

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جدول شناسنامه اثر	
کد آموزش	۳۱۳-۰۰۳-۰۰۱
عنوان اثر	آموزش مقاومت مصالح (mechanics of materials) - فصل اول: مقدمه - مفهوم تنش
تالیف	گروه مهندسی سیویل ژئوتک (civilgeotech)
گردآورنده	مهندس سید محمد صادق آل محمد
آدرس سایت	https://civilgeotech.ir/
ایمیل	info@civilgeotech.ir
نوع	فایل pdf
تعداد کل صفحات	۱۶ صفحه
فرهیخته گرامی:	
بازنشر این فایل باعث تضییع حقوق مادی و معنوی سایت سیویل ژئوتک خواهد شد و کپی بخش یا تمام این اثر شرعا و قانونا حرام و ممنوع است. لطفا فایل این آموزش را از سایت اصلی ما دریافت کنید.	

CIVILGEOTECH



فهرست مطالب

۱- فصل ۱: مقدمه - مفهوم تنش	۲
۱-۱- بخش ۱: مرور کوتاهی بر روش‌های استاتیکی	۲
۱-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند... ..	۲
۱-۱-۲- کتاب مرجع درس مقاومت مصالح	۲
۱-۱-۳- مرور کوتاهی بر روش‌های استاتیکی	۲
۲-۱- بخش ۲: بارگذاری محوری، تنش عمودی	۴
۲-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند... ..	۴
۲-۱-۲- بارگذاری محوری، تنش عمودی	۴
۳-۱- بخش ۳: تنش برشی	۶
۳-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند... ..	۶
۳-۱-۲- تنش برشی	۶
۴-۱- بخش ۴: تنش تکیه‌گاهی در اتصالات	۷
۴-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند... ..	۷
۴-۱-۲- تنش تکیه‌گاهی در اتصالات	۷
۴-۱-۳- مسئله ۱	۷
۵-۱- بخش ۵: تنش روی صفحه مایل در بارگذاری محوری	۹
۵-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند... ..	۹
۵-۱-۲- تنش روی صفحه مایل در بارگذاری محوری	۹
۶-۱- بخش ۶: تنش در شرایط بارگذاری عمومی، مولفه‌های تنش	۱۰
۶-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند... ..	۱۰
۶-۱-۲- تنش در شرایط بارگذاری عمومی، مولفه‌های تنش	۱۰
۷-۱- بخش ۷: نکات طراحی	۱۳
۷-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند... ..	۱۳
۷-۱-۲- نکات طراحی	۱۳
۷-۱-۳- مسئله ۲	۱۴
۲- مراجع	۱۵



۱- فصل ۱: مقدمه - مفهوم تنش

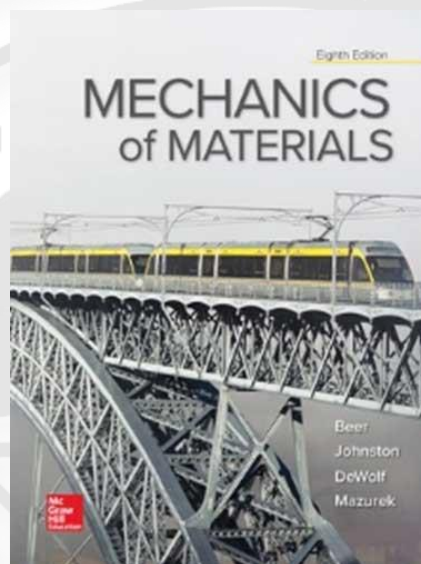
۱-۱- بخش ۱: مرور کوتاهی بر روش‌های استاتیکی

۱-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

فصل اول کتاب مقاومت مصالح بیر جانسون با عنوان مقدمه - مفهوم تنش در ۷ آموزش بررسی شده است. این آموزش بخش اول از این فصل می‌باشد. در این آموزش مرور کوتاهی بر روش‌های استاتیکی خواهیم داشت.

۱-۱-۲- کتاب مرجع درس مقاومت مصالح

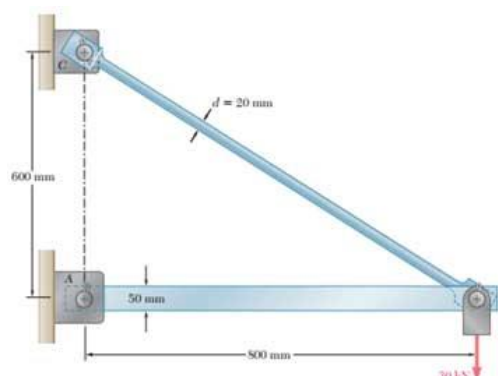
در مبحث مقاومت مصالح کتاب مقاومت مصالح فردیناند پی. بیر، ای راسل جانستون و... را استفاده می‌کنیم. ترجمه‌های خوبی نیز از آن به چاپ رسیده است. همچنین فایل کتاب زبان اصلی و پاسخ نامه آن را می‌توانید از بخش کتابخانه دانلود کنید.



هدف اصلی از مطالعه مقاومت مصالح، تحلیل و طراحی انواع سازه‌ها است. هر دو جنبه تحلیل و طراحی نیازمند تعیین تنش‌ها و تغییر شکل‌ها می‌باشد. بنابراین در این فصل درباره مفهوم تنش صحبت می‌شود.

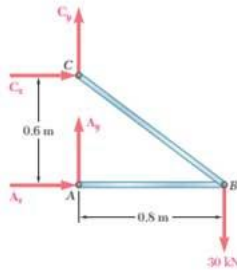
۱-۱-۳- مرور کوتاهی بر روش‌های استاتیکی

مبحث استاتیک و روش‌های مربوط به آن در آموزش‌های قبل در سایت موجود می‌باشد و می‌توانید بسته به نیاز به آن‌ها مراجعه کنید در این بخش تنها مرور کوتاهی بر این روش‌ها خواهیم داشت. برای این منظور سازه شکل زیر را بررسی می‌کنیم. این سازه دارای دو عضو و تکیه‌گاه‌های مفصلی می‌باشد.





دیگرام آزاد آن مانند شکل زیر رسم می‌شود. سازه مفروض معین است اما صلب نیست. برای اثبات دو نیرویی بودن سازه معادلات تعادل زیر را می‌نویسیم.

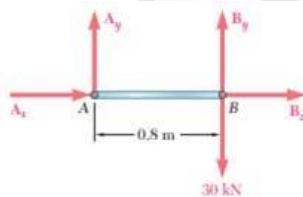


$$+\circlearrowleft \sum M_C = 0 \rightarrow A_x \times 0.6 - 30 \times 0.8 = 0 \rightarrow A_x = 40 \text{ kN}$$

$$+\rightarrow \sum F_x = 0 \rightarrow A_x + C_x = 0 \rightarrow C_x = -40 \text{ kN}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \rightarrow A_y + C_y - 30 = 0 \rightarrow A_y + C_y = 30 \text{ kN}$$

حال از ۴ مجهول ما، دو مجهول محاسبه و دو مجهول A_y و C_y با کمک معادلات تعادل قابل محاسبه نیست بنابراین به روش زیر عمل می‌کنیم و نمودار جسم آزاد بازوی AB را رسم می‌کنیم و معادلات تعادل برای آن را می‌نویسیم.



$$+\circlearrowleft \sum M_B = 0 \rightarrow -A_y \times 0.8 = 0 \rightarrow A_y = 0$$

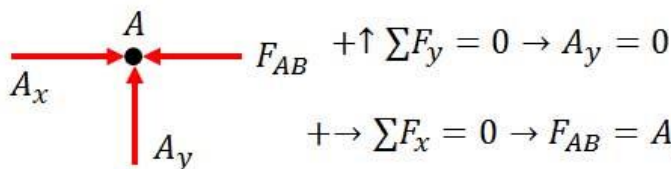
$$A_y + C_y = 30 \text{ kN} \rightarrow C_y = 30 \text{ kN}$$

حال که مولفه‌های نیروهای مجهول را داریم برآیند آن‌ها را محاسبه می‌کنیم.

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = 40 \quad \text{فشاری در جهت (AB)}$$

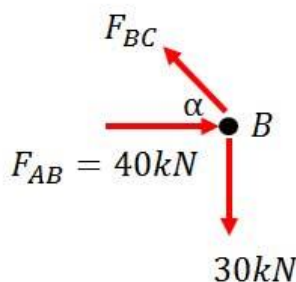
$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2} = 50 \quad \text{کششی در جهت (BC)}$$

حال ثابت کردیم که اعضا سازه دو نیرویی هستند. اما اگر از ابتدا این موضوع را می‌دانستیم به روش زیر عمل می‌کنیم. معادلات تعادل در گره A و B را می‌نویسیم.



$$+\uparrow \sum F_y = 0 \rightarrow A_y = 0$$

$$+\rightarrow \sum F_x = 0 \rightarrow F_{AB} = A_x = 40 \text{ kN}$$



$$\alpha = \tan^{-1} \frac{0.6}{0.8} = 37^\circ$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \rightarrow F_{BC} \times \sin 37 - 30 = 0 \rightarrow F_{BC} = 50 \text{ kN}$$



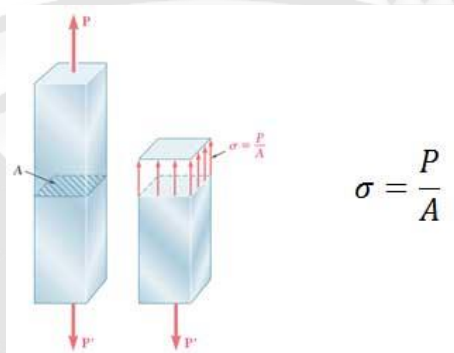
۱-۲-۲: بارگذاری محوری، تنش عمودی

۱-۲-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

فصل اول کتاب مقاومت مصالح بیر جانسون با عنوان مقدمه - مفهوم تنش در ۷ آموزش بررسی شده است. این آموزش بخش دوم از این فصل می‌باشد. در این آموزش درباره مفاهیم بارگذاری محوری و تنش عمودی توضیح داده شده است.

۱-۲-۲: بارگذاری محوری، تنش عمودی

ظرفیت تحمل سازه به نیروی داخلی اعضا، جنس سازه و ابعاد مقطع بستگی دارد. شدت نیروهای گسترده عمودی روی یک سطح مقطع معین را تنش عمودی (Normal stress) می‌نامیم. مانند شکل زیر که نیروی P به سطح مقطع A از عضو وارد می‌شود. در این حالت رابطه تنش عمود به صورت زیر خواهد بود.



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

این نیروی گسترده عمودی برآیندی از نیروهای گسترده داخلی می‌باشد و تنشی که ایجاد می‌شود میانگین تنش یا تنش متوسط (σ_{ave}) می‌باشد. علامت تنش کششی، مثبت و علامت تنش فشاری، منفی در نظر گرفته می‌شود. واحد تنش نیز پاسکال (Pa) می‌باشد که برابر نیوتن بر متر مربع (N/m^2) می‌باشد. سایر واحدهای بزرگتر kPa، MPa و GPa نیز وجود دارد.

برای محاسبه تنش متمرکز مانند محاسبه تنش در نقطه معین Q باید مقدار میانگین تنش روی سطح کوچک ΔA محاسبه شود. رابطه تنش در این حالت به صورت زیر خواهد بود.



$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

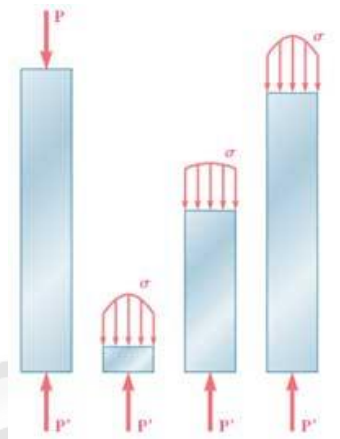
$$\int dF = \int_A \sigma dA$$

حال بر اساس شرایط تعادل مقدار رابطه بالا باید برابر P (مقدار بارهای متمرکز) باشد.

$$P = \int dF = \int_A \sigma dA$$



این رابطه به این مفهوم است که حجم زیر هر یک از سطوح تنش باید با مقدار P برابر باشد. این موضوع در شکل زیر آورده شده است. همچنین برای توزیع تنش در هر مقطع از نظر استاتیکی باید معین باشد.



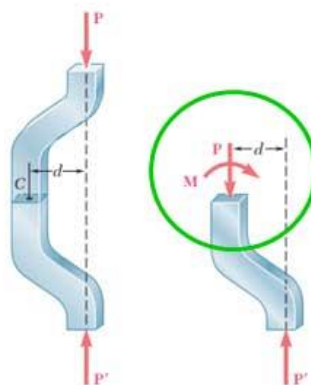
بنابراین فرض می‌شود تنش با تنش متوسط برابر است.

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

در عمل فرض می‌شود که توزیع تنش‌های عمودی در عضو تحت بار محوری به جز در نزدیکی نقاط اعمال بار یکنواخت است. توزیع یکنواخت تنها زمانی امکان پذیر است که خط اثر بارهای متمرکز از مرکز سطح مقطع مورد نظر عبور کند. در این حالت بارگذاری مرکزی داریم.



اما در حالت بارگذاری برون مرکزی مانند شکل زیر با اعمال نیروی P در نقطه C یک کوپل M با بازوی گشتاور d ایجاد می‌شود. در این حالت توزیع تنش‌ها یکنواخت نیست.





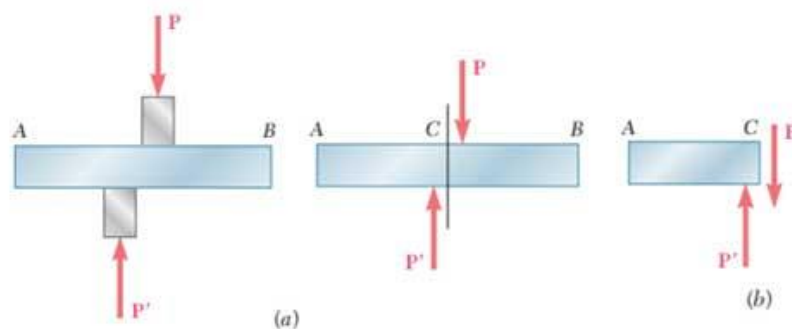
۳-۱- بخش ۳: تنش برشی

۱-۳-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

فصل اول کتاب مقاومت مصالح بیر جانسون با عنوان مقدمه - مفهوم تنش در ۷ آموزش بررسی شده است. این آموزش بخش سوم از این فصل می‌باشد. در این آموزش درباره مفهوم تنش برشی توضیح داده شده است.

۲-۳-۱- تنش برشی

به شدت نیروی برشی وارد بر سطح برش، تنش برشی (Shear Stress) گویند. مانند شکل زیر که قطعه AB تحت نیروی عرضی P و P' می‌باشد و در سطح مقطع C تنش برشی ایجاد شده است. رابطه تنش برشی در زیر آورده شده است.

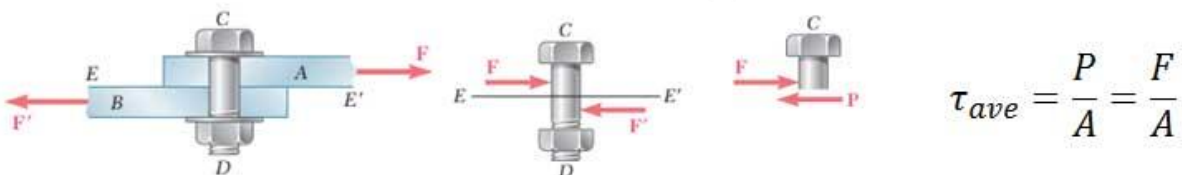


$$\tau_{ave} = \frac{P}{A}$$

برخلاف تنش‌های عمودی توزیع تنش برشی در کل مقطع یکنواخت نیست. یعنی:

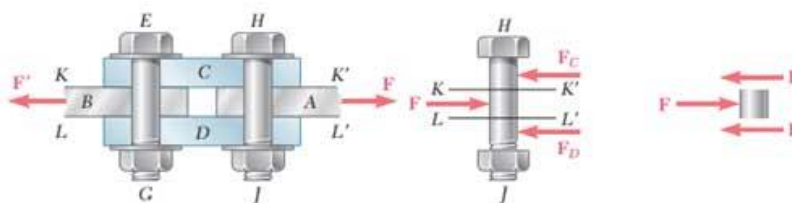
$$\tau \neq \tau_{ave}$$

تنش‌های برشی در پین‌ها، پیچ‌ها و پرچ‌های اتصال اعضای سازه ایجاد می‌شوند. مانند پیچ شکل زیر که در سطح EE' تنش برشی ایجاد شده است.



$$\tau_{ave} = \frac{P}{A} = \frac{F}{A}$$

همچنین مانند شکل زیر پیچ‌ها می‌توانند تحت برش مضاعف باشند. به این معنا که در پیچ دو سطح برش داریم.



$$\tau_{ave} = \frac{P}{A} = \frac{F/2}{A} = \frac{F}{2A}$$



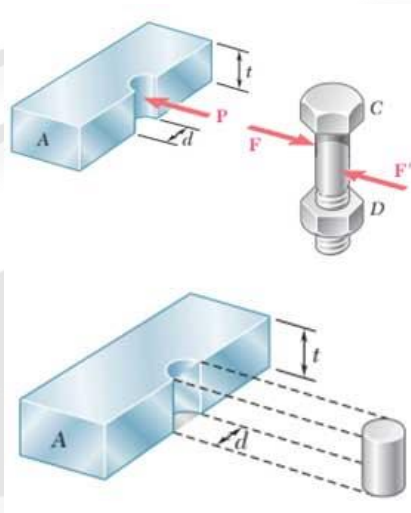
۴-۱- بخش ۴: تنش تکیه‌گاهی در اتصالات

۴-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

فصل اول کتاب مقاومت مصالح بیر جانسون با عنوان مقدمه - مفهوم تنش در ۷ آموزش بررسی شده است. این آموزش بخش چهارم از این فصل می‌باشد. در این آموزش درباره تنش تکیه‌گاهی در اتصالات توضیح داده شده است.

۴-۱-۲- تنش تکیه‌گاهی در اتصالات

پین‌ها، پیچ‌ها و پرچ‌ها در امتداد سطح اتکا (سطح تماس) خود در اعضای اتصال، تنش ایجاد می‌کنند. توجه کنید که این تنش در سطح تماس و خارج جسم است. این تنش را تنش تکیه‌گاهی (اتکایی-لهیدگی) در اتصالات (Bearing stress) می‌نامند.



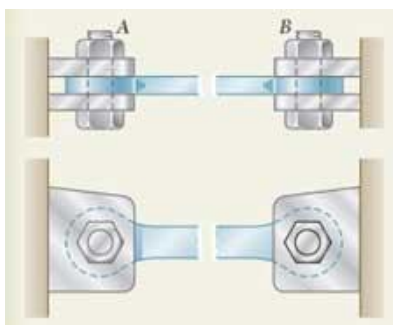
با توجه به اینکه توزیع این تنش‌ها پیچیده است، از مقدار میانگین اسمی تنش استفاده می‌شود. پارامترهای این رابطه در شکل بالا مشخص شده است.

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

حداکثر مقدار تنشی که در عضو مجاز هستیم به آن برسیم را تنش مجاز گوییم. تنش عمودی مجاز σ_{all} و تنش برشی مجاز τ_{all} می‌باشد.

۴-۱-۳- مسئله ۱

میل مهار نشان داده شده باید برای تحمل نیروی کششی $P=120\text{kN}$ طراحی شود. میل مهار فولادی از تسمه‌ای به ضخامت 20mm ساخته شده است. مقدار تنش مجاز حداکثر عبارتند از: $\sigma=175\text{MPa}$ و $\tau=100\text{MPa}$ و $\sigma_b=350\text{MPa}$



الف) قطر پیچ (d) را محاسبه کنید.

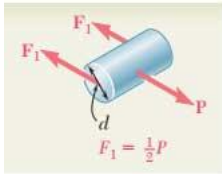
ب) بعد دو انتهای میل مهار (b) را محاسبه کنید.

ج) بعد h میل مهار را محاسبه کنید.



برای فهم بهتر پاسخ سوالات به ویدیو مراجعه کنید.

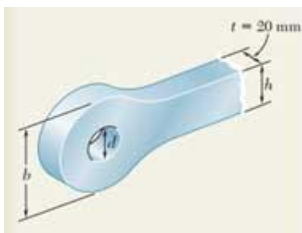
الف) پیچ تحت برش مضاعف قرار دارد



$$F_1 = \frac{1}{2}P = 60 \text{ kN}$$

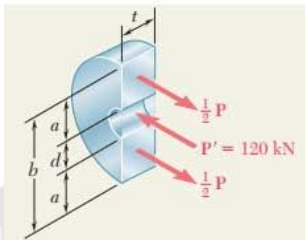
$$\tau = \frac{F_1}{A} \rightarrow 100 \times 10^3 = \frac{60}{\pi(\frac{d}{2})^2} \rightarrow d = 0.0276 \text{ m} = 27.6 \text{ mm} \approx 28 \text{ mm}$$

حال باید تنش تکیه گاهی بین تسمه و پیچ بررسی شود.



$$\sigma_b = \frac{P}{td} = \frac{120}{0.02 \times 0.028} = 214 \text{ MPa} < 350 \text{ OK}$$

ب) با استفاده از تنش کششی داریم:

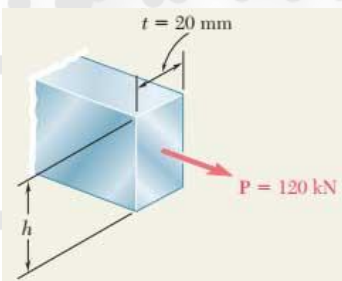


$$b = d + 2a = 28 + 2a$$

$$\sigma = \frac{\frac{1}{2}P}{ta} \rightarrow 175 \times 10^3 = \frac{60}{0.02 \times a} \rightarrow a = 0.01714 \text{ m} = 17.14 \text{ mm}$$

$$b = d + 2a = 28 + 2 \times 17.14 \approx 62.3$$

ج)



$$\sigma = \frac{P}{th} \rightarrow 175 \times 10^3 = \frac{120}{0.02 \times h} \rightarrow h = 34.3 \text{ mm} \approx 35 \text{ mm}$$



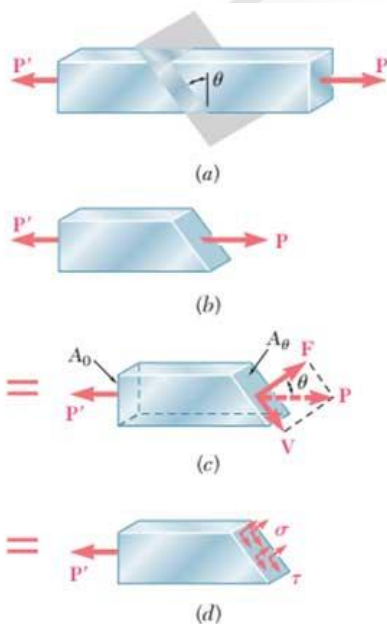
۱-۵- بخش ۵: تنش روی صفحه مایل در بارگذاری محوری

۱-۵-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

فصل اول کتاب مقاومت مصالح بیر جانسون با عنوان مقدمه - مفهوم تنش در ۷ آموزش بررسی شده است. این آموزش بخش پنجم از این فصل می‌باشد. در این آموزش درباره تنش روی صفحه مایل در بارگذاری محوری توضیح داده شده است.

۱-۵-۲- تنش روی صفحه مایل در بارگذاری محوری

نیروهای محوری بر روی صفحات غیر عمود بر محور عضو هم تنش‌های عمودی و هم تنش‌های برشی ایجاد می‌کنند. همچنین نیروهای عرضی بر روی صفحات غیر عمود بر محور پیچ هم تنش‌های عمودی و هم تنش‌های برشی ایجاد می‌کنند. به طور مثال در شکل زیر صفحه A_θ با زاویه θ از عضو می‌گذرد. در این صفحه نیروی داخلی کششی P وجود دارد که با تجزیه آن به مولفه‌های عمود بر سطح F و موازی با سطح V مقادیر تنش عمودی و برشی قابل محاسبه است.



$$F = P \cos \theta \quad V = P \sin \theta$$

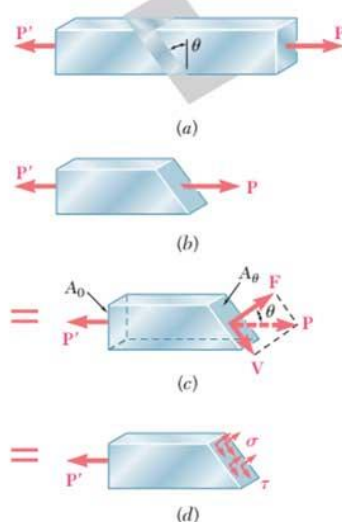
$$\sigma = \frac{F}{A_\theta} \quad \tau = \frac{V}{A_\theta}$$

$$A_0 = A_\theta \cos \theta \rightarrow A_\theta = \frac{A_0}{\cos \theta}$$

$$\sigma = \frac{P \cos \theta}{\frac{A_0}{\cos \theta}} \quad \tau = \frac{P \sin \theta}{\frac{A_0}{\cos \theta}}$$

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \cos^2 \theta \quad \tau = \frac{P}{A_0} \sin \theta \cos \theta$$

حال براساس رابطه تنش عمودی و برشی که محاسبه شد در زوایای ۰ و ۴۵ و ۹۰ درجه مقادیر آن به صورت زیر می‌شود.



$$F = P \cos \theta \quad V = P \sin \theta$$

$$\sigma = \frac{F}{A_\theta} \quad \tau = \frac{V}{A_\theta}$$

$$A_0 = A_\theta \cos \theta \rightarrow A_\theta = \frac{A_0}{\cos \theta}$$

$$\sigma = \frac{P \cos \theta}{\frac{A_0}{\cos \theta}} \quad \tau = \frac{P \sin \theta}{\frac{A_0}{\cos \theta}}$$

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \cos^2 \theta \quad \tau = \frac{P}{A_0} \sin \theta \cos \theta$$



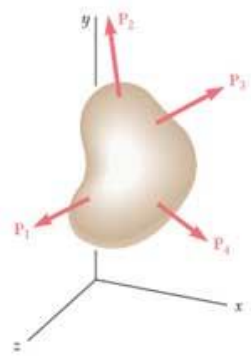
۱-۶-۶: تنش در شرایط بارگذاری عمومی، مولفه‌های تنش

۱-۶-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

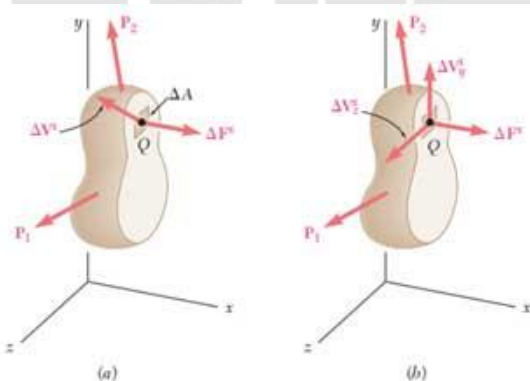
فصل اول کتاب مقاومت مصالح بیر جانسون با عنوان مقدمه - مفهوم تنش در ۷ آموزش بررسی شده است. این آموزش بخش ششم از این فصل می‌باشد. در این آموزش درباره مفاهیم تنش در شرایط بارگذاری عمومی و مولفه‌های تنش توضیح داده شده است.

۱-۶-۲: تنش در شرایط بارگذاری عمومی، مولفه‌های تنش

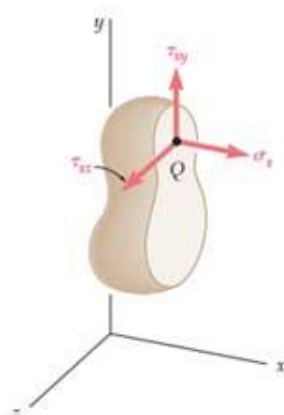
در شرایط سه بعدی جسمی مانند شکل زیر تحت تاثیر چند بار P قرار دارد.



در شکل زیر با استفاده از صفحه موازی با صفحه yz جسم در نقطه Q برش داده شده است.



در بخش a از شکل بالا سه دسته از نیروها شامل بارهای اولیه، نیروی برشی ΔV^x و نیروی عمودی ΔF^x وجود دارند. اندیس x به معنای نیروی وارد بر سطح عمود بر محور x می‌باشد. حال نیروی برشی به دو مولفه در امتداد موازی با محور y (ΔV_y^x) و در امتداد موازی با محور z (ΔV_z^x) تجزیه می‌شود. حال سه مولفه تنش در نیمه سمت چپ شکل داریم. روابط مولفه‌های تنش به صورت زیر خواهند بود.



$$\sigma_x = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F^x}{\Delta A}$$

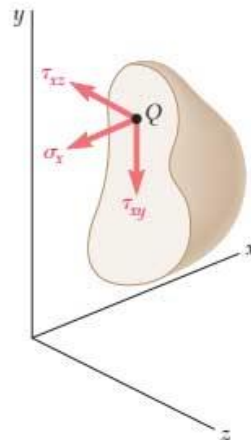
$$\tau_{xz} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V_z^x}{\Delta A}$$

$$\tau_{xy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V_y^x}{\Delta A}$$

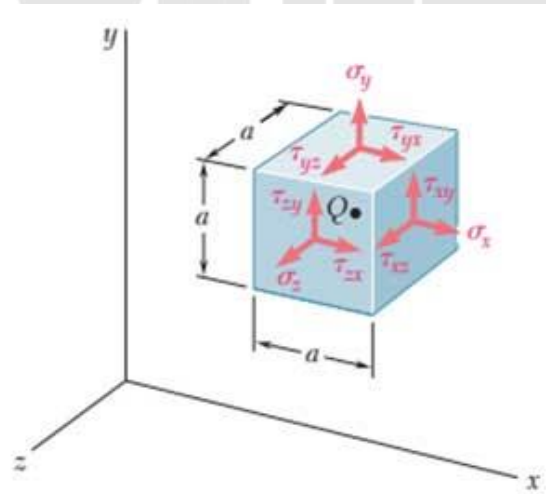


مفهوم اندیس‌ها هم به طور مثال برای τ_{xz} به این صورت است که اندیس x به معنای تنش وارد بر سطح عمود بر محور x و اندیس z برای نشان دادن امتداد مولفه‌های تنش می‌باشد.

برای سمت راست صفحه برش نیز می‌توان تحلیل مشابهی را ارائه نمود. در این حالت مقدار نیروها با حالت قبل برابر اما خلاف جهت آن‌ها می‌باشد.



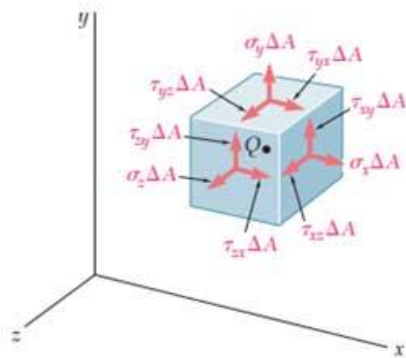
با عبور دادن صفحه برشی موازی با صفحه xy و zx در نقطه Q به همین ترتیب مولفه‌های دیگر تنش تعیین می‌شوند و ۹ مولفه تنش داریم. بنابراین ۹ مولفه تنش روی یک المان مکعبی به صورت زیر خواهند بود.



صفحه‌ای که روی آن تنش برشی صفر است را صفحه اصلی تعریف می‌کنیم. در حالت کلی سه صفحه اصلی عمود بر هم داریم. همچنین امتداد عمود بر صفحات اصلی را امتداد اصلی گوئیم. و تنش‌های عمودی روی صفحات اصلی را تنش‌های اصلی تعریف می‌کنیم.

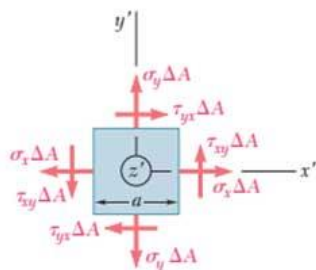


حال می‌توان روابط مهمی بین مولفه‌های تنش برشی به دست آورد. با ضرب کردن سطح مقطع در مقادیر تنش، نیروهای برشی و عمودی حاصل می‌شوند. با توجه به اینکه نیروهای وارد بر سطوح پنهان مکعب با نیروهای نشان داده شده برابر و مخالف جهت هستند، شش معادله تعادل داریم. محوره‌های x' و y' و z' محوره‌های گذرنده از نقطه Q و موازی محوره‌های x و y و z هستند. در این حالت سه معادله اول برقرار است.



$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 & \sum F_y &= 0 & \sum F_z &= 0 \\ \sum M_{x'} &= 0 & \sum M_{y'} &= 0 & \sum M_{z'} &= 0\end{aligned}$$

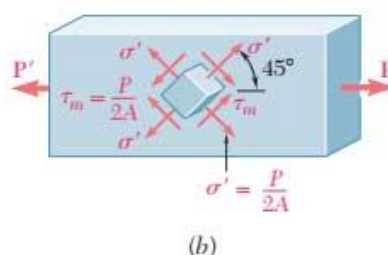
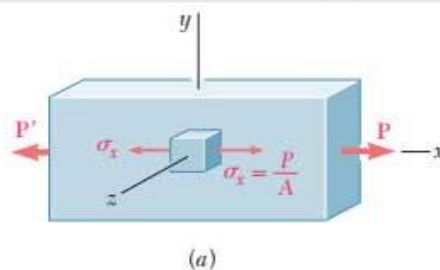
برای سه معادله دوم داریم:



$$+\circlearrowleft \sum M_{z'} = 0 \rightarrow (\tau_{xy} \Delta A) a - (\tau_{yx} \Delta A) a = 0 \rightarrow \tau_{xy} = \tau_{yx}$$

بنابراین ۶ مولفه تنش برشی داریم که دو به دو با هم برابر هستند. همچنین تنش برشی تنها در یک صفحه ایجاد نمی‌شود و باید تنش برشی یکسانی بر روی صفحه‌ی دیگری عمود بر صفحه اول وارد شود.

بسته به جهت‌گیری جز مورد نظر، شرایط بارگذاری یکسان به تفسیرهای متفاوتی از شرایط تنش در یک نقطه معین منجر می‌شود. مانند شکل زیر که با چرخش ۴۵ درجه‌ای المان شرایط تنش در آن متفاوت شده است.





۷-۱- بخش ۷: نکات طراحی

۷-۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

فصل اول کتاب مقاومت مصالح بیر جانسون با عنوان مقدمه - مفهوم تنش در ۷ آموزش بررسی شده است. این آموزش بخش هفتم از این فصل می‌باشد. در این آموزش درباره نکات طراحی توضیح داده شده است.

۷-۱-۲- نکات طراحی

تعیین مقاومت نهایی مصالح:

تنش نهایی عمودی که باعث گسیختگی در عضو می‌شود σ_U و تنش نهایی برشی که باعث گسیختگی در عضو می‌شود τ_U نامیده می‌شود. تنش نهایی عمودی با آزمایش بارگذاری محوری و تنش نهایی برشی با آزمایش پیچش تعیین می‌گردد. این تنش‌ها را مقاومت نهایی مصالح نیز می‌نامند.

بار مجاز (بار بهره برداری - بار طراحی) و تنش مجاز، ضریب ایمنی:

بار مجاز حداکثر باری است که یک عضو مجاز به تحمل آن است. تنش مجاز، حداکثر مقدار تنشی است که در عضو مجاز هستیم به آن برسیم. تنش عمودی مجاز σ_{all} و تنش برشی مجاز τ_{all} می‌باشد. برای اطمینان از عملکرد ایمن عضو ضریب اطمینان را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$F.S = \frac{\text{بار نهایی}}{\text{بار مجاز}} \quad F.S = \frac{\text{تنش نهایی}}{\text{تنش مجاز}}$$

انتخاب ضریب اطمینان مناسب:

اگر ضریب اطمینان بیش از حد کوچک باشد احتمال شکست عضو افزایش می‌یابد (کاهش ایمنی) و اگر بیش از حد بزرگ باشد طرح غیر اقتصادی یا غیر عملی می‌شود. بنابراین برای انتخاب ضریب اطمینان به نکات زیر توجه کنید.

- عدم قطعیت در رفتار مصالح (آزمایشات)
- عدم قطعیت در مقدار بارهای وارده
- عدم قطعیت در تحلیل به دلیل فرضیات ساده سازی
- کاهش مقاومت مصالح در طول زمان (خوردگی-فرسودگی-خزش-خستگی)
- نوع گسیختگی (مصالح ترد یا انعطاف پذیر)
- اهمیت عضو در سازه
- میزان اهمیت خود سازه
- ضریب اطمینان لازم در مشخصات فنی طرح مشخص می‌شود و یا از آیین نامه ها قابل برداشت است.
- آیین نامه فولاد: AISC
- آیین نامه بتن: ACI



- آیین نامه چوب: AFPA
- آیین نامه پل‌های بزرگراهی: AASHTO

طراحی براساس ضریب بار و مقاومت:

در طراحی به روش تنش مجاز (ASD) تمامی عدم قطعیت‌ها در یک ضریب ایمنی منفرد گنجانده می‌شود. در حالی که در طراحی براساس ضریب بار و مقاومت (LRFD) عدم قطعیت‌های مختلف ضرایب متفاوتی دارند. به طور مثال در رابطه زیر برای این روش داریم:

$$\gamma_D P_D + \gamma_L P_L \leq \phi P_U$$

$\gamma_D P_D$: ضریب بار مرده (عدم قطعیت بار مرده)
 $\gamma_L P_L$: بار زنده (ضریب بار زنده (عدم قطعیت بار زنده)
 ϕP_U : ضریب مقاومت (عدم قطعیت خود سازه)

۱-۷-۳- مسئله ۲

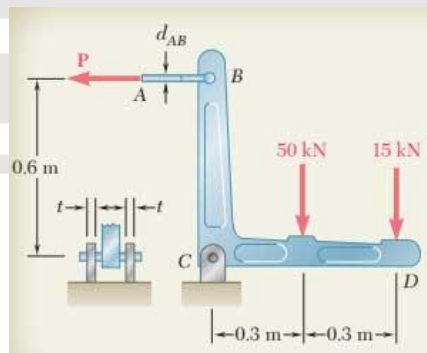
برای فهم بهتر پاسخ سوالات به ویدیو مراجعه کنید.

به دستک نشان داده شده ABC دو نیرو وارد می‌شود.

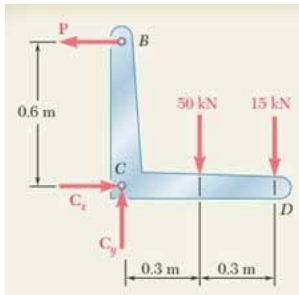
(الف) با توجه به آنکه میله‌ی AB باید از فولاد با تنش عمودی نهایی 600MPa ساخته شود، قطر میله را طوری تعیین کنید که ضریب ایمنی در برابر گسیختگی ۳/۳ باشد.

(ب) پین نقطه‌ی C از فولادی با تنش برشی نهایی 350MPa ساخته می‌شود. قطر پین C را طوری تعیین کنید که ضریب ایمنی برش نیز ۳/۳ باشد.

(ج) با توجه به تنش تکیه‌گاهی مجاز 300MPa فولاد مورد استفاده، ضخامت لازم تکیه‌گاه دستکی را در نقطه C تعیین کنید.



ابتدا با رسم دیاگرام آزاد عکس العمل تکیه‌گاهی C محاسبه می‌شود.



$$+\circlearrowleft \sum M_C = 0 \rightarrow P \times 0.6 - 50 \times 0.3 - 15 \times 0.6 = 0 \rightarrow P = 40 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow C_x = 40 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow C_y = 65 \text{ kN}$$

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2} = 76.3 \text{ kN}$$

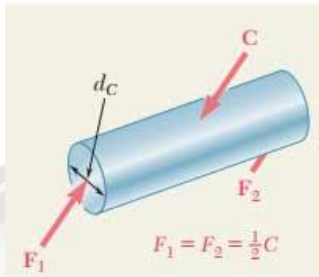
(الف)

$$A_{req} = \frac{P}{\sigma_{all}} = \frac{40}{181.8 \times 10^3} = 2.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{all} = \frac{\sigma_U}{F.S} = \frac{600}{3.3} = 181.8 \text{ MPa}$$

$$A_{req} = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \rightarrow 2.2 \times 10^{-4} = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \rightarrow d = 0.01674 \text{ m} = 16.74 \text{ mm}$$

(ب) پین در برش مضاعف است.

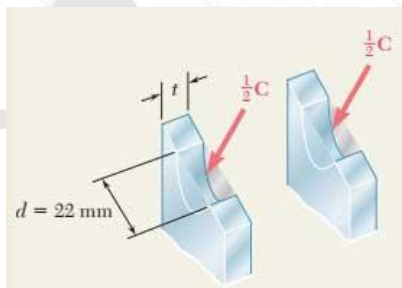


$$\tau_{all} = \frac{\tau_U}{F.S} = \frac{350}{3.3} = 106.1 \text{ MPa}$$

$$A_{req} = \frac{C}{2} = \frac{76.3}{2} = 3.6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{req} = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \rightarrow 3.6 \times 10^{-4} = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \rightarrow d \approx 22 \text{ mm}$$

(ج) براساس محاسبه تنش لهیدگی داریم:



$$A_{req} = \frac{C}{2} = \frac{76.3}{2} = 1.27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{req} = td \rightarrow 127.2 = 22t \rightarrow t \approx 6 \text{ mm}$$

۲- مراجع

Beer, Ferdinand, P. and Johnston, E, Russell. and DeWolf, John. and Mazurek, David. (2020). Mechanics of Materials. 8th Edition. McGraw Hill

