

توجه: - استفاده از ماشین حساب مجاز است.

- اعداد را حداقل تا دو رقم اعشار گرد نمایید.

-

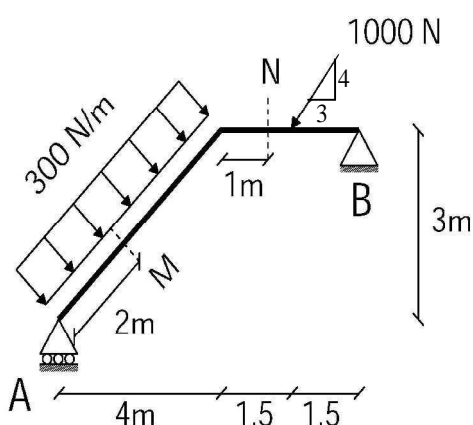
شتاب ثقل 9.81 متر بر مجذور ثانیه است.

- واحدهای مقادیر بدست آمده حتما قید گردند.

-

در محاسبه نیرو در اتصال ها و تکیه گاهها، تنها به محاسبه مؤلفه ها اکتفا

نشود و بطور کامل مشخصات نیروی خواسته شده بدست آید.

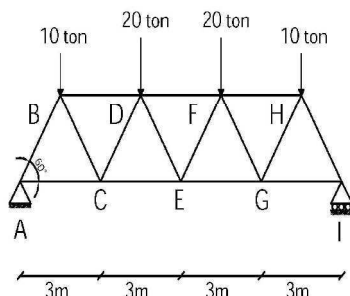


مسئله 1 - سازه شکل مقابل تحت بارگذاری نشان داده شده است. تانژانت زاویه ای که نیروی 1000 نیوتن با راستای افق می سازد برابر 4/3 می باشد.

الف- نیروهای عکس العمل تکیه گاهی را بدست آورید. ضخامت اعضای سازه قابل صرف نظر کردن است. (نمره : 1.0)

ب- نیروهای محوری ، برشی و لنگر خمشی را در مقطع M بیابید. (نمره : 0.75)

ج- نیروهای محوری ، برشی و لنگر خمشی را در مقطع N بیابید. (نمره : 0.75)



تیر آهن	IPE 160	IPE 180	IPE 200
مساحت (cm <sup>2</sup> )	20.1	23.9	28.5

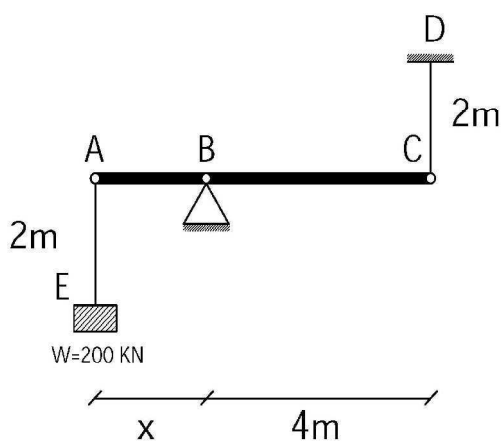
مسئله 2 - خرپای شکل مقابل تحت بارگذاری نشان داده شده می باشد. تنش های

مجاز فشاری و کششی فولاد را بترتیب 1350 و 1500 کیلوگرم بر سانتی متر مربع در نظر می گیریم. طول همه اعضای خرپا 3 متر و زاویه بین اعضا 60 درجه می باشد.

الف- نیروهای عکس العمل تکیه گاهی را بدست آورید. (نمره: 0.5)

ب- سطح مقطع عضو AB را بیابید و مطابق جدول زیر، از یک مقطع تیر آهن داده شده استفاده نمایید. مساحت ها بر حسب سانتیمتر مربع داده شده اند. (نمره : 1.0)

ج- سطح مقطع عضو CE را بیابید و مطابق جدول زیر، از یک مقطع تیر آهن داده شده استفاده نمایید (نمره : 1.0)



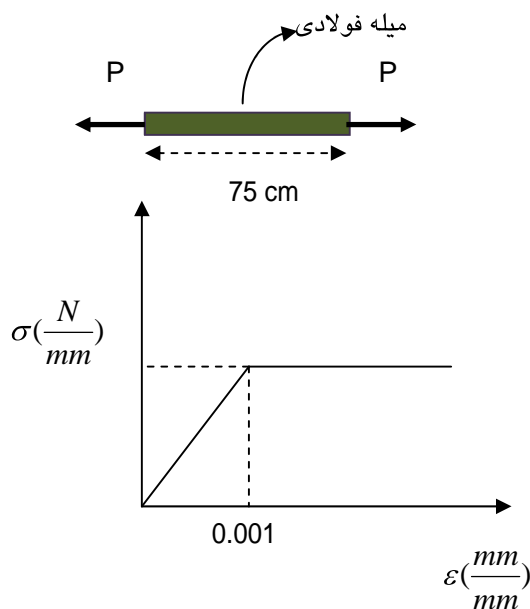
مسئله 3 - درسازه شکل روبرو قبل از آنکه وزنه 200 کیلو نیوتنی به گره A متصل گردد عضو صلب AC در وضعیت افقی قرار دارد. با اتصال وزنه، مقدار جابجایی عمودی برابر 5 میلیمتر در نقطه C ایجاد می شود. مدول الاستیسیته مصالح  $2 \times 10^5$  نیوتن بر میلیمتر مربع است. تحت این شرایط:

الف- مقدار کرنش و تنش ایجاد شده در میله CD با سطح مقطع 2 سانتی متر مربع را بیابید. (نمره : 0.75)

ب- فاصله وزنه 200 کیلو نیوتنی تا تکیه گاه B را بیابید. (نمره : 0.75)

ج- تنش و تغییر طول در میله AE را تعیین کنید. سطح مقطع این میله 4 سانتی متر مربع است. (نمره : 0.75)

د- چنانچه در مفصل C، میله CD به تیر توسط یک پین دو برشه به قطر 1 سانتی متر متصل شده باشد، تنش برشی در پین را بدست آورید. (نمره : 0.75)



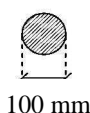
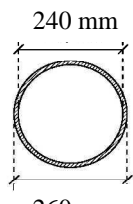
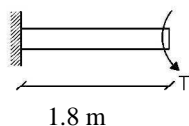
مسئله 4 - دیاگرام تنش و کرنش ایده آل برای یک میله فولادی تحت کشش به طول 75 سانتی متر را مطابق شکل روبرو در نظر بگیرید. با توجه به گزارش آزمایشگاه حداکثر نیروی وارده که میله را در شرایط الاستیک قرار میدهد برابر 90 کیلو نیوتن می باشد. الف- اگر قطر میله 2 سانتی متر باشد، تنش ماکزیمم وارد بر میله در شرایط ارتجاعی را تعیین کنید. (نمره : 0.5)

ب - مدل الاستیسیته میله را تعیین کنید. (نمره : 0.5)

ج - اگر نیروی وارده به میله جابجایی 105 میلیمتر را ایجاد کند و سپس نیرو برداشته شود آیا میله تغییر شکل ماندگار پیدا میکند؟ چرا؟ اگر جواب مثبت است تغییر شکل ماندگار را بیابید. (نمره : 0.75)

د- اگر نیروی وارده به میله جابجایی 0.6 میلیمتر را ایجاد کند و سپس نیرو برداشته شود آیا میله تغییر شکل ماندگار پیدا میکند؟ چرا؟ اگر جواب مثبت است تغییر شکل ماندگار را بیابید. (نمره : 0.75)

مسئله 5 - مقاطع توپر A و توخالی B از جنس فولاد با تنش مجاز برشی 95 نیوتن بر میلیمتر مربع در نظر گرفته ایم. هر یک از این مقاطع می توانند برای تیر شکل مقابل استفاده شوند. مساحت مقاطع با یکدیگر برابر میباشد. تحت این شرایط:



B

A

الف- اگر مقطع A برای تیر انتخاب شود حداکثر لنگر پیچشی که می تواند تحمل می کند چقدر است؟ (نمره : 0.75)

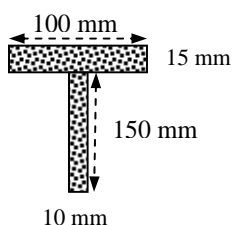
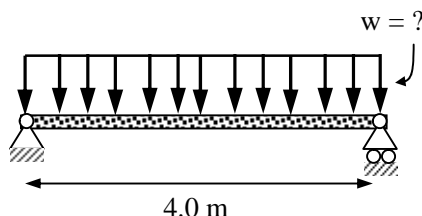
ب- اگر مقطع B برای تیر انتخاب شود حداکثر لنگر پیچشی که می تواند تحمل می کند چقدر است؟ (نمره : 0.75)

ج- مقاطع را با یکدیگر مقایسه نمایید، کدامیک لنگر پیچشی بیشتری را تحمل میکند. (نمره : 0.5)

د- اگر مدول برشی برابر  $G_{AC} = 0.80 \times 10^5 \frac{N}{mm^2}$  گزارش شود و حداکثر لنگر پیچشی به تیر وارد

110 kN

گردد، حداکثر زاویه پیچش برای تیر با مقطع B را بیابید. (نمره : 0.75)

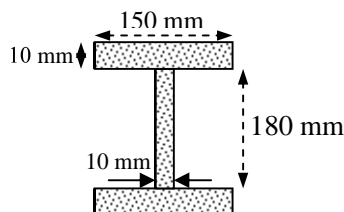
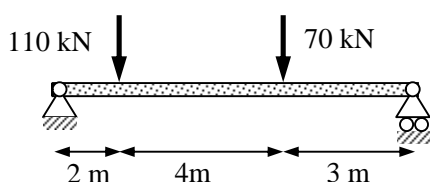


مسئله 6 - تیر T شکل روبرو از جنس فولاد، تحت بارگذاری گسترده W قرار دارد. تنش های مجاز فشاری و کششی فولاد را به ترتیب 120 و 150 نیوتن بر میلیمتر مربع در نظر می گیریم. ضخامت بال 15 و ضخامت جان 10 میلیمتر است.

الف- دیاگرام لنگر خمشی این تیر را رسم کنید. (نمره : 0.75)

ب- با معیارهای فوق الذکر، حداکثر شدت بار گسترده ای که میتوان به تیر وارد کرد، چقدر است. (نمره : 2.0)

ج- با توجه به اصول استاتیک و حداکثر بار گسترده بدست آمده در بند ب، جزئی از لنگر خمشی حداکثر، که سهم بال تیر می باشد را بیابید. (نمره : 1.0)



مسئله 7- تیر روبرو با مقطع I شکل و متقارن، تحت بارگذاری قرار دارد.

الف- حداکثر نیروی برشی موجود در طول تیر را بدست آورید. (نمره: 0.5)

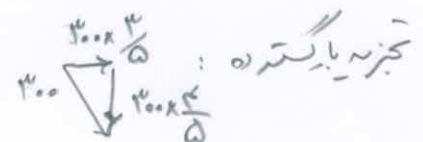
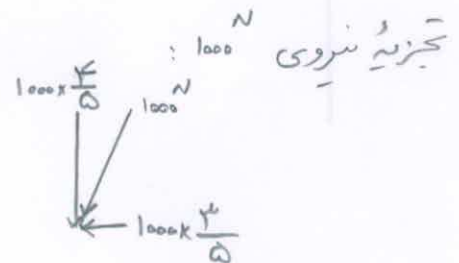
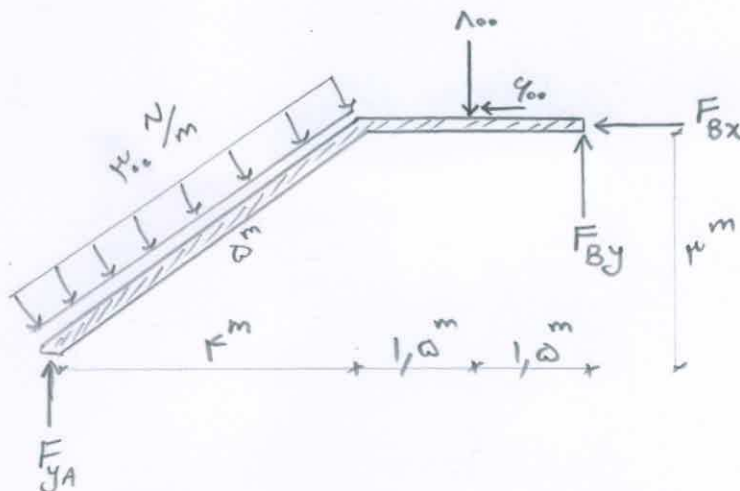
ب- برای مقطعی که حداکثر نیروی برشی وجود دارد، دیاگرام تنش برشی مقطع I شکل را در ترازهای مختلف بیابید و رسم کنید. (نمره: 2.0)

ج- در صورتیکه بخواهیم جوش گوشه بال و جان را طراحی کنیم، جریان برش در مقطع اتصال بین بال و جان را بدست آورید. (نمره: 0.5)

- زمان آزمون: 3:00 (3 ساعت) - تعداد سئوالها: 7 سئوال تشریحی
- همکاران محترم، لطفاً به منظور یکسان سازی تصحیح ورقه های امتحانی موارد زیر را مورد نظر قرار دهید.
- 70٪ سهم نمره هر سئوال به راه حل آن اختصاص یابد.
  - 20٪ سهم نمره هر سئوال به پاسخ نهایی صحیح اختصاص یابد.
  - 10٪ مابقی به استفاده از آحاد (دیمناسیون) اختصاص یابد.
  - نمره هر قسمت قید شده است.

پاسخ سئوال 1

الف - دیاگرام آزاد سیر



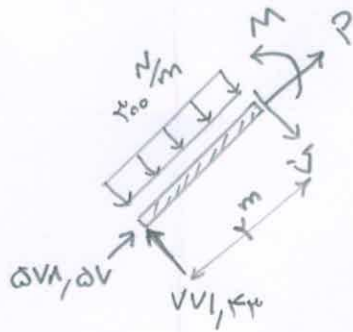
$$\sum F_x = 0 \rightarrow 300 \times \frac{3}{5} \times 2 - 100 - F_{Bx} = 0 \rightarrow \underline{F_{Bx} = 100 \text{ N}}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -300 \times 2 \times \frac{3}{5} - 100 \times \frac{2}{5} + 300 \times 3 - F_{By} \times 2 = 0 \rightarrow \underline{F_{By} = 1035,71 \text{ N}}$$

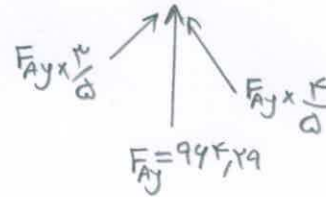
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{Ay} + 1035,71 - 100 - 300 \times \frac{4}{5} \times 2 = 0 \rightarrow \underline{F_{Ay} = 944,29 \text{ N}}$$

[نمره: 1]

ب - نیروهای داخلی در مقطع M :



کنترل نیروی کشش A :

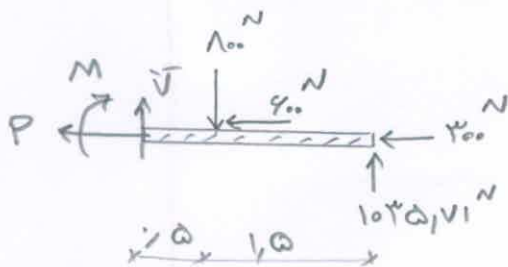


$$\sum F_x = 0 \rightarrow \Delta V1, \Delta V + P = 0 \rightarrow \underline{P = -\Delta V1, \Delta V}^N$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow VV1, 42 - 400 - V = 0 \rightarrow \underline{V = 1V1, 42}^N$$

$$\sum M_M = 0 \rightarrow M + 400 \times 1 - VV1, 42 \times 2 = 0 \rightarrow \underline{M = 944, 29}^{N \cdot m}$$

[نمره : ۷۵٪]



ج - نیروهای داخلی در مقطع N :

$$\sum F_x = 0 \rightarrow -P - 400 - 300 = 0 \rightarrow \underline{P = -900}^N$$

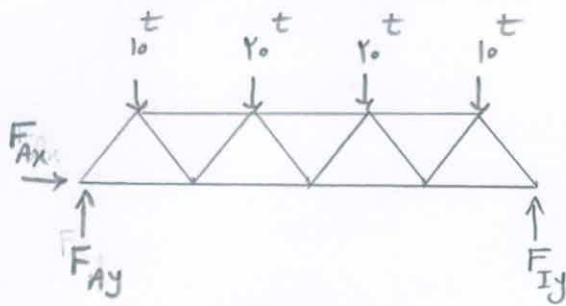
$$\sum F_y = 0 \rightarrow V - 100 + 1035, 71 = 0 \rightarrow \underline{V = -235, 71}^N$$

$$\sum M_N = 0 \rightarrow -M - 100 \times 2 + 1035, 71 \times 2 = 0 \rightarrow \underline{M = 1471, 42}^{N \cdot m}$$

[نمره : ۷۵٪]



الف -

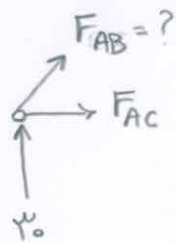


$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{Ax} = 0$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow F_{Iy} \times 12 - 10(1,5 + 4,5) - 20(7,5 + 11,5) = 0 \rightarrow F_{Iy} = 30 \text{ ton}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{Ay} + 30 - 40 = 0 \rightarrow F_{Ay} = 10 \text{ ton}$$

[نمره : ۵/۰]



ب - گره A

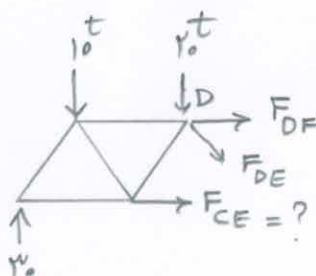
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{AB} \sin 40^\circ + 10 = 0 \rightarrow F_{AB} = -15,64 \text{ ton}$$

(فشاری)

$$\sigma_c = \frac{F_{AB}}{A} \rightarrow A = \frac{15,64 \text{ kg}}{1000} = 15,64 \text{ cm}^2$$

با توجه به جدول عضو BC  $\rightarrow$  IPE 200

[نمره : ۱]



ج - با برش عضو CE :

$$\sum M_D = 0 \rightarrow F_{CE} \times 3 \sin 40^\circ + 10 \times 3 - 20 \times 4,5 = 0$$

$$F_{CE} = + 10,41 \text{ ton}$$

(کششی)

$$\sigma_t = \frac{F_{CE}}{A} \rightarrow A = \frac{10,41}{1000} = 10,41 \text{ cm}^2$$

با توجه به جدول عضو CE  $\rightarrow$  IPE 200

[نمره : ۱]

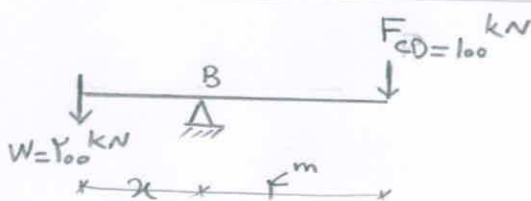
الف -



$$\Sigma = \frac{\Delta}{L} \rightarrow \Sigma = \gamma_1 \Delta \times 10^{-3}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta &= \frac{F_{CD} \times L}{\gamma_1 \Delta \times 10^{-3} \times L} \rightarrow F_{CD} = 100,000 \text{ N} \approx 100 \text{ kN} \rightarrow \sigma = \frac{100,000}{L} = 500 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma &= E \cdot \Sigma = \gamma_1 \Delta \times 10^{-3} \times L = 500 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \right.$$

[نمره: ۷۵٪]



$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow -100 \times L + \gamma_1 \Delta x = 0$$

$$x = 2 \text{ m}$$

[نمره: ۷۵٪]

$$\sigma = \frac{100,000}{L} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta_{AE} = \frac{100,000 \times L}{\gamma_1 \Delta \times 10^{-3} \times L} = \Delta \text{ mm}$$

[نمره: ۷۵٪]

$$\tau = \frac{F_{CD}}{A_{Pin}} \rightarrow \tau = \frac{100,000}{\gamma_1 \Delta \times 10^{-3}} = 444,44 \text{ N/mm}^2$$

[نمره: ۷۵٪]

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} \rightarrow \sigma_{max} = \frac{90000}{\pi \times 10^2} = 289,41 \text{ N/mm}^2$$

الف -

[نمره : ۵٪]

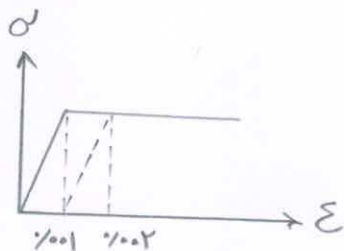
$$E = \frac{289,41}{0,001} \rightarrow E = 2,89 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

ب -

[نمره : ۵٪]

$$\varepsilon = \frac{1,5}{750} = 0,002 > 0,001 \rightarrow \text{وارد شرایط پلاستیک (غدارجایی) شدیم}$$

بنابراین باید راست بار تغییر شکل ماندگار داریم.



$$\Sigma_0 = 0,002 - 0,001 = 0,001 \text{ mm/mm}$$

$$\delta_0 = 0,001 \times 750 = 0,75 \text{ mm}$$

[نمره : ۷۵٪]

$$\varepsilon = \frac{0,9}{750} = 0,0012 < 0,001 \rightarrow$$

->

بنابراین در ناحیه ارتجاعی هستیم و تغییر شکل ماندگار بوجود نمی‌آید.

[نمره : ۷۵٪]



پاسخ سؤال ۵)

$$A-A \text{ مقطع} \rightarrow \dot{J}_A = \frac{\pi}{4} \times \omega_0^4 = 9,182 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

الف -

$$\tau = \frac{T \cdot C}{J} \rightarrow 95 = \frac{T_A \times \omega_0}{9,182 \times 10^4} \rightarrow \underline{T_A = 18,144 \times 10^4 \text{ N}\cdot\text{mm}}$$

www.iepnu.ir

[نمره: ۷۵٪]

$$B-B \text{ مقطع} \rightarrow \dot{J}_B = \frac{\pi}{4} (\omega_1^4 - \omega_2^4) = 122,91 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

ب -

$$95 = \frac{T_B \times \omega_1}{122,91 \times 10^4} \rightarrow \underline{T_B = 18,182 \times 10^4 \text{ N}\cdot\text{mm}}$$

[نمره: ۷۵٪]

ج - همانطور که مشاهده می شود، استرسی در مقطع B-B خیلی بیشتر از مقطع A-A می شود،  
(عدد ۱۲ برابر)

لذا نسبت بیشتری آن نیز بیشتر می شود  
(عدد ۵ برابر)

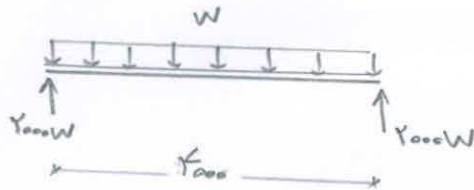
[نمره: ۵٪]

$$\varphi = \frac{18,182 \times 10^4 \times 1800}{\%18 \times 10^5 \times 122,91 \times 10^4} = \%0,144 \text{ rad}$$

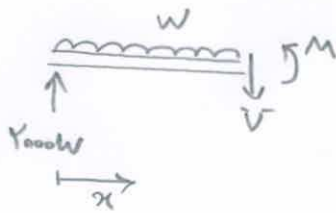
د - زاویه پیچش برابر است با:

$$\varphi = \%0,144 \times \frac{180}{\pi} = \%9,4^\circ \text{ (میب)}$$

[نمره: ۷۵٪]

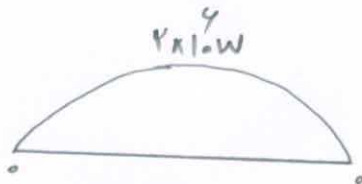


الف - با توجه به تعادل :



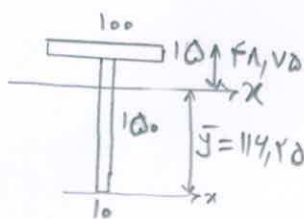
$$0 < x < 4000$$

$$M = (2000W)x - \frac{W}{2}x^2$$



$$M_{max} = 2010W$$

[نمره : ۷۵٪]



ب - محاسبه مرکز سطح و مساحت آن :

$$\bar{y} = \frac{[1500 \times 75] + [1500 \times 157.5]}{3000} = 114.25 \text{ mm}$$

$$I_x = \left[ \frac{100 \times 15^3}{12} + 1500 \times 41.25^2 \right] + \left[ \frac{100 \times 15^3}{12} + 1500 \times 41.25^2 \right]$$

$$I_x = 7.95 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

با توجه به گزینش مثبت

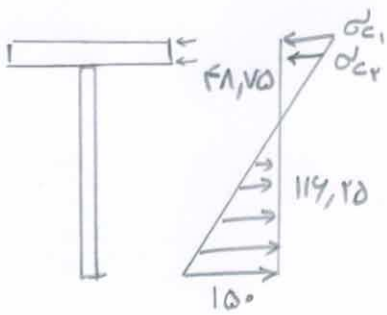
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{بال در فشار} \rightarrow 120 = \frac{2010W \times 41.75}{7.95 \times 10^6} \rightarrow W = 9.78 \text{ N/mm} \equiv 9780 \text{ N/m} \\ \text{پایین در کشش} \rightarrow 150 = \frac{2010W \times 114.25}{7.95 \times 10^6} \rightarrow W = 5.13 \text{ N/mm} \equiv 5130 \text{ N/m} \end{array} \right.$$

لذا حداکثر بارگسترده برابر است با

$$W = 5130 \text{ N/m}$$

[نمره : ۲]

ج - با توجه به آنکه حالت کشش ماکزیمم شد، تنش فشاری کمتر از  $120 \text{ N/mm}^2$  می شود که با شباهت مثلث ها بدست می آوریم:



$$\frac{\sigma_{c1}}{41.75} = \frac{114.25}{114.25} \rightarrow \sigma_{c1} = 42.9 \text{ N/mm}^2$$

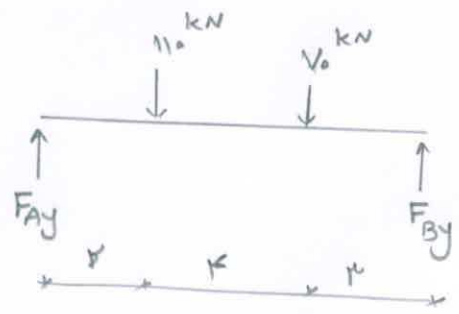
$$\frac{\sigma_{c2}}{22.75} = \frac{150}{114.25} \rightarrow \sigma_{c2} = 43.55$$

$$M = \sigma \cdot A \cdot d = \left( \frac{42.9 + 43.55}{2} \right) \times (1500) \times [41.75 - 7.5]$$

$$M = 17.29 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

[نمره: ۱]

پاسخ سؤال ۷

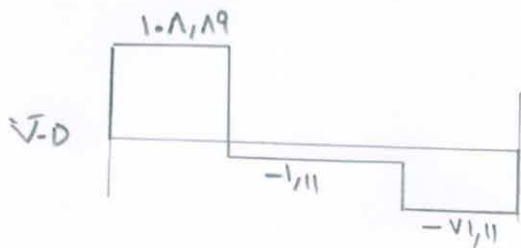


الف -  $\sum M_A = 0 \rightarrow F_{By} \times 9 - 110 \times 2 - 70 \times 4 = 0$

$$F_{By} = 71.11 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{Ay} + 71.11 + 110 = 0$$

$$F_{Ay} = 108.89 \text{ kN}$$



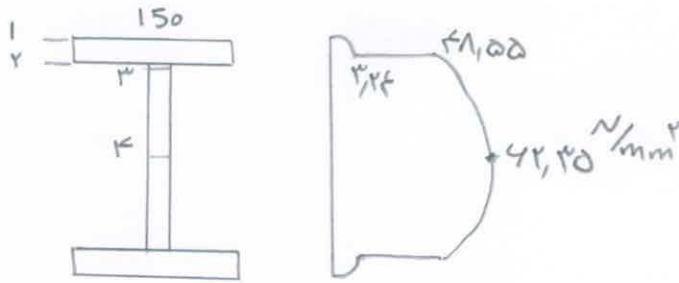
$$V_{max} = 108.89 \text{ kN}$$

لذا

[نمره: ۵]

ب - برای رسم دیاگرام برش منحنی انحنای را محاسبه و در ترازهای مختلف تنش برش را بدست می آوریم:

$$I_x = \left[ \frac{150 \times 10^3}{12} + 1500 \times 95^2 \right] \times 2 + \left[ \frac{10 \times 180^3}{12} \right] = 31,94 \times 10^6 \text{ mm}^4$$



Www.iepnu.ir

$$\tau_1 = 0$$

$$\tau_2 = \frac{108890 \times [1500 \times 95]}{31,94 \times 10^6 \times 10} = 3,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_3 = \tau_2 \times \frac{150}{10} = 41,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_4 = \frac{108890 \times [1500 \times 95 + 900 \times 45]}{31,94 \times 10^6 \times 10} = 42,35 \text{ N/mm}^2$$

[نمره: ۲]

$$q = \frac{108890 \times [1500 \times 95]}{31,94 \times 10^6} = 489 \text{ N/mm}$$

ج - جریان برش

[نمره: ۵]