

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جدول شناسنامه اثر	
کد آموزش	۳۱۳-۰۰۱-۰۱۱
عنوان اثر	آموزش استاتیک (Statics) – حل تمرین استاتیک (تمامی فصل ها)
تالیف	گروه مهندسی سیویل ژئوتک (civilgeotech)
گردآورنده	مهندس سید محمد صادق آل محمد
آدرس سایت	https://civilgeotech.ir/
ایمیل	info@civilgeotech.ir
نوع	فایل pdf
تعداد کل صفحات	۱۵ صفحه
فرهیخته گرامی: بازنشر این فایل باعث تضییع حقوق مادی و معنوی سایت سیویل ژئوتک خواهد شد و کپی بخش یا تمام این اثر شرعا و قانونا حرام و ممنوع است. لطفا فایل این آموزش را از سایت اصلی ما دریافت کنید.	

CIVILGEOTECH



فهرست مطالب

حل تمرین استاتیک (تمامی فصل ها)	۲
۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...	۲
۲- تمرین های آموزش مقدمه ای بر استاتیک	۲
۲-۱- مسئله ۲	۲
۳- تمرین های آموزش سیستم های نیرو بخش اول	۳
۳-۱- مسئله ۳	۳
۳-۲- مسئله ۵	۳
۴- تمرین های آموزش سیستم های نیرو بخش دوم	۴
۴-۱- مسئله ۷	۴
۴-۲- مسئله ۹	۴
۵- تمرین های آموزش تعادل بخش دوم	۵
۵-۱- مسئله ۳	۵
۶- تمرین های آموزش تحلیل سازه ها (تحلیل خرابها) بخش اول	۶
۶-۱- مسئله ۲	۶
۷- تمرین های آموزش تحلیل سازه ها (تحلیل خرابها) بخش دوم	۸
۷-۱- مسئله ۴	۸
۸- تمرین های آموزش نیروهای گسترده بخش اول	۹
۸-۱- مسئله ۲	۹
۸-۲- مسئله ۴	۱۱
۹- تمرین های آموزش نیروهای گسترده بخش دوم	۱۱
۹-۱- مسئله ۶	۱۱
۱۰- تمرین های آموزش نیروهای گسترده بخش سوم	۱۲
۱۰-۱- مسئله ۸	۱۲
۱۱- مراجع	۱۴

حل تمرین استاتیک (تمامی فصل ها)

۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

در آموزش‌های گذشته مباحث استاتیک در هر بخش تعدادی مسئله به عنوان حل تمرین آورده شده بود. در این آموزش شیوه حل این مسائل بررسی می‌شوند. برای فهم بهتر حل مسائل می‌توانید به ویدیو مراجعه کنید.

۲- تمرین‌های آموزش مقدمه‌ای بر استاتیک

۲-۱- مسئله ۲

نیروی با بردار $F=120i-160j+80k$ N بیان شده است. زاویه‌ای که بردار F با جهت مثبت محورهای x ، y و z می‌سازد را تعیین کنید. کسینوس زوایای هادی و اندازه مولفه‌های بردار به صورت زیر است:

$$l=\cos \theta_x \quad m=\cos \theta_y \quad n=\cos \theta_z \quad V_x=lV \quad V_y=mV \quad V_z=nV$$

بنابراین داریم:

$$\cos \theta_x = \frac{F_x}{F} = \frac{120}{\sqrt{120^2 + (-160)^2 + 80^2}} = 0.557 \rightarrow \theta_x = \cos^{-1} 0.557 = 56.1^\circ$$

$$\cos \theta_y = \frac{F_y}{F} = \frac{-160}{\sqrt{120^2 + (-160)^2 + 80^2}} = -0.743 \rightarrow \theta_y = \cos^{-1}(-0.743) = 138^\circ$$

$$\cos \theta_z = \frac{F_z}{F} = \frac{80}{\sqrt{120^2 + (-160)^2 + 80^2}} = 0.371 \rightarrow \theta_z = \cos^{-1} 0.371 = 68.2^\circ$$

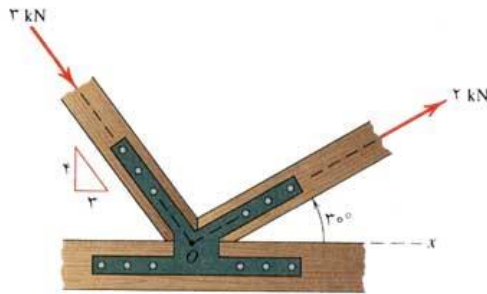
CIVILGEOTECH

۳- تمرین‌های آموزش سیستم‌های نیرو بخش اول

۳-۱- مسئله ۳

در شکل مسئله دو عضو یک خرپا را می‌بینید که یکی تحت کشش و دیگری تحت فشار است. این نیروها متقابلاً به مفصل O وارد می‌شوند. اندازه برآیند این دو نیرو یعنی R و زاویه θ که این بردار با جهت مثبت محور X می‌سازد را تعیین کنید.

با تجزیه نیروها در راستای X و Y داریم:



$$F_{1x} = 2 \times \cos 30 = 1.73 \text{ kN}$$

$$F_{1y} = 2 \times \sin 30 = 1 \text{ kN}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{4}{3} = 53.13^\circ$$

$$F_{2x} = 3 \times \cos 53.13 = 1.8 \text{ kN}$$

$$F_{2y} = -2 \times \sin 53.13 = -2.4 \text{ kN}$$

$$R_x = \Sigma F_x = 1.73 + 1.8 = 3.53 \text{ kN}$$

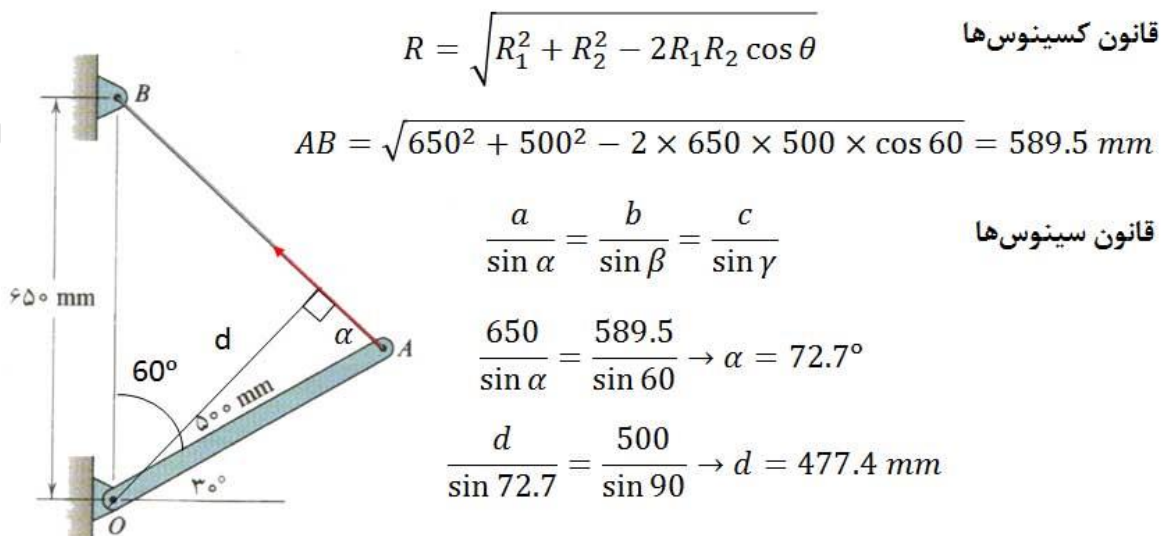
$$R_y = \Sigma F_y = 1 - 2.4 = -1.4 \text{ kN}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{3.53^2 + (-1.4)^2} = 3.8 \text{ kN} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x} = 21.6^\circ$$

۳-۲- مسئله ۵

کابل AB تحت کشش ۴۰۰ N قرار دارد. گشتاور این نیروی کششی که به نقطه A از میله باریک OA وارد می‌شود را نسبت به نقطه O تعیین کنید.

با توجه به رابطه گشتاور ($M_o = Fd$) داریم:



$$R = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos \theta}$$

قانون کسینوس‌ها

$$AB = \sqrt{650^2 + 500^2 - 2 \times 650 \times 500 \times \cos 60} = 589.5 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

قانون سینوس‌ها

$$\frac{650}{\sin \alpha} = \frac{589.5}{\sin 60} \rightarrow \alpha = 72.7^\circ$$

$$\frac{d}{\sin 72.7} = \frac{500}{\sin 90} \rightarrow d = 477.4 \text{ mm}$$

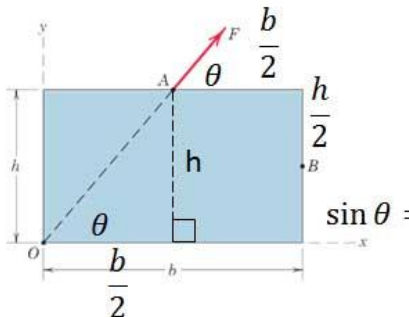
$$M_o = Fd = 400 \times 477.4 \times (10^{-3}) = 190.96 \text{ Nm}$$

۴- تمرین‌های آموزش سیستم‌های نیرو بخش دوم

۴-۱- مسئله ۷

نقاط A و B در وسط اضلاع کوچک و بزرگ یک مستطیل قرار دارند. نیروی F که به نقطه A وارد می‌شود را با یک سیستم نیرو-کوپل معادل در نقطه B جایگزین کنید.

بر اساس سیستم‌های نیرو - کوپل داریم:



$$OA = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2}$$

$$\sin \theta = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2}} = \frac{2h}{\sqrt{b^2 + 4h^2}}$$

$$\cos \theta = \frac{\frac{b}{2}}{\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2}} = \frac{b}{\sqrt{b^2 + 4h^2}}$$

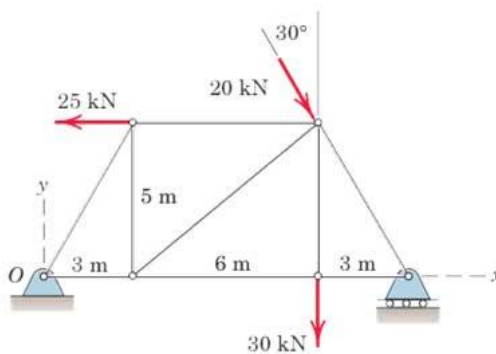
$$M_B = Fd$$

$$\begin{aligned} \curvearrowright^+ M_B &= (F \cos \theta) \left(\frac{h}{2}\right) + (F \sin \theta) \left(\frac{b}{2}\right) \\ &= \left(\frac{Fb}{\sqrt{b^2 + 4h^2}}\right) \left(\frac{h}{2}\right) + \left(\frac{2Fh}{\sqrt{b^2 + 4h^2}}\right) \left(\frac{b}{2}\right) = \frac{3Fbh}{2\sqrt{b^2 + 4h^2}} \text{ ساعتگرد} \end{aligned}$$

$$\vec{F}_B = F \cos \theta \mathbf{i} + F \sin \theta \mathbf{j} = \frac{Fb}{\sqrt{b^2 + 4h^2}} \mathbf{i} + \frac{2Fh}{\sqrt{b^2 + 4h^2}} \mathbf{j} = \frac{F}{\sqrt{b^2 + 4h^2}} (b\mathbf{i} + 2h\mathbf{j})$$

۴-۲- مسئله ۹

برآیند R سه نیروی وارد به خرپای ساده‌ای که در شکل می‌بینید را تعیین کنید و محل برخورد خط اثر R با محورهای x و y را نیز بدست آورید. نقطه O به عنوان مرجع انتخاب شده‌است. داریم:



$$R_x = \Sigma F_x = -25 + 20 \sin 30 = -15 \text{ kN}$$

$$R_y = \Sigma F_y = -30 - 20 \cos 30 = -47.3 \text{ kN}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(-15)^2 + (-47.3)^2} = 49.6 \text{ kN}$$

$$\vec{R} = -15\mathbf{i} - 47.3\mathbf{j} \text{ kN}$$

$$\curvearrowright^+ M_O = \Sigma (Fd) = 25 \times 5 - 20 \cos 30 \times 9 - 20 \sin 30 \times 5 - 30 \times 9 = -351 \text{ kN.m}$$

جهت پادساعتگرد را مثبت فرض کردیم اما چون حاصل گشتاور منفی شده، نشان می‌دهد که جهت صحیح ساعتگرد بوده است.

برای تعیین محل برخورد خط اثر نیرو برآیند R با محورهای مختصات به روش زیر عمل می‌کنیم.

$$\vec{r} \times \vec{R} = M_o \rightarrow (x\vec{i} + y\vec{j}) \times (-15\vec{i} - 47.3\vec{j}) = -351\vec{k}$$

$$\begin{vmatrix} x & y \\ -15 & -47.3 \end{vmatrix} \vec{k} = (-47.3x + 15y)\vec{k} = -351\vec{k}$$

$$(-47.3x + 15y) = -351 \xrightarrow{y=0} x = 7.42 \text{ m}$$

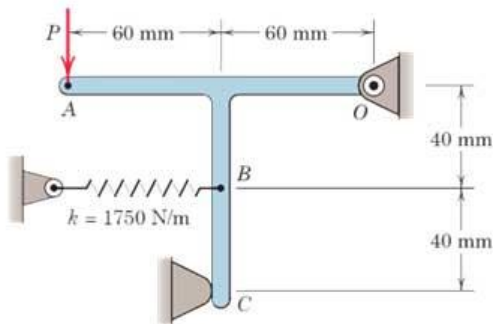
$$(-47.3x + 15y) = -351 \xrightarrow{x=0} y = -23.4 \text{ m}$$

دلیل منفی بودن مقدار گشتاور این است که چون گشتاور ساعتگرد بوده است، با توجه به قانون دست راست، جهت شست به سمت داخل صفحه که جهت منفی محور Z است، می باشد.

۵- تمرین های آموزش تعادل بخش دوم

۵-۱- مسئله ۳

هنگامی که قاب AOC با جرم 0.5kg در تماس با تکیه گاه C است، فنر خطی به اندازه ۱۰ میلیمتر کشیده شده است. نیروی مورد نیاز P برای جدا کردن قاب از تکیه گاه C را در دو حالت الف) با در نظر گرفتن وزن قاب ب) با چشم پوشی از آن تعیین کنید. ابتدا نیروی فنر و نیروی وزن را محاسبه می کنیم.

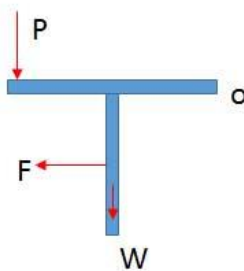


$$F = K \Delta x = 1750 \times 0.01 = 17.5 \text{ N}$$

$$W = m g = 0.5 \times 9.81 = 4.9 \text{ N}$$

حال با رسم دیاگرام آزاد جسم و با توجه به اینکه عکس العمل تکیه گاه C صفر است در دو حالت الف و ب داریم:

الف)



$$\sum^+ M_o = 0 = P \times 120 - 17.5 \times 40 + 4.9 \times 60 \rightarrow P = 3.4 \text{ N}$$

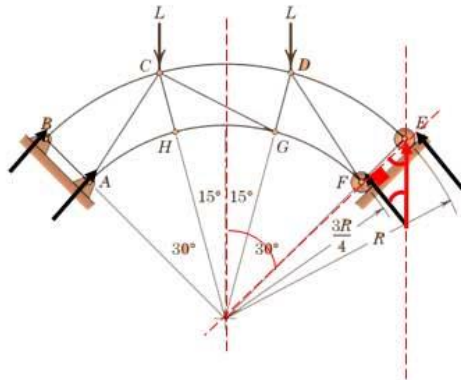
ب)

$$\sum^+ M_o = 0 = P \times 120 - 17.5 \times 40 \rightarrow P = 5.83 \text{ N}$$

۶- تمرین‌های آموزش تحلیل سازه‌ها (تحلیل خرپاها) بخش اول

۶-۱- مسئله ۲

با روش مفصل نیروی داخلی در عضو CG از خرپای زیر را تعیین کنید. فرض کنید که اندازه چهار عکس العمل خارجی در تکیه‌گاه‌های A، B، E و F یکسان است و راستای این عکس العمل‌ها بر سطح تکیه‌گاهی آن‌ها عمود است. ابتدا عکس العمل‌های تکیه‌گاهی با استفاده از دیگرام آزاد کل خرپا محاسبه می‌شود.



$$E_A = E_B = E_E = E_F = E$$

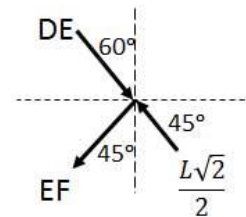
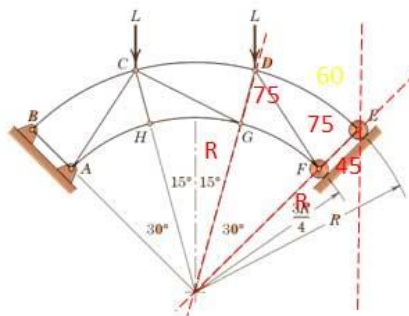
$$\sum F_y = 0 \rightarrow 4E \cos 45 - L - L = 0$$

$$\rightarrow 4 \frac{\sqrt{2}}{2} E = 2L \rightarrow E = \frac{L}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{L\sqrt{2}}{2}$$

گویا کردن کسر

$$E_A = E_B = E_E = E_F = \frac{L\sqrt{2}}{2}$$

برای مفصل E داریم:



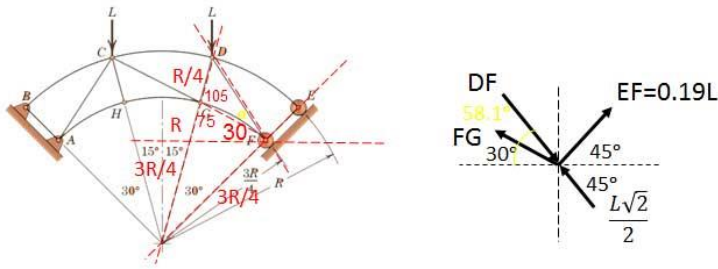
$$\sum F_x = 0 \rightarrow -\frac{L\sqrt{2}}{2} \cos 45 + DE \sin 60 - EF \sin 45 = 0 \rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} DE - \frac{\sqrt{2}}{2} EF = \frac{L}{2}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow \frac{L\sqrt{2}}{2} \sin 45 - DE \cos 60 - EF \cos 45 = 0 \rightarrow \frac{1}{2} DE + \frac{\sqrt{2}}{2} EF = \frac{L}{2}$$

$$EF = 0.19L \text{ کششی} \quad DE = .73L \text{ فشاری}$$

حل دستگاه دو معادله و دو مجهول

برای مفصل F داریم:



$$DF = \sqrt{R^2 + \left(\frac{3R}{4}\right)^2 - 2 \times R \times \frac{3R}{4} \times \cos 30} = 0.513R$$

قانون کسینوس ها

$$\frac{\frac{R}{4}}{\sin \alpha} = \frac{0.513R}{\sin 105} \rightarrow \alpha = 28.1 \rightarrow 28.1 + 30 = 58.1$$

قانون سینوس ها

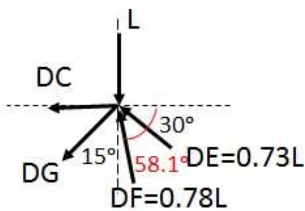
$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow -\frac{L\sqrt{2}}{2} \cos 45 + 0.19L \cos 45 + DF \cos 58.1 - FG \cos 30 = 0 \rightarrow 0.528DF - 0.866FG = 0.366L$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow \frac{L\sqrt{2}}{2} \sin 45 + 0.19L \sin 45 - DF \sin 58.1 + FG \sin 30 = 0 \rightarrow -0.849DF + 0.5FG = -0.634L$$

$$DF = 0.78L \text{ فشاری} \quad FG = 0.05L \text{ کششی}$$

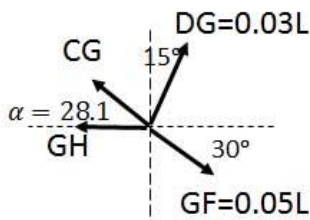
حل دستگاه دو معادله و دو مجهول

برای مفصل D داریم:



$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow -L - DG \cos 15 + DF \sin 58.1 + DE \sin 30 = 0 \rightarrow DG = 0.03L$$

برای مفصل G داریم:



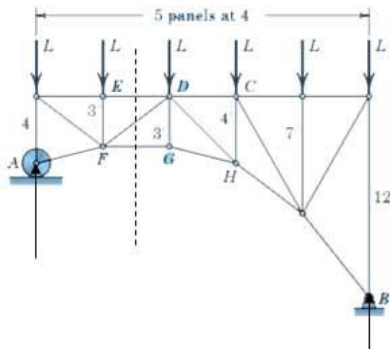
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow DG \cos 15 + CG \sin 28.1 - GF \sin 30 = 0 \rightarrow CG = 0$$

۷- تمرین‌های آموزش تحلیل سازه‌ها (تحلیل خرپاها) بخش دوم

۷-۱- مسئله ۴

برای خرابایی که در شکل می‌بینید نیروی داخلی عضو DG را بیابید

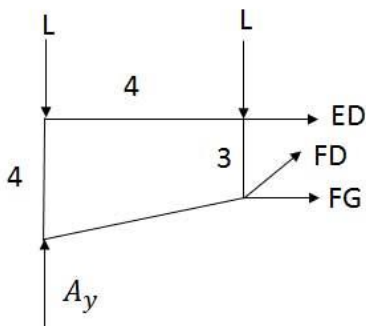
عکس العمل‌های تکیه‌گاهی را با استفاده از دیاگرام آزاد کل خرپا محاسبه می‌کنیم:



$$\circlearrowleft^+ \Sigma M_B = 0 \rightarrow 4L + 8L + 12L + 16L + 20L - 20A_y = 0 \rightarrow A_y = 3L$$

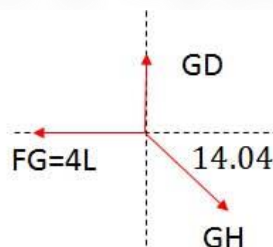
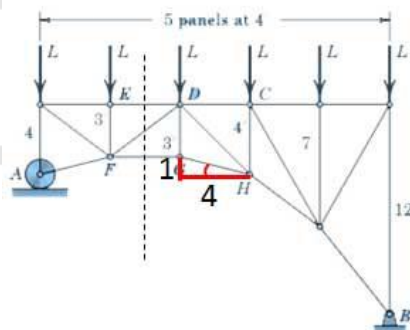
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow B_y = 3L$$

حال دیاگرام آزاد سمت چپ مقطع را رسم می‌کنیم:



$$\circlearrowleft^+ \Sigma M_D = 0 \rightarrow 3FG + 4L + 8L - 3L \times 8 = 0 \rightarrow FG = 4L \text{ کششی}$$

در مفصل G داریم:



$$\theta = \tan^{-1} \frac{1}{4} = 14.04$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow -FG + GH \cos 14.04 \rightarrow GH = 4.12L \text{ کششی}$$

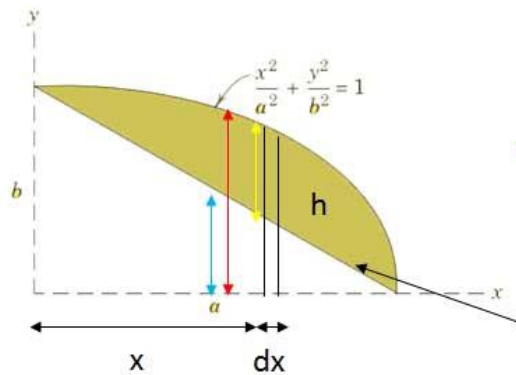
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow GD - GH \sin 14.04 \rightarrow GD = 1L \text{ کششی}$$

۸- تمرین‌های آموزش نیروهای گسترده بخش اول

۸-۱- مسئله ۲

مرکز هندسی شکل زیر را حساب کنید.

ابتدا معادله خط نوشته می‌شود.



$$(a, 0) \quad (0, b)$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{b - 0}{0 - a} = -\frac{b}{a}$$

$$y - y_0 = m(x - x_0) \rightarrow y - 0 = -\frac{b}{a}(x - a)$$

$$\rightarrow y = \frac{b}{a}(a - x)$$

معادله سهمی نیز نوشته می‌شود.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \xrightarrow{\times a^2 b^2} b^2 x^2 + a^2 y^2 = a^2 b^2 \rightarrow y^2 = \frac{a^2 b^2 - b^2 x^2}{a^2} = \frac{b^2(a^2 - x^2)}{a^2} \rightarrow y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$$

حال برای المان مد نظر داریم:

$$dA = h dx$$

$$h = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} - \frac{b}{a}(a - x)$$

$$h = \frac{b}{a} [\sqrt{a^2 - x^2} - (a - x)]$$

CIVILGEOTECH

حال از رابطه مرکز سطح استفاده می کنیم.

$$\bar{x} = \frac{\int x dA}{A} \quad h = \frac{b}{a} [\sqrt{a^2 - x^2} - (a - x)] \quad dA = h dx$$

$$A = \int h dx = \int_0^a \frac{b}{a} [\sqrt{a^2 - x^2} - (a - x)] dx$$

$$A = \frac{b}{a} \left[\int_0^a \sqrt{a^2 - x^2} dx - \int_0^a a dx + \int_0^a x dx \right]$$

$$A = \frac{b}{a} \left[\frac{1}{2} \left(x \sqrt{a^2 - x^2} + a^2 \sin^{-1} \frac{x}{a} \right) - ax + \frac{x^2}{2} \right]_0^a = \frac{ab}{2} \left[\frac{\pi}{2} - 1 \right]$$

$$\begin{aligned} \int x dA &= \int x h dx = \int_0^a x \frac{b}{a} [\sqrt{a^2 - x^2} - (a - x)] dx = \frac{b}{a} \int_0^a [x \sqrt{a^2 - x^2} - (ax - x^2)] dx \\ &= \frac{b}{a} \left[-\frac{1}{3} \sqrt{(a^2 - x^2)^3} - \frac{ax^2}{2} + \frac{x^3}{3} \right]_0^a = \frac{ba^2}{6} \end{aligned}$$

$$\bar{x} = \frac{\int x dA}{A} = \frac{\frac{ba^2}{6}}{\frac{ab}{2} \left[\frac{\pi}{2} - 1 \right]} = \frac{a}{3 \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right)}$$

به طریق مشابه داریم:

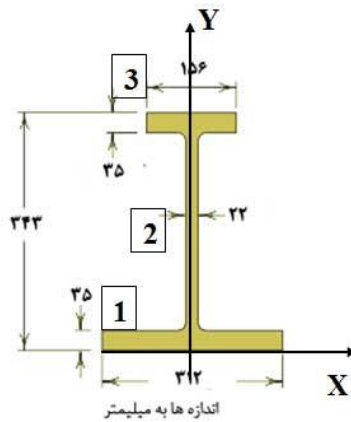
$$\bar{y} = \frac{b}{3 \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right)}$$

CIVILGEOTECH

۸-۲- مسئله ۴

مرکز سطح تیر زیر را بیابید.

به دلیل تقارن تیر نسبت به محور Y مولفه $\bar{X}$ برابر صفر است.



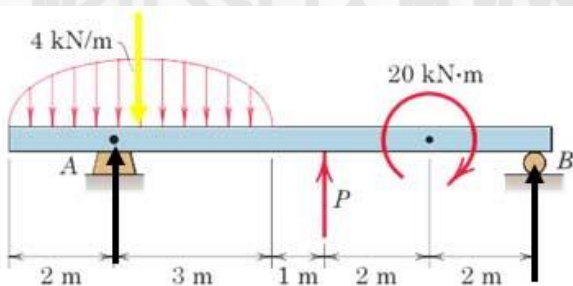
$$\bar{Y} = \frac{\sum A_i \bar{y}_i}{\sum A_i} = 133.94 \text{ mm}$$

جزء	$A_i (\text{mm}^2)$	$\bar{y}_i (\text{mm})$	$A_i \bar{y}_i (\text{mm}^3)$
۱	$(312 \times 35) = 10920$	$\frac{35}{2} = 17.5$	191100
۲	$((343 - 2 \times 35) \times 22) = 6006$	$(\frac{343 - 2 \times 35}{2}) + 35 = 171.5$	1030029
۳	$(156 \times 35) = 5460$	$\frac{35}{2} + (343 - 35) = 325.5$	1777230
مجموع	22386	-	2998359

۹- تمرین‌های آموزش نیروهای گسترده بخش دوم

۹-۱- مسئله ۶

به تیر زیر یک بار متمرکز یک بار گسترده بیضوی و یک کوپل وارد می‌شود. نیروی P را چنان تعیین کنید که عکس العمل تکیه‌گاه در B صفر شود. با توجه به مساحت بیضی که برابر πab است اندازه نیروی L و محل آن محاسبه می‌شود.



$$L = \frac{\pi 4 (\frac{5}{2})}{2} = 5\pi \quad \bar{x} = \frac{5}{2} = 2.5$$

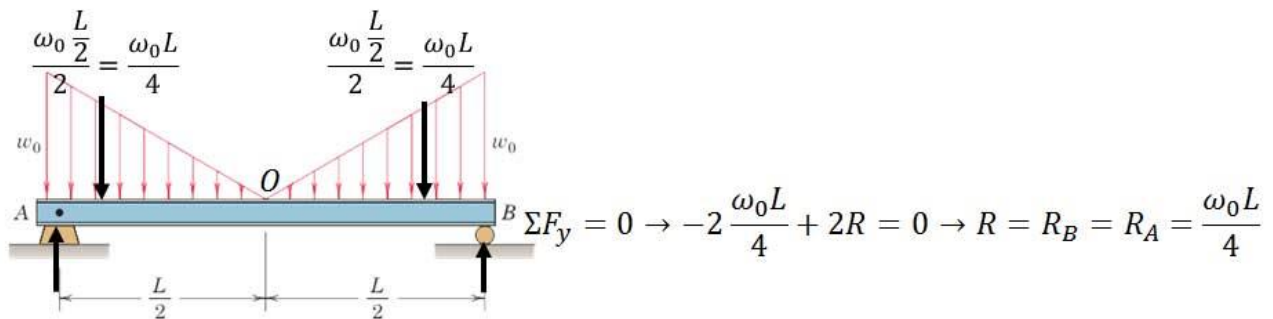
$$\sum M_A = 0 \rightarrow -5\pi(3 - 2.5) + 4P - 20 - 0 = 0 \rightarrow P = 6.96 \text{ kN}$$

۱۰- تمرین‌های آموزش نیروهای گسترده بخش سوم

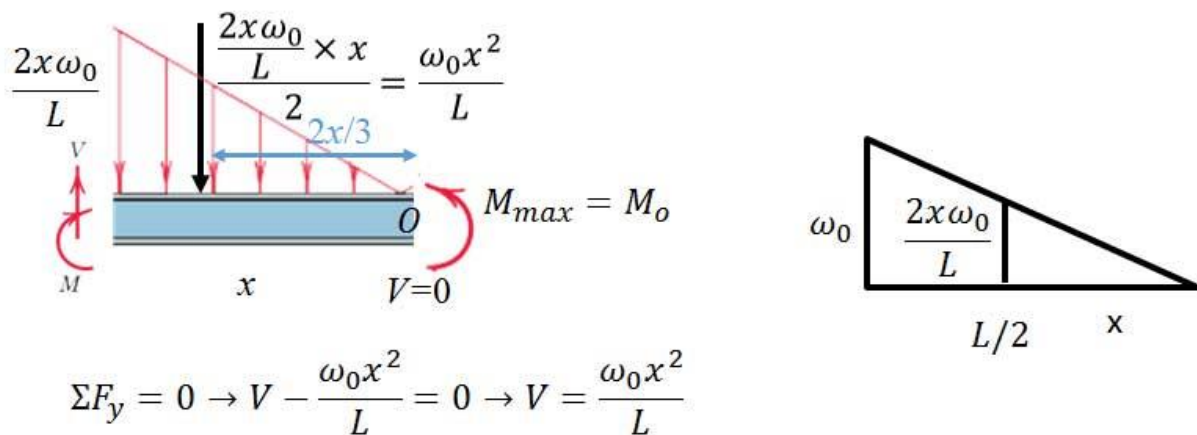
۱۰-۱- مسئله ۸

نمودارهای نیروی برشی و لنگر خمشی را برای تیر بارگذاری شده شکل مقابل رسم کنید. ماکسیمم لنگر خمشی را بدست آورید.

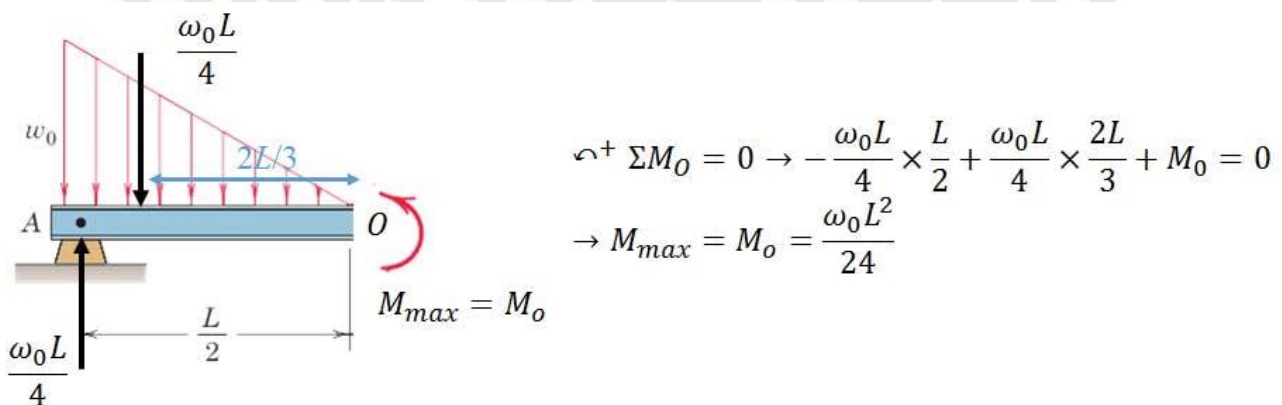
با توجه به تقارن، عکس العمل‌های تکیه‌گاهی برابر هستند.



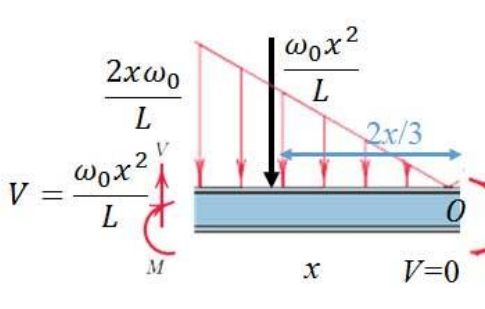
مقدار برش در مرکز تقارن تیر صفر است و لنگر ماکسیمم مقدار را دارد. حال در مقطع سمت چپ با طول x داریم:



در مقطع سمت چپ در $x = L/2$ داریم:



همچنین برای هر x دلخواه داریم:



$$\begin{aligned} \sum M_0 &= 0 \rightarrow -M - \frac{\omega_0 x^2}{L} \times x + \frac{\omega_0 x^2}{L} \times \frac{2x}{3} + \frac{\omega_0 L^2}{24} \\ \rightarrow M &= \frac{\omega_0}{3L} \left(\frac{L^3}{8} - x^3 \right) \\ V &= \frac{\omega_0 x^2}{L} \quad V=0 \quad M_{max} = M_0 = \frac{\omega_0 L^2}{24} \end{aligned}$$

حال به رسم نمودار نیروی برشی و لنگر خمشی می‌پردازیم.

در مقطع با طول x در محدوده 0 تا $L/2$ داریم:

$$V_A = \frac{\omega_0 L}{4} \quad V_0 = 0 \quad M = \frac{\omega_0}{3L} \left(\frac{L^3}{8} - x^3 \right)$$

M	x
0	$\frac{L}{2}$
$M_{max} = \frac{\omega_0 L^2}{24}$	0

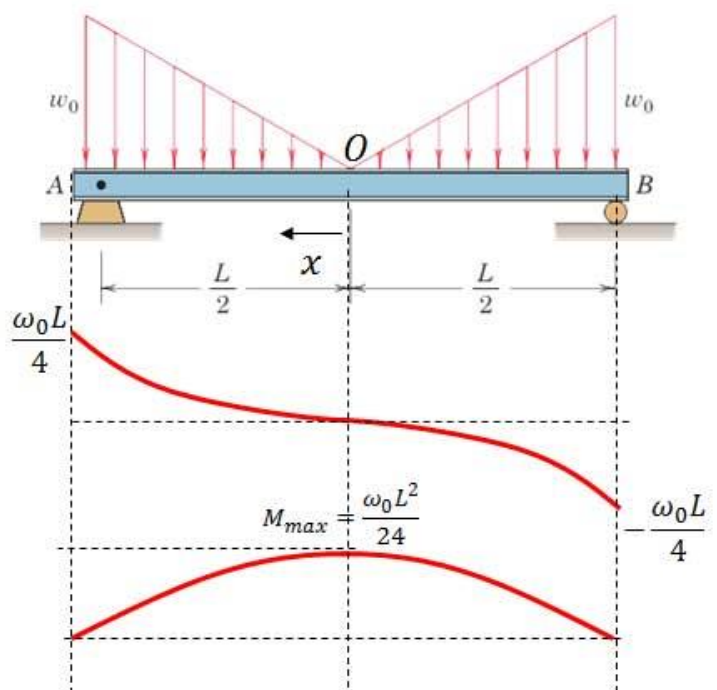
با توجه به اینکه نمودار بار نزولی است بنابراین تقعر نمودار برش رو به بالا می‌باشد. همچنین نمودار بار مقدار مثبت دارد پس نمودار برش نزولی است. نمودار بار خطی است بنابراین نمودار برش سهمی درجه ۲ می‌باشد. نمودار برش درجه ۲ است پس نمودار خمش درجه ۳ خواهد بود. نمودار برش کاهشی است در نتیجه تقعر نمودار خمش رو به پایین است.

در مقطع با طول x در محدوده $L/2$ تا 0 داریم:

$$V_B = V_A + L_{total} = \frac{\omega_0 L}{4} + \left(-2 \frac{\omega_0 L}{4} \right) = -\frac{\omega_0 L}{4}$$

نمودار بار صعودی است پس تقعر نمودار برش رو به پایین خواهد بود. همچنین نمودار بار مقدار مثبت دارد پس نمودار برش نزولی است. نمودار بار خطی است بنابراین نمودار برش سهمی درجه ۲ می‌باشد. نمودار برش درجه ۲ است پس نمودار خمش درجه ۳ خواهد بود. نمودار برش کاهشی است در نتیجه تقعر نمودار خمش رو به پایین است.

بنابراین نمودار به شکل زیر خواهد بود:



۱۱- مراجع

Meriam, J. L. and Kraige, L. G. (2011). Engineering Mechanics Volume 1: Statics. 7th Ed. John Wiley and Sons Inc.