

6. cvičení – Lokálně podepřená deska: Návrh ohybové výztuže

Momenty na lokálně podepřené desce

- Budeme řešit momenty v pásech B a 3 (vyšrafované v zadání), vždy krajní pole a jedno vnitřní pole – celkem tedy řešíme 4 pole desky.
- Postup je **ilustrován vzorovým příkladem** – viz web.
- Použijeme **metodu součtových momentů**. Je potřeba mít na paměti, že tuto metodu lze použít pouze **pro pravidelné konstrukce**, musí být dodržena omezení pro geometrii a zatížení konstrukce. Teorie bude vyložena na přednáškách.

1. Celkový součtový moment:

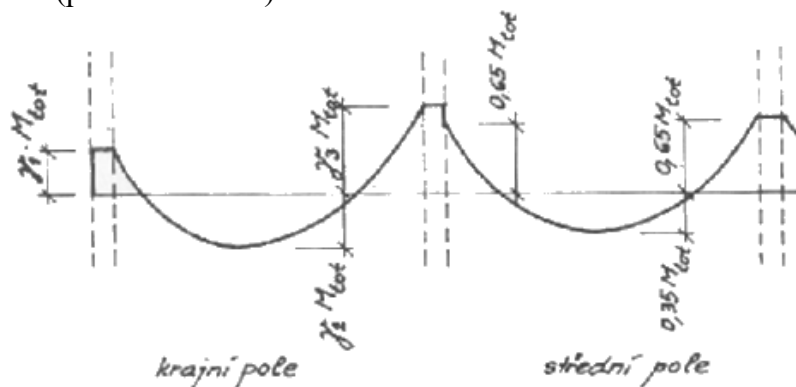
- Princip metody součtových momentů vychází ze skutečnosti, že pro rovnoměrné zatížení je “vzepětí“ **momentové křivky na libovolném oboustranně podepřeném nosníku je $1/8fl^2$** .
- Nejprve tedy stanovíme **celkové součtové momenty M_{tot}** na jednotlivých polích desky:

$$M_{tot} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot b \cdot l_n^2$$

kde b je šířka řešeného pásu, tj. součet polovin rozpětí přilehlých polí
 l_n je světlý rozpon vyšetřovaného pole.

2. Celkový záporný a kladný moment:

- V jednotlivých polích rozdělíme celkový součtový moment na **celkový kladný a celkový záporný moment pomocí součinitelů γ** – viz OBR a tabulka.
- Pro **krajní pole** uvažujeme:
 - V případě napojení **do ŽB stěny** součinitele γ pro vetknutý okraj pole.
 - V případě **obvodových trámů** součinitele γ pro okraj se ztužujícím trámem.
 - V případě **překonzolování** získáme hodnoty součinitele γ interpolací mezi tabulkovými hodnotami pro okraj bez ztužujícího trámu a vetknutý okraj. Interpolujeme podle toho, jak velký je konzolový moment v porovnání s momentem, který by teoreticky vznikl ve zcela tuhé podpoře (příklad viz web).



	Okraj desky krajního deskového pole je prostě uložen na zdi	Deska má ztužující trámy ve všech sloupcových pruzích	Deska nemá vnitřní ztužující trámy a je		Okraj desky krajního deskového pole je vetknutý
			bez okrajového ztužujícího trámu	s okrajovým ztužujícím trámem	
γ_1	0,00	0,16	0,26	0,30	0,65
γ_2	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
γ_3	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65

- Pro **střední pole** uvažujeme hodnoty součinitele $\gamma = 0,65$ v podpoře a $\gamma = 0,35$ v poli.

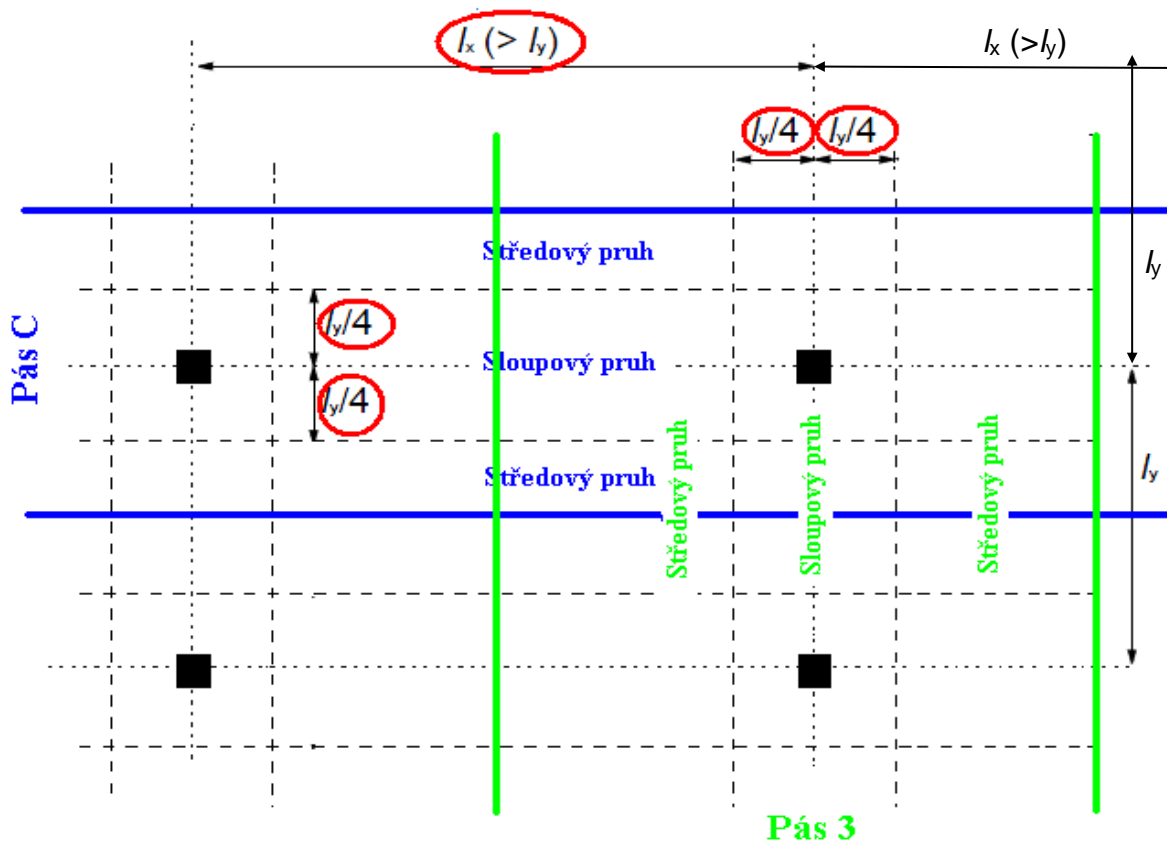
3. Momenty ve sloupcovém a středním pruhu:

- Řešené pásy rozdělíme na tzv. **sloupcový** a **střední (středový) pruh** - viz OBR.
- Šířka sloupcového pruhu je $\frac{1}{4}$ **kratšího rozponu příslušného přilehlého pole** měřeno na každou stranu od osy pruhu.
- Šířka středního pruhu je zbývající vzdálenost po okraj řešeného pásu.

POZOR: o Sloupcový pruh nemusí mít po celé délce pruhu stejnou šířku - záleží na rozpětí jednotlivých polí.

- o Pruhy mohou být na každé straně od osy jinak široké.

- o U vašich zadání ale nic z toho nenastane, neboť všechna pole mají stejné rozměry.



- Celkové kladné a záporné momenty rozdělíme na **momenty v pruzích** pomocí **součinitelů ω** - viz tabulka. Vždy přidělíme sloupovému pruhu ω -násobek příslušného celkového kladného/záporného momentu, střednímu pruhu pak $(1-\omega)$ -násobek.

Moment		$\alpha_1 l_2 / l_1$		ω pro l_2 / l_1		
				0,5	1,00	2,00
Záporný	v krajní podpoře	$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$	$\beta_t = 0$	1,00	1,00	1,00
			$\beta_t \geq 2,5$	0,75	0,75	0,75
	ve střední podpoře	$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1,0$	$\beta_t = 0$	1,00	1,00	1,00
			$\beta_t \geq 2,5$	0,90	0,75	0,45
Kladný		$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$		0,60	0,60	0,60
			$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

$\alpha = 0$

β – souvisí s torzní tuhostí krajní podpory

- Žádný pás není ztužen ve směru vyšetřovaných momentů, zajímají nás proto řádky pro $\alpha_1 = 0$ (α_1 vyjadřuje vliv podélného ztužení).
- Pro všechny **kladné momenty** je $\omega = 0,6$.
- Pro všechny **záporné momenty** ve vnitřní podpoře je $\omega = 0,75$.
- Na kraji **vetknutém do stěny** se celkový záporný moment rozdělí **rovnoměrně po celé šířce řešeného pásu** (nedělíme na sloupový a střední pruh).
- **Na konzole:**
 - Ve sloupovém pruhu uvažujeme celkový záporný moment, tj. $\omega = 1,0$.
 - Ve středním pruhu uvažujeme navíc:
 - a) 0,65-násobek konzolového momentu rovnoměrně rozprostřeného po celé šířce pásu v případě, že deska není ztužena krajním ztužujícím trámem = náš případ
 \Rightarrow názorně viz ukázkový výpočet
 - b) 1,0-násobek konzolového momentu rovnoměrně rozprostřeného po celé šířce pásu v případě, že deska je ztužena v krajní řadě sloupů ztužujícím trámem
 - Pro záporný moment **na okraji pole přiléhajícího ke konzole** je nutno součinitel ω stanovit interpolací podle hodnoty součinitele γ_1 mezi hodnotou pro $\gamma_1 = 0,26$ (odpovídá hodnotě $\omega = 1,0$ – zcela netuhý okraj) a $\gamma_1 = 0,65$ (odpovídá hodnotě $\omega = 0,75$ – zcela tuhý okraj).
 \Rightarrow názorně viz ukázkový výpočet

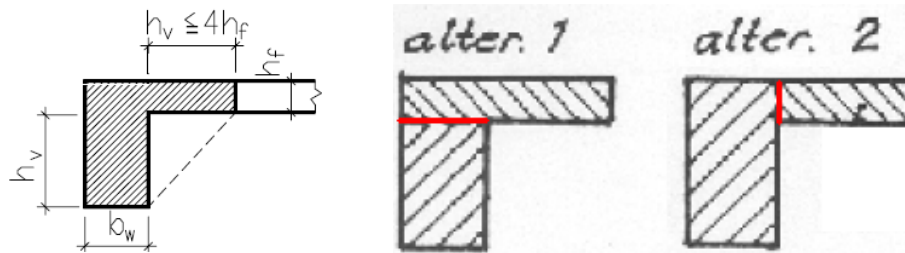
- Pro záporný moment **na okraji ztuženém žebrem** je nutno ω stanovit interpolací podle β_t mezi řádkem pro $\beta_t = 0$ (zcela netuhý okraj) a $\beta_t = 2,5$ (velmi tuhý okrajový trám) – viz dále.
- Tuhostní součinitel β_t pro **krajní trám** se stanoví ze vztahu:

$$\beta_t = \frac{I_t}{2I_s}$$

kde I_s je moment setrvačnosti desky ve vyšetřovaném pruhu

I_t je moment setrvačnosti v kroucení (torzní moment) trámu s částí desky - viz OBR.

Postup: Trám rozdělíme dvěma možnými způsoby na dva obdélníky, spočteme torzní momenty pro jednotlivé varianty a uvažujeme větší hodnotu.



- Torzní moment trámu se počítá jako součet torzních momentů jednotlivých obdélníků ze vztahu:

$$I_t = \sum_{i=1}^n \left(1 - 0,63 \frac{t_i}{a_i} \right) \cdot \frac{t_i^3 a_i}{3}$$

kde t_i je délka kratší strany obdélníka, a_i je délka delší strany obdélníka.

4. Přepočítání momentů na jednotkovou šířku:

- Po rozdělení momentů v jednotlivých řezech do sloupových a středních pruhů [kN.m] je vhodné z důvodu snadnějšího dimenzování tyto momenty přepočítat na jednotkovou šířku. Prakticky to znamená, že spočtené hodnoty momentů **vydělíme šířkou sloupového, resp. středního pruhu** v daném řezu, abychom dostali hodnoty na 1 m šířky desky [kN.m/m],
- **Průběhy** jednotkových momentů ve sloupových a středních pruzích pro pásy B a 3 **vykreslíme** (celkem 4 obrázky) - viz vzorový příklad (není nutno kreslit celé pruhy).

Návrh ohybové výztuže

- Postup návrhu a posouzení – viz NNKB, dimenzování desky.
- Při návrhu plochy výztuže v desce s velkým rozpětím je nutno si navíc uvědomit, že rozhoduje spíše kritérium použitelnosti (průhyb) než kritérium únosnosti. V našem případě se s touto skutečností zjednodušeně vypořádáme tak, že navrheme skutečnou plochu výztuže $a_{s,prov}$ cca o 20 – 30 % větší než požadovanou plochu $a_{s,rqd}$. To ostatně odpovídá hodnotě $\kappa_{c3} = 1,2$ až $1,3$, kterou jsme zvolili při posuzování podmínky ohybové štíhlosti.
- Při návrhu tedy bude platit:

$$a_{s,prov} \approx (1,2 \div 1,3) \cdot a_{s,rqd}$$

Výpočet požadované plochy výztuže $a_{s,rqd}$ viz NNKB.

- Zároveň musí být splněny konstrukční zásady:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max \left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d \right)$$

osová vzdálenost prutů výztuže: $s \leq s_{max} = \min (2 \cdot h_d; 300 \text{ mm})$

- Navíc ověříme požadovanou **minimální plochu výztuže pro omezení šířky trhlin**:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min,3} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot a_{ct}}{\sigma_s}$$

kde k_c je součinitel, kterým se zohledňuje rozdělení napětí v průřezu těsně před vznikem trhlin, ve cvičení zjednodušeně a bezpečně uvažujeme $k_c = 0,4$

k je součinitel vyjadřující nerovnoměrnost rozdělení napětí, ve cvičeních uvažujeme $k = 1,0$

$f_{ct,eff}$ je průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu v okamžiku vzniku trhlin, uvažujeme $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

a_{ct} je plocha tažené části betonu těsně před vznikem trhlin, uvažujeme:

$$a_{ct} = b \cdot \frac{h_d}{2}$$

šířku průřezu b bereme hodnotou 1,0 m

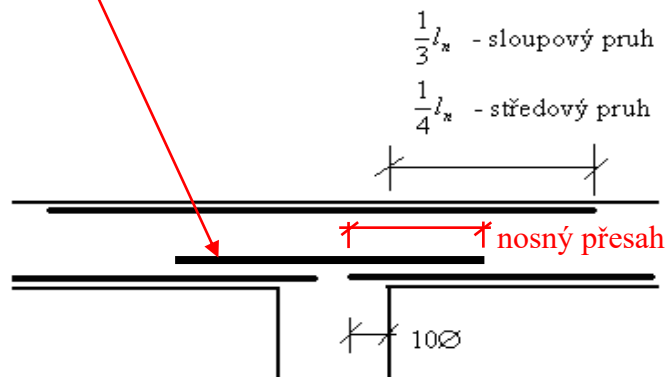
σ_s je největší přípustná hodnota napětí ve výztuži těsně po vzniku trhlin, ve cvičení uvažujeme $\sigma_s = f_{yk}$, ale obecně může být nutná menší hodnota (blíže viz pokročilejší kurzy betonových konstrukcí).

- Návrh pro každý průřez bude zapsán ve tvaru: $\varnothing X$ à Y mm, tedy např.: **$\varnothing 10$ mm à 150 mm**.
- Vhodné je používat **větší počet menších profilů** (lepší z hlediska mezních stavů použitelnosti), rozteče by ale zároveň neměly být příliš malé kvůli pracnosti (v našem případě bychom neměli jít na menší osovou vzdálenost než 100 mm).
- Návrh bude proveden **pro všechny spočtené momenty** (všechny klíčové průřezy). Je vhodné provést určité **sjednocení výztuže**, např. používat jednu velikost profilů pro sloupové a jinou pro střední pruhy a rozlišovat pouze rozteče. Zároveň je vhodné navrhovat velikost profilů „ob profil“, tj. navrhovat např. profily 8 a 12, nikoliv 10 a 12 (snadná záměna na stavbě).

- U **hodnoty d** (účinná výška průřezu) je nutno si uvědomit, že je **různá pro směry B a 3**. Ve více namáhaném směru budeme uvažovat vyšší hodnotu, v méně namáhaném směru nižší hodnotu.
- Pro jeden průřez proveďte návrh a posouzení **ručně s rozepsáním všech vztahů**. Pro další řezy můžete použít **excelovou tabulku** podle vzoru na webu. Vaše tabulka bude obsahovat stejnou hlavičku a **všechny uvedené sloupce** (můžete si libovolně nějaké sloupce přidat, NE ubrat).

Skica výkresu ohybové výztuže desky

- **Jeden výkres pro dolní povrch, jeden výkres pro horní povrch.** Výztuž na protlačení bude následně rozkreslena samostatně, což se na výkrese ohybové výztuže uvede do poznámky.
- Měřítko zvolte tak, aby se výkresy vešly **na formát A3** (lze slepit ze dvou listů A4). Kóty a popisky musí být **čitelné**.
- Bude popsáno rozmístění (vzdálenosti) výztuže v jednotlivých pruzích desky \Rightarrow školní úloha. V reálném výkrese by se polohy prutů kotovaly jiným způsobem – dělníky na stavbě nezajímá dělení na sloupové a střední pruhy.
- Na výkresu budou rozkresleny **tvary** a uvedeny **průměry a délky výztužných prutů**, bude uveden **přehled materiálů** (specifikace betonu a oceli), **krytí** a **rozpiska** - viz vzor na webu.
- **Délky výztuží** – zjednodušeně a bezpečně podle následujících instrukcí, podrobněji viz tabulka na webu.
 - Přesah horní výztuže za líc podpory ve sloupovém pruhu uvažujte min. 1/3 světlého rozponu pole.
 - Přesah horní výztuže za líc podpory ve středním pruhu uvažujte min. 1/4 světlého rozponu pole.
 - Přesah dolní výztuže nad podporu uvažujte min. $10 \varnothing$ (minimálně ale 80 mm) + doplnit **příložku proti progresivnímu kolapsu ve sloupových pruzích** (v rovině spodní výztuže, stejný profil i vzdálenosti jako nosná výztuž, délka daná nosným přesahem)



- Do POZNÁMKY uvést:
 - V místě prostupů bude přerušena výztuž nahrazena podélnými pruty podél hran otvoru a doplněna lemovací výztuží.
 - V místech, kde není navržena nosná výztuž, bude doplněno vyztužení v ploše $A_s \geq A_{s,min}$.