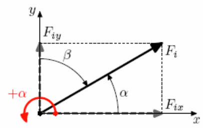
svazek sil v rovině $Fix = Fi \cdot \cos\alpha$ $Fiy = Fi \cdot \sin\alpha$ *nebo* $\cos\beta$ $|Fi| = \sqrt{Fix^2 + Fiy^2}$ **výslednice svazku sil** $R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2}$ $Rx = \Sigma Fix$ $Ry = \Sigma Fiy$ $\alpha R = arctg \dfrac{Ry}{Rx}$

uvést do rovnováhy: $Ax + \Sigma Fix = 0$ $Ry + \Sigma Fiy = 0$ vykresilt do správného kvadrantu! určíme ze souřadnic Ay a Ax

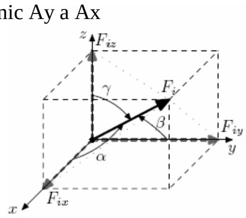


prostorový svazek sil $Ri = \sqrt{Rx^2 + Ry^2 + Rz^2}$ $Rx = \Sigma Fix$ $Ry = \Sigma Fiy$ $Rz = \Sigma Fiz$

$Fix = Fi \cdot \cos\alpha$ $Fiy = Fi \cdot \cos\beta$ $Fiz = Fi \cdot \cos\gamma$ $\cos\alpha = \dfrac{Rx}{R}$ $\cos\beta = \dfrac{Ry}{R}$ $\cos\gamma = \dfrac{Rz}{R}$

kontrola: $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$ směr výslednice $Ry \cdot x - Rx \cdot y = M$

dvojice sil $Rx = 0$ $Ry = 0$ *ale* $M \neq 0$!!! kladná síla=tah, záporná síla=tlak !!!



vykreslete elipsu setrvačnosti

těžiště $Xc = \dfrac{\Sigma Ai \cdot xti}{\Sigma Ai}$ $Yc = \dfrac{\Sigma Ai \cdot yti}{\Sigma Ai}$ jen jeden zlomek!

určit moment setrvačnosti k těžišťovým osám (vždy kladné!) $YTi = yti - Yc$ $XTi = xti - Xc$!!!pozor - rozdíl souřadnic těžišť!!!

$Ix = \Sigma\left(Ixi + Ai \cdot YTi^2\right) = \left[Ix\Delta + plocha\,\Delta \cdot YTi^2\,\Delta\right] - \left[Ix\mathrm{O} + plocha\,\mathrm{O} \cdot YTi^2\,\mathrm{O}\right] atd$ [Ix, Iy]=m^4

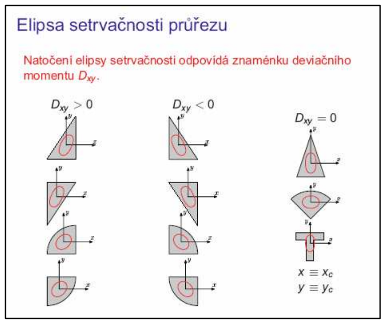
$Iy = \Sigma\left(Iyi + Ai \cdot XTi^2\right) = \left[Iy\Delta + plocha\,\Delta \cdot XTi^2\,\Delta\right] - \left[Iy\mathrm{O} + plocha\,\mathrm{O} \cdot XTi^2\,\mathrm{O}\right] atd$ Ix, Iy a Dxtyt najdeme v tabulce průřezů

deviační moment (k oběma osám) $Dxy = \Sigma\left(Dxtyt + Ai \cdot Xci \cdot Yci\right)$!!!znaménko!!!

úhel natočení hlavních centrálních os setrvačnosti $tg2\alpha = \dfrac{2Dxy}{Iy - Ix}$

hlavní centrální momenty setrvačnosti $Ixc = Ix \cdot \cos^2\alpha + Iy \cdot \sin^2\alpha - Dxy \cdot \sin 2\alpha$ $Iyc = Ix \cdot \sin^2\alpha + Iy \cdot \cos^2\alpha + Dxy \cdot \sin 2\alpha$

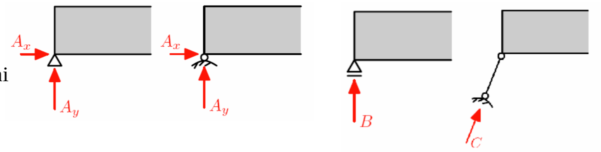
poloměr setrvačnosti $ix = \sqrt{\dfrac{Ixc}{A}}$ $iy = \sqrt{\dfrac{Iyc}{A}}$!!!vykreslujeme kolmo na příslušnou osu!!!



výpočet statické určitosti s = n - v

s-stupeň tvarové variability vázaného objektu, n-počet st.volnosti objektu, v-počet odebr.st.volosti vazbami

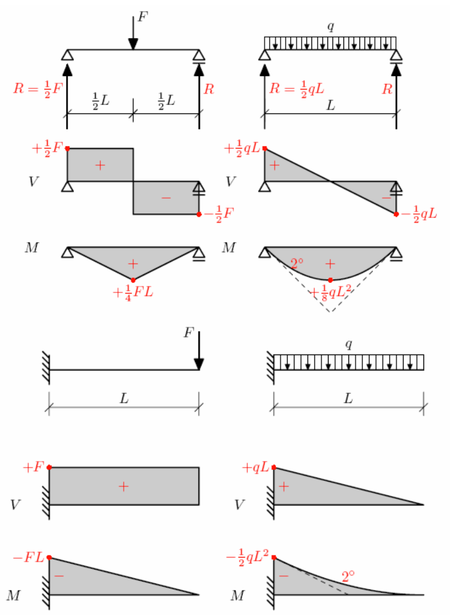
s=0 staticky určitá soustava (s>0 staticky přeurčitá, s<0 staticky neurčitá soustava)



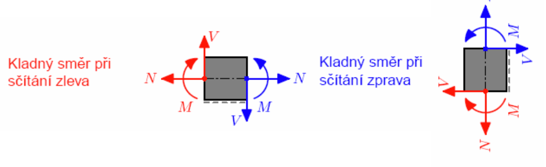
reakce rovinných složených soustav

Průřez Plocha A Těžiště $\overline{x_t}$ $\overline{y_t}$ Momenty setrvačnosti I_{x_t} I_{y_t} Deviační moment $D_{x_t y_t}$			$A = \frac{1}{2}bh$ $\overline{x_t} = \frac{1}{3}b$ $\overline{y_t} = \frac{1}{3}h$ $I_{x_t} = \frac{1}{36}bh^3$ $I_{y_t} = \frac{1}{36}hb^3$ $D_{x_t y_t} = -\frac{1}{72}b^2h^2$
	$A = a^2$ $\overline{x_t} = \overline{y_t} = \frac{1}{2}a$ $I_{x_t} = I_{y_t} = \frac{1}{12}a^4$ $D_{x_t y_t} = 0$		$A = \frac{1}{2}bh$ $\overline{x_t} = \frac{1}{2}b$ $\overline{y_t} = \frac{1}{3}h$ $I_{x_t} = \frac{1}{36}bh^3$ $I_{y_t} = \frac{1}{48}hb^3$ $D_{x_t y_t} = 0$
	$A = bh$ $\overline{x_t} = \frac{1}{2}b$ $\overline{y_t} = \frac{1}{2}h$ $I_{x_t} = \frac{1}{12}bh^3$ $I_{y_t} = \frac{1}{12}hb^3$ $D_{x_t y_t} = 0$		$A = \frac{1}{2}\pi r^2$ $\overline{x_t} = \frac{1}{2}d = r$ $\overline{y_t} = \frac{4r}{3\pi}$ $I_{x_t} = r^4(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi})$ $I_{y_t} = \frac{1}{8}\pi r^4$ $D_{x_t y_t} = 0$
	$A = \pi r^2 = \frac{1}{4}\pi d^2$ $I_{x_t} = I_{y_t} = \frac{1}{4}\pi r^4 = \frac{1}{64}\pi d^4$ $D_{x_t y_t} = 0$		$A = \frac{1}{4}\pi r^2$ $\overline{x_t} = r(1 - \frac{4}{3\pi})$ $\overline{y_t} = \frac{4r}{3\pi}$ $I_{x_t} = I_{y_t} = \frac{1}{2}r^4(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi})$ $D_{x_t y_t} = +r^4(\frac{4}{9\pi} - \frac{1}{8})$

průběh vnitřních sil na nosníku



vnitřní síly staticky určitých soustavách v rovině



síly T a V – kladné hodnoty vykreslujeme nahoru, u svislých prutů vlevo, **VŽDY UVÁDÍME ZNAMÉNKO**

kladný moment vykreslujeme na stranu tažených vláken, **ZNAMÉNKO NEUVÁDÍME**

=> překreslit si síly a zatížení na kladné (aby to bylo vidět)

=> obrazce jsou jen tam, kde jsou síly (od první síly vlevo po posl.sílu vpravo), nejdřív určit nuly

=> vetknutí přenese moment (nejde do nuly), síly se přes roh přenáší do dalšího obrázku

příhradová konstrukce

výpočet statické určitosti s = n - v n=2xpočet hm.bodů, v=počet kyv.prutu+odebr.vazby;

průsečná metoda – řez, pruty nahr.os.silami (osy prutů krom jediného procházejí jedním bodem – z moment.podmínky k tomuto bodu síla v nepr.prutu)

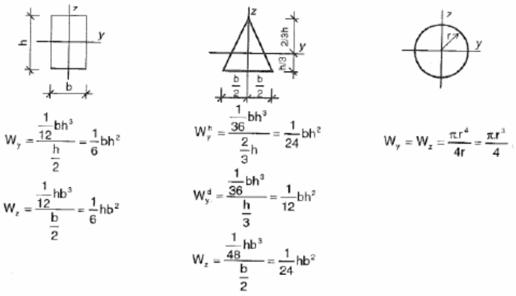
jednotky

$Pa = \dfrac{N}{m^2}$; $kPa = \dfrac{kN}{m^2}$; $MPa = \dfrac{N}{mm^2} = \dfrac{MN}{m^2}$

normálové napětí v průřezu prutu 1) prostý tlak a tlak $\sigma = \frac{N}{A}$ navržení tažených prutů $\sigma = \frac{N}{A} \le R$ navržení tlačených prutů $\sigma = \frac{abs\,N}{A} \le \varphi \cdot R$;

relativní protažení (Hookův zákon) vlivem normálové síly $\varepsilon = \frac{\Delta I}{l}$ $\sigma = E \cdot \varepsilon$ $\Delta I = \frac{\sigma \cdot l}{E} = \frac{N \cdot l}{A \cdot E}$ vlivem rovnoměrného oteplení $\Delta I = \alpha \cdot \Delta t \cdot l$

(φ součinitel vzpěru, ε relativní protažení, E modul pružnosti, α součinitel tepelné roztažnosti)



$\sigma = \frac{Nx}{A} - \frac{My}{Iy} \cdot z - \frac{Mz}{Iz} \cdot y$ (Mz/Iz průřezový moment setrvačnosti, osy y a z jsou hl.centr.osy setrvačnosti)

2) prostý ohyb (Wy je průřezový modul [m^3], z max vzdálenost krajních vláken od osy)

$\sigma = -\frac{My}{Iy} \cdot z$ $\sigma = -\frac{Mz}{Iz} \cdot y$ $\sigma = \frac{abs\,My}{Wy}$ $\sigma = \frac{abs\,Mz}{Wz}$ $Wy = \frac{Iy}{z\max}$ $Wz = \frac{Iz}{y\max}$

=>static.urč, vněj.reakce, těžiště průřezu, Iy nebo Iz, max.moment z vykreslení V a M,
=>napětí v horních a dolních vláknech průřezu(pozor jedny souřadnice s mínusem)
+ vykreslení nebo návrh a posouzení (dřevěný nosník b/h=5/7)

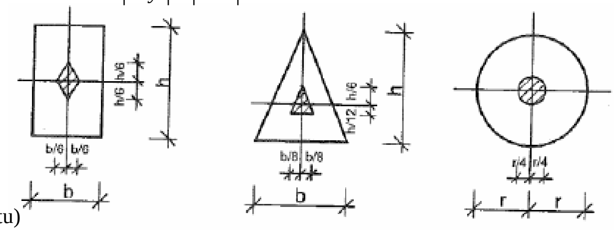
3) šikmý ohyb – ohyb půs.v rovině, která neobsahuje hl.centrální osu setrvačnosti průřezu
moment nahr.2 momenty půs.v rovinách os setrvačnosti $My = M \cdot \cos\alpha$ $Mz = M \cdot \sin\alpha$

úhel natočení φ $tg\varphi = \frac{z}{y} = -\frac{Mz \cdot Iy}{Iz \cdot My}$; extrémní napětí počítáme pro bod nejvíce vzdálený od neutr.osy;; $\sigma = \frac{Nx}{A} - \frac{My}{Iy} \cdot z - \frac{Mz}{Iz} \cdot y$

4) kombinace namáhání excentrickou sílu nahr.vnitřními silami, $Nx = F$ $My = \pm F \cdot z$ $Mz = \pm F \cdot y$!!!znaménko momentů a souřadnic!!!

neutr.osa pak neleží v těžišti, ale musí se dopočítat (σ=0, zvolíme z=0, dopočteme y atd.);; extrémní napětí $\sigma = \frac{Nx}{A} \pm \left|\frac{My}{Wy}\right| \pm \left|\frac{Mz}{Wz}\right|$

5)jádro průřezu $jy = \frac{-Iz}{A \cdot yno}$ $jz = \frac{-Iy}{A \cdot zno}$



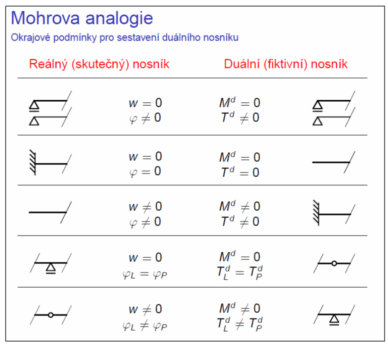
působí-li síla kolmá na jádro průřezu uvnitř neb na hranici této oblasti, vyvolá v celém průřezu normálové napětí stejného znaménka ;; přímá strana – vrchol, , křivka - křivka
=> tabulka (n.o., y n.o., z n.o., jy, jz)

smykové napětí v průřezu prutu

1) prostý smyk smykové napětí $\tau = \frac{T}{A}$ nýtové spoje: střižnost $\tau = \frac{N}{mA} \le Rs$ (m střížnost, A plocha nýtu)

otlačení $\tau = \frac{N}{d \cdot h\min} \le Ro$ (h min menší z ploch, Ro únosnost v otlačení); minim.2 nýty (tuhý spoj)
návrh- zvolím průměr nýtu, vypočtu kolik unese jeden, zvolím počet nýtů

svary: $\tau = \frac{N}{0{,}7 \cdot t \cdot l}$ (t šířka svaru, l délka svaru, a výška svaru a=odm2/2 . t=0,7 t) počítáme pro část síly- kolik je spojů



2) kroucení $\tau_x = \frac{Mx}{Ip} \cdot r$ Brenatův vzorec (Ip polární moment setrvačnosti z tabulek, r vzdálenost vláken)

průhybová čára prutu při prostém ohybu
úhel natočení kladný ve směru hodinových ručiček
vykreslit V a M, přenést na DN (zápor.dolů, qr vydělit E . I)na DN posouvačka=natočení φ [rad], ohybový moment=průhyb w

plochy úsečí: parabolická úseč $A = \frac{2}{3} \cdot a \cdot l$ (T 3/8, 5/8) parabolický trojúhelník $A = \frac{1}{3} \cdot a \cdot l$ (T 3/4, 1/4)

převod radiánů na stupně $\alpha = \frac{a \cdot 180}{\pi}$

stabilita tlačených prutů

Eulerovo kritické břemeno $F_{CR} = E \cdot I_{MIN} \cdot \frac{\pi^2}{L_{CR}^2}$

(E-modul pružnosti [Pa], Imin-menší z centr.momentů setrvačnosti [m^4], Lcr-vzpěrná délka [m])