Subject:

Year. Month. Date. ( )

- روش طراحی اجزاء محدود (Finite Elements Method): با این روش سازه‌ها را می‌توان طراحی کرد که سطوح سازه‌ها را به اجزاء بسیار زیاد تقسیم می‌کند و تنش روی هر جزء کوچک را محاسبه می‌کند در نتیجه سازه را طراحی می‌کند. به این روش دقیق‌ترین روش‌های حل حاضر است

ویژگی‌های سازه‌های فولادی:

* ۱) Engineer از مفهوم هوشمند می‌آید یعنی یک انسان هوشمند که راه درست را انتخاب می‌کند چون وقتی یک موضوع جدید پیش بیاید مهندس قرار می‌گیرد و او باید آن را حل کند چون هوشمندی این کار را دارد.

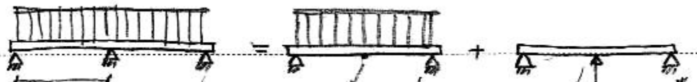
Subject:

Year. ۸۶ Month. ۴ Date. ۸ (۷)

فصل هشتم: حل سازه‌های نامعین

فصل نهم: ویژگی‌های سازه‌های فولادی

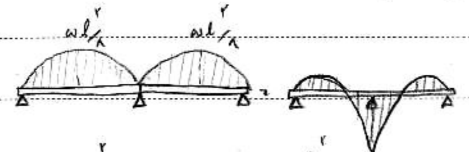
* تنها راه حل سازه‌های نامعین استفاده از تغییر شکل‌ها می‌باشد و الان ما راه‌های دیگر آن را می‌بینیم ولی لازم نیست همه را بدانیم
طبق راه‌حل زیر در تحلیل بدهیم



l_1 $\quad u_B = 0 \quad = u_{B(1)} = \frac{5wl^4}{384EI} + u_{B(2)} = \frac{R_B l^3}{48EI} \Rightarrow R_B = \frac{5wl}{8} , R_A = R_C = \frac{3wl}{16}$

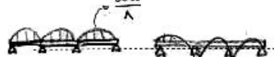
$M_{max} = M_B = R_A \times l/2 - \frac{wl}{2} \times l/4 = -\frac{wl^2}{32} = -\frac{wl_1^2}{8}$

* $|M_{max}|$ در این تیر معادل M_{max} در تیر ساده یک دهانه است. و این نشان دهنده این است که
اگر ما دو تیر یک دهانه را به یک تیر دو دهانه تبدیل کنیم تفاوتی در طراحی ایجاد نمی‌شود



$wl^2/8$ $\quad wl^2/8 \quad -wl^2/8$

* ولی جالب است بدانیم که اگر یک تیر ۳ دهانه داشته باشیم M_{max} آن کاهش می‌یابد (نسبت به ۳ تیر یک دهانه)



$\frac{wl^2}{8}$

$M_{max} = \frac{wl^2}{10} < \frac{wl^2}{8}$

* پس برای ما به صرفه است که اگر ۳ تیر یک دهانه داریم از یک تیر استفاده کنیم.

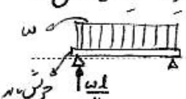
* ولی دیگر هر چه دهانه‌ها را اضافه کنیم M_{max} کمتر نمی‌شود.

برای سقف از IPE , INP استفاده می‌کنیم

* اگر تیر اصلی به صورت زوج استفاده شود نمره آن بر حسب نصف اساس مقطع ترتیبی می‌شود مثلاً

$INP\,300 \to W_x = 650 \quad = 2\times INP\,240 \to W_x = 2\times 340$

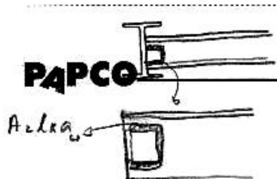
برای جوش دادن اتصالات می‌دانیم که آن جوش باید نیروی تکیه‌گاهی را تحمل کند:



w $\quad \frac{wl}{2}$

جوش باید $\frac{wl}{2}$ را تحمل کند $\Rightarrow A = \frac{\text{نیروی جوش}}{\text{تنش مجاز جوش}}$ (لازم جوش)

$\Rightarrow A = l \times a_w$ ضخامت (بعد جوش) — لازم جوش — طول جوش



$A = l \times a_w$

اسامی روش‌های حل تیرهای نامعین: - روش سازگاری تغییر شکل‌ها

- روش کار مجازی

- روش انرژی (قضایای کاستیلیانو) Castigliano اولین بار در ایتالیا وضع

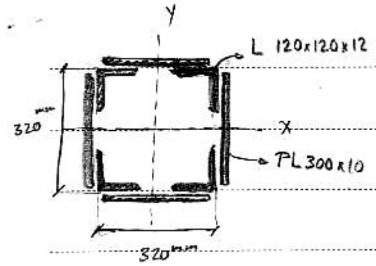
با حل به تغییر شکل‌ها شامل می‌شود که آن به صورتی است که کمترین انرژی

در بر می‌گیرد ... که اصلی‌ترین آن انجام می‌شود

و اولی که در طبیعت conservative است یعنی حافظه دارد

- روش ماتریس — روش نرمی

- روش سختی



ص ۴۵ س ۳

$$\sigma_t = \frac{N}{A} + \frac{M_x x}{I_y} + \frac{M_y y}{I_x}$$

$$I_y = I_x = 4\times\left(\frac{178\times(12)^3}{12} + 15.4\times 1296 + \frac{1.2\times(12)^3}{12} + 14.4\times 10 + \frac{1\times(15)^3}{12} + 15\times(7.5)^2 + \frac{15}{12} + 15(16.5)^2\right) = 4\times(1.55 + 3073.5 + 172.8 + 1440 + 281.25 + 843.75 + 1.25 + 4083.75) = 39591.4\ cm^4$$

$\sigma_a = 1400\ kg/cm^2$

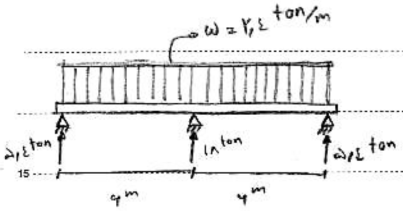
$\sigma'_a = 1400 + 33\% = 1862$

$$\Rightarrow \sigma_t = \frac{23000}{230} + \frac{M_x}{I_y}x + \frac{M_y}{I_x}y \xrightarrow{max} \sigma_{max} = 100 + M_x\left(\frac{x+y}{I_x}\right) = 100 + M_x\left(\frac{34}{39591.4}\right) = 1400$$

$$\Rightarrow (M_x = M_y)_{max} = 496581.17\ kg.cm = 4.96581\ ton.m$$

$$\Rightarrow \sigma_t = 100 + \frac{M_x}{I_y}x + \frac{M_y}{I_x}y \xrightarrow{max} 100 + \frac{34}{39591.4}M_x = 1862$$

$$\Rightarrow M_{max} = 1003758.43\ kg.cm = 10.03758\ ton.m$$



ص ۴۳ س ۲

$M_{max} = 5.4\times 6 + 43.2 = 10.8\ ton.m$

$$\sigma_a = \frac{M_{max}}{2W_x} \Rightarrow 1400 = \frac{1080000}{2W_x} \Rightarrow W_x = 385.71 \rightarrow IPE\ 270\times 2$$

$$\tau = \frac{V_{max}}{J\,t} = \frac{9000}{23.9\times 1.02\times 4} = 92.29\ kg/cm^2 < 900 \quad ok$$

$U_{max} = 0.0054\,\frac{\omega l^4}{EI}$

$E_{st} = 2.1\times 10^6\ kg/cm^2$

$\tau_a = 900\ kg/cm^2$

$\sigma_a = 1400\ kg/cm^2$

$u_a = l/400$

$$U_{max} = 0.0054\,\frac{\omega l^4}{EI} = 0.0054\times\frac{24\times(1200)^4}{2.1\times 10^6\times 2\times 5790} = 14.37\ cm > 3\ cm \quad NG$$

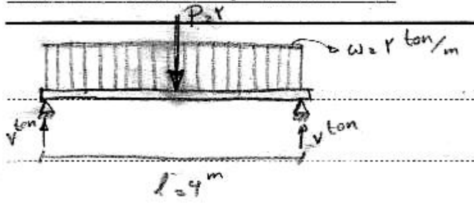
$$\Rightarrow \frac{l}{400} = 0.0054\,\frac{\omega l^4}{EI} \Rightarrow I = 93195.4\ cm^4 \Rightarrow I' = 31597.7\ cm^4 \quad 2\times IPE\ 450$$

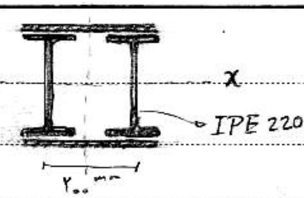
$$I_{ترکیبی} = 2\times I_{IPE200} + I_{PL} \Rightarrow 93195.4 = 3880 + I_{PL} \Rightarrow I_{PL} = 59315.4$$

$$\Rightarrow \frac{bh^3}{12} + bh\times d^2 = 29957.7 \Rightarrow$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )





ص ۴۲ ، س ۲

$\sigma_a = 1400\ kg/cm^2$ $\qquad \sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \Rightarrow 1400 = \frac{12\times 10^5}{W_x} \Rightarrow W_x = 857.14\ cm^3 \rightarrow 2\times W_x' = 857.14$

$\tau_a = 900\ kg/cm^2$

$u_a = l/300$ $\qquad \Rightarrow W_x' = 428.57\ cm^3 \Rightarrow \boxed{2\times IPE\,270}$

$(u_{max})_p = \frac{Pl^3}{48EI}$

$(u_{max})_w = \frac{5wl^4}{384EI}$ $\qquad \tau_{max} = \frac{V_{max}}{Jt} = \frac{7000}{55.06} = 127.1\ kg/cm^2 < 900\ kg/cm^2$ ok

$E = 2.1\times 10^6\ kg/cm^2$

$U_{max} = U_p + U_w = \frac{5wl^4}{384EI} + \frac{Pl^3}{48EI} = 1.287 + 0.470 = 1.757 < 2\ cm$ ok

$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \Rightarrow W_x = 857.14\ cm^3 \Rightarrow \frac{I}{y} = 857.14 \Rightarrow I = 857.14\times 22 = 18857\ cm^4$

$I = 2I_{x_{IPE220}} + 2I' \Rightarrow 18857 = 2\times 2770 + 2I' \Rightarrow 2I' = 13317 \Rightarrow I' = 6658.5\ cm^4$

$\Rightarrow \frac{b'h'^3}{12} + b'h'\times\left(\frac{h}{2}\right)^2 = 6658.5 \Rightarrow b'h'\left(\frac{h'^2}{12} + 121\right) = 6658.5 \Rightarrow h'\left(\frac{h'^2}{12} + 121\right) = 221.95 \Rightarrow 121h' = 221.95$

$\Rightarrow h' = 1.8\ cm \quad b' = 30\ cm$

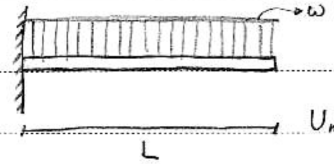
PAPCO

Subject:

Year. ۸۹ Month. ۳ Date. ٤ (۵)

سید مصطفی ریاحی

آشنایی با مقاومت مصالح و سازه های فلزی — سؤال صفحه ۱۲



$u(x) = ?$ $\qquad U_{max} = \dfrac{\omega l^4}{8EI}$ $\qquad E = 2\times10^6\ kg/cm^2$

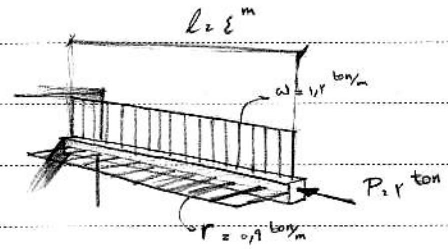
ص ۱۵۱ س ۴ : $u(x) = \iint \dfrac{M(x)}{EI}dx + C_1x + C_2 = \dfrac{1}{EI}\iint M(x)dx + C_1x + C_2$

$M(x) = \dfrac{\omega x^2}{2} \Rightarrow u(x) = \dfrac{1}{EI}\int \dfrac{\omega x^3}{6}dx + C_1x + C_2 = \dfrac{\omega x^4}{24EI} + C_1x + C_2$

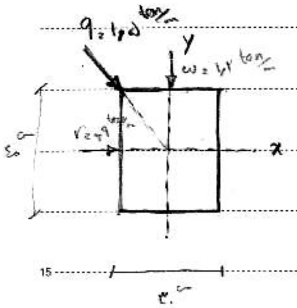
$\left| \begin{array}{l} x = L \\ u'(x) = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \dfrac{\omega L^3}{6EI} + C_1 = 0 \Rightarrow C_1 = -\dfrac{\omega L^3}{6EI}$

$\left| \begin{array}{l} x = L \\ u(x) = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \dfrac{\omega L^4}{24EI} - \dfrac{\omega L^4}{6EI} + C_2 = 0 \Rightarrow C_2 = \dfrac{\omega L^4}{8EI}$

$\Rightarrow u(x) = \dfrac{\omega x^4}{24EI} - \dfrac{\omega L^3}{6EI}x + \dfrac{\omega L^4}{8EI} \longrightarrow \left| \begin{array}{l} x = 0 \\ u(x) = max \end{array} \right. \Rightarrow \boxed{u_{max} = \dfrac{\omega L^4}{8EI}}$



$\sigma_{max} \rightarrow M_{max} \rightarrow$



$I_x = \dfrac{bh^3}{12} = 160000\ cm^4$

$I_y = \dfrac{hb^3}{12} = 90000\ cm^4$

$\sigma_t = -\dfrac{P}{A} - \dfrac{M_r x}{I_y} + \dfrac{M_\omega y}{I_x} = -1.6 - \dfrac{720000}{90000}x + \dfrac{960000}{160000}y$

$\Rightarrow \sigma_t = -1.6 - 8x + 6y \longrightarrow \left| \begin{array}{l} x = 15 \\ y = -20 \\ \sigma_{max} \end{array} \right. \Rightarrow \sigma_{max} = -1.6 - 120 - 120 = -241.6\ kg/cm^2$

$(U_{max})_r = \dfrac{r l^4}{8EI_y} = \dfrac{9\times(400)^4}{8\times2\times10^5\times90000} = 1.6\ cm$

$(U_{max})_\omega = \dfrac{\omega l^4}{8EI_x} = \dfrac{12\times(400)^4}{8\times2\times10^5\times160000} = 1.2\ cm$

$\sigma = E\varepsilon \Rightarrow \dfrac{P}{bh} = E\dfrac{\Delta l}{l} \Rightarrow \Delta l = \dfrac{2000\times400}{30\times40\times2\times10^5} = 3.3\times10^{-3}\ cm \simeq 0$

$U_t = \sqrt{U_r^2 + U_\omega^2} = 2\ cm$

مثال ۱) در یک ساختمان اداری ارتفاع طبقه همکف آن ۶ متر است و نیروی وارد بر ستون ۹۰^{ton} تعیین شده است پروفیل لازم را انتخاب کنید پروفیل از نوع IPB

$\sigma_a = ۱۴۰۰ \ kg/cm^۲$

$E = ۲,۱ \times ۱۰^۶ \ kg/cm^۲$

$A_{req} = \frac{۶۰ \times ۱۰۰۰}{۱۴۰۰} = ۴۲,۸ \ cm^۲ \rightarrow IPB \ 140 \begin{cases} I_x \\ I_y \rightarrow I_{min} \end{cases}$

پروفیل بال پهن
پروفیل H
IPB پروفیل ستونی
WF از انواع ها
برای خرپا خوب است و ستون ها

$P_{cr} = \frac{\pi^۲ E I_{min}}{l^۲} = \frac{۳,۱۴^۲ \times ۲,۱ \times ۱۰^۶ \times ۵۵۰}{۶۰۰^۲} = ۳۲^{ton} < ۹۰^{ton}$ $\boxed{\text{غلط IPB 140}}$

$\Rightarrow P_{cr} = \frac{\pi^۲ E I_{min}}{l^۲} \Rightarrow \frac{۳,۱۴^۲ \times ۲,۱ \times ۱۰^۶ \times I_{min}}{۶۰۰^۲} = ۶۰۰۰۰ \Rightarrow I_{min} = ۱۰۴۳,۲۱ \ cm^۴$

$\boxed{IPB \ 180} \rightarrow I_y = ۱۳۰۰ \ cm^۴$

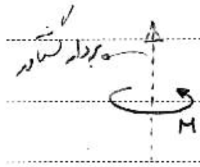
مثال ۲) چنانچه در ساختمان قبل ارتفاع ستون ۳ متر باشد مجدداً پروفیل مورد نیاز را تعیین کنید

مثال ۳) مسئله ۱ را برای حالات زیر مجدداً حل کنید: الف) طول ستون ۴^m و نیروی آن ۱۲۰^{ton}

ب) ۸^m و ۳۰^{ton}

ج) ۹^m و ۹۲^{ton}

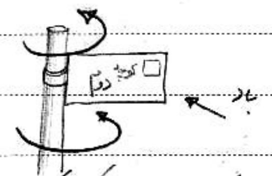
ص۱۱ مسأله ۴ ص۲۱ مسأله ۲ ص۴۵ مسأله ۳ ص۴۳ مسأله ۲

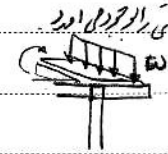


فصل هفتم: پیچش: پیچش گشتاوری است که بردار آن در راستای محور عضو قرار می‌گیرد.

فصل هشتم: کمانش ستون‌ها

پیچش: تنش برشی ایجاد می‌کند همان طور که گشتاور خمشی تنش خمشی را بوجود می‌آورد.



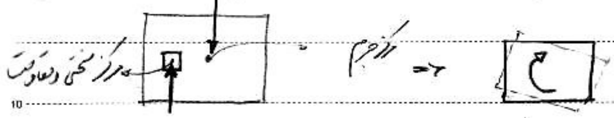


*) زلزله از جنس شتاب است و در جرم شیء ضرب می‌شود و به نیرو تبدیل می‌شود.

در ساختمان برج‌ها به خاطر نیرو مانند یک میخ شبیه یک طره عمل می‌کند حال اگر برج به خاطر نیرو در گوشه‌ای باشد

برای ساختمان‌ها پیچش اتفاق می‌افتد.

بنابراین محل تقاطع سقف‌ها و ستون‌ها تخریب می‌شود.



گشتاور خمشی $M \rightarrow \sigma = \frac{MY}{I}$

گشتاور پیچشی $T \rightarrow \tau = \frac{Tr}{J}$

Torque

$$\boxed{\tau = \frac{Tr}{J}}$$

گشتاور پیچشی

فاصله نقطه از محور پیچش

تنش برشی ناشی از گشتاور پیچشی

اینرسی قطبی حول محور پیچش

یادآوری

$J = \int r^2 dA$

$\Rightarrow J = \int (x^2+y^2)\, dA$

$= \int x^2 dA + \int y^2 dA$

$\Rightarrow J = I_x + I_y$

تغییر شکل پیچش (φ): φ زاویه پیچش است

$$\frac{TL}{JE} \rightarrow \frac{[FL][L]}{[L^4][FL^{-2}]} = 1 \qquad \text{rad} \leftarrow \boxed{\varphi = \frac{TL}{JE}}$$

طول میله تحت پیچش

کمانش: تغییر شکل تحت فشاری

*) کمانش بسیار با اهمیت است زیرا در اکثر اوقات تنش ایجاد کننده کمانش کمتر از تنش مجاز فشاری است.

بنابراین از مهم‌ترین ملاک‌های طراحی سازه کمانش است

P_{cr}: بار بحرانی کمانش - معادله اویلر

Euler

critical

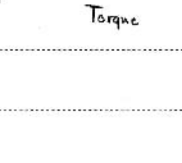
$$\boxed{P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{l^2}}$$

چون شکل کمانش یک انحنای سینوسی است

و چون دیفرانسیل تغییر شکل گرفته است بنابراین

π از آنجا در صورت می‌آید

چون معادله تغییر شکل تابعی از سینوس است (طبق اثبات اویلر)

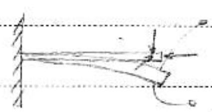


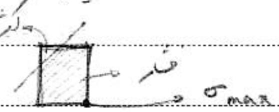
*) حال اگر در وسط ستون یک تکیه‌گاه ثابت بگذاریم تغییر شکل به دو انحنای سینوسی تبدیل می‌شود

و چون l ½ شد در نتیجه P_{cr} ۴ برابر می‌شود چون تغییر شکل کمانش از جنس سینوس است بنابراین قسمت پایین مجبور است که به طرف دیگر کمانش کند

Subject:
Year. Month. Date. ( )

حال می‌بینیم که ترید چه نقطه‌ای تنش بیشتر را دارا است خوب چون N در تیر تنش را ایجاد می‌کند پس بیشترین تنش در نقطه است اما در تیرهای دیگر نیز بیشترین تنش را ایجاد کنند





که مثلاً در مثال ما می‌شود نقطه پایین سمت راست مقطع

*) چرا استدلال باشد تنش خمشی از جنس محوری و تنش محوری است چون خمش اثرش در تنش محوری ایجاد می‌شود

ادامه می‌دهیم پیدا کردن تنش بیشینه محوری:

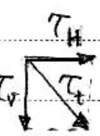
$$\text{max تنش}: \left| \begin{array}{l} x = \frac{b}{2} \\ y = -\frac{h}{2} \end{array} \right. \longrightarrow \sigma_t = \frac{P}{a^2}\left(-1 + \frac{12l}{a^2} y - \frac{12l}{a^2} x\right)$$

$$\Rightarrow (\sigma_t)_{max} = \frac{P}{a^2}\left(-1 + \frac{12l}{a^2}\left(\frac{-h}{2}\right) - \frac{12l}{a^2}\left(\frac{b}{2}\right)\right) = -\frac{P}{a^2}\left(1 + \frac{12l}{a}\right)$$

حال به تنش max برشی می‌پردازیم: مثلاً در مثال‌های کلاس رسیده بودیم که تنش max برشی در مقاطع مستطیلی برابر است با:

$$\tau_{max} = 1.5\frac{V}{A}$$

$$(\tau_{max})_V = 1.5\frac{P}{a^2} \quad , \quad (\tau_{max})_H = 1.5\frac{P}{a^2}$$



$$\Rightarrow (\tau_t)_{max} = \sqrt{2}\left(1.5\frac{P}{a^2}\right)$$

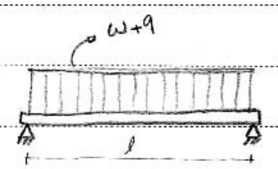
حال سوال از ما تغییر مکان مرکز سطح مقطع انتهای آزاد تیر را می‌خواهد

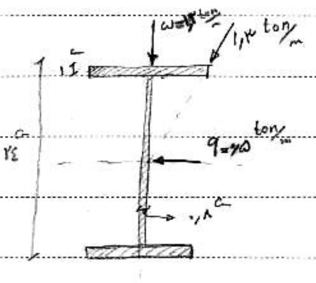
$$u_{max} = \frac{Pl^3}{3EI}$$

$$\overleftarrow{(u)_N} = \frac{Pl}{a^2E} \quad (\sigma = E\varepsilon)$$

$$(u)_V \downarrow = \frac{Pl^3}{3E\frac{a^4}{12}} = \frac{4Pl^3}{Ea^4} \qquad (u)_H = \frac{4Pl^4}{Ea^4}$$

حل سوال ۳ ص ٤١:





$E_{st} = 2.1\times10^6\ kg/cm^2$

$U_{max} = \frac{5wl^4}{384EI}$

$u_a = \frac{l}{300}$

$\tau_a = 900\ kg/cm^2$

$\sigma_a = 1400\ kg/cm^2$

$U_{max} = U_a \Rightarrow \frac{5wl^4}{384EI_x} = \frac{l}{300} \rightarrow (l_u)_w$

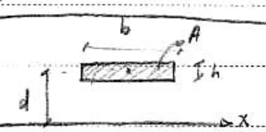
$U_{max} = U_a \Rightarrow \frac{5ql^4}{384EI_y} = \frac{l}{300} \rightarrow (l_u)_q$

$\text{Min}\left((l_u)_w , (l_u)_q\right)$

$\sigma_t = \left|\frac{\frac{wl^2}{8}\times 12}{I_x}\right| + \left|\frac{\frac{wl^2}{8}\times 5}{I_y}\right| = \sigma_{max} \leq \sigma_a$

$\tau_{max} = \sqrt{(\tau_{max})_w^2 + (\tau_{max})_q^2} \leq \tau_a$

یادآوری:



$$I_x = \frac{bh^3}{12} + Ad^2$$

PAPCO

سؤالات: صـ۱ مسأله ۱ - صـ۳ مسأله ٤ - صـ۳ مسأله ۱ - صـ٤ مسأله ٤ صـ٥ و صـ۹ (دیلی) - صـ۱۰ صـ۱۱ صـ۱۲ (دیلی)

$A = bh$

$I = \frac{bh^3}{12}$

$W = \frac{bh^2}{6}$

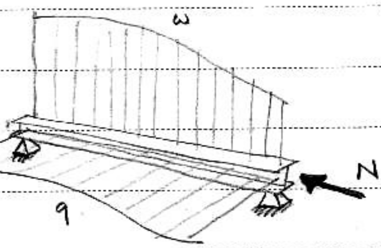
فصل ششم: ادامه ترکیب تنش‌ها

جلسه قبل:

الف) ترکیب تنش‌های ناشی از کشش و خمش و نیروهای محوری

ب) ترکیب تنش‌های ناشی از خمش مرکب (خمش نامتقارن)

ج) ترکیب تنش‌های ناشی از خمش مرکب و نیروهای محوری

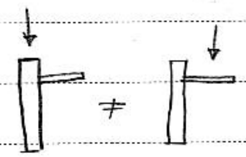


معادله کلی تنش

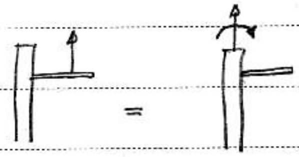
$$\sigma_t = \pm\frac{N}{A} \pm \frac{M_\omega Y}{I_x} \pm \frac{M_q x}{I_y}$$

معادله محور خنثی $\sigma_t = 0 \Rightarrow \underbrace{\pm\frac{N}{A}}_{\gamma} \pm \underbrace{\frac{M_\omega}{I_x}}_{\alpha} y \pm \underbrace{\frac{M_q}{I_y}}_{\beta} x = 0$

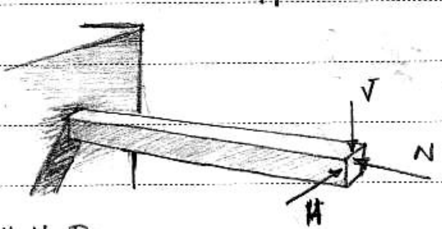
$$\Rightarrow \alpha y \pm \beta x + \gamma = 0$$

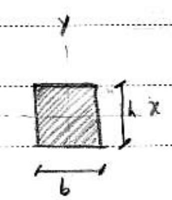


می‌خواهیم در رابطه با انتقال نیرو صحبت کنیم. آیا می‌توان شکل ۱ و ۲ را برابر فرض کرد؟ خیر ولی می‌توان انتقال داد با فرض نقطه ضعف با تساوی بالا (احتساب)



یعنی گشتاوری که باعث مساوی شدن حالات می‌شود را نیز در نظر بگیریم



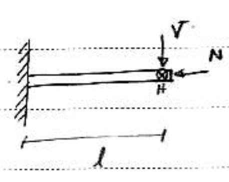


حل سؤال ۳

$b = h = a$

معادله تنش‌ها و محور خنثی در محل تکیه‌گاه؟

$V = H = N = P$



$$\sigma_t = \pm\frac{N}{A} \pm \frac{M_\omega Y}{I_x} \pm \frac{M_q x}{I_y}$$

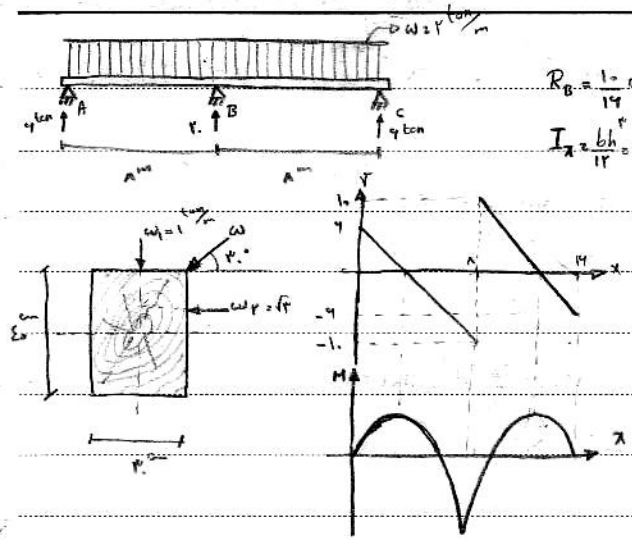
$$\sigma_t = -\frac{N}{bh} + \frac{Vly}{\frac{bh^3}{12}} - \frac{Hlx}{\frac{bh^3}{12}}$$

$\Rightarrow \sigma_t = 0 \Rightarrow \frac{12Hl}{hb^3}x - \frac{12Vl}{bh^3}y + \frac{N}{bh} = 0$

$\Rightarrow \boxed{\frac{12Hl}{b^2}x - \frac{12Vl}{h^2}y + N = 0}$ معادله تار خنثی در مقطع تکیه‌گاه

$$\sigma_t = -\frac{P}{a^2} + \frac{Pl}{\frac{a^4}{12}}y - \frac{Pl}{\frac{a^4}{12}}x$$

$$\Rightarrow \sigma_t = \frac{P}{a^2}\left(-1 + \frac{12l}{a^2}y - \frac{12l}{a^2}x\right)$$



ص ۳۸ سوال ۴

$R_B = \frac{10}{16} wl = 20^{ton}$, $R_A = R_C = 6^{ton}$

$I_x = \frac{bh^3}{12} = 160000 \, cm^4$ $\quad I_y = \frac{hb^3}{12} = 90000 \, cm^4$

$$\sigma_{t_{max}} = -\frac{M_{w_1(8)} Y}{I_x} - \frac{M_{w_2(8)} x}{I_y} = -\frac{8\times10^5 \times 20}{160000} - \frac{8\sqrt{3}\times10^5\times15}{90000}$$
$$= -100 - 260{,}9 = -360{,}9 \, kg/cm^2$$

معادله تار خنثی

$$\sigma_t = -5y - \frac{80\sqrt{3}}{9} x = 0 \Rightarrow y = -\frac{16\sqrt{3}}{9} x$$

ضریب اطمینان

$$SF = \frac{\sigma_u}{\sigma_{max}} \Rightarrow \sigma_u = 2{,}5 \times 360{,}9 = 902{,}25 \, kg/cm^2$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau_{max_{w_1}}^2 + \tau_{max_{w_2}}^2} = \sqrt{\left(\frac{3}{2}\cdot\frac{V_x}{A}\right)^2 + \left(\frac{3}{2}\cdot\frac{V_y}{A}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{3\times5000}{2\times1200}\right)^2 + \left(\frac{3\times1000\sqrt{3}}{2\times1200}\right)^2}$$
$$= \sqrt{39{,}06 + 117{,}18} = 12{,}5 \, kg/cm^2$$

$$\tau_u \geq 2{,}5 \times \tau_{max} \Rightarrow \tau_u \geq 31{,}25 \, kg/cm^2$$

سید مصطفی [illegible]

Subject:

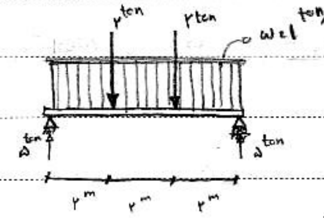
Year. ۸۶ Month. ۲ Date. ۱۸ (۲)

حل مسائل مقاومت مصالح و سازه‌های فلزی

صـ ۵۴ سؤال ۲ الف)

$\sigma_{max} = \frac{M_{max} y_{max}}{I} \Rightarrow 1400 = \frac{M_{max} \times 12}{3890} \Rightarrow M_{max} = 453833.\bar{3}\ kg.cm = 4538.\bar{3}\ kg.m$

ب)



$M_{max} = M_{(3)} = 2\times 2 + \frac{9}{2} - 15 = -8.5\ ton.m = 8500\ kgm$

$8500 > 4538.\bar{3}$ غلط

$I_{x_{\text{جدید}}} = I_{x_{\text{قدیم}}} + 2\left(\frac{bh^3}{12} + Ad^2\right) = 3890 + 2\left(\frac{10\times 1.2^3}{12} + 12\times(12.6)^2\right) = 7703.12\ cm^4$

$\Rightarrow \sigma_{max} = \frac{M_{max} y_{max}}{I_x} = \frac{850000 \times 13.2}{7703.12} = 1456.55\ kg/cm^2 > 1400$ غلط

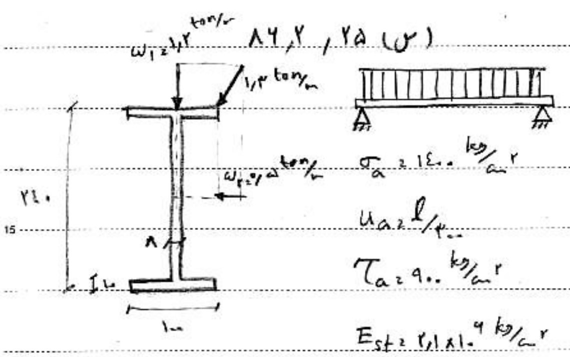
$\tau_{max} = \frac{V_{max} S_x}{I_x t} = \frac{5\times 1000 \times 183}{7703.12 \times 0.8} = 148.47 < 900$ قق

۵۱

حل مسائل مقاومت مصالح و سازه‌های فلزی

(س) ۸۶/۲/۲۵

صـ ۴۱ سؤال ۳



$I_x = \frac{b_1 h_1^3}{12} + 2\left(\frac{b_2 h_2^3}{12} + Ad^2\right)$

$= \frac{0.8(22)^3}{12} + 2\left(\frac{10}{12} + 10\times(11.5)^2\right) = 3356.52\ cm^4$

$\sigma_a = 1400\ kg/cm^2$

$u_a = l/300$

$\tau_a = 900\ kg/cm^2$

$I_y = \frac{h_1 b_1^3}{12} + 2\frac{h_2 b^3}{12} = 167.6\ cm^4$

$E_{st} = 2.1\times 10^6\ kg/cm^2$

$U_{max} = 5wl^4/384EI$

$(U_{max} = u_a)_{w_1} \Rightarrow 5w_1 l^4/384EI_x = l/300$

$\Rightarrow \frac{5\times 1.2\times 10\times l^4}{384\times 2.1\times 10^6 \times 3356.52} = l/300 \Rightarrow l^3 = 15037209.6\ cm^3 \Rightarrow l_{w_1} = 531.79\ cm$

$(U_{max} = u_a)_{w_2} \Rightarrow 5w_2 l^4/384EI_y = l/300 \Rightarrow \frac{5\times 5\times l^3}{384\times 2.1\times 10^6\times 167.6} = \frac{1}{300} \Rightarrow l^3 = 18020352\ cm^3 \Rightarrow l_{w_2} = 262.1\ cm \rightarrow \min(l_{uw_1}, l_{uw_2})$

$\sigma_{t_{max}} = -\frac{\frac{w_1 l^2}{8}\times y}{I_x} - \frac{\frac{w_2 l^2}{8}\times x}{I_y} \Rightarrow \sigma_{max} = \sigma(-5,-12) = -\frac{12\times(262.1)^2}{8\times 3356.52}y - \frac{5\times(262.1)^2}{8\times 167.6}x = -30.7y - 256.17x = 1649.25\ kg/cm^2$ غلط

$\sigma_a = -\frac{l^2}{8}\left(\frac{w_1 y}{I_x} + \frac{w_2 x}{I_y}\right) \Rightarrow 1400 = -\frac{l^2}{8}\left(\frac{12\times y}{3356.52} + \frac{5x}{167.6}\right) \Rightarrow 1400 = \pm\frac{l^2}{8}(0.1920) \Rightarrow l^2 = 58314 \Rightarrow l = 241.48\ cm$

$\tau_{max} = \sqrt{\tau_{w_1}^2 + \tau_{w_2}^2} = \sqrt{\left(\frac{\frac{w_1 l}{2}\times A\times\bar{y}}{\frac{b_1 h_1^3}{12}\times t}\right)^2 + \left(\frac{\frac{w_2 l}{2}\times A\times\bar{y}}{I_y\times t}\right)^2} = \sqrt{61004.4 + \left(\frac{w_2 l\times(A_1 y_1 + 2A_2 y_2)}{2I_y\times t}\right)^2} = \sqrt{61004.4 + 16.13} = 247.02\ kg/cm^2 < 900$

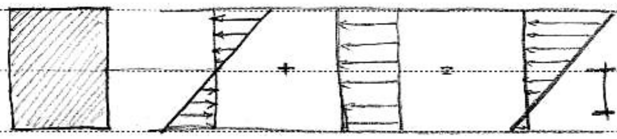
قق

PAPCO

Subject:

Year.   Month.   Date.   ( )

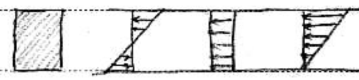
حال بار محوری در مرکز تغییر مکان داده است. برای بدست آوردن این بار خمشی جدید می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم.



$$\frac{-N}{A}=\frac{MY_0}{I}$$

$$\frac{-N}{bh}=\frac{12MY_0}{bh^3} \Rightarrow Y_0=-\frac{Nh^2}{12M}$$

مثال: در یک تیر بتنی با مقطع مستطیل b×h تحت تاثیر بار گسترده یکنواخت w مقدار نیروی محوری N را بنحوی تعیین کنید که در هیچ نقطه از تیر تنش کششی ایجاد نشود.



راه اول: $\frac{M\,h/2}{I}=\frac{N}{bh} \Rightarrow \frac{M\,h/2}{\frac{bh^3}{12}}=\frac{N}{bh} \Rightarrow N=\frac{6M}{h}=\frac{6wl^2}{8h}=\frac{3wl^2}{4h}$

راه دوم: $Y_0=h/2 \Rightarrow h/2=\frac{-Nh^2}{12M} \Rightarrow N=\frac{12M}{2h}=\frac{3wl^2}{4h}$

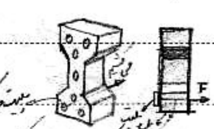
بنابراین ما از این ترفند استفاده می‌کنیم یا بتن را دیگر مسلح نمی‌کنیم (یعنی نیروی کششی و تنش کششی را از داخل تیر حذف می‌کنیم) یا با استفاده از این ترفند بتن‌های با نیروی بالای محوری می‌سازیم یعنی آن را تحت نیروی محوری قرار می‌دهیم قبل از استفاده و در زمان گرفتن بتن. به آن بتن پیش تنیده (prestressed Concrete) می‌گوییم یعنی ما با این ترفند ضعف بتن را که ضعف کششی آن بود مرتفع کردیم. حال چگونه این نوع بتن را می‌سازیم سوالی است که در درس مقاومت مصالح ... باید یافت: دو راه دارد: 1- post tensioning: بتن را در قالب می‌ریزیم به همراه سوراخ ... 2- pretensioning: ... کابل‌ها را ایجاد می‌کنیم ولی بتن نمی‌ریزیم

در آن ایجاد می‌کنیم از سوراخ‌ها عبور داده

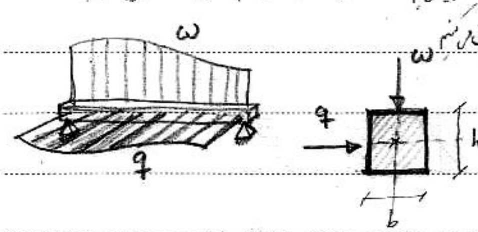
یعنی از داخل قالب قبل از بتن‌ریزی کابل رد می‌کنیم و کابل‌ها را می‌کشیم

گرفتن بتن کابل رد می‌کنیم و از یک طرف F

سپس بعد از گرفتن بتن کابل‌ها را رها می‌کنیم تا بتن فشرده شود



بلوکه می‌کنیم و از طرف دیگر می‌کشیم تا جایی که N را تامین کند بعد کابل را ثابت می‌کنیم



ب) ترکیب تنش‌های خمشی

$$(\sigma)_w=\pm\frac{M_w Y}{I_x}$$ اثر خمش حول محور x

$$(\sigma)_q=\pm\frac{M_q X}{I_y}$$ اثر خمش حول محور y

$I_x=\frac{bh^3}{12}$

$I_y=\frac{hb^3}{12}$

$$\Rightarrow \sigma_t=\pm\frac{M_w Y}{I_x}\pm\frac{M_q X}{I_y}$$ معادله کلی تنش

$$\sigma_t=0 \Rightarrow \pm\frac{M_w Y}{I_x}\pm\frac{M_q X}{I_y}=0$$

- حال می‌خواهیم ببینیم تار خنثی چگونه است؟

مثال: در یک سقف شیب‌دار با زاویه ۳۰° با بار گسترده ٤ ton/m ایجاد می‌شود درصورتیکه تیر دارای یک مقطع مستطیل شکل با ابعاد ٤٠×٣٠ باشد حداکثر تنش خمشی در تیر و معادله تار خنثی را تعیین نمایید.

PAPCO

صفحه ٤١ مسأله ٣، ٦ - ص ٣٨ م ٣ - ص ٢٢ م ٣ - ص ١٠ م ٣ (ادبی) - ص ٥ و ص ٦ (ادبی)

فصل ششم: ترکیب تنش‌ها (Combination of Stresses)

در این جلسه تئوری جدیدی یاد نمی‌گیریم بلکه به ترکیب تنش‌های سابق می‌پردازیم.

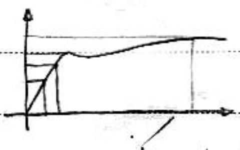
اصل ترکیب (superposition) (اصل اجتماع آثار قوا): تاثیر یک مجموعه از نیروها برابر است با مجموع جبری تاثیرات نیروهای متعدد به شرط این که جسم در محدوده رفتار ارتجاعی باقی بماند

یعنی یک چیزی شبیه به حل تیرهای نامعین به وسیله تغییر شکل : 

ولی ما این را به صورت منطقی نپذیرفتیم بلکه حسی درک کردیم

علت گذاشتن شرط آخر:

مثلا این است که فرض کنیم یک بار 2^{ton} بارگذاری می‌کنیم یک بار 3^{ton} و بار دیگر کرنش 5^{ton} بارگذاری معادل مجموع کرنش 2^{ton} و 3^{ton} باشد با این بار $\sigma_5 = ?$



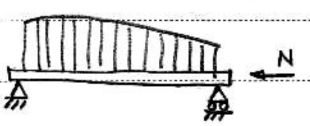
$$\varepsilon_2 + \varepsilon_3 \neq \varepsilon_5$$

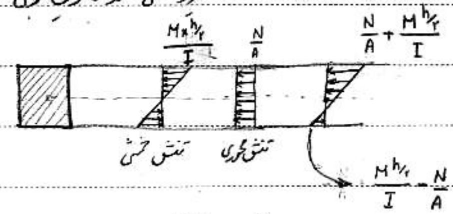
ما نمی‌توانیم تنش‌ها را همین طور با هم ترکیب کنیم مثل این است که طول را با زمان جمع کنیم بنابراین حالات ممکن را بررسی می‌کنیم

انواع ترکیب تنش‌ها در ساختمان عبارتند از:

الف) ترکیب تنش ناشی از خمش و نیروی محوری

* باید توجه داشت که ممکن است گاهی اوقات تنش‌ها ← تنش و نیروی کششی (+)
همدیگر را خنثی کنند بنابراین برای تنش‌ها علامت می‌گذاریم ← تنش و نیروی فشاری (−)





$$\sigma_{خمش} = \frac{MY}{I} \qquad \sigma = \frac{N}{A} \Rightarrow \sigma_t = \sigma_{خمش} + \sigma = \pm\frac{MY}{I} \pm \frac{N}{A}$$

دقت کنید: در این مبحث بزرگترین دقت را در قسمت علامت‌ها باید انجام دهیم با دقت تمرکز کنید در هر شرایطی باید جواب‌ها را بفهمید.

$$\Rightarrow \sigma_t = -\frac{N}{A} - \frac{MY}{I}$$

تنش محوری فشاری است   تنش خمشی در قسمت مثبت فشاری است.

Subject:

Year. Month. Date. ( )

مسائل هفته آینده: ص۵۴ مسئله ۱ ص۵۳ مسئله ۱ ص۵۱ مسئله ۱ ص۵۴ مسئله ۲ ص۴۵ مسئله ۲

مسائل دیدنی: ص۲۴ مسئله ۱ و ۲ و ۳ - ص۱۶ مسئله ۱ و ۲ اول این را بخوانید بعد که مسئله ها را حل کنید.

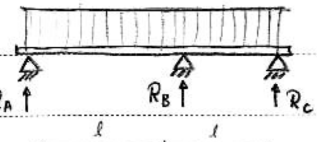
Subject:
Year. ۸۶ Month. ۲ Date. ٤ (۲)

در جلسه قبل: ما برای هر تیری تغییر شکل را می‌سنجیم یعنی ابتدا می‌توانیم u_{max} را محاسبه کنیم و کنترل کنیم با توجه به تغییر شکل مجاز که با توجه به استانداردها مشخص شده است

مثلاً $u_a = \frac{l}{250}$ $\qquad u_{max} \le u_a$

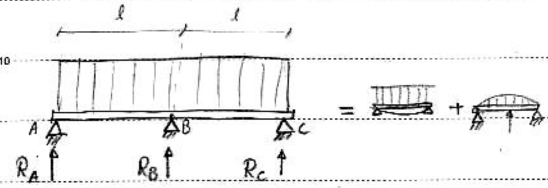
فصل هفتم: حل سازه‌های نامعین (Statically Indeterminated Str.)

*) در تغییر شکل تیرها دیدیم که مثلاً یک تیر با بار گسترده تغییر شکل کمتری دارد تا همان تیر با همان بار ولی به صورت متمرکز. درک کنید!



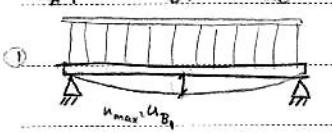
تا الان اگر به ما شکل مقابل را می‌دادند نمی‌توانستیم حل کنیم زیرا ۳ مجهول داریم ۲ معادله

به این گونه تیرها تیر نامعین می‌گوییم



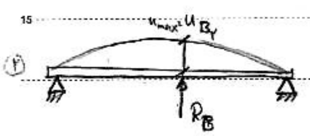
حال من با چیزهایی که در جلسه قبل یاد گرفته‌ام به طور خیلی ساده‌ای می‌توانم این را حل کنم

خوب من می‌دانم که تیر من در ۳ نقطه A و B و C تغییر شکل ندارد



اگر تکیه‌گاه وسط را بردارم و تغییر شکل را در نقطه آن می‌سنجیم

سپس می‌گوییم که انگار یک نیرو داشته‌ام که این تغییر شکل را برطرف کرده است



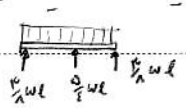
یعنی تیر را در حالت دوم می‌سنجیم بعد تغییر شکل‌ها را برابر قرار دهیم آنگاه می‌توانم نیروی تکیه‌گاه وسط را بیابیم

دقت که تکیه‌گاه B وسط است

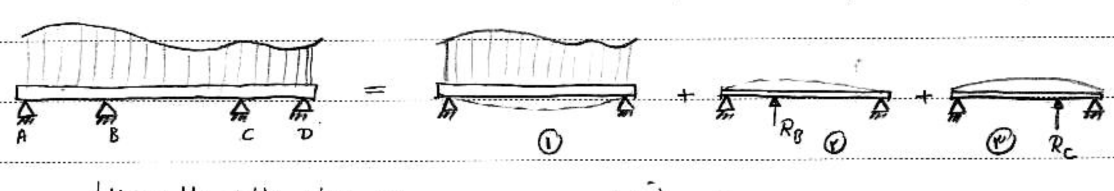
$$u_{B_1} = u_{B_2} \qquad u_1 = \frac{5w(2l)^4}{384EI} \qquad u_2 = \frac{R_B(2l)^3}{48EI}$$

$$\Rightarrow u_1 = u_2 \Rightarrow R_B = \frac{5}{4}wl$$

*) یعنی تکیه‌گاه وسط از دو تکیه‌گاه دیگر بیش از دو برابر تحمل بار می‌کند.



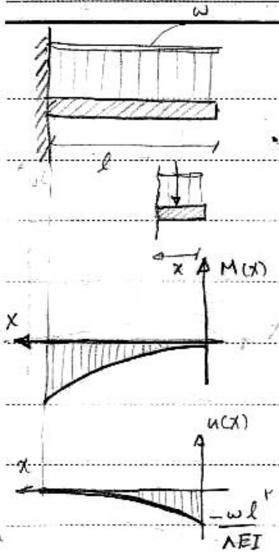
*) حال ما می‌توانیم تمام سازه‌های نامعین استاتیکی را حل کنیم. مثلاً



$$\left. \begin{array}{l} u_B = u_{1_B} + u_{2_B} + u_{3_B} = 0 \\ u_C = u_{1_C} + u_{2_C} + u_{3_C} = 0 \end{array} \right| \Rightarrow R_B + R_C \xrightarrow[\text{استاتیکی محاسبه می‌گردد}]{\text{با توجه به معادلات تعادل}} R_A, R_D$$

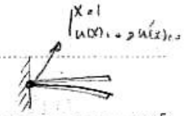
Subject:

Year. Month. Date. ( )



مثال ۲: برای یک تیر طره‌ای به طول l تحت بار یکنواخت گسترده ω معادله تغییر شکل و حداکثر آن را تعیین کنید

$$M(x) = \frac{-\omega x^2}{2} \qquad u(x) = \iint \frac{M(x)}{EI}\,dx + C_1x + C_2 = \iint \frac{-\omega x^2}{2EI}\,dx + C_1x + C_2$$

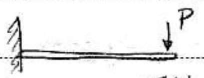


$$= \frac{-\omega}{2EI}\int \frac{x^3}{3}\,dx + C_1x + C_2 = \frac{-\omega}{6EI}\left(\frac{x^4}{4}\right) + C_1x + C_2 \Rightarrow \begin{cases} x=l,\ u(x)=0 \\ x=l,\ u'(x)=0 \end{cases}$$

$$\Big|_{u(x)=0}^{x=l} \Rightarrow \frac{-\omega l^4}{24EI} + C_1 l + C_2 = 0 \overset{\text{I}}{\Rightarrow} \frac{-\omega l^4}{24EI} + \frac{\omega l^4}{6EI} + C_2 = 0 \Rightarrow C_2 = \frac{-\omega l^2}{8EI}$$

$$\Big|_{u'(x)=0}^{x=l} \Rightarrow \frac{-\omega l^3}{6EI} + C_1 = 0 \Rightarrow C_1 = \frac{\omega l^3}{6EI} \quad \text{I} \qquad \Rightarrow u(x) = \frac{-\omega x^4}{24EI} + \frac{\omega l^3 x}{6EI} - \frac{\omega l^2}{8EI}$$

$$u_{max} \to x=0 \Rightarrow u_{max} = \frac{-\omega l^2}{8EI}$$



مثال ۳: مسئله قبل را در حالتی حل کنید که تیر طره‌ای تحت بار متمرکز P در انتهای آزاد آن باشد

مثال ۴: مسئله ۱ را با یک بار مثلثی با یک سر برابر ω می‌باشد حل کنید

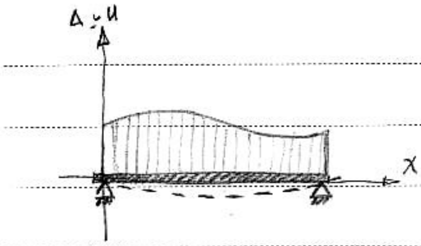
*) در حقیقت سازه‌هایی که در حالت معمولی می‌سازند این یعنی که سازه ما تنش‌های خمشی و برشی را تحمل کرده است ولی طراح مهندسی از لحاظ تغییر شکل ندارد

کنترل تغییر شکل: در آیین‌نامه‌ها برای انواع سازه‌ها (مسکونی یا تجاری‌ها) کسری را قرار داده‌اند که به عنوان تغییر شکل مجاز در تیر را تعیین می‌کند
مثلا $\frac{l}{300}$ بعد ما u_{max} را محاسبه می‌کنیم و کنترل می‌کنیم که باید $u_{max} \leqslant u_{a\,(\frac{l}{300})}$ باشد

Subject:

Year. ۸۹ Month. ۱ Date. ۲۸ (س)

آشنایی با مقاومت مصالح و سازه‌های فلزی جلسه ۸



فصل پنجم: تغییر شکل تیرها (Deflection of Beams)

ما برای محاسبه تغییر شکل یک محور به نام u یا Δ تعریف می‌کنیم

به عبارتی اگر بخواهیم در نقطه خاص یک تیر چه مقدار تغییر شکل می‌دهد

چون نظر ما روی ما M(x) را می‌دانیم ← $u(x) = ?$

۲) این در بخش با تغییر شکل توسط خمش ایجاد می‌شود برای اینکه کرنش برشی نیز زاده نیروی برشی است و کرنش برشی نیز در نتیجه توسط خمش به وجود می‌آید.

پس $u(x)$ را می‌توان که تابع مرتبط با $M(x)$ دانست

حال می‌پردازیم به تعریف مشتق اول و دوم: به مشتق اول معادله شیب و مشتق دوم آن معرف انحنا (curvature) آن است.

هر چه انحنا داریم آن چیزی که سختی برای سطح مقطع آن است. چیزی که مقاومت در برابر تنش را ایجاد می‌کند چیزی فراتر از سطح مقطع است به نام اینرسی

$u(x) \sim M(x)$

$u(x) \sim \frac{1}{I}$

$u(x) \sim \frac{1}{E}$

پس از تمام سعی تلاش ریاضی به معادله زیر می‌رسیم

$$\boxed{u''(x) = \frac{M(x)}{EI}}$$

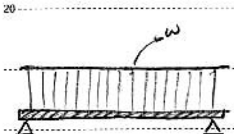
یادآوری: $\int x^n dx = \frac{1}{n+1} x^{n+1}$

$$\Rightarrow u'(x) = \int \frac{M(x)}{EI} dx + c_1 \Rightarrow u(x) = \iint \frac{M(x)}{EI} dx + c_1 x + c_2$$

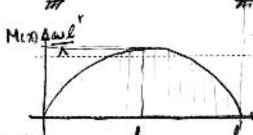
حرف حال ما دو مجهول داریم به نام c_1 و c_2 پس باید اطلاعات داشته باشیم تا دو مجهول حذف بشود، می‌دانیم که در $x=0$ و $x=l$ ← $u(x)=0$

بنابراین دو معادله دو مجهول را حل می‌کنیم که شرایط مرزی (boundry condition)

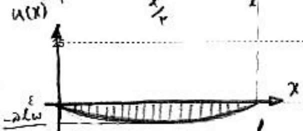
مثال ۱: برای یک تیر ساده با بار گسترده یکنواخت معادله تغییر شکل را تعیین و بیشترین مقدار آن را بدست آورید



$$M(x) = \frac{\omega(l-x)x}{2} = \frac{\omega l}{2}x - \frac{\omega x^2}{2} \qquad u(x) = \iint \frac{M(x)}{EI} dx + c_1 x + c_2$$



$$u(x) = \int \frac{1}{EI}\left(\frac{\omega l}{2}\frac{x^2}{2} - \frac{\omega}{2}\frac{x^3}{3}\right)dx + c_1 x + c_2 = \int \frac{1}{EI}\left(\frac{\omega l x^2}{4} - \frac{\omega x^3}{6}\right)dx + c_1 x + c_2$$



$$u(x) = \frac{1}{EI}\left(\frac{\omega l}{4}\frac{x^3}{3} - \frac{\omega}{6}\frac{x^4}{4}\right) + c_1 x + c_2$$

$x=0,\ u(x)=0 \Rightarrow c_2 = 0$

$x=l,\ u(x)=0 \Rightarrow \frac{1}{EI}\left(\frac{\omega l^4}{24}\right) + c_1 l = 0 \Rightarrow c_1 = \frac{-\omega l^3}{24EI}$

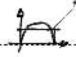
$$\Rightarrow u(x) = \frac{\omega}{24EI}\left(2lx^3 - x^4 - l^3 x\right) \xrightarrow[\text{در وسط تیر است } u_{max}]{\text{چون متقارن}} u_{max} = \frac{\omega}{24EI}\left(\frac{3l^4}{16} - \frac{l^4}{2}\right) = \frac{-5\omega l^4}{384EI}$$

مثال ۲. حداکثر تنش برشی در مقطع مستطیلی را تعیین کنید.

$$\tau_{max} = \frac{3V(h^2-4y^2)}{2bh^3} \xrightarrow{y=0} \tau_{max} = \frac{3Vh^2}{2bh^3} = \frac{3V}{2bh} = \frac{3V}{2A_{کل}}$$

یکنواخت گرفتیم

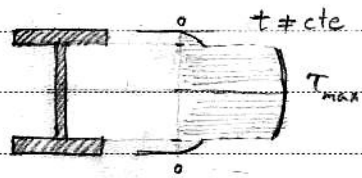
$$\boxed{\tau_{max} = \frac{3V}{2A_{کل}}}$$



* در تنش معمولی (محوری) ما رسیدیم به این که $\sigma = \frac{P}{A}$ بنابراین

ولی در تنش برشی رسیدیم به این که $\tau_{max} = 1.5\frac{V}{A}$ پس نمی‌توانیم بگوییم یکنواخت است

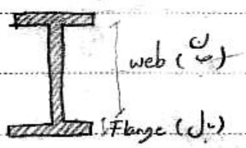
مثال ۳. توزیع تنش برشی در یک تیر با مقطع I را ترسیم کنید.



$$\tau = \frac{VS}{I_x t}$$

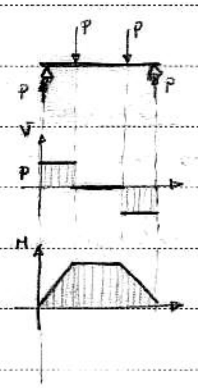
* در لحظه برخورد جان و بال تنش دفعتاً چند برابر می‌شود به خاطر تغییرات t

ولی از آن به بعد رشد حساسیت کم است پس شیب نمودار کم می‌شود



* بنابراین در تیرهای I شکل از تنش قسمت بال می‌توان صرف نظر کرد زیرا اصلی‌ترین تنش جان است

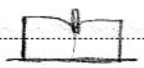
* پس به هنگام طراحی در مورد تیر I شکل می‌بایست قسمت جان را انجام می‌دهیم $\Rightarrow \boxed{\tau \simeq \tau_{web}}$



* عامل ایجاد کننده نیروی برشی داخل تیر است (مثال ۱)

* نیروهای برشی یک سری نیروی محوری را ایجاد می‌کنند در خلاف مسیر با توجه به این که مقاطع بریده شده است

زیر شکل زود به خود می‌گیرد ولی با یک میخ بریده می‌شود نیروی V از بین می‌رود ⇐ شکل به حالت اول باز می‌گردد

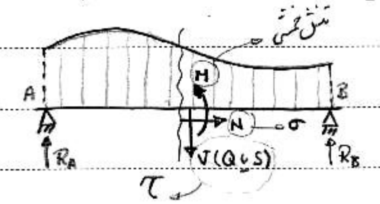


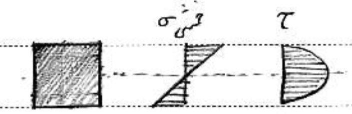
فصل چهارم: برش و تنش‌های برشی (shear stress)

نیروی محوری P ، F ، N $\xrightarrow{\text{تنش}}$ $\sigma \left[\frac{F}{L}\right]$

نیروی برشی S یا Q $\xrightarrow{\text{تنش}}$ $\tau \left[\frac{F}{L^2}\right]$

*) حرف اول را طراحی خمشی می‌زند ولی تیرها باید برش را نیز بررسی کنند

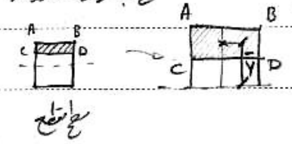




$$\tau \sim \frac{1}{A} \xrightarrow{\text{حالت مستطیلی}} \tau \sim \frac{1}{I_x}$$

$\tau \sim V$ $\tau \sim S$ لنگر استاتیکی سطح بالاتر از نقطه مورد نظر $S \triangleq \int y\,dA$ $[L^3]$ $\bar{y} = \frac{\overset{\int y\,dA}{S}}{\int dA} = \frac{S}{A_{کل}}$

$\Rightarrow S = \bar{y} \times A_{کل}$



$\tau \sim \frac{1}{t} \rightarrow$ عرض تیر در آن نقطه

*) هرچه عرض تیر (t) کمتر باشد تنش بیشتر می‌شود زیرا عرض عامل انتقال دهنده است و حالت دهانه‌ای رخ می‌دهد (در تیر I شکل)

$$\boxed{\tau = \frac{V\,S}{I_x\,t}} \xrightarrow[\max]{\text{در طراحی}} \tau_{max} = \frac{V_{max}\,S_{\text{تارخنثی}}}{I_x\,t_{min}} \text{(نیم‌مقطع)}$$

*) S_{max} وقتی رخ می‌دهد که نقطه مورد نظر را تار خنثی فرض کنیم زیرا سطح زیر خط خنثی علامت منفی دارد و هرچه پایین‌تر رویم از مقدار مثبت کم می‌شود نمودار S :

*) با استفاده از جدول که برای S و I و t نوشته شده است کار ما بسیار ساده‌تر است

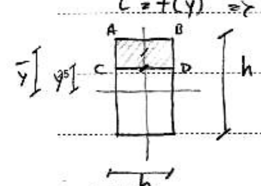
$$\tau = \frac{V_{max}}{\frac{I_x}{S_{\text{نیم‌مقطع}}}\,t_{min}} \Rightarrow \boxed{\tau = \frac{V_{max}}{J\,t_{min}}}$$

$J \leftarrow \frac{I_x}{S_{\text{نیم‌مقطع}}}$

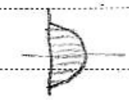
مثال: توزیع تنش برشی در یک تیر با مقطع مستطیلی را تعیین کنید.

مستطیل $\Rightarrow t = cte$

$$\tau = f(y) \Rightarrow \tau_{(y)} = \frac{V\,S}{I_x\,t} = \frac{V(A \times \bar{y})}{I_x\,t} = \frac{V\left(b\left(\frac{h}{2}-y\right)\right)\left(y+\left(\frac{\frac{h}{2}-y}{2}\right)\right)}{\frac{bh^3}{12} \times b} = \frac{V \times \frac{b}{2}\left(\frac{h}{2}-y\right)\left(\frac{h}{2}+y\right)}{\frac{b^2h^3}{12}} = \frac{6V\left(\frac{h^2-4y^2}{4}\right)}{bh^3}$$



$$\Rightarrow \boxed{\tau_{(y)} = \frac{6\,V(h^2-4y^2)}{4bh^3}} \xrightarrow{\text{درجه ۲}}$$



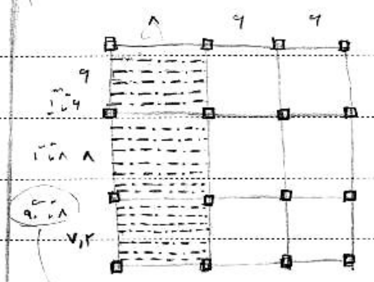
Subject:

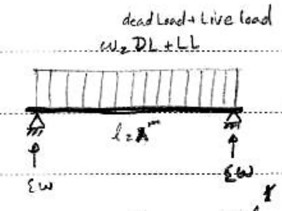
Year. ۸۹ Month. ۱ Date. ۱۴ ( )

ج ۶ — آشنایی با مقاومت مصالح و سازه‌های فلزی

حل تمرین فصل ۱: خمش و تنش‌های خمشی

مثال) تیر ... در دهانه طول



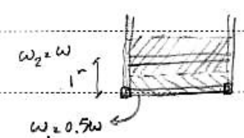


طراحی بر اساس تنش خمشی — $M_{max} = \frac{wl^2}{8}$

*) w وارد بر تیر عوض می‌شود برابر حالت قبل تا صفحه ۵

هر تیر بردوش حالا w ضرب در ۰٫۹ می‌شود

*) برای هر تیری یک w مورد نظر وجود دارد یعنی مثلاً به شکل زیر



* اگر فاصله‌ها را ۱۲۰ در نظر بگیریم w بیشتر می‌شود پس تیر را عمق ضخیم‌تری می‌خواستیم

بنابراین شاید اقتصادی نباشد بنابراین در اینجا مقوله اقتصادی وارد کار طراحی می‌شود

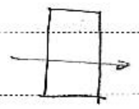
مثال) مثال قبل را با w برابر ... ۹ متر به طور افقی و در دهانه‌های ۷٫۲ متر برای دهانه‌های عمودی مجدداً حل کنید و تیرهای فرعی را در دهانه‌ای ... قرار دهید

$(w = 850\ \text{kg/m}^2)$ و $(\sigma_a = 1400\ \text{kg/cm}^2)$

Subject:

Year. Month. Date. ( ) جلسه ۵

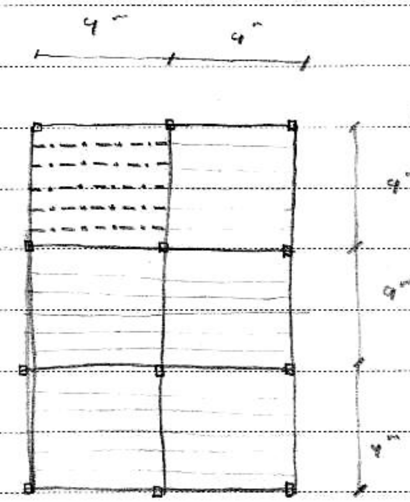
اثبات ریاضی فرمول تنش خمشی



$$M = F\times L \Rightarrow dM = dF\times Y \xrightarrow{M=\int dM} M=\int dM = \int dF\times Y \quad (I)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow dF = \sigma\, dA \xrightarrow{F=\int dF} \int dF = \int \sigma \times dA \quad (II)$$

$$(I),(II)\quad M = \int \sigma \times dA \times Y$$



مثال) تیرآهن‌های مورد نیاز برای سقف یک ساختمان مسکونی مطابق شکل زیر را تعیین کنید ($\sigma_a = 1400\ kg/cm^2$)

*) با فرض اینکه ساختمان مسکونی فقط نیروی ثقلی را داریم.

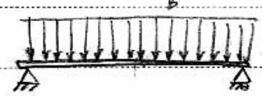
Dead Load نیروهای دائمی هستند: ۱- بار ثابت

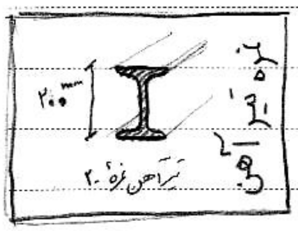
Live Load ۲- بار غیرثابت

در ساختمان مسکونی بار مرده = ۵۰۰ kg/m^2

بار زنده = ۲۰۰ kg/m^2 $\Rightarrow w = 700\ kg/m^2$

- دیاگرام آزاد یک تیر را می‌کشیم:





$$M_{max} = \frac{wl^2}{8} = \frac{700\times 6^2}{8} = 3150\ kg.m$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}\, Y_{max}}{I_x} \xrightarrow{W_x = \frac{I_x}{Y_{max}}} \sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \Rightarrow \sigma_a = \frac{M_{max}}{W_{x_{لازم}}} \Rightarrow 1400\ kg/cm^2 = \frac{3150\ kg\times m}{W_{x_{لازم}}}$$

اساس مقطع

$$\boxed{W_x = \frac{I_x}{Y_{max}(h/2)}} \Rightarrow \boxed{\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x}}$$

تنش مجاز

$$W_{x_{لازم}} = \frac{3150\times 100\ kg\times cm}{1400\ kg/cm^2} = 225\ cm^3$$

$\Rightarrow$ INP 220

تیرآهن نمره ۲۲

مثال دوم: مثال قبل را برای یک ساختمان آموزشی ($w = 850\ kg/m^2$) و یک ساختمان تجاری ($w = 1000\ kg/m^2$) و یک کتابخانه ($w = 1200\ kg/m^2$) در دو حالت زیر تعیین کنید.

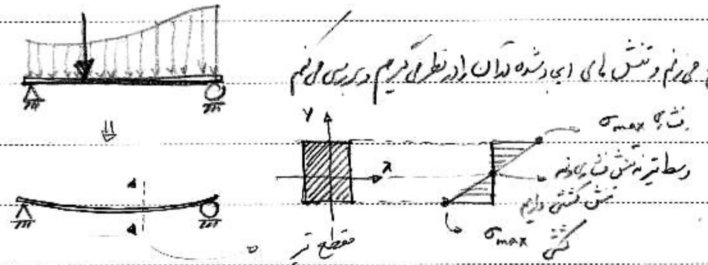
الف) دهانه = ۶m ب) دهانه = ۷.۲m

ضمناً در صورت امکان تیرهای اصلی سقف را نیز طراحی کنید.

فصل سوم: تنش‌های خمشی (Bending Stress)

حوزهٔ محدود طراحی سازه‌ها خمش است پس به تنش‌های خمشی می‌پردازیم ولی اولین معیار برای انتخاب مصالح سازه خمش است.

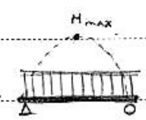
در یک تیر خمشی که بارگذاری شده است در هر مقطع ممان و تنش‌های ایجاد شده آن را در نظر گرفته و بررسی می‌کنیم



حال می‌پردازیم به این که چگونه می‌توان تنش خمشی را محاسبه کرد. زیرا حاصل نیرو به سطح است و نیرو نیز پخش می‌شود ⇒ $\sigma \sim \frac{1}{A}$ $\qquad \sigma_{خمشی} \sim M$

تنش کششی به فاصله‌اش از مرکز ثقل دارد ⇒ $\sigma \sim Y$ $\qquad \Rightarrow \sigma \sim \frac{1}{I}$ (ما از این لنگر ماند گشتاور خمشی) از I استفاده می‌کنیم ← به جای A

$$\Rightarrow \boxed{\sigma_{خمشی} = \frac{MY}{I}} \Rightarrow$$



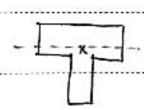
$$\Rightarrow \sigma_{max\,خمشی} = \frac{M_{max} \times Y_{max}}{I}$$

حال چگونه تیر را طراحی می‌کنیم

ما تیر را طرح می‌دهیم آزمایشگاه σ_y را به ما می‌دهد در فرمول ضریب اطمینان می‌گذاریم و یک تنش مجازی را برای تیر در نظر می‌گیریم و طبق آن سطح آن را محاسبه می‌کنیم

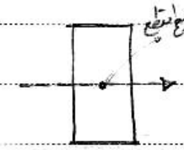
ما دو مقوله داریم:
- کنترل: $\sigma \leq \sigma_a$ OK. قابل قبول — $\sigma > \sigma_a$ N.G. غیر قابل قبول ← $\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times Y_{max}}{I}$
- طراحی ← در بالا توضیح دادم ⇐

$$\boxed{I_x = \frac{M_{max}\, Y_{max}}{\sigma_{max}}}$$



تار خنثی از مرکز سطح مقطع عبور می‌کند مثلاً

*) مرکز ثقل را در استاتیک یاد گرفتیم

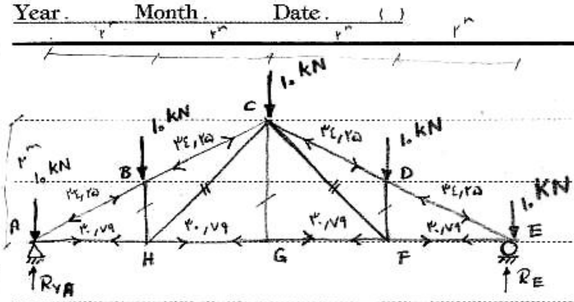


* محور (تار) خنثی (Neutral Axis) N.A

*) تار خنثی تمام عبور نقاطی که تنش خمشی آن‌ها صفر است

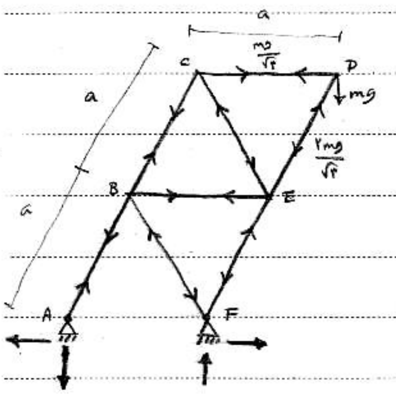
Subject:

Year. Month. Date. ( )



ص ۱۲۸ مسأله ۲ ۷-۵

$\sigma_{فشاری} = ۱۴۰ \quad \sigma_{کششی} = ۱۶۰$



$\frac{\sqrt{۳}}{۲} \times F_{DE} = mg \Rightarrow F_{DE} = mg \frac{۲}{\sqrt{۳}}$

$F_{CD} = mg \times \frac{1}{\sqrt{۳}}$

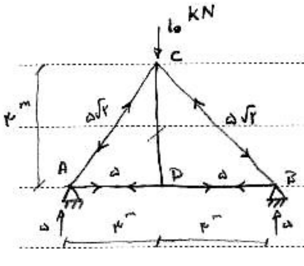
ص ۱۲۹ مسأله ۲ ۷-۶

Subject:

Year. ۸۵ Month. ۱۲ Date. ۲۲ (۲)

حل مسائل مقاومت مصالح و سازه‌های فلزی

ص ۱۲۵ مسئله ۲-۷



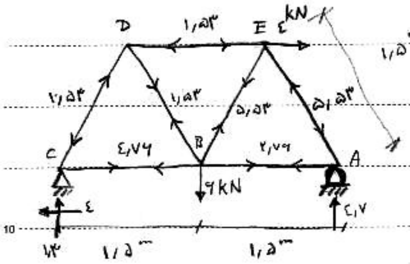
تقارن $\Rightarrow F_{Y_A} = ۵^{kN} = F_{Y_B}$ $\sum F_{Y_D} = ۰ \Rightarrow F_{CD} = ۰$

$F_{Y_A} = F_{CA} \times \sin ۴۵° \Rightarrow F_{CA} = ۵\sqrt{۲}^{\,kN} \Rightarrow F_{AD} = ۵^{kN}$ $\sigma_{a\,\text{فشاری}} = ۱۴۰۰\ \mathrm{kg/cm^2}$ $\sigma_{a\,\text{کششی}} = ۱۶۰۰\ \mathrm{kg/cm^2}$

$۵\sqrt{۲}$ فشاری : $A = \frac{۰,۵\sqrt{۲}}{۱,۴} \approx ۰,۵\ \mathrm{cm^2}$

۵ کششی : $A = \frac{۰,۵}{۱,۴}$

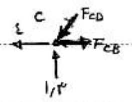
ص ۱۲۷ مسئله ۴-۷ $\boxed{\sigma_{\text{فشاری}} = ۱۴۰۰ \quad \sigma_{\text{کششی}} = ۱۶۰۰}$



$\sum F_X = ۰ \Rightarrow R_{X_C} = ۴^{kN}$

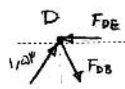
$\sum F_Y = ۰ \Rightarrow R_{Y_C} + R_{Y_A} = ۶^{kN} \quad (\mathrm{I}) \Rightarrow R_{Y_C} = ۱,۳$

$\sum M_C = ۰ \Rightarrow -۶\times۱,۵ + R_{Y_A}\times۳ - ۴\times(۱,۵\times\sin ۶۰) = ۰ \Rightarrow ۳R_A = ۹ + ۵,۱ \Rightarrow R_A = ۴,۷ \quad (\mathrm{I})$

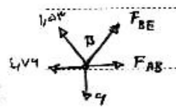


$\sum F_Y = ۰ \Rightarrow F_{CD} \times \sin ۶۰ = ۱,۳ \Rightarrow F_{CD} = ۱,۵۳^{kN}$

$\sum F_X = ۰ \Rightarrow F_{CB} = ۴ - \frac{۱}{۲} F_{CD} = ۴,۷۶^{kN}$

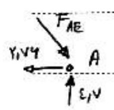


$\Rightarrow F_{DB} = F_{CD} = ۱,۵۳^{kN} \Rightarrow F_{DE} = ۲\times۱,۵۳\times\frac{۱}{۲} = ۱,۵۳^{kN}$



$\Rightarrow F_{BE}\times\sin ۶۰° + ۱,۵۳\times\sin ۶۰° = ۶ \Rightarrow F_{BE} = ۵,۵۳^{kN}$, $\sum F_X = ۰ \Rightarrow F_{AB} = ۴,۷۶ + ۱,۵۳\times\frac{۱}{۲} - ۵,۵۳\times\cos ۶۰°$

$\Rightarrow F_{AB} = ۲,۷۶^{kN}$



$F_{AE} = \frac{۳}{[illegible]}\times۲,۷۶ = ۴,۷\times\frac{۲}{\sqrt{۳}} = ۵,۵۳^{kN}$

۵,۵۳	فشاری	$A = \frac{۰,۵۵۳}{۱,۴}$
۵,۵۳	کششی	$A = \frac{۰,۵۵۳}{۱,۶}$
۱,۵۳	فشاری	$A = \frac{۰,۱۵۳}{۱,۴}$
۱,۵۳	کششی	$A = \frac{۰,۱۵۳}{۱,۶}$
۴,۷۶	کششی	$A = \frac{۰,۴۷۶}{۱,۶}$
۲,۷۶	کششی	$A = \frac{۰,۲۷۶}{۱,۶}$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

ε_t

کرنش حرارتی: تغییر طول نسبی $\frac{\Delta L}{L}$

$$\boxed{\varepsilon_t = \alpha \Delta t}$$

σ_t

تنش حرارتی:

$$\sigma = E\varepsilon \Rightarrow \boxed{\sigma_t = E\alpha\Delta t}$$

*) $\alpha_{st} = 1{,}2\times10^{-5}\ cm/cm/°c$

مثال: تنش و کرنش حرارتی یک تیر فولادی را در اقلیمی که در زمستان دمای $-10°$ و در تابستان $40°$ را تجربه می‌کند بدست آورید.

$\varepsilon_t = \alpha\Delta t \qquad \sigma_t = E\alpha\Delta t$

$\varepsilon_t = \qquad \sigma_t = 1260\ kg/cm^2$ ⚠

*) اگر در یک سازه فلزی تیرآهن بدون درز انبساط بگذاریم، تنش حرارتی آن آزاد شود از $1400\ kg/cm^2$ تنش مجاز

(expansion joint)

$1260\ kg/cm^2$ از تنش حرارتی استفاده می‌شود پس $140\ kg/cm^2$ تنش دیگر برای محاسبات باقی مانده ← ساختمان خراب می‌شود.

دانستنی‌ها

درزها:

1) درز ضد زلزله Earth Quake Joint: یعنی می‌توانیم ساختمان را (درز انقطاع) به مستقل‌ها تقسیم کنیم مثلاً: ... یا ... چون در زلزله وقتی نیرو به یک جسم وارد می‌شود ساختمان در نقاط و میل می‌شکند می‌شکند.

$\uparrow F$

2) درز ساختمانی Construction Joint (درز اجرایی یا درز نشست)

زمین‌ها از لحاظ سستی:
- زمین سست یا ریلی
- زمین‌های سفت یا کلنگی
- زمین‌ها رج یا کلنگی سخت که شن و ماسه با زمین چسبنده به هم چسبیده‌اند (زمین تهران)
- زمین‌های سنگی (شمال تهران)

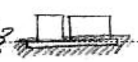
حال اگر بین ساختمانی را در جایی می‌گذاریم که زمین دو قسمتش با هم متفاوت است و یک طرف نشست می‌کند و یک طرف نشست نمی‌کند و گاهی این دو باعث شکستگی تیرها و لوله‌ها می‌شود

- طبقات باعث تغییر رفتار می‌شود ← درز
- دهانه‌ها با طول‌های مختلف رفتار متفاوت دارند ← درز
- تفاوت مصالح ← درز
- .....

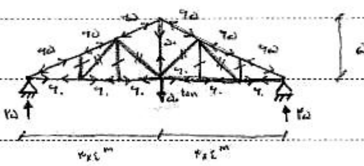
3) درز انبساط

در قوانین بین‌المللی برای این درزها یک مقدار حداقل را در نظر گرفته‌اند. H می‌سازد

*) در طراحی ساختمان باید این درزها گذاشته شود در طول‌های بیشتر مانند ریل راه‌آهن

*) درز انبساط در پی ادامه پیدا نمی‌کند.  چون پی در خاک است و Δt زیادی ندارد

مثال: نیروهای خرپای مقابل و سطح مقطع اعضای خرپا را تعیین کنید. $\left(\sigma_{a\,\text{کشش}} = 1400\ kg/cm^2,\ \sigma_{a\,\text{فشار}} = 1600\ kg/cm^2\right)$



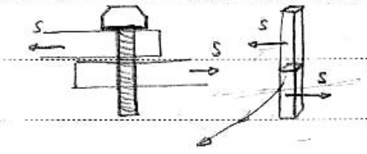
60	کشش	$A_{60} = \frac{60}{1{,}6} = 37{,}5\ cm^2$
95	فشار	$A_{95} = \frac{95}{1{,}4} = 67{,}8\ cm^2$
50	کشش	$A_{50} = \frac{50}{1{,}6} = 31{,}5\ cm^2$

صفحه 125 مسئله 7-2 و 7-4، صفحه 128 7-5 و صفحه 129 7-6 و صفحه 135 7-9 و صفحه 144 7-15

نیروی اعضا و سطح مقطع لازم؟ $\sigma_{a\,\text{کشش}} = 1600$ و $\sigma_{a\,\text{فشار}} = 1400$ تمام اینها تمرین ...

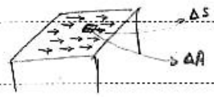
PAPCO

فصل دوم: تنش و کرنش - رابطه تنش و کرنش



حرف «S» را برای نیروی برشی استفاده می‌کنیم

تنش برشی (shear stress)
کرنش برشی
رابطه تنش و کرنش برشی

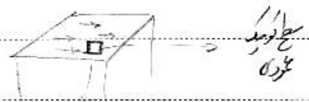


تنش برشی (τ) تاو: شدت نیروی برشی در یک نقطه

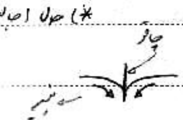
$$\boxed{\tau = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta S}{\Delta A} = \frac{dS}{dA}}$$

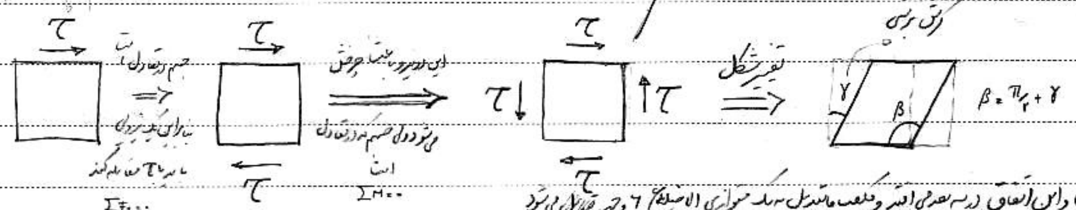
*) تنش برشی نیز در نقاط مختلف مقطع یکسان نیست

*) حال احالتاً بدانید که τ در اطراف صفر و در وسط ماکزیمم است.



*) وقتی نیر را می‌بریم:





*) در این اتفاق در سه بعد می‌افتد و مکعب ما تبدیل به یک متوازی الاضلاع ٦ وجهی (؟) می‌شود

(در حقیقت $\tau + \frac{d\tau}{dy}dy$ چون به ارتفاع تغییر می‌کند)

$\square \int dy$

کرنش برشی (γ): از جنس زاویه است.

$\sigma = f(\varepsilon)$, $\sigma = E\varepsilon$ ضریب الاستیسیته

$G_{st} = 8 \times 10^{5}$

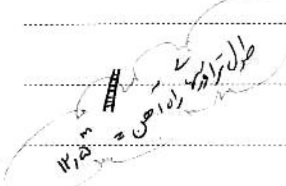
$$\boxed{\tau = G\gamma}$$

ضریب (ارتجاعی) برشی
Shear Modulus

می‌توان گفت که ضریب الاستیسیته که مربوط به رابطه بین تنش و کرنش (σ و ε) است با ضریب برشی که رابطه بین تنش برشی و کرنش برشی (τ و γ) رابطه دارد (که دیدیم!)

و می‌توان گفت که یک رابطه هم با ضریب پواسون دارد (نمره)

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



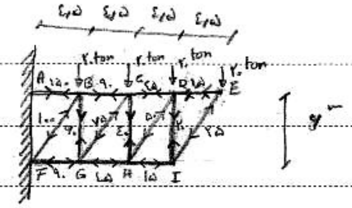
(Thermal Stress & Strain)

تنش‌ها و کرنش‌های حرارتی: در این قسمت به جای این که کرنش از تنش ایجاد شود تنش از کرنش حرارتی ایجاد می‌شود.

ضریب انبساط حرارتی (α): تغییر طول واحد طول به ازای یک درجه تغییر حرارت واحد $\frac{cm/cm}{°c} = 1/°c$

تغییر طول حرارتی: $\Delta L = \alpha \Delta t L$

مثال ۳: $\sigma_a = 2400\ kg/cm^2$ تنش مجاز فولادها (HS)



$15:\quad 2.4 = \frac{15}{A_{15}} \Rightarrow A_{15} = \frac{15}{2.4}$

$20:\quad A_{20} = \frac{20}{2.4}$

$25:\quad A_{25} = \frac{25}{2.4}$

$40:\quad A_{40} = \frac{40}{2.4}$

$45:\quad A_{45} = \frac{45}{2.4}$

$50:\quad A_{50} = \frac{50}{2.4}$

$60:\quad A_{60} = \frac{60}{2.4}$

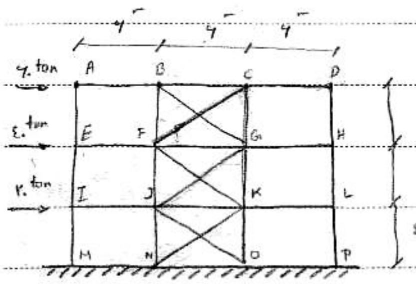
$75:\quad A_{75} = \frac{75}{2.4}$

$90:\quad A_{90} = \frac{90}{2.4}$

$100:\quad A_{100} = \frac{100}{2.4}$

$150:\quad A_{150} = \frac{150}{2.4}$

مثال آخر این جلسه) مهاربندی سازه مقابل را طراحی کنید. مهاربندی ها از نوع نبشی است ($\sigma_a = 1400\ kg/cm^2$)

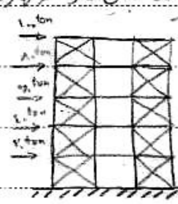


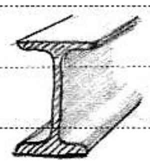
$F_1 \cos\beta = 60 \Rightarrow \frac{4}{5} F_1 = 60 \Rightarrow F_1 = 75^{ton} \qquad \frac{1400}{1} = \frac{75000}{A_{F_1}} = 53.6\ cm^2$

$\Rightarrow F_2 = 125^{ton} \qquad \frac{1400}{1} = \frac{125000}{A_2} \Rightarrow A = 89.3\ cm^2$

استقرایی $\Rightarrow F_3 = 150^{ton} \Rightarrow \frac{1400}{1} = \frac{150000}{A} \Rightarrow A = 107$

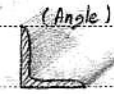
مثال، مسئله قبل را برای یک ساختمان پنج طبقه که نیروی زلزله آن در طبقات مختلف از ۱۰۰ تن تا ۲۰ تن تغییر می‌کند مجدداً طراحی نمایید. با این تفاوت که مهاربندی ها در دو دهانه کناری اجرا شده است



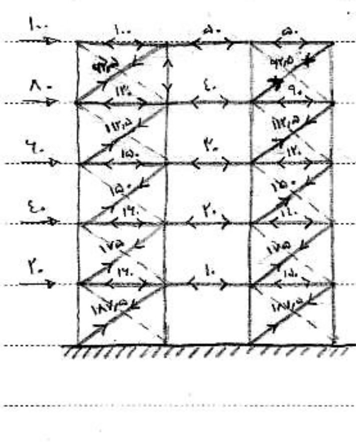


INP

I Normal Profil



نبشی (Angle)



$62.5:\quad A_{92.5} = \frac{92.5}{1.4}$

$112.5:\quad A_{112.5} = \frac{112.5}{1.4}$

$150:\quad A_{150} = \frac{150}{1.4}$

$175:\quad A_{175} = \frac{175}{1.4}$

$187.5:\quad A_{187.5} = \frac{187.5}{1.4}$

Subject:

Year. ۸۵ Month. ۱۲ Date. ۸ (ش)

مرور فصل هفتم: تنش، کرنش، رابطه بین تنش و کرنش

$\sigma \triangleq \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA}$ تنش نقطه‌ای $\qquad \varepsilon \triangleq \frac{\Delta L}{L} \qquad \varepsilon_b = \frac{\Delta b}{b} \qquad \varepsilon_b = -\nu \varepsilon$ ضریب پواسون

$\sigma = E \varepsilon$ ضریب ارتجاعی (مدول یانگ)

ضریب اطمینان (Safety Factor) SF که به خاطر عدم قطعیت ما نسبت به ضرایب مختلف است.

بستگی به سازه و عملکرد سازه ما دارد. بستگی به اطمینان ما نسبت به مصالح دارد.

$$\boxed{SF = \frac{\text{مقاومت نهایی}}{\text{مقاومت بسیج شده براساس نیروهای وارده}}}$$

برای سازه‌های فولادی $F.S. = 1.5$

مقاومت بسیج شده $\boxed{\sigma_a = \frac{\sigma_u \text{ یا } \sigma_y}{F.S.}}$

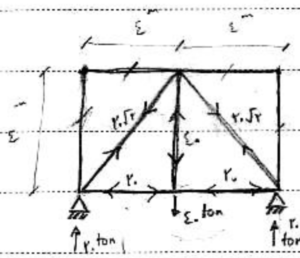
Allowable Stress

مثال: $\sigma_y = 2100 \ \frac{kg}{cm^2}$

$F.S. = 1.5 \Rightarrow \sigma_a = 1400$

* سعی کنید رفتار سازه‌ها را درک کنید

مثال ۱: برای یک خرپای فولادی مطابق شکل زیر سطح مقطع لازم برای هر پروفیل از فولاد معمولی را تعیین کنید. ($\sigma_a = 1400$ تنش مجاز فولاد)



(خرپای پل)

اعضای میانی:

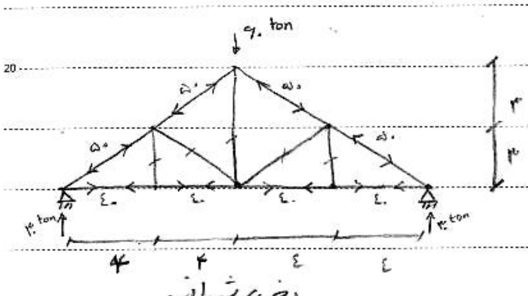
۲۰ t کششی $\rightarrow \frac{1400}{1} = \frac{20000}{A} \Rightarrow A_{20} = \frac{20000}{1400} = 14.2 \ cm^2$

$20\sqrt{2}$ t فشاری $\rightarrow \frac{1400}{1} = \frac{20000\sqrt{2}}{A} \Rightarrow A_{20\sqrt{2}} \approx 20 \ cm^2$

۴۰ t کششی $\rightarrow \frac{1400}{1} = \frac{40000}{A_{40}} \Rightarrow A_{40} = 28.4 \ cm^2$

* فولاد از معدود مصالحی است که دارای مقاومت کششی و فشاری قابل توجهی باشد و مقدار آن برای تنش و فشار تقریباً یکسان است. ولی این در مورد فولاد است نه مواد دیگر

مثال ۲: کلیه پروفیل‌های خرپای مقابل را طراحی کنید ($\sigma_a = 1400 \ \frac{kg}{cm^2}$)



(خرپای شیروانی)

۴۰: کشش $\quad 1.4 = \frac{40}{A_{40}} \Rightarrow A_{40} = \frac{40}{1.4} = 28.4 \ cm^2$

۵۰: فشاری $\quad 1.4 = \frac{40}{A_{50}} \Rightarrow A_{50} = \frac{50}{1.4} = 35.8 \ cm^2$

Subject:

Year. ۸۵ Month. ۱۲ Date. ۱ (س)

رابطه تنش و کرنش

رابطه تنش و کرنش: ما با آزمایش‌های فراوان متوجه شدیم که بین تنش و کرنش رابطه خاصی است که باید چنین آن شکلی داشته باشد $\varepsilon = f(\sigma)$
که در حقیقت تنش را داریم می‌فهمیم این جسم چقدر باید کرنش باشد. ولی این رابطه خطی نیست. ما با آزمایشات دیدیم که نمودار زیر بدست می‌آید.

$\tan\beta = m = E$

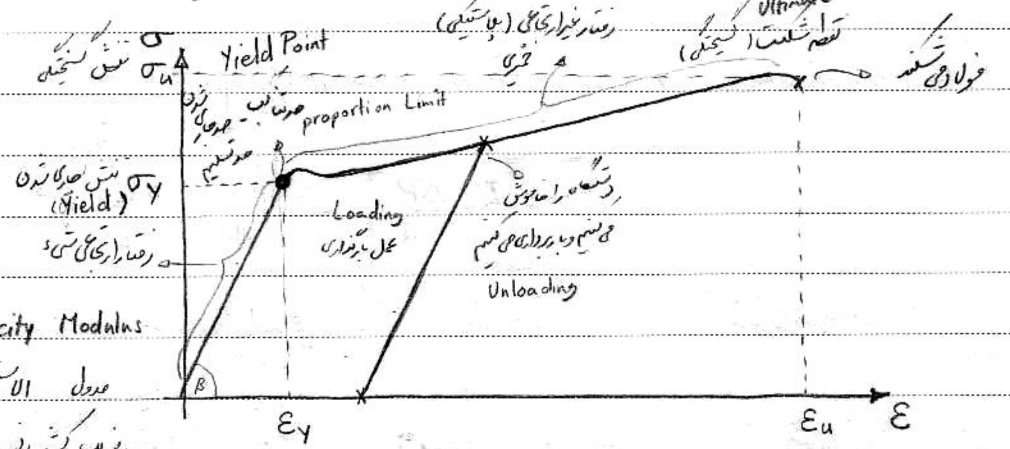
$Y = mx$

$\sigma = E\varepsilon$

E: Elasticity Modulus

مدول الاستیسیته (ضریب ارتجاعی)

یا ضریب کشسانی یا مدول یا ضریب یانگ



*) ارتجاعی (جهت می‌نما): یعنی اگر فشار را برداریم برمی‌گردد به سوی جای اولش یعنی نقطه صفر نمودار.

*) در اجسام دیگر، جسم در تنش جاری شدن می‌شکند به جز بعضی اجسام مثلاً فولاد. در اجسام دیگر تنش نهایی همان تنش گسیختگی است.

نقطه جاری شدن

نقطه جاری شدن: دیگر فولاد از آن نقطه به بعد رفتار الاستیسیته ندارد، رفتارش خمیری و پلاستیکی و غیرالاستیکی دارد یعنی دیگر اگر بار را از رویش برداریم به حالت قبل ارتجاع نمی‌یابد. یعنی فولاد جاری می‌شود. یعنی مانند آدامس و خمیر می‌شود. می‌گویند که آن نظم و مقاومت کریستال‌های فولادی در نقطه تسلیم از بین می‌رود.

*) تنش جاری شدن در فولادهای معمولی $2400 - 2100$ kg/cm^2 است و تنش نهایی $3700 - 3200$ kg/cm^2

*) ما با نقطه جاری شدن با فولاد کار داریم بعد از آن فولاد به دردمان نمی‌خورد. *) کرنش جاری شدن در فولادهای معمولی تقریباً 0.002 است و کرنش نهایی $0.26 - 0.21$ است.

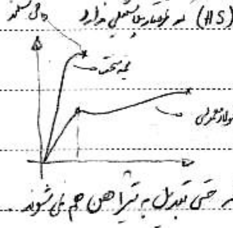
*) فولاد = کربن + آهن Steel → Fe + C

فولاد معمولی = $0.25 - 0.12$ درصد کربن دارند

فولاد سخت: 0.6 درصد کربن دارد

قانون هوک (Hooke's Law) $\boxed{\sigma = E\varepsilon}$ $\varepsilon = \dfrac{\sigma}{E}$

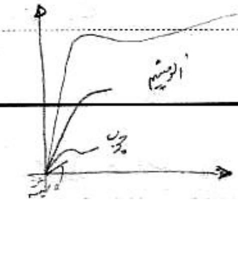
*) استیل گرفته نشده. *) معمولاً می‌گوییم فولادهای غیرمعمولی هر چه کربن دارد ← مثلاً فولاد نیمه سخت (HS) که نمودارش این شکل را دارد.



steel skeleton

آقای بسمر و توماس که ۱۸۵۵ میلادی روش تولید صنعتی فولاد را بدست آوردند که باعث پیدایش اسکلت‌های فولادی شد.

*) کربن بیشتر باعث مقاومت بیشتر فولاد می‌شود ولی شکل‌پذیری کمتر می‌شود و شکننده‌تر می‌شود برای ما شکل‌پذیری فولاد بسیار مهم است به حدی که حتی تبدیل به ترک هم می‌شوند.



انواع مصالح: انعطاف‌پذیر (Ductile) / ترد (شکننده) (Brittle)

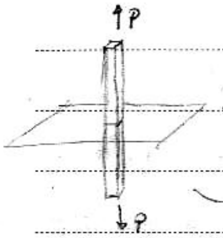
مقاومت مصالح و سازه‌های فلزی جلسه ۲

فصل دوم: تنش، کرنش، رابطه تنش - کرنش

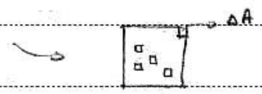
تعریف تنش: (Stress) بعضی به نام تنش و خستگی می‌شناسند. شدت نیرو در یک نقطه را با سیگما σ نشان داده می‌شود

$$\boxed{\sigma \triangleq \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta P}{\Delta A}} \qquad \left[\frac{F}{L^2}\right] = \left[\frac{MLT^{-2}}{L^2}\right] \quad \text{دیمانسیون}$$

*) تعریف فشار در دبیرستان نادرست است زیرا واحد سطحی داریم و ما در هر نقطه آن تنش خاص داریم که با نقاط دیگر متفاوت است.

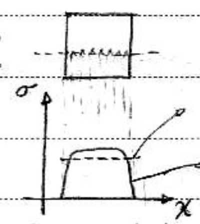


آزمایش تنش: یک میله فلزی را تحت تاثیر نیروی کششی قرار می‌دهیم و می‌بینیم که در یک مقطع آن نیروی کرنش‌ها چگونه است.



$\sigma = \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA}$

$A - P$ دیفرانسیل



توزیع یکنواخت تنش

توزیع واقعی تنش

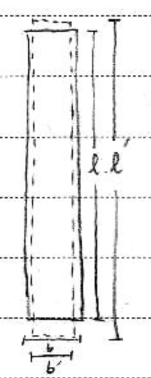
توزیع یکنواخت تنش حالتی که دیفرانسیلش با دیفرانسیل توزیع واقعی برابر می‌شود. با این فرض یعنی یکنواختی: $\sigma \cong \frac{P}{A}$ (کل نیرو / کل مساحت)

در نتیجه کار در دبیرستان درصورت فرض این که توزیع یکنواخت است تقریباً درست است ولی در برش و ... چون یکنواخت نیست کارمان غلط بوده

چون در مهندسی ما تقریب بزرگی می‌گیریم بنابراین می‌توان توزیع را در تنش یکنواخت گرفت

حجم ثابت نیست

کرنش (strain): تغییر طول نسبی - با اپسیلون ε نشان می‌دهیم. عددی است که واحد ندارد یک عدد است. یک نسبت است.



$L - L' = \Delta L$ $\qquad \boxed{\varepsilon \triangleq \frac{\Delta L}{L}}$ کرنش طولی $\qquad \varepsilon \times \varepsilon_b < 0$

هم علامت نیستند

$b - b' = \Delta b$ $\qquad \boxed{\varepsilon_b \triangleq \frac{\Delta b}{b}}$ کرنش عرضی

$$\boxed{\varepsilon_b = -\nu \varepsilon}$$

$0 < \nu < 0.5$ ضریب پواسون ضریب سختی

ضریب سختی لاستیک بیشتر از آهن است چون ε_b بیشتری دارد

جناب آقای دکتر گلابچی

Subject:

Year. ۸۵ Month. ۱۱ Date. ۲۴ (۱۰-۱۲)

جلسه ۱

مقاومت سازه‌های فلزی

Strength of Materials & Steel Structures

- هدف این کلاس مقاومت مصالح و سازه‌های فولادی است

- علم مقاومت پایه طراحی سیستم‌های سازه‌ای است

هدف این کلاس: کشف قوانین رفتارهای سازه‌ها

- کشف قوانین رفتارهای سازه‌ها

- کشف قوانین رفتارهای سازه‌ها

اهداف کلی: طراحی سازه‌ها

منابع: ۱. تمرین منبع جلوی درس‌ها

۲. مقاومت مصالح و سازه‌های فلزی دکتر گلابچی

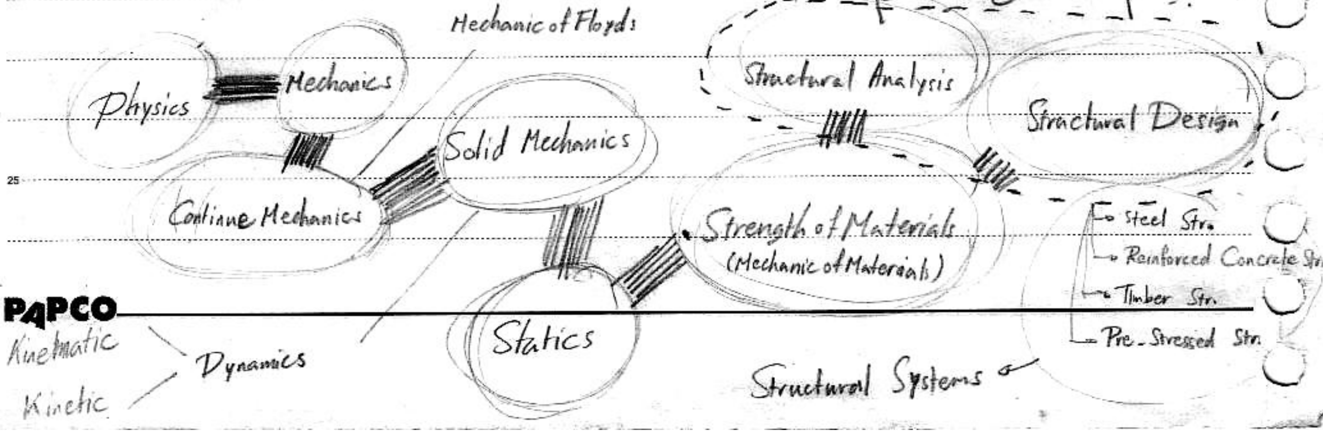
برای دانشجویان ۱۷ دوره

مباحث:

- فصل اول: موضوع علم مقاومت مصالح — Mechanic of Materials (مکانیک مواد)
- فصل دوم: تنش و کرنش، رابطه تنش و کرنش — Hook's Law, Stress (تنش), Strain (کرنش)
- فصل سوم: خمش و تنش‌های خمشی — Bending Stress (تنش‌های خمشی)
- فصل چهارم: برش و تنش‌های برشی — Shear Stress (تنش‌های برشی)
- فصل پنجم: تغییر شکل تیرها — Deflection of Beams
- فصل ششم: ترکیب تنش‌ها — Combination of Stresses
- فصل هفتم: پیچش و تنش‌های پیچشی — Torsion Stress
- فصل هشتم: حالت کمانش در اجزای فشاری — Buckling
- فصل نهم: حل سازه‌های نامعین — Statically Indeterminate Analysis
- فصل دهم: طراحی و تئوری سازه‌های فولادی — Theory & Design of Steel Structures

فصل اول: موضوع علم مقاومت مصالح: علم مقاومت مصالح به جهت شناخت رفتار مواد در برابر نیروها و تاثیرات ناشی از آن برای اجزای ساختمان اصول کشف قوانین حاکم بر نحوه رفتار مواد و مصالح را فراهم می‌سازد تا براساس آن قوانین طراحی ساختمان بدست آید

جایگاه علم مقاومت مصالح در میان علوم



PAPCO