

## 5. cvičení – Lokálně podepřená deska: Návrh a ověření rozměrů konstrukce, skica výkresu tvaru

### Návrh tloušťky stropní/střešní desky

- Stropní a střešní desky jsou obousměrně pnuté, bezprůvlakové, ztužené pouze po okraji ŽB stěnou a případně ztužujícími průvlaky.
- **Návrh tloušťky desky** provedeme obdobně jako v 1. úloze s dílčími změnami.

- Návrh tloušťky desky **pomocí empirického vztahu** ( $l_{\max}$  = větší z rozpětí deskových polí):

$$h_{d1} = \frac{1}{30} \cdot l_{\max}$$

- Velikost výztužného profilu  $\emptyset$  volíme v našem případě 12 nebo 14 mm.
- Hodnotu krytí nepočítáme znovu, převezmeme z 1. cvičení.
- Předpokládanou hodnotu momentu pro návrh odhadneme jako ( $l_{\min}$  = menší z rozpětí deskových polí,  $f_d$  je celkové návrhové zatížení stropní desky; vlastní tíhu v tomto kroku odhadneme podle empiricky navržené tloušťky):

$$m_{Ed, \max, dl} = \frac{1}{8} \cdot 0,52 \cdot 0,40 \cdot \frac{l_{\min}}{2 \frac{l_{\min}}{4}} \cdot f_d \cdot l_{\max}^2 = 0,052 \cdot f_d \cdot l_{\max}^2 \quad [\text{kNm/m}]$$

Vztah v tuto chvíli vezměte jako daný. Po seznámení s metodou součtových momentů jej však musíte být schopni vysvětlit. Jde o moment uprostřed krajního pole desky ve středním pruhu desky (viz příští cvičení).

- Ve cvičení pro předběžný návrh uvažujeme  $\lambda_{d, \text{tab}}$  z 2. řádku tabulky, který platí pro krajní pole spojité desky). Naše lokálně podepřená deska musí mít v celé ploše stejnou tloušťku a rozhoduje tedy krajní pole.
- Opravný faktor  $k$  se pro obousměrně pnuté lokálně podepřené desky spočte podle vztahu:

$$k = \left( \frac{1}{1 + \left( \frac{l_{\min}}{l_{\max}} \right)^4} \right)^{1/4}$$

- Následně stanovíme potřebnou tloušťku desky s ohledem na ohybovou štíhlost (viz 1. cvičení). **Konečná tloušťka desky  $h_d$**  se „rozumně“ upraví podle ohybové štíhlosti v závislosti na velikosti rozpětí a zatížení. Jak známo, podmínku ohybové štíhlosti není nutné bezpodmínečně dodržet.
- **Nenavrhujte desky s tloušťkou menší než 200 mm.** V takových deskách běžně nelze použít výztuž na protlačení. Pokud by vám v dalších částech cvičení vyšlo, že výztuž potřebujete (což se pravděpodobně stane), bylo by potřeba přepočítat celý předchozí výpočet.

## Návrh rozměrů trámů a stěn, výpočet zatížení, návrh rozměrů sloupu

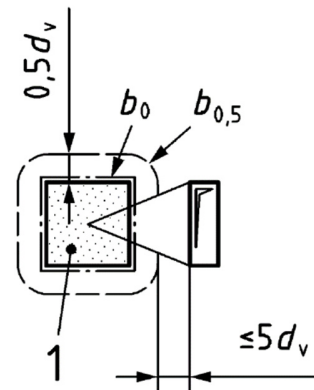
- Tloušťku stěny zvolte **200 – 250 mm**.
- Rozměry okrajového trámu (je-li v konstrukci) uvažujte dle zadání.
- Zatížení desek (stropní a střešní) spočítejte **formou tabulek** pro konečnou navrženou tloušťku desky.
- Návrh rozměrů průřezu sloupu proveďte jako v 1. cvičení pomocí předpokladu dostředného tlaku. Navrhujte sloupy **čtvercového** průřezu.

### Kontrola polohy otvoru pro výpočet obvodů

- Stanovíme hodnotu **staticky účinné výšky ve smyku**  $d_v$ , která se bere jako průměr staticky účinných výšek ve dvou směrech desky:

$$d_v = \frac{d_x + d_y}{2}$$

- Zkontrolujeme, zda se zadaný otvor v desce nenachází ve vzdálenosti  $\leq 5,5d_v$  od líce sloupu ( $5d_v$  od kontrolního obvodu  $b_{0,5}$ ). Pokud ano, bylo by následně potřeba provést redukcí délky obvodů  $b_0$  a  $b_{0,5}$  při posouzení protlačení – viz obrázek vpravo.



### Předběžné ověření na protlačení

- Kontroluje se maximální teoreticky možná smyková odolnost desky s případnou výztuží. **Musí být splněna podmínka  $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,max}$** . Pokud podmínka splněna není, deska nedokáže působící zatížení přenést při žádném vyztužení.
- Kontrola se provádí v **kontrolním obvodu** ležícím  $0,5d_v$  za lícem podpory (viz obrázek výše). Při známém průřezu sloupu se výpočet jeho délky  $b_{0,5}$  skládá z výpočtu obvodu čtverce a kruhu a není proto účelné ani potřebné uvádět pro něj žádné předpřipravené vzorce.
- **Smykové napětí v kontrolním obvodu** (napětí => jednotka [MPa]):

$$\tau_{Ed} = \beta_e \frac{V_{Ed}}{b_{0,5} \cdot d_v}$$

kde  $\beta_e$  je součinitel polohy sloupu. V našem případě (pravidelná konstrukce, vnitřní sloup) budeme uvažovat  $\beta = 1,15$ .

$V_{Ed}$  je návrhová hodnota smykové síly (síla => hodnota v [N] či [kN], nikoliv v [MPa]). Spočte se jako celkové návrhové zatížení běžného podlaží vynásobené zatěžovací plochou sloupu B3 (bereme zatížení pouze z jednoho podlaží – pouze tato síla způsobuje protlačení dané desky).

- **Maximální odolnost desky v protlačení s výztuží na protlačení:**

$$\tau_{Rd,max} = \eta_{sys} \tau_{Rd,c}$$

kde  $\eta_{sys}$  je součinitel omezující maximální odolnost, které může být dosaženo při použití smykové výztuže s ohledem na její kotvení. Typ výztuže, který použijete ve Vaší konstrukci, si zvolte a svou volbu uveďte ve statickém výpočtu.

$$\eta_{\text{sys}} = 0,70 + 0,63 \left( \frac{b_0}{d_v} \right)^{1/4} \geq 1,0 \quad \text{pro smykové trny}$$

$$\eta_{\text{sys}} = 0,50 + 0,63 \left( \frac{b_0}{d_v} \right)^{1/4} \geq 1,0 \quad \text{pro třmínky a spony}$$

$b_0$  je v našem případě (čtvercový sloup) délka líce podpory,

$\tau_{\text{Rd,c}}$  je odolnost desky bez výztuže na protlačení, viz dále.

▪ **Odolnost desky bez výztuže na protlačení:**

$$\tau_{\text{Rd,c}} = \frac{0,6}{\gamma_V} k_{pb} \left( 100 \rho_l f_{ck} \frac{d_{dg}}{d_v} \right)^{1/3} \leq \frac{0,5}{\gamma_V} \sqrt{f_{ck}}$$

kde Člen za znaménkem „ $\leq$ “ vyjadřuje odolnost tlačeneho betonu v tlaku a představuje horní mez odolnosti desky bez výztuže na protlačení. Pokud vyjde odolnost podle základního vztahu větší než horní mez, pak se jako hodnota  $\tau_{\text{Rd,c}}$  uplatní horní mez. Neznamená to, že konstrukce nevyhovuje. Podobný princip se užívá u celé řady výpočetních vztahů v normě. Byť je mírně nepřehledný, musíte si na něj zvyknout.

$\gamma_V = 1,4$  je dílčí součinitel bezpečnosti pro smyk.

$k_{pb}$  je součinitel smykového gradientu daný vztahem  $1 \leq k_{pb} = 3,6 \sqrt{1 - \frac{b_0}{b_{0,5}}} \leq 2,5$ .

Hodnoty 1 a 2,5 představují dolní a horní mez  $k_{pb}$ . Vyjde-li hodnota  $k_{pb}$  spočtená výpočtem mimo tyto meze, uplatní se příslušná mez.

$\rho_l$  je stupeň vyztužení průřezu ohybovou výztuží, který v tuto chvíli neznáme a prozatím jej odhadneme jako  $\rho_l = 0,005$  (0,5 %).

$f_{ck}$  je charakteristická pevnost betonu v tlaku, dosazujeme v [MPa].

$d_{dg}$  je parametr drsnosti plochy porušení, ve cvičení uvažujte  $d_{dg} = (16 \text{ mm} + D_{\text{max}})$  a hodnotu  $D_{\text{max}}$  zvolte jako 22 mm.

▪ **Pokud je podmínka  $\tau_{\text{Ed}} \leq \tau_{\text{Rd,max}}$  splněna, jsou tloušťka desky a rozměry sloupu vyhovující.**

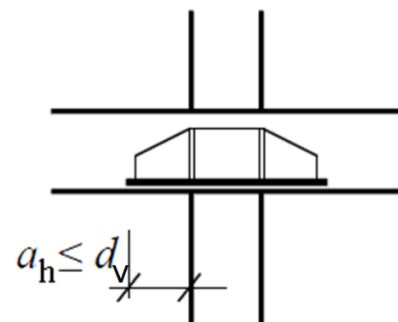
▪ **Pokud podmínka nevyhoví, je potřeba návrh korigovat a provést posouzení znovu.**

1. Nahradit třmínky smykovými trny.
2. Zvýšit stupeň vyztužení podélnou výztuží  $\rho_l$  (míra zvýšení však musí být smysluplná).
3. Zvětšit tloušťku desky (méně efektivní – zvýší se i zatížení).
4. Zvětšit rozměry sloupu (efektivní, ale zmenšuje se podlahová plocha).
5. Zvýšit třídu betonu (může vyjít draho, zároveň nemusí být dostatečné).
6. Navrhnout deskové průvlaky nebo deskové zesílení v oblasti sloupu (ve cvičení ne).
7. Navrhnout konstrukci s viditelnými nebo skrytými hlavicemi.

- Volba opatření záleží vždy na konkrétní konstrukci a situaci. Doporučení pro naše cvičení jsou uvedena dále. Opatření lze i kombinovat. **Konzultujte se cvičícím.**
  - Možnost 1 můžete použít, pokud jste předpokládali výztuž pomocí třmínků. Smykové trny umožňují dosažení vyšší odolnosti.
  - Možnost 2 můžete použít, pokud stupeň vyztužení nezvýšíte na více než 1,0 % (odpovídá rozumným stupňům vyztužení podporových oblastí běžných lokálně podepřených desek). Uvažovaný stupeň vyztužení je pak nutno v konstrukci v oblasti podpor skutečně dodržet při návrhu výztuže na ohyb v příštím cvičení.
  - Možnost 3 můžete použít, pokud tloušťku desky nezvýšíte na více než 300 mm.
  - Možnost 4 můžete použít, pokud jednotlivé rozměry sloupu nezvýšíte o více než 100 mm.
  - Možnost 5 můžete použít, pokud třídu betonu nezvýšíte více než na C35/45.
  - Možnost 6 ve cvičení nepoužívejte. Výrazně by se vám zkomplikovalo stanovení ohybových momentů.
  - Pokud žádná z předchozích možností ani jejich kombinace nepomůže, přistupte k možnosti 7 – návrhu manžetové hlavice s vyložení  $a_h \leq d_v$ , která zvětší délky obvodů  $b_0$  a  $b_{0,5}$ :

$b_0$  = obvod hlavice

$b_{0,5}$  = obvod ve vzdálenosti  $0,5d_v$  od líce hlavice



## Skica tvaru

- Do statického výpočtu na samostatný list A4 nakreslete skicu tvaru konstrukce.
- Skica může být nakreslena od ruky, ovšem v měřítku a s dodržением zásad pro kreslení výkresů tvaru (viz NNKB).
- Skica bude obsahovat půdorys konstrukce doplněný o sklopené řezy v místech návaznosti prvků (deska – stěna, deska – průvlak/parapet).
- Budou okótovány základní půdorysné rozměry a navržené rozměry konstrukcí (tl. desky; průřezové rozměry trámů, sloupů a stěny; poloha a rozměry otvorů).