

Third Edition

CHAPTER 1

MECHANICS OF MATERIALS

Ferdinand P. Beer
E. Russell Johnston, Jr.
John T. DeWolf

Lecture Notes:
J. Walt Oler
Texas Tech University

مقدمه - مفهوم تنش

© M.H. Abolbashari, Ferdowsi University of Mashhad

Mc Graw Hill

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MECHANICS OF MATERIALS

Beer • Johnston • DeWolf

مفهوم تنش

- هدف اصلی مطالعه مکانیک مصالح این است که برای مهندسان وسیله‌ای برای تحلیل و طراحی ماشین‌های مختلف و سازه‌هایی که باری را تحمل می‌کنند فراهم کند.
- تحلیل و طراحی یک سازه عبارت است از بدست آوردن تنش‌ها و تغییر شکل‌ها. این فصل به مفهوم تنش اختصاص دارد.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

1-2/26

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

مثال: مروری بر ایستایی - تحلیل تنش - طراحی

- سازه مقابل برای نگهداری یک بار ۳۰ کیلونیوتنی طراحی می‌شود.
- سازه از یک بازو و میلۀ که با یک پین (یک اتصال بدون گشتاور) به هم متصل شده‌اند تشکیل شده است. تکیه‌گاه‌ها نیز ساده‌اند.
- با تحلیل ایستایی نیروهای داخلی عضوهای سازه و عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی را به دست آورید.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری
© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. 1-3/26

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

ایستایی - ترسیمه آزاد سازه

- سازه از تکیه‌گاه‌ها جدا شده و بارها و نیروهای عکس‌العمل تکیه‌گاهی مشخص می‌شوند.
- تعادل ایستایی را در نظر می‌گیریم:

$$\sum M_C = 0 = A_x(0.6\text{m}) - (30\text{kN})(0.8\text{m}) \quad A_x = 40\text{kN}$$

$$\sum F_x = 0 = A_x + C_x \quad \text{به k که حرف کوچک است و N که حرف بزرگ است توجه شود.}$$

$$C_x = -A_x = -40\text{kN}$$

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

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

این معادلات ایستایی به تنهایی برای به دست آوردن A_y و C_y کافی نیستند! در اینجا از بعضی مفاهیم خاص مانند تعادل هر عضو و یا روش مفصل‌ها استفاده می‌کنیم ولی راه اصولی استفاده از سازگاری تغییر شکل‌ها است که موضوع درس مقاومت مصالح است.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری
© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. 1-4/26

Beer • Johnston • DeWolf

MECHANICS OF MATERIALS

ایستایی - ترسیمه آزاد اعضا

- افزون بر کل سازه، هر عضو باید در تعادل ایستایی باشد.
- ترسیمه آزاد بازو را در نظر بگیرید:

$$\sum M_B = 0 = -A_y(0.8\text{ m})$$

$$A_y = 0$$

- در معادله تعادل ایستایی سازه جایگزین می‌کنیم.

$$C_y = 30\text{ kN}$$

- نتایج:

$A_x = 40\text{ kN} \rightarrow$
 $C_x = 40\text{ kN} \leftarrow$
 $C_y = 30\text{ kN} \uparrow$

جهت‌ها

نیروهای عکس‌العمل در امتداد بازو و میله قرار دارند.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری
© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

1-5/26

Beer • Johnston • DeWolf

MECHANICS OF MATERIALS

ایستایی - روش مفصل

- بازو و میله اعضای دو نیرویی‌اند، یعنی تنها دو نیرو دارند که در انتهای عضو اعمال می‌شوند.
- برای برقراری تعادل، نیروها باید موازی با محوری باشند که بین نقاط اعمال نیروست (در راستای عضو)، مقدارشان نیز مساوی و در جهت مخالف هم باشند.
- مفصل‌ها نیز باید شرایط تعادل ایستایی را برآورده سازند که می‌تواند به شکل مثلث نیرو بیان شود.

$$\sum \vec{F}_B = 0$$

$$\frac{F_{AB}}{4} = \frac{F_{BC}}{5} = \frac{30\text{ kN}}{3}$$

$$F_{AB} = 40\text{ kN} \quad F_{BC} = 50\text{ kN}$$

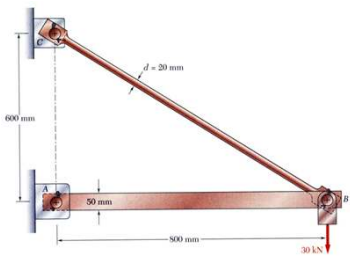
گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری
© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

1-6/26

Beer • Johnston • DeWolf

MECHANICS OF MATERIALS

تحلیل تنش: نمونه عضو BC



اگر عضو BC از فولاد با تنش مجاز 165 MPa ساخته شده باشد، آیا عضو BC می‌تواند بدون شکست و تغییر شکل‌های زیاد بار ۳۰ کیلو نیوتنی را تحمل کند؟

- از تعادل ایستایی داریم:

$$F_{AB} = 40 \text{ kN (فشاری)}$$

$$F_{BC} = 50 \text{ kN (کششی)}$$

- در هر مقطعی از عضو BC نیروی داخلی ۵۰ کیلو نیوتن است با شدت نیرو یا **تنش**:

$$d_{BC} = 20 \text{ mm}, A = \pi d^2 / 4$$

$$\sigma_{BC} = \frac{P}{A} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{314 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 159 \times 10^6 \text{ Pa} = 159 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{all} = 165 \text{ MPa}$$

- تنش مجاز فولاد عبارت است از:
- نتیجه‌گیری:** عضو BC مقاومت دارد.
- برای عضو AB هم به طریق مشابهی می‌توان تحلیل تنش انجام شود.
- یک مقایسه بین واحدهای انگلیسی و SI تنش

1 ksi # 7MPa یا 1 Psi # 7kPa

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

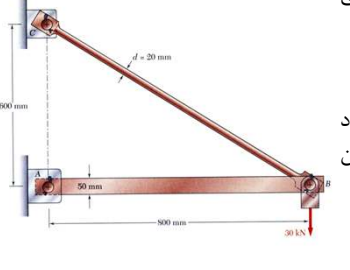
© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

1-7/26

Beer • Johnston • DeWolf

MECHANICS OF MATERIALS

طراحی: نمونه عضو BC



- برای آن که سازه‌ها الزامات عملکردی را برآورده سازند، در طراحی باید نوع مصالح و ابعاد اجزا به طور مناسبی انتخاب شوند.
- به دلایل هزینه و وزن و در دسترس بودن، تصمیم گرفته می‌شود که جنس میله از آلومینیوم ($\sigma_{all} = 100 \text{ MPa}$) باشد. حال این سؤال مطرح می‌شود که قطر میله چقدر باید باشد؟

$$\sigma_{all} = \frac{P}{A} \quad A = \frac{P}{\sigma_{all}} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{100 \times 10^6 \text{ Pa}} = 500 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A = \pi \frac{d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(500 \times 10^{-6} \text{ m}^2)}{\pi}} = 2.52 \times 10^{-2} \text{ m} = 25.2 \text{ mm}$$

- یک میله آلومینیومی به قطر ۲۶ میلیمتر یا بیشتر مناسب است.

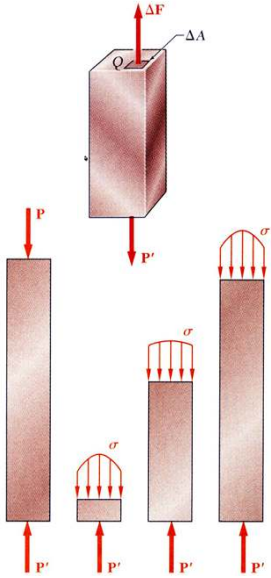
گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

1-8/26

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

بارگذاری محوری-تنش قائم



- برایند نیروهای داخلی برای یک عضوی که به طور محوری بارگذاری شده، عمود (قائم) بر سطح مقطعی که بر محور عمود است می‌باشد.
- **شدت نیرو** در آن **مقطع تنش قائم** تعریف می‌شود.

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad \sigma_{ave} = \frac{P}{A}$$

- تنش قائم در یک **نقطه خاص** ممکن است برابر با تنش متوسط نباشد، ولی برایند توزیع تنش باید رابطه زیر را برآورده سازد.

$$P = \sigma_{ave} A = \int_A dF = \int_A \sigma dA$$

- توزیع کامل تنش نامعین است، یعنی از ایستایی تنها نمی‌تواند به دست آید.

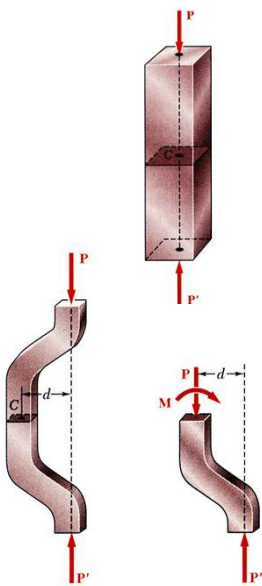
گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالیشری

1-9/26

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

بارگذاری محوری و غیرمحوری



- یک **توزیع یکنواخت** از تنش در یک سطح مقطع ایجاد می‌کند که راستای برایند نیروهای داخلی از مرکز (centroid) سطح مقطع عبور کند.
- یک **توزیع یکنواخت** از تنش فقط هنگامی امکان پذیر است که بارهای متمرکز دو طرف یک عضو دو نیرویی در مرکز سطح اعمال شوند. به این نوع بارگذاری **بارگذاری مرکزی (centric)** می‌گویند.
- اگر یک عضو دو نیرویی به طور **غیرمركزی** بارگذاری شده باشد، آنگاه برایند توزیع تنش در یک مقطع باید یک نیروی محوری و یک ممان باشد.
- توزیع تنش در یک عضوی که به طور **غیرمحوری** بارگذاری شده باشد نمی‌تواند **یکنواخت** یا **متقارن** باشد.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالیشری

1-10/26

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

تنش برشی

- نیروهای P و P' به طور جانبی (عرضی) به عضو AB اثر می کنند. (از ممان کوچک Pe صرف نظر می کنیم.)
- نیروهای داخلی مربوطه که در صفحه مقطع C هستند، نیروهای برشی نامیده می شوند.
- برایند توزیع نیروی برشی که **برش** مقطع تعریف می شود برابر است با نیروی P .
- تنش برشی میانگین** مربوطه عبارت است از:

$$\tau_{ave} = \frac{P}{A}$$
 مساحت سطح مقطع
- توزیع تنش برشی از صفر در سطح قطعه تا مقدار ماکزیمم خود که خیلی بزرگتر از مقدار میانگین است تغییر می کند.
- توزیع تنش برشی را **نمی توان** یکنواخت در نظر گرفت.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالیشری

1-11/26

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

مثال هایی از تنش برشی

برش دوگانه (Double)

$P = F/2$

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

تنش برشی در هر پیچ نصف شده

برش تنها (Single)

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

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالیشری

1-12/26

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

تنش تکیه‌گاهی (لهیدگی / متوسط نامی) (Bearing) در اتصالات

- در اعضای که به هم متصل می‌شوند، پیچ‌ها، پرچ‌ها، و خارها (pins) در نقاط تماس یا سطوح تحمل‌کننده آن‌ها (Bearing Surfaces) تولید تنش می‌کنند.
- برآیند توزیع نیرو روی سطح برابر و در جهت مخالف نیرویی است که به خار وارد می‌شود.
- از آنجا که توزیع تنش در سطح تماس بسیار پیچیده است، در عمل می‌توان مقدار میانگین اسمی تنش σ_b را در نظر گرفت.
- متوسط نامی تنش، تنش تکیه‌گاهی (لهیدگی) نامیده می‌شود و عبارت است از تقسیم بار P بر مساحت مستطیلی تصویر پیچ و مهره بر روی مقطع صفحه:

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

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. 1-13/26

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

مثال‌هایی از تحلیل تنش و طراحی سازه‌های ساده

- می‌خواهیم تنش‌های موجود آمده در اعضا و اتصالات سازه نشان داده شده را به دست آوریم و این سازه را طراحی کنیم.
- از تحلیل ایستایی داریم:
 $F_{AB} = 40 \text{ kN}$ (فشاری)
 $F_{BC} = 50 \text{ kN}$ (کششی)
- باید تنش‌های قائم در AB و BC و تنش‌های برشی و تکیه‌گاهی در همه اتصالات با خار را در نظر بگیریم.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالیشری
 © 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. 1-14/26

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

تنش‌های قائم در میله و بازو (Boom)

- میله با نیروی محوری 50 kN کشیده می‌شود.
- تنش میانگین در مرکز میله با سطح مقطع دایروی ($A = 314 \times 10^{-6} \text{ m}^2$) عبارت است از $\sigma_{BC} = +159 \text{ MPa}$

$$\sigma_{BC} = \frac{P}{A} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{314 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 159 \text{ MPa}$$

- در قسمت تخت انتهای میله، کمترین مساحت سطح مقطع در خط مرکزی خار خواهد بود،

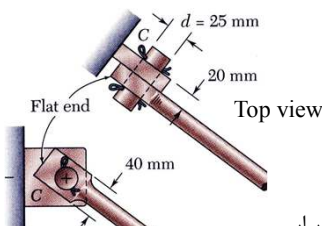
$$A = (20 \text{ mm})(40 \text{ mm} - 25 \text{ mm}) = 300 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{BC, \text{end}} = \frac{P}{A} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{300 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 167 \text{ MPa}$$

- بازو با نیروی محوری 40 kN در فشار است و تنش قائم میانگین آن برابر است با -26.7 MPa

$$\sigma_{AB} = \frac{P}{A} = \frac{-40 \times 10^3 \text{ N}}{30 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}} = -26.7 \text{ MPa}$$

- سطح مقطع مینیمم در دو انتهای بازو بدون تنش‌اند زیرا بازو در فشار است.



گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالیشری

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. 1-15/26

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

تنش‌های برشی خار

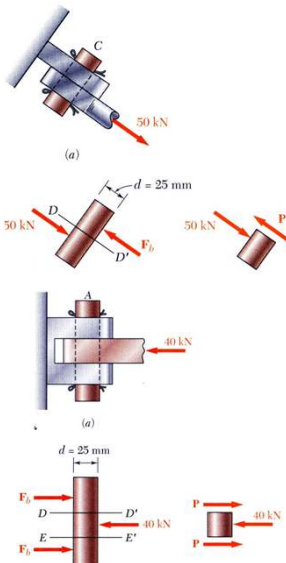
- مساحت سطح مقطع در خارهای A, B و C عبارت است از:

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{25 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 491 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

- نیروی خار C برابر با نیرویی است که از میله BC بر آن وارد می‌شود.

$$\tau_{C, \text{ave}} = \frac{P}{A} = \frac{50 \times 10^3 \text{ N}}{491 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 102 \text{ MPa}$$

- خار A در برش دوگانه است که نیروی کل آن برابر است با نیرویی که از طرف بازوی AB بر آن وارد می‌شود:

$$\tau_{A, \text{ave}} = \frac{P}{A} = \frac{20 \text{ kN}}{491 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 40.7 \text{ MPa}$$


گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالیشری

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. 1-16/26

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

تنش های برشی خار

• برای به دست آوردن مقطعی که بزرگترین نیروی برشی را دارد، خار B را به مقاطع مختلف تقسیم می کنیم:

ترسیمه آزاد با توجه به شکل

(a)

• تنش برشی میانگین مربوطه برابر است با:

$$\tau_{B,ave} = \frac{P_G}{A} = \frac{25 \text{ kN}}{491 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 50.9 \text{ MPa}$$

(b)

$P_E = 15 \text{ kN}$

$P_G = 25 \text{ kN}$ (largest)

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

1-17/26

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

تنش های تکیه گاهی (لهیدگی) (Bearing)

• برای به دست آوردن تنش تکیه گاهی نامی خار در نقطه A از بازوی AB، داریم $d = 25 \text{ mm}$ و $t = 30 \text{ mm}$:

$$\sigma_b = \frac{P}{td} = \frac{40 \text{ kN}}{(30 \text{ mm})(25 \text{ mm})} = 53.3 \text{ MPa}$$

قطر خار

• برای به دست آوردن تنش تکیه گاهی در دستک A داریم $d = 25 \text{ mm}$ و $t = 2(25 \text{ mm}) = 50 \text{ mm}$:

$$\sigma_b = \frac{P}{td} = \frac{40 \text{ kN}}{(50 \text{ mm})(25 \text{ mm})} = 32.0 \text{ MPa}$$

Top view

$d = 25 \text{ mm}$

پایان حل

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

1-18/26

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

تنش در اعضای دو نیرویی

- می‌دانیم که:
نیروهای محوری در اعضای دو نیرویی در صفحه عمود بر محور، تنها تنش‌های قائم ایجاد می‌کنند.
- می‌دانیم که:
نیروهای جانبی در پیچ و خار در صفحه عمود بر محور پیچ و خار، تنها تنش‌های برشی ایجاد می‌کنند.
- نشان خواهیم داد که:
در صفحه‌ای غیر از صفحه عمود بر محور عضو، نیروهای محوری و عرضی هر دو می‌توانند تنش‌های قائم و برشی بوجود آورند.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری
© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. 1-19/26

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

تنش روی صفحات مایل

- یک مقطع از عضو بزنید که با صفحه عمود بر محور زاویه θ می‌سازد.
- از شرایط تعادل، نیروهای (تنش‌های) گسترده در این صفحه باید معادل نیروی P باشند.
- نیروی P را به دو مؤلفه عمود و مماس بر صفحه مایل تجزیه می‌کنیم:

$$F = P \cos \theta \quad V = P \sin \theta$$
- تنش‌های قائم و برشی میانگین روی صفحه مایل عبارتند از:

$$\sigma = \frac{F}{A_\theta} = \frac{P \cos \theta}{A_0 / \cos \theta} = \frac{P}{A_0} \cos^2 \theta$$

$$\tau = \frac{V}{A_\theta} = \frac{P \sin \theta}{A_0 / \cos \theta} = \frac{P}{A_0} \sin \theta \cos \theta$$

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری
© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. 1-20/26

MECHANICS OF MATERIALS

Beer • Johnston • DeWolf

تنش‌های ماکزیمم

- تنش‌های قائم و برشی روی یک صفحه مایل عبارت است از:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \cos^2 \theta, \quad \tau = \frac{P}{A_0} \sin \theta \cos \theta$$
- تنش قائم ماکزیمم وقتی اتفاق می‌افتد که صفحه به محور عضو عمود باشد:

$$\frac{d\sigma}{d\theta} = -\frac{2P}{A_0} \sin \theta \cos \theta = 0 \rightarrow \sin 2\theta = 0 \rightarrow 2\theta = 0, \pi \rightarrow \theta = 0, \pm \frac{\pi}{2}$$
- تنش برشی همراه آن:

$$\sigma_m = \sigma|_{\theta=0} = \frac{P}{A_0} \quad \tau|_{\theta=0} = \tau' = 0$$
- نکته: در صفحه‌ای که تنش‌های قائم ماکزیمم یا مینیمم هستند، تنش‌های برشی (τ') صفرند.
- تنش برشی ماکزیمم در صفحه‌ای که زاویه $\pm 45^\circ$ با محور عضو دارد اتفاق می‌افتد:

$$\frac{d\tau}{d\theta} = \frac{d}{d\theta} \left(\frac{P}{2A_0} \sin 2\theta \right) = \frac{2P}{2A_0} \cos 2\theta = 0 \rightarrow 2\theta = \pm \frac{\pi}{2} \rightarrow \theta = \pm \frac{\pi}{4}$$
- تنش قائم همراه آن:

$$\tau_m = \tau|_{\theta=\pm \frac{\pi}{4}} = \frac{P}{A_0} \sin 45 \cos 45 = \frac{P}{2A_0}$$

$$\sigma|_{\theta=\pm \frac{\pi}{4}} = \sigma' = \frac{P}{A_0} \cos^2 45 = \frac{P}{2A_0}$$
- نکته: در صفحه‌ای که تنش‌های برشی ماکزیمم یا مینیمم هستند، تنش‌های قائم (σ') لزوماً صفر نیستند.

(a) Axial loading

(b) Stresses for $\theta = 0$

(c) Stresses for $\theta = 45^\circ$

(d) Stresses for $\theta = -45^\circ$

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

1-21/26

MECHANICS OF MATERIALS

Beer • Johnston • DeWolf

تنش در بارگذاری کلی

- عضوی که تحت بارگذاری کلی است با صفحه‌ای اختیاری که از نقطه Q می‌گذرد و موازی صفحه YZ است، به دو بخش تقسیم می‌شود.
- توزیع مؤلفه‌های تنش‌های داخلی به شکل زیر تعریف می‌شود:

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

$$\tau_{xy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V_y^x}{\Delta A} \quad \tau_{xz} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V_z^x}{\Delta A}$$
- برای برقراری تعادل، توزیع نیروها و تنش‌های داخلی برابر و مخالف این‌ها باید به قسمت دیگر عضو وارد شود.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

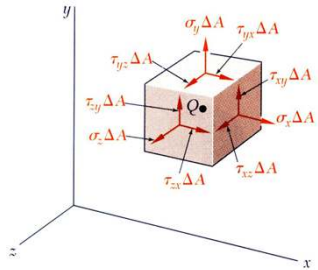
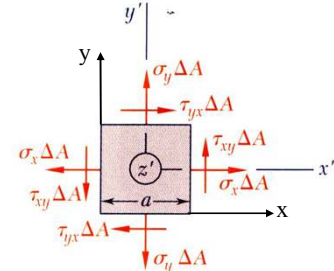
© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

1-22/26

Beer • Johnston • DeWolf

MECHANICS OF MATERIALS

حالت تنش

- مؤلفه‌های تنش در صفحاتی تعریف می‌شوند که موازی محوره‌های X , Y و Z است. برای برقراری تعادل، تنش‌هایی برابر و مخالف جهت روی صفحات پنهان از دید ما وارد می‌شوند.
- مجموعه نیروهایی که در اثر تنش‌ها بوجود می‌آیند، باید شرایط تعادل را برآورده سازند:

$$\sum F_x = \sum F_y = \sum F_z = 0$$

$$\sum M_x = \sum M_y = \sum M_z = 0$$

- ممان حول محور Z را در نظر بگیرید:

$$\sum M_z = 0 = (\tau_{xy} \Delta A) a - (\tau_{yx} \Delta A) a$$

به طور مشابه:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy}, \quad \tau_{xz} = \tau_{zx}$$

- بنابراین ۶ مؤلفه تنش باید تعریف شوند تا حالت تنش به طور کامل در یک نقطه تعریف شود.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

1-23/26

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Beer • Johnston • DeWolf

MECHANICS OF MATERIALS

ضریب اطمینان

اعضای سازه‌ها و یا ماشین‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که تنش کاری آن‌ها کمتر از تنش نهایی (ultimate strength) مصالح باشد. بنابراین تنش مجاز از تقسیم تنش نهایی به یک ضریب اطمینان بزرگتر از یک به دست می‌آید.

ملاحظات که ضریب اطمینان را ضروری می‌سازد:

- عدم اطمینان در خواص مصالح
- عدم اطمینان در بارگذاری
- عدم اطمینان در تحلیل‌ها
- تعداد سیکل بارگذاری
- نوع شکست
- الزامات نگهداری و اثرات فرسودگی
- اهمیت عضو در یکپارچگی سازه‌ها
- خطر پذیری (ریسک) طول عمر و خواص
- تأثیر در کارکرد ماشین

$$FS = \text{Factor of safety} > 1$$

$$FS = \frac{\sigma_u}{\sigma_{all}} = \frac{\text{ultimate stress}}{\text{allowable stress}}$$

or $\sigma_{all} = \frac{\sigma_u}{FS}$

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

1-24/26

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MECHANICS OF MATERIALS Beer • Johnston • DeWolf

دقت عددی:

دقت حل مسئله بستگی به دو مورد دارد: (۱) دقت داده‌ها (۲) دقت محاسبات
دقت حل نباید بیشتر از دقت این دو مورد باشد.
مثلاً اگر بار وارد بر یک تیر 75000 lb باشد، خطای نسبی که میزان دقت داده‌ها را می‌سنجد عبارت است از:

$$\frac{100\text{lb}}{75000\text{lb}} = 0.0013 = 0.13\%$$

در این صورت، هنگام محاسبه عکس‌العمل‌های تکیه‌گاه‌های تیر نمی‌توان آن را به صورت 14322 lb بیان کرد. دقت محاسبات هر چه باشد، دقت حل نمی‌تواند بیشتر از 0.13 باشد و خطای ممکن پاسخ می‌تواند به اندازه $\left(\frac{0.13}{100}\right)(14322\text{lb}) \approx 20\text{lb}$ باشد. پاسخ صحیح به صورت $14320 \pm 20\text{ lb}$ است.

در مسائل مهندسی، دقت داده‌ها به ندرت بیشتر از 0.2 درصد است. بنابراین، پاسخ این مسائل را به ندرت با دقت بیش از 0.2 درصد می‌نویسند. بنابراین:

برای ثبت اعدادی که با یک شروع می‌شوند از **رقم ۴** و برای سایر اعداد از **رقم ۳** استفاده می‌شود. مثلاً نیروی 40 lb به صورت 40.0 lb و نیروی 15 lb به صورت **15.00 lb** نوشته می‌شود.

گردآوری و تنظیم: محمدحسین ابوالشیری

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

از دوستی با دوستان احمق بهره‌یز زیرا رفیق احمق ضرر و آسیب به تو می‌رساند در حالی که آن ضرر را به نفع و سود تو می‌داند و بدی و ظلم به تو می‌کند در حالی که خیال می‌کند تو را شاد و خوشحال می‌گرداند. (علی (ع) -غرالحکم، فصل ۵ شماره ۱۰۰)

حافظ:

اگر رفیق شفیقی درست پیمان باش
حریف خانه و گرمابه و گلستان باش

گر بدی گفت حسودی و رفیقی رنجید
گو تو خوش باش که ما گوش به احمق نکنیم

حافظ از خصم خطا گفت نگیریم بر او
ور به حق گفت جدل با سخن حق نکنیم

The one who takes your hand but touches your heart is a true Friend

دوست واقعی کسی است که دست‌های تو را بگیرد ولی قلب ترا لمس کند.

Third Edition

MECHANICS OF MATERIALS

Beer • Johnston • DeWolf

ویژگی های دوست خوب

- دوست واقعی کسی است که باطن او صاف و سالم باشد.
- دوست واقعی از دوستی بر نمی گردد، هر چند به او جفا شود.
- دوست واقعی کسی است که در مورد عیبات تو را نصیحت کند و در پشت سرت مواظب تو باشد و تو را بر خود مقدم بدارد.
- در تنگی و سختی ارزش دوستی آشکار می شود.
- کسی که نسبت به تو تملق نمی کند و بدون این که به گوش تو برساند ستایشات بگوید، تو را دوست دارد.
- بهترین دوستان دانایان و بردباران اند.
- بهترین دوست تو کسی است که تو را به آخرت علاقمند سازد و نسبت به دنیا بی رغبت کند و تو را در اطاعت از خداوند یاری کند.
- هر که با خردمندان دوستی کند، با وقار می شود (وقار ثمره دوستی با خردمندان است).

McGraw Hill

© 2002 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.