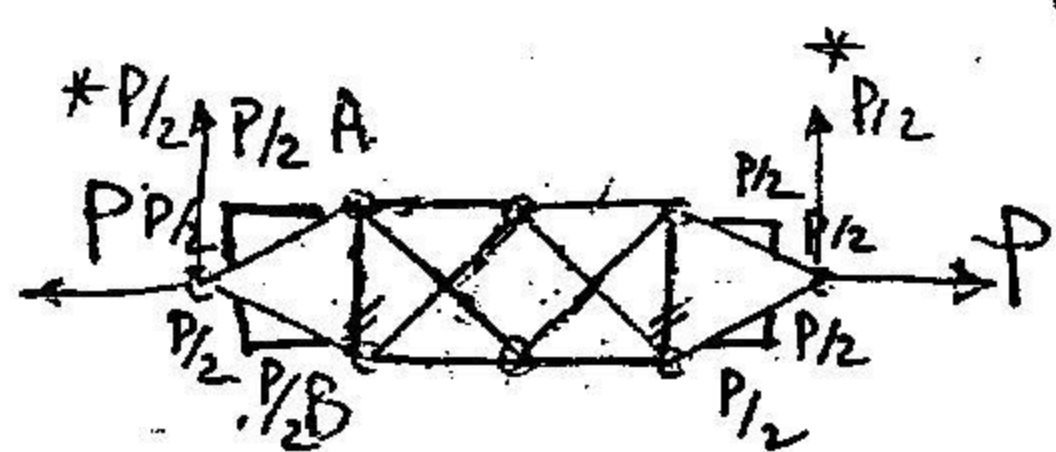


$$\sum M_E = 0 \rightarrow F_{AB} \times a = P \times a \rightarrow F_{AB} = P$$



هر دو طرف $P/2$ ، افقی در دو طرف $P/2$ قائم داریم یعنی عمداً P افقی در © و © با آنها حسی می شوند و P های قائم برای متوازن گره © و © مستقر آن است که نیروی P در AB باشد.

$$P/1 = F_{AB} \quad * \quad P/2 + P/2 = P \quad \text{و} \quad (17)$$

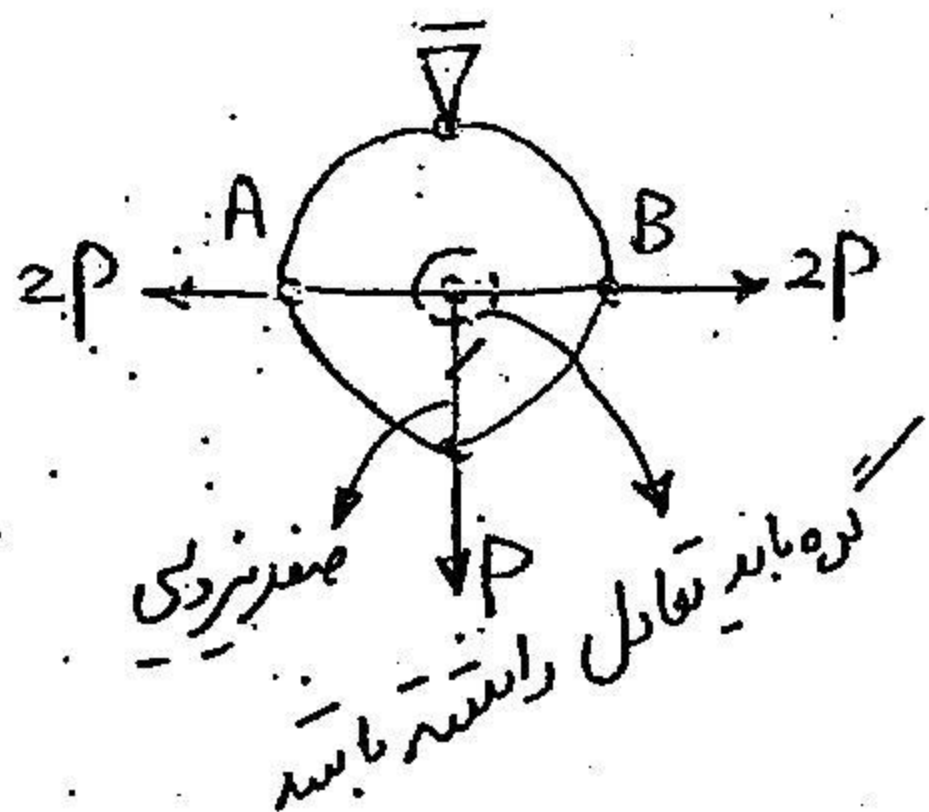
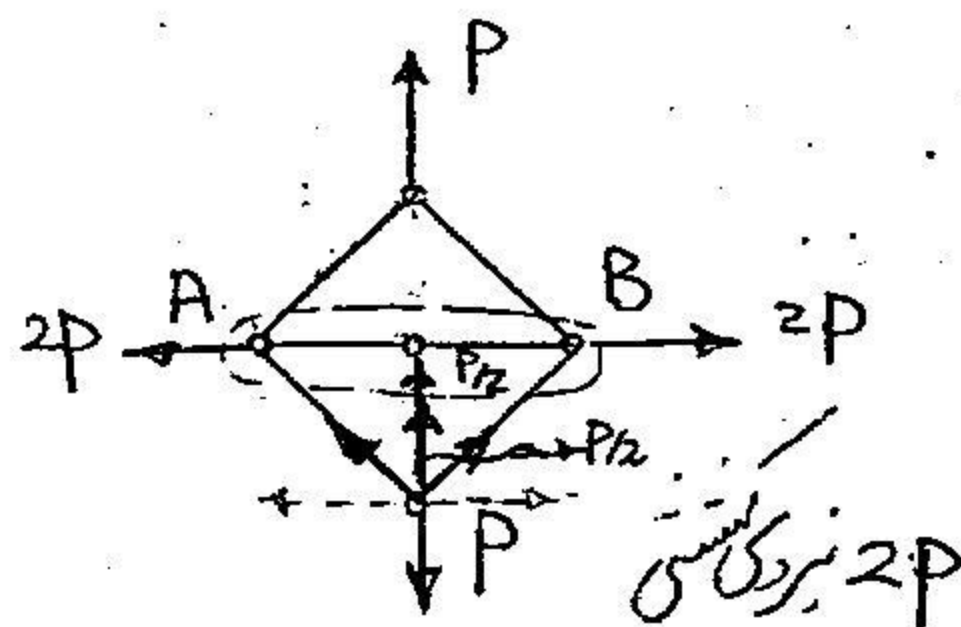


مثال: متعارف و فواصل اعضا را پیدا کنید. $F_{AB} = P/2$ $F_{AB} = ?$

توضیح: نیروی قائم اعضای وسط عملی میفرایند. به دلیل تعادل شخص از دو طرف P داریم، بدنه قائم داریم.

$$* P/2 + * P/2 = P$$

$$\frac{P}{2} = F_{AB}$$



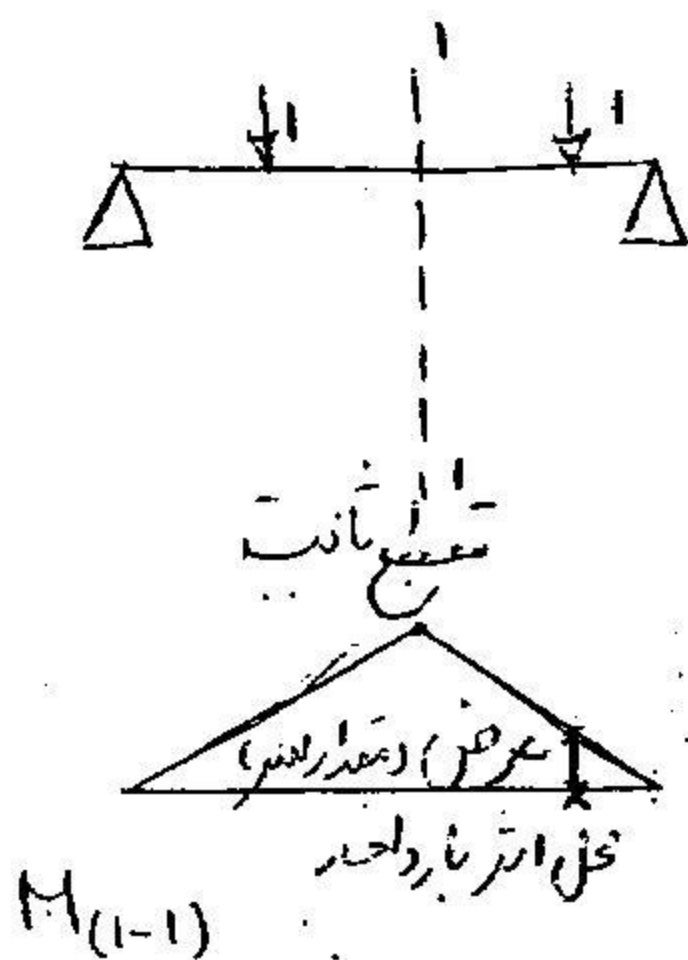
مثال: $F_{AB} = ?$

توضیح: ابتدا از دو طرف عضو کشیده می شود. حال رأس مثلث (مستقل به ابعاد) از دو طرف به عضو فشار وارد می کنند.

نیروی فشاری P $(P/2 + P/2)$ P نیروی کششی

87, 9, 24

خط تأثیر یعنی خط تأثیر باینکه بزرگترین یا کوچکترین مقدار در یک مقطع مشخص تحت اثر بار متحرک واحد بر روی سازه می باشد.



* بار واحد روی تیر در حال حرکت است.

* مقطع ثابت است.

* توابع ثابت عبارتند از: P, M, Δ

* عرض: مقدار تابع در محل اثر بار واحد برای مقطع ثابت

- دایره دیاگرام خط تأثیر

- دایره دیاگرام - مقطع متغیر

- بار ثابت

خط تأثیر
مقطع ثابت
بار متحرک

- خصوصیات خط تأثیر

① از نوع بارگذاری مستقل است.

② در سازه مفصل، خط مستقیم است.

③ در سازه نامفصل، محضی (محدارده) است.

- روشهای خط تأثیر

* (روش گسی) ① نقطه ای (گسی)

مثال) برای تیر در صورتی که از روش گسی، خط تأثیر رسم کنید.

توابع: $M_{a-a}, \Delta_{a-a}, R_B, R_A$

برای R_A بار واحد ① روی تیر از A تا B حرکت می کند. اثر

بار واحد روی A باشد $R_A = 1$ / اثر بار واحد روی B

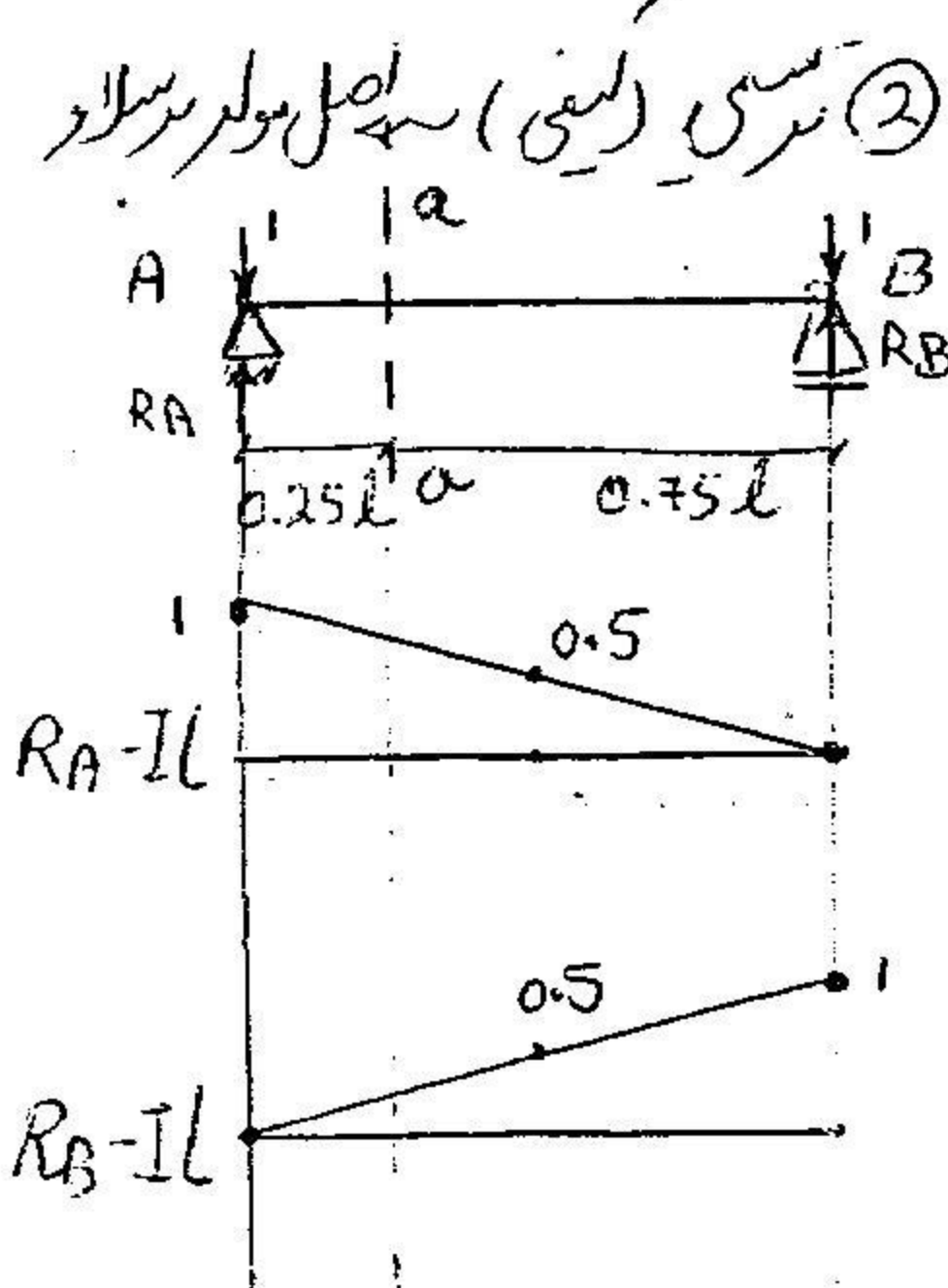
باشد $R_A = 0$ / اثر بار واحد وسط تیر باشد $R_A = 0.5$

برای R_B بار واحد روی A باشد $R_B = 0$ / بار واحد روی B باشد

$R_B = 1$

(عکس العمل ها)

(۱۷)



تذکره: در خط تأثیر عکس العملهای تکیه‌گاهی نقاط زیر وجود دارد:

① عرض خط تأثیر در نقطه‌ای که خط تأثیر آن را رسم می‌کنیم برابر با یک است.

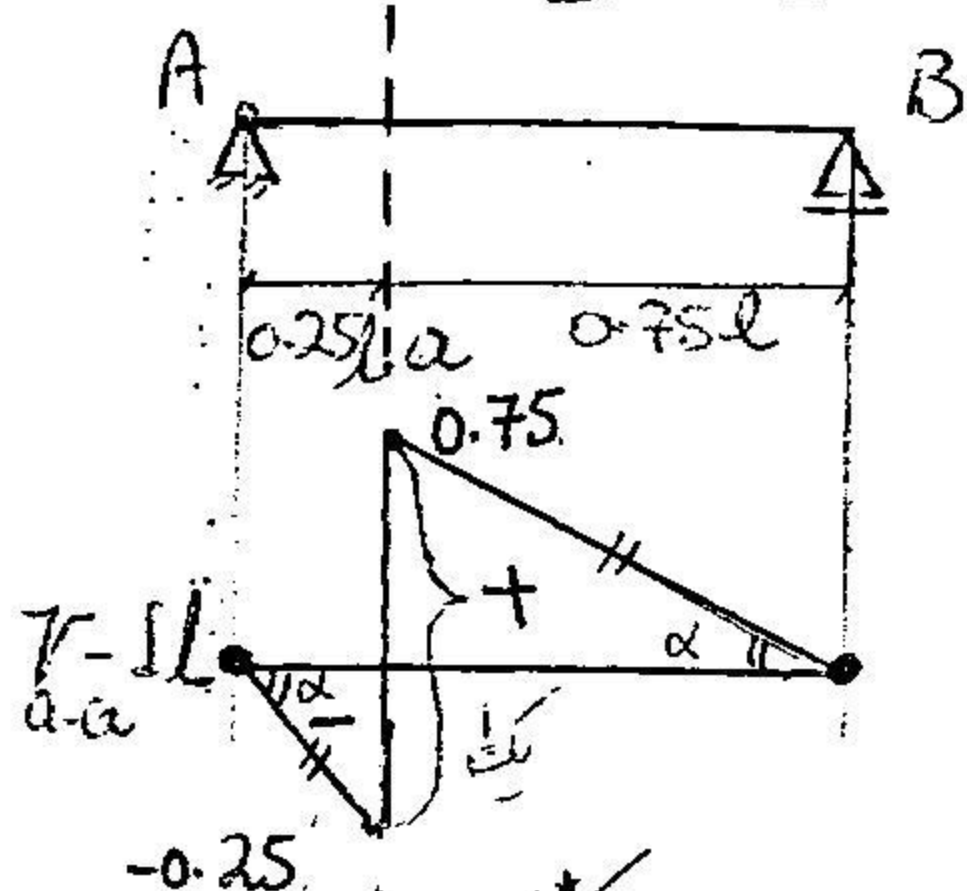
و در سایر تکیه‌ها حتماً برابر با صفر است.

② جمع عرض‌های خط تأثیر عکس العملهای تکیه‌گاهی در هر وضعیت بارگذاری همواره برابر

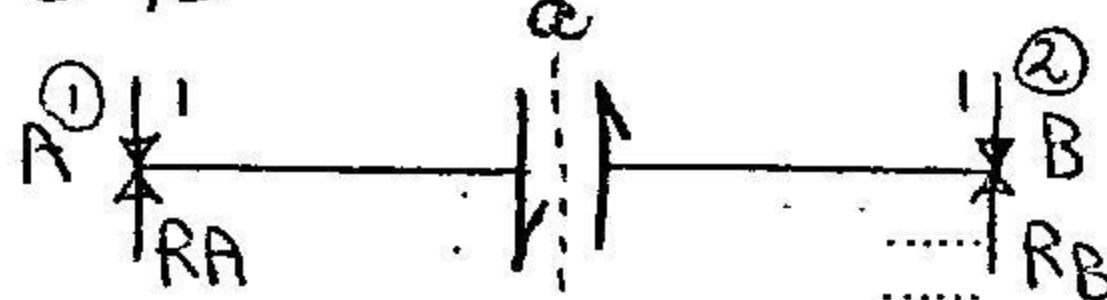
یک است.

(پیش)

$$RA + RB + \dots = 1$$



برای V_{a-a} ، ابتدا بار واحد را روی A می‌گذاریم و مقطع می‌زنیم:



در این حالت، چون تمام بار واحد توی تکیه‌گاه می‌رود، نیرو در دگمی نشود.

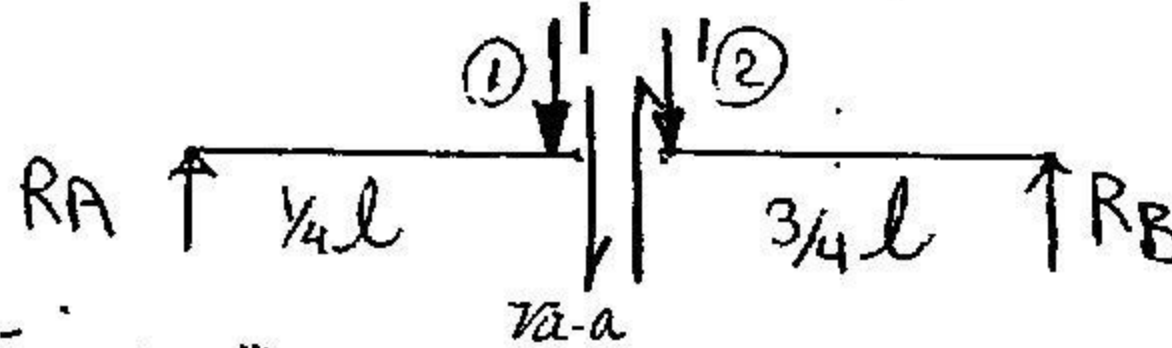
$$V_{a-a} = 0$$

در نتیجه:

② سپس بار واحد را روی B می‌گذاریم و مقطع می‌زنیم. در این حالت چون تمام بار واحد توی تکیه‌گاه B می‌رود

$$V_{a-a} = 0$$

سازه منحن است پس باید خط تأثیر «صاف» باشد و تقوای داریم که بار واحد روی اثر که برود در مقطع بیش خواهیم داشت. در این حالت کمی قبل دگمی بود از مقطع بار واحد را قرار می‌دهیم



$$RA = 0.75$$

$$RB = 0.25$$

* نسبت عکس‌العمل‌ها *

$$\frac{RA}{RB} = \frac{0.75}{0.25}$$

$$\sum F_y = 0 \quad \text{①} \quad RA = V_{a-a} + 1 \rightarrow V_{a-a} = -1 + 0.75 = -0.25$$

$$\{-0.25 = V_{a-a}\}$$

$$\sum F_y = 0 \quad \text{②} \quad RA - V_{a-a} = 0$$

$$\{0.75 = V_{a-a}\}$$

در این دگمی

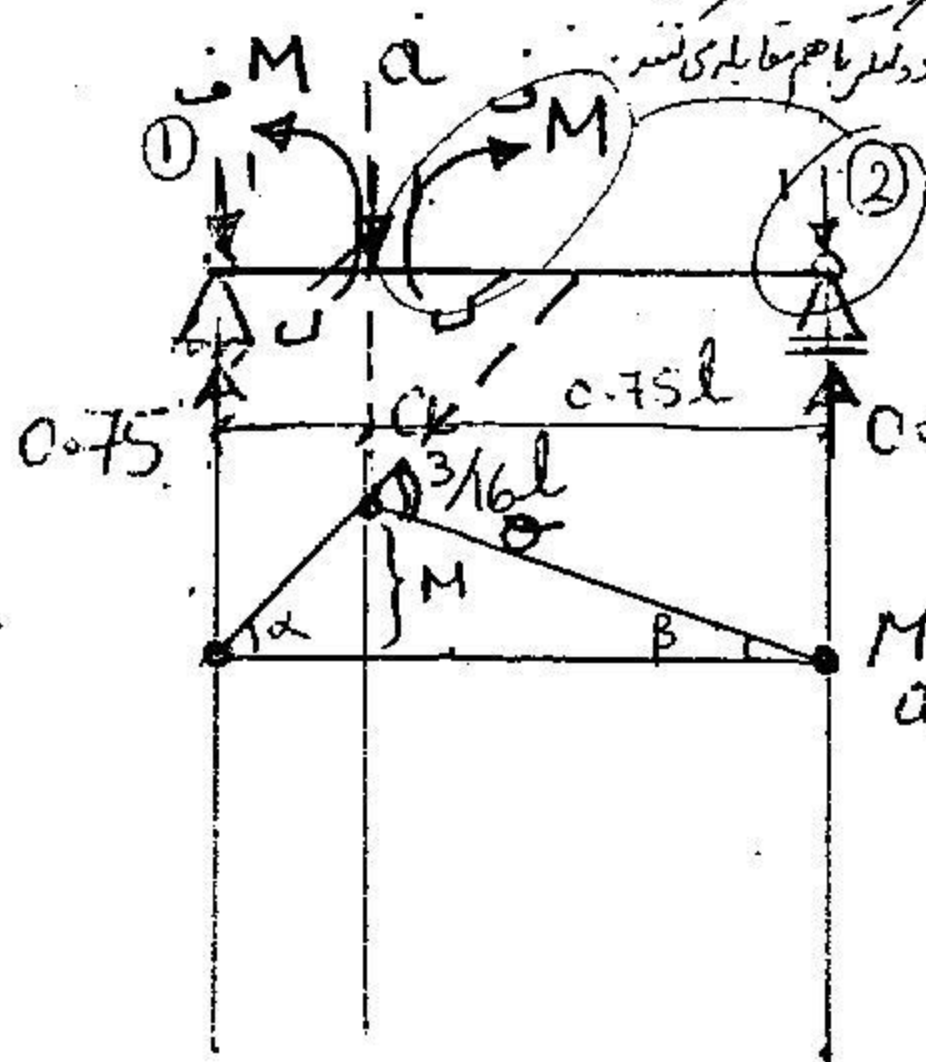
تذکره: در خط تأثیر برشی هر مقطع دایره زیر وجود دارد.
 ① کل شکستگی ایجاد شده برابر با یک است.

② شیب مماسی خط تأثیر در هر منقطع نقطه که خط تأثیر را برای آن رسم می کنیم، باید برابر شیب مماسی در آن نقطه خطوط (//) با هم موازی اند. زاویه نیز با هم برابر است که اگر شیب مساوی باشد شود، زاویه 45° هستند.

$$\tan \alpha = \text{شیب} = \frac{0.25}{0.25l} = 1/l$$

$$\tan \alpha = \text{شیب} = \frac{0.75}{0.75l} = 1/l$$

③ در خط تأثیر جمع حرکت داریم. پیش در (a-a) اصلاً نباید شیب نسبت



کمی قبل 0.25l - و کمی بعد 0.75l می باشد. (نکته)

① بار واحد در A، تمام بار توی تکیه گاه می رود و بازوی کمتر می باشد 0.25
 $M_A = 0$ پس لنگری ایجاد نمی کند.

② بار واحد در B، تمام بار توی تکیه گاه می رود و بازو بیشتر است
 $M_B = 0$ پس لنگری ایجاد نمی کند.

- حال بار واحد را در خود مقطع می گذاریم. زیر آنی قبل و بعد مقطع

فرقی ندارد، مقطع می رسم همان مقطع (a-a) و لنگرها را بررسی می کنیم که لنگرهای داخلی هر دو + هستند.

$$\sum M = 0 \quad \left(\begin{array}{l} \text{چپ در قوس مثبت} \\ \text{راست در قوس منفی} \end{array} \right) \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0.75 \times 0.25l = M \\ \text{بازو} \times \text{نیرو} = M \\ 0.25 \times 0.75l = M \end{array} \right.$$

$$\rightarrow M_{(a-a)} = \frac{3}{16}l$$

تذکره: میزان دوران سیم (زاویه خارجی) θ :

$$\alpha + \beta = \theta \rightarrow \alpha + \beta = 1 \text{ Rad} \quad (\theta = 1)$$

$$\text{جمع دوران داخلی غیر مجاز} \quad \text{سؤال} \quad \tan \alpha = \frac{M}{0.25l}, \quad \tan \beta = \frac{M}{0.75l}$$

M بدست می آید

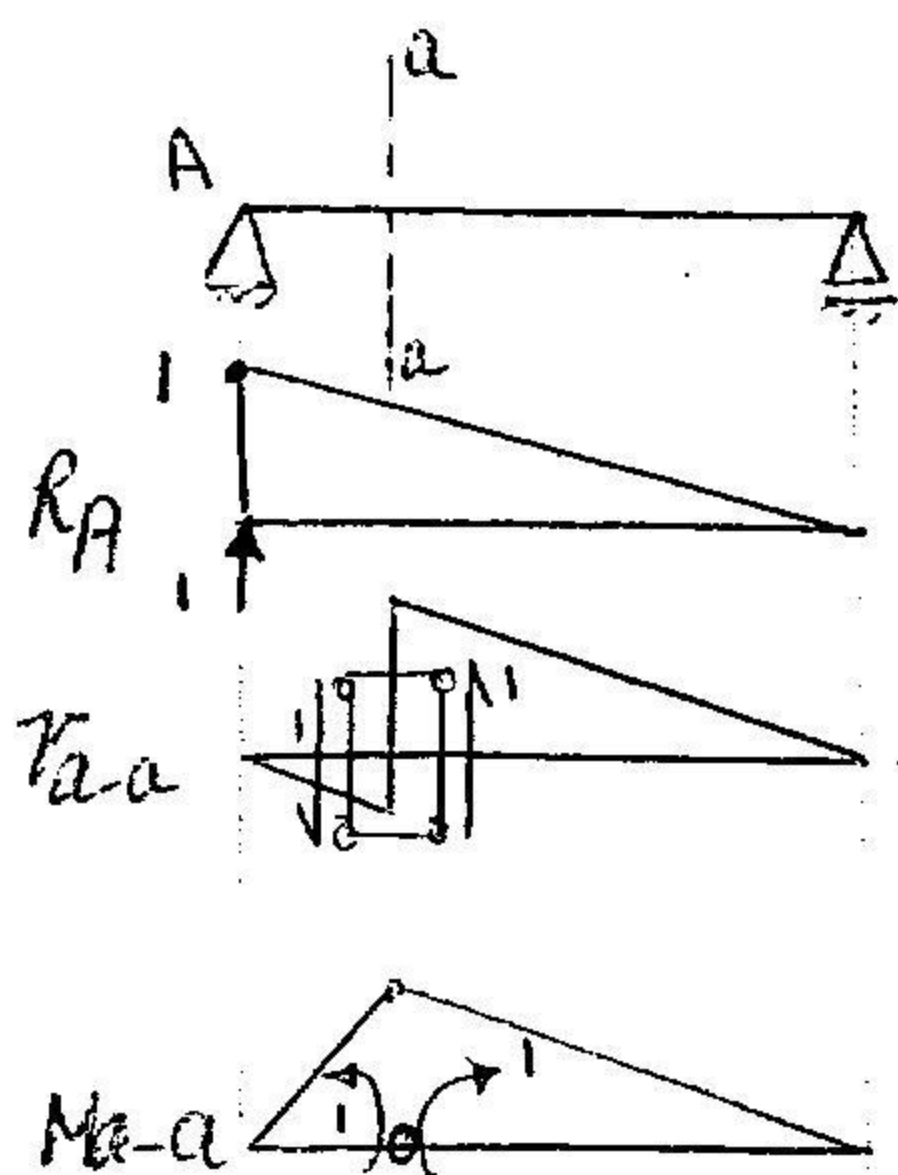
* (روش کلی) برای رسم خط تأثیرها مابین مرحله داریم:

- ① حذف عامل معاد در برابر حرکت عناصر تابع مورد نظر
- ② اعمال نیروهای متناظر با تابع حذف شده در جهت +
- ③ رسم تغییر شکل سازه تحت اثر این نیروها

* منحنی بدست آمده بطور متناظر خط تأثیر تابع مورد نظر خواهد بود.

تأثیر	عامل معاد	حذف شده	نیروی + متناظر
عکس العمل			
کشش			
لنگر			

بقی حذف کرده و جای آن نیروی + می گذاریم.

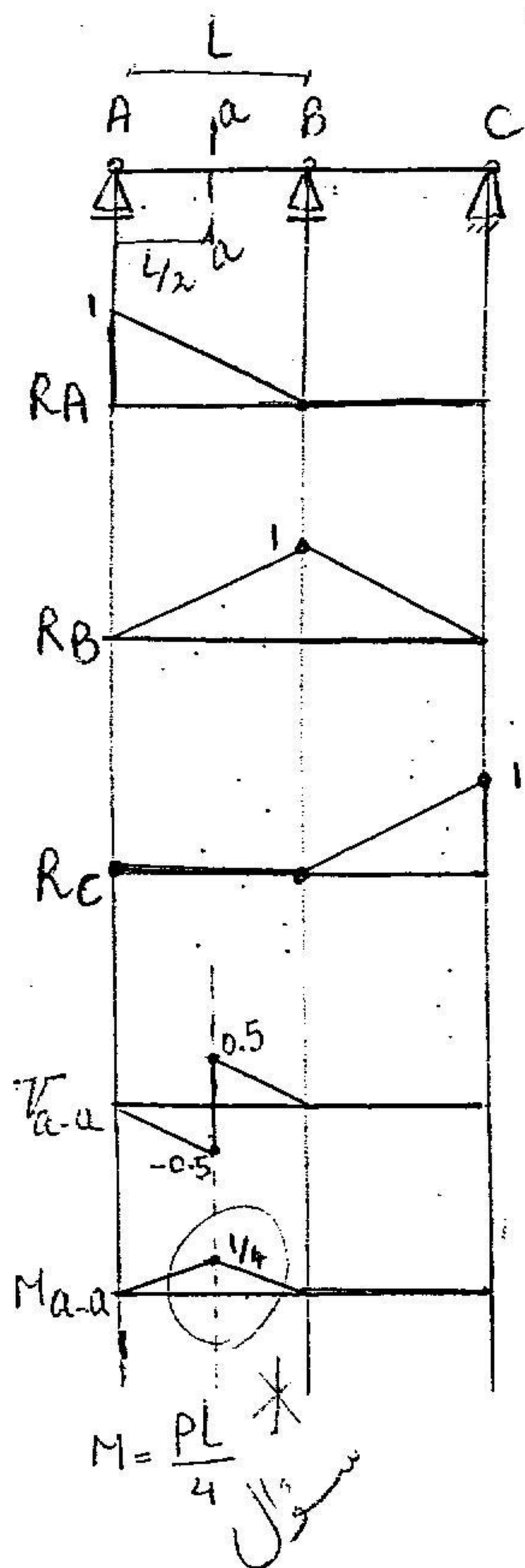


مثال) رسم خط تأثیر R_A ، V_{a-a} ، M_{a-a} بر روش کلی

حذف تکیه A و جای آن نیروی + گذاشتیم و تغییر شکل را با شرایط جدید رسم می کنیم.

ایجاد مکانیزم هرشی در مقطع، شیب دو طرف نمی تواند صفر شود چون لنگر داریم.

ایجاد معض در مقطع a-a و رسم منحنی تغییر شکل بعد از قرار دادن لنگر + در هر دو طرف معض.



مثال تیری هوسن، نتایج نه خطا تا سیراها مطابقت :

$$R_A, R_B, R_C, V_{1-1}, H_{1-1}$$

* خرد تکه a چای آن نیروی واحد رسم منحنی تغییر شکل. (از معضل نه بعد می کشید و معضل نمی شود)



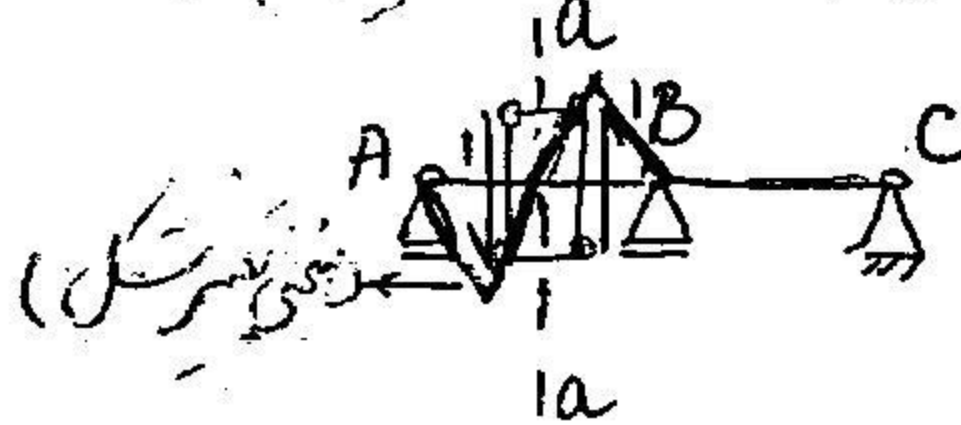
* خرد تکه a چای آن نیروی واحد رسم منحنی تغییر شکل



* خرد تکه a چای آن در رسم منحنی تغییر شکل دیا یا توجه به :
 $R_A + R_B + R_C = 1$ پس از روی خط تا سیرا R_B و R_A می توان خط تا سیرا

R_C را رسم کرد.

* در مقطع $a-a$ یک سیرا می کشیم. در طرفین آن بار واحد $\oplus$ در محل فوق می کشید و به معضل B نمی رسد دیگر حل نمی رود و معضل نمی شود به این معنی که اگر



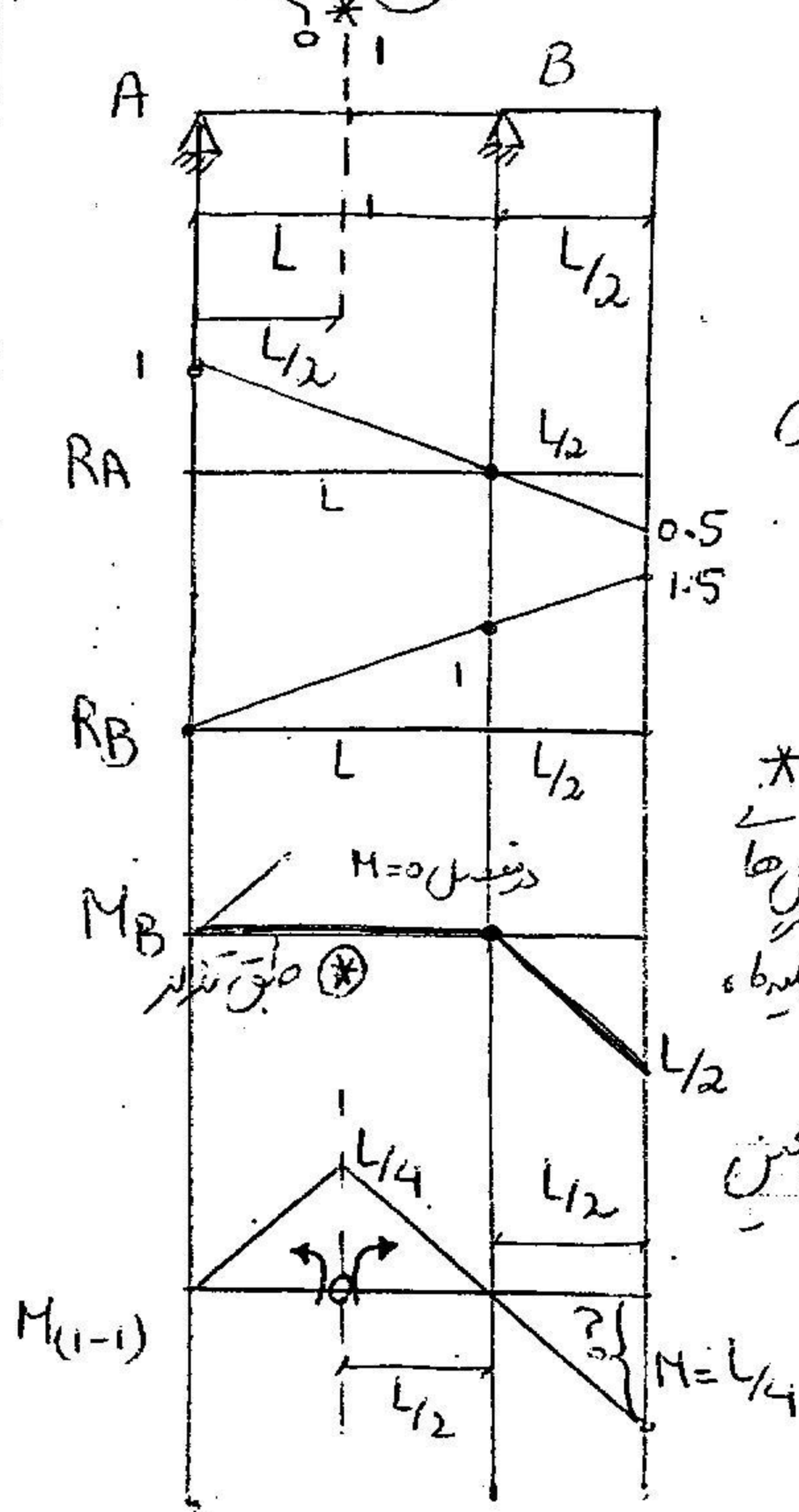
بار در BC باشد هیچ نیروی ایجاد نمی کند.

* در مقطع $a-a$ معضل داریم و کمتر $\oplus$ است پس معضل ایجاد نمی کند و به معضل B نمی رسد دیگر حل نمی رود و معضل نمی شود.



نکته ۱: معضل هیچ دورانی را منتقل نمی کند پس نه درش، نه کمتر نخواهیم داشت. (خط تا سیرا می کشید)
 ۲: حد اکثر خط تا سیرا عکس الکل تکه a می، $\frac{1}{2}$ نیست، خصوصاً در طرف راست است.
 ۳: اگر معضل ایجاد می روی تکه a باشد مثل، مثال بعدی، در عضو طرفین به طرف راست خم می شود.

مثال: خط تأثیر R_B و R_A ، M_B و $V_{(1-1)}$ و $M_{(1-1)}$ رسم شود.

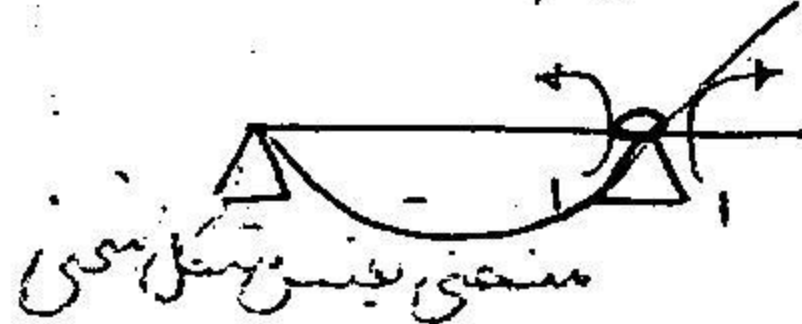


برای R_A ، حذف تکیه و قراردادن نیروی آن (منفی تغییر شکل) در رسم منحنی تغییر شکل:

برای R_B ، حذف تکیه و قراردادن نیروی آن در رسم منحنی تغییر شکل (منفی تغییر شکل):

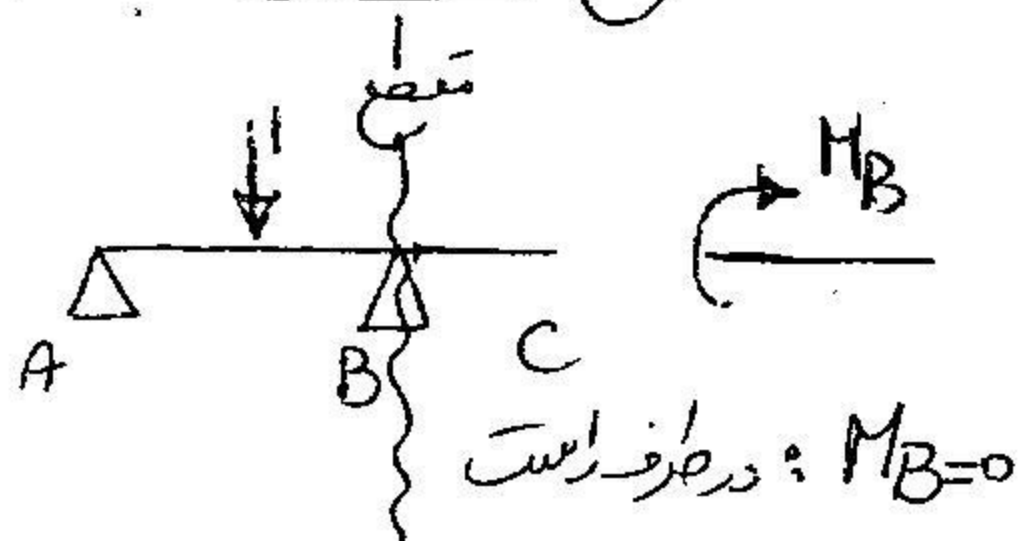
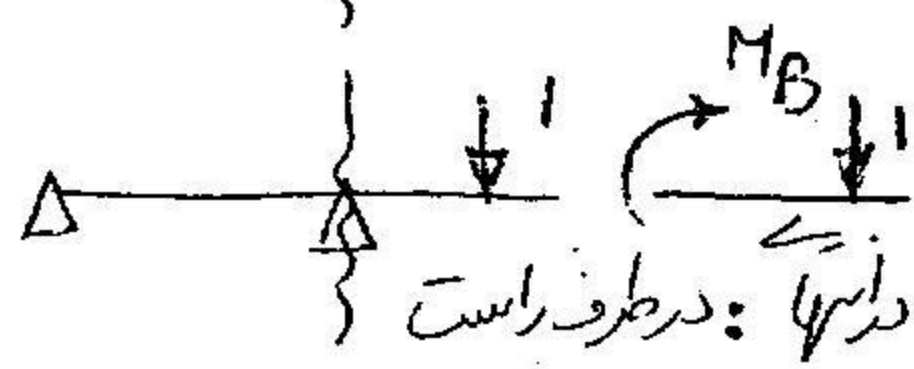
برای M_B ، در محل B، مفصل می‌گذاریم * مفصل در تکیه و باعث می‌شود در عضو طرفین خم شود و مثل مفصل‌ها قلی نسبت به شیبند و بالا برود. و با این مفصل روی تکیه، در عضو طرف یابن خم می‌شود.

فیرتوجه داشته باشید با این مفصل روی B، نیز سازه محکم است و M_B درجه 1 می‌باشد.



نکته: چون تغییر شکل منحنی دارد و ما باید در خط تأثیر سازه محکم، خط مستقیم داشته باشیم، پس این منحنی صرفاً برای رسم منحنی اثر بار در تکیه AB حرکت کند، هیچ گزیری در B ایجاد نمی‌شود زیرا که آن سرش آزاد است و تمام گزیری می‌برد.

اثبات قصه فوق؟



بن (فرد در تکیه AB) زیرا بار داریم

خط تأثیر همین راستا می‌دهد که اگر بار در تکیه شود، M_B داریم.

خواه باشد

در واقع مفهوم عرض چیست که در (۱-۱) می بینیم، یعنی بار در این محل (دانشای جزوه) با سید نصر در محل (۱-۱) حقیر است.

دک می توانیم مقدار عرض ρ را در استاتیف بدست آوریم، یعنی بار $\downarrow$ را نیز در محل مقطع (۱-۱) بدایم و کمتر کنیم.

$$M = \frac{L}{4} \rightarrow \rho = 1 \rightarrow M = \frac{PL}{4} \quad \text{بار} \downarrow \text{ در مقطع (۱-۱)}$$

وازبسته $\rightarrow \frac{L/4}{P_0} = \frac{L/2}{L/2} \rightarrow \underline{PM = 1/4}$

سهم خطای V_B و $V_{(1-1)}$

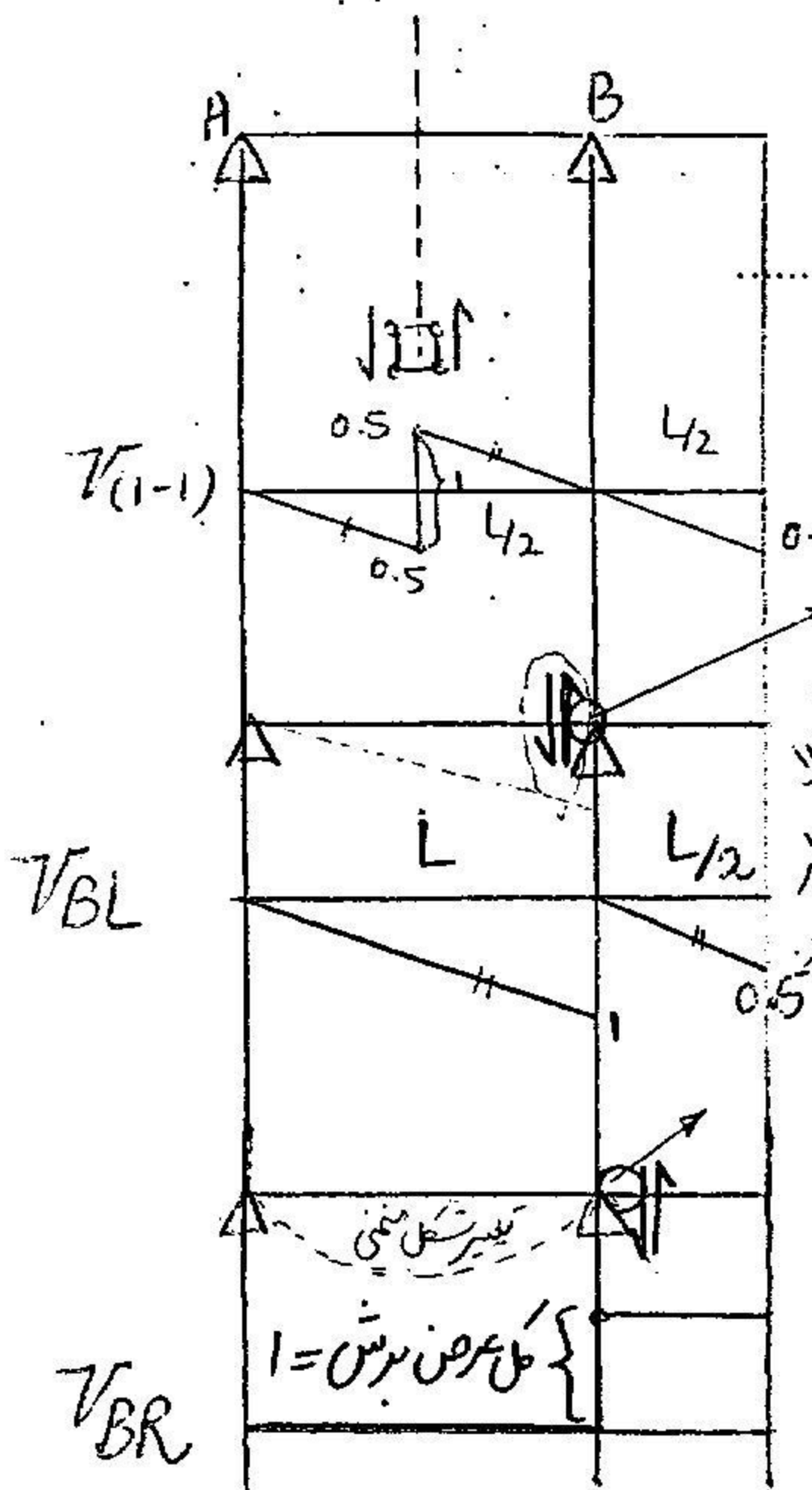
..... برای $(V_{(1)})$ ، μ عرض مسامی ① و مقطع $(1-1)$ در وسط

است من دربالا دماسن 0.5 دارم .

حال حفظاً بشر V_B :

کوصحیح - بہ فرعن

۱۱) خواصم برش دارد



برای این شخص شده: $\sum F_y = 0 \rightarrow V_L + R = V_R$

① تفاضل $R = V_L - V_R$ (نیروی محرک کن)

② بدش در طرفین اعمال بار ممتد کنز با هم فرو می کند.

سب سے بہترین دلیل محمد اعدت کہہ رہا ہے :

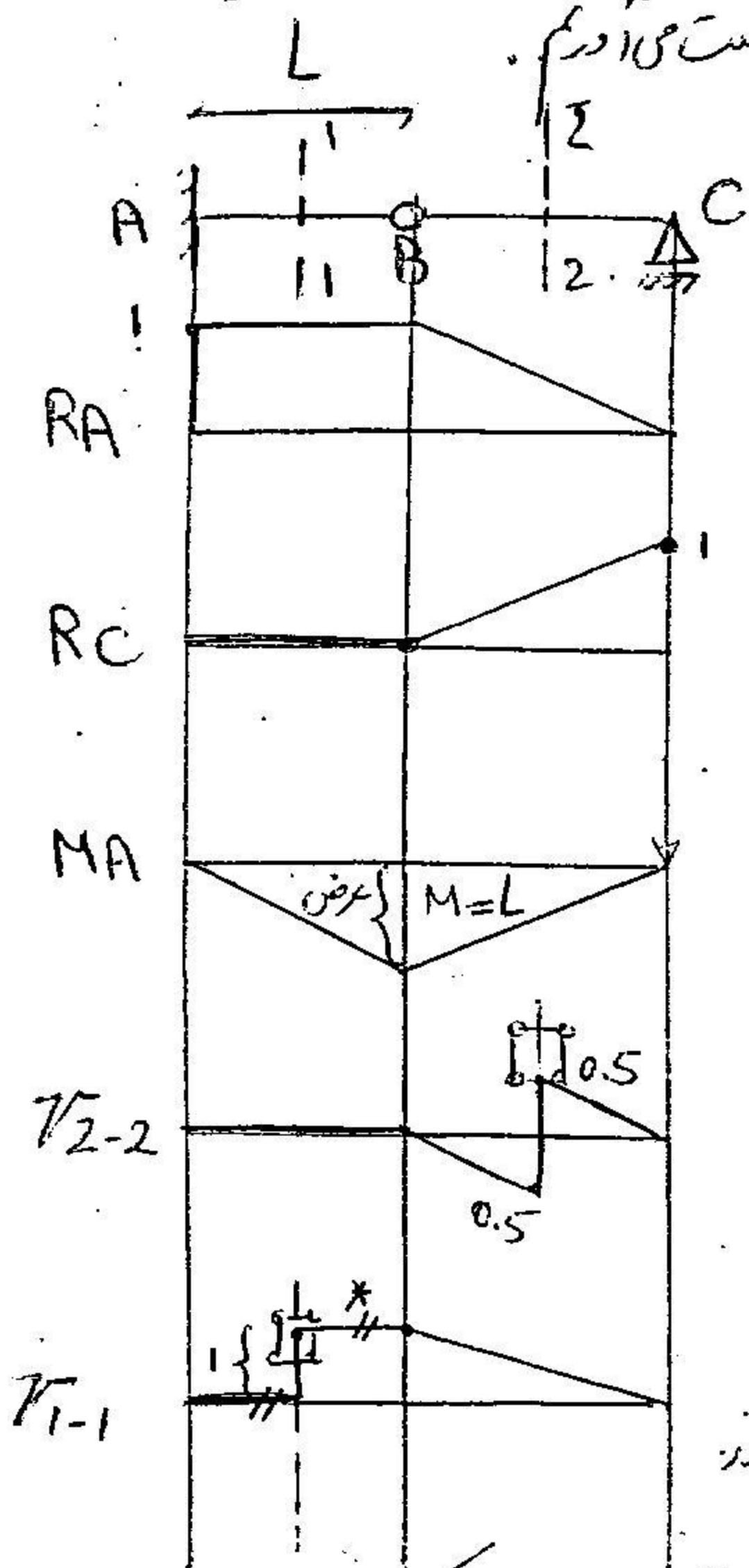
$$V_B \rightarrow \begin{cases} V_{BL} & (\text{بار غلط درست حسب تئوری } B) \\ V_{BR} & (\text{بار غلط درست راست تئوری } B) \end{cases}$$

↓
VBR: خط تأخیر درش طره است
یعنی تازه که بار وارد طره می شود
میشد داریم.

نکته در رسم منحنی های خط تأثیر به این شیوه باید نکات زیر را مد نظر قرار داد:

① اگر سازه های منحنی تغییر شکل صورت منحنی باشد، از آن صرف نظر نموده و در آن قطعه خط تأثیر را صفر فرض می کنیم.

② اگر در رسم خط تأثیر لنگر، مفصل ایجاد شده نتواند حرکت کند (به سبب پهنی باشد) یا حرکت آنجا در سازه منحنی، تغییر شکل منحنی ایجاد کند از آن حرکت صرف نظر نموده و تغییر شکل دو عضو مجاور مفصل را تحت اثر لنگر اعمال نشده بدست می آوریم.



مثال: خط تأثیر R_A, R_C, M_A

$V_{(1-1)}, M_{(1-1)}$

* (منحنی تغییر شکل در هر حالت را $V_{(2-2)}, M_{(2-2)}$)

به ازای بار واحد در سطح رسم می کنیم *

① R_A در تکیهگاه پیردار، قید قائم که خوف شود باز هم دوران آزاد

نمی شود مگر این نقطه صاف بالای رود

در محل تکیهگاه A، $\frac{1}{2}$ می داریم و در محل مفصل B می شلند و به صفر می رسد.

② R_C $R_A + R_C = 1$ ، یا در C به اندازه یک بالای رود و به مفصل

که می رسد، قائم می شود.

③ M_A در A، $\frac{1}{2}$ (مفصل چسبیده به تکیهگاه) می داریم و نقطه

باید دوران عضو مجاور را رسم می کنیم و در مفصل B می شلند

(بار واحد در A، باز ندارد) $M_A = 0$

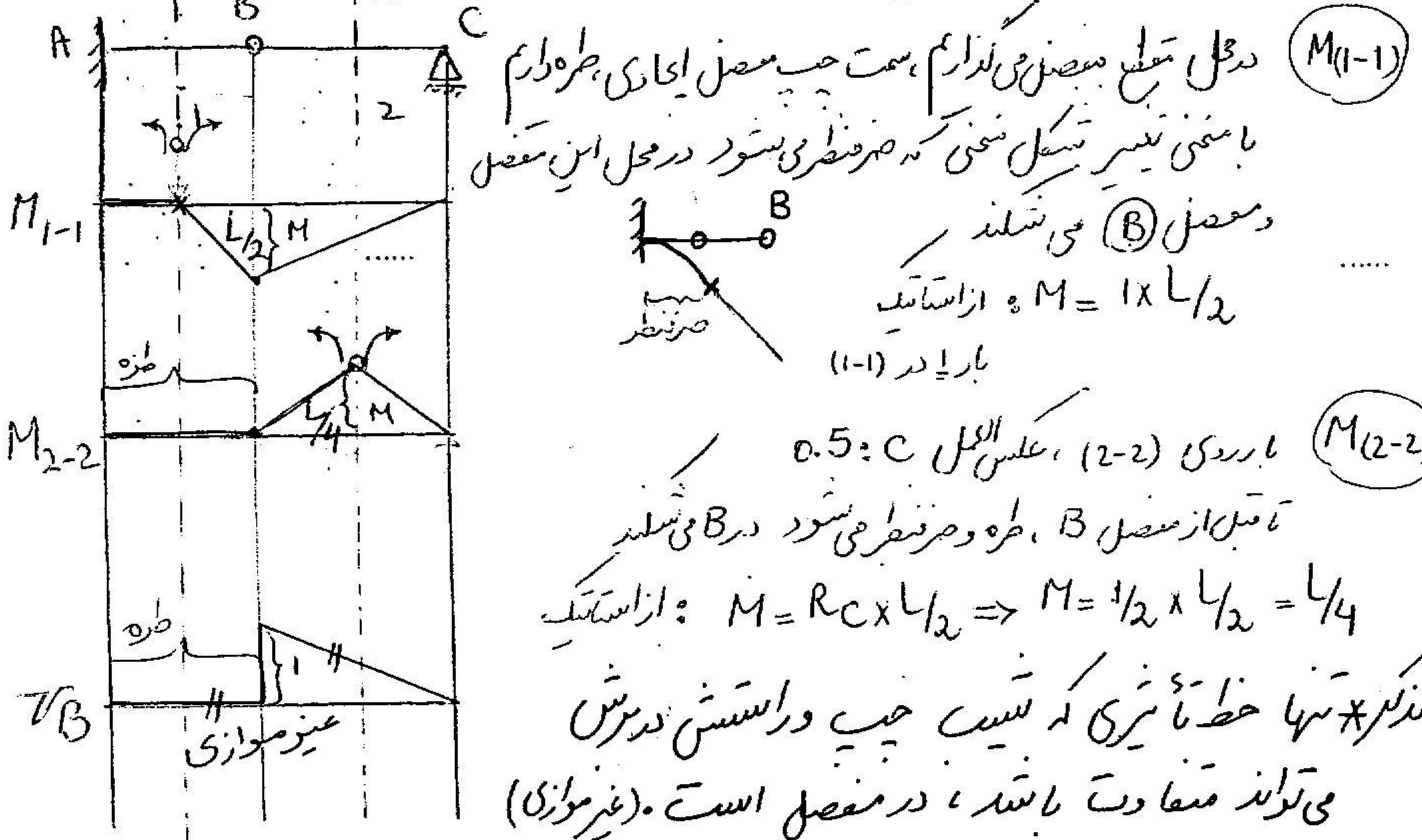
④ در مفصل، لنگر تکیهگاه A به عرض (مومن خط تأثیر) یا از استاتیف: بار در A

$$M_B = 1 \times L$$

و لنگر می رسم:

(۷-۱) سمت چپ مقطع (۱-۱)، یک طره است و تغییر شکل منحنی دارد پس صرفنظری نشود و در مفصل ایجادی در مقطع دیگر در مفصل B، می‌شکند. خط تأثیر در طرف مقطع (۱-۱) با هم موازی اند و پیشها مساوی است پس باید افقی باشد.

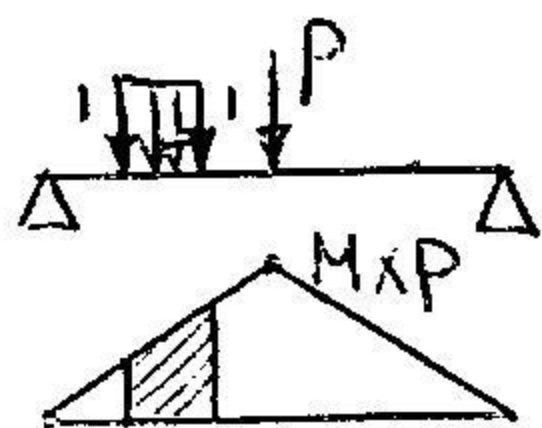
(۷-۲) سمت چپ مفصل B، یک طره است و تغییر شکل منحنی است و صرفنظری نشود، در مفصل B می‌شکند در مفصل ایجادی در مقطع (۲-۲) نیز می‌شکند و کل عرض $L/2$ است.



در مورد V_B (B مفصل است)

علاسهٔ متادیر تربع به ازاء بارهای غیر از واحد (بار به غیر از ۱) و یا حتی تصویر گسترده بار گسترده، مجموعی از بارهای واحد است.

عرض خط تأثیر را زیر هر یک از بارهای وارده در سمت می‌گذاریم و هم جمع می‌کنیم.



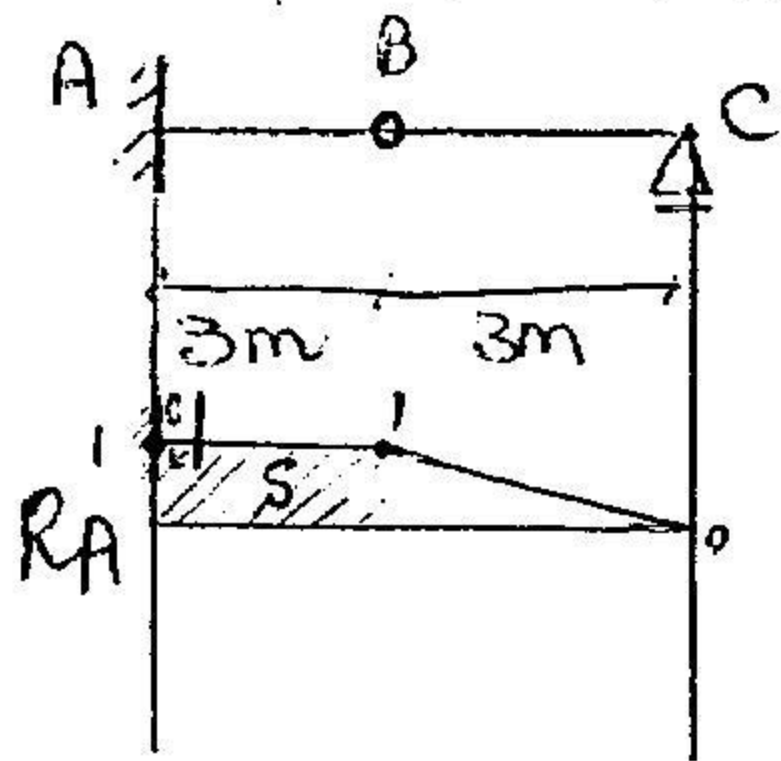
منفی های خط تاثیر ازای بار متمرکز واحد رسم می شوند، اگر بار لاری روی تیر غیر از آن باشد، برای محاسبه تابع مورد نظر به شیوه زیر عمل می کنیم:

الف) اگر بار متمرکزی با مقدار غیر از واحد به سازه اعمال شود، عرض خط تاثیر را در هر مقطع مورد نظر در مقدار آن بار ضرب می کنیم. $(M \times P)$

ب) اگر محموله ای از بارهای متمرکز به سازه اعمال شود، برای محاسبه مقدار تابع حرکت از بار بار عرض خط تاثیر متساوی با خودش ضرب نموده حاصل آن را با یکدیگر جمع می کنیم.

ج) اگر بار گسترده به سازه اعمال شود (با شدت یکنواخت) برای محاسبه تابع، سطح خط تاثیر را در محدوده ای که بار گسترده اعمال می شود، در شدت آن بار ضرب می کنیم. $(S \times q)$
 (رایب به $\oplus$ و $\ominus$ سطح) جمع صبری سطح

مثال) اگر بار متمرکز 5 ton به علاوه بار گسترده ای به شدت 2 t/m و به طول محدود 3 m از روی تیر شکل زیر عبور کنند، بحرانی ترین مقدار عکس العمل گره A چقدر خواهد شد؟



* می تواند حرکاتی باشد، حتی می تواند برهم منطبق باشد.

الف) اثر متمرکز: $R_A = 1 \times 5 = 5 \text{ ton}$

حرکاتی در قطعه AB با رسم مقدار است.

ب) اثر گسترده: $R_A = S \times q = (3 \times 1) \times 2$ مساحت بشری در قطعه AB نسبت به گره BC دارد $R_A = 6 \text{ t ton}$

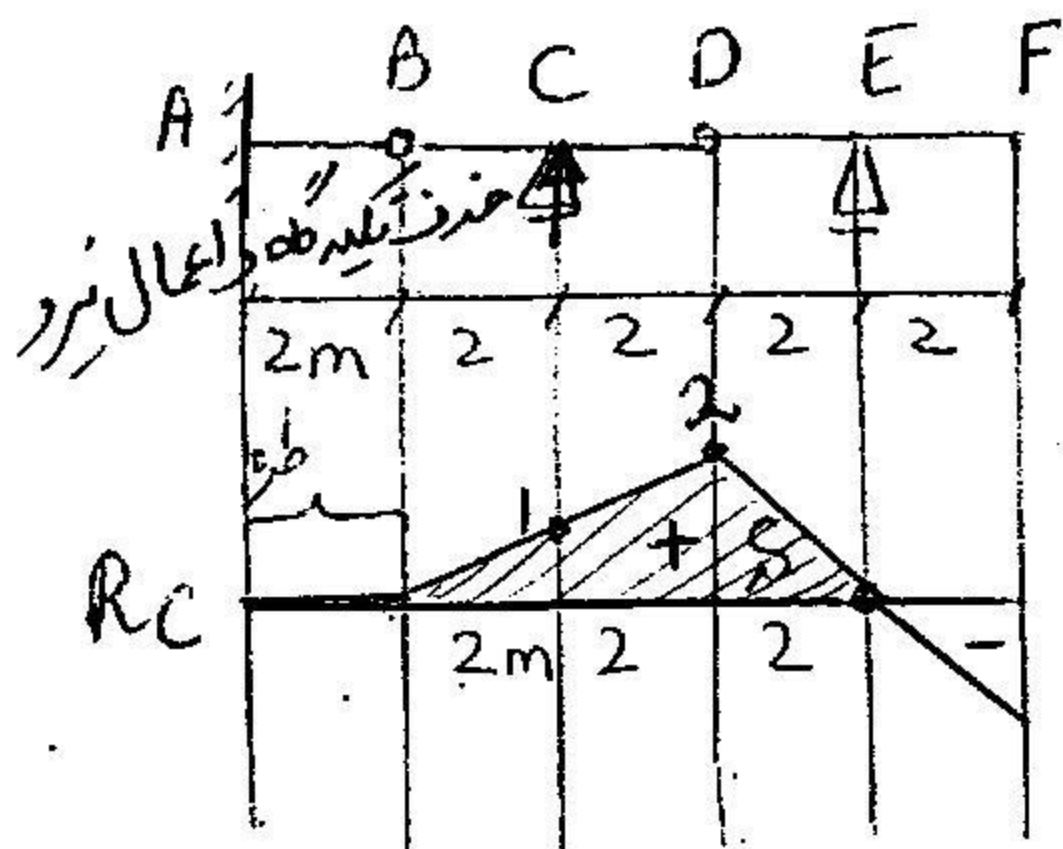
$5 + 6 = 11 \text{ ton}$

تذکره: اگر بار گسترده را به طول نامحدود بیان کرده بود، در اینجا برای بحرانی تر شدن باید کل مساحت زیر خط تاثیر را در نظر می گرفتیم.



تذکره: و اگر در خط تاثیر مساحت منفی داشتیم، در طول نامحدود بود، مساحت $\ominus$ را فقط برای بحرانی تر شدن، در نظر می گرفتیم.

مثال ۸۴) در شکل زیر بارکنش افقی به شدت کم از روی آن عبور کنند. حد اکثر عکس العمل طبقه C و C- حد اکثر خواهد بود؟



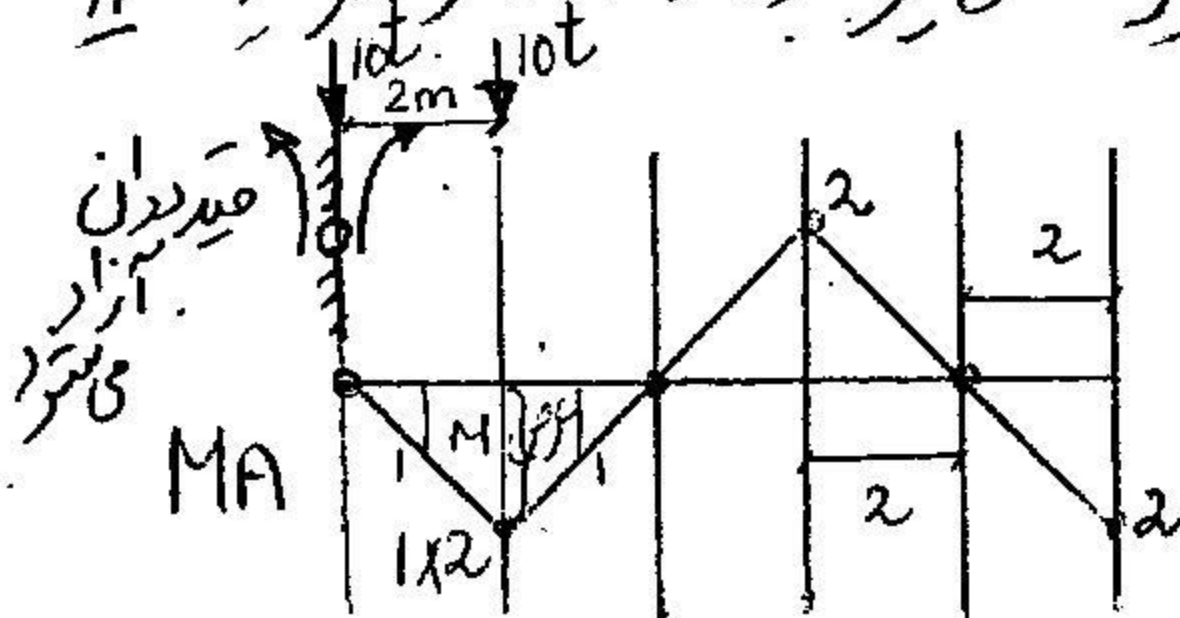
* (B و D) معضله‌های داخلی اند به شکلی داریم.

* وقتی طول را معلوم نباشد، در دهانه‌ای با بار اعمال شود که حد اکثر نمی‌راند.

* در C، نمی‌توانیم شکستیم و باید آن قدر برد تا به مفصل D برسیم و شکستیم.

$$W = 6 \text{ (یا } S \times q = (\frac{6 \times 2}{2}) = 6 \text{)} \text{ به محل اعمال بار در B (BE)}$$

مثال ۸۵) در مثال فوق اگر دو بار متمرکز ۱۰ تن به دایره ۲ متر از هم و نیز از روی تیر عبور کنند. حد اکثر بار طبقه A و A- حد اکثر خواهد بود؟



بار روی B، فقط طره را هم می‌گذرد و بعد فقط افکنی
بالا و پائین می‌روند و خمشی ندارند.

بار روی B باشد به $M_A = 2$ (استاتیستیک)

چون سفت‌ها یکسانند، بنابراین جای دو بار $P = 10 \text{ تن}$ فرقی نمی‌کند به هر حال M (عرض) باید ۲ باشد.

$$\begin{array}{r} 0 \times 2 \\ 1 \times 1 \\ \hline 2 \times 0 \end{array}$$

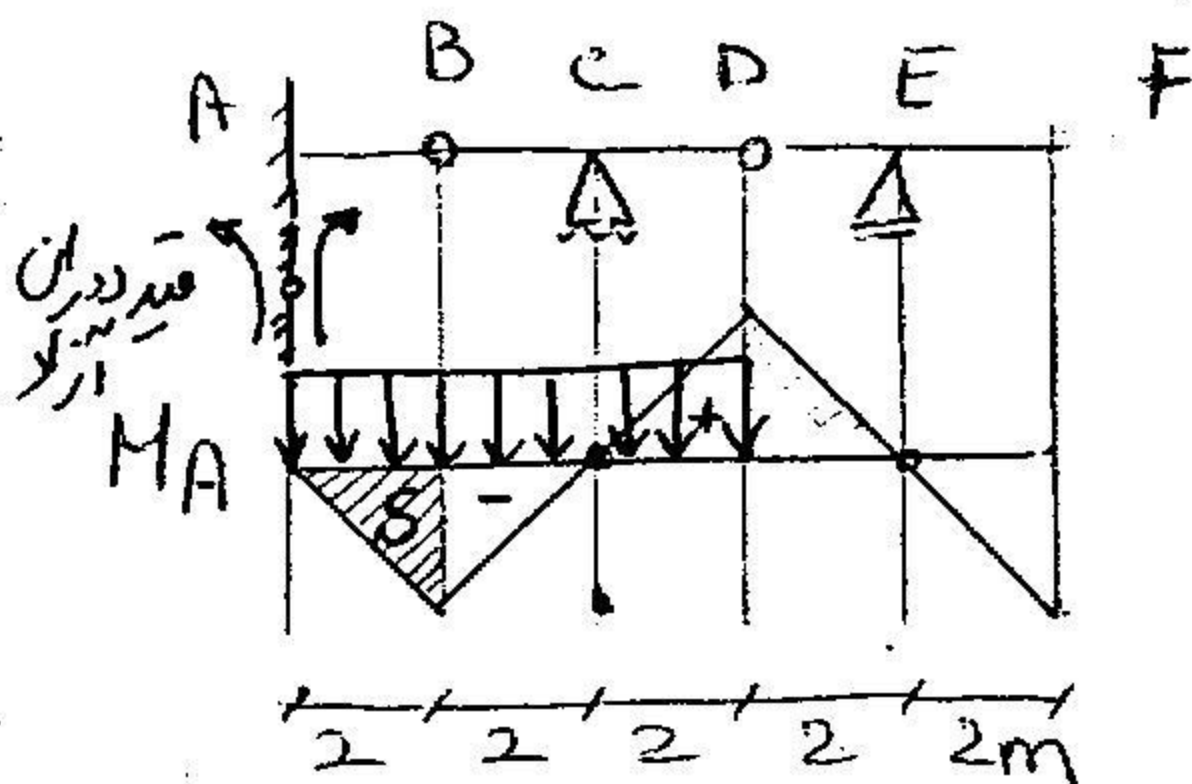
یا خفنی در محدوده $\ominus$ یا هر دو در محدوده $\oplus$

$$10 \times 0 + 10 \times 2 = 20$$

$$10 \times 1 + 10 \times 1 = 20$$

$$10 \times 2 + 10 \times 0 = 20$$

مثال ۱) اگر یک بار یکنواخت به شدت 2 t/m و طول 6 m از روی تیر حرکت کند. حداکثر کسر ایجاد شده در تکیه A و B چقدر می شود؟

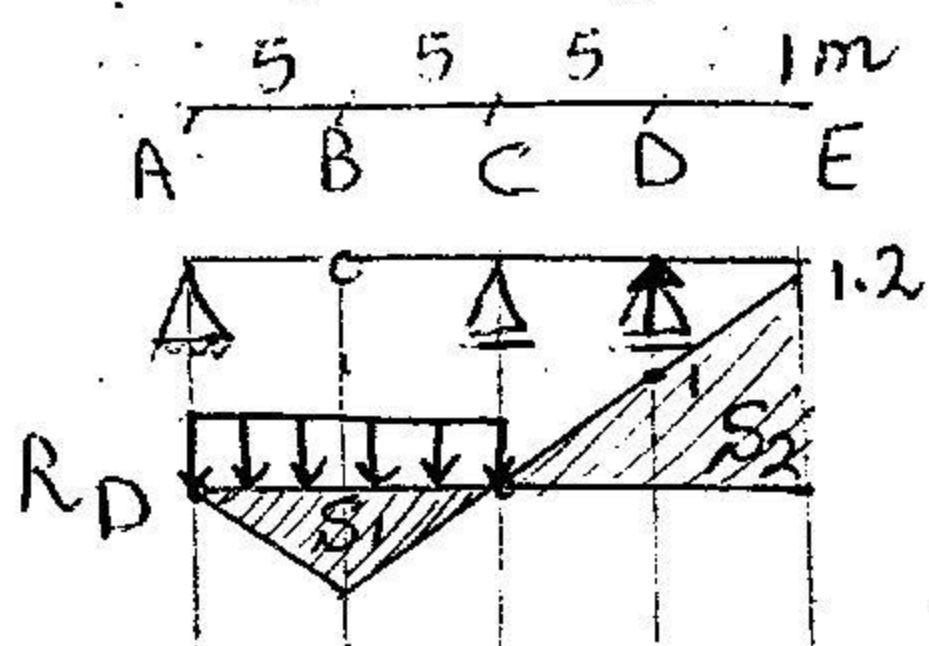


در 6 m ، بار یکنواخت اعمال شده که $\oplus S$ و $\ominus S$ همگی را حتی می کنند و باقیمانده قسمت λ مشور خورده است.

$$M = S \times q = \left(\frac{2 \times 2}{2} \right) \times 2 = 4$$

به هر ترتیب که باشد، از مساحتها یک مثلث به ابعاد مثلث λ مشور خورده باقی می ماند.

مثال ۲) اگر بار یکنواختی به شدت 1 t/m و به طول λ محروم از روی تیر زیر عبور کند. یک D به A برای چه عکس العملی طراحی می شود؟



سپن فرض می کنیم طبق زیر، که در محروم $A-C$

باشد. نیروی اعمالی در D (ا) نه CE را بالا می برد.

$$S_1 = \frac{10 \times 1}{2} = 5 \quad \ominus \text{ Max}$$

$$S_2 = \frac{6 \times 1.2}{2} = 3.6 \quad \oplus$$

$$R_D = S \times q = 5 \times 1 = 5$$

برای مانع از شکستن بار یا کاملاً باید در قسمت $\oplus$ باشد، یا کاملاً باید در قسمت $\ominus$ باشد.

مثال ۳) اگر در خرابی سطح زیر، بار متحرک 10 t روی پل کنونی حرکت کند. حداکثر نیروی کشش AB چقدر خواهد شد.

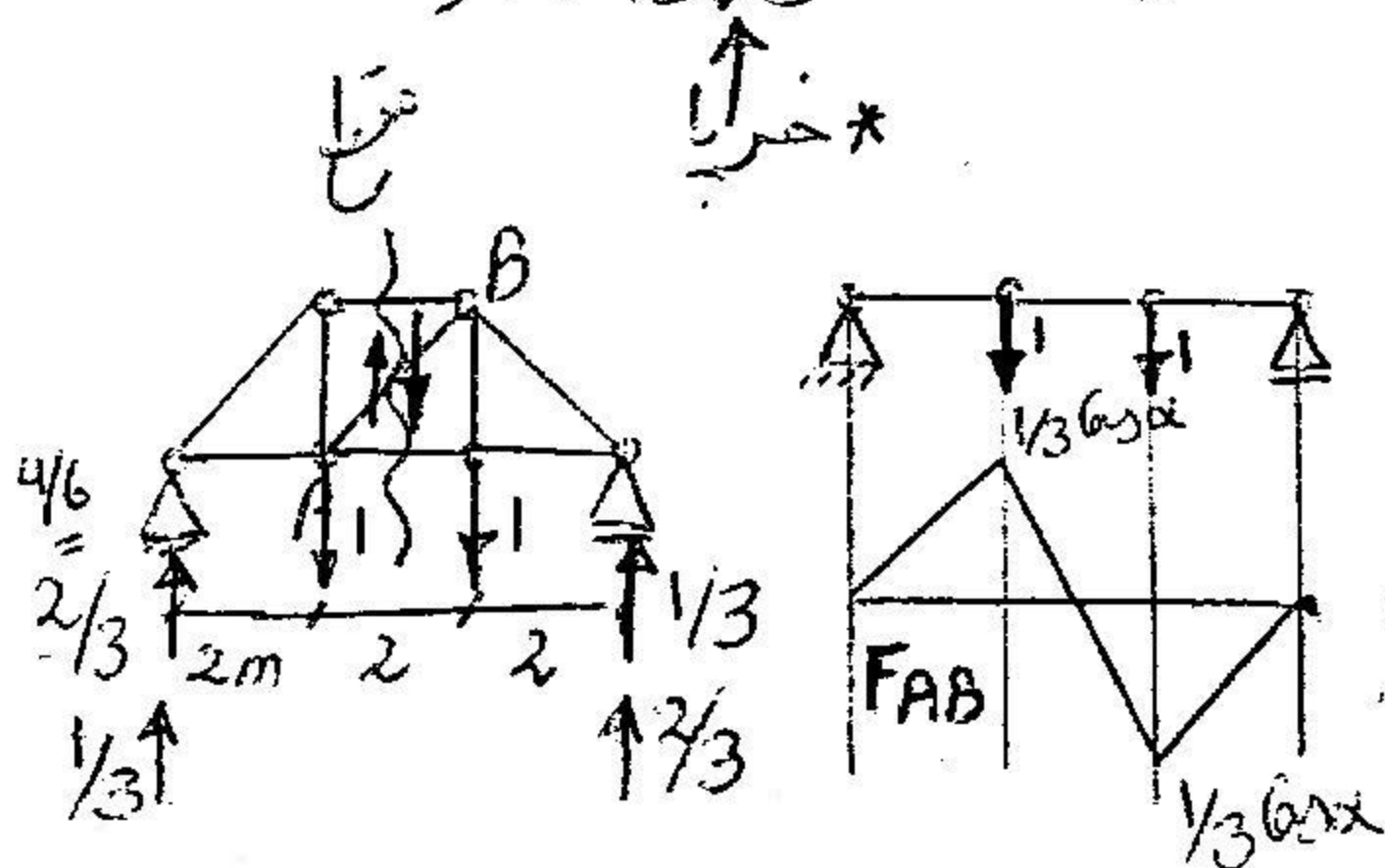
یعنی فقط بار در تیرهای پل است.

بار روی تیر A : عکس العمل تیرها به نسبت طولها

مولفه و سهم رده بالا $\uparrow \frac{1}{3} = 1 - \frac{2}{3}$ ؛ در قسمت چپ

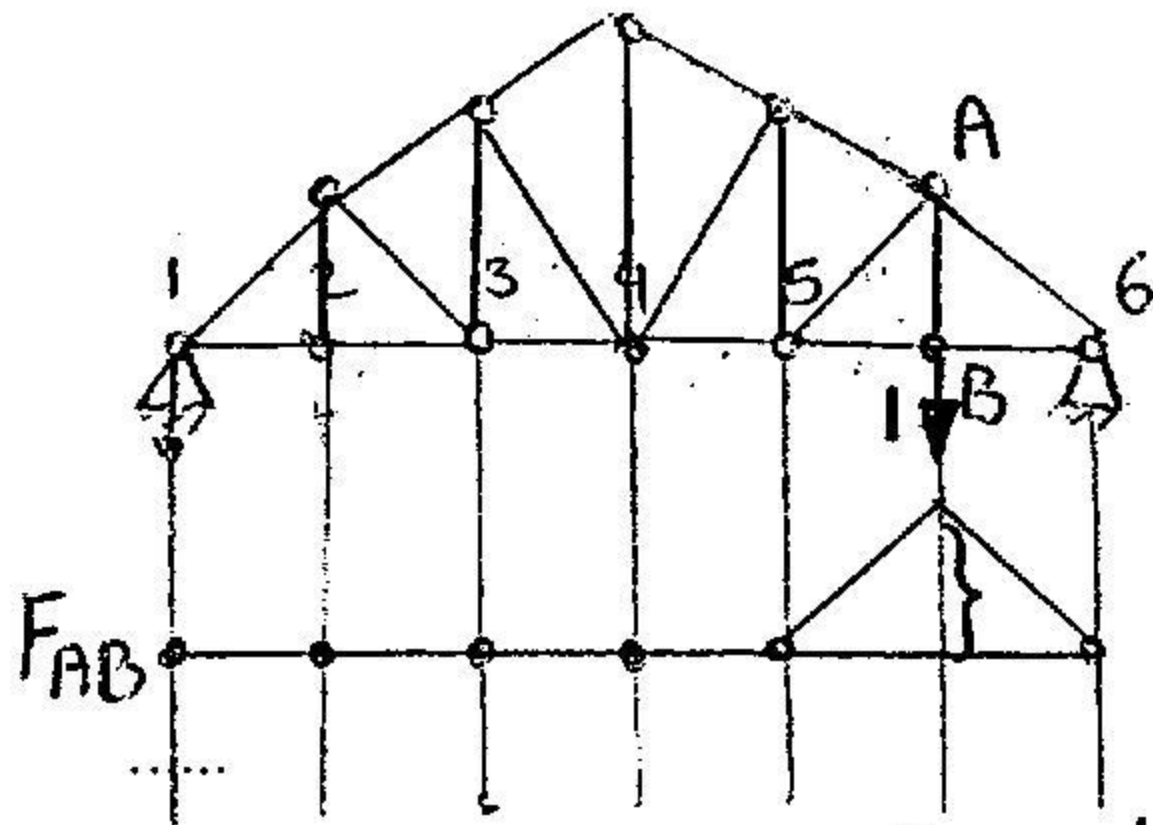
$$F = \frac{1}{3} \quad \oplus \text{ کشش}$$

بار روی تیر B : $\ominus$ فشاری $\frac{1}{3}$ ؛ در قسمت چپ رده پایین



$$F_{AB(\max)} = 10^t \times \frac{1/3}{600} \rightarrow \text{وحدت نیروی عضو } AB \leftarrow F = \frac{1/3}{600} \text{ فشاری}$$

مثال: اگر بار متمرکز 5t روی پل آویزانی قرار حرکت کند. خط تأثیر نیروی محوری عضو AB را رسم کنید.



عضو محوری نیروی هستند فقط زمانی که در (B) بار اعمال شود، نیروی در آن می افتد و از عضو نیروی خارج می شود.

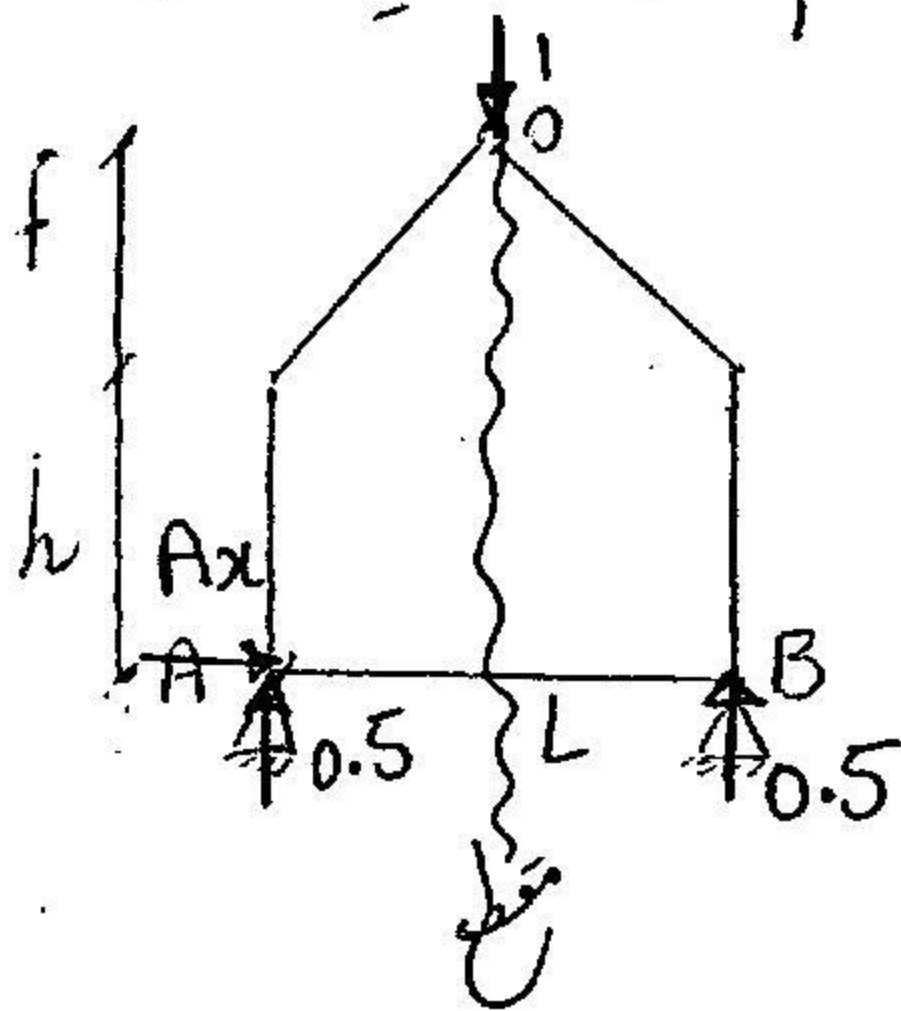
نیرو در هر گزای اعمال شود، FAB به صفت صفر نیروی بودن آن، صفر است.

نیرو در گزاه 1، 2، 3، 4، 5، 6 باشد

$$F_{AB} = 1 \times 5 = 5$$

$$F_{AB} = 0$$

مثال: خط تأثیر عکس العمل افقی A چنانچه بار واحد بصورت قائم روی سقف این سازه حرکت کند. کدام شکل خواهد بود.



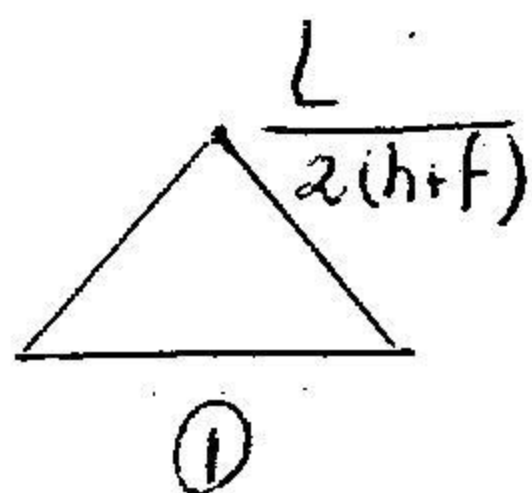
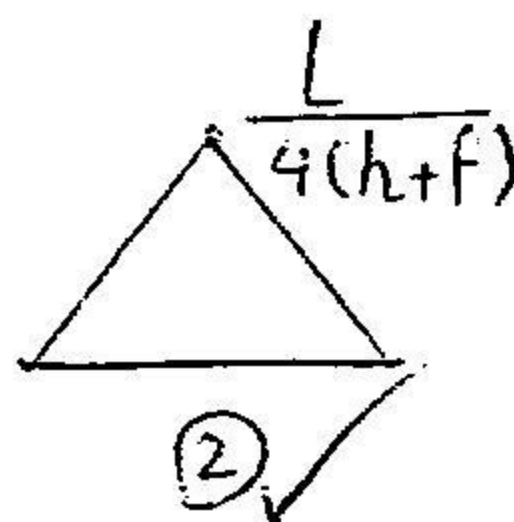
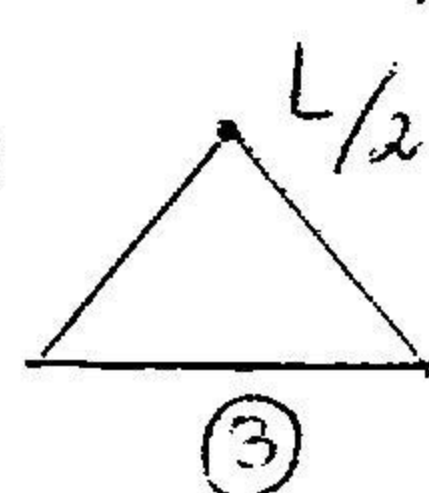
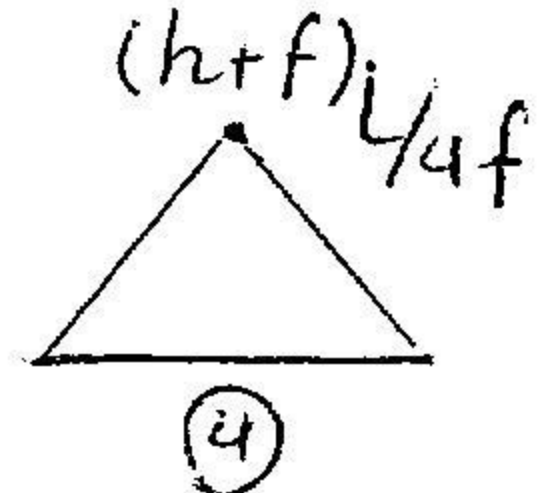
در سطحی که داریم، فقط رأسها متناظر از نظر اندازه، یعنی بار را روی

رأس و عکس العمل افقی A را بدست می آوریم.

$$\sum M_0 = 0 \rightarrow \text{در غیر سمت چپ}$$

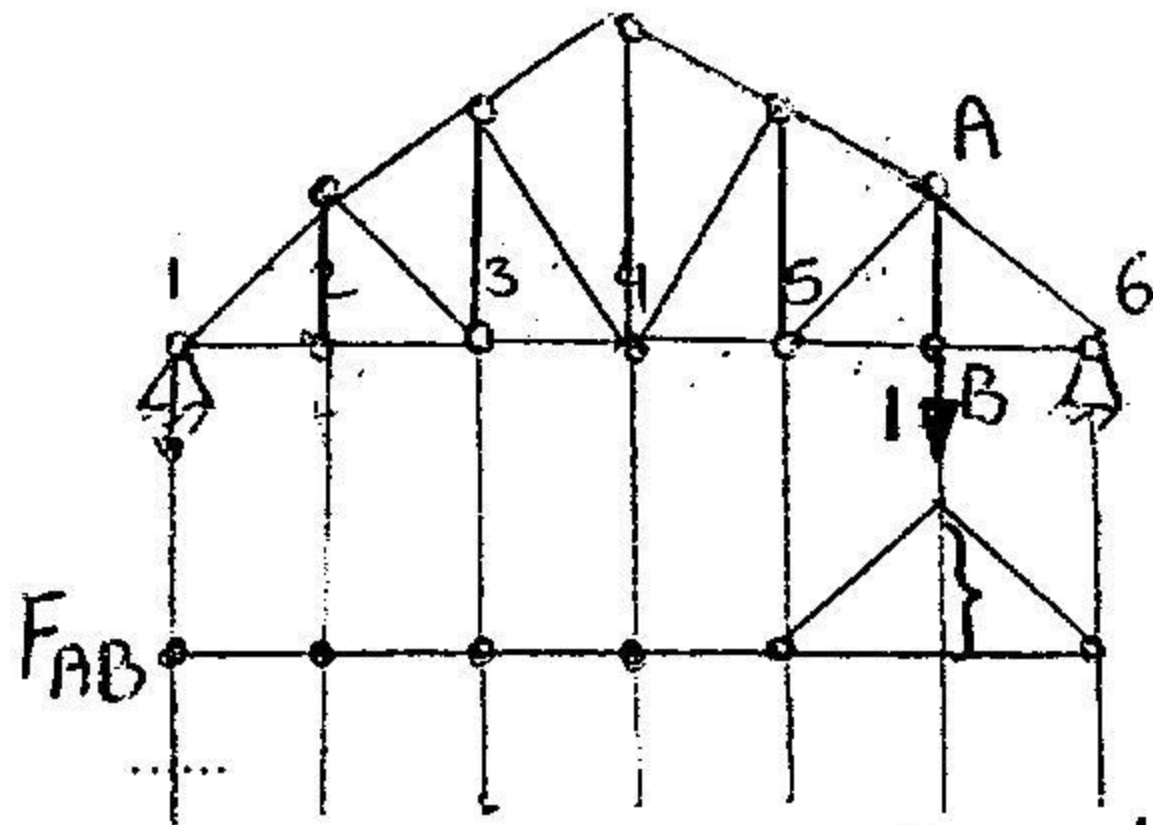
$$Ax \times \frac{L}{2} = Ax(h+f)$$

$$Ax = \frac{0.5 \times L/2}{(h+f)}$$



$$F_{AB(\max)} = 10^t \times \frac{1/3}{600} \rightarrow \text{وحدت نیروی عضو } AB \leftarrow F = \frac{1/3}{600} \text{ فشاری}$$

مثال: اگر بار متمرکز 5t روی پل آویخته حرکت کند. خط تأثیر نیروی محوری عضو AB را رسم کنید.



عضو AB نیروی هسته فقط زمانی که در (B) بار اعمال شود، نیروی در آن می افتد و از عضو نیروی خارج می شود.

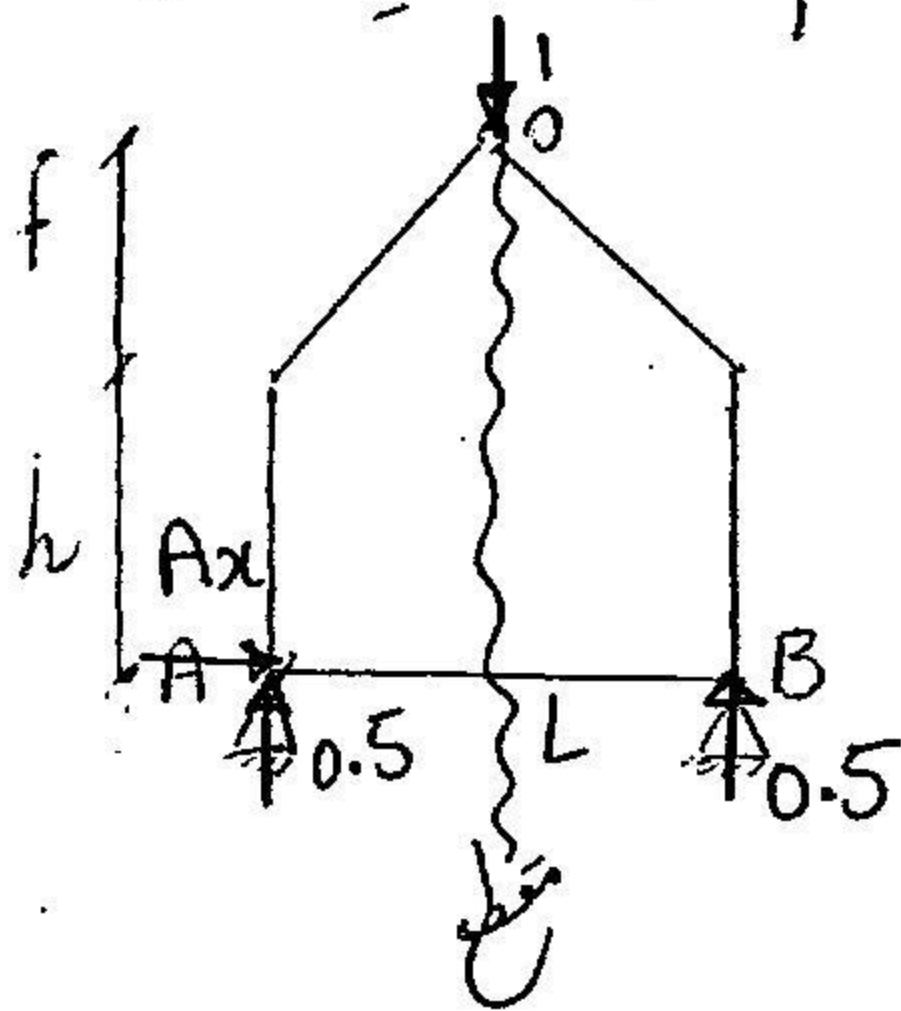
نیرو در هر گزینای اعمال شود، F_{AB} به صفت صفر نیروی بودن آن، صفر است.

نیرو در گزین 1، 2، 3، 4، 5، 6 باشد

$$F_{AB} = 1 \times 5 = 5$$

$$F_{AB} = 0$$

مثال: خط تأثیر عکس العمل افقی A چنانچه بار واحد صورت قائم روی سقف این سازه حرکت کند. کدام شکل خواهد بود.



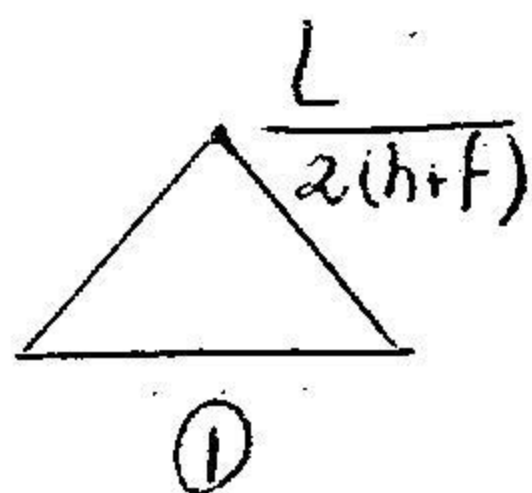
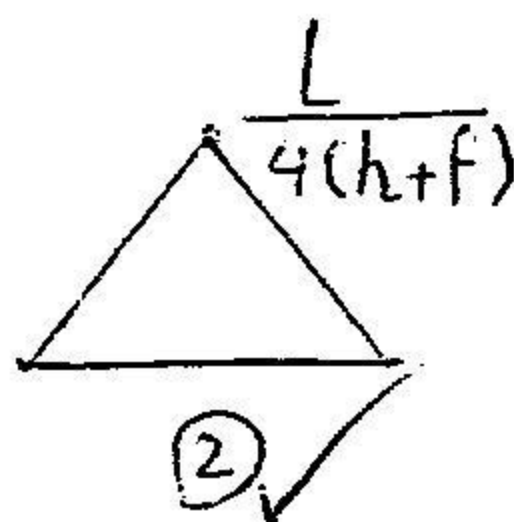
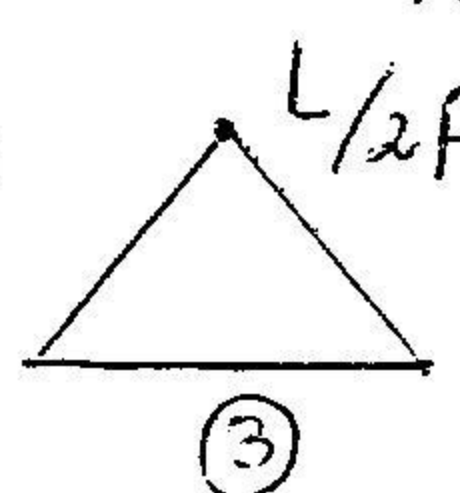
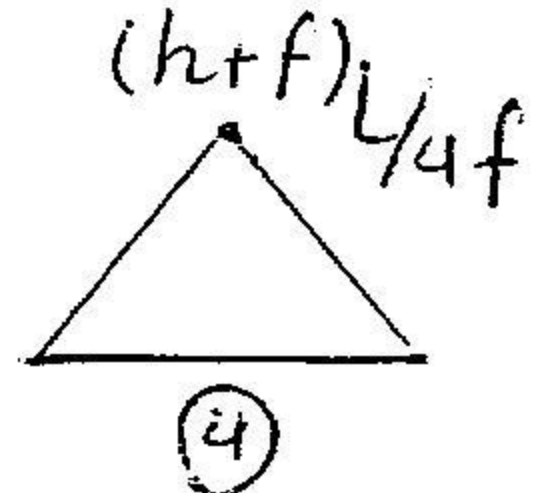
در سطحی نه داریم، فقط در سازه متناوب از نظر اندازه، یعنی بار را روی

رأس و عکس العمل افقی A را بدست می آوریم.

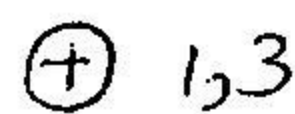
$$\sum M_O = 0 \rightarrow \text{در غیر سمت چپ}$$

$$Ax \times \frac{L}{2} = Ax(h+f)$$

$$Ax = \frac{0.5 \times L/2}{(h+f)}$$



مثال: اگر بارگسترده ای بطور نامحدود روی تیر اعمال شود، بیشترین مقدار RA چقدر است؟



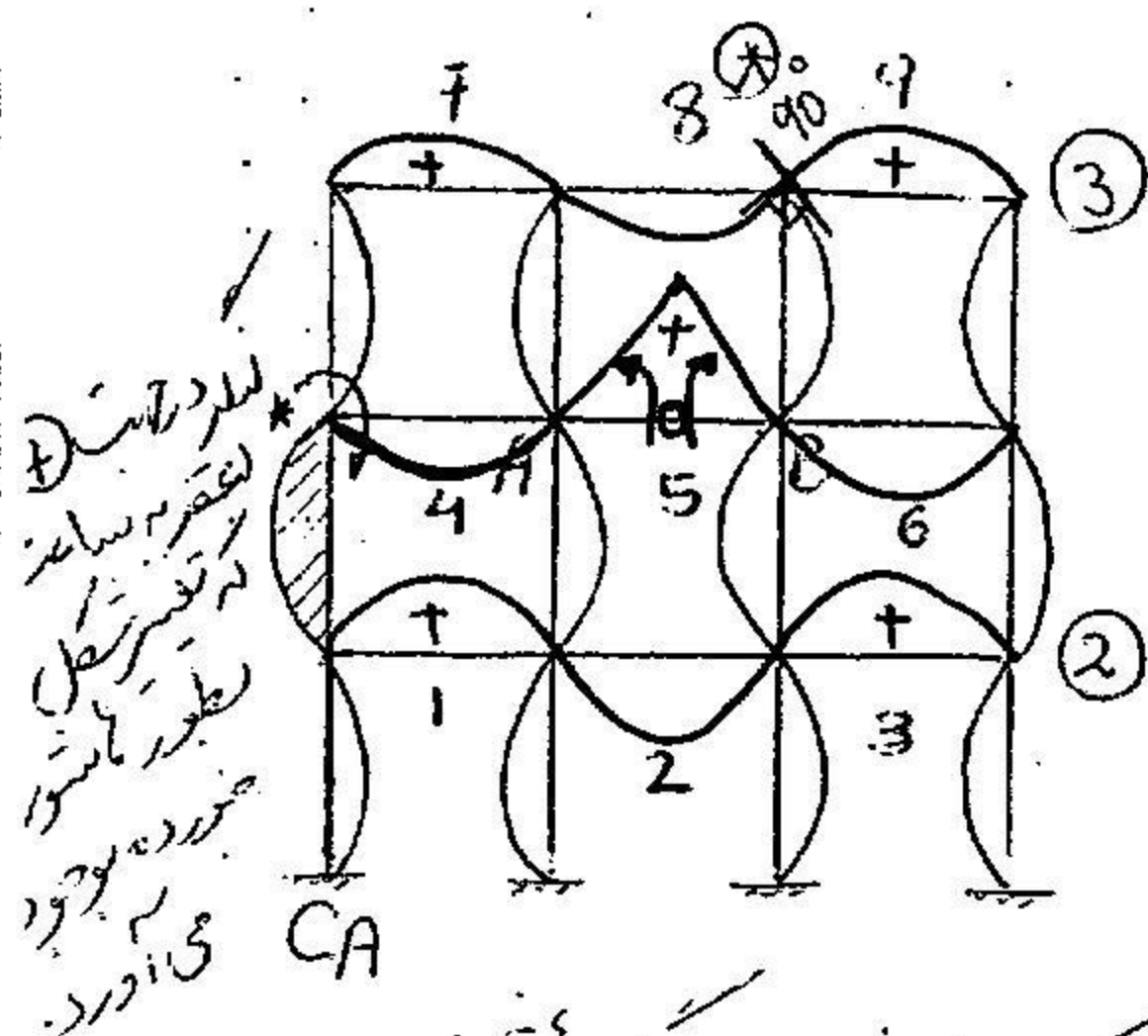
② 2,4

کلی ششترن کنفرنسی C، ایجاری ششور: Mc

با اعمال بار در $(2, 3)$:

باشید صفر نه تنده وصل می
زیر آینه به لهر دار است

محتمل (مثال) باز شده در تمام دهنده ها احتمال شود به کمتر $(+)$ دهانه $\underline{AB}$ ، Max شود؟



عبارت این تغییر شکل ترحای ده مذکور، به سراج
تغییر شکل ستونهای می رود و بدین ترتیب

نیرهای ② و ③

ابن از CA و از گروه * شرع میں

که همواره مثل تیریزی شطرنجی تر حاد روانه‌های

۲۵ - $\ominus, \oplus$ لپ

تذکره خاصیت قاحای صلب (خشک) این است که تغییر شکل یک نقطه در گلی مؤثر است.

نکته $\oplus$ در دهانه های «1-3-5-7-9»

(*) زاویه تیر و ستون نباید از 90° باشد (خطوط مماس بر تغییر شکل تیر و ستون باید بر هم عمود باشند)