



دانشکده مهندسی مکانیک

بخشهایی از جزوه درس

مقاومت مصالح (۱)

دانشجو: محدثه یزدانی

مدرس : تابش پور

نیمسال دوم ۹۵-۹۶

در این نوشتار، اشکالات املایی، فرمولی و شکلی وجود دارد که مسئولیت آن با دانشجو و یا مدرس این کلاس نیست.

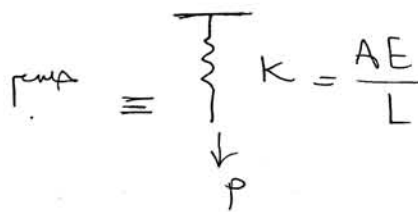
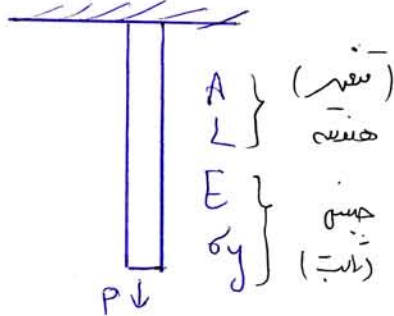
اگر از این حسیه من:

$$\delta = \frac{PL}{AE} \quad F = Kx \quad P = \frac{AE}{L} \delta$$

$$K = \frac{AE}{L}$$

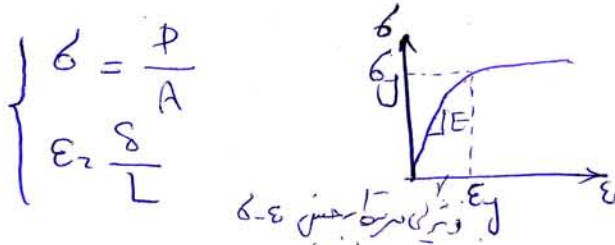
تشریح می‌کند: سطح مقطع می‌باشد! وقتی به جسم (حال که شیار هم سبب می‌شود و جسم

سختی و مقاومت آن نسبت به جسم



$$\frac{P}{A} = E \frac{\delta}{L} \rightarrow \begin{cases} \sigma = E \epsilon \\ f = Kx \end{cases}$$

رفتار مصالح از نظر E - σ مشخص می‌شود. در یک شش سیستم باید به تفاوت مقاومت مصالح در نظر گرفت.
مقاومت در ϵ - از حد انعطاف تا حد تسلیم و از حد تسلیم تا حد پاره شدن و طول ϵ و طول σ .



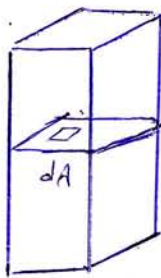
$$\begin{cases} \sigma = \frac{P}{A} \\ \epsilon = \frac{\delta}{L} \end{cases}$$

تکانه

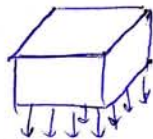
در مقطع بینش $\sigma = \frac{P}{A}$ - بار سطرده نشان می دهیم $(\sigma = \frac{P}{A})$

فرض است در جای جای سطح تنش تفاوت باشد

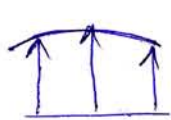
تنش در صفت است (استی) σ است ای و اشاره می کنه است. این فرضی سیم میزنه به محل بوجه وار می شود.



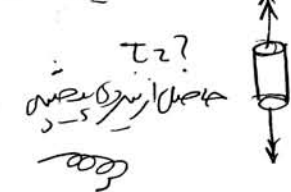
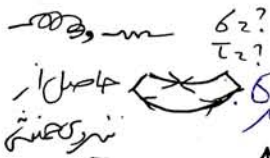
$$\sigma = \frac{P}{A}$$



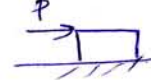
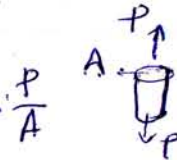
$$\sigma = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{P}{A}$$



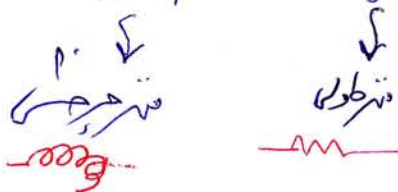
$$P = \int \sigma dA$$



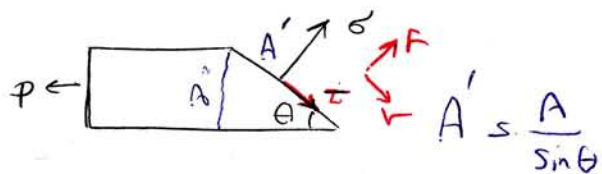
$$\tau_z = \frac{P}{A}$$



که فدیو درم بر هر دو ازاها اندیشه است
در سه صورت هم می شود یک نقطه هم و گاهی هم سه هم شب (دران کاند)



$$\sigma = \frac{P}{A} - \tau_z - \tau_y - \tau_x - \tau_{xy} - \tau_{yz} - \tau_{zx}$$



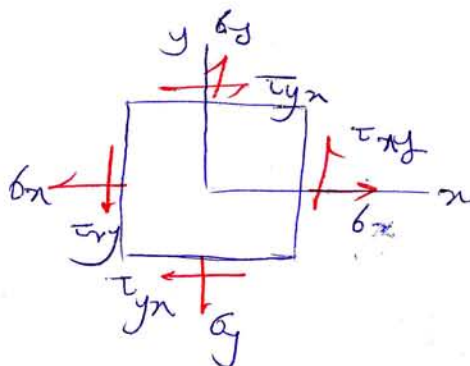
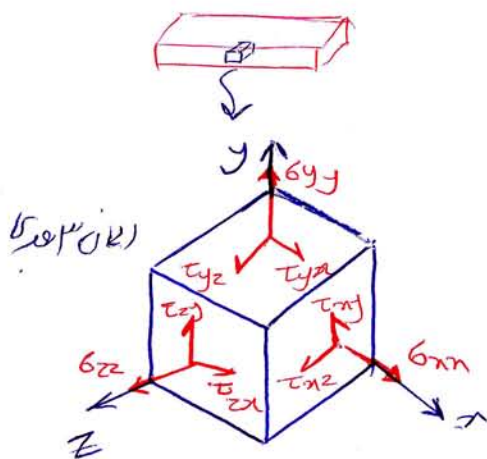
$$V = P \sin \theta$$

$$F = P \cos \theta$$

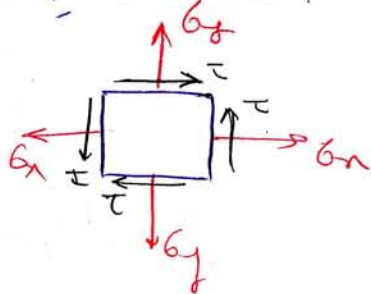
$$\tau = \frac{P \cos \theta}{\frac{A}{\sin \theta}} = \frac{P}{A} \sin \theta \cos \theta$$

$$\sigma = \frac{P \sin \theta}{\frac{A}{\sin \theta}} = \frac{P}{A} \sin^2 \theta$$

توجه: در صورتی که $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ و $\sigma_x = \sigma_y$ است.

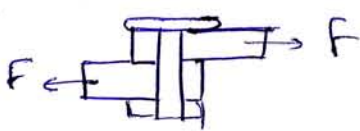


توجه: اگر در دو جهت یکسان $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ در صورتی که $\sigma_x = \sigma_y$ است.

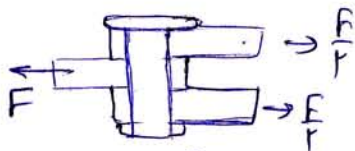


$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{xy} & \sigma_y \end{bmatrix}$$

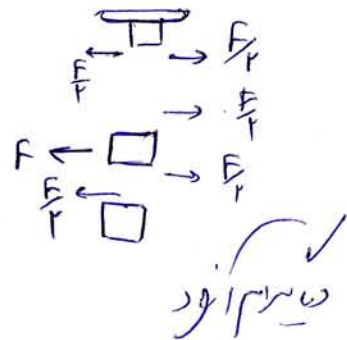
توجه: در صورتی که $\sigma_x = \sigma_y$ و $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ است.



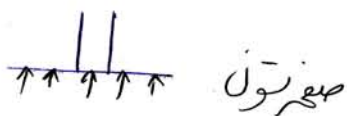
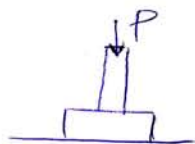
$$\tau = \frac{F}{A}$$



$$\tau = \frac{F/2}{A}$$

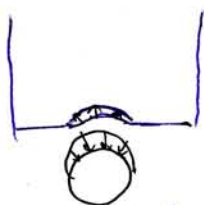
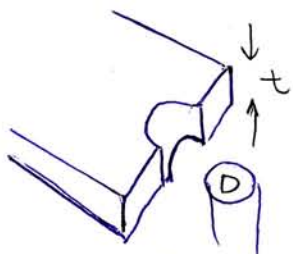


در تمام موارد



تنش محوری
تنش برشی
bearing
سطح برشی
سطح محوری

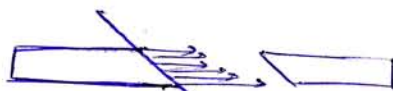
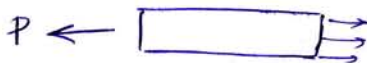
این اصطلاحات به تنش عمودی و برشی است



$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad D, t$$

تنش برشی خطی است چون به صورتی است که دارای تنش محوری باشد

$$\sigma_b = \frac{P}{A}$$



یک نیرو در یک نقطه در امتداد محور تنش محوری مایه کششی و فشرشی

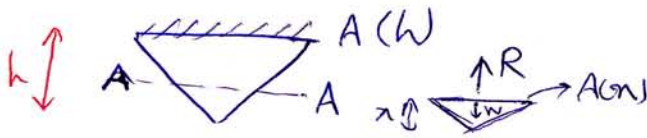
محور برشی (محوری)

تنش برشی نقطه ای در دو طرف مایه کششی و فشرشی

برشی (برشی)

جلسه اول حل تمرین

۱- در فورد شکل قابل تنش مقطع AA در یک استیل است و در آن خصوص این فورد لا می باشد



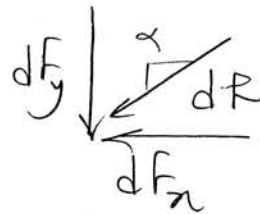
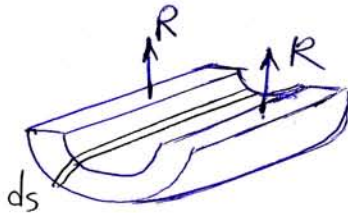
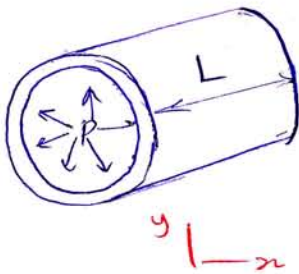
$$\sum F_y = 0 \rightarrow R - W = 0$$

$$\rightarrow R = W$$

$$W = \gamma V = \gamma \times \frac{1}{2} \times A(W) \times h$$

$$\sigma = \frac{R}{A(h)} = \frac{\frac{1}{2} \gamma A(h) \cdot h}{A(h)} = \frac{1}{4} \gamma h$$

۲- تنش در دی دایره ای است و این را می توان به این صورت نوشت



$$\sum F_y = 0$$

$$dF_y = P dA \sin \alpha = P r d\alpha L \sin \alpha \quad dF_x = P r L \cos \alpha d\alpha$$

$$2R = \int_0^\pi P r \sin \alpha d\alpha = P L r \cos \alpha \Big|_0^\pi = 2 P L r \rightarrow R = P L r$$

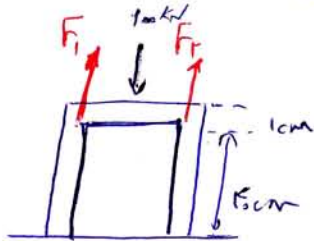
$$\sigma = \frac{R}{A} = \frac{P L r}{L t} = \frac{P r}{t}$$

می توان به این صورت نوشت $\sigma = \frac{P r}{t}$

$$(P r L) P = 2R$$

رواستر توجیهی برپایه ی یک حرکت نیروی فشاری 100 N قرار می گیرد. اگر ارتفاع استرینر سردی 1 cm بیشتر از استرینر سطح باشد نیروی دفرم استرینر را بدست آورید.

سطح مقطع هر دایره استرینر 1 cm^2 و مدول الاستیسیته $E = 10 \times 10^8 \text{ N/cm}^2$



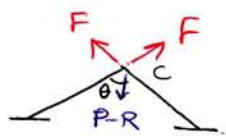
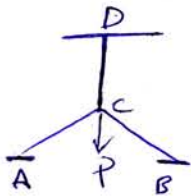
$$\delta_1 = \frac{FL_1}{AE} = \frac{100 \times 10^8 \times 1}{1.2 \times 10^8 \times 1.2}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_1 + F_2 = 100$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 1 \text{ cm} \rightarrow \frac{F_1(1)}{1.2 \times 10^8} - \frac{F_2(1)}{1.2 \times 10^8} = 1$$

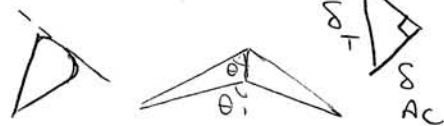
$$\rightarrow F_1 = 70 \text{ kN}, F_2 = 30 \text{ kN}$$

در رابطه ی زیر اعضای AC و BC فشار برده و دایره ای طول L و سطح مقطع A_1 داشته و نیروی CD دایره ای طول L و سطح مقطع A_2 است. نیروی دایره ای عضو CD را بدست آورید.



$$\sum F_y = 0 \rightarrow -(P-R) + 2F \cos \theta = 0 \rightarrow F = \frac{P-R}{2 \cos \theta}$$

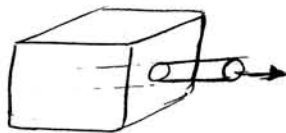
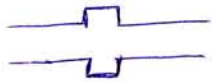
$$\delta_{AC} = \frac{-\frac{P-R}{2 \cos \theta} \cdot L}{A_1 \cdot E} = \frac{-(P-R)L}{2A_1 E \cos \theta}$$



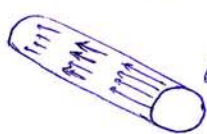
$$\delta = \frac{\delta_{AC}}{\cos \theta} = \frac{-(P-R)L}{2A_1 E \cos^2 \theta}$$

$$\delta_{AC} = -\delta_T \rightarrow \frac{RL}{A_1 E} = \frac{(P-R)L}{2A_1 E \cos^2 \theta} \rightarrow R = \frac{P \times \frac{A_2}{A_1}}{2 \cos^2 \theta + \frac{A_2}{A_1}}$$

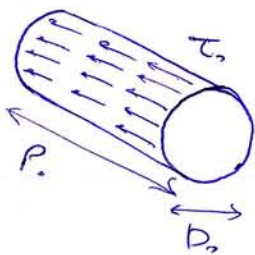
معمولاً در دیوار وجود دارد. می‌خواهیم مشخص کنیم (تأثیر دینامیک) در جدار می‌تواند در یک ناگهانی از جدار جدا شود. (تأثیر دینامیک) اثر می‌گذارد و باعث جدا شدن جدار می‌گردد. وجود یک آیدر که در جدار می‌باشد. تنش در دیوار دینامیک.



در این حالت می‌توانیم انتهای دیوار را به تنهایی جدا کنیم. با فرض $\frac{AE}{L}$ می‌توانیم



می‌شود. می‌توانیم محاسبه کنیم که در این حالت و در این حالت تنش در دیوار است. در قسمت‌های انتهایی تنش کمترین است.



$$F = \tau \cdot D_0 \cdot l, \quad \tau = \frac{F}{D_0 \cdot l}$$

$$\tau_{max} = \frac{2}{3} \frac{F}{D_0 \cdot l} \quad \text{حالت بریکش در دیوار}$$

$$D_0 = 2 \text{ cm}$$

$$F_{max} = \tau_{max} \cdot D_0 \cdot l$$

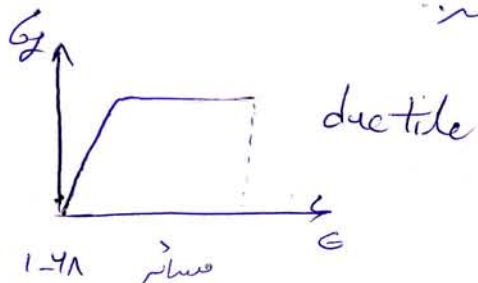
$$l = 5 \text{ cm}$$

$$= 2000 \text{ kg} = 2 \text{ ton}$$

بہر شرطیہ میری خورد کہ قیامت میں خود کسی اور قیامت میں نہ آئے

$$F_{\max-1} < F_{\max-r}, \quad F_{\max-1} = \frac{\pi D_o^2}{4} G_y$$

و من بعد از این که به رسم سرکار داره منتشر و نشر میاد. فایده حذب انرژی
داره. انرژی ناشی از نیروی کشنده حذب می شه.

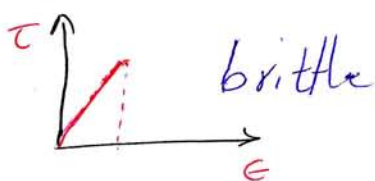


د. و. ر. استرگه طرح

مسلمین کے بارے میں درست ثابت ہو گا۔

۱- F_{max} : باریک‌ترین و رابطۀ دارد
۲- F_{max} : باریک‌ترین و رابطۀ دارد

الانبراء كنتم معاوت بتر شو از دمسله در استفاده مي كنيم يا از مسله در علاج در استفاده مي كنيم



۱. انتفاہی مسلح و عدم تسلیم

مسئله / شش مسئله (مؤلفی) :

ISO

DIN

هدف و مسئله ۶-۶

استاندارد تست مواد تراوریدها ASTM برای پلی‌ن‌بوز مقاومت بر داشته به ابعاد است

از فولاد مقاومت واسطه به ابعاد دست. ابعاد استاندارد بار هم دست می کند

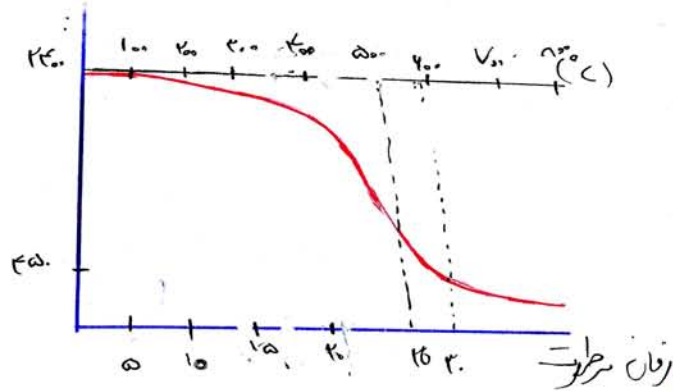
فصل کے باب سے روحانہ اس کو تیار کیا۔ مثلاً $\frac{4}{5}$ اور $\frac{1}{2}$ سے اس کا واسطہ ہے۔

به این سیستم نگاه کنید - استرله، کلمه شاد - (عسل طویل) مایل رخ برآورد)

سختی، مقاومت و کشش پذیری خوب از ویژگی های خوب فولاد هستند.
مقاومت کم برابر خوردگی کم و حریق از ویژگی های بد فولاد هستند.

$$\mu = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y}$$

$$\mu : 1.0 \quad \bar{\sigma}$$



فصل پنجم - تنش - کرنش فولاد

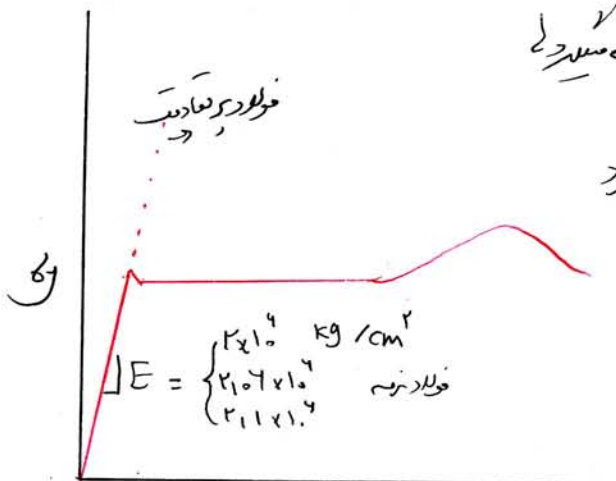
فولاد یک فولاد کم کربن است.

اما با افزایش کربن مقاومت افزایش و ϵ_u و ϵ_y کم می شود.

Necking و تسلیم نقطه تنگی ϵ_y نشان دهنده کشش پذیری است.

فولاد در مقاومت: کم کربن با دوام - کم کربن با دوام - کم کربن با دوام

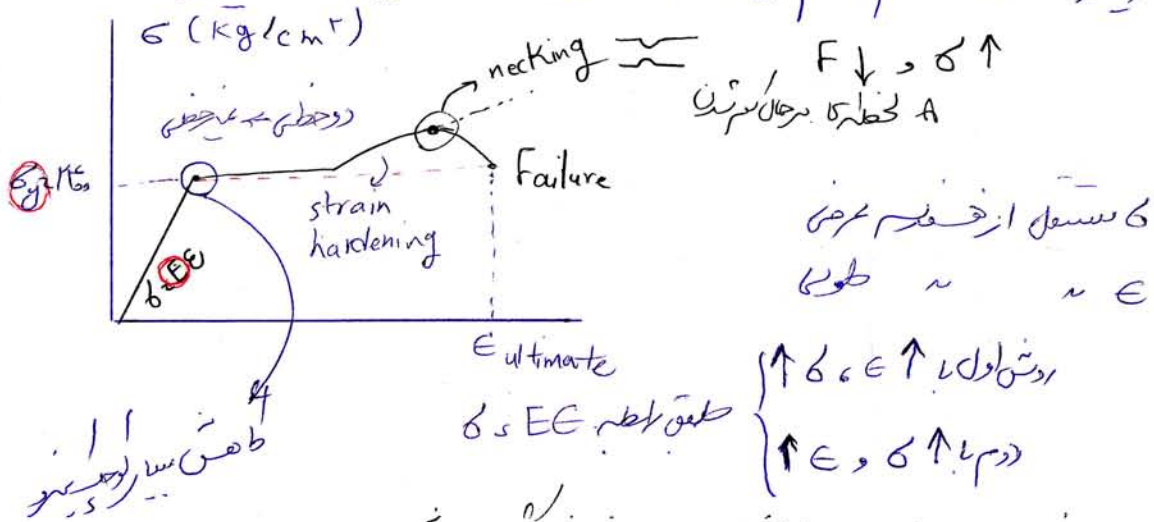
چدن: کم کربن با دوام - کشش پذیری کم - ترد - ترد



تمرین: فصل پنجم تنش - کرنش فولاد را

به هم وصل کنید

نیز در کنترل دما، کامپیوتر را با برقی زیاد می‌سازد و تغییر طول را با سنج می‌اندازد



با رسیدن به یک نیرو زیاد می‌شود و همان‌جایی که
با کشیده شدن A کم می‌شود و می‌ماند A. از این لحاظ می‌توانیم

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

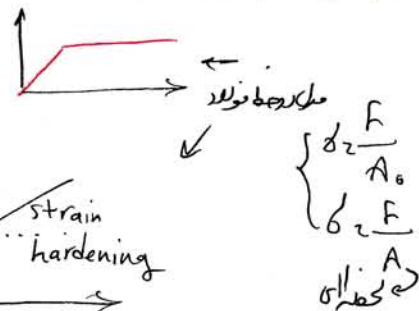
سیستم یک خطی:

حرکت می‌شود و y mm باشد در اینجا طرز درسم

از این جهت به نیرو زیاد می‌شود (جفت فولاد / استیل / مس / آلومینیم / ...)

$$\alpha = \begin{cases} 0.01 \\ 0.02 \\ 0.05 \\ 1 \end{cases}$$

E lasto-plastic

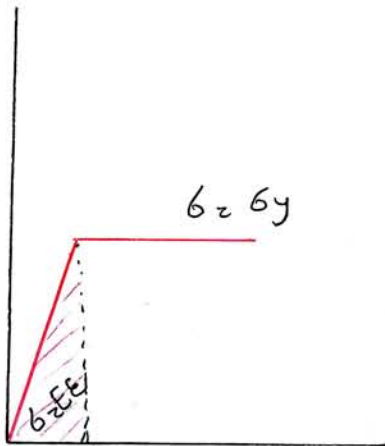


$$\epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} = \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{200000} = 0.0012$$

نمونه 1m فولادی

$$n = ? \quad \epsilon_u = n \epsilon_y$$

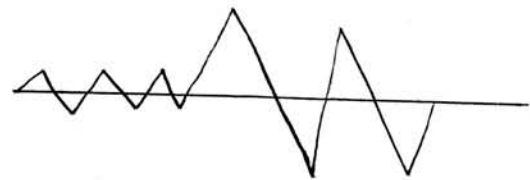
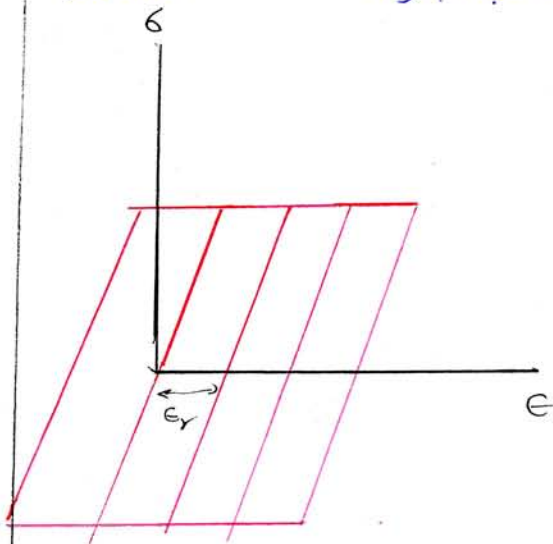
مساحت زیر منحنی $\sigma - \epsilon$ انرژی واحد حجم را می‌دهد.



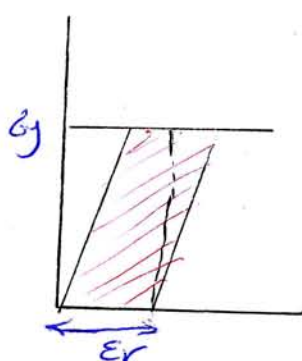
$$\frac{1}{2} \sigma_y \epsilon_y = \int \frac{1}{2} E \epsilon_y^2 = \frac{1}{2} E \epsilon_y^2$$

$$\frac{1}{2} F \Delta = \frac{1}{2} \sigma A E L = A L \left(\frac{1}{2} \sigma \epsilon \right)$$

این مساحت تحت بارگذاری قطری در حجم $\epsilon_y < E$ انرژی برآورد می‌کند که در همان مسیر طویلی شود. در این است. تحت بارگذاری انرژی برشی در آن ذخیره می‌شود. مثل فنر فشرده.
 اما اگر از حد تسلیم بگذرد (Post-Yield) در همان مسیر طویلی نخواهد بود. در بارگذاری به همان شیوه E از همان نقطه بازنش می‌آید و برشی می‌ماند که در حین بارگذاری در آنجا ماند و بارگذاری برآورد می‌کند.



درجه بارگذاری انرژی قطری است. اندک انرژی:



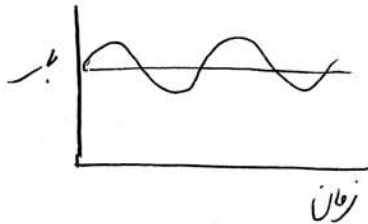
جنب انرژی $\sigma_y \cdot \epsilon_r$
 در ناحیه الاستیک جنب انرژی داریم و با بارگذاری مجدد release
 می‌ماند. در ناحیه پلاستیک تغییراتی می‌ماند و در بارگذاری مجدد release می‌ماند!

✓
عکس

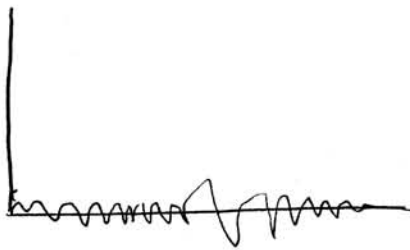
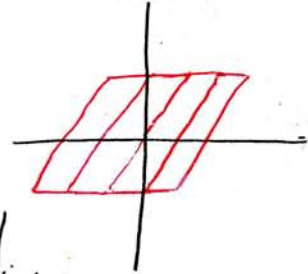
۲ صبح دارد

۱- ضربه (فرج - باد - زلزله)

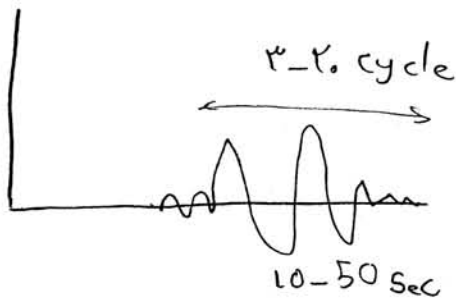
۲- مصدمات (تشف - تار - ی)



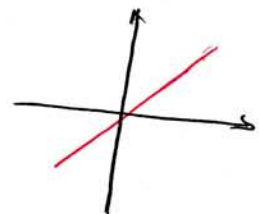
high cycle fatigue



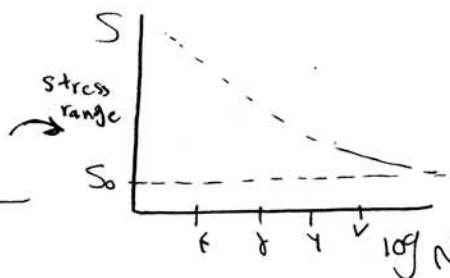
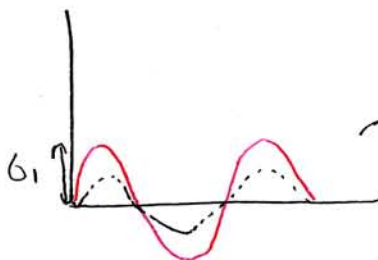
فرج
(دامنه کم - سیل - سرعت ۱.۰ - ۱.۳ - ۱.۶)



low cycle fatigue



زلزله
رنده - منحنی SN
تشنه - چرخش - سفت

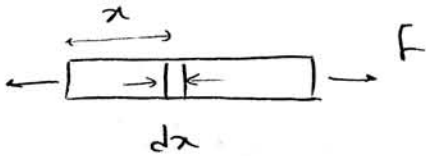


✓
لرزه در محدوده بار سیلیک باشد و تنش از حد کمتر باشد و S کمتر باشد و چرخش و چرخش
✓
Fail

نمونه

* زمان با رندری از حدی در مقدار Failure cycle ندارد

یک روش عمومی برای حل تمام مسائل هندسی :



$$\delta = \frac{FL}{AE}$$

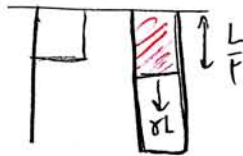
فرمت (در A و F تابع x باشد)

مثال هم (از کتاب بیومکانیک)

$$\delta = \int_0^L \frac{F(x) dx}{A(x) E}$$

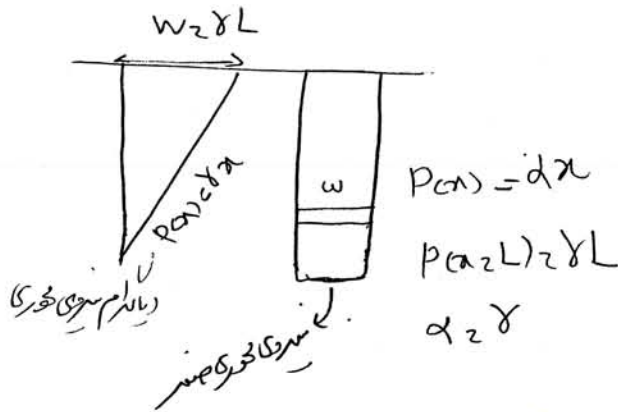
مثال:

$$\delta = \frac{\gamma L \left(\frac{L}{r}\right)}{AE}$$



$$\delta = \int_0^L \frac{\gamma dx}{A.E}$$

$$= \frac{\gamma}{AE} \frac{L^2}{r}$$

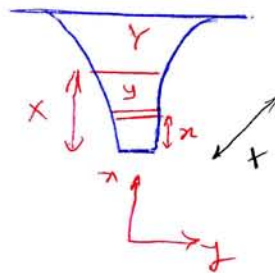


II سطح مقطع گویا است نیروی دخی در نقاط دیگر ثابت

$$A(x) = Y \cdot t$$

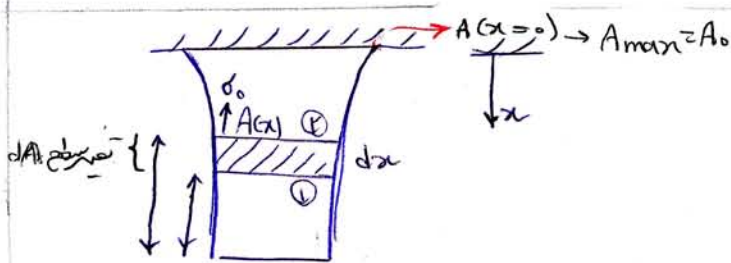
$$\frac{F(x)}{A(x)} = \frac{\gamma t \int y dx}{Y \cdot t} = Cte$$

$$\frac{\int y dx}{Y} = Cte$$



(مثال)

تمرین (با فرض مقطع لوله مثال را حل کنید)



فشاری فشاری مساوی در همه جهات

وزن کل W

در جاهای شدن از مقطع ۱ به ۲ می خواهم به همان اندازه به سطح اضافه می شود وزن هم اضافه شود

$$dA \times \sigma_0 = \gamma \cdot A(x) \cdot dx$$

از سطح از بالای σ_0

از پایین و از بالا dP

$$\sigma = \frac{dP}{dA} \rightarrow \sigma dA = dP$$

$$\sigma = P/A \rightarrow \sigma_0 = \frac{dP}{dA}$$

$$\sigma_0 = \frac{A(x) \cdot dx \cdot \gamma}{dA}$$

$$\sigma_0 = \frac{W}{A_0}$$

$$A_1 + dA = A_2$$

$$\frac{dA}{A} = \frac{\gamma}{\sigma_0} dx \rightarrow \int \frac{dA}{A} = \int \frac{\gamma}{\sigma_0} dx$$

$$\ln A = \frac{\gamma}{\sigma_0} x + C$$

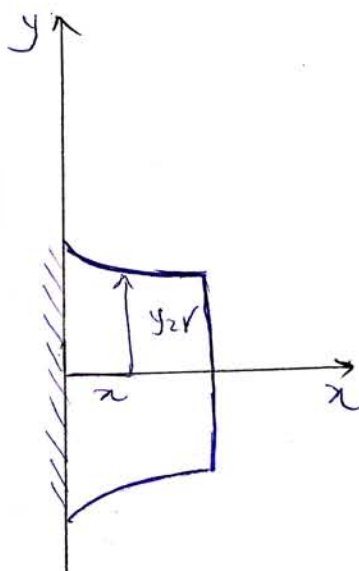
$$* \ln A_0 = C$$

$$* A_0 = e^C \quad A = e^{-\frac{\gamma}{\sigma_0} x} \cdot e^C$$

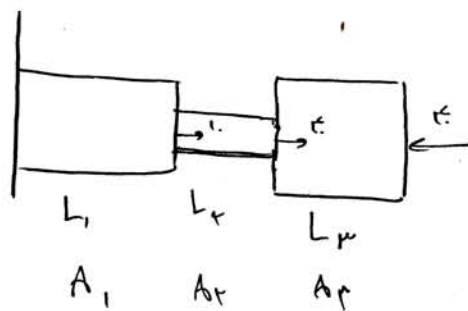
$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{\gamma}{\sigma_0} x} \rightarrow r = \sqrt{\frac{A_0 e^{-\frac{\gamma}{\sigma_0} x}}{\pi}}$$

$$A(x) = \pi r^2(x)$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

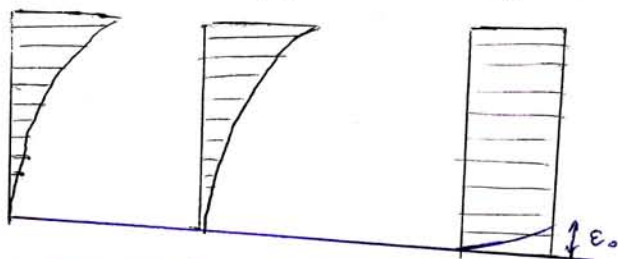


* در خصوص نابریابگی نشان در این مسئله کتب پیدا نمی شود



$$\delta = \sum \frac{F_i L_i}{A_i E_i}$$

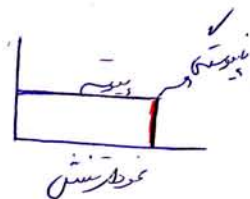
نیروی کشنده (توسعه و منقبضه)
(در نهایت)



به نسبت زیاد می شود

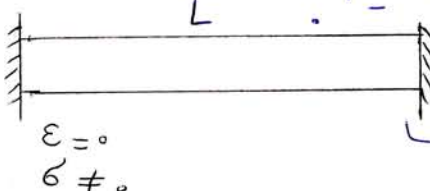
که ثابت

* مایع سائل و سازه:



- تغییر دما -

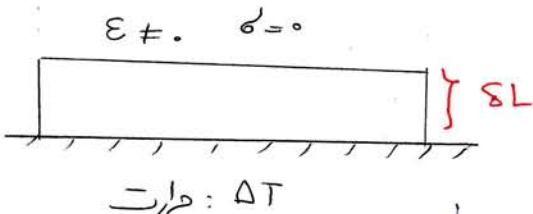
در یک سازه ای ممکن است تنش داشته باشیم یا نه؟ ($\epsilon = E \epsilon$)



$\epsilon = 0$
 $\sigma \neq 0$

به طور کلی با تغییر دما در سازه ها
تغییر دما و تغییر طول خواهیم داشت
(L) ثابت می ماند پس تنش و تغییرات (افزایش یا کاهش) می شود

علم ممکن است



$\epsilon \neq 0$ $\sigma = 0$

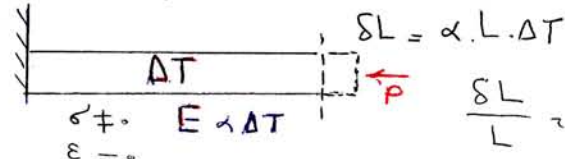
دما: ΔT

در یک سازه ای ممکن است تنش داشته باشیم
تنش نداشته باشیم؟ علم ممکن است

$$\delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

$$\epsilon = \frac{\delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta T$$

تغییر دما و تغییر طول در سازه ها
وجود داشته و تنش وجود ندارد



$\delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$

$$\frac{\delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta T$$

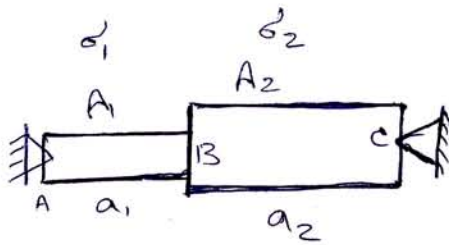
$$\delta L = \frac{PL}{AE} \rightarrow P = \frac{AE}{L} \cdot \delta L$$

اگر تغییر دما در سازه ها ΔT باشد

$$\sigma = E \epsilon$$

$$\sigma = E \cdot \frac{\delta L}{L}$$

در این مثال
این رابطه و تغییرات
چون تنش داریم اما تنش صفر است



--- // ---
 - ست نسور - دستری - A_1 (مربوط است)

ست نسور (1) دستری در ست
 ست BC و دستری

$$\frac{A_2}{A_1} \quad (4)$$

$$\frac{A_2 a_2}{A_1 a_1} \quad (3)$$

$$\frac{A_2 a_1}{A_1 a_2} \quad (2)$$

(1)

چون دو مقطع AB و BC هم‌پایه است پس $A_1 \sigma_1 = A_2 \sigma_2$

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

مسئله ۴۵ - ۱

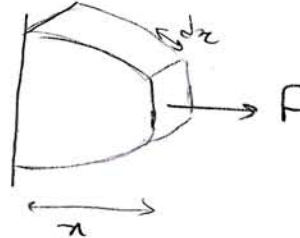
۱- سیرای ۴ ضایع متغیر

بدون اصطکاک، در آن گمانه جایابی نور مدله و حساب سیر

$$A_x = b t(x) = b(14 - x^2)$$

$$F = \frac{m v^2}{r} = m r \omega^2$$

$$d\delta = \frac{F(x) dx}{A(x) E}$$

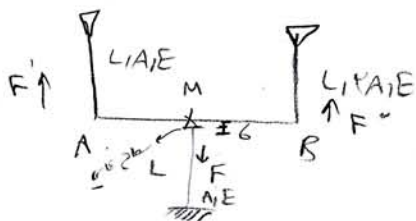


$$F = \int_0^{14} \rho x \omega^2 \cdot A_x dx = \int_0^{14} b \rho \omega^2 (14 - x^2) x dx$$

$$F = \rho b \omega^2 \left(14x^2 - \frac{x^4}{4} \right) \Big|_0^{14} = -\rho b \omega^2 \left(14x^2 - \frac{x^4}{4} - 48 \right)$$

$$\delta = \int_0^{14} \frac{\rho b \omega^2 \left(\frac{x^4}{4} - 14x^2 + 48 \right) dx}{b(14 - x^2) E} = \frac{12}{E} \rho \omega^2$$

۲- در شکار سیرای DC را بسط و به نقطه M در AB متصل می‌کنیم. به از هر قطر کاغذی می‌روند

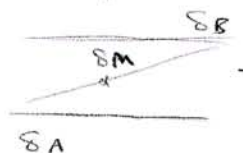


$$\sum F_y = 0 \rightarrow F = F' + F''$$

$$\sum M_M = 0 \rightarrow F' \frac{L}{2} - F'' \frac{L}{2} = 0 \rightarrow F' = F''$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta_m + \delta_c \leq \delta \\ \delta_m = \frac{\delta_A - \delta_B}{2} \end{array} \right\}$$

$$\frac{\delta_A + \delta_B}{2} + \delta_c = \delta$$

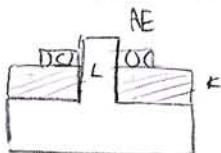


$$F = F' = F'' = \frac{F}{2}$$

$$\frac{\frac{FL}{4AE} + \frac{FL}{4AE}}{2} + \frac{FL}{AE} = \delta$$

$$F = \frac{16}{11} \frac{AE}{L} \delta$$

۳- قطره‌ای را به اندازه n در سست شده. با فرض سیرای لانه زنبوری و سطحی و اثر به اندازه K سیرای

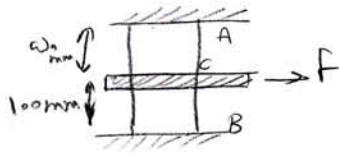


$$n\lambda - \delta_s \leq \delta_n$$

$$n\lambda - \frac{F}{K} \leq \frac{FL}{AE} \rightarrow F = \frac{n\lambda K AE}{KL + AE}$$

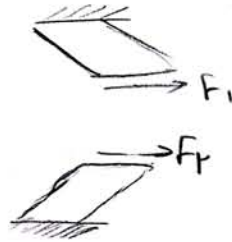
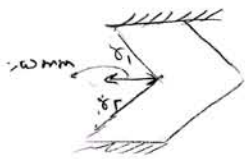
ای درنده دروازه طریقت ادیب

فرضه: - هر یک از اعضای پشته از یک ماده با طول ۱۰۰ mm و سطح مقطع ۱۰۰ mm² ساخته شده است. -



$$\gamma_{12} = \frac{\tau_{12}}{\sigma_{12}} = 2.0101$$

$$\delta_{12} = \frac{\tau_{12}}{G} = 0.1001$$

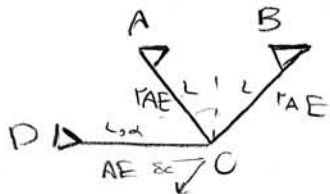


$$\tau_1 = \frac{F_1}{A} = G \delta_1 \rightarrow \frac{F_1}{100 \times 10^{-6}} = 2.0101 \times 10^7$$

$$\tau_2 = \frac{F_2}{A} = G \delta_2 \rightarrow \frac{F_2}{100 \times 10^{-6}} = 2.0101 \times 10^7$$

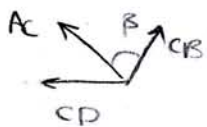
$$F_{12} = 2.0101 \text{ N}$$

فرضه: - هر یک از اعضای پشته از یک ماده با طول ۱۰۰ mm و سطح مقطع ۱۰۰ mm² ساخته شده است. -



$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{AC} \cos \beta + F_{BC} \cos \beta = 0$$

$$F_{AC} = -F_{BC}$$



$$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_{CD} + F_{AC} \sin \beta + F_{BC} \sin \beta = 0$$

$$\rightarrow 2 F_{AC} \sin \beta = F_{CD}$$

$$\rightarrow F_{AC} = \frac{F_{CD}}{2 \sin \beta}$$

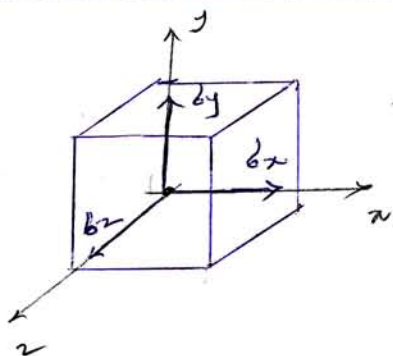
$$\frac{\delta_{BC}}{\sin \beta} = \delta_C$$

$$\delta_{BC} = \frac{F_{CD} L}{4 A E \sin \beta}$$

$$1) \frac{F_{CD} L}{4 A E \sin \beta} = (\delta_C)_{AC}$$

$$2) (\delta_C)_{CD} = \frac{F_{CD} L}{A E} = L \alpha \Delta T$$

$$\rightarrow \delta_C = \frac{1}{2} L \alpha \Delta T$$



اگر جسم بی‌انرژی خطی باشد یا هیچ‌چیز در مقابل
گرایش و خوددراشته باشد ← $\epsilon_x = E \sigma_x$ برقرار است
و همچنین در حالتی که آن به آن می‌داریم برقرار است

معادله تنش - کرنش (در حالت کلی)

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_x \neq 0 \\ \sigma_y = 0 \\ \sigma_z = 0 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \epsilon_x \neq 0 \\ \epsilon_y \neq 0 \\ \epsilon_z = 0 \end{array} \right.$$

یک حالت -

(ضریب پواسون) $\nu = - \frac{\epsilon_y}{\epsilon_x}$

دو موردی که $\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E}$ (که $\sigma_y = 0$ و $\sigma_z = 0$)
و هم‌طور جسم بی‌انرژی خطی باشد و هیچ‌چیز در مقابل کرنش
و خوددراشته باشد

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu = - \frac{\epsilon_x}{\epsilon_y} \\ \frac{\sigma_y}{E} = \epsilon_y \\ \epsilon_x = -\nu \epsilon_y \end{array} \right. \quad \text{* در صورت وجود } \sigma_y$$

* معادلات تنش - کرنش در حالت کلی

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \end{array} \right\} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & \nu & \nu \\ \nu & 1 & \nu \\ \nu & \nu & 1 \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \end{array} \right\}$$

که داریم می‌توانست

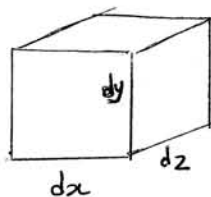
$$\vec{\epsilon} = \frac{1}{E} [\nu] \vec{\sigma}$$

که ما داریم می‌توانست

$$\vec{\sigma} = [\nu] \vec{\epsilon}$$

تمرین: ماتریس علامت سوال را بدست آورید

مسئله: به علت تنش های اجهال شده بکوب اجهال، تغییر حجم اجهال را تعیین نمایید

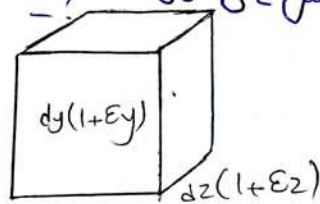


$$V_1 = dx \, dy \, dz$$

$$V_2 - V_1 = V_1 (\epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z)$$

$$\frac{\Delta V}{V_1} = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z = e$$

* e = تغییر حجم اجهال به حجم واحد



$$V_2 = dx(1+\epsilon_x) \, dy(1+\epsilon_y) \, dz(1+\epsilon_z)$$

$$V_2 = V_1 (1 + \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_x \epsilon_y + \epsilon_z + \epsilon_x \epsilon_z + \epsilon_y \epsilon_z + \epsilon_x \epsilon_y \epsilon_z)$$

$$= V_1 (1 + \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z + \epsilon_x \epsilon_y + \epsilon_x \epsilon_z + \epsilon_y \epsilon_z + \epsilon_x \epsilon_y \epsilon_z)$$

* ارجحیت $\epsilon_x \epsilon_y \epsilon_z$ و $\epsilon_y \epsilon_z$ و $\epsilon_x \epsilon_z$ و $\epsilon_x \epsilon_y$

مهم نیست که کدام یک

$$= V_1 (1 + \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z)$$

- سوال e را به حسب K بنویسید

$$e = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z$$

$$= \frac{\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_y}{E} + \frac{\sigma_z}{E} + \frac{\sigma_y}{E} + \frac{\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_z}{E} + \frac{\sigma_z}{E} + \frac{\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_y}{E}$$

$$= \frac{1}{E} [(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) - 2 \nu (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)]$$

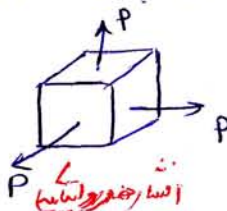
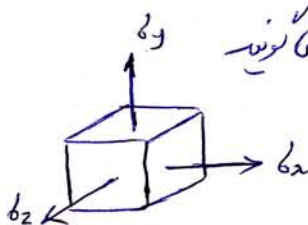
$$e = \frac{\frac{1}{K}}{E} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

$$e = -\frac{P}{K}$$

رای اجهال

مسئله: در وجه مربعی (به جهات x و y) فشار P اعمال می شود. تغییر نسبی در طول را در این حالت تعیین کنید.



جهت x و y ثابت است - K ضریب است - K را از جدول جعبه نزنید

مسئله: در تمام جهات x و y و z فشار P اعمال می شود.

$$F = Kx \quad (\text{مدول فنک})$$

$$\delta = E \epsilon$$

تغییر حجم (مدول حجم) = ϵ و تغییر سطح (مدول سطح) = ϵ_1

$$P = -K \times e$$

علامت e به علامت P بستگی دارد

$$e = \frac{-P}{K}$$

$$P(+1) \leftarrow e(+)$$

$$P(-) \leftarrow e(-)$$

$$1 - 2 \times 0.5$$

(مدول یانگ هیچ داده ای 0.5 و شیب 0.5 است)

توجه: ضرب پواسون را برای مصالح زیر بنابیند

۵ - شیشه

۳ - آلومینیوم

۱ - فولاد

۶ - لاستیک

۴ - تفلون

۲ - مس

توجه: برای مصالح فوقی مقدار مدول یانگ بنابیند و نسبت به مدول یانگ فولاد در حال سنجش

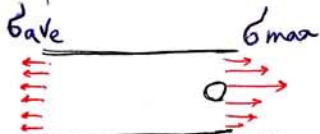
توجه: تمام واحد های مدول یانگ تعیین قبل از به کار بستن سنجش

$$\lambda = 0.25$$

فولاد

$$G = 0.4 E$$

در تغییر مقطع پس از جوش



در مقطع تغییر مقطع تغییر استرس در گراپ

تغییر استرس (stress concentration)

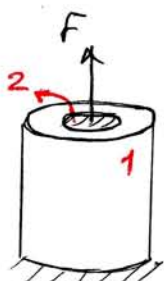
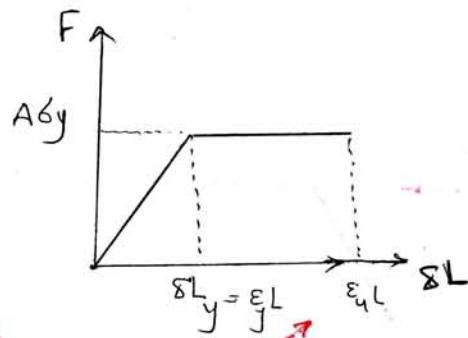
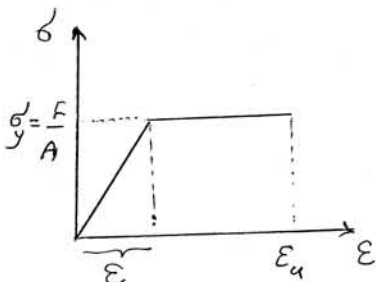
$$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{ave}} = SCF \quad (\text{stress concentration factor})$$

$$1.5 < SCF < 3$$

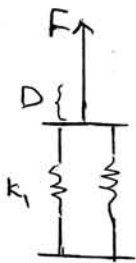
نکته: با افزایش برش جوشین مقدار SCF بزرگتر می شود. با طول بیشتر تناسب وارسی می شود (تغییر استرس)



قطع انتقالی ← SCF کم می شود

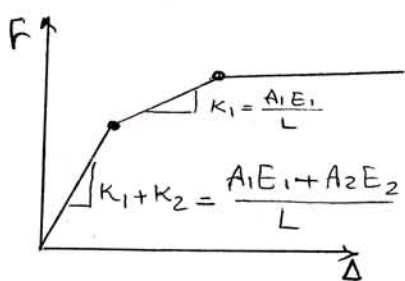
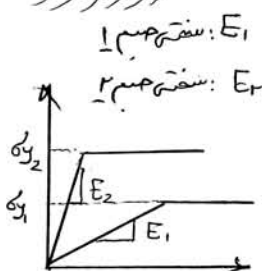


=



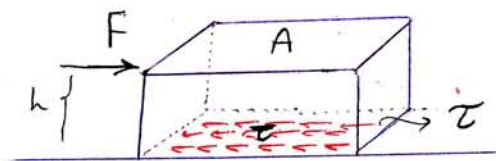
تغییر استرس به نسبت

(۲) بزرگتر و مشابه است با دقت و دقت می کنیم



K1: ماده ای به صورت مستقل

کشش برشی : (ناشی از نیروی برشی)



اگر ابعاد جسم به یونانی باشد نه نیروی خارجی دارد بر آن F باشد و F آنقدر ناچیز باشد

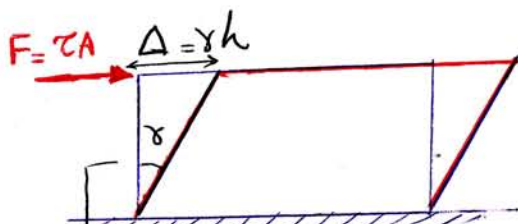
که $F \cdot h$ تنش خمشی ناچیزی دارند می توانیم فرض کنیم خمشی وجود ندارد

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{تنش موجب تغییر شکل می شود})$$

* **نیروی برشی** (محدود کردن محوری نسبت به مقطع مورد مطالعه باشد)

اگر تنش محوری باشد $\leftarrow$ تنش محوری ایجاد می شود

اگر تنش برشی باشد $\leftarrow$ تنش برشی ایجاد می شود



شکل دور و بافتی معادل ساری می بینیم که $K = \frac{F}{\Delta}$ و این به جسم K را می بینیم

(معادله) تغییر طول از آنلا با این می توانیم

مشابه $\epsilon, \gamma \leftarrow$ هر دو می توانند $(\gamma = \tan \epsilon = \sin \epsilon)$

$$K = \frac{F}{\Delta} = \frac{\tau A}{\gamma h} = \frac{G \gamma A}{\gamma h} = \frac{GA}{h} = \frac{EA}{L} \quad \epsilon = \frac{\delta L}{L}$$

هم از آنرا E (مقاومت کششی) G (مقاومت برشی)

نسبت به قدر طولی می باشد

تمرین (۱) مثال مربوط به مسئله فوق و از کتاب نیز جابسون حل کنید

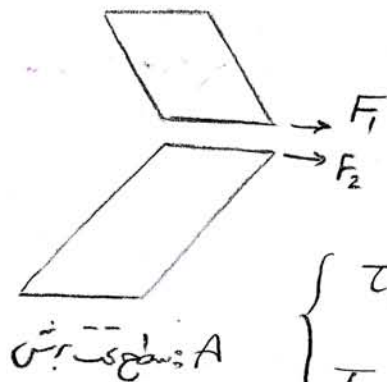
تمرین (۲) ثابت کنید:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$(\sigma = G\gamma)$$

$$Z = G\gamma \quad \gamma = \sin\gamma = \tan\gamma \quad *$$

F به اندازه مساوی هر دو در برش میخورد!



$$F_1 + F_2 = F$$

$$\begin{cases} \tau_1 = \frac{F_1}{A} = \frac{F_1}{10 \times 10} \\ \tau_2 = \frac{F_2}{A} = \frac{F_2}{10 \times 10} \end{cases}$$

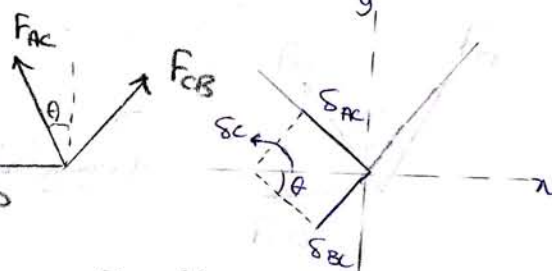
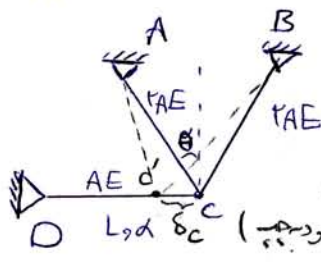
$$\begin{cases} \tau_1 = G \left(\frac{0.5}{50} \right) = 0.01 \quad (1) \\ \tau_2 = G \left(\frac{0.5}{100} \right) = 0.005 \quad (2) \end{cases}$$

$$(1) \rightarrow 0.01 = \frac{F_1}{10 \times 10} \rightarrow F_1 = 1$$

$$(2) \rightarrow 0.005 = \frac{F_2}{10 \times 10} \rightarrow F_2 = 0.5$$

$$F = 1.5$$

3- در صورتی که دمای سطح DC به اندازه ΔT کاهش یابد، تغییر طول در نقطه C چیست و در چه



$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{CB} \cos\theta + F_{AC} \sin\theta = 0 \rightarrow F_{AC} = -F_{CB}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow +F_{CB} \sin\theta + F_{AC} \cos\theta - F_{CD} = 0 \rightarrow F_{CD} = F_{CB} \sin\theta$$

$$\delta_C = \frac{F \cdot L}{AE} \quad \frac{\delta_{BC}}{\sin\theta} = \delta_C$$

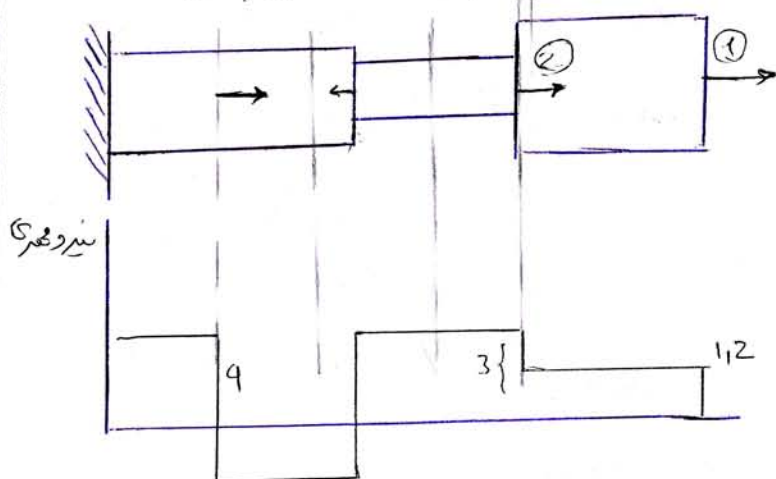
$$\delta_{BC} = \frac{F \cdot L}{AE} = \frac{F_{CD} \cdot L}{F_{AC} \sin\theta} \rightarrow \delta_C = \frac{F_{CD} \cdot L}{F_{AC} \sin\theta} \quad (1)$$

$$\delta_{C(CD)} = \frac{F_{CD} \cdot L}{AE} = L \Delta T \quad (2)$$

$$\begin{cases} \delta_C(AC) = \delta_C(CD) \\ \delta_C = \frac{1}{F} L \Delta T \quad (\theta = 30^\circ) \end{cases}$$

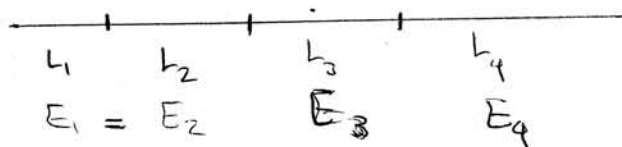
✓ اگر در سیستم عضو تسلیم شود بعد از آن در آن یک تغییر شکل فایزیکایی در آن شود ✓

$$\delta = \int \frac{P dx}{AE} = \sum \frac{P_i x_i}{A_i E_i}$$



(راحت نشی درجه بندی است)

✓ نشی درجه بندی
در آنجا که نشی است



روش عمومی حل مسائل استاتیکی:

- 1- فرضیات
- 2- روابط هم‌ارز ← نیرو
- 3- معادلات تعادل
- 4- حل معادلات تعادل

میزان براسر (۱۶)	$E \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	σ_y	کشش
۰.۱۵	۲۰۰۰۰۰	۲۵۰	۲۰
۰.۲۰	۲۰۰۰ - ۲۵۰۰	۱۰ - ۵۰	۲
۰.۲۷	۵۰۰۰۰	۲۰ - ۱۵۰	۱۵
۰.۳۲	۷۰۰۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۰.۲۷ - ۰.۳۰	۲۰۰۰۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰
۰.۳۳	۱۱۷۰۰۰۰ - ۱۲۵۰۰۰۰	۷۰۰	۷۰۰
۰.۳۳	۴۰۰۰ - ۱۵۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۰.۴۰	۵۰۰۰۰۰ - ۹۰۰۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰
۰.۴۹	۱۰۰ - ۱۰۰۰	۱۵۰	۱۵۰
۰.۴۰			
۰.۴۱	۴۹۰۰۰۰ - ۱۴۵۰۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰
۰.۴۲			

* فولاد $\times 0.01 = \sigma_y$ $\times 0.1 = \sigma_{\text{کشش}}$

* سه مورد اول موردی باشند

* آلفوم فولاد شکل پذیرند

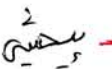
* $\sigma_{y-c} \approx 0.1 \sigma_{y-t}$ مصالح ترد

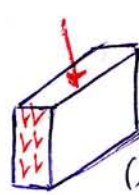
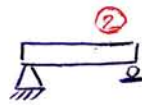
* $\sigma_{y-c} \approx \sigma_{y-t}$ مصالح شکل پذیر

* فولاد $\times 0.1 = \sigma_y$

* فولاد $\times \frac{1}{3} = \sigma_{\text{آلفوم}}$

روش محدودی حل تمام مسائل مقاومت مصالح

- (۱) - توری  - ۲ - برشی  - ۳ - بکشی  - ۴ - خمشی 

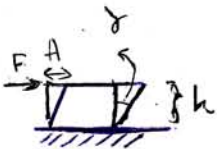


(۵) - برشی برشی

خمشی (کشش-فشار)

② نیروی عرضی ← خمشی برشی ← برشی برشی

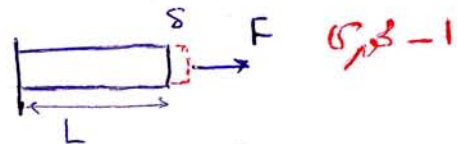
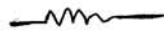
۴ - برشی



$$\begin{cases} F \\ \downarrow \frac{2}{3} A \\ \tau = \frac{F}{A} \\ G \end{cases}$$

$$\tau = G \gamma$$

$$K = \frac{GA}{h}$$



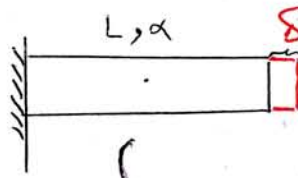
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = E \epsilon$$

$$\delta = \frac{FL}{AE}$$

روش محدودی حل تمام مسائل مقاومت مصالح

- ۱- مشخصات
- ۲- رسم شکل تغییرشکل یافته
- ۳- دیانرازم آزاد ← تنش
- ۴- معادلات تعادل
- ۵- رابطه قدر - نیرو، تغییرشکل - تنش برشی
- ۶- ساختار هندسی
- ۷- حل معادلات: ضریب قدر
- * تمام در تمام ۲ ارتباط نه نه دارند

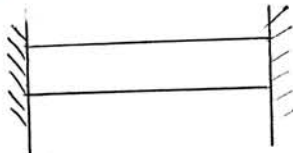


$$\delta = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

مثال ساز طره هندسی
(روابط هندسی بین تغییر طول و)



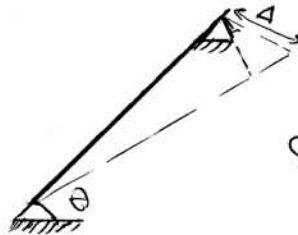
$$\epsilon = \frac{\delta}{L} = \alpha \cdot \Delta T$$



$$\sigma = E \epsilon \rightarrow \delta = \alpha L \Delta T$$

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

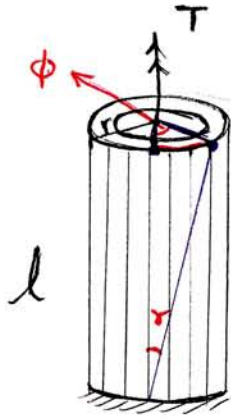
حالت اولیه را
داخل آینه طاقی ندان
منشی را ببینید و درید



$$\delta = L \cos \theta$$

مثال در سازه هندسی

فصل سوم: پیچش



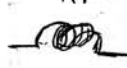
ر طول فنر) $r\phi = \gamma L =$

$\gamma = \frac{r\phi}{L} \quad \text{Ⓢ}$

(قرار داریم) $T = G\gamma \quad \text{Ⓢ}$ (تشت-لخته) $\leftarrow$ مرتبط با T (همان پیچش)

↓ از تنش کرنش به نیرو و تغییر شکل می رسم

$\phi = \frac{TL}{GJ} \quad \text{Ⓢ}$ (در اینجا نشان داده شد) $\leftarrow$ تغییر شکل پیچش

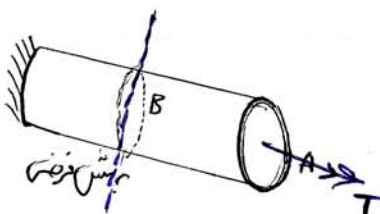
$K_r = \frac{T}{\phi} = \frac{GJ}{L} \quad \text{Ⓢ}$ 

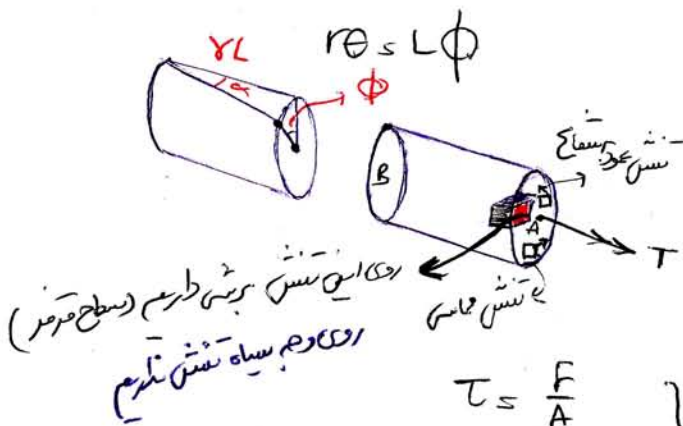
نرخ پیچش در واحد

پیچش در واحد طول حاصل ۱- هم برشی اند ۲- هم مماسی اند (همان برداری)

دنبال چه هستیم؟

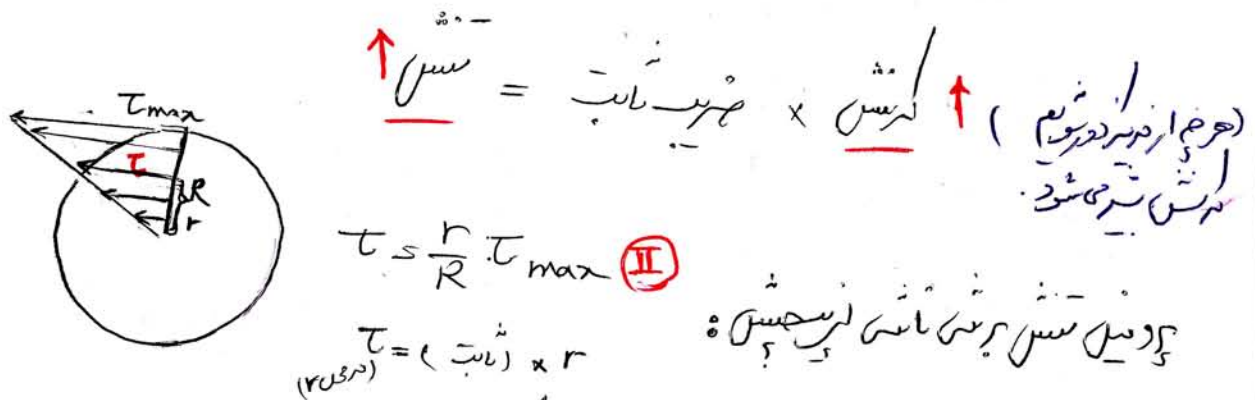
- ۱- رابطه دادن همان خارج پیچش T بر تنش γ می حاصل کار آن طول جسم
- ۲- ربط دادن همان خارج پیچش T بر کرنش ϵ می حاصل کار آن طول جسم



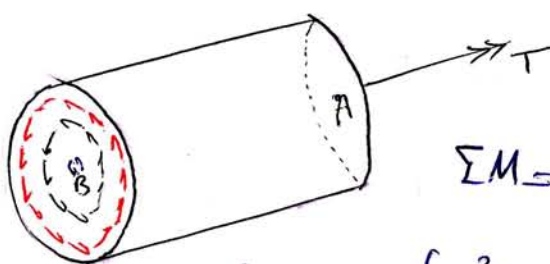


$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{F}{A} \\ \gamma &= \frac{\tau}{G} = \frac{F}{AG} \\ \gamma &= \frac{\Delta}{h} \end{aligned} \right\} \text{برای}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} \\ \delta &= \frac{PL}{AE} \\ \epsilon &= \frac{\delta}{L} = \frac{P}{AE} \cdot \frac{\delta}{L} \end{aligned} \right\} \text{محوری}$$



(همانطور که در تصویر دیده می شود) $\tau = \frac{r}{R} \tau_{max}$
 (همانطور که در تصویر دیده می شود) $\tau = (\text{شیب}) \times r$ (در صورت)



$$\Sigma M = 0 \quad T = \int dF \cdot r = \int r \tau dA$$

$$= \int \frac{r^2}{R} \tau_{max} dA = \frac{\tau_{max}}{R} \int r^2 dA \rightarrow$$

$$\textcircled{I} \quad T = \frac{\tau_{max} \cdot J}{R}$$

$$= \int x^2 dA + \int y^2 dA = I_y + I_x \quad \text{I, II} \rightarrow T = \frac{\tau_{max}}{R} \cdot J$$

$$\tau_s = \frac{Tr}{J} \quad (\text{مقاومت دایره‌ای در برابر گشتاور})$$

$$\frac{\tau}{\tau_{\max}} = \frac{r}{R} \quad (\text{مقاومت در شعاع})$$

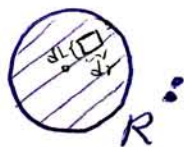
در واقع ϕ به عنوان گشتاور می‌تواند در نظر گرفته شود
 همان تغییر شکل در یک واحد است

$$\left(\delta = \frac{PL}{AE} \right) \quad \tau_s = G\gamma \quad \phi_s = \frac{TL}{JG} \quad \rightarrow \quad T = \frac{GJ}{L} \phi \quad \text{با } Kr$$

$$\alpha L = r\phi \quad \tau = G\gamma \quad \rightarrow \quad \tau_s = \frac{Gr\phi}{L} \rightarrow \phi_s = \frac{TL}{rG} \rightarrow \tau_s = \frac{Tr}{J}$$

نوع بار	شد	کشش	نسبت تغییر شکل	تغییر شکل	مقاومت
کمر		$\delta_s = \frac{P}{A}$	$\delta = \epsilon \epsilon$	$\Delta = \frac{PL}{AE}$	$\frac{AE}{L}$
برش		$\tau_s = \frac{F}{A}$	$\tau_s = G\gamma$	$\Delta = \frac{Fh}{AG}$	$\frac{AG}{h}$
پیچش		$\tau_s = \frac{Tr}{J}$	$\tau_s = G\gamma$	$\phi_s = \frac{TL}{GJ}$	$\frac{GJ}{L}$
خم		$\delta_s = \frac{My}{I}$	$\delta = \epsilon \epsilon$	?	?
برش و خم		$\tau_s = \frac{VQ}{It}$	$\tau = G\gamma$	?	?

ی ر برای دوس (شکل) و $\odot_R$ (شکل) (شکل) (شکل)



$$dA = dr \underbrace{r d\theta}_{dL}$$

$$dA = r dr d\theta$$

$$\iint r^2 dA = \int_0^{2\pi} \int_0^R r^3 dr d\theta = \int_0^{2\pi} \frac{R^4}{4} d\theta$$

$$= \theta \frac{R^4}{4} \Big|_0^{2\pi} = \frac{\pi R^4}{2}$$

$$I_x = I_y = \frac{J}{2} = \frac{\pi R^4}{4}$$



$$dA = r t d\theta$$

$$\rightarrow \int r^2 dA = \int_0^{2\pi} r^3 t d\theta$$

$$r^3 t (2\pi) = 2\pi r^3 t \quad J = 2\pi R^3 t$$

$$I_x = I_y = \pi R^3 t$$

Ⓘ ————
Ⓜ ————
(مستطیل) (مستطیل)

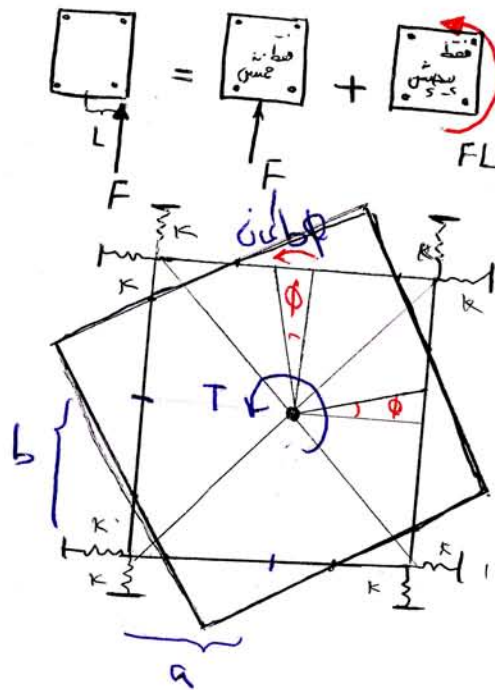
طول عرض
عرض
نسبت این دو
نشان دهی



Ⓘ و Ⓜ (مستطیل) (مستطیل) (مستطیل) (مستطیل)

تیر: خمس

تیر: خمس
 { المان سوسه (فصل)
 المان سوسه

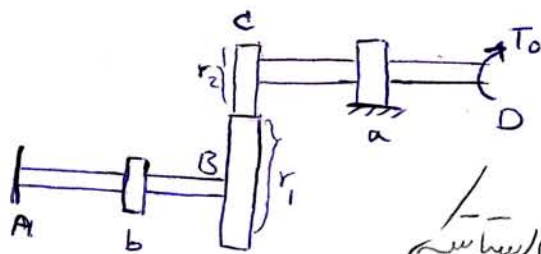


* رسم من غیر منطبق

تیر: خمس

حل المسألة الأولى

١- دو محور فولادی AB و CD و دو دنده ای اد ٢ به یکدیگر متصل شده اند. انتهای محور CD مطابق شکل ثابت شده است. توتران گرفته است. زاویه پیچش انتهای



$r_1 = 2r_2$ D

در محل اتصال دو دنده به یکدیگر متعادلی است
و در هر دو دنده نیروی مماسی هر دو دنده با هم

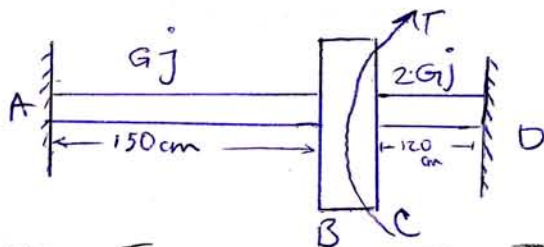
برابر است
 $F_{t1} = F_{t2}$ و $F_2 = \frac{T}{r}$

$$\frac{T_1}{r_1} = \frac{T_2}{r_2} \rightarrow \frac{T_B}{T_0} = 2$$

$$\phi_1 = \phi_B = \frac{T_B L}{GJ} = \frac{2T_0 L}{GJ} \quad r_1 \phi_1 = r_2 \phi_2 \rightarrow \phi_2 = \phi_c = \frac{r_1}{r_2} \phi_B = \frac{4T_0 L}{GJ}$$

$$\phi_D = \phi_{D/c} + \phi_c = \frac{T_0 L}{GJ} + \frac{4T_0 L}{GJ} = \frac{5T_0 L}{GJ}$$

۲- دو شفت AB و CD توسط دودیسک مطابقتی به هم متصل شده اند
 ترمین دودیسک برابر 104 rad/s باشد و $T_s = 1200 \text{ N}$ به دودیسک متصل به شفت
 CD وارد می شود. تعیین کنید پس از درگیر شدن دودیسک چه مقدار ترمین به شفت AB
 و CD وارد می شود؟



$$T_{AB} + T_{CD} = T \quad T_{AB} + T_{CD} = 1200$$

$$\phi_{CD} - \phi_{AB} = 0.02 \rightarrow \frac{1.2 T_{CD}}{18000} - \frac{1.5 T_{AB}}{9000} = 0.02$$

$$\begin{cases} T_{AB} + T_{CD} = 1200 \\ 1.2 T_{CD} - 3 T_{AB} = 360 \end{cases}$$

$$T_{CD} = 912.8 \text{ N.m} \quad T_{AB} = 287.2 \text{ N.m}$$

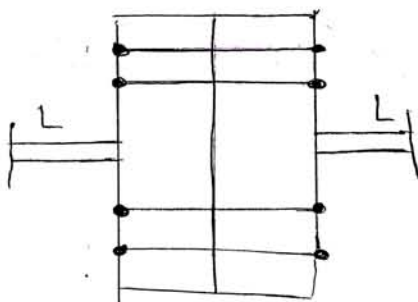
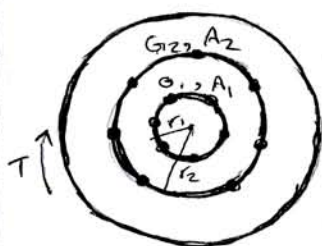
۴- دو دیسک صلب تریسک دوری به یکدیگر با بدنه پریشی G_1 و G_2 در سطح مقطع

A_1 و A_2 مطلق شکل به یکدیگر متصل شده اند. تعداد به یکدیگر در رادیوس r_1

در رادیوس r_2 است. (طول شفت L برابر است)

انرژی تنش پریشی در به یکدیگر دوری و نسبت α در

ب) انرژی تنش پریشی به یکدیگر در برابر شفت به ازای هم نسبت r_1 و r_2 است. مقدار قابل تحمل حداکثر خواهد شد؟



انرژی تنش پریشی در به یکدیگر دوری و T_2 به یکدیگر دوری به یکدیگر برابر T_1 است. $T_1 A_1$ برابر

و $T_2 A_2$ است و شافت حاصل از این نیرو در حول مرکز برابر $T_1 A_1 r_1$ و $T_2 A_2 r_2$

$$\sum M_o = 0 \rightarrow n_1 (A_1 T_1 r_1) + n_2 (T_2 A_2 r_2) - T_s = 0$$

$$T_s = n_1 r_1 A_1 T_1 + n_2 r_2 T_2 A_2$$

$$r_1 \phi_1 = L \gamma_1 \quad r_2 \phi_2 = L \gamma_2 \rightarrow \frac{\gamma_1}{r_1} = \frac{\gamma_2}{r_2}$$

$$\frac{T_1}{G_1 r_1} = \frac{T_2}{G_2 r_2} \rightarrow T_2 = \left(\frac{G_2 r_2}{G_1 r_1} \right) T_1$$

$$T_1 = \frac{G_1 T r_1}{n_1 G_1 A_1 r_1^2 + n_2 G_2 A_2 r_2^2} \quad T_2 = \frac{G_2 T r_2}{n_1 G_1 A_1 r_1^2 + n_2 G_2 A_2 r_2^2}$$

ب) برای حداکثر شدن مقدار قابل تحمل به یکدیگر دوری و در رادیوس r_1 و r_2 است. حداکثر تنش

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\frac{T_o}{G_2}}{\frac{T_o}{G_1}} \rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{G_2}{G_1}$$

مسائل پیشین در دسته تقسیم می شود

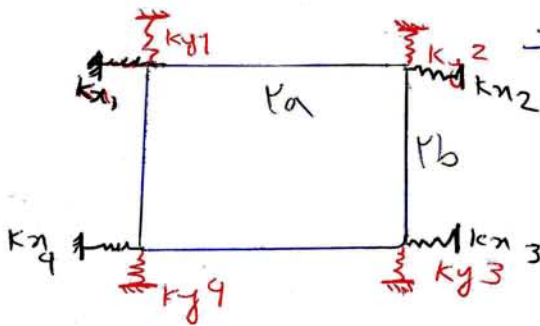
۱- پیشین در افتاد طول یک عضو محوری

۲- پیشین در افتاد بر داری یک جسم صلب یا بر دار محور یک میله صلب

در حالت اول یک میله افتاد طول درجا پیشین می شود و کل مسائل پیشین از یک

جنبه به صورت سری می باشد. در حالت دوم یک جسم صلب وجود دارد که می تواند

به صورت جسم یا صفر و طایق شکل زیر باشد



قوتی که در این حالت با یک از تقسیم می شود
اعضای

پیشین
چون میله صلب
چون جسم صلب

چون میله صلب

در صورتی که افتاد بر یک افتاد، می تواند باشد. اما به دلیل میله صلب به
می شود. در شکل زیر تغییر شکل این سیستم به علت چرخش میله صلب نشان داده شده است
برای انجام چرخش θ به میله صلب، همان چرخش M و به میله دارد که سیستم در یک برام افتاد از
سیستم می گسیم

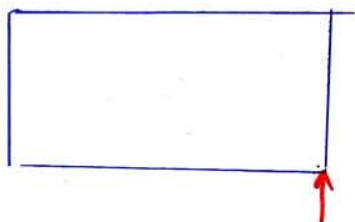


$$M = F \times L = k \frac{L}{\theta} \times L = k \frac{L^2}{\theta} \rightarrow k_r = k \frac{L^2}{\theta}$$

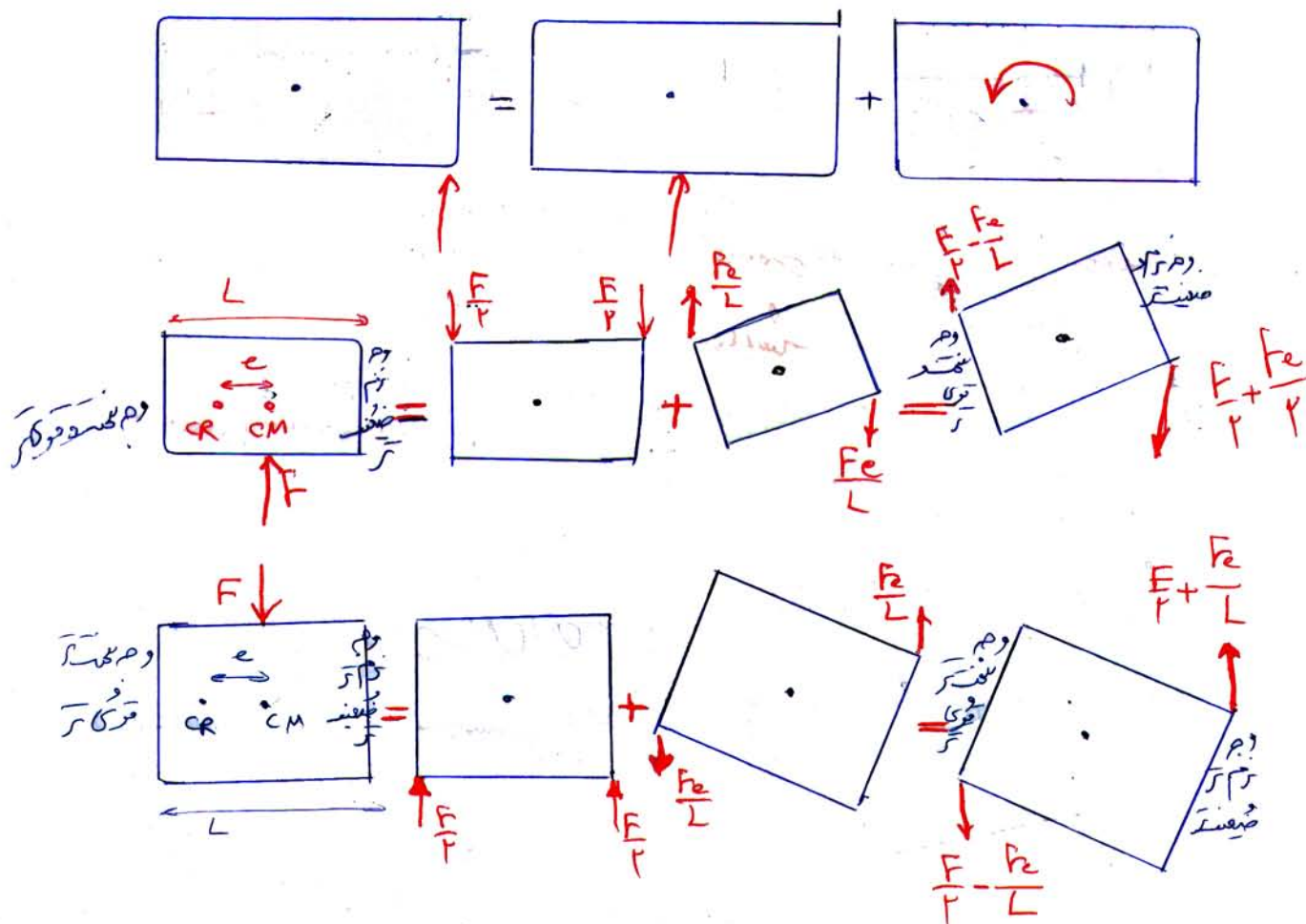
$M = k_r \theta$

جهش صفحه صلب

تقارن به صورت مستقیم و معکوس وجود دارد. و مسائل به صورت ترکیبی از این دو تقارن بازنویسی می کنند. شکل معادله برپه آن نیروها تقارن دارند و سرد را در نظر بگیرید.



حال به صورت ترتیب تقارن بازنویسی می کنیم.



1. ✓

جاءوا من سرحد

(الف) سارا رحمت

جہاں سے

تعارف مهندس منجرب معارف در علم شیرجوشی و شیرین که علم که مکتب شیرجوشی و شیرین

۵۔ حضرت امامت علی فوجیہ

[illegible]

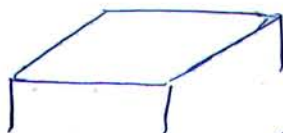
مجلس

مسائل بیست و پنج
الف) مستقیم با هندسه نامسقار
ب) مستقیم با هندسه مقارن و جرم مقارن و
هندسه مقارن و با مقارن مقارن

انواع فکریہ :۔

الحق سبحانه و تعالیٰ :
 جنات میں اب سے جنتیں ہیں جن سے اب سے جنتیں ہیں جن سے اب سے جنتیں ہیں

Illegible signature

[illegible]

نسبتی مقاومت در برابر تغییر شکل انیشتی:

۱- سهم در برابر تغییر شکل ستون: برای هر ستون مساوی

$$K_{\theta-\alpha} = \frac{GJ_{\alpha}}{h}$$

۲- سهم در برابر تغییر شکل و ستون: به منطبق تغییر شکل سازه بالادریست

$$\frac{EI_{\alpha}}{h^3} \text{ مناسب است}$$

تغییر شکل مشترک برای حالت دو سر گیردار

$$K_{bend-x} = \frac{12EI_{\alpha-x}}{h^3}$$

$$K_{bend-y} = \frac{12EI_{\alpha-y}}{h^3}$$

دری حالت یک سر گیردار

$$K_{bend-x} = \frac{3EI_{\alpha-x}}{h^3}, K_{bend-y} = \frac{3EI_{\alpha-y}}{h^3}$$

تغییر شکل برشی

$$\tau = G\gamma \quad \frac{\tau}{r} = \frac{V}{A} \rightarrow \frac{V}{A} = \frac{Gu}{h}$$

$$V = \frac{GA}{h} u \rightarrow V = K_{sh} u \quad K_{sh} = \frac{GA}{h}$$

برش در ستون یک سر گیردار مقطع سازه

$$K_{sh-x} = \frac{GA_x}{h} \quad K_{sh-y} = \frac{GA_y}{h}$$

تغییر شکل کلی سازه است از مجموع تغییر شکل های خمشی و برشی

$$\delta_x = \delta_{bend-x} + \delta_{sh-x}$$

$$\delta_y = \delta_{bend-y} + \delta_{sh-y}$$

درست داریم:

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{K_{bend-x}} + \frac{1}{K_{sh-x}}$$

$$K_x = \frac{K_{bend-x} K_{sh-x}}{K_{bend-x} + K_{sh-x}}$$

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{K_{bend-y}} + \frac{1}{K_{sh-y}} \rightarrow K_y = \frac{K_{bend-y} K_{sh-y}}{K_{bend-y} + K_{sh-y}}$$

نسبت فاب جیسی در صورت زیری فاب جیسی

$$K_{bend-x} = \frac{6EI_{c1-x}}{h^3} \left[\frac{4(1 + \frac{LI_{c1-x}}{6hI_b})}{4(1 + \frac{2I_{c1-x}}{6hI_b}) - 3} \right] = \frac{12EI_{c1-x}}{h^3} \times \frac{6+P_x}{3+2P_x}$$

$$K_{bend-y} = \frac{6EI_{c1-y}}{h^3} \left[\frac{4(1 + \frac{LI_{c1-y}}{6hI_b})}{4(1 + \frac{2I_{c1-y}}{6hI_b}) - 3} \right] = \frac{12EI_{c1-y}}{h^3} \times \frac{6+P_y}{3+2P_y}$$

$$P_x = \frac{\frac{EI_{c1-x}}{L_c}}{\frac{EI_b}{L_b}}$$

$$P_y = \frac{\frac{EI_{c1-y}}{L_c}}{\frac{EI_b}{L_b}}$$

نسبت فاب

و جمع نسبت جیسی

$$K_{\theta-bend,sh} = 4K_x b^2 + 4K_y a^2$$

۳- حجم مرتب بر سطح بیضی منقسم (برکت فاب) بین A ستون های مرتب
صفت Ar^2 بوده و قطر برای تمام ستون های بصورت زیر است

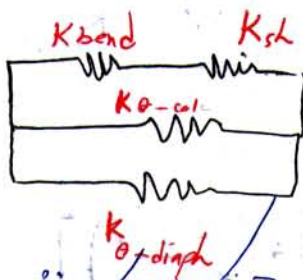
$$J_{diph} = \sum_{i=1}^N A_{c1-i} r_i^2$$

نسبت بیضی

$\frac{G}{h} \times \sum_{i=1}^N A_{c1-i} r_i^2$
N: تعداد ستون های (سطح مقطع ستون های کم و مربع فاب های بزرگ)

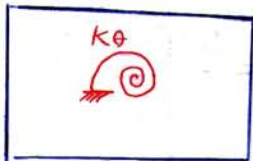
فرض وجود استون در چهار گوشه یک مستطیل به ابعاد $2a$ و $2b$ به صورت زیر است

$$K_{\theta \text{ diaph}} = 4 \frac{G}{h} A_{ol} (a^2 + b^2)$$

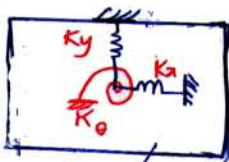


این صفحه‌ای سطر به سطر موازیست

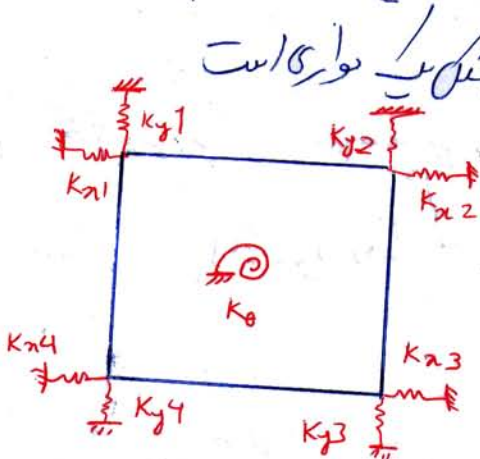
فرض کنید در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است و در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است و در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است



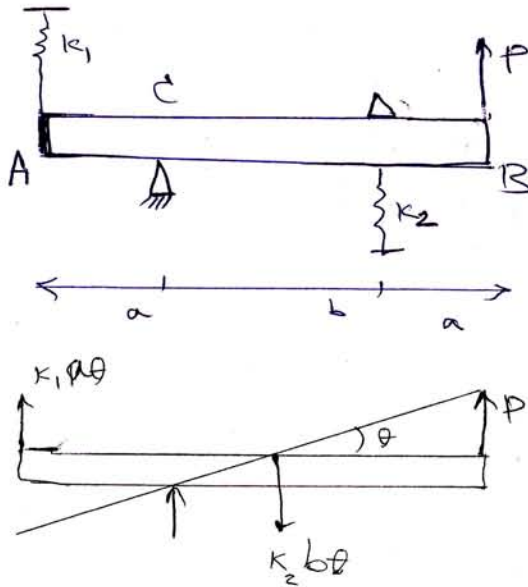
این سطر به سطر موازی است و در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است و در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است



این سطر به سطر موازی است و در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است و در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است



این سطر به سطر موازی است و در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است و در هر یک از گوشه‌ها یک سطر به سطر موازی است



سوال اول -

رابطه بین P و θ را بنویسید

$$P_{\max} = ? \times \theta_{\max}$$

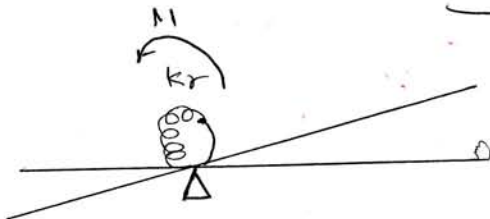
معادله تعادل بنویسید

$$\text{میزان جابجایی} = b\theta \quad \text{و} \quad \text{قوة} = K_b\theta$$

$$P(a+b) = K_r b\theta \cdot b + K_1 \theta a$$

$$P_{\max} = \frac{(K_r b^2 + K_1 a^2) \theta_{\max}}{(a+b)}$$

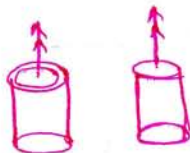
در این سوال لازم است به شما زیر هم ارزش است



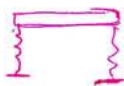
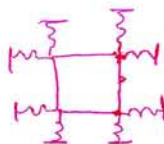
$$\theta = \frac{M}{K_1}$$

$$K_r = K_1 a^2 + K_2 b^2$$

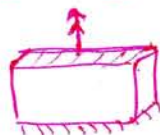
بجش



۱- بجش در سطح یا محور ساده

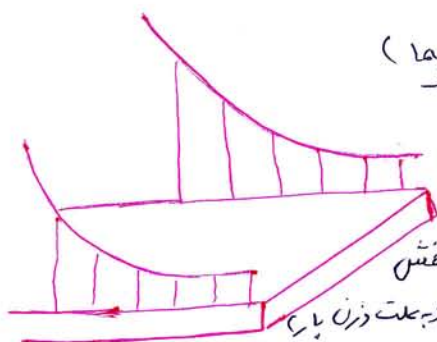


۲- بجش در سطح صلب و قعر - در بافر نام صلب و قعر



۳- بجش در مقاطع غیر دایره‌ای (در سطح صلب)

۴- بجش در مقاطع غیر دایره‌ای (در سطح صلب) - در بافر نام صلب و قعر



کث غش

است به علت وزن بار

و اگر بار در وسط باشد

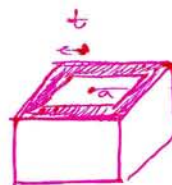
وجود داشته باشد (در میان بار)

مقطع پیچیده می‌شود. (Takoma bridge)

در دره تاداب یا بار یا بارهای طبعی سازه

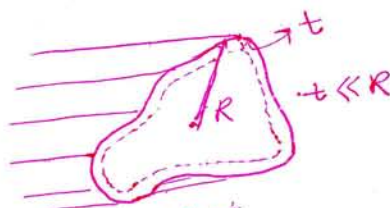
باشد از وزن سازه و بارهای دیگر کمتر

شکل آن خواهد شد

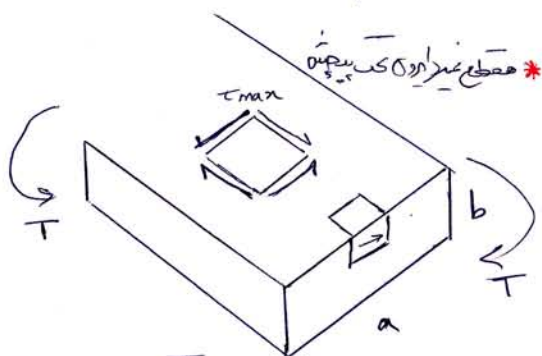


$t \ll R$
 $t \ll a$

مثال ۴: $\frac{t}{a} = \frac{1}{5}, \frac{1}{10}, \dots, \frac{1}{50}$



مثال ۴



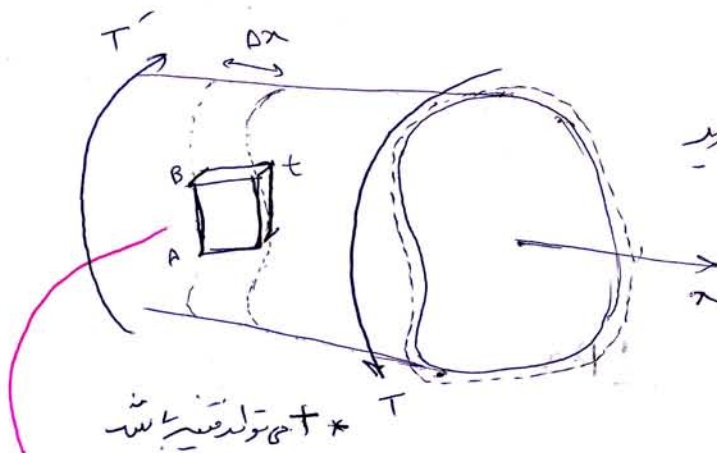
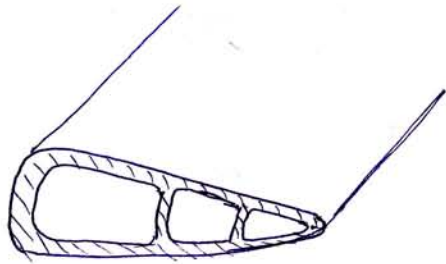
$$T_{max} = \frac{T}{c_1 a b^2} \quad (\text{در جهت موازی } a)$$

$$\phi = \frac{TL}{c_2 a b^3 G}$$

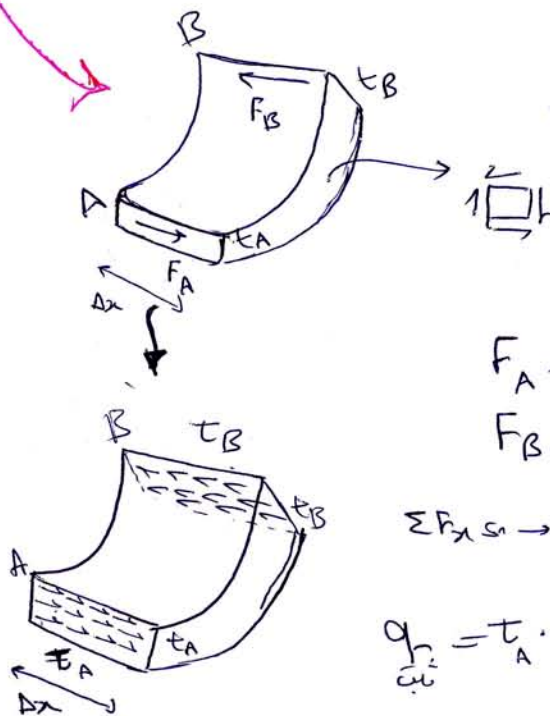
$$\frac{a}{b} \rightarrow 1 \quad \frac{a}{b} \rightarrow \infty \quad \frac{a}{b} \rightarrow \infty$$

$\frac{a}{b}$	c_1	c_2
1	0.208	0.1406
1.2	0.219	0.1661
1.5	0.231	0.1958
2	0.246	0.228
∞	0.333	0.333

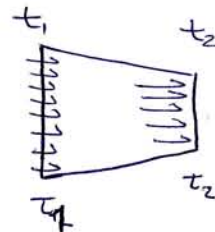
میزان) منحنی مقادیر C_1 بر حسب $\frac{a}{b}$ و مقادیر C_2 بر حسب $\frac{a}{b}$ (استرس)



در هر نقطه τ ، ϕ و نسبت ادرید
(مقطع جدار تان)



$$\Sigma F_{x.s.}$$



$$F_A = \tau_A \cdot t_A \cdot \Delta x$$

$$F_B = \tau_B \cdot t_B \cdot \Delta x$$

$$\Sigma F_{x.s.} \rightarrow F_A = F_B \rightarrow \tau_A \cdot t_A \cdot \Delta x = \tau_B \cdot t_B \cdot \Delta x$$

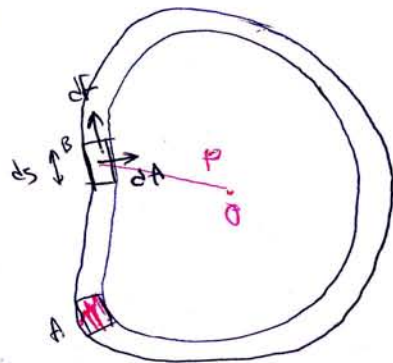
$$q_{\tau} = \tau_A \cdot t_A = \tau_B \cdot t_B \quad (\text{جریان برش})$$

$$(\tau_A \cdot t_A = \tau_B \cdot t_B : \text{نسبت}) \quad (\text{جریان برش})$$

دو لایه؟ شش ضلعی شش زنجیری سطح

$$\Sigma M_x = 0$$

(دری چرخش T طولی به سطح
سین از همان استفاده می کنیم
تا رابطه بین t و t پیدا کنیم



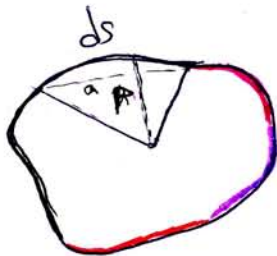
$$dF_s = \tau dA$$

ϕ با زاویه نسبت

$$= \tau t ds$$

طبق (چون برین) ثابت است

$$T_s dM_0 = P \cdot dF = P \tau t ds = \tau t p ds$$



$$\int p ds = 2Q$$

مساحت کل = Q

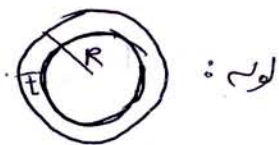
$$S_{\text{میان}} = \frac{1}{2} \pi R a \rightarrow$$

$$T_s = 2 + \tau Q$$

$$\tau = \frac{T}{2 + Q} \quad (\text{وقتی در مقابل محال طول محور است})$$

$$\phi = \frac{TL}{4Q^2G} \int \frac{ds}{t}$$

$$\tau = \frac{TR}{J}$$



$$\tau = \frac{\tau}{2Qt}$$

$$Q = \frac{TL}{GJ}$$

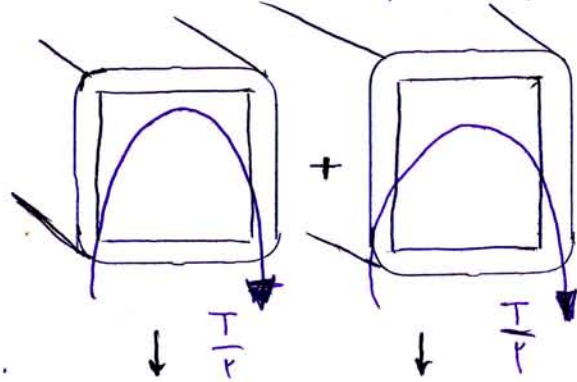
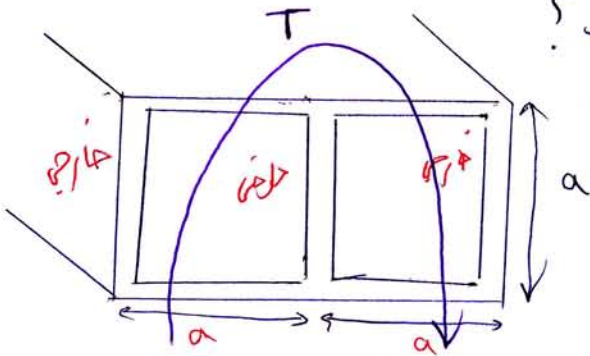
$$\tau = \frac{TR}{J}$$

$$\tau = \frac{T}{2Qt}$$

اثبات سیدالمرتضی نور در نظر داریم باشد از سه لایه
رابطه بین ϕ و T می شود
رابطه بین ϕ و T می شود
رابطه بین ϕ و T می شود

نکته: مقطع جدار از یک مکان بهیچیکه آید شد تمام محقات له آید باشد. شش

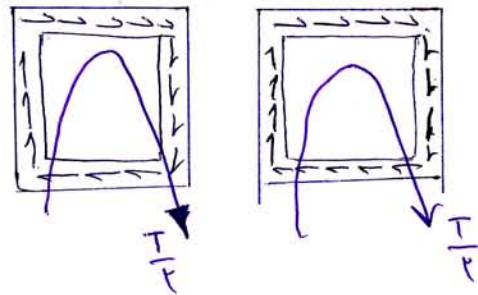
برش در جداره های داخلی و خارجی چیست؟



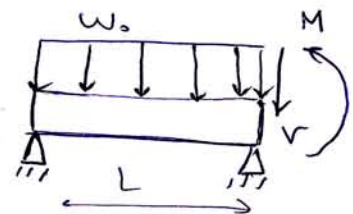
برش در جداره های داخلی: غیر مثبت است و در جداره های خارجی: غیر منفی است

$$T_{\text{داخلی}} = 0$$

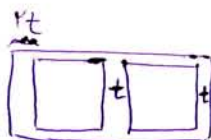
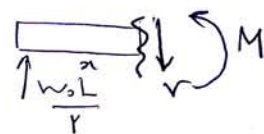
در مقطع دوار که در آنجا بهیچیکه آید شد تمام محقات له آید باشد
در واقع اینها را در ششیم نمی توانیم دریا $T/2$
حساب کنیم



$$T_{\text{دوار}} = \frac{T/2}{\pi \cdot A \cdot t} = \frac{T}{\pi a^2 t}$$



$$M = \frac{w_0 L^2}{\pi \cdot \frac{L}{r}}$$



نکته: مقطع جدار از یک مکان بهیچیکه آید شد تمام محقات له آید باشد

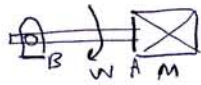
حساب در حل تمرین

شفت فولادی AB برای انتقال توان ۵ اسب بخار از موتور M استفاده شده است. این شفت از نظر سختی

بیشتر ۱۷۵۰ rpm باشد و قطرها نیز برای شفت فولادی باشد.

$$\tau_{all} = 14500 \text{ ksi}$$

$$P = Tw \rightarrow P = 5 \text{ hp} \left(\frac{550 \text{ ft} \cdot \text{lb/s}}{1 \text{ hp}} \right) = 2750 \text{ ft} \cdot \text{lb/s}$$



$$\omega = \frac{1750 \text{ rev}}{\text{min}} \cdot \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \cdot \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) = 183.26 \text{ rad/s}$$

$$P = Tw \rightarrow 2750 \text{ ft} \cdot \text{lb/s} = T (183.26 \text{ rad/s}) \rightarrow T = 15.01 \text{ ft} \cdot \text{lb}$$

$$\frac{\phi}{C} = \frac{\pi}{2} \frac{C^3}{C} = \frac{T}{\tau_{all}}$$

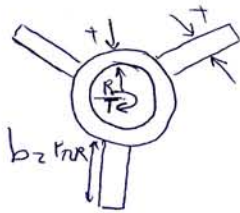
$$C = \left(\frac{2T}{\pi \tau_{all}} \right)^{1/3} = \left(\frac{2(15.01 \text{ ft} \cdot \text{lb})(12 \text{ in/ft})}{\pi (14500 \text{ lb/in}^2)} \right)^{1/3}$$

$$\rightarrow C = 0.429 \text{ in}$$

۲- برای بدو L با مقطع دایره ای از اتصال به مقطع دایره ای به یک استوانه هیزبازار ساخته شده است. در صورتی که مقطع دایره ای در تیر قرار گیرد. چه مقدار T توسط استوانه تحمل می شود؟ فرض کنید مقطع دایره ای به یک استوانه هیزبازار

$$t = \frac{1}{2} R$$

می شود؟ فرض کنید مقطع دایره ای به یک استوانه هیزبازار



مقطع اراصال یک مقطع دایره ای به یک استوانه هیزبازار در آن می گذرد. پس می توان گفت که در آن صورت مقطع دایره ای به یک استوانه هیزبازار

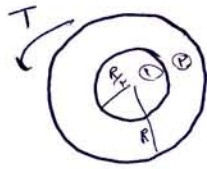
$$K_r = \frac{GJ}{L} = G \frac{\frac{1}{2} \pi R^4 - \frac{1}{2} \pi t^4}{L} = \frac{\pi R^4 - \pi t^4}{2L} \quad \text{و} \quad K_1 = \frac{GJ}{L} = \frac{\pi R^4 - \pi t^4}{2L}$$

$$\phi = \frac{T}{K_1 + 2K_r} \quad \text{و} \quad T(y) = T_1 = K_1 \phi$$

$$T_1 \frac{\pi R^4 - \pi t^4}{2L} \times \frac{T}{\frac{\pi R^4 - \pi t^4}{2L} + 2 \frac{\pi R^4 - \pi t^4}{2L}} = \frac{T}{1 + \left(\frac{t}{R}\right)^4} = \frac{T}{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^4} = 0.997 T$$

$$\phi = \frac{T_1}{K_1} = \frac{0.997 T}{\frac{\pi R^4 - \pi t^4}{2L}} = \frac{2 \pi R^4 T_L}{G R^4}$$

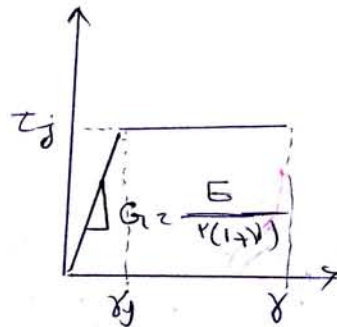
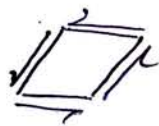
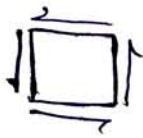
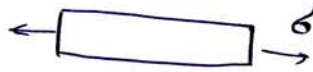
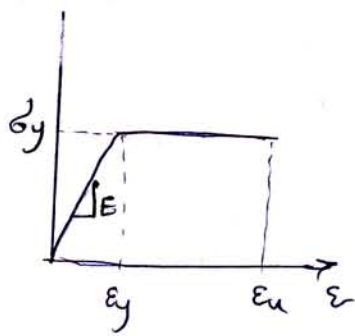
در مقطع نشان داده، چنانچه یک لایه مقطع باشد، باید همسایه بین دو لایه باشد



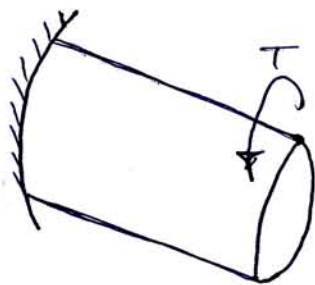
$$\frac{\tau_i}{R/r} \propto \frac{\tau_o}{R} \rightarrow \frac{\frac{\tau_i}{G_i}}{\frac{R}{r}} \propto \frac{\frac{\tau_o}{G_o}}{R} \rightarrow \frac{r \tau_i}{G_i} \propto \frac{\tau_o}{G_o}$$

$$\tau_i \propto \tau_o \rightarrow G_i = 2 G_o$$

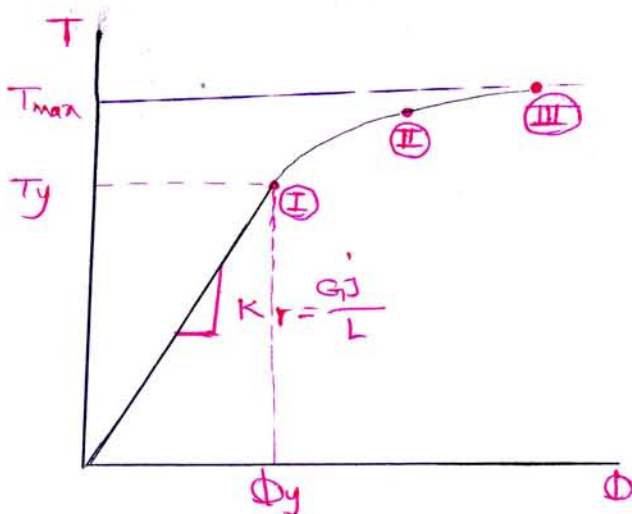
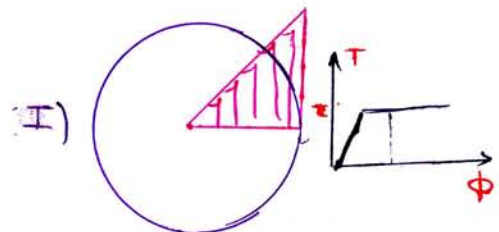
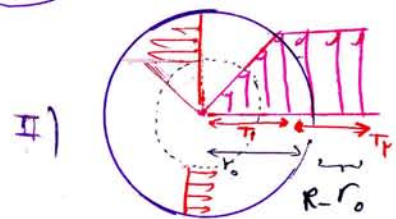
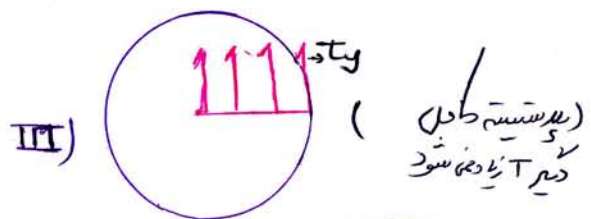
محاسبه تنش:

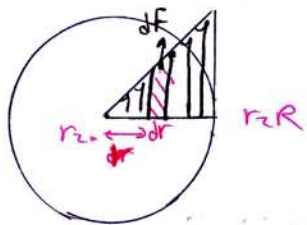


رابطه بین τ_y و σ_y ؟ (در ادامه خواهیم دید رابطه دیگر توهم شود)



$$\phi_s = \frac{TL}{GJ} \rightarrow T = \frac{GJ}{L} \phi$$

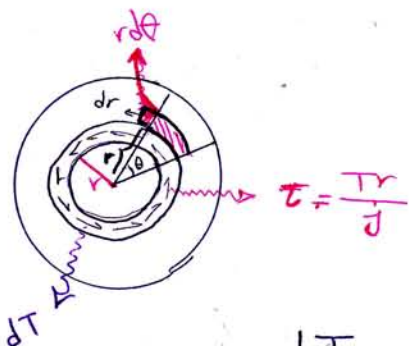




$$\int dT = \int_0^R dF \cdot r$$

$$dF = \tau dA$$

$$\tau = \frac{T r}{J}$$



$$dT = \int_0^R r \cdot \frac{T r}{J} \times r dr d\theta$$

$$T = \int dT = \int_0^R r \cdot dF = \begin{cases} dF = \tau dA \\ \tau = \frac{T r}{J} \\ dA = r dr d\theta \end{cases}$$

برای محاسبه نقطه
مرکز جرم (I)

$$T = \int dT = \int_{\theta=0}^{2\pi} \int_0^R r \frac{T r}{J} \cdot r dr d\theta$$

آنها شود:

$$T = \int_{\theta=0}^{2\pi} d\theta \int_0^R \frac{T r^3}{J} \cdot dr = (2\pi) \left(\frac{T R^4}{J} \right) \quad T = \frac{\pi}{2} \frac{T R^4}{J}$$

$$T_r = \int dT = \int_0^{\pi} \int_{r_0}^R r T_y r dr d\theta$$

$$= T_y \cdot \pi \int_{r_0}^R r^2 dr = \pi T_y \left[\frac{r^3}{3} \right]_{r_0}^R$$

$$= \frac{\pi}{3} T_y (R^3 - r_0^3)$$



(II) σ_r

$$T_1 = \int dT = \int_0^{\pi} \int_0^{r_0} r T_y r dr d\theta$$

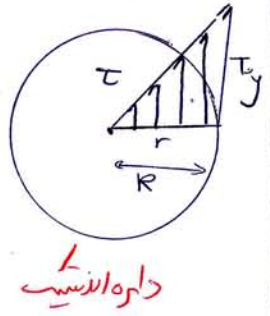
$$= \pi \int_0^{r_0} \frac{r^2}{R} T_y dr$$

$$= \frac{\pi T_y}{R} \int_0^{r_0} r^2 dr = \frac{\pi T_y}{R} \left(\frac{r_0^3}{3} \right)$$

$$= \frac{\pi T_y}{3R} r_0^3$$

$$T_y = T_1 \Big|_{r_0=R} = \frac{\pi T_y}{3} R^3$$

$$\frac{\tau}{r} = \frac{T_y}{R}$$



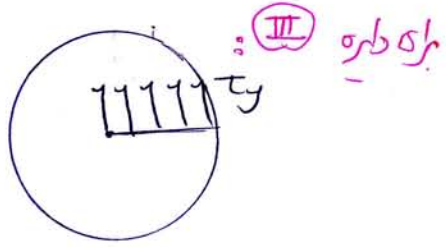
$$T_{\text{کلی}} = T_1 + T_r$$

$$= \left[\frac{\pi}{3} \frac{1}{R} r_0^3 + \frac{\pi}{3} (R^3 - r_0^3) \right] T_y$$

$\Rightarrow$

$$T_p = T_{\text{max}} \rightarrow T_r = T_p \cdot \frac{\pi}{3} R^3 T_y$$

$$\frac{T_p}{T_y} = \frac{4}{3}$$



ست دسره!

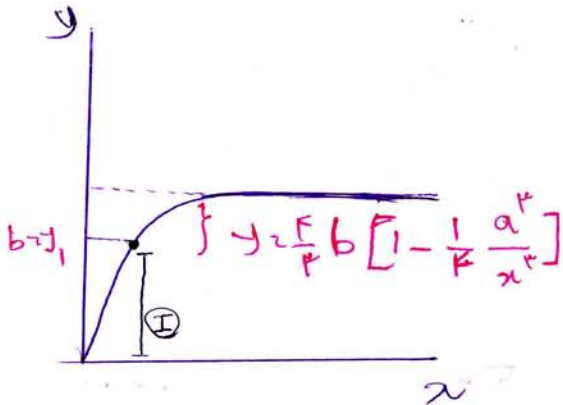
تصویر پیش از این به صورت کاملی به دست آمده است. چند ایرادات سیستم می تواند اصلاح شود.

133%

$$T = \frac{F}{\pi} T_y \left[1 - \frac{1}{F} \frac{\Phi_y^3}{\Phi^3} \right]$$

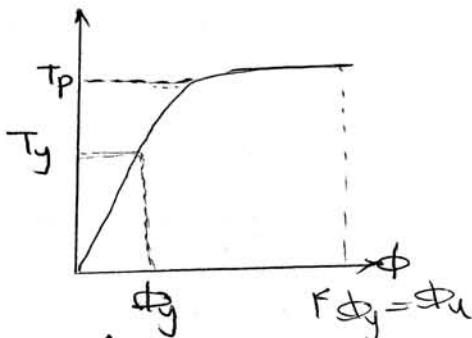
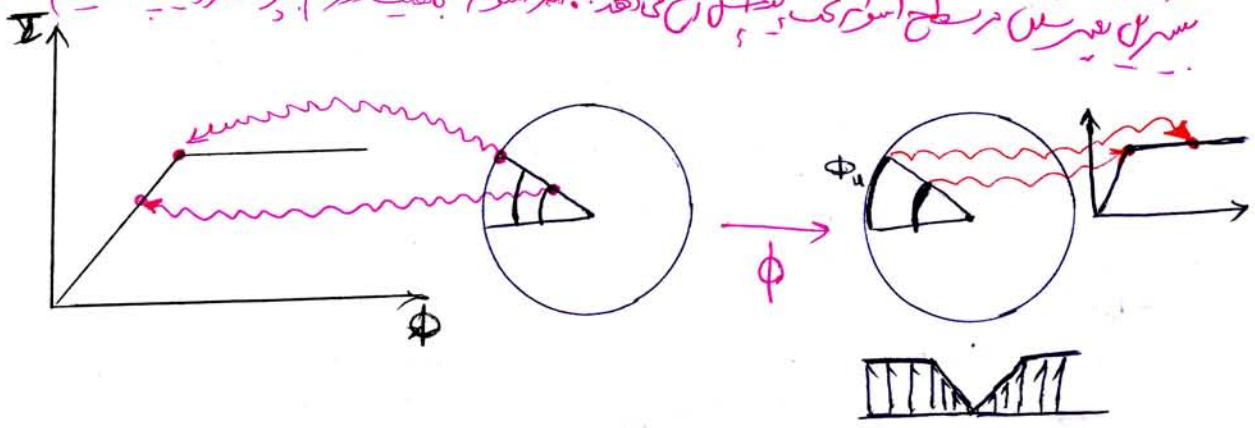
$$\Phi_y = \frac{T_y L}{GJ}$$

نشان دهنده رابطه بین Φ و T
محدودیت و محدودیت



$$\textcircled{I} \cdot T_y \propto \Phi$$

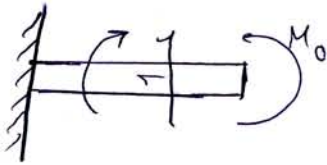
خصوصیت دوران شد تا تمام امان به تنش تسلیم رسید Φ را تعیین کنید
نشان دهنده رابطه بین Φ و T است. اگر استرس به یک حد درجه دوم میرسد و تسلیم می شود
سیر تغییرات در سطح استرس یک به یک می دهد. اگر استرس به یک حد درجه دوم میرسد و تسلیم می شود



یابی دارد که $\Phi \rightarrow T$
اگر $T = T_p$ ترسید

مترین Φ است Φ و Φ_y سنجیم. Φ_y به حد Φ (محدودیت)

خمش (قصر - خالص)

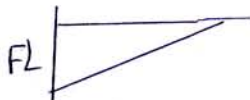
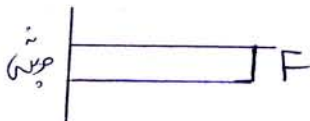
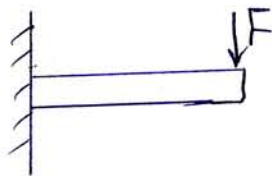


(محوری x - برشی y - خمشی z)



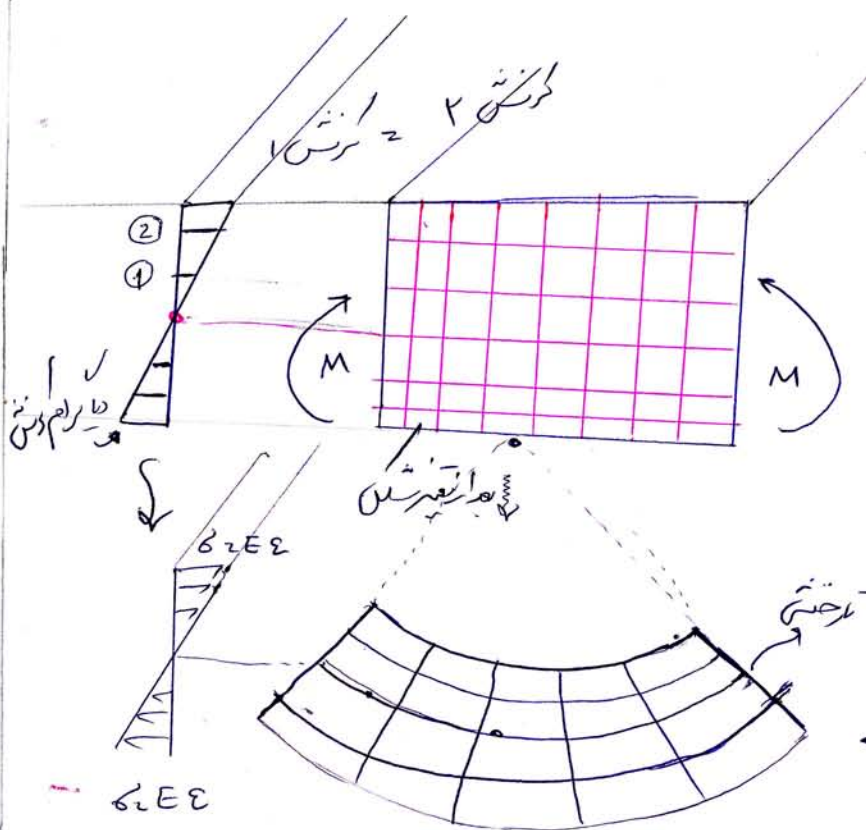
خمش قصر:

خمش تمام با نیروی عرضی:



محدوده تیر در برش خاص از بین تیر و تحت تنش محض قرار هم
روی تیر شبکه خطی رسم کنیم. عبارت تغییر شکل، خطوط قائم چه است باقی مانده و
دو طرفی کشند. خطوط افقی به یک فرم انحنای داده شوند. تارهای انحنای در قسمت
پایین و تارهای بالایی کشیده شوند. و تارهای وجود دارد که طولش ثابت است به آن

تار خنثی می گویند



۲- رسم تارهای تیر به این صورت

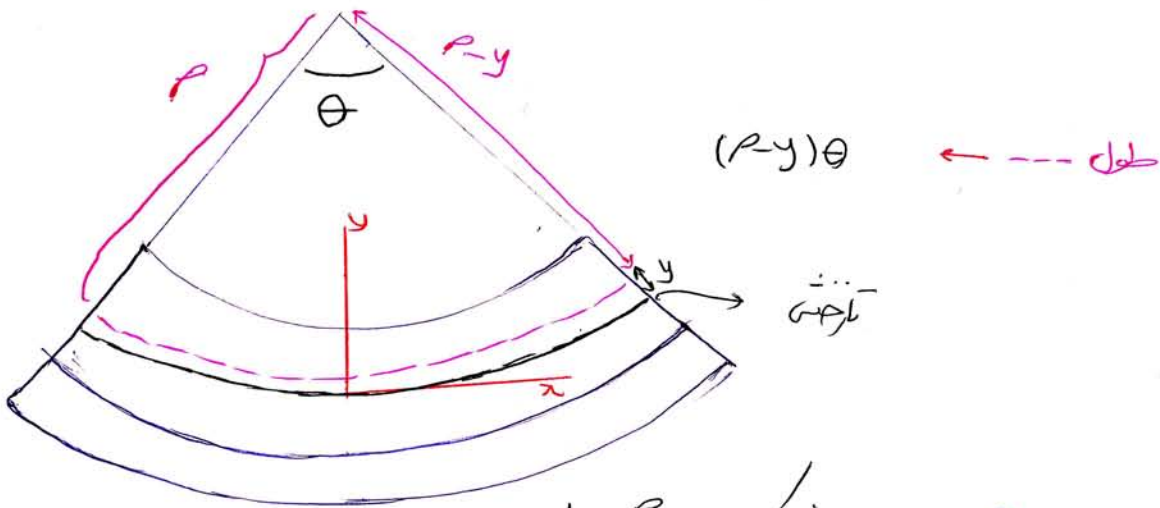
۴- معادله تغییر (قانون هوک) $\sigma = E \epsilon$

۳- معادله هابل

۵- در رابطه می بین

$$\left. \begin{aligned} \text{تار انحنای} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \Delta P_1 &= \text{انحنای} = \text{تنش} \\ \Delta P_2 &= \text{انحنای} > \text{انحنای} = P_2 > P_1 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\text{تنش انحنای}}$$



$L = R\theta$: ابتدای طول (قبل از تغییر شکل)
 $L' = (R-y)\theta$: طول بعد از تغییر شکل
 $\delta L = L' - L$

طولهای ثابت میماند

$$\delta L = (R-y)\theta - R\theta = -y\theta$$

$$\epsilon = \frac{\delta L}{L} = \frac{-y\theta}{R\theta} = -\frac{y}{R}$$

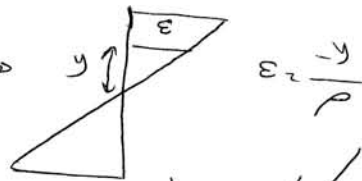


$$\sigma = E\epsilon$$

(توتری) $\times E$

در تمام طول داریم:

همه این تغییرات در طول یک خط می باشد

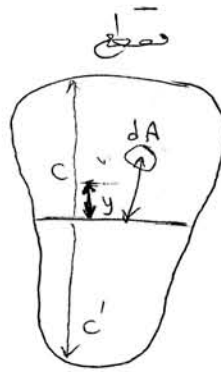


معمولاً تغییرات در طول در یک خط می باشد

پس تغییرات در طول در یک خط می باشد

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

$$\sigma = -\frac{E\epsilon}{\rho}$$

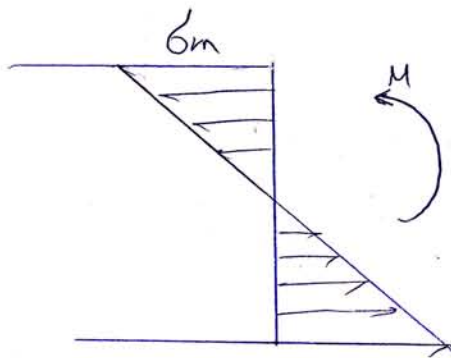


$$\int y \sigma dA = M$$

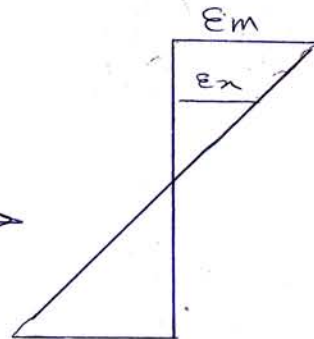
$$\downarrow$$

$$-\frac{E\epsilon}{\rho}$$

$$= \int -\frac{E}{\rho} y^2 dA = -\frac{E}{\rho} I = M$$



E



$$\epsilon_x = -\frac{y}{\rho} \cdot E \rightarrow \sigma_x = -\frac{E\epsilon}{\rho}$$

$$\epsilon_m = \frac{c}{\rho} \quad \sigma_x = E\epsilon_x \rightarrow \sigma_x = E \left(\frac{y}{c} \epsilon_m \right) = -\sigma_m \frac{y}{c}$$

$$\sigma_m = E\epsilon_m = \frac{Ec}{\rho}$$

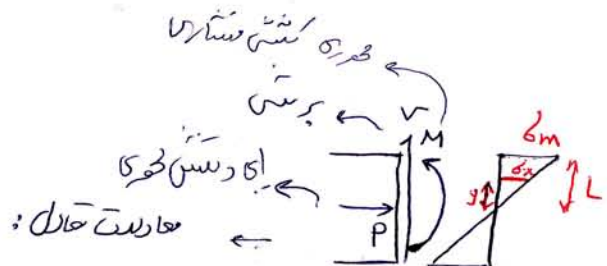
$$\frac{\epsilon_x}{\epsilon_m} = \frac{y}{c} \rightarrow \epsilon_x = \frac{y}{c} \epsilon_m$$

$$\sum M = 0$$

$$M = \int y \sigma_x dA = \int y \left(-\frac{y}{c} \sigma_m \right) dA = -\frac{\sigma_m}{c} I$$

$$\sigma_m = \frac{Mc}{I} \quad \sigma_m' = \frac{Mc'}{I}$$

(فشار در بالای محور خنثی - کشش در پایین محور خنثی)



$$\sigma_x = E\epsilon_x$$

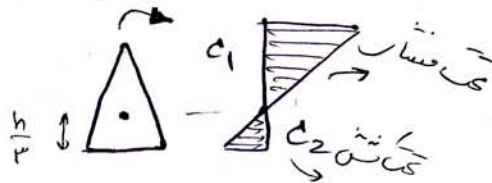
$$\sigma_x = \frac{y}{c} \sigma_m$$

search about torsional lateral Buckling تمرین ۱

تمرین ۱ جدول خاموش خودی که تغییرش و همراه با شش و قدرش نشان دهید

کاهش (محو) مقدار ضربه و ضربه (محو)

$$\sigma_{max1} = \frac{MC_1}{I}$$

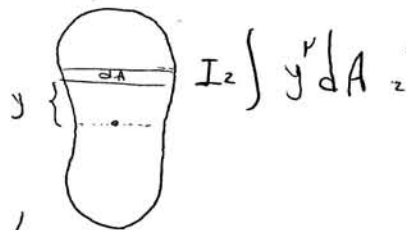


$$\sigma_{max2} = \frac{MC_2}{I}$$

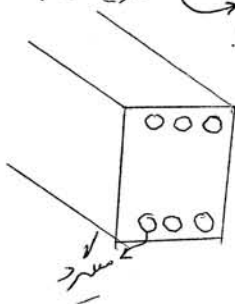
حجم تارچه مقطع از وسط مقطع خاصه بدیم همین است
بنیادش که شش و ضربه و مقطع اجزای جدا شده

$$\frac{\sigma_{max1}}{\sigma_{max2}} = \frac{C_1}{C_2}$$

کاهش مقطع برایش $I \rightarrow$ باید I زیاد کرد
بهم تر شد C_1, C_2 مصالح از سر دور شدند

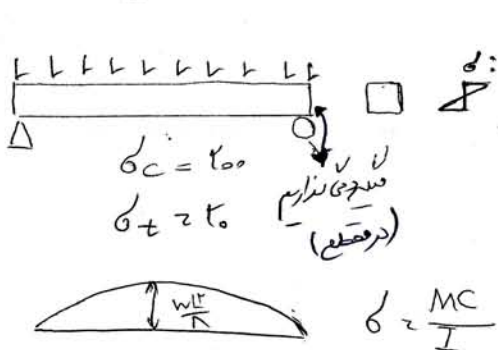


افزایش I (کاهش σ)
افزایش I (کاهش σ)

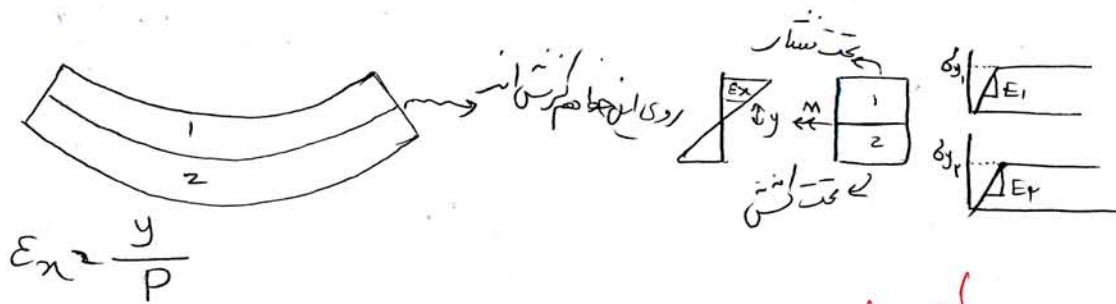


حسن مصالحی که ساخته شده از خنک و فله

فهمیدن خصوصیات شده از خنک و فله تحت سیرش مصالح می باشد

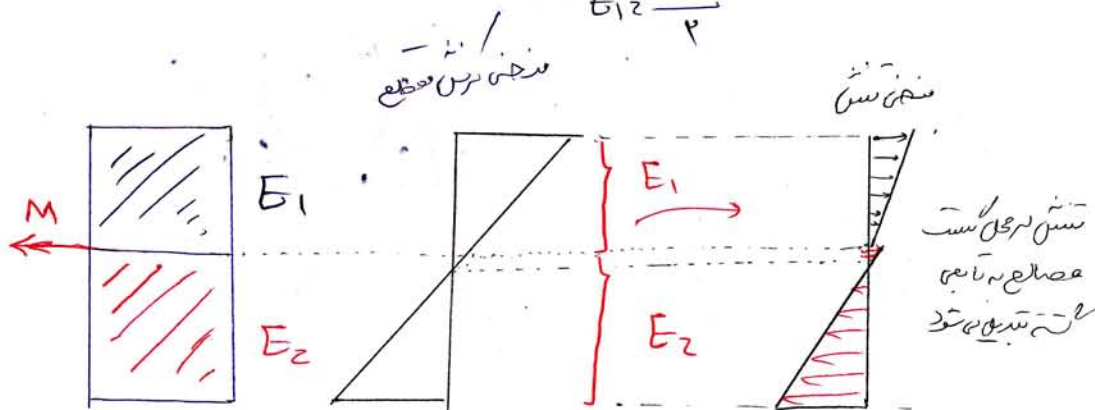


لرزش ۲۰ شود $\rightarrow$ لرزش ۱۹۰ شود
بنیاد ترک می خورد (افزایش)
میکشاید (لرزش است) ترک توسعه میابد
مقطع کوچک شده و I کاهش میابد
و کم زیاد می شود و مقطع معین می شود
(به همین دلیل مصالح با مقاومت کمتر قطع زیاد شود)



مرکز سطح:

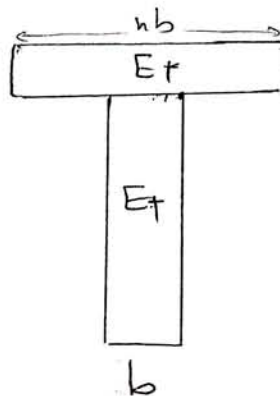
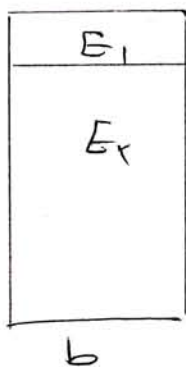
$$E_1 z = \frac{E_2}{2}$$



اگر $E_1 > E_2$ $\Rightarrow E_1 z = E_2$

$\bar{y}_1 = \bar{y}_2$

I



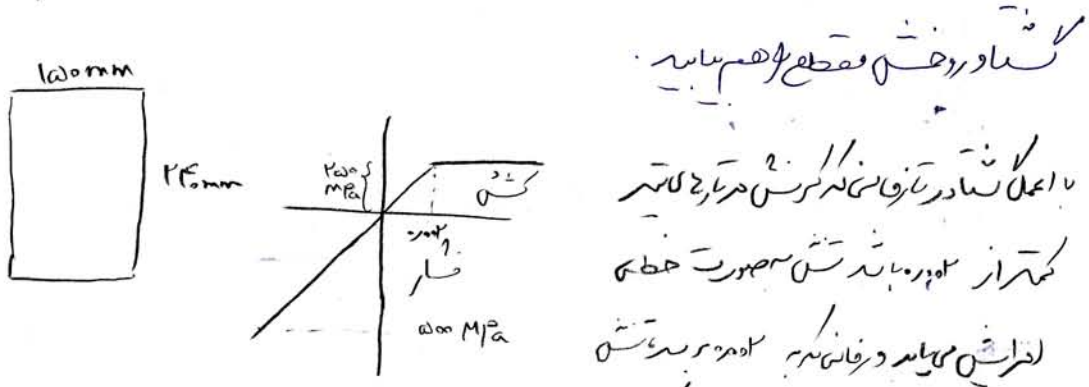
اگر مصالح از جنس تئیس باشند می توان فرض کرد هر دو از جنس یک جنس اند

و اگر $E_1 \neq E_2$ می توان یک سطح مربوط به E_2 با n داشت و E هر دو را E_2 نوشت

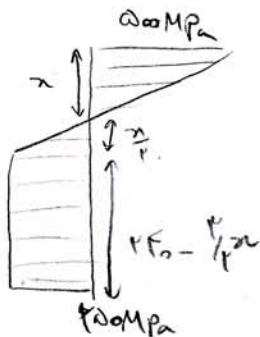
یا اینکه یک سطح مربوط به E_1 با $\frac{1}{n}$ داشته باشیم و E هر دو را E_1 بنویسیم اما این ثابت می ماند

۱- مقطع نشان داده شده تحت کشش و نیروی فشار وارده فشار ایجاد شده در تاقچه برابر 500 MPa است

چنانچه منحنی تنش کرنش به صورت شکل زیر باشد. فاصله محوری از تاقچه برابر 100 mm است؟



برابر 250 MPa خواهد شد. با افزایش کرنش، تنش به صورت خطی افزایش می یابد تا حد آخر خود
یعنی 500 MPa برسد. در این حالت کرنش در تاقچه برابر 250 MPa خواهد بود.



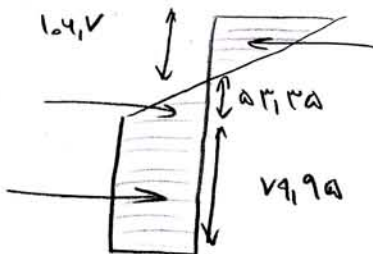
$$\sum F_x = 0$$

(الف)

$$\frac{1}{2} \times 500 \times x \times 100 - \frac{1}{2} \times \frac{x}{2} \times 250 \times 100 - 250 \times (25 - \frac{x}{2}) \times 100 = 0$$

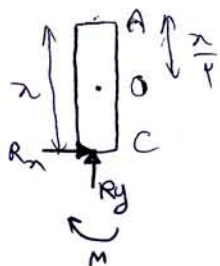
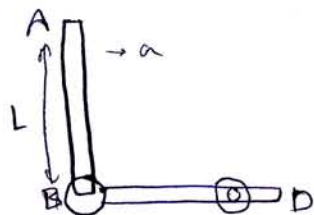
$$x = 104.7 \text{ mm}$$

(ب) حول نقطه N کشش و نیروی فشار



$$\begin{aligned} \sum M_N &= \left[\frac{1}{2} \times 500 \times 104.7 \times \left(\frac{1}{2} \times 104.7 \right) + \frac{1}{2} \times 532.5 \times \right. \\ &\quad \left. 100 \times \left(\frac{1}{2} \times 532.5 \right) + 250 \times 79.95 \times \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{79.95}{2} + 53.25 \right) \right] \times 100 \times 10^{-6} = 400 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

۲- یک میله L داده شده به شتاب ثابت a در جهت راست. جرم واحد طول میله m و شعاع مقطع AB و BD برابر r می باشد. شتاب مرکز جرم در AB و BD چیست؟



$$\sum F_x = ma, R_x = m_{ac} \cdot a \rightarrow R_x = \lambda m a$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_y - mg \lambda = 0 \rightarrow R_y = \lambda mg$$

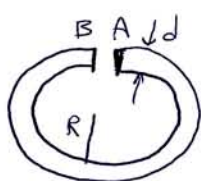
$$\sum M_O = 0 \rightarrow R_x \times \frac{\lambda}{2} - M_z = 0 \rightarrow M_z = \frac{m \cdot \lambda^2}{2} a$$

در $x = L$ $R_{y \max}$ و $M_{\max}$

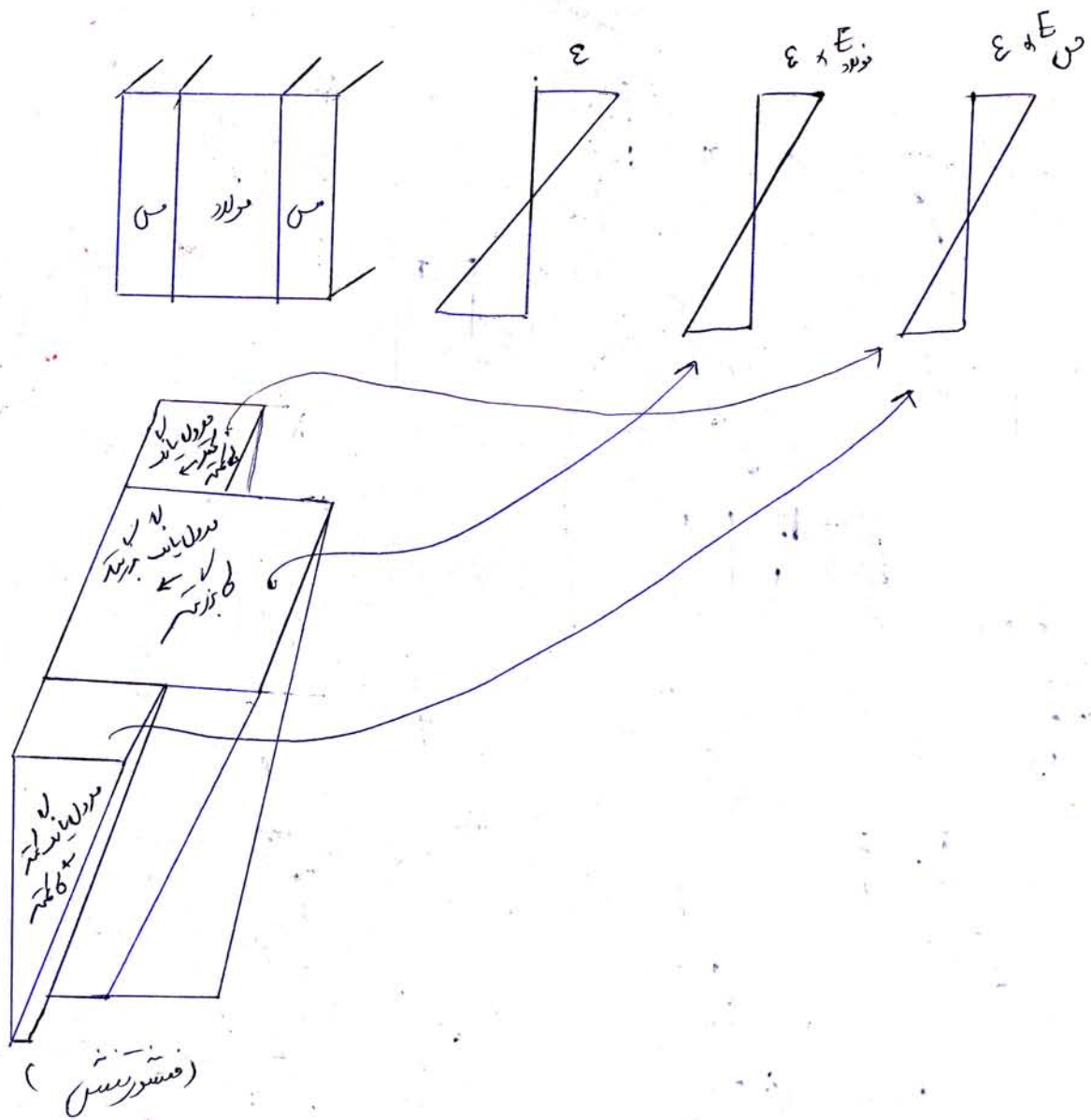
$$M_{\max} = \frac{m L^2 a}{2}, \delta_{\max} = \frac{M_{\max} r}{I} + \frac{(R_y)_{\max}}{A} = \frac{\frac{m L^2 a}{2} r}{\frac{1}{2} \pi r^2} + \frac{m g L}{\pi r^2}$$

تشریح فارغیت فشاری است.

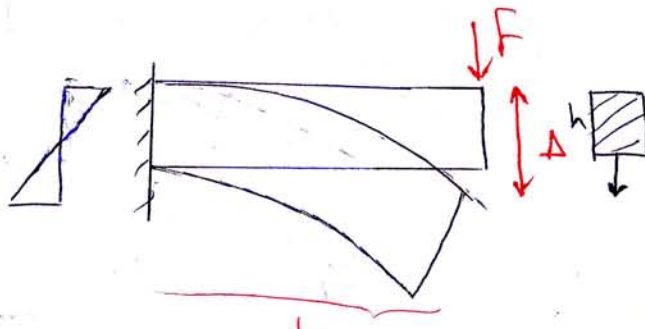
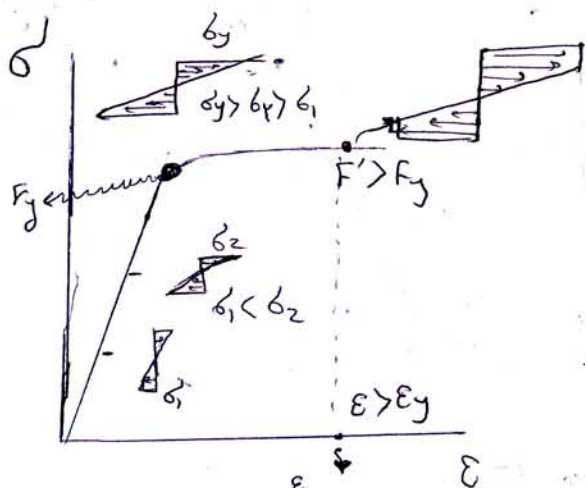
۳- یک میله به قطر d به شکل یک دایره R می باشد که در یک نقطه از سطح میله یک نیروی عمودی F وارد می شود. اگر میله را در آن نقطه مجاز به ϵ باشد. کمترین طول L کدام است؟



$$\epsilon_{\max} = \epsilon = \frac{y_{\max}}{R} = \frac{\frac{d}{2}}{R} = \frac{d}{2R} \rightarrow R = \frac{d}{2\epsilon}, L = \kappa R = \frac{\pi d}{\epsilon}$$



خشک‌بار است



$$\sigma_z = \frac{Mc}{I} = \frac{FL \frac{h}{2}}{b \frac{h^3}{12}} = \frac{6FL}{bh^2}$$

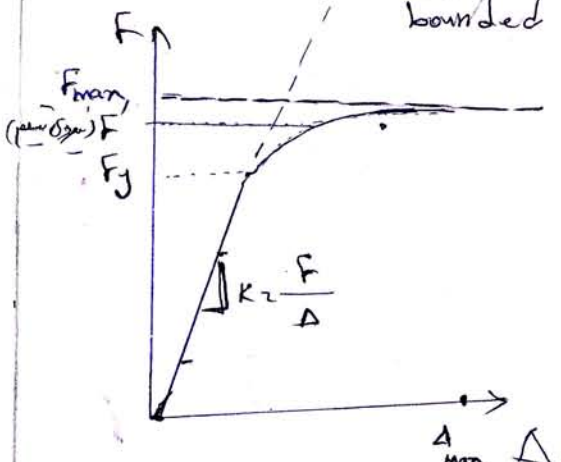
$$F_y = \frac{\sigma_y h^2 b}{6L}$$

این نیرو را Δ_{max} شود و می‌خواهیم هر وقت باسیم

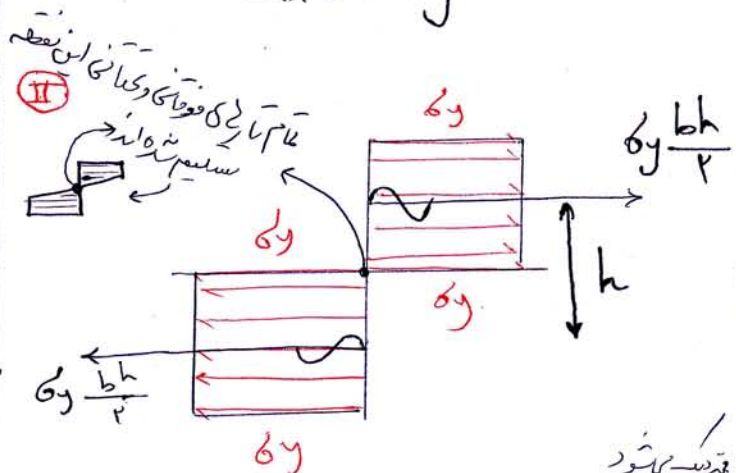
شوند چه اتفاقی می‌افتد؟ Δ_{max} چیست؟

$\sigma \rightarrow \sigma_{max}$ به بیشترین مقدار F بسته
 $\Delta \rightarrow \Delta_{max}$ مقدار بیشترین تغییر

استدلال از این نقطه به بعد می‌تواند همان تحمل نه
 و به بعضی موارد تبدیل می‌شود به علامت
 نشان داده می‌شود



$$F_{max} = 1.5 F_y$$



$$F_{max} \cdot L = M_{max}$$

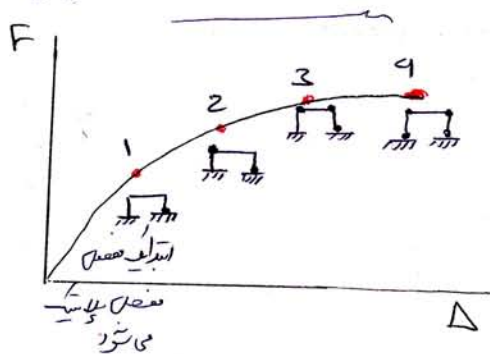
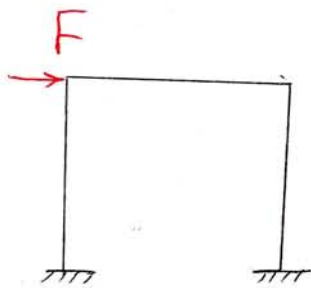
$$= \frac{\sigma_y b h^2}{6} = 1.5 F_y \cdot L$$

نیرو همیشه به این میزان می‌رسد اما همیشه می‌رسد

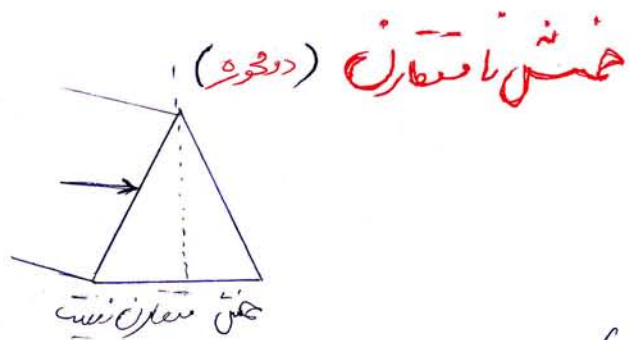
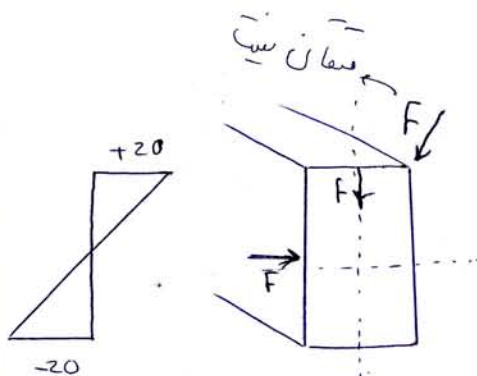
مقرن) با مراجعه به کتاب معادلات مصالح در موردی که در کتاب آمده است

اگر بارگذاری در سیستم طوری باشد که هر یک نقطه فصل انعطاف زیاد شود که تمام مقطع تسلیم شود که در آن نقطه دیگر تحمل همان نیرو وجود نداشته باشد از آن نقطه بعد آن نقطه هر یک فصل پلاستیک **۱** پدید می آید

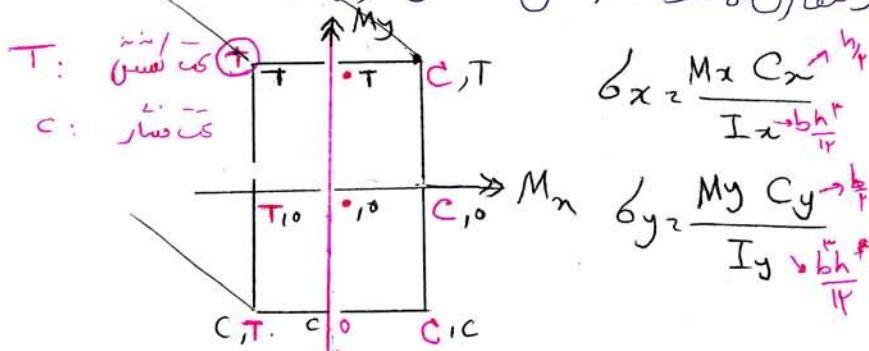
به همین ترتیب با افزایش نیرو نقطه فصل دیگری پدید می آید

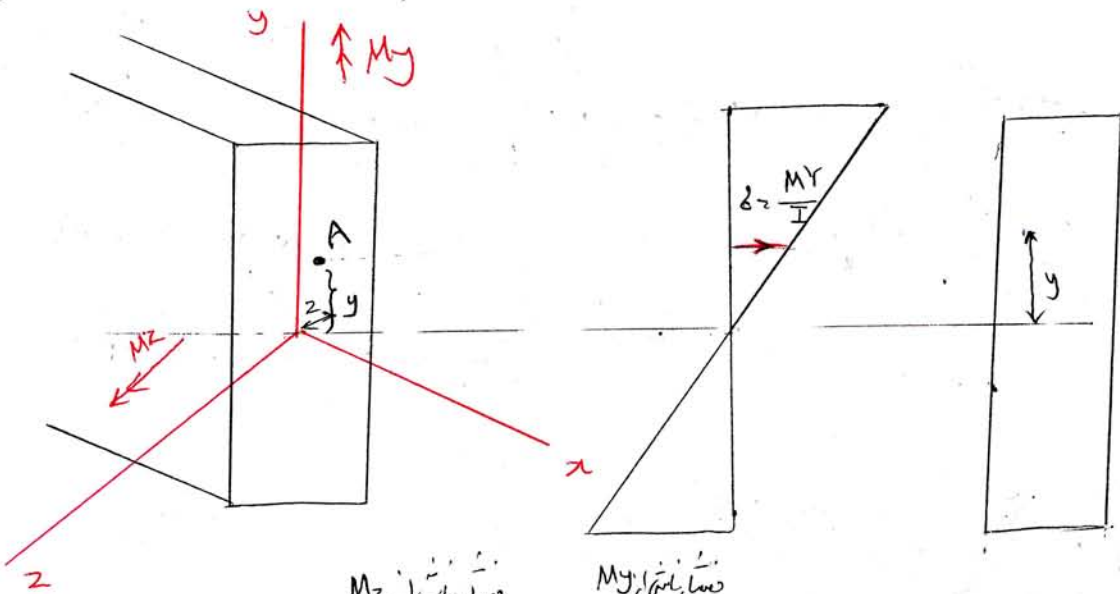


مرکز گشت ابعادی عمده (مختصی) را خوانند



اگر جسم تعداد زیادی محور تقارن داشته باشد بار مولاری محدود تقارن باشد گشت هم تقارن می شود و می توان بار مولاری باشد تقارن نمی شود. که گشت نامتقارن را می توان به گشت متقارن تبدیل کرد





$$\sigma_z = \frac{M_y}{I_z} + \frac{M_z}{I_y}$$

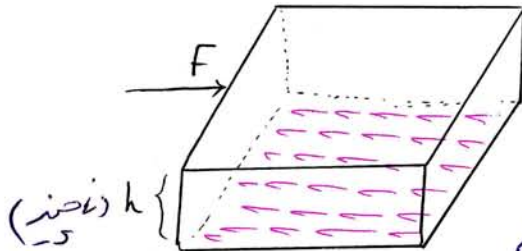
where $I_z = \frac{bh^3}{12}$ and $I_y = \frac{h^3b}{12}$

✓
 این نسبت بودگی
 ✓
 دایره منتهی بود فشاری است

برش در تیر: $\longleftrightarrow$ تنش

در فصل اول دیدیم $\frac{P}{A}$ در فصل دوم $\tau = \frac{F}{A}$ و همچنین در فصل سوم دیدیم $\tau = \frac{V}{A}$

همچنین در فصل چهارم $\sigma = \frac{MC}{I}$

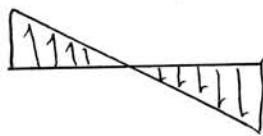


h (ارتفاع)

$\tau = \frac{F}{A}$ (شیفت)

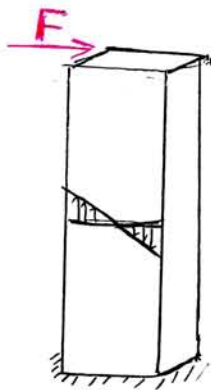
در فصل ۶ M, h در کنار M تغییرات به صورت

که تیر از محور تغییر



M, Fh $\sigma = \frac{MC}{I}$
تنش M در تیر

عضو که افتد کوتاه باشد که تا فصل مسأله باشد و نه $\leftarrow$ برش
و نه از طول شده باشد به نحوی که F هر دو با ای دیگر τ به مدت طول با زنی فعلی در
همان بزرگی ای دارند که این همان تیر منفرجه بشود که کشش و فشار را برقرار شود
به این برش در تیر $\leftarrow$ تیر $\leftarrow$ عضو که توان بخش را تحمل کند

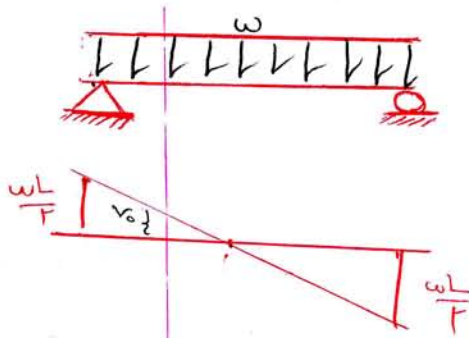


$\sigma = \frac{MC}{I}$

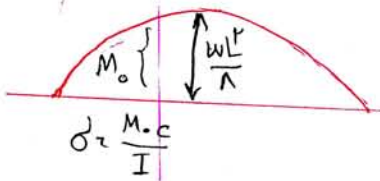
نکات:

تنش محوری ناشی از تنش وجود دارد

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{سب؟} \quad \tau = ?$$



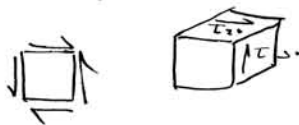
(بیشتر τ می شود) (درایران بیشتر)



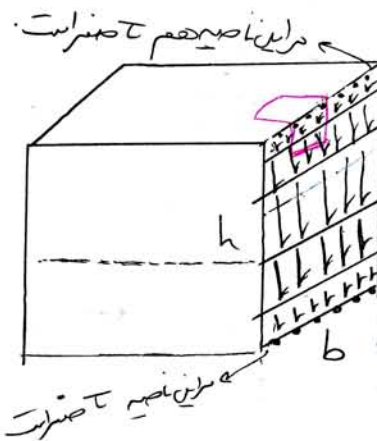
(درایران همین) $\sigma = \frac{M_0 C}{I}$

$$\frac{dV}{dx} = -w$$

$$\frac{dM}{dx} = V$$

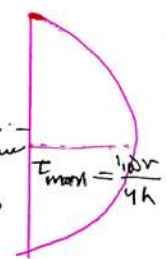


ایمان از تیر



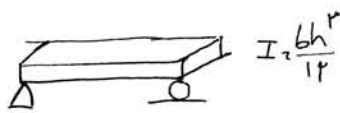
تنش بر روی
لایه

تنش بر روی تمام محور زیاد
در سبب کم می شود



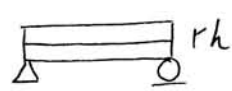
برای به شانه مسئله فرض می کنیم یک ورق داریم سرعت بار عرض می خواهد خم شود. این ورق

حوالی به کفش سبب (کم است) $\leftarrow I$ کم است $\leftarrow \frac{MC}{I} \uparrow$



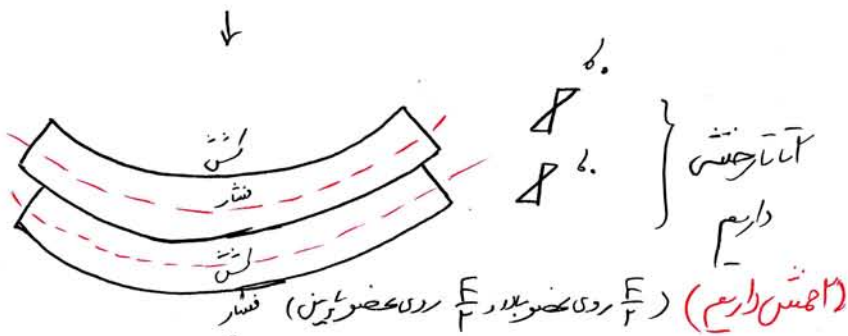
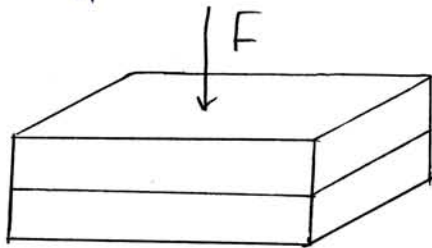
سبب $\leftarrow$ راه حل کمبود مقاومت ضعیف $\leftarrow$ افزایش h

رو به ورق و ورقی مشابه اولی می گذاریم $\leftarrow$ که کم می شود

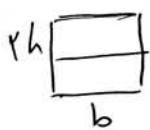


مترین) ثابت کشش برای تیرکاه مقطع $\begin{bmatrix} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{bmatrix}_{b,h}$ رابطه زیر برقرار است

$$I_z = \frac{2bh^3}{12}$$

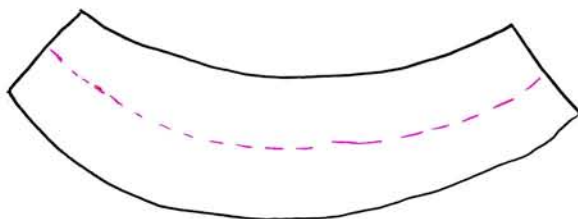


$$\sigma = \frac{\frac{F}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{h}{2}}{\frac{bh^3}{12}} = \frac{12FLh}{14bh^3} = \frac{3}{4} \frac{Fh}{bh^3}$$



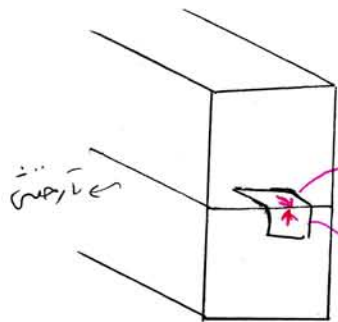
$$I_z = \frac{2bh^3}{12}$$

* در این تیر (دوقطبی) دو تیر داریم و به هم چسبیده اند:



$$\rightarrow \text{آنها هستند} \begin{bmatrix} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{bmatrix}_{b,h} \quad I_z = \frac{1bh^3}{12}$$

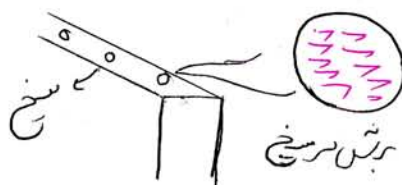
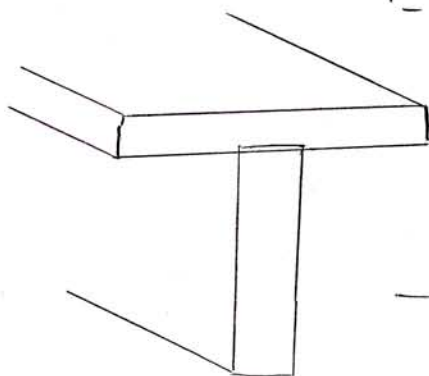
$$\sigma = \frac{F \frac{L}{2} \times h}{b(\frac{2h}{2})^3} = \frac{3}{8} \frac{FL}{bh^3}$$



این در برش با هم برابرند

در مقطع برش ردوبدل می شود (به علت اینکه چپ-نواس)

اگر برش در مقطع قائم می باشد برش در مقطع مایل هم برابر خواهد بود



در سطح مقطع دارای گرایش در جهت برش

در سطح برش در جهت برش ردوبدل می شود چون چپ

نزدوایم

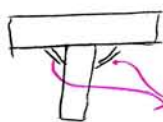
چپ : برش به تمام سطح برود و بدل می شود

برای تحمل برش بین دو صفحه : برش : برش تنها در محل میخ ردوبدل می شود

$$\tau = \frac{F}{A}$$

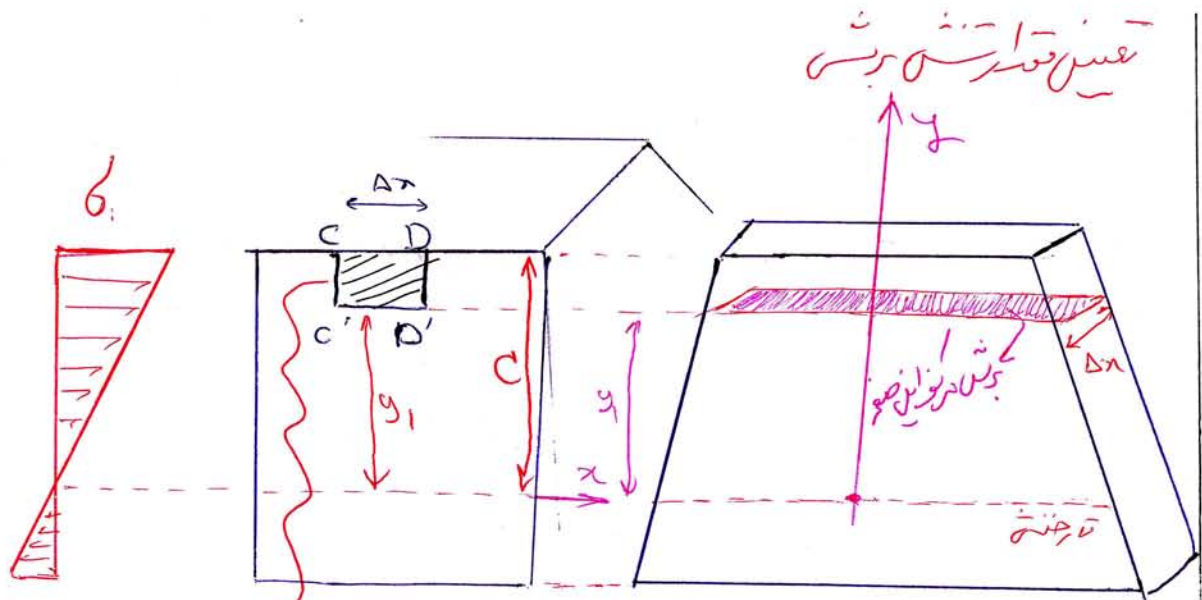
در محل میخ

نیروی برش میخ : F

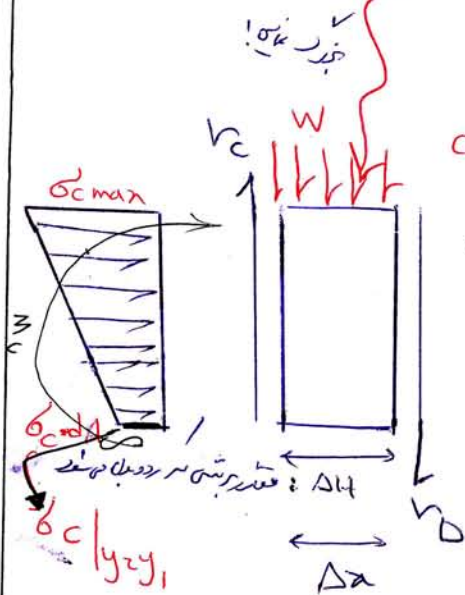


چپ

چپ : برش بین دو دهان برش بین دو دهان میخ میخ



مخرج هم مرکز y و z و y و z است



تغییر نیروی ناشی از فشار CD



$\sum F_x = 0$
 ΔH ؛ راسه اختلاف من است
 $\frac{dM}{dx}$
 (رسانه من نیست! فقط تفاوت من است)
 همان برش است

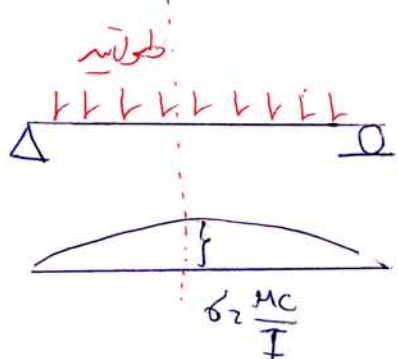
$$\frac{dV}{dx} = -w$$

$$\frac{dM}{dx} = V$$

$$dM = V dx$$

$$-\int \sigma_c \cdot dA + \int \sigma_p \cdot dA = \Delta H$$

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$



نسبت کشش نیروی برشته‌آهن برای طول واحد برش است :

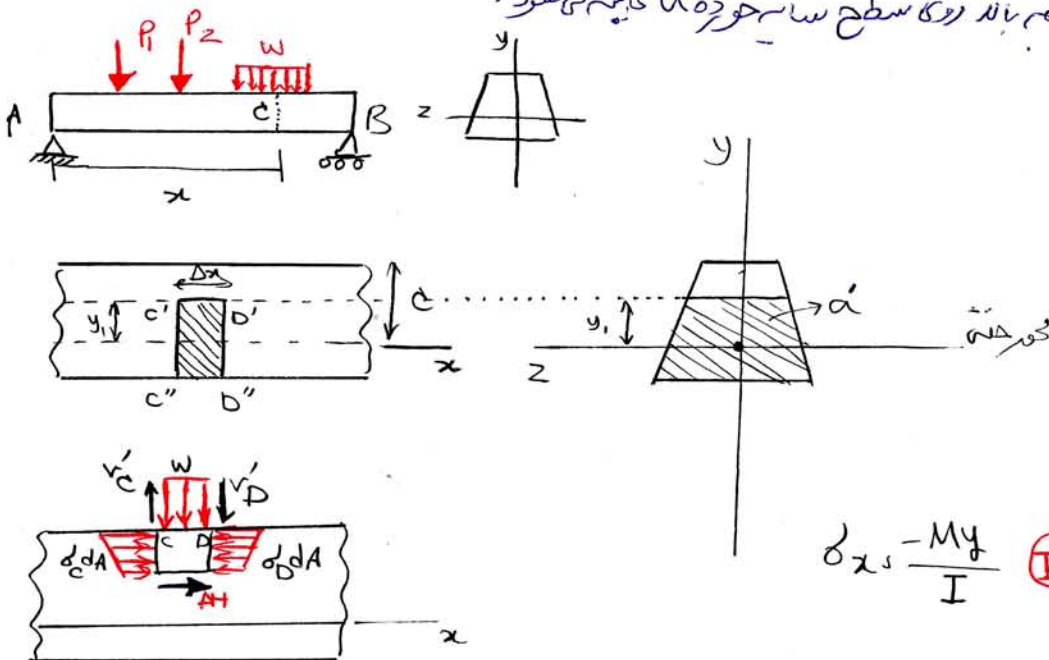
$$q = \frac{VQ}{I}$$

برششی AB را داریم که برای صفحه‌های مجاورت در یک باری متبصر و توزیع‌دار در فاصله x از سر A، برش cDc' بطول Δx را در نظر می‌گیریم. بخش این برش فاصله y_1 است و در صفحه‌های c و c' در فاصله y_1 از محور خنثی قرار دارد. نیروی برش در این برش عبارت از نیروی برشی محوری V و V_D است که برش آهن ΔH ، نیروی $\sigma_c dA$ و $\sigma_D dA$ و غیره Δx و Δy و Δz در طول برشهای x و y

$$\Sigma F_x = 0 \quad \Delta H + \int_a (\sigma_D - \sigma_c) dA = 0 \quad (*)$$

می‌نویسیم

نسبت این روابط به روی سطح α می‌نویسیم.



$$\sigma_x = \frac{-My}{I} \quad \textcircled{II}$$

$$\frac{dM}{dx} = V \quad \textcircled{I} \quad \rightarrow \quad \Delta H = \frac{M_D - M_C}{I} \int_a y dA \quad **$$

محصول سطح α نسبت به محور خنثی (Q)

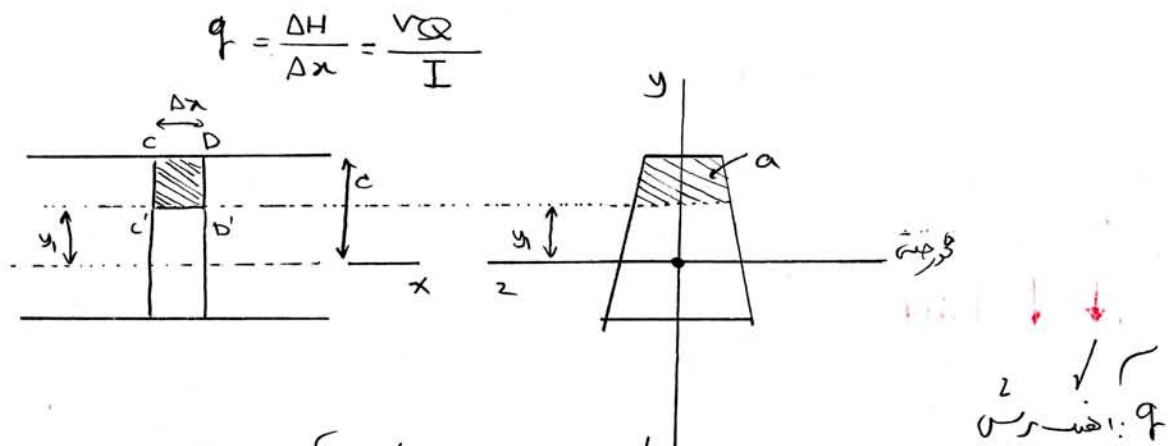
$$\textcircled{I} \textcircled{II} \rightarrow M_D - M_C = \Delta M = \left(\frac{dM}{dx} \right) \Delta x = V \Delta x$$

$$\Delta H = \frac{VQ}{I} \Delta x$$

نسبت می‌شود:

با استفاده از فرم $C'D'D''C''$ نیز رابطه $\Delta H = \frac{VQ}{I} \Delta x$ در رسم زیر نیروی برشی ΔH و $\Delta H'$ در فرم $C'D'D''C''$ و $CDD'C'$ به هم داریم که سازه دارای اندازه‌های برابر و جهت مخالف هستند. از این مطلب نتیجه می‌شود که همان اول سطح Q برابر است. در واقع مجموع همان ۲ کول سطح a و a' برابر است. همان طو مقطع عرضی نسبت به محور زیر بر قرار قطع عرضی برای Q متعادل می‌کنیم است.

نیروی برشی افقی برای طول واحد q :



Q : همان اول نسبت به محور خطه برای سازه از قطع عرضی که در بالا (یا پایین) نقطه است که q برای Q می‌برد.

I : همان اینرسی I از مقطع عرضی نسبت به محور زیر بر قرار قطع عرضی.

$$\tau_{ave} = \frac{\Delta H}{AA} = \frac{VQ}{I} \cdot \frac{\Delta x}{t \Delta x} \rightarrow \tau_{ave} = \frac{VQ}{It}$$

$AA = t \Delta x$

در فرآیند میانه $\frac{VQ}{It}$ در مقطع I و در مقطع $\frac{VQ}{It}$ ثابت است یا متغیر است؟
 ثابت I، ثابت V، ثابت t متغیر است (متغیر ارتفاع)
 Q هم متغیر ارتفاع می باشد

برای مقاطع زیر Q چطور می باشد



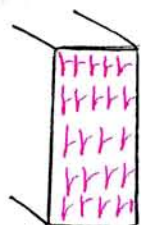
مثال: نیروی کهر بر تراز و قرار دارد متغیر می باشد

$A = b \left(\frac{h}{r} - y \right)$

$Q = A \bar{y} = b \left(\frac{h}{r} - y \right) \left(\frac{1}{r} \right) \left(\frac{h}{r} + y \right)$

$= \frac{b}{r} \left(\frac{h^2}{r} - y^2 \right)$

$\tau_s = \frac{VQ}{It} = \frac{V \left(\frac{b}{r} \left(\frac{h^2}{r} - y^2 \right) \right)}{\frac{bh^3}{12} \cdot b}$

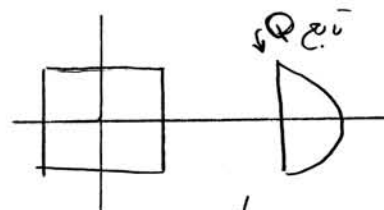


$\tau_{ave} = \frac{V}{bh}$

$\tau = \gamma \frac{V}{bh^2} \left(\frac{1}{r} - \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right)$

$\tau_s = \tau_{ave} \left[\frac{1}{r} - \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right]$

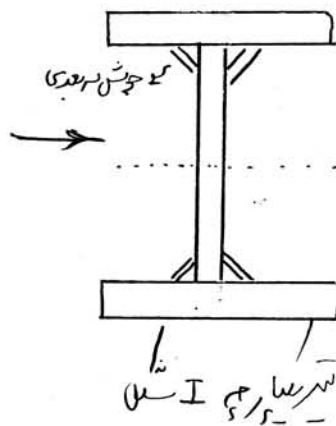
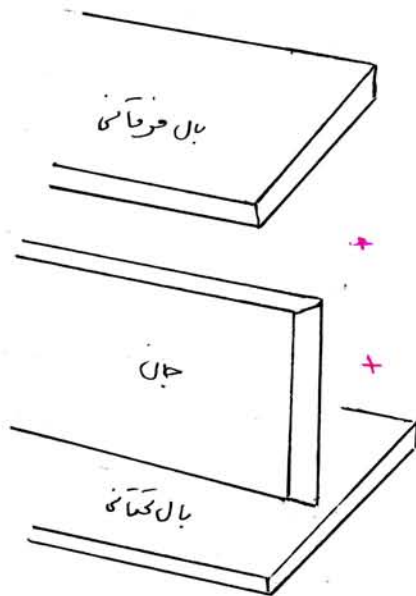
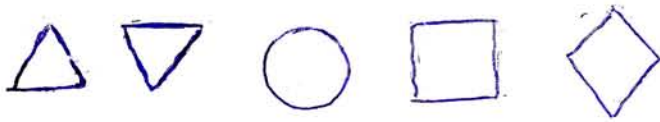
$\tau_{max} = 1, \text{ و } \tau_{ave} = 1, \text{ و } \frac{V}{bh}$



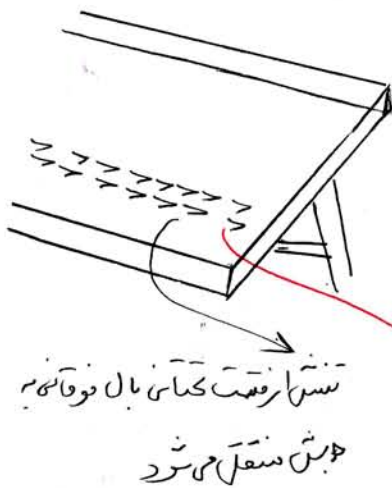
در $y = 0$ به بیشترین مقدار می رسد
 در $y = \pm \frac{h}{2}$ صفر می شود

فرم τ هم به همین صورت است
 چون I، V، t ثابت است

تجهیزات تابعه و برای شکل زیر در نظر بگیرید

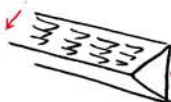


این مقطع بسیار مهم بود و محل تماس بال فوقانی با جان I شکل و دو بدنه می باشد

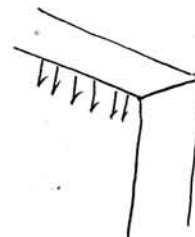


قطعات مهم اتصال برش:

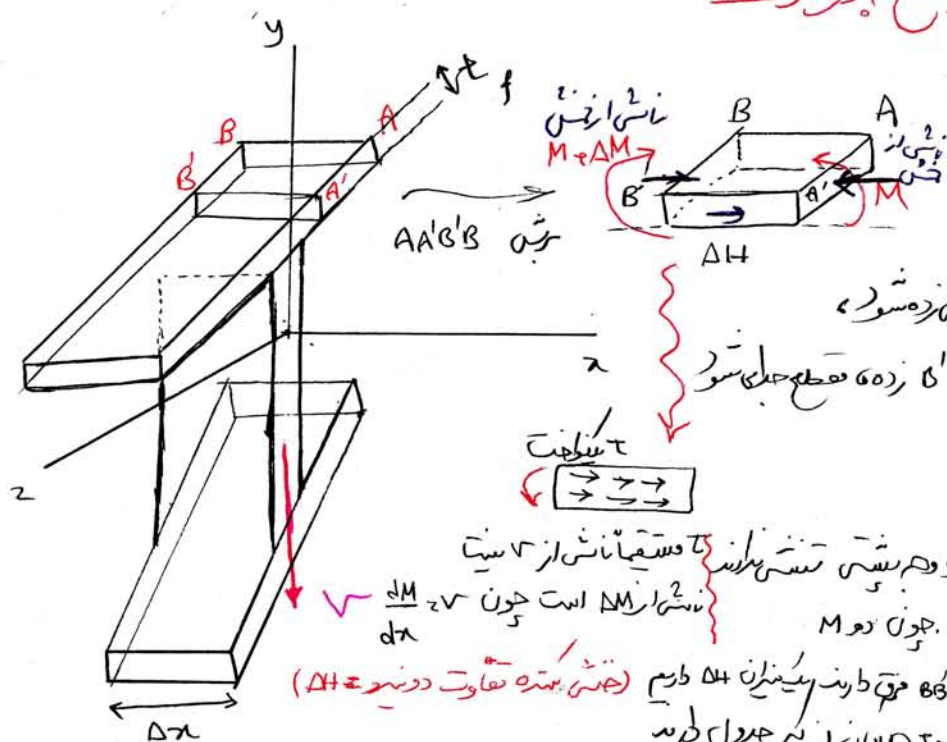
اتصال



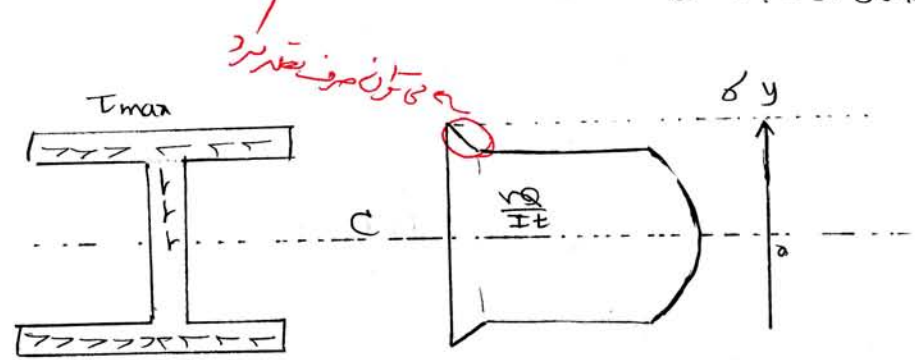
جوش منقش می شود
تجهیزات منقش می شود



برش در مقاطع چهارضلعی



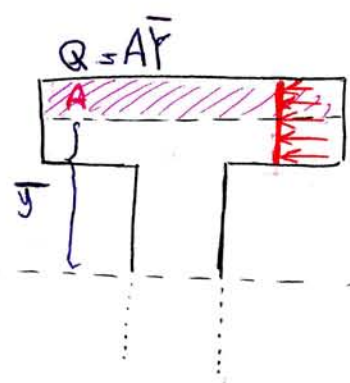
- در جایی که برش صفر باشد، برش محوری از A' A زده و مقطع جدا شود.
- در جایی که برش صفر نباشد، چون دو M در دو طرف AA' و BB' داریم تفاوت در برش (برش بسته تفاوت در برش ΔH)
- در دو سر که برش صفر باشد و در وسط که برش زیاد باشد.
- وجه AA'B'B و وجه BB'A'A تنش برشی دارند. تنش برشی از سمت راست به سمت چپ است چون $\frac{dM}{dx} < 0$ است.
- در دو سر که برش صفر باشد و در وسط که برش زیاد باشد.



شکل جدول مقطع I شکل داریم I IPE



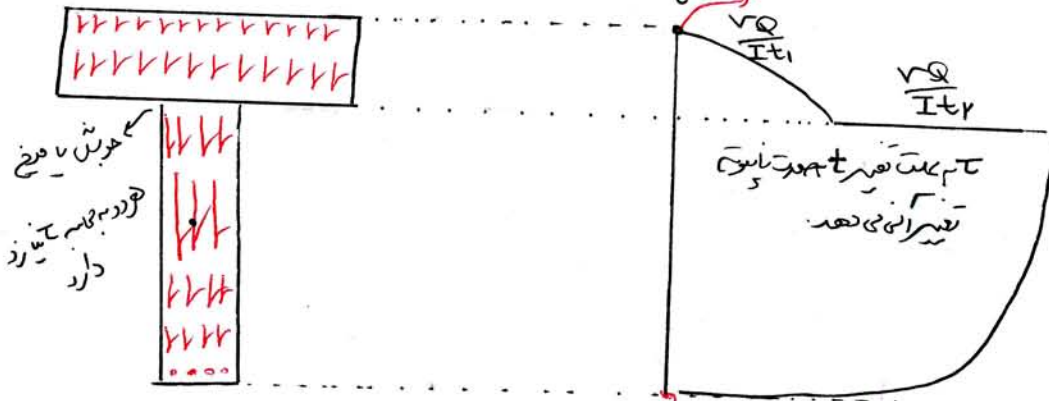
$$\tau = \frac{\Delta H}{t_p \Delta x} = \frac{VQ}{Iz t_p} + t_{sb} \rho_{flang}$$



این τ هم برایت τ محوری در خروجی خود t بزرگ دارد
 که قابل چشم پوشی نیست و با τ انقباضی قابل چشم پوشی نیست

شرح جوش: جوش به صورتی طراحی شده است

$$\tau_2 = \frac{VQ}{It}$$



جوش به صورتی
دارد

$$t_2 < t_1$$

$$Q_2 \text{ چون } \tau_2$$

تغییرات
تغییرات
تغییرات
تغییرات
تغییرات

در مقطع ثابت

هم به صورتی در مقطع

t نسبت به باشد (در این صورت هم باشد)

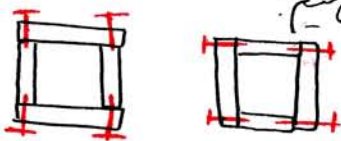
I هم ثابت در مقطع

برش در مقاطع چهارضای و Box

$$\tau = \frac{V}{IAt}$$

تغییرات
تغییرات
تغییرات
تغییرات
تغییرات

حدود این نیست و ما هم می توانیم در آنجا برای صورت دوم در نظر بگیریم



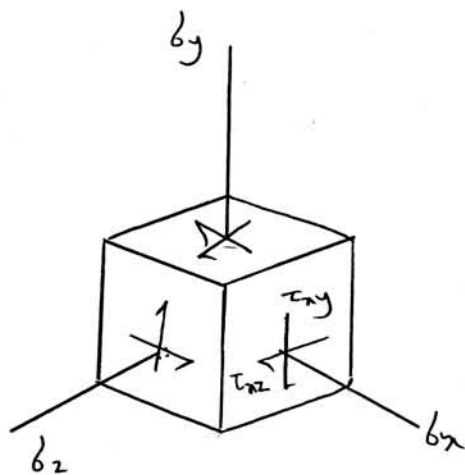
ما نشان می دهیم داریم نشان می دهیم داریم

حالا می خواهیم ت را عوض کنیم

برش > سب

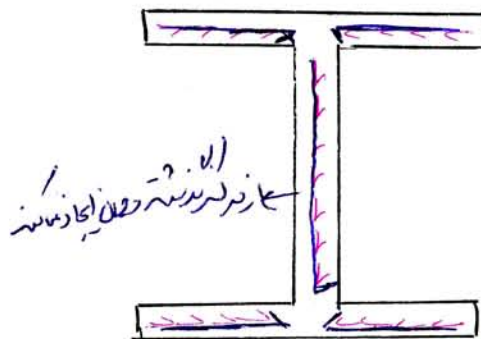
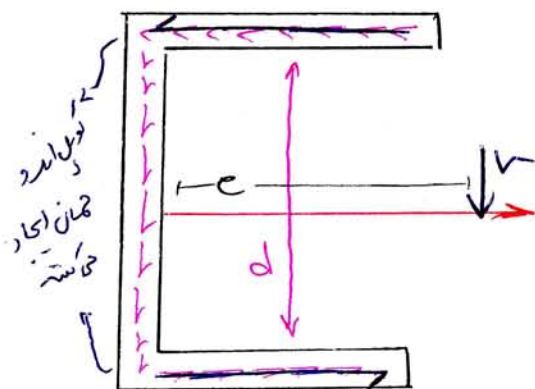
برش > سب

مقطع چهارضای



$$\begin{bmatrix} b_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & b_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & b_z \end{bmatrix}$$

برش بر روی سطح عمود بر فشار - مقطع مادی



چون تقارن داریم همان می بینیم
که سادگی برای تحلیل است و در اینجا همان ایما می بینیم

که با این روش می توانیم حاصل V را با همان حاصل از کوشش برابر باشد؟ (ع را می بینیم)

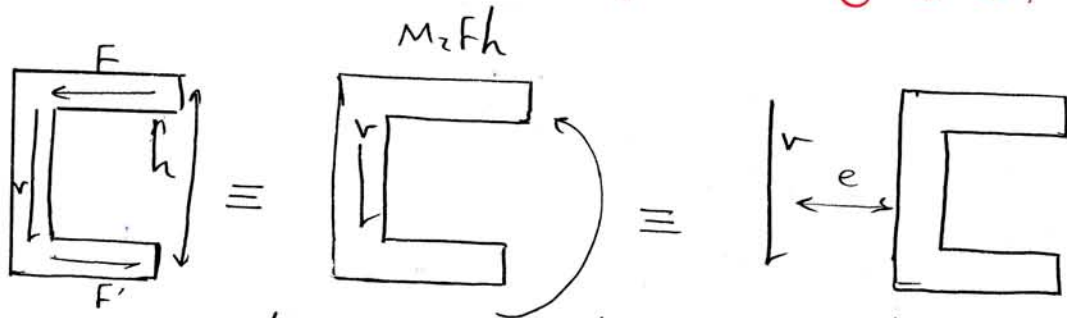
$$V_e d = F d$$

$$V_e \leftarrow \frac{F}{e} \text{ یعنی ایما می بینیم}$$

$$e = \frac{F d}{V}$$

فقط نقطه وجود دارد (فریز برش) که ایما می بینیم V را با هم داریم
برش ناشی از این چرخش ایما می شود و سطح تحت چرخش همیشه است!

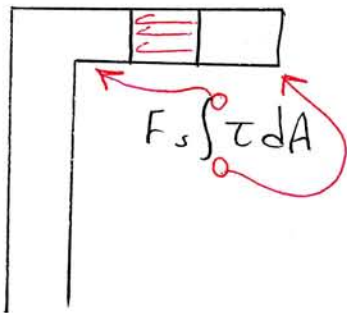
برش در مقاطع نودانه (میریزش)



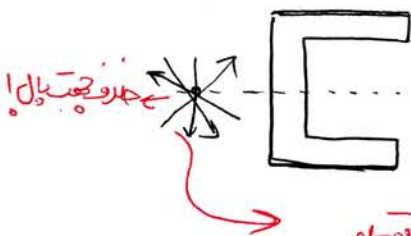
$v_e = fh$ F را با باندیم به خود F همان را می‌دانند برابر همان باشد

مقدار fh به هر دو بخش یکسان

v معلوم

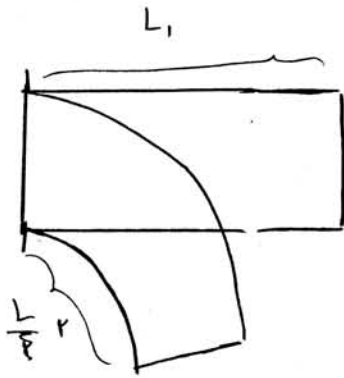


$$\int \frac{vQ}{It} t dx = \int q dx$$



هر نیرویی که از این نقطه بلند و قطع

بسیار مهم می‌شود (این همان نیروی (وولوم) یعنی همان داشته و می‌فهم
همان دنگوله ما را می‌کشد)



تیر اولر بزرگ: اولر: بزرگترین داشته جاداتی

معدل است: تناسبات هندسی تیر (L و h و I)

طوری باشد که علاوه بر این مدجوری بر آن رخ دهد

مدر برش هم رخ دهد: می شود: تیر در برش برش لا به علت

تنش برش: $\tau = \frac{VQ}{It}$ هم است و این کون صرف نظر

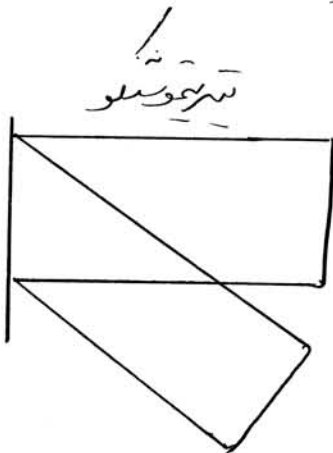
در تمام صرف نظر کنیم از نظر برش صلب است

اگر تغییر شکل برش بدهد: تغییر شکل: تیر اولر بزرگ

اما اگر تغییر شکل برش و تغییر شکل هم بدهد: می شود

سوال: اگر تغییر شکل می باشد از برش عرض هم باشد تغییر شکل صلب اولر بزرگ: تیر می شود؟

تیر می شود: زیر برش صلب است

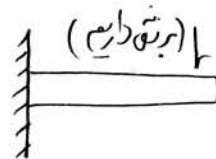


$$\delta = \frac{Mc}{I}$$

$$\tau = \frac{VQ}{It}, \quad \delta = \text{برش}$$

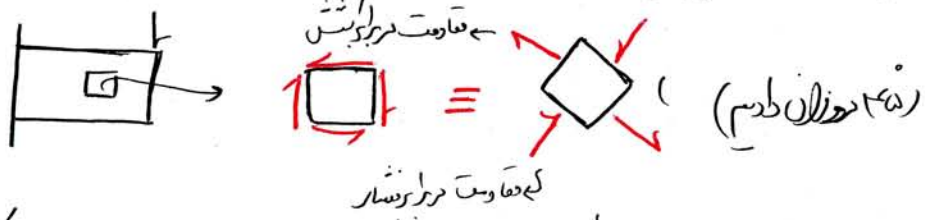
اگر تغییر شکل مربع باشد: تغییر شکل: تیر می شود

خوب است: اگر تفاوت برش: تیر از تفاوت هم باشد: بد است: اگر



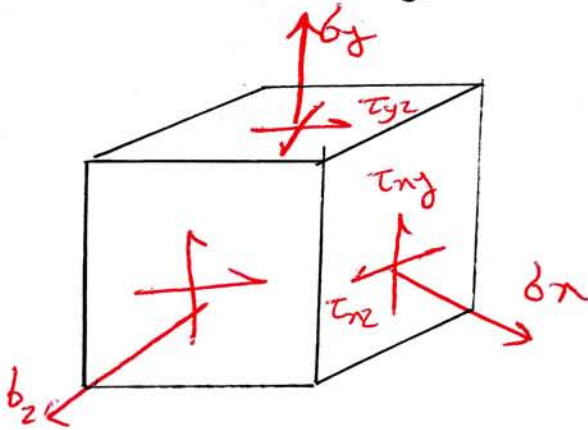
فقدان برش: تیر از تفاوت هم باشد: بد است: اگر تفاوت (محسن مصالح بر طرز)

سرچشمه های اینده خواهیم دریافت در تنش همان به علت برش:



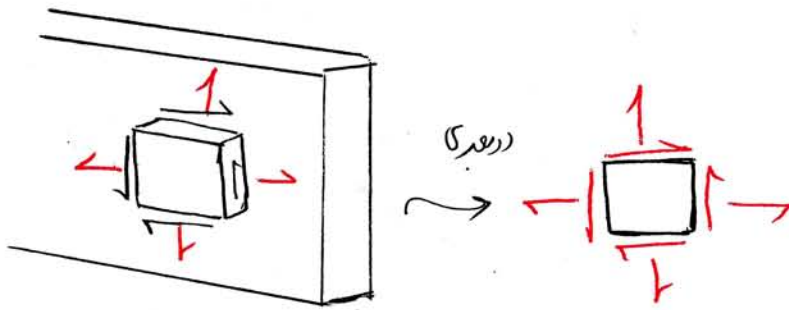
ممود بهش در کسری خود را بر قاعده کسری باسین اینده باسینیم! از خط فشار و کشش برآورد

نمای برش و کشش:



(سرچشمه)

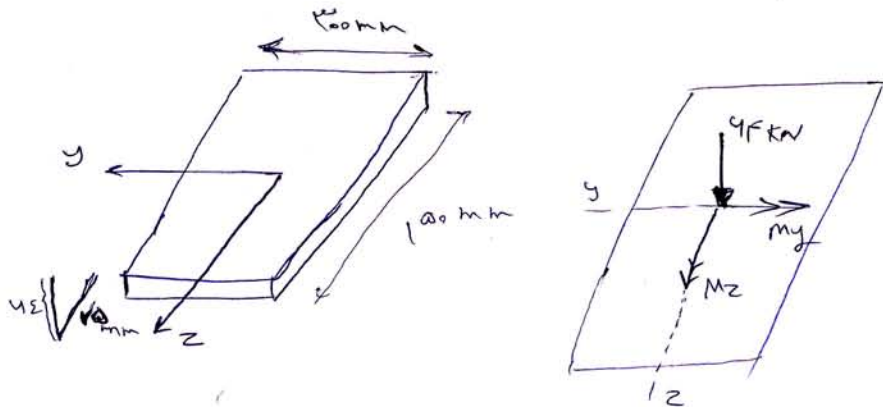
$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix}$$



دو سازه هم تنش دوری (۱) محله استوری

(۲) قون کردی

۱- ستون تحت اثر نیروی خارج از مرکز و طاق شدن قرار گرفته است. نقطه B نقطه اوج است.



$$M_y = 44 \times 10^3 \times (75 + 75) \times 10^{-3} = 6600 \text{ N-m}, M_z = 44 \times 10^3 \times \left(\frac{150}{2} \times 10^{-3}\right) = 3300 \text{ N-m}$$

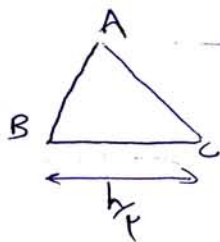
$$I_y = \frac{1}{12} \times 150^3 \times 100 \times 10^{-12} = 1.875 \times 10^{-6} \text{ m}^4, I_z = \frac{1}{12} \times 100^3 \times 150 \times 10^{-12} = 1.25 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\sigma_B = \frac{-M_y \times 75 \times 10^{-3}}{I_y} + \frac{M_z \times 150 \times 10^{-3}}{I_z} - \frac{P}{A} = -2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_C = \frac{-M_z y}{I_z} - \frac{M_y z}{I_y} - \frac{P}{A} \rightarrow$$

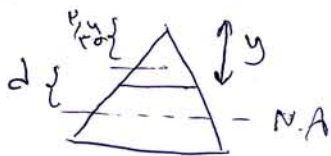
$$113.1 z + 28.14 y + 14.2$$

۲- در مقطع به شکل مثلث رو به بالا، محاسبه کنید که در این نیروی ۲ کیلو است؟



$$Z = \frac{hQ}{It}$$

$$\frac{Q}{t} \text{ در } \sigma_{\max} \text{ در } I$$



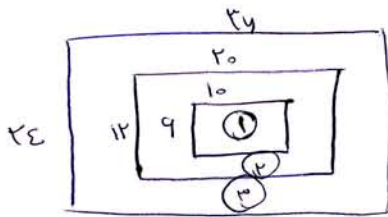
$$Q = Ad = \frac{1}{2} y t d$$

$$\frac{Q}{t} = \frac{1}{2} y d = \frac{1}{2} y \left(\frac{bh}{y} - \frac{by}{y}\right) = \frac{1}{2} y (h - y)$$

$$\frac{d}{dy} \left(\frac{Q}{t}\right) = 0 \rightarrow h - 2y = 0 \rightarrow y = \frac{h}{2}$$

۳- مقطع روی و از این جنس ساخته شده است. تنش و کرنش در جهته ۱-۲ می باشد.

$M_2 34. N-m$



$$E_1 = 15, \quad E_2 = 4, \quad E_3 = 2$$

التر و مقاطع مرکب از جنس ها با شد و در جهته ۱-۲ می باشد.

$$I_e = \sum_{i=1}^n n_i I_i + h_i \frac{E_i}{E_2}$$

شد و در جهته ۱-۲ می باشد

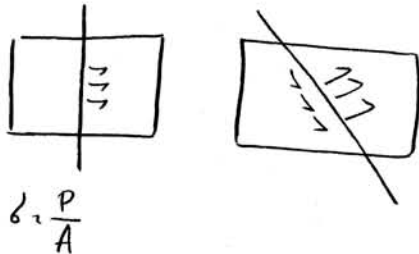
$$n_{12} \frac{E_1}{E_2} z_2, \quad h_2 = \frac{E_2}{E_2} = 1, \quad h_1 = \frac{E_1}{E_1} z_1$$

$$I_e = \sum n_i I_i = 15 \times \left(\frac{1}{12} \times 12^3 \times 24 \right) + 2 \times \frac{1}{12} (12^3 \times 4 - 4^3 \times 1) + 4 \times \frac{1}{12} (12^3 \times 4 - 12^3 \times 1)$$

$$\sigma_{1 \max} = n \frac{M_{cy}}{I_e} = \frac{15 \times 34 \times 10^3}{1.41 \times 10^8} = 1.42 \text{ kPa}$$

تبدیل تنش صفحه‌ای

تنش در نقطه معین شود در صفحه معین کرد

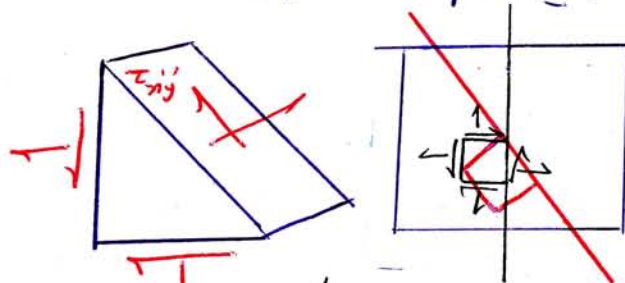
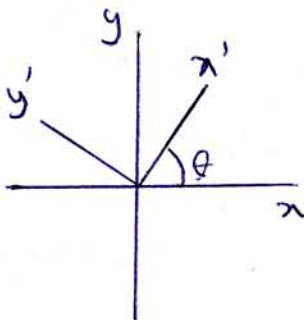


محور است تقاطع محور

هم‌تنش محور هم برش، تقاطعش برش

داشته باشد

دو محور: تبدیل از تنش صفحه‌ای و برش

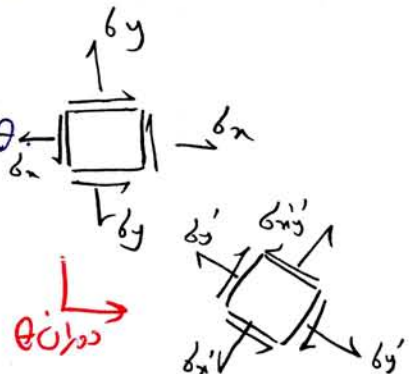


نقطه حال نقطه است اما در آن (دو سطح و دو محور) یکسان است. تنش در یک نقطه با برش در یک نقطه یکسان است. می‌شود تنش در نقطه با محور و برش در آن و برش در آن و تنش در آن ۳ محور در آن دارد.

$$1) \sigma_{x'} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$2) \sigma_{y'} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta - \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$3) \tau_{x'y'} = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta$$



تبدیل (برای سبب و سبب) و در مطلب سبب با استفاده از $\sum F_x = 0$ و $\sum F_y = 0$ و روابط

$$\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$$

$$\cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2}$$

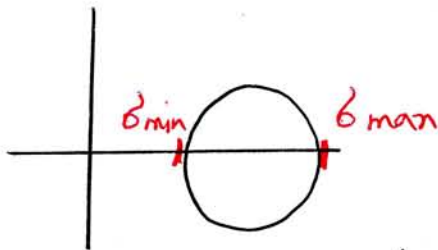
$$\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$$

روابط ۱-۲ و ۳ و اثبات کنید

تبدیل نش: δ و τ را از آن نقطه لا توان شش باشی و بر حسب محور دیگر که دوست
 در هر نقطه هر صفحه نیز از آن نقطه لا توان شش باشی و بر حسب محور دیگر که دوست
 (مقدار دوران δ و τ موثر باشد)

سوال: δ و τ برای چه درانی δ_{max} شود؟ δ_{min} و τ_{max} و τ_{min} و δ_{max} چیست؟

برای طراحی δ_{max} و τ_{max} نیاز داریم!



تشریح اصلی: شش و شش حدانی:

چه زمانی τ مانع است؟ τ_{max} مانع است؟ δ مانع است؟

دایره دهر:

فاصله دایره

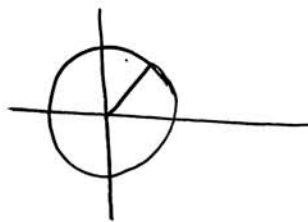
$$x^2 + y^2 = R^2$$

همیشه:

$$x = R \cos \theta$$

مستقیم:

$$y = R \sin \theta$$



$$E) \left(\delta_{x'} - \frac{\delta_x + \delta_y}{2} \right)^2 + \tau_{x'y'}^2 = \left(\frac{\delta_x - \delta_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2$$

مختصات دایره دهر



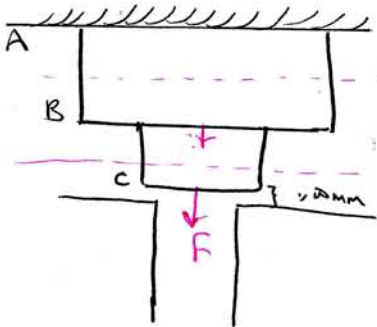
$$\delta_{ave} = \frac{\delta_x + \delta_y}{2}$$

$$\Rightarrow \left(\delta_{x'} - \delta_{ave} \right)^2 + \tau_{x'y'}^2 = R^2$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\delta_x + \delta_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

ارشد ۹۰

و طبق شکل مجموعی دستگیر است از آنجا که AB به قطر ۵۰ mm و



طول BC ۱.۲ m با مقطع مربع - ابعاد ۲۵ x ۲۵ mm و طول

۱ m و از استوار CD به قطر ۲۵ mm و طول ۱ m

کتاب اثر نیروی F قرار می‌گیرد. $E = 200 \text{ GPa}$ و تغییر باشد

$$\delta_B + \delta_C = 10 \text{ mm}$$

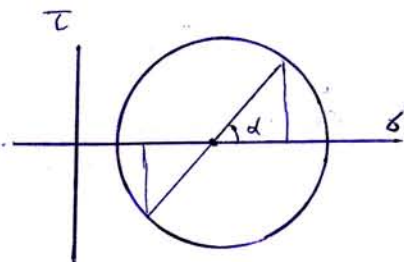
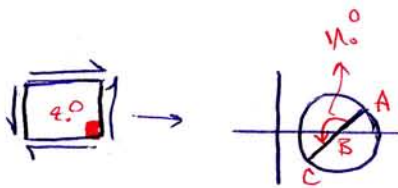
تأثیر ۱۰ mm برشاند شد

$$\epsilon_{AB} l_{AB} + \epsilon_{BC} l_{BC} = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{F_{AB} l_{AB}}{EA_{AB}} + \frac{F_{BC} l_{BC}}{EA_{BC}} = 10 \quad F_{AB} = F_{BC} \text{ و } E = 200 \text{ GPa}$$

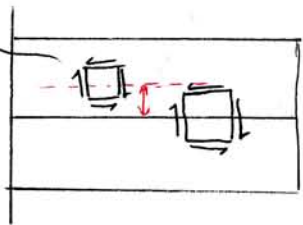
$$\rightarrow F = 79100 \text{ N}$$

زاویه بین سطح درشت در زاویه ۴۵ درجه قرار می‌گیرد



$$\tau_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_{ave}}$$

$$\sigma_z = \frac{MC}{I}$$



- استفاده از دایره مور برای تعیین تغییر تنش در اصل و استفاده از صفحه کرنش برای تعیین کرنش در آن قرار دارد.

- **عین تنش در این به صورت دایره**

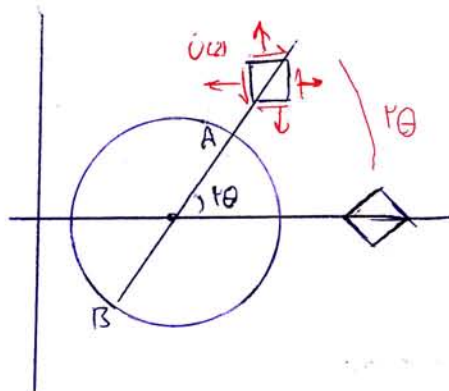
۱- قرار وسط (مارچسی) بیشترین τ داریم (τ_{max})

- قرار بالا (کشی) به ناصبی σ ارتباط داشته داریم: $\sigma = \frac{Mc}{I}$

۲- آنچه A و B داریم: σ_x در A و σ_y در B (بر صفحات دایره مور رسم می کنیم)

A و B درجه را بر ۹۰ می سازند و در دایره مور می سازند ۱۸۰ به هم می سازند

۳- رسم دایره ای به قطر AB

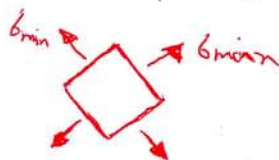


۴- محل تلاقی این دایره با محور σ و τ (بسته به جهت)

هر دو نقطه خط AB (قطر) را در آن دهیم همان هم دوران می باشد

۵- اگر AB را به اندازه 2θ دوران دهیم $\leftarrow$ همان θ دوران می باشد برای رسیدن به حالت همان برای

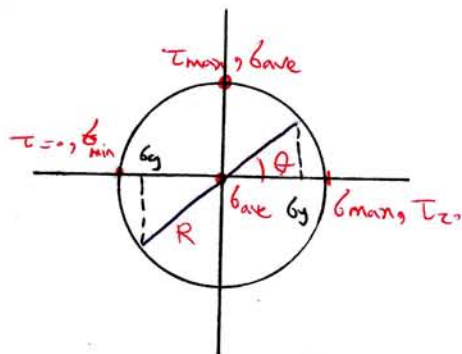
۶- در واقع برای رسیدن به σ_{max} باید دوران همان نصف قطر AB دوران نسبت به حالت برای برسد که همان صورت می



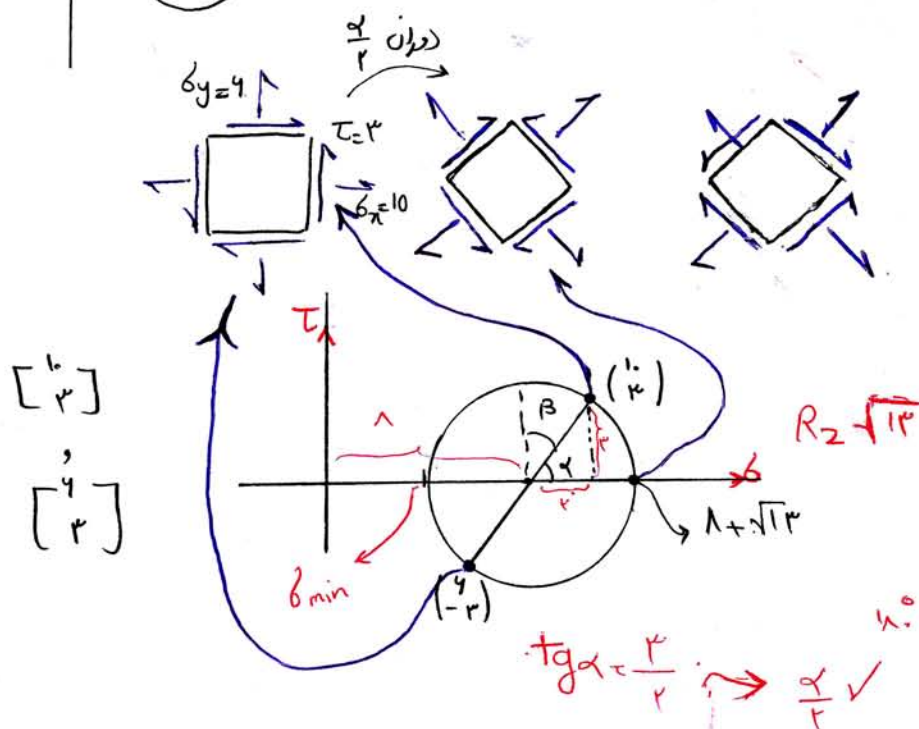
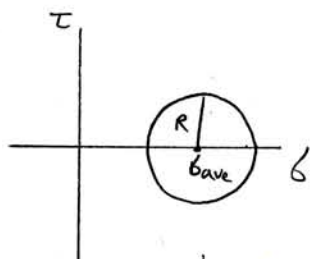
τ_{xy} داریم

۷- آن همان جهت است در آن دهیم σ_{max} و τ_{max} (جهت)

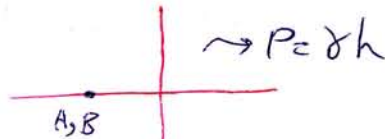
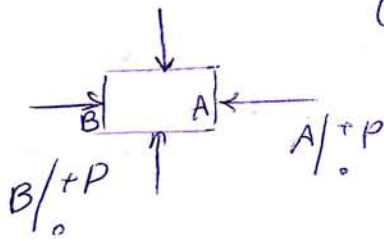
آن همان جهت است در آن دهیم σ_{max} و τ_{max} (جهت) و σ_{min} (جهت)



$$R \approx \sqrt{\left(\frac{b_2 - b_1}{P}\right)^2 + T_{\text{avg}}^2}$$



مثال) زمانی در محق دریا ($T=0$)



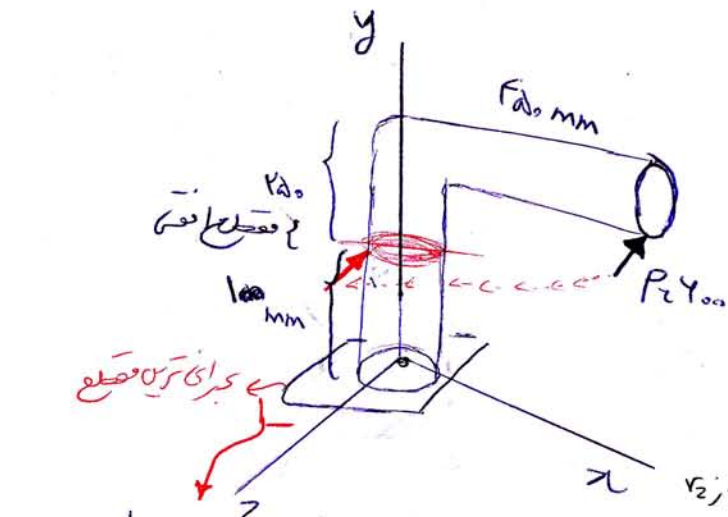
(جهش در همه جوی برابر) $b_B = b_A = b_{max} = b_{min}$

در هر دو در این حالتها یک نقطه است پس

به هر دو دگوهی که یک حجم در آن به هم تنش فرستاده اند و همواره P است.

س } $\left. \begin{array}{l} \tau_{z0} \\ \text{فشار هیدرواستاتیک} \end{array} \right\} \text{ در } b = P$

مثال)



هم T با طریقه دیگر داریم

هم T با طریقه دیگر داریم

همین در این مقطع است منتقل می کنیم

همین ای دگوهی که در این مقطع است منتقل می کنیم

چون همان در این است

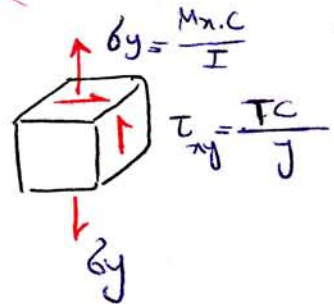
$\tau_{z0} = Q_{z0} \leftarrow \text{تغییر}$

حرارتی ی

$b_y = \frac{M_x \cdot C}{I}$, $\tau_z = \frac{T \cdot C}{J}$

تغییر فرای که است: I_{xy}

- τ_{yz} در این صورت



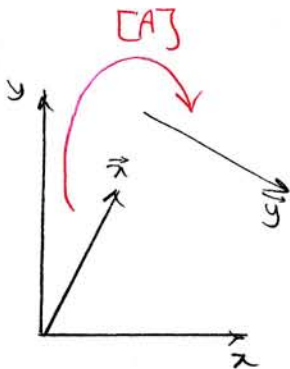
دایره نور

کدام جهت = (امتداد) $\theta = ?$ بر منبر و $\max$ شود در این $\max$



جهت منبری دارد؟

جهت منبری در این (امتداد جهت منبری) به سمت منبری در این جهت



$$[A] \vec{x} = \vec{y}$$

جهت منبر منبر

ایم $[A]$ را داشته باشیم به x را با هم ضرب می کنیم

نتیجه A روی x x باشد

در x و y منبری

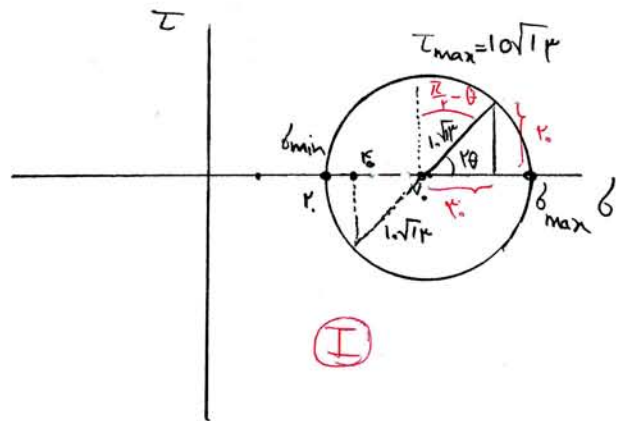
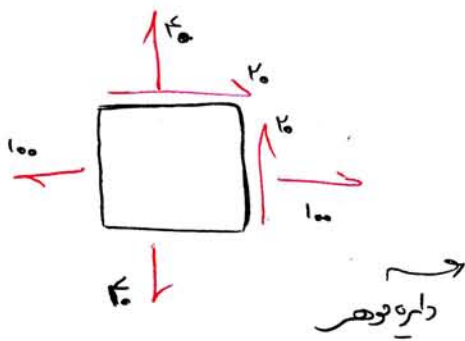
$$[A]x = \lambda x$$

$$(e^x)' = 1 \times e^x$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{xx} & a_{xy} \\ a_{yx} & a_{yy} \end{bmatrix} \quad [A] \vec{x} = \lambda \vec{x}$$

$$\begin{cases} \sigma_{\max} \\ \sigma_{\min} \end{cases}$$

در این جهت منبری در این جهت



$$\tan 2\theta = \frac{\tau_0}{\sigma_0} \rightarrow \theta = 14.14^\circ$$

✓
 زاویه انحراف θ در جهت ساعت در دوران هم به σ_{max} در رسم
 ✓
 زاویه انحراف β در جهت پاد ساعت در دوران هم به τ_{max} در رسم

$$\begin{bmatrix} \sigma_0 & \tau_0 \\ \tau_0 & \sigma_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

$$\lambda_1 = \sigma_{max}$$

$$\lambda_2 = \sigma_{min}$$

$$\begin{bmatrix} \sigma_0 & \tau_0 \\ \tau_0 & \sigma_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = 0$$

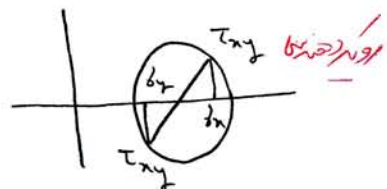
$$\begin{bmatrix} \sigma_0 - \lambda & \tau_0 \\ \tau_0 & \sigma_0 - \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = 0 \rightarrow (\sigma_0 - \lambda)(\sigma_0 - \lambda) - \tau_0^2 = 0$$

✓
 معادله بالا را حل کنیم. λ_1 و λ_2 به دست آورده و با هم در جا صحت آن را بررسی می‌کنیم. (معمولاً)

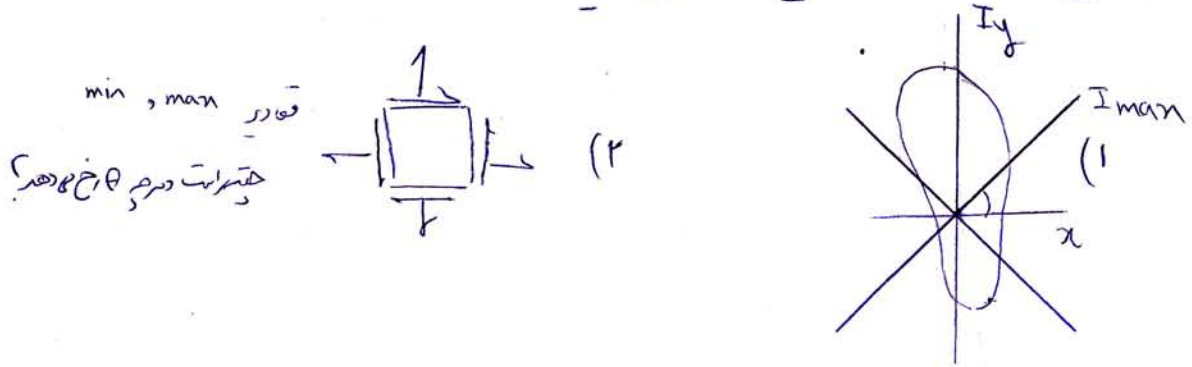
✓
 در تبدیل مختصات به مختصات مجاور هم تطبیق دهد. (معمولاً)

$$\begin{bmatrix} \sigma_x - \lambda & \tau_{xy} \\ \tau_{xy} & \sigma_y - \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = 0 \rightarrow (\sigma_x - \lambda)(\sigma_y - \lambda) - \tau_{xy}^2 = 0$$

✓
 معادله بالا را حل کنیم. (در اینجا هم صحت آن را بررسی می‌کنیم) (معمولاً)

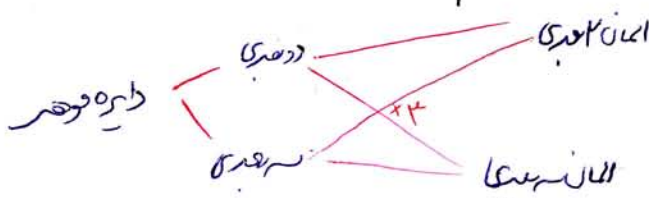
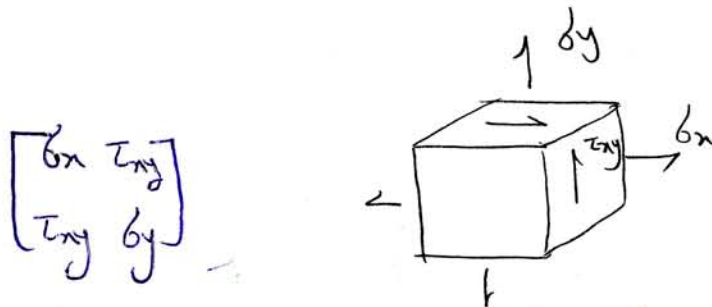
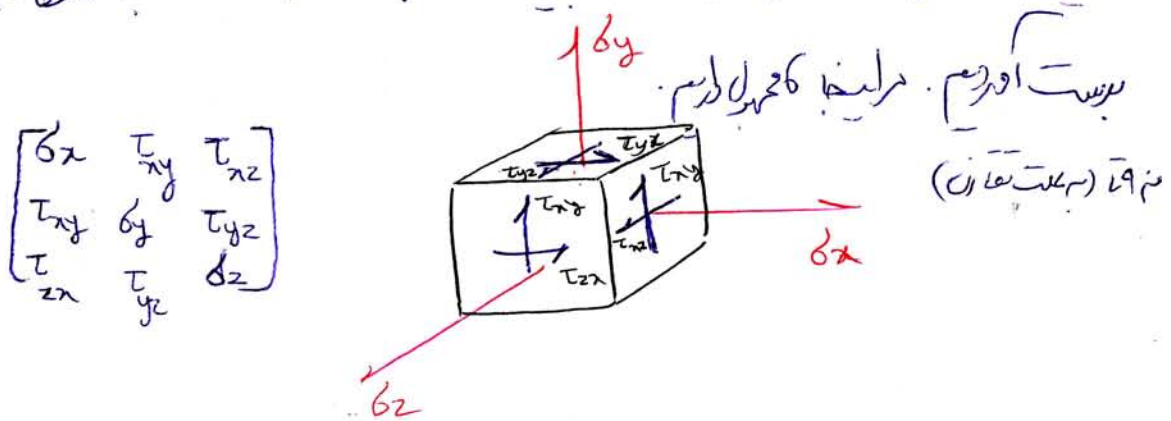


در مکانیک کلاسیک مقادیر - بردار و تیر داریم

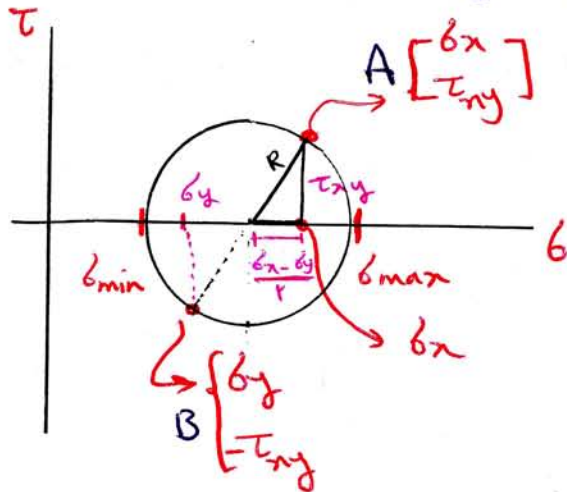


دایره دوهره مدی

فرض کنیم هم حول محور x به هم y و z بدون دایره باشیم و در آن مثلا حول محور y یک استادی باشد در آن استادی از نقطه y به سمت z و x (حول z)



تمرین) ارتفاعات ۱-۲-۳ معادله ۴ و نسبت اوید



میانگین

$$\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + R$$

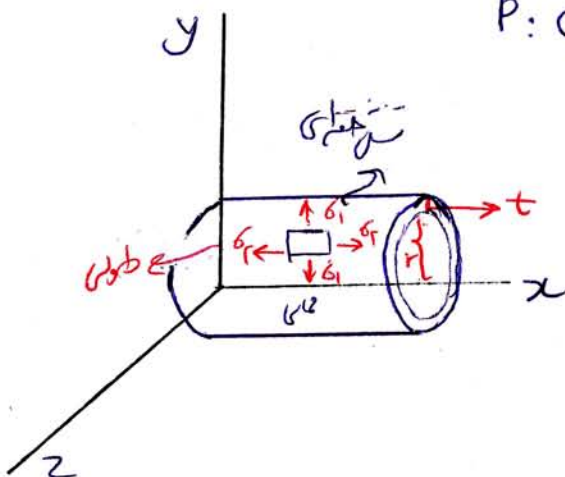
$$\sigma_{\min} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - R$$

AB: قطر

نکته: دایره و τ_{xy} و τ_{yx} نسبت به مرکز دایره در یک خط است.
 و پس به قطر AB دایره می‌زنیم. این دایره را داریم
 را انتخاب داریم.

P: فشار

①



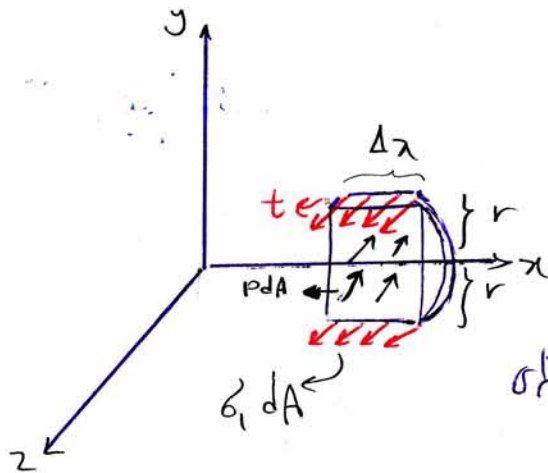
$$\Sigma F_z = 0$$

$$2\delta_1 r \Delta x t$$

$$= \delta_1 \times \text{مساحت جانبی} = \text{جریان نیروی جانبی}$$

$$F dA = P \times \Delta x \times 2r$$

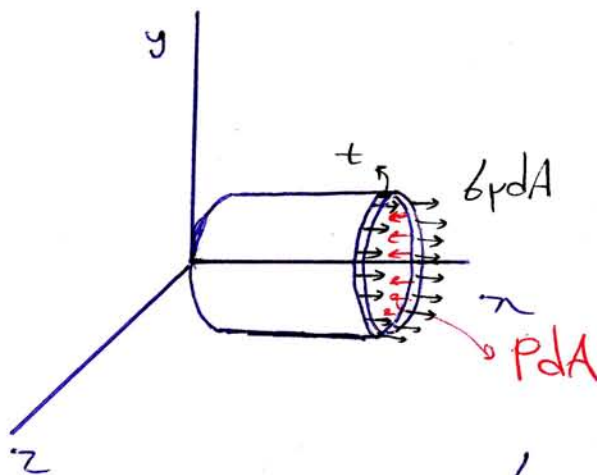
* برای نیروی فشاری:



$$\Sigma F_z = 0 \rightarrow \delta_1 (2\Delta x t) - p(\Delta x \times 2r)$$

$$\delta_1 = \frac{pr}{t}$$

عبر شعاعی



$$\delta_1 = 2\delta_r$$

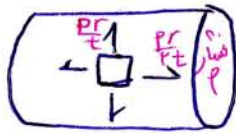
$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow \delta_r dA - p dA$$

نیروی برشی
نیروی فشاری

$$\delta_r (\pi r t) - p(\pi r^2) = 0$$

$$\delta_r = \frac{pr}{2t} \quad (\text{عبر شعاعی})$$

تشریح

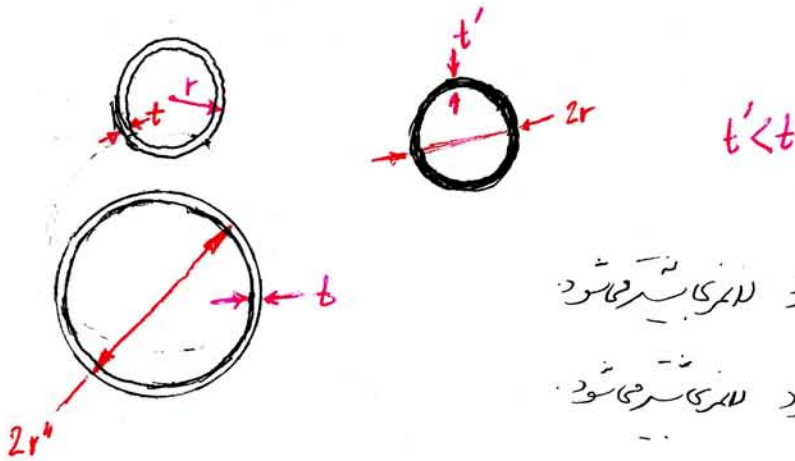


$$\delta_{1s} = \frac{Pr}{t}$$

لازمی مقطع عرضی

$$\delta_{12} = \frac{Pr}{t}$$

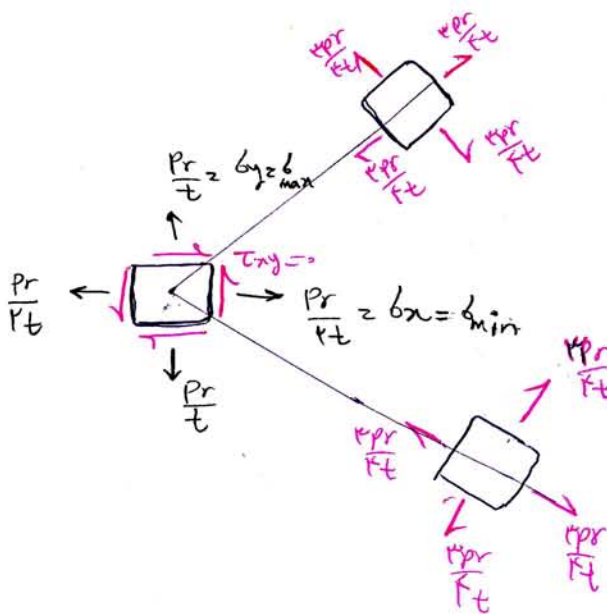
لازمی مقطع



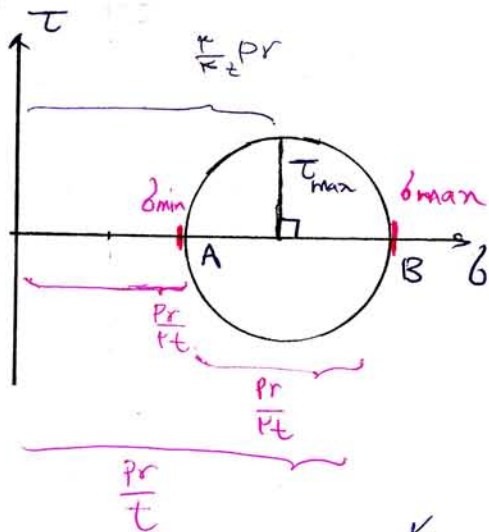
در میان آن کمتر شود لازم می شود
در تین آن زیاد شود لازم می شود

پس لازم با رابطه مستقیم با t و معکوس راد r
 $\delta_{(r)} = \frac{r}{t}$

نکته (مهم) که اگر مستقیم با t و معکوس r و در تغییرات جابجایی



مادر جابجایی تنش برش چیست؟

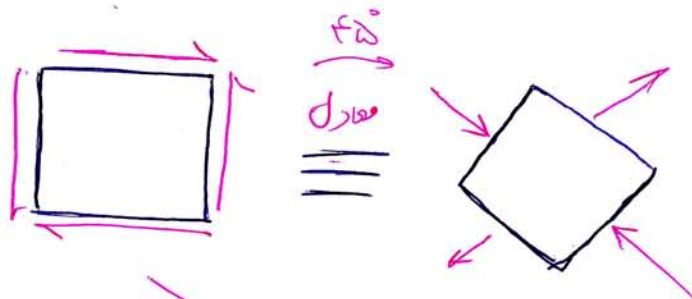


- دوران σ_{min} و σ_{max} همان تنش‌های اصلی هستند.

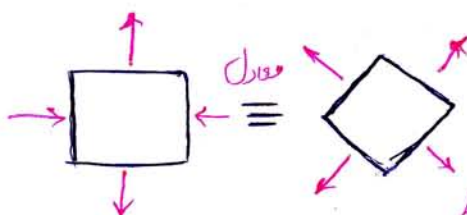
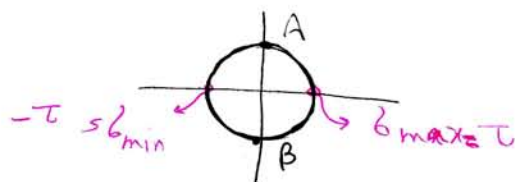
- برداری عمود بر σ_{max} و τ_{max} می‌باشد.

اواخر دهه ۱۹۵۰ است. هم σ_{max} و τ_{max} را می‌توانیم بدست آوریم.

$$\sigma_{ave} = \frac{\sigma_B - \sigma_A}{2} = \frac{\frac{pr}{t} + \frac{pr}{t}}{2} = \frac{pr}{t}$$



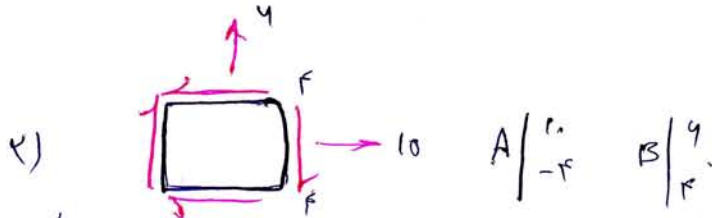
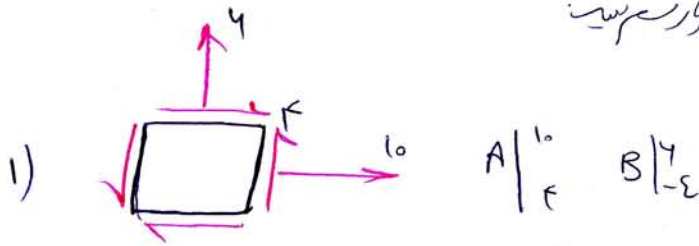
دایره مور
A | σ B | τ



دایره مور یک نقطه است.
A | σ B | σ

سه فرضی می‌کنند و بعد دوران کند و هم اندازه σ_{max} و τ_{max} را می‌توانیم بدست آوریم.

سوار) دایره فولادین که زیر تورسم کش



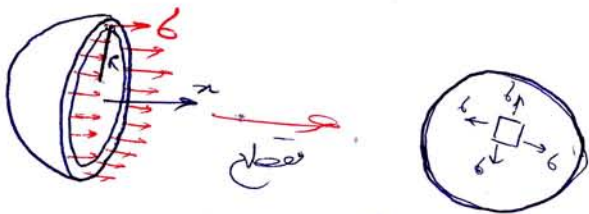
✓ **خارجی:** اگر نیروی محوری (6) کششی بود مثبت و اگر فشاری بود منفی در نظر بگیریم

✓ **مترادف:** اگر 6 در هم جهت مثبت همان 6 در هم با لا بود. 6 مثبت فرض می کنیم.

در 1: 1: مثبت است و 2: مثبت است و 3: منفی است و 4: منفی است و 5: مثبت است و 6: مثبت است

✓ **خون کروی**

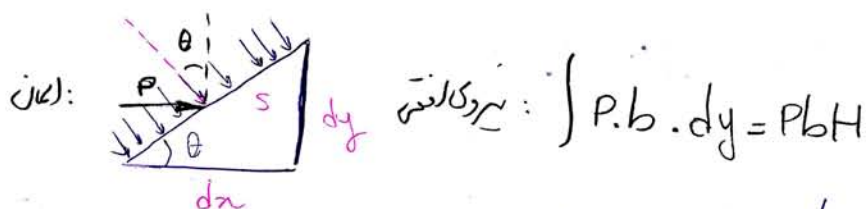
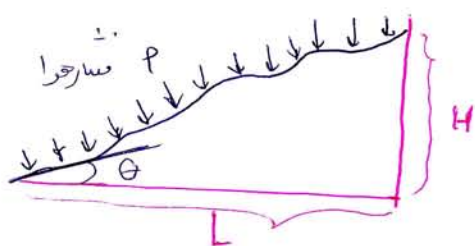
یک کره را با هر صفحه ای قطع کنیم و با هر دو کره ای که داریم می شود.
✓ بر روی دایره مماس قطری برای قطر کره دارد.



✓ در مقطع 6 داریم و در آن 6 مثبت است (به دلیل تعادل) وجود دارد.
✓ در این این از خارج می رود در می شود.

- هر نقطه از خنجره تحت فشار ثابت (P) (همچون بارهای دایره ای باشد و هر دو مجاورت

خواهد داشت این فشار P ثابت و محدود می باشد)

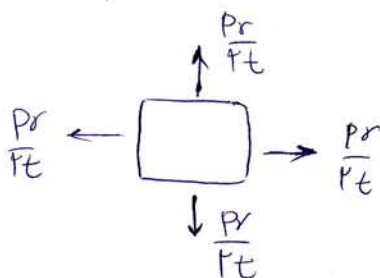


برای لایه: $\int P \cdot b \cdot dy = P b H$

برای P به داخل نیمه برابر است: $P \cdot \pi r^2$

$\Sigma F_x = 0 \rightarrow P \cdot \pi r^2 \rightarrow \delta \pi r t \rightarrow \delta \frac{pr}{t}$

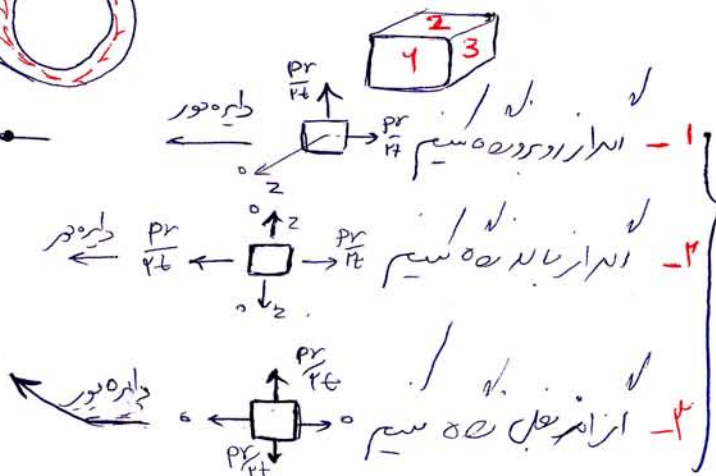
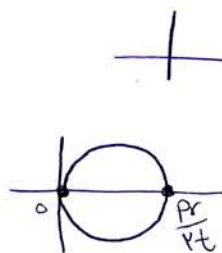
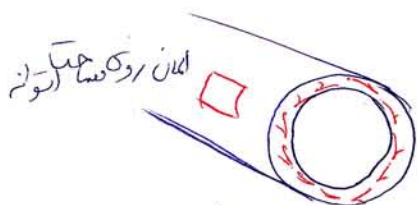
نیم: اینها علاوه بر اینها تا داریم و بر خلاف محور است و اینها است



و فشارهای هر دو طرف $\frac{pr}{t}$ است

$A \left(\frac{pr}{t} \right)$ $B \left(\frac{pr}{t} \right)$

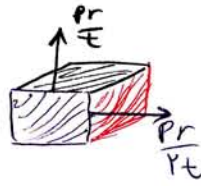
اینها در آن نقطه می شود



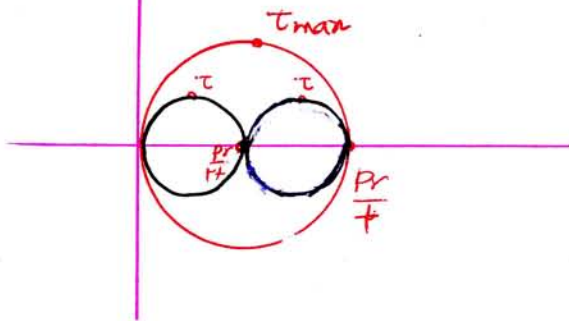
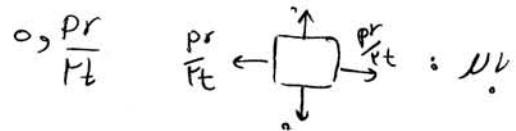
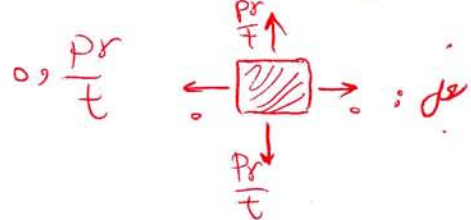
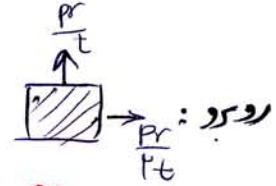
دایره دور می شود
(۳ تا ۵)

دایره دیرینه‌ی برای ترم (اولیه) استوایی دیرینه

استوایی
دیرینه



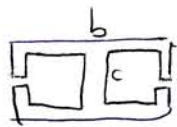
$$\frac{Pr}{t}, \frac{Pr}{Et}$$



- * دایره دیرینه ۲ دایره دیرینه می‌باشد.
- * دایره دیرینه ۲ (نقطه) برای دیرینه دایره است.

مثال) در مقاطع نشان داده شده نسبت تنش برشی در نقاط A و B و C و D را بیابید. (نسبت برش در نقاط D, C, B, A)

$t_2 = 10 \text{ mm}$ $t_1 = 15 \text{ mm}$



$$Q_b \rightarrow Q_b = \frac{\tau_b}{\tau_a} \cdot \frac{v_a Q_a}{v_b Q_b} \quad \tau_c = \tau_d =$$

مثال) در تیر برش دایره حلقه را از برش بیابید.



$$\tau = \frac{VQ}{It} \rightarrow Q = \int_0^\alpha R d\theta \times t \times R \cos \theta = t R^2 \sin \theta$$

$$\tau = \frac{VQ}{It} = \frac{v \times t R^2 \sin \alpha}{\frac{1}{2} \pi R^2 t} = \frac{2v \sin \alpha}{\pi R}$$

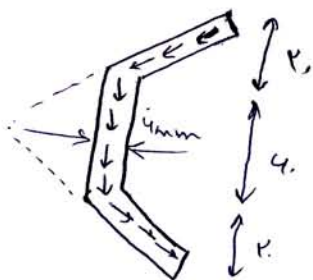


$$M_s = \int dF_x r = \int \frac{2v \sin \alpha}{\pi R} (R d\alpha t) (R - R \sin \alpha) = \frac{2v R^2 t}{\pi} \int_0^\alpha \sin \alpha (1 - \sin \alpha) d\alpha$$

$$e_z = \frac{Fr}{\pi}$$

$$e_z = \frac{1}{I} \int R Q(\alpha) d\alpha$$

مثال) در تیر برش شکل داده شده برش را بیابید.



$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{r}{4} \right) = 22.4^\circ$$

$$AB = \frac{r_0}{\sin \alpha} = 20.2$$

$$I = 25.5 \times 10^4$$

برش در آن است.

$$Q = 2 \times 4 \times r_0 + (4 \times 2) \left(r_0 - \frac{\alpha}{r} \right)$$

$$l_{shear} = t \rightarrow l_z = \frac{t}{\sin \alpha}$$

$$e_z = \frac{1}{I} \int R Q(\alpha) dA = \frac{41.4 \times 10^4}{I}$$

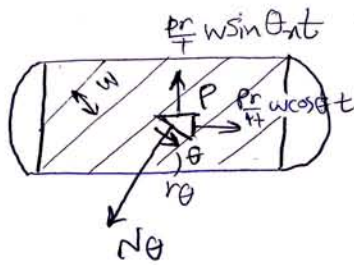
$$I = 1.1 \times 10^4$$

$$e_z = 20.1 \text{ mm}$$



این مقطع است.

فشار ناشی از وزن مایع درون (θ) می باشد:

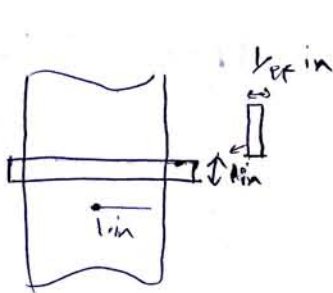


اما من فشار مایع درون و فشار مایع بیرون

$$\sum F_{\theta} = 0 \rightarrow N_{\theta} - \left(\frac{p r w \cos^2 \theta}{2} + p r w \sin^2 \theta \right) = 0$$

$$\rightarrow N_{\theta} = p r w \left(\frac{1}{2} \cos^2 \theta + \sin^2 \theta \right)$$

فشار ناشی از وزن مایع درون و فشار مایع بیرون است. اما



فشار مایع درون و فشار مایع بیرون

$$\delta r_F = \delta r_T = 0 \rightarrow \delta_c = \frac{F \times r}{AE} - \int_0^{\pi} r \sin^2 \theta \cos \theta$$

$$\frac{F}{A} \approx \delta_c \rightarrow \delta_c = 1.49 \text{ ksi}$$

$$F = \pi r^2 p$$