

## 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.
  - Návrh tloušťky desky **pomocí empirického vztahu:**

$$h_d = \frac{1}{30} \cdot l_{\max}$$

Za  $l_{\max}$  dosadíme největší z rozpětí deskových polí.

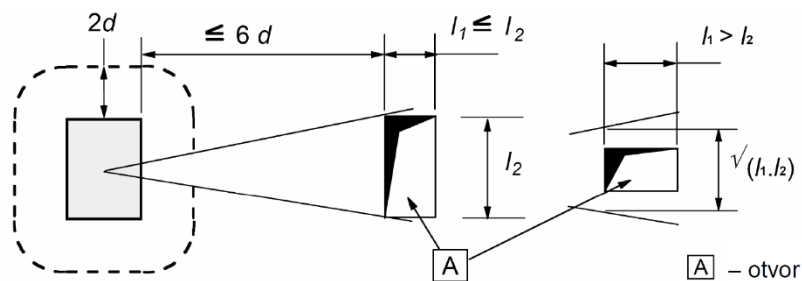
- Následně stanovíme potřebnou tloušťku desky **s ohledem na ohybovou štíhlost** (viz 1. cvičení,  $\lambda_{d, \text{tab}}$  uvažujeme z tabulky pro lokálně podporované desky). Tloušťka se „rozumně“ upraví podle ohybové štíhlosti v závislosti na velikosti rozpětí a zatížení - podmínku ohybové štíhlosti není nutné bezpodmínečně dodržet (většinou neekonomické).
- Hodnotu krytí nepočítejte znovu, převezměte z 1. cvičení.
- **Nenavrhuje desky s tloušťkou menší než 200 mm** – v takových deskách nelze použít výztuž na protlačení a pokud by vám v dalších částech cvičení vyšlo, že výztuž potřebujete, 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) zvolte dle zadání.
- Zatížení desek (stropní a střešní) spočítejte **formou tabulek**.
- Návrh rozměrů průřezu sloupu proveďte jako v 1. cvičení pomocí předpokladu dostředného tlaku. Navrhujte sloupy **čtvercového** průřezu.

### Kontrola polohy otvoru pro výpočet kontrolovaných obvodů $u_0$ a $u_1$

- Zkontrolujeme, zda se zadaný otvor v desce nenachází ve vzdálenosti  $\leq 6 \cdot d$  od líce sloupu ( $d$  je účinná výška průřezu desky). Pokud ano, bude následně potřeba provést redukci délky kontrolovaných obvodů  $u_0$  a  $u_1$  při posouzení protlačení - viz obrázek níže (Obr. 6.14 normy ČSN EN 1992-1-1).



## Předběžné ověření smyku při protlačení (dále jen protlačení)

- Aby nedošlo k **porušení** bezprůvlakové desky **protlačení v blízkosti podpory**, musí být splněna podmínka (kontrolujte pro více zatíženou desku z dvojice stropní a střešní deska):

$$v_{Ed} \leq v_{Rd}$$

kde  $v_{Ed}$  je účinek návrhového zatížení v daném kontrolovaném obvodu [MPa],  
 $v_{Rd}$  je únosnost v protlačení [MPa]

POZN.: Parametry  $v_{Ed}$  a  $v_{Rd}$  představují napětí, nikoli síly.

- Ve výpočtu se postupně kontrolují podmínky (výpočet viz dále):
  - $v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}$  ... ověřuje, zda smykové napětí nepřekročí max. možnou únosnost v protlačení (zda je možné desku na protlačení vůbec vyztužit)
  - $v_{Ed,1} \leq v_{Rd,c}$  ... ověřuje, zda deska vyhoví bez výztuže na protlačení
  - $v_{Ed,1} \leq v_{Rd,cs}$  ... ověřuje, zda deska vyhoví s výztuží na protlačení

kde  $v_{Ed,0}$  je smykové napětí v kontrolovaném obvodu  $u_0$  (ve cvičení obvod sloupu)  
 $v_{Ed,1}$  je smykové napětí v kontrolovaném obvodu  $u_1$  ( $2d$  za lícem podpory)  
 $v_{Rd,max}$  je maximální únosnost v protlačení (= únosnost tlakové diagonály)  
 $v_{Rd,c}$  je únosnost v protlačení bez smykové výztuže na protlačení  
 $v_{Rd,cs}$  je únosnost v protlačení se smykovou výztuží na protlačení

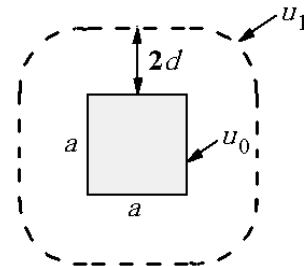
- **V předběžném návrhu** se budeme zabývat první podmínkou a předběžně i druhou podmínkou (v upravené podobě). Budeme ověřovat, zda je konstrukce vhodně navržena, tj. zda je schopna při dostatečném vyztužení přenést požadovaný účinek zatížení. Budeme kontrolovat únosnost v obvodech  $u_0$  a  $u_1$ :

- Pro čtvercový sloup platí:

$$u_0 = 4 \cdot a$$

$$u_1 = 4 \cdot a + 2\pi \cdot 2d$$

kde  $d$  je staticky účinná tloušťka desky



- Budeme předpokládat ortogonální vyztužení pomocí vázaných třmínkových košů.
- **První podmínka**, která musí být splněna, ověřuje **únosnost tlačené diagonály**:

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} \leq v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

kde  $\beta$  je součinitel polohy sloupu, v našem případě (vnitřní sloup) budeme uvažovat  $\beta = 1,15$ , další podmínky viz přednášky

$V_{Ed}$  je návrhová hodnota smykové síly (jedná se o sílu – hodnota v [N či kN], nikoliv v [MPa]!!!), spočte se jako celkové návrhové zatížení běžného podlaží vynásobené zatěžovací plochou sloupu (uvažujeme sloup s největší zatěžovací plochou, bereme zatížení pouze z jednoho podlaží – pouze tato síla způsobuje protlačení dané desky)

$d$  je staticky účinná tloušťka desky (průměr z účinných tloušťek ve 2 kolmých směrech):  $d = \frac{d_x + d_y}{2}$

o ve fázi návrhu uvažujte:  $d = h_d - c - \emptyset$

$v$  (čteme [ný]), je součinitel zmenšující pevnost betonu v tlaku, který vyjadřuje vliv přídatných namáhání

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

- **Upravená druhá podmínka** kontroluje, zda bude možné konstrukci vhodně vyztužit na protlačení. Únosnost s výztuží nemůže být neomezená, jelikož při nadměrném vyztužení by nemohla být veškerá výztuž plně využita (nebylo by zajištěno její dostatečně zakotvení):

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \leq k_{max} \cdot v_{Rd,c} = k_{max} \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})}$$

kde  $k_{max}$  je součinitel maximální únosnosti desky s výztuží na protlačení, jeho hodnota závisí na účinné tloušťce desky  $d$  a typu smykové výztuže

Určí se následovně:

- o pro desku  $h_d < 200$  mm:  $k_{max} = 1,0$  .... deska bez výztuže na protlačení
- o pro desku tloušťky  $200 \text{ mm} \leq h_d \leq 700$  mm za předpokladu použití výztuže na protlačení v podobě třmínků:

$$k_{max} = 1,45 + \frac{1,70 - 1,45}{500} \cdot (h_d - 200)$$

- o pro desku tloušťky  $h_d > 700$  mm za předpokladu použití výztuže na protlačení v podobě třmínků:

$$k_{max} = 1,7$$

- o pro základy se smykovou výztuží:  $k_{max} = 1,5$
- o Při použití patentovaných výrobků pro smykovou výztuž (zejména smykových trnů) se uvažuje hodnota  $k_{max}$  podle příslušného evropského technického osvědčení.

$C_{Rd,c}$  uvažujeme dle vztahu:  $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$

$k$  uvažujeme dle vztahu:  $k = \min \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2,0 \right)$ , kde  $d$  dosazujeme v [mm]

$\rho_l$  je stupeň vyztužení průřezu ohybovou výztuží, prozatím odhadneme:

$$\rho_l = 0,005 \text{ (0,5\%)}$$

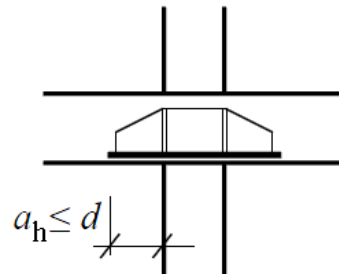
$f_{ck}$  je charakteristická pevnost betonu v tlaku, dosazujeme v [MPa]

- Pokud jsou **obě podmínky splněny**, jsou **tloušťka desky a rozměry sloupů vyhovující**. Pokud některá **nevyhoví**, je potřeba **návrh korigovat**.

- Pokud **nevyhoví 1. podmínka** (v našem cvičení by nemělo nastat):
  - zvětšit tloušťku desky (neefektivní - zvýší se zatížení)
  - zvětšit rozměry sloupu (**efektivní, ale zmenšuje se podlahová plocha**)
  - zvýšit třídu betonu (může vyjít dost draho, zároveň nemusí být dostatečné)
  - navrhnout desku s plochými průvlaky nebo zesílením v oblasti sloupu
  - navrhnout konstrukci s viditelnými nebo skrytými hlavicemi
- Pokud **nevyhoví 2. podmínka**:
  - možno provést všechny úpravy uvedené u nevyhovující 1. podmínky (viz výše) nebo
  - zvýšit stupeň vyztužení podélnou (ohybovou) výztuží  $\rho_l$
- Pokud ve cvičení 2. podmínka nevyhoví, provedeme nejprve úpravu stupně vyztužení podélnou výztuží  $\rho_l$  a výpočet zopakujeme. Dle ČSN EN 1992-1-1 lze stupeň vyztužení podélnou výztuží uvažovat **max.** hodnotou **2,0 %**. S ohledem na reálné navrhované stupně vyztužení podporových oblastí lokálně podepřených desek uvažujte ve cvičení stupeň vyztužení **max. 1,0 až 1,2 %**. Uvažovaný stupeň vyztužení je pak nutno v konstrukci v oblasti podpor skutečně dodržet.
- V případě, že podmínka únosnosti  $v_{Ed,1} \leq k_{max} \cdot v_{Rd,c}$  v obvodu  $u_1$  nevyhoví ani s rozumně upraveným stupněm vyztužení  $\rho_l$ , přistoupíme k návrhu manžetové hlavice  $\Rightarrow$  zvětší se délky kontrolovaných obvodů:

$u_0$  = obvod hlavice

$u_1$  = obvod ve vzdálenosti  $2d$  od líce hlavice



- Nevyhovující podmínky **posoudíme znovu** s novými hodnotami  $u_0$  a  $u_1$  a novým stupněm vyztužení  $\rho_l$ . Pokud by ani poté konstrukce nevyhověla, zvětšíme tloušťku desky nebo rozměry sloupů.

## Skica tvaru

- Do statického výpočtu na samostatný list A4 nakreslete skicu tvaru konstrukce.
- Skica bude 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, stěny a poloha a rozměry otvorů).