

1. cvičení – Rámová konstrukce – předběžný návrh rozměrů, výpočet zatížení, skica tvaru

Návrh a ověření tloušťky ŽB stropní a střešní desky

- Stropní a střešní desky jsou jednosměrně pnuté mezi jednotlivými rámy.
- Navrhne tloušťku desek **dvěma způsoby** – z empirie a z ohybové štíhlosti.
- Návrh tloušťky desky **pomocí empirického vztahu**:

$$h_{d1} = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) \cdot l$$

Za l dosadíme rozměr ve směru pnutí desky, tj. $l =$ koeficient R.

- Stanovíme tloušťku desky **s ohledem na ohybovou štíhlost** podle vztahu:

$$h_{d2} = d + \frac{\emptyset}{2} + c_{\text{nom}}$$

Výpočet jednotlivých sčítanců viz dále.

- Návrh staticky účinné výšky d **pomocí podmínky vymežující ohybové štíhlosti**:

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,\text{tab}}$$

l osová rozpětí prvku, tj. v našem případě osová vzdálenost rámu

d výška staticky účinné části průřezu

κ_{c1} součinitel tvaru průřezu, uvažovat $\kappa_{c1} = 1,0$ (obdélníkový průřez)

κ_{c2} součinitel rozpětí, pro $l \leq 7$ m je $\kappa_{c2} = 1,0$, jinak $\kappa_{c2} = 7/l$

κ_{c3} součinitel napětí tahové výztuže, obecně $\kappa_{c3} = \frac{500}{f_{yk}} \cdot \frac{A_{s,\text{prov}}}{A_{s,\text{rqd}}}$

(uvažovat odhadem $\kappa_{c3} = 1,2$ až $1,3$)

$\lambda_{d,\text{tab}}$ tabulková hodnota vymežující ohybové štíhlosti, získá se z tabulky (viz web) podle typu prvku (uvažovat vnitřní pole spojitého nosníku), třídy betonu a stupně vyztužení (uvažovat $\rho = 0,5 \%$)

- Rozumně zvolíme velikost výztužného profilu \emptyset (v našem případě 8 nebo 10 mm).
- Stanovíme **nominální krycí vrstvu výztuže** podle vztahu:

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$$

$$c_{\text{min}} = \max(c_{\text{min},b}; c_{\text{min},\text{dur}} + \Delta c_{\text{dur},\gamma} - \Delta c_{\text{dur},\text{st}} - \Delta c_{\text{dur},\text{add}}; 10 \text{ mm})$$

c_{min} minimální krycí vrstva

Δc_{dev} přídavek na návrhovou odchylku (0 – 10 mm dle technologie a kvality provádění), ve cvičení brát $\Delta c_{\text{dev}} = 10$ mm

$c_{\text{min},b}$ minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti, v našem případě odpovídá profilu použitých prutů \emptyset

$c_{\min, \text{dur}}$ minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí, získá se z normové tabulky (viz web) podle konstrukční třídy a stupně agresivity prostředí. Stupeň agresivity prostředí je zadán. Základní hodnota konstrukční třídy S4 se upraví podle zadání s ohledem na životnost, třídu betonu a typ konstrukce.

$\Delta c_{\text{dur}, \gamma}$ přídavná bezpečnostní složka, uvažovat 0 mm

$\Delta c_{\text{dur}, \text{st}}$ redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli, brát 0 mm

$\Delta c_{\text{dur}, \text{add}}$ redukce minimální krycí vrstvy při použití přídavné ochrany, brát 0 mm

- **Konečný návrh tloušťky desky h_a** provedeme podle hodnot získaných z empirie (h_{d1}) a z ohybové štíhlosti (h_{d2}). Tloušťka v našem případě nebude menší než empiricky stanovená hodnota h_{d1} , „rozumně“ se upraví podle ohybové štíhlosti.
- Formou tabulek (jako v NNKB) spočteme hodnoty zatížení stropní desky a střechy (liší se hodnota ostatního stálého a proměnného zatížení).
- Pro více zatíženou desku **ověříme vhodnost návrhu**. Stanovíme předpokládanou maximální hodnotu momentu na desce:

$$m_{\text{Ed}, \text{max}} = \frac{1}{10} \cdot f \cdot l^2$$

Stanovíme součinitel μ [mí], podle něj v tabulce vyhledáme součinitel ξ [ksí] (viz tabulka na webu, viz NNKB). Pro naši konstrukci budeme požadovat, aby platilo $\xi \leq 0,15$. Pokud podmínka nevyhoví, je vhodné zvětšit navrženou tloušťku desky.

$$\mu = \frac{m_{\text{Ed}, \text{max}}}{b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} \quad \xrightarrow{\text{dle tabulek}} \quad \xi$$

Návrh a ověření rozměrů příčlí

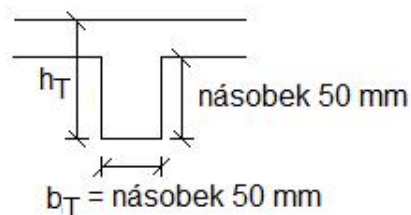
- Rozměry příčlí (trámů) stanovíme **podle empirických vztahů**:

$$h_T = \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{10} \right) \cdot l_T$$

$$b_T = \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3} \right) \cdot h_T$$

l_T je rozpon příčle, tedy pro naše zadání $l_T =$ koeficient L .

- Výšku trámu upravíme tak, aby platilo $h_T \geq 2,5h_D$ (tím je zajištěna dostatečná tuhost trámu jako podpory desky). Návrh zaokrouhlíme tak, aby šířka trámu a výška trámu pod deskou byly násobky 50 mm (kvůli rozměrům systémového bednění).



- Do tabulek vyčíslíme **zatížení** stropní i střešní **příčle** f_T [kN/m] (jako v NNKB). Nezapomeňte zahrnout vlastní tíhu příčle!

- Provedeme **ověření návrhu průřezu**

- Stanovíme předpokládané maximální hodnoty vnitřních sil na nejuvíce zatížené příčli:

$$M_{Ed,max} = \frac{1}{10} f_T l_T^2$$

$$V_{Ed,max} = \frac{3}{5} f_T l_T$$

Ověření z hlediska ohybového namáhání:

- Hodnotu staticky účinné výšky trámu d_T stanovíme z výšky trámu h_T , uvažujeme ohybovou výztuž profilu 18 – 25 mm a třmínky profilu 8 – 10 mm.
- Stanovíme součinitel μ , v tabulkách vyhledáme odpovídající součinitel ξ . Ideálně by mělo vyjít $\xi = 0,15 - 0,40$. Pokud $\xi > 0,40$, je vhodné trám zvýšit (výška tlačené oblasti x by byla moc velká, průřez by nemohl bezpečně plastizovat) nebo je možné navrhnout tlačanou výztuž (pro zájemce). V případě $\xi < 0,15$ je možné trám snížit (výška tlačené oblasti x by byla zbytečně malá, trám zbytečně vysoký a neekonomický) → konzultujte se cvičicím.

Při úpravě rozměrů přepočítejte tabulky zatížení.

Ověření tlakové diagonály:

- Z hlediska smykového namáhání prvku je nutno ověřit únosnost tlakové diagonály (viz NNKB). Pokud by tato podmínka nebyla dodržena, je nutno zvětšit průřez (sebevětší vyztužení by nezajistilo bezpečný přenos smykových sil).

$$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b_T \cdot \zeta \cdot d_T \cdot \frac{\cot\theta}{1 + \cot^2\theta} \geq V_{Ed,max} \quad \text{kde } v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

$\cot\theta$ volíme 1,2 – 1,5¹⁾

Ověření průhybů:

- U příčli budeme vyžadovat dodržení podmínky ohybové štíhlosti.

$$\lambda = \frac{l_T}{d_T} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

Stanovení součinitelů viz deska, tabulkovou hodnotu volíme pro použitou třídu betonu bezpečně z tabulky pro krajní pole spojitého nosníku, řádek uvažujeme podle požadovaného stupně vyztužení $\rho_{s,rqd}$: je-li $\rho_{s,rqd} \leq 0,005$, uvažujeme řádek pro 0,5 %, je-li $\rho_{s,rqd} \geq 0,015$, uvažujeme řádek pro 1,5 %, pro mezilehlé hodnoty $\rho_{s,rqd}$ interpolujeme. Bezpečně uvažujeme $\kappa_{c1} = 0,8$ (pro T-průřez s poměrem šířky příruby k šířce žebra větším než 3 je $\kappa_{c1} = 0,8$, jinak $\kappa_{c1} = 1,0$). $\kappa_{c2} = 1$, pro rozpon ≤ 7 m, pro větší rozpon $\kappa_{c2} = 7 / l_T$.

$$\rho_{s,rqd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_c} = \frac{M_{Ed,max}}{\zeta \cdot d_T \cdot f_{yd} \cdot b_T \cdot d_T}$$

¹⁾ Obecně dle normy musí hodnota ležet v rozsahu 1,0 – 2,5. Z experimentů však vychází, že reálnému sklonu smykových trhlin odpovídají hodnoty 1,2 – 1,5. Podrobnosti viz přednášky.

Návrh rozměrů sloupu

- **Návrh** rozměrů průřezu sloupu provedeme primárně pro sloup namáhaný maximální normálovou silou, tj. průřez v **patě vnitřního sloupu** nejnižšího podlaží. Průřezy ve všech podlažích pak budou shodné (čtvercové nebo obdélníkové s větším rozměrem ve směru rozpětí příčlí).
- V předběžném návrhu lze v našem cvičení zanedbat výstřednost zatížení vnitřního sloupu a plochu průřezu **stanovit z únosnosti v prostém tlaku**.
- Stanovíme normálové zatížení N_{Ed} v patě nejvíce zatíženého sloupu (viz NNKB; průřez sloupu pro výpočet vlastní tíhy odhadneme, volíme cca 0,3x0,3 m). Zatěžovací délku příčle uvažujte hodnotou $1,1 \times L$. Nezapomeňte, že máte **více podlaží!** U některých zadání ve vyšších podlažích se nachází příčel jen z jedné strany sloupu. Potom bude zatěžovací délka v příslušném podlaží poloviční.
- **Rozměr sloupu** stanovíme ze vztahu:

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s \geq N_{Ed}$$

N_{Rd} únosnost sloupu v prostém tlaku
A_c průřezová plocha sloupu
f_{cd} návrhová pevnost betonu v tlaku
A_s průřezová plocha výztuže sloupu, $A_s = \rho_s \cdot A_c$, uvažujeme stupeň vyztužení $\rho_s = 1,5 - 3 \%$ (zůstává nám tak rezerva na vliv momentu a štíhlosti)
σ_s	... napětí ve výztuži, uvažujeme 400 MPa (viz NNKB)
N_{Ed}	... normálová síla od zatížení

- Úpravou dostaneme:

$$A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,8 \cdot f_{cd} + \rho_s \cdot \sigma_s}$$

- Průřez sloupu navrhne čtvercový nebo obdélníkový (větší rozměr ve směru rozpětí příčle).
- Návrh **zaokrouhlíme na 50 mm** (vyjde-li např. 420 mm, navrhne 400 mm nebo 450 mm).
- Zároveň **sladíme šířky sloupu a trámu**. Pokud by např. vyšel sloup šířky 400 mm a trám šířky 350 mm, sjednotíme rozměry na 350 mm. Pokud ale bude rozdíl šířek velký (třeba trám 250 mm, sloup 450 mm), není nutno rozměry sjednocovat. Pokud bychom zvětšovali šířku trámu, není nutno trám znovu ověřovat.
- V případě, že má vnitřní sloup obdélníkový průřez, lze u krajních sloupů rozměry průřezu ve směru rozpětí příčle snížit, v krajním případě až na čtvercový průřez → **konzultujte se cvičícím**.

Skica tvaru

- Do statického výpočtu na samostatný list A4 nakreslete skicu tvaru konstrukce.
- Skica bude nakreslena v ruce, ovšem v **měřítku a s dodržением zásad pro kreslení výkresů tvaru** (viz NNKB).
- Skica bude obsahovat půdorys konstrukce a sklopený řez ve směru kolmém na rámy.
- Budou okótovány základní půdorysné rozměry a navržené rozměry konstrukcí (desky, trámu, sloupu).

PŘED DALŠÍM VÝPOČTEM JE NUTNO ZKONZULTOVAT NAVRŽENÉ DIMENZE KONSTRUKCE, V PŘÍPADĚ ZMĚN PŘEPOČÍTAT TABULKY ZATÍŽENÍ!!!