

$$\sum M_o = [(1.602)T_2 + (-0.87)T_1]i + [(-8.01)T_2 + (4.35)T_1]j + [(6.411)T_2 + (8.661)T_1 + (-28000)]k$$

$$\sum M_o = 0 \Rightarrow \sum M_{ox} = 0 \Rightarrow (1.602)T_2 + (-0.87)T_1 = 0 \quad \text{IV}$$

$$\sum M_o = 0 \Rightarrow \sum M_{oy} = 0 \Rightarrow (4.35)T_1 + (-8.01)T_2 = 0 \quad \text{V}$$

$$\sum M_o = 0 \Rightarrow \sum M_{oz} = 0 \Rightarrow (6.411)T_2 + (8.661)T_1 - 28000 = 0 \quad \text{VI}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{IV} \\ \text{V} \end{array} \right\} \Rightarrow T_1 = (10841)T_2 \quad \text{VI} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} T_2 = 805.187 \text{ N} \\ T_1 = 2482.352 \text{ N} \end{array} \right\}$$

بعد از جایگزینی مقادیر T_1 و T_2 در معادله جهت آید I و II و III پس عمل بر
 کلیه گام در نقطه 0 معادله زیر جهت خواص آید.

$$0.9 \quad 199.36 \quad 0$$

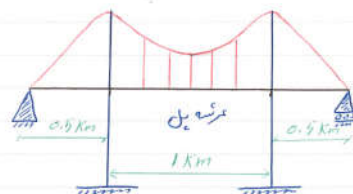
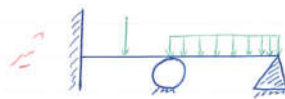
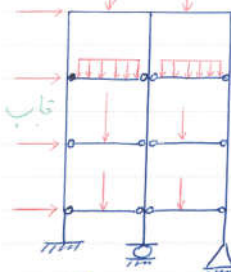
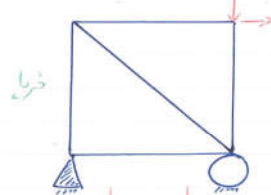
ناتواضع

۲۷

فصل ۵ تحلیل سازه ها

- 1- خرپا Truss
- 2- قاب Frame
- 3- تیر Beam
- 4- کابل Cable

سازه ها

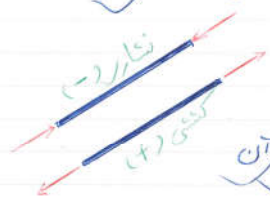


نکته: در تحلیل سازه ها باید به مجموعه از اعضا و تیرها و ستونها و دیوارها و سقف و کف و ... توجه کرد و در هر یک از این اعضا و تیرها و ستونها و دیوارها و سقف و کف و ... باید به تحلیل سازه ها پرداخت.

Subject: _____
Year: _____ Month: _____ Date: _____

خریاب
نکته: حالت اول از وزن عضو خریاب صرف نظر شد و در محاسبات
حالت دوم، وزن عضو که سبب کشش در جابجایی شود و نصف وزن هر عضو
در هر طرف آن عضو اعمال شود.
 $W = \gamma \times A \times L$ وزن عضو
 $\gamma = 7850 \text{ Kg/m}^3$ فولاد

نکته: در اعضای خریاب نقطه شیر در محصور وجود دارد که احتمال دارد خرابی «**با پلاست منفی**» و یا کششی در
«**با پلاست مثبت**» باشد.
تغییر طول اعضای خریاب به ازای اعمال نیرو در آن



$$\delta = \frac{PL}{EA}$$

تغییر طول

خریاب: ۱- خرابی در دیوار یا ستون

Subject: _____
Year: _____ Month: _____ Date: _____

خریابی که در این خرابی بار منفی در دست شده باشد و یا از هر طرف که اضافه می شود در عضو نه مجموعه
افزایش در خرابی که در دست وجود ندارد که خود انتقال محصور است و منفی می باشد.



عضو افغانه شده از تغییر شکل و جابجایی منفی حاصل می شود و موجب باید از خرابی گردد.

خریاب ناایستار خرابی

۱- اگر (۲۶۳) باشد خرابی ناایستار است

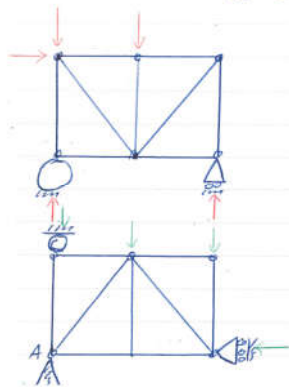
توضیح: اگر مقدار عملی γ کمتر از مقدار معادلات تعادل در محاسبه می باشد.

تعداد معادلات تعادل در محاسبه γ سه مقدار عملی γ می باشد.

۲- اگر عملی γ کمتر از γ باشد و یا هم مؤثر و یا در نقطه مشخصی مستطاب باشد خرابی

۳- اگر رابطه زیر صادق باشد خراب ناپایدار است
 تعداد درجه های خرابی $m+3 < 2n$
 تعداد اعضا خرابی $m+3$
 تعداد درجه های خرابی $2n$

۴- کنترل هندسه ساخت خرابی هندسی:
 توضیح: اگر خرابی ساده شروع به از هم کناره افتادن مایه حداقل دو عضو به هم می چسبند و قبل از افتادن نشود خرابی پایدار می باشد و در غیر اینصورت خرابی ناپایدار خواهد بود.



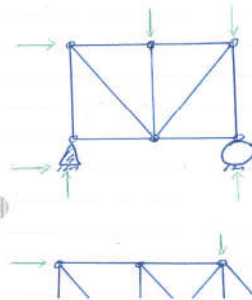
مثال: باید خرابی زیر را بررسی کنیم.
 $r=2 < 3$ خرابی ناپایدار است

مثال:
 $r=4 > 3$ شرط اول برقرار است اما چون در این کمره ۲
 ...

خرابی معنی استاتیکی:
 ۱- اگر $r=3$
 $m+3=2n$
 معنی استاتیکی

معنی استاتیکی یعنی با از هم جدا کردن استاتیکی می توان تمامی محمولات را بدست آورد.
 ۲- اگر $r > 3$
 $m+3 > 2n$
 معنی استاتیکی

معنی استاتیکی مایه خرابی با از هم جدا کردن استاتیکی قابل حل نمی باشد معنی تمامی محمولات
 از محمولات تعادل خرابی بدست نمی آید.



مثال:
 عدد درجه های خرابی باید برابر خواهم داشت
 $r=3$
 $(m+3)=12=(2n-12)$
 خرابی معنی استاتیکی در نتیجه خرابی پایدار می باشد.
 مثال: می از درجه های خرابی باید برابر خواهم داشت

۱- روش گره: نحوه عمل کردن در روش گره به ترتیب زیر می باشد

۱۔ اتباع علی العہل ما تکتبہ فاضل احساسی میں نمایم

۲- پیستهای می شود که هوا خراب باشد و آلودگی در آن

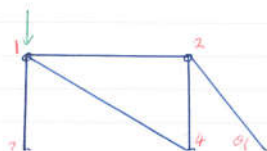
۳- دیا گیا آزاد کردہ قسٹم کیلئے، حسبِ قیلیل ہر کردار معادلاتِ قیادل زیرِ مشاہدہ کردہ

$\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$ معادلات تعادل در دو رخا، بر مقدار

۴- بعد از تحلیل قرآن بدرونی که از طرف ائمه و اولاد ائمه در حضور آن ستمی با ائمه و مردم کشید

در بیان آراء آزاد مردم و بیرون از خارجی دارد مردم و شخصی کرد و در هر حال داخل اعجاز و تسل

با آن صورت گیتی خرمی گردد.

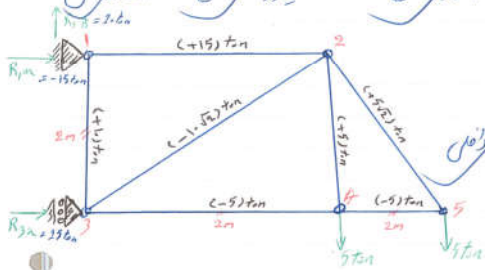


Year	Month	Days
------	-------	------

Year	Month	Days
------	-------	------

۶۔ بعد از تحلیل مذکور هماره عصب نسج در داخل اعضا و مقادیر غیر در داخل اعضا و مقادیر غیر

اعلیٰ شخص نما شد.



نکات: خرمای زرد را تمییز نمود و (سیرو عطر) نقل

اعضا، اعماسه نماير.

حل: اعتبار از شخص کردن علی العمل ما کتبه کا مع ترمیمی (برو مع خارجی مساوات ستاد) را در دستمالی نویسم

$$\sum R_n \rightarrow R_1 + R_3 = 0 \quad I$$

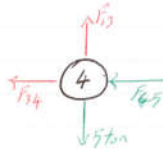
$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow R_{1x} - 5 \text{ ton} - 5 \text{ ton} = 0 \rightarrow R_{1x} = 10 \text{ ton}$$

$$\sum \bar{m}_j = \dots \quad 2R_{3n} - 2 \times 5 - 4 \times 5 = 0 \rightarrow R_{3n} = 25 \text{ t/m} \quad \square$$

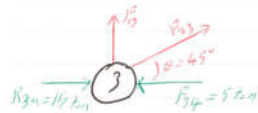
$$I_9 II \leadsto R_{12} = -R_{32} = -15 \text{ t.u.}$$

حل بایں بر آملن خراب گریه را می شود که در حضور او در دستنه سار و کور آملن غریبه را در

تحلیل کرد 4 :

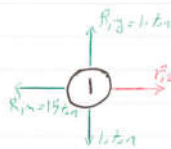

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma F_{x2} = -F_{34} - F_{45} = 0 \Rightarrow F_{34} = -5 \text{ ton} \\ \Sigma F_{y2} = -5 \text{ ton} + F_{24} = 0 \Rightarrow F_{24} = +5 \text{ ton} \end{array} \right.$$

تعلیم کی روش :



$$\Sigma F_{x2} = 15 - 5 + F_{23} \cos 45^\circ = 0 \Rightarrow F_{23} = -10\sqrt{2} \text{ ton}$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow F_{13} + F_{23} \sin \theta = 0 \rightarrow F_{13} = 10 \text{ ton}$$



تحليل لـ 1 :-

با توفیق من کسب و توان در بهشت که هر کار دارم مستور و بر من باشد.

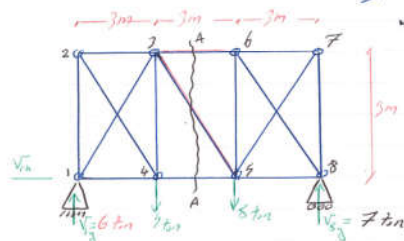
حل: استباقی از غما بر عین العمل سار تلبه خاص

را در خرابی مقابل یافته در مرحله بعدی

خبر رسد نظر انشاء خدا را می کنیم در مرحله سوم

مقطع الزمير / افتح الحاسب في التيم ثم عللوا برقطر

عضو ما خواسته شد که کتیرنی عضو اقلیت نامید.

[illegible]

$$\sum M_i = 0 \rightarrow -3 \times 5 - 6 \times 8 + 9 \times \sqrt{8} = 0 \rightarrow \sqrt{8} = 7 \text{ ton}$$

$$\Rightarrow \sum F_{\text{y}} = 0 \Rightarrow V_{\text{D}} - 5 - 8 + 7 = 0 \Rightarrow V_{\text{D}} = 6 \text{ Ton}$$

بدرالدین عمادیت بعد از قطع کردن کبلیه قطع کرده را در نظر کسی که در اینجا مانده است چپ را



مسودہ پیرس کی فروری ۱۸۴۸ء:

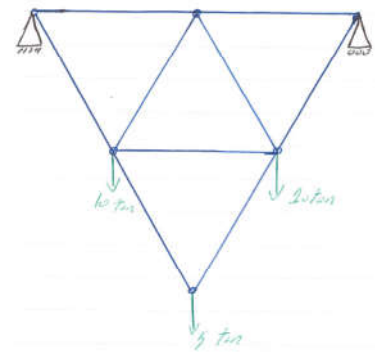
مباحث

Subject: _____
 Year: _____ Month: _____ Date: _____

استاتیستیک

تمرین: خرابی زیر تحلیل نمائید

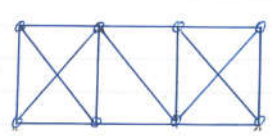
طول همه اعضا و خرابی ۳m می باشد.
 تمامی زوایا بر حسب درجه می باشد.



درجه ۶

تحلیل فرماها

۲- روشی عقلی: از این روشی می توان استفاده کرد که در اعضا اتصال به یکدیگر از درجه های دیگر باشد و باید نیاز به محاسبه نیرو در تمامی اعضا نباشد



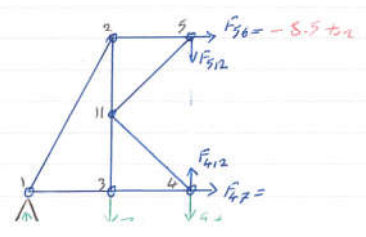
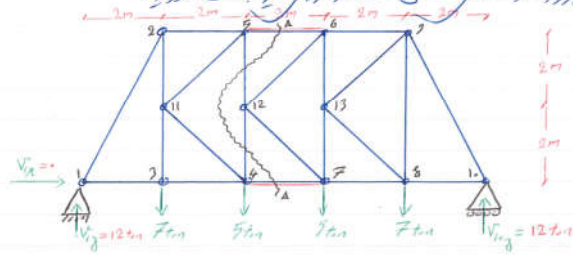
$$m = 15$$

$$n = 8 \rightarrow (m+3) > 2n$$

Subject: _____
 Year: _____ Month: _____ Date: _____

$\sum M_5 = 0 \rightarrow -6 \times 6 + 9 \times 3 - 3 F_{76} = 0 \rightarrow F_{76} = -7 \text{ ton}$
 نکته: علامت منفی به معنی این می باشد که نیرو در عضو ۷۶ خلاف جهت در نظر گرفته شده است.
 $\sum F_8 = 0 \rightarrow 6 - 5 - F_{75} = 0 \rightarrow F_{75} = 1 \text{ ton}$

مثال: نیرو را در اعضاء مشخص شده در خرابی زیر بدست آورید.





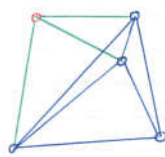
فراچار فضائی :
فراچار فضائی سار

ایہ فراچار واسطہ داشتی چار کمرہ و عرصی عقد

ڈاڑ بایدار و صعبی معنی استانی می باشد.

حال اگر در انرا اضافہ شدن کسی کمرہ داخل شد عقد بہ مجموعہ اضافہ شدہ نہ اندونہ فراچار

فراچار فضائی بایدار می گویند.



بہرری وضعیت معنی دیا ناسعی بودن فراچار فضائی

صافند فراچار صفا در سار فراچار فضائی نیز خدا ہم داشت

فراچار فضائی
معنی استانی

$$m+6=3n$$

$$n=6$$

$3n =$ تعداد معادلات تعادل کل نیز فراچار فضائی

معادرتعداد کمرہ در فراچار

شکل فراچار بایدار فراچار فضائی :

۱- اگر $(2 < 6)$ باشد فراچار فضائی بایدار می باشد

۲- اگر $(3 < m+6 < 3n)$ باشد فراچار فضائی بایدار می باشد

۳- اگر عدد مجموعہ لا یا علی العمل حاصلہ خاص بایم مؤثر و یا در س تقسم مقدار

باشد فراچار بایدار است

۴- اگر طرز ساخت فراچار فضائی عاست نشده باشد فراچار بایدار است

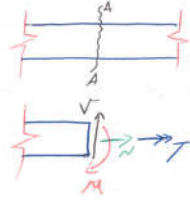
اتصال در فراچار فضائی :



در حالت صفا

التمس : حیدر عقد بیج شد و یا بیج شد و یا حیدر شد و عقد را صفا در کمرہ می گویند.

در حقا می توان بکار صفا اتصال از کمرہ اتصال استفاده نمود



برو و بار داخلی اعضا سازه:

در اکثر سازه‌ها AA دیواره می‌شود که در عنصر فضایی چهار نیرو به شکل زیر در عنصر فضایی ایجا می‌گردد.

N = نیروی محوری درون عنصری باشد.

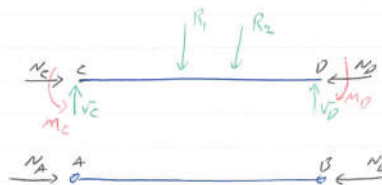
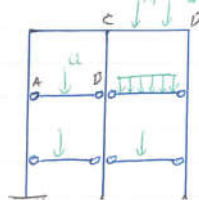
V = نیروی قائم یا نیروی برشی عنصری باشد.

M = گشتاور خمشی «**لنگر خمشی**»

T = گزین پیچشی

نکته: در سازه‌ها صرفاً گزین پیچشی نداریم.

قاعده: **Fram**



نکته: از آنجایی که قاب در صحنه سیر می‌شود نیروی برشی در اعضا و وصله‌ها وجود دارد.

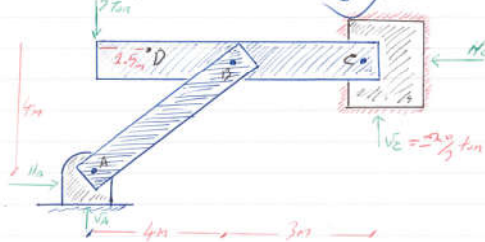
تحلیل قاعده سازه استاتیکی

۱- یکی از عمل‌ها که خاص را در صورت امکان محاسبه می‌نماییم.

۲- اعضا در هر مقطعی را از سازه اصلی بیرون آوردن و جداگانه تحلیل نماییم.

۳- هم‌گس‌ها را محاسبه کرده در اعضا ضوابط بقید مجموعه‌هاست سازه را بدست آوریم.

مثال: قاب زیر را تحلیل نمود و نیروهای داخلی در نقطه D را محاسبه نماییم.





$$\sum M_B = 0 \quad 5 \times 4 + 3V_E = 0 \rightarrow V_E = -\frac{20}{3} \rightarrow V_E = -\frac{20}{3} \text{ ton}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -5 + V_B + V_E = 0 \rightarrow V_B = 5 + \frac{20}{3} = 11.67 \text{ ton}$$

بابت آردن مقادیر V_B و H_B مابین را در معادله II خواهم داشت

$$\sum F_x = 0 \rightarrow V_E + 4H_C = 0 \rightarrow H_C = -\frac{20}{4} \times (-\frac{20}{3}) = +11.67 \text{ ton}$$

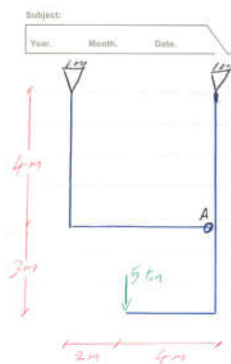
$$\text{III} \rightarrow -H_C + H_A = 0 \rightarrow H_A = 11.67 \text{ ton}$$

$$\text{I} \rightarrow 5 \times 7 + 4H_A - 3V_A^* = 0 \rightarrow V_A^* = \frac{35 + 4 \times 11.67}{3} = +11.67 \text{ ton}$$



بابت آردن نیرو در نقطه D در نقطه D یک مقطع می زنیم.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow N_D = 0$$

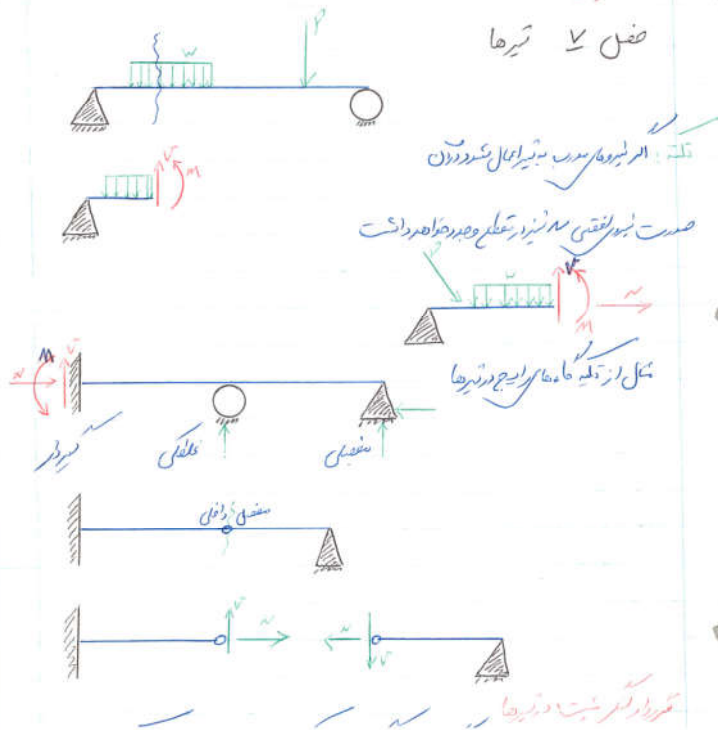


تمرین: قاب کنونی را تحلیل نمودار ببریم

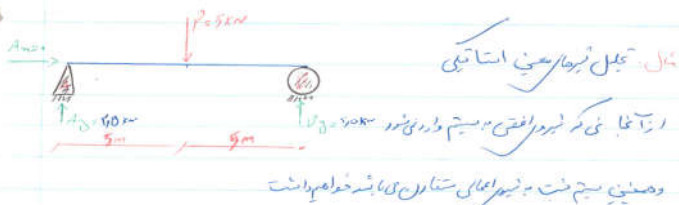
داخل در محل مفصل A را بیابیم.

استاتیقا

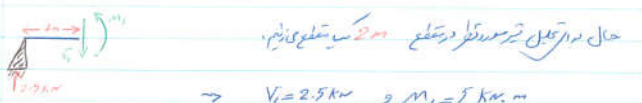
فصل ۲ تیرها



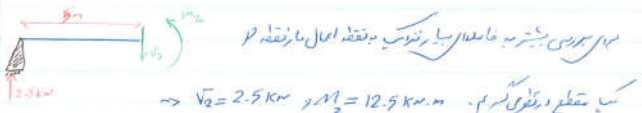
نمونه: تیرهای استاتیکی



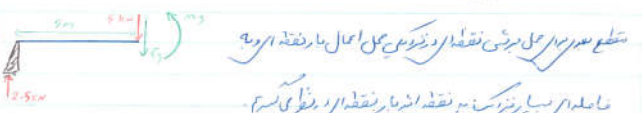
و صفتی سیستم ثابت به تیرهای استاتیکی باشد خواهیم داشت



$$V_1 = 2.5 \text{ kN} \text{ و } M_1 = 5 \text{ kN.m}$$



$$V_2 = 2.5 \text{ kN} \text{ و } M_2 = 12.5 \text{ kN.m}$$

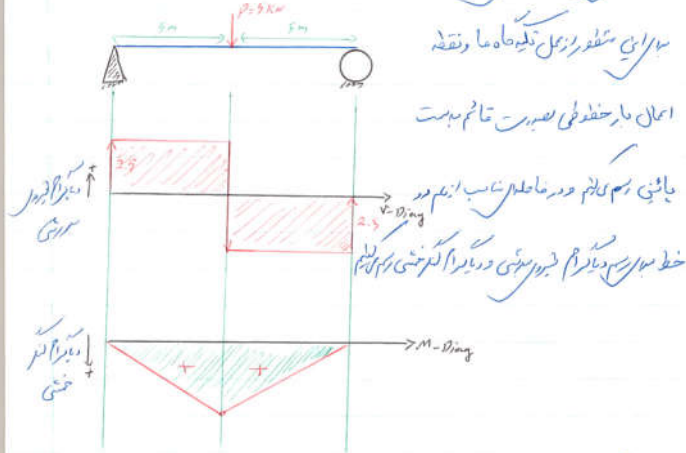


$$V_3 = -2.5 \text{ kN} \text{ و } M_3 = 12.5 \text{ kN.m}$$

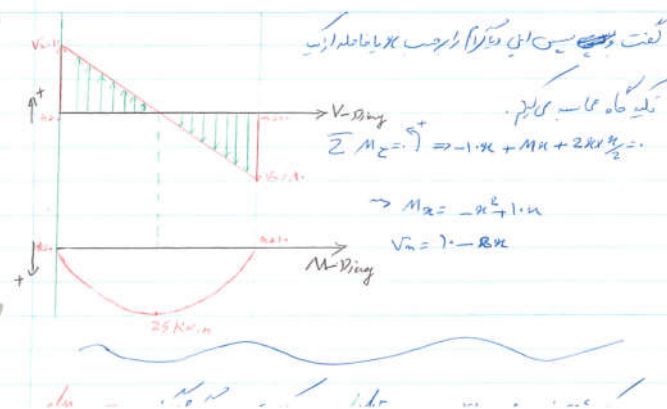
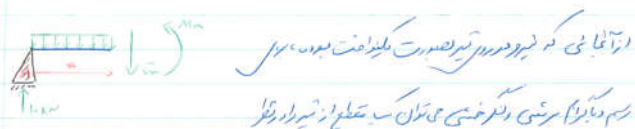
حال جدولی از رداب مابین است آمده در شایع مختلف تشکیل می دهیم.

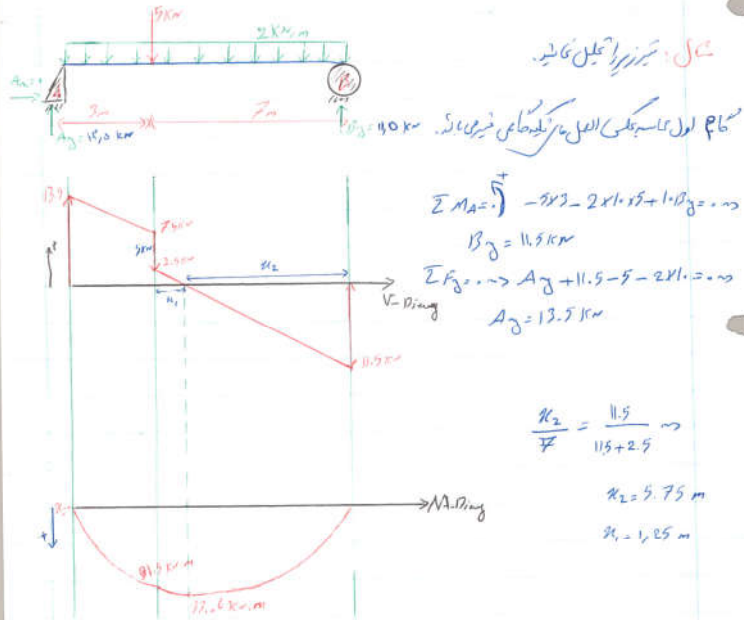
نقاط	1	2	3	4
V	2.5	2.5	-2.5	-2.5
M	5	12.5	12.5	7.5

گام بعد رسم دیاگرام نیرو برشی و گشتاور خشی در زیر مد نظر می باشد.

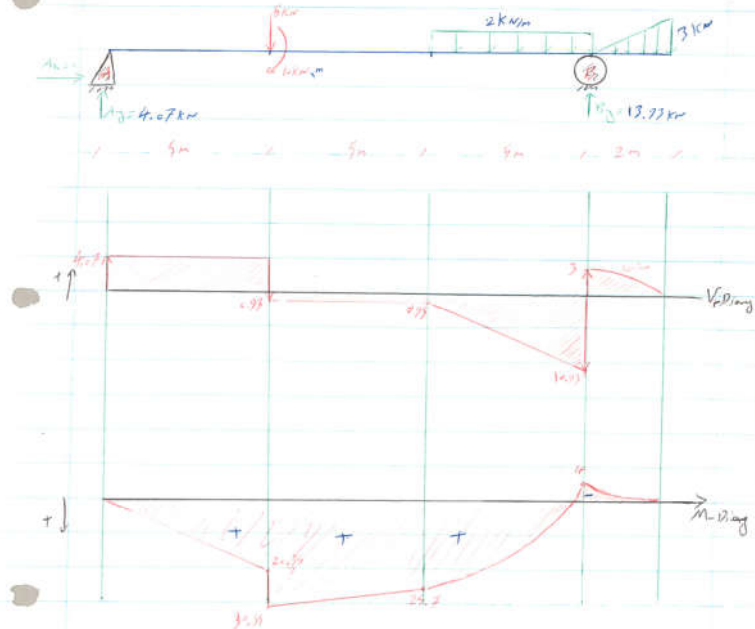


مابین رسم دیاگرام خشی در حالت و عدد دارد خشی مثبت به است بالا و با خشی مثبت

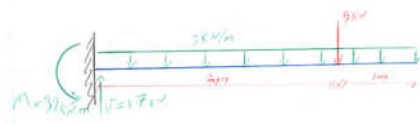




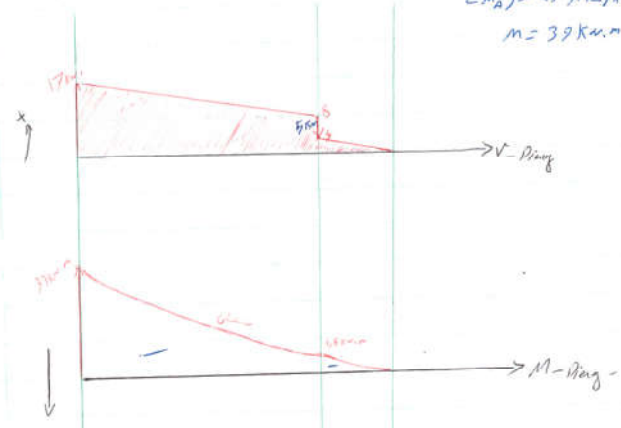
نکته: تیر مستقیم است و در این تیر مرکز ثقل در راستای افقی است.



مثال: تیر زیر را تحلیل کنید.



$$\begin{aligned} \sum F_y = 0 &\rightarrow V = 5 + 2 \times 4 = 17 \text{ kN} \\ \sum M_A = 0 &\rightarrow M - 4 \times 5 - 2 \times 4 \times 2 = 0 \\ M &= 32 \text{ kN.m} \end{aligned}$$



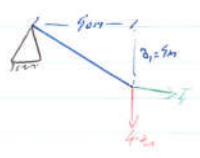
نکته: از آنجایی که در این مثال تیر در یک سمت از نقطه برش مثبت و در سمت دیگر منفی است، گشتاور را در هر دو جهت مثبت و منفی می‌کشیم. در این مثال، تیر را در هر دو جهت مثبت و منفی می‌کشیم.

اول گام: در حل مسئله، جهت آوردن عملیات را مشخص می‌کنیم.

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 &\rightarrow -20 \times V_A + 4 \times 150 + 6 \times 20 + 3 \times 40 = 0 \\ &\rightarrow V_A = 6.3 \text{ ton} \\ \sum F_y = 0 &\rightarrow 6.3 - 4 - 6 - 3 + V_B = 0 \rightarrow V_B = 6.7 \text{ ton} \\ \sum F_x = 0 &\rightarrow H_A = H_B \end{aligned}$$

گام دوم: در حل مسئله، جهت آوردن عملیات را مشخص می‌کنیم. H_A و H_B را به هم برابر می‌گیریم و در نقطه A یک

جهت را می‌زنیم و در نهایت آن را در هم می‌زنیم و در نهایت آن را در هم می‌زنیم.



$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 &\rightarrow -6.3 \times 50 + H_B \times 5 = 0 \\ &\rightarrow H_B = 63 \text{ ton} \\ &\rightarrow H_A = 63 \text{ ton} \end{aligned}$$

در گام سوم، برای محاسبه نیروهای گشتاور در مابین و جهت آوردن مقدارها، تیر را در هر دو

۱۳/۴/۸۸

استاتی

فصل ۷: کابلها

نکته: ماهواره طرح شده در کابلها تنها باید به فعلی در نظر گرفته شوند و به صورت حالت سار عملی و کشیده در کابلها بی معنی می باشد.

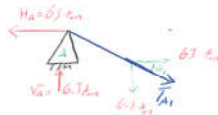


- ۱- تحت بارهای متوزع
۲- تحت بارهای کشیده
- ۱- حالتی که تکیه ماهواره در سبب استوار باشند
۲- حالتی که تکیه ماهواره با هم اختلاف ارتفاع داشته باشند

حالت اول را در مورد کابلها بررسی می کنیم

حل: کابل زیر تاثیر تحمیل نمائید و معکوس العمل می باشد که معادل یک نیروی کششی کابل را

۱۳۱



برخی در عمل $T_1 = 6.3 \text{ kN} - 6.3 \text{ kN}$

$T_1 = \sqrt{(6.3)^2 + (6.3)^2} = 6.3 \sqrt{2} \text{ kN}$
 $\theta_1 = \text{Arc tg } \frac{6.3}{6.3} = 45^\circ$



برخی در عمل $T_2 = 6.3 \text{ kN} - 2.3 \text{ kN}$

$T_2 = \sqrt{(6.3)^2 + (2.3)^2} = 6.714 \text{ kN}$

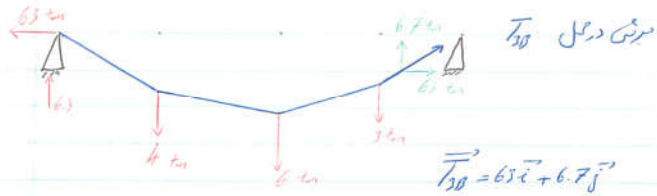
$\theta_2 = \text{Arc tg } \left(\frac{2.3}{6.3} \right) = 2.1^\circ$

نکته: تناوبی که بار افقی یا مندرج بر کابل اعمال نگردد شیب افقی نیرو در نقطه کابل در نقاط

داخلی با هم برابر خواهد بود.



برخی در عمل $T_3 = 6.3 \text{ kN}$



$$R_D = \sqrt{(6.3)^2 + (6.7)^2} = 6.36 \text{ ton}$$

$$\theta_p = \arctan\left(\frac{6.7}{6.3}\right) = 6.07^\circ$$

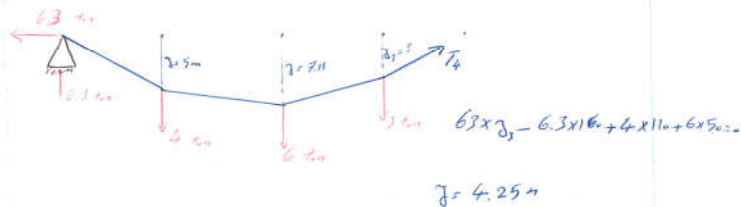
نکته: ۱- همیشه ما بریم کشی در کابل نیروی به نقاط تکیه گاه می زنیم خواهه دارد.

۲- در تکیه گاه که عملی خاص نیست در کشی حاکم کابل را به همراه

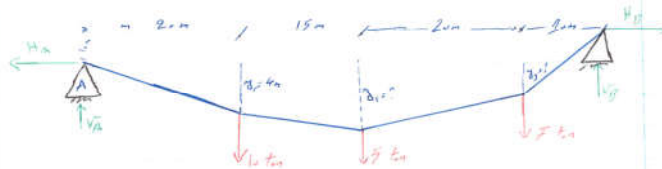
خواه داشت

حال باید مقادیر θ و θ_p را بدست آوریم در این حالت بهتر می باشد ما بشناسیم
از روشی که در محل نقاط تکیه گاه را بر روی کشم که بدان صورت خواهیم داشت

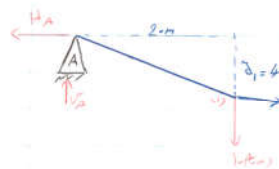
مهر محاسبه θ خواهیم داشت



حالت ۱-۲ - تحلیل کابل با روش ماسه و با اختلاف ارتفاع تکیه گاه



کشی کابل حاکم را بدست آوریم و در آنجا که همواره شکل بین تحلیل کشیم.



$$\sum M_A = 0 \rightarrow -V_A \times 2 + 4H_A = 0 \quad \text{II}$$

$$\text{II} \rightarrow H_A = 5V_A \quad \text{I}$$

$$\text{I: } -6 \times V_A - 6 \times 4 + 6 \times 2 = 0 \rightarrow V_A = 5.83 \text{ (kN)}$$

$$H_A = 5 \times 5.83 = 29.13 \text{ kN}$$

ما به دست آمدن متادیرکسی العمل یا تکیه گاه در نقطه A ما به برین حالات متادل عمل می کنیم
تکیه گاه در نقطه A را می سازیم.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow V_B = 16.17 \text{ kN}$$

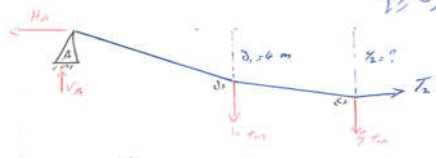
$$H_B = 29.13 \text{ kN}$$

باقی به متادیرکسی آمدن متادیرکسی العمل یا تکیه گاه می شود که عملی تکیه گاه در

نقطه A نیز از نقطه A ضاهه بود در نتیجه H_{max} در تکیه گاه اتفاق

می افتد و در نتیجه یک به عملی در تکیه گاه اتفاق می افتد

حال در قسمت آمدن انت نقطه یک یک به عملی در تکیه گاه آن نقطه عمل می کنیم و
تکراه حول نقطه یک در نظر می گیریم



$$\sum M_B = 0 \rightarrow -5.83 \times 35 + H_2 \times 29.13 + 10 \times 15 = 0 \rightarrow$$

$$H_2 = ?$$

به نقطه B به از یک عملی و در نظر حول نقطه B در نظر خواهیم داشت

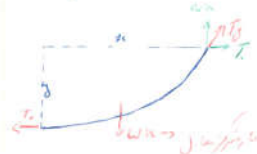
$$\sum M_B = 0 \rightarrow -5.83 \times 35 + H_2 \times 29.13 + 10 \times 15 + 5 \times 2 = 0$$

$$H_2 = ?$$

نکته اگر متادیرکسی در تکیه گاه A بود در تکیه گاه B نقطه J در سطحی

بالا از سطح تکیه گاه A قرار خواهد داشت

برای تحلیل کابل تحت بار یکنواخت نسبت به جابجایی از مبدأ فرض می‌کنیم.



$$V_B = T \sin \theta$$

$$H_B = T \cos \theta$$

$$T_{max} = T_B = \sqrt{T^2 + (qL)^2}$$

در حالت کلی، در نقطه کابل که نیروی کشش کمترین است:

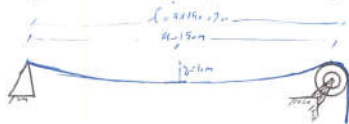
$$\sum M_B = 0 \quad -T_H y + qL \times \frac{L}{2} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_H = \frac{qL^2}{2y}$$

y = مقدار افت کابل در نقطه میانی

نکته: کشش حرکت و جابجایی کابل زیرا که تحت اثر وزن خود کشش می‌باشد و مناسب نبوده

فرمول فرجه استخوانی آن جهت متوازن ماندن کابل را محاسبه می‌کنیم.



بیرست استاتیکی

میان اول سطح «تکامل اول سطح»

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

تکامل اول سطح



$$Q = \int y dA$$

که در محاسبه نسبت به مرکز ثقل

$$Q = \int_{-h/2}^{h/2} y dA = \frac{b}{2} y^2 \Big|_{-h/2}^{h/2} = \frac{bh^3}{8}$$

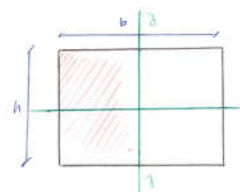
در این صورت چون میان اول سطح این تقسیم به نسبت می‌آوریم محاسبه می‌کنیم

که می‌تواند به کمک این نسبت به کمک محاسبه میان اول سطح محاسبه می‌کنیم که در این صورت

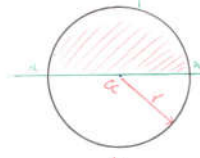
خواهیم بود و این به کمک محاسبه می‌کنیم

$$Q = \frac{bh^3}{8} \quad \text{و} \quad I = \frac{bh^3}{12}$$

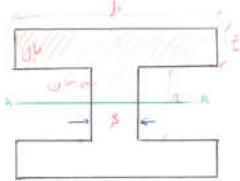
۲۷



$$Q_y = \frac{b}{2} h \times \frac{b}{4} = \frac{hb^2}{8}$$

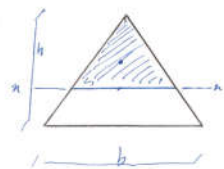


$$Q_y = \frac{\pi r^2}{2} \times \frac{4r}{3\pi} = \frac{2r^3}{3}$$



$$Q_y = btx(\frac{h}{2} + \frac{t}{2}) + \frac{b}{2} tx(\frac{h}{4})$$

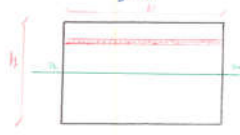
$$Q_y = \frac{1}{2} btx(h+t) + \frac{h^2 t}{8}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} h-y = \frac{2}{3}h \\ \frac{h}{3} \end{array} \right.$$

ممان در سطح = ممان اینرسی + Σ «ممان انتقالی»

$$I_m = \int y^2 dA$$

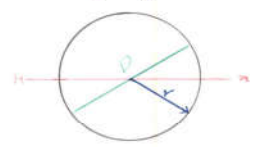


$$I_m = \int y^2 dA = \int_{y=-h/2}^{y=h/2} b y^2 dy = \frac{b y^3}{3} \Big|_{-h/2}^{h/2}$$

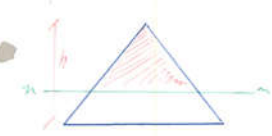
$$I_m = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12}$$

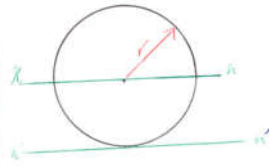
حال اگر محور ها را متوازی و هم‌خط با هم داشته باشیم



$$I_m = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{\pi D^4}{64}$$



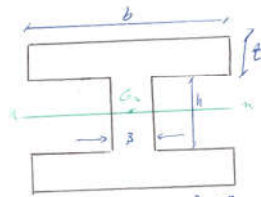
$$I_m = \frac{bh^3}{36}$$



$$I_n = \frac{\pi r^4}{4}$$

$$I_{n'} = I_n + A d^2$$

$$= \frac{\pi r^4}{4} + \pi r^2 r^2 = \frac{5\pi}{4} r^4$$



$$I_{xx} = 2 \left[\frac{b t^3}{12} + b t x \left(\frac{h}{2} + \frac{t}{2} \right)^2 \right] + \frac{\pi h^3}{12}$$