

## 6. cvičení – Lokálně podepřená deska: Návrh ohybové výztuže

### Momenty na lokálně podepřené desce

- Použijeme **metodu součtových momentů**. Je potřeba mít na paměti, že tuto metodu lze použít pouze **pro pravidelné konstrukce**, které splňují omezení pro geometrii a zatížení konstrukce (podmínky viz přednášky – zkontrolujte si pro svou konstrukci).
- 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.

#### 1. Celkový součtový moment

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

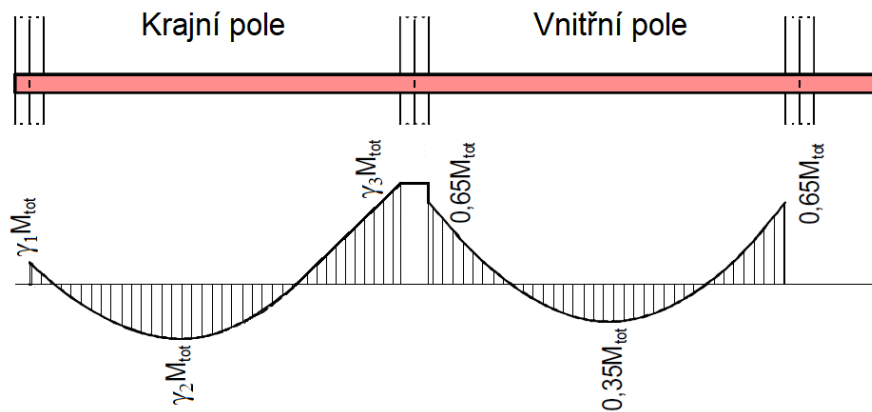
$$M_{tot} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot b \cdot l_n^2$$

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  $\gamma$**  – viz obrázek a tabulka níže.
- Pro **střední pole** uvažujeme hodnoty součinitele  $\gamma = 0,65$  v podpoře a  $\gamma = 0,35$  v poli.
- Pro **krajní pole** uvažujeme:
  - V případě napojení **do ŽB stěny** součinitele  $\gamma$  pro vetknutý okraj pole.
  - V případě **obvodových trámů** součinitele  $\gamma$  pro okraj se ztužujícím trámem.
  - V případě **překonzolování** získáme hodnoty součinitele  $\gamma$  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	Deská má ztužující trámy ve všech sloupových pruzích	Deska nemá vnitřní ztužující trámy a je		Okraj desky krajního deskového pole je vetknutý
			bez okrajového ztužujícího trámu	s okrajovým ztužujícím trámem	
$\gamma_1$	0,00	0,16	0,26	0,30	0,65
$\gamma_2$	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
$\gamma_3$	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65

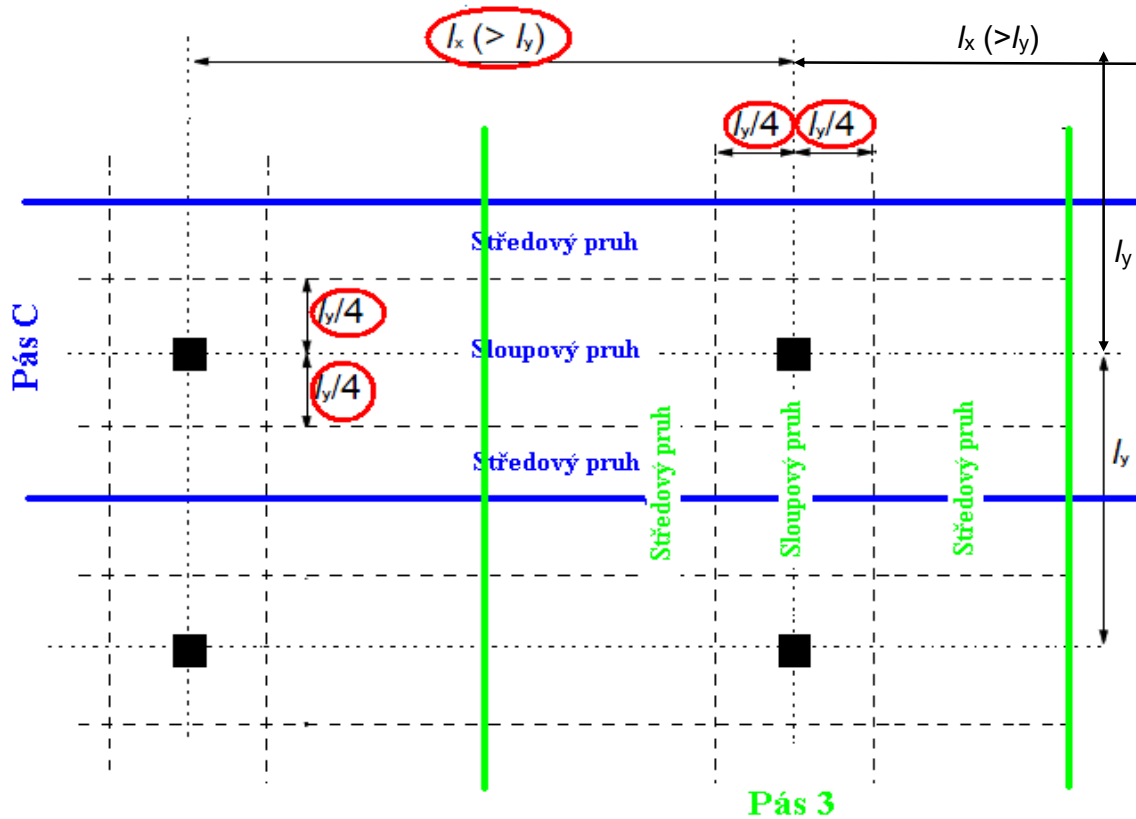


### 3. Momenty ve sloupovém a středním pruhu

- Řešené pásy rozdělíme na tzv. **sloupový** a **střední pruh** – viz obrázek níže.
- Šířka sloupového pruhu je  $\frac{1}{4}$  kratšího rozponu příslušného přilehlého pole měřeno na každou stranu od osy pásu.
- Šířka středního pruhu je zbyvající vzdálenost po okraj řešeného pásu.

POZOR:

- Sloupový pruh nemusí mít po celé délce pruhu stejnou šířku – záleží na rozpětí jednotlivých polí.
- Pruhy mohou být na každé straně od osy jinak široké.
- U vašich zadání nic z toho nenastane, neboť všechna pole mají stejné rozměry. V zápočtovém testu či zkoušce však takové situace nastat mohou.



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

Moment		$\alpha_1 l_2 / l_1$		$\omega$ 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	$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$			0,75	0,75	0,75
	$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1,0$			0,90	0,75	0,45

$$\alpha = 0$$

$\beta$  – souvisí s torzní tuhostí krajní podpory

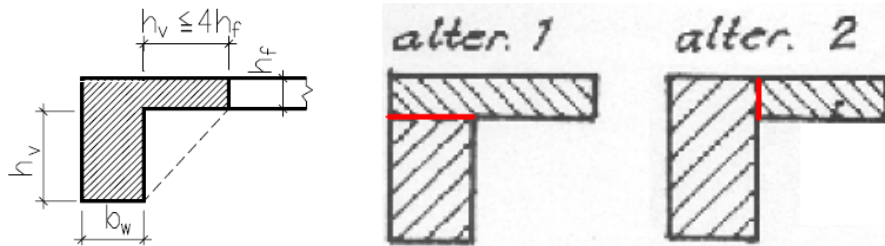
- V naší úloze žádný pás není ztužen ve směru vyšetřovaných momentů, zajímají nás proto pouze řádky pro  $\alpha_1 = 0$  ( $\alpha_1$  vyjadřuje vliv podélného ztužení).
- Pro všechny **kladné momenty** je  $\omega = 0,6$ .
- Pro všechny **záporné momenty ve vnitřní podpoře** je  $\omega = 0,75$ .
- 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 (neobjevuje se v naší úloze)
  - Pro záporný moment **na okraji pole přiléhajícího ke konzole** je nutno součinitel  $\omega$  stanovit interpolací podle hodnoty součinitele  $\gamma_1$  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

- **Na okraji ztuženém žebrem** je nutno  $\omega$  stanovit interpolací podle  $\beta_t$  mezi řádkem pro  $\beta_t = 0$  (zcela netuhý okraj) a  $\beta_t = 2,5$  (velmi tuhý okrajový trám). Tuhostní součinitel  $\beta_t$  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 obrázek níže. *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 řešené části pásů B a 3 **vykreslíme** (celkem 4 obrázky) – viz vzorový příklad.

## Návrh ohybové výztuže

- Pro každý průřez (tj. každý středový/sloupový pruh v každém řešeném poli) navrhnete a posudíte výztuž
- Postup návrhu, posouzení a kontroly konstrukčních zásad – viz NNKB, dimenzování desky. **Plocha výztuže na taženém povrchu desky musí být taková, aby bylo zabráněno křehkému lomu desky, tj. musí zaručit splnění podmínky:**

$$m_{Rd, \min} \geq m_{cr} \rightarrow a_{s, \min} f_{yd} z \geq \frac{1}{6} b h^2 f_{ctm}$$

- 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).
- Návrh pro každý průřez bude zapsán ve tvaru: Ø X à Y mm, tedy např.: Ø 10 mm à 150 mm.
- Dále jsou uvedena **doporučení pro konkrétní řešenou konstrukci**.
- U stropních desek s velkým rozpětím je často rozhodující kritérium použitelnosti (průhyby). Z tohoto důvodu je vhodné ponechat při návrhu na mezní stav únosnosti **určitou rezervu** a navrhovat plochu výztuže v rozhodujících průřezích cca o 20 – 30 % větší než požadovanou plochu  $a_{s, \text{rqd}}$ . Při návrhu je tedy vhodné řídit se doporučením:

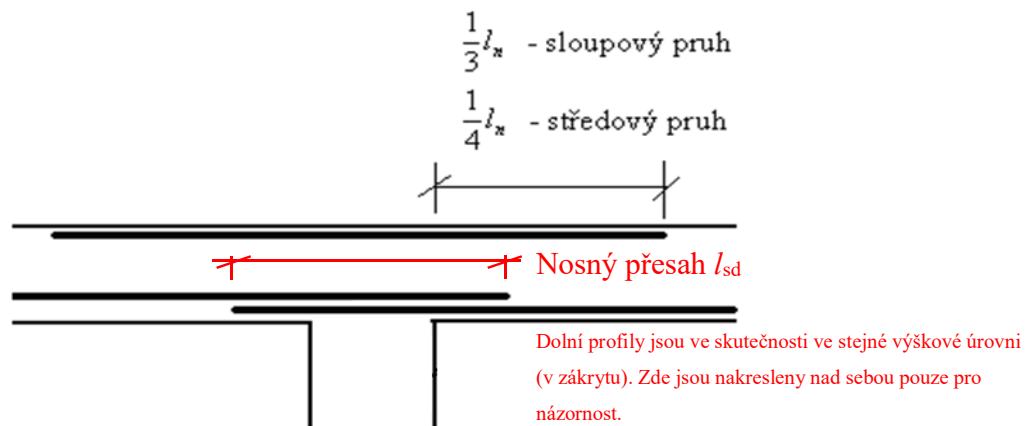
$$a_{s, \text{prov}} \approx (1,2 \div 1,3) \cdot a_{s, \text{rqd}}$$

- 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.

## Skica výkresu ohybové výztuže desky

- Bude vytvořen **jeden výkres pro dolní povrch a 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**.
- Jedná se o školní úlohu. Bude popsáno rozmístění výztuže (vzdálenosti prutů) v jednotlivých pruzích desky. V reálném výkrese by se polohy prutů kótovaly jiným způsobem, jelikož dělníky na stavbě nezajímá dělení na sloupové a střední pruhy. Také by bylo třeba vykreslit výztuž v celém půdorysu, nejen v řešených pásech, a doplnit lemovací výztuž.

- 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** určíme zjednodušeně a bezpečně podle následujících instrukcí:
  - 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
  - Dolní profily v krajních podporách zatáhnout k vnějšímu líci podpory.
  - Dolní profily ve vnitřních podporách navrhnete buď průběžné bez dělení v podpoře (při délce prutů do 12 m), nebo jako stykované nosným přesahem. Kotevní délku  $l_{bd}$  pro výpočet přesahové délky stanovte jednoduše pomocí tabulky jako určitý násobek velikosti profilu výztuže (viz skripta, příloha P02) a přesahovou délku uvažujte jako  $l_{sd} = 1,2l_{bd}$ .



- Do POZNÁMKY uvést:
  - V místě prostupů bude přerušená výztuž nahrazena podélnými pruty podél hran otvoru a doplněna lemovací výztuží.
  - V místech, kde není navržena nosná výztuž, bude doplněno vyztužení v ploše alespoň  $a_{s,min}$  pro zabránění křehkému lomu desky